

# 高分解能干渉計 HIS について

## High Resolution Interferometer Sounder

木村 光 一\*

Koichi Kimura\*

### 要 旨

1980年9月9日に打上げられた、米国の静止気象衛星 GOES-4 には、地球撮影用の放射計として、はじめて VAS (VISSR Atmospheric Sounder) が搭載された。VAS は、日本の気象衛星 GMS (ひまわり) などに搭載されている VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) の、次の世代のものであり、2次元の画像データの他、大気鉛直分布などのデータを取得できる。

米国では、VAS を静止気象衛星用の放射計として、当分の間使用する模様であるが、その次の世代の放射計として、HIS (High Resolution Interferometer Sounder) を考えはじめた。

本稿では、HIS の機能、運用についての概要を述べる。

### (1) はじめに

衛星より測定した、大気鉛直分布のデータが、全球の数値予報などですでに重要な役割を果している事は言うまでもない。気象衛星センターでも、軌道衛星 TIROS-N のデータ処理をおこなっている。

米国では、先にも述べたように静止衛星の VAS からのデータ処理が開始された。TIROS-N のような軌道衛星では、メソ・スケール規模のデータ取得のみとなるが、静止衛星では、全球スケール規模のデータも、メソ・スケール規模と共に得ることができるところで、進歩がある。

天気予報や気象解析の向上のため、更に進歩させるべき機能としては、必要なだけ鉛直方向の分解能を良くすることである。S/N を悪くせずに、分解能を上げるには、波長の分解能を上げる必要がある。この考え方より最適走査の干渉計が生まれた。

すなわち、宇宙への熱輻射に関して、情報の少ない干渉の領域の測定領域を、最小時間で測定する様にして、細かいスペクトルの集まった所を、時間をかけて走査する方法である。シミュレーションの結果では、この方法により、地表から 30 mb までの大気温度の鉛直分布

は、1°C精度で得られるとわかった。

この HIS の開発は、米国のウィスコンシン大学と NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration: 米国海洋大気庁) が、NASA (National Aeronautics and Space Administration: 米国航空宇宙局) の要請により、1978年より、はじめられた。そのプログラムの最終目標は、温度で1°C、水蒸気で10%、鉛直方向に最高の分解能を持つ、衛星搭載の受動型放射計である。

### (2) HIS の概要

HIS は、次の世代の衛星搭載放射計であるが、これは、1969年に打上げられた NIMBUS-3 搭載の IRIS (Infrared Radiation Interferometer Spectrometer) を改良したものである。さらに、静止気象衛星の VAS の機能も取り入れたものである。HIS は、スペクトルの分解能、S/N、空間分解能、サンプル時間の選択がカギとなる。

HIS の特徴として、次のものがある。

- ① 大気鉛直分布観測の際に、鉛直方向の分解能、サンプル時間 (S/N 比向上に関連する)、撮像範囲、水平分解能を、地上からの指令により、可変に設定できる。
- ② 地球上のある点のドウエル・サウンディングが可能

\* 気象衛星センター システム管理課, Meteorological Satellite Center.

である。

- ③ 局地的およびメソ・スケール規模の観測のために、地上局よりマニュアル運用的な制御をおこなえる。
- ④ 全球規模および連続観測のために、プログラムで自動的に走査の制御をおこなえる
- ⑤ 晴天域の確認のため、10 km の高分解能のデータが得られる。

### (3) HIS の特徴

15ミクロンの CO<sub>2</sub> バンドの干渉信号は、比較的狭い範囲の光路差 (Optical Path Differences) によっている。信号の大きい、3ヶ所の比較的狭い光路差の干渉を測定するだけで充分という報告がある。それゆえ、干渉を測定するのに必要な S/N を得るのに、少ない時間で済むという特徴がある。

別の特徴として、光路差の関数としての S/N 比を保存するために、最適な走査をおこなうという事がある。標準の走査型マイケルソン干渉計の雑音レベルは、光路差と無関係である。よって、大きな光路差で観測された細かいスケールのスペクトルでは、信号の出力が低くなるので、S/N 比は相対的に低くなる。大気の細かい鉛直分布を求めるために、細かいスペクトラルを観測する上では、望ましくない事である。

最後に、VAS のドウエル・サウンディング・モードの機能の取入れである。VAS はスピン安定型衛星に搭載されているので、瞬時視野に対する時間が、取得データの S/N 比に対して不十分である。そこで、搭載されているプロセッサにより、走査鏡をあるラインで停止させ、S/N 比向上に必要なだけのデータを取得する方法をとっている。

HIS においても、この搭載プロセッサを使用して、光路差のいろいろな値で、各々同一ラインを複数回走査することにより、S/N 比の改善をおこなえる。鉛直分布測定の要求に応じて、スペクトルの分解能と S/N 比の最適な所で走査することが、プロセッサによって可能となる。

### (4) HIS の運用

HIS の運用として、次の3通りがある。

#### (4-1) 全球モード

6時間毎に、全球のデータを取得する。このデータは、シノプティック・スケールの数値予報モデルに使用する事ができる。このモードでは、取得されるスペクトルの分解能は、2 cm<sup>-1</sup> 程度と予想され、150 km 間隔となる。この値は、例えば TIROS-N でのスペクトル

分解能は、16 cm<sup>-1</sup> であり 250 km 間隔に比較すれば、大きく進歩していることがわかる。

これらの改善が、次の世代に予想されるシノプティック・スケールの予報モデルの要求と一致するものと思われる。

この全球データを得るのに、HIS で1時間を要する。

#### (4-2) 局地モード

1,000~2,000 km 位の地域の、大気の状態を、連続的に観測することは、局地的な気象の解析や、サブ・シノプティック・スケールの数値予報モデルの初期値として有効である。この目的より、スペクトルの分解能が 0.7 cm<sup>-1</sup> で、50 km 間隔のデータが得られる。観測時間としては、対象となる現象の状況に応じて、2~3時間続けておこなうなどとなる。観測範囲についても、いくつかの現象を同時に見ることとなる。

このモードでの鉛直方向、水平方向の分解能共、現行のものより飛躍的に進歩する。

#### (4-3) メソ・スケール・モード

スペクトル分解能をも、間隔も最大のモードで、ある特定地域を集中的に観測することができる。対象の現象も、集中豪雨、洪水などの規模のものとなる。この目的から、スペクトル分解能は、0.4 cm<sup>-1</sup> より良いもので、10 km 間隔が望まれる。

以上3つのモードについて述べたが、これらの運用のために、放射計内蔵のプログラムがあり、指令により、ミラーを動かすことになる。方法として手動モードと自動モードがある。

手動モードでは、連続画像取得のオペレーションを、画像コンソールを見ながらおこなうようにし、望遠鏡の位置をカーソルを動かすことにより、設定できる。リアル・タイムに処理することにより、オペレータは、S/N 比と垂直方向の分解能を比較し、最適に設定することができる。ウィスコンシン大学では、この画像コンソールとして、McIDAS (Man-computer Interactive Data Access System) を想定している。

### (5) 波長帯と分解能

表1に、HIS の使用している波長帯、分解能などを示す。15ミクロン帯で 0.4 cm<sup>-1</sup>、その他のチャンネルで 2.0 cm<sup>-1</sup> の分解能となっている。

### (6) HIS の構成

では、衛星に搭載される放射計は、どの様なものが考えられるか。

表1 HIS で使用される波長域

| バンド番号 | 使用波長域            |           | 分解能              | 応用   |
|-------|------------------|-----------|------------------|--|
|       | Cm <sup>-1</sup> | μm        | Cm <sup>-1</sup> |  |
| 1     | 610—770          | 13.3—16.1 | >0.4             | 温度分布   |
| 2     | 390—<br>1510     | 6.6—11.2  | 2.0              | ① 11ミクロン帯付近および6.7~8.0ミクロンからの水蒸気分布<br>② 9.0~9.7ミクロンからのオゾン分布<br>③ 8.0~11.2ミクロンからの表面と雲の温度分布 |
| 3     | 2180—<br>2700    | 3.7—4.6   | 2.0              | ① 4.2~4.6ミクロンからの温度分布<br>② 3.7~4.1ミクロンからの表面温度分布   |

HIS は、

①フォア・オプティクス、②干渉計、③アフト・オプティクス、検知器、冷却器、④プロセサー、の4つのサブ・システムよりなる。

フォア・オプティクスは、走査鏡、40.6cmの望遠鏡、リレー光学系、黒体キャリブレーション系よりなる。走査鏡の指向方向は、プログラム制御またはオペレータ制御による。

干渉計は、自動位置補正のマイケルソン型干渉計を使用している。干渉計自体は小さく放射冷却器の途中段階を利用して、250°K程度に冷しておく。これは、バック・グラウンドの放射を少なくするためである。干渉計の

設計としては、商用のものに、部分走査の機能、宇宙空間で使用できる改良を加える。

アフトオプティクスでは、ダイクロイックを使用して、入力光を3波に分ける。検知器としては、バンド1と2では Hg Cd Te が、バンド3では In Sb が Hg Cd Te が使用される。検知器を90°K位にするため、放射冷却器が使用される。

プロセサとしては、アナログとデジタルの処理をおこなうものがある。プログラムできる機能としては、ミラーの動きの制御による撮像範囲とサンプル間隔の変更、干渉計の走査する光路差の範囲を変えることにより、スペクトル分解能の変更、干渉計の走査回数を変えることによる、雑音の制御などで、その他多くのデジタル処理をおこなっている。これらの軌道上の処理により、地上での処理の手間をはぶくことができる。

### (7) 終わりに

以上簡単に、次の次の世代の放射計 HIS について述べてきた。調査の時間がなくて書き足りなかった所が多いので、それらは次の機会にゆずりたい。

なお、本文を書くにおいて、先日、ウィスコンシン大学の宇宙科学技術センターに行かれた坂井武久氏に、大変お世話になったことを感謝します。

### Reference

Smith, W.L., V.E. Suomi, R.M. Book and R.W. Erickson, 1981 ; High-resolution Interferometer Sounder (HIS) PHASE II, Space Science and Engineering Center.