

2025/9/30@ オンライン
RIETIセミナー

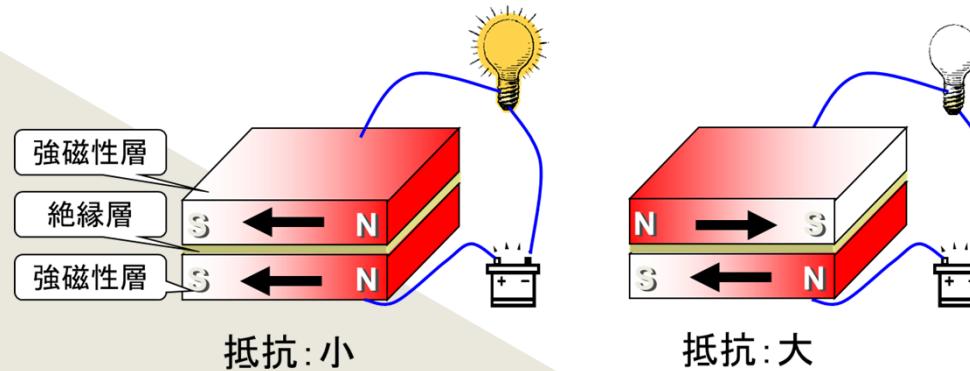
量子技術による未来の医療デバイス Future medical device with quantum technology

東北大学大学院工学研究科 教授
大兼 幹彦

研究室の紹介



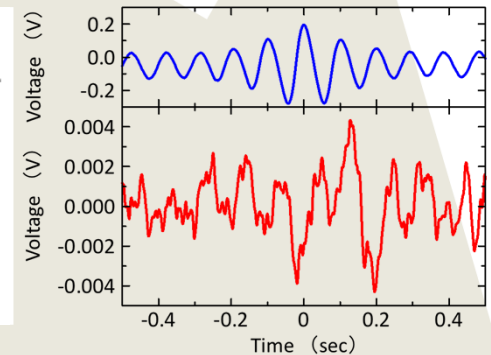
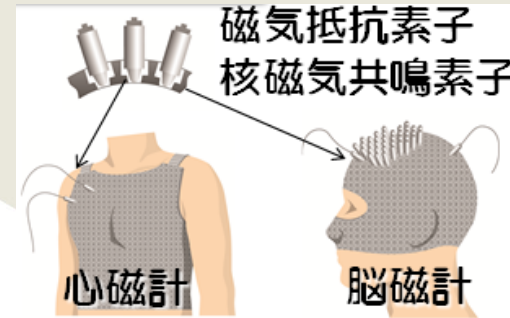
宮崎照宣 名誉教授



✓ 巨大室温TMR効果の発見 (1994)
(日本 (東北大学) 発の技術)



安藤康夫 教授



✓ TMR効果の超高感度
磁気センサへの応用 (2007-)

研究室の紹介

東北大学応用物理スピノエレクトロニクス分野 (2022-)

← 東北大学応用物理 スピノエレクトロニクス分野 (Spint...
107 Tweets



Twitter : 東北大学 応用物理 スピノエレクトロニクス分野
https://twitter.com/spintronics_ap

東北大学応用物理 スピノエレクトロニクス分野 (Spinti
Tohoku Univ.)
@spintronics_ap

東北大学スピノエレクトロニクス研究室の公式アカウントです。量子スピ
ノクス技術を駆使した、画期的な材料とデバイスの創成を行っています。次
タル革命の核となる、「いつでも、どこでも、だれでも」利用可能な脳情
スの実現を目指します。We develop quantum spintronic devices.

[Translate bio](#)

Joined May 2022

143 Following 94 Followers

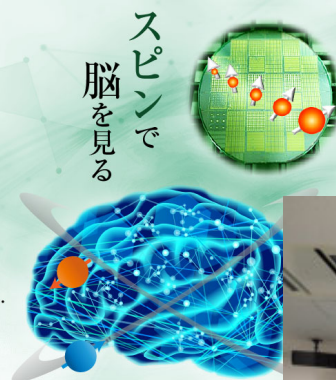


スピノエレクトロニクス分野
大兼研究室
東北大学大学院 応用物理学専攻

Spintronics
Laboratory

DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS,
TOHOKU UNIVERSITY

量子スピノエレクトロニクス技術を駆使した、
画期的な材料とデバイスの創成を行っています。
脳磁場センシング素子・スピノエレクトロニクス型量子計算機・
超コンパクトMRI・新機能スピノエレクトロニクス材料の
開発などを進めています。



HP : 東北大学 応用物理 大兼研
<http://www.apph.tohoku.ac.jp/spin/index.html>

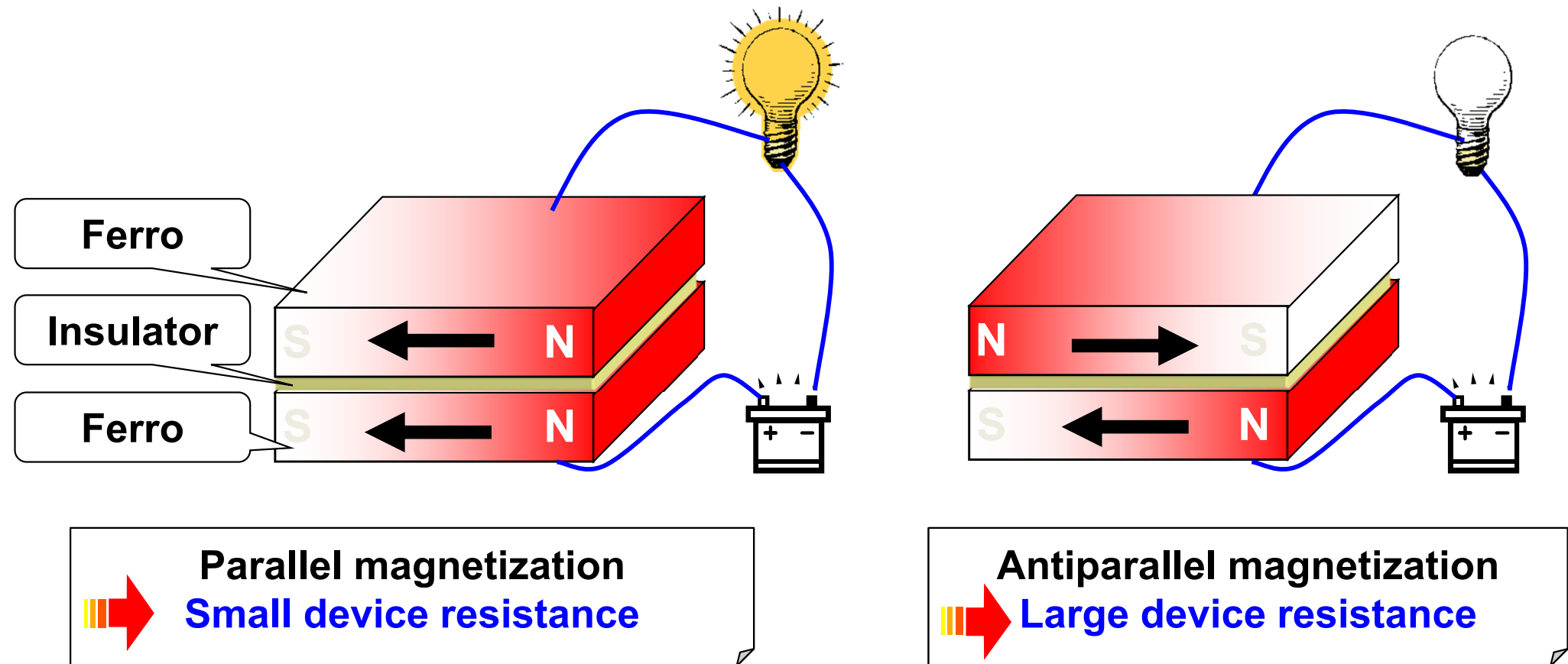
Google Form: 東北大学応用物理研究ページ

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdWaF_Q78JdglFP8giys9b1Pasff9s-p4eNtadmB1XD0cOaEQ/viewform



電気系2号館210室
スタッフ:20名, 学生:21名

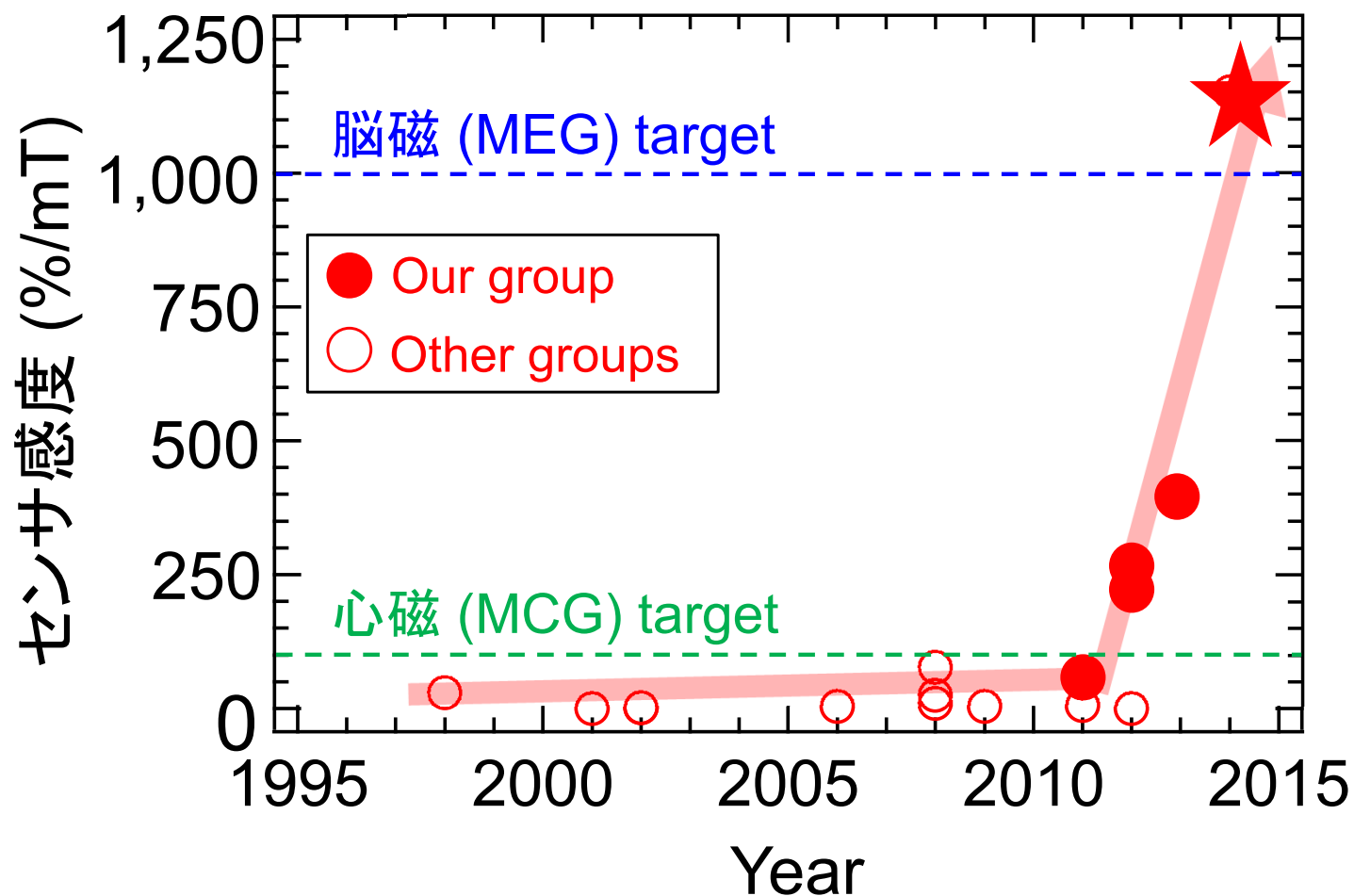
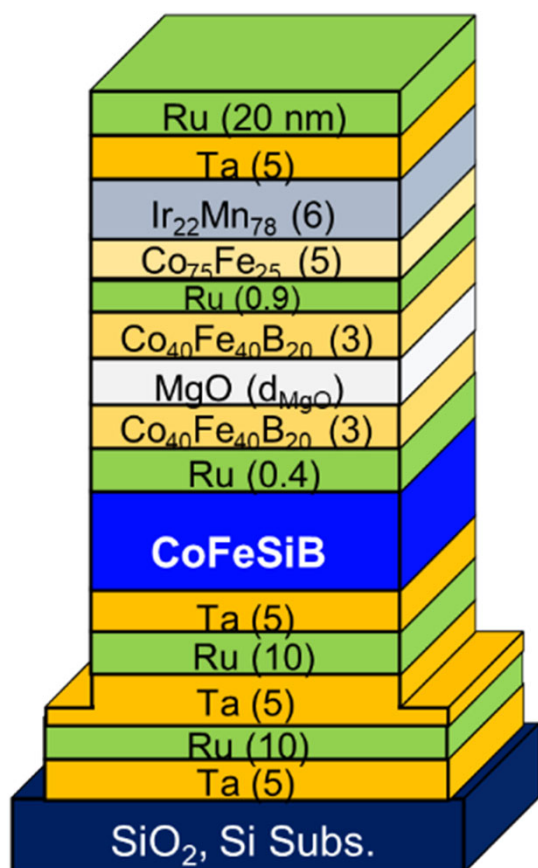
量子トンネル磁気抵抗 (TMR) 効果とは



- ✓ 1995年に東北大学の宮崎、MITのMooderaによって室温下で観測
- ✓ ハードディスクヘッドやMRAMで既に広く社会実装されている技術

量子スピンセンサ感度向上の推移

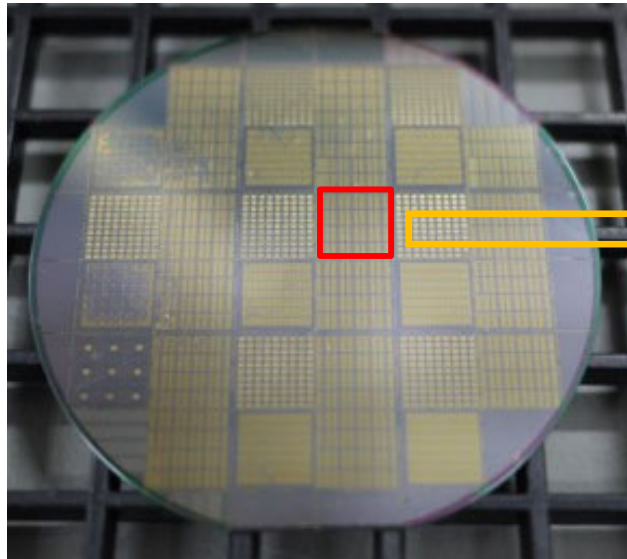
K. Fujiwara *et al.*, JAP (2012)
D. Kato *et al.*, APEX(2013)
M. Oogane *et al.*, APEX(2021)



極めて微弱な脳磁場を検出可能な感度を達成

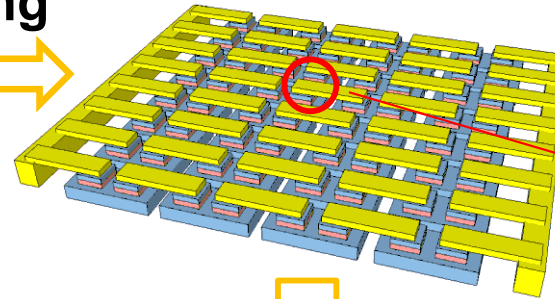
量子スピンセンサモジュール

Spin sensors on 3inch Si wafer



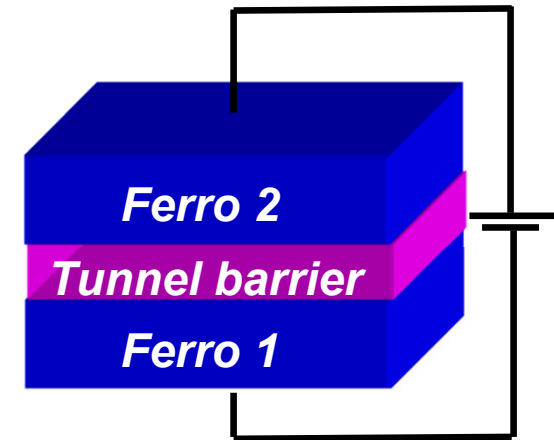
Dicing

MTJ array (100 x 100)
~ 5 x 5 mm²



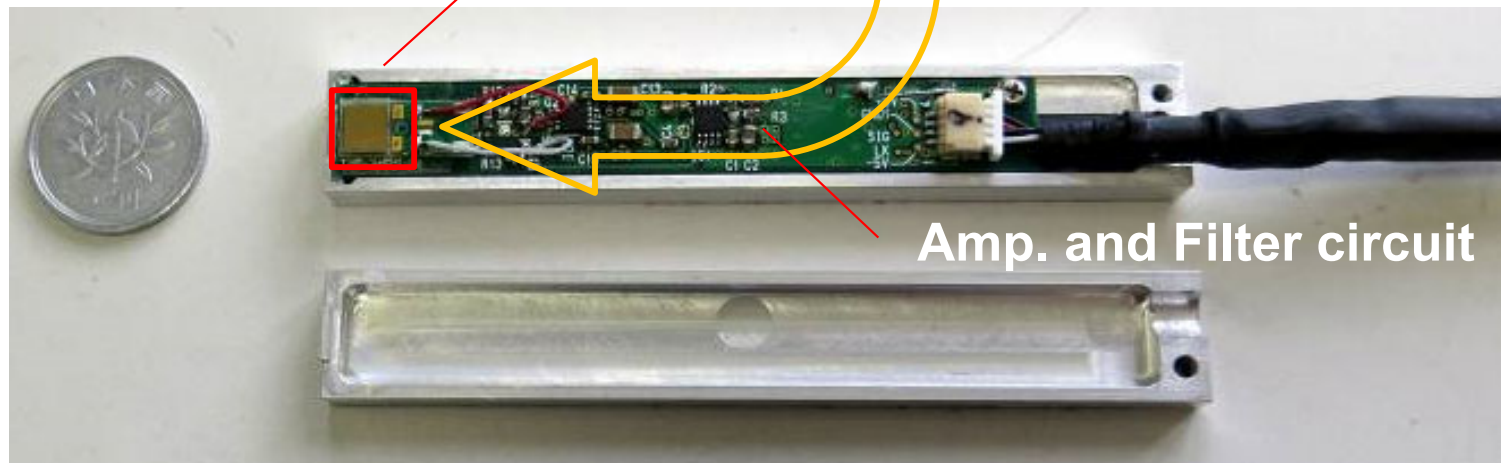
Mount

Single MTJ
~ 30x30 μm²



Sensor

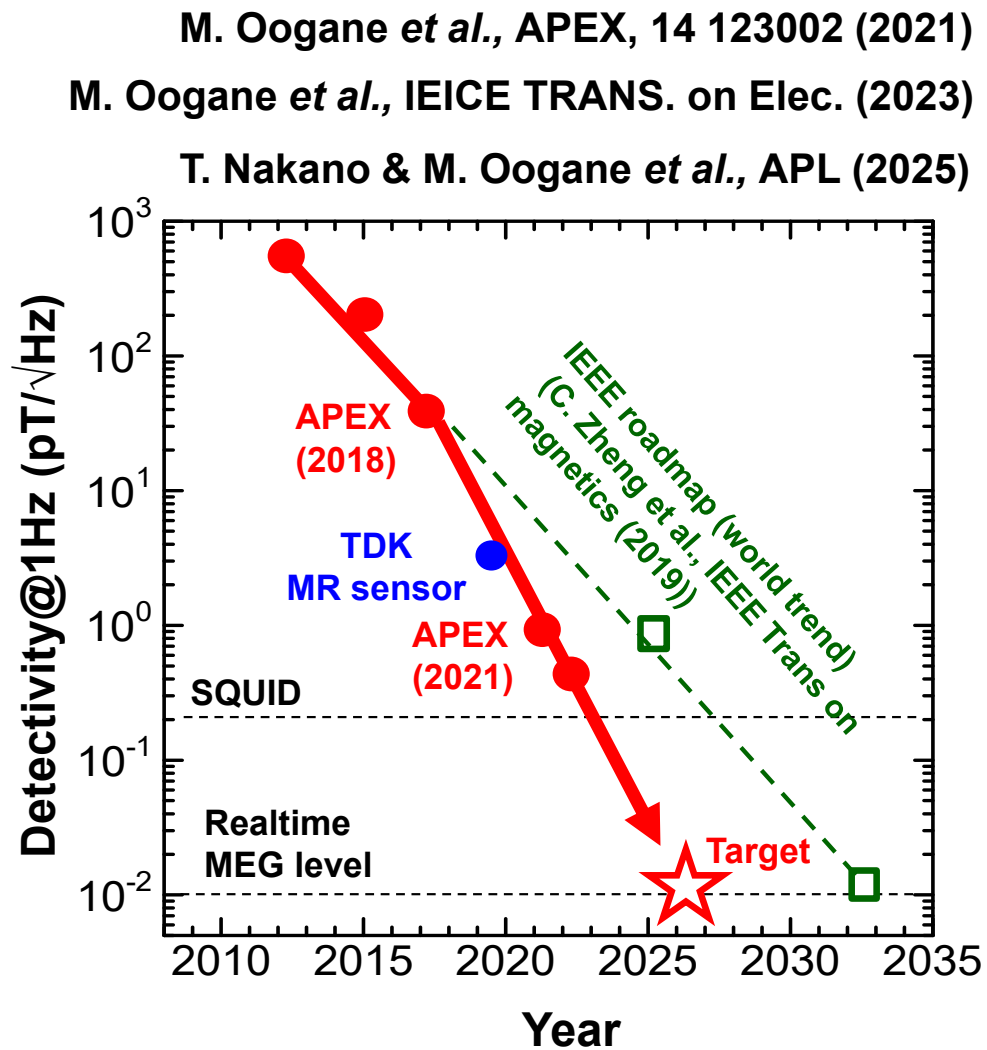
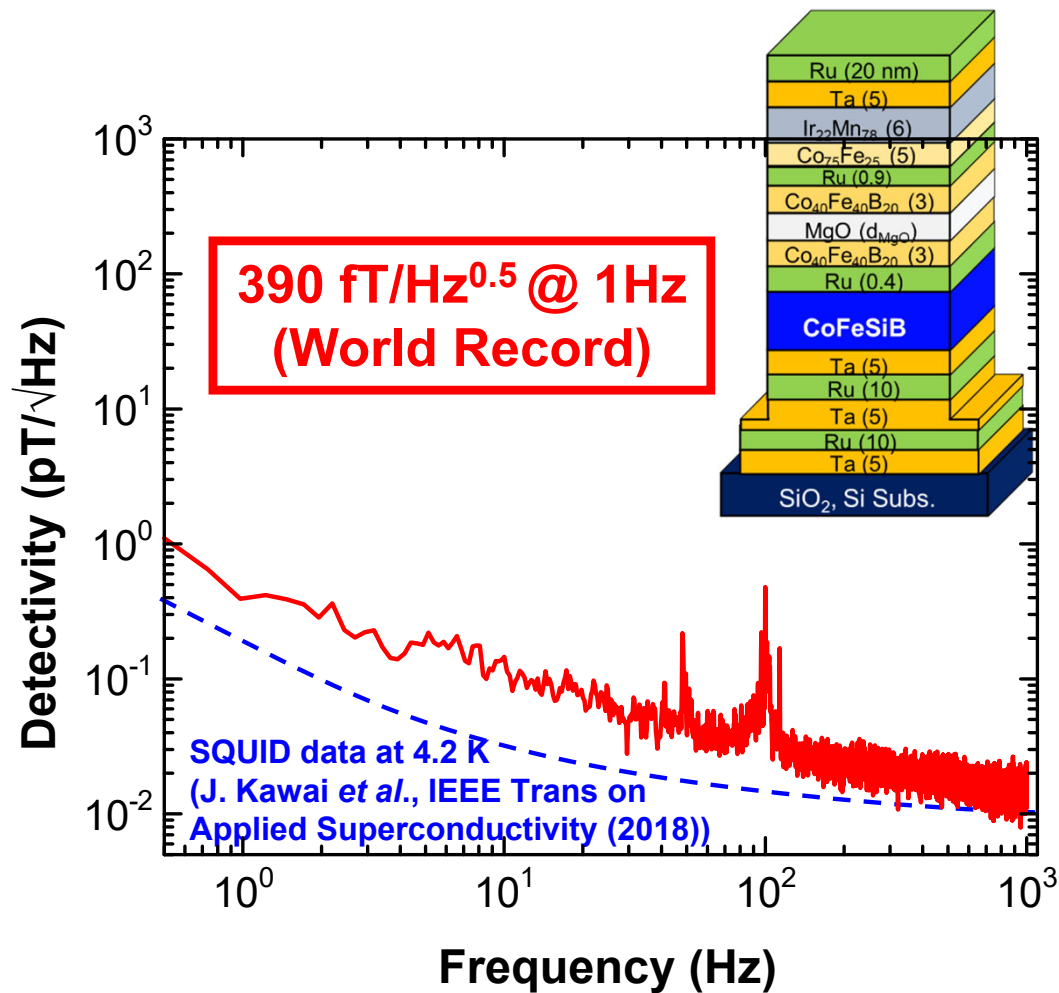
Press release, 21 July 2015



Amp. and Filter circuit

半導体プロセスで量産化可能なスピントロニクスデバイス

最新の量子スピセンサの性能



**超伝導デバイス (SQUID) に迫る性能を室温下で実現
(世界で断トツトップの性能)**

量子スピン心磁計

現在の心電図測定



簡便に検査が可能であるが、
空間分解能が低い

従来の心磁図測定



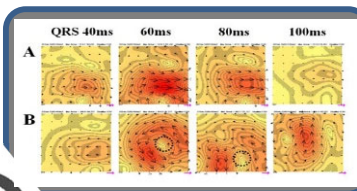
磁気SR (磁性体の壁)



(実際の装置写真)

空間分解能の高い信号が得られるが、
大がかりな設備が必要 ⇒ 普及の障害

TMRセンサによる、心臓計測の大転換 ＝ 日常環境での簡便で高精度な測定



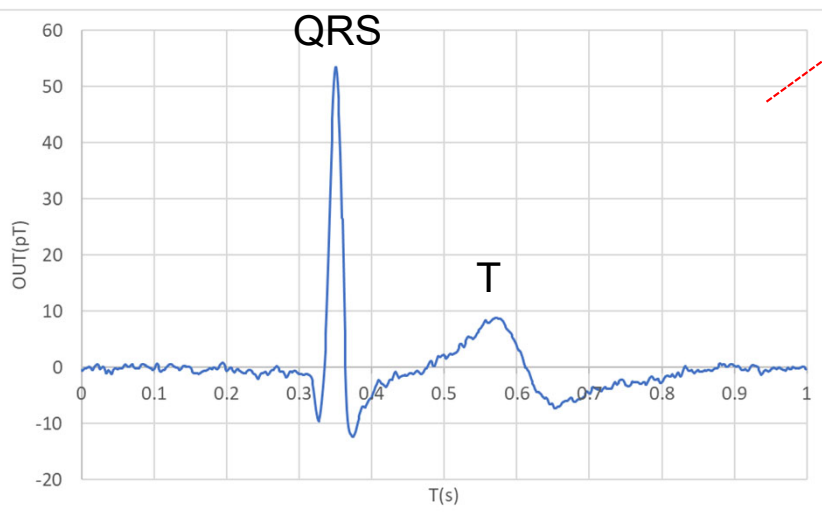
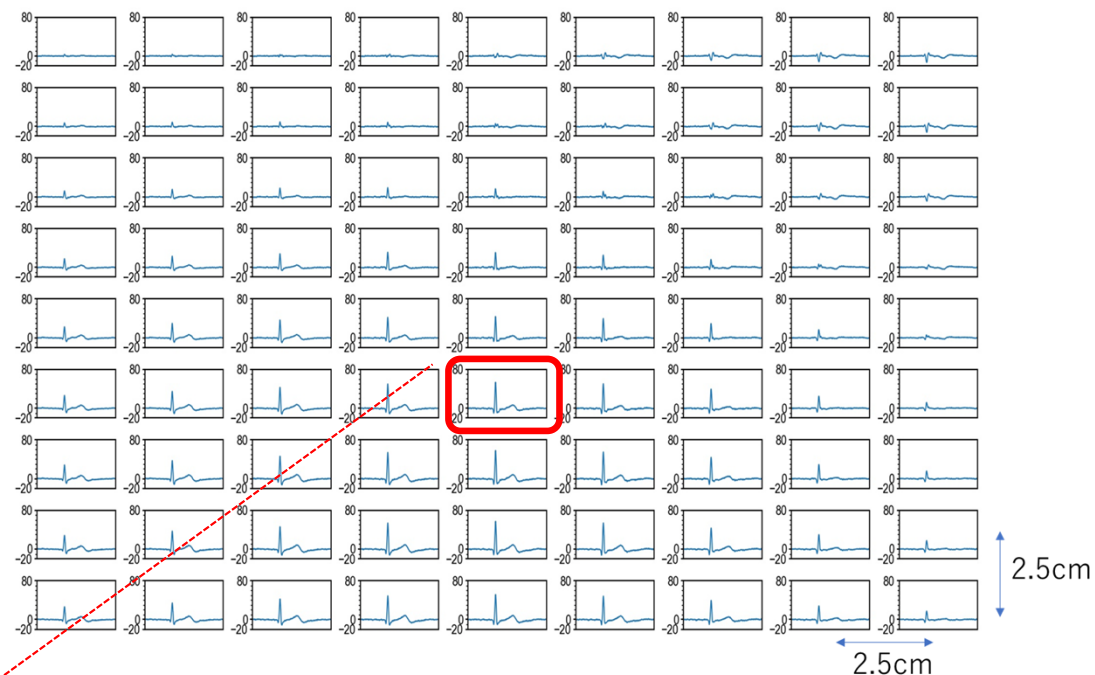
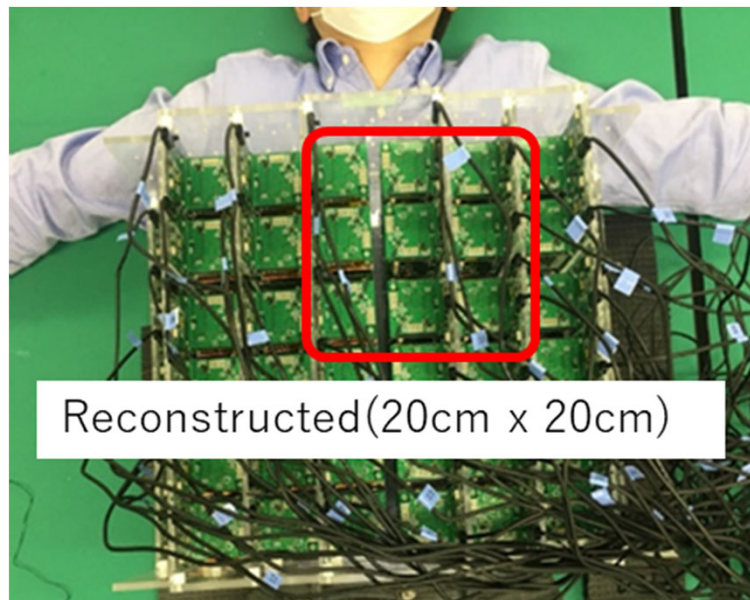
微小な心臓
磁場信号



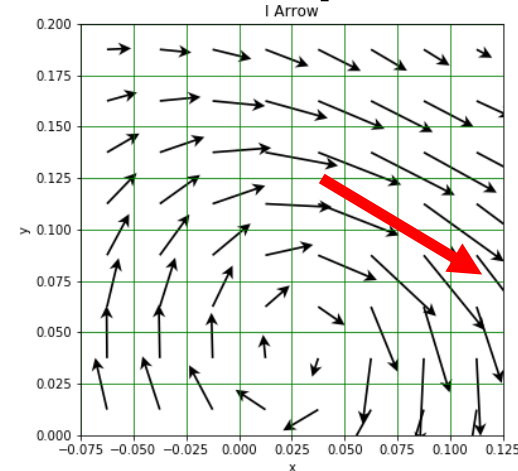
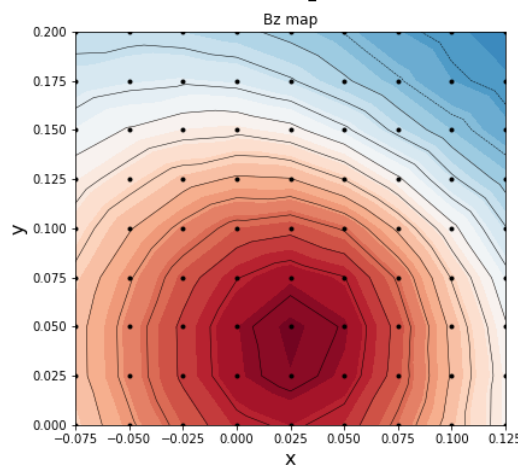
予防診断により、国内で7～8万人の心疾患患者を救える可能性

量子スピン心磁計による心磁測定

K. Kurashima and M. Oogane *et al.*, Sensors (2022)

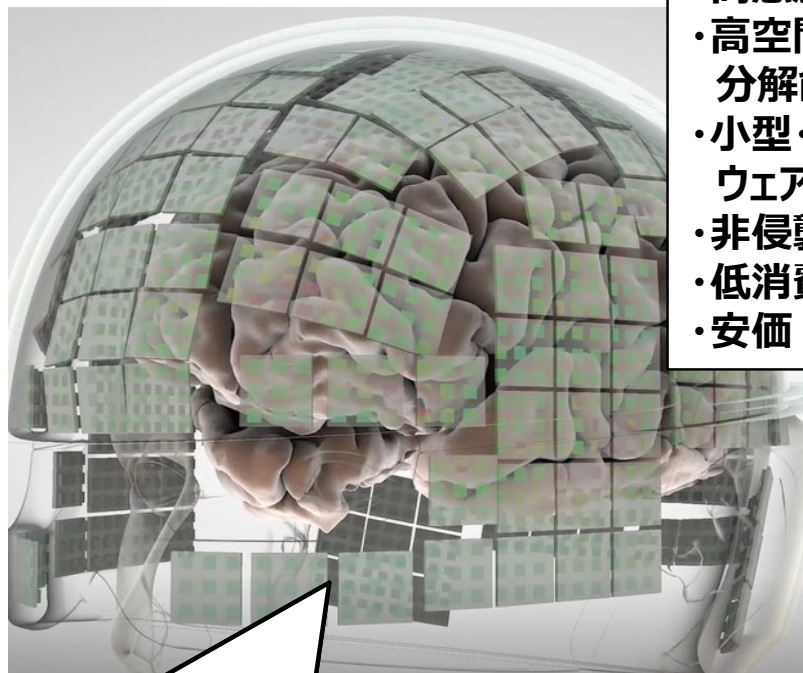


R-peak map / Current map

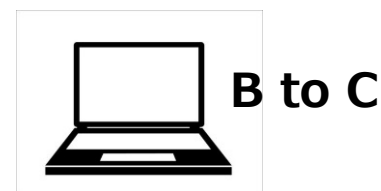


300ch心磁計による非常に高精度な心磁マッピング測定に成功

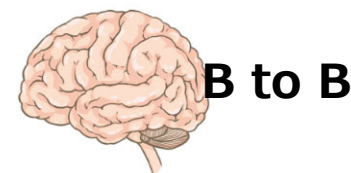
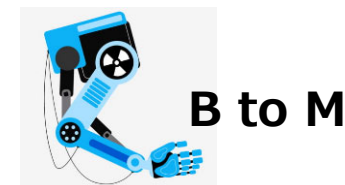
Internet of Brainsシステム



- ・高感度
- ・高空間/時間分解能
- ・小型・軽量
ウェアラブル
- ・非侵襲
- ・低消費電力
- ・安価



次世代通信
技術との融合



脳磁検出
センサ

信号処理
エッジAI

低ノイズ
増幅回路

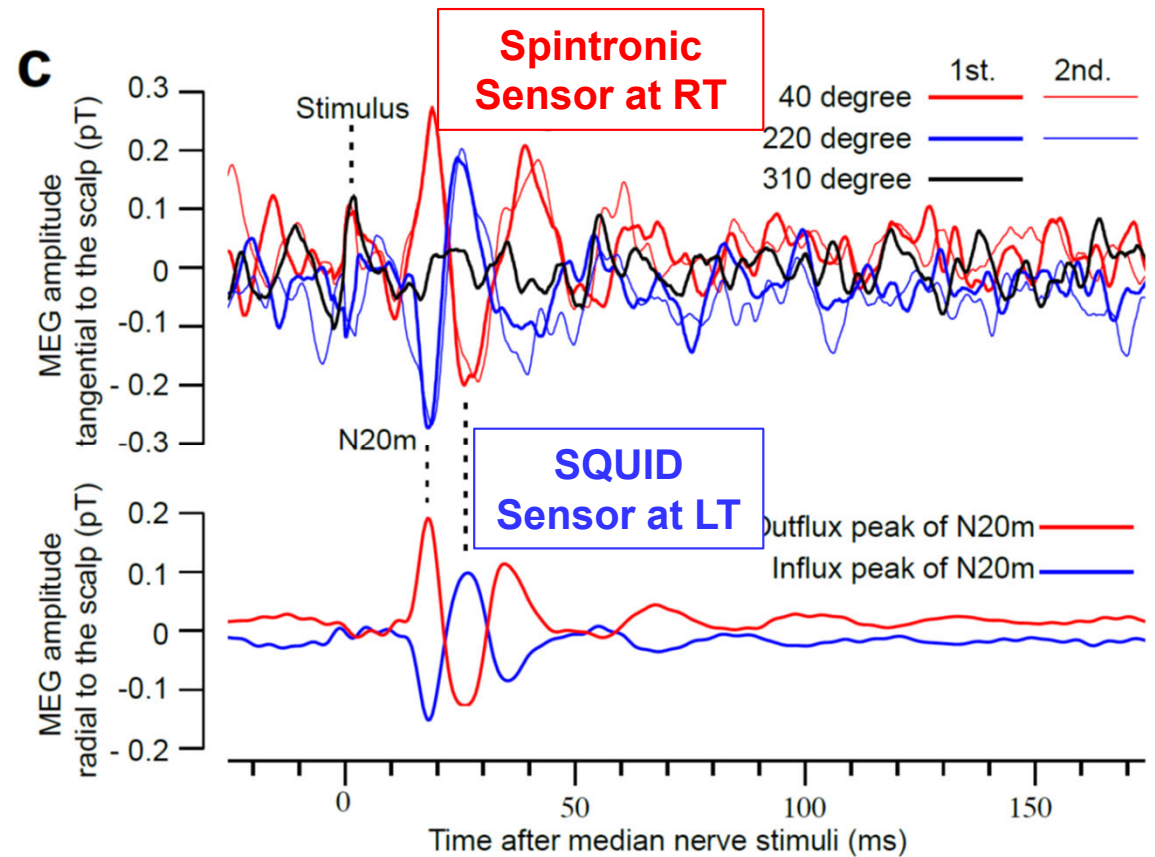
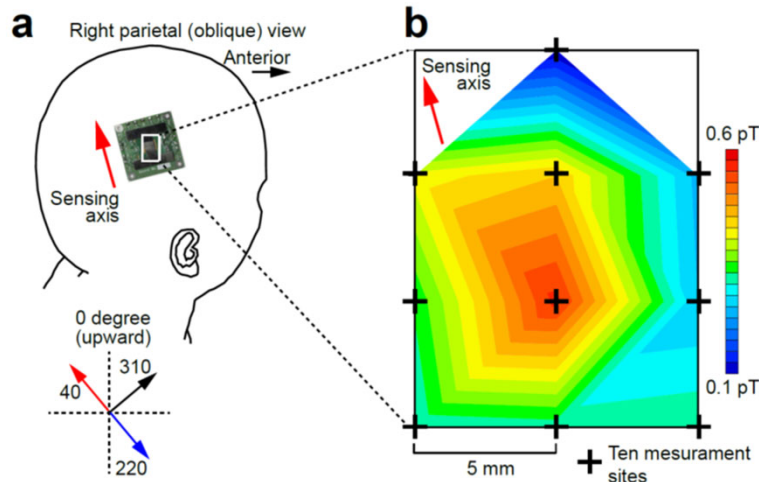
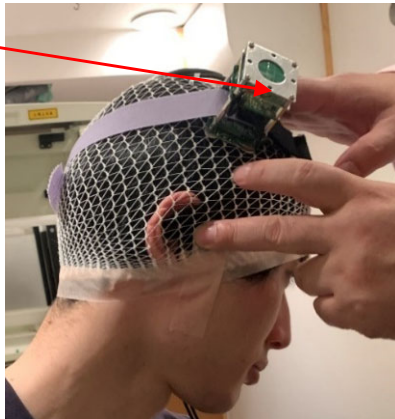
低消費電力
メモリ(MRAM)

低消費電力
通信
(Beyond
5G/6G)

脳情報とあらゆるものをつなぐ
Internet of Brains (IoB)
量子スピンデバイス

Somatosensory evoked magnetic fields : Magnetic field induced by electric stimulus to the skin of the upper and lower limbs

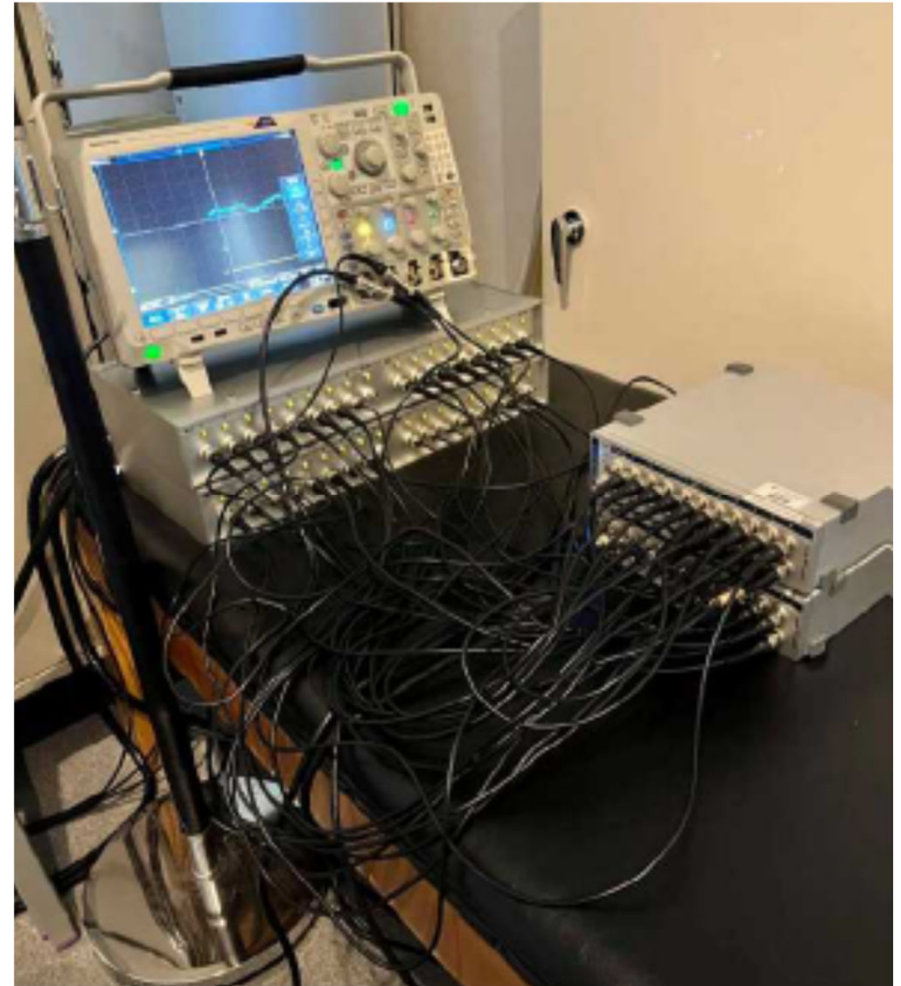
Spin sensor



A. Kanno and M. Oogane *et al.*, Scientific Reports (2022)

1ピコテスラ以下の極めて微弱な脳磁場を室温で計測することに成功

量子スピン脳磁計の開発



M. Oogane *et al.*, JSAP meeting (2023)

64ch MEG system was developed using TMR-sensors

関連産業の規模

関連産業の市場規模は下記のアプリケーションだけでも6兆円規模
医療分野で関連する患者数は10億人以上

アルツハイマー病
疾患人口7,800万人
(2030)

アルツハイマー診断市場
9230億円
(2030)

うつ病
疾患人口9.7億人
(現在)

うつ病スクリーニング市場
854億円
(2030)

脳損傷
年間2,700万人発生
外傷性脳損傷評価・管理市場
720億円
(2030)

四肢麻痺
有症人口1.3億人^(※1)
医療用BCI市場
4,420億円
(2030)

ニューロマーケティング市場
3,500億円
(2030)

BtoC向けVR市場
4.6兆円
(2030)

注1) アルツハイマー市場規模はAlzheimer's Disease Diagnostic Market Size, Trends and Insights by Typeより、疾患人口はAlzheimer's Disease International "Dementia statistics"(2021)より
注2) うつ病スクリーニング市場はDepression Screening Market: Information by Disease Type、疾患人口はWorld mental health report: Transforming mental health for all, WHO(2022)より
注3) 脳損傷の市場規模はTraumatic Brain Injuries Assessment And Management Devices Market Sizeより、疾患人口はGlobal, regional, and national burden of traumatic brain injury and spinal cord injury, 1990-2016より

注4) 米国の麻痺患者数比率1.7%より、世界人口で拡大推計

注5) ニューロマーケティング市場規模は世界のニューロマーケティング市場 - 成長、トレンド、COVID-19 の影響、および予測より

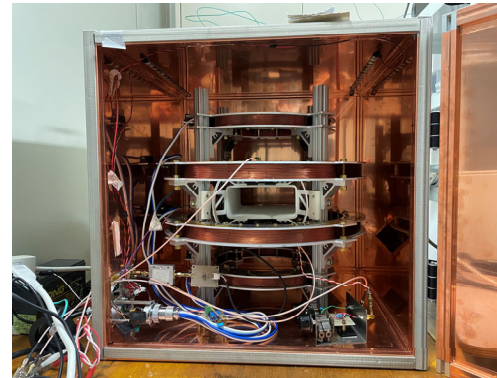
注6) BtoC向けVR市場規模は、ビジネスインサイダー記事およびtoC向け比率を60%と仮定して推計

コンパクトMRI (Spin-MRI)

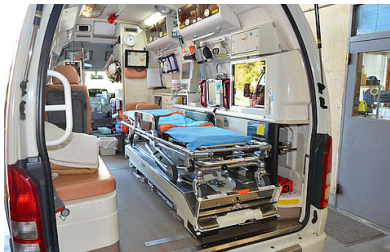
従来のMRI



コンパクトMRI
(現在)



モバイルMRI
(将来)



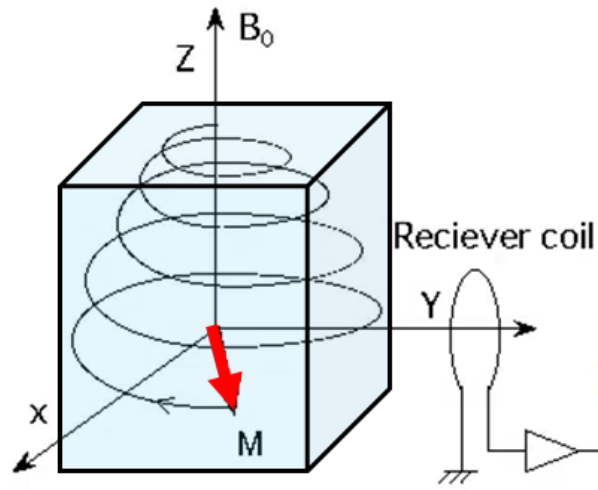
Spin-MRI実現によるインパクト

- ✓ 途上国や僻地にも普及可能な医療機器
- ✓ 救急車やスポーツの現場等で使用可能
- ✓ ヘルスケア・食品検査などにも利用可能

コンパクトMRI (Spin-MRI) の開発

Spin-MRI開発研究の経緯

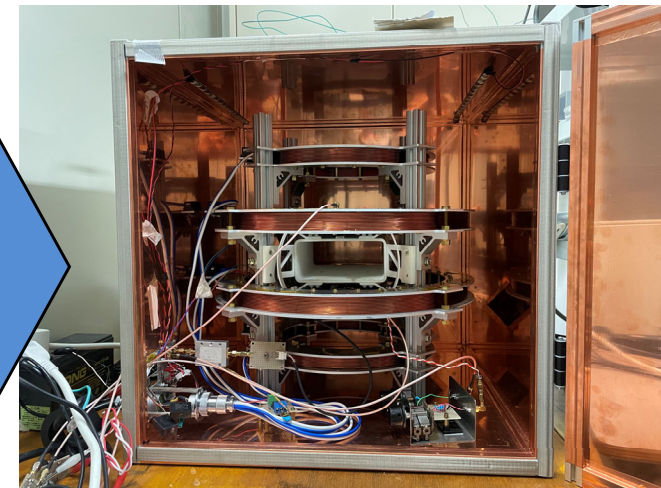
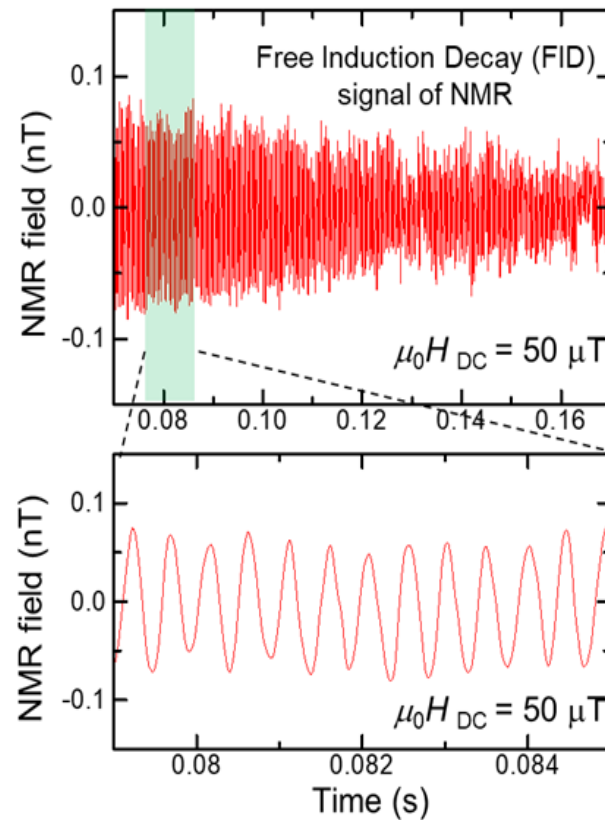
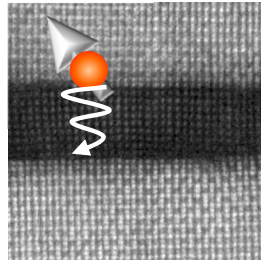
2021	2022	2023-204	2025
プロトンNMR原理実証 M. Oogane <i>et al.</i> , APEX (2021)	NEDO先導研究 MRI測定の原理確認 (NMR信号の水量依存)	SIPプロジェクト開始 修士学生研究	MRIシステム完成 大阪万博にて展示



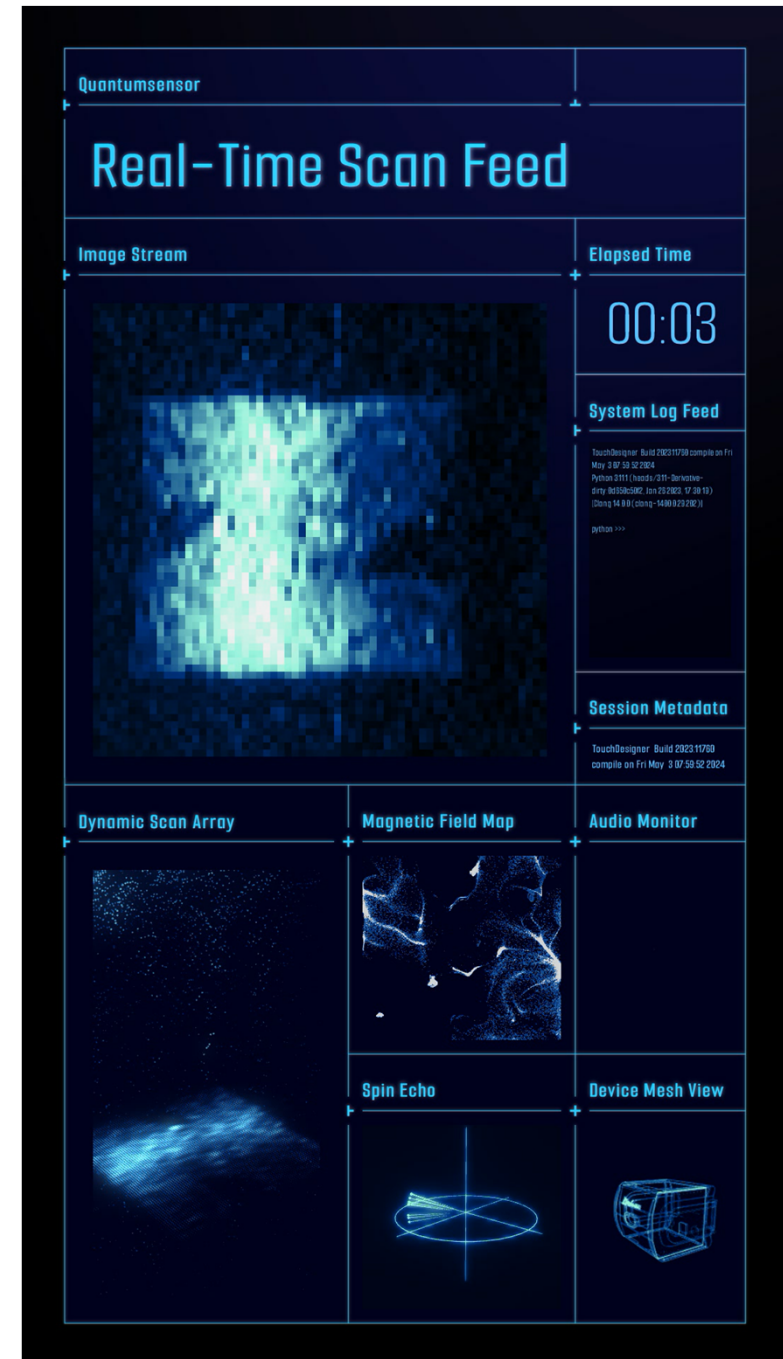
電磁誘導(古典)



トンネル効果(量子)



大阪万博 エンタングル・モーメント展示



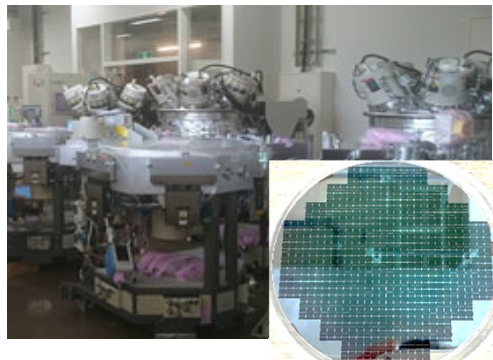
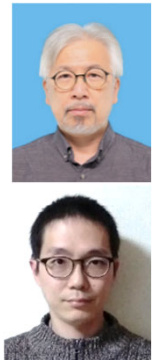
Spin-MRIの開発メンバー



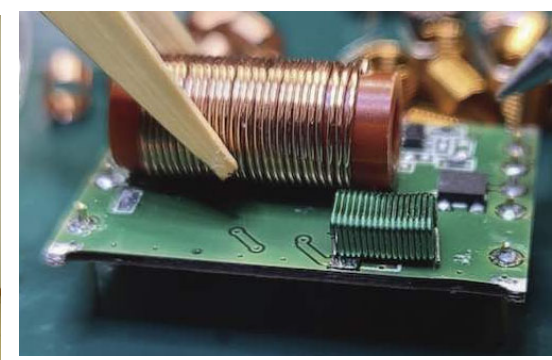
大兼幹彦（教授），高野星哉（博士1年）
担当:Spin-MRI全体設計



赤間洋祐 氏（フリーランス, 2022年総務省異能 β ）
担当:Spin-MRIシステム・ソフトウェア製作



スピンセンシングファクトリー株式会社
担当:Spin-MRI用量子スピンセンサ製作



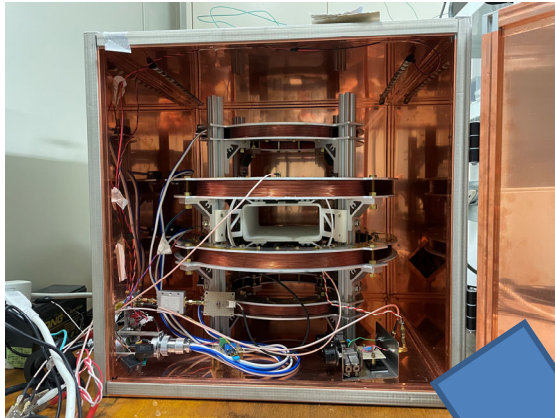
株式会社エム・オーシー
担当:Spin-MRI用低ノイズ回路製作

第38回(2025年度)独創性を拓く先端技術大賞 特別賞を受賞
「量子スピントロニクスセンサを利用したSpin-MRI装置の開発」

Spin-MRIの応用展開

コンパクト⇒モバイルMRI

コンパクトMRI(万博展示)



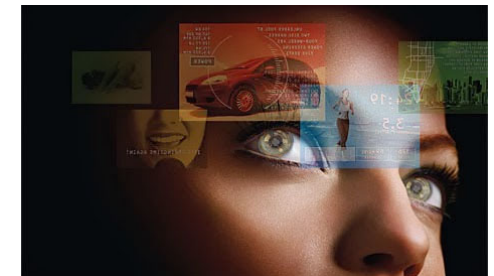
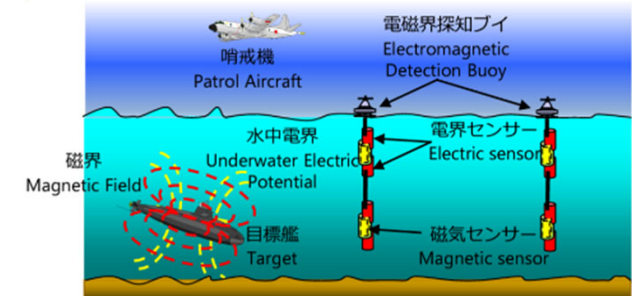
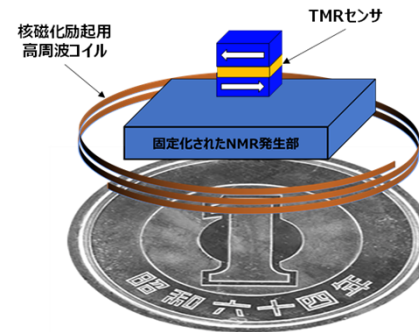
モバイルMRI
(将来)



M. Oogane *et al.*, APEX (2021)

S. Takano *et al.*, JSAP spring meeting (2023)

ナビゲーションシステム



将来的に、核磁気共鳴を高感度に検出することを利用した
MRI・ナビゲーションシステムの実現に期待

おわりに

1. 量子スピンセンサは、宮崎教授のTMR効果の発見から30年に及ぶノウハウの蓄積により勝っている技術である。
2. 量子技術の利用によって、従来は実現が不可能であった医療デバイスが実現しつつある。
3. 医療デバイスの実現には技術開発以外にも時間を要するが、産業用途・ヘルスケア等の手前で実現可能なユースケースを着実に社会実装しながら進めるのが良いと考えている。

本研究はNEDO先導研究プロジェクト、内閣府SIPプロジェクト、BRIDGEプロジェクト、東北大学スピントロニクス拠点の支援を受けて行われた。