

講義紹介資料

# 2020年度 学術フロンティア講義 サイバネティクス入門

— 物理・生物・社会と情報を繋げるシステムの科学 —



計数工学科

システム情報工学コース

成瀬 誠 (教授・コース幹事)

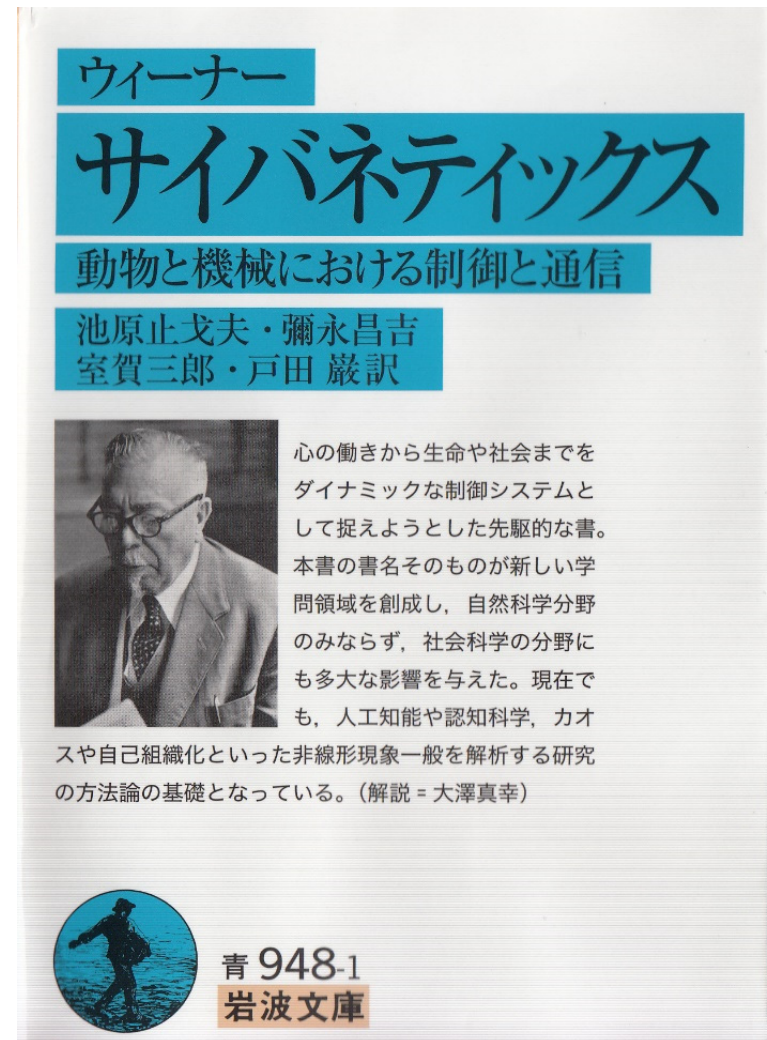
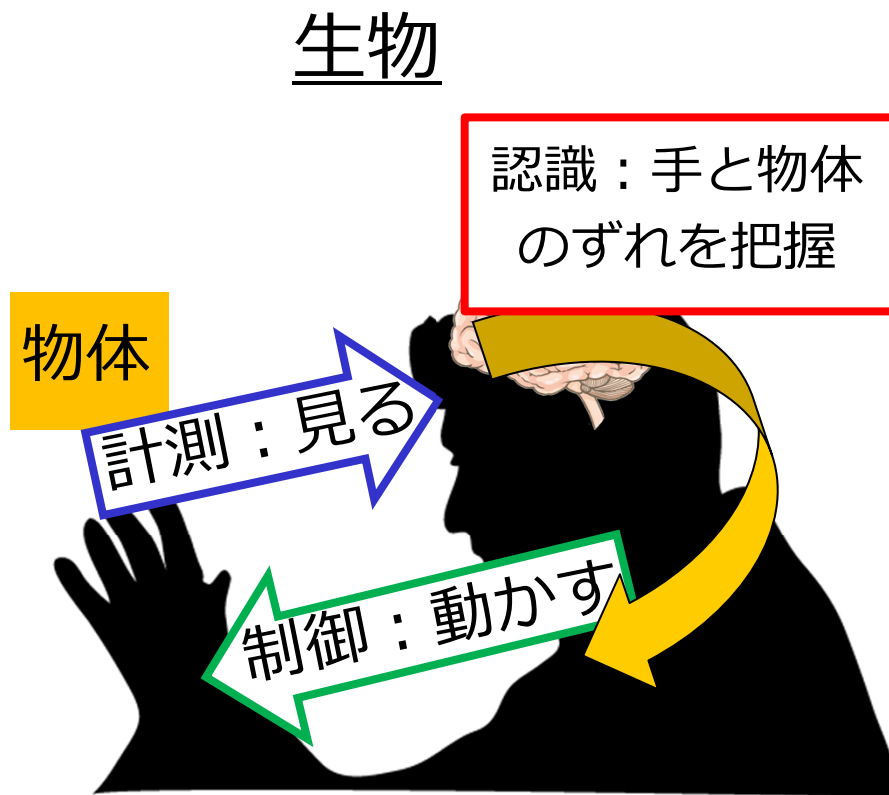
計数工学科WEBサイト <https://www.keisu.t.u-tokyo.ac.jp/>

連絡先：

Email: [makoto\\_naruse@ipc.i.u-tokyo.ac.jp](mailto:makoto_naruse@ipc.i.u-tokyo.ac.jp)

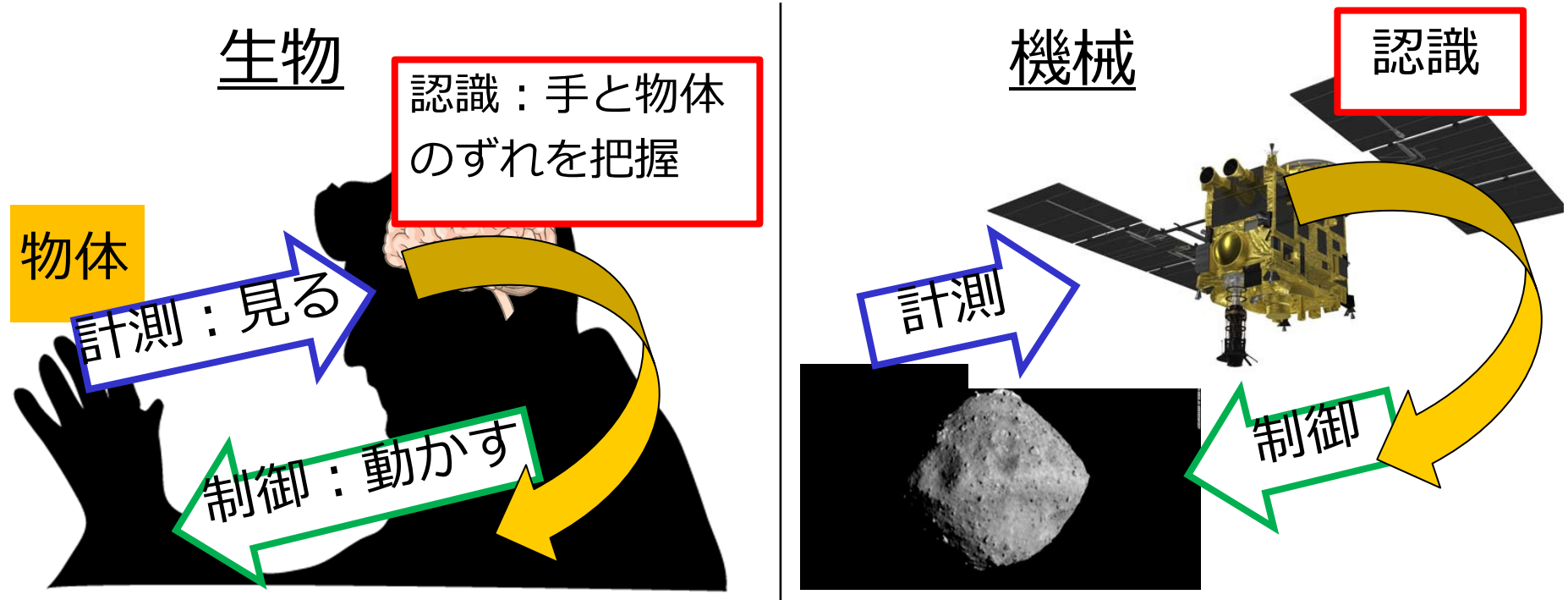
# 「サイバネティクス」とは

- 生物・機械・社会に共通する**知的行動**の**数理的原理**を抽出し、応用する学問体系



# 「サイバネティクス」とは

- 生物・機械・社会に共通する**知的行動**の**数理的原理**を抽出し、応用する学問

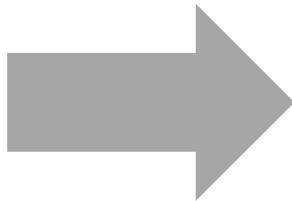


- 生物でも機械でも、およそ知的な動作には、**計測**・**認識**・**制御**が伴う
- 本講義では、その学問体系の最先端の基礎理論と最先端の応用を、計数工学科システム情報工学コース教員がオムニバス形式で紹介

# Cybernetics, N. Wiener, 1947

coin at least one artificial neo-Greek expression to fill the gap. We have decided to call the entire field of control and communication theory, whether in the machine or in the animal, by the name *Cybernetics*, which we form from the Greek κυβερνήτης or steersman.

「我々は、制御と通信の理論の全領域を、それが機械のことでも動物のことでも、サイバネティクス(Cybernetics)の名前で呼ぶことに決めた。これは、ギリシャ語で「舵手（船のかじをとる人）」を意味する κυβερνήτης からとったものである。」



**サイバネティクスの現代的・先進的・革新的展開：  
工学部計数工学科**

# 計数工学科：物理世界と情報世界を繋ぐ

システム情報工学コース

「認識と行動」の学問

## 物理世界と情報世界を 繋ぐ。

システム情報学が目指すのは、物理世界と情報世界を繋ぐ「認識と行動」の学問である。

「認識」とは、対象とする物理的世界から収集（計測）された要素情報の処理および解析に基づく知識レベル情報の抽出であり、物理世界を情報世界に射影する。

一方、認識の結果得られた物理世界のモデルに基づいて合成と予測を行い、目的を実現するための対象への働きかけ（制御）を行うのが「行動」である。

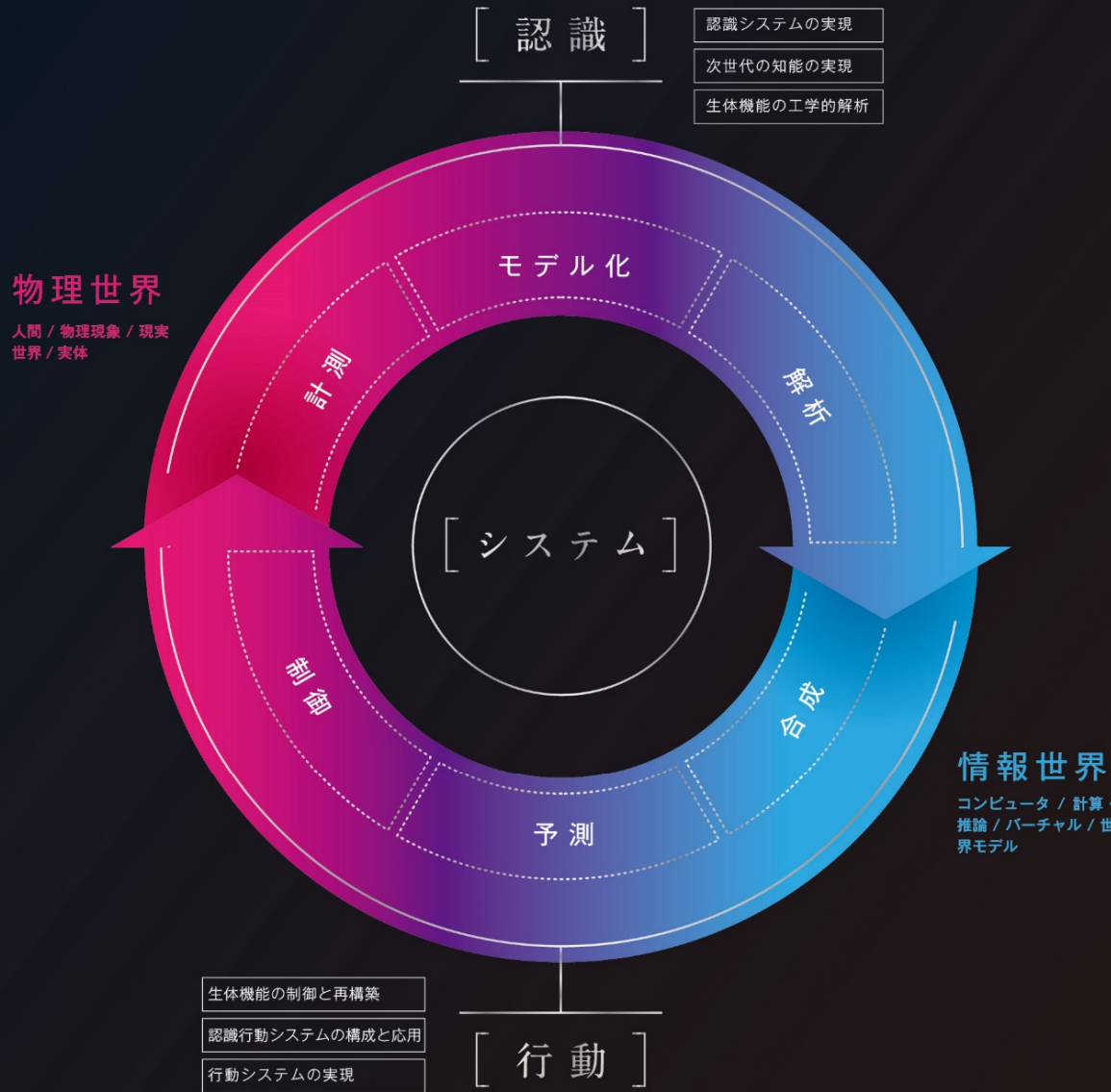
本専攻では、この「認識」と「行動」に関する全ステップを対象として、新しい理論とアルゴリズムを追及し、これに基づいて新しい機能のシステムを実現しようとしている。

研究分野は多岐にわたり、現在は下記のキーワードを中心とする研究が精力的に行われている。

システム情報学専攻  
パンフレットより引用

Image of

# 「認識と行動」の学問



システム情報学専攻  
パンフレットより引用

# サイバネティクスの現代的・先進的・革新的展開： 工学部計数工学科（システム情報工学コース）

## Key Words

システム情報学専攻  
パンフレットより引用

### 認識

生体生理学 / バイオサイバネティクス / 知能化センサ / 画像と音声の認識と合成

### 行動

システム制御理論 / システム信号処理論

### 物理

情報物理学 / 計測センシングシステム

### 情報

コンピューティング / システムアーキテクチャ / 集積化知能システム

### 総合

バーチャルリアリティ / 高速ロボットシステム / 認識行動適応学習システム

## + 数理基盤 +

- ・ 計数工学科数理工学コース科目の受講
- ・ 数理/システムの指導連携体制  
(例：卒論交換指導)

# 2020年度 ・ 講義スケジュール

初回は4月21日 (火) 2限 オンライン講義

回	月日	講義タイトル	講義担当者
1	4/21	光を用いた意思決定—圏論的システムデザインに向けて	成瀬 誠 教授
2	4/28	手術支援ロボット	川嶋 健嗣 教授
3	5/12	ネットワーク化された自律システムの制御	藤田 政之 教授
4	5/19	身体性とVR/機械学習	牧野 泰才 准教授
5	5/26	超人のレシピ：バーチャルリアリティから人間拡張工学まで	稲見 昌彦 教授 檜山 敦 講師
	6/2	前半レポート（上記から2件）提出締切 16:30	ITC-LMSにて提出
6	6/2	音を解析・合成する信号処理技術	小山 翔一 講師
7	6/9 17:40 ~	<b>[駒場リサーチキャンパス見学**]</b> バーチャルリアリティ・人間拡張工学、等	<b>場所：駒場リサーチキャンパス先端研4号館</b> (受講者以外も参加可)
8	6/16	持続可能なコンピューティングへ：スーパーコンピュータからIoTまで	中村 宏 教授
9	6/23	バイオロボット：細胞を見る、計る、動かす	池内 真志 講師
10	6/30	非接触での触覚再現とその応用	篠田 裕之 教授
11	7/7	音による空間機能化	長谷川 圭介 講師
12	7/14 17:40 ~	<b>[本郷キャンパス見学**]</b> 音声信号処理・機械学習、脳計測、センサ・逆問題、触覚IF・二次元通信、制御、ネットワーク自律システム、光情報システム、超低消費電力VLSI、IoT、手術支援ロボット、医用マイクロシステム等	<b>場所：工学部6号館1階</b> (受講者以外も参加可)
	7/21	後半レポート（上記から2件）提出締切 16:30	ITC-LMSにて提出



# 2020年度 ・ 講義スケジュール

初回は4月21日 (火) 2限 オンライン講義

回	月日	講義タイトル	講義担当者
---	----	--------	-------

- 各回のオンライン講義の参加方法はUTAS及びITS-LMSを参照のこと
  - レポートの提出方法についてはITS-LMSに掲載の予定である
  - 対面授業解禁となった場合は、講義室は駒場1号館162号室である

		人間拡張工学まで	檀山 敦 講師
	6/2	前半レポート (上記から2件) 提出締切 16:30	ITC-LMSにて提出

- 本郷キャンパス研究室見学会及び駒場リサーチキャンパス研究室見学会の実施については、未定である。  
UTASでアナウンスの予定である

10	6/30	非接触での触覚再現とその応用	篠田 裕之 教授
----	------	----------------	----------

- 成績は、出席及び前半部の講義レポート (2件) 及び後半部の講義レポート (2件) によって判定する

# 音メディア情報学研究室

猿渡・小山研究室



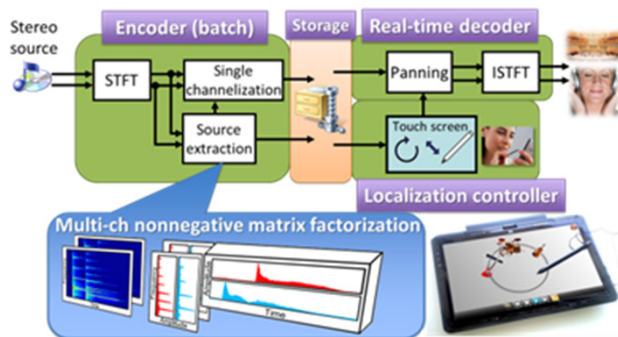
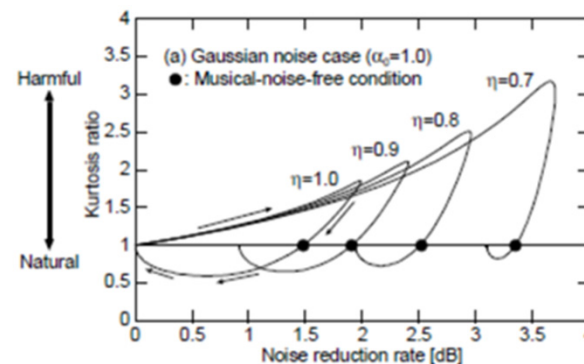
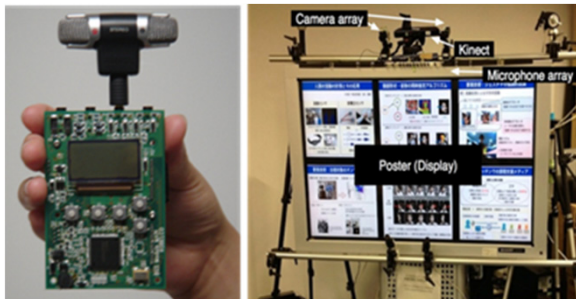
猿渡 洋 教授  
Hiroshi SARUWATARI



小山 翔一 講師  
Shoichi KOYAMA

## 第6回講義「音を解析・合成する信号処理技術」

- 非線形信号処理系の数理解析と感性定量化
- ユーザオリエンテッドな音楽情報処理
- 音場の逆問題
- 音場の記録・伝送・再生のための信号処理
- 音声合成変換によるコミュニケーション拡張



# 生体機械システム研究室

## 川嶋研究室

### 第2回講義「手術支援ロボット」

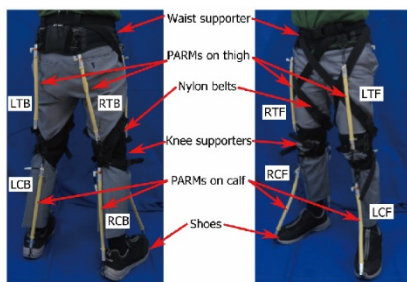


川嶋 健嗣 教授  
Kenji KAWASHIMA

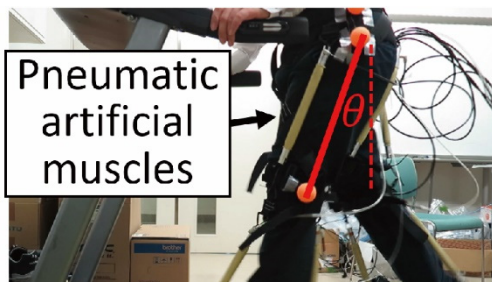
- 手術支援ロボット
- 身体運動支援システム
- 流体システムの計測制御



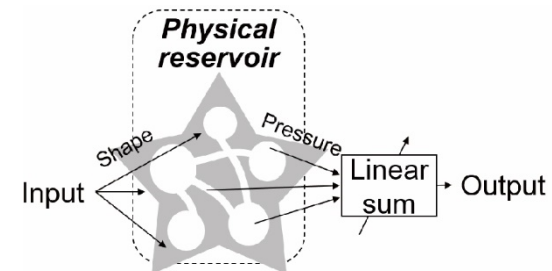
手術支援ロボット



歩行支援ロボット



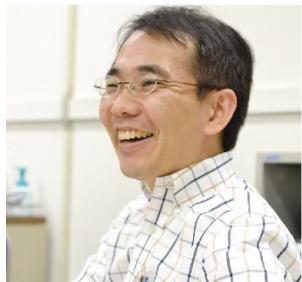
パワー支援ロボット



流体リザーバコンピューティング

# 物理情報計測・逆問題研究室

奈良・長谷川研究室



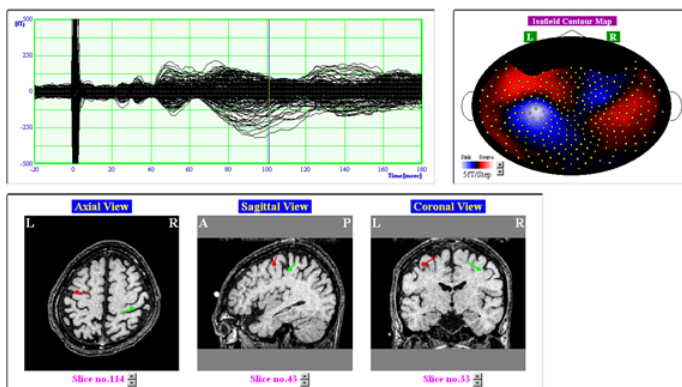
奈良 高明 教授  
Takaaki NARA



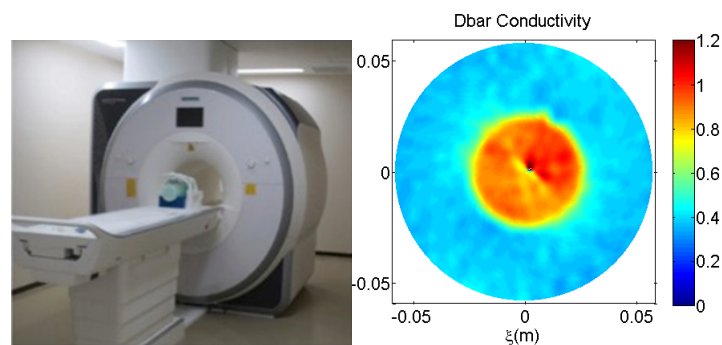
長谷川 圭介 講師  
Keisuke HASEGAWA

## 第11回「音による空間機能化」

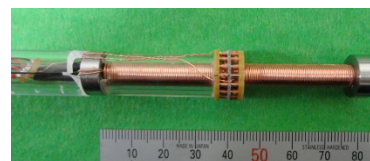
- 逆問題の直接解放
- 医用逆問題への応用
- 非破壊検査・防災技術のための計測構造
- 空中超音波音場の逆問題的設計による物理情報システム



脳磁場逆問題



MRIによる癌細胞検出



配管探傷センサ

# 実世界情報環境学研究室

## 篠田・牧野研究室



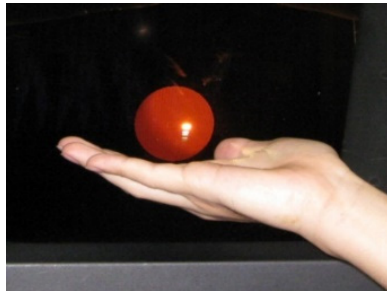
篠田 裕之 教授  
Hiroyuki SHINODA



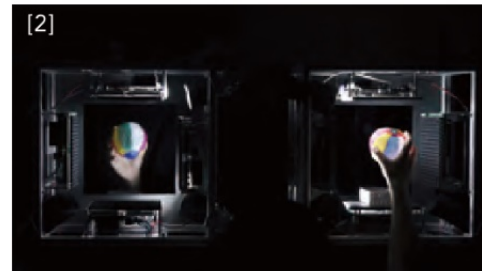
牧野 泰才 准教授  
Yasufumi MAKINO

第4回講義「身体性とVR／機械学習」  
第10回講義「非接触での触覚再現とその応用」

- 触覚インタフェース
- 触覚・生体情報の計測
- 身体動作情報と機械学習



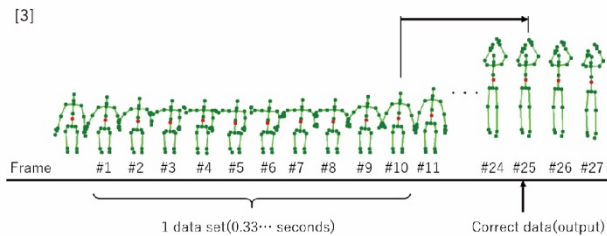
さわれる空中映像



視触覚クローン



二次元通信



身体動作情報からの  
将来動作予測



二次元通信タイル

# システム制御研究室

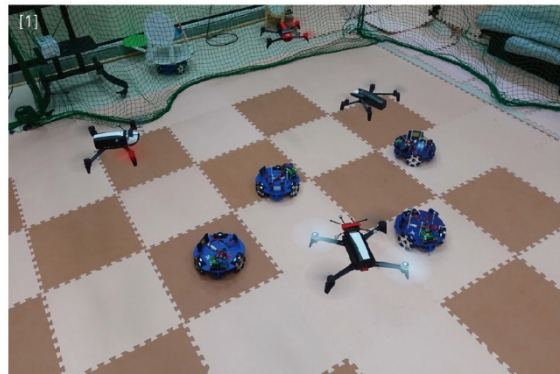
## 藤田研究室



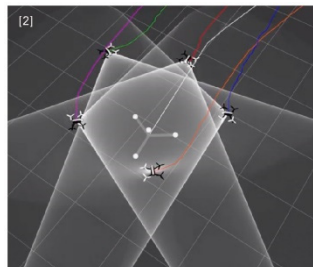
藤田 政之 教授  
Masayuki FUJITA

### 第3回講義「ネットワーク化された自律システムの制御」

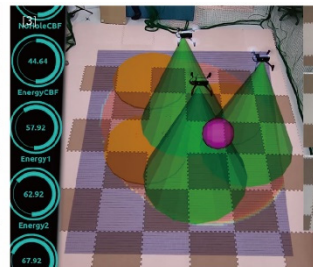
- ネットワーク化ロボティクスと分散協調制御
- 認知自律システムの学習知能制御
- サーバーフィジカル&ヒューマンシステム



ネットワーク化された  
マルチロボットシステム



協調追尾システム



視覚モニタリング



人間とマルチロボットのチーム

# 制御理論研究室

津村研究室



津村 幸治 准教授  
Koji TSUMURA

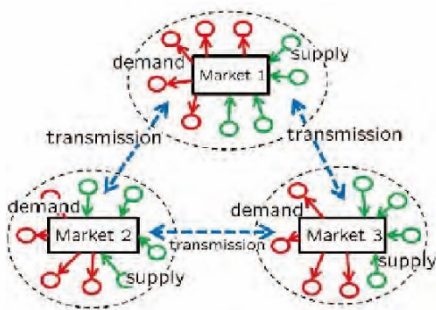
## ■ システム制御理論の新領域への展開 (サイバネティクス)

社会システムの制御  
量子力学系の制御 等

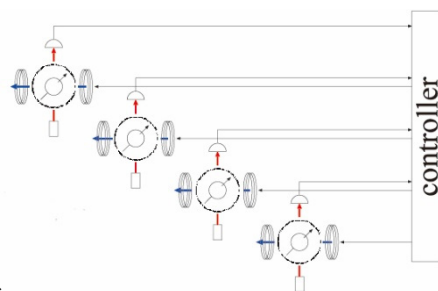
## ■ 制御系解析／設計

マルチエージェントシステムの制御  
大規模複雑系の制御

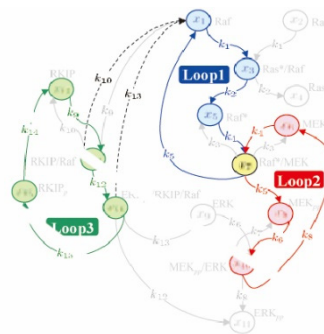
## ■ モデリング／システム同定



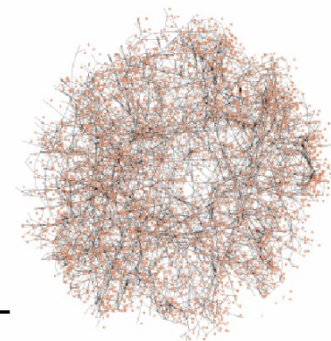
電力需給バランス最適化



フィードバック制御による  
エンタングルメント生成



システムバイオロジー



大規模複雑系の制御

# 情報物理・光システム学研究室

## 成瀬研究室

### 第1回講義「光を用いた意思決定—圏論的システムデザインに向けて」



成瀬 誠 教授  
Makoto NARUSE

#### ■ AIフォトリクス – 光を用いた意思決定

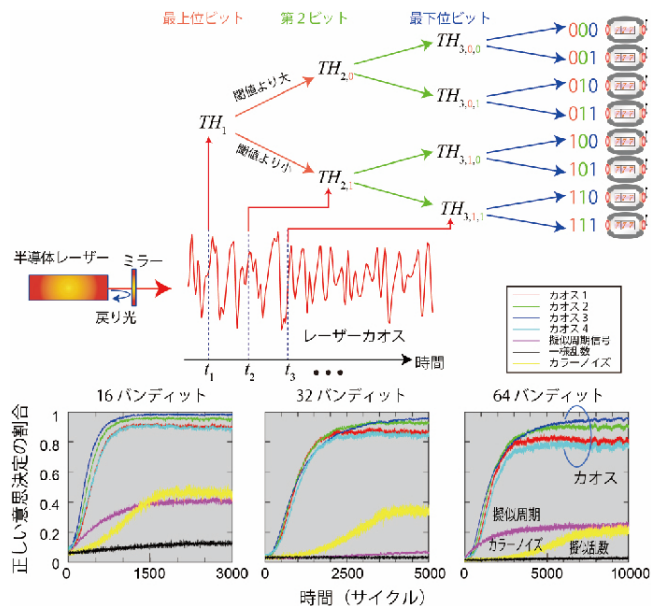
超高速レーザーカオスシステム  
瞬時チャネル制御

#### ■ 新しい光システム

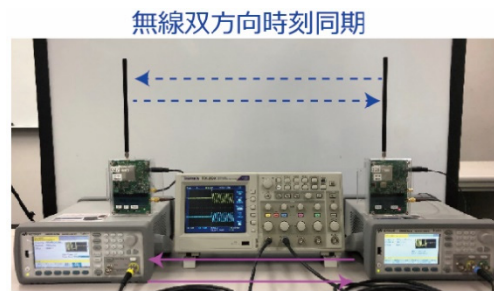
アービトラションフリー・遅延保証光ネットワーク  
光を活用した人工データ生成

#### ■ 自然計算・自然知能デザイン

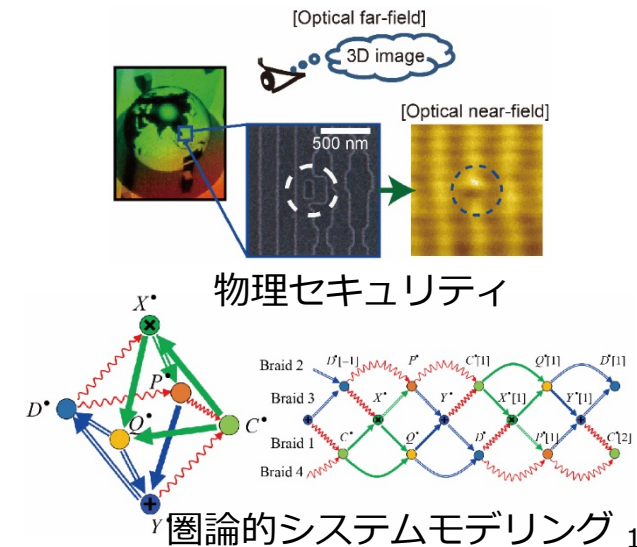
圏論にインスパイアされた新たなシステム理論



光を用いた意思決定



双方向無線時刻同期を用いた  
光ネットワーク





# コンピューティングシステム学研究室

中村・近藤研究室



中村 宏 教授  
Hiroshi NAKAMURA



近藤 正章 准教授  
Masaaki KONDO

## 第8回講義「持続可能なコンピューティングへ：スーパーコンピュータからIoTまで」

### ■ 超低消費電力VLSIシステム

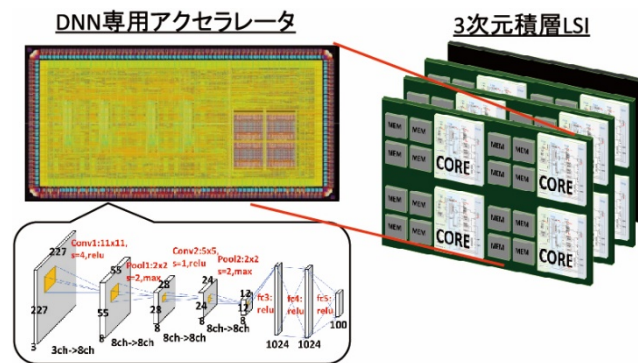
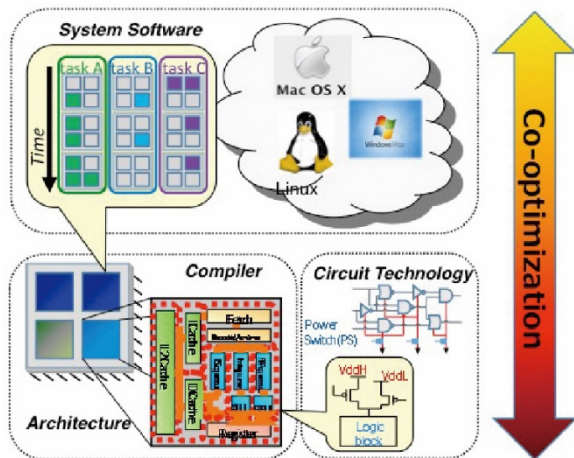
ノーマリーオフコンピューティング  
グラフ処理基盤

### ■ コグニティブコンピューティング

AI処理向け演算加速機構

### ■ IoT/サイバーフィジカルシステム

センサ～ネットワーク～サーバの一体設計



# 生命プロセス制御学研究室

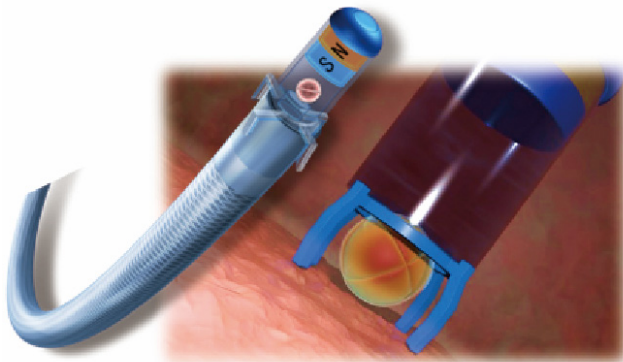
## 池内研究室



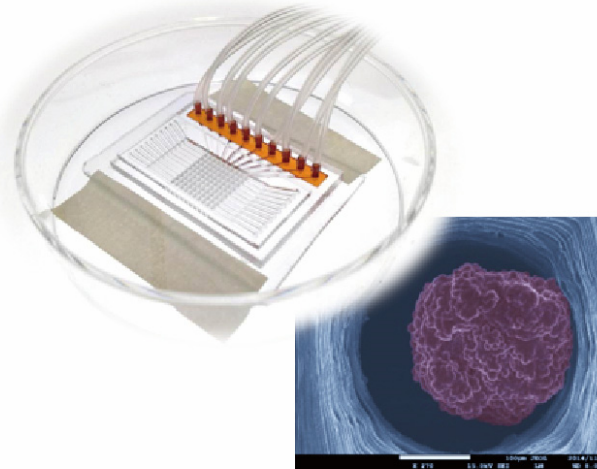
池内 真志 講師  
Masashi IKEUCHI

### 第9回講義「バイオロボット：細胞を見る、計る、動かす」

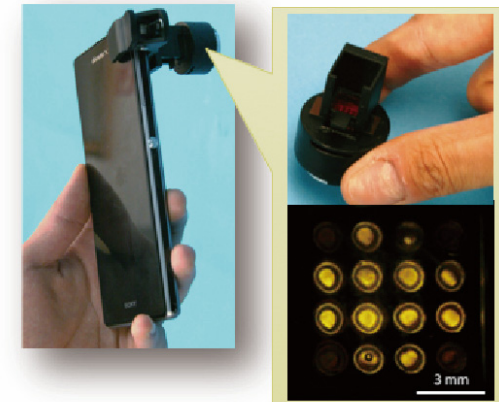
- 生殖補助医療用マイクロシステム
- オンチップ再生医療工場
- メカノバイオロジーに基づく新規治療技術
- ポータブル診断デバイス
- 膜構造マイクロデバイス



生殖補助医療用マイクロシステム



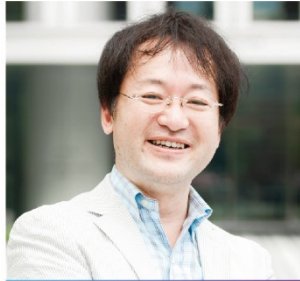
オンチップ再生医療工場



ポータブル診断デバイス

# 身体情報学研究室

稲見・檜山研究室



稲見 昌彦 教授  
Masahiko INAMI



檜山 敦 講師  
Atsushi HIYAMA

## 第5回講義「超人のレシピ： バーチャルリアリティ から人間拡張工学まで」

### ■自在化技術

人とシステムの「人機一体」

### ■新たな身体性の獲得

VR、拡張現実感、ウェアラブル技術、  
ロボティクス、テレイグジスタンス

### ■主観的体験の共有・伝達技術



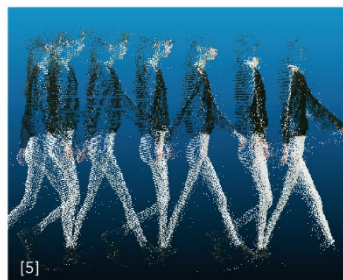
MetalLimbs



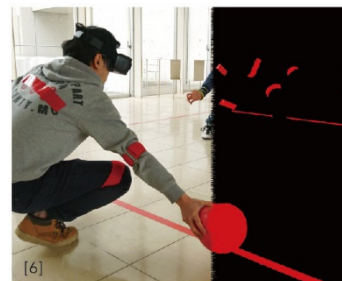
Aerial-Biped



VRくまモン



VR姿勢計測技術



D-Ball



Optical camouflage

Image of

# 「認識と行動」の学問

**物理世界**  
人間 / 物理現象 / 現実  
世界 / 実体

[ 認 識 ]

- 認識システムの実現
- 次世代の知能の実現
- 生体機能の工学的解析

モデル化

計測

解析

[ システム ]

制御

合成

**情報世界**  
コンピュータ / 計算・  
推論 / バーチャル / 世  
界モデル

予測

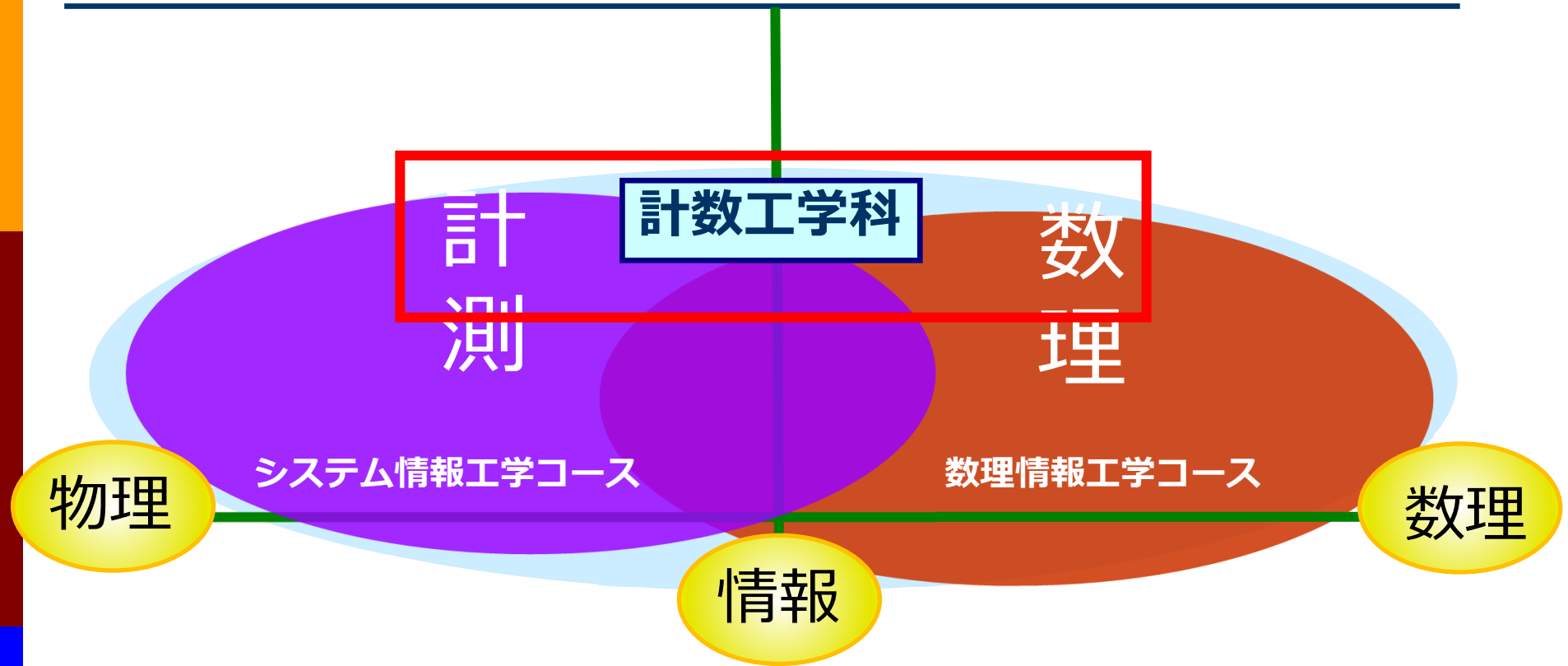
- 生体機能の制御と再構築
- 認識行動システムの構成と応用
- 行動システムの実現

[ 行 動 ]

# 計数工学科システム情報工学コースの特徴

- **数理・物理・情報の基盤をバランスよく習得**
  - 広く対応できる計数人を養成。優れた人材が高く評価されている
- **広い分野を実体験する。ソフトもハードも**
  - 「普遍性の計数」が研究開発・イノベーションをリードする
- **新たな課題・価値基準を提案し、課題解決能力を習得する。実行力がつく**
  - 現実には「問題」の顔をしていない
- **就職も有利、活躍できる**
  - 多方面の理解力・思考力・解決力が社会をリード
    - **数理・物理・情報の力を、現実の問題で活用する力をつけたい人歓迎**
    - **未踏の新領域を開拓したい人歓迎**

# 計数工学科



数理・物理・情報の観点から、工学一般で普遍的に価値のある概念や原理を追求する学科

## History 沿革

1945

現在の計数工学科の始まりは、第2次世界大戦の末期、東京帝国大学第一工学部に新設された計測工学科である。計測工学科は

- (1) 広い物理的知識とこれを自由に応用し得る能力を持ち、
- (2) 現象を抽象化して論理的・数理的な体系を構成する能力を持ち、
- (3) 総合的な立場から最適な技術を考案できる工学技術者を養成するという理念のもと、昭和20年（1945）4月に40名の第1回生を受け入れた。上記の理念は、その後70年以上の長きにわたり、計数工学科の教育方針として脈々として受け継がれている。

1951

昭和26年（1951）、新制大学への移行に伴い応用物理学が新設され、新分野の開拓を先導する基礎工学の主要な分野として学生を教育することになった。これが計測工学コースの始まりである。わが国の産業の飛躍的な発展に伴って工学部も大きく拡張し、昭和37年（1962）に応用物理学は計数工学科と物理工学科の2学科に発展的に改組され、計測工学コースの一部は物理工学科へ、大多数は数理工学コースとともに計数工学科を構成した。

1972

昭和47年（1972）には、多くの学科の教官が協力して教育・研究にあたる専攻として、大学院工学系研究科に情報工学専攻が新設され、その一つの情報処理工学講座が計数工学科に附置された。これを契機に、計数工学科の多くの教官が情報工学専攻を兼担し、情報工学専攻の中心的な役割を担い、工学系における情報分野の拡大を先導することとなった。

1993

平成5年（1993）に大学院が部局化され、計数工学科の教官の所属は工学部から大学院工学系研究科に移り、より先進的な教育・研究の一層の拡充を図ることになった。これがいわゆる大学院重点化である。この組織変更に伴い、計測工学コースの各講座は計測工学大講座に大講座化されると共に、計測制御システム工学原論講座が増設された。

1999

平成11年（1999）には大学院新領域創成科学研究科が新設され、計数工学専攻の教官の一部もその中の複雑理工学専攻に移り、生体や脳機能の計測と解明を中心とする新分野の創成を担当することとなった。

2001

この間、計数工学専攻は、従来の東京大学における情報関連の研究・教育体制を一体化し、理学系研究科と工学系研究科に分離していた情報系専攻を統合して格段に充実した教育と研究を行うため、学内外に向けて情報系の新たな研究科の創設を働きかけ続けていた。平成13年（2001）にようやくこれが実を結び、大学院情報理工学系研究科が設置され、それまでの計数工学専攻は大学院情報理工学系研究科の二つの専攻として発展的に改組され、計測コースを中心とする教官はシステム情報学専攻に移行した。この組織変更に対応し、学部教育を担当する工学部計数工学科のコース名称も、従来の計測工学コースからシステム情報学コースに変更して現在に至っている。

システム情報学専攻  
パンフレットより引用

工学部 計数工学科  
 学術フロンティア講義 サイバネティクス入門  
 — 物理・生物・社会と情報を繋げるシステムの科学 —



火曜日2限 オンライン講義\* (UTASを参照のこと)

回	月日	講義タイトル	講義担当者
1	4/21	光を用いた意思決定—圏論的システムデザインに向けて	成瀬 誠 教授
2	4/28	手術支援ロボット	川嶋 健嗣 教授
3	5/12	ネットワーク化された自律システムの制御	藤田 政之 教授
4	5/19	身体性とVR/機械学習	牧野 泰才 准教授
5	5/26	超人のレシピ：バーチャルリアリティから人間拡張工学まで	稲見 昌彦 教授 檜山 敦 講師
	6/2	前半レポート（上記から2件）提出締切 16:30	ITC-LMSにて提出
6	6/2	音を解析・合成する信号処理技術	小山 翔一 講師
7	6/9 17:40 ~	<b>[駒場リサーチキャンパス見学**]</b> バーチャルリアリティ・人間拡張工学、等	<b>場所：駒場リサーチキャンパス先端研4号館</b> (受講者以外も参加可)
8	6/16	持続可能なコンピューティングへ：スーパーコンピュータからIoTまで	中村 宏 教授
9	6/23	バイオロボット：細胞を見る、計る、動かす	池内 真志 講師
10	6/30	非接触での触覚再現とその応用	篠田 裕之 教授
11	7/7	音による空間機能化	長谷川 圭介 講師
12	7/14 17:40 ~	<b>[本郷キャンパス見学**]</b> 音声信号処理・機械学習、脳計測、センサ・逆問題、触覚IF・二次元通信、制御、ネットワーク自律システム、光情報システム、超低消費電力VLSI、IoT、手術支援ロボット、医用マイクロシステム等	<b>場所：工学部6号館1階</b> (受講者以外も参加可)
	7/21	後半レポート（上記から2件）提出締切 16:30	ITC-LMSにて提出

\*対面授業が可能になったときは1号館162号室

問い合わせ：成瀬 誠 教授 (03-5841-6880)

\*\*開催未定：実施についてはUTAS等で

[工学部 計数工学科 システム情報工学コース幹事]

アナウンスの予定です

多数の参加をお待ちしております！  
 不明な点は気軽に  
 お問い合わせください