

# 2024年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

## 調査研究報告書(公開版)

【研究題目】 緑内障失明予防に向けた非侵襲持続的眼圧モニタリング機器の開発

【整理番号】 24-東大4

【代表機関】 東京大学

【調査研究代表者(氏名)】 青木修一郎

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】 産業技術総合研究所 魯健

【TIA 外連携機関】 一般社団法人マイクロマシンセンター、  
株式会社 Oscillated Recall Technology

【報告書作成者】 青木修一郎 【報告書作成年月日】 2025年3月16日

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

産業技術総合研究所、および一般財団法人マイクロマシンセンターと、オンライン会議やメールで議論し、随時課題を抽出しつつ、共通の目的を持って研究に取り組んでいる。

研究成果発表を行った：

- ・第41回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム(速報発表) (産業技術総合研究所 魯健)
- ・精密工学会 MEMS 商業化技術専門委員会「IoT 製造技術」研究会 (産業技術総合研究所 魯健)

【調査研究内容(実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果)】

<背景・課題>

緑内障は、世界で5700万人が罹患し、加齢や近視がリスクであるため患者数が増加している。2040年には1億人を超えると試算されており、眼圧の管理が重要である。しかし、眼圧は24時間変動するが、医療機関でしか測定できないため、自宅でのモニタリングのニーズが高い。家庭での測定を可能にする装置が開発されているものの、様々な障壁のため普及には至っていない。正確性の点では、眼内埋め込み型装置を用いた、眼圧に相関する物理量の電磁的方法による検出が有望であるが、技術的課題には通信能、小型化、コストが含まれる。コストを抑えて小型化するためには、眼内の装置自体には電池や専用半導体回路を組み込まない設計が有望である。小型化のためには高度なマイクロ電磁デバイス技術の活用が求められる。

システムの全体の構成は、MEMSで構成された静電容量の変化によって眼圧を検知する、眼球に埋め込むDetectorデバイスと、メガネやアイマスクなどに装着してDetectorデバイスの状態をモニタリングするTrackingデバイスからなる。Trackingデバイスには場合によりBalun構造を搭載する。

昨年度までの間に、2素子、4素子 dip 型テスト回路を作成し、スペクトラムアナライザによる共振周波数の検出が可能であることを確認した。両者の通信効率、信号伝達距離が課題である。Detector デバイスと Tracking デバイスの間の通信可能距離は回路の設計に依存するが、実験では様々な条件でテストすることが現実的に困難であった。

そこで今回、MEMS 部分を除くシステムの通信特性を調べるために、数値シミュレーションを行った。計算には電磁界シミュレータ (EMPIRE XPU) を使用した。

1) Balun を使ってアンテナを励振した場合と Balun なしで励振した場合の S-Parameter の比較 :

Balun を使うと空間の磁場分布を 2 倍程度強くできた。

しかし、最大デバイス間距離を 20mm 程度に限定とするのであれば、Balun を使わない方が DIP を計測しやすい可能性があると考えられた。

2) Detector デバイスが水内にある場合、水の厚みでモードが発生し、DIP 位置がシフトした。低周波帯域では、Detector デバイスが空気中にある場合と水中にある場合で S-Parameter の変化が小さかった。そのため、周波数帯域が 500MHz 未満であれば、Detector デバイスが眼球内にあることが致命的障害にならない可能性がある。また、眼内留置時のキャリブレーションが必須である。

3) Tracking デバイスを内側に傾けると空間磁場が強くなった。

4) Detector デバイスを 30° まで傾けて計算した結果、Tracking デバイスとの通信特性で顕著な違いはなかった。

以上の結果から、構想しているデバイスの通信系の proof of concept が示された。シミュレーション対象となった回路設計では、信号を伝達するのに 15mm 程度の通信距離が確保可能と考えられた。

#### 【今後の活動予定】

今後も同じ調査研究チームで研究を継続する。

- ・ 眼内埋込デバイスのコイル部分は、抵抗の低さと柔軟性を両立する必要がある。適した素材の候補を検討している。
- ・ MEMS capacitor/inductor の具体的設計
- ・ サポート企業の探索