

UT分析システムの適用によるUT評価手法の高度化

Advanced UT Evaluation Applying UT Analysis System

三菱重工業株式会社	井原 亮一	Ryoichi IHARA	Non-Member
	井 裕一	Yuichi I	Non-Member
	西田 純一郎	Jun-ichiro NISHIDA	Non-Member
	川田 かよ子	Kayoko KAWATA	Non-Member
	川瀬 直人	Naoto KAWASE	Non-Member

In Japanese nuclear power plants, ultrasonic testing is performed as in-service inspection for piping welds according to JSME code. We developed new UT system for piping welds to improve reliability and efficiency. Automated scanning equipments and digital acquisition units realized high quality and repeatability of UT data. Analysis system with various automated function and 3D model function realized high reliability and high speed of data analysis. In this paper, the outline and advantage of UT analysis system are described.

Keywords: Ultrasonic Testing, Digital UT data, UT analysis system

1. 緒言

国内原子力プラントにおける供用期間中検査 (ISI) では、配管溶接部は JSME 維持規格に基づき、体積検査として UT を実施している。近年、UT データ評価において、全てのデータを取り込み、複数の検査員、必要に応じて第三者による分析・判定を可能とする UT 評価手法の高度化が求められている。これらニーズに対応すべく、当社はデジタル探傷器を用いて UT データをデジタル化し、UT 分析システムを開発・適用することによって、高精度なデータ評価を可能とした。また、本手法は北海道電力殿泊発電所 3 号機における供用前検査 (PSI) に適用済みであり、現地検査工事への適用を拡大中である。本紙では、UT 評価手法の高度化の一例として、配管自動 UT 装置を用いた UT 分析システムの概要・利点について紹介する。

連絡先：井原 亮一 〒652-8585 神戸市兵庫区和田崎町 1-1-1 三菱重工業株式会社神戸造船所 品質保証部原子力サービス品質管理課 電話：078-672-3104
e-mail：ryoichi_ihara@mhi.co.jp

2. 配管自動 UT 装置

配管自動 UT 装置の全体図を図.1 に示す。配管自動 UT 装置は、手動で実施していた探傷作業を自動化することにより、UT データと位置情報を同時に取り込み、探傷作業を効率化することを目的として開発した装置である。

2.1 走査ツール部

走査ツール部は、周方向走査のガイドとなるレール部と、探触子の保持・押付・走査を実施するスキヤナで構成される。

2.2 制御盤

制御盤に走査範囲、走査ピッチ、走査スピード等の探傷条件を入力し、スキヤナを動作させる。また、制御盤と対象配管が離れている場合でも、配管近傍でスキヤナの位置等を確認しながら微調整が実施できるようにペンダント型リモコンを備えている。

2.3 探触子

探触子は、適用箇所であるエルボの形状、溶接部近傍の形状変化部に対して十分な倣い性を確保するため、局部液浸型の探触子を開発・適用している。

2.4 探傷器

全ての UT データ (以下、A スコープ波形と記す) 及び位置情報を取り込み、デジタルデータによる経年比較調査、詳細評価を可能とするデジタル探傷器を適

用している（3.1項参照）。

3. UT データ評価

配管自動 UT 装置にて採取されたデジタルデータはネットワークを介して現地から自社の神戸造船所へ転送される。このデータに対して自社開発した UT 分析システムを用いて詳細分析を行い、規格要求を満足する帳票を出力する。この作業フローについて図.2 に示す。

3.1 探傷システムのデジタル化

従来適用していた配管自動 UT 探傷システムは、取り込まれる UT データがアナログ信号であること、大容量のデータ保存ができない等の理由から、A スコープ波形をデジタルデータとして取り込むことが不可能であった。その為、最大エコー高さ及びその位置情報を保存し、それを元に帳票を出力する方式を採用しており、下記に示す問題点があった。

- 1)探傷後のデータ確認は、出力された記録にて実施する為、現場でのデータ確認が不可能である。探傷データに不備があった場合は、現場に戻り再探傷を実施するという手戻り作業が発生する。
- 2) 大容量のデータ保存ができないことから、最大エコー高さに関する情報のみを保存しており、エコー挙動（トラベリング）による評価が困難である。
- 3)出力帳票は最大エコー高さのリスト、反射源位置を示す断面図、最大エコー高さの分布図等である。これは手動 UT と同様、限られた情報での評価であり、最大エコー高さ周囲のエコー分布状況を踏まえた詳細評価は難しい。

そこで、配管自動 UT 探傷システムにデジタル探傷器を用いることで、A スコープ波形をデジタルデータとして取り込むことが可能となり、下記の利点が得られた。

- 1)探傷後、現場にて UT データの良否判定が可能となった。仮にデータ不良が判明した場合でも、即座に再探傷を行うことができる。
- 2)最大エコー高さを示さない位置の A スコープ波形も全て取り込まれているため、エコー挙動による評価が可能となった。
- 3) 複数の検査員でデータを同時に評価することが可能となり、評価の信頼性・客観性が向上した。また、現地と神戸造船所で UT データを共有可能である。

更に、帳票には A スコープ波形に加え、配管の側面図となる B スコープ及び D スコープ、上面図となる C スコープ（以下、3-View 表示と記す）を色調図として表現することが可能であり、過去の検査にて蓄積された 3-View 表示を比較することで、より詳細な評価が可能となった。

探傷システムをデジタル化することによって、現場での作業効率が向上し、大容量のデジタルデータを用いたエコーの詳細評価、デジタルデータの共有化が可能となった。

3.2 UT 分析システム

当社は、デジタルデータで得られる A スコープ波形及び位置情報を活かし、高精度・迅速な分析が可能となる UT 分析システムを開発した。UT 分析システムの分析画面を図.3 に、UT 分析システムを用いた分析フローチャートを図.4 に示す。また、UT 分析システムの特徴を下記に示す。

- 1)記録レベルを超えるエコーを自動抽出し、そのエコーの位置、エコー高さ、指示長さを自動的に算出することが可能である。
- 2)配管形状、溶接開先等の実機形状が反映された 3D モデルを用いた分析機能を搭載している。3D モデルは、図面寸法及び垂直 UT による板厚計測結果を反映し、作成している。この 3D モデルに自動 UT 装置が出力する位置情報及び探傷器が出力するエコーの路程情報を反映させることによって、反射源位置の特定が容易となり、エコー挙動による評価とあわせた高精度な評価が可能である。
- 3)抽出された記録レベルを超えるエコーのリストを自動出力することが可能である。また、リストアップされたエコーについて、3-view 表示及び反射源位置を示す断面図を自動出力することが可能である。

UT 分析システムの適用により、3D モデルを用いた高精度な評価が可能となった。また、本システムの適用によってデータリスト、3-view 表示及び断面図の自動出力が可能となり、迅速な帳票作成を可能とした。また、帳票の自動出力機能はヒューマンエラーによる記入ミスの防止にも有効である。

4. 出力帳票

UT 分析システムを用いて出力される帳票例を

図.5-1~4 に示す。帳票は下記によって構成される。

① インディケーションデータリスト

記録レベルを超える全てのエコーに対して、ピークインディケーションの位置、ビーム路程、ピークエコー高さ、指示長さについてリスト化した帳票。

② 解析図

ピークインディケーションの位置及び路程情報と 3D モデルを組み合わせた解析、及びエコー挙動による解析にて反射源の評価を実施後に、3D モデルを二次元の配管断面図に変換して反射源位置を示した帳票。

③ 3-view 表示 (C スコープ及び ABCD スコープ)

ピークインディケーションを示した指示に対して、3-view を示した帳票。本システムの帳票は全ての位置情報と波形情報を用いた色調図となっており、視覚的に理解し易いものとなっている。

5. 結言

当社は高精度かつ迅速な評価を可能とした UT 分析システムを開発し、下記の結言を得た。今後は、UT データ信号処理機能の充実等の改良を行い、更に高機能なシステムを構築していきたい。

- 1)探傷システムをデジタル化し、A スコープ波形をデジタルデータとして取り込むことによって、現場での作業効率が向上し、データの詳細評価も可能となった。
- 2)記録レベルを超えるエコーの自動抽出機能、実機形状が反映された 3D モデルを用いた評価、帳票の自動作成機能等を搭載した UT 分析システムを適用し、UT 評価手法の高度化を実現した。

6. 実機プラントへの適用状況

UT 分析システムは北海道電力殿泊発電所 3 号機における供用前検査(PSI)に適用済みである。PSI においては 200 箇所以上の溶接線に対して探傷を実施し、従来では実現できなかった自動抽出機能、3D モデル機能等を用いた高精度な分析を行った。これにより、今後の供用期間中検査 (ISI) にて比較を行うための詳細な基礎データの取得・保存することができた。今後は供用期間中検査 (ISI) への UT 分析システム適用拡大を

検討し、UT 評価の高度化を図り、プラントの信頼性向上に努めていきたい。

参考文献

- [1]井原、井、西田、川田、川瀬：日本保全学会第 5 回学術講演会 要旨集 ,2008,pp297-300.
- [2] R. Ihara “7th international conference on NDE in relation to structural integrity for nuclear and pressurized components”, 2009

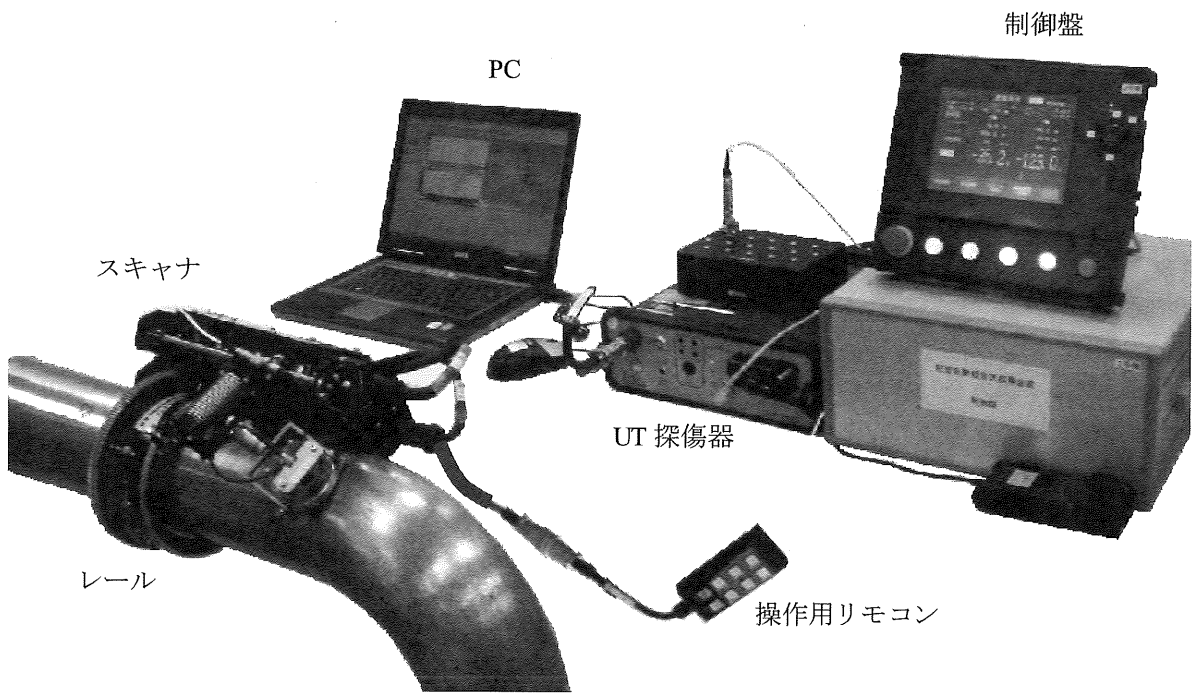


Fig.1 General View of Automated UT Equipment for Piping

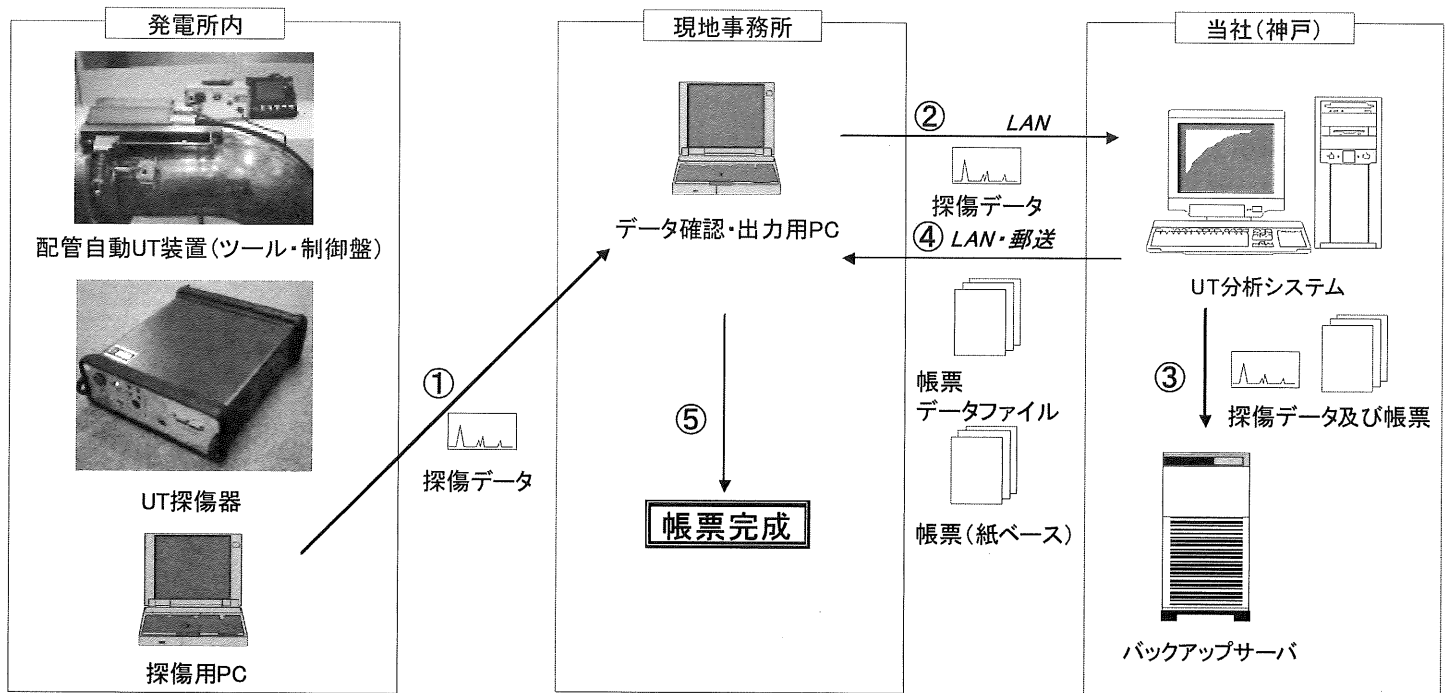
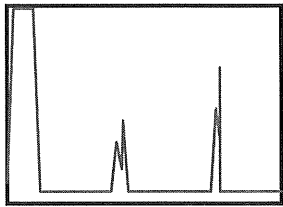
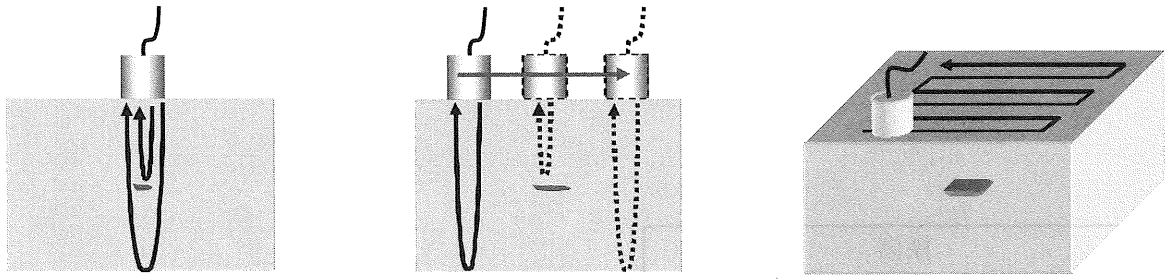
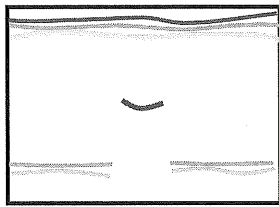


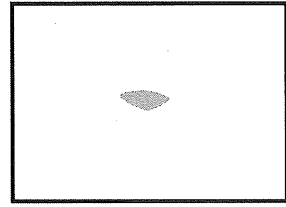
Fig.2 Flow for Data Acquisition and Analysis



Aスコープ
(波形表示)



Bスコープ
(断面表示)



Cスコープ
(マップ表示)

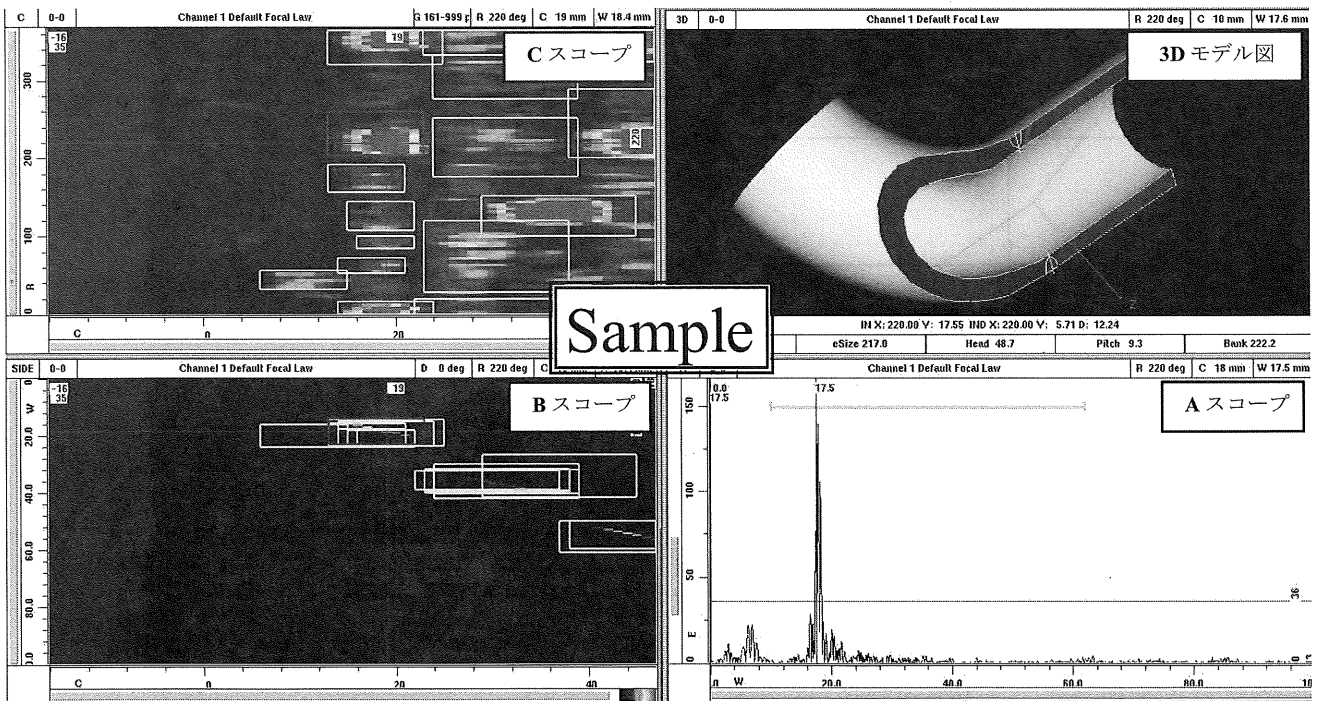


Fig.3 Analysis Screen

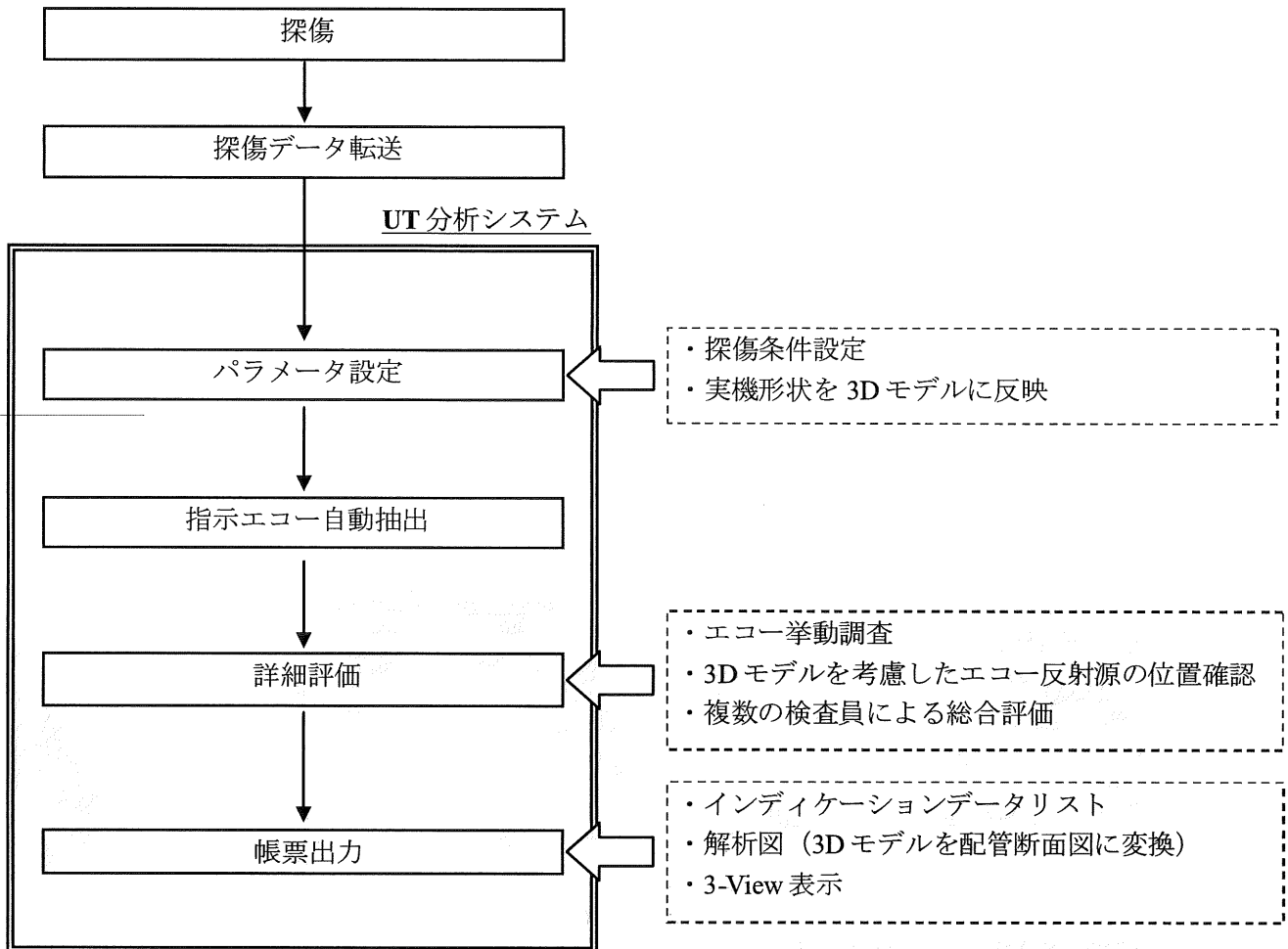


Fig.4 Flow Chart for UT Analysis System

Sample

* --- 代表例 解析図参照

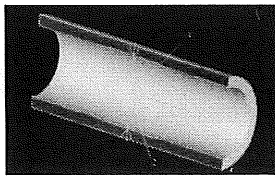
リスト No.	ピークインディケーション				20(%DAC)		100(%DAC)		備考
	探触子位置		ビーム 路程 W(mm)	エコー 高さH (%DAC)	指示範囲(度)		指示範囲(度)		
	X(度)	Y(mm)			始点/終点	指示 長さ (mm)	始点/終点	指示 長さ (mm)	
1	0.0	12	19.2	44	0.0 / 36.0	36.0			裏波部(0.5s)
2	68.0	9	16.4	50	44.0 / 100.0	55.9			柱状晶伝搬エコー
3	92.0	-1	14.1	30	84.0 / 92.0	8.0			柱状晶伝搬エコー
4	128.0	15	20.5	32	112.0 / 132.0	20.0			裏波部(0.5s)
5	148.0	12	17.9	36	144.0 / 152.0	8.0			裏波部(0.5s)
6	208.0	14	18.7	* 64	156.0 / 328.0	171.6			裏波部(0.5s)
7	276.0	2	15.3	32	256.0 / 288.0	32.0			柱状晶伝搬エコー
8	276.0	15	21.2	52	156.0 / 328.0	171.6			裏波部(0.5s)
9	324.0	17	21.9	42	156.0 / 328.0	171.6			裏波部(0.5s)
10	348.0	8	18.0	* 59	340.0 / 356.0	16.0			柱状晶伝搬エコー
11	56.0	28	33.9	* 76	0.0 / 356.0	355.1			外表面部
12	172.0	26	34.2	70	0.0 / 356.0	355.1			外表面部
13	228.0	28	34.2	68	0.0 / 356.0	355.1			外表面部
14	296.0	28	35.7	55	0.0 / 356.0	355.1			外表面部
15	340.0	30	36.7	42	0.0 / 356.0	355.1			外表面部

- ・記録レベルを超えるピークインディケーションを自動抽出
- ・各ピークインディケーションに対しパラメータ値を自動計算

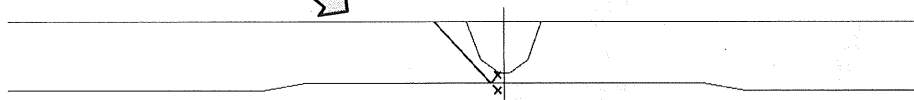
Fig.5-1 Inspection Record - Indication Data List

Sample

リスト No.	探触子位置		ビーム路程 W (mm)	エコー高さ (%DAC)
	X (deg)	Y (mm)		
6	208.0	14	18.7	64



- ・解析に用いた3Dモデルを二次元の断面図に変換



裏波部(0.5s)

Fig.5-2 Inspection Record - Analysis Diagram

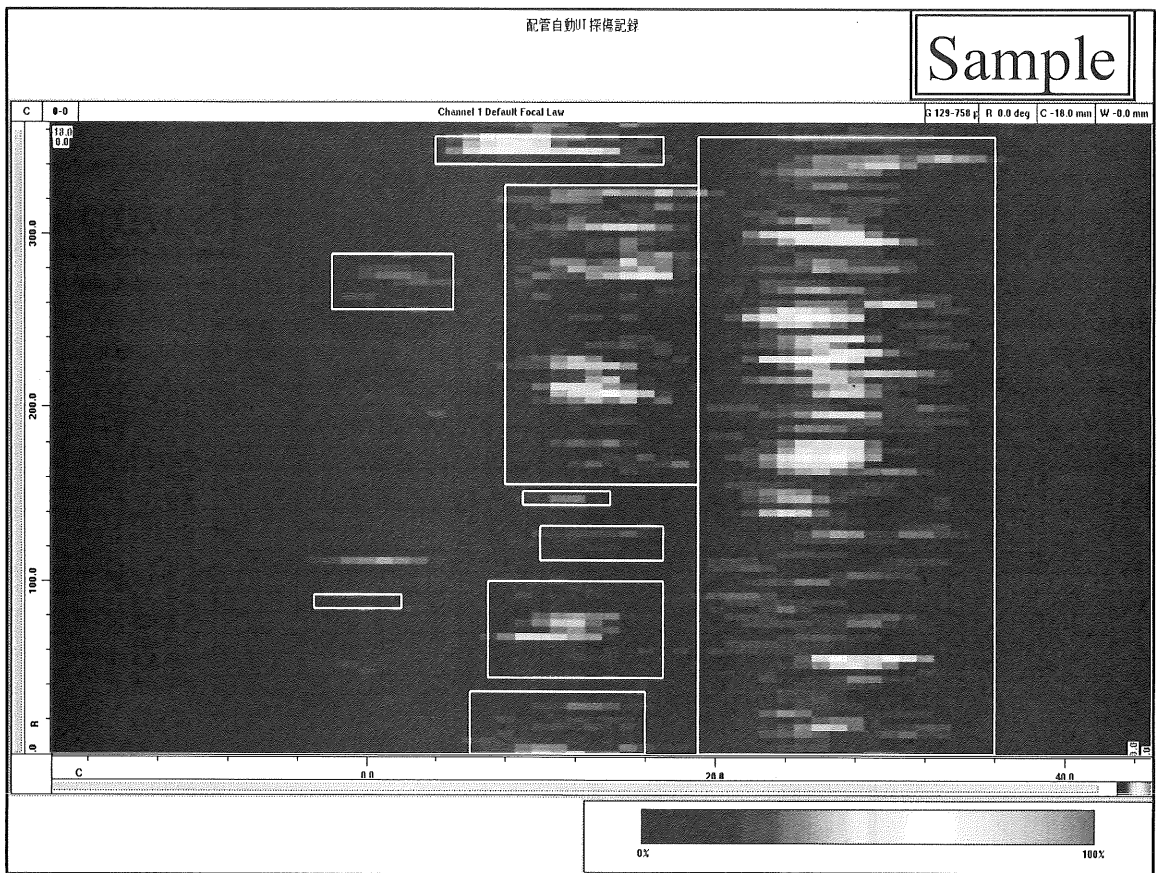


Fig.5-3 Inspection Record – 3-view Display (C-Scope)

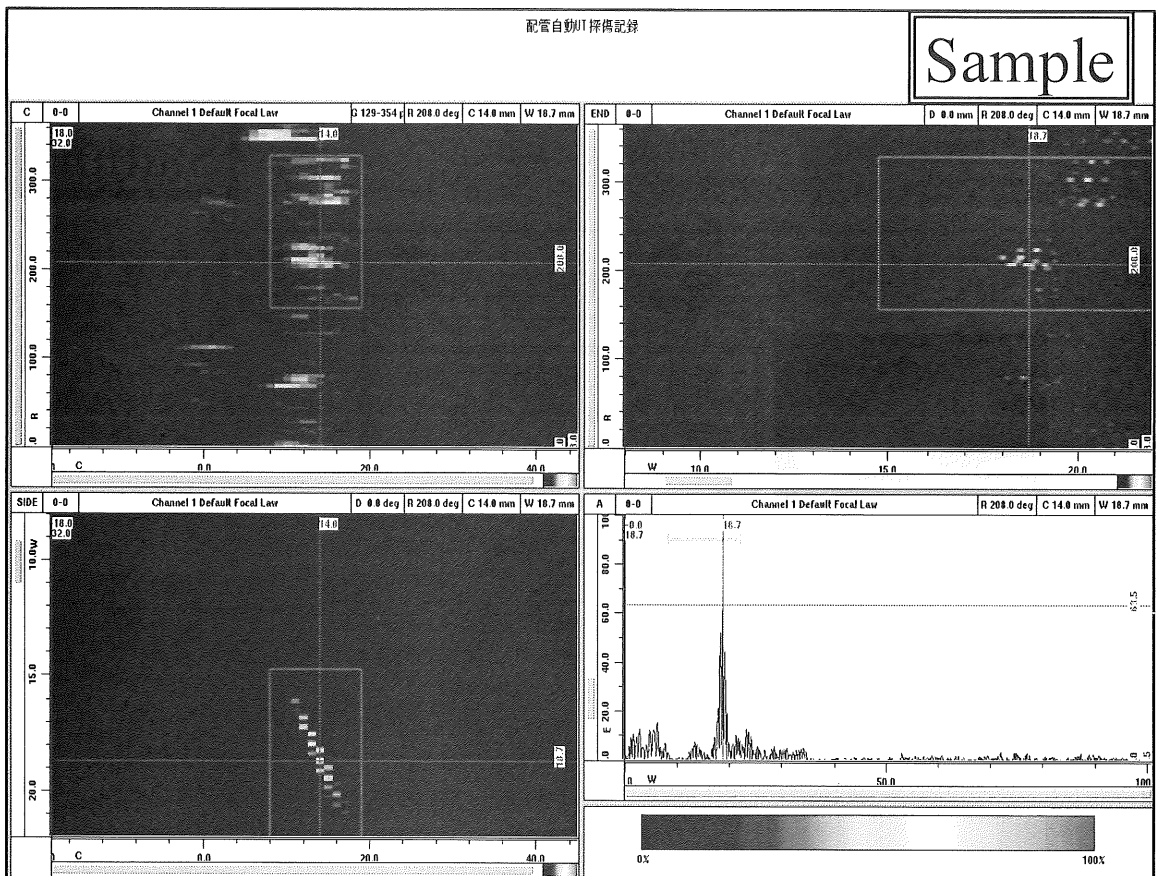


Fig.5-4 Inspection Record – 3-view Display (A,B,C,D-Scope)