

推薦論文

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[†]

大学における情報系の工学教育では、専門技術科目の講義と並行してコンピュータのハードウェア、ソフトウェアに関する実験、プログラミング演習が行われている。一方、企業では情報技術が経営の戦略的手段となるにともない情報システム技術者の不足が指摘され、技術者育成に対する要請が増大している。しかし、大学における情報工学教育の内容と企業で実際に使用される情報ネットワークシステム技術との間にはギャップがある。筆者らは、このギャップを少しでも埋めるために、情報ネットワークシステムを総合的に教育することが有効であると考え、本論文では、情報工学系の学生実験として、情報ネットワークシステムの構築を通して基礎技術のつながりとシステム全体を理解させる実験方式を提案する。学生たちは自分のパソコンを持ち、活用しており、提案への対応能力を備えている。実験対象としては、情報ネットワークシステムの基本技術を多く含む3層分散型情報システムの採用を提案する。本提案の実験環境を開発して学生実験として実施して評価し、その効果と解決すべき課題を確認した。

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

HIROYASU MITSUI,[†] KATSUYA TANAKA[†], and HIDEKAZU SHIOZAWA[†]

For university education in information systems engineering, experiments and exercises on computer hardware and software have been done in parallel with lectures on specialized subjects. On the other hand, as information technologies have played big roles in managements, social demands for information systems engineers have increased because of the rapid growth of technologies and the shortage of engineers engaged in. But a big technological gap lies between the education at universities and the practical systems adopted in enterprises. To reduce this, we have considered it effective to prepare student experiments to learn information network systems synthetically. As many students utilize their own computers, they have enough skills to learn these experiments. This paper describes our proposal for an integrated method of experiments of information engineering, which assist students to learn the general idea of information network systems by implementing them practically. We developed a model experiment system and applied it to our curricula. We have found the effectiveness of our method along with some action items to be solved.

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1つといえる。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、

マルチメディアなどの専門科目の講義およびプログラミング演習などが行われている。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などの実験が知られている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。これらの実験は、いず

[†] 東京電機大学理工学部
School of Science and Technology, Tokyo Denki University
現在、株式会社フェイスライセンスビジネス部
Presently with License Business Division, Faith, Inc.

本論文の内容は2001年10月の第9回DPSワークショップにて報告され、DPS研究会主査により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

れも各専門技術分野の個別テーマに関する実験といえるものである。

一方、企業ではインターネットの発展により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 (IT) が経営革新の戦略的手段として活用される時代になった。国内の上場企業など約 3,400 社を対象とする調査では約 3/4 の企業が情報技術者の不足を指摘している⁴⁾。情報系の大学教育では、こうした時代に呼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、応用への対応能力をつけさせるために、講義と並行して情報ネットワークシステムを構築する実習を行うことが有効であると考えられる。

企業などで開発、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。理工系でも、機械、電気、通信、土木、建築などの分野は、大学で学ぶ技術と産業界の技術との間に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、総務など) 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、対応力の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、多くの学生がインターネットを活用しており、自宅でクライアントサーバ (C/S) システムを組んで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は、学生全員がノートパソコンを持ち、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などに活用している大学もある⁵⁾。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いえる。

本論文では、情報ネットワークシステム技術者育成への社会的な要請と学生が保有する情報技術への対応能力の可能性をふまえて、学生に情報ネットワークシステムを総合的に習得させる実験方式を提案する。

本実験方式は、学生に業務情報ネットワークシステムの基本形について設計から構築、評価までを一貫したものととして体験させることを通じて、専門技術のつながりとシステム全体を理解させ、システム構築への対応力を向上させて、理工系情報学科の学生に必要な技術を習得させる内容となっている。

本実験では、最終目標である業務情報システム構築に向けてシステムを構成する要素技術の実験を積み上げる形で進め、システム設計技術、構築手法を総合的、体系的に学ばせる方法をとっており、従来の個別テ-

マ実験では実現できない以下の習得効果が得られる。

- 従来のネットワーク構築実験²⁾では、対象を LAN ネットワーク構築に絞っている。本実験では、クライアントサーバ型業務情報システムを構成する「広域ネットワーク」という位置付けで総合的に LAN/WAN ネットワークを理解することができる。
- 学生に情報ネットワークの下位層から上位層すなわち業務情報システムの基本形までを一貫したものととして構築させることで、専門技術のつながりを理解する力、各技術をシステムに応用する力、情報システム全体を把握する視点を養成することができる。
- コンピュータネットワーク、コンピュータアーキテクチャ、データベース、アプリケーションプログラム開発、情報システムの構築および評価など情報ネットワークシステムの基本技術について、総合的な実験を通じて理解することができる。

筆者らは、本提案の効果を実証するため「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 年次実験授業に取り入れて評価を行い、その有効性と課題を確認した。

2. 情報系総合実験の提案

本論文で提案する情報系総合実験は、情報ネットワークシステムの実現目標を達成する方法を学生が自ら考え、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の本質とその構築への応用力を習得することを目的とする。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ム開発と実装、評価を行わせることで、業務情報システムの基本概念を習得させ、その動作を体得させる。また、個別専門技術を関連づける視点、専門技術を結合する技術を習得させる。

(1) 情報工学系の学生に必要な技術習得

情報工学系の学生に必要なとされる技術習得内容については、情報処理学会発行の「大学の理工系学部情報系学科のためのコンピュータサイエンス教育カリキュラム J97」で教育目標が設定されている⁶⁾。この中では、推奨講義科目とこれらを活用したモデル履修コースが提案されている。講義科目は 29 科目が提案されており、プログラミング入門、データ構造とアルゴリズム、コンピュータアーキテクチャ、オペレーティングシステム、情報ネットワークなどが多くの履修コースに必要な科目とされている。また、実験と演習による講義の補完が必須であると述べられている。

提案する情報系総合実験方式は、情報ネットワー

クシステムの構築を通じて、データモデリング、データベース設計、クライアントサーバアーキテクチャ、WAN/LAN ネットワーク、Linux や Windows オペレーティングシステムなどの技術習得度を高めるとともに、システム全体の理解、構築手法の習得、システム構築への対応力の養成を行うものであり、情報工学系学生に必要な技術習得を助長するものである。

(2) 実験対象としての 3 層分散型システム

実験対象としては、図 1 に示す 3 層分散型 C/S システムをベースとすることを選択した。3 層分散型情報システムは、Web コンピューティング技術を基盤とし、ネットワーク技術、C/S システム技術、アプリケーション実行環境構築技術、Java 言語によるプログラム開発と実装技術、オブジェクト指向技術、データベース技術など多くの情報系専門技術要素を含み、情報系の技術教育に適していることが選択理由である。

さらに 3 層構造は、クライアント、アプリケーションサーバ、データベースサーバの各層が部品化、標準化されているため企業の大規模分散型システムに採用されていることも選択理由である^{7)~9)}。

3 層構造では、クライアントは Web ブラウザで構成され、ユーザインタフェースを受け持つ。アプリケーションサーバはユーザ要求を処理するビジネスロジックを受け持つ。データベースサーバはアプリケーションで使用されるデータを管理する。3 層構造で負荷分

散、標準化が可能となり、ビジネスロジック、データベースなどの資産流用性が高まる点が特質である。

(3) システム構築による習得目標

本実験で学生が構築する目標は、広域網による情報検索システム構築としている。具体的には、業務性を考慮して購買管理システム構築を選択し、以下の 3 点の習得目標を設定した。

- ① 3 層分散型 C/S システム上で動く購買管理業務の構築を通して業務情報システムの基本を学習する。
- ② 学生保有のノート PC をクライアントに用い、広域網による情報ネットワーク構築手法を習得する。
- ③ SQL によるデータベース構築、Java 言語によるプログラム開発、実装、実行および評価を体験し、情報ネットワークシステム構築手法を習得する。

図 2 に、本実験の構築目標である 3 層分散型 C/S システムのソフトウェア構造を示す。

データベースサーバは、商品情報や売上情報を管理し、アプリケーションサーバからの検索要求 (SQL) を受信して検索を実行し、検索結果を返す。ブラウザはユーザが入力した検索条件をアプリケーションサーバに送り、検索が終了すると HTML 形式の検索結果を受け取って表示する。アプリケーションサーバは、クライアントからの検索要求を受信し、データベースサーバに検索用 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要求に応じてこれを加工し、HTML 形式に変換して、Web サーバ経由でクライアントに送る。本実験では、学生に図 2 の AppHandler、TransactionHandler、ConnectionHandler 部を Java Servlet と HTML を使用して開発させる。

(4) 実験のステップ

本総合実験は、次のステップで行う。購買管理システムの構築までを 5 回の実験で仕上げる。実験授業は以下のサブテーマで構成する。サブテーマごとに設定した個別目標を達成しつつ、各回の成果を積み上げて

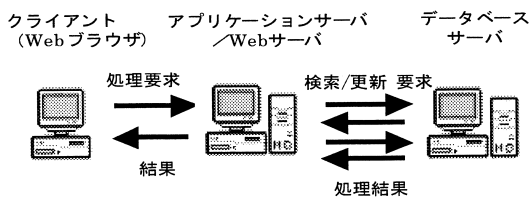


図 1 3 層分散型 C/S システム
Fig. 1 Three-tier distributed C/S system.

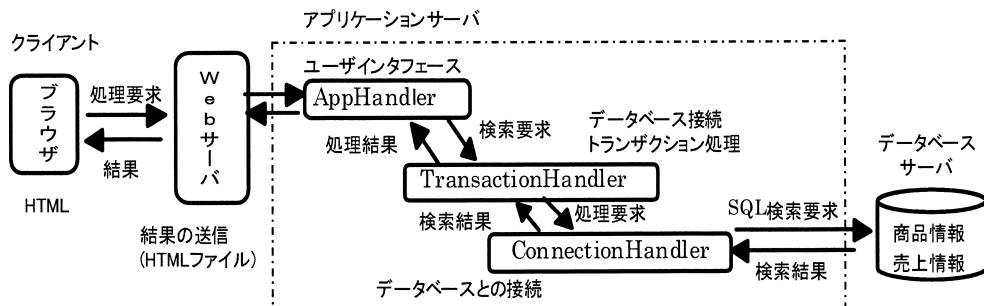


図 2 提案実験システムのソフトウェア構造
Fig. 2 Software structure of proposed experiment system.

システム構築という最終目標を完成する。

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

3. 実験システムの設計

3.1 実験システムの機器構成と内容

本実験システムの機器構成を図 3 に示す。クライアントには学生が保有するノート PC を使用する。

本実験を構成する 5 回のサブテーマ実験の内容を以下に述べる。

(1) データモデルの設計 (第 1 回目)

簡単なデモを見せた後、以下のような総括的実現目標を与え、購買管理システムのデータモデルを設計させる。データモデル設計から具体的なシステム設計へと進めさせ、業務システムの全体像、3 層 C/S 型分散システムの理解、モデリング手法、モジュール間のデータや処理の流れを把握させる。

「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。書籍では、著者名、発行者、出版社を管理します。コンピュータでは、メーカ、仕様、サポートに関する問合せがあります。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。」

学生は、上記要求に基づいて以下の作業を行う。

- 実現目標からシステム全体の機能を把握する。
- システム要求機能からシステム要件を抽出する。
- システム要件から必要なデータ項目を抽出する。
- 抽出したデータ項目の属性を設定し、クラスモデルを設計する。クラス間の関係は、継承 (is_a) と集積化 (part_of) を考慮しながら設計する。

成果として、図 4 に示すような設計仕様を記述させる。結果を模範解答と比較する形で考察させる。

(2) 広域ネットワーク環境の構築 (第 2 回目)

図 5 は、設計するネットワークの構成例である。

サーバおよびクライアントを 2 つの異なる LAN 上に配置して、広域ネットワークシステムを構築する。広域網は WAN 用ルータで模擬する。これらの作業を通して、IP ネットワーク理論、ネットワーク機器の

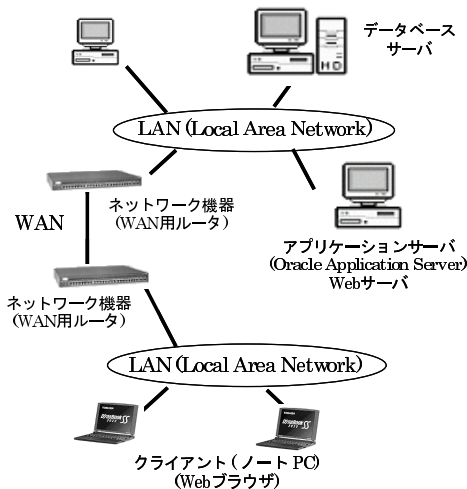


図 3 実験システムの構成
Fig. 3 Configuration of experiment system.

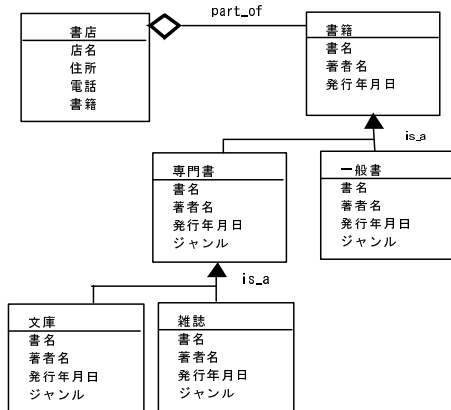


図 4 データモデル設計におけるクラスモデル
Fig. 4 Class model in data modeling.

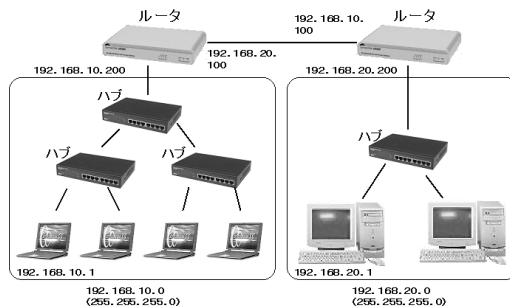


図 5 広域ネットワークの構成例
Fig. 5 Example of wide area network configuration.

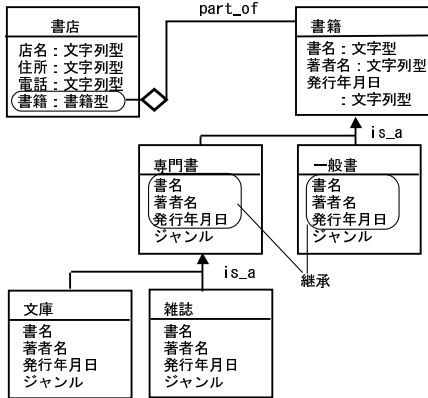


図 6 クラス構造例

Fig. 6 Example of class structure.

理解を深める．学生は，以下の作業を行う．

- 広域網構築に必要なネットワーク機器の接続
- ネットワーク機器への IP アドレス割当て（プライベート IP を用いたネットワーク設計）
- 各ルータのルーティングテーブルの設定
- ドメイン名の割当て，ホストの設定
- ping, traceroute などによる動作確認

IP アドレス設計，ルーティングテーブル設計は全員に行わせ，代表者の設計を用いて設定させる．

(3) データベースサーバの構築（第 3 回目）

第 1 回目に設計したデータモデルに基づいてデータベースを構築し，データベースサーバの構築方法を習得する．データベースサーバとしては Oracle8 i を用い，JDBC (Java Data Base Connectivity) を使用して構築する．学生は，以下の作業を行う．

- 各クラス内のデータ（インスタンス）格納に必要なテーブル領域を設計する．
- 作成した領域に各クラス，クラス間の関係を記述した SQL を構築する．
- SQL ロードでデータベースに投入する．

図 6 は投入するクラス構造の例である．設定すべきデータベースを分割して，全員にデータベース設計および設定を行わせる．

(4) アプリケーションサーバの構築（第 4 回目）

アプリケーションサーバの役割，Java プログラムの開発と実装技術，HTML について学習する．開発環境は Oracle Application Server を使用する．

学生は，データベース検索用 SQL を発行する機能，データベース検索結果から必要な値を取り出す機能，クライアントとの入出力を行う機能を Java Servlet および HTML プログラムとして開発する．グループ全員に別々の課題を与え，1 人が 1 つのアプリケーション



図 7 検索データ入力画面例

Fig. 7 Sample of data input screen for inquiry.



図 8 検索結果出力画面例

Fig. 8 Sample of output screen for displaying result.

ンシステムのプログラムを作成する．具体的には，以下の作業を行う．

- 事前課題としてサンプルプログラム作成と各人のノート PC へのコンパイル環境設定を行わせる．
- 検索条件入力画面，結果出力画面用の HTML 文と，処理ロジックとして 100 行程度の Servlet プログラムを開発する．
- AP サーバでコンパイルする．

作成する検索条件入力画面の例を図 7 に，検索結果出力画面の例を図 8 に示す．

(5) システムの統合と性能評価（第 5 回目）

第 4 回目までに作成した各モジュールを統合して購買管理システムを完成し，その機能・性能を確認する．また，複数クライアント接続時の性能評価を行う．これらの作業を通して，3 層分散システム全体の理解を深めるとともに，システムの性能に影響を与える要因を学習する．学生は，以下の作業をグループ全員で行う．

- 第 2 回目に行った広域ネットワークを再構築する．
- 第 4 回目までの成果を統合して購買管理システムを完成する．
- クライアントからデータ検索を行い，機能を確認

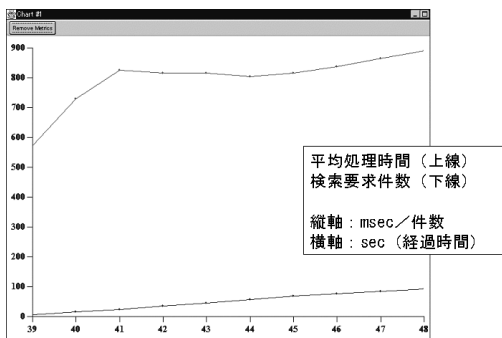


図 9 性能評価結果のグラフ出力例

Fig.9 Sample graph output of performance evaluation result.

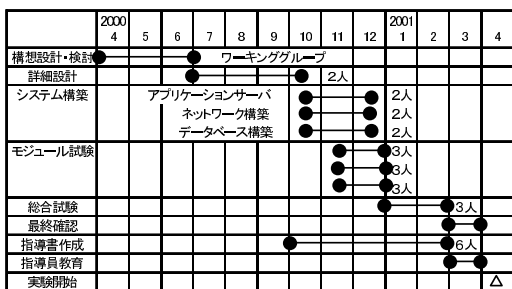


図 10 本実験システムの開発工程

Fig.10 Developing schedule of our model system.

する。

- 複数クライアントから同時アクセスを行い、クライアント数 (検索要求件数) と平均処理時間の関係を測定し、評価する。

性能評価には Oracle Application Server の機能である oasomo ツールを使用する。ある 1 つのアプリケーションシステムについて、複数のクライアントから短時間に同時アクセスを行い、Request Serviced (検索要求件数) と Average Service Time (平均処理時間) の関係を測定させ、評価させる。図 9 は、性能測定結果グラフの例である。

3.2 実験システムの開発

2000 年 4 月から、情報工学系教員でワーキンググループを構成し、図 10 に示す工程で本実験システムの企画・開発を進めた。システム詳細設計、開発、検証作業は、データベース、ネットワーク、アプリケーションに分け、各研究室の大学院生が主体で行った。

4. 実験の実施結果

4.1 総合実験の位置付けと運用体制

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

表 1 3 年次の情報システム工学総合実験

Table 1 Synthetic experiments of information system engineering for third-year grade.

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習得する。
別テーマ実験	システム制御系のシステム構築総合実験

表 2 総合実験のスケジュール

Table 2 Schedule of the synthetic experiments.

		前期(4月~7月)										後期(9月~12月)										
実験回数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A 群	P 班	●●●●●●●●●● 情報ネットワークシステム構築実験										組 変 え	●●●●●●●●●● 別テーマの総合実験									
	S 班	●●●●●●●●●●											●●●●●●●●●●									
B 群	P 班	●●●●●●●●●●										組 変 え	●●●●●●●●●● 情報ネットワークシステム構築実験									
	S 班	●●●●●●●●●●											●●●●●●●●●●									

に「情報システム工学総合実験」を実施している。情報ネットワークシステム構築実験は、表 1 に示す 3 年次の総合実験 2 テーマの 1 つとして実施した。

3 年次の学生約 120 人を表 2 のように A 群、B 群各 60 人ずつに分け、2 つの総合実験を行った。本情報系総合実験は、各群をさらに 30 人ずつに分け、3 人編成の 10 グループで、隔週 5 回で実施した。

実験の指導は、教員 3 人と大学院生の実験副手 (TA) 6 人で行った。副手は毎回、6 人程度の学生を担当し、実験の指導および学生からの質問への対応を行った。大学院生を副手に活用したねらいは、次の点にある。

- 卒業研究、大学院進学を控えた学部学生に対して大学院生と知り合う機会を与える。
- 大学院生の情報システム構築への理解を深めさせ、さらに後輩の指導体験を通して人間形成の一助とする。

4.2 実験用機器およびレイアウト

新設の総合実験を実施するため、実験室の拡張、フリーアクセス化、実験機の拡充を行った。また、大学内の 100 Mbps LAN と接続する環境を整え、実験書電子ファイルの閲覧、ダウンロードを可能にした。

実証システムで使用した主要機器を表 3 に示す。

4 グループに対して 1 組のサーバ、ルータを用意し、サーバ、ネットワーク機器およびクライアント (学生の持ち込むノート PC) を図 11 のように配置した。この構成を 3 セット、最大 36 人の環境として用意した。

4.3 各サブテーマのレポート課題

各回の実験終了後にレポートを作成させるが、以下のサブテーマ別検討課題を与えた。

表 3 実験システムの主要機器

Table 3 Main equipments used in the system.

・アプリケーションサーバ	3台
タワー型デスクトップパソコン	
仕様: Pentium, 320 MB メモリ, 10 GB ディスク	
OS: WindowsNT ver. 4.0	
・データベースサーバ	3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 8ポートハブ 100Base-TX 対応	9台
・クライアント用 PC	
① ノート型パソコン (東芝 Dynabook)	
② 100Base-TX LAN カード, LAN ケーブル	
学生が保有するノート PC, LAN カードを使用する。	
・ソフトウェア	
Oracle Application Server 4.0.8	
Oracle8i 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	

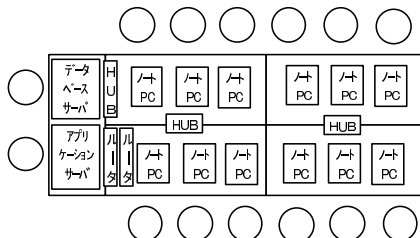


図 11 4グループ用の機器レイアウト

Fig. 11 Layout of equipments for 4 groups.

- (1) 第1回目: 設計したデータモデルと模範解答との差異考察. データモデリング手法の調査検討.
- (2) 第2回目: 実験結果考察. 大規模ネットワークの構築検討. ルーティング手法の調査検討.
- (3) 第3回目: 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回目: 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回目: 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.

4.4 実験の実施

実験開始時に全員に, 当日の実験概要や目的を説明し, 学生の理解促進を図った. 説明後, グループごとに実験を行わせた. 図 12 は実験の様相である. 実験助手 (TA) とサーバラックを配した実験機が見える.

実験終了後, 学生は実験結果, 考察, 課題回答をレポートにまとめ, 1週間後に提出する. 教員は, 採点后, 1回で受理するものを除いて, コメントを付して返却する. 学生は, 見直し, 修正をして1週間後に再提出してくるので, これを採点しレポート成績とする.



図 12 実験の様相

Fig. 12 Snapshot of experiment classroom.

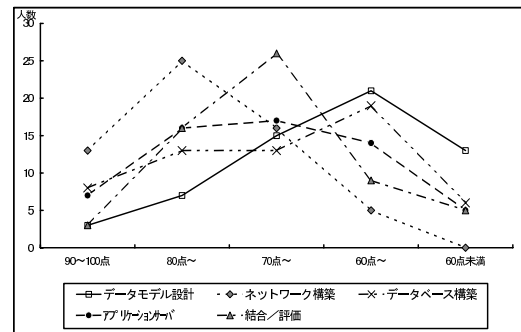


図 13 2001年度前期 実験レポート成績分布

Fig. 13 Distribution map on the results of reportings for the first semester in year 2001.

4.5 実験レポート成績

2001年度前期のレポート成績分布を図 13 に示す. データモデル設計は, 80点以上 17%, 平均 63点と理解度が良くなかった. 学生にとって業務情報システムは初めてであったこと, システム全体の理解およびデータモデル設計に難しさがあったこと, 第1回目なのでレポート指導を厳しくしたことが要因である.

ネットワーク構築は, 2年次に講義と実験を経験しているため理解度は高く, 80点以上 64%, 平均 80点であった. データベース構築は, Oracle や SQL, データモデル投入など未経験事項が多かったため理解度はやや低く, 80点以上 36%, 平均 71点であった. アプリケーションサーバ構築では, 学生はシステム全体の理解および Java 言語, Servlet によるプログラミング能力を必要としたが, 相対的には成績は良好で 80点以上 39%, 平均 72点であった.

システムの統合と性能評価実験は, 80点以上 32%, 平均 73点で正規分布に近い成績となった. 理解度にやや不足はあったが, システム構築目標を達成し, システム全体の理解度もますますといえる結果であった.

実験の効果をさらに高めるには, 実験に必要な Java, HTML, SQL の理解, プログラム作成能力の向上が

表 4 学生への実験評価アンケートの結果

Table 4 Result of questionnaires to students on evaluation of our experiment system.

項目	評価	
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. 総合実験方式は従来実験 方式と比べてどうだ 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%
3. 実験内容のレベルは従来 実験方式と比べて どう感じたか？	・ やや無意味	12%
	・ 非常に難しい	15%
	・ やや難しい	63%
4. 全体的な技術習得度は どうだったか？	・ ちょうど良い	20%
	・ かなりやさしい	2%
	・ かなり習得	12%
	・ いくらか習得	64%
5. 実験開始時のプログラム 作成経験はどの程度 だったか？	・ あまり習得せず	19%
	・ 習得できず	5%
	・ 自由に組めた	0%
	・ かなり組めた	4%
6.5 回でシステム構築を 理解するという目標は 達成できたか？	・ いくらか組めた	51%
	・ あまり組めず	35%
	・ 組めず	10%
	・ 非常に達成	2%
7. 役に立つ実験を行った という達成感・満足感 はあるか？	・ かなり達成	19%
	・ ほぼ達成	52%
	・ やや未達成	17%
	・ 未達成	9%
8. 実験で力不足を感じた 技術は何か？	・ 非常に満足	12%
	・ かなり満足	25%
	・ やや満足	42%
	・ 不満足	20%
	・ システム設計	36%
・ ネットワーク	48%	
・ データベース	36%	
・ APP サーバ	48%	
・ プログラム	36%	
・ レポート作成	48%	

必要であり、今後の課題である。

4.6 学生の授業評価アンケート調査結果

学生の授業評価を得るためアンケート調査を行った。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・レポート作成時間、改善提案、感想など 25 項目について調査した。

表 4 に代表的な項目のアンケート結果を示す。

(1) 実験テーマへの興味は、表 4 の 1 項に見るように半数の学生が強く感じている。また、約 80% の学生が従来の個別テーマ実験と比べて参加意欲が向上したと回答している。これは表の 2 項にも現れており、本総合実験が従来の個別テーマ実験に比べて非常に有意義である、かなり有意義であると評価した学生が過半数を占め、いくらか有意義を含めると約 90% が意義を感じている。「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」などの意見を得た。(2) 3 項の難易度については、学生はやや難しいと感じている。一方で 6 項に見るように実験の目標は約 70% が達成したと回答している。適度な困難さが、やる気を起こさせ、達成感を生んでいる。

(3) 4 項の技術習得度は、期待値よりやや低かったものの 70% 強の学生が何らかの技術習得を果たしている。「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」などの意見があり、座学のみでは得られない効果があった。実験による習得内容として学生があげたのは、HTML、3 層システム、SQL、Java プログラミング、データモデル設計、ネットワーク構築などであった。

(4) 学生の実験開始段階でのプログラム能力は 5 項に示すように不足であった。また、8 項に示すように、実験中は半数以上の学生が実験に必要な基本技術力の不足を感じていた。こうした学生が Java プログラムを組んで、簡易業務アプリケーションシステム構築という最終目標をほぼ達成し、6 項、7 項に見るように達成感を感じている。大学院生の副手 (TA) による少人数指導方式で実験を実施したことで、座学のみでは得られない少人数教育の効果が得られた。

(5) グループ編成については、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% が気にしており、競争意識がみられた。グループ内の役割分担については、ほぼ果たしたが 35% にとどまり、今後の指導強化、課題付与の工夫が必要である。

(6) 予習については各回 0.5 ~ 1 時間が 77% と少なく、復習については 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 40% と考えられる。レポート作成時間は平均 7 時間強で 6 ~ 10 時間が多かった。

4.7 実験副手 (TA) へのアンケート調査

前期終了時に、大学院生実験副手に対し授業評価と改善策のアンケート調査を行い、学生の理解度向上、実験の運営改善に関し、16 項目にわたる提案、意見を出させた。彼らにも初めての指導体験であったが、表 5 に示すような有益な提案や意見が得られた。

教員によるレポート評価、学生の授業評価、大学院生副手の提案内容をもとに、担当教員を含む本実験推進グループ全員で、本実験の評価と改善項目の抽出、改善策の検討を重ねた。詳細は 5.2 節に述べる。

表 5 実験副手への実験改善アンケートの結果

Table 5 Result of questionnaires to TA on evaluation of our experiment system.

1. 学生により興味を持たせるための提案は？
1) 実験前の予備知識を高めて実験を行うことでシステムを動かす面白さを体験させる．
2) 今、自分たちが何をしているのか、目的、内容を理解させる．
2. 実験を分かりやすくする工夫は？
1) 実験テキストの予習をしてもらうような仕組みを作る．
2) 各段階の実験の目的、内容をよく理解させる．
3) テキストをさらに分かりやすい内容にする．
3. 実験終了時の技術修得度を向上する工夫は？
1) 理論面は専門科目の講義で抑えており、本実験はその応用として、多少大まかでも全体把握ができればよい．
2) アプリケーションサーバ実験の課題は、グループではなく、1人1人に与え、全員参加の形で勉強させる．
3) 機材を増やしても全員に触ってもらい、体得させる．
4. 達成感、満足感を向上させる工夫は？
1) 満足感の不足は、自分でやっていないからであり、自分がやらざるをえない環境にすれば、改善される．
2) グループ全員が参画するような役割分担、課題付与を行う．
5. 実験環境の改善
1) 実験スペース、空調関係の改善を行う．
2) サーバ、ルータセットの数を増やす．2グループに1セット．
3) 実験の性質上やむをえないが、プログラムの流出が問題．
6. 本実験のよかった点、感想、自由意見
1) モデル設計からネットワーク、データベース、アプリケーション構築と一連のシステム構築ができたことは大きな収穫である．
2) 初めての実験だったが、全般的な問題を把握できよかった．

5. 評価および考察

5.1 本実験の目標達成度

(1) 実験の習得技術内容

筆者らの学科で3年生を対象に行ってきた従来実験の習得内容と今回提案し実施している総合実験の習得内容の比較を表6に示す．

従来実験は、複数の個別テーマ実験で構成されているが、情報処理学会が推奨する理工系学部情報系学科の学生に必要な習得内容をカバーしていない．一方、本提案の総合実験は、理工系学部情報系学科の学生に必要な技術習得内容を5回シリーズの実験を通して体系的に習得させるものである．個別技術の習得だけでなく、システム全体の理解、システム設計・構築・評価手法の習得、情報ネットワークシステムへの対応力の習得などを実現することができた．本総合実験を経験した学生は、経験しない場合に比べて情報ネットワークシステム関連技術の習得内容が向上したといえる．

(2) 実験の有効性

表 6 従来実験と比較した提案実験の習得技術

Table 6 Technology acquirement in proposed experiments compared with traditional experiments.

修得すべき技術分野	従来実験の習得内容	提案総合実験の習得内容
データ構造とアルゴリズム	—	データモデルの設計
情報ネットワーク	ネットワーク構築	広域ネットワーク構築技術
データ構造とアルゴリズム	Web 検索	データベース構築、SQL
プログラミング入門	アセンブラプログラム	Java/HTMLプログラム
アプリケーションプログラム	エキスパートシステム 構造体 CAD 設計	簡易業務プログラム作成 アプリケーションサーバ構築
情報システム全体の理解	—	システム設計・構築・評価
情報システム構築手法	—	情報システム構築の体験

5回のサブテーマで構成する本総合実験方式については、4.7節で述べたように実験への興味、参加意欲、目標達成度、達成感とも評価が高く、学生、副手ともに肯定的であった．また、次項に述べるように、技術習得に関しても、本実験が目指した「基礎技術のつながりを理解させ、業務の情報システムの基本形を学ばせて応用への対応力、情報システムを把握する視点の深掘りを習得させる」という狙いにそった評価が得られたことで、実験の有効性を確認できたと考える．

(3) 技術習得度

学生が、習得成果としてあげたのは、HTML、3層システム、SQL、Javaプログラミング、データモデル設計、ネットワーク構築などであり、期待どおりである．第5回目のシステムの統合では、第2回目に行った広域ネットワークを再度、構築させたが、第2回目に比べて構築時間が1/3程度に短縮され、学習の効果がみられた．4.6節の実験レポートの成績で述べたように、多くの学生が実験内容をかなりの程度で理解しており、情報ネットワークシステムの基本概念と構築手法の概要を習得したと考える．

学生の多くが実験はやや難しいと感じており、半数以上が実験に必要な基本技術力の不足を感じている点については、講義との連携、実験書・指導方法の改善による理解度向上を検討する．

(4) 実験への参画度

学生の約90%が多少の興味を持って実験している．個別テーマ実験に比べて学生の参加意欲が向上した．また、グループ編成も妥当であった．参画意識の面では問題ないといえる．実験時にグループ内の役割分担

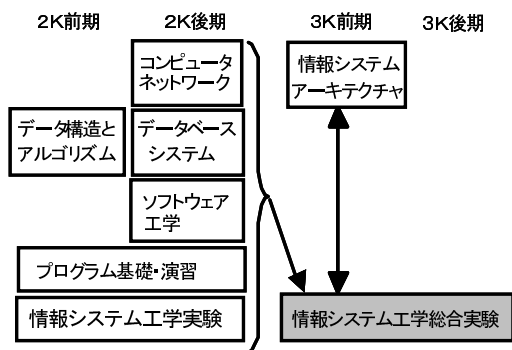


図 14 関連講義との連携強化

Fig. 14 Strengthening the link between experiments and lectures.

をほぼ果たした学生は 35%にとどまっているが、予習をしてきた学生は興味も持ち、理解も早く、率先して役割を果たす。予習を奨励し実験への興味、関心を高めるとともに、課題付与と指導を工夫する必要がある。

5.2 判明した各種課題

(1) 理解度の向上策

学生のシステム全体についての理解度を高める必要がある。自分たちが、今、何をしているのかを理解させ、実験を進めさせることが、実験への取組み意欲を向上させる。以下の対策強化を検討する。

- 目的意識を持った予習の徹底、事前課題の付与
- 実験書、実験指導方法の改良
- 講義との連携強化(3)で述べる)
- 学生の理解度、質問内容、実験運用や教材改善など実験中の生データ収集の仕組み作り

(2) 実験環境の改善

サーバ、ルータの数が不足であった。データベース構築、プログラム投入、IP ネットワーク設定などの操作で待ち時間が発生し、実験時間が長引いた。サーバおよびルータ設備を増強して、4グループに1組から2グループに1組とし、実験能率の改善を図る。

(3) 講義との連携強化

本総合実験は、個別専門技術の応用力を養うことが大きな目的である。本実験導入に際しては、学科のカリキュラムを見直し、図 14 に示すように講義科目が極力、先行するような連携強化策を立てた。過渡期の今年度は、SQL や Java の講義が実験と並行したが、今後、計画どおりにこの施策を実現して、実験に必要な専門技術レベルを高めて実験に臨ませる。

(4) 実験の継続性

本総合実験を学生実験として運用していくためには、実験の継続性、技術変化への対応が課題となる。本実

験では、OSI 参照モデルのネットワーク階層に基づく通信インタフェースの採用、3層構造によるビジネスロジックとデータベースの分離、Java 言語によるアプリケーション開発、オブジェクト指向技術、JDBC、SQL、Web ブラウザ、HTML などの業界標準技術の採用で、アプリケーションのプラットフォーム非依存化を図っており、実験システム更新の容易性、長寿命化につながるものと考えている。

6. まとめ

本論文では、情報ネットワークシステム構築学生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、その有効性を確認するとともに、新たな課題を発見した。実証実験の結果をふまえて、提案骨子の達成については、次のように評価している。

「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学生が自ら考え、設計・構築し、評価する作業を通じて、情報システムネットワークシステム全体および構築方法を理解させる」点については、課題を残したが、システム構築作業目標を全員に達成させ、システムの概要を把握させることができた。

「個別専門技術を関連付ける視点、専門技術を結合する技術を習得させる」点については、実際に個別技術を組み合わせるシステム構築する過程で、基本概念を把握させることができた。

「典型的な業務システム例を構築し、オブジェクト指向に基づくデータモデル設計、Java プログラミングと実装、実行と評価による応用システムの基本概念を習得する」点については、全学生が目標システムを完成できたこと、およびレポートの内容、学生の授業評価、副手の授業評価結果から、ほぼ達成のレベルに入っていると考える。

解決すべき課題としては、以下の項目がある。

- (1) 理解度の向上：目的意識の付与、動機付け、予習の徹底、教材の改良など
- (2) 実験環境の改善：サーバ、ルータ設備の増強など
- (3) 講義との連携強化：実験に必要な専門技術講義の先行実施
- (4) 実験の継続性：実験内容の改良、技術変化への対応

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小泉寿男教授、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) 池田克夫編: 情報工学実験, オーム社 (1993).
- 2) 土本康生, 村井 純: 擬似 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 回情報教育方法研究発表会予稿集, pp.48-49 (2001).
- 3) Davenport, D.: Experience Using a Project-Based Approach in an Industry Programming Course, *IEEE Trans. Education*, Vol.43, No.4, pp.443-448 (2000).
- 4) 総務省: 平成 13 年度版情報通信白書, 第 1 章 II 第 7 節 (2001).
- 5) 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, 大学教育と情報, Vol.9, No.4, pp.16-19, 私立大学情報教育協会 (2001).
- 6) 情報処理学会: 大学の理工系学部情報系学科のためのコンピュータサイエンス教育カリキュラム J97 (1997).
- 7) 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*, Vol.50, No.2, pp.90-94 (1999).
- 8) 今村信貴, 伊藤雅典, 岸本光弘: 大規模 e-ビジネスサイトを支える技術, *FUJITSU*, Vol.52, No.4, pp.338-344 (2001).
- 9) 須加 力: Web アプリケーションサーバ完全構築ガイド, 日経 BP 社 (2000).
- 10) 三井浩康, 田中勝也, 塩澤秀和, 小泉寿男: 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, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, *IPSJ Symposium Series*, Vol.2001, No.13, pp.201-206 (2001).

(平成 13 年 12 月 6 日受付)

(平成 14 年 7 月 2 日採録)

推 薦 文

推薦論文では, 学生実験として, アプリケーション構築からネットワーク設定まで含めた総合的なシステム構築を行う方法を提案している. 内容的には, 実際のシステム構築の現場ですぐに通用しそうな高度な内容であり, 学生の高いスキルアップが期待できる構成となっている. また, アンケートによる評価も行って

おり, 技術修得効果に対する学生満足度の高さが数値的に評価されている. 以上の点が, DPS-WS において, 査読者や聴講者から評価され, 本論文は Excellent Paper Award に選定された. 以上の理由から, DPS 研究会では, 本論文を自信を持って推薦する.

(DPS 研究会主査 東野 輝夫)



三井 浩康 (正会員)

昭和 18 年生. 昭和 42 年東京大学工学部電気工学科卒業. 同年三菱電機 (株) 入社. 空港管制自動化レーダシステム, 情報システム機器, スタオートメーションシステム等の開発に従事. 平成 12 年東京電機大学理工学部情報システム工学科常勤講師. 遠隔教育, 遠隔実験システムの研究に従事. 電子情報通信学会, IEEE-CS, IEEE-ES 各会員.



田中 勝也 (正会員)

昭和 46 年生. 平成 7 年東京電機大学理工学部経営工学科卒業. 平成 9 年同大学大学院理工学研究科システム工学専攻修士課程修了. 同年 (株) NTT データ入社, UniSQL 製品開発に従事. 平成 11 年東京電機大学理工学部情報システム工学科助手. 平成 12 年同大学理工学部より博士 (工学) 取得. 平成 14 年 4 月より (株) フェイス勤務. 専門は分散データベースシステム.



塩澤 秀和 (正会員)

昭和 46 年生. 平成 6 年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業. 平成 12 年同大学大学院理工学研究科計測工学専攻博士課程修了. 博士 (工学). 同年東京電機大学理工学部情報システム工学科助手. 情報視覚化, グループウェア, ヒューマンインタフェース, ネットワークアプリケーション等に興味を持つ. 電子情報通信学会, ACM, IEEE-CS 各会員.