

# 量子人材育成： 若いうちに量子に『触れられる』機会を作る試み

電気通信大学大学院  
情報理工学研究科 基盤理工学専攻  
岸本哲夫

# QLEAP 量子人材プログラム

## 量子ネイティブ人材

量子計算や量子通信などの量子技術に関する高い知識や技術を持つ人材

## 量子ベース思考型人材

他の専門を持った上で、量子力学的素養を兼ね備え、それをベースとした思考に基づき各自の専門分野で活躍できる人材

技術領域 : 人材育成プログラム

【共通のコアプログラム】 1件

研究開発課題名	研究開発代表者	所属機関	役職
量子技術高等教育拠点標準プログラムの開発	根本 香絵	情報・システム研究機構国立情報学研究所	教授

【独創的サブプログラム】 2件+ 1件

研究開発課題名	研究開発代表者	所属機関	役職
実践的研究開発による全国的量子ネイティブの育成	大関 真之	東北大学大学院情報科学研究科	准教授
量子技術教育のためのオンラインコース・サマースクール開発プログラム	野口 篤史	東京大学総合文化研究科	准教授

多様な専門分野で活躍する「量子ベース思考型」人材育成のための体験型プログラムの開発

岸本哲夫、清水亮介、丹治はるか、岩國加奈、小川朋宏

電気通信大学情報理工学研究科

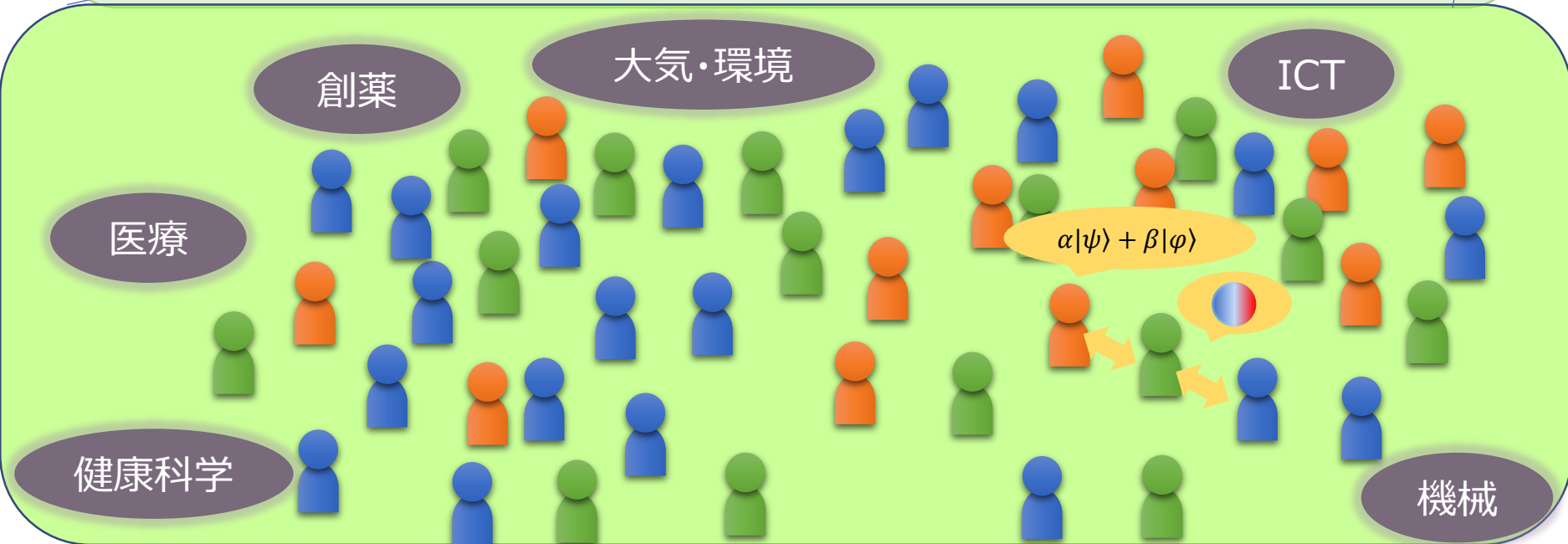
# 「量子ベース思考型人材」

## 量子ネイティブ人材

量子計算や量子通信などの量子技術に関する高い知識や技術を持つ人材

## 量子ベース思考型人材

他の専門を持った上で、量子力学的素養を兼ね備え、それをベースとした思考に基づき各自の専門分野で活躍できる人材



# 国内外の人材育成動向

## 国外

EU  
Quantum Flagship: Education & Training

UK  
National Quantum Technologies Programme:  
Training and Skills

USA  
Quantum Initiative: Quantum education  
Q-12 Education Partnership

## 国内

Q-LEAP人材育成プログラム  
情報・システム研究機構国立情報学研究所  
東北大学  
東京大学

東京大学量子ネイティブ育成センター

NICT Quantum Camp (情報通信研究機構)

Quantum Native Dojo  
(株式会社Quna Sys 阪大グループ)

## 他のプログラム

- (技術) 量子コンピューター、量子通信、情報理論的アプローチ。
- (教育) 量子技術の即戦力となるエキスパートを短期育成

## 本プログラム

- (技術) 量子センシング、物理現象に根差した教育。
- (教育) インTRODUKTORリーレベルを対象に、体験型実験の場の提供、教科書などよりも、実験教材の開発が主眼。

# 「量子ベース思考型人材」の育成



波と粒子の2重性？  
 不確定性原理？  
 トンネル効果？  
 ハミルトニアン？  
 演算子って・・・？  
 統計物理もやるの・・・？

“students face difficulties in sketching the shape of a wavefunction even if they know the correct mathematical form”

C. A. Weidner et al.,  
 2020 PERC proceedings pp. 563-568

抽象的な概念、高度な数学が障壁

体験的な教育を通じて量子技術に触れ  
 興味を持てるような仕組みづくり



# 育成プログラム概要

## ① 専門外の人にも興味を持てる教材の開発

- ✓ 原子・光学実験の歴史を追体験する実験キットの開発
- ✓ 量子力学を「体感」できる工夫

## ② 専門外の人材から成る参加者のプログラムへのリクルーティング

- ✓ 大学の教育プログラムの活用 →
  - ・ 低学年の必修化によるすそ野拡大
  - ・ 副専攻制度の活用
  - ・ プロトタイププログラムの構築@UEC
- ✓ スタンドアロン教育プログラムパッケージの提供  
→提供先：大学、高専、企業 など。

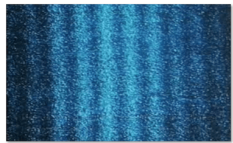
## ③ 裾野拡大のためインストラクタの育成

- ✓ プログラム修了者がインストラクタとなる自己複製型サイクルの構築

① 専門外の人にも興味を持てる教材の開発 

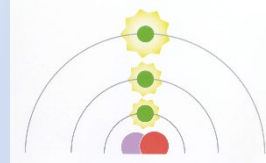
「量子ベース思考型人材」に必要な知識

波と粒子の二重性



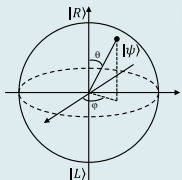
【画像出典: 株式会社日立製作所 研究開発グループ】

エネルギーの量子化

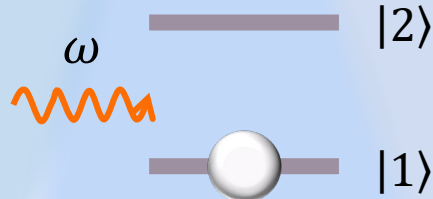


光子

2 準位系の表記



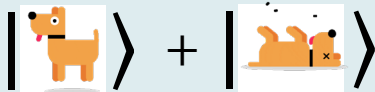
光と 2 準位原子・分子との相互作用



吸収・放出  
ドップラー効果

重ね合わせの原理

量子干渉効果  
もつれ状態



精密測定



194.671 226....THz

① 専門外の人も興味を持てる教材の開発



体験型実験キット の例

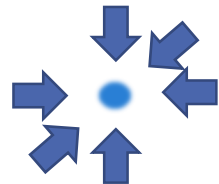
【実験テーマの設定】

- 現代の量子技術イノベーションにつながる基礎実験
- 量子計測・量子センシングに密接にかかわるテーマ
- 確実なステップアップのため難易度別に提供

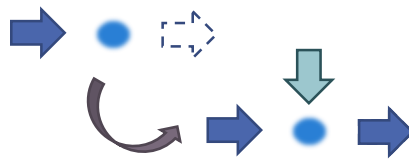
量子工学実験 (原子)



飽和吸収分光

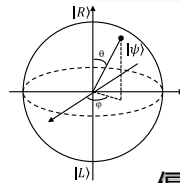


MOT生成、重力測定

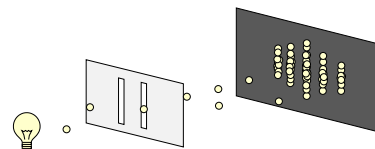


EIT

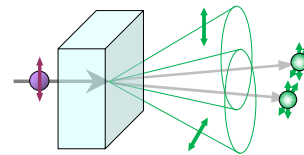
量子工学実験 (光子)



偏光測定、量子暗号

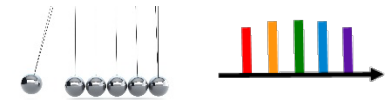


光子を数える、1光子の干渉



もつれ光の生成、光子干渉

光コム



振り子とパルスの光コム発生 Analogy



精密周波数計測



呼気分析

初級

中級

上級



① 専門外の人にも興味を持てる教材の開発



## 実験キットの具体的内容

### ① 光子実験

実験構成部品が比較的安価であるため、  
全ての実験課題について開発を予定。

### ② 原子実験

学内の既存のリソースを活用して  
全ての実験課題について開発を予定。

### ③ 光コム実験

光源を共有するなど一部簡易化するとともに、  
学内の既存のリソースを用いて  
全ての実験課題について開発を予定。

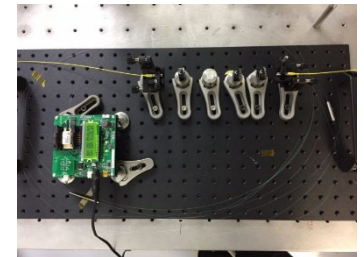
Quantenkoffer  
A Science Kit for Quantum Physics



参考：(独) qutools社製 量子光学実験キット



参考：(米) ColdQuanta社製 冷却原子実験キット



参考：(日) 光響社製 光コム実験キット

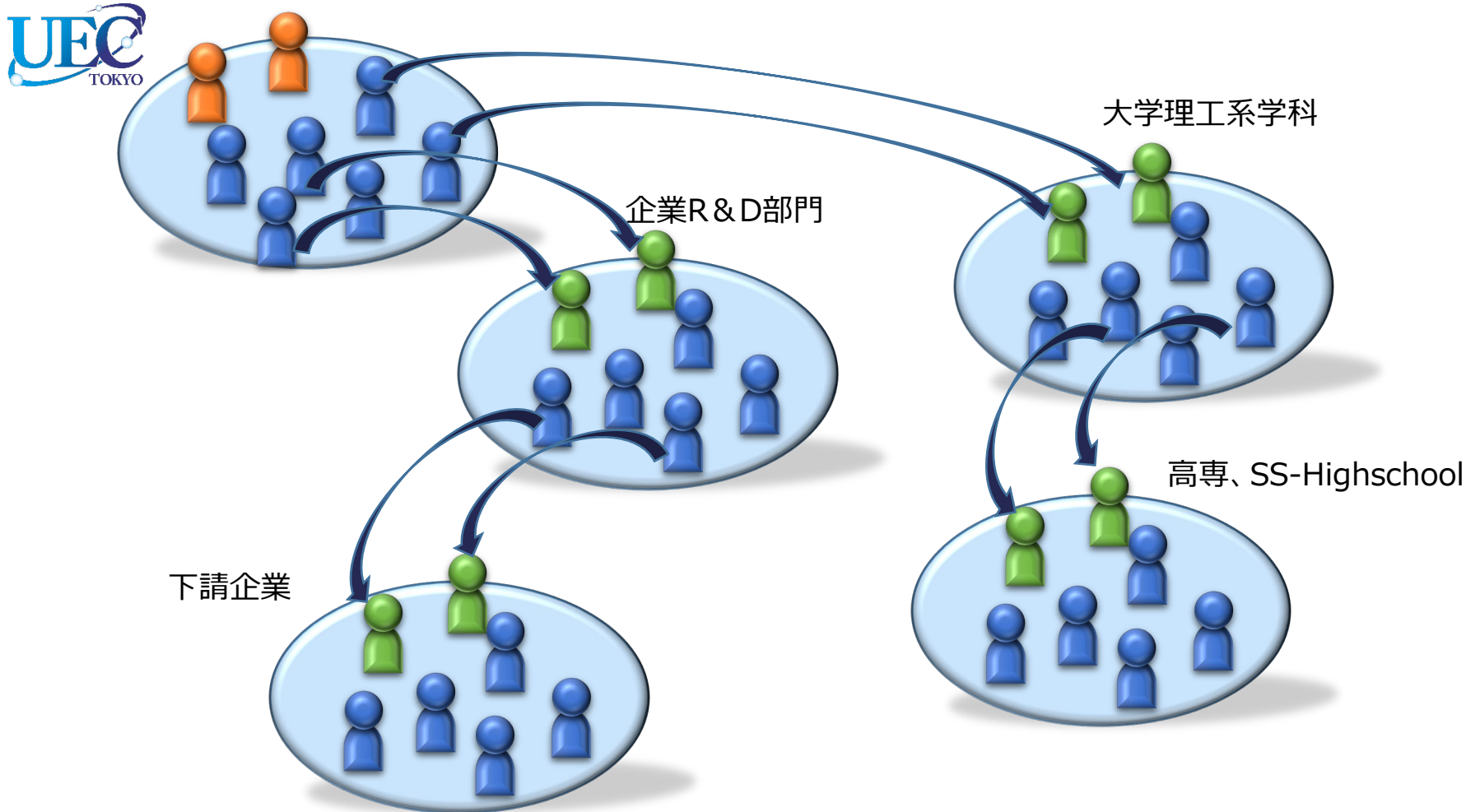
✓開発スケジュール：2年目以降の試行に間に合うように**プロトタイプを開発**。

**並行して、低価格化、操作性の改善を検討。**

✓個数、価格、製造者については、開発期間中に検討を行う。

③ 裾野拡大のためインストラクタの育成 

プログラム修了者がインストラクタとなる 自己複製型サイクル





## ② 専門外の人材から成る参加者のプログラムへのリクルーティング

### 開発プラットフォーム としての環境



#### 研究環境

- ◆ 光・量子科学研究を専門とする研究者多数
- ◆ 2014-2017 年における「原子・分子・量子エレクトロニクス」分野での  
科研費採択件数で常に 2 番手
- ◆ Q-LEAP プログラムの量子計測・センシング領域において、  
2 件の研究開発課題が採択

#### 教育環境

- ◆ 創造力開発実験  
(Elementary Teaching Laboratory; ETL) プログラム
  - 1996 年に開発
  - 体験型実習コンテンツがレーザー夏の学校等に導入  
(本学で受講した学生をインストラクタとして派遣)



+ 立ち上げに関わる有志学生の組織づくり “UEC Quantum Base”

② 専門外の人材から成る参加者のプログラムへのリクルーティング



# 社会への波及効果



企業R&D部門



SS-Highschool



大学理工系学科



プログラミング教室



科学教室



高専



高校



日本科学未来館



生涯学習センター



市民講座



小中学校



裾野の拡大と共に 接続性を。

# まとめ(前半)



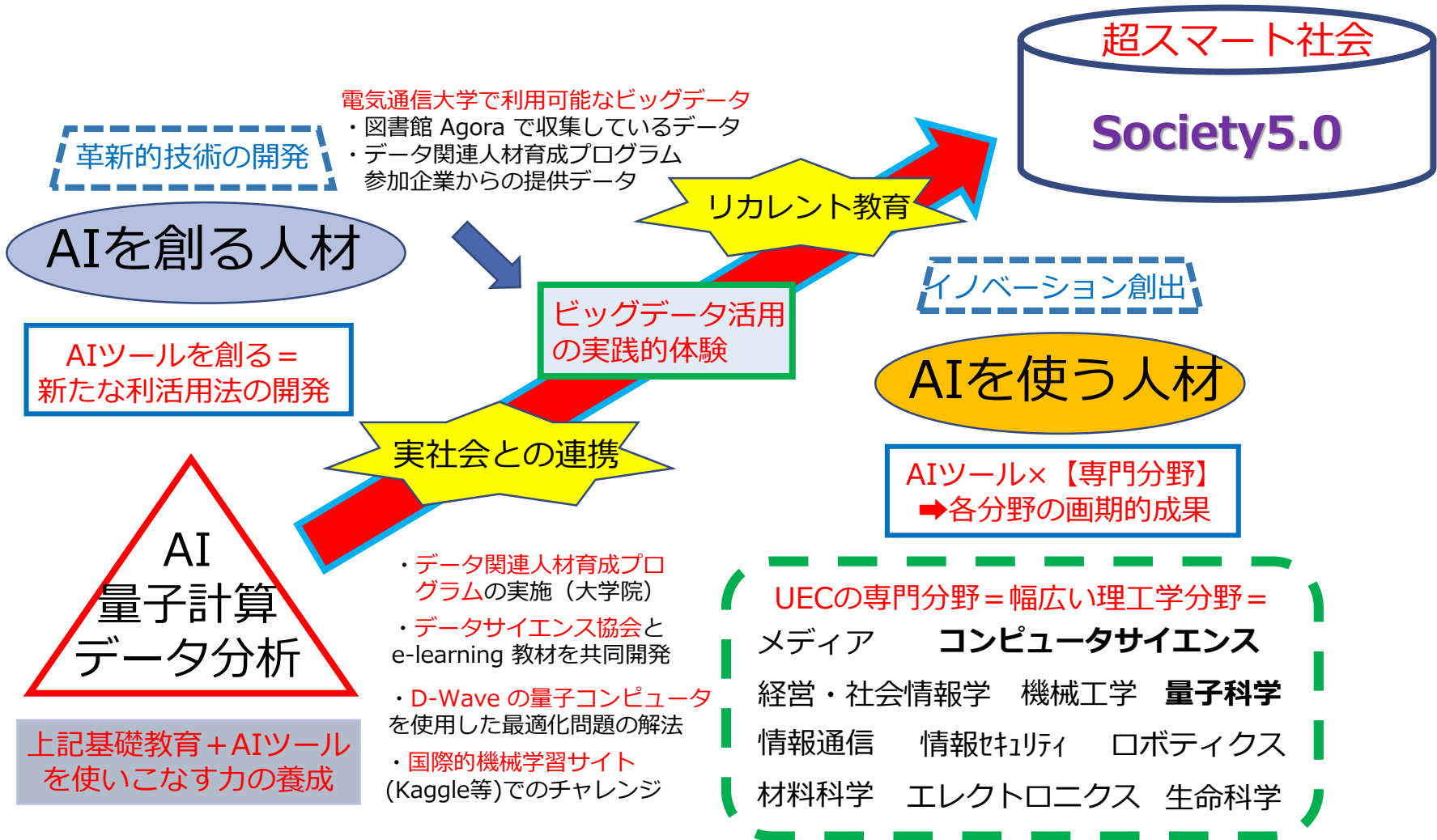
多様な専門分野で活躍する「量子ベース思考型」人材育成のための体験型プログラム

# 電気通信大学の 量子 × AI 教育

電気通信大学大学院・情報理工学研究科長  
西野 哲朗



# 「量子×AI」の基本コンセプト



# 「量子A I」教育プログラム

日刊工業新聞2020年5月5日

電気通信大学は量子コンピューターと人工知能（A I）を融合する「量子A I」を、教育研究の全学重点テーマに決めた。A Iによる推論や機械学習プロセスに対し、量子コンピューターで高速化する手法の解説を、今春から学部1年生の必修科目内で始める。研究は量子、レーザー、A Iの学内各研究センターなどの連携プロジェクトを検討する。全学のA I戦略を、量子をキーワードに質と量で充実させていく。

ビッグデータ（大量データ）のA I分析で法則性を導く手法は、計算に時間がかかるのが課題。そこでスーパーコンピューターの性能を超えると期待される量子コンピューターを活用するのが量子A Iだ。米国では米航空宇宙局（N A S A）とグーグルが共同研究を進めているが、日本では反応が鈍い。同大学は全学の教育研究を紹介する科目（全15回）後半で、学部1年生約750人が量子A Iや、A Iを作るプログラミング言語「p y t h o n」（パイソン）の基礎を学ぶ。大学院修士1年生向けの同様科目は1学年約500人の半分が学ぶ。その後、企業データの分析でA I作成を世界で競うイベント「K a g g l e」（カグル）への挑戦を後押しする。7日が授業開始日となる前期科目の遠隔授業で始める



## 電通大「総合コミュニケーション科学」の講義の特色

対象年次	学部1年生	修士1年生
受講生数	全員、約750人	半分程度、200-250人
講義8回目	A I：ヒューリスティックに基づくA I（A Iの推論を量子コンピューターで高速化）	
9回目	A I：機械学習に基づくA I（機械学習を量子コンピューターで高速化）	
10回目	パイソン：インストールとプログラミングの基礎	機械学習：モデルと精度、データの確認
11回目	パイソン：人口ピラミッドと平均寿命	機械学習：決定木
12回目	データサイエンス：アンケートデータの基礎	機械学習：ロジスティック回帰
13回目	データサイエンス：可視化の発展	機械学習：アンサンブルモデル
14回目	機械学習：予測とモデルの精度と決定木入門	機械学習：モデルのブラッシュアップ
15回目	機械学習：ディープラーニング	機械学習：ディープラーニング



# 「量子 x AI」 関連講義の分類



数理・統計学系	データ工学系	人工知能系	経営工学系
解析学基礎論	離散情報構造特論	理論計算機科学特論	経営計画
解析学特論	離散最適化基礎論	アルゴリズム基礎論	経営実践特論
応用解析基礎論	連続最適化基礎論	応用アルゴリズム論	経営システム工学特論
数理解析学	計算機構特論	アルゴリズム工学特論	経営情報システム
情報理論基礎	計算機アーキテクチャ基礎論	知的学習システム	実システム創造
情報理論特論	計算機科学特論	知能情報特論	知的財産権特論
情報データ解析論	並列処理論第一	ゲーム理論	先端技術開発特論
数理統計学基礎	並列処理論第二	マルチエージェントシステム特論	ベンチャービジネス特論
データマイニング	ソフトウェア基礎特論	インテリジェントシステム特論	サービス・サイエンス特論
ベイズ的人工知能特論	基盤ソフトウェア特論	人工知能と複雑ネットワーク	ソフトウェア品質学
統計的機械学習特論	システムソフトウェア特論	画像認識システム特論	II 最前線
データ解析最適化論	実践ソフトウェア開発基礎論	認知科学特論	金融工学特論
幾何学基礎論	実践ソフトウェア開発概論II	学習工学特論	会計情報システム
幾何学特論	実践ソフトウェア開発概論III	認知プロセス論特論	システム信頼性特論
情報幾何学特論	データ工学原論I	言語認知システム特論	リスクマネジメント論
代数学基礎論	データ工学原論2	知能ロボティクス特論	生産システム特論
代数学特論	システム設計特論2	知覚システム特論	知的生産システム特論
現代代数学	システム設計特論I	知識データ工学特論	データアントレプレナー実践論
			データサイエンティスト特論

# 「量子×AI」人材のイメージ

- 電気通信大学では、**数理・データサイエンス教育強化コンソーシアム**の「**エキスパートレベル**」への申請に向けて、数年前から「量子×AI」教育プログラムを準備してきた。そこでは、本学独自のAI・データサイエンス教育を実施するために、**米国・量子人工知能研究所**の研究分野をカバーするような教育プログラムを設計した。
- 電通大大学院は、**情報理工学研究科**のみで構成されており、情報系の専攻と物理系の専攻が同一研究科内に存在するため、専攻横断の科目履修によって、「量子×AI」人材の教育を行いやすい。
- AI人材教育の学修目標は、（1）**データから意味を抽出**し、現場にフィードバックする能力や、（2）**AIを活用し課題解決**につなげる基礎能力を習得し、（3）**自らの専門分野**に**数理・データサイエンス・AI**を応用するための対局的な視点を獲得することである。
- そこに、**量子ネイティブ教育**を融合させることで、**量子情報科学分野**で活躍する人材を育成できると考えている。具体的には、**量子コンピュータの開発**、**量子コンピュータ上で動作するアプリケーションの研究開発**、**耐量子コンピュータ暗号の実現**、**量子コンピュータによる実問題の高速解法**の研究、**量子人工知能の実現研究**などに貢献する人材の育成が考えられる。

ご清聴有難うございました。