

第 2 章

21 世紀 COE の目的と計画

本拠点形成プログラムの目指すところを「21 世紀 COE プログラム 拠点形成計画調書」をもとに作成した。



21世紀COEの目的と計画

(前) 拠点リーダー 土屋 和雄

1. 拠点形成の目的

機械工学は力学法則に支配されるシステム(機械システム)を対象として、その現象解析とモデル化および制御とシステム設計を目的として体系化された工学体系である。機械工学は現在成熟した状況にあり、新しい研究分野の開拓を目指し種々のフロンティア研究が積極的に企画・推進されている。例えば、MEMS (Micro Electromechanical System) は機械システムのスケールを極限まで小さくする試みを通して、そこに働く支配法則を明らかにし、それをもとにして新技術を開発する試みである。一方、本拠点形成においては、機械システムを“複雑さ”という視点から深く研究し、そこに働く支配法則と制御原理を明らかにし、新しい機械工学の体系を構築することを目標としている。ここで、複雑な機械システムとは、複雑な相互作用をする多数の要素から構成され外部環境の影響のもとで多様な構造を形成し多彩な振る舞いをする機械システムである。

現在、機械工学の多くの分野において複雑な機械システムを研究対象とすることが要請されている(図1.1)。たとえば、現在、長期的気象変化予測を可能とする大気海洋システムモデルを構築することが要請されている。流体力学の分野では乱流構造を介した熱物質輸送に関する要素的研究が行われ豊富な知見を持っている。この乱流輸送現象は長期的気象変動現象に本質的役割を果たすことから、これらの知見をもとに大気海洋システムモデルを構築することは、流体力学の重要な研究課題である。しかし、そのためには地球規模での気象変動のような大規模な流体现象を扱うことになり、巨大なシステムに必然的に発生する予測困難さに対処する解析手法及びモデル化手法の確立が必要である。一方、現在、機械システムに要求される機能は、高精度・高速度等高効率化に関する機能とともに環境と調和・共存する適応機能が重視されている。しかし、この種の機能は、従来のかたい機械システムでは実現できず、環境に応じてその構造を変化させ応答を変える柔らかな機械システムでなければならない。そのため制御工学では、環境の影響のもと多様な挙動を示す複雑な内部構造を持った機械システムの制御原理の解明と設計論の構築が重要な研究課題となっている。

本拠点形成においては、複雑な機械システムを“環境の影響のもと、動的で多様な挙動を示す複雑な構造を持ったシステムで、その挙動を通して我々にとって有益な機能を実現するシステム(動的機能機械システム)”と捉え、その支配法則の解明と設計論を構築することにより、新しい機械工学、複雑系機械工学を創出することを目的とする。又、本拠点では京都大学の伝統である研究を通しての教育(On-the-Research Training)によって、広い視野と高い専門性を持って、新しい研究分野を切り開いていく能力を持った若手研究者の育成に努める。

2. 研究計画

2.1 研究課題

大きな自由度と非線形特性を持ち、環境との相互作用によって、自己組織化、フラクタル、カオス等の多様な挙動を示すシステムは複雑系と呼ばれ、研究が進められている。複雑系の科学は複雑なシステムはその内部に存在する普遍的な法則を通して自発的に秩序構造を形成すると共に、その秩序構

造形成を通し高度な機能実現能力を持つことを明らかにした。複雑系の科学で開発された新しい解析法及び機能創発概念は動的機能機械システムの研究に重要な役割をしめる。そこで、本拠点形成では、複雑系科学で開発された新しい解析法、機能創発概念をもとに、機械工学の研究者と複雑系科学の研究者の理学と工学の共同研究により、動的機能機械システムの現象解析と数理モデル化及び制御とシステム設計の研究を行う。

(1) 複雑な構造を持つ自然システム及び人工システムの示す動的で多様な挙動を支配する普遍的な法則の解明と、その数理的モデル化に関する研究

規模の大きさ、構造の複雑さから従来の解析法で扱えなかった現象の解析法を、確率解析を基礎に開発し、フラクタル構造、カオス特性をもつシステムの解析を行うとともに、フラクタル構造上での熱拡散、波動伝播等基本的な物理過程の解析を行う。又複雑な構造を持つ材料の機械特性解析を行う。特に、骨構造等生体構造部材についてその力学環境に対する適応特性について生理データに基づく数理モデル化を行う。さらに乱流の組織構造の解析を進めるとともに、従来現象論的な方法でモデル化が行われている環境流体システムのモデル化をより現象に忠実で精度の高いものにするために、その素過程である乱流輸送現象の厳密なモデルをもとに構成論的な手法で行う。

(2) 動的な構造を持つ複雑なシステムの発現する挙動を我々にとって有益、のとするための制御原理の解明と、そのシステム設計論の構築

動的な構造を持つ複雑なシステムは非線形特性をもつ本質的に不安定な多数の要素から構成されたシステムであり、従来の制御理論では扱うことが出来ないシステムである。この種のシステムに対し、制御原理の数理的な検討とともに、自律分散システム理論にもとづく自律分散制御法の開発を行う。特に、カオス理論にもとづく乱流の制御および秩序形成を通して適応的機能を実現する機械システムの設計論を開発する。

2.2 研究体制

研究組織として、4つの研究グループを設置する；(1) 複雑系の数理解析研究グループ (2) 複雑流体現象の解析とモデル化研究グループ (3) 複雑構造材料の特性解析研究グループ (4) 複雑系の制御・設計論研究グループ。これらの研究グループでは、研究会、勉強会を通して日常的な研究交流を行うとともに、具体的な研究課題を設定した共同研究を行なう。共同研究施設としては学際的共同研究施設である桂インテックセンターに設置されている流体領域高等研究院、ナノ工学高等研究院を利用する。本拠点では、従来、研究者単位で行なってきた国際共同研究をもとに、海外研究機関と共同研究をはじめとして活発な研究交流を行う。特に、システム科学を中心とした国際的共同研究機関である IIASA (International Institute for Applied System Analysis, Austria) と共同研究協定を結び、IIASA を会場として定期的なセミナーを開催して、本拠点の目指している新しい機械工学、複雑系機械工学を国際的に発信していく。

3. 教育・育成計画

21 世紀 COE プログラムはそれぞれの研究分野における世界的な研究拠点の形成とともに、それぞれの研究分野の優れた若手研究者を育成することが主要な役割となっている。本拠点では京都大学の伝統である研究を通しての教育 (On-the-Research Training) によって、広い視野と高い専門性を持って、

積極的に新しい研究分野を切り開いていく能力を備えた若手研究者を育成する。そのため種々な制度を準備する。

3.1 教育制度

(1) 武者修行制度 博士後期課程学生の研究能力の向上に関する取り組みとして、従来の座学を主体とした知識の一方向的伝達としての教育のみならず、研究の進め方、多様な視点設定、実験計画や実施方法などにおいて、教官と学生の共同行為として教育を推進する制度を整備充実させる。そのため、本拠点では、従来の単独の指導教官との共同研究のみならず、一定の期間、海外の研究拠点を含む研究科・専攻を超えた共同研究に参加する制度（武者修業制度）を設立し、異分野教官との意見交換や共同研究の機会を与える。

(2) フロンティアセミナー 研究能力とともにコラボレーション能力や説明能力の向上のための教育制度の整備充実も必要である。とくに、本拠点の学際的共同研究活動をもとに、共通の問題意識のもとで個々の研究内容に関する発表と議論を目的とした博士後期課程学生のためのセミナーを開講する。すなわち、「何をしたのか、問題は何であったのか、これらの問題解決のためにどのような方法を用いたのか」を最小限の共有基軸のもとで紹介させ、研究科・専攻を超えた異分野の聴講生に対して説明ができ、討論ができる能力の習得訓練の場とする。

(3) フロンティア研究制度 助手を中心とした若手研究者が、独立した研究者として高いレベルの研究を集中して遂行できるため、研究費、共同研究のための旅費支援、国内・国際会議参加の支援などの研究遂行上に必要な総合的な支援を行う。

3.2 機械理工学フロンティアシリーズ

本拠点の研究活動の成果を踏まえて、新しい機械工学「複雑系機械工学」に関する大学院用英文教科書「機械理工学フロンティアシリーズ」を出版する。

4. 社会連携活動計画

現在、機械技術は高効率を要求機能とする機械システムから高効率とともに環境との適応・共生機能も重視する機械システムへとその技術体系を大きく転換しようとしている。それに伴って、新しい機械システム概念にもとづいた機械工学の体系的理解が技術者に求められてきている。本拠点では社会連携活動のひとつとして本拠点活動においてその体系化を目指している新しい機械工学「複雑系機械工学」に関する教育プログラム、リカレント講座「複雑系機械工学」を実施する。

4.1 リカレント講座「複雑系機械工学」

社会人を対象としたリカレント教育の場を全国数都市で設ける。リカレント教育の中身は複雑系機械工学に関する平易な解説であり、解決すべき課題を抱え新しい機械工学の体系的理解と方法論を模索している研究者・技術者への再教育の場とする。またこの活動は、従来から大学と社会の連携に関して活発な活動を行っている機械系専攻の同窓会組織と協力して行う。

