

ヨーロッパの新しい気象衛星

▲ 気象および気候研究用衛星

▲ dSPACE プロトタイプリングシステムを使用して開発されたミラー制御システム

▲ 長期の気象予測、気候研究用の広範なデータ

▶ 気象（写真：暴風雨前線など）は、高度 20km までの高さで発生します。MetOp 衛星は、さまざまな高度の気象データを収集します。このデータは、より精度の高い気象予測をする上で重要になります。

2006 年 10 月 19 日、カザフスタンのバイコヌールから、ヨーロッパの気象衛星 MetOp (Meteorological Operational Satellite) が打ち上げられました。この衛星の核心部分は、温度と湿度の分布、および大気の化学的組成を計測する装置である、IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) にあります。高精度の計測は、主にスイス企業 Centre Suisse d' Electronique et de Microtechnique (CSEM) 社が dSPACE プロトタイプリングシステムを使用して開発した光遅延線の制御技術によって実現されています。



photo: NOAA

大気は平坦ではない

テレビの天気予報で示される衛星画像では大気が平坦に見えます。実際には、気象は厚さ 20 km の大気層内で起こり、高度によって大きく変化します。ここで、高度 820 km の低軌道を回る MetOp 衛星の出番となります。現在の気象画像を提供する高軌道の静止衛星とは対照的に、MetOp 衛星は複数の大気層を観測し、気象学者に気象の三次元画像を提供します。さらに、この衛星の軌道は南極と北極の上空を通過します。この衛星の極軌道は低いため、海洋と極地の詳細な画像を得ることが可能になります。海洋と極地は、地球の「気象の調理場」と考えられていますが、他の衛星や気象ブイでは十分に観測することができません。

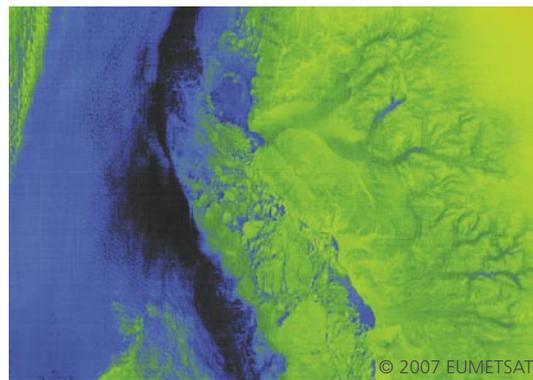
気象の指紋

三次元の気象画像は、IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) による計測結果から生成されます。IASI では、光波の干渉、すなわち光波の重ね合わせを利用しています。これは、水に浮いた油の薄膜が虹色に輝くことと同じ現象です。この現象は、油の薄膜の上面と下面で反射した光波間の干渉により発生しますが、薄膜がちょうど適

「dSPACE プロトタイプリングシステムを使用して、MetOp 気象衛星に搭載された気象用干渉計の走査ミラー制御システムの調整を簡単に実行することができました」

Emmanuel Onillon, CSEM 社

切な厚さになっている必要があります。IASI では、ミラー間の距離が適切でなければなりません。ミラーの 1 つが可動式となっており、光遅延線を形成するため、この距離は絶えず変化します。高精度で、周期的な移動がきわめて重要になります。このような移動が、検出器に干渉縞を発生させ、この干渉縞



© 2007 EUMETSAT

▲ MetOp で観測されたグリーンランドの西海岸。この赤外線画像が、温度と湿度の分布に関するデータを提供します。

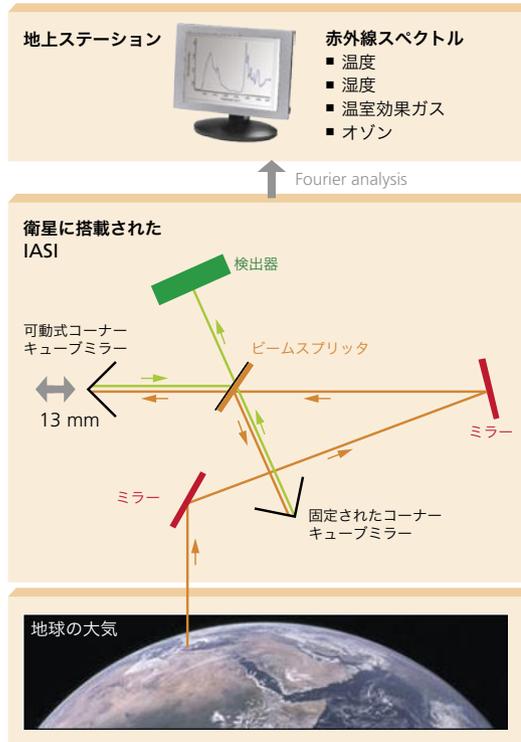
が大気の「指紋」となるからです。CSEM 社では、dSPACE プロトタイピングシステムを使用して、ミラーの制御システムを開発しました。精度だけでなく、もう1つの重要な目標は信頼性でした。衛星は、いったん軌道に乗ると修理ができないからです。

7年間規則正しく動作

ミラーは、132 mm/s の一定速度で前後に 13 mm 移動し、衛星の設計寿命である 7 年間、この動作を続けなければなりません。これは合計すると最大 4 億回の動作サイクルとなり、このサイクルの間、同期がずれることは許されません。開発装置では、DS1005 をベースにした制御システムにより、可動式ミラーの位置信号が光学エンコーダを用いて 2 kHz のサンプリングレートで取得され、これを基に最適な制御入力が計算されます。ミラー移動用の制御システムは、PID コントローラをベースにした自己適応型となっており、制御アルゴリズムを繰り返し最適化して、理想のミラー位置と実際のミラー位置との間の偏差を最小化します。これが完成した後、固定小数点モードで制御の検証が成功しました。光学エラーをなくすために、私達はいわゆるコーナーキューブミラーを使用しました。このミラーは多少傾いても、入射した光を常に正確に元の入射方向に反射します。この原理は、自転車の後部反射器など、日常生活でもよく知られています。それにもかかわらず、動きの直線性は非常に難しいことです（全走査範囲において直線からの偏差が 1 μm 未満）。

長期の気象予測

MetOp 衛星は、地球の気象や気候に関する知識を大きく前進させます。気象学者は、この衛星で収集したデータを利用して、気象をより正確に予測し、さらに既存の気候モデルの精度を上げることで、たとえば、現在進行しつつある気候の変動をよりよく理解することに役立てることがで



◀ IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer)。コーナーキューブミラーの周期的な動きにより、検出器に気象の「指紋」が生成されます。高精度のミラー制御が非常に重要です。この開発に dSPACE プロトタイピングシステムが使用されました。

きます。長期の気象予測には、次のような計り知れないメリットがあります。事前の警告は人間と自然の両方に利益をもたらします。また、効率的な交通輸送の編成が可能になります。さらに、気象の影響を受けやすい産業（建設業、旅行業、農業、電力業など）に必要な人的資源と物的資源の計画が立てやすくなります。

Emmanuel Onillon
CSEM
スイス



◀ MetOp 衛星の軌道は、820 km の高度で北極と南極の上空を通過しながら、地球を周回しています。軌道周回中に、この衛星に搭載された IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) が、大気を絶えず走査観測しています。画像 (右)：組立工場に置かれた MetOp