

東京大学工学部

計数工学科ガイダンス

2019年4月19日

<http://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？

応用物理学部門

計
測

システム情報工学コース

数
理

数理情報工学コース

物理
(物理工学科)

数理・情報
物理情報系

基礎物理系

計数工学科の成立

応用数学

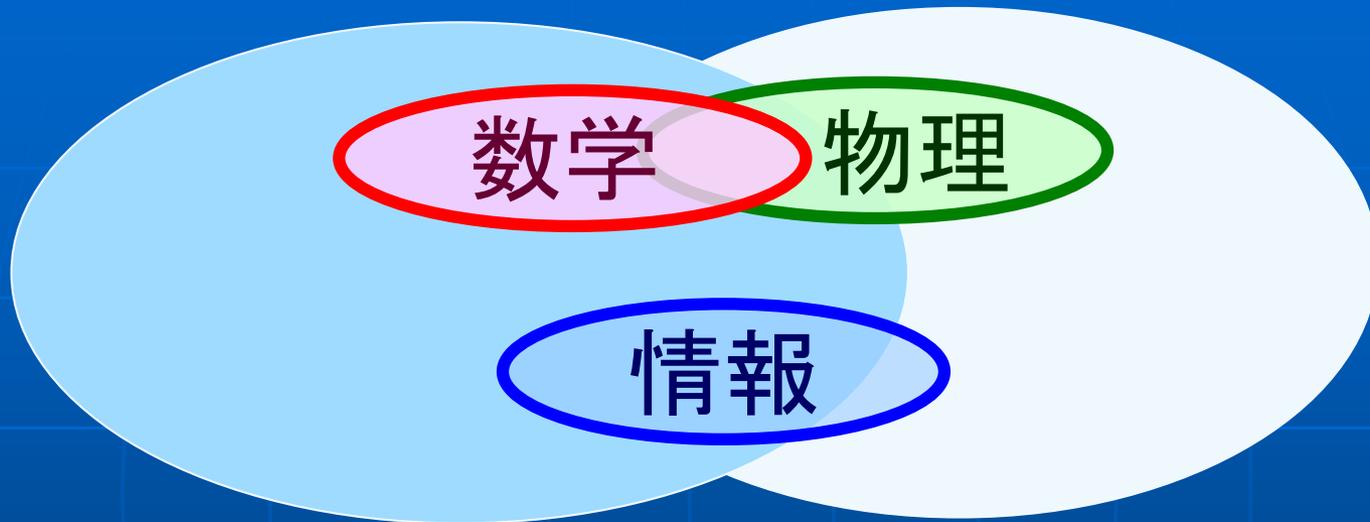
計測 → 応用物理 → 計数、物理工

- 計測： 物理情報を取り出す。物理を徹底利用。
- 応用数学： 従来の応用数学とは違い、必要なら数学も作り出す。
- 起源：工学部全体の基礎工学を担当
(数学、物理、情報に強い)

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？

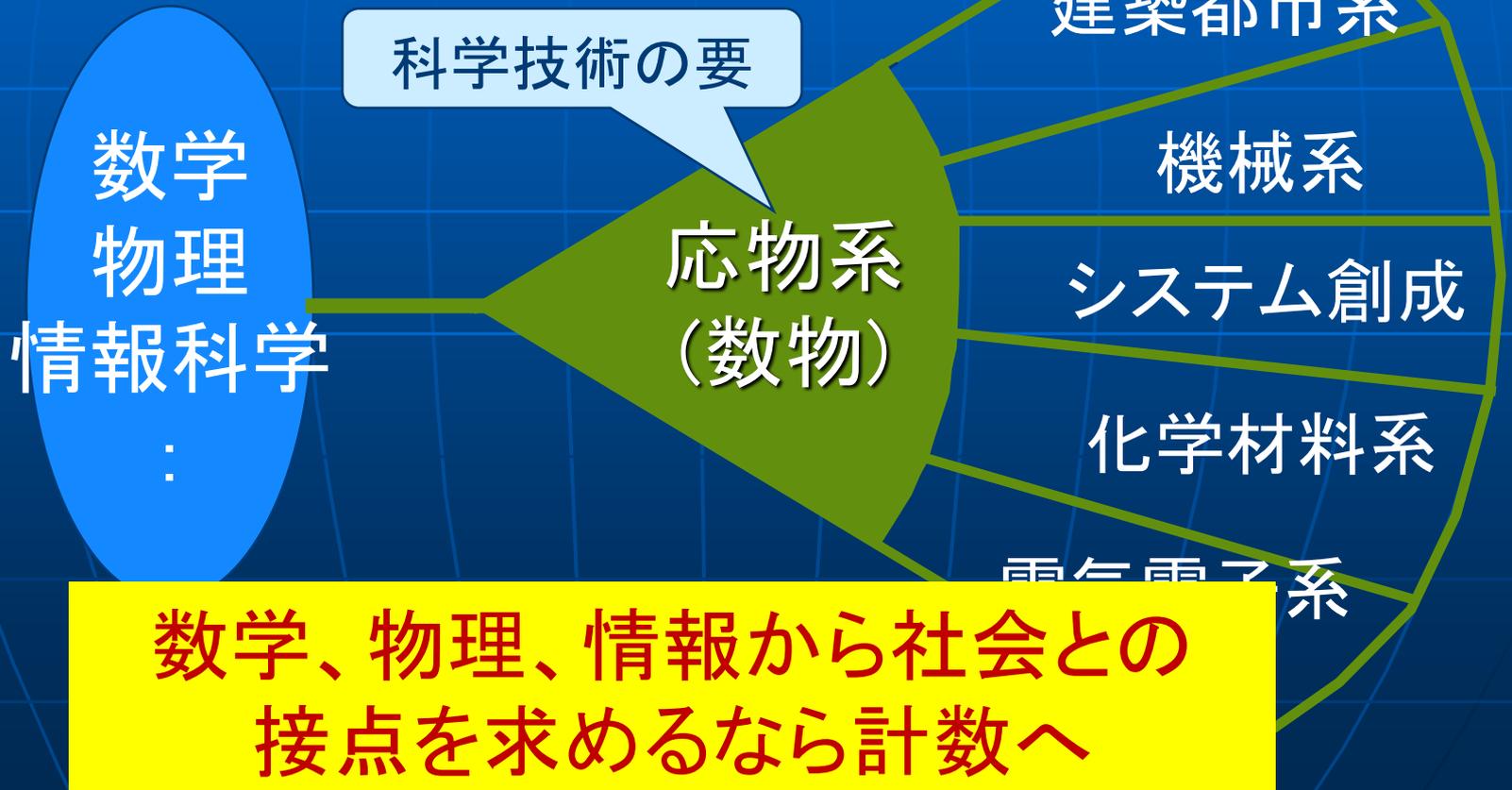
理由1: 理学部か工学部か迷った

(就職も気になるし...)

理学部

工学部

そういう人こそ
計数へ



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？

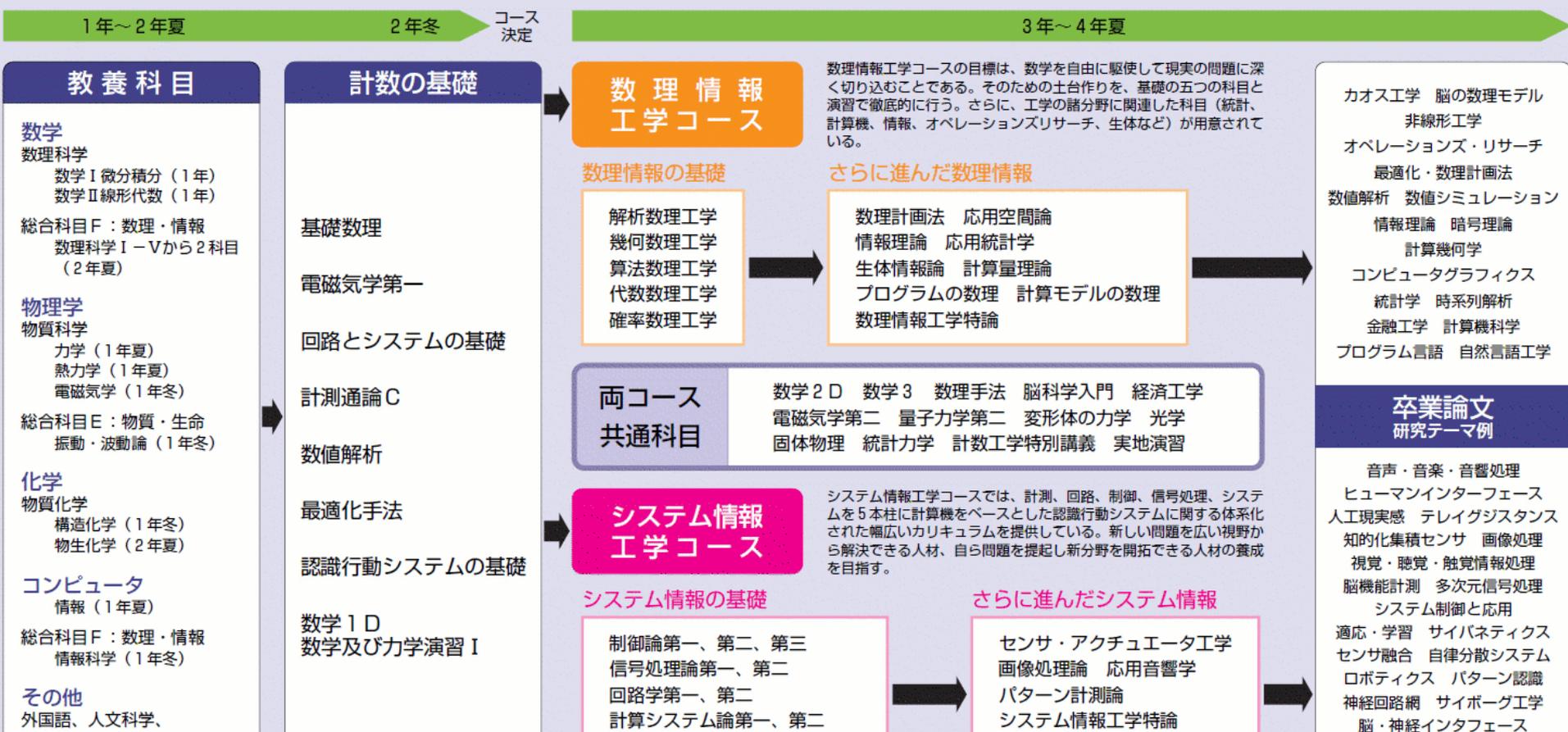
例えば機械工学科であれば「機械を使うこと」
が前提。計数はこのような前提には制約されな
いことが特徴。

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)



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。

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

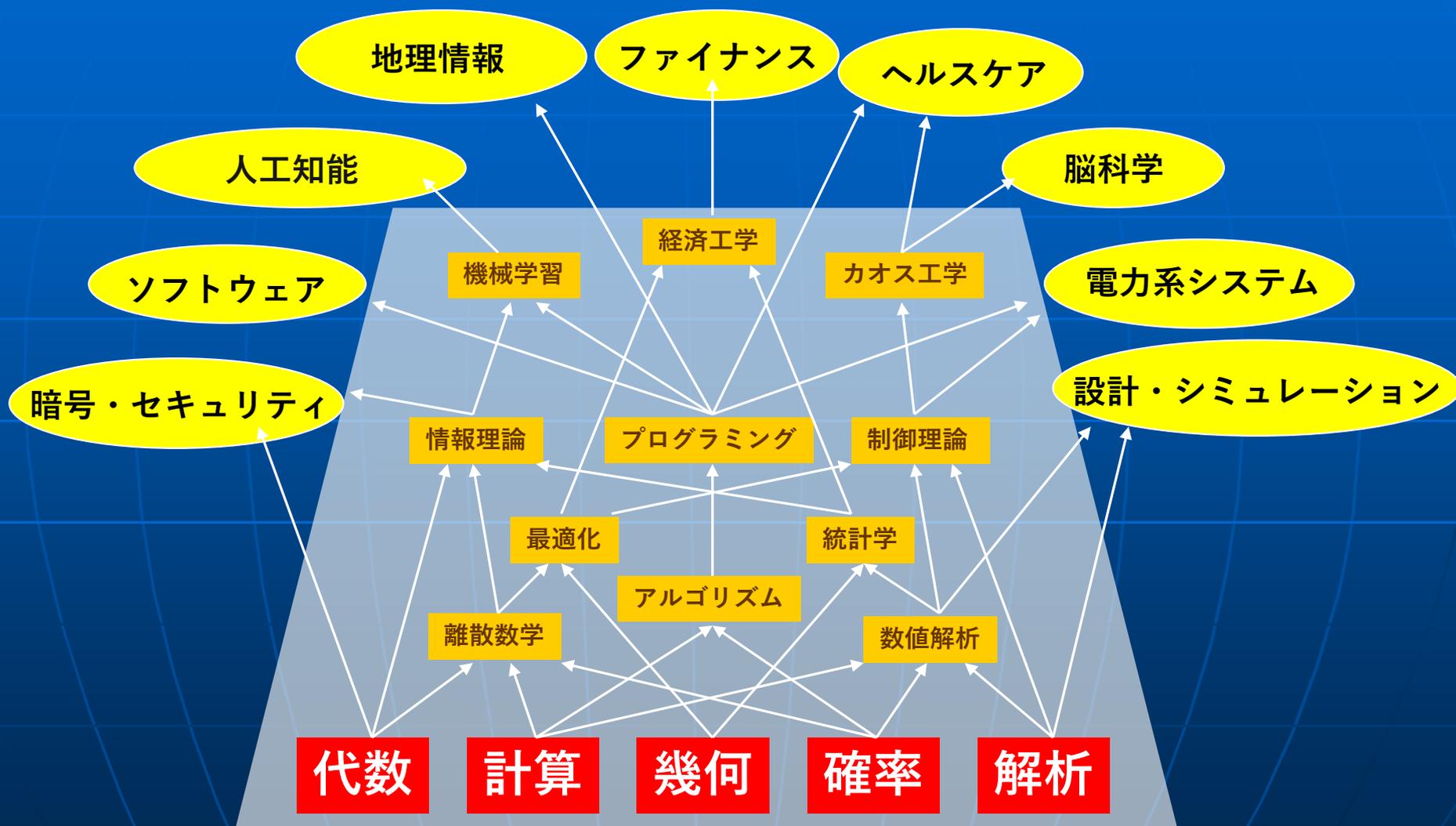
センサ・アクチュエータ工学
画像処理論 応用音響学
パターン計測論
システム情報工学特論
生体計測論

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 テレインジスタ
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
適応・学習 サイバネティクス
センサ融合 自律分散システム
ロボティクス パターン認識
神経回路網 サイボーグ工学
脳・神経インタフェース
VLSI設計 プロセッサ開発

基礎数学を実世界の問題とを結びつける力を養成



数理工学の基礎

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

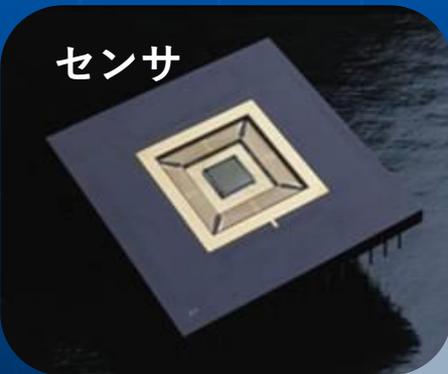
超高速ハンド



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

遠隔微細手術ロボット



回路

システム

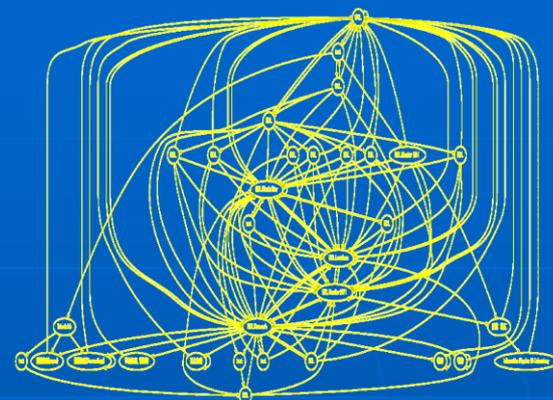
計測

数学・物理学(波動、音、電磁気、熱、力学..)

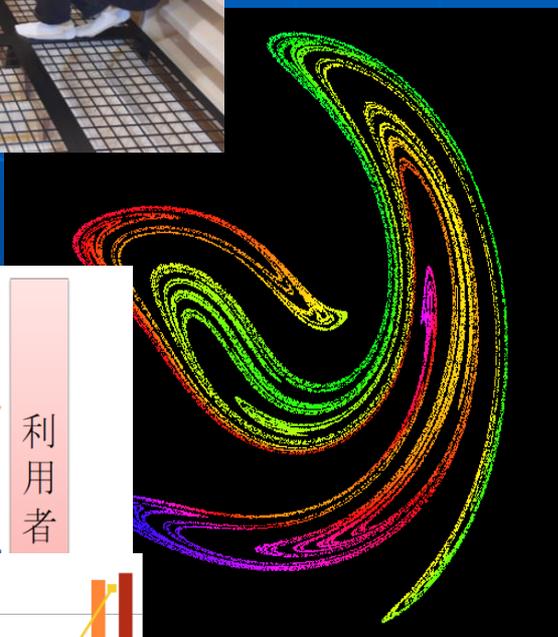
実験テーマ・風景



音響実験



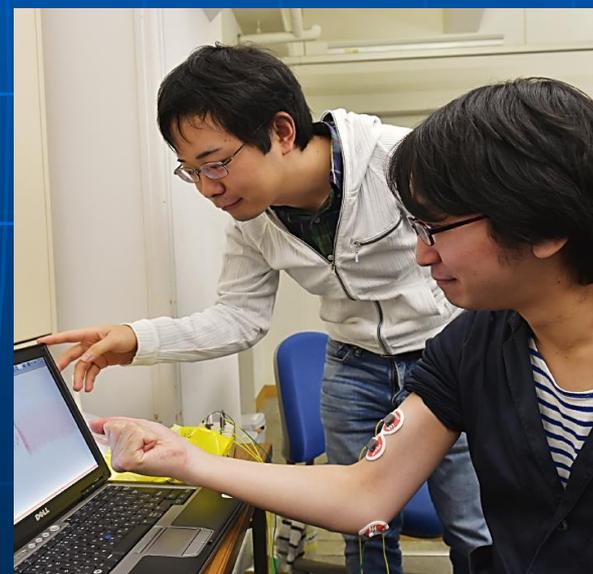
Web グラフの解析



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)

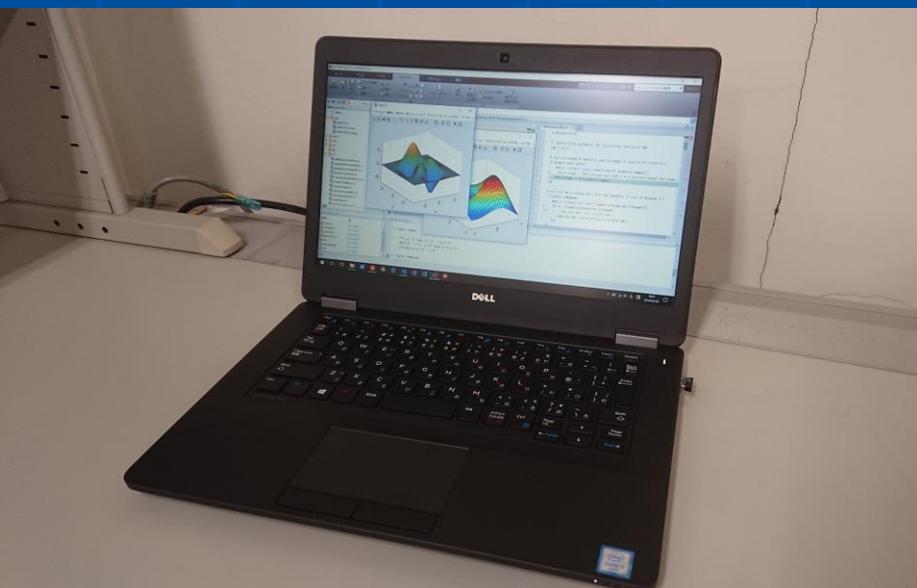


研究室輪講

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

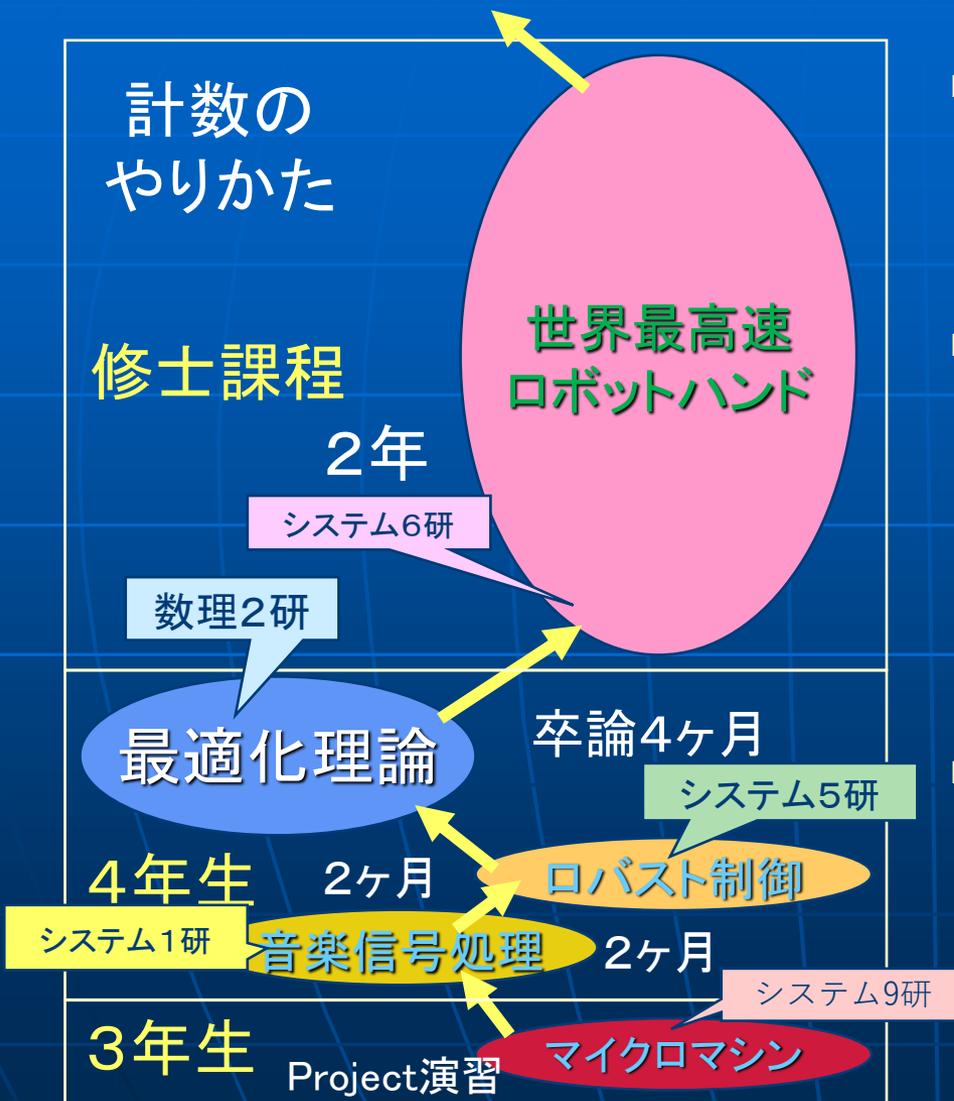
Xxxxxx 研

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2018年度)

SIDH鍵共有方式の安全性評価
Hybrid Attackに対する格子暗号の安全性評価
メルセンヌ素数を用いた公開鍵暗号方式の安全性評価
浮動小数点数を扱える完全準同型暗号を用いた数値計算
LZ77の使用メモリの削減

暗号理論

アルゴリズム

グラフ分解を用いたネットワークアルゴリズムの改良
点集合パターンマッチング問題の化合物分類と反応解析への応用
最小シュタイナー木問題と最小多分割カット問題のマトロイドを用いた一般化
重み付き線形マトロイド交差問題に対する代数的アルゴリズム
重み付き線形マトロイドパリティアルゴリズムの実装と計算量の実験的解析
双方向市場での多面的クリンティングオークションにおける公平な利益分配

数理工学
≠ 応用数学

負のポアソン比をもつ周期的構造の列挙
多様体最適化による完全正值行列の分解
ガウシアンホモピー法に適した最適化問題の特徴づけ
非凸関数の平滑化を用いた加速確率的最適化

最適化

Lq正則化ハイパーパラメータ最適化のためのニュートン法に基づく高速化
地殻不連続面を考慮したNetwork Lassoによる局所地震波トモグラフィ
複数の関係パターンを持つマルコフ確率場のMDL原理に基づく構造学習
緑内障診断のための網膜厚に対する視野感度の微分値の異常検知
離散分布に対する形状制約付き最尤推定

機械学習

On the minimax optimality and superiority of neural network learning over sparse parameter spaces
(スパースなパラメータ空間におけるニューラルネットワークのミニマックス最適性および優位性について)
多変量時系列振動子分解モデルに対する因子分析的アプローチ

統計

時間シフトを考慮したベイズ型ノンパラメトリック回帰による脳の膜電位データの解析

脳科学

Graph Convolutional Neural Networkを用いた金融データの解析

金融工学

精密な積分表現に基づくFFTを用いたスプレッドオプションの価格計算

微分方程式に対する適応刻み幅制御に関する研究

非線形微分方程式に対する陰的線形スキームの大域的収束性理論

数値解析

特異点に着目した等角写像による二重指数関数型数値積分公式の改良

卒業論文テーマ例(システム情報2018年度)

経頭蓋細胞外インピーダンス制御(tEIC)の電気回路網解析
ヒトの潜在的な地磁気感受性の間接的行動実験

DNN-Based Real-Time Voice Conversion and Its Quality Improvements by Audio Data Augmentation
(リアルタイムDNN音声変換の実装とデータ拡張法による音質改善法)

音場計測のための相互情報量規準センサ配置法の研究

高速ビジョンを用いた重畳車の分離識別トラッキング

インナーループを用いた塑性変形制御によるロボットインタラクション

運動同期によるエージェントへの共感醸成に関する研究

手指への超音波触覚提示を伴う空中立体映像とのインタラクション

Shared Model を用いた3階層型制御系設計に関する研究

ライフログ写真の共通性を軸としたヒューマンコミュニケーション研究

パルス入力を用いたガルバノミラーの高速ラスタ走査手法の提案とモーションブラー補償への応用

VR空間における身体の変容と適応に関する研究

表面往復刺激による皮膚変形の数値解析と実験的検証

渦度方程式に基づく巨視的音響流の設計に関する研究

機械学習を用いた動作予測結果の実時間提示による行動変容

手指の高速姿勢推定に向けた立体的リング状マーカの研究

Open microfluidics を用いた可変色彩ペンの研究

ソフトロボティクス用センサの研究

汎用乾式脳波電極の開発

体内電気特性の反復再構成法

多重散乱を考慮したマイクロフォンアレイによる音場計測

逐次学習アルゴリズムOS-ELMを用いた異常行動検知手法に関する研究

DMA機構の故障に対するデバイスドライバの耐性検証

組合せ最適化問題向けアクセラレータを用いたHPCシステムのジョブスケジューリング手法の研究

GANを利用した自然言語からの3Dモデル生成に関する研究

独立半正定値テンソル分析における最適化アルゴリズムの研究

クラウド・エッジ連携による効率的な逐次自己位置推定システムの研究

新概念手術ロボティクスの開発

呼吸またはアクティグラフのデータを用いた機械学習による睡眠・覚醒および睡眠深度の判定

シート状伝送路による移動体へのワイヤレス給電

音響・音声

ヒューマンインタフェース

制御

VR

MEMS

生体

計測

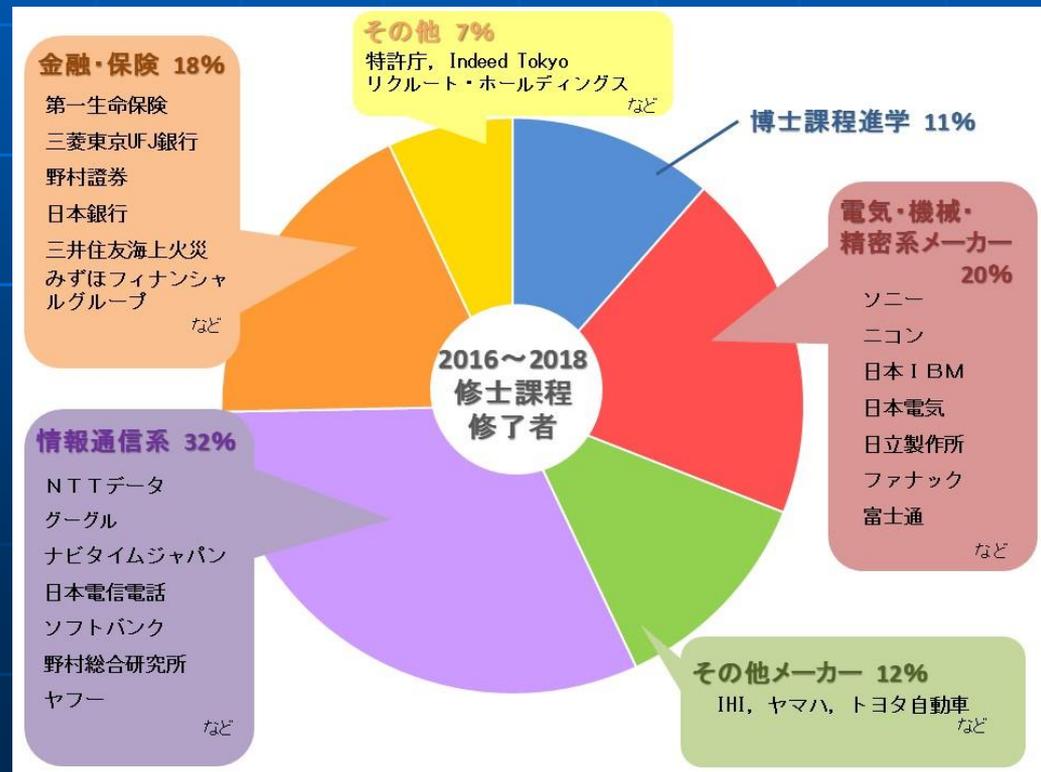
コンピュータ

ロボット

理由4：就職で有利だから

勿論そう！

- 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

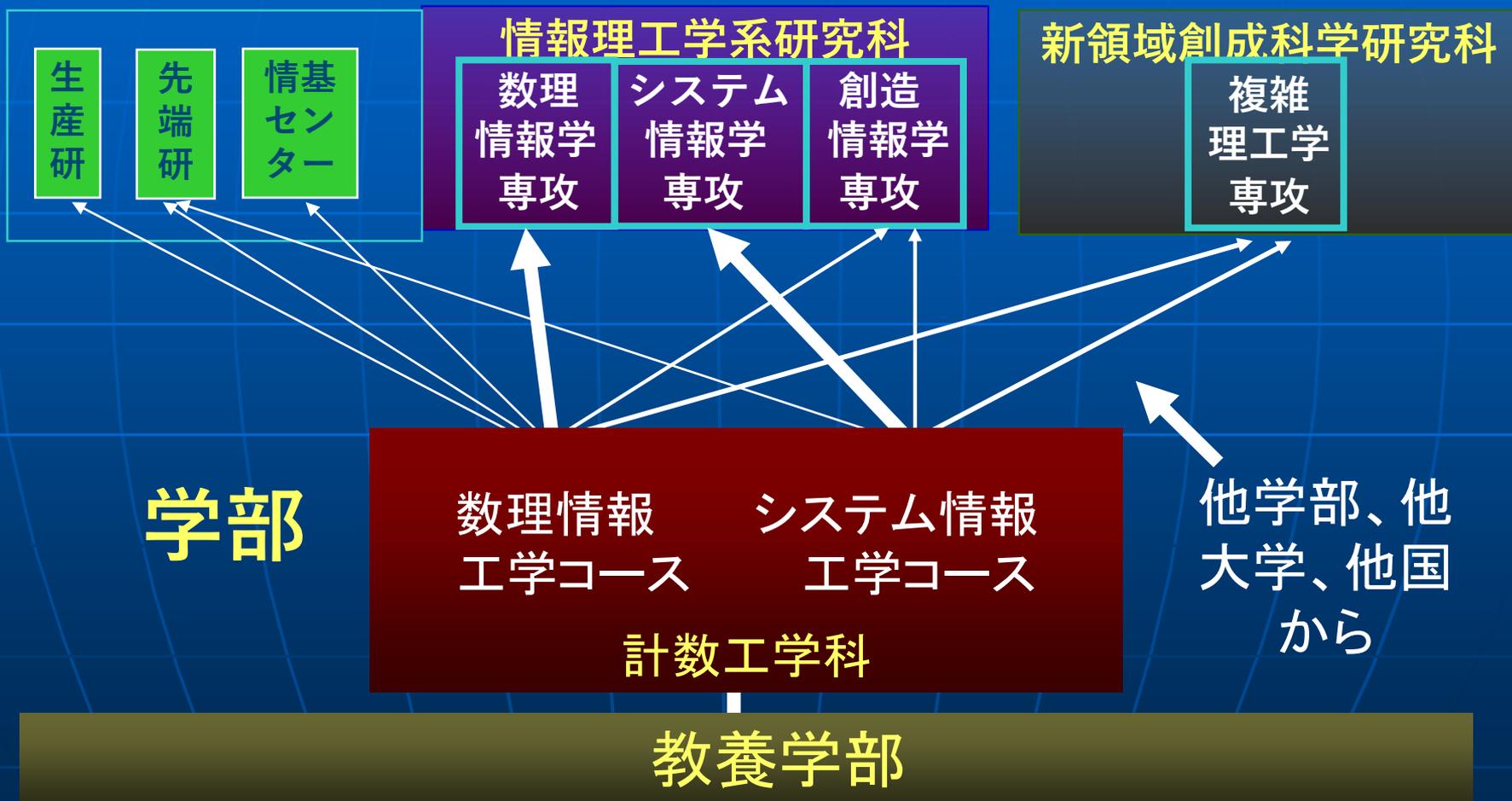


理由5: 大学院が充実しているらしい

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！

デジタル信号処理工学

真溪 歩 著

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
選書

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

データマイニングによる
異常検知

Anomaly Detection with Data Mining
Yamanishi Kenji

山西健司 著

東京大学
計数工学科数理情

Copyrighted Material
Chapman & Hall/CRC
Numerical Analysis and Scientific Computing

Discrete Variational
Derivative Method

A Structure-Preserving
Numerical Method for
Partial Differential Equations

Daisuke Furihata and Takayasu Matsuo

CRC Press
Taylor & Francis Group
A CHAPMAN & HALL BOOK

アルゴリズム・サイエンス シリーズ
林健彦・佐藤 謙一・石井 浩二・渡辺 尚

数理技法編

簡潔データ構造

定康邦彦 著

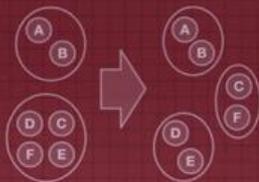
共立出版

3

数理工学 ライブラリー
空田一雄・杉原正樹 [編]

情報論的学習と
データマイニング

山西健司 [著]



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

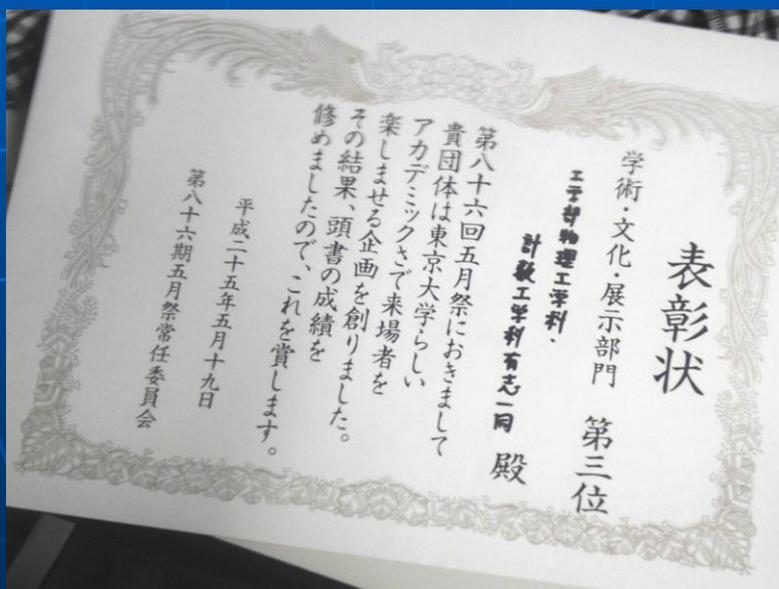


五月祭の研究展示(物工+計数)

2011 年度は、五月祭の人気投票であるMF Awards 展示部門で優秀賞(1位)を受賞しました。

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



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

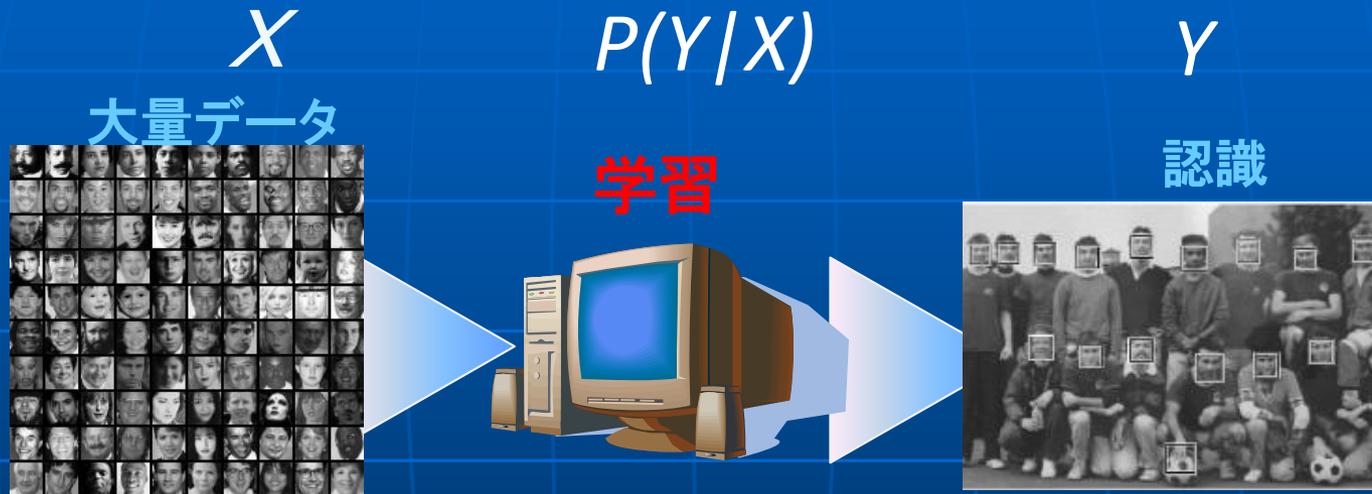
計数工学科の研究スタイル



- 例1:ビッグデータからの機械学習
- 例2:数理の医療応用
- 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)

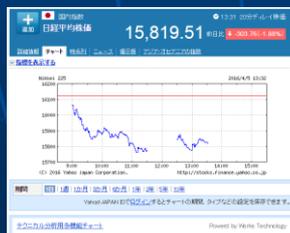
深層学習の理論モデルの深耕と応用



様々な応用



遺伝子解析



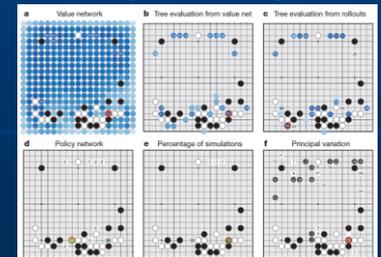
株価解析



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)

潜在的構造変化検知

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

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

3185 users

78 days

発泡酒派

変わらぬ派

プレミアム派

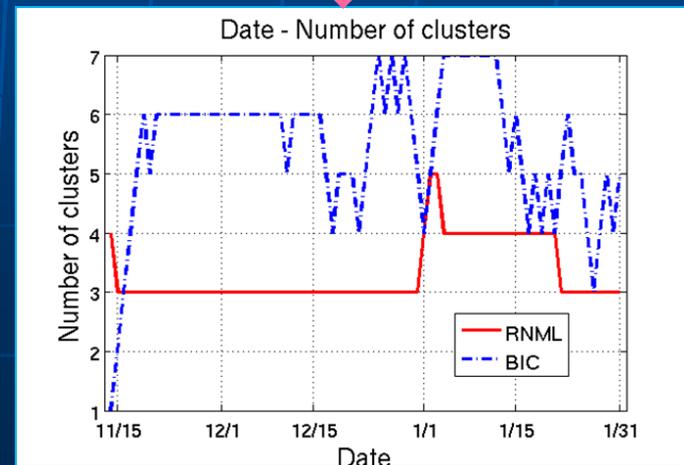
ベルギー
ビール派

Change

Change

Time

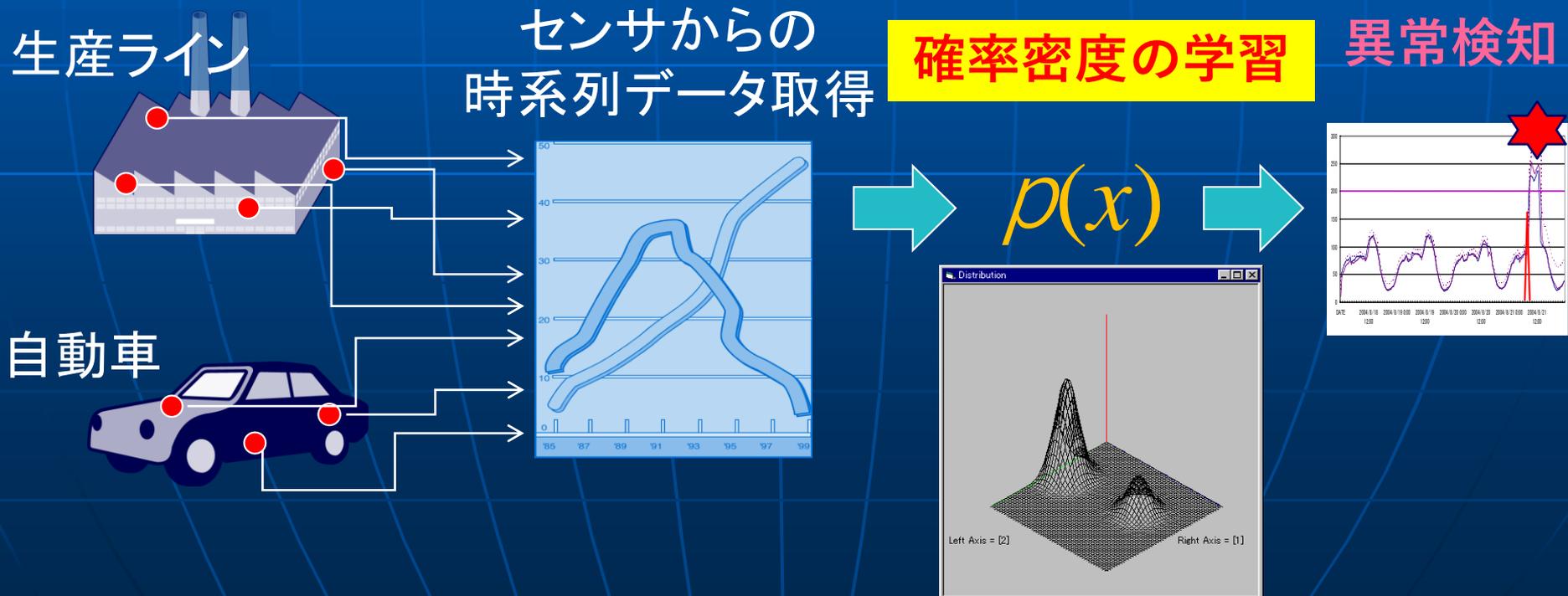
データ圧縮に基づく
変化点解析



例1: ビッグデータからの機械学習 (3/3)

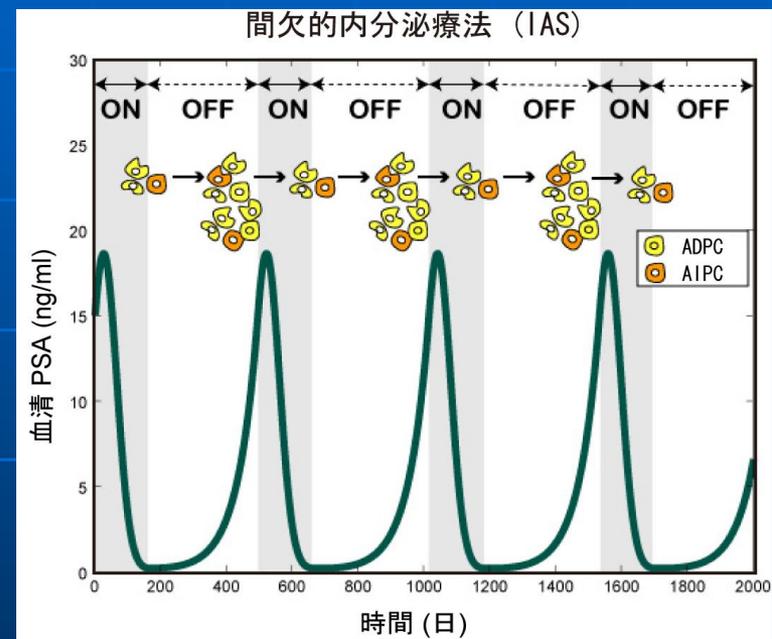
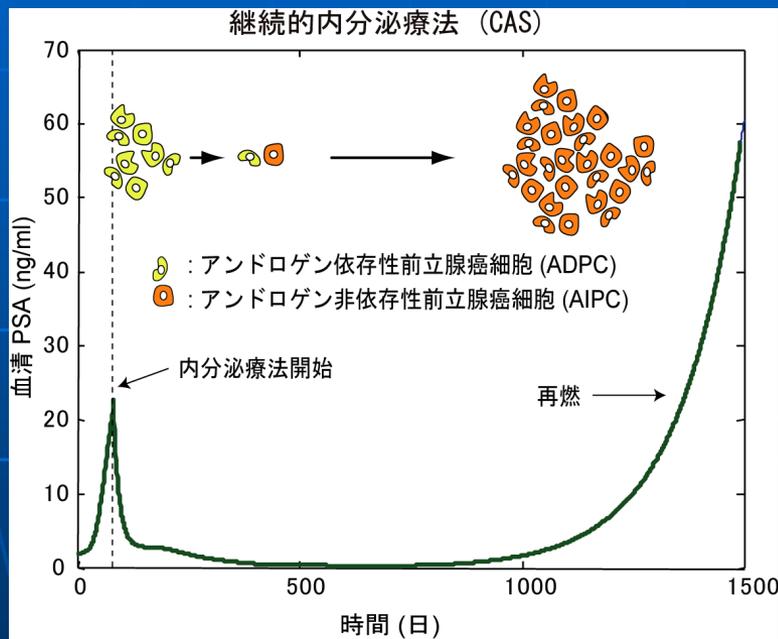
異常検知

- 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: 前立腺癌のホルモン療法(1/3)

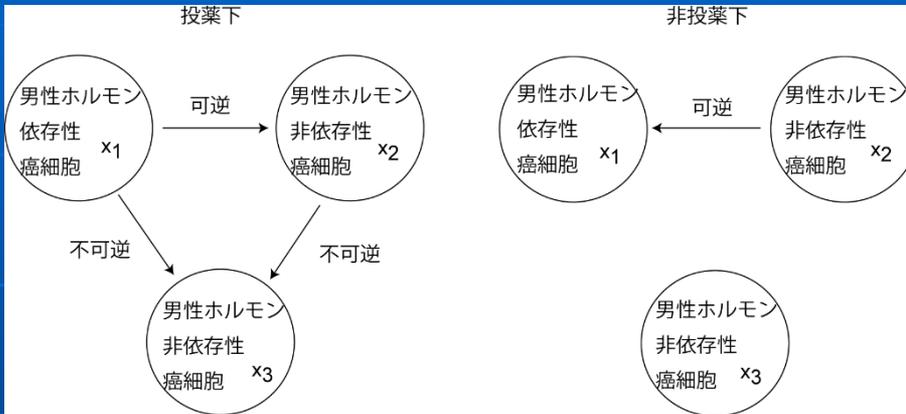
前立腺癌にはホルモン療法が有効だが、
投薬を続けると耐性を持ち「再燃」してしまう。



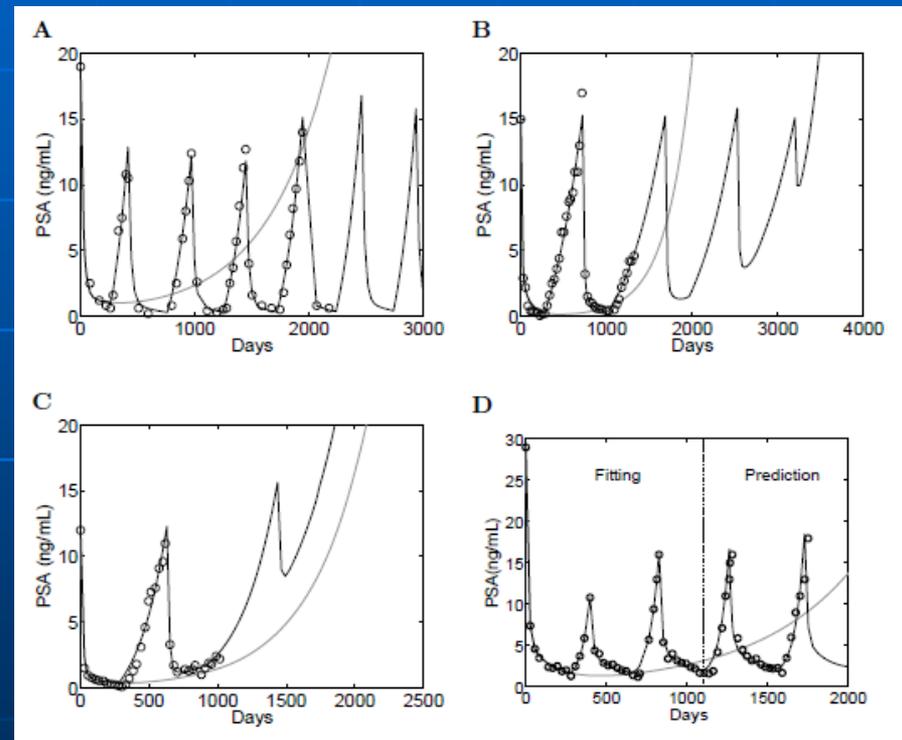
計画的に投薬を休むと「再燃」が防げる可能性
→ それぞれの患者に最適な投薬方法は？

例2: 前立腺癌のホルモン療法(2/3)

細胞数変化の数理モデル



前立腺癌マーカー 計測値のビッグデータ



投薬下

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= w_{1,1}^1 x_1, \\ \frac{dx_2}{dt} &= w_{2,1}^1 x_1 + w_{2,2}^1 x_2, \\ \frac{dx_3}{dt} &= w_{3,1}^1 x_1 + w_{3,2}^1 x_2 + w_{3,3}^1 x_3.\end{aligned}$$

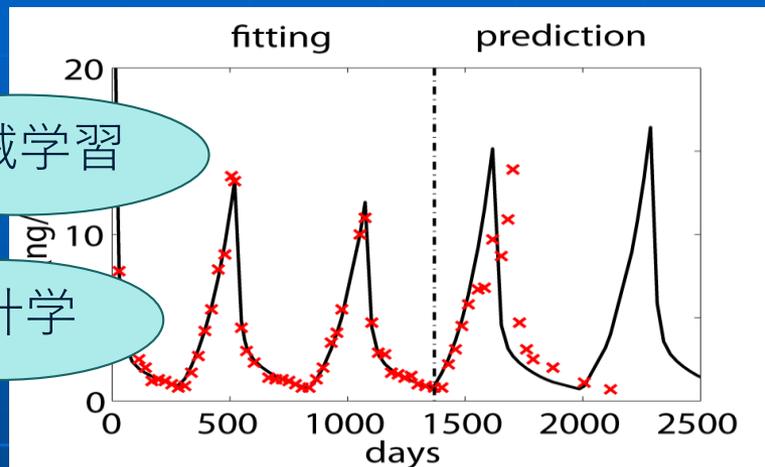
非投薬下

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= w_{1,1}^0 x_1 + w_{1,2}^0 x_2, \\ \frac{dx_2}{dt} &= w_{2,2}^0 x_2, \\ \frac{dx_3}{dt} &= w_{3,3}^0 x_3.\end{aligned}$$

様々なタイプの病状進行を説明する数理モデル

例2: 前立腺癌のホルモン療法(3/3)

パラメータ同定・病状予測



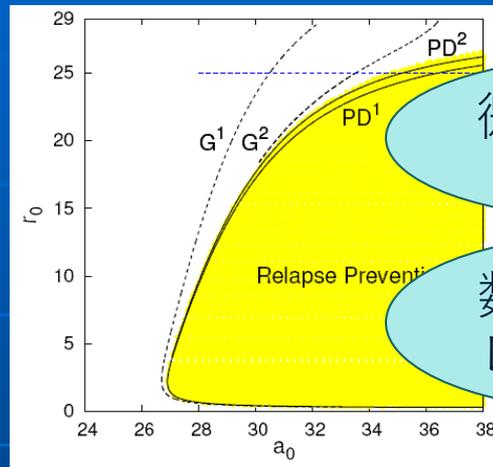
機械学習

統計学

患者に最適なパラメータを見つけ、将来を予測する

最適化

モデルのダイナミクス解析



微分方程式
力学系

数値シミュ
レーション

ダイナミクスを理解し、
再燃のリスクを下げる

予測とダイナミクスに基づく
投薬スケジュールの最適化

数理的テーラード治療法の確立

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ってはならない技術

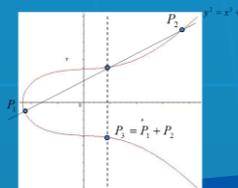
例3: 情報セキュリティ・次世代暗号(2/3)

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

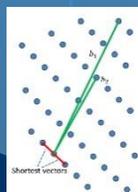
ポスト量子暗号

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



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**」

誰が何点かはわからないけど
平均70点、最高85点ですね

暗号的な通信

65点

60点

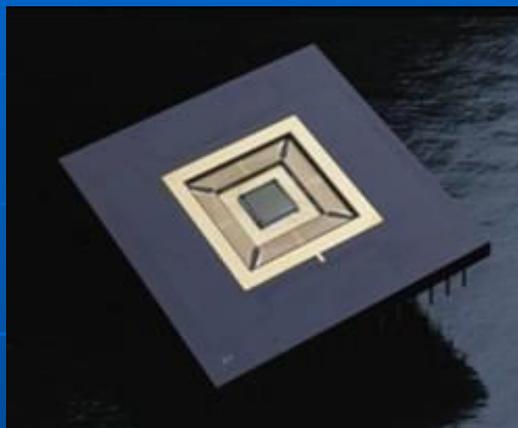
85点

様々な情報技術との融合に向けた研究段階

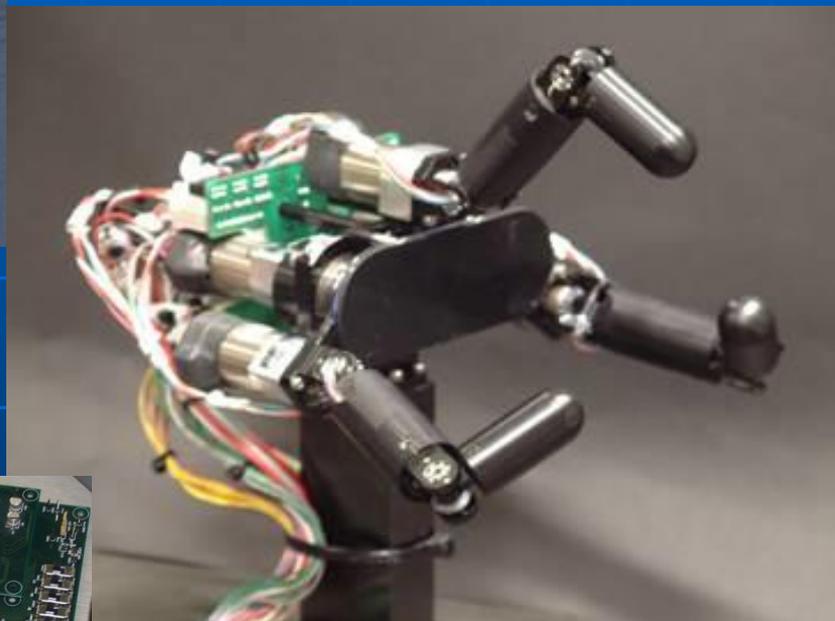
本学科での研究例: 機械学習、遺伝子解析、放送技術

知能を実装した先端的システム

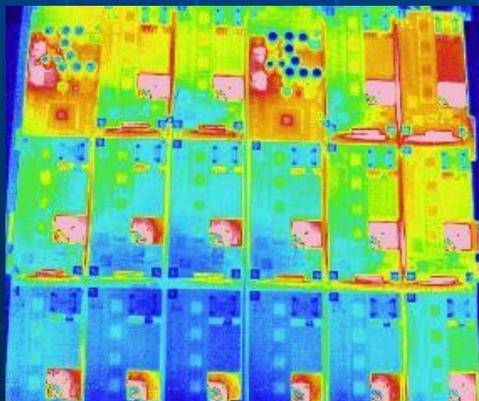
センサ



高速センシングによる
超高速ロボット制御



コンピューター設計

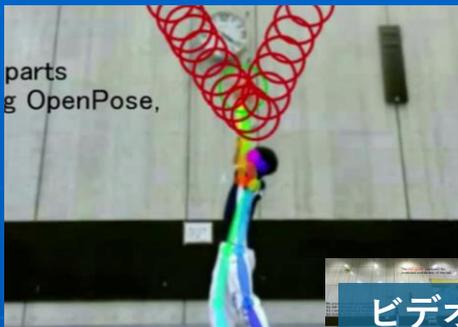


ビデオ 1



ビデオ 2

センシングとVR/ヒューマンインタフェース



ビデオ

人間の動作予測



ビデオ

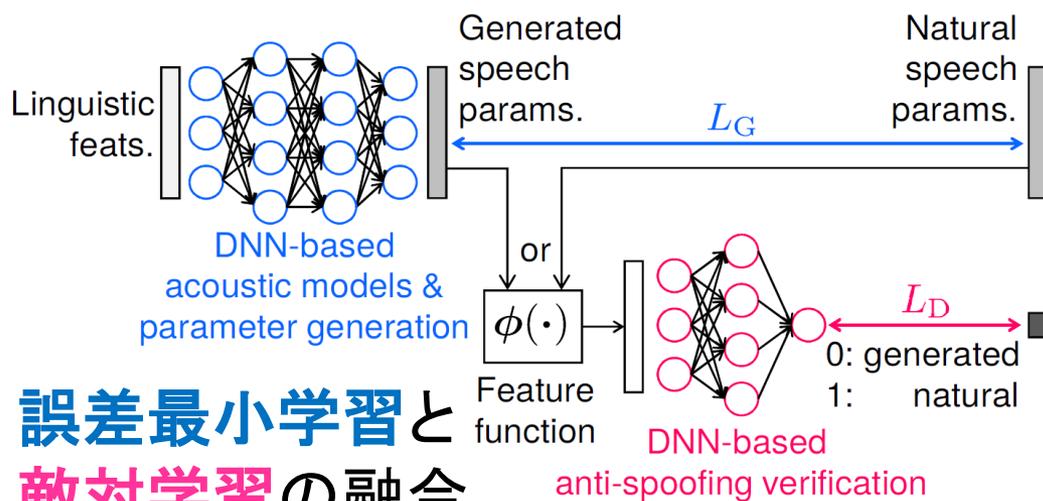
第3・第4の腕



ビデオ

さわれるホログラフィ

敵対的DNN音声合成



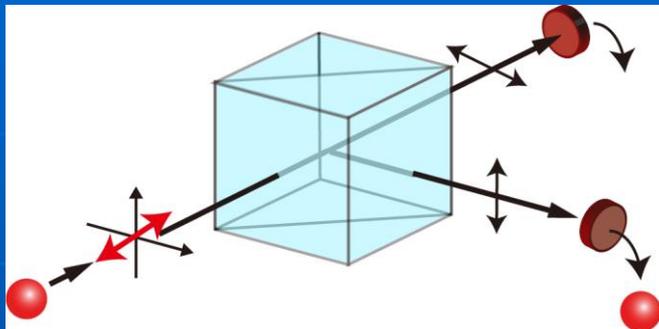
誤差最小学習と
敵対学習の融合

リアルタイムDNN音声変換

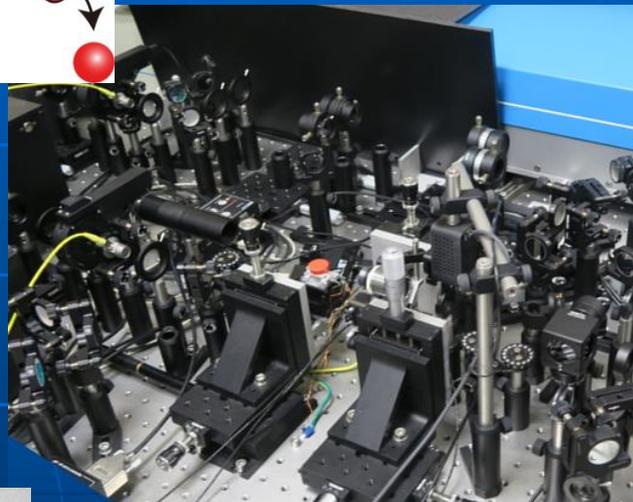


<https://www.youtube.com/watch?v=P9rGqoYnfCg>

物理情報学



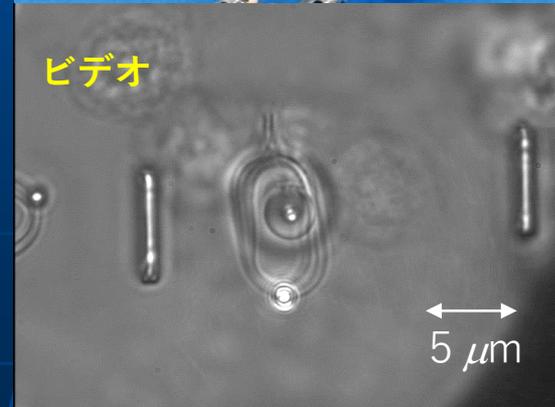
一個の光子が意思決定



遠隔微細手術ロボット



ブレイン・マシン インタフェース



PC12細胞の移動

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)

- 2020年まで約4.8万人のAI・ビッグデータ人材が不足



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 2016年 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)
- ・ 「Tech Giants are paying huge salaries for scarce AI talent」
(New York Times Oct.2017)
- ・ 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



H30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	11	旭化成, JFEスチール, ソニー(5), 大日本印刷, デンソー, 日本電気, 富士通
情報、 サービス業	18	アラヤ, Indeed Tokyo, ASM Pacific Technology, NTTデータ(2), NTTドコモ, エリジオン, 新日鉄住金ソリューションズセック, ソフトバンクグループ, ニュートンワークス, 野村総合研究所, 東日本旅客鉄道, ヤフー(3), リクルート・コミュニケーションズ, LeapMind
金融・保険、 損保	11	あいおいニッセイ同和損害保険, 第一生命保険, 大和証券投資信託, 東京海上日動火災保険, 日本生命(2), 野村アセットマネジメント, プルデンシャル生命保険, マニユライフ生命, 三菱UFJモルガン・スタンレー証券, 明治安田生命保険
その他	2	未定、海外留学予定
進学	62	(博士課程:5) (修士課程:57)

数理／システム情報 各コースへの振り分けについて

- 2年次の後半に、学生本人が希望するコースを選択します
- 各コースの定員はフレキシブルですが、カリキュラムの実施が困難な偏りが生じた場合には、希望の変更をお願いすることがあります
- 上記の場合、主に成績を考慮した振り分けを実施します

最後に

数学・物理 以外の人も

計数工学科見学会その1

学術フロンティア講義連動 研究室見学会
(システム情報工学コース)

本郷キャンパス

5月7日(火)17時40分～

集合場所:工学部6号館1階 大会議室

駒場リサーチキャンパス

7月9日(火)10時40分～

集合場所:先端研3号館

- * 建物の玄関を入れればわかるようにしておきます
- * 遅れて来ても見学できます

計数工学科見学会その2

情報理工学系研究科入試説明会併設 本郷キャンパス研究室見学会

- ・日時: 5月25日(土) 大学院入試説明
情報理工学系研究科
数理情報 システム情報 各専攻
15:20 から駒場生向けの説明を行います
- ・集合場所: 工学部2号館1階(予定)

全ての研究室の説明・デモを見ることが出来ます
(一部の研究室はラボツアーも開催予定)

本日の相談相手

- 終了後、相談に乗ります。大学院生も！

(学科長)

機械学習

統計



奈良教授



山西教授



駒木教授

自然計算

音声処理

暗号理論



成瀬教授



猿渡教授



縫田准教授