

【17】

氏 名 (本 籍)	ひら 平	やま 山	てつ 哲	じ 治 (長崎県)
学 位 の 種 類	学 術 博 士			
学 位 記 番 号	博 甲 第 4 2 0 号			
学 位 授 与 年 月 日	昭 和 62 年 3 月 25 日			
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当			
審 査 研 究 科	社 会 工 学 研 究 科			
学 位 論 文 題 目	Dynamic Scheduling of Queuing Systems (待ち行列システムの動的スケジューリング)			
主 査	筑波大学教授		渡 辺	浩
副 査	筑波大学教授	Ph. D. (経済学)	太 田	誠
副 査	筑波大学教授		高 橋	馨 郎
副 査	筑波大学助教授		逆 瀬 川	弘 孝
副 査	筑波大学助教授	理学博士	西 村	彰 一

論 文 の 要 旨

サービスに伴う混雑と待ちの現象の確率過程による解析は、待ち行列すなわち queue の理論としてすでに約40年の歴史を持ち、多くの理論的成果と解析手法を発展させ、各種の窓口サービス、交通運輸、生産管理、コンピューターの運用、建築設計等への応用が開拓されて来たが、1970年代に入ってこれに制御を導入することによって、記述的な確率過程の理論から最適化モデルに拡張して行く方向の研究が眼につくようになった。

そのさいの制御ないし決定変数としては、サービスの速度を与えられたいくつかの中から選択するもの、客の到着ごとに受入れまたは拒絶の決定を行うもの、いくつかのクラスに分かれた待ち客の中から次のサービス対象者を選択するもの(この論文で扱っているように、客がいてもサービスをしないという選択を含めることもできる)、評価関数としては客の待ち時間に伴う費用と、サービスの終了や客の受入れに伴う reward との差を最適化するもの、待ち行列が0となる時間を最大にするもの、またこれと逆にサービス窓口の稼働率を高めようとするもの等がある。

研究の方法としては、いくつかの決定方式に対応する確率過程の極限効率の比較という形態から、より精ちな、マルコフ決定過程における最適政策の問題として取扱われるようになっている。連続時間パラメーターのマルコフ決定過程で代数的に最適政策を導くことは不可能であり、最適

政策がいくつかのパラメーターを使って特定の形式に表現できるということを解析的に証明することが主要なステップとなる。

著者はこの論文で基本的に次の問題を取扱っている。有限母集団をなす客が service station (以下 S_0) でサービスを受けた後 source (以下 S_1) で各々ある thinking time を過し、又 S_0 を訪れる。客 k のサービス時間, thinking time は各々パラメーター μ_k , λ_k の指数分布で、サービス窓口は 1 つ, 決定変数は窓口で次のサービス対象者を選択することであるが、ここで割込型 (preemptive) と非割込型 (non preemptive) の 2 つのケースが考えられ、各々本論文の第 2 章と第 3 章で取扱われている。

評価関数としては客 k の S_i ($i=0,1$) での滞在に伴う時間当りの費用 h_{ki} , S_i を出発する時点での reward h_{ki} があるものとし、割引率を $\beta > 0$ で連続的に割引いた現在価値をとって、これを最適化するサービス政策の構造を求める。

この問題は J.M. Harrison (1975) が扱った問題を有限母集団のばあいに拡張したものを見なすことができる。有限母集団のばあいには S_0 への客の到着過程が現在そこにいる客に依存するので、相当に複雑となる。

本論文は 3 つの章と 4 つの Appendix とから成り、第 1 章は introduction として 25 点の関連論文を引用しつつ従来の研究のサーベイを行っている。

第 2 章は 6 節から成り、5 つの lemma, 4 つの定理と 1 つの系を含む。上述の問題の割込型のばあいを扱っており、1 人の客のサービスの終了時点とともに新しい客の到着時点が decision point となる。主要な結論は定理 2.8, 2.9 で表現されるが、 λ_k が k に依存しないとき、個別の客の特性について計算されるある指標 M_k を使って、各 decision point で S_0 にいる客の中の最大の M_k を持つ客を選ぶ政策 (index policy) が最適になるということである。この M_k は具体的に与えられるので、この結論は最適政策自体を具体的に決定している。この結論は Harrison (1975) の結論と同様の形式で表現される。

この主要結果に到達する前にいくつかのステップが必要であった。まず 2-2 で評価関数の中の滞在時間に比例する費用を decision point に帰属させて pure reward model に転換し、2-3 で番号順の一部限定サービス・ルールと、それを更に一部修正したルールに関する busy period の分布の Laplace-Stieltjes 変換に関するいくつかの関係式を 3 つの lemma によって求め、2-4 でその結果を利用して初期状態に依存する busy period の reward function の具体的な形を 2 つの lemma によって各ルールについて求めるのに成功し、次にこれを使ってサービス・ルールの指標 M_k を求め、全体的な reward function の表現が得られる (定理 2.6), 定理 2.7 ではルール g , g_j の reward function が具体的に求められ、2-5, 定理 2.8 で index policy の最適性を主張する Harrison と同じ形式の定理が証明され、さらに定理 2.9 でその客の順位付けをより簡単な指標 R_i を使って表現できることを証明している。

第 3 章では非割込型で客は各々 N_k 人から成る 2 つのクラス $k=1,2$ に分かれているばあいを取

扱っている。評価関数は第2章と同様である。本章は6節から成り、9つの lemma と4つの定理を含む、3-4までの分析ではサービス時間の分布は指数と限定せず、一般化されている。

主たる結論は定理3.13に述べられており、第2章と同様の R_j を使って最適なサービス政策が明確な形で示されている。ここに到る手順は第2章と平行して、客のクラスに対応する限定された busy period の Laplace-Stieltjes 変換に関する関係式を求め、それを使って条件つき reward 関数の陽表的な表現を得、さらに busy period の Laplace-Stieltjes 変換の具体形を求め、最終的な reward function の具体的表現を得て、最後の結論に到達している。

Appendix 1, 2, 3 は各々3頁, 1頁, 4頁からなり、本文中の証明に必要な lemma 1つづつの証明を与えている。Appendix 4 は著者の今回の論文の問題意識の出発点となった3つのノードをもつ network queue についての同氏の修士論文 (1985) の再録である。

審 査 の 要 旨

本論文は基本的に1975年 Operations Research 誌の J.M.Harrison の論文で取扱っている問題を2通りに拡張発展させて解決したものと見なし得る。第2章で有限母集団のばあいに拡張して同様な形の最適政策が成立することを示した意義は大きい。特に Lemma 2.4 では初期状態 D から出発して S_0 の客が clear されるまでの reward function を busy period の Laplace-Stieltjes 変数 $\pi_k(D)$ と指標 $M_k(D)$ を用いて表現するのに成功している。Harrison type の問題でも同様な結果が得られているが、feedback のある有限母集団モデルでのこの表現の導出は、より広い今後の発展を含んでいるように思われる。最終結果に λ_k が k に依存しないという条件を課している点は気になるが、この条件を除くには状態空間の設定から再構築が必要であることを考えれば、やむを得ないものがあると云える。 μ_k については k に依存してよい。

第3章では2つのクラスに分かれた有限母集団についての busy period の Laplace-Stieltjes 変換を得るために Jaiswal (1968) の方法にのっとりつつ、かなり複雑な計算を行い Appendix 3 の lemma を使って lemma 3.10 で成功し、これによってマルコフ決定過程の最適性を証明することができた。ここでの力量は高く評価できる。2クラスに限定してのものであること、やはり最終段階で $\lambda_1 = \lambda_2$ の仮定がおかれている点は気になるが、今後の発展の方向としてはこの点を一般化して類似の結果を証明することよりは、これをヒントとしてより複雑な最適政策の要求されるような問題の新しい定式化を見出すという方向になるであろう。

第2章、第3章とも現在の水準において refereed journal に掲載される価値のある内容であるとの点で審査員の意見は一致した。論文全体を通じて著者がマルコフ過程、セミマルコフ過程、queuing theory の過去の研究成果の集積と、解析手法を十分に習得し、それを自から使いこなして行く実力を備えていることが伺われた。ただし論文の表題は内容に比べてやや一般的すぎる

との意見があった。

よって、著者は学術博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。