

東京大学工学部 計数工学科ガイダンス

2021年5月13日

<https://www.keisu.t.u-tokyo.ac.jp/>

Department of Mathematical Engineering and Information Physics
School of Engineering
The University of Tokyo



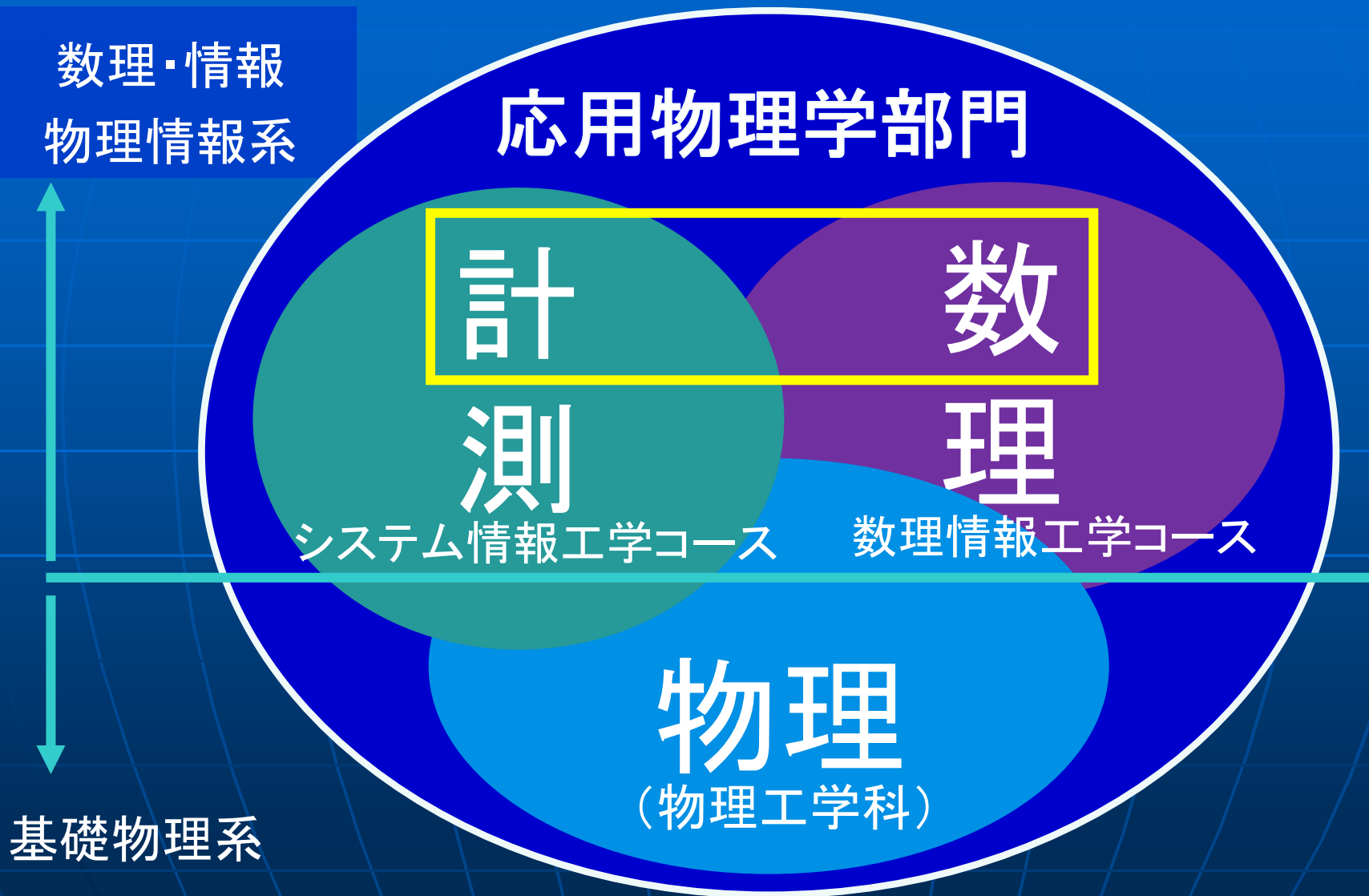
東京大学工学部
計数工学科

本日の説明担当:
篠田 裕之(教授)

ガイダンスの内容

- 計数工学科とは？
- 計数工学科を選ぶ7つの理由
- 計数工学科の研究スタイル
- 卒業後の進路
- メッセージ

「計数」工学科とは？

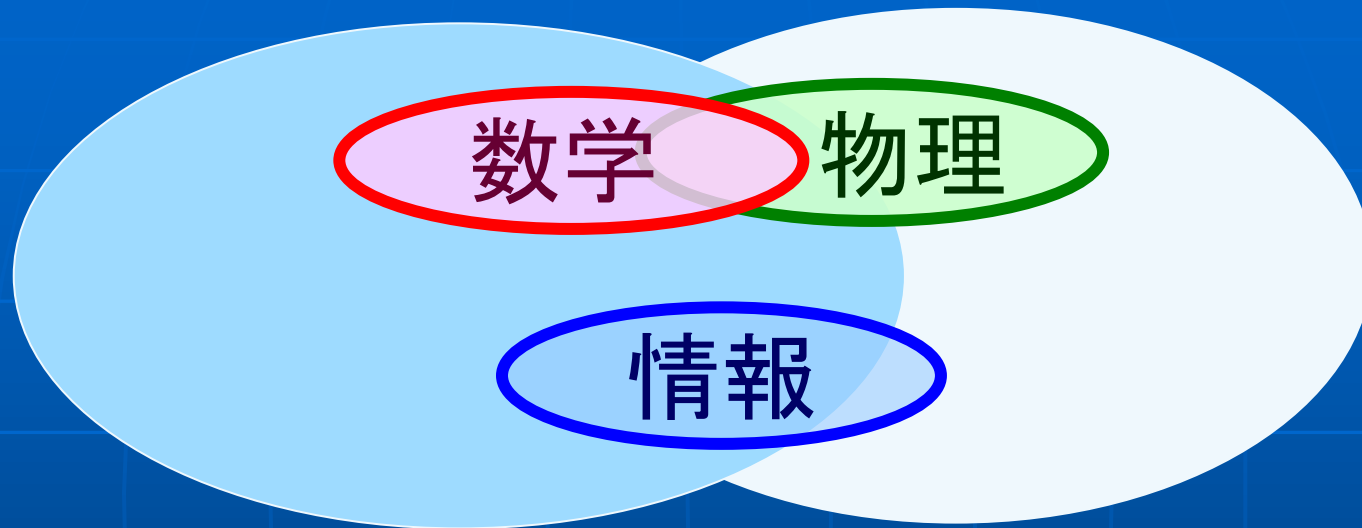


計数工学の目指すもの

不変・普遍・不偏

- 研究： 数理的 & システム論的思考を通じて
科学技術の「普遍的な原理・方法論」
を目指した研究を行う！
- 教育：時代と共に不変な基礎を深く不偏に
教育し、時代に適応する人材を育成！

計数の2つのスタイル



数理情報工学コース

現象の本質を数理
モデル化し、問題解決
手法を創出

システム情報工学コース

実世界の物理的制約の
中で、望みの機能を実現

計数工学科を選ぶ 7つの理由

皆さんはいくつ共感してくれるか？

理由1: 理学部か工学部か迷った

(就職も気になるし...)

理学部

工学部

そういう人こそ
計数へ

数学
物理
情報科学
:

科学技術の要

応物系
(数物)

建築都市系

機械系

システム創成

化学材料系

電気電子系

数学、物理、情報から社会との
接点を求めるなら計数へ

計数工学、数学、物理学の違い

数学的な難問解決

数学

数学や物理の天才でなくても
学科で学べば
貢献できます

数学を用いて現象を
モデリングする
からヒントを得て
新しい数学を作る

数理情報工学

システム情報工学

もちろん天才は存分に活躍できます

物理の真理探究

思考法
を用いて未来の情報システムを作る

計数工学と機械・電気・バイオ との違い

ロボット、IT、医療 など、研究の出口は
いろいろ。それぞれを専門にしている
学科と何が違うの？

例えば機械工学科であれば「機械を使うこと」
が前提。計数はこのような前提には制約されな
いことが特徴。

既存の産業分野にとらわれない発想ができる。

理由2: 科目が面白そう

その通り！

- 3年生までは結構ハード：主要5本柱をマスター
- 4年生で満足感：専門を2～3分野チャレンジ
(国際会議発表までいく場合も多い)

1年～2年夏

2年冬

コース
決定

3年～4年夏

教養科目

数学
数理科学
数学Ⅰ微分積分（1年）
数学Ⅱ線形代数（1年）
総合科目F：数理・情報
数理科学Ⅰ～Ⅴから2科目
（2年夏）

物理学
物質科学
力学（1年夏）
熱力学（1年夏）
電磁気学（1年冬）
総合科目E：物質・生命
振動・波動論（1年冬）

化学
物質化学
構造化学（1年冬）
物生化学（2年夏）

コンピュータ
情報（1年夏）

計数の基礎

基礎数理
電磁気学第一
回路とシステムの基礎
計測通論C
数値解析
最適化手法
認識行動システムの基礎

数 理 情 報 工 学 コース

数理情報の基礎

解析数理工学
幾何数理工学
算法数理工学
代数数理工学
確率数理工学

数理情報工学コースの目標は、数学を自由に駆使して現実の問題に深く切り込むことである。そのための土台作りを、基礎の五つの科目と演習で徹底的に行う。さらに、工学の諸分野に関連した科目（統計、計算機、情報、オペレーションズリサーチ、生体など）が用意されている。

さらに進んだ数理情報

数理計画法 応用空間論
情報理論 応用統計学
生体情報論 計算量理論
プログラムの数理 計算モデルの数理
数理情報工学特論

両コース 共通科目

数学2D 数学3 数理手法 脳科学入門 経済工学
電磁気学第二 量子力学第二 変形体の力学 光学
固体物理 統計力学 計数工学特別講義 実地演習

シ ス テ ム 情 報 工 学 コース

システム情報の基礎

システム情報工学コースでは、計測、回路、制御、信号処理、システムを5本柱に計算機をベースとした認識行動システムに関する体系化された幅広いカリキュラムを提供している。新しい問題を広い視野から解決できる人材、自ら問題を提起し新分野を開拓できる人材の養成を目指す。

さらに進んだシステム情報

カオス工学 脳の数理モデル
非線形工学
オペレーションズ・リサーチ
最適化・数理計画法
数値解析 数値シミュレーション
情報理論 暗号理論
計算幾何学
コンピュータグラフィクス
統計学 時系列解析
金融工学 計算機科学
プログラム言語 自然言語工学

卒業論文 研究テーマ例

音声・音楽・音響処理
ヒューマンインターフェース
人工現実感 テレイグジスタンス
知的化集積センサ 画像処理
視覚・聴覚・触覚情報処理
脳機能計測 多次元信号処理
システム制御と応用

数理情報 工学コース

数理情報工学コースの目標は、数学を自由に駆使して現実の問題に深く切り込むことである。そのための土台作りを、基礎の五つの科目と演習で徹底に行う。さらに、工学の諸分野に関連した科目（統計、計算機、情報、オペレーションズリサーチ、生体など）が用意されている。

数理情報の基礎

解析数理工学
幾何数理工学
算法数理工学
代数数理工学
確率数理工学

さらに進んだ数理情報

数理計画法 応用空間論
情報理論 応用統計学
生体情報論 計算量理論
プログラムの数理
数理情報工学特論

両コース 共通科目

数学ⅡD 数学Ⅲ 数理手法 脳科学入門 経済工学
電磁気学第二 量子力学第二 変形体の力学 光学
固体物理 統計力学 計数工学特別講義 実地演習

システム情報 工学コース

システム情報工学コースでは、計測、回路、制御、信号処理、システムを5本柱に計算機をベースとした認識行動システムに関する体系化された幅広いカリキュラムを提供している。新しい問題を広い視野から解決できる人材、自ら問題を提起し新分野を開拓できる人材の養成を目指す。

システム情報の基礎

制御論第一、第二、第三
信号処理論第一、第二
回路学第一、第二
計算システム論第一、第二
認識行動システム論第一、第二

さらに進んだシステム情報

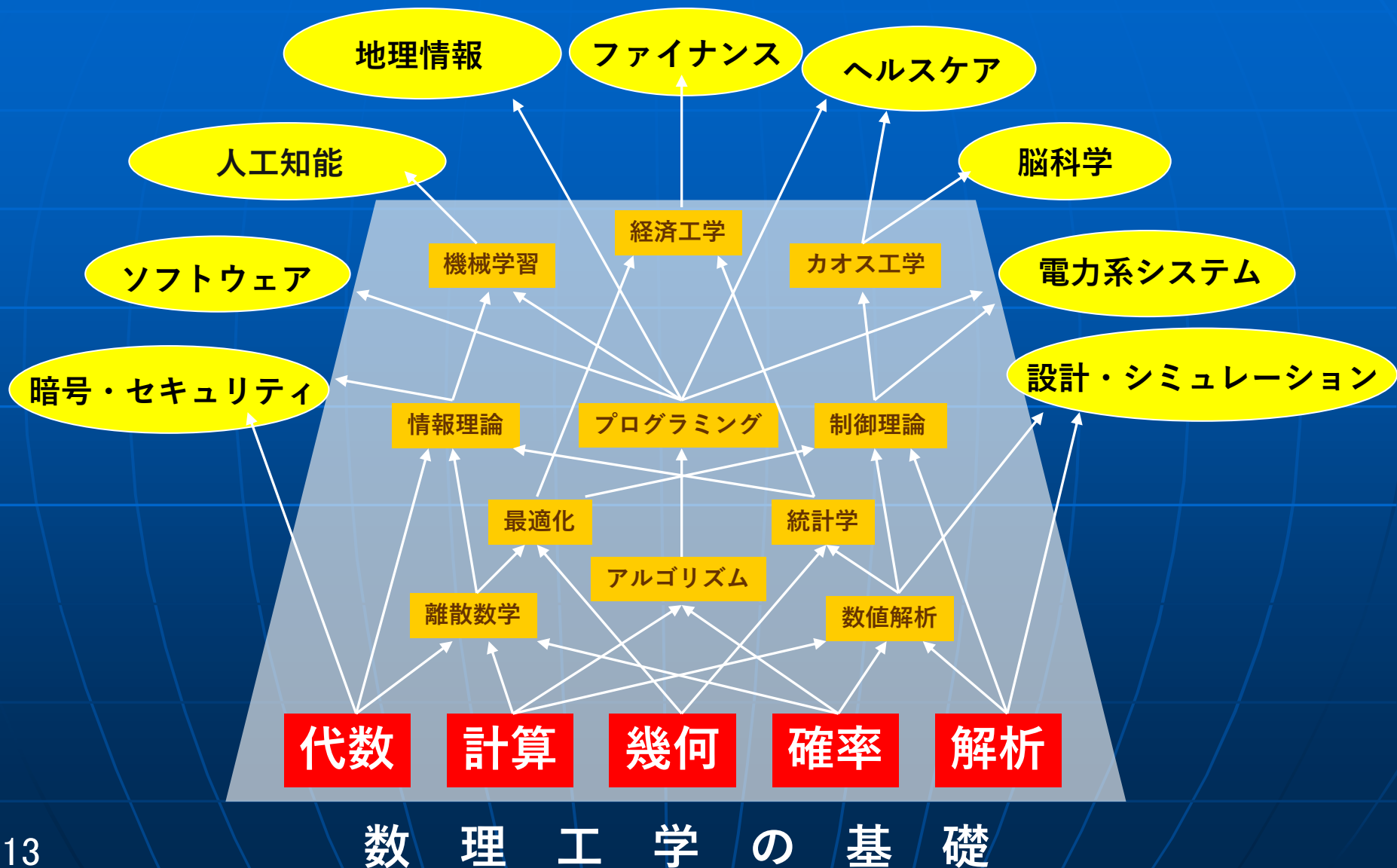
センサ・アクチュエータ工学
画像処理論 応用音響学
パターン計測論
システム情報工学特論
生体計測論

カオス工学 脳の数理モデル
非線形工学
オペレーションズ・リサーチ
最適化・数理計画法
数値解析 数値シミュレーション
情報理論 暗号理論
計算幾何学
コンピュータグラフィックス
統計学 時系列解析
金融工学 計算機科学
プログラム言語 自然言語工

卒業論文 研究テーマ例

音声・音楽・音響処理
ヒューマンインターフェース
人工現実感 テレプレゼンスタ
知的化集積センサ 画像処
視覚・聴覚・触覚情報処理
脳機能計測 多次元信号処
システム制御と応用
適応・学習 サイバネティクス
センサ融合 自律分散シス
ロボティクス パターン認
神経回路網 サイボーグ工
脳・神経インタフェース
VLSI設計 プロセッサ開

基礎数学を実世界の問題とを結びつける力を養成



数学・物理を駆使して作りたいモノを作る力を養成

映像、音声、
ロボットを自在に

超高速ハンド



バーチャルリアリティ



センサ



コンピュータ

情報

プロジェクト
演習

制御

手術ロボット



回路

システム

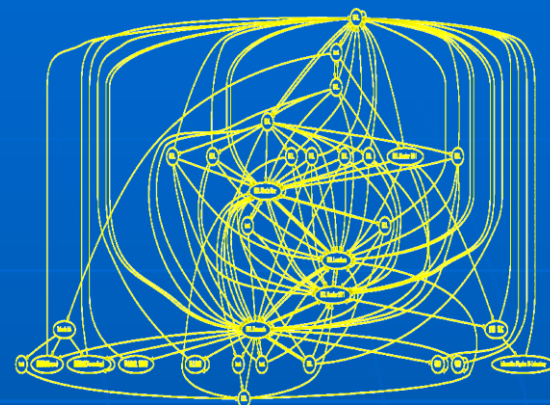
計測

数学・物理学(波動、音、電磁気、熱、力学・・)

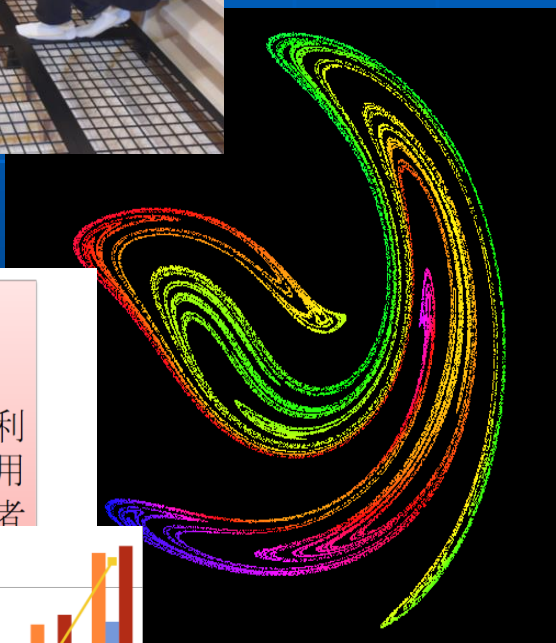
実験テーマ・風景



音響実験



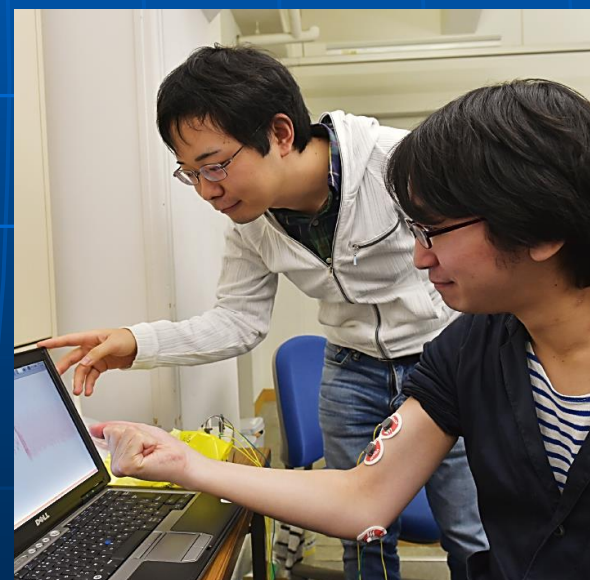
Web グラフの解析



カオス
システム



バーチャルネットベンチャー



生体信号の計測と解析

4年実験(三卒論)・卒業論文

卒業論文発表会 (コース間で交流)



研究室輪講

パソコンを貸してくれるという噂

- 3年生以上全員に
ノートパソコン無償貸与
- ソフト充実、教室には無線LAN完備
- 講義・演習・実験で使用

本当！



理由3：様々な分野で鍛えられる

他大学、他学科の
普通のやりかた

修士課程

XXXX
の研究

4年生

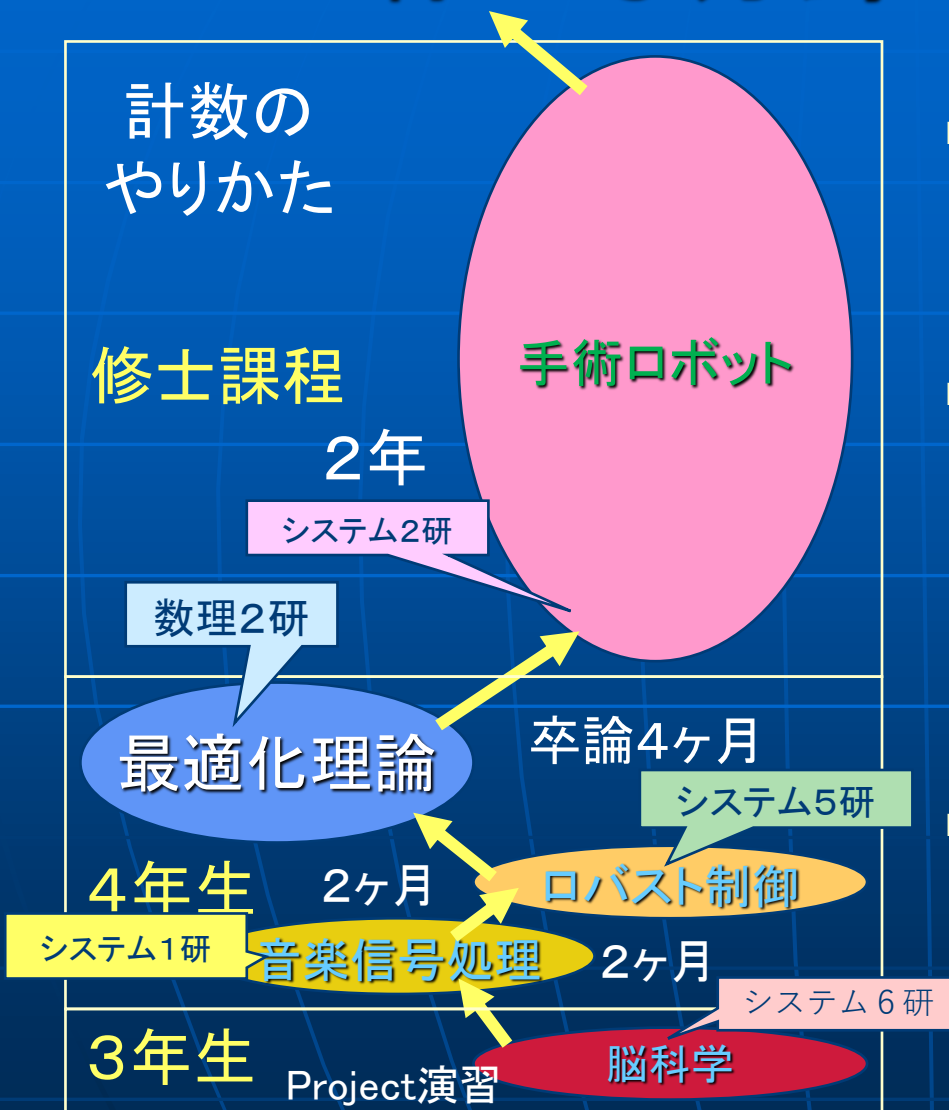
XXXXXX 研

3年生

重要なポイント！

- 普通は、卒論から修士まで一貫
 - ・ 狭い専門性

様々な分野で鍛えられる



- 様々な分野で研究体験
 - ・ 数理・システムの乗り入れが奨励されている
- ハードだけれど、鍛えられている実感。楽しみながら実力がつく
 - ・ 卒業後に大きな力
 - ・ 高い満足度
- 欠点: 多忙
 - ・ 教える側も大変です
 - 「東大でなきゃ計数でなきゃできない」と言われる

卒業論文テーマ例(数理情報2020年度)

ニューラルネットワークにおける経験損失最小化問題の収束十分条件に関する研究

統計

定常時系列モデルの自己相関行列に基づく行列式点過程

ランダム部分グラフモデルにおける剛性遷移の解析

モデル混合による文字列圧縮アルゴリズムの理論的解析

結合振動子系における無相関ノイズによる同期促進のメカニズムの研究

格子暗号SABERに対する鍵再利用攻撃

暗号理論

非負値行列補完と因子分解の局所的一意性の解析

付値マトロイドのランク関数と閉包関数について

リッジレット解析による浅いニューラルネットの重みの決定方法の改良

ニューラルネットワーク

Optimal DeepLLL系格子基底簡約の停止性の証明と計算量評価

線形マトロイドパリティを用いたメトリック巡回セールスマン問題の近似アルゴリズム

離散数学

Ostrovsky方程式の構造保存スキームの数学的解析

シナプス可塑性を考慮した結合振動子モデルにおけるダイナミクスとネットワークの自己組織化

半教師あり学習による地震ノイズ波形の分類

脳科学

多レベル最適化問題に対する勾配法

最適化

トラス上のフォン・ミーゼス分布に対するパラメータ推定の考察

多項式写像を用いた鍵共有アルゴリズムの改良

オピニオンダイナミクスにおける感受性の制約付き操作

数値解析

多変数多項式を用いた署名方式UOVに対するフォルト攻撃

有理式近似を用いた代用電荷法における電荷点の削減と再配置

ケミカルスペース探索のための多様な分子の選択手法

アルゴリズム

Enhancing Expressive Power of Graph Neural Networks for Link Prediction by A Scalar Bias Term

(リンク予測におけるバイアス項によるグラフニューラルネットワークの表現力強化)

2次元タイトスパンの構成的判定アルゴリズムについて

機械学習

ResNetのモデル圧縮手法の提案および圧縮誤差理論解析

有限混合モデルの変化予兆検知とCOVID-19の感染爆発検知への応用

ニューラル微分方程式の力学系的視点に基づく拡張に関する研究

データ駆動型総合指標の動学的性能評価と潜在的コスト推定

Model reduction for stable positive systems using Riemannian optimization method

(リーマン多様体上の最適化法を用いた安定な非負システムのモデル低次元化)

交互近接勾配法を用いた直交制約付き非負値行列因子分解

省量子ビットの量子回路設計

数理工学
≠ 応用数学

卒業論文テーマ例(システム情報2020年度)

MR位相を用いた大域的計算に基づく体内電気特性再構成法

振幅分布を対象とした音場合成法の研究

光の軌道角運動量とエンタングルメントを用いた確率的意思決定の研究

構造化音場を用いたモノラルマイクの三次元定位

流線の部分情報に基づく巨視的音響流場の構成法に関する研究

体動アーティファクト除去とWavelet特徴量の導入による睡眠段階自動判定の精度改善

生殖補助医療における胚移植用マイクロデバイスの研究

リアルタイム音声変換フィードバックによる発話変容とキャラクター性の獲得

全脳解析における細胞のセグメンテーションへの転移学習の応用

皮膚せん断変形の時空間的分布が快・不快に与える影響の調査

バイクシェアリングにおける確率的分配法に関する研究

散逸ダイナミクスを用いた量子復号

ハーネスの挙動計測による盲導犬訓練の解析

推定情報フィードバックによる空気圧リザーバー計算の精度向上

形状記憶ポリマーの3次元微細加工に関する研究

近接場光から作成したシューベルト多項式による構造認識とその拡張性

空気圧ゴム人工筋アシストスーツの形態学的計算による状態推定のための管路系設計

ヘテロジニアスなサーバ構成向けのマイクロサービス配置最適化による省電力化

RVMに基づく未知環境下での確率的安全性を保証した持続的被覆制御

筋電気刺激による補助的筋駆動が意図的運動に与える影響

ガウス過程に基づく未知な対象運動に対する視野の安全性を考慮した視覚追尾制御

2次元給電シートを介した通信システムの構築

多人数での遠隔共有操作システムによる主体感と作業成績の調査

Frequency-Dependent Convolutional Neural Network for Speech Waveform Generation

(音声波形生成のための周波数依存畳み込みニューラルネットワーク)

二値化ニューラルネットワークを用いた量子誤り訂正手法

マイクロサービス指向型ハイブリッドHPCシステムに関する研究

空中ハプティクスにおける硬柔感の提示

高精度時刻同期に基づく遅延保証無線ネットワークの研究

職業性局所性ジストニア等運動障害の発症原理の小脳神経数理モデルによる提案

計測

音響・音声

MEMS

ヒューマンインタフェース

ロボット

生体

制御

コンピュータ

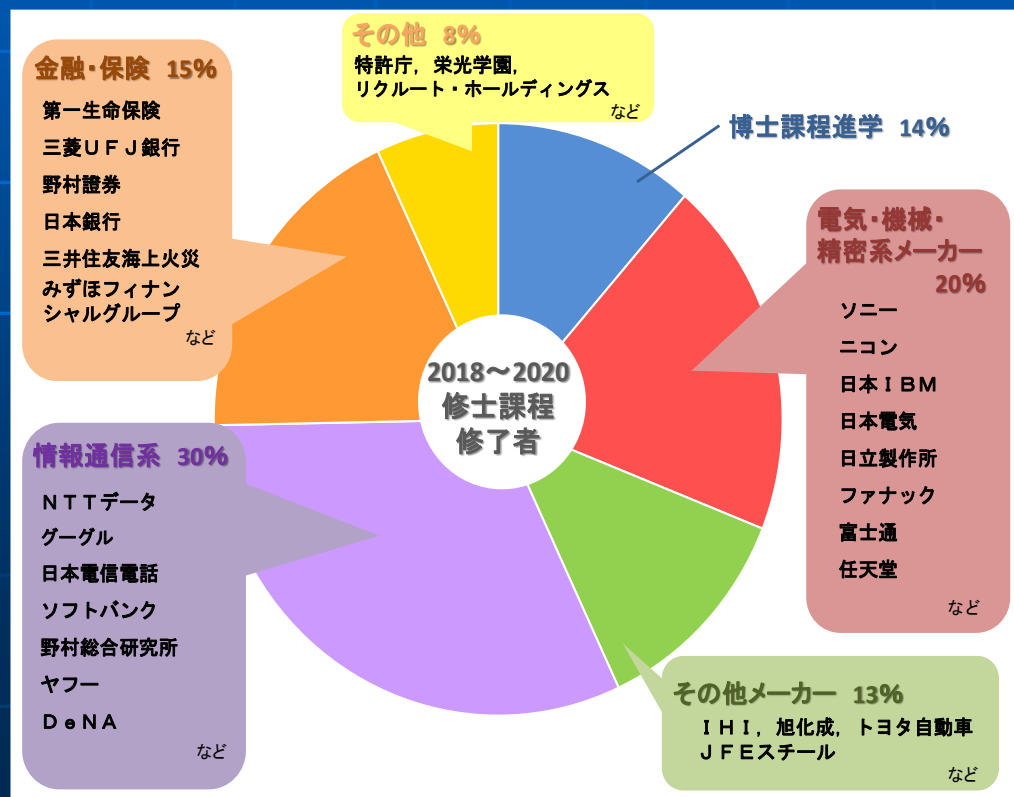
VR

卒論乗り入れ

理由4：就職で有利だから

- 就職の面倒見が良い
(計数・物工の伝統)
- 学校推薦と自由応募の
どちらでも選べるシステム
- いつも求人が多く、
ますます幅広く
- 例：応物系就職説明会

勿論そう！

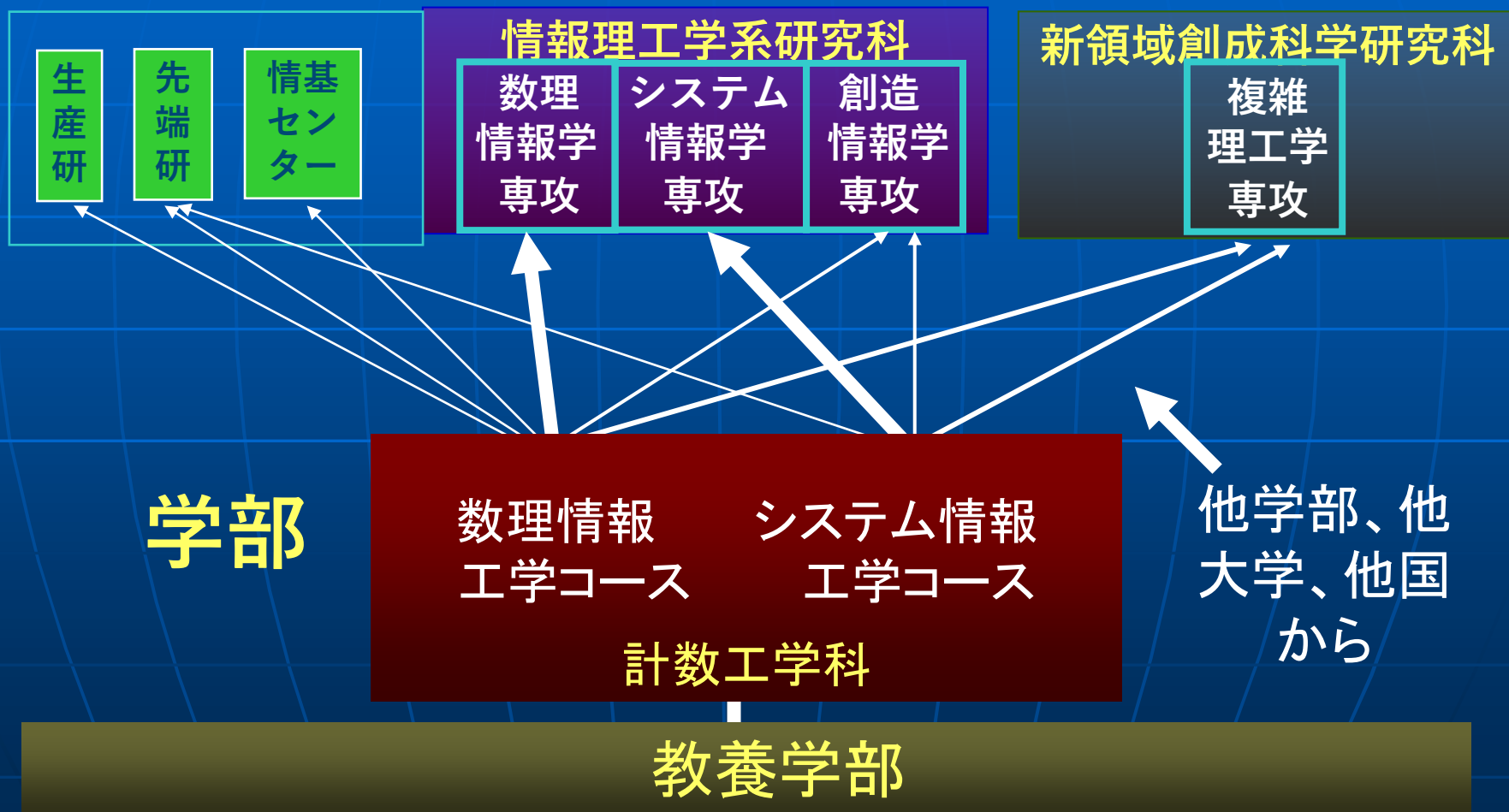


理由5: 大学院が充実しているらしい

数年前、計数には大学院がないという誤解が…正反対！

大学院 (> 学部定員)

本当です！



個性的な先生たち

- 計数工学科の教員たち

ほんとに多彩！



良い本を書いている先生が多い 一部分ですが…

その通り！

データマイニングによる
異常検知

Anomaly Detection with Data Mining
Yamanishi Kenji

数理工学への誘い

記号と再帰

新装版

記号論の形式・プログラムの必然

田中久美子

WS
ウェッジ
出版

合原一幸
[編著]

脳

は
ここまで解明された
内なる宇宙の神秘に挑む

数理工学 ライブラリー
室田一雄・杉原正剛 [編]

情報論的学習と
データマイニング

山西健司 [著]

高木剛 著

暗号と
量子コンピュータ
— 耐量子計算機暗号入門 —

Encryption

Discrete Variational
Derivative Method

A Structure-Preserving
Numerical Method for
Partial Differential Equations

Daisuke Furihata and Takayasu Matsuo

簡潔データ構造

定康邦彦 著

共立出版

理由6: 学生の活動が盛んだから

うれしい！

スペース・予算 を学科が支援



五月祭の研究展示(物工+計数)

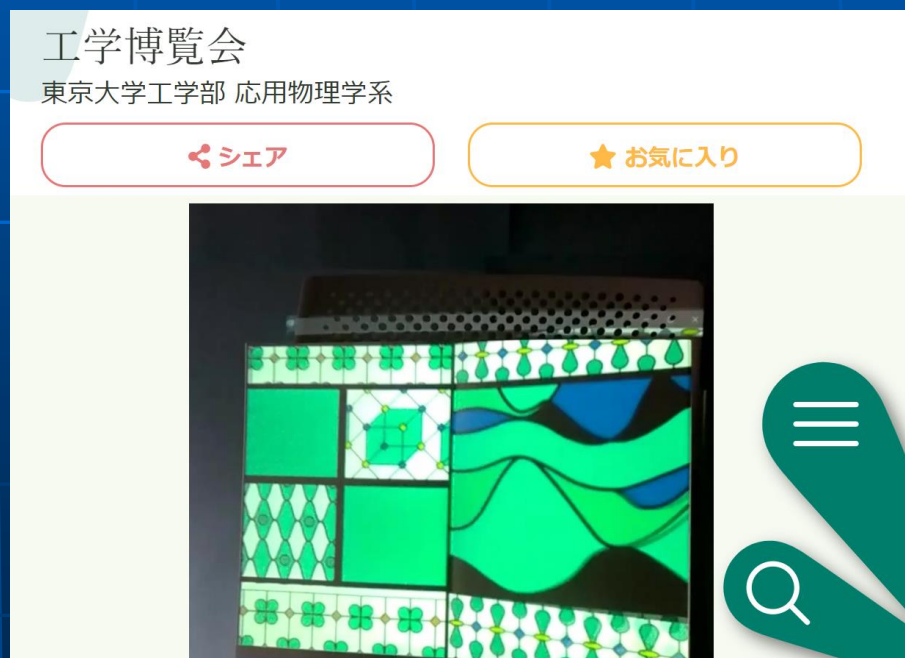
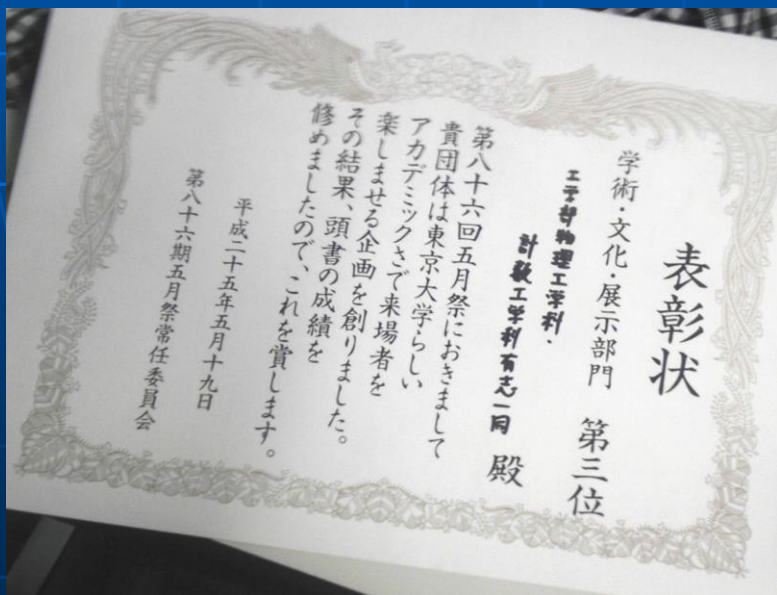
2013 年度、2015年度は 3位

2016 年度 おすすめ企画に選出 3,500人の集客

2017 年度 學術文化部門 5位

2018 年度 文化・学術部門 6位

2020 年度 学術発表部門 2位



理由7：建物が好き

それは
うれしい



工学部6号館

- ・ 工学部で最も優美な建物(1940)

工学部14号館（4研究室）

工学部1号館（3研究室）

- ・ 工学部で最も威厳のある建物(1935)
- ・ 登録有形文化財



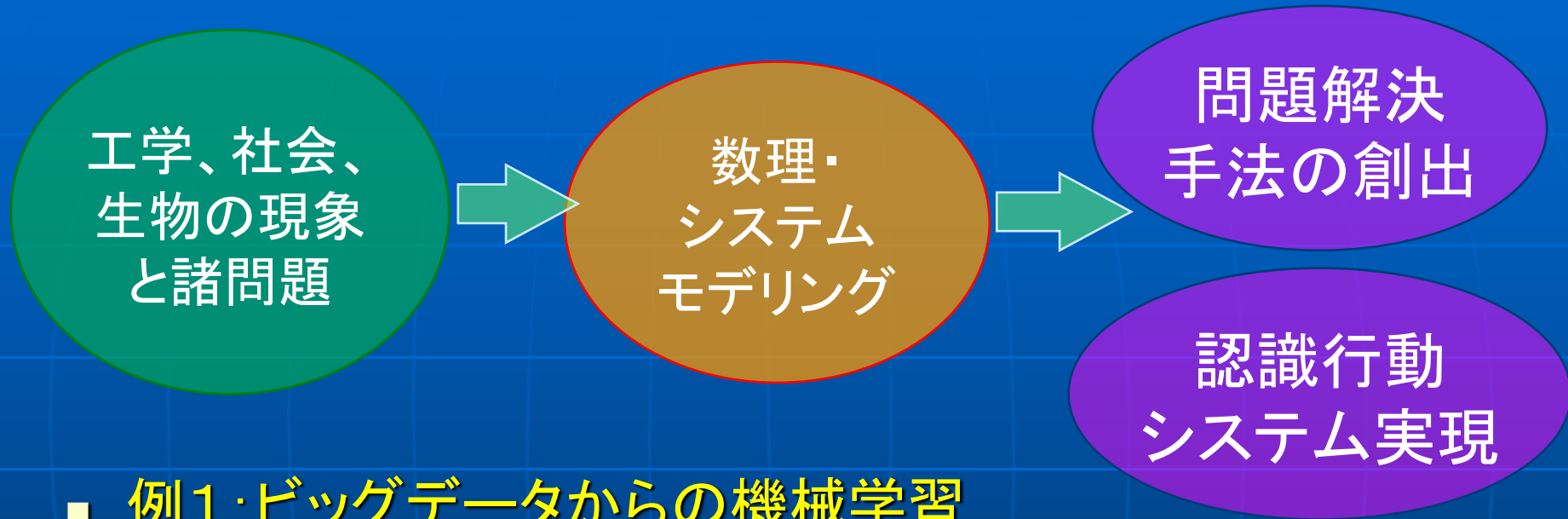
内部はリフォーム済



計数工学科の 研究スタイル

きみも仲間に

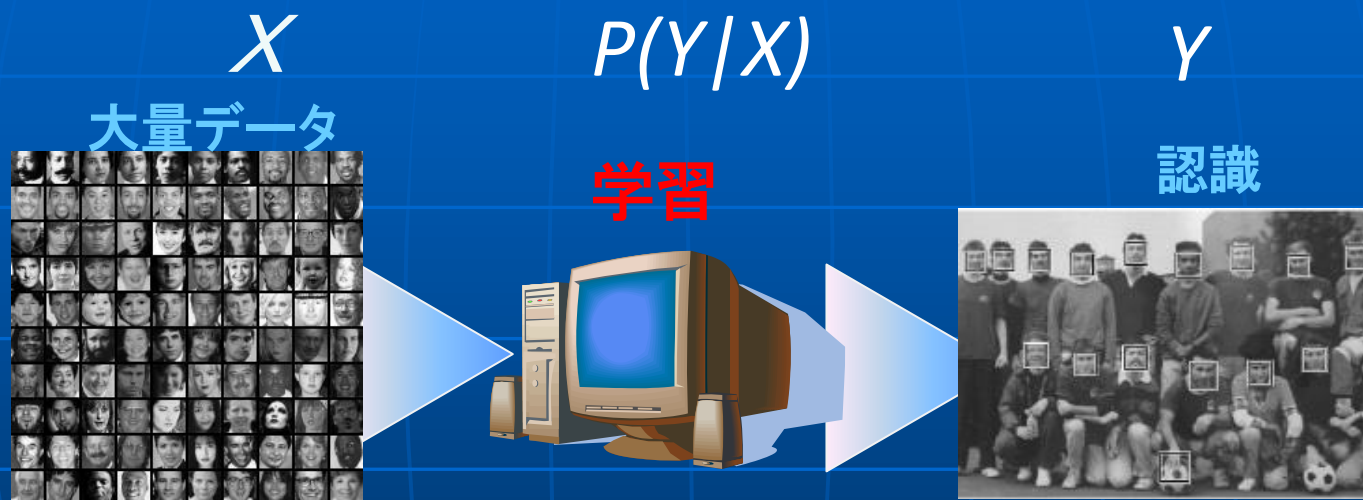
計数工学科の研究スタイル



- 例1:ビッグデータからの機械学習
- 例2:複雑現象の数理モデリング
- 例3:情報セキュリティ・次世代暗号
- 例4:超高速ロボット
- 例5:ヒューマンインタフェース、音響音声
- 例6:医療・バイオ

例1: ビッグデータからの機械学習(1/3)

深層学習の理論モデルの深耕と応用



様々な応用



遺伝子解析



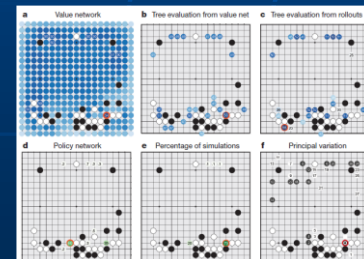
株価解析



自動運転



音声認識



囲碁

例1: ビッグデータからの機械学習(2/3)

クラスタリング構造変化検知

購買層クラスターの変化

多変数時系列 (購買記録)

14 kinds of beer

3185 users

	Beer 1	Beer 2	...
User 1	350	700	...
User 2	1050	350	...
...	...	...	...

78 days

発泡酒派

変わらぬ派

プレミアム派

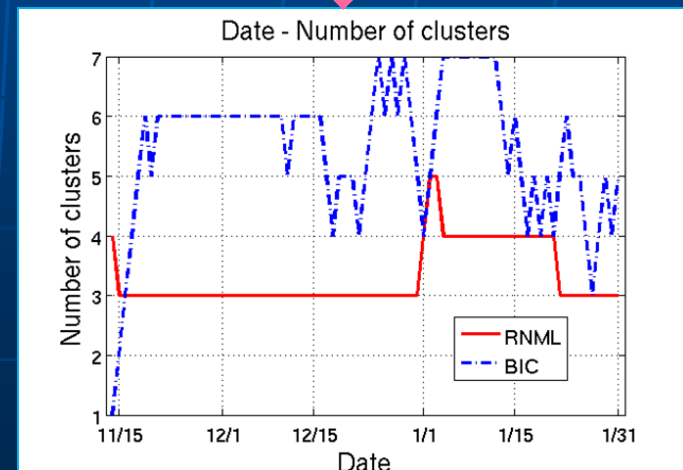
ベルギー
ビール派

Change

Change

Time

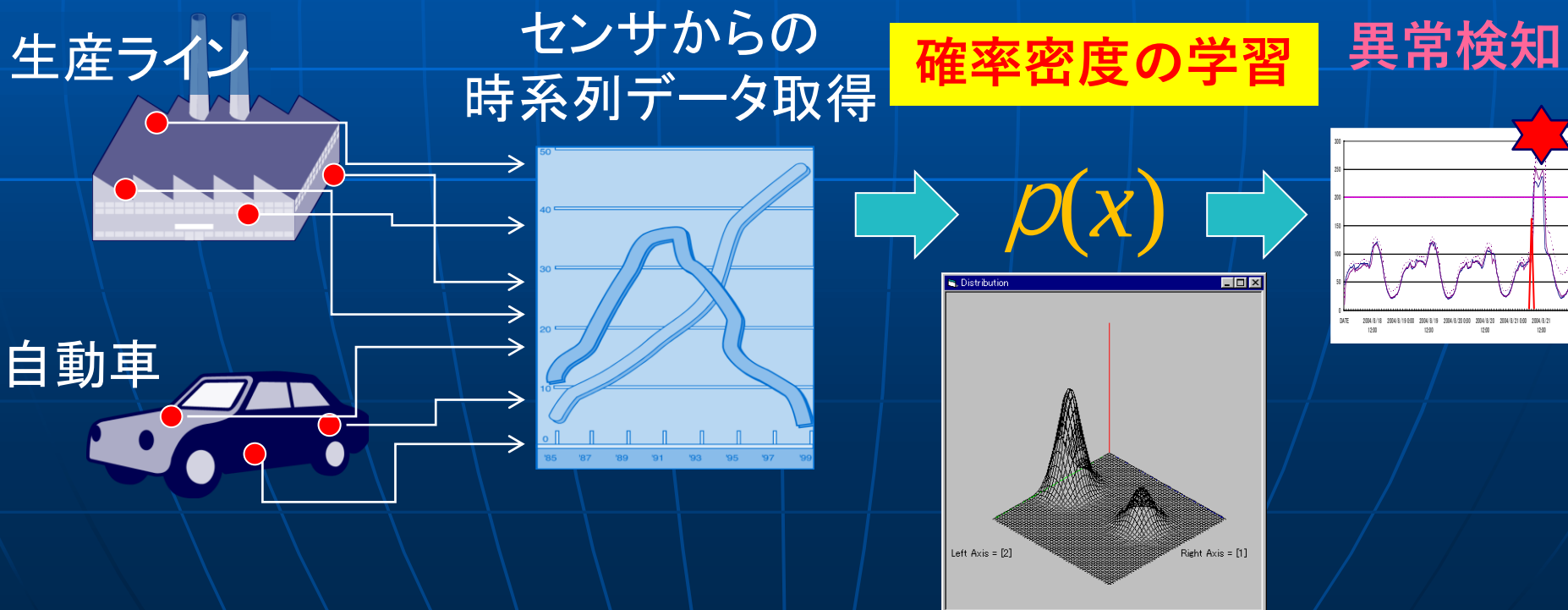
データ圧縮に基づく
変化点解析



例1: ビッグデータからの機械学習 (3/3)

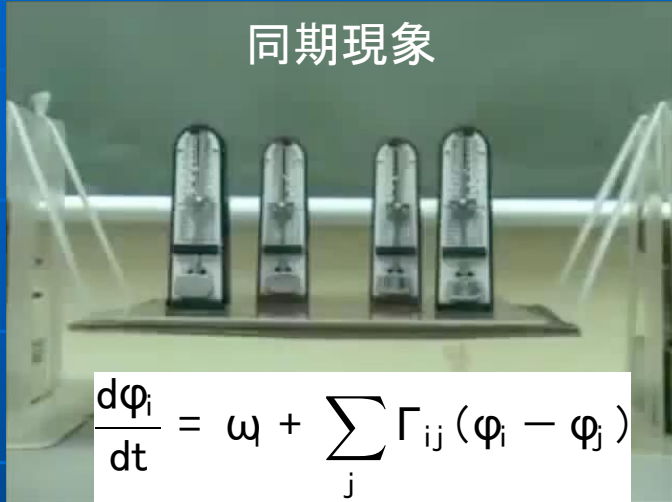
異常検知

- 平常運転時のデータから振る舞いパターンを学習
- システム故障や犯罪の予兆を振る舞いの異常として検知

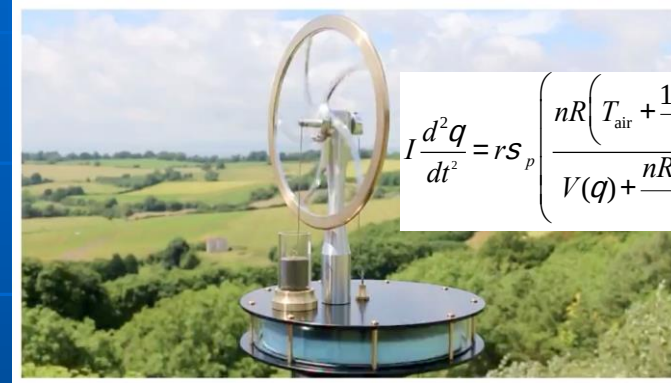


例2: 複雑現象のモデリング(1/2)

同期現象

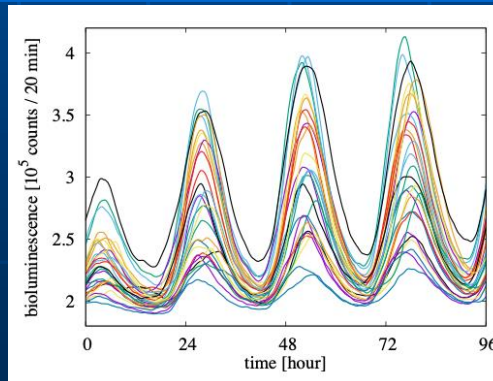
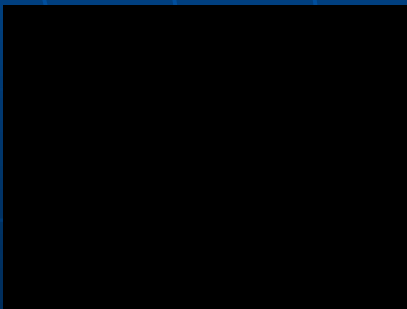


スターリングエンジン



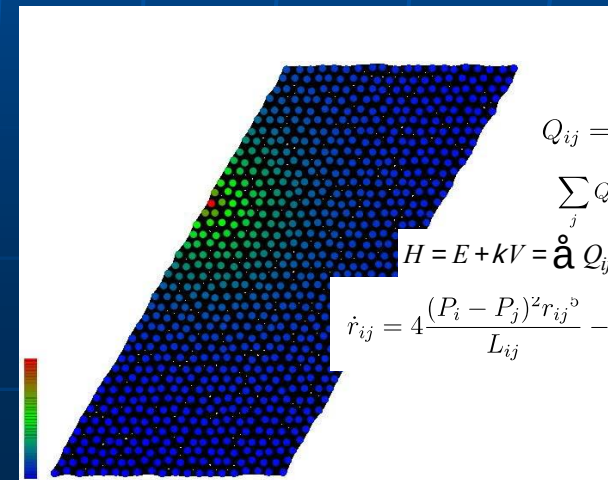
<https://www.youtube.com/watch?v=ncxghMfa42Y>

体内時計・時差ボケ



$$\frac{dX_i}{dt} = v \frac{K^m}{K^m + Y_i^m} - r X_i$$

機能的ネットワークの自己組織化



$$Q_{ij} = D_{ij}(P_i - P_j).$$

$$\sum_j Q_{ij} = I_i$$

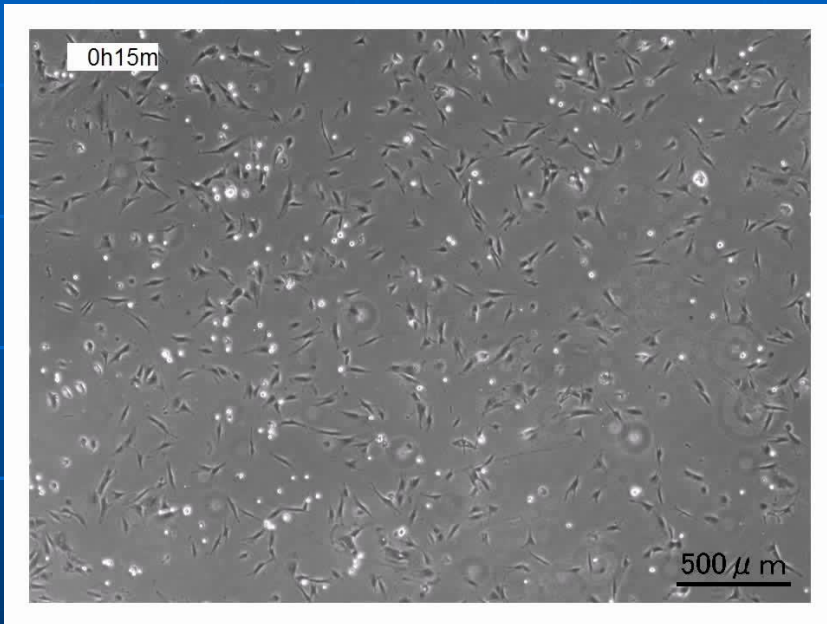
$$H = E + kV = \sum_{ij} Q_{ij}(P_i - P_j) + k \sum_{ij} L_{ij} r_{ij}^2$$

$$\dot{r}_{ij} = 4 \frac{(P_i - P_j)^2 r_{ij}^3}{L_{ij}} - \alpha \kappa r_{ij}^{\alpha-1} + \mu \xi_{ij}(t).$$

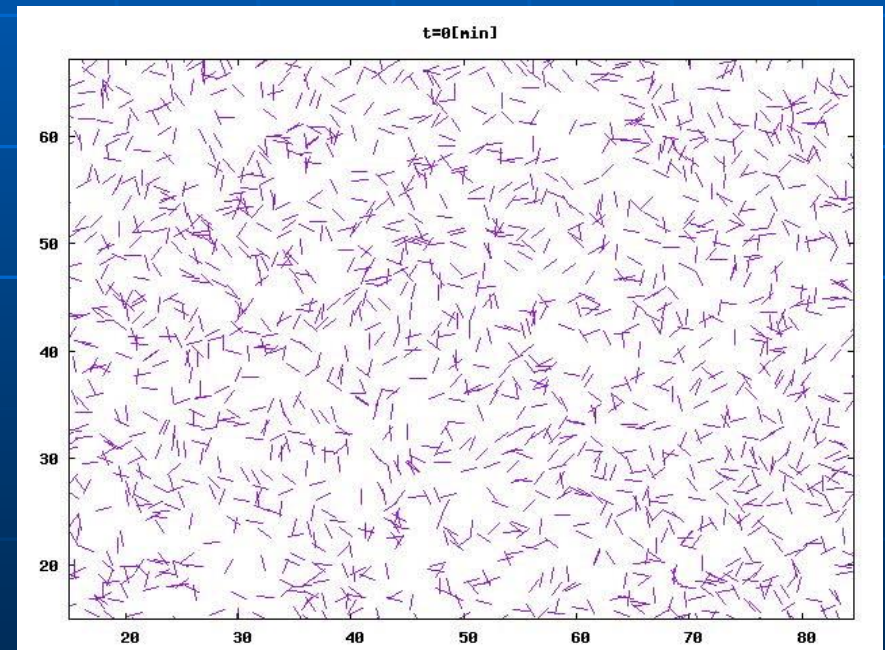
例2: 複雑現象のモデリング(2/2)

$$\frac{d}{dt} \vec{x}_i = v \begin{pmatrix} \cos \theta_i \\ \sin \theta_i \end{pmatrix} + -\nabla \sum_j H(|\vec{x}_j - \vec{x}_i|)$$

$$\frac{d\theta_i}{dt} = K \sum_j \sin 2(\theta_j - \theta_i)$$



皮膚線維芽細胞の培養系:
細胞の集団運動とパターン形成



モデルとシミュレーション

例3: 情報セキュリティ・次世代暗号(1/3)

昔の暗号



限られた人だけが使う特殊技術

現代の暗号

身近なもの



電子政府



個人認証、プライバシー保護



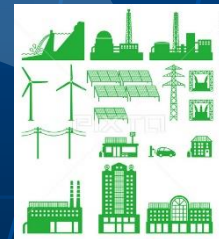
電子決済、仮想通貨



著作権保護、コピー防止



電気自動車、スマートグリッド



暗号は現代社会に無くてもならない技術

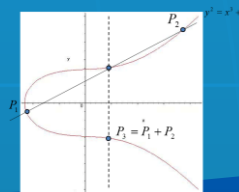
例3: 情報セキュリティ・次世代暗号(2/3)

RSA暗号 (素因数分解問題)

1230186684530117755130494958384962720772853569595334792197322452151726400507263657518745202199786469389956474942774063845
925192557326303453731548268507917026122142913461670429214311602221240479274737794080665351419597459856902143413
= 33478071698956898786044169848212690817704794983713768568912431388982883793878002287614711652531743087737814467999489
× 36746043666799590428244633799627952632279158164343087642676032283815739666511279233373417143396810270092798736308917

広く普及

楕円曲線暗号 (離散対数問題)



量子計算機で解読される！！

量子計算でも破られない

ポスト量子暗号

世界中で研究段階

本学科でも研究中 (数学的安全性評価、プログラミングでの解析等)

新しい数学原理

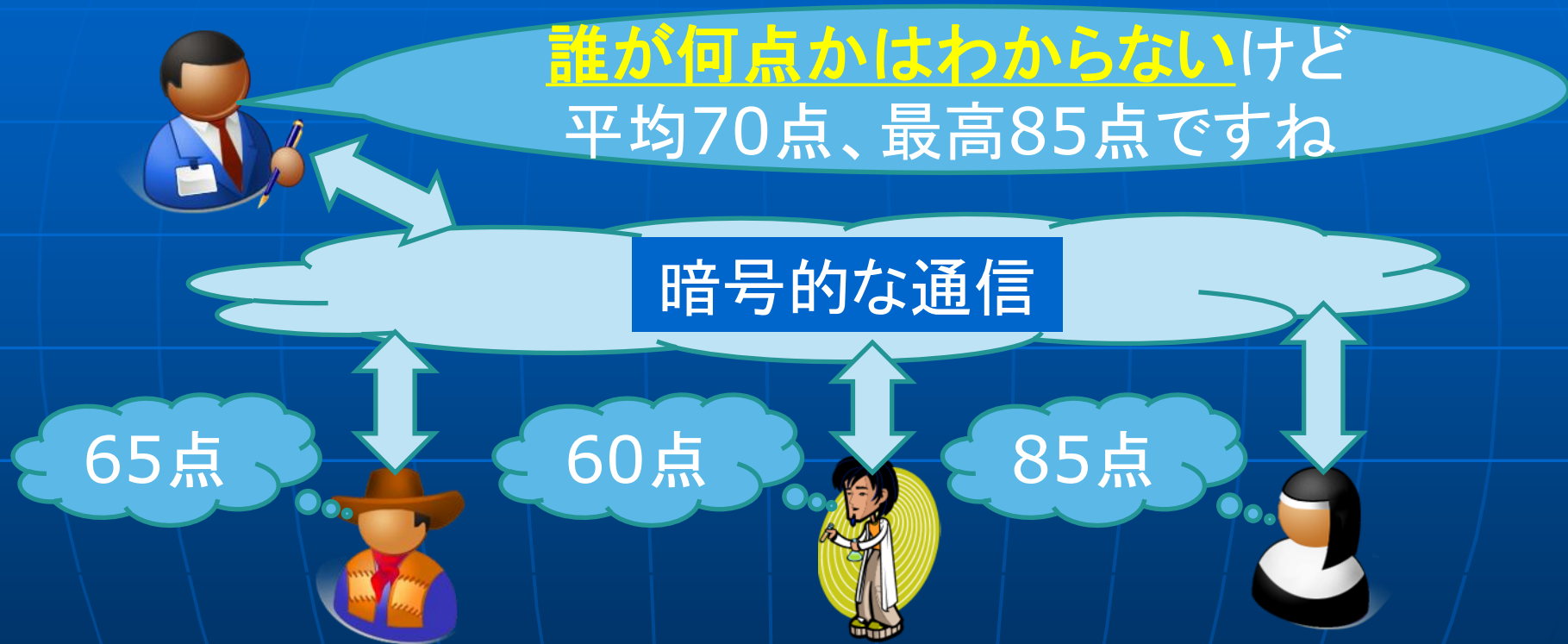
- 誤り訂正符号、行列
- 高次元格子、線型代数
- 多変数多項式の解法
- 楕円曲線の変形理論
- グラフ構造



国際会議 IWSEC 2018 最優秀論文賞

例3: 情報セキュリティ・次世代暗号(3/3)

データを「隠したまま」計算・分析できる「**秘密計算**」

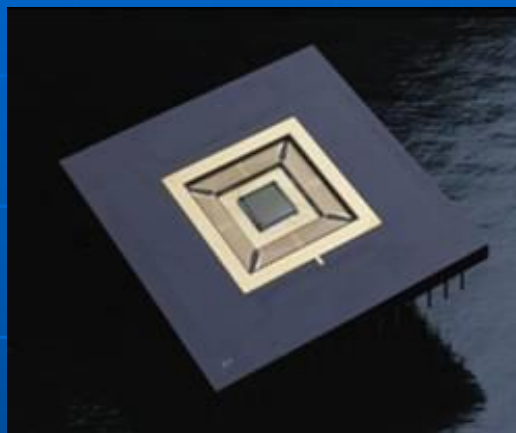


👉 様々な情報技術との融合に向けた研究段階

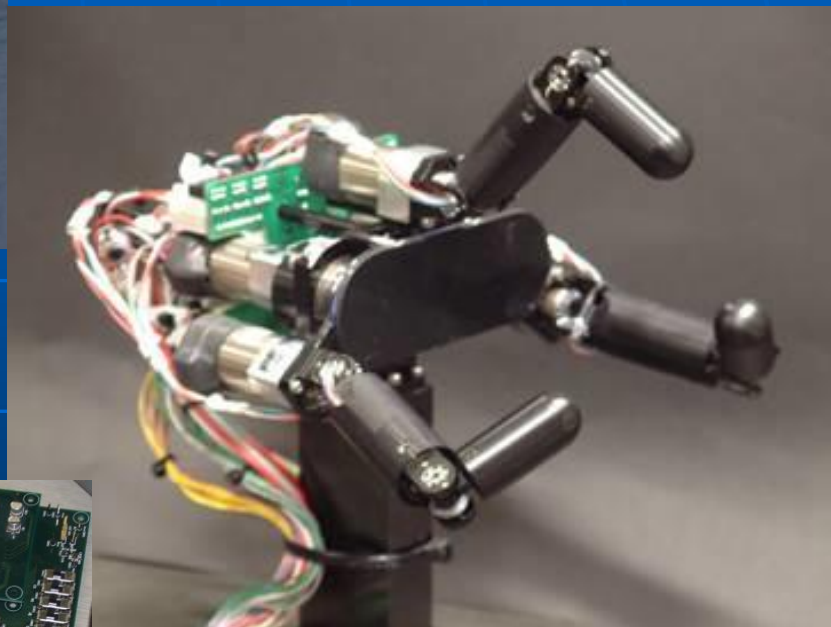
本学科での研究例: 機械学習、遺伝子解析、放送技術

知能を実装した先端的システム

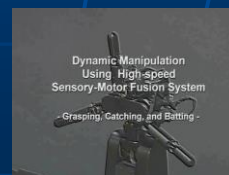
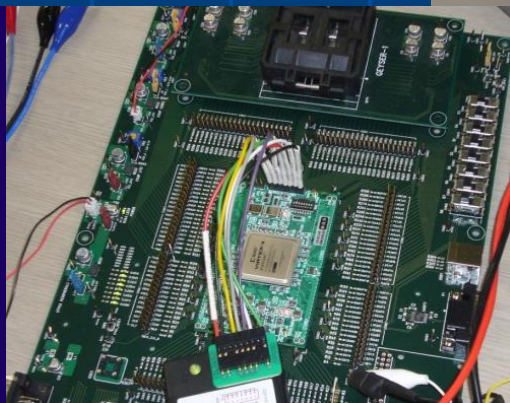
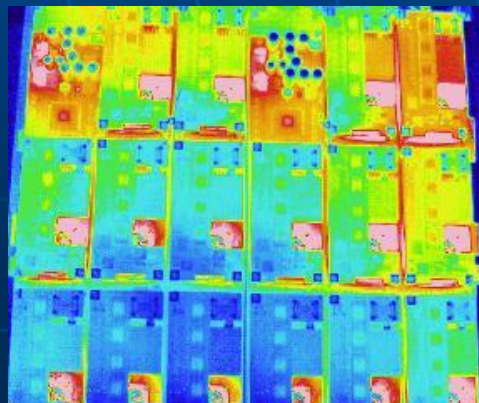
センサ



高速センシングによる
知能ロボット



コンピューター設計

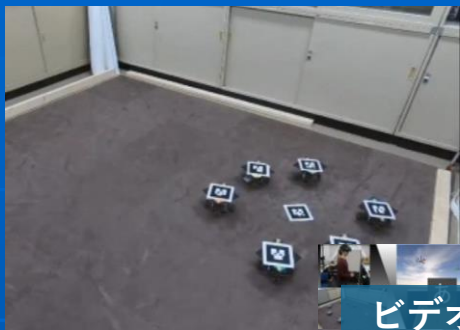


ビデオ 1



ビデオ 2

センシング・制御とVR/ヒューマンインタフェース



ビデオ

遠隔からの群制御



ビデオ

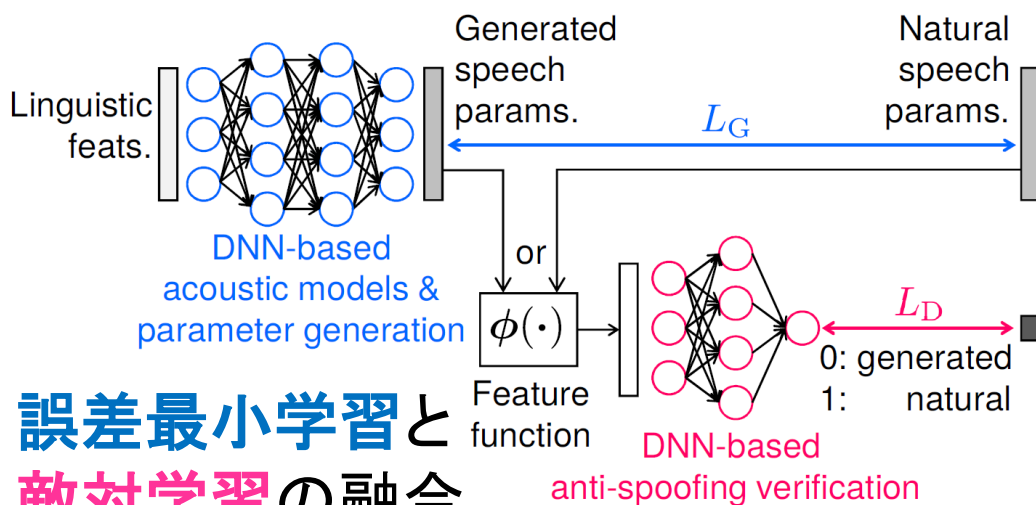
第3・第4の腕



ビデオ

さわれるホログラフィ

敵対的DNN音声合成



誤差最小学習と
敵対学習の融合

リアルタイムDNN音声変換



<https://www.youtube.com/watch?v=P9rGqoYnfCg>

物理情報学

脳科学 ブレイン・マシン インタフェース

脳の中を知る

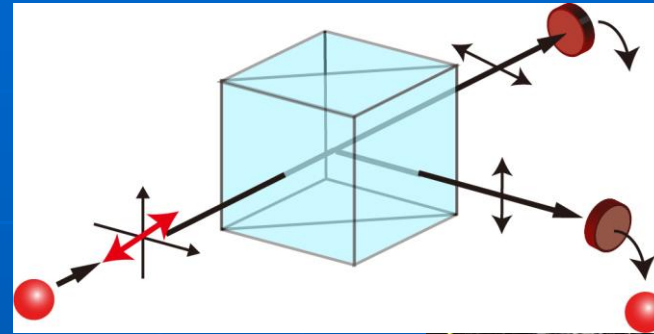
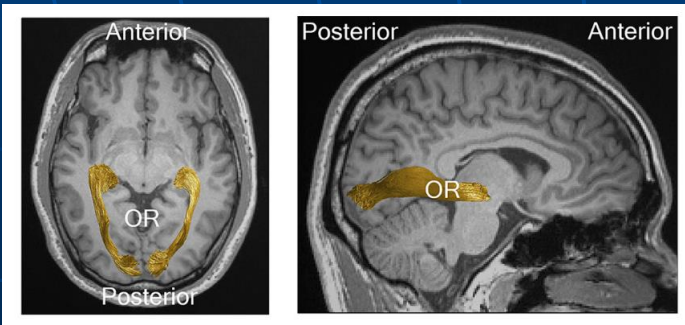
経頭蓋電気刺激



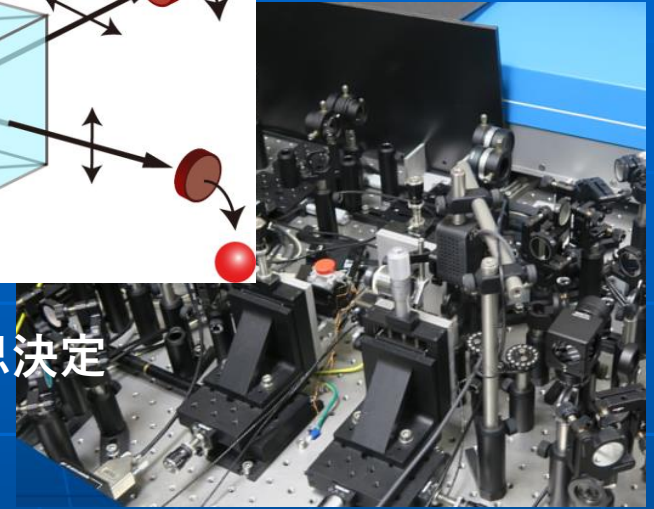
経頭蓋磁気刺激



白質線維の可視化



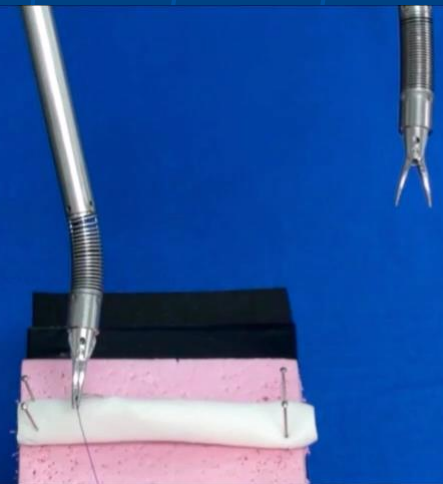
一個の光子が意思決定



手術ロボット



STEP1. INSERTION
MANUAL CONTROL

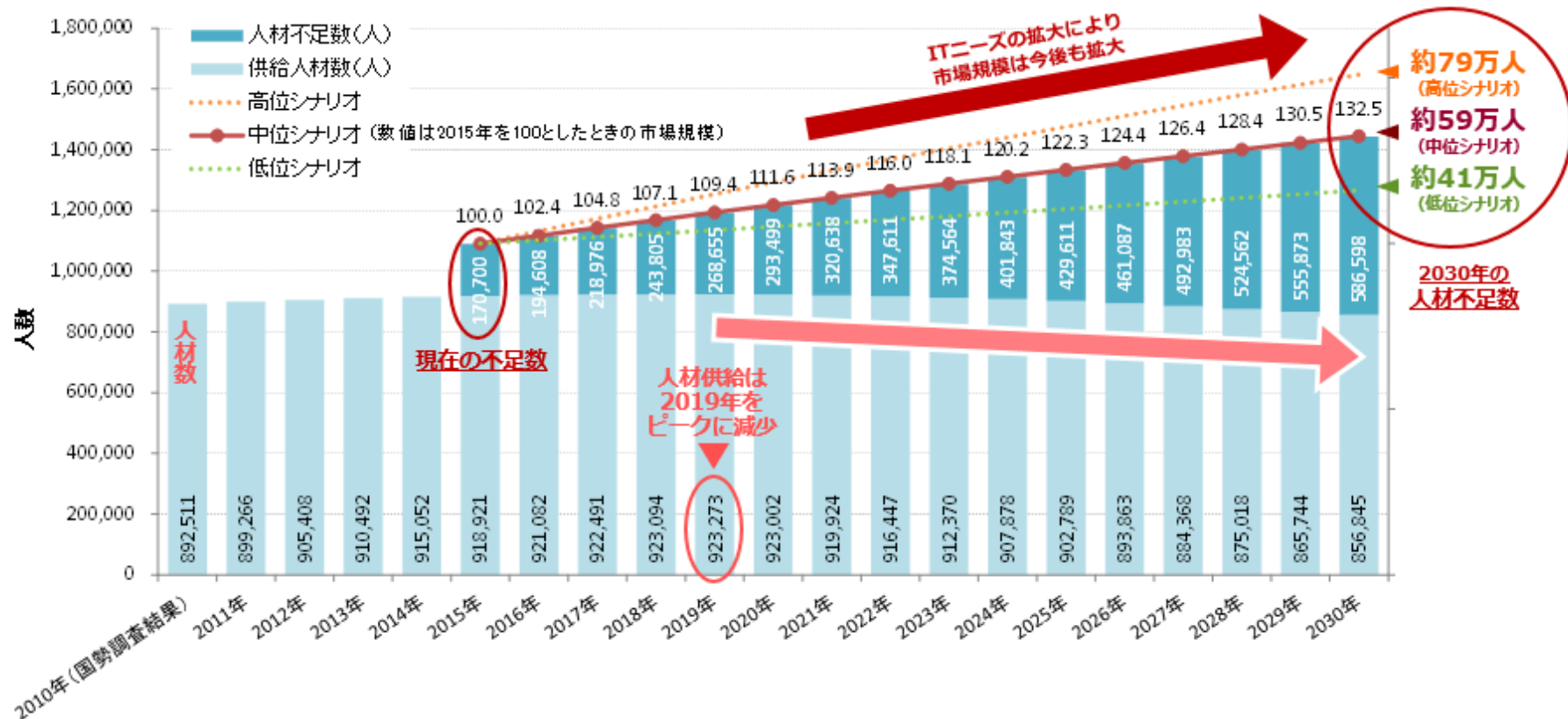


卒業後の進路

いつの時代にも活躍できる人材に

AI時代の職業(1/2)

- 2030年まで少なくとも約41万人のIT人材 (AI・ビッグデータを扱う人材)が不足



経済産業省 IT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果より引用

AI 時代の職業 (2/2)

例1: データサイエンティスト、AIエンジニア

- ・ データから価値を引き出す技術をもった専門家

- ・ 「21世紀でもっとも“セクシー”な職業」

(Harvard Business Review, Oct. 2012)

- ・ 「AI等を使いこなして第4次 産業革命に対応した新しいビジネスの担い手となる高度IT人材の育成が急務」
(経済産業省, 「AI人材育成の取組」, 2019年1月)

- ・ IT企業、サービス業、製造業、コンサル、はもちろん、
金融の専門資格アクチュアリー(生保、損保)
証券、流通、広告でも広い意味でビッグデータの
専門家を求めている

例2: センサで世界が変わる

IoT が新しい産業をけん引

実世界情報システムの設計力・構想力を持っている
人材は引っ張りだこ



R2年度の就職状況

数理情報学専攻、システム情報学専攻 修士修了者 + 計数工学科 卒業生

メーカー, 製造業	13	キーエンス, 島津製作所, ソニー(5), 任天堂, 日立製作所(3), 三菱電機, ヤマハ
情報、 サービス業	29	アマゾンウェブサービスジャパン, アクセンチュア, ウェザーニューズ, NTT研究所(2), NTTドコモ, キャディ, グーグル, クリプトン・フューチャー・メディア, GRI, シー・エス・エー・ジャパン, スカイ, 日本アイビーエム・デジタルサービス, 日本通信, 野村総合研究所, パークシャ・テクノロジー, ピー・アンド・イー・ディレクションズ, ビズリーチ, PwC, フューチャー(2), プラスゼロ, プリファード・ネットワークス, ブレインパッド, 三菱ケミカルシステム, 三菱総合研究所, 三菱UFJトラストシステム, ヤフー, rinna
金融・保険, 損保	8	EYストラテジー&コンサルティング, 東京海上日動火災保険, 日本銀行, 野村証券, みずほ証券, 三菱UFJ信託銀行, 三菱UFJ銀行, 明治安田生命
その他	4	栄光学園, コーエーテクモホールディングス, 数研出版, 未定
進学 125名	71	(博士課程:16) (修士課程:55)

数理／システム情報 各コースへの振り分けについて

計数工学科への進学が内定した学生は、2年次後半(11～12月頃)に、さらに「数理情報工学コース」と「システム情報工学コース」のどちらかに配属されます。この配属は以下のように行われます。

- 内定生は、希望調査票により希望するコースを申告します。
- 配属コースは、各コースの配属可能数の上限を超えない限り、希望に基づいて決定されます。
- どちらかのコースが可能数を超える場合には、成績(進学先選択時の基本平均点)上位の内定生の希望を優先して配属が行われます。

最後に

数学・物理 以外の人

本日の相談相手

- 終了後、相談に乗ります。

(学科長)

最適化

手術ロボット

暗号理論

音声処理



成瀬教授



武田教授



川嶋教授



高木教授



猿渡教授

脳科学

アルゴリズム

コンピュータ

機械学習



天野教授



平井准教授



高瀬准教授



鈴木准教授