

# 疎結合マルチプロセッサシステム(LCMP)用 OSテスト支援システム(OSTD/MV)の開発

池ヶ谷直子<sup>1)</sup> 田中俊治<sup>1)</sup> 梅野英典<sup>1)</sup> 吉澤康文<sup>1)</sup> 大原 昇<sup>2)</sup>

1) 日立製作所システム開発研究所 2) 同 ソフトウェア開発本部

複数の計算機を結合した疎結合マルチプロセッサシステムLCMPは、汎用大型計算機で広く使用されている。LCMPの信頼性および生産性の向上のために、複数OSの連動テストを1台の端末から実施する複数OS連動テスト支援システムOSTD/MVを開発した。OSTD/MVでは、1台の端末から、汎用計算機上に複数の仮想計算機とこれらを結合したLCMPを論理的に生成し、各仮想計算機上のOSをテストする。また、複数OSのテストオペレーションを記述したテストプロシジャを作成し、これを入力して、複数OSの連動テストを自動実行できる。OSTD/MVにより、LCMP上のOSのテスト時間を約10%削減した。

## Development of OSTD/MV for testing operating systems on LCMP

Naoko Ikegaya<sup>1</sup> Shunji Tanaka<sup>1</sup> Hidenori Umeno<sup>1</sup>  
Yasufumi Yoshizawa<sup>1</sup> Noboru Oohara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.  
(1099 Ohzenji Asao-ku Kawasaki-shi, 215 Japan)

<sup>2</sup>Software Works, Hitachi, Ltd.  
(5030 Totsuka-cho Totsuka-ku Yokohama-shi, 244 Japan)

Linked multiple operating systems like loosely coupled multi-processor systems (LCMPs) are widely used, and required high-reliability. In order to improve reliability and productivity of the systems, we have proposed Operating System Test Driver/Multiple Virtual machines (OSTD/MV) which allows users to define multiple VMs, to compose virtual LCMPs by using the VMs, and to test the LCMPs interactively and automatically, from a single terminal. We have shown that the OSTD/MV can reduce the total testing time of operating systems by 10%.

## 1. はじめに

広域ネットワーク資源、共用データベースなど膨大なデータを効率的に統合管理するために、複数計算機を結合したシステム構成にすることが多い。中でも、複数の計算機をCTCA(Channel To Channel Adapter:チャネル間結合装置)によって接続し、データセットを共有する疎結合マルチプロセッサシステムLCMP(Loosely Coupled Multi-Processor)は、処理能力が高いばかりでなく、信頼性を高めることもできる。今日のオンラインシステムでは、複数の計算機でデータベースを共用するため、LCMPが広く使用されている。今後も機能分散、地域分散などによるシステムの高性能化・高信頼化を実現していくために、拡張性の高い計算機システムを開発することが必要になっている。同時に、複数システムをシングルシステムイメージで運用し、かつ各システムの独立を保持しながら必要なデータを共用していかなければならない。このため、システムの生成や維持管理を容易に行う機能を有するOSを開発していかなければならない。

OSは、特に高い信頼性を要求される。OSの開発において動作確認を行うには、OS毎に計算機が必要になる。LCMPの場合には、複数OSが連動するために、複数計算機がないと動作確認できない。しかし、テスト・デバッグ用にLCMPのような大規模システムを用意することは、スペースや費用の面で困難である。

これまでに我々は仮想計算機システムVMS[1]を開発し、1台の計算機システム上で複数計算機を論理的に生成できるようにした。VMSには、CTCAをシミュレートする機能がある。この機能を用いて、仮想CTCAで仮想計算機間を接続し、仮想LCMPを構成することができる。

仮想LCMP上で被テストOSを起動するためには、仮想計算機に対応した複数のOSコンソール装置が必要になる。しかし、OSコンソール装置は通常、計算センタ内に数台用意されているだけである。そこで、TSS端末をOSコンソール装置として使えるOSTD[2]を開発した。OST

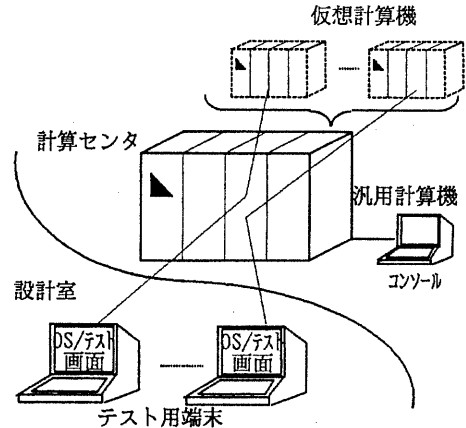


図1. OSTDの概要

Dにより、テストオペレータが計算センタに移動しなくても、設計室のTSS端末からIPL操作を実施できる。また、プログラムの開発からテスト・デバッグまでの一連の作業を設計室にいなから実施できる(図1参照)。

しかし、上記のLCMPのような複数計算機システムをOSTDでテストすることが多くなるにしたがい、必要なTSS端末台数が不足するようになった。このため、複数OSの連動テスト時間が十分確保できなかつたり、テスト効率の低下を招くことがあった。

そこで今回、複数OSの連動テストを効率よく行うために、1台の端末からLCMPの動作確認を行うOSテスト支援システムOSTD/MVを開発した。

本報告では、OSTD/MVの提案機能とテスト方式、および適用効果について述べる。

## 2. OSTD/MVの必要性

### 2.1 LCMPにおけるOSテスト内容

LCMPのシステム構成を図2に示す。LCMPの運用時には、システムに接続された全てのコンソール装置のメッセージを監視し、各コンソール装置からのコマンド投入、あるいは障害時のシステム切り替え処理が、正常に動作することを確認しなければならない。

同様に、LCMP上のOSをテストするときに

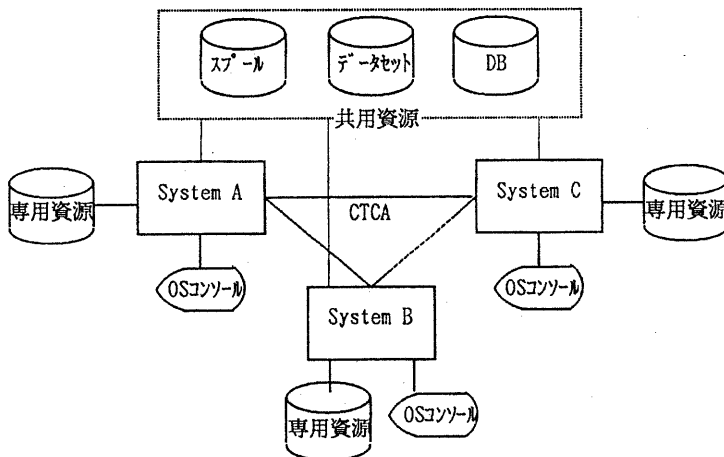


図2. LCMPの構成

は、複数のテスト端末を用意し、テスト用コマンド投入とメッセージ確認のために上記複数端末を監視しなければならない。図3に2台のコンソール端末を用いてOS1とOS2をテストする時のオペレーションを示す。ここで、テストオペレータは、①～⑤のコマンド投入のために端末間を2往復している。また、OS1とOS2の双方の端末へ、同じコマンドを投入することがある。

## 2. 2 提案機能

複数システムの連携機能の充実や、大規模シス

する機能

複数OSの連動テストでは、テストオペレータが複数のテスト端末間を移動しなければならない。このため、テスト効率は劣化する。

そこで、1台の端末から複数のOSを操作する機能が必要である。この機能により、操作性向上と、端末の有効利用を図り、テスト効率を向上させる。

### (2) 特定VMへのコマンド投入機能

複数VMのうちのあるVMを指定してコマンドを投入する機能を設けることにより、1台のテス

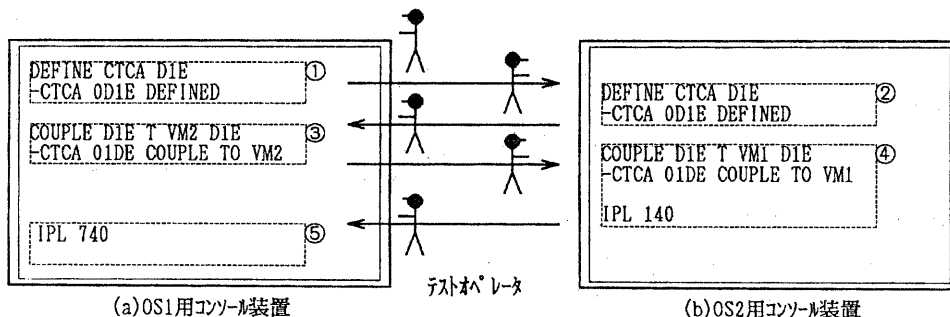


図3. 2台のOSの連動オペレーション

テムの運用管理支援の必要性が重要視されるようになり、これまで以上に複数OSの連携テストを行う機会が多くなった。そこで、複数システムを結合した大規模システムの信頼性向上のために必要となる以下の複数OS連動テスト支援機能を提案した。

(1) 1台の端末から複数のOSを操作

ト端末から任意のVMの操作が可能になる。

(3) 複数OSコンソール表示機能

複数の被テストOSの動作確認を1台のテスト端末上で行うために、随時OSコンソール画面を確認できる機能が必要である。通常、コンソール画面レイアウトは被テストOS毎に異なるが、汎用計算機上で動作する全てのOSを対象にしたテスト支援システムを構築したい。任意のレイアウトのOSコンソールを表示するために、ある被テストOSを選択し、そのコンソールデータを1端末上に出力する機能を提案した。

(4) 複数VMへのコマンド一括投入機能

1度のテスト用コマンド投入で、複数VMにこれらのコマンドを実行させる機能である。

図3に示した2台のOSのテストオペレーションでは、双方のVMに同じコマンドを投入している。ほかに、複数VMで同時に、テープ装置の接続状態やPSWの内容を表示させたり、OSの実行を同時に停止あるいは開始したりすることがある。これらのオペレーションを効率よく行うため、コマンド一括投入機能を提案した。

(5) テスト自動化機能

被テストOSのIPL操作は定型的作業である。LCMPの複数OSをテストするときには、毎回全OSのIPLのための定型的なオペレーションを要する。これらの作業を削減するために、テストを自動実行する機能が必要である。

また、テスト自動化機能は、退化防止のための再テスト作業、一部の値を変更するだけで共通化できるテスト操作等にも有効であり、多数のテスト項目を効率よく実施できる。

3. OSTD/MVの概要

上記機能をOSTD/MVに実現した。OSTD/MVは、LCMP上のOSのみでなく、複数システム間の通信処理機能やデータベース共用機能の開発

表1. テスト支援機能一覧

項番	機能	内容
1	被テストOS 実行制御	中断点指定・解除
		メモリ内容変更・監視
2	テスト情報 収集・解析	メモリダンプ、テストログ等の表示
		モジュールマップ表示 記号アクセス
4	装置 シミュレータ	ディスク、MT、端末、ES、等
		プログラム実行状況表示 トレース情報出力

においても、テストシステムを容易に構築できる。以下に、OSTD/MVの概要を示す。

3. 1 画面操作方式

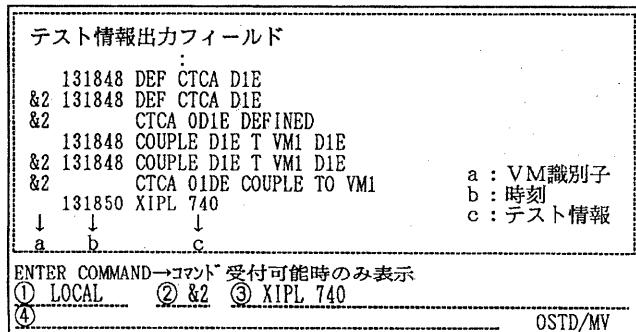
OSTD/MVにおいて、複数OSの連動テストを1台の端末から実施するために、以下の画面操作を可能とする。

(1) 画面の種類

(a) テスト支援画面

テスト支援画面は、以下のコマンドを投入し、その実行結果等のメッセージを出力する。

- ①VMの生成、制御等のVMCPコマンド
- ②表1に示す機能を有し、テスト・デバッグを支援するテスト用コマンド
- ③テストジョブやテストデータの表示、ある



- ①: VM名称表示フィールド
- ②: VM番号表示フィールド
- ③④: コマンド入力フィールド

図3. テスト支援画面レイアウト

いはプログラム開発を行うTSSコマンド

OSTD/MVでは、画面切り替えによる操作性の劣化を防ぐために、被テストOS数に関係なく、テスト支援画面は1画面にまとめる。画面レイアウトを図3に示す。本画面には、当端末から生成した全VMのテスト情報を表示する。そこで、どのVMに対するテスト情報なのかを識別するために、以下の表示を行う。

- ①VMからの出力メッセージの先頭にVM識別子を付加する。
- ②コマンド投入先のVMを指定するために、コマンドの先頭にVM識別子を付加する。
- ③現在有効であるVM識別子を表示する。コマンド投入のたびにVM識別子を指定するとテスト効率が低下するため、投入先のVMに変更がなければ、前に指定したVMへのコマンドであるとみなす。
- ④コマンドの先頭に' &&' を付加すると、全VMにコマンドを一括投入する。

(b) OS画面

OS画面には、OSコンソールデータを表示する。起動したOS数だけ、OS画面が存在する。そこで、表示中のOSを識別できるように、OSをIPLしたVM識別子を、OS画面の右下に表示する。

(c) TSS画面

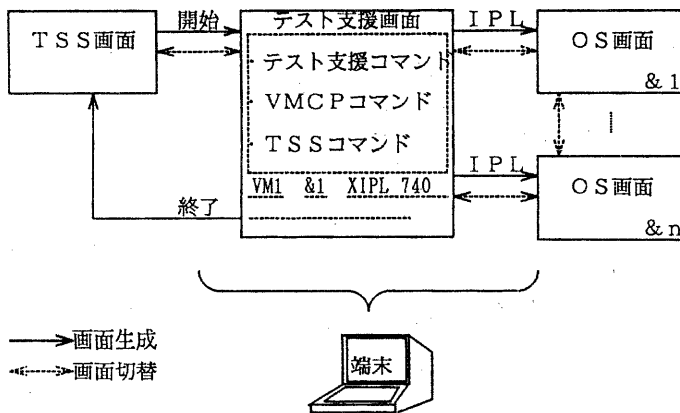


図4. OSTD/MVにおける画面遷移

表2. 画面操作コマンド一覧

項番	名称	機能
1	OSTDMV	OSTD/MVセッションの開始
2	VMON	VMの生成
3	SELECT	指定したOS画面への切替
4	CHGSCR	画面切替要求抑止モードの設定/解除
5	SHOW	当該端末から開始した全VMの状態を表示
6	VMOFF	VMの消去
7	OSTDEND	OSTD/MVセッションの終了

OSTD/MVのテスト端末には、設計室のTSS端末を用いる。したがって、OSTD/MVは、TSSコマンドを投入して開始する。この後、テスト実行中でもテスト支援画面からTSSコマンドを実行できることは前に示した。

ここで、TSS画面に切り替えることにより、TSSコマンドを連続して投入できる。

(2) 画面遷移

図4に、画面遷移を示す。端末に現在表示していない画面に出力データのあるときには、画面切り替え要求表示により、テストオペレータに画面切り替えを促す。

(3) 画面切り替え抑止機能

出力メッセージを監視したい被テストOSを指定し、その他のOSコンソールに出力データがあっても、画面切り替え要求表示を行わない画面切り替え抑止機能を設けた。OSTD/MVでは、起動した被テストOS数が増えることが考えられる。画面切り替え抑止機能により、特定OSのテスト操作に専念できるようになる。

(4) 画面操作コマンド

1台の端末上で複数OSの連動テストを効率よく行うために、上記画面切り替え、および複数のVMを制御する画面操作コマンドを設けた(表2参照)。画面操作コマンドは、テスト支援画面から投入する。

(5) テストログ

端末からのテスト操作の履歴(テストログ)をスプールファイルに残す。このテストログは、テスト実行中でも、随時端末に表示して見ることができるようにした。テストログは、単一VM用のものと、端末からの操作を統合したものを出力する。

(a) 単一VM用テストログ

VM毎のコンソール操作を出力する。該当VMで実行したテスト用コマンドとその実行結果、およびOSコンソール出力メッセージを時間順に出力する。

(b) 統合テストログ

OSTD/MVセッションを開始後、端末に表示する全てのメッセージと、投入したコマンドをVM番号とともに出力する。複数の被テストOSの連動状態等のテスト情報が一目瞭然である。

表3. テスト自動化機能と実行制御文

項番	機能	内容	実行制御文
1	コマンド自動投入	コマンド投入要求	COMMAND
2	被テストOS監視	指定メッセージ出現を待つ	MATCH
		テスト監視条件を記述する	ON
		一定時間経過するのを待つ	WAIT
3	自動実行中断	テストプロシジャ実行中断	STOP
4	複数OS制御	特定VMにメッセージを送信	MSG コマンド <sup>1)</sup>

1) COMMAND文にてMSGコマンドを記述する。

3. 2 テスト自動化方式

LCMP上の複数OSのテストを自動実行するために必要な以下の機能を提案した。

(1) 複数OSへのコマンド自動投入機能

オペレーションを記述したテストプロシジャを予め作成し、コマンド投入の代わりにテストプロシジャを入力する。テストプロシジャには、テスト支援画面およびOS画面の双方のコマンドを記述する。また、複数OSへコマンドを投入するために、テストプロシジャ中にVM識別子を記述するか、あるいはテストプロシジャをVM毎に作成する。

(2) 被テストOS監視機能

コマンドを投入する契機を捉えるために、テ

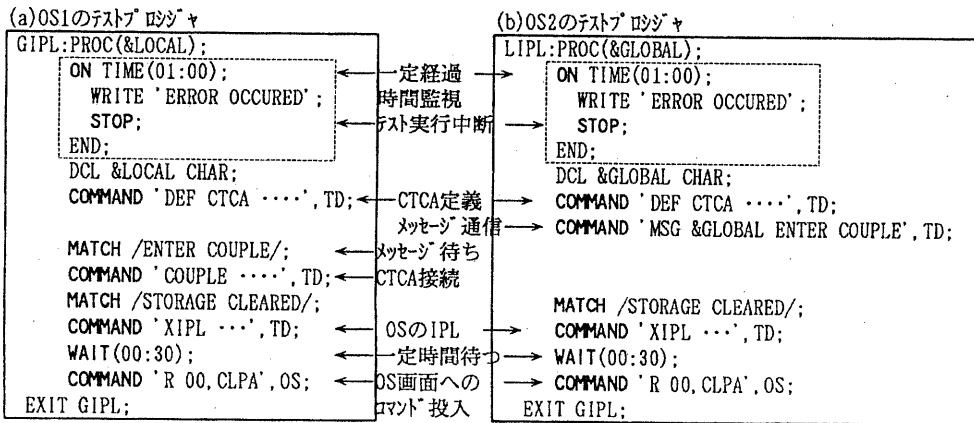


図5. LCMPのOSテスト自動実行用テストプロシジャ例

ト実行経過時間、特定メッセージの出力等を自動監視する。テストプロシジャに、被テスト監視用のテスト実行制御文を記述する(表3参照)。図5に、2台のOSのテストオペレーションを自動実行するとき用いるテストプロシジャの例を示す。

(3) 自動実行中断および再開機能

テスト操作を省力化するために、定型オペレーションのみ自動実行する機能である。OSTD/MVでは、特定OSを指定して、自動実行を中断および再開する。

(4) 複数OS間通信機能

複数OS間で同期を取るために、メッセージ等により通信する機能である。

また、複数OSの中で自動実行する被テストOSと、そうでないOSを同時に実行する機能が必

要である。これにより、例えば、ある程度テスト済みのOSのオペレーションは自動実行し、1つの被テストOSのOSコンソール画面のみを表示して、テストオペレータが集中して操作することができる。

3.3 OSTD/MVによるテスト方式

OSTD/MVによるLCMP上の複数OS連動テスト方式の例を図6に示す。

(1) OSTD/MV開始

LOGONコマンドによりTSSセッションを開始したTSS端末から、OSTDMVコマンドを投入して、OSTD/MVを開始する。ここで、テストプロシジャを指定することにより、その後のオペレーションを自動実行する。

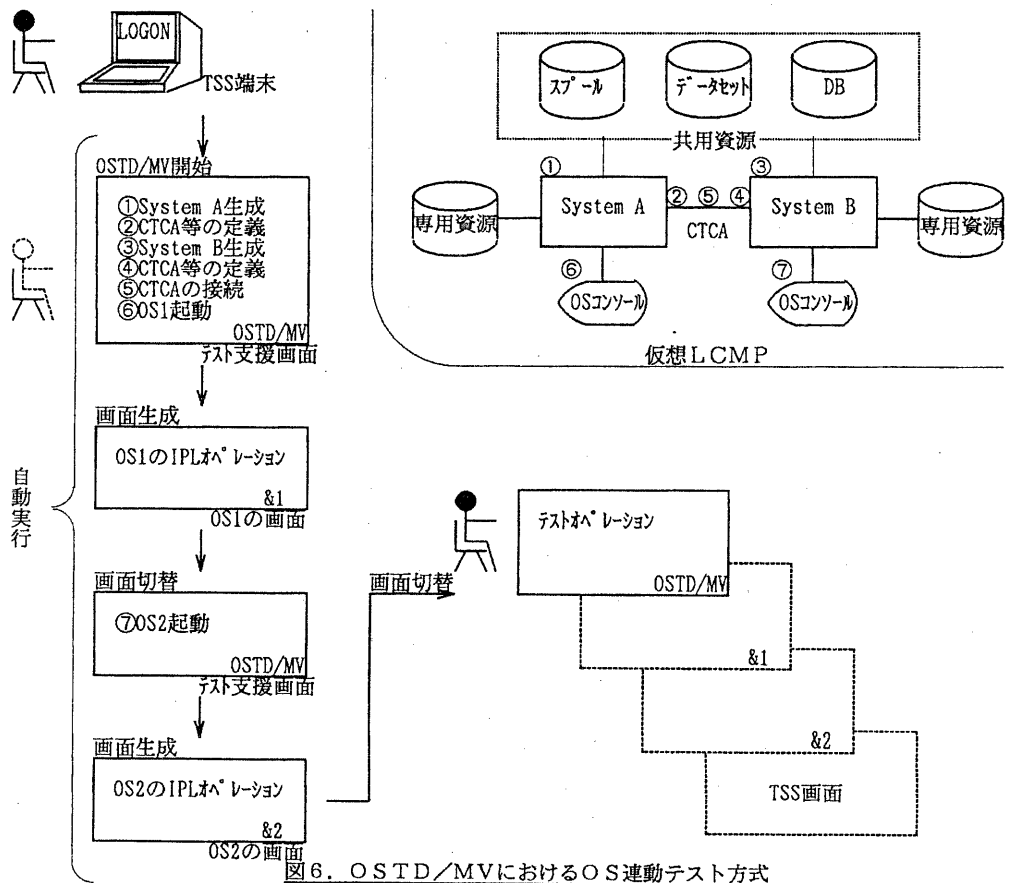


図6. OSTD/MVにおけるOS連動テスト方式

(2) 仮想LCMP生成と被テストOSのIPL  
 上記端末から2つ目のVMを生成する。各VM  
 上でCTCAを定義し、これらを接続して仮想L  
 CMPを構成する。被テストOSのIPLオペレ  
 ションは、図5に示したテストプロシジャを用い  
 て自動実行する。

上記2台の被テストOSのIPL操作は定型的  
 な作業であり、かつテスト対象ではないので、自  
 動実行した。このことにより、テストオペレータ  
 はその後のテストオペレーションに専念できる。  
 また、1台のTSS端末の前で2台のOSのテス  
 ト状況を確認することができる。

## 5. OSTD/MVの評価

### 5.1 被テストOSのIPL実行時間

OSTD/MVでは、複数OSのテスト操作を  
 1端末上で行うため、応答性能の低下が懸念され  
 る。以下にテスト自動化機能を用いてOSをIP  
 Lしたときの実行時間について述べる(表4参照)。  
 数値は、テストログ中の時刻をもとに算出した。

表4. 被テストOSのIPL実行時間比較

項番	被テストOS	OS1台のみ	2台同時実行
1	OS 1	100	101
2	OS 2	258	261

OS1のIPL実行時間を100とする。

OSTD/MVでは、被テストOS数が2台になっ  
 ても、1台のときとIPL実行時間にほとんど差  
 はない。

また、画面切替時間およびコマンド応答時間  
 についても、被テストOS数が1台と2台で同等だ  
 った。

### 5.2 適用効果

OSTD/MVにより、これまで不足がちだ  
 ったテスト用端末を効率よく使えるようになった。  
 実際、これまででは、多数のOSの連動テストはほ  
 とんど行えない状態であった。OSTD/MVに

より、テスト端末およびオペレータ確保のための  
 時間が不要となり、OS連動テスト時間の約2/  
 3を削減できた。また、OSの全テスト時間を1  
 0%削減した。

さらに、OSTD/MVは、汎用計算機上で動  
 作するすべてのOSのテストに適用できる。

## 6. まとめ

LCMPのテストを効率よく実施し、OSの生  
 産性および信頼性を向上することを目的に、複数  
 の計算機を結合したシステムの開発に必要な複数  
 OSの連動テストを、1台の端末から実施できる  
 OSTD/MVを開発した。OSTD/MVは、  
 1台の端末から、汎用計算機上に複数の仮想計算  
 機とこれらを結合した複合システムを論理的に生  
 成し、各仮想計算機上の被テストOSをテストす  
 る。定型的なオペレーションや再テストは、自動  
 実行することもできる。これにより、複数端末の  
 予約およびオペレータの端末間移動が不要にな  
 った。ジョブ入出力サブシステム、通信制御機能  
 を用いた統合情報管理システム等の開発に適用し、  
 OS連動テスト時間を約2/3、またLCMP上  
 のOSのテスト時間を約10%削減した。

## 7. 参考文献

- [1]梅野ほか：高性能仮想計算機の開発、  
 情報処理学会 計算機システムの制御と  
 評価研究会, 18-9, 1983. 2. 4
- [2]Yoshizawa, Y. et al. : Test and Debugging  
 Environment for Large Scale Operating  
 Systems, COMPSAC' 87, pp. 298-305, Oct. 1987
- [3]池ヶ谷ほか：OSテスト自動化システム  
 OSTD II/AUTOの開発、  
 情報処理学会 第42回全国大会 講演論文集