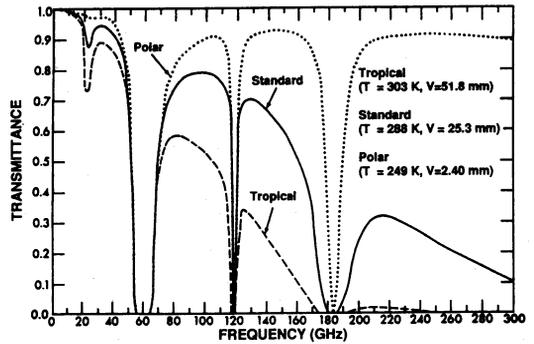


マイクロ波放射計（衛星搭載の放射計による観測に関連して）

衛星からのマイクロ波放射計リモートセンシングとは、温度と物性によって特徴づけられる大気および地表面からの熱放射を測定して、大気・地表面系の定量的評価を行うことである。昨今のリモートセンシングには様々な周波数（波長）の電磁波が用いられているが、マイクロ波と称される範囲は3~300GHz（10cm~1mm）程度を指す。これらの周波数域において、気温分布や大気中の気体の吸収特性、水および氷粒子の吸収・散乱特性、あるいは地表面の射出率等と関係して変化する大気上端での放射強度（一般に輝度温度で表わされる）を観測し、計算値と比較することにより、リモートセンシングを行う。

マイクロ波域における地球大気の透過率は、第1図に示すような周波数特性をもっている。これは雲がない場合の熱帯、標準、極域の大気モデルに対する計算結果であるが、22GHz および 183GHz 付近の吸収線是水蒸気分子によるものである。従って、水蒸気のリモートセンシングには22GHz や 183GHz 付近を用いることが多い。特に水蒸気の鉛直プロファイルを推定する場合には、ダイナミックレンジの広い183GHzを用いる。一方、50~70GHzの吸収帯は酸素分子によるものであり、酸素は時空間変動が少ないので、この付近でいくつかの周波数を測定することにより気温の鉛直プロファイルを推定する。オゾンや他の気体成分についても弱いながらマイクロ波域に吸収線が存在し、成層圏のリモートセンシング等に利用されている。

雲水量や地表面等に対しては吸収線（帯）の影響が少ない窓領域が一般に用いられている。水雲の場合には、水の複素屈折率の特性やマイクロ波の波長と粒子の大きさの関係で、吸収や射出の効率が良いという性質がある。従って、射出率の比較的小さな地表面上に雲が存在すると輝度温度^{*1}が増加することになる。これに対して氷粒子は散乱の効果が強く、上空に雪やあられが存在すると下層からの放射が減衰して大気上端まで透過しにくくなり、特に高周波域の輝度温度が減少することになる。地表面に対しては植生や土壌水分



第1図 マイクロ波域における大気の透過率。熱帯、標準、極域の雲がない大気の場合について示す。ここでTは地表気温を、Vは可降水量を表す。

量、海面の波の立ち方などでその射出率が変化することを利用する。しかしながら、このために地表面の射出率が既知でない場合には大気と地表面からの輝度温度に対する寄与を分離できず、大気のリモートセンシングにおける誤差の要因となっている。マイクロ波の大きな特徴は、特に低周波数域の場合、雲があっても大気の透過率があまり小さくならないことである。従って、従来の可視・赤外放射計によるリモートセンシングでは困難であった雲に覆われた領域のリモートセンシングや雲の内部構造の観測に威力を発揮する。

様々なパラメーターの水平分布の観測・解析に利用される Imager と呼ばれる放射計は4~5周波数で偏波成分も合わせて7~9チャンネル程度を、また、気温や水蒸気の鉛直プロファイルを観測するための Sounder はそれぞれ数チャンネルずつ有するのが一般的である。マイクロ波放射計の空間分解能は周波数とアンテナの大きさによって決まり、現時点においては10~100 km程度である。そのために、対象とされる雲等の視野内における不均一性をどのように取り扱

^{*1} 輝度温度とは、ある波長での放射輝度をプランク関数（黒体の放射輝度を表す式）で表現したときに対応する温度。

第1表 マイクロ波放射計によって観測されるパラメーターとその際に利用される主な周波数.

Physical Observable	Frequency of Observation (GHz)									
	1.4	6	10	18	21	37	50~60	90	160	183
Soil moisture	●	○								
Snow		○	○	●		●		●		
Precipitation										
Ocean			●	●	○	●				
Land				●		●		●		●
Sea surface temperature		●	●	●	●	○				
Sea ice										
Extent				●		●		○		
Type		○	●	●		●		●		
Wind speed (sea surface)			●	●	○	○				
Water vapor										
Total (over ocean)				●	●	●				
Profile					●	○	●	○	●	●
Cloud water (over ocean)					●	●		●		
Temperature profile					○	○	●	○		

Key : ● Necessary ○ Important ○ Helpful

うのかということが常に問題になっている (これを Beam-filling error という)。リモートセンシングの対象となる主なパラメーターとその際に利用する周波数を第1表に示す。この表から分かるように、その範囲は土壌水分量、海面温度、海上風速、降水量、雲水量、水蒸気量、気温等多岐にわたっている。

地球を観測するための衛星搭載マイクロ波放射計は1968年の Cosmos-243 (旧ソ連) 以来四半世紀以上の歴史を持つが、放射計の精度や検定等に問題があり、実際に定量的な解析に用いられるようになったのは米国の衛星 Nimbus-7 に搭載された Scanning Multi-channel Microwave Radiometer (SMMR) あたりか

らといえよう。現在ではやはり米国の Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) に搭載されている Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) のデータが普及しており、世界中で解析されている。今後は SSM/I に加えて1997年打ち上げ予定の日米共同の Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) に搭載される TRMM Microwave Imager (TMI) や1999年打ち上げ予定の我国独自の Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR) 等が期待されている。

(東北大学理学部 早坂忠裕)