

氏 名	熊 本 博 光 くま もと ひろ みつ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 459 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 精 密 工 学 専 攻
学位論文題目	MONTE CARLO APPROACH TO ESTIMATION AND CONTROL (推定および制御問題に対するモンテカルロ法的アプローチ)
論文調査委員	(主 査) 教 授 明 石 一 教 授 清 野 武 教 授 岩 井 壮 介

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、推定および制御問題に対して、モンテカルロ法を適用したものであり、諸論を含む9章からなっている。

第1章は緒論であり、従来の研究の流れとモンテカルロ法を適用することの意義を示すと共に、本研究の概要を述べている。

第2章では、多次元超立方体内の格子点上でデータが与えられた場合の最小2乗近似法について考察し、モンテカルロ法によるアルゴリズムを与えている。まず、格子点上でのデータの線形結合として最小2乗近似問題の解が得られることを示している。しかしながら、通常の計算法では計算量が膨大なものとなるので、ランダムにサンプルされた比較的少数個のデータをもとに解を評価するアルゴリズムを提案している。多次元の場合、このアルゴリズムは通常の計算法と比べ有効であることを明らかにしている。また、20次元の計算機シミュレーションにより、提案したアルゴリズムの有効性を実証している。

第3章は、連続型の多次元最小2乗近似問題を扱っている。2章のアルゴリズムの自然な拡張として、モンテカルロ法によるアルゴリズムを構成している。

第4章では、オン・ラインでの最小2乗近似法について考察している。オン・ラインの計算量を減少させるため、制御変量法を導入したモンテカルロ法によるアルゴリズムを構成している。20次元の計算機シミュレーションによって、アルゴリズムの有効性を示している。

第5章では、標準的な形の離散時間非線形状態推定問題を考察し、分散減少法を導入したモンテカルロ法によるフィルタを構成している。分散減少法適用に際して補助的に必要な解析的計算法を効果的に使用するため、モンテカルロ法を1段ごとの推定および予測問題の解法に用いている。従来の解析的計算法に基づくフィルタと比較した場合、系の非線形性が忠実に考慮されている。レーダ・トラッキングに対する計算機シミュレーション結果は、比較的少ない計算量で良好な状態推定値が得られることを示している。

第6章は、観測雑音の統計的性質がマルコフ的に変化する場合の状態推定について論じている。また、

第7章は、状態依存性観測雑音を受ける線形系の状態推定を考察している。さらに、第8章は、6章と同様な状況下にある線形系の最適制御について論じている。これらの問題においては、膨大な数の系列に関する加重平均として最適解が得られるので、通常の計算法を用いることは困難である。そこで、これら多数個の系列の集合を母集団とみなし、そこからランダムにサンプルした比較的少数個の系列をもとに最適解を評価するアルゴリズムを与えている。まず、最適解への収束性を確立している。次に、極めて速かな収束性を保証するサンプリングの方式、および、これに対する近似を与えている。得られたアルゴリズムは、計算機の使用に適している。通常の近似手法に対するアルゴリズムの有効性を、計算機シミュレーションにより確認している。

第9章は、確定系の最適制御について考察している。まず、従来のモンテカルロ経路積分による2点境界値問題の解法を、新たな観点から論じている。この結果に基づき、モンテカルロ経路積分による最適制御アルゴリズムを与えている。このアルゴリズムにおいては、系の解析的なモデルは必要でなく、非解析的なシミュレーションモデルがあれば十分である。計算機シミュレーション結果は、アルゴリズムの有効性を示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、通常的手法では解決困難な推定および制御問題に対してモンテカルロ法を導入し、実際問題を取り扱うのに有効な各種のアルゴリズムを開発・提案しているものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1) 多次元最小2乗近似問題の解をデータの線形結合として表現し、通常計算法では膨大な計算量を必要とするという実用上の困難を解決するために、ランダムサンプルされた比較的少数個のデータをもとに解を評価するアルゴリズムを開発し、多次元の場合の有効性を明らかにした。また、オン・ラインでの計算量を少なくするため、制御変量法を導入し、計算機シミュレーションによりアルゴリズムの有効性を検証している。

2) 標準的な形の離散時間非線形状態推定問題に対し、分散減少法の新しい適用方法を提案し、モンテカルロ法によるフィルタを構成した。また、その有効性を計算機シミュレーションにより示した。

3) 観測雑音の統計的性質がランダムに変化する場合の推定および制御問題ならびに状態依存性観測雑音を受ける場合の推定問題を、ランダム・サンプリングの立場から考察し、最適解への収束性を示した。また、極めて速かな収束性を保証するサンプリングの方式およびこれに対する近似法を与え、計算機の使用に適した実用的アルゴリズムを構成した。さらに、通常の近似手法に対するアルゴリズムの有効性を、計算機シミュレーションにより確認した。

4) モンテカルロ経路積分による2点境界値問題の解法を最適制御の観点から論じ、この結果をもとに、複雑なシステムに対する最適化アルゴリズムを提案した。また、計算機シミュレーションによりその有効性を明らかにした。

以上、要するに、本論文は従来手法では解決困難な推定、制御問題に対して、モンテカルロ法に基づくアルゴリズムを与えたものであり、学術上、実用上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。