博士（工 学） 平 野 亮 太

学 位 論 文 題 名

コンポーネントウェアにおける仕様記述法と類似部品検索に関する研究

学位論文内容の要旨

近年のオブジェクト指向技術と，それを補強する位置付けにあるコンポーネントウェアによって，ソフトウェアをハードウェアのように規格化された部品を組み合わせて構築するための仕組みが提供されるようになった．また，インターネットなどを通じて再利用可能なソフトウェア部品が大量に提供されるようになった．コンポーネントウェアによる部品組み立て型アプリケーション開発では，「何を部品にするのか」，「どのような部品組み立て構造にするのか」といったアプリケーション全体の部品組み立て構造を決定するアーキテクチャ設計が重要となっている．

本研究では，アプリケーション全体の部品組み立て構造を決定するアーキテクチャ設計に対して、パターン記述法と呼ばれる仕様記述法を提案する．パターン記述法は，抽象レベルの仕様記述法であるが，単一部品や合成部品といった部品の大きさ(粒度)に関係なく，それらに統一的な記述形式を与える．また、本研究では、パターン記述の分解法，合成法を定義する．その結果，アプリケーションの要求仕様として記述されたパターン記述を．いくつかの部分仕様に分解し、分解された各部分仕様を満たす部品を合成部品に組み立てることで、部品組み立てによるアプリケーション開発を可能にする。

コンポーネントウェアによるアプリケーション開発では、部品を蓄積し、その中から，開発者やエンドユーザのニーズにマッチする部品を検索できるようにする必要がある．インターネットなどで流通されている部品には，同じ機能や類似した機能をもつ部品が多数存在する場合がある．同じ機能や類似機能をもつ部品を何度も開発することは効率的ではなく，また部品化の意味を失わせることになる．

本論文では，さらに，パターン記述法を利用したソフトウェア部品の類似検索法を提案する．パターン記述間の半順序関係を定義し，これを類似尺度に用いた類似部品検索法を提案する．パターン記述法では，単一部品や合成部品といった部品の大きさ(粒度)に関係なく，それらに統一的な記述形式を与える．このため，ある問い合わせに対して，それを満たす合成部品や単一部品の検索が可能となる．本論では、さらに、この類似部品検索法の高速化手法の提案し，その評価を行うことで，その実用性を示した．

学位論文審査の要旨

主　査　　教　授　　田　口　　譲

副　査　　教　授　　原　口　　誠

副　査　　教　授　　伊　達　　惇

学位論文題名

コンポーネントウェアにおける仕様記述法と類似部品検索に関する研究

近年，オブジェクト指向技術と，それを補強する位置付けにあるコンポーネントウェアによって，ソフトウェアをハードウェアのように規格化された部品を組み合わせて構築するための仕組みが提供されるようになった．インターネットを通じて再利用可能なソフトウェア部品が大量に提供されるようになっている．コンポーネントウェアによる部品組み立て型アプリケーション開発では，「何を部品にするのか」，「どのような部品組み立て構造にするのか」，「利用できる部品はどれか」といったアプリケーション全体の部品組み立て構造を決定するアーキテクチャ設計が重要となっている．

本研究は，アプリケーション全体の部品組み立て構造を決定するアーキテクチャ設計に対して，パターン記述法と呼ばれる仕様記述法を提案し，パターン記述の分解法，合成法を理論的に解明し，これを用いて，アプリケーションの要求仕様が与えられた際に，これを抽象化してパターン記述で表現することにより，このアプリケーションの分解構造を求め，各抽象化部分仕様を求めるアルゴリズムと，これらの抽象化部分仕様を満たす各コンポーネントを既存コンポーネントのライブラリから探し出す検索法を提案している．抽象化仕様を満たす部品は，必ずしも元の機能仕様を満たすとは限らないので，この検索法はコンポーネント・ライブラリの検索の際のフィルタリングとして用いる．検索されたコンポーネントを組み立てることにより，アプリケーションを開発することができる．

パターン記述法は，単一ないし合成コンポーネントの機能仕様を，このコンポーネントの入出力ポートの集合と，これらのポート間の状態更新と参照に関する依存関係によって，抽象的に記述したもので，単一部品や合成部品といった部品の大きさ(粒度)に関係なく，それらに統一的な記述形式を与える．

コンポーネントの仕様記述法と類似部品検索に関する研究は，仕様の抽象化記述をどこまで詳細に行うかと，その仕様に基づく効率のよい検索アルゴリズムを提案することとの間のトレードオフが問題となる．従来の研究では，抽象化仕様記述として，ポートの型のみ

が用いられるか，ポート間の更新のみに関する依存関係が用いられていた．これらの抽象化記述法をコンポーネントの分解と合成に関して閉じた記述法として論じることはなく，分解可能性に関する議論や，合成コンポーネントの抽象化記述の合成法に関する議論は見られなかった．

本論文は，抽象化仕様記述として，ポート間の更新と参照に関する依存関係の集合を用いることを提案している．あるポートAが更新されたとき，別のポートBが更新されるという依存関係に，この更新の際に値が参照されるポートの集合を付随させている．このような依存関係の集合は，ポートを頂点とし，依存関係を辺とし，参照関係を特殊辺とするハイパーグラフとして表現できる．

本論文の前半では，このハイパーグラフに関節点が存在することが，この抽象化仕様を持つコンポーネントの分解可能性に対応することを示し，分解合成に関する理論を確立し，パターン記述法で記述された抽象化仕様から，アプリケーションの分解構造を求めるアルゴリズムを示している．

本論文の後半では，ある仕様が別の仕様の部分仕様になっているという関係を取り扱うために，パターン記述法に基づいて記述された抽象化仕様記述の間に半順序関係を定義する．次に，与えられた抽象化仕様に対し，そのあらゆる部分仕様を含む抽象化仕様の集合を考え，個々の抽象化仕様を頂点とし，その間の半順序関係を辺とするグラフを定義する．既存コンポーネントのライブラリに対しては，ライブラリ中のすべてのコンポーネントに対しそのすべての部分抽象化仕様を含む集合を考え，これらをすべて合わせた集合を頂点集合とし，半順序関係を辺とするグラフを定義する．要求仕様として与えられた抽象化仕様に対し，これを満たすライブラリ中のコンポーネントを検索することは，入力仕様，ないしはその分解後の各部分仕様に対し，ライブラリに対応するグラフの頂点の中からこれに一致する仕様を探し出すことに置き換えられる．見つかった頂点が登録されているコンポーネント自体であればこれを用い，そうでなければ，グラフの辺をたどって，この仕様を部分仕様として含む頂点を辿り，登録コンポーネントに辿り着くことができる．

残された問題は一致検索とグラフ探索の高速化である．本論文は，コンポーネントの抽象化仕様を低い縮退率で符号化したシグネチャを定義し，このシグネチャを用いて，一致検索をハッシングに基づいて処理する効率の良いアルゴリズムを提案し，残された問題を解決している．さらに，その性能をシミュレーション実験により評価し，ハッシュ法の最適化を行うと共に，実用性を検証している．

これを要するに，著者は，コンポーネントウェアにおける仕様記述法と分解合成に関する理論，類似部品検索の理論と効率の良い実現法に関して新知見を得たものであり，ソフトウェア工学に対して貢献するところ大なるものがある．

よって著者は，北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める．