

量子計測・センシングに係るロードマップ (案)

電子等が有する量子状態を利用し、古典力学を基本とした従来技術を凌駕する精度・感度等を可能とする計測・センシング技術。自動走行やIoTはもとより、生命・医療、省エネ等の様々な分野でこれまでなかった情報と応用をもたらすと期待。

経済・社会インパクト

- 固体量子センサ
- 量子もつれセンサ
- 量子スピントロニクスセンサ
- 量子慣性センサ
- 量子メカニカルセンサ
- 共通

科学技術インパクト

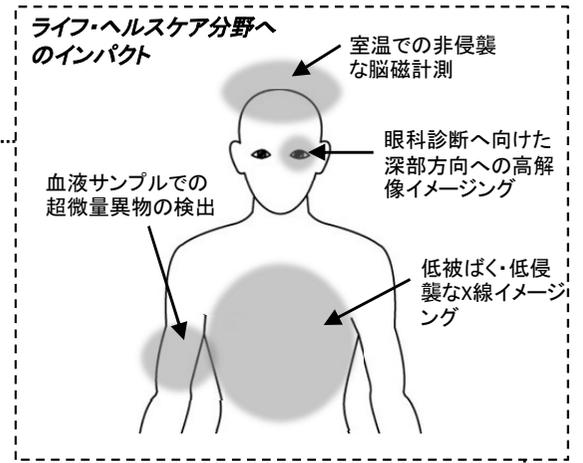
(可能となる計測・センシング)

研究・技術の進展

技術	現在 (2017年度)	5年 (2022年度)	10年 (2027年度)
固体量子センサ*1,2	ダイヤモンドNVセンタ(NVC)による局所磁場や電場の室温検出を原理実証	NVCのスピ操作技術の高度化等による感度向上や、光集積化や電氣的制御によるシステムの小型化(20,000cm ² →5cm ²)が実現する	NVCセンサ基板の大型化(直径:数mm→150mm)等による更なる高感度化に加え、半導体や生体解析で優位なSiC等におけるセンサ化技術が実現する
量子もつれセンサ*1,2	可視～近赤外のもつれ光を用いた観測を実証	新型共振器等を用いたもつれ光源の大強度化により、2~3桁の高速化が実現する(1点のデータ取得時間:1秒→~1ミリ秒)	高コヒーレンスX線光源と高効率波長変換素子の開発により、X線域のもつれ光が実現する
量子スピントロニクスセンサ*1	トンネル磁気抵抗(TMR)比が1,000%/mT	集積回路技術の活用によりTMR比が1桁向上し、分子磁気タグ等が高感度化する	TMR比が100,000%/mTまで向上し、磁気メモリとの融合やアレイ形成技術等により高感度な多機能センサが実現する
量子慣性センサ*1,3	現行の慣性航法用ジャイロスコープ(RLG)は、バイアス安定度が~数ミリ度/h	冷却原子等を用いて、実験室内でバイアス安定度が2~3桁(~数マイクロ度/h)向上する	光源や真空系の小型化により、高バイアス安定度を保持したままジャイロスコープを小型にし(10L以下)、船舶・自動車・自律型探査艇等へ実装する ^注
量子メカニカルセンサ*1	超低温で動作する量子メカニカルセンサが先行	室温動作型の量子ドットや単電子トランジスタ等とのハイブリッド量子メカニカルセンサが実現する	室温動作の高感度なハイブリッド量子メカニカルセンサの集積化が実現する

関連する他の光量子技術や機械学習等の情報技術の進展を、順次取り込む

- 機械学習やIoTでのビッグデータ取得等に活用される高感度・小型・省エネルギーセンサとして、超スマート社会(Society5.0)実現の基盤技術として貢献する
- 石油や地下水、鉱物などの地下埋蔵資源の探索活動や、火山活動のモニタリング等が始まる
- GPSに依存しない、安全な船舶自動運転事業が始まる
- 血液や脳・眼等に関する観測技術が高感度化し、特定の疾病の早期発見が実現し始める
- Level3以上の完全自動運転車を実現し、物流問題や環境・資源問題の解決に資する
- ナノデバイスやパワーデバイス内での局所電流検知等、これまでの計測限界を超えるセンシングにより、車載センサ等の進展が始まる
- 量子技術を適用した新しい分析機器(室温動作NMR、もつれ光分光分析、マルチチャネル質量分析等)により、環境分析や食品分析が進展する
- 非侵襲な生体磁場センシングが、室温で実施され始める(例:脳磁の室温計測が始まる)
- 量子もつれ光による高精度イメージングが始まる(例:量子光断層撮影プロトタイプの開発に繋がる)
- 生体の磁場ベクトルイメージングが始まる(例:磁場生成源の位置固定により、脳機能解析等に発展が期待される)
- もつれ光によるX線センシングの可能性が開ける(例:低侵襲なX線診断を可能とするイメージング機器のプロトタイプ開発に繋がる)
- 微量濃度分子を検出する化学センシングが始まる(例:大気中微粒子の同定や、血中のゼプトモルオーダーの異物検出に繋がる)
- 先端材料におけるナノスケールでの磁場・電場・温度センシングが始まる(例:半導体内の非接触・局所的な電界計測が始まる)
- 単原子・単分子レベルの並列質量センシングが始まる(例:異種原子・分子等の同時測定技術の開発に繋がる)
- もつれ光とメカニカルのハイブリッドによる低雑音な光センシングの道が開ける(例:ミリ波を用いた遠距離センシングの高感度化に繋がる)
- 小型で高感度な量子ジャイロ・加速度センシングが始まる(例:<10⁻⁸gを検知する小型量子センサの利用が始まる)



注:例えばGPSが使えない氷海下で10km潜水した場合、現状では到達地点が5kmずれるところ、数10m以内に改善される(バイアス安定度と位置推定誤差は、比例関係にある)

*:1量子情報処理、2量子通信、3光格子時計、といった他の量子技術分野へも貢献できる

