

# ガス導管円周溶接部の超音波自動探傷方法

## Methods of automatic ultrasonic testing for weld of gas pipeline

1. 適用範囲 この規格は、呼び径 300A 以上、厚さ 9mm 以上 20mm 未満のフェライト系鋼管の現地完全溶込みガス導管円周溶接部の、一探触子法のパルス反射法による超音波斜角探傷試験において試験を自動で行う場合の装置、探傷方法及び探傷画像の表示方法について規定する。

2. 引用規格 次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格のうちで、発効年を付記してあるものは、記載の年の版だけがこの規格の規定を構成するものであって、その後の改正版・追補には適用しない。

- JIS Z 2300 : 1991 非破壊試験用語
- JIS Z 2345 : 1994 超音波探傷試験用標準試験片
- JIS Z 2350 : 1992 超音波探触子の性能測定方法
- JIS Z 2352 : 1992 超音波探傷装置の性能測定方法
- JIS Z 3060 : 1994 鋼溶接部の超音波探傷試験方法
- JIS Z 3070 : 1998 鋼溶接部の超音波自動探傷方法

3. 定義 この規格で用いる主な用語の定義は、JIS Z 2300、JIS Z 3060 及び JIS Z 3070 によるほかは、次による。

- a) 探傷画像 任意に設定できる表示の下限値を超えるエコー高さが得られる反射源の位置を、ビーム路程及び屈折角を用いて評価し、その有無及び位置を座標上に表示させた画像。
- b) 収録ゲート 波形を自動で収集する時間軸上に設定される範囲。

4. 技術者 溶接部の超音波自動探傷試験に従事する技術者は、探傷の原理及びガス導管円周溶接部に関する知識、並びにその探傷についての十分な知識と経験をもち、かつ、超音波自動探傷装置の使用に関する教育・訓練を受けた者とする。

5. 超音波自動探傷装置の構成 超音波自動探傷装置の基本的な構成を図 1 に示す。

5.1 超音波自動探傷器 超音波自動探傷器は、一般的な探傷器に要求される機能とともに付加機能として、収録ゲートを用いて A スコープ波形を収録する機能並びに距離振幅の補正を自動的に行う機能をもつものとする。

### 5.1.1 収録ゲート

a) 用語 収録ゲートの用語は、次の事項を規定する。

- 1) 収録ゲートの起点 収録範囲の時間軸上の開始点。
- 2) 収録ゲートの範囲 収録範囲の時間軸上の開始点からの幅。

b) 収録ゲートの方式 収録ゲートの方式は、A スコープ波形方式とする。A スコープ波形方式は、探触子位置毎に収録範囲の A スコープ波形を収録する。

### 5.1.2 距離振幅の補正

a) 方式 距離振幅の補正の方式は、JIS Z 3070 の 5.2.2 a) (距離振幅の補正の方式) による。

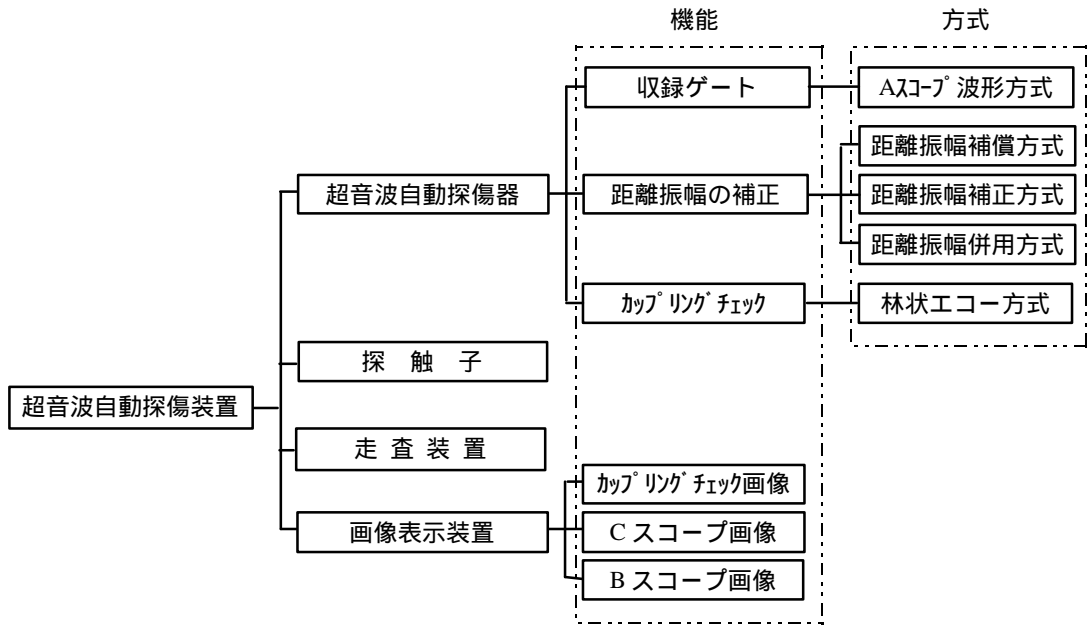


図1 超音波自動探傷装置の構成

5.1.3 カップリングチェック

- a) 用語 カップリングチェックの用語は、JIS Z 3070 の 5.2.3 a) 1), 2), 3) による。
- b) カップリングチェックの方式 カップリングチェックの方式は、林状エコー方式とする。林状エコー方式のカップリング監視信号は、図2に示すように収録ゲート内の所定の範囲の林状エコーのピークの平均高さとする。カップリング監視信号は、波形収録後に画像表示装置で表示し、音響結合の状態を判定する。

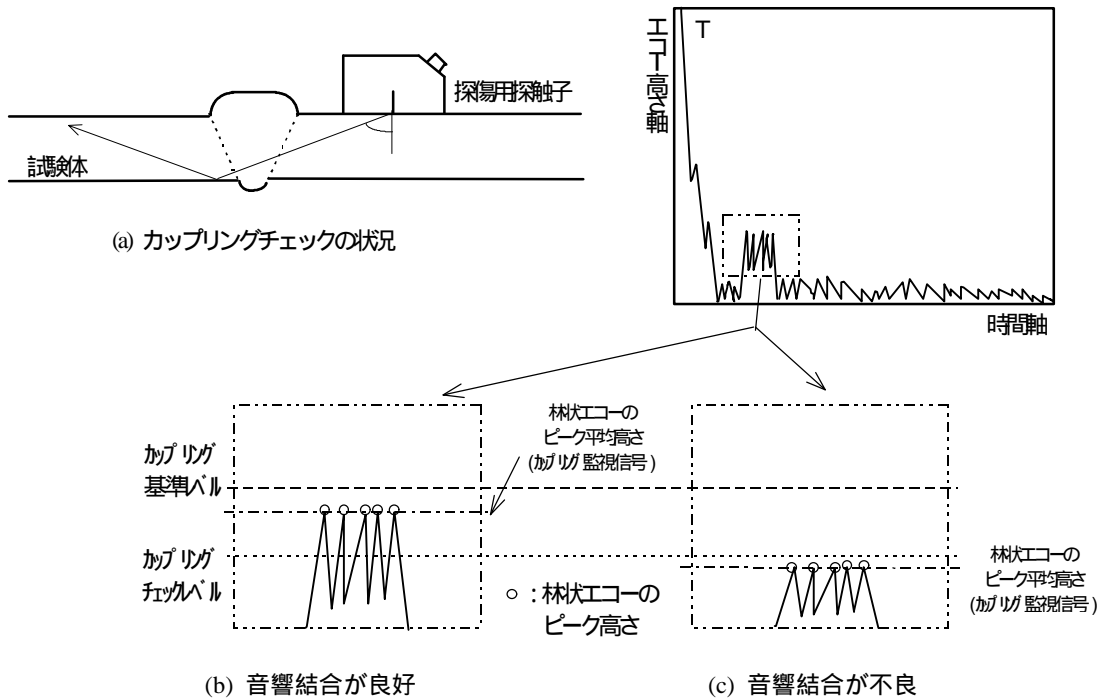


図2 林状エコー方式

5.2 走査装置 走査装置は、図3に示すように、試験対象範囲を探触子が走査できるものとする。

a) 用語 走査装置の走査は、次に示す事項を規定する。

- 1) データ収録点 軸ピッチ及び周ピッチで定められるデータを収録する位置。
- 2) 軸ピッチ 軸方向のデータ収録点間隔。
- 3) 周ピッチ 周方向のデータ収録点間隔。
- 4) 軸走査長 1回の探傷試験で探触子を走査させる軸方向長さ。
- 5) 周走査長 1回の探傷試験で探触子を走査させる周方向長さ。

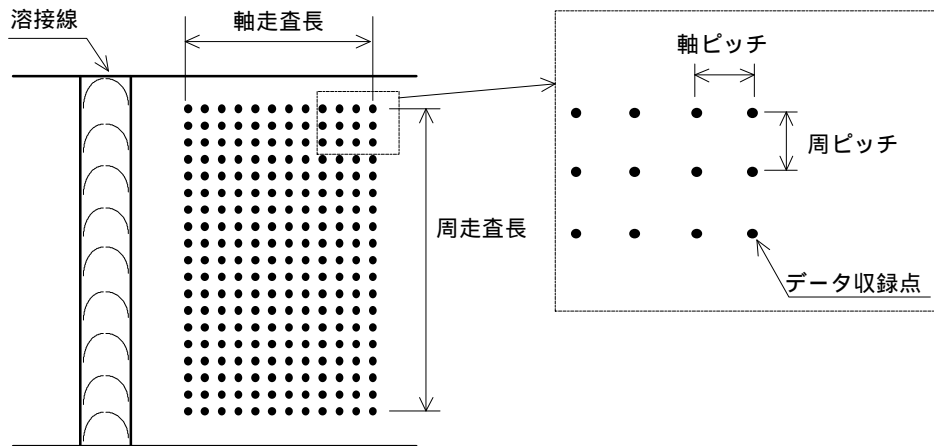


図3 走査

### 5.3 画像表示装置

#### 5.3.1 表示する画像

a) カップリングチェック画像 カップリングチェック画像は、図4に示すように、周方向及び軸方向を座標軸として、収録されたカップリング監視信号とカップリングチェックレベルとの比較による音響結合の良否を、座標上の探触子位置に画像で表示したもの。

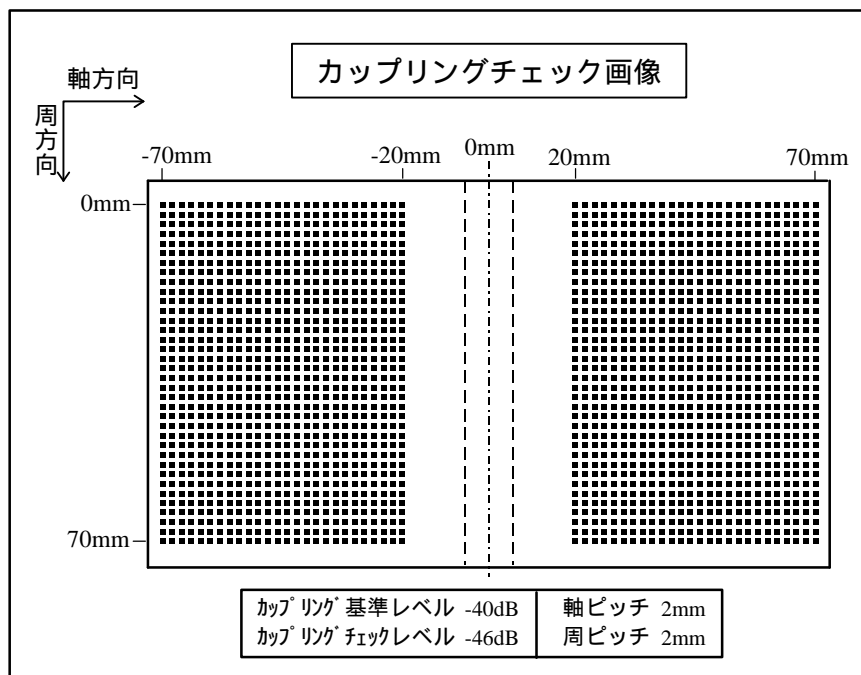


図4 カップリングチェック画像の例

- b) Cスコープ画像 Cスコープ画像は、図5に示すように、周方向及び軸方向を座標軸として、所定のエコー高さを超えるエコーに対して、ビーム路程及び屈折角を用いて反射源の座標を評価し、反射源の座標位置を平面の画像で表示したものの。
- c) Bスコープ画像 Bスコープ画像は、図6に示すように、周方向又は軸方向及び肉厚方向を座標軸として、所定のエコー高さを超えるエコーに対して、ビーム路程及び屈折角を用いて反射源の座標を評価し、反射源の座標位置を断面の画像で表示したものの。
- なお、周方向と肉厚方向を座標軸とした画像をB(F)スコープ画像、軸方向と肉厚方向を座標軸とした画像をB(S)スコープ画像とする。

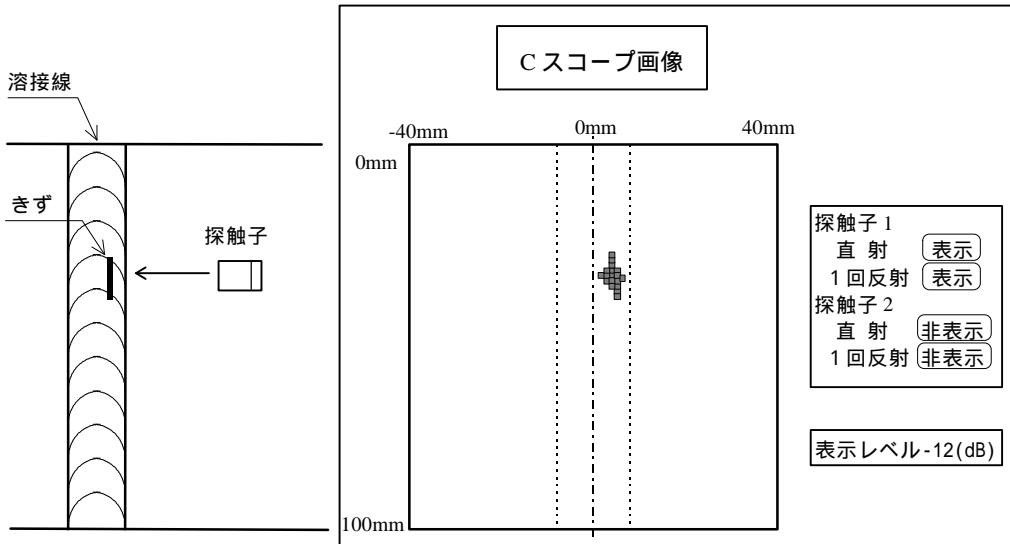


図5 Cスコープ画像の例

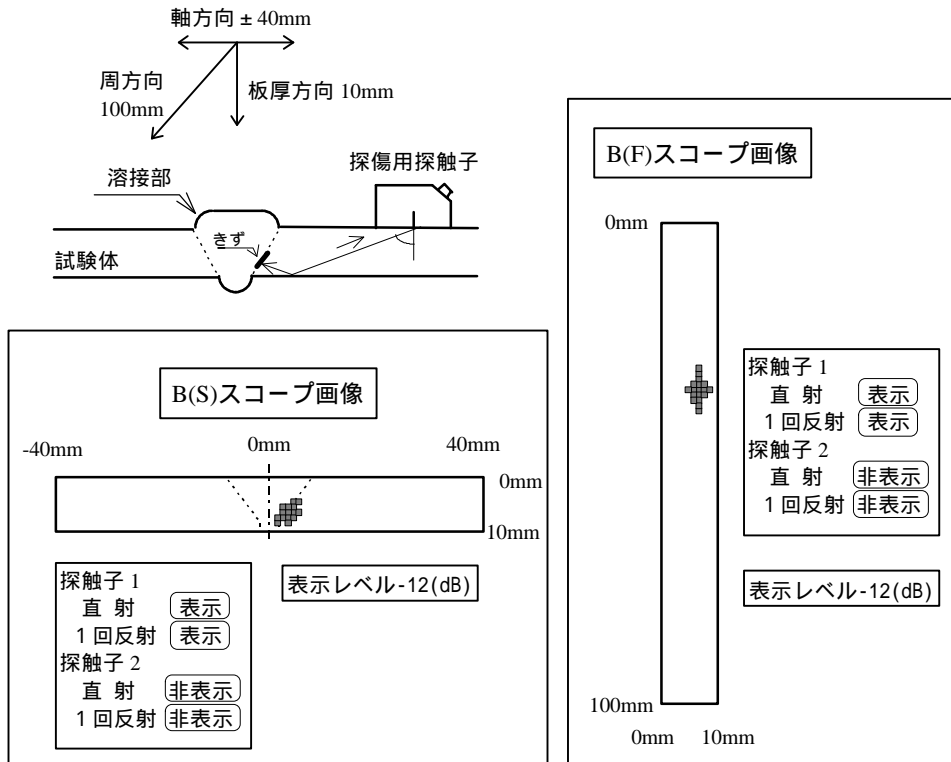


図6 Bスコープ画像の例

5.3.2 その他の表示事項 その他画像の表示は、JIS Z 3070 の 5.5.2 (その他の表示事項) による。

## 6. 超音波自動探傷器に必要な機能及び性能

6.1 一般に必要な機能 超音波自動探傷器に固有の機能である収録ゲート、距離振幅の補正、カップリングチェック及びデータ収録に必要な機能及び性能を除く、基本的な機能は次による。

- a) 増幅器は、対数増幅器とする。
- b) 感度の有効収録幅は、基準レベル (H 線) より + 10dB 以上 - 30dB 以下とする。
- c) ゲイン調整器は、1 ステップ 1dB 以下で、合計の調整量は、40dB 以上とする。
- d) 表示器は、屋外の作業においても各種調整に支障のないよう鮮明なものとする。

## 6.2 収録ゲート

6.2.1 収録ゲートに必要な機能 収録ゲートの起点及び範囲を、時間軸上の任意の点に調整できる機能をもつものとする。

6.2.2 収録ゲートに必要な性能 収録ゲート内の波形の収集周波数は 100MHz 以上、収録周波数は 10MHz 以上とし、エコー高さ軸の分解能は 0.5dB 以下とする。

6.3 距離振幅の補正 距離振幅の補正に必要な機能及び性能は、JIS Z 3070 の 6.3 (距離振幅の補正) による。

6.4 データ収録 超音波自動探傷器は、次のデータを収録する。

- a) 探傷前
  - 1) カップリング基準レベル
  - 2) 距離振幅補正方式又は距離振幅併用方式を採用した場合には距離振幅特性
- b) 探傷中
  - 1) 周方向距離
  - 2) 探触子・溶接部距離
  - 3) 収録ゲート内の A スコープ波形
  - 4) カップリング監視信号

## 7. 探触子に必要な機能及び性能

7.1 探触子に必要な機能 探触子に必要な機能は、次による。

- a) 探触子は、使用する探傷器に適合したものとする。
- b) 探触子には、製造業者名・製造番号等を明記し、更に 1mm 間隔でガイド目盛を両側に付けているものとする。
- c) 公称周波数は 5MHz とする。
- d) 振動子の公称寸法は、原則として、10 × 10mm とする。

7.2 探触子に必要な性能 探触子に必要な性能は、次による。

なお、d)、e)、f) は、JIS Z 2345 の標準試験片 STB-A1 の R100 の曲面を反射源とする。

- a) 接近限界長さは、15mm 以下とする。
- b) 探傷屈折角は、 $65 \pm 2_1^\circ$  の範囲内とする。
- c) ビーム中心軸の偏りは、JIS Z 2350 の 13.1 (ビーム中心軸の偏りと偏り角) によって測定し、 $1^\circ$  の単位で読み取り  $2^\circ$  を超えないものとする。
- d) ピーク周波数は、使用する探傷器と組み合わせたとき、 $5 \pm 0.1_{0.4}$  MHz の範囲内とする。
- e) 6dB ダウン周波数帯域幅は、使用する探傷器と組み合わせたとき、 $1.6 \pm 0.4$  MHz とする。
- f) 12dB ダウンピーク数は、使用する探傷器と組み合わせたとき、7 ~ 10 波の範囲内とする。

## 8. 走査装置に必要な機能及び性能

8.1 走査装置に必要な機能 走査装置は、自動又は手動で以下の事項を調整する。

- a) 走査間隔
- b) 軸走査長
- c) 周走査長

8.2 走査装置に必要な性能

- a) 走査速度は、所定のデータ収録点においてデータ収録を行える速度以下とする。
- b) データ収録点のずれは、所定の周ピッチ及び軸ピッチに対して $\pm 1\text{mm}$ の範囲内とする。
- c) 軸走査長に対する試験実績の位置ずれの最大値は、所定の軸走査長の $0\sim+5\%$ の範囲内とする。
- d) 周走査長に対する試験実績の位置ずれの累積量は、所定の周走査長の $0\sim+5\%$ の範囲内とする。

## 9. 画像表示装置に必要な機能及び性能

9.1 画像表示装置に必要な機能 画像表示装置に必要な機能は、次による。

なお、1つの画面で所定の機能を満たさない場合には、複数の画像に分割して表示してもよい。

- a) 周方向は、所定の周走査長以上を表示する。
- b) 軸方向は、カップリングチェック画像は探触子の軸走査長以上を、B スコープ画像及びC スコープ画像は探傷範囲を表示する。
- c) 肉厚方向は、B スコープ画像において母材の厚さ以上を表示する。

9.2 画像表示装置に必要な性能

- a) 表示するエコー高さの下限値は、任意の高さに変えられるものとする。
- b) 探傷方向及びスキップ別は、視認又は識別できるものとする。
- c) 各座標軸は、 $1\text{mm}$ 以下の精度で反射源の位置を評価し表示できるものとする。
- d) 反射源は、画像上においてめいりょうに視認できるものとする。

## 10. 超音波自動探傷試験の準備

10.1 探傷面及び探傷の方法 原則として、探傷面及び探傷方向は試験体外面(凸面)・溶接線両側とし、探傷の方法は直射法及び一回反射法とする。

10.2 距離振幅の補正方式の選定 距離振幅の補正方式は、超音波自動探傷装置の付随機能及び探傷目的に従って、選定する。

10.3 走査範囲の選定

10.3.1 周方向走査範囲 全周とする。ただし、補修箇所等の再検査は、その範囲以上とする。

10.3.2 軸方向走査範囲 図7に示すように、探触子位置は接近限界距離から探触子側溶接部の熱影響部の範囲に一回反射ビームが当たる距離以上とする。

10.4 収録ゲートの起点及び範囲 収録ゲートの起点及び範囲を、図7に示す。

10.4.1 収録ゲートの起点 各探触子位置ごとに探触子側の熱影響部にビームが入射する点とする。

10.4.2 収録ゲートの範囲 起点から溶接部を挟み、溶接線中心からの距離が熱影響部又は(母材の厚さ+3mm)のいずれか大きい値の範囲以上とする。

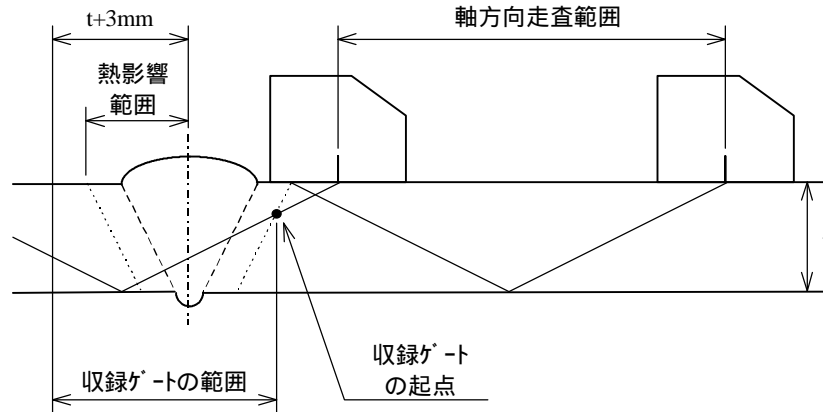
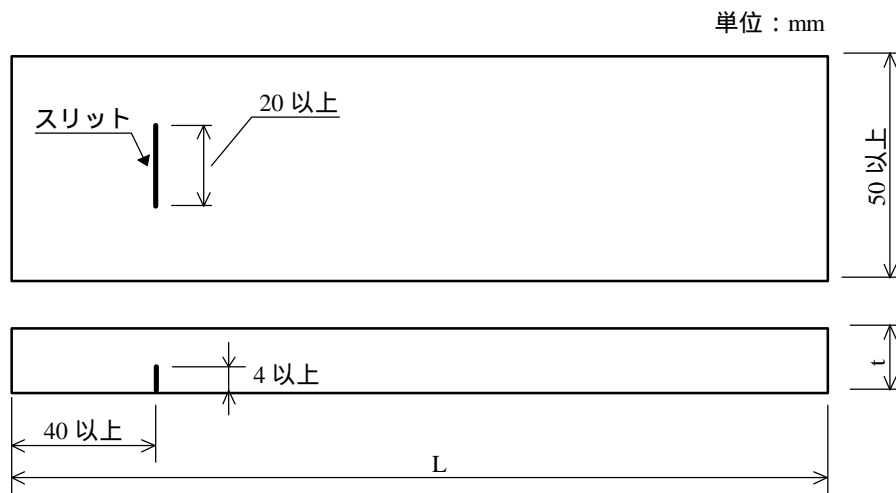


図7 軸方向走査範囲

10.5 データ収録点間隔の選定 周ピッチ及び軸ピッチは、2mm ピッチ以下を選定する。

10.6 試験片の選定 試験片は、探傷目的、装置の調整作業項目、試験体の厚さ及び音響異方性の有無に従って、選定する。

- a) 標準試験片 標準試験片は、JIS Z 2345 に規定する A1 形標準試験片又は A3 形系標準試験片とする。
- b) 対比試験片 対比試験片は、試験体の曲率半径によって、JIS Z 3060 の 4.3.2 (対比試験片) に規定する RB-4 又は RB-A8 とする。
- c) 探傷屈折角測定用対比試験片 探傷屈折角測定用対比試験片は、図 8 に示す形状・寸法で、試験体又は試験体と超音波特性が近似した鋼材で製作する。
- d) 自動用対比試験片 自動用対比試験片は、11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5 に示す装置の調整作業項目の結果が、標準試験片又は対比試験片と同一なものと確認されている項目については、用いることができる。



ここで、L：対比試験片の長さ。試験体の厚さによって定める。

t：試験体の厚さ

図8 探傷屈折角測定用対比試験片

10.7 探傷の時期 溶接部に溶接後熱処理などの指定のある場合の探傷の時期は、最終熱処理後とする。

10.8 探傷面の手入れ 探傷面は、スパッタ、浮いたスケール、超音波の伝達を妨げるような著しいさび、塗料などが

存在しないものとする。もし、これらが存在する場合には除去する。

**10.9 走査装置接地面の手入れ** 走査装置接地面に、走査を妨げるようなスパッタ、ジグ跡などが存在する場合は除去する。

**10.10 母材の探傷** 超音波が通過する部分の母材は、必要に応じてあらかじめ垂直探傷を行って、探傷の妨害となるきずがないことを確認する。その方法は、JIS Z 3060 の 5.9（母材の探傷）の規定による。

**10.11 探触子の選定** 試験体の音速が明らかでない場合には、公称屈折角  $65^\circ$  又は  $60^\circ$  の探触子を使用して、次に示す手順によって試験体音速の推定を行い、探触子を選定する。

- 1) 屈折角の測定 11.2.1 に規定する屈折角の測定を行う。
- 2) 試験体音速の推定 11.2.2 に規定する試験体音速の測定を行う。
- 3) 探触子の選定 探傷屈折角が、 $65 \pm 2_1^\circ$  となる探触子を選定する。

## 11. 超音波自動探傷装置の調整及び点検

**11.1 入射点の測定** 入射点の測定は、A1 形標準試験片又は A3 形系標準試験片若しくは自動用対比試験片を用いて、0.5mm 単位で行う。

### 11.2 屈折角及び試験体音速の測定

**11.2.1 屈折角の測定** 屈折角は、選定した試験片を用いて測定する。

- a) **STB 屈折角の測定** STB 屈折角の測定は、A1 形標準試験片又は A3 形系標準試験片を用いて、 $0.2^\circ$  単位で行う。
- b) **探傷屈折角の測定** 探傷屈折角の測定は、試験体又は探傷屈折角測定用対比試験片を用いて行う。
  - 1) 試験体を用いる場合 V 透過法によって行う。
  - 2) 探傷屈折角測定用対比試験片を用いる場合 スリットによるエコー高さが最大となる探触子位置によって行う。

なお、図 9 に示すように、試験体の厚さが 15mm 未満の場合は一回反射、15mm 以上の場合は直射で行う。

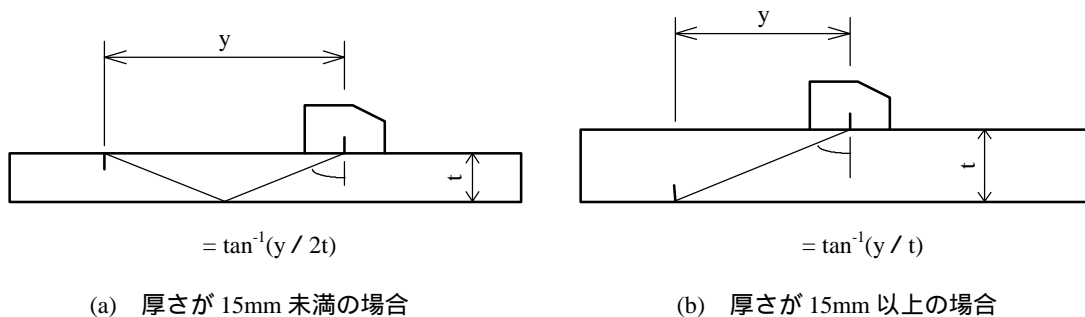


図 9 探傷屈折角の測定

**11.2.2 試験体音速の測定** 試験体音速 (C) は、STB 屈折角 ( $\theta_{STB}$ ) 及び探傷屈折角 ( $\theta$ ) により次式で算出する。

$$C = 3230 \cdot (\sin\theta / \sin\theta_{STB}) \quad \text{単位: m/s}$$

**11.3 距離振幅の補正の調整** 収録ゲート範囲に対して、エコーの距離振幅の補正のための調整を行う。

**11.3.1 距離振幅補償方式の調整 (DAC)** 距離振幅補償方式の調整を、図 10 に示す。

- a) DAC の起点は、DAC 回路を使用しない状態で、使用する対比試験片又は自動用試験片の標準穴を直射法で探傷し、最大エコー高さが得られる点のビーム路程とする。その最大エコー高さを任意の高さに調整する。
- b) DAC の最終の調整点は、使用する試験片の標準穴を、収録ゲート範囲を超える最小のビーム路程に対応するスキップ点で探傷し、最大エコー高さが得られるビーム路程とする。
- c) スキップ点ごとに使用する試験片の標準穴のエコー高さが、それぞれ 1dB 以下の精度にあることを確認する。
- d) 使用する探触子を用いて、A1 形標準試験片又は A3 形系標準試験片若しくは自動用対比試験片によって、定められ



た測定範囲に時間軸が調整されていることを確認する。

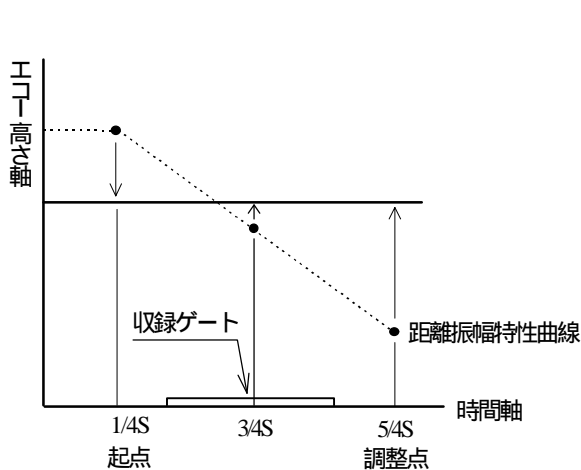


図 10 距離振幅補償方式の調整例

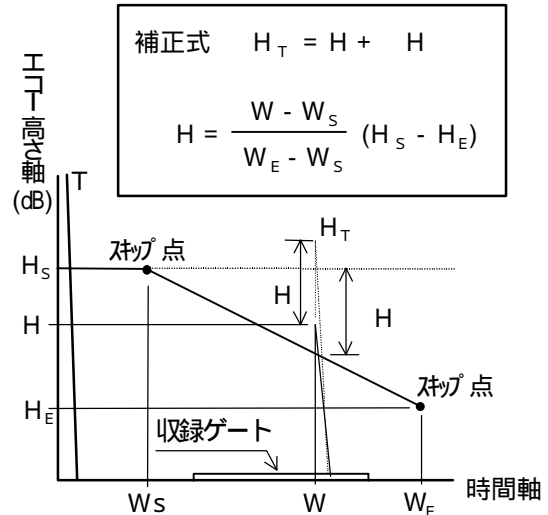


図 11 距離振幅補正方式の調整例

11.3.2 距離振幅補正方式の調整 距離振幅補正方式の調整を，図 11 に示す。

- a) エコー高さ区分線の作成 使用する対比試験片又は自動用対比試験片の標準穴を用いて，少なくとも収録ゲートの範囲を超えるスキップ点のビーム路程及びエコー高さを測定し，エコー高さ区分線(H線)を作成して収録する。
- b) 距離振幅補正式の作成 図 11 に示す方式によって，補正式を作成する。
- c) 距離振幅補正の確認 使用する試験片の標準穴を用いて，直射を含む 2 個以上のスキップ点を探傷し，そのエコー高さが，1dB 以内の精度にあることを確認する。

なお，距離振幅補正は，しきい値を超えたエコーに対し，各ビーム路程ごとに，データ収録後又は画像表示前に行う。

11.3.3 距離振幅併用方式の調整

- a) 距離振幅補償方式の調整 11.3.1 a), b), d) に規定する調整を行う。
- b) 距離振幅補正方式の調整 a) の状態で 11.3.2 に規定する調整を行う。

11.4 基準レベル(H線)の調整

- a) 対比試験片による場合 H線は，RB-4 又は RB-A8 の標準穴により作成したエコー高さ区分線に A2 形系 STB の標準穴と RB の感度差を考慮して調整した値とする。
- b) 自動用対比試験片による場合 対比試験片による場合と，同等となるようにする。

11.5 カップリングチェックの調整

11.5.1 カップリングチェックレベルの設定 カップリングチェックレベルの設定は，JIS Z 3070 の 10.7.2 (カップリングチェックレベルの設定) による。

11.6 走査装置の調整

- 11.6.1 走査装置の安定 走査装置は，探触子が探傷面に良好な音響結合で保持されるように調整する。
- 11.6.2 走査装置の調整 走査装置は，選定された走査範囲，走査間隔及び走査速度に調整する。
- 11.6.3 走査装置の確認 走査装置は，超音波自動探傷を開始する前に試験体に装着し，所定の走査条件で自動走査を行い，軸走査長及び周走査長のずれの累積量が必要な性能を満たすことを確認する。

11.7 超音波自動探傷装置の調整及び点検時期 入射点，STB 屈折角，探傷屈折角，試験体音速，基準レベル(H線)，収録ゲート，距離振幅の補正，カップリング基準レベル及び走査装置は作業開始時に調整する。

また，これらは作業時間 8 時間以内ごとに点検し，調整の条件が維持されていることを確認する。

12. 超音波自動探傷試験 超音波自動探傷試験の方法は次による。

- 1) 超音波自動探傷試験 所定の条件で超音波自動探傷試験を実施する。
- 2) 画像の作成 収録されたデータによって、画像を作成する。
- 3) カップリングチェック カップリングチェック画像を用いて、カップリング監視信号のエコー高さにカップリングチェックレベルより低い点がないことを確認する。
- 4) きずの有無の確認 Cスコープ画像及びBスコープ画像の表示するエコー高さの下限値をL線に設定して、きずの有無を確認する。
- 5) きず種別の判定 探傷画像のきず像から、きず種別を判定する。  
 なお、きず種別は、きず像の形状、位置、分布状況及びモード変換像の有無及び形状によって、面状の開口きず又は内部きず若しくは球状きずに分類する。
- 6) きずのエコー高さの読み取り きず像の最大エコー高さを読み取る。
- 7) きず位置の読み取り きず像の最大エコー高さの位置を、周方向位置、軸方向位置及び深さ位置で読み取る。
- 8) きずの画像寸法の読み取り 表示区分別（探触子別及びスキップ別）にきず像の画像長さ及び画像高さを測定する。

なお、画像寸法を読み取るしきい値はきず種別によって、面状きずはL線、球状きずはL/2線とする。

13. 記録 超音波自動探傷試験を行った後の記録は、次によることが望ましい。

- a) 試験年月日
- b) 施工業者名又は製造業者名
- c) 工事名又は製品名
- d) 試験番号又はその記号
- e) 技術者及び資格
- f) 材質及び寸法
- g) 溶接方法及び開先形状
- h) 使用した超音波自動探傷装置名
- i) 超音波自動探傷器の主な仕様
- j) 収録ゲート
  - 1) 収録ゲートの起点位置
  - 2) 収録ゲートの範囲
  - 3) 収録ゲートの性能及び点検時期
- k) 距離振幅補償方式
  - 1) 各探触子の距離振幅特性曲線
  - 2) 起点及び調整点の点数
  - 3) 各起点及び各調整点の位置
  - 4) 各調整点の補正量（各起点調整点間の傾斜値）
  - 5) 距離振幅補償方式の性能及び点検日時
- l) 距離振幅補正方式
  - 1) 各探触子のエコー高さ区分線
  - 2) 補正式
  - 3) 距離振幅補正方式の性能及び点検日時
- m) 距離振幅併用方式

- 1) 各探触子の距離振幅特性曲線
  - 2) 起点及び調整点の点数
  - 3) 各起点及び各調整点の位置
  - 4) 各調整点の補正量（各起点調整点間の傾斜値）
  - 5) 距離振幅補償方式の性能及び点検日時
  - 6) 各探触子のエコー高さ区分線
  - 7) 補正式
  - 8) 距離振幅補正方式の性能及び点検日時
- n) カップリングチェック
- 1) カップリング基準レベル及びカップリングチェックレベル
  - 2) カップリングチェックの性能及び点検日時
- o) 走査装置
- 1) 走査装置の仕様
  - 2) 走査方法
  - 3) 走査の開始点及び終了点の位置
  - 4) 軸ピッチ
  - 5) 周ピッチ
  - 6) 軸走査長
  - 7) 周走査長
  - 8) 走査装置の性能及び点検日時
- p) 画像表示装置の仕様（最小の表示ピッチ・座標軸の表示分解能など）
- q) 探触子
- 1) 探触子の仕様
  - 2) 探触子の性能及び点検日時
- r) 試験体音速
- s) 使用した標準試験片，対比試験片，探傷屈折角測定用対比試験片及び自動用対比試験片
- t) 探傷部分の状態及び手入れ方法
- u) 走査装置接地面の手入れ方法
- v) 接触媒質
- w) 探傷画像
- 1) カップリングチェック画像
  - 2) C スコープ画像
  - 3) B スコープ画像
- x) 探傷データ [きず種別，きずの最大エコー高さ，きずの画像寸法（画像長さ及び画像高さ）]
- y) きずの位置 [周方向，軸方向及び深さ]
- z) その他の事項（指定事項，協議事項，採取方法など）