

(論文内容の要旨)

本論文は、全世界を対象とした物質フロー勘定表、エネルギーフロー勘定表、および貨幣単位での財・サービスフローを記述する社会会計表、貿易勘定表の推計手法を構築し、その手法を過去30年間に適用したものであり、全10章からなっている。

第1章は序論であり、これまでの全世界における物質フロー量の増大とそれに関連する環境問題について示し、物質フロー分析、シミュレーションの有効性を示した。そして、現存する統計情報群にはいくつかの問題があることを示し、世界全域での物質フロー、エネルギーフローデータ、またそれらと整合性を持つ貨幣単位の経済データの重要性を示した。最後に本研究の目的と論文の構成について示した。

第2章は、物質フローと社会経済システムに関する先行研究、統計情報の調整方法に関する先行研究を紹介した。物質フローと社会経済システムに関する研究に関し、(1)それらの全ては一国単位を対象としており全世界を対象としたものは皆無であること、(2)物質収支バランスを考慮し、各統計情報との整合性を持つデータ作成を行い物質フロー分析を行った研究はその重要性にも関わらず皆無であることを示した。また、統計情報の調整方法に関する既存の研究方法の問題点を示し、本論文で用いる方法の優位点について示した。

第3章は、本研究の全体像と推計の手順について示した。

第4章は、貿易マトリクスの構築手法について示し、1965年から2003年の全世界に対してその手法を適用し、結果を示した。財分類の集約関係の制約条件、貿易の収支バランス条件を満たしつつ、貿易統計の報告値と推計値に整合性を持たすような手法を用いた。貿易統計の各報告値に対して信頼度を計算し、その信頼度を基に統計情報に重み付けし、統計値と推計値の差を誤差とみなし、重み付絶対誤差和を最小化するように定式化した。主要な結果は以下のとおりである。

(1)世界全体の貿易額について見ると、推計値は統計報告値よりも全体として大きな傾向を示した。これは、貿易統計の欠測の補完に由来すると考えられた。

(2)統計報告値から推計値への修正量を地域別で比較すると、OECD諸国よりも非OECD諸国の方が大きい傾向にあった。ただし、OECD諸国の中でも東欧諸国の修正量は他のOECD諸国と比べて大きい傾向にあった。

(3)統計報告値から推計値への修正量を財別(10品目)で比較すると、“燃料等の資源”が大きな値を示し、これはイラン、UAEなどの中東諸国の輸出報告に異常値が含まれていることが原因と考えられた。

第5章は、全世界を対象とした社会会計表とエネルギーフロー勘定表の構築手法について示した。そして、1980年から2000年に対してその手法を適用し、結果を示した。社会会計表とエネルギーフロー勘定表を各地域別で推計した。各地域の推計ではエネルギー収支バランス、収入と支出のバランス条件を考慮し、既往の研究で示されたCross-entropy法を改良して、統計の報告値と推計値の乖離を小さくする手法を用いている。主たる結果は以下のとおりである。

(1)地域別のエネルギー消費量に着目すると統計報告値から推計値への修正量が大きかったのは、中東諸国、特殊な貿易構造を持つ国であった。

(2)既存のエネルギー統計における欠測が補完された。統計における欠測は特に天然ガスの貿易で大きかった。

(3)貿易統計(経済データ)と既存のエネルギー統計から計算したエネルギー財の貿易価格は世界平均からのばらつきが大きかったが、推計値ではそのばらつきが小さくなった。

第6章は、全世界を対象としたエネルギー投入産出表の構築手法について示した。1971年から2003年にその手法を適用し、結果を示した。各部門や財のエネルギーの投入と産出の収支バランスの制約、エネルギー転換効率の制約を考慮し、第5章と同様のCross-entropy法を用いた。その主たる結果は以下のとおりである。

(1)既存のエネルギー統計で見られたエネルギー転換効率の異常な値は排除された。

(2)既存のエネルギー統計から推計値への修正量を部門、地域、年の要因に分解すると、地域の要因が大きく寄与していた。さらに地域の要因が大きかったのは、中東諸国、その他の集約化地域などであり、一般に統計報告値の信頼性が低いとされる地域であった。

第7章は、全世界を対象とした炭素・窒素・リンフローの勘定表の構築手法について示した。その手法を2001年に適用し、その結果について示した。人間活動由来の炭素・窒素・リンフローを記述する勘定体系を提案し、その勘定体系に基づき推計を行っている。推計手法は財フローの貨幣単位の情報を用いて物量単位の報告値を調整するというものである。財フローの金額1単位あたりの物質量を物質密度と定義し、その物質密度の地域内における差、及び統計報告値と推計値の差の重みつき絶対和を最小化するように定式化した。主たる結果は以下のとおりである。

(1)統計報告値と推計値は概ね同じ値となった。ただし、地域別で見た場合、統計報告値から推計値への修正量が大きな地域が見られるが、それらの地域は世界全体の物質フロー量と比べると物質フロー量の小さな地域であった。

(2)炭素フローについて見ると、化石燃料の消費量の約77%に相当する農業残渣、家畜糞尿などの廃棄物が発生していた。窒素フローについて見ると、化学肥料の投入量と家畜糞尿の発生量はほぼ同じ程度の量であった。

第8章は、全世界を対象とした鉄フローの勘定表の構築手法について示した。2001年に対してその手法を適用し、その結果について示した。人間活動由来の鉄フローを記述する勘定体系を提案し、第7章で用いた推計手法を用いた。主たる結果は以下のとおりである。

(1)各地域における鉄鋼製品の純輸出入、最終製品の純輸出入の関係から、世界の各地域の国際分業状態を示し、経済発展と貿易構造に関連性があることを示した。

(2)長期的蓄積への追加量を各地域について注目すると、GDPあたりの長期的蓄積への追加量と一人当たりGDPの間に相関関係を見出すことはできないが、一人当たりの長期的蓄積への追加量と一人当たりGDPの間には一定の関係が見られた。

第9章は、1971年から2000年の30年間における全世界を対象とした炭素・窒素・リン・鉄フローの推計方法とその結果について示した。第7章、第8章の絶対誤差和最小化問題を誤差自乗和の最小化問題に変更し、推計を行っている。主たる結果は以下のとおりである。

(1)世界全体では対象期間の30年間において、物質フローの投入量は増加し、炭素、窒素、リン、鉄はその投入量が1.5-1.8倍となった。対象期間の30年間においてGDPは2.5倍、人口は1.6倍となったため、人口と物質フローの増加率は同程度であったが、GDPと比べるとその増加率は低かった。

(2)1971年と2000年で炭素、窒素、リンの環境からの投入の内訳を比較すると、炭素、リンは大きな変化が見られなかったが、窒素は大きな変化が見られ、化学肥料の窒素固定の割合が大きな割合を占めるようになった。

第10章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、全世界を対象とした物質フロー勘定表、エネルギーフロー勘定表、および社会会計表、貿易勘定貨幣表の推計手法の構築を行い、その手法を過去 30 年間に適用したものである。本論文ではこの手法を用い、世界全域を対象とする貨幣単位の財フローの勘定表と整合した物質量単位の勘定表を世界で初めて推計し、物質フローと経済指標との関係を解析している。本論文の概要は以下に示すとおりである。

- (1) 全世界における財のフローについて各国間の輸出入を貨幣単位で記述する貿易マトリクス、及び各国内の投入産出構造を貨幣単位で記述する社会会計表で表現し、それらの統合的な作成手法の開発と適用を行った。さらに、貨幣フローと整合的な炭素、窒素、リン、エネルギー、鉄のフローに関し、それぞれの物質量、エネルギー量単位で記述する物質フロー勘定表、エネルギー勘定表を作成する手法の開発と適用を行った。
- (2) 本研究において提案・開発した勘定表推計法とは、1)財サービスフローの貨幣単位、物質量単位、エネルギー単位の各種統計やその他の情報源から得られる関連情報をベースとし、2)これらのフローに関する収支バランスなどの自然科学的、社会科学的及び工学技術的な諸制約条件を満足し、かつ、関連情報ともっとも整合度が高くなるように各国の社会会計表、物質フロー勘定表、エネルギーフロー勘定表及び国際貿易マトリクス構成諸要素を求解する数理計画法として定式化を行ったものを、3)世界を構成する 106 ヶ国・地域を対象とし計算を行うプログラムとして実装したものである。
- (3) 上記の推計手法を全世界、過去 30 年間に適用することで炭素・窒素・リン・鉄の物質フローを定量的に推計した。その結果、物質投入量と経済発展の指標にはある一定の関係があること、炭素・窒素・リンの直接物質投入強度は経済発展とともに低下すること、鉄の物質集約度には歴史的に見て二つの経路があることなどを明らかとした。

以上、本論文は、不確実性を有する諸統計をベースとしつつも、それらから高い内部整合性を持った物質フロー、エネルギーフロー勘定表を推計する手法を開発し、その適用を行ったものである。一国単位においても困難であった物質フローに関する勘定表を、情報の不確実性が高い途上国も含めた全世界について、過去数十年間にわたって構築した。本論文で開発した手法及び作成したデータの有用性は高く、当該分野に大きな影響を与えると考えられ、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 21 年 1 月 27 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。