

【251】

氏名	漆原清 うるし はら きよし
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第164号
学位授与の日付	昭和42年7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	海中における音波伝搬に関する研究

(主査)  
論文調査委員 教授 田中哲郎 教授 川端 昭 教授 高木俊宜

論文内容の要旨

本論文はソーナーの開発・運用上の基礎資料としての海中音波の伝搬特性を調査することを目的として、主として関東近海において 5KC パルス変調信号を用いて行なったわが国でははじめての遠距離音波伝搬の実験結果と、それに対する理論的考察をまとめたもので、音波伝搬に関連した“ゆらぎ”，雑音，残響等に関する実験結果をもあわせて記述してあり，全篇は8章よりなっている。

第1章は緒論で，海中音波伝搬に関する研究の経緯と現状の概要，およびそのソーナーとの関連性がのべられてあり，本研究の意義が示されている。

第2章では海中音波伝搬に関係のある水中音響理論の概要を，幾何光学的理論と波動理論とにわけて記述し，著者の行なった実験結果を解析するための基礎理論として，その適用限界等について考察を加えている。

第3章では音波伝搬実験技術上の諸問題をのべたもので，著者の用いた音波伝搬特性の測定装置，音速分布の測定法とその装置，実験方法，データ処理法等について記述している。特に測定装置の電氣的，音響的校正に注意を払い，多チャンネル磁気録音機を導入して，測定精度および確度を向上することに努力している。

第4章は比較的深い海における音波伝搬特性の実験とその結果の解析的考察をのべたものである。伝搬特性には音波の屈折や，反射あるいは伝搬損失などが問題となるが，音速傾度が正の場合すなわち深さとともに音速が増大する場合には，音線は上方に屈折し，海面反射をくりかえしていわゆる表層チャンネルが生じ，チャンネル中に集束による音線密度の大きい焦線 (Caustics) が形成されることになるが，著者はその実在を実験的に確認し，そのチャンネル中の音場を幾何光学的理論をもとにして計算し，その計算結果が実測値とよく一致することを示している。また音速傾度が負のときは音線は海底の方向に屈折するので，音波の到達しない shadow zone ができることになるが，著者は音波が shadow zone 内にも存在することを実験的に明らかにし，これを海底反射に基づくものであるとして反射率の理論計算を行ない，

実験結果と比較して海底斜入射の場合の海底の反射率の値を求め、遠距離通信における海底反射波利用の可能性を定量的に明らかにしている。さらに音源からあまり遠くないところにおいて現われる海面反射にもとづく干渉縞についても実測を行ない、解析的考察を加えている。

第5章は浅い海の音波伝搬特性を扱ったもので、信号が受信点に到達するまでに多数回の境界面反射が起るような浅い海における伝搬特性の実測結果とその理論的考察をのべている。相模湾近海の同一海域で異なる3種の温度分布、すなわち等温分布、弱い負の分布、強い負の分布のもとで実験を行ない、その結果をエネルギー合成の考えをもとにした幾何光学的理論による理論計算結果と対比し、両者はいずれの場合もきわめてよく一致することを明らかにしている。この結果から浅い海の音波伝搬特性に寄与する主要因として、海底の音響特性と音線の海底での反射回数の二つをあげ、海底が大きい役割を果していることをのべている。

第6章は音波伝搬に関連した現象として、伝搬信号レベルのゆらぎ、海中自然騒音および残響について実測した結果をのべている。信号のゆらぎについてはゆらぎの大きさ、確率分布などについて考察を加え、大きさとしては相対標準偏差が30~50%にくる確率の大きいことを明らかにしている。騒音については関東近海の海中自然騒音のスペクトルレベルを求め、レベルは0~200mの深さでは測定深度にはほとんど関係のないこと、また近海では海中自然騒音の要因として航行船舶の航走音がもっとも大きいことなどの結果を得ている。残響に関しては浅い海における残響レベルや残響の周波数分析などの実測例を示し、残響の生ずる機構について理論的考察を加えている。

第7章では海中音波伝搬の研究に用いた電子計算機の利用法についてのべたものである。すなわち音道を計算するために試作したアナログ型電子計算機の例を示し、音道の簡便な直視表示にはアナログ型によるものが有利であること、および各種の数値解析に高速度デジタル型電子計算機を有効に利用したことを例にあげて示している。

第8章は結論で、上述の研究結果をまとめて記すとともに、今後の問題点を明確にしている。

## 論文審査の結果の要旨

近年水中通信機器としてのソーナーの開発研究が活潑に行なわれているが、本論文はソーナー開発のための基礎研究として、海洋中における音波伝搬特性について実験を行ない、その結果に理論的検討を加えたものである。

著者は海洋中の音波伝搬の実験に際して、従来殆んど用いられたことのなかった低周波の5KCパルス変調信号を用いて、約30kmに及ぶ遠距離伝搬の実験に成功し、音波の遠距離通信の技術を確立するとともに、遠距離伝搬における未開拓の問題、たとえば水温分布の異なる各季節における海洋中の音波伝搬経路などを、30kmにわたって実験的に明らかにし、これに対して理論的根拠を与えている。

本論文の中心をなす部分は第4章と第5章であるが、第4章においては深い海の音波伝搬特性を扱っている。まず深い海洋中において垂直方向の音速傾度が正の場合、すなわち音速が深さとともに増大する場合には、音線は上方に屈折するので、いわゆる表層チャンネルが形成され、チャンネル中に集束による音線密度の大きい部分（焦線）が生じる。著者は冬季における海洋実験で、この表層チャンネルならびに焦

線の存在を長距離にわたって実測により確認している。さらにチャンネル中の音場を幾何光学的理論に基づいて計算し、その結果が実測値と良い一致を示すことを明らかにしている。また焦線付近の音場の強さは幾何光学的理論では計算できないが、波動理論を用いて計算すると、実測値を満足に説明できることを指摘している。

つぎに垂直方向の音速傾度が負のときには、音線は海底の方向に向って屈折するので、音波の到達しない shadow zone が形成されることになるが、著者はこの zone の存在を夏季における海洋実験で確かめるとともに、理論計算との一致をも示している。さらに著者は Shadow zone 内においても海底反射波の存在を観測し反射波強度分布の実測結果から、計算により海底反射率を入射角の関数として求めている。この海底反射を定量的に扱うことにより音波伝搬経路だけでなく、任意の点の信号レベルを計算することができ、その結果が実測値と良い一致を示すことを明らかにし、海底反射を利用した遠距離通信の可能性を提唱している。これらの成果は著者の行なったこの低周波音波伝搬の実験によりはじめて明らかにされたもので、海洋中の遠距離通信に対する有用な指針を与えるものと考えられる。

第5章では浅い海の音波伝搬特性について述べているが、比較的浅い海の伝搬特性を求めるために、実験場として相模湾近海を選び、同一海域で季節を変えて実験を行ない、音波傾度の異なる三つの場合の伝搬特性を求めている。そしてどのような条件の場合でも、深さ、音速分布、海底の反射率をもとに幾何光学的理論にもとづいて計算した結果と実測結果とが、極めて良い一致を示すことを確かめ、浅い海の伝搬特性に対しては、とくに海底の多重反射が主要な役割を果たすことを結論づけている。

著者は本論文において、上述のとおり海洋中の音波伝搬について広範囲の研究を行なって、その伝搬機構を解明するとともに、伝搬に伴う信号の“ゆらぎ”、海洋中の自然騒音、あるいは残響など、関連する問題にも検討を加え、その実態を明らかにしているが、著者の採用した実験技術やデータ処理技術にも、著者独自の考案にもとづく新しい方法が採用されており、その成果はソーナーの設計運用上大きい貢献をするだけでなく、海洋開発という見地からも学術上、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。