

オンタリオ州 ～カナダ量子コンピュータの中心地～

カナダ大使館 オンタリオ州政府 在日事務所代表
クリスチャン・ハウズ



オンタリオ州南部は、カナダにおける量子コンピュータの中心地としての地位を確立し、世界でも有数のクラスターとして、急速に評判が高まっています。オンタリオ州には、この強力な技術の研究と商業化の継続的な成長を支える多くの利点があります。オンタリオ州におけるテクノロジーの成長を支える重要な利点のひとつであるカナダの積極的な移民政策により、オンタリオ州は、あらゆるテクノロジー分野の労働者や研究機関にとって、非常に魅力的な場所となっています。この強力な成長基盤には、学者から企業経営者、スタートアップ企業のスタッフまで多岐にわたる人材が含まれます。その結果、トロントとオンタリオ州南部は、シリコンバレーに次ぐ北米第2の伝統的なハイテク・ICTのハブとなりました。これは、AIや量子コンピュータのような新技術を開発するための強固な基盤となっています。

ここでは、量子コンピュータとその商業化の可能性を推進する世界的リーダーであるオンタリオ州の3つの機関、トロント大学 (U of T)、ウォータールー大学 (Waterloo)、オタワ大学 (uOttawa) について紹介します。

日本との強いつながりのあるトロント大学には、富士通研究所の研究拠点 (Fujitsu Co-Creation Research Laboratory) があり、量子コンピュータを用いた複雑な最適化問題の解決に焦点を当てています。

デロイトによる最近の報告書^{注1}では、カナダの量子研究センターを比較しています。グレーター・トロント・エリア (GTA) は、トロント大学の世界的な研究リーダーシップに支えられ、カナダで最強の量子研究ハブになりました。2017年から2021年までの研究の引用数、いわゆる「引用インパクト」で、トロント大学は米国の3大リーダーであるハーバード大学、マサチューセッツ工科大学 (MIT)、スタンフォード大学、そして中国の南洋理工大学に次いで世界第5位となりました。

オンタリオ州で量子力学分野を代表する3つの大学は、それぞれが所在する都市の特徴を受け継いでいま

す。トロントはカナダ最大の都市であり、金融の中心地です。ウォータールーはカナダの自動車メーカーの中心地のため、先端製造業のサプライチェーンの多くに近接しています。トロント大学のフランチェスコ・ボヴァとアヴィ・ゴールドファーブの2人の教授は、ウォータールー大学のロジャー・メルコとともに、2021年の記事「量子コンピュータの商業応用」^{注2}で、商業化の現状と課題について述べています。量子力学を応用した半導体やコンピュータと、古典的なコンピュータ、その中間である「量子インスパイアード」PCのコストと性能のバランスをどうとるのか、それがいつ判明するかもわかりません。しかし、古典的なコンピュータでは手が届かなかった組み合わせ論的な問題やアプリケーションを量子技術なら解決できるようになることは明らかです。ボヴァ、ゴールドファーブ、メルコの3人は、量子の商業化が影響を与える4つの産業、銀行・金融、化学・創薬、先端製造業、サイバーセキュリティについて概説しています。量子コンピュータのパワーが現在のツールを陳腐化させるため、サイバーセキュリティへの積極的な投資が必要となっています。オンタリオ州は、これら4つの産業すべてにおいてリーダー的存在であるため、先進的な量子研究とダイナミックな商業イノベーションの拠点として最適といえるでしょう。

トロント大学の量子革命

トロント大学
量子戦略イニシアチブ・リーダー
アンナ・ディリング博士



第3の量子革命とも呼ばれる今日の新たな科学技術の飛躍的進歩は、材料開発、薬剤設計、医療用画像処理、金融ポートフォリオとリスク管理、バッテリー設計、資源管理、物流などにおける新たなソリューショ

ンを通じて、さまざまな産業を根幹から大きく変える可能性を秘めています。

トロント大学の学際的量子センターである量子情報・量子制御センター（CQIQC）は、急速に発展する量子科学技術分野の共同研究を促進するために2004年に設立されました。同センターには現在、物理学、化学、数学、コンピュータサイエンス、電気・コンピュータ工学、材料科学・工学の教授陣が率いる30の研究グループと約400人の研究者が所属しています。

CQIQCは、量子コンピュータ&アルゴリズム、量子化学&材料、量子セキュリティ&通信、量子ダイナミクス&デバイス、量子情報科学の基礎など、幅広い量子科学技術テーマを推進し、研究・教育する理論家と実験家が集まっています。

トロント大学で特に力を入れている量子研究の例としては、エープレイム・スタインバーグ教授の量子トンネルと量子計測に関する研究、リー・チアン教授とジョン・サイブ教授によるEUとカナダ間の量子通信リンク確立のための国際共同研究、アルン・パラメカニ教授による「奇妙な金属」の理解への貢献などがあります。

トロント大学とCQIQCは、次世代の量子研究者、革新者、専門家の育成に深くコミットしています。トロント大学の学部および大学院レベルのコースやプログラムは、多くの理工系学生にとって魅力的です。上級レベルの学生は、CQIQCの研究グループに所属し、最先端の量子研究に参加できます。CQIQCでは、学部生、大学院生、博士研究員など、あらゆるレベルの研究機会を提供しています。興味のある学生は、量子関連企業でインターンシップもできます。

カナダの著名な量子スタートアップ企業のいくつかは、CQIQCにルーツがあります。CQIQCのポストドクや教授陣が設立した企業の例としては、量子コンピュータ企業のザナドゥ・クオントム・テクノロジーズ（Xanadu Quantum Technologies）、ザパタ・コンピューティング（Zapata Computing）、エンタングルネットワークス（Entangled Networks、最近IonQが買収）があります。CQIQCのメンバーであるホイクォン・ロー教授が共同設立した量子セキュリティ・通信企業のクオントム・ブリッジ・テクノロジーズ（Quantum Bridge Technologies）も、GTAにある数多くの革新的な量子スタートアップ企業の強力な一例です。

トロント大学は研究、革新、商業化の基盤として、CQIQCと相乗効果を発揮するほかの大学ユニットも数多くあります。その一例が、トロント大学ロットマ

ン経営大学院の起業家プログラムであり、量子の商業的可能性を理解し発展させるパイオニアであるCreative Destruction Lab (CDL) です。2017年以降、CDLの量子ストリームは、前述のカナダのCQIQC関連企業数社を含む140社以上の量子企業を世界中から輩出しています。CQIQCの教授陣の何人かは、CDLで科学アドバイザーとして従事しており、量子技術やアプリケーションに基づく新規事業を追求する起業家とかかわり、指導しています。また、量子の発見と応用を加速させる技術である人工知能（AI）の研究を行うトロントのベクター研究所も、トロント大学の豊かな環境に貢献している一例です。

CQIQCは、毎週開催される外部・内部講師による科学セミナーシリーズや、産学対話・交流を促進するイベントなど、年間を通じて多くのイベントや活動を行っています。代表的なイベントは、2年に一度開催されるCQIQC会議です。これは、量子科学技術の幅広いテーマを扱い、世界中から講演者や参加者が集まる1週間の科学会議です。次回、第10回は2024年8月26日から30日までトロントで開催される予定です。

CQIQCは2年ごとに、「量子力学の基礎とその応用における研究に対するジョン・スチュワート・ベル賞」（ベル賞）を授与しています。最新の受賞者は、米カリフォルニア大学サンタバーバラ校のジョン・マーティニス教授です。

トロント大学とCQIQCは、その卓越した研究とトレーニング、量子関連企業や商業化プログラムとの活発な連携により、GTAの量子エコシステムの中核を担っています。量子科学技術のリーダーであるトロント大学は、第3次量子革命を推進する人材を惹きつけ、育成しています。

ここで、トロント大学の量子商業化とイノベーションの主な例を二つ紹介します。

2023年5月23日、「未来型」のセキュリティを実現するクオントム・ブリッジ・テクノロジーズがカナダ政府から資金提供を受けたと発表しました。量子コンピュータが普及すれば、2030年までにこれらの技術は一般的なものになる可能性が高く、通信ネットワークは、このような新しく、はるかに高度なセキュリティの脅威から保護されなければなりません。同社の新しい量子中継器は、量子に強いインターネットや通信ネットワークの構築に不可欠なコンポーネントです。

トロント大学のMyhal Centre for Engineering Innovation & EntrepreneurshipにあるFujitsu Co-Creation Research Laboratoryは、彼らが開発したDigital Annealer (DA) と呼ばれる量子にインスパ

イアされた技術を、脳外科手術のための医療用画像を含む多くのアプリケーションに使用する方法を発見しました。主に脳腫瘍や脳血管障害に対して行われるガンマナイフ放射線手術の準備時間は、精度を損なうことなく、数時間から約1分に短縮されました。富士通コンサルティング(カナダ)社の木船雅也ディレクターは、「このような問題に取り組むことこそ、デジタルアーニーラが開発された理由です」^{注3}と語っています。

ウォータールー大学

トロントの西に位置するウォータールー大学は、ブラックベリーのようなデジタル機器やスマートウォッチをはじめ、何千ものデジタル技術が発明された場所として知られています。ウォータールー大学では、学生や職員が開発した知的財産はすべて各開発者が所有しています。この政策と大学の起業家精神により、同大学はアイデアと技術の民間企業への移転において国内のリーダーとして位置づけられています。

ウォータールー大学量子コンピューティング研究所(IQC)には、ラザリディス量子ナノセンター(QNC)や量子ナノファブリケーション・特性評価施設など、世界トップクラスの関連施設が多数あります。

IQCは、何億ドルもの資金と、世界中から学生や研究者を集めています。IQCの研究者の実に30%が商業化に携わっています。

量子技術の応用例として、ウォータールー大学のサイバーセキュリティ・プライバシー研究所(CPI)があります。サイバー犯罪が年間15%の割合で増加し、企業に年間10兆5000億ドルの損害を与えていることから、インフラやデータを保護するためにCPIを利用する企業が増えています。

CPIは、セキュリティとプライバシーに対するユニークな学際的アプローチで、全学部の16学部から60人以上の研究者を集めています。

カナダで第1位、世界でもトップ10にランクされるCPIは、「最先端のサイバーセキュリティとプライバシーのツールや技術を開発し、産学連携を通じてそれらを商業化するユニークな立場にある」とCPIのコリン・ラッセル マネージング・ディレクターは述べています。

オタワ大学

カナダの首都に位置するオタワ大学Nexus for Quantum Technologies (NEXQT) 研究所は、4

つの主要分野—センシングとイメージング、量子材料、量子通信、ナノ加工とデバイス—で量子の限界に挑戦しています。同大学は、カナダの政治と政策形成の中心に近いという立地条件もあり、量子技術の将来的な利用をサポートするために必要な倫理的・法的枠組みを開発する最先端を担っています。

オタワは長年、通信、基礎材料研究、技術政策などの分野でカナダ研究の中心地となってきました。オタワ大学の量子チームは、57人の上級研究者と1600人以上の優秀な人材で構成され、4つの学部を中心に研究を支えています。

オタワ大学の量子研究機関としては、マックス・プランク-オタワ極限量子フォトンクスセンターが代表的です。同センターは、構造化光、ナノ・フォトンクス、バイオ・フォトンクスの基礎と応用、量子情報およびナノ科学に関連する光学的手法の開発、アト秒現象の研究、古典光学および量子光学で使用するデバイスや新材料の製造などを含む、光学とフォトンクスで現在注目されている多くのトピックを網羅する幅広い研究ポートフォリオを有しています。

注1 : <https://gro.utoronto.ca/our-advocacy/canadas-quantum-hubs-a-foundation-for-global-quantum-advantage/>

注2 : https://epjqt.epj.org/articles/epjqt/abs/2021/01/40507_2021_Article_91/40507_2021_Article_91.html

注3 : <https://www.utoronto.ca/news/researchers-use-quantum-inspired-tech-reduce-radiosurgery-planning-time>

お問い合わせ

JOI事業企画部
E-mail : bd@joi.or.jp

カナダ大使館
オンタリオ州政府 在日事務所
E-mail : TOKYOOntario@international.gc.ca