

氏 名	さわ き かつ しげ 澤 木 勝 茂
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3234 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Studies on Stochastic Dynamic Optimization Models with Applications (応用を考慮した確率のおよび動的モデルの最適化に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 福 嶋 雅 夫 教 授 茨 木 俊 秀 教 授 長 谷 川 利 治

### 論 文 内 容 の 要 旨

在庫管理, システムの信頼性管理, 金融資産管理などの様々な工学上のモデルの中に動態性と不確実性を明示的に導入する場合, システムの動態性と不確実性をマルコフ過程で記述し, 分析手法として動的計画法を適用する研究が数多くなされてきた。情報の生成過程のひとつであるマルコフ過程と動的計画法とを結合させることにより, 不確実性の下での多段階意思決定過程の解析的かつ数値的な取扱いが容易になったが, 動態的システムをマルコフ過程で近似することの妥当性や動的計画法によって最適政策を求めるのに必要とされる膨大な計算量など, 重要な研究課題が残されている。

本論文では, マルコフ決定過程及び動的計画法によって定式化された確率的動態的システムの最適化モデルにおける最適政策とその評価関数を求めるためのアルゴリズムを開発し, 一般化された政策改良法の収束性と有効性を論じるとともに, これらの数理工学的手法を用いて具体的な経営工学上の最適化モデルを分析したものであり, 全体で7章から成っている。

第1章は, 本論文の序論であり動的計画法の背景および経営工学的立場からの問題の所在について述べるとともに, 論文全体の構成を概説している。

第2章では, 任意の状態空間の上で定義された有界な関数の写像が単調性および縮退性をもつという仮定のもとで, 一般型動的計画法の特別なクラスに対して, 単純な最適政策とその評価関数を導出するアルゴリズムについて考察している。状態空間が連続体であるとき, 動的計画法による従来のアルゴリズムは, 具体的な最適政策とその評価関数を求めることには現実には不可能であった。本章では, 単純な政策と単純な評価関数から成る動的計画法のクラスによって, 連続体の状態変数を持つ動的計画法に対しても十分に実用的な近似解を計算することが可能であることを示している。さらに, このような性質を持つ動的計画法のクラスの例として, 区分的線形動的計画法, 部分観察可能なマルコフ決定過程を取りあげ, 開発された一般化政策改良法によって生成される政策とそれに対応する評価関数が最適解に収束することを証明し, その収束速度について解析している。特に, 部分観測可能なマルコフ決定過程が, 区分的線形計画法に変換されることを論証し, 具体的な数値実験の結果を述べている。

第3章では、確率的需要に対する多期間在庫管理問題を考察し、従来のモデルで仮定されているように生産費用ばかりでなく在庫保持費用にも固定費が掛る場合について、 $(s, S)$  政策が最適政策となることを論証している。さらに、次期に繰越すことが不可能な在庫品に対する最適政策についても新しい知見を得ている。

第4章では、最近の航空業の規制緩和を受けて展開されている複数の航空料金体系の下で一機当りの航空機からの収益を最大にするような座席の配分政策について幾つかのモデルを提案し、そこでの最適政策を提示している。特に、割引料金と普通料金をそれぞれ支払って航空機を利用する客の需要の間で確率的な依存関係がある場合でも単純な最適政策が存在することを証明するとともに、計画期間の途中に予約の受入れを再開したり、離陸時までの残存時間に依存した予約政策を考える多期間モデルについても議論している。

第5章では、連続時間の下での動的計画法の応用として消費・ポートフォリオ選択問題を考察している。ここでは、資産価格の確率過程をセミ・マーチンゲールまで拡張し、最適な消費とポートフォリオ選択に関する政策を種々の評価関数のクラスについて導出している。特に、新しい金融商品の代表的な例であるオプション証券（デリバティブ）の評価式を従来の方法とは異なる手法で導出している。また、金融資産の期待収益率が均衡において満足すべき関係式を導出し、従来の資本資産評価モデルの関係式との類似性を明らかにしている。

第6章では、ソフトウェアのモジュール構造に着目した新しいソフトウェア信頼度成長モデルを提唱している。本章で展開したモデルはソフトウェアの開発現場でソフトウェア技術者が直感的に同意しているオブジェクト指向型開発方法の優位性を理論的に論証した最初のモデルである。

第7章は結論であり、本論文で得られた知見をまとめるとともに、将来の研究課題とその方向性について言及している。

## 論文審査の結果の要旨

確率のおよび動的モデルに対する最適化問題を解く手法として、動的計画法は様々な視点から研究されてきた。特に、評価関数と政策のクラスが特殊な構造を有する場合には、その特殊構造が常に保存されるという動的計画法の長所を利用した効率的な解法が開発されている。それらの方法を拡張することにより、一般的なマルコフ決定過程で定式化される問題に対して効率的なアルゴリズムの研究を進めることは理論面のみならず応用面からもきわめて重要な課題である。

本論文は、一般的な動的計画法のクラスに対して優れた近似解を生成する新しいアルゴリズムを提案し、その理論的性質と有効性を明らかにするとともに、動的計画法の実際的応用例として4種類のモデルを取り上げ、具体的な最適政策やその評価関数を導出し分析したものであり、得られた成果は以下のとおりである。

1. 状態空間と評価関数の一般化を通して動的計画法とマルコフ決定過程の理論を発展させるとともに、連続状態空間を有する動的計画法においても、一般化された政策改良法が良い近似解を与えることを示した。

2. 部分観察可能なマルコフ決定過程と区分的線形動的計画法の関係を明らかにし、効率のよいアルゴリズムを提案した。
3. 在庫管理、飛行機の座席管理に対する新しいモデルを提案し、具体的な最適政策を示した。さらに、ポートフォリオ選択問題の資産価格をセミ・マーチンゲールに拡張し、種々の評価関数に対して最適政策を導出した。
4. ソフトウェアのモジュール構造に注目した新しいソフトウェア信頼度成長モデルを開発し、オブジェクト指向型ソフトウェア開発手法の優位性を明らかにした。

以上のように、本論文は、確率的な最適化問題に対する有力な方法である動的計画法の理論的發展に寄与するとともに、種々の実際的な応用モデルに対する興味深い知見を与えたものであり、学術上、実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9年2月21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。