配管向けNDT装置開発の現状 ―自動走行でUT・RT適用

松山　雅幸・永田　博幸
㈱ウィズソル 開発ソリューション部

1　はじめに

今日，国内の産業においては，人材不足が深刻であり，仕事の効率化が求められている。そのため，人の代わりになるような技術の開発にどの業界でも取り組まれている。もっとも導入が進められているのはドローン技術である。つい５，６年前までは，趣味で利用されているような印象であったが，最近では，装置が軽量化され，長時間の飛行，重量物の輸送などが実現できるようになり，過疎地への宅配や構造物の点検などにもドローン技術が活用されるようになってきた。また，ドローン技術では自動で飛行させる技術が導入され，屋外では，GPS技術で位置情報を測位し，オペレータが難しい操作を行うことなく，飛行させることが標準となっている。自動で運転する技術は，自動車分野で実用化が目前となっているが，人が行うことを自動で補うことは，難しいことである。

非破壊検査業界においては，測定の自動化および検査結果判定の自動化などが少しずつ導入されているが，まだまだ発展途上である。もっとも多く活用されていることは，ロボットの自動走行または測定ジグの自動化である。これらを活用した検査手法では，複数のセンサを使用し，一定速度で一度に広い範囲のデータを収録する。モータ制御等を使用し，動きを自動で測定することで，データの測定誤差が少なく，さらに時間短縮など効率化が図れる。

本稿では，当社が配管設備向けに開発している検査装置の中で，自動で走行やデータ収録を行うUT・RT技術について紹介する。いずれの技術も配管の減肉を調査する目的で使用する装置であり，UT技術では，ワイヤレスで肉厚を測定するロボット，RT技術では保温材が施工されている配管に自動化した測定ジグを使用し肉厚を測定する技術を紹介する。

2　ワイヤレス式UT装置の開発

2.1　開発の背景と目的

当社は，配管設備の内部腐食を目的とした検査では，2002年に開発した超音波を用いた板厚測定ロボットUDP-24（Ultrasonic Doctor Pipe）を実用化し，各種プラント施設で施工実績を積み重ねてきた。当該装置は有線タイプの仕様であり，超音波ケーブルの重量，長さなどが影響し，対象物によっては適用上の制限があった。ラック上など水平方向に配置された高所配管の場合，走行機の操作や罫書きなどを行う必要があり，配管近くに足場など付帯工事を行っていた（**図１**）。そのため，検査工事にはコストが掛かっていた。また，配管直径が数mなど対象とする配管が大きくなればなるほど，これまでの手法では，検査効率が悪くなっていた。

本開発では，大型の構造物での板厚測定を，より効率化するために，超音波ケーブルをワイヤレス化した装置

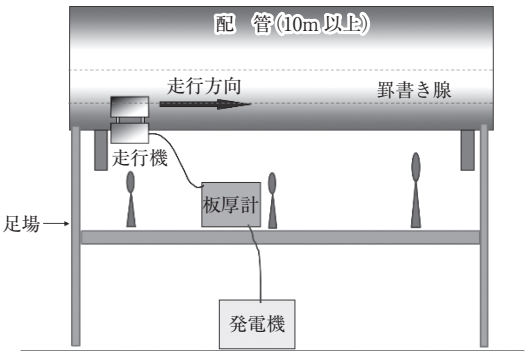


図１　従来（有線方式）の施工方法

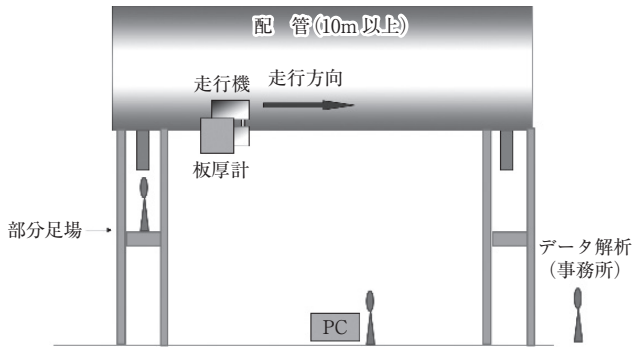


図２　ワイヤレス方式での施工方法

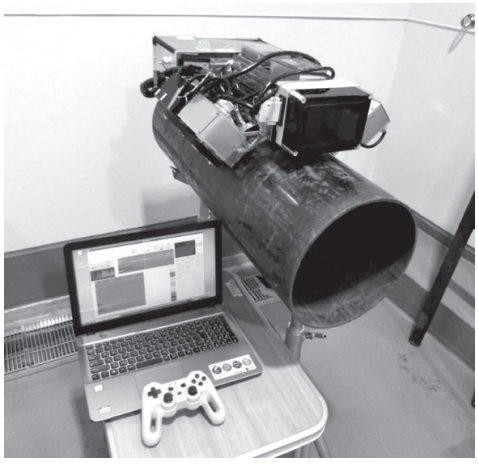


写真１　UDP-32（ワイヤレス）装置

開発に着手した。開発にあたっては，①板厚測定機能のデジタル無線化，②配管追従に対応した機構，③配管の正確な位置走行の３つを主な開発テーマとし，**図２**に示す施工方法を可能とした板厚測定ロボットを開発した。**図２**の施工方法では足場などの付帯工事を必要最小限とし，現場検査員も少なくすることが可能である。ワイヤレス化を行うことで，今後は，リアルタイムに事務所でデータの解析を行うなど，新しい検査プロセスを構築することが可能となる。

2.2　検査装置の概要

本装置は，**写真１**に示すように，測定ロボット，制御PC，コントローラの構成となる。

ロボットの構成は**図３**に示すように，４つのユニットから構成され，①駆動ユニット，②32個のセンサ部，③超音波厚さ計，④制御ユニットとなる。

センサは垂直探触子を32個搭載し，最大340mm幅を一度に測定することができる。測定原理は**図４**に示し，接触媒質は水を使用する。底面からの反射エコーB1を検出し，エコーを送受信した時間から板厚に換算する。

主な特徴は，次の通りである。

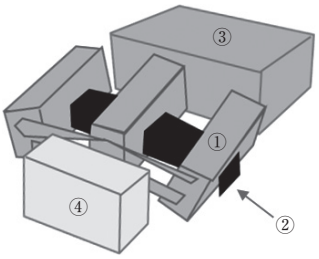
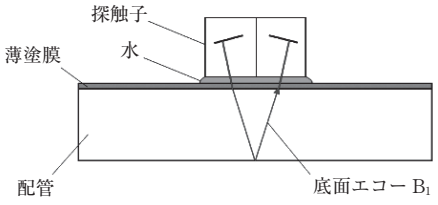


図３　ロボットの構成



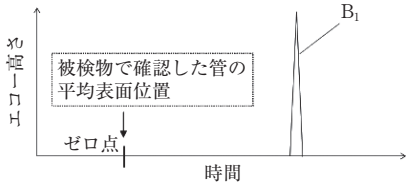


図４　板厚測定原理

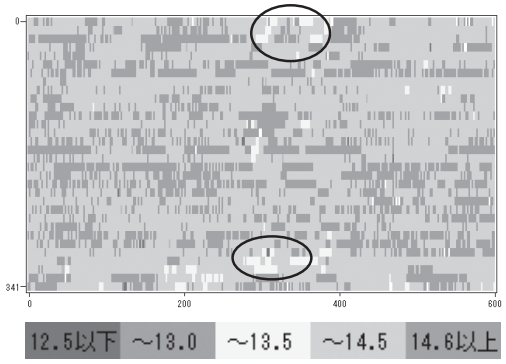


図５　減肉部の測定結果例

・１回の走行で340mm幅範囲を測定
・32ch超音波厚さ計をロボットに搭載
・独自の方式により自動制御走行を実現
・強力なマグネットローラーで対象物に吸着
・全波形収録し高度な波形解析を実現
・カラーマッピングにより視覚的な判断が可能
・少量（ペットボトル程度）の水機構を搭載予定

2.3　適用事例

図５は，屋外貯蔵タンクの側板で腐食のある範囲を測定した結果であり，縦軸が測定幅（約340mm），横軸が測定長さ（600mm）を示す。得られた板厚をカラーマッピング表示することで，減肉の分布が一目で識別でき

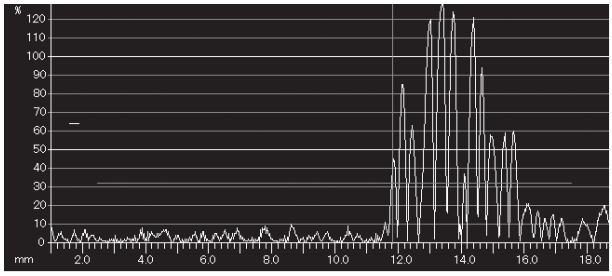


図６　減肉部波形

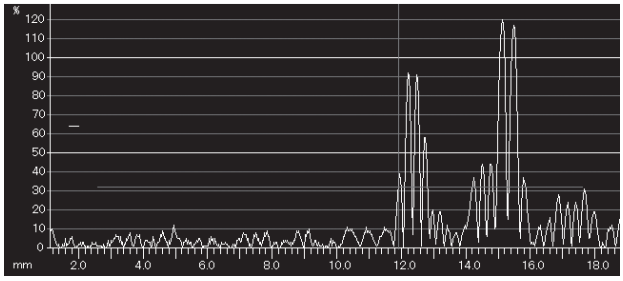


図７　異常値（介在物）波形

る。

測定結果では，黒枠が減肉部を示しており，収録した波形画像は**図６**である。減肉部の波形に対して，**図７**は，異常値波形を示す。底面B1波形の前に減肉ではない反射波が検出されていることが分かる。このように，波形を収録すれば，詳細に解析することが可能となる。

3　ラインスキャナー式RT装置の開発

3.1　開発の背景と目的

国内のプラント施設においては，保温配管の保温を解体せずに検査したいという声が多く聞かれる。既存の非破壊検査の手法では満足な結果が得られないため，新たな装置を用いて，このニーズに応えたいと考えた。ラインスキャナーに用いる検出素子は，空港における手荷物検査等に使われているものと同様で，ラインセンサと呼ばれる放射線カウンタを用いる。

本検査システムでは，ラインセンサ本体は浜松ホトニクス製を採用し，線源およびラインセンサの走行機構およびデータ解析アプリを自社開発し，保温配管の減肉状況をスクリーニングするシステムを構築した。これにより保温材脱着などの付帯工事に要する時間およびコストの大幅な削減が期待される。

3.2　検査の概要

本システムの概要図を**図８**に示す。線源とラインセンサ本体は，配管を挟んで対向するように配置する。撮影は，線源とラインセンサ本体を一対として配管軸方向に

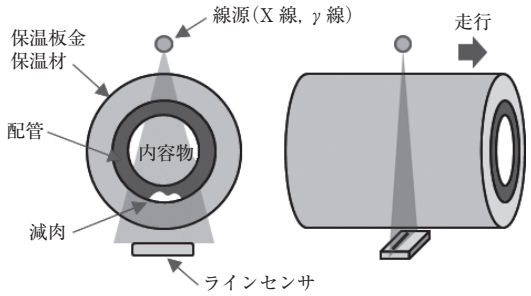


図８　撮影配置

写真２　現場状況写真

スライドさせながら行う。ラインセンサは，センサ素子が高感度である上，エネルギー弁別機能を備えており低エネルギー成分を除去できるため，配管内容物に起因する散乱線が像質に及ぼす影響を低減できる。このため，とくに大径管の撮影においては従来法と比較して像質が改善され鮮明な画像を得ることができる。

また，保温配管の減肉状況だけでなく，配管内部における異物詰まりや耐火材劣化状況等の内部状況確認が可能であり現場適用を進めている。

写真２は，エックス線源を用いた６B保温配管の撮影状況である。走行機は各種配管径に合うものを検討し幅広い配管への適用を目指している。

測定システムの概要は次の通りである。

・測定幅：211mm（素子サイズ：□3.3mm × 64素子）
・適用配管（実績）：満液22B以下，中空φ2,500
・検査スピード：0.5～1.0m/分，20～30m/日が標準
・配管周囲のスペース：200mm以上が必要
・線源は，エックス線，ガンマ線を用途に応じ選択

3.3　適用事例

ラインスキャナーによる撮影では，64個の素子で検出されたカウント数を基に画像を構成する。撮影画像は，グレースケールで出力し減肉部が分かりやすく表示

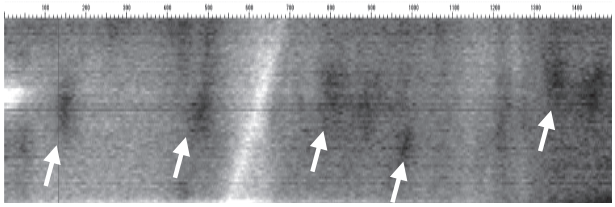


図９　満液配管22B×t10.3の撮影結果

する他，減肉量に応じたカラーマッピング表示にも対応している。

図９に，22B配管の撮影結果を示す。従来法では減肉状況を撮影することが困難だが，本測定システムにより減肉状況を把握し減肉率50％の腐食が検出できた。

図10に，12B配管の撮影結果を示す。配管の内部に堆積する異物を撮影した結果，異物の堆積高さに応じたグレースケール画像が得られ，堆積有無を確認することができた。

4　おわりに

本稿では，配管設備を対象とした検査技術を紹介した

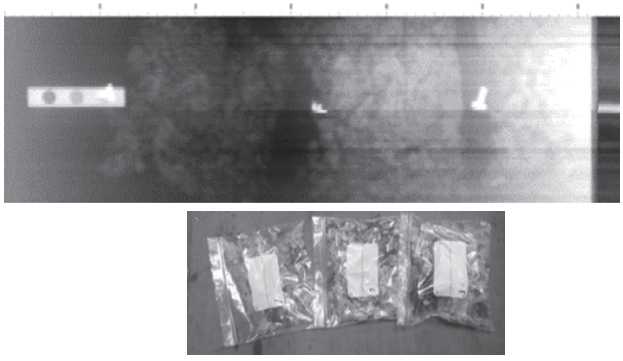


図10　配管異物詰まり状況（サンプル品）の撮影結果

が，国内のプラント施設における検査ニーズは，他の設備でも多くあり，日々高まっている。これらの１件毎の案件に対し，様々な手法を試みることで新しい検査技術へと発展させることができる。

今後も，本稿で紹介したロボット技術や最新のセンサを搭載した検査システムなどを中心に，ユーザーの要望に応えられるような検査装置の開発を継続する。