

# 超学際性のための教育プラットフォーム設計の試み

## Platform Design of Education for Hyper-Interdisciplinarity

三宅美博

Yoshihiro Miyake

東京工業大学 知能システム科学専攻

Tokyo Institute of Technology, Dept. of Computational Intelligence and Systems Science

**ABSTRACT** An example of platform design of educational system for hyper-interdisciplinarity is proposed. This report is a case study realized in the Dept. of Computational Intelligence and Systems Science, Tokyo Institute of Technology.

### 1. イントロ

社会システムのネットワーク化やグローバル化に伴って、大学院のような高等教育機関に期待される社会的役割も大きく変わりつつある。従来のように、学部教育の延長上に単方向的な高度専門教育を行なうだけではなく、領域横断的かつ社会との双方向的インタラクションを重視した創造性教育が求められている。そして大学と社会の調和的ネットワークの中で多様な個性を育むことのできる教育研究システムが構築されなければならない。

東工大・知能システム科学専攻は、総合理工学研究科という学部を持たない大学院（独立大学院）に属しており、そのような背景から超学際性と創造性教育を特色とした教育システムをこれまで構築してきた。そして2000年度からは、社会システムの高度の複雑化と流動化という現実に即応できる更なる教育改革を推進している。その特徴は超学際性を教育資源と捉えネットワーク志向型の教育プラットフォームを提供する点にある。

この教育は Network of Excellence (NOE) をめざす教育システムと捉えることができる。多様な専門性や経歴を持つ学生や社会人を受け入れ、領域間コラボレーションのみならず社会連携や国際連携のプラットフォームとしての開かれた教育の場を提供することによって、超学際性に基づく創造性とコミュニケーション能力を育み、最終的に多様な社会的ネットワークに

再参加してゆくプロセスを支援するものである。

本稿は教育プラットフォーム設計メンバーの一員としての視点から本専攻の教育改革を捉えたものである。第2章で、その背景としての知能システム科学専攻の超学際性について述べる。第3章では本専攻のめざす教育理念と現在進みつつあるプラットフォーム創りについて説明し、第4章でまとめを行なう。

### 2. 背景としての超学際性

本専攻の特徴は、学部を持たない大学院（独立大学院）という背景から、様々な大学の様々な学部・学科から多様な学生を受け入れていることにある。下記の資料は今年度の修士課程志願者の出身学科名の一覧であり、理科系の広範な専門領域に加えて文科系学科が含まれる超学際性が入学志願者の段階ですで見られる。この中には社会人や留学生も含まれている。

応用化学、応用物理学、応用理工、開発システム工学、機械・航空工学、機械工学、機械航空工学、機械材料工学、機械システム工学、機械情報工学、機械知能学、機械知能システム、工学、工学システム、航空電子工学、システム工学、システム制御工学、システムマネジメント工学、自然環境科学、情報科学、情報学、情報システム工学、情報ネットワーク、数学、制御システム工学、政治学、生物学、精密機械工学、生命科学、生命工学、電気機械工学、電気工学、電気システム工学、電気情報工学、電気電子、電気電子・情報工学、電気電子工学、電気電子システム工学、電気電子情報工学、電子応用工学、電子工学、電子工学情報工学、電子システム工学、電子情報工学、電子物理学、地球環境工学、知能機械工学、知能情報システム、知能物理学、人間・機械工学、人間コミュニケーション、光応用光学、福祉人間工学、物質理学、物理学、物理情報工学、文化情報学、分子生命科学、理学、ロボティクス

表1：平成15年度入試志願者出身学科名一覧

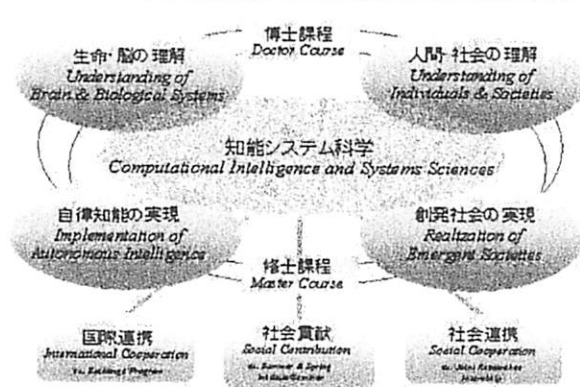
また下表のように本専攻の昨年度の修士修了生の就職先（博士進学を除く）についても同様に高度な多様性が認められる。メーカーに加えて銀行、証券、シンクタンク、マスコミなど広範な業種が含まれている。

Accenture, JAL, NHK, NEC, NTT データ, NTT ドコモ, 足利銀行, エクサ, エムティビーインベストメントテクノロジー研究所, キヤノン, ザ・パブリックアフェアーズ, 新日鉄ソリューションズ, セガ, セコム, ソニー, テクノバ, デンソー, 東芝, トヨタ自動車, ニコン, 日本 IBM, 日本ナショナルインスツルメンツ, 日本ユニシス, 野村證券, 野村総合研究所, 日立製作所, 日立ビジネスソリューション, 富士重工, 富士ゼロックス, フロム・ソフトウェア, 本田技研, 松下電器産業, 松下電工, 三菱重工, 三菱総合研究所, ヤマハ発動機, リコー

表 2 : 平成 14 年度修士修了生就職先一覧

このような多様な入力と多様な出力をネットワークするコラボレーション・プラットフォームとして、知能システム科学専攻の教育研究システムは特徴づけられる。そしてこの超学際性や多様性という資源を活用するために、本専攻では知能システム科学を基盤とし、生命・知能・人間・社会という広領域をカバーする教育・研究構想を提起している。また、これがアカデミズムとして閉じないために社会貢献、社会連携、国際連携を掲げ、プラットフォーム自体のネットワーク化も進めている。これは以下のようにまとめられている。

知能システム科学専攻の教育・研究構想



生物のように環境との相互作用のもとで自らの構造を変化させ、必要に応じて新しい機能を創発するシステムを複雑適応系という。進化・学習・発生などは複雑適応系としての生物が示す創発機能の典型例である。本専攻は、このような複雑適応系が示す創発原理を科学的に解明すること、およびその知見に基づいて知的機能を工学的に実現するための設計原理と方法論を確立することを目標に 1996 年に創設された。創設 5 年を経過した 2000 年からは、教育・研究に関する以下のような新たな基本構想を立ち上げ、推進している。

- ・生命・脳の構成原理の実験的・数理的解明
- ・人間・社会のシステム科学による解析・理解
- ・自律知能の工学的表現
- ・多様な機能生成を可能にする創発社会の実現戦略

本専攻には、これらの分野をリードする第一線のスタッフが知の拠点形成しており、国内外の教育研究機関・企業とのコラボレーション

のもとで最先端の研究を展開している。教育における本専攻の目標は、最先端の分野を先導するとともに、未開拓の分野にも積極的に挑戦する創造性豊かな人材を育成することにある。このため、修士課程での講義・演習による基礎知識の習得、修士論文の指導に加えて、博士課程での創造性・企画力の育成、および博士論文に関する研究活動の指導に積極的に取り組んでいる。また、企業・研究機関からの外部連携教官による先端テーマの講義・研究指導、海外協定校との交流プログラムや春・夏期の休暇を利用した公開講義・セミナーなどを有機的に組み込んでおり、教育・研究に関して多様な選択肢が用意されている。

表 3 : 知能システム科学の教育研究構想

このような教育研究構想を支える組織基盤として、本専攻では、知能システム科学基礎講座、複雑システム解析講座、創発システム講座の 3 つの基幹講座を設置し、さらに協力講座および外部連携教官からなる領域横断的な編成も併置している。

知能システム基礎講座

- 室伏俊明 測度論, ファジィ理論, 意思決定
- 高玉圭樹 マルチエージェントシステム, 強化学習, 社会シミュレーション
- 廣田 薫 ファジィシステム, エキスパートシステム, 画像理解
- 新田克己 人工知能, 論理プログラミング, 法的推論システム

複雑システム解析講座

- 出口 弘 進化経済学, 計算組織論, 主体を含む複雑系
- 伊藤宏司 運動・行動の学習と制御, 自律ロボット, ヒューマンインタフェース
- 三宅美博 共創システム, ヒューマン・コミュニケーション, ヒューマンインタフェース
- 村田 智 自律分散システム, モジュラーロボティクス, 創発的システム設計論
- 橋田浩一 インテリジェントコンテンツ, 自然言語処理, 人工知能
- 高橋 宏 マンマシンインタラクション, 知能機械, ITS
- 茂木健一郎 脳科学, 認知科学, 生物物理学
- 須藤 拓 制御工学, 学習理論

創発システム講座

- 小林重信 進化計算, 強化学習, マルチエージェントシステム
- 樺島祥介 統計力学, 情報理論, 学習理論
- 中村清彦 脳情報科学, 知能情報学, 神経生理学
- 宮下英三 神経科学, 神経生理学, 神経情報学
- 山村雅幸 学習・進化システム, 人工生命, バイオインフォマティクス
- 渡辺 孝 イノベーション経営, Start-up Company, ベンチャーキャピタル
- 五味裕章 生体運動制御, 運動学習, 計算論的神経科学
- 榎藤洋一 遺伝学, 集団遺伝学, 分子遺伝学
- 山田誠二 人工知能, 情報収集エージェント, ロボット学習

協力講座

- 渡辺澄夫 確率論, 数理統計, 学習理論
- 奥村 学 自然言語処理, 知的情報提示, 語学学習支援
- 佐藤 誠 ヒューマンインタフェース, バーチャルリアリティ, 画像処理
- 小池康晴 ヒューマンインタフェース, 生体工学, 運動制御
- 長橋 宏 画像処理, コンピュータビジョン, 画像計測
- 長谷川修 パターン認識, 画像理解, マルチモーダル
- 初澤 毅 MEMS/NEMS, バイオナノ機構, 表面形状の精密計測
- 柳田保子 生物工学, 細胞工学
- 下田隆二 科学技術政策研究, 産学連携, イノベーション研究

表 4 : 教官およびその専門分野

### 3. NOE型の教育プラットフォーム

前章で説明した新たな教育・研究構想を具現化するためのプラットフォーム設計とそれに伴う教育カリキュラム改革が2001年から着手された。そして新教育カリキュラムの第1ステージが2002年春からスタートしている。

まず基本コンセプトとしてのNOE型教育について簡単に説明しよう。大学という組織が最初にあるのではなく、人間の生涯にわたる社会的成長とそのネットワークをここでは最初に考える。そして、そのダイナミクスを教育プラットフォームがどのように支援できるかを考える。その結論として必要とされるものが、成長する超学際ネットワークとしての場であり、その具現化としてのNOE型プラットフォームである。本専攻の場合は、共通基礎科目、専門科目、修士研究という一連のフローの中でそれが実現されている。

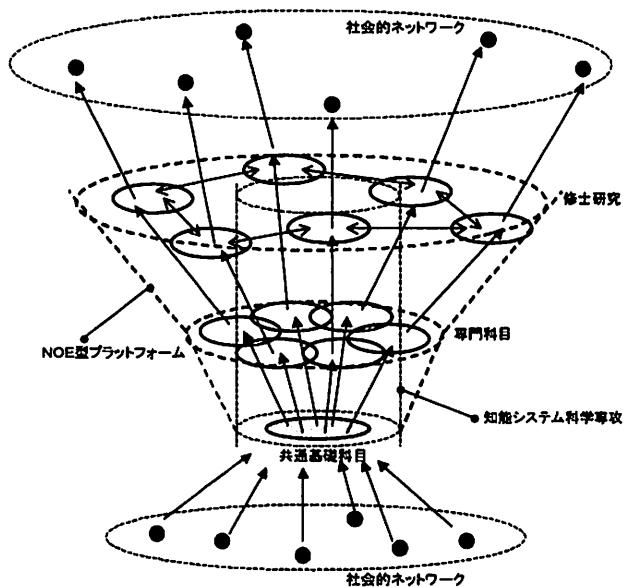


図1：NOE型プラットフォーム

第1ステージは共通基礎科目である。これは必修4科目から構成されており、超学際性の前提条件として必ず修得されなければならない最小限の基礎知識と技能である。これが共有されるべき基盤となり超学際性という場の形成を可能にする。修士1年の前学期に開講され、動的システム（線形・非線形ダイナミカルシステム、制御など）、適応システム（最適化、意思決定、進化、学習など）、離散システム（離散数学、情報統計、言語理論など）、システムモデリング（情報リテラシ、

プロジェクトリテラシなど）から構成される。90分の講義と45分の演習をセットにした形式であり、各科目3～4名の教官で分担している。評価は、プレースメントテスト、レポート、期末試験等から構成され、担当する複数教官によって総合的に評価される。

#### 動的システム

1. 序論
  - 1.1 システムとは
  - 1.2 システム科学とサイバネティクス
  - 1.3 新たなシステム概念
2. 線形ダイナミカルシステム
  - 2.1 ベクトルと行列
  - 2.2 システムと状態表現モデル
  - 2.3 可制御性・可観測性
  - 2.4 線形システム表現
3. 非線形ダイナミカルシステム
  - 3.1 状態空間と解軌道
  - 3.2 安定性
  - 3.3 非線形システムと分岐現象
  - 3.4 カオス
4. フィードバックシステム
  - 4.1 フィードバックとフィードフォワード
  - 4.2 極配置と最適レギュレータ

表5：動的システム講義概要

#### 適応システム

1. 序論
 

複雑なシステム (Complex Systems) における複雑さと複雑さの創出を理解する上で、適応システムとして認識することの必要性和重要性を論じる。
2. 最適化
 

最適化とは。数理計画（線形計画、非線形計画、多目的最適化、最適化手法）。組み合わせ最適化（問題クラス、厳密解法、近似解法）。
3. 意思決定とゲーム
 

意思決定とは。意思決定（効用、意思決定基準、不確実性下での決定）。ゲーム理論（戦略形・展開形ゲーム、繰り返しゲーム）。進化ゲーム。
4. 進化計算
 

進化とは。遺伝的アルゴリズム (Simple GA、機能分担仮説、コード化・交叉の設計、実数値 GA)。遺伝的プログラミング。世代交代モデル。
5. 学習
 

学習とは。ニューラルネット (Back Propagation、リカレントネットワーク、自己組織化マップ)。強化学習 (TD 法、Q-Learning、Actor-Critic、Profit Sharing)。

表6：適応システム講義概要

#### 離散システム

1. 第1部
  - 1.1 命題論理
  - 1.2 述語論理
  - 1.3 集合と写像
2. 第2部
  - 2.1 確率基礎 (I)
  - 2.2 確率基礎 (II)
  - 2.3 推定 (I)
  - 2.4 推定 (II)
  - 2.5 統計・情報理論 (I)
  - 2.6 統計・情報理論 (II)
3. 第3部
  - 3.1 オートマトンと形式言語 (I)

- 3.2 オートマトンと形式言語 (II)
- 3.3 オートマトンと形式言語 (III)

表7：離散システム講義概要

システムモデリング

- 1. 情報リテラシ
  - オブジェクト指向プログラミング
- 2. プロジェクトリテラシ
  - 知的財産権
  - 会計の基礎
  - マーケティングの基礎
  - プロジェクト、企業化の実例
  - 英語のプレゼンテーション
  - チームごとの企画発表

表8：システムモデリング講義概要

第2ステージは選択科目であり多様化への第一歩となる。これはより専門性の高い講義科目であり修士1年の後学期に主として開講される（一部は前期開講）。そして第3ステージである修士研究へのブリッジとしての役割が期待されている。学生には、各専門科目が本専攻の教育研究構想の中でどのように位置付けられているのかを認識させるために下記のようなマップと前期の基礎科目との連関を示す表が配布される。講義形式や評価は科目単位に行なう。

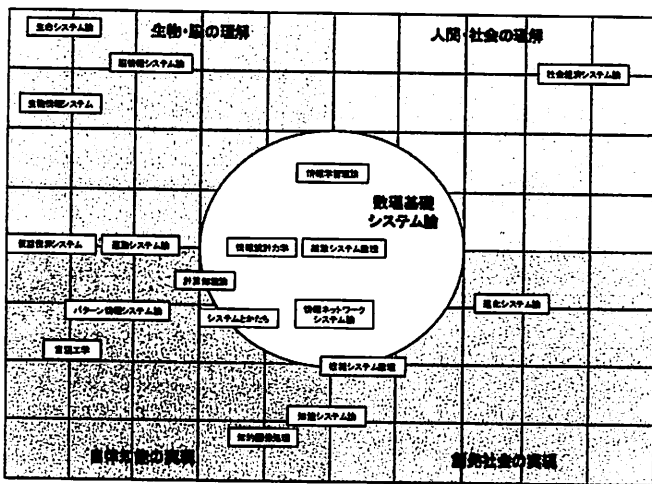


図2：専門科目のマップ

第3ステージは修士研究である。これは基本的に各学生の所属する研究室等における修士研究という形式で行なわれるが、それは専攻内の研究室に限られるものではなく、外部連携教官の所属する研究所や企業も含まれる。さらにインターンシップ制度を活用することで、社会連携や国際連携として修士研究を実施する道も拓かれつつある。これらは超学際性を内包する教

育プラットフォームではあるが、ここまでの段階で知能システム科学としての基盤が共有されているので、超学際性を前提とするコラボレーションが可能になる。なお学生には、各研究分野の位置付けを示す下記のようなマップが配布される。

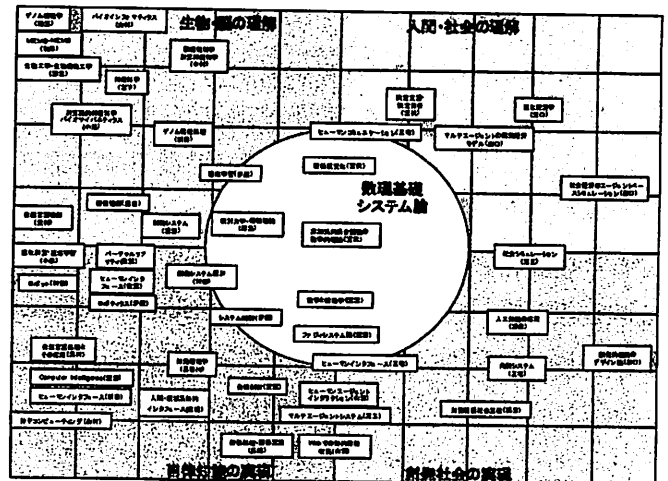


図3：研究分野のマップ

このような多様性を前提とした評価方法も同時に確立されなければならない。特に修士研究では、構想発表会、中間発表会、修論発表会という一連の場において学内外の審査員を含む状況で評価を受ける。さらに、その評価情報は学生にフィードバックされる。

4. まとめ

本稿では、超学際性を特徴とする大学院教育プラットフォームの構築への取り組みについて、東工大・知能システム科学専攻の事例を紹介した。いま高等教育システムに求められる主要機能の一つとして、コラボレーション・プラットフォームがあるが、本取り組みがその一助となれば幸いである。

最後になるが、本報告は、知能システム科学専攻の教育ワーキンググループを中心として、2000年度から進められてきた一連の教育改革に基づいている。もし本稿に問題が含まれていた場合、その全責任は著者の三宅にある。

参考資料

- 1) 知能システム科学専攻案内 2003
- 2) 知能システム科学教育WG 議事メモ
- 3) 知能システム科学専攻基礎科目シラバス