

Polarization characteristics of light scattering from randomly rough surfaces

森雅之 伊藤繁夫

Masayuki Mori Shigeo Ito

東洋大学工学部電気電子工学科

Faculty of Engineering, Toyo University

The measurements of visual light scattering from randomly rough metal surfaces are presented for both s and p polarizations of incidence. The specular reflectivity and the angular scattering distribution are measured to analyze the scattering process on the random surfaces. The cross-polarized waves which may be caused by the multiple scattering are observed at the same azimuthal angle with the incidence. The linear depolarization ratio (LDR) of scattered light is evaluated for different rough surfaces. The LDR indicates higher values for rougher surfaces at wide scattering angles.

1. はじめに

粗さのある表面による散乱については、レーダーの開発や応用等さまざまな分野において重要な課題の一つである。この種の研究には、これまで数多くの報告がなされてきており [1], [2]、最近の研究では、従来の摂動理論やキルヒホッフ理論を拡張した理論との比較も検討されてきている [3]。ここでは、リモートセンシングのデータ解析等に必要ランダムな表面での散乱プロセスの解明を主目的とし、簡便で取り扱いやすく、また多重散乱等をも考慮に入れた理論を進展するための最初のステップとして、室内で測定可能な光波による表面散乱の偏光特性の実験的検討を行っている。

2. 実験方法

図1に本実験の測定系を示す。チョッパー周波数を280Hzに設定し、鏡面散乱実験においては、入射角 5° から 85° まで 5° ずつ測定した。これらの測定値を理論値[2]と比較することにより表面の粗さを推定する。バイスタティック散乱実験においては、ランダム表面からの散乱光を散乱角 -40° から 80° まで 1° ずつ測定した。いずれの実験でも、サイズ1mmのピンホールを使用した。ランダム表面に対するレーザの入射光は p 偏光と s 偏光とし、バイスタティック散乱実験においては、散乱光に対し、入射光と同一成分、直交成分の両方の測定を行った。ここでは、ランダム表面として粗さの異なる2種類のアルミニウムA、Bを使用した。このアルミニウムの粗さは、粗さ計での測定では、それぞれ $k\sigma=1.5, 4.13$ であった。ここで σ は表面の粗さのrms, $k=2\pi/\lambda$, λ はHe-Neレーザの波長である。

3. 結果と検討

図2に、入射角と散乱角の等しい鏡面散乱の実験

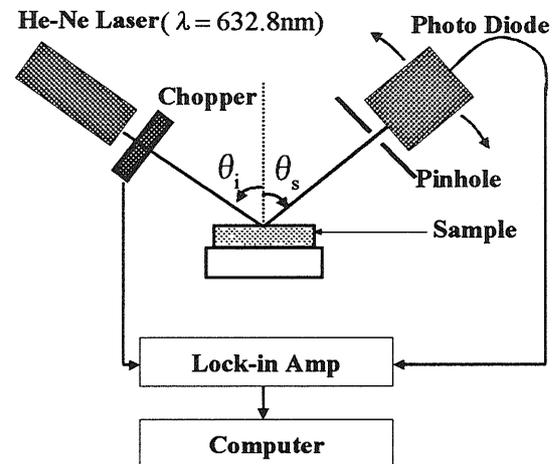


Fig.1 Experimental apparatus.

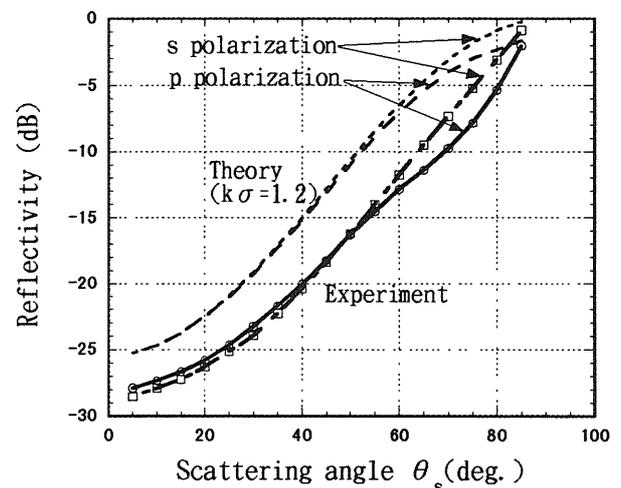


Fig. 2 Reflectivity from aluminum A.

値と理論値を示す。これよりアルミニウムAの粗さは、散乱角依存性の勾配より約 $k\sigma=1.2$ と推定

される。図3には、p 偏光入射に対し、アルミニウム A と B によるバイスタティック散乱の同一偏光成分 I_{pp} と、交差偏光成分 I_{sp} についての散乱角度分布の測定結果を示す。まず、同一偏光成分では、アルミニウム A の方は粗さが少ない為、鏡面反射方向に大きなピークが現れるのに対し、より粗さの大きいアルミニウム B では、大きなピークは生じない。入射角と散乱角の方位角が同じであれば、通常の単一散乱理論では、交差偏光は生じない為、測定された交差偏光成分は、表面における多重散乱によって生じているものと思われる。図4には、アルミニウム B に対して、入射角度 20° と 40° の違いによる散乱角度分布の比較を行っている。入射角 40° の方が鏡面反射方向付近において、散乱強度が強くなる。これは、図2の鏡面反射率の傾向とも一致する。図5には、同一偏光成分に対する交差偏光成分の比である LDR (Linear depolarization ratio) を、入射角度 20° と 40° に対して示す。この図より、アルミニウム B の方が LDR は大きくなり、粗さが顕著に反映されている事が分かる。アルミニウム A に対しては、入射角の変化はほとんど現れないが、より粗いアルミニウム B に対しては、鏡面反射付近を中心に LDR の違いが現れている。

以上、p 偏光入射に対する角度分布特性を示したが、アルミニウム表面では、s 偏光入射に対してもほとんど同一の結果が得られた。

4. むすび

粗い金属表面による散乱光の鏡面反射、角度分布特性を測定し、表面の粗さとの関係において調べた。使用したアルミニウムに対しては、フラットの表面において散乱光の入射光の偏光特性は元々少ない為、表面の粗さによる違いのみが表面散乱光の偏光特性を大きく変化させる。鏡面反射実験より $k\sigma=1.2$ の程度でも粗さが評価できることを示した。また、単一散乱理論では現れない交差偏光成分がかなり観測され、表面の粗さが大きくなる程、多重散乱により予想されるように LDR が大きくなる事が示された。今後、さらに異なる粗さ、異なる屈折率のランダム表面に対しても同様な測定を行う予定である。

参考文献

- [1] F. T. Ulaby, R. K. Moore, and A. K. Fung, *Microwave Remote Sensing*, vol II, Artech House (1982).
- [2] J. A. Ogilvy, *Theory of Wave Scattering from Random Rough Surfaces*, IOP Pub (1991).
- [3] E. I. Chaikina et al., *Appl. Opt.*, Vol.37, 1110-1112 (1998).

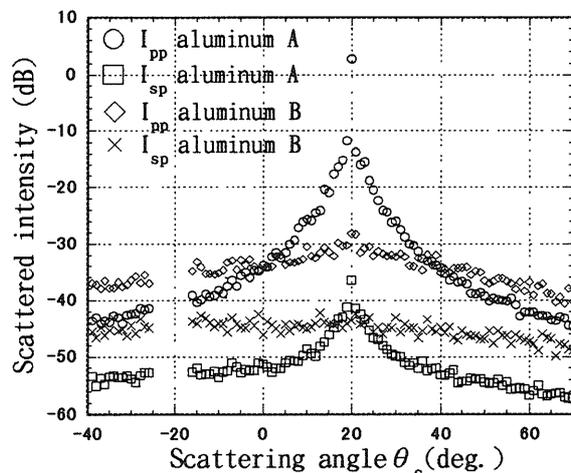


Fig. 3 Bistatic scattering from aluminum A and B for incident angle $\theta_i=20^\circ$. I_{ij} indicates i polarized scattering for the incidence with j polarized light.

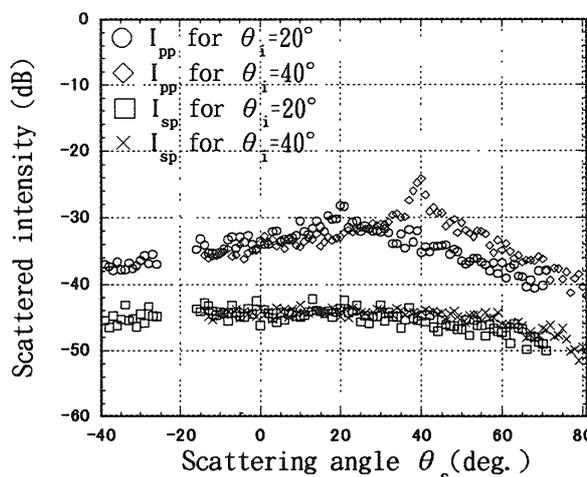
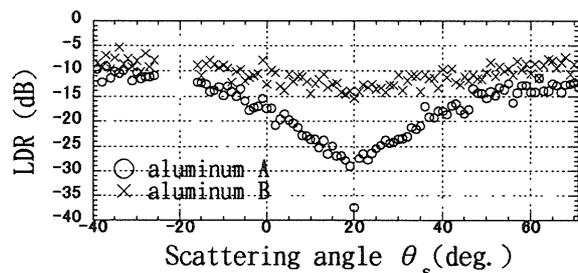
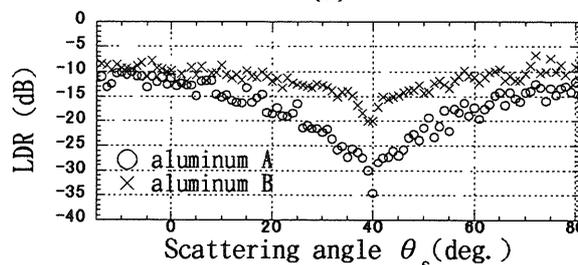


Fig. 4 Bistatic scattering from aluminum B for incident angles $\theta_i=20^\circ$ and 40° .



(a)



(b)

Fig. 5 LDR for aluminum A and B for different incident angles. (a) $\theta_i = 20^\circ$, (b) $\theta_i = 40^\circ$.