

博士人財の活躍推進に向けて

企業への登用の流れがいかにかに作れるか？

東京工業大学工学院

波多野 睦子

- ① 現場の博士学生の状況：大学で育成する博士の価値向上、
企業への流れにつながる取り組み
- ② ジョブ型雇用やESG経営重視による企業の変化は？
今後整備すべきガイドライン（セキュリティなど）
- ③ 博士のキャリアパス ドイツとのベンチマーク、必要なデータ
* 調査必要：博士活用がグローバルスタンダードであることの
エビデンスが必要。国際頭脳循環の促進にも連動。

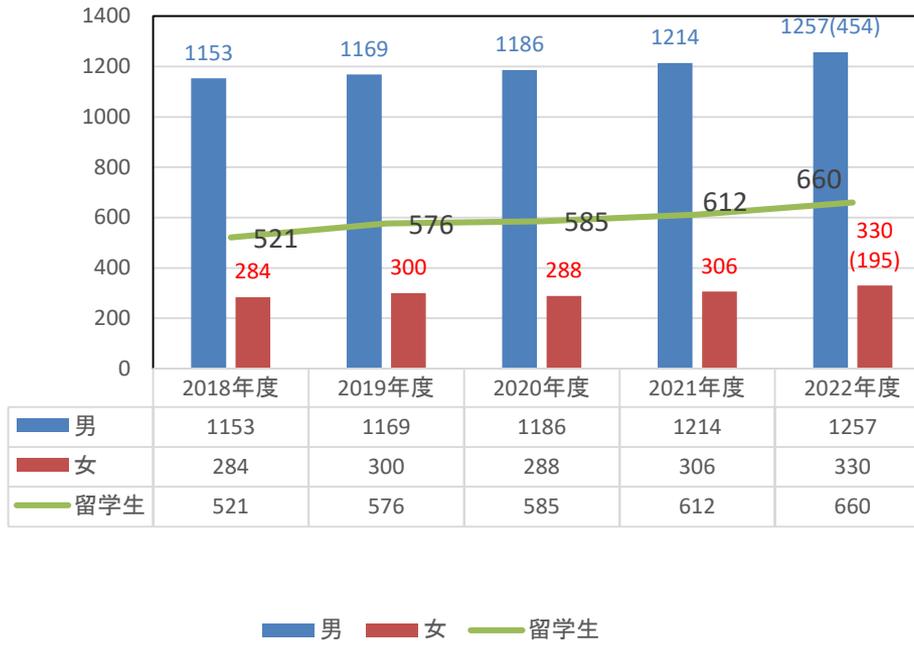
東工大の博士学生の状況

- 博士数は微増(主に留学生)
- 女性率約20%、うち留学生女性60%
- 留学生率 約40%

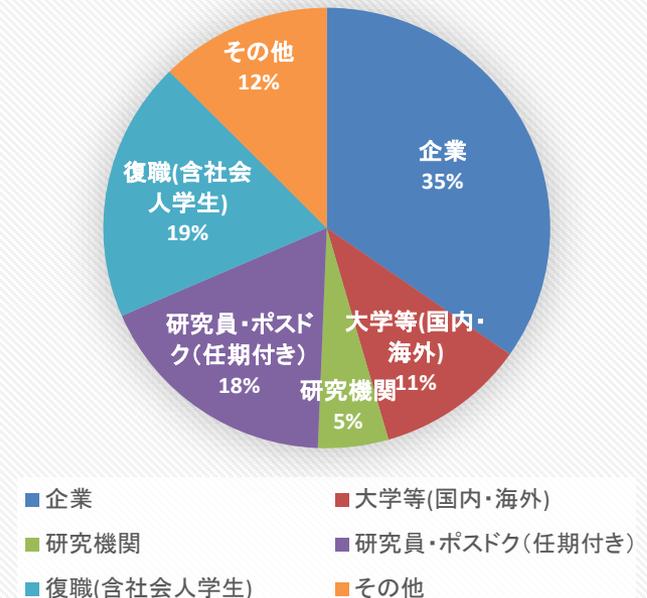
- 企業へのキャリアパス 約35%
- 社会人博士 約19%

東工大博士後期課程学生数(5/1現在)

<https://www.titech.ac.jp/public-relations/pdf/facts-2-student-2022.pdf>



東工大 博士後期課程学生の就職状況(2020年度)



学部合計 4800人 うち女子 621 留学生 204
 修士合計 4139人 うち女子 845 留学生 847
 博士合計 1587人 うち女子 330 留学生 660

論点①: 博士人財の価値とは？大学でなければ得られないか、それとも就職してからでも得られるか？
だからこそ博士が企業や公的機関にも必要！
というエビデンスが必要

⇒ 波多野の現場から: 大学は努力してきている

- ・ 海外経験、異分野融合経験、自主課題設定
企業との接点の機会による効果
- ・ 個性を活かしたキャリアの多様化
- ・ 人材流動性に値する専門性

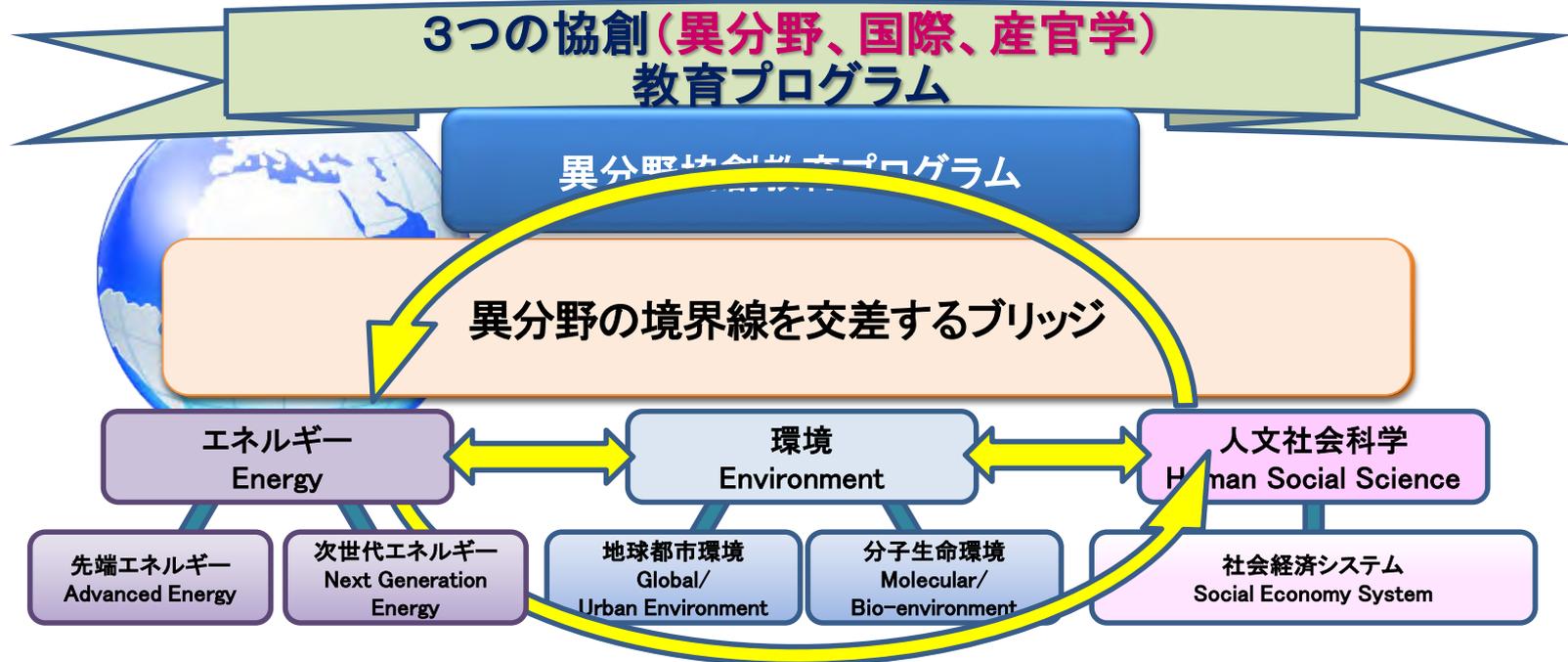
博士課程教育リーディングプログラム*

「環境エネルギー協創教育院」

* 大学院教育改革の取組として、産業界においても活躍できる博士人材の育成・活躍の方策として、2011年度から実施。7年間のプログラム。

産官学国際連携による自立解決型 2S × 3E 人財の育成

- 2012年から6年間 27専攻 165名の学生を受け入れ
 - 国内 30企業, 11政策機関, 国外 18企業, 9政策機関
 - 海外メンタ20名, 42海外大学からのべ379名の博士課程学生が参加する合宿
 - 研究力+Transferable skills(トランスファラブルスキル)
- 学生・教員ともに研究時間確保を重視し、全専攻の科目と単位互換など工夫。



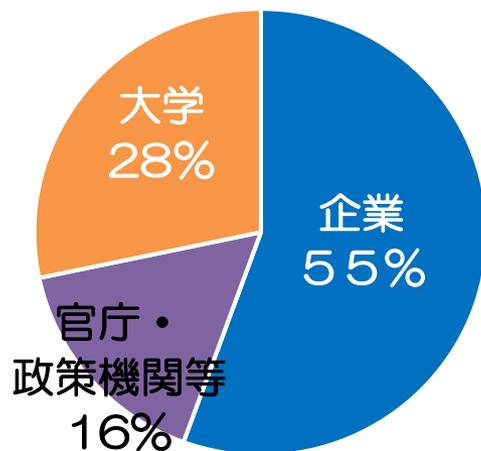
修了者のキャリアパス(最も重要な指標)と課題

- 2021年3月までに138名が修了
- 企業, 官庁・政策機関等への就職比率: **71%に向上、アカデミア任期無ポスト**
- 一期生が34歳中堅になり、産官学、国際的に活躍
- 終了後: 大学院に複合系エネルギーコースを新設

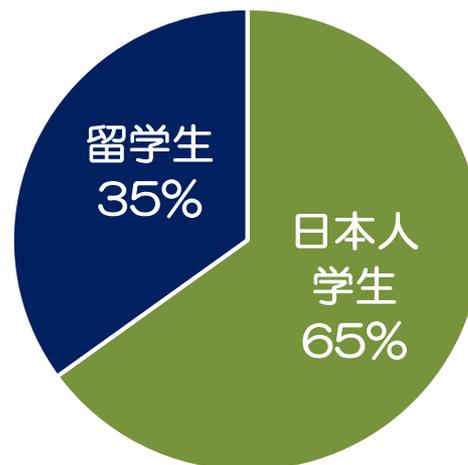
教育プログラムはリーダーシップ教育院、卓越教育院に展開

課題: 中間・終了ともS評価。教育プログラム7年間は短く、博士学生への奨励金
中断が課題。教員は膨大な時間が取られる。しかしPJが軌道に乗った頃に終了。

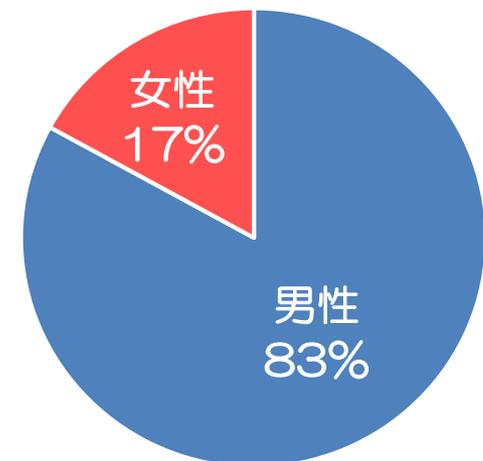
修了生就職先分類



留学生比率



男女比率



Why 博士に進学したか？ 企業へのキャリアパスが向上したか？

- (1) 経済的支援を頼りに、M1後期から博士進学を決意した優秀な学生。
- (2) グローバルな機会
 - ・海外の企業、スタートアップ、行政機関をも含む海外インターンシップ
 - ・異分野の海外大学教員のメンタ
 - ・国際フォーラム(200名(42の海外大学博士学生が半分)と同室の合宿)
- (3) 企業人のメンタ
- (4) 異分野融合 ⇔ アカデミア組は学術変革Bに共同申請
- (5) 自立的課題設定・解決力 (自立設定論文)
- (6) 重要なことは、研究時間を削減しない仕組み(全専攻の単位互換など)。
高度な専門性、研究の深さ、創造性、種を見つけて育てる力は担保

世界トップシェア企業での最新医療機器の開発・製造

神永 真帆

工学院機械系ライフエンジニアリングコース
インターンシップ先 東京都/GEヘルスケア・ジャパン株式会社



(写真最後列中央)

GEヘルスケア・ジャパンは、CT装置、MRI装置、超音波装置などの画像診断機器の開発・販売・サービスを中心として医療・ライフサイエンスの分野に広く携わる企業であり、その中でCT装置の機構設計部門の機械系のエンジニアとして、新製品のコンセプトデザインや、パーツの性能評価、治具の設計などを行いました。またCADの使用や部品の選定では、今まで学んだ自分のスキルを実際に生かすことができ、スキルアップへの意欲を向上させることができました。

海外製薬企業に挑戦 専門領域の深奥を究める

Sjaikhurrizal El Muttaqien

生命理工学院生命理工学系生命理工学コース
インターンシップ先 オランダ/Cristal Therapeutics



(写真中央)

The main consideration I chose Cristal Therapeutics for my internship place is because of the linearity of this company's core business with my own research theme in Tokyo Tech (nanomedicine). Moreover, doing internship at company gave me valuable and challenging experience, such as scaling-up process, how we build team work with other department member, and managerial skill to achieve project goal. Indeed, these experiences are very useful for my future career as a researcher.

南極大陸にて実感 人間活動が与える影響力

石野 咲子

物質理工学院応用化学系応用化学コース
インターンシップ先 南極大陸/デュモン・デュルヴィル基地
コンコルディア基地



氷河学・地球環境物理学研究所(フランス)のJoel Savarino博士の指導の下、南極大陸のDumont d'Urville基地およびConcordia基地にて雪試料の採取と化学分析を行いました。派遣中は例年よりも比較的温暖であったにも関わらず、沿岸からは例年以上に巨大な海水氷が張り出し、ペンギンたちの子育てに甚大な被害を与えていました。改めて、人間活動が地球環境システムのどこにどのような影響を与えるかを理解することの重要性をじわりと感じました。

最先端ベンチャー企業で 研究開発プロセスを経験

石津 真樹

物質理工学院応用化学系エネルギーコース
インターンシップ先 米国/Beam Engineering for Advanced Measurements Co.(Beam Co.)



米国フロリダ州のベンチャー企業であるBeam Co.において、自専門の液晶高分子材料化学を基盤としながらも、自専門研究とは異なる光機能性有機薄膜材料の開発に携わりました。社員のほぼ全員が各々異なる専門性を有する博士卒の研究員であり、優れた研究手法や論理を教わりながら研究を進めることは大変勉強になりました。合理的な研究戦略、また、世界各国から研究者が集い協調するための要素を学び、今後のキャリアに活かしたいと思います。

博士になって良かったこと

アンケート 2022年12月

能力の評価

- 自分の目で世の中を見定め、自分のアイデアを武器として、自分の仕事の環境や方針を創り出し、身の回りの人を動かしていけること。
- 会社に入っても、博士課程を持っている事で沢山優遇していただいていること。
- 企業で新事業に向けたリーダーを任されていること。
- 海外の人から信用を得やすいこと。
- 海外研修の機会に博士号持ってる人が優先される。
- 自分で考えられる力ができ、未知の分野でも step by stepで勉強し研究する力もできた。
- 社会人になって専門知識を説明するとき、クライアントから信頼を受けており、社内でも私の意見を聞いてくれる感じがある。

身に着いた経験・知識

- テーマの立ち上げから、まとめまでの、研究の一連の流れを経験できたこと。
- 研究者として自身の裁量が多く（時間的・内容的）仕事に取り組める。
- 研究者の意識特に発想力や自己勉強の能力成長させた。
- 海外留学などのさまざまな経験を積んだ。今は博士課程での専攻とは全く異なる分野に取り組んでいるが、**博士課程での経験が礎となっている。**
- **博士課程(ACEEES)を通じて幅広い研究分野に携わる同期・先輩・後輩と知り合い、今でもプライベートの繋がりだけでなく、共同研究などを展開できていること。**
- 総合力のある研究開発能力を身に着けることができました。
- 自分の強み、バックグラウンドを形成できたこと。

就職

- キャリアにおいて研究職に就く選択肢が比較的容易に持てること。
- 給料が高い
- 希望通り、**企業で新事業に向けた研究や調査のリーダーを任されていること。**

その他

- **研究をやり切った達成感と他の分野へ行っても研究に自信を持てるようになった。**
- 研究のスキルを習得できたこと、研究職の世界標準に立てたこと、大学教員になれたことなど。

博士としての苦勞

アンケート 2022年12月

研究

- 将来研究者としてやっていけるか不安だった。
- 研究成果に関する圧迫感。
- 朝早く、夜遅くの生活をしてきたための体調不良。
- とにかく研究関係で忙しい。

経済面

- ACCESSの支援は助かった。
- 同年代と比べて収入が非常に少なく、借金した。
- プログラム予算の終了で奨励金が途中で切れて経済的に苦勞した

生活

- 周りに博士課程が少なく、孤独感を覚えた。
- 社会的に認められていない気がしたこと、少数派という意識。
- 学生時代が長いため社会人経験は他の人に比べると少なくなる。
- 経済力を付けて人生設計を具体的に考えるタイミングが遅れたこと。

就職活動

- 博士を煙たがる企業もあり、その見極めが難しかった。
- 専門から遠い業種には就きづらくなること。
- 研究職以外の職種を選びづらくなったこと。
- キャリアのスタートが遅くなる。
- 就職可能な分野が比較的狭く、企業が採用することを負担にしている。
- 就職までどうしても時間がかかってしまうこと。

就職後

- 業績評価に殆んど考慮されないこと。
- 学歴不問。博士新卒採用者は給与面で他の新卒と同格扱い。
- 会社であんまり博士学位重視されてない。
- 同じ年齢で比較すると、経済面では修士から入社した人より劣ること。

最近の博士 当研究室の博士学生の例に

キャリアの多様化、流動性が起こりつつある。

本工学系ではインターンシップを経由しなくても専門がマッチする企業に就職できる例が増えている。

修士で就活している学生は、企業の安定性、福利厚生、報酬を求める傾向。

社会人博士

デンソーからの社会人博士
(量子を社内に取り込みたい)

ダイヤモンド中のNVセンタを用いたDC磁気センサの研究を実施。研究成果の実用化に貢献したい。

D3

就職して3年後に博士再入学
(ご両親が研究者)

高性能なダイヤモンド量子材料をプラズマCVD法で合成することを目標として日々研究。

D2

海外のアカデミアポジションを狙いたい
ハーバード大インターンシップ

NVセンタに磁歪材料(歪に敏感な磁性材料)を組み合わせた。量子スピントロニクスセンサの研究を実施。インパクトのある成果をしたい。

D2

中国からの留学生
ドイツウルム大インターンシップ
企業は高年収のところもあり、アカデミア、日本企業も含め迷っている

量子ネットワークへ向けた量子光源の確立を目指し、4族金属カラーセンタ(SnV、PbV)の光学特性やスピン状態を観測

D2

ロケットの電子部品のスタートアップ
国内材料メーカーへインターンシップ

ダイヤモンド中のNVセンタを用いたDC磁気センサの感度向上に向けて、センシング系の構築、ヘテロエピタキシャルダイヤモンド合成など多角的な視点でせまっていきたい。

D1

量子関連のスタートアップ

量子操作によって、ダイヤモンド量子センサを高感度化する為の研究。

インターンシップを経て博士進学を決意したM1学生:企業から博士取得後にきてください、とお誘い企業とのフィードバックは重要

知の自律的共有システムを構築 (博士学生の貢献大)

- ・企業メンバや工学部学生には量子の障壁が高い
 - 基礎講座、装置や部品の使い方、プログラミング、安全教育など
知的資産を蓄積(現在3200本)。リアルタイムで更新
 - * 特にコロナ禍で有効
- ・博士学生が貢献しており、就職先でも広めている例もある。

ノイズ・スペクトロスコピー

★ Star 2 | 👤 Watch 9 | 🗨️ Comments 5

ラムジーやスピン・エコー、CPMG/XYなどのパルスシーケンスは、時間軸でどのような形をしているか議論されることが多いだろう。本投稿では、これらのシーケンスが周波数空間において持つ意味を、スピン浴のノイズスペクトルおよびNVスピンのデコヒーレンスとの関係とともに統合的に解説する。本稿は、Degen, et al, "Quantum sensing" Chap VIIおよびBauch 博士論文 Chap 2.4の構成を参考している。



Noise processes

NVセンターを取り巻く環境には、様々な種類のスピン (C13核スピンやP1電子スピン) が存在する。これらのスピンは、NVセンターのデコヒーレンスを引き起こす。この章では、NVセンターとこれらスピンの相互作用を見ていく。

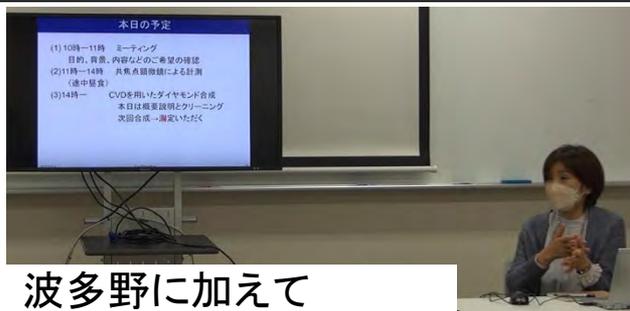
NVセンターが感じる環境中の各スピンが作る磁場の合計を $B(t)$ とする。この磁場は、半古典ガウシアンノイズやガウシアンスピンボソン浴などの単純なノイズモデルで記述できる。このときNVスピンと環境スピン浴の相互作用は、以下の半古典のハミルトニアンで得られる

$$H_{int} = \sum_i S_i B_i(t)$$

<https://dia-pe-titech.esa.io/posts/652>
<https://youtu.be/DG9V6kQxmXM>

企業への量子の学術指導を博士学生が分担

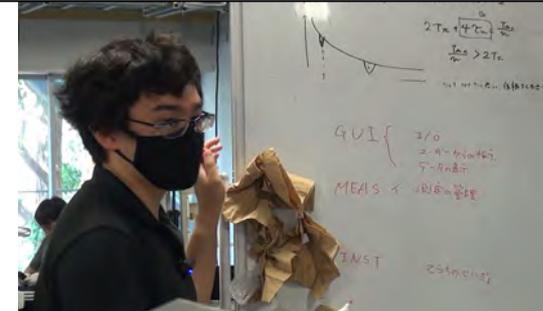
双方に効果。学生は社会的課題、研究マネージメントを学ぶ。企業は量子先端を学ぶ。→企業へのキャリアパス、人財流動性につながる。



波多野に加えて



6/29 CVD成膜 (D2辻さん)

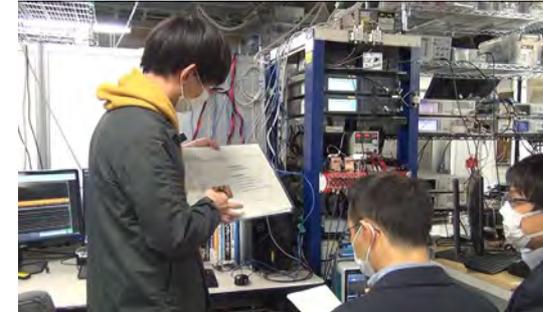


6/30 計測S/W (D2北川さん)

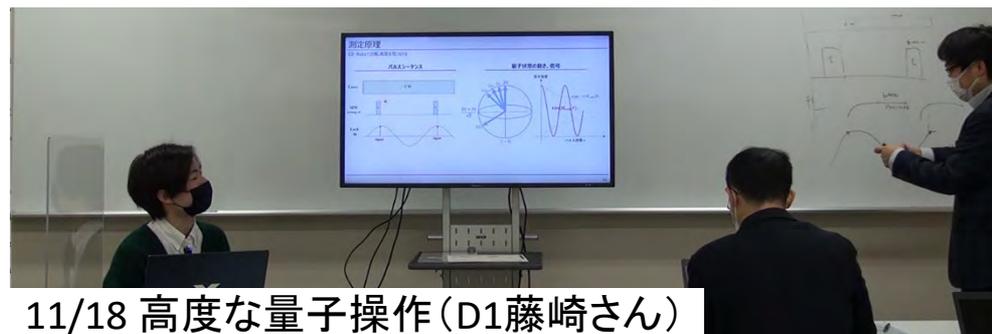
日程	指導内容
5/13	オリエンテーション
5/13	NVセンタ計測の基本、 CVD合成装置
6/29	CVD成膜・評価 量子計測理論
6/30	イメージング系の計測原 理と基本実験
7/28	CVD膜製作
8/29	QST見学
9/6	産総研見学
11/15	CW-ODMRの測定系詳細
11/18	高度な量子操作



6/30 イメージング系 (M1永田さん)



11/18 計測H/W (M1荒木さん)



11/18 高度な量子操作 (D1藤崎さん)

博士学生のスタートアップの動きが盛んに

博士人財の強みは起業においても生かされる。
 博士⇒スタートアップ⇒産業界・公的機関も、流れの一つになるであろう。

量子実装人材育成サービス

株式会社 Quantum Zero
 藤崎 伊久哉

1

背景

量子技術推進のために、多くの量子人材が必要

量子技術は重点分野

1. Society5.0実現へ向けて量子技術は基盤技術となる
2. 米国、欧州、中国は量子技術を国の重点分野とした
3. 実用化を目的としたスタートアップ企業が米国を中心として、ドイツ、スイス、オランダ、中国、イスラエルといった国々で続々と台頭してきている。

日本の状況

1. 目指している市場に対して、日本では、先端の研究開発は進むが実装人材が不在。
2. 政府目標の達成のための戦略として、日本政府は量子技術利用者を2030年までに1000万人にするべく量子人材育成の必要性を説いているが、**育成環境は未だ完全に整備しきれていない**



3

事業目的

育成課題を解決し、大量の量子実装人材を社会に輩出する

本事業の目的

① 量子実装人材の候補者に、
 量子工学の学びの機会を提供し、大量の量子実装人材を育成して社会に輩出すること

① 量子実装人材の候補者とは

Skill 1-3をすべて満たす人材を満たすために、現在大量にいるSkill 1の人たちをターゲットとする

Skill 1:
 実践的な電気電子、情報技術を有し、アナログとデジタル制御が実装できること。

② 量子実装人材育成とは

Skill 1の人に、以下の2つを順にマスターさせる

Skill 2:
 量子の従うルールである量子情報学を知っていること。

Skill 3:
 量子向けの制御が実装できること。

7

提案ソリューション③. 開発コーチングと開発促進ツール

実物の量子デバイスを用いた開発コーチングによって量子デバイス開発者にする。

具体的な学習課題

量子デバイスを作るためには、量子開発の経験が必要であるが、**量子開発を行う環境が非常に少ない上、コストなどの面から非常に開発を始めにくい**

解決方法

簡単に量子実験を始められる**室温量子デバイスを開発する**。
 本デバイス等を用いて**開発のコーチングを行う**ことで、量子開発の経験を積むことのできる環境を提供し、**最先端の実験系をリモート接続できるアプリを開発する**。
 ことで、先端開発で用いられる技術を体験、実開発へ応用させる。



論点②: ジョブ型雇用やESG非財務重視による 産業界の変化は大学現場からどうみえているか？ 今後何が必要か？

- ⇒
- ・博士人財活用をジョブ型雇用や人財流動化促進の機会に！
 - ・双方のコミュニケーションは始まったところ
 - ・企業側から中長期ビジョンでのジョブ定義の明確化が必要
 - ・企業との機密性の高いインターンシップや国際連携を鑑みセキュリティへ対応やガイドラインが必要
 - ・修士就職活動の早期化長期化の見直しが必要

博士人財活用をジョブ型雇用・ 人財流動化促進の機会に

- 企業側も中長期的な企業価値につながる人的資本経営、ESG経営、ジョブ型雇用、兼業・副業の推進など、日本型雇用システムの転換期。
- ジョブ型雇用（導入済は約10%、予定は12%でなかなか進まず。これを加速する施策も必要で、ESG経営が進むと博士や女性活用が進むと期待する。

(企業側) **グローバル高度人財に相応しい中・長期ビジョンでのジョブ定義を明確にし、**
ミスマッチが起きないように大学、学生との対話、さらには企業間情報共有を増やすことが重要。(5, 10年後のジョブを提示する企業も出てきている)

- ・博士活躍事例、好待遇で活用、経営層で活躍、スタートアップなど具体例の共有が有効 ⇒ メディアも協力して欲しい 紹介のときに「博士」と示すなど。
- ・人文社会系の博士活用は意識改革が必要。
- ・留学生博士の活用。

(大学側(私見))さらに価値を向上するには:

日本の博士は優秀だが、ロジックを組立てて物事を考える力(論理の飛びや課題を発見する力等)、及びそれを言語化する力(問題を構造化して整理する力等)に弱さがみられ、その帰結としてリーダーシップが発揮できていないように思われる。これは研究で悩みぬき、良い論文にまとめる過程で涵養されると考える。

企業側に博士の要件としてこのような能力も見極めていただきたい。

新たなスキーム：博士取得後の採用予約、専門を指定したM1からのインターン

- 修士学生の博士卒業後の採用予約 <https://www.titech.ac.jp/news/2023/065641>
- JASSO等の奨学金の企業による返済
- 必要な能力を定義
- 普及して「学生2名×100社」になれば、現状修士で就職している優秀層を 博士進学に誘致することが可能と期待

NEC R&D Doctor's Pass

NEC R&D Doctor's Passは、以下の3つの制度から構成される博士課程進学生の研究活動を支援するプログラムです。

- I. 博士学生の就職活動時期の柔軟化
 - NEC R&D Doctor's Passの取得により、博士号取得予定年でのNEC研究開発部門への入社が内定、博士課程在籍中は就職活動の心配なく研究に専念できます
- II. サポートプログラム(研究インターンシップ・メンタリング)
 - 入社までの期間、夏季の研究インターンシップ(有給)参加による企業研究活動参加機会と、メンター担当の先輩社員からのメンタリングによる研究活動へのアドバイス等を提供します
- III. 奨学金支援 (希望者のみ)
 - 博士課程在籍中に日本学生支援機構等の貸付型奨学金利用の場合で、当社が別途指定する条件を満たすときには、入社後に返済支援を実施します(上限540万円相当)

1. 応募条件

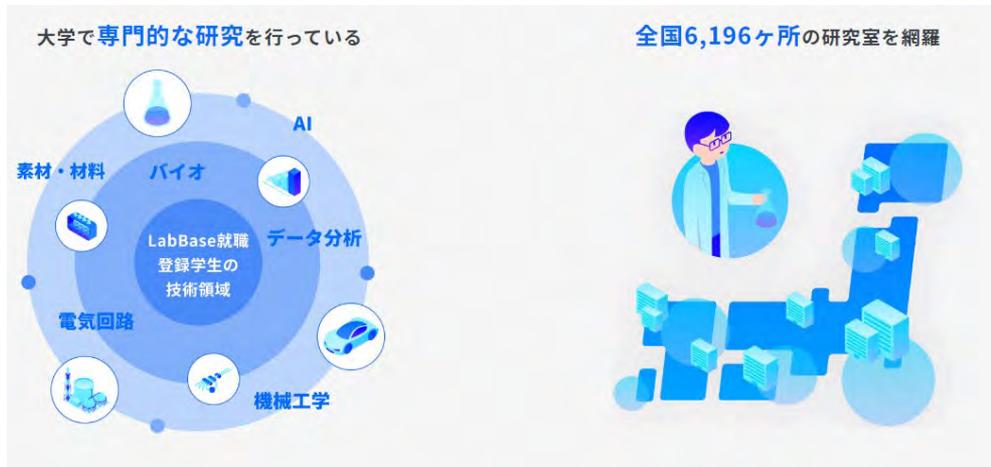
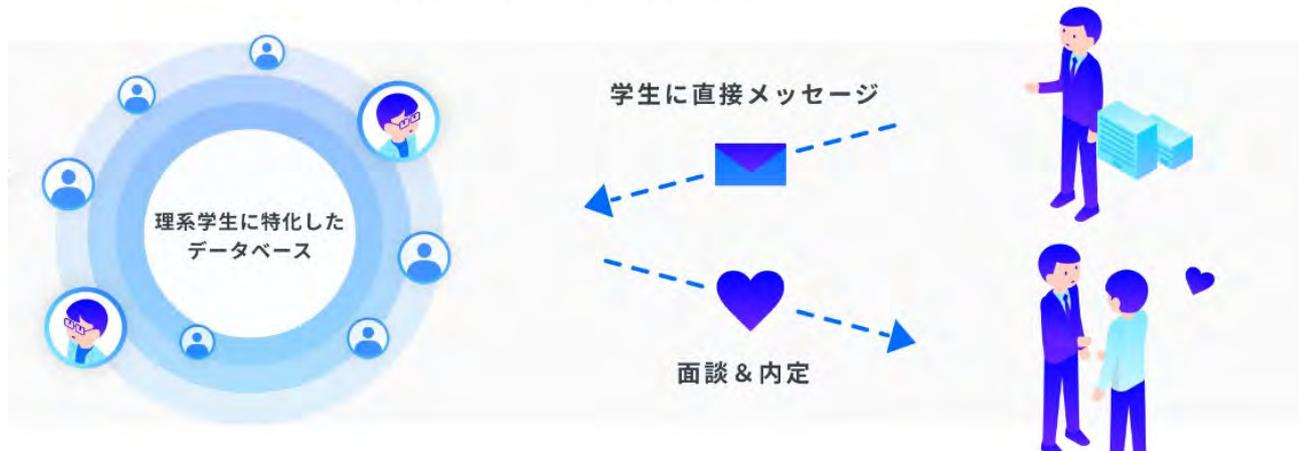
- ① 将来企業研究者として社会価値創造に取り組む意欲と熱意があること
- ② 東京工業大学大学院修士課程在籍者で同博士課程進学予定者(※1)
- ③ 以下1項の技術領域を専攻する方、もしくは2項例示の領域を専攻し、ICTの応用について研究されている方
 1. 技術領域
センシング／認識・理解／分析／AI制御／通信・ネットワーク／セキュリティ／コンピューティング
 2. 応用領域
ヘルスケア・医療／農業／環境・資源／金融など
- ④ 研究インターンシップへの参加が可能であること
- ⑤ プログラミング(C、C++、Java、Python、R等)経験があり、自身の研究を自律的、効率的に進めることができること

逆求人サイトによる博士キャリア展開が機会を作る？

<https://labbase.jp/>

LabBase、Offerboxなど逆求人サイトを運営するスタートアップが進出
“研究を頑張る学生や研究者、企業に、最適な出会いを提供。
研究を加速し、人類の力に変えるために”

LabBase就職は理系院生が最も利用したい
No.1^{*}スカウトサービスです



高度研究人財活用 「研究開発税制の拡充」に期待

- 大きな一歩。有効に機能する具体策、さらなる進展につながる施策。
- 「人的資本経営コンソーシアム」に期待：大学とリスキリングも含めた中長期的・ダイバーシティな視点での対話が重要。

④高度研究人材の活用

(経産省)資料より

- 質の高い研究開発を促進し、革新的なイノベーションを生み出す観点から、研究開発税制におけるオープンイノベーション型の類型の一つとして、「博士号取得者」及び「外部研究者」を雇用した場合に係る人件費（工業化研究を除く）の試験研究を行う者の人件費に占める割合を対前年度比で3%以上増加する場合、これらの人件費の20%を税額控除できる制度を新たに創設。

〔 ※なお、オープンイノベーション型とは、大学やスタートアップ等と共同研究等を行う場合に、一般型よりも高い控除率が適用される制度。(控除率：一般型1~14%、オープンイノベーション型20~30%) 〕

<オープンイノベーション型の類型>

対象となる試験研究費	相手方	税額控除率
共同試験研究 ・ 委託試験研究	大学・特別研究機関	30%
	スタートアップ等	25%
	民間企業、技術研究組合	20%
知的財産権の使用料	中小企業者	20%
希少疾病用医薬品・特定用途医薬品等に関する試験研究		20%
高度研究人材の活用に関する試験研究（創設）		20%

以下の（１）及び（２）の要件を満たす場合に適用

(1) 次のA÷Bが対前年度比で3%以上増加していること

A：①又は②の研究者の人件費（工業化研究を除く）

①博士号を授与されて5年を経過しない者

②他の事業者で10年以上研究業務に従事した者（雇用から5年を経過しない）

B：試験研究を行う者の人件費

(2) 研究内容が社内外に広く公募されたもの等であること



今後必要な整備：企業との機密性の高いインターンシップや国際連携を鑑み、セキュリティへの対応が必要

- 企業と大学との機密性の高い研究テーマ、経済安全保障に学生が参画するNDA、知財関連についてのセキュリティの体制、物理環境整備、システムの統一的構築に関するガイドラインが必要。
 - ・研究室内の情報・場所のランク付け、アクセス管理。
 - ・非ホワイト国からの留学生に関する一定の基準の明確化。
(基礎と応用のフェーズ分けを含む)。
- 学生が共同研究の主体になるための大学のシステム改革
(博士修了要件等)

博士人材のインターンシップに関する意見

Ref.) (経産省)令和3年度産業技術調査事業
産業界における博士人材の活躍実態調査報告書より

	産業界	大学
知財	<ul style="list-style-type: none">・ <u>機密情報等の問題があり、インターンシップを行うことが難しい分野もある</u>・ <u>知的財産の調節が難しく、クロスアポイント契約が締結出来ない場合もある</u>	<ul style="list-style-type: none">・ 知的財産が優先されるため、<u>自分の研究内容が知的財産である学生にとってはインターンシップで自分の研究内容の開示は出来ず難しい問題に直面することもある。</u>