

京都大学工学部
京都大学工学部
京都大学大学院

正員 春名政
正員 岡田憲夫
学生員 小原五郎

§1. はじめに

近年、航空機・旅客・自動車などの交通現象を待ち合わせ系としてとらえ、シミュレーション手法を用いて分析する研究が数多くなされるようになった。従来、待ち合わせ問題は、数学理論としての待ち行列理論によって解析的なアプローチがなされてきた。しかしながら、対象とするシステムの複雑化、分析目的の多様化によって解析が困難な場合には、計画作成上の有意義な情報を得るために、シミュレーション手法による分析が重要な意味と役割を持ってくるようになる。一般に、シミュレーション手法が複雑なシステムのダイナミックな動きを定量的に分析する手法として有効であることは明らかにされつつあるが、一方で、解明すべき問題も数多く残されていると考えられる。

本研究では、このような観点から、最初に待ち合わせ系の一般的特徴とシミュレーション手法による分析の課題を明らかにし、次に、タンデム型待ち合わせ系を対象とした若干の分析をおこなうことにする。

§2. 待ち合わせ系の特徴とシミュレーション手法について

待ち合わせ系は、窓口・客という構成要素(entity)と移動・待ちサービスという事象(event)によって構成され、窓口の数と並列・客の到着分布・窓口のサービス時間分布・サービス方式などによって特徴づけられる。しかも、このシステムにおいては、待ち行列長と待ち時間がシステムの基本的な状態変数と考えられる。このような待ち合わせ系の特徴は、構造そのものはさきわめて単純であるにもかかわらず、システムの特性が十分に明らかにされていないという点である。

従って、このような特徴をもつシステムをモンテカルロ法を基礎としたシミュレーションモデルによって記述し、このモデルを用いて分析するとき、実際にシミュレーションをおこなうまでに、シミュレーションモデルの妥当性(validation)を検討し、モデルの統計的特性を明らかにしておくことが重要である。こうした点を踏まえ、

本研究では、シミュレーション手法による待ち合わせ系の分析方法に関する基本的な問題として、①すでに解析的に解が導かれている簡単なモデルについて、シミュレーションによる解と数学的理論解の比較をおこない、シミュレーションモデルの妥当性を検討すること、②シミュレーションはあくまで確率モデルによる実験であるという点を踏まえ、システムに内在する統計的特性を多数回のシミュレーション実験によって明らかにすること、③システムの状態

図-1 シミュレーションRUNのフローチャート

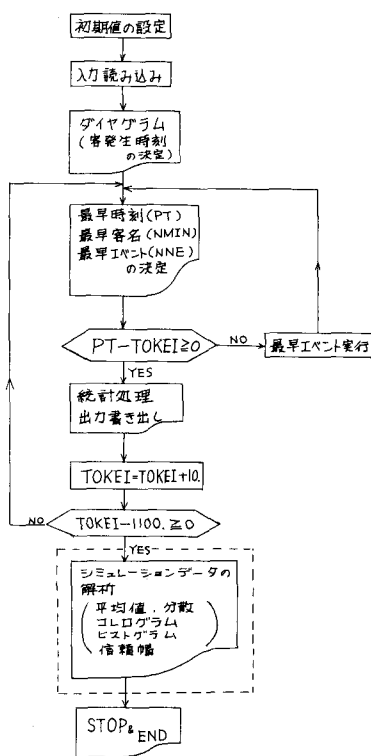
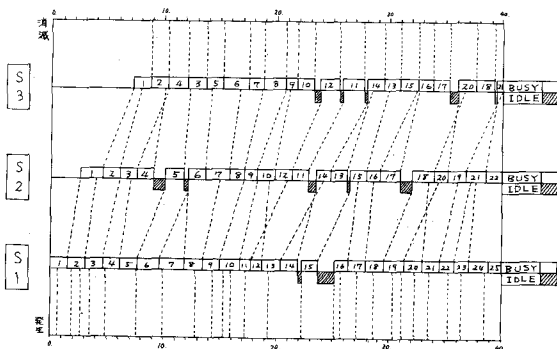


図-2 客の到着および窓口の状態変化

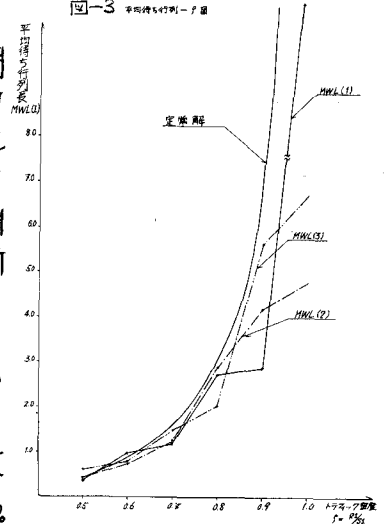


変数の特性値を限られてシミュレーションデータから推定する方法を明らかにすることなどをとりあげ、簡単なタンデム型待ち合わせ系について、二・三の具体的な分析例を示すことにする。

§3. タンデム型待ち合わせ系の分析

ここにとりあげた待ち合わせ系は、窓口3コの直列型待ち合わせモデルである。システム記述の方法は、シミュレーションランの中ですべてのイベントが生じ、状態変数のアウトプットが一定時間ごとにおこなわれるように、Event Sequencing法とTime Slicing法を組み合わせる方法を用いる。(図-1, 2)そして、システムの操作変数として、a.シミュレーション時間 b.アウトプット時間間隔、c.到着時間分布 d.トラフィック密度(ρ)をとりあげ、待ち行列長と待ち時間という2つの特性値について分析をおこなうことにする。[分析1]最初に、平均待ち行列長について解析的な解とシミュレーションによる解を比較検討する。(図-3) [分析2]次に、システムを明らかにするために、(i)待ち行列長の時系列変化、コレログラム、乱れ (ii)待ち時間の系列変化、コレログラム、ヒストグラムを求める。(図-4, 5) [分析3]最後に、待ち時間の平均値の推定をおこなう。

図-3 平均待ち行列長



§4. 分析結果の考察

[分析1]からは、シミュレーションによる解が数学的理論解より小さい値を示していることが確認できる。この分析結果については、シミュレーションの時間・サンプリング間隔、乱数の初期値を変えた多数回の実験によって検証を加え、この原因とメカニズムを明らかにしておく必要がある。

[分析2]からは、①待ち行列長・待ち時間ともにその時系列データに強い自己相関があり、周期性が存在すること、②窓口1-2-3という順序の時系列変化からは、窓口1の影響が窓口2, 3へと強く伝播すること、③客の到着時間間隔の分布とサービス時間分布が指数分布のときより正規分布のときの方が待ち行列長の変動が大きくなること、④待ち合わせ系はトラフィック密度(ρ)の変化に対して敏感であること、などの数学モデルでは明らかにされていく諸傾向を確認することができた。

[分析3]からは、シミュレーションデータに自己相関がないと仮定して、信頼区間90%、95%、99%に対応する信頼度が求められた。この分析によって、必要な精度の解を得るのにシミュレーションはどれくらいすばやかという問題に対する一応の目安が得られると考えられる。

以上、簡単な分析とその考察をおこなったが、本研究の分析作業は現在継続中であり、詳細な結果については講演時に発表することにする。

図-4 待ち行列の乱れ (R1: 0.5 → 1.0 (1000 ~ 5500))

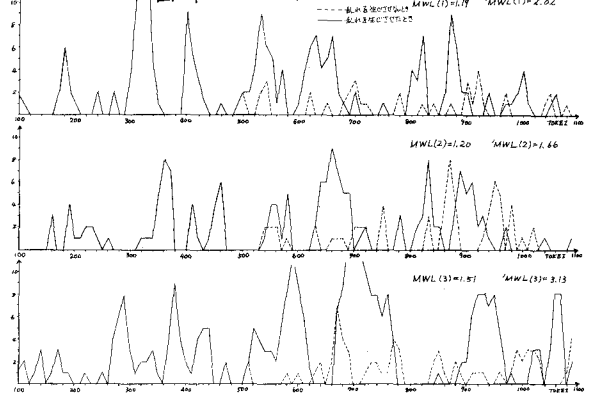


図-5 待ち行列のコレログラム

(移動平均と正規分布のちがいを)

