

## 量子技術 — 日本における研究状況

在日ドイツ大使館科学技術課長 ローター・メニケン参事官

2021年6月16日現在

### 概要

6月15日、フラウンホーファー研究機構はドイツ・シュトゥットガルト近郊のエーニンゲンにおいて、メルケル首相臨席のもと、欧州初となる IBM Quantum System One の稼働を開始しました。IBM Quantum System One は、日本でも今後数カ月以内に「新川崎・創造のもり かわさき新産業創造センター（KBIC）」で始動する予定です。これらの新システムは従来の高性能コンピューターでは不可能、もしくは多大な時間を要した複雑極まりない計算を短時間で行えることから、材料研究、医薬品、物流等の分野に全く新しい可能性をもたらすものです。

日本（とオーストラリア）および欧州における量子コンピューティングの開発状況は、同程度であると見られています（DLR シュトレンベルク、2021年）。この分野で世界をリードしているのはアメリカと中国ですが、日本は「次世代量子技術イノベーションの可能性」で相対的な強みを有しているとも言われています（ACATECH カーガーマン他、2020年）。そのため日独間の量子技術、特に量子コンピューティングや量子通信、量子暗号における一層の研究協力は非常に有望です。

日本では量子技術の研究開発に関する産官学の連携が活発化しています。東芝、トヨタ自動車、NTTなど日本企業11社は2021年5月31日、量子技術の産業利用に関する協議会（量子技術による新産業創出協議会）を設立し、今後量子コンピューターや量子暗号その他の基礎技術に加え、人材確保・育成やルール・基準等の課題について検討する予定です。

同じ5月31日には、株式会社メルカリが量子インターネットの研究開発に取り組む団体を慶應義塾大学や東京大学と共同設立したことを発表しました。参加企業は今後増加する見込みです。量子データをやりとりする量子インターネットは安全な通信と情報の保護を可能にするもので、新団体は15年後の試験的実用化を目指しています。

5月27日に開催された日・EU首脳会談では、EUが提唱する枠組み「デジタルの10年のためのパートナーシップ」における量子技術の研究協力や、欧州研究枠組み計画「ホライズン・ヨーロッパ」への参画に菅総理が賛同しました。日本は量子技術分野での研究開発に関し、多国間・二国間（日米、日・EU）協力を政策的に推進しようとしています。

### Im Einzelnen

#### Forschungsförderung, -programme, -schwerpunkte

Forschung zu Quantentechnologien (QT) ist seit 2018 ein Förderschwerpunkt der jap. Regierung. In der Haushaltsplanung für das HHJ 2021 sind 3,5 Mrd. JPY (ca. 26 Mio. €) p.a. für QT veranschlagt. Die staatliche QT-Forschungsförderung erfolgt insbesondere durch das Ministerium für Bildung, Kultur, Sport, Wissenschaft und Technologie (MEXT) bzw. die Förderagentur JST. Die Ressorts für Wirtschaft (METI) bzw. die Förderagentur NEDO, Kommunikation (MIC) sowie das Kabinettsbüro (CAO) sind ebenfalls beteiligt.

In Japan werden folgende **F&E-Förderprogramme** zu Quantentechnologien durchgeführt:

1. Q-LEAP Flagship Program (MEXT), MIRAI (JST), Roadmap Quantentechnologie 2017
2. SIP Opto-quantum base technology (Cross-Ministerial Strategic Innovation Promotion Program, CAO), R&D Plan Photonics and Quantum Technology for Society 5.0 (2019); Fokusthema im 6th Science, Technology and Innovation Basic Plan (2021-2025);
3. Moonshot R&D Program (goal 6): "Realization of a fault-tolerant universal quantum computer that will revolutionize economy, industry, and security by 2050" (MEXT / JST), Program Director: Prof. KITAGAWA Masahiro, Osaka University
4. Innovative AI Chip & Next-Generation Computing Technology Development (METI / NEDO),
5. R&D of Quantum Cryptography in Satellite Communications (MIC),

Entsprechend der **Quantentechnologie-Roadmap** (2017) und der Förderbekanntmachung Q-Leap (MEXT, 2018) werden über 10 Jahre folgende Schwerpunkte gefördert:

1. Quanteninformationstechnologien (Quantensimulation und Quanten-Computer)
2. Quantenmetrologie und -sensorik
3. Ultrakurz gepulste Laser
4. Laserbearbeitung der nächsten Generation
5. Entwicklung von Ausbildungskursen zu QT (seit Herbst 2020)

Anfang 2020 wurde die aktuelle „**Quantum Technology Innovation Strategy**“ vom Integrated Innovation Strategy Promotion Council beschlossen und durch den Premierminister verkündet. Darin wurden Hauptthemen (1-4) und Querschnittsthemen (5-7) festgesetzt: 1) Quantum computer/Quantum simulator, 2) Quantum metrology/sensing, 3) Quantum communication/cryptography, 4) Quantum materials, 5) Quantum AI technologies, 6) Quantum life science technologies, 7) Quantum security technologies. Die Strategie beinhaltet u.a. 13 „Technology Roadmaps“ sowie fünf Roadmaps für sog. „Fusion Areas“ (z. B. „Quantum AI Technologies“, „Quantum Life Science“, „Quantum Security Technologies“) und ist auf 20 Jahre angelegt.

Im Rahmen der Strategie zur Stärkung der Zusammenarbeit zwischen Forschung, Industrie und Politik sowie in- und ausländischen Experten wurden „**Quantum Technology Innovation Centers**“ (**Hubs**) gegründet bzw. ernannt:

1. RIKEN (zugleich: Quantum Technology Innovation Headquarters): Superconductive quantum computer
2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology-AIST: Quantum devices
3. National Institute of Information and Communication Technology-NICT: Quantum secure network
4. University of Tokyo, Business Alliance (IBM Q Network Hub @ Keio University u.a.) Quantum computer application
5. Osaka University: Quantum software (incl. quantum AI)
6. National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology-QST: Quantum life science (Quantum biotechnology)

7. National Institute for Materials Science-NIMS: Quantum material
8. Tokyo Institute of Technology: Quantum inertia sensor/optical lattice clocks

Nachdem die Fraunhofer-Gesellschaft in Kooperation mit IBM im April 2021 in Ehningen (nahe Stuttgart) den ersten „**IBM Quantum System One**“ in Europa in Betrieb genommen und am 15. Juni feierlich eröffnet hat, ist in den nächsten Monaten die Installation des ersten „IBM Quantum System One“ in Japan im **Kawasaki Business Incubation Center (KBIC) in Kawasaki** (nahe Tokyo) vorgesehen. Letzteren betreibt die Universität Tokyo in Kooperation mit IBM. Dazu hat die Universität Tokyo ein „**Quantum Innovation Initiative Consortium**“ im Juli 2020 gegründet, zusammen mit der Keio Universität, Toshiba Corp., Mitsubishi Chemical Holding Corp., Mitsubishi UFJ Financial Group Inc. u.a. (2 Univ., 12 Firmen). Am 17. Mai 2018 wurde der Q-Hub an der Keio Universität eröffnet – die erste und bisher einzige Cloud-Verbindung in Asien zu IBMs 20-Qubit-Quantencomputer in New York.

Darüber hinaus können **weitere interessante QT-Forschungseinrichtungen** in Japan identifiziert werden: Kyoto U, Tohoku U, Yokohama National University, Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University-OIST (Präs. Peter Gruss, vormals Präs. Max-Planck-Gesellschaft); High Energy Accelerator Research Organization-KEK, U Electro-Communications, Gakushuin U, Hokkaido U, Toyama U, Utsunomiya U, WASEDA U.

Zu den **führenden Unternehmen** zählen: Toshiba (F&E Flagship project “Superconductive quantum computer”, Q-LEAP program), Denso, Fujitsu, ExaScaler Inc., NTT, NEC, Mitsubishi Electric, Hitachi, QunaSys, Honda, JSR Corporation, MDR, Nagase, PEZY Computing, Recruit Communications, Rohm Semiconductor, SIGMAKOKI, TOKAI Optical, Toshiba, Toshiba Infrastructure Systems & Solutions, Toyama, Toyota Tsusho, Yazaki, ZenmuTech.