〔日本OR学会第15回事例研究奨励賞ソフトウェア部門受賞作品〕

トラヒック評価・設計支援システム：TEDAS

吉野　秀明，山本　尚生

1. はじめに

今回，「トラヒック評価・設計支援システム：TEDAS」に事例研究奨励賞（ソフトウェア部門）を頂きありがとうございました．

TEDAS（Traffic Evaluation and Design Assistant System）は，「計算機システムや通信ネットワークなどのトラヒック特性評価・設計を迅速かつ効率的に行うための支援ツールです」と社内では説明しておりますが，『トラヒック』という言葉を聞き慣れない方も本誌の読者の中に多いと思います．TEDASは「待ち行列モデルと待ち行列網モデルの解析ツールです」と表現した方がご理解いただけるのではないでしょうか．つまり，計算機システムや通信ネットワークなどのシステムの構成と待ち時間や待ち行列長などの性能・品質との関係を待ち行列理論（トラヒック理論）に基づいて数値的に解析するツールです．

なお，トラヒックとは「通信や交通の流れ」を意味するもので，「トラヒック理論≒待ち行列理論」，「トラヒック評価≒性能評価」，「トラヒックモデル≒待ち行列モデル」などという意味合いで使用されます．

以下，本稿では，ソフトウェアの概要，主な機能と特徴，簡単な使用例を示して，このツールTEDASのご紹介をいたします．

2. ソフトウェアの概要

2.1 開発の目的と経緯

システムの性能評価・設計をするためには，対象とするシステムをモデル化した後に，通常，次に示すステップを踏むことになります．

(1) 対象とする待ち行列モデルが解析されているかどうかの論文調査，

(2) 論文精読によるアルゴリズムの理解，

(3) プログラムの作成と検証．

これらのプロセスは，システムの性能評価・設計に関する高度な知識と多くの労力が必要となります．

TEDASは，以下に示す利用者を想定して，待ち行列理論や計算機に不慣れな人でも手軽に使えるツールとして，上記(1)～(3)に関わる稼働を軽減し，システムの性能評価・設計の迅速化・効率化を図ることを狙いとして開発しました．

【想定ユーザ】

- 待ち行列理論を応用してシステム設計・開発する研究者・技術者．
- 待ち行列理論の初学者および教育者

ただし，当初から上記のような開発目的と想定ユーザを設定して開発した訳ではなく，15年間に渡る開発・改訂・実行環境の変更を経て現在のツールに至っています[1]．昭和59年に核となる数値解析アルゴリズム部分の開発に着手し，逐次アルゴリズムの精緻化，モデルの追加を実施しました．システム構成は計算機の発展に追随し，開発当初の汎用大型計算機利用からパソコン単体の形態を経て，現在のwwwインターフェース版に至っています．

2.2 動作環境

図1にTEDASの利用環境を示します．利用者であるクライアント側はwebブラウザがあればよく，設定・プログラムインストールは一切不要です．3章に示すURLにアクセスし，ブラウザを通してモデルを選定し，パラメータを入力することで，計算結果が表示されます．なお，サーバ側は，OS：Windows NT server/workstation，メモリ：32 MB以上（推奨），ハードディスク：5 MB以上の環境で動作します．

2.3 TEDASの構成

TEDASは，次の2つのシステムから構成されます．

- TEDAS-N（数値解析システム）

よしの　ひであき，やまもと　ひさお
日本電信電話㈱　情報流通基盤総合研究所
〒180-8585　武蔵野市緑町3-9-11

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

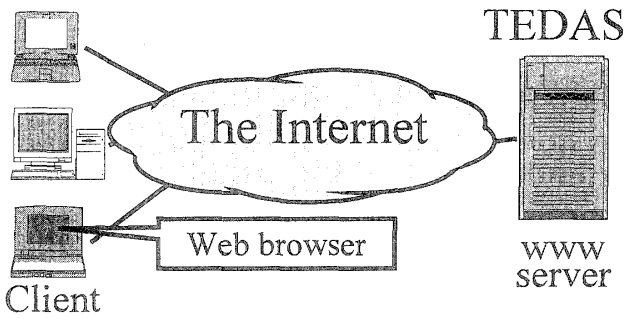


図1　TEDASの利用環境

アーラン損失式（B式）や待ち合わせ式などの基本的なトラヒックモデル（待ち行列モデル）に対する理論解析を行うシステムです．呼(客)の到着間隔やサービス時間などの条件により異なる40種類以上の待ち行列モデルを解析することができます．TEDAS-Nは各種システムの基本設計段階や設備数算出時において威力を発揮します．

●TEDAS-Q（待ち行列網解析システム）[2]

通信ネットワークやコンピュータの内部処理などの複雑なネットワーク型システムの性能評価を待ち行列網モデル（Queueing Network Model）により行うシステムです．ネットワークを構成する個々のシステム(交換機やルータなど）を単一の待ち行列モデルとして表現し，それらがネットワークで繋がれた時のエンド-エンドの遅延時間やスループットなどのネットワーク全体の総合的な性能を評価することが可能です．

3.　主な機能と特徴

2章に示したとおり，このソフトウェアの特徴は，次の4点にあります．

(1)　待ち行列モデルの理論解析を行う数値解析システム（TEDAS-N）と，ネットワーク型システムの近似解析を行う待ち行列網解析システム(TEDAS-Q)，の2つのシステムから構成されているので，教育用の利用から現実の複雑なシステム設計にまで幅広く使えること，

(2)　ユーザインターフェースにWWWを用いており，インターネットの接続環境さえあれば誰でもインストールや設定などの手間を一切必要とせずに遠隔地から容易に利用可能であること，

(3)　図2に示すような例題をまじえて使い方を平易に解説したチュートリアルのページも用意しており，待ち行列やシステム性能評価分野を対象としたOR教育の研修用，自習用に利用が可能であること，

(4)　日本語に加えて英語版も用意しており，インターネットを活用してグローバルにソフトウェアが利用できること．

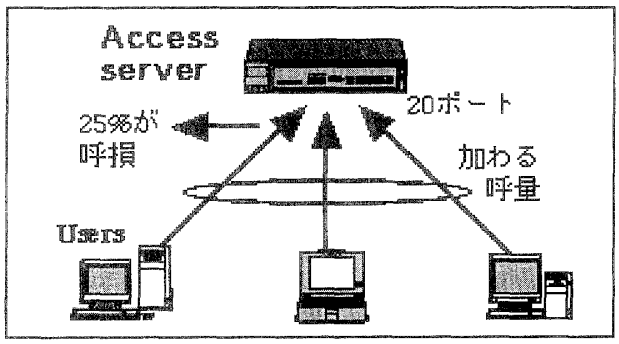
例題）　ISPアクセスサーバの容量設計

あるインターネットサービス提供者（ISP）は，最近，ダイヤルアップユーザから「なかなか接続できない」との苦情を受けて，設備の増設を検討している．苦情の多かった東京(03)区域内を対象に最も混雑する1時間の状況を調査したところ，次のような結果が得られた．

(1)　アクセスサーバに繋がらない確率：25.0%

(2)　ユーザからの接続要求はランダムに発生する

現在のダイヤルアップアクセスサーバのポート数は20回線分ある．アクセスサーバに繋がらない確率を5%以下に抑えるためには，東京区域内サーバのポート数をあと何回線分増設した良いか．



ISPダイヤルアップアクセスサーバ

図2　チュートリアルページの例題

このソフトウェアを載せたホームページ(http://www.mmlab.tnl.ntt.co.jp/）は3年前から一般公開しており，既に大学等の教育機関や企業のシステム設計・評価部門でご利用頂いています．

以下，TEDAS-NとTEDAS-Qそれぞれの機能と特徴を示します．

3.1　TEDAS-Nの機能と特徴

図3にTEDAS-Nのモデル選択画面を示します．この図に示されているとおりTEDAS-Nは，ケンドールの記号により表記できる39種類の基本的な待ち行列モデルの数値解析が可能です．これに加えて，多元トラヒックモデル・定時割り込みのある優先処理モデル・ガンマ分布のパーセント値の計算も可能として

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

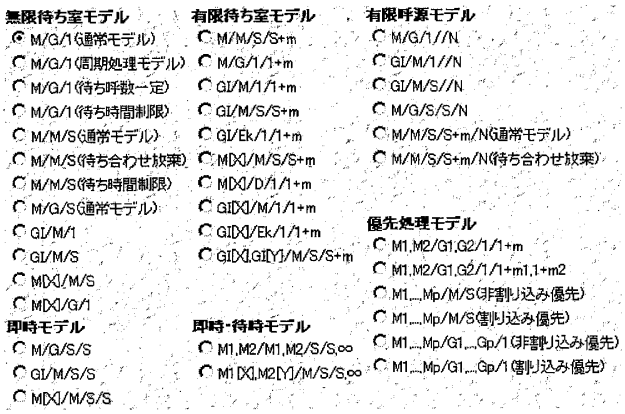


図3　TEDAS-N のモデル選択画面

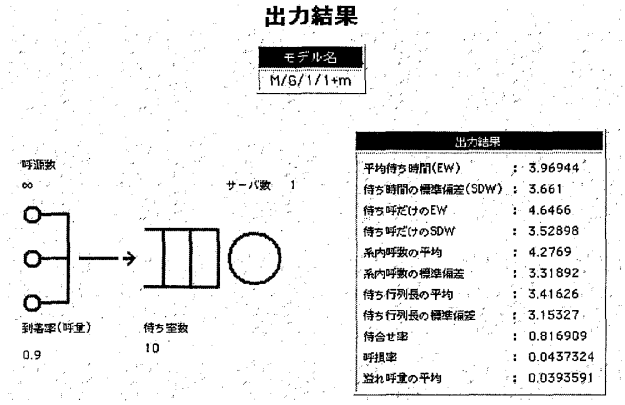


図4　TEDAS-N の出力結果例

います．また，ケンドールの記号を知らず計算するモデルが判らない場合でも，モデルを特定する機能も用意してあります．

図4に有限待ち室モデルの1つであるM/G/1/1+mモデルに対する計算結果例を示します．待ち時間や系内呼数（客数）の平均・標準偏差，待合せ率，呼損率（オーバフロー率）などの基本特性量を求めることが出来ます．また，この例のように，到着・サービス・待ち室数などのパラメータを入力して上記の基本特性量を求める通常の計算の他にも，基本特性量を与えたもとで，例えば待ち室数を求める等の逆計算も可能です．

3.2　TEDAS-Q の機能と特徴

待ち行列網モデルを個々のノードに分解して網内総滞在時間などの特性量を求める「分解近似法」と呼ぶ解析法[3]を採用することで，大規模な（最大40ノード）非マルコフ型待ち行列網モデルが扱え，ノード間の相関を反映した総合的なネットワークの評価が可能です．また，呼(客)の種類として2クラスまでを許し，2クラスの呼が加わるノードでは非割り込み優先処理に従うとする優先権のある待ち行列網モデルも扱えます．

4.　使用例

図2に示した例題を対象にTEDASの利用方法を以下に解説します．

4.1　利用するトラヒックモデル

「ユーザからの接続要求はランダムに発生する」との観測結果が得られていますので，接続要求の発生間隔の分布すなわち到着間隔分布は指数分布となります．また，サービス時間（接続時間）分布は，特に示されていませんので一般分布とします．アクセスサーバ(以下，ASと略す）のポート数である20がサーバ数となり，繋がらないときの「待ち」は無いため，待ち室数は0となります．

以上から，この例題を解くために利用するトラヒックモデルは，M/G/S/Sモデル（S=20）となります．これは，「アーラン損失システム」と呼ばれ，電話網の回線数の設計などに用いられる最も基本的なモデルです．また，このモデルで呼損率を算出する式は，アーランB式またはアーラン損失式と呼ばれています．

4.2　解き方と手順

まずはじめに，現在のASのポート数20回線に加わる呼量（単位時間あたりのトラヒック量）を求めます．次に，求まった呼量が加わるという条件で，呼損率（繋がらない確率）が5%となるサーバ数（ポート数）を算出します．

(1)　加わる呼量の推定

TEDAS-Nのトップページから，M/G/S/Sモデルを選択します．表示項目として，到着率（呼量）を選択します．パラメータの入力画面で，サーバ数と呼損率に，それぞれ，現在のポート数20と繋がらない確率0.25を入力して，計算実行ボタンをクリックします．出力結果として，

呼量=23.697

が得られます．

(2)　呼損率条件を満たす設備数の算出

次に呼損率5%を満たすサーバ数（ポート数）を求めます．

TEDAS-Nのトップページから，M/G/S/Sモデルを選択し，表示項目として，サーバ数を選択します．パラメータ入力画面で呼量と呼損率にそれぞれ，上記4.3で求まった呼量23.697と満たすべき呼損率（繋がらない確率）0.05を入力して，計算実行すると次

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

の出力結果が得られます。

サーバ数＝29

したがって，あと9回線分のASポートを増設すれば良いことが判ります。

5. おわりに

トラヒック評価・設計支援システム：TEDASについてご紹介しました。今後は，OR教育用・自習用として，さらに活用いただくためにも，わかりやすい例題を充実させる等の改善を図って行く予定です。是非一度，ホームページにアクセス頂き，TEDASに対するご意見・ご要望など頂ければ幸いです。

参考文献

[1] 戸田彰，林善士："トラヒック評価・設計支援システムを開発"，通研月報，Vol. 39, No. 1, (1986).

[2] 吉野秀明，片山勁："待ち行列網解析システムTEDAS-Q"，情処学会論文誌，Vol. 31, No. 4, pp. 624-633, (1990).

[3] Yoshino H.: "An approximation method for queueing networks with nonpreemptive priority and its performance", Trans. IEICE, Vol. E 73, No. 3, pp. 386-394, (1990).

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．