

# 論文誌掲載論文概要

J O R S J

Vol. 39, No. 4

## ランダム順処理規則に従うゲート式 $M^{[X]}/G/1$ システムの待ち時間の解析

川崎 紀一 (京都大学) 高木 英明 (筑波大学)

高橋 豊 (奈良先端科学技術大学院大学)

長谷川 利治 (京都大学)

$M^{[X]}/G/1$ システムは  $M/G/1$ システムを拡張しメッセージが集団で到着する場合をも許すモデルであり、 $M/G/1$ システムと同様に多種のモデルに関する解析が望まれるが、未だ解析されていないモデルが少なからず存在する。そこで本稿では、サーバの休止期間であるバケーションがない場合とある場合の両方について、ランダム順処理規則 ROS (Random Order of Service) に従うゲート式  $M^{[X]}/G/1$ システムを考察した。まず、遅延サイクルの考え方をを用いて、バケーションのない ROS 型ゲート式  $M^{[X]}/G/1$ システムの待ち時間の確率分布関数のラプラス・スティルチェス変換 (LST) を導出し、その2次までのモーメントを得た。次に、サービスサイクルの考え方をを用いて、バケーションのある ROS 型ゲート式  $M^{[X]}/G/1$ システムの待ち時間分布の LST を導出し、その2次までのモーメントを得た。その結果を数値計算によりグラフに表示し、特性を考察した。

## DEA 一芸入試選抜システム

橋本 昭洋 (筑波大学)

一芸入試選抜システムを、DEA (Data Envelopment Analysis) を用いて構築・提案している。本システムは複数教科の筆答試験において、総合点で優秀な受験者とともに「一芸に秀でる」(全教科はできなくても一科目が優秀な) 受験者をも合格者として選抜できる。

まず DEA において、DMU (Decision Making Unit) を受験者、出力を試験得点、各 DMU は唯一の単位入力をもつと考えれば、受験者の試験得点による DEA 評価が可能なことに着目している。これは、通常総合点選抜方式と同様に試験得点の加重和による評価であるが、そのウェイトは固定されず、評価される

受験者ごとに異なる。すなわち各受験者は、自身に最も有利な評価規準で相対評価を受けることができ、これは、「受験者間の公正な競争を保証する」という入試選抜システムの必要条件を満たすと考えられる。次いで、入学定員までの合格者選抜方式、定員超過の場合の調整方法を考えると同時に、モデル・データによりシステムの期待されるパフォーマンスを確認している。また、他の選抜方式との結合や文科系・理科系に対応した DEA 選抜も可能なことなどにも触れている。

## ランダム順サービスとベルヌーイフィードバックをもつ $M/G/1$ 待ち行列におけるシステム内滞在時間の解析

高木 英明 (筑波大学)

ランダム順サービス規則と、サービスを終えた客がある確率で帰還するフィードバック機構とをもつ  $M/G/1$  待ち行列を研究する。このようなシステムは、競合型多重アクセス通信チャネルに対するバケットの伝送遅延の性能評価モデルとなる。このシステムについて、重要な性能指標である、客の到着から最終退去までのシステム内滞在時間を解析する。平均滞在時間は、ちょうど各到着が幾何分布に従う数の客を含む集団到着待ち行列における平均滞在時間と同じである。滞在時間の2次モーメントも明示的に得られ、先着順サービスおよび後着順サービスの場合と数値的に比較される。その結果、滞在時間の2次モーメントは、帰還確率が小さいときは先着順、ランダム順、後着順サービスの順序で大きくなるが、帰還確率が大きいときはパラメタの値によってはその逆の順序になることもあった。解析は、サーバが強制的非稼働期間 (バケーション) をもたない場合ともつ場合について行われている。

## 経路型条件付き決定論的移動目標物に対する探索ゲーム

飯田耕司, 宝崎隆祐, 古井伸吾 (防衛大学校)

本研究では、経路で定義される条件付き決定論的移動ルールに従う目標物と、探索者の間の探索ゲームを

考える。目標空間は離散的な地域からなり、また目標物の移動及び探索は  $n$  個の離散時点で行われる。目標物はゲームの当初に有限個の移動経路の中から 1 つの経路を選んで移動し、探索者は各時点で一定の探索努力量を目標空間に配分して目標物を探索する。目標物は  $n$  時点までの非探知確率を最大にするように移動経路を選択し、探索者はそれを最小にするように各時点の総探索努力量を各地域に配分する。発見法則が指数関数で表わされるランダム探索の場合には、ゲームは凸ゲームとなり、最適戦略は線形計画問題として解かれる。またモデルは正則探知関数（非探知確率が探索努力量の単調減少の凸関数）の場合や、探索努力が（各地域の探索密度、各時点の総努力量、延総努力量）の 3 つの制約の場合に拡張され、それぞれのゲームの解が示される。次いで（3 地域、3 時点、4 経路）の 3 つの数値例のゲームの解を示し、最適戦略の特徴的な性質を具体的に述べる。また最後にゲームの最適戦略の条件式の解釈や、モデルの拡張等を議論する。

### 超楕円関数に基づくファジィロバスト回帰分析 藪内 賢之, 和多田 淳三 (大阪工業大学)

ファジィ回帰モデルでは、与えられた標本を包含するようにモデルを構成することでモデルの示すファジィ区間でシステムの可能性を表現している。このため、ファジィ回帰モデルでは、大きな誤差をもつデータが標本に混入しているとき、モデルが大きく歪む結果となる。モデルの形状を決定しているデータはデータ群の周辺部分に分布している。このため、本論文では、超楕円関数のパラメータを調整することにより周辺部分に存在するデータを抽出し、大きな誤差を含むデータについては距離概念で取り扱うことによって、大きな誤差を含むデータの影響を取り除いたファジィロバスト回帰モデルの構成方法を提案している。

また、ファジィロバスト回帰モデルの応用としてアジア地域の経済状態と環境問題について分析し、その有効性を示している。

### 2 段直列型待ち行列における定常分布の裾の挙動：数値的検証とそれに基づく仮説

藤本 衡, 高橋 幸雄 (東京工業大学)

この論文では、2 段直列型待ち行列システム  $PH/PH/1 \rightarrow PH/1$  における状態確率  $\{x(n_1, n_2; i_0, i_1, i_2)\}$  が幾何的に減少することをみる。まずはじめに大規模な数値実験の結果を考察し、第 1 段および第 2 段

の利用率によって 2 種類の異なった幾何的減少パターンがあることを示す。ついでこの観察に基づき、幾何的減少性についての仮説を提唱する。この仮説は概略次のように述べるができる。

第 1 段の利用率  $\rho_1$  が与えられたとき、第 2 段の利用率  $\rho_2$  に対する閾値  $\tilde{\rho}_2$  が存在し、もし  $\rho_2 < \tilde{\rho}_2$  ならば、待ち行列長の同時確率は  $n_1$  と  $n_2$  が増加するとき、 $p(n_1, n_2) \sim G \eta_1^{n_1} \eta_2^{n_2}$  となる。もし  $\rho_2 > \tilde{\rho}_2$  ならば  $p(n_1, n_2)$  は同様に幾何的に減少するが、減少率  $\eta_1$  と  $\eta_2$  および係数  $G$  は、ある  $\tilde{a}$  に対して  $n_2 > \tilde{a}n_1$  のときと  $n_2 < \tilde{a}n_1$  のときでは異なった値をとる。さらに上記のいずれの場合においても、フェイズの条件付き確率  $y(i_0, i_1, i_2 | n_1, n_2) = c(n_1, n_2; i_0, i_1, i_2) / p(n_1, n_2)$  は、漸近的には  $n_1$  および  $n_2$  に対して独立である。したがって、定常分布の幾何的な裾をもつ。ここで現れる  $\tilde{\rho}_2, \eta_1, \eta_2, \tilde{a}$  などの定数を導くための方程式も与えられる。

### 非線形最適化に対する構造化準ニュートン法の局所的超 1 次収束性

矢部 博 (東京理科大学)

八巻 直一 (システム計画研究所)

非線形最適化問題に現れる関数のヘッセ行列が、特別な構造をもつことが少なくない。たとえば、最小 2 乗問題の目的関数や制約付き問題の拡張ラグランジュ関数などはその典型的な例である。そこで、ヘッセ行列のこうした特別な構造を利用した準ニュートン法が考案されている（これを構造化準ニュートン法と呼ぶ）。近年、Engels and Martinez が構造化 Broyden 公式族を提案し、凸クラス（パラメータを  $[0, 1]$  区間に選ぶ）に限定してその局所的超 1 次収束性を証明した。本論文では、この結果を拡張して、パラメータが有界であれば構造化 Broyden 公式族を用いた準ニュートン法が局所的超 1 次収束することを証明する。証明方法は Engels らとは異なるもので、我々は従来の準ニュートン法に対する Stachurski の結果を援用した。さらに、我々の収束定理を無制約非線形最小 2 乗問題に対する構造化準ニュートン法や、等式制約付き最小化問題に対する Tapia の逐次 2 次計画法に適用して、それらの局所的超 1 次収束性を示す。

### 有符号半順序集合に対する最小重みイデアル問題

安藤 和敏, 藤重 悟 (筑波大学)

根本 俊男 (文教大学)

半順序集合の一般化として、有符号半順序集合

(signed poset) と呼ばれる概念が V. Reiner により最近提案された。本論文では、有符号半順序集合上での最小重みイデアル問題を考察する。まず、与えられた有符号半順序集合  $P$  に対し、ある通常の半順序集合  $\hat{G}(P)$  を定義し、この  $\hat{G}(P)$  上に簡約イデアルと呼ばれる新しい概念を導入する。 $\hat{G}(P)$  の各簡約イデアルに対し  $P$  のイデアルが自然に対応づけられ、この対応によって  $\hat{G}(P)$  の簡約イデアル全体と  $P$  のイデアル全体との間の 1 対 1 対応が与えられることを明らかにする。この結果を用いて、有符号半順序集合に対する最小重みイデアル問題が通常の半順序集合に対する最小重みイデアル問題に（したがって最小カット問題に）帰着されることが示される。また、各要素に 2 種類の重みを与えたより一般的な最小重みイデアル問題に対しても、この手法が有効であることも示す。最後に、本論文で扱った問題とある種の双劣モジュラ関数最小化問題との関係も明らかにする。

## 2 次コスト多品種流問題に対する並列型主双対内点法

山川 栄樹 (高松大学)

松原 康博 (奈良先端科学技術大学院大学)

福島 雅夫 (京都大学)

本論文では、分離可能な 2 次のコスト関数をもつ多品種流問題に対して主双対内点法を適用し、それに制約条件のブロック構造を利用して並列化することを試みる。ここで提案するアルゴリズムにおいては、主双対内点法の各反復で解くべき連立方程式を、各品種に対応する複数の連立方程式とアークの総流量上限制約に対応する一つの連立方程式に分解し、それらを共役勾配法を用いて並列的に解く。また、共役勾配法の実行において、適切な前処理を行うことにより探索点が非負領域の境界に近づいたときに生じる数値的悪条件を克服するとともに、連立方程式の係数の処理に工夫を加えて桁落ちによる計算誤差の発生を抑える。提案したアルゴリズムをコントロール並列型の計算モデルによって実現し、さらに並列計算機 CM-5 を用いて実際に数値実験を行うことにより大規模な多品種流問題が効率よく解けることを確かめた。

## 不確実な計画期間をもつマルコフ決定過程

飯田 哲夫, 森 雅夫 (東京工業大学)

この論文では、不確実な計画期間をもつマルコフ決定過程を定式化し、その最適戦略を求めることを考え

る。計画期間が不確実な場合、最適戦略は必ずしも定常なクラスには存在しない。まず計画期間が有限のサポートをもつ場合の問題について最適方程式を立てて最適戦略を求める方法を示す。次に無限のサポートをもつ場合については、Turnpike Planning Horizon Theorem を示し、Rolling 戦略で最適なものが存在することを確認する。そして、最適な第 1 期の決定を求めるアルゴリズムを提案する。それを逐次的に用いることで最適決定の列を順次求めていくことができる。実際に計画期間の分布が、決定にどの程度影響を与えているのかを見るために、簡単な在庫問題の例を用いて数値実験を行っている。

## DEA における規模の収益性を判定するための簡単な方法

刀根 薫 (埼玉大学)

事業体の規模の収益性を、DEA を用いて決定するための新しい方法を提案する。規模の収益性が可変な DEA モデルの代表例である BCC モデルにおいては、効率的な事業体の規模の収益性を Banker-Thrall の方法を用いて決定することができる。一方、非効率的な事業体のそれは、当該事業体を効率化した後で評価する。そのため、これまで 2 つの方法が提案されている。本論文においては、BCC モデルの計算結果と Banker-Thrall の判定結果から、非効率的な事業体の規模の収益性がほぼ自動的に決定できる新しい方法を提案する。また、従来方法より、提案する方法が計算量の点で優れていることを指摘する。この論文のなかで示した、参照集合の中の事業体の性格づけに関する定理は今後のこの方面の研究に役立つものである。

## 単純施設配置問題に対する実行可能領域縮小切除平面法

Young-Soo Myung (Dankook 大学)

Dong-wan Tcha (KAIST)

本論文では、単純施設配置問題(工場立地問題, simple plant location problem) に対する強い切除平面(不等式)を生成する概念的にも新しい方法を紹介する。この切除平面は単純施設配置問題のシンプルな構造を利用し生成される。これらの切除平面は一部の実行可能整数解を切り落としてしまうが、線形緩和にこれらを加えると妥当でありかつ強い下界値が得られることが特徴である。さらに、通常用いられる妥当不等式とここで提案された不等式の関係についても触れる。