

論文の内容の要旨

2種類の異なる媒質からなる平面誘電体境界面に対して誘電率が大きな媒質側から入射波が入射する場合の波動の振舞いに関する研究は、古くから今日に至るまで重要な研究課題となっている。具体的には、円筒波や球面波の入射によって励振されるラティラル波、全反射の臨界角に近い角度で入射するビーム波によって生じるグース・ハンチェンシフト、透過幾何光学波、及びエバネッセント波に関する多くの研究成果が報告されている。

これらの現象は、誘電体導波路内の電磁波伝搬、地表面あるいは森林に沿って伝搬する電波伝搬、音波伝搬、さらには一方の媒質がmetamaterialからなる平面境界面における電磁波伝搬問題等において、しばしば見られる現象であるが、解析の困難性から、今日に至るまで未解決の問題も残されている。

平面誘電体境界面に対して誘電率が大きな媒質側から円筒波が入射し、誘電率が小さな媒質側で透過・散乱波を観測する場合、観測位置によって観測される電磁波の種類は異なってくる。例えば、波源近傍の観測点においては透過幾何光学波のみが観測され、一方、波源から十分に遠方の観測点においては透過幾何光学波とエバネッセント波の両方が観測される。従って、近傍領域の透過・散乱波から遠方領域の透過・散乱波に接続するための遷移領域と2つの異なる透過・散乱波解を滑らかに接続するための遷移波解が必要となる。

同様にして、平面誘電体境界面に対して誘電率が大きな媒質側からガウスビーム波が入射する場合のガウスビーム波の反射・散乱及びガウスビーム波の透過・散乱問題においても、近傍領域と遠方領域における高周波近似解は、表示式が異なる。従って、領域によって異なる2つの近似解を滑らかに接続するための遷移領域とその領域内において有効な役割を果たす遷移波解が必要となる。

しかしながら、上記の円筒波あるいはガウスビーム波の透過・散乱問題及び反射・散乱問題において、遷移領域を含む全観測領域で有効であり、遷移領域の外側においては従来から広く用いられている近似解に漸近するような一様漸近解は、筆者の知る限りにおいてこれまで十分な発表はなされていない。

このような研究状況の中で、本研究では、誘電率が大きな媒質側から円筒波及びビーム波が、平面誘電体境界面に入射する場合の透過、反射、及び散乱電磁波の高周波近似解析法について検討を行った。遷移領域内においても有効な反射、透過、及び散乱波を表す一様漸近解の提案を新たに行い、数値的に計算を行った基準解と比較することにより、提案を行った新たな一様漸近解の有効性及び物理的な解釈について明らかにした。

具体的には、第2章においては、第3章において扱う円筒波の透過・散乱、第4章において扱うガウスビーム波の反射・散乱、及び第5章のガウスビーム波の透過・散乱問題を解

析するための基礎的、共通的な問題について検討を行い、平面誘電体境界面における透過、皮射、及び散乱電磁波を表わす積分表示式の導出を行った。第2章において導出を行った透過・散乱波あるいは反射・散乱波に対する積分表示式を高周波条件下において近似解析することにより、以下の章では各種近似解の導出を行った。

第3章においては、円筒波が平面誘電体境界面に対して誘電率が大きな媒質側から入射し、誘電率が小さな媒質側で観測する場合の透過・散乱問題について検討を行った。第2.2節において導出を行った積分表示式を高周波条件下において近似解析することにより、波源に近い近傍領域と波源から遠い遠方領域の間に存在する遷移領域を含む広い領域で有効な透過・散乱波に対する高周波一様漸近解の導出を行い、その有効性及び物理的解釈法について明らかにした。特に、浅い遠方領域においてラティラル波の振幅を有する透過波が励振されるという興味深い結果が得られることを示した。

第4章においては、平面誘電体境界面に対してガウスビーム波が誘電率が大きな媒質側から入射し反射・散乱される場合について検討を行い、第2.3節で導出を行った積分表示式を近似解析することにより、反射・散乱ビーム波を表わす一様漸近解の導出を行った。また、新たに提案を行う一様漸近解の有効性及び物理的解釈について明らかにした。さらに、ガウスビーム波が入射する場合、反射ビーム波とラティラルビーム波の干渉によりビーム最大位置がビーム軸の右側にシフトしたりあるいは逆に左側にシフトする干渉シフトが発生することを明らかにした。

第5章においては、ガウスビーム波が誘電率が大きな媒質側から平面誘電体境界面に入射する場合の透過・散乱問題について検討を行い、透過・散乱ビーム波に対する一様漸近を第2.4節において求めた積分表示式を近似解析することにより導出した。また、提案を行う一様漸近解の有効性及び物理的解釈について明らかにした。さらに、ガウスビーム波が入射する場合、透過・散乱過程においてもビームシフト現象が生じることを数値データを用いて具体的に明らかにした。

最後に、第6章の結論においては、本研究成果の要点を簡明にまとめた。