T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Studies on Batch Arrival Infinite-Server Queues and Related Models
著者(和文)	矢島萌子
Author(English)	Moeko Yajima
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11392号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:三好 直人,樺島 祥介,渡邊 澄夫,福田 光浩,中野 張,増山 博之
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11392号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名	矢島 萌子	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名	氏　名	職　名
	主査	三好 直人	教授	福田 光浩	准教授
	審査員	樺島 祥介	教授	増山 博之	京都大学 准教授
		渡辺 澄夫	教授		
		中野 張	准教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は，“Studies on Batch Arrival Infinite-Server Queues and Related Models（集団到着のある無限サーバ待ち行列とその関連モデルについての研究）”と題し，英文全 5 章から構成されている．

無限サーバ待ち行列は，多くのサーバを有するサービスシステムの確率的な挙動を解析する際の近似モデルとしてだけでなく，大規模商業施設内の客数の時間推移等，不確定要因を含む様々なシステムの数学モデルとして用いられている．本論文では，無限サーバ待ち行列のなかでも特に客が集団で到着するモデルについて，幾つかの側面から解析が行われている．

第 1 章では，本論文を通して基礎となる待ち行列理論について，特に第 2 - 4 章の内容に関連するものを中心に概説している．まず 1.2，1.3 節では，本論文で扱う集団到着のある無限サーバ待ち行列の定義と基本的性質について述べ，1.4 節では，主に第 2 章で扱う待ち行列モデルの安定性の定義および関連する既存研究を紹介している．1.5 節では，第 3 章で扱うマルコフ変調待ち行列を定義し，その解析の困難さについて概説している．1.6 節では，第 4 章の前提として，データセンタにおけるエネルギー消費とジョブの遅延時間に関する問題に対して，待ち行列モデルの解析を通して考察している既存研究を紹介している．

第 2 章から第 4 章が本論文の主部である．まず第 2 章では，集団到着のある無限サーバ待ち行列の安定条件についての研究成果を述べている．安定性は定常解析を行ううえで必要な条件であり，安定な待ち行列としてモデル化される現実のシステムは長時間稼働しても客数が発散することはない．2.2，2.3 節では，BMAP/M/∞待ち行列と呼ばれるモデルの安定条件が，集団サイズ（1 つの集団に属する客数）の対数期待値の有限性として与えられることを示している．このモデルの到着過程である BMAP は任意の到着過程を任意の精度で近似できる確率過程として知られているものである．2.4 節では，$GI^X/GI/\infty$待ち行列と呼ばれるモデルの安定性について述べている．$GI^X/GI/\infty$待ち行列は，到着間隔とサービス時間がそれぞれ独立かつ一般の分布に従う無限サーバモデルである．2.4.2 節では，このモデルの安定条件が集団内の客の最大サービス時間の期待値の有限性として与えられることを示している．しかし，ここで導出した安定条件は一般に確認することが難しい．そこで 2.4.3 節では，より容易に確かめられる安定性の十分条件を導いている．さらに 2.4.4 節では，サービス時間分布の裾が指数的に減衰する場合，$GI^X/GI/\infty$待ち行列の安定条件が 2.2 節で導いた集団サイズの対数期待値の有限性と一致することを示している．

第 3 章では，カタストロフィ現象の発生を伴うマルコフ変調集団到着無限サーバ待ち行列を考え，

その定常系内客数分布に対して中心極限定理が成り立つことを示している．カタストロフィ現象とは，システム内の客の強制離脱を引き起こすような事象を指す．3.3 節では，この中心極限定理を証明するとともに，その結果を用いて定常系内客数分布に対する近似式を導いている．そして，3.4 節で本モデルの安定条件を導出した後，3.5 節では 3.3 節で得た近似式の有用性を数値実験によって確認している．これらの結果より，カタストロフィ現象の発生を考慮したモデルに対して，その重負荷時の挙動を把握することが可能となると述べている．

第 4 章では，可変な処理速度を持つ集団到着単一サーバ待ち行列の解析を行い，数値実験を通してこのモデルのエネルギー消費効率について考察している．ここでは，処理速度が系内客数に比例するモデルを考えることによって，系内客数過程が無限サーバ待ち行列のそれと等価になるという性質を用いている．さらに，データセンタへの応用を意識して，系内の客の有無に応じてサーバのオン/オフが切り替えられるモデルを考えている．4.3 節では，本モデルの安定条件を示し，サーバのオン/オフが安定性に影響を与えないことを明らかにしている．4.4，4.5 節では，系内客数分布の確率母関数と滞在時間分布のラプラス変換を導出している．そして 4.6 節では，4.4，4.5 節で得た結果に基づく数値実験を通して，本モデルのエネルギー消費効率について考察している．

第 5 章は論文全体の総括であり，第 2 - 4 章で示した研究成果をまとめるとともに，集団到着のある無限サーバ待ち行列の数理的構造を明らかにするために今後行うべき研究について概観している．

以上，本論文は，集団到着のある無限サーバ待ち行列およびその関連モデルに対して，幾つかの側面から理論解析を行ったものである．本論文で得られた成果は，単にここで扱われた待ち行列モデルによってモデル化される現実の混雑現象を把握するというだけでなく，より良いシステムを設計する際の指針を与えるためにも用いられるものであり，理論と応用の両面で貢献するところが大きいと考えられる．よって，本論文は博士（理学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる．

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。