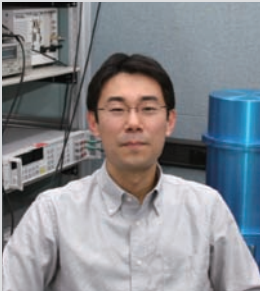


交流ジョセフソン電圧標準の開発

次世代量子交流電圧標準の実現に向けた取り組み



丸山 道隆

まるやま みちたか

m-maruyama@aist.go.jp

計測標準研究部門
電磁気計測科 電気標準第2研究室
研究員
(つくばセンター)

超伝導デジタル回路に関する研究開発を企業や研究機関にて経験。2008年に産総研入所以来、次世代量子交流電圧標準の開発や直流電圧標準の維持・供給業務を担当しています。偉大な先人達が積み重ねてきた高度な技術の蓄積と自分のこれまでの経験や発想をうまく融合させて、最先端かつ社会ニーズに応えられる標準供給に貢献したいと思えます。

関連情報:

● 共同研究者

浦野 千春、山田 隆宏、山森 弘毅、天谷 康孝、前澤 正明、金子 晋久 (産総研)

● 参考文献

H. Sasaki *et al.*: 電子技術総合研究所彙報, 62(1,2) (1998).

交流電圧標準の課題

直流電圧の現行の標準は、ジョセフソン効果と呼ばれる量子現象を利用して実現されています。超伝導体の接合素子にマイクロ波を照射すると、その周波数 f とプランク定数 h 、電気素量 e によって決まる正確な電圧値が得られます。一方、交流電圧も直流電圧と並んで社会基盤を支える重要な物理量の一つですが、その標準は、直流電圧から熱変換素子を用いた交直変換により得られ、周波数範囲の拡張や不確かさの低減が課題となっています。これを大幅に改善するため、現在、ジョセフソン効果を直接利用した量子交流電圧標準の開発に取り組んでいます。

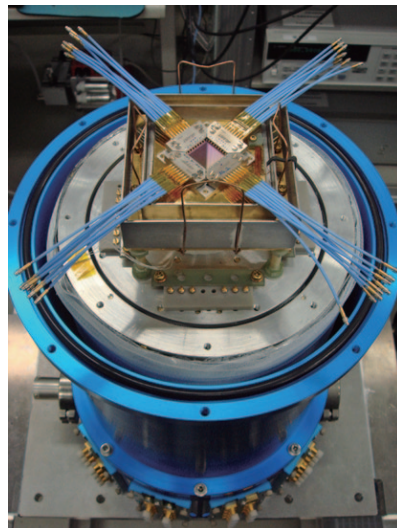
量子交流電圧標準への期待

量子交流電圧標準は、以前から世界的な研究テーマとなっており、産総研では三つの方式に着目した基礎研究を進めてきました。一つ目は、数万接合からなる素子アレイを N ビットの区切りに分割したプログラマブル方式で、キロヘルツ程度以下の低周波数領域を得意とし、直流電圧標準と同程度の出力電圧が可能です。二つ目は、マイクロ波のかわりに高速変調パルス信号を印加するパルス駆動方式で、出力電圧は小さいものの商用周波数からメガヘルツ程度までの広い周波数領域において理想的な量子交流波形

が得られます。三つ目は、素子アレイから周辺回路までを超伝導デジタル集積回路としてオンチップ化する単一磁束量子回路方式で、作製プロセス技術の飛躍的な向上が必要なものの、将来的には前記2方式の利点を合わせた魅力的な方式になると期待されています。各方式に一長一短があるため、それぞれの特徴を理解して適材適所に用いることが重要で、現在は特にプログラマブル方式とパルス駆動方式の開発に力を入れています。前者はサンプリング法と呼ばれる測定手法を駆使し、交直変換標準との連携による低周波数領域での不確かさ低減を目指しています。また後者は計算可能で絶対値が量子力学的に定義された疑似ノイズの発生に利用でき、ボルツマン定数の測定システムや、熱力学温度を直接測定可能な温度計への応用が実現しつつあります。

今後の展望

現在、両方式で必要な新たな冷凍機システムの立ち上げや高精度測定などの実用化に向けた大きな山場を迎えています(写真)。まだまだ技術的な困難も予想されますが、量子交流電圧標準が実現すれば、波形標準などの新たな応用も開け、電圧標準の歴史にとって大きなブレイクスルーになると考えています。



極低温広帯域プローブを搭載した新4 K冷凍機システム (開発中)