

## 学位論文題名

論理プログラミングへの語彙と  
語彙構築機構の導入に関する研究

## 学位論文内容の要旨

プログラミング言語は人と計算機との間で情報をやり取りするための言葉である。計算機が現れた当初は、人間側が計算機にあわせてプログラミングを行っていた。すなわち、プログラミング言語として計算機の動作機構により近いものが使われ、人間側が自分の思考過程をそれに翻訳し計算機に伝えていた。近年、計算機の性能は飛躍的に向上しており、計算機上で扱う対象も大規模化かつ多種多様化してきている。それにともない、人間側が計算機にあわせてプログラミングを行うことは困難になってきた。人間側の思考過程およびコミュニケーション過程により近いプログラミング言語が必要となってきた。人間同士は自然言語を用いて情報のやり取りや概念モデルの構築を行っている。自然言語が従来のプログラミング言語と異なる点は、柔軟な構文と豊富な語彙の二点である。特に、自然言語における豊富な語彙は重要な役割を担っていると考えられる。本研究では、自然言語における語彙が持つ機能に注目し、それを論理プログラミングに導入することに関する研究、および語彙を導入した論理プログラミングにおける可視化と視覚的プログラミング環境に関する研究を行った。

本研究では、自然言語における語彙が持つ機能として、(1)対象の概念や対象間の関係概念を語で表す機能、(2)語を合成して複雑な対象の概念や複雑な対象間の関係概念を表現する機能、(3)合成語に対して名前付けを行い、この名前を新たに語として用いることを許す語彙構築機能を抽出した。これらの機能は、人と人との間における高度なコミュニケーションや、概念モデルの構築を可能にしている。

論理プログラミングは、「論理をプログラミング言語として使うことができる」という考えに基づくものである。一階述語論理の一部分であるホーン節に基づいた論理型プログラミング言語Prolog(Programming in logic)が作られた。論理プログラミングの中心的な考え方の一つは、アルゴリズムは問題が何(What)であるかを記述している論理(Logic)の部分と、どのように(How)問題を解くかを記述している制御(Control)の部分からなるという考え方である。論理プログラミングでは、Whatの部分をプログラマーが記述し、Howの部分は論理プログラミングシステムが自動的に実行してくれるというのが理想である。

本研究では、前述の自然言語の語彙が持つ機能をPrologに導入した拡張論理型プログラミング言語Vocalog(Vocabulary based logic programming language)を開発した。語彙をPrologに導入することで、知識表現言語としての記述力が高められた。基本的な概念をコンテキストから取り出して名詞や形容詞としてジェネリックに定義し、これらの合成により、より高次の概念をコンテキストから独立に定義することが可能となった。

Vocalogでは、名詞と形容詞を定義でき、それらを用いることでそれぞれ対象の概念や対象

間の関係概念をジェネリックに記述できるようになった。述語の引数位置に対応づけられたラベルとして基本名詞を導入した。名詞により指示される対象間の関係を記述するラベルとして基本形容詞を導入した。語構成子を用いて名詞や形容詞を組み合わせて名詞句や形容詞句を作ることができる。名詞句や形容詞句を用いることで、それぞれ複雑な対象の概念や複雑な対象間の関係概念をコンテキストから独立に表現できるようになった。語彙構築機能を用いることで、基本的な語彙をもとに、派生語彙を増やしていくことができるようになった。導入した名詞や形容詞を述語定義や質問で利用する機構としてリスト述語を導入した。

われわれ人間の知的活動のための解放型包括的統合環境としてのシンセティック・メディア・アーキテクチャと、それを実現したシステムIntelligentPadが提案されている。シンセティック・メディア・アーキテクチャでは、「メディア」という枠組みで、計算機上にのせられるあらゆる知識資産を統一的に取り扱う。本研究では、語彙と「メディア」という概念を対応させることで、シンセティック・メディア・アーキテクチャと語彙を導入した論理プログラミングとの間に緊密な対応関係をとった。VocalogとIntelligentPadの融合を行い、Vocalogプログラムを可視化し、視覚的プログラミング環境VPEを開発した。

プログラミングにおける視覚化には、プログラムの作成環境の視覚化、プログラムのデバッグ環境の視覚化、そしてプログラムの利用環境の視覚化がある。プログラムの作成、デバッグ、そしてプログラムの利用はそれぞれ独立したものではなく相互に関連している。これらの環境を個々独立に視覚化したのでは、プログラム利用のための視覚オブジェクトの動きを見ながら視覚的なデバッグを行うといった、機能連携が行えない。

本研究では、プログラムの作成、デバッグ、そしてプログラムの利用という三つの環境を一つのシステムに統合して視覚化を行なった。その際に、プログラムの作成モード、プログラムのデバッグモード、プログラムの利用モードとして個々独立に視覚化するのではなく、これらのモードが一つの環境に混在しうる統合システムとした。これにより、VPEでは視覚化された個々のモードを独立に利用するのみならず、モード間をわたった機能連携を行うことが可能となった。

エンドユーザーレベルで3つのモード間の自在な機能連携を行うためには、3つのモードをつなぎめなく統合することが必要となる。本研究では、モード間の差異にとらわれずに視覚オブジェクトを統一的に操作することが可能となるように、どのモードにおいても視覚オブジェクトの表現形態を同一にした。それぞれのモード用の視覚オブジェクトの操作も含んだ見せ方を用意して、それぞれのモードに適した視覚オブジェクトの操作及び表示が可能となるようにした。これにより、3つのモード間の自在な機能連携を行うことができ、かつ各モードに特有の視覚オブジェクトの操作及び表示が可能となった。

本論文の構成を以下に示す。第1章では、自然言語において語彙が持つ役割を考察している。第2章では、論理プログラミングへ語彙と語彙構築機構を導入することにより何が得られるかについて述べる。第3章では、拡張論理型プログラミング言語Vocalogにおける語彙と語彙構築機構の導入方法、およびVocalogインタープリタの実現について説明を行っている。第4章では、Vocalogによるプログラミング例を示している。第5章では、Vocalogプログラムをどのようにして可視化するかについて説明する。第6章では、Vocalogの視覚的統合プログラミング環境VPEが、IntelligentPadを用いてどのように実現されているかを示す。第7章では、VPEの使用例を示す。第8章は、本論文のまとめである。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 田 中 譲

副 査 教 授 宮 本 衛 市

副 査 教 授 伊 達 惇

学 位 論 文 題 名

## 論理プログラミングへの語彙と

## 語彙構築機構の導入に関する研究

近年、計算機の性能は飛躍的に向上しており、計算機上で扱う対象も大規模化かつ多種多様化してきている。従来のプログラミング言語による対応は、プログラムにおける記述を複雑なものとし、プログラムの保守・管理・再利用等の点で問題となっている。このため、より高レベルな記述が可能なプログラミング・パラダイム及びそれを実現したプログラミング言語は大きな研究開発課題となっている。

本論文は、従来のプログラミング言語では重要視されていなかった‘自然言語における語彙が持つ機能’に注目し、その機能を論理プログラミングに導入することで、より高レベルな記述が可能となることを示したもので、その主要な成果は次の2点に要約される。

- (1) 論理プログラミングへ語彙と語彙構築機構を導入した拡張論理型プログラミング言語の開発
- (2) プログラムの作成、デバッグ、そしてプログラムの利用という三つのモードにまたがる機能連携を自在に行うことが可能な視覚的統合プログラミング環境の開発

(1)では、自然言語における名詞と形容詞に相当するものを論理プログラミングに導入することで、それぞれ対象の概念や対象間の関係概念をコンテキストから取り出してジェネリックに記述することが可能となった。語彙構築機構を論理プログラミングに導入することで、より高次の概念をコンテキストから独立に定義することが可能となった。

(2)は(1)の拡張論理型プログラミング言語のための視覚的統合プログラミング環境である。プログラムの作成モード、プログラムのデバッグモード、プログラムの利用モードが一つの環境に混在しうる統合システムとしたことで、視覚化された個々のモードを独立に利用するのみならず、異なるモードにまたがった機能連携を行うことが可能となった。どのモードにおいても視覚オブジェクトの表現形態を同一にし、かつそれぞれのモードに特有の視覚オブジェクトの操作も含み得る表現法を用意したことで、エンドユーザーレベルで3つのモード間の自在な機能連携を行うことおよび、各モードに特有の視覚オブジェクトの操作及び表示が可能となった。

これを要するに、著者は、論理プログラミングへの語彙と語彙構築機構の導入およびそれを実現した拡張論理型プログラミング言語を提案し、高レベルな記述が可能なプログラミング・パラダイム及びそれを実現したプログラミング言語に関して有益な知見を得たものであり、ソフトウェア工学およびヒューマンインターフェース工学の進歩に貢献するところ大なるものがある。

よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。