

パッケージQM-X

—Queueing Network Model-EXtended—

紀 一誠

1. はじめに

QM-X [1, 2] は、コンピュータシステムと通信を結合して構成されるさまざまな情報処理システムの設計・製造あるいは管理・運用にたずさわるシステム技術者たちが、質の高い確かな性能評価作業を敏速に実施できるようにするため、1981年日本電気㈱によって開発されたソフトウェア・パッケージである。QM-X は開発後約2年間にわたる社内試用期間を経て改良強化を加えた後、当社の ACOS-6, ACOS-4 を対象とする総合的な性能分析・予測システムである PERFORMS [3] の中の性能予測を受けもつサブシステムとしての位置づけのもとに、1983年国内でははじめて商用化され、現在広く実用に供されている。

QM-X は、待ち行列網モデルを利用した解析型のパッケージであり、積形式解をもつ混合型 BCMP 待ち行列網モデルに加えてパッシブサーバをもつ網をはじめとする各種の非積形式型の待ち行列網モデルを解く機能を備えている。

QM-X の特長は、待ち行列網モデルを実際の性能評価問題になじませるための応用上の数々の工夫が盛り込まれていることに加えて、ワークロードモデルの自動合成機能を備えていることがあげられる。すなわち、QM-X は ACOS システムのハードウェアやオペレーティングシステム (O

S) の基本性能に関するデータをファイルに内蔵しており、利用者の入力するワークロードの原始情報にもとづき OS のオーバヘッド情報を加えた最終的なワークロードモデルを自動的に合成する機能を備えている。

本稿では QM-X の特長、機能と構成、利用状況等について紹介を行なう。

2. QM-X の開発方針とその背景

設定したシステムの耐用期間内の環境の変化を的確に予測し、それに対する過不足のない最適な規模のシステムを設計し、常に環境の変化にあわせて効率よくシステムを運用していくことがシステム技術者には求められている。しかし、情報処理システムは新技術の導入と応用目的の多様化にともない、ますます大規模で複雑なものになりつつある一方、絶え間のない合理化を迫られるシステム技術者たちは、より少ない工数でより質の高い作業をすることを日々要求されている。短期間に少工数で質の高い性能評価作業を実行するためには次の条件が欠かせない。

- ・方法論が明確に示され、標準化されていること。
- ・作業を実施するための強力で使いやすいツール類と精度のよい基礎データが準備されていること。

QM-X は上記の条件を満足し、システム技術者がある経験の有無にかかわらず高い水準の性能

きの いっせい 日本電気㈱ C&Cシステム研究所

評価作業を迅速に行なえることを目的として開発されたものである。

積形式解をもつ待ち行列モデルは、Jackson にはじまり、Baskett et al. によりその範囲を大きく拡大され、Reiser and Kobayashi により、たたみこみ法にもとづく正規化定数の計算アルゴ

リズムが開発され実用化の端緒が開かれて以来、その有効性が認められ、モンテカルロ型のシミュレーション技法にかわって大きく発展してきた。現在、性能評価用パッケージはそのほとんどがこのBCMP型の待ち行列モデルを基礎としたもので、本特集に紹介される RESQ, QNAP 2 をはじめとして、すでに20種類以上のパッケージの開発が報告されている。また、BEST/1をはじめ商用化されているものも数多い。

待ち行列網理論およびそのコンピュータシステムの性能評価への応用に関しては優れた解説が文献 [4, 5, 6, 7, 18, 19, 20] をはじめとして多数発表されているので参照されたい。

当社では、待ち行列網モデルのもつ可能性に着目し、QM-X の開発に先立ち、閉鎖型 Jackson 網であるセントラルサーバモデルを利用した性能評価用パッケージ QM-1 [8] を開発し、約3年間に数十例にわたる実際の性能評価作業に使用しながら、待ち行列モデルの有効性を確認し、その実用化に必要なさまざまなノウハウを蓄積してきた。QM-X はこの QM-1 の使用経験から得られたノウハウを最大限に生かして作られたパッケージである。

QM-X はシステム性能を定量的に予測する機能をもっているが、すでに稼働中のシステムをチューンアップしたり業務を追加したりする場合には、現在の稼働状況を示すモニタリング情報を有効に活用することによってその予測精度を高めることができる。このような状況の下で QM-X を

PERFORMS：性能分析・予測システム

性能予測

QM-X

- ・ワークロード自動合成機能
- ・待ち行列網モデルによる計算機能
- ・性能評価レポート編集機能

性能測定・分析

RM-1：運用稼働情報収集

SMF：運用稼働情報収集

RMF：資源使用情報のリアルタイム収集表示

SPIQ：QM-X向けSMFおよびRM-1エディター

PSAT：長期的性能情報収集監視

図 1 PERFORMS の構成

より効果的に使用できるようにするためのさまざまなパッケージの開発もあわせて行なわれてきた。QM-X に加えて、これらを集大成したものが PERFORMS である。

PERFORMS は、QM-X に加えて、システムの稼働状況を常時監視し、ボトルネックの発生や性能の異常悪化を早期に発見したり、そのデータを分析し、QM-X による性能予測のための入力情報に連動させるための各種パッケージを備えており、総合的な性能分析・予測システムとして位置づけられている。その概要を図 1 に示す。

なお、当社にはこの他に、通信回線網の最適設計を支援するパッケージ NETS [9] およびデータベースシステムの最適設計と性能評価を支援するパッケージ IDEA [10] 等が開発されており、PERFORMS と併せて使用することによって、総合的で質の高いシステム設計と性能評価を効率よく実行できるようになっている。

3. QM-X の設計思想とその特長

QM-X の設計思想とその特長は以下に要約される。

(1) システム技術者向けのインターフェイス

QM-X の利用者は情報処理システムについての専門家ではあるが、待ち行列網に関する知識を必ずしももっているわけではないので、待ち行列網理論で使用される用語や概念を表面には出さず、情報処理システムの世界での用語と概念のみでモデル化が行なえるように配慮されている。

(2) 容易な操作性と高速の応答性

対話型処理を基本とし、モデルの作成・変更が容易に行なえ、出力情報の編集機能を豊富に備えている。さらに、実システムとの対応のつけにくい客のノード間推移確率を入力情報とすることを避け、積形式解の表現の中にはノードへの負荷ベクトルの形しか現われないことを利用し、ジョブ当りのシステム資源使用時間を直接入力することにより、入力情報を必要最小限なものとする工夫がなされている。

また、対話型処理を基本とするには敏速な応答性をユーザーに保証しなければならない。そのため、応答時間を悪化させる可能性のあるハイブリッド型のパッケージとすることを避け、すべての解法を数値計算のみで実行する純解析型のパッケージとした。このために必要とされる近似解法は独自に開発したものを使用している。

(3) 過不足のない抽象度のモデル化機能

実際の性能評価作業で大切なことは、システムのモデルが全体としてバランスがとれていることである。部分的な詳細化は必ずしも全体の精度向上に結びつかない。システム技術者は一般に自分のよく知っている部分は精密にモデル化したがるが、知らない部分については粗いモデルで満足してしまいう傾向にある。QM-X では、技術者間の個人差をなくし、誰もが一定水準以上の評価作業が実行できるように、提供する機能をよく吟味し、バランスのとれたモデル化ができるように配慮されている。

(3) 基本性能データの内蔵

性能予測結果の精度は、実際には、そのほとんどが入力するワークロード情報の精度に依存している。さらにまた、実際の評価作業で最も時間と労力を必要とするのはこのワークロード情報を準

システム構成情報

- ハードウェア構成、製品型版
- 使用OS、データベース名

ワークロード(原始)情報

- ジョブ/トランザクション/コマンド

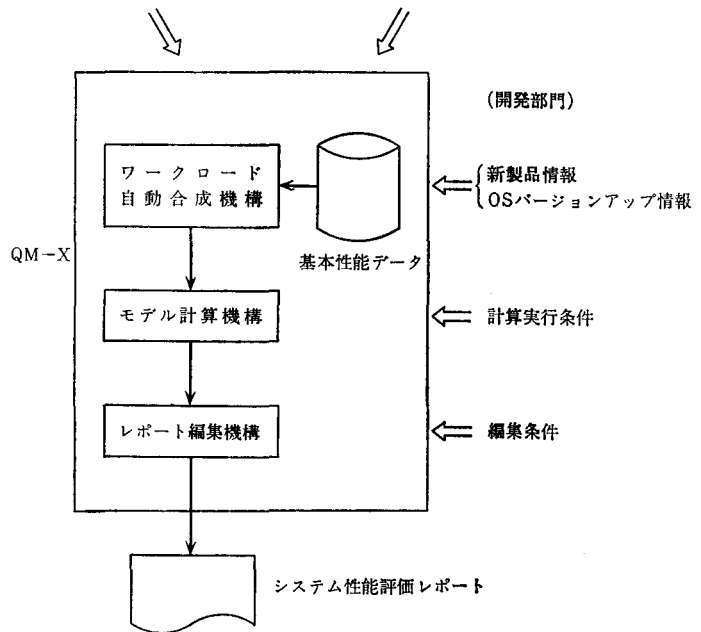


図 2 QM-X の機能と構成

備する部分である。

一般に、性能評価を行なう際にユーザーが自分の努力の範囲で調査し入手できるのは、システムの構成に関する情報に加えて、ユーザー自身が開発するアプリケーションプログラムに関する情報と需要予測にもとづく負荷条件のみである。とりわけ、OSの管理するファイルへの入出力回数や、OSのオーバヘッドに関する情報等は予測結果に大きな影響をもつにもかかわらず、一般の利用者には入手しにくい情報である。

QM-X では、一般のユーザーが手軽にしかも精度のよいワークロード情報を作成するのを支援するため、これら OS が関与する部分の性能情報、および CPU や DISK 装置等のハードウェア製品に関する性能情報をデータファイルに内蔵しており、ユーザーの入力するアプリケーションプログラムに関する情報にもとづき、自動的に最終的なワークロード情報を合成する機能を備えている。

表 1 サブシステムに関する定義情報の例

Descriptors	Subsystems		
	BATCH processing	TRANSACTION Processing	TSS processing
Label			
Type	Closed	Closed	Open
No. of TASKs (MAX. MPL)	4	6	—
No. of workloads	1	2(INQUIRY, DBUPDATE)	1
Arrival condition	jobs/hour	transactions/sec.	commands/sec.

4. QM-X の機能と構成

QM-X は、大別すると図 2 に示されるように、ワークロード合成機構、モデル計算機構、レポート編集機能に分けることができる。本章ではこのうち、ワークロード合成機構とモデル計算機構を中心に紹介を行なう。

表 2 リアルタイムサブシステムのワークロード(原始)情報の定義例

Descriptors	Workloads			
	INQUIRY		DBUPDATE	
Terminal I/O count	SEND 1	RECEIVE 1	SEND 1	RECEIVE 1
Message size(Bytes)	1000	30	1600	40
Program Dynamic steps	3500		5800	
Language	COBOL		COBOL	
Data base access count				
FIND AND GET NEXT	12		24	
FIND AND GET ANY	5		7	
STORE	—		3	
MODIFY	—		3	
ERASE	—		1	

表 3 自動合成されたワークロード情報の例

<CHARACTERISTICS WORKLOAD>				
	WORKLOAD ID	INQUIRY	DBUPDATE	
	CPU TIME(MSEC)	70.55	119.76	
	P-I/O TIME(MSEC)			
	ID NO UNIT-ID			
DK	1 SYSTMDK 1	59.94	104.90	
	2 SYSTMDK 2	89.91	89.91	
	3 DBDISK 1	119.88	29.97	
	4 DBDISK 2		89.91	
	5 DBDISK 3	59.94	59.94	
	6 DBDISK 4	29.97	149.85	
	7 USERDK 1			
	8 USERDK 2	59.94	119.88	

4.1 ワークロード合成機構 (Workload Synthesiser)

QM-X の利用者は、入力情報としてまずサブシステムに関する定義情報と、ワークロード特性に関する定義情報を準備しなければならない。

QM-X では、ジョブ、トランザクションあるいはコマンドに関するワークロード特性は OS やハードウェアについての特別な知識を必要としない

で作成できるようになっている。利用者が準備するものは、データベースへの論理入出力回数 (DML 発行回数)、端末への論理入出力回数 (SEND/RECEIVE 回数) やメッセージ長など、利用者が開発するプログラムから

得られる情報のみに限られている。

ジョブやトランザクションの到着件数等の負荷条件は計算する時の実行条件としてあたえる。

表 1 に、サブシステムに関する定義情報の例を示す。この例では、バッチ、リアルタイム、TSS のサブシステムが混在するシステムが定義されている。前二者は、最大多重度 4 および 6 をもつ閉鎖型サブシステムで、ジョブやトランザクションの到着件数の指定ができることを意味しており、TSS は開放型サブシステムとして定義さ

れていることを示している。

表2に、リアルタイムサブシステムのワークロード特性に関する定義情報の例を示す。この例では、リアルタイムサブシステムには INQUIRY, DBUPDATE と名づけられた2つのトランザクション処理プログラムが定義されている。INQUIRY プログラムは COBOL で記述されており、1 トランザクションの処理当り、COBOL のダイナミックステップ数で3.5 K S ステップかかり、端末に1000バイトのメッセージを送信して30バイトのメッセージを受信し、データベースに FIND AND GET NEXT および FIND AND GET ANY タイプのアクセス命令をそれぞれ12および5回実行することを意味している。

ワークロード合成機構はこれらのデータを入力情報として、ACOS システムのハードウェア製品および OS に関する性能情報が格納されているファイルを参照しながら、表3に示されるような計算機構への入力情報となるワークロード情報を合成する。この例では、INQUIRY は1 トランザクションの処理当り CPU 時間を 70.55 ms, システムディスク1の入出力時間が 59.94 ms, データベースディスク1への入出力時間が119.88 ms 等であることが示されている。

4.2 モデル計算機構

QM-X では、バッチ処理、リアルタイム処理、TSS 等の性格の異なるサブシステムが混在する多次元処理システムの性能評価を効率よく実行するため、複数個の閉鎖型部分連鎖と複数個の開放型部分連鎖が混在する積形式解をもつ混合型待ち行列網をモデル化の基礎としている。

積形式解をもつ待ち行列網に関する計算法は大きく分けると、たたみこみシステムの算法と MVA (Mean Value Analysis) システムの算法に分類できる。

QM-X では、扱える網の範囲の広さと使用する記憶領域の小ささおよび分解近似法とのなじみやすさ等の理由から、計算アルゴリズムとしては

表4 利用状況アンケート結果の一部

項 目		平均	最大
モ規 デル の模	ノード数	15	68
	サブシステム数	3.5	7
	1連鎖当りの網内客数	6	40
作 業 工 数	予測ケース数	16	120
	所要工数	12人日	60日人
	QM-X 使用工数 (内数)	3.8人日	—

たたみこみ法を基本とし、新たに混合型の BCMP 網に関する計算法 [11] を開発し使用している。

また、サービス要求率の異なる複数種類の客を先着順にサービスするノードを含む非積形式モデルに関する近似解法 [12, 13] も新しく開発し使用している。

さらに、プロセスまたはタスクのモデル化機能を可能にするため、各閉鎖型部分連鎖に対応して1つずつ、網内客数と等しいサーバ数をもつ遅延ノードの概念を導入した。遅延ノードにおける客の滞在時間はプロセスまたはタスクのアイドル時間に対応づけられる。この時間を調整することにより、閉鎖型部分連鎖によってモデル化されるサブシステムに関してもジョブあるいはトランザクションの外部からの到着件数を利用者が直接指定することを可能としている。この指定方法には、上記の他に処理可能な最大限の負荷をかけた状態にすることを指定する法、プロセスまたはタスクのアイドル時間を直接指定する法等が用意され、柔軟なモデル作成が可能となっている。

到着したジョブあるいはトランザクションで遅延ノードの中にアイドル状態のプロセスまたはタスクがない状態に出会ったものは外部に作られる待ち行列の中で空きプロセスのできるまで待つ。

この種の待ち行列はバンプサーバをもつ待ち行列あるいは資源の同時保留のある待ち行列といわれ、積形式解をもたないことが知られている。QM-X では、この形の待ち行列網に関しても新しい近似解法 [13] を開発し使用している。

この他 QM-X には、計算を効率よく行なうた

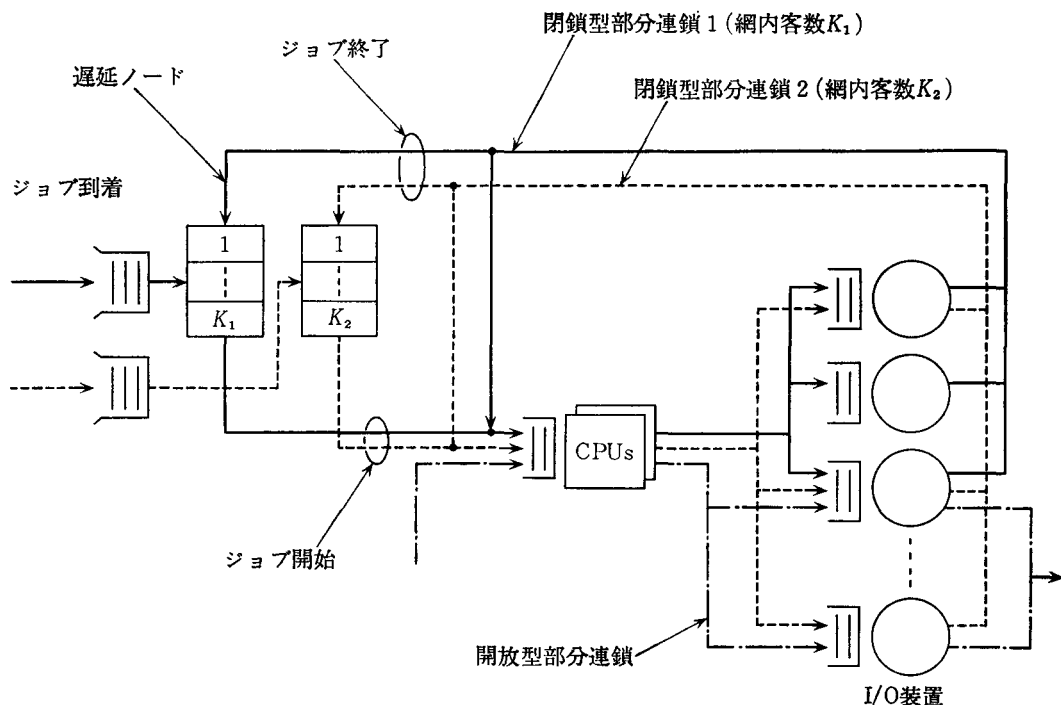


図 3 QM-X で使用される待ち行列網モデルの例

めの数々の工夫 [15, 16] が組み込まれている。

QM-X で使用している待ち行列網の例を図 3 に示す。

5. 利用状況

QM-X をそのサブシステムに含む PERFORMS は有償ソフトウェアパッケージとして現在までに 54 社に導入され使用されている。また、社内利用に関しては、1983 年 6 月までに約 80 システムの性能評価作業に使用されてきたが、それ以降は使用状況調査を中止したので正確な利用者数は不明である。現在は社内各所に設置されている共同利用のコンピュータシステムにインストールされ、社内のシステム技術者が自由に利用できるよになっている。

QM-X を利用した性能評価作業の実態を調査するため、社内リリース後約 10 カ月経過した時点で作業工数やモデルの規模に関するアンケート調査を行なったことがある。その結果は文献 [17] に示されているが、その内おもなものを表 4 に示

す。回答のあったのは、20 ユーザー (25 システム) であった。ただし、この調査時点で使用されていた QM-X は古いバージョンであり、ワークロードの自動合成機能は完成しておらず、レポート編集機能も現在のものより簡素なものである。

6. まとめ

QM-X の概要とその利用状況の一端を紹介した。コンピュータシステムの性能評価の特徴は、扱うデータの種が多岐にわたること、相互干渉の非常に強い多数の待ち行列を同時に扱わねばならないこと、高トラヒック時の特性が問題となること等があげられる。

QM-X の使用経験を通して、待ち行列網モデルは性能評価モデルに要請されるこれらの特徴をよく備えた大変に有効なモデルであることを確認することができた。

今後は、待ち行列および待ち行列網理論に関する新しい理論的な研究成果の吸収につとめるとともに、利用者の声によく耳を傾けながら新製品、

新技術に対応したモデル化技法とデータの蓄積をはかり、QM-X をより強力で使いやすいものに改良強化していく予定である。

参 考 文 献

- [1] 紀一誠, 納富研造: 待ち行列モデルによる計算機システムの性能評価用ソフトウェア・パッケージ QM-X, 情報処理学会論文誌, Vol. 25, No. 4, pp. 570-578 (1984)
- [2] 三上徹, 紀一誠, 吉澤康文: 計算機システム性能解析の実際, 情報処理叢書10, 情報処理学会, 1982, オーム社
- [3] Kino, I and Morita, S.: PERFORMS- A Support System for Computer System Performance Evaluation, Proc. Int'nal Conf. on Modelling Techniques and Tools for Performance Analysis, pp.77-88 (1984)
- [4] 高橋豊, 宮原秀夫, 長谷川利治: 待ち行列網理論, システムと制御, Vol. 22, No. 12, pp. 731-737 (1978)
- [5] 橋田温, 川島幸之助: 待ち行列ネットワークモデルによる計算機システムの性能評価, 情報処理学会誌, Vol. 21, No. 4, pp. 743-750 (1980)
- [6] 高橋豊, 宮原秀夫, 長谷川利治: 情報システムの性能評価-II(待ち行列システム), システムと制御 Vol. 27, No. 4, pp. 260-267 (1983)
- [7] 村尾洋: トラヒック理論の応用(6. 計算機システムへの応用), 電子通信学会誌, Vol. 64, No. 2, pp. 186-194 (1981)
- [8] 紀一誠, 本郷喜裕, 松田敏男: 性能評価用ツール QM-1 について, 情報処理学会システム性能評価研究会, SE 20-1 (1977)
- [9] Teshigawara, Y.: A Communication Network Design Tool-NETS, Proc. COMPCON Fall, pp. 158 (1978)
- [10] 原, 真名垣, 中島: データベース設計支援システム-IDEA, bit 別冊(最近のデータベースシステムとその応用), pp. 320-334 (1984), 共立出版社
- [11] 紀一誠: 混合型待ち行列網の計算法, 情報処理学会論文誌, Vol. 24, No. 3, pp. 326-334 (1983)
- [12] 紀一誠: クラスごとに異なるサービス要求率をも

つ FIFO ノードを含む待ち行列網の近似解法, 情報処理学会論文誌, Vol. 26, No. 2, pp. 312-317 (1985)

- [13] 紀一誠: 非積形式型 FIFO ノードをもつ待ち行列網の近似解法, 情報処理学会誌 (to appear)
- [14] 紀一誠: パンプサーバをもつ待ち行列網の近似解法, 情報処理学会第28回全国大会, 7B-2(1984)
- [15] 張愛英, 紀一誠: 等負荷ノードをもつ待ち行列網の高速計算法, 情報処理学会論文誌, Vol. 25, No. 1, pp. 163-165 (1984)
- [16] 紀一誠: ブロック 3 重対角行列型の状態方程式をもつ待ち行列の数値解法, 情報処理学会論文誌 (to appear)
- [17] 納富研造, 北浦隆: 性能予測ツール QM-1 とその応用, 情報処理学会, 計算機システムの制御と評価 17-8 (1982)
- [18] 木村俊一: QNA: Queueing Network Analysis について(1)/(2)/(3), オペレーションズ・リサーチ, Vol. 29, No. 6/7/8 (1984)
- [19] 高橋豊, 宮原秀夫, 長谷川利治: 待ち行列網理論, システムと制御, Vol. 22, No. 12, pp. 731-737 (1978)
- [20] 橋田温: 最近のネットワーク手法, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 26, No. 4, pp. 205-212(1981)

次号予告

トップの視点 健康問題を考える	大島 正光
特集 医学・医療の OR	
私的病院の経営活動	井手 義雄
医薬品市場の特殊性と OR	久慈 光亮
整数計画法を用いた	
輸液瓶組合せ問題・献立作成問題	鶴田 陽和
運動による健康づくりのシステム	勝田 茂
医学における診断とは	
——枝分れ法から AI へ——	新村 秀一