

東京大学工学部

計数工学科ガイダンス

2020年5月25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？

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

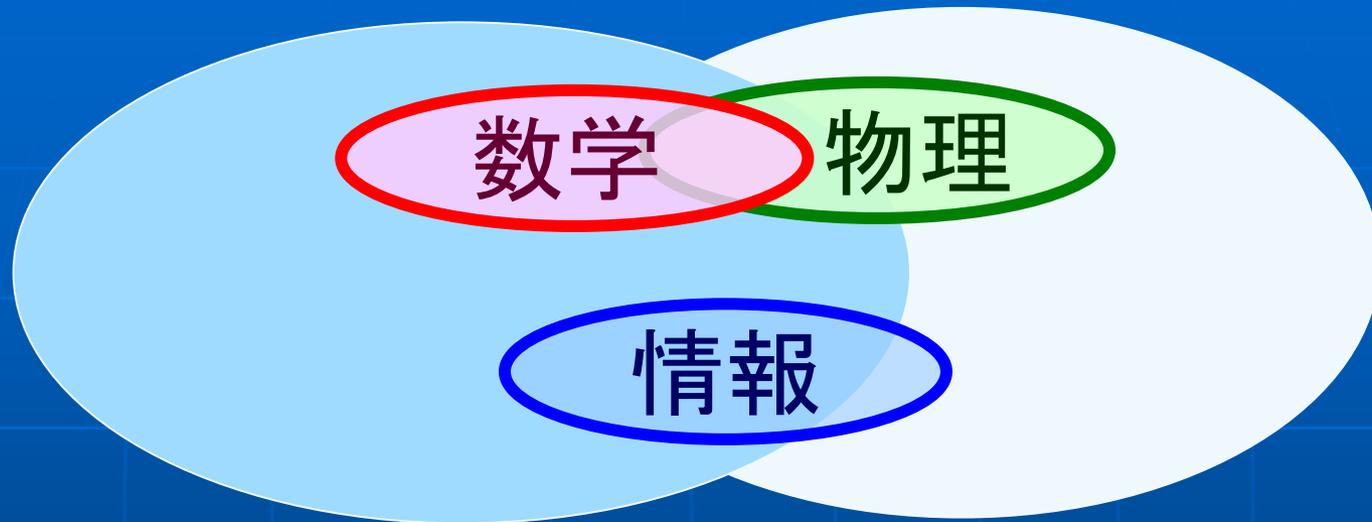
計測 → 応用物理 → 計数、物理工

- 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？

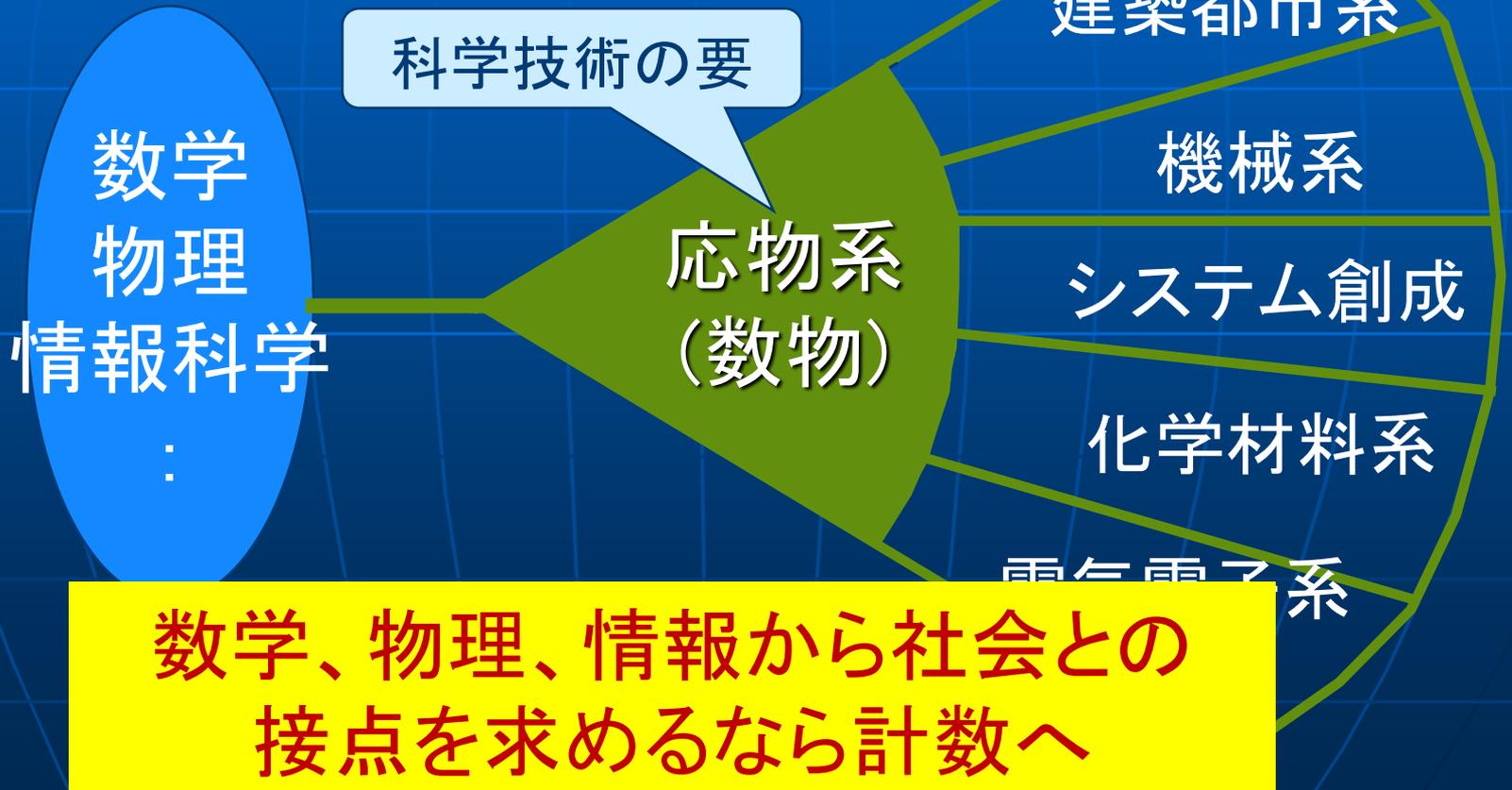
理由1: 理学部か工学部か迷った

(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？

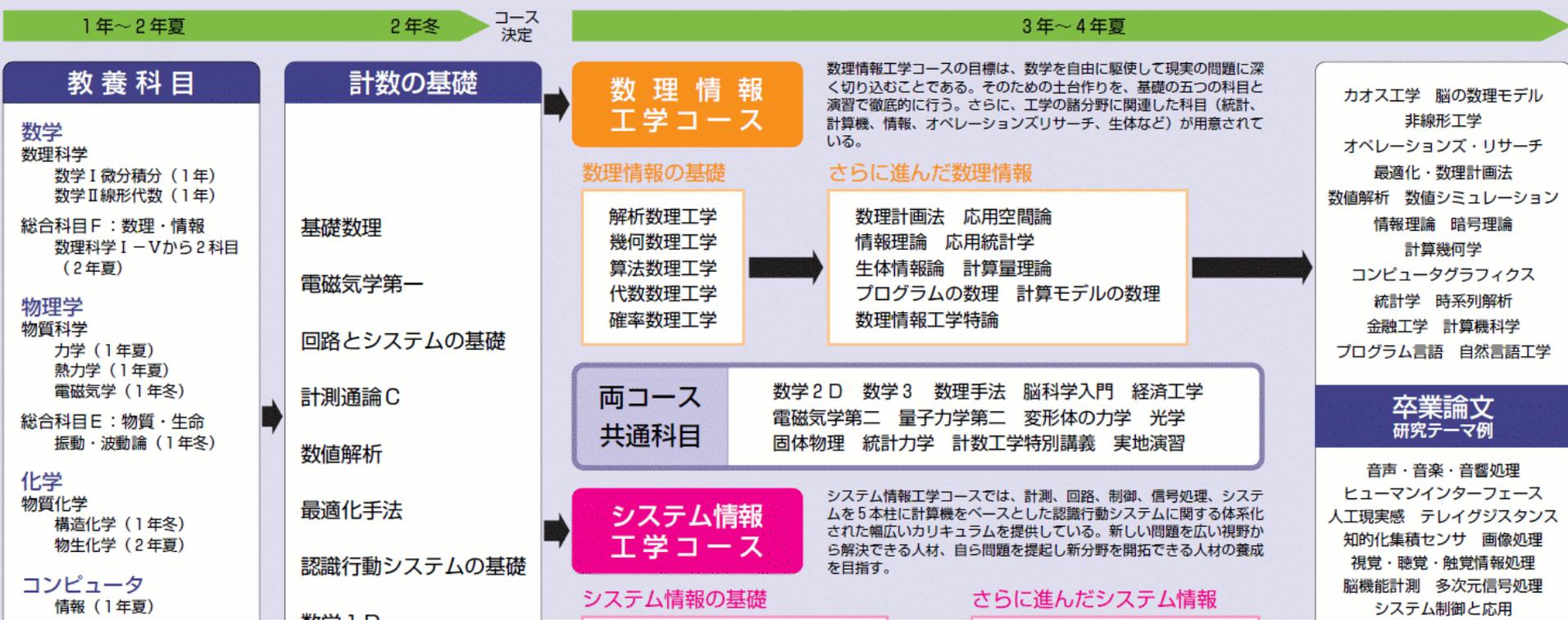
例えば機械工学科であれば「機械を使うこと」
が前提。計数はこのような前提には制約されな
いことが特徴。

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

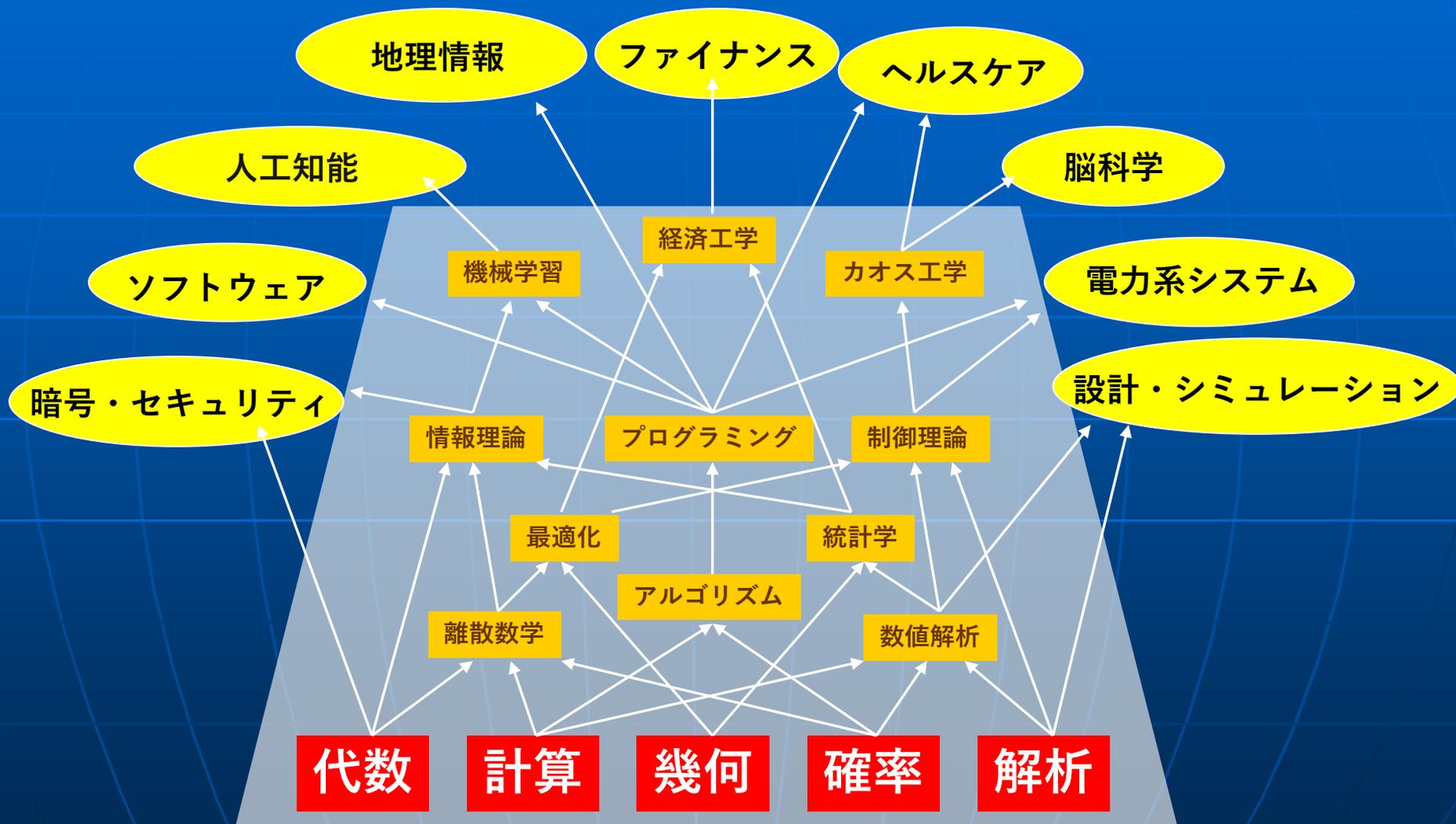
センサ・アクチュエータ工学
画像処理論 応用音響学
パターン計測論
システム情報工学特論
生体計測論

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

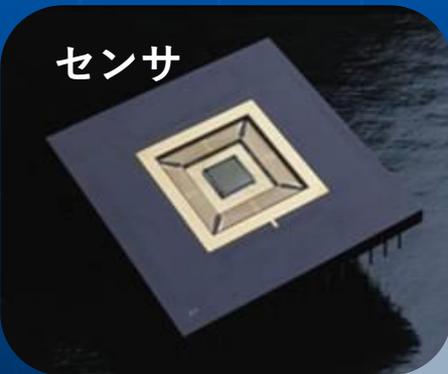
超高速ハンド



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

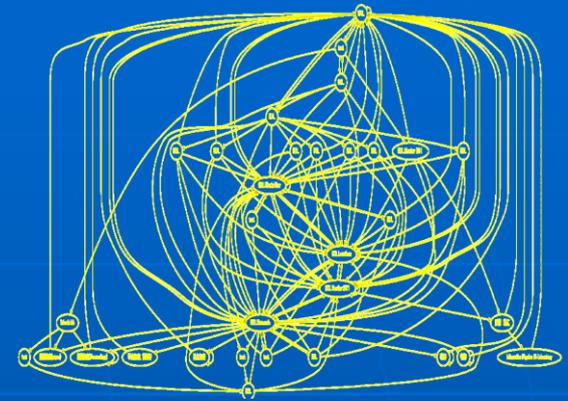
計測

数学・物理学(波動、音、電磁気、熱、力学..)

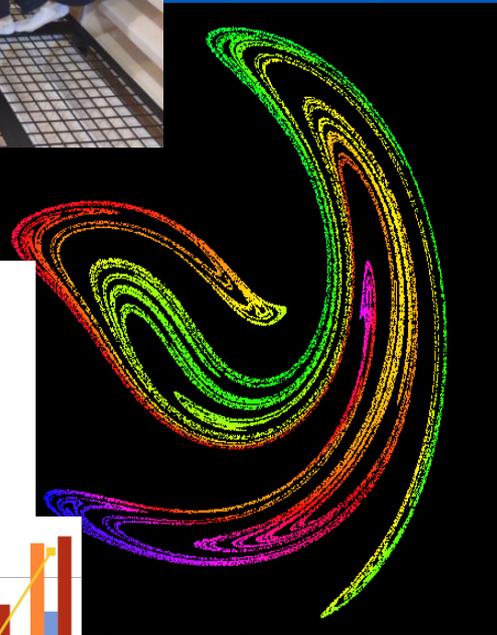
実験テーマ・風景



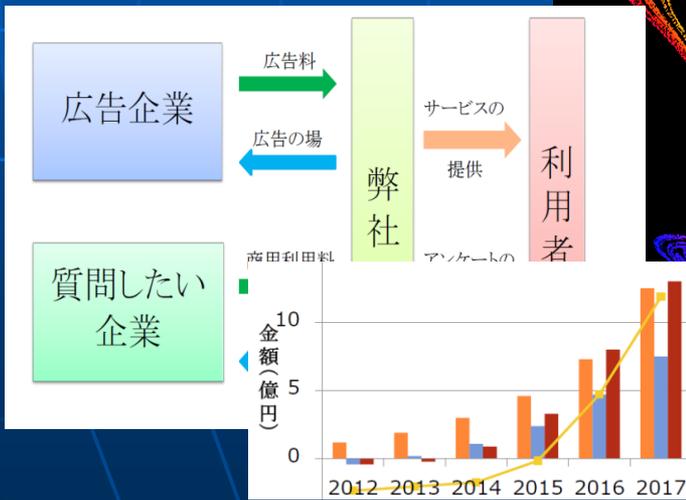
音響実験



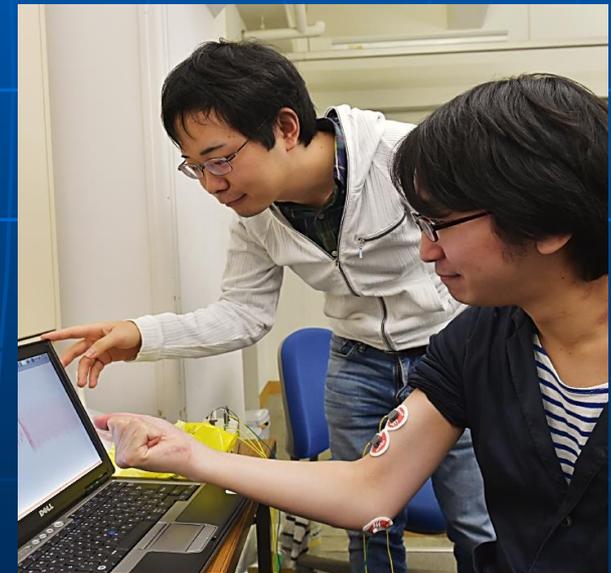
Web グラフの解析



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)

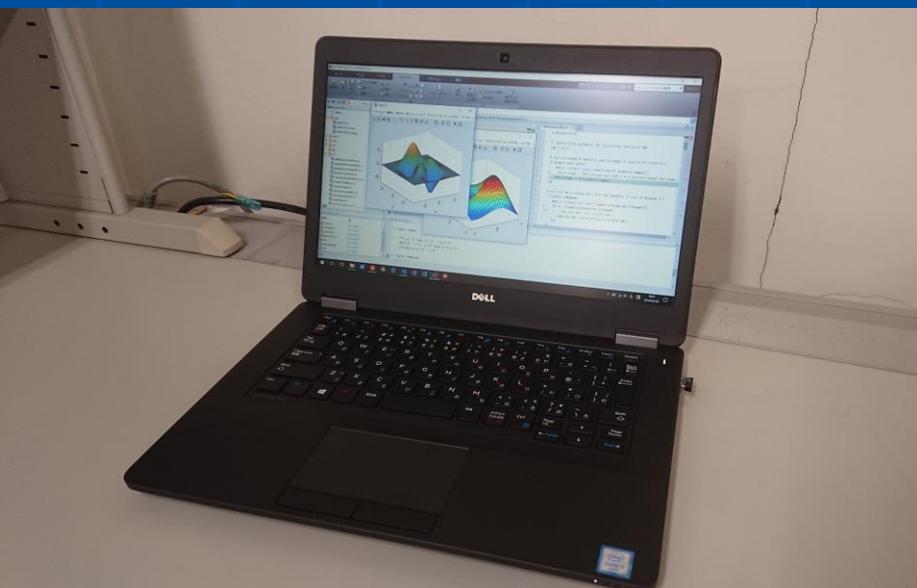


研究室輪講

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

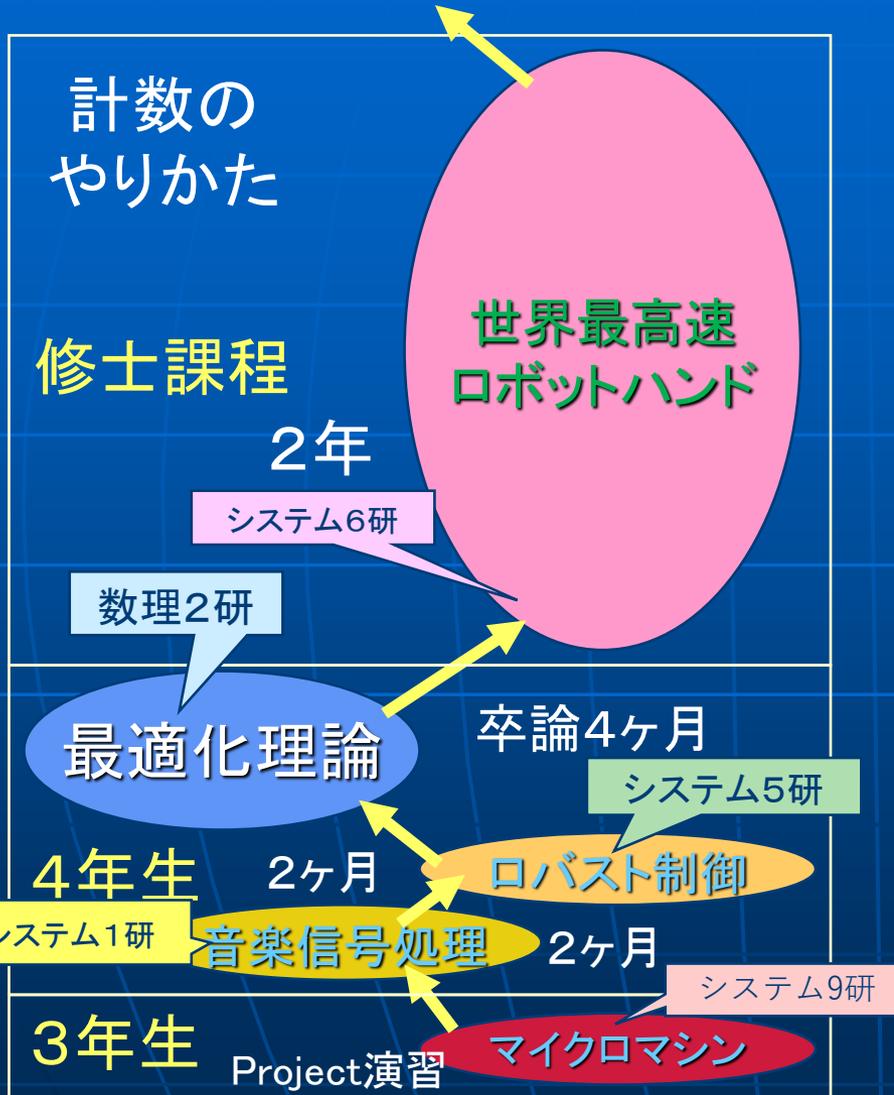
Xxxxxx 研

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2019年度)

Top treeにおける統一アルゴリズム

Counting on Matroid Parity (マトロイドパリティに関する数え上げ)

最大最小重みTジョイン問題: 木幅定数グラフに対する擬多項式時間アルゴリズム

閉曲面の4-連結三角形分割の生成とその大域剛性

対称剛性行列の最小非零固有値の解析

有向距離空間上の最小ゼロ拡張問題

格子暗号NewHopeに対する鍵不一致攻撃の改良

同種写像問題に対する代数的アプローチの改良

浮動小数点数に対する秘密分散による秘密計算の改良

メモリ制限下における量子Information Set Decodingアルゴリズムの高速化

紛失通信の最適性と多項式安全性の解析

Mathematical Analysis on Echo State Networks for Time Series Prediction (時系列予測のためのEcho State Networksに関する数理的研究)

非負の重みを持つニューラルネットワークの万能近似性

メタ個体群を考慮した複雑ネットワーク上の意見形成モデル

結合振動子ネットワークの同期と粗視化に関する研究

結合振動子系の分岐構造のデザイン

クラス I ニューロンとクラス II ニューロンの結合系の非線形ダイナミクスに関する数理的研究

リーマン多様体上の非平滑最適化問題に対する0次法

非凸2次計画問題に対する逐次DC近似法の適用

潜在空間埋め込みを用いるベイズ実験計画の研究

地形と地殻の不連続面を考慮したベイズ的地震波トモグラフィ

サッカーにおける人の動きのモデリングとその解析

Maximum likelihood estimation of the Fisher-Bingham distribution via efficient calculation of its normalizing constant

(Fisher-Bingham分布の規格化定数の計算とパラメータの最尤推定)

変動指数Besov空間の回帰問題に対する深層学習の推定誤差解析

混合分布を用いるパターン正則化学習とその眼科学への応用

2ファクターモデルを用いたデフォルト依存関係の分析

分解可能とは限らない無向グラフに対する構造的マルコフ性

非定常多次元Hawkes過程を用いた金融データ解析

アジョイント法に基づく無限次元データ同化によるハミルトン系の推定

半正定値計画法を用いた行列式点過程の推定

幾何学的確率共鳴の数理的研究

An Explicit QTT Representation of p -harmonic operator (p 重調和作用素の陽なQTT分解)

Convergence error analysis of gradient Langevin dynamics for non-convex optimization on reproducing kernel Hilbert space

(再生核ヒルベルト空間上の非凸最適化問題に対する勾配ランジュバン力学の収束誤差解析)

アルゴリズム

離散数学

暗号理論

脳科学

複雑ネットワーク

最適化

機械学習

統計

数値解析

数理工学
≠ 応用数学

卒業論文テーマ例(システム情報2019年度)

ゲストOS間の動的仮想CPU受け渡しによる二重スケジューリング問題の回避
テレイグジスタンスのための全駆動型ドローンに関する研究
スパイクングニューラルネットワークによる時間依存ネットワークの経路探索手法
類似写真群を用いた対面コミュニケーション拡張
弾塑性変形制御を用いたヒューマンロボットインタラクション
経路探索処理向け専用ハードウェアに関する研究
Preconditioned Distributed Trajectory Optimization Algorithm using Differential Dynamic Programming
(微分動的計画法を用いた前処理付き分散経路最適化アルゴリズム)
メモリ監視ハードウェアに対する妨害攻撃の防止手法に関する研究
スリープテストを用いた新規睡眠判定法の開発
多重解像度深層分析に基づく時間領域音源分離の研究
無線双方向時刻同期に基づく情報伝達
空中超音波フェーズアレイを用いた3次元計測
高速ローリングシャッターカメラを用いたミラー制御高精細イメージング
時間伸縮曲線を用いたsequence-to-sequence声質変換の研究
超薄型ダイアフラム式バルブレスポンプの開発
カーネル内言語処理系用ヘルパー関数のファジリングによる安全性検証に関する研究
跳躍動作予測における未来決定因子の同定
触覚刺激を用いた運動模倣支援
多本腕バンディット問題における腕順位認識へのレーザカオス時系列の応用
異種のソースモデルを用いた時系列脳磁図分析のロバスト性向上
法線画像におけるバイナリ特徴量を用いた高速非剛体トラッキング
組織透明化試薬の発見に向けたin silico 分子設計
経頭蓋細胞外インピーダンス制御(tEIC)の並列接続によるコンフリクト効果への介入
心理物理実験における提示刺激選択法の研究
超音波フェーズアレイによる構造化音響ホログラフィーを利用した屋内測位
ヒトの走行の運動力学的拡張に関する研究
微分可能な凸損失関数を用いたクリップ信号の復元
通信経路を考慮したマイクロサービスの高速化に関する研究
高速ビジョンによる周波数パターンに基づくリアルタイム信号機検出
コンパクトな表現をもつアンチマトロイドに関する研究 《システム→数理 交換指導》
ランキングデータに対する無限潜在特徴モデルの提案 《システム→数理 交換指導》

コンピュータ

VR

ロボット

音響・音声

MEMS

ヒューマンインタフェース

制御

生体

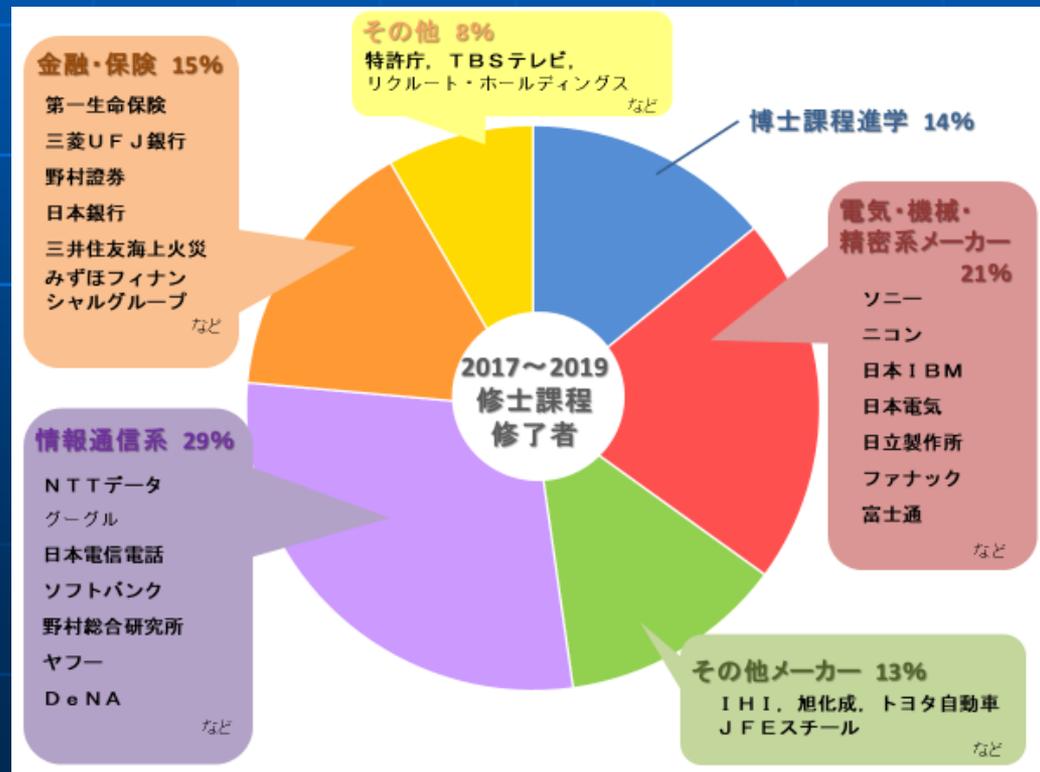
計測

卒論乗り入れ

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

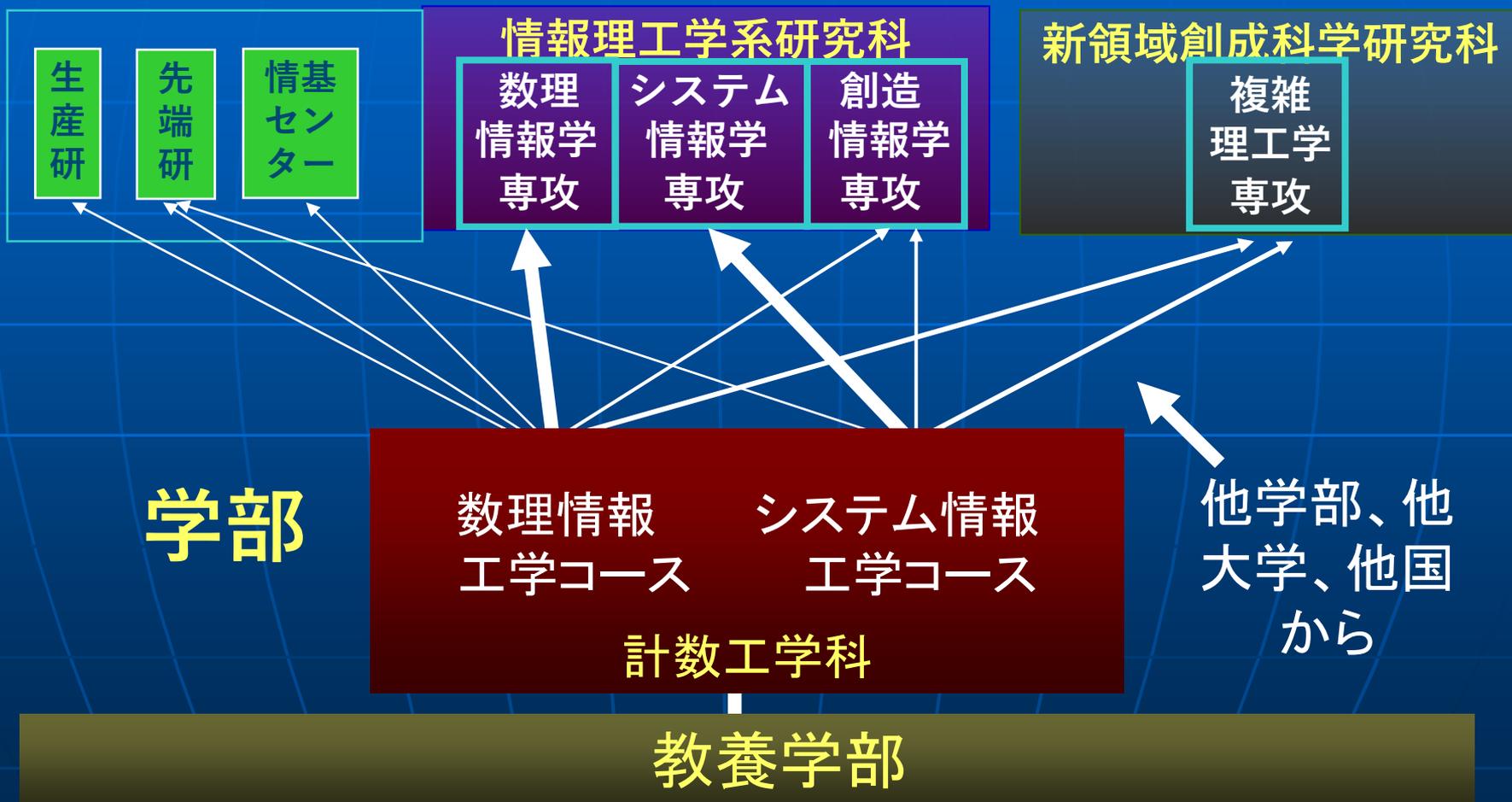


理由5: 大学院が充実しているらしい

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

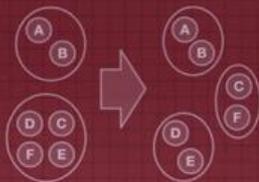
共立出版

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

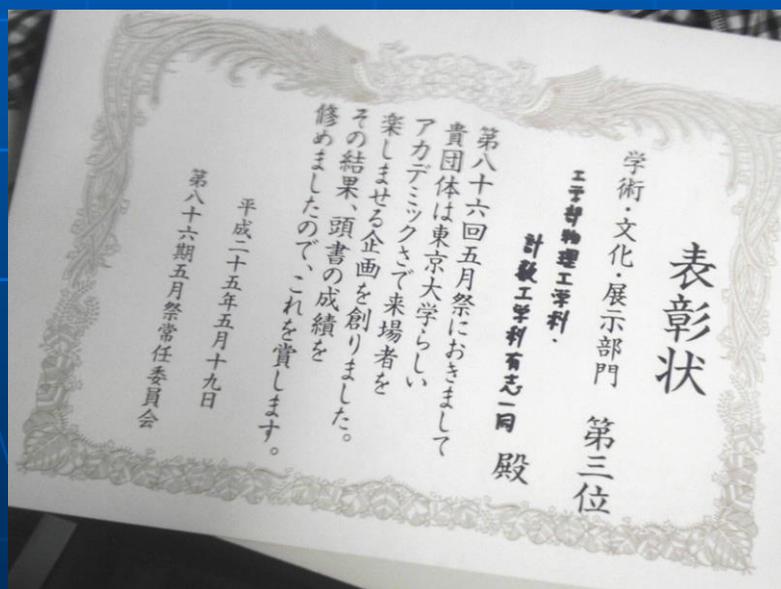


五月祭の研究展示(物工+計数)

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

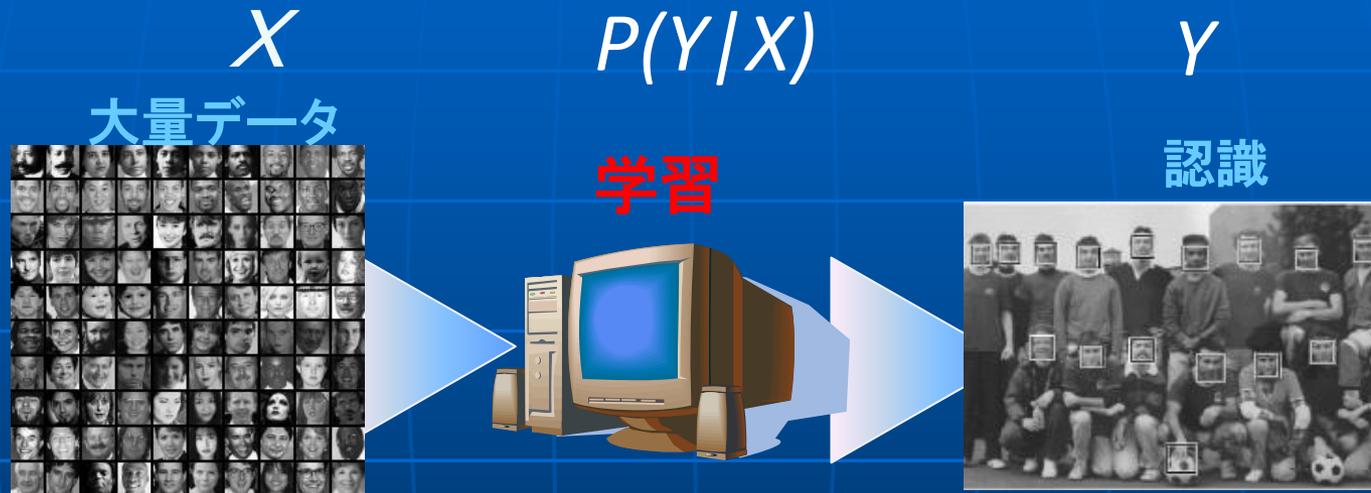
計数工学科の研究スタイル



- 例1:ビッグデータからの機械学習
- 例2: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)

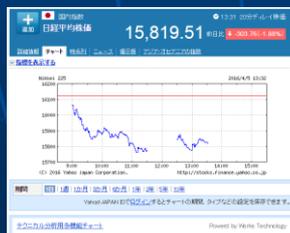
深層学習の理論モデルの深耕と応用



様々な応用



遺伝子解析



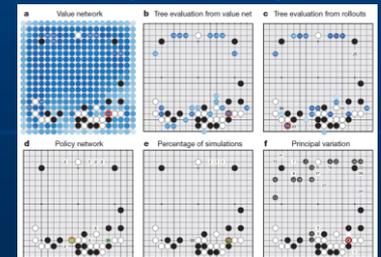
株価解析



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)

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

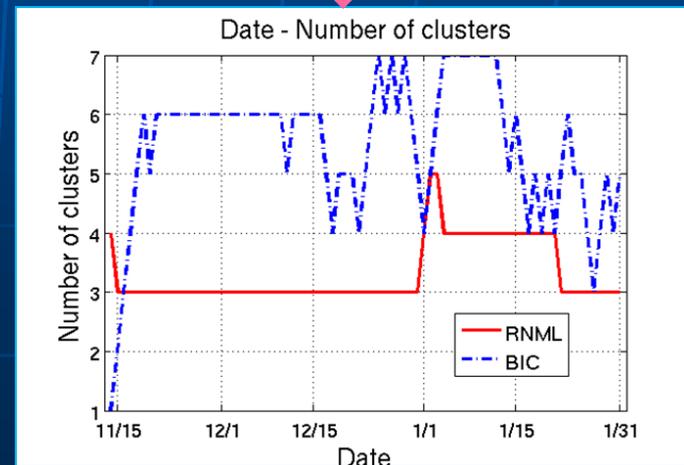
ベルギー
ビール派

Change

Change

Time

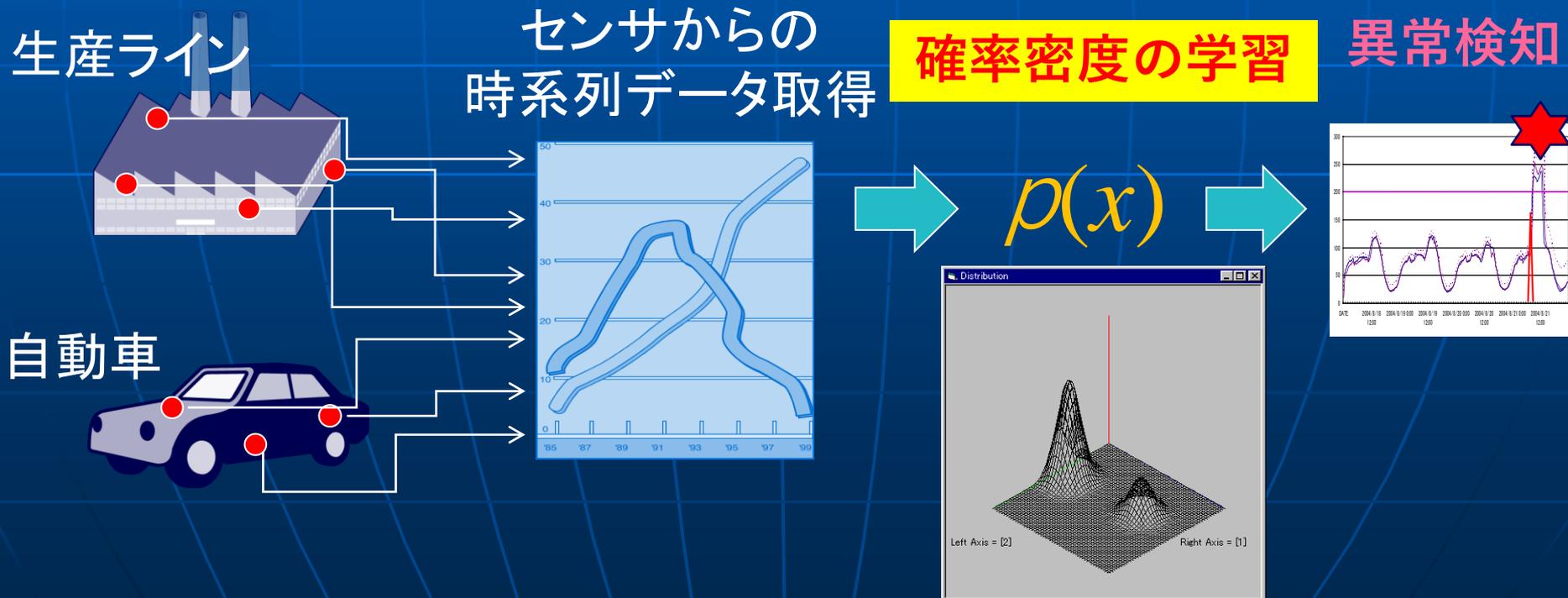
データ圧縮に基づく
変化点解析



例1: ビッグデータからの機械学習 (3/3)

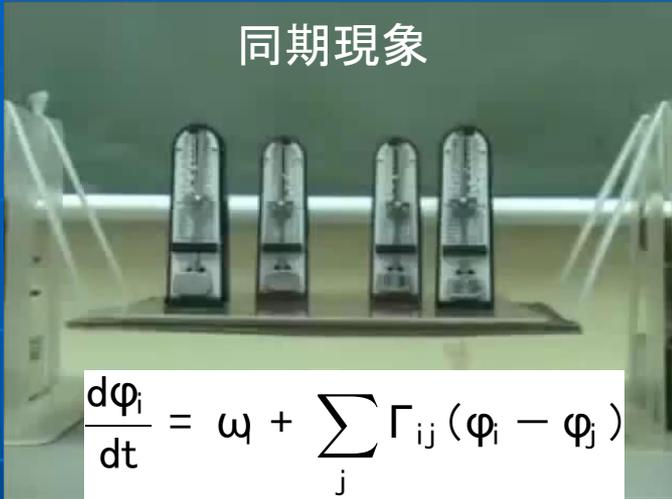
異常検知

- 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



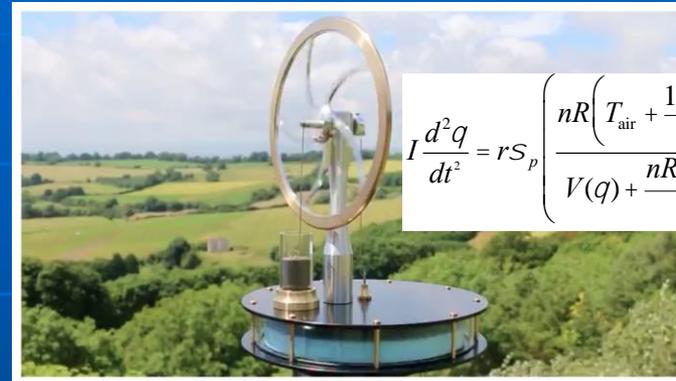
例2: 複雑現象のモデリング(1/2)

同期現象



$$\frac{d\phi_i}{dt} = \omega + \sum_j \Gamma_{ij} (\phi_j - \phi_i)$$

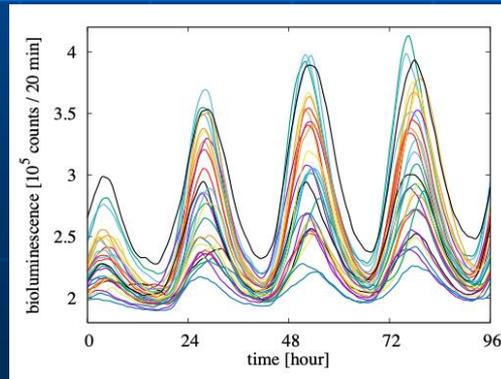
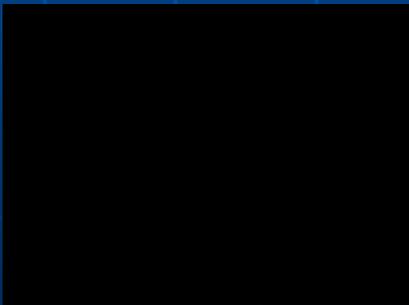
スターリングエンジン



$$I \frac{d^2 q}{dt^2} = r S_p \left(\frac{nR \left(T_{\text{air}} + \frac{1 + \sin q}{2} DT \right)}{V(q) + \frac{nR r S_p \sin q W}{G}} - p_{\text{air}} \right) \sin q - G \frac{d}{dt}$$

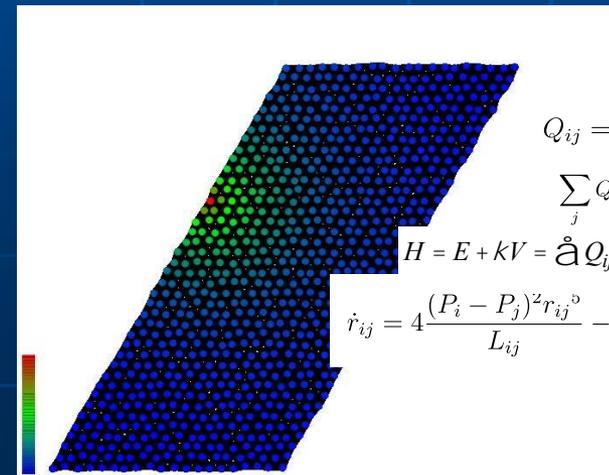
<https://www.youtube.com/watch?v=ncxghMfa42Y>

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



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

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

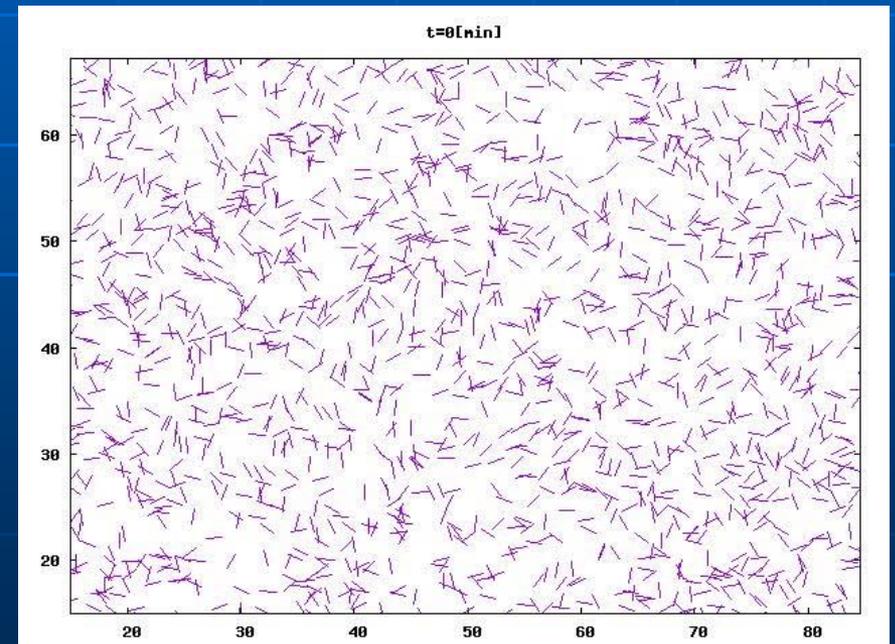
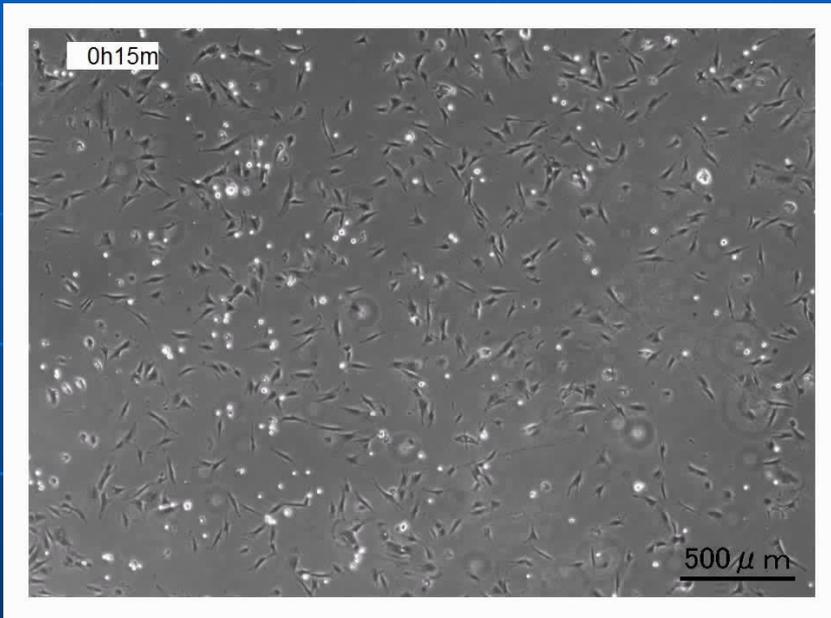
$$H = E + kV = \dot{a} Q_{ij} (P_i - P_j) + k \dot{a} L_{ij} r_{ij}^2$$

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

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



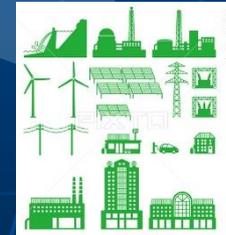
電子決済、仮想通貨



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

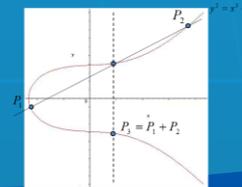
例3: 情報セキュリティ・次世代暗号(2/3)

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

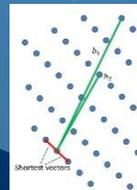
ポスト量子暗号

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



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**」

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

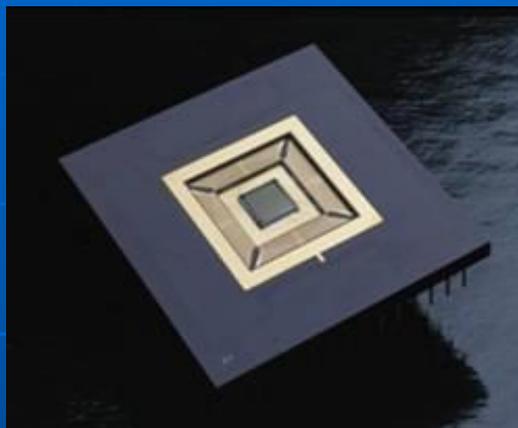
85点

様々な情報技術との融合に向けた研究段階

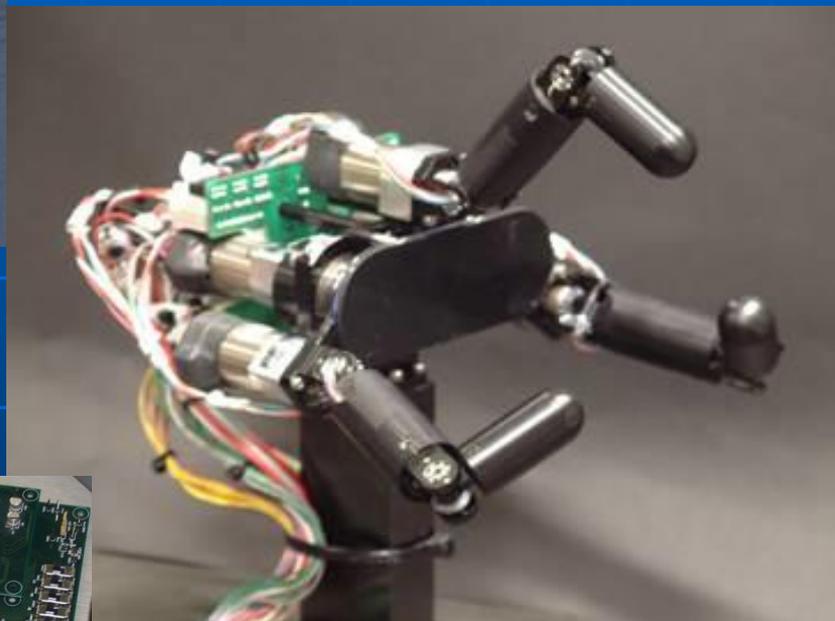
本学科での研究例: 機械学習、遺伝子解析、放送技術

知能を実装した先端的システム

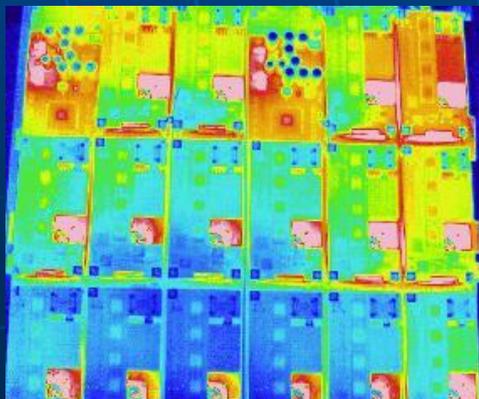
センサ



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

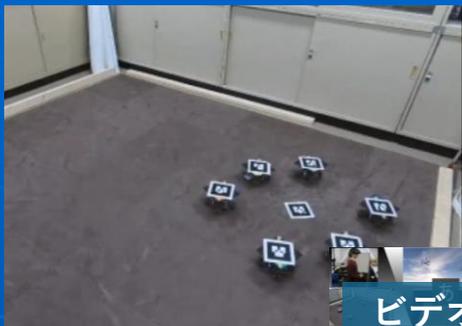


ビデオ 1



ビデオ 2

センシング・制御とVR/ヒューマンインタフェース



ビデオ

遠隔からの
群ロボット制御



ビデオ

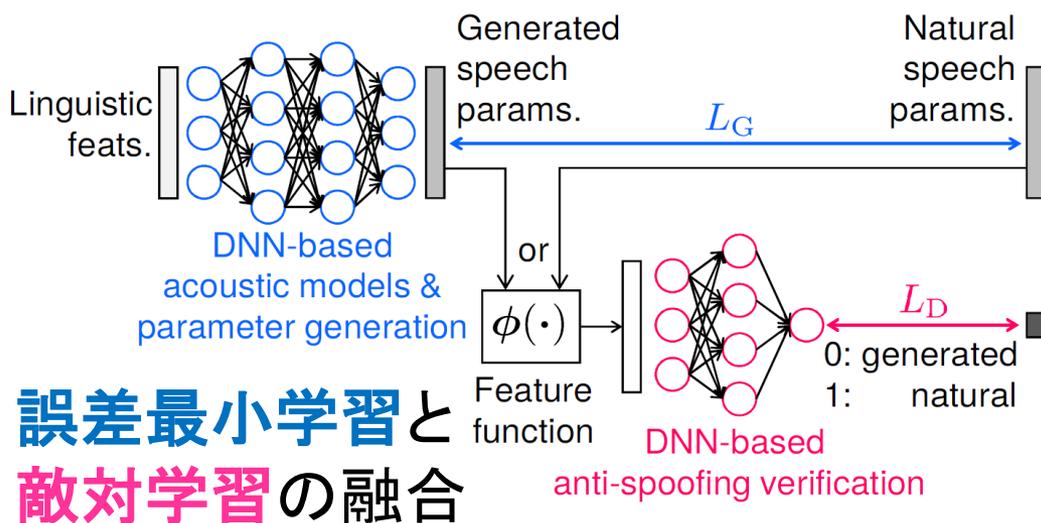
第3・第4の腕



ビデオ

さわれるホログラフィ

敵対的DNN音声合成

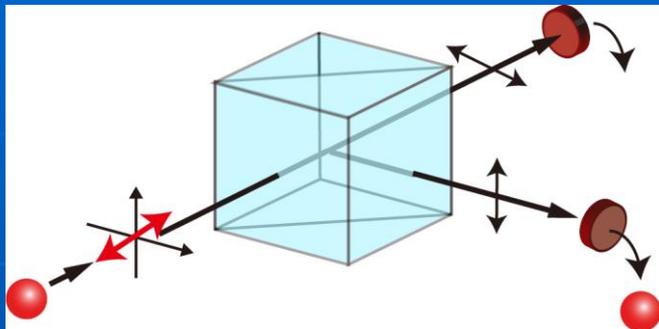


リアルタイムDNN音声変換

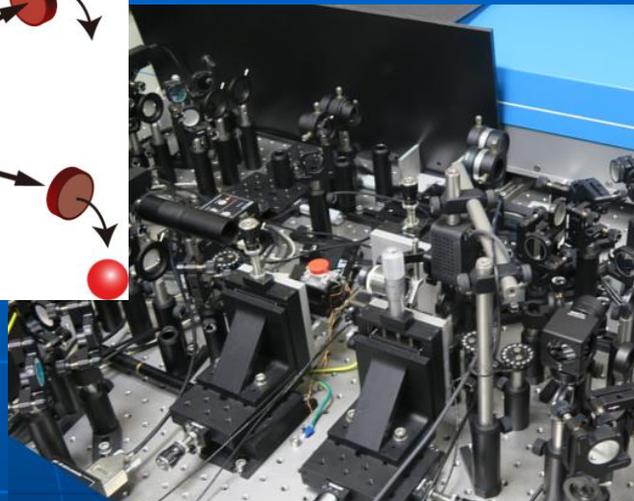


医療マイクロマシン

物理情報学



一個の光子が意思決定

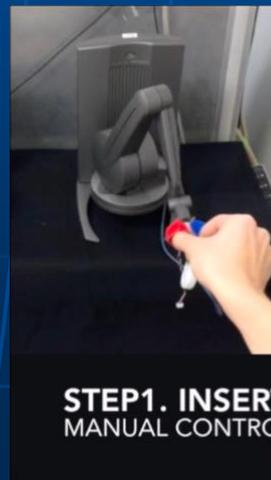


バイオ化学ICチップ

ブレイン・マシン インタフェース



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)

- 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



R1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	14	アスプロバ, アドダイス, エムスリー, コルグ, シャープ, ソニー, 大日本印刷, デンソーアイティーラボラトリ, 日本電気(2), 富士フィルム(2), 三菱電機, リコー
情報、 サービス業	17	アドソル日進, NECプラットフォームズ, NTT研究所, NTTデータ, グリー, ベネッセコーポレーション, DeNA, 日本電信電話, 野村総合研究所, フィックスターズ, プラスゼロ, freee, ヤフー, リクルート・ホールディングス(2) ビッグツリーテクノロジー&コンサルティング, エムシーデジタル
金融・保険, 損保	7	SMBC日興コーディアル証券, ゴールドマン・サックス証券, ジブラルタ生命保険, 東京海上日動あんしん生命保険, 三菱UFJモルガン・スタンレー証券, 三井住友銀行(1,1)
その他	3	TBSテレビ, 日本自転車競技連盟, 総務省
進学	66	(博士課程:9) (修士課程:58)

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 以外の人も

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)

非線形数理

自然計算

音声処理



定兼教授



郡教授



成瀬教授



猿渡教授

暗号理論

機械学習

コンピュータ



縫田准教授



鈴木准教授



近藤准教授