

VISSR の赤外, 可視画素の位置対応について

Location Differences of Correspondent Infrared and Visible Pixels of Visible and Infrared Spin Scan Radiometer (VISSR).

藤村 弘志*

Hiroshi Fujimura*

Abstract

In this report, relationship of the position between IR and visible pixels are examined using VISSR images. The relationship are examined by correlation processing between the geographical features in IR and visible images observed simultaneously.

As results of the examination,

1. the lag along scan direction of the GMS-3, the GMS-1 and the GMS-2 are very small. It is because the lag are corrected by S/DB in CDAS.
2. the lag along mirror stepping direction of the GMS-3, the GMS-1 and the GMS-2 are about 1.1, 0.65 and 0.1 scan lines of IR sensor respectively.

1. はじめに

日本の静止気象衛星には、可視赤外回転走査放射計 (VISSR) が搭載されており、GMS-1 から現在運用されている GMS-3 まで、基本的には同じ機構で地球を観測している。

この VISSR は 2 種類のセンサー (可視・赤外センサー) で、名前の通り衛星の回転に合わせて西から東へ、また、VISSR の内部の反射鏡を動かすことにより北から南へ、約 25 分間で地球の観測を行っている。

従って、ある時刻、あるラインをスキャンする時、可視・赤外センサーは地球上の同じ点を観測するはずである。しかし、可視・赤外センサーの取り付け誤差等が存在する時は必ずしも、同じ時刻に同じ地点を観測しているとは限らない。この可視・赤外センサー間のズレは、個々の衛星に固有の、そして衛星毎に異なった量であると考えられる。

ここでは、GMS-1, GMS-2, GMS-3 のそれぞれの

* 気象衛星センター管制課, Meteorological Satellite Center

VISSR について、可視・赤外センサーの画素の間の位置の対応関係を画像を用いて調査したので報告する。

2. ズレ量の定義

VISSR の可視・赤外画素の関係を Fig. 1 に示す ((P) は主系, (R) は冗長系センサーで、GMS-3 では冗長系が使用されている)。

可視・赤外画素間のズレには、ライン方向 (反射鏡ステップの方向, Y で示す) とピクセル方向 (スキャンの方向, X で示す) が考えられる。

このうち、ピクセル方向のズレには赤外・可視センサー間の走査のズレ (センサーのスペーシング) と取り付け誤差等によるズレとが含まれる。このピクセル方向のズレについては、衛星打ち上げ後、観測された可視・赤外画像のズレを測定し、そのデータを基に気象衛星通信所 (CDAS) の Synchronizer / Data Buffer (S/DB) で、ズレを無くするようパラメータが設定されている。従って、以後でピクセル方向のズレというのは、補正された後に残ったズレ量のことである。

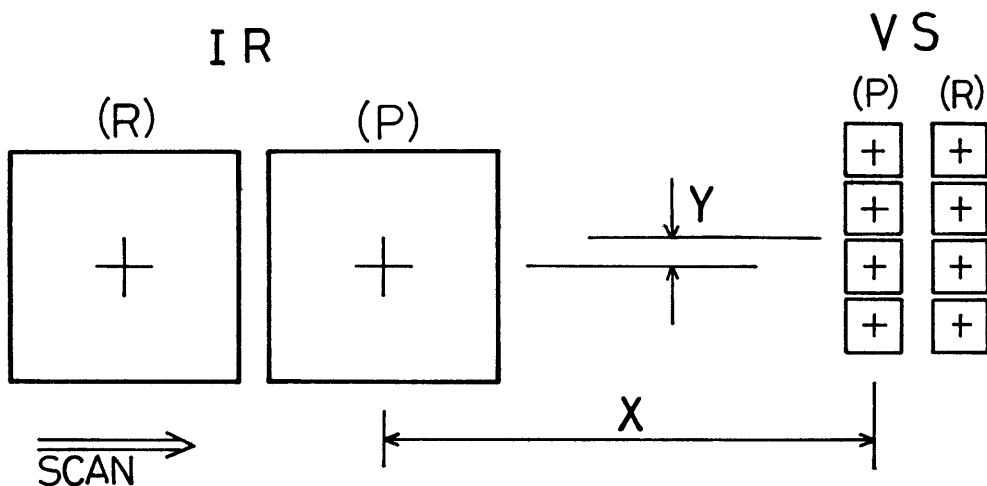


Fig. 1 Illustration of the relative position between IR and visible IFOVs (Instantaneous Field Of View) of VISSR. (P) : primary sensor, (R) : redundant sensor, X : the lag by sensor misalignment and sensor spacing along scan direction and Y : the lag by sensor misalignment along mirror stepping direction.

ライン方向のズレについては、センサーの取り付け誤差等に起因すると考えられるズレ量のことである。

以下で、可視・赤外画素の基準となる位置の対応は、可視のピクセル、ライン番号を (p_0, l_0) 、赤外のピクセル、ライン番号を (p_i, l_i) とすると、

$$p_0 = 2p_i - 0.5$$

$$l_0 = 4l_i - 1.5$$

である。これは、気象衛星センターでズレのない時、座標変換の際に使われている関係である。また、ここではズレ量を表現するのに、赤外の画素を基準として、ライン・ピクセルともそれぞれ可視のステッピング角・サンプリング角を単位とする。

このライン・ピクセル方向のズレ量は、スピン軸を Z 軸、VISSR の赤外基準視線方向 (VISSR のミラーのステップにより赤外の視線方向が Z 軸に垂直になった時の方向) を X 軸とする座標系を用いると、それぞれ Y 軸、Z 軸のミスライメント量で表現でき、画像上でのズレ量は衛星の姿勢・軌道に無関係な量になる。

ただし、衛星の機械軸とスピン軸のズレ、いわゆるティルトが存在する時には、ティルトにより地球の南北幅が変化する (みかけ上ステッピング角が変化する) ため、画像上のライン方向のズレは変化する。しかし、実際には可視・赤外画素間のズレは小さく、ティルトによるズレの変化量はさらに小さい (ズレ量に比して ~ 0.01)

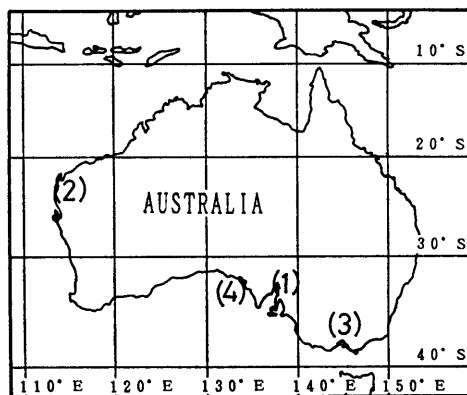


Fig. 2 Location of the examined area (1)~(4) in this report.

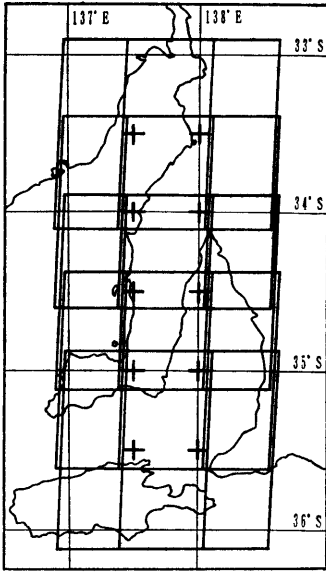


Fig. 2 (1) Spencer Gulf, Australia.
Plus marks (+) point out the center position of the correlation area.

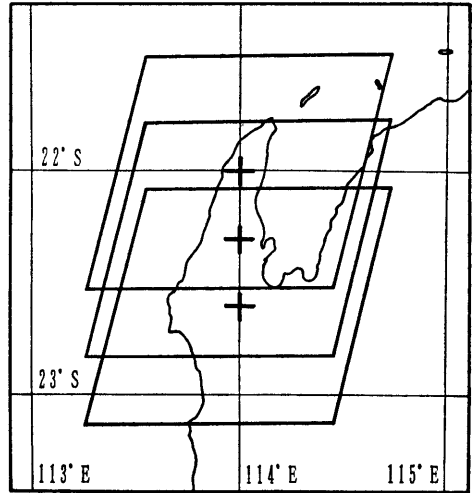


Fig. 2 (2) Exmouth Gulf, Australia.

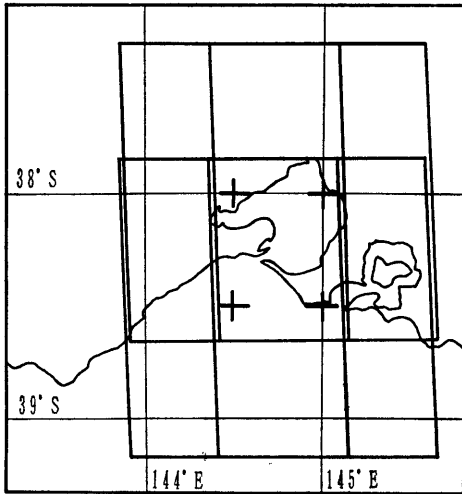


Fig. 2 (3) Melbourne, Australia.

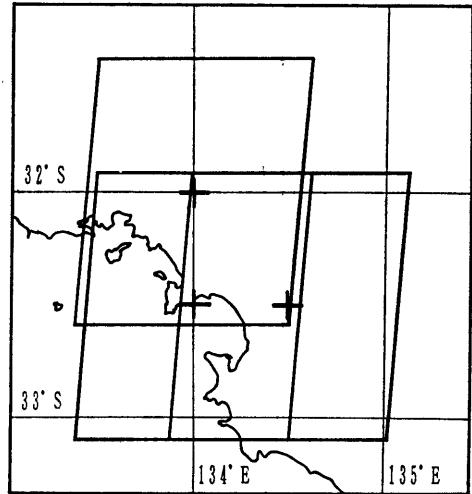


Fig. 2 (4) Streaky Bay, Australia.

程度) ため無視できる。

そのため、可視・赤外画素間のズレ量は衛星毎に各画像間で一定と考えられる。

3. 調査方法

VISSR で観測している波長は可視・赤外センサーでそれぞれ $0.5\sim 0.75\ \mu\text{m}$ 、 $10.5\sim 12.5\ \mu\text{m}$ である。これ

らの波長域では、雲の無い領域で瞬時視野角の大きさを別にすれば、地形が観測できる。

今回の調査では、可視・赤外画像にそれぞれ観測された地形の間の相関を取る方法を用いた。すなわち、相関値が最大の位置を可視・赤外画素の対応する位置とし、その位置と前述した基準位置とのズレを求めた。

相関を取る地点としては、オーストラリアの4地点を

選んだ (Fig. 2)。

その理由としては、

- (1) 可視・赤外画像とも、陸地と海面とのレベル差が大きく、コントラストがはっきりしている。
 - (2) 海岸線が比較的複雑であること。ただし、あまり小さい島、半島の多い領域は、特に赤外センサーの瞬時視野角が大きいため、相関値が低くなるため、対象地点から除外した。
 - (3) 雲一つない晴天域が得られること。
- などによる。

使用したデータは、

- ① 1985年1月～3月 (GMS-3)
- ② 1984年2月～4月 (GMS-1)
- ③ 1982年8月～9月 (GMS-2)

の期間の03Zの画像のうち、前述の地点が晴天域となっている画像である。データ数は地点毎に3～10点で、各期間、各地点毎に2～5画像を使用した (GMS-3:62点, GMS-1:62点, GMS-2:54点)。

画像データは可視・赤外データとも、それぞれアルベド、等価黒体温度 (TBB) に変換したものを使用した。相関を取る領域の大きさは、可視:80ライン・120ピ

クセル、赤外:20ライン・60ピクセルとした。これは、衛星直下点で約 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$ の領域に対応する (Fig. 2)。

以上のデータを使用して処理を実行した手順は以下の通りである (Fig. 3)。

- (1) 赤外画素の間隔は可視に比して大きい (ライン方向 = 4倍, ピクセル方向 = 2倍) ため、赤外のデータを可視の画素の間隔に合うよう補間する。また、GMS-1については可視の2チャンネルのデータが障害のため得られないので、前後のラインから内挿した。
- (2) 補間された赤外の120ピクセル×80ラインのデータをテンプレートとして可視の領域と相関を取る。これを可視の領域を変えてくり返す。相関を取った範囲は基準の対応位置を中心として、ライン・ピクセルとも±10画素とした。
- (3) 相関値は可視画素の単位でしか求まらないため、相関値最大の位置を中心として

$$|p-p_0| + |l-l_0| \leq 4$$

((p, l):ピクセル・ライン番号, (p_0, l_0):相関値最大の位置)

の範囲の41点を用いて、最小2乗法により次の楕円放物面で近似して、相関値最大位置を求めた。

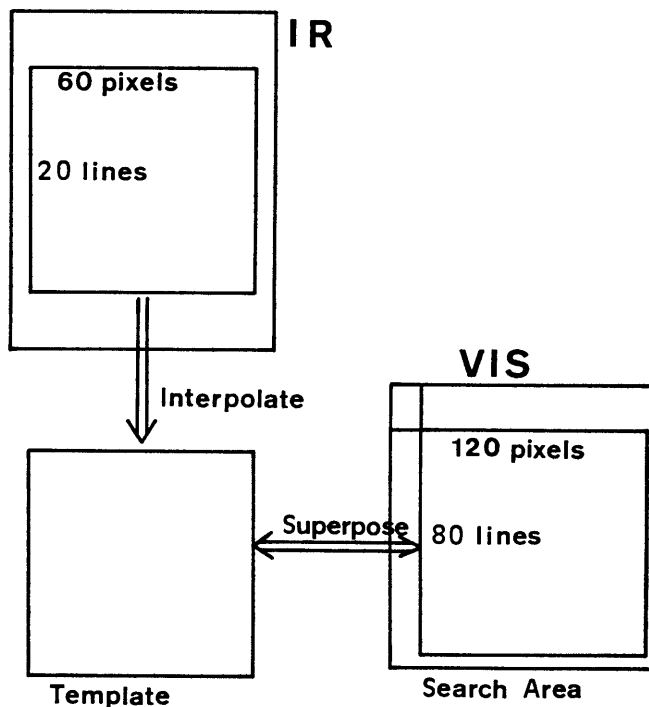


Fig. 3 General scheme of correlation processing.
Template data are made from IR pixels by interpolation processing for adapting to visible pixel position.

Table 1 The lag of visible pixel position to IR pixel position of the GMS-3, the GMS-1 and the GMS-2. Ratio of land in this table are calculated from visible histogram of the correlation area.

POINT NAME	LAT.	LON.	RATIO OF LAND	LAG (GMS-3)		LAG (GMS-1)		LAG (GMS-2)	
				LINE	PIXEL	LINE	PIXEL	LINE	PIXEL
1. SPENCER GULF, AUSTRALIA	33.5S	137.5E	53.0%	-4.26	-1.04	-2.16	-1.00	0.91	-0.36
	34.0	137.5	43.3	-4.01	-0.62	-2.00	-0.77	1.11	-0.40
	34.5	137.5	45.3	-4.56	0.34	-2.95	0.26	-0.19	0.42
	35.0	137.5	31.2	-4.77	0.49	-2.86	0.43	0.30	0.51
	35.5	137.5	39.9	-4.55	1.01	-2.85	0.90	0.24	0.80
2. EXMOUTH GULF, AUSTRALIA	33.5	138.0	70.2	-4.25	-1.05	-2.19	-1.25	0.76	-1.01
	34.0	138.0	72.0	-4.37	-0.62	-2.03	-1.25	0.96	-0.96
	34.5	138.0	60.4	-4.55	0.09	-2.45	-0.14	0.53	-0.08
	35.0	138.0	36.0	-4.59	0.43	-2.58	0.26	0.03	0.34
	35.5	138.0	27.0	-4.57	0.78	-2.81	0.70	0.14	0.67
3. MELBOURNE AUSTRALIA	22.0S	114.0E	18.7%	-5.05	0.97	-3.25	0.12	-0.24	0.68
	22.3	114.0	41.6	-4.62	0.39	-3.28	-0.22	0.01	-0.01
	22.6	114.0	57.4	-4.23	-0.16	-2.87	-0.98	-0.06	-0.74
	38.0S	144.5E	68.7%	-3.81	0.09	-	-	-	-
4. STREAKY BAY, AUSTRALIA	38.5	144.5	32.3	-4.49	0.24	-	-	-	-
	38.0	145.0	70.6	-4.13	-0.14	-	-	-	-
	38.5	145.0	32.3	-4.60	0.35	-	-	-	-
	32.0S	134.0E	83.2%	-3.61	-0.13	-	-	-	-
MEAN OF LAG STANDARD DEVIATION	32.5	134.0	55.7	-4.14	-0.26	-	-	-	-
	32.5	134.5	86.4	-4.23	-1.65	-	-	-	-
	-	-	-	-4.41	0.02	-2.61	-0.22	0.36	-0.05
	-	-	-	0.35	0.69	0.50	0.77	0.55	0.66

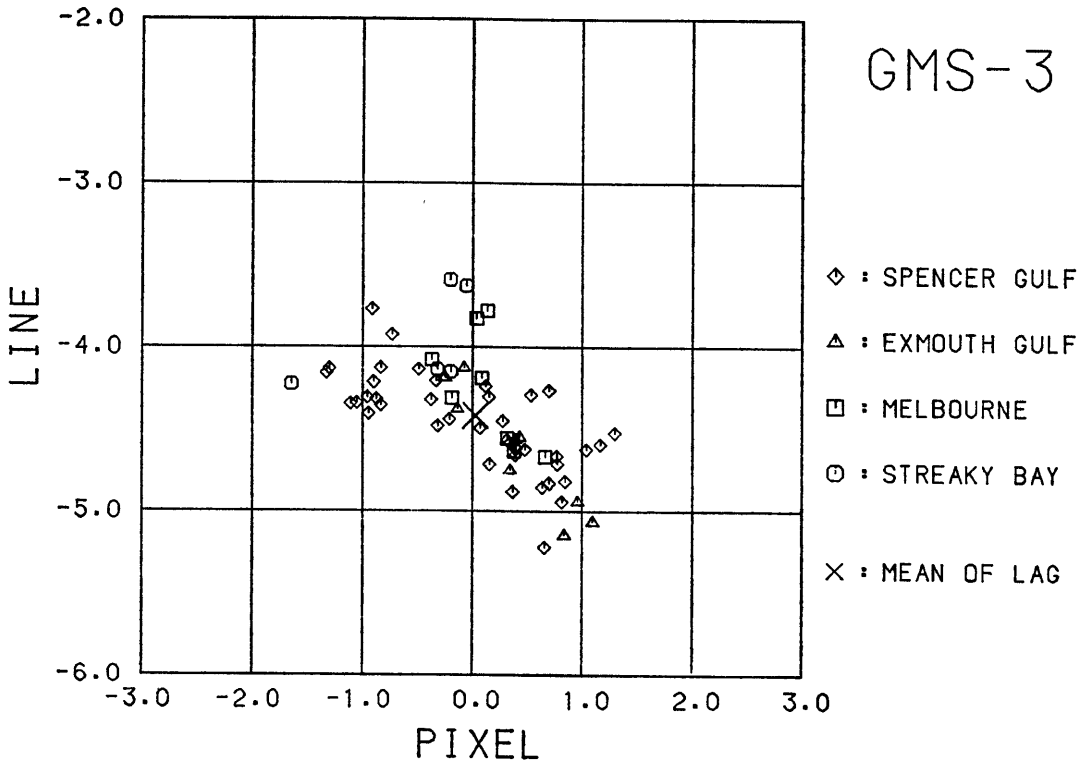


Fig. 4 The lag of visible pixel position to IR pixel position of the GMS-3. Horizontal and vertical axes are the lag along scan direction and mirror stepping direction of VISSR respectively.

$$z-r = \frac{(x-\alpha)^2}{a^2} + \frac{(y-\beta)^2}{b^2}$$

(z : 相関値, x, y : 基準の対応位置を中心として, それぞれピクセル・ライン方向)

すなわち, (α ピクセル, β ライン)が基準位置からの赤外・可視画像間のズレ量である。また, その点の相関値は r となる。

4. 結果

各地点, 衛星毎のズレ量の平均及び衛星毎の平均は Table 1 の通りである。また, 衛星毎にズレ量をプロットした図を Fig. 4~6 に示す。ズレ量の単位は前述した通り, 赤外面素を基準とした可視のピクセル・ライン数である。このズレ量を前述の衛星を中心とした(スピニング軸をZ軸とする)座標系のY軸, Z軸まわりのミスアライメント量に直すには, 可視のステッピング角 (35.0μ ラジアン), サンプリング角 (23.97μ ラジアン)をそれぞれかければ良い。

Table 1 の中の陸地の比率とは, 相関を取った領域

(可視で80ライン, 120ピクセル)内で陸地の占める割合を使用した画像毎に可視のヒストグラムから求め, 平均したものである(画像毎にレベル差等により比率は異なるが偏差は数%であった)。

一方, 表の中には示していないが, 各地点毎の相関値は0.9~0.95であった(相関値が0.8以下のデータは雲の影響などが考えられるため削除した)。

ズレの結果 (Table 1) について見ると, 各地点毎にズレ量に差 (± 0.5 ライン, ± 1.0 ピクセル程度)が見られる。この差は衛星によらず同じ傾向を示している。

これは, 主として次のような理由によると考えられる。

1つは, 相関を取る時, 海岸線(陸地(レベルの高い領域)と海面(レベルの低い領域)を分ける線)は赤外・可視それぞれ相関を取る領域内の平均のレベルの点と考えられる。

一方, 赤外の瞬時視野角は可視に比して大きいため, 可視の画素に合うよう補間したがそのため, 陸地と海面の境界は可視に比して滑らかに変化する。従って領域内の陸地の比率(これによって平均のレベルは異なる)に

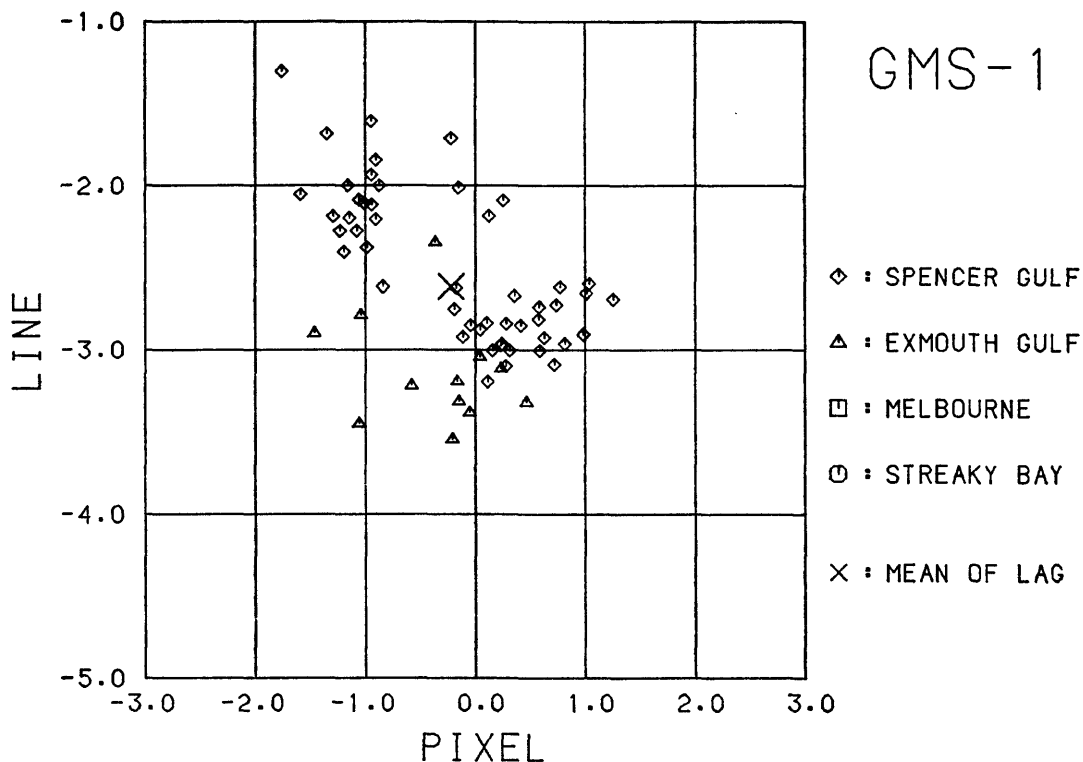


Fig. 5 As in Fig. 4 except of the GMS-1.

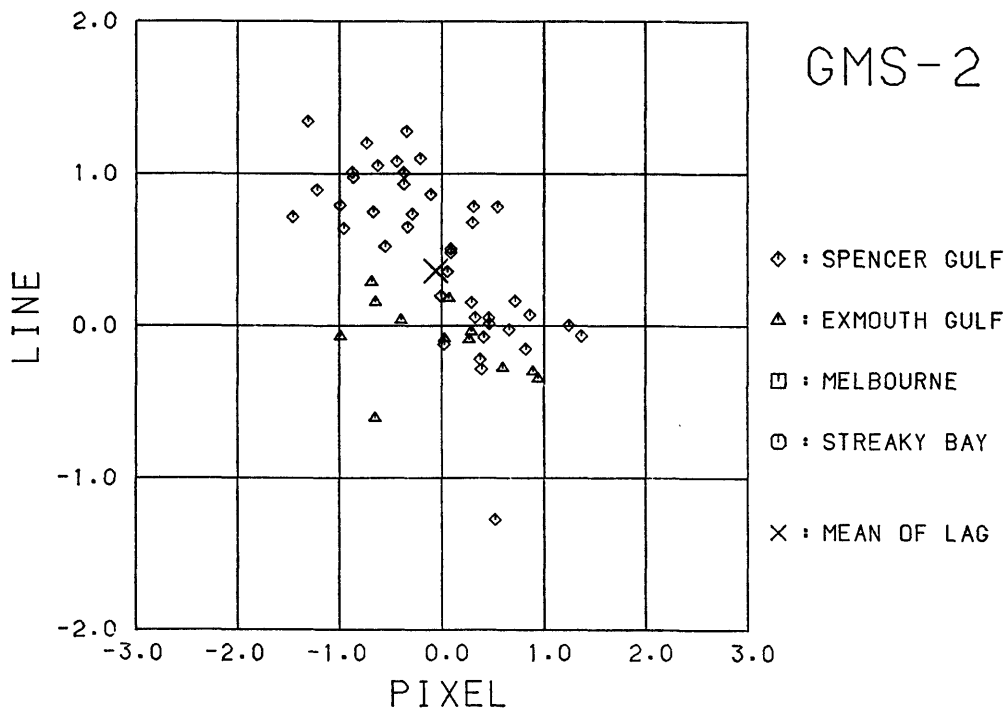


Fig. 6 As in Fig. 4 except of the GMS-2.

よって、赤外画像の方が海岸線（平均のレベルの点）の位置のズレは大きい。このため、赤外・可視画像間のズレに誤差を生じる。

この誤差は海岸線が単純で、陸地と海面の比率の差が大きいほど大きくなる。

今1つは、海面・陸地のレベルは一樣でない（特に陸地）。特に赤外画像（いわゆる温度分布）においては、海岸に近いほどレベルが低い（温度が低い）。そのため、相関を取る領域内で陸地の分布が偏っていると、赤外画像の海岸線は内陸の側になる。従って、赤外・可視画像間のズレは、例えば、陸地が北に偏っていれば正に、南に偏っていれば負の方向に誤差を生じる。これらの誤差の傾向は、例えば、メルボルンの4点のデータを比較すると、特にライン方向のズレに陸地の比率による誤差が見られる。また、レベルが不均一であることによる誤差はエクスマウス湾のデータに見られる。

このように、地形の影響による誤差が考えられるため、本調査では種々の地形を調査するよう考慮した。

以上を踏まえて結果を見ると (Table 1),

- (1) ライン方向（ミラーステップの方向）のズレは、GMS-3, GMS-2においてかなり大きい。特に、GMS-3のズレ量は、赤外1ライン以上の大きさである。これは、ある地点を可視センサーで観測し、1スキャン後赤外センサーで観測することを意味している。
- (2) ピクセル方向（スキャンの方向）のズレは、ほとんど見られない（GMS-1で少しズレている）。これは、前述した通り CDAS の S/DB で補正が行われているためである。ただし、ピクセル方向については、太陽を基準信号として1スキャン毎の VISSR の観測開始のタイミングを決めている。一方、衛星から見た太陽の位置は、衛星の運動により変化するため、前もって衛星から見た太陽・地球の間の角（ β 角）及びその変化を計算しておくことにより、円形の地球を観測している。このため例えば、ライン方向のズレが赤外1ライン分であるとする、その時のピクセル方向のズレが無いとしても、1ラインの間の β 角の変化分（約

0.436×10^{-4} ラジアン＝可視1.82ピクセル）だけ観測のタイミングがずれていることになる。従って、赤外・可視画像間のズレが無い場合（ズレ量の定義で述べた意味で）でも、衛星から見ると、 β 角の変化分のズレが存在することになる。このズレ量は、ライン方向のズレと考え合わせると、

−2.01 ピクセル (GMS-3)

−1.19 ピクセル (GMS-1)

0.16 ピクセル (GMS-2) になる。

5. おわりに

本調査では、VISSR の赤外・可視画素間（特にライン方向）のズレが存在することがわかった。このズレ量の補正は、実際に処理する時に種々の方法で可能である。GMS-3については、可視の中心ライン番号を赤外に対する基準のライン番号からずらせることにより、−4ライン分については補正されている。従って、この情報を用いて可視・赤外画像の座標変換を行えば、ズレはかなり補正できる（この中心ライン番号の情報は VISSR 保存累積磁気テープにも含まれている）。

このズレ量は、可視・赤外とも1枚の画像として利用する場合には大した影響はないように思われる。しかし、可視・赤外データを画素毎に対応させて利用する時には、かなりの影響があると思われる。VISSR データの利用方法によっては、注意する必要がある。

参考文献

- 宮沢勇, 井石明宏, 1979: 姿勢データ処理, 気象衛星センター技術報告 (特別号II-1), 41-59.
 高橋大知, 1981: アース・エッジ検出法による VISSR 画像の位置合わせについて, 気象衛星センター技術報告第3号, 55-68.
 気象衛星センター, 1983: 静止気象衛星資料利用の手引き。