

令和6年度 機械知能・航空実験II A班

ファイン2 超音波探傷

東北大学 機械知能・航空工学科
ファインメカニクスコース 高・松隈研究室

学籍番号 C2TB1505

千葉 匠

共同実験者 川口朋也，蔦森公亨，吉村悠太

実験日 2024年11月13日

提出日 2024年11月20日

連絡先 chiba.takumi.s4@dc.tohoku.ac.jp

目次

1	目的	2
2	原理	2
2.1	超音波探傷法の原理	2
2.2	AVG 線図を用いた欠陥エコーの評価	2
3	実験方法	4
3.1	実験 I	4
3.2	実験 II	6
3.3	実験 III	7
4	実験結果	7
5	考察	7

1 目的

品質管理や保守検査において、素材や製品を破壊せずに欠陥の有無・存在位置・大きさなどを調べることができる非破壊試験の重要性は高まっている。本実験では超音波探傷法に関する基礎知識を習得し、パルス反射法によるきず寸法・位置の測定手法を学ぶことを目的とする。

2 原理

2.1 超音波探傷法の原理

超音波とは人間の耳に聞こえない音であり、周波数が 20kHz 以上の音波を指す。超音波の送受信は圧電素子により行われる。送受信の役目を担う素子を振動子と呼び、振動子に吸音材と保護版を貼り付け、ケース格納したものを探触子と呼ぶ。探触子を試験体に押し付けるだけでは、超音波はほとんど入射しないため、接触媒質を介して入射させる必要がある。本実験ではカップリングとして、直接接触法と水浸法の 2 種類を用いた (図 1)。探傷方法はパルス波を用いたパルス反射法である。図 2 のように反射したエコーから欠陥の情報を得ることができる。エコーの往復時間が欠陥の位置に対応し、エコーの高さが欠陥の寸法に対応する。

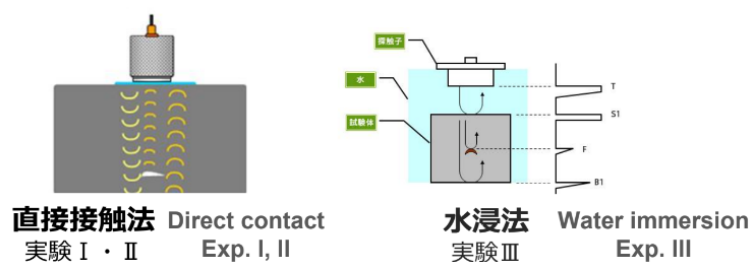


Fig.1: Coupling Methods in Ultrasonic Flaw Detection.

2.2 AVG 線図を用いた欠陥エコーの評価

同じ大きさの欠陥でも、探傷面から欠陥までの距離が異なれば、超音波の広がりや減衰によって欠陥エコー高さは異なる。このため、欠陥の大きさを評価するために AVG 線図が用いられる。図 3 は一般化された AVG 線図であり、規準化されたエコー高さ (縦軸) と

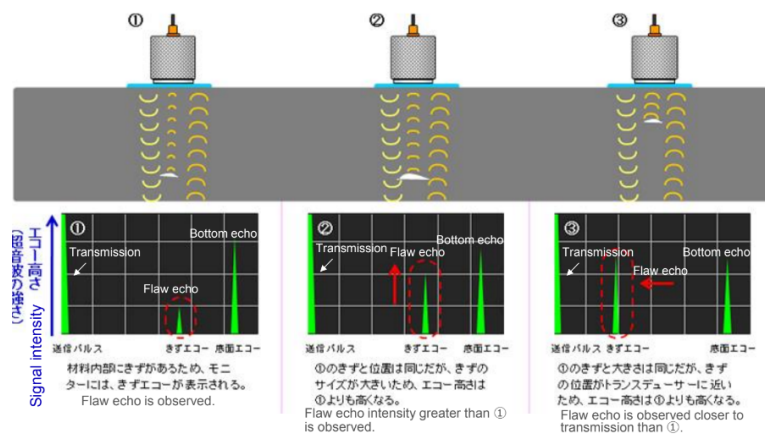


Fig.2: Pulse echo technique.

音波路程 (横軸) との関係を異なる直径の円形平面傷に対して描いたグラフである。欠陥の大きさも振動子の直径によって規準化されている。

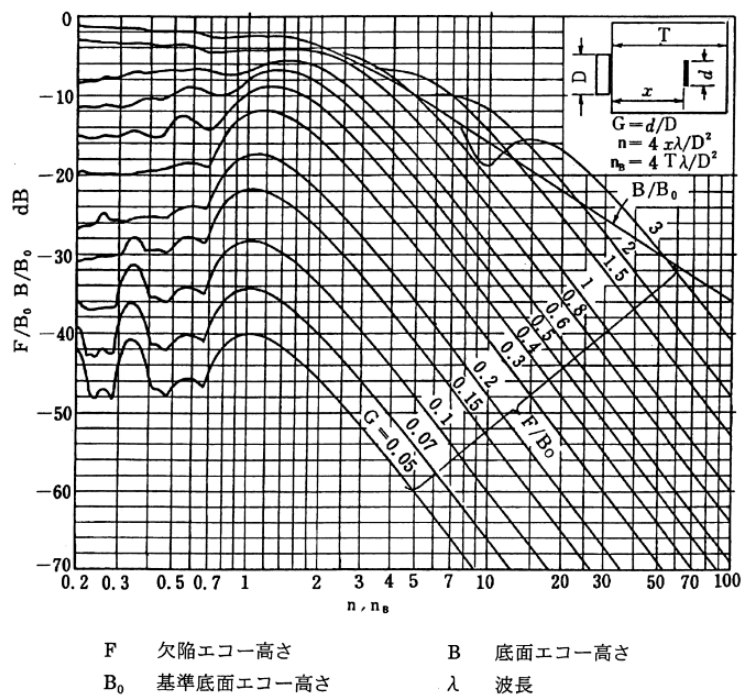


Fig.3: AVG diagram for circular planar wounds.

3 実験方法

本実験では以下の 3 つの実験を行った。

- I. 平面き裂:6 デシベルドロップ法
- II. 欠陥評価：AVG 線図
- III. 最先端超音波探傷の理解

実験 I, II で用いた実験装置を図 4 に示す。パルサーは探触子を振動させ超音波を発信する装置であり、レシーバーは反射した超音波を探触子で電気信号に表示する装置である。探触子は周波数 $f = 5\text{MHz}$ 、直径 $D = 6.3\text{mm}$ のものを使用した。



Fig.4: Experimental apparatus in Experiments I and II.

3.1 実験 I

図 5 に計測した試験体の形状を示す。実験手順を以下に示す。

1. 試験体表面にグリスを塗布した。
2. 探触子を試験体表面に当てて、オシロスコープのエコーを確認した。
3. 第 1 回エコーが送信パルスに対して、大きく変わらない場所で探触子を静止し、オシロスコープの波形を記録した。
4. オシロスコープの波形から図 6 に示すような底面往復時間 $t_B(\mu\text{s})$ と底面エコー高さ $B(\text{V})$ を測定した。
5. 探触子を動かし、第 1 回エコー高さが半減した場所でオシロスコープの波形を記録し、探触子の位置を欠陥先端位置 $L(\text{mm})$ として測定した。

6. オシロスコープの波形から図 7 に示すような欠陥往復時間 $t_F(\mu s)$ と欠陥エコー高さ $F(V)$ を測定した.
7. 式 (1), 式 (2) から試験片厚さ Z_B と欠陥深さ z_F を計算した. ここで C は試験片の縦波音速である.
8. 以上の手順を 4 回繰り返した.

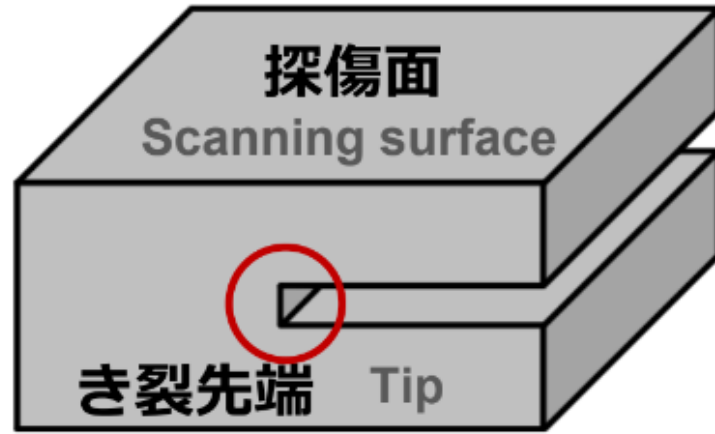


Fig.5: Shape of the specimen in Experiment I.

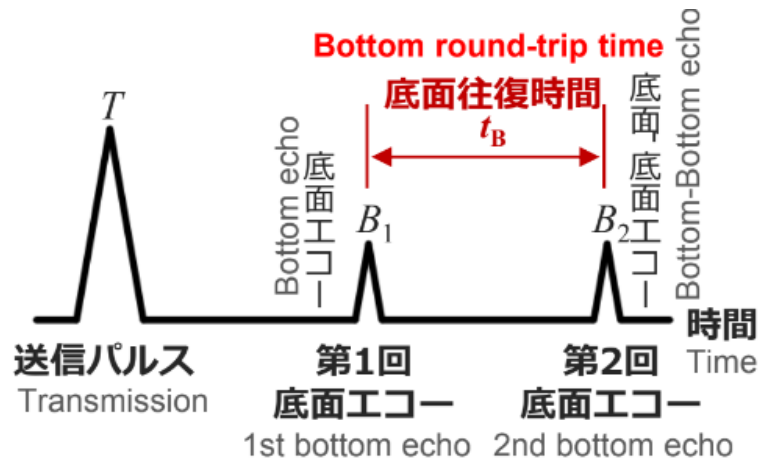


Fig.6: Measurement of specimen thickness.

$$z_B = \frac{1}{2} C t_B \quad (1)$$

$$z_F = \frac{1}{2} C t_F \quad (2)$$

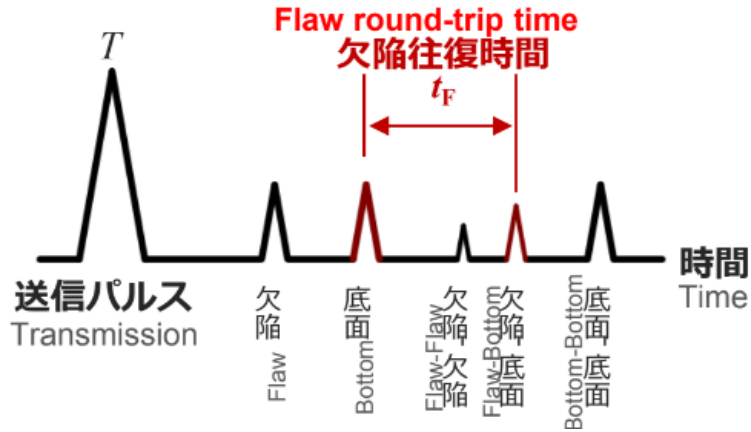


Fig.7: Measurement of defect depth.

3.2 実験 II

実験 II では試験片 Al1, Al2, ステンレスの 3 種類に対して測定を行った．実験手順を以下に示す．

1. 実験 I と同様にしてそれぞれの試験片で，底面エコー高さ $B(V)$ と底面往復時間を測定した．Al1 を 2 回，Al2 とステンレスを 1 回ずつ測定し，それぞれの平均を求めた．
2. 底面往復時間 t_B より試験片の厚さ Z_B を求めた．
3. 求めた z_B より底面までの音波路程 n_B を式 (3) から計算した．ここで波長 λ は $\lambda = C/f$ である．
4. 求めた n_B と図 3 から読み値 $= 20\log_{10} \frac{B}{B_0}$ より，基準化したエコー高さ B_0 を求めた．
5. 次に Al1 のき裂 3 点において，欠陥の位置 x, y ，欠陥エコー高さ $F(V)$ ，欠陥往復時間 t_F を測定した．3 点目の欠陥のみ 2 回測定した．
6. Al2 及びステンレスは 4 つの欠陥において Al1 と同様に測定を行った．
7. 測定結果から欠陥深さ z_F ，欠陥エコー高さ F ，欠陥音波路程 n_F を計算した．さらに F/B_0 を計算し，図 3 から G を過大評価により求め，式 (4) より欠陥直径 d を推定した．

$$n_B = \frac{4z_B\lambda}{D^2} \quad (3)$$

$$d = G \cdot D \quad (4)$$

3.3 実験 III

実験 III では，図 8 に示すような超音波映像装置による最先端の超音波技術により，suica の回路構造が表示される様子を観察した．



Fig.8: Ultrasonic imaging device.

4 実験結果

5 考察

参考文献

[1]