

氏 名	原 田 紀 夫 はら だ のり お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第1225号
学位授与の日付	昭 和 54 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	計算機システムの性能評価のための数学的モデル化とその手法 の研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 大 野 豊 教 授 萩 原 宏 教 授 堂 下 修 司

論 文 内 容 の 要 旨

計算機システムの性能の的確な把握や確度の高い予測は、システムの効率的利用や最適設計のために極めて重要である。この性能評価については、従来、目的や対象に応じて、数学的解析、シミュレーション、およびモニタリングなど、種々の評価手法が開発されているが、複雑なあるいは大規模な計算機システムに対しては、いづれの手法も多くの問題点が残されている。本論文は、これらの手法のうちの数学的解析では、新しい数学的モデル化とそれを基礎とした性能解析法および計算機援用の会話型評価システムを提案し、モニタリングに関しては、実測の CPU 時間分布のモデル化による整理法を示し、さらに、シミュレーションに関しては、そのための良い乱数の生成法およびシミュレーション実験数の節減方法を提案し、実例によってそれらの有用性を示したものである。論文の内容は序論および結論を含めて9章からなっている。

第1章は序論で、計算機システムの性能評価の研究の背景と現状について概観するとともに、本研究の目的と主要な結果を述べている。

第2章では、従来の性能評価手法の中で、数学的モデルによる方法およびそれによる評価システム、実測 CPU 時間のモデル化、シミュレーションにおける乱数発生技術およびシミュレーション実験計画などの研究について概観し、それらの問題点を示すとともに、本研究との関係を明らかにしている。

第3章では、計算機システムの性能評価のための新しい数学的モデルを与えている。すなわち、まずシステムの性能を決める要因として、システムの並行処理の構造、システムへの入力ジョブにより定められる負荷特性、および複数ジョブへの処理装置の割当てと実行の制御、の3つの要因にまとめられることを明らかにし、これらの要因をモデル化するに当って、本モデル化の重要な基本概念である平均膨張率を導入している。これはシステムに与えられた負荷の実行所要時間が複数ジョブの並行処理のために増大する割合をあらわすものであるが、この外にシステムの潜在能力および性能の感度などの定義を行い、これらと先の3つの要因について、その性質と相互の関係を理論的に明らかにしている。

第4章では第3章のモデル化を基礎として、ユニプロセサシステムおよびマルチプロセサシステムのモ

デルを与え、その平均膨張率の計算法と特性を示し、実測結果との比較も行っている。

第5章は、第3章および第4章の考え方をもとにして開発した計算機援用による会話型性能評価システムについて述べている。本システムは、評価対象システムの並行処理の構造、負荷、多重度などが入力されると、性能解析を自動的に行い、指定された性能指標のグラフィックディスプレイによる表示や、モデルの変更を会話的に行うことができるもので、システムの性能をマクロな形で評価することを目的としている。

第6章は、CPU 時間の測定結果のモデル化とその応用を示しているが、ジョブミックスの CPU 時間分布は形状パラメータ $m < 1.0$ のワイブル分布で近似されること、その形状パラメータが CPU 使用率を近似的に把握するためのパラメータとなることを明らかにしている。

第7章は、システムの性能評価をシミュレーションにより行う場合に良い乱数ジェネレータを見出す問題を述べており、線型合同法をもとにしたその理論とアルゴリズムを導き、それによって得られた乗算、混合の各合同法に対する最適乗数の表を与えており、これにより得られた乱数は従来のものに比して良いスペクトル検定値を有していることを明らかにしている。

第8章はシミュレーションによる性能評価において、シミュレーションの実験数を節約する方法の研究について述べている。システムの分析で用いられる要因間の定性的関係を表わすネットワーク表現を直交多項式を用いて定量的な解析にまで拡張することにより、シミュレーションにおいてパラメータとして設定されない要因の影響の解析が可能であることを示し、これをもとに実験数を減ずる手法を与えている。

第9章は本研究全体の結論であり、著者の研究成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

計算機システムの複雑化、大規模化にともない、システムの効率的利用や最適設計は不可欠のものとなったが、そのためには計算機システムの性能の確かな把握や確度の高い予測が極めて重要であり、従来、種々の性能評価手法が研究開発されてきている。これらの手法は大よそ、数学的解析、シミュレーション、およびモニタリングに大別され、目的および対象に応じて、それぞれ利用されているが、精度、費用、労力、その他の点で多くの問題が残されている。本論文はこれらの手法について、特に新しい数学的解析法の提案を行い、その有用性をたしかめると共に、モニタリングやシミュレーションに関する研究も行ったものであり、得られた主な成果は次の通りである。

(1) 計算機システムの性能を決定する要因を、並行処理の構造、負荷の特性、複数のジョブの制御法に限定し、これらの各要因の関数としてシステムの性能を表わす平均膨張率を定義することによって、従来の待ち行列理論などによる方法とは全く異なる新しい数学的モデル化を提案し、その理論的基礎を与えた。この数学的モデル化は従来のものと異なり、システムのマクロな性質を把握するのに便利であり、システムの潜在能力を評価でき、またシステムの並行処理の構造と性能の感度とが理論的に対応づけできるなど、実用上からもすぐれた特色をもっている。なお、本理論は、別の分野たとえば組合せ問題に適用しうることも示されている。

(2) 上記の数学的モデルを基礎としてユニプロセサシステムとマルチプロセサシステムの数学的モデル

化を行い、その平均膨張率が極めて簡単な式で与えられ、直観的な見通しが良く、またパラメータの数の少いことや入力データの測定の容易さなどの点ですぐれていること、さらに、従来の解析方法による結果とも良く合致することをも示した。

(3) グラフィックディスプレイを利用して、計算機援用による会話型の性能評価システムを作成した。これは、上記(1)および、(2)を基礎としたもので、マクロなシステム性能の評価を迅速にかつ容易に行うことができるものである。

(4) 実測された CPU 時間がワイブル分布によって近似的に表現でき、その形状パラメータが CPU 使用率を近似的に与えることを明らかにするとともに、その表現が実測データの整理とその理論的扱いに有用であることを示した。

(5) シミュレーションに必要な乱数発生について、線型合同法を基礎として良い乱数ジェネレータを系統的に発見するための理論とそれによるアルゴリズムを与え、それによって得られた乱数が従来与えられているものより良いスペクトル検定値を与えることを示した。

(6) システム分析における要因間の定性的な影響関係を表わすネットワーク表現を直交多項式を用いて定量的な解析を行えるよう拡張することによって、シミュレーションにおいてパラメータとして設定されない要因の影響を解析できるようにし、これによってシミュレーションの実験数を節減する方法を与えた。

以上要するに、本論文は計算機システムの性能評価の各手法について理論的、実用的な提案を行ったものであって、学術上、工業上寄与するところが少くない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。