測地成果2000
—地球重心系への移行に関する世界的な動向—
Geodetic Coordinates 2000
—Worldwide Trend: the Move to Geocentric System—

測地部　　村上真幸
Geodetic Department　　Masaki MURAKAMI

要旨

測地基準系は，歴史的にそれぞれの国，地域により独自のものを定義しており、その変更の与える影響が大きいことなどから，現在でも国ごとに異なっているのが現状である。しかしながら，国境を越えて移動する航空機・船舶の航法分野では，近年，国際的に統一した測地基準系の採用が決定されている。陸上の測地基準系についても最近になって，従前のものから国際的に統一した測地基準系へ移行する動きがいろいろな地域，国々で出てきている。

北米大陸においては，1980年代に既にNAD83という国際的に統一した基準に準拠した座標系が採用され実用に供されている。一方，陸続きであり，社会経済活動上の繋がりが密接な欧州においては，欧州全体を統一する基準座標系構築に関する学術的な活動が以前より実施されてきている。最近になって，国際的な統一基準座標系である国際地球基準座標系（ITRF: International Terrestrial Reference Frame)に準拠して，EUREFというヨーロッパで統一した座標系を確立し，その範囲を中欧，東欧へと拡張しつつある。南米においても，SIRGASプロジェクトにより，ITRFに基づく統一した基準座標系を確立しつつある。アジア太平洋地域においてはこのような統一した基準座標系が実現していないが，「アジア太平洋GIS基盤に関する常置委員会」が，アジア太平洋地域における一様なGIS基盤の整備を目的として，APRGPというプロジェクトを1997年から開始した。これら学術的な活動を基に，あるいは並行して，各国で行政上もITRFに準拠した座標系への移行が進みつつある。

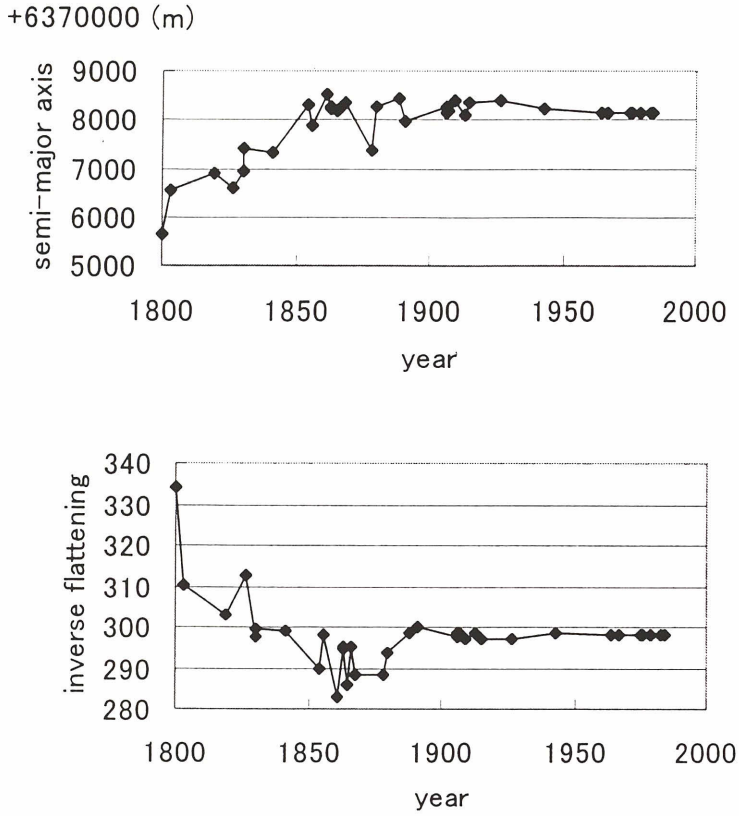
本稿では，このような測地基準系に関する世界の動向について紹介する。

1　測地基準系

地球上での位置を表すのに緯度，経度，標高という概念が用いられている。測地学に縁のない多くの人にとって，この概念は「自然界の真理」であり，「この世にひとつしかない」というのが「常識」かもしれない。実際には，これは「人間社会の約束事」であり，現状では国ごとに異なったものとなっている。国ごとに異なるのは，緯度，経度，標高などの座標を決めるための基準である測地原子が，歴史的にそれぞれの国，地域により独自に定義されて来たためであり，また，その定義を測地基準点あるいはその集合である測地網という目に見える形として実現した基準座標系に観測や計算の誤差，仮定した数値の誤差から生じる歪みがあるためである。ある地点の緯度，経度，標高の数値は測地原子をどのように定義し基準座標系をどのように実現するかによって異なった値を持つのである。このような，地球上の位置を決定するための定義とその実現の手続き及び実現された座標系の総体を測地基準系という。我が国では測量法によって測地基準系を規定しているが，約束事であるから法律で規定するのは理にかなっている（福島，1994)。

ところで，測地原子を定義するためには，最初に，地球上の位置を座標を用いて表現するための基準面を決める必要がある。この基準面として，地球の形にできるだけ適合するような回転楕円体を決めて，これを用いるものとする。これを地球楕円体と呼ぶ。我が国の場合は，測量法第１１条においてベッセル楕円体を定義しているが，この楕円体は明治時代に近代測量が開始された際に採用されたものである。それぞれの国が，その時々の科学的知見に基づいて，地球楕円体を定義しているため，たとえ隣接している国々であっても異なる楕円体を採用するということが起こる。図－１に地球楕円体の長半径と扁平率の変遷を示す。数値は日本測地学会（1994）から採った。これに見られるように，1960年代から長半径の値は急速に収束してきており，1980年以降はおよそ１メートルの範囲で定まってきている。

地球楕円体を測量の基準にするためには，さらに，楕円体の中心が実際の地球上のどの位置にあり，またその楕円体の座標軸が実際の地球に対してどの方向を向いているかということを定義する必要がある。この位置と方向がきめられた地球楕円体を準拠楕円体と呼ぶ。我が国では，測量法施行令第２条において，日本経緯度原点の原点数値（緯度，経度，原点方位角）と日本水準原点の原点数値（標高）を定めているが，これは明治時代に天文観測（経緯度）と験潮（標高）に基づき決定された数値（1918年に経度の原点数値の改正，1928年に水準原点の原点数値の改正が行われている）を用いている。この



図－1　地球楕円体の長半径（上）及び扁平率（逆数表示）（下）の変遷

原点数値によって，ベッセル楕円体の位置と方向を定義づけている。実は，経緯度を求めるための天文観測は原点を設置した地点の地球重力場の影響を受ける。この影響をどう補正する（あるいはしない）かはそれぞれの国がその時々の科学的知見に基づいて決定している。つまり，算出された緯度経度の値は観測の誤差のほかに地球の重力の不均一さに起因する偏差も含んでいたが，これらは無いものとして，算出された値を以って原点経緯度の定義値（すなわち，間違いのない約束事としての値）とした。

それぞれの国は天文観測により定義したその国の原点での経緯度の値を出発点として，原点に対する各三角点の緯度差，経度差を地上の測量により求め，その結果を準拠楕円体上に展開して各三角点上の座標値を定めた。このようにして，それぞれの国での基準座標系を実現していった。天文観測によって原点の経緯度を定める際，国際的に整合性のある経緯度決定を目標としていたには違いないが，上に述べたように当時の知識や技術的な制約もあり，結果としては各国の原点の間に数百メートルの不整合を残したまま，国ごとに独自の三角網を構築することとなった。多くの国でこのようにして構築した測地基準系を現在に至るまで採用しつづけてきたのが現状である。

このように，測地原子は，歴史的にそれぞれの国，地域が独自のものを定義してきたのであり，（くどいようであるが）隣接する国々であっても整合性がなく，したがって，このような異なる測地原子に基づくふたつの基準座標系は国境をまたいで不連続となるのである。

しかしながら，GPSなどに代表される測位技術の急速な進展を背景に，国境を越えて移動する航空機・船舶の航法分野では，国ごとに異なる座標値が問題となり始め，国際民間航空機構ICAOや国際水路機関IHOでは最近になって国際的に統一した測地基準系を採用した。また，この基準座標系の問題は，GPSの利用により精度の高い座標値が容易に得られ，また，地理情報システムGISの利用により座標値が手軽に扱えるようになった現在にあっては，専門家だけの問題ではなくなってきている。陸上の測地基準系についても，陸続きであり，社会経済活動上の繋がりが密接な欧州においては，最近になって，ヨーロッパの統一基準座標系を構築している。また，国連アジア太平洋地域地図会議もこの地域の国々が世界測地系を採用するよう勧告するなど，一国独自の測地基準系から国際的に統一したものへ移行する動きがいろいろな地域，国々で出てきている。

以下の節では，この問題を解決するための世界測地系の構築と，それに準拠した各地域の統一基準座標系の構築についての活動を紹介する。

2　地球の重心に基づく世界測地系

2.1　世界測地系

地球の大きさと形状を決めようという研究は，おそらくアレキサンドリアのエラトステネスの時代から続けられ，ニュートンが地球が回転楕円体であることを示してからは，いろいろな地球楕円体が提案されてきた。しかし，それらは地上における観測から推定されたものであり，図－１に見るように大きなばらつきを持っていたのである。

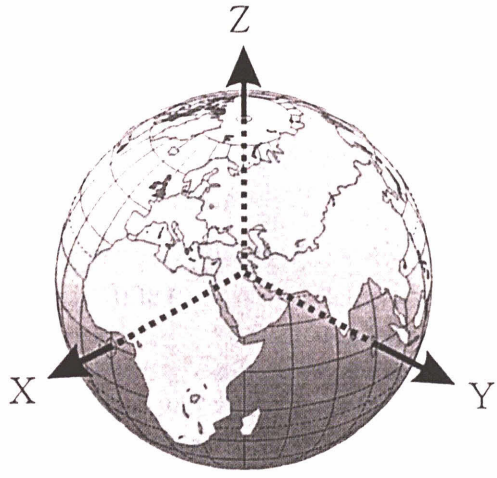
近年のSLR，VLBI，GPSなどに代表される宇宙測地技術の進展により，測地原子の定義や基準座標系の実現に対するかつてのような技術的制約は大幅に減少した。地球楕円体の長半径（赤道方向の半径）と短半径（極方向の半径）は人工衛星を利用して正確に定義され，楕円体の位置と方向は，地球の重心と自転軸，正確な時刻決定に基づく遠方の天体の位置観測に準拠して正確に定義されるようになった。例えば，現在，国際的に受け入れられている長半径は6,378,137mである。今後，学問の進歩により１m未満の桁がさらに精密に決められるかもしれないが，この6,378,137mという値は±１mを越えて変わることはないと考えられる。

また，この定義に基づく全地球的な基準座標系も，宇宙測地技術による測位観測結果を国際協力により解析することにより１cmの桁の確かさで実現できるようになった。このような新しい技術により地球上の位置や人工衛星の位置・軌道などを取り扱うためには，三次元直交座標系を定義したほうが地理座標を用いるよりも数学的に便利である。実用上は地理座標が必要とされる場合が多いので三次元直交座標系に基づく座標値を準拠楕円体上に投影して地理座標を求めることになる。このような三次元直交座標系は，

－　地球の重心に原点をおき，
－　Ｚ軸を地球の自転軸に沿って北極の方向に，
－　Ｘ軸を本初子午線（グリニッジ子午線）の方向に，
－　Ｙ軸を，上で決めたＸ軸，Ｙ軸と右手系の三次元直交座標軸を形成する方向（つまり東経90度の方向）に，

とって定義する（図－２）。ここで登場するＸ軸，Ｙ軸は公共測量で用いる平面直角座標（いわゆる19座標系）のＸ軸，Ｙ軸とはまったく異なるものである。地球楕円体の位置と方向は，このようにして決められた三次元直交座標の座標軸に対して，原点に楕円体の中心を置き，Ｚ軸に楕円体の短軸を一致させ，Ｘ軸に本初子午線を一致させるという方法で定義している。このように定義されたグローバルな測地原子に基づき，VLBI，SLR，GPSなどの宇宙測地技術を用いて座標基準点に座標値を与えることによってグローバルな基準座標系が実現される。地球の重心に準拠した座標という意味で，地球重心系あるいは地心系と呼ぶが，本稿では「世界測地系」と呼ぶことにする。

GPSで採用されている測地系は米国が構築し，維持管理するWGS-84（World Geodetic System 1984）であるが，これも世界測地系の一つである。WGS-84よりもさらに精度のよい世界測地系として国際地球基準系ITRS（International Terrestrial Reference System；以前はIERS Terrestrial Reference Systemと言っていた）及びその実現である国際地球基準座標系ITRF（International Terrestrial Reference Frame）というものがある。WGS-84の構築より後になって，国際地球回転観測事業（IERS: International Earth Rotation Service）という国際機関が設置され，1989年からITRFの構築と維持管理を行っている。このような歴史的経緯により主だったものだけでも二つの世界測地系が存在する。以下の節で両者の概略を述べるが，結論を先に言うと，(1)ITRFの方がWGS-84よりも実現精度は高い，(2)WGS-84が何度かの改訂を経て今や実用上はＩＴＲＦと同一視できる程度まで整合性が高まってきている，(3)従って，２つの系の存在が混乱を引き起こす恐れは今後は少ない，と言える。地上の精密測量の分野では今後はITRFに準拠しようというのが世界的な動向である。



図－２　地球に対する三次元直交座標系の位置と方向

2.2　WGS-84

WGS-84は，GPSの軌道情報が準拠している測地基準系であるため，GPSの普及に伴いポピュラーなものとなってきている。この測地基準系は米国国防省が構築・保持しているもので，地心系で三次元直交座標の値をもつ。この三次元座標値は，WGS-84楕円体の楕円体原子（長半径と扁平率）を用いれば，地理座標（緯度，経度，楕円体高）で表すことができる。WGS-84楕円体の楕円体原子は

長半径　　a＝6,378,137m
扁平率　　f＝１／298.257 223 563

と定義されている。この原子は，国際測地学協会が採択

した「測地基準系1980（Geodetic Reference System 1980: GRS80)」の地球楕円体と比べると，長半径は同じで扁平率の逆数（1/f）は9桁目で異なっている。しかしながら，この違いが地理座標に及ぼす影響は0.1mm程度であるので無視できる。

米国のWGSの構築の歴史は1960年に始まり，人工衛星の観測から得られたデータをもとに初めての地心系としてWGS-60が構築された。その後，WGS-66，WGS-72として改訂を経た後WGS-84が構築された。定義としてのWGS-84の測地基準系は，後述するITRSと大きく異なるものではないが，座標系の実現精度はWGS-84の方が劣っている。これは，WGS-84が構築された当時の観測精度（ドップラー観測で，1観測あたり数十メートル）の制限に加え，WGS系が以前のWGSを継承する形で構築されてきたことによる。現行のWGS-84は，名称に変更はないものの改訂を繰り返してきており，以前のバージョンのWGS-84を継承しながらも，内部精度を向上させ，また，ITRFとの整合性を高めてきている。1994年にはIGS（国際GPS事業）のデータを取り込んで改良が加えられた改良版WGS 84（G730）が，1997年には次の改良版であるWGS 84（G873）が採用された。WGS 84（G873）の座標値は5cmよりもよい精度を達成し，ITRF94とも座標系として同程度で一致していると推定されている。ITRF94と原点位置は0.2cm以内で一致し，座標軸の回転は0～0.6mili arc secと推定されており，また，実現された座標値（局位置の座標値）で見るとITRF94との差異は20cm程度に縮まってきている（Slater and Malys, 1998)。

2.3　ITRSとITRF

1987年に国際天文学連合IAUと国際測地学・地球物理学連合IUGGにより設立されたIERSは翌1988年から運営を開始した。IERSの設置目的は，

－高精度宇宙技術観測局に基づき，慣用地球基準座標系CTRS（Conventional Terrestrial Reference System）を定義・保守すること，

－銀河系外電波源に基づき，慣用天文基準座標系を定義・保持すること，及び他の天文基準座標系との結合を行うこと，

－以上の座標系と結合された極運動，歳差・章動，世界時を決定すること，

となっており，地上の位置を表す基準座標系が，天文基準座標系及び地球回転パラメータ(極運動,歳差・章動,世界時を表現する数値）と不可分の関係であることを表している。IERS発足の経緯とその活動については横山（1986；1994）に詳しい。

IERSが定義し維持する慣用地球基準系が国際地球基準系ITRSという測地基準系である。

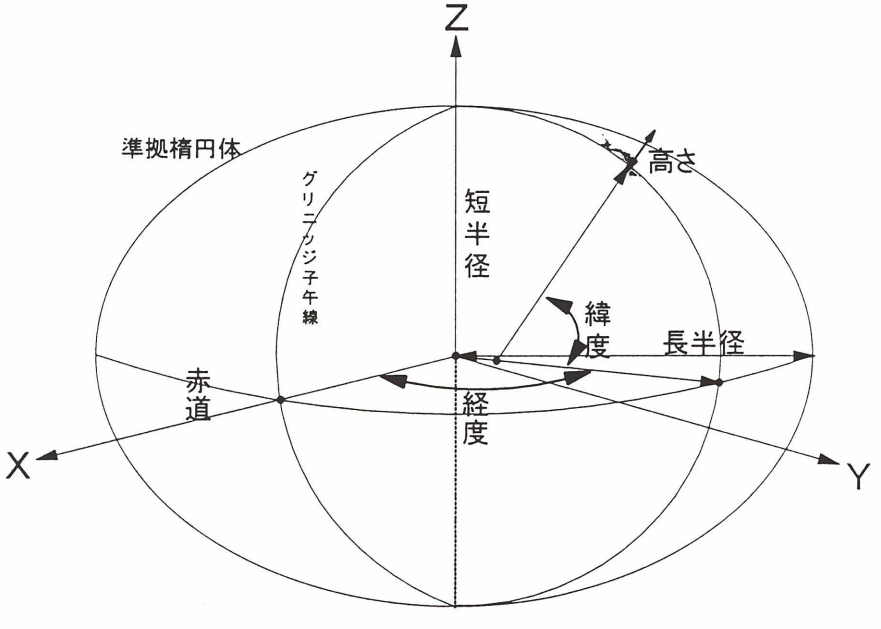
ITRSは,地球上での測位の結果を地理座標ではなく，地心系の三次元直交座標（X，Y，Z）により表すことを基本としている。そして，三次元直交座標を地理座標に換算するための地球楕円体として，国際測地学・地球物理学連合が決議しているGRS80楕円体（Geodetic Reference System 1980 ellipsoid）の採用を推奨している。GRS80楕円体の楕円体原子は，

長半径　a＝6,378,137m

扁平率　f＝1／298.257 222 101

と定義されている。世界測地系の緯度経度という場合，この楕円体上に投影された緯度経度を指す（図－3）。

国際地球基準座標系ITRFとは，地上の複数の観測局（座標基準点）の座標値の組としてITRSを実現したものである。ITRFは，VLBI，GPS，SLRなどにより世



図－3　三次元直交座標系と準拠楕円体上の緯度経度

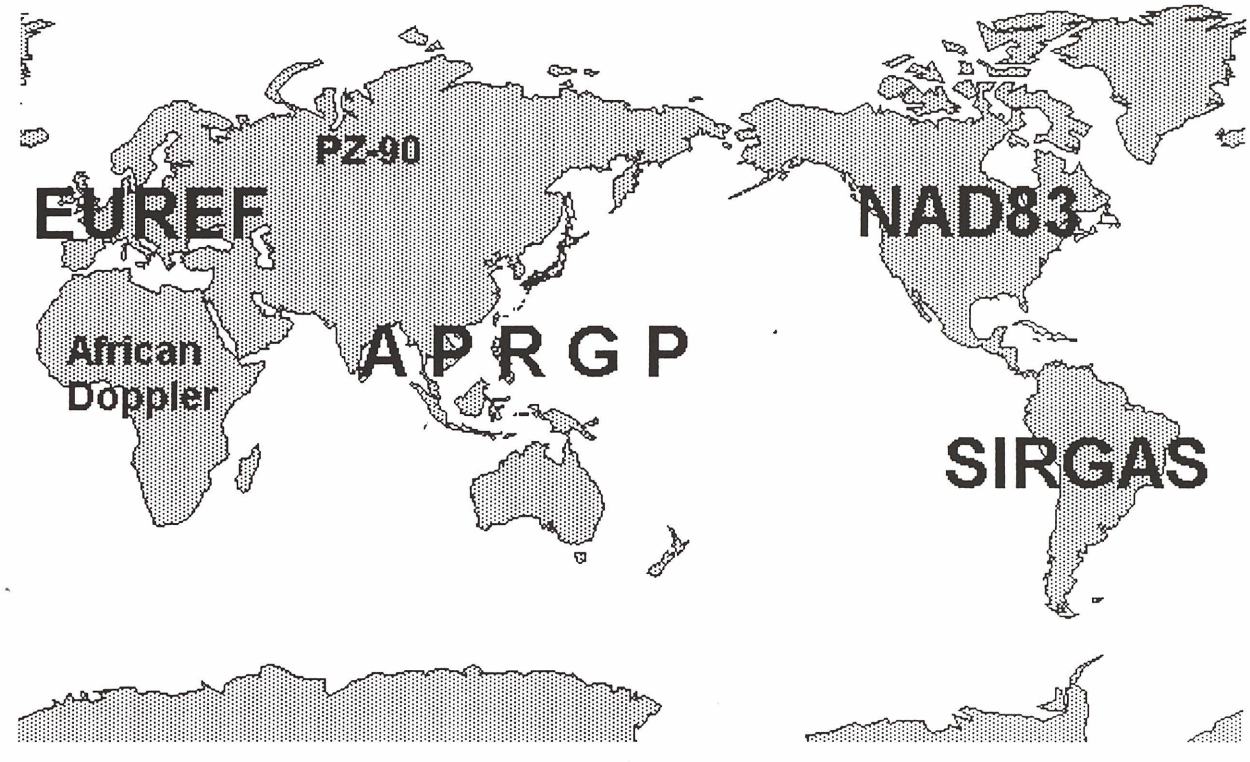
界中の200以上の観測局で得られた宇宙測地データを平均して構築された基準座標系であり，常に最新のデータを用いて更新されており，1989年より毎年その成果が公表されている。すべての局位置を1センチメートルオーダーの精度で決定するため，局位置の移動速度をプレート運動モデルに基づいて推定した上で，ある共通の時点に整約した座標値を算出している。また，毎年のITRFは年号をつけて区別しており，ITRFyy（yy＝89，90，…，94，96；95は発表されていない）のように表記されている。各年のITRFは，相互に回転が無いように定義されており，原点の平行移動だけで変換できる（ただし，ITRF93だけは例外）。最新のITRF96では各局位置は1センチメートル以下の精度で決定されている。ITRF92とWGS 84（オリジナルのもの。WGS 84（Doppler）と表記されることもある）との変換パラメータも発表されており（Sillard and Boucher，1996），相互に変換が可能となっている。また，先に述べたように，WGS 84（G 873）はIGSデータを多く取り込んだ結果，ITRF94とほぼ同一のものとみなせるものとなってきており，両者の変換パラメータは実用上はゼロとみなせる。

3　世界測地系の稠密化

3.1　稠密化

上述した世界測地系は，WGS-84にせよITRFにせよ，たかだか数百点の観測局により実現されているものであり，これを各国，各地域で精密測位に利用する場合には数が不足する。このため，ITRF（またはWGS-84）を大きな枠として準拠し，その中で各国，各地域での利用のために更に配点密度を高めていく必要がある。これを稠密化という。現在までのところ，北米，ヨーロッパ，南米の各地域でこのような稠密化が行われており，アジア太平洋地域においても後述のように最近になって稠密化に取り組むようになった。各国は，これら地域ごとに稠密化された基準座標系に準拠し，あるいは我が国のように直接ITRFに準拠し，国内の基準座標系の稠密化を図っていくことになる。このあと述べるように，北米においてはNAD83が，南米においてはSIRGASが，ヨーロッパにおいてはEUREFが，そしてアジア太平洋地域においてはAPRGPが，それぞれの稠密化プロジェクトとして実施されている（図－4）。

なお，アフリカにおいては「アフリカドップラー測量1981～1986」という観測キャンペーンが行われ，47カ国に計300の観測点において共通の基準系に基づく座標が決定された（Torge，1991）ようであるが，オリジナルの文献が手元に無いため，詳細は不明である。また，ロシアにおいては，Soviet Geocentric System of 1990（SGS90またはPZ-90とも呼ばれる）が，ロシアの測位衛星GLONASSの測位情報が準拠する測地基準系として構築されている（Hooijberg，1997）。PZ-90とITRF-yy，WGS-84との座標系間の関係はまだ確立していない。1998年10月から1999年4月までの予定で，IERSのもとで国際協力により国際グロナス実験IGEX（International GLONASS Experiment）が実施されており，これに国土地理院も参加している。IGEXに



図－4　世界各地域の世界測地系稠密化

より，PZ-90とITRFの正確な関係付けが行われようとしている。未確認ではあるが，観測点座標で見て，WGS-84との差は最大15m，平均５mとの話もある。出版はされていないが，ドイツ連邦地図測地局が解析した予備的結果を見ると，ITRFとPZ-90の原点位置は１m前後のシフト量を持つようであり，また，Z軸まわりに0.3 arc sec程度の回転を持つようである。今後の精密な解析が待たれる。

3.2　北米地域

世界測地系の稠密化はまず北米大陸でNAD83(North American Datum of 1983）として実現された。名称からも分かるようにこの基準座標系はWGS-84やITRFの登場以前のものであり，その意味では他の大陸における稠密化とは異なるものである。

NAD83はそれまでのNAD27を置き換えるものとして構築されたもので，カナダ，米国，メキシコの北米大陸及びハワイ，カリブ諸島，グリーンランドをカバーする地心系の測地基準系である。構築にあたっては，GRS80楕円体を採用し，過去の三角測量，辺長測量，天文測量のデータに加え，人工衛星観測，VLBI観測のデータを用いて地球重心の位置と座標軸の方向を精密に決定した上で，網平均計算をして各基準点の位置を決定した。このように，NAD83は，WGS-84とは別に構築されたものであるが，当初から宇宙測地技術を取り入れた地心系として構築されたため，整合性は良く，両者の差異はGPS観測結果との比較によると点間距離10kmから300kmに対して数cmから20cmに収まっているとのことである。

3.3　ヨーロッパ地域

欧州においては，西欧全体を統一する測地基準系構築に関する活動が従来より実施されてきており，地上測量のみに基づく統一測地基準系として，各国の測量データを結合して解析したED50（European Datum 1950）が構築された。その後，VLBI，SLRなどの宇宙測地データも取りいれた統一測地基準系がED87（European Datum 1987）として構築されたが，ED87はED50の後継としてミュンヘンの座標値を固定して構築されたため，変換可能ではあるものの地心系とはならなかった。欧州をカバーする最初の地心系としては，現在，EUREF（European Reference System）というITRFに基づく統一基準座標系を確立している。EUREFの活動として，1989年に西ヨーロッパで宇宙測地技術を用いて最初のキャンペーン観測が行われ，その成果に基づいてEUREF89が構築された。その後，1991年から1996年にかけて中欧・東欧を結合し，ヨーロッパの統一座標を拡大しつつある。また，EUREFの保持には，当初のキャンペーン観測に代わって，最近増加してきたGPS連続観測局を用いるようになってきている(Bruyninx et al., 1998)。

3.4　南米地域

SIRGAS（Sistema de Referencia Geocentrico para America del Sur: South American Geocentric Reference System）は，南米諸国が国際測地学協会や欧米の援助を受け，GPSを用いて南米諸国で統一した地心座標系を構築するしようというプロジェクトで，その活動は1993年にスタートし，1995年５月末から６月初めにかけて５８観測局において最初のキャンペーンが行われた。観測データは地域外のIGSデータを含めて解析された（Hoyer et al., 1998)。欧米各機関の中でもドイツの理論測地研究所DGFIと米国の国立画像地図局NIMA（かつての国防地図局）が特に関与しているが，測地系はWGS-84ではなくITRF94に準拠しており，各観測局の三次元座標値は１cmを切る精度で決定されている。これが各国の既存の測地基準系をITRF系に変換するための枠組みとなる。

3.5　アジア太平洋地域

アジア太平洋地域における統一測地基準系の構築は，始まったばかりといって良い。この地域の他の地域と異なる特徴としては，社会的なものとして，

－地域内の国の数が55カ国・地域と多く，国ごとの経済レベルの格差が非常に大きいこと，

自然科学的なものとして，

－地域内に多数のプレートが存在し，相互の位置関係が時間的に大きく変動すること，

が挙げられる。アジア太平洋地域での統一測地基準系の構築活動が他の地域より遅くなった理由は，（筆者の推量であるが）陸続きでない国々が多く，統一の必要性に対する切迫感が薄かったことに加え，前者の特徴により，地域内の国々が足並みをそろえて活動するインセンティブに乏しかったからだと思われる。

アジア太平洋地域における初の統一測地基準系構築のための活動である「アジア太平洋地域測地プロジェクトAPRGP(Asia and the Pacific Regional Geodetic Project)」は「アジア太平洋GIS基盤に関する常置委員会」が実施する活動である。

「アジア太平洋GIS基盤に関する常置委員会」は，第13回国連アジア太平洋地域地図会議（1994年５月，中国・北京）において，同地域の測量・地図作成機関の代表者が会し，GIS基盤に関する諸問題について，協議，情報及び意見の交換等を行うことを目的として，その設立が決議された。その後，この委員会の下に，ワーキンググループ「地域測地ネットワーク」を設置し，このワーキンググループの具体的な行動計画として「アジア太平洋地域測地プロジェクトAPRGP」を実施することが決められた。APRGPはオーストラリアが取りまとめ役となり，日本と中国がその運営に協力することとなった。1997年10月に第１回の観測キャンペーンを行い，そ

の解析結果を翌1998年７月に発表したほか，同年11月には第２回の観測キャンペーンを行っている。

「アジア太平洋GIS基盤に関する常置委員会」加盟国の本プロジェクトAPRGPへの関心を高め，加盟国のより一層の参加を促していくため，ワーキンググループでは，観測を今後も繰り返し行っていくこととしている。第１回の観測においては，55カ国・地域中，20％以下の10カ国程度の参加にとどまり，第２回においても17ヶ国程度にとどまった。今後，参加国を拡大していくことが課題である。また，今後，構築した測地網を強化する観点から，観測結果の評価を基に必要な観測点の配置計画を検討する必要がある。

4　世界測地系に移行した国々

現在，世界中で使われている測地基準系は100以上ある。例えば，NATO（北大西洋条約機構）はDIGESTというGISの標準を作成していて，世界各国の測地基準系のリストがその中に記載されている。そのなかには改訂されたために既に使われなくなったものや各国政府が公式に認めていないものも含まれてはいるが，記載された測地系の数は180を超えている。このような膨大な数の測地系について１件１件世界測地系への移行状況を確認する余裕もないので，ここでは文献（Hooijberg, 1997）や筆者が個人的に問い合わせたり聞き及んだ結果を基に国名を挙げるにとどめる。各国の法令を確認したわけではないので，世界測地系を公式には採用していない国が含まれている可能性もある。その点はご容赦願いたい。

まず，北米地域であるが，既に述べたようにNAD83という統一した測地網が1980年代に実用に供されている。この測地網が覆う地域は以下の国々である。

アメリカ合衆国	カナダ
メキシコ	バルバドス
ベリーズ	コスタリカ
キューバ	ドミニカ
エルサルバドル	グランドケイマン
グアテマラ	ホンジュラス
ジャマイカ	ニカラグア

独立した国ではないが，グリーンランド（デンマーク領）もNAD83の範囲に含まれている。

ヨーロッパは多少，状況が複雑である。これは測量，地図作成の歴史が古く，資産としての地理情報が膨大にあることから，移行が困難であるためと推察される。既に世界測地系を採用している国は以下の国々である。

エストニア	ドイツ
フィンランド	ギリシア
ラトビア	リトアニア
ノルウェー	スウェーデン
スイス	フランス

ただし，ドイツは連邦レベルでは世界測地系の採用を決めたが，ほとんどの測量，地図作成は州政府が行っているため，実行上は州政府が徐々に採用を決め始めているという段階である。特異な例はイギリスである。以下の記述は，イギリスの地図作成機関であるオードナンス・サーベイの公表するInformation paper12／1998による。イギリスにおいては20ないし30局のGPS連続観測局の設置が進行中であるが，これらの観測局の座標は世界測地系に準拠したもので与えられる。しかしながら，地図作成のための測地基準系は従来通りの局所測地系を引き続き国家の基準とする。GPSで測られた座標値はオードナンス・サーベイの提供する座標変換ソフトによって，旧来の座標値に変換して使うこととされている。座標変換ソフトの変換精度は標準偏差で20cm（レベル１）および１m（レベル２）と書かれていることから，せっかく１cmの精度で測量した結果を旧来の座標値に合わせるためにわざわざ精度を劣化させて用いる，ということになる。イギリスでは地図の数値データ化が非常に進んでいるため，蓄積したデータを改訂するコストを避けることを優先したと考えられるが，測量精度に対するユーザー要求が厳しいわが国ではちょっと考えられない選択である。

アジア太平洋地域においては，

インドネシア

台湾

が世界測地系へ移行している。また，オーストラリアとニュージランドは西暦2000年に移行することを決定している。ニュージランドの測地系移行には，世界でもおそらく初めてと思われる「地殻変動に応じて時間変動する測地基準系（dynamic datum）」の導入が含まれている。同国では国家測量地図作成機関であるニュージランド土地情報庁に土地情報が集中し，測量標の情報も一元化されているため，このような座標管理が可能となっていると考えられる。これらのほか，フィリピン，パプアニューギニア，フィジー，イランでも世界測地系に準拠して自国の測地網構築を現在進めているという。

南米各国に関しては情報を入手していないが，すでにSIRGASプロジェクトの結果を得ていることから，世界測地系への切り替えは技術的にはすぐにでも可能と考えられる。ただし，経済的に逼迫している国が多いことから，国家的な測量・地図作成事業そのものが進展しないことが心配される。

アフリカ諸国はこれからの課題となるが，測地系の切り替えは地理情報という資産が少ないほど容易に進められるため，地理情報の蓄積が多くなる前にアフリカの統一測地網を構築することが望まれる。

5　おわりに

測地基準系は，いわば地球を測る「ものさし」であるが，かつてはこの「ものさし」のあて方は国ごとに定義され，世界共通のものがなかった。20世紀半ば以降の人

工衛星や銀河系外の電波星を利用する宇宙測地技術の進展により，世界共通の「ものさし」が作られ，いろいろな地域・国でこの「ものさし」を適用する努力が始まっている。地理情報の共有化が推進される現在，測地基準系を世界共通のものとすることはその大きな基礎をなしている。

参　考　文　献

Bruyninx C., J. Dousa, W. Ehrnsperger, N. Fachbach, J. Johansson, F. Vespe, L. Ferraro, A. Nardi, M. Figurski, T. Springer, G. Weber, and A. Wiget (1998): The Use of the EUREF Permanent GPS Network for the Maintenance of the European Terrestrial Reference Frame, "Advances in Positioning and Reference Frames", IAG Symposia 118, 18-26, Springer.

福島登志夫（1994）：座標系の一般論，「現代測地学」，p121，日本測地学会.

Hooijberg, M.（1997）："Practical Geodesy-Using Computers-", Springer

Hoyer, M., S. Arciniegas, K. Pereira, H. Fagard, R. Maturana, R. Torchetti, H. Drewes, M. Kumar, and G. Seeber(1998): The Definition and Realization of the Reference System in the SIRGAS Project,"Advances in Positioning and Reference Frames", IAG Symposia 118, 168-173, Springer.

日本測地学会（1994）：　測地公式集，p. 7.

Ordnance Survey(1998)：Global Positioning Systems and mapping in the twenty-first century, Information paper 12／1998, http://www.ordsvy.gov.uk/literatu/infopapr/1998/pap1298.html（1999年2月現在）.

Sillard, P. and C. Boucher (1996): Improvement of the transformation between ITRF and Doppler-Realized WGS84, Journal of Geodesy, 70, 768-780.

Slater, J. A. and S. Malys (1998): WGS84-Past, Present and Future,"Advances in Positioning and Reference Frames", IAG Symposia 118, 1 - 7 , Springer.

Torge, W.（1991）："Geodesy", Walter de Gruyter.

横山紘一（1986）：最近の地球回転の観測と研究，「現代測量学測地測量②」，419-448，日本測量協会.

横山紘一（1994）：地球回転変動監視のための国際観測事業，「現代測地学」，543-555，日本測地学会.