

# 新規事業分野（技術部）の「売りの技術」

## 非破壊検査技術の開発

当社では従来、MT（Magnetic Testing：磁気探傷試験）やPT（Penetrant Testing：浸透探傷試験）を始めとする各種の非破壊試験・検査を実施している。その中でも特にUT（Ultrasonic Testing：超音波探傷試験）や電磁気探傷試験の技術開発に力を注いできた。また、近年ではコンピュータ技術の急速な進化に伴い、IoT（Internet of Things）技術やAI（Artificial Intelligence：人工知能）技術が発達してきており、これらの技術についても非破壊検査技術に取り込むべく研究を進めている。

ここでは、特にUTと電磁気探傷試験の技術開発に焦点を当てて紹介する。

### 1. 超音波探傷試験の技術開発について

UTは、超音波探触子やプローブと呼ばれるセンサーから超音波を発信し、内部のきずから反射される超音波ビームを受信することによりきずを検出する検査方法である。試験体内部のきずを精度良く探傷することができ、RT（Radiographic Testing：放射線透過試験）のようにガンマ線源やX線源を使用しなくても良いので、製造現場のみならずメンテナンスの現場で一般的に良く使用される体積検査方法である。また、UTは近年のコンピュータ技術の急速な進化の恩恵を最も受けている検査方法の一つとも言える。

以降に当部で近年開発してきたUT法を紹介する。

### 1.1 ガイドウェーブ探傷法

ガイドウェーブは、試験体の表面を伝搬する超音波である。減衰が少ないことから長さが数メートルから数十メートルの配管の一次スクリーニング検査として、特にプラントのメンテナンス現場で使用されている。ガイドウェーブを発生させる方式としては大きく二つある。一つは超音波探触子を用いて直接超音波（ガイドウェーブ）を試験体へ浸透させる方法（超音波法）と、もう一つは強力な磁石を用いてガイドウェーブを発生させる方法（磁歪式）である。当部では20年程前に海外の研究所から磁歪式のガイドウェーブ法を技術導入し、適用性の研究を進めてきた。図1に磁歪式ガイドウェーブ法の原理を示す。ガイドウェーブ探傷法はその特性から埋設されている配管でも一次スクリーニング検査が可能であることから、近年では支線ロッドの腐食検査法の開発を行ってきた。

支線ロッドとは、電線等を電柱に止める際、その反力を引き受ける部材の一つであり、一般的にはほとんどの部分が地中に埋め込まれている。そのため目視では腐食状況が良くわからず、非破壊検査による検査が重要である。図2に支線ロッド検査の概念図を示す。

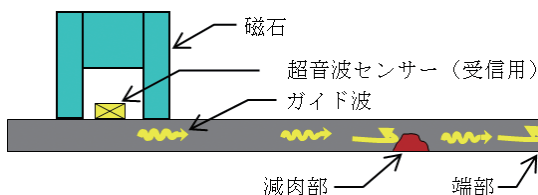


図1 磁歪式ガイドウェーブ法の原理

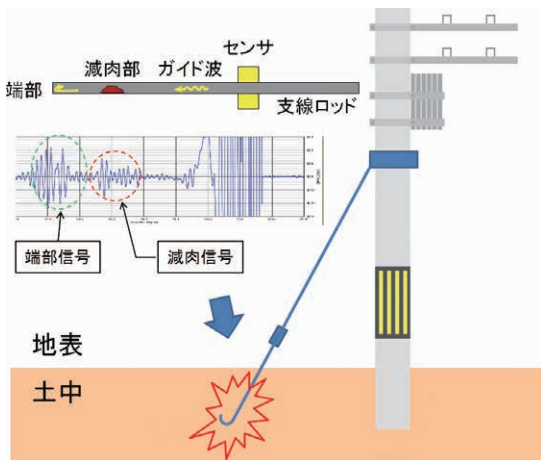


図2 支線ロッド検査

## 1.2 TOFD 法

TOFD 法とは Time of Flight Diffraction（飛行時間差超音波探傷法）の略で、1970 年代に英国で開発された超音波探傷技術である<sup>(1)</sup>。特にきずのサイジング（高さ測定）性に優れるが、ASME（The American Society of Mechanical Engineers：米国機械学会）の Sec.VIII 規格（非原子力の压力容器製造規格）において製造時の RT 検査の代替手法の一つに採用されたことから、近年では压力容器製造時の探傷試験でも適用されるケースが増加した。図3に TOFD 法の原理を示す。

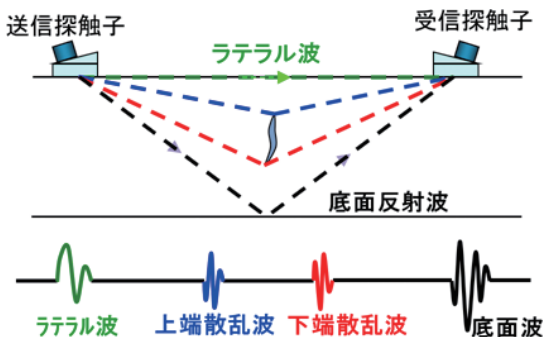
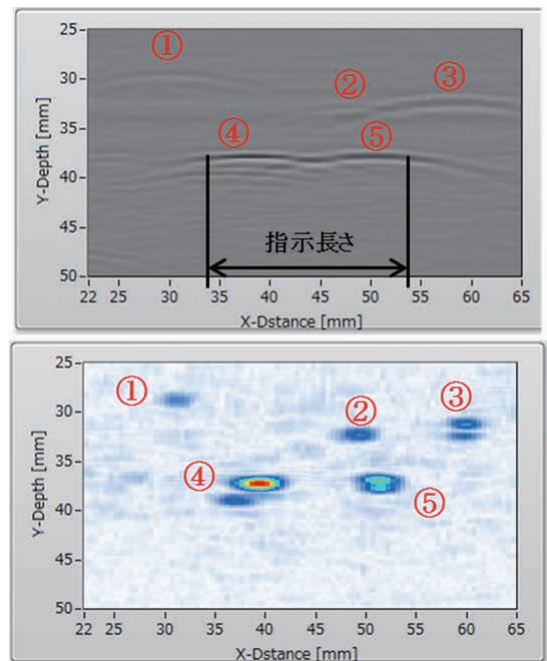


図3 TOFD 法の原理

当部でも TOFD 法による検査技術開発については各種取り組んできた。特に近年では TOFD 法にチャープ波とパルス圧縮技術を組み合わせることで感度向上を図り、さらに SAFT (Synthetic Aperture Focusing Technique：開口合成法) 技術を取り入れることで検出精度の向上を図った Pulse-SAFT TOFD 法を開発した。TOFD 法は非常に微弱な信号である回折波を用いるため往々にして感度的な問題があった。また、きずの長さが実際よりも非常に長く検出されるという問題もあったが、本手法によりそれらの問題を大きく改善することができた。図4に探傷例を示す。非常に精度良くブローホールが検出できていることがわかる。メンテナンス時に補修範囲を決める際、容易に無駄なく補修範囲を決めることが可能となる。



注：上段：従来 TOFD 法、下段：Pulse-SAFT TOFD 法を示す。②/③、および④/⑤のきずが明瞭に区別され識別されている

図4 Pulse-SAFT TOFD 法の探傷例

### 1.3 フェーズドアレイ探傷法

フェーズドアレイ技術は当初医療用分野での適用が先行した。工業界にはコスト面からなかなか普及しなかったが、原子力分野にて IGSCC (Intergranular Stress Corrosion Cracking: 粒内応力腐食割れ) の評価に使用され脚光を浴び、その後急速に工業界にも普及してきた<sup>(2)</sup>。図5にフェーズドアレイの原理を示す。

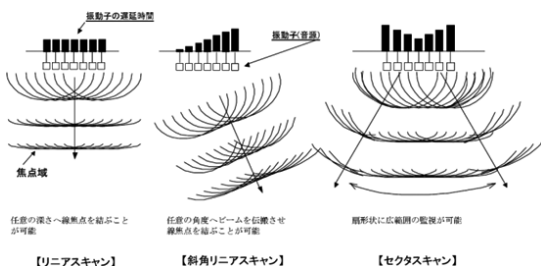


図5 フェーズドアレイの原理

当社では原子力発電所の他、最近では火力発電所のクリープ損傷を評価するために適用している。詳細は「火力分野 (第一検査部) の「売りの技術」」を参照されたい。フェーズドアレイ探傷では、検査波形が可視化されており、インフラの検査分野でも複雑な形状部等の検査で適用される事例が増えてきた。図6に探傷例を示す。

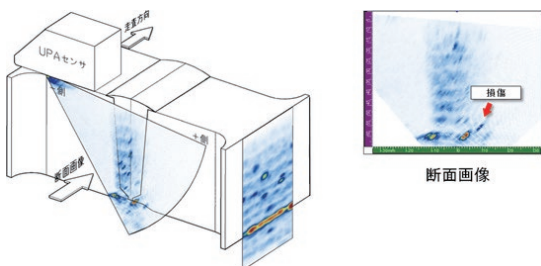


図6 フェーズドアレイの探傷例

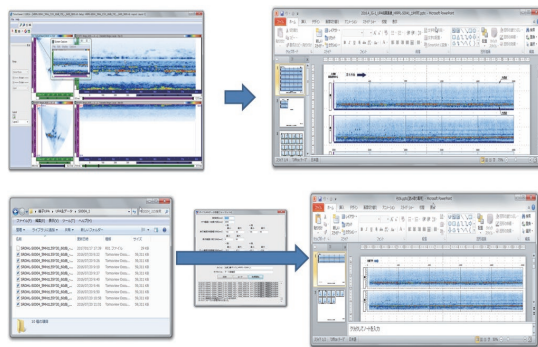
### 1.4 コンピュータ技術

近年ではコンピュータ技術が急速に発展してきており、超音波探傷は大きな恩恵を受けている。当

部でもコンピュータ技術を積極的に取り入れており、前述の Pulse-SAFT TOFD 法もその一つである。また、直接、検査方法へ取り入れたものではないが、以下のような技術も開発し適用しているので紹介する。

- ・ 自動報告書作成サポートソフトウェア

フェーズドアレイ探傷では、報告書へB-スコープやC-スコープといった波形画像を添付することが一般的である。最近では火力発電所でのフェーズドアレイ探傷が非常に増加していることから記録を半自動で作成するソフトウェア (オートフォーマット) を開発し現場で活用している。その結果、検査員が本来注力すべきデータの判定に専念することができ、また、波形データ画像の添付ミス等の人為ミスもなくなった。さらには検査報告書を早期にお客様へ提出することが可能となったためお客様にも非常に好評である。図7にオートフォーマットの適用例を示す。



注：上段：従来は検査員が手で報告書へ添付。下段：ソフトウェアにより検査員がパラメータを指定するのみで自動的にデータファイルから報告書を作成

図7 オートフォーマット適用例

## 2. 電磁気探傷試験の技術開発について

当部では従来から電磁気探傷法にも注力してきた。MT や PT に代表される他の表面検査方法と比較して電磁気探傷の利点はいくつかあるが、その一つとして非接触で探傷可能なことが挙げられる。この利点を活かして塗膜を剥がさず塗膜上から試験体表面を探傷することが可能である。また、電磁気的な反応のみを利用する検査のため他の表面検査手法と比較して高速な探傷が可能である。

メンテナンスの検査では、多くの場合検査面が塗装されているため一度塗膜を剥がして検査する必要がある。しかしながら古い塗膜にはクロムや鉛あるいは PCB (Poly Chlorinated Biphenyl: ポリ塩化ビフェニル) といった現在では有害とされる物質が防錆剤として含まれている例もあり、コスト面のみならず安全面からも塗膜剥離作業は相当大変な作業となっている。また、多大な時間・コストを掛けて塗膜を剥離し、その後に探傷作業を実施してもきずが検出されない場合も多い。電磁気探傷はこの塗膜剥離/再塗装といった作業が不要となり、作業を大幅に削減できる可能性がある。もちろん、従来の MT/PT と異なる検出特性があるため、単純に代替探傷方法として適用するのではなく、そのメリット・デメリットを十分事前に考慮しておく必要がある。また、探傷速度も相当早くなるため探傷時間の削減（トータルの検査物量の増大）にもつながる。

当部では電磁気探傷の一つとして 1990 年代に英国で開発・実用化された ACFM 法 (Alternating Current Field Measurement 法: 交流電磁場測定法) を早期から導入し、塗膜上からの検査に適用してきた。一例としては、十数年前から電車の車台検査への適用を図ってきた<sup>(3)</sup>。

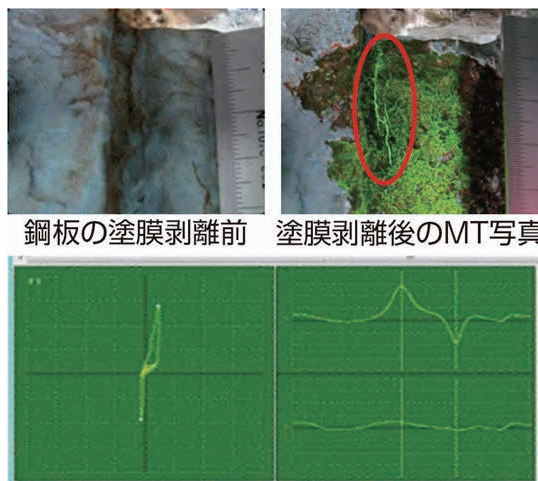
また、最近ではより現場で柔軟に使用できるポータブルタイプの渦流探傷器を自社開発し、実

用に供している。写真 1 に開発したポータブル渦流探傷器 Mobile EDDy<sup>®</sup> を示す。厚さ 2mm 程度の塗膜があってもその下のきず(深さ 1mm 長さ 10mm)を検出することが可能である。



写真 1 Mobile EDDy<sup>®</sup> 外観

また、探傷する際に重要となる探傷プローブも現場の試験体の形状に合わせて製作することで安定した探傷結果を得やすい。図 8 に Mobile EDDy<sup>®</sup> に探傷例を示す。



鋼板の塗膜剥離前 塗膜剥離後のMT写真

図 8 Mobile EDDy<sup>®</sup> に探傷例

なお、今後、インフラのメンテナンス検査が増大すると思われるが、この分野に通暁している渦流探傷の検査員は少ない。また、今後は熟練の検

査員の引退や、検査員の減少が想定されている。そのため当部では制御システム事業部と共同で検査判定をサポートするためAI技術を取り入れたソフトウェアを開発している。図9にAI技術による判

定例を示す。また、ごく一部の分野のみにしか対応していないが、今後、適用部位の拡大を図っていく。

### 文責

検査事業部 副事業部長 兼 技術部長  
佐々木 孝明

### 参考文献

- (1) 船戸一寛他：新 UT（PhasedArray 法、TOFD 法）技術の実機適用状況、IIC REVIEW、No.41、2009/04、pp.17-23
- (2) 三原毅：「フェイズドアレイ」特集号刊行にあたって、非破壊検査、2007 年 10 月号、巻頭言
- (3) 大黒光喜他：ACFM による台車枠検査技術の開発 その 2、IIC REVIEW、No.36、2006/10、pp.17-24

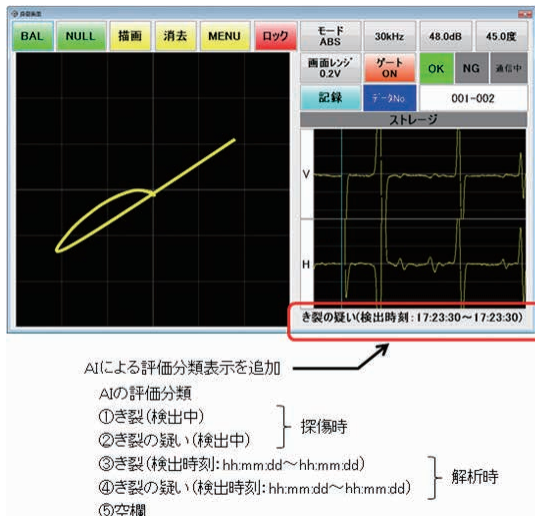


図9 Mobile EDDy® AI 判定例