

## C 2

地上-静止衛星間レーザー長光路吸収システムの提案

Conceptual Design of the Earth-to-Satellite Hadamard Transform  
Laser Long-Path Absorption Spectrometer System for Monitoring  
Atmospheric Trace Species

杉本伸夫

Nobuo Sugimoto

国立公害研究所

The National Institute for Environmental Studies

SYNOPSIS: This paper describes the conceptual design of the earth-to-satellite Hadamard transform laser long-path absorption spectrometer system (HALLPASS) for monitoring atmospheric trace species in the troposphere and the stratosphere.

HALLPASSの概念： 大気環境の変化に大きな影響を及ぼす微量分子のグローバルな監視は非常に重要であるが、従来の衛星センサでは特に対流圏の測定は困難である。レーザーを用いた地上衛星間の長光路吸収法は最も高感度が期待される測定法で、著者らはこれにアダマール変換光学の手法を取入れたシステムHALLPASSを提案した<sup>1)</sup>。HALLPASSの概念をFig. 1に示す。静止軌道衛星に検出器を搭載し、地上の多地点に配置したレーザー局からのレーザー光を受信する。地上レーザー局はレーザーパルス列を予め割当てられたアダマールコードにより変調して送信し、衛星の検出器は広い視野角で多数のレーザー局の光を同時に受信する。衛星で受信された信号は中央地上局に送られ、各局からの信号がコードにより識別される。各局の信号強度のデータは中央地上局から各局に送られる。各地上局はレーザーを波長掃引するなどの方法でスペクトルを測定する。アダマール変換の利点は、地上局を順々に切替える方法に比べ背景光雑音や熱雑音に強いことで、検出器のバンド幅や視野角を大きくできる。Table IにHALLPASSの仕様の一例を示す。ここでは、500nmの場合と10 $\mu$ mの場合を示した。一度にカバーする地上の領域は約500km  $\times$  500kmとした。Table Iの仕様の場合アダマール変換の1周期の測定（地上局数512とすると0.2秒）で得られる各局の光検出のSN比は1000である。アダマール変換法の場合、受信バンド幅は可視領域では数百nm、10 $\mu$ m帯では数 $\mu$ mまで広げてもSN比がほとんど低下しないので、近紫外から10 $\mu$ m帯までカバーするのに4つ程度の受信バンドで良いことになる。

受信光学系： ひとつの検出器で受信する地上の領域は500km  $\times$  500km程度であるので、半球全体を同時にカバーするシステムを作るために全素子数400程度の2次元アレイを用いる。また、近紫外から10 $\mu$ m帯まで数個のバンドで良いので、衛星搭載の受信システムはFig. 2のような構成になる。

中央地上局： 中央地上局は検出器の10個程度の素子のカバーする領域のブロックごとに設置する。アダマールコードは素子ごとに同じものでよいが、素子の境界付近に像を結ぶ地上局の光は複数の素子に入射する可能性があることを考慮してコードを割振る。また、ブロックの境界付近の素子については複数のブロックに属するものとして重複して信号をサンプリングする。

地上レーザー局： 地上レーザー局の概念をFig. 3に示す。中央地上局より送られるタイミング信号に従ってレーザーパルス列を割当てられたコードで変調して送信する。衛星で受信されたその局の信号強度のデータは直ちに中央地上局より送られる。分光測定の方法は各地上局が独自に設定する。

データシステム： HALLPASSでは検出器の各素子の信号をレーザーパルス幅に相当するゲートでサン

プリングする。従ってデータ量は毎秒（レーザーの繰返し数）×（素子数）×（バンド数）のデータを取得する。AD変換の精度を12bit とすると、96Mbit/sとなる。中央地上局の数を10 とすると1局あたり10Mbit程度である。これはかなり大きなデータ量であるが、アダマール変換のいくつかの周期のデータを衛星上で積算することで少なくできる。このとき必要なメモリーの大きさはひとつの素子のカバーする地上局数を512 として約40Mbitである。

測定のタイミング： 各地上局からのレーザーパルスは変調のそれぞれのステップにおいて同期して衛星に到達しなければならない。すなわち、各地上局におけるレーザーパルスの変調は各局同期をとって行う必要がある。レーザーの変調のタイミング信号は各ブロック毎に中央地上局から各地上局に送る。このとき、各局の距離差や、衛星位置の変化の補正も行う。タイミングや追尾の微調整のためには例えば測定に使用しない波長のレーザーを用いる方法が考えられる。

今後の課題： アダマール変換法に固有な問題はシステムの非線形性によるゴーストであるが、実用的に十分なレベルに抑えることが可能であろう。以上に提案したシステムを実現するためには、波長可変赤外レーザーの開発、長光路吸収測定に関する各種の研究が必要であろう。

1) N. Sugimoto(1987) Applied Optics 26,5,763-764.

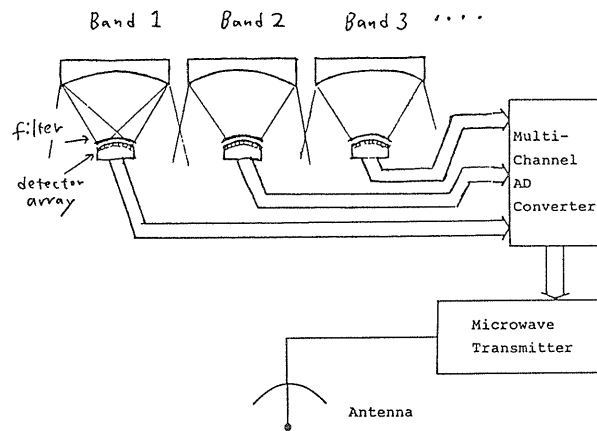
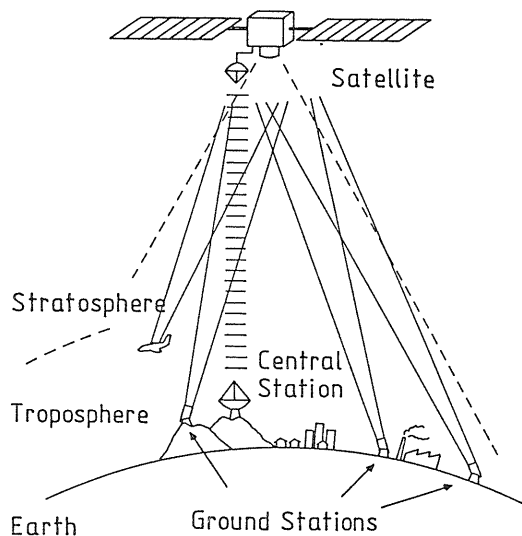


Fig. 2 Block diagram of the satellite.

Fig. 1 Conception of the HALLPASS

Table I. Specification of the HALLPASS used for the Evaluation

Satellite-borne multichannel spectrometer	Aperture of receiving telescope	0.28 m <sup>2</sup>
	Field of view	14 mrad (500 × 500 km)
	Spectral bandwidth of a channel	<10 nm
	Bandwidth of signal processor	10 MHz
Ground station	Laser output energy	0.2 mJ/pulse (500 nm)
		10 μJ/pulse (10 μm)
	Pulse width	100 ns
	Pulse repetition rate	5 kHz
	Beam divergence of transmitter	0.05 mrad
	Efficiency of detection	0.1
	Number of stations	512

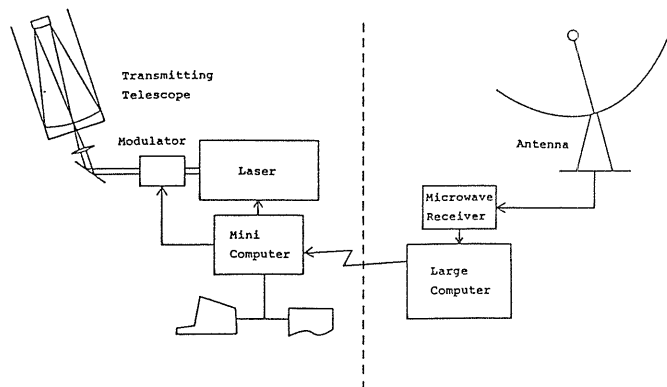


Fig. 3 Block diagram of a ground laser station and the central receiving station.