位置データからの面積測定手法

打田明雄・沿岸調査課

Technique of Acreage Measuring by Position Data

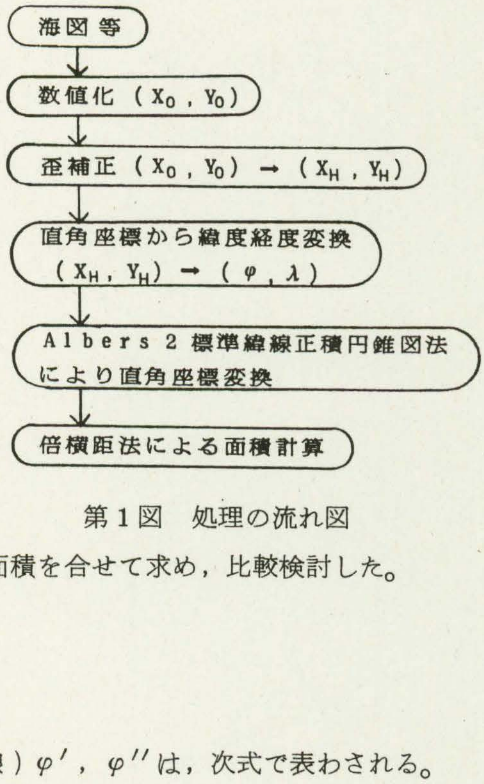
Akio Uchida : Coastal Surveys and Cartography Div.

1. はじめに

海図等から任意な区域の面積を正確に求めることは，図法の影響により地形が正積に表現されていないためで，困難を伴うが，これを解決する手法を考察したので報告する。

2. 面積測定について

従来面積測定には，図に表現された地形を方眼法，長方形法及びプラニメータ（面積計）等により，読み取り測定しているが，使用する図は，種々の地図投影法により作成されているので，図法による歪みが存在する。このため，正確な面積を求める場合は，各種の補正係数を乗ずる必要があった。しかし，近年のデジタイザ，スキャナ等の急速な進歩により，地図情報が任意に経緯度表現の位置データに変換できるようになったので，その位置データを第１図に示すように Albers ２標準緯線正積円錐図法を用いて，平面直角座標に展開し，倍横距法により面積測定を行う手法を考察した。また，本手法により得られた面積を検討するため，回転楕円体上の表面積を求める方法及び横メルカトール（T.M）図法により，平面直角座標に展開した面積を合せて求め，比較検討した。



第１図　処理の流れ図

3. Albers　２標準緯線正積円錐図法について

(1)　投影定数A，Kの求め方

２基本緯線を φ_1，φ_2 とすると，基本緯線の余緯度（標準緯線）φ'，φ'' は，次式で表わされる。

$$\varphi' = \varphi_1 + \frac{1}{t}(\varphi_2 - \varphi_1) \qquad \varphi'' = \varphi_2 - \frac{1}{t}(\varphi_2 - \varphi_1)$$

t は $\varphi_1 \sim \varphi_2$ における面積の歪を最小にするためにアダムスの提案値で，今回の計算には（ $t = 6$ ）を使用した。

Kは緯度 φ の平行圏半径を R_φ，等積緯度の余緯度を φ，回転楕円体と表面が等しい球の半径を R_0 とすると次式で表わされる。

$$K = \frac{R^2_{\varphi''} \cdot \cos\varphi' - R^2_{\varphi'} \cdot \cos\varphi''}{R^2_{\varphi''} - R^2_{\varphi'}}$$

Aは次式で表わされる。

$$A=\frac{R_{\varphi}^2}{2(K-\cos\varphi)\cdot R_0{}^2}$$

$$R_{\varphi}=N\cdot\cos\varphi=\frac{a\cdot\cos\varphi}{\sqrt{(1-e^2\cdot\sin^2\varphi)}}$$

$$\varphi=90-\varphi+460''\cdot966\cdot\sin\varphi-0.''437\cdot\sin4\varphi+\cdots\cdots\cdots$$

$$R_0=a\cdot(1-\frac{1}{6}e^2-\frac{17}{360}e^4----)=6370290\,m$$（ベッセル楕円体）

となる。

(2) 展開半径r，展開角θの求め方

緯度φにおける展開半径をrとすれば，

$$r=\sqrt{2}\cdot R_0\cdot\{(K-\cos\varphi)/A\}^{\frac{1}{2}}$$

経度差を$\triangle\lambda$とすれば，展開角θは，

$$\theta=A\cdot\triangle\lambda$$

以上により，展開半径rに展開角θを乗ずることにより，計算緯度φの平面直角座標値が求まる。

4. 回転楕円体上の表面積を求める方法について

面積を求める範囲の基本緯線をφ_1，φ_2，経度差を$\triangle\lambda$とすると，求める面積Sは次式で表わされる。

$$S=4b^2\pi(A'\cdot\cos\varphi\cdot\sin\frac{\triangle\varphi}{2}-B'\cdot\cos3\varphi\cdot\sin3\frac{\triangle\varphi}{2}+C'\cdot\cos5\varphi\cdot\sin5\frac{\triangle\varphi}{2}-D'\cdot\cos7\varphi\cdot\sin7\frac{\triangle\varphi}{2}+\cdots\cdots\cdots)\cdot(\frac{\triangle\lambda}{360})$$

$$\varphi=\frac{1}{2}(\varphi_1+\varphi_2)\qquad\triangle\varphi=\varphi_2-\varphi_1$$

$A'=1.0033539848$　$B'=0.0011208041$　$C'=0.0000016893$

$D'=0.0000000027$

5. 倍横距法について

各位置データの直角平面座標値をx_n，y_nとすれば，面積Sは次式で表わされる。

$$S=\frac{1}{2}\{(x_2-x_1)\cdot(y_1+y_2)+(x_3-x_2)\cdot(y_2+y_3)+\cdots\cdots+(x_n-x_{n-1})\cdot(y_n+y_{n-1})\}$$

6. 結　果

第1表に示すように，回転楕円体の表面積を求める方法で計算した面積を基準とし，同一区域でAlbers展開し求めた面積を比較した。また，日本周辺に設定された平面直角座標系が，約2°幅（緯度・経度）であるので，この範囲内で横メルカトール図法展開した面積も合せて計算した。横メルカトール図法展開には^{s}/Sを，2°×2°（緯度・経度）で，距離の歪がほぼ平滑化されると思われる0.99995を使用した。

その結果，第1表・第2図に示すように2°×2°の区域では，赤道付近で最大差を示し，緯度36°付近で

表1　各緯度における2°× 2°(緯度・経度)の面積

〔 Km^2 〕

経度差	緯度	回転楕円体上の表面積 A	Albers 2標準緯線正積円錐図法による B	横メルカトール(TM)による C	A－B	A－C
1.　2°	0°0→02°	49216.128563	49215.884797	49216.236612	0.243766	-0.108048
2.　2	10→12	48342.534823	48342.320917	48342.456975	0.213906	0.077849
3.　2	20→22	46032.877389	46032.736027	46032.357130	0.141362	0.520259
4.　2	30→32	42342.450058	42342.405944	42341.362222	0.044114	1.087836
5.　2	40→42	37363.668325	37363.721408	37362.060829	-0.053082	1.607496
6.　2	50→52	31228.462180	31228.587358	31226.551182	-0.125178	1.910998
7.　2	60→62	24109.450332	24109.604490	24107.569444	-0.154158	1.880888
8.　2	70→72	16218.473258	16218.607643	16216.989757	-0.134386	1.483501
9.　2	80→82	7801.459814	7801.533680	7800.679996	-0.073867	0.779817
10.　2	88→90	870.642229	870.650776	870.553013	-0.008547	0.089217

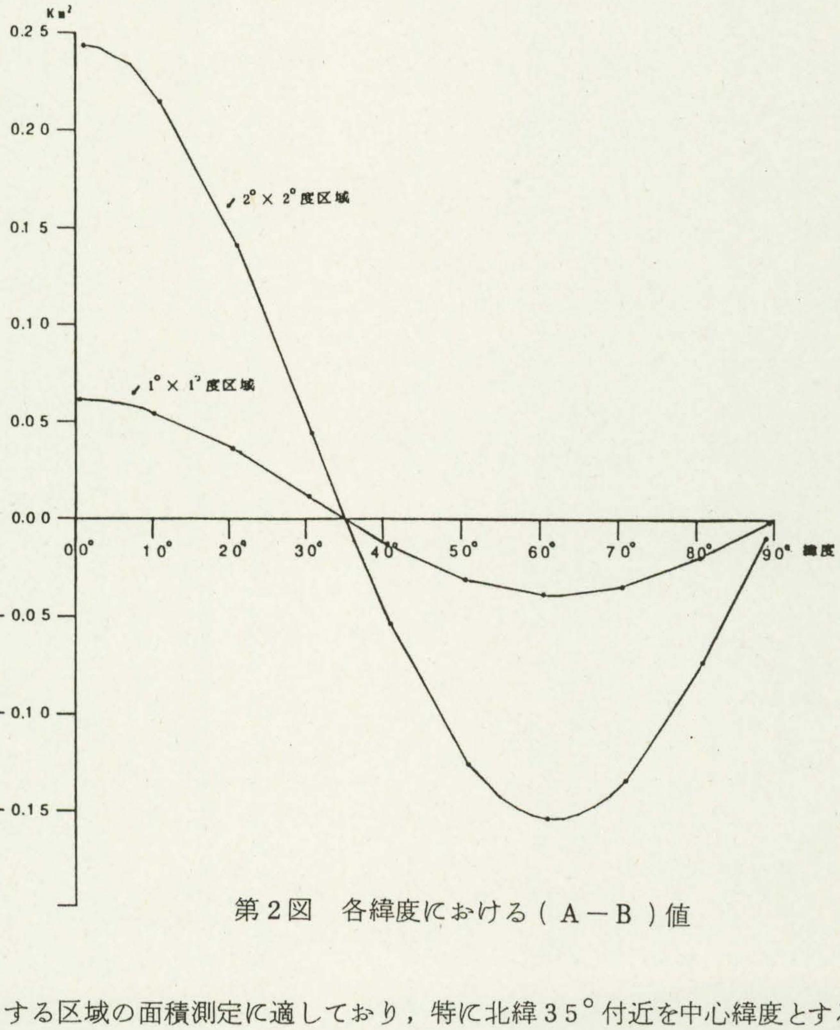
表2　35°を中心緯度とする5°× 5°～40°× 40°(緯度・経度)の面積

〔 Km^2 〕

経度差	緯　度	回転楕円体上の表面積 A	Albers 2標準緯線正積円錐図法による B	A－B
1.　5°	32°-30′→37°-30′	253051.100310	253051.076276	0.024034
2.　10	30-00→40-00	1011233.120440	1011233.015992	0.104448
3.　20	25-00→45-00	4029415.699059	4029415.149866	0.549193
4.　30	20-00→50-00	9008186.620042	9008184.904251	1.715791
5.　40	15-00→55-00	15870905.271920	15870901.073680	4.198241

最小差を示した。その最大差は0.25 Km^2 以下であった。また横メルカトール展開した面積は，緯度51°付近で最大差1.9 Km^2 を示した。第2表は緯度35°－00′を中心とする緯度・経度で，5°× 5°，10°×10°，20°×20°，30°×30°，40°×40°の各区域の面積を表しており，40°×40°で，約4.2 Km^2 の差を示した。このことは，求める区域の面積に比較し差が極めて小さいことを示している。

本計算にはHP9826 計算機を使用し，各点間の割込点間隔は，緯度，経度とも1′を使用した。



第2図　各緯度における (A－B) 値

7. 本手法の特徴

(1) 中緯度及び高緯度を中心とする区域の面積測定に適しており，特に北緯35°付近を中心緯度とする日本周辺に最適な手法と考えられる。

⑵　地形の形状，大きさに左右されることなく，回転楕円体上の表面積とほぼ等しい面積計算が可能である。

⑶　数値化された位置データであれば，図法及び縮尺に無関係となり，正確な面積計算が可能である。

8. 問　題　点

⑴　広範囲の面積を求める場合に，長距離区間を直線的に設定した場合は，その位置点間を一定間隔の割込点を入れる必要がある。

⑵　面積計算精度は，緯度・経度の位置データを読み取る図の縮尺に大きく左右される。

9. ま　と　め

本考察は，海洋法条約における領海の海図への表示について，湾における湾口閉鎖線を設定する場合には湾口を横切って引いた線を直径とする半円の面積以上の湾入を必要としている。このため，海図上から正確な湾入の面積を求める必要があり，これに対応したものである。

また，第1表，第2表のごとく，面積測定に十分使用可能と考えられるので，今後本手法による面積測定を推進したい。

参　考　文　献

野村正七　１９８３：地図投影法，１２７−１４４ページ

真塩信次，種田　守　１９７５：地図投影図法，基礎と演習，９８，１３５ページ

西沢蹊二，金沢　敬　１９６１：地形測量・地図編集，１８７−２６４ページ

太田　晃　１９６７：土地家屋調査士のための測量演習，８１−９３ページ

陸地測量部三角科　１９３９：測地便覧，６ページ