

インバリエント分析技術 (SIAT) を利用した AE 検査における異常判別の高度化

Advanced discrimination of anomalies in AE inspection using system invariant analysis technology (SIAT)

NEC ソリューションイノベータ	相馬 知也	Tomoya SOMA	Member
東北大学 流体科学研究所	高木 敏行	Toshiyuki TAKAGI	Member
東北大学 流体科学研究所	内一 哲哉	Tetsuya UCHIMOTO	Member

At present, AE(Acoustic Emission) measurement is positioned as one of nondestructive inspection methods, and is used to monitor, diagnose, and evaluate various mechanical systems, structures, and the like. AE measurement has the advantage of high sensitivity, wide band, and dynamic measurement, but on the other hand, it is susceptible to noise because it is high sensitivity. In addition, since it is easily affected by the measurement system such as the frequency characteristics of the sensor, advanced know-how and technology are required at the nondestructive inspection site. This study aims to remove the influence of noise among the shortcomings of AE measurement using AI technology (SIAT: System Invariant Analysis Technology), and to allow inspectors to easily identify abnormalities.

Keywords: AE, SIAT, AI, Anomaly Detection

1. AE を使った非破壊検査の課題

アコースティックエミッション(AE)試験は、産業界において非破壊検査の方法として使用されている。この技術はパイプなどの構造材に亀裂が生じ、その亀裂が構造体内を伝播する際に、放出されたエネルギーによって発生する弾性波の信号を受信して異常の有無を判断する。したがって、それは構造物の表面に固定されたセンサによって収集することができる。しかし高感度なセンサを用いるため、その計測データには多くのノイズが混在し目標の異常を捉えることは非常に困難である。近年、AI 技術やビッグデータ解析手法が急速に普及してきており、非破壊検査の分野でも使われ始めている。インバリエント分析技術(SIAT)は隠れた異常パターンや未知の関係など、保守要員や検査者にとって有用な情報を発見するためにさまざまなデータセットを処理できる¹⁾。この技術を AE 検査に利用することで、検査精度の向上など様々な効果が期待できると考えられた。

本研究では、インバリエント分析技術を適用して疲労試験の AE データを処理し、監視することの可能性評価を目的としている。今回、アルミニウムを利用した疲労試験の様子を AE センサで収集し、そのデータをインバリエント分析技術で処理した結果を評価した。

2. インバリエント分析技術の概要

インバリエント分析技術は、異常判定モデルの学習に異常データを必要とせず「いつもの状態におけるセンサ間の関係性」を学習する。異常発生時にはこの関係性が壊れることを前提に異常を検知する。インバリエント分析の流れを図 1 に示す。

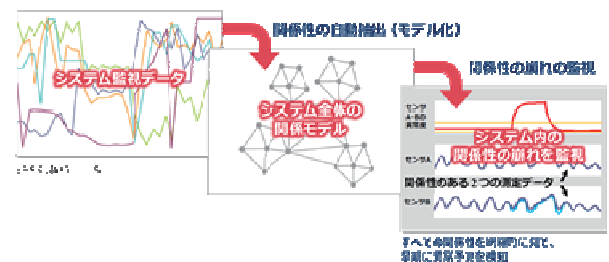


図 1 インバリエント分析技術の概要

インバリエント分析で学習するデータは「いつもの状態」つまり正常な状態を利用する。このため、ディープラーニング等の他の AI 技術の課題である異常時のデータが不要である。また、2 点間の関係性は式として明示され、関係性の崩れは絵として視覚的に確認できるため、異常検知における過程と異常と判断した理由が明確に説明可

能である。

これまで、インバリエント分析を利用した ECT による検査支援やノイズ除去の省力化などの研究を行ってきた。[2]。ECT においては検査対象表面の状態や検査者の熟練度によって、検査データにノイズが生じる。このような状態で得られた信号は実際の異常(亀裂)との区分けが困難である。このような検査ノイズと亀裂の信号を自動的に分離し亀裂のみを検知できるようにすることができれば検査者の負担が大きく減るだけでなく、熟練度の低い検査者も今までよりも高い精度で異常検知が可能となる。

本技術は検査者が不足している現在の検査業界において、負担を減らすための一助になるものと考えられる。このため AE についても同様のノイズ除去及び異常の識別ができないかを実験により確認した。

3. AE での検証

検証環境を図 2 に示す。実験はアルミの試験片を使用し、4 点曲げでの疲労試験で行った。実験装置は、疲労試験機、3 台の AE センサ、3 台のアンプ、記録用の PC で構成されている。センサ-1 は疲労試験機の表面に固定、センサ-2 は試験片の中心、センサ-3 は試験片の片側の表面に固定した。試験中は 3 つのセンサを使用して同時に信号を収集している。各センサのデータをサンプリングレート 500KHz で収集している。

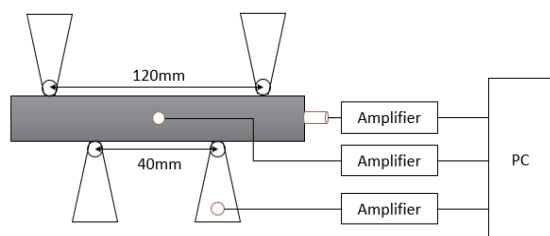


図 2 試験環境の概要

最初に正常な状態の試験片で測定したデータでインバリエントモデルを作成、そのモデルをもとにして異常検知の検証を実施した。

正常状態の試験片での異常検知結果を図 3 に示す。インバリエント分析による異常検知結果のグラフ(Anomaly Score)を見ると異常を検知しているような値の上昇は見られない。

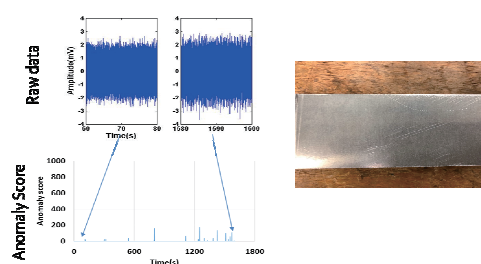


図 3 正常な試験片での異常検知結果

次にあらかじめ傷を入れた試験片での実験を行った結果を図 4 に示す。実験開始当初から亀裂の弾性波をとらえていると思われるスコアの上昇がみられることがわかる。時間とともに亀裂が進展してくるとスコアの上昇も大きくなり最終的に大きな破壊が生じて計測不能になるまでの状態が明確に判別できている。

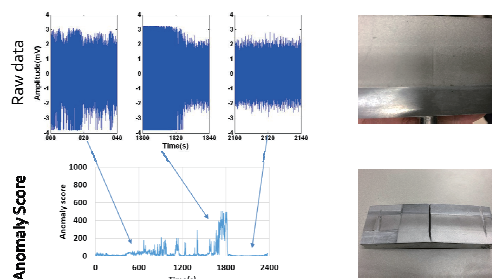


図 4 傷を入れた試験片での異常検知結果

実験の過程で計測された AE の Row Data を直接見ただけでは異常の判別が難しい。しかし SIAT での処理結果からは明らかな異常状態が確認できている。

4. まとめ

今回の実験では AE の計測信号をノイズも含めて前処理を行いインバリエントモデルを作成、異常検知用の信号データも単純な前処理だけを行い利用した。その結果から異常判別ができていたことから、検査スキル及びデータ処理スキルの低い検査者であっても異常判別が容易に可能になると期待される。

参考文献

- [1] Guofei Jiang, Haifeng Chen, Kenji Yoshihira, “Discovering likely invariants of distributed transaction systems for autonomic system management”, Cluster Computing. (2006) 9:385–399 DOI 10.1007/s10586-006-0008-1
- [2] 相馬 知也：“インバリエント分析技術によるプラントのセンサーデータを活用した故障予兆のリアルタイム検出”，技術情報協会（編），製造プロセスにおける IoT, IcT の活用，第 7 章，pp.339-406, (2017)