

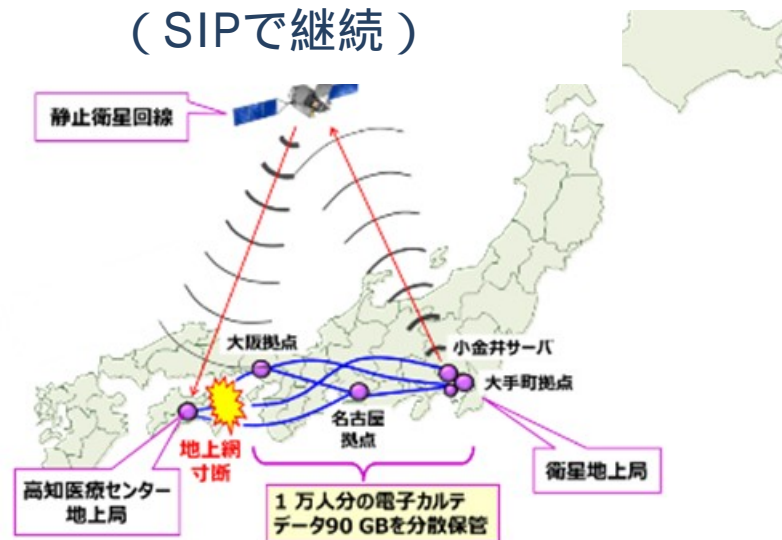
革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)

「量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現」

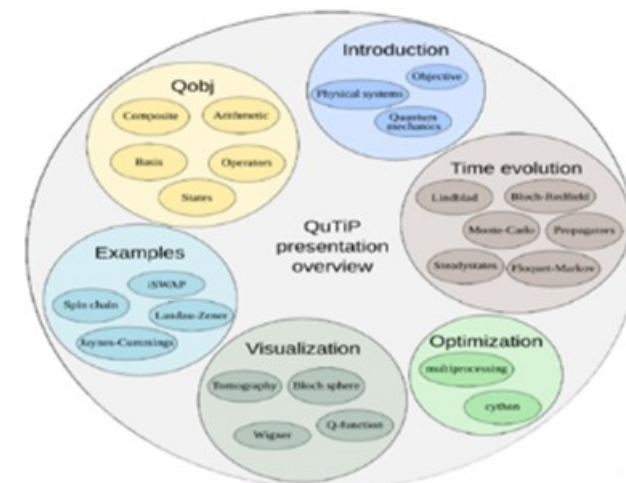
山本 喜久

量子人工脳
(NTT研究所で継続)

コヒーレント・イジングマシン
クラウドサービス
(アクセス数520万件/年)

量子セキュアネットワーク
(SIPで継続)

電子カルテの分散バックアップシステム
(患者データを衛星経由で9秒以内に復)

量子シミュレーション
(Quantum Leapで継続)

Quantum Toolbox in Python
(論文数 274件/年)

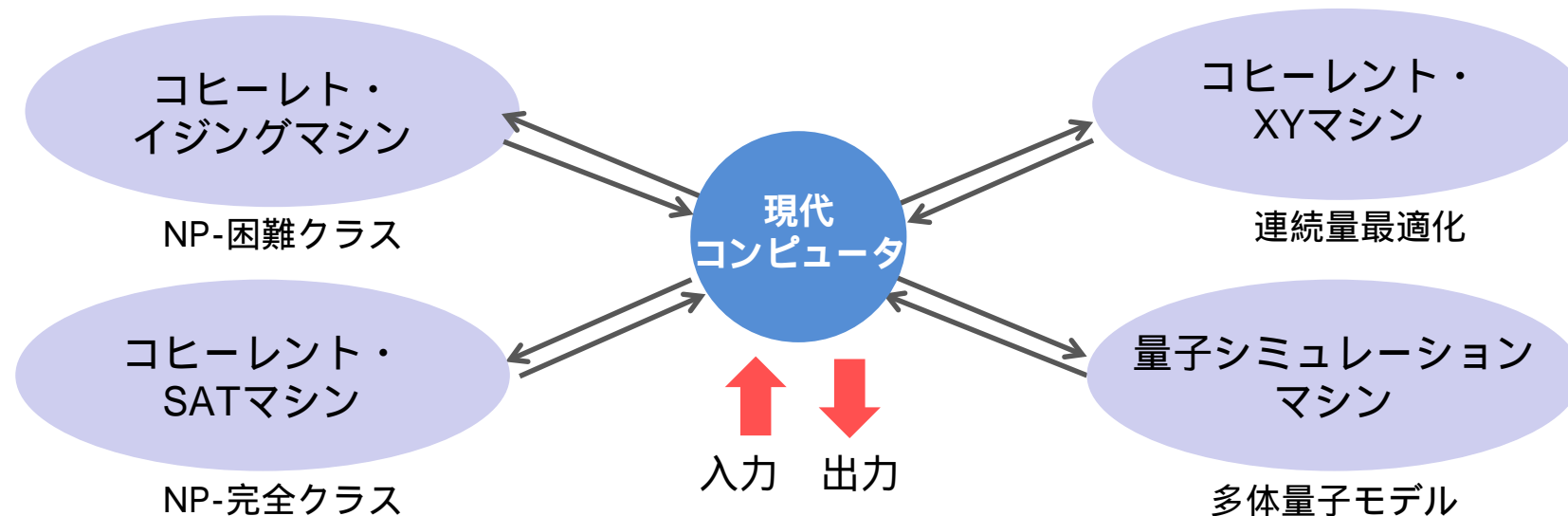
ImPACT成果報告会 (内閣府, 2020年3月26日)

プロジェクトがめざしたもの

現代社会の様々な分野（創薬，無線通信，交通・物流，スケジューリング，機械学習，圧縮センシング，金融工学，など）に現われる最適化問題は、問題サイズが大きくなると現代コンピュータでは多くの場合効率よく解くことが困難になる。



多数の自由度からなる自然系（脳を含む）で観測されるマクロな秩序相の形成過程は，自然が行なっている最適化である。この臨界現象（あるいは相転移現象）にヒントを得た新しいコンピュータの原理を，量子光発振器で構成するニューラルネットワークで実現する。



他の量子コンピュータに対するベンチマーク

- MAX-CUT問題 / Ising問題 -

問題サイズ (スピン数)	汎用量子コンピュータ (グローバールゴリズム)	ヒューリスティックマシン		
		量子-古典ハイブリッド マシン (QAOA)	量子アニーリングマシン (D-WAVE)	コヒーレント・ イジングマシン (NTT)
N = 20	4×10^{-3} (s)	120 (s) (実験値 600 (s))	1.1×10^{-5} (s)	1.1×10^{-4} (s)
N = 50	6×10^2 (s)	300 (s)	2×10^3 (s)	3.7×10^{-4} (s)
N = 100	2×10^{10} (s)	500 (s)	-----	2.5×10^{-3} (s)
N = 150	6×10^{17} (s) (~ 200億年)	1000 (s)	-----	5.4×10^{-2} (s)

* 理論限界値 (デコヒーレンス無、ゲートエラー無、量子誤り訂正無の場合)

** 理論値はIntelによる (Sci. Rep. 9, 2019), 実験値はRigettiによる (arXiv:1712.05771, Dec. 2017)

*** Stanford-NTT-NASA Amesによる報告 (Sci. Adv. 5, eaau8023, 2019)

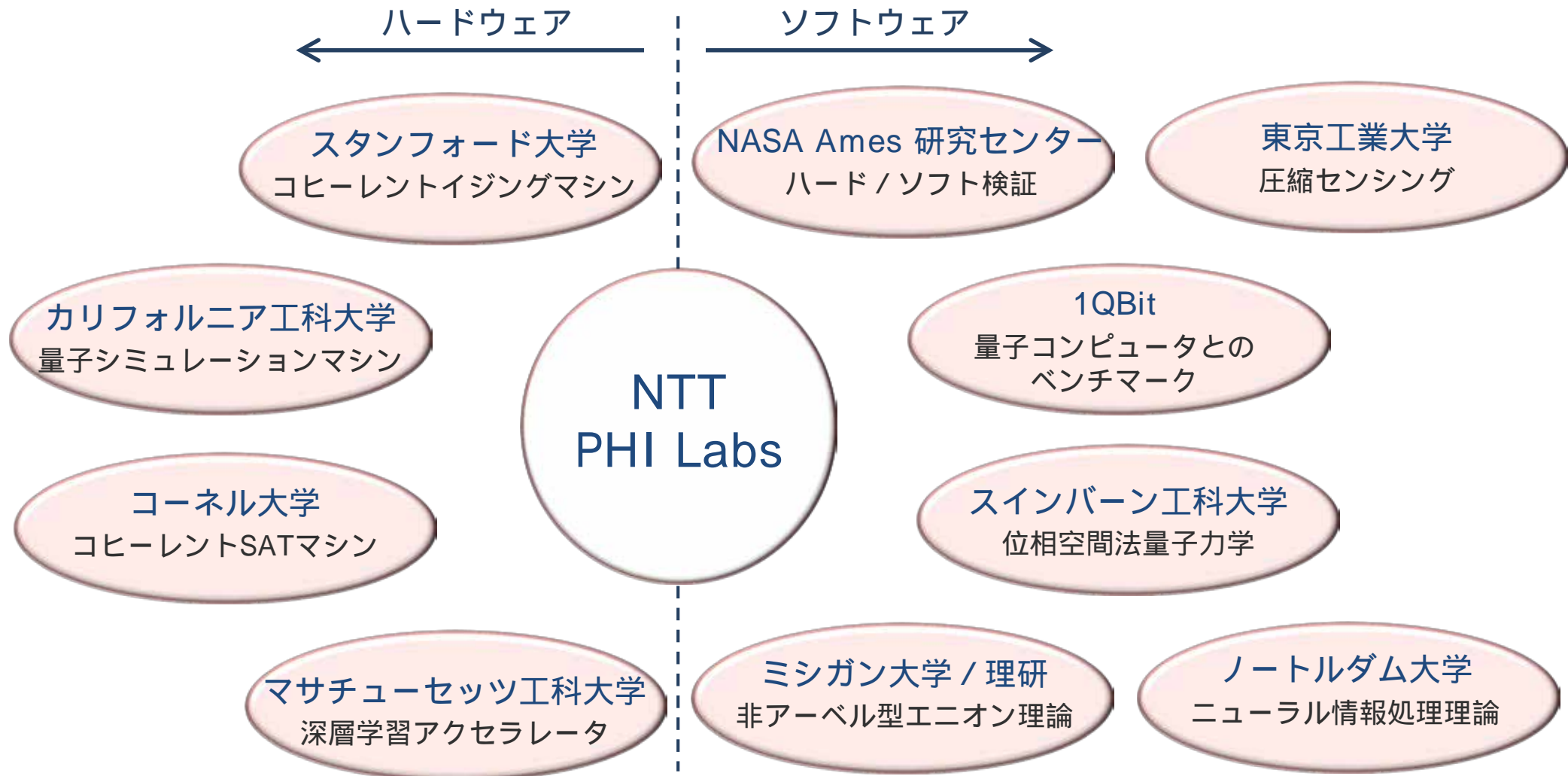
ImPACTプロジェクトの発表論文数

最先端の研究分野で国際競争力を保持していたか			学問を深化させ、将来の研究者・教育者の育成に貢献したか						将来のブレークスルーの種となるアイデア論を創出したか		
雑誌名	Impact factor	論文数	雑誌名	Impact factor	論文数	雑誌名	Impact factor	論文数	雑誌名	Impact factor	論文数
Nature	43.070	2	Optica	9.263	2	Philos. T R Soc. A	3.093	1	Europhysics Letters	1.886	1
Science	41.037	4	Phys. Rev. Lett.	9.227	53	Quantum Sci. Technol.	3.002	12	Physica D	1.810	1
Nature Materials	38.887	1	npj Quantum Information	8.270	11	J. Chem. Phys.	2.997	1	IEEE Security and Privacy	1.596	1
Nature Nanotechnology	33.407	4	ACS Photonics	7.143	1	Phys. Rev. A	2.907	86	Rev. Sci. Instrum.	1.587	1
Nature Photonics	31.583	6	IEEE Trans. Inf. Foren. Sec.	6.211	1	Applied Physics Express	2.772	1	J. Phys. Soc. Jpn	1.570	17
Physics Report	28.295	3	J. High Energy Phys.	5.833	4	IEEE J. Quantum Electron.	2.753	1	Jpn. J. Appl. Phys.	1.471	2
Advanced Materials	25.809	1	NeuroImage	5.812	1	IEEE Photonics Journal	2.729	1	Eur. Phys. J B	1.440	1
Nature Physics	20.113	3	IEEE J Sel Top Quantum Elect	4.681	1	J Phys.: Condens. Matter	2.711	1	Int. J. Mod. Phys. B	0.863	1
Rep. Prog. Phys.	16.620	1	Phys. Rev. Applied	4.532	5	Semicond. Sci. Tech.	2.654	2	J Phys. Commun.	--	1
Science Advances	12.804	8	IEEE Access	4.098	2	Chaos	2.643	1	Communications Physics	--	2
Nano letters	12.279	2	Scientific Reports	4.011	29	IEEE Photon. Technol. Lett.	2.553	1	physica status solidi	--	1
Phys. Rev. X	12.211	3	Optics Letters	3.866	3	Entropy	2.419	2	JSIAM Letters	--	1
Nat. Commun.	11.878	21	New J. Phys.	3.773	20	Phys. Rev. E	2.353	11	IEICE ComEX	--	1
Small	10.856	3	Phys. Rev. B	3.736	77	Journal of Applied Physics	2.328	2	Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	--	2
			Optics Express	3.561	8	Neural Computation	2.261	1	Frontiers in ICT	--	1
			Applied Physics Letters	3.521	5	Physica Scripta	2.151	1			
			Soft Matter	3.399	1	Int. J. Bifurcat. Chaos	2.145	4			
			Computer Phys. Commun.	3.309	1	J Phys. A-Math. Theor.	2.110	3			
			IEEE T. Inform. Theory	3.215	2						
		62					359			34	
455											

被引用回数： Top 1% 8本, Top 5% 50本, Top 10% 39本

ImPACT後継プログラム

- NTT Research (シリコンバレー) を中心にしたオープンラボラトリー -



10外部研究機関の20代表研究者との5年間の共同研究プロジェクトがスタート (\$50M over 5 years)

ImPACT後継プロジェクト - NSF-Expedition in Computingプロジェクト -



Marty Fejer
Stanford University



Surya Ganguli
Stanford University



Peter McMahon
Cornell University



(Lead) Hideo Mabuchi
Stanford University



Alireza Marandi
Caltech



Marco Pavone
Stanford University



Davide Venturelli
USRA

(\$10M over 5 years)



Eleanor Rieffel
NASA



Yoshihisa Yamamoto
NTT Research, Inc.



Helmut Katzgraber
Microsoft

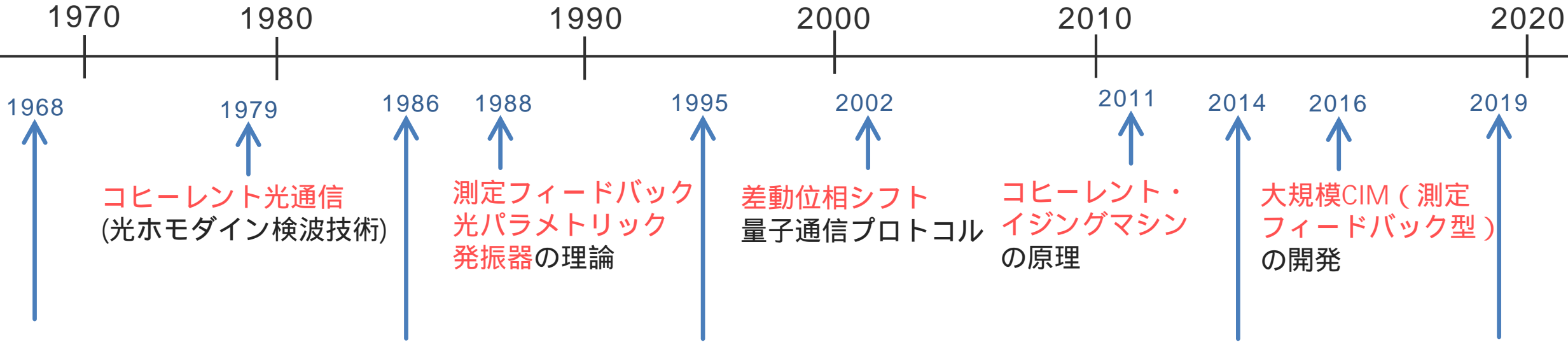


Ken-ichi Kawarabayashi
National Institute of Informatics

unfunded external collaborators

提言 (教訓): 研究者を育てるということ

- NTT/Stanfordにおける光の研究50年 -



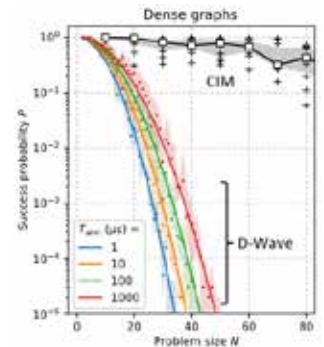
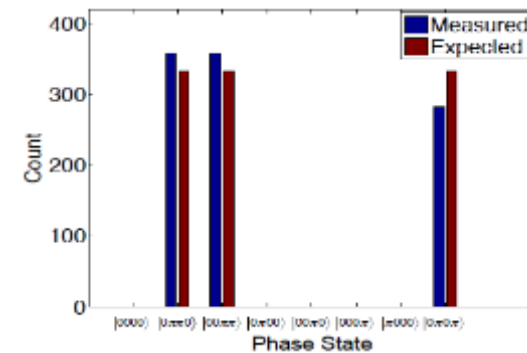
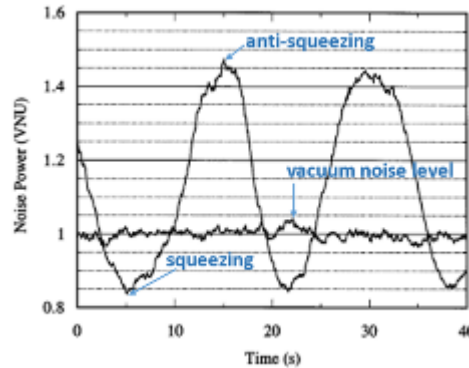
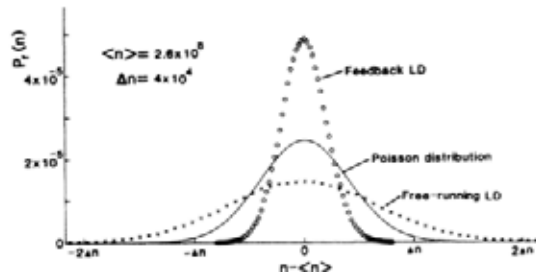
光パラメトリック発振器 (LiNbO3結晶)

量子測定による“波束の収縮”実験

PPLN導波路パラメトリック増幅器の開発 (真空スクイーズ状態の発生)

小規模CIM (光フィードバック型) の開発

量子コンピュータ、量子アニーラーとのベンチマーク



← FIRSTプロジェクト ImPACTプロジェクト →