



Title	ソナーおよびレーダーの反射特性に関する研究
Author(s)	鈴木, 力
Citation	大阪大学, 1965, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/28831
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名・（本籍）	鈴 木 力 すず き ちから
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	第 6 4 6 号
学位授与の日付	昭 和 40 年 3 月 22 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	ソナーおよびレーダーの反射特性に関する研究
	（主査）
論文審査委員	教 授 板倉 清保
	（副査）
	教 授 熊谷 三郎 教 授 加藤 金正 教 授 青柳 健次
	教 授 牧本 利夫 教 授 笠原 芳郎 教 授 藤沢 和男

論 文 内 容 の 要 旨

超音波反射体の反射特性を予め求めておくことは、ソナーの実用上重要な問題である。

わが国では、実吉純一氏が戦時中に、円板、矩形板、円筒などの簡単な形の反射体について、反射率、反射損失の近似計算を行ない、ベニヤ板をパラフィンでおおった円板、矩形板の反射特性を中心に周波数 93kc、幅 0.5msec の超音波パルスを用いて測定し、その結果を報告しているが、実験精度はあまりよくない。

また、米国では、超音波反射体の反射特性を示す量としてターゲット・ストレングスを用いている。

本論文第 1 章では、超音波研究の歴史を概観するとともに、本研究に関連する従来の研究の概略を述べて本研究の地位を明かにしている。

第 2 章では、超音波反射体の反射特性を示す量として、従来わが国で用いられてきた反射率、反射損失と、米国で用いられているターゲット・ストレングスの間にきわめて簡単な関係があることを明らかにし、ターゲット・ストレングスは音源から反射体までの距離に無関係な量になるという利点があることを示している。

第 3 章では、簡単な形の反射体の超音波反射特性の近似計算法として、光学におけるフレネルゾーンの考え方を導入して、円板、曲面、円筒等のターゲット・ストレングスを計算し、第 4 章では、2.3Mc の水中超音波パルスを用いて測定した円板、円筒の超音波反射特性が、フレネルゾーンを用いて近似的に計算した結果と良く一致することを示している。

第 5 章では、ソナーの実用上問題になるのは複雑な形をした反射体の超音波反射特性であるが、複雑な形をした反射体の問題を直接とり扱うことは理論解析上も不便であるから、それを若干簡単にした形とした葉巻形反射体を取りあげ、約 4 Mc の超音波を用いてその超音波反射特性を測定し、曲率半径

ρ_1 , ρ_2 の葉巻形反射体の軸に垂直な方向から超音波が入射した場合のターゲット・ストレングスは、主曲率半径 ρ_1 , ρ_2 の曲面のターゲット・ストレングスと一致することを明かにし、また、矩形超音波パルスが葉巻形反射体に種々の角度で入射した場合、反射パルスの波形が複雑に変化するので、ソナーや測深器の設計上十分な注意をはらわなければならないことを示している。

第6章では、ソナー訓練用に設計された“直交3円板反射体（人工標的）”の超音波反射特性を模形的に測定し、1つの円板の法線方向が音源の方向と一致したときに反響音圧が最大になるが、それから数度はなれた方向に反響音がほとんど感知されない方向があるから、使用上注意を要することを示している。

1962年A. Freedmanは、従来から用いられてきた超音波反射体による反響音圧を与える式をもう一度検討し、反射体の音源方向への投影面積を距離の関数として表わした場合、その関数および高次微係数の不連続量から反響音圧が求められることを報告しているが、著者はその論文をしさいに検討した結果、Freedmanの式が適用できる範囲は意外にせまいものであること、しかし、それを若干変形すれば複雑な形をした反射体による反響音圧を求めることができる式が得られることを明らかにしている。

第7章では、反射体の投影図が与えられれば、その反響音圧が求められる一般式を誘導し、数値例として円弧形反射体の超音波反射特性の計算結果を示している。この計算はFreedmanの式では計算不能になる一例である。理論的には、この章で誘導した式によって複雑な形の反射体による超音波反射特性を計算することができるのであるが、実際問題としてはかなりはんざつな数値計算になるので、第8章では、その簡易計算法を提案し、数値例として円弧形反射体の反響音圧の計算にこの方法を適用した結果を前章の計算値と比較し、数%以下の誤差で計算できることを示している。

また、実際に水中の反射体の位置を求めるためには、水中の音速変化を考慮に入れて音線の修正を行わなければならない。この計算法についてはJ. W. Hortonの著者や、実吉純一氏、尾上守夫氏の論文があるが、著者は第9章で、円弧図による簡易作図計算法について述べ、異常伝ばんに関する計算例を示している。

電磁波も音波もともに波動現象であるからその間に幾多の類似性のあることは従来から指摘されてきたところであって、その応用例もいくつか公表されているが、音波を電磁波の等価量として使用する場合、どのような条件が必要であるかということについては十分な考察がなされていない。

第10章では、音波を電磁波の等価量として使用するには、電磁波の電界か磁界が境界面に平行であることが必要条件であることを明かにしている。

また、レーダによる標的の探知、誘導等のために、標的のレーダ反射断面積を予め求めておくことは重要な問題であるが、実際のレーダを用いたのでは、標的までの距離、方位角、標的の傾き等を正確に定めることができないので、精度の良い値を求めることは困難である。そのため、レーダ反射断面積を実験室内で測定する方法について、電磁波を用いる方法はすでに多数報告されているが、実用上問題になるような標的のレーダ反射断面積を精度良く求めることは困難なようである。

第11章では、標的のレーダ反射断面積を超音波を用いて、模形的に測定できることを理論的ならびに実験的に明らかにしている。第12章は結論で、本研究の成果を総括して述べている。

論文の審査結果の要旨

本論文はソナーおよびレーダの反射特性に関する研究の結果をまとめたもので、12章よりなっている。

第1章は序論で、超音波の研究の歴史を概観するとともに、本研究に関連する従来の研究の概要を述べ、本研究の地位を明らかにしている。

第2章では、超音波反射体の反射特性を示す量として、従来わが国で用いられてきた反射率および反射損失と、米国で用いられているターゲット・ストレングスの間に、極めて簡単な関係があることを明らかにし、ターゲット・ストレングスは音源から反射体までの距離に無関係な量になるという利点があることを指摘している。

第3章では、簡単な形の反射体の超音波反射特性の近似計算法として、光学におけるフレネル・ゾーンの考え方を導入し、円板および円筒などのターゲット・ストレングスを計算している。

第4章では、2.3Mcの水中超音波パルスを用いて、円板および円筒の超音波反射特性を測定し、その結果は、前章の計算結果と良く一致することを示している。

第5章では、ソナーの実用上問題になる複雑な形の反射体の代わりに、少し簡単な形の葉巻形反射体を用い、4 Mcの超音波パルスによって超音波反射特性を測定し、超音波が葉巻形の軸に垂直に入射する場合のターゲット・ストレングスは、同一の曲率半径をもつ曲面のターゲット・ストレングスの計算値とよく一致することを示している。

第6章では、ソナーの訓練用の人工標的として用いられている直交3円板反射体の超音波反射特性を測定し、1つの円板の法線方向が音源の方向に一致したとき、反響音圧は最大になるが、これから数度離れた方向に、反響がほとんどなくなる方向があるので、この標的を実用する場合に注意を要することを指摘している。

第7章では、超音波反射体からの反響音圧の計算方法として、従来から用いられてきた式を変形し、反射体の音源方向への投影面積が、音源からの距離の関数として表わされるならば、反響音圧を求めることができる計算式を誘導し、円筒の一部を軸方向に裁断した円弧形の反射体について計算結果を示している。

第8章では、前章で誘導した反響音圧の計算式をそのまま使用すると、実際の反射体に対しては数値計算が面倒になるので、その近似計算法を示し、上述の円弧形の反射体について計算精度を検討している。

第9章では、垂直方向に音速変化のある水中における音波の異常伝搬を調べるため、簡単に音線図を画く方法として、円弧図による簡易作図法を考案し、数種の計算例を示している。

第10章では、音波を電磁波の等価量として使用する場合に必要な条件について検討を加え、電磁波の電界または磁界のどちらかが境界面に平行であることが必要条件であることを指摘している。

第11章では、標的のレーダ反射断面積を、超音波を用いて模形的に測定することができることを、理論的ならびに実験的に明らかにしている。

第 12 章は結論で，本研究の成果を総括して述べている。

本論文は，ソナーを実用する上において極めて重要である超音波反射体の反射特性を，理論的に詳細に検討し，種々の有用な計算式を誘導するとともに，これらの計算式による計算値が実測値とよく一致することを確認し，さらに，音波を電磁波の等価量として使用する場合に，従来，検討が不十分であった必要条件を明確にし，レーダの技術の向上に超音波の特徴をたくみに利用しうることを指摘している。

これらの業績は，ソナーおよびレーダの技術の向上のみならず，広く工学上にも貢献するところが大きい。したがって，本論文は博士論文として価値があるものと認める。