

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	実問題における不確定性を考慮した間接モニタリング技術に関する研究
Title(English)	Research on indirect monitoring technology considering uncertainty in real problems
著者(和文)	米谷直樹
Author(English)	Naoki Yoneya
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12537号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:天谷 賢治,小酒 英範,田中 正行,佐藤 進,宮崎 祐介
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12537号, Conferred date:2023/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	米谷 直樹	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	天谷 賢治	教授	佐藤 進	准教授
	審査員	小酒 英範	教授	審査員	宮崎 祐介
田中 正行		教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「実問題における不確定性を考慮した間接モニタリング技術に関する研究」と題し、全6章から構成されている。

第1章「緒論」では、まず、実問題として海洋構造物の防食問題およびエンジン燃焼問題を取りあげられた観測量から間接的に対象物の内部状態をモニタリングする技術の確立が重要であると述べている。次に、実問題には不確定性が含まれることを指摘し、場合に応じて演繹的と帰納的なモデルを利用して不確定性を取り扱うアプローチが有効であることに着目している。以上を踏まえて、本論文では海洋構造物の防食およびエンジンの燃焼に対し不確定性を考慮した間接モニタリング技術を開発することを目的とすると述べている。

第2章「従来研究」では、まず本研究についての基礎事項としてデータ同化および機械学習についてまとめている。つぎに本研究における第1の対象である海洋鋼構造物の電気防食における犠牲陽極の寿命評価技術について概説している。さらに本研究における第2の対象である自動車エンジンの燃焼状態の計測技術について従来技術を解説するとともに問題点を整理している。

第3章「ベイズ推定を用いた海洋鋼構造物の犠牲陽極発生電流量同定法の開発」では、大型海洋鋼構造物の電気防食状態を間接的にモニタリングする手法として、海洋鋼構造物周辺における海水中の電位測定データから犠牲陽極からの発生電流量および構造物表面電位を推定する手法を開発している。これらの測定量および推定量の関係は静電場の支配方程式であるラプラス方程式によって演繹的にモデル化し、有限要素法で離散化することにより実問題の幾何的情報を取り込んでいる。また、境界条件の不確定性を多自由度の確率変数として取り扱い、モデルの柔軟性を向上させている。さらに、対象物の電気化学的な知見を先験情報としてベイズ推定の枠組みに取り込むことにより問題の悪条件性を克服している。最後に、実際の港湾施設に対して実証実験を実施して手法の有効性を検証している。

第4章「データ同化を用いた海洋鋼構造物の犠牲陽極電流量予測システムの開発」では、3章で開発した技術をもとにデータ同化手法を適用して時間方向に観測量と推定量を拡張することが試みられている。すなわち、犠牲陽極の消耗の電気化学的な振る舞いを不確定性を含む時間発展の数理モデルとして表現している。この工夫により、経時的な現場データを合理的につなぐことができ、犠牲陽極の発生電流量の将来予測の精度が向上されている。最後に数値シミュレーションにより生成した模擬測定データを用いて、本手法の有効性を検証している。

第5章「深層学習を用いた点火コイル信号に基づくエンジン失火検知技術の開発」では、実際の自動車エンジンから簡便に取得できる点火コイルの電流電圧信号からエンジンの燃焼・失火状態を検出する技術を開発している。本問題においては点火コイルの電流電圧とエンジン内部の燃焼・失火状態との関係が複雑性と不確定性の高い放電現象によって影響されている。この関係が未解明であることを考慮し、放電現象における電流電圧と燃焼・失火状態の間の物理的メカニズムを解明するために、機械学習を活用している。検出精度を向上するために、膨張行程における診断用ポスト点火時の信号を用いる提案をしている。さらに、2次元画像情報に親和性のある畳み込みニューラルネットワークに電流電圧信号の位相面画像を入力することを提案している。エンジンから得られた実データを用いて畳み込みニューラルネットワークを学習し、画像分類時の判断根拠となる放電特性を位相面画像上に可視化している。この結果から放電現象に基づく物理的メカニズムを検討し、特に点火コイルの二次エネルギー放出速度が燃焼・失火状態のロバストな指標である可能性を見出している。

第6章「結論」では、本論文では海洋構造物の防食およびエンジン燃焼の実問題に対して間接モニタリング技術を開発したことをまとめ、今後の展望を示している。

以上を要するに、本論文では、不確定性を考慮した間接モニタリング技術を構築し、その有効性を検証しており、工学上、工業上貢献するところ大である。従って、本論文は博士(工学)の学位論文として十分に価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。