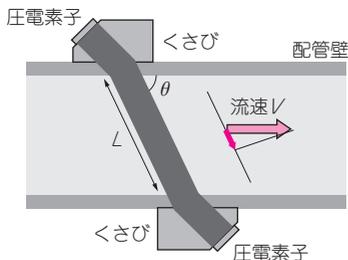


第3章 基本原理は伝搬時間による距離の測定

超音波を使うと 何が計測できるか

中村 健太郎 Kentaro Nakamura



超音波は気体中、液体中、固体中のいずれも伝わるので、それぞれに多彩な計測応用があります。気体や液体といった流体中では、物体の検出、物体の速度の測定、流体の流速測定に超音波が用いられます。固体中では、部材の肉厚測定、傷の検出などが重要な応用です。

その1：物体検出

● やまびこの原理！パルス・エコー法による距離測定

超音波計測の基礎は、気体中、液体中、固体中のいずれも、伝搬時間による距離測定です。

図1のように、パルス波やバースト波を目標物に向かって送信し、反射波が戻ってくるまでの時間 t を計測します。既知の音速 c から距離 L は、

$$L = \frac{ct}{2} \dots \dots \dots (1)$$

と求められます。往復するので分母に2があります。

▶ 空気中の音速

この測定では、音速が既知であることが必要ですが、空気中の音速は温度によって少し変化します。常温付近では摂氏 [°C] で測った温度を T として、空気中の音速は、

$$c = 331.5 + 0.6T [\text{m/s}] \dots \dots \dots (2)$$

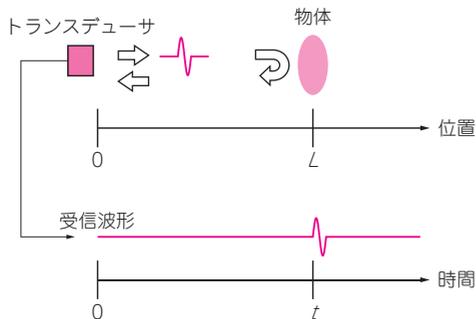


図1 パルス・エコー法による距離測定
パルス波やバースト波を目標物に向かって送信し、反射波が戻ってくるまでの時間を計測する

と近似的に表せます。すなわち、10°Cのときで337 m/s、40°Cのときで355 m/sとなります。冬と夏で5%ほど差が出ることになります。音速は風による影響も受けますので、誤差の想定が必要です。

▶ 液体中の音速

水中の音速は、常温常圧で1480 m/sです。この値は温度や水圧によって変化します。通常の測定ではそれほど問題になりませんが、温度や圧力が大きく変化する海洋の長距離測定や、高圧高温の工業計測などでは音速の値に留意します。

液体の種類、混合物によっても音速は異なります。

▶ 固体中の音速

表1のように、固体は材料によって異なった音速を示します。硬くて軽いものは速くなります。

パルス・エコー法による板厚測定は音速がわからないと行えません。同じ鉄でも精錬法などでわずかに音速が異なりますし、同じプラスチックでも射出方向などの影響があります。逆に、音速測定から細かい物性の差を知ることができます。

● 拡散減衰と吸収減衰

超音波を送信すると、伝搬するに従って広がるために強度が距離に応じて小さくなります。これを拡散減衰と呼びます。

また、拡散せずとも、超音波を伝える媒質の内部摩擦によってエネルギーを消費し、強度が距離に応じて減衰します。これを吸収減衰といいます。

▶ 金属などの固体中が最も減衰が小さい

材料により、吸収減衰の度合いは大きく異なります。

表1 さまざまな材料の縦波音速の代表値

| 材料 | 縦波音速[m/s] | 材料 | 縦波音速[m/s] |
|--------|-----------|--------|-----------|
| 鋼鉄 | 5900 | ガラス | 5700 |
| 鋳鉄 | 4600 | アクリル | 2700 |
| チタン | 6100 | ナイロン | 2600 |
| アルミニウム | 6200 | ポリスチレン | 2300 |
| 真ちゅう | 4400 | | |