

## AI機能搭載版携帯型渦流探傷装置 Mobile EDDy® の紹介

佐々木孝明 <sup>*1</sup> Sasaki Takaaki	藤原 貢 <sup>*2</sup> Fujiwara Mitsugu	奥野 訓子 <sup>*3</sup> Okuno Satoko	北園 夏未 <sup>*3</sup> Kitazono Natsumi
	栗田しのぶ <sup>*4</sup> Kurita Shinobu	花形 徹 <sup>*5</sup> Hanagata Toru	高野 武寿 <sup>*5</sup> Takano Takehisa

鉄鋼構造物は通常防錆のために塗装されており、検査のたびにサンドブラストやグラインダー等で塗膜を除去し、磁気探傷試験 (MT) や浸透探傷試験 (PT) によって構造物表面のきずを検査している。また、多くの場合、塗膜除去後に検査を行ってもきずが検出されることは少なく、塗膜の除去～再塗装までの作業が結果的に無駄になるだけでなく、環境に対しても大きな負荷をかける結果となっている。

当社では塗装の上から塗膜を除去しなくても検査が可能な装置として携帯型の渦流探傷装置 Mobile EDDy® を開発してきた。本稿では、AI 機能を新規搭載した Mobile EDDy® について紹介する。

キーワード：渦流探傷装置、塗装、AI、機械学習、鉄鋼構造物、インフラ

## 1. 緒言

近年、インフラ構造物の安全性について非常に懸念される事象が相次いでいる。2012年には笹子トンネル天井板落下事故のような重大災害が発生した。このような事故を防ぐためにインフラ設備の管理は非常に重要であるが、検査やメンテナンス費用にも一定の予算枠がある。このため今後老朽化するインフラの検査・メンテナンスには、従来以上に効率的／効果的な検査手法が求められている状況となっている。

一般的に鉄鋼構造物は表面に発生したきずが内部へ進展し、最終的には破断へ至ることが多い。そのため従来は、MT/PT によって構造物の表面検査を実施しており、多くの実績がある。しかし、

鉄鋼構造物は供用に際して防錆や防食のため表面を塗装することから、MT/PT 等の非破壊検査手法を適用するためには塗膜を一度除去した上で検査を行う必要があり、サンドブラストやグラインダー、あるいは有機溶剤等で塗膜を剥離している。また、当然ながら検査終了後は再度塗装を行う必要があり、塗装用シンナー等の有機溶剤を使用する必要がある。

MT/PT は小さいきずも検出できる非常に有効な手法であるが、鉄鋼構造物の検査への適用に際しては以下の問題点がある。

- ①塗膜を除去して検査を実施してもきずが検出されないことが多い。また、検出したきずも小さいものが多く、そのまま補修をしない場合が多い（次回検査時にきずの進展を確認）。

\*1：検査事業部 副事業部長 兼 技術部長

\*2：検査事業部 技師長

\*3：検査事業部 技術部

\*4：制御システム事業部 コンピュータ制御部

\*5：制御システム事業部 コンピュータ制御部 部長

- ②特に古い塗装には PCB (ポリ塩化ビフェニル) やクロムあるいは鉛等の重金属が含まれている場合も多く、塗膜を除去した作業者が鉛中毒の労災認定を受けた事例もある<sup>(1)</sup>。そのため塗膜除去時には周囲への飛散防止と作業者の安全確保に細心の注意が必要である<sup>(2)</sup>。
- ③一般的に塗膜の除去／再塗装は検査部門で実施できないため、専門の部署／協力会社が行うことが多く、スケジュール調整等の付帯業務に時間を要する。また、再塗装時は塗膜の乾燥にも時間を要するため全体の検査期間が長くなる。
- ④再塗装時には塗装用シンナーを使用するが、大規模な火災が発生した事例もあり、作業には細心の注意が必要である。

そこで当社では塗膜を除去しなくても現場で容易に使用することができる小型・軽量の検査装置の開発を進めてきた。この検査装置では渦流探傷法を採用しており、当社で特殊な小型プローブを開発し、塗膜を除去しなくても鉄鋼構造物の表面に発生するきずを効率的に検査することが可能になった。ただし、従来の手法 (MT/PT) とは検出性等が異なることを十分留意し、その特徴を理解した上で使用する必要がある。

次章にその特徴を紹介する。

## 2. Mobile EDDy® の機能

Mobile EDDy® の基本仕様を以下に示す。また、全体の外観写真を写真 1 に示す。

- ・ 装置寸法 : 幅 110×長さ 210×高さ 24mm
- ・ 装置重量 : 340g
- ・ 試験周波数 : 1kHz ~ 1MHz (1kHz ステップ)
- ・ 感度設定 : 16 ~ 68dB (0.1dB ピッチ)
- ・ 位相設定 : 0 ~ 359.9° (0.1° ピッチ)
- ・ データ保存 : タブレットへ保存可
- ・ 電源 : アルカリ乾電池／二次電池
- ・ 駆動時間 : 連続 4 時間以上
- ・ 通信機能 : Bluetooth®/Wi-Fi®
- ・ 検出性 : 幅 0.3×長さ 10×深さ 1mm (塗膜厚さ 2mm)

本体は現場での持ち運びを考慮して小型・軽量化を図っており、かつ電源も電池 (アルカリ乾電池／二次電池) のため、現場で電源ケーブルを取回す必要は無い。また、Mobile EDDy® の特徴として、装置本体と表示器を分けているが、表示器には市販のタブレット PC (Windows®) を採用して、装置の機能向上が容易で拡張性にも富んでいる。

また、従来品は本体と表示器であるタブレット PC 間はケーブルでつないでいたが、現場での取り回しを考慮し、Bluetooth® 技術を用いて無線に



写真 1 Mobile EDDy® 全体外観

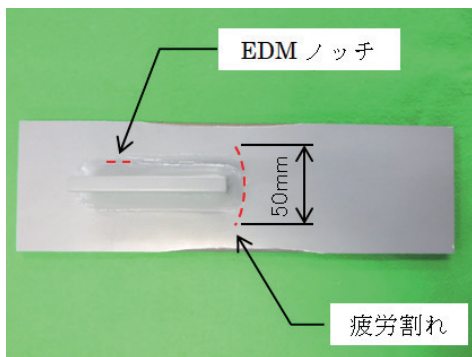
て接続した。そのため使用中の表示器（タブレット PC）には一切のケーブル類が不要となり、現場でのハンドリング性が大幅に向上した。

### 3. Mobile EDDy® による探傷例

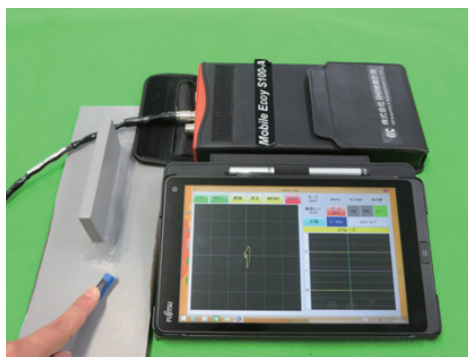
Mobile EDDy® による探傷状況を写真 2 に示す。試験体は炭素鋼の T 字試験体に EDM（放電加工）ノッチおよび疲労割れを付与したものである。また、塗膜の厚さは 300 ~ 500 $\mu\text{m}$  程度となっている。図 1 に探傷波形例を示す。塗装上からも EDM ノッチおよび疲労割れからはリサージュ波形が得られており、容易に検出できることがわかる。

### 4. AI 判定機能

Mobile EDDy® の操作方法自体は非常に容易であり、装置自体の習熟についてはほとんど時間を要さない。しかしながら現場での探傷については、検査対象の形状がさまざまであり、また、塗装の状態も一定では無いのである程度の熟練さが要求される。そのため探傷に不慣れた検査員でも確実に判定ができるように AI 機能を搭載した。これはある特定の検査対象をベースに機械学習をさせたもので、当然ながら全ての検査対象に適用できるものではないが、今後、熟練検査員の減少が予

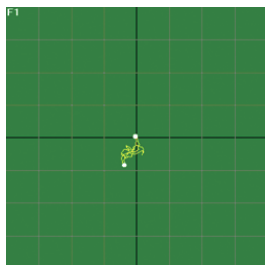


(a) T 字試験体（塗装有り）

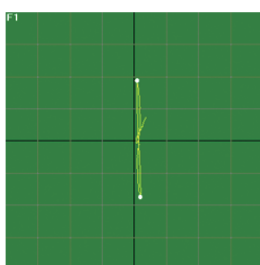


(b) 探傷状況の一例

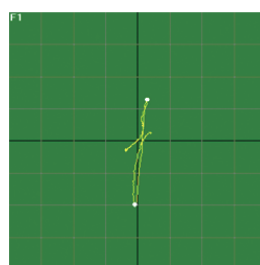
写真 2 探傷風景



(a) 健全部の波形例  
リサージュ波形無し



(b) EDM ノッチ部の  
リサージュ波形



(c) 疲労割れ部の  
リサージュ波形

試験片のきずの仕様

- ・ EDM ノッチ : 幅 0.3mm × 長さ 10mm × 深さ 1mm
- ・ 疲労割れ : 長さ 50mm

図 1 探傷波形例

想されるなかで、AI 機能は有効な手段になると思われる。

今回は AI の機械学習のデータとしてこれまで現場やテストピースで採取したデータを使用した。ただし、データ数が少なかったため、転移学習をして、データ自体についてもリサージ波形の位相角や大きさを少しずつ変更することで約 4 倍に水増し（データの拡張）した。

そのうち 70% を訓練用データとして使用し、残りの 30% を検証用データとして使用した。

転移学習とは、ある領域で学習させたモデルを別の領域で使用することで少ないデータでも効率的に学習させる方法である。

転移学習用データには、手書き数字の画像データセットで、機械学習においては一般的に使用されている MNIST データセットを使用した。MNIST データセットは 0～9 までの手書き数字画像であり、訓練データは 60,000 枚、検証用データは 10,000 枚用意されている。それぞれの画像データは 28×28 ピクセルの画像である。まず、このデータセットを用いて学習を行い、その後に探傷データを学習させることにより、少ないデータでも効率的かつ効果的に学習させた。

表 1 に転移学習の有無による分類精度を示す。

転移学習を行った方は分類精度が 5% 程度高く

なっており、転移学習の成果が表れていると考えられる。

この後、さらに分類精度を向上させるため、再度、学習用データを見直し、特異な例を取り除いて再学習を行うことを 6 回繰り返した。その結果、最終的には検証用データの分類精度は 96.6% となった。表 2 に各学習結果を示す。

なお、表示器での表示は大きく、①きず有り(○)、②きず無し(×)、③きずの疑いあり(△)としている。

図 2 にリアルタイムで表示される AI 判定例を示す。

表 1 転移学習の結果

転移学習の有無	分類精度※1
無し	74.2%
有り	80.2%

※1 検証用データによる分類精度

表 2 各学習回数別 分類精度（転移学習有り）

回数	分類精度※1
0	80.2%
1	82.0%
2	76.3%
3	91.9%
4	80.9%
5	91.2%
6	96.6%

※1 検証用データによる分類精度

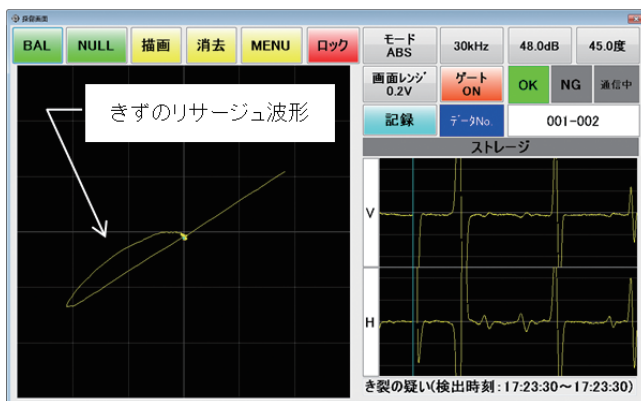


図 2 探傷波形の AI 判定例（リアルタイム表示）

## 5. 結言

AI機能を搭載した携帯型渦流探傷装置が、近い将来、現場での探傷において熟練検査員より安定した判定が可能となることを期待したい。しかし、現状では、まだ特定の形状部位についてのものであり、さらに、データ点数も少ないことから、本格的に使用するには今後も継続的に適切なデータを用いた学習をする必要がある。

## 参考文献

- (1) 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所：災害調査報告書、A-2014-04（一般公開版）（2014年4月道路高架橋の改修工事時に塗装剥離作業において14名の鉛中毒災害が発生）
- (2) 厚生労働省：鉛等有害物を含有する塗料の剥離やかき落とし作業における労働者の健康障害防止について、基安労発0530第1号／基安化発0530第1号

検査事業部  
副事業部長  
兼 技術部長

佐々木孝明

TEL. 045-791-3523  
FAX. 045-791-3547



検査事業部  
技師長  
藤原 貢

TEL. 045-791-3523  
FAX. 045-791-3547

検査事業部  
技術部

奥野 訓子

TEL. 045-791-3523  
FAX. 045-791-3547



検査事業部  
技術部  
北園 夏未

TEL. 045-791-3523  
FAX. 045-791-3547

制御システム事業部  
コンピュータ制御部  
栗田しのぶ

TEL. 042-523-8315  
FAX. 042-523-8320



制御システム事業部  
コンピュータ制御部  
部長

花形 徹

TEL. 042-523-8315  
FAX. 042-523-8320

制御システム事業部  
コンピュータ制御部  
部長

高野 武寿

TEL. 042-523-8315  
FAX. 042-523-8320

