

QNA:Queueing Network Analyzer について (1)

木村 俊一

1. ま え が き

1.1 QNAとは

QNA(Queueing Network Analyzer)とは、Bell研究所で研究・開発された、ある一般的なクラスの待ち行列ネットワーク(queueing network, 以下QNと略す)を解析・評価するためのソフトウェア・パッケージの名称である。

QNは通信網、道路交通網、計算機等の複雑なネットワーク型システムの性能を評価するためのモデルとして、1950年代半ばから通信、OR、応用確率等の分野の研究者によって精力的に研究されてきた。特に、その状態推移がマルコフ連鎖によって表わせることからマルコフ型と総称されるQNに対しては、スループットや応答時間等の待ち特性量を求めるための効率のよい数々のアルゴリズムが開発されている(たとえば、Gelenbe & Mitrani[1], 橋田[2], Kobayashi[5]参照)。しかしながら、ほとんどの現実問題においては、マルコフ性を導く仮定が近似的にも満たされていないために、最終的にはシミュレーションに頼っているのが現状である。

QNAはマルコフ性が成立しない一般的なQNの待ち特性量の近似値を計算するソフトウェアで、その中には、Ward Whitt博士をはじめとするBell研究所のスタッフたちの先駆的な研究成果が数多く盛り込まれている。

本報告の目的は、QNAを越えるソフトウェアを作るために、QNAで使われている近似の数学的基礎をわかりやすく解説することにある。

1.2 概 要

QNAの第1版では、各ノードが待ち合い室に制限のない複数窓口・先着順サービス待ち行列の開いた(open)QNを扱っている。客、ジョブ、パケット等(総称して“客”と呼ぶ)は、QNの外部から到着して、少なくとも

1カ所以上のノードでサービスを受けた後、最終的にはQNの外部へ去ってゆく。図1.1は、このような開いたQNの簡単な例を示している。

外部からの各ノードへの到着過程および各ノードでのサービス過程は、一般の独立な再生過程(renewal process)であるとし、それらは2つのパラメータ、平均と変動係数(=標準偏差/平均)によって特徴づけられると仮定する。開いたマルコフ型QNの1つであるJackson型QN[3]は、到着がポアソン過程、サービス時間が指数分布にしたがう特別な場合に相当する。

QNAの基本となる考え方は、QN内部の客の流れ、すなわち各ノードへの到着過程を平均と変動係数のみで特徴づけることで、各ノードを独立な複数窓口待ち行列として近似解析を行なう点にある。この考え方は、QNの拡散近似(diffusion approximation)[4]をヒントに、Kuehn[6]によって最初に提案され、パラメトリック分解近似(parametric-decomposition approximation)と呼ばれている。QNAは本質的にはKuehnの近似と同一のものと考えられるが、近似精度および適用範囲についてかなりの改良がなされている。

内部到着過程を特徴づけるパラメータは、客の流れを変える3種類の基本的操作:重ね合わせ(superposition)、分岐(splitting)、退去(departure)(図1.2参照)の各々に対する入力データの変換法を組み合わせることで決めることができる。QNがタンデム型のような帰還のない形であれば、内部到着パラメータを単なる代入操作だけで決定することもできるが、一般には、平均と変動係数についてのノード数の次元の2つの連立1次方程式を解く必要がある。しかし、これに要する計算手間は、シミュレーションとは比較にならないほど少なく、ほとんどのQNについてはパソコン・レベルの計算機で十分対応できる。

QNAの出力情報としては、各ノードにおける輻輳およびシステム全体の性能が、各ノードでの到着・サービ

きむら としかず 東京工業大学 理学部 情報科学科

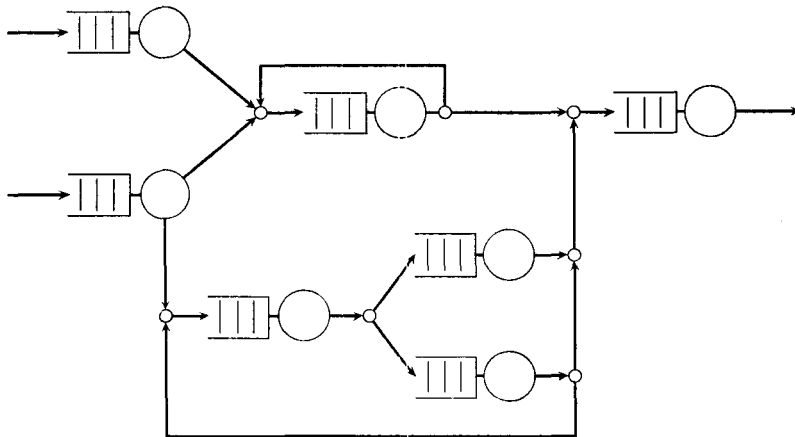


図 1.1 開いた待ち行列ネットワークの例

ス過程の平均と変動係数を用いた待ち特性量の近似式によって評価される。

本報告は次のように構成されている。まず、2章でQNAの入力仕様についてふれ、3章では近似精度を高めるためにフィードバックを除去して、QNを再構成する方法について述べる。内部到着過程に対する近似的数学的基礎として、点過程を再生過程で近似する方法を4章で解説する。この章の内容は5章における内部到着パラメータの決定法だけではなく、QNAの適用範囲をさらに拡張するさいにも必要となるため、少し記述を詳しくしている。6章と7章では、それぞれ、各ノードとQNシステム全体における待ち特性量の近似について述べ、ある典型的な適用例を8章で示す。最後に9章では、QNAの問題点と今後の拡張の方向についてふれることにする。

2. 入力仕様

QNAは大別して2種類の入力の仕様を備えている。そのうち基本となるのは、到着・サービス過程を一般化したJackson型QNに対する標準入力仕様であり、いま1つは、あらかじめ定められたルートをもつ異なったクラスの客を許すときの入力仕様である。後者はクラス・ルート入力仕様と呼ばれ、QNAの内部では標準入力仕様に変換される。

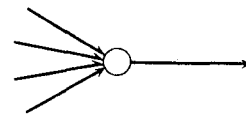
以下では、各入力仕様に必要なパラメータを示し、クラス・ルート入力の標準入力への変換方法を述べる。

2.1 標準入力

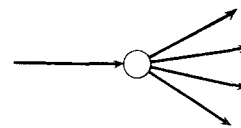
QNAでは複数個のQNを1回の実行で同時に処理することができるので、利用者はまずQNの個数を入力する。次に、各QNごとに以下のデータを入力する。

n : 内部ノード数

第 i 番目 ($i=1, \dots, n$) のノードに対し、



(a) 重ね合わせ



(b) 分岐



(c) 退去

図 1.2 重ね合わせ、分岐、退去

m_i : 窓口数

λ_{oi} : 外部到着率 (= 平均到着時間間隔の逆数)

c_{oi} : 外部到着過程の変動係数

τ_i : 平均サービス時間

c_{si} : サービス時間分布の変動係数

また、ノードの組 (i, j) ($i, j=1, \dots, n$) に対し、

q_{ij} : ノード i からノード j への客の推移確率

を与える。利用者は変動係数 c_{oi} , c_{si} のすべてを入力する必要はない。入力のないノードに対しては、ポアソン到着、指数分布サービスのときの標準値1が設定される。行列 $Q=(q_{ij})$ は、QNの外部を吸収状態、内部のノードを過渡状態とする吸収マルコフ連鎖の推移確率行列の部分行列で、過渡状態間の推移を表わし、経路行列 (routing matrix) と呼ばれる。

標準入力のオプションとして、客のサービス終了後、

その客が複数の客に分割される場合、あるいは逆に複数の客が1つに結合される場合にもQNAは対応することができる。この現象は、たとえば、パケット交換通信システム等において、メッセージがあるノードでのサービスの後、複数のパケットに分割されたり、その後別のノードで再び結合されたりする場合に見ることができる。客の生成あるいは結合個数は、各ノードにおいて一定値をとるものと仮定する。このオプションを指定する場合には、ノード $i(i=1, \dots, n)$ に対し、

γ_i : 生成(または結合)個数

を入力する。明らかに、 $\gamma_i > 1$ であれば客の生成が、 $\gamma_i < 1$ であれば客の結合がノードで行なわれる。この値の入力がないノードに対しては、客の生成・結合はないものとして標準値1が設定される。

2.2 クラス・ルート入力

客が複数のクラスからなり、各クラスはそれに固有なルートをもつQNを考える。ここで、ルートとは客が訪れるノードの系列として定義され、各クラスごとに確定的(deterministic)であると仮定する。

あるクラスの客が最初に訪問するノードへの(外部)到着過程は、到着率と変動係数によって特徴づけられる確率過程であると仮定する。あるノードでのサービス時間分布はクラスごとに異なるばかりでなく、同じクラスでも何回目の訪問であるかにより異なってもよい。これらのサービス時間分布も、平均と変動係数によって特徴づけられているものとする。

標準入力の場合と同様に、必要なデータをまとめておく。

n : 内部ノード数

m_i : ノード $i(i=1, \dots, n)$ の窓口数

r : クラス(またはルート)数

第 k 番目($k=1, \dots, r$)のクラスの客に対し、

n_k : ルート k 上のノード数(重複を含む)

$\hat{\lambda}_k$: 外部到着率

c_k : 外部到着過程の変動係数

クラス k の客が第 j 番目($j=1, \dots, n_k$)に訪れるノードに対し、

n_{kj} : そのノードの番号

τ_{kj} : 平均サービス時間

c_{skj} : サービス時間分布の変動係数

を与える。

QNAの第1版では、客が各ノードに到着した時点での行列長の分布は、その客のクラスによらないと仮定している。これはあくまでも近似にすぎないが、この近似の下では、各ノードでの待ち時間はすべてのクラス、すべての訪問に対し、確率的に同一であると仮定できる(6

章参照)。

次に、クラス・ルート入力を標準入力の仕様に变换する方法について述べる。まず、標準入力の外部到着率 λ_{0i} は、その最初のノードが i であるルートへの外部到着率の和で表わされることから、

$$\lambda_{0i} = \sum_{k=1}^r \hat{\lambda}_k \mathbf{1}\{n_{k1}=i\}(k), \quad i=1, \dots, n \quad (2.1)$$

が導かれる。ここで、 $\mathbf{1}$ は指示関数(indicator function)と呼ばれる集合関数で、ある集合 S に対し、 $x \in S$ であれば $\mathbf{1}_S(x)=1$ 、 $x \notin S$ であれば $\mathbf{1}_S(x)=0$ の値をとる。

(2.1)と同様の考え方をを用いると、ノード i からノード j への内部到着率、すなわち単位時間当りに移動する客の平均数は、

$$\lambda_{ij} = \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^{n_k-1} \hat{\lambda}_k \mathbf{1}\{n_{kl}=i, n_{k,l+1}=j\}(k, l) \quad (2.2)$$

となり、ノード i からQNの外部への到着率、つまり流出率は、

$$\lambda_{i0} = \sum_{k=1}^r \hat{\lambda}_k \mathbf{1}\{n_{kn_k}=i\}(k) \quad (2.3)$$

と表わすことができる。したがって、経路行列は、

$$q_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{n} \frac{\lambda_{ij}}{\sum_{k=0} \lambda_{ik}}, \quad i, j=1, \dots, n \quad (2.4)$$

によって与えられる。ノード i がQN内で活動的(active)、すなわち客のサービスを実際に行なっているノードであれば、(2.4)の分母は正となる。もし、分母が零となる場合には、QNAはエラー・メッセージを出力する。

サービス時間分布の2つのパラメータについては、ノードへの、のべ訪問回数(のべ訪問回数)の重み付き平均によって決定する。分布関数の1次結合(mixture)によって作られる分布関数のモーメントは、各要素分布のモーメントの1次結合で表わされることから、 $i=1, \dots, n$ に対し、

$$\tau_i = \frac{\sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^{n_k} \hat{\lambda}_k \tau_{kl} \mathbf{1}\{n_{kl}=i\}(k, l)}{\sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^{n_k} \hat{\lambda}_k \mathbf{1}\{n_{kl}=i\}(k, l)} \quad (2.5)$$

$$c_{si}^2(c_{si}^2+1) = \frac{\sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^{n_k} \hat{\lambda}_k \tau_{kl}^2 (c_{skl}^2+1) \mathbf{1}\{n_{kl}=i\}(k, l)}{\sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^{n_k} \hat{\lambda}_k \mathbf{1}\{n_{kl}=i\}(k, l)} \quad (2.6)$$

によって、ノード i でのサービス時間分布の平均 τ_i と変動係数 c_{si} が求められる。

標準入力の内、外部到着過程の変動係数の決め方はいくぶん複雑で、各ノードでのトラヒック密度(traffic intensity) $\rho_i = \lambda_i \tau_i / m_i (i=1, \dots, n)$ が必要になってくる。ここで、 λ_i はノード i への内部到着率を表わし、5.1節で導かれる。あるノードへの外部到着過程は、異なっ

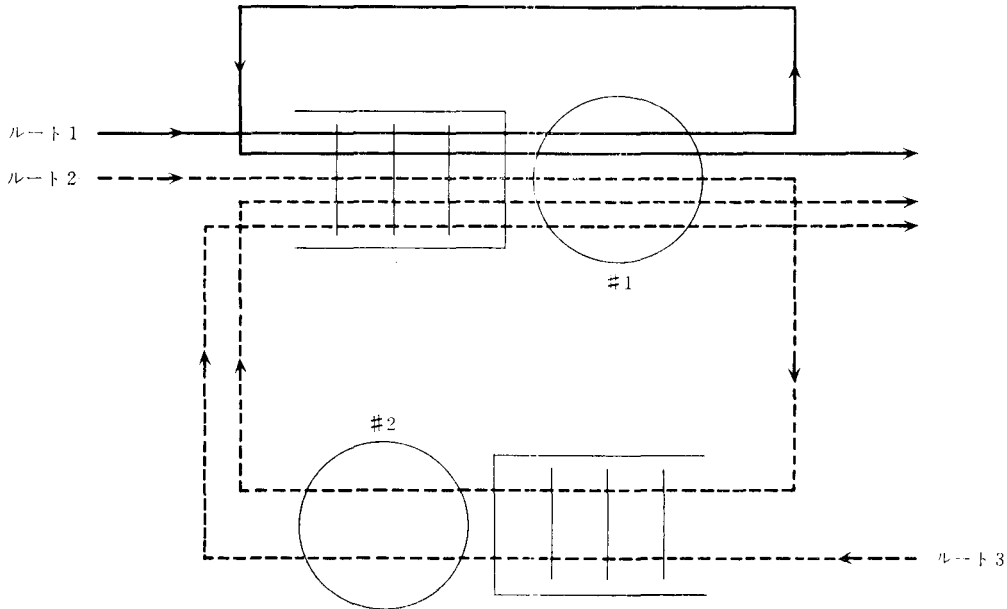


図 2.1 クラス・ルート入力の場合(例 2.1)

たクラスの客のそのノードへの外部到着過程の重ね合わせと考えられるので、5.2.1節で示される再生過程の重ね合わせに関する近似も必要である。ここでは記述を簡単にするために、最終的な結果である変換公式のみを示すにとどめる(詳細については5章参照)。

すなわち、もし $\lambda_{0i}=0$ ならば、ノード i には外部からの客の到着がないので c_{0i} は任意でよいが、QNAでは $c_{0i}=1$ を設定している。 $\lambda_{0i}>0$ であるノード i については、次の式によって外部到着過程の変動係数を与える。

$$c_{0i}^2 = (1 - \bar{w}_i) + \bar{w}_i \left[\frac{\sum_{k=1}^r c_k^2 \lambda_k \mathbf{1}\{n_{k1}=i\}(k)}{\sum_{k=1}^r \lambda_k \mathbf{1}\{n_{k1}=i\}(k)} \right], \quad i=1, \dots, n \quad (2.7)$$

ただし、

$$\bar{w}_i \equiv \bar{w}_i(\rho_i, \bar{v}_i) = \{1 + 4(1 - \rho_i)^2(\bar{v}_i - 1)\}^{-1} \quad (2.8)$$

$$\bar{v}_i = \left[\sum_{k=1}^r \left(\frac{\lambda_k \mathbf{1}\{n_{k1}=i\}(k)}{\sum_{j=1}^r \lambda_j \mathbf{1}\{n_{j1}=i\}(j)} \right)^2 \right]^{-1} \quad (2.9)$$

例 2.1 クラス・ルート入力の対象となるQNの簡単な例として、 $n=2$ ノード、 $r=3$ ルートのQNを考える。各ノードの窓口数は、 $m_1=40, m_2=10$ とする。ルートとそれの上での入力データをベクトル形式

$$(n_k, \lambda_k, c_k^2; n_{k1}, \tau_{k1}, c_{sk1}^2; \dots; n_{kn_k}, \tau_{kn_k}, c_{skn_k}^2)$$

で表わすことにする。ここでは、次のデータを仮定する。

$$\begin{aligned} (2, 2, 1; 1, 1, 1; 1, 3, 3) & : \text{ルート 1} \\ (3, 3, 2; 1, 2, 0; 2, 1, 1; 1, 2, 1) & : \text{ルート 2} \\ (2, 2, 4; 2, 1, 1; 1, 2, 1) & : \text{ルート 3} \end{aligned}$$

たとえば、ルート1では、クラス1の客はノード1に到着率2のポアソン到着をして、平均1の指数分布サービスを受けた後、ただちにノード1の行列にフィードバックし、再び今度は平均3、変動係数 $\sqrt{3}$ の超指数分布サービスを受けてQNから退去する(分布形については、4.3節参照)。他のクラスの客についても、同様にそのルートを読みとることができる。図2.1は、各クラスの客のQNへの到着から退去までのルートを示したものである。

(2.1)より、外部到着率は、 $\lambda_{01}=5, \lambda_{02}=2$ となる。同様にして、(2.2)より、 $\lambda_{11}=2, \lambda_{12}=3, \lambda_{21}=5, \lambda_{22}=0$ 、(2.3)より、 $\lambda_{10}=7, \lambda_{20}=0$ が得られる。したがって経路行列は

$$Q = \begin{bmatrix} \frac{1}{6} & \frac{1}{4} \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

と表わされる。サービス時間分布のパラメータについては、(2.5)、(2.6)より、 $\tau_1=2, \tau_2=1, c_{s1}^2=1.67, c_{s2}^2=1.00$ と求められる。3組の入力データにおいては、ノード2では常に平均1の指数分布サービスを行なっていることから、 $\tau_2=c_{s2}^2=1$ は予期された結果である。

トラフィック密度、したがって内部到着率を求めるためには、5.1節で示される次の連立1次方程式を解く必要がある。

$$\lambda_j = \lambda_{0j} + \sum_{i=1}^n \lambda_i q_{ij}, \quad j=1, \dots, n \quad (2.10)$$

(2.10)を解くことにより、 $\lambda_1=12, \lambda_2=5$ 、したがって、 $\rho_1=0.6, \rho_2=0.5$ を得る。また、(2.9)より、 $\bar{v}_1=25/13$ 、

$\bar{v}_2=1.0$ を得る。これらの値を(2.8)に代入すると、 $\bar{w}_1=0.629$, $\bar{w}_2=1$ となり、(2.7)より、 $c_{01}^2=1.38$, $c_{02}^2=4$ を得る。

3. フィードバックの除去

QNAでは、フィードバック (feedback) のあるノードを、それと近似的に等価なフィードバックのないノードに変換することが選択できる。フィードバックがある場合、そのノードへの到着過程が出力過程と直接の相関をもつために、パラメトリック分解近似の精度に重大な影響を与えると考えられる。Kuehn [6] は、この影響を除き、近似の精度を向上させるために、フィードバックのあるノードに到着した客に、そのノードでの総サービス時間で1回でサービスすることにより、フィードバックを除去することを提案した。この章では、この除去法の解釈と、入力データおよびQNAで求められる待ち特性量の変換法について述べる。

フィードバックは、 $q_{ii}>0$ となるノード*i*で生じる。マルコフ的経路選択 (Markovian routing) を仮定しているので、ノード*i*でのサービスを終えた客は、確率 q_{ii} でただちに再びサービスを受けるために行列の最後尾に並ぶことになる。ところが、客が受ける総サービス時間を一度に与えてしまうことは、その客を常に行列の先頭にフィードバックさせることに等価である。この近似によって、ノード*i*からノード*i*への推移は取り除かれ、他のノード*j*への新しい推移確率が、その除去にもとづく条件付き確率で与えられる。

この近似の基礎になっているのは次の事実である。すなわち、ベルヌーイ (Bernoulli) フィードバックをもち、一般到着、一般サービス過程にしたがう複数窓口ノードに対しては、行列長過程の分布は、上記の近似による変換に関して不変であることが知られている (ただし、待ち時間過程については成立しない)。待ち時間過程の特性量については、変換後のフィードバックのないノードに対する行列長過程の近似特性量に、ある保存則を適用して導くことができる。このさいに生じる誤差は、到着過程の再生過程近似によるものと、 $GI/G/m$ 待ち行列の待ち特性量の近似によるものであって、フィードバックの除去に起因するものではないことに注意すべきである。

フィードバックを取り除き、QNを再構成する手順の最初のステップは、標準入力データの内、 τ_i , c_{si}^2 , q_{ij} を修正することである。 $q_{ii}>0$ となるノード*i*のサービス時間分布関数とその Laplace-Stieltjes (LS) 変換を、それぞれ、 $F_i(t)$, $\phi_i(s)$ ($t \geq 0$, $Re\ s \geq 0$) で表わすことにしよう。このとき、フィードバック除去後の修正されたサービス時間分布は、もとの分布 F_i を用いて、

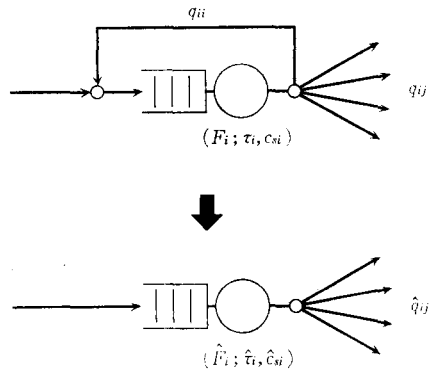


図 3.1 フィード・バックの除去

$$\hat{F}_i(t) = \sum_{n=1}^{\infty} q_{ii}^{n-1} (1-q_{ii}) F_i^{n*}(t) \quad (3.1)$$

と表わすことができる。ここで、 F_i^{n*} は F_i の n 重たみ込み (n -fold convolution) を表わしている。(3.1)の両辺に LS 変換をほどこすと、 \hat{F}_i の LS 変換として、

$$\hat{\phi}_i(s) = \frac{(1-q_{ii})\phi_i(s)}{1-q_{ii}\phi_i(s)} \quad (3.2)$$

を得る。 $\hat{\phi}_i(s)$ を s に関して微分することにより、新しいサービス時間分布の平均 $\hat{\tau}_i$ と変動係数 \hat{c}_{si}^2 が、

$$\hat{\tau}_i = \tau_i / (1-q_{ii}) \quad (3.3)$$

$$\hat{c}_{si}^2 = q_{ii} + (1-q_{ii})c_{si}^2 \quad (3.4)$$

と求められる。推移確率は、

$$\hat{q}_{ii} = 0 \quad (3.5)$$

$$\hat{q}_{ij} = q_{ij} / (1-q_{ii}), \quad j \neq i$$

と修正される (図 3.1 参照)。

フィードバック除去の第 2 のステップとして、(3.2)~(3.5) を用いて得られる待ち特性量を、もとの QN に対する待ち特性量に逆にもどす変換が必要になる。これは、フィードバックを除去したために、ノードにおける単位訪問当りの待ち特性量を過大評価していることによる。たとえば、ノード*i*における平均待ち時間 EW_i ((3.2)~(3.5)を用いて得られる) については、ノード*i*へのある客の平均フィードバック回数が $(1-q_{ii})^{-1}$ 回であることから、 $(1-q_{ii})EW_i$ をもとのノードでの平均待ち時間とする必要がある。

逆変換をほどこしたもとの QN に対する待ち特性量を、 $\bar{\lambda}_i, E\bar{W}_i$ 等で表わすことにする。これらは、(3.2)~(3.5)のデータから得られる特性量 λ_i, EW_i 等を用いて次のように表わされる。

$$\bar{\lambda}_i = \lambda_i / (1-q_{ii}) \quad (3.6)$$

$$E\bar{W}_i = (1-q_{ii})EW_i \quad (3.7)$$

$$\text{Var}(\bar{W}_i) = (1-q_{ii})\text{Var}(T_i') - c_{si}^2\tau_i^2 \quad (3.8)$$

ただし、

$$\text{Var}(T_i') = c^2(T_i')(EW_i + \hat{\tau}_i)^2$$

$$c^2(T_i') = c^2(\bar{T}_i')(1 + q_{ii}) + q_{ii} \quad (3.9)$$

$$c^2(\bar{T}_i') = (\text{Var}(\bar{W}_i') + c_{ii}^2 \tau_i^2) (E\bar{W}_i' + \tau_i)^{-2}$$

$$\text{Var}(\bar{W}_i') = (EN_i c_{ii}^2 + \text{Var}(N_i)) \tau_i^2$$

ここで、 N_i はノード i における客の総数(サービス中の客も含む)を表わし、 $EN_i, \text{Var}(N_i)$ は (3.2)~(3.5) のデータを用いて計算できる (6章参照)。明らかに、 EN_i と $\text{Var}(N_i)$ はフィードバックの除去による変換に対して不変である。また、 T_i はノード i への1訪問当りの滞在時間を表わし、(3.8) で用いた T_i' は T_i に対する近似で、QN についての Reiman [7, 8, 9] の重負荷極限定理 (heavy traffic limit theorem) にもとづく拡散近似から、その分散を (3.9) によって評価できる。(3.9) で、 $c(\cdot)$ は変動係数を、 \bar{W}_i' は \bar{W}_i に対する第1次近似を表わしている ((3.9) の導出の詳細については Whitt [10] 参照)。

数値計算からの経験では、フィードバックの除去は、もとのQNをそのまま解析するよりも、多くの場合、よい近似を与えることが知られている [6, 11]。しかし、フィードバックは到着過程の再生性とサービス過程との間の独立性をかなりそこなうため、より精度の高い近似法の研究がさらに必要である。

参 考 文 献

- [1] Gelenbe, E. and I. Mitrani, *Analysis and Synthesis of Computer Systems*, Academic Press, New York, 1980.
- [2] 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, **25**, 205-212 (1981).
- [3] Jackson, J. R., “Networks of Waiting Lines,” *Opns. Res.*, **5**, 518-521 (1957).
- [4] Kobayashi, H., “Application of the Diffusion Approximation to Queueing Networks I: Equilibrium Queue Distributions,” *J. Assoc. Comput. Mach.*, **21**, 316-328 (1974).
- [5] Kobayashi, H., “Stochastic Modeling: Queueing Models,” *Probability Theory and Computer Science*, pp. 51-121, G. Louchard and G. Latouche (eds.), Academic Press, New York, 1983.
- [6] Kuehn, P. J., “Approximate Analysis of General Queueing Networks by Decomposition,” *IEEE Trans. Comm.*, **COM-27**, 113-126 (1979).
- [7] Reiman, M. I., “Queueing Networks in Heavy Traffic,” Technical Report No. 76. Department of Operations Research, Stanford

University, 1977.

- [8] Reiman, M. I., “Open Queueing Networks in Heavy Traffic,” *Math. Opns. Res.*, to appear.
- [9] Reiman, M. I., “The Heavy Traffic Diffusion Approximation for Sojourn Times in Jackson Networks,” *Applied Probability and Computer Science-The Interface*, Vol. 2, pp. 409-421, R. L. Disney and T. J. Ott (eds.), Birkhauser, Boston, 1982.
- [10] Whitt, W., “The Queueing Network Analyzer,” *Bell System Tech. J.*, **62**, 2779-2815 (1983).
- [11] Whitt, W., “Performance of the Queueing Network Analyzer,” *Bell System Tech. J.*, **62**, 2817-2843 (1983).

● ミ ニ ● ミ ニ ●

● O ● R ●

言葉の数量感覚

- 音楽会にゆくと、この先何カ月かのあいだに開催される各種音楽会の宣伝パンフレットを会場入口でくれる。N響の場合が最も多い。若者のクラシック離れのため、中年会員が多く、フトコロを考へてのことか。「ドサッ」という量感で、パンフレットの束。若年層主体の演奏会ではバラバラといった感じ。市場調査がゆきとどいている。音楽会によって、このパンフレットの量感が、ドサッ、バサッ、ゴソッと微妙に異なる。定量化しにくい感覚。
- 数日、数カ所、数人という。その受け取り方が人によって多少異なる。英語では、few, several の区別があるが、日本語はそこまで厳密でない。広辞苑で「数」をひくと、3, 4 または 5, 6 程度の不確定数と書いてある。数日ならいいが、数カ月ともなると感覚の差は大きく、コミュニケーションもむづかしい。
- 例年になく、今年は寒い、暑いという。例年の意味するところが、子供では短い人生経験のため、比較的短い過去をさし、年輩者では、もっと長い期間をもとにしているようだ。経験にもとづく判断基準からくる感覚。
- 「そのうち、飯でも」「近く、飲もうよ」という。積極的な、或る場合には、外交辞令的な感情を含む言葉のあや。どれくらいの期間のことをさしているのかは、心情による。心の問題となると、数量感覚は消えてしまう。(山下達哉)