

## 論文の内容の要旨

論文題目	階層プランニング技術を適用した 適応型ソフトウェアの構築に関する研究
学 位 申 請 者	西村 一彦

### 第1章：序論

ソフトウェアシステムに対して、拡張、改良などの新たな要求が発生したり、セキュリティや性能といった非機能要件の変更が発生することは頻繁であり、こうした変化に対する柔軟性を備えるための技術が求められている。本研究の目的は、ソフトウェアシステムに対する仕様変更や、障害発生、運用条件の変更などさまざまな状況変化に対し、ソフトウェアシステムがその変化に対してどのようなアクションを取り、迅速に適応していくかに関する手法を確立することである。その実現に向けて、AIプランニング技術の一つである階層プランニング技術を拡張する方法を提案する。さらに、本研究では、高い適応力が求められている3つの領域：(1) Webサービスの合成、(2) 情報システムの運用管理、(3) ソフトウェア仕様獲得に対して、提案する階層プランニング技術を適用し、それぞれの領域における課題整理と、その課題解決に向けた支援方法を提案し、本技術の有効性を検証する。

第2章では、本研究の基本技術となるプランニング技術の動向について触れ、抽象階層プランニング技術について述べる。第3章から第5章までは、第2章で提案する階層プランニング技術を異なる分野に適用し、その有効性を評価する。

### 第2章：抽象階層に基づく階層プランニングシステム

本研究の中核技術となるプランニング技術の動向について触れ、探索効率の改善と高速化に向けた課題を整理し、課題解決の手段として、抽象階層プランニング技術を応用する。その応用にあたり、アクションを定義するオペレータからプランニングの効率化に寄与する抽象階層を自動的に決定する方法を提案する。本方法は、オペレータをその適用結果の類似性によって分類木としてまとめる。そして、オペレータの前提条件の達成の難易度を分析し、その結果を反映することによって抽象階層を得る。ロボットの行動計画問題を例にして性能評価実験を行い、従来手法との比較を行うことにより、提案手法の有効性を評価した。

### 第3章：階層プランニングによるWebサービスの自動合成

Webサービス合成問題に対してAIプランニング技術を適用した結果を述べる。与えられた目標に対して、多数の利用可能なサービスから適切なサービスを選択し、迅速かつ効率よくサービスを合成する方法を提案する。既存のWebサービス定義(WSDL文書)に対して、若干の情報を追加することによって、比較的容易に階層プランニング技術を適用することができた。また、Webサービスの自動合成機能を実装し、性能面での優位性を実験にて確認した。

### 第4章：階層プランニングによる自律システムの構築

障害発生等のシステムの変化に対して適切な対処方法をシステム自身が決定および実行する自律システムの実現へ向けて、Kramerらの3層アーキテクチャモデルを参照し、特にシステムがどのように対処するか戦略を立案する部分を実現するために、階層プランニング手法を応用した運用サービス自動合成の方法を述べた。システム運用に関わる各種サービスを個別に定義しておき、システムの状況や達成目標に対して、迅速に適切なサービス系列を得ることができた。さらに、運用時に必要な情報を収集する指針を事前に明らかにすることができた。

### 第5章：仕様獲得プロセスの知的支援

ソフトウェアシステムの仕様化作業を支援するために、その諸活動を分析するソフトウェアプロセスモデルの技術と階層プランニング技術を連携させた開発環境を提案する。システム仕様化作業に関するドメイン知識をビューポイントという概念で整理し、設計者の状況に合わせて適切なビューポイントとその切り替え手順を立案し、提示するしくみを実現する。このビューポイントの切り替え手順の立案は階層プランニング技術を応用して実現した。本研究では、実際に仕様化作業を支援する開発環境を試作し、評価した。

### 第6章：結論

システムに対するさまざまな状況変化に対して、柔軟に対応するソフトウェアシステムを実現するために、階層プランニング技術の応用について述べた。今後は、プラン実行時の状況変化の考慮、時間に関する知識表現とその利用、非機能要件(効率性、使用性など)の記述、予防的措置への対応など本研究の成果を実用化する上での課題解決が望まれる。

## 論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 西村 一彦

審査委員主査 大須賀昭彦

委員 岡本 敏雄

委員 渡辺 俊典

委員 末廣 尚士

委員 田原 康之

ソフトウェアシステムは社会活動を支える重要な基盤となり、ネットワークやインターネットの進化に合わせて、スケーラブルで可用性に優れたさまざまな新しいサービスが我々の日常生活の中に入り込んできている。また、システムはさまざまなコンポーネントを組み合わせて構築されており、複雑さが一層増している。さらに、多くのソフトウェアシステムに対して、拡張、改良などの新たな要求、外部システムの変更、およびセキュリティや性能といった非機能要件の変更が発生しており、一度構築されたシステムであっても運用中に改良、拡張が行われることは決してめずらしいことではない。

本研究は、このようなソフトウェアシステムに対するさまざまな状況変化に対して、ソフトウェアシステムが柔軟にかつ迅速に適応できるようにするために、AIプランニング技術の適用について取り組んだものである。ここで、AIプランニング技術は、アクションを定式化し、目標を達成するアクション系列を自動的にかつ効率良く求めることを目的とした研究である。

第2章では、AIプランニング技術の一つである抽象階層プランニング技術における課題を整理し、特にプランニングの高速化および効率化の観点から、抽象階層を自動的に決定する方法を提案している。プランニングの効率化に寄与する抽象階層を、アクションを定義するオペレータから自動的に決定する方法はオリジナリティの高いアイデアに基づいている。本章では、ロボットの行動計画問題を例に実証実験を行い、本提案が従来技術に比べて高速かつ効率の良いプランニングシステムを実現できることを明確に示している。

続く第3章から第5章では、変化に対する適応性が求められる分野として、(1) Webサービスの合成、(2) 情報システムの運用管理、(3) ソフトウェア仕様獲得を取り上げ、第2章で提案した階層プランニング技術の適用を提案している。

各章ともに、対象分野固有の課題を整理し、その課題を解決するための独自技術を提示し、試作システムによる評価ならびに検証結果を適切に述べている。

以下で、これら 3 つの取り組みを述べる。

(1) Webサービスの合成 (第3章)

この分野では、複数のWebサービス群を効率良く発見し、サービス系列を合成する手段が求められている。第3章では、Webサービスの合成問題に対して、階層プランニング技術を適用するために、既存のWebサービス定義からプランニングに必要な情報を獲得するための方法と、与えられた目標に対して、多数の利用可能なサービスから適切なサービスを選択し、迅速かつ効率よくサービス系列を合成する方法を明確に示している。さらに、Webサービスの自動合成機能を試作し、実験によって性能面での優位性を確認している点は高く評価できる。

(2) 情報システムの運用管理 (第4章)

大規模システムの運用管理に関する研究においては、システム構成の変更や障害に対して、システム自身が適切な対処方法を決定し、実行することが求められている。第4章では、自律システムの実現を目的として提案されたKramerの3層アーキテクチャモデルに基づき、システムの運用サービスの自動合成の支援を目指したものである。システム運用サービスの定義方法と、システムの状況や達成目標に対して迅速に適切なサービス系列を得る方法を提案し、試作システムによりその有効性を検証している。自律システムへ階層プランニング技術を適用する上での課題とその解決策を具体的に示している点は学術的に重要な研究成果と言える。自律システムの実現へ向けて、今後の発展が期待される。

(3) ソフトウェアの仕様獲得 (第5章)

ソフトウェアシステムの仕様獲得の作業効率と品質向上を目指した研究が活発に行われている。こうした背景のもとで、作業者の状況に合わせて適切なガイドやツールを提供するための支援技術の確立が求められている。本研究では作業者が置かれた状況や作業者の意図に合わせて作業プロセスを合成するために階層プランニング技術を応用する手法を提案している。提案手法に基づき仕様獲得を支援するシステムを試作し、この試作システムを用いた実証実験を行い、その有効性を具体的に検証している。階層プランニング技術によってソフトウェアの仕様獲得を定式化するアプローチはオリジナリティの高いものであるが、ソフトウェアプロセスモデリング技術を活用して進めるなど、実用面も意識した成果として評価できる。

以上で述べたように、本研究はオリジナリティに富み、実用性の高い分野での効果も示されている点で、高い価値を有するものである。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値を持つものと認める。