

解説



日本におけるオペレーティングシステム研究の動向

2.2 OS/omicron プロジェクト†

高橋 延 匡†† 並木 美太郎††
早川 栄 一†† 中川 正 樹††

1. はじめに

筆者らは、1980年から大学で学生とともに OS/omicron と呼ぶ OS のプロジェクトを通し、OS の研究・開発とシステム設計の教育を行ってきた¹⁾。本プロジェクトの目的は、まず筆者ら自身の研究に合致した研究用計算機システムを構築することである。ブラックボックスを廃し、自分達の望む対象を満たす OS アーキテクチャを研究することにより、より大きな思考空間を提供することを第一の目的とした。当時マイクロプロセッサが続々と発表され、自分達で計算機システムを構築し、パーソナルな計算機環境を手に入れることが可能となった。このようなパーソナル計算機上の研究として、日本語情報処理、並列処理、囲碁対局などの人工知能、パタン認識など応用の研究と OS 自身の研究を想定し、OS アーキテクチャを考察した。1990年よりこれら研究に加え、ユーザインタフェースと分散処理を新たな研究対象としている。

1980年頃、欧米では UNIX をベースに研究用計算機を構築していた。しかし、その設計思想が欧米文化圏に依存しており日本語情報処理に不向きなことが、何より新しい対象を扱うためには、思考空間を限定しないことが重要だと考え、設計思想から実装まで独自開発で行った。学生と教官が一体になって、設計から実装を行い、現在も拡張を行い続けている。1984年のプロトタイプ的な初版²⁾、1987年の第2版³⁾、共有メモリ型マルチプロセッサを対象とした1989年の第3版⁴⁾を経て、OSの柔軟な構成を可能にする第4版の設

計・開発に取り組んでいる²²⁾。複数の OS を実際に開発して、OS の構成法に関する知見を得た。この過程を通じて、明日の日本の計算機科学を担うべきシステム設計者を育成することが第二の目的である。

本稿では、OS/omicron プロジェクトの設計思想と、最大の特徴である並列処理とフル2バイトコードアーキテクチャについて述べる。研究の詳細については、巻末の参考文献を参照されたい。

2. OS/omicron の設計思想

前章の目的を解決するため、次の設計方針を定めた^{5),11)}。

(1) 並列処理を実現するための処理モデルを提案し、OS のプリミティブとして提供すること

人工知能やパタン認識の研究に並列処理は魅力的である。これらプログラムでは、SIMD や MIMD 的な処理が必要なことが、大量のデータ受け渡しが起こることから、筆者らは、マルチマイクロプロセッサシステムとしてマトリクススイッチのアーキテクチャを想定した²⁾。このアーキテクチャを有効に利用するため、プログラムに対する適切な並列処理モデルと OS のプリミティブを考察することとした。具体的にはタスクフォースと呼ぶ処理モデルを提案し、OS/omicron で実現した^{6),16)}。これについては 3. で述べる。

(2) 日本語情報処理のために、16ビットの漢字コードをシステムの文字コードとすること

仮名漢字変換などの日本語入力や卓上電子出版などの出力系のためには、計算機システム内で漢字コードを一貫して扱えることが必要となる。そこで、OS/omicron では1984年に内部コードとして JIS C 6226 (現 JIS X 0208) を計算機の内部コードとして実現し、システム内のすべての文字コードを2バイトとした^{6),8),12)}。このフル2バ

† Project OS/omicron by Nobumasa TAKAHASHI, Mitarou NAMIKI, Eiichi HAYAKAWA and Masaki NAKAGAWA (Tokyo University of Agriculture and Technology).

†† 東京農工大学工学部電子情報工学科

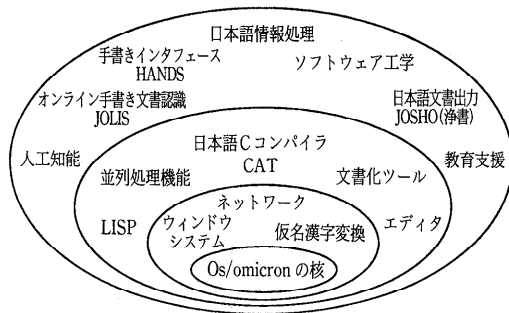


図-1 OS/omiconのアーキテクチャ

イトコードのアーキテクチャについては4.で述べる。

(3) 必要最小限のOSの機能を用意すること
研究用の計算機では、たとえば、表示一体型タブレットのような新しい入出力デバイスやそれにとりあう資源管理ソフトウェアをシステムに追加しなくてはならない。今後も新しい対象やデバイスを扱うためにシステムは拡大し、目的固有のOSを生成することが必要となる。このとき、すべての要求に答える一枚岩のカーネル構造では、拡張性に問題が生じる。そこで、必要最小限の機能を提供することとした。

上記以外、次に示す設計思想を定めた。

(4) 情報の統一的管理と記憶階層の特質を活かしたファイルシステムを開発すること

(5) 保守性・拡張性を考慮して、言語Cでシステムを記述すること

(6) 計算サーバやデータベースなどのバックエンドプロセッサをネットワークを通して利用できること

(7) 時間的制御を容易にするため当初は実記憶方式とすること

(8) 実行環境の設計としては、実記憶方式・マルチタスクの環境下でプログラムの共有を行うため、リロケータブル・リエントラブルなモジュールを標準とする。これを言語Cコンパイラで保証すること

OS/omiconアーキテクチャを図-1に示す。

3. 並列処理のためのタスクフォース

並列処理をプログラマに提供するためには、まず並列処理モデルを考察すると同時にシステムで性能を落とすことなくそのモデルを実装しなくては

ならない。並列プログラミング言語は重要だが、OSの問題として、プログラムの実行モデルを本質的問題、コンテキストスイッチの性能を技術的課題ととらえた。

並列処理の目的である人工知能やパタン認識では、探索問題などのように同一手続きでデータを共有しあいながら処理を進めることから、タスクフォースと呼ぶ処理モデルを提案した^{4),16)}。1つのタスクフォース内では、実行単位であるタスクを複数実行できる。タスクフォース内のタスクは、スタックを除くすべての資源、たとえばデータやファイルなどを共有する。スタック以外の資源をタスクフォース内のタスクで共有することにより、タスク間の排他制御や交信にとりあうコンテキストスイッチのオーバーヘッドを減らした。また、タスクフォース内のタスクの生成と消滅に関するオーバーヘッドも、新規に割り当てるべき資源が少ないことから、タスクフォースの生成・消滅のオーバーヘッドに比べて数倍減らすことができた。このようなモデルと実行機構により、たとえば、パタン認識のプログラムを1つのタスクフォースとし、検索ルーチンをパタンデータを共有しあいながらタスクとして複数実行することで処理の高速化を狙った。なお、タスクのスケジューリングは、PV命令と優先度制御を用いてユーザレベルで実現できるようにしてある。

OS/omiconは、タスクフォースだけでなくタスクの操作プリミティブもユーザプログラムに提供する。ユーザレベルでタスクを実現すると、タスクフォースのサスペンド、資源の安全性の問題、マルチプロセッサ下での資源割当てなどの問題が生じる。そこで、タスクをOS核で実現しその操作をSVC (Super Visor Call) によりユーザプログラムに提供する。OS/omicon自身も、タスクとタスクフォース管理以外の資源管理、たとえばファイルシステム等をタスクフォースとして実現し、最小限の機能を持ったOS構成とした¹⁶⁾。

タスクフォースとタスクは、Machで提案されたタスクとスレッドにほぼ等価な実行モデルである。筆者らは、タスクフォースとタスクをMachより早い1983年に提案した。言語Cの持つアドレス空間のモデルを基本にして、手続きやデータを共有しあう並列処理の実行モデルを考察する

と、タスクフォースのような実行モデルが自然となろう。しかし、フラットなアドレス空間をポインタにより多様な参照ができることから、超並列におけるメモリ参照が隘路になることや、逐次的な制御構造に対して、言語Cによる並列処理の限界を感じるのは筆者らだけであろうか。

4. フル2バイトコードアーキテクチャ

かつてのIBMの汎用大型計算機Stretchでは、各機器でまちまちであった文字コードの統一を開発目的の1つにあげていた。現在、英字に関してはASCIIまたはEBCDICが広く使われ、1つの計算機内でどちらかのコードが使われる。日本語に関しては、1970年代末に漢字コードJIS C 6226が制定され、1980年代に入って計算機の日本語化が進行した。この過程で、数種の漢字コードが生まれ、1つの計算機内ですら複数の漢字コードを使用せざるを得ないほか、1バイトコードの体系に2バイトコードを混在させたため、日本語を扱うプログラムが煩雑となる、すべてのソフトウェアで漢字を利用できない、などの問題があるのは周知のとおりである。

欧米の計算機では、1960年代から母国語によるテキスト処理が可能になっており、日本語でも計算機上で文書処理を行いたいことが、OS/omicronの研究対象の1つとして日本語情報処理を選んだ理由である。OS/omicronの設計において、日本語に関して次の目標を設定した^{5),7),8),12),13)}。

(1) 日本語情報処理のためのソフトウェアアーキテクチャを確立すること

(2) 日本語プログラミング環境を実現すること

前者に対しては、OS/omicron上の文字コードを2バイトコードとすることで、日本語に対する文字コードの一貫性を確保した。OS/omicronでは、ファイル名などのOSの管理する資源名、ファイル内の文字データ、プログラミング言語のソースプログラムなどシステム中のすべての文字コードをJIS X 0208としている。改行コードなどの制御コードに関しては、0を前置しつつねに16ビットの文字コードとなるように定めた。また、半角・全角や異字体などの出力属性と文字コードを分離し、ファイルシステムで管理すること

とした。これを属性ファイルと呼ぶ。システム内で単一のしかも固定長の文字コード系を選んだことと、文字コードと属性を分離することにより、アーキテクチャの一貫性と処理の簡便さを実現した。

欧米では、プログラミング環境で母国語を扱えるだけでなく、プログラミング環境と文書作成環境を同一計算機上で利用し、プログラムと文書の一体管理が可能である。日本語でも同様の環境を目指し、その第一歩として日本語プログラミング環境を実現した。プログラミング言語にコメントだけでなく識別子に日本語を許し、プログラムの保守性と再利用性の向上をはかり、その効果を定量的に示した⁷⁾。また、筆者らは、OS/omicron上で浄書と呼ぶ日本語を対象とした卓上電子出版と文書推敲支援の研究を行い、プログラムと文書の統一的な管理を行える環境を開発した。

フル2バイトコードのOSとプログラミング環境を言語CコンパイラCATにより実現した。まず、フル2バイトコードの言語Cコンパイラ、具体的には文字型が2バイト、ソースコードの文字集合がJIS X 0208であるコンパイラを開発し、このコンパイラによりOSをコンパイルすることで、すべての文字が2バイトコードとなるOSを開発した。フル2バイトコードのOS上でこの言語Cコンパイラを実行することで、応用プログラムもフル2バイトコード対応となる。このように、OS/omicronではフル2バイトコードアーキテクチャを言語CコンパイラCATにより実現している⁸⁾。

OS/omicronのソフトウェアアーキテクチャを支えるフル2バイトコードと実行環境を実現するため、コンパイラも独自開発とした。OS/omicronの開発で1/3近い労力を言語CコンパイラCATに費やしてきたが、この労力が提案したソフトウェアアーキテクチャを揺ぎないものになっている。PCCやgccなどを利用していたら、本プロジェクトは失敗していたであろう。

1987年にフル2バイトコードのコンパイラCATとOS/omicronが稼動した。当時、フル2バイトコードを選んだことに対して、メモリが無駄とか互換性がないなどの議論をいただいたが、近年パソコン用のOSで多国語化を目的に内部コードとしてフル2バイトを選んだシステムがあっ

た。雨が降るとぬかるみになる道を直さず下駄を
考案した文化と、ぬかるまないように道を変える
文化の差であろうか。システム設計は、小手先の
変更でなく本質的な問題を見抜き、それを解決す
ることが重要である。

5. おわりに

OS/omiconを実装するCPUは、1982年頃アド
レス空間の広さからモトローラ社のM 68000
ファミリを対象としていた。1984年から1991年
の間、MC 68020/30/40上でOS/omicon初版から
第3版を実装し、OS/omiconを日本語情報処
理、パタン認識などのソフトウェアの研究・開発
に使用した。現在、OS/omiconを他のCPUアー
キテクチャに移行すべく、インテル社および
RISC CPU用の言語Cコンパイラの開発を行っ
ている^{26),27)}。

OS/omicon自身を含む50万行を越えるソフ
トウェアを、OS/omicon上で日本語プログラミ
ングにより作成することで、設計思想の有効性を
確認できた。何より、OSだけでなく応用層の研
究をも行うことにより、OSに対しては新しい要
求を、応用層に対しては欲しい機能を提供する
ことができ、相互にフィードバックをかけあつた効
果は大きい。OS屋のためだけでなく、応用層を
含めてシステム設計を行うことで、研究の相互関
係を深めることがOS屋の仕事ではなかろうか。

相互関係を深めたことで新しい研究の株を育て
てきた。ユーザインタフェースの見地から手書き
インタフェースに着目し、手書きパタンを扱う
“未”ウィンドウシステム²⁰⁾、ネットワーク上で知
的作業を行う分散手書きKJ法²³⁾を、OS/omi
cron第3版上に開発した。OS自身の研究も、追
記型光ディスクを用いた世代管理ファイルシステ
ム¹⁴⁾、OSを応用プログラムとして動かしOSの
開発を容易にするハイパOS“江戸”¹⁵⁾、OSのデ
バッグ・テスト環境“忍”と“医”²³⁾、マイクロカ
ーネル“礎”などを研究してきた。マルチメディ
ア時代を迎え、ますます多様化する資源を管理す
るために、OSの構成法は重要になっている。
OS/omicon第4版では、システムの拡張性に重
点をおき詳細設計を進めている²²⁾。

15年近いプロジェクトを通して、100人以上の
卒業生を社会に送り出してきた。卒業・修士・博

士課程の学生達は、システム設計を自分達の頭で
考え、自分達の手で実現することで「CPU付きの
研究者・技術者」となり、自信を持って社会で活
躍している。OS/omiconプロジェクトの成果
は、彼らの情熱と努力によってなされ、彼ら自身
もまたその成果である。OS/omiconプロジェク
トの事例が、日本の大学におけるOSの研究・開
発・教育の参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 林他：MC 68000用OSの基本設計(1)ーファ
イルシステムの設計一、情報処理学会MC研究会
資料25-3 (1982)。
- 2) 高橋他：マルチ・マイクロプロセッサ・システ
ムの基本設計、情報処理学会第26回全国大会、
pp. 99-100 (1983)。
- 3) 高橋他：MC 68000用小型OS：OS/oの開発、
情報処理学会OS研究会資料21-6 (1983)。
- 4) 中川他：MC 68000ユニ&マルチ・プロセッサ・
システム用システム記述言語C処理系の開発、情
報処理学会OS研究会資料21-7 (1983)。
- 5) 高橋延匡：OS/omiconの設計思想、情報処理
学会第29回全国大会、pp. 339-340 (1984)。
- 6) 高橋他：OS/oのアーキテクチャと第一版の実
現、情報処理学会OS研究会資料24-11、pp. 65-70
(1984)。
- 7) 屋代他：OS/o第2版とシステム記述言語C、情
報処理学会OS研究会資料32-3、pp. 1-7 (1986)。
- 8) 田中他：OS/o用言語Cコンパイラcatの日本
語化の方式とその実現、情報処理学会第34回全
国大会、pp. 833-834 (1987)。
- 9) 並木他：OS/omicon用システム記述言語C処
理系Catのソフトウェア工学的見地からの方式
設計、信学論D Vol. J 71-D, No. 4, pp. 652-660
(1988)。
- 10) 並木他：OS/oにおける日本語プログラミング
環境と日本語ワードプロセッサのPWB化、信学
論, Vol. J 71-D, No. 6, pp. 994-1003 (1988)。
- 11) 高橋延匡：研究プロジェクト総説～OS/omi
cronの開発、情報処理学会OS研究会資料39-5
(1988)。
- 12) 鈴木他：OS/omiconにおける日本語プログラ
ミング環境、情報処理学会論文誌, Vol. 30, No. 1,
pp. 2-11 (Jan. 1989)。
- 13) 高橋延匡：日本語プログラミング環境、情報処
理, Vol. 30, No. 4, pp. 363-372 (Apr. 1989)。
- 14) 横関他：追記型光ディスクの仮想的な書換と世
代管理機能の実現、信学論D-1 Vol. J 72-D-1,
No. 6, pp. 414-422 (1989)。
- 15) 岡野他：多重OS「江戸」の設計と実現、情報処
理学会論文誌, Vol. 30, No. 8, pp. 1013-1023
(Aug. 1989)。
- 16) 並木他：マルチプロセッサシステム向けのOS/
omiconタスク管理の設計と実現、情報処理学会
論文誌, Vol. 31, No. 6, pp. 894-905 (June 1990)。

- 17) Souya, T. et al.: Programming in a Mother Tongue: Philosophy, Implementation, Practice and Effect, Compsac '91 (1991).
- 18) 岡野他: 並列処理用 OS カーネル“OmicronV3”の開発とハイパ OS による共有メモリ型マルチプロセッサへの実装, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 5, pp. 673-683 (May 1991).
- 19) 早川栄一: OS, 私はこう考える, 情報処理, Vol. 33, No. 11, pp. 1341 (Nov. 1992).
- 20) 河又他: 表示一体型液晶タブレットを用いた“未”ウィンドウシステムの設計と実現, 情報処理学会 HD 研究会資料 45-17, pp. 121-128 (1992).
- 21) 中原他: 複数の浮動小数点表現法を処理するシステム環境の設計と実現, 情報処理学会論文誌, Vol. 33, No. 4, pp. 481-490 (Apr. 1992).
- 22) 早川他: 手書きインタフェースを支援する OS ~OS/omicon 第 4 版の構成, 情報処理学会第 4 回コンピュータシステムシンポジウム予稿集, pp. 35-42 (1992).
- 23) 清水他: OS デバッグ環境の考察と OS デバッグ用ハイパ OS の実現, 情報処理学会第 34 回プログラミングシンポジウム予稿集, pp. 73-84 (1993).
- 24) 中島他: OS/omicon における手書きコミュニケーションシステム, 情報処理学会研究会資料 58-7, pp. 49-56 (1993).
- 25) 森永他: 「紙」メタファを実現するための核 OS の基本設計, 情報処理学会 OS 研究会資料, pp. 171-178 (1993).
- 26) 田中他: RISC 用 OS/omicon における言語 C 処理系とシステムソフトウェア開発・評価環境, 情報処理学会 OS 研究会資料, pp. 41-48 (1994).
- 27) 中村他: 言語処理系 CAT/386 の開発におけるソフトウェア再利用の定量的評価, 情報処理学会 SE 研究会資料, pp. 1-8 (1994).

(平成 6 年 8 月 15 日受付)



高橋 延匡 (正会員)

1957 年早稲田大学第一理工学部数学科卒業。同年日立製作所中央研究所入社。HITAC 5020 モニタ, 同 TSS の開発に従事。1977 年東京農工大学工学部数理情報工学科教授。1989 年電子情報工学科教授。OS, 日本語情報処理, 計算機科学の教育の研究に従事。理学博士。



並木美太郎 (正会員)

1984 年東京農工大学工学部数理情報工学科卒業。1986 年同大学院修士課程修了。同年日立製作所基礎研究所入社。1988 年東京農工大学工学部数理情報工学科助手。1993 年電子情報工学科助教授。工学博士。以来, OS, 言語処理系, コンピュータネットワーク, 日本語情報処理の研究開発に従事。



早川 栄一 (正会員)

1989 年東京農工大学工学部数理情報工学科卒業。1994 年同大学博士後期課程単位取得退学。同年同大学電子情報工学科助手。工学博士。OS および日本語情報処理の研究に従事。



中川 正樹 (正会員)

1977 年東京大学理学部物理卒業。1979 年同大学院修士課程修了。同在学中, 英国 Essex 大学留学 (M. Sc. in Computer Studies)。1979 年東京農工大学工学部助手。現在, 助教授。オンライン手書き文字認識, 日本語計算機システム, 文書処理の研究に従事。理学博士。