

4 各年度の研究結果と主な研究成果（平成 15 年，16 年，17 年）

研究の進展の状況を示す意味で、3 年間の 1 年ごとの研究の結果と研究発表した主なものをあげる。

4.1 平成 15 年度の研究結果と主な研究成果

平成 15 年度の研究目標に沿って、次の点の研究を進めた。

(1) アクティブソフトウェアに適したアルゴリズムの開発と設計法

具体的な問題を対象として、アクティブソフトウェアの構成法を検討し、能動関数および能動関数の配列による記述を導入した。

とくに、ソフトウェアが常に安全に稼働することを基本の目標に置いた。

(2) アクティブソフトウェアの記述法と言語処理の方式

能動関数を含んだプログラムを、C および C++ に変換する言語プロセッサを実現した。これにより、逐次実行、並列実行のプログラムを柔軟に構成できるようになった。

また、分散実行に対応するように、移動するプログラムの環境の検討を進めた。

(3) アクティブソフトウェアを実行するハードウェア環境

アクティブソフトウェアでは、能動関数の起動条件の検出方法が実行の効率に大きく影響する。そのため、起動条件の検出をハードウェアで実現する新しいコンピュータアーキテクチャの構成について検討を進めて、判定する条件を文脈毎に書き換え可能なハードウェアで実現するアーキテクチャを提案した。

(4) その他、関連する問題として、アクティブデータベースの機能と実現方式について研究した。データベースシステムが、真にアクティブにデータを収集して、必要なところに配布するための問題点を検討した。

- (15.01) 渡邊勝正, 駱福全, 井上品広, 桑川栄一, 水原隆道, 中西正樹, 能動関数の配列によるアクティブソフトウェアの構成, 日本ソフトウェア科学会第 20 回大会論文集, 2003 年度, 2003, 4B-1.
- (15.02) 渡邊勝正, 井上品広, 真嶋利彰, 伴野 充, 中西正樹, 山下 茂, 安全性を保証するアクティブソフトウェアの構成法, シンポジウム「システム検証の科学技術」, 2004, 115 - 125.
- (15.03) 井上品広, 中西正樹, 渡邊勝正, アクティブソフトウェア構築のための Java API, FIT2003, 2003, B-016.
- (15.04) 水原隆道, 中西正樹, 渡邊勝正, 自発的移送が可能なオブジェクト生成システムの開発, 電子情報通信学会 技術研究報告 KBSE2003, 2003, 1 - 8.
- (15.05) 伴野充, 中西正樹, 山下茂, 渡邊勝正, 能動関数モジュールを再配置可能なアクティブソフトウェア向けアーキテクチャの提案, 電子情報通信学会 技術研究報告 Design Gaia 2003, 2003, 151 - 155.
- (15.06) T. Majima, M. Nakanishi, K. Watanabe,
Automatic Generation of Java-Based, Database-Independent Query API, Technical Report of IEICE DE2003-115, 2003, 25 - 30.

これらの成果を踏まえて、更なる研究を進め、新しいプログラミング環境とコンピュータアーキテクチャの統合的な開発を目指す。

4.2 平成 16 年度の研究成果と主な研究成果

平成 16 年度は、2 年目として、昨年までの研究を基にして、次の点の研究と実験を進めた。

(1) アクティブで安全なソフトウェアに適したアルゴリズムの開発と設計法

ソフトウェアが常に安全に稼働することを基本目標に置いて、実行中の事前条件・事後条件に加えて、事前チェック・事後チェックによる記述を導入し、それに合わせたアルゴリズムの設計法を研究した。

(2) アクティブソフトウェアの記述法と言語処理の方式

能動関数を含んだプログラムを、C および C++ に変換する言語プロセッサを実現した。言語プロセッサによる変換の結果、関数の呼び出し関係のリストを出すこと、実行時の呼び出し状況を追跡することができる。

これにより、アクティブソフトウェアの構成と実行のわかり易さが向上した。

(3) アクティブソフトウェアを実行する可変構造ハードウェア環境

アクティブソフトウェアでは、能動関数の起動条件の検出方法が実行の効率に大きく影響する。そのため、プログラムに応じて、起動条件の検出や例外条件の検出を再構成可能なハードウェアで実現する新しいコンピュータアーキテクチャの構成について検討を進め、設計した回路の評価を行った。

(4) ソフトウェアの実行の安全性と実行の確実性を保証するハードウェア環境

ソフトウェアが外部からの侵入に犯されていないこと、確実に実行したことを保証するには、ソフトウェアの機能だけでは充分に実現できない。そのような機能を備えた新しいコンピュータアーキテクチャの方式を検討して、回路の設計を進めた。性能評価と実現について問題が残っている。

- (16.01) 渡邊勝正, 井上晶広, 山田洋平, 中西正樹, 山下茂, ソフトウェアの自己変更を支援する機構について, 電子情報通信学会 ソフトウェアサイエンス研究会 信学技報 SS2004-34, 2004, 1-6.
- (16.02) 井上晶広, 蔵川圭, 中西正樹, 渡邊勝正, コンポーネントベース開発のためのアプリケーションフレームワーク, 情報科学技術フォーラム FIT2004, 2004, 9-11.
- (16.03) M. Tomono, M. Nakanishi, S. Yamashita, and K. Watanabe, Event-Oriented Computing with Reconfigurable Platform, In Proc. of the 10th Asia and South Pacific Design Automation Conference ASP-DAC 2005, Jan., 2005, 1248-1251.
- (16.04) 中井伸郎, 中西正樹, 山下茂, 渡邊勝正, 配線リソースを考慮した再構成可能 1bit プロセッサアレイ, 情報処理学会 SLDM 研究会 SLDM2005-1, 2005, 7-12.
- (16.05) 岡崎篤也, 中西正樹, 山下茂, 渡邊勝正, 耐タンパ CPU によるプログラム実行の証明, 情報処理学会研究会報告 CSEC コンピュータセキュリティ Vol.2004, No.75, 2004, 165-170.
- (16.06) 岡崎篤也, 中西正樹, 山下茂, 渡邊勝正 CPU によるマルウェアコードの実行防止コンピュータセキュリティシンポジウム 2004, CSS2004, 2004, 6A-2, 421-426.

成果 (16.5) および (16.6) に関連して、工業所有権の出願をした。

「マイクロプロセッサ, ノード, 端末, コンピュータシステム及びプログラム実行証明方法」
岡崎, 中西, 山下, 渡邊, 特願 2005 - 013190, 2005 年 1 月 20 日

これらの成果を踏まえて、更なる研究を進め、ソフトウェアの新しい設計方法とそれに適したプログラミング環境およびコンピュータアーキテクチャの統合的な開発を目指す。

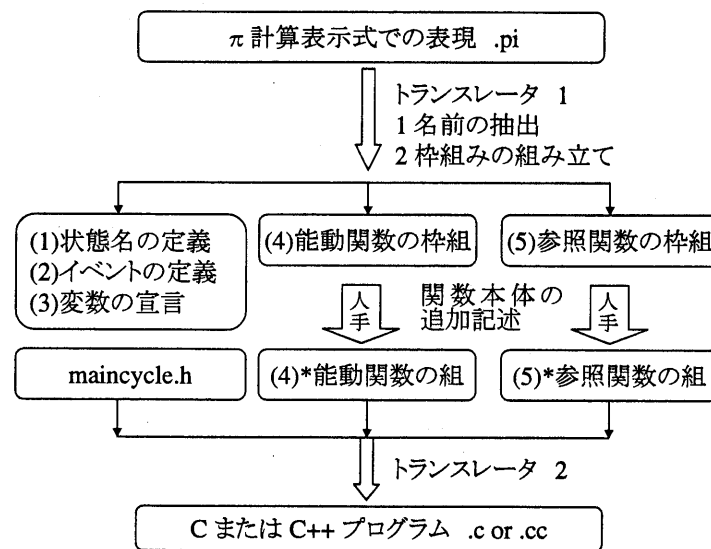


図 2: π 計算表示からアクティブソフトウェアの生成過程

4.3 平成 17 年度の研究成果と主な研究成果

本研究では、アクティブソフトウェア (Active Software) の考えに基づいて、大規模で安全なシステムの新しい設計法を確立すること、その開発環境を構成することを目指している。平成 17 年度は、研究の最終年度として、二年間の研究成果を基にして、次の研究と実験を進めた。

(1) 環境の変化に対応して常に安全に稼動するソフトウェアに適したアルゴリズムの開発と設計法

これを基本目標に置いて、仕様に添って安全に実行することを保証する事前条件・事後条件に加えて、予想していない状況に対応する事前チェック・事後チェックによる記述を導入し、それに合わせたアルゴリズムの設計法を研究した。いずれも、起動条件を備えた「能動関数」によって表現し構成している。

(2) アクティブソフトウェアの設計解析法とその記述の言語処理の開発

目的とするソフトウェアの動作を解析した結果を状態遷移図あるいは π 計算式で表現する。それを能動関数によるプログラムの枠組みに変換するツールと、そこから、C および C++ に変換する言語プロセッサを連結して、ソフトウェアの実装の支援をする流れを実現した。

これは、イベント駆動型の形式になっている。それにより、ソフトウェアの仕様の変更に伴って、プログラムの構成を変更するを行い易くする基盤を与えている。

また、関数の呼び出し関係のリストを出すこと、実行時の呼び出し状況を追跡できるようにすることで、プログラムの構成と実行をわかり易くしている。

(3) アクティブソフトウェアを実行する可変構造ハードウェア環境

アクティブソフトウェアでは、能動関数の起動条件となるイベントの検出方法が実行の効率に大きく影響する。そのため、プログラムに応じて、イベントの検出や例外条件の検出を常に監視する再構成可能なイベント駆動型の新しいコンピュータアーキテクチャの構成や、配線を柔軟に変更できるプロセッサ配列の構成について検討を進め、設計した回路の評価を行った。

(17.01) 渡邊勝正, 井上晶広, 伴野 充, 蔵川 圭, 中西正樹, 山下 茂, 能動関数によるアサーション検証設計, コンピュータソフトウェア, 22, 3, 2005, 76 - 91.

- (17.02) 渡邊勝正, 井上晶広, 蔵川 圭, 中西正樹, 山下 茂, 拡張に適したアクティブソフトウェアの設計解析法, 日本ソフトウェア科学会第 22 回大会論文集, 2005, Sep, 2005, 1C-3, CD-ROM.
- (17.03) 渡邊勝正, 駱 福全, 中西正樹, 山下 茂, π 計算表示から能動形プログラムの枠組みの生成, 電子情報通信学会技術研究報告 SS, 2006, 2006-6, 29 - 34.
- (17.04) M. Tomono, M. Nakanishi, S. Yamashita, K. Watanabe, Online FPGA Placement under I/O Timing Constraints, 電子情報通信学会技術研究報告 RECONF 2005-73, 2005 年 12 月, 7 - 12.
- (17.05) N. Nakai, M. Nakanishi, S. Yamashita, K. Watanabe, Reconfigurable 1-Bit Processor Array with Reduced Wiring Area, In. Proc. of International Conference on Engineering of Reconfigurable Systems and Algorithms (ERSA2005), 2005, 225 - 231.
- (17.06) 村上ユミコ, 中西正樹, 山下茂, 渡邊勝正, 不正者を識別可能な量子秘密分散法, 電子情報通信学会技術研究報告 ISEC 2005-55, 2005, 89 - 92.

このように、処理対象の形式や範囲を予め全て知ることができない応用や実行環境に対して、システムがどのように対応するかについて研究を進めてきた。

これらの研究を通して、問題解決システムの可変性・発展性が、ハードウェアとソフトウェアの両面に互って統合的に考えることが重要であることを再認識した。それは、ハードウェアとソフトウェアの別個の問題ではなく、両者が協調して解決されるべき問題である。それに向けて、新しいソフトウェアの構成方法と、それに適合した新しいコンピュータアーキテクチャを、ハードウェアとソフトウェアを一体として探求してきた。その基盤になるのが、「アクティブソフトウェア」の概念である。

三年間の研究の結果、アクティブソフトウェアの概念を基盤にして、安全で柔軟な構成をもつソフトウェアの新しい設計方法と、それに適したプログラミング環境およびコンピュータアーキテクチャの総合的な基盤のひとつを実現した。

今後、更に、能動性を特徴とした技術に共通の基盤を見出すことを目指していく。それは、マルチエージェント、アクティブデータベース、アクティブネットワーク、ユビキタスコンピューティングなどの実現に有効である。また、あらかじめ予測されていなかった事態が起っても、安全に走行するシステムの構築に効果をもつものと考えられる。