

## 審査の結果の要旨

氏 名 奥田 勝己

本論文は「A Study on Static and Dynamic Programming Assistance for Embedded Domain-Specific Languages (埋込みドメイン特化言語向け静的および動的プログラミング支援に関する研究)」と題し、英文6章より構成される。本論文は、汎用ホスト言語に埋め込む方式のドメイン特化言語 (Domain Specific Language: DSL) のためのプログラミング支援機構についてである。静的な側面からの支援機構と動的な側面からの支援機構を実装者の負担を抑えつつ実現するための方法を提案している。提案する方法により、従来は実装者の負担が大きいため採用が難しかったプログラミング支援を埋め込み方式の DSL でも採用できると論じている。

第1章「Introduction」では、本論文の提案の概要およびその動機を述べている。動機となる課題を具体的な例をもって示した後、課題を解決する方法を提案するにあたっての本論文の学術的な立場および貢献を概観している。

第2章「Domain-Specific Assistance in Embedded DSLs」では、第1章で示した動機となる課題を、学術的な背景や基礎的な関連研究を紹介しながら、詳細に議論している。ドメインに固有のプログラミング支援を静的な支援と動的な支援に分類し、それぞれを実現する要素技術についてその利点欠点について述べている。またそれらを埋込みドメイン特化言語の観点から論じている。具体的には、静的な支援を実現するための技術として構文拡張、プログラム変換器、構文解析向けの文法、構文拡張向けの構文解析アルゴリズム、island 文法、bounded seas、文法編集ツールについて紹介している。動的な支援を実現するための技術として、言語ワークベンチ、IDE (Integrated Development Environment) のカスタマイズ、Fluent APIについて広範に紹介している。また、本論文において動機となる課題を既存技術との差分で明確化している。

第3章「Lake Symbols」はプログラミング支援のための構文拡張に適したisland 構文解析を容易に利用するための新しい文法記号を提案している。Lake 記号は、island 文法に適した最短一致を実現するワイルドカード記号の一種であり、先行研究の bounded seas における water 演算子では使用することができなかった文法上の位置にも対応している。言語開発者は、文法中で詳細な規則の記述を省略したい部分で lake 記号を用いることで、目的とする構文解析器を比較的少ない文法規則から得ることができる。また、第3章では lake 記号で拡張した PEG (Parsing Expression Grammar) を

通常の PEG に変換するアルゴリズムも提案している。Lake 記号の有用性は、Java と Python の構文抽出を目的とする合計56個のタスクについて、それぞれ lake 記号の有無による2通りの island 文法と各言語の完全な文法とを比較した実験によって検証されている。本章の内容は、指導教員との共著論文として国際会議〈Programming〉2021にて公表されている。

第4章「Interactive Grammar Editor」は、第3章で提案した lake 記号を応用し、文法の作成を容易化するための文法編集ツールを提案している。この提案ツールでは、入力プログラム全体を lake 記号で読み飛ばす初期文法から開始し、文法規則の追加と動作確認を段階的に行うための対話による操作を提供している。また、編集中の文法から動作可能な構文解析器が常に得られるという性質を利用し、ユーザによる例示から操作適用のためのパラメータを補完する手法も提案している。提案ツールの有用性は、複数の実用的な構文拡張のための文法作成を通じたケーススタディで評価されている。

第5章「Dynamic Domain-Specific Assistance」は、ドメイン固有の動的なプログラミング支援を実現する埋め込みDSLの設計パターンとして divide-and-generate パターンを提案している。この設計パターンでは、言語設計者にプログラムを構成するファイルを複数に分割させ、言語のランタイムが個々のファイルの間で共有される名前に着目した支援コードを生成する。IDE は、生成された支援コードを通常のプログラムとして読み込むことで、プログラマに対してコード補完やエラーチェックの機能を提供する。第5章では、提案する設計パターンの適用性や制限をカタログ形式で整理し、実用的なプロセッサ記述言語へ適用した場合のケーススタディと実験結果について論じている。本章の内容は、指導教員との共著論文として国際会議 Symposium on Applied Computing (SAC 2021) にて公表されている。

第6章「Conclusions」は本論文をまとめている。本論文の研究の貢献とその現状における限界について述べている。また今後の研究の展望について論じている。

以上のように本論文は、ホスト言語に埋め込む方式のドメイン特化言語でドメイン固有のプログラミング支援を実現するための手法を提案し、その有用性と限界を既存の他の方式と比べながら議論している。また実際に提案する方式にしたがって動作するソフトウェアを作成し、その有用性を評価している。本論文の研究は、情報理工学に関する研究的意義と共に、情報理工学における創造的実践に関し価値が認められる。よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。