

複雑な形状をもつ物体のレーダ断面積解析法に関する研究

研究代表者 小林一哉 研究員

開口端導波管キャビティによる電磁波の散乱問題の解析は、物体のレーダ断面積(radar cross section; RCS)の予測・低減の分野において重要な研究課題であり、これまで多くの研究者により、主として数値解法、高周波漸近解法を用いて解析されてきた。前者の方法は、物体の寸法が波長に比べて小さい低周波領域では有効であるが、物体の寸法が大きくなるとともに精度が劣化するという難点をもつ。また、後者の手法は物体の寸法が波長に比べて大きい高周波領域において精度が良いが、低周波領域では適用できないという本質的な問題点をもっている。これより、物体の寸法(すなわち周波数)に無関係に適用可能な解析手法の確立が強く望まれている。本研究では、半無限長平行平板導波管から形成されるキャビティ(これをキャビティⅠという)と有限長平行平板導波管から形成されるキャビティ(これをキャビティⅡという)を取り上げ、Wiener-Hopf法と呼ばれる関数論的厳密解法を用いてレーダ断面積の解析を行った。

キャビティⅠ、Ⅱの形状を各々、図1、2に示す。キャビティを形成する導波管の管壁は無限に薄い完全導体でy軸方向に一様であり、領域Ⅰ、Ⅱ、Ⅲには各々(ϵ_{rm}, m_{rm}), $m = 1, 2, 3$ の媒質が装荷されているものとする(ϵ_{rm} :比誘電率, m_{rm} :比透磁率)。図1、2において、 f^i はE偏波あるいはH偏波の入射平面波である。Wiener-Hopf法により解析し、得られた結果に基づいてモノスタティックRCSの数値計算を行った結果を図3に示す。キャビティの寸法を $kb = 31.4, L_1/2b = L/b = 1.0$ (k :自由空間中の波数)とし、装荷する媒質をEmerson & Cuming AN-73とした。なおEmerson & Cuming AN-73の媒質定数は、 $\epsilon_{r1} = 3.4 + i0.0, \epsilon_{r2} = 1.6 + i0.9, \epsilon_{r3} = 1.4 + i0.35, m_{r1} = m_{r2} = m_{r3} = 1.0$ であり、媒質各層の厚みは $L_1 - L_2 = L_2 - L_3 = L_3 - L_4 = D_1 + L = D_2 - D_1 = D_3 - D_2 (= t/3)$ である。数値計算にあたり、3層媒質の厚みを $kt = 2.08$ とした。

数値計算結果から、二つのキャビティのRCSはE波の場合には比較的近い特性を示しているが、H波の場合にはほぼ全域にわたり異なる特性を示している。特に、H波の場合、キャビティⅡのRCSは細かく振動しているのに対し、キャビティⅠのRCSにはこのような振動は見られない。キャビティⅡに現れるこの振動現象は、キャビティ開口部のエッジとキャビティ背後のエッジの間の回折に起因するものである。本研究で得られた解析結果は、キャビティの深さが波長程度以上であれば任意の周波数に対し有効であり、他の解析手法の精度を検証するための基準解として用いることができる。

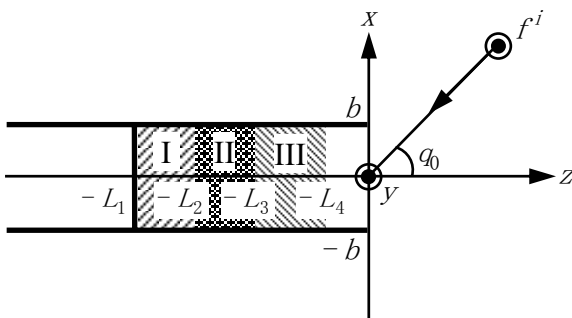


図1. キャビティⅠ.

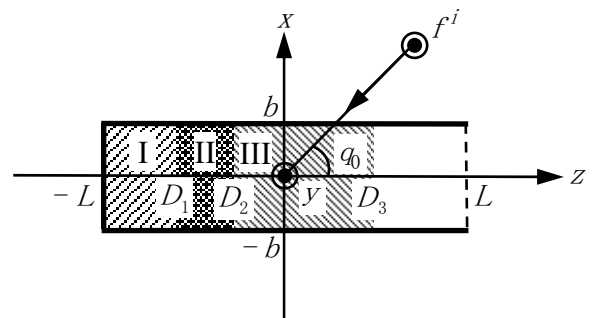


図2. キャビティⅡ.

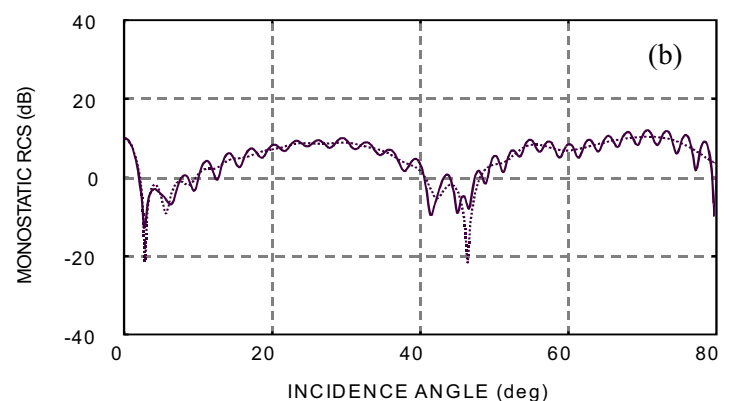
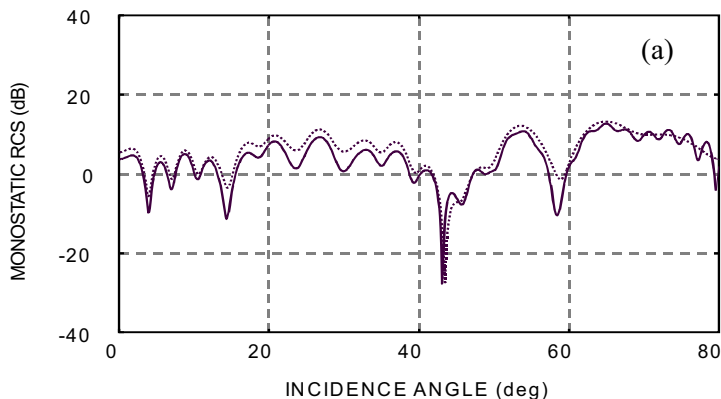


図3. モノスタティックRCSの入射角特性. $kb = 31.4, L_1/2b = L/b = 1.0$. キャビティ内部の媒質: Emerson & Cuming AN-73 ($kt = 2.08$).: キャビティⅠ. —: キャビティⅡ. (a) E波入射. (b) H波入射.