

量子アニーリング開発の現状と 我が国の量子アニーリング拠点

戸川 望

早稲田大学理工学術院・教授

基幹理工学部長/基幹理工学研究科長

ntogawa@waseda.jp



WASEDA University
早稲田大学

早稲田大学・戸川望

経歴

- n 1992年 早稲田大学理工学部電子通信学科卒業
- n 1997年 同大学院理工学研究科博士後期課程修了
- n 1997年 博士（工学）早稲田大学
- n 現在，早稲田大学理工学術院・教授 / 基幹理工学部長兼基幹理工学研究科長

n 研究分野

- l 集積回路の設計技術，組合せ最適化
- l 量子コンピュータ応用（量子アニーリング応用）
- l ハードウェアセキュリティ
- l 関連する原著論文100件以上，国際会議論文150件以上
- l H30年度科学技術分野の文部科学大臣表彰等，受賞多数



進行中の研究開発プロジェクト

n NEDO事業

- l 高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業「イジングマシン共通ソフトウェア基盤の研究開発」（H30～H34，研究代表者）
- l 高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業「組合せ最適化処理に向けた革新的アニーリングマシンの研究開発」（H28～H32，機関代表者）
- l 高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業「超電導パラメトロン素子を用いた量子アニーリング技術の研究開発」（H30～H34，研究分担者）

n 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期

- l IoT社会に対応したサイバー・フィジカル・セキュリティ「(A3) プロシージャ適格性保証による信頼の証明技術の研究開発」（H30～H34，再委託先）

n 民間

- n 電機メーカ，通信事業社等多数

n その他，科研費，AMED，JST CRESTなど

量子コンピュータの方式と現状

量子コンピュータ

```
graph TD; A[量子コンピュータ] --> B[量子ゲート方式]; A --> C[量子アニーリング方式<br/>(量子アニーリング【本日ご説明】)]; B --> B1[∅ 汎用型 (高速化可能な問題は限定的)]; B --> B2[∅ 長期的な基礎研究<br/>(動作が確認されているのは数十量子ビット)]; C --> C1[∅ 組合せ最適化問題に特化]; C --> C2[∅ D-Wave Systemsが商用機 (2048量子ビット)を開発。先進的な企業等が利用を開始]; C --> C3[【量子アニーリングマシンの主な利用機関】]; C3 --> C3a[米: ロッキード・マーチン、NASA、Google、<br/>フォード、国立研究所、大学]; C3 --> C3b[欧: フォルクスワーゲン、BMW、エアバス、大学]; C3 --> C3c[日: デンソー、リクルートコミュニケーションズ、<br/>大学];
```

量子ゲート方式

- ∅ 汎用型（高速化可能な問題は限定的）
- ∅ 長期的な基礎研究（動作が確認されているのは数十量子ビット）

量子アニーリング方式

（量子アニーリング【本日ご説明】）

- ∅ 組合せ最適化問題に特化
- ∅ D-Wave Systemsが商用機（2048量子ビット）を開発。先進的な企業等が利用を開始

【量子アニーリングマシンの主な利用機関】

米：ロッキード・マーチン、NASA、Google、
フォード、国立研究所、大学

欧：フォルクスワーゲン、BMW、エアバス、大学

日：デンソー、リクルートコミュニケーションズ、
大学

量子アニーリングの現状・課題

量子アニーリングが注目を集める理由

Ⅰ 対象とする「組合せ最適化問題」は、あらゆる産業分野に存在

あらゆる産業分野に、革新的イノベーションをもたらす可能性

Ⅰ 応用例

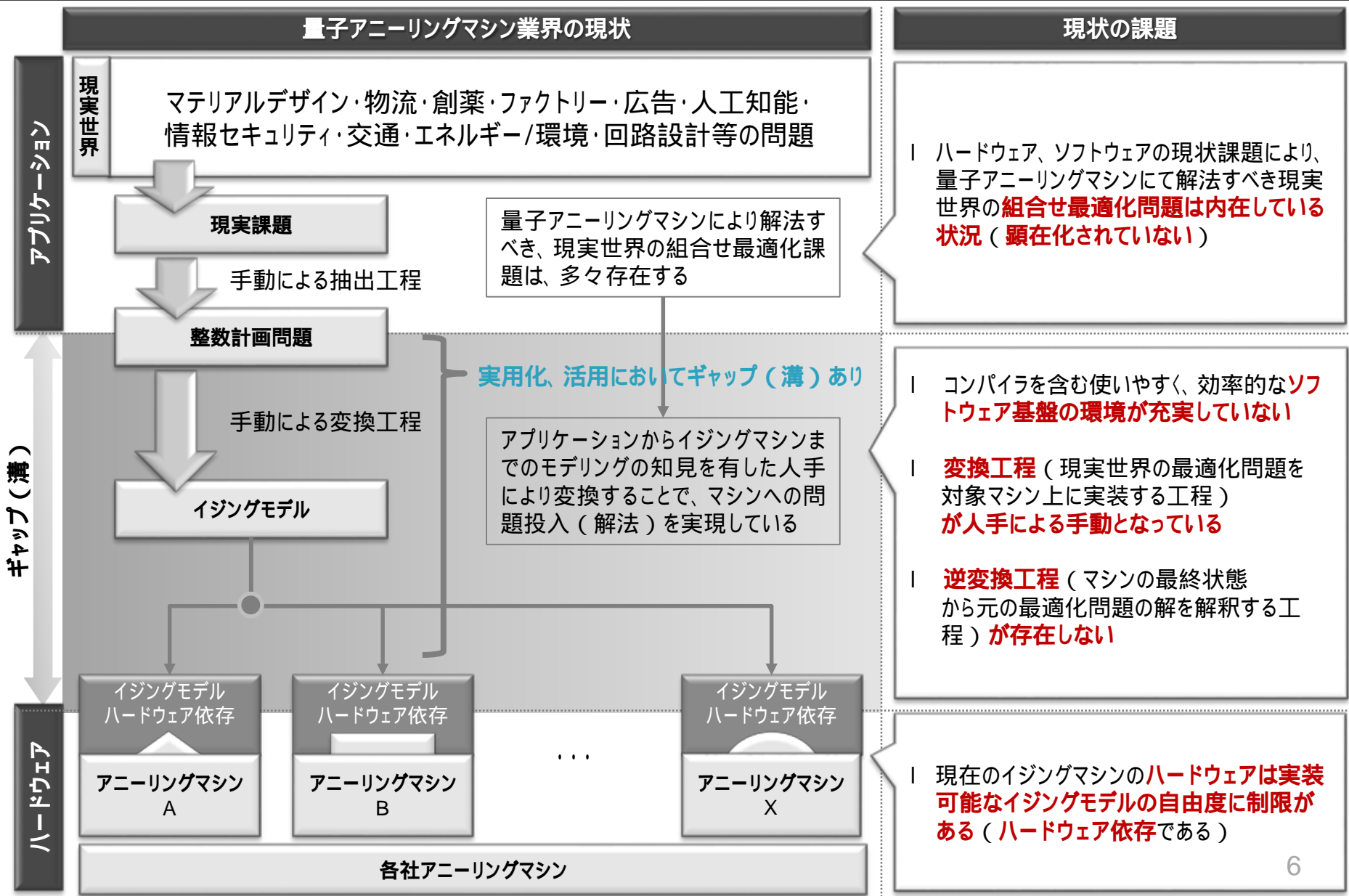
マテリアルデザイン・物流・創薬・ファクトリー・広告・人工知能・
情報セキュリティ・交通・エネルギー/環境・回路設計等

量子アニーリングの現状・課題

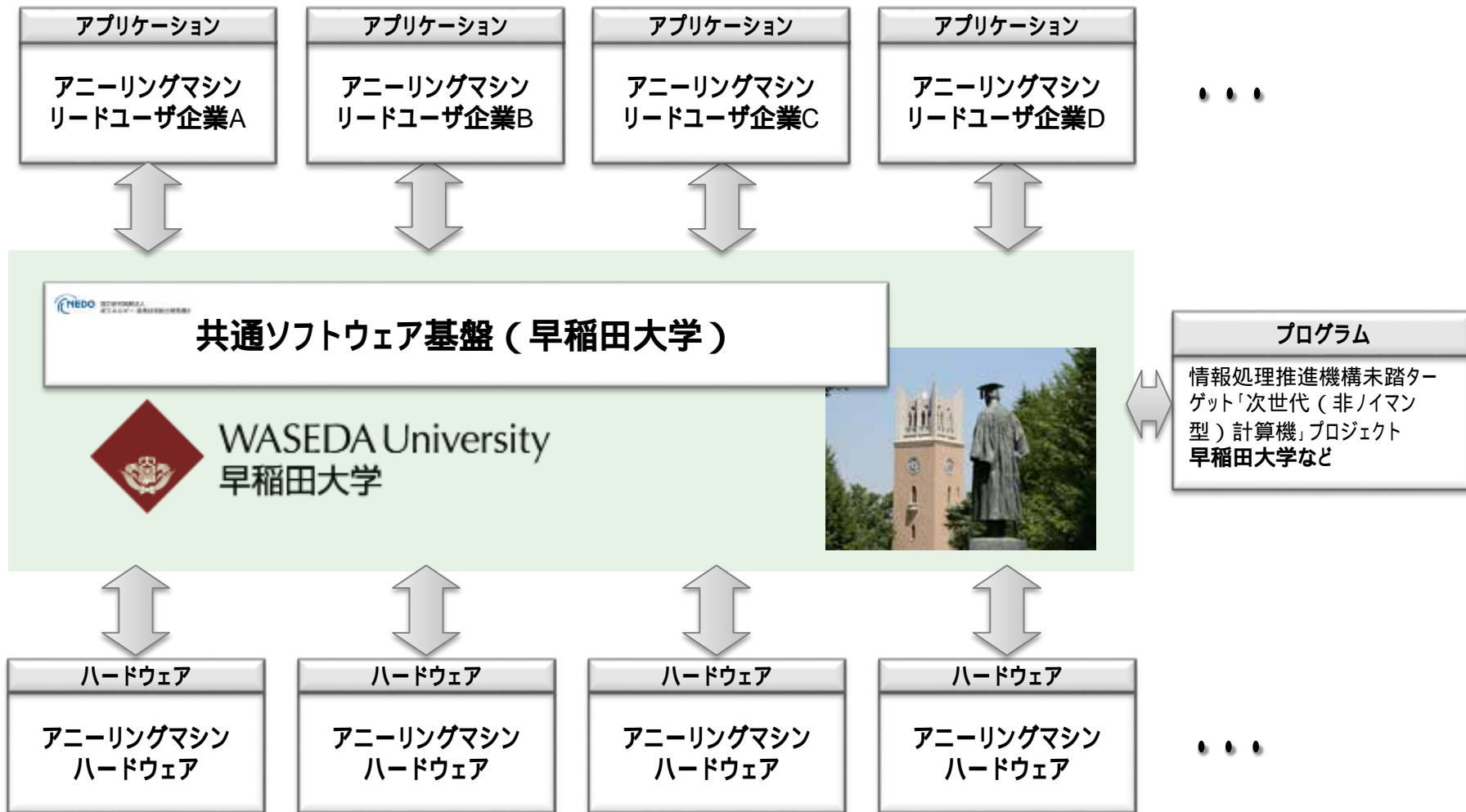
量子アニーリングの課題

- Ⅰ 実際に量子アニーリングマシンを使いこなすにはノウハウが必要
- Ⅰ （ハードウェアだけでなく）特に**量子アニーリングマシンのための量子ソフトウェア**の開発が急務
 - ρ これまでのソフトウェアと考え方を变える必要あり
- Ⅰ 協調領域において**アプリケーション・ハード・ソフト**の集積・拠点化
- Ⅰ （本当の意味での）**物理系研究者と情報系研究者の育成・集積**

量子アニーリングの現状・課題



大学をハブとした量子アニーリングの拠点



<https://www.waseda.jp/top/news/61600>

早稲田大学の量子アニーリング関連研究拠点(2)

19
SEPTEMBER
2018

Tags
プレスリリース, 産官学連携, 研究活動

ツイート

Like Share

メールで送信

早稲田大学と富士通研究所「**デジタルアニーラ**」に関する活動協定を締結

2018年9月
富士通研-早稲田大学の包括協定
イジングマシンの応用事例の探索
多様な分野から人材の集積

実社会の課題を解決する組合せ最適化問題への適用を促進

学校法人早稲田大学^(注1)（以下、早稲田大学）と株式会社富士通研究所^(注2)（以下、富士通研究所）は、このほど富士通株式会社^(注3)（以下、富士通）の組合せ最適化問題を高速に解く計算機アーキテクチャー「**デジタルアニーラ**^(注4)」の共同研究に関して包括的連携活動協定を締結しました。早稲田大学の「**グリーン・コンピューティング・システム研究機構**」内に、実社会の組合せ最適化問題を「**デジタルアニーラ**」で解決するためのソフトウェア開発を行う共同研究拠点として「Fujitsu Co-Creation Research Laboratory at Waseda University」を設立しました。今後、早稲田大学の全研究を対象に、研究テーマを広く募集し、金融、デジタルマーケティング、物流など様々な分野で「**デジタルアニーラ**」を用いた研究を進めていきます。更に共同研究で得られた成果は、富士通の「**デジタルアニーラ**」事業に取り込み、実社会の問題解決を促進し、社会や経済の発展に貢献します。

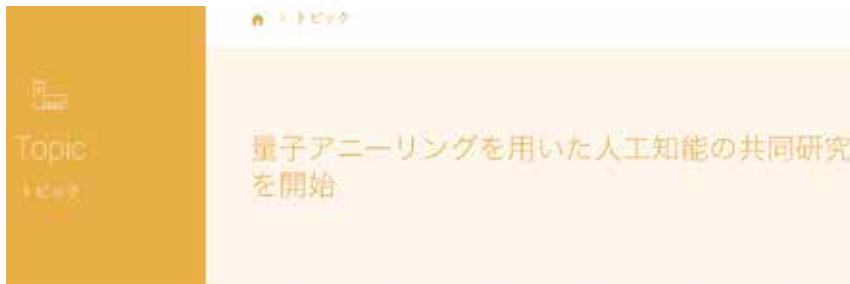
<https://www.waseda.jp/inst/research/news/61199>

早稲田大学の量子アニーリング関連研究拠点(3)

量子アニーリングに関する日本初の産学共同研究(2015年11月～)を皮切りに、**大手企業だけでなく、スタートアップ企業との連携を推進**

豊富な共同研究実績を元に、**多種多様な業種の多くの企業との共同研究**に向けた議論や技術指導

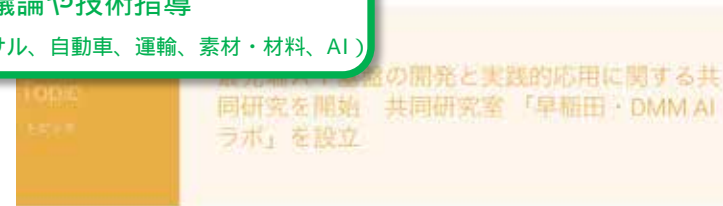
(金融、コンサル、自動車、運輸、素材・材料、AI)



早稲田大学高等研究所と人工知能ベンチャーのNextremerが 量子アニーリングを用いた人工知能の共同研究を開始

早稲田大学高等研究所^a(所長: 宮島英昭(みやじまひであき) 商学
学術院教授)は、人工知能テクノロジーを用いた対話システム開発
を手掛ける株式会社Nextremer^b(代表取締役: 向井永浩。以下
「Nextremer」)と、量子アニーリング^cを用いた人工知能ソフトウ
ェア開発を目的とした共同研究契約を、11月16日に締結しました。

<https://www.waseda.jp/top/news/46400>



早稲田大学理工学術院とDMM.comラボが共同 研究室「早稲田・DMM AIラボ」を設立 - 最先 端AI基盤の開発と実践的応用に関する共同研 究を開始 -

早稲田大学理工学術院総合研究所(東京都新宿区、所長: 木野 邦
器 教授)と株式会社DMM.comラボ(本社: 東京都港区、代表取締
役社長 片桐孝憲/以下DMM.comラボ)は理工学術院総合研究所 最
先端ICT研究所内に共同研究室「早稲田・DMM AIラボ」を4月1日に
開設し、最先端AI基盤の開発と実践的応用に関する研究を開始い
たします。



昨今、わが国ではデータ関連技術、すなわちAI、IoT、ビッグデー
タ、セキュリティ等が急速に発展する中で、高度なデータを取り扱
うことが必須となっています。そのような中、エンタテインメント
の領域でもAR、VR、AIなどのテクノロジーが活発に活用されてい
ない領域が数多く誕生しています。

早稲田大学理工学術院総合研究所 最先端ICT基盤研究センター
学習、ディープラーニング、量子アニーリング(物性工学と情報工
学との組み合わせ最適化のアプローチ)など様々なAI基盤技術の研
究・開発を行っています。

<https://www.waseda.jp/top/news/57820>

他大学や国研の多数の研究者
との共同研究や研究議論

量子アニーリング関連技術人材育成

- 情報処理推進機構（IPA）**未踏事業**の一つとして2018年度より発足。
- **多様なドメイン知識**を持つ技術者に、量子アニーリング関連技術に触れる機会を提供し、量子アニーリング関連技術の**幅広い応用を探索**する人材育成を実施。
- **様々な属性を持つ人材**を育成（スタートアップ企業や個人事業主、他領域アカデミア研究者、学部学生を含む多様な属性）。
- **プロジェクトマネージャー**として、本分野で活躍する研究者/エンジニアである、**田中 宗(早稲田大学)**、**田村 亮(NIMS/東大)**、**棚橋 耕太郎(リクルートコミュニケーションズ)**の3名が運営。テクニカルアドバイザとして、富士通、日立、フィックスターズが参画。



田中 宗 PM
(早稲田大学)

未踏ターゲット事業（**アニーリング部門**、2018年度）

分野	プロジェクト名
バイオ	アニーリングマシンによるゲノム配列解析基盤の構築
ブロックチェーン	アニーリングを用いたブロックチェーンの高速化技術の開発
スケジューリング	量子アニーリングマシンを使用したスケジューリング問題ソルバーの開発
ライドシェア	アニーリングマシンを利用したライドシェア支援アプリの開発
画像解析	アニーリングマシンによる画像解析を利用した防犯対策技術
シミュレータ	時間依存密度行列くりこみ群法による量子アニーリングシミュレータの開発
ミドルウェア	バイオインフォマティクス領域におけるアニーリングアプリケーションの開発
ミドルウェア	アニーリングマシンを利用するアプリケーションのための実用的な開発環境・実行環境の開発

まとめ「世界的な熾烈な競争に勝つ戦略」

- **量子アニーリング分野の拠点化**（アプリ・ソフト拠点とハードウェア拠点）により、アプリ・ソフト・ハードが融合し、民間企業も巻き込み早期の実用化に向け研究開発を促進
- 物理系研究者と情報系研究者の集積が必要
- 拠点化により、さらに多様な人材の育成と集積（生命系・化学系・文系を含む）
- アプリケーション・ソフトウェアの開拓のためにも**量子アニーリングハードウェアの大規模化**は必須