

「地球環境変動」分野

授賞業績：衛星観測による大気構造・組成の先駆的研究並びに気候変動アセスメントへの国際的取り組みにおける貢献

サー・ジョン・ホートン (英国)

ハドレー気候研究センター名誉科学者及び同センター前理事長

<概要>

気象衛星による観測が始まった当初の1970年代、高層大気の温度や成分を測るため、自らの理論を基にした新たな観測手段を開発。地球全体にわたる大気の立体的な温度構造、オゾンなどの微量成分の分布を明らかにする道を拓きました。それらの研究を発展させて国際的な気候変動研究をすすめ、ハドレー気候研究センターを設立。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)では議長団にあって、第1次、第2次、第3次の評価報告書をとりまとめるうえで中心的な役割を果たしました。

地球観測衛星の時代を拓く

私たちは今日、気象衛星から送られてくる雲の画像や気象データを、ごあたりまえのように見えています。しかし、その歴史はまだ半世紀になっていません。1950年代までの気象観測は、主として陸上、しかも文明圏に限られていました。観測高度は20kmぐらいまでで、気球や小型ロケットによるものでした。初の気象衛星が打ち上げられたのは1960年のことで、これによって海も陸も、北極・南極までも含めた地球全体を見渡すことができるようになったのです。

初期の気象衛星は、雲の分布を撮影し、雲頂の温度を測るといった数少ない機能しかもっていませんでした。当時、英国のオックスフォード大学で大気物理学を研究していたサー・ホートンは、地球の外から赤外線で見ると、大気中の温度構造を求めることができるという「赤外に関する大気放射理論」を確立しました。太陽から来る熱(放射)によって暖められている地球は、地表や大気中から熱(放射)を出しています。太陽放射の波長域は主に可視光ですが、地球放射は波長の長い赤外線です。観測された波長域を切り分け(分光)、たとえば二酸化炭素(CO₂)が赤外線を吸収する特定の波長を調べると、その信号が地球大気のどの高度から放射されたのかを求めることができます。

この原理は画期的なものでしたが、1K(絶対温度)の精度で気温を求めるには、十分な分解能を必要とします。サー・ホートンは、デズモンド・スミス教授(レディング大学)の協力を得て、

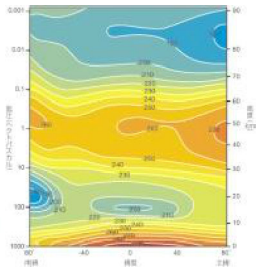


図1 地球大気の温度構造。ニンバス5号と6号の測定データをもとにした1975年8月4日の平均気温(K)を示す。(0℃=273 K)
J.T.Houghton(1986): The Physics of Atmospheres, Second Edition, Cambridge University Press, 271 pp.

特殊な分光技術を考えました。これが「選択型チョッパー放射計」と呼ばれる赤外放射計で、NASA(アメリカ航空宇宙局)が1970年に打ち上げたニンバス4号と、後継衛星にも搭載されました。

赤外放射計というこの新たな観測手段によって、大気の観測は二次元から三次元へ、高度10~50kmの成層圏まで拡大され、大気温度構造(空間分布)がはじめて明らかにされたのです。図1を見るとわかるように、地上から高さ約10kmまでの対流圏では、高度とともに気温が下がっていきませんが、その上の高さ約50kmまでの成層圏では、気温が上昇傾向を示しています。赤道上空と、冬期にあたる南半球には低温の領域ができています。

また、気象衛星は地球をまわりながら連続的に観測しているため、日々刻々の温度変化をとらえてくれます。その変化を見ると、大気の運動がわかります。この観測が、やがて大気の変動の研究へとつながっていくことになります。

地球規模の大気変動を測る

1970年代後半、赤外放射計はさらに進歩し、気圧変動型放射計(図2)が開発されました。気圧変動型放射計では、成層圏より上層の中間圏の温度構造までを観測することができました。これもサー・ホートンが考案したもので、それらの原理は今日の衛星でも広く使われています。

このように観測領域が広がっていく中で、気象学の分野では、「地球規模での変動を見る」という意識が高まり、大気の微量成分を衛星で観測し、その変動をとらえようという計画が立てられました。大気の主成分は窒素と酸素ですが、微量成分として重要なのは水蒸気とオゾンです。水蒸気は雲をつくり、雨

や雪となって地上に帰る循環を繰り返しています。オゾン層は高さ15～30km付近に集まってオゾン層を形成し、太陽からの有害な紫外線を吸収して、陸上の生物を守っています。オゾン(O₃)は、太陽光による酸素(O₂)の光化学反応によってつくられるもので、生成と分解がつねに繰り返され、大気中のバランスが保たれてきました。

サー・ホートンの研究室では、オゾン、メタン、水蒸気などの組成の測定を目的とした「成層圏・中間圏探査器」を開発しました。原理は赤外放射計と同じですが、より広い波長域、マイクロ波から赤外線、可視光、紫外線までを観測することができます。オゾンの観測では、オゾンによって吸収を受ける紫外線領域が重要になるのです。成層圏・中間圏探査器は1978年に打ち上げられたニンバス7号に搭載され、地球全体の観測を行いました。

その結果、オゾンの生成がゆもとも活発に行われているのは、太陽放射が強い赤道域で、「大規模輸送」という大気の大循環によって高緯度まで運ばれていくことが確かめられました。ニンバスシリーズの衛星は、高度約1000kmを南北方向に経度をずらしながら1日に約14回地球をまわり、北極・南極の上空も通る「極軌道衛星」です。分光計で組成を測るという手段が成層圏・中間圏探査器で確立されたことにより、やがて南極でのオゾンの変動の測定にも生かされるようになったのです。

世界の気候研究をリードする

1983年、サー・ホートンはオックスフォード大学を退き、英国気象局長官に就任しました。長官時代の1990年には気象局付属のハドレー気候研究センターを設立しました。その名称は、赤道付近で上昇した大気が両極方向に向かって移動し、高緯度で下降する「ハドレー循環」を18世紀に提唱した英国の気象学者ジョージ・ハドレーにちなんだものです。その名のように、ハドレー気候研究センターも地球規模の大気変動の研究を目的としていました。

ここで、「気候」という言葉に対する意識が、20世紀後半に変化したことをお話ししましょう。ひと昔前まで、気候は地理学の範疇でした。教科書的にいうと、理科ではなく社会科になります。「大陸性気候」「地中海性気候」という言葉が示しているように、地域的な現象を示していました。それが、観測手段の進歩と、理論に基づいた数値計算モデルの研究によって、ダイナミックな大循環を「気候」と見るようになってきたのです。

大気循環モデルの数値研究をいち早くスタートさせたのは、サー・ホートンがいたオックスフォード大学をはじめとする英国の大学でした。この理論研究の伝統を背景として、衛星観測によるデータが蓄積されるようになり、英国がリーダーシップをとって気候変動の研究センターをつくるべきだという声が強くなり

ました。このときに指導的な役割を果たしたのがサー・ホートンでした。ハドレー気候研究センターは、海外からの研究者を受け入れ、また海外の研究機関への協力も積極的に行い、国際的な気候研究センターのモデルとなりました。

気候変動に関する国際的な評価を確立

人間活動の影響を含めた「地球環境問題」への関心が高まってきたのは、1980年代半ばでした。当時の英国のサッチャー首相らが音頭をとって、世界の科学者と政府代表が会合を開きました。これが、1988年のIPCC(気候変動に関する政府間パネル)の設立へと発展しました。

IPCCには3つの作業部会があり、第1作業部会(WG1)は気候変動に関する最新の科学的知見を収集して、それらを各専門分野の研究者が評価します。WG1の議長に選出されたサー・ホートンは、世界中の科学者に声をかけました。このとき彼が科学者たちに強く求めたのは、環境問題に対する科学者としての責任感、科学的根拠に基づいた正確な分析、科学者にも政治家にも理解されるプレゼンテーションでした。

評価報告書を作成するのは科学者ですが、それを審議し承認するのは各国の政府代表からなる総会です。政府代表が関与することによって、IPCCの評価報告者は国際的な政策の議論に、また各国が国内政策を進めるうえで役立つことができます。1990年に公表された第1次評価報告書は、その年の世界気候会議や、92年の地球サミットに重要な情報を提供しました。

IPCCの評価報告書はその後さらに充実され、1995年には第2次評価報告者が、2001年には第3次評価報告者が公表されました。そのいずれにおいてもサー・ホートンはWG1の議長を務め、気候変動に関する国際的な評価(アセスメント)を確立しました。その努力は2007年に完成する第4次評価報告書へと引き継がれています。

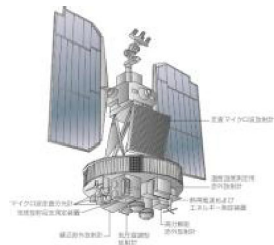


図2 気象衛星ニンバス6号と観測機器
NASA, Nimbis 6 User's Guideをもとに作成