

氏名	梅田吉邦 うめだよしくに
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第716号
学位授与の日付	昭和49年9月24日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	空中超音波の諸特性とその応用に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 前田 弘 教授 徳岡辰雄 教授 川端 昭

### 論文内容の要旨

従来超音波の応用分野は主として液体中および固体中に限られていたが、最近空気中においても一部に応用例が報告され、将来この方面への利用の拡大が期待される。本論文は先づ超音波の空気中における基礎的な伝播特性を詳細に検討し、更にそれらの諸特性の各種の計測への応用例について研究した結果をまとめたもので、序論、4章および結言からなっている。

序論では上記の超音波研究および応用領域の歴史的な発展と本研究の目的などについて概説している。

第1章では空中超音波の基礎的な伝播特性として、超音波の空気中における減衰特性、指向性、反射特性、ドプラー効果などの諸特性および風、気温などの及ぼす影響について詳細な計算および実験結果を示している。すなわち先づ減衰特性については、その拡散による減衰と熱吸収による減衰の効果を考慮すればよいが、特に減衰係数  $k$  の値は Kneser のノモグラムチャートから得られる数値を用いると、計算値と実験値のよい一致の見られることを示した。次に指向性は、点音源が振動板上に分布し、振動板がピストン振動するとしてその音場を計算することが出来るが、ここでは主として円形の振動子の場合について計算結果と実験値が示されている。反射特性については、超音波が空気中から液体または固体の表面に入射する場合にはその境界面でほぼ完全反射されるが、その反射強度は反射板の面積に比例せず、小さい反射面でも無限大の反射面より大きい反射強度を示す場合があるという重要な結果を得ている。周知のドプラー効果による周波数変化については、音源および観測者の移動速度、風の影響などを考慮して詳細に検討しているが、この効果による周波数変化は移動速度にほぼ比例し、また風の影響は余り大きくないことなどが示されている。一般に風の中を音波が伝播する場合には、その伝播の速度および方向は無風時の音速と風速のベクトル和となる。したがって音波が一定距離を伝播するのに要する時間は風速および風向の影響を受けるが、計算値と実験値はよい一致を示すことを確かめている。

第2章では超音波の最も基礎的な応用として、目標物体までの距離測定の原理とその計算および実験結果を示している。超音波パルスの反射波を利用して距離を測定する場合は、その発振周波数、出力、振動

子の指向性、物体の反射率、ノイズの大きさなどによって測定可能な距離が制限されるが、20kHz 程度の比較的低周波を用いると空中で約30m までの距離を容易に高精度で測定出来ることが判った。なお風の影響は反射波を利用する場合には打消されて誤差を生じない利点がある。

第3章では前記の測定法の実験的な応用例として、航空機の離着陸時の対地高度—速度（垂直方向）検出用センサーを試作し、その基礎的な諸性能を検討した。予備実験およびヘリコプタを用いた飛行実験によって、測定可能な限界高度、動力装置のノイズの影響、機体の姿勢の影響、ローターなどの後流の影響、機体の前進速度の影響、地面（反射面）の状態の影響などを詳細に検討しているが、予想どおり発振周波数 19kHz、出力 150W のセンサーを用いると、高度約 30m 以下で飛行中のヘリコプタの対地高度を簡単な装置で高精度に測定可能であること、またこのような低高度では音波の伝播に要する時間おくれの影響も比較的小さいので、例えば自動着陸用センサーとしての使用も可能であることなどが示されている。

第4章では超音波ビームが気流により曲げられる現象を利用した新しい風速および風向の測定法について述べている。先ず風速の測定の場合に無風時および有風時の受波音圧の変化を利用すると、送受波器を気流に対して直角に配置して風速が測定出来るので、気流を乱すことが少なく、風速の測定範囲は送受波器の指向性を利用して自由に変えられるなどの利点がある。更に2個の振動子を組合せてその発振の位相差を $180^\circ$ としたものを送波器または受波器として用いる改良された方式では、気流を全く乱さずに風速の測定が可能で、無風時の受波音圧は常にゼロとなり、一定の風速範囲内では受波音圧が風速にほぼ比例して変化し、気温の変化による受波音圧のドリフトがないなどの優れた特性を有し、実用的に極めて有用である。なおヨーメータと同様な原理に基づく超音波による風向測定法についても検討しているが、零位法を用いると風速の影響を除いて精度の良い風向計の得られることを示している。

最後に本研究の結果をまとめて結言としている。

### 論文審査の結果の要旨

この論文は、従来比較的研究が少なく資料に乏しい空気中における超音波の基礎的な伝播特性を詳細に検討し、更にそれらの諸特性の各種の計測への応用を試みた結果をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 超音波の空気中における減衰特性、指向性、反射特性、ドプラー効果などの実験および計算結果を示して、空気中における超音波の利用に際して必要な諸特性を明らかにした。特に指向性の鋭い音波の反射強度は反射面の面積に比例せず、小さい反射面でも無限大の反射面より大きい反射強度を与える場合のあることを見出しているが、これは測定に反射波を用いる距離測定や目標物探知などに極めて有用な性質である。

2. 音波が様な風の中を伝播する場合の伝播速度および方向は無風時の音速と風速のベクトル和と考え、実験結果は計算値とよい一致を示すことを確めた。したがってこの関係を用いると一般に風の影響を算出することが出来る。

3. 空気中において超音波パルスの反射波を利用して距離測定を行う場合、測定可能な最大距離は20

kHz 程度の低周波の振動子を用いて約 30m 程度と予想される。なお反射波を利用すると風の影響が打消されて誤差を生じないで、気流の有無を考慮する必要がないという利点がある。

4. 前記の計測法の実際的な応用例として、航空機の離着陸時における対地高度—速度センサーを試作し、ヘリコプタによる飛行実験を行ってその性能を検討した結果、その実用性が実証されている。

5. 超音波ビームが気流によって曲げられ受波音圧が変化する現象を利用した新しい風速および風向の測定法を提案しているが、特に2個の振動子を組合せてその発振の位相差を  $180^\circ$  としたものを送波器または受波器として用いる改良された方式の風速計では、無風時の指示がゼロで、一定の風速範囲内では受波音圧が風速にほぼ比例し、気流を全く乱さず、気温の変化によるドリフトを生じないなどの極めて優れた特性を有することを明らかにしている。

以上要するに本論文は、超音波の空気中における基礎的な諸特性について研究し、更に予想される応用例についてその実用性を示したもので、得られた多くの成果は学術上、實際上寄与するところが少くない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。