

審査の結果の要旨

氏名 マツイ, アウレリオ アキラ メーロ

本論文は **A Contract-based Programming Model for Distributed Computing** (分散コンピューティングのための契約に基づくプログラミングモデル) と題し、分散サービス指向コンピューティング環境において、クライアントやサーバーが守るべき契約を π 計算で記述し、領域固有言語で書かれたクライアントやサーバーのソースコードから π 計算の記述を生成して契約との間の互換性を検証するプログラミングモデルを提案するとともに、プロトタイプ実装を通じてその有効性を示したものであって、英文で書かれ、全 11 章からなる。

第 1 章 **Introduction** では、近年普及しているインターネット上の分散コンピューティング環境においては、並列動作に起因する各種の誤りを考慮する必要があるためプログラミングが困難であること、また、資源を提供する側と利用する側が別々にプログラムを開発することがしばしばあるため、それらの間の互換性を保証する必要があることを述べて、本研究の動機を示している。

第 2 章 **Distributed OOP** では、グリッドコンピューティング等の環境におけるプログラミングツールとして提案されているアスペクト指向プログラミングに関して、現在提案されているアスペクト指向プログラミング言語では、新たなクラスやメソッドを生成することが困難であるため分散コンピューティング環境に用いるには適していないことを述べ、それを補うものとして、注釈のついたソースコードからアスペクト指向プログラムとそこで用いるクラスライブラリの双方を生成することを提案している。

続いて第 3 章 **Message Domains** では、オブジェクト間でメッセージをやりとりする際に、それぞれのオブジェクトの役割とメッセージの種類に応じて、メッセージに対し読み書きいずれのアクセスを許可するか決めておいた方がプログラミング容易となることを述べている。

第 4 章 **Client handling of service-side FSMs and versioning** では、ドメイン固有言語を用いてクライアント・サーバー間の契約とプログラム実装との間の互換性を検証する最初の試みとして、有限状態機械を用いる方法について述べている。提案方式では、ドメイン固有言語で記述されたソースコードから抽象文法木を抽出し、有限状態機械と照合することにより、互換性を検証することができる。しかし、分散環境においてオブジェクトが並行動作する場合には、それを有限状態機械で表現しようとするとの状態数が指数的に増加し、困難である。

そこで、第5章 **ADSL for Contract-Centric Compatibility Assessment** では、契約を記述するための枠組みとして、有限状態機械に変えて、 π 計算を用いることを提案している。契約と実装との間の互換性は、 π 計算におけるシミュレーションの概念を用いて検証する。また、具体的な領域固有言語の文法を示し、スレッド生成、フォーク/ジョインといった並行動作に関しても、自然に π 計算の記述に変換できることを示している。

続いて第6章 **β channels: a π -calculus extension to one-to-many messages** では、実用プログラムで頻繁に用いられる1対多通信チャンネルをモデル化するための π 計算の拡張に提案している。提案方式では、契約と実装の互換性を、1対1通信チャンネルの場合と同様のシミュレーションにより検証することができる特徴である。

第7章 **A process calculus approach to a distributed middleware** では、第5章、第6章で提案した枠組みに基づき、プログラム開発を行うためのプログラミングモデルと、そのプロトタイプ実装について述べている。提案方式は π 計算に基づいているため、通信チャンネルを動的に生成したり、通信チャンネルの参照をプロセス間で受け渡すことが容易である。また、通信チャンネルをメモリ上に置くことで、単体テストが可能である。

第8章 **Case study - IRC Network** では、インターネット中継チャットを例として、同一の契約に対して、異なる実装を示し、それらがいずれも契約と互換性があることから、分散環境においてそれらが独立に開発が行われたとしても、それらの互換性を検証することが可能であることを述べ、本論文で提案した手法の有効性を確認している。

第9章 **Comparison between approaches** では、さまざまな観点から、従来の手法と本論文で示した手法の比較を行っている。全ての観点が優れた単一手法はない中で、提案手法は、ソースコードに対して、契約で必要とされる必要最小限の変更を要求するものであり、プログラマにとって受け入れやすいと述べている。

第10章 **Conclusion** では、本論文で得られた成果をまとめており、第11章 **Future work** では、提案手法の限界や、残された課題について整理している。

以上のように本論文は、分散環境において並列動作に起因するプログラムの誤りを無くすため、クライアントとサーバーが守るべき契約を π 計算で記述し、領域固有言語で記述されたクライアントおよびサーバーのソースコードから π 計算の記述を抽出して契約と照合することにより互換性を検証するプログラミングモデルを提案するとともに、プロトタイプ実装を通じてその有効性を示したものであって、電子情報工学上寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。