

NHK TOPICS の性能管理の実際

太田 博、中島博文 (NHK 経営情報室)

森 瑞穂 (日本アイ・ビー・エム)

まえがき

高価な計算機システムを効率よく使用するために、いろいろな面でシステムの性能評価が必要である。

一般に、システム性能評価は、①、導入機種選定 ②、稼動中システムの効率改善 ③、新システム設計における効率予測などを目的として実施される。

マン・マシンの会話型システムでは、コンピュータ側だけに注目するのではなく、人間系を含んだシステムの評価が必要になってくる。

システムの性能評価に關する技術的手法について、最近多くの報告がみられる。われわれも、放送番組の編成・制作から送出にわたる広はんな業務を CRT 端末装置による会話型システムで構成している TOPICS (Total Online Program and Information Control System - 番組技術システム) の中に、システム性能評価を目的として、システム・パフォーマンスにかかわる各種データを測定記録するプログラムを組込んでいいる。適時、測定データの分析をおこない、システム性能の効率改善の検討に役立っている。また、このような複雑な会話型システムの設計・開発段階や、システム統合テストにおいて、システム性能評価の道具として利用してきた。

本文では、オン・ライン会話型システムにおけるシステム・パフォーマンス管理の一手法として、TOPICS における管理手法の実際について述べる。

1. TOPICS の概要

TOPICS は、総合・教育・UHF の各テレビジョン放送および第 1・第 2 FM のラジオ放送の主として東京で扱う番組の制作から送出業務にわたるオペレーショナル・コントロール・システムである。また、システムに対するメッセージの入出力端末操作の面から見れば、オン・ライン会話型システムといえる。

その利用者は、多種多様であり、番組の制作や送出に關係するほとんどすべての職種にわたっている。しかも、利用者は、計算機システムに対しては、ほとんどが素人であり、端末では、単純操作、即応性が要求される。

TOPICS では、2 種類の CRT 端末装置を使用している。1 つは、3270 キャラクタ表示型 CRT 装置と ID カード・リーダの組合せで、約 180 台を設置している。各端末使用者は、各自別々の ID カードを持っている。それを、ID カード・リーダに挿入すると、システムは、あらかじめ登録されている人物かどうか確認をするとともに、使用者の業務種別に応じて、許される使用データの範囲とレポートのタイトル一覧をメニュー画面として表示し、それ以外のレポートを見たり、他の人のデータを変更したりできぬよう、安全保護を考慮してある。また、このメニュー画面の各項目についている番号を選択するだけで、必要な画面が表示されるよう使用の便を付けている。入力画面などでは、一項目の入力が終ると自動的に次の入力欄にカーソルが動くようカーソル制御を行ない、それと同時に、その入力項目のデータをチェックし、エラー・データの場合は、エラーメッセージを表示するとともにカーソルは、そのエラー・データ入力欄に戻るようにするなど、システムが、使用者の作業をかなり補って会話をスムーズにし

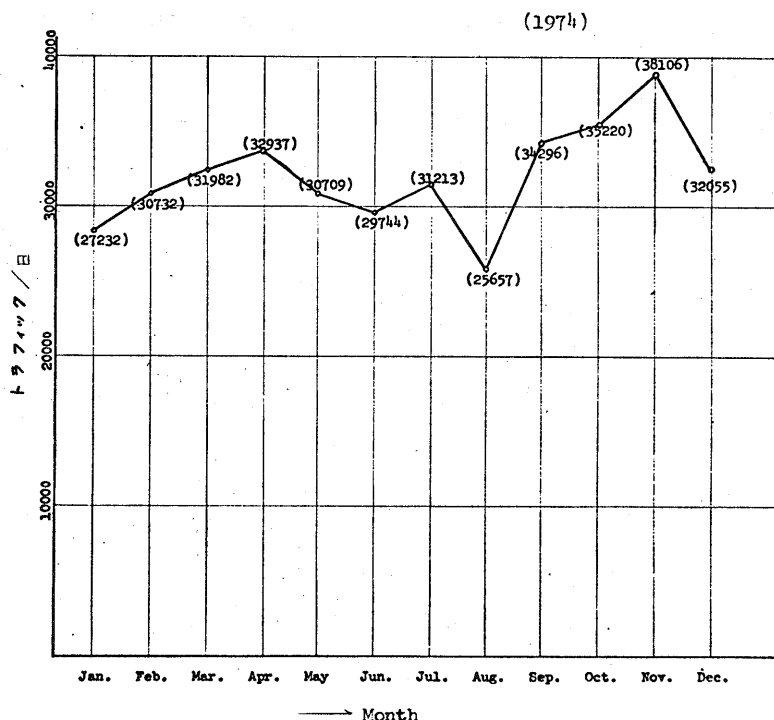
ているため、面倒な情報処理を迅速かつ正確に行なうことが出来る。

1図から3図は、3270の使用状況を示したものである。

1図に、年間のトラフィック変動を示した。値は、各月の平均値である。

2図には、トラフィックの多くなる11月の1週間における変動を示した。

3図は、11月の金曜日1日の時刻別使用状態である。

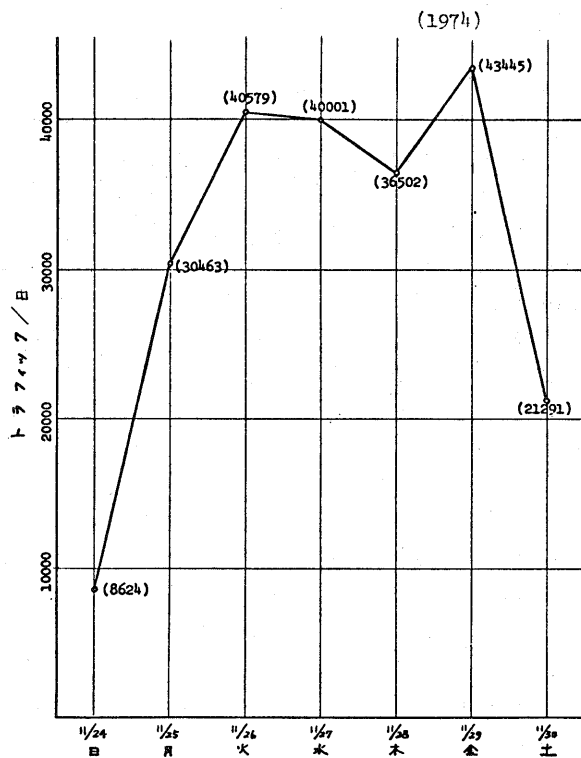


1図 3270トラフィック (月別)

もう一つの端末装置は、ライトペンをそなえたスズ50グラフィック・ディスプレイ装置である。これは、番組の編成・制作・送出の統括管理部門である番組統括センタ、技術運用センタに8台設置している。この装置は、放送番組の編成・制作・送出に関する指令を、システムを通して関係各方面へ伝達する役目をもっている。通常、番組制作は、多数の番組が並行して進行しているために、施設・機材などのリソースの使用要求が競合する場合がある。その時にも、この装置で、リソース競合の調整を行なっている。また、緊急におきる番組変更の処置も、簡単なライトペン操作だけで、必要な箇所は、指令が伝達されるとともに、プロセス・コンピュータを経て、所要の機器回線操作が自動的に行なわれる。

システムの利用者の職種が広いため、それぞれに必要な業務は多様である。

各職種向の仕事は、システムを通



2図 3270トラフィック (曜日別)

して、おたがいに複雑にからみあっている。システムは、この輻輳した情報の流れを処理するために多数のプログラムを動かす。

4 図は、3270 端末装置から呼び出されるプログラムの数と、そのプログラムの使用頻度をプログラムの大きさを変数として示したものである。

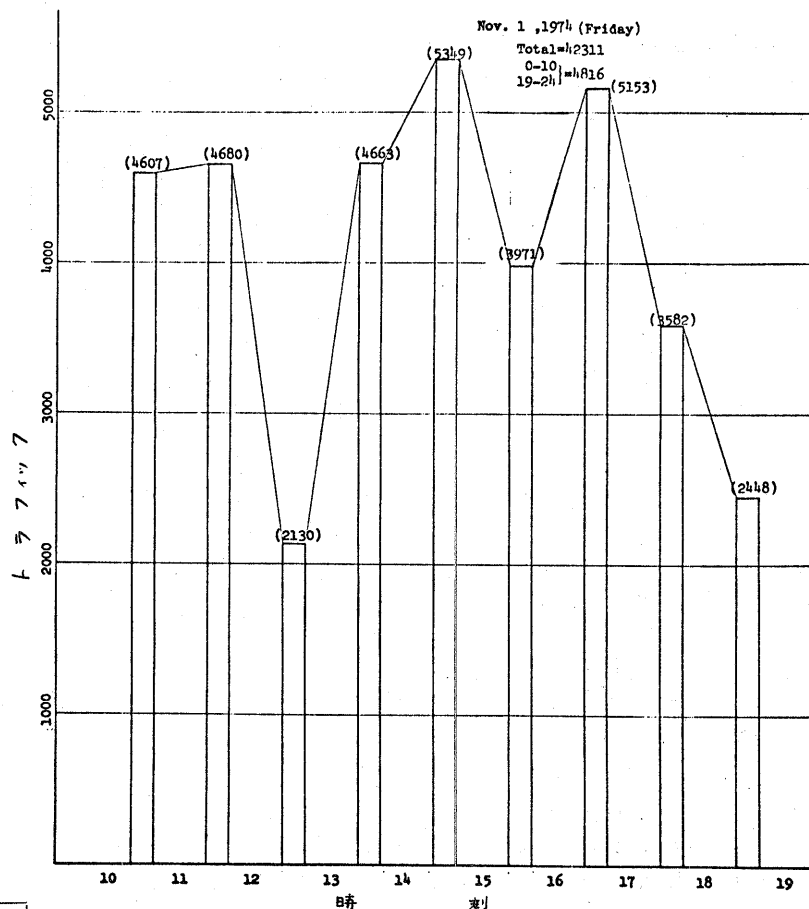
また、1 表は、稼働中のプログラムの総ステップ数と 3270 端末装置にあらわすことが出来る画面の数を示したものである。

	総ステップ数
S / 370	254,079
1800	97,419

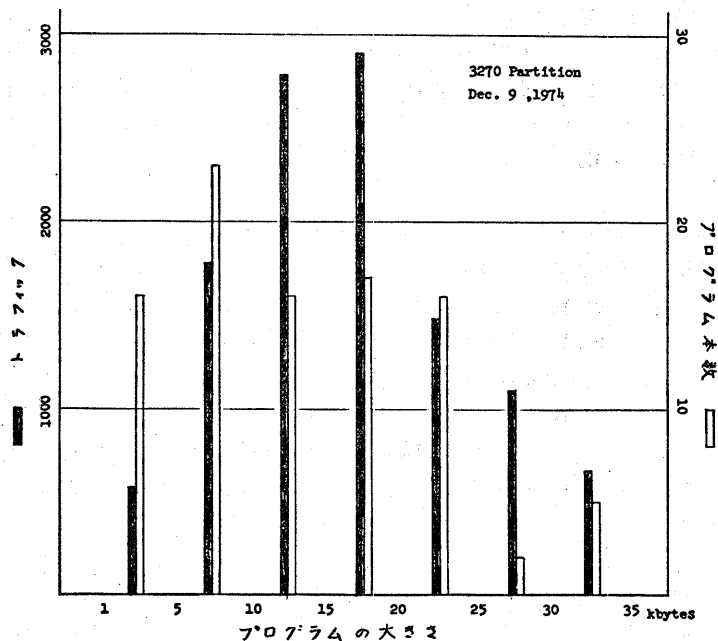
	画面種類
2500	9
3270	140

1 表 稼働中プログラムと画面種類

次に、簡単に、EDPM の構成について述べる。(次ページ 5 図参照)
 ホスト系のコンピュータを主系統、手動切替によるデュプレックス方式で運転している。データファイルは、ディスクを使用し、デュアル制御である。4 図。プログラムの稼働状況

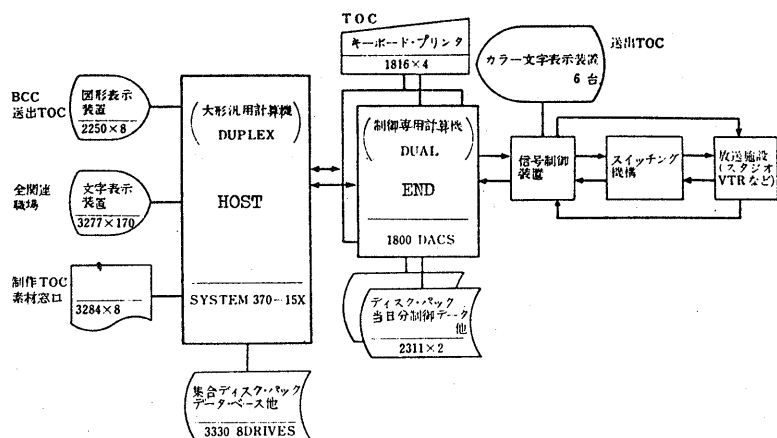


3 図 3270 トラフィック (時間別)



端末装置は、インハウスの利便を活かして、すべてチャネル直結方式である。

ホスト系では、データ登録・データベースの更新、メッセージの分配、データの検索・編集・表示、エンド・コンピュータへの自動制御データの供給などを受持っている。



5図. TOPICSオンライン構成概念図

エンド系のコンピュータは、放送を止めなくてはならないという高信頼性の要求から、プロセス・コンピュータを2系統デュアル自動切替方式で運転している。放送を正確に、自動的に継続してゆくために、標準時計で校正された内部タイマによる時刻制御を特長としている。ホスト・コンピュータから送られてくるデータを加工し、制御のスケジューリングをする。そして、各種施設、機器を自動制御するほか、放送中番組・後続番組のリアル・タイム表示などを行なう。

2. TOPICS-Iにおけるシステム性能管理

(1). シミュレーション・テスト・プログラム

1968年、TOPICS-Iを導入するにあたり、システムが設計条件を満足する処理能力を持っているか否かを検証するために、システムの性能テストについて検討した。ターミナル・シミュレーションを中心とするシミュレーション・テスト・プログラムを作成し、システムの性能テストを行なった。システムの設計段階で予測した平均トラフィックおよびその2倍のピーク・トラフィックによるシミュレーション・テスト・プログラムを使ったテストの結果、システムは十分な性能を有することが確認された。

(2). システム・ライフ・サイクル

システムは、一般に、

- ①. 発展・成長の結果、システム・リソースの利用率が高まり使用機種の性能上の限界に近づいていく。
- ②. 対象業務および周囲条件の変化により、抜本的なシステム改善の必要性が出てくる。
- ③. コンピュータ技術の革新が進み、使用機種の経済的陳腐化がおこる。

というライフ・サイクルを経過すると考えられる。TOPICSでは、設計当初から、これらの問題を総合的に分析し、ライフ・サイクルを5年周と設定した。

(3). パフォーマンス・データ測定機能の導入

オン・ライン・システムにおいては、システムの負荷が許分的にでも一定量をこえると、急激に応答時間を遅らせてしまう。システムの効率低下が、直接に、

端末利用者の業務の効率低下を招くこととなる。したがって、システム・ライフ・サイクルの中で、継続的にシステム性能を監視し把握する必要がある。TOPICSでは、1970年、システム・パフォーマンスにかかわる各種データを測定するプログラムを、システムの中に組み込み、データを収集、レポート作成し、常時システム性能の監視をつづけてきた。

(4). システム・パフォーマンス・データ測定機能

前項で述べたように、システムのパフォーマンスに関する各種データを測定する機能を導入した直接的な理由は、システムの効率低下を監視し、システムの性能を維持する方法を検討するためであった。しかも、測定結果は、次期システムの設計、機種選定などの基礎資料として利用することも当然目標としていた。

具体的評価の目標を次のように設定した。

①. 設計時のシステム要件に対する評価

- (a). 2250タスク別の処理時間
- (b). 3270タスク別の処理時間
- (c). 応答拒否件数
- (d). 緊急転送の処理時間

を測定し、それぞれの要件を満足しているかを評価する。

②. システムの維持、システム内部リソースの負荷の適正化

測定結果から、パフォーマンス改良の要因を明かにし、システムの維持作業の目標を設定する。また、システムの過負荷現象を監視し、システム内部リソース間の負荷の調整を検討する。

- (a). 端末装置の接続構成
- (b). データ・セットのボリューム別最適割当
- (c). チャネル・周辺機器の組合せ
- (d). タスクの制御方式
- (e). メイン・メモリの制御方式
- (f). E/Oの制御方式
- (g). プログラム・ロジック/ストラクチャ

③. システム分析

ハードウェア構成、オペレーティング・システム、アプリケーションの適用を評価し、その妥当性の検討資料を得る。

測定項目は、①. 端末別・タスク別トラフィック ②. タスク別処理時間、

③. ジョブ別CPU利用率とファイル・アクセス件数 ④. ボリューム別アクセス件数と利用率 ⑤. 応答拒否件数 などである。また、必要に応じ、ハードウェア測定器での測定を実施した。

(5). TOPICS-Iにおける管理の実際

システムの過負荷現象は、ピーク・トラフィック時間帯における応答性を低下させる。次ページの表は、端末応答時間の実績を示したものである。カッコ内は、システム設計段階で、会話モードが成立する範囲の応答時間として、システムの要件とした数値である。1971年においても、すでに、ピーク時には要件を大幅にこえている。この過負荷現象に対処するには、限られたシステム・リソースの中で、負荷配分を適正化し、総体的なシステム性能を維持させてゆく管理

方法をとらざるを得ない。

④. トラフィック

T O P I C Sにおいては、端末のトラフィックが、システム性能効率をきめる大きな要因となっている。トラフィ

タスク種別 端末装置	データ収集	レポート編集	ファイル更新
2250	5 sec. (2 sec.以下)	7 sec. (6 sec.以下)	13 sec. (6 sec.以下)
2260	6 sec. (3 sec.以下)	11 sec. (9 sec.以下)	13 sec. (9 sec.以下)

1971 ()内は設計時の要件

表. 端末応答時間(ピークにおける実績値)

ックは、1回から3回に示すように変動が激しく出る傾向がある。システム・ライフ初期には、1.5倍程度のピーク・ファクタが、後期には、2倍以上になり、それだけシステム負荷に強い圧迫を加えていた。トラフィックの平均は、システム・ライフを通じて、ほぼ一定値に安定していたが、システムの機能改善により1メッセージの処理に要するC P U、チャネル・ディスク・アーム、メイン・メモリなどのシステム内部リソースの利用時間が増加し、同一トラフィックの場合でも、システム・ライフ後期になるとシステム負荷が倍加してきた。

②. 機能改善と反作用

機能改善のおもなものは、端末操作コマンドのマクロ化、例外処理の吸収などシステム・インテリジェンスを高める方向のものであった。そのためには、それ相当の命令の実行と種々のファイルの参照が必要になり、1件の処理により多くのC P U時間、アーム・アクセス、メイン・メモリを使用することになった。ゆえゆえは、この種の改善が、トラフィックの減少の傾向をもたらしものと予測していた。確かに、当初は、業務の平常期におけるトラフィックは、減少の傾向を示し、総体的なシステム負荷が軽くなったと見られた。しかし、トラフィックは操作の簡便化により、業務の好適時間帯に吸収されることとなり、また、ピーク時における総トラフィックも増加する傾向となった。これは、サービス・レベルの向上が、システムに対する潜在的な需要を掘りおこすという会話形システムの顕著な特性を示したと見る事が出来る。機能改善による需要の増加という関係がくりかえされ、システムの内部リソースを喰いつくすことにより、システム・ライフ・サイクルの終末期に達するという過程を、パフォーマンス・データ測定結果から認識することが出来た。

③. ネックの発生

システムの過負荷現象は随所にあられ、それは、ピーク時間帯における応答性の低下をきたした。

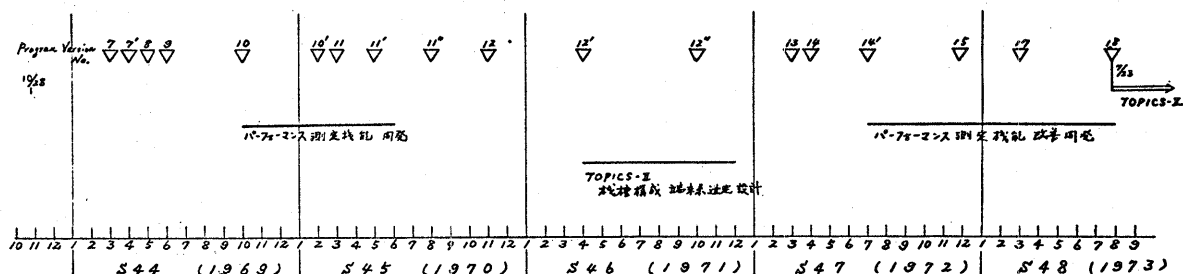
(a). 回線

端末操作方式の改善により、出力データのテキスト長の平均値が長くなり、回線の利用率が高まり、回線待ちが多くなった。端末装置別トラフィックの測定データを利用して、各回線のトラフィックを平均化するように回線と端末との接続構成をかえ、ある程度の成果を得た。

(b). メイン・メモリ

システムの機能改善をしてゆく中での、メイン・メモリの管理は、非常に困難であった。T O P I C Sでは、メッセージ処理の途中で、並行動作中のタスク間の競合により、メモリの必要量が得られない場合は、処理を放棄して、当該の端末に「トライ・アゲイン」と表示し、使用者に再送信を促す、いわゆる、電話に

おける話中音の考え方をとり入れている。この応答拒否件数を応答時間とともにシステム性能の一つの管理指標とした。



6回 システムの改善時期

6回 は、システムの改善の状態を示したものであり、3表は、トラフィックの多くなった1970年9月および11月の応答拒否件数を示したものである。この応答拒否件数の減少対策のために、メモリの節約方法を検討した。そのおもなことは、プログラムの非常駐化と、オーバーレイの強化であった。これらの対策は、相対的に余裕のあるCPU時間、チャネル、ディスク・アームに負荷を転嫁するもので、いずれ別な過負荷現象が表面化することとなった。

	2250		2260	
	Nov.	Sep.	Nov.	Sep.
Tue.	380 (109)	102 (24)	179 (64)	27 (14)
Wed.	251 (72)	204 (54)	115 (36)	45 (9)
Thr.	418 (99)	134 (31)	358 (157)	34 (8)
Fri.	412 (86)	185 (41)	116 (48)	28 (7)
Sat.	333 (104)	139 (28)	191 (147)	33 (12)

(C). ディスク・ドラム 3表 応答拒否件数 最大値(最小値) (1970)

プログラムの非常駐化とオーバーレイ化の拡充によって、プログラムをディスクから呼び出す頻度、アームの競合の増加が予想され、オーバーレイ構造以外のプログラムを、ディスクからドラムへ移し、アームの待ち時間とアクセス時間による遅れなどの解消をはかった。

(d). CPU

CPU利用率も、システムの改善にともない増加傾向を示した。次ページ4表は、1970年11月におけるシステムの稼働状況であるが、表中CPUの平均利用率33%、ピークで54.8%は、システムの終末期にはさらに悪化して、60%を前後した。TOPICSにおける基幹アプリケーションである施設・機器の割当て、接続指定、作業手配の処理(SMART: Scheduling Management and Allocating Resources Technique と呼んでいる)は、CPU時間をかなり消費するため、優先順位の最下位のジョブとして設定している。CPU利用率が60%に近くなった時点で、上位ジョブにCPU時間を奪われ、CPUの待ち時間が使用時間の2~3倍となった。このことは、端末における応答時間をますますおくらせる要因となり、CPU利用率から見ても、システム・ライフ・サイクルの終末期にきたと判断された。

われわれが、予測したシステム・ライフ・サイクル5年は、以上システムの性能管理を経て現実のものとなった。

3. システムの改善設計

いったん出来上がった総合システムの発展の形は、進化の形をとらざるを得ない。われわれは、ニーズを満たすための可能な全面的な理想像を描き、その上で現実の制約条件を考慮に入れ、具体的な実行計画を策定する設計手法をとっている。われわれは、システムの性能状態を常に把握しており、システム・ライフ・サイクルを十分認識していた。そのために、システム・パフォーマンス・データから、個々の具体的なシステム改善方法を検討、決定することが出来た。

当然ながら、次期システムにおけるEDPM構成の選定条件は、業務改善の結論からくるシステム性能要件だけで決定されるのではなく、EDPMの技術的進歩、経済性などから総合的に判断される。

(1). トラフィック予測

トラフィックの増加予測を次のようにした。トラフィック平均値の増加要因は、

- ①. 従来の経験からシステム適用範囲の拡大による増を約19%。
- ②. 性能改善にともなうトラフィック増とシステムの日常業務への密着化にともなう自然増として約50%。

で、従来より約78%の増加を見込んだ。ピーク・ファクタとして平均時の2倍程度を考慮する必要がある。

(2). 処理能力の強化

システム・ライフ・サイクルの終末期に示された処理能力の限界と前項のトラフィック増加予測から考えて、システムの過負荷を根本的に解消しなければならない。そのために、CPU、外部記憶装置、端末伝送制御方式などEDPM構成のより効率のよいものへの転換が必要であった。改善目標として、スループット4倍以上を考慮した。

(3). マン・マシン・インタフェースの改善

2表に示したように応答時間が、当初設定した要件を満たさなくなり、会話モードの基礎が危うくなった。改善目標として、端末メッセージ伝送速度約20倍をめざした。その他50項目におよぶ詳細な要件を設定した。

(4). パフォーマンス・データ測定機能の改善

システム改善の機会を利用して、測定プログラムについて再検討を加えた。測定方法としては、従来の方法を継承することとし、データ収集期間の拡大、保守性の向上、レポート方法の改善などを加えた。

4. システム性能テスト

システムを導入する際、運用開始前にシステム性能テストを実施し、基本設計

CPU	利用率	33.0% (54.8%)
チャネル利用率	マルチ・フルカー	0.4% (0.5%)
	セレクタ #1	0.5% (0.6%)
	#2	14.0% (19.0%)
	#3	21.0% (31.0%)
DISK (2314)	平均シーク・タイム	38.7 ms.
	スペース 使用率	48.1%
	アーム 利用率	7.2% (9.0%)
	コントロールユニット 利用率	16.2% (23.1%)
	ファイル応答時間	62.3 ms.
メッセージ 応答時間	2260 シングル・アイテム	3.7 sec.
	2250 シングル・アイテム	0.4 sec.
	施設装置の割当・接続指定 (1回当り)	25.0 sec.

Nov. 1970 ()内はピーク

4表 TOPICS-Iにおけるシステム稼動状況

の妥当性を確認する必要がある。システム性能テストにおけるテスト項目については、一般に共通するものがあるが、テスト方法と評価基準については、対象とするシステム固有のものとなる。テストの一般的な手法としてシミュレーションがある。扱うデータ量が多く、モデルの構成が簡単である場合は有効な手法である。

TOPICS-Iでは、シミュレーション、テスト、プログラムを作成して一応の成果を得た。システム改善を機会に、TOPICSのシステム移行におけるシステム性能テストについて再検討した結果

- ① システムに組込んだ、パフォーマンス・データ測定機能が、システムの稼動状況をかなり適確にとらえている。
 - ② テストの再現性、記録性の点で、シミュレーション、テスト、プログラムの使用は非常に有効であるが、プログラムの開発、入力データの設定に相当のマンパワーを要する。過去の経験から、テスト・プログラムの利用により効果的に摘出される問題点が少ないと予想される。
 - ③ 多量トラフィック、モデルの構成の実現性が試行により確認出来た。
 - ④ シミュレーション、テストにより性能の検証は出来たとしこも、シミュレーションは、端末インタフェースまで完全にシミュレート出来るとは限らず、その意味からも実際の端末オペレーションテストも不可欠である。
- などの点から、TOPICSの移行改良に当っては、多量端末操^作モデルを作成し人手で多量トラフィックを発生させることにより、システム性能をパフォーマンス・データ測定結果から評価する方法が有効であると判断した。

5. 手法と実際

(1). ヒーク・トラフィック・モデルの構成

多量の端末操作によるモデルは、端末における操作内容およびトラフィックを現実の運用状態に近似させなくてはならない。また、テストは、クリティカルな条件下での信頼性をも検証することを目的としており、モデルも当然ヒークトラフィックを想定しなければならない。現在のTOPICSの機能上の制約などから、端末操作の何々の内容を測定出来ない。したがって、パフォーマンス・データ測定結果を中心に、プログラム仕様書などから、使用するファイル種別、頻度などを参照しモデルを設定した。5表は、実際のヒーク・トラフィックを示した時間帯における実績値である。モデルとしては、No.2を採用した。モデル構成上の制約から、時間単位を1時間とし、実際のテストは数回くりかえし実施した。

STW No.	Date.	時間	CPU Utilization (%)	File util Block no.	端末トラフィック		SMART トラフィック				リソース 枚 合		
					2250 (Function)	2260 (Attention)	TR-SMART	0-SMART	G-SMART	C-SMART	SM ENG NG (2250)	ENG WAIT (2260)	GETMAIN NG (2260)
1	Dec. 11 '70	11	2241	5990	1034	3127	30	22	114	24	55	74	169
2	Sep. 22 '71	16	2063	8069	1385	2843	51	73	93	6	140	95	15
3	Feb. 12 '71	15	1783	7066	1518	1871	18	71	114	2	39	23	5
4	Nov. 24 '70	11	1977	6402	966	3581	78	39	25	1	109	65	41
5	Jan. 6 '71	15	1473	6137	946	2264	43	115	9	4	12	31	1
6	Nov. 26 '70	16	1754	6744	1238	2230	39	41	183	10	54	48	11
7	Dec. 8 '70	19	1193	4365	905	1039	31	7	47	65	86	90	36
8	Jan. 8 '71	15	1850	6802	993	2720	53	37	76	21	147	95	15
9	Feb. 2 '71	17	1766	5076	1086	3238	48	11	67	9	22	112	0

5表 ヒークトラフィックを示した時間帯代表例

*各項目最大値

(2). テスト手法の評価

テストの結果、手法について次の所見を得た。

- ①. OS、ハードウェアの転換をとまなうシステム性能テストでは有効であると言えよう。
- ②. 端末入力データ分析に約30人日を要したが、6表多量トラフィック発生実績(テスト内別)TOPICSの場合では、今回の方法がワークロードの莫から有効であった。
- ③. シミュレーション・テストは、一般に計算機の使用の面から有効であるが、TOPICSでは、モデルを細かくしなければならぬため、テスト時間の短縮は期待出来ない。
- ④. パフォーマンス・データ測定結果から、多量トラフィックの発生は、6表に示すように充分であった。
- ⑤. 今回のシステム改善の中には、OS、ハードウェアの変更を含んでいた。ジョブ・タスク・システム・リソースの制御機能のテストを多量トラフィック下で行なうことが出来、シミュレーション・テストでは、おそらく発生しなかったと考えられる障害を効果的に摘出することが出来た。

(3). テスト結果

システム性能テストにおけるパフォーマンス・データ測定結果の概略は、7表のとおりである。ほぼ改善設計で設定した要件を満足している。従来のシステムでピーク時に、CPU利用率が50%をこえていたのに比して、3倍強のトラフィックを40%以下の利用率で処理し、処理時間も向上していることは、システムに予測した余裕を残していることを示した。

CPU	利用率	36.38%
トラヒック数 (1時間当り)	2250	1466
	3270	4996
平均処理時間	2250	1.1 sec.
	3270	0.6 sec.
	施設・装置の割当機内指定 (1回当り)	7.2 sec.
応答拒否件数		20

7表 テスト結果

現在、TOPICS-D-IIは、順調に稼働しており、システムはテストにおいて示した性能を維持している。また、ひきつづきシステム性能を監視している。

あとがき

TOPICSにおける日常の性能管理は、システムの状況を測定プログラムにより数量的にとらえ、過負荷の要因、内部リソース相互間の負荷のバランスなど分析し、負荷の適正化の具体策を検討し、実施してきた。マンマシンシステムでの評価は、端末使用者を含んだ系でなすべきである。TOPICSの場合にも、端末での人間との会話内容、応答時間、人間の思考時間など、人間の行動分析を十分検討したとは言えない。TOPICSは、連続的改良計画の展望のもとに、システム改善設計を行なってきた。当然設計の中には、改善に対するシステム性能上の余裕度を考慮し、テストでそれを確認することが出来た。本文では述べなかったが、今回の改善の中に、ジョブの自動回復方式の採用があった。マシン負荷が極限に近いほどのシステム改善作業の中で、この方式の採用は、開発テストマシンの稼働率を上げるのに効果があった。現在、効率的なマシンの使用を検討している。I/Oネック、データセットの共用、開発段階の異なるプログラムのテスト、プログラム開発の併行処理など解決することにより、開発業務におけるパフォーマンス向上をめざしている。最後に、発表の機会を与えられた経営情報室大島主管に、また実際に設計・開発・テストに当たられた各位に感謝の意を表する。