

超音波センサの多機能化に関する基礎的研究 <油圧シリンダ内の静的圧力測定>

Basic Research about Multi-utility of Ultrasonic Sensor <Static Pressure Measurement in A Hydraulic Cylinder>

吉田智晃^E, 大久保重範^{EE}, 及川一美^{EEE} 高橋達也^Y

Tomoaki Yoshida^E, Sigenori Ohkubo^{EE}, Kazumi Oikawa^{EEE}, Tatsuya Takahashi^Y

*山形大学工学部, **山形大学工学部, ***山形大学工学部, y山形大学工学部

*Yamagata University, **Yamagata University, ***Yamagata University.
yYamagata University

キーワード： 超音波センサ (Ultrasonic Sensor)
往復伝搬時間 (Round-trip Propagation Time)

連絡先： 〒992-0038 米沢市城南4-3-16 山形大学工学部機械システム工学科 大久保研究室 吉田智晃
Tel.: (0238)26-3242, Fax.: (0238)26-3205, E-mail: iwate@okamori.ac.jp

1. はじめに

超音波は、固体・液体中での伝搬能力が高く、その伝搬速度は非常に遅い。これらの特徴を生かし、産業界、工業界で利用される洗浄や非破壊検査、各種の加工をはじめとし、医療機関、海洋科学にわたり、超音波は幅広く応用されている。

一般に圧力を検出するセンサには、ストレンゲージやダイヤフラムなどの圧力センサがある。しかし、これらは取り付け位置やスペース、埃などの環境的制約を受けやすい。本研究では、超音波は、固体・液体中での伝搬能力に優れているという点に着目して、超音波を非接触で油圧シリンダ内の圧力を測定し、圧力センサとして用いることを検討する。しかしながら、超音波センサを用いた精密計測は非常に難しい。すなわち、シリン

ダ内の作動油の温度変化などが超音波信号に影響を与えられられるためである。

本研究では、超音波の多機能化の一つとして、油圧シリンダ内の静的圧力測定を行い、圧力を求める実験式を提示し、その比較、評価を行った。そして、超音波センサを用いた圧力測定の有効性について検討した。

2. 超音波の特性と応用技術

2.1 超音波の特性

- ・周波数が高い・波長が短い・伝搬速度が遅い
- ・指向性が鋭い・媒質を問わない

2.2 超音波の応用分野

超音波の応用分野には、情動的な応用、動力的な応用、その他の応用に大別される。

- (1) 情動的応用: 魚群探知機, 非破壊検査
- (2) 動力的応用: 超音波加工機, 洗浄器, モータ
- (3) その他の応用: 駆除装置, 超音波殺菌

3. 油圧シリンダの静的圧力測定

3.1 測定原理

Fig.1に実際の超音波波形を示す。

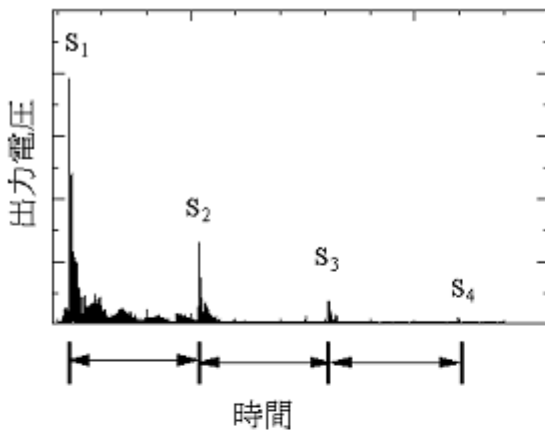


Fig. 1 実際の超音波信号波形

Tは作動油中の往復伝搬時間であり、本実験ではS₁~S₂間とS₂~S₃間とS₃~S₄間の平均値を往復伝搬時間Tとしている。

本実験では、超音波パルス法を用いて、媒質内の音波の伝搬速度cを測定した。この関係式は次のように表される。

$$c = \frac{2l}{T} \quad (1)$$

ここで、lは媒質の長さ、Tは往復伝搬時間である。

3.2 実験装置

油圧シリンダ及び実験装置の構成をFig.2に示す。

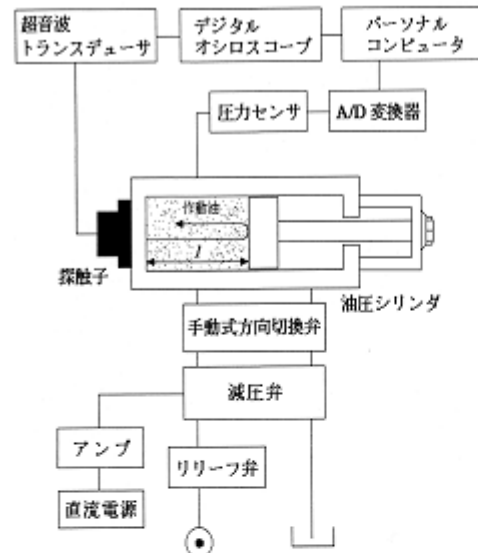


Fig. 2 油圧シリンダ実験構成図

3.3 実験内容・方法

(1) 超音波の往復伝搬時間Tの計測

ピストン変位を200.7[mm]に固定し、油圧シリンダ内の油温tを26.1[]から38.3[]までの範囲で変化させる。1.0[MPa]から2.8[MPa]までシリンダ内の作動油に圧力をかけた際に得られる超音波信号波形の伝搬時間Tを測定する。

(2) 超音波の伝搬速度c_tと油温tの関係

油圧シリンダ内の26.1[]から38.3[]まで変化した油温と、求められた伝搬速度c_tの関係を評価する。

(3) 圧力Pと超音波伝搬速度c_pの関係

各油温において、1.0[MPa]から2.8[MPa]までひずみゲージ式圧力変換器で測定し校正した圧力Pと、超音波伝搬速度c_pの関係を調べる。

3.4 実験結果

(1) 超音波の往復伝搬時間Tの計測

Fig.3に油温tと往復伝搬時間Tの関係図を示す。ここで、各油温における超音波信号波

形の伝搬時間を平均したものを往復伝搬時間 T としている。油温の上昇に伴い、往復伝搬時間が増加していることがわかる。多少、データにばらつきが見られるが、最小二乗法によって求めた式において、そのばらつきの幅を求めてみると、 $\pm 6.13 \times 10^{-6}$ [s]であり、計測した伝搬時間に対して ± 2.11 [%]に収まることがわかった。

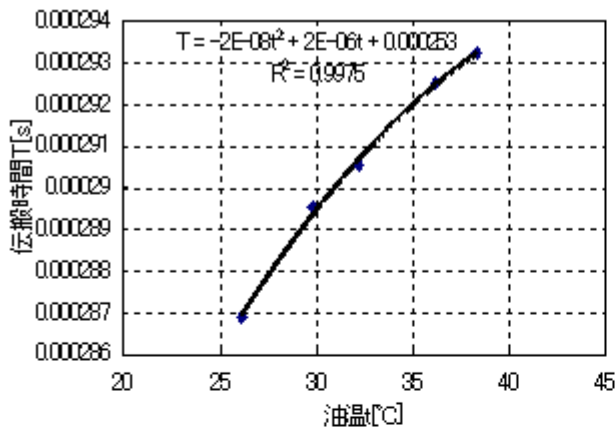


Fig. 3 油温 t と往復伝搬時間 T の関係

(2) 超音波の伝搬速度 c_t と油温 t の関係

油温 t と伝搬速度 c_t の関係を、Fig.4に示す。

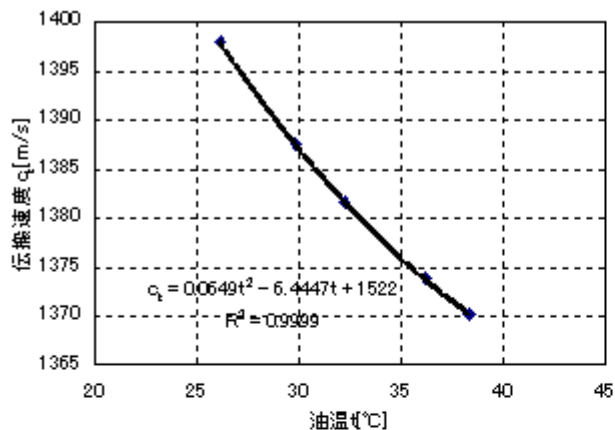


Fig. 4 油温 t と伝搬速度 c_t の関係

ここでは、得られた超音波信号波形の伝搬時間 T から伝搬速度を求め、各油温毎に平均したものを超音波伝搬速度 c_t とし、関係を見ている。伝搬速度は、油温の上昇とともに減

少していることがわかる。また、2次関数の傾向が見られ、この関係より伝搬速度の誤差範囲を算出すると ± 0.0945 [m/s]で、求めた伝搬速度に対して ± 0.0069 [%]以内に収まる。従って、この誤差は圧力を求める際に、ほとんど影響を及ぼさないとと言える。

(3) 圧力 P と超音波伝搬速度 c_p の関係

各油温における圧力 P と実験から得られた超音波伝搬速度 c_p の関係をFig.5に示す。

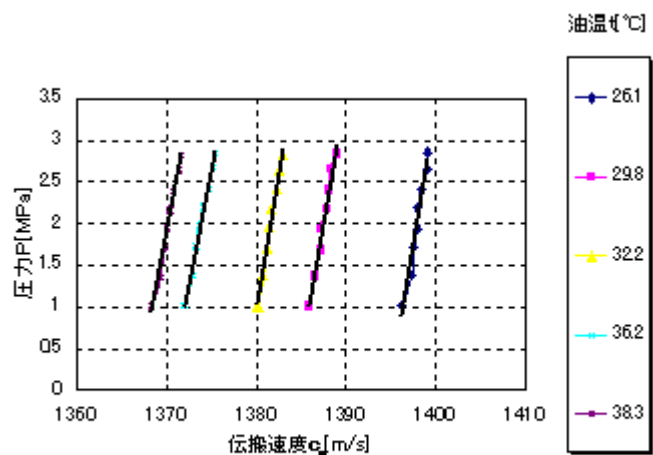


Fig. 5 各油温における圧力と伝搬速度の関係

Fig.5の関係から、圧力の上昇に伴って伝搬速度が増加することがわかる。各油温において、その上昇を直線近似し、それぞれの傾きに注目してみるとほぼ、傾きが一定である。これより、それぞれの傾きを平均したものを、圧力を求めるための実験式の傾きとして用いることにし、式(2)のように実験式を提示した。

$$P = 0.60716c_p + a \quad (2)$$

ここで、得られた式の切片 a は油圧シリンダ内の油温によって、変化するのではないかと考えられる。そこで、油圧シリンダ内の各油温と切片の関係をFig.6に示す。Fig.6からわかるように切片 a は、油温 t における2次関数として考えられ、これらより、本実験範囲(油

温 26.1[] ~ 38.3[], 圧力 1.0[MPa] ~ 2.8[MPa] において超音波センサで圧力を測定するための実験式は,

$$P = 0.60716c_p \ddot{A} 0.0393t \ddot{A} 922:35 \quad (3)$$

であると考えられる。ここで, P: 圧力, c_p : 伝搬速度, t: 油温[]である。

最後に, この実験式(3)を用いて求めた圧力と, ひずみゲージ式圧力変換器で測定した圧力との誤差を評価した結果を次の Fig.7 ~ 11 に示す。

Fig.7 ~ 11 において, 実験式で得られた圧力とひずみゲージ式圧力変換器で測定した実際の圧力の誤差範囲は, Fig.7 では $\pm 5.8[\%]$, Fig.8 では $\pm 3.8[\%]$, Fig.9 では $\pm 4.88[\%]$, Fig.10 では $\pm 7.37[\%]$, Fig.11 では $\pm 4.38[\%]$ 以内に収まる結果となった。

全体で見ると, $\pm 5.2[\%]$ の誤差の範囲であった。これらの誤差の要因として考えられるのは, 油圧シリンダ内の作動油の温度を直接計測できないことなどが, 圧力測定の精度に影響を与えたと考えられる。

4. おわりに

本研究では, 油圧シリンダ内の静的圧力測定を行った結果, 以下のような結論が得られた。

- (1) 油圧シリンダのピストンを一定位置に固定し, シリンダ内の圧力を上昇させた結果, 本実験範囲内において, 圧力と超音波伝搬速度との関係が, 比例関係を示し, かつ各温度による変化量がほぼ一定であることが明らかになった。また, 各油温においての切片は2次式で表すことができた。
- (2) 本実験範囲内において, 油温 t, 超音波伝搬速度 c_p を変数とし, 油圧シリンダの静的圧

力 P を求めるための実験式を得ることができた。伝搬速度と油温を正確に測定することにより, 精度の高い超音波センサによる圧力測定が可能であることを示すことができた。

参考文献

- 1) 谷 腰: "超音波とその使い方", 10/15, 日刊工業新聞社(1998)
- 2) 本多: "超音波の世界", 17/20, 日本放送出版協会(1997)
- 3) 鈴木, 超音波便覧編集委員会: "超音波便覧", 日本放送出版協会(1997)