

平成21年 5月28日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18700023
 研究課題名 (和文) Web オントロジを用いた意味型システムの研究
 研究課題名 (英文) Semantic Type System Using Web Ontologies
 研究代表者
 倉光 君郎 (KURAMITSU KIMIO)
 横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授
 研究者番号：30323504

研究成果の概要：

本研究は、オントロジ意味推論システムとプログラミング言語の型システムの統合する点が新しいアイデアであり、独立開発されたソフトウェア部品の相互運用性が向上し誤動作を防ぐことができる。研究課題は、オントロジ意味推論のためのバーチャルマシン効率化、セマンティック・コンパイラ技術、更にユビキタス環境を想定したマルチプラットフォーム環境の組み込みシステム向けのコンパクト化である。研究成果は、Konoha プログラミング言語システムとして、オープンソースによる公開とソフトウェア配布を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,300,000	0	1,300,000
2007年度	1,100,000	0	1,100,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	330,000	3,830,000

研究分野：計算機科学

科研費の分科・細目：ソフトウェア

キーワード：情報学、プログラミング言語、ソフトウェア、オントロジ、意味論、言語設計、オープンソース、ユビキタス情報処理

1. 研究開始当初の背景

1999年、NASAのアメリカ開発チームとヨーロッパ開発チームがそれぞれフィート法とメートル法でプログラミングをしたため、そのバグが原因で火星観測衛星を失う事故があった。より実世界の意味を扱うことが可能なプログラミング言語を開発し、ユビキタス時代のソフトウェア品質の向上が期待されている。

2. 研究の目的

我々は、高度ユビキタス時代のソフトウェア開発の生産性と品質を向上させるため、意味型システムを導入した新しいスクリプティング言語 Konoha を開発し、その開発成果を次のサイトからオープンソース公開することである。

具体的には、既存の型システムに対し、オントロジ意味論を付加し、意味推論を可能にすることである。

次は konoha 言語から、Float 型に USD

(米ドル)という意味を付ける例である。
Float:USD 型の変数 price の値にも意味がついている。

```
>>> using
      Float:USD http://www/Currency/USD
>>> Float:USD price = 10;
>>> price
10.00000[USD]
```

また、意味推論は、セマンティックマッピングの機能によって、意味が同じかどうかを交換したり、判断することができる。
Float:EURO をユーロ型であると仮定すると、

```
>>> (Float:EURO)t
8.23000[EURO]
>>> 8.23EURO == 10.0USD
true
```

となる。本研究では、このような動作を実現する言語機構の研究と実際に開発を行うことであった。

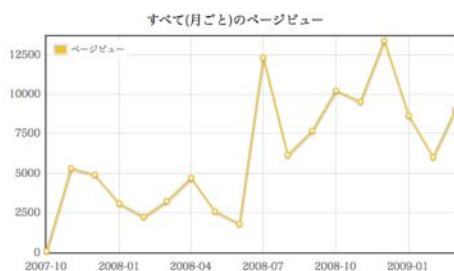
3. 研究の方法

我々は、次世代のユビキタスアプリケーション開発は、よりスクリプティング言語で行われるようになると想定し、新しいスクリプティング言語 Konoha を実装し、それを研究基盤として活用する方法を採用した。

既存のスクリプティング言語(Python, Ruby, JavaScript)は、UNIX や Windows などの比較的大規模なシステムの上で動作は可能であるが、組み込みシステムなどの低コンピューティングリソースの上での動作は難しかった。我々の研究成果は、次世代ユビキタス環境において「組み込みシステム」を含めたスクリプティング言語のバーチャルマシンの開発を目指し、低リソース環境での動作を可能とした。そのため、非インテル系 CPU、非 UNIX 系組み込み OS 上での動作検証を進めてきた。

2007年度より、開発したソフトウェアは、オープンソースとして公開し、ユーザからのフィードバックを受けながら開発を進めた。

プロジェクト統計情報: Konoha



4. 研究成果

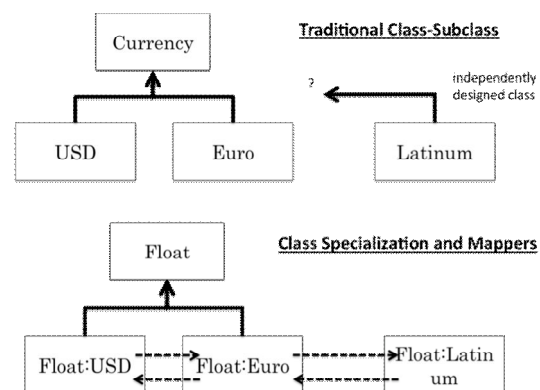
本研究課題では、高度ユビキタス時代に対応した新しいプログラミング言語 Konoha を独自に設計し、それを高速に実行するバーチャルマシンの開発を行った。研究開発の内容及びその成果は、次の3点に大別される。

- (1) 新しいプログラミングパラダイムである、セマンティックプログラミングの提案
- (2) 世界最高速のスクリプティング言語バーチャルマシンの開発

(1) セマンティックプログラミング

本研究課題で提案した新しいプログラミング言語設計のアイデアは、型に意味オントロジを付加して、実世界で利用している単位やポキャブラリを間違えることなく処理することであった。

Konoha は、上記とおり、既存のプログラミング言語の型(Int, Float, String)に Web オントロジで定義された意味を自由に付加する機能をサポートしている。これらのオントロジ意味推論を含めたプログラムを実行可能にするのが、セマンティック・コンパイラであり、学術的にも世界初の試みであった。オブジェクト指向プログラミング言語のパラダイムは、1970 年代に提案されたものであるが、ユビキタス時代を迎えて、単一のクラス設計によるソフトウェア開発は現実的な解とはいえない状況になっている。本研究では、意味的なオントロジの型付けにより、オブジェクト指向パラダイムを総補完的に拡張する新しいプログラミングパラダイムにたどり着いた。



(従来)オブジェクト指向プログラミング言語の相互運用性は、ポリモーフィズム(多態性)と呼ばれる性質に起因していた。これは、抽象的なクラスを定義し、実際のクラスはその抽象クラスの性質を継承することで、性質を共有することである。例えば、通貨単位をプログラミングする場合、Currency を抽象クラスとして、それを継承して USD, EURO などのクラスを実装する。この場合、USD や EURO は、Currency の性質を受け継ぐも

のとして、Currency として抽象的に扱ったプログラミングが行える。しかし、問題点が二つある。

(1) USD, EURO が Currency の性質を継承することがわかって、具体的に両者の関係がわからない。つまり、EURO で受け取っても、USD としてどうやって扱えばよいかわからない。

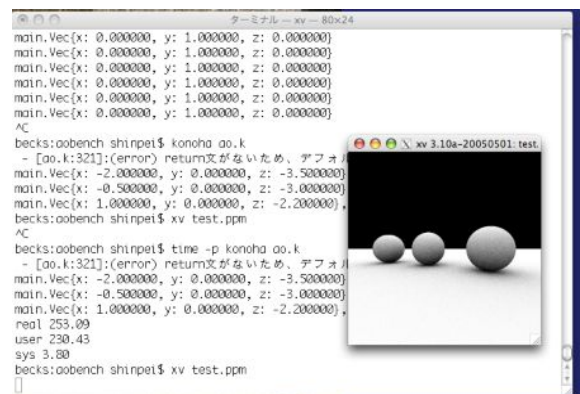
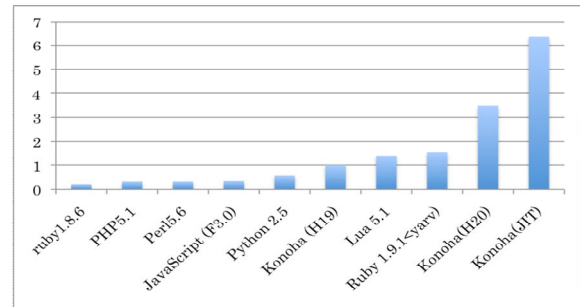
(2) 全く独立して開発されたクラスとの関連性は不明である。Latinum は、スタートレックにおいて宇宙人が使う通貨単位であるが、同じ Currency をベースに通貨設計するとは限らない。

(知見) Konoha 言語は、型に意味を与える手段として、オブジェクト指向モデルの継承に加え、セマンティックマッピングによる意味推論をもっている。これは、図でいえば、点線の矢印に相当する。したがって、Float:EURO で値を受け取っても、Float:USD に変換して利用することができ、この変換はプログラミング言語の型システム(キャスト演算子)に統合され、自動化することができる。また、セマンティックマッピングの特徴は、クラス設計とは異なり、プログラムの実行中であっても、後から追加できる点にある。したがって、全く異なる世界で使われてきた Latinum があっても、Float:EURO とセマンティックマッピングを追加するだけで、相互に運用することが可能になる。つまり、クラス設計とは独立して新しい相互運用性を提供することが可能となる。

(2) 高性能バーチャルマシンの開発
本研究課題の提案が行われた時点で、世界最高速のバーチャルマシンは、Lua5.1 であった。本研究課題では、Konoha バーチャルマシンにおいて、世界最高速のスクリプティング言語のバーチャルマシン技術を実現したといえる。



次の表は、fibonacci(36)ベンチマーキングによる各種スクリプティング言語の実行速度を比べたものである。平成 19 年度の konoha バーチャルマシンの速度を 1 として、平成 20 年度の開発成果(konoha(H20)), konoha(JIT 版)との速度比較を載せている。(参考までに、提案時の MERLOT は、ruby1.8.6 に比べても遙かに低速であった。) また、fibonacci(36) 以外にも、AOBench など、各種ベンチマークを実施し、軒並み高い性能を記録した。



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者、連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

Kimio Kuramitsu, "A Map-based Integration of Ontologies into an Object-Oriented Programming Language", *Artificial Intelligence in Theory and Practice II*, pp. 457-461, Volume 276, Springer, 2008. 査読有

[学会発表] (計 1 2 件)

[1] 倉光君郎. "次世代スクリプティング言語の開発", TRONSHOW2009, 学術セッション招待講演, (東京), 2008 年 12 月 10 日.

[2] 倉光君郎, "軽量オントロジによるセマンティックプログラミング", 人工知能学会セマンティック Web 研究会, A802-07, (大阪大学), 10 月 2008.

[3] Kimio Kuramitsu. A Map-based

Integration of Ontologies into an Object-Oriented Programming Language, IFIP AI2008, Milan, Italy, 7th-10th September 2008.

[4] 高井昭英、金又現、橋本諒太、倉光君郎 「組み込みシステム対応の軽量なデータベースドライバの実装」電子情報通信学会データ工学ワークショップ(DEWS2008), 宮崎, 2008年3月10日

[5] 村上直、倉光君郎 「SQLなどをマッピング定義として用いた軽量なORM機構」、電子情報通信学会データ工学ワークショップ(DEWS2008), 宮崎, 2008年3月10日

[6] 橋本諒太、倉光君郎. 「MapQL: マッピングに基づくオントロジクエリ言語」、電子情報通信学会データ工学ワークショップ(DEWS2008), 宮崎, 2008年3月10日

[7] 倉光君郎 「Konoha: ハイブリッドな型検査システムを備えたスクリプティング言語」日本ソフトウェア科学会プログラミング言語シンポジウムPPL2008, 仙台, 2008年3月5日

[8] 倉光君郎. 「ユビキタス環境のためのスクリプト言語の設計」情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会報告(UBI16)、東京、2007年11月29日

[9] 橋本諒太、金又現、伊藤俊延、倉光君郎. 「魔法の水晶: 音声インタラクションを備えた Ambient Display の実装」情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会報告(UBI16)、東京、2007年11月29日

[10] 倉光君郎. 「情報爆発時代に適した情報統合に適したスクリプト言語の設計」、情報処理学会データベースとWEBシンポジウム(DBWeb2007)、東京、2007年11月22日

[11] 倉光君郎、橋本諒太、中田晋平. 「ユビキタス環境ごとのアクセス制御モデルの切り替えをサポートするスクリプティング言語エンジン」情報処理学会コンピュータシステムセキュリティシンポジウム(CSS2007)、デモセッション、奈良、2007年10月27日

[12] Kimio Kuramitsu. "Merlot. A Next Generation Programming Language", Visiting Scholar Research Talk at Georgia Institute of Technology (Atlanta, USA) (Nov 29, 2006)

[その他]

ホームページ等

<http://konoha.sourceforge.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

倉光 君郎 (KURAMITSU KIMIO)

横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号: 30323504

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者