

川久保研究室

川久保 和雄

1 はじめに

川久保研究室は、昭和61年4月に情報処理工学が創設されたと同時に発足し、平成8年3月現在、73名の卒業生（4名の大学院修士生を含む）を輩出している。

2 教育の概要

発足当初の担当講義科目は、「計算機ソフトウェア」、「計算機ソフトウェア演習」、「コンピュータグラフィックス I」、「コンピュータグラフィックス II」、「映像情報学実験」、「工業英語」であったが、平成4年度にカリキュラムの抜本的な改正があり、「オペレーティングシステム」、「オートマトン論」、「コンピュータグラフィックス」、「言語処理論」、「計算機アーキテクチャ」、「情報処理工学実験及び演習 II」、「情報処理工学実験及び演習 III」、に変更になった。なお、カリキュラム改正移行期間中は、この他に「プログラミング演習 I」、「論理回路 II」、「情報処理総合演習」も担当した。また、大学院の講義科目としては、「計算機基礎特論」、「計算機ネットワーク特論 II」を担当している。以下に各講義内容を示す。

「オペレーティングシステム」は、計算機の最も基本的なソフトウェアであるオペレーティングシステム（OS）について、その内部構成、動作原理を扱い、情報処理技術者としての基礎素養を養うことを目標としている。

「オートマトン論」は、計算機科学の重要な数学的理論的基礎であるオートマトン理論・言語理論・計算理論の入門の講義である。

「コンピュータグラフィックス」は、コンピュータグラフィックス（CG）の計算機内部での処理技法に主眼をおいて、その基本原理を講述している。今でこそ多くの大学でCGに関する講義科目が設けられているが、発足当時には正規のカリキュラムに組み入れていた大学はきわめて少ない時期であったので、出版されている教科書類も少なく、また講義の内容に即して実施する演習の内容設計、指導方法、支援ツールの作成など、独自の工夫で作りに上げていく必要があった。この演習は当初は「映像情報学実験」として実施していたが、カリキュラム改正に伴い、後述の「情報処理工学実験及び演習 III」に発展した。

「言語処理論」は、プログラミング言語処理系（コンパイラ）の理論と構成方法を扱っている。プログラミングの際に必要な不可欠なソフトウェアとして日常利用しているコンパイラの動作原理や構成方法を知ることが、計算機技術者として重要なことである

と同時に、コンパイラの理論は数学的に定式化された体系として完成しているので、その学習を通じて、計算機科学の理論面の考え方に触れることもねらいとしている。

「計算機アーキテクチャ」は、計算機システムを構成するための基本的な技術について講述している。内容としては、演算装置の構成として各種の加減乗除のアルゴリズムとその実現方法、記憶装置の構成としてキャッシュメモリや仮想記憶の方式、制御装置の構成としてパイプライン方式、マイクロプログラム方式や割込みの処理方式などを扱っている。

「情報処理工学実験及び演習 II」では演習部分を担当しているが、ワークステーションのOSとして普及し、かつ情報処理の教材としても最適なUNIXの基礎から、順を追ってシステムプログラミングまで経験できるような内容としている。また、インターネットの普及に伴い、平成8年度からはWWWのホームページ作成のテーマも取り入れるなど、常に最新の内容を保持するよう努めている。

「情報処理工学実験及び演習 III」では、CGを担当しているが、ワークステーションを用いて、3次元コンピュータグラフィックスのモデリングから座標変換、クリッピング、透視投影、隠面消去、シェーディングなどの計算機内部での処理をプログラム作成の形で体験し、さらにグループでCG画像を作成するという一連の行程で、CGの概要をつかめるような内容にしている。なお、これらの演習では、教材の配布やレポート提出を、電子メールなどのネットワークを利用した方法で行い、効率的・効果的な演習実施方法の実践の場にもしている。

「計算機基礎特論」では、現在計算機技術の中でも重要な位置を占めている、耐故障性技術（第3章参照）を主として扱っており、論理回路レベル、システムレベルやソフトウェアなど、それぞれの分野での耐故障性技術の実現に必要な基礎理論、具体的な実現方法、信頼度解析など幅広く講述している。

「計算機ネットワーク特論 II」では、現在注目を浴びているインターネットなどの計算機ネットワークでのプロトコルを扱っている。OSIの7層モデルを基本にして、各層のプロトコルを実際例を交えながらも、性能解析など基礎的な内容をも重視しながら講述している。

3 研究の概要

本研究室の研究テーマは、計算機の耐故障性（フォールトトレランス）に関することを中心としており、また計算機ネットワーク、コンピュータグラフィックスに関することも扱っている。

<耐故障性の形式的検証に関する研究>

現代社会が情報化社会とよばれるようになって久しいが、社会が計算機に依存する部分が以前と比べると、飛躍的に増大しており、計算機や電子機器の故障による障害が発生した場合に、社会に与える影響は、場合によっては、はかり知れないものがある。そのような重要な分野に応用されている計算機システムには、システム内に故障が発生しても障害は起きないという性質である耐故障性が要求されることが多い。耐故障性を実現するためには、多重系構成をはじめ、多くの種類の技術が提案され、実用化されている。本研究室では、実際に耐故障性を達成するためのシステム構成に関する研究と、そのような耐故障性を持つように設計されたシステムや回路が、実際に故障発生時に求められる性質を満足するかどうかを調べる、検証に関する研究を行ってきた。

検証については、通常の回路の論理設計検証のための技術は、急速に進展を見せ、従来からの網羅的に入力パターンを与えて出力を観察する論理シミュレーションによる手法では、すべてのパターンを網羅することが不可能なので、それに代わって、与えられた仕様を、設計された回路が満足することを数学的に証明する、形式的検証の手法が研究されてきた。この方法は、昨今の計算機の処理速度の飛躍的向上や、記憶装置の安価・大容量化に伴い、また論理関数を効率的に計算機内で表現するのに適したデータ構造である二分決定グラフ（BDD）が考案され、進展してきたことに伴い、実用化が始まりつつある。

我々はこれらの技術も利用しながら、耐故障性の形式的検証という概念を新たに提案し、実際にその手法を確立するための研究を進めてきた。

論理回路は組合せ回路と順序回路の2種類に大別されるが、まず順序回路については、回路を有限オートマトンにとらえ、検証の対象とする耐故障性を、回路の入出力動作の仕様の形で、正則表現を完全に記述できる正則時相論理を用いて記述し、一方、その回路の設計を有限オートマトンの形で与え、それが仕様で表現される入出力系列を満足することを、モデルチェックと呼ばれる手法で確かめる方法を提案した。

実際に BDD を用いて計算機上に実装されたモデルチェッカーを利用して、いくつかの回路の耐故障性の検証の実験を行って、その有効性を示すことができた。

一方、組合せ回路については、入力と出力の符号語を表す特徴関数を用いた判定関数を作り、耐故障性の検証問題を、その判定関数の充足可能性問題に帰着させ、BDD を用いた恒偽関数との等価判定によって解くという、独創的な論理関数処理による方

法を提案し、実際に計算機上に検証システムを構築し、実験の結果その有効性を示すことができた。

<計算機ネットワークの教育への応用の研究>

情報処理工学では、平成5年3月に50台の教育用ワークステーションを導入し、同時に学科全体をネットワークで結合した。学科としてはじめての経験であるネットワーク導入に際して、当時の大学院生とともに、ネットワークの全体構成の設計、必要な多数の基本ソフトウェアのインストール、環境構築などを完成させ、運用体制の基盤を確立したが、その経験を踏まえて、教育への応用に関する研究にとりかかった。ねらいは、演習授業時間中の教師・生徒間の情報交換を効率的に行うことや、生徒情報の管理を主な目的とした、総合的な教育支援システムの構築である。

まずその一歩として、それぞれの画面情報の交換を一对多の間で行うため、マルチキャスト通信をサーバ・クライアント方式で実現した。このため、TCP/IP の上に新たな独自のマルチキャストプロトコルを構築し、それを利用して、教師の画面と複数の生徒の画面を相互に転送することにより、教育効果を向上する方式を提案し、試作システムを開発した。

<コンピュータグラフィックスに関する研究>

コンピュータグラフィックスに関する主な研究としては、3次元動画作成のための動作記述言語の研究・開発を行った。

3次元動画を作成する際に、描画対象物体の動作を指定する方法として、対話型のマンマシンインタフェースのもとに行う方法が一般的である。しかし、使いやすさや直観的に理解しやすいという点でこの方法は優れているが、よりきめ細やかな動作の指定や、アルゴリズム的な動作を指定することは難しい。このためこれらを厳密に記述できる言語体系について研究し、実際にその言語処理系を開発した。

この言語は座標系の階層構造を扱うことができる他、いわゆるプログラミング言語と同様な文法で動作を記述できるので、アルゴリズム的な動作などがきわめて柔軟な記述可能であり、物理法則に基づいた動作なども数式やパラメータで表現でき、かつ拡張性に富んだ言語である。実際にこの言語処理系を利用して、複雑かつ巧妙な動画作品を制作し、その有効性を確認した。

4 おわりに

以上、現在までの教育・研究活動についてふり返ってみたが、今後これらの教育・研究内容をさらに充実させるために、一層の努力を積み重ねていきたいと考えている。