

## 「待ち行列」研究部会 経過報告

01602730 東京電機大学

町原 文明 MACHIHARA Fumiaki

01009830 NTTマルチメディアNW研究所

小沢 利久 OZAWA Toshihisa

## 1. はじめに

待ち行列研究部会では、昭和59年4月から常設部会として活動を続けている。ここでは、1997年2月から同年12月までの活動状況を報告する。

## 2. 活動状況

1997年度も、原則として毎月1回、第3土曜の午後14:00~16:30に東京工業大学本館において開催してきた。内容は以下の通りである。

・第125回(2月15日、出席者:22名)

(1) 「Asymptotic properties in a quasi-birth-and-death process with a countable number of phases」高橋 幸雄(東京工業大学) 行列解析では通常、位相の数を有限としているが、定常分布の行列幾何形式はその数を加算個にしても成り立つ。しかし、他の性質がどこまで成り立つかはあまり明かではない。本報告では位相数が加算個である準出生死滅過程について、定常分布の裾が漸近的に幾何形式となる必要条件を示した。さらに、その結果を最短待ち行列選択規律に従う並列待ち行列に応用した。

(2) 「A MAP/SM/1 queue with service times depending on the arrival process」町原 文明(東京電機大学) 到着をMarkovian Arrival Process(MAP)に拡張したM/G/1タイプモデルでは、待ち時間分布のLST等について通常のM/G/1モデルと同様の表現形式が成り立つ。本報告では、客のサービス時間がその客の到着直前における到着過程の位相に依存するような、MAP/SM/1モデルの拡張を考え、初通過時間を用いた解析により残余仕事量分布のLST等を求めた。このモデルに対しても、M/G/1モデルと同様の表現形式が成り立つ。

・第126回(3月15日、出席者:20名)

(1) 「構内LANトラヒックの多重化特性について」土屋 利明(NTT) LAN間通信におけるトラヒックの多重化特性を、パケットレベルの実測データを入力としたセルレベルシミュレーションにより分析した。結果として、Generic Cell Rate Algorithmにより平滑化されたセル流の特性は、非常に短い時間内ではSCR(Sustainable Cell Rate)及びMBS(Maximum Burst Size)の影響を受けるが、比較的長い持間ではSCRが支配的になる等が示された。

(2) 「On the tail distribution of a fluid queue with

a stationary Gaussian input rate process」小林 和朝(NEC C&Cメディア研究所) 入力がガウス過程(フラクタルブラウン運動を含む)で表現されるモデルに対して、待ち行列長の補分布の近似式を提案した。この近似式は、ある関係を満たす時間 $t^*$ と、 $(0, t^*]$ 内の到着量の分散により表現される。さらに、シミュレーションによる精度の確認と、待ち行列長の補分布が $t^*$ より長い時間での相関には影響されないという結果が示された。

・第127回(5月17日、出席者:30名)

(1) 「Transient behavior in queuing theory: The role of the Fundamental Matrix」Julian Keilson(Rochester Univ.) 連続時間マルコフ連鎖のfundamental matrixとは、推移確率行列からその極限行列を差し引いた行列を時間に関して積分したものと定義され、様々な特性量を表現する上で重要な役割を果たす。本講演ではそのfundamental matrixの基本的な性質と初通過時間等への適用例が広範囲に渡り解説された。

(2) 「A study on stability analysis for high-speed networks based on statistical physics」会田 雅樹(NTT) 大規模高速通信網におけるグローバルな評価量としてスループット(転送中の総データ量)を考え、それを統計力学とのアナロジーからマルコフ型モデルにより定式化した。さらにその定式化を用いて、一方が不安定(時間と共にスループットがゼロに近づく)、もう一方が安定である2種類の分散型フロー制御網の挙動を現象論的に表現した。

・第128回(6月21日、出席者:24名)

(1) 「セルフサイジングネットワーク」住田 修一(NTT) ATM技術を用いたネットワークでは、各対地間に設定されたパスの容量を比較的容易に変更できる。セルフサイジングネットワークとはこの特徴を用いて、時間とともに変化するトラヒックに合わせた網リソースの最適な配分を実現しようとするものである。報告ではその基本的な概念と実験システムにおける評価結果が示された。

(2) 「データ伝送サービスにおける状態依存型通信価格の適用効果」中村 元(KDD) 網の混雑状況によって通信価格が変化し、それを通知されたユーザがその価格に応じて通信要求を変更するデータ

通信方法について、注目するリンクの使用状況を M/M 型待ち行列モデルで定式化し、解析した。このモデルでは状態に対応して価格が決まり、その価格に応じてサービス終了率が変化する。解析結果より、ユーザ行動モデルの変化に対する収益のロバスト性等が示された。

・第 129 回 (7 月 19 日, 出席者: 28 名)

(1) 「ファクシミリ網のトラヒック問題について」河西 憲一 (NTT) ファクシミリ網とは、契約ユーザからのファックス送信要求を受け付け、それを自動的に指定宛先に届ける網システムであり、同報通信機能を持つ。報告では、このシステムにおける同報展開装置の挙動をマルコフ型モデルで定式化し、最大スループットを求めた。この結果は同報通信の完了時間等を評価するのに用いられる。

(2) 「Networks of queues with signals」Xiuli Chao (New Jersey Institute of Technology) ある生産システムでは、検査で製品が不良と判断されるとそれに関連した製造中の製品も不良とみなされ生産ラインから取り除かれる場合がある。Signal とはこのような挙動を表わすために通常の待ち行列網モデルに導入された概念であり、客をシステムから削除するといった何らかの制御のトリガとなるものである。講演では signal とは何かを始めとし、signal を含む網モデルの積形式解に至るまでが解説された。

・第 130 回 (9 月 20 日, 出席者: 22 名)

(1) 「Convergence rates in matrix analytic models」Jakob R. Møller (Lund University) 同一確率空間上で定義されたふたつの確率過程が、ある時刻以降全く同じ挙動をとることを coupling という。本報告では、この coupling に関する性質を用いて、マルコフ連鎖の過渡分布が定常分布に収束する速さを評価した。さらに、到着の相関を表現するために近年盛んに用いられている MAP を入力とする待ち行列の仮想待ち時間解析等への応用を示した。

(2) 「A BMAP/G/1/K vacation model with closed-down and setup-times」牛志升 (精華大学)

ATM 網上の IP パケット通信では、転送パケットが存在する間は ATM コネクションを設定しておき、なくなるとそれを解放する。このような方法は、全稼働期間終了後しばらく待ち (closed-down)、その間に到着がなければコネクション解放に入り (vacation)、その後パケットが到着したらコネクションを設定して (setup) その転送に入るような待ち行列モデルで表される。報告では、集団到着を含む MAP (BMAP) で到着を表わし、補助変数法により系内パケット数分布等を求めた。

・第 131 回 (10 月 25 日, 出席者: 31 名)

(1) 「稀な現象のシミュレーションと待ち行列モデル」逆瀬川 浩孝 (早稲田大学) ATM 網のように非常に小さなデータ損失率が求められる通信網の評価や、故障が非常に稀にしか起きないようなシステムの信頼性評価など、稀な現象の評価は非常に重要となってきた。報告では、そのような評価をシミュレーションにより効率よく行う方法としてインポートランスサンプリングを取り上げ、それを待ち行列モデルに適用し、溢れ率等の評価量が少ない実行時間で精度よく求められることを示した。

(2) 「Pricing for Network Service」増田 靖 (慶応大学) Braess のパラドックスが示すように、個々のユーザが自己の利益最大化だけを目標に行動すると、リソースの増加が逆に性能の悪化をまねくケースも考えられる。報告では、料金設定による需要の変動を含めた最適化問題として待ち行列網モデルを定式化し、そのようなケースも包含した現象の分析を行った。ここで料金設定による需要の制御は網の混雑を緩和させるひとつの方法とみなせる。

・第 132 回 (12 月 20 日, 出席者: 23 名)

(1) 「無限バッファ待ち行列の待ち行列分布を用いた正確な呼損率の計算」滝根 哲哉 (大阪大学) 到着過程があるマルコフ連鎖に支配される離散時間単一サーバ待ち行列モデルについて、そのマルコフ連鎖がある特定の唯一な状態の時のみ到着数がゼロであれば、バッファ数無限の場合の系内客数定常分布からバッファ数有限の場合の分布が得られることを示した。この性質を用いて、OFF 期間長が幾何分布に従う ON-OFF 入力待ち行列モデル等の呼損率が容易に求められる。

(2) 「Decomposability of state-dependent multi-class queueing networks with signaling」宮沢 政清 (東京理科大学) Signal とは、ある契機をもとに他ノードの客を系内から強制的に退去させるなど、ノード間における相互的な作用を表わすために導入された概念である。報告では、各ノードが symmetric queue であり、サービス分布が一般化アーラン分布に従い、到着率やサービス率が系の状態に依存する待ち行列網について積形式解の存在を示した。

3. おわりに

待ち行列研究部会では、待ち行列理論とその応用に関心をお持ちの方の参加を歓迎しております。問い合わせ等は主査・幹事までお願い致します。

主査 町原 文明 (東京電機大学)

Tel: 0492(96)2911.ext2305 E-mail: fumi@j.dendai.ac.jp

幹事 小沢 利久 (NTT マルチメディア NW 研究所)

Tel: 0422(59)4593 E-mail: ozawa@hashi.tnl.ntt.co.jp

<http://www.is.titech.ac.jp/labs/yukiolab/q-bukai/q.html>