

情報ネットワークシステム構築学生実験の提案と実施評価

三井浩康 田中勝也 塩澤秀和 小泉寿男
東京電機大学理工学部 情報システム工学科

インターネット普及に伴う情報化社会の発展で、情報システム技術者教育に対する社会的期待が増大している。筆者らは、情報ネットワークシステムを総合的に教育する実験が必要であると考え、本論文では、理工系の情報系学科の学生実験として、情報ネットワークシステムを構築して全体を理解する総合実験方式を提案する。本実験の環境を開発して学生実験として実践し、その有効性を確認した。

A Proposal of Student Experiment for Implementing Information Network System and Its Evaluation

HIROYASU MITSUI, KATSUYA TANAKA, HIDEKAZU SHIOZAWA and HISAO KOIZUMI
Department of Computers and Systems Engineering, Tokyo Denki University

The progress of information society with widely spread internet has increased the social needs of educating information system engineers. We have considered it important to prepare the student experiments to teach information network systems synthetically. This paper describes our proposal for an integrated method of experiments in information engineering that can assist to learn the general idea of information network systems by implementing them practically. We have developed the model system and confirmed its educational effects by applying it to our curricula.

1. はじめに

情報化社会の発展にともなって情報技術者教育への期待がますます高まっている。大学教育に携わる者にとっては、情報系分野の専門教育内容や教育方法の再吟味が課題の一つと言える。

情報系の工学教育では、情報理論、コンピュータアーキテクチャ、プログラム言語、ソフトウェア工学、ネットワーク、データベース、マルチメディア等の専門技術に関する講義およびプログラム演習等が行われている。これらの講義に対応した情報工学実験としては、8ビットコンピュータ製作、コンピュータアーキテクチャ実験、UNIX、アセンブラ、オペレーティングシステム学習および簡易コンパイラ作成等の実験が著名である[1]。またOJT(On the Job Training)手法を採用したネットワーク構築実験[2]、プロジェクトによるプログラミング学習事例[3]などが報告されている。

一方、インターネットの発展により、企業等においては従来の情報システムと Web コンピューティングを融合したシステムが実用段階に入り、

情報技術いわゆるITが経営革新の戦略的武器として活用される時代になった。情報系の大学教育においては、このような時代に対応して、学生にコンピュータとネットワークの基礎技術を学ばせるとともに、情報ネットワークシステムの構築能力をいかに修得させるかが課題である。

企業等で実際に開発、運用されている情報システムの内容と大学で学ぶ情報系科目の間にはギャップがあるのが実情である。機械、電気、通信、土木、建築系などの理工系では、大学で学ぶ技術と産業界の技術との間には、かなりの連続性がある。理工系の情報系学科においても、企業等における業務情報システム(金融、流通、生産、購買、販売、人事、経理、総務等)の概要やこれらに共通的な情報処理の基本形を学ばせることが、情報ネットワークシステム構築への応用力、対応力養成を助長する可能性がある。

さらに学生の情報環境と行動をみると、多くの学生が自宅でインターネットを活用している。自宅にクライアントサーバ(C/S)システムをつ

くり、各種の研究なるものを行っている学生も少なくない。また、キャンパスにおいても、筆者らの学科のように、学生全員が携帯型パソコンを持ち、プログラム演習、電子教材活用講義の受講、レポート提出、オンラインシラバスへのアクセス等に使用している大学も多い[4]。このように、学生の情報技術への対応力の可能性はかなり高いと認識したい。情報ネットワークシステムを総合的に修得させる実験の意義は大きいと考える。

本論文では、学生に分散型のC/Sシステムを構築させて、情報系専門技術のつながりや情報ネットワークシステム全体を理解させる情報系総合実験を提案する。筆者らは、本実験に必要な環境を「情報ネットワークシステム構築総合実験」として具体化し、2001年度から3年次実験授業に採用した。本論文では、その実施内容と評価、各種課題についても論じる。

2. 情報系総合実験の提案

2.1 情報ネットワークシステム構築実験のねらい

今回、提案する実験のねらいを以下に述べる。

- ①個別技術を結合して情報ネットワークシステムの達成目標を実現する方法を考え、設計・構築・評価する作業を通じて、情報ネットワークシステム全体およびその構築方法を理解させ、情報系専門技術を関連づける視点と技術を習得させる。
- ②典型的な業務システム例として、購買管理システムを取り上げ、オブジェクト指向に基づくデータモデル設計、Java 言語によるプログラミングと実装、評価を行わせることで、応用システムの基

本概念を修得させ、その動作を体得させる。

2.2 実験対象としての3層分散型システム

Web コンピューティング技術を基盤とする3層C/Sシステムは、クライアント、Web サーバ/アプリケーションサーバ、データベースサーバの3階層で構成され、大規模な分散型システムに採用されるようになってきた[5]。このシステムにはインターネット技術、C/Sシステム技術、ネットワーク技術、アプリケーション実行環境構築技術、Java 言語プログラムと実装技術、オブジェクト指向技術、およびSQLによるデータベース技術が含まれている。筆者らは、情報系総合実験の対象として、このシステムをベースとする実験を提案する。図1に実験対象の3層分散型C/Sシステムの構成を示す。

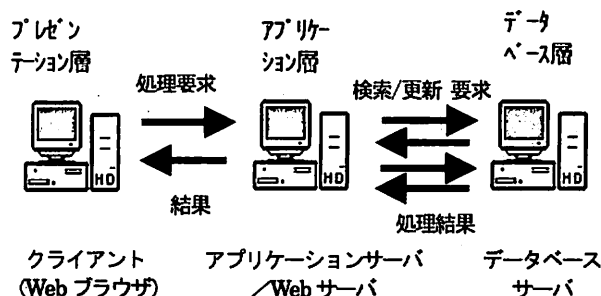


図1 3層分散型C/Sシステム

本実験のソフトウェア構成を図2に示す。

(1) データベースサーバ

データベースサーバは、商品情報や売上情報を管理する。データベースサーバは、アプリケーションサーバからの検索要求(SQL)を受信して実行し、検索結果を返す。相互の接続にはJDBC (Java Data Base Connectivity)を使用する。

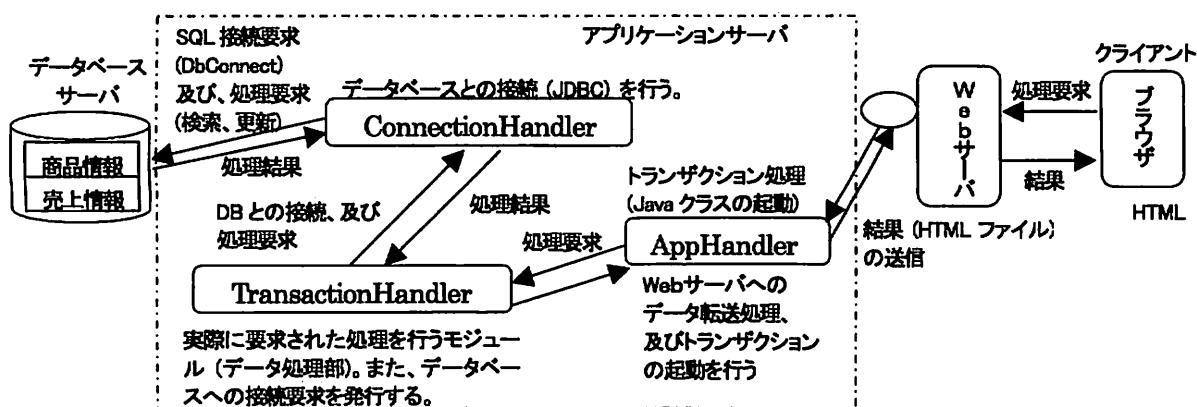


図2 アプリケーションサーバを中心とした実験システムのソフトウェア構造

(2) アプリケーションサーバ

アプリケーションサーバは、ブラウザ経由でクライアントの要求を受信し、データ検索用 SQL を発行する。データベースサーバから検索結果を受け取ると、これを HTML 形式に変換して Web サーバ経由でクライアントに送る。学生が開発するのは、データの入力・送信部分とサーバ内の検索処理部分であり、Java Servlet として作成する。

(3) クライアント

Web ブラウザをクライアントとして使用する。ブラウザからの処理要求は、Web サーバ経由でアプリケーションサーバに送られる。検索が終了すると、Web サーバ経由でアプリケーションサーバから検索結果を受け取る。ブラウザは HTML 形式に変換されて送られた検索結果を表示する。

2.3 実験のステップ

本総合実験は、次のステップで行う。

- ① 3層分散型システム上で動く購買管理業務のデータモデル設計を通して情報処理を学習させる。
- ② 学生保有の携帯型 PC をクライアントとして、3層 C/S システムを構築させる。
- ③ Java 言語による購買管理システムのプログラミング、実装、実行および性能評価をさせる。

3. 実験システムの構成と実現内容

本章では、実験システムの詳細について述べる。

3.1 実験システムの構成

本実験システムの機器構成を図3に示す。

実験では、購買管理システムを5回で仕上げる。実験は以下のサブテーマで構成し、各回の結果を積み上げつつ、各サブテーマの個別目標およびシステム構築の最終目標を完成する。

- (1) データモデル設計 (第1回目)
- (2) 広域ネットワーク環境構築 (第2回目)
- (3) データベースサーバ構築 (第3回目)
- (4) アプリケーションサーバ構築 (第4回目)
- (5) システムの統合と性能評価 (第5回目)

3.2 実験システムの実現内容

(1) データモデルの設計(第1回目)

最終目標の購買管理システムのデータモデルを

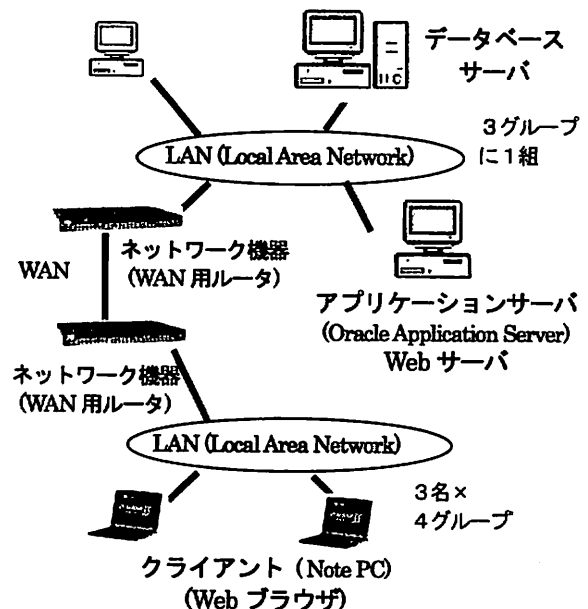


図3 実験システムの構成

設計する。3階層システムの理論的構造を理解し、モジュール間のデータや処理の流れを把握する。

実験では、システムの総括的実現目標を与える。たとえば、以下の仮想状況を設定し、データモデル設計から具体的なシステム作りへと進めさせる。

「あなたは、大学の購買部門の情報処理システム開発を請け負いました。購買で扱う商品は、文具、書籍、衣類、コンピュータの4種類が主です。書籍には雑誌と本があります。各商品は、識別番号、商品名、単価を持ちます。文具や衣類はセット購入割引があります。書籍関連情報として、著者名、発行者、出版社を管理します。コンピュータに関しては、製造会社、仕様、サポートに関する問い合わせがあります。

購買部門では、商品在庫状況、毎日の売上状況を管理します。また、商品外観を画像で管理します。商品名による商品情報検索、カテゴリ（書籍、コンピュータ、文具、衣類）ごとの全商品検索機能も必要です。商品情報としては、商品名、単価、在庫数、商品イメージが望まれています。」

実験者は、システム要求からシステムに必要なデータ項目の抽出を行う。さらに抽出したデータ項目に基づき、クラスモデルを作成する。[図4] クラス間の関係として、継承 (is_a) と集積化 (part_of) を考慮する。クラスモデルの構築作業を通じて、モデリング手法に関する理解を深める。

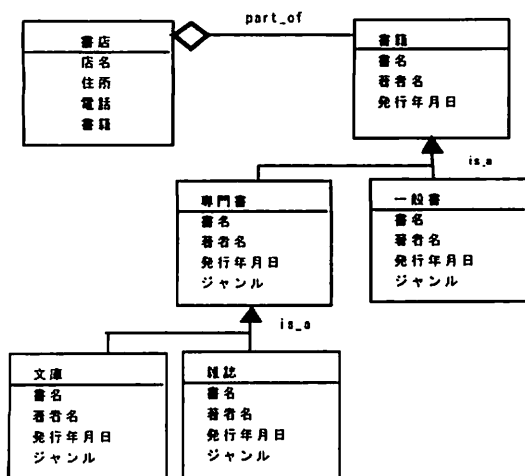


図4 クラスモデル例

(2) 広域ネットワーク環境の構築 (第2回目)

異なる LAN 上にあるサーバおよびクライアントを接続する広域ネットワークを構築する。広域網はルータで模擬し、プライベート IP アドレスを用いて構築する。実験者は、設計に基づき、クライアント、サーバの IP アドレスを割り当てる。さらに、各ルータのルーティングテーブル構築、ホストの設定を行い、動作確認をする。これらの作業を通して、IP ネットワーク理論、機器に関する理解を深める。設計した構成例を図5に示す。

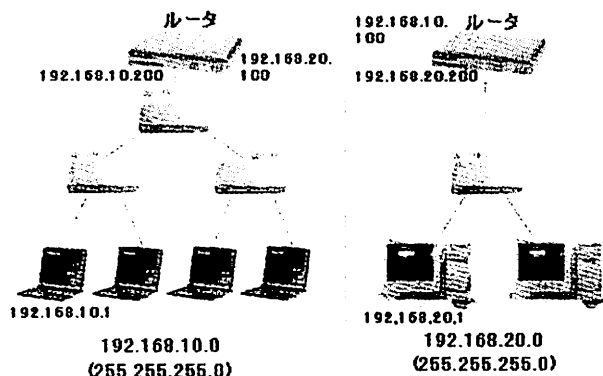


図5 ネットワーク構成例

(3) データベースサーバの構築 (第3回目)

第1回実験で設計したモデルに基づき、データベースを構築する。実験者は、各クラス内のデータ(インスタンス)格納に必要なデータ領域を設計する。次に、データベースサーバ (Oracle 8 i) を用い、各クラス、クラス間の関係 (is_a, part_of)、データの投入作業を行う。以上の作業を通して、データベースの設計手法、実装方法を修得する。

(4) アプリケーションサーバの構築 (第4回目)

実験者は、サンプルプログラムを参考にデータ

ベース検索用 SQL を発行するモジュール、データベース検索結果から必要な値を取り出すモジュール、クライアントとの入出力を行うモジュールを Servlet として開発する。本作業を通して、アプリケーションサーバの役割と Java プログラミングを学習する。作成した検索データ入力画面例を図6に、検索結果出力画面例を図7に示す。

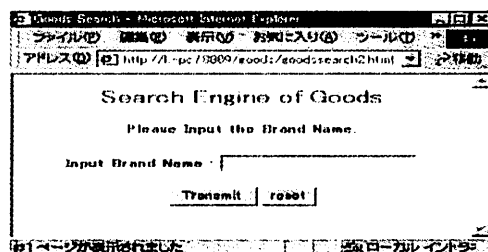


図6 検索データ入力画面

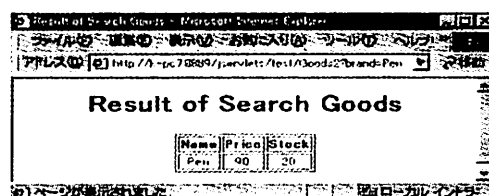


図7 検索結果出力画面例

(5) システムの統合と性能評価 (第5回目)

3層システム全体の理解を深める。第4回までに作成した各モジュールを統合し、購買管理システムを完成する。ネットワークを介したデータベース検索を行い、機能を確認する。また、クライアント数による応答性能の差を測定する。これらの作業を通して、システムの性能に影響を与える要因を学習し、性能向上に関する知識を得る。

3.3 実験用機器

実験環境の主要機器を表1に示す。

表1 主要機器

・アプリケーションサーバ	2台
タワー型デスクトップパソコン	
仕様: Pentium、320MBメモリ、10GBディスク	
OS: WindowsNT ver. 4.0	
・データベースサーバ	2台
使用パソコンはアプリケーションサーバと同一仕様。	
・ネットワーク機器	
① WAN用ルータ	6台 (2台 × 3組)
② ハブ	8ポート100Base-TX対応 7台
サーバ側2台およびクライアント8台に対し1台	
・クライアント	30台
① ノート型パソコン (東芝 Dynabook)	
② ネットワークカード、LANケーブル	
・ソフトウェア	
Oracle Application Server 4.0.8	
Oracle8j オブジェクトリレーショナルデータベース	
JDK 1.1.8 JDBC 1.1.2 など	

4 実験の運用

4.1 総合実験の位置付けとチーム編成

筆者らの学科では、1年次に「情報システム工学基礎実験」、2年次に「情報システム工学実験」、

3年次に表2の「情報システム工学総合実験」を実施している。2、3章で論じた情報ネットワークシステム構築実験は、3年次の総合実験である。

表2 3年次の情報システム工学総合実験

テーマ名	実験の概要
情報ネットワークシステム構築実験	アプリケーションサーバ、データベースサーバ、クライアントで構成される3層情報ネットワークシステムの構築を通して、関連技術を修得する。
別テーマ実験	ロボット制御系の総合実験

表3 総合実験実施の組み分け

	A群学生(60人)	B群学生(60人)
前期	情報ネットワークシステム構築	別テーマの総合実験
後期	別テーマの総合実験	情報ネットワークシステム構築

3年次の学生は約120名である。表3のように2群に分け、2つの総合実験を行う。情報ネットワークシステム構築実験は、さらに30人づつに分け、隔週で5回、3名グループで実験する。

実験指導は、教員5名と実験助手(大学院生)6名で行う。助手は毎週、6人程度の学生を担当し、指導および質問への対応を行う。大学院生の活用は、次の点を考慮したものである。

- ①学部学生に対して大学院生を知る機会を与える。
- ②大学院生が情報システムの深い知識を得る。また、後輩を指導する実体験を通して成長する。

4.2 各サブテーマのレポート課題例

- (1) 第1回：設計したデータモデルと模範解答例との差異考察。データモデリング手法の調査検討。
- (2) 第2回：実験結果考察。大規模ネットワークモデルの構築検討。ルーティング手法の調査検討。
- (3) 第3回：実験結果考察。データベースシステムの性能チューニング手法の調査検討。
- (4) 第4回：作成した応用プログラムの考察。Oracle Application Serverの機能の調査検討。
- (5) 第5回：実験結果考察。クライアント数と応答時間の関係の考察。性能評価手法の調査検討。

4.3 実験の実施

実験開始時に全学生を対象に、当日の実験概要や目的を講義し、学生の理解促進を図っている。講義後、グループごとに実験を開始する〔図8〕。

実験終了後、学生は実験結果と各回課題についてレポートを作成し1週間後に提出する。教員は、採点后、受理するものを除き、コメントを付して返却する。学生は、修正して再提出する。



図8 実験風景(奥にサーバラックが見える)

5. 実験の評価と考察

5.1 レポート結果からの理解度評価

前期レポート成績を分析した。初回のモデル設計が平均点63点と悪く、指導に工夫が必要である。ネットワーク構築、データベース構築は2年次の経験もあり80点以上が約60%と理解度は高い。アプリケーションサーバ構築は80点以上が36%で、SQL等の講義未受講の影響があった。学生の理解度向上策をさらに検討する必要がある。

5.2 学生に対するアンケート調査による評価

学生に対するアンケート調査は、実験テーマの妥当性、難易度、習得度、満足度、参加意識、実験の運用、予習・復習・レポート作成の時間、改善提案、感想など25項目について行った。表4にアンケート主要項目の集計結果の抜粋を示す。

表4 アンケート集計結果(抜粋)

1. 実験テーマに興味を持ったか	・ 十分持った 15%	・ かなり持った 34%
	・ いくらか持った 42%	・ 持てなかった 9%
2. 総合実験方式はどうだったか	・ 非常に有意義 7%	・ かなり有意義 44%
	・ いくらか有意義 37%	・ やや無意味 12%
3. 実験内容のレベルはどう感じたか	・ 非常に難しい 15%	・ やや難しい 63%
	・ ちょうど良い 20%	・ かなり易しい 2%
4. 全体的な技術習得度はどうか	・ かなり習得 12%	・ いくらか習得 64%
	・ あまり習得せず 19%	・ 習得できず 5%
5. 達成感・満足感はあるか	・ 非常に満足 12%	・ かなり満足 25%
	・ やや満足 42%	・ 不満足 20%
6. 実験で力不足を感じた技術は	・ システム設計 36%	・ ネットワーク構築 48%
	・ データベース構築 59%	・ アプリケーションサーバ 66%
	・ Java7のプログラミング 76%	・ ルーティング 41%
7. 個別実験に比べて参加意識は	・ 非常に向上 2%	・ かなり向上 39%
	・ いくらか向上 42%	・ あまり向上せず 12%
	・ 向上せず 5%	

5.3 担当教員による評価

初めての総合実験が終了した前期末に、実験副手に対して、指導した立場からの問題点指摘、改善提案意見を提出させた。予習の徹底、講義との連携強化のほか、環境改善の提案など多くの意見を得た。担当教員を含む本実験推進グループ全員で改善検討会を開催し、改善に取り組んでいる。

5.4 評価

下記の各項目に対して、評価を行った。

(1) 有効性

5回シリーズの総合実験方式については、学生、副手ともに肯定的であり、「テーマが確立している。最終目標が明確で作業計画を立てやすい」、「さまざまな技術を使うので実験を通して多くのことを予習・復習でき有意義」、「実際にシステムを構築するので講義のみに比べよく理解できる」など、狙いに沿った評価が得られた。また、本方式では、個別実験に比し参加意欲の大幅改善がみられた。

(2) 技術習得効果

学生が習得技術としてあげたのは、HTML 記述、3層システム、SQL 作成、Java プログラミング、データモデル設計、ネットワーク構築等であり、期待通りである。レポート評価でも、多くの学生が概略、理解しており、内容的には妥当と言える。

(3) 難易度

学生はやや難しいと感じており、理解度、技術習得度、満足度は期待より低い。半数以上の学生が、実験に必要な基本技術の力不足を感じている。今後、講義との連携、テキスト・指導方法改善を検討する。理解度に不十分さはあるが、情報システム構築の概念は経験でき、有効だったと考える。

(4) 実習体制

3名編成のグループは、ちょうど良いとの評価が90%で、協力度も問題なかった。他グループの進捗は、90%が何らかの形で気にしており、競争意識が見られる。グループ内の役割分担は、ほぼ果たしたが35%に留まり、今後の指導強化、工夫が必要である。

(5) 実験に対する興味

学生の91%が多少の興味をもって実験したと

の結果を得た。反面、予習時間は各回30分～1時間が77%で少ない。復習は30分以下が42%いる反面、2時間が17%、3時間以上が15%と個人差が大きい。興味と意欲の強い学生は約4割と考えられる。レポート作成時間は平均7.4時間で、6～10時間が多い。予習と内容理解度、興味には相関があり、学生に予習奨励と興味をもたせる工夫が必要である。

6. まとめ

新しい情報ネットワークシステム構築実験の提案を行った。提案した実験システムを開発して授業で実施評価し、その有効性を確認できた。2.1項で述べた実験の狙いもかなり達成できた。情報系総合実験の新しい試みとして、先鞭をつけることができたと考えている。今後の課題は以下のとおりである。

- (1) 実験書、指導方法を改良し理解度を高める。
- (2) 予習を徹底させ、理解度、意欲の向上を図る。
- (3) 講義との連携強化で専門技術レベルを高める。
- (4) サーバ/ルータの増強で実験効率を高める。
- (5) 高速回線、マルチメディアなどの新技術導入。

現在は、評価に基づく改良を検討中であるが、より高度な総合実験に向けて研究を継続する。

謝辞 本実験の企画開発、実施にご尽力いただいた情報システム工学科の滝沢誠教授、中村克彦教授、桧垣博章助教授、大学院生実験副手として実際の開発、学生の指導に携わった滝沢研究室の井崎慶之君、根本直一君、小宮貴雄君、桧垣研究室の長谷部顕司君、小泉研究室の菊池史典君、古田研究室の黒田幸宏君に感謝します。

参考文献

- [1] 池田克夫：情報工学実験，オーム社(1993)
- [2] 土本康生，村井純：疑似OJTを前提としたネットワーク構築技術学習方法，私立大学情報教育協会，第9回情報養育方法研究発表会予稿集，pp. 48-49(2001)
- [3] David Davenport：Experience Using a Project-Based Approach in an Industry Programming Course，IEEE Transactions of Education，Vol.43，No.4，pp.443-448(2000)
- [4] 小泉寿男，中尾雅躬：オンラインによるシラバスと教材の活用，私立大学情報教育協会，大学教育と情報，Vol. 9，No. 4，pp. 16-19(2001)
- [5] 橋本恵二，林美恵子：コンポーネント指向開発の今後の展望，FUJITSU. 50，2，pp. 90-94(1999)