



## 教授 吉川 信行

ヨシカワ ノブユキ



大学院工学研究院 知的構造の創生部門  
工学部 電子情報工学科 電子情報システムコース  
理工学部 数物・電子情報系学科 電子情報システム教育プログラム  
nyoshi@ynu.ac.jp  
http://www.yoshilab.dnj.ynu.ac.jp/  
https://orcid.org/0000-0001-6191-6715

# 工学 電気電子工学

電子デバイス・電子機器

集積回路設計  
低消費電力集積回路  
高周波回路  
超伝導エレクトロニクス  
量子効果デバイス

### 【研究概要】

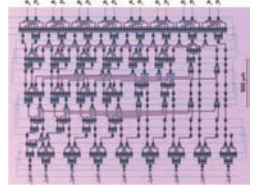
新しい動作原理に基づく電子デバイスを用いて、次世代の高速・高密度な大規模集積回路(LSI)システムを実現することを目指しています。例えば超伝導現象を利用すれば、単一磁束量子(磁束の最小単位)を情報の1ビットに対応させた超高速デジタル回路を作ることができます。これらの単一磁束量子LSIは、数百GHzにおよぶクロック周波数での動作が可能です。また、超伝導回路を断熱的に動作させると、従来の半導体LSIに対して6桁以上の低消費電力化が可能です。一方、量子状態を利用した量子コンピュータは、従来不可能だった膨大な計算を高速に行える可能性を秘めています。このようにデバイス自体の機能が新しくなると、これらの機能を生かすために、新しい回路アーキテクチャやシステムアーキテクチャの検討が必要になります。我々は、LSIシステムを、デバイスの動作原理、アーキテクチャ、ならびに設計手法という多方面から眺め、研究を行っています。

### 【アドバンテージ】

現在の研究テーマは、超伝導集積回路を用いたマイクロプロセッサや浮動小数点演算器(FPA)などの設計と高速、低消費電力動作実証などを行っています。この研究を通して超伝導LSIにおいて、100GHzを超える動作や、半導体の100万分の1の低消費電力動作を実証してきました。また、研究を通して、高周波回路の3次元設計、高速アナログ増幅器の設計、高速デジタル回路の設計などを手がけてきており、これらの分野において技術的なアドバンテージを持っています。最近では、断熱的手法を用いて半導体デジタル回路の消費電力を100分の1に下げる研究も行っており、超低消費電力回路への展開を目指しています。

### 【事例紹介】

超伝導単一磁束量子回路を用いた世界初のマイクロプロセッサや浮動小数点演算器の50GHz高速動作実証を行いました。また、超伝導断熱回路を用いて超省エネルギーマイクロプロセッサの研究開発を行っています。これらの技術を用いてピコ秒時間間隔の計測が可能な微小時間測定回路や、超伝導量子ビットを高精度で操作するための高速マイクロ波チョッパを開発しました。



超省エネルギー断熱型超伝導回路(8ビット桁上げ先算加算器)の顕微鏡写真。

### ■ 相談に応じられるテーマ

半導体集積回路の設計技術、低消費電力技術  
高速回路や伝送線路の設計、シミュレーション方法  
高速回路の測定技術  
低温測定技術  
アナログ、デジタル回路の設計

### ■ 主な所属学会

応用物理学会  
電子情報通信学会  
電気学会  
低温工学・超電導学会  
米国電気電子学会 (IEEE)

### ■ 主な論文

吉川信行, 佐野 京佑, 山梨 裕希, 全 伸幸, 大久保 雅隆, “超伝導デジタル回路による生体高分子用超伝導飛行時間型質量分析計,” 低温工学52巻5号 2017, pp.349-354.  
『消費電力の限界に挑む超電導集積回路技術の最近の進展』『電学

論A』2014. 1

『高速情報処理を実現する単一磁束量子(SFQ)回路』『未来材料』2012

『超伝導回路用メモリ技術の現状と展望』『まぐね』2010

『単一磁束量子回路を制御回路とする量子計算システム』『応用物理』2009

『単一磁束量子回路を用いた超高速マイクロプロセッサの開発とその展望』『電子情報通信学会論文誌C』2008. 1

『単一磁束量子回路を用いた低消費電力情報機器』『電子情報通信学会誌』2007. 3

### ■ 主な特許

特願2015-081036 「断熱型量子磁束パラメトロン回路及び超伝導論理素子」

特願2014-181355 「超伝導集積回路装置」

### ■ 主な研究機器・設備

高速デジタル測定装置一式、低温集積回路測定装置一式、極低温冷凍機、集積回路設計環境。