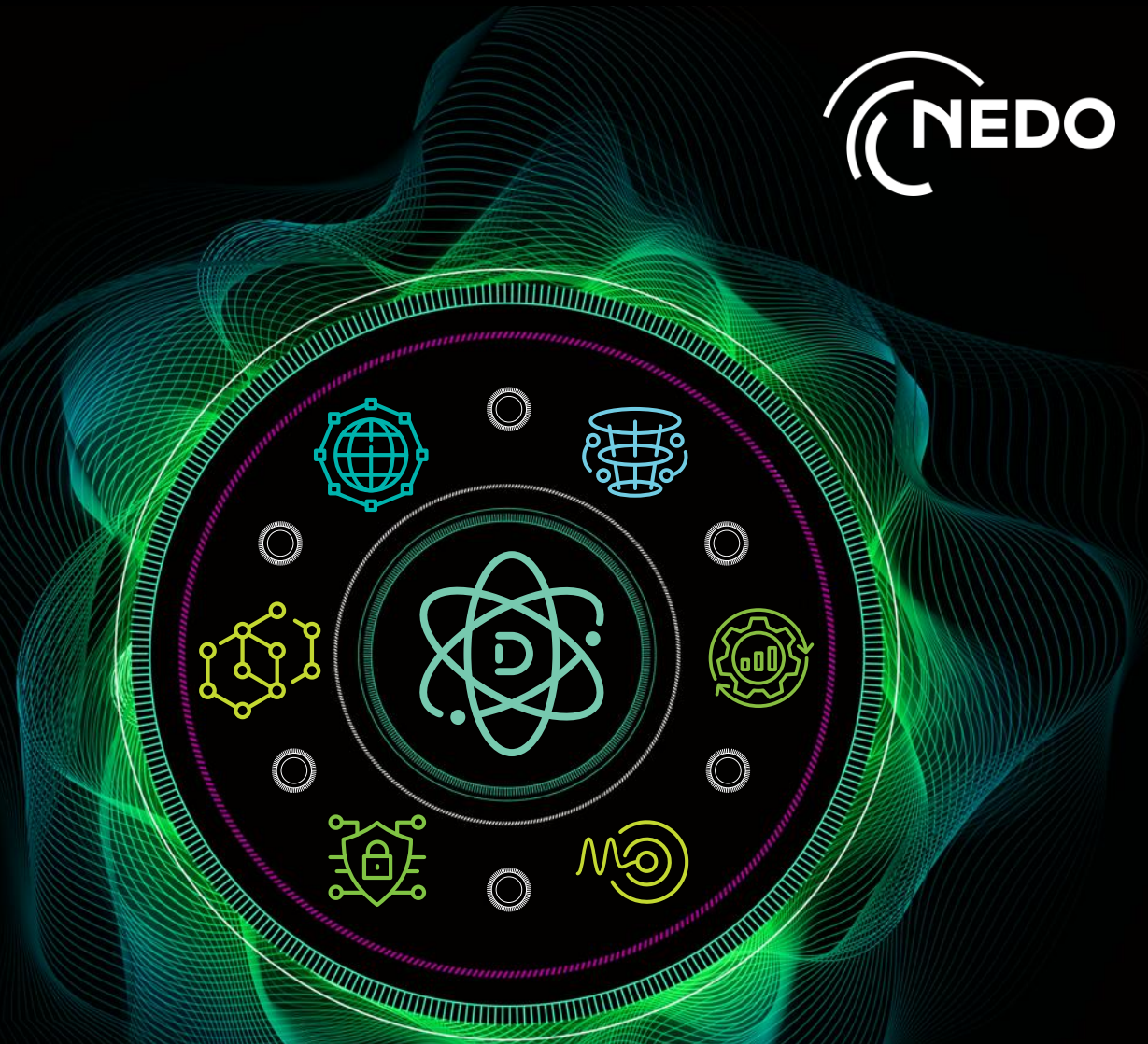
量子コンピューティング ユースケース集

量子カーネル技術を用いた非接触センサーによる複数設備の同時異常検知

TOPPANホールディングス株式会社・JAXA

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）



TOPPANホールディングス株式会社・JAXA：量子カーネル技術を用いた非接触センサーによる複数設備の同時異常検知　【2026/7】　1／2

検証

産業領域	製造・組立
プロセス	生産
手法	AI
技術分類	ゲート*

取組の背景

■ **社会課題と匠の技術の喪失：**

製造業では**少子高齢化による若年就業者数の減少と高齢就業者の退職**に伴い、長年の経験に基づく**職人技術（匠技術）の喪失によるモノづくり総合力の低下が懸念**される

■ **対象業務の現状と課題：**

工場の設備監視では、機械学習を活用した異常検知の導入が進んでいる。現状は1台の装置に対して複数の接触式（振動）センサーを取り付ける手法が主流であるが、対象装置の増加に伴い総センサー数が数十個規模に達する。その結果、**オペレーターの監視負担増大、センサーコストの増加、配線管理の複雑化が重大な課題**となっている

■ **従来手法では対応が難しかった理由：**

多品種少量生産の場合、学習するデータが少ないため、高精度の学習モデルを構築することは容易ではなかった。そのため、実際の製造現場では、機械学習で異常を検知するよりも、熟練オペレーターが工場を巡回し、自らの「耳」で異常音(時系列データ)を聞き分けて複数装置の状態を把握・検知する運用を行っている

解決したい課題・モチベーション

■ **解きたい具体的な課題：**

接触式の振動センサーを多数設置する方式から、非接触センサーであるマイクロフォン等の音響情報へ置き換える。複数の装置が稼働し音が干渉し合う環境下で、少数のセンサーで複数の異常を同時に検知・同定する

■ **改善したいKPI：**

- 接触式センサーと同等以上の異常検知精度（F2スコア0.9以上）の実現
- センサーコストの削減
- 配線レス化

■ **量子コンピュータ技術が有効と考えた理由：**

量子コンピュータはデータを次元数の多い量子特徴量空間へ写像でき、古典ベクトル空間と比べて多くの特徴量を同時に表現・処理できる圧倒的な優位性（豊かな表現力）を持ち、複雑な組合せ要因の解析に適しているため

参考：経済産業省「ものづくり白書24年」(https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2024/index.html)

*ゲート（gate-based）= 量子ビットに対して順に演算を適用することで計算を行う方式。通常のコンピュータにおける論理回路に近い考え方で、幅広い問題に対応可能。

TOPPANホールディングス株式会社・JAXA：量子カーネル技術を用いた非接触センサーによる複数設備の同時異常検知　【2026/7】　2 ／ 2

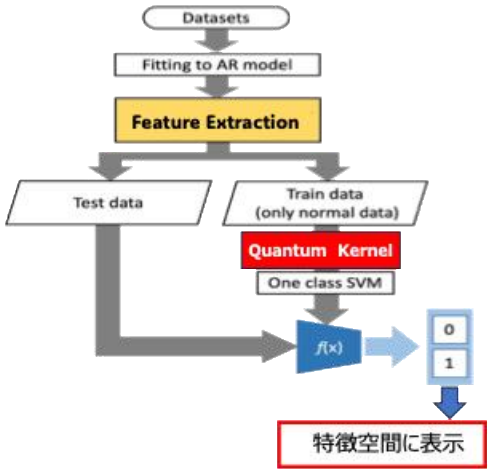
検証

産業領域：製造・組立
プロセス：生産
手法：AI
技術分類：ゲート*

量子コンピューターとしての問題設定

■ **入力データと手法：**

マイクロフォンで収集した音声（時系列データ）を自己回帰（AR）モデルにフィットさせて係数（特徴量）を抽出する。その特徴量を量子特徴量空間に写像し、one-class SVMに埋め込んで正常・異常の学習と分類と同定を行った



STEP1：　マイクロフォンを用いた音声データの収集

STEP2：　音声データを自己回帰モデルにフィット
係数pを特徴量として抽出

$$y_t = c + \sum_{i=1}^{p} \phi_i y_{t-i} + \epsilon_t \,, \epsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$$

STEP3：　分類：量子カーネルをocSVMに埋込む。

STEP4：　同定：各特徴量空間へデータをマッピング

パイプライン：データ収集から分類・同定まで

■ **古典手法では難しい理由：**

複数の装置が稼働する複雑な環境音において、**古典カーネル（RBFカーネル等）では性能指標が0.5以下となり識別不可能に近いレベルに留まった。また、マイクからの距離が離れると急速に精度が低下した。**一方、量子カーネルを用いた場合はほぼ1.0という優れた結果が得られ、3m離れた距離からでも安定した高精度検知が可能であることが確認された

期待されるビジネス効果

■ **業務効果・事業効果：**

単一の非接触センサーによって複数設備の異常検知が可能となることで、**センサーの初期導入コストや配線・メンテナンスコストを大幅に抑制できる。**また、**直感的に故障箇所を特定できる視覚的診断機能により、保守担当者の負担が軽減される**

■ **ソリューション連携による効果：**

TOPPANが展開する製造DX向け統合ITソリューション（NAVINECTやDockGator）のクラウド基盤へ組み込むことで、異常の兆候に応じた自動制御などの迅速な改善処置を実現する

■ **定量的な見込み：**

この技術により、2035年における**新規市場規模として年間38.5億円、CO2排出量削減効果として年間4.4万トンの貢献が**期待される

562百万t×7.8%×0.1% ＝ 4.4万トン/年

参考 (技術)：
Tomono, T., Tsujimura, K. Potential of multi-anomalies detection using quantum machine learning. Quantum Mach. Intell. 8, 106 (2026). https://doi.org/10.1007/s42484-026-00448-8
Tomono, T., Tsujimura, K. Hybrid quantum-classical machine learning for industrial multi-anomaly detection via single acoustic sensor. Sci Rep (2026). https://doi.org/10.1038/s41598-026-61786-y
T. Tomono and K. Tsujimura, "Quantum Kernel Anomaly Detection Using AR-Derived Features from Non-Contact Acoustic Monitoring for Smart Manufacturing," 2025 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE), Albuquerque, NM, USA, 2025, pp. 1776-1784, https://doi.org/10.1109/QCE65121.2025.00195.
参考(CO2削減)：
【環境省・経産省】地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度による令和２（2020）年度温室効果ガス排出量の集計結果より抜粋 (https://policies.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/files/result/r02/result_R2_20231027.pdf)

*ゲート（gate-based）= 量子ビットに対して順に演算を適用することで計算を行う方式。通常のコンピュータにおける論理回路に近い考え方で、幅広い問題に対応可能。

WEBサイトにて、その他の事例も公開しています。ぜひご覧ください。
https://www.quantum-computing-use-cases.nedo.go.jp

他の事例を見る

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
AI・ロボット部（e-mail：quantum_ai@ml.nedo.go.jp）

本ユースケース集は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）の委託業務「量子・古典ハイブリッド技術のサイバー・フィジカル開発事業／量子技術に関するユースケース事例調査」および「ポスト５Ｇ情報通信システム基盤強化研究開発事業（量子産業化）／量子コンピュータの産業化促進に向けた包括的調査」の成果として、得られたものです。