

# 計算機科学研究とUECソフトウェア・リポジトリ

## Computer Science Research and UEC Software Repository

電気通信大学大学院 情報理工学研究科  
西野 哲朗

UEC（電気通信大学）西野研究室では、コンピュータをより知的で高速にするために、脳科学や物理学などの原理も取り入れた、新たな情報処理の仕組みの探求を目指している。現在、当研究室では、脳型コンピュータ、量子コンピュータ、条件反射ロボット、言語獲得メカニズムなどに関する、基礎から応用までの幅広い分野の研究を行っている。また、これらの研究によって得られた基礎的な知見と、実際の手法を組み合わせ、実問題の解決にも取り組んでいる。このような研究活動を、産業界から要請の強い高度IT人材の育成に反映させるため、大学院レベルにおいて、企業のソフトウェア開発現場で必要とされる基本的な知識、技術を修得させるための、独創的な教育プログラムを実施して、学生の自律的、実践的能力を育成している。その教育事業の核として、「UECソフトウェア・リポジトリ」という機関リポジトリを今年度から公開の予定である。本稿では、それらの取り組みについて紹介する。

### 1. 研究プロジェクト紹介

計算機科学（コンピュータ・サイエンス）という学問分野は、一言で言えば、コンピュータのハードウェアとソフトウェアに関する科学である。筆者の研究室では、そのなかでも、特に、ソフトウェアに関する科学の研究を行っている。それは、未来のコンピュータ上で実行されるソフトウェアに関する研究である。

当研究室の研究テーマは、自然界のメカニズムをお手本として、未来のコンピュータを創ることである。その際の具体的な研究内容は、先進アルゴリズムに関する基礎から応用までの研究であり、研究の目的は、人間にとって使いやすい、超高速コンピュータを実現することである。研究分野のキーワードは、以下の通りである：

コンピュータ・サイエンス (computer

science),  
計算量理論 (computational complexity),  
アルゴリズム論 (algorithm theory),  
先進アルゴリズム (advanced algorithm),  
量子計算 (quantum computing),  
認知計算 (cognitive computing),  
人工知能 (artificial intelligence),  
ロボット (robot),  
ゲーム理論 (game theory),  
アプリケーション・ソフト (application software),  
組み込み系ソフト (build-in software).

当研究室では、物理学や脳科学のほか、経済学やゲーム理論といった社会科学の原理も取り入れることで、新たなタイプの情報処理の仕組みを構築したいと考えている。すなわち、コンピュータをより知的で高速にするため、物理学、脳科学や社会科学に基づく新た

な情報処理の仕組みの構築を目指している。

現在の研究の方向性としては、コンピュータをより知的にし、かつ、より高速にするという2つの側面がある。知的なコンピュータについては、近年、急速に発展を続ける脳科学の成果の応用を検討しており、高速化の側面については、GPGPUの利用や、量子計算原理の応用を模索している。当研究室の具体的な研究テーマは、以下の通りである。

### 1.1 高性能計算

近年、コンピュータグラフィックスに使用されている、画像処理ユニットの計算速度が著しく向上している。その画像処理ユニットを、本来のグラフィックス目的に使用するばかりではなく、一般の計算にも使用できるように拡張した、GPGPU（汎用画像処理ユニット）が注目を集めている。

GPGPUは、パソコンに差し込んで使用できるグラフィックスカードのような形態だが、高速並列計算を実行できるため、その計算速度は大学の計算センターに設置されているような高速計算機にも匹敵する。つまり、GPGPUを使用することは、一人が一台の高速並列計算機を持つことに相当するのだ。しかも、GPGPUは、一台数十万円と非常に安価である。

この安価で高性能な並列計算装置を用いて、これまで不可能だった様々な計算が可能となる。そこで、当研究室では、量子コンピュータや、脳回路モデルの大規模シミュレーションをGPGPUを用いて行い、高性能計算の新たな可能性を開拓するプロジェクトを現在推進中である。

#### ・ GPGPUとその応用分野

GPU（Graphics Processing Unit）とは、

グラフィックス処理を行うための半導体チップである。コンピュータの頭脳であるCPUが複雑な構造の演算器を少数搭載しているのに対し、GPUは単純な構造の演算器を多数搭載している。GPGPU（General-Purpose computation on GPUs）とは、本来グラフィックス処理に用いられるはずのGPUを汎用数値計算に利用する手法である。GPUの多くの演算器を生かして並列に計算を行うことにより、以下のような演算速度の飛躍的向上が期待できる。

#### ・ 数値計算ライブラリへの応用

GPGPUは、パーソナルユースにおいても強力な計算能力を獲得しうる手段であるが、GPUの計算能力を最大に発揮するためのコーディングには特殊な技術や知識を必要とする。そこで当研究室では、アプリケーションに容易に組み込みが可能な、GPUを用いた高度な数値計算ライブラリの研究を行っている。現在は行列のLU分解に着目し、並列アルゴリズムの考案と実装を行っている。intel core2 Quad CPUで動作する数値計算ライブラリに対し約8倍のパフォーマンスをもち、現在も新たな並列アルゴリズムの考案や様々なコード最適化によって高速化を行っている。また、開発したライブラリはオープンソースとしての公開を検討中である。

### 1.2 認知計算

当研究室では、人間の動きや脳の働きをコンピュータ上で再現するための研究を行っており、現在、理化学研究所の脳科学総合研究センターと共同で、様々な実験を通じて脳の仕組みを調べている [1]。

#### ・ 条件反射の仕組みの解明一人の何気ない動作の実現に向けて

二足歩行するロボットは存在するが、スキップをするロボットはまだ存在していな

い。スキップは条件反射的な運動であり条件反射には学習が必要となるからである。スキップについて言えばタイミングの学習が必要となる（人間には脳内にこのタイミングを計る体内時計がある）。現時点では、ニューラルネットワークで、人間が自然に持つ条件反射のシステムをシミュレーションできるようにネットワーク化し、ロボットに条件反射的な動作を学習させるという実験を行っている。これが成功すれば、将来的には人工筋肉を制御して、人間が何気なく行っている「知的」な動作をロボットに行わせることが可能になるであろう。

・ジュウシマツの歌の規則性を探る一言語機能を持ったコンピュータの実現に向けて  
ジュウシマツは自分の歌を聴いて修正することで、より上手に歌えるようになっていくことがわかっている。ジュウシマツは、個体ごとにある規則にしたがって歌っているので、あるジュウシマツが自分の歌を獲得するまでの脳内での学習過程を解明できれば、人間の赤ちゃんの言語獲得過程が解明できるかもしれない。この過程をさらに研究し、究極的には言語の進化過程を解明できればと期待している。また、その仕組みをコンピュータに応用すれば、コンピュータに言葉を学習させることが可能になるかもしれない。また、発話の不自由な人の発話の意味をコンピュータに汲み取らせるといったことも、将来的には可能になるのではないかと考えている。

#### ・脳機能のシミュレーション

2018年にコンピュータが人間の脳を超えるという主張があるが、その主張の真偽はどのように判断すればよいのだろうか？まず、脳を超えるという言葉の解釈から始める必要がある。その解釈には、以下の二つがある。一つは、人間の計算能力を超えられるかどうか。こちらはすでにスーパーコンピュータ

など人間の計算力をはるかに超えた能力を持つコンピュータが登場している。

もう一つは人間の知性に相当するものを超えるかどうか。知性とは経験や判断、目的など様々な条件を基にあらゆる情報処理を行う能力のことである。この条件と照らし合わせてみると、コンピュータの人工知能の研究が相当するだろうが、まだまだ人間の知性を超えられるコンピュータが現れることはないだろう。

というのも、知性による人間の情報処理には生きるためという確固とした目的があり、生命維持のために発達してきた。人間の脳で行われているあらゆる情報処理が、自己保存につながる力強いモチベーションに支えられているのだ。非常に奥行きのある問題であり、生命維持の問題からかけ離れたコンピュータが人間と同様の知性を持つのは難しいのではないだろうか。

ただし、人間の脳の機能をシミュレーションするとなると話は別である。人間の脳は1,000億個のニューロン（神経細胞）からなると言われているが、そのニューロンの働きをシミュレーションできる日は、そう遠くないかもしれない。例えば、ある調査では、スーパーコンピュータの進化によって、2013年には人間の脳をシミュレーションするのに必要な演算が可能になり、2025年には、人間の脳の神経をシミュレーションするのに必要な演算が可能になると予測している [7]。

#### ・インターナルクロックモデルのシミュレーション

インターナルクロックモデルとは、小脳が持つと考えられている時間経過を表す機能モデルである。当研究室では、このモデルのシミュレーションをGPGPUを用いて高速・大

規模に行う研究を進めている。現在、GPUにとって重要な問題であるメモリ領域の制限を克服することで、より大規模なデータを扱うシミュレータを構築している。

### 1.3 量子計算

#### ・量子計算の高速並列シミュレーション

1985年に、英国の物理学者ドイッチュ(David Deutsch)は、「量子チューリング機械」という新しい計算モデルを提案した。この量子チューリング機械をモデルとするコンピュータのことを「量子コンピュータ」と呼ぶ。1994年に、米国AT&Tのショア(Peter Shor)は、量子チューリング機械上で、大きな整数の因数分解を小さな誤り確率で高速に行えることを示した。整数の因数分解は、その桁数が大きくなると、スーパーコンピュータでさえも高速には行えない作業であると考えられている[2, 4]。そこで、もし量子コンピュータを実際に作ることができれば、ショアのアルゴリズムを用いて因数分解を高速に行うことができる。しかし、量子コンピュータの実現には、まだ相当の年月がかかりそうである。そこで、当研究室では、GPGPUを用いた、量子計算の高速並列シミュレーションの研究を行っている。

#### ・量子計算原理に基づく新たなアプリケーションの創出

量子コンピュータ研究の基本的アイディアは、量子力学の原理を用いて、計算を根本的に高速化しようというものである。この考え方を応用して、当研究室では、量子セルオートマトンに基づく新たな暗号方式や、画像圧縮方式の研究を進めている。さらに、量子ゲーム理論に基づくシミュレーション技法を、コンピュータゲーム(大貧民)に応用している。このように、量子コンピュータの原理を情報処理に応用することで、暗号や画像圧縮などの、(既存のコンピュータ上における)新

たなアプリケーションを開発していくことは、近い将来に実行可能な研究課題である。

#### ・Groverのアルゴリズムのシミュレーション

Groverのアルゴリズムは量子計算の代表的アルゴリズムであり、量子計算の研究者たちにとって重要な研究対象である。しかし、このアルゴリズムを高速にシミュレーションするには大規模計算機を用いる必要があった。そこで、当研究室ではGPGPUを用いてGroverのアルゴリズムを高速にシミュレーションする研究を行った。これにより、シミュレーションを個人用計算機で手軽に実行することが可能となった。

### 1.4 計算論的ゲーム理論

人間の諸活動は、すべてある意味でゲームであるという見方がある。そのくらい、人間は、ゲーム好きな生き物である。当研究室では、ゲームに関して、人間とコンピュータとの両方について、面白くチャレンジングな研究を展開して行きたいと考えている。その一例として、情報科学のエッセンスを楽しく学んでもらおうと、「コンピュータ大貧民大会」を毎年11月に開催している。トランプの「大貧民」のコンピュータ・プログラムを全国から募集し、プログラム同士を高速対戦させて、大貧民をプレイするアルゴリズムの優劣を競わせる大会である。ご興味のある方は、是非、ご参加いただきたい[5, 6]。

#### ・量子ゲーム理論とその応用

ゲーム理論とは、複数のプレイヤーが存在する状況下において、それぞれのプレイヤーがどのような行動が取るべきかを研究する学問である。この理論は、経済学、生物学、心理学、論理学等、広範な応用分野を持っている。たとえば、経済学の分野では、株の売買を行う人をゲームのプレイヤーと見なし、その行動を解析する研究も行われている。

量子ゲーム理論は、このゲーム理論を拡張した新しい理論である[3]。量子ゲーム理論においては、ゲームに参加する各プレイヤーは量子的な動作が可能となっており、さらに量子ビットを持っている。各量子ビットの間には、ワイヤー等の物理的な通信路は存在しないが、量子もつれ合い状態を利用することにより、各量子ビットの値は何らかの相関を持つことができる。量子ゲーム理論では、これらの性質を生かし、従来のゲーム理論では生じない現象を起こすことができる。たとえば、通信路を持っていない2人のプレイヤーに協調動作を行わせることや、量子的動作を行うことのできないプレイヤーから利益を得ることができるようになる。

しかしながら、量子ゲーム理論の研究は、まだ理論研究に留まっており、実問題への応用については、今後の研究課題となっている。そこで、当研究室では、量子ゲーム理論に応用することにより、従来のゲーム理論では解決できなかった問題を解決できないかについて検討を進めている。具体的には、実問題に関する研究の一環として、量子ゲーム理論のトランプゲームへの応用について研究を始めている。そこでは、量子ビットを用いると、どのような情報伝達が行えるかを明らかにすることが大変重要である。

以上のような研究を通じて、新たな計算原理を解明し、それを情報処理に活かすために、自然界や人間、さらには人間社会の仕組みについて学んでいく姿勢で研究を続けて行きたいと考えている。こうした情報処理とコンピュータの最先端分野を、他の分野の最先端研究の成果を取り入れながら研究していけることが、当研究室の最大の特徴だと考えている。

#### ・脳の情報処理モデルの重要性

人間の脳のシミュレーションが可能になる

とコンピュータで何ができるのだろうか？単純に脳をシミュレーションするだけでは意味がない。脳の情報処理の仕組みがわからなければ、結局のところ、従来と同じ役割しか果たせないだろう。

例えば、1997年にコンピュータが人間に勝つという出来事が起こった。チェスの世界でのことである。当時の世界チャンピオンであるガルリ・カスパロフをIBMが開発したチェス専用のスーパーコンピュータである「Deep Blue」が打ち負かしたのだ。これは、非常に画期的なことであり、コンピュータが人間を超えたと話題になった。

しかし、本当に人間を超えたことになるのだろうか。答えは「ノー」である。なぜならDeep Blueはカスパロフに勝つために徹底的にチューンアップされたコンピュータだからである。カスパロフの棋譜を全て記憶させて癖などを洗い出すといった作業は人間が指示して行わせたものであり、コンピュータ自身が考えて行ったのでない。また、勝負の際にはあらゆる可能性を計算し、そこから最善手をみつけるという、人間の知性とは異なる体力勝負的な仕方で勝ちをもぎとったのだ。逆の見方をすれば、いかに人間の脳が素晴らしい情報処理の仕組みを持っているかがわかる。経験や判断、推測などを使うことで、全ての可能性をしらみつぶしに考えることなく最善手を導き出してしまうからである。

人間の脳が行う情報処理をコンピュータで行えるようにするには、脳の情報処理のモデルを考案することが重要である。そのモデルをコンピュータでシミュレーションし、人間の生理データと合致するかを検証することで、モデルの妥当性を検証するループを回転させなければならない。要するに、コンピュータパワーを使いこなすための知恵が必要

であり、その知恵の蓄積はサイエンスの領域で行われるものと考えられる。

## 2. UECソフトウェア・リポジトリの構築

### 2.1 事業の必要性

文部科学省の支援による本教育事業は、産業界の大学院教育に対するニーズに応えるものとして、ソフトウェア開発における学生の自律的、実践的能力を本格的に育成するため、オープンソース・ソフトウェア開発を核とした、自律型実践教育のための教材開発及びそれを組み込んだ教育プログラムを実施することにより、自律型実践教育のためのUECソフトウェア・リポジトリを利用した実習形式の体験学習を行い、創造性豊かな優れた研究・開発能力を持つ人材を養成することを目的としている。

情報通信技術の進展により、ソフトウェア産業は21世紀の基幹産業になりつつある。し

かし、近年、我が国のIT産業界における技術力、創造力の低下は極めて深刻化している。日本経団連を始めとする経済団体や関連企業からは、その大きな原因として、企業側の教育ニーズと情報系大学院教育とのミスマッチにあるとの指摘が強い。例えば、実際の企業の開発現場で行われている通常の開発工程（要求分析、開発、実装、テスト等）におけるプロジェクトの計画から実行管理に至るまでの知識、技術、経験について、現行の情報系大学院では十分な教育が提供できていないため、実務に対応するための基本的なスキルが不足しているなどから、我が国のIT人材の育成は、かなりの割合で企業内教育や現場経験に依存している状況となっている。

このような産業界と大学院教育との間で生じている「人材ミスマッチ」を解消し、産業界の要請に応える人材を育成することが大変



重要な課題となっている。この深刻な状況を解決するためには、現行の教育課程において足らざる部分をしっかり補強する必要がある。本学の現状をみると、学生の大部分は、研究の過程でソフトウェアを開発しているが、開発されたソフトウェアは学生本人にしか使用されず、第三者の利用や評価に耐えるようなレベルには、達していないことがほとんどである。開発されたソフトウェアを個人のみの使用で終わらせることは、教育研究上も望ましいことではなく、また、開発されたソフトウェアが再利用可能となっていないと、研究成果の蓄積にも影響が及ぶことも懸念されている。

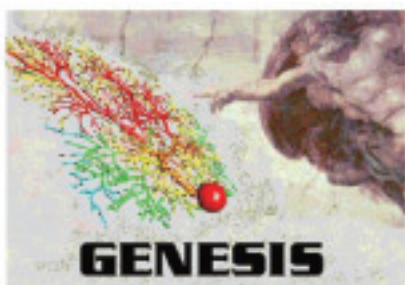
こうした状況が継続すると、学生が本来有するポテンシャルが引き出しにくくなり、併せて、企業の開発現場で実務に必要とされる知識や技術力を養う教育内容が不足した状態で社会に送り出すことになり、結果として産業界が喧伝するところの「人材ミスマッチ」問題に繋がってしまう。このような問題は本学に限らず、この分野の他の大学院でも同様の状況であるが、「情報」を教育研究活動のコアの一つとし、高度専門職業人養成を標榜す

る本学としては、この問題については率先して取り組み、産業界の要請に応える教育を実施していく責務がある。

通常のSEは、顧客の要求にしたがったシステム開発を行うが、本事業では、学生のモチベーションを高め、学生が有するポテンシャルを最大限引き出すために、学生自身の自由な発想のもとに自ら開発課題を設定し、設計、開発を行わせる。これにより、外部の評価に耐えうる質の高いオープンソース・ソフトウェアを開発できる能力の涵養を目指すものである。本学の学生や教員のプログラム開発力は国際的に見ても卓越したものがある。したがって、今後、教育方法の改善を行い、上述で示すような不足部分を補完していくことにより、さらなる卓越した技術を学生に習得させ、社会に送り出すことが可能となる。

また、本事業の取り組みの一つである自律型実践教育のためのソフトウェア・リポジトリを利用した実習形式の体験学習を行っている大学は世界的にも未だ存在しておらず、そのような教育を施した学生が作成したソフトウェアを登録したUECソフトウェア・リポジ

## 大学発のソフトウェア・事例（1）



- ▶ **GENESIS**: カリフォルニア工科大学で開発された、汎用の脳回路モデル・シミュレーション・システム。
- ▶ 全世界の脳科学研究者の間で広く利用されている。
- ▶ プロのプログラマーに委託し、本格的な開発を行った。

## 大学発のソフトウェア・事例（2）



- ▶ **EUREKA**: 電気通信大学で開発された、鳥の歌文法自動抽出システム。
- ▶ 理化学研究所・脳科学総合研究センターとの共同研究プロジェクトの成果。
- ▶ 鳥の歌文法研究は、世界60箇所程度の研究室で行われている。

## 大学発のソフトウェア・事例（3）



- ▶ 電気通信大学主催「UECコンピュータ大賞大会」プログラム開発用キット。
- ▶ 大会参加者がダウンロードして使用する。
- ▶ 現在、C言語と JAVA 言語が使用可能。

トリには、有用なソフトウェアが多数登録されることが想定される。昨今、世界的にも、オープンソース・ソフトウェアの開発における大学の重要性が高まっており、特に、大学の持つ公共性、中立性から、オープンソース・ソフトウェアの研究開発・実証実験の場として本学は期待を集めている。

### 2.2 事業の取組内容

本事業を円滑に推進するため、オープンソース・ソフトウェア開発を核とした、自律型実践教育のための教材開発、教育内容・手法の検討を進め、それらを組み込んだ教育プログラムを既存の授業科目と併せて体系化して実施し、毎年度の事業の進捗を分析し次年度

以降の教材開発を積極的に行っている。

この教材は、ソフトウェア工学等に関するアップ・トゥ・デイトな実践的なものとしなければならないため、産業界と連携して開発し、本教材の設計、開発、講義・実習を体系的に行っている。また、この教材開発と連動して、「実践ソフトウェア開発基礎論」(ソフトウェア・エンジニアリング概論)を、大学院の専門科目としてすでに開講している。次年度以降、「実践ソフトウェア開発概論Ⅱ」(IT基盤システム基礎論)、「実践ソフトウェア開発概論Ⅲ」(オープンソース・ソフトウェア開発論)等を開講し、これらの授業科目の一環として開発したソフトウェアをオープンソースとして登録、公開する体験学習も、実習形式で行わせることにより、大学院における教育の質の向上を図る。

また、本講義の単位を修得した学生が開発したソフトウェアは、今年度からオープンする「UECソフトウェア・リポジトリ」に登録して公開し、その後のクレーム処理等、保守・管理に関する実践的な教育も併せて実施する。高品質なソフトウェアの開発を行わせることで、ソフトウェア開発における通常のプロセス(要求定義、仕様記述、概要設計、コーディング、デバッキング)を体験学習させると同時に、オープンソース・ソフトウェア開発における種々の個別アドバイスを行う体制を構築する。さらに、開発したソフトウェアをオープンソースとして登録する際の、ライセンスに関する種々の問題について対応できる環境を整え、そのために必要なライセンスや特許、著作権等の知財に関する知識についても、併せて体系的に習得させるとともに、学生の相談、サポート体制についても整備を行う。将来的には、リポジトリ登録のためのソフトウェアの清書や、それらに付随するドキュメンテーションの行い方、ネット上

の検索技術、知財関係の知識を教育するための大学院の教育カリキュラム(コース)を設置することを検討する。

### 2.3 事業達成による波及効果

本学の学生が開発するソフトウェアは、国際的に見ても非常にレベルの高いものが多く、一方で、専門性の高いソフトウェアや、専門的な利用方法のソフトウェアが大半を占めるため、第三者が利用しにくいソフトウェアとなっている。このため、「UECソフトウェア・リポジトリ」を通じて学生の作成したソフトウェアを一般公開し、第三者の利用が可能となることで、開発技術が個人レベルから世界レベルへと洗練され、高品質で利用しやすいソフトウェアを作成する方法を、学生が自律的に習得することが可能となる。

また、学生が開発した教育の副産物である高品質のソフトウェアが世に出ることにより、社会的にみても大変有用なものとして提供することができる。本事業を通じて、リポジトリの管理・運用等を経験させることで、昨今、産業界が求めている、学生の人間性、コミュニケーション能力、意欲、やる気、精神力、論理的思考能力、問題発見・解決能力、リーダーシップといった基礎的な職業能力についても併せて養成することが可能である。

また、本事業を推進することにより、国内外を問わず産業界の幅広い分野で活躍できる人材を育成することが可能となり、本学の教育課程ばかりでなく、この分野における教育プログラムの在り方にも大きく貢献することに繋がり、我が国のIT産業の国際競争力の強化・向上を担う人材の安定的な育成が期待できる。このことは、日本経団連を始めとする業界団体や関連企業の要請に応える高度IT人材の育成に資することになり、即ち、この分野における大学院教育の実質化がより推進

されるものとする。

### 3. おわりに

人間の脳を超えるコンピューターを作り出すにはどうすればよいのだろうか？コンピューターが人間の脳を本当の意味で超えるには、人工知能の分野において脳科学との連携や認知科学との連携が欠かせない。そして、人間と同じように自発的に動ける仕組みを開発する必要がある。結論としては、人工知能や脳型コンピューター、量子コンピューターなどの研究を通じて、自然界のメカニズムを手本に未来のコンピューターを作ることが、コンピューターが人間の脳を超える上で重要なキーポイントになるのではないだろうか。

最後に述べたUECソフトウェア・リポジトリは、電気通信大学において毎年、卒業研究や修士研究などにおいて作成されたソフトウェアを、学生本人の許諾のもとに、大学で一元的に登録するためのデータベースである。専用のサーバを購入し、その上に、リポジトリ用のウェブサイトを構築中であり、平成22年度中にオープンする予定である。サイト検索を通じて本リポジトリにアクセスした一般ユーザが、登録されているソフトウェアを無償でダウンロードして使用できるようにしたい。

リポジトリのオープン当初は、本事業の実施組織メンバーが、大学で開発された既存優良ソフトを、登録勧誘して行くことでリポジトリの内容の充実を図る。今年度から、すでに、リポジトリ登録のためのソフトウェアの清書法や、ライセンス関連の重要事項について集中講義を実施している。そのような活動を通じて、学生に、世間から評価されるソフトウェアの開発・運用・管理についての実践

的な体験学習を行わせる。

学生に、本リポジトリに登録する高品質ソフトウェアの開発を行わせることで、ソフトウェア開発の通常プロセス（要求定義、仕様記述、概要設計、コーディング、デバッグ）を体験学習させたいと考えている。併せて、公開したソフトウェアに対するクレーム処理などを実際に行わせることにより、ソフトウェアの保守・管理に関する実践的な教育も行う。学生自らのアイディアに基づくソフトウェアの開発に、実践的に取り組ませることにより、本学大学院における情報系教育の実質化にも取り組んでいきたい。

### 参考文献

- [1]「中国人郵便配達問題＝コンピュータサイエンス最大の難関」、講談社選書メチエ、1999.
- [2]「量子コンピュータと量子暗号」、岩波書店、物理の世界 59, 2002.
- [3] 西野哲朗：量子ゲーム理論，数理科学，2003年11月号.
- [4]「量子情報の物理」、共立出版，2007.
- [5] 大久保誠也，本多武尊，眞鍋秀聡，飯塚拓郎，Khan Md. Mahfuzus Salam，常田宏和，儀間武晃，鈴木智也，田中愛実，松野香菜子，若月光夫，西野哲朗：第3回UECコンピュータ大貧民大会 (UECda-2008) の報告，情報処理学会ゲーム情報学研究会資料集，(2009).
- [6] 西野順二，西野哲朗：終盤データベースを用いた多人数不完全情報ゲームプレイヤモデル，情報処理学会論文誌：数理モデル化と応用，(2010).
- [7]「脳の情報処理モデルを構築せよ」，PC-Webzine，2010年1月号.