

「IoT社会実現のための革新的センシング技術開発」

革新的センシング技術開発 極限環境の液体管理をIoT化する 革新的粘性センサの開発

フェーズA期間:2020年度～2022年度

【実施者】

産業技術総合研究所 センシングシステム研究センター
ヤマシンフィルタ株式会社

【発表者】

産業技術総合研究所 センシングシステム研究センター
センシングシステム設計研究チーム 主任研究員 山本 泰之

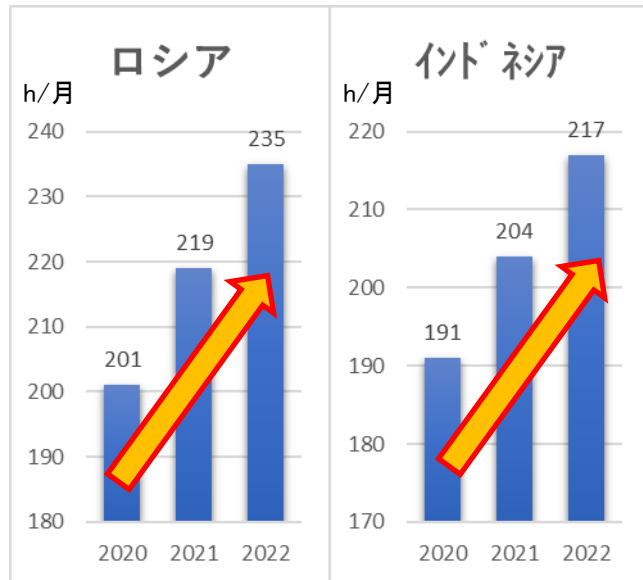
1. 研究開発の背景・目的

建機稼働の世界的状況

- 建機の稼働時間が世界的に増加（ロシア7%増、インドネシア6%増）
- オイル交換頻度が5000時間程度に設定されているため、予期せぬ故障が頻発
- 故障による工事停止や賠償金などユーザーの負担が拡大



劣化を粘度で判定し、オイル・フィルタ交換を提示する建機IoTサービスにより故障を回避



資源高を背景に高稼働継続
稼働時間は年々増加



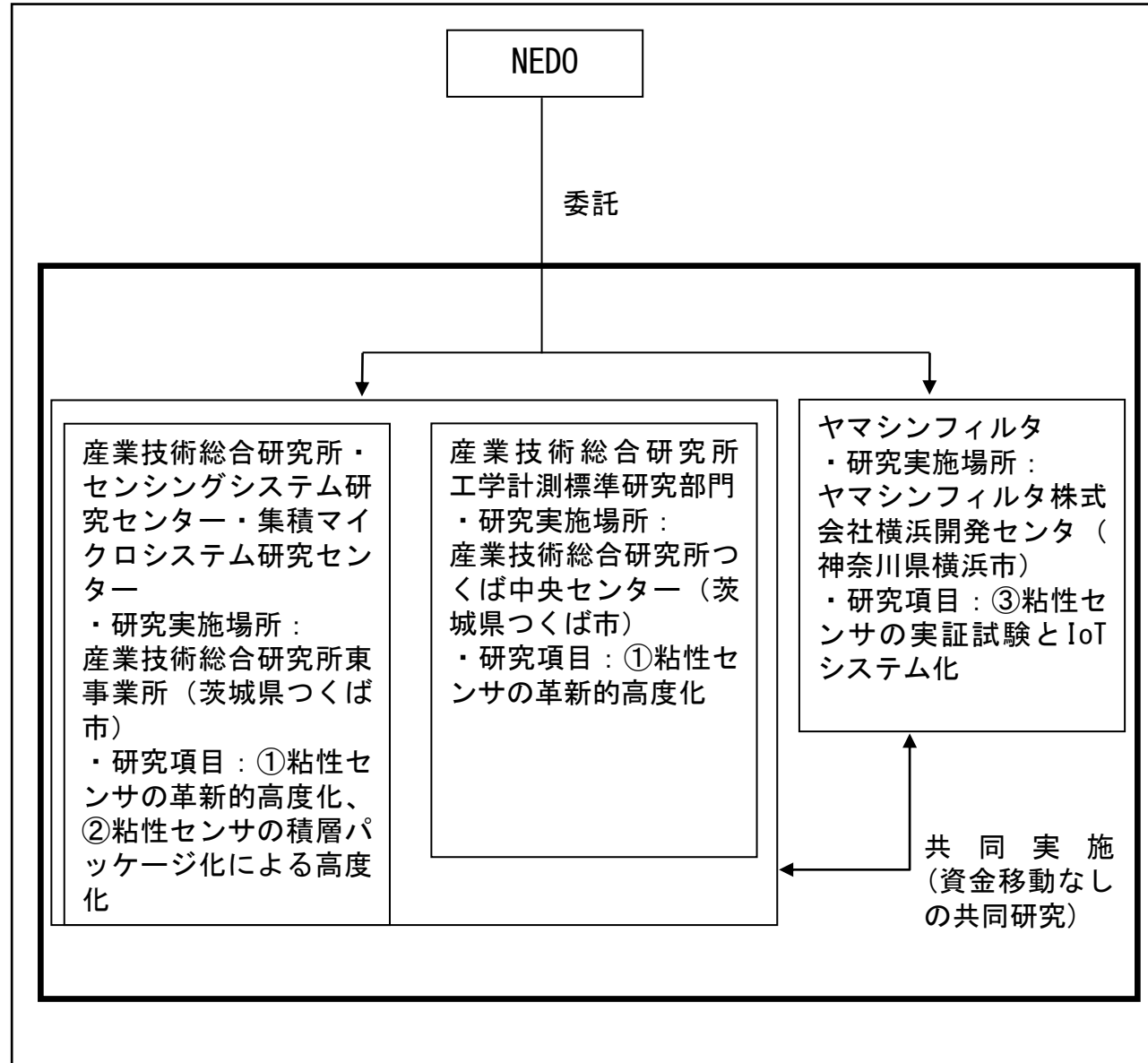
過酷環境での長時間作業



予期せぬ故障による
ポンプ交換が発生

2-1. フェーズA(委託)実施体制図

(フェーズA期間:2020年度~2022年度)



2. 研究開発計画の全体概要

目標: 粘性センサ内蔵フィルタの開発と建機実証試験

研究項目① 粘性センサの原理の革新的高度化

- グラデーショングャップ振動子の三角波振動法による非ニュートン性流体を扱える理論の構築とセンサの設計

研究項目② 積層パッケージ化による高度化

- 圧電駆動・検出の小型MEMS粘性センサの作製
- 圧電MEMSポンプとの積層集積化による局所静流環境
- 隔壁間無線給電・データ通信技術の開発

研究項目③ 粘性センサの動作試験とIoTデバイス化

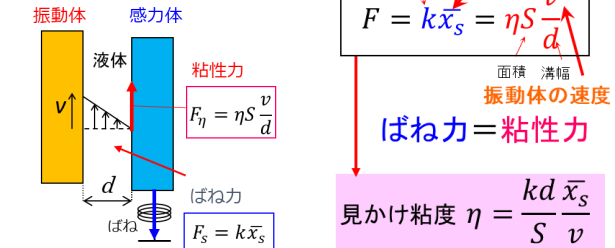
- 粘性センサによるオイル・フィルタの遠隔監視システムと交換メンテのICTサービスの構築を実機で実証

①原理の革新的高度化

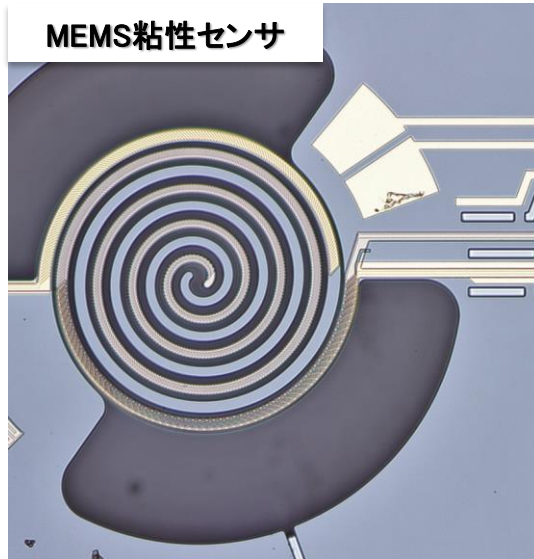
ニュートン流体

$$\eta = \frac{md}{2S} \omega_o \frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_o}\right)^2}{\frac{\omega}{\omega_o}} \frac{Ar}{\sqrt{1 - Ar^2}}$$

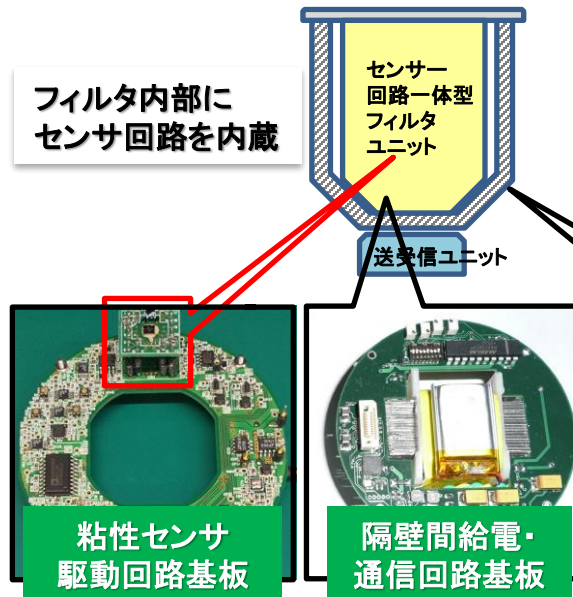
非ニュートン流体



②粘性センサ内蔵フィルタ



センサ・回路・給電・通信一体化モジュール



③動作試験とIoTデバイス化



3. 研究開発実績

3-①粘性センサの原理の革新的高度化

1. チップサイズを8mm角→3mm角へ大幅に小型化

2. 非ニュートン性の測定理論を新たに考案→特許出願

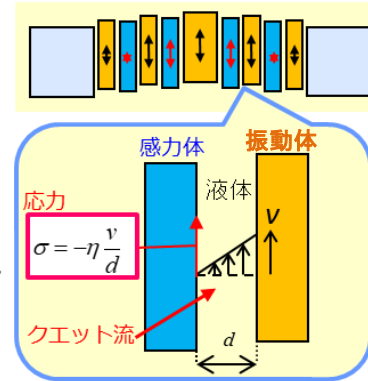
3. 圧電薄膜アクチュエータによる高効率駆動とセンシング→特許出願

うずまき振動子の構造



動作原理

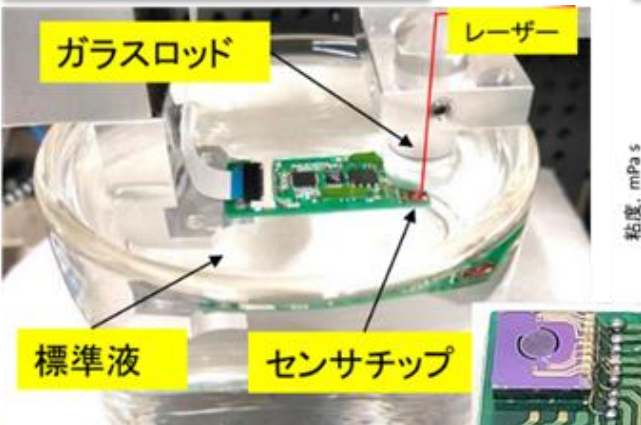
振動体(橙色)を駆動
↓
隙間の液体が変形
粘性応力発生
↓
感力体(青色)が変位
↓
振幅と粘度が比例



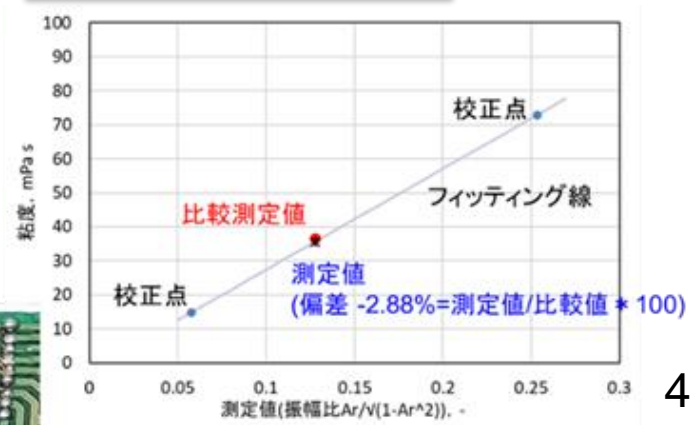
圧電MEMS粘性センサ



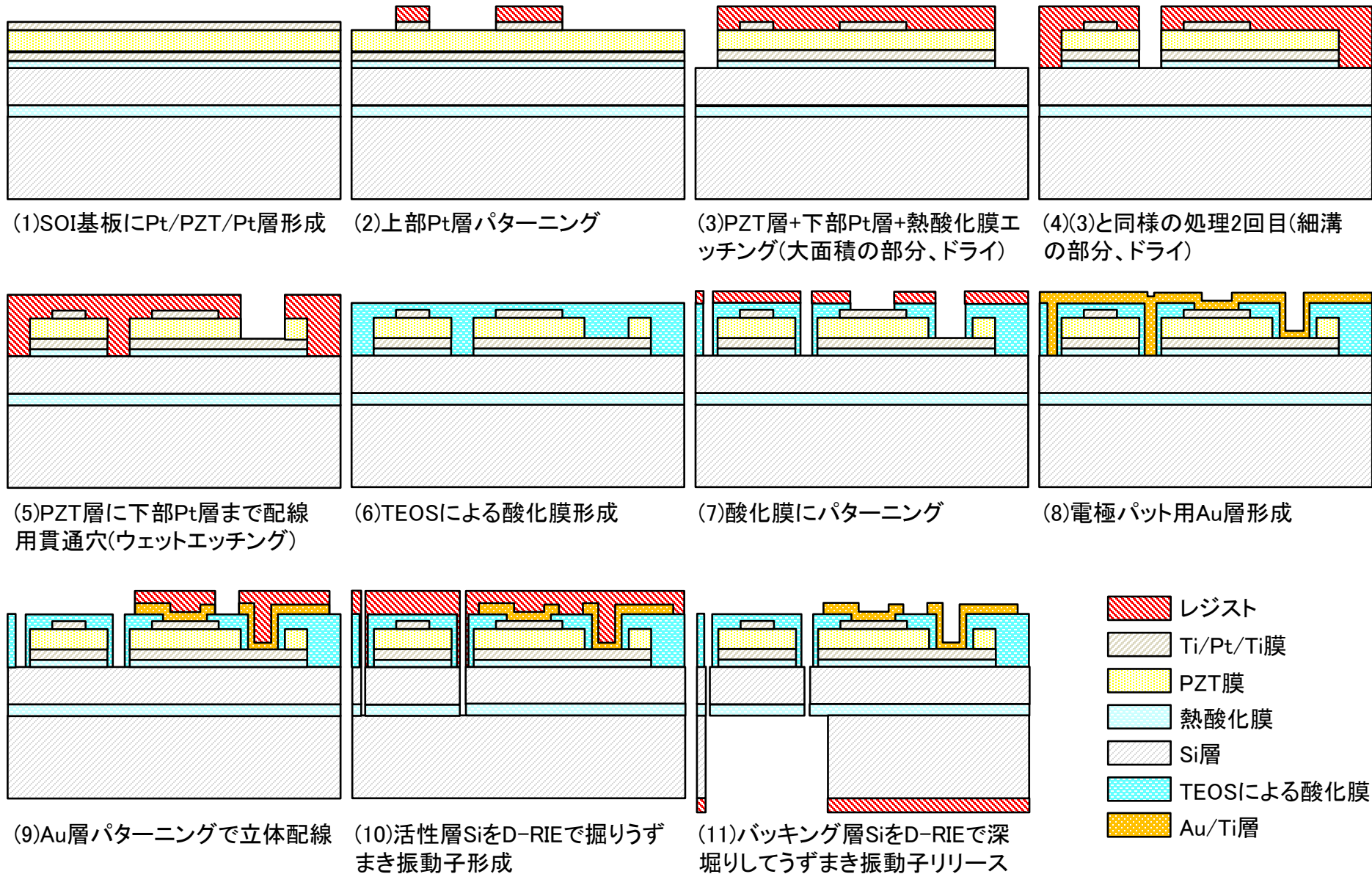
レーザーで変位測定



粘度標準液で精度評価



粘性センサの加工プロセスの概要



3. 研究開発実績

3-①粘性センサの原理の革新的高度化

1. チップサイズを8mm角→3mm角へ大幅に小型化

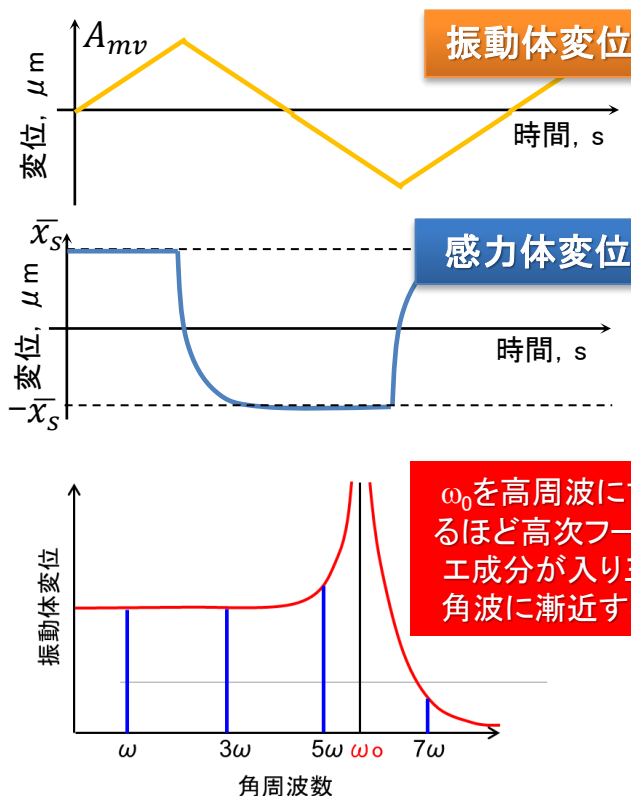
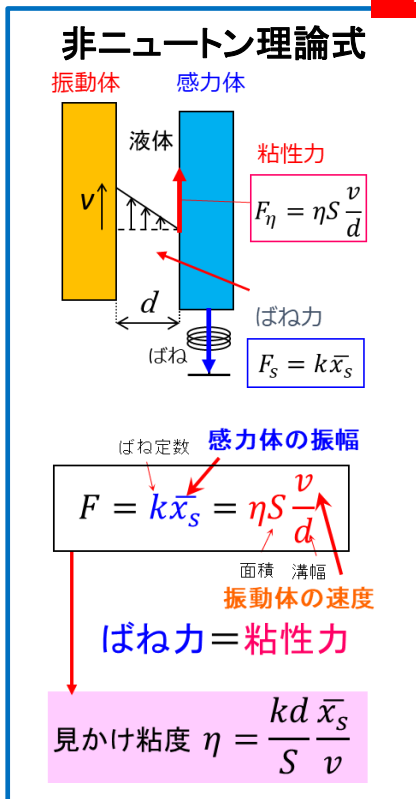
2. **非ニュートン性の測定理論を新たに考案→特許出願**

3. **圧電薄膜アクチュエータによる高効率駆動とセンシング→特許出願**

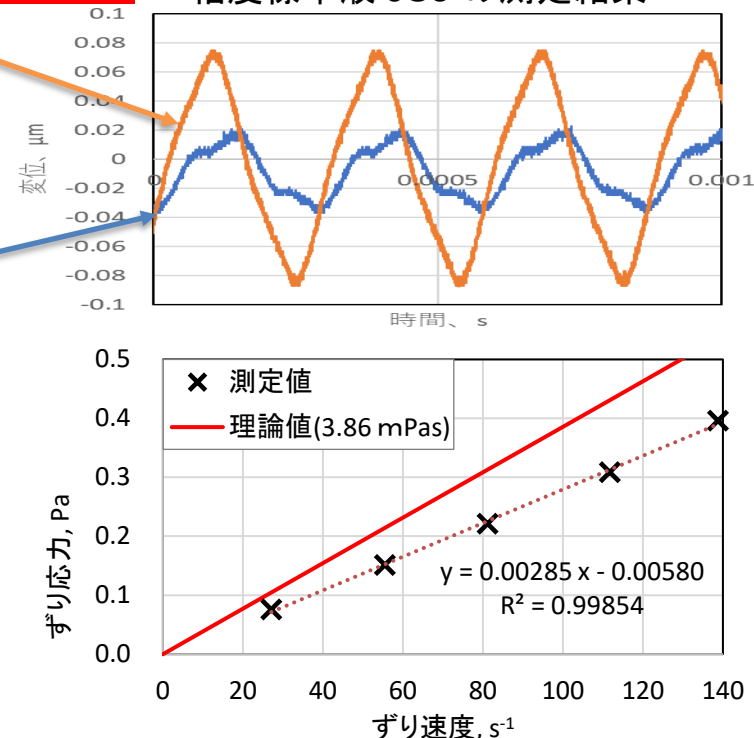
ずり速度を一定にする
グラデーションギャップ→



三角波駆動により振動体速度と感力体変位を一定値にする



粘度標準液 JS5 の測定結果



ニュートン流体で流動曲線の検証に成功

3. 研究開発実績

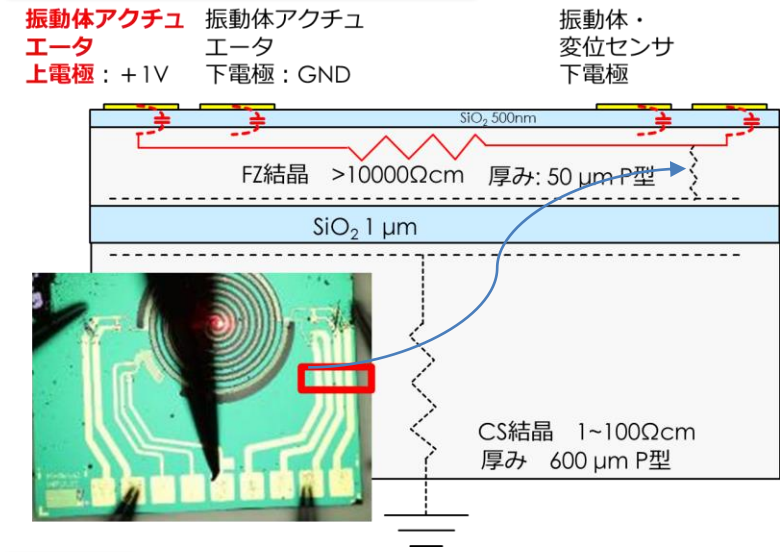
3-①粘性センサの原理の革新的高度化

1. チップサイズを8mm角→3mm角へ大幅に小型化

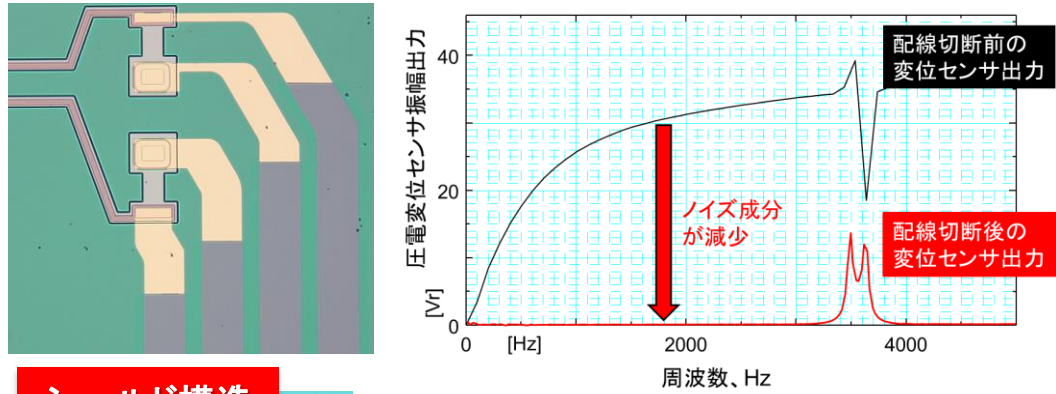
2. 非ニュートン性の測定理論を新たに考案→特許出願

3. 圧電薄膜アクチュエータによる高効率駆動とセンシング→特許出願

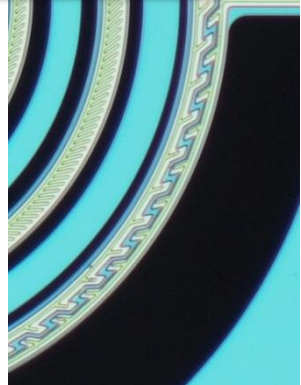
信号漏れ込みのモデル化



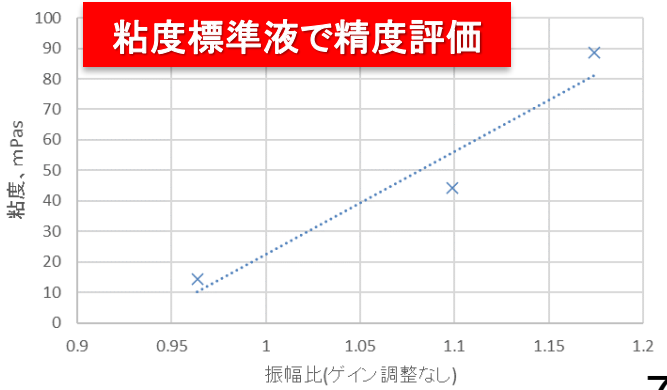
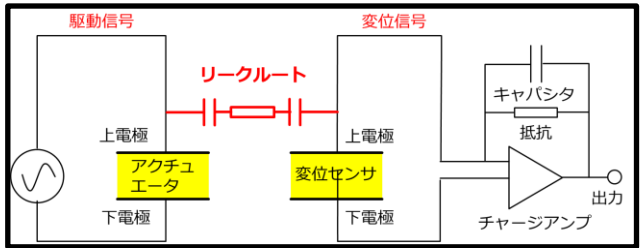
配線の短縮によるノイズの低減



シールド構造



等価回路

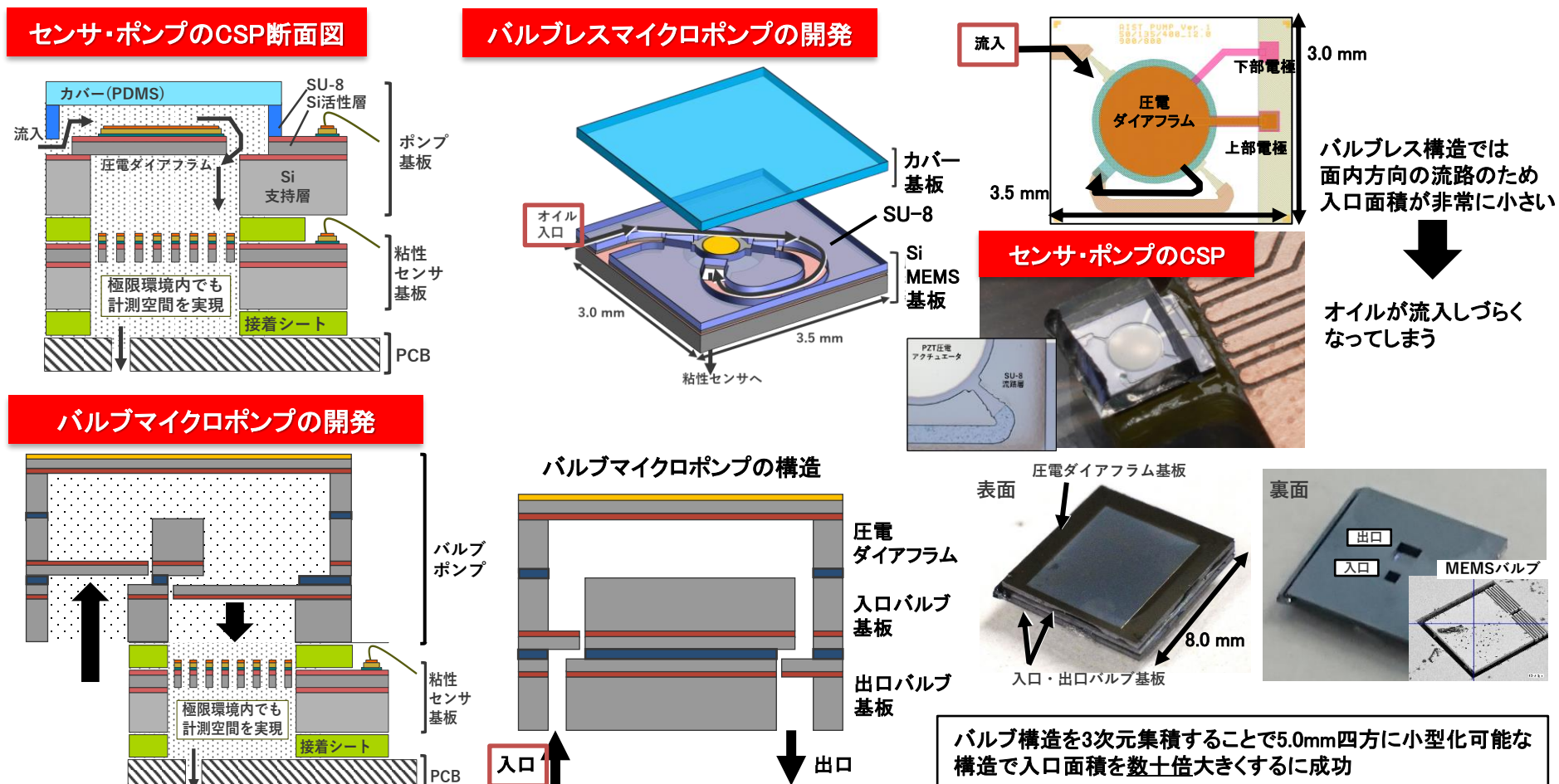


3. 研究開発実績

3-②粘性センサの積層パッケージ化による高度化

1. **カバーとマイクロポンプの積層化でセンサ周辺だけ静的環境を実現**

2. **隔壁間無線給電・通信システムを開発→特許出願**



3. 研究開発実績

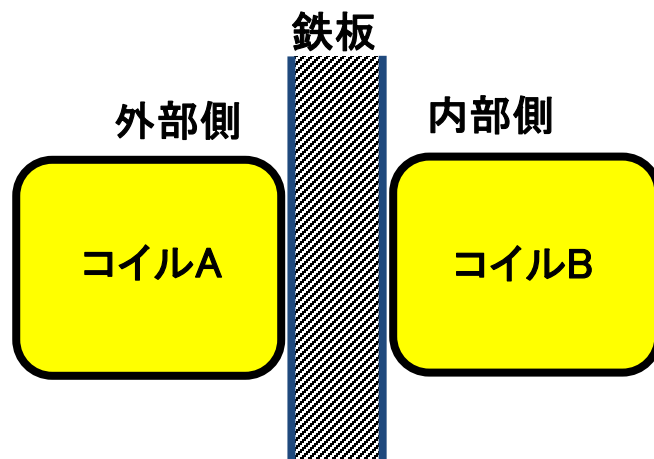
3-②粘性センサの積層パッケージ化による高度化

1. カバーとマイクロポンプの積層化でセンサ周辺だけ静的環境を実現

2. 隔壁間無線給電・通信システムを開発→特許出願

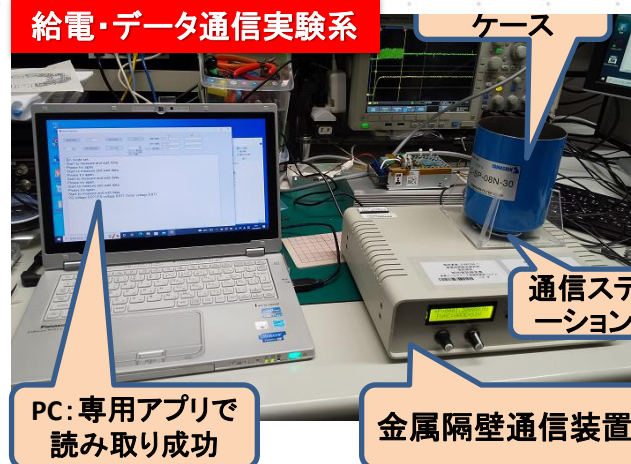
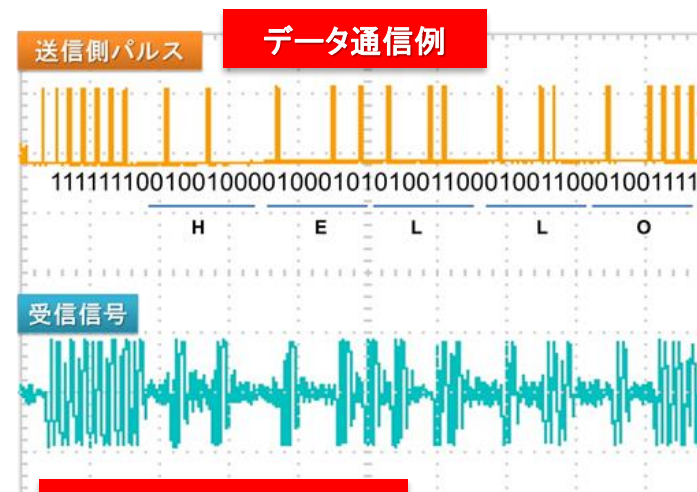
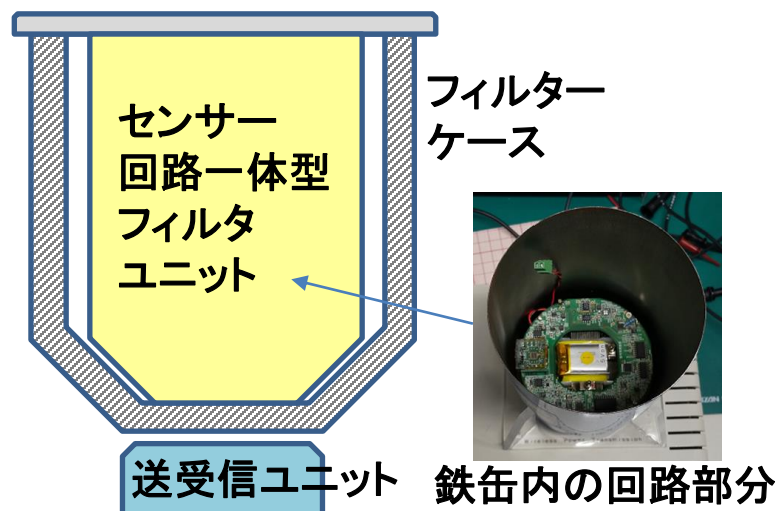
隔壁間給電・データ通信回路

- ・隔壁が鉄でも可
- ・磁気回路解析
- ・磁界共振結合
- ・低周波数



一体化モジュール

- ・フィルタにセンサの回路を一体化
- ・送受信ユニットをフィルタ外部に設置
- ・内部の粘性センサの測定信号を外部から無線で読み取り



PC: 専用アプリで読み取り成功

金属隔壁通信装置

3. 研究開発実績

3-③粘性センサの動作試験とIoTデバイス化

1. 実劣化オイルでの実証試験とテスト用建機への搭載試験

2. 建機基幹システムへの接続模擬とプロトタイプモデルの試作

粘性センサと無線給電・通信モジュールを内蔵したフィルタ缶に、サンプリングした実機の劣化オイルを投入して検証実験



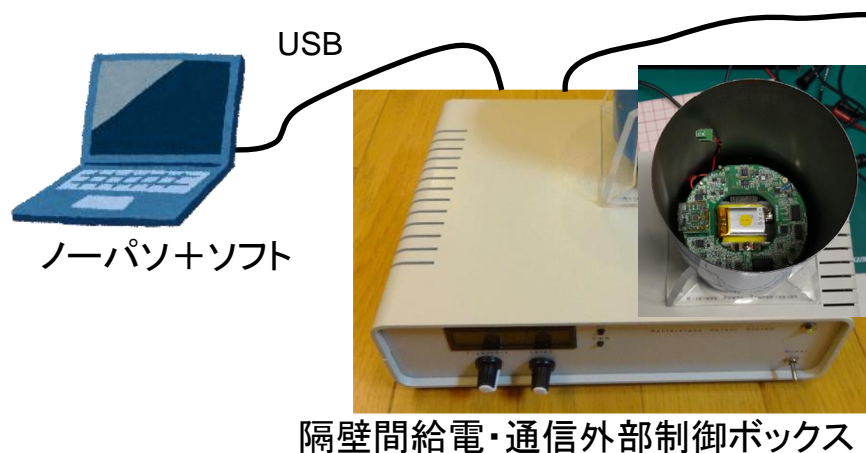
液体が入ったフィルタ缶の外部から、隔壁を介して粘性センサに測定開始命令を与え、測定値を読み取り、給電できることを確認できた。

3. 研究開発実績

3-③粘性センサの動作試験とIoTデバイス化

1. 実劣化オイルでの実証試験とテスト用建機への搭載試験

2. 建機基幹システムへの接続模擬とプロトタイプモデルの試作



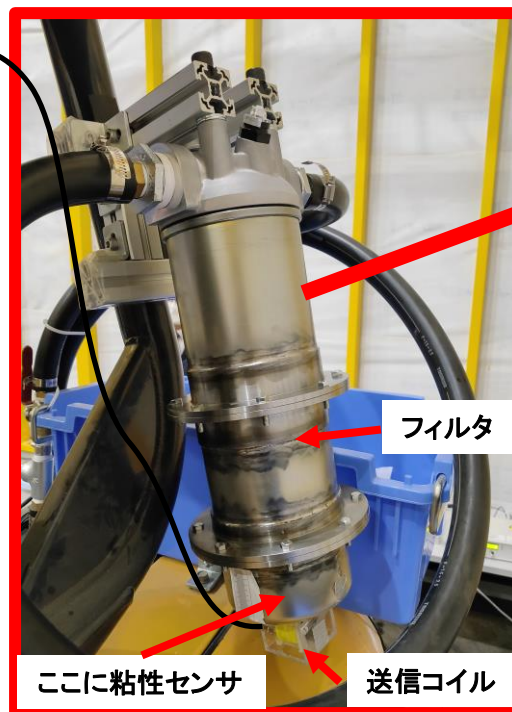
無線システムと統合した粘性センサの回路をフィルタに内蔵



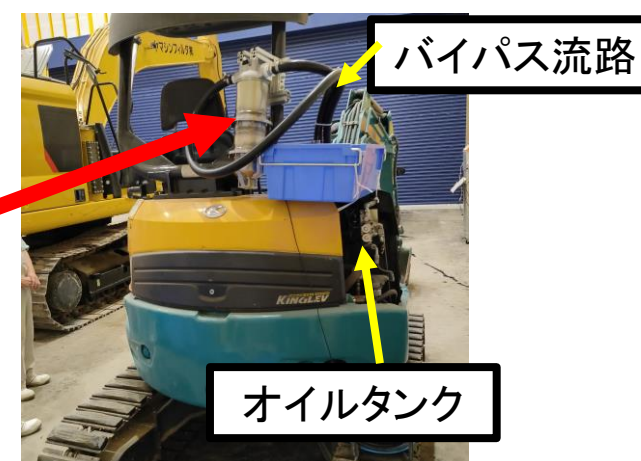
動作中の建機のバイパス流路に設置して動作試験



粘性センサの振動子の振幅に相当する電気信号の取得に成功



粘性センサ内蔵
フィルタユニット

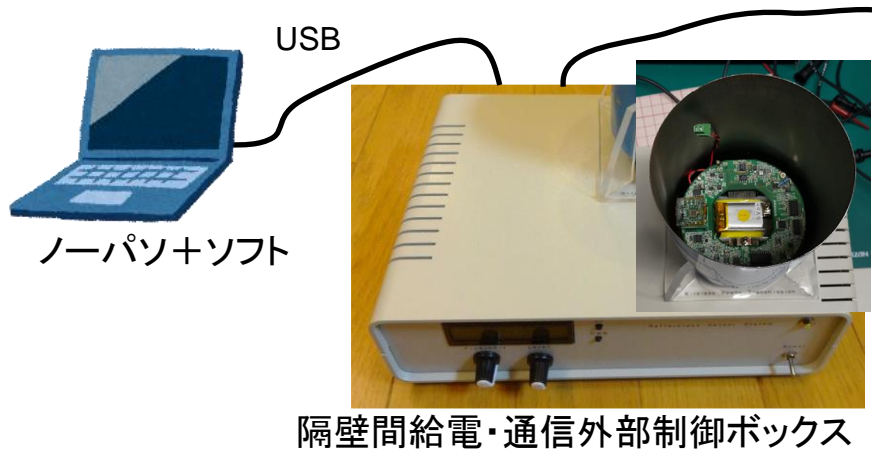


建機への搭載試験の様子

3. 研究開発実績

3-③粘性センサの動作試験と

- 1. 実劣化オイルでの実証試験
- 2. 建機基幹システムへの搭載



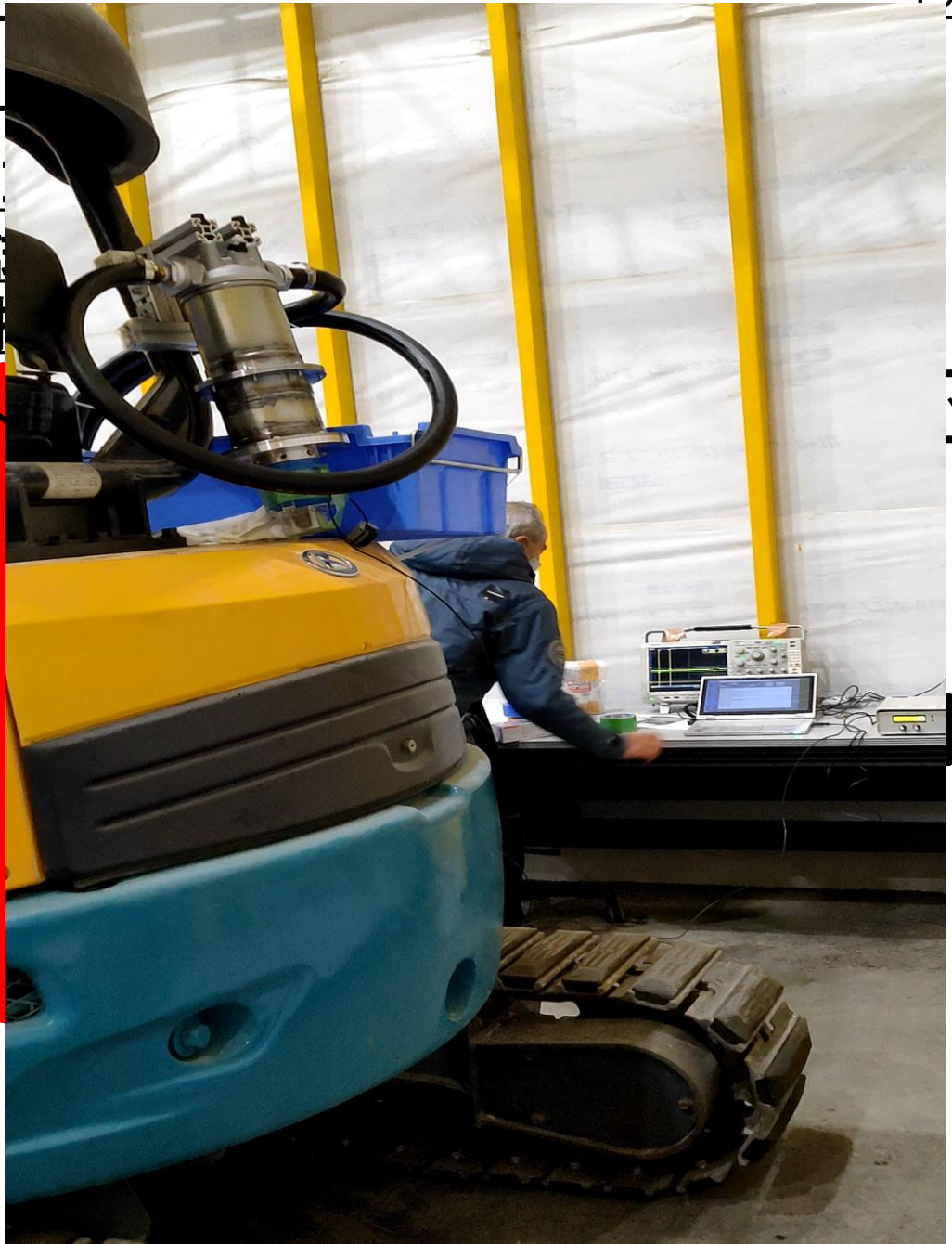
無線システムと統合した粘性センサの回路をフィルタに内蔵



動作中の建機のバイパス流路に設置して動作試験



粘性センサの振動子の振幅に相当する電気信号の取得に成功



バイパス流路

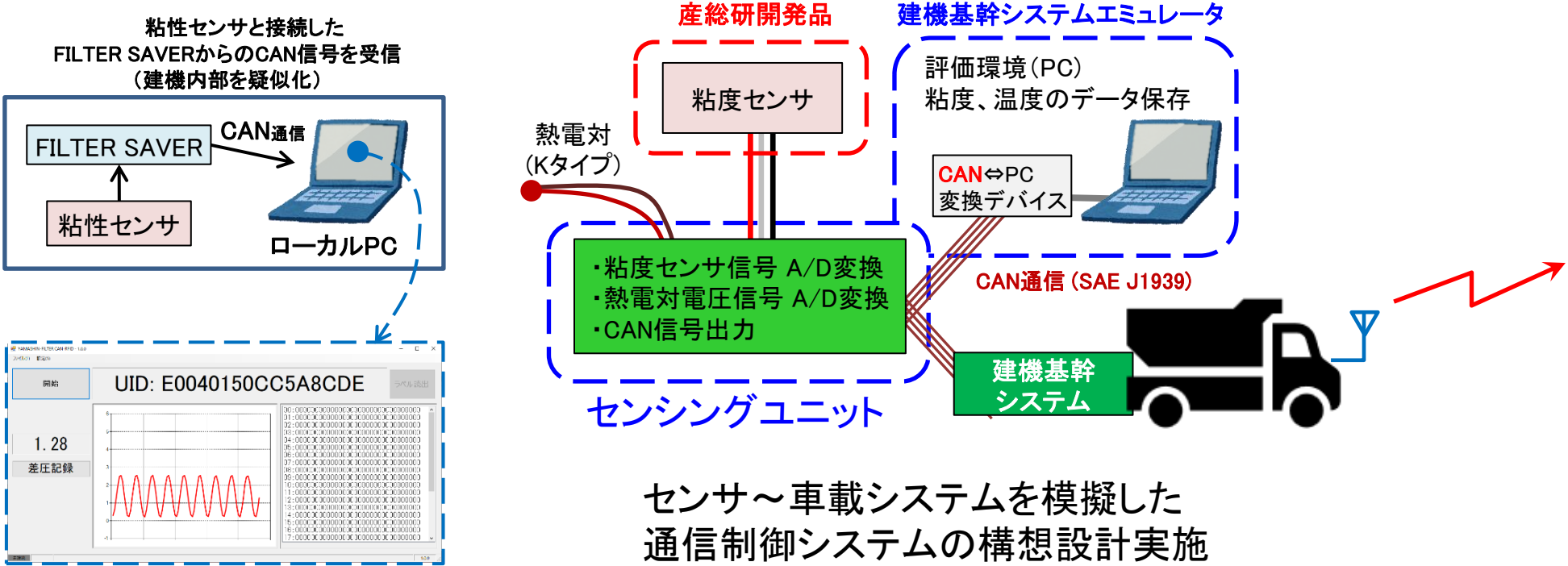
建機への搭載試験の様子

3. 研究開発実績

3-③粘性センサの動作試験とIoTデバイス化

1. 実劣化オイルでの実証試験とテスト用建機への搭載試験

2. 建機基幹システムへの接続模擬とプロトタイプモデルの試作



- ご清聴ありがとうございました