

CPUグレードアップとADABAS処理効率

桂 元 親

日産自動車(株) 電子計算部管理課

はじめに

かつて高度成長といわれた時代には、コンピュータ処理能力上に能力不足など何らかの問題が顕著に現われたとき、その原因は明確にされないうままただ単にメーカー指導の基に予算の許される範囲でCPUをグレードアップするケースが多かった。これは、コンピュータ設備計画に関してメーカー依存という従来からの体質が結果として、変化の激しい業務の予測をうまく反映できずこの様な対応になっていたのであろう。

しかし、CPUをグレードアップしてもすぐ近い時期に再び能力不足という現象が発生するため、このような手当ての仕方に対して次第に信頼感が薄れていくようになった。

そして現在のような安定成長時代に入って安易な設備増強は許されなくなり十分な根拠の提示と将来の業務拡大やデータ量増大の予測を含んだ設備計画の基に、設備増強後いつまでももちこたえられるかという点についても明示することを強く要求されるようになった。

これらの要求に応えるには「従来のメーカー主導の設備計画をユーザの手に戻し」「業務量の増大など将来を見極め」「現状のコンピュータ利用にも十分な改善が施されている」ことが重要な課題であると受け止めた。

この報告は、昭和57年3月当社の相模原部品センターにおいてデータベース処理に関するシステム・チューニングやCPUをグレードアップした場合の設備計画について、ベンチマーク・テストを通じて実験した結果をまとめたものである。

当社のコンピュータとデータベース

コンピュータは本社および各事業所の全てに設置されているが、事務系ではHITAC、技術系ではIBM、UNIVACを使用している。

データベースは主として、ADMとADABASを使用している。

ADABASは相模原、横浜、東京三田の3ヶ所で使用し、コンピュータは全て超大型機である。最もADABAS利用規模の大きいのは相模原センターここでは世界に供給する60万点以上の部品の諸元やロケーション、そしてその在庫状況を中心とした全ての情報がADABASデータベースに納められている。横浜センターは本社の管理業務を3台の超大型コンピュータで処理しているがこの中で人事管理と品質管理にADABASが使われ、人事管理では多くのエンドユーザが簡易言語を使用しデータベースを検索している。三田センターは自動車の販売や、販売会社の業態に関する情報をデータベース化し、営業戦略の立案に使用している。

相模原部品センタの概要

相模原部品センタには HITAC M-260H, M-160II X2の計3台のコンピュータが設置されている。データベースはM-260Hで使用されているが、これはIBM-3083Bに相当しOSはVOS3/SP1である。アプリケーションでの主要言語はCOBOLで約1800本のプログラムがあり、内データベースを使用するプログラムは約650本である。

9:00~18:00の時間帯はオンラインが主で一部BMP等のバッチ処理が含まれるが、約80%のバッチ処理は18:30~8:30に行われる。このバッチ処理は翌日のオンライン開始時までには終了しなければならず、その多くはデータベースの情報を最新の状態に更新したり部品倉庫への作業指示を行ったりするための業務である。ADABASはこれらのオンラインバッチ処理で常に中心的役割を果たし、CPU時間やI/O回数でシステム全体の60%を占めており、データベースに対するコマンドはテストも含め一日に約1300万コマンドになっている。

相模原部品センタでの主なアプリケーション・システムは物流システムで、このシステムは日本全国の販売会社や部品メーカーと日産圏ネットワーク・システムを通じて結ばれ、全ての処理はリアル・タイムで行われる。物流システムは国内をはじめ、世界各国からの部品注文に即座に対応できるように倉庫現場と一体となったシステムで、日産における部品供給のためになくてはならないものになっている。

物流システムは大きく分けて3つの処理機能を持っている。その1つは世界各地の販売会社からの部品注文を受け、その注文に応じて倉庫から部品を取り出し、梱包・発送につなげる受注出荷サブシステムである。このサブシステムではデータベースの情報によって部品の在庫状況やロケーションを参照しながら自動倉庫の出庫スケジューリングを行い、多くの部品は人手によらず自動的に倉庫から取り出される。2番目は在庫管理サブシステムで、これは部品を安定供給できるように常に在庫状況を把握し、必要に応じて部品メーカーへ不足する部品を発注し納入させるまでの役割をもつ。3番目は入庫工程管理サブシステムで、部品メーカーから納品される部品の受付から検収、棚入処理の各時点を現場とオンラインで結び、部品の入庫状況をデータベースに反映させる。物流システムの他にも、棚卸処理や部品諸元の管理、部品カタログの作成、価格設定、販売管理など多くのシステムを抱えている。

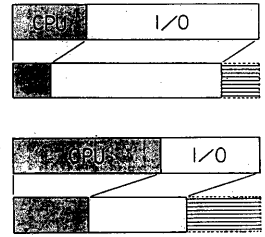
オンラインのTPモータにはADM/DCを使用しており、一日のトランザクション数は約39,000で'83年10月には約70,000となる。このトランザクションは約80台のディスプレイ端末で処理され、主に部品倉庫での作業に直結されている。

データベースは本番用で2つ、その他にテスト用があり本番用データベースは業務の性格によって分けられている。本番用データベースは4200MBの容量でその中に約100ファイルが入っている。ファイルの中で最もブー

夕量の多いものは約110万レコードであるが、全体の65%は5万レコード以下である。

従来のCPUグレード・アップの考え方と問題点

設備増強はCPUだけをグレード・アップする方法が中心であり、それには大きく2つの考え方があった。その1つはジョブの処理時間をCPUとI/O比に分け、CPUの割合だけ処理時間が短縮されるであろうとする考え方で、設備は短縮に必要な能力を持つCPUを用意するというものである。しかしこの考え方には多重処理におけるCPUとI/Oのバランスについて全く考慮されていない。2つめの考え方は、例えばCPU能力が2倍になれば処理能力もそのまま2倍になるであろうという非常にラフなものである。

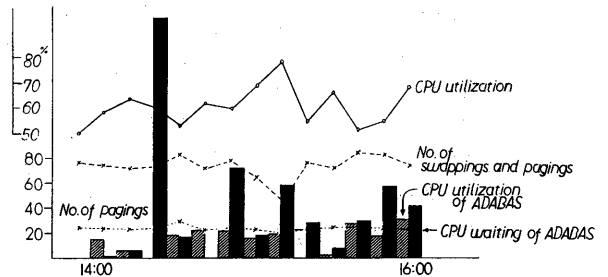


設備増強に必要なもう一つの考え方は、今後追加される業務の量やデータ量の増大を予測し、これによっていつ頃処理能力が不足するのか、それによってどういう処理や対策が必要になるのかを十分理解し設備計画に含めておくことである。しかし現実にはこの点が曖昧で十分な見積りをせずに、ただ単に1ランク上位のCPUを決定することが多いのである。

その結果、例えば相模原センタのM-180は、導入後予定した全業務の半数にも満たないうちにバッチ処理能力が不足し、業務に支障が出はじめたのである。当然CPUのグレード・アップによって当面のこの問題を解決しなければならぬのだが、そのCPUもどのレベルを用意したら良いのか、そしていつまで耐えられるのか全く自信が持てないのである。

テスト前のリソース使用状況

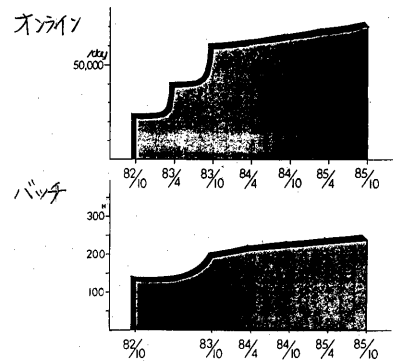
相模原センタのM-180は、CPU利用率が昼間は60%程度で夜間は80%を超えており、ディスク・チャンネルの利用率は20%前後でほぼ一定していた。また昼間のページングは絶えず25回/秒以上発生し、スワッピングも多く発生するためページ・ボリュームの利用率が70%と異常に高くなっていた。夜間ページングは発生していないものの、スワッピングは相変わらず多発していた。



夜間のバッチ処理は、常時翌朝オンライン立上げ直前まで続きピーク時には14:00頃まで延長されるケースが目立った。勿論この時は、一部オンライン処理を縮小して稼働せざるを得ないのだが、このことはエンド・ユーザに重大な影響を与える結果となっていたのである。

将来の予測

近い将来、開発中のアプリケーション・システムが本番化される計画になっており、その結果右図のようにオンライン・トランザクション・バッチ処理量共極度に増加することが予測され、このことは深刻な問題として受け止めざるを得ない状況にあった。何故ならば、新しく本番化されるアプリケーションはオンラインそのものが部品倉庫での入出庫処理に直接影響を与えるもので、万が一にもオンラインが稼働できない状況になることはユーザに必要な部品が必要なタイミングで届かないこと、部品メーカーの納品ができないこと、更に現場の作業員の多くが仕事につけず遊んでしまうことなど、企業に多大な損害を与えることになるからである。



ベンチマーク・テストの目的

前述したように、既にM-180でのオーバフローが目立ち更に大量の業務拡大を予定した中で、今後のコンピュータ設備をどの程度のものにするべきか判断がつかず悩んでいたが、ベンチマーク・テストによってその指針を見い出そうとした。ベンチマーク・テストの目的は、安定したコンピュータ運用を行うための設備はどうあるべきかを求めるもので、具体的にはハードウェアの器の大きさとその導入時期を決定するための要素を見つけ出すことであった。ハードウェアの器を決めるにはいろいろな要素があるのだが、このベンチマーク・テストではCPUの高速化によってバッチ処理やオンライン処理にどのような効果をもたらすのかを測定しようとするものであった。つまりバッチは多重度の増加がCPU、I/O、OSのそれぞれを通じて、データベース処理にどういう影響を与えるのか、そしてジョブの処理時間がどの程度短縮されるのかを実測によってつかもうとしたのである。

ベンチマーク・テストに使用するコンピュータは、現在使用しているM-180とM-180の1レベル上位であるM-260Hとすることにし、この中で特に全業務の60%以上を占めるデータベース処理について最大の関心を持って実験・分析にあたった。

CPUグレード・アップ時の前提条件

ハードウェア設備を見積る際の前提条件をバッチ処理とオンライン処理に分け次のように設定した。まずバッチ処理については、その日に予定したジョブの全てが定められた時刻までに終了することである。バッチ・ジョブはオンライン処理後一斉に始まるが一部は特別に指定した時刻に開始される。これらのバッチ・ジョブは前後関係などお互いの関連が強く、全てのジョブが

同時に始まって同時に終るわけではない。したがってジョブの組合せによっては、途中に多くの空き時間が発生することが有る。バッチ・ジョブの35%がデータベースをアクセスし多くの更新を伴うが、これはファイル単位の排他制御のもとで処理される。

次にオンライン処理の前提条件はピーク時のトランザクションが全て消化でき、しかもその時のレスポンスが8秒以内であることである。トランザクションは月間トータル約60%がある一日に集中し、更にその25%がある一時間に集中する。したがってピーク時のトランザクションというのは、その一時間に発生するトランザクションの数をいい、この時の標準のレスポンス時間が8秒以内であることを条件としているのである。

コンピュータ・リソースを見積り決定する際にもう一つ考慮しなければならない重大な問題がある。それは現在のコンピュータの使い方が適切であるか否かという点である。つまり、コンピュータの使い方に問題があり、それが原因で能力不足となっている場合はその問題を解決してからのみ設備増強の資格を持つるのである。

この基本的な問題は従来あまり手がつけられていなかった部分で、リソース（能力）不足はバッチ処理が一定時刻までに終了しないとか、オンライン・レスポンスが遅いという表面的な事柄についてのみに評価されることが多かった。したがって、現在の状態で先ずチューンナップしてからでないとCPUのみをいくらグレード・アップしても本来の能力を十分に発揮できず、近い将来再び能力不足という現象が現われる筈である。しかし、システム・チューニングは幅広く興行きも深いことから疑問に思う全ての事柄について解決しようとしたら、多大な時間と工数を負担しなければならなくなってしまう。そこで我々は、今回コンピュータ能力の不足が目前に迫ってきていることから、コンピュータ使用の60%を占めるデータベース処理に関連する事項にのみ的をしぼり、しかも2~3人月の工数負担で済む範囲でM-180システム・チューニングを行った。その具体的な項目は、

- ・ プライオリティの変更
- ・ NON SWAPPABLE化
- ・ バッファ・サイズの変更

である。他にメモリ1MBの増強、及びペーキング・データセットの分散についての対策も施した。

ベンチマーク・テストのために用意したバッチ・ジョブはある一晚のジョブの全てであるが、これらのジョブを本番と同じ環境下で実行し、結果をM-180とM-260Hとで単純に比較できるようにした。テスト後の分析のため、次の手段を用いてデータ確保のための環境を設置した。

- ・ SAR (15分間隔で情報を取得)
- CPU利用率
- チャネル利用率
- ディスク・ボリューム利用率
- ペーキング/スワッピング発生回数

- SAR/D (リアルタイム)
 - CPU利用率
 - CPU待率
- SMS
 - ジョブ経過時間
 - ジョブCPU時間
 - EXCP回数
- RCMLIST
 - 理由別スワッピング回数
- ADABAS MODIFYコマンド
 - F DSTAT (コマンド数, バッファ効率)
 - F DUQA (ユーザ数)
- ADABAS コマンド・ログ
 - コマンド処理時間
 - コマンド/コマンド数
 - I/O回数
 - ECB待回数

この中でSARとADABASのMODIFYオペレータ・コマンドについては、15分間隔で自動的にコマンドを発生させほぼ同期をとりながら、ジョブ実行の推移を把握できるようにした。

M-180 チューニング効果

ベンチマーク・テストを実施する前に現在のリソースでできる限り適切なコンピュータの使い方を且ざしてシステム・チューニングを実施した。ここではこの中、メモリ増強、ADABASのプライオリティ変更、そしてNON-SWAPPABLE化についてその効果を述べる。

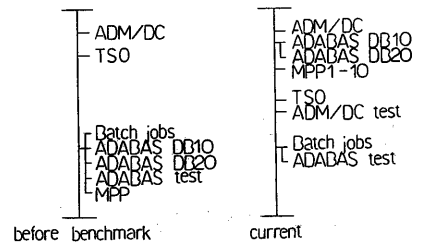
メモリの増強

昼間のCPU利用率が60%程度を低迷し続け、ページングやスワッピングが多発していたことから、とりあえずメモリを1MB増強した。これによってCPU利用率は73%とやや高くなり、オンライン・レスポンスも約2倍に好転した。しかし夜間のバッチ処理は相変わらずで処理時間が短縮されることはなかった。メモリを1MB増強したことで55回/秒発生していたページングも33回/秒に減少したが、ADABASのCPU待ち率は利用率を常に上回ってしまった。これは、相対的にCPUを多く使うADABASがOSのダイナミック・ディスクパッチングによってプライオリティを下げられたためであった。

ADABASのプライオリティ変更

当初のADABASは実行JCLで特にプライオリティを指定せず、バッ

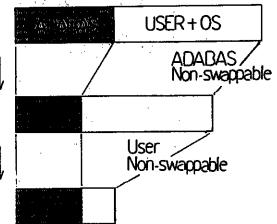
チ・ジョブと同一のパフォーマンス・グループに属しOSのスケジューリングによってコントロールされていた。そのため、全体的にCPUを多く使うADABASはOSによって実行プライオリティを低くさせられ、時にはバッチ・ジョブやTSSユーザよりも低く位置づけられていたのである。それはCPU待ち状態となって処理効率を著るしく低下させる結果となっていた。又つのデータベースの中、まず特に処理量の多い片方のデータベースのADABASをOSのパフォーマンス・グループの外に出し、ADM/DCの直ぐ下のプライオリティに置いてみた。これによってADABASのCPU待ちは殆どなくなり、ユーザ・ジョブのスワッピング頻度が減少し、その結果ページング率も33回/秒から15~20回/秒に減少、オンライン・レスポンスも約50%改善された。現在では又つのデータベースがそれぞれ高プライオリティで稼働している。



ADABASのNON-SWAPPABLE化

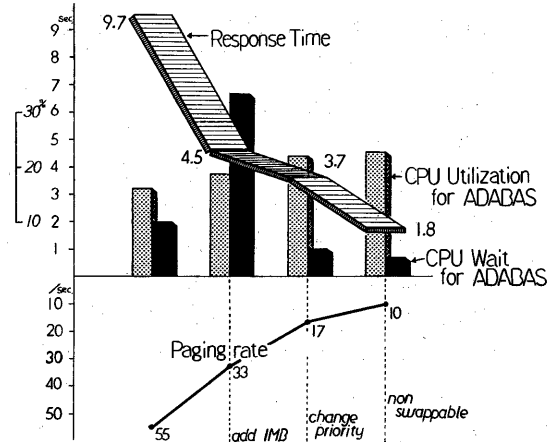
ADABASの処理効率が向上したことによってオンライン・レスポンスはかなり向上したが、ピーク時にはADABASによるタイムアウトが多く発生するようになった。タイムアウト発生への対応策としてCT(Command Time Limit)を当時の60秒(デフォルト)から180秒にしてみたが効果はなかった。

SARなどによる調査の結果、これはADABASに対するスワッピングが原因であることが分かった。また、夜間のバッチ処理でもADABASコマンドの処理時間が長くなり、ジョブ全体の処理時間を伸ばしていた。そのためSMSのエラップス時間とADABASコマンド・ログからのエラップス時間との差を求めたが、その差の大きい時は決まってスワッピングが多く発生していた。



ADABASに多くのスワッピングが発生するのは、ユーザ・プログラムとADABASニュークリアスが別空間で動いていることが大きな要因である。ユーザが処理している時はADABASが待ち状態になり、ADABASが処理している時はユーザが待ち状態になっているため、OSは待ち時間を遊んでいると判断してページング・データセットへこれらを追いつけるのである。ADABASをNON-SWAPPABLEに指定することによってページングは更に減り、オンライン・レスポンスは、7秒から半分の1.8秒に改善された。そしてADABASに続いてユーザのオンライン・プログラムもNON-SWAPPABLE指定することでデッドロック以外のタイム・アウトは発生しなくなった。

これらのチューニングの結果をまとめると次図のようになる。



ベンチマーク・テスト結果

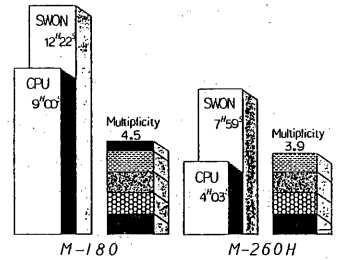
システムの利用状況

ベンチマーク・テスト前、CPU能力はM-180に対してM-260Hではこれの1.7倍、処理時間では1.2~1.3倍程度の向上を見込んでいた。

CPUの利用状況

M-180でのユーザ・ジョブの平均CPU利用率はほぼ限界に近い73%に達していたが、M-260Hではスイッチ・オン時間(最初のジョブの開始時刻から最後のジョブの終了時刻までの時間差を表わす)が減少したにもかかわらず、I/Oネットワークのため、CPUは51%しか利用されなかった。

CPU時間でみるとM-260HはM-180の55%減であったが、スイッチ・オン時間では35%の減少にしかならなかった。

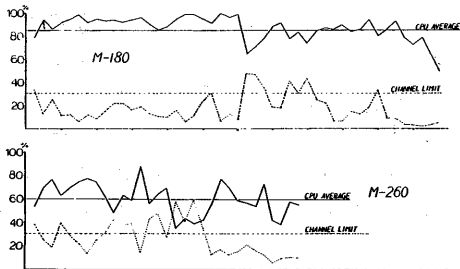


チャネルの利用状況

M-180ではデータベースに対して極度なI/Oが発生した時はチャネル利用率が40%に達するなどI/Oネットワークの状態を示していたが、全体的にはチャネル利用率も約20%前後であり、CPUとチャネルは均衡を保っていたといえる。

M-260HではCPU処理が高速化されたことから、全てのジョブのI/Oが重なり合う結果となり、チャネル利用

CHANNEL / CPU 利用状況

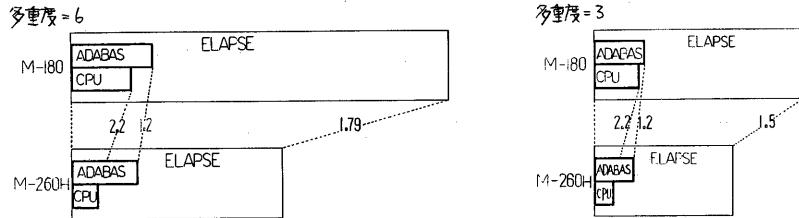


率が常時30%を超え、CPU利用率も上らず完全なI/Oネックの状態を示している。

処理時間

M-260HのCPU能力は当初の見込みであったM-180比1.7倍を大きく上回り、高いジョブでは2.7倍、平均でも2.2倍の性能向上をみた。

多重度の高い時の全ジョブの合計処理時間を見るとM-260HではM-180よりも44%減少したが、多重度が低くなるにつれて34%、28%減とCPU高速化の効果は薄れてきている。多重度が増すにつれて処理効果が高くなるのは、OSをVOS3から多重処理における各種の性能向上対策が施されたVOS3/SPIに変えた効果が出ていると思われる。また、全I/Oの約60%が集中しているADABASは相対的にI/Oが多いため、処理時間は20%弱の減少効果しか出ていない。



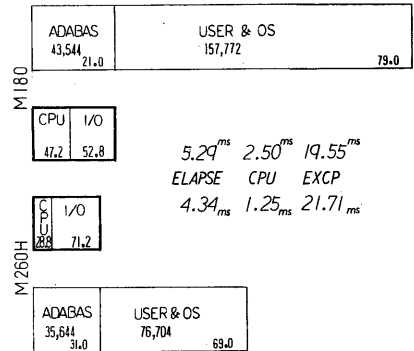
ADABASの利用状況

M-260HにおけるADABASデータベースの処理時間はM-180に比べ15~21%減少した。しかしこの数字はバッチ・ジョブ全体の減少率44%と比較すると減少率が少ない。これは、ジョブで必要とするI/O処理の殆どをADABASが発行しているためである。

M-260HでADABASが使用したCPU時間は、アプリケーション・ジョブによるCPU効果と同様にM-180に比べ半減している。

ADABASが発行したI/Oの処理時間はM-260HではM-180に比べ約10%増加した。これは前にも述べた通り、CPUの高速化によってI/O処理の競合が発生しI/Oネックが出はじめていることを示している。したがってM-260HでのADABAS処理時間に占めるI/O時間の割合はM-180の52.8%から71.2%に増加している。

M-180でADABAS処理に要した時間は全体のエラップス時間の21%で、その中はCPUとI/Oで等分されていた。M-260Hで



は全体の31%をADABASが占め、その中はCPUが28.8%、I/Oが71.2%とI/Oの比率が高くなった。このことはCPUが高速化されたことによってCPU時間は短縮されたものの、I/Oが改善されていないためADABAS処理時間はあまり短縮されていないことを示している。

ADABASにとってCPU×2=エラップス×1.2の効果にしかならなかったわけで、CPU×2=エラップス×2にするためには、とりあえずの方法としてADABASバッファを拡大することや、多重度を上げることなどがあるが何よりもディスクやチャネルをより高速にし、単純に言うならばCPUの2倍に対してI/Oも2倍に強化すべきであると思われた。

まとめ

CPUだけを高速化した場合、I/O処理が競合してI/Oネックの状態となる。今回のテストではCPUが2倍になった時、I/Oの処理時間は10%の伸びを示しているためI/Oの多いジョブの処理時間は20%程度しか短縮されていない。今後追加されるアプリケーションはデータベースの更新が多いためI/Oネックとなる可能性がある。また、年間10%のデータ量増加予測もI/O処理の増加を意味しているのである。CPU高速化の最大の効果を上げるためI/Oも大幅に強化しなければならない。

オンラインに関する能力検討の条件は、ピーク時のトランザクションを消化できることである。オンラインの能力検討は、年次別にトランザクション数の予測を立て、これを完全に消化でき、レスポンス時間8秒の条件を達成できるものとした。CPUの積み上げは標準と思われるトランザクションの発行するADABASコマンドやADM/DC、そしてOS等のCPU時間を推測してM-260Hベースで85ms/トランザクションとし、これにトランザクション数を掛けバッチ及びシステム開発用のCPUを加えた。また、レスポンス時間はADABASコマンドの平均処理時間にCPUや回線の待ち時間を加味して求めた。

バッチに関する条件は、月次処理等ピーク時の全ジョブが翌朝のオンライン立上げに支障がないように終わらせることである。ベンチマーク・テスト結果でのM-260Hの処理時間効果はM-180の1.8倍であったが、今後の業務量増加を予測してこれを1.5倍に改め、更にM-260Hの上位機種との比較を行いながら、全ての業務が定められた時刻までに消化できるものとした。これによって、M-260Hに次ぐCPUはM-280Dに決定しオンライン・トランザクションが急増する'83年10月に導入することにした。また、ベンチマーク・テストの結果からCPUグレード・アップにはI/Oの強化が必要であることが明確になったので、ディスク容量の増加分も考慮して、ディスク・チャネルは現行の3本から10本に増設することも併せて決定した。