

分散処理環境上の演習支援システム の一構成

福島 学* 浮貝 雅裕** 菅原 研次**
*富士ゼロックス **千葉工業大学

UNIXワークステーションとイーサネットワークを用いたソフトウェア系の演習授業のためのネットワーク型CAIシステムについて述べる。演習授業に必要な機能を学生用ワークステーション、教員用ワークステーションおよび演習支援サーバ用ワークステーションに分散させ、これらの機能を結合するための演習支援用プロトコルをTCP/IP上に規定した。ここで規定されたボードプロトコルと管理プロトコルを用いてネットワーク環境内に分散したモジュールが協調的に演習を支援する。現在Smalltalk-80を用いて本演習支援システムの開発を進めている。

A Support System for Programming Laboratories using LAN

Manabu Fukushima* Masahiro Ukigai** Kenji Sugawara**
*Fuji Xerox **Chiba Institute of Technology

This paper presents a network-based CAI system for programming laboratories using unix workstations. Required functions to support such laboratories are distributed as functional modules to Student, Teacher and Assisting-Laboratory-Server workstations. In order to make communication links among these functions, a Board protocol and a Managing protocol are constructed on TCP/IP. The modules distributed in this network system support laboratory execution cooperatively based on the defined communication protocols. Proposed laboratory support system is under implementing using Smalltalk-80 environment.

1. はじめに

科学技術や社会システムの急速な進展に伴い大学や企業などにおける高度教育や生涯教育の重要性が増してきている。このための効果的な教育システムを実現する手法の一つとして、計算機支援型の教育システムの研究が進められてきた。計算機支援型の教育技術としては伝統的CAIから知的CAI (ITS) への移行が試みられている。また計算機システムとしてはスタンドアロン型のパーソナルコンピュータからコンピュータネットワークシステム上の統合型教育支援環境への移行の必要性が指摘されている[1]。

パーソナルコンピュータ上に構築されたスタンドアロン型CAIシステムでは将来のCAIに対する要請に対応できない理由としては、教材表示機能、膨大な教材の効果的な管理やITSの為に必要な大規模ソフトウェアシステム構築の為に十分な能力を持っていない事などがあげられる。従って、現在進められているような計算機支援型の教育技術の方法論とその支援システム技術、教材作成技術(オーサリング)や教材管理技術(CAIデータベース)、CMI技術などの個々の教育支援技術の確立と共にそれらを分散処理環境内で統合した教育支援環境を構築する技術の開発も必要である[2]。

CAIを実施形態の面から大きく分類すると個別教育と集団教育に分類される。個別教育とは例えば授業の理解度の個人差を補うための補習などで個人で自由に利用する形態を言い、集団教育とはプログラミングの演習等のように限られた時間枠内で授業の進行をある程度コントロールしながら教育を進めていく形態である。前者は学習者が計算機と自由な対話しながら学習を進めていくITSの枠組みが重要となり、後者は教材の配布、問題の提示やレポートの回収、分析などのCMIの要素が重要となる。

千葉工業大学情報工学科ではUNIXワークステーション45台とイーサネットワークにより構成される分散処理環境を用いてソフトウェア系の演習授業を行ってきた[3][4][5]。この演習授業の経験に基づいて、集団型の教育を行う場合に必要となる枠組みについて様々な検討を行いSmalltalk-80を用いてネットワーク型の演習支援システムの試作を行ってきた。

本報告ではネットワーク型演習支援システムに必要な機能と分散されたそれらの機能を結合するための通信方式について述べる。

2. ネットワーク型演習支援システム

2.1. 演習授業のためのコースウェアモデル

演習授業は図2.1に示されるように、まず初めの演習授業において演習ガイダンスが行われる。ガイダンスでは演習システムの操作法が説明される。ガイダンス後に演習コースウェアに基づいて実際の演習を行い、半期の演習コースが終了した段階で総合レポートを作成し、総合評価がな

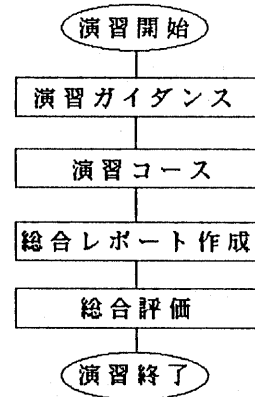


図2.1 演習授業の流れ(半期)

されて半期の演習授業が終了する。各週の演習コースウェアは図2.2に示すようにコースウェアモードと単元モードから構成される。コースウェアモードとは演習単元選択やアドバイスなどのコースウェアに関する対話を行うモードで単元モードとは演習を実行するモードである。

一週の演習授業の流れは図2.2に示されるように前回の演習の続きから今回の演習を行うべき所定のコースの指示が演習システムからなされる。これをうけて学習者はコースウェアモードにおいて、演習項目や教材の難易度等を選択できる。このための対話インタフェースとして図2.3に示されるコースウェアブラウザが用いられる。

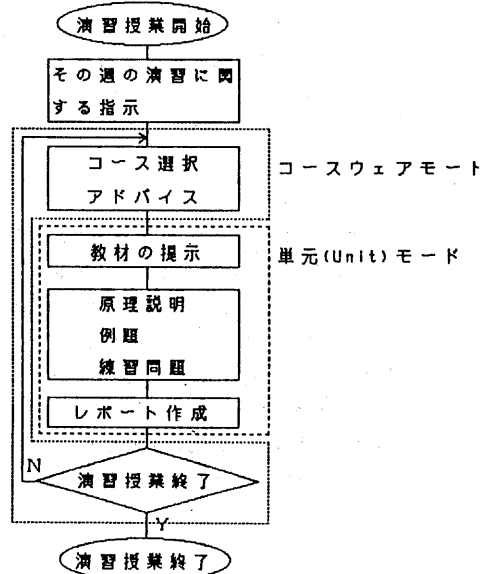


図2.2 1週の演習授業の流れ

コースウェアブラウザではコースおよび各単元に

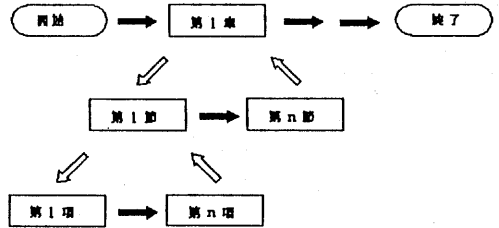
関してそれぞれの演習目的や概要および現時点で自分が選択できるかどうかの学習履歴、また、選択出来ないのであれば、何をすれば選択可能になるか等のアドバイスに何をしてシステムと対話を行い、コースおよび単元の選択を行う。コースウェアブラウザによってコースおよび単元の選択がなされると、実際に学習を行う単元モードに移り、各単元の教材に基づいた教材の提示を受ける。

各単元は次の4種類の教材から構成されている。

- 1) チュートリアルテキスト
学習項目に関する説明テキスト
- 2) 例題
テキストの理解を促進するための例題
- 3) 練習問題
原理説明および例題に出されているものをベースに作られた練習問題を解く
- 4) レポート作成
単元の内容が出来たかを確認するためにレポートを作成する

各演習単元では、最終的にレポートを作成することによりその単元を終了し、再びコース選択にもどる。

コースウェアはサブコースウェア或は単元をノードとして持つ階層型グラフで表現される(図2.4)。したがって、演習授業では全体として、その演習で目的としている単元ノードを終了する事、すなわち、コースウェアにおいて設定する最終コースウェアノードを終了する事が目的となる。



■2.4 コースウェア

2.2 演習授業のためのLAN

本演習システムは45台のUNIXワークステーションからなり、各ワークステーションはイーサネットのTCP/IPプロトコルによって結ばれている。ワークステーションは、演習授業を受ける学習者用と演習授業を行う教員用と演習授業において使われる情報を管理する演習サーバ用の3種類がある(図2.6)。

この単元を学習するためには、以下に挙げる基礎単元の学習が必要です。
 オブジェクトとメッセージ/System Classes
 文法/Numbers
 文法/Characters
 文法/Strings

自分の履歴を見るためには'履歴'をポップアップメニューから選択してください

図2.3 コースウェアブラウザ

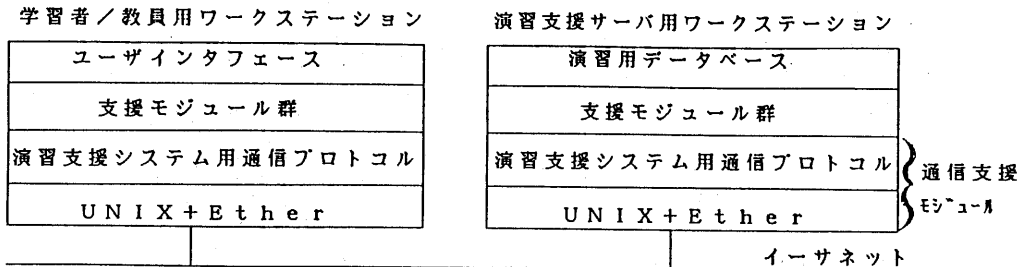


図2.5 演習支援システムの構成

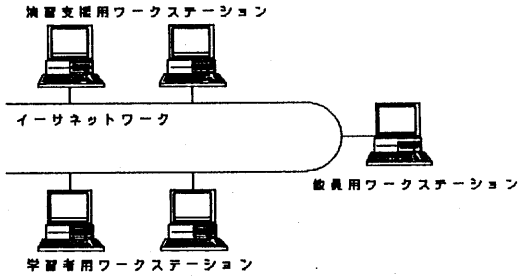


図2.6 演習模擬のためのLAN

演習システムにおける各ワークステーション間にはTCP/IPプロトコルの上に演習システム用通信プロトコルが規定されている。演習システムにおける演習支援モジュール群はこのプロトコルを用いてワークステーションが構成する分散処理環境内で通信を行う事により全体として演習授業の支援を行う(図2.5)。

演習支援システムの構成の概念図を図2.7に示す。この図では演習支援モジュール群が通信を行う論理的通信網をCommunicationFieldと呼んでおり、このCommunicationFieldは先に述べた演習システム用通信プロトコルによりLAN上の複数ワークステーションにある複数支援モジュール間の情報の交換を実現している。

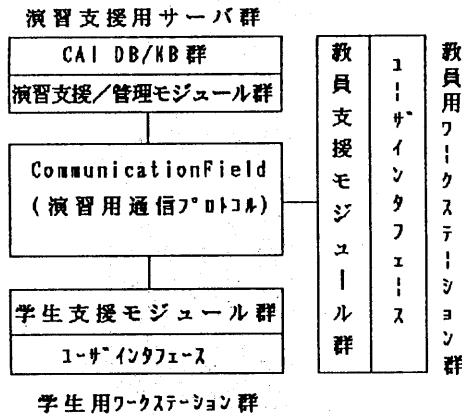


図2.7 演習システム概念図

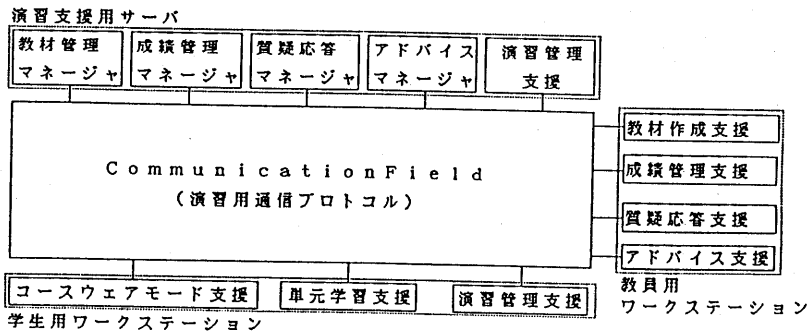


図2.8 演習支援システムにおける通信支援モジュールと支援モジュール

2.3 演習支援機能

本演習支援システムでは、学生支援機能、教員支援機能および演習に必要な情報をネットワーク上の各ワークステーションに配布、回収、管理する演習サーバ機能を実現する。これらの機能の詳細を図2.8に示す。各機能は学生用ワークステーション、教員用ワークステーション、演習サーバ用ワークステーションに支援モジュールとして実現されており、これらの支援モジュールは論理的通信路であるCommunication Fieldにおける演習支援システム用プロトコルを用いて通信を行いながら統合的演習支援環境を実現している。

以下に演習支援システムのための支援モジュールを列挙する。

【学生支援用モジュール群】

- コースウェアモード支援モジュール
演習授業において学生のコースウェア選択、演習履歴や成績の参照、コースや単元の概要参照を支援する。
- 単元学習支援モジュール
単元学習において、演習を円滑に行えるよう、教材、例題、練習問題、レポート問題を掲示し、理解が進まない学生に対してヒントまたはアドバイスを与えて支援する。
- 演習管理支援モジュール
教材の配布、演習結果やレポートの送付等の演習環境を管理するための学生用ワークステーション側の管理モジュール。演習支援サーバの演習管理支援モジュールのスレーブモジュールとなる。

【教員支援用モジュール群】

- 教材作成支援モジュール
教員が演習用の教材(コースウェアおよび単元教材)を作成することを支援する。演習支援サーバの教材管理モジュールと協調して教材データベースの検索や登録を支援する。
- 成績管理支援モジュール
学生が演習の結果として生成するレポートの評価およびその結果である成績の管理を支援する。

● 質疑応答支援モジュール

学生が演習を行う際に利用する質疑応答用知識の作成および演習支援サーバで応答しきれない質疑に対して直接教員が応答する事を支援する。

● アドバイス支援モジュール

アドバイスを生成するための知識の作成等を支援する。

【演習支援サーバ用モジュール群】

● 教材管理マネージャ

要求された教材の配布が行えるよう、教材データベース群の管理を行う。

● 成績管理マネージャ

演習の結果として回収されたレポートの分析やその結果から学習履歴や成績のデータベース群の管理を行う。

● 質疑応答マネージャ

演習授業における質疑応答のための知識ベースの管理および質疑応答の履歴の獲得を行う。

● アドバイスマネージャ

演習中、学生から出されるアドバイス要求に対応したアドバイスを生成するための情報を管理する。

● 演習管理支援マネージャ

演習教材を学生ワークステーションに配布したり、学習結果やレポートの回収を管理する。学生ワークステーションの演習管理支援モジュールのマスターになる。

各支援モジュールはいくつかのサブモジュールから構成され、それらが協調することにより必要な支援機能を実現している。また、上記の支援モジュール群もそれぞれ分散処理環境内で演習用通信プロトコルを用いて協調する事により、全体として演習授業支援システムが構成される。

2.4 演習支援システムの通信プロトコル

2.3節で述べた支援モジュール間の分散協調を実現するために、図2.6に示す演習支援システム用通信プロトコルを定めた。この通信プロトコルはTCP/IPの上のアプリケーションレベルプロトコルとして実現されている。本プロトコルは支援モジュールが互いに同レベルのモジュールとして水平分散協調をおこなうためのものと、支援モジュールがマスター/スレーブの関係で垂直分散協調を行うためのものが用意されている。前者の水平分散協調のためのプロトコルをボードプロトコルと呼び、垂直分散協調のためのプロトコルを管理ボードプロトコルと呼ぶことにする。以下にそれぞれのプロトコルについて記す。

2.4.1 ボードプロトコル

ボードプロトコルとは、基本的にはブラックボードモデル[8][9]に基づいた通信規約を分散処理環境上に実現したものである。ボードプロトコ

ルではボードシステムへのread/writeにより水平分散協調的通信を行う。ボードシステムによる通信とは、分散環境上の複数ワークステーション間で、ボードシステムが提供するボードを共有する事により、相互に情報を交換するものである(図2.9)。すなわち、各ワークステ

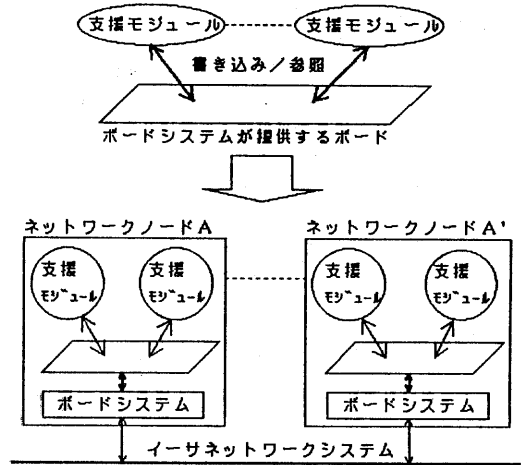


図2.9 ボードシステムによる情報の共有

ーションのボードシステム上に構築されるシステムは、ボードシステムの提供するボードを参照することにより、他のワークステーションのボードシステム上に構築されるシステムと情報を共有する事可能とするものである(図2.10)。

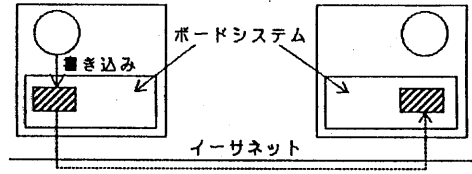


図2.10 ボードシステムによるボード上の情報の交換

ボードシステムが提供するボードとしては、同一マシン上の複数支援モジュール間で情報を共有するためのLocalBoardとネット上の他のマシン上の複数支援モジュール間で情報を共有するためのNetBoardがある。各ボードにはネットワーク上でユニークな識別子(ボード名)が定義されており、ボードを利用する各支援モジュールは、使用するボード名をボードシステムに指定することにより、支援モジュールとして使用するボードがNetBoardであってもLocalBoardであってもその違いを意識する事なく利用でき、情報の共有を行う事が可能となっている。

図2.12にボードプロトコルに基づいた情報交換の流れを示す。

ボードは以下に示すようにボード固有の情報と複数の情報により構成されている(図2.11)。

```

<Board> ::= <BoardName> { <NetBoard>
    <NetAddress> <NetAddress> * |
    <LocalBoard> }
    <AvailableModuleList>
    { <Information> <TimeStamp>
    <ModuleDescription> }
    { <Information> <TimeStamp>
    <ModuleDescription> } *
<BoardName> ::= String
<AvailableModuleList> ::= <ModuleDesc>
    <ModuleDesc> *
<ModuleDesc> ::= <LocalModule | NetModule>
<LocalModule> ::= <ModuleName>
<NetModule> ::= <NetAddress> <ModuleName>
<ModuleName> ::= String

```

2.4.2 管理プロトコル

本演習支援システム用通信プロトコルは基本的にはボードプロトコルに従っている。管理プロトコルは演習支援システム内のモジュール群の間にマスター/スレーブの関係が発生させ、その関係を維持させ、最後にマスター/スレーブの関係を解除してボードプロトコルに戻る間の通信を行うためのプロトコルである。本プロトコルは一種のソフトウェア割り込みを使用して構成されている。本プロトコルは例えば演習支援サーバの演習管理支援マネージャと学生ワークステーション内の演習管理支援モジュールとの間にマスター/スレーブの関係が発生させることなどに使われる。

ボードプロトコルから管理プロトコルへの移行から解除までの流れを図2.13に示す。

3. 演習支援プロトコルを用いた分散環境上での演習支援

3.1. ボードプロトコルに基づいた演習支援

学生のコースウェアにおける選択に伴って、コースウェアモード支援モジュールはその選択に対応した学習履歴、アドバイス等を表示する。

この際、コースウェアモード支援モジュールは演習支援用サーバの成績管理マネージャと協調的に処理を行う事により表示に必要な情報を収集、

生成する。

この場合、コースウェアモード支援モジュールと成績管理マネージャは対等な立場にあり、お互いにボードプロトコルに従って情報の交換を行う。

ここでは、コースウェアブラウザにおける学習履歴情報の交換を例にとり、ボードプロトコルによる情報の交換の流れを示す。

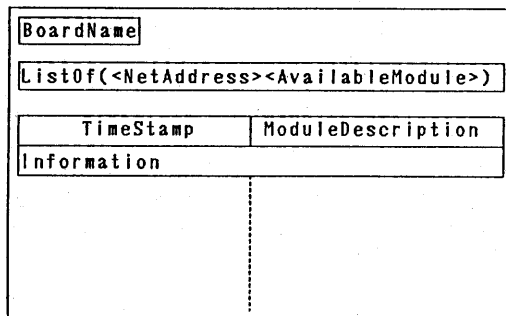
コースウェアブラウザにおける学習履歴情報に関しては、コースウェアモード支援モジュールと成績管理マネージャで情報を交換するために「学習履歴Board」を共有する。それぞれのモジュールは常に学習履歴Boardの参照を行う。

ここでは、まず初めにコースウェアブラウザの選択に従ってコースウェアモード支援モジュールが表示のために必要な情報を学習履歴Boardから読み取る。学習履歴Boardに必要な情報が無い場合、現在のコースウェアブラウザの選択情報と学生の情報を学習履歴Boardに書き込む。この書き込みを受けて成績管理マネージャが書き込まれた情報を参照し、これを基に学習履歴データベースの検索を行い、その結果として得られた情報を学習履歴Boardに書き込む。この書き込みにより、コースウェアモード支援モジュールは学習履歴Boardから必要情報の参照が行え、結果としてコースウェアブラウザにそこで得られた情報の表示が行える(図3.1)。

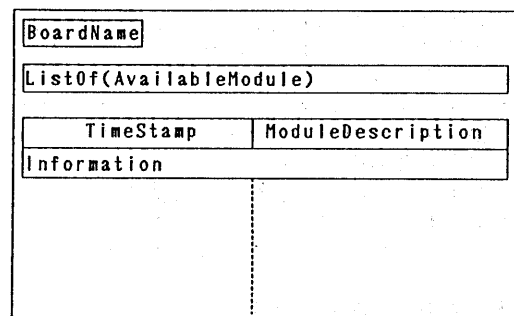
3.2. 管理プロトコルに基づいた演習支援

演習授業のような集団教育の場合、個別教育と異なり、ある一定時間で一斉にある処理を行わなければならない場合がある。例えば、各週の演習授業において、授業時間の開始の際にその週に行わなければならない演習の指示を与える、または、演習授業の最後にその週の演習の結果として作成されるべきレポートの回収を行わなければならない等である。

このため、管理するモジュールと管理されるモジュールとの間にマスター/スレーブ関係を持たせる事が必要となる。



Net Board



Local Board

図2.11 Net BoardとLocal Board

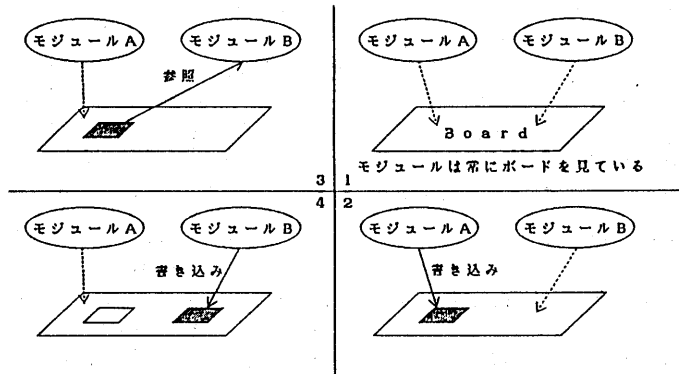


図 2. 12 ボードプロトコルに基づいた情報の交換

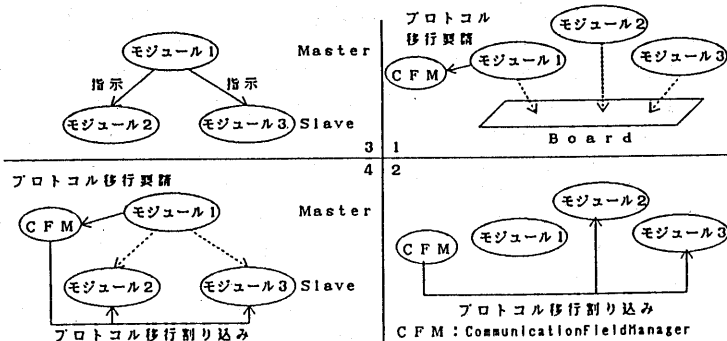


図 2. 13 ボードプロトコルから管理プロトコルへの移行と解除

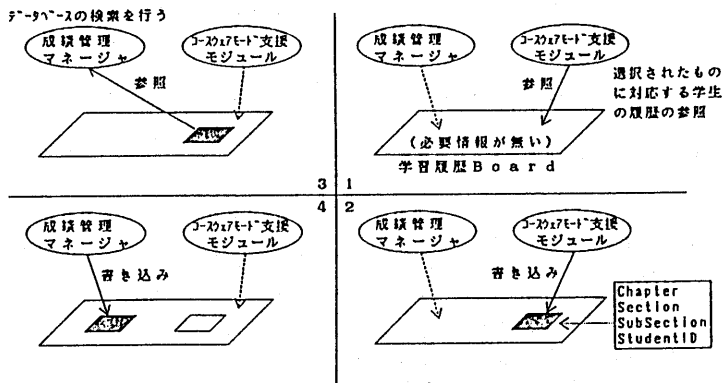


図 3. 1 コースウェアにおけるボードプロトコルに基づいた学習履歴情報の交換例

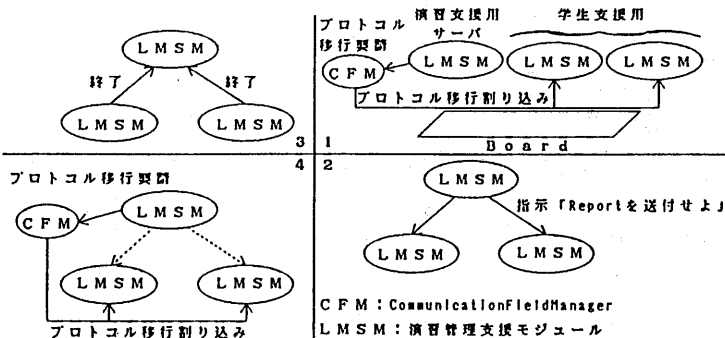


図 3. 2 管理プロトコルに基づいたReport 関数の例

ここでは、演習授業の結果として作成されるレポートの回収を例に取り、管理プロトコルに基づいた処理の流れを示す。

レポートの回収は、学生用ワークステーションの演習管理支援モジュールと演習支援サーバ用ワークステーションの演習管理支援モジュールが行う。この際、演習支援用ワークステーションの演習管理支援モジュールがマスター、学生用ワークステーションの演習管理支援モジュールがスレーブになる。

まず初めに、演習支援用サーバの演習管理支援モジュールがCommunicationFiledを管理しているCommunicationFieldManager (CFM) に対してボードプロトコルから管理プロトコルへ移行するようプロトコル移行要請を出す。これを受けてCFMは各学生用ワークステーションの演習管理支援モジュールに対してプロトコルを移行するためのプロトコル移行割り込みを行う。これによりマスター/スレーブの関係が成立する。この段階で、マスターからスレーブに対して「レポートを送付せよ」という指示を行う。この指示を受けて学生用ワークステーションの演習管理モジュールがレポートを演習支援サーバに対してレポートの送付を行い、終了した段階で演習支援用サーバの演習管理モジュールに対して処理が終了した旨を通知する。このあと演習支援用サーバの演習管理モジュールは再びCFMに対して管理プロトコルから通常のプロトコルへプロトコルの移行を行うために、プロトコル移行要請を出す。これを受けてCFMは各学生用ワークステーションの演習管理支援モジュールに対してプロトコルを移行するためのプロトコル移行割り込みを行い、ボードプロトコルへの移行を行う(図3.2)。

4. おわりに

千葉工業大学情報工学科ではUNIXワークステーションとイーサネットによるソフトウェア系の演習授業を行ってきた。演習を実施して行く過程で、効果的な教育を行うための多様な機能を有する大規模な演習支援環境を構築する必要性を認識した。この環境を実現するためには分散処理環境を利用したネットワーク型CAIシステムの設計方法の確立が重要である。

本報告では演習支援のために必要な機能と、ネットワーク環境に分散された演習支援機能を結合するために規定した通信プロトコルについて述べた。演習支援システムは現在Smalltalk-80を用いて開発中であり、それらの演習授業の経験をフィードバックさせながら、ネットワーク型のCAIシステムの設計方法の確立することを予定している。

[参考文献]

- [1]大槻、山本：知的CAIのパラダイムと実現環境、情報処理、Vol.29、No.11、1988
- [2]木村：センタ方式によるCAI、電子情報通信学会誌、Vol.71、No.4、1988
- [3]福島、菅原：対話型演習支援システムのためのユーザインタフェース、情報処理学会台37回全国大会予稿集、1988
- [4]山口、福島、浮貝、菅原：Smalltalk-80を用いたソフトウェア教育支援システム、情報処理学会台39回全国大会予稿集、1989
- [5]山口、浮貝、菅原：Smalltalk-80を用いた新入生導入教育、千葉工業大学研究報告理工編第36号、1990
- [6]福島、菅原、大泉：Smalltalk-80による分散知識処理を支援するボードシステムの開発
- [7]M. Fukushima, K. Sugawara, J. Oizumi: A Smalltalk Implementation of Distributed Rule Base Systems for Distributed Problem Solving, 4th International Joint Workshop on Computer Communications, 249-258, July 1989
- [8]Babara Hayes-Roth. A blackboard architecture for control. Artificial Intelligence, 26(3):251-321, July 1985
- [9]Luiz V. Leao, Sarosh N. Talukdar: COPS: A System For Constructing Multiple Blackboards, Distributed Artificial Intelligence, 547-556, Morgan Kaufmann Publishers, INC. 1988