

日本測地系と世界測地系の経緯度変換（暫定版）MGC2000

加藤 剛, 仙石 新, 片山真人：航法測地課

A Datum Transformation Software, MGC2000

Goh Kato, Arata Sengoku, Masato Katayama : Geodesy and Geophysics Division

1. はじめに

水路部では、2000年5月25日から日本測地系と世界測地系の経緯度数値を相互に変換できる簡便なホームページをインターネットで公表している。これは、2000年4月から海図の経緯度の基準となる測地系が、日本測地系から世界標準である世界測地系へと変更したことに伴い、世界測地系海図と日本測地系海図の経緯度を照合することを目的として公表しているものである。海域の経緯度は、鉱区、漁業水域、演習海域等の境界線、海底敷設物の位置など使われており、広く一般の方々が利用できるよう海上保安庁水路部のホームページに掲載した。また、現行の世界測地系海図の編集作業でも、この経緯度変換プログラムを使用して計算を行っているの、このプログラムについて紹介する。

2. 経緯

2.1 海洋測地網本土基準点（下里）

水路部では、日本測地系と世界測地系との関係を明らかにするため、第五管区海上保安本部下里水路観測所（以下、下里と呼ぶ）において、1982年から人工衛星レーザー測距観測を実施し、世界測地系の正確な位置を求めている（仙石他、2000）。この成果を下里構内の基準点標石に結びつけ、海洋測地網の本土基準点として位置づけている。

2.2 測地系変換で使用する変換パラメータ

測地系を変換するとき使用する測地系変換の式には、変換パラメータが必要である。変換パラメータは、世界測地系におけるWGS-84楕円体の中心と日本測地系におけるベッセル楕円体の中心との差で

与えられる。水路部ではこの差を、下里本土基準点の世界測地系における三次元直交座標と、日本測地系における経緯度をベッセル楕円体の諸元を用いて算出した三次元直交座標の差として求めている。変換パラメータは1987年に決定（金沢、1988）して以来、1994年（衛星測地室、1996）及び2000年（仙石他、2000）に改定している。

2.3 日本測地系の歪み

日本測地系の経緯度は、一般的に国土地理院の三角点成果ないしは三角点成果から測量により求めたものを使用している。三角点成果は、麻布（東京）の日本経緯度原点から三角測量により尺取り虫的に地上測量の成果から算出したため、測量の誤差、鉛直線偏差（一般にその地点の鉛直線と準拠楕円体に対する法線とは一致せず、若干の差がある）、地殻変動などにより、歪みが含まれている。水路部が行ったレーザー測距観測では、三角点成果が稚内で約7m、沖縄で約15mずれていることがわかっており（藤田・仙石、1995）、これを日本測地系の歪みと呼んでいる。

このため、経緯度変換を行うには、変換パラメータを用いた測地系変換を行う前に、日本測地系の歪みを補正する必要がある。この補正を行うことにより、日本測地系の経緯度を正確に世界測地系へ、またその逆を変換することができる。

3. 経緯度変換

経緯度変換プログラムで使用する変換パラメータを用いた測地系変換の式は、水路測量業務準則施行細則別表第10の座標系変換計算（日本測地系 \leftrightarrow 世界測地系（WGS84））に記載されている計算式（付録

1) を使用し、変換パラメータについては、2種類のパラメータで構成している。2種類のパラメータを使用したことについては、歪みデータを算出する際に旧変換パラメータ(1994年)を使用したことで、現行の変換パラメータ(2000年)での再計算を行うことが不適当であったためである。つまり、歪みが存在する地点と存在しない地点では、変換パラメータ(ΔX_0 , ΔY_0 , ΔZ_0)は異なる値を使用している。

なお、歪みデータが存在する領域と存在しない領域の境界では、歪み量の分だけ変換量は不連続になることに注意する必要がある。

3.1 楕円体の諸元

地球の形状及び大きさについては、日本測地系はベッセルの算出した値を、世界測地系は WGS84の値を使用している。

日本測地系 (Bessel)

長半径 $a=6377397.155$ (m)

扁平度 $f=1/299.152813$

世界測地系 (WGS84)

長半径 $a=6378137.000$ (m)

扁平度 $f=1/298.257223563$

3.2 変換パラメータ

この経緯度変換プログラムで使用している測地系変換の変換パラメータは、上述のとおり2種類のパラメータを使用し、1つは、日本測地系の歪みがないとされる海域で使用する変換パラメータで、2000年に改定した値を使用する。

$$\Delta X_{0-2000} = -146.383 \text{ m}$$

$$\Delta Y_{0-2000} = +507.298 \text{ m}$$

$$\Delta Z_{0-2000} = +680.443 \text{ m}$$

もう1つは、日本測地系の歪みが存在する海域及び陸域で使用する変換パラメータで、後述する日本測地系の歪みを補正した後、1994年に改定した値を使用する。

$$\Delta X_{0-1994} = -146.23 \text{ m}$$

$$\Delta Y_{0-1994} = +507.57 \text{ m}$$

$$\Delta Z_{0-1994} = +681.86 \text{ m}$$

3.3 日本測地系の歪みの補正

水路部では、海洋域の要となる離島等14ヶ所の一次基準点を設置し、1988年から可搬式レーザー測距

観測により本土基準点と、また1980年から NNSS 及び GPS 観測で本土基準点または一次基準点から二次基準点と結合している。この観測の中で付近の三角点とも結合し日本測地系の歪み量を算出している。

一般に沿岸海域を測量するときには、三角点から海上の位置を求めることが多いため日本測地系の歪みは沿岸海域までおおよぼしているのが実状である。しかし沖合では GPS や NNSS などによる単独測位によって陸部とは無関係に位置を求めている。そこで日本測地系の歪みは沿岸海域(約0.1度)まで延伸し、それ以降の沖合では日本測地系の歪みは無いものと見なして作成したのが日本測地系の歪みのメッシュデータ (yugami2.dat) 付録2である。

これは水路部で算出した歪み量の成果を基に、基準点座標92(国土地理院, 1992)から算出した歪み量を補正及び追記して作成したもので、作成方法は「日本測地系の歪みに関する報告書について」(1997年1月21日, 航法測地課)のとおりである。メッシュデータの分布を第1図に示す。

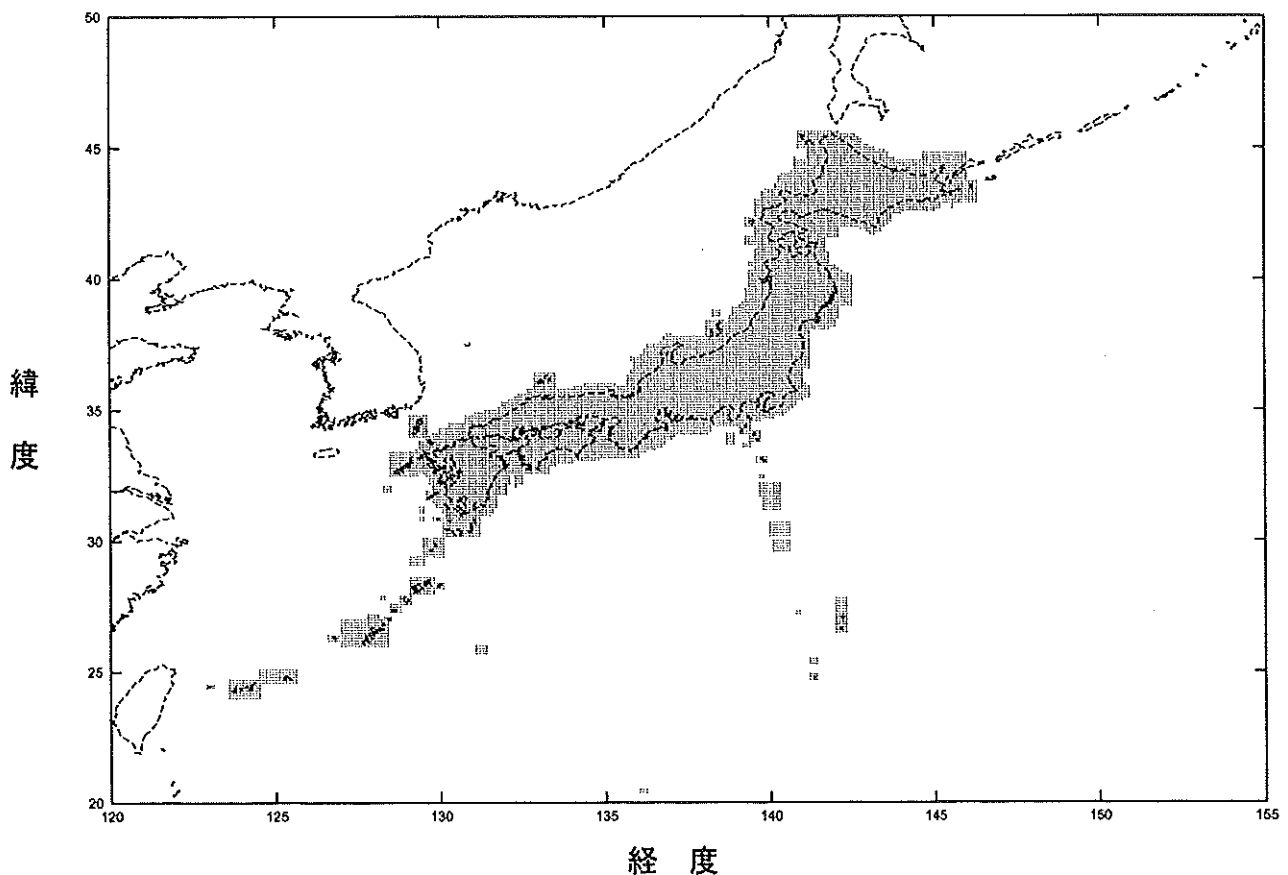
3.3.1 歪みのメッシュデータの概要

メッシュデータは、北緯20度～北緯50度、東経122度～東経150度間を0.1度毎にメッシュ化し、歪みの存在する部分のみを収めている。フォーマットは、緯度(度) = (緯度 - 20度) × 10, 経度(度) = (経度 - 122度) × 10, 緯度歪み(秒), 経度歪み(秒)としてデータ数は約8,300点である。なお重複したデータについては最後尾を採用する。

3.3.2 歪みの算出と測地系変換

メッシュデータから任意の地点の歪み量を求めるには、Bilinear 補間(付録3)を用いて算出する。ここで、この歪み量は1994年の変換パラメータ(ΔX_{0-1994} , ΔY_{0-1994} , ΔZ_{0-1994})に依存した下里本土基準点からの補正量であり、日本経緯度原点からの歪み量ではない。

補正量を算出後、日本測地系の経緯度に補正量を加算し、1994年の変換パラメータを用いた測地系変換を行うことで正確な世界測地系へ変換することができる。世界測地系から日本測地系へ変換する場合は、その逆を行う。



第1図 日本測地系の歪みデータが存在する領域
Figure 1 Dark Area has Tokyo Datum Distortion data.

4. インターネットによる経緯度変換の使用方法

インターネット上で簡便な日本測地系と世界測地系の経緯度変換を掲載したので使用方法を紹介する。海上保安庁水路部ホームページ (<http://www.jhd.go.jp/>) にアクセスし、「日本測地系と世界測地系の経緯度変換」をクリックすると第2図が表示される。順序に従い、「日本測地系から世界測地系へ」または「世界測地系から日本測地系へ」を選択し、半角数字により緯度、経度を度分秒で記載された例に習って入力し、「START」ボタンをクリックすると計算結果が出力される。また、大量データを変換するときも、記載された例のとおりフォーマットをそろえた上で使用できる。

5. 経緯度変換についての注意点

経緯度変換の計算範囲は、日本周辺海域（北緯20～50度，東経120～160度）に対応し，変換精度は

1 mである。ただしインターネットでは，緯度経度共に0.1秒で算出しているので変換精度は3 mである。計算出力結果については，表示桁数前の桁で四捨五入を行っているが，入力値の桁数については制限を加えていない。

インターネット提供の経緯度変換は，世界測地系海図と日本測地系海図の経緯度を照合することを目的としたことから，日本測地系海図から世界測地系海図の編集作業で使用する経緯度変換プログラムを採用している。このため日本測地系を使用していない場所でも計算をすることを可能とさせ，また陸域でも計算が可能など計算を行う地域についても制限していない。そこで海図の照合以外で計算結果を使用する際には，日本測地系が使われているか，海域であるかなど細心の注意を持って使用することが必要である。また日本の陸域における測地系変換は，国土地理院技術資料B・1—No.23「座標変換プログラムTKY2WGS」（社団法人日本測量協会出版）を

日本測地系と世界測地系の経緯度変換（暫定版）
MGC2000 (Ver2. 9B)

このプログラムは海域について日本測地系と世界測地系の経緯度数値を相互に変換します。
また、海上保安庁が刊行する日本測地系の海図と平成12年4月以降刊行される世界測地系の海図の照合に使用
できます。変換精度は約3m。計算範囲は日本周辺海域（北緯20～50度、東経120～160度）に対応しています。
・なお、このプログラムは暫定版であり、平成12年度中に精度の高い改良版がリリースされる予定です。

● 計算方法を指定して下さい。 ▼

● 緯度経度を入力して下さい。
イ. 一点の場合
北緯： 度 分 秒 例) 北緯33度34分27.5秒の場合→ 33 34 27.5
東経： 度 分 秒 東経135度56分23.5秒の場合→ 135 56 23.5 と入力して下さい。
再入力または再計算： 計算開始：

ロ. 一度に複数の点を変換する場合
下のエリアに順に緯度の度分秒、経度の度分秒を入力して下さい。
例) 33 34 27.5 135 56 23.5
35 00 00.0 135 00 00.0
⋮
と入力して下さい。
再入力または再計算： 計算開始：

選択

クリック

語句解説

日本測地系 (TD : Tokyo Datum)
明治時代から今日まで使われている日本独自の経緯度の目盛り。世界共通の経緯度目盛りと400～500mのズレがあり、日本付近でしか使えません。

世界測地系 (world geodetic system)
人工衛星などの宇宙技術を用いて地球重心に基づいて決められた、非常に正確な世界中で使える経緯度の目盛り。WGS84はGPSを運用している米国地図画像局が構築維持している世界測地系です。

詳細は→[日本列島の精密位置](#)

このプログラムは海上保安庁水路部の観測成果及び基準点座標92（国土地理院技術資料B・1-N0.23、平成6年10月）をもとに作成しました。

この測地系変換の値は、海図を参照するときの補助として使用できます。
また、公共測量等においては使用することはできません。

お問い合わせは[航法測地課・衛星測地 \(eisai@cuo.jhd.go.jp\)](mailto:eisai@cuo.jhd.go.jp) まで。

[水路部HOMEへ](#)

第2図 インターネットによる測地系変換
Figure 2 Geodetic Coordinate Transformation by INTERNET.

使用することとなっている。ここに掲載した経緯度変換の計算結果は、「TKY2WGS」とは若干の差が生じているため、国土地理院が行う公共測量等に使用することはできない。

6. おわりに

経緯度変換プログラムは、2000年4月以降海上保安庁で刊行する世界測地系海図及び航海用電子海図(ENC)の測地系変換に使用されている。また日本

水路協会が発行する航海用電子参考図(ERC)の世界測地系変換にも提供している。

2001年3月現在、ver.2.9B版が最新となっており、2.9はプログラムバージョンを、Bはメッシュデータのバージョンを示している。

2001年度には、国土地理院が2000年度に作成する座標変換プログラム(約1kmメッシュで補正)を使用して新たに測地系変換プログラムを作成する計画がある。

参 考 文 献

- 仙石新・加藤剛・福良博子・小山薫・藤田雅之・矢吹哲一朗：LageosI 及び Lageos II の long-arc 解析による本土海洋測地基準点座標決定と日本測地系と世界測地系の変換パラメータの再決定, 水路部研究報告, 36, 97-109, (2000)
基準点座標92 (国土地理院技術資料 B・1-No.1-No.23, 平成6年10月)
- 藤田雅之・仙石新：「あじさい」SLR データ解析による一次基準点・下里間の基線ベクトル推定, 水路部研究報告, 33, 1, (1997)
- 金沢輝雄：海図等に記載する測地系変換補正量の計算方法, 水路部観測報告衛星測地編, 1, 77, (1988)
- 辰野忠夫・藤田雅之：海洋測地網本土基準点の位置決定, 水路部観測報告衛星測地編, 7, 102, (1994)
- 藤田雅之・仙石新：海洋測地網一次基準点座標値の再計算(海洋測地成果), 水路部観測報告衛星測地編, 8, 83, (1995)
- 寺井孝二・藤田雅之・辰野忠夫：海洋測地網二次基準点座標値の再計算(海洋測地成果), 水路部観測報告衛星測地編, 9, 98, (1996)
- 衛星測地室：海図等に記載する測地系変換補正量の改正, 水路部観測報告衛星測地編, 9, 付1, (1996)
- 松本邦雄・松下優・富山新一：海洋測地網一次基準点の位置決定銚子, 水路部観測報告衛星測地編, 10, 42, (1997)

座標系変換計算 (日本測地系 ↔ 世界測地系 (WGS84))

(1) 楕円体の原子

イ. ベッセルの算出した値

長半径 $a = 6377397.155 \text{ m}$

扁平度 $f = \frac{1}{299.152813}$

ロ. GPSで使用している値

長半径 $a = 6378137 \text{ m}$

扁平度 $f = \frac{1}{298.257223563}$

(2) 緯度、経度、高さから地心座標への変換

$X = (N+H) \cos L \cdot \cos M$

$Y = (N+H) \cos L \cdot \sin M$

$Z = [N(1 - e^2) + H] \cdot \sin L$

$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 L}}$

$e^2 = f(2 - f)$

ただし

- L: 緯度
- M: 経度
- H: 楕円体からの高さ (標高+ジオイド高)
- a: 長半径
- f: 扁平度
- N: 卯酉線曲率半径
- e: 第一離心率

とする。

(3) 地心座標から緯度、経度、高さへの変換

$L = \tan^{-1} \left(\frac{Z}{P - e^2 \cdot N \cdot \cos L_{i-1}} \right)$

$M = \tan^{-1} \left(\frac{Y}{X} \right)$

$H = \frac{P}{\cos L} - N$

$P = \sqrt{X^2 + Y^2}$

$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 L_{i-1}}}$

ただし

Lの収束判定: $|L_i - L_{i-1}| < 0.0005$ (秒)

L_i : i回目の計算結果

L_{i-1} (1回目): $L_0 = \tan^{-1} \left(\frac{Z}{P} \right)$

とする。

(4) 座標変換

日本測地系をWGS-84座標系に変換

$\begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -146.383 \\ +507.298 \\ +680.443 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$

ただし

- X_A, Y_A, Z_A : 日本測地系に準拠した地心座標系
- X_B, Y_B, Z_B : WGS-84座標系に準拠した地心座標系
- $\Delta X_0, \Delta Y_0, \Delta Z_0$: 日本測地系からWGS-84座標系に変換する時の地心座標の原点移動量

付録1 測地系変換の式 (出典)

Appendix 1 Geodetic Coordinate Transformation Formula.

version 2.9B

dφ	dλ	緯度歪み(秒)	経度歪み(秒)
4	140	0.00001	0.00001
4	141	0.00001	0.00001
4	142	0.00001	0.00001
5	140	0.00001	0.00001
5	141	0.00001	0.00001
5	142	0.00001	0.00001
40	16	0.00001	0.00001
40	17	0.00001	0.00001
40	18	0.00001	0.00001
40	19	0.00001	0.00001
40	20	0.00001	0.00001
40	21	0.00001	0.00001
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
256	192	0.19000	0.24000
256	193	0.19000	0.24000
256	194	0.19000	0.24000
256	194	0.25900	0.24000
256	195	0.23700	0.25400
256	196	0.21700	0.26400
256	197	0.20300	0.27200
256	198	0.19300	0.27800
256	199	0.18800	0.28500
256	200	0.19100	0.29600
256	201	0.19800	0.31000

緯度 = (dφ / 10 + 2.0) 度
 経度 = (dλ / 10 + 12.2) 度

付録2 日本測地系の歪みメッシュデータ (yugami2.datの抜粋)

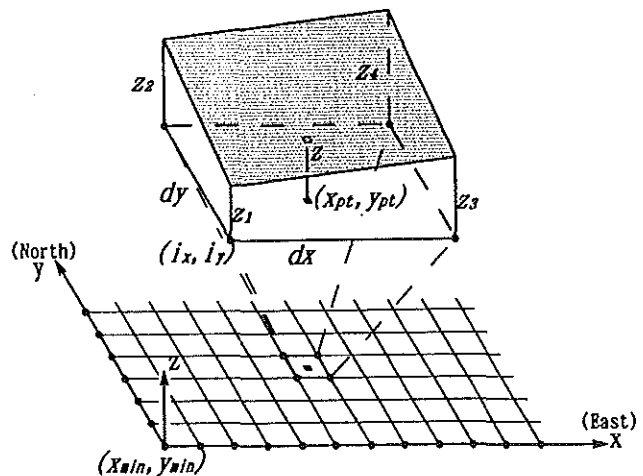
Appendix 2 Meshdata of Tokyo Datum Distortion.

バイリニア補間は、任意の点 (x_n, y_n) の補正量 z を求める補間法の1つです。最小となる (x_{min}, y_{min}) を原点とし、 (dx, dy) 間隔で構成する格子点において、任意の点の周りの4つの格子点のうち原点に近い点を (i_x, i_y) とすれば、4つの格子点の z_1, z_2, z_3, z_4 で形成される曲面が格子点で囲まれる長方形の任意の点の値 z となる。

$x = (x_n - x_{min}) / dx - i_x$

$y = (y_n - y_{min}) / dy - i_y$

$z = (1-x)(1-y)z_1 + y(1-x)z_2 + x(1-y)z_3 + xyz_4$



付録3 Bilinear補間

Appendix 3 Bilinear Interpolation.