

# セクタスキャンが可能なアニュラアレイ探触子の開発

## 1. はじめに

近年、高 Cr フェライト系耐熱鋼配管のクリープ損傷などをより早期に正確に評価するための非破壊検査手法が強く望まれている。この目的に対して、フェーズドアレイ (UPA: Ultrasonic Phased Array) 探傷が適用されており、その有効性が報告されている<sup>(1)</sup>。一般に UPA 探傷ではリニアアレイ探触子を用いられているが、きずの長手方向には超音波ビームが拡散しており、クリープ初期の微小きずの検出に課題がある。当社では、より小さなきずの検出を目標に、集束効果の高い円形状のアニュラ型のアレイ探触子を開発している。アニュラアレイ探触子は、任意の深さに点集束させる効果が広く知られているものの、超音波ビームを斜めに傾けたり、扇状に制御するセクタスキャンができない欠点がある。そのため、一般的な UPA で実施されている 2 次元の画像化ができない。

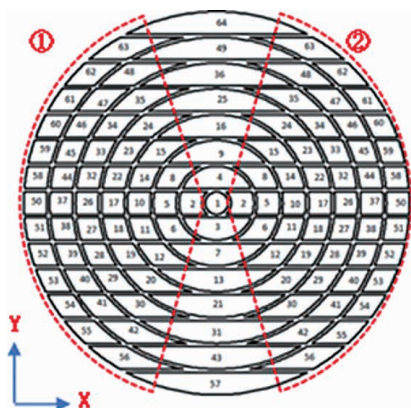
そこで、素子の分割方法を検討し、セクタスキャンが可能なアニュラアレイ探触子を開発した<sup>(2)(3)</sup>。

本稿では、開発した探触子 (図 1) の概要と、きず検出能力を紹介する。

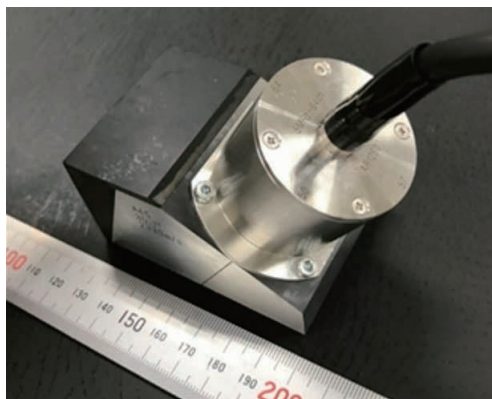
## 2. 開発したアニュラアレイ探触子

本探触子の素子配列を図 1 (a) に、探触子外観を図 1 (b) に示す。探触子は周波数 5MHz、直径を 34.4mm として設計した。素子分割方法はリング状に 8 分割、さらに図中の縦方向 (Y 方向) に 15 分割することによりセクタスキャンが可能となっている。図 1 (a) の①、②点線内の素子は左右対象となり、対象となる素子を同期させている。そのため、113 素子を 64CH で駆動することができ、Y 方向のみであるが、セクタスキャンが可能となっている。

人工きずを付与した試験体を用いて、開発したアニュラアレイ探触子の性能を把握した (図 2)。人工きずは、深さ 75mm 位置に  $\Phi 1$ mm の平底穴を、図 2 (a) に示すように上下左右に 4mm 間隔で付与した。探傷方法は図 2 (b) に示すように、Z 方向にセクタスキャンを実施しながら、X 方向に探

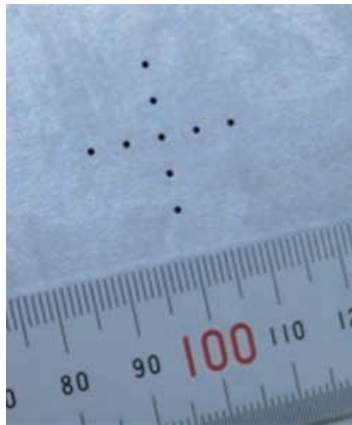


(a) 素子配列

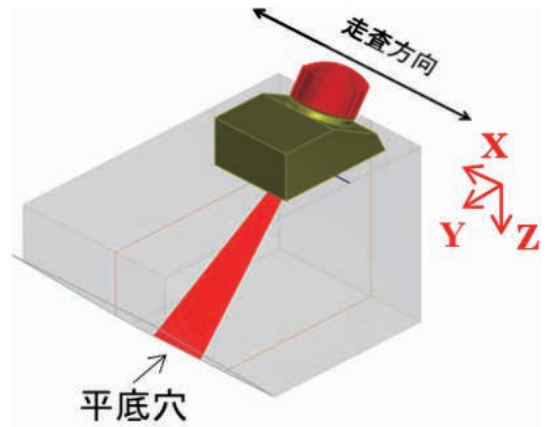


(b) 探触子外観

図 1 開発したアニュラアレイ探触子



(a) 平底穴設置様子



(b) 探傷概要

図2 平底穴試験体概要

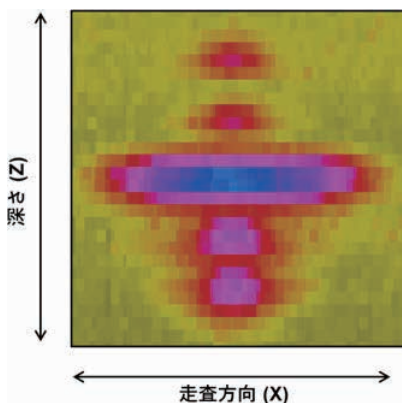
触子を移動させた。

図3に探傷結果を示す。図3(a)に示すように、従来のリニアアレイ探傷では、ビームをX方向に集束できないためにビームが拡散しており、X方向の分解能が低下する。Z方向に対しても、各きずからの信号を分離できていない。一方図3(b)に示す開発したアニュラアレイ探触子では、X方向およびY方向に対して分解能が高く、焦点効果が格段に向上していることが確認できる。

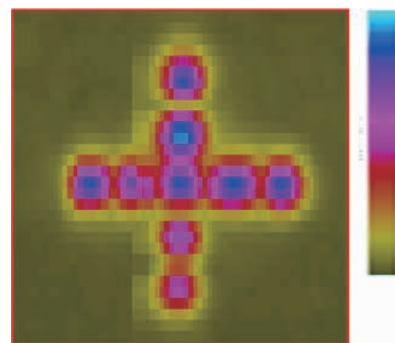
この結果より、アニュラアレイ探触子は、実際の溶接きずに対しても、高い性能が期待できる。

### 3. 溶接きずを用いた性能確認

溶接試験体を製作し、溶接きずに対する本探触子の性能を確認した。試験体の材質はSS400、板厚は70mmとした(図4)。導入きずは、図4(a)に示すように、深さ10mm、30mm、50mmに設置した。きずの種類はブローホールを模擬し、図4(b)に示すように、それぞれの深さに3個のセラミックスボールを埋め込んだ。模擬きずの位置は溶接部中心から片側にずらし、模擬きずを導入した側をL側、反対をR側とした。



(a) リニアアレイ探触子



(b) アニュラアレイ探触子

図3 探傷結果

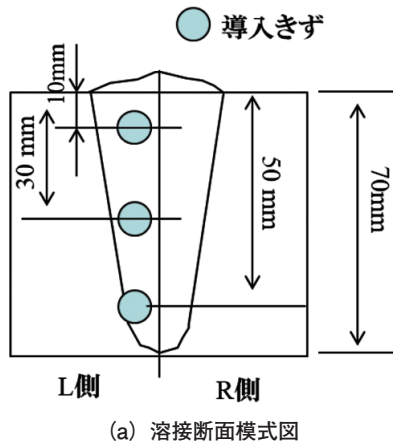


図4 溶接試験体概要

UPA 探傷法は、図5に示すようにUPA法セクタスキャン直射法を採用した。探傷は溶接部のL側、R側それぞれからセクタスキャンを行い、溶接部に平行に探触子を走査した。また、探傷はアクリル製遅延材を用いた射角探傷法とし、エンコーダを用いて同時に距離情報を取得した。図に示すように、座標として走査方向をX、溶接部断面方向をY、深さ方向をZとした。

キャリブレーションは、試験体と同等の材質で作製したキャリブレーションブロックのΦ3mm横穴貫通孔とした。

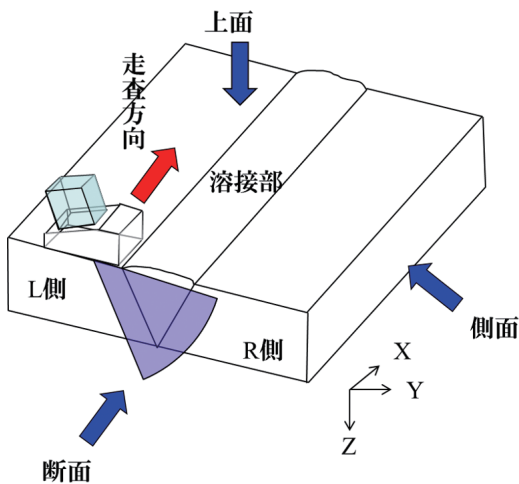


図5 UPA 探傷方法概要

用いた探触子は、開発したアニュラレイ探触子と、一般的なUPA探触子であるリニアアレイ探触子とした。板厚が70mmと大きいことから縦波を採用し、屈折角は45°とした。図6にブローホール探傷結果を示す。

図6(a)にX線CT結果、(b)にリニアアレイ探触子の探傷結果、(c)にアニュラレイ探触子の探傷結果を示す。各図は溶接線に対して側面からの投影図となっている。横軸は図5で定義したX方向(走査方向)、縦軸はZ方向(深さ方向)となり、色合いは振幅値を示している。

X線CT結果では、10mm、30mm、50mmいずれの深さでも導入したブローホールが分離して確認できる。

一般的な手法であるリニアアレイ(b)の結果では、各ブローホールからの指示エコーが一体となっており、深さ10mmおよび30mm位置のエコー強度が低い。アニュラレイ(c)では深さ30mmおよび50mmにおいて各きず指示が分離しており、X線CT結果と同等の結果が得られている。これは探触子操作方向(X方向)に対して素子が分割されており、X方向の分解能がリニアアレイに比べて格段に高いためである。

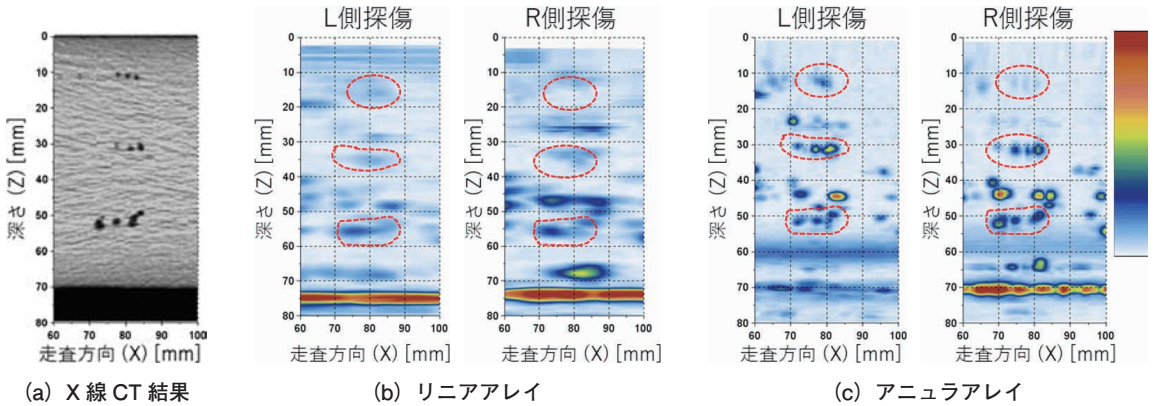


図6 ブローホール探傷結果 側面図

#### 4. おわりに

本稿では、当社が開発したアニュラ型UPA探触子の性能を紹介した。ブローホールを導入した溶接試験体の結果では、従来のリニアアレイと比較して高いSN比と分解能を有していることが確認できる。探傷画像はX線CTに近い画像が得られており、きずの視認性が大きく向上している。

今後は、更なる適用材料の拡大を視野に入れ、ステンレス材料やNi基合金などの高減衰材の探傷を目的とした探触子の開発を進める予定である。

#### 文責

研究開発センター 研究開発グループ  
川崎 拓  
研究開発センター 研究開発グループ  
福本 伸太郎  
研究開発センター 研究開発グループ  
宮下 和太

#### 参考文献

- (1) 神代修平、引地達矢、梶ヶ谷一郎、齋藤規子、他：フェーズドアレイ法を用いた高クロム鋼溶接部の余寿命検査技術、非破壊検査、一般社団法人日本非破壊検査協会、2018年2月号
- (2) 福本伸太郎、川崎拓、荒川敬弘：セクタスキャンを伴うアニュラアレイ探触子の開発、JSNDI平成30年度保守検査ミニシンポジウム予稿集、2018、pp.39-42
- (3) 福本伸太郎、西土隆幸、川崎拓：シミュレーションを活用したフェーズドアレイ探触子の試作、IIC REVIEW、No.62、2019/10、pp.53-58