



Title	Lispマシン上のオブジェクト指向とその実現に関する研究
Author(s)	大里, 延康
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3075204">https://doi.org/10.11501/3075204</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 おお 大 里 延 康

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 1 0 9 1 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 6 年 2 月 18 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第2項該当

学 位 論 文 名 Lisp マシン上のオブジェクト指向とその実現に関する研究

論文審査委員 (主査)  
教 授 谷口 健一

(副査)  
教 授 都倉 信樹 教 授 首藤 勝 助教授 松浦 敏雄

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、Lisp マシンの研究・開発ならびに、その上のオブジェクト指向プログラミングの実現とその応用に関する研究・開発について5章にまとめたものである。

まず第1章緒論と第2章以降の各章の第1節では、研究の背景、意義および研究の内容について概説している。また、各章の最後の節および全体の結論では、本研究で得られた結果と今後の課題について述べている。

近年、人口知能研究が急速に発展してプログラミング技術が高度化し、言語処理系に高い性能が要求されるようになったが、古くからの人口知能言語である Lisp は種々の利点を持つ反面、複雑な実行制御やメモリ参照のため処理系の負担が大きい点が問題であった。しかし、最近のハードウェア技術の進展を背景として、処理系の機構に適したアーキテクチャを持つ Lisp 専用計算機を実現することが可能となってきた。

第2章では、このような背景のもとに開発した Lisp マシン ELIS と、その上の言語 TAO の設計思想およびその概要について述べている。ELIS ではマイクロプログラム制御方式を用いている。また、タグ・アーキテクチャを採用し、大容量のハードウェア・スタックや強力なメモリ操作機構を実現している。また、マイクロプログラムの開発負担を緩和するため、高機能のマイクロプログラミング支援系を作成した。これによって、TAO の言語処理系という抽象度の高い大量のマイクロプログラムの開発が可能となった。第2章ではこの支援系についても述べている。

TAO ではインタプリタによる実行性能を最大にすることを基本とし、ELIS のハードウェア機能を駆使してその高速性を追求した結果、汎用大型計算機上の Lisp システムのコンパイラにも匹敵する速度性能を達成した。また、既存の商用 Lisp マシンのインタプリタの性能をはるかに凌ぎ、そのコンパイラにも比肩しうるものとなっている。

これに加え、TAO では、プログラミング・パラダイムの選択をユーザの自由に任せることができるシステムであることを中心思想に据え、Lisp 本来の逐次型パラダイムに、論理型、オブジェクト指向といったパラダイムを、処理系の核の部分でバランスよく融合し、実用レベルの複合プログラミング・パラダイムのシステムを実現した。

第3章では、TAO の複合プログラミング・パラダイムのうち、オブジェクト指向について、その言語仕様ならびに実現法を詳しく述べている。オブジェクト指向は、プログラマが問題を計算機上に表現する際のモデル化をサポート

トする強力な道具立てであり、TAOにおいてこれをいかにうまく取り込むかは、複合プログラミング・パラダイム言語としての TAO の設計において重要なポイントであった。

TAO では S 式の特殊な形式を用い、言語の表層でのメッセージ伝達式の自然な融合を実現した。また、オブジェクト指向の高速化のため、ELIS のタグとマイクロプログラムの多重分岐の機能を用いて、Lisp の式の解釈機構にオーバーヘッドを持ち込まずにメッセージ伝達式の解釈機構を埋め込み、マイクロプログラムによるバイナリ・サーチでメソッド探索を実現した。実測により、メモリ消費の大きいハッシュを用いなくてもメソッド探索は十分高速であることを確認した。さらに、メソッド本体内の変数のアクセス機構には、タグによる前処理とハッシュ表などを用い、Lisp 部の基本性能と比べて遜色のない高速処理を実現した。また、オブジェクト指向をサポートする内部情報を徹底したオン・ディマンドによって作り出す方式を採用し、会話的なプログラミングでのターン・アラウンドを確保するとともに、メモリの消費を最小に押えた。第 3 章ではこれらの詳細を論じ、ベンチマークや実際の応用プログラムによる総合的な評価を行なって、本研究で用いた実装法の妥当性を明らかにしている。

第 4 章では、オブジェクトを並行プロセスとして拡張し、いわゆるオフライン・プログラミングと呼ばれるロボットへの作業教示に、並行オブジェクト指向を適用する研究について述べている。ここでは、並行オブジェクトをエージェントと呼び、作業の構成要素に対する処理をエージェントに分担させるようなモデルを提案した。この方式では、複合的なハードウェアからなるロボット・システムが、部分的に更改されたり新たなセンサ等の導入が行なわれたりしても、作業プログラムの変更を局所化できる。本研究では、エージェントを作業戦略のモジュール化のために利用し、ロボットの行動を段階的に智能化する手法を提案し、マニピュレータを操作する作業戦略モジュールを用いた実ロボットでの実験を行なった結果も論じた。この手法により、困難性を伴う作業を信頼度よく容易に実現できることを示した。

また本研究では、エージェントを単なる受動的なデータと見て操作することによってエージェント相互の監視・制御を実現し、ロボットが全体としてある種の内観能力を持つようにすることを提案している。この方式を X ウィンドウによるエージェント監視系の実現に適用し、その有効性を示した。

最後に第 5 章では、本論文全体のまとめを行なっている。本研究では、Lisp マシン ELIS を開発し、そのマイクロプログラミングによって高性能の複合プログラミング・パラダイム言語 TAO を実現した。ELIS の性能を背景に、TAO の核の部分でオブジェクト指向を融合することにより、オブジェクト指向を実用レベルの速度性能で実現できることを示した。さらに、応用プログラムによる実地の評価を行なって、具体的な実現の諸技術とその妥当性を示した。また、並行オブジェクト指向により、実世界を記述するためにより自然なモデルを提案し、ロボット制御に応用してその有効性を示した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、Lisp マシンの開発、ならびに、その上のオブジェクト指向プログラミングの実現とその応用に関する研究についてまとめたものである。

まず、人工知能研究の分野で広く利用されているプログラミング言語 Lisp に対する高性能の専用マシンを開発し、Lisp ベースのマルチパラダイム言語の処理系を実現した。その処理系は、タグアーキテクチャの利点を活かした豊富なデータ構造を導入して専用マシンのマイクロプログラミングによって記述し、汎用大型計算機上の Lisp システムのコンパイラにも匹敵する速度性能を達成した。

そのマルチパラダイム言語では、整合性を追究しつつ、言語の核の部分でオブジェクト指向を統合し、実現している。実現に当っては、Lisp の式の評価機構へのメッセージ伝達式の解釈機構の埋め込み、メソッド探索や変数のアクセス機構におけるマイクロプログラミングの活用などによって実行の高速化を図っている。こうした実現技術によって、オブジェクト指向の性能を Lisp マシンとしての基準性能である Lisp 部の速度性能とほぼ同等にまで高め

た。また、オブジェクトの構造の管理情報や動作を記述するメソッド表などの内部情報を徹底したオンディマンドで作り出す方式によって資源の消費削減を行っている。ベンチマークや実際の応用プログラムによる総合的な評価も行ない、融合したオブジェクト指向が実行速度および会話的プログラミングにおいて実用性をもつことを実証した。

さらに、オブジェクトに並行性を導入した。ロボットの各構成要素に対する処理を並行動作するオブジェクトに分担させ、また、作業各部の戦略を並行オブジェクトとして実現する手法を提案し、その実験システムを作成した。そして、並行オブジェクト指向がロボットの段階的高機能化に有効であることを、典型的な組み立て作業の例を用いて実証した。

以上のように、本論文は、高性能 Lisp マシンとその上のマルチパラダイム言語処理系の開発、そこでのオブジェクト指向の実現、並行オブジェクト指向への拡張とその応用について、多くの有用な成果を得たものであり、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。