

## ATS 写真の緯・経度記入法と解像度\*

土 屋 清\*\*

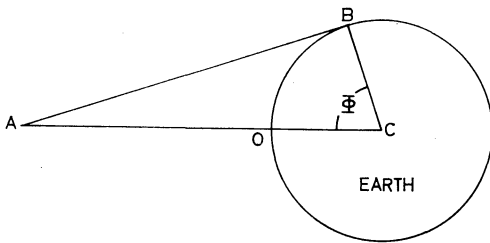
### 1. まえがき

ATS (Application Technology Satellite) は、西経150度付近の赤道上空やく 36,000km の上空に地球に対して静止するように打上げられた。

この衛星にはピンホールタイプのカメラ (Spin Scan Cloud Camera, 一般に SSCC と言う) が装備されていて、衛星の自転 (1分間に200回転) を利用し、地球を西から東に走査して、20分間に1枚の割合で太平洋のほとんど全域をカバーする写真の撮影が出来る。この写真の緯・経度線記入法と解像度について述べる。

### 2. 写真に写る範囲

第1図の記号, A, B, C, O, を衛星, 衛星から地球に引いた接線の接点, 地球の中心, SP (sub point, 衛星下点) と定義する。地球の半径を  $R$ , 衛星の高度を  $H$  とすれば,  $AO=H$ ,  $BC=CO=R$  だから,  $O$  から  $B$  までの大圏距離  $\phi$  は次式から計算出来る (地球を球と仮定)。



第1図 模式的に示した衛星と地球の相対位置

$$\phi = \cos^{-1} \left( \frac{R}{R+H} \right) \text{ 度} \quad (1)$$

すなわち地球は,  $O$  を中心とし,  $\phi$  (あるいは長さの単位では  $R \cdot \sin \phi$ ) を半径とする円として写っている。

\* On Gridding and Resolution of ATS Pictures

\*\* K. Tsuchiya

気象庁予報課

—1967年12月5日受理—

### 3. 経線上の地平線の緯度

衛星下点の経度を  $\lambda_0$  とすれば, 経線  $\lambda_0$  上での地平線の緯度はそれぞれ北緯  $\phi$  度と南緯  $\phi$  度である。次にある経線  $\lambda$  上の地平線緯度は, 経線と赤道が直交するから, 次のように計算出来る。

$$\phi = \pm \cos^{-1} \{ \cos \phi \sec(\lambda - \lambda_0) \} \quad (2)$$

ここで経度はグリニッチから東向きに増加するものとし,  $|\lambda - \lambda_0| \leq \phi$  である。  $H$  および  $R$  をそれぞれ 36,000 km, 6,367 km とすると, SP から10度ごとの経線上の地平線緯度は第1表のようになる。

第1表 SP からの10度ごとの経線上の地平線緯度

$ \lambda - \lambda_0 $	$\phi$	
	度	分
0	81	27
10	81	14
20	80	48
30	80	00
40	78	40
50	76	29
60	72	31
70	63	56
80	30	04

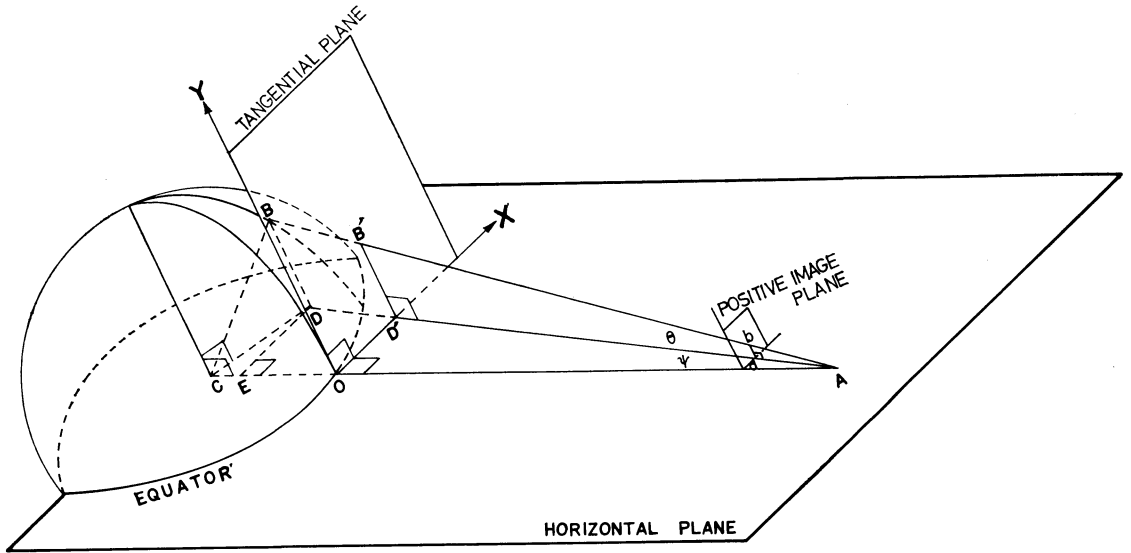
註: 地球の半径と衛星高度は 6,367, 36,000km として。

### 4. 緯度, 経度の記入法

第2図の記号を次のように定義する。A, B, C, O はそれぞれ衛星, 地球上の任意の一点 (緯度  $\phi$ , 経度  $\lambda$ ), 地球の中心, 衛星下点 (経度  $\lambda_0$ )。  $BD \perp$  水平面 (衛星と赤道を含む),  $DE \perp AC$ ,  $B'$  と  $D'$  はそれぞれ AB および AD の接平面 ( $O$  における地球に対する) との交点。  $AO=H$  (衛星の高度),  $\psi = \angle OAD'$ ,  $\theta = \angle D'AB'$ 。

第2表 緯度, 経度 (SP からの) 10度ごとの  $x, y$  座標 ( $\times r_0$ ). 上段は緯度で, 下段は経度を表わす

$\Delta\lambda$	$\phi$	0	10	20	30	40	50	60	70
0			0.201	0.397	0.568	0.717	0.838	0.926	0.977
10	0.201		0.201	0.199	0.197	0.195	0.190	0.185	0.181
			0.197	0.386	0.568	0.712	0.822	0.908	0.959
20	0.394		0.393	0.390	0.385	0.379	0.372	0.364	0.355
			0.186	0.366	0.531	0.669	0.781	0.866	0.916
30	0.568		0.567	0.563	0.557	0.549	0.539	0.529	0.517
			0.170	0.333	0.482	0.609	0.717	0.790	0.843
40	0.717		0.716	0.712	0.704	0.696	0.685	0.669	0.661
			0.190	0.291	0.420	0.533	0.625	0.689	0.740
50	0.838		0.837	0.832	0.826	0.817	0.807	0.796	0.783
			0.122	0.238	0.349	0.440	0.519	0.579	0.617
60	0.926		0.924	0.921	0.916	0.908	0.899	0.890	0.879
			0.097	0.181	0.264	0.336	0.397	0.445	0.476
70	0.979		0.978	0.975	0.971	0.967	0.961	0.953	0.945
			0.062	0.121	0.177	0.226	0.268	0.300	0.323



第2図 模図的に示した衛星と地球の相対位置

水平面と接平面とは直交するから, その交線を  $x$  軸にとる. また垂直面 ( $A$  と  $O$  を通る経線を含む) も接平面と直交するからその交線を  $y$  軸にとる.  $O$  を原点にとれば,  $B'$  の  $x \cdot y$  平面 (写真面と考えてもよい) 上の座標は, 南緯には負号をつけるものとすれば, 次のように表わせる.

$$x = AO \tan \Psi = \frac{H \cdot R \cos \phi \cdot \sin(\lambda - \lambda_0)}{H + R(1 - \cos \phi \cdot \cos(\lambda - \lambda_0))} \quad (3)$$

$$y = AD' \tan \theta = H \sec \Psi \cdot \tan \theta$$

$$= \frac{H \cdot R \sin \phi}{H + R\{1 - \cos \phi \cdot \cos(\lambda - \lambda_0)\}} \quad (4)$$

フィルム面での座標は, この  $x, y$  に  $f/H$  ( $f$  は焦点距離で 254mm) をかければ得られる.

また  $x$  と  $y$  の間には次の関係がある.

$$x = y \cos \phi \sin \Delta\lambda \quad (5)$$

$$\Delta\lambda \cong \lambda - \lambda_0$$

実際に解析する場合には, 写真の大きさは, さまざまであるから, 円として写っている地球の半径を規準にし

で計算しておいたほうがよい。その半径を  $r_0$  とすると、第4式では  $\lambda - \lambda_0 = 0$ ,  $\phi = \phi$  とすればよいから

$$r_0 = \frac{H \cdot R \sin \phi}{H + R(1 - \cos \phi)} \quad (6)$$

$y$  軸における任意の緯度  $\phi$  の  $y$  座標  $(y_\phi)_0$  を  $r_0$  で表わすと、(6) と (5) の比から

$$(y_\phi)_0 = r_0 \frac{\sin \phi}{\sin \phi} \frac{1 + \Gamma(1 - \cos \phi)}{1 + \Gamma(1 - \cos \phi)} \quad (7)$$

$$\Gamma \equiv \frac{R}{H}$$

次に任意の経線上の任意の緯度の  $y$  座標を  $(y_\phi)_{\Delta\lambda}$  とすると、(7) と (4) から

$$(y_\phi)_{\Delta\lambda} = r_0 \frac{\sin \phi}{\sin \phi} \frac{1 + \Gamma(1 - \cos \phi)}{1 + \Gamma(1 - \cos \phi \cos \Delta\lambda)} \quad (8)$$

$$\lambda - \lambda_0 \equiv \Delta\lambda$$

任意の点の  $y$  座標が決まれば、その点の  $x$  座標は、(5) 式から求まる。緯度、経度 (SP からの) 10 度ごとの  $x, y$  座標を  $r_0$  を規準にして表わすと第2表のようになる。表の上段は緯度、下段は経度を表わす。緯・経線の作り方は例えば緯度30度、経度が SP から30度の点は、 $\phi = 30$ ,  $\Delta\lambda = 30$  の所にある、0.557, 0.482 を使う。すなわち  $x, y$  座標はそれぞれ写真に写っている半径の0.557倍と0.482倍になる。第3図 (口絵写真) はもとの ATS 写真で、第4図 (口絵写真) は第2表の値を使って緯・経線を記入した写真である。

### 5. 写真の解像度

写真の解像度は、一般には写真に写る面積と走査線の数によって決まる (土屋, 1966)。ATS 写真の走査線の数は2,000本である。

しかし ATS B の SSCC では、厳密にはビーム幅によって決まる。ビーム幅は約 6/1000 度と言われている。6/1000 度とすると衛星直下点では約 4 km になるが、この場合第1図の  $\angle CAB$  が 8 度33分だから、隙間なく走査すると地球は円としては写らない。それでちょうど2000本の定査線で地球が円になったとして計算して

みよう。

SP を通る経線 ( $y$  軸) 上で、赤道から 10 度までの写真上での距離は、第2表から、 $r_0 \times 0.201$  で、 $r_0$  の中に走査線の数はやく 1,000 本あるから、走査線 1 本の距離は、おおよそ  $1,100 \text{ km} / 0.201 \times 1,000 \text{ 本} \approx 5.5 \text{ km/本}$ 。すなわち緯度 5 度付近の解像度は 5.5 km ぐらいと考えてよい。最も解像度の良い SP 付近でも、直径 5 km 以下の雲は、はっきりとは写らずにぼんやりと白く写るだけである。緯度 30 度付近ではやく 7 km, 60 度付近では 15 km ぐらいになってしまう。これは SP を通る経線上でのことで、同じ緯度でも、第2表から明らかなように、SP からの距離が大きくなるにつれて解像度は悪くなる。

理論的には、走査線が  $y$  軸に直交することから、(4) 式を微分して得られる次式から、ある経線上における  $y$  の増加に対する大圏距離の大きさから、解像度の見積りが出来る。

$$\Delta y \frac{\{1 + \Gamma(1 - \cos \phi \cos \Delta\lambda)\}^2}{R\{(1 + \Gamma)\cos \phi - \Gamma \cos \Delta\lambda\}} = \Delta\phi \quad (9)$$

上式に  $\Gamma = 0.1769$  を代入すると、

$$\Delta y \frac{(1.1769 - 0.1769 \cos \phi \cos \Delta\lambda)^2}{R(1.1769 \cos \phi - 0.1769 \cos \Delta\lambda)} = \Delta\phi \quad (10)$$

むすびと謝辞……ATS 写真では、特に細かい雲の分布は分らないが、中緯度から熱帯の太平洋上の中間スケール以上の気象じょう乱に伴なう雲分布はかなり良く写っている。特にこの衛星の強みは、地球上の同一空間から連続的に雲の撮影が出来る点にある。今後は太平洋上の気象じょう乱の研究には欠かせない資料になるものと思う。終りに製図の労をとってくれた伊熊聖一、中村昭文の両君に謝意を表したい。

### 参考文献

- 土屋 清, 1966: 気象衛星, 189pp. 学芸書房  
Hall, A. R. and Berry, L., 1966: MASA/ESSA WEFAX WXPeriment Participant's Guide, 51 pp. Allied Research Ass., Inc.