

第25回

千葉県非破壊検査研究会・研究発表会

講演資料

日時 平成23年2月4日(金)
13:00～17:10

場所 JFEみやぎ倶楽部

目 次

I 研究発表

1. フェーズドアレイ探傷装置MC-64について 1
栄進化学(株)業務企画室 木下康司
2. Phasor XSについて 7
GEセンシング&インスペクション・テクノロジーズ(株)矢本 守
3. ボリュームフォーカスフェイズドアレイとその応用 21
日本クラウトクレーマー株式会社大阪事業所応用技術担当部長 村井純一
4. PA探傷器OMNISCANとスキャナーについて 33
オリンパス(株)産業システム事業本部IMS国内営業部 高田 泰

II. 特別講演会

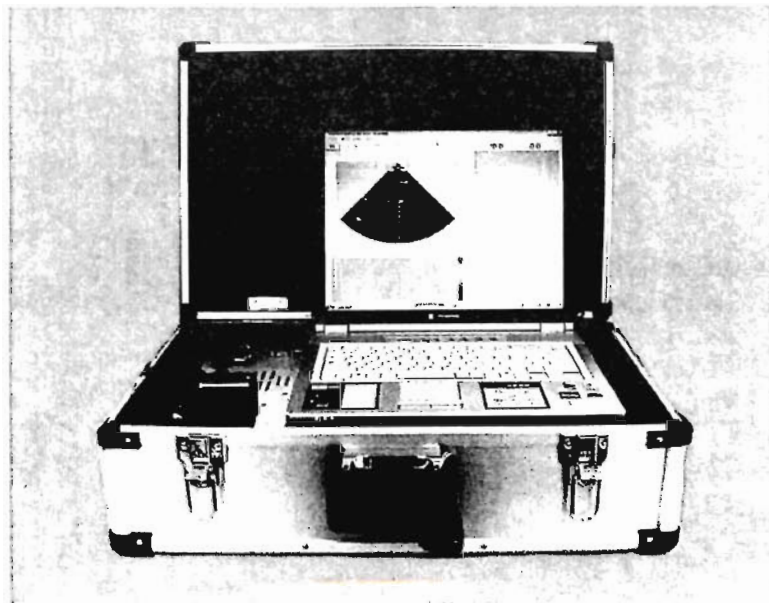
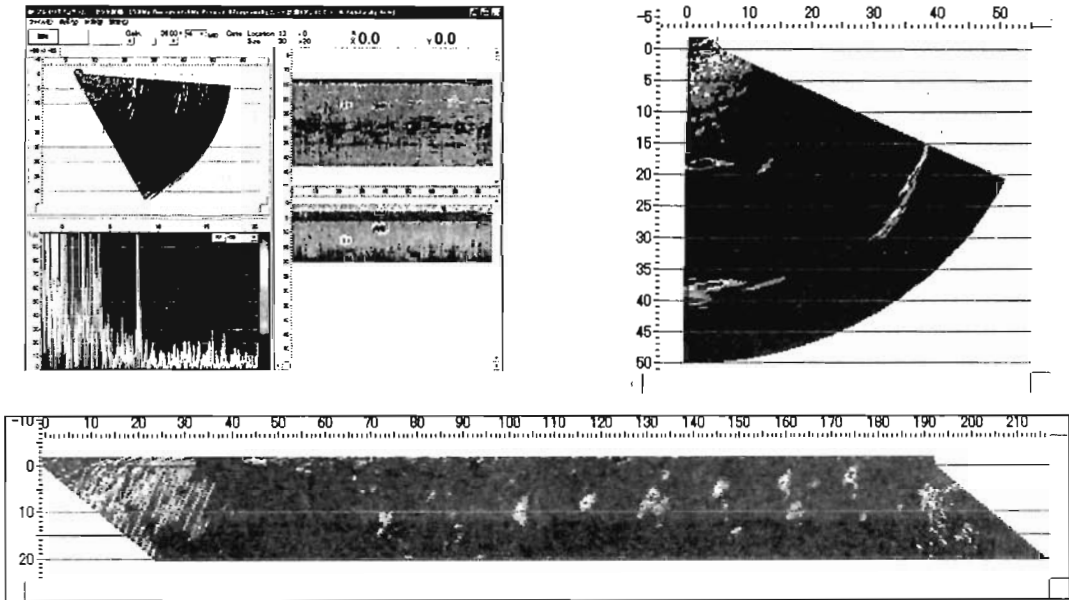
- 演 題: フェーズドアレイ法の現状と規格案について 45
講 師 富山大学大学院理工学研究部 教授 三原 毅

フェーズドアレイ探傷装置MC-64について

栄進化学(株)業務企画室

木下康司

フェイズドアレイ超音波探傷装置 MC-64型



Ultrasonic Phased Array System

特長

最大限の機能に抑えて低価格を実現したフェイズドアレイ装置です

Aスコープ 任意ラインの波形を RF 又は全波表示

Bスコープ 正面より見た深さ断面画像表示

Cスコープ(上から見た平面画像) 上部より見た平面画像表示

Dスコープ(側面から見た平面画像) 側面より見た深さ断面画像表示

- 超音波フェイズドアレイプローブを接続し容易に断面画像をリアルタイムに表示します
- 探傷機とPCはUSB2.0接続にて通信を行い、リアルタイムにて画像表示します
- ユーザーに優しい日本語表示機能及び使い勝手に合わせたソフト設計
- 既存フェイズドアレイプローブ使用可能

仕様

型 式	MC-64
使用可能ch数	64ch
同時励磁パルサー数	32ch
同時励磁レシーバー数	16ch
周波数帯域	0.5MHz~10MHz
デジタイザー	50/25/12.5MHz
ポイント数	32768
位相遅延時間	0~7 μ s(10nsステップ)
ゲイン可変範囲	0~62dB(0.25dBステップ)

パルサー印加電圧	300V
繰り返し周波数	最大3.5kHz
スキャン方式	リニア及びセクター
スキャンライン数	2048
エンコーダー入力	2軸
インターフェイス	USB2.0
コネクタ	ハイパートロニクス
外形寸法及び重量	W265×D240×H340 8Kg
電 源	AC100V 1.5A

安全に関するご注意

この製品は家庭用品ではありませんので、専門知識を持つ技術者がお使いください。
本カタログに記載しております仕様、外観等の改良は予告なく変更することがあります。

製造元

販売元

エムシー計測株式会社

栄進化学株式会社

〒105-0021

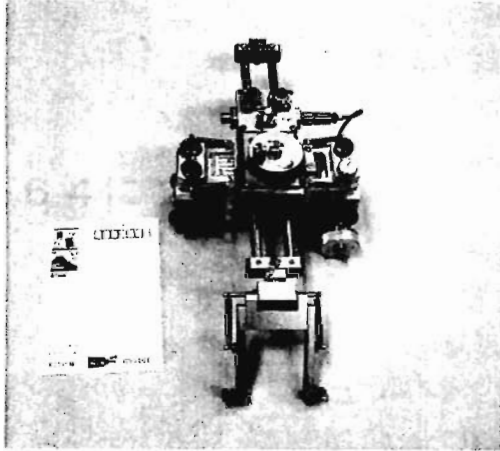
東京都港区東新橋1-2-13

自走式小型万能スキャナー FEK-3 型

※財団法人電力中央研究所、特許出願中
(特願 2009-168962)

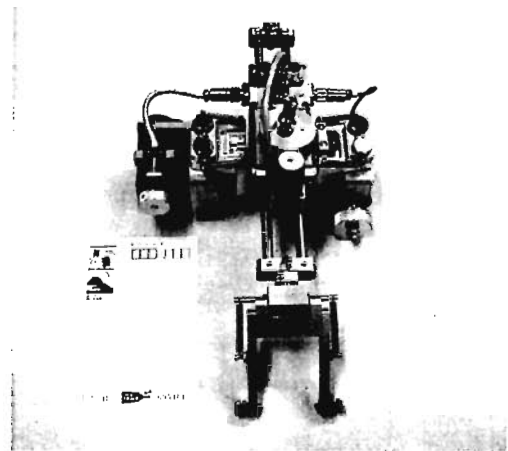
エルボ配管溶接部に最適

手動探傷時

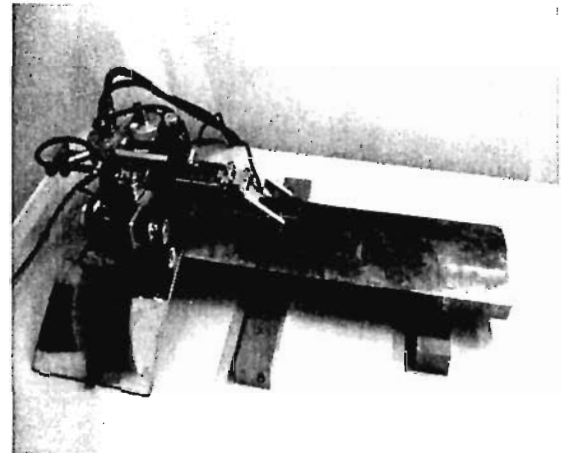
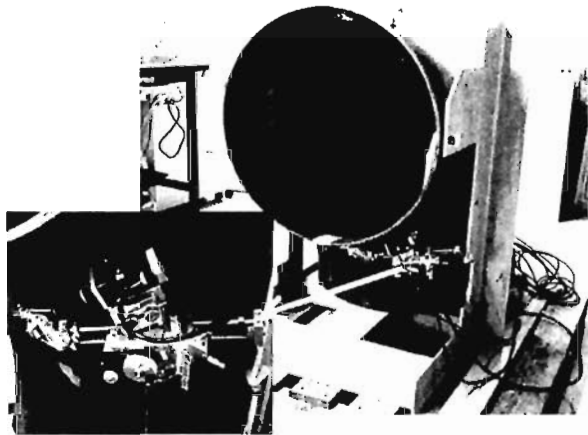


エルボ配管探傷の様子

自動探傷時（ステッピングモータ取付）



瓦状試験体探傷の様子



特長

- ボイラ配管の長手および周溶接部や平板溶接部、配管溶接部等の検査に最適です。
- 小型・軽量設計なので、作業者の負担が軽減できます。
- 配管探傷の場合、最小配管径 150A(外径 165.2mm)から使用できます。
- スキャナーと検査物の脱着が容易に行えます。
- 電源確保が困難な場所では、モータを取り外すと手動探傷も行えます。
- 2軸エンコーダが付属していますので、位置データの取得が可能です。
- 超音波探傷以外にも、渦流探傷や硬度計測定等の使用も可能です。

IR CRIEPI 電力中央研究所

販売元

栄進化学株式会社

<http://www.eishinkagaku.co.jp/>

共通仕様

基本ユニット

手動 X 軸ユニット

手動 Y 軸ユニット

探触子取付フォーク

エンコーダケーブル(5m)

構造

駆動軸 2 軸

寸法

Y 軸方向 343mm×X 軸方向 160mm×高さ 110mm(基本ユニット)

Y 軸方向 343mm×X 軸方向 196mm×高さ 110mm(電動オプション)

重量

約 1.6Kg(基本ユニット) 約 2.1Kg(電動オプション付)

走査範囲

X 軸 エンドレス

Y 軸 最大 140mm(基本ユニット) 最大 110mm(電動オプション)

使用範囲

最小 150A(外径 165.2mm)以上(パイプ探傷の場合)

エンコーダ分解能

X 軸 送りハンドル 1 回転にて 120mm エンコーダパルス 1000P/R

Y 軸 送りハンドル 1 回転にて 40mm エンコーダパルス 1000P/R

オプション

電動オプション

2 軸コントローラ SHOT-202

コントロールパッド CJ-200

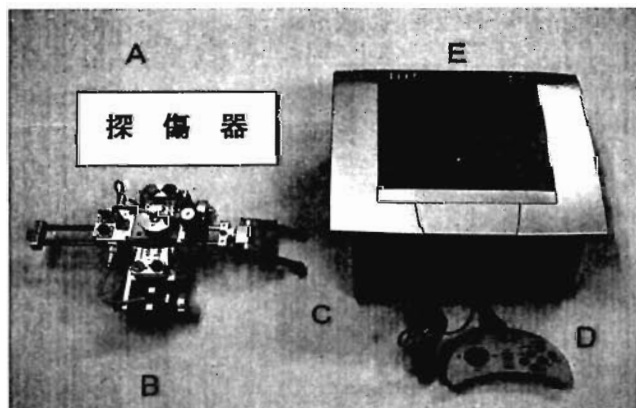
USB・シリアル変換ケーブル

自動制御プログラム(著作権所有:財団法人電力中央研究所)

タイミングベルトオプション

平板をスキャナーで探傷する際に、軌道にタイミングベルトを取付けることにより X 軸方向の滑りを抑制できます。

小型2軸自動探傷システムの一例



A 探傷器

B スキャナー(電動オプション)

C コントローラ(オプション)

D コントロールパッド(オプション)

E ノートパソコン

※探傷器、ノートパソコンは別売りです



素材を、製品を、そして環境を守る

栄進化学株式会社

<http://www.eishinkagaku.co.jp/>

本社	〒105-0021	東京都港区東新橋 1-2-13 川岸会館	TEL 03-3573-4235	FAX 03-3573-4230
茨城工場	〒303-0043	茨城県常総市内守谷町 4689-1	TEL 0297-27-9507	FAX 0297-27-9508
開発技術センター	〒277-0871	千葉県柏市若柴 6-283	TEL 04-7131-0911	FAX 04-7131-5799
東日本営業所	〒277-0871	千葉県柏市若柴 6-283	TEL 04-7131-5674	FAX 04-7131-5799
川崎営業所	〒210-0805	神奈川県川崎市川崎区伊勢町 13-5	TEL 044-233-4351	FAX 044-233-5295
名古屋営業所	〒464-0858	愛知県名古屋市中千種区千種 3-28-14	TEL 052-741-8851	FAX 052-741-8867
大阪営業所	〒536-0016	大阪府大阪市城東区蒲生 2-3-30	TEL 06-6931-9058	FAX 06-6931-1705
広島営業所	〒730-0047	広島県広島市中区平野町 3-33 川岸ビル	TEL 082-243-1532	FAX 082-243-1598

※茨城工場は、ISO 9001:2008 を認証取得

※改良の為予告なしに仕様を変更する場合があります。



Phasor XSについて

GEセンシング&インスペクション・テクノロジーズ（株）

矢本 守

第25回研究発表会

Phasor XS について

2011/2/4

JFEみやざき倶楽部

GEセンシング&インスペクション・テクノロジーズ㈱



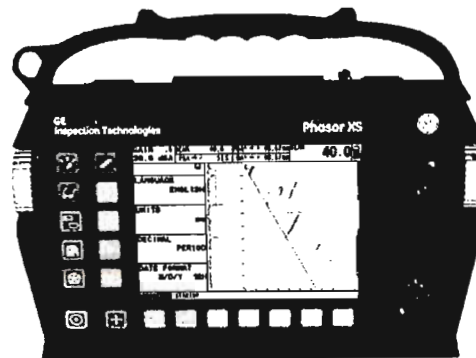
GE imagination at work

1 : Phasor XS : 小型ポータブルPA探傷器

- フェーズドアレイ機能 (16エレメントの同時駆動、最大64エレメントの接続)
- リアルタイムBスコープとAスコープの表示
- 従来の探傷機能をすべて搭載 (一般探傷機能)

3.8 kg

B5

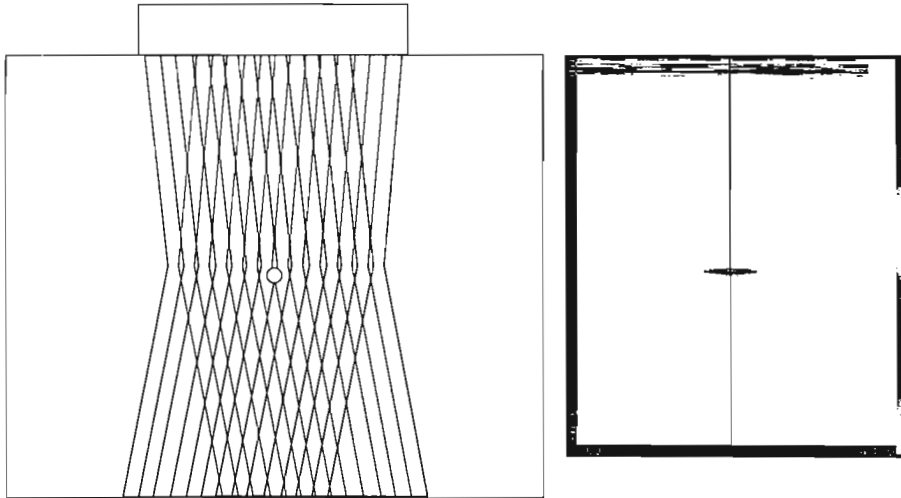


GE imagination at work



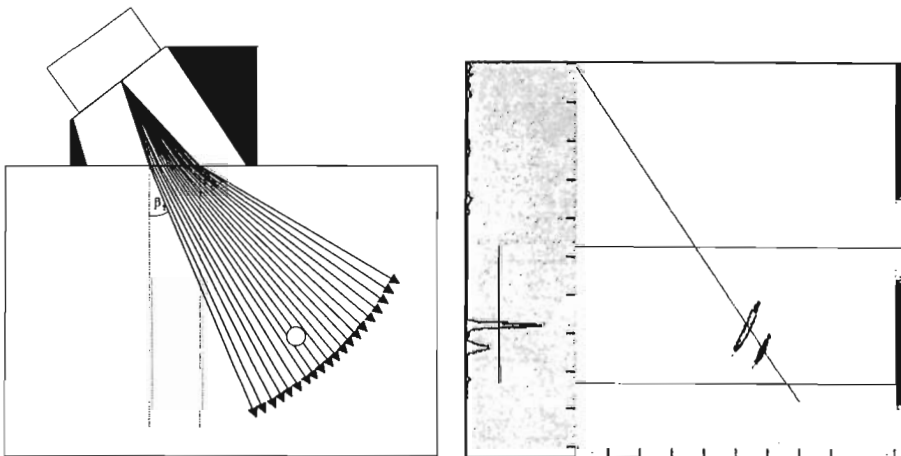
imagination at work

Bスコープ (リニアスキャン: 垂直)



 GE imagination at work

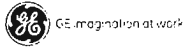
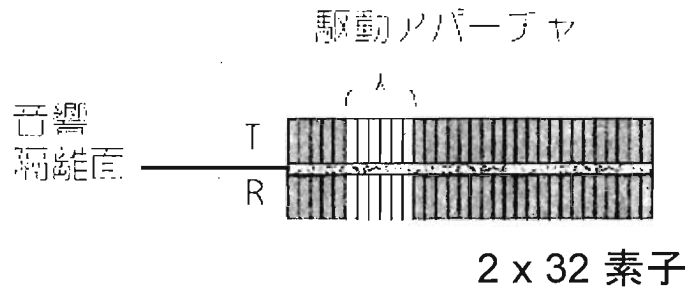
セクタスキャン: 超音波ビーム (横波) の角度可変



 GE imagination at work

2 : Phasor DM用 PA探触子の開発

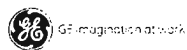
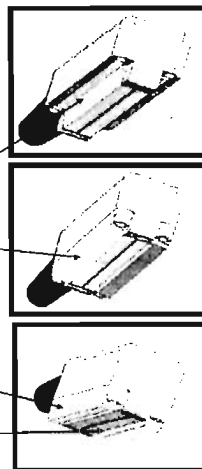
探触子構造



DMアレイ探触子の例

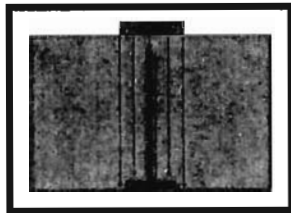
Phasor DM アレイ探触子

- ステンレス鈎の薄型探触子ケース
・ケースの特注可能 (例: プラスチック)
- Phasorコネクタ用ケーブル (取外し不可)
- デイレイ材付
- 取り外し可能な耐摩耗用ガイドバー
(接触面が小さい場合は耐摩耗用ガイドバーなしで使用可)
 - Flat wear bars - 平面、大型曲面用
 - Curved Wear bars - 円柱面用 (オプション予定)
- 接触媒質用の隙間あり

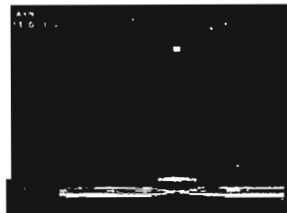


GE imagination at work

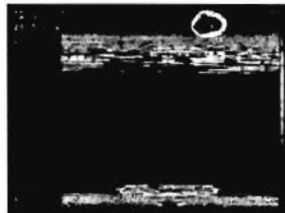
Phasor DM Array Probes



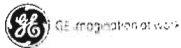
ASTM Block
#4 FBH (1.5mm Dia)
@ .090" (2.25mm)1



DM Array Image
NFW



Best Pulse/Echo
Array Image



腐食部 “B-Scope” 波形例

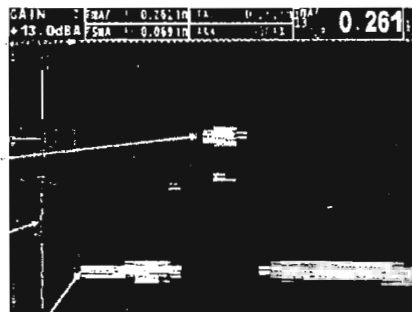
試験体表面

ビーム13のピットからの反射

ビーム13のアスコープ表示



底面エコー



3:きずの評価 DAC と TCG

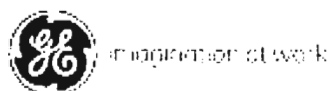
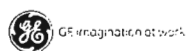
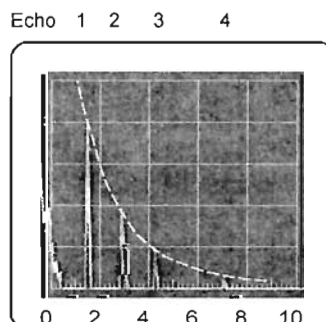
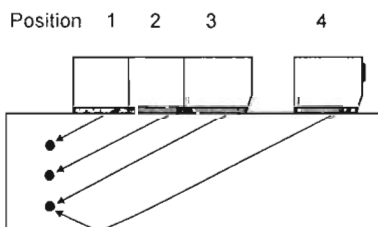
JIS Z 3060では“きず”の評価を“エコー高さ区分線”で行う。

PA装置では“TCG”機能を使用して“きず”の評価をすることを可能にしている。



距離の影響

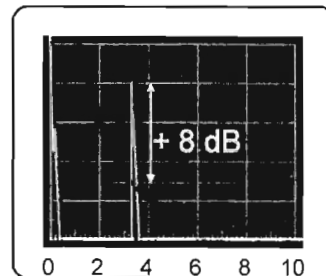
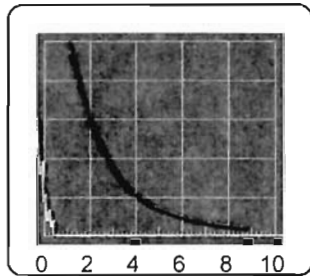
エコー高さは、距離によりビーム形状・測定物の減衰特性の影響を受ける。



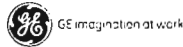
DAC Distance Amplitude Curve

DAC は同一きずにおいて、距離に対する振幅の変化を示したカーブである。

たとえば3mmのSDHで作成したDACを使用して自然きずの評価をおこなう。



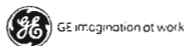
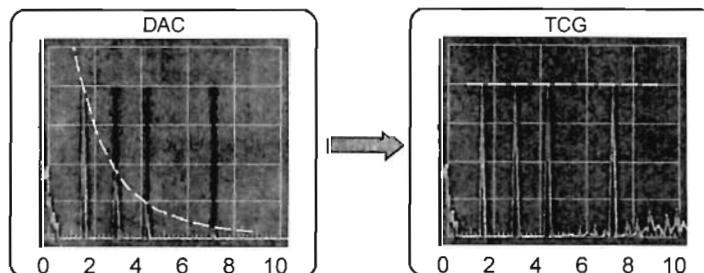
The evaluation result is the **excess recording echo height** in dB.



TCG Time Corrected Gain = distance compensation

TCG = EDAC

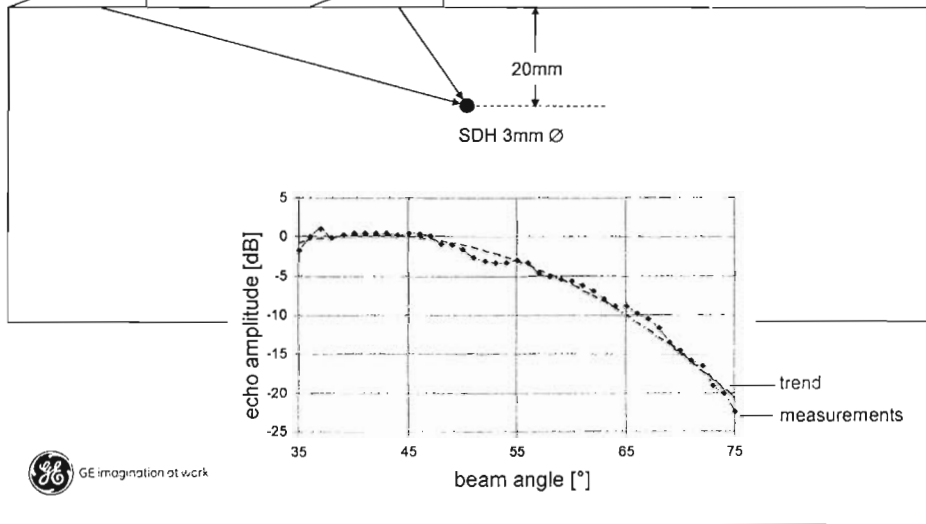
TCG は距離に対して振幅を電氣的に補償して、同一きずからのエコーは距離が変わっても同一高さになるように増幅器の増幅度を時間軸上で変化させている。その変化量は“DAC”作成時に採取したデータを使用する。



ビーム角度とエコー高さ

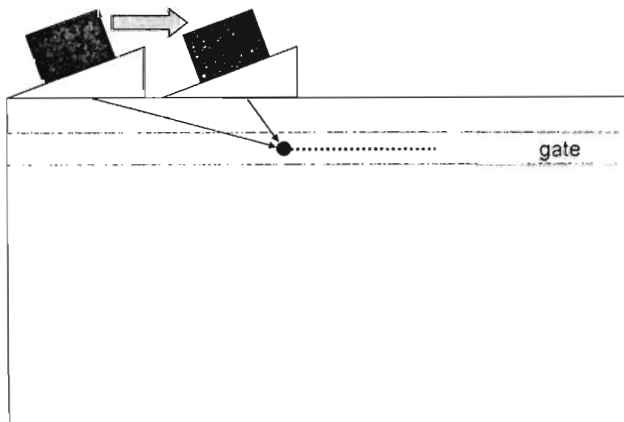
4 MHz, aperture = 16,
Pitch = 0,5 mm,
Wedge = Polystrol 36°

ビームの偏向によりエコー高さは屈折角により変化する。



標準穴エコーの記録

セクタスキャンにおけるTCGを設定するには、標準穴により各屈折角におけるエコー高さを記録する。

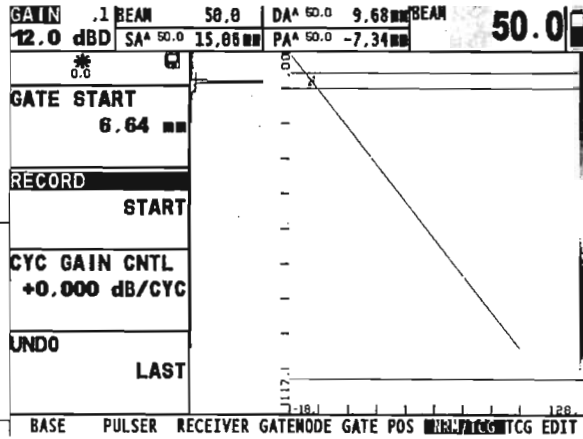
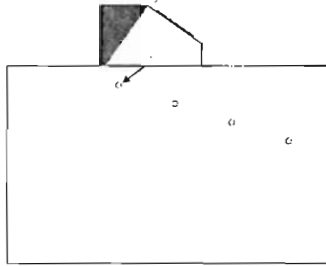


探触子を動かし各屈折角における、標準穴からのエコー高さをGATEを利用して記録する。

GE imagination at work

基本設定

dBA = 0 dB
 dBD = 12 dB
 Echo height ~ 85%

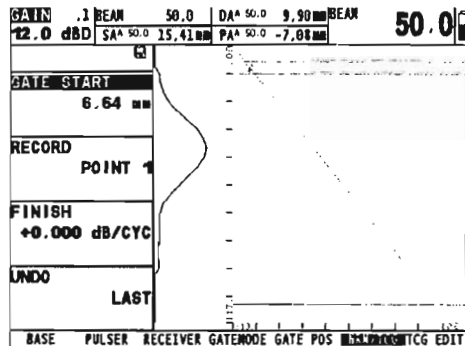


The maximum reference echo is received from the hole in 10 mm, at a beam angle of 50°.

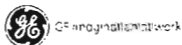


記録: 最初の標準穴

Function RECORD now displays POINT 1, recording of the 1st reference can start.
 The A-scan is replaced by the amplitude-cycle-diagram.



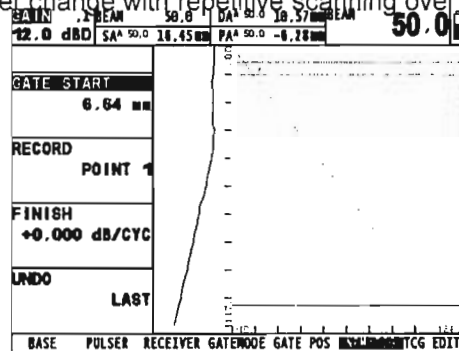
Now move the probe over the reference, in order to receive an echo for every beam (angle). The amplitude-cycle-diagram changes correspondingly.



最初の標準穴の記録完了

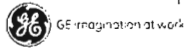
The 1st reference has been correctly recorded, if the amplitude-cycle-diagram

- does not exceed 100% screen height (otherwise error message),
- shows a continuous shape,
- shows amplitudes larger than 0 for all cycles, and
- will not further change with repetitive scanning over the reference.



Store POINT 1:

Select function POINT and press again to store, and switch the the 2nd reference point.

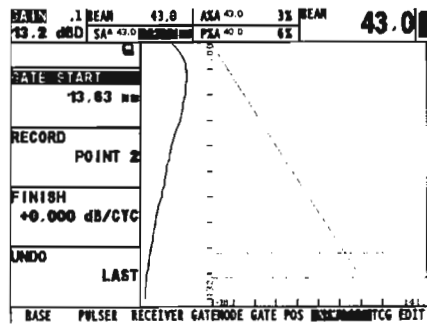
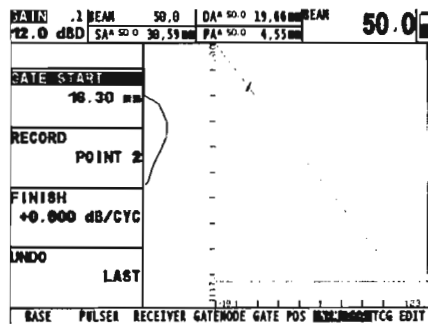


2番目の標準穴

Maximize the 2nd reference echo at 50°, and move gate A to this echo.

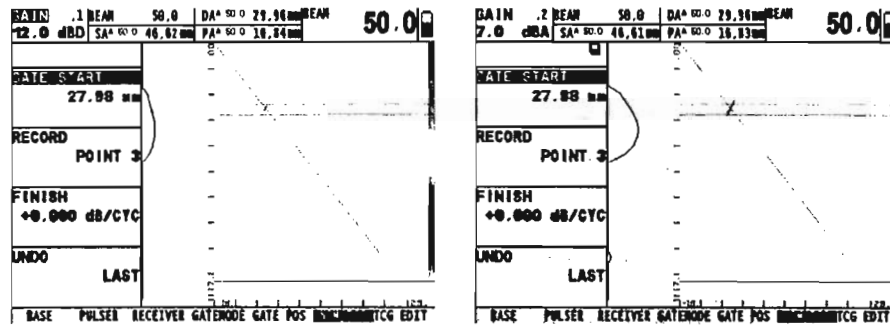
The amplitude-cycle-diagram appears.

Record the echoes for all angles, then store the 2nd reference point .



3番目の標準穴

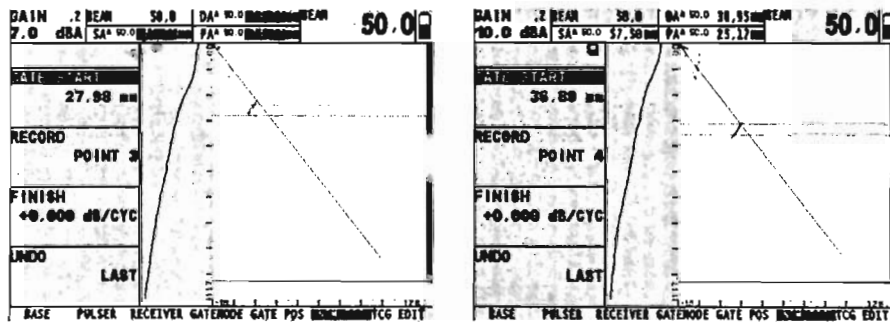
The 3rd reference echo only reaches ~25% screen height.
Therefore increase the analog gain (here by 7 dB), until the echo again reaches ~80% screen height:



Record the echoes for all angles, and store this point.



3番目・4番目の標準穴の記録完了

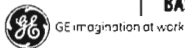
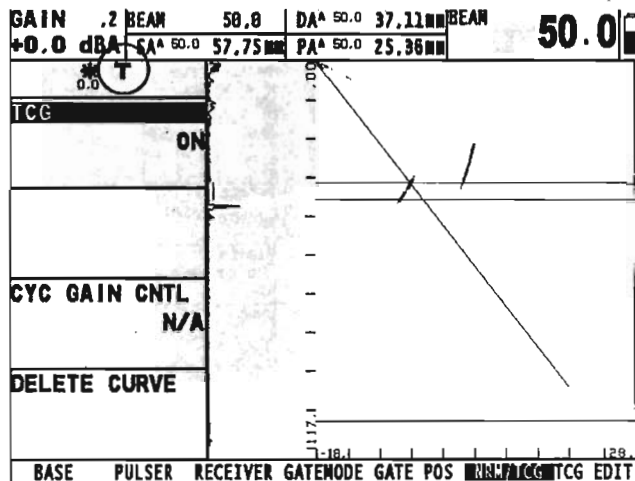


Finish the the complete TCG recording by pressing the FINISH button.

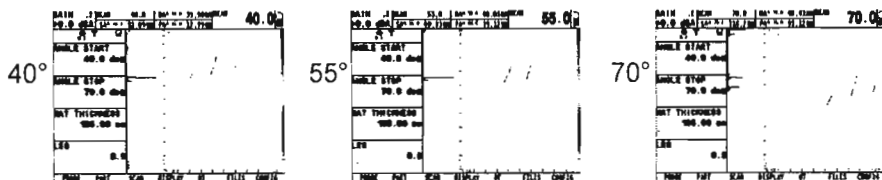


TCGを使用する

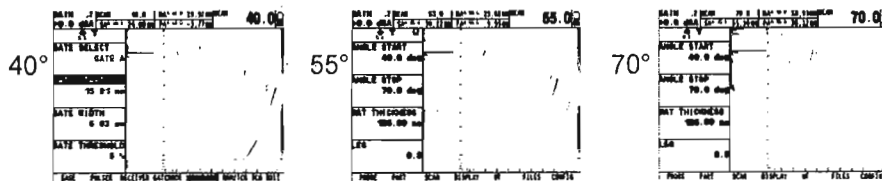
The TCG is now active, indicated by the „T“ in the status area.



TCGカーブの確認

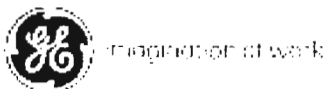
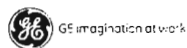


Reference echo out of 40 mm depth



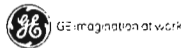
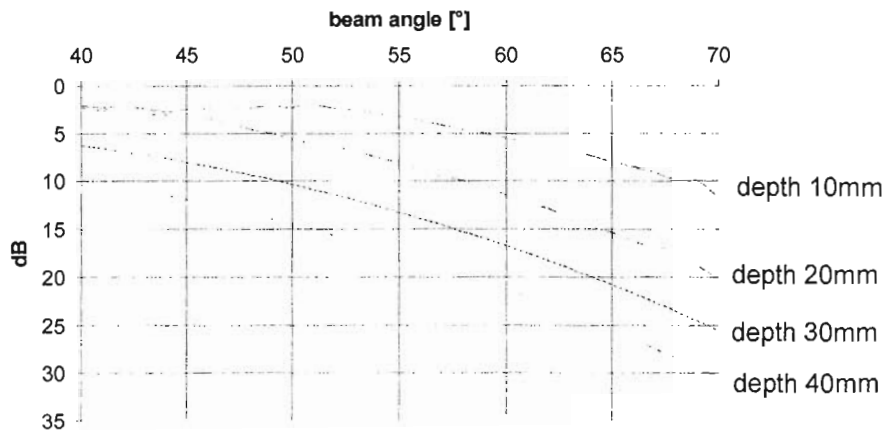
Reference echo out of 20 mm depth

Result: All reference echoes approximately reach the same echo amplitude, independent of the depth and the beam angle.



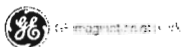
TCGカーブの例

3mmのSDH(鋼)により作成した例



TCG の課題

- データ採取に時間を要する。
- 広いダイナミックレンジのアンプが好ましい(広い屈折角をカバー)。
- データ採取後、一部データの変更ができることが利便性に通じる。





ボリュームフォーカスフェイズドアレイとその応用

日本クラウドクレーマー株式会社大阪事業所

村井純一



千葉県非破壊検査研究会
第25回研究発表会

ボリュームフォーカスフェイズドアレイ とその応用

2011年2月4日
JFEみやぎき倶楽部ミュージズホール

日本クラウトクレーマー株式会社

村井 純一



弊社のフェイズドアレイ探傷器

ボリュームフォーカス探傷技術とは

ボリュームフォーカス探傷の適用例

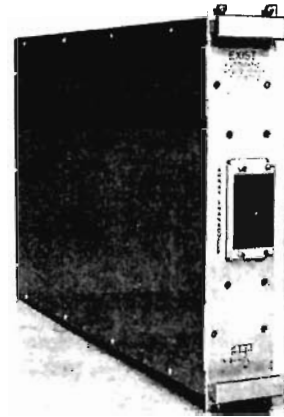
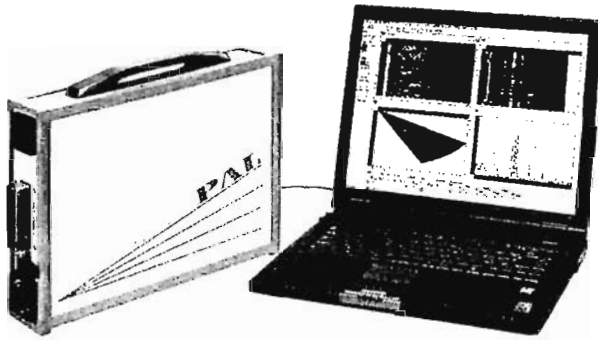
- ・丸棒鋼探傷
- ・角ビレット探傷



フェーズドアレイ探傷器の紹介

PAL3

ポータブルフェーズドアレイ探傷装置
 128CH 32CH同時励振
 小型軽量
 アニメーションによる簡単設定



EXIST

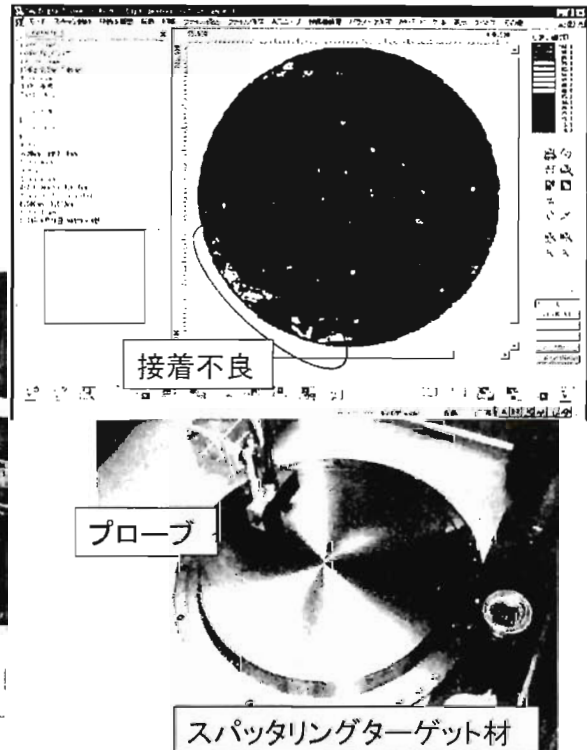
PAL3と同じコンセプトの、オンライン機能搭載のフェーズドアレイ探傷装置
 ゲート機能、高速判定などオンライン探傷に必要な機能等搭載
 並列運転可能



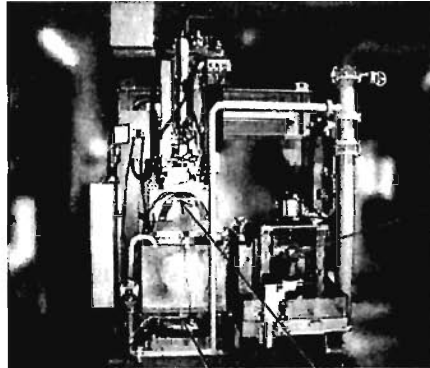
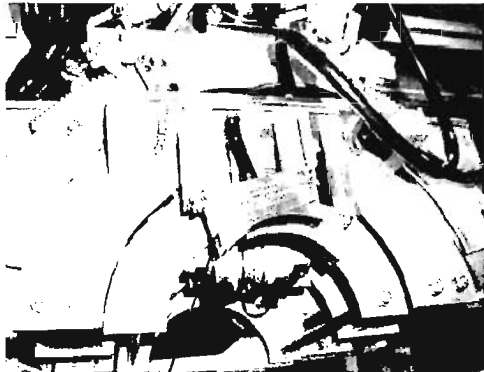
PAL3の応用例 ターゲット材探傷の画像例

試験概要

- 10MHz-128EL-0.5mmp
- 290φ × 45mm厚さのターゲット材
- 0.5mm × 0.5mmの探傷ピッチ
- シングルプローブに比べ1/16の探傷時間



EXISTの応用例 電縫管自動探傷装置

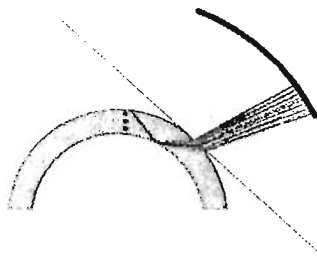


パスライン

アレイ探触子

探傷ヘッド部

校正水槽



電子走査イメージ

ボリュームフォーカス

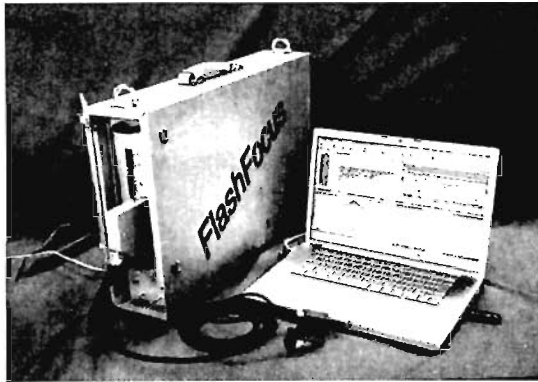
フェーズドアレイ探傷の新技術
全チャンネル同時励振により

- ①高速探傷
- ②大口径プローブによる高検出能力
を可能にする

- ・角ビレット探傷の例
- ・丸棒鋼探傷の例



ボリュームフォーカス探傷器の紹介



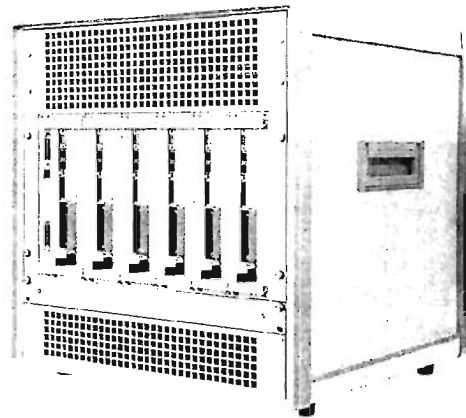
FlashFocus

フィールドあるいは研究用
データの解析機能を搭載

VF128

オンライン探傷機能を搭載

- ・ゲート機能。高速判定機能、
オンライン探傷用各種機能
- ・複数のユニットを同時使用可能



ボリュームフォーカスの概要

例えば、128素子のリニア探触子を使用して探傷する場合・・・

従来技術

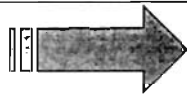
同時励振(例えば32素子)でN素子ずつずらしながらのスキャンが必要



多重反射により、探傷スピードに限界あり
送信、受信ともにフォーカスを設定

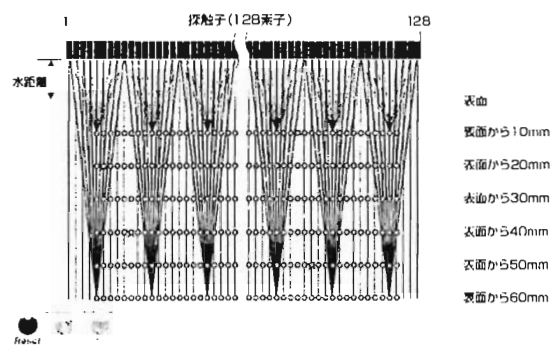
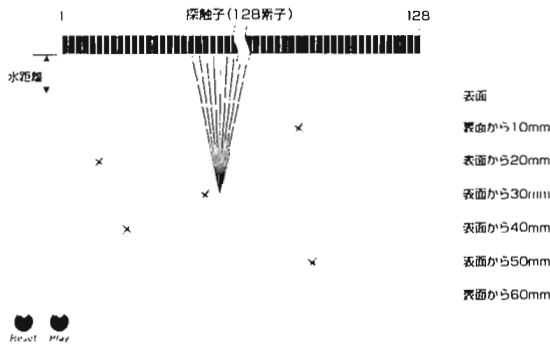
新技術

ボリュームフォーカス技術
最大128素子すべてを同時に励振するため、電子走査の必要がない



1回の超音波送信で1断面の検査完了
大きなアパーチャーが得られる高精度探傷が可能
サイクルタイムの大幅短縮
探傷スピードの大幅UPが可能
マトリクスプローブなどのアプリケーションが可能

ゾーンフォーカスと ボリュームフォーカス



ゾーンフォーカス

ボリュームフォーカス

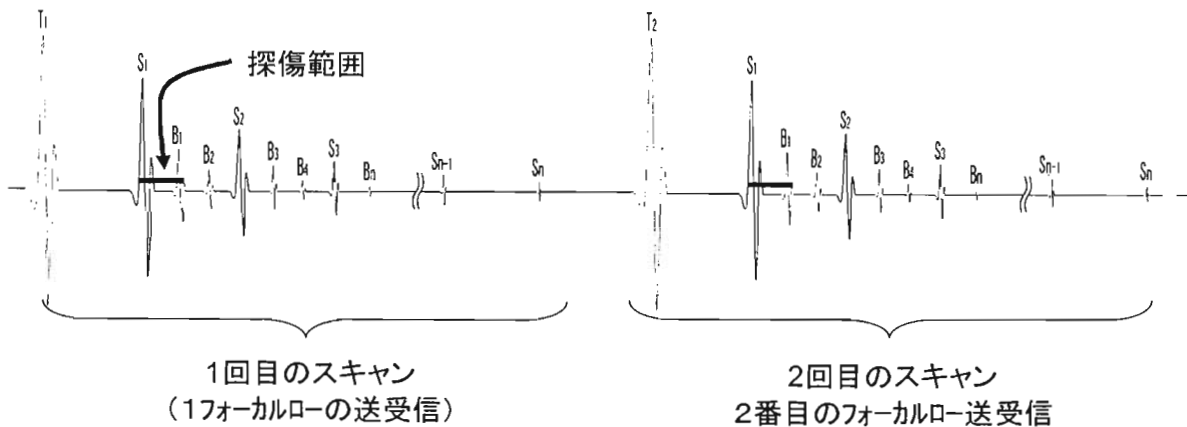
ゾーンフォーカスは高性能な探傷に適し、
ボリュームフォーカスは高速探傷に適する

多重反射の影響(従来法)

水浸の垂直法で探傷した場合の例

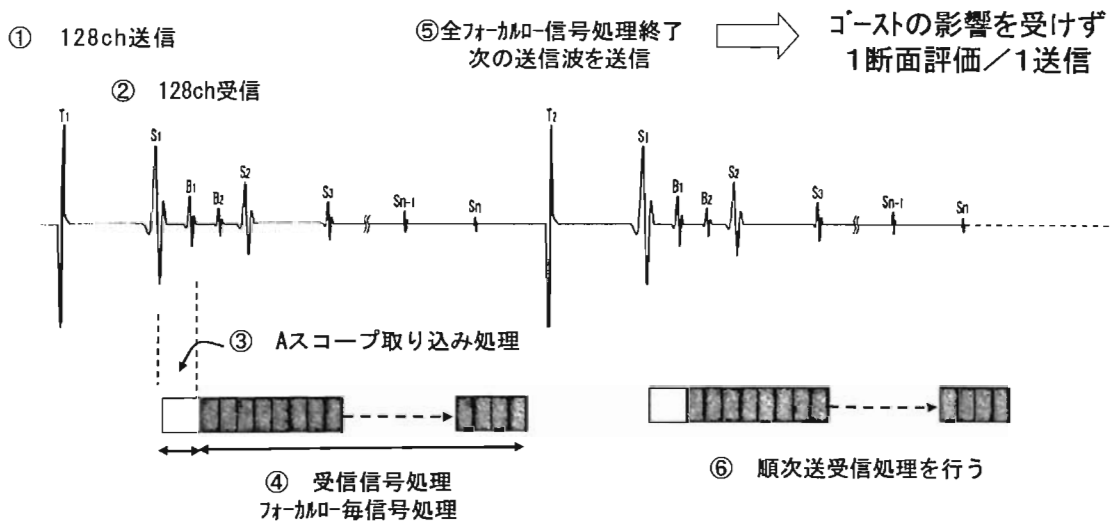
材料表面(S)と底面(B)エコーによる多重反射が発生
多重反射が十分に減衰するまでの時間が必要

自動UTの場合には、PRFが上げられない問題が出る

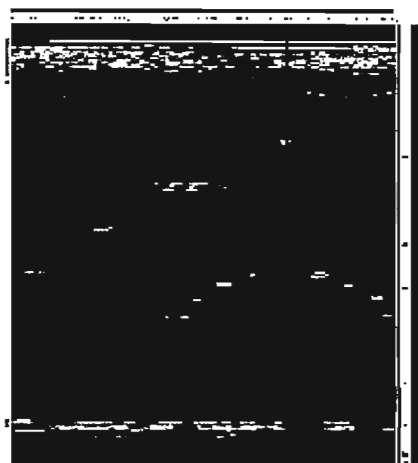




ボリュームフォーカス技術 高速信号処理



ボリュームフォーカスの画像表示例



TP: 35mm × 40mm × 85mm 人工欠陥 1φのSDH

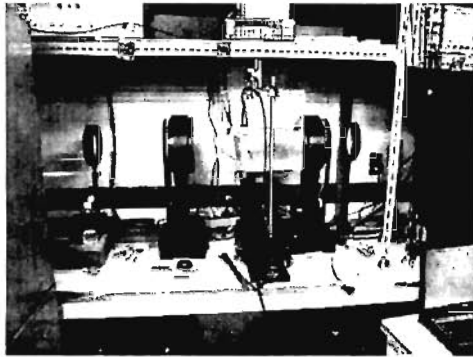
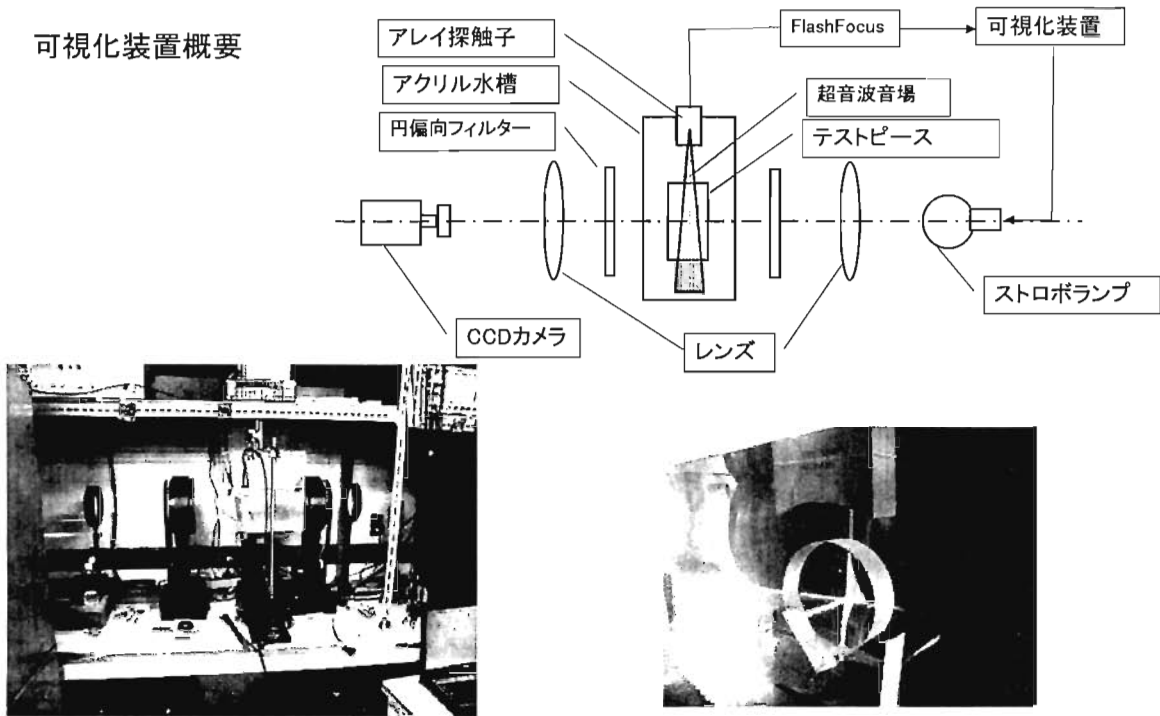
探触子: 5MHz-128EL-0.75mmp

一度の送受信で1断面のBスコープが得られる
DDF併用のため深さにかかわらず高分解能



ボリュームフォーカスの光弾性可視化

可視化装置概要



光弾性可視化の画像例

光弾性試験概要

探傷器 FlashFocus

探触子 10MHz

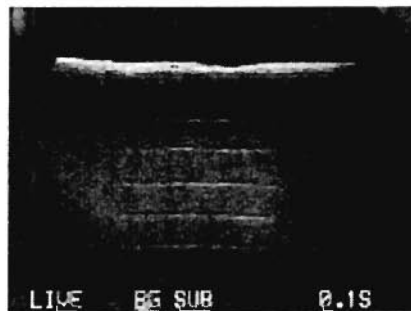
128CH

0.5mmピッチ

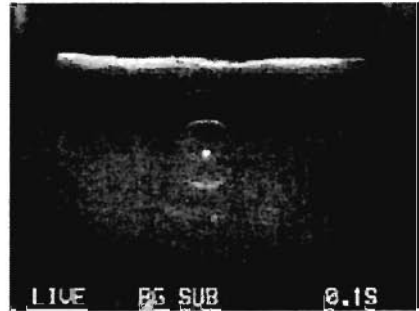
同時励振 128CH

試験片 石英ガラス

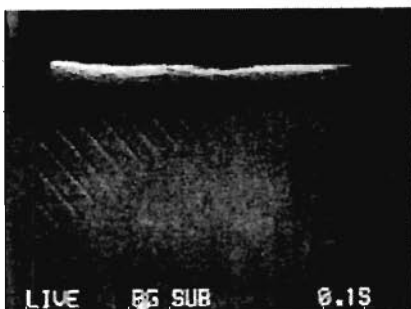
直接接触



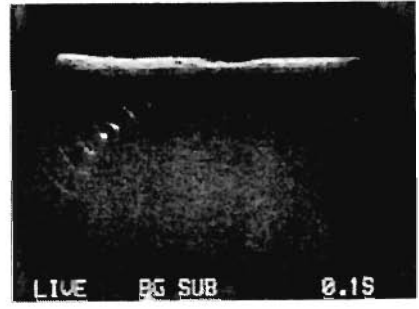
垂直



垂直:焦点40mm



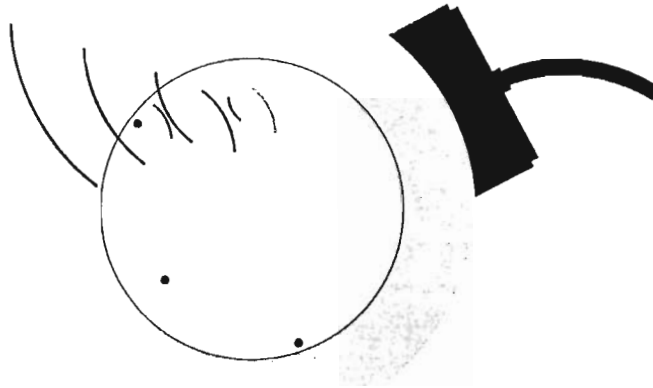
斜角(横波)



斜角(横波):焦点40mm



丸棒鋼の探傷方法

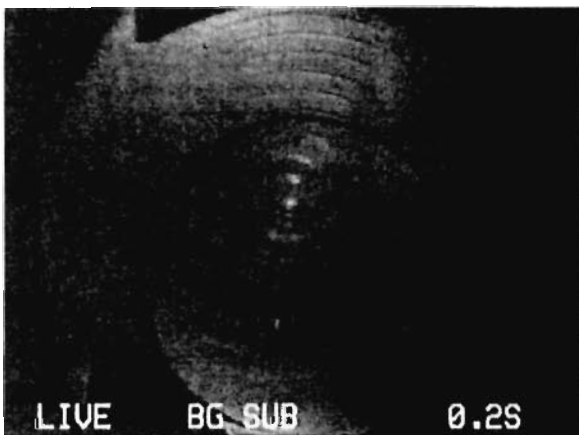


Reset Play

- 3回の送受信で
① 垂直探傷
② 斜角探傷(+)
③ 斜角探傷(-)
の探傷が可能



丸棒の光弾性可視化画像



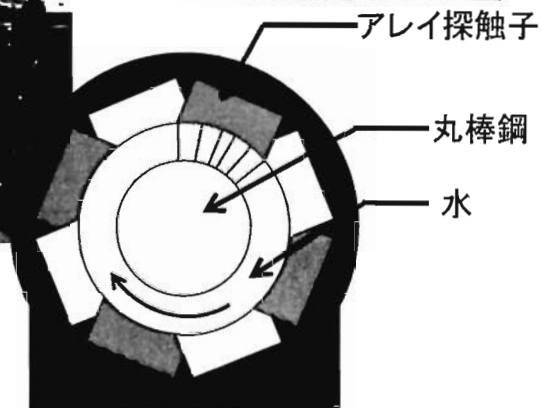
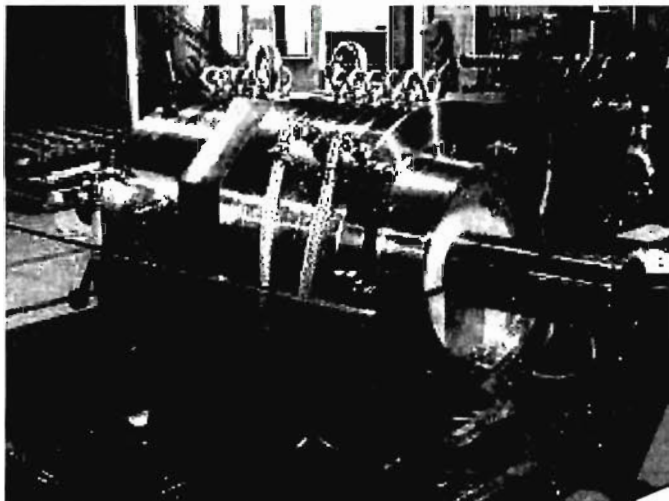
垂直探傷
(中心部探傷)



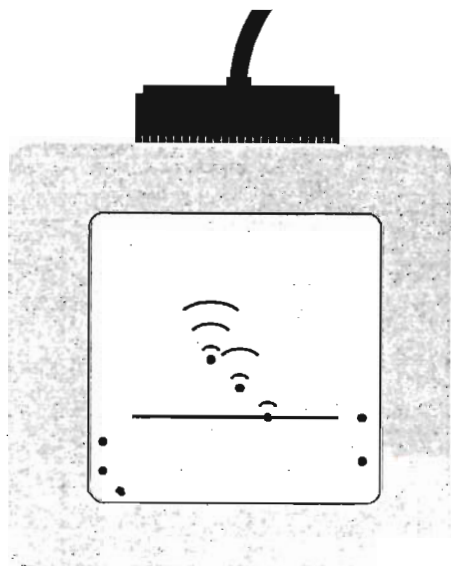
斜角探傷
(皮下探傷)



水回転式丸棒鋼探傷機構部 フェイズドアレイ方式



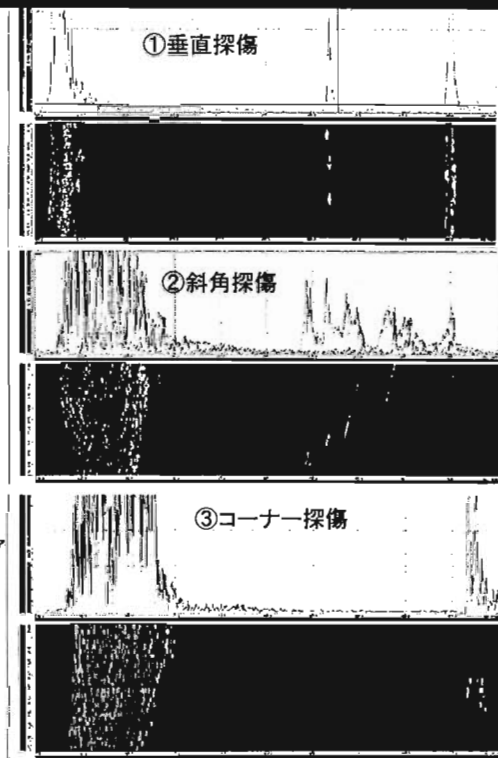
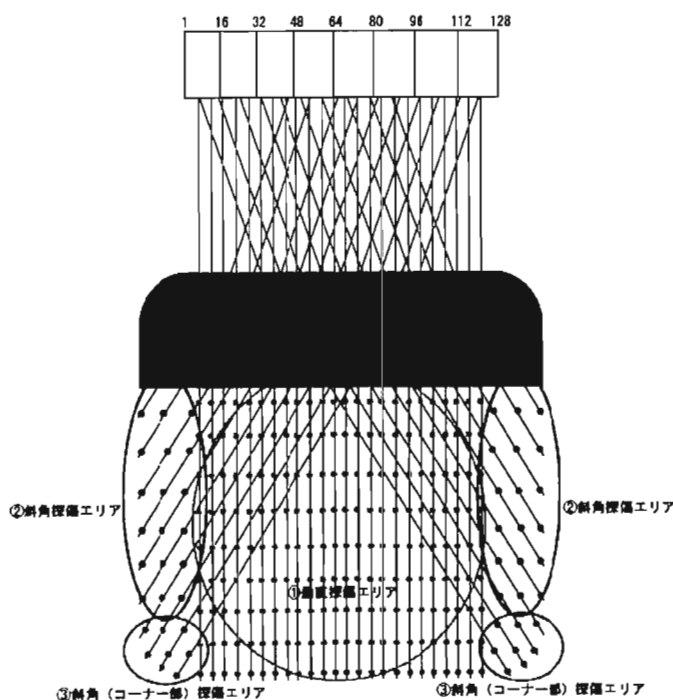
角ビレットの探傷方法






- 3回の送受信で
- ① 垂直探傷
 - ② 斜角探傷
+コーナー
 - ③ 斜角探傷
+コーナー
- の探傷が可能

Reset Play

角ビレットの探傷例



まとめ

- 
 弊社のフェイズドアレイ探傷器とその探傷装置への応用例を紹介
- 
 新技術のボリュームフォーカス技術の高速性を可視化の画像例と合わせて紹介
 ボリュームフォーカスの適用例として、角ビレット探傷、丸棒鋼探傷を紹介
- 
 フェイズドアレイ技術は今後もさらに広がり、シミュレーションを含め、光弾性などの可視化技術は非常に有効である



PA探傷器OMNISCANとスキャナーについて

オリンパス(株)産業システム事業本部IMS国内営業部

高田 泰

OLYMPUS

Your Vision. Our Future

フェイズドアレイ探傷器OMNISCAN とスキャナーについて

オリンパス株式会社
高田 泰

RJ
TECH.

PANAMETRICS-NDT

NDT *engineering*
CORPORATION

NORTEC

SONIC

OLYMPUS

オリンパス フェイズドアレイ機器ラインナップ (ハイスペック機器) (マニュアル検査用機器)

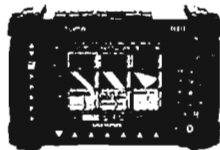
Focus LT



(主な仕様)

- ・PC+探傷器本体の構成
⇒高い分析機能を持つ
TomoViewによるオペレー
ション
- ・バージョン 64:128、32:128、
16:128タイプ

Omniscan-MX



(主な仕様)

- ・ノートブックタイプ
- ・バージョン 32:128、16:128

Omniscan-M



(主な仕様)

- ・ノートブックタイプ
- ・バージョン 16:16、16:64

EPOCH 1000i



(主な仕様)

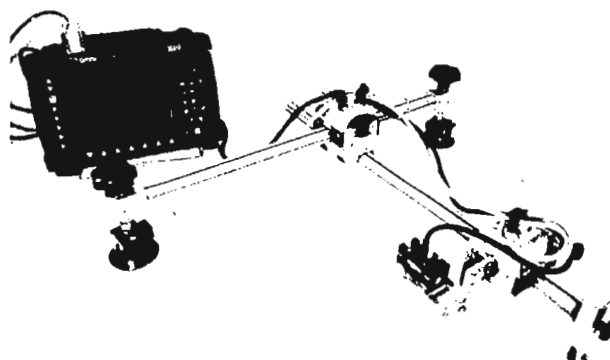
- ・ノートブックタイプ
- ・バージョン 16:16、16:64

フェイズドアレイ探傷器

ハイスペック機器

ハイスペック機器の特徴

本体にCスキャン機能を装備しており、主に“スキャナー”(位置情報得るための装置)との組み合わせで使用する



ハイスペック機器の特徴

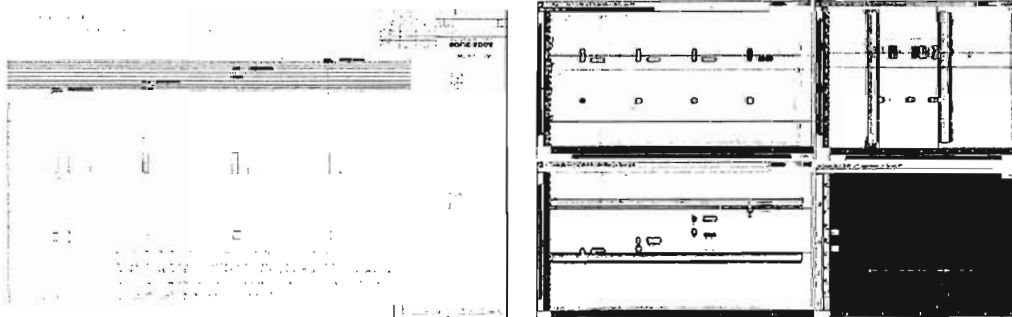
- ・Cスキャン機能+スキャナーの組み合わせにより、
- ・きずのマッピングを正確に行うことができる。
- ・きずのサイジング(指示長さ等)を正確に行うことができる。

全Aスキャン(全波形)を保存しているので、探傷データ取得後に、詳細なきずの解析(サイジングなど)を行うことができる。

複数のプローブを同時に駆動して探傷することができる。

きずのマッピング・サイジングを正確に行うことができる

エンコーダーを利用することにより、きずの位置、きずの大きさ(指示長さなど)などを平面図面上に正確に図示することができます。



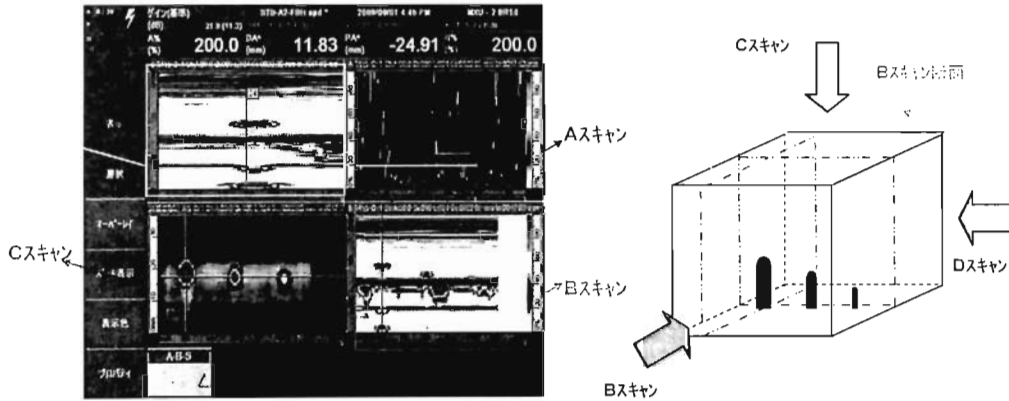
図面

探傷画像

剥離欠陥の入ったCFRPの探傷例

データ取得後(探傷後)に詳細なきずの解析が可能

Aスキャンが全保存されたCスキャンデータをとることが出来るので、探傷後に各断面を観察することが出来、きずの詳細な分析が可能です。

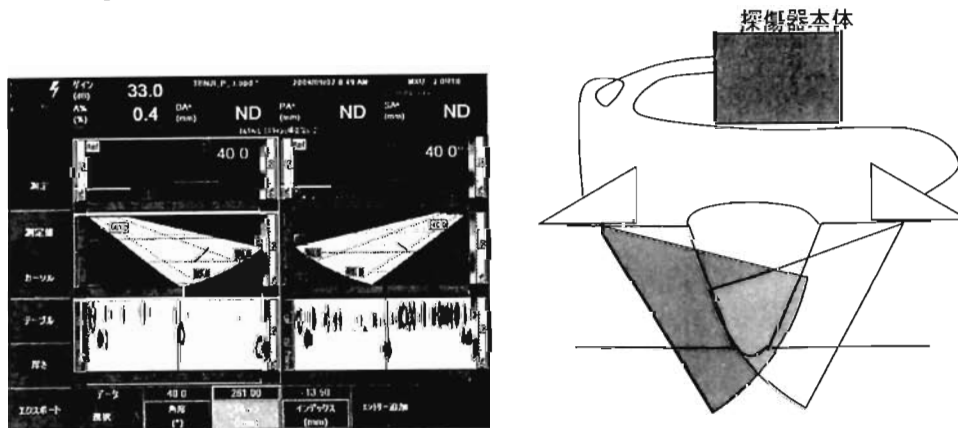


A-B-C-Dスキャン同時表示画面

STB-A2の平底穴をリアスキャンにより探傷した例

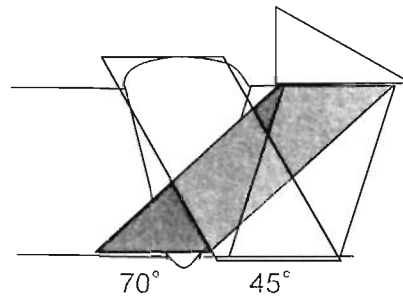
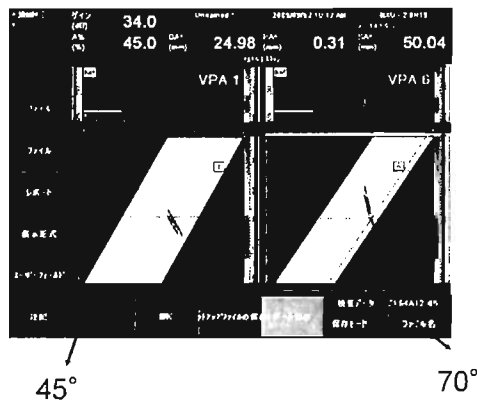
複数のプローブの同時駆動が可能

複数個のプローブの同時駆動が可能です。例えば、溶接部に対して両方向からの探傷を同時に行うことができます。



1つのプローブで複数の電子スキャンを同時に行うことが可能

1つのプローブで複数の電子スキャンを行うことができます。例えば、
下図は、45° のリニアスキャンと70° のリニアスキャンを同時に行って
いる例です。



スキャナー機器のご紹介

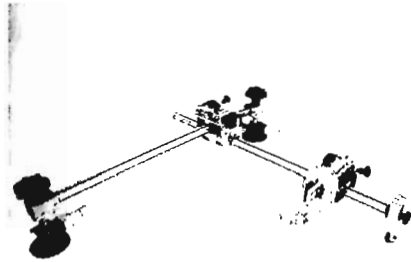
<スキャナー機器のバリエーション>

- 2軸XYスキャナー
- 溶接部検査用スキャナー
- コロージョンマッピング用スキャナー

2軸XYスキャナー(面探傷用)

Glider(グライダー)

- ・平面及び緩やかな曲面に適用可能



サイズバリエーション

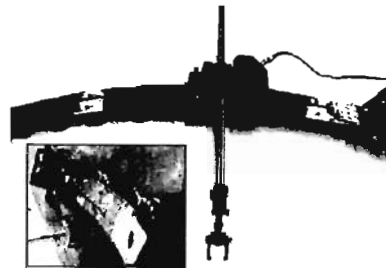
Glider-18x18 スキャン可能範囲:457×457mm

Glider-24x24 スキャン可能範囲:610×610mm

Glider-36x36 スキャン可能範囲:915×915mm

Wing Scanner(ウイングスキャナー)

- ・平面及び曲面に適用可能



サイズバリエーション

Wing-Scanner-V1: ヘンチュリーキャブ,長さ1m

Wing-Scanner-V2: ヘンチュリーキャブ,長さ2m

- (特徴)
- ・面探傷のように広範囲に探傷する場合に最適
 - ・安定した条件で探傷が可能

溶接部用スキャナー: HSMT シリーズ

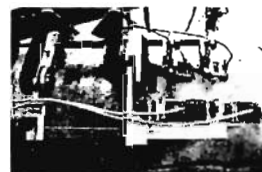


HSMT-Compact

- ・最大4プローブ装着可能
- ・外径4インチ(100mm)以上のパイプに適用可能
- ・マグネットホイールを使用。

HSMT-Flex

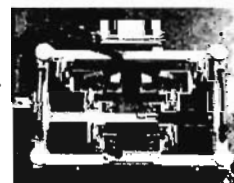
- ・最大8プローブ装着可能
- ・外径4インチ(100mm)以上のパイプに適用可能。真ん中で折れ曲がり曲率に対応
- ・マグネットホイールを使用。



HSMT-X03

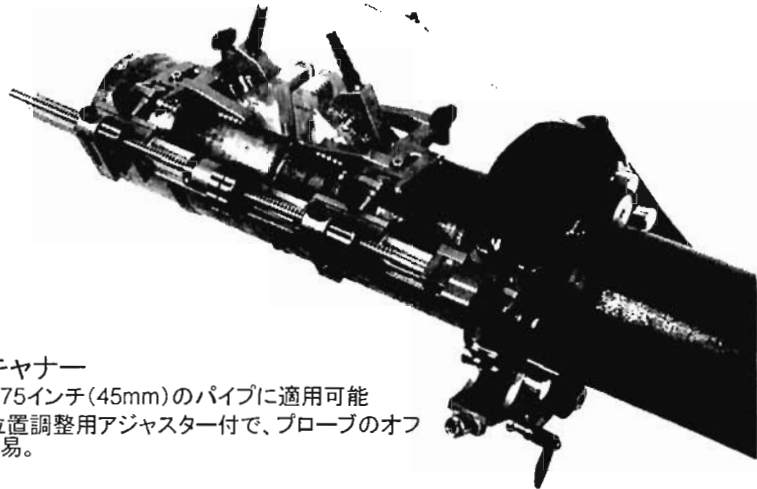
- (特徴)
- ・多数のプローブを装着可能
 - ・プローブのオフセットのアジャストが可能
 - ・安定した条件で探傷が可能

- ・最大10プローブ装着可能
- ・外径38インチ(965mm)以上のパイプに適用可能。
- ・マグネットホイールを使用。



溶接部用スキャナー： チェーンスキャナー

パイプ・チューブ溶接部検査専用のスキャナー。検査環境の悪い条件化でも耐久性を発揮します。また周方向のスキャンが容易に行えます。



チェーンスキャナー

最小OD1.75インチ(45mm)のパイプに適用可能
プローブ位置調整用アジャスター付で、プローブのオフセットが容易。

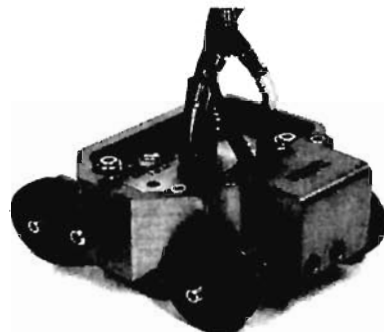
コロージョンマッピング用スキャナー： HydroFORM スキャナー

<主な特徴>

1. HydroFORMは、半自動、全自動のスキャナーに取り付けることが可能で、また、1軸スキャンのマニュアル用エンコーダーとして使用することが出来ます。
2. 通常PAでのコロージョンマッピングは、プローブが大きいため安定したカップリングを継続することが難しい。このスキャナーのコンセプトは、連続した水カップラントを供給することにより、粗い表面や平行でない表面に追従し、安定したカップリングでコロージョンマッピングを行うことが出来るというものである。

(詳細)

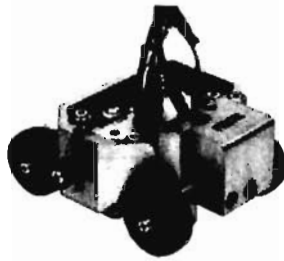
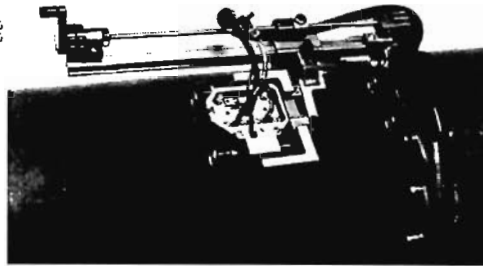
- ▶比較的少量の水で水ギャップを埋めることが出来る。
- ▶容易に管内面及び外面のエコーを画像化することが出来る。
- ▶ウェッジ内エコーは最小限に抑えられている。
- ▶水距離の調整可能
- ▶マグネティックホイール、通常ホイールの選択可能。
- ▶プローブの自動セッティング機能
- ▶ホイールエンコーダーを内部装備している。
- ▶過酷な環境に耐えうる耐久性



3D-ジオメトリック形状用スキャナ：HydroFORM スキャナ

<その他特徴>

- A) チェーンスキャナに取り付けて使用可能
 - チェーンスキャナに取り付けることにより、2軸のエンコーダとして使用できる。
 - Y軸は300mmまでカバーすることができる。
 - 炭素鋼、ステンレス鋼に使用可能。
- B) 単体でマニュアル検査可能
 - ミニホイールエンコーダが内蔵されているため、単体で1ラインスキャンを行うことができる。
 - マグネティックリールにより、試験体に固定が可能。
- C) 試験体にフィットするようにプローブをポジショニング出来る。
 - 平面から4インチのODに対応が可能。
 - 平面から10インチのIDに対応が可能。



フェイズドアレイ探傷器

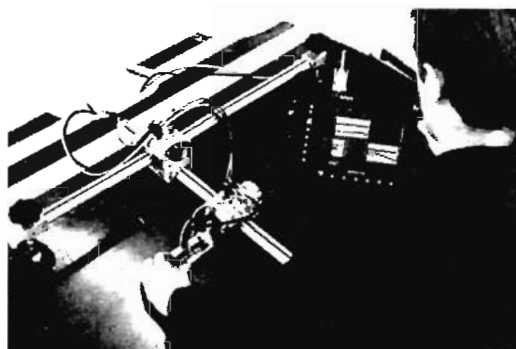
スキャナによるCスキャン検査
アプリケーション例

フラットパネルCFRP検査

グライダースカナーによる探傷例

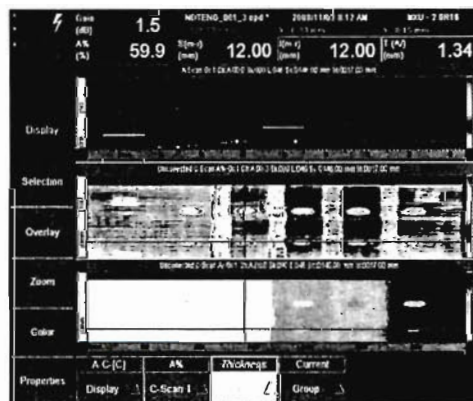
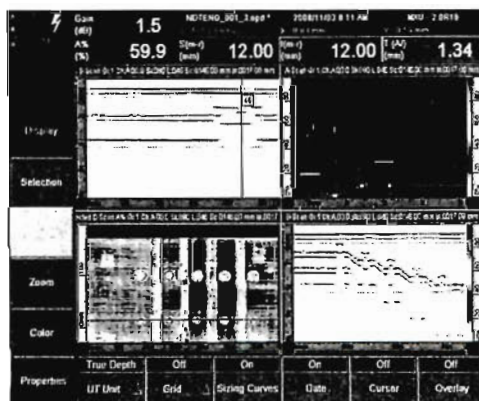
リニアスキャンにより、広範囲を短時間で探傷できる。

Cスキャンにより層間剥離の位置やどの層で剥離しているかが、明確にわかる。



フラットパネルCFRP検査

探傷結果例



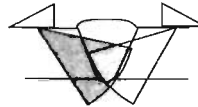
HSMTスキャナーによる溶接部検査例

セクタリアルスキャンで溶接部の両側から同時に探傷ができるため、溶接部に沿って一度スキャンするだけで、瞬時に探傷を完了。

⇒前後走査無しでも溶接部をカバーできる。

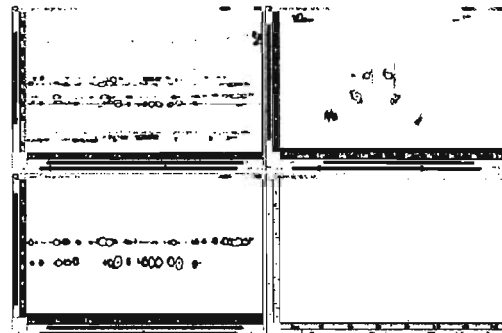
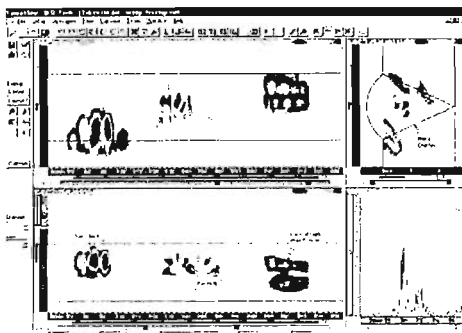


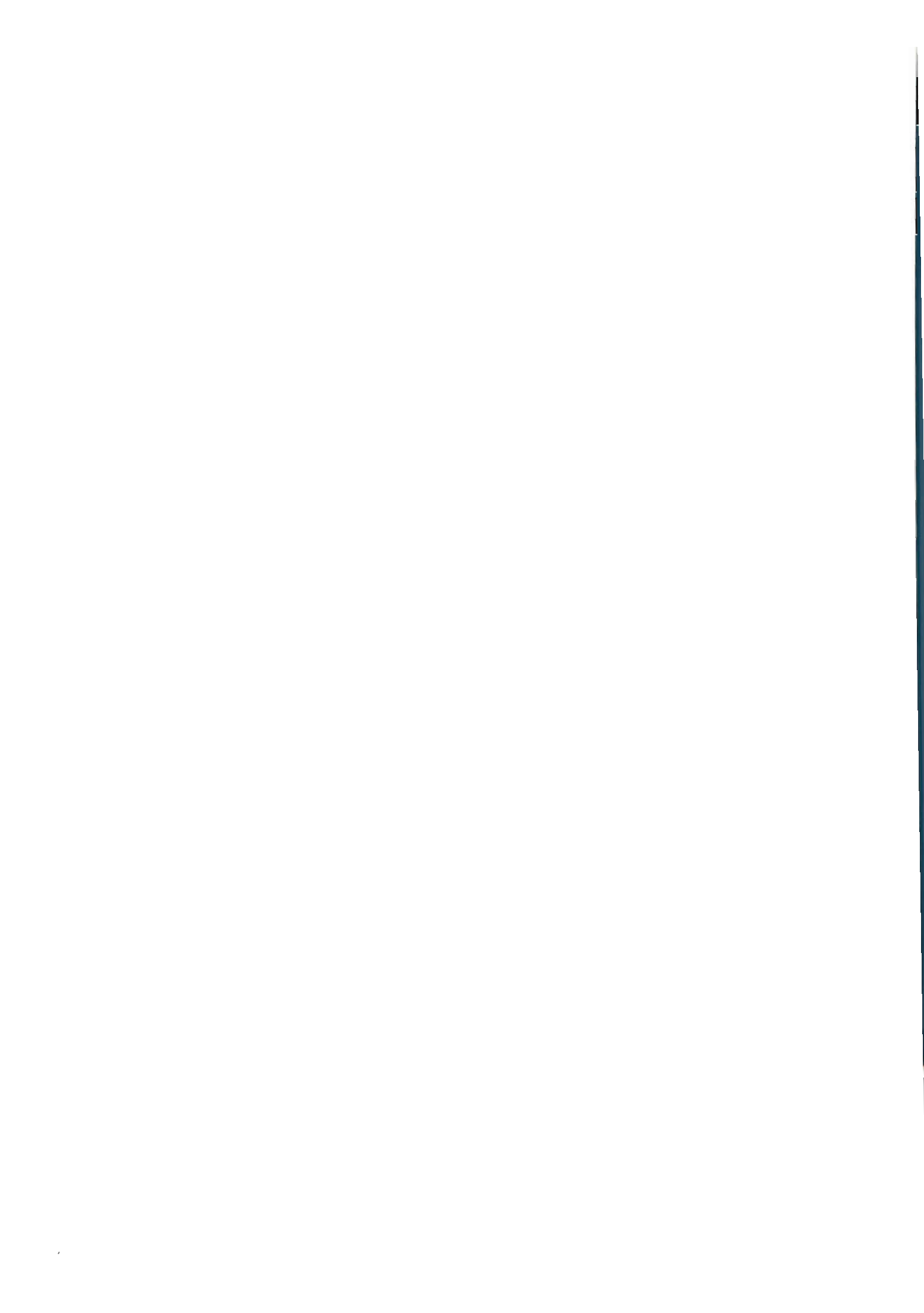
Cスキャン(全Aスキャン保存)によりデータ取得後に、きずの解析(位置、サイズング)が可能



HSMTスキャナーによる溶接部検査例

探傷結果例



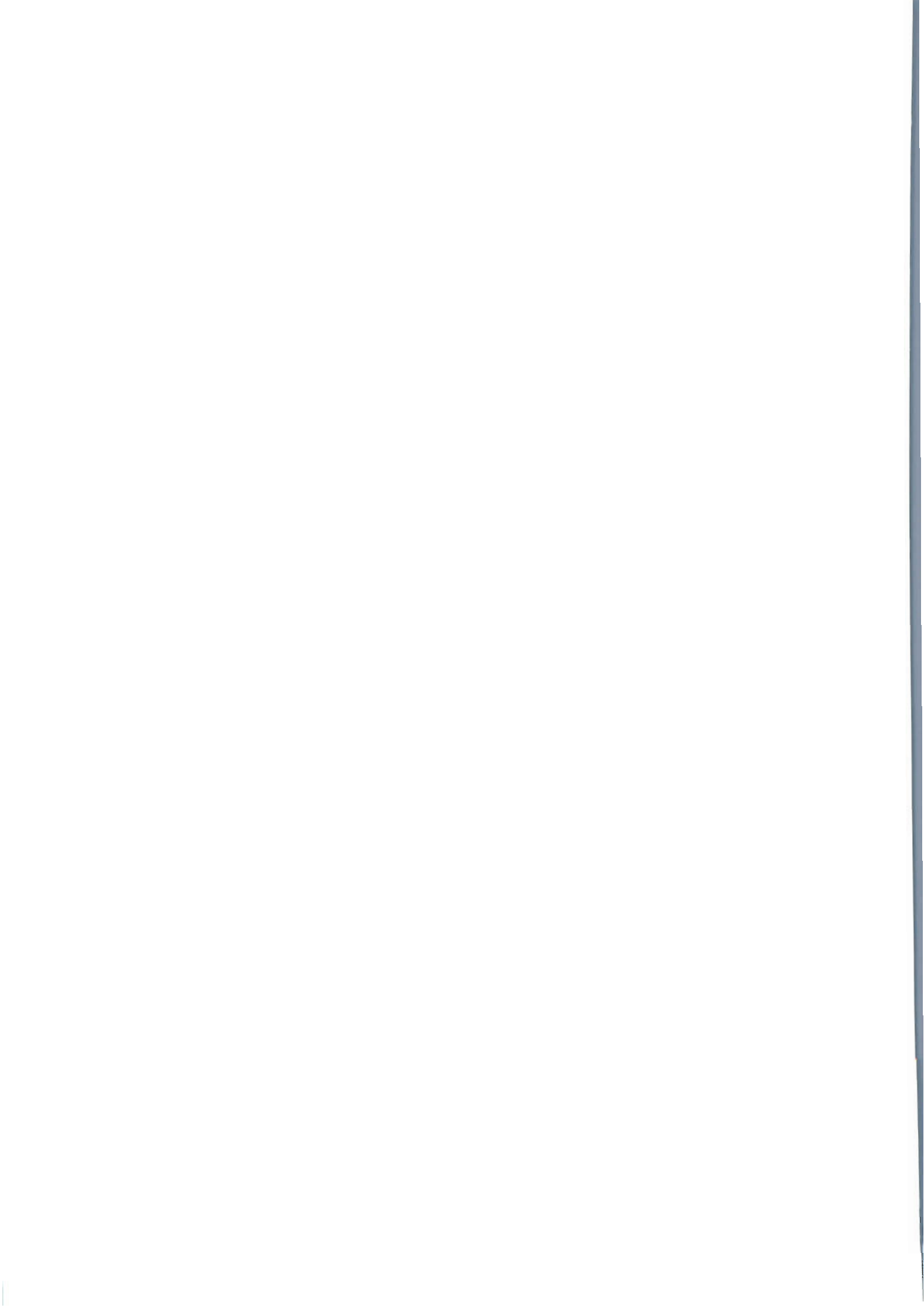


特 別 講 演

フェーズドアレイ法の現状と規格案について

富山大学大学院理工学研究部

教授 三原 毅



フェイズドアレイ法の現状と規格案について

PA規格検討委員会 委員長 三原 毅(富山大学)

2011.2.4 CNDI 講演会

- フェイズドアレイ計測技術をめぐる状況
 - ・ 2002年 原子力発電機器への適用(“東電問題“)開始
 - ・ 有効性の検証
 - ・ 特に実機難探傷部材への適用性検証

検査員の技量、経験が上がる
(新しい計測システム)

- ・ 他の分野への波及: 模索段階
 - ・ 橋梁、航空・宇宙.....
 - ・ 安価なフェーズドアレイ装置の市販
 - ・ 非破壊検査による定量計測要求
構造物の老朽化
 - ・ 検査の信頼性・説明性

○ 実機適用拡大への課題

1. 規格の整備

- ① 既に利用している業界
汎用の規格は歓迎
- ② 今後の普及が期待される業界
規格が顧客に認知されるひとつの鍵

2. 技術的検討・研究課題

- ① システムの最適設定について
利用に不可欠な遅延則への信頼性
(例えばシステムに付属するシミュレータの信頼性)
- ② 音場制御の有効性について
本当に音場は制御されているのか
(送受信結果の有効性は認知されたものの.....)

PA規格委員会設立の経緯

2006年11月：超音波分科会のパネルディスカッション
テーマ「フェイズドアレイ法規格化の可能性について」

- ・フェイズドアレイ計測の実用(原子力発電機器)
- ・フェイズドアレイシステムの多様化
- ・潜在的需要(高精度映像、高信頼性、記録性・説明性)
- ・アクションプランを残そう(規格化を検討する)

- ・規格は必要で一致
- ・フェイズドアレイの使い方を含め、規格への期待は多様

フェイズドアレイ法の規格化：標準化委員会U専門委員会と協議

- ・想定する適用分野の検討
- ・フェイズドアレイ法の技術因子の何を規格化すべきか
:実験を含む技術検討が不可欠

標準化委員会内で原案作成できる段階ではないと判断



超音波分科会内での設置へ

委員会設立の目的

- (1)規格化に当たり、想定する適用分野、技術因子の研究テーマを抽出し、可能な範囲の研究を行う。
- (2)フェイズドアレイ法の普及のために必要とされる規格類について検討する。
- (3)NDISとして規格化を目標とし、標準化委員会へ送れる状態とする。

必要に応じその後のJIS化も想定しながら....

委員会の構成

親委員会は、第三者及びデータを受け取る側の関係者を主体とするメンバで構成し、全体構成について検討する場とした。

親委員会の下に以下の3つのWGを設置するとした。

(1)適用分野検討WG(使用者を主体とした構成)

どの産業分野でフェイズドアレイがどのように利用されているかの実態調査をする。海外規格の動向や規格化への要望等の調査。

(2)技術要件抽出WG(製造者を主体とした構成)

規格化に対して押さえておくべき技術的要件は何か。規格化に必要な項目の抽出と検討を行う。

(3)規格案作成WG(メンバ未確定)

前記2WGの結論(方向性、成果)が出た時点でWGの設立となる。

フェイズドアレイ規格化検討委員会

第1回 開催:平成19年12月6日

第2回 開催:平成22年7月15日

第3回 開催:平成22年9月24日

第4回 開催:平成22年12月15日予定

フェイズドアレイ適用分野検討WG(完了)

第1回 開催:平成20年3月4日

第2回 開催予定:平成20年6月19日

第3回 開催:平成20年9月12日

フェイズドアレイ技術要件抽出WG

第1回 開催:平成21年5月29日

第2回 開催:平成21年7月23日

第3回 開催:平成21年9月17日

第4回 開催:平成22年3月24日

第5回 開催:平成22年5月20日

第6回 開催:平成22年7月2日

第7回 開催:平成22年9月21日

フェイズドアレイ規格化検討委員会

第1回 開催:平成19年12月6日

1. 本委員会の発足の経緯と委員会骨子について
2. 各WGの分担範囲と検討予定について
3. フリーディスカッション(Q&Aを含む)
4. 今後の計画について(スケジュール)

2つのWG取り纏め進んだ段階で開催、規格WG立ち上げ予定

第2回 開催:平成22年7月15日

1. 「適用分野検討WG」の経緯と成果の報告
2. 「技術要件抽出WG」の経緯と成果の報告
3. フェイズドアレイ法の用語について
4. フェイズドアレイ装置の性能測定方法について
5. フェイズドアレイ試験方法通則について
6. 今後の進め方について



フェイズドアレイ規格化検討委員会

第3回 開催:平成22年9月24日

1. WG及び関係委員会の経過報告
2. フェイズドアレイ探傷器の電氣的性能測定方法(JIS Z 2351相当)について
3. フェイズドアレイ法による鋼溶接部の超音波探傷試験方法について
4. フェイズドアレイ法による超音波探傷試験方法通則 第4版について
5. 今後の進め方について

第4回 開催:平成22年12月15日

1. フェイズドアレイ法による鋼溶接部の超音波探傷試験方法について
 2. フェイズドアレイ法による超音波探傷試験方法通則 第4版について
- 最終確認・審議で全ての検討を終了。取りまとめて終了へ。

フェイズドアレイ適用分野検討WG

- ・フェイズドアレイ利用者のアンケート実施
 - ・12名回答、6機種利用、実機検査・研究開発目的
 - ・適用部材：プラント、橋梁、配管、鋼材
- ・事例報告検討
 - ・鋼管周継手溶接部の検査にフェイズドアレイ法を適用
従来法と比較し検出レベル、サイジングほぼ同等
 - ・UT探傷不可部位でPAをきず検出に使った事例
 - ・オーステナイト鋼の溶接部のきずサイジング(PD)事例
 - ・可視化技術を用いたフェイズドアレイUT条件の評価
従来法と音場は類似していた
- ・海外規格調査
 - ・2007 ASME Boiler & Pressure Vessel Code Sec.V NDE ARTILE 4 APPENDIX E
コンピュータ画像処理テクニックの一手法規格、PA(E-474 に記述)
 - ・ASTM E2491-06
フェイズドアレイ機器の性能評価など一般通則
- ・規格の方向性等の意見交換

フェイズドアレイ適用分野検討WG

検討の結論

- 1 適用分野
フェイズドアレイ探傷の規格化についての適用分野は「鋼溶接部」を対象とする要望が多数を占めた。
- 2 規定の範囲
JIS Z 2344の一般通則的な規定とするのか、JIS Z 3060の様な個別試験方法を規定していくのかという議論では、可能であれば**JIS Z 3060**相当までカバーした規定にしたいとの意見が多数を占めた。
- 3 超音波関連規格との関係
フェイズドアレイ探傷新規格を作成するに際し、用語、試験片、探触子、装置等の現行関係規格にも追加変更を必要とする事項が生じるが、当面は新規に作成されるフェイズドアレイの本規格中で規定する。
- 4 その他
探触子の性能測定方法や装置の性能測定方法等は、測り方を決めることであり、評価判定については別途対応すべきとの意見があった。

○ 基盤となる従来に関連規格の構成（一探触子法）

JIS Z 2344
金属材料のバルス反射法による超音波探傷試験方法通則

JIS Z 2300
非破壊試験用語

性能測定方法

JIS Z 2350
超音波探触子の性能測定方法

JIS Z 2351
超音波探傷器の電気的性能測定方法

JIS Z 2352
超音波探傷装置の性能測定方法

垂直探傷

JIS G 0801
圧力容器用鋼板の超音波探傷検査方法

JIS G 0587
炭素鋼鍛鋼品及び低合金鋼鍛鋼品の
超音波探傷試験方法

斜角探傷

JIS Z 3060
鋼溶接部の超音波探傷試験方法

JIS Z 3070
鋼溶接部の超音波自動探傷方法

フェイズドアレイ技術要件抽出WG

- 適用分野検討WGの結論を受け、規格化の種類として以下を検討する。

用語
通則
性能測定方法
溶接部の探傷試験方法

WGだけでは作業量が膨大なため、関連の委員会、団体に協力を求める。

- 作成分担協力の依頼。

用語：日本非破壊検査工業会UT委員会

通則：当フェイズドアレイ技術要件抽出WG

性能測定方法：超音波試験機器研究委員会

溶接部の探傷試験方法：溶接部の超音波探傷研究委員会

○ 基盤となる関連規格の構成骨子（PA法）の想定

NDIS ○○○○-1
フェーズドアレイ法による超音波探傷試験方法通則

NDIS ○○○○-2
非破壊試験用語

性能測定方法

NDIS ○○○○0000-X
超音波探傷子の性能測定方法

NDIS ○○○○0000-3
フェーズドアレイ超音波探傷器の
電氣的性能測定方法

NDIS ○○○○0000-4
フェーズドアレイ超音波探傷装置の
性能測定方法

垂直探傷

NDIS △△△△
圧力容器用鋼板の超音波探傷検査方法

NDIS ▲▲▲▲
炭素鋼鍛鋼品及び低合金鋼鍛鋼品の
超音波探傷試験方法

斜角探傷

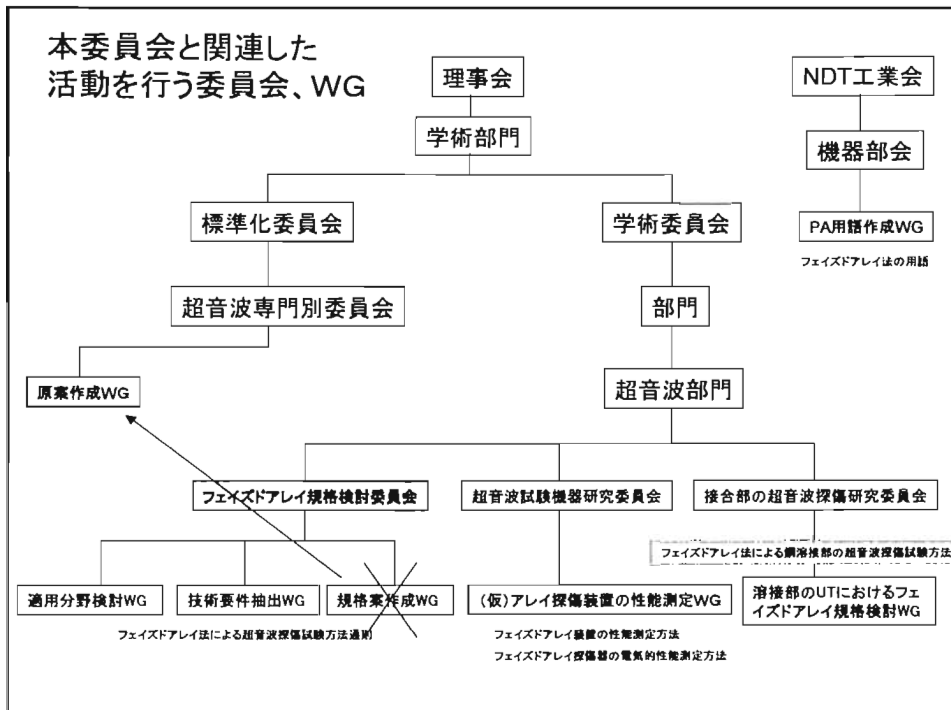
NDIS □□□□
フェーズドアレイ法による鋼溶接部の
超音波探傷試験方法

NDIS ■■■■
(PA)鋼溶接部の超音波自動探傷方法

フェイズドアレイ技術要件抽出WG

活動の内容

- 1 フェイズドアレイ装置の使用方法、ディレイ計算方法、グレーティングローブの発生メカニズム、アレイ音場の可視化、諸ノイズの表現、画像評価の可能性など基本的な技術項目について検討した。
- 2 適用分野検討WGの結論を受け、規格化の種類として、用語、通則、性能測定方法、溶接部の探傷試験方法を検討するとし、1WGでの作業量としては膨大なることから、外部の委員会、団体に協力を求めるものとした。
- 3 以下の作成分担とし、各方面への協力を依頼し、了解を得られた。
用語：日本非破壊検査工業会UT委員会
通則：当フェイズドアレイ技術要件抽出WG
性能測定方法：超音波試験機器研究委員会
溶接部の探傷試験方法：溶接部の超音波探傷研究委員会



フェイズドアレイ法による超音波探傷試験方法通則(第5案)

フェイズドアレイ法による
超音波探傷試験方法通則
(作成上の考え方)

- * 手動探傷と自動探傷の両者を想定すること
(注記)アレイの手動探傷: 探触子を手動で走査し、探傷データを表示器から目視で得る方法
- * アレイの特徴を生かした従来の探傷技術の知見によらない探傷方法の他、従来の探傷技術を継承する探傷方法の両者を想定すること

今回作成する規格

**鋼溶接部、JIS Z 3060相当までカバーした規定
(従来の探傷手法の枠組みの中にPAを位置づける)**

本委員会、2つのWGでも、フェイズドアレイ特有の利用法があるのではとの意見があったが、今回は保留。



**フェイズドアレイ研究委員会; 廣瀬壮一委員長
(超音波部門)で今後検討**

成果物

- 1 用語の整理
各社の用語を取扱説明で使用する場合に必要とする範囲を想定して抽出し、整理した。今後、規格用語として見直す必要がある。
- 2 フェイズドアレイ探傷装置の性能測定方法(ユーザー)
購入後の性能測定を想定したJISZ2352相当の測定方法について作成。
- 3 フェイズドアレイ超音波探傷器の電氣的性能測定方法(メーカー)
装置メーカーでの性能測定を想定したJISZ2351相当の測定方法について作成した。
- 4 試験方法通則
JISZ2344をベースとしたPA独特な規定について作成した。
PA規格の骨子となるもの。
- 5 試験対象を想定した試験方法
JISZ3060、JISZ3070を手法ベースとする溶接部の探傷試験方法を
作成した。通則をベースに記述される。
PA法の特徴を生かしたこれまでの手法にこだわらない溶接部の探傷試験方法については、フェイズドアレイ超音波探傷研究委員会にゆだねる。

本委員会;各規格案承認し、本検討委員会終了。

今後の予定

1. 標準化委員会U専門委員会WG(1年)
2. 標準化本委員会でNDIS制定へ(1年)

JIS化も視野に入れて検討

尚、関係委員会では本検討委員会終了後も独自で必要な検討を進めるとし、それらの成果は標準化順次、U専門委員会へ提案するものとする。

フェイズドアレイ法による超音波探傷試験方法通則(第5案)

構成

1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 用語の定義
4. 試験技術者
5. フェイズドアレイ探傷装置の機能と性能
6. フェイズドアレイ探傷装置の点検
7. 試験の計画
8. フェイズドアレイ探傷器の設定、調整及び確認
9. 探傷試験
10. 試験結果の分類
11. 記録

1. 適用範囲

この規格は、パルス反射法によるフェーズドアレイ法で、金属材料のきずを検出し評価する超音波探傷試験を手動及び自動で使用する場合の一般事項について規定する。尚、受信波のみ合成処理する方式については、これも含めるものとする。

7. 試験の計画

- 7.1 試験を行う時期
- 7.2 試験方法及び試験条件
- 7.3 試験範囲の確認
- 7.4 走査方法
- 7.5 探傷方向、探傷面及び探傷範囲
- 7.6 試験周波数
- 7.7 探触子
- 7.8 くさび又は遅延材
- 7.9 探傷面の仕上げ
- 7.10 音響結合の方法
- 7.11 接触媒質

8. フェイズドアレイ探傷器の設定、調整及び確認

8. 1 探傷器の設定

- 8. 1. 1 探触子の条件の設定
- 8. 1. 2 くさび又は遅延材の設定
- 8. 1. 3 試験体の音速の設定
- 8. 1. 4 素子の動作条件の設定
- 8. 1. 5 測定範囲の設定
- 8. 1. 6 垂直又は屈折角の設定
- 8. 1. 7 電子走査のステップの設定
- 8. 1. 8 集束距離の設定

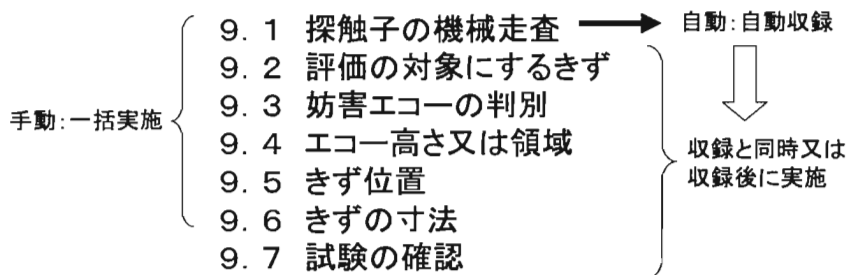
8. フェイズドアレイ探傷器の設定、調整及び確認

8. 2 探傷器の調整

- 8. 2. 1 探触子基準点の測定
- 8. 2. 2 探傷器の設定値の確認
- 8. 2. 3 感度の調整
- 8. 2. 4 感度の補正
- 8. 2. 5 探傷器の動作周期の設定
- 8. 2. 6 距離振幅特性の補正

9. 探傷試験

手動による探傷の場合は、9. 1から9. 6を一括して実施し、自動による探傷の場合は、9. 1にてデータを自動収録し、同時又はこの後、収録したデータを用いて、9. 2から9. 7を実施する。



10. 試験結果の分類

試験の結果を分類する場合は、試験の目的に応じあらかじめ当事者間による協議により分類方法を定めるものとし、次に示す方法による。

- a) きずのエコー高さまたは領域ときずの指示長さによる方法
- b) きずの指示長さときずの指示高さによる方法
- c) その他の適切と確認された方法

フェイズドアレイ法による 鋼溶接部の超音波探傷試験方法 (作成上の考え方)

- * 標準化委員会にて未検討部分、他規格との整合性の修正は行うものとし、たたき台としての最終案とした。
- * 本方法は、従来の探傷技術の知見を基盤とした試験方法として規格化したもので、JIS Z3060及び3070を技術のベースとしている。
これとは別に、アレイの特徴を生かした従来の探傷技術の知見によらない探傷方法については、これを模索したが短期間でまとめる見通しが得られないため、後の研究にゆだねるとした。

構成

1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 用語の定義
4. 技術者
5. 標準試験片及び対比試験片
6. フェイズドアレイ探傷装置の点検
7. 試験の計画
8. フェイズドアレイ探傷器の設定、調整及び確認
9. 探傷試験
10. 試験結果の分類
11. 記録

7. 試験の計画

- 7.1 試験の時期
- 7.2 試験範囲
- 7.3 試験体音速の測定
- 7.4 STB音速比の測定
- 7.5 試験方法の選定
- 7.6 試験片の選定
- 7.7 試験周波数
- 7.8 探触子
- 7.9 音響結合の方法
- 7.10 くさび又は遅延材
- 7.11 接触媒質
- 7.12 検出レベルの選定
- 7.13 探傷面の手入れ
- 7.14 母材の探傷

8. フェイズドアレイ探傷器の設定、調整及び確認

8.1 探傷器の設定

- 8.1.1 探触子の条件の設定
- 8.1.2 くさび又は遅延材の条件の設定
- 8.1.3 試験体音速の設定
- 8.1.4 測定範囲の設定
- 8.1.5 駆動素子の設定
- 8.1.6 垂直又は屈折角の設定
- 8.1.7 電子走査のステップの設定
- 8.1.8 集束距離の設定

8.2 探傷器の調整

- 8.2.1 基準感度の設定及び基準レベルの調整
- 8.2.2 距離振幅特性の補正
- 8.2.3 領域区分の決定
- 8.2.4 探傷感度の調整
- 8.2.5 パルス繰り返し周波数の調整

8.3 探傷器の確認

- 8.3.1 測定範囲の確認
- 8.3.2 感度の確認
- 8.3.3 グレーティングローブの影響に関する確認

9. 探傷試験

9.1 探触子の手動又は機械走査方法

9.2 評価の対象とするきず

9.3 妨害エコーの判別

9.4 エコー高さ又は領域

9.4.1 エコー高さの値

9.4.2 きずのエコー高さ又は領域の読み取り

9.5 きず位置

9.6 きずの寸法

9.6.1 きずの指示長さ

9.6.2 きずの指示高さ

9.7 試験の確認

9.7.1 確認の方法

9.7.2 確認結果の処置

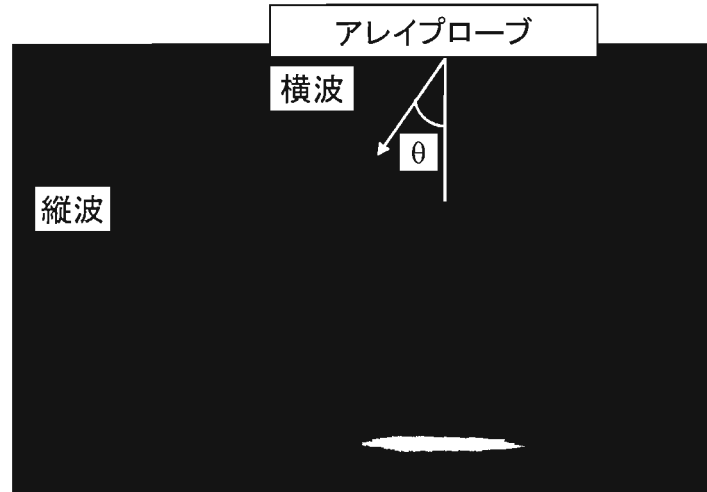
10 試験結果の分類

試験の結果を分類する場合は、試験の目的に応じあらかじめ当事者間による協議により分類方法を定めるものとし、次に示す方法による。

- a) JIS Z 3060 附属書7による分類方法
- b) きずの指示長さときずの指示高さによる方法
- c) その他の適切と確認された方法

光弾性可視化法による観察

4MHz, 32エレメント, ピッチ0.7mm 縦波: 0度から80度まで
ステアリング



ステアリング角度変化→音圧変化(指向性変化)

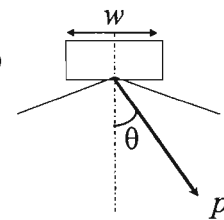
単一エレメントの指向性

(a) エレメントファクタ(永井、等)

永井:『超音波ホログラフィ』、(1989)

幅 w のエレメントから θ 方向への放射音圧 p

$$\text{放射音圧 } p = p_0 \frac{\sin((\pi w / \lambda) \sin \theta)}{(\pi w / \lambda) \sin \theta}$$



(b) $\cos \theta$ × エレメントファクタ(A. R. Selfridgeら)

A. R. Selfridge et.al., Appl. Phys. Lett. 37(1), (1980)

細いエレメント(フェイズドアレイ)での条件

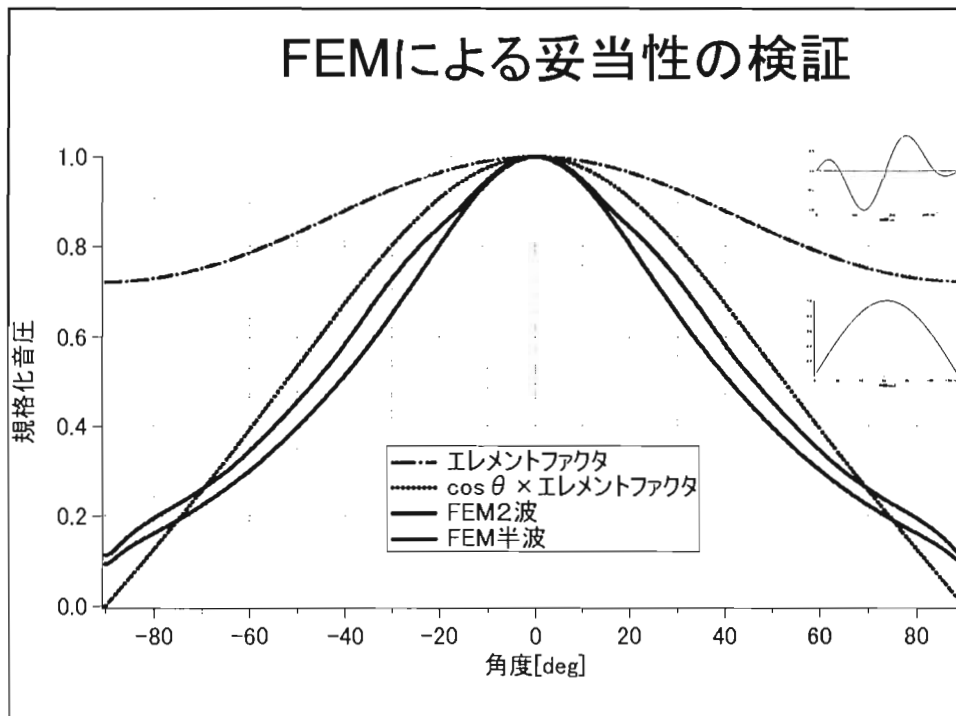
$$\text{放射音圧 } p' = p \cos \theta = p_0 \frac{\sin((\pi w / \lambda) \sin \theta)}{(\pi w / \lambda) \sin \theta} \times \cos \theta$$

(1) Sin型のピストン振動

(2) 解析式で定義された指向性

⇒ 実用計測(パルス波、挙動複雑?)

↓
FEMで検証



アレイのステアリング指向性

ステアリング角度: 4MHz, 32エレメント,
0度、30度、60度、80度(全て平面波) ピッチ0.7mm

1 解析式

アレイファクタ

放射音圧 $p = \frac{\sin(nY)}{n \sin(Y)}$

アレイのステアリング指向性
=(単一エレメントの指向性) ×
(無指向性エレメントアレイの指向性) $\rightarrow Y = \frac{\pi d}{\lambda} (\sin \theta - \sin \theta_0)$

(a) エレメントファクタ × アレイファクタ (永井、等)

(b) $\cos \theta \times$ エレメントファクタ × アレイファクタ
単一エレメント指向性

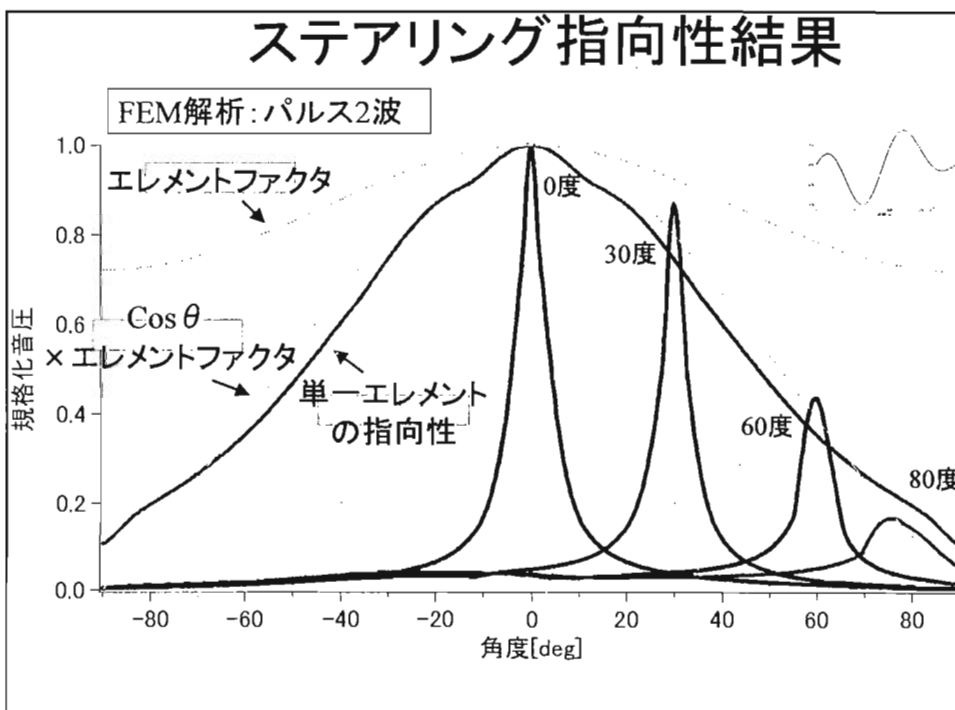
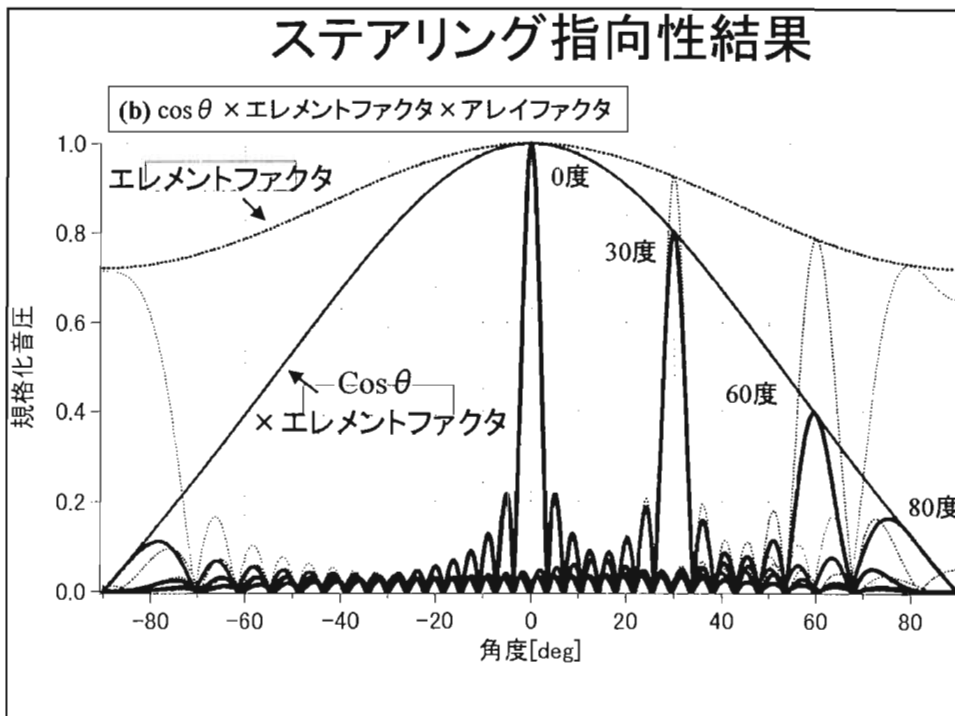
2 FEM

アレイファクタ

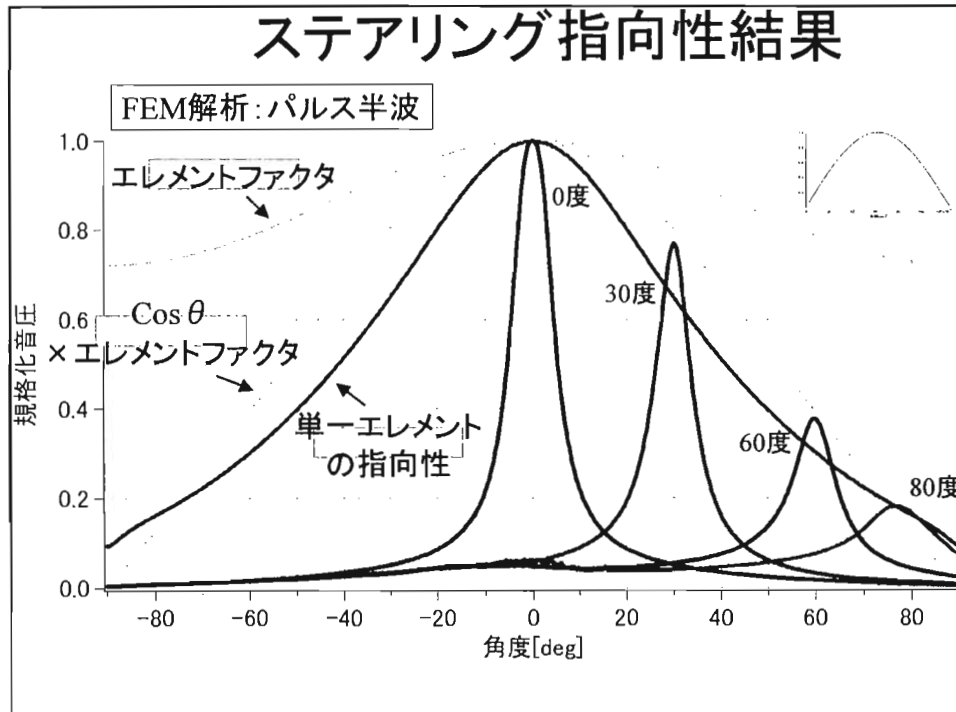
1エレメントの場合と同様に
FEM解析

使用波形: 2波、半波(4MHz)

波形取得点



ステアリング指向性結果



○ 実機適用拡大へ

1. 規格の整備

- ①本規格案の制定 (NDIS)とJIS化 ISO対応・提案
3060ベースの探傷と同じ土俵でPAの利用へ
- ②PA特有の使い方の提案・検討・認知と規格化
ex.) 検出のみ、モニタリング利用 他？

2. 技術的検討・研究課題の拾い出しと克服

- ①システムの最適設定について
遅延則の信頼性、アレイの最適設計
(システムに付属するシミュレータの信頼性も)
- ②音場制御の有効性について
本当に音場は制御されているか
(送受信結果の有効性は認知されたものの.....)
- ③