

## 講義内容

### 量子情報科学研究サーベイ

Quantum Information Science (Survey) 2単位

博士課程の研究は、その該当領域においていまだ人類に知られていない知見・技術・考え方を開拓するものとなる。そのために現在の量子情報科学においてどのような研究がどのような手段で行われているかを知り、さらには過去から現在までの研究の流れを理解することでこれから先の研究の動向を予測することも必要となる。本科目は該当学生に量子情報科学に関する文献を読んで整理する手法を学ばせることで、学生が自己の研究を世界の中で位置づけ、次のステップとしての研究企画に進むための知識を与える。

### 量子情報科学研究企画・方法論

Quantum Information Science (Design and Methodology) 2単位

研究は、これまでに知られている知見に対して、新たな考察・分析・実験によって新規な経験や知識を提供する方法である。そこでは、既知の知識と新たに獲得が期待される知識を厳密に峻別し、真に新規な知識を獲得するための厳密かつ論理的な研究の計画と実施が求められる。本科目は、該当学生と指導教員との間の密な議論により、量子情報科学の研究を確実に立案するための方法論を学生に与える。本科目の履修には、『量子情報科学研究サーベイ』の単位修得が前提となる。

### 量子情報科学分析・モデリング

Quantum Information Science (Analysis and Modeling) 2単位

調査・実験によって得られたデータには、目標とする現象以外に多様な要因で意図しない誤差が入り込んでいる。研究の過程では、その要因を一つ一つ排除して、求める現象が示す真の特性を

把握することが求められる。本科目は、量子情報科学の調査・実験法のデータ発生モデル、分析手法について講じ、量子情報科学の現象についての仮説やモデルを構成していく考え方を実地に指導していく。本科目の履修には、『量子情報科学研究サーベイ』と『量子情報科学研究企画・方法論』の単位修得が前提となる。

### 量子情報科学論文構成・表現法

Quantum Information Science (Organization and Presentation) 2単位

研究は、その意図と方法論と結果を明示し、結果の解釈について深く議論することで、誰もが新規性や有用性を認めるオリジナル論文となったとき、はじめて意味を持つ。量子情報科学研究の全体の論理構成を考え、判りやすい説明を一つ一つ作り、展開のある読み応えのある文章とすることは、その研究を認めてもらう基礎的な技術である。本科目はそのための方法を、教員の個別指導により行う。本科目の履修には、『量子情報科学研究サーベイ』、『量子情報科学研究企画・方法論』、『量子情報科学分析・モデリング』の単位修得が前提となる。

### 量子情報科学研究セミナー

Quantum Information Science (Research Seminar) 2単位

科学技術に関する研究開発を実施するためのリテラシーとして、研究サーベイ法、研究企画・方法論、分析・モデリング、論文構成・表現法を修得した後、それらの知識を研究基盤として、量子情報科学分野において研鑽を積んだ課題について、その研究成果を博士論文として集大成するためのセミナーである。本科目の履修には、『量子情報科学研究サーベイ』、『量子情報科学研究企画・方法論』、『量子情報科学分析・モデリング』、『量子

情報科学論文構成・表現法』の単位修得が前提となる。

## 知能情報科学研究サーベイ

Intelligent Information Science (Survey) 2単位

博士課程の研究は、その該当領域においていまだ人類に知られていない知見・技術・考え方を開拓するものとなる。そのために現在の知能情報科学においてどのような研究がどのような方法で行われているかを知り、さらには過去から現在までの研究の流れを理解することでこれから先の研究の動向を予測することも必要となる。本科目は該当学生に知能情報科学に関する文献を読んで整理する手法を学ばせることで、学生が自己の研究を世界の中で位置づけ、次のステップとしての研究企画に進むための知識を与える。

## 知能情報科学研究企画・方法論

Intelligent Information Science (Design and Methodology) 2単位

研究は、これまでに知られている知見に対して、新たな考察・分析・実験によって新規な経験や知識を提供する方法である。そこでは、既知の知識と新たに獲得が期待される知識を厳密に峻別し、真に新規な知識を獲得するための厳密かつ論理的な研究の計画と実施が求められる。本科目は、該当学生と指導教員との間の密な議論により、知能情報科学の研究を確実に立案するための方法論を学生に与える。本科目の履修には、『知能情報科学研究サーベイ』の単位修得が前提となる。

## 知能情報科学分析・モデリング

Intelligent Information Science (Analysis and Modeling) 2単位

調査・実験によって得られたデータには、目標とする現象以外に多様な要因で意図しない誤差が入り込んでいる。研究の過程では、その要因を一つ一つ排除して、求める現象が示す真の特性を把握することが求められる。本科目は、知能情報

科学の調査・実験法のデータ発生モデル、分析手法について講じ、知能情報科学の現象についての仮説やモデルを構成していく考え方を実地に指導していく。本科目の履修には、『知能情報科学研究サーベイ』と『知能情報科学研究企画・方法論』の単位修得が前提となる。

## 知能情報科学論文構成・表現法

Intelligent Information Science (Organization and Presentation) 2単位

研究は、その意図と方法論と結果を明示し、結果の解釈について深く議論することで、誰もが新規性や有用性を認めるオリジナル論文となったとき、はじめて意味を持つ。知能情報科学研究の全体の論理構成を考え、判りやすい説明を一つ一つ作り、展開のある読み応えのある文章とすることは、その研究を認めてもらう基礎的な技術である。本科目はそのための方法を、教員の個別指導により行う。本科目の履修には、『知能情報科学研究サーベイ』、『知能情報科学研究企画・方法論』、『知能情報科学分析・モデリング』の単位修得が前提となる。

## 知能情報科学研究セミナー

Intelligent Information Science (Research Seminar) 2単位

科学技術に関する研究開発を実施するためのリテラシーとして、研究サーベイ法、研究企画・方法論、分析・モデリング、論文構成・表現法を修得した後、それらの知識を研究基盤として、知能情報科学分野において研鑽を積んだ課題について、その研究成果を博士論文として集大成するためのセミナーである。本科目の履修には、『知能情報科学研究サーベイ』、『知能情報科学研究企画・方法論』、『知能情報科学分析・モデリング』、『知能情報科学論文構成・表現法』の単位修得が前提となる。

## ロボティクス研究サーベイ

Robotics (Survey)

2単位

博士課程の研究は、その該当領域においていまだ人類に知られていない知見・技術・考え方を開拓するものとなる。そのために現在のロボティクスにおいてどのような研究がどのような手段で行われているかを知り、さらには過去から現在までの研究の流れを理解することでこれから先の研究の動向を予測することも必要となる。本科目は該当学生にロボティクスに関する文献を読んで整理する手法を学ばせることで、学生が自己の研究を世界の中で位置づけ、次のステップとしての研究企画に進むための知識を与える。

## ロボティクス研究企画・方法論

Robotics (Design and Methodology)

2単位

研究は、これまでに知られている知見に対して、新たな考察・分析・実験によって新規な経験や知識を提供する方法である。そこでは、既知の知識と新たに獲得が期待される知識を厳密に峻別し、真に新規な知識を獲得するための厳密かつ論理的な研究の計画と実施が求められる。本科目は、該当学生と指導教員との間の密な議論により、ロボティクスの研究を確実に立案するための方法論を学生に与える。本科目の履修には、『ロボティクス研究サーベイ』の単位修得が前提となる。

## ロボティクス分析・モデリング

Robotics (Analysis and Modeling)

2単位

調査・実験によって得られたデータには、目標とする現象以外に多様な要因で意図しない誤差が入り込んでいる。研究の過程では、その要因を一つ一つ排除して、求める現象が示す真の特性を把握することが求められる。本科目は、ロボティクスの調査・実験法のデータ発生モデル、分析手法について講じ、ロボティクスの現象についての仮説やモデルを構成していく考え方を実際に指導

していく。本科目の履修には、『ロボティクス研究サーベイ』と『ロボティクス研究企画・方法論』の単位修得が前提となる。

## ロボティクス論文構成・表現法

Robotics (Organization and Presentation)

2単位

研究は、その意図と方法論と結果を明示し、結果の解釈について深く議論することで、誰もが新規性や有用性を認めるオリジナル論文となったとき、はじめて意味を持つ。ロボティクス研究の全体の論理構成を考え、判りやすい説明を一つ一つ作り、展開のある読み応えのある文章とすることは、その研究を認めてもらう基礎的な技術である。本科目はそのための方法を、教員の個別指導により行う。本科目の履修には、『ロボティクス研究サーベイ』、『ロボティクス研究企画・方法論』、『ロボティクス分析・モデリング』の単位修得が前提となる。

## ロボティクス研究セミナー

Robotics (Research Seminar)

2単位

科学技術に関する研究開発を実施するためのリテラシーとして、研究サーベイ法、研究企画・方法論、分析・モデリング、論文構成・表現法を修得した後、それらの知識を研究基盤として、ロボティクス分野において研鑽を積んだ課題について、その研究成果を博士論文として集大成するためのセミナーである。本科目の履修には、『ロボティクス研究サーベイ』、『ロボティクス研究企画・方法論』、『ロボティクス分析・モデリング』、『ロボティクス論文構成・表現法』の単位修得が前提となる。

## 生産開発システム研究サーベイ

Production Development Systems (Survey)

2単位

博士課程の研究は、その該当領域においていまだ人類に知られていない知見・技術・考え方を開

拓するものとなる。そのために現在の生産開発システムにおいてどのような研究がどのような手段で行われているかを知り、さらには過去から現在までの研究の流れを理解することでこれから先の研究の動向を予測することも必要となる。本科目は該当学生に生産開発システムに関する文献を読んで整理する手法を学ばせることで、学生が自己の研究を世界の中で位置づけ、次のステップとしての研究企画に進むための知識を与える。

### 生産開発システム研究企画・方法論

Production Development Systems (Design and Methodology) 2単位

研究は、これまでに知られている知見に対して、新たな考察・分析・実験によって新規な経験や知識を提供する方法である。そこでは、既知の知識と新たに獲得が期待される知識を厳密に峻別し、真に新規な知識を獲得するための厳密かつ論理的な研究の計画と実施が求められる。本科目は、該当学生と指導教員との間の密な議論により、生産開発システムの研究を確実に立案するための方法論を学生に与える。本科目の履修には、『生産開発システム研究サーベイ』の単位修得が前提となる。

### 生産開発システム分析・モデリング

Production Development Systems (Analysis and Modeling) 2単位

調査・実験によって得られたデータには、目標とする現象以外に多様な要因で意図しない誤差が入り込んでいる。研究の過程では、その要因を一つ一つ排除して、求める現象が示す真の特性を把握することが求められる。本科目は、生産開発システムの調査・実験法のデータ発生モデル、分析手法について講じ、生産開発システムの現象についての仮説やモデルを構成していく考え方を実際に指導していく。本科目の履修には、『生産開発システム研究サーベイ』と『生産開発システム研究企画・方法論』の単位修得が前提となる。

### 生産開発システム論文構成・表現法

Production Development Systems (Organization and Presentation) 2単位

研究は、その意図と方法論と結果を明示し、結果の解釈について深く議論することで、誰もが新規性や有用性を認めるオリジナル論文となったとき、はじめて意味を持つ。生産開発システム研究の全体の論理構成を考え、判りやすい説明を一つ一つ作り、展開のある読み応えのある文章とすることは、その研究を認めてもらう基礎的な技術である。本科目はそのための方法を、教員の個別指導により行う。本科目の履修には、『生産開発システム研究サーベイ』、『生産開発システム研究企画・方法論』、『生産開発システム分析・モデリング』の単位修得が前提となる。

### 生産開発システム研究セミナー

Production Development Systems (Research Seminar) 2単位

科学技術に関する研究開発を実施するためのリテラシーとして、研究サーベイ法、研究企画・方法論、分析・モデリング、論文構成・表現法を修得した後、それらの知識を研究基盤として、生産開発システム分野において研鑽を積んだ課題について、その研究成果を博士論文として集大成するためのセミナーである。本科目の履修には、『生産開発システム研究サーベイ』、『生産開発システム研究企画・方法論』、『生産開発システム分析・モデリング』、『生産開発システム論文構成・表現法』の単位修得が前提となる。

### 環境エネルギー研究サーベイ

Environment & Energy (Survey) 2単位

博士課程の研究は、その該当領域においていまだ人類に知られていない知見・技術・考え方を開拓するものとなる。そのために現在の知能情報科学においてどのような研究がどのような手段で行われているかを知り、さらには過去から現在までの研究の流れを理解することでこれから先の研究

の動向を予測することも必要となる。本科目は該当学生に環境エネルギーに関する文献を読んで整理する手法を学ばせることで、学生が自己の研究を世界の中で位置づけ、次のステップとしての研究企画に進むための知識を与える。

## 環境エネルギー研究企画・方法論

Environment & Energy (Design and Methodology) 2単位

研究は、これまでに知られている知見に対して、新たな考察・分析・実験によって新規な経験や知識を提供する方法である。そこでは、既知の知識と新たに獲得が期待される知識を厳密に峻別し、真に新規な知識を獲得するための厳密かつ論理的な研究の計画と実施が求められる。本科目は、該当学生と指導教員との間の密な議論により、環境エネルギーの研究を確実に立案するための方法論を学生に与える。本科目の履修には、『環境エネルギー研究サーベイ』の単位修得が前提となる。

## 環境エネルギー分析・モデリング

Environment & Energy (Analysis and Modeling) 2単位

調査・実験によって得られたデータには、目標とする現象以外に多様な要因で意図しない誤差が入り込んでいる。研究の過程では、その要因を一つ一つ排除して、求める現象が示す真の特性を把握することが求められる。本科目は、環境エネルギーの調査・実験法のデータ発生モデル、分析手法について講じ、環境エネルギーに関する現象についての仮説やモデルを構成していく考え方を実地に指導していく。本科目の履修には、『環境エネルギー研究サーベイ』と『環境エネルギー研究企画・方法論』の単位修得が前提となる。

## 環境エネルギー論文構成・表現法

Environment & Energy (Organization and Presentation) 2単位

研究は、その意図と方法論と結果を明示し、結果の解釈について深く議論することで、誰もが新

規性や有用性を認めるオリジナル論文となったとき、はじめて意味を持つ。環境エネルギー研究の全体の論理構成を考え、判りやすい説明を一つ一つ作り、展開のある読み応えのある文章とすることは、その研究を認めてもらう基礎的な技術である。本科目はそのための方法を、教員の個別指導により行う。本科目の履修には、『環境エネルギー研究サーベイ』、『環境エネルギー研究企画・方法論』、『環境エネルギー分析・モデリング』の単位修得が前提となる。

## 環境エネルギー研究セミナー

Environment & Energy (Research Seminar) 2単位

科学技術に関する研究開発を実施するためのリテラシーとして、研究サーベイ法、研究企画・方法論、分析・モデリング、論文構成・表現法を修得した後、それらの知識を研究基盤として、環境エネルギー分野において研鑽を積んだ課題について、その研究成果を博士論文として集大成するためのセミナーである。本科目の履修には、『環境エネルギー研究サーベイ』、『環境エネルギー研究企画・方法論』、『環境エネルギー分析・モデリング』、『環境エネルギー論文構成・表現法』の単位修得が前提となる。

## 新材料創成論

Creation of New Materials 2単位

現在、機械技術者にとって地球環境の保全と調和しうる新しい素材・製品を創成することは、重要な課題となっている。新しい素材（新材料）を創成するためには、第一段階として、金属、セラミックス、プラスチックといった基盤となる材料の特性を熟知することが必須である。第二段階としては、それらの特性をどのように生かし、目的とする性質を有する材料を創成するかというイマジネーションが必要になる。本講義では、そのイマジネーションを引き出すためにはどのようなことが必要であるかについて学ぶ。

## 分散型エネルギーシステム論

Dispersive-type Energy Systems 2単位

科学技術が急速に進歩した結果、環境問題、エネルギー問題が負の遺産として生まれた。これらの問題を解決する答えのひとつとして、未利用エネルギーの有効利用や省エネルギーがある。本講で論じる分散型エネルギーシステムは、これらの技術を利用できる持続的社会の実現に有効なシステムである。講義では、小規模発電システム、エネルギー輸送技術、蓄熱・蓄冷技術に関する最新の研究成果を解説し、持続的社会に必要なエネルギーシステムについて学習する。さらに、分散型エネルギー社会における新しいまちづくりについて議論する。

## マネジメントコントロール理論

Management Control Theory 2単位

マネジメントコントロールとは、企業の組織メンバーを動機づけ、行動を組織目的に合致させるための仕組みである。グローバル化が進展した現在、日本企業は、組織をグローバルに対応させるために、組織体制を見直す必要がでてきた。工学を志す研究者および技術者として日本を担う人材には、マネジメントコントロール理論の理解も必要であろう。この授業では、マネジメントコントロール理論を歴史的に探求することによって、組織のイノベーションにも貢献できるマネジメントコントロールシステムの構築について議論する。

## モノ作り工法比較論

Process Selection in Manufacturing Strategy 2単位

もの作りでは、様々な作り方が存在する。工業製品においては、作り方、すなわち工法が重要なファクターである。様々な工法の中から、作業性、コスト、品質の観点から選択することはもちろんのこと、機能性、意匠性など様々な観点から製品(部品)の生産技術を決定する手法を学ぶ。

## 関数解析学特論

Functional Analysis 2単位

関数解析学は、微分方程式の初期値問題や境界値問題、数理経済学の一般均衡問題といった各種問題を、関数空間の視点から分析する際に用いられる。関数空間とは、関数をその要素とする集合に、演算や位相などの構造を入れた集合である。

本授業では、さまざまな非線形問題を紹介し、関数解析学の手法がどう適用されるかを見る。また、関数解析学の代表的な道具である不動点定理も紹介する。これらの理解のため、まずは基本的な関数空間や作用素の知識を説明する。関数空間を扱うのに必要な解析の道具の習得を目指す。

## 量子情報科学総論

Quantum Information Science 2単位

量子情報科学は多数の基幹科学の融合として構成される。その基幹科学間の理論や概念は極めて異なっているため、この分野において高度な研究成果を目指す場合に、その障壁が大きな障害となる。本講義は物理学、情報科学、電子通信工学の根幹的な理論体系をどのように融合するか、またそのための考え方や手法について述べる。

この講義を通じて、本コースに用意されている科目群の共通の基盤が得られる。

## 量子情報処理特論

Quantum Information Processing 2単位

近年、量子コンピュータおよび量子アルゴリズムの理論の発展を契機に、様々な量子情報処理方式が提案され研究されている。例えば、量子計算において量子特有のノイズに抗して量子状態を制御するために、あるいは暗号などへの応用のために、量子誤り訂正符号が提案・研究されている。最新の成果を踏まえ量子誤り訂正符号の可能性や性能の限界について論じる。また、量子誤り訂正符号をはじめ様々な量子情報処理方式の背後に隠

れている代数的構造（シンプレクティック幾何の構造等）についても解説する。

## 量子情報理論

Quantum Information Theory 2単位

本講義では量子情報理論の最先端の研究成果を取り上げ解説を試みる。

（オムニバス方式／全15回）

光を使った古典情報伝送に関する量子情報理論について論じる。エネルギー拘束条件付の量子通信路符号化定理と量子ガウス状態の基礎理論を説明し、それに基づいてボゾニック通信路に対する通信容量の公式を導出する。

量子計算において量子特有のノイズに抗して量子状態を制御するために、あるいは暗号等への応用のために、量子誤り訂正符号が提案され研究されている。最新の成果を踏まえ量子誤り訂正符号の可能性や性能の限界について論じる。

## 光通信工学

Optical Transmission Technology 2単位

1980年代前半に実用化された光ファイバ通信システムは、その大容量性、経済性から世界の通信ネットワークに革命を起し、それまでの銅線を使った電話を中心としたネットワークからインターネットに代表されるブロードバンドサービスを中心としたネットワークに大きく変貌している。

本講義では、この光ファイバ通信システムを構成する諸技術を説明するとともに、光ファイバ通信を用いたネットワークの構成についても講義し、現代のブロードバンドネットワークの理解を深める。

## 量子通信理論

Advanced Quantum Communications 2単位

信号検出理論は設定された基準の下での最適検出方法や信号検出の仕方に工夫を施すことによって実現できる機能を設計するための理論である。

量子雑音の理論が加わることで、それは量子信号検出理論へと発展する。講義では、量子通信に関わる最新の研究成果を、量子信号検出理論の視点で分類・整理し理解することを試みる。

## ファジィシステム論

Fuzzy Systems 2単位

人間は、経験に基づく知識や自然言語の処理などに見られるように定性的な情報への優れた処理能力を有している。したがって、人間の思考過程をコンピュータなどの機械で実現するためには、人間の有する主観、判断、感覚、感性などの「あいまいさ」を取り扱う必要がある。ファジィシステム論は、人間らしい情報処理のための方法論として提案され、制御システム、画像理解、エキスパートシステムなどの研究が盛んに行われている。ここでは、ファジィ理論の基礎から、ファジィシステム、ファジィ制御および人工知能への応用事例を解説する。

## 画像符号化特論

Advanced Study on Image Coding 2単位

情報理論、確率統計、および信号処理技術に関する基礎的な知識があることを前提として、画像符号化研究における主要な手法について紹介・解説する。講義では、エントロピー符号化、量子化、変換符号化、Rate-Distortion 最適化、標準圧縮方式についてテーマ毎に概観し、さらに、最新の研究論文を通して応用例についても考察する。

## 認知システム論

Cognitive System 2単位

認知は人間の知的・情緒的・社会的営みの根幹にある脳の情報処理の過程である。その過程の情報処理的な理解は、単に人間の脳過程の理解だけでなく、人間との相互作用のある人工知能・ロボットなどの人工物の構築に重要な知見を与えてくれ

る。そこで本講義では、人間の認知の基盤となる認識・学習・記憶・推論などの要素機能の情報処理モデルについて学ぶとともに、そのシステムの動作により実現される一見複雑な機能を生み出す高次機能のシステムモデルについて、最新の研究成果を踏まえて議論する。

## 認知発達ロボティクス

Cognitive Developmental Robotics 2単位

人間とロボットが共存する社会が身近になりつつある現代において、人間と同様、学習し成長することで知能を獲得するロボットの開発が望まれ、様々な分野で研究が盛んに行われている。本講では、人間と機械を繋ぐために必要となる技術を理論やコンピュータによるシミュレーションだけではなく、実際にロボットを動かし、ロボットが知能を獲得していく様子を観察することを通じて検討し、理解を深めることを目的とする。特に、乳幼児の発達過程における様々な知見を如何にして知的ロボット開発へ結びつけるかについて最新の研究成果を学ぶ。

## 量子情報科学研修研究

Training Research on Quantum Information Science 2単位

量子情報科学の博士課程の学生の研究の進捗状況を考慮しながら、量子情報科学の実験を活発に研究している国内あるいは海外の提携研究機関において、数ヶ月間、集中的な研究実習を行う。特に、量子情報科学の応用を目指す種々の量子力学的な現象の実験に直接関与することによって、量子情報科学の多様性を実体験することを目的とする。また、実用域にある量子暗号等の開発現場で開発のスタッフとして研鑽を積むことにより、工学の神髄を体験する。

## システム科学特別講義A

Special Lecture in System Sciences A 1単位

特別講義Aでは量子情報科学と知能情報科学の総合的基礎となる広範な課題について講義する。量子情報科学と知能情報科学は共に情報科学を基盤としている。その共通する基礎理論は多義にわたっており、通常の講義方式では両研究分野の全体像を把握することは困難である。そこで、本講義では現代の情報科学の基盤である情報理論、学習理論、波動工学、ユビキタス通信技術、オペレーションリサーチなどの基礎理論に関するトピックスを年に4回集中講義を実施し、博士課程の学生が持つべき汎用な基礎知識を修得させる。

## システム科学特別講義B

Special Lecture in System Sciences B 1単位

特別講義Bではロボティクスと生産開発システムの分野の総合的基礎となる広範な課題について講義する。ロボティクスと生産開発システムは人間の行動分析を一つの共通基盤に持つと考えられる。その共通する基礎理論は多義にわたっており、通常の講義方式では両研究分野の全体像を把握することは困難である。そこで、本講義ではその基盤である社会心理学および組織心理学や集団力学、学習アルゴリズムなどの基礎理論に関するトピックスを年に4回集中講義を実施し、博士課程の学生が持つべき汎用な基礎知識を修得させる。