

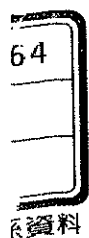
関数論理融合型言語のマルチメディアプログラミング環境の構築

(研究課題番号 07558152)

平成7～9年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))
研究成果報告書

平成10年3月

研究代表者 井田 哲雄
(筑波大学 電子・情報工学系教授)



はしがき

近年、画像や音声、文字などのデータを統合して処理を行なう、いわゆるマルチメディアシステムが注目され、社会のあらゆる面で普及し始めている。このようなシステムの開発では、ひじょうに大量のデータを扱う、大規模なプログラミングが必要となる。本研究は、マルチメディアシステムのプログラミング環境として、宣言型プログラミング言語をベースとすることが適当であると考え、関数論理融合型言語処理系の設計・実装を行なった。関数論理融合型言語とは、代表的な宣言型プログラミング言語である関数型言語と論理型言語を自然に融合した言語である。この言語を用いると、関数型と論理型のパラダイムを適切に使い分けることで、プログラムの可読性が増すとともに、形式的なプログラムの性質の抽出、正当性の証明、変換などがより容易になる。

我々は、まず、ベースとなる関数論理融合型言語を実現する為に必要な理論的研究と、具体的な設計・実装のための研究を行なった。しかし、関数論理型言語は、いわゆる非数値計算型言語なので、数値計算を苦手とする。したがって、マルチメディアデータを処理する為には、高速かつ高度な数値計算の機能を、関数論理型のパラダイムを壊すことなく融合する必要が生じる。また、現在のマルチメディアシステムでは、世界中に存在する様々なマルチメディアデータを、インターネットを用いて処理できる機能が求められる。また、現在のインターネットの普及を鑑みると、プログラミングシステムそのものが分散化され、インターネット上で動作することが望ましい。したがって、関数論理型言語処理系自体が分散環境下で動作できることはいまでもなく、インターネットに対応した機能をもっていること、特に現在標準になりつつある Java で提供されている豊富なアプレットを利用できることが望ましい。以上の研究より、我々が得た研究成果を以下に具体的に示す。

- (1) 作用型関数論理型言語処理系の設計・実装を行なった。この処理系は作用型項書換え系に対して遅延ナローイングを効率よく実行できるナローイング計算系 NCA (Narrowing Calculus for Applicative TRSs) に基づいている。構文的には、多くの糖衣構文を用意し、可読性の高いプログラムを書くことを容易にした。
- (2) LCNCd (Deterministic Conditional Lazy Narrowing Calculus) とよぶ遅延ナローイング計算系に基づく関数論理型言語処理系を、分散環境下で実装を行なった。この処理系は、Java で記述されており、言語処理系のカーネル自体が Java のオブジェクトになっている。このため、Java を介して、Java アプレットとして開発が急速に進んでいるマルチメディアインタフェースの取り込みが容易になるとともに、分散オブジェクト環境に基づくコーディネーションプログラミング環境が可能となった。
- (3) 遅延ナローイング計算系 LCNCd に基づく関数論理型言語処理系を、Mathematica を用いて実装した。遅延ナローイングを行なう処理系は Mathematica の関数として実現されているため、Mathematica の中から容易に呼び出すことができる。これにより、Mathematica のもつ高度な数式処理、数値演算の機能と関数論理型言語とを容易に融合できることを示した。
- (4) 制約解消系を備えた関数論理型言語処理系の設計・実装を行なった。ここでは、二つの異なる処理系を設計・実装した。一つは、遅延ナローイング計算系 LNC に制約解消系のための推論規則を加えた拡張を行なうことで得られた計算系に基づき設計された。この言語では、算術演算の式は制約として制約解消系に投入される。算術演算の式が関数を含むときには、関数の処理は関数論理型言

語の抽象機械に任される。もう一つは、関数型言語に等式で記述された制約を付加することで設計された。ここでは論理型のパラダイムは等式で記述される制約として、すなわち制約論理のパラダイムとして導入される。このようにすると、関数と関係の使い分けがより明確になり、それぞれを適切な場所で用いることがより容易になる。

また、具体的なシステムとして、マルチメディアデータに対応したメーラシステムの設計・実装および、インターネットとWWWを利用した仮想教室システムを実現するための基本システムの設計と試験的な実装を行なった。後者については、今後も継続して開発を行なっていく予定である。

なお、本報告書の研究発表の項で挙げた論文で、上記の研究成果に対応する主なものを以下に示す。

研究成果	研究発表	研究成果	研究発表
(1)	(1-b)	(3)	(1-h)(2-h)
(2)	(2-f)	(4)	(1-c)(1-g)

研究組織

研究代表者:	井田 哲雄	(筑波大学 電子・情報工学系 教授)
研究分担者:	ミデルドープ アート	(筑波大学 電子・情報工学系 助教授)
研究分担者:	加藤 和彦	(筑波大学 電子・情報工学系 助教授)
研究分担者:	チャクラバーティ マニユエル	(筑波大学 電子・情報工学系 講師)
研究分担者:	鈴木太郎	(筑波大学 電子・情報工学系 助手)

研究経費

平成7年度	1,500千円
平成8年度	600千円
平成9年度	500千円

研究発表

(1) 学会誌

- (a) 中川康二, 中原敏一, 鈴木太郎, 井田哲雄. 遅延ナローイング抽象機械. 電子情報通信学会論文誌 **J78-D-1(5)**, pages 467-477, 1995.
- (b) 浜名誠, 西岡知之, 中原敏一, Aart Middeldorp, 井田哲雄. 作用型項書換え系に基づく関数論理型言語の設計と実装. 情報処理学会論文誌 **36(8)**, pages 1897-1905, 1995.
- (c) 佐々木重雄, 井田哲雄. 制約解消系を備えた関数・論理型言語の処理系とその実装. 情報処理学会論文誌. **bf 36(9)**, pages 2152-2160, 1995.
- (d) A. Middeldorp, S. Okui and T. Ida. *Lazy Narrowing: Strong Completeness and Eager Variable Elimination*. *Theoretical Computer Science* **167(1)**, pages 95-130, 1996.
- (e) T. Ida and K. Nakahara. *Leftmost Outside-in Narrowing Calculi*. *Journal of Functional Programming* **7(2)**, pages 129-161, 1997.
- (f) A. Middeldorp and S. Okui. *A Deterministic Lazy Narrowing Calculus*. *Journal of Symbolic Computation*, to appear, 1998.

- (g) M.M.T. Chakravarty, Y. Guo, M. Köhler and H.C.R. Lock. *Goffin: Higher-Order Functions Meet Concurrent Constraints*. Science of Computer Programming 30(1-2), pages 157-199, 1998.
 - (h) M. Hamada and T. Ida. *Deterministic and Non-deterministic Lazy Conditional Narrowing and their implementations*. 情報処理学会論文誌 79(3). 1998.
- (2) 国際会議発表、その他
- (a) T. Suzuki. *Standardization Revisited*. Proceedings of fifth International Conference on Algebraic Logic and Programming '96. Lecture Notes in Computer Science 1139, pages 122-134, 1996.
 - (b) Q. Li, Y. Guo, T. Ida and J. Darlington. *Minimised Geometric Buchberger Algorithm: An Optimal Algebraic Algorithm for Integer Programming*. Proceedings of ISSAC '97. pages 331-338, 1997.
 - (c) Q. Li, Y. Guo, T. Ida. *A Parallel Algebraic Approach Towards Integer Programming*. Proceedings of the ninth International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems, pages 59-64, 1997.
 - (d) I. Durand and A. Middeldorp. *Decidable Call by Need Computations in Term Rewriting*. Proceedings of 14th International Conference on Automated Deduction, Lecture Notes in Artificial Intelligence 1249.
 - (e) M.M.T. Chakravarty, Y. Guo and M.Köhler. *Distributed Haskell: Goffin on the Internet*. Proceedings of the Third Fuji International Symposium on Functional and Logic Programming, to appear, 1998
 - (f) 片山慎太郎, 井田哲雄. 分散環境によるナローイング計算系の実装. 日本ソフトウェア科学会第14回論文集, pages 461-464, 1997.
 - (g) M.M.T. Chakravarty, Y. Guo, T. Ida and T. Suzuki. *A Computational Model for Constraint Functional-Logic Programming*. 日本ソフトウェア科学会第14回論文集, pages , 1997.
 - (h) M. Hamada and T. Ida. *Implementation of Lazy Narrowing Calculi in Mathematica*. RISC report 97-02, University of Linz, A-4040 Austria. January 1997. Abstract appear in SIGSAM Bulletin Volume 31, no. 2, June 1997.
 - (i) M.M.T. Chakravarty. *Functions Compute, Relations Co-ordinate*. In Theory and Practice of Higher-Order Parallel Programming, Dagstuhl Seminar Report 169, page 16, 1997.

筑波大学附属図書館



1 00986 04192 6

本学関係
