

量子コンピュータの中身を見てみよう

阿部英介 & 福原武

量子コンピュータ研究センター

理化学研究所 和光地区 一般公開 バーチャル研究室見学

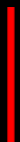
2022年4月23日(土)



水素原子のエネルギー(スペクトル)は飛び飛びの値を取る → 量子力学

バルマー系列

$n = 3 \rightarrow 2$



656 nm

$n = 4 \rightarrow 2$



486 nm

$n = 5 \rightarrow 2$



434 nm

$n = 6 \rightarrow 2$

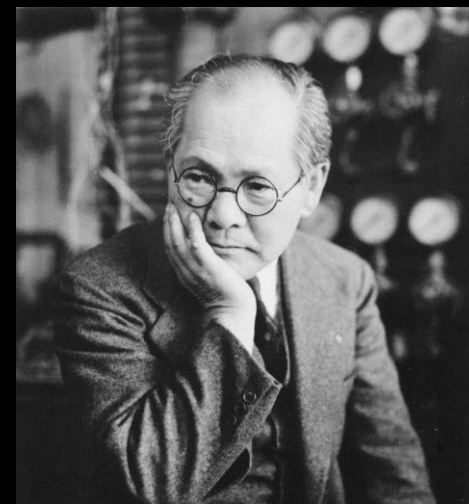
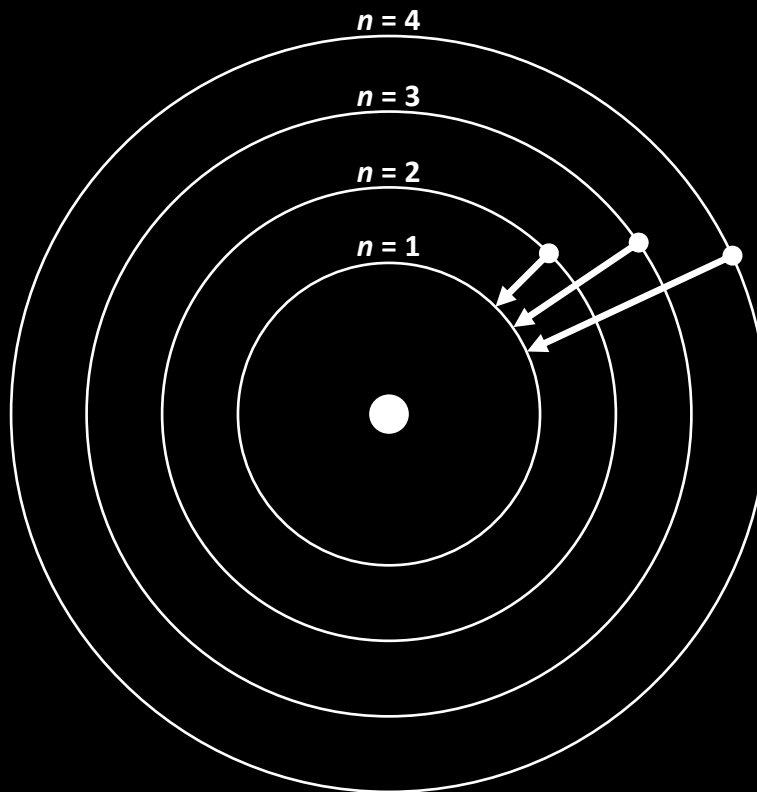


410 nm



ニールス・ボーア
(1885-1962)

量子力学の父



仁科芳雄
(1890-1951)

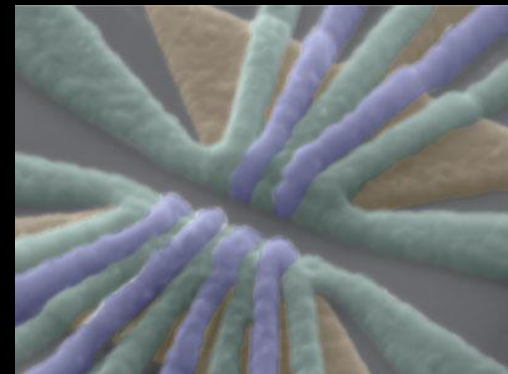
ボーアの下で研究、のち理研
日本の量子力学の父

量子の仲間 → 原子、電子、光子...

“人工原子”

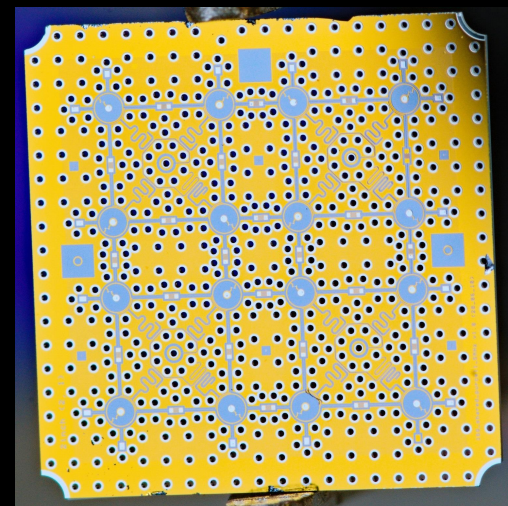
飛び飛びのエネルギーを取る素子
原子の性質を自分でデザインできる

© 理研 樽茶研究室



半導体量子ドット

理研 中村研究室 © A. Van Loo

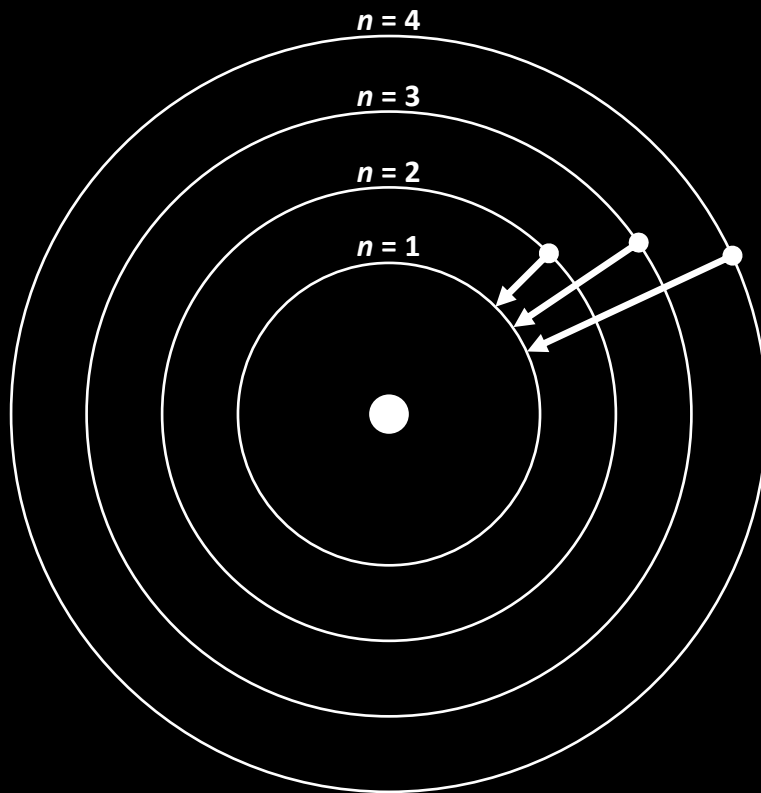


超伝導量子回路

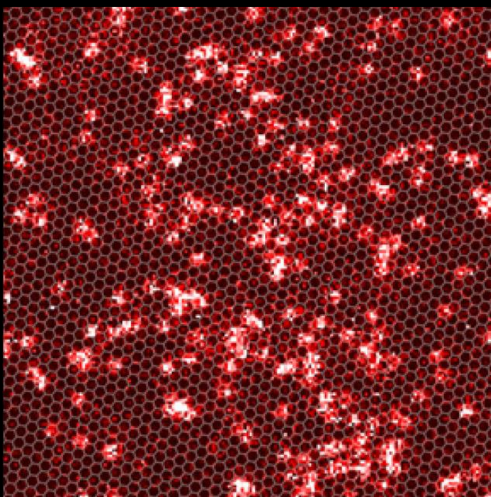


© 東京大学 古澤研究室

光子(レーザー)



理研 福原研究室
New J. Phys. **22**, 123028 (2020)



冷却原子

量子コンピュータ研究センター

さまざまな量子を用いて今までにないコンピュータを作る



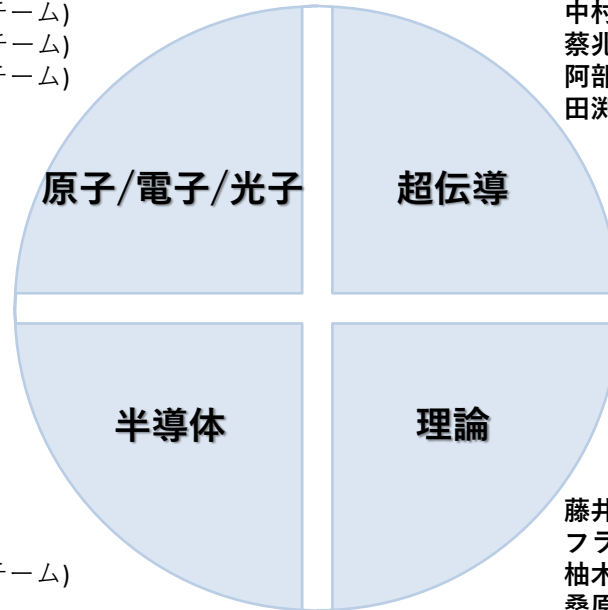
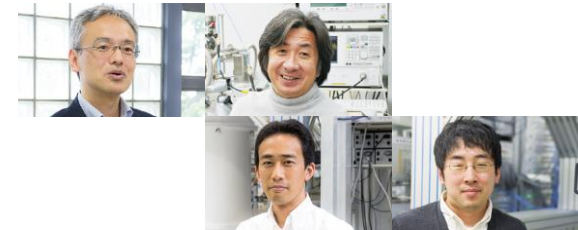
野口篤史(ハイブリッド量子回路研究チーム)



古澤明(光量子計算研究チーム)
福原武(量子多体ダイナミクス研究チーム)
川上恵里加(浮揚電子量子情報理研白眉研究チーム)



中村泰信(超伝導量子エレクトロニクス研究チーム)
蔡兆申(超伝導量子シミュレーション研究チーム)
阿部英介(超伝導量子エレクトロニクス連携研究ユニット)
田淵豊(超伝導量子計算システム研究ユニット)



樽茶清悟(半導体量子情報デバイス研究チーム)



ダニエル・ロス(半導体量子情報デバイス理論研究チーム)



藤井啓祐(量子計算理論研究チーム)
フランコ・ノリ(量子情報物理理論研究チーム)
柚木清司(量子計算科学研究チーム)
桑原知剛(量子複雑性解析理研白眉研究チーム)

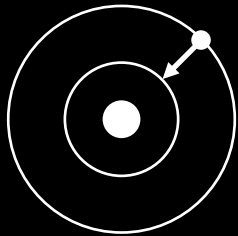


私たちの人工原子～超伝導量子回路～

2値だけ考えればよいよう設計

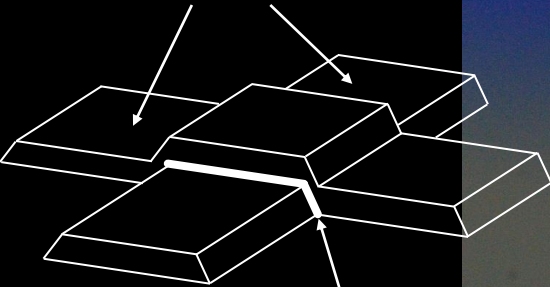
→ エネルギー差 = 6.6×10^{-24} J

→ 水素原子の25万分の1

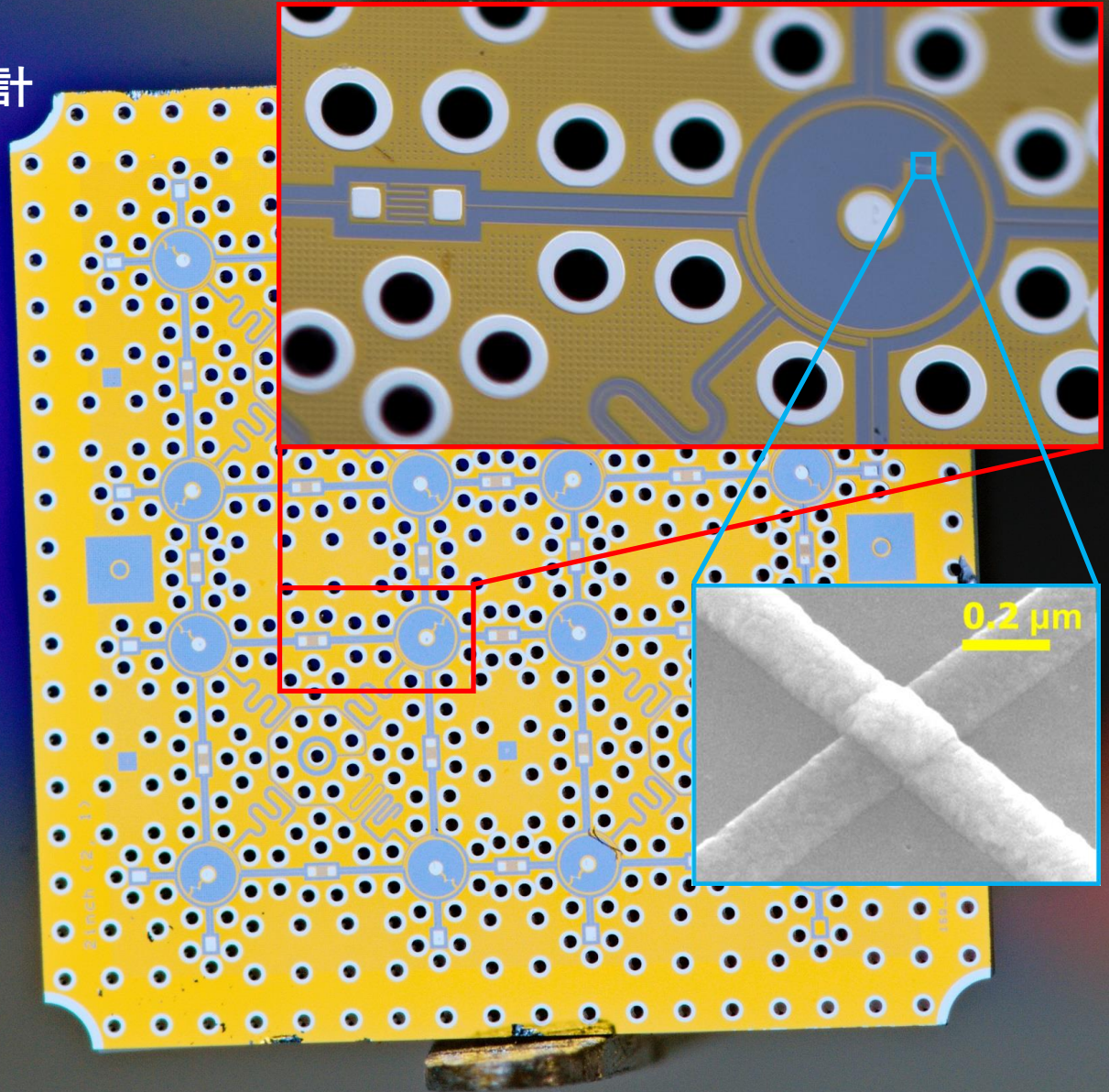


ジョセフソン接合

超伝導体

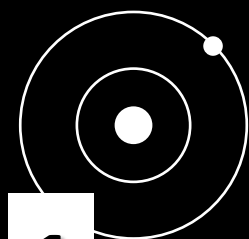


酸化絶縁膜

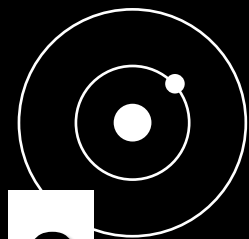


私たちの人工原子～超伝導量子回路～

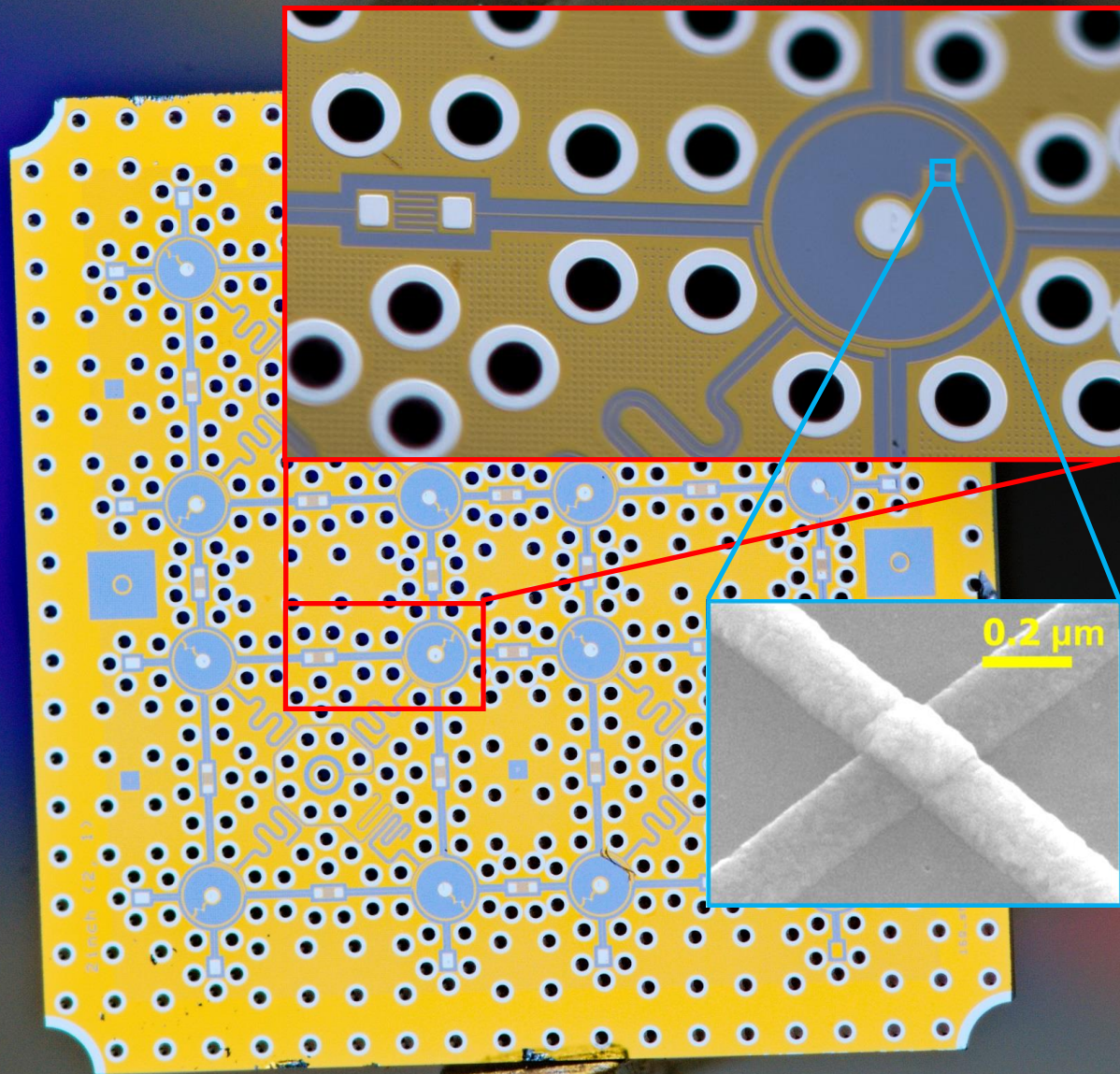
“量子ビット”



1



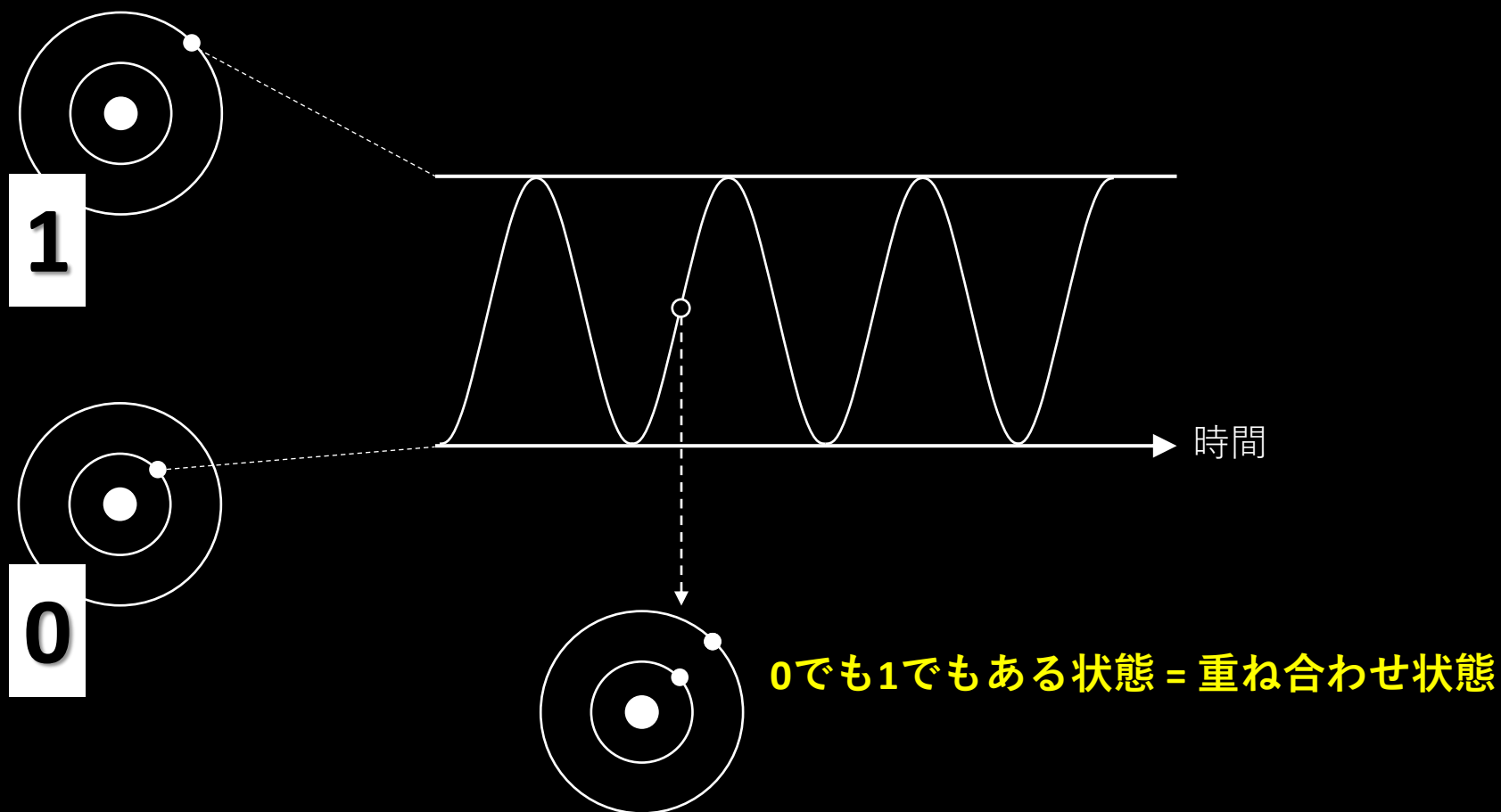
0



量子コンピュータ

個々の量子の状態、量子の間の相互作用を量子力学の原理に基づいて制御することで、通常のコンピュータでは困難な計算を実行する

エネルギー差に相当する電磁波(10 GHz)を照射する



量子コンピュータ

個々の量子の状態、量子の間の相互作用を量子力学の原理に基づいて制御することで、通常のコンピュータでは困難な計算を実行する

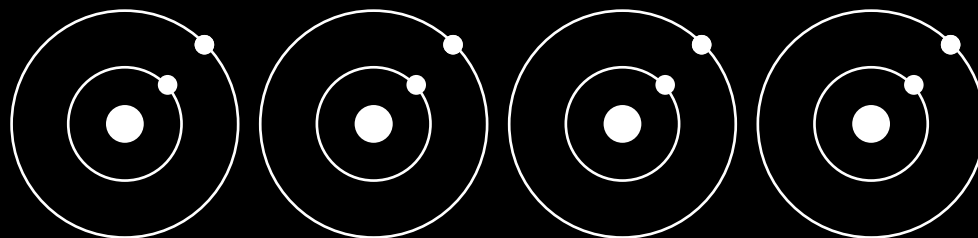
4量子ビット → $2^4 = 16$ 個の状態を同時に実現(指数関数的に増大)



3量子ビット → 000 · 001 · 010 · 011 · 100 · 101 · 110 · 111を同時に実現

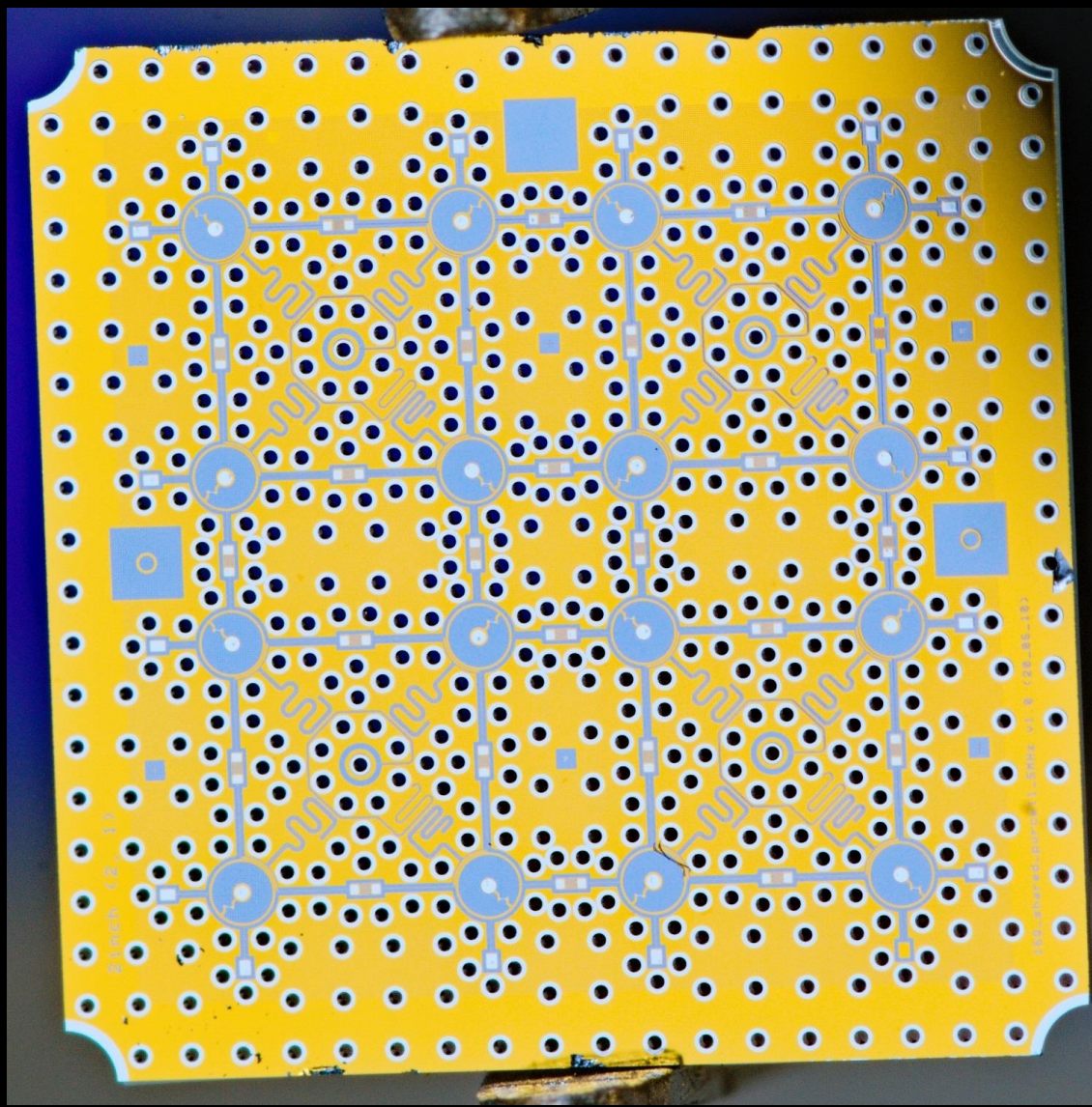


2量子ビット → 00 · 01 · 10 · 11を同時に実現

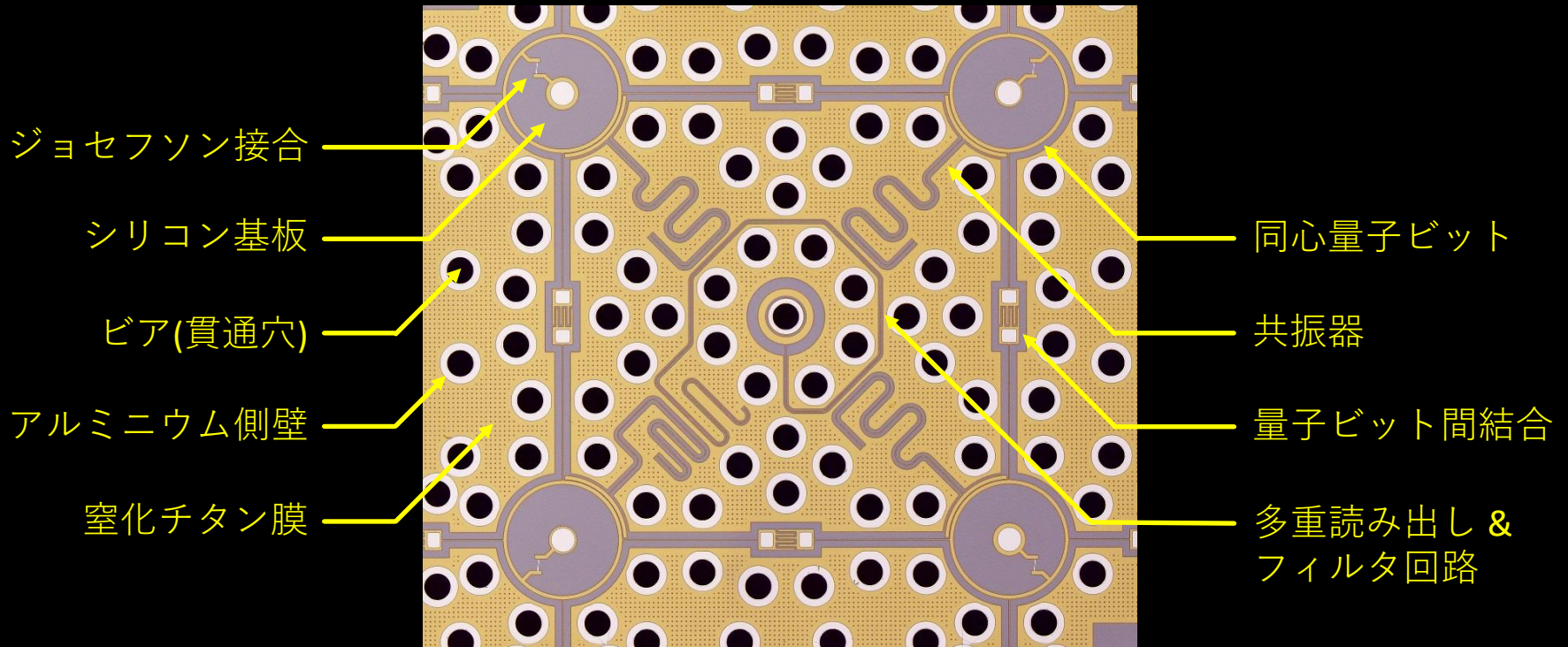


量子コンピュータ

個々の量子の状態、量子の間の相互作用を量子力学の原理に基づいて制御することで、通常のコンピュータでは困難な計算を実行する

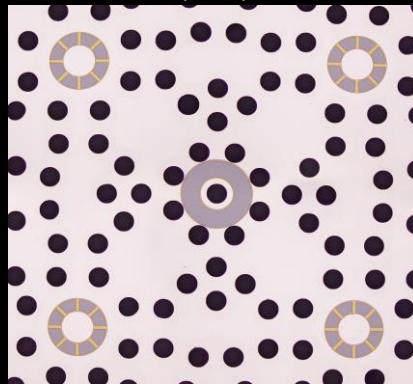
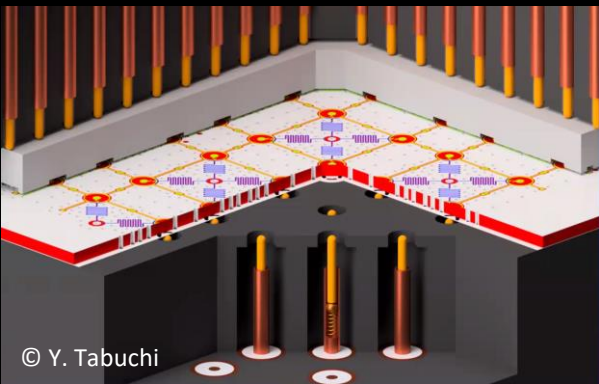


量子プロセッサ



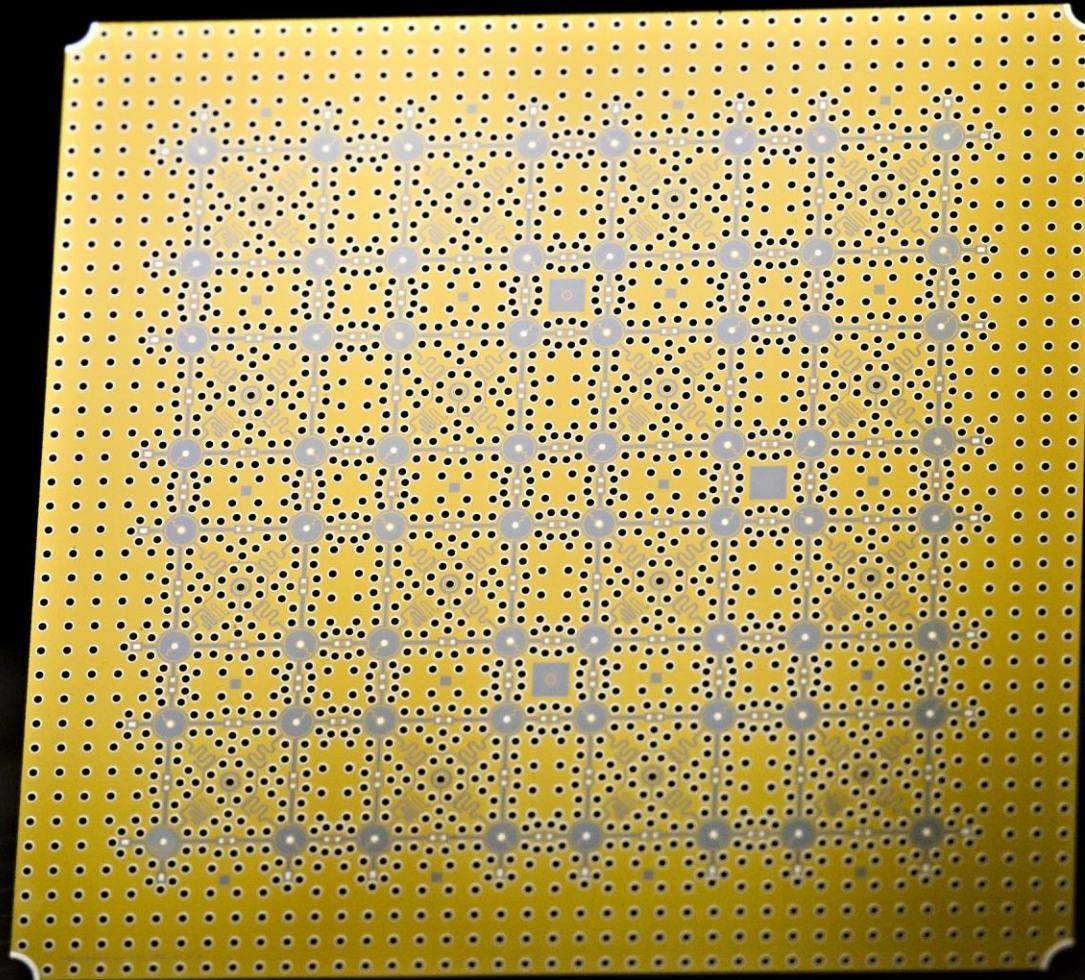
© L. Szikszai

(裏面)

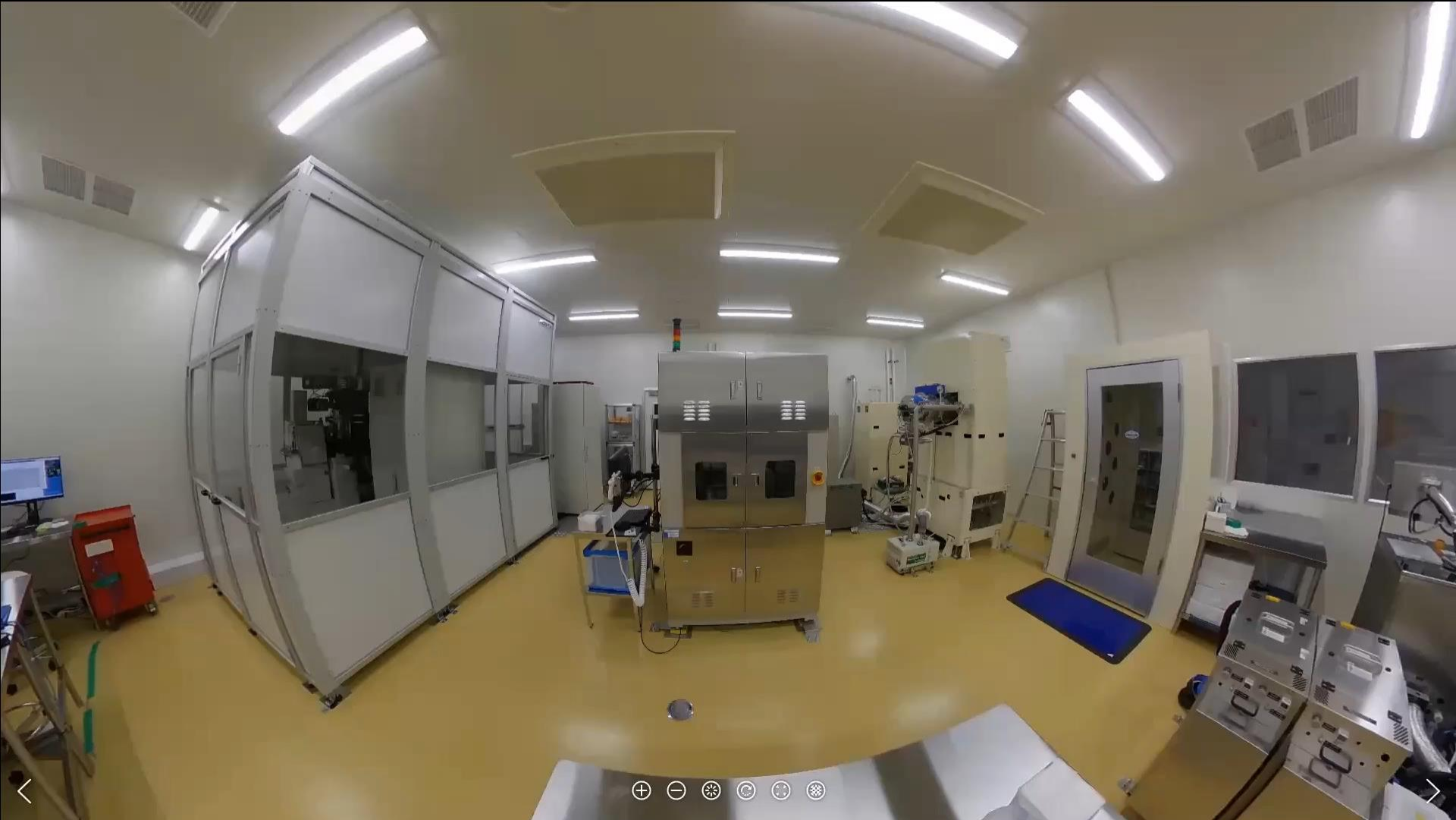


© Y. Tabuchi

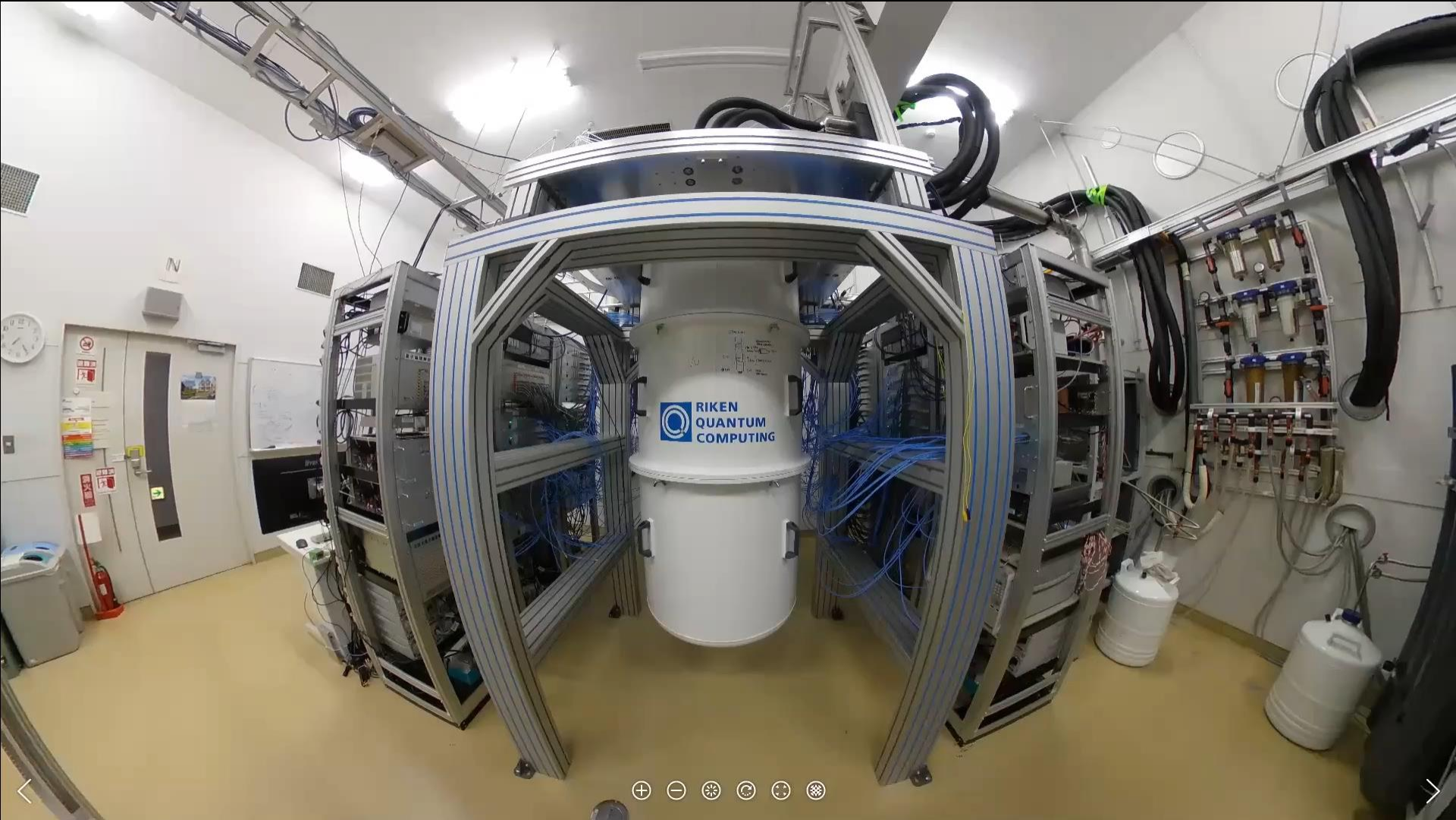
64量子ビットチップ



デバイス作製室

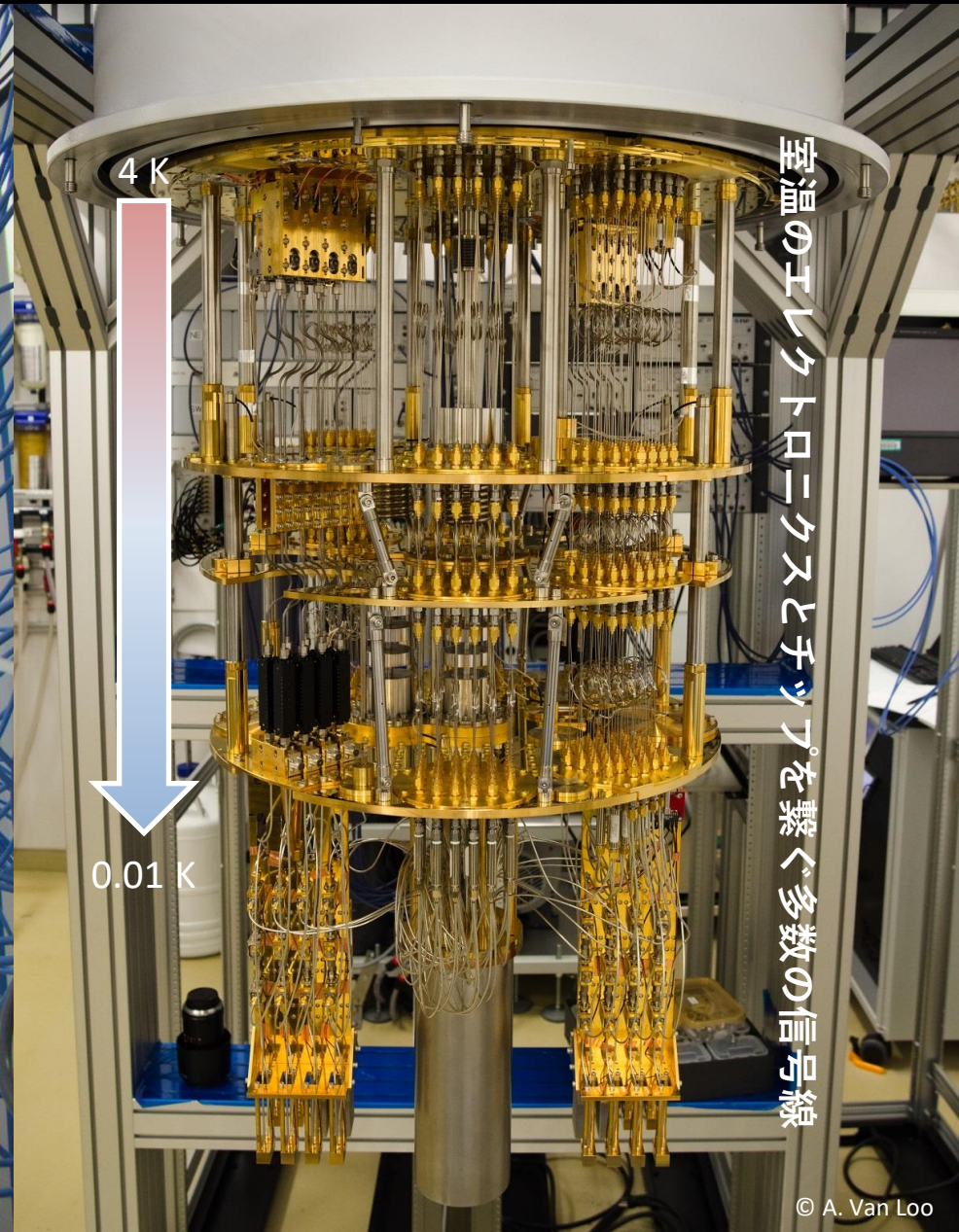
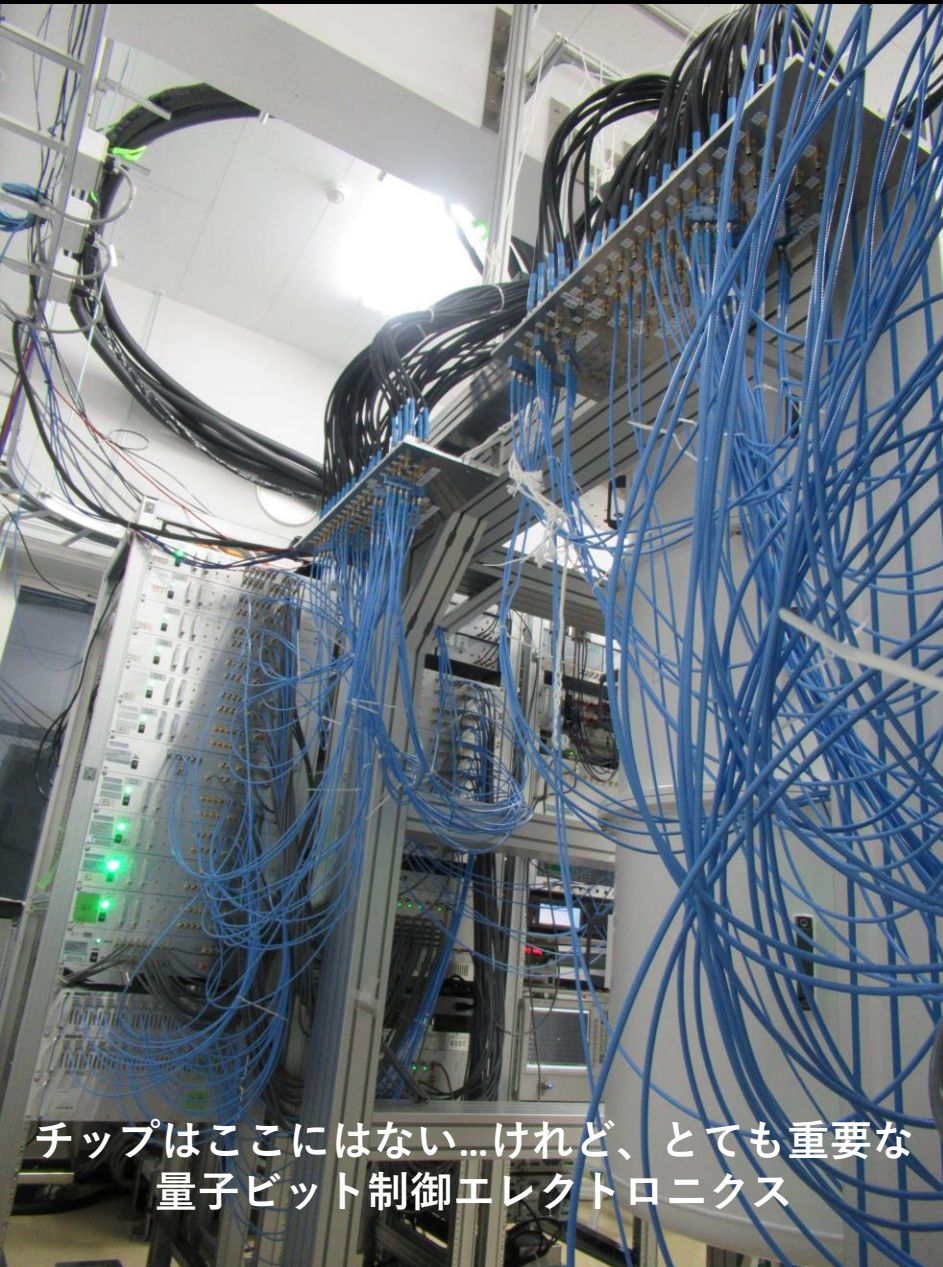


デバイス測定室

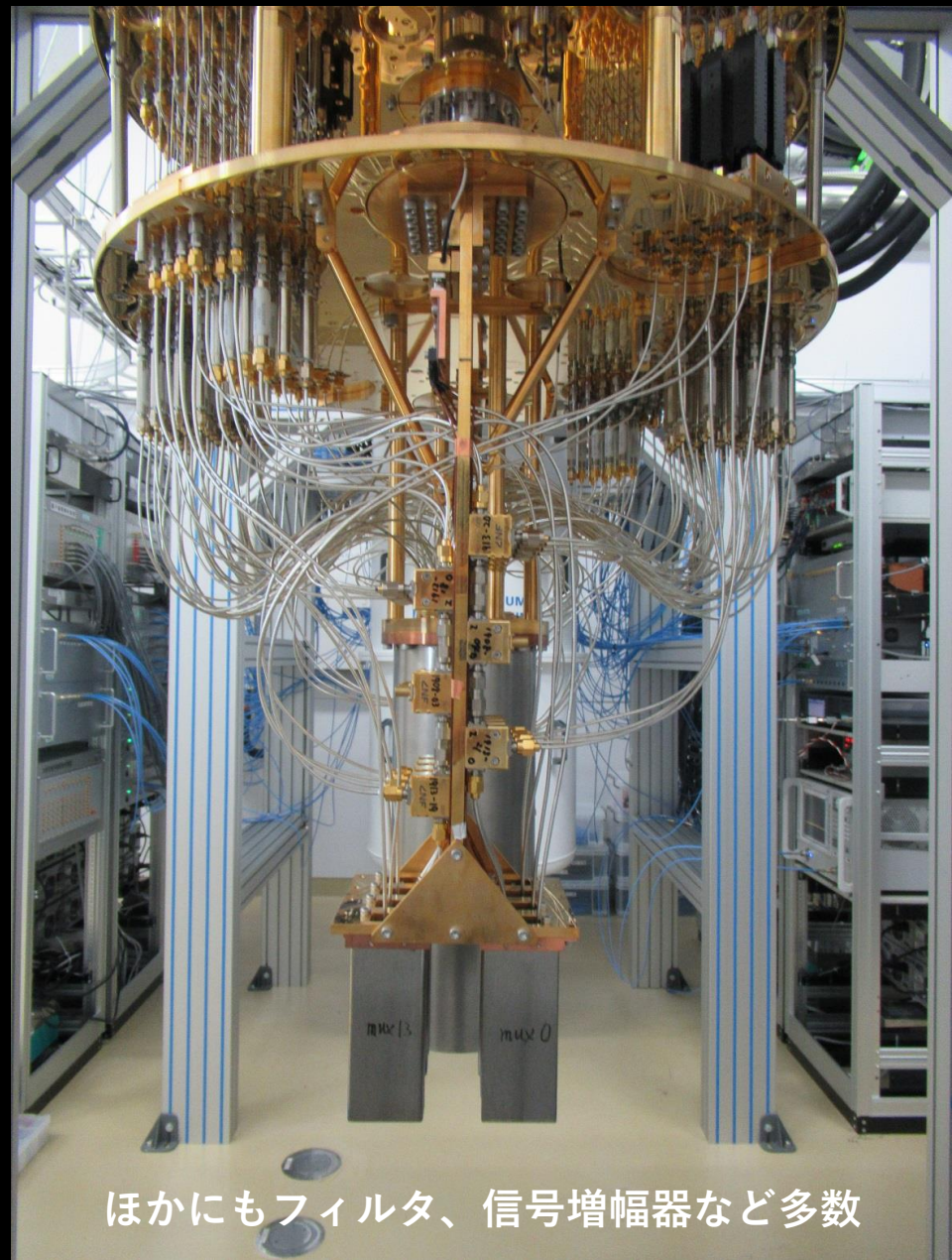
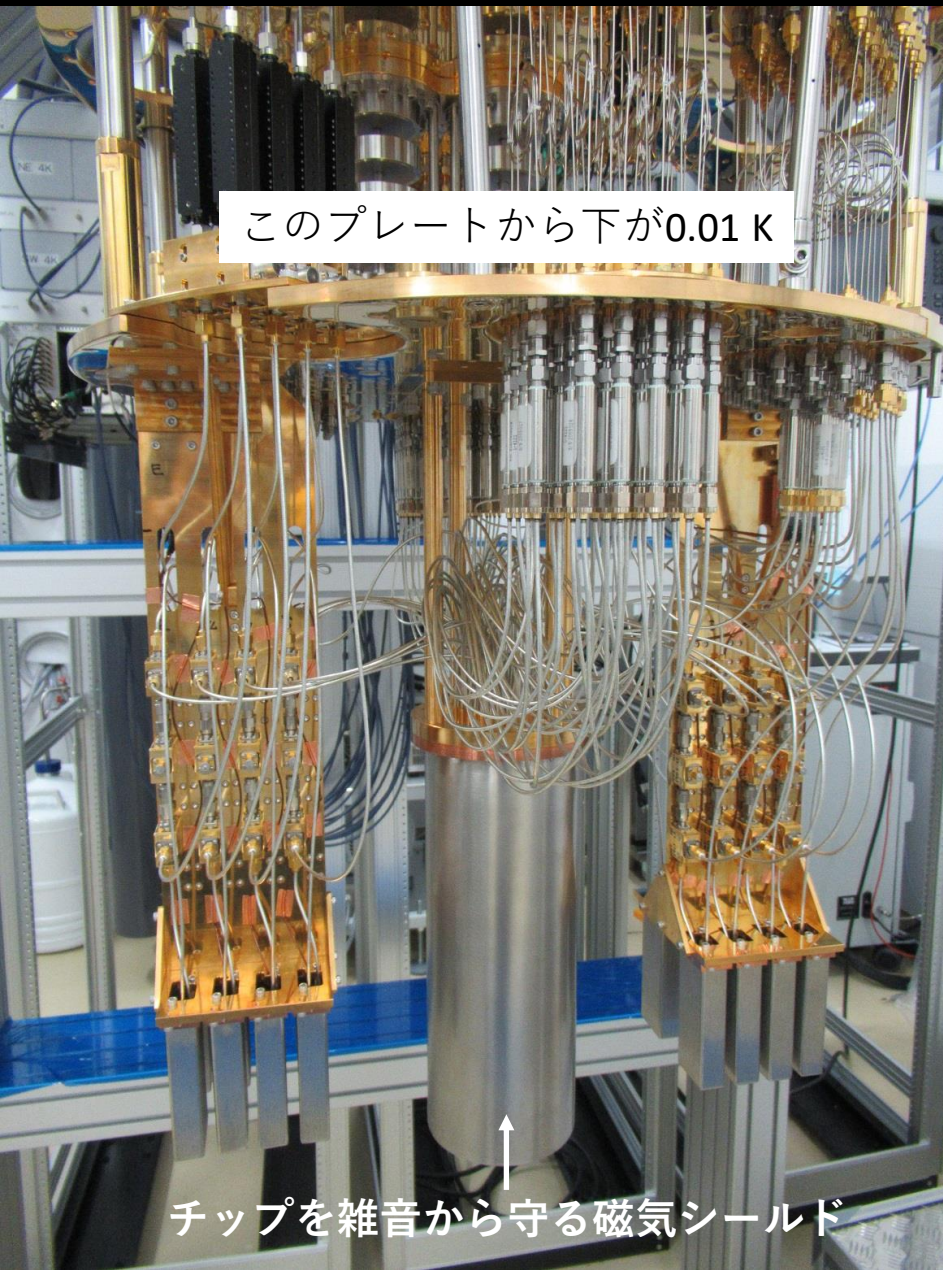


エネルギー差 = $6.6 \times 10^{-24} \text{ J} = 10 \text{ GHz} = 0.48 \text{ K} \leftrightarrow$ 希釈冷凍機温度 = 0.01 K (絶対零度より 0.01 度高い)

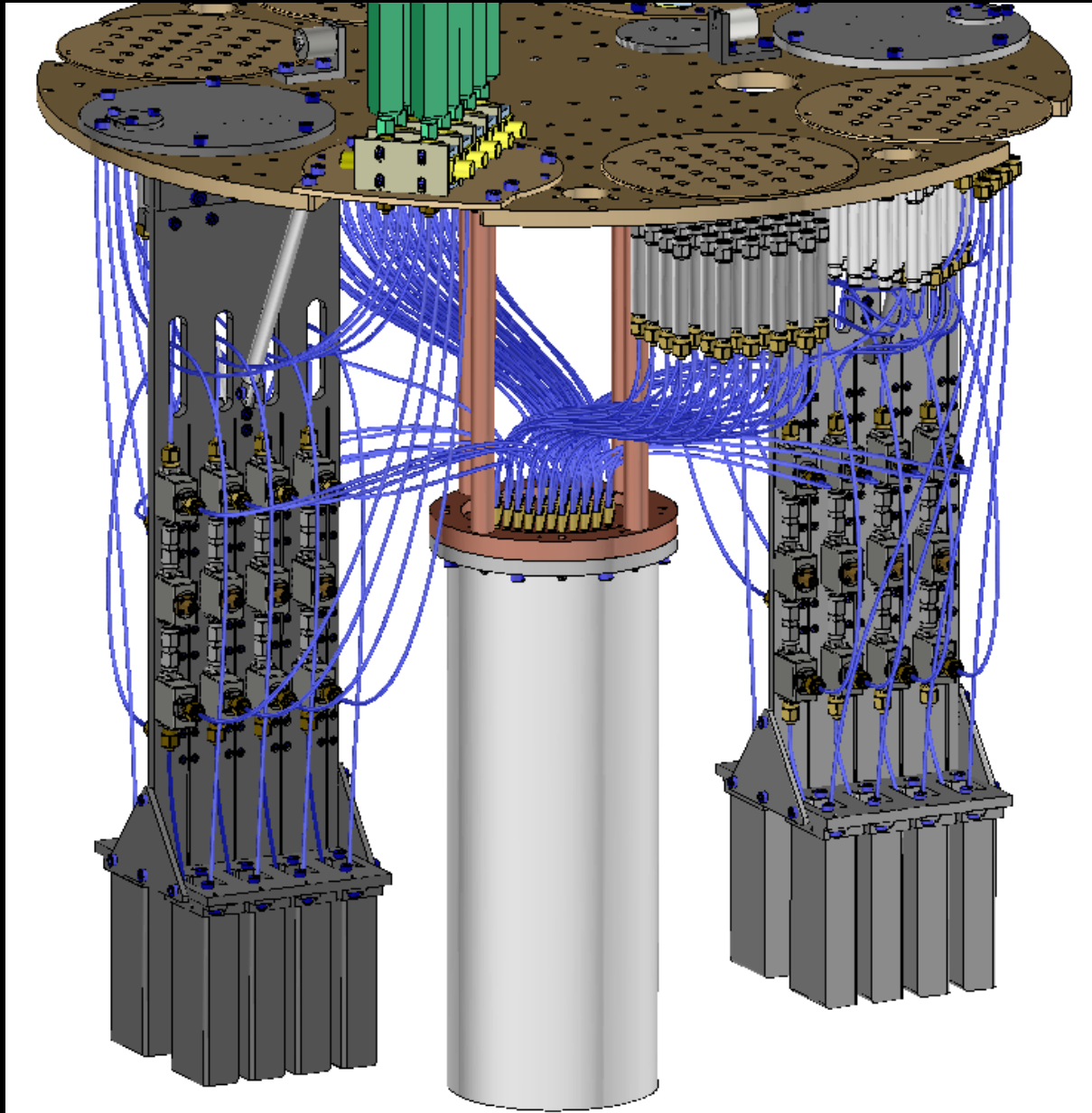
中身を見てみよう～チップはどこに?～



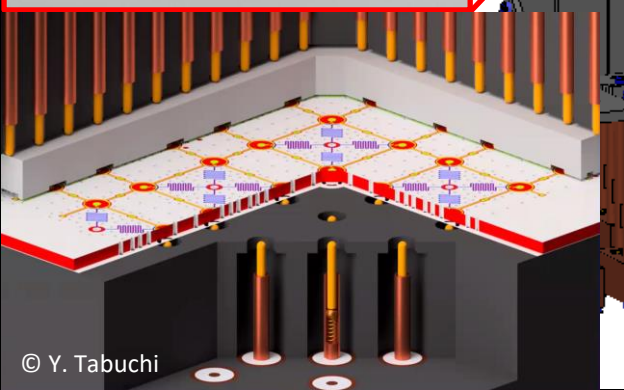
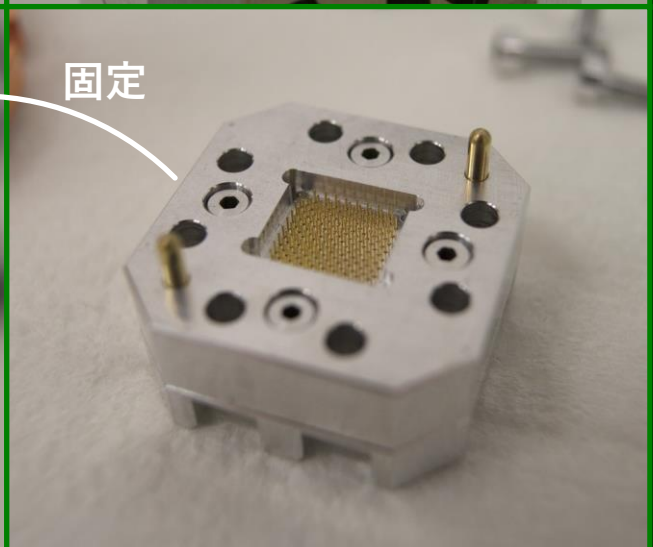
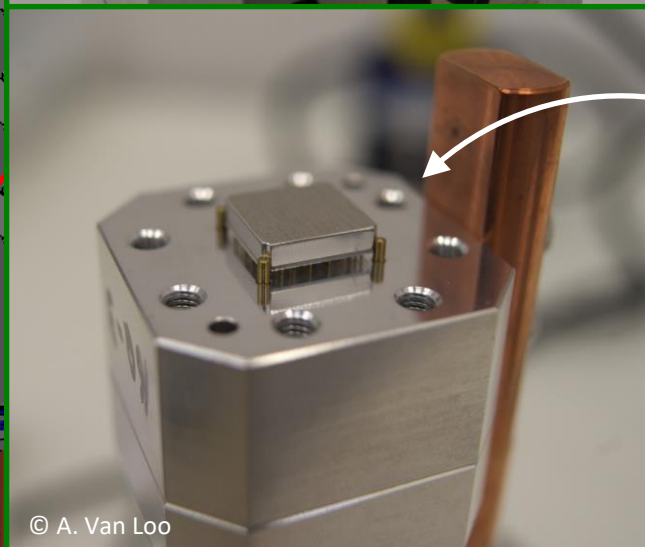
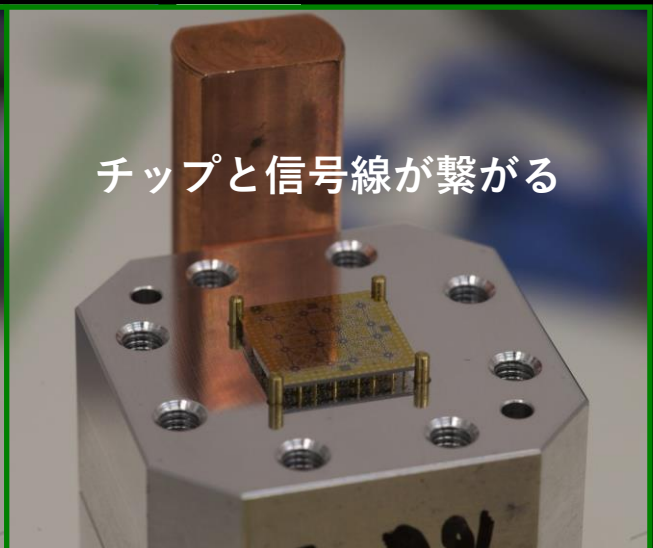
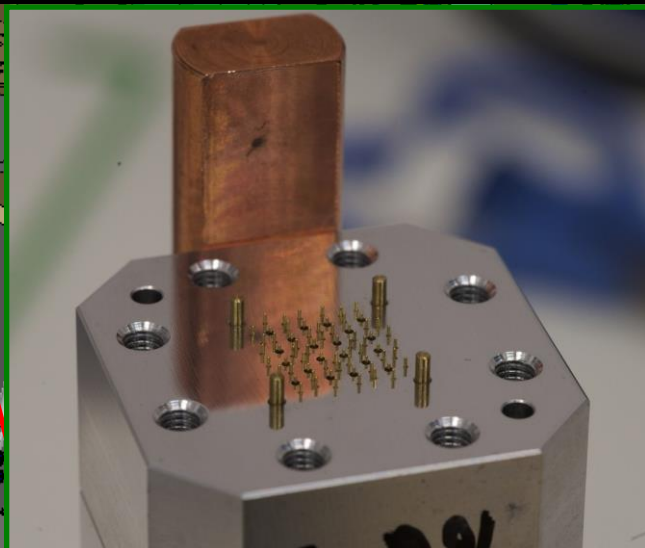
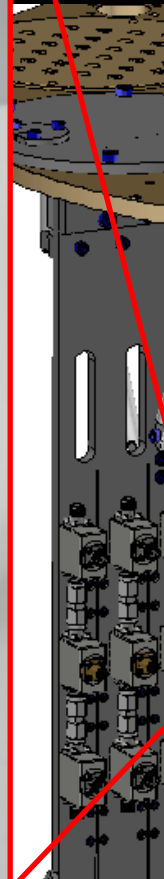
中身を見てみよう～チップはどこに?～



中身を見てみよう～チップはどこに?～



見てみよう～チップはどこに?～



量子コンピュータの外側～仲間が必要～

