新制
工
1363

社会資本の経済会計情報と生産性評価に関する研究

2005年

江尻　　良

目 次

1 序論 1

1.1 緒言 1

1.2 本研究の基本的な考え方 3

1.2.1 既往研究の概要 3

1.2.2 公会計改革とインフラ資産 5

1.2.3 新規整備と維持更新に関するマクロ経済会計情報 6

1.2.4 社会資本ストック統計と生産性評価 7

1.2.5 スピルオーバー効果 8

1.2.6 アセットマネジメントと管理会計情報 8

1.3 本論文の構成 9

2 インフラストラクチャ会計に関する研究 14

2.1 緒言 14

2.2 現行制度の問題点とインフラ会計の目的 15

2.2.1 アカウンタビリティの確保と検証 15

2.2.2 資源の効率的管理 15

2.2.3 アセットマネジメント 16

2.2.4 経済統計整備への貢献 17

2.3 インフラ資産の評価方法 17

2.3.1 固定資産としてのインフラ資産 17

2.3.2 インフラ資産の評価価額 19

2.3.3 価値の減少の認識と評価 19

2.3.4 インフラ資産に関する減価償却の問題 20

2.3.5 インフラ資産の除却 21

2.4 インフラ管理とインフラ会計 21

2.4.1 インフラ資産とサービス水準 21
2.4.2 政府・自治体の公会計システム 22
2.4.3 インフラ会計システム 24
2.4.4 SNA 統計におけるストック評価 27
2.5 インフラ会計システムの構築に向けて 29
2.5.1 インフラストックの計測方法 29
2.5.2 インフラ会計構築の課題 33
2.5.3 インフラ会計システムの構築方法 34
2.5.4 初期ストックデータの構築 35
2.5.5 コード体系と台帳データベース 36
2.6 インフラ会計の適用例 36
2.6.1 政策評価と財務会計：納税者会計 36
2.6.2 インフラ資産の生産性評価 38
2.6.3 アセットマネジメント 40
2.7 結言 40

3 インフラストラクチャ管理のための経済会計情報に関する研究 46

3.1 緒言 46
3.2 本研究の基本的立場 47
3.2.1 既往研究の概要 47
3.2.2 マクロ経済モデルと社会厚生指標 47
3.2.3 インフラ資本の維持補修と新規整備 48
3.3 動学的インフラ投資モデル 50
3.3.1 モデル化の前提条件 50
3.3.2 モデルの定式化 51
3.3.3 最適化条件 54
3.4 最適投資戦略とその特性 56
3.4.1 インフラ生産性と投資戦略 56
3.4.2 定常状態と動的管理過程 57
3.4.3 比較動学分析 58
3.4.4 最適質的水準の決定 60
3.5 インフラ管理のためのインフラ会計情報 62

3.5.1 インフラ会計情報 62
3.5.2 ハミルトニアンと社会的厚生評価 62
3.5.3 社会的厚生指標の性質 64
3.5.4 インフラ会計情報の作成上の課題 65
3.6 結言 66

4 社会資本の生産性と経済成長に関する研究 70

4.1 緒言 70
4.2 本章の基本的立場 71
4.2.1 既往研究の概要 71
4.2.2 本研究におけるレビュウの視点 72
4.2.3 社会資本の定義と分類 72
4.3 社会資本の生産性 74
4.3.1 生産関数アプローチ 74
4.3.2 費用・利潤関数アプローチ 76
4.3.3 VAR アプローチ 77
4.3.4 批判的検討 79
4.4 社会資本と内生的経済成長論 80
4.4.1 内生的経済成長論の発展 80
4.4.2 集積の経済と経済地理学 80
4.4.3 多地域経済成長モデルの発展 81
4.5 地域格差の収束＝発散論争 82
4.5.1 収束＝発散論争 82
4.5.2 条件付き β 収束性 82
4.5.3 社会資本と経済成長率 84
4.5.4 今後の研究課題 85
4.6 結言 86

5 スピルオーバー効果を考慮した社会資本の生産性評価に関する研究 94

5.1 緒言 94
5.2 本章の基本的立場 95
5.2.1 既往研究の概要 95
5.2.2 スピルオーバー効果 95

5.2.3 本研究の視点 96
5.3 モデルの定式化 97
5.3.1 生産関数モデル 97
5.3.2 スピルオーバーを考慮した生産関数 98
5.3.3 空間自己回帰モデル 99
5.3.4 複合的スピルオーバーモデル 101
5.4 分析の方法 102
5.4.1 データセット 102
5.4.2 空間近接行列 103
5.4.3 モデルの推計方法 104
5.4.4 仮説検定の方法 107
5.4.5 複合的スピルオーバー効果の多重仮説検定 107
5.5 実証分析 109
5.5.1 分析の概要 109
5.5.2 生産関数モデルの推計結果 109
5.5.3 スピルオーバー効果と生産関数 110
5.5.4 複合的スピルオーバーモデルの推計 112
5.5.5 スピルオーバー効果の計測 115
5.6 結言 117

6 道路舗装管理会計システムの構築に関する研究 123

6.1 緒言 123
6.2 本章の基本的立場 124
6.2.1 既往研究の概要 124
6.2.2 PMAS の役割 125
6.2.3 PMAS の構成 126
6.3 道路舗装の資産評価と会計方式 127
6.3.1 管理会計情報 127
6.3.2 道路舗装の資産価額評価 128
6.3.3 減価償却に関する問題 130
6.3.4 減価償却と会計方式 131
6.4 PMAS 構築のための工学的検討 134

6.4.1 PMAS 構築の方針 134
6.4.2 舗装台帳システム 134
6.4.3 MCI 管理水準の設定 135
6.4.4 費用便益ルールと優先順位 138
6.5 PMAS の適用事例 139
6.5.1 管理会計情報の作成 139
6.5.2 道路舗装の管理会計 142
6.5.3 シミュレーション実験とストック管理水準 143
6.5.4 PMAS の更新 144
6.6 結言 145

7 結論 **150**

第１章

序論

1.1　緒言

内閣府の推計によれば，現在わが国の社会資本ストックはおよそ８００兆円に及ぶ [1]. 社会資本は，国土空間の形成と保全、豊かな経済社会の構築，生活環境の維持と向上のため、大きな役割を発揮する資産である．明治期以来，わが国では膨大な社会資本が蓄積され，その機能を果たしている．２１世紀を迎え，経済活動のグローバル化の進展の中で対外的には諸外国との間で補完・競合関係を保ちながら経済規模を拡大する一方、国内では急激な高齢化，少子化を迎えつつあるわが国において，社会資本に対する多様なニーズを踏まえ、新規整備と既存ストックの維持更新を進めていくためには，より一層重点的・効率的な社会資本マネジメント戦略が求められている．

社会資本は，労働力，民間資本，土地などの生産要素とあわせ，生産活動の投入要素として，GDP の増大や経済成長に寄与する．1980 年代後半以降，米国を中心として社会資本の生産性に関する研究が蓄積された．Aschauer[1, 2] は，生産関数を用いて社会資本の生産性を計測し，いわゆる Aschauer Curve を提示し，米国における社会資本整備の遅れが米国の 1970 年代以降の生産性上昇率の鈍化をもたらしたと主張した．それを契機に社会資本の生産性に関する膨大な研究成果が蓄積された．

こうした社会資本の生産性に関する研究が進展する一方，米国においては道路・橋梁をはじめとする社会資本に対する不十分な維持管理が原因となって，1980 年代にはこれら資産の急速な老朽化と荒廃が進展した．連邦政府による一連の調査・研究により，社会資本のマネジメント戦略に関する活発な議論や提案がなされ政策立案へと影響を及ぼした．その後，生産性評価に関する研究と相まって，マクロ経済学の視点から社会資本の生産性や整備戦略に関し，さらなる議論が展開された．

また近年では，社会資本をはじめとする公共サービスの供給を巡り、政府・自治体の説明責任（アカンタビリティ）が重要視されることとなった．諸外国では、民営化の動きに加え、NPM（New Public Management）の視点から，公的アカンタビリティ（説明責任）の確保という役割を果たす情報提供システムとして，公的部門の運営に民間経営手法の導入や市場メカニズムの活用が試みられ，さらに公共主体による社会資本の整備や維持・更新の分野に企業会計の理論と手法を導入する試みがみられる．わが国においても，バラ

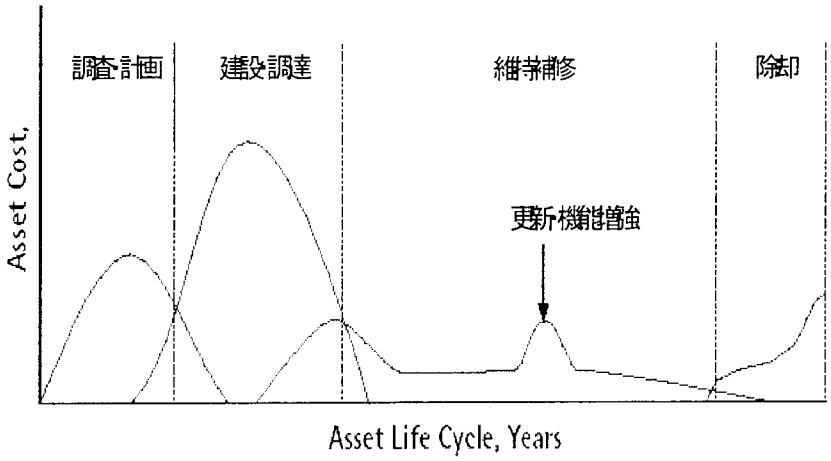


図 1.1 社会資本のライフサイクルとコスト情報

ンスシートの作成・活用，新策評価システムの導入など，国・地方自治体を問わず急速な展開を見ている．

社会資本は，①他の行政財産に比べ資産価額が巨額，②資産形成に際して懐妊期間が長く，供用期間も民間資本に比べ極めて長期にわたる，③一度に巨額の建設費を要することから需要効果が大きい，④受益を受ける空間的範囲が広い，⑤資産の劣化・減耗速度が相対的に遅い，という特性を有している．これらの特徴から，マネジメント戦略を構築する上では次のような課題を指摘できよう．

①は，個々の社会資本の投資決定に当たり，政府・自治体の他の行政投資に比べ，より重点的・効率的な目標設定と実施が求められることになる．②の特性からは，図 1.1 に示すように調査・設計から建設・供用，維持管理，廃棄までを含め，プロジェクト全体のライフサイクルに応じた便益と費用支出とを総合的に比較考量しうる評価が求められられる．③について近年の公共投資不要論の論拠の一つとして，乗数効果の低下が指摘されているが，本来，社会資本は整備によるストック効果の把握や検証の重要である．④は、特定の地点に整備された社会資本であっても，距離的に離れた地域への便益をもたらす効果（スピルオーバー効果）が存在し、この効果を適切に考慮すべきである．⑤資産の劣化に対する情報把握と保存が不十分であり，長期的な維持更新投資に対する必要性が認識されにくい．

これらの課題を踏まえ，本研究では社会資本のマネジメントプロセスの中で，社会資本（インフラ）の量的・質的な特性を経済会計情報として把握・認識し，上記の各課題の解決を目指すための一連の考察を行う．

1.2 本研究の基本的な考え方

1.2.1 既往研究の概要

社会資本の会計情報に関しては，公会計分野，国民経済計算において実務との連携を図りつつ，制度設計にむけた研究成果が蓄積されている．公会計の分野において近年，NPW の進展にあわせ，主として英連邦諸国および米国の会計基準制定機関を中心として検討がなされてきた [5][4]．これらの国々では，主として道路など交通インフラを対象として，他の政府保有資産と同様に資産の認識・評価（測定）・伝達を行うための資産評価ルールを確立すべく，会計学上の理論検討，適用事例と検証がなされている．例えば、英国では、既存の社会資本ストックを含めたサービスの提供目標や，それを実現するための投資戦略が、NPM を経営理念とした政策評価制度、資源会計制度（ Resource Accounting）の中で位置付けられ、マネジメントシステムが構築されつつある [4]．また米国でも、理想的な維持・保全費用と実際の費用との乖離に言及した財務報告書の作成やこれに関連する資産評価方法が提案されている [13][49]. こうした公会計分野におけるインフラ資産の評価や測定について，山本 [2], 筆谷 [25], 宮本 [17] らによって議論されている．

マクロな国民経済に関する会計情報を体系的に整理する手法として国民経済計算（A System of National Accounts, SNA）が整備されている [5]．中でも，国民の経済厚生状態を評価する集計的指標として，Net Domestic Product（NDP）が重要な役割を果たしている．従来より，代表的家計の消費行動を通じて，国民の経済厚生指標を構築する試みがいくつか存在する．中でも，Weitzman(1976)[6] や Aronsson *et al.*(1997)[7] 等は，伝統的なラムゼイ型経済成長モデル（以下，ラムゼイモデルと呼ぶ）を用いて，Net Domestic Product による経済厚生評価が代表的家計の生涯効用（ラムゼイモデルの最適値関数）による評価と整合的であることを理論的に示した．ただし，厳密には Weitzman 等は NDP ではなく，Net National Product (NNP) について議論している．

1993 年に改訂された SNA では National の概念が廃止され Domestic の概念に一本化された．さらに，Hartwick(1990)[8]，Mäiler(1991)[9]，Aronsson *et al.*(1997) 等は環境管理問題を対象とした動学的マクロ経済モデルを定式化し，最適投資経路上での環境や生産資本の経済価値の構造を環境会計 (Green Accounting) としてとりまとめる方法論を提案した．しかし，これらの動学的マクロ経済モデルでは，物的資本の量的側面と質的側面が区別されておらず，物的資本の新規整備と維持補修に関する戦略を検討できないという限界がある．

国民経済計算に関しては，経済統計情報自体の作成方法について，OECD, 国連等によって国民経済計算の標準化（SNA : System of National Account）が進められており，統計作成の実務面の進展とともに膨大な調査研究がなされてきた．この中で，1997 年から 3 ヵ年にわたり，社会資本を含めた有形固定資産の経済統計作成ルールの統一を目的として，資産分類，減耗・劣化に対する経済的評価，資産額の間接的推定あるいは直接調査法などに対する継続的な研究が行われ [?]，その成果はマニュアルとして取りまとめれ

られた．しかしながら，未だ社会資本に関しては統一的な結論を得るに至っていない．

社会資本の生産性に関して，すでに膨大な文献が蓄積されている．それに伴い，これらの文献を包括的に体系化しようとする試みもいくつかなされている．たとえば，Gillen[6] は交通施設に限定しているものの，この分野における優れたレビュウ論文として定評がある．社会資本全般に関して包括的な体系化を行った試みとして Sturm[7] があげられる．Sturm は時系列データ，クロスセクションデータを用いた社会資本の生産性に関する計測事例を OECD 諸国を対象として包括的にレビュウしている．その中には，1998 年時点までの英文による代表的事例は概ね収録されている．

わが国においても，三井, 太田 [20] が，社会資本の生産性に関する包括的な研究を行っている．そこでは，都道府県別，部門別に社会資本の生産力の分析を行うとともに，社会資本の財源や公的金融の役割についても言及している．以上の研究レビュウは，主としてマクロ生産関数，費用関数を推計することより，社会資本の生産性を計測しようとする研究事例を対象としており，社会資本が経済成長に及ぼす影響の考察はなされていない．吉野, 中島 [9] はわが国のデータを用いて部門別，地域別の社会資本の生産性を分析するとともに，需要創出効果を踏まえた財政支出関数と連立させることにより，単位期間後の時点に財政支出を拡大できる比率を乗数の形で算出することを試みているが，長期的な経済成長への影響を分析するという視点はない．

一方，近年の経済成長理論の発展に関してはすでに多くの著書に紹介されている [36, 11]．その中で，内生的経済成長理論における社会資本の役割に関しては，Button[12], Nijkamp and Poot[13] らが研究展望を行っている．最近の内生的成長理論や経済地理学では，規模の経済性の存在を巡る議論が中心課題になっている．新古典派経済成長理論に関しては経験的分析が蓄積されているものの，内生的経済成長論における規模の経済性に関する実証的な検証に関してはほとんど研究が蓄積されていないのが実状である．

生産関数モデルにおける社会資本のスピルオーバーの問題に関しては，すでにいくつかの文献で議論されている．たとえば，浅子は，1975-85 年に至る都道府県パネルデータをプールして生産関数の推定を行った [4]．その結果，時系列モデルと比較して，プールモデルから推定される社会資本の生産性が小さくなると報告している．また，吉野・中野等 [5]–[8] も同様の結果を報告している．また，海外の研究事例においても，時系列データとクロスセクションデータを用いた推計結果では，後者のほうが社会資本の生産力効果が低く推計されている [9]–[13]．

Munnel はその理由を,「時系列データを用いた推計結果では，地域間のスピルオーバー効果も含んだ形で社会資本の生産力効果が計測されるが，クロスセクションデータを用いた場合では各地域の社会資本が自地域の生産のみに貢献するような生産関数を想定しているため，社会資本の便益が他の地域にスピルオーバーする効果が無視される」と指摘している [10]．この場合，時系列データと比較して，クロスセクションデータの推計結果では社会資本の生産力効果が過小に評価される危険性がある．したがって，クロスセクションデータを用いる場合，地域間におけるスピルオーバー効果を明示的に考慮する必要がある．

1970 年代以降，道路舗装のライフサイクル費用の低減化をめざした舗装管理システム（Pavement Management System : PMS）に関する研究が蓄積された [1]–[3]．中でも，その中核的なサブシステムである維持補修管理システム (Maintenance Management Systems : MMS) に関していくつかの実用化が図られている．道路舗装のアセットマネジメントを実施するためには，プロジェクトレベル，ネットワークレベルでの修繕管理を効率的に遂行する必要がある．前者は個々の工区の修繕方法を求めることを目的としている [4]–[8]．

プロジェクトレベルを対象とした道路舗装の修繕モデルに関しては，いくつかの研究事例がある．たとえば，サービス水準を確定的に扱い修繕費用の平準化をめざした修繕計画モデル [9] や施設需要との関連性を定式化した最適修繕モデル [10]·[11] が提案されている．現実の舗装の劣化過程には多大な不確実性が存在し，あらかじめ将来の修繕時期を確定的に予測することは不可能である．むしろ，その時々の道路舗装の劣化水準を観測しながら修繕を実施すべきかどうかを決定する状況依存的な修繕ルールを設計することが望ましい．このような観点から，マルコフ決定過程を用いて道路舗装の劣化過程の不確実性を考慮した最適修繕モデルが提案された [12]·[13]．マルコフ過程を用いて実用的な最適修繕モデルを作成しようとすれば推移行列が膨大となり操作上問題が生じる．これに対して，ファイナンス工学的手法を用いて修繕ルールを提案する方法も提案されている [15]·[14]．

一方，ネットワークレベルを対象とした道路舗装のアセットマネジメントは，修繕の必要な候補区間を抽出し，修繕の実施の優先順位を付け，限られた修繕予算の制約の中で効率的に修繕個所の選択を行うことを目的としている．このような視点より，田村等は予算制約の下で，道路網全体の舗装に関するライフサイクル費用を可能な限り低減させるような実用的な修繕ルールを提案している [16]．さらに，長期的な視点から道路舗装の品質水準を適切な水準に維持するために必要となる予算水準や道路舗装の修繕ルールを求めるための方法論を提案している．

1.2.2 公会計改革とインフラ資産

政府・自治体等における公会計改革の背景には、民間企業の経営理念や手法を行政に導入することによってその効率化・活性化を図るという，NPM（New Public Management）の存在がある．

現行の現金主義に基づく公会計の問題点は，①ある一時点での政府あるいは自治体にとって最終的に責任のある債務額がわからないうえ，一定期間の真の行政コストを算出することも不可能である，②政府・自治体にとって将来発生する支払い義務がどの程度の金額で存在するのかが把握できない．したがって政府・自治体の行政活動の費用と効果や効率性といったパフォーマンスを適切に測定することは困難であり，さらに将来必要とされる財政負担に対して，予め計画を立てて毎年対処していくといったことができない．結果として政府・自治体は事態が深刻化したその時々に場当たり的対応に終始せざるを得ない状況に追い込まれる可能性が高い，ということにある．

1.1 で述べたように，インフラ資産の特徴は，懐妊・供用期間が極めて長く，資産の劣化速度も緩やかであるため，資産のもたらす便益に比し，長期的なコスト情報の把握が不十分なものになりやすい．この結果，米国の例にあるように，道路・橋梁など重要な資産の機能低下が急激に生ずるまで，事態の認識を怠るというリスクがある．

政府・自治体にとってインフラ資産の会計情報の意義は，①インフラ資産の状態の把握とそれに基づく適切な維持補修，更新の財源確保の観点から政府・自治体全体の活動を総体として評価しうるよう，財政状態の開示，資産・負債のバランスの表示などマクロ的情報の提供，②財務会計と業績測定システムとのリンクとその情報が個別の予算決定に生かされる仕組みとして，個々の施設整備，維持管理活動の効率性，有効性改善へのマネジメント・ツールと予算配分における意思決定のためというミクロ的情報の提供，という 2 つの役割を有する．

1.2.3 新規整備と維持更新に関するマクロ経済会計情報

今後，社会資本の新規整備と維持更新には，施設のもたらす便益の多面的な把握・評価とともに，将来の維持更新需要を見越した計画性が求められる．そのためには，蓄積されたデータをもとに，予算と技術の投入に関する長期的な予測を可能にする，社会資本マネジメントシステムを構築することが必要である．

2003 年 10 月に閣議決定された「社会資本整備重点計画」の中では，今後の社会資本整備のあり方として，国土の保全，経済活力の維持・発展をもたらすインフラの重点的な整備を図る一方，「既存の社会資本の有効活用」の必要性が提起され，総合的な維持管理計画の策定と推進の重要性が指摘されている．また同様に，個別の社会資本に関しても、①アセットマネジメント導入による総合的なマネジメントシステムの構築，②ライフサイクルコストを考慮する設計・施工法の確立，③構造物の総合的なマネジメントに寄与する点検システムの構築，④新たな管理体制の構築，など維持更新業務への総合的な戦略立案の必要性が指摘されている [18].

これらの戦略立案に当たっては，その前提として時間軸上の各時点におけるストック情報とストックの維持管理や設備更新に関する投資活動の経済効果を的確に記述するための経済会計（以下，インフラ会計と呼ぶ）指標が整備されていなければならない．インフラ会計は効率的なアセットマネジメントを支援する管理会計情報を整備するという役割を担う．それと同時に，政府が実施する社会資本の新規投資や維持管理・更新投資の有効性と妥当性をマクロ的な経済会計情報として公開することにより，国民に対する説明責任を果たす役割を担うことになる．

従来の経済統計では，社会資本ストックの水準が 1 次元のスカラー（金銭価値）で表現されており，量的な整備・除却と質的な減耗・修繕を区別できない．インフラの新規整備，維持補修戦略を議論するためには，社会資本の量的・質的水準を区別して記述できるような会計情報が必要である．さらに，インフラの新規整備は，将来における維持補修需要を確実に増加させる．このように社会資本ストックの質的・量

的な水準は互いに関連しており，両者の相互関係を明示的に考慮しうるインフラ会計の枠組みを開発することが不可欠である．

1.2.4 社会資本ストック統計と生産性評価

社会資本が持つストック効果をマクロの生産関数などの経済モデルによって分析する場合には，社会資本ストックを貨幣価値に換算する．その社会資本ストック額の計算方法には，投資額を用いる恒久棚卸法 PerpetualInventory Method），基準年次法（Benchmark Year Method）や，物理的な施設量に基づく物理的ストック法（Physical Stock Value Method）がある．これらのうち投資額を用いる二つの手法では，投資額の積算と同時に除却を行う．除却は，予め定められた耐用年数に基づいて行われるが，個々の社会資本の物理的な寿命は，その利用状態に影響され，耐用年数が到来する前でも機能的な更新が必要となり除却する社会資本も存在する．

わが国の社会資本ストック統計の代表例は、内閣府による「国民経済計算（純固定資産）」と「社会資本ストック」である．この他、旧経済企画庁による「国富調査」も度々参照されるが、1970 年を最後に中断されている．

「国民経済計算（純固定資産）」は、①社会資本の種類を区分せず一括して計上する．②資本減価のうち、施設の更新，に伴う「除却」は考慮されていないが資本の摩耗や老朽化に伴う「減耗」を減価償却として把握する．ただし，減価償却方法の詳細については公表されていないため，劣化・減耗の評価ができないという問題がある．一方、「日本の社会資本」では、①道路・河川など社会資本の種類別にストック額を把握できるが，②資本減価のうち、「減耗」は考慮されず、sudden-death の仮定に基づき平均耐用年数に至った資本を機械的に「除却」するという推計方法が採用されている．したがって、「日本の社会資本」を使用すれば、「減耗」を含めていない分、資本の生産能力を過大に評価する危険性がある。特に、90 年代の後半、公共投資が抑制される一方、80 年代後半から９０年代前半に大量に蓄積された資本ストックが老朽化するのに伴い、こうした資本ストックの過大評価が深刻な問題となって顕現化している可能性が高い．

このように社会資本ストック額の計算方法は，実際の社会資本の減耗や除却状況を反映したものではなく，このことによって社会資本ストック額が過大（過小）に評価された場合には，社会資本の生産力効果が過小（過大）に評価されることになる．

社会資本の生産性をより適切に把握するためには,「除却」と「減耗」の両者を勘案した資本ストックを用いる必要があるが、このうち「減耗」をどのように推計するかについては複数の考え方がある．資本減耗率として、税法上の減価償却率を利用する方法がある。しかし、税法上の減価償却率は、そもそも課税上の便宜を考慮して設定されたものであるため、資本の生産能力の低下を忠実に反映するとは限らない．また，耐用年数の極めて長い社会資本では，維持管理や更新投資がストック額に与える影響を明示的に把握し集計・記録することが必要である．

現時点では，こうした社会資本ストック額の計算方法によって，社会資本ストック額が過大に評価されているのか，あるいは過小に評価されているのかを判断する資料はないものの，社会資本の生産力効果の計測は，社会資本ストック額の正確な評価の上に成り立つことを把握する必要がある．

1.2.5 スピルオーバー効果

従来より，生産関数モデルを用いて社会資本の生産性を計測した研究事例は数多く蓄積されている．既往研究では社会資本をあたかも純粋な地方公共財として取り扱っており，社会資本の整備効果の地域間スピルオーバーを十分に考慮していないという問題点がある．社会資本の効果は個々の地域の範囲を越えて，空間的な広がりを持つ場合が少なくない．特に，交通・通信施設などの社会資本（以下，ネットワーク型社会資本と呼ぶ）は，地域間の知識，情報，金銭の流動の効率化を通じて，生産におけるスピルオーバー効果の増進を目的として整備される．

ネットワーク型社会資本の整備効果は，ネットワークで連結されたすべての都市間の所要時間を短縮し，その効果はネットワークで連結されたすべての地域が享受する．クロスセクションデータを用いる生産関数モデルでは，社会資本のストック額が各地域ごとに分割して集計化されるため，ネットワーク型社会資本の特性を十分に表現することは不可能である．

社会資本のスピルオーバー効果は，1）ある地域の生産活動が，当該地域の社会資本だけでなく他地域の社会資本も利用するという直接的なスピルオーバー効果と2）社会資本を通じて知識，アイデアという無形の財が地域間を移動することによって得られる間接的なスピルオーバー効果に分類できる．前者は社会資本が複数の地域における生産活動に同時に利用されるという結合生産がもたらす効果である．このような結合生産は社会資本ストックだけに限られるわけではない．たとえば，ある地域の労働者が他の地域に生産活動に貢献する可能性も否定できない．このような結合生産の効果は非排除性という特質を持つ社会資本に顕著に現れる．

一方，知識は部分的に排除可能な公共財としての性質を持つ．知識は人的流動やコミュニケーションを通じて地域間を伝播する．コミュニケーション技術の発展により情報やデータの地域間移転は非常に容易になった．しかし，フェイス・ツゥ・フェイスのコミュニケーションが必要な知識の移転においては，地域間の距離抵抗は依然として重要な要因である．このように社会資本は，直接的・間接的なスピルオーバー効果を持っている．したがって，社会資本の生産性を計測するためには，多様なスピルオーバー効果を同時にモデル化できるようなアプローチが必要となる．

1.2.6 アセットマネジメントと管理会計情報

今後の社会資本，特に土木構造物の管理手法として「アセットマネジメント」が注目を集めている．アセットマネジメントとは，道路を例にすれば「道路を資産としてとらえ，道路構造物の状態を客観的に把

握・評価し，中長期的な資産の状態を予測するとともに，予算的制約の中でいつどのような対策をどこに行うのが最適であるかを考慮して，道路構造物を計画的かつ効率的に管理すること」[18] と定義されている．

アセットマネジメントを行うにあたっては,「構造物の状態を客観的に把握・評価」するための点検，補修履歴等のデータの蓄積が不可欠である．英国鉄道の民営化によって生まれたレールトラック社では，レールを含めた設備の適切な維持管理が行われなかったため，事故等が頻発し最終的には事業体の破綻を招くこととなった．その原因のひとつとして，資産登録簿とレールの損傷状態に関する情報整備の不備が挙げられているとおり，資産保全に関する会計情報と物的情報の蓄積は極めて重要な課題として指摘された．

近年，我が国では社会基盤の整備が進展し，膨大な量の社会資本ストックが蓄積されている．財政難が叫ばれる状況において，膨大な社会資本ストックをいかにして効率的に管理・運営するかが重要な課題である．社会基盤施設は耐用性を持つ資本であり，長期にわたってサービスを提供する．しかし，時間の経過に従って，社会基盤施設には力学的強度の低下が発生する．施設の物理的劣化は，様々な要因によって不確実に進展する．施設の物理的劣化が進展した場合，修繕投資を実施することにより施設のサービス水準を回復することが可能である．最適な修繕政策を決定する際は，施設の物理的劣化リスクを明示的に考慮する必要がある．

一方，長期にわたって供用される社会資本ストックには，物理的劣化だけでなく，施設の機能が時代の要請に応えられなくなるという経済的劣化も発生する．経済的劣化に対しては，施設の経済的機能の向上や他用途への転用のために施設の更新が必要となる．つまり，当該施設には経済的寿命が存在する．こうした場合，施設管理者は施設運営による期待事業価値を最大にするような施設の運営政策と修繕政策を同時に検討することが必要となる．このとき，施設のライフサイクル費用の最小化をめざした修繕政策は部分的最適化政策にとどまらざるを得ない．施設の経済的劣化による施設更新の可能性を考慮した最適維持・更新戦略を導出する必要がある．

1.3 本論文の構成

本論文の構成は，以下に示すとおりである．

2. では，社会資本の経済会計情報を認識・測定・表示するための会計システムに関し，概念的な枠組みの構築と体系化に向けた課題について考察を行う．公会計においてインフラストラクチャ（以下，インフラと略す）資産の１）ストック量，２）サービス水準に関わる会計情報を作成・管理する部分会計システムを「インフラストラクチャ会計」（以下，インフラ会計と略す）と呼ぶこととし，その目的とその基本的な考え方について考察する．インフラ会計はアカウンタビリティの確保，資源の効率的配分，アセットマネジメント，経済統計整備のために重要な役割を果たす．**2.** ではインフラの資産評価の方法と会計方式，インフラ会計の構築方法について現行制度をもとに敷衍し，会計情報の整備と構築に関する方法論の検討を行う．

インフラ資産を効率的に管理するためには，時間軸に沿って資産の新設・除却，維持補修を適切に実施していく必要がある．そのためには資産の経済価値とその変動を記述する経済会計の整備が不可欠である．

3. では，伝統的なラムゼイ型開放経済成長モデルの枠組みを拡張し，インフラの質的・量的な管理施策を分析するための動学的インフラ投資モデルを定式化する．その上で，国民経済の最適成長経路上で定義されたインフラの経済価値を体系的に記述するための経済会計について考察し，マクロ的視点からインフラ管理のための経済会計の基本的な枠組みを提案する．

4. では，1980 年代後半以降に蓄積された社会資本の生産性や経済成長効果に関する計測結果を総括する．その際，マクロ生産関数，費用・利潤関数，VAR アプローチによる社会資本の生産性の推計結果，新古典派経済成長論に基づく成長率収束性，内生的経済成長論に基づく成長率発散性に関する研究事例に着目する．さらに，規模の経済性に関する取り扱いに焦点を置きながら，これまでの研究成果の問題点と今後の研究課題についてとりまとめる．

5. では，地域間スピルオーバー効果を考慮した社会資本の生産性を評価する方法を提案する．その際，社会資本のスピルオーバー効果として，地域を越えた活動主体による社会資本の利用可能性（直接的スピルオーバー効果）と，地域間における知識のスピルオーバー効果（間接的スピルオーバー効果）をとりあげる．その上で，社会資本の直接的，間接的なスピルオーバー効果を同時にモデル化しうる生産関数モデルを提案し，わが国における社会資本の生産性とスピルオーバー効果を計測する．その結果，直接スピルオーバー効果と間接スピルオーバー効果を介して，社会資本は他の地域の生産性向上に貢献することを明らかする．

6. では，効率的なアセットマネジメントを遂行するためのミクロ的視点からの管理会計情報システム構築に関する議論を行う．具体的には、道路資産を対象として道路舗装のライフサイクル費用を管理するための道路舗装管理会計システム（Pavement Management Accounting System , 以下，PMAS と略す）を提案する．PMAS の目的は，道路舗装のアセットマネジメントのための基礎情報を解析し，会計年度における道路舗装の効率的な修繕計画に関するマネジメント情報と道路会計年度ごとの道路舗装の資産管理に関する管理会計情報を道理管理者に提供することにある．その際，道路舗装の資産管理を行うための会計方式として，繰延維持補修会計に着目するとともに，三重県が所轄する県道の舗装資産を対象として PMAS アプリケーションを試行的に作成し，その有用性について実証的に分析する．

参考文献

[1] 内閣府政策統括官編：日本の社会資本，財務省印刷局，2002.

[2] Aschauer, D.A.: Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, Vol.23, pp.177-200, 1989.

[3] Aschauer, D.A.: Why is infrastructure important? In: Munnell, P.(ed.), *Is There a Shortfall in Public Capital Investment?*, Conference Series 34, Federal Reserve Bank of Boston, 1990.

[4] Romer, P.M.: Increasing returns and long-run growth, *Journal of Political Economy*, Vol.94, pp. 1002-1037, 1986.

[5] Romer, P.M.: Endogenous technological change, *Journal of Political Economy*, Vol.98, pp.71-102, 1990.

[6] Lucas, R.: On the mechanics of economic development, *Journal of Monetary Economics*, Vol.22, pp.3-42, 1988.

[7] Gillen, D. W.: Transportation infrastructure and economic development: A review of recent literature, *Logistics and Transportation Review*, Vol.32, pp.39-62, 1996.

[8] Sturm, J.-E.: *Public Capital Expenditure in OECD Countries, The Causes and Impact of the Decline in Public Capital Spending*, Edward Elgar, 1998.

[9] 三井清, 太田清編著: 社会資本の生産性と公的金融, 日本評論社, 1995.

[10] 吉野直行, 中島隆信編: 公共投資の経済効果, 日本評論社, 1999.

[11] 建設省建設政策研究センター：インフラと企業会計的手法に関する研究 ー英国・米国・ニュージーランド等の事例研究を中心としてー，1998. canberra OECD: Measurring Capital - OECD Manual, 2001.

[12] 大住荘四郎：ニューパブリック・マネジメント，日本評論社，1999.

[13] GASB: Guide to Implementation of GASB Statement 34 and Related Pronouncements, 2001.

[14] Fraumeni, B.M. : Productive Highway Capital Stock Measures, FHADOT, 1999.

[15] 山本清：政府会計の改革，中央経済社，2001.

[16] 筆谷勇：公会計原則の解説，自治体外部監査における実務指針の解説，中央経済社，1998.

[17] 宮本幸平：自治体の財務報告と行政評価，中央経済社，2004.

[18] 国土交通省道路局: 道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会 提言要旨,2003

[19] 小林潔司：アセットマネジメント研究のフロンティア，土木学会論文集,No.744/IV-61, pp.11-13, 2003.

[20] Madanat, S., Durango, P. and Guillaumot, V. : Inspection and Decision-Making in Infrastructute Management:Framework, Models and Computation, 土木学会論文集,No.744/IV-61, pp.1-10, 2003.

[21] 小林潔司，上田孝行:インフラストラクチャ・マネジメント研究の課題と展望，土木学会論文集,No.744/IV-61, pp.15-27, 2003.

[22] Hass, R., Hudson, W.R., and Zaniewski, J.P.: *Modern Pavement Management*, Krieger Publishing Company, 1994.

[23] 阿部頼政：舗装管理システムに関する研究の動向，土木学会論文集，No.372，pp.17-27，1986.

[24] Hudson, W.R., Hass, R. and Uddin, W.: *Infrastructure Management: Integrating Design, Construction, Maintenance, Rehabilitation, and Renovation*, McGraw-Hill, 1997, 池田拓哉他訳：社会資本マネジメント，森北出版，2001.

[25] 東嶋奈緒子：舗装の計画的管理手法に関する調査研究，第 51 回建設省技術研究会報告，pp.17.1-17.20, 1997.

[26] 内田弘，召田紀雄：地方道における長期補修計画の立案，土木学会論文集，No.597，pp.21-31，1998.

[27] 小松原昭則：JH 日本道路公団における舗装マネジメントシステム，アスファルト，第 41 巻 198 号，1999.

[28] 富永博夫：首都高速道路の舗装維持管理，アスファルト，第 41 巻 198 号，1999.

[29] 峰岸順一：東京都における道路維持補修計画支援システム，アスファルト，第 41 巻 198 号，1999.

[30] 堤昌文，樗木武：道路の維持管理に関する計画学的考察，土木計画学研究講演集, No.18(2)，pp.405-408, 1995.

[31] 深井俊英：道路施設の補修と取替の判定に関するシステム論的考察，土木計画学研究・講演集，No.5, pp.27-32，1982.

[32] 黒田勝彦，内田敬：土木構造物の補修・更新モデル，土木計画学研究・講演集，No.11，pp.117-124, 1988.

[33] Carnahan, J.V., Davis, W.J., Shahin, M.Y., Keane, P.L., and Wu, M.I.: Optimal maintenance decisions for pavement management, *ASCE Journal of Transportation Engineering*, Vol. 113, pp. 554-572, 1987.

[34] Madanat S.: Predicting Pavement Deterioration, *ITS Review*, Vol. 20, Institute of Transportation Studies, University of California, 1997.

[35] 栗野盛光，小林潔司，渡辺晴彦：不確実性下における補修投資ルール，土木学会論文集，No.667/IV-50, pp.1-14，2001.

[36] 田村謙介，小林潔司：不確実性下における道路舗装の修繕ルールに関する研究，土木計画学研究・論文集，No.18(1)，pp.97-107，2001.

[37] 田村謙介，慈道充，小林潔司：予算制約を考慮した道路舗装の修繕ルール，土木計画学研究・論文集，Vol.19(1)，pp.71-82，2002.

第2章

インフラストラクチャ会計に関する研究

2.1 緒言

わが国では明治期以来，各種のインフラストラクチャ（以下，インフラと略す）が整備され，国土の保全，産業活動の基盤，生活環境の質的向上など多側面にわたって国民経済の発展に多大な貢献を成し遂げた．戦後，急速に整備されたインフラの中には，新しい時代の要請を担うべく，質的・機能的な改良・更新が必要とされているものも少なくない．同時に，インフラの老朽化に伴う維持補修需要の増大が予想される．財政難の中で，インフラの機能を維持・向上するためには，新規整備と維持補修を総合的にとらえたインフラ・マネジメント手法の確立が求められている．

周知のとおり，米国においてはインフラに対する不十分な維持管理が原因となって，1980 年代にインフラの急速な老朽化と荒廃が進展した．連邦政府による一連の調査・研究により [1]，インフラのマネジメント戦略が明確にされた．その後，インフラの生産性に関する研究 [2]･[3] と相まって，マクロ経済学の視点からインフラの生産性や整備戦略に関する議論が展開された．これらの政策論議においては，インフラのストック量の把握とその適切な評価が前提となっている [3]．

近年，NPM（New Public Management）の視点から，公的部門の運営に民間経営手法の導入や市場メカニズムの活用が試みられている [4]．さらに，公共主体によるインフラ整備・管理の分野に企業会計の理論と手法を導入する試みがみられる [5]．こうした議論の中で，民間資本と異なり，その効用が長期的，かつ広域的に及ぶインフラ資産を公会計システムの中で如何に認識・把握・測定するのかという問題に対して，理論・実務の両面にわたり精力的な検討がなされつつある [5]･[29]．

インフラ会計は公会計を構成する部分会計であり，インフラ資産の１）ストック量，２）サービス水準に関わる会計情報を作成・管理する．広義のインフラ会計には，インフラ資産を調達するための財源に関わる会計情報も含まれるが，本研究では上述の２種類の会計情報に焦点を絞る．その上で，インフラ資産に関わる会計情報を作成・管理・活用し，インフラ会計として体系化する方法論に関して考察する．以下，**2.2** では現行制度の限界とインフラ会計の目的について議論する．**2.3** でインフラの資産評価と会計方式を，**2.4** でインフラ会計の方式について考察する．**2.5** ではインフラ会計の構築方法を，**2.6** でインフラ会

計の適用事例について紹介する．**2.7** で今後の研究課題をとりまとめる．

2.2 現行制度の問題点とインフラ会計の目的

2.2.1 アカウンタビリティの確保と検証

政府は，インフラの整備と管理を納税者から委託されており，業務の遂行状況を納税者に説明する義務がある．企業会計で採用されている複式簿記は，1つの取引を貸借両面から記録する仕訳により一元的に管理できる．さらに，貸借両面のバランスを通じて会計内容を自己検証できる機能を備えている．企業会計は，勘定体系を通じて組織活動を統一的に記録・整理でき，かつ検証可能性に優れるため，企業の財務状態をステークホルダーに説明する基本ツールとして重要な役割を果たす．インフラ・マネジメントでは，インフラが長期にわたり機能を生み出すことより，フローの管理とともにサービス提供能力たるストックの管理が重要となる．インフラ資産に関する会計情報を作成するためには，インフラに関わる目的別・性質別・地域別の支出とインフラのサービス提供能力を統一した方法で認識・評価・整理することが必要である [28].

現行の単式簿記による公会計では，資金収支のみを把握するフロー情報の提供が中心である．貸借対照表を中心とするストック会計が欠如しており，財産の会計的管理が不完全である [9]．企業会計では，土地や建物，機械などといった固定資産や現金預金，未収入金などの流動資産情報が日々の会計記録から自動的に作成される．現行の公会計制度では，各種のインフラごとに台帳の作成が義務づけられているが，土地や建物の所在地，所有権情報や面積等に関する情報のみが記載されており，資産価額に関する情報は記載されていない．また，単式簿記ではストック情報が欠落するだけでなく，記帳の誤りを発見しにくいという欠陥も有している．

現行の公会計ではインフラのストック情報が体系的に整備されておらず，会計情報のアカウンタビリティという側面で問題を抱えている．各会計年度における予算・決算統計を通じてインフラ整備のためのマクロな金銭的支出額に関する情報は把握できる．しかし，インフラ整備や維持管理に係る事業統計は物理量を単位として記載されており，ミクロなレベルで両者の対応をとることは不可能である．さらに，支出目的が細分化されておらず，支出内容が新規整備，維持補修，あるいは修繕更新なのかを区別できない．このため，将来の更新需要や維持補修費を十分な精度を持って推計することが不可能である．このようにインフラ資産に関する会計情報が不備であり，納税者に対して十分なアカウンタビリティを確保できていない．

2.2.2 資源の効率的管理

一般に，公共財であるインフラは，市場メカニズムを通じて供給されない．このため政府がインフラ整備において重要な役割を果たす．インフラに関する効率的な資源配分を達成するためには，市場原理の導入や監査・監視を通じて，資源の非効率な配分を防止することが必要となる．この場合，インフラの整備・

運営管理費用に関する会計情報の網羅性・継続性・正確性の確保が前提となる．国や地方自治体の決算書は，現金の収支があった時点で取引を記録する現金主義を採用している．一方，企業会計では，現金収支に関わらず，取引の事実が発生した時点で収益や費用が計上される発生主義を採用している．インフラは，調査・計画段階から，建設，維持・管理を経て除却に至るまで，極めて長期間にわたり機能を発揮する資産であるが，現行の会計制度では，ライフサイクル費用の観点から費用を体系的に測定・整理するシステムになっていない．また，インフラ整備や維持補修に係る費用情報としては，現金主義のもとで計上される建設費や維持補修費といった直接支出が伴う費用のみが対象とされ，減価償却や資本費用といった資産保有に係る真の費用を把握できない．例えば，決算書の歳出は款，項，目，節に分類されるが，それは支出を記述したものであり，費用ではない．すなわち，価値の移転と価値の創造に関わる活動の区分がないため，真の費用が見えなくなっており，費用と効果の関連が明瞭ではない．また，公債の償還に関しては，決算時の会計報告において，元本償還額と利子償還額とが合算された公債費という科目として扱われる．しかし，元本の償還分は損益に関わりのない取引（価値の移転）である．一方，金利は債権の資本費用として資本に加えられた価値の創造である．しかし，現行の公会計では，これらの区別がない．インフラの整備財源は起債によって調達される場合が多いが，費用情報の不十分さに加え公債管理の会計システムとの連携が小さいため，個別事業の採択時に考慮すべき資本費用が，予・決算時点では会計データとして把握・評価されず，着手後の事業遂行を促進させるインセンティブが働かないという制度的な弊害もある．

2.2.3 アセットマネジメント

高度成長期に蓄積されたわが国のインフラも老朽化を迎えつつある．新規のインフラ整備のニーズに応えつつ，既存のインフラを有効に活用するためには，インフラ資産の効率的なアセットマネジメントが必要となる．インフラ会計は，インフラのサービス水準を持続的に維持するためのアセットマネジメントが継続的に実施されているかを把握・評価するとともに，サービス水準を維持するために必要な財源を調達するための情報提供機能を持たなければならない．

将来時点におけるインフラの維持更新需要を推計した事例 [8] はいくつか存在する．しかし，道路舗装など一部の例を除いて，将来の更新需要を推定するために必要となるインフラの劣化状態と維持補修内容に関するデータが不足している．このため多くの分析事例では，インフラの耐用年数を仮定し，過去の投資額と維持補修費に関する実績データに基づいて，将来の更新量と維持補修額を推計している．個別のインフラの劣化状態や資産価額に関する記載が不十分であり，今後どれだけの維持補修費をどのタイミングで支出すべきかを判定できない [8]．公共事業は経済政策の影響を受けやすく，安定的な予算を確保することが困難である．インフラの維持補修を一時的に先送りしても，インフラのサービス水準の低下が直ちに現れないことから，必要な維持補修予算が一律に削減，繰延される可能性がある．このように維持補修予算は不安定な性格を有しており，インフラ会計の整備を通じて安定的な財源確保を目指すことが必要であ

る [28]. 企業会計では，売上げや利益など目標値の設定とその達成度合いを会計的に測定し，その業績評価と次期行動をコントロールするための管理会計システムが発展してきた．インフラのアセットマネジメントを行うためにはインフラ資産に関する管理会計の整備が不可欠である [4].

2.2.4 経済統計整備への貢献

1993 年に改訂勧告の出された国民経済計算体系（SNA: System of National Accounts ）や政府財政統計（GFS : Governmental Financial Statistics ）においては，従来のフロー勘定からストック（蓄積）勘定の重視，完全発生主義の導入など，その概念規定と統計整備の具体的方法論が大幅に変更された [10]~[12]. インフラ資産は，ストック統計の中で大きなウェイトを占め，その統計上の処理方法は重要な課題である．本来，発生主義会計に基づくべき国民経済計算における政府部門の会計数値が，わが国においては，現金主義会計に基づく財政統計に依拠して推計されている．このため，発生主義会計に基づく企業部門の会計数値との不整合が生じるなどの不備が生じている．このような不備を是正し，わが国の国民経済計算体系との整合性を確保するためには，従来からの現金主義会計を脱却し，発生主義会計に基づくインフラ統計を作成しなければならない．わが国でも他の先進諸国と同様に 93SNA 改訂の勧告を受け入れ，民間のビル等構築物と同様にインフラ資産に関しても，有限の耐用年数を有する固定資産ストックとして毎年資本減耗を認識・評価することとなった．このような状況を反映して，企業部門と政府部門の双方に対して発生主義会計の立場から一貫した国民経済計算体系を構築することが求められている．こうした経済統計の整備を通じて，インフラの長期的な整備戦略に関する計画性，透明性，および正確性を期した財政戦略を議論することが不可欠である．

2.3 インフラ資産の評価方法

2.3.1 固定資産としてのインフラ資産

固定資産は，1）1 年超使用することを目的として所有する相当額以上の資産であり，2）使用または時の経過によって価値が減少する資産である．ここで,「1 年超使用する」とは，たとえ相当額以上の資産であっても，使用期間が 1 年以内であれば固定資産とはならず，資産取得に要した価額はそのまま費用（行政コスト）となるか，あるいは流動資産として計上されることを意味する．また,「相当額以上である」とは，1 年超使用が予定されている資産であっても金額が僅少な資産については，その金額的重要性及び実務上の簡便性から，費用処理が容認されることを意味する．企業会計では，税法上の要請から 30 万円以上としている．一方，国の重要物品の概念は 50 万円以上である．

一般に，公的部門の固定資産として分類される資産としては，**表 2.1** に示すような 6 つの種類があげられる．このうち，本研究では（2）に分類されるインフラ資産に着目する．なお，旧自治省 [13] によれば，固定資産を行政目的に基づいて総務費・民生費・衛生費・労働費・農林水産業費・商工費・土木費・消防

表 2.1 公的資産の分類

資産の分類	内　容
（1）通常の有形固定資産	主に庁舎内の資産あるいは警察・消防施設・学校・図書館・公園・公営住宅などが該当する
（2）インフラ資産	橋梁・縁石・側溝を含んだ道路ネットワーク，上下水道システム，給排水システム，埋立て地，洪水防止設備，電力供給システム，コミュニケーションネットワークなど．ネットワーク性を有する資産の集合体であることがその特徴として挙げられる
（3）投資不動産	投資目的で保有する土地，建物，森林など
（4）遺産資産または文化資産	文化的，歴史的または環境的な観点から地域社会として保存する必要を認めた有形固定資産で，他に代替性のないもの．例えば，芸術及び美術作品，歴史的文書，歴史的に意義の高い土地または地域，科学上または環境上で重要な資産，モニュメント及び文化的に重要な建物など
（5）認識可能無形固定資産	売却または移転できる漁業割当権，採掘権など
（6）認識・評価不能な資産	売却したり認識及び測定したりすることが不可能な資産であり，鉱物・魚資源などの天然資源や通貨発行権，課税権，営業権などの無形固定資産，人的資源などが含まれる

表 2.2 固定資産台帳の記載事項

1）資産の名称	2）資産コード
3）所属部署	4）取得日
5）取得価額	6）減価償却方法
7）耐用年数	8）償却率
9）期首帳簿価額	10）期首減価償却累計額
11）期中減価償却費	12）期末帳簿価額
13）期末減価償却累計額	14）当期に増減があった資産であるか否か

費・教育費・その他に分類することとしている．また，企業会計では，財務諸表等規則に基づき，固定資産のその形態に着目し，建物・構築物・機械装置・車両運搬具・工具器具備品・土地等に分類する．ただし，いずれもその分類方法は報告（開示）上の問題でしかない．なお，中央政府や自治体の資産として当座資産（貨幣性資産）のみが該当し，インフラ資産のような非貨幣資産は売却不能であるため資産計上する必要はないという見解もある．しかし，インフラ資産は売却不能資産であっても，国・地方自治体によって形成・維持されているものであり，固定資産のストック性（将来にわたるサービス提供能力又は将来の経済的利益）を認識すれば，将来にわたるサービス提供能力または将来の経済的利益を認識するためにインフラ資産を時価で資産計上し，その維持補修費を認識する必要があろう．

固定資産を網羅的に把握するためには固定資産を管理する一覧表（一般的には固定資産台帳と呼ばれる）を作成・整備し，取引発生（すなわち，会計上固定資産の増加）や固定資産の減少（除却，あるいは売却）を認識するたびごとに，一覧表に記入していくことが必要である．すなわち，固定資産の物量面の管理とともに金額面からも管理し，相互にクロスチェックを行うことにより，固定資産の現物管理をより正確かつ網羅的に行うことを目的とする．企業会計では，固定資産台帳には，**表 2.2** に示すような事項に関する記載がある．また，最低限年に1回は固定資産の実査を行い，現物が実在しているか否かを確認すること

が望まれる．現物が滅失しているのであれば，除却処理が必要である．現物の機能が著しく損なわれている場合や損傷している場合には相応の価値の減額が必要となる．インフラに関しては台帳法により台帳整備が義務づけられているが，現実の整備状況は極めて不十分である．さらに，企業会計で義務づけられている資産価額が台帳に体系的に記載されている例は，現時点では存在しない．

2.3.2 インフラ資産の評価価額

固定資産の貸借対照表計上額はその資産の評価額により決定される．貸借対照表には次年度繰越額（年度末貸借対照表計上額）が算定され，資産評価額（または年初貸借対照表価額）との差額が費用（行政コスト）として計上される．1つの資産に対して，必ずしも1つの評価額が対応するわけではない．資産評価額の概念として，1）取得原価（取得時に支払われた現金または現金同等物，あるいは取得するために提供した対価の公正価値），2）再調達価額（保有している資産を測定日で再取得した場合に支払われる現金または現金同等物），3）割引現在価値（通常の事業活動の過程で期待される将来キャッシュ・フローの割引現在価値），4）正味実現可能価額（現時点での通常の売却によって獲得できる現金または現金同等物）の4つがある [24]．インフラ資産の場合，行政サービス提供能力を適切に貸借対照表に反映させることが重要であり，その面からは再調達価額を採用することが望ましい．一方，費用（行政コスト）計算の正確性を重視し，異なる会計主体間の比較可能性及び客観性・検証可能性を追及するのであれば，取得原価が望ましい．企業会計では商法上の要請もあり，取得原価を採用している．再調達価額と取得原価のいずれが望ましいかは，会計目的や情報の利用可能性に依存する．多くのインフラ資産は営利事業に供せられていないため，割引現在価値，正味実現可能価額の採用は困難である．なお，インフラ資産はそもそも売却が予定されていないため，資産計上は不要であるという考え方もある．しかし，公的部門は納税者からの税収あるいは国債・地方債などを原資としてインフラ資産を取得・保有している．さらに，インフラ資産を行政サービスに提供していることを思料すれば，インフラ資産を資産計上しないという考え方は公会計目的には相容れないと考える．

2.3.3 価値の減少の認識と評価

固定資産は，役務を長期間にわたって提供しながら，時間の経過とともにその価値が次第に減少する．企業会計において固定資産の評価額をその取得した年度または除却した年度だけの費用とするのは合理的ではない．固定資産の評価額を使用可能な各年度に配分することが必要となる．固定資産の評価額を，使用できる各期間に，一定の計画に基づいて，規則的に費用として配分するとともに，その額だけ，資産の繰越価額を減じていく会計上の手続を減価償却という．すなわち，減価償却とは費用配分の原則に基づいて有形固定資産の取得原価をその耐用期間における各年度に配分することをいう．一般に，減価しない資産（土地，絵画・骨董品などの文化資産等）については減価償却を行わない．このような資産は非償却資産と

呼ばれる．減価償却を行う資産は減価償却資産と呼ばれる．減価償却を行うにあたっては，1）固定資産の当初取得時の評価額，2）耐用年数，3）残存価額の3つの要素が必要となる．このうち，1）については，必ずしも取得原価を基礎としなければならない訳でなく，再調達価額を基礎とすることも可能である．耐用年数は，当該固定資産の使用可能期間である．本来，各固定資産に対して個別に耐用年数を見積もることが必要であるが，企業会計では税法上の要請により，税法の基準を採用している企業が多い．残存価額は，固定資産の耐用年数到来時において予想される当該資産の資産価値であるが，企業会計では税法上の要請から取得原価の10％あるいは5％とする場合が多い．結果的に，減価償却の手続は固定資産の当初取得時の評価額から残存価額を差引いた額を耐用年数の期間で規則的に配分し各年度の費用とすることになる．

減価償却の手続によって得られる資産の次年度繰越額（年度末貸借対照表計上額）は，必ずしも当該資産の価値を表すものではなく，翌年度以降に費用として処理されるべき金額を意味する．実際，企業会計では客観性・検証可能性の確保及び適正な期間損益計算が重視されるため，取得原価を基礎とし，減価償却の手続を行って，次年度繰越額（年度末貸借対照表計上額）が決定される．この場合の次年度繰越額（年度末貸借対照表計上額）の意味は，「翌年度以降の収益に対応すべく翌年度以降に費用となるべき金額」であって，必ずしも貸借対照表日時点での当該資産の売却価値や再調達原価を表すものではない．規則性が要求される理由は，恣意性の排除にある．すなわち，利益に及ぼす影響を考慮して減価償却費を任意に増減すれば，損益計算を歪める危険性がある．なお，固定資産の価値を毎年度末に評価し，年初貸借対照表価額と年度末評価額の差額を価値の減少とみなして費用として計上するという考え方もある．この過程は資産再評価であって，減価償却の手続ではない．

2.3.4 インフラ資産に関する減価償却の問題

インフラ資産に減価償却を適用する必要があるかどうか（インフラ資産が減価償却資産に該当するかどうか）に関しては会計学上賛否両論があり決着がついていない[32]-[33]．非減価償却資産と主張する理由は，インフラ資産は，維持補修によって無限の耐用年数をもつことが可能であり，減価償却計算は不要であるという考え方による．インフラ資産に適切な維持補修が実施されていれば，インフラは常に良好で安全な状態に維持され，価値の減少は発生しない．インフラ資産の価値を保つために必要な維持補修費が費用（行政コスト）として計上される．さらに，実際に支出した維持補修費がインフラ資産のサービス水準を維持するために必要となる維持補修費よりも少ない場合には，維持補修引当金（資産の減額）が計上される．インフラ資産の耐用年数が有限であっても，実際の耐用年数が超長期（例えば100年超）にわたる場合も少なくない．さらに，その資産が複雑，多岐な要素から成り立っているため，実際の耐用年数を正確に見積もることが困難な場合も多い．したがって，正確でない耐用年数を用いて減価償却を行っても正確な費用配分は行えず，その結果得られる会計情報の意義は損なわれると主張する．

一方，減価償却が必要であるという見解も存在する．インフラ資産は適切な維持補修によって耐用年数が延びるとしても，その耐用年数は有限であり，資産年数に限りがあるとすれば，減価償却を計上すべきという考え方である．すなわち，インフラ資産も反復的な使用や時間の経過とともに減価しており，当初の資産評価額についての減価償却が必要となる．また，資産の維持，サービス提供能力の確保，運用成果を評価するためには費用情報が必要であり，その提供のために，費用（行政コスト）として減価償却すべきであるという意見もある．例えば，全ての資産が平均的に維持補修され，仮に 50 %の価値（あるいは行政サービス提供能力）が維持されていると考えれば，残存価額を 50 %として償却することが必要となる．

インフラ資産のような複雑・多岐な要素からなる資産については，一般的な減価償却では，正確な費用配分ができない．インフラ資産の減価償却は，使用期間におけるサービス提供能力の減少を反映したものでなければならない．どのような減価償却の方法が望ましいかは会計目的やインフラのタイプと特性に依存するが，費用管理を合理的に行うことを目的とする場合には，例えば，減価償却費と維持補修引当金を組み合わせた方法を採用するのが妥当であろう．

2.3.5 インフラ資産の除却

固定資産はその利用価値がなくなると除却される．除却には，既存の固定資産が実際に滅失した場合のほか，既存の固定資産を更新して新たな固定資産を取得した結果，既存の固定資産を利用（あるいは既存の固定資産を用いたサービスを提供）しなくなった場合（有姿除却という）も含まれる．固定資産の除却時には，既存の固定資産について，直前の貸借対照表価額を除却損として費用（行政コスト）に計上する．既存の固定資産について，現実に除却したにもかかわらず貸借対照表に計上しておくと，架空資産が計上されることになる．インフラ資産に関する官庁統計 [21] においては，インフラ資産の除却に関する取り扱いが不十分である．インフラ資産の除却に関する会計処理を実施するためには，**2.5** で述べるように，台帳レベルにおけるミクロなインフラ資産の会計情報の整備が不可欠となる．

2.4 インフラ管理とインフラ会計

2.4.1 インフラ資産とサービス水準

経済学の分野では資本ストックの価額を一元的に集計化して金銭価額として表現する．しかし，この方法ではインフラ資産の量的ストックを表す資産価値とサービス水準と対応する資産価値を区別できない．また，インフラの（劣化による）減耗によるストック価値の減少とインフラの除却によるストック価値の減少を区別できない．新規整備による資産価額の増加と修繕更新による資産価額の増加も区別できない．インフラ資産を管理する場合，インフラ資産の量的ストックとサービス水準を明示的に分離した会計情報が必要となる．

インフラ資産として維持すべきサービス水準が社会経済的・技術的判断により決定されたとしよう．サー

ビス水準を維持するために必要な維持補修費は，ライフサイクル費用を最小にするようなアセットマネジメント戦略を工学的に検討することにより決定できる．多くのインフラ資産は，資産が除却されない限り半永久的にそのサービスを提供する．サービス水準（耐震設計基準，設計仕様等）に変更がない限り，維持補修費の継続的な支出によりインフラ資産価値は減価しない．

多くのインフラ管理の現場において，「稀少な財源を新規整備予算と維持補修予算にどのように配分すべきか」が論点となる場合が多い．もちろん，短期的な予算配分を巡って，新規整備予算と維持補修予算の調整が必要となる場合もある．しかし，長期的な観点に立てば，維持補修費はインフラ資産が劣化することにより不可避的に発生する費用であり，インフラ資産を除却しない限り国民はその費用を負担しなければならない．インフラ管理を行う上で重要な問題は，1）（新規と既存の双方を含む）インフラ資産の望ましいサービス水準，2）既存のインフラ資産の除却（他の用途への転用）も含めて，インフラ資産の望ましい量的水準を決定することである．インフラ資産のサービス水準は，それぞれの時代におけるインフラ資産の社会的・技術的水準，あるいは経済効果を総合的に考慮して決定されるものである．インフラ会計はその前提となるインフラ資産のサービス水準を明確にした上で，インフラ資産の量的水準，質的水準とその変化を記述する内容を持っていなければならない．

2.4.2 政府・自治体の公会計システム

政府や地方自治体等で適用される公会計は，インフラ会計の目的を含むより包括的な目的を持っている．一般に，公会計の目的として以下の事項 [22]−[27] があげられる．1）政府や地方自治体が，経済資源の管理運営状況及び行政活動の成果を納税者に説明するための基本的な手段となる．2）納税者が行政活動の善し悪しの判断，行政活動に自ら参加する判断を行う場合の重要な情報源である．関係する政府・自治体の財政状況や行政コスト実態を正しく把握し積極的な意見や提案を行うための情報となる．3）行政活動は，公共の福祉の実現が国民・地域住民の立場からみて経済的に，最少の費用で最大の効果をあげるように実施しなければならず，そのための重要な情報を提供する．

財務報告書の主たる目的は，外部者への情報提供であるが，内部担当者へも機能的情報を提供するものでなければならない．基本財務報告書として，日本公認会計士協会の「公会計原則（試案）」[33] では，以下の諸表の記載を提唱している．すなわち，1）決算期末時点での資産・負債・正味財産を示す貸借対照表，2）行政目的たる成果とその達成のために要した費用を表す成果報告書（損益計算書，行政コスト計算書），3）資金（現金）の動きを活動区分別に表した資金収支計算書（キャッシュ・フロー計算書），4）ガバメントタイプの成果報告として住民・国等から収入した財源を加味して貸借対照表の正味財産の増減を示す正味財産増減計算書，5）基本財務諸表を作成する基礎となる主要な会計方針や補足説明情報を提供する附属明細書であり，これら5つの諸表と附属明細書が一体となって政府・自治体の財務諸表を構成すべきであるとする．

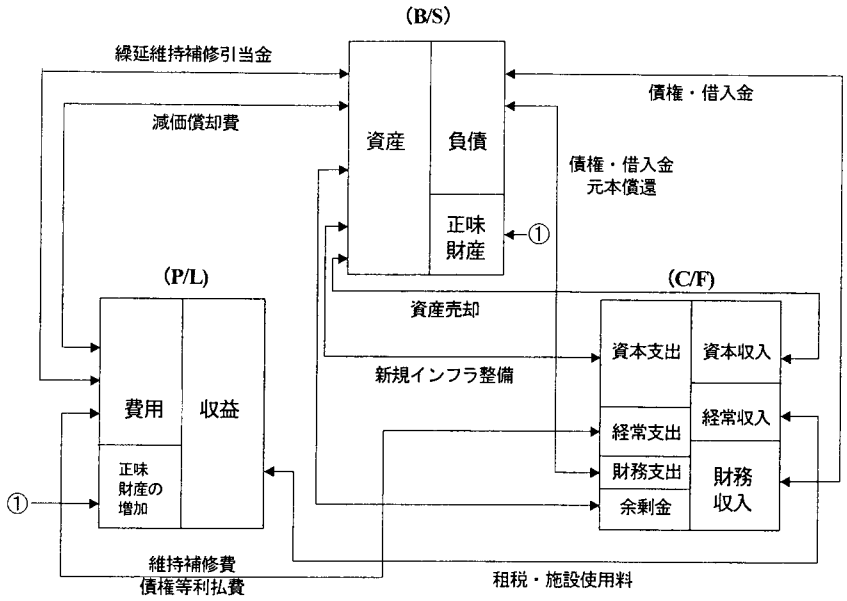


図 2.1 公会計システムとインフラ資産

政府・自治体の公会計改革の一環として欧米を中心として始まったNPMの中核的活動の1つは，公会計，特に貸借対照表の作成とその活用にある．貸借対照表は資産と負債とを評価し，表の左右に体系的に記入するものであり，資産は公共主体が，将来にわたりサービスを提供することができる価値を表している．これに対し負債は，公共主体が将来返済を必要とする債務を表す．そして両者の差額（正味財産と呼ばれる）は，将来に受け継ぐ公有財産の実質価値を示す [4]．政府・自治体は，インフラ資産の整備，維持・更新を含む多様な行政サービスを永続的に提供する責務を有している．公会計システムは，こうした活動の総体を対象として，資産・負債・収益・費用・正味財産に関する会計情報を体系的に記述する目的を持つ．公会計システムはインフラ資産の管理のみならず，行政サービス全体を射程に置くものであるが，**図 2.1** は公会計システムのうちインフラ資産に係る部分のみをとりあげた部分会計システムを示している．公会計における財務報告書が企業会計と異なる点は，資本概念の相違にある．企業活動は，株主から拠出された資本を元手として，毎期継続的な投資・営業・財務活動を通じて，当期利益の獲得とこれによる資本価値の増大を図ることを目的とし，株主に対して活動の果実である経済的利益の分配を目指すものである．一方，政府・自治体の活動は利益獲得を追求するものではなく，多様な行政目標を達成するための資産の形成と，この資産の稼動によって発揮される行政サービスの提供が目的となる．

新規のインフラ整備は，貸借対照表 (バランスシート：B/S) において資産額の増加として記述される．インフラ整備が起債等による財源で賄われた場合，発行された起債額は負債として認識される．インフラの供用後は，インフラの物理的経年劣化が生じたり，社会的・経済的な環境変化によって，インフラの機能劣化・陳腐化が進行する．資産価値の減耗は，例えば減価償却会計（**2.4.3** 参照）を用いた場合，減価償却

累計額として表される．さらに，長期間の供用期間中には，設備の更新や除却が生ずる．この場合，インフラ資産は一時的に貸借対照表から除外され，更新整備された資産が計上される．成果報告書（行政コスト計算書：C/F）は，企業会計の損益計算書に相当する．企業会計の場合，目的は収益と費用の差である利益の継続的な獲得に向け，会計期間内の活動を網羅的・体系的に把握することが求められるが，公会計の場合は，もともと期間内において行政サービス供給に費消したコスト情報の開示を目的としており，一部の事業を除き，その活動に対する収益概念は存在しない．成果報告書では，一定の機能サービス水準を維持していくための維持補修費，価値減耗による減価償却費などインフラ保有に伴う費用が計上される．最後に，資金収支書（キャッシュ・フロー計算書：P/L）は企業会計と同様，当該会計年度に生じた資金の調達・運用に関する収支状況をまとめたものである．元来，政府・自治体の公会計システムでは，歳入・歳出という現金支出概念をもとに，予決算の状況を金銭的情報として集計・把握し，議会承認を経て行政責任を全うするという行政手続きの基礎となっているため，単年度のキャッシュ・フローに関する会計情報は整備されている．インフラ関連の収入支出として，新規整備に関しては資本収入・支出，維持補修作業に要する支出は経常収入・支出として計上される．

2.4.3 インフラ会計システム

インフラ会計システムはインフラ資産の管理に携わる政府，地方自治体の公会計システムの一部を構成するサブシステムであり，**図 2.1** に示すようなインフラ資産の整備，維持補修，更新除却に関わる業務活動の成果を評価するための会計情報の作成，管理，活用を目的とする．より広義には，インフラ会計にはインフラ資産の管理に必要となる財源調達に関する会計情報を含むが，調達された財源の中にはインフラ管理以外にも使途を持つもの多く，インフラ管理のための財源を特定化することが困難である．本研究では，財務・管理会計の資産の部に計上されるインフラ資産を整備・管理する活動に関わる会計情報に限定する．

インフラ資産は長期間にわたる効用を持ち，かつ全国的なネットワーク性を持つため半永久的維持が義務づけられる資産である．インフラ会計の整備にあたっては，ライフサイクルに対応した費用の発生を会計情報として記述できる方法が望ましい．そのためにはインフラ資産の量的ストックを的確に評価するとともに，インフラ資産のサービス水準を工学的に検査し，「現実に支出された維持補修費」と「サービス水準を維持するために（工学的に推定された）必要な費用」に基づいて，インフラ資産のサービス水準が適切に維持補修されていることを貸借対照表上に明記する必要がある [25]．インフラ資産の資産評価にあたって，1）更新会計，2）繰延維持補修会計，3）減価償却会計という3つの異なった会計方式を定義できる [25]．各会計方式の様式を**図 2.2** に示している．これらの図は，フローとストックのバランスを表現するために，財務諸表における貸借対照表と損益計算書を統合した残高試算表を示している [24]．なお，残高試算表ではインフラ会計に関わる部分のみ記述しており，それ以外の会計情報を省略している．

資産の部 固定資産 S_1 繰延更新引当金 ΔD_1	負債の部
	資本の部
	収益の部
費用の部 更新費 A_1	

図 2.2（1） 更新会計の残高試算表

資産の部 固定資産 S_2 繰延維持補修引当金 ΔD_2	負債の部
	資本の部
	収益の部
費用の部 繰延維持補修引当金繰入額 A_2	

図 2.2（2） 繰延維持補修会計の残高試算表

資産の部 固定資産 S_3 減価償却累計額 ΔD_3	負債の部
	資本の部
	収益の部
費用の部 減価償却費 A_3	

図 2.2（3） 減価償却会計の残高試算表

更新会計

更新会計では，必要な維持補修が常に行われ，新規取得時のサービス水準が維持されると仮定し，資産の減価償却を行わない．インフラの資産価額は初期投資時の取得原価（あるいは再調達価額）S_1 に一致する．その上で，インフラのサービス水準を維持するために必要となる各年度の更新費 A_1 を工学的に推定する．ある会計年度に支出された更新費 C_1 が本来ありうべき更新費 A_1 より過小であれば，その差額 $A_1 - C_1$ が負の資産として計上されている繰延更新引当金 ΔD_1 に組み入れられる．更新会計ではインフラの現実の資産価額に関する会計情報が貸借対照表上に現れない．更新費の繰延額に関する会計情報のみが現れることになる．そのため，更新会計では会計年度におけるインフラの資産水準に関する会計情報を提供できない．

繰延維持補修会計

繰延維持補修会計では，長期的な資産管理計画に基づいて維持補修費総額を算出するとともに，その費用総額を各年度に割り振る．工学的検討により適切な維持補修時期と維持補修費が算出されると，各年度における維持補修引当金繰入額 A_2 を費用に繰入れる．一方，当該期の維持補修支出額 C_2 が確定すると，$A_2 - C_2 > 0$ であれば，その残高を負の資産として認識し引当累計額 ΔD_2 に繰入れる．逆に，$A_2 - C_2 < 0$ の場合，繰延維持補修引当金 ΔD_2 を取り崩す．インフラの資産価額 S_2 は取得原価，あるいは再調達価額で評価される．繰延維持補修会計では劣化による資産価額の減少が繰延維持補修引当金として会計上に現

表 2.3 インフラ会計方式と評価情報

会計方式	耐用年数の考慮	期間の衡平性確保	減耗実態の反映	維持補修費の過不足把握
減価償却会計	必要	○	×	把握不能
更新会計	必要無	○	×	事後に可能
繰延維持補修会計	必要無	○	○	事前に可能

れ，各会計年度におけるインフラの資産水準を評価することが可能である．

減価償却会計

減価償却会計では，資産の減耗を減価償却費 A_3 として認識し，その累計額を ΔD_3 として資産の部に計上する．減価償却を行うために，ある時点で行われたインフラの修繕に要した費用を，インフラの耐用年数にわたって一定のルールに基づいて費用配分する．毎期費用として計上されている減価償却費は，当該期に実際に支出されているわけではない．実際に支出されていない費用を財務諸表のなかで費用として認識するため，減価償却費の累計額は将来の修繕に対する引当金と同様の効果を有する．しかし，財務会計でインフラの耐用年数が定められているが，現実のインフラの物理的・機能的な耐用年数と一致していない．税制上の耐用年数を用いて減価償却費を計算した時，減価償却費累計額が更新のための必要投資額に一致する保証はない．したがって，毎年の維持補修費（時価）と取得原価に対する減価償却費とを直接比較しても，維持補修費の適正度を判断できない．

インフラ会計ではインフラ資産の量的ストック情報 (S_1, S_2, S_3) とサービス水準情報 ($\Delta D_1, \Delta D_2, \Delta D_3$) が明示的に表示される．**表 2.3** はインフラ会計方式が提供する資産評価情報を比較したものである．いずれの会計方式を用いても，費用の期間配分に関する会計原則である衡平性基準を満足している．しかし，同表に示すように，減価償却会計では減価償却累計額が示されるものの，インフラ資産の維持補修に関わる情報が明記されないため，インフラ資産の減耗の実態を把握できない．ただし，減価償却の方法が繰延維持補修引当金と同等の内容を持つように設計されていれば，減価償却会計によりインフラ資産の減耗に関する情報を獲得できる．更新会計では過去に生起した修繕更新需要に対する支出実績が記述されるが，将来に生じるインフラ資産に関する修繕需要が会計情報として記述されない．インフラ資産の効率的管理という視点に立てば，インフラ資産の劣化に関する情報が財務諸表の中に明示的に記載される繰延維持補修会計が望ましい．

表 2.4 はわが国と欧米系諸国におけるインフラ資産の会計評価の方法を比較したものである．公会計制度改革の遅れたわが国においても，**2.4.4** で言及するように，インフラ資産に対して減価償却が導入された．公会計制度改革の先進国であるアングロサクソン系諸国では，インフラのもたらす長期的な効用を認識する一方，機能維持のため必要とされる維持補修に係るコスト情報を適切に会計表示することを目的と

表 2.4 インフラ資産の会計評価の動向

国名	インフラ減耗額の測定方法	
日本	国	減価償却会計（財務省指針）
	地方自治体	減価償却会計（総務省指針）
米国	連邦政府	減価償却会計（繰延維持補修費を補足情報として記載：FASAB）
	地方政府	減価償却会計（あるいは維持補修費を記載：GASB）
英国	国	更新会計 (繰延維持補修費を補足情報として記載：IFAC)
	地方政府	減価償却会計 (CIPFA)
ニュージーランド	国	減価償却会計（財務省）
	地方政府	更新会計（地方政府法）
オーストラリア	国	減価償却会計 (DOFA)
	地方政府	減価償却会計 (NCOA)
フランス	国	減価償却会計（予算組織法）
	地方政府	減価償却会計（M-14）
ドイツ	国	減価償却会計（費用便益分析の管理会計情報として記載：予算原則法）
	地方政府	減価償却会計（費用便益分析の管理会計情報として記載：Standard-KLR）

（ ）は会計基準等の制定機関あるいは根拠法

して，更新会計，繰延維持補修会計への移行が進んでいる．また従来公会計分野では現金主義会計が主流とされたフランス，ドイツなど大陸系諸国においても，SNA 統計への政府会計の整合性確保やインフラ整備への費用便益分析の適用に際し減価償却費を考慮するといった観点から，会計方式の変更に向け議論が進みつつある．現時点ではインフラ資産の会計方式が国によって多様に異なっており，SNA 体系に基づく経済指標の国際比較が困難になっている．インフラ資産の会計評価に関する国際標準化の必要性が強く認識されており [25]，将来的に更新会計，繰延維持補修会計が国際基準になる可能性も否定できない．

2.4.4 SNA 統計におけるストック評価

SNA(System of National Accounts：国民経済計算体系) は，1 国全体のマクロ経済状況をフロー・ストック両面から体系的に整理する経済統計であり，国連によって概念規定および勘定体系の国際標準が示されている．各国は 1968 年に国連採択された基準（68SNA と呼ばれる）に従い，国内統計の整備を行ってきたが，経済活動の多様化・グローバル化を反映し，1993 年新たな概念規定に基づく新体系（93SNA）に移行した．68SNA では，適切な維持補修によりインフラ資産の機能が無限に保持されると仮定された．すなわち，耐用期間中に価値や機能の劣化が顕著に表れる建築物を除いて，インフラ資産の固定資産減耗（減価償却費）は計上されず，インフラ資産のストック概念にグロス（粗）とネット（純）の区別は存在しなかった．

インフラ資産も機能向上のために取替や老朽化によって除却が必要となる．そこで，わが国の 68SNA で

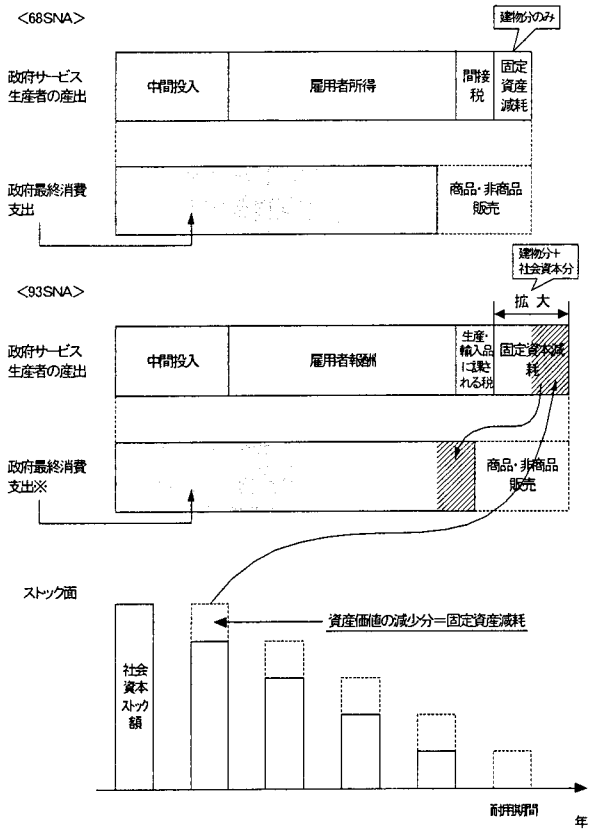


図 2.3 93SNA と 68SNA の対比

はサドンデス（Sudden-Death）の仮定を置き，平均耐用年数（47 年）を経た資産（過去の投資額）を一括して除却する方式を採用した [21]．すなわち，ある期におけるインフラストックの変化は

$$
\begin{aligned}
&(\text{期末純固定資産}) = (\text{期首純固定資産}) \\
&\quad + (\text{期中純固定資産形成}) + (\text{調整額})
\end{aligned}
\tag{2.4.1}
$$

と表される．ここで，調整額は期末と期首の資産額の差額のうち，期中のフローで説明されない残差を示し，期中の価格変動，除却ならびに統計的な分類変更などで構成されている [11]．わが国では，平均耐用年数に到達しない段階で，機能向上・更新のために除却されたインフラ資産が相当量存在する．したがって，わが国の 68SNA では過去のインフラ資産の除却が適切に評価されておらず，金額ベースで表現されるインフラ資産ストックがかなりの程度過大推計されている可能性がある．しかし，93SNA においては，インフラ資産も有限の耐用年数を有するものと考え，**図 2.3** に示すような方法でインフラ資本の減耗を計測することとなった [10]-[12]．国民経済計算体系にインフラ資産減耗を計上する意味は，劣化によるインフラ資産の減耗を単に資産価値の消滅として扱うのではなく，政府が行うサービスの対価とみなす点にある．インフラ資本の減耗分を，政府サービスの対価をサービス生産に要する費用（公務員給与，固定資産

表 2.5 改訂 SNA の影響（一般政府最終消費支出中の固定資本減耗額（名目：10 億円）

年度（平成）	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7 年基準	6,206	6,701	7,257	7,834	8,441	9,503	9,647	10,224	10,910
2 年基準	2,512	2,530	2,656	2,804	3,045	3,443	3,250	3,580	3,747
差	3,695	4,171	4,601	5,030	5,397	6,060	6,398	6,644	7,172
差/名目 GDP	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4

減耗等）を用いて計測している政府最終消費支出に計上する．このため，この変更は，国内総生産（GDP）の水準を増加させる要因となる．**表 2.5** は，インフラ資産の減耗額について，93SNA（平成 7 年基準）と 68SNA（平成 2 年基準）の結果を比較したものである．内閣府が作成した 93SNA では，減価償却の対象となるインフラ資産に本来非償却資産であるべき地盤構造物や河川も含めており，SNA 改訂によりインフラ資産の減耗額が大幅に増加している．そのため，68SNA と 93SNA における資産減耗額の差額は平成 2 年度では 3 兆 6 千億円，平成 10 年度では 7 兆 1 千億円と急激に拡大している．93SNA におけるインフラ減耗額の算定方法が公開されていないため明確な判断を下すことはできないが，少なくとも 93SNA では 68SNA に見いだせるインフラ資産のストック額の過大推計の問題は一定程度解消している可能性がある．しかし，依然としてインフラ資産の除却に関するデータは把握されていない．また，インフラ資産の償却性に関する判断や耐用年数に関して現実との乖離が著しく，内閣府による 93SNA 統計がわが国のインフラ資産の実態を正確に記述できている保証はない．インフラ資産をマネジメントする国土交通省，地方自治体がインフラ会計の整備を通じて，国際的な経済統計の整備に貢献する意義は大きい．

2.5 インフラ会計システムの構築に向けて

2.5.1 インフラストックの計測方法

インフラ資産のストック価額は，過去から現在までの投資によって現存するインフラの蓄積量を金銭評価した結果である．インフラの資産評価の方法として，取得原価，再調達価額による場合がある．いずれの方式を採用すべきかは，インフラ会計の目的によるが，インフラ管理に活用することを目的とする場合，再調達価額による方法が望ましい [28]．インフラ資産ストックは，過去のインフラ投資の結果として実現したものであり，以下の 3 種類のストック計測方法がある [10]．

PI 法（Perpetual Inventory Method）

PI 法は，過去の投資額のうち耐用年数以内のものを累積し，別途計算された資本の減価分を差し引いて，間接的に資本ストックを推計する方法であり，多くの先進国で用いられている．この方法は，1）過去から一貫した投資系列が，耐用年数以上間断なく存在する，2）耐用年数の推定が可能であり，3）名目投資額の実質化（不変価格表示）のための長期物価デフレータが存在する，という条件が満たされることを前提とする．これらの条件が満足されれば，過去の投資額（固定資産形成額）を物価水準で調整し，実質

表 2.6 インフラストック推計方法の比較

推計方法	基本情報	インフラ種別	記事
ＰＩ法	年度投資額 平均耐用年数 除却・減耗パターン	道路，港湾，鉄道 通信，治山，治水 農林漁業	・長期投資系列データが整備されていれば，様々な条件等を考慮してストック推計可能． ・投資系列は耐用年数の２倍程度の期間必要，利用データががそれより短期間の場合ベンチマーク法を併用． ・平均耐用年数，減耗・除却パターンにより推計結果が影響を受けるため，別途減耗・除却の検討が必要．
ＢＹ法	基準時点投資額 （ベンチマーク） 年度投資額 年度除却額	航空，上下水道 廃棄物処理，海岸 都市公園，文教 郵便，国有林 工業用水道	・ベンチマークとなるデータの整備状況に推計精度が依存． ・現状では年度毎の除却実績データは継続的な入手が困難なため予め仮定する必要がありＰＩ法と同様の問題がある．
ＰＳ法	年度資産物的数量 年度資産単価	公共賃貸住宅	・数量及び単価に関する悉皆調査の規模・精度に依存して推計結果が左右される． ・新規調査を実施する場合，長期間となり推計コスト大．

化された投資額を毎年積み上げるとともに，耐用年数を経過し機能を果たさなくなった資産を除却控除することにより，年々の資本ストック額を推計することができる．いま，t 年次の投資額を I_t，耐用年数を m 年とし，耐用年数内ではサービス水準は変わらず，耐用年数後即座に除去されると仮定する．このサドンデスの仮定は，旧経済企画庁によるインフラ資産統計で用いられてきた方法である [21]．この時，粗資本ストック K_t^G は

$$K_t^G = \sum_{i=t-m+1}^{t} I_t = K_{t-1}^G + I_t - I_{t-m} \tag{2.5.2}$$

と表される．また，インフラ資産価値の残存率をゼロと仮定し，定額法を用いて減価償却を実施すれば，純資本ストック K_t^N は次式で表される．

$$K_t^N = K_{t-1}^N + I_t - \frac{1}{m}\sum_{i=t-m+1}^{t} I_t \tag{2.5.3}$$

BY 法（Benchmark Year Method）

基準年の資本ストック額をベンチマークとして，その後の毎年の投資額及び除却額の系列を加減していく方法である．**図 2.4** には，世界銀行等が提案している BY 法によるストック価額測定手順を示している．BY 法では，最初にベンチマークとなる資本ストックを PS 法で計測し，これに各期の投資を加えるとともに，別途計算された資本の減価分を差し引いて資本ストックを推計する．ベンチマークの資本ストックだけに PS 法を適用するため，PS 法を繰り返し用いる場合よりも時間と費用を節約できる．しかし，多くの先進国では，PS 法を用いてインフラ資産ストックを計測をした実績がなく，ベンチマークとすべきインフラ資産ストックデータが存在しない．このため，現在 BY 法を採用しているのは，わが国と韓国のみである．わが国の「民間企業資本ストック」や SNA の「純固定資産」はともに BY 法で作成されている．なお，BY 法でも，ベンチマーク時点から遠ざかるほど，PS 法で計測された資本ストック影響度が低下するため，長期間データを採用できる場合には PI 法と BY 法による推計結果はほぼ一致する．

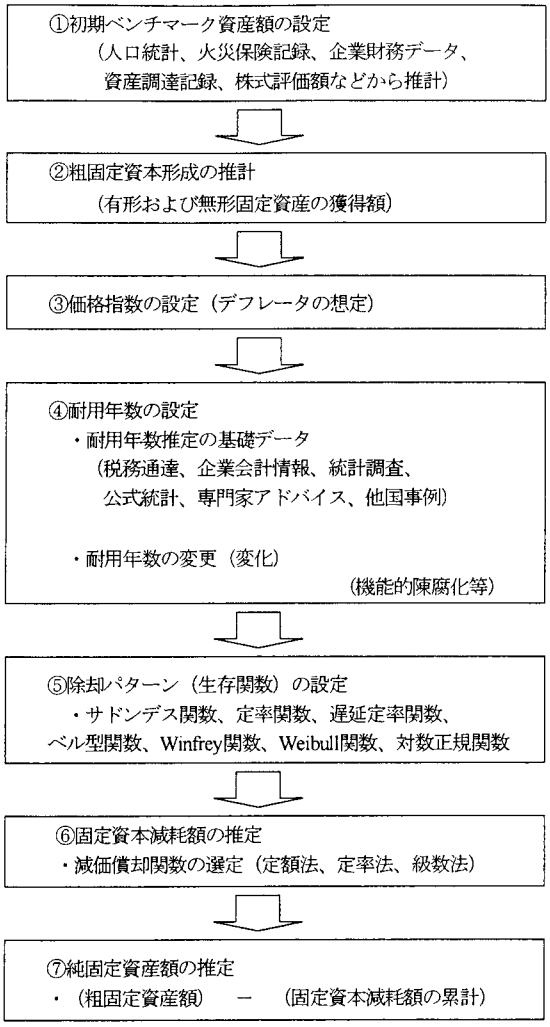


図 2.4 BY 法の測定手順 [25]

PS 法（Physical Stock Value Method）

PS 法は，調査時点に現存する全ての資産を調査表や訪問などによって直接計測する方法である．インフラ資産ストックを直接測定するため，インフラ資産のタイプや特性に関する詳細な情報を獲得できる．しかし，調査に時間がかかり，費用が嵩むことが難点である．日本と韓国以外では，オランダが PS 法を用いて製造業に関する固定資産ストック調査を行った事例があるに過ぎない．わが国では国富調査を PS 法により実施していたが，1970 年調査を最後に中断されている．本格的な国富調査は費用がかかるため，これに代わる簡便法として資本ストックを物量ベースで時系列的に把握し，これに平均単価を乗じて推計する方法がある．t 年次の資産の存在量を Q_t，基準となるサービス水準の下におけるインフラ資産の単位調

達価額を p とすると，インフラ資産ストックは

$$K_t = Q_t \times p \tag{2.5.4}$$

と表される．現在，米国でもインフラ資産の再評価を簡便法を用いて実施しようという動きがある．わが国では，長年インフラ資産の除却に関する適切な会計処理を行ってこなかったこともあり，BY 法で測定したインフラ資産のストック量と現実のストック量が大幅に乖離している可能性が極めて大きい．本格的な国富調査が財源的に不可能であるとしても，簡便法によりインフラ資産ストックを再評価することが必要であろう [12]．なお，インフラ資産のサービス水準（設計・技術水準，景観等）が異なればインフラ資産の単価 p が変化する．ある所与のサービス水準の下でインフラ資産管理を実現するために必要となるコストを簡便法を用いて推計することが可能である．前述したように，インフラ資産管理ではインフラ資産が維持すべきサービス水準を決定することが重要な課題となる．このような政策課題を分析するために，簡便法によるインフラ資産の評価方法を開発することが重要である．

インフラの種別によるストック推計方法の適用比較

インフラのストック推計方法は，対象とするインフラについてデータの入手可能性と性質に依存して，適用可能な方法が決められる．**表 2.6** は内閣府によるストックの推計について，適用される推計方法をまとめたものである．ＰＩ法は，長期間の投資系列が利用可能な場合，民間資本との比較や国際的な比較可能性にも優れている．わが国では戦前から旧内務省を中心にインフラ資産に関する年度ごとの投資額が統計としてが整備されてきたこともあり，道路，港湾など交通インフラおよび治山・治水分野では統計データをもとにした資産額を推定評価している．

ＢＹ法では，投資系列データの入手期間が短いインフラに対しても定義上最も正確な推計額を得ることが可能であるが，ベンチマークデータとして包括的な固定資産調査結果が必要となり，その後の投資・除却額の系列統計の精度に推計結果が依存する．戦後急速に整備が進展した航空，上下水道など施設に関しては，公団・公営企業体など除却を含む投資系列につい施設の耐用年数に比較した場合，短期間データしか入手できないものの，公営企業特別会計など企業会計に準ずる会計データの入手が可能などインフラや，国富調査をもとにしたベンチマークデータが入手可能であるため，ＢＹ法による推定を行っている．

ＰＳ法では，インフラ資産の物的数量を基礎として，単価データにより資産総額の推計を行うため，ＰＩ法やＢＹ法と異なり，数量・金額の対応関係が明確である．また，資産の種別や構造別に統計資料が整備されているインフラ資産について適用される．わが国では，住宅・鉄道などでＰＳ法が適用された例がある．

表 2.7 インフラ資産ストックデータベース

	推計期間	対象（地域・種別）	推計法	減耗・除却関数	耐用年数	記事
内閣府 (2002)[26]	1990-	公的固定資産	PI	不明	不明	
内閣府 (2001)[27]	1953-1998	主要 20 部門	PI, BY, PS	Sudden-Death	部門毎	税法上の減価償却期間
土居 (2002)[28]	1955-1998	都道府県別総インフラ	BY	ガンマ分布 (45 年後残価率 10%)	30	JR, NTT はインフラ資産
遠藤 (2002)[29]	1975-1998	都道府県別総インフラ	BY	ガンマ分布（残価率は平均耐用年数 1.5 倍時点で 10%）	目的別 16-47	JR, NTT は民間資本ストック
田中 (2001)[30]	1995-1996	中央・地方政府別道路ストック有料道路除外	PI	Straight-Line Geometric Sudden-Death	47	
赤井他 (2001)[31]	1985-1998	中央・地方政府道路ストック有料道路除外	PI	Staright-Line Sudden-Death	47	
建設省 (2000)[32]	1965-1995	水戸，茨城 全国 主要 15 部門	PI(県) BY(市，国) PS	ガンマ分布 (耐用年数時残価率 10%)	部門毎	税法上の減価償却期間
石川 (2000)[33]	1974-1997	都道府県別総インフラ	BY	建物等の減耗のみ考慮（道路等公共物資産は対象外）	不明	一般政府資本ストック
浅子他 (1994)[37]	1975-1988	都道府県別総インフラ	BY	ガンマ分布 (45 年度残価率 10%)	30	
電中研 (1985)[36]	1970-1982	都道府県別主要 4 部門	BY, 改良 PI	ガンマ分布 (40 年後残価率 10%)	25	
EBA (2002)[19]	1925-2001	米国 (連邦, 州 Total) 6 区分	PI	Geometric	60	
Kune & Mulder (2002)[20]	1960-1996	フランス交通インフラ	PI	Geometric	36-45	
Fraumeni (1999)[49]	1921-1995	米国道路 (3) 区分	PI	Geometric	20-80	構造部位毎の耐用年数
Bell & McGuire (1997)[50]	1931-1986	米国 48 州高速道路	PI	9 Hyperbolic Winfrey	14-80	構造部位毎の耐用年数
Richardson (1996)[40]	1961-1993	カナダ高速道路	PI	Straight-Line Hyperbolic	60	
Holtz-Eakin (1991,1993)[41]	1960-1988	米国各州 Total	PI	Geometric	60	
Munnell (1990)[42]	1969-1988	米国 48 州 Total	PI	Straight-Line Winfrey	60	
Faucett and Scheppach (1974)[43]	1950-1970	米国交通 Total	PI	9 Hyperbolic Winfrey	不明	

2.5.2 インフラ会計構築の課題

1980 年代後半におけるインフラ資産の生産性評価に関する研究 [2] を契機として，多くの機関や研究者によりインフラ資産ストックに関するデータベースが開発された．**表 2.7** にはインフラ資産の生産性評価に用いられた代表的なデータベースを示している．これらのデータベースでは，対象とするインフラ資産の範囲やデータ集計のカテゴリーが異なる．また，データベースにより異なった除却関数を想定し，インフラ資産ストックを推定している．インフラ資産の除却に関するデータが入手可能でないため，いずれの除

却方法が望ましいかを確認することができないのが実情である．今後，インフラ投資が新規投資から修繕・更新投資に重点が移る中で，インフラ資産の除却に関するデータを獲得するための方法論が必要となる．

表 2.7 に示した既存の社会資本データベースは，インフラ資産の量的ストックと劣化によるインフラ資産の減耗を区別しておらず，いずれもインフラ会計情報としては不十分である．同表のデータベースを用いて，将来の維持補修需要を推計できない．また，インフラの投資時期によりインフラ資産のサービス水準（設計仕様，技術等）が異なり，歴史的な（物価調整後の）取得原価と再調達価額の間に相当程度の格差が生じる．同データベースはインフラ資産の生産性を評価するために作成されたものであるが，それぞれが暗黙の内に想定しているサービス水準が異なるため，異なるデータベースを用いて評価したインフラ資産の生産性を比較できない．この問題はいずれも **2.4** で考察したように，インフラ資産の量的価値と質的価値を区別しないことにより生じる問題である．社会資本の生産性は，本来インフラ資産のサービス水準を統一した上で，所与のサービス水準に対する生産性を測定すべきであろう．現実には，異なるサービス水準を有するインフラ資産が混在して存在する．異なるサービス水準のインフラ資産価額を１元的な資産価額に集計するためのヘドニック指標の開発が必要である．たとえば，ヘドニック指標はあるサービス水準を所与として，そのサービス水準を満足するインフラ資産の再調達価額を集計することにより定義できる．ヘドニック指標を用いて異なるサービス水準とそれに対応するインフラ資産価額を求めることにより，サービス水準とインフラ資産の生産性の関係を分析することが可能となる．

インフラの質的サービスの中には，たとえば景観がもたらす効用のように，国民経済計算体系の中に含まれないが，家計の効用水準に直接影響を及ぼすようなサービスも存在する．家計効用もインフラ資産が生み出す経済価値であり，インフラ資産のサービス水準を決定する場合には，家計によるサービス水準に対する経済評価を考慮すべきである．また，その経済価値を会計情報として納税者に開示すべきであるが，この問題は **2.6** でとりあげる．インフラ資産のサービス水準を与件とすれば，工学計算を通じて，その水準を確保するための再調達価額や維持補修費を計算することができる．インフラ会計を構築するためには，国・自治体として維持すべきインフラ資産のサービス水準を決定することが前提となる．維持すべきサービス水準は，その時々の社会経済的・技術的条件に応じて決定されるが，サービス水準が変化すれば，インフラ会計の基準や計算手順も修正されることになる．

2.5.3 インフラ会計システムの構築方法

インフラ会計システムは，インフラの整備やその維持管理の過程において発生する情報を体系的に整理し，意思決定やアカンタビリティのための会計情報を作成・開示すること目的としている．実務上の活用化を図るためには，１）インフラ整備・維持管理にかかる予算・執行の一連のプロセス（予算付与，執行，決算）における情報の発生段階に応じて，金銭と物量データの双方が整合していること，２）貸借対照表，行政コスト計算書などの財務会計データによる政策コスト分析，維持管理など管理会計データ活用，イン

フラの生産性分析などマクロ経済統計など多様な目的に可能な限り対応できる共通データベースが提供できること，3）異なる主体間の会計データ突合が可能であり，インフラ整備・管理者としての責任分担を明確化するとともに，地域別，インフラ別にその整備水準の評価が可能である．以上の要件を考慮したインフラ会計システムの構築手順の1例を**図 2.5** に示している．現時点において，このフローに示すような手順に従って収集・蓄積・整理されたインフラ会計は存在しない．

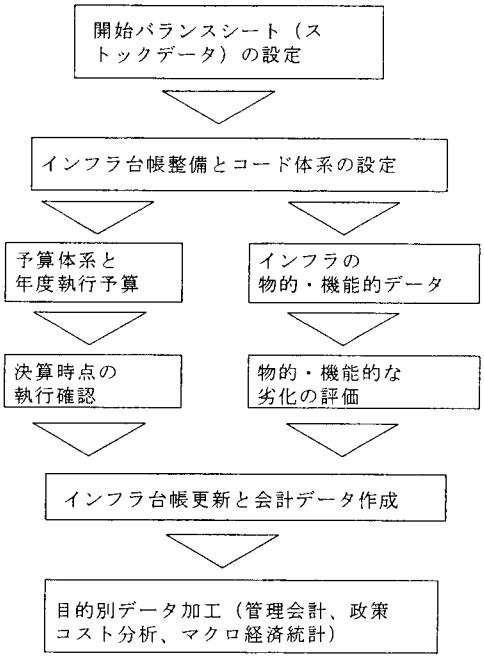


図 2.5 インフラ会計のデータ構築手順

2.5.4 初期ストックデータの構築

インフラ会計の構築にあたっては，まず初期時点におけるインフラ資産のストック額を計測する必要がある．インフラ資産のストック額の推計方法として，1）PI 法もしくは BY 法を用いて過去の決算統計を積み上げる方法，2）公有財産台帳の整備により個別資産を PS 法（簡便法）を用いて認識する方法がある．1）の方法は簡便であるが，インフラ資産の取得原価を把握することは困難である．実務的には決算統計の数値を利用せざるを得ない．しかし，普通建設事業費には，インフラ資産の新規整備のみではなく，更新，質的改良，大規模修繕が含まれる一方，除却が記録されていないため，そのまま加算していくと，インフラ資産が過大に累積されることになる．したがって，当初建設費の算定には，別途の作業で修繕費的経費を普通建設事業費から除外し，当初取得原価のみが資産に計上されるように調整する必要がある．

今後のアセットマネジメントへの展開を考慮すれば，2）の方法が望ましい．この方法を採用することにより，1）既に事業者が保有・管理している台帳を集計するため，正確な固定資産の明細がわかり，減価

償却の明細もわかる，2）固定資産を企業会計における区分と同様に形態別に区分できる．3）行政評価のための費用・データ（減価償却費，維持補修費）の提供が可能となる，4）他団体との費用比較が可能であるという利点がある．しかし，既存インフラ資産に関しては，取得原価に関する情報が存在せず，再調達価額を用いざるを得ない．インフラ資産を取得した時点と現時点の間において，インフラ資産に要求されるサービス水準や設計仕様が異なるため，取得原価と再調達価額の間に大きな差異が存在する場合が少なくない．再調達価額で評価することは，再調達価額計算の根拠となるサービス水準を確保することを前提としている．言い換えれば，今後発生する当該資産の維持補修において，そのサービス水準を確保することを想定していることに他ならない．財産台帳に基づいてインフラ会計を作成する場合，1）財産台帳への計上基準（金額基準，資本的支出の計上の有無など）が事業者によって一定ではない，2）財産台帳の整備状況が一定ではないので，会計上の資産計上の網羅性に欠ける，3）過去の時点における資本的支出や修繕，改修の記録がない可能性がある，4）集計作業に時間がかかるという課題がある．これらの課題を解決するためには，インフラ資産の台帳を会計主体内で統一的に管理するデータベース構築を効率的かつ迅速に実施することが必要である．

2.5.5 コード体系と台帳データベース

インフラ会計情報は，日常的業務の過程の中で発生する情報をルーチン的方法により更新しなければならない．インフラの物的・機能的データに関しては，インフラ種別ごとにインフラ資産台帳を用いて管理することが可能である．しかし，予算・決算に関わる会計情報は，予算（決算）体系に従って作成・集計化される．個別インフラ資産ごとに執行された金銭的情報を集計できるような会計体系になっていない．このような予算・決算体系が原因となって，インフラ資産台帳にインフラ資産価額に関わるデータを記述できないのが実状である．インフラ資産価額に関する情報を資産台帳に記入するためには，個々のインフラ資産をコード化するとともに，予算・決算体系の会計コードとインフラ資産コードを突合せることにより，予算執行の結果を個別インフラ資産を軸に集計する必要がある．さらに，インフラ単位ごとの会計情報を集計化し，財務会計，管理会計のための2次加工データを作成することとなる．インフラの種類は膨大であり，その管理・運営主体も多様である．一方で，予算・決算体系も複雑化しているため，柔軟かつ効率的なデータ処理を実現するためのコード体系の構築を早急に開始する必要がある．

2.6 インフラ会計の適用例

2.6.1 政策評価と財務会計：納税者会計

総務省の調査によれば，平成14年度時点で，わが国の3,300におよぶ地方自治体のうち，すでにその8割にあたる2,677団体で貸借対照表の作成が進められている[44]．貸借対照表作成の目的は，自治体等の保有する資産とこれに対応した負債・資本（正味財産）の状態を**2.4.2**で概説したような公会計として認

資産の部 建設仮勘定	負債の部
将来の税金の部 将来の税金	

図 2.6（1） 政府の貸借対照表

資産の部 インフラ資産	負債の部 将来の税金
	持分の部 行政成果評価額

図 2.7（2） 納税者の貸借対照表

識・評価・記述し，行政のアカンタビリティを確保することにある．しかし，現在多くの地方自治体で作成されている貸借対照表は，インフラ資産の管理という視点から見れば，1）インフラのアセットマネジメントという視点を欠いており，インフラ資産ストックに関する会計情報の信頼性も含めて，貸借対照表からインフラの実態を把握できない，2）地方自治体の立場から貸借対照表が作成されており，納税者（地域住民）にとって理解しにくいという問題がある．インフラは納税者の負担により整備され，納税者の利用に供せられるものである．このような視点から，吉田 [4] は納税者会計概念を提案し，資産の稼動によって提供される行政サービスと将来のコスト負担とが，利用者である国民（地域住民）からみて，合理性・納得性をえられるかを判断するための新しい貸借対照表を提案している．アカウンタビリティという視点に立てば，納税者会計は非常に優れた内容を持っている．

政府・自治体が保有する資産は，主権者である納税者との関係から分類すると，1）既に納税者に提供したもの．2）行政が管理するもの．3）行政が納税者に負担を求めるもの．という３つに区分できる．従来の政府貸借対照表では，これらの資産が区分されていないため，納税者が政策の適性度を判断することが困難であった．吉田は，納税者に対する政府のアカンタビリティを明示するため，**図 2.6** に示すような政府，納税者の２つの貸借対照表を提唱する．

政府の貸借対照表**図 2.6（1）**は，政府が継続的に保有する資産とこれを達成するために将来返済が必要な負債，および両者の差額としての将来の税金で構成される．インフラ資産の建設途上にあっては，貸借対照表の資産の部に「建設仮勘定」として固定資産が計上される．建設工事の完了と同時に納税者（利用者）がインフラの稼動によるサービスを享受することになるため，この段階で，インフラ資産を納税者の貸借対照表に計上する．同時に，政府の役割は，インフラ資産の整備からその維持・管理に移ることになり，当初計画されたインフラのサービス水準を利用者たる納税者に対して安定的に維持管理していくことが責務となる．インフラの維持・管理に必要な毎年の費用は，維持・修繕を担当する政府の費用として会計上認識される．

一方，納税者の貸借対照表**図 2.6（2）**は，インフラ資産と負債，および持分（正味財産）で構成され

る．このうち，インフラ資産は既に前年度末までに保有していた資産額に当該年度中に完成した政府による資産額を加え，これからサービス水準の低下に見合った資産減耗（減価償却，繰延維持補修引当金など）を認識・計上する．負債は，政府の貸借対照表の作成によって明らかになった当該政府の「将来の税金（つまり納税者の将来負担額）」を計上する．持分（正味財産）とは，納税者の資産から負債を差し引いた差額で定義される．これを行政成果評価額とする．

納税者会計の概念は，インフラの供給者（政府・自治体）と利用者・負担者（国民・地域住民）との間で，インフラの整備・維持管理のプロセスに対応したうえで，インフラ資産の状態を供給者と利用者と異なった貸借対象表に明示的に整理し，あわせて将来の（税）負担をも一元的に会計情報として捕らえるという意味から重要な役割を発揮するものと期待される．

2.6.2 インフラ資産の生産性評価

インフラ会計の目的の1つは，インフラの生産性を計測し，インフラ資産の蓄積に関するアカウンタビリティを示す点にある．また，インフラ資産の生産性は納税者会計における正味資本を構成する重要な要素である．インフラ生産性に関しは膨大な研究蓄積があり，その内容は **gt 3.** において，包括的にレビュウしている．インフラの生産力効果を検討するために，生産関数を．

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\nu} \tag{2.6.5}$$

と表そう．ここに，$\boldsymbol{y} = (\ln y_1, \cdots, \ln y_n)'$ を要素とする被説明変数ベクトルであり，y_i は地域 i $(i = 1, \cdots, n)$ の地域総生産 (GRP) である．また，$\boldsymbol{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3)'$ はパラメータ列ベクトル，$\boldsymbol{\nu}'$ は誤差項列ベクトルである．記号 $'$ は転置を表す．また，行列 $\boldsymbol{X}$

$$\boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} 1 & \ln N_1 & \ln K_1 & \ln G_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \ln N_n & \ln K_n & \ln G_n \end{bmatrix} \tag{2.6.6}$$

は地域別の生産投入要素ベクトルであり，N_i は地域 i の労働力，K_i は民間ストック，G_i はインフラストックを表す．地域 i におけるインフラの限界生産性は

$$\frac{\partial y_i}{\partial G_i} = \frac{\beta_3 y_i}{G_i} \tag{2.6.7}$$

と定義される．限界生産性はインフラ資産を1単位増加した時，それが地域総生産の増加にどの程度貢献するかを評価した指標である．割引率を 0.04 として，インフラの新規整備による費用便益比が 1.5 を越すためには，インフラの限界生産性は 0.067 以上なければならない．

以上の問題意識の下に，多くの研究者が**表 2.7** に示すような独自のデータベースを作成し，インフラの生産性を計測している [3].

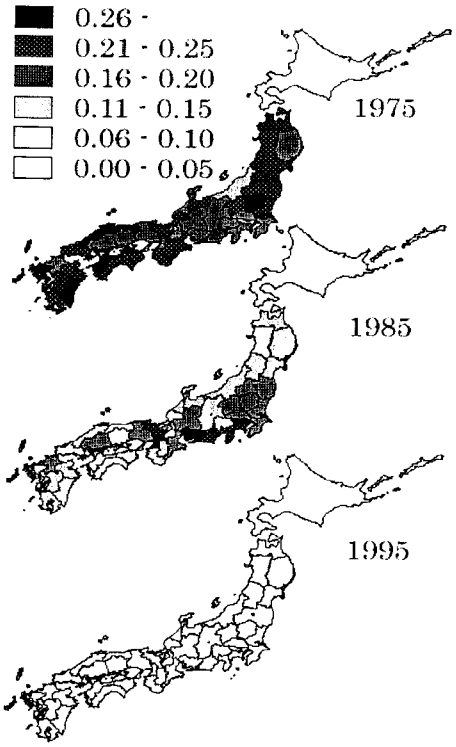


図 2.7 インフラの限界生産性

生産関数 $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{X\beta} + \sum_{s=1}^{S} \xi_s \boldsymbol{W'y} + \boldsymbol{WX\gamma} + \boldsymbol{\nu}$ を考える．ここに，$\gamma = (\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)'$ はパラメータ列ベクトルである．$\boldsymbol{W}$ 及び ξ_s はそれぞれ階層的な知識スピルオーバー効果を表現する空間近接行列とその階層性を表すパラメータである．この生産関数の第 1 項は通常の生産関数を，第 2 項は階層的な知識スピルオーバー効果を，第 3 項は生産要素の地域間の双方向スピルオーバー効果を表す．地域間スピルオーバーがあるため，インフラの限界生産性は $\partial(\sum_{j=1}^{n} y_j)/\partial G_i$ と表される．

本研究では，**第 5 章**においてスピルオーバー効果を考慮した生産性評価を行っている．具体的には土居 [28] のデータベースに基づいて，インフラの地域間スピルオーバーを考慮できるように，生産関数モデル (4.3.2) を拡張し，インフラの限界生産性を計測している [33]．1975，1985，1995 年時点におけるインフラの限界生産性を計測した結果を**図 2.7** に示している．この図に示すように，過去 20 年の間にインフラの限界生産性が急速に低下しており，限界生産性が 0.06 以下（インフラ整備の費用便益比が 1.5 を越えない）となる地域も存在する．既往研究 [3] でも，インフラの生産性低下が指摘されているが，1）1985 年以降，インフラストックが過剰になり，限界生産性が著しく低下した，2）インフラの限界生産性が低い地方部におけるストックの蓄積により，社会全体のインフラ限界生産性が低下した等の指摘がなされている．他のことを一定とすれば，インフラ蓄積が進展すれば限界生産性は低下する．しかし，先に述べたように，インフラ資産が過大に推計されていれば，インフラの限界生産性は過小推計になる可能性がある．先に述べたように，インフラの除却に関する統計データが現存せず，インフラのサービス水準に関する想定が明確でないため，サービス水準を調整したインフラの限界生産性を知るすべはない．しかし，既存データベースに基づいてインフラの限界生産性を直ちに結論づけることは危険だろう．今後，インフラ管理戦略を検討するためには，インフラのサービス水準と対応した適切なインフラ・ストック情報を整備することによ

り，インフラのサービス水準と限界生産性の関係を分析することが必要である．

2.6.3 アセットマネジメント

インフラのアセットマネジメントを実施するためには，インフラのサービス水準を工学的に検査し，あわせて「現実に支出された維持補修費」と「工学的に推定したサービス水準を維持するために必要な（更新）費用」に基づいて，インフラのサービス水準が適切に維持補修されていることを貸借対照表上に明記できるような管理会計システムを構築することが求められる [25]．本研究では**第6章**で詳述するように、繰延維持補修会計に基づいた道路舗装管理会計システムを構築した．同システムは道路舗装のサービス水準を示すMCI値 [47]−[22] に基づいて，道路舗装の修繕箇所の優先順位を決定するシステムである [11]．そこでは，MCI値がその管理水準に到達した時点で修繕を実施し，新規取得時のMCI値 (MCI=9.0) に復帰することにより，ライフサイクル費用の最小化が達成できるようなMCI管理水準を求める方法を提案している．さらに，**図2.2**（2）に示した繰延維持補修会計に基づいて道路舗装のアセットマネジメントの実績が記録される．すなわち，上述のように求めた修繕ルールにより各会計年度に発生する維持補修費を算定するとともに，その金額が各年度の管理会計上に繰延維持補修引当金繰入額として計上される．各年度における繰入額と維持補修費（支出額）との差額が各年度の期末において繰延維持補修引当金に繰り入れられる．三重県が管理する県道を対象として道路舗装管理会計システムを構築した [54]．

2.7 結言

本章では，インフラ会計の目的とその基本的な考え方について考察した．インフラ会計はアカウンタビリティの確保，資源の効率的配分，アセットマネジメント，経済統計整備のために重要な役割を果たす．本研究ではインフラの資産評価の方法と会計方式，インフラ会計の構築方法とその適用事例を示した．インフラ会計を構築するためには，会計学，経営学，行政管理学，経済学の分野における学際的な研究成果を積極的に取り入れるとともに，具体的な方法論の提案と実践によるフィードバックが不可欠である．本章ではインフラ会計の構築にあたっての課題と今後の方法論展開のための1つの有用な知見を提供したものと考える．

インフラ会計の構築にあたっては，多くの課題が残されている．第1に，国・自治体が設定するインフラのサービス水準を前提として，インフラ会計における資産評価や会計計算の方法が決定される．インフラのサービス水準は，インフラ資産の性能規定だけでなく美観，アメニティ水準によっても規定される．インフラ資産の望ましいサービス水準は，技術的条件だけでなく，社会的・経済的条件を勘案しながら総合的に決定すべきである．サービス水準に関する国民のコンセンサスを求める方法論を開発する必要がある．第2に，インフラ会計は国・地方自治体の立場からのみ作成して事足りるものではない．インフラ資産のサービス水準を決定するためにも，納税者の立場にたったインフラ会計を具体的に作成していくことが必

要である．この意味で，**2.6.1** で紹介した納税者会計に関する研究が今後必要となる．第３に，納税者の立場に立ったインフラ会計を構築するためには，インフラの生産力効果だけでなく，生活基盤，防災基盤としてのインフラの生産性を計測する必要がある．その際，異なるサービス水準を有するインフラ資産価額を１元的に総合化しうる指標の開発が必要である．第４に，インフラ会計がアカウンタビリティの基本的ツールとして定着するためには，インフラ会計の監査制度を確立しなければならない．そのためには，インフラ会計の標準仕様を確立するとともに，インフラ会計の作成，管理を遂行できる人材の養成が不可欠である．

参考文献

[1] Choate, P. and Walter, S. : *America in Ruins : Beyond the Public Works Pork Barrel*, CSPA, 1981.

[2] Aschauer, D.A. : Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, Vol.23, pp.177-200, 1989.

[3] 江尻良，奥村誠，小林潔司社会資本の生産性と経済成長：研究展望，土木学会論文集，No.688/IV-53, pp. 75-87, 2001.

[4] 大住荘四郎：ニューパブリック・マネジメント，日本評論社，1999.

[5] 建設省建設政策研究センター：インフラと企業会計的手法に関する研究 ー英国・米国・ニュージーランド等の事例研究を中心としてー，1998.

[6] 中池宏，他：機能するバランスシート ー東京都の経営を改革する冷徹な道具ー，東京都，2001.

[7] 山本清：政府会計の改革，中央経済社，2001.

[8] 東京都政策報道室：東京都が管理するインフラの維持更新需要額の将来推計，東京都，1999.

[9] ANAO : *Asset Management Handbook*, Australian National Audit Office, 1996.

[10] 中村洋一：SNA 統計入門，日本経済新聞社，1999.

[11] 大住荘四郎：入門ＳＮＡ，国民経済計算で読む日本経済，日本評論社，1997.

[12] 増田宗人：資本ストック統計の見方，Working Paper 00-5，日本銀行調査統計局，2000.

[13] 自治省財政局：地方公共団体の総合的な財政分析に関する調査研究，2000.

[14] 飯野利夫：財務会計論，改訂版，同文舘出版，1983.

[15] 大蔵省企業会計審議会：企業会計と会計諸法令との調整に関する連続意見書，第三，有形固定資産の減価償却について，1960.

[16] 筆谷勇：公会計原則の解説，自治体外部監査における実務指針の解説，中央経済社，1998.

[17] 石原俊彦：地方自治体の事業評価と発生主義会計，中央経済社，1999.

[18] 醍醐聰：会計学講義，第２版，東京大学出版会，2001.

[19] 梅原秀継：減損会計と公正価値会計，中央経済社，2001.

[20] 日本公認会計士協会：公会計原則（試案），2002.

[21] 経済企画庁総合計画局：日本の社会資本，21 世紀へのストック，東洋経済新報社，1998.

[22] 古市峰子，宮田慶一：公的年金と地方自治体における会計および政策評価のあり方，金融研究，日銀金融研究所，2001.

[23] 日本公認会計士協会：地方公共団体における財務諸表実態分析，2002.

[24] 地方公共団体の総合的な財政分析に関する調査研究会：バランスシートの作成手法について，自治省財政局，2000.

[25] OECD：*Measuring Capital*, 2000. 6.0cm

[26] 内閣府政策統括官編：日本の社会資本，財務省印刷局，2002.

[27] 内閣府経済社会総合研究所：平成 13 年度版国民経済計算年報，財務省印刷局，2001.

[28] http://www.econ.keio.ac.jp/staff/tdoi/pfdata.html

[29] 遠藤業鏡：社会資本整備の政策評価－都道府県データによる生産力効果の計測－，地域政策研究，Vol.4，日本政策投資銀行，地域政策研究センター，2002.

[30] 田中宏樹：公的資本形成の政策評価，PHP 研究所，2001.

[31] 赤井伸郎，鷲見英司，吉田有里：バランスシートで見る日本の財政，日本評論社，2001.

[32] 建設省建設経済局調査情報課：公的資本ストック推計に関する調査報告，(財) 建設物価調査会，2000.

[33] 石川達哉：都道府県別に見た生産と民間資本および社会資本の長期的推移，ニッセイ基礎研究所所報，Vol.15, 2000.

[34] 浅子和美，常木淳，福田慎一，他：社会資本の生産力効果と公共投資政策の経済厚生評価，経済分析，Vol.135，経済企画庁経済研究所，1994.

[35] 大河原透，松浦良紀，中馬正博：地域経済データの開発その 1　製造業資本ストック・社会資本ストックの推計，電力中央研究所報告，585003, 1985.

[36] Bureau of Economic Analysis : Government Fixed Assets, in: EBA, *Economic Accounts Standard Fixed Assets Tables*, Section 7, 2002.

[37] Kune, B.C. and Mulder, N. : Capital Stock and Productivity in French Transport: An International Comparison, CEPII, 2000.

[38] Fraumeni, B.M. : Productive Highway Capital Stock Measures, FHADOT, 1999.

[39] Bell, M.E. and McGuire, T.J. : Macroeconomic Analysis of the Lincages Between Transportation Investment and Economic Performance, NCHRP Rerort 389, TRB, NRC, 1997.

[40] Richardson, S. : Valuation of the Canadian Road and Highway System, TP12794E, Transport Canada, Economic Analysis, 1996.

[41] Holtz-Eakin, D. : State specific estimates of state and local government capital, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.23, pp.185-209, 1993.

[42] Munnel, A.H. : How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance?, in: Munnel, A.H.(ed.), *Is There a Shortfall in Public Capital Investment?*, Federal Reserve Bank of Boston, pp.69-103, 1990.

[43] Faucett, J.G. and Scheppach, R.C. : Capital Stock Measures for Transportation, A Study in Five Volumes, U.S. DOT., 1974.

[44] 総務省：地方公共団体のバランスシート等の作成状況, 総務省,2003.

[45] 吉田寛：公会計の理論，東洋経済新報社，2003.

[46] 塚井誠人，江尻良，奥村誠，小林潔司：社会資本の生産性とスピルオーバー効果，土木学会論文集，No.716/IV-57，pp.53-67，2002.

[47] 建設省道路局国道第一課・建設省土木研究所：舗装の維持修繕の計画に関する調査研究，第33回建設省技術研究会報告，pp.215-238，1979.

[48] 建設省道路局国道第一課・建設省土木研究所：舗装の維持修繕の計画に関する調査研究，第34回建設省技術研究会報告，pp.323-362，1980.

[49] 建設省道路局国道第一課・建設省土木研究所：舗装の維持修繕の計画に関する調査研究，第35回建設省技術研究会報告，pp.301-323，1981.

[50] 建設省道路局国道第一課・建設省土木研究所：舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究，第41回建設省技術研究会報告，pp.362-381，1987.

[51] 安崎裕・片倉弘美・伊佐真秋：舗装の供用性と車両走行費用に関する検討，第18回日本道路会議一般論文集，pp.710-711, 1989.

[52] 飯島尚，今井博，猪股和義：MCIによる舗装の供用性の評価，土木技術資料，Vol.23, pp.577-582, 1981.

[53] 田村謙介，慈道充，小林潔司：予算制約を考慮した道路舗装の修繕ルール，土木計画学研究・論文集，Vol.19(1), pp.71-82, 2002.

[54] 慈道充，江尻良，西口志浩，小林潔司：道路舗装管理会計システム，繰延維持補修会計方式による試行，京都大学サマースクールテキスト：建設マネジメントを考える, pp.161-174, 2003.

第3章

インフラストラクチャ管理のための経済会計情報に関する研究

3.1 緒言

現在，戦後に整備されたインフラストラクチャ（以下，インフラと略す）の老朽化が進展している．今後，インフラ関連予算の中で，既存のインフラの維持補修費用の占める割合が増加しよう．同時に，高齢化の進展や人口減少に伴う財源難の中で，インフラの効率的な維持補修を達成しながら，必要なインフラの新規投資を実施するための総合的なインフラ管理戦略が必要とされている．

インフラ管理を効率的に実施するためには，時間軸上の各時点におけるインフラのストック情報とインフラ管理の経済効果を的確に記述するための経済会計（以下，インフラ会計と呼ぶ）指標が整備されていなければならない．インフラ会計はインフラの効率的なアセットマネジメントを支援する管理会計情報を整備する．それと同時に，政府が実施するインフラ管理の有効性と妥当性を財務会計情報 [1] として公開することにより，国民に対する説明責任 [2][3][4] を果たす役割を担うことになる．

従来の経済統計では，インフラ資本ストックの水準が 1 次元のスカラー（金銭価値）で表現されており，インフラの量的な整備・除却と質的な減耗・修繕を区別できない．インフラの新規整備，維持補修戦略を議論するためには，インフラの量的・質的水準を区別して記述できるような会計情報が必要である．さらに，インフラの新規整備は，将来における維持補修需要を確実に増加させる．このようにインフラの質的・量的な水準は互いに関連しており，両者の相互関係を明示的に考慮しうるインフラ会計の枠組みを開発することが不可欠である．

本研究では，伝統的なラムゼイ型開放経済成長モデルを拡張し，インフラの質的・量的な管理施策を分析するための動学的インフラ投資モデルを定式化する．その上で，インフラの望ましい新規整備，維持補修戦略の実現に必要となるインフラ会計情報の基本的な考え方について考察する．以下，**2.** では本研究の基本的な考え方を示す．**3.** では動学的インフラ投資モデルを定式化し，**4.** では最適インフラ管理戦略について分析する．**5.** ではインフラ管理のための会計情報について考察し，インフラ会計作成のための知見としてとりまとめる．

3.2 本研究の基本的立場

3.2.1 既往研究の概要

マクロな国民経済に関する会計情報を体系的に整理する手法として国民経済計算（A System of National Accounts, SNA）が整備されている [5]．中でも，国民の経済厚生状態を評価する指標として，Net Domestic Product（NDP）が重要な役割を果たしている．従来より，代表的家計の消費行動を通じて，国民の経済厚生指標を構築する試みがいくつか存在する．中でも，Weitzman(1976)[6] や Aronsson *et al.*(1997)[7] 等は，伝統的なラムゼイ型経済成長モデル（以下，ラムゼイモデルと呼ぶ）を用いて，Net Domestic Product による経済厚生評価が代表的家計の生涯効用（ラムゼイモデルの最適値関数）による評価と整合的であることを理論的に示した．ただし，厳密には Weitzman 等は NDP ではなく，Net National Product (NNP) について議論している．

1993 年に改訂された SNA では National の概念が廃止され Domestic の概念に一本化された．しかし，Weitzman 等のモデルは，NNP を NDP に置き換えても差し支えない構造をしているため，本論文では NDP の呼称に統一する．さらに，Hartwick(1990)[8]，Mäiler(1991)[9]，Aronsson *et al.*(1997) 等は環境管理問題を対象とした動学的マクロ経済モデルを定式化し，最適投資経路上での環境や生産資本の経済価値の構造を環境会計 (Green Accounting) としてとりまとめる方法論を提案した．しかし，これらの動学的マクロ経済モデルでは，物的資本の量的側面と質的側面が区別されておらず，物的資本の新規整備と維持補修に関する戦略を検討できないという限界がある．

本章では，インフラ資本の質的水準，量的水準を明示的に考慮した動学的インフラ投資モデルを定式化する．そして，Aronsson *et al.* による環境会計の枠組みを拡張し，政府によるインフラ資本の新設・除却や，維持補修に関する情報を記述しうるインフラ会計の理論的な枠組みを提案する．

3.2.2 マクロ経済モデルと社会厚生指標

Aronsson *et al.*(1997) は伝統的なラムゼイモデルを用いて，社会的に最適な資本形成過程と，その下での社会厚生を表す経済会計情報に関する一般的な枠組みを提示している．彼らの主たる関心は，伝統的に経済厚生指標として用いられてきた NDP 指標が，社会が保有する資本の価値評価の尺度として理論的に適切かどうかを議論する点にある．国民経済計算において，NDP は当該時点の消費と投資の和として定義される．NDP 指標は実務的に容易に獲得できる経済会計情報であるが，それはある会計年度におけるフローの情報に基づいた評価に過ぎない．一方，理論的な観点からは，経済厚生指標として NDP というフロー情報ではなく，「当該年度から将来に亘る消費の効用の現在価値」を用いる方が望ましいという批判がなされてきた．

この論争に対して，Aronsson *et al.* は，外部経済性や計画者にとって制御不可能な技術進歩等が存在し

ない最も単純な状況下では，NDP 指標と将来効用の現在価値指標は互いに比例関係にあることを示した．すなわち，伝統的に NDP を用いて経済厚生を評価する方法の理論的妥当性と実務上の有用性を立証することに成功している．さらに，ラムゼイモデルを拡張することにより，外部性やリスク，資源の枯渇性等が存在する状況において厚生評価に用いることができる修正 NDP 指標を提案した．Aronsson *et al.* 等は，経済厚生を評価しえる望ましい経済会計指標を選択する際の視点は「経済厚生を計測するためにどのような情報が必要なのか」,「必要な情報が現在の市場で利用可能なのか」の２点に集約されると指摘している．

しかし，前述のように，Aronsson *et al.* の資本評価の枠組みでは，資本ストックが資本価値という１元的なスカラー指標で記述されている．資本は時間とともに減耗し，常に資産価額の減価として表現される．その結果，減耗した資本に対する質的改善のための維持補修投資と新規に資本を獲得するための新規投資が区別されず，ともに資本に対する投資として計上される．したがって，インフラ資本の新規整備と維持補修の区別が本質となるインフラ管理のために有用な情報を提供できないという難点がある．この問題は，インフラ資本の質的水準と量的ストックを区別しないことにより生起するものであり，インフラ管理の基礎となるインフラ資本ストックに関する会計情報を作成するためには両者を明示的に区別する必要がある．

3.2.3 インフラ資本の維持補修と新規整備

インフラ資本の管理方策を検討する際，維持補修と新規整備を概念的に区別する必要がある．従来，インフラの資産評価においては歴史的取得原価を用いてきた．さらに，インフラは無限期間にわたってサービスを提供するものと仮定され，68SNA に基づく旧経済企画庁統計ではインフラの減価償却 [10] は実施されていない．68SNA では平均耐用年数 47 年が経過すれば資産価額がゼロとなるサドンデスの仮定が採用されているが，この会計処理はインフラの除却に対するものであり，減価償却の概念ではない．一方，93SNA ではインフラに対しても減価償却の概念を導入すべきであるとされ，内閣府による新しいインフラ統計は減価償却を導入している [5]．

インフラは除却しない限り，適切な維持補修，修繕更新により無限の期間にわたって効用を発揮する．インフラの劣化・維持過程を会計的に記述する方法として繰延維持補修会計，更新会計，減価償却会計がある [11]．このうち繰延維持補修会計，更新会計では，適切な維持補修を通じてインフラ資本は常に良好で安全な状態に維持され無限の耐用年数を持ちうると考える．したがってインフラの価値は減少せず，常に取得時の資産価額が保たれる．インフラの質的水準を保つために必要な維持補修支出額が毎期支出される．

一方，減価償却会計では，インフラは時間経過とともに劣化し，インフラ資本の価値が減価すると考える．インフラ更新のために必要となる費用をインフラの耐用年数にわたって費用配分するために減価償却が行われる．インフラの耐用年数が工学的な検討により適切に設定されていれば，減価償却は繰延維持補修会計における引当金と同等の意味を持っている．いずれの会計方式を採用するにせよ，貸借対照表上には新規取得時（再調達時）におけるインフラの資産価額とインフラの劣化による引当金（もしくは減価償

却費累積額）が記述される．すなわち，貸借対照表では，インフラの量的ストック水準とインフラの劣化による質的水準の低下に関する会計情報の双方が表記される．

本研究ではインフラは社会的生産資本として生産過程に投入されると考える．新規取得時におけるインフラの質的水準は，技術的水準として外生的に与えられている．インフラはその除却が決定されない限り，無限期間サービスを提供し，社会的生産資本としてのインフラの機能は変化しない．たとえば，橋梁の劣化が進展しても，その程度が許容範囲内に納まる限り，橋梁としての機能は変化しない．また道路の舗装状態が劣化したり，不十分な清掃によって美観が悪化したりしても，燃費や交通流に影響を及ぼさない限り，物流コストは変化しない．インフラは多少，維持補修を怠っても，すぐにはサービス水準が低下しない特徴をもっている [12].

インフラの量的ストックと質的サービスを明確に区別することは難しいが，本研究ではインフラの設計諸元の中でたとえば道路幅員，延長等のように，社会的生産資本としての生産性に影響を及ぼす要因をインフラの量的次元に分類する．一方，美観，力学強度等，ある一定の水準を満足していれば，インフラの生産性に直接的な影響を及ぼさない要因を質的水準を構成する要素と考える．インフラの質的水準を維持するために必要となる維持補修費用は，無限期にわたるライフサイクル費用を最小にするように工学的に計算され，毎期ごとに維持補修費（会計上は引当金繰入額）として計上される．会計年度における財政状態により，各年度のインフラの維持補修費は変動するが，長期的な観点に立てば，毎期に確保すべき平均的な維持補修費は質的水準が決定されれば一意的に決定されるものである．したがって，インフラの長期的な管理戦略を検討するにあたり，「稀少な財源を新規整備と維持補修にどのように配分すべきか」という問題は存在しない．

維持補修費はインフラが劣化するために不可避的に発生する費用であり，インフラを除却しない限り国民が継続的に負担すべき費用である．むしろ，インフラ管理の上で議論すべき課題は，１）将来発生する維持補修費を考慮に入れて，インフラをどの程度新規に整備（除却）すべきか，２）インフラの維持すべき質的水準をどのように設定するか，という問題である．以上の問題意識の下に，**3.3** においては，インフラの最適新規整備量を決定する動学的インフラ投資モデルを定式化する．インフラの最適質的水準の決定問題は，のちに **3.4.4** で議論する．

なお，モデルに資本の質を導入することは資本の異質性を考慮することに他ならない．資本の異質性は，設備投資理論の分野ではヴィンテージモデルによっても扱われているが，Johansen[13] や Virmani[14] 等による putty-clay 型のヴィンテージ生産関数に代表されるように，そこでは個々の資本の限界生産性が取り付け後の時間の経過とともに低下していく状況が想定されている．以下ではサービス水準に関する異質性を考慮している．

3.3 動学的インフラ投資モデル

3.3.1 モデル化の前提条件

本章ではインフラの量と質の相違を考慮した動学的インフラ投資モデルを定式化する．政府は道路，港湾，空港，橋梁等のインフラを整備する．インフラのストック水準を「量」と「質」という2つの指標を用いて表現する．既存のインフラ資本ストックの質的水準は適切な維持補修により所与の水準に維持されると仮定しよう．時刻 t におけるインフラのストック量を $m(t)$ と表す．インフラ資本ストック量 $m(t)$ は所与の質的水準のインフラを新規取得する際に必要となる再調達価額で評価されている．一般に，インフラが取得された時点により構造物の仕様が異なるなど，取得時点によりインフラの質的水準が大きく異なるため，インフラの（物価調整後の）歴史的原価（取得価額）と再調達価額が同一になる保証はない．インフラの資産価額を再調達価額を用いて評価するためには，基準となる質的水準を規定しなければならない．当然のことながら，想定するインフラの質的水準が異なれば，インフラ資本の評価価額も異なってくる．

いま，インフラの質的水準 q をそれを再調達する時の価額とベンチマークとして設定した質的水準を持つインフラの再調達価額との価額比で表現しよう．インフラ会計では，インフラの資産価額を所与の質的水準を持つインフラの再調達価額により評価するため，動学モデルにおける質的水準は時間を通じて一定と考える．現実には，質的水準 q は技術水準が変化するなどの理由により，時代により変化している．質的水準が変化した場合，インフラ会計においては新しい q に対応させてインフラ資産価額の再評価を行うことが必要となる．このようなインフラ会計上の要請に基づいて，質的水準 q は技術基準として与えられ，時間を通じて一定と仮定する．質的水準 q の定義より $q \geq 0$ であり，ベンチマークとなる質的水準は $q = 1$ で表される．また，質的水準 q を持つインフラ資本ストックの資産価額は $qm(t)$ と表される．

インフラの質的水準は時間とともに劣化するが，質的水準を常に q に維持するためには期間 Δt に対して維持補修費 $R(q)\Delta t$ が支出される．ただし，維持補修費はインフラ会計上引当金繰入額（あるいは，減価償却額）として発生するものであり，毎期にそれを必ず支出する必要はない．支出されない場合，繰延引当金（あるいは，減価償却累計額）としてインフラ会計上に累積されていく．当該インフラが修繕・更新された段階で，インフラの質的水準は q まで回復する．しかし，会計上の措置として，インフラの質的水準は q で表現され，それを維持するための費用として維持補修費 $R(q)$ が経常的に支出されると考える．また，インフラの新規投資量を変数 $j(t)$ で表す．新規投資量 $j(t)$ もインフラ資本ストック量 $m(t)$ と同様にベンチマークとなる質的水準の投資を実施する際に必要となる取得価額単位で表現されている．したがって，質的水準が q であるインフラを新規投資する場合，インフラの新規投資額は $qj(t)$ となる．

3.3.2 モデルの定式化

社会計画者が民間資本とインフラ資本の投資量を集権的に決定する first best の問題を定式化する．小国の開放経済 (small open) を対象とし，世界利子率は時間を通じて一定であると考える．動学的インフラ投資モデルの定式化にあたって，家計の無限視野を仮定したラムゼイモデルを採用する [15]．国内の家計数は一定とし，社会計画者は代表的家計の生涯効用水準を最大化する．家計の無限の将来に亘る生涯効用水準は，瞬間的効用水準の加法和で与えられる．時刻 t における瞬間的効用 $u(c(t), q)$ は消費 $c(t)$ とインフラの質的水準 q によって定義される．インフラの質的水準は時間を通じて一定であると仮定する．効用関数 $u(\cdot)$ は以下の性質を満足すると仮定する．

$$u_c > 0,\ u_{cc} < 0,\ u_q > 0,\ u_{qq} < 0,\ u_{cq} = 0 \tag{3.3.1}$$

以後，下付き文字は当該変数による偏微分を表す．消費とインフラの質的水準に関する限界効用は互いに独立と考える．当面の間，質的水準 q を外生的パラメータとして取り扱うため効用関数を $u(c(t))$ と表現する．**3.4** において最適なインフラの質的水準について議論する際に，質的水準 q を明示的に取り上げる．

対象国が時間を通じて small であることを保証するために，代表的家計の時間選好率は世界利子率 r に一致すると仮定する [15]．生産は労働，民間資本，インフラ資本の投入によって行われる．ただし家計数は時間を通じて一定とし，さらに一家計の労働供給水準を一定と仮定しよう．t 期における対象国の生産水準は $Y(t) = F(L(t), K(t), m(t))$ により与えられると考えよう．$L(t), K(t), m(t)$ はそれぞれ t 期における労働水準，民間の生産資本，インフラ資本のストック量を表す．ただし労働水準一定の仮定より $L(t) = L = \text{const.}$ である．$F(\cdot)$ は以下の性質をもつと仮定する．

$$F_L > 0,\ F_{LL} < 0,\ \lim_{L\to 0} F_L = \infty,\ \lim_{L\to\infty} F_L = 0 \tag{3.3.2a}$$

$$F_K > 0,\ F_{KK} < 0,\ \lim_{K\to 0} F_K = \infty,\ \lim_{K\to\infty} F_K = 0 \tag{3.3.2b}$$

$$F_m > 0,\ F_{mm} \le 0,\ \lim_{m\to 0} F_m = \infty \tag{3.3.2c}$$

$$F_{LK} > 0,\ F_{Km} > 0,\ F_{mL} > 0 \tag{3.3.2d}$$

また，生産関数 $F(\cdot)$ は労働水準と民間資本について 1 次同次と仮定する．そこで生産水準と生産関数について単位労働に関する集約形

$$y(t) \equiv \frac{Y(t)}{L(t)} = F\left(1, \frac{K(t)}{L(t)}, m(t)\right) \equiv f(k(t), m(t)) \tag{3.3.3}$$

を用いて議論する．ただし $k(t) = K(t)/L(t)$ である．一方，$m(t)$ は単位労働当たりのストック水準ではなく，対象国全体のインフラ資本のストック量であることに注意されたい．表記の見通しを良くする目的で小文字を用いることとする．インフラ資本はヒックス中立的に労働と民間資本の限界生産性を向上させるものとする．$F(\cdot)$ に関する上記の仮定より，単位労働当たりの生産関数 $f(k(t), m(t))$ について新古典派的

性質

$$f_k > 0,\ f_{kk} < 0,\ \lim_{k\to 0} f_k = \infty,\ \lim_{k\to\infty} f_k = 0 \tag{3.3.4a}$$

$$f_m > 0,\ f_{mm} \leq 0,\ \lim_{m\to 0} f_m = \infty,\ f_{km} > 0 \tag{3.3.4b}$$

が成立する．ここで，生産関数に含まれるインフラ資本ストックは，実際のインフラ資本価額である $qm(t)$ でなく，ベンチマークとなる質的水準のインフラ資産価額単位で評価した変数 $m(t)$ により表現されていることに留意する必要がある．このことは，インフラの質的水準 q は社会的生産資本としてのインフラの生産性に影響を及ぼさないことを意味している．

いま，インフラの力学的強度や美観等の質的水準が向上し，インフラの質的水準が q (> 1) に設定されたとしよう．この場合，インフラの資産価額は $qm(t)$ となる．しかし，質的水準が増加してもインフラの生産性は変化せず，$\partial f(k,m)/\partial m$ の水準に保たれる．インフラの生産性は質的水準とは独立に与えられる．よって，インフラ会計を作成するためには，インフラの質的水準を定義しなければならない．

対象国の生産に投入される民間の生産資本 $k(t)$ は毎期 η の率で減耗すると仮定する．インフラが除却されるまでの耐用年数と比較して，民間資本の耐用年数は非常に短い．したがって，民間資本の投資には調整費用が存在せず，瞬時に望ましい民間資本ストックが実現すると考える．small open の仮定より，民間資本は国際資本市場より調達される．民間の投資市場の均衡は，限界生産性から減耗率 η を差し引いたネットの限界収益率が世界利子率 r に一致する状態によって与えられる．民間資本ストックに関する最適化条件は次式で与えられる．

$$f_k(k,m) - \eta = r \tag{3.3.5}$$

対象国の民間資本ストックの均衡水準は上式の逆関数

$$k = \tilde{k}(r+\eta, m),\ \tilde{k}_r < 0,\ \tilde{k}_\eta < 0,\ \tilde{k}_m > 0 \tag{3.3.6}$$

で表される．すなわち，世界利子率が上昇すると海外貯蓄の効率が向上するため，対象国への投資は減少する．また，減耗率が上昇すると，企業はより高い限界生産性を確保する必要があるため，投資水準を減少させることになる．また，インフラ資本ストックが増大すると，より多くの民間資本が国内外から流入する．

質的水準 q のインフラ資本の量 $m(t)$ の蓄積過程は

$$q\dot{m}(t) = qj(t) - ql(t) \tag{3.3.7}$$

と表される．以後，記号「$\dot{}$」は時刻 t による微分を表す．インフラ資本の量 $m(t)$ の形成過程 (3.3.7) において，$j(t)$ は新設投資量，$ql(t)$ は除却されたインフラの資産価額を表す．本研究ではインフラの除却ス

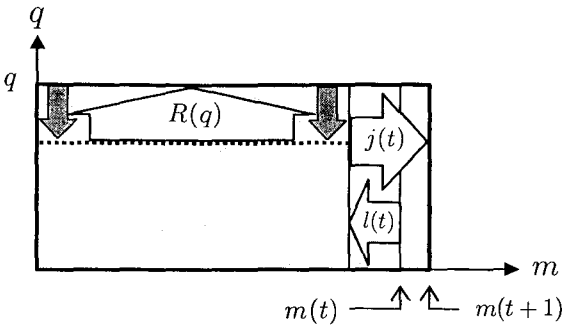


図 3.1 インフラの形成過程と資産価額

ケジュールは外生的に与えられ，時刻 t において資産価額 $ql(t) = \gamma qm(t)$ のインフラが除却されると仮定する．すなわち，既存のインフラ資本ストックに対して，毎期一定割合 γ の大きさのインフラ資本が除却される．

一方，インフラ資本投資には調整費用が生じる．調整費用は，例えば取引費用，仮設費用等に代表されるように，新設投資に付随して発生する資本的投資費用以外に必要となる費用を意味する．調整費用が存在しない場合，初期時点でインフラ資本を瞬時に定常状態のストック量に到達させる政策が最適インフラ投資問題の最適解となる．調整費用が存在するために，インフラの新規投資が時間軸に沿って継続的に実施される．本研究では次式で表される Hayashi[16] 型調整費用 $\Theta(q, j, m)$ を仮定する．

$$\Theta(q, j, m) = qj \cdot Z\left(\frac{j}{m}\right) \tag{3.3.8a}$$

$$Z(0) = 0,\ Z' > 0,\ Z'' > 0 \tag{3.3.8b}$$

同一の投資水準であれば，より大きなストック水準の下で行ったほうが調整費用 $\Theta(\cdot)$ が少なくなる．すなわち，最終的に同一レベルのインフラ資本ストックを実現するのであれば，集中的に投資するよりも，段階的に投資する方が効率的となる．また毎回の投資に固定費用はかからないことが想定されている．このような調整費用関数は投資の速度を抑制する機能を持つ．インフラの質的水準 q (≥ 0) に応じて維持補修費用 $R(q)$ が発生する．より高い質的水準を維持するためには，より頻繁な補修が必要となり，維持補修費用が増加するため

$$R(0) = 0,\ R'(q) > 0 \tag{3.3.9}$$

が成立する．**図 3.1** はインフラの形成過程を模式的に表している．陰のついた長方形の部分が t 期のインフラ総資産価額 $qm(t)$ を，一番外側の長方形が $(t + dt)$ 期の総資産価額 $qm(t + dt)$ を表している．インフラの新規投資 $j(t)$ によりインフラの資産価額は $qj(t)$ 増加し，除却 $l(t)$ により資産価額は $ql(t)$ 減少する．時刻 t において供用されるインフラ資本ストック量が $m(t) - l(t)$ 単位である場合，維持補修費用 $\{m(t) - l(t)\}R(q)$

が発生する．この時，政府による最適インフラ投資問題は

$$\max_{\iota(t)\ (0\le t<\infty)} \int_0^\infty u(c)\exp(-rt)dt \tag{3.3.10a}$$

subject to

$$\dot{a} = ra + f(\tilde{k}, m) - (r+\eta)\tilde{k} - c$$
$$-(m-\gamma m)R(q) - qj\left\{1 + Z\left(\frac{j}{m}\right)\right\} \tag{3.3.10b}$$

$$\dot{m} = j - \gamma m \tag{3.3.10c}$$

$$\lim_{t\to\infty} a(t)\exp(-rt) \ge 0 \tag{3.3.10d}$$

と定式化できる．ただし，$\iota(t)=\{c(t), j(t)\}$ は制御変数ベクトルである．$a(t)$ は対象国の海外への貸付水準を，$\dot{a}(t)$ は当該期の経常収支を表している．式 (3.3.10b) に示すように，経常収支は貸付による利子所得と生産から，民間資本の利払いと減耗に対する維持費用，消費，インフラ資本の投資費用を差し引いた残額と等価である．

インフラ資本の投資費用は式 (3.3.10b) の右辺 2 行目により示されている．右辺 2 行目第 1 項は除却せずに継続して供用する資本に関する維持補修費用を表す．右辺 2 行目第 2 項は新設するインフラに関する投資費用であり，中括弧の第 1 項は投資財，第 2 項は調整費用を表す．式 (3.3.10c) は式 (3.3.7) を量的ストックの次元で表したインフラ資本の蓄積過程である．式 (3.3.10d) は No-Ponzi-Game 条件を表す．

3.3.3 最適化条件

当該期価値ハミルトニアンは次式で与えられる．

$$H(t) = u(c) + \lambda\dot{a} + q\mu\lambda\dot{m} \tag{3.3.11}$$

ただし，$\lambda(t)$ は消費財の当該期価値の潜在価格を表す．また，$\mu(t)$ は消費財の潜在価格で基準化した単位質的水準当たりのインフラ投資の潜在価格を表す．1 階の最適化条件は，式 (3.3.10b)-(3.3.10d) と

$$u_c = \lambda \tag{3.3.12a}$$

$$\mu = 1 + Z\left(\frac{j}{m}\right) + \frac{j}{m}Z'\left(\frac{j}{m}\right) \tag{3.3.12b}$$

$$\dot{\lambda} = 0 \tag{3.3.12c}$$

$$\dot{\mu} = (r+\gamma)\mu - \frac{f_m(\tilde{k}, m)}{q}$$
$$+(1-\gamma)\frac{R(q)}{q} - \left(\frac{j}{m}\right)^2 Z'\left(\frac{j}{m}\right) \tag{3.3.12d}$$

$$\lim_{t\to\infty} \mu\lambda\exp(-rt)m = 0 \tag{3.3.12e}$$

$$\lim_{t\to\infty} H(t)\exp(-rt) = 0 \tag{3.3.12f}$$

で与えられる．式 (3.3.12a), (3.3.12c) より消費財の潜在価格は消費の限界効用に一致し，その水準は時間を通じて一定となる．したがって，消費水準も時間を通じて一定となり，式 (3.3.10b), (3.3.10d) より最適消費水準は

$$
\begin{aligned}
c^*(t) &= \bar{c} \\
&= r\left\{a_0 + \int_0^\infty \left[f(\tilde{k}^*, m^*) - (r+\eta)\tilde{k}^* - (m^* \right.\right. \\
&\quad \left.\left. -\gamma m^*)R(q) - qj^*\left\{1 + Z\left(\frac{j^*}{m^*}\right)\right\}\right] \exp(-r\tau)d\tau\right\} \\
&= rv_0
\end{aligned}
\tag{3.3.13}
$$

と表せる．ただし，a_0 は初期時点で海外に蓄積された資本ストックである．上付きの「*」は最適経路であることを示す．すなわち，右辺の被積分関数は初期時点から無限の将来に至るまでの最適経路上で定義される．さらに，v_0 は代表的家計が獲得できる生涯資産の現在価値を表す．毎期の消費水準は v_0 の利子に一致する．換言すると毎期 $\bar{c}$ の消費を無限の将来まで継続することによって，生産やインカムゲインによって獲得した総資産を消費し尽くすことになる．開放経済を仮定しているため最適消費水準は効用関数形に依存しない．

式 (3.3.12b) はインフラ資本の量的投資に関する最適化条件を示す．左辺の潜在価格 $\mu(t)$ は，消費 $\bar{c}$ の限界効用で評価した限界的 1 単位のインフラ投資による生涯効用の増分を意味し，基準化されたインフラ資本ストックの増加の便益に相当する．右辺はインフラ投資の限界費用であり，第 1 項は投資財，第 2 項，第 3 項は限界調整費用を表す．いま，境界条件

$$
\lim_{t\to\infty} \mu(t)\exp\{-(r+\gamma)t\} = 0 \tag{3.3.14}
$$

が成立すると仮定すると，式 (3.3.12d) より次式が成立する．

$$
\begin{aligned}
\mu^*(t) = \int_t^\infty &\left\{\frac{f_m(\tilde{k}^*, m^*)}{q} - (1-\gamma)\frac{R(q)}{q}\right. \\
&\left. +\sigma^{*2}Z'(\sigma^*)\right\}\exp\{-(r+\gamma)(\tau - t)\}\, d\tau
\end{aligned}
\tag{3.3.15}
$$

ただし $\sigma^* = j^*/m^*$ である．被積分関数の第 1 項はインフラ投資による瞬間的限界生産性を意味する．また，第 2 項はインフラ投資によって生じる限界的維持補修費用を，第 3 項はインフラ資本の増加に伴って生じる調整費用の限界的減少効果を示す．すなわち，今期にインフラを増やすことによって，将来の各時点におけるインフラ投資による調整費用が

$$
\frac{d}{dm}\left\{j^* Z\left(\frac{j^*}{m^*}\right)\right\} = -\sigma^2 Z'(\sigma^*) \tag{3.3.16}
$$

だけ削減される便益を意味する．インフラ資本の量的投資に関する基準化された潜在価格 $\mu(t)$ は，以上の効果を現在時点から無限の将来に亘って集計した値に決められる．その際，世界利子率とインフラ除却率の和として定義される一般化割引率が採用される．

潜在価格は終端時刻を境界条件とした微分方程式 (3.3.12d) の解として与えられる．状態変数である資本ストックの最適経路は現在の状態を境界条件として決まるのに対して，随伴変数である潜在価格の最適経路は横断性条件によって与えられる終端時刻の状態を境界条件として後ろ向きに決定される．インフラ会計では過去から現在に至るインフラの新規整備，維持補修実績を用いた会計情報が記述される．

インフラの潜在価格を計算するためには，将来に亘るインフラ投資シナリオが必要となり，過去から現在までに至るインフラ管理実績を記述する会計情報のみを用いて潜在価格を計算することはできない．その一方で，リスクがなく世界利子率が外生的に与えられた開放経済においては，式 (3.3.15) に示すように，インフラの潜在価格は個人の効用関数や海外貸付の水準とは独立に決定されるため，インフラの潜在価格を算定する上で，将来の消費や金融資本のストック水準に関する情報は必要でない．現在時点で現在から将来にわたる最適インフラ投資戦略に関する情報があれば，インフラの潜在価格を計算することができる．

3.4 最適投資戦略とその特性

3.4.1 インフラ生産性と投資戦略

各期における最適インフラ投資率 $\sigma(t) \equiv j(t)/m(t)$ を定義しよう．式 (3.3.12b) より，最適インフラ投資率 $\sigma^*(t)$ は潜在価格 $\mu(t)$ のみの関数として

$$\sigma^*(t) \equiv \zeta(\mu(t)) \tag{3.4.17}$$

と与えられる．ただし，

$$\zeta(1) = 0,\ \zeta'(\mu) > 0 \tag{3.4.18a}$$

$$\frac{\partial \sigma^*}{\partial \mu} = \zeta'(\mu) = \frac{1}{2Z'(\sigma^*) + \sigma^* Z''(\sigma^*)} > 0 \tag{3.4.18b}$$

が成立する．条件 (3.4.18a) より，$\mu(t) = 1$ の時，$\sigma^*(t) = 0$ となりインフラの新規整備は行われない．最適投資率 $\sigma^*(t)$ は潜在価格 $\mu(t)$ に関する強単調増加関数であり，$\mu(t) > 1$ が成立する場合にはインフラの新規投資が必要となる．すなわち，インフラ投資ルール $\mathcal{I}$ は

$$\mathcal{I} = \begin{cases} \mu(t) > 1 & \Rightarrow \text{新規整備が正当化される} \\ \mu(t) \leq 1 & \Rightarrow \text{新規整備は正当化されない} \end{cases} \tag{3.4.19}$$

と表せる．潜在価格 $\mu(t)$ は，動学的世界における資本投資基準を表すものであり，企業投資理論における「Tobin の限界 q (Tobin's marginal q)」[17][18] に他ならない．特に，民間資本と比較して，インフラ資本ストックの経済的寿命（除却されるまでの期間）は極めて長い．このような経済的寿命の差異を考慮してインフラ資本の生産性を評価するためには潜在価格 $\mu(t)$ を用いる必要がある．インフラ蓄積過程における長期定常状態を

$$\dot{m}(t) = 0,\ \ \dot{\mu}(t) = 0 \tag{3.4.20}$$

により定義しよう．上式と式 (3.3.5), (3.3.10c), (3.3.12d), (3.4.17) より，定常状態の投資水準 j^s，投資率 σ^s，インフラ資本のストック量 m^s，潜在価格 μ^s は

$$j^s = \gamma m^s,\ \sigma^s = \gamma \tag{3.4.21a}$$

$$f_k(\tilde{k}^s, m^s) = r + \eta \tag{3.4.21b}$$

$$\mu^s = 1 + Z(\gamma) + \gamma Z'(\gamma) \tag{3.4.21c}$$

$$(r+\gamma)\mu^s = \frac{f_m(\tilde{k}^s, m^s)}{q} - (1-\gamma)\frac{R(q)}{q} + \gamma^2 Z'(\gamma) \tag{3.4.21d}$$

と表せる．長期定常状態におけるインフラの潜在価格 μ^s は式 (3.4.21c) により与えられる．すなわち，定常状態においてはインフラの新規整備 j^s はインフラの除却量 γm^s に一致する．定常状態においても，インフラ資本の除却が行われるため，定常状態におけるインフラの限界投資効率を表す Tobin の限界 q は 1 にはならず，インフラの新規整備に伴う調整費用 $Z(\gamma) + \gamma Z'(\gamma)$ の分だけ 1 より大きい値を示す．また式 (3.4.21d) を整理すると，定常状態におけるインフラ資本ストック m^s は

$$f_m(\tilde{k}^s, m^s) + q\gamma^2 Z'(\gamma) = (1-\gamma)R(q) + q\mu^s\gamma + q\mu^s r \tag{3.4.22}$$

を満足する水準に決定される．左辺第 1 項はインフラの限界生産性を，第 2 項はインフラ投資による調整費用の減少効果を表す．一方，右辺第 1 項はインフラストック量の増加に伴う維持補修費用の増分を表す．右辺第 2 項はインフラストックが 1 単位増加することに伴って γ 単位のインフラを除却することによる損失を，インフラ投資の潜在価格で評価したものである．右辺第 3 項はインフラ投資費用と同額の資本を国際資本市場に投資した場合に得られる利子収入を，インフラ投資の潜在価格で評価したものである．すなわち第 3 項は金融資産として保有した場合の収入を犠牲にすることによる逸失便益（インフラ投資の機会費用）と解釈される．すなわち，上式 (3.4.22) の左辺はインフラ資本の追加的投資に伴う限界便益を，右辺は限界費用を表している．上式は長期定常状態におけるインフラ投資の費用便益ルールを示している．そして潜在価格 μ^s に式 (3.4.21c) を代入すると

$$\begin{aligned} & f_m(\tilde{k}^s, m^s) + q\gamma^2 Z'(\gamma) \\ & = (1-\gamma)R(q) + q(\gamma + r)\{1 + Z(\gamma) + \gamma Z'(\gamma)\} \end{aligned} \tag{3.4.23}$$

を得る．長期定常状態においては，潜在価格 μ^s という情報を用いずに費用便益評価を行うことができる．

3.4.2 定常状態と動的管理過程

インフラ蓄積過程の長期定常状態の近傍における挙動を分析するために，式 (3.3.10c), (3.3.12d) を (m^s, μ^s) の回りで準線形化すれば，移行動学

$$\dot{m} = \zeta'(\mu^s) m^s (\mu - \mu^s) \tag{3.4.24a}$$

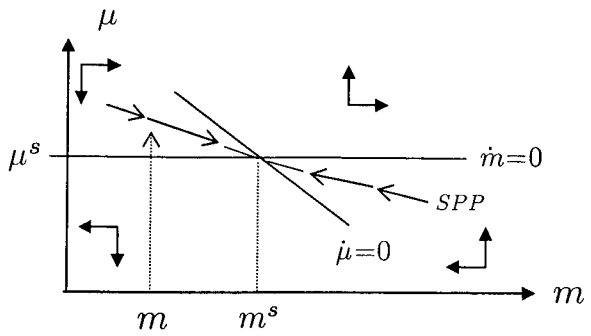


図 3.2 鞍点経路と定常状態

$$\dot{\mu} = -\frac{f^s_{mk}\tilde{k}^s_m + f^s_{mm}}{q}(m - m^s) + r(\mu - \mu^s) \tag{3.4.24b}$$

を得る．世界利子率が外生的に与えられる開放経済では，インフラ蓄積の動学過程を貯蓄や消費とは独立に分析することができる．さらに，

$$f^s_{mk}\tilde{k}^s_m + f^s_{mm} < 0 \tag{3.4.25}$$

が成立するとき，インフラ蓄積過程に鞍点経路と定常状態が存在する（付録参照）．条件 (3.4.25) の第 1 項は，インフラストックの増加が民間資本の限界生産性を増加させることによって，民間資本の追加的投入を招く効果を示す．言い換えれば，インフラの増加が民間投資を誘発する間接的効果を意味している．

一方，第 2 項はインフラの蓄積により，その直接的な限界生産性が逓減する効果を意味している．定常状態 (m^s, μ^s) の近傍において，第 2 項の負の効果が第 1 項の正の効果を上回るとき，**図 3.2** に示すように (m, μ) 平面に鞍点経路 SPP(Saddle Point Path) と定常状態が存在する．任意の時点におけるインフラ資本のストック量 m に応じて鞍点経路上の潜在価格 μ が決定される．

例えば，ある時点におけるインフラ資本 m が m^s よりも小さい時，インフラの限界投資効率 μ は μ^s より大きくなる．式 (3.4.21c) より $\mu^s > 1$ であり，μ は 1 よりも大きい値をとる．最適投資ルール (3.4.19) に従ってインフラ投資を実施し，インフラ資本ストックを増加させることが必要となる．他のことが一定であれば（技術革新等が存在しなければ），インフラ資本ストックの増加に伴ってインフラの限界投資効率 μ は鞍点経路に沿って次第に小さくなり，インフラ蓄積過程は長期定常状態 (m^s, μ^s) に収束する．

3.4.3 比較動学分析

インフラの質的水準 q の変化がインフラ蓄積過程の定常状態に及ぼす影響に関して比較動学分析を試みる．以下では，インフラ蓄積過程の安定条件 (3.4.25) が成立すると仮定する．まず，インフラに要求される質的水準 q が増加した場合を考えよう．例えば，耐震基準等，インフラに対する要求性能が増加し，同じ生産性を有するインフラであっても，その取得価格が増加した場合などが相当する．式 (3.4.21c),(3.4.22)

より，定常状態の潜在価格 μ^s，インフラの量 m^s と性能 q の関係について次式を得る．

$$\frac{d\mu^s}{dq} = 0 \tag{3.4.26a}$$

$$\frac{dm^s}{dq} = \frac{r(1+Z+\gamma Z')+\gamma(1+Z)+(1-\gamma)R'}{f^s_{mk}\tilde{k}^s_m + f^s_{mm}} < 0 \tag{3.4.26b}$$

インフラの限界投資効率 μ^s は質的水準 q の影響を受けず，インフラの新規率はインフラの質的水準に依存しない．一方，インフラの質的水準 q が大きくなれば，インフラ投資による便益よりも費用の方が大きくなる．q の増加は，式 (3.4.22) の左辺に示す便益よりも，右辺に示す費用の方をより増大させる．限界費用の増分を賄うためにインフラ投資はより大きな限界生産性 $f_m(\tilde{k}^s, m^s)$ が必要となる．その結果，インフラ資本に関する収穫逓減の仮定より，インフラストック量は減少せざるを得なくなる．インフラの質的水準が増加すれば，長期定常状態におけるインフラ資本ストック m^s は減少する．

ついで，インフラの長寿命化がインフラ蓄積過程の定常状態に及ぼす影響を分析する．長寿命化により，インフラの単位年度あたりの維持補修費が節約されると考える．すなわち，維持補修費が毎年等額発生するように会計処理する場合，$q/R(q)$ はインフラが更新されるまでの耐用年数を表す．したがって，いま q を一定と仮定して，維持補修費 $R(q)$ が減少することは，耐用年数が増加することを意味する．インフラの長寿命化が長期定常解に及ぼす影響を分析するために，維持補修費用を

$$R(q) \equiv \rho R^{\circ}(q), \quad R^{\circ\prime}(q) > 0 \tag{3.4.27}$$

と特定化しよう．インフラの長寿命化によりパラメータ ρ が減少すると考える．式 (3.4.21c),(3.4.22) より

$$\frac{d\mu^s}{d\rho} = 0, \quad \frac{dm^s}{d\rho} = \frac{(1-\gamma)R^{\circ}(q)}{f^s_{mk}\tilde{k}^s_m + f^s_{mm}} < 0 \tag{3.4.28}$$

を得る．技術進歩による維持補修費用の減少により，定常状態におけるインフラ資本ストック量は増加する．なお，以上の結論は長寿命化に要する価格が不変であるという仮定の下に導出している．長寿命化のためにインフラの価格が増加する場合，長寿命化の効果 (3.4.28) だけでなく，インフラ価格の増加の効果が同時に働くため，比較動学の効果を一意的に評価できない．

最後に，インフラの除却スケジュールの変更の影響について考えよう．インフラの除却率 γ が長期定常解に及ぼす影響は以下のように評価できる．

$$\frac{d\mu^s}{d\gamma} = 2Z' + \gamma Z'' > 0 \tag{3.4.29a}$$

$$\frac{dm^s}{d\gamma} = \frac{q(1+Z+\gamma Z') + rq(2Z'+\gamma Z'') - R}{f^s_{mk}\tilde{k}^s_m + f^s_{mm}} \tag{3.4.29b}$$

すなわち，除却率が増加すれば定常状態におけるインフラの限界投資効率 μ^s は増加する．また，式 (3.4.29b) より

$$\frac{R(q)}{q} > (1+Z+\gamma Z') + r(2Z'+\gamma Z'')$$

$$= \mu^s + \frac{r}{\frac{\partial \sigma^s(\mu^s)}{\partial \mu}} \quad \Rightarrow \frac{dm^s}{d\gamma} > 0 \tag{3.4.30}$$

が成立する．すなわち，インフラの単位ストック当たりの取得価額 q と維持補修費用 $R(q)$ の比 $R(q)/q$ が，割引パラメータ r, γ により規定される上式右辺の水準よりも大きいときには，除却率の増加は定常状態のインフラ資本ストックを増加させる．また，除却率の減少は定常状態のインフラ資本ストックを減少させる．このことは，維持補修費用が占める割合が大きいときに，インフラを長期間供用する（除却率を小さくする）ことはインフラ管理費用の増加をもたらし，社会が持続的に保有できるインフラのストック量が減少することを意味している．すなわち，維持補修費用が大きいときには，インフラの除却スピードが早いほど（取替えのサイクルが速いほど），定常的なインフラ資本ストック量は増加する．

3.4.4 最適質的水準の決定

以上では，インフラの質的水準 q を与件として取り扱ってきた．質的水準が異なれば，インフラの単位ストック当たりの資産価額が異なる．限界生産性 f_m は標準的技術水準のインフラ資本価額に対して定義される．インフラの質的水準が異なっても，物理単位で計測されるインフラの量的なストックに関する限界生産性は変化しないと仮定した．しかし，インフラの質的水準は家計の効用水準や維持補修費に影響を及ぼす．さらに，インフラの質的水準が異なれば，長期定常状態におけるインフラの量的水準も異なる．したがって，インフラの最適ストック量を議論するためには，インフラの最適質的水準を同時に議論することが必要となる．

効用関数にインフラの質的水準 q を明示的に含め，$u(c(t), q)$ と表そう．質的水準は初期時点で決定され，一度決定されれば技術基準として時間を通じて一定に保たれると仮定しよう．また時刻 t における最適インフラ投資問題の最適値関数を $V(a(t), m(t), q)$ とする．

$$V(a(t), m(t), q) \equiv \int_t^\infty u(c^*, q) \exp\{-r(\tau - t)\} d\tau \tag{3.4.31}$$

時刻 0 における最適インフラ投資問題 (3.3.10a)-(3.3.10d) の最適値関数は $V(a_0, m_0, q)$ により表される．一方，式 (3.3.13) より，開放経済では最適経路上の消費水準 c^* は時間を通じて一定となる．よって c^* は長期定常状態における消費水準 c^s に等しい．すなわち

$$\begin{aligned} c^*(t) = c^s = \bar{c} = ra^s + f(\tilde{k}^s, m^s) - (r+\eta)\tilde{k}^s \\ -(m^s - \gamma m^s)R - q\gamma m^s\{1 + Z(\gamma)\} \end{aligned} \tag{3.4.32}$$

したがって次式を得る．

$$V(a(t), m(t), q) = \frac{u(c^*, q)}{r} = \frac{u(c^s, q)}{r} \tag{3.4.33}$$

最適値関数 $V(a^s, m^s, q)$ を q に関して微分すれば,

$$\begin{aligned}\frac{dV(a(t),m(t),q)}{dq} &= \frac{u_c^s c_q^s + u_q}{r} \\ &= \frac{u_c^s}{r}\Big[ra_q^s + f_m^s m_q^s \\ &\quad -(m^s - \gamma m^s)R' - \gamma m^s(1+Z) \\ &\quad -(m_q^s - \gamma m_q^s)R - q\gamma m_q^s(1+Z) + \frac{u_q}{u_c^s}\Big]\end{aligned} \tag{3.4.34}$$

を得る. ただし, u_c^s は c^s で評価した消費の限界効用である. 式 (3.4.26b) より $m_q^s < 0$ である. 式 (3.4.35) の 2 行目の第 1 項はインフラの質的水準の限界的変化に伴うインフラ資本調達資金の利子支払いの限界的変化を表す. 第 2 項はインフラ資本ストックの減少を通じた GDP の減少を表す負の効果である. 第 3 項, 第 4 項はそれぞれ質的水準の増加によって維持補修費用, 新規投資費用が増加する負の効果を表す. 一方, 第 5 項, 第 6 項は定常状態におけるインフラ資本ストックの減少によって維持補修費用, 新規投資費用が減少する正の効果となる. 第 7 項は質的水準の増加に対する家計の支払い意思額である. 最適なインフラの質的水準 q^* は, 内点解を仮定すると,

$$\frac{dV(a(t),m(t),q^*)}{dq} = 0 \tag{3.4.35}$$

により与えられる. 式 (3.4.35) より, q^* は,

$$\begin{aligned}&\frac{u_q^*}{u_c^s} + ra_q^s - (m^s - \gamma m^s)R^{*\prime} - \gamma m^s(1+Z) \\ &= (m_q^s - \gamma m_q^s)R^* + q^*\gamma m_q^s(1+Z) - f_m^s m_q^s\end{aligned} \tag{3.4.36}$$

を満足する水準に決定される. 各変数は q^* において評価されている. 議論の見通しをよくするため, 一度建設されたインフラは除却されないと仮定しよう. すなわち, $\gamma = 0$ と仮定する. 前述したように, インフラの更新投資は維持補修引当金 $R(q)$ に計上されており, インフラの更新による古いインフラの撤去は, ここでいう除却に含まれない. この時, 最適化条件 (3.4.36) は

$$\frac{u_q^*}{u_c^s} = -ra_q^s + m_q^s R^* - f_m^s m_q^s + m^s R^{*\prime} \tag{3.4.37}$$

と簡略化できる. ここで, a^s は海外に蓄積された資本ストックであり, その水準は初期ストック a_0 の値に依存する. $\gamma = 0$ が成立する時, 最適インフラ資本ストック量を表す最適化条件 (3.4.23) は,

$$f_m(\tilde{k}^s, m^s) = q^* r + R(q^*) \tag{3.4.38}$$

と表せる. すなわち, インフラの最適ストック量は, インフラの限界生産性がインフラ調達費用の利子支払いと維持補修費用の合計で表される一般化資本コストと一致する水準に決定される. 式 (3.4.38) を式 (3.4.37) に代入すれば,

$$\frac{u_q^*}{u_c^s} = -r(a_q^s + q^* m_q^s) + m^s R^{*\prime} \tag{3.4.39}$$

を得る．左辺はインフラの質的水準に関する家計の支払い意思額である．右辺の $r(a_q^s + q^* m_q^s)$ は質的水準の増加に伴う利子の変化を表す．$a_q^s + q^* m_q^s < 0$ のとき，第1項は利子支払いの増加を意味する．すなわち，インフラの最適質的水準は，サービス向上に対する支払い意思額が，質的水準の増加による利子の変化と維持補修費の限界的変化に一致する水準に決定される．

3.5 インフラ管理のためのインフラ会計情報

3.5.1 インフラ会計情報

本研究では small open 経済の下における動学的インフラ投資モデルを定式化した．本モデルにおいて，インフラ資本ストックの資産価額は，1）ある基準となる質的水準 q を想定した再調達価額で評価され，2）インフラ資産の質的水準 q を半永久的に維持するために必要となる修繕費用 $R(q)$ が毎年費用として発生する，という会計原則に従って記述される．政府がインフラマネジメントを効果的に実施するためには，**3.4.1** で述べたように動学的マクロ経済モデルの枠組みにおいてインフラの shadow price を評価する必要がある．そして shadow price 等と整合的な，最適インフラ投資戦略を実施するために必要な情報が政府が管理する経済会計上に記述されることが必要である．

特に，インフラ投資戦略を経済会計情報に基づいて検討するためには，動学投資モデルの最適解が SNA 体系として表される国民経済計算会計と整合的でなければならない．そこで，以下では動学モデルの最適化条件に関する情報が SNA として整備される経済会計情報と整合的であるかどうかを分析する．

3.5.2 ハミルトニアンと社会的厚生評価

現在期価値ハミルトニアン $H^p(t)$ を次式で定義する．

$$\begin{aligned} H^p(t) &= H(t)\exp(-rt) \\ &= u(c,q)\exp(-rt) + \lambda\exp(-rt)\dot{a} + q\mu\lambda\exp(-rt)\dot{m} \end{aligned} \tag{3.5.40}$$

最適経路上における現在期価値ハミルトニアン $H^{p*}(t)$ は制御変数，状態変数，随伴変数，時刻により

$$H^{p*}(t) = H^{p*}(c^*, j^*, a^*, m^*, \lambda^*, \mu^*, t) \tag{3.5.41}$$

と定義される．ここで $H^{p*}(t)$ を t に関して微分すれば，

$$\begin{aligned} \frac{dH^{p*}(t)}{dt} &= H_c^{p*}\dot{c}^* + H_j^{p*}\dot{j}^* + H_a^{p*}\dot{a}^* + H_m^{p*}\dot{m}^* \\ &\quad + H_\lambda^{p*}\dot{\lambda}^* + H_\mu^{p*}\dot{\mu}^* + H_t^{p*} \end{aligned} \tag{3.5.42}$$

を得る．ただし，H^{p*} の下の添え字は，現在期価値ハミルトニアンの最適経路上における当該変数による偏微分を意味する．さらに，1階の最適化条件 (3.3.12a)-(3.3.12f) を考慮すれば次式を得る．

$$\frac{dH^{p*}(t)}{dt} = -ru(c^*, q)\exp(-rt) \tag{3.5.43}$$

上式の両辺に $\exp(rt)$ を乗じ，初期条件 (3.3.12f) の下で時間 t に関して積分すれば，当該期価値ハミルトニアン

$$\begin{aligned} H^*(t) &= r\int_t^\infty u(c^*(\tau))\exp\{-r(\tau-t)\}d\tau \\ &= rV(a(t),m(t)) \end{aligned} \tag{3.5.44}$$

を得る．ただし，$H^*(t) = H^{p*}(t)\exp(rt)$ である．また効用関数，最適値関数において q の表記は省略する．最適値関数 $V(a(t),m(t))$ は状態評価関数とも呼ばれ，対象とする経済の状態変数の価値を表す．すなわち，t 期に存在する海外貸付の水準とインフラ資本ストックの状態 $(a(t),m(t))$ から，無限の将来にわたってインフラ投資を最適に管理することによって得られる生涯効用の現在価値の最大値を意味する．したがって，最適値関数 $V(a(t),m(t))$ は，社会が保有する金融資本とインフラ資本の組み合わせ $(a(t),m(t))$ の資本価値を適切に表現した会計情報になっていることが理論的に保証される．式 (3.5.44) は，ある時点におけるフローの価値を表す当該期価値ハミルトニアン $H^*(t)$ を用いて，現有の資本ストックを用いて達成可能な経済価値を評価できることを示している．式 (3.5.44) の会計的意義を明確にするために同式を展開する．すなわち，

$$\begin{aligned} &u(c^*) + \lambda^*\dot{a}^* + q\mu^*\lambda^*\dot{m}^* \\ &\qquad = r\int_t^\infty u(c^*(\tau))\exp\{-r(\tau-t)\}d\tau \end{aligned} \tag{3.5.45}$$

を得る．式 (3.5.45) に示すように，左辺に現れる当該期の消費，経常収支，インフラ投資に関するフロー情報を用いて，右辺に示す将来にわたる効用の割引現在価値を評価できる．社会的厚生評価の分野では，経済会計情報としてフローの情報としての NDP を用いるべきか，あるいはストックの情報である将来効用の割引現在価値を用いるべきかを巡って論争が重ねられた．

Weitzman(1976) は式 (3.5.44) を導出することにより，フローとストックによる社会的厚生評価指標が，実は同じ会計情報を異なった方法で表現しているに過ぎないことを明らかにし，経済会計情報に関する論争に終止符を打った [6]．フローとストックに関する会計情報に関する関係式は，その後，Hartwick(1990), Mäler(1991), Aronsson *et al.*(1997) 等により理論的彫琢が重ねられた．最適インフラ投資問題においても同様の社会的厚生水準に関する基本会計式 (3.5.44) が成立する．

インフラ会計では，過去から将来にわたって発生する維持補修費用がインフラの維持補修引当金繰入額，あるいは減価償却額として期間内配分され，各会計年度における会計情報として記載される．すなわち，時間軸上で変動があるキャッシュフローを供用期間で均等に配分し，1 期分のフローのタームで評価する．また，発生した費用を実現した収益と対応させて配分するという費用収益対応の原則が存在する．最適値関数 $V(a(t),m(t))$ は金融・インフラ資本で構成される資本ストックが t 期以降の各期で発生する価値の割引現在価値を表しており，最適値関数 $V(a(t),m(t))$ に割引率を乗じた $rV(a(t),m(t))$ は資本ストックの 1

期あたりの平均的価値に相当する．$rV(a(t), m(t)) \equiv \bar{\omega}=$ const. の大きさの一定の社会厚生のフローが時間軸に沿って発生すると考えれば，将来に生じる社会的厚生のフローの割引現在価値を t 期の当該期価値として評価した結果が最適値関数値と一致する．すなわち，

$$\int_t^{\infty} \bar{\omega} \exp\{-r(\tau - t)\} d\tau = \frac{\bar{\omega}}{r} = V(a(t), m(t)) \tag{3.5.46}$$

が成立する．したがって，毎期に計上される平均的価値 $\bar{\omega}$ が最適値関数 $V(a(t), m(t))$ の代替指標となりえる．ここで，式 (3.5.44) に着目しよう．最適経路上の当該期価値ハミルトニアン $H^*(t)$ は資本 $(a(t),m(t))$ がもたらす資本価値 $V(a(t),m(t))$ に対する利子配当に相当する．

3.5.3 社会的厚生指標の性質

式 (3.4.33),(3.5.44) より，

$$H^*(t) = rV(a(t), m(t)) = u(c^*) \tag{3.5.47}$$

が成立する．当該期価値ハミルトニアンは当該期の効用水準と等価になり，時間を通じて一定となる．この関係はインフラ蓄積過程が定常状態に到達する以前の段階においても成立する．また，式 (3.5.45),(3.5.47) より

$$\lambda^* \dot{a}^* + q\mu^* \lambda^* \dot{m}^* = 0 \tag{3.5.48}$$

が成立する．したがって，以下の関係が成り立つ．

$$q\mu^* \dot{m}^* = -\dot{a}^* \tag{3.5.49}$$

式 (3.5.49) は当該期のインフラ資本の総価値の増加が経常赤字に一致することを意味する．すなわち，インフラ投資は海外市場から資金を調達することにより実施されるため，インフラの資産価額の増加は海外で貯蓄している金銭的資本の減少を招くことになる．また，式 (3.5.49) は最適経路上では経常収支とインフラ投資の比 $\dot{a}^*/q\dot{m}^*$ が，基準化されたインフラ投資の潜在価格 μ^* に一致していることを表している．

また，Hartwick(1990) に従って，効用関数を c に関して線形近似し，限界効用を用いて最適経路上の当該期価値ハミルトニアンを金銭単位で表現する．ただし，質的水準 q はパラメータと考える．すなわち

$$u(c^*) \approx u_c^* c^* = \lambda^* c^* \tag{3.5.50}$$

と近似し，式 (3.5.47),(3.3.10b) を用いれば，

$$NDP = \frac{H^*(t)}{u_c^*} = c^*$$

$=\mathrm{f}(\tilde{k}^*, m^*) - \dot{a}^* + ra^* - (r+\eta)\tilde{k}^*$

$-(\mathrm{m}^* - \gamma m^*)R(q) - qj^* \left\{1 + Z\left(\frac{j^*}{m^*}\right)\right\}$ (3.5.51) を導ける [19]．2 行目の右辺の第 1 項は現有の民間資本，インフラ資本ストックがもたらす生産物であり，当該期の GDP に相当する．第 2 項は経常赤字，第 3 項は海外貸付からの利子収入を表す．第 4 項は民間資本の利払いと減価償却費を表す．最終行はインフラの維持補修費用，および新規整備費用を表す．上式に示すように，NDP を計算する際には，GDP から資本収支，インフラの維持補修費用や新規投資費用を控除する必要がある．すなわち，インフラの最適投資戦略と整合的な NDP 指標を算定するためには，通常の経済会計情報である国内生産物 $f(\tilde{k}^*, m^*)$，経常赤字 $\dot{a}^*$，海外からの資本収入 ra^*，民間部門の利払いと減価償却費 $(r+\eta)\tilde{k}^*$ の他に，インフラ資本ストック m^*，インフラの定常的な維持修繕費用 $R(q)$，および新規投資費用 $qj^*\{1 + Z(j^*/m^*)\}$ に関するインフラ会計情報が必要となる．

3.5.4 インフラ会計情報の作成上の課題

残念ながら，現行のインフラ資産ストック情報は，経済会計情報 (3.5.51) を求めるために十分な情報を有していない．まず，インフラ資産ストック m^* に関しては，1）質的水準 q の異なるインフラの取得原価を加算したものであり，インフラの質的水準に関する政策分析ができない，2）過去に撤去されたインフラ資本ストックが会計上除却されていない，という問題を有している．

1）の問題に対しては，インフラの力学的条件だけでなく，国民の支払い意思額を通じた評価 (3.4.39) も考慮し，インフラのあるべき質的水準を決定することが必要である．2）に関しては，現存するインフラ資産の再調達価額を用いた資産評価を実施することが必要である．また，除却の会計処理の問題ではインフラ資産台帳の整備と資産価額評価とその更新システムを整備することが必要となる．

つぎに，定常的維持補修費用 $R(q)$ に関する情報は現時点で利用可能でない．この値を算定するためには，現存するインフラ資産の最適アセットマネジメント戦略を検討し，インフラ資本の質的水準を維持するために必要な修繕費用を算定することが必要となる．最後に，新規投資費用に関しては情報が存在するものの，その中に新規投資に付随して発生する調整費用 $Z(j^*/m^*)$ に関する情報が含まれていないという問題がある．

なお，インフラの最適ストックに関わる意思決定を行うためには，インフラ投資の潜在価格である $\mu(t)$ を求める必要がある．インフラ投資の潜在価格に関する研究成果は蓄積に乏しく，調整費用関数 $Z(j/m)$ の推計事例も極めて乏しいのが現状である．これまで，インフラの資本ストックに関する議論はインフラの生産性 [20] を用いて議論されることが多かった．しかし，この方法ではインフラが極めて長期に供用される資本であるという特性を考慮することができない．今後，インフラ投資の潜在価格に関する研究の蓄積が不可欠である．また，インフラの除却率 γ を一定としていた．インフラの除却はインフラの転用や機能更新と対応して実施される．インフラの最適な除却スケジュールに関する研究は，今後に残された大き

な研究課題である．また，現実には多様な種類のインフラが存在する．よって，GDP を算出する集計的な生産関数の同定が重要な問題となる．複数インフラで定義される生産関数を得られれば，各インフラ資産について最適質的水準の決定条件等の本章の分析結果を適用することができる．

3.6 結言

本章ではインフラの量的ストックと質的水準を同時に取り扱った最適インフラ投資モデルを定式化した．インフラの最適投資モデルに関しては膨大な蓄積があるものの，インフラの新規整備・除却，維持補修の差異を考慮した最適インフラ投資戦略に関してはほとんど研究が進展していないのが実情である．本研究では，インフラの新規整備戦略や最適な質的水準を議論するための分析枠組みを提案するとともに，時間を通じたインフラの投資戦略に関する情報をインフラ会計情報として整備するための課題について考察した．

インフラ会計情報の目的は，インフラの効率的なアセットマネジメントを支援する管理会計情報を管理するとともに，政府が実施するインフラ管理の有効性と妥当性を財務会計情報として公開することにより，国民に対する説明責任を果たす役割を担うことにある．提案したインフラ会計情報を作成するにあたり残された研究課題は **3.5.4** でとりまとめた通りである．さらに，本章に直接関係する研究課題として以下の事項があげられる．第1に，インフラの限界投資効率を経験的に推計するための方法論を開発する必要がある．インフラと民間資本の明らかな相違点は，耐用年数の違いにある．従来より，インフラの生産性を議論した研究 [20] が蓄積されているが，インフラと民間資本の耐用年数の違いを明示的に考慮してインフラの生産性を測定した事例は多くない．インフラの限界投資効率を測定するためには，将来におけるインフラ整備シナリオを考慮する必要がある．このような本来後ろ向きに推計すべき限界効率性の推計方法に関する方法論の開発が不可欠である．第2に，インフラの質的水準を評価するための効用関数を推計する必要がある．そのためにはインフラの質的水準に対する家計の支払い意思額に関する経験的な分析情報を蓄積していくことが重要である．さらに，納税者の立場からインフラ資本ストックとアウトカム指標をバランスシートとして記述するような納税者会計 [4]·[11] に関する研究が必要となろう．第3に，本章のマクロ動学モデルは実物経済を記述したものであり，ファイナンスの過程におけるインフレ等の問題を考慮することはできない．貨幣を導入した経済モデルへの拡張が今後の課題である．第4に，本モデルでは1国レベルの社会計画者による first best の問題を扱っているため，予算制約は NPG 条件のみとなっている．市場分権問題を定式化する場合には，税や政府の財政的制約条件が必要となり，財政的制約が拘束的となる場合には first best 解は達成されないことになる．また財政的制約によってインフラの段階的投資が促進されるという構造が生まれることになる．政府の財政的制約条件を考慮した最適なインフラ管理モデルの分析が必要である．

付録. 鞍点経路の存在条件

$(m(t), \mu(t))$ に関する動学過程を定常状態 (m^s, μ^s) の近傍で準線形化することにより次式を得る.

$$\begin{bmatrix} \dot{m} \\ \dot{\mu} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \zeta'(\mu^s)m^s \\ \Xi(m^s, \mu^s) & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m - m^s \\ \mu - \mu^s \end{bmatrix}$$

ただし $\Xi(m^s, \mu^s) = -(f^s_{mk}\tilde{k}^s_m + f^s_{mm})/q$ である. 上の連立微分方程式の固有値 κ_1, κ_2 を求めると,

$$\kappa_1, \kappa_2 = \frac{1}{2}\left\{r \pm \sqrt{r^2 + 4m\,\zeta'(\mu^s)\,\Xi(m^s, \mu^s)}\right\}$$

$\zeta' > 0$ に留意すると, $\Xi(m^s, \mu^s) > 0$ のときに2つの固有値は $\kappa_1 > 0$, $\kappa_2 < 0$ になる. 従って $f^s_{mk}\tilde{k}^s_m + f^s_{mm} < 0$ であることが, (m, μ) 空間に (m^s, μ^s) に収束する鞍点経路が存在することの必要十分条件となることがわかる.

参考文献

[1] 醍醐聰：会計学講義，第2版，東京大学出版会，2001.

[2] 山本清：政府会計の改革，中央経済社，2001.

[3] 日本公認会計士協会：公会計原則（試案），2002.

[4] 吉田寛：公会計の理論，東洋経済新報社，2003.

[5] 武野秀樹，金丸哲：国民経済計算とその拡張，勁草書房，1997.

[6] Weitzman, M.L.: On the welfare significance of national product in a dynamic economy, *Quarterly Journal of Economics*, 1976.

[7] Aronsson,T., P.-O. Johansson, and K.-G. Löfgren: *Welfare Measurement, Sustainability and Green National Accounting*, Edward Elgar, 1997.

[8] Hartwick, J.: National resources, national accounting and economic depreciation, *Journal of Public Economics*, Vol.43, pp.291-304, 1990.

[9] Mäiler, K.G.: National accounts and environmental resources, *Environmental and Resource Economics*, Vol.1, pp.1-15, 1991.

[10] 大蔵省企業会計審議会：企業会計と会計諸法令との調整に関する連続意見書，第三，有形固定資産の減価償却について，1960.

[11] 江尻良，西口志浩，小林潔司：インフラストラクチャ会計:課題と展望，土木学会論文集，No.770/VI-64，pp.15-22, 2004.

[12] 小林潔司，上田孝行：インフラストラクチャ・マネジメント研究の課題と展望，土木学会論文集，No.744/IV-61, pp.15-27, 2003.

[13] Johansen, L.: Substitution versus Fixed Production Coefficient in the Theory of Economic Growth: A Synthesis, *Econometrica*, Vol.27(2), pp.157-217, 1959.

[14] Virmani, A.: A Dynamic Model of the Firm, *Journal of Political Economy*, Vol.84, pp.603-613, 1976.

[15] Blanchard, O.-J. and Fischer, S.: *Lectures on Macroeconomics*, The MIT Press, 1989，高田聖治訳：マクロ経済学講義，多賀出版，1999.

[16] Hayashi, F.: Tobin's marginal q and avarage q; A neoclassical interpretation, *Econometrica*, Vol.50, pp.213-224, 1982.

[17] 朱保華：投資関数の理論，九州大学出版会，1995.

[18] 浅田純一郎：成長と循環のマクロ動学，日本経済評論社，1997.

[19] 塩田尚樹：環境汚染の最適制御，勁草書房，2001.

[20] 江尻良，奥村誠，小林潔司: 社会資本の生産性と経済成長：研究展望，土木学会論文集，No.688/IV-53, pp. 75-87, 2001.

第4章

社会資本の生産性と経済成長に関する研究

4.1 緒言

従来より，短期的な景気刺激策・経済安定化策として公共事業の役割について多くの議論がなされてきた．近年では，公共投資がもたらす乗数効果の低下が指摘されている．公共投資の結果は社会資本として蓄積され，民間部門の生産性向上や生活環境の向上に寄与している．本論文では，主として社会資本整備が民間部門の生産性向上や経済成長に及ぼす側面に着目する．財政難が予想されるなか，社会資本の生産性を実証的に検討していく意義は大きい．

1980 年代後半以降，米国を中心として社会資本の生産性に関する研究が蓄積された．Aschauer[1, 2] は，生産関数を用いて社会資本の生産性を計測し，米国における社会資本整備の遅れが米国の 1970 年代以降の生産性上昇率の鈍化をもたらしたと主張した．彼が用いた社会資本の概念，データセット，推計方法に対して批判が集中したが，それを契機に社会資本の生産性に関する膨大な研究成果が蓄積された．しかし，個々の研究成果における推計値には大きな差異が存在し，社会資本の生産性に関して見解の一致を見るに至っていない．

同じく 1980 年後半以降，Romer[15, 4]，Lucas[5] らにより，人的資本や社会資本の蓄積を明示的にモデル内に取り込み，永続的な成長現象を説明する内生的経済成長理論が急速に発展した．その中で,「地域（国家）間における経済成長率の地域間格差は収束する傾向にあるのか否か」に関して議論が戦わされている．もし，経済成長率が収束するならば，社会資本によって経済成長率をコントロールすることの意義は小さい.「経済成長率の収束＝発散論争」は，いまだ決着していないが，これに関する論議は社会資本の整備戦略を考えていく上で極めて重要な検討課題である．

社会資本の生産性や経済成長効果に関する膨大な研究成果が蓄積されており，レビュウ論文もいくつか発表されている．本章では，**4.2** で議論するように，社会資本の定義と規模の経済性の取り扱い方とに焦点を当てて研究成果をとりまとめるとともに，残された研究課題や今後の発展の方向性について考察する．以下，**4.2** では本研究におけるレビュウの視点を明らかにする．**4.3** では社会資本の生産性の計測事例を総括し批判的検討を行う．**4.4** では内生的経済成長理論における社会資本の役割について議論する．**4.5** で

表 4.1 社会資本の分類

種類		わが国での整備主体			三井・太田 [20] における分類						米統計局 [16] の社会資本分類	Aschauer[1] の定義 コアA
		政府	公的企業	民間企業	生活環境	交通通信	国土保全	農林漁業	その他	コアM		
a	道路	○	○	○		○				○	○	○
b	港湾・航路	○	○			○				○	○	
c	航空	○		○		○				○	○	○
d	鉄道		○	○		○				○	○	○
e	地下鉄		○	○		○				○	○	○
f	電気通信			○		○				○		
g	公共賃貸住宅		○		○							
h	下水道	○			○					○	○	○
i	廃棄物処理	○	○	○	○						○	
j	水道	○	○	○	○						○	○
k	都市公園	○			○					○		
l	文教施設	○		○	○					○	○	
m	厚生福祉施設	○		○	○						○	
n	治水	○	○	○			○			○	○	
o	治山	○					○			○	○	
p	海岸	○					○					
q	農林漁業	○	○	○				○		○		
r	郵便		○						○	○		
s	国有林		○						○			
t	工業用水道		○						○	○	○	○
u	電気		○	○							○	○
v	ガス		○	○							○	○

注） コアMは三井・太田 [20] によるコア社会資本の定義を，コアAは Aschauer[1] によるコア社会資本の定義を表す．

は，社会資本整備が経済成長に及ぼす効果に関する経験的知見をとりまとめる．最後に，**4.6** では，今後の研究課題について議論する．

4.2 本章の基本的立場

4.2.1 既往研究の概要

社会資本の生産性に関して，すでに膨大な文献が蓄積されている．それに伴い，これらの文献を包括的に体系化しようとする試みもいくつかなされている．たとえば，Gillen[6] は交通施設に限定しているものの，この分野における優れたレビュウ論文として定評がある．社会資本全般に関して包括的な体系化を行った試みとして Sturm[7] があげられる．Sturm は時系列データ，クロスセクションデータを用いた社会資本の生産性に関する計測事例を OECD 諸国を対象として包括的にレビュウしている．その中には，1998 年時点までの英文による代表的事例は概ね収録されている．

わが国においても，三井, 太田 [20] が，社会資本の生産性に関する包括的な研究を行っている．そこでは，都道府県別，部門別に社会資本の生産力の分析を行うとともに，社会資本の財源や公的金融の役割についても言及している．以上の研究レビュウは，主としてマクロ生産関数，費用関数を推計することより，社会資本の生産性を計測しようとする研究事例を対象としており，社会資本が経済成長に及ぼす影響の考察はなされていない．吉野, 中島 [9] はわが国のデータを用いて部門別，地域別の社会資本の生産性を分析するとともに，需要創出効果を踏まえた財政支出関数と連立させることにより，単位期間後の時点に財政支出を拡大できる比率を乗数の形で算出することを試みているが，長期的な経済成長への影響を分析するという視点はない．

一方，近年の経済成長理論の発展に関してはすでに多くの著書に紹介されている [10, 11]．その中で，内生的経済成長理論における社会資本の役割に関しては，Button[12], Nijkamp and Poot[13] らが研究展望を行っている．最近の内生的成長理論や経済地理学では，規模の経済性の存在を巡る議論が中心課題になっている．新古典派経済成長理論に関しては経験的分析が蓄積されているものの，内生的経済成長論における規模の経済性に関する実証的な検証に関してはほとんど研究が蓄積されていないのが実状である．

4.2.2 本研究におけるレビュウの視点

社会資本は生産の効率化，経済成長に資するだけでなく，国土の保全，生活環境の改善等，国民生活の広い範囲にわたって影響を及ぼす．本論文では，これら広範囲に及ぶ効果の中で，社会資本の生産効率化効果，および経済成長への効果に限定し議論する．社会資本が「どのような効果をもたらすか」は社会資本のタイプにより多様に異なる．現在，社会資本整備において生産基盤資本から生活基盤資本へと比重が移りつつある．このような状況下では，単純にすべてのタイプの社会資本を用いて社会資本の（生産効率化に果たす）生産性を計測した場合，その値は時間とともに低下する．従って過去の研究事例における計測結果を比較，解釈する上で個々の文献における社会資本の範囲を明確にすることは極めて重要である．

内生的成長理論や経済地理学の発展により，経済成長や都市集積の形成において規模の経済性が果たす役割が重要視されている．しかし，社会資本の生産性や成長効果に関するこれまでの研究事例では，規模の経済性にそれほど関心が払われておらず，アプリオリに規模に関して収穫一定の生産技術の存在が仮定されている場合も少なくない．規模の経済性が存在する場合，非線形関数を推計せざるを得なくなり，計量経済学上の問題が新たに追加される可能性がある．規模の経済性が複数の均衡解の存在をもたらす場合，社会資本の生産性の推計はさらに困難となり，社会資本の生産性を一意に定義できない可能性すら存在する．筆者の知る限り，生産性の非一意性の問題を議論した研究事例は見あたらない．しかし，研究事例の中には推計方法には問題が残るものの，規模の経済性に関する断片的な知見もいくつか得られている．以上の知見から，規模の経済性の程度に関する見通しや今後の研究の発展方向に関する有用な示唆を得ることもできよう．

以上の問題意識のもとに，本論文では従来の研究レビュウで必ずしも体系的な整理がなされていなかった社会資本の種類や規模の経済性に関する取り扱いに関して焦点をあてつつ，既存の社会資本の生産性や経済成長効果に関する計測結果を展望し，今後に残された研究課題をとりまとめる．

4.2.3 社会資本の定義と分類

社会資本の生産性を計測する１つの目的は，社会資本と民間資本の生産性を比較し，効率的な資源配分を議論する点にある．この目的を考えれば，対象とする社会資本の範囲を明確に定義することが重要である．一般に，社会資本とは生産活動の生産力を間接的に高める機能をもち，共同消費性，非排除性，技術

的不可分性等の理由により市場機構によっては十分な供給されないような財を指している [14]. 実証分析を行う上では，基礎データの入手可能性もあり,「公共主体が提供する財のうちで１年という当該勘定期間内において使用され尽くされずに，将来にわたって便益を発生するもの」という，国民経済計算（新SNA）体系における公的固定資本形成の定義に従うことが多い．**表 4.1** に示すように，民間企業も多大な社会資本を供給している．実際上社会資本と同等の機能を有する民営鉄道やガス施設などの民間資本をどう取り扱うかが問題である [15].

表 4.1 には，経済企画庁の２０分類を基準として，既存の研究事例における代表的な社会資本分類を示している．たとえば，三井・太田 [20] は社会資本を１）生活環境，２）交通通信，３）国土保全，４）農林漁業，５）その他，の５つのカテゴリーに分類している．一方，米国では公的機関が社会資本の定義を行っていないが，統計局の資料においては非軍事の政府支出額は**表 4.1** の右のように分類されている．公共住宅や電気通信・郵便が含まれておらず，治山・治水・海岸に当たる部分は自然資源保護という項目で一括されているのがわが国と異なる．Aschauer は社会資本の中でも生産資本としての性格が強いものを「コア・インフラストラクチャ」と呼び，残りの社会資本と区別しているが [1]，その中には生活関連資本としても機能するものが数多く含まれる．また，三井・太田が定義するコアは Aschauer のそれとは異なっている．過去の研究事例における社会資本の定義は極めて多様であり，**表 4.1** に示すカテゴリーは便宜的分類であることは否めない.

民間資本と比較するためには，単位期間における資本量を，その取得に必要となる金銭（再取得価格）で定義することが望ましい．一時点に存在する社会資本のストックを金額ベースで評価する方法としては，(1) 過去の投資額を加算するとともに，耐用年数を加味して減耗分を差し引くという Perpetual Inventry Method（恒久棚卸法），(2) 資本ストックを物量ベースで時系列的に調査し，これに平均単価を乗ずるという Physical Stock Value Method （物量的ストック法），(3) 両者を混合して，基準年次における物量ストックを調査して金額換算するとともに，それ以降の投資額，除却額を積み上げるという Benchmark Year Method（基準年次法）がある．日本では社会資本を上記の各方法で推計することが試みられてきたが，1961 年以降経済企画庁が PI 法による推計値をほぼ 10 年おきに公表しており，最近の研究で多く用いられている [15]. Mannel[16] などの米国における研究では，PI 法により全国レベルの資本ストックを算出し，これを基準時点の物量により州別に配分している例が多い.

社会資本の計量化に当たっては，次のような問題が存在する．第１に耐用年数や価格補正デフレーターを適正に設定することが容易ではない．例えば電気通信施設などのように，コンピュータ等の技術発展に伴い，同じ金銭によって建設できる社会資本の量や質が時間的に大きく変化すること，施設の機能的な耐用年数が技術革新に伴い物理的な耐用年数よりも短かくなることが多いこと，同一の規格の施設であっても地形条件の厳しい地域や土地価格の高い都市部では建設費用が大きくなることなどを考慮できるように耐用年数や価格補正デフレーターを設定することはきわめて困難である．第２に，国家をさらに細分した

地域ごとの基礎データが不足しており，地域ごとの推計値の精度が低いという問題がある．第 3 に社会資本の利用度が一定ではない．すなわち純粋な公共財には混雑は生じないが，実際の社会資本ではその利用量に応じてサービスレベルが変化することがほとんどである．道路や公共施設の多くは利用が競合的であるために，混雑現象が生じる．逆に，公共交通機関のように利用量に合わせてサービスの提供量が設定されているような場合には，利用者が多いほどサービスレベルが高い．このような場合には，社会資本の利用度を指標化する必要がある．例えば Aschauer は，Federal Reserve Board が公表している民間資本の稼働率データを用いて社会資本の利用度を補正して分析を行っている [1]．しかし，この代理指標は経済活動量と強く相関するため，経済成長が社会資本の生産性を規定するという逆方向の因果関係を生じる可能性がある．

4.3 社会資本の生産性

4.3.1 生産関数アプローチ

社会資本の生産を計測する一般的な方法として，1）生産関数を用いる方法，2）費用関数を用いる方法がある．生産関数アプローチでは，社会資本の生産性を計測するため，時点 t におけるマクロ生産関数の中に，投入要素として，労働力および民間資本に社会資本を加えた以下の生産関数を仮定する．

$$Y_t = A_t \cdot f(N_t, K_t, G_t) \tag{4.3.1}$$

ここで，Y_t は民間部門の産出量，N_t は民間部門の労働投入量，K_t は民間部門の固定資本，G_t は社会資本である．さらに，A_t は技術進歩係数（ヒックス中立的技術進歩）である．1 例として Cobb-Douglas 型生産関数

$$Y_t = A_t \cdot N_t^{\alpha} \cdot K_t^{\beta} \cdot G_t^{\gamma} \tag{4.3.2}$$

を仮定しよう．生産技術が規模に関して収穫一定であれば，$\alpha + \beta + \gamma = 1$ が成立する．生産技術に規模の経済性が存在する場合，$\alpha + \beta + \gamma > 1$ となる．さらに，生産関数が 1 次同次であれば，式 (4.3.2) を

$$\ln \frac{Y_t}{K_t} = \ln A_t + \alpha \ln \frac{N_t}{K_t} + \gamma \ln \frac{G_t}{K_t} \tag{4.3.3}$$

と書き換えることができる．上式を推定することにより，社会資本の生産弾力性 γ を求めることができる．さらに，パラメータ β の値を $\beta = 1 - \alpha - \gamma$ より決定できる．Aschauer は，技術進歩率をタイムトレンド t に置き換え，さらに短期的な景気変動を考慮するため民間資本の稼動率 C_{U_t} を導入し，米国の 1945 − 1985 年の時系列データをもとに以下の推定式を得ている [1]．

$$\begin{aligned}(\ln Y_t - \ln K_t) &= -2.42 + 0.008t \\ &\quad + 0.35(\ln N_t - \ln K_t) + 0.39(\ln G_t - \ln K_t) \\ &\quad + 0.43 \ln C_{Ut}\end{aligned} \tag{4.3.4}$$

表 4.2 生産関数アプローチ

文献	関数	対象地域	data	年次	社会資本	民間資本	規模	タイプ	その他
Ratner(1983)[22]	CD(lg)	米国	t.s.	1949-73	0.06(+)	0.22	C	total	
Aschauer(1989)[1]	CD(lg)	米国	t.s.	1949-85	0.39(+)	0.26	C*	cA	
Munnell(1990)[18]	CD(lg)	米国	t.s.	1949-87	0.33(+)	0.11	C*	core	
Tatom(1991)[19]	CD(dl)	米国	t.s.	1949-89	(-)	–	C	total	単位根検定
岩本 (1990)[20]	CD(lg)	日本	t.s.	1956-84	0.238	0.0931	C	total	
Ford(1991)[21]	CD(dl)	11 国 OECD	t.s.	1960-89	5ヶ国で有意	–	C	total	
三井 (1992)[22]	CD(lg)	日本	t.s.	1956-89	0.25(+)	0.38	C*	total	
					0.170(+)	0.404	C	cM	
					0.0025(+)	0.40	C	非 cM	
西垣 (1994)[23]	CD(lg)	日本	t.s.	1965-82	0.22(+)	0.52	C	a-f,i,t	
Mera(1972)[24]	CD(le)	日本 (9 地域)	pa.	1954-63	0.15	0.12	C*	q	第 1 次産業
					0.31(+)	0.17	C*	a-f,f-v	第 2 次産業
					0.075(+)	0.11	C*	a-f, k-m	第 3 次産業
Costa(1987)[9]	TL(le)	米国 (州)	c.s.	1972	0.19(+)	0.11	1.07*	total	非農業
Eberts(1987)[26]	TL(le)	米 38 大都市圏	pa.	1958-78	0.03-0.04(+)	0.31-0.32	C*	a,h,j	製造業のみ
Hulten(1991)[27]	TFP	米国 (9 地域)	pa.	1970-86	-0.37	-0.21	D	a,h,j,t	
Munnell(1990)[28]	CD(lg)	米国 (州)	pa.	1970-86	0.15(+)	0.59	1.05*	total	
Munnell(1991)[29]	CD(lg)	米高所得 12 州	po.	1970-86	0.14(+)	–	1.01*	total	
		米中所得 26 州	po.	1970-86	0.11(+)	–	1.03*	total	
		米低所得 10 州	po.	1970-86	0.22(+)	–	1.04*	total	
G.-Milà(1992)[30]	CD(lg)	米国 (州)	pa.	1969-82	0.045(+)	0.48	1.04*	a,l	
浅子 (1993)[31]	CD(dl)	日本 (県)	po.	1975-85	0.18(+)	0.17	1.06*	a-f,h-q	
吉野 (1994)[32]	TL(lg)	日本 (9 地域)	pa.	1975-84	-0.07-0.32(+)	–	C*	total	
吉野 (1994)[33]	TL(lg)	日本 (9 地域)	pa.	1975-84	-0.05-0.27(+)	–	C*	total	
三井 (1994)[34]	CD(lg)	日本 (県)	po.	1966-84	0.15(+)	0.50	1.16*	total	
				1966-74	0.22(+)	0.58	1.17*	total	
				1975-84	0.053	0.47	1.15*	total	
浅子 (1994)[35]	CD(lg)	日本 (県)	po.	1975-88	0.26(+)	0.26	C	total	13 県で有意
		日本 (全国)	po.	1975-88	0.17(+)	0.19	1.12*	total	
Evans(1994)[11]	CD(dl)	米国 (州)	pa.	1970-86	-0.14	–	C	total	
G.-Milà(1996)[37]	CD(dl)	米国 (州)	pa.	1970-83	(-)	0.29	1.12*	a,h,j,t	
H.-Eakin(1996)[38]	CD(lg)	米国 (州)	pa.	1969-86	(-)	–	C	a	空間相関
吉野 (1999)[9]	TL(lg)	日本 (11 地域)	pa.	1975-94	0.003-0.007(+)	0.03-0.04	C	total	第 1 次産業
					0.076-0.50(+)	0.15-0.23	C	total	第 2 次産業
					0.35-0.35(+)	0.26-0.34	C	total	第 3 次産業

注）文献欄には第 1 著者のみ示す．関数欄の記号は CD:Cobb-Douglas 型生産関数，TL:translog 型生産関数，TFP: 全要素生産性，le:level 変数，lg:対数変換した level 変数，dl:対数変換した level 変数の第 1 次差分を意味する．data 欄の記号は pa.:パネルデータ，po.:プーリングデータ，t.s.:時系列データ，c.s.:クロスセクションデータを意味する．社会資本欄，民間資本欄はそれぞれの弾力値を表し，(+) は弾力値が有意，(-) はそうでないことを意味している．規模欄は規模に関する経済性を表し，C:規模に関して収穫一定，D:規模に関して収穫逓減を意味する．数値は規模に関する弾力値を表す．* は規模の経済性の有無に関する検定の有無を示す．タイプ欄の記号は社会資本の種類（**表 4.1** 参照）を表す．core はコア社会資本，cA は Aschauer[1]，cM は三井・太田 [20] によるコア社会資本，total は社会資本全体を意味している．

社会資本の生産弾力性は $(\Delta Y/Y)/(\Delta G/G) = 0.39$ と推定され，社会資本ストックの 1 %の増大が総生産 Y_t を 0.39%増大させることになる．Aschauer は以上の成果に基づいて 1970 年代を通じた米国経済の停滞は不十分な社会資本ストックに起因していると主張した．彼の研究は多くの政策論議や研究者の関心を惹起し，社会資本の生産性計測に関する膨大な実証研究の蓄積をもたらした．当初は，単純な生産関数 (4.3.3) を用いて社会資本の弾力値を直接計測することに主眼が置かれた．その後，生産関数の複雑化，説明変数の追加，社会資本の部門別分類，対象地域の拡大等が試みられた．さらに，時系列データだけでなく，クロスセクションデータ，パネルデータ等，データセットの拡充も試みられている．**表 4.2** に代表的な研究成果を整理している．なお，論文中に複数の推計結果が含まれている場合，同表には参考文献として掲載した他の論文においてもっとも引用されている推計結果のみを記載している．

これらの研究では Tatom[19], Hulten and Schwab[27] 等を除いて，社会資本の限界生産性は正の有意な値をとっており，程度の差こそあれ社会資本が生産性の向上に貢献するという結果となっている．時系列

表 4.3 費用・利潤関数アプローチ

文 献	特定化	対象地域	data	年次	費用（利潤 *）弾力値	代替弾力値 労働力	代替弾力値 資本	タイプ	規模
Deno(1991)[41]	(t)tlog	米 SMSA	pa.(p)	1970-78	0.08-0.5*	0.1-0.4	-0.11-(-0.4)	a,h,j	C
Berndt(1991)[42]	vclrf	Sweden	t.s.(c)	1960-88	unclear	短期的 (+)	-	core	×
Lynde(1992)[39]	tlog	米国	t.s.(c)	1958-89	cost saving	0.45-0.49	-0.71-(-0.90)	total	C
Seitz(1993)[43]	gl	西ドイツ	po.(c)	1970-89	cost saving	0.0004	-0.03-0.04	a	C
Nadiri(1994)[40]	gcd	米国	pa.(c)	1956-86	-0.05-(-0.21)	0-1.4	-0.02-(-1.4)	total	I
三井 (1994)[34]	tlog	日本	po.(c)	1966-84	0.25	0.05-0.32	0.22-0.49	total	C
三井 (1995)[20]	tlog	日本 (県)	po.(c)	1975-84	0.20	0.19	0.36	total	I
Morrison(1996)[44]	gl	米国	po.(c)	1971-87	-0.1-(-0.27)	-	-	core	C

注）文献欄には第 1 著者のみ示す．特定化欄の記号は vclrf: variable cost labor requirement function, tlog: translog, (t): trancated, gl: generalized leontief, gcd: generalized Cobb-Douglas を意味する．data 欄は pa.:パネルデータ，po.:プーリングデータ，t.s.:時系列データ，c.s.:クロスセクションデータ，(c):費用データ，(p):利潤データを意味している．代替弾力値欄はの符号がマイナスの場合，補完弾力値を表す．タイプは対象とする社会資本の種類を表す，記号は表 4.1 を参照．core はコア社会資本，total は社会資本全体を意味している．規模欄は規模の経済性の有無を表し，C は収穫一定，I は収穫逓増を表す．× は規模に関する収穫一定の仮説が棄却されたことを表す．

データを用いた推計結果に対して，クロスセクションデータを用いた場合，社会資本の生産性がより小さく推定される結果となっている．その理由の 1 つは，社会資本の生産力効果が他地域へスピルオーバーすることがあげられる．クロスセクションデータの場合，モデルの説明力が向上する可能性が高いが，それと同時に推計上種々の問題が生じる．この種の問題点は **4.3.4** で一括して考察するが，クロスセクションデータに付随する問題として，たとえば労働力は地域間人口移動の結果として実現したものであり，説明変数の内生性の問題を無視できない．Holtz-Eakin and Schwaltz[38] のように空間隣接行列を用いてスピルオーバーを考慮する場合には，誤差項の空間相関の問題も考慮する必要がある．クロスセクションデータ，パネルデータ，プーリングデータを用いた場合，規模の効果が棄却できない場合が多い．地域生産関数に規模の経済が存在する場合，**4.5.4** で述べるように社会資本の生産性を一意的に定義できない可能性がある．生産関数アプローチは社会資本の生産性を計測する有力な方法であるが残された課題も多い．

4.3.2 費用・利潤関数アプローチ

生産関数アプローチの限界は経済活動の利潤最大化（費用最小化）行動を明示的に含んでいないことである．完全競争のもとでは，費用関数は生産関数と双対関係にあり，費用関数に基づいて社会資本の生産性を推計する方法が提案されている [39]．生産関数が規模に関して収穫一定であると仮定しよう．費用関数を

$$C(p_t^N, p_t^K, Y_t, A_t, G_t) = \min_{N_t, K_t} \{p_t^N N_t + p_t^K K_t\}$$
$$s.t. \quad Y_t = A_t \cdot f(N_t, K_t, G_t)$$

と定義する．ただし，ここで，p_t^N は賃金率，p_t^K は資本コストである．Shephard のレンマより労働力と民間資本に対する生産要素需要関数を

$N_t^* = g_N(p_t^N, p_t^K, Y_t, G_t) = \partial C_t / \partial p_t^N$ (4.3.5)

$K_t^* = g_K(p_t^N, p_t^K, Y_t, G_t) = \partial C_t / \partial p_t^K$ (4.3.6) と表そう．費用関数を G で偏微分することにより，社会資本の潜在価格

$$\lambda_t = -\partial C_t / \partial G_t \tag{4.3.7}$$

を定義することができる．費用関数の定義

$$C_t = p_t^N N_t^* + p_t^K K_t^* \tag{4.3.8}$$

と式 (5.4.35) より

$$-\lambda_t = p_t^K \left(\frac{\partial K_t^*}{\partial G_t} \right) + p_t^N \left(\frac{\partial N_t^*}{\partial G_t} \right) \tag{4.3.9}$$

を得る．$\partial K_t^* / \partial G_t$, $\partial N_t^* / \partial G_t$ は社会資本投資による生産要素 K_t, N_t の変化量であり，この値が負であれば民間資本，労働力が社会資本と代替的であり，社会資本の増加は常に生産費用を減少させることになる．費用関数・利潤関数を用いることにより，トランスログ関数のように自由度の大きい関数を用いても費用最小化条件によりパラメータ数を減らすことができ，安定性のある推計結果が得られる可能性が大きい．また，社会資本と生産要素の間の代替・補完関係を分析できるという利点がある．費用関数アプローチを用いて規模の経済性を考慮した社会資本の生産性の計測方法に関しては，三井，太田 [20] に詳細な説明がある．費用関数アプローチを用いた場合，市場構造に関する制約を設けることが不可欠となる．特に，生産要素市場が不完全競争的な場合には，費用関数アプローチは困難となる．

費用関数・利潤関数を用いた研究事例として，たとえば Lynde and Richmond[39] は，トランスログ費用関数を用い，1958-1989 年の米国の（非金融）民間部門の生産費用が，社会資本によって節減されていることを明らかにした．社会資本の労働力に対する代替弾力性が-0.45 から-0.49，民間資本に対する補完弾力性が 0.71 から 0.90 であるとした．また，Nadiri and Mamuneas[40] は，1956-1986 年の米国における 12 の産業部門別に，社会資本を含めた費用関数の推定を行い，社会資本とＲ＆Ｄ投資とはいずれも費用低減効果を及ぼし，社会資本の弾力性は産業別に-0.05 から-0.21 と，R&D 投資より大きいとした．その他の代表的な費用関数アプローチによる社会資本の生産性の計測結果を**表 2.3** に示している．いずれの事例も社会資本は民間部門の生産性にプラスの効果を及ぼしていることが分かる．なお，費用関数・利潤関数を用いたアプローチも生産関数アプローチと同様の問題を有している．特に，このアプローチでは価格ベクトルを外生変数として取り扱うが，価格ベクトルの内生性の問題を無視することができない．

4.3.3 VAR アプローチ

生産関数，費用関数を用いて社会資本の生産性を計測しようとする試みに対して様々な批判的検討が行わた．これらの問題点に関しては **4.3.4** で言及するが，代表的な批判の 1 つとして社会資本と地域成長の

表 4.4　VAR モデルによる因果性テスト

文　献	モデル	地域	年次	変数	結論
Clarida(1993)[47]	VECM	米英仏独		MFP,G	MFP と G は共和分，因果の方向は不明
McMillin(1994)[48]	VAR	米国	1952-90	$\frac{H}{K}, \frac{P^E}{P^Y}, \frac{G}{K}$，インフレ率	有意な因果関係はない
Sturm(1995)[49]	VAR	蘭	1853-13	Y, K, G, L	社会資本が総生産に因果関係
Otto(1996)[50]	VAR	Australia	1959-92	Y, K, G, H	社会資本と労働力，総生産の間に因果関係なし 民間資本は社会資本に正の因果関係
高橋 (1996)[51]	VECM	米国	1958-89	Y, G，賃金率，名目国内所得	費用関数を共和分関係として推定 規模に関する収穫一定は棄却

注）MFP:多要素生産性，K:民間資本，G:社会資本，L:労働力，H:労働時間，Y:民間部門 GDP，P^E/P^Y:エネルギー相対価格

間の因果関係の問題があげられる．すなわち，経済的に豊かな地域ほど社会資本への投資能力が大きく，結果として充実した社会資本ストックを持つことになりやすい．従って社会資本が経済成長の原因なのではなく，むしろ経済成長の結果に過ぎない，という解釈も可能である．現実のデータにおいて，両方向の因果性を分離することが求められる．このような観点から VAR(Vector Auto Regressive) モデルを用いて，社会資本と経済成長の因果関係 [45] を分析するアプローチが試みられている．

VAR は経済理論モデルを特定化せず，時系列データ間の関係より因果関係の把握を試みることができる．さらに，社会資本投資の効果が発現するまでの時間遅れや，社会資本投資が民間投資を招き，結果として生産量に影響を及ぼすという間接的な効果も分析できるという利点がある．Sargent[46] による Granger 因果性テストを説明するために，p 次元の VAR モデル

$$\begin{pmatrix} x_t \\ z_t \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \Psi_{11}(L) & \Psi_{12}(L) \\ \Psi_{21}(L) & \Psi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x_t \\ z_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{pmatrix} \tag{4.3.10}$$

を考える．ただし，$\Psi_{ij}(L) = (\Psi_{ij1}L + \Psi_{ij2}L^2 + \cdots + \Psi_{ijp}L^p)$ であり，L はラグオペレータであり $Lx_t = x_{t-1}$ を表す．ε_{it} は平均ゼロ，共通の共分散行列 Σ を持つ誤差項である．任意の p に対して $\Psi_{12p} = 0$ が成立する時，x_t は z_t に対して Granger の因果性がないと定義する．$\Psi_{12p} = 0$ の制約条件を持つ VAR モデルと制約条件無しのモデルを OLS により推定し，残差平方和の比に関する F 検定を行うことで因果性の検定ができる．VAR モデルを用いた研究事例は，それほど多くないが，**表 2.4** には VAR モデルを用いた社会資本と総生産の間の因果性テストの判定結果を示している．このように，多変量時系列データによる線型同時方程式体系のモデル化が可能となるが，データが非定常性を示す場合，変数間の関係を推定する際「見せかけの回帰」と「同時性バイアス」を生ずることになる．複数の非定常な時系列変数間に長期的な均衡関係が存在するとき，この均衡関係を共和分（cointegration）と呼び，変数間の関係を定常過程として推定，検定する方法が提案された [52]·[53]·[54]．共和分関係は，長期的均衡関係からの乖離（エラー）を均衡値へと修正する誤差修正モデル（VECM:Vector Error Correction Model) で表現できるため [52]，このモデルを用いた実証研究も開始されている．

表 2.4 に示した 5 つの論文のうち，Sturm and Haan[49] のみが社会資本投資から総生産に至る正の因果関係を検出している．彼らは 19 世紀後半 (1853-1913) におけるオランダの長期時系列データを用いて社会資本，固定資本，GDP の間の Granger 因果性テストを行った結果，1）社会資本は GDP にプラスの因果

性を持つ，2）民間資本はGDPに対して中立的，3）GDPは社会資本に対してマイナスの因果性を持つという結果を導いている．さらに，社会資本の中でも交通インフラの投資によりGDP押し上げ効果が明確に現れるという結論を出している．残念ながら，残りの研究事例は，経済変数間の明確な因果関係を検出するに至っていない．Clarida[47]は，欧米4カ国について各国の社会資本ストック量と民間部門の多要素生産性(MFP)とは共和分関係にあり，これら2変数間には長期的均衡関係が存在していることを明らかにした．ただし，Grangerテストによる因果関係の方向については有意な結論を得られていない．高橋[51]は，米国のデータを用いた共和分分析を行うとともに，社会資本を含む長期費用関数を推定し規模に関して収穫一定性の仮説を棄却している．McMillin and Smyth[48]，Otto and Voss[50]は変数間の共和分を考慮しておらず，推計結果の信頼性に問題がある．VARモデルの研究は緒についたばかりであり今後の発展に期待したい．

4.3.4 批判的検討

本章で紹介したアプローチに対して，様々な批判が加えられた[55]．これらの批判的検討は以下の5点に要約されよう．第1は，**4.3.3**で述べた因果関係の問題である．第2は，社会資本の定義と入手可能なデータの整合性である．通常，社会資本ストック（あるいはフロー）に関する統計は，いわゆる「官庁統計」として整備されているが，社会資本の分類や，集計の地域単位・期間などが分析モデルの前提となる経済理論の仮定とは必ずしも整合していない．また，労働力や民間資本に関するデータに関しても同様の問題が生じる．第3に，観測データの非定常性の問題がある．データに非定常性成分が含まれる場合，OLS推定を行った場合に「見せかけの相関」が現れるなど，推定結果の信頼性に問題が生じる．Tatom[19]は単位根検定により観測データに非定常性があることを示し，見せかけの相関を回避するために階差系列に対してモデルを推定すべきであるとしている．第4に，規模（集積）の経済性の存在である．既存の研究事例の大半は完全競争や生産技術の規模に関する収穫一定性を仮定し，生産関数（あるいは，その双対関係にある費用関数・利潤関数）を推計する方法が採用されている．規模の経済性が存在する場合には，のちに**4.5.4**で言及する問題が生じる．さらに，社会資本のスピルオーバー効果を把握する上でも困難を生ずる．第5に，社会資本の混雑現象の問題がある．社会資本が排除可能，非競合性を満足する純粋公共財の場合，混雑現象は生じない．現実の社会資本は混雑現象を引き起こしており，企業は社会資本の混雑度と対応させて社会資本の利用頻度を選択する．先行研究では，混雑現象による社会資本の利用度の変化という問題を取捨し，民間資本の稼動率指数という代理指標を用いているが，稼働率指標では混雑現象を十分に表現しえない．

以上の指摘とは別に，従来の文献では社会資本のネットワーク的特性を十分には反映できていないという問題がある．これまでの研究は，あたかも社会資本を地方公共財として取り扱ってきた．特に，交通・通信基盤施設は都市間における財，知識，アイデア，金銭の流動の効率化に資する部分が多い．一部の研

究事例では，スピルオーバー効果を考慮することにより，これら社会資本の生産性を計測することとしているが，有意な結論を得ていない．ネットワーク構造を持つ社会資本の生産性の計測方法は未発達である．

4.4 社会資本と内生的経済成長論

4.4.1 内生的経済成長論の発展

Solowは物的資本の蓄積，人口成長，技術進歩が経済成長に及ぼす影響を分析し，経済成長の究極的な要因は技術進歩にあることを明らかにした [56]．しかし，技術進歩は外生的に与えられ，技術進歩が生じるメカニズムに関しては深く分析されなかった．1980年代にRomer[15, 4]やLucas[5]らによって展開された内生的成長論は技術進歩や人的資本の形成を内生的に説明することを試みた．中でも，Romerは技術進歩を知識の生産過程として位置づけた．そこでは知識のもつ非競合的な性質やスピルオーバー効果が規模の経済性を生み出し，不完全競争を前提とする成長モデルを提案した．内生的成長理論の発展の結果，経済成長における社会資本の役割に関して再び関心がもたれるようになった [57, 58]．内生的成長理論では，定常状態の経済成長率が外生的な人口増加率や技術進歩率ではなく，経済の内生的な要因により決定されることになる．すなわち，社会資本ストックのある程度の伸びを確保すれば，民間資本の限界生産力は逓減せず自律的な成長を遂げることとなり，持続的な経済成長が達成されることになる．

内生的成長モデルの重要な性質は規模に関する収穫逓増効果にある．Romerモデルでは人口水準の増加，貯蓄率の増加や研究開発部門で働く労働者の比率の増加が定常状態での成長率の増加をもたらす．Lucasの人的資本モデル [5]，Aghion and Howittのシュンペータ型モデル [59] 等，多くの内生的経済成長モデルも経済規模の拡大が，経済成長率の増加をもたらす．これに対してJonesは内生的経済成長モデルにおける規模効果は現実のデータによって支持されないことを主張した [60]．JonesはRomerと異なる研究開発部門の生産関数を用いて，規模効果が存在しない内生的成長モデルを提案した．その結果，研究開発部門の生産性や労働力の成長率が定常成長率を決定することを示した．このモデルでは長期的成長率の差異は研究開発部門の生産性の相違と効率単位で測定した (人的資本を加味した) 労働力の成長率の差異によって説明される．Jonesモデルでは，研究開発部門の生産性は1）知識生産における労働投入の弾力性，2）知識ストックのスピルオーバー効果に依存する．研究開発部門の生産性を反映するこれらのパラメータの値に関する経験的分析が必要となる．

4.4.2 集積の経済と経済地理学

新都市経済学の分野では，都市集積のメカニズムを規模の経済効果により内生的に説明しようとする試みが蓄積され，経済地理学 [61, 62] という新しい分野が誕生しつつある．Starrett[63] は空間経済システムのミクロ基礎づけに関する研究を行い，完全競争価格メカニズムのみでは均質な立地空間において経済活動の空間的集積を生み出せないという空間不可能性定理を示した．すなわち，1）閉鎖経済，2）ゼロ取

引費用，3）均質空間，4）完全市場という仮定の下では正の輸送費用を伴う競争的空間均衡は存在しないことを示した．藤田 [64] は都市集積を説明するためには，4つの仮定のうち，3），あるいは4）の仮定を取り除く必要があることを指摘し，それぞれに対して非市場的相互作用モデル，不完全競争モデルを定式化できることを示した．前者の代表的なモデルとしては，個人，企業，組織間のコミュニケーションによる知識やアイデアのスピルオーバー効果を明示的にモデル化する方法である．そこでは，主体間の非市場的相互作用により生じる技術的外部経済が都市集積をもたらすことになる．一方，後者は Spence[65], Dixit and Stiglitz[66] による独占的競争モデルを用いて，不完全競争および輸送費用により生じる金銭的外部経済性の影響による空間的均衡を分析することを目的としている．それぞれの立場から，すでに数多くのモデルが提案されているが，たとえば都市システムの形成過程に関しては参考文献 [62, 67] に詳しい．これらのモデルでは，Starrett の不可能性定理の指摘もあり，都市集積による規模の経済性が極めて自然に受け入れられている．そこでは，古くは Myrdal[68], Kaldor[69] 等が提唱した循環的累積的蓄積過程（ポジティブ・フィードバック）に従って，都市集積が形成される．集積の効果，知識のスピルオーバーにより資本が蓄積されている地域，高度な教育を受けた人間や知識の蓄積に優位な経済環境がある地域ほど経済成長が早くなる．

4.4.3 多地域経済成長モデルの発展

最近，内生的成長理論と経済地理学の発展を踏まえて，都市システムの経済成長を説明しようとする多地域内生的経済成長モデルの開発が試みられている．**4.4.1** で述べた内生的成長モデルと **4.4.2** で述べた内生的集積モデルは，ともに独占競争市場の金銭的外部経済性による規模の経済性という理論的基盤を共有している．したがって，2つのモデルを融合したような多地域経済成長モデルを展開することが可能である．このような観点から，Martin and Otaviano[70], Martin[71] は Helpman and Krugman[72] の貿易モデルの枠組みの中で Romer 型内生的成長モデルを展開している．そこでは，独占競争市場がもたらす金銭的外部性だけでなく知識のスピルオーバーという技術的外部経済性を考慮している．Baldwin and Forslid[73] は Krugman の core-periphery モデル [61] を下敷きとして，Romer 型内生的成長モデルを提案している．彼らは経済成長に従って中心地-周辺地域の関係がより明瞭になり地域格差が生じやすくなることを明らかにした．しかし，地域間に十分な知識のスピルオーバーが存在すれば地域間格差が是正されることを示している．Kobayashi and Okumura[14] は，知識生産における学習効果とスピルオーバーを考慮した都市システム成長モデルを提案している．これら既存の研究は，集積の経済が成長率の地域間格差の拡大をもたらし，知識の地域間スピルオーバーが収束化をもたらすメカニズムに着目している点で一致しているが，いずれも知識生産における規模効果を仮定しており Jones が指摘した問題点を克服できていない．Jones モデルを用いて規模効果の問題を解決していくためには，社会資本が知識開発部門の生産性に及ぼす影響に関する理論的・経験的な研究の進展が必要である．また国内・国際間の知識のスピルオーバーに関する理

論的・経験的研究の蓄積が不可欠である．

4.5 地域格差の収束＝発散論争

4.5.1 収束＝発散論争

従来より，経済成長が空間的な集積に及ぼす影響に関して研究が蓄積されてきた．新古典派的な経済成長論の立場に立てば，生産要素の自由な地域間移動により地域間の経済格差は縮小される．市場メカニズムにより，所得，要素収益率等により計測される地域間格差はやがて解消する方向へと収斂する．地域間格差は要素市場の不完全性，発展過程の時間的なタイムラグによって生じたものに過ぎない．新古典派的世界では伝統的に空間構造の重要性を無視してきた事情もあり，世界経済の統合化の進展により地域間・国際間の格差が縮小するという考え方が支配的である．一方，内生的経済成長論，経済地理学の分野では，集積の経済や各種の外部経済性が，経済機能の大都市集中化をもたらすメカニズムに着目する．先進地域は後進地域から人的資本を吸収することにより資本を蓄積するというポジティブフィードバックのメカニズムが機能する限り，財やサービスの循環や資本，知識の蓄積が地域間の経済格差を拡大する．そこでは，同じ新古典派的パラダイムから出発しながらも，市場メカニズムが経済の集中化と地域間格差を創出するという結論が得られる．

経済成長理論の発展と同時に，経済成長に関する多くの実証的研究が蓄積された．中でも，先進国における国家間，地域間の経済格差は戦後一貫して縮小基調にあることが多くの論者によって指摘されている．伝統的な新古典派的経済成長論によれば，(経済構造が類似の地域では) 経済成長率は長期的に収束する傾向にある．このような新古典派的な経済成長率の収束性に関する実証的研究が蓄積され，収束命題は経験的に成立するという主張がなされた [75, 76]．一方で，内生的経済成長論によれば，経済成長率が収束するという保証はない．事実，1980 年代後半よりわが国も含めて先進諸国間の経済格差，地域間の経済格差は再び拡大する傾向にあるという報告事例もある [77]．経済成長率の収束命題は EU 等の経済統合を支持する理論的基盤となっている．しかし，経済成長率が発散する場合には，地域間格差に関する政治的論議が不可避となろう．このような現実的な政治問題を背景として，経済成長率の収束性に関する経験的分析が精力的になされている．しかし，現在のところ，超国家的なレベルで進行しつつある経済統合が地域格差に及ぼす影響には著しい不確実性が存在する．本節では，経済成長率の収束性に関する研究を紹介し，今後の研究課題をとりまとめる．

4.5.2 条件付き β 収束性

地域経済成長率の収束に関する議論はヨーロッパの経済統合における現実的な政策論争や内生的経済成長理論の経験的妥当性を巡る議論の中で興味を浴びるようになった．最近になり，経済成長率の収束性に関する議論が数多く蓄積された [78]–[83]．Barro and Sala-i-Matin は地域格差の収束性に関する 2 つの概

表 4.5 β 収束性の推定結果

文　献	対象地域	期間	β 値
Barro(1991)[78]	98ヵ国	1960-85	0.011
Barro(1991)[79]	欧州 OECD 国	1950-85	0.018
Barro(1992)[80]	合衆国（州）	1880-88	0.025
	日本（県）	1930-87	0.034
B.-David(1996)[81]	25 輸出国	1960-85	0.018
	25 輸入国		0.022
Cashin(1995)[82]	オーストラリア	1981-91	0.012
S.-i-Matin(1996)[83]	米国（州）	1880-1990	0.017
	日本（県）	1955-90	0.019
	欧州 90 地域	1950-90	0.015

念を定義し，その経験的な計測を試みた [10]．低所得地域（国）の経済成長率が（他の事情を一定にして）高所得地域（国）より大きい場合，弱収束（β 収束）すると呼ぶ．一方，地域（国）間の所得の標準偏差が減少する場合，強収束（σ 収束）すると定義する．地域格差が β 収束したとしても，それが σ 収束に繋がる必然性はない．1 人当たりの GDP に関する時系列データ y_t $(t=,1,\cdots,T)$ を用いて

$$\log\left(\frac{y_t}{y_{t-1}}\right) = a - (1-e^{-\beta})\log(y_{t-1}) + u_t \tag{4.5.11}$$

を推計すれば β 値を計測できる．一方，地域 i $(i=1,\cdots,I)$ のクロスセクションデータに基づく場合，

$$\frac{1}{T}\cdot\log\left(\frac{y_{iT}}{y_{i0}}\right) = a - \left\{\frac{(1-e^{-\beta T})}{T}\right\}\log(y_{i0}) + u_{i0,T} \tag{4.5.12}$$

を推計すればいい．ただし，$0, T$ は経済成長を計測する初期時点と最終時点を表す．$\beta > 0$ であれば初期時点の GDP は左辺の成長率に負の効果をもたらし，β 収束が成立する．Barro and Sala-i-Matin は，日本，合衆国，ヨーロッパ各国の国内の地域を対象に分析を行い，地域経済成長率は年平均 2%の速度で同一の定常経済成長率に収束する傾向があることを指摘した [10]．すなわち，経済構造が似通った先進国の中の地域を対象とする限り，地域経済成長率は技術進歩の速度で期待される同一水準に収束する．しかし，1 人当たりの GDP には，初期時点の地域格差を反映して定常的な格差が残ることになる．すなわち，β 収束は観測されるが σ 収束は生じない．以上の地域間収束性の議論は新古典派的経済成長理論と整合的であり，類似の経験的分析事例が蓄積されつつある．これらの代表的な研究成果を**表 4.5** にとりまとめている．以上の研究成果の信頼性は，分析に用いたデータセットの精度に依存している．たとえば，Barro は経済成長率の国際比較を試みている [78]．その際，利用可能なデータがないため，年次の異なる代理的な経済指標を用いて推計を試みており，データの信頼性に対する批判も多い．

表 4.5 の結果は推計結果の信頼性が異なるため，これより包括的な結論を導くことは困難である．しかし，推定結果は 0.011- 0.034 の範囲にわたって分布している．Baro and Sala-i-Matin は Cobb-Douglas 生産関数において（人的資本も含めた）資本のシェアが 0.75 であれば $\beta = 0.02$ になるとしている．Mankiw は常識的な資本のシェアであれば $\beta = 0.04$ になると指摘した [84]．上記の結果では β が 0.02 以下の場合

表 4.6 社会資本と経済成長率

文　献	対象地域	期間	γ	タイプ
Barro(1989)[86]	72 国	1960-85	(+)	total
Barro(1991)[78]	76 国	1960-85	(-)	total
Easterly(1993)[87]	約 100 国	1970-88	(+)	a
			(-)	total
Crihfield(1995)[88]	米国	1960-77	(-)	b
	285 都市		(-)	c
H.-Eakin(1995)[89]	米国州	1971-86	+/-	total
Mas(1995)[90]	スペイン	1955-91	0.0043(+)	total
	50 地域	1955-67	0.0094(+)	total
		1967-79	0.009(+)	total
		1979-91	(-)	total

注）文献欄には第 1 著者のみ示す．γ は式 (4.5.13) の係数．記号 (+) は γ が有意に正であることを，(-) は限界生産性が有意でないことを表す．タイプは推計に用いた社会資本の定義であり，a は交通通信施設，b は local 社会資本，c は state 社会資本を表す．

もあり，β 収束性を結論づけることは無理である．

以上の研究は，いずれも経済成長率の収束が顕著であった戦後の経済成長期を対象としている．近年の地域格差の拡大化に関する議論は，1980 年以降に出現しつつある現象を対象としたものであり，これらの先行研究が対象とした分析期間とは「ずれ」がある．たとえば，Button and Pentecost[85] は賃金所得は 1970 年代には収束傾向を示したが，1980 年代には逆に拡大したとしている．その上で，ヨーロッパにおける実賃金所得の収束は定常的ではなく，景気変動とともに循環的な変動を見せていると結論づけている．以上の結果を見る限り，成長率の収束は決定的な傾向ではなく，地域間格差を是正するための政策は無意味ではない．少なくとも社会資本の整備が地域経済の成長率に及ぼす影響を分析することには意味があろう．

4.5.3 社会資本と経済成長率

1970 年代を通じて成長率の大幅な収束がみられたが，成長率の格差が消滅したわけではない．定常的経済成長率の差異を説明するために，就学率，歳出構成，社会資本等，Solow モデルに新たな要因を導入し，定常成長率の違いを説明する試みがなされた．また，地域経済の成長率の場合には，地域間技術伝播が経済成長率に影響を及ぼすため，地域の開放度やアクセシビリティを用いて定常成長率の違いを説明する試みが現れた [80]．経済成長率と公共投資の関連に関しては，多くの研究事例がある．これらの研究ではたとえば，以下のような回帰モデルが用いられる．

$$\ln\left(\frac{\Delta Y}{N}\right)_0^T = c_0 + \beta\left(\frac{Y}{N}\right)_0 + \gamma\left(\frac{I^G}{Y}\right)_0^T + \delta x \tag{4.5.13}$$

ただし，$(\Delta Y/N)_0^T$ は期間 $[0,T]$ 中の 1 人当たりの GDP 平均成長率，$(Y/N)_0$ は初期時点における 1 人当たりの GDP，$(I^G/Y)_0^T$ は期間 $[0,T]$ における GDP に占める公共投資の平均的割合，x はその他の説明変数である．β は技術的キャッチアップ率，γ は公共投資による経済成長効果を表している．**表 4.6** は代表的な研究事例における γ の推計結果を示している．上記の結果から，公共投資が経済成長に及ぼす効果に関

して明確な結論を得ることは困難である．特に，人的資本の蓄積や地域間の知識のスピルオーバー効果など，モデルにとりあげられていない要因の影響が顕著であることが予想されるなど，モデルの特定化誤差が無視できない．これらの文献では，説明変数に内生変数が含まれており，推計方法に問題がある場合が少なくない．特に，変数間に因果関係が存在する可能性があるため，因果性テスト等を含めて多方面から検討を行う必要がある．

4.5.4 今後の研究課題

これまでに蓄積された経験的分析は，いずれも単純な仮定に基づいており，経済空間の存在とそれを改善・発展させる社会資本の役割を無視している．空間経済には集積の経済性が機能するため，極めて多くの均衡解が存在する可能性がある．空間経済が効率の悪い均衡にロックインされている場合，社会資本に対する集中的な投資を通じて，地域がその後進性から抜け出す可能性がある．このような場合，社会資本の生産性を限界的な基準で評価することは危険である．均衡解の間での効率性比較に関する実証分析が不可欠である．

規模の経済性と不完全競争に基づく実証的研究は非常に遅れている分野の１つである．規模の経済性が存在する経済では，非線形性が強く働くため，均衡解の数が１つである保証はない．特に，多くの地域経済で構成されるような都市システム経済においては，極めて多くの均衡解が存在する可能性がある．Mun[91]，奥村等 [92] は生産技術に微小な規模の経済性が存在する場合においても複数均衡解が存在することをシミュレーション実験により確認している．現実の経済では，複数個存在する均衡解の中から１つの均衡解が歴史的な経緯を経て選択されている．特に，生産関数あるいは費用（利潤）関数の説明変数が有する内生性の問題が無視できない場合，構造方程式を推計する必要が生じる．この場合，均衡解およびその近傍における局所的な情報のみに基づいて，たとえば均衡解をもたらした構造方程式を推計することは極めて危険である．

複数個ある均衡解からどの均衡解が現実に選択されたかという大局的情報を用いて，構造方程式を推計する方法論の開発が必要となろう．また，複雑なモデルでは均衡解の数も膨大になることが予想される．実証分析にあたっては，可能な限り簡単なモデルを用いて，均衡解選択による推計バイアスを避ける工夫をする必要がある．また，経済システムに効率性の異なる複数の均衡解が存在する場合，社会資本の生産性を一意的に決定できないという問題が生じる．均衡解において対象とする地域（国家）が経済効率性の高い状況か，相対的に低い状況にロック・インされているかにより，社会資本の生産性が異なることになる．部分的解決ではあるが，Munnell[29] が試みたように経済効率性の異なる地域グループに対して社会資本の生産性を推定する必要がある．いずれにせよ，社会的資本の生産性の推計値の範囲にある幅を許容することが必要である．規模の経済性，不完全競争下における社会資本の生産性，成長効果を計測する研究は立ち遅れている．

4.6 結言

本論文では，社会資本の整備が国民（地域）経済の生産性や経済成長に及ぼす影響に関する研究成果に関して研究展望を行った．限られた紙面の上で，社会資本の生産性に関する包括的な研究レビュウを行うことは不可能である．Sturm[7]，三井・吉野 [20] 等が議論した社会資本の部門別生産力効果，公共投資によるクラウディング・アウト効果，財源調達，社会厚生評価等の問題は割愛せざるを得なかった．本稿では，社会資本の定義に注意しつつ整備がもたらす規模の経済効果に焦点をあてて既存文献の概括的なレビュウを試みた．

対象とする地域，期間により結果はさまざまであり，包括的な結論は得られないが，**4.3.4** で述べたように先行研究に対する批判に応えて推計法の改善が目覚ましく進みつつある．ただし，ネットワーク型の社会資本をどのように定義し生産性をどのように計測すべきかは，大きな課題として残されている．社会資本整備や経済成長に規模の経済効果が働くかどうかに関しても，理論的，実証的研究の両面において，いまだ決着がついているとは言い難い．**4.5.4** で述べたように，複数均衡解を判別するモデルとの同時推定など，均衡解選択バイアスを回避できる推計手法の開発が望まれる．都市集積のメカニズムや規模の経済効果に関する実証的研究は緒についたばかりであり，今後の研究成果の蓄積を待たざるを得ない．

本論文は社会資本が果たすべき役割の中で，生産資本としての役割にのみ焦点をあてたものである．今日，社会資本の整備は生産資本整備から生活環境整備に重点がシフトしつつある．生活環境資本の生産性を計測するためには，家計の厚生水準に基づく評価が不可欠である．高速交通体系や情報・通信技術の発展は，社会・経済構造を変化させる原因となる．社会資本のもたらす長期的な効果は，個々の施設整備による限界的な効果で評価できるものではない．社会資本は社会のさまざまな個人や組織に対して多様な活動の場を提供する．このような活動は，インフラストラクチャを効果的に利用するためのルールや慣習を確立する．社会資本の整備がもたらす多様な効果を計測するための理論的・実証的研究の枠組みの発展がますます要求されている．

参考文献

[1] Aschauer, D.A.: Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, Vol.23, pp.177-200, 1989.

[2] Aschauer, D.A.: Why is infrastructure important? In: Munnell, P.(ed.), *Is There a Shortfall in Public Capital Investment?*, Conference Series 34, Federal Reserve Bank of Boston, 1990.

[3] Romer, P.M.: Increasing returns and long-run growth, *Journal of Political Economy*, Vol.94, pp. 1002-1037, 1986.

[4] Romer, P.M.: Endogenous technological change, *Journal of Political Economy*, Vol.98, pp.71-102, 1990.

[5] Lucas, R.: On the mechanics of economic development, *Journal of Monetary Economics*, Vol.22, pp.3-42, 1988.

[6] Gillen, D. W.: Transportation infrastructure and economic development: A review of recent literature, *Logistics and Transportation Review*, Vol.32, pp.39-62, 1996.

[7] Sturm, J.-E.: *Public Capital Expenditure in OECD Countries, The Causes and Impact of the Decline in Public Capital Spending*, Edward Elgar, 1998.

[8] 三井清, 太田清編著: 社会資本の生産性と公的金融, 日本評論社, 1995.

[9] 吉野直行, 中島隆信編: 公共投資の経済効果, 日本評論社, 1999.

[10] Barro,R.J. and Salai-i-Matin, X.: *Economic Growth*, McGrow-Hill, 1995.

[11] Aghion, P. and Howitt, P.: *Endogenous Growth Theory*, The MIT Press, 1998.

[12] Button, K.: Infrastructure investment, endogenous growth and economic convergence, *The Annals of Regional Science*, Vol.32, pp.145-462, 1998.

[13] Nijkamp, P. and Poot, J.: Spatial perspectives on new theories of economic growth, *The Annals of Regional Science*, Vol.32, pp.7-37, 1998.

[14] Youngson, A.J.: *Overhead Capital, A Study in Development Economics*, Edinburgh University Press, 1967.

[15] 経済企画庁総合計画局編: 日本の社会資本－21 世紀へのストック, 東洋経済新報社,1998.

[16] Munnell, A.H.: Infrastructure investment and economic growth, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 6, pp. 189-198, 1992.

[17] Ratner, J.B.: Government capital and the production function for U.S. private output, *Economic Letters*, Vol.13, pp. 213-217, 1983.

[18] Munnell, A.H.: Why has productivity growth declined? Productivity and public investment, *New England Economic Review*, Jan/Feb, pp.3-22, 1990.

[19] Tatom, J.A.: Public capital and private sector performance, *Federal Reserve Bank of StLouis Review*, Vol.73, pp.3-15, 1991.

[20] 岩本康志: 日本の公共投資政策の評価について，一橋大学経済研究，Vol.41, pp.250-261，1990.

[21] Ford, R. and Poret, P.: Infrastructure and private sector productivity, *OECD-ESD*, Paris, 1991.

[22] 三井清，井上純:社会資本の生産性に関する研究，郵政研究所 Discussion Paper No.1992-04, 1992.

[23] 西垣泰幸: 社会資本の最適水準, 奥野, 焼田, 八木編著: 社会資本と経済発展, 名古屋大学出版会, 1994.

[24] Mera, K.: Regional production functions and social overhead capital: An analysis of the Japanese case, *Regional Science and Urban Economcis*, Vol. 3, pp.157-186, 1972.

[25] Costa, J.S., Ellson, R. W., and Martin, R. C.: Public capital, regional output, and development: Some empirical evidence, *Journal of Regional Science*, Vol.27, pp.419-437, 1987.

[26] Eberts, R.W. : Estimating the contribution of urban public infrastructure to regional growth, *Federal Reserve Bank of Cleveland, Working Paper*, No.8610, 1986.

[27] Hulten, C.R. and Schwab, R.M.: Public capital formation and the growth of regional manufacturing industries, *National Tax Journal*, Vol.44, pp.121-134, 1991.

[28] Munnell, A.H. (eds.) Is there a shortfall in public capital investment?, *Conference Series 34, Federal Reserve Bank of Boston*, 1990.

[29] Munnell, A.H.: Comments on 'Is There Too Little Capital? Infrastructure and Economic Growth,' by C. R. Hulton and R. M. Schwab, American Enterprise Institute Conference on Infrastructure Needs and Policy Options for the 1990's, 1991.

[30] Garcia-Milà, T. and McGuire, T.J.: The contribution of publicly provided inputs to states, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.22, pp.229-241, 1992.

[31] 浅子和美, 坂本和典:政府資本の生産力効果, フィナンシャル・レビュー, No.26, pp.97-101, 1993.

[32] 吉野直行, 中野英夫:首都圏への公共投資配分, 八田達夫編：東京一極集中の経済分析, 日本経済新聞社, 1994.

[33] 吉野直行, 中野英夫:地域別公共資本の生産拡大効果, 住宅土地経済, No.13, pp.24-29, 1994.

[34] 三井清, 竹澤康子, 河内繁: 社会資本の地域間配分, 郵政研究所 Discussion Paper No.1994-22, 1994.

[35] 浅子和美, 常木淳, 福田慎一, 照山博司, 塚本隆, 杉浦正典:社会資本の生産力効果と公共資本政策の経済厚生評価, 経済分析, Vol.135, 経済企画庁, 1994.

[36] Evans, P. and Karras, G. : Are government activities productive? Evidence from a panel of U.S. states, *Review of Economics and Statistics*,, Vol.76, pp.1-11, 1994.

[37] Garcia-Milà, T. and McGuire, T. J.,Porter, R. H. : The effect of public capital in state-level production functions reconsidered, *The Review of Economics and Statistics*, Vol.78, pp.177-180, 1996.

[38] Holtz-Eakin, D. and Schwartz, A. E.: Spatial productivity spillovers from public infrastructure: Evidence from state highways, *International Tax and Public Finance*, Vol.2, pp.459-468, 1995.

[39] Lynde, C. and Richmond, J.: The role of public capital in production, *Review of Economics and Statistics*, Vol.74, pp.37-45, 1992.

[40] Nadiri, M.I. and Mamuneas, T.P.: The effects of public infrastructure and R&D capital on the cost structure and performance of U.S. manufacturing industries, *Review of Economics and Statistics*, Vol.76, pp.22-37, 1994.

[41] Deno, K.T.: The effect of public capital of U.S. manufacturing activity: 1970-1978, *Southern Economic Journal*, Vol. 53, pp.401-411, 1988.

[42] Berndt, E. and Hansson, B.: Measuring the contribution of public infrastructure capital in Sweden, *NEBR Working Paper*, No.3749, 1991.

[43] Seitz, H.: A dual economic analysis of the benefits of the public road network, *The Annlas of Regional Science*, Vol. 27, pp.223-239, 1993.

[44] Morrison, C.J. and Schwartz, A.E.: State infrastructure and productive eprformance, *American Economic Review*, Vol. 86, pp. 1095-1111, 1996.

[45] Granger, C.W.J.: Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods, *Econometrica*, Vol. 37, pp. 424-438, 1969.

[46] Sargent, T.J.: A classical macroeconomic model for the United States, *Journal of Political Economy*, Vol.84, pp.207-238, 1976.

[47] Clarida, R.H.: International capital mobility, public investment, and economic growth, *NBER Working paper*, No.4506, 1993.

[48] McMillin, W.D. and Smyth, D.J.: A multivariate time series analysis of the United States aggregate production function, *Empirical Economics*, Vol. 19, pp. 659-74, 1994.

[49] Sturm, J.-E. and Haan, J. de: Is public expenditure really productive? New evidence from the USA and the Netherland, *Economic Modelling*, Vol. 12, pp. 62-70, 1995.

[50] Otto, G. and Voss, G.M.: Public capital and private production in Australia, *Southern Economic Journal*, Vol. 62, pp. 723-736, 1996.

[51] 高橋青天:米国における社会資本の長期的影響ーヨハンセンの共和分分析による計測，フィナンシャルレビュー, Vol.41, pp.81-94, 1996.

[52] Engel, R. F. and Granger, C.W.: Cointegration and error correction: Representation, estimation, and testing, *Econometrica*, Vol. 55, No.2, pp.251-276, 1987.

[53] Johansen, S.: Statistical analysis of cointegration vectors, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.12, pp.231-254, 1988.

[54] Johansen, S. and Juselius, K.: Maximum likelihood estimation and inference on cointegration - with applications to the demand for money-, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* , Vol. 52, pp. 169-210, 1990.

[55] Gamlich, E.M.: Infrastructure investment, A review essay, *Journal of Economic Literature*, Vol.32, pp.1176-1196, 1994.

[56] Solow, R. M.: A contribution to the theory of economic growth, *Quaterly Journal of Economics*, Vol. 70, pp.65-94, 1956.

[57] Barro, R.J.: Government spending in a simple model of endogenous growth, *Journal of Political Economy*, Vol. 98, pp.103-125, 1990.

[58] Barro, R.J. and Sala-i-Matin, X.: Public finance in models of economic growth, *Review of Economic Studies*, Vol. 59, pp.645-661, 1992.

[59] Aghion, P. and Howitt, P.: A model of growth through creative destruction, *Econometrica*, Vol. 60, pp. 323-351, 1992.

[60] Jones, C.I.: R&D-based models of economic growth, *Journal of Political Economy*, Vol. 103, pp.759-784, 1995.

[61] Krugman, P.: *Geography and Trade*, The MIT Press, 1991.

[62] Fujita, M., Krugman, P., and Venables, A. J.: *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*, The MIT Press, 1999.

[63] Starrett, D.: Market allocations of location choice in a model with free mobility, *Journal of Economic Theory*, Vol.17, pp.21-37, 1978.

[64] 藤田昌久: 空間経済システムの自己組織化と発展について，大山道広他編：現代経済学の潮流 1996, 東洋経済新報社, 1996.

[65] Spence, M.: Product selection, fixed costs, and monopolistic competiton, *Review of Economic Studies*, Vol. 43, pp. 217-235, 1976.

[66] Dixit, A.K. and Stiglitz, J.E.: Monopolistic competition and optimum product diversity, *American Economic Review*, Vol. 67, pp. 297-308, 1977.

[67] Huriot, J.-M. and Thisse, J.-F. (eds.): *Economics of Cities*, Cambridge University Press, 2000. 4.5cm

[68] Myrdal, G.: *Economic Theory and Underdeveloped Region*, Duckworth, 1957.

[69] Kaldor, N.: The case for regional politics, *Scottish Journal of Political Economy*, Vol.17, pp.337-348, 1970.

[70] Martin, P. and Ottaviano, G.I.P.: Growing locations: Industry location in a model of endogenous growth, *European Economic Review*, Vol. 43, pp.281-302, 1999.

[71] Martin, P.: Public policies, regional inequalities and growth, *Journal of Public Economics*, Vol. 73, pp. 85-105, 1999.

[72] Helpman, E. and Krugman, P.: *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*, The MIT Press, 1985.

[73] Baldwin, R.E. and Forslid, R.: The core-periphery model and endogenous growth: Stablising and de-stablising integration, *NBER Working Paper*, No. 6899, 1999.

[74] Kobayashi, K. and Okumura, M.: The growth of city systems with high-speed railway systems, *The Annals of Regional Science*, Vol. 31, pp.39-56, 1997.

[75] Dollar, D. and Wolff, E. N.: *Competitiveness, Convergence, and International Specialization,* The MIT Press, 1993.

[76] Baumol, W. J. *et al.* (eds.), *Convergence of Productivity*, Oxford University Press, 1994.

[77] Suarez-Villa, L. and Cuadrado Roura, J. R.: Regional economic integration and the evolution of disparities, *Papers in Regional Science*, Vol.74, pp.369-387, 1993.

[78] Barro, R.J.: Economic growth in a cross-section of countries, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106, pp.407-444, 1991.

[79] Barro, R.J. and Sala-i-Matin, X.: Covergence across states and regions, *Brooking Papers*, Vol.1, pp.107-182, 1991.

[80] Barro, R.J. and Sala-i-Matin, X.: Covergence, *Journal of Political Economy*, Vol. 100, pp. 223-251, 1992.

[81] Ben-David, D.: Trade and convergence among countries, *Journal of International Economics*, Vol. 40, pp.279-298, 1996.

[82] Cashin, P. and Loayza, N: Paradise lost? Growth, convergence and migration in the South Pacific, *IMF Staff Papers*, Vol.42, pp.608-641, 1995.

[83] Sala-i-Matin, X.: Regional cohesion: Evidence and theories of regional growth and convergence, *European Economic Review*, Vol.40, pp.1325-1352, 1996.

[84] Mankiw, N.G.: The growth of nations, *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol.1, pp. 275-310, 1995.

[85] Button, K.J. and Pentecost, E.: Testing for convergence of the EU regional economies, *Economic Inquiry*, Vol. 33, pp.664-671, 1995.

[86] Barro, R.J.: A cross-country study of growth, saving, and government, *NBER Working Paper*, No. 2855, 1989.

[87] Easterly, W. and Rebelo, S.: Fiscal policy and economic growth, *Journal of Monetary Economics*, Vol. 32, pp.417-458, 1993.

[88] Crihfield, J. B. and Panggabean, M. P. H.: Is public infrastructure productive? A metropolitan perspective using new capital stock estimates, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.25, pp.607-630, 1995.

[89] Holtz-Eakin, D. and Schwartz, A. E.: Infrastructure in a structural model of economic growth, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.25, pp.131-151, 1995.

[90] Mas, M., Maudos, J., Pérez, F., and Uriel, E.: Infrastructures and productivity in the Spanish regions, *Regional Studies*, Vol. 30, pp. 641-650, 1996.

[91] Mun, S.: Transport network and system of cities, *Journal of Urban Economics*, Vol.42, pp.205-221, 1997.

[92] 奥村誠，小林潔司，山室良徳: 輸送費用の減少が都市群システムに及ぼす影響のシミュレーション分析，土木学会論文集，No.604/IV-41, pp. 23-34, 1998.

第5章

スピルオーバー効果を考慮した社会資本の生産性評価に関する研究

5.1 緒言

昨今，社会資本がもたらす生産効果に関して，多くの議論がなされている．その中で，社会資本の生産性の低下を指摘し，社会資本整備の役割に対して懐疑的な見解も現れている．社会資本の生産性に関しては，すでに膨大な研究が蓄積されており，その成果は参考文献 [1]·[2] に詳しい．しかし，個々の研究成果における推計値には大きな差異が存在し，社会資本の生産性に関して見解の一致を見るに至っていない．

従来より，生産関数モデルを用いて社会資本の生産性を計測した研究事例は数多く蓄積されている．のちに **5.2** で言及するが，既往の文献では社会資本をあたかも純粋な地方公共財として取り扱っており，社会資本の整備効果の地域間スピルオーバーを十分に考慮していないという問題点がある．社会資本の効果は個々の地域の範囲を越えて，空間的な広がりを持つ場合が少なくない．特に，交通・通信施設などの社会資本（以下，ネットワーク型社会資本と呼ぶ）は，地域間の知識，情報，金銭の流動の効率化を通じて，生産におけるスピルオーバー効果の増進を目的として整備される．

一般に，社会資本のスピルオーバー効果は，多様な形態を通じて現れる．より直接的には各地域の経済主体が他の地域の社会資本を利用することによりその便益がスピルオーバーする．あるいは，ある地域の企業が他の地域の民間資本や労働力を利用することもあるだろう．このような直接的な効果だけでなく，財や旅客の地域間流動を通じてアイデアや知識が伝播することにより生産性を向上させるという間接的な効果もある．このようなスピルオーバー効果は地域間で双方向に発生する場合もあれば，大都市から小都市へと階層的に発生する場合もある．社会資本のスピルオーバー効果を議論する場合，多様な形態で現れるスピルオーバー効果を総合的に把握しうるモデルが必要となる．

本研究では，生産における地域間スピルオーバー効果を考慮した社会資本の生産性を評価する方法を提案する．その上で，わが国における社会資本の生産性とスピルオーバー効果に関して実証的な知見を得ることを目的とする．以下，**5.2** では，本研究の基本的な考え方について説明する．**5.3** では，社会資本のスピルオーバー効果について考察し，そのモデル化の方法について考察する．さらに，**5.4** でモデルの推計方

法と仮説検定の方法を説明し，**5.5** において実証分析の結果を示す．**5.6** は，まとめと今後の課題である．

5.2 本章の基本的立場

5.2.1 既往研究の概要

既に，**第4章**で詳述したように，生産関数を用いた社会資本の生産性計測に関しては膨大な研究事例が蓄積されている [1]．以下では，既往研究が有する問題点のうち，本研究と関連の深い主要な問題点をレビューしておく．第1は，社会資本の定義と入手可能なデータの整合性の問題である．社会資本ストックデータは経済企画庁より官庁統計として公表されているが，のちに **5.4** で考察するようなストックの過大推定の問題を抱えている．第2に，データの観測データの非定常性の問題がある．データに非定常成分が含まれる場合，見せかけの相関の問題が現れる．この問題に関しては，すでに土居がわが国のデータ（県民総生産，社会資本ストック，民間資本ストック，労働力の自然対数値）に対して単位根検定を実施し，都道府県別データに関しては非定常成分（単位根）が存在するという仮説を棄却できるとしている [3]．第3に，クロスセクション・データに基づいた生産関数では，社会資本のスピルオーバー効果が問題となる．以上の他にも，生産関数モデルは**第4章**で指摘した問題点を有しているが，本章では主として社会資本のスピルオーバーに焦点を置き問題点の克服を試みる．

生産関数モデルにおける社会資本のスピルオーバーの問題に関しては，すでにいくつかの文献で議論されている．たとえば，浅子は，1975-85年に至る都道府県パネルデータをプールして生産関数の推定を行った [4]．その結果，時系列モデルと比較して，プールモデルから推定される社会資本の生産性が小さくなると報告している．また，吉野・中野等 [5]−[8] も同様の結果を報告している．また，海外の研究事例においても，時系列データとクロスセクションデータを用いた推計結果では，後者のほうが社会資本の生産力効果が低く推計されている [9]−[13]．Munnel はその理由を，「時系列データを用いた推計結果では，地域間のスピルオーバー効果も含んだ形で社会資本の生産力効果が計測されるが，クロスセクションデータを用いた場合では各地域の社会資本が自地域の生産のみに貢献するような生産関数を想定しているため，社会資本の便益が他の地域にスピルオーバーする効果が無視される」と指摘している [10]．この場合，時系列データと比較して，クロスセクションデータの推計結果では社会資本の生産力効果が過小に評価される危険性がある．したがって，クロスセクションデータを用いる場合，地域間におけるスピルオーバー効果を明示的に考慮する必要がある．

5.2.2 スピルオーバー効果

社会資本の効果はその資本が整備された地域だけでなく，地域を越えて他の地域にも波及する．特に，道路や鉄道・空港といったネットワーク型社会資本の整備効果は，ネットワークで連結されたすべての都市間の所要時間を短縮し，その効果はネットワークで連結されたすべての地域が享受する．**5.3** で示すよう

に，クロスセクションデータを用いる生産関数モデルでは，社会資本のストック額が各地域ごとに分割して集計化されるため，ネットワーク型社会資本の特性を十分に表現することは不可能である．

社会資本のスピルオーバー効果は，1）ある地域の生産活動が，当該地域の社会資本だけでなく他地域の社会資本も利用するという直接的なスピルオーバー効果と2）社会資本を通じて知識，アイデアという無形の財が地域間を移動することによって得られる間接的なスピルオーバー効果に分類できる．前者は社会資本が複数の地域における生産活動に同時に利用されるという結合生産がもたらす効果である．このような結合生産は社会資本ストックだけに限られるわけではない．たとえば，ある地域の労働者が他の地域に生産活動に貢献する可能性も否定できない．このような結合生産の効果は非排除性という特質を持つ社会資本に顕著に現れる．

一方，知識は部分的に排除可能な公共財としての性質を持つ [14]·[15]．知識は人的流動やコミュニケーションを通じて地域間を伝播する．コミュニケーション技術の発展により情報やデータの地域間移転は非常に容易になった．しかし，フェイス・ツゥ・フェイスのコミュニケーションが必要な知識の移転においては，地域間の距離抵抗は依然として重要な要因である．このように社会資本は，直接的・間接的なスピルオーバー効果を持っている．したがって，社会資本の生産性を計測するためには，多様なスピルオーバー効果を同時にモデル化できるようなアプローチが必要となる．

5.2.3 本研究の視点

社会資本のスピルオーバー効果を考慮するために，生産関数モデルの拡張がいくつか試みられている．このような拡張に関する研究事例はそれほど多くはないが，その中で，1）生産関数の中に他地域の社会資本ストックを導入することにより社会資本の生産要素としてのスピルオーバー効果を表現しようとする試みがある（以下，要素スピルオーバーモデルと呼ぼう）．さらに，2）地域の生産量をその地域における知識ストックの代理変数と考え，**5.3** で示すような空間ラグモデルを用いて知識の地域間スピルオーバー効果を表現する試みがある（以下，知識スピルオーバーモデルと呼ぶ）．あるいは，3）誤差項の間に空間自己回帰構造を導入しスピルオーバー効果を表現する空間自己回帰モデルが提案されている．

要素スピルオーバーモデルの既往研究としてカリフォルニア州の高速道路の生産性を計測した事例がある [16]．そこでは，生産関数の中に自州と近接州の道路ストック変数を導入し，近接州の道路資本ストックのスピルオーバー効果の推定を試みている．その結果，州レベルにおいてはスピルオーバー効果は計測されないと結論づけている [16]．一方，Boarnet は同じくカリフォルニア州の道路インフラを，州より狭い地域を基本単位として積み上げ，インフラによる民間資本，労働力等の地域間移動をモデル内に明示的に取り込むことにより，スピルオーバー効果の計測を行っている [17]·[18]．また，Canaleta は，スペインの交通インフラを対象として，自地域と周辺地域の結びつきを交通量で表現し，周辺地域の交通インフラを生産関数に導入してスピルオーバー効果を計測している [19]．

わが国においても，スピルオーバー効果を考慮にいれた社会資本の生産性の推定結果が得られている．たとえば，三井は都道府県単位に基づいた生産関数を推定しているが，その際に半径 100km，300km 圏内にある近隣の都道府県にある社会資本ストック額を積上げた説明変数を用いている [20]．その結果，近隣地域の社会資本は有意な正のスピルオーバー効果を持つと結論づけている．また，山野は，要素スピルオーバーモデル，知識スピルオーバーモデルを用いて，社会資本のスピルオーバー効果の計測を試みている [21]．

本章では，要素スピルオーバーモデル，知識スピルオーバーモデルが，空間自己回帰モデルの特殊ケースに該当することに着目し，社会資本のスピルオーバー効果を体系的に整理する方法を提案する．さらに，**5.3.4** で考察するように，知識のスピルオーバー効果には方向性があることを指摘し，双方向なスピルオーバー効果だけでなく，階層的なスピルオーバー効果を同時に検出できる方法を提案することとする．なお，地域生産関数モデルにおけるスピルオーバー効果は，供給側から捉えた波及効果であるのに対し，地域間産業連関分析から得られる地域間生産波及効果は，産業部門間の投入要素の連関に基づく需要側の波及効果であり，両者の間に直接の関係はない．また，本章で用いる推計手法はすでに空間計量経済学の分野で提案されたものであり分析手法自体には新規性はない．山野 [21] と問題意識を共有化しているが，本章ではスピルオーバー効果の分解とその計測問題に主眼をおいており，このような視点から社会資本の生産性を分析した研究事例は見あたらない．

5.3 モデルの定式化

5.3.1 生産関数モデル

生産関数を用いた社会資本の生産性の計測方法は，大きく 1）時系列アプローチ，2）クロスセクションアプローチに分類できる．この中で，データセットの構築が比較的容易であったため，時系列データを用いた研究事例が先行した [22]．これに対して，Costa は，クロスセクションのデータを用いて生産関数

$$\begin{aligned}\ln Y_i &= \beta_0 + \beta_1 \ln N_i + \beta_2 \ln K_i \\ &\quad + \beta_3 \ln G_i + \varepsilon_i \end{aligned} \tag{5.3.1}$$

を推計する方法を提案した [9]．ただし，添字 i $(i = 1, \cdots, n)$ は地域を表す．また，Y_i，N_i，K_i，G_i はそれぞれ地域 i の地域総生産，労働力，民間資本ストック，社会資本ストックを表す．また，ε_i は正規分布 $N(0, \sigma^2)$ に従う誤差項である．この時，社会資本の生産弾力性は $\beta_3 = (\Delta Y_i/Y_i)/(\Delta G_i/G_i)$ と表せる。ただし，記号 Δ は微少な増分を表す．生産弾力性を用いれば，地域 i の社会資本ストックが $\omega(\%) = 100 \times (\Delta G_i/G_i)$ 増加すれば，地域総生産が $\beta_3\omega$%増加すると評価される．ここで，式 (5.3.1) を行列表記すれば

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \tag{5.3.2}$$

と表せる．ここに，$\boldsymbol{y} = (\ln Y_1, \cdots, \ln Y_n)'$ を要素とする被説明変数列ベクトル，$\boldsymbol{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3)'$ はパラメータ列ベクトル，$\boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon_1, \cdots, \varepsilon_n)'$ は誤差項列ベクトルである．記号 $'$ は転置操作を表す．また，$\boldsymbol{X}$ は

$$\boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} 1 & \ln N_1 & \ln K_1 & \ln G_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \ln N_n & \ln K_n & \ln G_n \end{bmatrix}$$

と表される $n \times 4$ 次行列である

通常，生産関数モデルでは，式 (5.3.1) に対して，1）$\beta_1 + \beta_2 = 1$，または 2）$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$ という生産の 1 次同次性条件に関する制約が課される．Mead によれば，前者の仮定（労働と民間資本の間で規模に対する収穫一定）の下では，社会資本の役割は「生産環境の創出」と位置づけられる．これに対して後者（労働と民間資本と社会資本の間で規模に対して収穫一定）の仮定は，社会資本は「対価不要の生産要素」と解釈できる．いずれの仮定が妥当であるかは，理論的には決着できず実証分析において検証されるべきである [23].

5.3.2 スピルオーバーを考慮した生産関数

前述したように，生産関数モデル (5.3.1) では社会資本の地域間スピルオーバー効果を表現することはできない．そこで，生産関数 (5.3.1) にスピルオーバー効果を導入する方法として，1）自地域の社会資本ストック G_i だけでなく，他地域の社会資本ストックを説明変数として加える方法（要素スピルオーバーモデル），2）地域総生産を知識ストックの代理変数と考え，地域間のスピルオーバー効果を表現する方法（知識スピルオーバーモデル）が提案されている [21]．要素スピルオーバーモデル，知識スピルオーバーモデルは，それぞれ

$$\begin{aligned} \ln Y_i &= \beta_0 + \beta_1 \ln N_i + \beta_2 \ln K_i + \beta_3 \ln G_i \\ &\quad + \phi \sum_{j \neq i} W_{ij} \ln G_j + \varepsilon_i \end{aligned} \tag{5.3.3a}$$

$$\begin{aligned} \ln Y_i &= \beta_0 + \beta_1 \ln N_i + \beta_2 \ln K_i + \beta_3 \ln G_i \\ &\quad + \rho \sum_{j \neq i} W_{ij} \ln Y_j + \varepsilon_i \end{aligned} \tag{5.3.3b}$$

と定式化できる．ここに，W_{ij} は地域間の近接関係を表すパラメータであり，モデル推計にあたって外生的に与えられる．パラメータ ϕ，ρ は，それぞれ生産要素，知識のスピルオーバー効果の強さを表す未知パラメータである．式 (5.3.3a)，(5.3.3b) を行列表記すれば

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{X\beta} + \phi \boldsymbol{Wg} + \boldsymbol{\varepsilon} \tag{5.3.4a}$$

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{X\beta} + \rho \boldsymbol{Wy} + \boldsymbol{\varepsilon} \tag{5.3.4b}$$

となる．ただし，$\boldsymbol{g} = (\ln G_1, \cdots, \ln G_n)'$ は各地域の社会資本ストックを表す n 次列ベクトル，$\boldsymbol{W}$ は空間近接パラメータ W_{ij} を要素する $n \times n$ 行列であり，対角要素は $W_{ii} = 0$ $(i = 1, \cdots, n)$ である．要素スピ

ルオーバーモデル (5.3.4a) は，着目している地域の生産活動が利用する他地域の社会資本ストックを生産関数に変数として導入するモデルである．この場合，空間近接行列 $\boldsymbol{W}$ の各要素は，他地域の社会資本の利用の程度を表している．

要素スピルオーバーモデルは，他地域の社会資本ストックの利用可能性を考慮したモデルであり，生産関数モデルの自然な拡張となっており，モデルの解釈も容易である．一方，知識スピルオーバーモデルでは，他地域の生産額が当該地域の生産額に正のスピルオーバー効果を持つと考える．Keilbach は生産における外部経済として，知識の地域間スピルオーバー効果が重要な役割を果たすと論じた [24]．その上で，他地域における知識やアイデアのストック量の代理指標として，他地域の生産量を用いることが可能であるとし，他地域の生産量を生産関数の説明変数として含むような空間ラグ構造を持つ知識スピルオーバーモデル (5.3.4b) を提案した．要素スピルオーバーモデル，知識スピルオーバーモデルのいずれも社会資本のスピルオーバー効果を表現する方法として説得性をもっており，排他的にそのいずれかを選択すべきではない．むしろ，2つのモデルを統一的に包含するようなスピルオーバーモデルを定式化することが望ましい．

5.3.3 空間自己回帰モデル

空間計量経済学の分野において，誤差項の空間相関を持つような空間相互作用モデルに関する研究が蓄積された [25]．また，土木計画学の分野においても，いくつかの適用事例が存在する [26]-[27]．ここでは，生産関数 (5.3.1) の誤差項の間に存在する空間相関を，代表的な空間相関モデルである空間的自己回帰モデル (spatial autocorrelation model) を用いて表現しよう [28]-[31]．

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \tag{5.3.5a}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \lambda \boldsymbol{W\varepsilon} + \boldsymbol{\nu} \tag{5.3.5b}$$

ここに，λ は誤差項の空間相関パラメータ，$\boldsymbol{\nu}$ は正規分布 $N(\boldsymbol{0}, \sigma^2\boldsymbol{I})$ に従う誤差ベクトルである．式 (5.3.5b) は，誤差項 $\boldsymbol{\varepsilon}$ が自己回帰構造を持つことを表している．生産関数 (5.3.5a) の誤差項の間に式 (5.3.5b) で表されるような空間相関が存在する場合，誤差項 $\boldsymbol{\varepsilon}$ は

$$\boldsymbol{\varepsilon} = (\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})^{-1}\boldsymbol{\nu} \tag{5.3.6}$$

と表すことができる．分散・共分散行列 $\boldsymbol{\Omega} = E(\boldsymbol{\varepsilon\varepsilon}')$ は

$$\begin{aligned}
\boldsymbol{\Omega} &= E[(\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})^{-1}\boldsymbol{\nu\nu}'((\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})^{-1})'] \\
&= (\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})^{-1}E(\boldsymbol{\nu\nu}')((\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})^{-1})' \\
&= (\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})^{-1}\sigma^2\boldsymbol{I}((\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})^{-1})' \\
&= \sigma^2(\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})^{-1}((\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})')^{-1} \\
&= \sigma^2[(\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})'(\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})]^{-1}
\end{aligned} \tag{5.3.7}$$

と表される．空間自己回帰モデルでは，分散・共分散行列 $\boldsymbol{\Omega}$ の逆行列は容易に評価することが可能であり

$$\boldsymbol{\Omega}^{-1} = \sigma^{-2}(\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W})'(\boldsymbol{I} - \lambda \boldsymbol{W}) \tag{5.3.8}$$

と明示的に求めることができる．空間自己回帰モデルのスピルオーバー構造を明らかにするために式 (5.3.5a) を式 (5.3.5b) に代入すれば，式 (5.3.5b) は

$$\begin{aligned} \boldsymbol{y} &= \boldsymbol{X\beta} + \lambda \boldsymbol{W}(\boldsymbol{y} - \boldsymbol{X\beta}) + \boldsymbol{\nu} \\ &= \boldsymbol{X\beta} + \lambda \boldsymbol{Wy} - \lambda \boldsymbol{WX\beta} + \boldsymbol{\nu} \end{aligned} \tag{5.3.9}$$

と分解できる [32]．ここに，右辺第1項は通常の生産関数モデルを，第2項は知識のスピルオーバー効果を，第3項は要素のスピルオーバー効果を，最終項は誤差項を表す．すなわち，空間自己回帰モデルを用いることにより，生産要素と知識という2種類のスピルオーバー効果を同時に含むような生産関数を推計することができる．

式 (5.3.9) より，空間自己回帰モデルは特殊なスピルオーバー構造を表していることが理解できる．第1に，第2項の知識スピルオーバー効果と第3項の要素スピルオーバー効果が同一のスピルオーバーパラメータ λ を持つ点があげられる．第2に，要素スピルオーバー効果が当該地域の生産に対して負のスピルオーバー効果を持つ点である．他地域における生産要素と当該地域の生産要素の間に代替的な関係が成立する．空間自己回帰モデルでは他地域の生産要素が持つ補完的な関係を表現することができない．このように空間自己回帰モデルを用いた場合，スピルオーバー効果に関して強い仮定を置くことになる．ここで，式 (5.3.9) を

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{X\beta} + \lambda \boldsymbol{Wy} - \boldsymbol{WX\gamma} + \boldsymbol{\nu} \tag{5.3.10}$$

と変形しよう．ここで，$\boldsymbol{\gamma}$ はパラメータベクトルであり，空間自己回帰モデルでは共通要素制約条件

$$\boldsymbol{\gamma} = \lambda \boldsymbol{\beta} \tag{5.3.11}$$

が成立する．現在，共通要素制約条件を緩和した空間相互作用モデル (5.3.10) に関する研究も進展している [33]-[35]．式 (5.3.10) において $\boldsymbol{\gamma} = \boldsymbol{0}$ を仮定すれば，知識スピルオーバーモデルが得られる．あるいは，$\lambda = 0$，かつ $\boldsymbol{\gamma} = (0, 0, 0, -\phi)$ を仮定すれば要素スピルオーバーモデルを得る．前述したように，共通要素制約は過度に強い仮定であり，双方のスピルオーバー効果の相対的な強さを比較できるモデルの方が望ましい．このような視点から，次節では社会資本の複合的なスピルオーバー効果を考慮するために，共通要素制約を緩和した生産関数モデルを定式化する．なお，誤差項の空間相関構造を，移動平均モデル

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \lambda \boldsymbol{W\nu} + \boldsymbol{\nu} \tag{5.3.12}$$

を用いて表現することも可能である [36]．しかし，空間相関構造を自己回帰モデルと移動平均モデルで表現しても推計結果に実質的な差異が発生しないことが報告されており [25]，本研究では推計が容易な自己回帰

モデルを用いることとする．また，以上の定式化では誤差項 $\boldsymbol{\nu}$ の異質分散性を考慮していない．Anselin[25] は誤差項の異質分散性を考慮した空間的自己回帰モデルを提案しているが [25]，異質分散性が存在していても誤差項の空間的相関を通じて平準化され，実用上は大きな問題にならないことを指摘している．したがって，本章では異質分散性の問題をとりあげない．

5.3.4 複合的スピルオーバーモデル

知識は，生産性の大きい地域から小さい地域へと階層的にスピルオーバーする可能性が大きい [24]．このような見解は，最近発展しつつある多地域内生的経済成長理論でも支持されている．そこでは，知識ストックの大きい地域から小さい地域へと流れる知識のスピルオーバー効果が，生産性の地域間均等化をもたらすことが想定されている [1]．しかし，知識スピルオーバーモデルや空間自己相関モデルでは，このような知識のスピルオーバー効果を十分に表現できない．

問題意識を明示的に説明するために，知識スピルオーバーモデルにおける社会資本のスピルオーバー効果を具体的に求めてみよう．知識スピルオーバーモデルでは，地域 j における社会資本の限界的な増加が（空間近接性に影響を及ぼさないという条件の下で）地域 i の総生産 Y_i に及ぼす限界的な効果は

$$\frac{\partial Y_i}{\partial G_j} = \beta_3 \varphi_{ij} \frac{Y_i}{G_j} \tag{5.3.13}$$

と表される．ただし，φ_{ij} は逆行列 $[\boldsymbol{I} - \rho \boldsymbol{W}]^{-1}$ の (ij) 要素である．式 (5.3.13) は，地域 i における社会資本の整備により生じる知識のスピルオーバーの乗数効果を集計化したものである．しかし，式 (5.3.13) より明らかなように，他のことを一定にすれば，社会資本の限界的なスピルオーバー効果は，社会資本ストック G_j が小さい地域ほど大きい．また，知識ストック Y_i が大きい地域に対して，より限界的なスピルオーバー効果が大きく現れることになる．対称的な空間近接行列を用いた知識スピルオーバーモデルを用いる限り，社会資本ストックの大きい地域（生産性の高い地域）において知識ストックが生産され，それが生産性の低い地域に波及していくという階層的な空間相関関係を表現できない．この問題は空間自己回帰モデルにおいても現れる．

知識の階層的なスピルオーバー効果の差異を表現するために，空間近接行列 $\boldsymbol{W}$ に対して，

$$W_{ij}^s = \begin{cases} W_{ij} & \alpha_{s-1} \leq N_i/N_j < \alpha_s \\ 0 & \text{それ以外の時} \end{cases} \tag{5.3.14}$$

を要素とする階層的空間近接行列 $\boldsymbol{W}^s$ $(s = 1, \cdots, S)$ を定義しよう．ただし，$0 = \alpha_0 < \alpha_1 \cdots < \alpha_S = \infty$ である．式 (5.3.10) を拡張し，非対称的な空間近接行列 $\boldsymbol{W}^s$ を用いて知識の階層的なスピルオーバー効果を表現するとともに，対称的空間近接行列 $\boldsymbol{W}$ を用いて生産要素のスピルオーバー効果を表現しよう．この時，複合的なスピルオーバー効果を表現する生産関数モデルを

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta} + \sum_{s=1}^{S} \xi_s \boldsymbol{W}^s \boldsymbol{y} + \boldsymbol{W}\boldsymbol{X}\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\nu} \tag{5.3.15}$$

と定式化できる．ここに，ξ_s $(s=1,\cdots,S)$ はランク s の知識の階層的スピルオーバー効果の程度を表すパラメータ，$\boldsymbol{\gamma}=(0,\gamma_1,\gamma_2,\gamma_3)'$ は未知パラメータベクトルである．上式の右辺第1項は通常の生産関数を，第2項は知識スピルオーバー効果を，第3項は生産要素スピルオーバー効果を表す．第4項は正規分布 $N(\mathbf{0},\sigma^2\boldsymbol{I})$ に従う誤差ベクトルである．第2項は階層的なスピルオーバー効果を，第3項は双方向のスピルオーバー効果を表現している．なお，第3項では，知識以外の生産要素のスピルオーバー効果も考慮している．

5.4 分析の方法

5.4.1 データセット

従来より，都道府県単位より細かい地域単位での民間資本，社会資本に関するデータは整備されていない．中でも社会資本に関するデータの整備が遅れている．都道府県単位での社会資本データに関しては，いくつかのデータセットが入手可能である．旧経済企画庁が公表している社会資本ストックデータ [37] 以外にも，NTT や JR 民営化以前に関しては，大河原等 [38]，浅子等 [4]，吉野等 [5] があり，民営化後のデータに関しては土居 [3] によるデータセットが利用可能である．旧経済企画庁の社会資本ストックデータは，社会資本の除却を考慮せず，耐用年数に達しない範囲の中で過去の投資額を積み上げることにより，社会資本ストックを求めている．残りのデータセットは社会資本の減価償却を考慮している．例えば，土居のデータセットでは，社会資本の除却スケジュールとしてワイブル分布を仮定している．

現実の社会資本の整備過程において，社会資本が物的耐用年数により除却された事例は極めて少ない．多くの場合，機能的な耐用年数により除却されている．社会資本整備の過程で，新規に社会資本が整備された場合も少なくないが，機能的な耐用年数を迎えた古い社会資本を除却し，機能水準を向上させることを目的として社会資本が整備された事例が少なくない．あるいは，堤防，道路，トンネル等のように物理的な耐用年数を想定しにくい施設もある．社会資本ストックの除却を考慮していない旧経済企画庁の社会資本ストックデータは，現実の社会資本ストックをかなりの程度過大に評価している危険性がある．土居が仮定したように，現実の除却スケジュールにおける残価率分布がワイブル分布に従っている保証はないが，少なくとも旧経済企画庁データのような社会資本ストックの過大評価の問題はある程度は回避できている可能性がある．このような考え方に基づいて，本研究では土居が公開しているデータベース [39] に基づいて生産関数を推計することとした．残念ながら，現時点で過去の社会資本整備の過程の中で発生した古い社会資本ストックの除却量を明確に評価したストックデータは存在しない．

本研究では，土居がネット上で公開しているデータベース [39] を用いる．このデータは，1987 年の旧 3 公社民営化以降，3 公社分の社会資本が民間資本に加算されるようになったため生じた統計の断絶を考慮して，民営化 3 公社以前と民営化以後のデータを整合的に結合している．また，1970 年以前の社会資本デー

タについても，国富調査をベースに減価償却を考慮して推計を行っている（ただし，遡及は1965年までである）．同時に，1975-1993年度は県民経済計算年報，それ以前は長期遡及推計県民経済計算報告に基づいて県民総生産を求めている．労働力に関しては，県民経済計算報告平成9年度版に基づいて算出している．1974年度以前に関しては就業構造基本調査，国勢調査に基づいて補正計算により算出している．民間資本ストックに関しては長期遡及推計県民経済報告に記載の「総固定資本形成－民間企業設備」を民間企業資本ストックの取り付けベースの純除却率で補正して積み上げるとともに，都道府県別按分値を求めている．

なお，生産関数の推計にあたっては，サンプル数が過小になるという難点を避けるためパラメータ変化が起こらない程度の期間として，代表時点を挟む前後1年におけるデータをプールすることにより，1970年から1995年まで5年ごとを代表時点とする6時点のデータセットを用意した．また，沖縄県については，独自の社会資本整備政策がとられてきたことや他の都道府県までの距離が著しく離れておりスピルオーバー効果が期待されないため，分析対象から除外する．

5.4.2 空間近接行列

スピルオーバー効果を考慮した生産関数を推定する際には，空間近接行列 $\boldsymbol{W}$ を適切に設定することが課題となる．しかし，空間近接行列に関しては，ほとんど研究が蓄積されていないのが実状である．本研究では，代替的な空間近接行列を定義するとともに，実証分析を通じてその妥当性を検証することとする．

空間的近接行列を定義する上で，もっとも基本的な空間近接情報は地域間の地理的距離である．そこで，空間的な近接度を表す指標として，都道府県庁所在地間の直線距離の逆数行列 $\boldsymbol{W}_D$ を定義する．しかし，近年の交通・通信ネットワークの発展により，ネットワークの離散化が進展し，「地理的に近接している」ことは以前ほど重要でなくなっているとの指摘も多い [40]．そこで，ネットワーク型社会資本の機能水準に着目した空間近接行列を考えることとする．

まず，都道府県間の所要時間，所要費用の逆数を用いて2つの空間近接行列 $\boldsymbol{W}_T$, $\boldsymbol{W}_C$ を定義した．また，都道府県間の鉄道・航空の最短所要時間経路について，運賃と所要時間を経路分担率を考慮して加重し，時間価値2500円／時間 [41] として地域間一般化費用を求めた．このようにして求めた一般化費用の逆数を用いて空間近接行列 $\boldsymbol{W}_R$ を定義する．また，業務上の関係の深さを反映して決定される他地域との間の人流の大きさがスピルオーバーに寄与していると考え，都道府県間業務トリップ数を用いて空間近接行列 $\boldsymbol{W}_F$ を定義する．

以上の空間近接行列のうち，行列 $\boldsymbol{W}_T$, $\boldsymbol{W}_C$, $\boldsymbol{W}_R$, $\boldsymbol{W}_F$ はいずれもネットワーク型社会資本の整備水準を反映している．これらの空間近接行列を用いて地域間スピルオーバー効果が説明可能であれば，交通ネットワーク整備を通じて地域間スピルオーバー効果を制御することが可能である．

以上で定義した空間近接行列はいずれも計測単位が異なる．パラメータの推計値を相互比較するために

は，空間近接行列を基準化する必要がある．代表的な基本化手続きとして以下のルールがある [42].

$$W_{ij}^{c} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} W_{ij}} W_{ij} \tag{5.4.16a}$$

$$W_{ij}^{w} = \frac{n}{\sum_{j=1}^{n} W_{ij}} W_{ij} \tag{5.4.16b}$$

ここに，n は地域数，W_{ij} は基準化前の空間近接行列の (i,j) 要素，W_{ij}^{c}，W_{ij}^{w} は基準化後の空間近接行列の (i,j) 要素である．基準化ルール (5.4.16a) は C-coding，ルール (5.4.16b) は W-coding と呼ばれる [42]. Tiefelsdorf は，空間近接行列の導入により，誤差項の空間相関構造に地理学的位相に基づいた異質性の問題が発生することを指摘した．すなわち，地理的空間の端に位置する地域はどの地域に対しても遠く，中央に位置する地域はどの地域に対しても近くなる．したがって，全体を一律に基準化する式 (5.4.16a) の方法では中央に位置する地域が平均的な近接度が大きくなる．一方，式 (5.4.16b) では空間の端に位置する地域の近接度も中央に位置する地域と同等に評価することになる．その結果，空間の端に位置する地域の特殊性が全く考慮されないことになる．Tiefelsdorf は，このような地理学的位相による異質分散性の問題を回避するために，S-coding

$$W_{ij}^{s} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n}\left\{\frac{\sum_{j=1}^{n} W_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} W_{ik}^{2}}}\right\}} \frac{W_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} W_{ij}^{2}}} \tag{5.4.17}$$

を提案している [42]．本研究では，S-coding を用いて空間近接行列を基準化することとする．

5.4.3 モデルの推計方法

本章で用いる推計方法は，いずれも空間計量経済学の分野で開発されたものであり，以下で提案した生産関数モデルに即して，その推計方法について説明しておく．

生産関数モデル (5.3.1) では，$E[\boldsymbol{X}'\boldsymbol{\varepsilon}] = 0$ が成立する．誤差項 $\boldsymbol{\varepsilon}$ が正規分布 $N(\boldsymbol{0}, \sigma^2\boldsymbol{I})$ に従う場合，OLS 推定量

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}^{\circ} = (\boldsymbol{X}'\boldsymbol{X})^{-1}\boldsymbol{X}\boldsymbol{y} \tag{5.4.18a}$$

は不偏推定量であり，かつ最小分散推定量であることが保証される．要素スピルオーバーモデルの場合，新しく $\boldsymbol{\phi}$ を未知パラメータベクトルに，列ベクトル $\boldsymbol{g}$ を行列 $\boldsymbol{X}$ に付け加え，OLS 推定量を求めればいい．

知識スピルオーバーモデル (5.3.4b) は

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{\Psi}^{-1}\boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\Psi}^{-1}\boldsymbol{\varepsilon} \tag{5.4.19}$$

$$\boldsymbol{\Psi} = \boldsymbol{I} - \rho\boldsymbol{W}$$

と書き換えることができる．式 (5.4.19) より誤差項 $\boldsymbol{\Psi}^{-1}\boldsymbol{\varepsilon}$ は明らかに分散共分散構造を持ち．OLS 推定量は不偏推定量ではない．しかし，最尤法を用いれば，サンプル数が十分に大きい場合，漸近一致性と漸近

効率性のある推定量を得ることができる．いま，仮定より誤差項 $\boldsymbol{\varepsilon}$ が正規分布 $N(\mathbf{0}, \sigma^2\boldsymbol{I})$ に従う．ここで，誤差項 $\boldsymbol{\varepsilon}$ で定義される確率密度関数を $\boldsymbol{y}$ を用いて

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \boldsymbol{\Psi}\boldsymbol{y} - \boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta} \tag{5.4.20}$$

と変数変換しよう．変数変換のヤコビアン行列は

$$\boldsymbol{J} = \frac{\partial \boldsymbol{\varepsilon}}{\partial \boldsymbol{y}} = \boldsymbol{\Psi} \tag{5.4.21}$$

となる．$\boldsymbol{\varepsilon}$ が正規分布 $N(\mathbf{0}, \sigma^2\boldsymbol{I})$ に従う場合，観測値 $\boldsymbol{y}$ が得られる変数変換後の尤度は

$$\begin{aligned} f(\boldsymbol{y}|\rho, \sigma^2, \boldsymbol{\beta}) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}}(\sigma^2)^{-\frac{n}{2}}\,|\boldsymbol{\Psi}|\exp\Big\{-\frac{1}{2\sigma^2}(\boldsymbol{\Psi}\boldsymbol{y} \\ -\boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta})'(\boldsymbol{\Psi}\boldsymbol{y} - \boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta})\Big\} \end{aligned} \tag{5.4.22}$$

と表される．式 (5.4.22) の対数尤度関数 $\mathcal{L}_k$ は

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_k(\boldsymbol{y}|\rho, \sigma^2, \boldsymbol{\beta}) = -\frac{n}{2}\ln(2\pi) - \frac{n}{2}\ln(\sigma^2) + \ln|\boldsymbol{\Psi}| \\ -\frac{1}{2\sigma^2}\Big\{(\boldsymbol{\Psi}\boldsymbol{y} - \boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta})'(\boldsymbol{\Psi}\boldsymbol{y} - \boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta})\Big\} \end{aligned} \tag{5.4.23}$$

と表される．ρ を所与として対数尤度関数 $\mathcal{L}_k$ を $\boldsymbol{\beta}$，σ^2 に関して最大化しよう．$\boldsymbol{\beta}$ に関する最適化条件より

$$\begin{aligned} \hat{\boldsymbol{\beta}} &= (\boldsymbol{X}'\boldsymbol{X})^{-1}\boldsymbol{X}'\boldsymbol{\Psi}\boldsymbol{y} \\ &= (\boldsymbol{X}'\boldsymbol{X})^{-1}\boldsymbol{X}'\boldsymbol{y} - \rho(\boldsymbol{X}'\boldsymbol{X})^{-1}\boldsymbol{X}'\boldsymbol{W}\boldsymbol{y} \\ &= \hat{\boldsymbol{\beta}}^{\circ} - \rho\hat{\boldsymbol{\beta}}_L \end{aligned} \tag{5.4.24}$$

を得る．ここで，$\hat{\boldsymbol{\beta}}^{\circ}$ は $\boldsymbol{y}$ の $\boldsymbol{X}$ に対する OLS 推定量であり，生産関数モデル (5.3.1) における OLS 推定量に一定する．また，$\hat{\boldsymbol{\beta}}_L$ は $\boldsymbol{y}_L = \boldsymbol{W}\boldsymbol{y}$ の $\boldsymbol{X}$ に対する OLS 推定量である．一方，σ^2 の最尤推定量 $\hat{\sigma}^2 = n^{-1}\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}'\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}$ は

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}^2 &= \frac{1}{n}(\hat{\bar{\boldsymbol{\varepsilon}}} - \rho\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_L)'(\hat{\bar{\boldsymbol{\varepsilon}}} - \rho\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_L) \\ \hat{\bar{\boldsymbol{\varepsilon}}} &= \boldsymbol{y} - \boldsymbol{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}^{\circ} \\ \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_L &= \boldsymbol{y}_L - \boldsymbol{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}_L \end{aligned} \tag{5.4.25}$$

以上の最尤推定量 $\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}$，$\hat{\sigma}^2$ を対数尤度関数 (5.4.23) に代入することにより集中化対数尤度関数 [43]

$$\begin{aligned} {}^c\mathcal{L}_k = -\frac{n}{2}\ln(2\pi) + \ln|\boldsymbol{I} - \rho\boldsymbol{W}| \\ -\frac{n}{2}\ln\left[\frac{1}{n}(\hat{\bar{\boldsymbol{\varepsilon}}} - \rho\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_L)'(\hat{\bar{\boldsymbol{\varepsilon}}} - \rho\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_L)\right] \end{aligned} \tag{5.4.26}$$

を得る．集中化対数尤度関数 (5.4.26) を ρ に関して最大化することにより最尤推定量 $\hat{\rho}^*$ を得る．最尤推定量 $\hat{\rho}^*$ を求める手順は以下のように整理できる [25]．すなわち，1）$\boldsymbol{y}$ の $\boldsymbol{X}$ に対する OLS 推定量 $\hat{\boldsymbol{\beta}}^{\circ}$ を求める．2）$\boldsymbol{y}_L$ の $\boldsymbol{X}$ に対する OLS 推定量 $\hat{\boldsymbol{\beta}}_L$ を求める．3）残差 $\hat{\varepsilon}$，$\hat{\varepsilon}_L$ を求める．4）式 (5.4.26) を最大にする $\hat{\rho}^*$ を1次元探索法により求める．5）4）で求めた $\hat{\rho}^*$ を用いて $\hat{\boldsymbol{\beta}}^* = \hat{\boldsymbol{\beta}}^{\circ} - \hat{\rho}^*\hat{\boldsymbol{\beta}}_L$ および $\hat{\sigma}^{*2}$ を求める．なお，複合的スピルオーバーモデルも誤差項の空間的相関構造は知識スピルオーバーモデルと同じであり，知識スピルオーバーモデルと同様の方法で推計することができる．

空間自己回帰モデル (5.3.5a) の誤差項の分散・共分散行列は式 (5.3.6) で与えられる．誤差項 $\boldsymbol{\nu}$ が正規分布 $N(\boldsymbol{0}, \sigma^2\boldsymbol{I})$ に従う場合，観測値 $\boldsymbol{y}$ が得られる尤度は次式で表される．

$$
\begin{aligned}
f(\boldsymbol{y}|\lambda, \sigma^2, \boldsymbol{\beta}) &= (2\pi)^{-\frac{n}{2}}|\boldsymbol{\Omega}|^{-\frac{1}{2}} \\
&\exp\left\{-\frac{1}{2}(\boldsymbol{y}-\boldsymbol{X\beta})'\boldsymbol{\Omega}^{-1}(\boldsymbol{y}-\boldsymbol{X\beta}))\right\}
\end{aligned}
\tag{5.4.27}
$$

式 (5.3.7) より $|\boldsymbol{\Omega}|^{-\frac{1}{2}} = \sigma^{-1}|\boldsymbol{\Xi}|$，$\boldsymbol{\Omega}^{-1} = \sigma^{-2}\boldsymbol{\Xi}'\boldsymbol{\Xi}$，$\boldsymbol{\Xi} = \boldsymbol{I} - \lambda\boldsymbol{W}$ である [25]．式 (5.4.27) の対数尤度関数 $\mathcal{L}_s$ は

$$
\begin{aligned}
\mathcal{L}_s(\boldsymbol{y}|\lambda, \sigma^2, \boldsymbol{\beta}) &= -\frac{n}{2}\ln(2\pi) - \frac{n}{2}\ln(\sigma^2) + \ln|\boldsymbol{\Xi}| \\
&-\frac{1}{2\sigma^2}\left\{(\boldsymbol{y}-\boldsymbol{X\beta})'\boldsymbol{\Xi}'\boldsymbol{\Xi}(\boldsymbol{y}-\boldsymbol{X\beta})\right\}
\end{aligned}
\tag{5.4.28}
$$

と表される．λ を固定して対数尤度関数 $\mathcal{L}_s$ を $\boldsymbol{\beta}$，σ^2 に関して最大化すれば最尤推定量

$$
\tilde{\boldsymbol{\beta}} = (\boldsymbol{X}'\boldsymbol{\Xi}'\boldsymbol{\Xi}\boldsymbol{X})^{-1}\boldsymbol{X}'\boldsymbol{\Xi}'\boldsymbol{\Xi}\boldsymbol{y} \tag{5.4.29a}
$$

$$
\tilde{\sigma}^2 = \frac{1}{n}\tilde{\boldsymbol{\nu}}'\boldsymbol{\Xi}'\boldsymbol{\Xi}\tilde{\boldsymbol{\nu}} \tag{5.4.29b}
$$

を得る．なお，$\tilde{\boldsymbol{\nu}} = \boldsymbol{y} - \boldsymbol{X}\tilde{\boldsymbol{\beta}}$ である．最尤推定量 $\tilde{\boldsymbol{\beta}}$，$\tilde{\sigma}^2$ を対数尤度関数 (5.4.28) に代入すれば集中化対数尤度関数

$$
\begin{aligned}
{}^{c}\mathcal{L}_{\lambda}^{s} &= -\frac{n}{2}\ln(2\pi) + \ln|\boldsymbol{I} - \lambda\boldsymbol{W}| \\
&-\frac{n}{2}\ln\left[\frac{1}{n}(\boldsymbol{y}-\boldsymbol{X}\tilde{\boldsymbol{\beta}})'\boldsymbol{\Xi}'\boldsymbol{\Xi}(\boldsymbol{y}-\boldsymbol{X}\tilde{\boldsymbol{\beta}})\right]
\end{aligned}
\tag{5.4.30}
$$

を得る．式 (5.4.29a),(5.4.29b) より $\tilde{\boldsymbol{\beta}}$，$\tilde{\sigma}^2$ はともに λ の関数となる．したがって，反復的手順により最尤推定量 $\tilde{\lambda}^*$，$\tilde{\sigma}^{*2}$，$\hat{\boldsymbol{\beta}}^*$ を求める必要がある [25]．すなわち，1）OLS 推定量 $\hat{\boldsymbol{\beta}}^{\circ}$ を求める．2）残差 $\tilde{\boldsymbol{\nu}} = \boldsymbol{y} - \boldsymbol{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}^{\circ}$ を求める．3）$\tilde{\boldsymbol{\nu}}$ の下で式 (5.4.30) を最大にする $\tilde{\lambda}$ を1次元探索法により求める．4）上で求めた $\tilde{\lambda}$ を式 (5.4.29a) に代入し最尤推定量 $\tilde{\boldsymbol{\beta}}$ を更新する．5）新しい残差 $\tilde{\boldsymbol{\nu}} = \boldsymbol{y} - \boldsymbol{X}\tilde{\boldsymbol{\beta}}$ を求める．6）収束基準を満足する場合は7）へ進む．そうでない場合は3）へ戻る．7）残差 $\tilde{\boldsymbol{\nu}}^*$ と $\tilde{\lambda}^*$ を用いて $\tilde{\sigma}^{*2}$ を求める．

5.4.4 仮説検定の方法

生産関数モデル (5.3.4a), (5.3.4b), (5.3.5a) において，スピルオーバー効果の強さはそれぞれパラメータ ϕ, ρ, λ により表現されている．ここでは，知識スピルオーバーモデルを用いてスピルオーバー効果を尤度比検定する方法を説明する．他のモデルに関しても同様の方法で仮説検定できる．いま，帰無仮説 H_0, 対立仮説 H_1 を

$$\left.\begin{array}{l} H_0 : \rho = 0 \\ H_1 : \rho \neq 0 \end{array}\right\} \tag{5.4.31}$$

と定義する．帰無仮説，対立仮説の下での対数尤度を $\mathcal{L}(H_1) = \mathcal{L}_k(\hat{\rho}^*, \hat{\sigma}^{*^2}, \hat{\boldsymbol{\beta}}^*)$, $\mathcal{L}(H_0) = \mathcal{L}_k(0, \hat{\sigma}^{*^2}, \hat{\boldsymbol{\beta}}^*)$ と定義する．この時，尤度比 $\mathcal{LR} = -2[\mathcal{L}(H_1) - \mathcal{L}(H_0)]$ は漸近的に自由度 1 の χ^2 分布に従う [43]．したがって，スピルオーバー効果の仮説検定は通常の χ^2 検定に帰着する．なお，空間自己回帰モデルのスピルオーバーパラメータ λ に関してはラグランジュ乗数検定も利用可能であるが，ラグランジュ乗数検定統計量と尤度比検定統計量は漸近的に同一の値に収束することが知られており [25]，ここではとりあげない．

各モデルの推計結果に有意な空間的相関が残存する場合，推計したモデルで特定化されていない空間相関構造が残っている可能性がある．たとえば，知識スピルオーバーモデルで推計残差 $\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}$ が得られたとしよう．この時，推計残差の空間的相関関係は Moran's I 統計量 [44]

$$\mathcal{I} = \frac{\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}'\{\frac{1}{2}(\boldsymbol{W} + \boldsymbol{W}')\}\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}}{\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}'\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}} \tag{5.4.32}$$

を用いて検定することができる．検定統計量 $\mathcal{I}_n$ を

$$\begin{aligned} \mathcal{I}_n &= \frac{\mathcal{I} - E[\mathcal{I}]}{Var[\mathcal{I}]^{\frac{1}{2}}} \\ E[\mathcal{I}] &= \frac{\mathrm{tr}(\boldsymbol{U})}{n-k} \\ Var[\mathcal{I}] &= \frac{\mathrm{tr}(\boldsymbol{UPW}') + \mathrm{tr}(\boldsymbol{U})^2 + [\mathrm{tr}(\boldsymbol{U})]^2}{(n-k)(n-k+2)} \\ &\quad -(E[\mathcal{I}])^2 \end{aligned} \tag{5.4.33}$$

と定義すれば，$\mathcal{I}_n$ は漸近的に標準正規分布 $N(0,1)$ に従う．ただし，n はサンプル数，k は自由度，$\boldsymbol{P} = \boldsymbol{I} - \boldsymbol{X}(\boldsymbol{X}'\boldsymbol{X})^{-1}\boldsymbol{X}'$, $\boldsymbol{U} = \boldsymbol{PW}$ である．Moran's I による推計残差の空間相関の検定では棄却すべき対立仮説が設定されていないが，$\mathcal{I}_n$ がある臨界的な値より大きければ何らかの空間相関が存在するという証拠となる．

5.4.5 複合的スピルオーバー効果の多重仮説検定

式 (5.3.15) では，知識スピルオーバーと要素スピルオーバーという 2 種類のスピルオーバーを同時にとりあげている．このうち，知識スピルオーバー効果の存在を仮説検定するために，帰無仮説 $H^0_{\boldsymbol{\xi}}$, 対立仮

説 $H^1_{\boldsymbol{\xi}}$

$$\left.\begin{array}{l} H^0_{\boldsymbol{\xi}} : \boldsymbol{\xi} = \mathbf{0}_S \\ H^1_{\boldsymbol{\xi}} : \boldsymbol{\xi} \neq_{or} \mathbf{0}_S \end{array}\right\} \tag{5.4.34}$$

を設定する．ただし，$\boldsymbol{\xi} = (\xi_1, \cdots, \xi_S)'$，$\mathbf{0}_S$ は S 次の0要素列ベクトル，$\boldsymbol{\xi} \neq_{or} \mathbf{0}_S$ は論理式 $\{\xi_1 \neq 0 \text{ or } \cdots \text{ or } \xi_S \neq 0\}$ を意味する．また，要素スピルオーバー効果に関しては

$$\left.\begin{array}{l} H^0_{\boldsymbol{\gamma}} : \boldsymbol{\gamma}^- = \mathbf{0}_3 \\ H^1_{\boldsymbol{\gamma}} : \boldsymbol{\gamma}^- \neq_{or} \mathbf{0}_3 \end{array}\right\} \tag{5.4.35}$$

を設定する．なお，$\boldsymbol{\gamma}^- = (\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)'$，$\mathbf{0}_3$ は3次の0要素列ベクトル，$\boldsymbol{\gamma}^- \neq_{or} \mathbf{0}_3$ は論理式 $\{\gamma_1 \neq 0 \text{ or } \gamma_2 \neq 0 \text{ or } \gamma_3 \neq 0\}$ を意味する．2種類のスピルオーバー効果に関する仮説検定は，帰無仮説 $H^0_{\boldsymbol{\xi}}$，$H^0_{\boldsymbol{\gamma}}$ を対立仮説 $H^1_{\boldsymbol{\xi}}$，$H^1_{\boldsymbol{\gamma}}$ に対して検定する問題に帰着される．仮説 (5.4.34),(5.4.35) は複数の仮説を同時に検定する多重仮説検定となっている．この場合，個々の仮説 $\xi_s = 0$ $(s = 1, \cdots, S)$，$\gamma_i = 0$ $(i = 1, 2, 3)$ に対する尤度比検定の結果を用いて，結合仮説 (5.4.34),(5.4.35) に関して統計的判断を行うと第I種の過誤を犯す危険性が増加する [45]．仮説検定上のバイアスを除去するために，3つの仮説を結合した多重仮説検定 [46] を行う必要がある．仮説検定統計量を定義するために，複合的スピルオーバーモデル (5.3.15) を

$$\begin{aligned} \boldsymbol{y} &= \boldsymbol{\Theta}^{-1}\boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\Theta}^{-1}\boldsymbol{W}\boldsymbol{X}\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\Theta}^{-1}\boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\Theta} &= \boldsymbol{I} - \sum_{s=1}^{S} \xi_s \boldsymbol{W}^s \end{aligned} \tag{5.4.36}$$

と書き換えよう．この問題の尤度関数 $\mathcal{L}_c(\boldsymbol{\xi}, \sigma^2, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma})$ は

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_c(\boldsymbol{\xi}, \sigma^2, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}) = &-\frac{n}{2}\ln(2\pi) - \frac{n}{2}\ln(\sigma^2) + \ln|\boldsymbol{\Theta}| \\ &-\frac{1}{2\sigma^2}\boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon} \end{aligned} \tag{5.4.37}$$

と表される．$\boldsymbol{\varepsilon} = \boldsymbol{\Theta}\boldsymbol{y} - \boldsymbol{X}\boldsymbol{\beta} - \boldsymbol{W}\boldsymbol{X}\boldsymbol{\gamma}$ である．この問題の最尤推定量を $\hat{\hat{\boldsymbol{\xi}}}^*$，$\hat{\hat{\sigma}}^{*2}$，$\hat{\hat{\boldsymbol{\beta}}}^*$，$\hat{\hat{\boldsymbol{\gamma}}}^*$ と表そう．この時，多重仮説 (5.4.34),(5.4.35) に関する尤度比検定量はそれぞれ

$$\mathcal{LR}_{\boldsymbol{\xi}} = -2[\mathcal{L}_c(0,1) - \mathcal{L}_c(1,1)] \tag{5.4.38a}$$

$$\mathcal{LR}_{\boldsymbol{\gamma}} = -2[\mathcal{L}_c(1,0) - \mathcal{L}_c(1,1)] \tag{5.4.38b}$$

と定義される．ここに，$\mathcal{L}_c(0,1) = \mathcal{L}_c(\mathbf{0}_S, \hat{\hat{\sigma}}^{*2}, \hat{\hat{\boldsymbol{\beta}}}^*, \boldsymbol{\gamma})$，$\mathcal{L}_c(1,0) = \mathcal{L}_c(\hat{\hat{\boldsymbol{\xi}}}^*, \hat{\hat{\sigma}}^{*2}, \hat{\hat{\boldsymbol{\beta}}}^*, \mathbf{0}_3)$，$\mathcal{L}_c(1,1) = \mathcal{L}_c(\hat{\hat{\boldsymbol{\xi}}}^*, \hat{\hat{\sigma}}^{*2}, \hat{\hat{\boldsymbol{\beta}}}^*, \hat{\hat{\boldsymbol{\gamma}}}^*)$ である．検定統計量 $\mathcal{LR}_{\boldsymbol{\xi}}$，$\mathcal{LR}_{\boldsymbol{\gamma}}$ はそれぞれ漸近的に自由度 S，3の χ^2 分布に従う．有意水準 ψ に対して $\psi_{\boldsymbol{\xi}} = 1-(1-\psi)^S$，$\psi_{\boldsymbol{\gamma}} = 1-(1-\psi)^3$ を定義する [47]．この時，$\mathcal{LR}_{\boldsymbol{\xi}} \geq \chi_{\psi_{\boldsymbol{\xi}}}(S)$，$\mathcal{LR}_{\boldsymbol{\gamma}} \geq \chi_{\psi_{\boldsymbol{\gamma}}}(3)$ であれば，有意水準 ψ で多重仮説 (5.4.34)，(5.4.35) を棄却できる．最後に，「2種類のスピルオーバー効果が同時に存在するか」というスピルオーバー効果全体に対する仮説検定を行うために，結合仮説

$$\left.\begin{array}{lll} H^0 : \boldsymbol{\xi} = \mathbf{0}_S & \text{and} & \boldsymbol{\gamma} = \mathbf{0}_3 \\ H^1 : \boldsymbol{\xi} \neq_{or} \mathbf{0}_S & \text{or} & \boldsymbol{\gamma} \neq_{or} \mathbf{0}_3 \end{array}\right\} \tag{5.4.39}$$

を設定しよう．仮説 (5.4.39) に関する尤度比検定統計量は，

$$\mathcal{LR}_0 = -2[\mathcal{L}_c(0,0) - \mathcal{L}_c(1,1)] \tag{5.4.40}$$

と定義できる．ただし，$\mathcal{L}_c(0,0) = \mathcal{L}_c(\mathbf{0}_S, \hat{\tilde{\sigma}}^{*2}, \hat{\tilde{\beta}}^{*}, \mathbf{0}_3)$ である．検定統計量 $\mathcal{LR}_0$ は漸近的に自由度 $S+3$ の χ^2 分布に従う．結合仮説 (5.4.39) の有意水準を $\psi_0 = 1-(1-\psi)^{S+3}$ と定義する．この時，$\mathcal{LR}_0 \geq \chi_{\psi_0}(S+3)$ であれば，有意水準 ψ で多重仮説 (5.4.39) を棄却できる．

5.5 実証分析

5.5.1 分析の概要

5.4 で説明したデータベースを用いて生産関数モデル (5.3.1)，要素スピルオーバーモデル (5.3.4a)，知識スピルオーバーモデル (5.3.4b)，空間自己回帰モデル (5.3.5a)，複合スピルオーバーモデル (5.3.15) を推計した．その際，1）労働力，民間資本ストックに関して収穫一定，2）労働力，民間資本ストック，社会資本ストックに関して収穫一定，という2つの仮定を設けるとともに，代替的な空間近接行列 $\boldsymbol{W}$ として，$\boldsymbol{W}_D$，$\boldsymbol{W}_T$，$\boldsymbol{W}_C$，$\boldsymbol{W}_R$，$\boldsymbol{W}_F$ を用いた．モデルタイプ，収穫一定性の仮定，空間近接行列の対応という3つの条件の組み合わせのそれぞれに対してモデルを推計し，推計精度を比較した．

その結果，すべてのモデルタイプ，空間近接行列のタイプの組み合わせに対して，労働力，民間資本ストック，社会資本ストックに関して収穫一定という仮定を設けると，社会資本ストックのパラメータが負で推計されるなどの論理矛盾が生じる．また，労働力と民間資本ストックのみに関して収穫一定という仮定を設けた場合の方がモデルの推計精度が大きいことが判明した．本推計結果に関する限り，社会資本は生産環境を創出する役割を果たしていると考えることができる．また，空間近接行列として $\boldsymbol{W}_D$，あるいは $\boldsymbol{W}_R$ を用いた場合，それ以外の空間近接行列を用いた場合よりも推計精度が高いことが判明した．モデルの推計結果は膨大な量にのぼるため，以下では収穫一定の仮定1）の下で空間近接行列 $\boldsymbol{W}_D$，$\boldsymbol{W}_R$ を用いた分析結果に焦点を絞る．

5.5.2 生産関数モデルの推計結果

表 5.1 は，1次同次制約 ($\beta_1 + \beta_2 = 1$) の下で Cobb-Douglas 型生産関数 (5.3.1) を推定した結果を示している．同表では，1975, 1985, 1995 年という3つの時間断面における推計結果を示している．**表 5.1** に示すように，いずれの時間断面においてもモデルの自由度修正済み決定係数は大きく，かつパラメータ推計値 $\hat{\beta}^{\circ}$ は，すべての時間断面において有意である．**表 5.1** の最下段には空間近接行列 $\boldsymbol{W}_D$ を用いた Moran's I を用いて誤差項の空間相関を評価した結果を示している．Moran's I の値は有意に正となっており，$\boldsymbol{W}_D$ の意味で近接した地域間における推計残差の間に正の強い空間的相関が存在する．**図 5.1** は 1985 年度における推計残差の空間分布を示しているが，他地域からの社会資本ストックの便益のスピルイン効果が顕著

表 5.1 生産関数の推計結果

	1975 年	1985 年	1995 年
定数	-0.560**	-0.710**	-0.045**
β_0	(-5.63)	(-8.18)	(-6.09)
労働力	0.577**	0.553**	0.533**
β_1	(15.56)	(13.59)	(12.98)
民間資本	0.423**	0.447**	0.467**
β_2	(11.43)	(10.97)	(11.35)
社会資本	0.112**	0.120**	0.083**
β_3	(7.86)	(9.31)	(7.55)
R^2	0.983	0.988	0.991
Moran's I	10.161**	5.429**	3.763**

注）（ ）内の数値は t 値，*は 5%有意，**は 1%有意，R^2 は自由度調整済決定係数である．

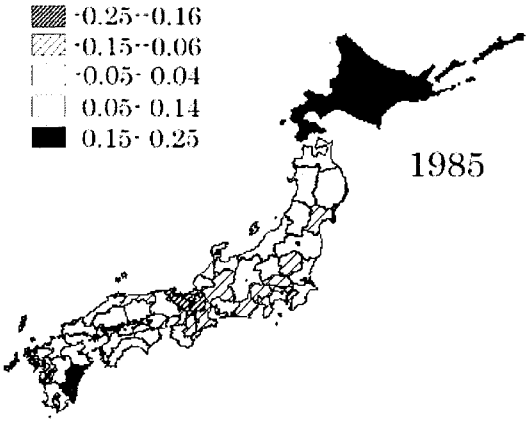


図 5.1 生産関数の推計残差

な大都市圏において地域総生産が過小推計され，逆に北海道，宮崎県をはじめとするスピルイン効果が少ない地域では地域総生産が過大推計されている．すなわち，推計残差が空間的に偏在することは，地域間スピルオーバーを無視した結果であると考えられる．

残差の空間的な集中度を表す Moran's I は時間が経過するに従って小さくなっており，残差が空間的に集中する傾向は弱まっている．また，1995 年における社会資本の生産性を示す生産弾力性の推計値 $\hat{\beta}_3^{\circ}$ は，他の時間断面と比較して極端に小さな値になっている．この問題は以下で示すスピルオーバーを考慮した生産関数モデルにおいても同様に観測されている．社会資本の限界生産性の低下問題に関しては **5.5** で改めて言及することとする．

5.5.3 スピルオーバー効果と生産関数

要素スピルオーバーモデル (5.3.4a)，知識スピルオーバーモデル (5.3.4b)，空間自己回帰モデル (5.3.5a) の推計結果を一括して**表 5.2** に示している．これらの推計結果はいずれも 1985 年のデータベースを用いる

表 5.2 スピルオーバー効果と推計結果

	モデル (5.3.4a)	モデル (5.3.4b)	モデル (5.3.5a)
定数	-0.029	0.149	-0.070*
β_0	(-0.79)	(1.49)	(-1.97)
労働力	0.560**	0.656**	0.570**
β_1	(4.36)	(4.98)	(4.20)
民間資本	0.440*	0.344**	0.430**
β_2	(3.42)	(2.61)	(3.17)
社会資本	0.103*	0.118**	0.119**
β_3	(2.39)	(3.47)	(2.85)
ϕ,ρ,λ	0.275$^{a)}$	0.455*$^{b)}$	0.250$^{c)}$
	(1.67)$^{a)}$	(2.31)$^{b)}$	(0.70)$^{c)}$
R^2	0.994	0.996	0.994
Moran's I	-1.798	-0.725	-2.631**

注）（ ）内の数値は t 値，*は 5%有意，**は 1%有意，R^2 は自由度調整済決定係数である．上付き添字は a) は ϕ, b) は ρ, c) は λ を表す．

とともに，空間近接行列として $\boldsymbol{W}_R$ を用いた場合の推計結果を示している．$\boldsymbol{W}_R$ は所要時間を含む一般化費用で定義しているため，鉄道や航空の発達した大都市間の近接度が $\boldsymbol{W}_D$ よりも高い．しかし，$\boldsymbol{W}_R$, $\boldsymbol{W}_D$ を用いた推計結果は類似の傾向を示しており，ここでは推計精度がより大きい近接行列 $\boldsymbol{W}_R$ を用いた推計結果を示している．

表 5.2 に示すように，知識スピルオーバーモデルの推計結果は他のモデルと異なり，労働力の代替弾力値が大きく（1 次同次制約のため民間資本の代替弾力値が小さく）なっている．スピルオーバーパラメータについては，知識スピルオーバーモデルの ρ の推計値が最も大きく，統計的に有意となった．しかし，要素スピルオーバーモデル，空間自己回帰モデルのスピルオーバーパラメータ ϕ, ξ はいずれも有意な値を示していない．

生産関数モデル (5.3.1) と比較して，地域生産関数に新たにスピルオーバーパラメータ ϕ, ρ, ξ を加えると，社会資本の代替弾力値 β_3 の推計値や t 値が小さくなる．生産関数モデル (5.3.1) では，社会資本の便益の地域間スピルオーバー効果を表現することができない．したがって，生産関数モデルを用いる限り，自地域の社会資本ストック額が社会資本のスピルオーバー効果の代理変数としての役割も果たすこととなり，結果的に社会資本の代替弾力値が大きく推計されることになっている．

Moran's I 指標で判断する限り，要素スピルオーバーモデル (5.3.4a) と知識スピルオーバーモデル (5.3.4b) の推計残差の空間的相関は小さいが，空間自己回帰モデル (5.3.5a) では推計残差の空間的相関は大きくなっている．これは，**5.3.3** で言及したように空間自己回帰モデルではスピルオーバー効果の特定化方法に自由度が少ないため，推計残差の空間的相関が大きくなった結果と考えられる．

表 5.3 複合スピルオーバーモデルの推計結果

	1975 年	1985 年	1995 年
定数	0.198	0.206	0.129
β_0	(1.93)	(1.74)	(1.03)
労働力	0.699**	0.652**	0.617**
β_1	(6.52)	(5.32)	(4.24)
民間資本	0.301*	0.348*	0.383**
β_2	(2.80)	(2.84)	(2.63)
社会資本	0.104	0.123	0.059
β_3	(1.43)	(1.53)	(0.73)
ξ_1	0.439	0.443	0.250
	(1.77)	(1.64)	(0.88)
ξ_2	0.471*	0.402	0.284
	(2.28)	(1.89)	(1.25)
ξ_3	0.242	-0.001	0.031
	(0.56)	(0.00)	(0.06)
ϕ	0.156	0.193	0.207
	(1.07)	(1.27)	(1.29)
R^2	0.996	0.997	0.997
Moran's I	-0.314	-0.250	0.885
$\mathcal{LR}_0$	7.75*	7.81*	4.36

注 1)（ ）内の数値は t 値，*は 5%有意，**は 1%有意，R^2 は自由度調整済決定係数である．注 2) $\mathcal{LR}_0$ を有意水準 5%で多重仮説検定するための χ^2 値は $\chi_{0.185}(4) = 6.20$ である．

5.5.4 複合的スピルオーバーモデルの推計

階層的な知識スピルオーバー効果を表現するためには空間近接行列 (5.3.14) のパラメータ α_s $(s = 1, \cdots, S)$ を設定する必要がある．本研究ではカテゴリー数 $S+1$ とパラメータ α_s を変化させた多様な階層的な空間近接行列を定義し，そのなかで推計精度がもっとも高くなるものを選択した．その結果，あらかじめ設定した空間近接行列の中で，3つの空間階層ペアをとりあげ，スピルオーバーパラメータを

$$\begin{array}{ll} \xi_1 & 0 \leq N_i/N_j < 0.5 \text{ の時} \\ \xi_2 & 0.5 \leq N_i/N_j < 2.0 \text{ の時} \\ \xi_3 & 2.0 \leq N_i/N_j < \infty \text{ の時} \end{array}$$

と定義した場合にもっとも良い推計精度が得られることが判明した．このようにして得られた推計結果を **表 5.3** に示している．ここでは，複合スピルオーバーモデル (5.3.15) において，生産要素の中で社会資本のみに要素スピルオーバー効果が存在すると想定し，要素スピルオーバー効果パラメータを $\boldsymbol{\gamma} = (0, 0, 0, \phi)'$ と特定化した場合の推計結果を示している．

表 5.3 に示すように，とりあげた3つの時点の中では 1975 年時点におけるスピルオーバーパラメータ ξ_2 が有意になっている．同時点ではパラメータ ξ_1 も統計的に有意ではないものの，比較的大きい値を示している．パラメータ ξ_3 はいずれの時間断面において小さい値となっており t 値も極めて低い．ξ_3 は $N_i/N_j \geq 2.0$ となる都市間での知識スピルオーバー効果を表している．ξ_3 の t 値が極めて小さいことより，相対的に小さな規模の都市から大きい都市へ知識がスピルオーバーする効果は無視でき，知識のスピルオーバー効果

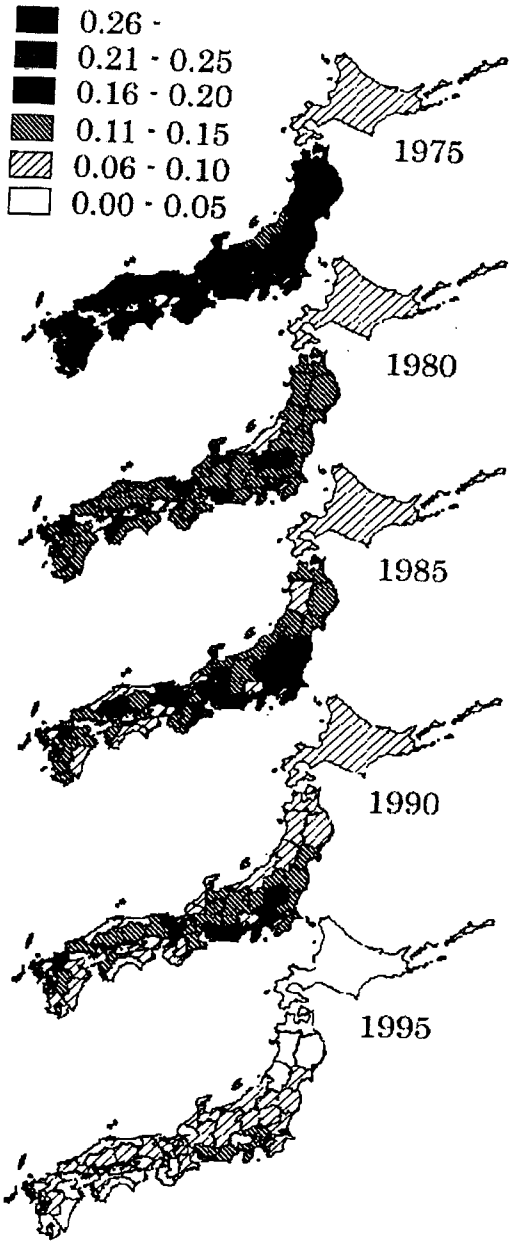


図 5.2 限界総生産性の経年変化

が階層的であることを示唆している.

スピルオーバーパラメータに関する多重仮説検定では，1975 年と 1985 年では結合仮説 $H^0 : \boldsymbol{\xi} = \mathbf{0}_S$ and $\boldsymbol{\gamma} = \mathbf{0}_3$ は棄却され，社会資本のスピルオーバー（直接的スピルオーバー）と知識のスピルオーバー（間接的スピルオーバー）がともに存在することが確認された．1995 年では仮説は棄却されず，1995 年のスピルオーバー構造は適切に検出できていない．また，社会資本の生産弾力値 β_3 も極端に小さくなっており，統計的に有意ではない．

1985年以降における社会資本の生産弾力値の低下がもたらす含意を明らかにするために，1975年，1980年，1985年，1990年，1995年という5つの時間断面で社会資本の限界生産性がどのように変化したかを分析しよう．スピルオーバー効果を含めた社会資本の限界総生産性を $\partial(\sum_{i=1}^{n} Y_i)/\partial G_j$ と定義する．すなわち，限界総生産性は地域 j における社会資本の微小な増加が，日本全体における総生産に及ぼす限界的な効果を意味する．**図5.2**は都道府県別に社会資本の限界総生産性の経年変化を表したものである．1975年では地方部の社会資本の限界生産性が高かったのに対して，1985年は都市部の限界生産性が高い．これは，1975年では生産効果を産み出すような社会資本が地方部で過小であったが，85年までにある程度その傾向が解消されたことを意味する．**表5.3**の推計結果に基づく限り，限界総生産性は1985年以降，全国的に低下している．このような限界総生産の低下傾向は地方部だけの問題ではなく，3大都市圏においても現れている．

このように1985年以降で社会資本の限界総生産性が減少し，1995年時点ではスピルオーバー構造も棄却された理由としては種々考えられよう．1つには，1995年がバブル経済崩壊後という特殊な経済環境にあったことが指摘できる．しかし，**図5.2**に示すように，1985年からの社会資本の限界総生産性の低下は大きく，日本経済がバブル経済にあった1990年においてすでに低下傾向であることがわかった．このような社会資本の限界生産性の低下傾向は多くの既往研究でも報告されている [48]-[51]．これらの既往研究は社会資本のスピルオーバー効果を考慮したものではないが，生産性が減少した理由として，1）1985年以降，わが国における社会資本ストックが過剰となり，社会資本の限界生産性が著しく低下した，あるいは，2）社会資本の限界生産性の低い地方部において社会資本ストックが蓄積されたことにより，社会資本の限界生産性が低下したことを指摘している．

他のことを一定にすれば，社会資本の蓄積により社会資本の限界生産性が低下することは事実である．しかし，2）の理由に関しては，少なくとも**図5.2**を見る限り，限界生産性の減少は地方部のみの現象ではなく，日本全体に共通して見られる現象である．さらに，1995年においては，社会資本のスピルオーバー構造そのものも棄却されているが，都市間流動量が増加した1995年時点において，社会資本のスピルオーバー効果が存在しないとは考えにくい．また，スピルオーバーを考慮した生産関数モデル (5.3.4a),(5.3.4b),(5.3.5a) においても，同様に限界生産性が減少するという結果が得られており，**5.4.1**で考察した，社会資本ストックの過大推計の可能性が疑われる．

これには以下のような可能性が考えられる．たとえば，道路に着目すれば，1985〜1995年の間の投資額の伸びに比べて実延長の延びが小さいことが指摘されており [52]，この時期には既存道路の線形改良や拡張工事が進展したことが推察される．このとき，利用されなくなった道路施設は道路ストックから除却しておく必要がある．土居によるデータベースは社会資本のストック額の除却計算を行っているが，そこで用いられたワイブル分布を用いた除去スケジュールが1985年以降に増加した既存社会資本の除却パターンを反映しているとは限らない．また，土居データは社会資本の稼働率が考慮されていないという問題もある．

このように，現時点で利用可能な社会資本ストックデータは種々の問題を抱えており，**表 5.3** の推計結果から直ちに社会資本の限界生産性やスピルオーバー効果の低下を結論づけることは危険である．社会資本の限界生産性に関する最終的な判断を行うためには，除却を考慮した社会資本ストックデータの整備を待たざるを得ないと考える．この意味でも，わが国における社会資本ストックデータの整備が不可欠である．

5.5.5 スピルオーバー効果の計測

スピルオーバーを考慮した生産関数モデルの 1 つの利点は，社会資本整備の効果を自地域に帰着する効果と他地域にスピルオーバーする効果を分離して計測できる点にある．スピルオーバー効果を含めた社会資本の限界総生産性は

$$\frac{\partial(\sum_{i=1}^{n} Y_i)}{\partial G_j} = \beta_3 \psi_{jj} \frac{Y_j}{G_j} + \sum_{i \neq j} (\beta_3 \psi_{ij} + \gamma_3 \psi_{ij} W_{ij}^s) \frac{Y_i}{G_j} \tag{5.5.41}$$

と分解できる．式 (5.5.41) は，社会資本の限界総生産性が右辺第 1 項で表される自己限界生産効果（社会資本の限界的な整備が自地域の総生産に及ぼす限界的な効果）と限界生産波及効果（ある地域における社会資本の限界的な整備が知識スピルオーバー効果および要素スピルオーバー効果を通じて自地域を除く他の地域の総生産に及ぼす限界的な効果）に分解されることを表している．前者には自地域の生産性の変化が他地域の生産性に影響を及ぼし，それが自地域の生産性にフィードバックするという乗数的な効果も含まれている．1995 年と同様に都市部での限界生産性が高く，社会資本ストックデータの問題が顕著になる前の時点である 1985 年の結果を示す．

図 5.2 に示した 1985 年時点における社会資本の限界総生産性は，コア地域である東京都，大阪府，愛知県の 3 大都市圏において突出している．これを 2 つに分解した結果を**表 5.4** に示し，自己限界生産性の空間分布を**図 5.3** に，限界生産波及効果の空間分布を**図 5.4** に表わす．**図 5.3** に示される社会資本の自己限界生産効果はコア地域が最も大きく，次いでコア地域に対して高いアクセシビリティを有する周辺の府県においても大きい値を示している．**図 5.4** に示される限界生産波及効果の大きさは，自己限界生産効果より小さい値となっている．なお，北海道などは例外であるが，これは知識スピルオーバーの空間近接行列に航空の時間費用を加味しているため，航空便が多く就航している都道府県は知識のスピルオーバーを介した生産力の波及効果が生じやすくなっているためと考えられる．

図 5.4，および**表 5.4** に示すように，コア地域における限界生産波及効果は他の地域より大きい．また，大都市圏に隣接する都道府県においても社会資本の限界生産波及効果が大きな値を示している．また，コア地域に対して極端にアクセシビリティの低いいくつかの県を除けば，多くの道府県の限界生産波及効果はコア地域における値と同等の値を持っている．以上の結果より，わが国では知識のスピルオーバー効果を発揮させるためのネットワーク型社会資本の基礎的な整備が多くの地域で結実し，同様の効果を発揮で

表 5.4 都道府県の限界生産性（1985 年）

	総生産性	自己生産性	波及効果
北海道	0.101	0.065	0.035
青森	0.115	0.071	0.044
岩手	0.107	0.072	0.035
秋田	0.099	0.073	0.027
山形	0.122	0.090	0.032
福島	0.180	0.118	0.061
茨城	0.173	0.123	0.050
栃木	0.182	0.142	0.040
群馬	0.179	0.135	0.043
埼玉	0.203	0.158	0.045
千葉	0.169	0.132	0.038
東京	0.242	0.198	0.044
神奈川	0.229	0.187	0.042
新潟	0.125	0.086	0.039
富山	0.154	0.118	0.036
石川	0.117	0.090	0.026
福井	0.097	0.094	0.003
山梨	0.096	0.092	0.004
長野	0.151	0.104	0.047
岐阜	0.164	0.126	0.038
静岡	0.219	0.154	0.065
愛知	0.256	0.195	0.061
三重	0.167	0.127	0.040
滋賀	0.121	0.106	0.015
京都	0.219	0.161	0.058
大阪	0.259	0.195	0.063
兵庫	0.179	0.134	0.045
奈良	0.106	0.099	0.007
和歌山	0.121	0.100	0.020
鳥取	0.044	0.036	0.008
島根	0.071	0.067	0.005
岡山	0.149	0.107	0.043
広島	0.167	0.112	0.055
山口	0.144	0.105	0.039
徳島	0.082	0.076	0.006
香川	0.123	0.105	0.018
愛媛	0.153	0.106	0.047
高知	0.071	0.065	0.007
福岡	0.201	0.136	0.065
佐賀	0.085	0.071	0.007
長崎	0.140	0.097	0.044
熊本	0.141	0.104	0.037
大分	0.122	0.097	0.025
宮崎	0.105	0.086	0.019
鹿児島	0.114	0.080	0.034

きる条件が整えられてきたが，整備が不充分な地域も残されていることが理解できる．

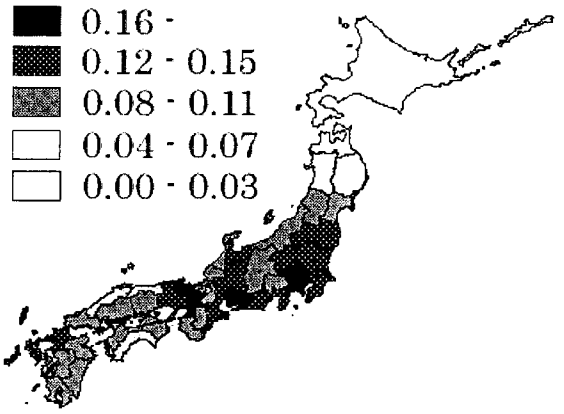


図 5.3　社会資本の自己限界生産効果

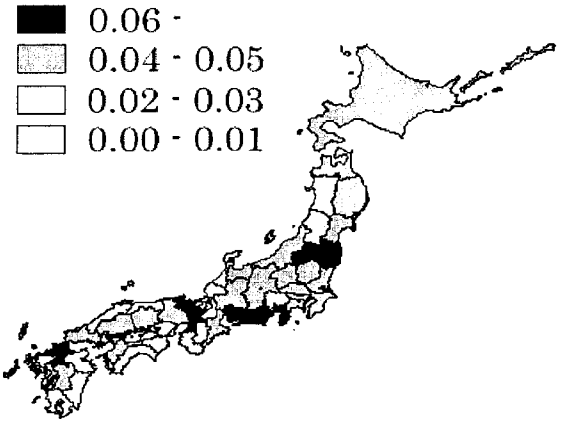


図 5.4　社会資本の限界生産波及効果

5.6　結言

本章では，社会資本のスピルオーバー効果と生産性を計測することを目的として実証分析を行った．その際，スピルオーバー効果として要素スピルオーバー効果と知識スピルオーバー効果があることを指摘し，これらのスピルオーバー効果を計測するために4種類の生産関数モデルを定式化した．さらに，実証分析を通じて，社会資本のスピルオーバーには知識の階層的なスピルオーバーと生産要素の双方向的なスピルオーバー効果が存在することが明らかとなった．

本章で提案した方法論の有効性は実証分析を通じて明らかにしえたと考える．今後，社会資本の生産性に関して，より信頼性の高い知見を得るためにはいくつかの研究課題が残されている．第1に，社会資本ストックに関するデータベースの整備があげられる．現時点で，社会資本の除却を考慮したストック会計は

存在せず，社会資本ストックに関するバランスシートの作成が課題となっている．空間的な位置情報，整備年次や改修・拡張の履歴，ネットワーク型・非ネットワーク型の種別等の情報を含み，適正な方法に基づいた社会資本ストックデータベース作成とその公開が緊急の課題である．第2に，社会資本の整備効果やその波及効果は長期間にわたって現れる．社会資本の整備効果の時間的ラグの計測が今後に残された大きな課題となっている．また，社会資本の生産性はマクロ経済の動向にも左右される．社会資本の整備効果を追跡するためには，空間的動学過程の計量化の方法論を開発する必要がある．多時点間におけるパネルデータの空間的相関の取り扱いが今後に残された大きな理論的な研究課題になっている．第3に，クロスセクションデータを用いた生産関数推定問題は，少サンプルに基づいた議論とならざるを得ない．今後，小標本論の立場から仮説検定の方法論 [53]~[55] を開発していく必要がある．第4に，Cobb-Douglas 型生産関数は生産要素間の代替・補完関係を flexible に表現できないという限界を持っている．例えば，階層型 CES 生産関数，translog 型生産関数を用いるなど多様なモデルの推計を試み，社会資本の生産性を多面的に検討する必要がある．最後に，社会資本は生産資本として生産の効率化に資するのみならず，生活資本として家計の厚生増加にも寄与する．社会資本の整備効果は最終的に土地に資本化され，その効果を地代を通じて顕在化される．従来より，ヘドニック理論を用いた社会資本の資本化仮説の検定問題に関しては研究の蓄積があるが，今後は生活資本としての社会資本の生産性の計測問題が重要な課題である．

参考文献

[1] 江尻良, 奥村誠, 小林潔司：社会資本の生産性と経済成長：研究展望, 土木学会論文集, No. 688/IV-53, pp. 75-87, 2001.

[2] 長峰純一, 片山泰輔：公共投資と道路政策, 勁草書房, 2001.

[3] 土井丈朗：日本の社会資本に関するパネル分析, 国民経済, No.161,pp.27-52, 1998.

[4] 浅子和美, 常木淳, 福田信一ほか：社会資本の生産力効果と公共投資政策の経済構成評価, 経済分析, Vol.135, 1994.

[5] 吉野直行, 中島隆信：公共投資の経済効果, 日本評論社, 1999.

[6] 吉野直行, 中野英夫：地域別公共資本の生産拡大効果, 住宅土地経済, No.13, pp.24-29, 1994.

[7] 吉野直行, 中野英夫：公共投資の地域配分と生産効果, フィナンシャルレビュー, No.41, pp.41-51, 1996.

[8] 吉野直行, 中東雅樹：都市部と地方部の社会資本の生産力効果格差に関する実証分析-産業別・地域別の社会資本の生産力効果, 日本財政学会第 55 回大会報告論文, 1998.

[9] Costa, J. S., Ellson, R. W., and Martin, R. C. : Public capital, regional output, and development : Some empirical evidence, *Journal of Regional Science*, Vol.27, pp.419-437, 1987.

[10] Munnell, A. H. : Infrastructure investment and economic growth, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 6, pp.189-192, 1992.

[11] Evans, P. and Karras, G.: Are goverment activities productive? Evidence from a panel of U.S. states, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 76, pp. 1-11, 1994.

[12] Garcia-Milà, T., McGuire, T.J., and Porter, R.H.: The effect of public capital in state-level production functions reconsidered, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 78, pp. 177-180, 1996.

[13] Holtz-Eakin, D. and Schwartz, A.E.: Spatial productivity spillovers from public infrastructure: Evidence from state highways, *International Tax and Public Finance*, Vol. 2, pp. 459-468, 1995.

[14] 小林潔司：知識生産と企業の立地均衡に関する理論的研究, 土木学会論文集, 第 395 号/IV-9, pp. 95-104, 1988.

[15] Romer, P. M.: Endogenous technological change, *Journal of Political Economy*, Vol. 98, pp.71-102, 1990.

[16] Holtz-Eakin, D. : Public-sector capital and the productivity puzzle, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 74, pp. 12-21, 1994.

[17] Boarnet, M. G.:The Direct and Indirect Economic Effects of Transportation Infrastructure, Working Paper UCTC No.340, The University of California Transportation Center, 1996.

[18] Boarnet, M. G. : Spillovers and the locational effects of public infrastructure, *Journal of Regional Science*, Vol. 38, No.3, pp.381-400, 1998.

[19] Canaleta, C. G., Arzoz, P. P., and Garate, M. R. : Public Capital, Regional Productivity and Spatial Spillovers, Working Paper 9811,Department of Economics, Public University of Navarra, 1988.

[20] 三井清, 太田清：社会資本の生産性と公的金融, 日本評論社, 1995.

[21] Yamano, N. : Spatial Dependence of Public Capital Productivity: Estimating the Spill Overs in Japanese Prefectures, Paper presented at the Annual conference of Applied Regional Science, 2000.

[22] Ratner, J. B. : Government capital and the production function for U.S. private output, *Economic Letters*, Vol.13, pp.213-217, 1983.

[23] Meade, J. E. : External economies and diseconomies in a competitive situation, *Economic Journal*, Vol.62, pp.54-67, 1952.

[24] Keilbach, M. : *Spatial Knowledge Spillovers and the Dynamics of Agglomeration and Regional Growth*, Springer Verlag, 2000.

[25] Anselin, L. : *Spatial Econometrics : Methods and Models*, Kluwer Academic, 1987.

[26] 奥村誠, 足立康史, 吉川和広：空間相互作用をとりいれた地域モデルの推定法, 土木計画学研究・論文集, No.7, pp.115-122, 1989.

[27] 堤盛人, 清水英範, 井出裕史：空間的自己相関を記述するための重み行列の構造が分析結果に及ぼす影響, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.321-325, 2000.

[28] Cliff, A. D. and Ord, J.K.: *Spatial Autocorrelation*, Pion, 1973.

[29] Ord, J.K.: Estimation methods for models of spatial interaction, *Journal of the American Statistical Association*, Vol.70, pp. 120-126, 1975.

[30] Cliff, A. and Ord, K. : *Spatial Process : Models and Applications*, Pion, 1981.

[31] Arbia, G.: *Spatial Data Configuration in Statistical Analysis of Regional Economic and Related Problems*, Kluwer Academic, 1989.

[32] Bailey, T. C. and Gartrell, A.C.: *Interactive Spatial Data Analysis*, Longman Group, 1995.

[33] Burridge, P.: Testing for a common factor in a spatial autoregression model, *Environment and Planning A*, Vol. 13, pp.795-800, 1981.

[34] Bivand, R. S.: Regression modeling with spatial dependence: An application of some class selection and estimation methods, *Geographical Analysis*, Vol. 16, pp. 25-37, 1984.

[35] Haggett, P.: Hybridizing alternative models of an epidemic diffusion process, *Economic Geography*, Vol. 52, pp. 136-146, 1976.

[36] Haining, R.: *Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences*, Cambridge University Press, 1990.

[37] 経済企画庁総合計画局：日本の社会資本, ２１世紀へのストック, 東洋経済新報社, 1998.

[38] 大河原透, 松浦良紀, 中馬正博：地域経済データの開発その１　製造業資本ストック・社会資本ストックの推計, 電力中央研究所報告, 585003, 1985.

[39] http://www.econ.keio.ac.jp/staff/tdoi/pfdata.html 13cm

[40] Cairncross, F. : *The Death of Distance : How the Communication Revolution Will Change Our Lives*, Harvard Business School Press, 1997.

[41] 太田勝俊, 杉山武彦：時間価値の理論とその計測手法の研究, 日交研シリーズ, A-123, 日本交通政策研究会, 1988.

[42] Tiefelsdorf, F., Griffith, D. A., and Boots, B. : A variance-stabilizing coding scheme for spatial link matrices, *Environment and Planning A*, Vol.31, pp.165-180, 1999.

[43] Greene, W. H.: *Econometric Analysis*, Macmillan, p.344, 1991.

[44] Moran, P.: The interpretation of statistical maps, *Journal of the Royal Statistical Society B*, Vol. 10, pp. 243-251, 1948.

[45] 安野貴人, 小林潔司, 都明植：室内実験による交通情報の経路誘導効果に関する多重仮説検定, 土木学会論文集, No.597/IV-40, pp. 49-60, 1998.

[46] Savin, N.E.: Multiple hypothesis testing, in: Grili-ches, Z. and Intriligator, M. D. (eds.): *Handbook of Econometrics*, Vol. II, pp. 827-879, 1984.

[47] Gourieroux, C. and Monfort, A.: *Statistics and Econometric Models*, Vol. 2, Cambridge University Press, 1995.

[48] 大河原透, 山野紀彦：社会資本の生産力効果, 電力経済研究, No.34, pp.45-57, 1995.

[49] 村田治：社会資本の経済効果, 公的金融と公共投資, 近畿郵政局,2000.

[50] 田中芳樹：公的資本形成の政策評価, PHP 研究所, 2001.

[51] 大河原透, 山野紀彦, Kim Yoon Kyung：財政再建下の公共投資と地域経済, 電力経済研究, No45, pp.51-66, 2001.

[52] 本間正明, 斉藤慎：地方財政改革：ニュー・パブリック・マネジメント手法の適用, 有斐閣, 2001.

[53] Tiefelsdorf, M.: *Modeling Spatial Processes: The Identification and Analysis of Spatial Relationships in Regression Residuals by Means of Moran's I*, Springer Verlag, 2000.

[54] Kelejian, H. H. and Purcha, I. R.: A generalized moments estimator for the autoregressive parameter in a spatial model, *International Econometric Review*, Vol. 40, pp.509-533, 1999.

[55] Kelejian, H. H. and Purcha, I. R. : Small Sample Properties of Estimators of Spatial Autoregressive Model with Autoregressive Disturbances, Paper presented in 17th Pacific Conference Regional Science Association International, unpublished, 2001.

第6章

道路舗装管理会計システムの構築に関する研究

6.1 緒言

近年，ライフサイクル費用の削減を目標とする道路舗装のアセットマネジメントシステムに関する研究が進展している [1]．道路舗装の修繕は，利用者費用や社会費用を含めた期待ライフサイクル費用が最小になるようなタイミングで実施されることが望ましい．しかし，道路管理者は道路舗装の最適な修繕計画を達成できる予算を毎年確保できるとは限らず，当該年度の限られた修繕予算の中で，優先順位の高い道路区間に限って修繕を実施せざるを得ない場合が少なくない．当該年度に修繕されなかった箇所に関しては，その修繕が翌年度以降に先送りされることになる．

公共事業の予算は経済政策や財政状況により大きく変動する．それに伴って，修繕予算も変動する．道路舗装に限らず，多くのインフラ資産では一時的に修繕を繰延べても，その影響が直ちに現れない．公共事業の予算額が一定である限り，修繕支出額を増やせば，新規事業費は削減せざるを得ない．そのため，事業効果が顕著な新規事業を優先し，本来必要な維持補修予算が一律に削減されたり，繰り延べられることが起こりうる．修繕を将来に先送りした場合，どこかの時点で積み残した修繕需要を解消しなければならない．修繕需要を解消しない場合，修繕が必要な箇所が累積的に増加し社会資本全体のサービス水準低下につながる．

既存の道路舗装の老朽化や道路資産の増大を背景として，今後道路舗装の修繕需要は劇的に増加しよう．財政基盤の縮小が予想される中で，新規道路整備の投資余力を残しながら，道路舗装の効率的な修繕を実施するための予算管理が重要となる．企業会計においては，売上げや利益など目標値の設定とその達成度合いを会計的に測定し，その業績評価・管理と企業行動をコントロールするための管理会計システムが発展してきた．道路舗装マネジメントにおいても，道路舗装の機能を維持するために十分な修繕が継続的に実施されているかを評価し，適切なサービス水準を持続的に維持するための予算を自律的に調達するための管理会計システムを構築することが極めて重要である．

本章では，地方自治体の道路管理者が道路舗装の資産管理情報に基づいて，道路舗装の合理的修繕を執行するための舗装管理会計システム（Pavement Management Accounting Systems：以下，PMAS と略

す）を提案する．PMASは，1）道路舗装の資産価額と会計年度における資産（もしくは負債）の変化を記録する舗装管理会計（Pavement Mamagement Accounting：以下，PMAと略す），2）会計年度における執行予算に基づいて道路舗装の修繕戦略を決定する維持補修管理システム（Maintenance Management System：以下，MMSと略す）により構成される．会計年度における修繕実績は，当該年度の資産の増加（あるいは負債の減少）として計上され，翌年度以降の道路舗装の修繕予算を管理するための基礎情報として利用される．

6.2 本章の基本的立場

6.2.1 既往研究の概要

1970年代以降，道路舗装のライフサイクル費用の低減化をめざした舗装管理システム（Pavement Management System：PMS）に関する研究が蓄積された[1]-[3]．中でも，その中核的なサブシステムである維持補修管理システム(Maintenance Management Systems：MMS)に関していくつかの実用化が図られている．道路舗装のアセットマネジメントを実施するためには，プロジェクトレベル，ネットワークレベルでの修繕管理を効率的に遂行する必要がある．前者は個々の工区の修繕方法を求めることを目的としている[4]-[8]．プロジェクトレベルを対象とした道路舗装の修繕モデルに関しては，いくつかの研究事例がある．たとえば，サービス水準を確定的に扱い修繕費用の平準化をめざした修繕計画モデル[9]や施設需要との関連性を定式化した最適修繕モデル[10]･[11]が提案されている．現実の舗装の劣化過程には多大な不確実性が存在し，あらかじめ将来の修繕時期を確定的に予測することは不可能である．むしろ，その時々の道路舗装の劣化水準を観測しながら修繕を実施すべきかどうかを決定する状況依存的な修繕ルールを設計することが望ましい．このような観点から，マルコフ決定過程を用いて道路舗装の劣化過程の不確実性を考慮した最適修繕モデルが提案された[12]･[13]．マルコフ過程を用いて実用的な最適修繕モデルを作成しようとすれば推移行列が膨大となり操作上問題が生じる．これに対して，ファイナンス工学的手法を用いて修繕ルールを提案する方法も提案されている[15]･[14]．

一方，ネットワークレベルを対象とした道路舗装のアセットマネジメントは，修繕の必要な候補区間を抽出し，修繕の実施の優先順位を付け，限られた修繕予算の制約の中で効率的に修繕個所の選択を行うことを目的としている．このような視点より，田村等は予算制約の下で，道路網全体の舗装に関するライフサイクル費用を可能な限り低減させるような実用的な修繕ルールを提案している[16]．さらに，長期的な視点から道路舗装の品質水準を適切な水準に維持するために必要となる予算水準や道路舗装の修繕ルールを求めるための方法論を提案している．しかし，道路舗装のアセットマネジメントでは，道路舗装の修繕予算が予算過程の中で決定されるため，会計年度を通じて常に最適な予算水準を確保できるわけではない．各年度における道路修繕の実績は将来時点における修繕需要に影響を及ぼす．道路舗装のサービス水準を

持続的に維持するためには，道路舗装の資産価額を評価するとともに，将来に繰越された修繕需要を評価する管理会計情報が必要となる．本章では，道路管理主体が道路舗装のサービス水準を持続的に維持するための管理会計情報を作成し，それに基づいて道路舗装の修繕をマネジメントするための PMAS を提案する．

6.2.2 PMAS の役割

多くの道路管理主体において，道路舗装の修繕需要を推計する試みがなされている．しかし，わが国では道路舗装の劣化過程を十分な精度をもって推定するためのデータが不足している．そのため，過去の修繕実績に基づいて道路舗装の耐用年数を仮定するとともに，過去の道路舗装の実績に関する時系列データより将来の修繕需要を予測するという方法が用いられている．しかし，道路舗装の合理的な修繕ルールが考慮されておらず，道路舗装修繕の予算水準が道路舗装全体のライフサイクル費用に及ぼす影響を考慮できないという限界を有している．また，仮に修繕のための財源が不足した場合，道路舗装のサービス水準が将来どの程度低下するのかを明確にできないという問題点がある．

道路舗装のサービス水準を長期的に持続するためには，将来時点に必要となる修繕投資のための予算に関する会計情報を適切に管理することが必要である．修繕予算の短期的な変動を許しても，長期的には安定的な修繕投資財源を確保しうる管理会計システムを確立することが必要である．本章で提案する PMAS は道路舗装の資産評価を通じて，道路舗装のサービス水準を維持するための修繕が十分に実施されたかを評価するとともに，道路舗装のサービス水準を維持するために必要な財源を自律的に調達するための会計情報を提供することを目的とする．PMAS を構築するにあたり，道路舗装の修繕予算が重要な政策パラメータとなる．特に，道路網全体の舗装サービス水準を長期的に維持しつつ，期待ライフサイクル費用を可能な限り低減化しうる予算管理水準を求めることが重要な課題である．

いま，ある長期的な修繕予算計画が与えられ，道路舗装の修繕が繰り返される状況を考えよう．この場合，以下の２つのケースが生じうる．修繕予算が短期的には変動しても，長期的には十分な修繕予算が安定的に確保されていれば，道路舗装のサービス水準をある一定レベルに維持できる．しかし，長期的に予算水準が過小である場合，各会計年度の修繕需要が翌年度以降に持ち越され，道路網全体における道路舗装のサービス水準は時間とともに低下していく．このような問題意識に基づいて，本研究では期待ライフサイクル費用を可能な限り低減できるような道路舗装の望ましい修繕戦略を決定する MMS を構築する．さらに，各会計年度の道路舗装の管理会計情報を記述する PMA に基づいて修繕予算管理と修繕工事管理を効果的に実施するための PMAS を提案する．

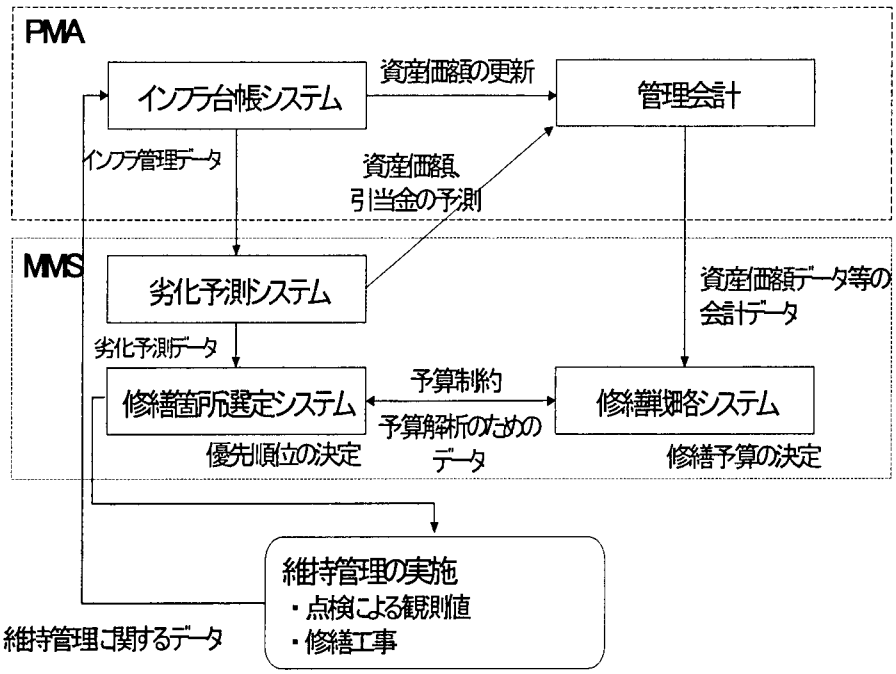


図 6.1 PMAS の全体構成

6.2.3 PMAS の構成

道路舗装のアセットマネジメントを所轄する地方自治体の土木部・道路課レベル，および事業所レベルにおける修繕業務を想定しよう．PMAS の全体構成を**図 6.1** に示している．PMAS は 1）道路舗装の資産価額と会計年度における資産（もしくは負債）の変化を記録する PMA と，2）会計年度における執行予算に基づいて道路舗装の修繕戦略を決定する MMS により構成される．さらに，PMA は a）各道路区間の道路舗装の状態を記録する舗装台帳システムと，b）道路舗装の資産価額とその変化を記述する管理会計で構成される．一方，MMS は，a）道路舗装の劣化過程を推定する劣化推定システム，b）劣化水準の予測値に基づいて修繕区間の優先順位を決定する修繕箇所選定システム，c）道路舗装の修繕予算を決定し，各会計年度において修繕予算を検討するための基礎情報を提供する道路舗装の修繕戦略システムにより構成される．PMAS 全体は土木部・道路課レベルで統括されるが，舗装台帳システム，および道路舗装の劣化推定，修繕箇所選定は主として事業所レベルで活用・更新される．

PMA を構成する舗装台帳システムは道路舗装の管理台帳をデータベース化したものである [17]．舗装台帳システムには各道路区間の舗装に関する技術的状況，過去の修繕実績，過去の点検実績，点検時に観測された舗装水準（ひび割れ率，轍ぼれ量，平坦性等），サービス水準，交通センサス等で観測された交通量等が記録される．道路舗装のサービス水準は（旧）建設省が提案した MCI 値により記述される [18]–[23]．さらに，実地点検による道路舗装水準，サービス水準等の新しい観測値，修繕工事の実績情報が得られる

たびに，舗装台帳システムに記載されている情報は逐次更新される．つぎに，PMA を構成する管理会計は，会計年度における道路舗装の資産価額，修繕需要の評価結果とその経年的履歴を記述するものである．管理会計には個々の道路区間の当該会計年度における道路舗装のサービス水準と資産状況が記載されると伴に，個別区間の会計情報が道路網全体にわたって集計化され，道路網全体の管理会計情報が作成される．道路舗装の機能劣化は不確実なプロセスであり，将来時点の劣化水準を確定的に予測することは不可能である．したがって，実地点検による観測値が得られれば，新しい MCI 値に基づいて各道路区間の資産管理情報が見直される．なお，舗装の実地点検は決められた時間間隔で実施される場合が多く，すべての会計年度において常に最新の MCI 値が得られるわけではない．この場合，舗装台帳に記載されている過去の観測値情報に基づいて，当該会計年度における MCI 値と資産状態を推計する必要がある．なお，MCI 値と資産状態の推計方法に関しては，それぞれ **6.4.2**），**6.5.1** で言及する．一方，MMS は PMA 情報に基づいて，年度内に修繕が必要となる道路区間をリストアップするとともに修繕区間の優先順位を設定するシステムである．当該年度の予算制約が与えられれば，当該年度に実施される修繕対象箇所が選定される．修繕結果に基づいて，PMA に記載されている情報が更新される．

なお，道路舗装のアセットマネジメントを効率的に執行するためには，道路舗装の管理会計情報が予算管理を担当する財務部局，インフラ資産を管理する担当部局（たとえば，土木部）に共有化される必要がある．言い換えれば，地方自治体全体の財務会計，管理会計システムが整備され，PMAS はそのサブシステムとして機能する必要がある．本章で提案した PMAS はあくまでも道路舗装の効率的管理を目的とするものであるが，道路舗装の資産管理情報の作成方法を検討する場合，最終的に地方自治体全体の管理会計システムの中に PMAS がどのように位置づけられるべきかを具体的に想定しておくことが必要である．このような観点から，**6.3** ではインフラ資産のアセットマネジメントに資する管理会計方式について考察し，道路舗装の資産状況に関する望ましい評価方法について検討する．

6.3 道路舗装の資産評価と会計方式

6.3.1 管理会計情報

地方自治体の会計方式は地方自治法の定めにより現金主義を採用しており，会計処理において現金の収入と支出というフローの情報が管理される [24]·[25]．しかし，近年では発生主義に基づいて会計情報を作成する地方自治体が増加している [25]~[30]．発生主義の会計ではフローの情報だけでなくストックに関する情報も管理され，過去に獲得した資産の現時点における状態を評価できる．通常，会計情報は外部報告を目的とする財務会計情報と内部報告を目的とする管理会計情報に大別される [31]．財務会計情報は「公的サービスが効率的な形で行われているか」,「公的サービスは将来的にわたって安定的に提供されるのか」といった点に関する情報を公的サービスの受益者に対し提供すること（すなわち，アカウンタビリティの

確保）を目的とする．一方，管理会計情報は公的主体内部での意思決定や業績に関する情報を公的主体内部で共有化し，関連する部局における意思決定を合理化することを目的としている．両者とも情報源は同一であるが，その利用目的によって提供される情報の形態が異なる．

本研究では，道路舗装のアセットマネジメントを支援する管理会計システム（PMAS）を提案する．前述したように，本来，PMAS は地方自治体の管理会計システムを構成するサブシステムとして位置づけられるべきものである．さらに，地方自治体が道路舗装を含めたインフラ資産全体を効率的にマネジメントするための管理会計システムが必要である．PMAS は道路舗装の効率的なアセットマネジメントに資することを目的とするものではあるが，単に各会計年度における予算の効率的配分のための情報を提供するのではなく，過去の道路新規整備の結果して実現した当該会計年度の道路舗装の資産価額を評価し，将来の道路舗装の修繕計画を合理的に作成するための管理会計情報が必要となる．したがって，PMAS では道路舗資産の時価評価を通じて道路舗装の修繕需要を的確に把握することを目的とした発生主義による会計処理が必要となる．

6.3.2 道路舗装の資産価額評価

道路舗装は，1）社会経済活動の基盤施設を構成する公共財である，2）長期間にわたる使用によりサービス水準が劣化する．サービス水準が低下すれば，修繕投資によりサービス水準を所定のレベルまで回復することが義務づけられた資産である，3）計画から維持管理まで一貫した適切な管理が必要とされる，という特性を持つ．本研究で提案する PMAS は，道路管理者が道路舗装のサービス水準を一定水準以上に保つための予算管理を目的とするものであり，ライフサイクルに対応した費用の発生を的確に認識・評価をすることが課題となる．道路施設のライフサイクルに応じて多様な費用が発生するが，本研究ではすでに供用された道路施設の運営者の立場から，道路舗装のもたらすサービス機能を所与の水準に保つために必要となる修繕費に着目する．ただし，災害等による滅失や機能向上のための道路舗装の改良に関しては考察の対象外とするが，その対応方法については **6.5.4** で言及する．

一般に，企業会計における固定資産の貸借対照表計上額はその資産の取得に要した原始取得価額（取得原価）により決定される．貸借対照表では次年度繰越額が算定され，取得原価（または年初貸借対照表価額）との差額が費用として計上される．しかし，1つの資産に対して1つの評価額のみが決定されるわけではない．**表 6.1** に示すように，資産評価の方法は，1）資産の取得に要する支出額を基礎として決定するのか，あるいは，保有資産の売却によって得られる収入額を基礎として決定するのか，2）過去の価額を基礎とするのか，現在の価額を基礎とするのか，あるいは，将来の（予想される）価額を基礎として決定するのかに応じてつぎの4つの概念に分類できる [31]．

表 6.1 資産評価の考え方

	過去の価額	現在の価額	将来の価額
支出額	取得原価	再調達価額	—
収入額	—	正味実現可能価額	割引現在価値

取得原価（歴史的原価）

取得時に支払われた現金または現金同等物，あるいは取得するために提供した対価の公正価値をいう．資産を取引した時点での金額を示し，購入者と販売者が実際に合意に達した金額を示す．外部との取引金額であり客観性・検証可能性が非常に高いが，歴史的原価を基礎とするため，物価変動時には貸借対照表計上額が時価を適切に反映しない．

再調達価額（取替原価）

保有している資産を測定日（例えば貸借対照表日）で再取得した場合に支払われる現金または現金同等物をいう．実際に取引した金額ではなく，測定日に購入市場で成立している価格を指す．物価変動時には資産価額（時価）を適切に反映する．しかし，道路舗装を直接取引する市場が存在しないため，市場価格を資産価額として用いることが不可能であり，資産評価の客観性，検証可能性を確保する努力が必要である．

割引現在価値

通常の事業活動で期待される将来キャッシュ・フローの割引現在価値をいう．非営利事業である道路管理主体では，事業のキャッシュフローの現在価値を計測できない．営利事業体においても，キャッシュフローに基づいて道路舗装のみの資産評価を行うことは不可能である．

正味実現可能価額（実現可能価値）

正味実現可能価額とは現時点での通常の売却によって得ることのできる現金または現金同等物（売却収入－売却に係る諸費用）をいう．道路事業部門では，道路舗装の売却がそもそも想定されていないため，正味実現可能価額の採用は困難である．

以上の観点を整理すれば，道路舗装の資産評価法として取得原価，再調達価額が適切であることが理解できる．いずれの評価方法が望ましいかは，得られた評価結果をどのような目的のために用いるかに依存している．例えば，異なる会計主体間の間で評価結果を比較したり，納税者に対して客観的・検証可能な財務会計情報を提供する場合には取得原価が望ましい．しかし，道路舗装の修繕予算の管理を目的とするPMASは，道路管理主体の修繕投資能力を適切に評価することを目的としており，道路舗装を再調達価額を用いて時価評価することが必要となる．

6.3.3 減価償却に関する問題

固定資産の評価額を，それが利用される各期間にわたって規則的に費用（あるいは行政コスト）として配分するとともに，その額だけ資産の繰越価額を減じていく会計上の手続を「減価償却」という．減価償却を行うにあたっては，1）固定資産の当初取得時の評価額，2）耐用年数，3）残存価額の3つの要素が必要となる．このうち，1）については，必ずしも取得原価を基礎とする必要はなく，再調達価額を用いることも可能である．耐用年数は，当該固定資産の使用可能期間である．本来，各固定資産に対して個別に耐用年数を見積もることが必要であるが，企業会計上は税法上の要請により，税法の基準を採用している企業が多い．残存価額は，固定資産の耐用年数到来時において予想される当該資産の資産価額であるが，企業会計では税法上の要請から取得原価の10％と設定する場合が多い．結果的には，減価償却の手続は固定資産の当初取得時の評価額から残存価額を差引いた額を耐用年数の期間で規則的に配分し，各年度の費用とするものである．

減価償却は，費用配分の原則に基づき，適正な期間費用の計算のために行われる手続である．減価償却によって得られる資産の次年度繰越額（年度末貸借対照表計上額）は，必ずしも当該資産の資産価額を表すものではなく，翌年度以降に費用として処理されるべき金額を意味する．実際，企業会計では客観性・検証可能性の確保及び適正な期間損益計算が重視されるため，取得原価を基礎とし，減価償却の手続により次期繰越額（期末貸借対照表計上額）が決定される．次年度繰越額（年度末貸借対照表計上額）は，「翌年度以降の収益に対応すべく翌年度以降に費用となるべき金額」であり，貸借対照表日時点での当該資産の売却価値や再調達原価を表すものではない．規則性が要求される理由は，恣意性の排除にある．

インフラ資産が減価償却資産に該当するか否かに関して会計学上の論争が続いており決着がついていない[31]-[33]．道路舗装に関しても同様の議論が成立する．道路舗装が減価償却資産に該当しないという立場に立てば以下の議論が成立する．道路舗装を適切に維持・修繕すれば，道路舗装は常に良好で安全な状態に維持され無限の耐用年数を持ちうる．したがって，価値の減少は発生しない．道路舗装のサービス水準を保つために必要な維持補修費が費用として計上される．実際に支出した維持補修費が所与の道路舗装のサービス水準を維持するために必要な繰入金よりも少ない場合は，繰延引当金（負債）が計上される．一方，減価償却が必要であるという議論も存在する．道路舗装は適切な維持・補修によって耐用年数が延びるにしても，修繕をしない限り反復的な使用や時間経過とともに減価しており，当初の資産価額についての減価償却が必要となる．また，資産の維持・サービス提供能力の確保・運用成果を評価するためにはコスト情報が必要であり，そのために費用として減価償却すべきであると主張する．このように道路舗装の資産評価において減価償却を考慮すべきかどうかに関して見解が対立している．

減価償却の取り扱いの方法に応じて，異なる管理会計システムを設計することができる．**6.3** で言及するように，道路舗装を減価償却資産と考えれば減価償却会計，非減価償却性資産と考えれば更新会計，あ

るいは繰延維持補修会計が適用できる．いずれの方法が望ましいかは，管理会計システムの目的に依存する．しかし，PMAS の目的は道路管理者が道路舗装の財政的な修繕能力を適切に判断し，修繕予算獲得のための基礎情報を獲得することにある．したがって，減価償却を実施する場合でも，減価償却の手続きは単なる修繕費の期間内配分としてではなく，道路舗装のサービス水準の減少を的確に反映したものでなければならない．減価償却を用いて資産評価を行うためには，道路舗装の耐用年数を適切に設定する必要がある．なお，道路舗装の年初貸借対照表価額と年度末価額の差を資産価額の減少とみなし，費用として計上するという考え方もある．この過程は資産再評価であり減価償却の手続ではない [34]．また，透水性舗装を導入するなど道路舗装の質的水準を向上するための費用は修繕費ではなく，資産価額を増加させるための投資である．このような投資により資産価額の変動が生じた場合，舗装資産の再評価を実施する必要がある．資産再評価に関しては **6.5** で改めてとりあげる．

6.3.4 減価償却と会計方式

道路舗装のアセットマネジメントを実施するためには，道路舗装のサービス水準を工学的に検査し，あわせて各会計年度において「現実に支出された維持補修費」と「工学的に設定したサービス水準を維持するために必要となる修繕費」に基づいて，道路舗装のサービス水準が適切に維持されているかどうかを貸借対照表上に明記できるような管理会計システムを構築することが求められる [25]．道路舗装の資産評価にあたって，道路舗装の減価償却に対する考え方の違いにより，1）更新会計，2）繰延維持補修会計，3）減価償却会計という 3 つの異なった会計方式を定義できる．各会計方式の様式を**図 6.2** に示している．これらの図は，フローとストックのバランスを表現するために，会計諸表における貸借対照表と損益計算書を統合した残高試算表を示している [33]．残高試算表は会計年度の期末で決算のために作成される．なお，同図では舗装管理会計と関連する部分のみ記述しており，それ以外の会計情報を省略している．

更新会計

更新会計では資産利用に関わる費用が更新に費やされた金額で決定される [25]．更新会計では，道路舗装に必要な維持補修が常に行われ，新規取得時のサービス水準が常に維持されると仮定し，資産の減価償却を行わない．すなわち，道路舗装の資産価額 S_1 は初期投資時の取得原価（あるいは再調達価額）に一致する．その上で，道路舗装のサービス水準を維持するために必要となる各年度の道路舗装の更新費 A_1 を工学的に推定する．会計年度内に道路舗装の更新費 C_1 が支出されたとしよう．いま，更新費 C_1 が本来ありうべき更新費 A_1 より過小であれば，その差額 $A_1 - C_1$ が負債の部に計上されている繰延更新引当金 D_1 に組み入れられる．ただし，道路修繕の積み残しが多くなり，舗装が極端に劣化すると，積み立てた引当金の範囲で更新できない場合も起こりうる．この場合には，追加的に必要となる更新費の累計額を，繰延更新引当金とは別に繰延不足更新引当金 B_1 として計上することが必要となる．更新会計では，道路舗装

は常に新規取得時の水準が保たれるという前提に立つが，現実には，供用を通じて道路舗装のサービス水準は劣化し，新規取得時のサービス水準を維持できるわけではない．更新会計では道路舗装の現実の資産価額に関する会計情報が貸借対照表上に現れない．過去に費消すべきであった更新費の繰延額に関する会計情報のみが現れることになる．そのため，更新会計では会計年度における道路舗装の資産価額に関する会計情報を提供できない．

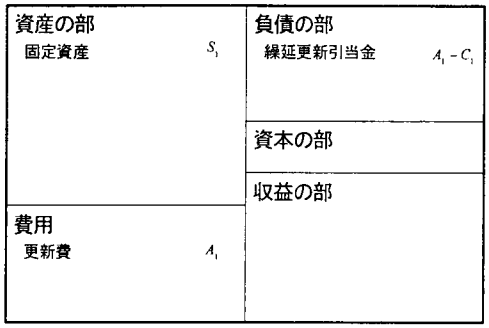


図 6.2（1） 更新会計の残高試算表

繰延維持補修会計

繰延維持補修会計では資産利用に関わる費用が，当該資産システムを維持するのに費やされるべき見積額によって決定される [25]．繰延維持補修会計では，長期的な資産管理計画に基いて維持補修費総額を算出するとともに，その費用総額を各年度に割振る．道路網の全道路区間にわたって，工学的検討により適切な修繕時期と修繕費を算出することにより，各年度における維持補修繰入金 A_2 を費用の部に繰入れる．一方，当該期の実際の維持補修費 C_2 が確定したとしよう．仮に，$A_2 - C_2 > 0$ であれば，その残高を負債として認識し，繰延維持補修引当金 D_2 に繰入れる（あるいは，負の繰延維持補修費 ΔD_2 として資産の部に繰り入れる）．すなわち，前期の期末の繰延維持補修引当金を $\bar{D}_2$ とすれば，今期の期末の繰延維持補修引当金は $D_2 = \bar{D}_2 + A_2 - C_2$ と計上される．逆に，今期費消された維持補修費が維持補修繰入金を超過している ($C_2 - A_2 < 0$ が成立する) 場合，前期の負債の部の繰延維持補修引当金 $\bar{D}_2$ を $A_2 - C_2$ だけ取り崩す．なお，ある区間の道路舗装の修繕を繰り延べたことにより，当該区間の舗装が劣化し，再調達価額を算定する際に想定した最適工法より，大規模修繕が必要になった場合を考えよう．この時，大規模修繕のために必要となる修繕費と最適工法による修繕費の差額を追加維持補修費として定義する．さらに，当該年度に発生した追加維持補修費相当額を追加維持補修繰入金 E_2 として費用の部に繰り入れる．その上で，当該年度に，大規模修繕のために追加維持補修費 F_2 が支出されれば $E_2 - F_2$ を繰延不足維持補修引当金 B_2 に繰り入れる．すなわち，前年度期末の繰延不足維持補修引当金を $\bar{B}_2$ とすれば，今期末の繰延不足維持補修費は $B_2 = \bar{B}_2 + E_2 - F_2$ となる．道路舗装の資産価額 S_2 は取得原価，あるいは再調達価額で評価

される．繰延維持補修会計では，道路舗装の劣化による資産価額の減少分が繰延維持補修引当金として管理会計上に現れ，各会計年度における道路舗装の資産価額を評価することが可能となる．

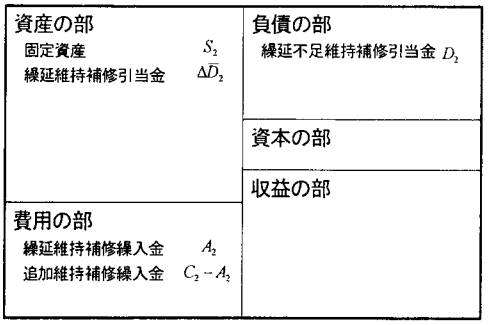


図 6.2（2） 繰延維持補修会計の残高試算表

減価償却会計

減価償却会計は資産利用に関わる費用が費消されたサービス提供能力の見積もりによって決定される．減価償却会計では，各会計年度における資産価額 S_3 の減耗を減価償却費 A_3 として認識し，その累計額を負の資産 ΔD_3 として資産の部に計上する．減価償却を行うために，資産価額を道路舗装の耐用年数にわたって一定のルールに基づいて費用配分する．毎期費用として計上されている減価償却費は，当該期に実際に支出されているわけではない．実際に支出されていない費用を会計諸表のなかで費用として認識するため，減価償却費の累計額は将来の修繕に対する引当金と解釈することができる．しかし，財務会計で定められた道路舗装の耐用年数はアスファルト舗装で 10 年，コンクリート舗装で 15 年であり，現実の道路舗装の物理的・機能的な耐用年数と一致していない．税制上の耐用年数を用いて減価償却費を計算した時,「減価償却費累計額」が「修繕のために必要となる費用」に一致する保証はない．この場合，毎年の維持補修費と取得原価に対する減価償却費とを直接比較しても，維持補修費の適正度に関する適切な情報を得ることはできない．資産の劣化に関する財務会計上のアカウンタビリティを確保するため，SFAS No/6[35] では繰延維持補修費を財務諸表に脚注として記載することを規定している．PMAS では道路舗装の修繕予算管理を行うことが目的であり，毎年発生する減価償却費が，工学的な検討の結果として得られた維持補修費に近似的に一致するように道路舗装の耐用年数を適切に設定することが必要である．しかし，減価償却費累計額に関する情報だけでは，各会計年度にどの程度の維持補修費を費消すべきかが判断できない．減価償却会計を用いて道路舗装を資産管理する場合，長期的に維持すべき望ましい道路舗装の資産価額（以下，ストック管理水準と呼ぶ）を別途定義する必要がある．

工学的検討を踏まえた耐用年数を用いて減価償却費が計上され，会計年度における道路舗装の修繕資産価額とストック管理水準が（たとえば脚注に）記載されるのであれば，更新会計，繰延維持補修会計，減

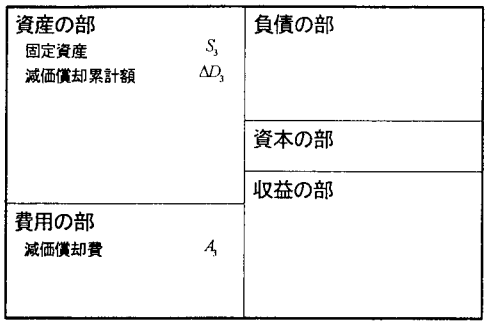


図 6.2（3） 減価償却会計の残高試算表

価償却会計のいずれを用いても必要な管理会計情報を獲得することが可能である．しかし，会計情報の分かり易さという視点に立てば，以上の情報が会計諸表の中に明示的に記載される繰延維持補修会計がもっとも望ましい．そこで，以下では繰延維持補修会計を用いて，三重県を対象としたPMASを構築することとする．

6.4 PMAS構築のための工学的検討

6.4.1 PMAS構築の方針

本研究では，三重県が所轄する道路（県道及び指定区間外の国道）全区間を対象としたPMASを構築する．提案するPMASは**図 6.1** に示したように，道路舗装の会計的管理を実施するPMAと技術的管理を実施するMMSにより構成される．PMAは対象道路網における各区間の道路舗装の状態を記録する舗装台帳システム（**6.4.2** 参照）と，道路舗装の資産評価とその変化を記述する管理会計（**6.5.1** 参照）で構成される．一方，MMSは，1）道路舗装の劣化過程を推定する劣化推定システム（**6.4.3** 参照），2）道路舗装のMCI管理水準（**6.4.3** 参照）に基づいて修繕区間の優先順位を決定する修繕箇所選定システム（**6.4.4** 参照），3）道路舗装の望ましいストック管理水準を決定する修繕戦略システム（**6.5.3** 参照）により構成される．すなわち，MMSは各会計年度において実施する舗装修繕箇所を選定するための支援情報を作成するとともに，三重県の道路舗装の長期的な修繕戦略を検討するという実際的な役割を持っている．このような工学的検討を通じて，PMASで用いるストック管理水準，維持補修繰入金を算出することが可能となる．なお，MMSを構築するにあたり，筆者らが提案した道路舗装の最適修繕モデルを用いる [15]-[16].

6.4.2 舗装台帳システム

企業会計では，企業が保有する有形固定資産は固定資産台帳に記録される．さらに，会計年度期間中に1回は資産について実査し，資産の実在を確認することが義務づけられている．資産が滅失していれば固定資産台帳から除却される．また，資産の機能が著しく損傷している場合には資産価額が減額される．一

表 6.2 修繕工法判定区分

分類	MCI 区分	工法判定
1-1	$3.5 < MCI$	オーバーレイ
	$2.0 < MCI \leq 3.5$	切削オーバーレイ
	$MCI \leq 2.0$	打ち換え
1-2	$3.5 < MCI$	オーバーレイ
	$3.0 < MCI \leq 3.5$	切削オーバーレイ
	$MCI \leq 3.0$	打ち換え
2-1	$3.0 < MCI$	オーバーレイ
	$2.0 < MCI \leq 4.0$	切削オーバーレイ
	$MCI \leq 2.0$	打ち換え
2-2	$3.5 < MCI$	オーバーレイ
	$3.0 < MCI \leq 3.5$	切削オーバーレイ
	$MCI \leq 3.0$	打ち換え

三重県では各道路区間を交通量，道路環境に応じて道路区間を 4 つのタイプに分類している．なお，同県は上記の工法判定区分に対して以下の例外規定を設けている．オーバーレイ工法に該当する区間が，条件 1） 交通量区分 B(250-1000 台/日)，C(1000-3000 台/日)，D(3000 台/日以上)，かつ，わだちぼれ量 30mm 以上の場合，条件 2） 嵩上げ付加区分に該当する場合には切削オーバーレイを行う．一方，打ち換え工法に該当する区間が交通量区分が L(100 台/日未満), A(100 − 250 台/日) かつ幅員 5.5m 未満の場合には再簡易舗装を行う．

方，道路舗装に関する資産データは舗装台帳システムで管理される．三重県では，総延長 3,372.66km にわたる道路施設を 1 区間 100 メートルを基本区間とする総数 35,540 区間に分割するとともに，各道路区間の道路舗装に関する情報が舗装台帳として整備されている．また，定期的に路面性状調査が実施され，個々の単位区間における MCI 指標を計測している．現時点（平成 13 年末）において利用可能な最新の MCI 管理報告書 [36]·[37] には，平成 10 年度から平成 12 年度にわたって実施された路面性状調査結果と，それに基づいて推定された平成 13 年 3 月時点における各区間の MCI 値 [18]⁻[22] に関するデータが整備されている．また，三重県版舗装管理・支援システムでは修繕工法判定区分（**表 6.2** 参照）を用いて各道路区間に対して用いるべき修繕工法を指定している．さらに，舗装修繕単価（**表 6.3** 参照）に基づいて各道路区間の修繕費を算定することが可能である．これらデータを一括して**表 6.4** に示すような舗装台帳システムとして整備した．舗装台帳システムに記載されている情報は，道路舗装の MCI 値に関する実地点検結果や修繕実績に基づいて逐次更新される．

6.4.3 MCI 管理水準の設定

過去の MCI 点検記録に基づいて舗装の劣化過程を予測することが理論的には可能である．既存の点検データは年度により観測地点が異なっており，劣化過程を十分な精度で推計できるほどのデータは整備されていない．このため，劣化過程を簡単な劣化モデルで記述せざるを得ない．いま，ある道路区間において年度 t における点検において観測された MCI 値を $z(t)$ と表そう．年度 $t+\tau$ における MCI 値の推定値が

$$z(t+\tau) = z(t) - \psi\tau \tag{6.4.1}$$

表 6.3 修繕単価

工法	交通量区分	単価（円/m^2）
オーバーレイ	L	3,300
	A	3,300
	B	3,300
	C	3,750
	D	3,750
切削オーバーレイ	L	4,500
	A	4,500
	B	4,500
	C	4,950
	D	4,950
打ち換え	L	8,700
	A	11,250
	B	15,300
	C	19,800
	D	19,800
打ち換え（再簡易）	L	6,900
	A	9,000

表 6.4 舗装台帳システムの記述内容（一部）

コード番号	路面種別	最新修繕日	修繕工法	経過年数	交通量観測日	交通量	大型車交通量
4186	AS	平成5年	1-2-1	5年	平成11年	66006	1435
4187	AS	平成5年	1-2-1	5年	平成11年	66006	1435
4188	AS	平成5年	1-2-1	5年	平成11年	66006	6855
4189	AS	平成5年	1-2-1	5年	平成11年	66006	6855
...	...	...	...	...	...	...	...

注）コード番号は対象とする路線・区間番号，路面種別はアスファルト舗装 (AS)，アスファルトコンクリート舗装 (AC)，コンクリート舗装 (CO) に区分される．修繕工法の区分は表－２参照．舗装道路台帳システムには，以上のデータの他に１）所轄事務所，２）区間距離表の起点，３）同終点，４）区間長，５）初期舗装年度，６）ひび割れ率 (%)，７）わだち掘れ平均 (mm)，８）平坦性 (mm)，９）点検履歴 (年次)，１０）点検時 MCI 値，１１）舗装嵩上げの可否，１２）計画補修工法，１３）大型車交通量が記載されている．

と表現されると考える．ここに，ψ は当該の道路区間における１年間当たりの MCI の平均低下量である．現実の劣化過程は不確実であり，現実に実現する劣化過程を事前に確定的に予測できない．式 (6.4.1) は各時点における MCI の期待値により表現される期待値パス [15] を表している．本適用事例においては，過去の修繕時点と直近の点検時点における MCI 値に基づいて各道路区間ごとに ψ を想定した．なお，三重県が管理する道路舗装の年間 MCI 低下量は，平均 0.2 程度である [36]．

MCI 値がある臨界的な水準（本研究では MCI 管理水準と呼ぶ）に到達した時点で修繕を実施することにより，期待ライフサイクル費用の最小化が達成できる．いま，初期時点 $t = 0$ で舗装が修繕され，MCI 値が Z まで回復したとしよう．さらに，初期年度より θ 年が経過し，舗装の MCI 値が $z(\theta) = z^\circ$ に到達した年度で再び修繕を実施するルールを考えよう．修繕直前の MCI 値が z° であり，その時の修繕費を $F(z^\circ)$ と表そう．この時，初期時点の MCI 値 Z の下で達成される期待ライフサイクル費用を $J(Z; z^\circ)$ と

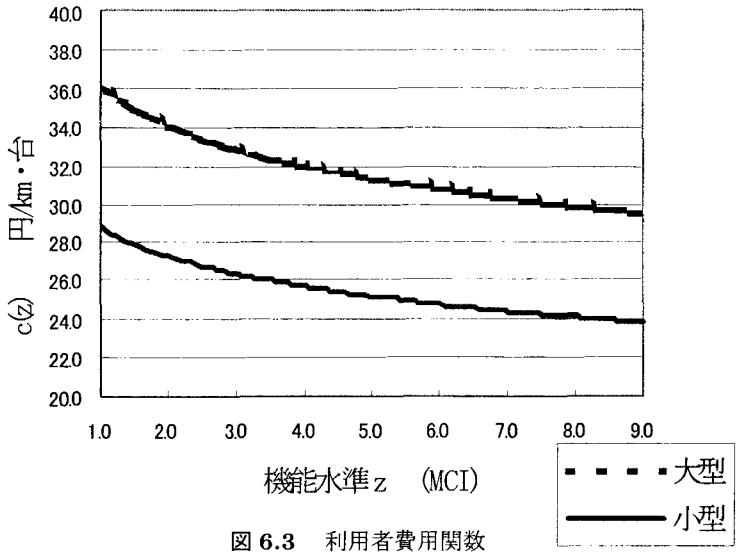


図 6.3 利用者費用関数

定義すれば，期待ライフサイクル費用は再帰的な性質を利用して

$$J(Z;z^{\circ}) = \sum_{t=0}^{\theta(z^{\circ})} \frac{c(z(t))\beta}{(1+\alpha)^t} + \frac{F(z^{\circ})}{(1+\alpha)^{\theta(z^{\circ})}} + \frac{J(Z;z^{\circ})}{(1+\alpha)^{\theta(z^{\circ})}} \tag{6.4.2}$$

と表せる．ただし，$c(z(t))$ は MCI 値が $z(t)$ の時の利用者費用，β は年平均交通量，$\theta(z^{\circ})$ は当該年度より最初の修繕が実施される年度までの時間間隔（年）である．すなわち，右辺第 1 項は次回の修繕時点までに発生する総利用者費用の現在価値，第 2 項は次の時点における修繕費の現在価値，および第 3 項は次回に修繕以降において最適に修繕を実施することにより発生する期待ライフルサイクル費用の現在価値を表す．上式を項 $J(Z;z^{\circ})$ に関して整理すれば，

$$J(Z;z^{\circ}) = \left\{1 - \frac{1}{(1+\alpha)^{\theta(z^{\circ})}}\right\}^{-1} \times \left\{\sum_{t=0}^{\theta(z^{\circ})} \frac{c(z(t))\beta}{(1+\alpha)^t} + \frac{F(z^{\circ})}{(1+\alpha)^{\theta(z^{\circ})}}\right\} \tag{6.4.3}$$

を得る．式 (6.4.3) において，期待ライフサイクル費用は修繕を実施する時点の MCI 値 z° に応じて変化する．1 次元探索法を用いれば，$J(Z;z^{\circ})$ を最小とするような MCI 管理水準 z° を求めることができる．このような期待ライフサイクル費用を最小にするような z° を MCI 管理水準と呼び，以下 z^{*} と表すことにする．現時点 $t=0$ において観測した MCI 値が z であり，それ以降に MCI 管理水準 z^{*} に基づいて最適なタ

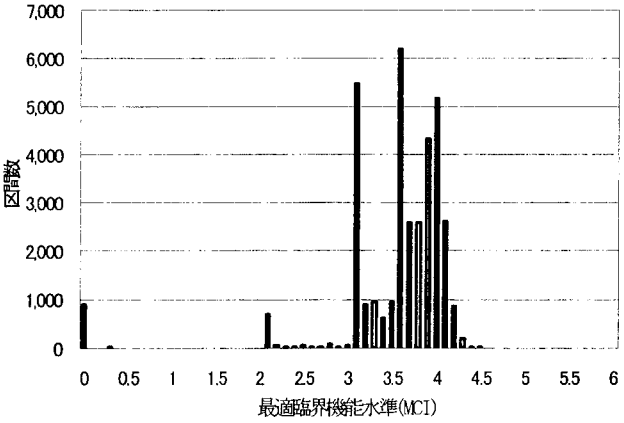


図 6.4　MCI 管理水準の分布

イミングで舗装の修繕を実施した場合に達成される期待ライフサイクル費用は

$$J(z;z^*) = \sum_{t=0}^{\hat{\theta}(z^*,z)} \frac{c(z(t))\beta}{(1+\alpha)^t} + \frac{F(z^*)}{(1+\alpha)^{\hat{\theta}(z^*,z)}} + \frac{J(Z;z^*)}{(1+\alpha)^{\hat{\theta}(z^*,z)}} \tag{6.4.4}$$

と表せる．ただし，$\hat{\theta}(z^*,z)$ は MCI 値 z が観測された当該年度から MCI 値が管理水準 z^* に到達するまでの平均経過年数を表す．

三重県の舗装台帳システムに基づいて各道路区間の MCI 管理水準を求めた．割引率は年率 4 %とする．利用者費用に関しては，旧建設省土木研究所の調査結果 [23] に基づいてスプライン補完法により**図 6.3** に示すように求めた．各道路区間の交通量は平成 11 年の道路交通センサスのデータ（昼間 12 時間全交通量，昼間大型車交通量，昼夜率）を用いた．交通量の増減に関するトレンドは存在せず，交通量の期待値は時間を通じて一定と仮定する．また，修繕費 $F(z^\circ)$ には修繕工事費だけでなく，修繕工事に伴って生じる迂回費用を含めることとした．迂回費用を算定する際には，修繕工事が 5 日で完了すると仮定し，工事対象区間を最短の距離で迂回するために必要な走行費用の増加を修繕に伴う追加費用として算出した．以上のデータに基づいて，各道路区間の MCI 管理水準を求めた．**図 6.4** は三重県が所轄する全 35,540 区間にわたる各道路管理区間に対して求めた MCI 管理水準の分布状況を示している．当然のことながら，交通量や迂回費用の多寡により各区間の MCI 管理水準が異なっている．

6.4.4　費用便益ルールと優先順位

ある道路区間の修繕工事の便益を，「当該時点で修繕をせずに 1 年間放置し，翌年度に修繕を行った場合の期待ライフサイクル費用」と「MCI 管理水準を用いて最適に修繕を行った場合に得られる期待ライフサイクル費用」の差として定義しよう．舗装の修繕を 1 年間放置した場合の期待ライフサイクル費用を $\tilde{J}(z)$,

MCI 管理水準を用いて最適なタイミング年度に修繕した場合の期待ライフサイクル費用を $J(Z;z^*)$ と表記すれば，修繕工事の便益は $\tilde{J}(z)-J(Z;z^*)$ と定義できる．ただし，期待ライフサイクル費用の算定にあたっては，次回以降の修繕をすべて MCI 管理水準 z^* を用いて実施すると仮定している．この時，当該年度 t における舗装の修繕工事の費用便益比 (B/C) は

$$
\begin{aligned}
(B/C) &= \frac{\tilde{J}(z)-J(Z;z^*)}{F(z)} \qquad (6.4.5)\\
\tilde{J}(z) &= c(z)\beta + \frac{F(z(t+1))}{1+\alpha} + \frac{J(Z;z^*)}{1+\alpha}\\
J(Z;z^*) &= \left\{1-\frac{1}{(1+\alpha)^{\theta(z^*,z)}}\right\}^{-1}\\
&\quad\times\left\{\sum_{t=0}^{\theta(z^*,z)}\frac{c(z(t))\beta}{(1+\alpha)^t}+\frac{F(z^*)}{(1+\alpha)^{\theta(z^*,z)}}\right\}
\end{aligned}
$$

と表せる．以上で定式化した費用便益比を用いれば，予算制約の下で修繕順序を求める実用的な手順を以下のようにとりまとめることができる．すなわち，

1）修繕を行うべき最低 MCI 水準 $\underline{z}$ を設定する．

2）$\underline{z}$ に到達している区間を最も優先順位の高い区間として抽出する．

3）全ての道路区間に対して費用便益比 (B/C) を算定し，費用便益比 $(B/C)>1$ となる区間の中で (B/C) が最も大きい区間を選択する．

4）以上より決定した優先順位に基づいて，予算制約の範囲内で修繕を行う区間を決定する．

以上の方法で，予算制約がある場合における舗装の望ましい修繕順序を近似的に求めることができる．

6.5 PMASの適用事例

6.5.1 管理会計情報の作成

MCI 水準は技術的管理情報であり，この情報を予算過程に反映させるためには会計的管理情報に翻訳することが必要である．そのためには，各会計年度における各道路区間の道路舗装の維持補修繰入金を評価することが必要となる．いま，各道路区間の道路舗装の繰延維持補修引当金を**図 6.5** に示す枠組みを用いて評価する．道路舗装の MCI 値が MCI 管理水準 z^* に到達した時点で修繕を実施し，新規取得時の MCI 値 (MCI=9.0) に復帰することによりライフサイクル費用を最小化できる．このような最適修繕ルールを用いて道路舗装を修繕する場合に必要となる修繕費を，当該道路区間の舗装資産の再調達価額として定義する．すなわち，再調達価額は MCI 管理水準に到達した道路舗装を所与の修繕工法（**表 6.2** 参照）を用いて MCI 値を初期状態 $Z=9.0$ に回復するために必要な修繕費により評価される．なお，ここで用いる修繕費は**表 6.3** に示す舗装単価を用いて計上された道路舗装の修繕費のみであり，車両の迂回費用は含まれない．

繰延維持補修会計では，資産価額は取替えのための再調達価額で評価され，それを各期に費用として配

表 6.5 平成 13 年度舗装管理会計（一部のみ抜粋）

区間コード	資産価額	MCI 値	MCI 管理水準	標準維持補修引当金繰入額	維持補修引当金繰入額	不足維持補修引当金繰入額	繰延維持補修引当金	繰延不足維持補修引当金
4186	2,805	4.6	4.6	128	128	0	2,805	0
4187	2,805	3.3	4.6	128	0	1,020	2,805	1,020
4188	2,805	3.1	4.6	128	0	0	2,805	1,020
4189	2,805	3.9	4.6	128	0	0	2,805	0
···	···	···	···	···	···	···	···	
全区間	資産価額	MCI 値	MCI 管理水準	標準維持補修引当金繰入額	維持補修引当金繰入額	不足維持補修引当金繰入額	繰延維持補修引当金	繰延不足維持補修引当金
···	107,728,666	5.3	6.7	4,580,315	1,532,320	919,800	61,339,412 (31,739,412)	25,952,500

注）価額の単位は千円．管理会計は平成 13 年末の情報を示している．最下段の行は平成 13 年末における各道路区間の会計情報を道路網全体にわたって集計化した会計情報を表している．区間 4186 では今期に MCI が MCI 管理水準に到達し，今期の維持補修引当金繰入額として 128 千円が計上されている．それ以外の区間では，MCI 値がすでに MCI 管理水準より低下しており，繰延維持補修引当金として再調達価額相当額が計上されている．区間 4187 では劣化が進展し，今期不足維持補修引当金繰入額 1,020 千円が計上された．区間 4188 では，過去に不足維持補修引当金繰入額が計上されたが，修繕が先送りされ繰延不足延維持補修引当金として 1,020 千円が計上されている．標準維持補修引当金繰入額は，道路舗装の修繕が先送りされていない状況で各期計上される繰入額である．区間 4187, 4188, 4189 では修繕が先送りされている（資産価額相当額が繰延維持補修引当金として計上されている）ため，維持補修引当金繰入額は計上されない．最下段の括弧内の数字は修繕が先送りされている区間の引当金総額を参考情報として記述している．

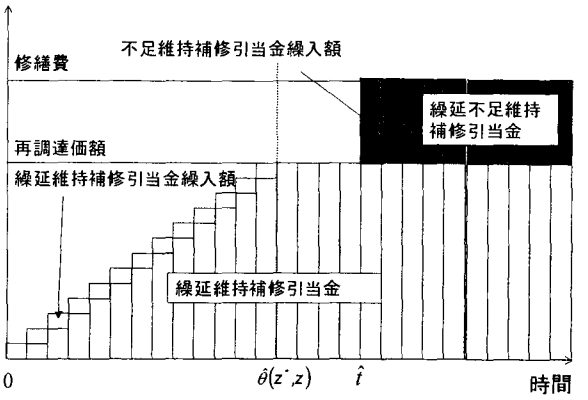
分した結果が維持補修繰入金として毎期計上される．計上された繰入金は，当該期に修繕を実施しなければ，繰延維持補修引当金に組み入れられる．道路舗装の MCI 値が MCI 管理水準 z^* に到達した時点で修繕が実施され，MCI 値は $MCI = 9.0$ まで回復する．道路舗装の耐用年数を修繕が実施されてから MCI 値が管理水準 z^* に到達するまでの期待経過年数 $\hat{\theta}(z^*, z)$ により定義する．道路舗装の劣化を線形過程 (6.4.1) で表現する場合，毎期計上される維持補修繰入金は

$$\text{維持補修繰入金} = \frac{\text{再調達価額}}{\text{耐用年数}} \tag{6.5.6}$$

と評価できる．ある会計年度に修繕を実施しなければ，

$$\begin{aligned} &\text{期末繰延維持補修引当金} \\ &\quad = \text{期首繰延維持補修引当金} \\ &\quad + \text{維持補修繰入金} - \text{支出（修繕費）} \end{aligned} \tag{6.5.7}$$

が成立する．なお，上記のルールにおいて，会計年度にわたって維持補修繰入金が等額である必要はない．維持補修繰入金を道路舗装の資産価額と対応させて変化させるようなルールを用いることも可能である．いずれの方法を用いても，舗装の劣化が当初の予想通り進展し，前回修繕を実施してから耐用年数が経過した場合には，修繕に必要な再調達価額と同額の引当金が積み立てられていることになる．修繕を実施した場合には，引当金は取り崩され，繰延維持補修引当金は 0 となる．現実の予算・修繕過程においては，MCI



図は最終期間（図の右端の期間を意味する）まで修繕が繰り越された時に，それまでの各期間で繰入額，引当金がどのように発生したかが記載されている．繰入額が発生しても，それに対して支出が実施されなければ当該の繰入額は引当金の中に繰入れられる．右端の期間で修繕が実施され，繰延維持補修引当金と繰延不足維持補修引当金は0となる．

図 6.5 繰延維持補修引当金の計算方法

値が管理水準 z^* に到達した時点で修繕できず，翌年度以降に繰越す場合がある．式 (6.5.7) を用いた繰延維持補修引当金の更新は，MCI 値が MCI 管理水準 z^* に到達するまで実施され，MCI 値が管理水準 z^* に到達した（道路舗装の再調達に必要な引当金が積み立てられた）段階で終了する．道路舗装の修繕を長期間にわたって繰り延べた場合，道路舗装の劣化が進展し，所与の工法より大がかりな修繕工事が必要となる．いま，**図 6.5** において時刻 $\hat{t}$ まで道路舗装の修繕を先送りしたため，劣化がさらに進展し，最適修繕工法よりも大がかりな道路舗装の修繕が必要になったと考えよう．この場合，最適工法による再調達価額で表される繰延維持補修引当金以外に，道路舗装の過大な劣化を修復するために時刻 $\hat{t}$ において追加維持補修繰入金が発生する．当該年度に道路舗装が修繕されなければ，時刻 $\hat{t}$ 以降，追加維持補修費を引き当てるための繰延不足維持補修引当金が計上される．修繕が実施されれば，繰延維持補修引当金と繰延不足維持補修引当金の双方が全額取り崩される．

管理会計に記載されている MCI 値は前回の実地点検結果に基づいて式 (6.4.1) により予測された値である．しかし，道路舗装の劣化過程は不確実であり，実地点検の結果観測された MCI 値が管理会計に記載されている MCI 値と一致する保証はない．両者が一致しない場合，道路舗装が式 (6.4.1) に従って劣化する場合，MCI 観測値を用いて道路舗装の余寿命は

$$\text{余寿命} = \left[\text{耐用年数} \times \frac{MCI\ \text{観測値} - MCI\ \text{管理水準}}{9.0 - MCI\ \text{管理水準}}\right] \tag{6.5.8}$$

と再定義できる．記号 $[A]$ は A を超える整数の中で最小の整数を意味する．当該区間の繰延維持補修引当金を

繰延維持補修引当金

資産の部	負債の部
固定資産 107,728,665,639 繰延維持補修引当金 △61,339,411,629	繰延不足維持補修引当金 25,952,500,563
	資本の部
	収益の部
費用の部 繰延維持補修引当金繰入額 1,532,319,706 追加維持補修引当金繰入額 919,799,925	

図 6.6 平成 13 年度残高試算表

$$= \text{再調達価額} \times \frac{\text{耐用年数} - \text{余寿命}}{\text{耐用年数}} \tag{6.5.9}$$

と修正することが必要となる．管理会計には当該会計年度における各道路区間の道路舗装の MCI 値等の技術的管理情報と将来発生する修繕費に関する会計的管理情報が記載される．**表 6.5** は三重県を対象として作成した管理会計情報の一部を示している．各道路区間に対して算定した維持補修繰入金，繰延維持補修引当金を道路網全体にわたって集計化した結果を**表 6.5** の最下欄に示している．また，管理会計情報を残高試算表の形で整理した結果を**図 6.6** に示している．

6.5.2 道路舗装の管理会計

いま，すべての道路区間の MCI 値が MCI 管理水準を上回っている（道路舗装の修繕が将来に先送りされていない）状況を想定しよう．このような理想的な状態で発生する各年度の維持補修引当金繰入額の総額（以下，標準維持補修引当金繰入額と呼ぶ）は約 46 億円となる．ある会計年度に道路修繕支出として約 46 億円が支出されない場合，残額（繰入額－支出額）は繰延維持補修引当金に繰り入れられる．別の会計年度において繰入額以上に修繕費が支出されれば，その額だけ繰延維持補修引当金が取り崩される．このように，年間約 46 億円を道路舗装の修繕費として経常的に支出することにより，ライフサイクル費用を可能な限り抑えつつ道路網全体の道路舗装の資産価額を定常状態に保つことが可能となる．**表 6.5** ではこのように工学的な検討の下で経常的に計上すべき繰入額を参照情報として標準維持補修引当金繰入額の欄に記述している．

三重県では平成 13 年現在において道路舗装の MCI 値が MCI 管理水準より低くなっている区間がかなり存在する．その中には，劣化が相当程度に進展し，最適な工法で修繕できず繰延不足維持補修引当金が計上されている区間も存在する．繰延維持補修会計では，過去の時点で支出されなかった不足維持補修引当金繰入額が繰延不足維持補修引当金として負債の部に記述される．三重県の場合，平成 13 年現在において

必要となる繰延不足維持補修引当金の総額は約260億円に達する．**図6.5**に示すように，MCI値がMCI管理水準より低下した区間では，繰延維持補修引当金として資産価額相当額が計上されており，維持補修引当金繰入額は0となっている．平成13年度現在において，修繕が先送りされた区間が相当数存在するため維持補修引当金繰入額は約15億円が計上されるのみである．

繰延維持補修引当金は，あくまでも将来時点で必要となる修繕費を引き当てたものであり，ある会計年度において繰延維持補修引当金のすべてを取り崩す必要はない．標準維持補修引当金繰入額は，当該期で支出されるべき望ましい修繕費を示したものであり，フローの管理水準を表している．三重県の場合，道路舗装の修繕を先送りしているため，繰延維持補修引当金が多大な金額になっている．**表6.5**には，参照情報として，MCI値がMCI管理水準を下回っている道路区間にわたって繰延維持補修引当金を集計した引当金総額約317億円を示している．つまり，先送りされた修繕需要を解消するために，括弧内に示された繰延維持補修引当金総額と繰延不足維持補修引当金の和（約577億円）を投入することが必要となる．

6.5.3 シミュレーション実験とストック管理水準

道路修繕の予算シナリオを作成し，MMSを用いて管理会計情報が経年的にどのように変化するかをシミュレートしてみよう．いま，道路舗装の修繕費として維持補修引当金繰入額相当額の約46億円が毎年確保されると同時に，先送りされた修繕需要を解消するために繰延維持補修引当金約317億円と繰延不足維持補修引当金約260億円が今後26年間（毎年約22億円ずつ）にわたり取り崩されるシナリオに従って，道路舗装の予算・補修過程をシミュレートした．各期の予算制約の中で，各会計年度における道路舗装の修繕箇所が費用便益ルール(6.4.5)で決定される．修繕箇所の選択にあたっては，繰延不足維持補修引当金が計上されている道路区間を優先する．費用便益比が大きい道路区間より逐次修繕が実施される．ある会計年度に最後に選択された道路区間の修繕費とその会計年度に支出された修繕費の総計が，当該年度の維持補修引当金繰入額を超過する場合，修繕費の超過額がその道路区間の修繕費の過半数に達しない場合はその分予算を超過して修繕を実施する．そうでない場合は，修繕を見送り翌年に繰り越すこととした．このような予算・修繕過程を長期（100年間）にわたって繰り返し，毎年支出される維持補修引当金繰入額（不足維持補修引当金繰入額も含む），および道路網全体で発生する繰延維持補修引当金と繰延不足維持補修引当金の推移過程をシミュレートした．なお，シミュレーションの手順は以下のように取りまとめることができる．

1） 平成13年4月の時点のMCI値を各道路区間の初期MCI値として設定する．

2） 初期時点におけるMCI値に基づいて**6.4.4**に示す手順に従って修繕の優先順位を決定する．その際，繰延不足維持補修引当金が計上されている道路区間を優先する．

3） 年間予算（維持補修繰入金）の制約の中で優先順位に従って舗装の修繕を実施する．

4） 劣化過程に従って各道路区間のMCI値を更新する．

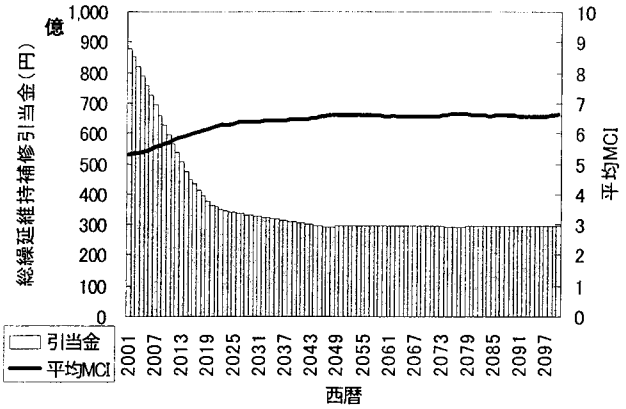


図 6.7 総繰延維持補修引当金の経年的変化

5） 道路舗装の修繕が実施された道路区間では，繰延維持補修引当金，および繰延不足維持補修引当金を全額取り崩す．

6） ステップ2へ戻る．以上の手順を100年間繰り返す．

シミュレーションの結果，各会計年度における繰延維持補修引当金と繰延不足維持補修引当金の総和（以下，総繰延維持補修引当金と呼ぶ）は**図 6.7** に示すように変化することが判明した．同図には，再調達価額で加重平均をとった道路網全体の平均MCI水準を併記している．同図に示すように，2026年まで繰延維持補修引当金と繰延不足維持補修引当金が逐次取り崩されるため，道路舗装の総繰延維持補修引当金は減少していく．2027年以降は，道路舗装の総繰延維持補修引当金は長期的な平均的水準約296億円をベースに定常的に推移していく．このように定常状態において，各会計年度に標準維持補修引当金繰入額相当額が修繕費として支出される場合に実現される道路舗装の平均的な総繰延維持補修引当金をストック管理水準と定義しよう．すなわち，三重県の道路舗装のストック管理水準は約296億円となる．また，道路網全体の平均MCI水準は長期的に6.7前後で推移する．このような最適修繕投資の下で実現する長期的な道路網のサービス水準を平均MCI管理水準と定義しよう．本事例では道路網全体の平均的MCI管理水準は6.7となる．**表 6.5** に示すように平成13年現在では平均MCI水準は5.3であり，平均MCI管理水準をかなり下回っている．

6.5.4 PMASの更新

新しい情報やデータが追加されれば，それと対応してPMASを更新することが必要となる．すなわち，1）新しい道路が整備されたり，道路施設の改良によって道路舗装が取り替えられた時や，2）道路舗装の修繕工法や修繕単価が更新された時には，PMAの舗装台帳が修正され，それと同時に管理会計情報も修正される．それと同時に，新しい舗装台帳システムに基づいたMMSシミュレーションにより，新しい

技術的・会計的管理水準を求める．以上の修正の方法は，基本的にはこれまでの手順に従ってPMASを作り替えることで対応できる．このようなPMASの更新は，すべて舗装台帳システムのデータに基づいて実施される．したがって，PMASの更新が可能となるためには，新しく得られた追加情報を舗装台帳システムに常に記述しておく必要がある．道路舗装の劣化過程には不確実性が存在し，必ずしも線形の劣化過程(6.4.1)に従うわけではない．したがって，管理会計上で管理している各道路区間のMCI値が現実のMCI値と一致している保証はない．時間の経過とともに，両者のMCI値が乖離することは止む得ない．実地点検により，新しいMCI値が得られれば，それに基づいて舗装台帳システムを更新し，台帳レベルのPMAの内容を修正する必要がある．それに応じて，繰延維持補修引当金，繰延不足維持補修引当金も修正されることになる．また，災害等により生じた損傷の修復費は，資産の現状復帰のための費用であり，資産価額の増加を意図した投資的費用ではない．災害による修復が発生した場合，資産価額の再評価が必要となる．

6.6 結言

本章では道路舗装の修繕予算管理を行うための管理会計情報の提供を目的としたPMASを提案した．その際，発生主義の会計原則に基づいて，減価償却累計額と繰延維持補修引当金を明記した繰延維持補修会計方式が望ましいことを指摘した．繰延維持補修会計では，工学的検討を通じて道路舗装の望ましいストック管理水準，維持補修繰入金（フロー管理水準）という２種類の管理水準を設定する必要がある．そのためライフサイクル費用の低減化を目的とした道路舗装の最適修繕モデルを用いて，これら２種類の管理水準を決定する方法論を提案した．さらに，具体的に三重県が管理する道路網を対象として試行的にPMASを作成した．提案したPMASは道路舗装の修繕予算の決定のための重要な管理会計情報を提供しうるものであり，その有用性・実用性を実証分析を通じて明らかにしえたと考える．近年の公会計の改革の中でインフラ資産の維持補修に関する管理会計の重要性が指摘されつつも，現実にインフラ資産の維持補修をめざした管理会計を作成した事例は存在しない．道路舗装という限られたインフラ資産のみに着目したものではあるが，提案したPMASは繰延維持補修会計を用いた管理会計システムとしてははじめての研究事例であると考える．しかし，本システムを現実の道路舗装の予算・執行過程に用いていくためには，今後に残された課題が存在する．第１に，本章で提案したPMASの有効性は各道路区間の舗装劣化メカニズムの精度に依存している．現時点において，舗装劣化メカニズムに関するデータの蓄積が十分ではなく，期待ライフサイクル費用の推計精度に関しては改善の余地が残されている．また，道路舗装技術の革新や工法の発展により，ライフサイクル費用を削減しうる新しい技術が開発された場合，それらの技術情報を用いてPMASを逐次更新する必要がある．第２に，本章で提案したPMASは既設の道路舗装のアセットマネジメントを対象としたものである．新規の道路整備，あるいは道路以外のインフラ資産の新規整備，修繕更新も射程にいれたようなインフラ資産の総合的な事業評価・アセットマネジメントのための方法論を開発する必要がある．第３に，本研究では管理会計システムの提案にとどまっているが，財務会計におけるイ

ンフラ資産情報の開示，管理会計情報と財務会計の連結方式に関して，今後検討を続ける必要がある．なお，本研究は筆者の見解に基づくものであり，三重県の現実の管理会計システムを記述するものではない．

参考文献

[1] Hass, R., Hudson, W.R., and Zaniewski, J.P.: *Modern Pavement Management*, Krieger Publishing Company, 1994.

[2] 阿部頼政：舗装管理システムに関する研究の動向，土木学会論文集，No.372，pp.17-27，1986.

[3] Hudson, W.R., Hass, R. and Uddin, W.: *Infrastructure Management: Integrating Design, Construction, Maintenance, Rehabilitation, and Renovation*, McGraw-Hill, 1997, 池田拓哉他訳：社会資本マネジメント，森北出版，2001.

[4] 東嶋奈緒子：舗装の計画的管理手法に関する調査研究，第51回建設省技術研究会報告，pp.17.1-17.20, 1997.

[5] 内田弘，召田紀雄：地方道における長期補修計画の立案，土木学会論文集，No.597，pp.21-31，1998.

[6] 小松原昭則：JH日本道路公団における舗装マネジメントシステム，アスファルト，第41巻198号，1999.

[7] 富永博夫：首都高速道路の舗装維持管理，アスファルト，第41巻198号，1999.

[8] 峰岸順一：東京都における道路維持補修計画支援システム，アスファルト，第41巻198号，1999.

[9] 堤昌文，樗木武：道路の維持管理に関する計画学的考察，土木計画学研究講演集, No.18(2)，pp.405-408, 1995.

[10] 深井俊英：道路施設の補修と取替の判定に関するシステム論的考察，土木計画学研究・講演集，No.5, pp.27-32，1982.

[11] 黒田勝彦，内田敬：土木構造物の補修・更新モデル，土木計画学研究・講演集，No.11，pp.117-124, 1988.

[12] Carnahan, J.V., Davis, W.J., Shahin, M.Y., Keane, P.L., and Wu, M.I.: Optimal maintenance decisions for pavement management, *ASCE Journal of Transportation Engineering*, Vol. 113, pp. 554-572, 1987.

[13] Madanat S.: Predicting Pavement Deterioration, *ITS Review*, Vol. 20, Institute of Transportation Studies, University of California, 1997.

[14] 栗野盛光，小林潔司，渡辺晴彦：不確実性下における補修投資ルール，土木学会論文集，No.667/IV-50, pp.1-14，2001.

[15] 田村謙介，小林潔司：不確実性下における道路舗装の修繕ルールに関する研究，土木計画学研究・論文集，No.18(1)，pp.97-107，2001.

[16] 田村謙介，慈道充，小林潔司：予算制約を考慮した道路舗装の修繕ルール，土木計画学研究・論文集，Vol.19(1)，pp.71-82，2002.

[17] 落合文雄：建設省の舗装データバンクシステム，アスファルト，第 41 巻 198 号，1999.

[18] 藤井治嘉：道路舗装の維持管理，土木学会論文集，No.366，pp.13-26，1986.

[19] 建設省道路局国道第一課，建設省土木研究所：舗装の維持修繕の計画に関する調査研究，第 33 回建設省技術研究会報告，pp.215-238，1979; 第 34 回同報告，pp.323-362，1980; 第 35 回同報告，pp.301-323，1981. 12.5cm

[20] 建設省道路局国道第一課，建設省土木研究所：舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究，第 41 回建設省技術研究会報告，pp.362-381，1987.

[21] 安崎裕，片倉弘美，伊佐真秋：舗装の供用性と車両走行費用に関する検討，第 18 回日本道路会議一般論文集，pp.710-711，1989.

[22] 飯島尚，今井博，猪股和義：MCI による舗装の供用性の評価，土木技術資料，Vol.23，pp.577-582，1981.

[23] 建設省土木研究所：舗装の供用性と車両走行費用に関する検討，土木技術資料，Vol.23，pp.577-582，1981.

[24] 飯野利夫：財務会計論，改訂版，同文舘出版，1983.

[25] 筆谷勇：公会計原則の解説，自治体外部監査における実務指針の解説，中央経済社，1998.

[26] 石原俊彦：地方自治体の事業評価と発生主義会計，中央経済社，1999.

[27] 地方公共団体の総合的な財政分析に関する調査研究会：バランスシートの作成手法について，自治省財政局，2000.

[28] 山本清：政府会計の改革，中央経済社，2001.

[29] 中池宏，他：機能するバランスシート －東京都の経営を改革する冷徹な道具－，東京都，2001.

[30] 日本公認会計士協会：地方公共団体における財務諸表実態分析，2002.

[31] 醍醐聰：会計学講義，第 2 版，東京大学出版会，2001.

[32] 大蔵省企業会計審議会：企業会計と会計諸法令との調整に関する連続意見書，第三，有形固定資産の減価償却について，1960.

[33] 日本公認会計士協会：公会計原則（試案），2002.

[34] 梅原秀継：減損会計と公正価値会計，中央経済社，2001.

[35] SFAS

[36] 三重県県土整備部：平成 12 年度一般国道 42 号外 6 線県単道路路面性状調査（国道）業務委託報告書，2000.

[37] 三重県県土整備部：平成 12 年度主要地方道桑名大安線外 111 線県単道路路面性状調査（県道）業務委託報告書，2000.

第7章

結論

行財政制度改革への関心の高まりを背景として，近年，社会資本整備に対する批判的な議論が増大している.「公共投資は役に立たない」などと主張される議論の多くは，短期的な需要効果を念頭にフローとして投資活動に着目した一面的なものと言えるが，ストックとしての社会資本が本来，如何に効果をもたらしているか，あるいはその機能を維持していくために，如何なる維持管理戦略が必要となっていくのかという冷静な検討と，的確な情報開示が強く求められている．戦後，わが国は膨大な社会資本を蓄積し，国土空間の保全，経済活力の創出，生活環境の維持にその役割を発揮させてきた．今後これらの資本ストックは維持管理のため，必要な資金をタイミングを損なうことなく支出し，量的・質的に満足のいく水準を確保していく必要がある．こうした背景をもとに，政府活動の効率性とアカンタビリティ確保を目的として，公会計分野における改革が進められている．本研究では，社会資本のストック情報を体系的に認識・評価・伝達するための諸課題と方法論について論述し，またマクロ的観点からの生産性評価，維持修繕活動に関する管理会計情報の作成に関する提案を行った.

以下では，各章で考察した問題の概要と得られた帰結を簡単に示す.

2. では，インフラ会計の目的とその会計情報の概念的枠組みについて考察した．公会計分野における社会資本に関する会計情報の体系化は，アカウンタビリティの確保，資源の効率的配分，アセットマネジメント，経済統計整備のために重要な役割を果たす．本研究ではインフラの資産評価の方法と会計方式，会計情報の構築方法を示した．会計情報システムの構築にあたっては実務的検証が重要と考えられるが，今後の展開のための１つの有用な知見を提供したものと考える.

社会資本ストックを会計情報として認識・評価していく上では，通常金銭タームで認識・集計することになる．現行の公会計では，情報の集約プロセスによってストックの量的水準と質的水準の差異が区別されず，１次元情報として集計化される．この会計情報のみでは，社会資本の新規整備投資と既存ストックの維持更新への必要投資とを区別することが不可能であり，マクロ的な社会資本投資評価に対し適切な情報提供をなし得ないという問題がある．このため，**3.** では，社会資本の量的ストックと質的水準を同時に取り扱った最適インフラ投資モデルを定式化した．最適投資モデルに関しては膨大な研究の蓄積があるものの，インフラの新規整備・除却，維持補修の差異を考慮した最適投資戦略に関してはほとんど研究が進

展していないのが実情である．本研究では，新規整備戦略や最適な質的水準を議論するための分析枠組みを提案するとともに，時間を通じたインフラの投資戦略に関する情報をインフラ会計情報として整備するための課題について考察した．

新規整備と維持更新投資のバランスのもとで，社会資本は一定の量的・質的水準を維持されるべきであるが，こうして蓄積された資本ストックは民間主体の生産活動にいかなる効果をもたらすか，という観点から社会資本の生産性を適切に評価することが重要である．

4. では，社会資本の整備が国民（地域）経済の生産性や経済成長に及ぼす影響に関する研究成果に関して批判的検討と展望を行った．社会資本の生産性については，生産関数，費用・利潤関数，ＶＡＲなど用いて多様な実証分析が蓄積するが，未だ決着を見ていない．内生的経済成長論，新経済地理学の進展に見られるように，集積の経済に対する社会資本の寄与も大きい．また地域成長の収束・発散議論においても，社会資本のもたらす効果を明示的に導入した分析が行われている．本章では，社会資本の定義に注意しつつ整備がもたらす規模の経済効果に焦点をあてて既存文献の検討を行った．

社会資本は設置された位置においてその周辺地域に対し生産効果もたらすが，より離れた地域に対しても効果を波及させるという特徴を持つ．交通インフラに代表される社会資本は，知識・情報の伝播による生産性向上効果をもたらす．従来の研究では，こうしたスピルオーバー効果を明示的にモデル化し，実証分析を行った例は少ない．**5.** では，社会資本のスピルオーバー効果と生産性を計測することを目的として空間計量経済学的な視点に立ち実証分析を行った．その際，スピルオーバー効果として要素スピルオーバー効果と知識スピルオーバー効果があることを指摘し，これらのスピルオーバー効果を計測するために４種類の生産関数モデルを定式化した．さらに，実証分析を通じて，社会資本のスピルオーバーには知識の階層的なスピルオーバーと生産要素の双方向的なスピルオーバー効果が存在することが明らかとなった．本研究で提案した方法論の有効性は実証分析を通じて明らかにしえたと考える．

インフラのアセットマネジメント活動のうち，日常の維持管理業務においては，時間の経過とともに生ずる資産の劣化減耗の状態と適切な修繕活動の結果とを会計情報として記述し，維持修繕に関する適切な予算支出と評価が求められている．会計情報の有用性のひとつとして，管理会計の利用がある．組織体の行動目標とその達成状況を適宜モニタリングしながら，行動のフィードバックを行うためのマネジメント情報システムとして構築することができよう．**6.** では，道路舗装について効率的なマネジメントを行うための道路舗装管理会計システム（PMAS）の開発を行い，三重県が管理する道路舗装に対してその有効性を検証した．検証の結果このアプリケーションが現場レベルでの舗装マネジメントから，より上位の予算管理にいたるまで非常に有力なツールとなり得ることを示した．

社会資本の総合的なマネジメント戦略の構築に向けて，経済会計情報の作成とその評価にはなお多くの研究課題が残されている．

まずインフラ会計の構築にあたっては，国・自治体が設定するサービス水準を前提として，資産評価や

会計計算の方法が決定される．インフラのサービス水準は，資産の性能規定だけでなく美観，アメニティ水準によっても規定される．インフラ資産の望ましいサービス水準は，技術的条件だけでなく，社会的・経済的条件を勘案しながら総合的に決定すべきである．サービス水準に関する国民のコンセンサスを求める方法論を開発する必要がある．また，インフラ会計がアカウンタビリティの基本的ツールとして定着するためには，会計情報に関する監査制度を確立しなければならない．

動学的インフラ経済投資モデルに関しては，第1に，インフラの限界投資効率を経験的に推計するための方法論を開発する必要がある．社会資本と民間資本の明らかな相違点は，耐用年数の違いにある．従来より，社会資本の生産性を議論した研究が蓄積されているが，耐用年数の違いを明示的に考慮して生産性を測定した事例は多くない．インフラの限界投資効率を測定するためには，将来における整備シナリオを考慮する必要がある．このような本来後ろ向きに推計すべき限界効率性の推計方法に関する方法論の開発が不可欠である．

第2に，インフラの質的水準を評価するための効用関数を推計する必要がある．そのためには質的水準に対する家計の支払い意思額に関する経験的な分析情報を蓄積していくことが重要である．さらに，納税者の立場からインフラ資本ストックとアウトカム指標をバランスシートとして記述するような納税者会計に関する研究が必要となろう．

社会資本の生産性に関しては，より信頼性の高い知見を得るためにはいくつかの研究課題が残されている．第1に，社会資本ストックに関するデータベースの整備があげられる．現時点で，社会資本の除却を考慮したストック会計は存在せず，社会資本ストックに関するバランスシートの作成が課題となっている．空間的な位置情報，整備年次や改修・拡張の履歴，ネットワーク型・非ネットワーク型の種別等の情報を含み，適正な方法に基づいた社会資本ストックデータベース作成とその公開が緊急の課題である．

第2に，社会資本の整備効果やその波及効果は長期間にわたって現れる．社会資本の整備効果の時間的ラグの計測が今後に残された大きな課題となっている．また，社会資本の生産性はマクロ経済の動向にも左右される．社会資本の整備効果を追跡するためには，空間的動学過程の計量化の方法論を開発する必要がある．多時点間におけるパネルデータの空間的相関の取り扱いが今後に残された大きな理論的な研究課題になっている．

さらに，社会資本は生産資本として生産の効率化に資するのみならず，生活資本として家計の厚生増加にも寄与する．社会資本の整備効果は最終的に土地に資本化され，その効果を地代を通じて顕在化される．従来より，ヘドニック理論を用いた社会資本の資本化仮説の検定問題に関しては研究の蓄積があるが，今後は生活資本としての社会資本の生産性の計測問題が重要な課題である．

最後に道路舗装を対象としたアセットマネジメントのための管理会計システムについて，現実の道路舗装の予算・執行過程に用いていくためには，次の課題が存在する．

第1に，提案したPMASの有効性は各道路区間の舗装劣化メカニズムの精度に依存している．現時点に

おいて，舗装劣化メカニズムに関するデータの蓄積が十分ではなく，期待ライフサイクル費用の推計精度に関しては改善の余地が残されている．また，道路舗装技術の革新や工法の発展により，ライフサイクル費用を削減しうる新しい技術が開発された場合，それらの技術情報を用いてPMASを逐次更新する必要がある．

第2に，本研究で提案したPMASは既設の道路舗装のアセットマネジメントを対象としたものである．新規の道路整備，あるいは道路以外のインフラ資産の新規整備，修繕更新も射程にいれたようなインフラ資産の総合的な事業評価・アセットマネジメントのための方法論を開発する必要がある．第3に，本研究では管理会計システムの提案にとどまっているが，財務会計におけるインフラ資産情報の開示，管理会計情報と財務会計の連結方式に関して，今後検討を続ける必要がある．

今後，さらなる効果的かつ効率的な社会資本戦略の構築に向けては，工学，経済学，会計学，経営管理学，行政学などの協同による学際的研究と実証検討を進めていく必要性は大きい．本研究から得られた知見がその一助となれば幸甚である．

謝辞

本研究の遂行にあたり，多くの方々にご指導・ご協力を頂きました．ここに心より感謝の意を表します．

京都大学大学院工学研究科の小林潔司教授には，本研究の遂行にあたり，終始，丁寧かつ適切な御指導と御助言を賜り，浅学で未熟な筆者を，辛抱強く叱咤激励して頂きました．土木計画学の分野において，経済学，数理工学を背景とした理論・実証分析の必要性について，早くから着目され，膨大な研究成果の蓄積の上に，常に新たなる課題の探求と挑戦を続けられている情熱に触れることが出来たことは，筆者の研究を進めていく上で，何にもまして大きな支えとなりました．また，各種の学会・研究会等への参加の機会を与えて頂き，筆者の研究発表の場を広げて頂くなど，今後の研究活動の大きな基礎を作って頂きました．心より深く感謝申し上げますとともに今後とも御指導を賜りたく存じます．

京都大学国際融合創造センターの大津宏康教授には，本研究を進めるに当たり，終始暖かい御助言と御示唆を頂きました．先生には，豊富な知識と実務経験に基づき，筆者の問題意識とアプローチの方法をあらためて見直す機会を幾度となく与えて頂きました．厚く御礼申し上げます．

広島大学工学部の奥村誠助教授ならびに立命館大学工学部の塚井誠人助教授には，社会資本の生産性評価に関する研究を始めるにあたり，理論・実証分析の両面にわたり，大変貴重な御助言，御示唆を頂きました．社会資本の生産性評価並びに空間計量経済学分野における両先生の先駆的な研究は，著者が本研究へ着手するひとつのきっかけとなりました．第３章，第４章の研究は，両先生のアドバイス，御協力によりまとめることができました．ここに深く感謝を致します．筆者が本分野の研究を継続していく上で，今後とも両先生の御指導を賜りたく存じます．

鳥取大学工学部の横松宗太助手には，動学的な枠組みの中で，社会資本の経済会計情報を如何に捉えるかという観点から，経済学と会計学の接点とも言うべき先駆的な分野について，筆者の研究全体に対する理論的方向を導いて頂くとともに，貴重な御助言と御示唆を頂きました．先生の理論構築に対する幅広い視点と鋭い感性，並びに研究に対する真摯な姿勢は，筆者の研究スタイルに大きな影響を与えました．今後とも経済会計情報に関する共同研究等を通じて御指導を賜りたいと考えております．第２章は横松先生の多大なる御協力のもとにまとめることができたものです．有難うございました．

第６章は，慈道充氏（中央復建 C），東北大学大学院工学研究科緒田澤利守助手，公認会計士西口浩志氏（新日本監査法人）との共同研究を基礎としたものであります．維持管理業務における管理会計システ

ムの意義と会計情報の構築方法について，実務家，研究者，公認会計士という異なった立場から，熱心な議論を重ねることが出来たことは貴重な経験でした．また実証研究に当たっては，三重県土木整備部の全面的なご支援を頂いたものであります．皆様に厚く御礼申し上げます．

京都大学大学院工学研究科の松島格也助教授には，筆者の研究活動開始後，常に丁寧な御指導と御助言を頂きました．先生には，社会人である筆者への暖かい御配慮に基づき，論文作成上の種々のアドバイスをはじめ，適切な励ましを頂きました．心より感謝致します．

本研究をまとめるに当たり，２つの研究会へ参加をさせて頂いたことが大きな契機となりました．まず建設マネジメント勉強会において，社会資本整備をめぐる多面的な緒課題に関し，理論・実務の両面からの真摯な議論へ参加することができ，メンバーの皆様からは，ともすれば停滞しがちな筆者の研究を再び前進させうる刺激と知的興奮を与えて頂きました．京都大学大学院工学研究科谷口栄一教授，京都大学防災研究所岡田憲夫教授，多々納裕一教授，神戸大学工学部竹林幹雄助教授，名古屋工業大学大学院和久昭正助教授の諸先生方，大本俊彦氏（大本俊彦建設 P.C），尾ノ井芳樹氏（電源開発），越水一雄氏（清水建設），石原完治氏（日建設計シビル），森本浩之氏（建設技術研究所），安田亨氏（パシフィック C)，中村一樹氏（応用地質），坂東弘氏（J.C.F)，貝戸清之氏（BMC) をはじめとする勉強会の皆様には，毎回，様々な観点から新しい知見をお聞かせくださると共に，筆者の研究に対し大変暖かい激励を数多く賜りました．ここに厚く御礼申し上げます．また，このような貴重な機会を提供してくださいました，京都大学大学院工学研究科の大西有三教授をはじめとする，勉強会を主催されます教授方に重ねて御礼申し上げます．

また，会計学研究会において経済会計情報について発表と議論をさせて頂いたことは，研究の枠組みを形成し，方向付けを行う上で大変貴重な機会でありました．名古屋工業大学大学院秀島栄三助教授，関西大学工学部北詰恵一助教授, 荒井俊之氏（東京都）をはじめ，計画プロセス論研究室の大学院，学部学生諸氏の参加メンバーの方々には，終始お世話になりました．ここに感謝申し上げます．これらの研究会での議論は第２章をまとめる上で大変貴重な財産となりました．

そして、計画プロセス論研究室の諸兄には、本研究を取り纏める上で多大な御協力を頂きました．特に大西正光助手には，研究会活動のほか，本論文作成にあたり極めて有意義な御助言と御協力を頂きました．また秘書の藤本彩氏には大変お世話になりました．皆様に御礼申し上げます．

本研究に関する問題意識は，筆者が勤務する東海旅客鉄道において培ったものであります．現在筆者が勤務する総合企画本部の上司や同僚からは，社会資本の意義・役割と適切なマネジメントのあり方について，真摯な議論と実践を通じ日々教えて頂き．深く感謝をしております．

最後に，長年にわたり筆者の研究生活を支えてくれた，妻をはじめとする家族全員に心より感謝します．

2005 年　江尻　良