

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

論題 Title	世界各国の政策
他言語論題 Title in other language	Examples of Related Policies of Several Countries
著者 / 所属 Author(s)	藤田 維明 (FUJITA Koreaki) / 大阪大学経営企画オフィス リサーチ・マネージャー、山下 眞 (YAMASHITA Makoto) / 大阪大学量子情報・量子生命研究センター (QIQB) 特任 准教授
書名 Title of Book	量子情報技術 科学技術に関する調査プロジェクト報告書 (Quantum Information Technologies)
シリーズ Series	調査資料 2021-6 (Research Materials 2021-6)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
刊行日 Issue Date	2022-03-30
ページ Pages	—
ISBN	978-4-87582-888-4
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	量子情報技術の研究開発に係る政策について、米国、英国、 EU、中国、カナダ、オーストラリアを対象に調査し、EU 加 盟国のドイツ、オランダ、フランスについては個別の政策の 調査も行った。

* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰 (めいせき) 性等の観点からの審査を経たものです。

* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

第4章 世界各国の政策

【要旨】

量子情報技術の研究開発に係る政策について、米国、英国、EU、中国、カナダ、オーストラリアを対象に調査し、EU加盟国のドイツ・オランダ・フランスについては個別の政策も調査し、参考のため我が国についても記載した。いずれの政策でも、「重ね合わせ状態」や「量子もつれ状態」といった古典的対応を持たない量子現象を用いる技術を生み出しつつある第二次量子革命を謳い、2012年の英国を皮切りに、EU（2016年）、米国・ドイツ（2018年）、オランダ（2020年）、フランス・カナダ（2021年）と国家戦略が策定されてきた。我が国も2020年1月に「量子技術イノベーション戦略」を策定している。各政策は日々巨大化しつつある。

I 米国

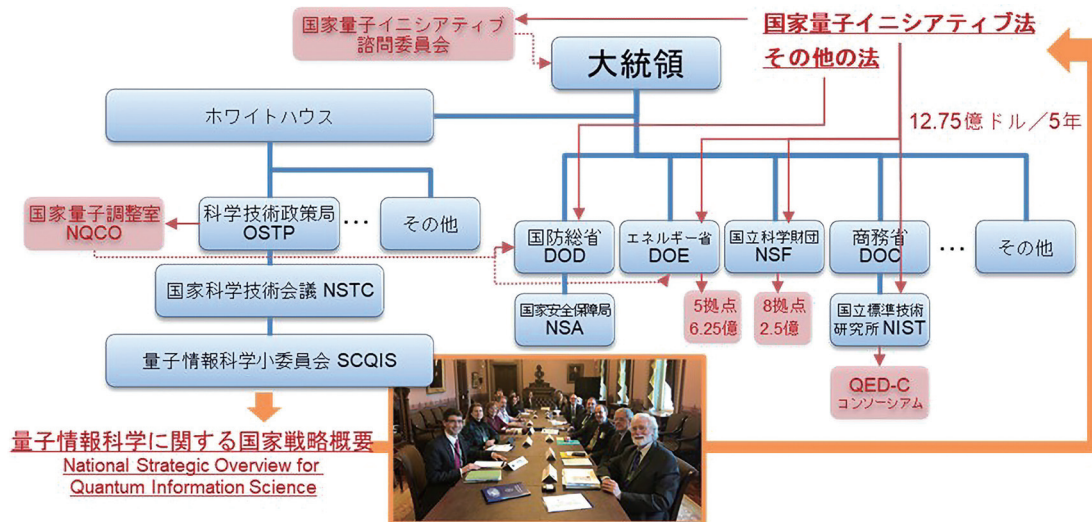
2018年9月に国家科学技術会議（National Science and Technology Council: NSTC）の量子情報科学小委員会（Subcommittee on Quantum Information Science: SCQIS）から「量子情報科学に関する国家戦略概要」が発表された。同戦略概要では、「科学を第一に置くアプローチ」、「量子情報科学分野の人材の育成」、「量子情報科学に関連する産業との関係を強化」、「重要なインフラ（技術・設備等）を提供」、「国家安全保障と経済成長を維持」、「国際協力の推進」の六つの政策の方向性が示された。2018年12月には大統領署名により「国家量子イニシアティブ法（NQI法）」⁽¹⁾が成立し、エネルギー省（DOE）、国立科学財団（NSF）、国立標準技術研究所（National Institute of Standards and Technology: NIST）における量子分野の取組に5年間で12億7500万ドル（約1454億円）の投資を行う権限が付与された。科学技術政策局（OSTP）は同法に基づき、2019年3月に量子研究開発に関する政策調整を担う国家量子調整室（National Quantum Coordination Office: NQCO）を創設した⁽²⁾。

* 本稿におけるインターネット最終アクセス日は、令和4（2022）年2月10日である。また、日本円換算は令和4（2022）年2月分報告省令レートに基づき、1ドル=114円、1ポンド=152円、1ユーロ=129円、1元=18円、1カナダドル=89円、1豪ドル82円として行い、適宜四捨五入した。

(1) National Quantum Initiative Act of 2018, Pub. L.115-368, 132 Stat.5092.

(2) 原田久義「アメリカの量子情報科学の進展を目的とする立法—国家量子イニシアティブ法—」『外国の立法』No.282, 2019.12, pp.28, 35. <https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11426017_po_02820002.pdf?contentNo=1>; 科学技術振興機構研究開発戦略センター『研究開発の俯瞰報告書 主要国の研究開発戦略（2021年）』2021, p.46. <<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2020/FR/CRDS-FY2020-FR-05.pdf>>; Gabriel Popkin, “Update: Quantum physics gets attention—and brighter funding prospects—in Congress,” *Science*, 27 Jun 2018. <<https://www.science.org/news/2018/06/updated-quantum-physics-gets-attention-and-brighter-funding-prospects-congress>>

図1 量子情報科学関係の米国政府機関



(出典) “About.” Quantum.gov website <<https://www.quantum.gov/about/#NDAA>>; National Science and Technology Council, “NATIONAL STRATEGIC OVERVIEW FOR QUANTUM INFORMATION SCIENCE,” 2018.9. <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018_NSTC_National_Strategic_Overview_QIS.pdf>; “House Passes \$1.275B National Quantum Initiative,” 2018.9.17. HPC Wire website <<https://www.hpcwire.com/2018/09/17/house-passes-1-275b-national-quantum-initiative/>>; “Update: Quantum physics gets attention—and brighter funding prospects—in Congress,” *Science*, 27 Jun 2018. <<https://www.science.org/content/article/updated-quantum-physics-gets-attention-and-brighter-funding-prospects-congress>> を基に筆者作成。

NQI 法による、DOE、NSF、NIST における量子分野の取組は、DOE が基礎研究を行う「国家量子情報科学研究センター (National Quantum Information Science Research Centers)」を設置すること、NSF が研究・教育活動を行う「量子研究教育総合センター (NSF multidisciplinary centers for quantum research and education)」を設置すること、NIST が量子技術産業を育成するための量子コンソーシアム (Quantum Economic Development Consortium (QED-C)) を立ち上げることである⁽³⁾。国防総省 (DOD) は国防授權法 (National Defense Authorization Act: NDAA) 2019 年及び同法 2020 年⁽⁴⁾ に基づくものであるが NQI 法による取組と整合する形で、陸海空軍に「NDAA 量子情報科学研究センター」を整備中である⁽⁵⁾。また、2020 年 2 月には量子ネットワーク分野

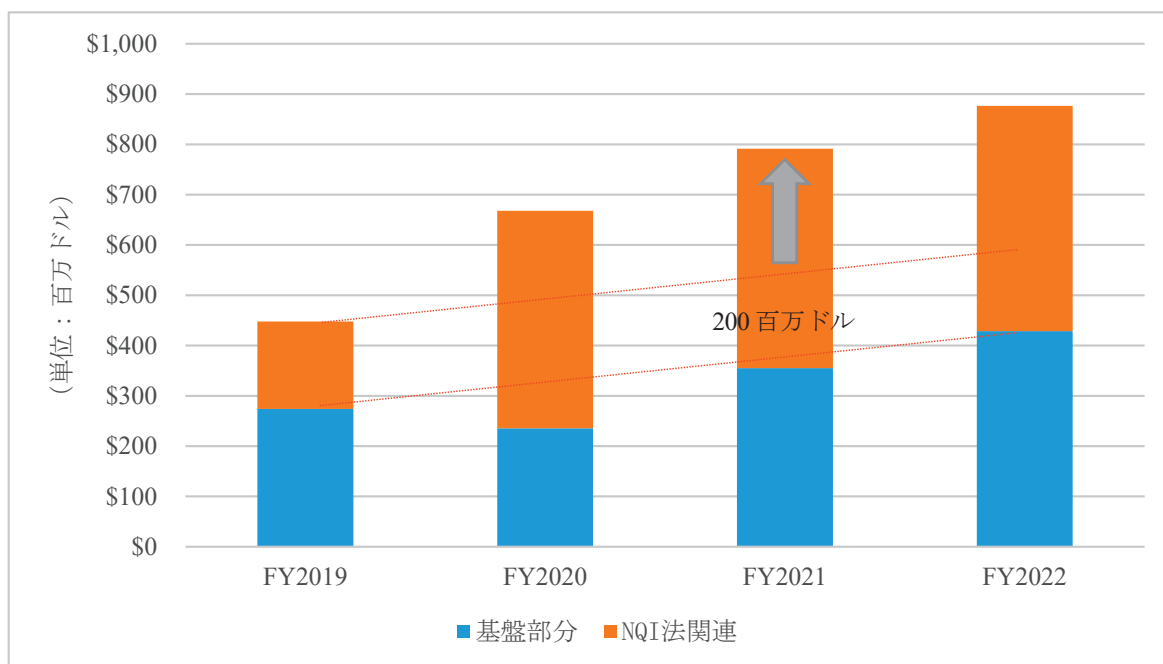
(3) “ACTION: CORE PROGRAMS.” Quantum.gov website <<https://www.quantum.gov/action/#CORE-PROGRAMS>> 国家量子イニシアティブ法は第 2 条で量子情報科学 (Quantum Information Science: QIS) を「量子物理学の法則を情報の保存、伝送、操作、計算、測定に用いること」と定義している (“National Quantum Initiative Signed into Law,” *FYI Bulletin*, No.2, January 4, 2019. AIP website <<https://www.aip.org/fyi/2019/national-quantum-initiative-signed-law>>)。DOE では補足として「ムーアの法則を減速させる古典的な物理限界を、エキゾチックな量子効果によって迂回できる計算及び情報処理の諸形態」とする (“Quantum Information Science(QIS).” U.S. Department of Energy, Office of Science website <<https://science.osti.gov/Initiatives/QIS>>)。また、NSF は「QIS はこれまでであったレーザー、トランジスタ、磁気共鳴イメージング等とは異なり、重ね合わせやもつれといった古典的対応をもたない現象を用いる。」としている (“Quantum Information Science(QIS),” *NSF Wide Investments 2021*, p.31.<https://www.nsf.gov/about/budget/fy2021/pdf/54_fy2021.pdf>)。

(4) “ABOUT: AGENCIES.” Quantum.gov website <<https://www.quantum.gov/about/>>

(5) 陸軍 [LPS Qubit Collaboratory (LQC)]: “A National Quantum Information Science Research Center.” LPS Qubit Collaboratory website <<https://www.qubitcollaboratory.org/>>; 空軍 [Quantum Information Science Research Center for the U.S. Air Force and U.S. Space Force]: “AFRL designated as Quantum Information Science Research Center for USAF & USSF.” Airforce Research Laboratory website <<https://afresearchlab.com/news/afri-designated-as-quantum-information-science-research-center-for-air-force-and-space-force/>>; 海軍 [Navy’s Quantum Information Science Research Center]: “Quantum Research.” U.S. Naval Research Laboratory website <<https://www.nrl.navy.mil/Our-Work/Areas-of-Research/Quantum-Research/>>

の更なる強化が発表された⁽⁶⁾。これらにより NQI 法成立以前と比べると研究開発予算は平均で約 2 億ドル（約 228 億円）/年が上乘せされる。（図 2 参照）。

図2 米国 QIS 研究開発予算



(注) FY2019 と FY2020 は実績、FY2022 は要求額。

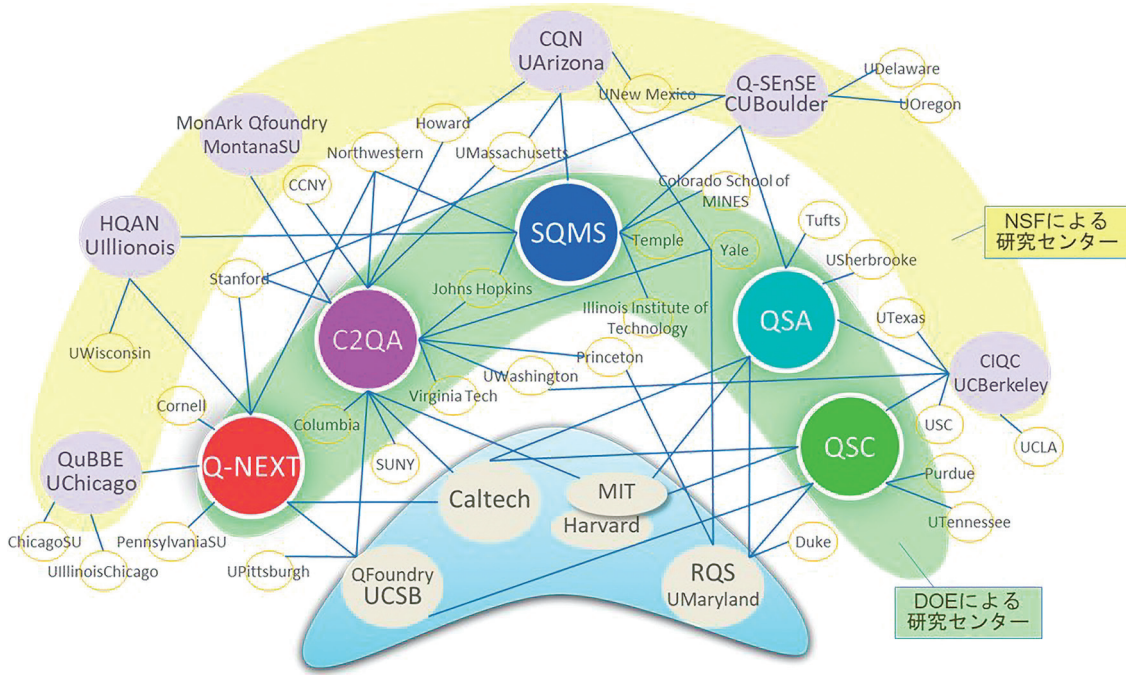
(出典) Subcommittee on Quantum Information Science, Committee on Science of the National Science and Technology Council, “National Quantum Initiative Supplement to the President’s FY2022 Budget,” 2021.12, p.3. <<https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2021/12/NQI-Annual-Report-FY2022.pdf>> を基に筆者作成。

主な取組は以下のとおりである。

- ・ DOE の国家量子情報科学研究センター（Q-NEXT、C²QA、SQMS、QSA、QSC）と NSF の量子研究教育総合センター及び量子ネットワーク工学研究センター（Q-SEnSE、HQAN、CIQC、QuBBE、RQS、CQN）に約 50 大学が重層的に参加する研究体制を構築する。

(6) White House National Quantum Coordination Office, “A Strategic vision for America’s Quantum Networks,” 2020.2. <<https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2021/01/A-Strategic-Vision-for-Americas-Quantum-Networks-Feb-2020.pdf>>

図3 DOEによる国家量子情報科学研究センター「DOE QIS Research Centers」



(注) 図は企業を除く協力関係。
 (出典) 各拠点ウェブサイト情報を基に筆者作成。

表1 DOEによる研究拠点

拠点名	Q-NEXT ^(注1)	C ² QA ^(注2)	SQMS ^(注3)	QSA ^(注4)	QSC ^(注5)
分野	量子センシング・量子通信・他	量子コンピュータ	量子コンピュータ 量子センシング	量子コンピュータ	量子コンピュータ 量子センシング
内容	量子接続、ファウンダリ機能、テストベッド	NISQの要素特性を各10倍改善し性能1000倍達成	超伝導・材料技術でコヒーレント時間を10倍	中性原子、イオン、超伝導のプロトタイプリング	トポロジカル材料による情報保護とセンシング
機関・指導者	Argonne NL	Brookhaven NL	Fermilab	Lawrence Berkeley NL	Oak Ridge NL
金額	2億800万ドル/5年 (民間9300万ドル含) ^(注6)	1億1500万ドル/5年 ^(注7)	1億1500万ドル/5年 ^(注8)	1億1500万ドル/5年 ^(注9)	1億1500万ドル/5年 ^(注10)
参加大学	Caltech, Cornell, Northwestern, Pennsylvania State, Stanford, UC Santa Barbara, U Chicago, U Illinois, U Wisconsin	MIT, Princeton, Yale, Caltech, City College of NY, Columbia, Harvard, Howard, Johns Hopkins, Montana State, Northwestern, SUNY, UC Santa Barbara, U Massachusetts, U Pittsburgh, Virginia Tech, U Washington	Northwestern, UC Boulder, Stanford, U Illinois UC, Colorado School of Mines, Johns Hopkins, Temple, U Arizona, Illinois Institute of Technology, U Padua	UC Boulder, Caltech, Duke, Harvard, MIT, Tufts, UC Berkeley, U Maryland, U New Mexico, UT Austin, U Sherbrooke, U Southern California	Caltech, Harvard, Princeton, Purdue, UC Berkeley, UC Santa Barbara, U Maryland, U Tennessee, U Washington

パートナー 企業	Applied Materials, Boeing, ColdQuanta, General Atomics, HRL Laboratories, IBM, Intel, Keysight Technologies, Microsoft, Quantum Opus, Verizon, Zurich Instruments	IBM	Rigetti Computing, Goldman Sachs, Janis Research, Lockheed Martin, Unitary Fund	-	ColdQuanta, IBM, Microsoft
政府系機関	SLAC NL, Pacific Northwest NL	Pacific Northwest NL, Jefferson Lab, Ames Laboratory, NASA Ames Research Center	Ames Laboratory, NASA Ames Research Center, NIST, INFN	Sandia NL, MIT Lincoln Laboratory	Fermilab, Los Alamos NL, Pacific Northwest NL

(注1) Next Generation Quantum Science and Engineering website <<https://www.q-next.org/>>

(注2) Co-design Center for Quantum Advantage website <<https://www.bnl.gov/quantumcenter/>>

(注3) Superconducting Quantum Materials and Systems Center website <<https://sqms.fnal.gov/>>

(注4) Quantum Systems Accelerator website <<https://quantumsystemsaccelerator.org/>>

(注5) Quantum Science Center website <<https://qscience.org/>>

(注6) “Department of Energy selects Argonne to lead national quantum center,” 2020.8.26. Argonne National Laboratory website <<https://www.anl.gov/article/department-of-energy-selects-argonne-to-lead-national-quantum-center>>

(注7) “Brookhaven Lab to Lead Quantum Research Center,” 2020.8.26. Brookhaven National Laboratory website <<https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=217392>>

(注8) “White House Office of Technology Policy, National Science Foundation and Department of Energy announce over \$1 billion in awards for artificial intelligence and quantum information science research institutes,” 2020.8.26. Fermi National Accelerator Laboratory website <<https://news.fnal.gov/2020/08/white-house-office-of-technology-policy-national-science-foundation-and-department-of-energy-announce-over-1-billion-in-awards-for-artificial-intelligence-and-quantum-information-science-research-in/>>

(注9) “New \$115 Million Quantum Systems Accelerator to Pioneer Quantum Technologies for Discovery Science,” 2020.8.26. Lawrence Berkeley National Laboratory website <<https://newscenter.lbl.gov/2020/08/26/quantum-systems-accelerator/>>

(注10) “ORNL, partners receive \$115 million to establish Quantum Science Center,” 2020.8.26. Oak Ridge National Laboratory website <<https://www.ornl.gov/news/ornl-partners-receive-115-million-establish-quantum-science-center>>

(出典) 各拠点ウェブサイト情報を基に筆者作成。

- ・NSFは量子研究教育総合センターの「NSF Quantum Leap Challenge Institutes (QLCI)」を5拠点、工学研究センター⁽⁷⁾の「NSF Engineering Research Center for Quantum Networks」を1拠点、「NSF Quantum Foundry」を2拠点、設置した。これら以外に育成型のQLCI-CG（10～15万ドル、期間2～3年）も18拠点設置した⁽⁸⁾。

(7) 工学研究センター制度は30年の歴史がある。科学技術振興機構研究開発戦略センター「米国のEngineering Research Centers (ERC)―融合型研究センターの federal flagship scheme―」（平成26年度調査報告書）2014。<<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2014/RR/CRDS-FY2014-RR-02.pdf>>

(8) National Science Foundation website <<https://www.nsf.gov/awardsearch/advancedSearchResult?ProgEleCode=105y&AwardNumberOperator=Range&AwardNumberFrom=1936526&AwardNumberTo=1937155>>

表2 NSFによる研究拠点

拠点名	Q-SEnSE ^(注1)	HQAN ^(注2)	CIQC ^(注3)	QuBBE ^(注4)	RQS ^(注5)	CQN ^(注6)	Quantum Foundry ^(注7)	MonArk Quantum Foundry ^(注8)
分野	量子センシング	量子通信	量子コンピュータ	量子センシング	量子コンピュータ	量子通信	量子コンピュータ量子通信	量子コンピュータ
内容	超精密センシングと応用	異種量子システムの接続	誤り訂正アルゴリズム等	生命科学イメージング	高信頼性シミュレータ	材料とデバイス、中継プロセッサ、通信方式	トポロジカル材料とインターフェースを開発	2次元量子材料の製造プロセス
機関・指導者	CU Boulder Jun Ye (兼 JILA、NIST)	U Illinois UC Brian DeMarco	UC Berkeley Dan Stamper-Kurn	U Chicago Greg Engel	U Maryland Andrew Childs (兼 QuICS)	U Arizona Saikat Guha	UC Santa Barbara Barbara Ania B. Jayich	Montana State Yves Idzerda
金額	2500万ドル/5年	2500万ドル/5年	2500万ドル/5年	2500万ドル/5年	2500万ドル/5年	2600万ドル/5年(op.+2460万ドル/5年)	2500万ドル/6年	2000万ドル/6年
参加大学	Harvard, Stanford, MIT, U Delaware, U Innsbruck, U New Mexico, U Oregon	U Wisconsin, U Chicago, U Waterloo	Caltech, UCSB, MIT, USC, UCLA, U Texas at Austin, U Washington	Chicago State, U Illinois at Chicago, Harvard	Duke, Princeton, NC State, Yale	Harvard, MIT, Yale, Brigham Young, Howard, N. Arizona, UMassachusetts A, U Oregon, U Chicago	Boston, U Pittsburgh, UC San Diego	U Arkansas
パートナー企業	検討中	IBM, Google, ColdQuanta, Toptica, American Family Insurance, AdvR, Northrop Grumman, Quantum Opus, Quibitekk, Xanadu, Microsoft, Quantum Technologies, Aliro, FlexCompute	QED-C	Adamas Nanotechnologies, P33, Soma Logic	-	Applied Materials, Raytheon BBN Technologies, PsiQuantum, Lockheed Martin, Corning, Xanadu, Bra-Ket Science, KCK Group, Osage Partners, Flybridge, General Dynamics	Bruker, Four Nine Design, GE, Google, HP, Honeywell, HRL Laboratories, IBM, Intel, Microsoft, Newport, Nexus Photonics, Northrop Grumman, NVision, Oxford Instruments, Plasma-Therm, Quantum Machines,	Montana Instruments, HighRI Optics

							Soma Logic, ThermoFisher, Thorlabs Crystalline Solutions, TOPTICA Photonics, Western Digital, QED-C	
政府系 機関	Los Alamos NL, Lincoln Lab, NIST, Sandia NL	Lincoln Lab, Air Force Research Lab,FermiLab	DOE Quantum Testbeds	Q-NEXT, UCSB Quantum Foundry	NIST	Sandia NL, NIST	—	—

(注1) Quantum Systems through Entangled Science and Engineering website <<https://www.colorado.edu/research/qsense/>>

(注2) Hybrid Quantum Architectures and Networks website <<https://hqan.illinois.edu/>>

(注3) Challenge Institute for Quantum Computation website <<https://ciqc.berkeley.edu/>>

(注4) Quantum sensing for Biophysics and Bioengineering website <<https://qubbe.uchicago.edu/>>

(注5) Institute for Robust Quantum Simulation website <<https://rq.s.umd.edu/>>

(注6) Center for Quantum Networks website <<https://cqnc-erc.org/>>

(注7) UCSB NSF Quantum Foundry website <<https://quantumfoundry.ucsb.edu/>>

(注8) MonArk Quantum Foundry website <<https://www.monarkfoundry.org/>>

(出典) 各拠点ウェブサイト情報を基に筆者作成。

- ・また、NSF は以前から支援していた 6 量子拠点を、国家安全保障局 (NSA) は 1 量子拠点 (QuICS) を NQI 法対象の拠点とした⁽⁹⁾。

表3 NSF による既存研究拠点

拠点名	JQI ^(注1)	IQIM ^(注2)	CUA ^(注3)	JILA ^(注4)	CIQM ^(注5)	CQuIC ^(注11)	QuICS ^{(注12)(注13)}
分類	量子コン ピュータ量子 センシング	量子コン ピュータ	量子マテリアル	量子マテリアル 量子計測	量子マテリアル 量子センシング	量子コン ピュータ量子 通信・量子セ ンシング	量子コン ピュータ量子 通信・暗号
内容	2006年設立、 量子情報科学 全般	量子情報、 トポロジカル / 多体物理	量子多体物理 (原子と分子/ 光/他)	1962年設立、 多体系/非平 衡系/測定	2013年設立 ^(注6) 、 量子材料	理論ハブ	量子情報理論、 計測、基礎物 理
機関・ 指導者	U Maryland NIST William Phillips	Caltech John Preskill	MIT-Harvard Wolfgang Ketterle	CU Boulder, NIST Eric Cornell	Harvard Robert Westervelt	U New Mexico Ivan Deutsch	U Maryland NIST William Phillips
金額	200万ドル /年	330万ドル /年 ^(注7)	200万ドル /年 ^(注8)	320万ドル /年 ^(注9)	450万ドル /年 ^(注10)	300万ドル /5年	未公表
参加 大学	-	-	-	-	Museum of Science, MIT, Howard	U Arizona	-
パート ナー企 業	-	-	-	-	Element Six, Graphenea, Raytheon, STMicroelectronics,	Honeywell QS, IBM ^(注14)	Booz Allen Hamilton

(9) “Quantum Information Science and Engineering Research at NSF.” NSF website <https://www.nsf.gov/mps/quantum/quantum_research_at_nsf.jsp>; “Physics Frontiers Centers(PFCs).” NSF website<https://www.nsf.gov/mps/phy/pfc_program.jsp>; “QuICS Faculty Join New DOE-Funded Quantum Centers” Joint Center for Quantum Information and Computer Science website <<https://quics.umd.edu/news/quics-faculty-join-new-doe-funded-quantum-centers>>

政府系 機関	LPS (NSA 所属)	-	-	-	MIT Lincoln Labo	Sandia NL, Los Alamos NL, Q-SEnSE, QSA	LTS (NTIA- DOC), LPS, NIST
-----------	-----------------	---	---	---	------------------	--	-------------------------------------

- (注1) Joint Quantum Institute website <<https://jq.i.umd.edu/>>; <https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1430094&HistoricalAwards=false>
- (注2) Institute for Quantum Information and Matter website <<https://iqim.caltech.edu/>>; <https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1733907&HistoricalAwards=false>
- (注3) Center for Ultracold Atoms website <https://www.rle.mit.edu/cua_responsive/>; <https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1734011&HistoricalAwards=false>
- (注4) Joint Institute for Laboratory Astrophysics website <<https://jila-pfc.colorado.edu/>>; <https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1734006&HistoricalAwards=false>
- (注5) Center for Integrated Quantum Materials website <<http://ciqm.harvard.edu/>>; <https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1231319&HistoricalAwards=false>
- (注6) “NSF funds Harvard-led Science and Technology Center for Integrated Quantum Materials.” NSF website <https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=129179>
- (注7) “Award Abstract # 1733907: The Institute for Quantum Information and Matter: Advancing the Entanglement Frontier.” NSF website <https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1733907&HistoricalAwards=false>
- (注8) “Award Abstract # 1734011: Center for Ultracold Atoms.” NSF website <https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1734011&HistoricalAwards=false>
- (注9) “Award Abstract # 1734006: JILA PFC: Measurement, Manipulation, and Meaning at the Quantum Frontier.” NSF website <https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1734006&HistoricalAwards=false>
- (注10) “Award Abstract # 1231319: Center for Integrated Quantum Materials.” NSF website <https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1231319&HistoricalAwards=false>
- (注11) Center for Quantum Information and Control website <<https://cquic.unm.edu/>>
- (注12) Joint Center for Quantum Information and Computer Science website <<https://quics.umd.edu/>>
- (注13) “UMD and NIST Announce the Creation of the Joint Center for Quantum Information and Computer Science.” College of Computer, Mathematical, and Natural Sciences, University of Maryland website <<https://cmns.umd.edu/news-events/features/2563>>
- (注14) “The University of New Mexico Becomes IBM Q Hub’s First University Member.” Tabor Communications website <<https://www.hpcwire.com/off-the-wire/the-university-of-new-mexico-becomes-ibm-q-hubs-first-university-member/>>
- (出典) 各拠点ウェブサイト情報を基に筆者作成。

II 英国

2013年、秋期財政演説においてオズボーン (George Osborne) 財務大臣は緊縮財政継続の中⁽¹⁰⁾、量子技術分野⁽¹¹⁾の研究開発プログラム UK National Quantum Technologies Programme (UKNQTP) を発表した。2014年からの5年間で2億7000万ポンド(約410億円)を投資する⁽¹²⁾。さらに、2014年には国防省も3000万ポンド(約46億円)の投資を決め、表4のように「UK National Quantum Technology Hub (UK 国家量子技術ハブ、QT Hub)」と呼ばれる大学や企業が参画する四つの研究拠点を中心に合計3億ポンド(約456億円)の投資を開始した⁽¹³⁾。2019年から

(10) 河島太朗「立法情報【イギリス】2013年秋期財政演説」『外国の立法』No.258-1, 2014.1. <https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_8407332_po_02580103.pdf?contentNo=1>

(11) 「「Quantum 1.0」を主に20世紀の量子技術、「Quantum 2.0」を主に近年の量子物理学の発展から生まれる技術とする。UK OFFICIAL DSTL/PUB098369, “UK Quantum Technology Landscape 2016: A perspective of UK Quantum Technology prepared by and for the UK Quantum Technology Community.” UK National Quantum Technologies Programme website <<https://uknqt.ukri.org/files/ukquantumtechnologylandscape2016/>>

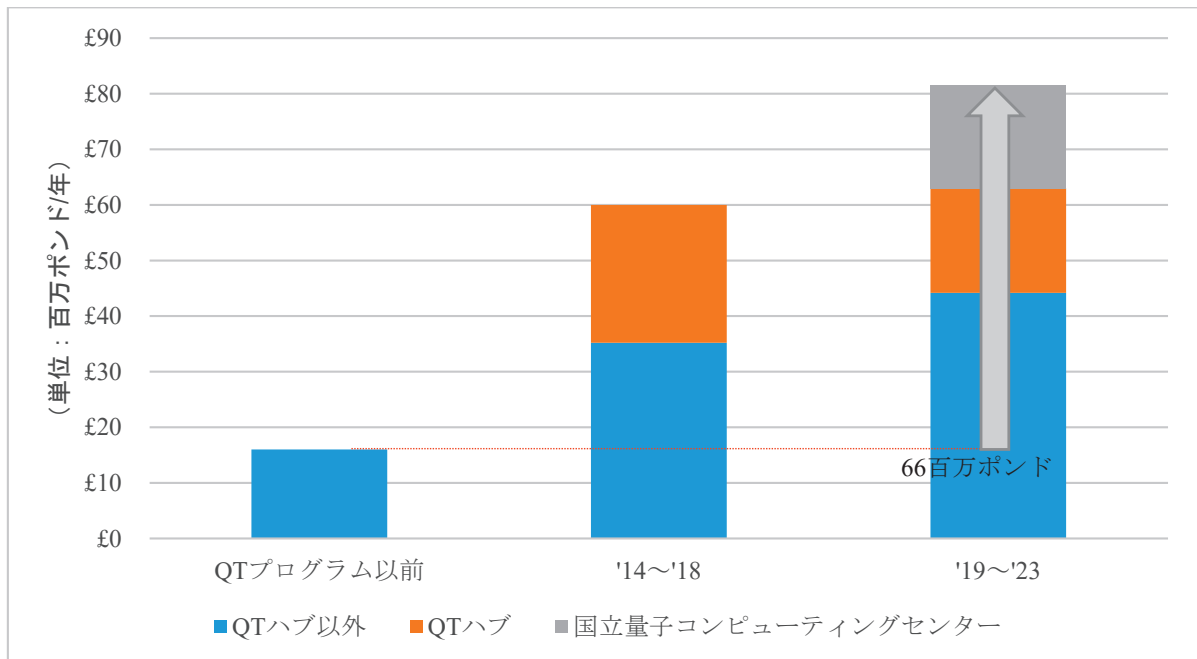
(12) うち1億9000万ポンド(約289億円)が純増。Daniel Clery, “U.K. bids for a lead in quantum technologies,” *Science*, 26 Nov. 2014. <<https://www.science.org/content/article/uk-bids-lead-quantum-technologies>>

(13) Richard Murray, “Exploring the commercial applications of quantum technologies.” Cambridge Wireless website <https://www.cambridgewireless.co.uk/media/uploads/resources/CW%20TEC/14.09.16/CWTEC16-Richard_Murray-InnovateUK.pdf>

は5年間、3億2000万ポンド（約486億円）に増額され第二期が始まっている⁽¹⁴⁾。

また、量子コンピューティング研究開発を行う拠点として、9300万ポンド（約141億円）をかけて国立量子コンピューティングセンターを設立する（建屋4500万ポンド（約68億円）⁽¹⁵⁾、4500平米、2023年オープン予定）⁽¹⁶⁾。最初の目標として100量子ビット以上のNISQマシンを目指し、プラットフォームは超伝導とイオンの2種類である。2021年8月には英国の量子ソフトウェア・スタートアップRiverlane社と量子ソフトウェアの供給に関する契約第一号を締結した⁽¹⁷⁾。

図4 英国QTプログラム



(注) いずれも年平均の投資額。

(出典) 科学技術振興機構研究開発戦略センター『研究開発の俯瞰報告書 主要国の研究開発戦略（2021年）』2021, p.117. <<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2020/FR/CRDS-FY2020-FR-05.pdf>>; “UKNQT Hubs.” UK National Quantum Technologies Programme website <<https://uknqt.ukri.org/about/uknqt-hubs/>>; National Quantum Computing Centre website <<https://www.nqcc.ac.uk/>>; “Hawkins/Brown appointed to design UK National Quantum Computing Centre\.” Hawkins Brown Architecture website <<https://www.hawkinsbrown.com/news-and-events/news/hawkins-brown-appointed-to-design-uk-national-quantum-computing-centre>> を基に筆者作成。

(14) 科学技術振興機構研究開発戦略センター 前掲注(2), p.117. 第二期のQTハブは9400万ポンド（約143億円）。 “UKNQT Hubs.” UK National Quantum Technologies Programme website <<https://uknqt.ukri.org/about/uknqt-hubs/>>

(15) “Hawkins/Brown appointed to design UK National Quantum Computing Centre.” Hawkins Brown Architecture website <<https://www.hawkinsbrown.com/news-and-events/news/hawkins-brown-appointed-to-design-uk-national-quantum-computing-centre>>

(16) “Building a Quantum Future,” 20 Sep 2021. Physics World website <<https://physicsworld.com/a/building-a-quantum-future/>>; “Facility.” National Quantum Computing Centre website <<https://www.nqcc.ac.uk/facility/>>

(17) “Riverlane Awarded First Contract to Supply Quantum Software to UK’s National Quantum Computing Centre,” Aug 21, 2021. HPC Wire website <<https://www.hpcwire.com/off-the-wire/riverlane-awarded-first-contract-to-supply-quantum-software-to-uks-national-quantum-computing-centre/>>

表4 四つの量子技術ハブ

拠点名	Sensors and Timing ^(注1)	Quantic ^(注2)	QCS ^(注3)	Quantum Communications ^(注4)
分類	量子センシング 量子計測	量子イメージング	量子コンピューティング 及びシミュレーション	量子通信
内容	健康, エネルギー, 交通, 土木, 宇宙, 防衛	気候変動, 健康, 交通, 防衛, 宇宙への応用	フルスタックかつ短期的 及び長期的目標	量子鍵配送
機関・指導者	U Birmingham Simon Bennett	U Glasgow Steve Beaumont	U Oxford Dominic O'Brien	U York Tim Spiller
金額 (第一期) ^(注5)	710 万ポンド / 年	480 万ポンド / 年	760 万ポンド / 年	480 万ポンド / 年
参加大学	Strathclyde, Nottingham, Glasgow, Sussex, Southampton, Imperial, Liverpool	Exeter, Heriot-Watt, Edinburgh, Bristol, Imperial, Southampton, Strathclyde	Bath, Bristol, Sheffield, Cambridge, Cardiff, Durham, Edinburgh, Glasgow, Imperial, Royal Holloway, Southampton, Strathclyde, Surrey, Sussex, UCL, Warwick	Bristol, Cambridge, Glasgow, Heriot-Watt, Kent, Oxford, Queen's Belfast, Sheffield, Strathclyde
パートナー 企業	70 industry partners.	Amethyst, ANDOR, Aralia, AstraZeneca, AWE, BAE, BP, Cascade, Chromacity, Clyde Space, Coherent, EYE, Gooch & Housego, GSS, Helia, Horiba, IDQuantique, JCC Bowers, Kromek, Leonardo, Lockheed Martin, MIRA, mLED, M Squared Lasers, Optocap, OPTOS, Photon Force, QinetiQ, Raptor, Renishaw, Schlumberger, STMicroelectronics, Teledyne e2v, Terahertz, Thales	Airbus, BP, BT, CQC, Creotech Instruments, D Wave, Element Six, GlaxoSmithKline, Gooch & Housego, IQE, Johnson Matthey, M Squared Lasers, Oxford Instruments, Oxford Quantum Circuits, QinetiQ, Oxford Sciences Innovation, Rigetti, Quantum Machines, Quantum Motion, Rolls-Royce, Trakm8	AAC Clyde Space, ADVA, AegiQ, ArQit, BT, Cambridge Network, Cognizant, Craft Prospect, Cryogenics, Crypta Labs, Duality, Elson Space Engineering, IDQ, KETS, L3 TRL Technology, Nu Quantum, QuantIC, STFC, Teledyne e2v, Toshiba, Wideblue

政府系機関	NPL, British Geological Survey	Fraunhofer, NPL, National Nuclear Laboratory, UK DSTL, Astronomy Technology Centre	Defence Science & Tech Lab, Fraunhofer, Heilbronn Institute, National Cyber Security Centre, NPL, Alan Turing Institute	Bristol City Council, ETSI, Fraunhofer UK, NDFE, NPL QMI, RAL Space, STEM Learning, UK Space Agency, NCSC
-------	-----------------------------------	--	--	---

(注1) UK Quantum Technology Hub Sensors and Timing website <<https://quantumsensors.org/who-we-are>>

(注2) UK Quantum Technology Hub in Quantum Enhanced Imaging website <<https://www.quantac.ac.uk/>>

(注3) Quantum Computing and Simulation Hub website <<https://www.qcshub.org/>>

(注4) Quantum Communications Hub website <<https://www.quantumcommshub.net/>>

(注5) Richard Murray, “Exploring the commercial applications of quantum technologies.” Cambridge Wireless website <https://www.cambridgewireless.co.uk/media/uploads/resources/CW%20TEC/14.09.16/CWTEC16-Richard_Murray-InnovateUK.pdf>

(出典) 各拠点ウェブサイト情報を基に筆者作成。

III EU

EUでは、加盟国自身が行える事業についてはEUでは行わずに、加盟国が実施する施策を補助することが原則となっている。科学技術イノベーションの分野では、欧州研究圏（European Research Area: ERA）の構築（2000年～、量子は「QuantERA」⁽¹⁸⁾）やハイリスクな研究開発への投資、地球規模課題の解決といった部分に取組の焦点が当てられている⁽¹⁹⁾。

科学技術イノベーション関連プログラムのうち、分野を絞らず科学技術・イノベーション全般に資金提供できるものが「Horizon 2020（2021年からはHorizon Europe⁽²⁰⁾）」、また、手法として人材の育成・流動化、研究拠点・基盤整備、産官学連携拠点・地域振興などがあるが、研究拠点政策を行うものが「FET（Future and Emerging Technologies）Flagships Initiative」である。EU加盟国や欧州委員会に対し、これらを用いた10億ユーロ（約1290億円）/10年規模の量子技術投資プロジェクト「Quantum Technology (QT) Flagship」の立ち上げを求める「Quantum Manifesto」が2016年2月に公開され、欧州委員会「デジタル経済と社会」担当のエッティンガー（Günther Oettinger）委員により賛同の呼びかけがなされた⁽²¹⁾。

(18) QuantERA website <<https://www.quantera.eu/>>

(19) 科学技術振興機構研究開発戦略センター 前掲注(2), p.60. <<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2020/FR/CRDS-FY2020-FR-05.pdf>> 国における内閣にあたる行政機関が欧州委員会（European Commission）であり、欧州委員長（現在はフォン・デア・ライエン氏（Ursula von der Leyen））が首相に、委員（Commissioner）が大臣にあたる。省庁の役割を担う機関が「総局（Directorate General: DG）」で、立法・政策提案、予算案策定・執行等の実務を担う。欧州委員会は、各総局で働く32,000名以上の職員を含む機関全体を指す。EUの立法プロセスは、基本的に欧州委員会が提案した法案を、EU理事会と欧州議会が共同で採択するという形をとる。法案提出権は、特定の場合を除いて欧州委員会が独占している。

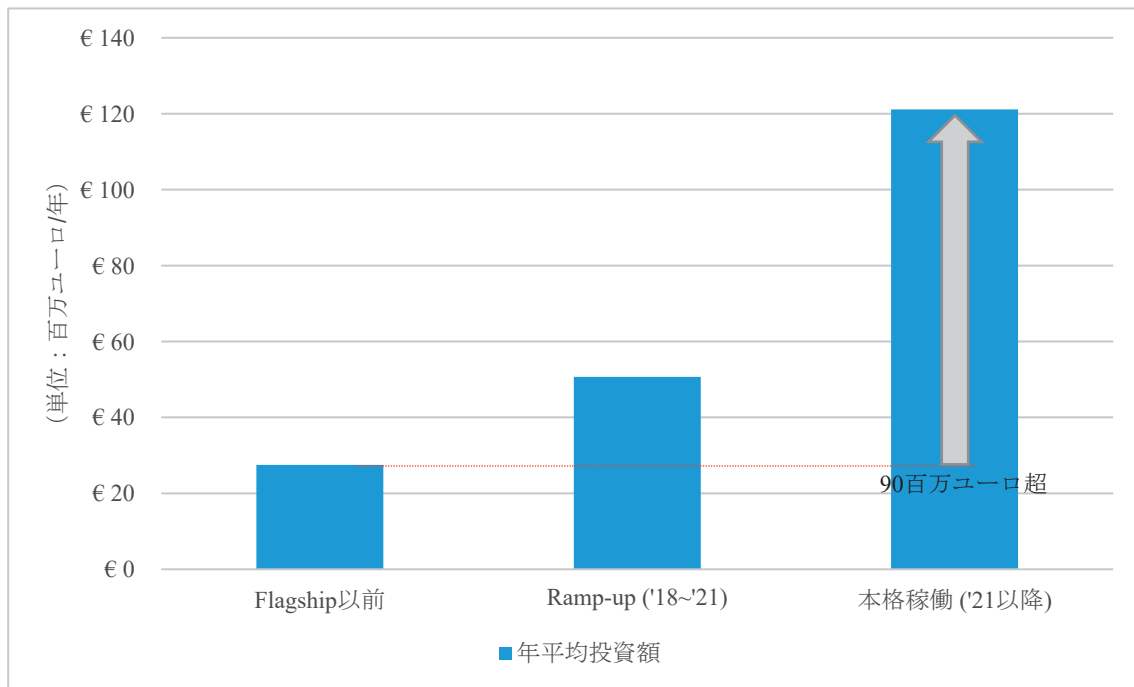
「Quantum Manifesto」は2016年5月アムステルダムで、EU理事会議長国であったオランダにより（欧州委員会とQuTechが協力）開催された「Quantum Europe 2016 Conference」にて賛同人も含め正式公開された。“European Strategy for quantum technology endorsed by 3400 key players,” 17 May 2016. European Commission website <<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/european-strategy-quantum-technology-endorsed-3400-key-players>>

(20) 2020年1月にEUを離脱した英国は、同年12月に通商協定でEUとの合意に至ったことから、Horizon Europeへ参加することとなった。

(21) Kai Kupferschmidt, “Europe to bet up to €1 billion on quantum technology,” *Science*, 22 Apr, 2016. <<https://www.science.org/content/article/europe-bet-1-billion-quantum-technology>> 「Quantum Manifesto」では、第二量子革命の技術をもたらす量子的効果の理論的根拠は「重ね合わせ」と「量子もつれ」と説明する。

欧州委員会は2018年10月、先行する20の研究プロジェクト（1億3200万ユーロ（約170億円）、後続は130研究プロジェクト、投資総額10億ユーロ（約1290億円））の開始とともにQuantum Flagshipの立ち上げを正式に宣言し⁽²²⁾、量子通信、量子シミュレーション、量子計測・センシング、量子コンピューティング、これらを補完する基礎量子科学の5領域を対象に支援を開始した（図5）⁽²³⁾。EUの量子研究投資は、2018年までの20年間で5億5000万ユーロ（約710億円）であったが、これにより年平均で約4倍に増加することとなった。なお2018～2021年の立ち上げ期間は24プロジェクトに1億5200万ユーロ（約196億円）、年平均で5100万ユーロ（約66億円）を投資した⁽²⁴⁾。

図5 EU QT フラグシップ



（出典）“Quantum Technologies Flagship kicks off with first 20 projects,” Oct. 29, 2018. European Commission website <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_6205>; “The launch of the Quantum Flagship,” October 29th 2018. Quantum Flagship website <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/newsroom/quantum-flagship-launch-press-release/>> を基に筆者作成。

主な取組は以下のとおり。

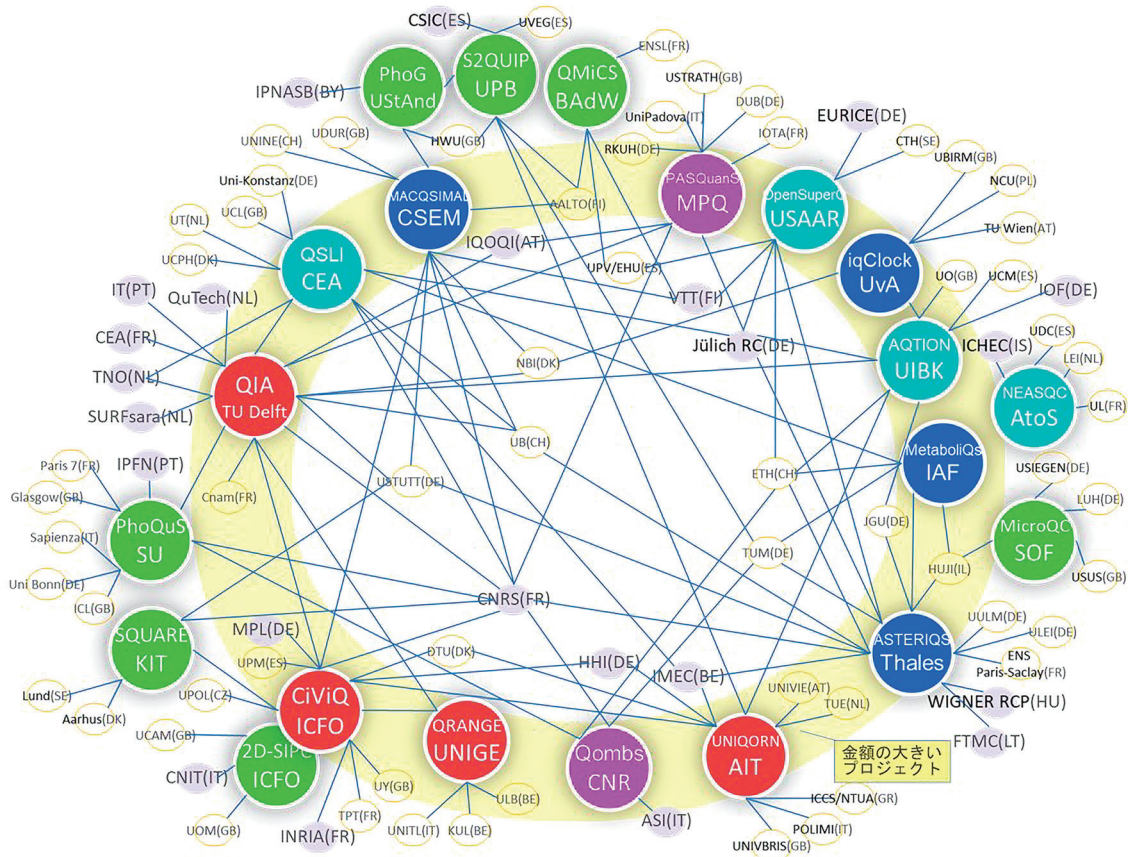
- ・ 22 か国より 72 大学、28 研究機関が参加する機関数では米国の倍のプロジェクト。規模の大きい 13 プロジェクトと小さい 8 プロジェクトが実施中で、大学・研究機関を網の目のようにつないでおり、これが各国の研究開発体制を支える。

(22) “Quantum Technologies Flagship kicks off with first 20 projects,” 29 October 2018. European Commission website <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_6205>; “The Launch of Quantum Flagship-Quantum Technology,” Oct. 29, 2018. Quantum Flagship website <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/newsroom/quantum-flagship-launch-press-release/>>

(23) “Quantum,” European Commission website <<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/quantum>>; “The Launch of Quantum Flagship-Quantum Technology,” *ibid.*

(24) “Quantum Technologies Flagship.” European Commission website <<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/quantum-technologies-flagship>>

図6 EU Quantum Technology フラッグシップ



(注) 企業を除く協力関係。
 (出典) 各拠点ウェブサイト情報に基づき筆者作成。

- ・ 21 の研究プロジェクト（研究以外の 3 プロジェクトを除く）。NEASQC との 2 プロジェクトのみ 2020 年スタート⁽²⁵⁾。

表5-1 研究プロジェクト

拠点名	CiViQ ^(注1)	QIA ^(注2)	QORANGE ^(注3)	UNIQRN ^(注4)	Qombs ^(注5)	PASQuanS ^(注6)	ASTERIQS ^(注7)
分類	量子通信	量子通信	量子通信	量子通信	量子シミュレーション	量子シミュレーション	量子センシングと計測
内容	連続変数 QKD + 現代暗号	欧州規模の量子インターネット	速く安く安全な量子乱数発生器	光学機器をSOC(システムオンチップ)化し小型化	量子レーザー周波数コム開発	原子とイオンによるシミュレータ	NV 中心による圧力計 / 温度計
機関・指導者	ICFO (スペイン) Valerio Pruneri	TU Delft (オランダ) Stephanie Wehner	UNIGE (スイス) Hugo Zbinden	AIT (オーストリア) Hannes Hübel	CNR (イタリア) Augusto Smerzi	MPQ (ドイツ) Immanuel Bloch	Thales (フランス) Thierry Debuisschert
金額	1000 万ユーロ / 3年 ^(注8)	1000 万ユーロ / 3年 ^(注9)	320 万ユーロ / 3年 ^(注10)	1000 万ユーロ / 3年 ^(注11)	930 万ユーロ / 3年 ^(注12)	930 万ユーロ / 3年 ^(注13)	970 万ユーロ / 3年 ^(注14)

(25) 科学技術振興機構研究開発戦略センター 前掲注(2), p.67.

参加大学	UPM, UPOL, DTU, TPT, UY ^(注15)	SU, NBI, UB, UNIGE, UIBK, USTUTT, Cnam ^(注16)	UNITN, KUL, ULB ^(注17)	UIBK, UPB, UNIVIE, DTU, TUE, POLIMI, ICCS/NTUA, UNIVBRIS ^(注18)	ETH, TUM ^(注19)	DUB, IOTA, RKUH, UniPadova, USTRATH ^(注20)	USTUTT, UULM, ETH, UB, USAAR, HUJI, ULEI, TUM, JGU, ENS Paris -Saclay ^(注21)
パートナー企業	HWDU, NBLF, Coriant, VLC, Quside, MLNX, Orange, Telefónica, Nextworks, DTAG	Swabian, SAP SE, OPTICA, MQS, VERIQLOUD, E6, CMS, JPE, i2CAT, MYCRYO, amsix, ABN-AMRO, IDQ, KPN, RIPE NCC, QuantiCor, Toshiba, Toyota	IDQ, Robert Bosch, Fondazione Bruno Kessler, Quside	SMART Photonics, MLNX, MPD, VPIphotonics, COSM, Cordon	Alpes Lasers, ppqSense, IRsweep, Thales, Menlo Systems	iXblue, ALS, MYCRYO, ParityQC, Pasqal, TOPTICA	Attocube, ARTTIC, E6, Robert Bosch, NVision, SQUTEC
政府系機関	CNRS, AIT, HHI, MPL, INRIA	IQOQI, CNRS, ICFO, MPQ, CEA, IT, QuTech, TNO, SURFsara	ICFO	HHI, IMEC	CNRS, ASI	CNRS, Jülich Research Centre, IQOQI	CNRS, WIGNER RCP, IMEC, IAF, FTMC, Jülich Research Centre

- (注1) “Continuous Variable Quantum Communications.” Quantum Flagship website <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/civiq/>>
- (注2) “Quantum Internet Alliance.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/european-quantum-internet-alliance/>>
- (注3) “Quantum Random Number Generators.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/qrange/>>
- (注4) “Affordable Quantum Communication for Everyone.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/uniqorn/>>
- (注5) “Quantum simulation and entanglement engineering in quantum cascade laser frequency combs.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/qombs/>>
- (注6) “Programmable Atomic Large-Scale Quantum Simulation.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/pasquans/>>
- (注7) “Advancing Science and TEchnology thRough dIamond Quantum Sensing.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/asteriqs/>>
- (注8) “Continuous Variable Quantum Communications.” CORDIS website <<https://cordis.europa.eu/project/id/820466>>
- (注9) “Quantum Internet Alliance.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820445>>
- (注10) “Quantum Random Number Generators.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820405>>
- (注11) “Affordable Quantum Communication for Everyone.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820474>>
- (注12) “Quantum simulation and entanglement engineering in quantum cascade laser frequency combs.” CORDIS website <<https://cordis.europa.eu/project/id/820419>>
- (注13) “Programmable Atomic Large-Scale Quantum Simulation.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/817482>>
- (注14) “Advancing Science and TEchnology thRough dIamond Quantum Sensing.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820394>>
- (注15) “About CIVIQ.” CiViQ website <<http://civiquantum.eu/about-civiq/#workpack>>
- (注16) “Partners.” Quantum Internet Alliance website <<https://quantum-internet.team/partners/>>
- (注17) “Quantum Random Numbers: Faster, Cheaper, More Secure.” QRANGE website <<https://qrange.eu/>>

(注18) “Partners.” UNIQUORN website <<https://quantum-uniqorn.eu/consortium/>>

(注19) “Consortium.” Qombs website <<https://www.qombs-project.eu/index.php/Consortium>>

(注20) “Quantum Simulation.” PASQuaS website <<https://pasquans.eu/>>

(注21) “ASTERIQS Partners.” ASTERIQS website <<https://www.asteriqs.eu/consortium/>>

表5-2 (続)

拠点名	iqClock ^(注22)	MACQSIMAL ^(注23)	MetaboliQs ^(注24)	AQTION ^(注25)	OpenSuperQ ^(注26)	2D-SIPC ^(注27)	MicroQC ^(注28)
分類	量子センシングと計測	量子センシングと計測	量子センシングと計測	量子コンピューティング	量子コンピューティング	基礎科学	基礎科学
内容	超放射光学時計の開発と実用化	原子ガスセルによる高精度センサ	心血管疾患診断用量子センサ	イオントラップ型 50 ビット機	超伝導型 100 ビット機	2D 材料と光回路のワンチップ化	イオントラップ型でのマルチゲート
機関・指導者	UvA (オランダ) Florian Schreck	CSEM (スイス) Jacques Haesler	IAF (ドイツ) Christoph Nebel	UIBK (オーストリア) Thomas Monz	USAAR (ドイツ) Frank Wilhelm-Mauch	ICFO (スペイン) Dmitri Efetov	SOF (ブルガリア) Nikolay Vitanov
金額	1000 万ユーロ /3年 ^(注29)	1020 万ユーロ /3年 ^(注30)	670 万ユーロ /3年 ^(注31)	960 万ユーロ /3年 ^(注32)	1030 万ユーロ /3年 ^(注33)	300 万ユーロ /3年 ^(注34)	240 万ユーロ /3年 ^(注35)
参加大学	UBIRM, NCU, TU Wien, UIBK, NBI ^(注36)	NBI, AALTO, UB, UDUR, USTUTT, UNINE ^(注37)	TUM, ETH, HUJI ^(注38)	JGU, UO, ETH, UCM ^(注39)	UPV/EHU, CTH, ETH ^(注40)	UOM, UCAM ^(注41)	USUS, LUH, HUJI, USIEGEN ^(注42)
パートナー企業	Teledyne e2v, TOPTICA, NKT Photonics, Acktar, Chronos Technology, British Telecom	Robert Bosch, Orolia, Megin	NVision, Bruker, E6	TOPTICA, AtoS, AKKA	LNF, ZI, Bluefors	Single Quantum	-
政府系機関	-	VTT, ICFO, CNRS	-	Jülich Research Centre, IOF	EURICE, Jülich Research Centre, VTT	CNIT	-

(注22) “Integrated Quantum Clock.” Quantum Flagship website <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/iqclock/>>

(注23) “Miniature Atomic vapor-Cells Quantum devices for Sensing and Metrology Applications.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/macqsimal/>>

(注24) “Leveraging room temperature diamond quantum dynamics to enable safe, first-of-its-kind, multimodal cardiac imaging.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/metaboliqs/>>

(注25) “Advanced quantum computing with trapped ions.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/aqtion/>>

(注26) “An Open Superconducting Quantum Computer.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/opensuperq/>>

(注27) “Two dimensional quantum materials and devices for Scalable Integrated Photonics Circuits.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/2d-sipc/>>

(注28) “Microwave driven ion trap quantum computing.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/microqc/>>

(注29) “Integrated Quantum Clock.” CORDIS website <<https://cordis.europa.eu/project/id/820404>>

(注30) “Miniature Atomic vapor-Cells Quantum devices for Sensing and Metrology Applications.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820393>>

(注31) “Leveraging room temperature diamond quantum dynamics to enable safe, first-of-its-kind, multimodal cardiac imaging.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820374>>

(注32) “Advanced quantum computing with trapped ions.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820495>>

(注33) “An Open Superconducting Quantum Computer.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820363>>

(注34) “Two-dimensional quantum materials and devices for scalable integrated photonic circuits.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820378>>

(注35) “Microwave driven ion trap quantum computing.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820314>>

- (注36) “Partners.” iqClock website <<https://www.iqclock.eu/partners.html>>
- (注37) “Partners.” macQsimal website <<https://www.macqsimal.eu/macqsimal-fp/partners/>>
- (注38) “The Project.” Metaboliqs website <<https://www.metaboliqs.eu/en/the-project.html>>
- (注39) “Partners.” AQTION website <<https://www.aqtion.eu/partners/>>
- (注40) “Partners.” OpenSuperQ website <<https://www.opensuperq.eu/partners/>>
- (注41) “Partners.” 2D-SIPC website <<http://2d-sipc.eu/partners/#single-quantum>>
- (注42) “Partners.” microQC website <<http://microqc.eu/partners.html>>

表5-3 (続)

拠点名	PhoG ^(注43)	PhoQuS ^(注44)	QMICS ^(注45)	S2QUIP ^(注46)	SQUARE ^(注47)	NEASQC ^(注48)	QSLI ^(注49)
分類	基礎科学	基礎科学	基礎科学	基礎科学	基礎科学	量子コンピューティング	量子コンピューティング
内容	コンパクトで安価な量子光源	光の量子流体	量子マイクロ波 LAN ケーブル	2D 半導体の光回路への埋め込み	固体中のレアアースイオンを制御	NISQ のアプリケーション探索	半導体量子ビットの有効性実証
機関・指導者	UStAnd (英国) Natalia Korolkova	SU (フランス) Alberto Bramati	BAdW (ドイツ) Frank Deppe	UPB (ドイツ) Klaus Jöns	KIT (ドイツ) David Hunger	AtoS (フランス) Cyril Allouche	CEA (フランス) Eric Mercier
金額	280 万ユーロ /3年 ^(注50)	300 万ユーロ /3年 ^(注51)	300 万ユーロ /3年 ^(注52)	300 万ユーロ /3年 ^(注53)	300 万ユーロ /3年 ^(注54)	470 万ユーロ /4年 ^(注55)	1470 万ユーロ /4年 ^(注56)
参加大学	UPB, HWU ^(注57)	Paris 7, Glasgow, Sapienza, Uni Bonn, ICL ^(注58)	AALTO, ENSL, UPV/EHU ^(注59)	UVEG, AALTO, HWU, TUM ^(注60)	Lund, Aarhus, USTUTT ^(注61)	UDC, LEI, UL ^(注62)	TU Delft, UCPH, UCL, UB, UT, Uni-Konstanz ^(注63)
パートナー企業	-	-	Oxford Instruments, TTI	VLC	Attocube, Thales	AstraZeneca, CESGA, EDF, HQS, HSBC, Tilde, TOTAL	Hitachi, IHP, Bull, STMicro, Infineon, Quantum Motion, Soitec
政府系機関	IPNASB, CSEM	CNRS, IPFN, CNR	VTT	CSIC	ICFO, CNRS	ICHEC	CNRS, IMEC, TNO, IAF, Jülich Research Centre

- (注43) “Sub-Poissonian Photon Gun by Coherent Diffusive Photonics.” Quantum Flagship website <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/phog/>>
- (注44) “Photons for Quantum Simulation.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/phoqus/>>
- (注45) “Quantum Microwave Communication and Sensing.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/qmics/>>
- (注46) “Scalable Two-Dimensional Quantum Integrated Photonics.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/quantum-integrated-photonics/>>
- (注47) “Scalable Rare-Earth Ion Quantum Computing Nodes.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/square/>>
- (注48) “NEXt ApplicationS of Quantum Computing.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/next-applications-quantum-computing/>>
- (注49) “Quantum Large Scale Integration in Silicon.” *ibid.* <<https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/qlsi/>>
- (注50) “Sub-Poissonian Photon Gun by Coherent Diffusive Photonics.” CORDIS website <<https://cordis.europa.eu/project/id/820365>>
- (注51) “Photons for Quantum Simulation.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820392>>
- (注52) “Quantum Microwave Communication and Sensing.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820505>>

- (注53) “Scalable Two-Dimensional Quantum Integrated Photonics.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820423>>
 (注54) “Scalable Rare Earth Ion Quantum Computing Nodes.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/820391>>
 (注55) “NExt ApplicationS of Quantum Computing.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/951821>>
 (注56) “Quantum Large Scale Integretion in Silicon.” *ibid.* <<https://cordis.europa.eu/project/id/951852>>
 (注57) “Consortium.” PhoG website <<https://www.st-andrews.ac.uk/~phog/#two>>
 (注58) “Researchers.” PhoQus website <<http://www.phoqus-project.eu/researchers/>>
 (注59) “Project Partners.” QMiCS website <<https://qmics.wmi.badw.de/groups/>>
 (注60) “Consortium Overview.” S2QUIP website <<https://www.s2quip.eu/index.php/consortium>>
 (注61) “SQUARE Project Partners.” Karlsruhe Institute of Technology website <<https://square.phy.kit.edu/63.php>>
 (注62) “About the Project.” NEASQC website <<https://www.neasqc.eu/about-the-project/>>
 (注63) “Press Release.” CEA-Leti website <<https://www.leti-cea.com/cea-tech/leti/english/Pages/What%27s-On/Press%20release/New-EU-Quantum-Flagship-consortium-launches-a-project-on-silicon-spin-qubits-as-a-platform-for-large-scale-quantum-computin.aspx>>
 (出典) 各拠点ウェブサイト情報を基に筆者作成。

表6 国別一覧

国 (計 22)	大学 (全 72 校)	企業 (全 78 社)	政府系機関 (全 28 機関)
アイルランド (IS)			ICHEC (Irish Centre for High-End Computing)
イスラエル (IL)	HUJI (Hebrew University)	MLNX (Mellanox >>Nvidia), Acktar	
イタリア (IT)	UNITN (Trento), POLIMI (Milano), UniPadova, Sapienza (Rome)	Nextworks, Fondazione Bruno Kessler, MPD (Micro-Photon-Devices), Cordon (Cordon Electronics Italia), ppqSense	CNR (National Research Council - Italian National Institute of Optics), ASI (Italian Space Agency), CNIT (National, Inter-University Consortium for Telecommunications)
英国 (GB)	UY (York), UNIVBRIS (Bristol), USTRATH (Strathclyde), UBIRM (Birmingham), UDUR (Durham), UO (Oxford), UOM (Manchester), UCAM (Cambridge), USUS (Sussex), UStAnd (St Andrews), HWU (Heriot-Watt), Glasgow, ICL (London), UCL (London)	VERIQLOUD, E6, Toshiba Europe, Teledyne e2v, Chronos Technology, British Telecom, Oxford Instruments, AstraZeneca, HSBC, Hitachi Europe, Quantum Motion Technologies	
オーストリア (AT)	UIBK (Innsbruck), UNIVIE (Wien), TU Wien	CMS, ParityQC	AIT, IQOQI (Institute for Quantum Optics and Quantum Information)
オランダ (NL)	TU Delft, TUE (Eindhoven), UvA (Amsterdam), LEI (Leiden), UT (Twente)	JPE, amsix, ABN-AMRO, KPN, RIPE NCC, SMART Photonics, Single Quantum	QuTech, TNO (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research), SURFsara
ギリシャ (GR)	ICCS/NTUA (Athens)	COSM (COSMOTE KINITES TILEPIKOINONIES)	

スイス (CH)	UNIGE (Geneva), UB (Basel), ETH (Zurich), UNINE (Neuchâtel)	IDQ (ID Quantique), Alpes Lasers, IRsweep, Orolia Switzerland, ZI (Zurich Instruments)	CSEM (Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA)
スウェーデン (SE)	CTH (Chalmers), Lund	LNF (Low Noise Factory)	
スペイン (ES)	UPM (Madrid), UCM (Madrid), UPV/EHU (Basque Country), UVEG (Valencia), UDC (Coruña)	VLC Photonics, Quside, Telefónica, i2CAT, TTI (Technologies of Telecommunication and Information), CESGA	ICFO (Institute of Photonic Sciences), CSIC (Spanish National Research Council)
チェコ (CZ)	UPOL (Olomouc)		
デンマーク (DK)	DTU (Denmark), NBI (Niels Bohr), Aarhus, UCPH (Copenhagen)	NKT Photonics	
ドイツ (DE)	USTUTT (Stuttgart), UPB (Paderborn), TUM (Munich), DUB (FU Berlin), RKUH (Heidelberg), UULM (Ulm), USAAR (Saarland), ULEI (Leipzig), JGU (Johannes Gutenberg), LUH (Hannover), USIEGEN (Siegen), Uni Bonn, KIT (Karlsruhe), Uni-Konstanz	HWDU (Huawei), Coriant, DTAG (Deutsche Telekom), Swabian instruments, SAP SE, TOPTICA Photonics, QuantiCor, Robert Bosch, VPIphotonics, Menlo Systems, Attocube systems, NVision Imaging Technologies, SQUTEC, Bruker BioSpin, HQS (HQS Quantum Simulations), IHP (Leibniz Institute for High Performance Microelectronics), Infineon Technologies	HHI / IAF / IOF (Fraunhofer- Telecommunications / Applied Solid State Physics / Applied Optics and Precision Engineering), MPL / MPQ (Max Plank-Science of Light / Quantum Optics), Jülich Research Centre, EURICE (European Research and Project Office), BAdW (Bavarian Academy of Sciences)
ハンガリー (HU)			WIGNER RCP (Wigner Research Centre for Physics)
フィンランド (FI)	AALTO	Megin, Bluefors	VTT (VTT Technology Center of Finland)
フランス (FR)	TPT (Paris), SU (Sorbonne), Cnam, IOTA (Institut d'Optique Théorique et Appliquée), ENS Paris-Saclay, (Ecole normale supérieure Paris-Saclay), Paris 7 (Diderot), ENSL (Ecole normale supérieure de Lyon), UL (Lorraine)	NBLF (Nokia), Orange, MQS (Muquans>> iXblue), iXblue, MYCRYO (My Cryo Firm), Thales R&T, AtoS, ALS (Azur Light Systems), Pasqal, ARTTIC systems, AKKA Digital, EDF, TOTAL, Bull, STMicroe ctronics, Soitec	CNRS, I NRIA, CEA (French Alternative Energies and Atomic Energy Commission)

ベラルーシ (BY)			IPNASB (National Academy of Sciences of Belarus)
ベルギー (BE)	KUL (Leuven), ULB (Bruxelles)	Toyota Europe	IMEC (Interuniversitair Micro-Electronica Centrum)
ポーランド (PL)	NCU (Nicolaus Copernicus)		
ポルトガル (PT)			IT (Instituto de Telecomunicações), IPFN (Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear)
ラトビア (LV)		Tilde	
リトアニア (LT)			FTMC (Centre for Physical Sciences and Technology)

コラム1 QuantERA ERA-NET について

ERA (European Research Area) とは、欧州レベルでの研究、イノベーション及び技術の EU 域内単一市場を作ることを目指すガイドラインで、欧州全体で単一の研究者市場を作る、世界レベルの研究インフラを作る、研究主体のネットワーキングを行う、統一的な規制やルールを作るといった方向性が示されている⁽²⁶⁾。2016年に始まった QuantERA でも国際研究グループを形成する共同提案が統合深化の第一段階とされる。QT Flagship との関係は、QuantERA が新しいアイデアのインキュベーターとなり、ある成熟度に達した段階で QT Flagship を開始、QT Flagship に貢献又は統合されるという補完的なものである⁽²⁷⁾。

QuantERA I : 4450 万ユーロ (約 57 億円)

量子技術における国際共同提案の募集、ファンディング機関間の対話と協力の醸成、責任ある研究とイノベーションの促進、公共政策展開の位置付け、優れた研究の欧州内外での普及に取り組む。

2017年募集 (3200 万ユーロ (約 41 億円)、24 又は 36 か月⁽²⁸⁾) 26 プロジェクト / 128 チーム⁽²⁹⁾

2019年募集 (1250 万ユーロ (約 16 億円)、24 又は 36 か月⁽³⁰⁾) 12 プロジェクト / 65 チーム⁽³¹⁾

QuantERA II : 4000 万ユーロ (約 52 億円)、24 又は 36 か月で募集中、2021 年 12 月に決定。

国際研究ネットワークを強化し QT Flagship 支援の各国活動の調整、ジェンダー不均衡への取組、優れた研究を欧州研究領域 (ERA) 全体に展開、コンソーシアムパートナーに対する公共政策の位置付け (継続) に取り組む。

(26) 科学技術振興機構研究開発戦略センター 前掲注(2), p.67.

(27) “QuantERA II.” QUANTERA website <<https://www.quantera.eu/about/quantera-ii>>

(28) QUANTERA, “Updated version of the Call 2017 for Transnational Research Proposals Supporting the topics of Quantum Information and Communication Sciences & Technologies,” 2017. <http://www.quantera.eu/images/QuantERA_Call_2017_Announcement_Update__03.07.2017.pdf>

(29) *QuantERA Call 2017 projects catalogue*, p.5. QUANTERA website <<https://www.quantera.eu/funded-projects/projects-catalogue>>

(30) QUANTERA, “QuantERA Call 2019.” <https://www.quantera.eu/images/Call_2019_Announcement/QuantERA_Call_2019_Leaflet.pdf>

(31) *QuantERA Call 2019 projects catalogue*, pp.4-5. QUANTERA website <<https://www.quantera.eu/funded-projects/projects-catalogue-2019>>

1 ドイツ

2018年9月、連邦政府は研究開発及びイノベーションのための包括的な戦略「ハイテク戦略2025」を発表した⁽³²⁾。それに伴い連邦政府は2018～2022年で6億5000万ユーロ（約839億円）を投資するフレームワーク・プログラム「量子技術—基礎から市場へ」で、ドイツを量子技術研究の分野で世界最先端に発展させ、産業育成の道筋をつけ、セキュリティの確保も行うとの方針を掲げた⁽³³⁾。量子コンピューティング、量子シミュレーション、量子通信（量子暗号、長距離量子通信）、計測（精密計測技術、衛星測位など）など第二世代量子技術⁽³⁴⁾の開発をマックスプランク研究所・フラウンホーファー研究所・ヘルムホルツ協会・ライプニッツ協会・物理工学研究所の協力の下行う。また、2020年1月には量子コンピュータ分野の戦略取組として3億ユーロ（約397億円）の追加投資を発表した。2020年7月には上記フレームワーク・プログラムへの追加投資となる、20億ユーロ（約2580億円）の未来パッケージ（ポストコロナの補正予算パッケージ及び2020年1月の戦略的取組を含む。）を発表した。2020～2025年に11億ユーロ（約1419億円）が量子コンピューティング分野へ、8億7800万ユーロ（約1133億円）が実用的な応用分野へ投じられる⁽³⁵⁾。

2020年3月、フラウンホーファー研究所はIBM社とドイツにおける量子コンピューティングの開発推進で合意した⁽³⁶⁾。その一環として、翌年6月に量子コンピュータ「Quantum System One」が設置された⁽³⁷⁾。バーデン・ヴュルテンベルク州は、フラウンホーファー研究所とIBMの活動に対し2024年まで最大4000万ユーロ（約52億円）を支援する⁽³⁸⁾。

(32) 科学技術振興機構研究開発戦略センター 前掲注(2), p.128。「ハイテク戦略」は、2006年8月に発表されて以来、ドイツの科学・イノベーション政策の基本計画として推進されている。省庁横断型の戦略でありファンディングから研究開発システムに至るまで幅広い施策や戦略を網羅する。2010年に「ハイテク戦略2020」、第3次メルケル政権発足後に「新ハイテク戦略（2014年）」が発表された。

(33) Fintan Burke, “Qubit to get ahead: Germany is racing to catch up with the quantum revolution,” *Science Business*, August 4, 2020. <<https://sciencebusiness.net/news/qubit-get-ahead-germany-racing-catch-quantum-revolution>>; Federal Ministry of Education and Research, *Quantum technologies: from basic research to market: a Federal Government Framework Programme*, September 2018, pp.7-8. <<https://www.quantentechnologien.de/fileadmin/public/Redaktion/Dokumente/PDF/Publikationen/Federal-Government-Framework-Programme-Quantum-technologies-2018-bf-C1.pdf>>

(34) Federal Ministry of Education and Research, *ibid.*, pp.4, 7-8。「半導体・インターネット・GPSによるナビなどの、量子効果を利用した現代のテクノロジーの基盤」を第一世代の量子技術、「量子もつれや重ね合わせ状態といった、今まさに利用可能になりつつありまったく新しいソリューションをもたらす可能性のあるもの」を第二世代の量子技術とする。

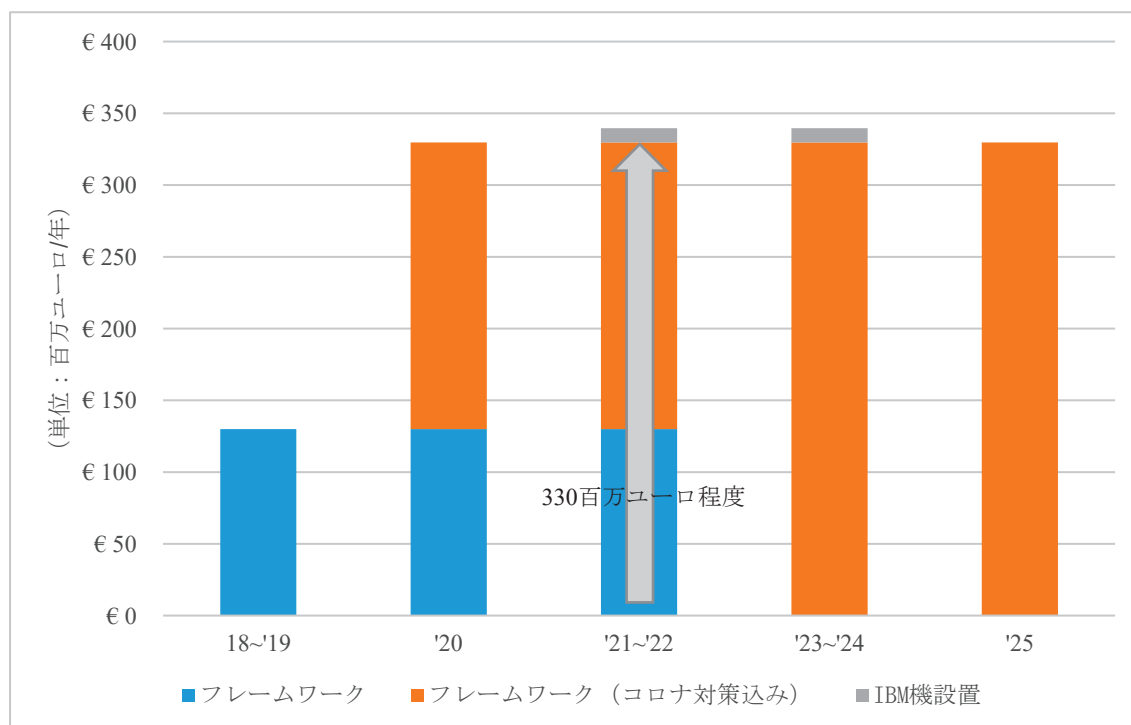
(35) “Germany to support quantum computing with 2 billion euros,” *Reuters Technology News*, May 11, 2021. <<https://www.reuters.com/article/us-germany-quantumcomputer-idUSKBN2CS0W9>>; Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, *National Reform Programme 2021*, March 2021, p.112. <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/national-reform-programme-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=4> 量子通信プロジェクト「QuNet」は2019年10月開始、産業界と研究者の参加型テーマ策定プロセス（国プロへの移行を想定）は2020年6月開始、量子コンピュータ分野の戦略取組は2020年1月開始（募集は2020年）、技術実用化と若手研究グループにフォーカスして資金支援は2021年に募集予定など活動開始時期は様々である。

(36) “IBM and Fraunhofer bring Quantum Computing to Germany,” March 13, 2020. Fraunhofer website <<https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2020/march/ibm-and-fraunhofer-bring-quantum-computing-to-germany.html>>

(37) “Fraunhofer goes quantum: IBM’s Quantum System One comes to Europe.” IBM website <<https://research.ibm.com/blog/fraunhofer-quantum-system-one>>

(38) “Curtain up: Fraunhofer and IBM to unveil quantum computer,” June 15, 2021. Fraunhofer website <<https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2021/june-2021/fraunhofer-and-ibm-to-unveil-quantum-computer.html>>

図7 ドイツ フレームワーク・プログラム



(注) 18～19年、20～25年については年平均の投資額。

(出典) “Rahmenprogramm der Bundesregierung.” quanten technologien website <<https://www.quantentechnologien.de/qt-in-deutschland/programm.html>>; “Curtain up: Fraunhofer and IBM to unveil quantum computer,” June 15 2021. Fraunhofer website <<https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2021/june-2021/fraunhofer-and-ibm-to-unveil-quantum-computer.html>> を基に筆者作成。

・ドイツの自己評価⁽³⁹⁾

フレームワーク・プログラム「量子技術 - 基礎から市場へ」と QT フラッグシップを開始するに当たり、ドイツは「IMPULSE」という現状報告書をまとめたが、その中で量子技術として産業化を目指す場合、基礎研究と同じような国際的に高い地位を占めているかを自己評価した(表7)。

表7 量子技術の国際的地位

	実現化技術 (要素技術、電子部品、測定器等)	量子センシング／量子イメージング／量子計測	量子通信と暗号	量子コンピューティング	量子シミュレーション
Good	○	○			
Moderate			○		○
Poor				○	

(出典) Henning Kagermann, et al., *The Innovation Potential of Second-generation Quantum Technologies (acatech IMPULSE)*, 2020, p.16. acatech website <https://en.acatech.de/wp-content/uploads/sites/6/2020/07/acatech_IMPULS_Quantentechnologie_en_web.pdf>

(39) Henning Kagermann et al., „The Innovation Potential of Second-generation Quantum Technologies,“ 2020. acatech website <https://en.acatech.de/wp-content/uploads/sites/6/2020/07/acatech_IMPULS_Quantentechnologie_en_web.pdf>

2 オランダ

2013年9月に、カンブ（Henk Kamp）経済大臣は量子コンピュータと安全な量子インターネットの構築に取り組む先端研究センター「QuTech」の発足を発表した⁽⁴⁰⁾。2015年6月、デルフト工科大学（500万ユーロ（約6億円）/年）、オランダ応用科学研究機構（TNO. 400万ユーロ/年（約5億円））⁽⁴¹⁾、オランダ科学研究機構（NWO）、トップセクターのHTSM部門（High Tech Systems and Materials、トップセクターは同国が強い産業分野）、オランダ物質基礎研究所（FOM）及びオランダ技術財団（STW）とともに設立した。産業界のアーリーアダプターの貢献⁽⁴²⁾を含め2015年からの10年間で1億3500万ユーロ（約174億円）を投資する⁽⁴³⁾。同年、量子ソフトウェアに関する研究開発コンソーシアム QuSoft も誕生し⁽⁴⁴⁾、2017年からは10年間、1880万ユーロ（約24億円）の投資も始まった⁽⁴⁵⁾。QuTech は、量子コンピュータ開発に取り組む企業からの投資も呼び込んでおり、マイクロソフト社とはデルフト工科大学時代を含め2010年から、インテル社とは2015年から共同研究を進めている。インテル社は QuTech へ総額5000万ドル（約57億円）を支援するほか、人員や設備の提供も行う⁽⁴⁶⁾。2019年には、企業からの寄与が1000万ユーロ（約13億円）を超えた⁽⁴⁷⁾。

2020年2月、政府は、前年9月に研究機関・大学・企業・政府機関の有識者がまとめた「量子技術国家アジェンダ」⁽⁴⁸⁾を受け、今後5年間で2350万ユーロ（約30億円）を投資することを発表した⁽⁴⁹⁾。さらに2021年4月には、政府の創設した国家成長基金（National Growth Fund）が7年間にわたって6億1500万ユーロ（約793億円）を投資すると発表した⁽⁵⁰⁾。それを受け、Quantum

(40) K.E.D. Wapenaar, *TNO Early Research Program 2015-2018: Annual Plan 2015*, 30 September 2014, pp.6-7. <https://www.tno.nl/media/4023/annual_plan_2015_tno_early_research_program_2015_2018.pdf>

(41) *FOM in 2013*, 2014.3, p.20. NWO website <<https://www.nwo-i.nl/wp-content/uploads/2014/04/fom-annual-report-2013-259759.pdf>>

(42) 「量子コンピュータの開発に1億3,500万ユーロ」2015.7.22. 科学技術振興機構研究開発センターウェブサイト <<https://crds.jst.go.jp/dw/20150722/201507226248/>>; <https://d2k0ddhflgrk1i.cloudfront.net/TU_Delft/Over_TU_Delft/Feiten_Cijfers/jaarverslagen/Jaarverslag_TU_Delft_2013.pdf>

(43) “Investment Quantum Technology,” June 1, 2015. QuTech website <<https://qutech.nl/2015/06/01/investmentquantumtechnology/>>

(44) “QuSoft research center for quantum software launched,” 2015.12.2. Centrum Wiskunde & Informatica website <<https://www.cwi.nl/news/2015/default-page>>

(45) *National Agenda for Quantum Technology*, Quantum Delta Nederland, 2019.9, p.52. <<https://quantumdelta.nl/TUQ/wp-content/uploads/2020/04/NAQT-2019-EN.pdf>>

(46) “QuTech quantum institute enters into collaboration with Intel,” Sep. 3, 2015. QuTech website <<https://qutech.nl/2015/09/03/qutechentersintocollaborationwithintel/>>; “Dutch invest €135m in developing a quantum computer,” June 1, 2015. DutchNews.nl website <<https://www.dutchnews.nl/news/2015/06/dutch-invest-e135m-in-developing-a-quantum-computer/>>

(47) *National Agenda for Quantum Technology*, *op.cit.*(45), p.57.

(48) “National Agenda on Quantum Technology,” 2019.9.16. QuTech website <<https://qutech.nl/2019/09/16/national-agenda-on-quantum-technology-the-netherlands-as-an-international-centre-for-quantum-technology/>> オランダが量子技術分野で世界最先端となるために取り組むべき研究開発、市場化、人材育成などに関する方策。「Quantum Delta NL」と呼ぶ研究開発エコシステム構築を目指す。研究機関、大学、企業、スタートアップから成る五つのイノベーション・ハブを有する。

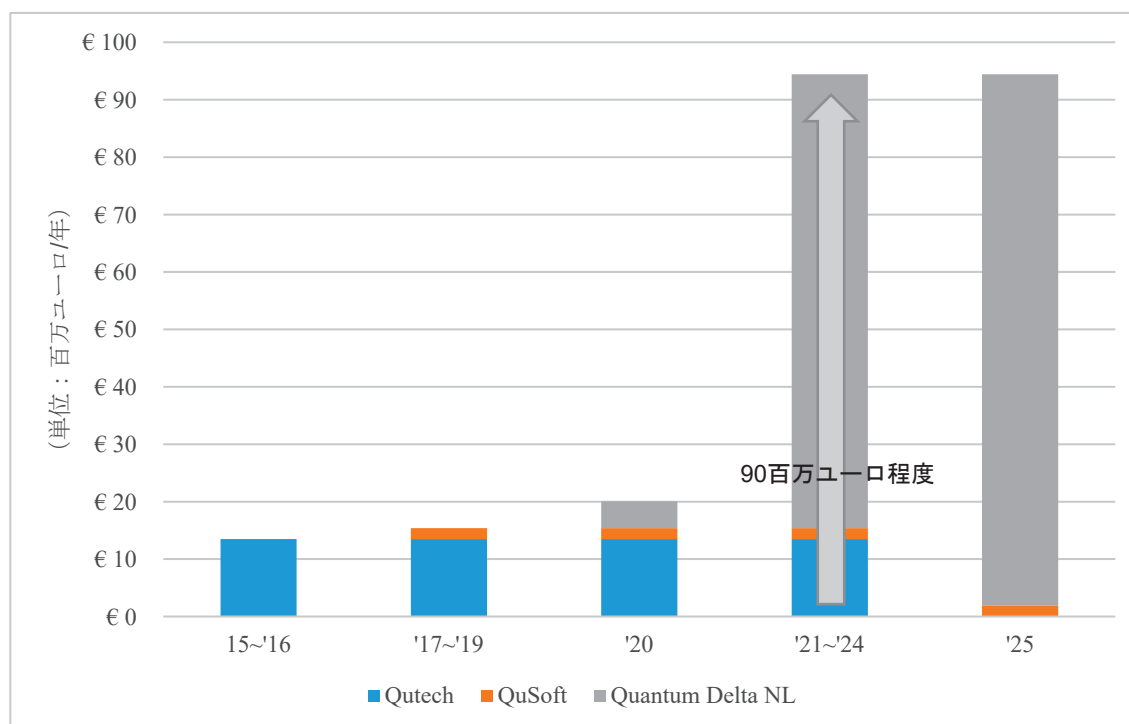
(49) “State Secretary Mona Keijzer invests €23,5 million in quantum technologies,” Feb. 18, 2020. QuTech website <<https://qutech.nl/2020/02/18/state-secretary-mona-keijzer-invests-e235-million-in-quantum-technologies/?cn-reloaded=1>>

(50) “Quantum Delta NL Awarded 615 Million Euro from Netherlands’ National Growth Fund to Accelerate Quantum Technology,” April 21, 2021. Quantum Delta the Netherlands website <<https://quantumdelta.nl/quantum-delta-nl-awarded-615-million-euro-from-netherlands-national-growth-fund-to-accelerate-quantum-technology-2/>> オランダも欧州委員会と同じく、第二量子革命を支えるのは「量子もつれ効果や重ね合わせ効果の応用」であり「今日のコンピュータやインターネットを導いたトランジスタやレーザーの発明」を第一量子革命としている。

(51) “The Netherlands builds national headquarters for quantum in Delft,” June 2, 2021. Quantum Delta the Netherlands website <<https://quantumdelta.nl/netherlands-builds-house-of-quantum-national-headquarters-for-quantum-delft/>>

Delta NL は研究者・スタートアップ・企業が集う、欧州の中核を目指した拠点「The House of Quantum」の建設を開始した⁽⁵¹⁾。

図8 オランダ量子技術戦略



(注) 15～16年、17～19年、21～25年については年平均の投資額。

(出典) “Investment Quantum Technology.” QuTech website <<https://qutech.nl/2015/06/01/investmentquantumtechnology/>>; “Quantum Software Consortium receives 18.8 million euro in the Gravitation Programme.” QuSoft website <<https://www.qusoft.org/quantum-software-consortium-receives-18-8-million-euro-gravitation-programme/>>; “The Netherlands invests €23,5 million in quantum technologies.” Quantum Delta the Netherlands website <<https://quantumdelta.nl/the-netherlands-invests-23-million/>>; “Quantum Delta NL Awarded 615 Million Euro from Netherlands’ National Growth Fund to Accelerate Quantum Technology.” *ibid.* <<https://quantumdelta.nl/quantum-delta-nl-awarded-615-million-euro-from-netherlands-national-growth-fund-to-accelerate-quantum-technology-2/>> を基に筆者作成。

3 フランス

2020年1月9日、国民議会の作成した報告書「量子技術：フランスは技術的転換点を逃さない」⁽⁵²⁾が政府に提出された。本報告書では、量子技術がもたらす経済成長、サイバーセキュリティとそれに伴う主権問題、ANR⁽⁵³⁾による研究プロジェクト公募や研究拠点形成（à Grenoble, à Paris-Saclay et à Paris intra-muros）、ANRとBPI⁽⁵⁴⁾の共同公募による分野横断研究への支援、量子技術スタートアップ育成の加速、職業教育の整備と量子技術者ニーズへの対応、戦略的技術や情報の漏洩リスクへの注意喚起等、全37項目の提言を行った。

2021年1月、上記報告書をベースに、産業バリューチェーンの強化を図りつつ人材育成・科

(52) Paula Forteza et al., “Quantique: le virage technologique que la France ne ratera pas,” 2020.1. <https://forteza.fr/wp-content/uploads/2020/01/A5_Rapport-quantique-public-BD.pdf>

(53) ANR: Agence nationale de la recherche（ファンディング機関である国立研究機構）

(54) BPI: Bpifrance（公共投資銀行、中小企業・スタートアップのファンディング機関）

学研究・技術実験を大幅に強化することを狙いとする「量子国家戦略」が発表された⁽⁵⁵⁾。投資金額は5年間で18億ユーロ（約2322億円）、内訳は政府支出が10億5000万ユーロ（約1355億円）、民間の投資が5億5000万ユーロ（約710億円）、EUからの支出が2億ユーロ（約258億円）である。国の支援が年間6000万ユーロ（約77億円）から約2億ユーロ（約258億円）へと増加する⁽⁵⁶⁾。同戦略は7分野から成り、「NISQ（3億5200万ユーロ（約454億円）」、「LSQ⁽⁵⁷⁾にスケールする量子コンピュータ（4億3200万ユーロ（約557億円）」、「量子センシング技術とそのアプリケーションの開発（2億5800万ユーロ（約333億円）」、「ポスト量子暗号⁽⁵⁸⁾案の作成（1億5600万ユーロ（約201億円）」、「量子通信システムの開発（3億2500万ユーロ（約419億円）」、「競争力のある実現化技術案の作成（2億9200万ユーロ（約377億円）」、及び「分野横断的なエコシステムの構築」である。

2020年7月には国防研究・イノベーション業務特別支援（ASTRID）プロジェクト⁽⁵⁹⁾の枠組みでも、量子技術に関しての新規公募が開始された。テーマは「量子センサ」、「NISQマシンのアルゴリズム」、「量子暗号・量子通信」である⁽⁶⁰⁾。

4 オランダとフランスの連携

2021年8月、オランダとフランスは量子技術における二国間協力の強化を目的とした覚書を締結した。両エコシステム間の相乗効果を高め、欧州のリーダーを創出し、国際的な人材を引き付けるために必要なクリティカルマスに到達することを目的とする⁽⁶¹⁾。中でも特徴的なのは、シリコン分野に力を入れることと、研究者・起業家・投資家が集う「House of Quantum / La Maison du Quantique」設立を目指すことである⁽⁶²⁾（Ⅲ-2のオランダのものと同じ）。

(55) 「量子技術に関するフランスの国家戦略」2021.3.10 科学技術振興機構研究開発センターウェブサイト <<https://crds.jst.go.jp/dw/20210310/2021031026342/>>; « Stratégie nationale sur les technologies quantiques : faire de la France un acteur majeur de ces technologies au niveau européen et international » 2021.1.27. <<https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/strategie-nationale-sur-les-technologies-quantiques-faire-de-la-france-un-acteur-majeur-de-ces-49233>>

(56) « Emmanuel Macron veut mettre la France dans le trio de tête mondial des technologies quantiques » *Le Monde*, 2021.1.21. <https://www.lemonde.fr/politique/article/2021/01/21/emmanuel-macron-presente-un-plan-quantique-de-1-8-milliard-d-euros-sur-cinq-ans_6067037_823448.html>

(57) LSQ: Large Scale Quantum. 誤り耐性量子コンピュータのこと。大量の量子ビットと低いノイズレベルが相まって、これらのマシンは現在の計算能力を数桁上回り、開発力（市場投入までの時間など）や主権（情報や抑止力など）における大きな課題となる。2030年以前には期待できない。

(58) 量子コンピュータに対しても安全性を持つ暗号技術。

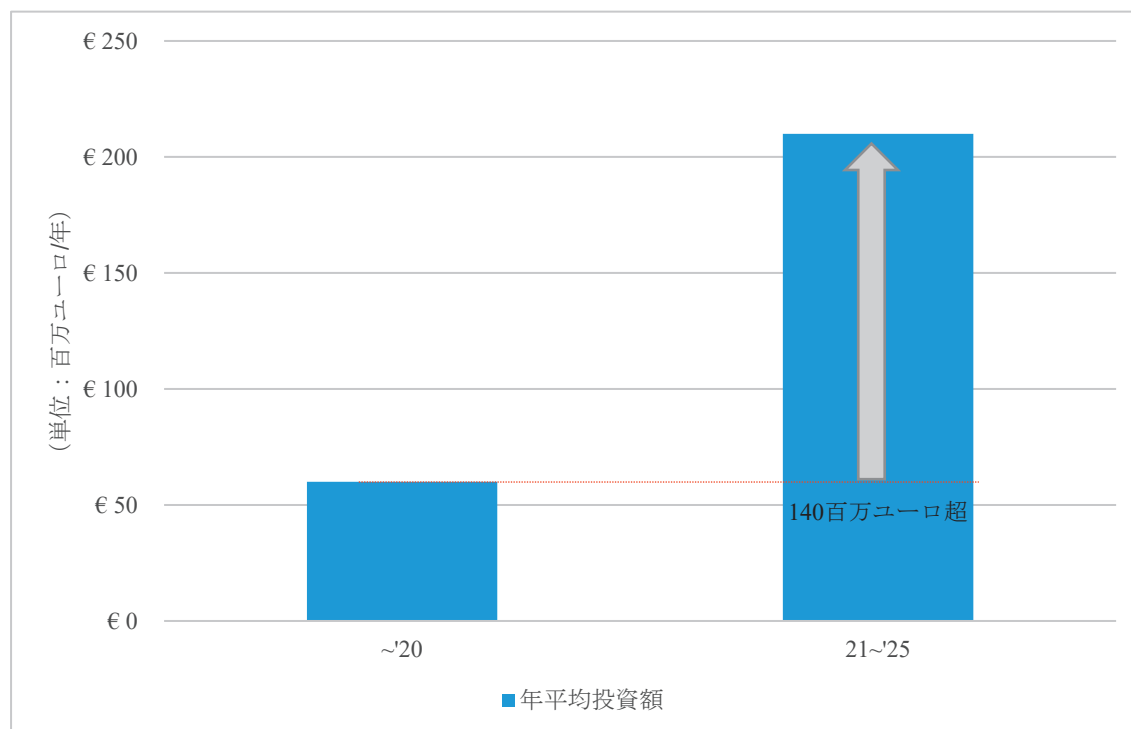
(59) 「国防研究・イノベーション業務特別支援（ASTRID）プログラム」2015.2.13. 科学技術振興機構研究開発センターウェブサイト <<https://crds.jst.go.jp/dw/20150213/201502134738/>> ANR 及び国防イノベーション庁が共同で公募しデュアルユースの研究プロジェクトを支援する。18～36か月の期間にプロジェクト当たり30万ユーロ（約3870万円）上限の助成を受ける。

(60) 「防衛研究イノベーション:量子技術プロジェクトに関する新しいASTRID公募の開始」2020.7.10. 同上 <<https://crds.jst.go.jp/dw/20200710/2020071024055/>>; “ACCOMPAGNEMENT SPECIFIQUE DES TRAVAUX DE RECHERCHES ET D’INNOVATION DEFENSE/APPEL A PROJETS THEMATIQUE SUR LES TECHNOLOGIES QUANTIQUES.” Agence nationale de la recherche website <https://anr.fr/fileadmin/aap/2020/ANR-AAP-quantique-2020_.pdf>

(61) 「フランスとオランダが量子技術に関する覚書を締結」2021.10.21 科学技術振興機構研究開発センターウェブサイト <<https://crds.jst.go.jp/dw/20211021/2021102130044/>>; <<https://uk.ambafrance.org/France-and-Netherlands-to-boost-cooperation-on-quantum-technology>>; <<https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/08/31/frankrijk-en-nederland-sluiten-eerste-europese-quantumsamenwerking>>

(62) “Dutch and French Cooperation in Quantum Innovation.” <<https://www.institutmontaigne.org/en/blog/dutch-and-french-cooperation-quantum-innovation>>

図9 フランス 量子国家戦略



(注) ~20年、21～25年については年平均の投資額。

(出典) « Emmanuel Macron veut mettre la France dans le trio de tête mondial des technologies quantiques » *Le Monde*, 2021.1.21. <https://www.lemonde.fr/politique/article/2021/01/21/emmanuel-macron-presente-un-plan-quantique-de-1-8-milliard-d-euros-sur-cinq-ans_6067037_823448.html> を基に筆者作成。

IV 中国

中国では、科学技術政策の枠組みを決める二つの大きな方針があり、それに基づきいわゆる五カ年計画（「国民経済・社会発展第〇〇次五カ年計画」、最新は第14次計画2021～2025年）で投資が実行される。国务院（内閣に相当）が2006年に発表した「国家中長期科学技術発展計画綱要（2006～2020年）」と2016年に発表した「国家イノベーション駆動型発展戦略綱要（2016～2030年）」がそれで、量子技術、特に、量子情報と量子通信が重点領域として取り上げられ、投資が行われてきた⁽⁶³⁾。

(63) 「国家中長期科学技術発展計画綱要」において、重大科学研究の一項目として「量子制御」を指定している。「国家イノベーション駆動型発展戦略要綱（2016～2030年）」では、「産業技術体系のイノベーションの推進、発展のための新たな優位性の創造」をすべき分野に量子情報技術が挙げられており、「再度手配すべき重大科学技術プロジェクト及び事業」に量子通信が挙げられている。科学技術振興機構研究開発戦略センター 前掲注(2), p.218.

最初の本格的な取組の第11次（2006～2010年）五カ年計画では、1億5000万ドル（約171億円）を費やし、量子制御と量子通信に取り組んだ⁽⁶⁴⁾。第12次計画（2011～2015年）では4億9000万ドル（約559億円）に引き上げられ、引き続き量子制御と量子通信に取り組み、また新たに量子計測のプロジェクトを開始した。第13次計画（2016～2020年）の規模は「量子制御と量子情報」プロジェクトの3億3700万ドル（約384億円）のみ判明しているが⁽⁶⁵⁾、国家重点研究開発計画（國務院の所管）のほかに、国家自然科学基金、中国科学院、さらには、安徽省や上海市も支援しておりマッチングファンド方式となる形で同程度の資金が投じられていると考えられる⁽⁶⁶⁾。他の主な動きとしては、2015年からの中国科学院と大手IT企業のアリババグループ（阿里巴巴集団）による量子コンピュータの共同開発の取組（「量子計算実験室」）⁽⁶⁷⁾、2017年の世界初の量子科学実験衛星「墨子号」⁽⁶⁸⁾を用いた量子暗号通信実験（距離1,200km）⁽⁶⁹⁾、及び北京と上海を結ぶ量子通信ネットワーク「京滬幹線（中国語：京沪干线）」の構築（全長2,000km以上）⁽⁷⁰⁾、2020年には光量子コンピュータ「九章」による「量子超越性」の実証などがマスコミでも報道された⁽⁷¹⁾。

第14次計画（2021～2025年）では、科学技術イノベーション推進での「研究開発の場の整備」と「最先端の科学技術研究を強化」、産業と経済の基盤強化での「戦略的新興産業の発展と成長」、デジタル中国建設での「デジタル技術の革新的アプリケーションの強化」、及び国防・

(64) “Quantum information research in China.” <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-9565/ab4bea>> 中央政府が提供する競争的資金のカテゴリには、「国家自然科学基金（National Natural Science Foundation of China: NSFC）」「国家科学技術重大特定プロジェクト（National Science and Technology Major Project）」「国家重点研究開発計画（National Key R&D Program of China）」「技術イノベーション誘導計画」「研究拠点と人材プログラム」がある。

「国家科学技術重大特定プロジェクト（中国語：国家科技重大专项）」は、半導体、半導体製造装置、モバイル通信、CNCマシン、油田・ガス田開発、原子力発電、水質汚染防止、遺伝子操作、創薬、感染症、大型航空機、高解像度地球観測システム、有人宇宙及び月面探査の13分野であり、量子技術は入っていない。「国家科技重大专项 National Science and Technology Major Project」ウェブサイト <<http://www.nmp.gov.cn/>>

「国家重点研究開発計画（中国語：国家重点研发计划）」は、従来各省庁が配分していた100余りの研究資金プロジェクト（第11次計画と第12次計画における量子制御の「国家重大科学研究計画」など）を集約したもので、第13次計画では69重点領域（中国語：重点专项）の3,500超のプロジェクトに対し、760億元（約1兆3680億円）が投じられた。第14次計画は開始したばかりであるが、2021年は50重点領域の784プロジェクトに対し197億元（約3546億円）を投資する予定である。「“十四五”国家重点研发计划开启52个重点专项指南征求意见稿」（经济参考报）2021.5.31 <http://www.gov.cn/xinwen/2021-05/31/content_5614060.htm>

(65) Qiang Zhang et al., “Quantum information research in China,” *Quantum Science and Technology*, vol.4 no.4, Nov. 2019, pp.2-3. <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-9565/ab4bea>>

(66) 中央政府以外に省庁（例：中国科学院）による傘下機関への資金提供と、地方政府が提供する競争的研究資金がある。「海外トピック情報 中国の中央政府による競争的ファンディングプログラム」科学技術振興機構ウェブサイト <<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2019/FU/CN20191218.pdf>> 安徽省の量子研究拠点だけで2017年以降に約2億ドル（約228億円）が投じられており、他にも北京市、上海市、山東省に拠点があり投資が行われている。

(67) 「中国科学院とアリババ、量子計算実験室を共同設立」『人民網日本語版』2015.7.31. <<http://j.people.com.cn/n/2015/0731/c95952-8929378.html>>

(68) 「中国最新鋭の量子暗号衛星「墨子」 | シリーズ・21世紀のスプートニク・ショック(1)」2019.7.12. ニッポンドットコムウェブサイト <<https://www.nippon.com/ja/japan-topics/c06501/>>

(69) Juan Yin et al., “Satellite-based entanglement distribution over 1200 kilometers,” *Science*, 6 Jun 2017, Vol.356 Issue 6343, pp.1140-1144. <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aan3211>>; 岡田充「中国が「量子通信」実験に成功、米国の軍事優位揺るがす可能性」2017.7.3. ビジネスインサイダー・ジャパンウェブサイト <<https://www.businessinsider.jp/post-34733>>

(70) 「国家量子保密通信“京沪干线”项目通过总技术验收」2017.9.4. 中国科学技术大学上海研究院 <<https://sias.ustc.edu.cn/2017/0904/c3123a214204/page.htm>>; “The world’s First Integrated Quantum Communication Network,” 2021.1.7. School of Physical Sciences University of Science and Technology website <<http://en.physics.ustc.edu.cn/2021/0109/c7858a467586/page.htm>>

(71) Han-Sen Zhong et al., “Quantum computational advantage using photons,” *Science*, 3 Dec 2020, Vol 370 Issue 6523, pp. 1460-1463. <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abe8770>>; 「中国の研究チームが達成した「量子超越性」が意味すること」2020.12.5. WIRED ウェブサイト <<https://wired.jp/2020/12/05/china-stakes-claim-quantum-supremacy/>>

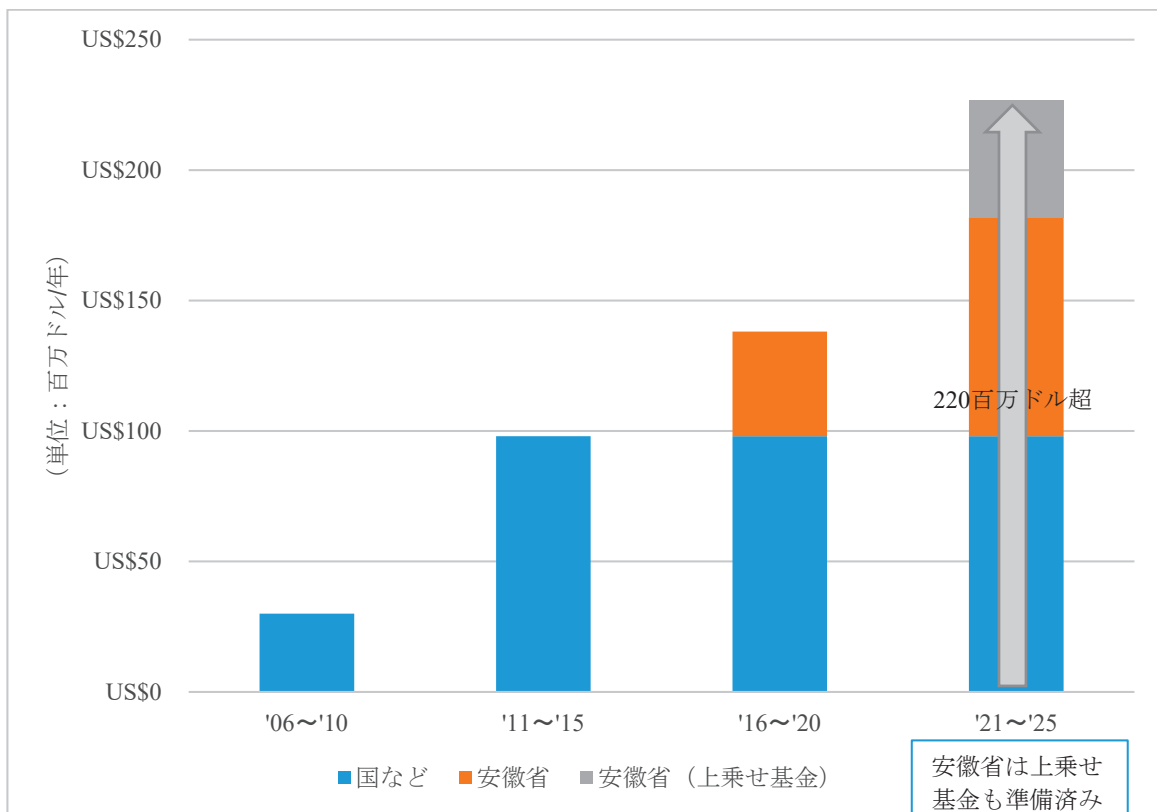
軍隊での近代化・強化の「軍民の共同開発継続」において、量子情報、量子コンピューティング、量子通信、量子技術が取り上げられ⁽⁷²⁾、研究開発だけではなく産業育成・社会変革・安全保障においても期待が寄せられている。

中国では、米国の「National Quantum Initiative」やEUの「Quantum Technology Flagship」のような量子技術に特化した詳細な計画は公表されていないが、第14次計画では「国家実験室が牽引」とされており⁽⁷³⁾、現在再編中の国家実験室⁽⁷⁴⁾の一つとして研究開発から安全保障にまたがる中長期の計画が検討されている模様である。その候補として、安徽省の省政府と中国科学院は2017年から合肥ハイテク産業開発区⁽⁷⁵⁾に約13.5億元⁽⁷⁶⁾（243億円）をかけて研究拠点（通称：量子イノベーション研究院⁽⁷⁷⁾）を構築中で⁽⁷⁸⁾、約37万平米の研究区域⁽⁷⁹⁾と11万平米の居住区域から成り⁽⁸⁰⁾、2020年に一期分の本館が完工した⁽⁸¹⁾。研究体制はネットワーク型組織構築を目指し、合肥を本部に、中国科学院北京研究院と上海研究院を支部にし、それらを通して中国各地の大学・研究機関・企業（北京大学、清華大学、復旦大学、上海交通大学、南京大学、国防科技大学、浙江大学、北京航空航天大学、華東師範大学、北京計算科学研

- (72) 「[中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要] 2021.3.23. <http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm>; 科学技術振興機構研究開発戦略センター海外動向ユニット「中国・第13期全人代第4回会議第14次五カ年計画における科学技術イノベーション政策動向概要」2021.3.25. <<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2020/FU/CN20210325.pdf>> デジタル中国建国は、デジタル経済、デジタル社会、デジタル政府構築の加速を目指し、1. デジタル技術の革新的アプリケーションの強化（ハイエンドチップ・オペレーティングシステム・AIアルゴリズム・センサ等の主要分野を対象に、研究開発推進、基礎理論等の進展を加速、汎用プロセッサ・クラウドコンピューティングシステム・ソフトウェアコアテクノロジーを統合した研究開発、量子コンピュータ・量子通信・ニューロンチップ・DNAストレージ等の最先端技術開発の加速、情報科学・ライフサイエンス・材料等の融合イノベーション強化、デジタル技術のオープンコミュニティ・オープンソースの知的財産・法整備の改善）、2. デジタル工業化の促進（AI・ビッグデータ・ブロックチェーン・クラウドコンピュータ・ネットワークセキュリティ等、新興デジタル産業の育成と拡張、通信機器・コア電子コンポーネント及び重要ソフトウェアの産業レベルの向上、5Gアプリケーションシナリオと産業エコロジーの構築）、3. 産業界のDXの促進（データ駆使に基づく全産業界のサプライチェーンのDXを推進、重要産業・地域に国際レベルの産業インターネットプラットフォームとDX推進センターを多数建設し、産業界の研究開発・生産製造・経営マネジメント・マーケティングサービス等のデジタル化を推進）を行うとされる。
- (73) 関志雄「始動する中国における第14次五カ年計画―「質の高い発展」を目指して―」2021.4.15. 経済産業研究所ウェブサイト <<https://www.ricti.go.jp/users/china-tr/jp/210415kaikaku.html>>; 関 同上; 「中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要」2021.3.13. <http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm>
- (74) 「新组建一批国家实验室，中科大有望第一个吃螃蟹」<<https://xw.qq.com/cmsid/20200914A09TB100>>
 研究所には1984年に始まった「国家重点実験室」（国は支援するが国の施設とは限らない）と1990年代からの更に上位の「国家実験室」がある。大型研究施設を中心に九つの国家実験室が2003年までに承認されていたが、その後、数百名だった規模を数千名とする多分野融合の国家実験室（通称：新標準国家実験室）を建設する方針を打ち出し、その間申請された「国家実験室」候補は審査中か格下げの「国家研究中心」での承認となり、現在は逆に6か所に減った。安徽省の研究拠点である中国科学院量子情報・量子物理イノベーション研究所（中国語：中国科学院量子信息与量子科技创新研究院）は、新標準国家実験室の第1号となることを期待されている。
- (75) 「合肥ハイテク産業開発区」Science Portal China website <https://spc.jst.go.jp/cooperation/industry_finance/data2/profile1/prof_26.html>
- (76) “National quantum info lab construction urged,” *China Daily*, 2019.3.11. <<https://www.chinadaily.com.cn/a/201903/11/WS5c85a605a3106c65c34edce6.html>>
- (77) 「中国科大成功研制62比特可编程超导量子计算处理器」2021.5.8. 中国科学院量子信息与量子科技创新研究院ウェブサイト <<http://quantumcas.ac.cn/main.htm>>
- (78) “China Building World’s Biggest Quantum Research Facility,” 2017.9.13. ACM website <<https://cacm.acm.org/news/220997-china-building-worlds-biggest-quantum-research-facility/fulltext>>
- (79) 「実探量子情報国家实验室 高新区诠释合肥创新高地美名」2017.8.15. <<https://hf.leju.com/news/2017-08-15/18206303168397559778847.shtml>>
- (80) 「合肥科技创新“好戏连台”将打造全球最大的量子信息实验室」2020.6.26. <https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_8009005>; <<https://wantubizhi.com/image.aspx>>
- (81) 「中科院量子信息与量子科技创新研究院建设正酣」『人民网』2020.11.17. <<http://scitech.people.com.cn/n1/2020/1117/c1007-31933606.html>>; 「合肥综合性国家科学中心正迈向世界一流」2019.9.18. 中国科学技术大学ウェブサイト <<https://fgy.ustc.edu.cn/2019/0918/c14587a391661/pagem.htm>>

究センターなど)を統合したチームを形成する⁽⁸²⁾。科学技術部の「科学技術イノベーション2030—主要プロジェクト」⁽⁸³⁾に参加することと併せ、総投資額は70億元(約1260億円)を計画する⁽⁸⁴⁾。2019年、安徽省はこの全体を「量子情報科学国家実験室」として第13回全国人民代表大会に提案し⁽⁸⁵⁾、2020年には、習主席が中央政治局⁽⁸⁶⁾の勉強会で「量子技術の研究開発の重要性を理解しそれを戦略的かつシステムティックに強化すること」と強調した⁽⁸⁷⁾。2020年9月現在、「上級職の肩書きを持つ560人以上の研究者を始め、基礎研究、技術開発、工学的応用に従事するその他の種類の研究者、合計1,800人以上」を擁しており、今後、欧米より規模も範囲も大きな研究開発計画が発表される公算が高い。

図10 中国 量子情報科学



(注) 06～10年、11～15年、16～20年、21～25年については年平均の投資額。国の戦略投資は未発表である。安全保障関係(人民解放軍軍事科学院、山東省量子技術イノベーション開発プログラムなど、下段枠内参照)は含まない。安徽省は上乗せ基金も準備済み。

(出典) “Quantum information research in China.” IOP Science website <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-9565/ab4bea>>; 「安徽代表团建议批复量子信息科学国家实验室, 举全省之力推进」『澎湃』2019.3.8. <https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_3097278>; “National quantum info lab construction urged,” *China Daily*, 2019.3.11. <<https://www.chinadaily.com.cn/a/201903/11/WS5c85a605a3106c65c34edce6.html>>; 「合肥积极打造量子创新技术策源地」2020.10.19. 安徽省科学技术厅ウェブサイト <<http://kjt.ah.gov.cn/kjzx/mtjj/119515871.html>> を基に筆者作成。

(82) 「研究院简介」中国科学院量子信息与量子科技创新研究院ウェブサイト <<http://quantumcas.ac.cn/yjyj/list.htm>>

(83) 「科技创新2030」2018.9.5. 科塔学术ウェブサイト <<https://www.sciping.com/17997.html>>

(84) 「安徽代表团建议批复量子信息科学国家实验室, 举全省之力推进」『澎湃』2019.3.8. <https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_3097278>

(85) “National quantum info lab construction urged,” *China Daily*, 2019.3.11. <<https://www.chinadaily.com.cn/a/201903/11/WS5c85a605a3106c65c34edce6.html>>

(86) 「中国共产党組織図 2020年8月時点」外務省ウェブサイト <<https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000380204.pdf>>

(87) 「习近平在中央政治局第二十四次集体学习时强调 深刻认识推进量子科技发展重大意义 加强量子科技发展战略谋划和系统布局」『新华社』2020.10.17. <http://www.xinhuanet.com/politics/2020-10/17/c_1126623288.htm>

コラム2 安全保障関係

上述のように、第14次計画の中では安全保障面においても量子情報技術への期待が寄せられているが、米国のシンクタンクの報告書⁽⁸⁸⁾、連邦議会公聴会記録⁽⁸⁹⁾に基づき、その背景と具体的内容を紹介する。

1. スノーデン事件：2013年6月に米国国家安全保障局（National Security Agency: NSA）元職員のエドワード・スノーデン（Edward Snowden）氏がNSAの監視活動を告発した際、中国本土も数千台のサーバがハッキングされていると暴露した⁽⁹⁰⁾。この事件はサイバーセキュリティにおける量子通信や量子暗号に対する期待を高めただけでなく⁽⁹¹⁾、量子コンピューティングも含めた量子技術が軍事とインテリジェンスのバランスを中国寄りにリセットすると考えられた。2013年9月には、習主席（同年3月に国家主席選出）及び政治局メンバーは量子通信についての講義と実演を潘建偉（Pan Jianwei）博士から受けた。「国家イノベーション駆動型発展戦略綱要（2016～2030年）」はこれを受けて決定され、2016年4月には習氏自ら中国科学技術大学の潘博士を訪問し、その研究の重要性を強調した。
2. 安徽省以外の取組：2018年3月に山東省が山東省量子技術イノベーション発展プロジェクト⁽⁹²⁾を立ち上げた。山東省済南市も安徽省合肥市も北京と上海の中間にあり、中国科学技術大学の山東量子科学技術研究所と中国科学院量子技術応用研究センター⁽⁹³⁾は、合肥市の中国科技大、及び中国科学院と協力して北京と上海を結ぶ量子通信ネットワーク「京滬幹線」を実現した⁽⁹⁴⁾。ただし、山東省の上記プロジェクトは産業エコシステムの構築を目標としていること、また、国内の防衛市場を狙いとしていることなどが安徽省のプロジェクトとは異なる。
3. 量子センシング等の取組：(1)「レーダー」中国電子科技集団（IT大手、国営企業）⁽⁹⁵⁾第十四研究所（レーダー等軍事電子機器）⁽⁹⁶⁾は、2016年9月、100km先のターゲッ

(88) Elsa B. Kania and John Costello, “Quantum Hegemony? China’s Ambitions and the Challenge to U.S. Innovation Leadership,” September 12, 2018, New Center for American Security website <<https://www.cnas.org/publications/reports/quantum-hegemony>>

(89) “Hearing on technology, trade, and military-civil fusion: China’s pursuit of artificial intelligence, new materials, and new energy,” *Hearing before the U.S.-China Economic and Security Review Commission*, June 7, 2019. <<https://www.uscc.gov/sites/default/files/2019-10/June%207%202019%20Hearing%20Transcript.pdf>>

(90) “EXCLUSIVE: Snowden reveals more US cyberspying details,” *South China Morning Post*, 2013.6.22. <<https://www.scmp.com/news/hong-kong/article/1266777/exclusive-snowden-safe-hong-kong-more-us-cyberspying-details-revealed>>

(91) “China launches quantum satellite in battle against hackers,” *Financial Times*, 2016.8.16. <<https://www.ft.com/content/f333ddea-6371-11e6-a08a-c7ac04ef00aa>>

(92) 中国語：山东省量子技術创新发展规划（2018-2025年）、英語：Shandong Province Quantum Technology Innovation and Development Program（2018-2025）

(93) 中国語名は、「山東量子科学技術研究院有限公司」と「中国科学院量子技術与应用研究中心」。「山東省済南市、複数の量子テクノロジー研究室を設立へ」2019.1.31. 科学技術振興機構ウェブサイト <https://spc.jst.go.jp/news/190105/topic_4_01.html>; 「中国科学院量子技術与应用研究中心暨済南量子技術研究院举行揭牌仪式」2012.6.16. 済南量子技術研究院ウェブサイト <<http://en.jiqt.org/index/index/show/action/policy/id/10>>

(94) Kania and Costello, *op.cit.*(88), p.14.

(95) <<http://ai-hr.cetc.com.cn/>>

(96) 米国の輸出規制リストに載る。「米、中国軍需企業44社を輸出規制リストに」『SankeiBiz』2018.8.9. <<https://www.sankeibiz.jp/macro/news/180809/mcb1808090500010-n1.htm>>

トを検出する単一光子レーダー（光子もつれを利用）を開発した。2018年6月には、次世代量子レーダーがステルス爆撃機の捕捉や高層大気中の高速飛翔体の監視、つまり、弾道ミサイルの追跡を支援できると述べた。また、中国科学院電子学研究所では、2017年5月にマイクロ波光子レーダー⁽⁹⁷⁾の開発を発表し、その際、飛翔体の高速イメージングに成功したとされる⁽⁹⁸⁾。(2)「イメージング」中国科学院量子光学重点实验室⁽⁹⁹⁾は、人工衛星での使用を見越したゴーストイメージング素子（量子光学現象を利用）を開発中で、2011年に実験に成功した。目標をプロトタイプ完成が2020年、宇宙でのテストは2025年に置く。米国のB-2ステルス爆撃機のような「見えない」ターゲットの捕捉を狙う。他には、中国科学院リモートセンシング応用研究所⁽¹⁰⁰⁾が高解像度リモートセンシング装置の試作に成功した例や、中国航天科技集団（ミサイル、ロケット等製造、国営企業）⁽¹⁰¹⁾第九研究院（電子技術）の第13研究所⁽¹⁰²⁾及び第五研究院（空間技術）の第508研究所（量子リモートセンシング実験室⁽¹⁰³⁾を2012年に設置）も量子光学を応用したイメージングの研究を行っている例がある⁽¹⁰⁴⁾。(3)「航法（ナビゲーション）」中国船舶集団（軍民両方の船舶建造、国営企業）⁽¹⁰⁵⁾では第724研究所⁽¹⁰⁶⁾が量子検出⁽¹⁰⁷⁾を、第717研究所⁽¹⁰⁸⁾が量子航法を研究する。2017年11月に同社は、中国科技大と量子航法・量子通信・量子検出の共同研究所設立で合意した。また、中国科学院は2017年6月、超伝導磁気異常検出器アレイ⁽¹⁰⁹⁾（超伝導量子干渉素子（SQUID）を並べたもの）の開発成功を発表した⁽¹¹⁰⁾。背景雑音などの問題が解決されれば、米国の潜水艦を検出し人民解放軍の対潜水艦戦闘能力の向上につながる⁽¹¹¹⁾。量子慣性航法は精密打撃能力に関わるが、中国船舶集団では、原子干渉計ジャイロスコープ／原子加速度計、量子重力傾斜計、量子基準時刻、原子スピン・ジャイロスコープの高度化を3～5年以内に達成するとしている。中国航天科工集団⁽¹¹²⁾第三研究院の第33研究所では核磁気共鳴ジャイロスコープを、北京自動化制御設備研究所⁽¹¹³⁾⁽¹¹⁴⁾

(97) 中国語：微波光子雷达样机、英語：microwave photon radar

(98) Kania and Costello, *op.cit.*(88), p.19.

(99) “Key Laboratory for Quantum Optics,” 2021.5.11. 中国科学院上海光学精密机械研究所ウェブサイト <<http://www.siom.cas.cn/jgsz/lzgxzdsys/en/>>

(100) 中国語：中国科学院遥感应用研究所、英語：CAS Institute of Remote Sensing Applications

(101) 英語：China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC) <<https://unitracker.aspi.org.au/universities/china-aerospace-science-and-technology-corporation/>>

(102) 「中国航天科技集団の見取り図」第一輸出管理事務所ウェブサイト <http://www.1st-xcont.com/CASC_Overview.pdf>

(103) 中国語：量子遥感实验室、英語：Quantum Remote Sensing Laboratory

(104) Kania and Costello, *op.cit.*(88), p.19.

(105) 英語：China State Shipbuilding Corporation (CSSC). 業界再編前は China Shipbuilding Industry Corporation (CSIC)

(106) 「2020年中国舰船研究院南京船舶雷达研究所（724研究所）硕士研究生招生简章」2020.5.25. 考研帮ウェブサイト <<https://yz.kaoyan.com/zgjcyjy/jianzhang/5ecb42cdf084b.html>>

(107) 中国語：量子探测、英語：quantum detection

(108) 「中国船舶重工集团公司第七一七研究所」2019.9.4. 東南大学電気工程学院ウェブサイト <<https://ee.seu.edu.cn/2019/0904/c25267a284906/pagem.htm>>

(109) 英語：superconductive magnetic anomaly detection array

(110) Kania and Costello, *op.cit.*(88), pp.19-20.

(111) “China developed world’s most powerful submarine detector: report,” *Hindustan Times*, 2017.6.28. <<https://www.hindustantimes.com/world-news/china-developed-world-s-most-powerful-submarine-detector-report/story-vVdv1XjKqn1GIof7g9WwHN.html>>

(112) China Aerospace Science and Industry Corporation (CASIC)

(113) 中国語：北京自动化控制设备研究所、英語：Beijing Automation and Equipment Control Research Institute

(114) 「「外国ユーザリスト」について」経済産業省 20160316 貿易第1号平成28年3月29日貿易経済協力局 p.26. <https://www.jetro.go.jp/view_interface.php?blockId=22309958>

では磁気共鳴スピン・ジャイロスコープを開発中である（2016年にブレイクスルーがあったと報道された）。潜水艦でより高い精度の時刻と航法を可能とする技術の開発を目指す、慣性技術国防重点实验室⁽¹¹⁵⁾及び新型慣性計器及び航法システム技術国防重点学科實驗室⁽¹¹⁶⁾の設立に際しては、北京航空航天大学⁽¹¹⁷⁾（量子慣性航法と精密測定に優れる）が協力した。

4. 人材育成：有名な「千人計画」以外に、量子イノベーション研究院・院長の潘建偉（Pan Jianwei）博士が2008年に一団の量子情報研究者（陈宇翱（Chen Yu'ao、Heidelberg 大学）、陸朝陽（Lu Chaoyang、Cambridge 大学）、張強（Zhang Qiang、Stanford 大学）、徐飛虎（Xu Feihu、MIT）、王浩華（Wang Haohua、UC Santa Barbara））を引き連れて帰国したように（本人は暗に国の指示でと答えている⁽¹¹⁸⁾⁽¹¹⁹⁾）、特定分野における最高レベルの人材育成を国が直接指示する例もある⁽¹²⁰⁾。
5. 人民解放軍軍事科学院：2017年7月に軍事科学院は国防科技イノベーション研究院の設置を伴う組織再編を行い⁽¹²¹⁾⁽¹²²⁾、研究者の民間からの採用を開始した。量子技術の研究はその中の最先端学際技術研究センター⁽¹²³⁾で行う。2018年初には、知的無人システム⁽¹²⁴⁾の研究及び量子技術の研究のため、120名の研究者を採用した⁽¹²⁵⁾。

V カナダ

2021年4月、カナダ政府は、量子科学及び技術の研究支援・出現しつつある量子産業の強化・研究機関と産業パートナーを結ぶ手助けを行い、7年間で3億6000万カナダドル（約320億4000万円）を投資する国家量子戦略（National Quantum Strategy）を発表した⁽¹²⁶⁾。ただし、国家戦略策定こそ2021年になったが、カナダは米国・中国・英国が大規模な投資を開始する

(115) 中国語：慣性技術国防重点实验室、英語：National Defense Key Laboratory of Inertial Technologies

(116) 中国語：“新型慣性仪表与导航系统技术”国防重点学科实验室、英語：National Defense Key Academic and Laboratory of New-Type Inertial Instrument and Navigation System Technologies

(117) 英語：Beihang University

(118) 「潘建偉：量子物理最美妙的地方是包容」『昆仑策』2018.2.14. <<http://www.kunlunce.com/ssjj/guojipinglun/2018-02-14/123078.html>>

(119) “Physicist aiming to grow a forest of innovation,” *China Daily*, 2013.10.17. <http://europe.chinadaily.com.cn/china/2013-10/17/content_17038079.htm>

(120) Kania and Costello, *op.cit.*(88), p.11.

(121) 中国語：国防科技创新研究院、英語：National Defense S&T Innovation Research Institute

(122) 「米中間技術競争の狭間で道を探る日本」2020.6.8. キヤノングローバル戦略研究所ウェブサイト <https://cigs.canon/article/20200608_6473.html>; <<http://www.nids.mod.go.jp/publication/commentary/pdf/commentary166.pdf>>

(123) 中国語：前沿交叉技术研究中心、英語：Front-line Cross-Disciplinary Technologies Research Center; 「军事科学院系统工程研究院简介」 <http://jyxy.tju.edu.cn/upfiles/2018/TJU_jkxy_yjyj.pdf>

(124) 中国語：智能无人系统、英語：intelligent unmanned system. 必ずしも明確ではないが、人による操縦によらず自ら行動できる能力を持つ無人機（artificial intelligence assisted unmanned vehicles と称される。）で、人工知能等を使う地上局も含めたシステムと考えられる。Kristine Huang, “China enlists top scientists in mission to become military tech superpower,” *South China Morning Post*, 26 Jan 2018. <<https://www.scmp.com/news/china/diplomacy-defence/article/2130777/china-enlists-top-scientists-mission-become-military>>; 「军事科学院系统工程研究院简介」前掲注(123)

(125) Huang, *ibid.*; <http://www.xinhuanet.com/mil/2018-01/25/c_129798773.htm>; Kania and Costello, *op.cit.*(88), p.10.

(126) “National Quantum Strategy Funded in Government of Canada Budget,” 2021.4.21. Stewart Blusson Quantum Matter Institute website <<https://qmi.ubc.ca/news/national-quantum-strategy-funded-in-government-of-canada-budget/>>; “Engagement paper: Developing a National Quantum Strategy.” Government of Canada website <<https://www.ic.gc.ca/eic/site/154.nsf/eng/00001.html>>

前の2002年に量子コンピューティング研究所 (Institute for Quantum Computing: IQC) がウォータールー (Waterloo) 大学に設立されて以来、量子研究開発への投資と量子技術産業の育成に注力してきた⁽¹²⁷⁾。

国の支援としては、カナダ自然科学・工学研究会議 (Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada: NSERC) が物理学に関する研究やイノベーションに、2006年から2015年までの間で2億6720万カナダドル (約238億円) の研究費を提供した。カナダ・イノベーション財団 (Canada Foundation for Innovation: CFI) は、NSERCとは異なり、設備・ラボ・データベース・コンピュータのハードとソフトウェアなどインフラ整備に注力し、2006年から量子分野で1億カナダドル (約89億円) 程度のファンディングを実行した。2015年からは、世界的に優れた研究分野の研究を促進するための基金 (Canada First Research Excellence Fund: CFREF) が、次の三つの研究プログラムに対し7年間⁽¹²⁸⁾ の投資を決めた。

- ・ Transformative Quantum Technologies (ウォータールー大 - IQC) : 7630万カナダドル (約68億円)⁽¹²⁹⁾
- ・ Quantum Matter Institute⁽¹³⁰⁾ (ブリティッシュコロンビア大 - マックスプランク研 (ドイツ)) : 6650万カナダドル (約59億円)⁽¹³¹⁾
- ・ Institut Quantique (シエルブルック (Sherbrooke) 大) : 3350万カナダドル (約30億円)⁽¹³²⁾

また2019年からは、量子バレー・エコシステム (Quantum Valley ecosystem、ウォータールー地区) と呼ばれる量子技術をイノベーションにつなげる活動も支援しており、4100万カナダドル (約36億円) を投資した。うち、2000万カナダドル (約18億円) で産業界と研究者・技術者・ハイテク専門家を結集する量子バレー・アイデアラボ (Quantum Valley Ideas Lab) を設立した⁽¹³³⁾。

オンタリオ州のトロントとケベック州のモントリオールは世界をリードするAI研究の中心地として広く認知されるようになってきているが⁽¹³⁴⁾、量子技術においても、ケベック州、ブリティッシュコロンビア州、オンタリオ州、アルバータ州などが大規模投資を行っている。ケベック州

(127) “Why Canada Will Win the Quantum Race,” 2018.9.22. HackerNoon website <<https://hackernoon.com/why-canada-will-win-the-quantum-race-ba705bfecab>> ; 量子バレー・アイデアラボ (後述) では量子産業の国別競争力を評価している (表8)。

(128) “Term of the funding.” Canada First Research Excellence Fund website <https://www.cfref-apogee.gc.ca/program-programme/admin_guide-guide_administration-eng.aspx#_Term>

(129) “IQC leads Canada First Research Excellence Fund initiative at Waterloo” 2016.9.6. Transformative Quantum Technologies. University of Waterloo website <<https://tqt.uwaterloo.ca/media-details/cfref-announcement/>>

(130) “UBC and Max Planck Society commit to a new Centre for Quantum Materials,” 2010.10.4. Stewart Blusson Quantum Matter Institute website <<https://qmi.ubc.ca/news/ubc-and-max-planck-society-commit-to-a-new-centre-for-quantum-materials/>>

(131) “Canada First Research Excellence Fund Unlocks \$66.5 Million In Quantum Potential at UBC,” 2016.1.13. *ibid.* <<https://qmi.ubc.ca/news/canada-first-research-excellence-fund-unlocks-66-5-million-in-quantum-potential-at-ubc/>>

(132) “Partners.” Université de Sherbrooke Institut quantique website <<https://www.usherbrooke.ca/iq/en/institute/partners/>>

(133) “Canada’s tech sector makes quantum leap with development of ideas lab,” 2019.8.30. Government of Canada website <<https://www.feddevontario.gc.ca/eic/site/723.nsf/eng/02511.html?OpenDocument>>

(134) 中沢潔「AIスーパークラスター トロント、モントリオール」2018.11. 情報処理推進機構ウェブサイト <<https://www.ipa.go.jp/files/000070210.pdf>> カナダにおけるAI産業の基盤は、「AI冬の時代」にも政府が長期にわたりニューラルネットワーク研究を支援し続けたことで誕生したAIパイオニアを中心に形成され、国内、特にモントリオール、トロント、ウォータールー、エドモントンにはディープラーニング等のAI研究を発展させてきた大学や研究機関があり、優れたAI研究者が集まっている。“Canadian AI Ecosystem 2018” 2018.5.1. JFGagne website <<https://jfgagne.ai/canadian-ai-ecosystem-2018-en/>>; 「カナダのイノベーション・エコシステム、AIに世界が注目」2019.11.22. JETROウェブサイト <<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2019/1102/d09acd3d1ba5daed.html>>

は、2016年からの5年で研究投資を7900万カナダドル（約70億円）、自治体支援を2000万カナダドル（約18億円）実施している⁽¹³⁵⁾。2017年には、創造的破壊ラボ（Creative Destruction Lab. トロント大）に量子部門が設置され、ケベック州からも2018年から5年間で1000万カナダドル（約9億円）の支援が決定した⁽¹³⁶⁾。ブリティッシュコロンビア州は新設の量子アルゴリズム研究所（Quantum Algorithms Institute. サイモンフレーザー大学）に、2019年から5年間で1700万カナダドル（約15億円）を提供している⁽¹³⁷⁾。オンタリオ州はIQCに対してその設立以来7500万カナダドル（約67億円）、その他の量子関連プロジェクトに200万カナダドル（約1億8000円）を投資し⁽¹³⁸⁾、アルバータ州は2012～2017年に量子関連の研究プロジェクトに900万カナダドル（約8億円）規模の投資を行い⁽¹³⁹⁾、2020年からはカルガリー大に600万カナダドル（約5億円）の資金提供⁽¹⁴⁰⁾を実施している等である。

(135) ダンカン・スチュワート「カナダ政府による量子イノベーションのサポート」<<https://touch-base.net/quantum-canada/>>; 「日加量子技術イノベーションセミナー&個別面談会」Government of Canada website <<https://www.canadainternational.gc.ca/japan-japon/highlights-faits/2021/tokyo-quantum-event.aspx?lang=jpn>>; スチュワート氏については、“Duncan Stewart.” BDC website <<https://www.bdc.ca/en/bdc-capital/venture-capital/team/duncan-stewart>>

(136) Ana Brandusescu, “Artificial intelligence policy and funding in Canada: Public investments, private interests,” Centre for Interdisciplinary Research on Montreal, McGill University, March 2021, pp.54-56. <https://www.mcgill.ca/centre-montreal/files/centre-montreal/aipolicyandfunding_report_updated_mar5.pdf> フランチェスコ・ボヴァ准教授（Dr. Francesco Bova. トロント大学経営大学院）が民間データベース（Quantum Computing Report 社）を使って調べたところ、量子関連スタートアップ世界193社のうち55社（26%）にCDL（Creative Destruction Lab）の卒業生が関わっている。ケベック州については、*ibid.*, p. 55; “HEC MONTRÉAL DELIGHTED WITH QUEBEC BUDGET INCREASES,” 2018.3.29. HEC MONTRÉAL website <<https://www.hec.ca/en/news/2018/hec-montreal-delighted-with-quebec-budget-increases.html>>

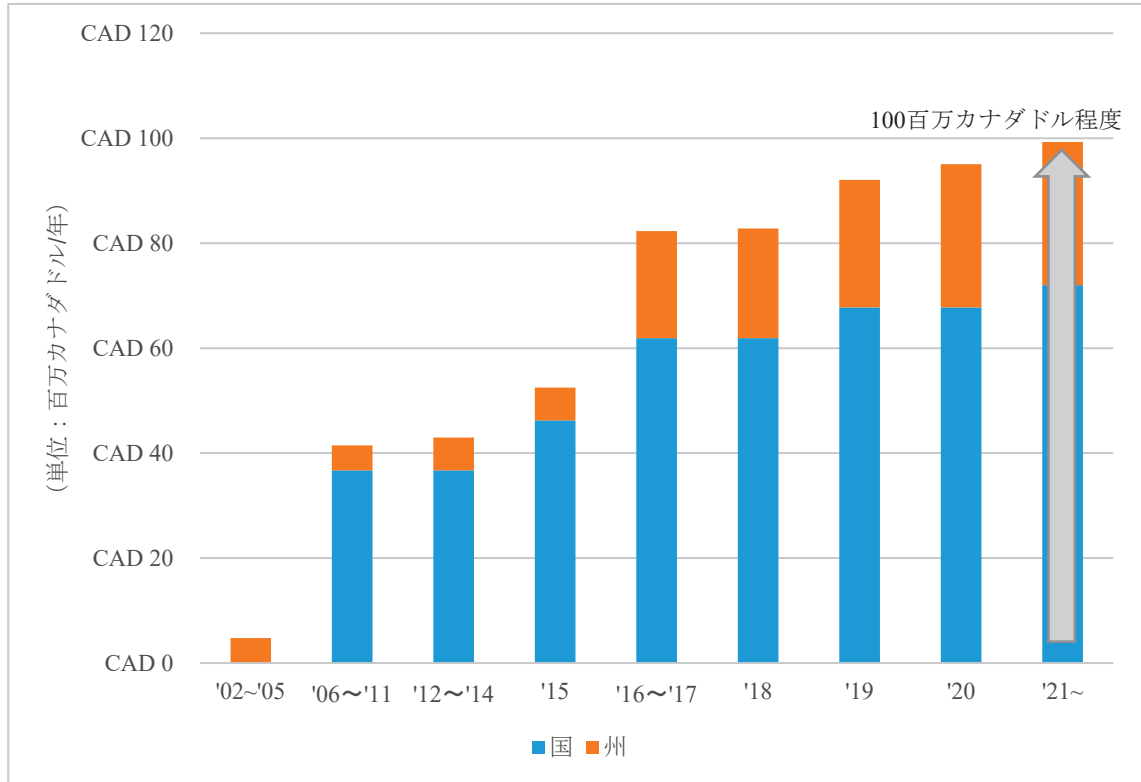
(137) “New Quantum Algorithms Institute at SFU to position B.C. as world leader in quantum computing,” 2019.12.23. Simon Fraser University website <<https://www.sfu.ca/sfunews/stories/2019/12/new-quantum-algorithms-institute-at-sfu-to-position-b-c--as-worl.html>>

(138) スチュワート 前掲注(135)

(139) “The Major Innovation Fund.” Quantum Alberta website <<http://quantumalberta.ca/quantum-technologies/about-the-project/>>; “Major Innovation Fund.” Government of Alberta website <<https://www.alberta.ca/major-innovation-fund.aspx>>

(140) “Province gives \$11.8M to U of C for quantum research, other projects,” *Calgary Herald*, 2020.10.23. <<https://calgaryherald.com/news/local-news/diversifying-our-economy-has-never-been-more-important-province-gives-11-8m-to-u-of-c-for-quantum-research-other-projects>>

図11 カナダ 国家量子戦略



(注) 02～05年、06～11年、12～14年、16～17年、21年～については年平均の投資額。
 (注) 2002年のIQC立ち上げには、民間からの寄付1億カナダドル(約89億円)も大きく寄与した。
 (出典) 「[カナダ×量子分野への投資]カナダ全土から語る量子技術のミライ」2021.8.20. Touch-Base website <https://touch-base.net/quantum-canada/?fbclid=IwAR1oj53Xu8g8ERTILVYQ_AqMtWvriQRyJNdNdcZRnBTchIqUCbHGjphg>; “Quantum Science and Technology.” IOPscience website <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-9565/ab029d>>; “Canada’s tech sector makes quantum leap with development of ideas lab.” Government of Canada website <<https://www.feddevontario.gc.ca/eic/site/723.nsf/eng/02511.html?OpenDocument>>; Ana Brandusescu, “Artificial intelligence policy and funding in Canada: Public investments, private interests,” Centre for Interdisciplinary Research on Montreal, McGill University, March 2021. <https://www.mcgill.ca/centre-montreal/files/centre-montreal/aipolicyandfunding_report_updated_mar5.pdf>; “HEC MONTRÉAL DELIGHTED WITH QUEBEC BUDGET INCREASES,” 2018.3.29. HEC MONTRÉAL website <<https://www.hec.ca/en/news/2018/hec-montreal-delighted-with-quebec-budget-increases.html>>; “New Quantum Algorithms Institute at SFU to position B.C. as world leader in quantum computing,” 2019.12.23. Simon Fraser University website <<https://www.sfu.ca/sfunews/stories/2019/12/new-quantum-algorithms-institute-at-sfu-to-position-b-c--as-worl.html>>; “Province gives \$11.8M to U of C for quantum research, other projects,” *Calgary Herald*, 2020.10.23. <<https://calgaryherald.com/news/local-news/diversifying-our-economy-has-never-been-more-important-province-gives-11-8m-to-u-of-c-for-quantum-research-other-projects>> を基に筆者作成。

表8 量子バレー・アイデアラボによる競争力ランキング

	政府支出 (注1)	論文数 (注2)	特許出願数 (注3)	トータル
米国	1	2	1	1
中国	2	1	2	2
ドイツ	3	3	6	3
英国	4	4	4	3
日本	8	5	3	5
カナダ	5	6	5	5
オーストラリア	6	11	7	7
フランス	9	8	10	8
イタリア	11	9	12	9
韓国	17	10	8	10

(注1) Heijman-te Paske, F., “Netherlands Ministry of Economic Affairs,” *Global developments in Quantum Technology*, 2015, <<https://connect.innovateuk.org/documents/11487824/26842605/Global+Developments+in+Quantum+Technology>>

(注2) *Publication profiling of UK quantum technologies research*; EPSRC and Digital Science; April 2015

(注3) *Emerging Technologies: Quantum; Intellectual Property office*; January 2016

(出典) “Vision & Mission.” Quantum Valley Ideas Lab website <<https://www.qvideaslab.ca/vision-mission/>> を基に筆者作成。

・英国とカナダ

英国研究・イノベーション機構 (UK Research and Innovation: UKRI) とカナダ自然科学・工学研究会議 (NSERC) は、共同で英国・カナダ量子技術コンペティションを開催している。プロジェクトは、2 国間イニシアティブの下で、UKRI から 200 万ポンド (約 3 億円) の助成金と、カナダから 440 万カナダドル (約 4 億円) の投資を受ける。コンペティションは、量子技術の開発を目的とした、2 か国間の最初の業界主導のパートナーシップである⁽¹⁴¹⁾。

VI オーストラリア

オーストラリアはまだ国として量子戦略を打ち出していないが、これまでに幾つか戦略的な投資を行ってきた。2011 年、7 年間で 2450 万豪ドル (約 20 億円) の投資でニューサウスウェールズ大に「量子計算と量子通信技術のための ARC センターオブエクセレンス」(ARC Centre of Excellence for Quantum Computation and Communication Technology. ARC は「Australian Research Council」)⁽¹⁴²⁾ を、同じく 2450 万豪ドル (約 20 億円) の投資でクイーンズランド大に「工学的量子システムのための ARC センターオブエクセレンス」(ARC Centre of Excellence for Engineered Quantum Systems)⁽¹⁴³⁾ を設立した。前者は、12 大学 (国内 5、海外 7)、7 研究機関 (国内 1、海外 1)、4 企業 (国内 1、海外 3)⁽¹⁴⁴⁾ を、後者は 12 大学 (国内 4、海外 8)、7 研究機関 (国内 2、海外 5)、3 企業 (国内 1、海外 2)⁽¹⁴⁵⁾ をパートナーにもつナショナルセンターである。2017 年、「量子計算及び量子通信技術のための ARC センターオブエクセレンス」は 3370 万豪ドル (約 28 億円) で、「工学的量子システムのための ARC センターオブエクセレンス」は 3190 万豪ドル (約 26 億円) で、いずれも 7 年間の延長が決定した⁽¹⁴⁶⁾。

2016 年 4 月には、シドニー大に 1 億 5000 万豪ドル (約 123 億円) をかけたナノサイエンス・ハブ Sydney Nanoscience Hub. 国からは 4000 万ドル = 約 46 億円) を建設した⁽¹⁴⁷⁾。11,000 平米で 25 の実験室からなり一部が量子計測や量子光学、量子シミュレーションに使用される。

2017 年 8 月には、国・自治体、大学、銀行、及び民間企業で合わせて 5 年間に 8300 万豪ドル

[141] 「英国とカナダの量子研究協力を促進する 8 つのプロジェクト」2020.11.13. CRDS デイリーウォッチャー科学技術振興機構ウェブサイト <<https://crds.jst.go.jp/dw/20201113/2020111325158/>>

[142] “Grant: CE1101027- The University of New South Wales” Australian Research Council Data Portal. <<https://dataportal.arc.gov.au/NCGP/Web/Grant/Grant/CE1101027>>

[143] “Grant: CE1101013- The University of Queensland.” *ibid.* <<https://dataportal.arc.gov.au/NCGP/Web/Grant/Grant/CE1101013>>

[144] “2017 ARC Centre of Excellence for Quantum Computation and Communication Technology.” Australian Research Council website <<https://www.arc.gov.au/grants/linkage-program/arc-centres-excellence/2017-arc-centre-excellence-quantum-computation-and-communication-technology>>

[145] “2017 ARC Centre of Excellence for Engineered Quantum Systems,” *op.cit.* [143]

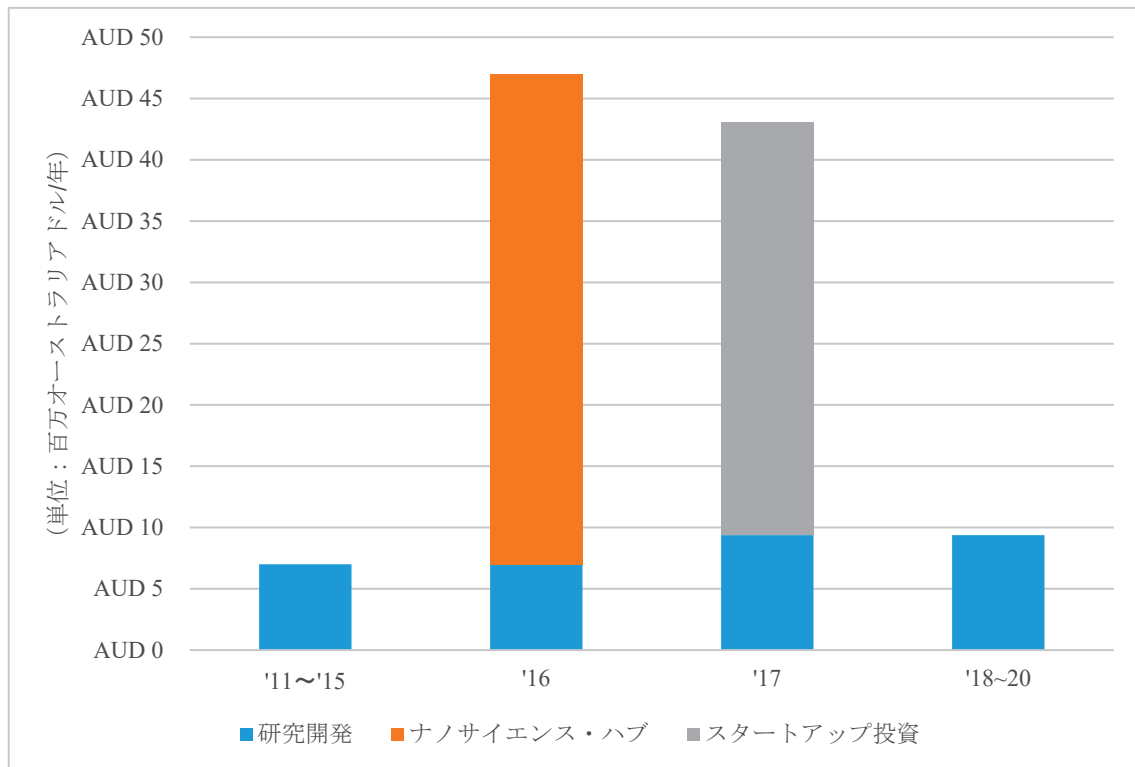
[146] *ibid.*; “\$31.9m to explore quantum systems,” 8 Sep.2016. Australian Research Council Centre of Excellence for Engineered Quantum Systems website <<https://equs.org/news/31-9m-explore-quantum-syste>>

[147] “Sydney Nanoscience Hub officially opens,” 2016.4.20. Lab + Life Scientist website <<https://www.labonline.com.au/content/research-development/news/sydney-nanoscience-hub-officially-opens-1171385173>>; “Sydney Nanoscience Hub now open!,” 2016.4.21. EQUUS website <<https://equs.org/news/sydney-nanoscience-hub>>; “Sydney University to open Nanoscience Hub for the quantum technologies of the future,” *Sydney Morning Herald*, 2016.3.9. <<https://www.smh.com.au/technology/sydney-university-to-open-nanoscience-hub-for-the-quantum-technologies-of-the-future-20160307-gnca74.html>>; “Sydney Nanoscience Hub,” 2015.7. Architectus website <<https://architectus.com.au/projects/sydney-nanoscience-hub/>>

(約 68 億円、国・自治体は 3400 万ドル = 約 39 億円) の投資で、Silicon Quantum Computing 社を設立した⁽¹⁴⁸⁾。

2021 年 5 月、オーストラリア戦略政策研究所 (Australian Strategic Policy Institute) が国に戦略案を提示した。コロナ対策として 150 億豪ドル (約 1 兆 2300 億円) の機微技術や先端技術向け刺激策を作ること、そのうち 30 億～40 億豪ドル (約 2460 億～3280 億円、複数年で) は量子技術とすることを提言している⁽¹⁴⁹⁾。

図 12 オーストラリア 量子技術



(注) 11～15年、18～20年については年平均の投資額。

(出典) “Grant: CE1101027- The University of New South Wales,” 2011. Australian Research Council Data Portal <<https://dataportal.arc.gov.au/NCGP/Web/Grant/Grant/CE1101027>>; “Grant: CE1101013- The University of Queensland,” 2011. *ibid.* <<https://dataportal.arc.gov.au/NCGP/Web/Grant/Grant/CE1101013>>; “2017 ARC Centre of Excellence for Engineered Quantum Systems,” 2018.7.20. *ibid.* <<https://www.arc.gov.au/grants/linkage-program/arc-centres-excellence/2017-arc-centre-excellence-quantum-computation-and-communication-technology>>; “2017 ARC Centre of Excellence for Engineered Quantum Systems,” 2018.6.26. *ibid.* <<https://www.arc.gov.au/grants/linkage-program/arc-centres-excellence/2017-arc-centre-excellence-engineered-quantum-systems>>; “Sydney University to open Nanoscience Hub for the quantum technologies of the future,” *Sydney Morning Herald*, 2016.3.9. <<https://www.smh.com.au/technology/sydney-university-to-open-nanoscience-hub-for-the-quantum-technologies-of-the-future-20160307-gnca74.html>>; “Australia’s first quantum computing company launches at UNSW,” 2017. 8.23. UNSW Sydney website <<https://newsroom.unsw.edu.au/news/science-tech/australia%E2%80%99s-first-quantum-computing-company-launches-unsw>> を基に筆者作成。

(148) “Australia’s first quantum computing company launches at UNSW,” 2017.8.23. UNSW Sydney website <<https://newsroom.unsw.edu.au/news/science-tech/australia%E2%80%99s-first-quantum-computing-company-launches-unsw>>; “Introducing Australia’s first quantum computing hardware company,” 2017.8.23. Computer World website <<https://www2.computerworld.com.au/article/626357/introducing-australia-first-quantum-computing-hardware-company/>>; “Commonwealth Bank rooting for Australia’s foray into quantum computing,” 2017.8.25. Fintech Futures website <<https://www.fintechfutures.com/2017/08/commonwealth-bank-rooting-for-australias-foray-into-quantum-computing/>>; “Major step forward in quantum computer race.” get STEM website <<http://getstem.com.au/australia-takes-another-major-step-forward-quantum-computer-race/>>

(149) Gavin Brennen et al., *An Australian strategy for the quantum revolution*, Australian Strategic Policy Institute, 2021. Australian Strategic Policy Institute website <<https://www.aspi.org.au/report/australian-strategy-quantum-revolution>>

Ⅶ 日本

日本では、科学研究費助成事業や科学技術振興機構（JST）等の様々な事業において支援がなされてきたが、平成 28（2016）年 3 月に文部科学省において、JST 戦略的創造研究推進事業（新技術シーズ創出）の平成 28（2016）年度戦略目標の一つとして、「量子状態の高度制御による新たな物性・情報科学フロンティアの開拓」を決定した。4 月より量子関係としては 13 年ぶりに戦略目標に基づく基礎研究の支援を開始した（CREST. さきがけ等）⁽¹⁵⁰⁾。

平成 30（2018）年度からは 10 年間の計画で、技術領域として「量子情報処理（量子コンピュータ関連で超伝導量子ビット、イオントラップ量子ビット及び量子ソフトウェアを含む）」、「量子計測・センシング」、「次世代レーザー」の 3 領域を設定し、「光・量子飛躍フラッグシッププログラム」⁽¹⁵¹⁾を開始した。

令和 2（2020）年 1 月、国家戦略「量子技術イノベーション戦略」⁽¹⁵²⁾が策定され、また、ムーンショット目標の一つとして「2050 年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現」が設定された⁽¹⁵³⁾。同年 9 月、「ムーンショット型研究開発制度」⁽¹⁵⁴⁾が開始、プロジェクトには、超伝導、イオントラップ、半導体、光の各方式による量子コンピュータの実現に向けたハードウェアの研究開発のほか、量子コンピュータを複数接続するための通信・ネットワークの研究開発や、理論・ソフトウェアの研究開発が含まれる⁽¹⁵⁵⁾。

令和 2（2020）年 12 月には、新しい研究開発拠点形成事業として「共創の場形成支援プログラム」⁽¹⁵⁶⁾が、量子技術分野も含めて開始された。これら以外にも、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「AI チップ・次世代コンピューティングの技術開発事業」⁽¹⁵⁷⁾、総務省の「グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発」⁽¹⁵⁸⁾、内閣府の「戦略的イノベーシ

(150) 科学技術・学術審議会先端研究基盤部会量子科学技術委員会「量子科学技術（光・量子技術）の新たな推進方策について～我が国競争力の根源となりうる「量子」のポテンシャルを解き放つために～中間とりまとめ」2017.2.13. 文部科学省ウェブサイト <https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/05/09/1385529_1.pdf>

(151) 「光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）」科学技術振興機構ウェブサイト <<https://www.jst.go.jp/stpp/q-leap/>>

(152) 統合イノベーション戦略推進会議「量子技術イノベーション戦略（最終報告）」2020.1.21. 文部科学省ウェブサイト <https://www.mext.go.jp/content/20210518-mxt_kibanken02-000014811_9.pdf>

(153) 「ムーンショット目標」内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/target.html>>; 総合科学技術・イノベーション会議『ムーンショット型研究開発制度が目指すべき「ムーンショット目標」について』2020.1.23. 同上 <<https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/mokuhyou.pdf>>; 「第 48 回総合科学技術・イノベーション会議議事録（案）」2020.1.23. 同上 <<https://www8.cao.go.jp/cstp/siryu/haihui050/sanko2.pdf>>; 「総合科学技術・イノベーション会議（第 48 回）議事次第」2020.1.23. 同上 <<https://www8.cao.go.jp/cstp/siryu/haihui048/haihu-048.html>>

(154) 「ムーンショット型研究開発制度」同上 <<https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/index.html>>; 「ムーンショット型研究開発制度」日経 BP 総合研究所ウェブサイト <<https://project.nikkeibp.co.jp/behealth/atcl/keyword/19/00135/>>

(155) 「ムーンショット目標 6「研究開発プロジェクト」」科学技術振興機構ウェブサイト <<https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal6/index.html>>

(156) 「共創の場形成支援プログラム」同上 <<https://www.jst.go.jp/pf/platform/>>; 「ムーンショット目標 6 2050 年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現」内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/sub6.html>>

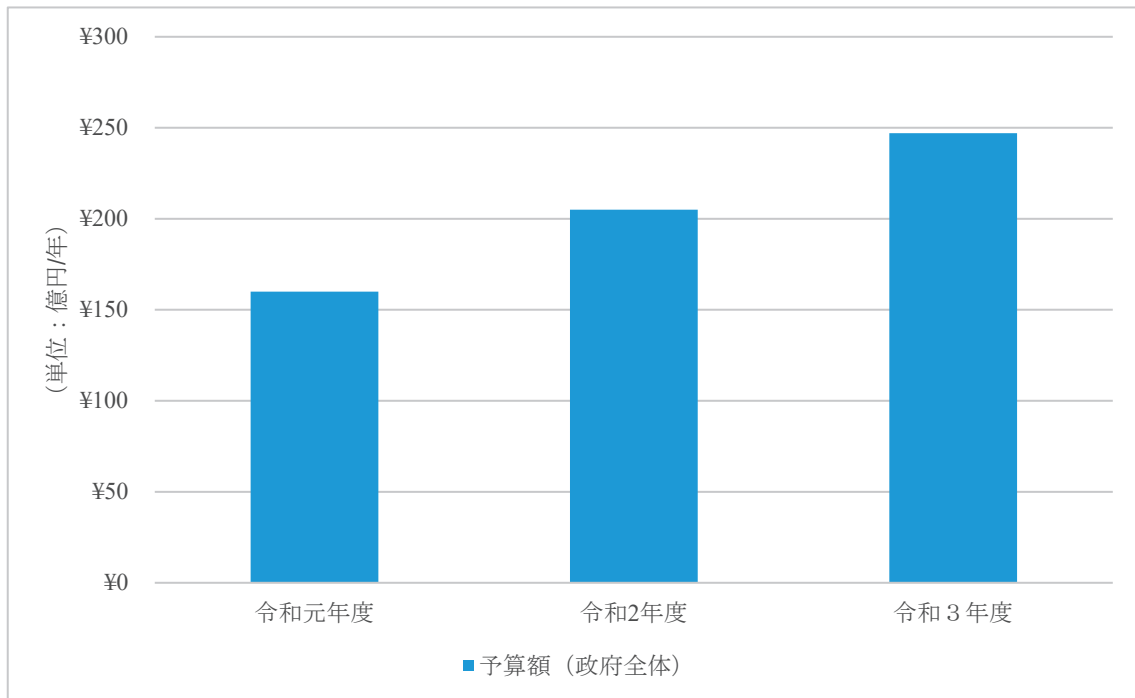
(157) 「高効率・高速処理を可能とする AI チップ・次世代コンピューティングの技術開発」新エネルギー産業技術総合開発機構ウェブサイト <https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100123.html>

(158) 「令和 2 年度 情報通信技術の研究開発に係る提案の公募ーグローバル量子暗号通信網構築のための研究開発ー」2020.3.16. 総務省ウェブサイト <https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin03_04000399.html>

ン創造プログラム（SIP）」の「光・量子を活用した Society 5.0 の実現化技術」⁽¹⁵⁹⁾などで量子技術の支援が行われている⁽¹⁶⁰⁾。

令和3（2021）年には早くも上記事業の加速が検討され始めた。同年10月には「量子技術イノベーション戦略」で戦略見直し検討ワーキンググループの議論が始まり⁽¹⁶¹⁾、12月には「ムーンショット型研究開発制度」に新たに800億円を投じる令和3年度補正予算が国会にて可決された⁽¹⁶²⁾。

図13 日本 量子技術イノベーション



(出典) 総務省国際戦略局技術政策課「量子技術イノベーション戦略の推進（内閣府資料を参考に総務省にて作成）」2020.5.21. <https://www.soumu.go.jp/main_content/000690543.pdf>;「量子技術イノベーション戦略の推進（政府全体）」文部科学省ウェブサイト <https://www.mext.go.jp/content/20210518-mxt_kibanken02-000014811_8.pdf> を基に筆者作成。

執筆：大阪大学経営企画オフィス リサーチ・マネージャー 藤田 維明
 大阪大学量子情報・量子生命研究センター（QIQB）特任准教授 山下 眞

⁽¹⁵⁹⁾ 「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP：エスアイピー）」内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>>

⁽¹⁶⁰⁾ 「量子技術イノベーション戦略の推進（政府全体）」文部科学省ウェブサイト <https://www.mext.go.jp/content/20210518-mxt_kibanken02-000014811_8.pdf>; 総務省国際戦略局技術政策課「令和2年度科学技術関係予算（量子技術及びAI）について」2020.5.21. 総務省ウェブサイト <https://www.soumu.go.jp/main_content/000690543.pdf>

⁽¹⁶¹⁾ 「第9回 量子技術イノベーション会議」内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/9kai/9kai.html>>

⁽¹⁶²⁾ 「令和3年度補正予算（第1号）の概要」財務省ウェブサイト <https://www.mof.go.jp/policy/budget/budger_workflow/budget/fy2021/hosei211126b.pdf> 800億円のうち量子技術関連がどのくらいを占めるかについては一部で報道がなされたが、執筆時点では正式には決まっていない。「量子計算機」研究開発で巻き返す、政府が計上する360億円の使い道』『日刊工業新聞』2021.11.26. <<https://newswhitch.jp/p/29796>>;「令和3年度文部科学省補正予算（案）事業別資料集」文部科学省ウェブサイト <https://www.mext.go.jp/content/20211210-mxt_soseisk01-000019439_7-2.pdf>