

特別論説

情報処理最前線



大学院における情報処理教育の一つの取組み

—奈良先端科学技術大学院大学を例として†—

嵩 忠雄^{††} 千原 國宏^{††} 鳥居 宏次^{††}
山本 平一^{††} 渡邊 勝正^{††}

1. はじめに

ここ数年間に開設された情報科学に関連する独立研究科(学部直結しない大学院研究科)は、国立だけでも、東北大学情報科学研究科、名古屋大学人間情報学研究科、電気通信大学情報システム学研究科、北陸先端科学技術大学院大学と筆者らの所属する奈良先端科学技術大学院大学(長いので、以下、北陸あるいは奈良先端大と略称)の情報科学研究科がある。北陸と奈良の先端大が同じタイプであることを除き、それぞれの設立の経緯によって異なった性格内容をもっている。このような多様性と独立の研究科として設立された背景として、現状の情報科学の特色に、

- (1) 歴史が比較的浅く成長発展途上にある、
 - (2) 広範囲の分野へ、単に表層レベルでの関連にとどまらずより深いレベルで浸透していく可能性がある、
 - (3) (2)の過程において、いくつかの既成の学問分野のよせ集めでなく、統合的な学問として形成されていくと期待されている、
- ことがあげられよう。

独立研究科での共通の現実的な問題は、研究科として期待しているような学生をいかに確保するかである。とくに、北陸と奈良の先端大では、学内に学部をもたないので、この問題に直面している。もちろん、何も無いことは、拘束されずより自由であり得ることである。この自由度をどのように有効に生かすかについては、当面、試行錯誤

が避け難いと思われる。

以下、一例として、本研究科の方針、実状について概略を紹介する。学部での専攻分野に必ずしもこだわらず、また、いわゆる社会人、大学3年修了の飛び級生、留学生などについて特別の枠で制約せずに、しっかりした素養と目的意識を持った人を広く受け入れるべく努力をしている。たとえば、飛び級制度について既成の大学では必ずしも積極的ではないが、この制度を活用しようという自信と意欲のある学生を歓迎している。また、社会人については、実務経験、実績を重視し、積極的に受け入れている。

入学は春か秋かのいずれかを選ぶことができる。入試は、調査書(企業などに属し、その承認を得て出願する人に対しては、職務内容調査なども含む)と出願時に提出された小論文に基づく書面評価、調査書と小論文に関する口頭試問、ごく基礎的な知識と学力に関する口頭試問よりなる。入試の逐次的改善のため、各学生に関する入試データと入学後の成績に関するデータベースが作成され、教員が学生の指導上の資料としても使っている。修了条件は、制度が許す限り弾力化し、暦の上の修学時間より、研究成果、実績を重視する方針である。

学生が、経歴、専門知識、目的意識などにおいて多様であることは、一方で、教育上若干の負担と努力を必要とする(2.参照)。他方、情報科学の多様性とうまく共振させることができれば、積極的な効果が期待できよう。本研究科は学生のみでなく、教員の経歴も比較的多様でかつ平均年齢も若い。単に多様であるだけではあまり意味がないが、このような多様性を複数の戦略的な核を中心として編成していくことがわれわれの課題である。

† A New Approach to Graduate Education in Information Science at NAIST by Tadao KASAMI, Kunihiro CHIHARA, Koji TORII, Heiichi YAMAMOTO and Katsumasa WATANABE (Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology).

†† 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科

2. 教育体系

大学院における情報処理教育では、学修や研究の支援ツールとしてコンピュータを高度に利用していくことと、新しい情報システムを研究・開発していくことの二面への対応がある。

前者については、学部の段階で一応習得しているものと考えている。しかし、問題解決とプログラミング、図表を含めたレポートの作成、個人用学術情報データベースの構成、国内外の研究者とのコミュニケーションなどを円滑に行うには、高性能な情報システムに入り込んで、それを活用する能力が要る。これに対しては、「全学情報システム」の利用講習と、一部の講義と実習により、導入教育を行っている。

後者については、専門科目として、情報科学の基盤となる理論と先端となる応用について、最新の話題も含めた授業科目を組んでいる。学生は、関心のある科目を選択・履修することにより、自分の研究方向を中心とした分野での問題の発見と解決の能力を習得する。

なお、一年後には博士後期課程への入学が予定されている。後期課程の定員37人というのは相当な数であって、一講座平均毎年2人以上の博士の資格ある学生を教育することになっており、大学の教官の実力ならびに学生の意欲と資質が問われる時期が到来する。各年37件の研究テーマは挑戦するつもりになれば非常にやりがいのあることであるが、それには2年間の前期課程の教育と研究指導の成果が大きく貢献することになる。前期課程から後期課程への進学を目指す意欲のある学生はもちろん、はっきりした研究意識をもって学外から後期課程へ入学する学生も広く積極的に受け入れる。

2.1 全体の方針

一般に、大学院での教育で、授業（演習・実習も含む）と研究指導のそれぞれに、どのようなウエイトを置くかは考えの分かれるところである。情報科学の分野では、対象も内容も拡大・発展しつつあり、しかも、その境界が捉えにくいいため、体系化を目指した授業に多くの力を注ぐべきであると考え。さらに、本大学院は、学部がなく、社会人を含めて、多様な専門と経歴をもった学生を受け入れることになっている（1.参照）。その

ため、専門科目だけでなく、基礎科目、および、境界となる科目（共通科目、2.5参照）も設けている。

基礎科目は、情報関連の学科以外の学部・学科を卒業した入学者（社会人も含め）に、学部レベルの内容を講義するもので、次の項目に関する4つがある。

1. アルゴリズムとデータ構造、プログラミング手法
2. コンパイラ、OS、データベース基礎
3. 論理設計基礎、計算機デバイス、計算機アーキテクチャ
4. 情報理論基礎、デジタル信号処理、通信システム基礎

授業にあたっては、1年を4期に分け、1科目は週2回で、試験を含めて、約8週間で終わる。これは、一つの科目を集中して学修することによる効果を期待するものだが、その結果について述べるのは少し先のことになる。また、各科目では、授業の進行に合わせて、演習課題が出される。ワークステーションを利用した課題の解決、レポートの作成には、かなりの時間を費やしているようだが、それが情報処理教育の実践と新たな問題の発見に寄与している。

2.2 専門科目

情報処理教育のあり方については、本誌（情報処理、1991年、6月と10月）に、パネル討論と検討委員会の提言がある。

当研究科の場合には、すでに、設置準備の段階で、専門科目の枠組が検討され、設定されていた。二つの専攻（情報処理学専攻、情報システム学専攻）で、それぞれ、10の科目と、4つのプロジェクト実習である。ただし、二つの専攻が分担する内容は密接な関係にあるので、双方の枠組を保ちながら、全体で一つの体系を構成することを目指している。

その内容を、科目名で分けるより、基盤となる内容と、応用との繋がりが強い内容とに分けると、表-1のようになる。これらの内容を通して、学生が、情報科学の中核となる理論や技術が何で、応用として発展しつつある領域がどのような状況かを自ら考察し、把握するように指導している。

社会で実務経験を積んだ学生もいるため、特定

表-1 基盤と応用との関連

領域	「基盤」となる内容	「応用」との関係が強い内容
情報ネットワーク	情報理論, セキュリティ	ネットワークアーキテクチャ, 通信システム
計算機システム	論理設計, 計算機アーキテクチャ	CAD, 高信頼性設計, 並列計算機, 分散システム
ソフトウェア	ソフトウェア基礎理論, 並列処理アルゴリズム, プログラミング言語, 言語処理系, OS, システムプログラム	非手続き型処理, ソフトウェア構成論・分析論
形式言語・自然言語	形式言語理論, 形式意味論, 計算可能性, 計算複雑度	自然言語構文論・意味論, 自然言語処理システム
論理と推論	数理論理学, 推論	学習・問題解決
データベース	データベース理論	知識工学, エキスパートシステム, マルチメディアデータベース, インタフェース設計論
知覚情報	デジタル信号処理, パターン認識	画像処理, 音情報処理, センサ情報処理, パターン理解, 物体認識, ロボット設計論
システム工学	数理計画, システム理論	システム設計, システム評価

の問題については、授業するほうが冷や汗をかき場合もある。全般的にみて、質問や議論が活発で、ときには授業が予定どおり進行しないこともある。たとえば、大規模なソフトウェアの設計や開発過程について、社会での体験や現場でのニーズにもとづいた問題が提起される。こうした雰囲気こそが、大学院での情報処理教育にとって欠くことのできないものである。その中から、さらに探求すべき理論的な問題や、応用として発展させるために解決すべき問題点が見つけ出されていく。

なお、同じ科目を重複して開講し、少人数になること、多様な受講計画に対応することを図っている。本年度の実績を基にして、次年度では、その数をさらに増やす計画である。

2.3 研究論文、課題研究への指導体制

情報科学の分野に限ったことではないが、研究論文（修士論文）の指導は、大学院において中心となる教育である。学生が、自分の関心に合わせて、創意を發揮できる適切なテーマを自ら設定できたときには、研究に対する意欲がますます旺盛になる。

研究に対する心構えを早くもたせるように、大学院に入学直後（1週間～10日）に、学生が所

属する研究室を仮に決定している。ただし、学期の区切りごとにそれを変更することが可能である。また、主となる指導教官のほかに、1～2名の副となる指導教官を定めることにしている。

研究論文には、独創性、新規性、あるいは、有効性のある研究に対する貢献が多いことを要求している。ただし、課題研究の報告（2単位）と専門科目4単位で、研究論文（6単位）に替えることもできる。課題研究は、ある課題（研究分野）のサーベイ、技術動向の調査報告、製品（ソフトウェアも含む）などの開発報告などである。これは、社会人入学者や、学生の多様な経歴に対応するものであるが、原則的には研究論文を提出するように指導している。

2.4 プロジェクト実習、ゼミナールでの体験

新しい研究テーマのもとに、創意の豊かな研究を進めるには、広い視野と深い洞察力が欠かせない。授業を受けたり、文献を読んだりするだけでなく、それを補うものとして、次のような機会をもうけている。

○プロジェクト実習：興味に合ったテーマで学内または学外で実習・実験を行う。短期に集中的に行うもの、長期にわたるものがあるが、実施時間は60時間以上としている。

学内で行うものは、授業科目に関連したテーマ、講義の中では深く取り上げられなかったトピック的なテーマが設定される。たとえば、

- VLSI CAD を用いた論理回路の設計と実現
- フォールトトレラントなコミュニケーションサーバ装置の構築
- データベース利用者インタフェースの設計・製作

● 日本語辞書の高速検索のための TRIE 構造化などがある。1テーマでは、4～8人のグループを前提としている。

また、他大学の研究室や、企業の研究所にお願いして、実習の協力をしてもらっている。それによって、学生の多様な関心に応えとともに、現場での問題発見・研究方法に直接触れさせている。平成5年度では、2大学、15社に約40名の指導をお願いしている。テーマの一例を次に示す。

- 3次元画像の任意切断による切断面の表示
- 人物動作の認識・理解に関する検討

● FPGA によるビタビエンコード IC の開発

● 変換聴覚フィードバックによる音声知覚・生成相互作用

● 電話会話とマルチメディア会話の特徴分析

○ゼミナール：研究科の教員と学生が一堂に会して、互いの研究を紹介し、それに基づいて討論する場を提供する。学生は、国内外の著名な研究者や学内の教員の研究成果、あるいは、学友の研究状況について話しを聞いて討論に参加するだけでなく、自らも発表して研究に対する助言を得、批判を受ける。

このような場を通して、見識を深めること、問題点を見つけること、さまざまな分野の問題を関連付けること、研究方法やその発表の仕方を工夫することなどを学ぶ。こうしたさまざまな現象や実例から、共通の問題や基本となる手法を見つけ出すこと、それは、広い意味の「情報処理」の一面である。

2.5 共通科目（学際領域特論，数学，英語）の役割

情報処理教育は、単にコンピュータを含めた情報システムに関連するものに限られたものではない。とくに、大学院では、対象とする応用分野の特質を把握する、システムを正確に分析・評価する、設計・開発した結果を国際的に発表するなどの能力を育てることも必要である。これに応じて、たとえば、次の科目を開設し、選択履修させている。

学際領域特論：科学史・科学哲学，文化と文明における技術，生命科学とコンピュータ，考古学における情報科学の応用，経営システム，知的財産権

数学：確率と統計（確率論，確率過程，数理統計学），応用代数学（群，環，体），基礎科目としての線形代数・解析基礎

英語コミュニケーション法：英語による討論能力，論文などの作成能力を育てる（中級，上級）

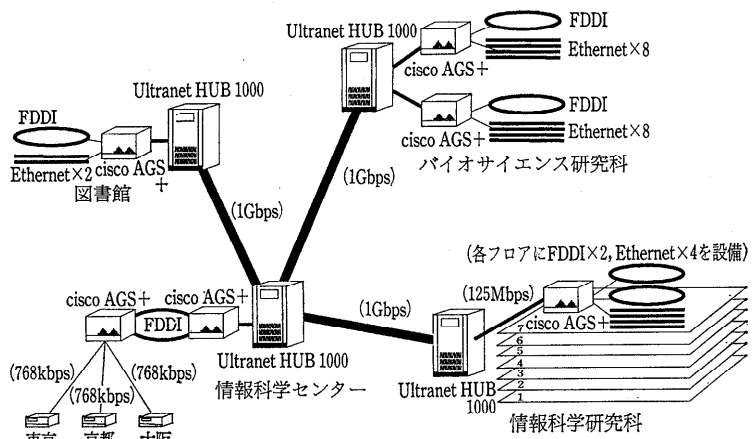


図-1 曼陀羅ネットワーク

3. 教育・研究の設備と環境

3.1 全学情報ネットワーク

本学における統合情報処理環境システム「曼陀羅」は、ネットワークである「曼陀羅ネットワーク」と情報処理設備である「曼陀羅システム」とから構成されている。全学情報ネットワークである「曼陀羅ネットワーク」は、全学の情報処理設備すべてを有機的かつ統合的に接続し、どのワークステーションからもすべてのサーバや他のワークステーションに自由にかつ高速にアクセスでき、学内の情報資源の密接な共有と流通を円滑に行い、さらにマルチメディア通信に対応可能であることを目標にネットワークを構築している(図-1)。

このため、現在世界最高速の 1Gbps のネットワークである UltraNetwork を用いて基幹ネットワークを構成し、その HUB 局を情報科学研究科，バイオサイエンス研究科，情報科学センター，図書館に設置し、各研究室に対してはこの基幹ネットワークからルータを介して 100 Mbps の FDDI と 10 Mbps の Ethernet のコンピュータネットワークサービスを提供している。さらに 1994 年 3 月には、2.4Gbps の ATM-LAN が超広帯域マルチメディア通信などの研究を推進するため導入されている。

また、学外に対しては東京，京都，大阪と 768 kbps の回線で接続されており，Internet を通じて国内外に対する充実した広域ネットワーク接続を確保している。これにより，国内外の研究者

との情報の自由な交流や共有, 各種データベースへの高速なアクセスが可能になっている。さらに, 関西文化学術研究都市では, 1994年7月から最先端のB-ISDNによる通信基幹網を構築し, これを用いて各種広帯域通信サービスの実験が予定されている。本学においても, この「B-ISDNネットワーク」と「曼陀羅ネットワーク」を接続し, 高度なネットワークを利用した研究を行う予定である。

3.2 教育・研究設備

既存の学問分野や業界の枠を超えて, 内外に開いた基礎研究の場として, また産学の研究拠点として広い視点から先端科学技術の大学院教育研究を推進するためには, 情報処理設備の充実が不可欠である。本学には,

- 個人常用ワークステーション: 教官や学生の教育研究活動の拠点
- 小規模計算サーバ: 各種アルゴリズムの開発・検証用
- 各種研究設備: 画像情報や立体情報の計測・処理システムや, 知識処理システムなど
- 特別実験設備: 仮想現実感実験設備, ロボティクス実験設備, ATM 高速通信実験システムなど
- 教育支援設備: 講義に対する学生の理解を深めるために全講義室に設置した映像設備とワークステーション

を中心とした最新の情報処理設備を設置している。また, すべての設備は「曼陀羅ネットワーク」に接続して, 統合的な情報処理環境を整備している。

たとえば講義において, 教官は情報科学の最先端研究成果や教官自身の研究内容をファイルサーバに蓄積しておき, 講義資料として, ビジュアルな形で講義室の大スクリーンに提示することができる。一方, 学生は居室の個人常用ワークステーションによって講義録を読んだりプリントアウトしながら学習できるし, 質問があればその場で教官に電子メールを送って疑問を解決することもできる。また, 学会などに投稿した論文や, 学内のテクニカルレポートもファイルサーバに蓄積して, 研究成果の交流を図っている。このように, 本学においてはさまざまな情報処理設備を大学における日常生活を支えるツールとして利用すること

を通して, 情報科学の教育と研究を一体化し, 新しいシステムの構築やアルゴリズムの研究開発を進めている。

3.3 研究室と院生の個人スペース

大学院での教育・研究を推進する上で, 高性能の設備に加えて, ゆとりのある研究スペースが欠かせない。とくに, 変化の早い情報科学の分野においては, 研究のプロジェクトに合った研究設備の配置, 学生の希望に対応したワークスペースの割当てなどが柔軟に行える余裕が欲しい。一方, 一人で思索に耽ったり, 少人数で議論したりする場所も必要である。

本学では, 約 $180 m^2$ の研究実験室 (フリーアクセス床) と, 約 $90 m^2$ の実験・資料室が, 一研究室ごとに用意されている。これから建設される棟では, 廊下のないフリーアクセス床のオープンスペースも計画されている。また, 各フロアには, ソファが置いてあるリフレッシュコーナーがあり, 研究科共通にゼミ室 (約 $40 m^2$) が6室ある。

これらのスペースの効果を評価するのは少し先になるが, 建設途上の現在でも, 学生はワークステーションを含めた広いワークスペースを十分に活用している。

3.4 曼陀羅図書館構想

本学の図書館は, 利用者サービスが高度化された先端的図書館, というキャッチフレーズのもとに, 本学が目的とする先端科学分野での教育研究活動を支援する役割を担っている。

このため, 曼陀羅図書館と命名し,

- 学内および学外への情報発信・蓄積基地
- 情報の統合化とメディアフリー環境

などの機能を有し, 研究者・学生に迅速かつ質の高い学術情報を提供する利用者サイドから計画したまったく新しい先端的図書館を整備中である。情報処理設備としては, 一次情報入力システム, 大容量ファイルサーバ, 検索サーバなどを「曼陀羅ネットワーク」に接続し, 米国の大学で構築が進んでいる研究室においていながらにして図書館情報が手にはいる環境を実現する予定である。

収集を予定している図書館情報は,

- 書籍・雑誌など紙に印刷された情報
- マイクロフィルムなどの長期保存のために加工された情報
- CD-ROM などに代表される電子化された

情報

●ビデオテープなどに記録された学術的に重要な情報

- 内部で構築したデータベース
- 外部で提供されたデータベース

などである。

3.5 外部との交流

本学の地理的特徴を活かして、2.4でも述べたように、プロジェクト実習の指導や、授業の担当などの協力を他大学や研究所にお願いしている。とくに本学が関西文化学術研究都市の中の唯一の国立機関であることから、中立的立場に立っての交流範囲が広がりつつあり、客員教官の依頼や共同研究による交流もある。一例をあげれば、研究対象や中立性、そして設立以来数年たっていることから、国際電気通信基礎技術研究所(通称 ATR)との交流は太くなりつつある。ほかに、本学が奈良という古都に位置することから考古学に関連する研究成果への期待も大きく、帝塚山大学の先生による学際的講義やそれに続いての共同研究が始められようとしている。

設立主旨の中にも明記されているのだが、本学のように先端を指向する場合、産業界との関係を深めた新しい展開が重要な使命になる。具体例の一つとしては地元の関西経済連合会が中心になって本学を支援する財団が設立された。また、産学協力のほかに、国際間の協力もきわめて重要なことであって、教官や学生の海外派遣や、海外からの研究者、短期留学生の招聘、共同研究の促進なども徐々にではあるが始まっている。

4. おわりに

以上述べてきたように、奈良先端科学技術大学院大学には融通性のある教育カリキュラム、学際的教育の促進、超高速学内ネットワーク設備、最新型ワークステーションの利用など、教育・研究環境の多くの面での新規性がある。さらに、それらの最新の設備を十分活用する先端的図書館の実現を目指している。今後の重要なポイントはいかに、その内容を充実させ、個性をもった大学院大学を完成させていくかである。

最近、個性ある大学院や大学の教育が一般に期待されることが多くなってきた。しかし、個性というものは作ろうとしても簡単に作れるものでは

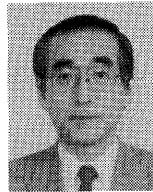
ないし、環境に恵まれば期待した以上の個性が作られるということもよくあることである。たとえば、京都や大阪に近いという地理的環境も個性の育成に少なからず影響を与えていくものと思われる。

(平成5年12月6日受付)



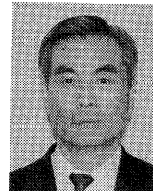
高 忠雄 (正会員)

1930年生。1958年大阪大学工学部通信工学科卒業。工学博士(大阪大学)。現在、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授。電子情報通信学会会員、IEEEフェロー。



千原 國宏

1945年生。1973年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了。工学博士(大阪大学)。現在、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授、同大学情報科学センター長(兼任)。電子情報通信学会、システム制御情報学会、IEEEなど各会員。



鳥居 宏次 (正会員)

1938年生。1967年大阪大学大学院工学研究科博士課程修了。工学博士(大阪大学)。現在、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授、大阪大学基礎工学部情報工学科教授(兼任)。IEEE、ACM、電子情報通信学会各会員。



山本 平一

1940年生。1965年大阪大学工学研究科通信工学専攻修士課程修了。工学博士(大阪大学)。現在、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科長。電子情報通信学会会員。



渡邊 勝正 (正会員)

1940年生。1968年京都大学大学院工学研究科博士課程修了。工学博士(京都大学)。現在、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授。電子情報通信学会、日本ソフトウェア科学会など各会員。