

2019年 第66回応用物理学会 春季学術講演会シンポジウム報告

分科企画シンポジウム「量子センシング ～ 究極の感度を求めて～」

企画：超伝導分科会、光・フォトンクス分科会、新領域量子情報研究グループ

日時：2019年3月9日(土) 13:30-18:35

会場：東京工業大学 大岡山キャンパス M111

世話人：齊藤 志郎 (NTT), 根本 香絵(NII)、寺井 弘高(NICT),

有吉 誠一郎(豊橋技科大)、山梨 裕希(横浜国大)

超伝導分科会、光・フォトンクス分科会、および新領域量子情報研究グループの合同企画シンポジウムとして「量子センシング ～ 究極の感度を求めて～」を講演会初日(3月9日)の午後に開催した。

量子計算機や量子シミュレータが注目を集め、近年、量子情報技術が急速に進化している。量子状態を制御するうえで問題となるのが外部ノイズに対する量子状態の脆弱性である。しかしながら、外部ノイズに弱いということは、外場に対して高感度であるとも言える。そこで、急速に発展している量子情報技術をセンシングに応用することにより、古典系では達成することが難しい高感度な計測の実現が期待されている。本シンポジウムは、量子センシングに関して、光・原子・半導体・超伝導体という様々な物理系において、基礎研究から応用まで幅広く議論することを目的として開催した。

シンポジウムの前半は、招待講演4件、一般講演2件から構成され、超伝導量子回路を用いたフォノン・スピンの高感度検出、およびダイヤモンド中の NV 中心の量子センサ・量子技術応用が紹介された。東大の野口准教授は、ジョセフソン接合を含む非線形な超伝導共振器を用いることで、ピエゾ効果を利用した表面弾性波の高感度検出を実現した。 $5\sim 25 \text{ am}/\sqrt{\text{Hz}}$ の変位を観測することでき、従来のオプトメカニクス系を凌駕する性能を示している。OISTの久保 GLは、フランスのサクレイ研究所が超伝導共振器を用いた電子スピン共鳴(ESR)実験において1秒間に10個の電子スピンを検出する感度を達成したことを紹介した。また OISTにおいてダイヤモンド中の P1 中心を Maser として利用し、ダイナミックレンジ-70dBm 以上のパラメトリック増幅器を実現した。NTTの樋田研究主任は、超伝導磁束量子ビットを用いた局所 ESR 実験を紹介し、検出体積 0.05 pL、検出感度 400 スピン/ $\sqrt{\text{Hz}}$ が実現されていること示した。東工大の波多野教授は、NV 中心のアンサンブルを用いた量子磁場センサの研究開発から応用までを紹介した。シリコン基板上のダイヤモンド成長、パルス配列を用いた量子フィルタによる磁場センサの感度向上、Qdyne を用いた NMR イメージング等、最新の研究成果が議論された。京大の Herbschleb 博士は、リンをドーブしたダイヤモンドで NV⁻中心の比率が 100%となり、室温で世界最長のコヒーレンス時間を観測することに成功した。その結果、室温における DC/AC 磁場に対する世界最高感度 $10 \text{ nT}/\sqrt{\text{Hz}}$ を達成した。横浜国大の田宮氏は、周囲の核スピン等の影響を取り込んだ NV 系のハミルトニアンパラメータを効率よく決定するために、実験パルスの最適化と

GPGPUによる並列処理を用いた手法を紹介した。

シンポジウムの後半には、招待講演 4 件、一般講演 1 件の発表があり、光・原子・半導体・超伝導体といった幅広い物理系における極限センシングに関する議論が行われた。東北大の平山教授は、半導体量子状態を用いた新しい核スピン計測技術を紹介した。局所的な核スピンのナイトシフトを測定することで、電子スピンの偏極率の空間分布を観察する手法や、ポイントコンタクトを用いて歪の空間分布を測定する方法が示された。産総研の岡崎研究員は、量子ドットを用いた機械振動子の変位測定実験を紹介し、最小検出可能変位 160 fm が 4K の低温アンプのノイズで律速されていることを示した。さらに振動振幅の増大に伴い、近傍の核スピンにおいて NMR の周波数シフトやサイドバンド遷移が観測され、数値計算によって、歪を介した振動子と核スピンの相互作用に起因すると結論付けた。理研の湯川特別研究員は、超伝導-電子スピン集団系、あるいは冷却原子系においてマクロな量子もつれ状態を生成する方法を提案し、既存の実験で得られているパラメータを用いて精密測定への応用を議論した。東大の平川教授は、ナノギャップ電極をアンテナとして用い THz 光を効率よく集光し、単一分子の分光測定に成功した。C60 分子の THz スペクトルで、低周波の分子振動モードが観測され、ps の時間分解能、nm の空間分解能を有する極限計測技術への応用が期待される。情通機構の三木主任研究員は、超伝導ナノワイヤを用いた単一光子検出器(SSPD)の開発において、SSPD アレイと SFQ エンコーダ回路を用いた熱負荷の小さいイメージングデバイスの動作実証実験を紹介した。

今回のシンポジウムでは参加者が 100 名を超え、異なる分野から多くの研究者が参加し、活発な質疑応答がなされた。材料や手法で細分化せず、幅広く量子センシングに関して議論できた点は非常に有意義であった。量子情報技術が注目を集めており、これからの量子センシング研究の発展が期待できるシンポジウムであった。最後に、ご多忙の中、ご講演をお引き受けいただいた招待講演者の皆様、一般講演の講演者の方々並びに、ご来場、ご討論頂きました聴講者の皆様に深く感謝致します。



部屋から聴講者があふれるほど盛況であった



活発な質疑応答が行われた