

超伝導で 究極の計算機を 創る

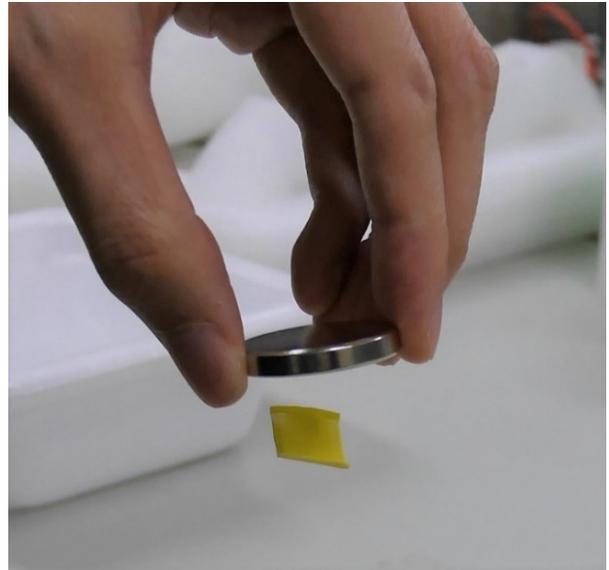
- 超高速計算から量子計算まで -

横浜国立大学 大学院工学研究院 准教授
山梨 裕希

なぜ？超伝導なのか

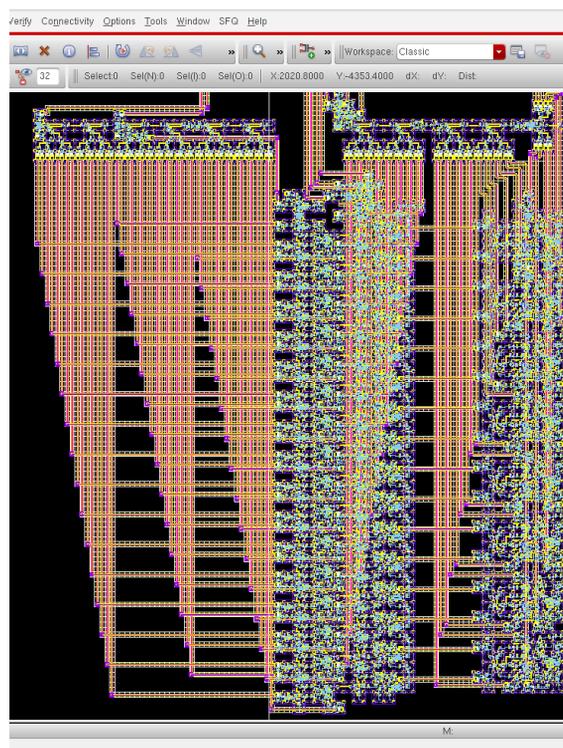
情報化社会の進展のためには、情報をより速く、より少ない消費エネルギーで処理することが求められます。私たちの研究では、電気抵抗が完全にゼロとなる超伝導現象を応用して、今より圧倒的に効率的な情報処理を行えるコンピュータの実現を目指しています。

超伝導体中の電子は非常に特殊な性質を持ち、通常の物質では考えられないような現象が起こります（右写真）。一般に、コンピュータの処理速度 = 回路中の電子の移動速度と言えるので、超伝導電子の特異性を用いると現在のコンピュータの性能限界を打破することができると思っています。



写真：黄色のテープで覆われているのが超伝導体。磁石で超伝導体を宙に浮かせることができる。

磁束量子を用いた超低電力高速演算



図：超伝導除算回路のレイアウト。

磁力を糸状の力とイメージしてみてください。糸の最小単位を磁束量子と呼びます。超伝導電子の性質により、超伝導体のリング中では磁束量子が有る状態と無い状態が生じ、この磁束量子の有無でコンピュータのデジタル回路の'0'と'1'状態を表すことができます。超伝導が持つ性質を利用することで低電力化が可能となり、また磁束量子が光速移動することから超高速の演算回路が作れます。

左図は私たちが設計、試作した除算回路のレイアウトです。超伝導に適した回路構成を採用しており50GHzを超えるクロック速度での動作が可能です。本回路で効率の極めて高い数値計算ができると考えています。



写真：超伝導回路の評価の様子。回路を超伝導状態にするために、マイナス269℃の液体ヘリウム（写真右下）中に浸して電気特性や回路応答を測定します。

最適化問題を解く超伝導量子コンピュータ

電子の波動としての性質を巧妙に用いると、従来の計算機では決して解けないような問題を短い時間で解くことができます。このような計算機は量子コンピュータと呼ばれ、世界中で活発に研究開発が進められています。巨視的なサイズで波動性が現れる超伝導素子は、量子コンピュータの有力な候補です。

現在、私たちの研究室では特に、特定の最適化問題を極めて効率的に解ける、アニーリング型量子コンピュータを超伝導回路で作る研究を行っています。最適化問題は極めて広い分野への応用が考えられますが、私たちはその中でも機械学習などの特定の最適化問題に特化した専用超伝導量子コンピュータの開発を行っています。

この研究に取り組んでいるのは

山梨 裕希 (やまなし ゆうき)

横浜国立大学理工学部／大学院 工学研究院 准教授

横浜国立大学大学院工学府博士後期課程修了。博士（工学）。日本学術振興会特別研究員、横浜国立大学学際プロジェクト研究センター特任助教を経て現職。高校時代からの興味の対象のコンピュータと物理学を融合した研究に邁進中。趣味はギターで、アンサンブル活動を20年継続。



研究室URL：<http://www.nashilab.ynu.ac.jp/>

高校生向け書籍

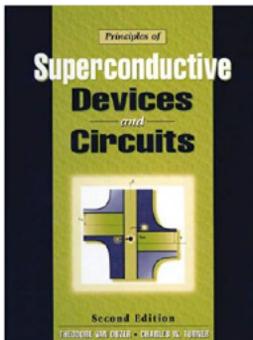


「これ一冊でわかる 超伝導
実用技術」
(日刊工業新聞社、一般社団
法人未踏科学技術協会)



「図解入門 よくわかる 最新 量子
コンピュータの基本と仕組み」
(秀和システム、長橋)

より詳しく知りたい人は (専門向け)



「Principles of Superconductive
Devices and Circuits (2nd
Edition)」 (Prentice Hall, Van
Duzer, Turner)



「量子アニーリングの基礎」
(共立出版、西森、大関)

最近の論文

- ・ A.Sanada, Y. Yamanashi, and N. Yoshikawa, "Study on Single Flux Quantum Floating-Point Divider Based on Goldschmidt's Algorithm," IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 29, no. 5, 13019045, Aug. 2019.
- ・ Y. Yamanashi, S. Nakaishi, et al, "Design methodology of single-flux-quantum flip-flops composed of both 0- and π -shifted Josephson junctions," Supercond. Sci. Technol., vol. 31, no. 10, 105003, Aug. 2018.