

学位論文題名

# マイクロワールドの統合と活動履歴の部品化を実現する ツールキット・フレームワーク・アーキテクチャの研究

## 学位論文内容の要旨

学習支援システムは、コンピュータの応用分野の一つとして、早くから開発が進められ、現在では、学習者のモデルを持つ知的学習支援システムや、学習者がコンピュータ上で試行錯誤をしながら学習することができる環境型学習支援システムなどさまざまな学習支援システムが提案されている。しかし、従来の学習支援システムには次のような問題がある。①教師が授業内容に合わせ教材を用意したり、教材の内容を編集したりできない。②複数のシステムを組み合わせて学習するとき、一方で利用した、教材を他方で再利用することができない。③コンピュータに接続された実験装置を任意の学習支援システムから利用できない。④学習者をサポートするヘルプ機能や教授機能を編集することができない。⑤ユーザ操作を部品化して、編集したり、学習支援システムの中で再現したりできない。⑥学習支援システムが提供する部品やツールをユーザ間で交換できない。

本研究では、これらの問題を、教授法やカリキュラムに起因する問題としてではなく、学習支援システムを実現するために使われているシステムアーキテクチャやフレームワークの問題として捉え、メディアコンポーネントウェアである Intelligent Pad を用い、学習支援システムのための新しいシステムアーキテクチャとフレームワークを提案することにより、問題の解決を試みている。

第1章では、研究の背景と論文の構成を示している。第2章では、現在の学習支援システムが抱える問題点を、システムアーキテクチャやフレームワークの問題として捉え論じている。

第3章では、Intelligent Pad のシステムアーキテクチャと連携機構を紹介している。Intelligent Pad は、スロット間の標準化を行ったが、各アプリケーションがスロットを介して利用するデータの標準化を行っていない。

第4章では、パッド間の標準メッセージを利用し、スロットを介して授受されるデータにタグ付きのリストを用いることによって、部品間の信号データの標準化を行い、ジェネリックに新しい部品を定義することができる「キーワード・メッセージ・コントロールフレームワーク」を提案している。このフレームワークを学習支援システムに適用することによって、マイクロワールドを構成する異なるツールをユーザが容易に再利用再編集できるシステムが実現可能になった。初等力学の学習に適用した例では、バネや滑車等の力学

部品を組み合わせてジェネリックに新しい部品が定義できる。

第5章では、コンピュータの外部にあるオブジェクトとマイクロワールド内のオブジェクトとの機能連携を容易に定義できるフレームワークを提案している。実世界のツールを制御するプロキシパッドを開発することによって、実世界のツールとコンピュータ上のツールを、パッドの貼り合わせ操作によって統合連携できるばかりでなく、実世界にあるツールどうしをコンピュータ上のツールを介して連携したり、コンピュータ上のツールどうしを実世界のツールを介して連携させることが可能になった。

第6章では、オブジェクトを組み合わせてアプリケーションを生成するときに必要なオーサリング機能を実現するフレームワークを提案している。メディアの切替えや提示の切替え機構を、コーディネーションの部品化で実現している。切替えの制御プログラムは小さな制御単位で作成され、このプログラムをツリー状に貼り合わせた合成パッドでコーディネーションが実現される。ここでもキーワード・メッセージ・コントロールフレームワークが用いられ、ユーザはコーディネーションを再利用再編集することが可能である。教授機能をコンポーネントウェア化することによって教授機能どうしの統合や教授機能と環境型学習支援システムの統合を可能にした。

第6章では、ユーザの操作履歴を部品化し、その再利用と編集を可能にするフレームワークを提案している。操作履歴をマクロにして再現できるだけでなく、他の操作履歴と組み合わせたり、すでに開発したツールと連携させて利用することが可能となる。遠隔コンピュータ上のツールを操作し、過去に行った操作を再現することが可能となった。これにより、教材の配送と同時に操作内容も配送できる授業支援システムが実現できた。

これらの機能は、すべて共存させて利用することができる。

第8章では、これらのフレームワークをプログラミング実習の学習支援に適用し、その効果を評価している。

第9章は上記の成果をまとめている。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 田 中 謙  
副 査 教 授 原 口 誠  
副 査 教 授 嘉 数 侑 昇  
副 査 教 授 北 島 秀 夫

## 学位論文題名

### マイクロワールドの統合と活動履歴の部品化を実現する ツールキット・フレームワーク・アーキテクチャの研究

学習支援システムは、コンピュータの応用分野の一つとして、早くから開発が進められ、現在では、学習者のモデルを持つ知的学習支援システムや、学習者がコンピュータ上で試行錯誤をしながら学習することができる環境型学習支援システムなどさまざまな学習支援システムが提案されている。しかし、従来の学習支援システムには次のような問題がある。①教師が授業内容に合わせて教材を用意したり、教材の内容を編集したりできない。②複数のシステムを組み合わせて学習するとき、一方で利用した、教材を他方で再利用することができない。③コンピュータに接続された実験装置を任意の学習支援システムから利用できない。④学習者をサポートするヘルプ機能や教授機能を編集することができない。⑤ユーザ操作を部品化して、編集したり、学習支援システムの中で再現したりできない。⑥学習支援システムが提供する部品やツールをユーザ間で交換できない。

本研究では、これらの問題を、教授法やカリキュラムに起因する問題としてではなく、学習支援システムを実現するために使われているシステムアーキテクチャやフレームワークの問題として捉え、メディアコンポーネントウェアである Intelligent Pad を用い、学習支援システムのための新しいシステムアーキテクチャとフレームワークを提案することにより、問題の解決を試みている。

第 1 章では、研究の背景と論文の構成が示されている。第 2 章では、現在の学習支援システムが抱える問題点が、システムアーキテクチャやフレームワークの問題として捉えられ論じられている。

第 3 章では、Intelligent Pad のシステムアーキテクチャと連携機構が紹介されている。Intelligent Pad は、スロット間の標準化を行ったが、各アプリケーションがスロットを介して利用するデータの標準化を行っていない。

第 4 章では、パッド間の標準メッセージを利用し、スロットを介して授受されるデータ

にタグ付きのリストを用いることによって、部品間の信号データの標準化を行い、ジェネリックに新しい部品を定義することができる「キーワード・メッセージ・コントロールフレームワーク」を提案している。このフレームワークを学習支援システムに適用することによって、マイクロワールドを構成する異なるツールをユーザが容易に再利用再編集できるシステムが実現可能になった。初等力学の学習に適用した例では、バネや滑車等の力学部品を組み合わせてジェネリックに新しい部品が定義できることが報告されている。

第5章では、コンピュータの外部にあるオブジェクトとマイクロワールド内のオブジェクトとの機能連携を容易に定義できるフレームワークが提案されている。実世界のツールを制御するプロキシパッドを開発することによって、実世界のツールとコンピュータ上のツールを、パッドの貼り合わせ操作によって統合連携できるばかりでなく、実世界にあるツールどうしをコンピュータ上のツールを介して連携したり、コンピュータ上のツールどうしを実世界のツールを介して連携させることが可能になった。

第6章では、オブジェクトを組み合わせてアプリケーションを生成するときに必要なオーサリング機能を実現するフレームワークが提案されている。メディアの切替えや提示の切替え機構が、コーディネーションの部品化で実現されている。切替えの制御プログラムは小さな制御単位で作成され、このプログラムをツリー状に貼り合わせた合成パッドでコーディネーションが実現される。ここでもキーワード・メッセージ・コントロールフレームワークが用いられ、ユーザはコーディネーションを再利用再編集することが可能である。教授機能をコンポーネントウェア化することによって教授機能どうしの統合や教授機能と環境型学習支援システムの統合を可能にした。

第6章では、ユーザの操作履歴を部品化し、その再利用と編集を可能にするフレームワークが提案されている。操作履歴をマクロにして再現できるだけでなく、他の操作履歴と組み合わせたり、すでに開発したツールと連携させて利用することが可能となる。遠隔コンピュータ上のツールを操作し、過去に行った操作を再現することが可能となった。これにより、教材の配送と同時に操作内容も配送できる授業支援システムが実現できた。

これらの機能は、すべて共存させて利用することができる。

第8章では、これらのフレームワークがプログラミング実習の学習支援に適用され、その効果が評価されている。

第9章は上記の成果をまとめている。

これを要するに、著者は、現在の学習支援システムが抱えるツールやコーディネーションや操作履歴のジェネリックな部品化と、それらの再利用と編集に関する問題点を、システムアーキテクチャとフレームワークの問題と捉え、コンポーネントウェアシステムを基盤として用いることにより、これらの問題を解決する、新しいシステムアーキテクチャとフレームワークを提案し、これらを実際の学習支援システムの開発に適用してその有効性を実証したもので、電子情報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。