

東京大学工学部 計数工学科ガイダンス

2025.4.25

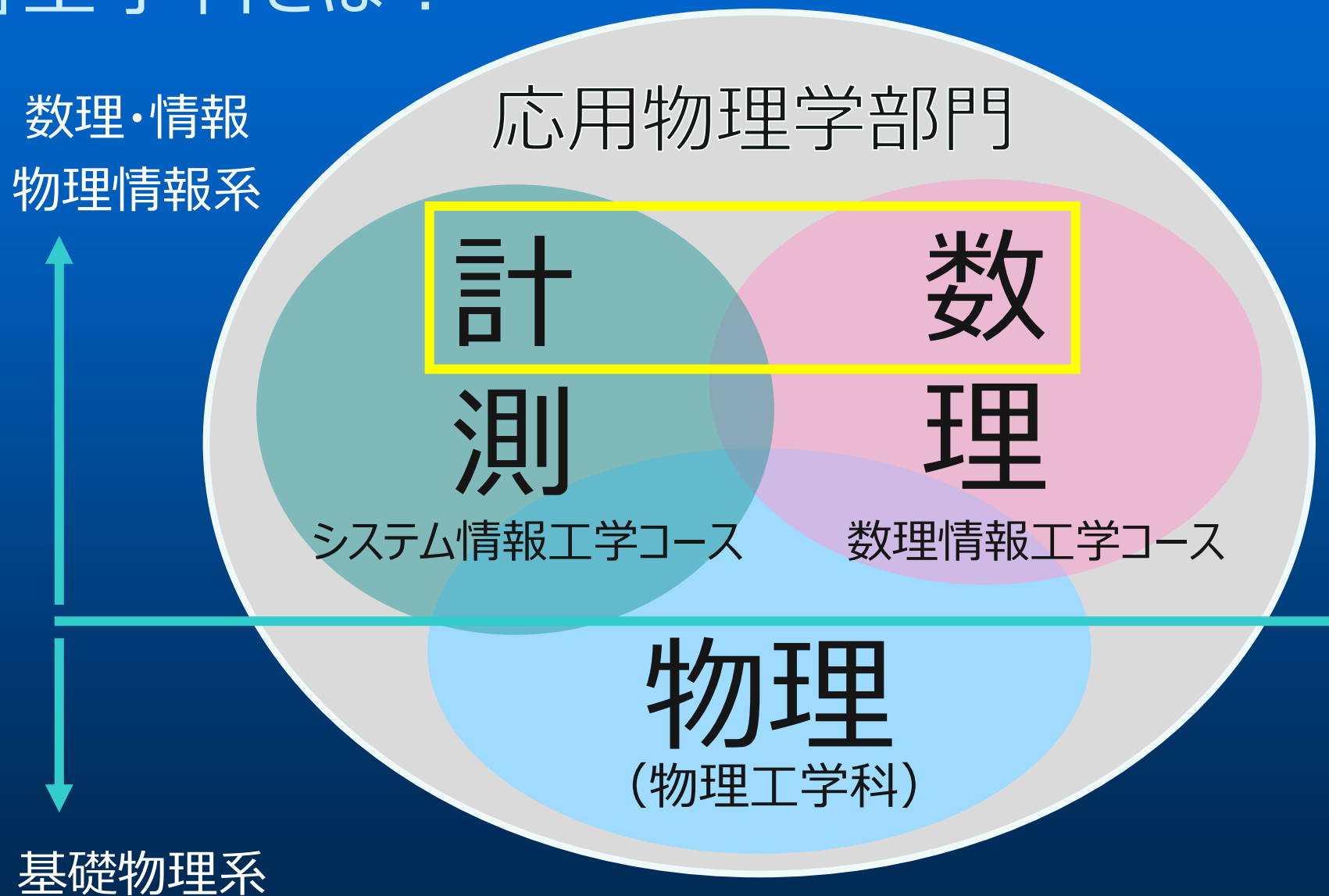
<https://www.keisu.t.u-tokyo.ac.jp/>

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！

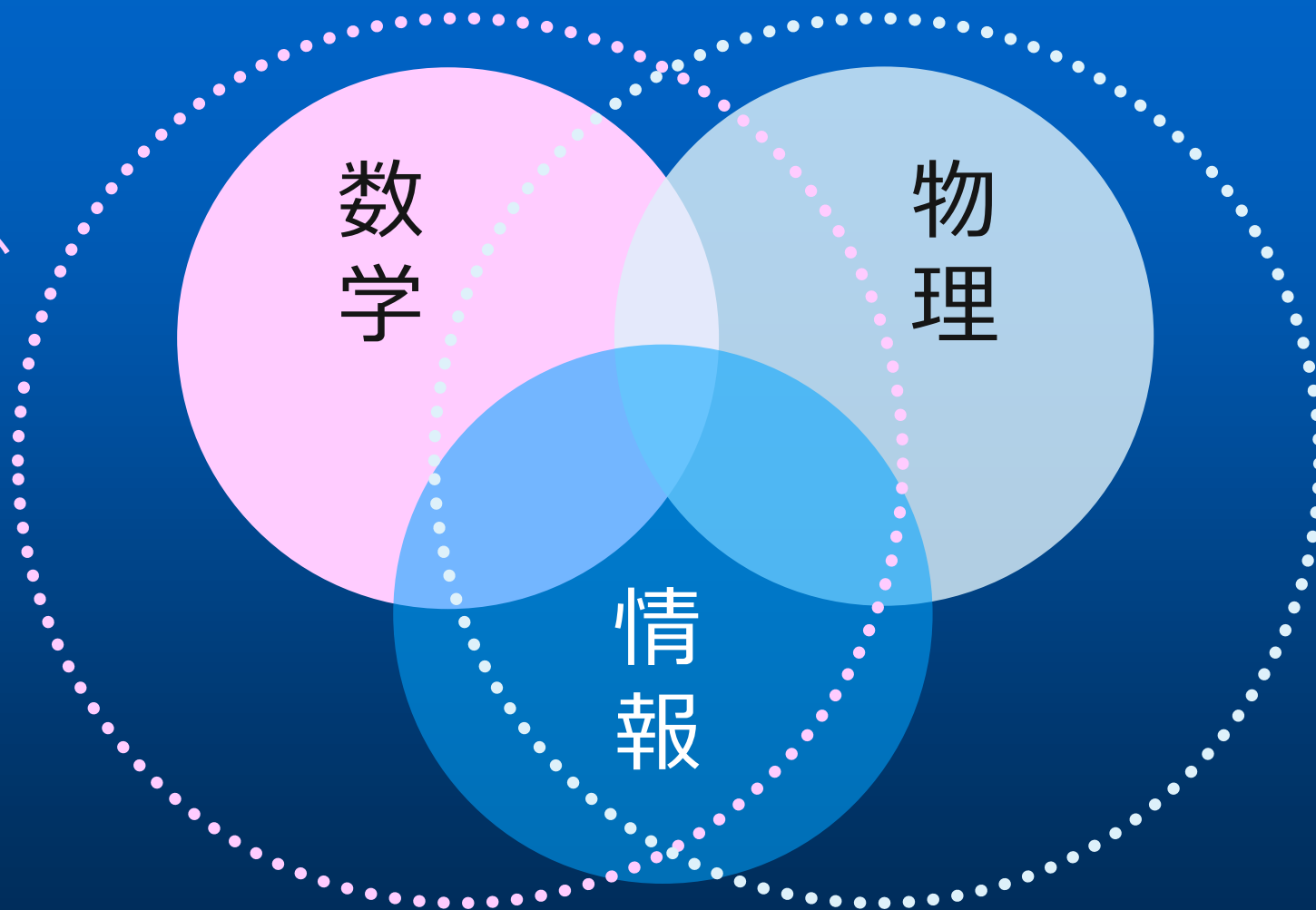
計数の2つのスタイル

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

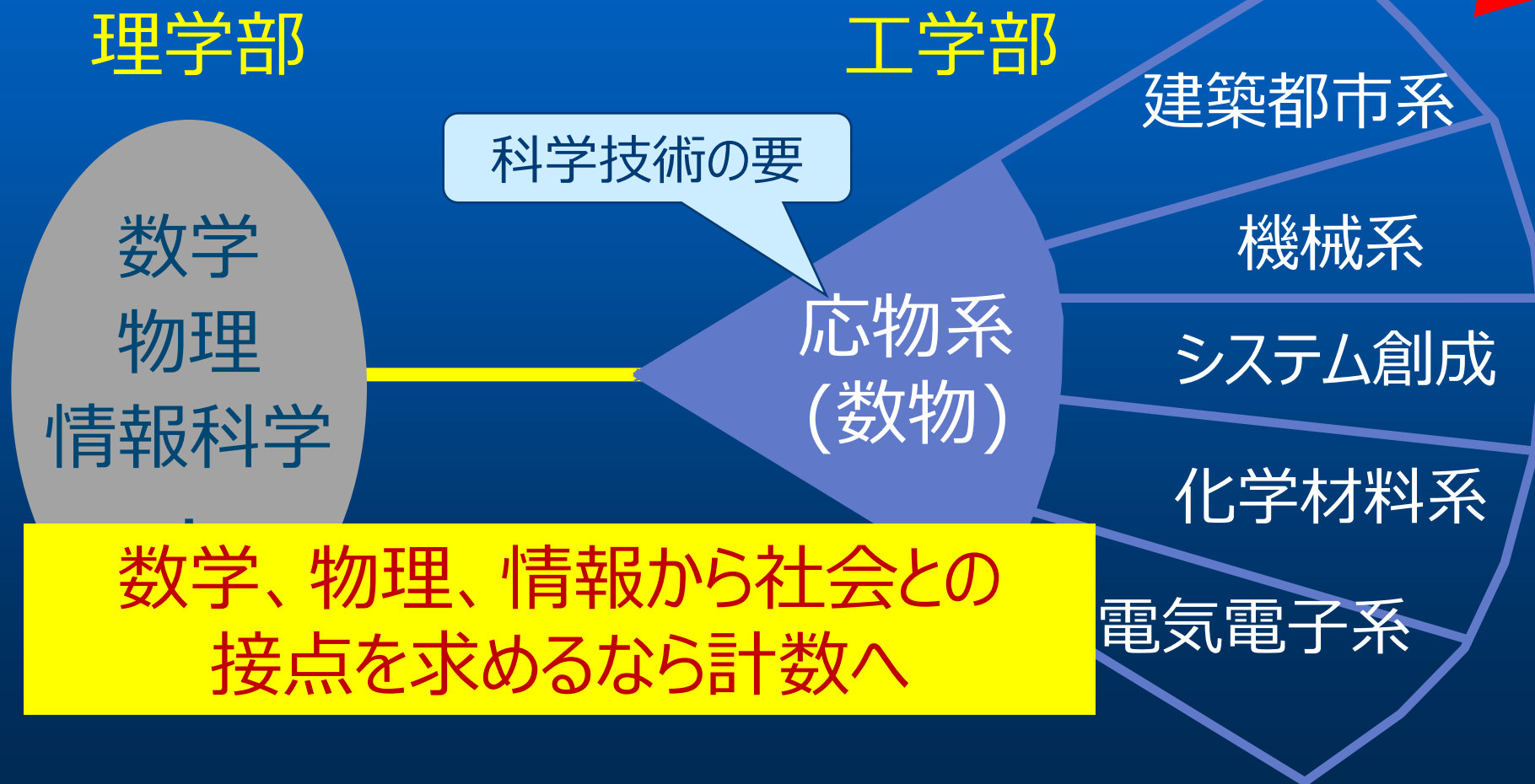


計数工学科を選ぶ 7つの理由

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 …)



そういう人こそ
計数へ

計数工学、数学、物理学の違い

数学的な厳密解法

数学を用いて現象を
モデリングする
現象からヒントを得て

もちろん。。。

天才のあなたも心配ありません!

物理学

物理の真理探究

物理学の知識や思考法を
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

?

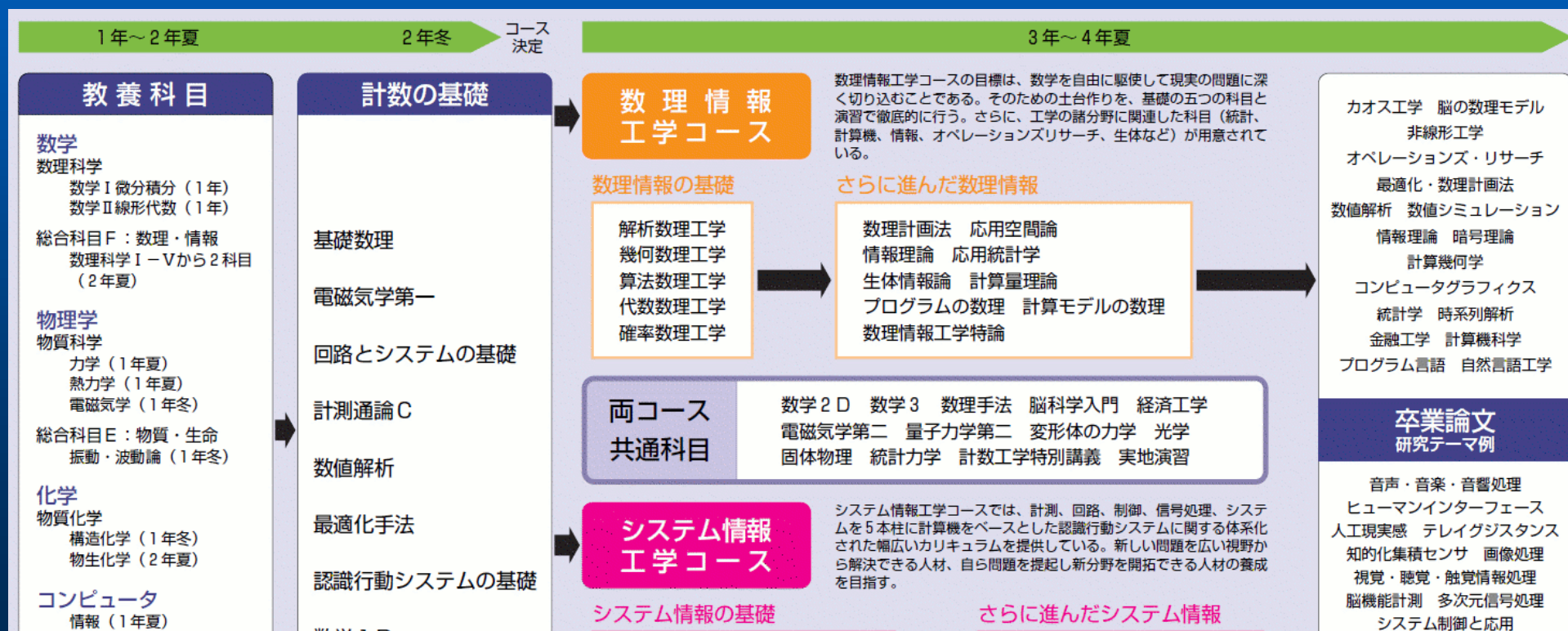
ロボット、IT、医療 など、研究の出口はいろいろ。
それぞれを専門にしている学科と何が違うの？

例えば（一般の大学の）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

- 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)

その通り！



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）

総合科目F：数理・情報
情報科学（1年冬）

その他

外国語、人文科学、
社会科学など

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

数学ⅠD
数学及び力学演習Ⅰ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

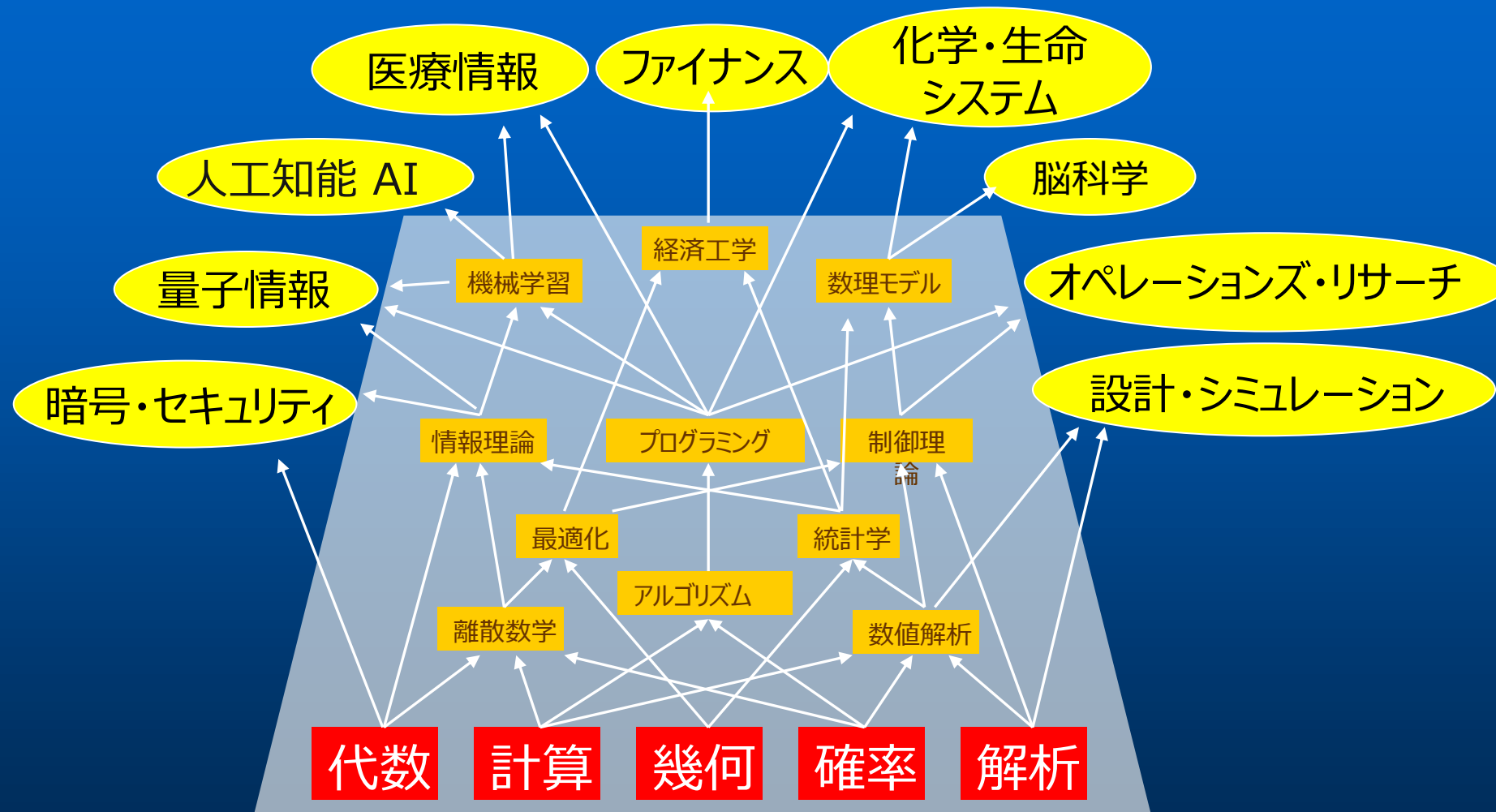
制御論第一、第二、第三
信号処理論第一、第二
回路学第一、第二
計算システム論第一、第二
認識行動システム論第一、第二

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

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
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borg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れる力を養成

映像、音声、
ロボットを自在に

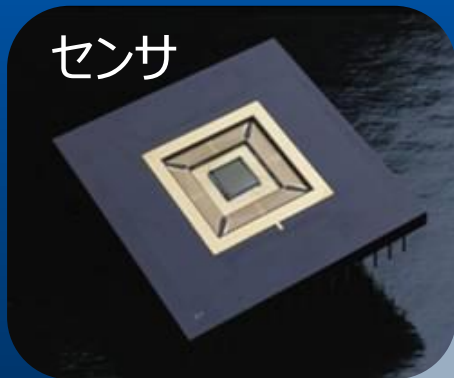
ロボット



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

回路

システム

計測

アクチュエータ

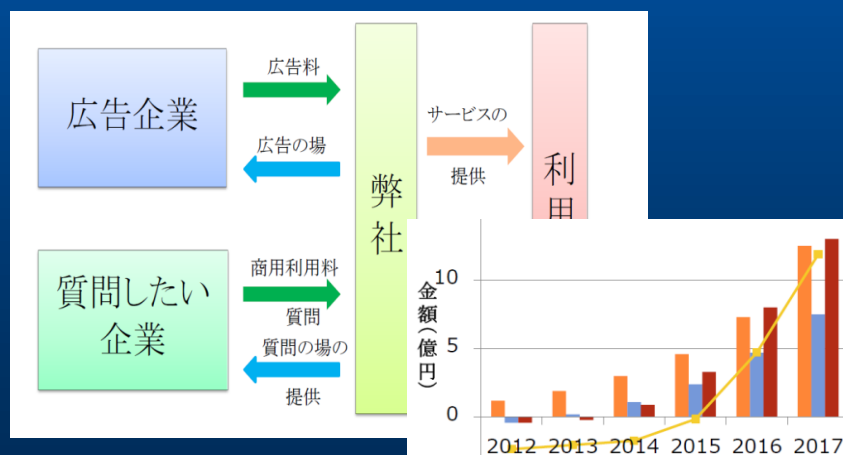


数学・物理学（波動、音、電磁気、熱、力学…）

実験テーマ・風景



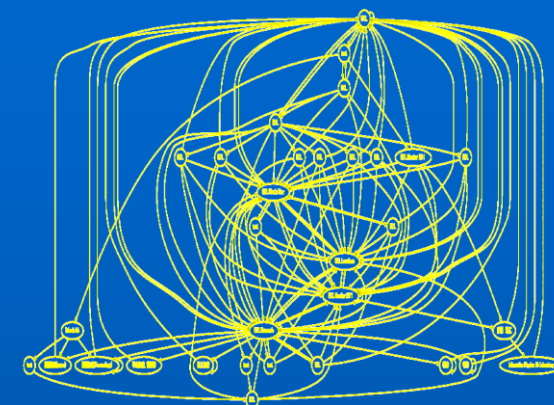
音響実験



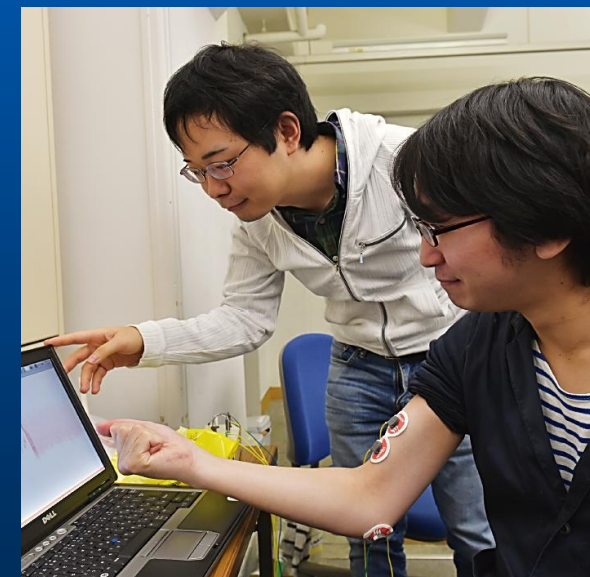
バーチャルネットベンチャー



カオス システム



Web グラフの解析



生体信号の計測と解析

4年実験（三二卒論）・卒業論文

卒業論文発表会 (コース間で交流)



研究室輪講

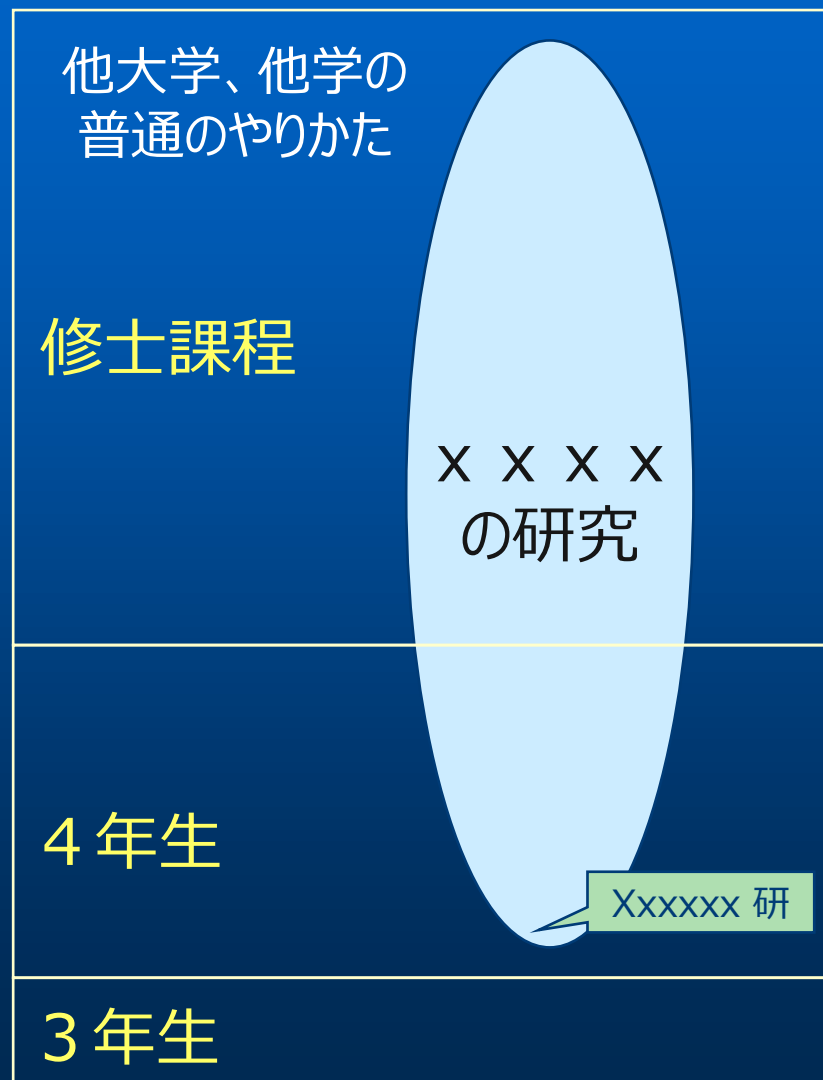
パソコンを貸してくれるという噂

- 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！



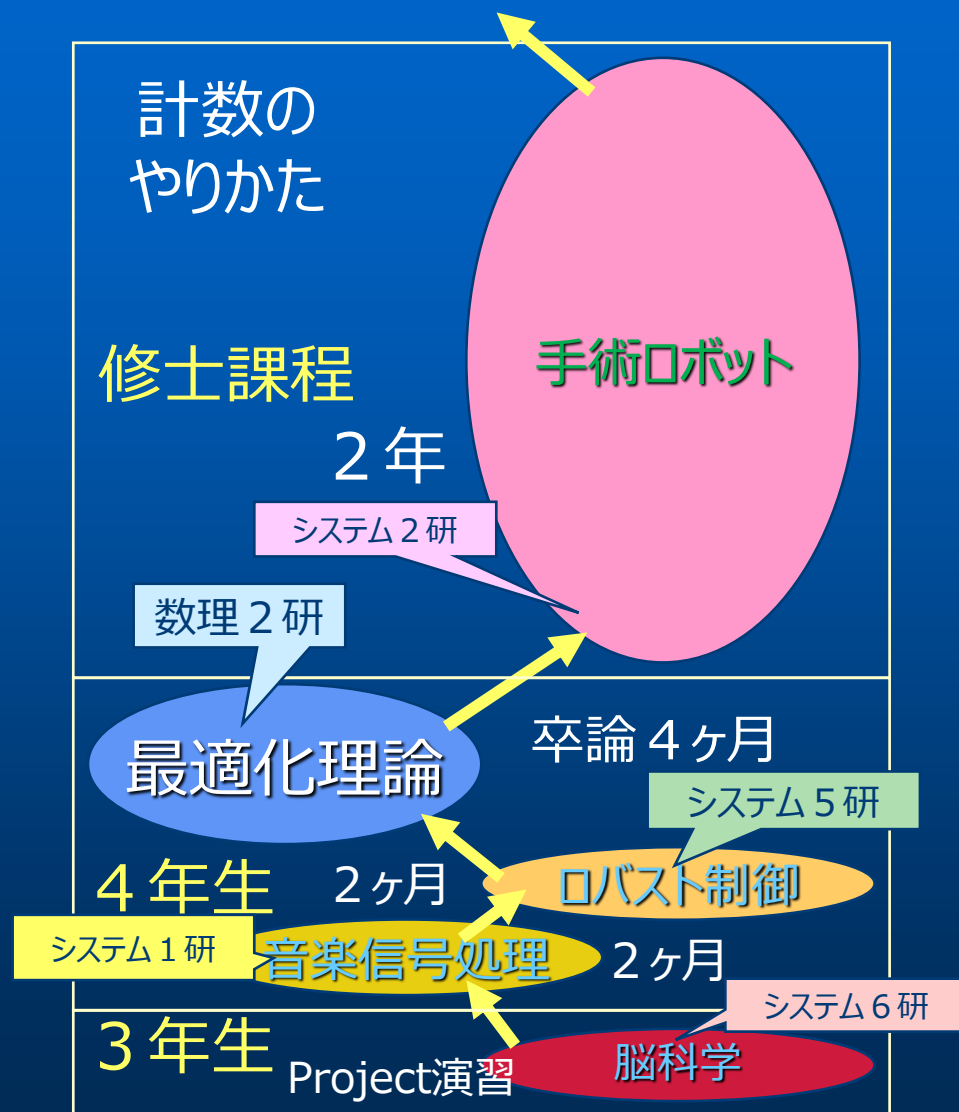
理由3：様々な分野で鍛えられる



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

複雑ネットワーク

統計

エスカレーターと階段の組み合わせによる輸送効率変化の分析
 遅延フィードバック下での繰り返し標準型ゲームの学習ダイナミクス
 Villányiの定理を用いたランダムグラフ剛性相転移の解析
 ノイズを受けた振動子ネットワークにおける同期状態の確率的遷移
 円周上の最適輸送によるパラメータ推定
 蔵本モデルに基づく非線形状態空間時系列モデルを用いた同期現象の解析
 Prox-DCAに基づく散逸数値解法の提案

数値解析

座標情報を含む三角形メッシュの効率的な表現法
 高速な構造保存解法の数値的性能評価
 禁止パターンを持つ順列に対する簡潔データ構造
 有限体上の多変数多項式問題における解の存在確率について
 双対平坦空間における双対接続に基づく測地線を用いた最適化手法

最適化

アルゴリズム

分子の立体構造の類似度に関する研究
 高次相互作用のある相利共生力学系のtipping pointの評価
 多様体上の最適化による一般化リアプノフ方程式の低ランク近似アルゴリズム
 バンディット及び遅延フィードバック環境下でのオンライン構造予測アルゴリズム
 Submodular Functions Minimization with Dueling Oracle (確率的比較オラクルを用いた劣モジュラ最小化)
 完全準同型暗号TFHE上でのグループ化ベクトルの安定ソート
 スイッチコストを伴うオンライン最適化とファイナンスへの応用
 超特別な種数4超楕円曲線の効率的な部分列挙アルゴリズム
 離散凸関数の二目的最適化

暗号理論

脳科学

AI 機械学習

An expansion of the controllability score to infinite dimensional systems (無限次元システムへの可制御性スコアの拡張)
 テンソルの補完一意性を保証する組合せ的十分条件の研究
 標準モデルで適応的安全なLWE仮定に基づく効率的なIDベース内積関数型暗号の構成
 多様体上のオンライン凸最適化について
 可変計量直線探索に基づく近似Bregman近接勾配法
 ボルツマンマシンの擬似尤度比検定と脳波エネルギー地形解析への応用
 行列スケッチングを用いた縮小ランク回帰
 確率勾配法に対する弱離散勾配的アプローチについて
 4人での無羨望なケーキ分割問題のグループへの拡張
 Hessian-guided Perturbed Wasserstein Gradient Flow for Escaping Saddle Points
 (ヘシアン情報を用いた摂動付きWasserstein勾配流の二次最適性)
 Partial Key Exposure Attack on Falcon (Falconに対する部分鍵導出攻撃)
 Analysis of Linear Consensus Algorithm for Strongly Connected Graph Using Effective Resistance
 (有効抵抗を用いた強連結グラフに対する線形合意アルゴリズムの解析)
 Fair Allocation Under Conflict Constraints (コンフリクト制約下の公平配分)
 Modified K-means method with local optimality guarantees (局所最適性保証付き修正K-means法)
 離散拡散モデルにおける推定誤差解析

被験者の反応に基づくオンライン画像合成によるメタマー空間の探索

数理工学
 ≠ 応用数学

音響・音声

ロボット

生体

通信・コンピュータ

脳科学

ヒューマンインタフェース

制御

計測

VR

卒論乗り入れ

空中超音波による快触覚刺激の評価および生理指標を用いた客観指標の検討
分散マイクロホンアレイにおける補助関数法に基づく非集中型ブラインド音源分離

中心点を用いたイベントトリガー型通信によるレジリエント合意

ロボット支援下手術における補助アームと挿入ポート配置の最適化

上半身の情報のみを利用した歩行予測の研究

干渉テラヘルツ波による光音響効果を用いた水中超音波の焦点形成

情動の類似度表象と飲酒経験やうつ傾向との関連性の検討

環境熱源を利用した気液相変化駆動による二温度帯動作型ソフトアクチュエータの開発

空気圧リザーバコンピューティングを用いた2自由度手首のマルチモーダル推定

光電気リザーバコンピューティングにおけるデジタルツイン

Modeling of Memory Usage in Training of Reversible Residual Network for Parallel Distributed Processing

(Reversible Residual Network の並列分散学習に向けたメモリ使用量のモデリング)

超音波フェーズドアレイによる角スペクトル法に基づくボトルビームの生成と応用

オンライン空間的音声変換

人間の知覚を組み込んだCLAPScoreの検討

細胞のアクティブ応力を考慮したトポロジカル欠陥の空間分布推定

脳波を用いた時間スケールの異なる注意の揺らぎの解析

回転因子に着目した数論変換のAMD AI Engine向け並列化

独立深層学習行列分析に基づく拡散性雑音下教師有りリアルタイム多チャネル音声抽出

等価回転音源を用いた要救助者の定位

レーザー誘起グラフェンの光熱変換による荷重制御可能な積分変換センシングの基礎検討

ベイジアンネットワーク構造学習におけるRAIアルゴリズムの再帰性と並列性を用いた高速化

知覚トレーニングによる視覚の時間解像度およびアルファ波の変調可能性の検討

超音波による空中触覚提示のみを用いたゲームデザインの研究

光フェーズドアレイを用いたゴーストイメージングにおけるアンテナ配置

複数ホスト構成のROS 2システムに対するスケーラビリティ評価手法

AIエージェントとの対話を通じたアバタ装用時の行動変容技術に関する研究

テラヘルツファンビーム走査による動的対象のレーダ追尾の研究

楕円体層構造頭部モデルにおける再生核を用いた皮質表面磁場の再構成

時間伸縮が運動学習に与える影響に関する研究

Online Control of Linear Systems with Adversarial Disturbances and Packet Losses

(敵対的外乱とパケット損失を伴う線形システムのオンライン制御)

湾曲型人工筋ハンドの圧力に基づく把持状態推定

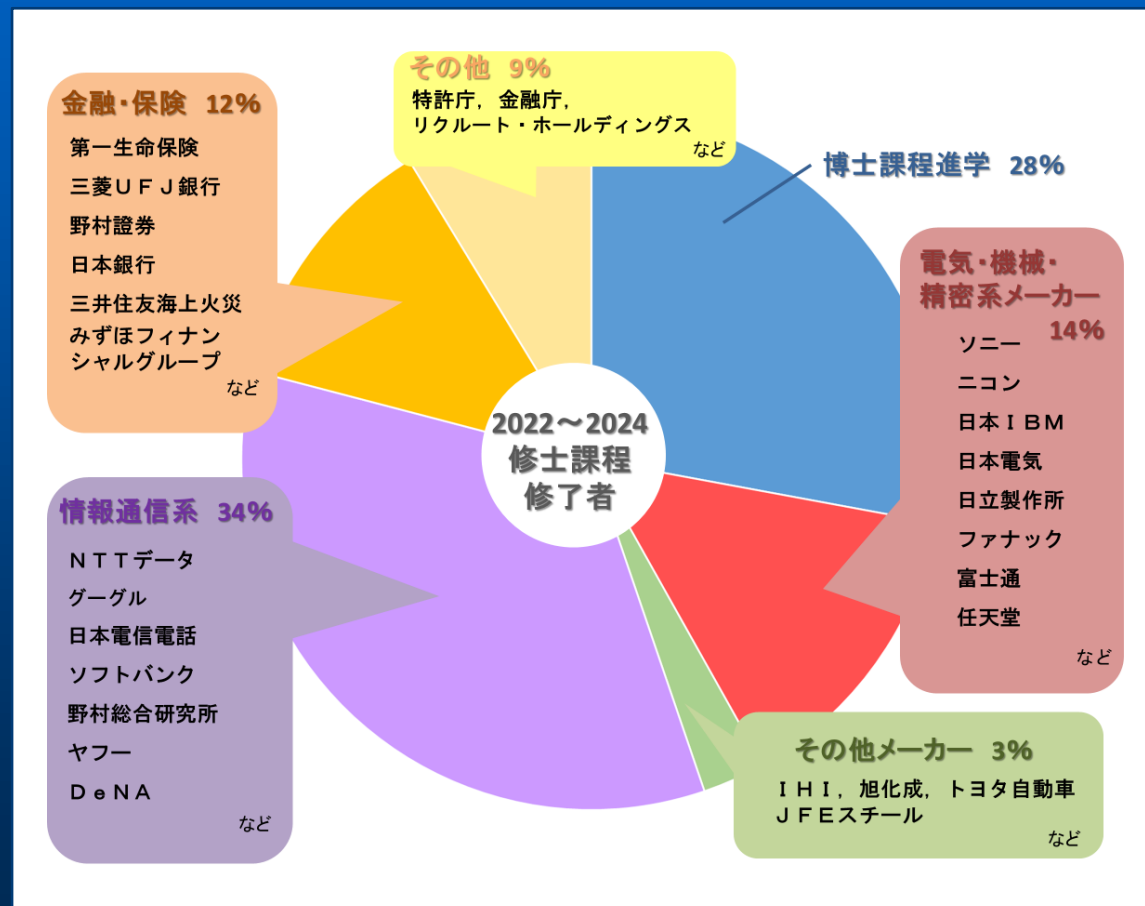
Optimal Rank Selection in Low-Rank Adaptation: A Theoretical Framework Based on Approximation Error

(低ランク適応における最適ランク選択: 近似誤差保証による理論基盤)

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

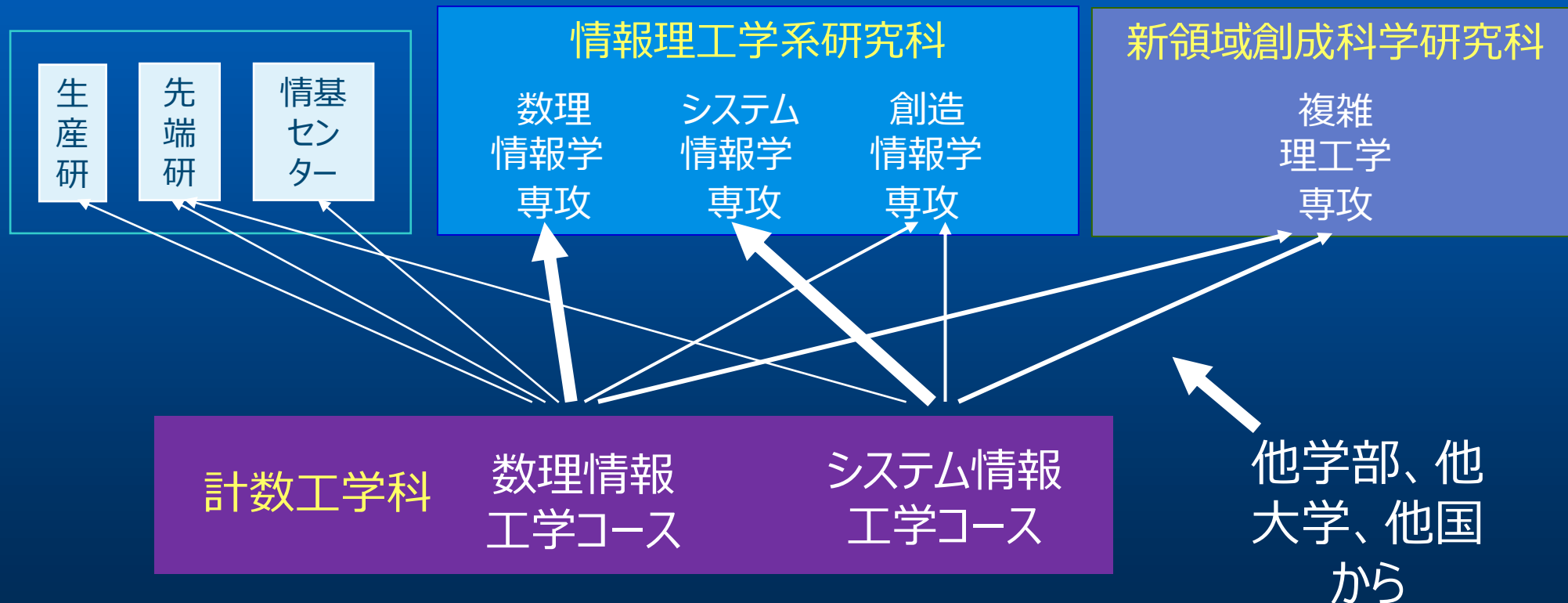


理由5：大学院が充実

計数には大学院がないと誤解されることも…正反対！

本当です！

大学院の定員 > 学部定員



個性的な先生たち

ほんとに多彩！

- 計数工学科の教員たち



良い本を書いている先生が多い

その通り！

この他にも沢山



理由6：学生の活動が盛んだから

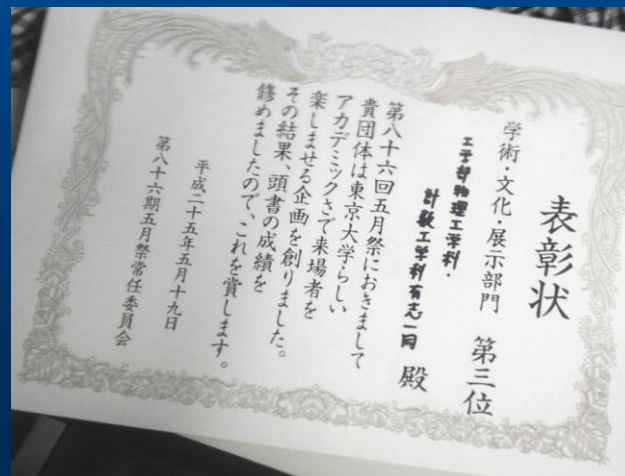
うれしい！

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 MFアワーズ学問・展示・実演部門 第1位
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 学術文化部門 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 1 4 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



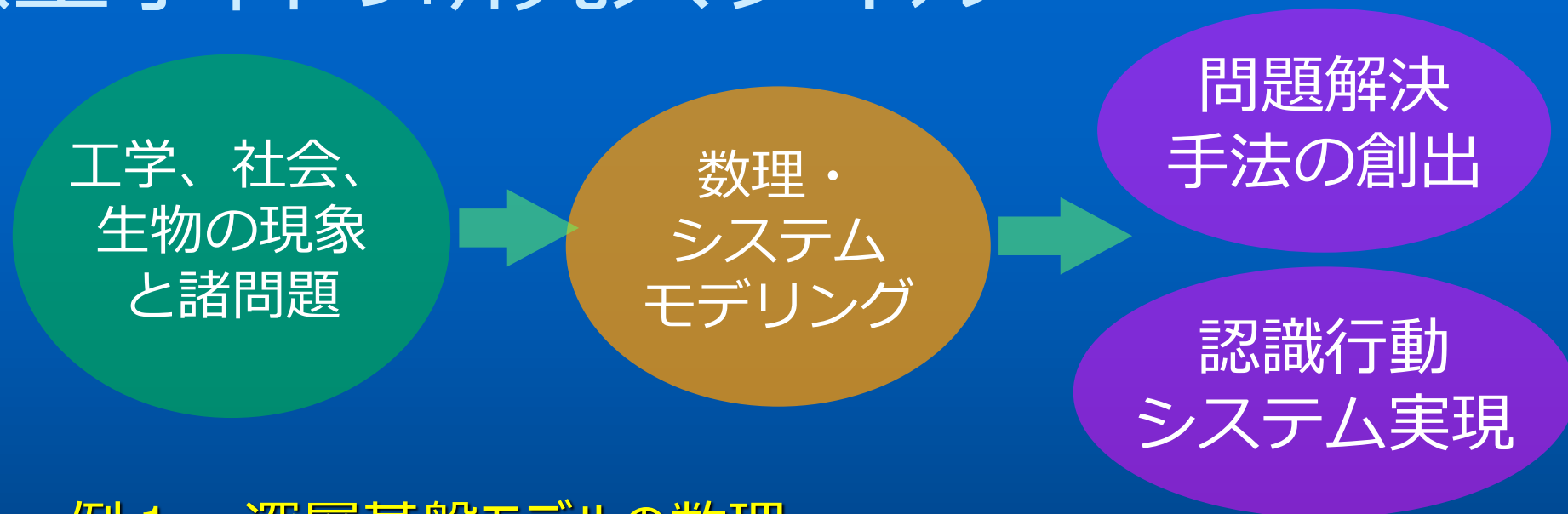
内部はリフォーム済



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 : 深層基盤モデルの数理
- 例 2 : 数理モデリングとデータ解析
- 例 3 : 情報セキュリティ・次世代暗号
- 例 4 : 手術ロボット
- 例 5 : センシング・制御・VR・ヒューマンインタフェース
- 例 6 : 脳科学・ブレインマシンインタフェース

例 1：深層基盤モデルの数理

- 生成AI・基盤モデルの性質を数理的に表現
- 重要な特性を理論的に証明し手法の開発に還元



DALL-Eによる生成画像

➤ 拡散モデルの最適性

データ生成過程の学習精度を理論的に解明
学習効率の最適性を証明

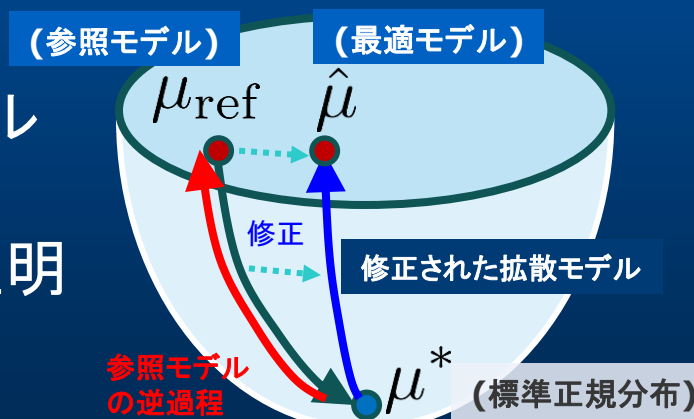
$$\mathbb{E}_{D_n} \left[\text{TV}(\hat{Y}, X_0) \right] \lesssim n^{-\frac{s}{2s+d}}, \quad (s: \text{密度関数の滑らかさ})$$

$$\mathbb{E}_{D_n} \left[W_1(\hat{Y}, X_0) \right] \lesssim n^{-\frac{s+1-\delta}{2s+d'}}$$

学習精度が最適なスケールリング則を達成することを証明

➤ 拡散モデルのファインチューニング手法

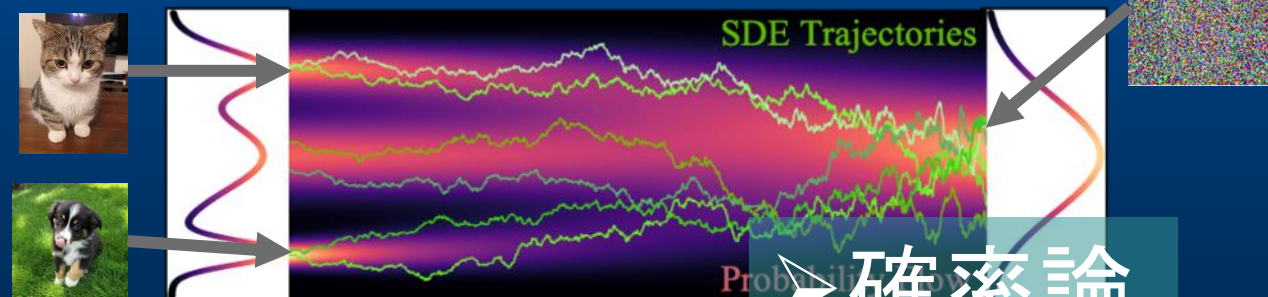
確率論によりモデル
の学習法を導出
手法の正当性を証明



$$dY_t = (Y_t + 2s(Y_t, T-t) + 2\nabla_x \log(\mathbb{E}[\exp(-\hat{g}(Y_{\bar{T}})) | Y_t = x] |_{x=\bar{Y}_t}))dt + \sqrt{2}dB_t$$

Doob h-transform

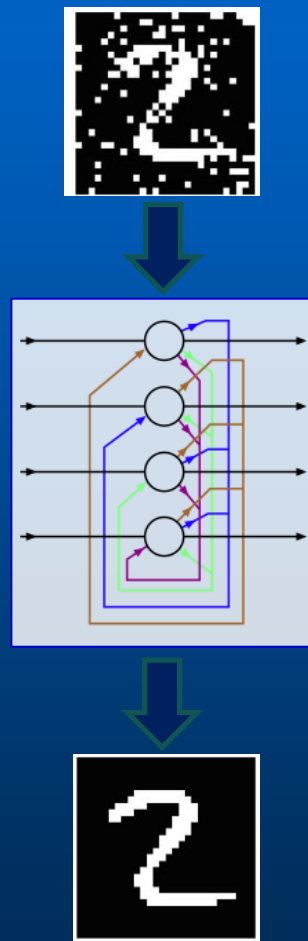
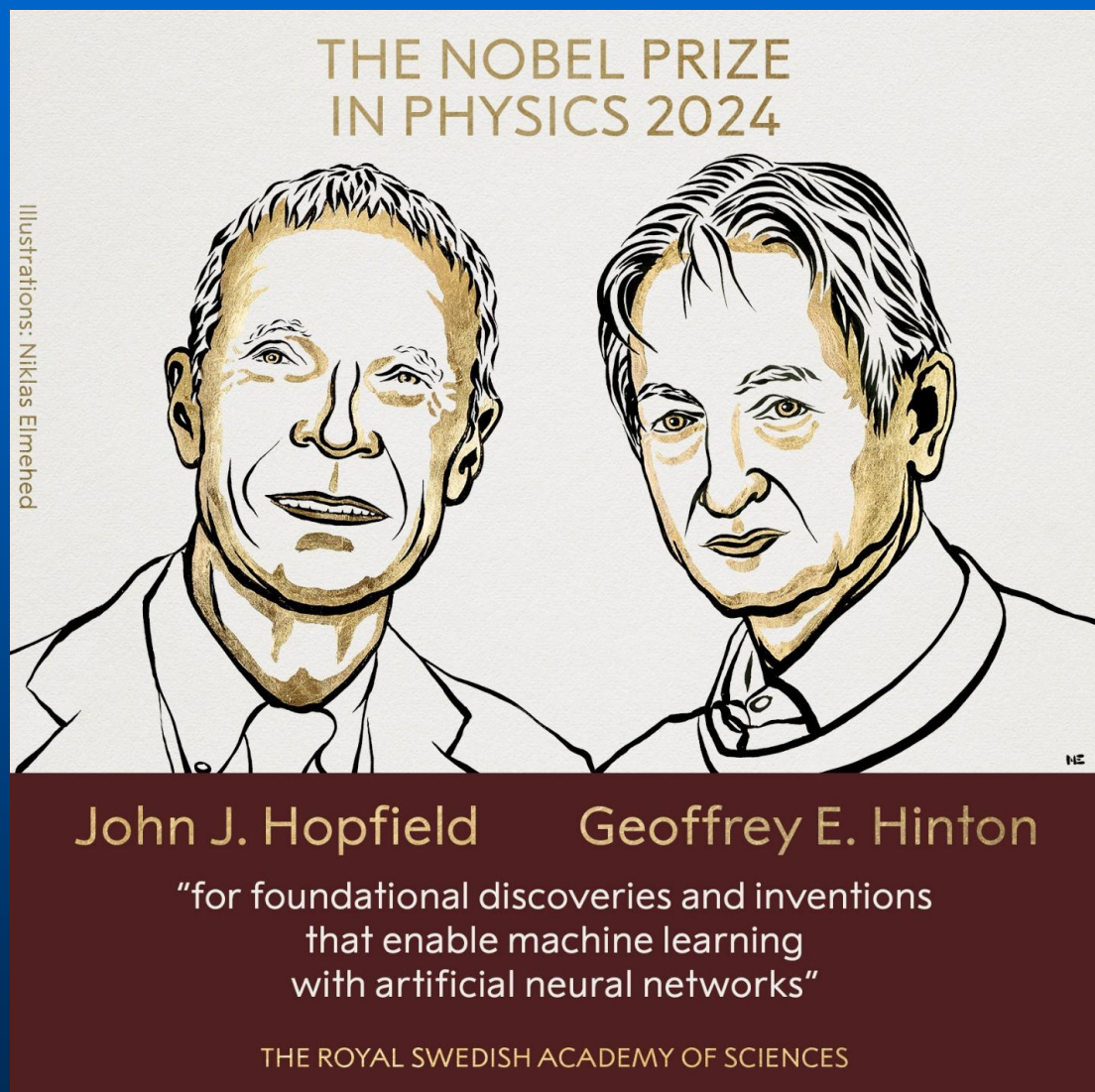
$$dX_t = -X_t dt + \sqrt{2}dB_t$$



$$dY_t = (Y_t + 2\nabla \log(p_{T-t}(Y_t)))dt + \sqrt{2}dB_t$$

確率論
物理学

2024年度 ノーベル物理学賞は AI の基礎理論に対して授与



「連想記憶モデル (Hopfieldネットワーク)」

実は. . .

計数工学科は、Hopfieldネットワークと全く同じ連想記憶モデルを
10年先駆けて考案していた。



甘利俊一 名誉教授
(計数工学科 OB)

Shun-ichi Amari: Learning Patterns and Pattern Sequences by Self-Organizing Nets of Threshold Elements. IEEE Transactions on Computers, vol. c-12, No.11, **1972**.

$$x_i' = \text{sgn} \left(\sum_j w_{ij} x_j - h_i \right). \quad (3)^2$$

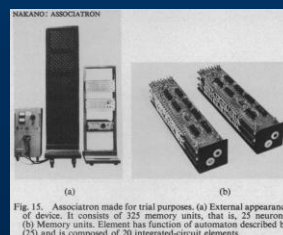


中野馨 教授
(計数工学科 OB)

Kaoru Nakano: Associatron- A Model of Associative Memory. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. smc-2, No.3, **1972**.

$$x_j(t) = \phi \left[\sum_{i=1}^s x_i(t-1) \cdot w_{ij} - \theta \right] \quad (6)$$

- ノーベル賞級の成果
- 機械学習の源流の創成
 - 現在のAttention機構に繋がる。
源流⇒最新【普遍性】
- 情報幾何学の創始



➤ 学習
➤ 物理
➤ 数学

例2: 数理モデリングとデータ解析

複雑な実現象を

自然・社会現象

本質抽出
モデル化



数理に落として

数理モデル



理論解析(力学系理論)
数値解析

実データを用いた
統計的推定



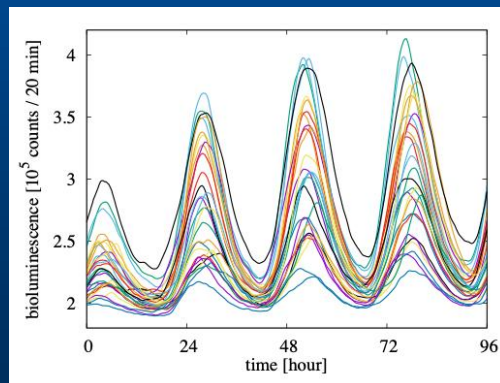
さらに実データに
合わせる(データ科学)

データ解析



情報抽出・定量的予測

遺伝子発現データ

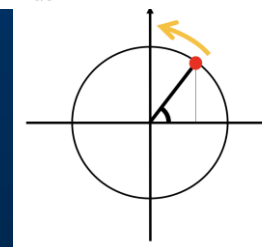
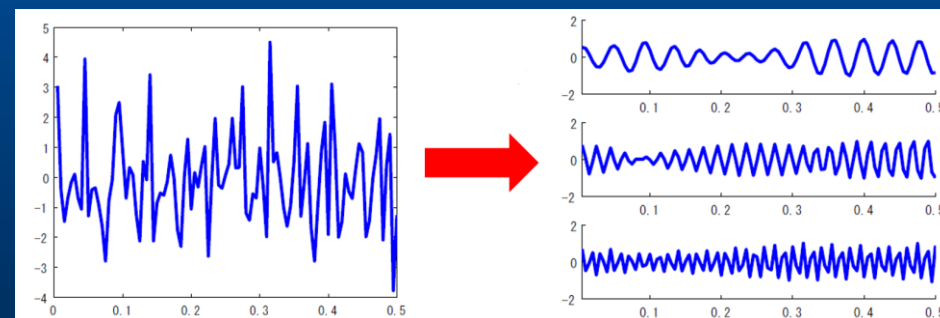


数理モデリング

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

$$\begin{aligned} x_{t+1} &= Fx_t + Gv_t, & v_t &\sim N(0, Q) \\ y_t &= Hx_t + w_t, & w_t &\sim N(0, R) \end{aligned}$$

時系列データの振動子分解



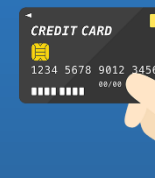
例 3 : 情報セキュリティ・次世代暗号

昔の暗号



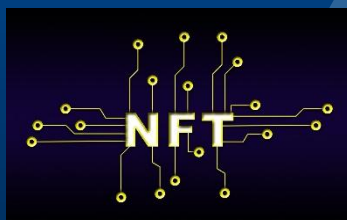
限られた人だけが使う特殊技術

現代の暗号



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

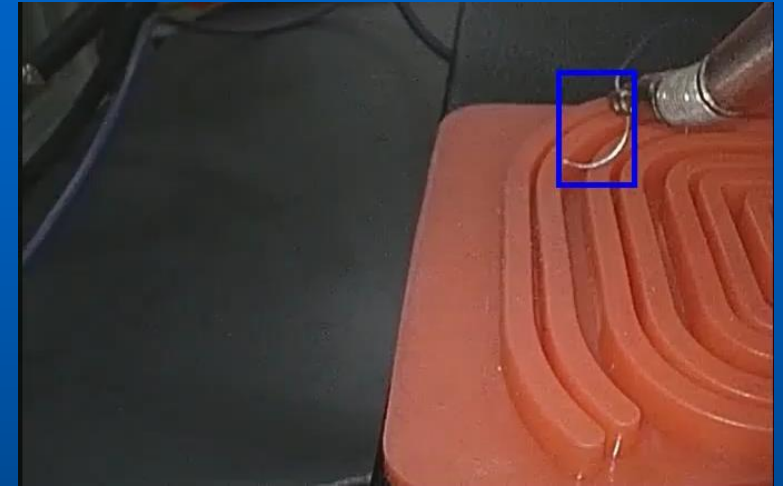


すでに無くてはならない技術 ⇒ 2025年のいま：量子計算機で現在の暗号が破れる
「ポスト量子暗号」の開発へ

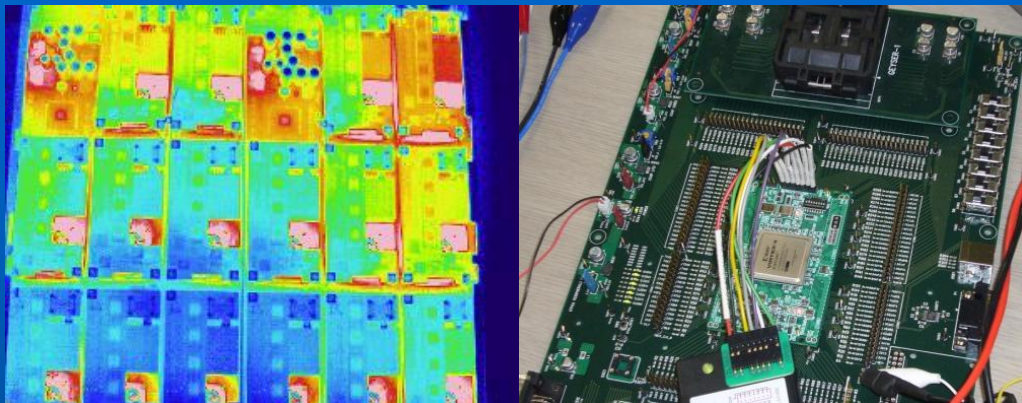
例4：手術ロボット

知能を実装した先端的システム

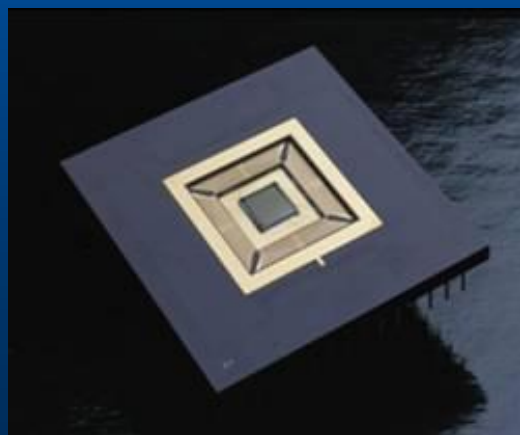
人間と協調する
半自動手術ロボット



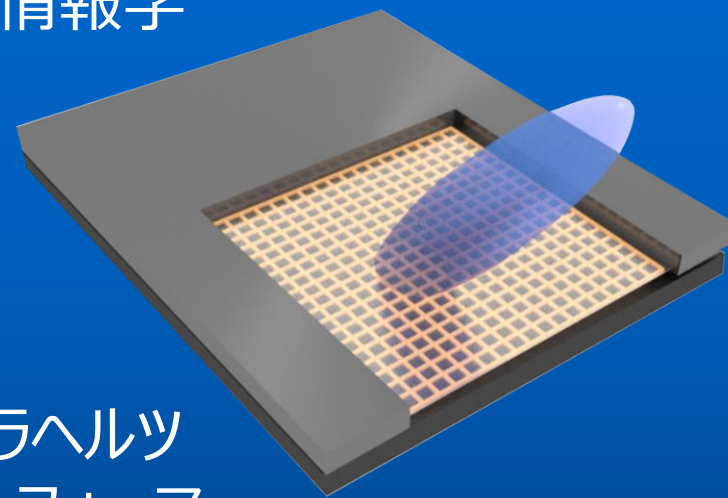
コンピュータ設計



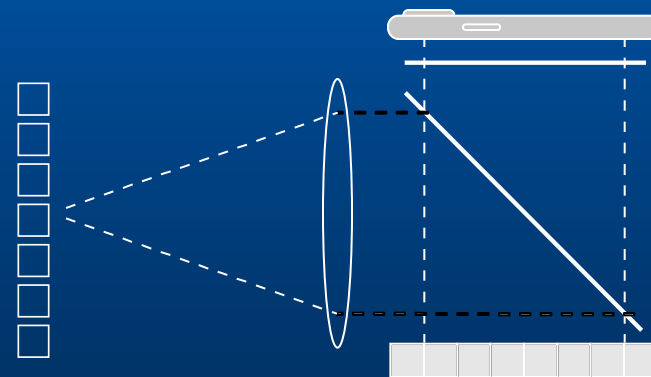
センサ



物理情報学



テラヘルツ ビームフォーマー



3次元映像再現

例 5 : センシング・制御・VR・ヒューマンインタフェース



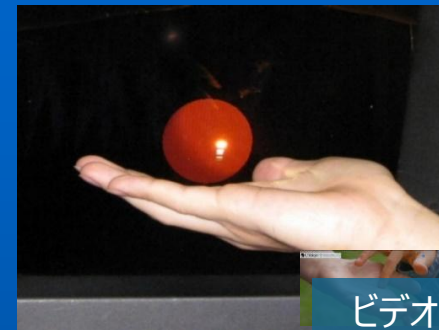
ビデオ

遠隔からの群制御



ビデオ

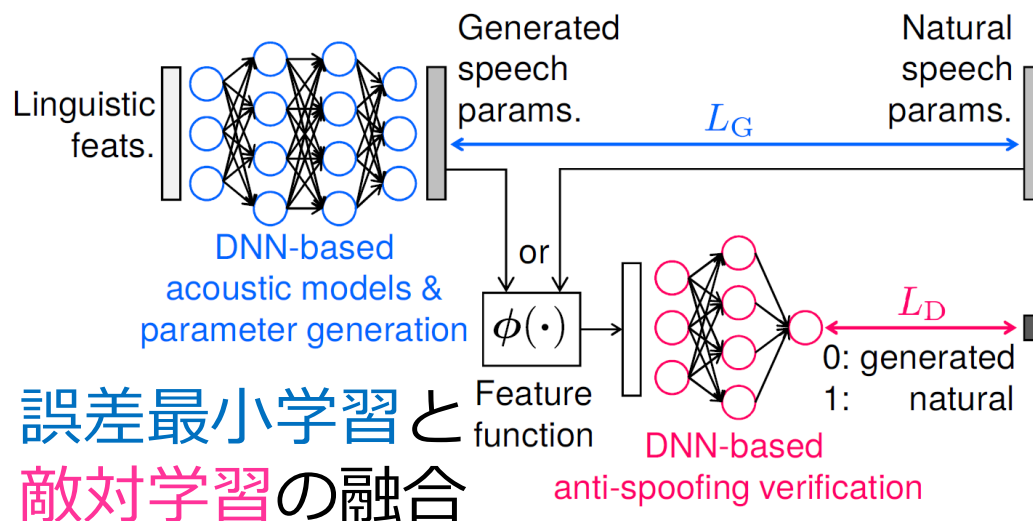
拡張する身体



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

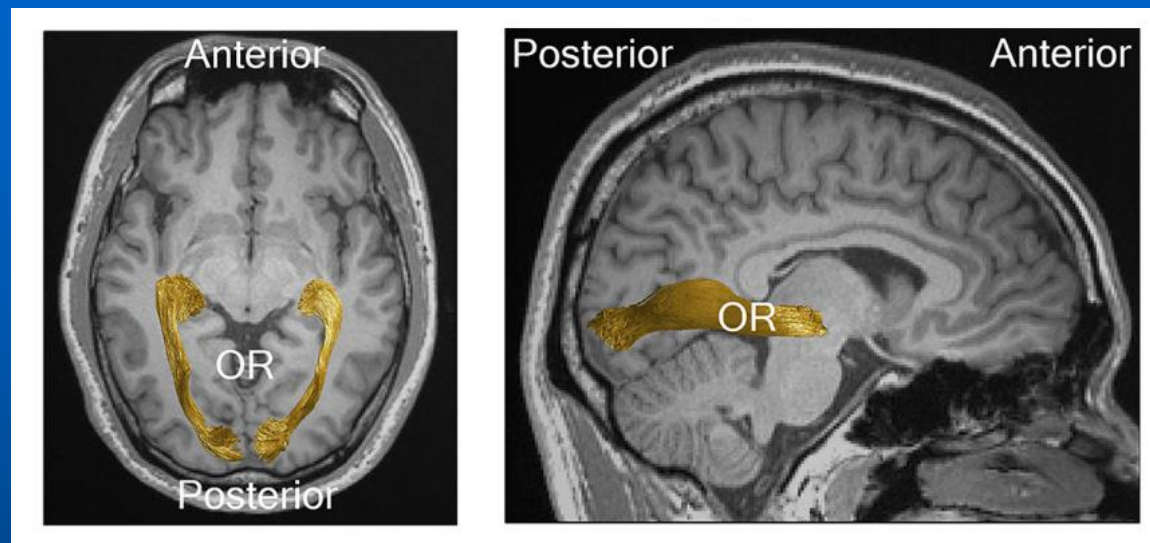


<https://www.youtube.com/watch?v=P9rGqoYnfCg>

例 6 : 脳科学ブレイン・マシン インタフェース

脳の中を知る

白質線維の可視化



経頭蓋電気刺激



経頭蓋磁気刺激



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）

例：データサイエンティスト、A I 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

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）

2030年にはIT人材は最大78.7万人の不足、AI人材は最大14.5万人不足

（みずほ情報総研2019年3月）

生成系AIの登場により、業務効率から、業務改革・創造にかかわるエンジニアリングへ。IT企業、サービス業、製造業、金融、生保、損保、コンサル、証券、流通、広告の分野で活躍

AI 時代の職業 (2/2) 先行する米国の事情

- データサイエンティスト就業率 (米) は2021年から2031年までに36%増加見込み (U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS)
- 平均給与 (米) は年間125,242ドル

IT業界から金融・医療まで幅広い就職

情報系を中心に幅広い学位が活躍

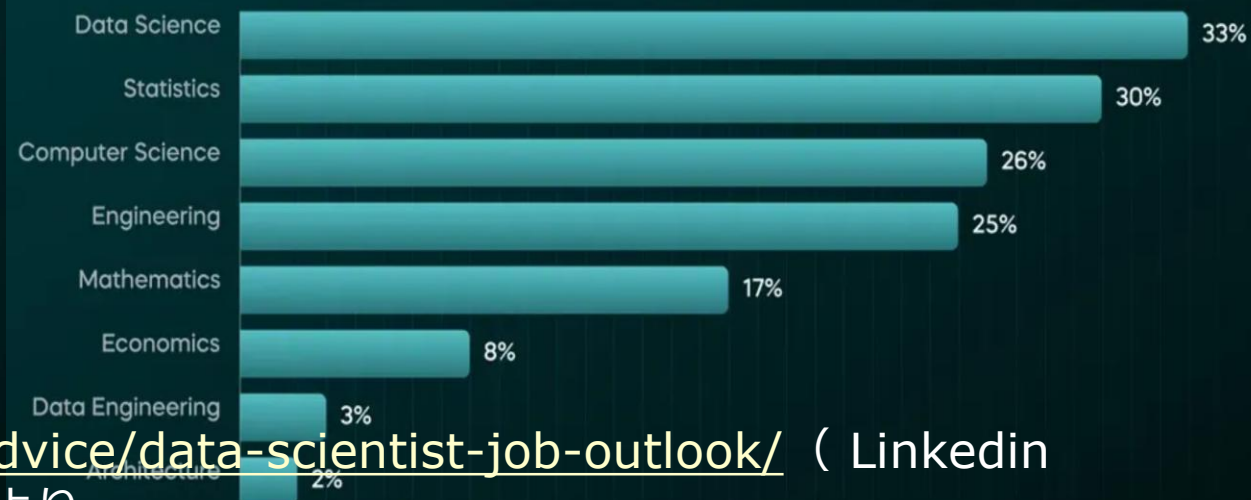
365✓

Number of Offers per Industry



365✓

Required Degrees



出典: <https://365datascience.com/career-advice/data-scientist-job-outlook/> (Linkedin
の求職票1000を分析した記事 (2023年4月)) より

例 2 : センシングで世界が変わる

- AI×ロボット の時代
- 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



R4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

情報通信, サービス業	22	アクセンチュア, インフォテック・サービス株式会社, エクサウィザーズ, SAPジャパン株式会社, NTTデータ先端技術, Google Japan, スカラ, Digital Experts, 日本総合研究所(2), NTT, フィックスターズ(3), Preferred Networks, リクルート, 電通, 博報堂, 楽天, 経営共創基盤, AILI合同会社, HUAWEI
メーカー, 製造業	5	キーエンス, ソニーグループ, NEC, 富士通, 凸版印刷
金融・保険, 損保	6	東京海上日動火災保険, 日本生命, みずほ証券, 三井住友海上火災保険, 明治安田生命保険相互会社, モルガン・スタンレー
その他	4	厚生労働省, 総務省, デジタル庁, 財務省
進学	83	(博士課程:21) (修士課程:62)

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。

脳科学 天野教授



音声処理 猿渡教授



機械学習 鈴木教授



暗号理論 高安准教授



テラヘルツ波 門内准教授



統計学 松田准教授



分子モデリング 宮廻講師



最適化 伊藤准教授



計数工学科見学会

(システム情報工学コース)

駒場リサーチキャンパス

5月13日(火) 17時40分～

集合場所：先端研3号館512号室

参加申込 <https://forms.gle/RuHJWR2icQkZqoPBA>

本郷キャンパス

6月10日(火) 17時40分～

集合場所：工学部6号館1階 大会議室

参加申込 <https://forms.gle/KCfdjwSbFNwJFW6G9>

* 建物の玄関を入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

