

グリッドとグリッド・リファレンス

河内 洋 佑¹⁾

化石や鉱物の産地, 特別な岩石や地質構造の露頭位置, 野外の各種測定的位置など, 地形図上の正確な位置を記載する必要のある機会は極めて多い。従来日本ではこういう場合, 地形上の顕著な目標をもとに, 「三角点の北北東2km」とか, 「沢の合流点から上流300m」などと記述されることが多かった。ここで北北東とか, 2kmとかいうのはどの程度正確なのか, 実はあいまいである。300mといっても直線距離なのか川の流路にそって測ったのか, プラスマイナスどの程度の誤差を含んでいるのかははっきりしない。あるいはまた人工物, たとえば橋や道路, 学校などをもとに, その何メートル東などと記載されていても, 橋のかけかえ, 道路のつけかえ, 学校の改築移転などがあれば, 後世の人々には全く役に立たなくなってしまう。また特に記載困難なのは山腹などにある, あまりいい目標になるものもない地点である。実際にこのような古い記載をもとに目標の露頭を発見できなかった経験をもつ野外地質家は多い筈である。地形図上の特定の点を示すという目的に対して, アメリカ, イギリス, フランス, オーストラリア, ニュージーランドその他の国ではグリッド・リファレンスを使っている。

グリッド・リファレンスとは, 簡単にいうと地図上にひかれた互いに直交する等間隔の線(グリッド)をもとに, 特定の地点を簡単かつ正確に指示する数字である。日本では一般の地図にはないが, 伝え聞くところでは自衛隊用の地図にはグリッドがひかれているそうである。グリッドは確かにもともとは軍事用に発達してきた。しかし地質学上も, その他の多方面にも, 位置を明示するためには大変有用である。従って一般用の地図としてもグリッドの入ったものが入手できるようにしてもよいのではないだろうか。さしあたりそれが困難ならば, その図限りのグリッド(たとえば特定の5万分の1地質図限りのグリッド)をひくことによってもある程度目的を達することができる。今後印刷される地質図には, そのようなグリッドでもひいて欲しいものである。それによって位置の記載が簡単になるだけでなく, その精度も一挙に向

上することは疑いない。

グリッドは緯度経度とは異なるものである

緯度経度の線は投影法にもよるが一般に地図上で平行ではなく, また直線でもない。特定の緯度経度で区切られた5万分の1地形図の幅が北海道では狭く, 九州では広がっていることはよく知られていることである(経度で1度異なる同一緯度の二点間の距離は赤道では111.32kmであるが, 緯度30度では96.45km, 40度では85.40kmしかない。両極では経度線は極点から放射状に広がっており, 緯度線は極を中心とした同心円である。)緯度経度が互いに直交するような投影法では場所によって縮尺が大きく異なってしまふ。また緯度経度は角度であるから, 度分秒という複雑な単位からなり, 10進でもないから, ある地点を記述するのは面倒であり, これらで表わされた二点間の距離や方角を知るには複雑な計算が必要である。これに対してグリッドの方向は一般に真の方位(東西南北)からは, ずれているが互いに直交する直線をもとに位置を10進で読みとるので, 4桁, 6桁または8桁の数字として, その地形図の縮尺に応じた精度の限界まで表現することができ, またあとの各種の計算での取扱いかも簡単である。またもし後述する万国共通のUTMグリッドを使うならば, 地球上のあらゆる点を世界共通の方法によってユニークに表示することができるのである。

グリッド・リファレンスの歴史

緯度経度によってある地域を指定することは, 広大な地域を対象にする場合にはたしかに便利な方法である。しかしこれは比較的小さな地域や地点を表示するには大変面倒であることが, 第1次大戦中に大砲の射程距離が伸びるに従って認識されるようになった。すなわち目標との間の距離や方向を簡単に知るには, 地表を平面で近似し, その平面上のあるところを原点としてXY座標で

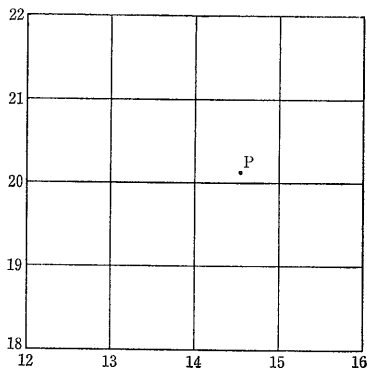
1) ニュージーランド・オタゴ大学地質学教室: Geology Dept., University of Otago, P. O. Box 56, Dunedin, New Zealand

キーワード: グリッド, グリッド・リファレンス, UTMグリッド, UPSグリッド, ジオレフ・グリッド

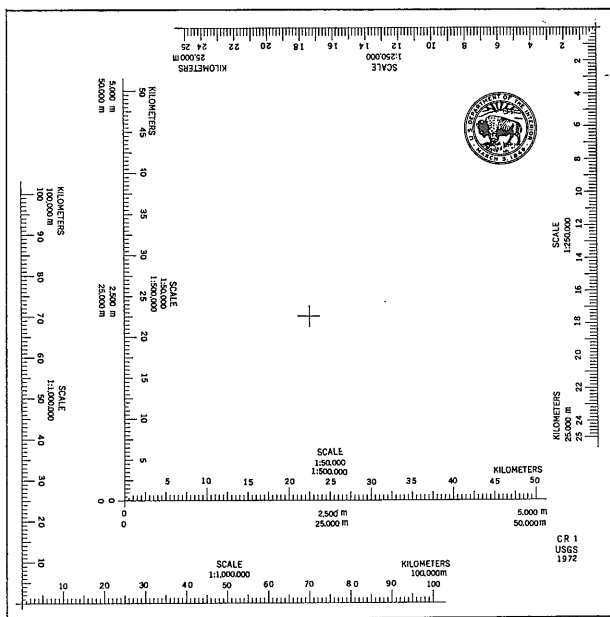
目標を表示することが簡単便利であることがわかってきた。このような直交座標系をグリッドという。グリッドは最初にフランスで実用化され、その後他の国でも同様なグリッドがそれぞれ独自に使われるようになった。特に第1次大戦と第2次大戦の間に各種のグリッドの使用が広まった。各国独自のグリッドは今でも一部の国には残っているが、その後世界的な標準化がはかれるに至り、北緯84度から南緯80度の間をカバーする UTM グリッド、両極地方をカバーする UPS グリッドが広く使われるようになった。UTM グリッドははじめ北緯80度から南緯80度までをカバーしていたが、北半球高緯度地方の陸地を統一的にカバーするためあとになって北緯84度まで拡張されたものである。国によって異なるが、普通 100万分の1ないし 25万分の1以上の大縮尺の地図に対して、10万分の1以上では1kmごと、それ以下では10kmごとにグリッドがひかれている。

グリッド・リファレンスの読み方

グリッド・リファレンスは原点 (XY座標の数字が負にならないように、真の原点から南西方向に大ききずらした点で、図外にある仮想的な点を原点にとっている) から先ず東 (X方向) に距離を読み取り (これを Easting という)、次に北 (Y方向) に距離を読む (これを Northing という)。読みとりは地図上に基盤の目に引かれた直線に数字が付されているので、まずこの数字を読み、その中間は目測で読むわけである。(第1図とその説明参照)



第1図 図上でP点の位置は Easting で 14.5, Northing で 20.1 である。グリッド・リファレンスでは小数点を除き、Easting の値を先に、Northing の値を後に、かつ桁数を揃えて 145201 とする。更に正確に示すとすれば、14562011 となる。仮にこの図のグリッドが 1000 m おきにひかれているとすると、8桁の数字によって、P点の位置は精度 10m 以内で示されたことになる。



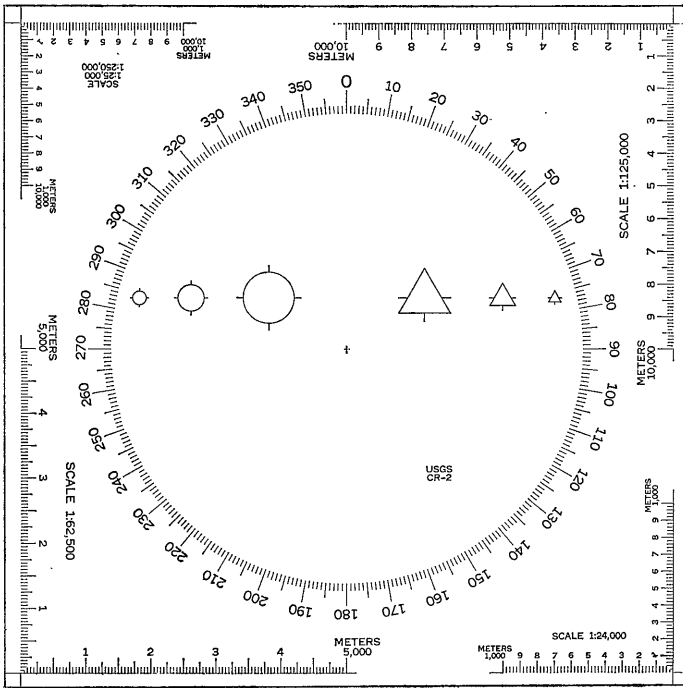
第2図 米国地質調査所で使われているグリッド・リファレンス読みとり用の透明プロトラクター、CR-1型。左右14.8cm。(メートル法の地図専用)

数字は常に偶数桁で示されるが、その前半分が Easting の数字であり、後半分が Northing の数字を示すと約束されている。もちろん桁数の多いほど精度は良いが、グリッドが1kmごとにひかれているとした場合、地形図の縮尺との関係で、10万分の1の縮尺で6桁、5万分の1の縮尺で8桁の読みとり程度が限界であろう。最小数値がそれぞれ 100m, 10m に対応している。

アメリカ地質調査所 (USGS) ではグリッド・リファレンスの読みとりを容易にするため第2図および第3図に示すような透明プロトラクターを作って使用している。

UTM グリッド

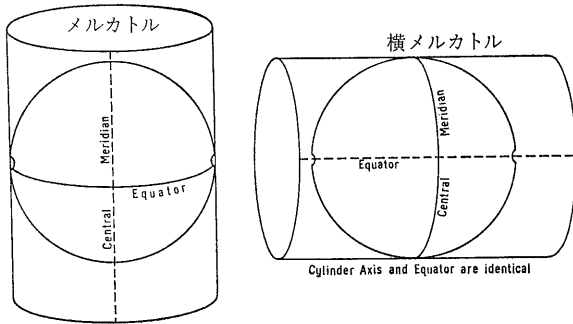
グリッドとして引かれた直線から読みとった2点間の距離・方位と、地球球面上の2点間の真の距離・方位とはもちろん地図にどういふ投影法を用いたかによっても異なってくる。過去においては各種の投影法による地形図上に各種のグリッドが引かれていたが、現在では横メルカトル図法 (Transverse Mercator projection) (メルカトルは英語ではマケーターと発音される) (第4図) と極平射図法 (Polar stereographic projection) による地形図が最も広く使用されるようになった。普通のメルカトル投影では赤道に接する円筒上に地形を投影しているが、横メルカトル投影ではこの円筒を90度回転し、経度大円に接する地形を投影している。実際には投影に際してのゆが



第3図 米国地質調査所で使われているグリッド・リファレンス読みとり用の透明プロッタクター、CR-2型。左右16.8cm。(図上1インチが1マイルの地図などを対象に使われているもの)

度180度を始まりとして東西6度毎に切る60の帯 (Zone) に向け、これに1から60までの数字をあてて呼ぶことにしている。更に各ゾーンを南緯80度を始まりとして、緯度方向に8度ごとに区切り南からC-Xのアルファベットで呼ぶよう決められている(アルファベットのIとOは使われていない。また一番北のXだけは12度となっている。)従って極地方を除く地球上のあらゆる地点は、この数字とアルファベットで現わされる四角な地域のどれかに必ず入っているわけである。おのおのの四角の中は更にアルファベットの組合わせによって表わされる一辺100,000mの小四角に切られている。(第7図)

各ゾーンの中心の南北方向のグリッド線だけが真の南北と一致している。これがグリッドの真の基線のひとつであるが(Eastingの数値ゼロの線)、ゾーン内のEastingの数字をマイナスにしないため、仮に500,000mという数字が与えられている。また northing の数字については、北半球では赤道をゼロとし、南半球では赤道を10,000,000mとして与えることに決められている。

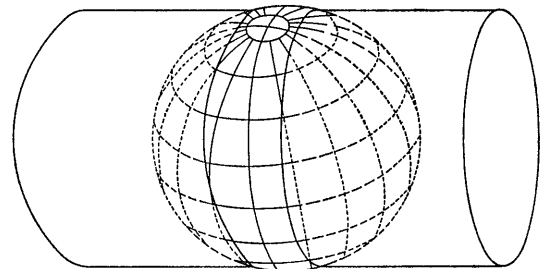


第4図 メルカトル投影(左)と横メルカトル投影(右)の違い。メルカトル投影では赤道に接する円筒上に地形が投影されるが、横メルカトル投影では緯度大円に接する円筒上に投影される。

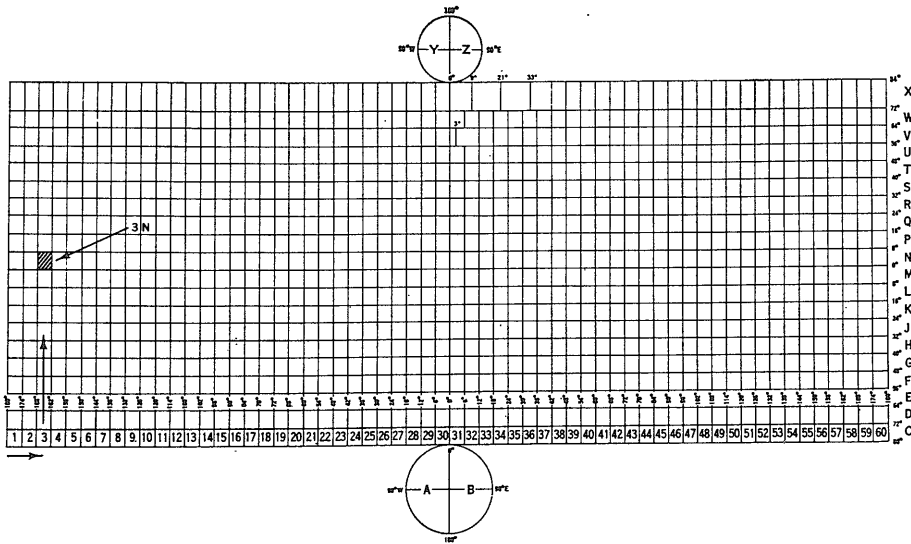
UTM グリッドでは横メルカトル投影を用いているため、グリッドの南北線上ではSF(スケール・ファクター)はどこでも同一であるが、東西方向では違っている(SFについては後記参照)、SFは各UTMグリッド・ゾーンの中心部で0.99960(すなわち実際より少し小さくなっている)であり、赤道でゾーンの中心から最も離れたところ(中心から約363kmのところ)で1.00158(すなわち実際より少し大きくなっている)である。(第8図・なお第11図も参照)。

みを小さくするため、経度大円に平行な二つの小円で地表を切る円筒上に投影が行われている(第5図)。この小円間の距離は360,000m(すなわち中心の経度大円から小円までの距離は180,000m)である。この様な投影を経度6度ごとに行なって全世界をカバーしている。これをユニバーサル横メルカトル投影(Universal transverse Mercator projection, 略称 UTM 投影という)

横メルカトル図にもとづく UTM グリッド(Universal transverse Mercator grid)(第6図)では地球表面を経



第5図 UTM グリッドに使われるユニバーサル横メルカトル投影(UTM)投影では、投影円筒は投影中心の緯度大円から180km離れたところにある小円2つと交わっている。



第6図

UTM グリッド・ゾーンと UPS グリッド・ゾーン。

経度 180 度を起点として、東回りに経度 6 度ごとに切って、地球を南北に 60 分割する。更に赤道を起点に緯度 8 度ごと（最北のゾーンについては 12 度）に切ってアルファベットをつけたものが UTM ゾーンである。例えば斜線をひいたゾーンは、3 N と呼ばれる。因みに日本の大部分は 52 ~ 55, R ~ T ゾーンに入っている。UTM ゾーン

の上下にある円が UPS ゾーン。北極の UPS ゾーンは北緯 84 度以上をカバーしており南極は南緯 80 度以上をカバーしている。したがって円の大きさが少し異なっていることに注意。

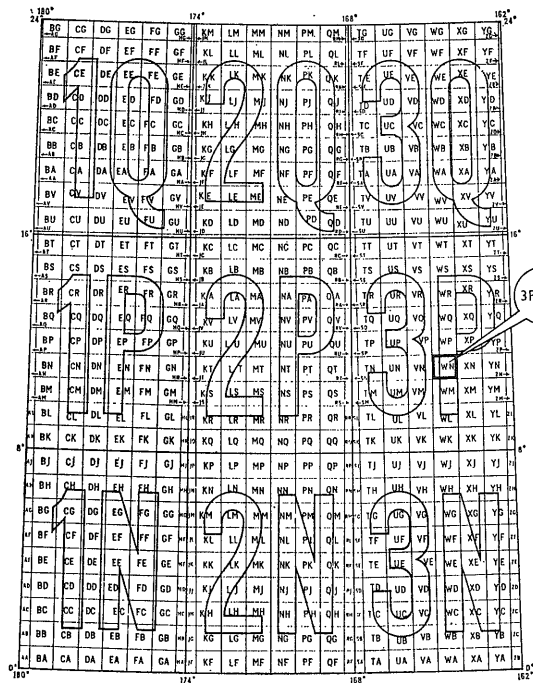
した極地周辺地域は、経度 0—180 度の線で二等分されている。北極ではその西半分（西経部分）はグリッド・ゾーン Y, 東半分（東経部分）はグリッド・ゾーン X, 南極ではそれぞれ A と B と呼ばれている。

0—180 度経度線が Easting の 2,000,000m, 東経 90 度—西経 90 度の経度線が Northing の 2,000,000m と決められている。UPS グリッドでは 0—180 度経度線だけが真の南北方向へ一致している。UPS グリッドでも UTM と同様 100,000m を一辺とする小四角に分割されている（第 9 図）。

UPS 投影では、極点为中心に来よう投影されており、そのため SF は緯度（この投影では円となっている）にそって是一定であるが、緯度が異なれば異なる。SF は極点では 0.994, 緯度 81 度付近で 1.0, 緯度 80 度付近で 1.0016 となっている。

その他のグリッド・システム

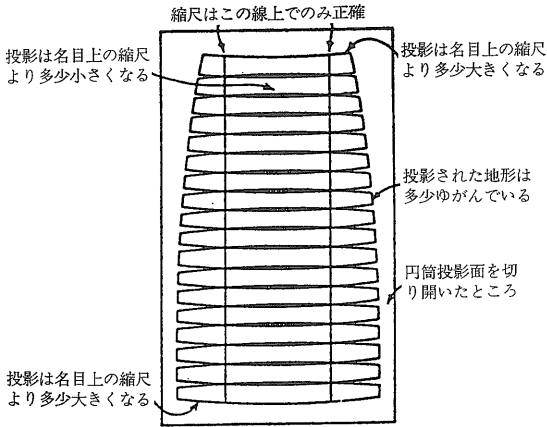
アメリカやイギリスなどの古い地図にはメートル法採用前のフィート・ヤードによるグリッドが引かれていることがあり、一部では現在も使用されている。これらのグリッドは当然のことながら UTM グリッドなどとはグリッドの間隔も異なり（たとえば 10,000 フィート毎に引かれている）、かつ基点が異なるためその方向も異なっている。しかし異なるグリッド間の換算はそんなに困難ではない。



第7図 UTM グリッド・ゾーン（図中 1Q, 2P, 3N などと記されたものは更に一辺が 100,000m の小四角に分割され、それぞれアルファベット 2 文字の名称がつけられている。これはイギリスの例。グリッドが緯度経度と斜交していることに注意。

UPS グリッド

極地方では UTM に代って UPS グリッド (Universal polar stereographic grid) が用いられる（第 6 図）。円形を



第8図 UTM 投影によって生ずる地形のゆがみを模式的に示した図。ゆがみは実際より強調されていることに注意。投影円筒が地球表面と交わる二つの小円の投影（南北方向の2本の直線）上ではスケールのゆがみはないが、その内側では実際より小さく、外側では実際より大きく投影される。

またこのような図法上の根拠を持ったグリッドでなくとも、図上に勝手なグリッドを引いてある地点を示すことも、もっと使われてもよいのではないだろうか。例えば学生の卒業論文の付図などに、このようなグリッドでもひいてあれば、記載も参照も大分容易になるものと思われる。

実際のグリッドの一例を第10図 a, b として示す。

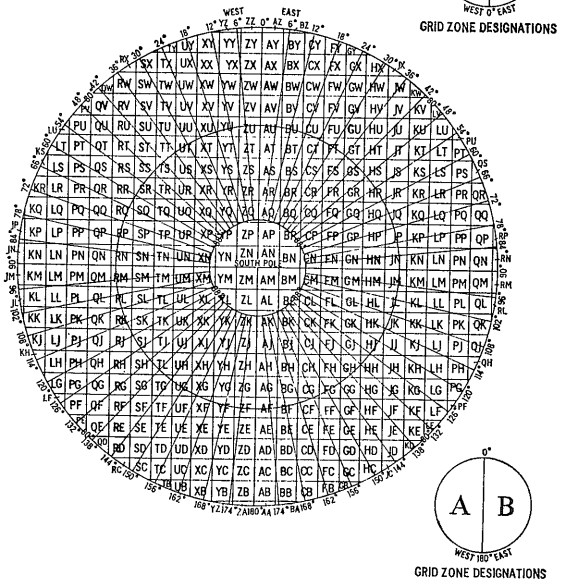
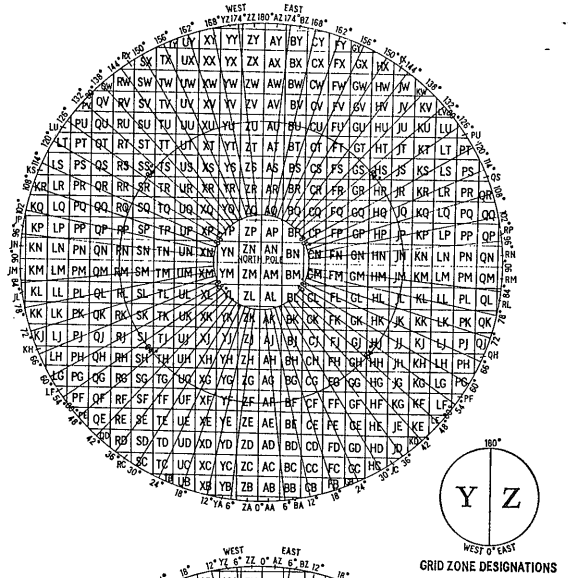
グリッドと方位

グリッド上の北は一般に真北とは一致していない。また磁北も真北とは一致していない。そこでグリッドの示されている地図には、グリッド北と磁北、真北が表示されているのが普通である。

緯度経度の度分秒で表示された2地点間の方位の計算は簡単ではない。しかしグリッドの場合、あまり遠くない二点間の方位は、

$$\tan A = \frac{E_B - E_A}{N_B - N_A}$$

で計算される。ただし E_A はA地点の Easting の値、 E_B はB地点の Easting の値、 N_A はA地点の Northing の値、 N_B はB地点の Northing の値である。角AはBがAの北東にある場合は、グリッドの北から測った角度をそのまま表わし、Bが南東にある場合は、180度マイナス角A、Bが南西のときは、180度プラス角A、北西のときは360度マイナス角Aとなる。



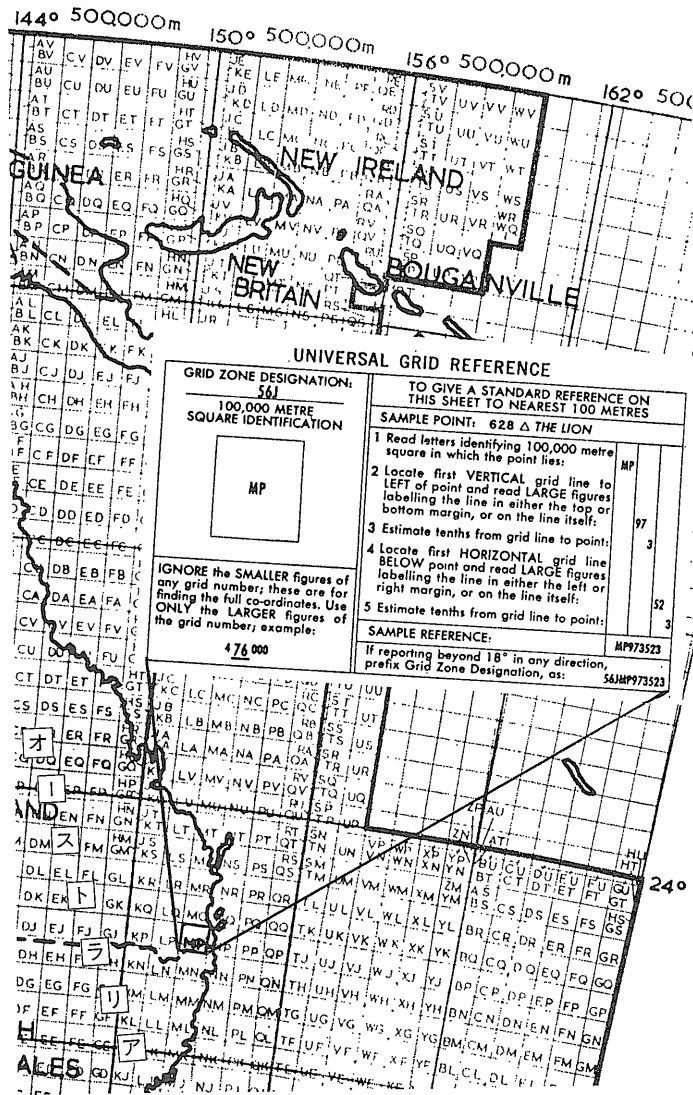
第9図 UPS グリッド・ゾーンにおける両極地方の細分。一边100,000mの小四角に分割され、それぞれアルファベット2文字の名称がつけられている。上の図が北極地方、下の図が南極地方。この図では北極地方で北緯80度までをカバーしているが、その後84度までがUTMグリッドに編入された。

グリッドと距離

あまり遠くないA, B二点間の距離Dは、グリッド値からピタゴラスの定理により簡単に計算できる。

$$D = \sqrt{(E_B - E_A)^2 + (N_B - N_A)^2}$$

ただし、 E_A と E_B はA, B両地点の Easting の値、 N_A と N_B は両地点の Northing の値である。もちろんDにはグリッドの桁数と縮尺に応じて適当な数を乗じて真の



第10a図 グリッドのひかれた地図にはグリッド・リファレンスの読み方を説明する凡例(挿入図)が必ずつけられている。ここに示した例ではグリッド・ゾーン名が56Jであるから、東経150度と156度の間、南緯24度と32度の間のある地域であることは一義的にきまっている。更に一辺100,000mの小四角の名称がMPであることからオーストラリアのクイーンズランド州とニューサウスウェールズ州との境界地域であることがわかる。

さくることがわかる(第11図)。そうすると中央の経度大円に平行な2つの小円の投影上ではSFが1.0となり、2つの小円の投影(南北線)に挟まれた地域ではSFは1.0より小さく、その外側では少し大きくなる。この2つの小円は中央の経度大円から180km離れたところを選ぶ。そうするとグリッド・ゾーンにはほぼ相当する経度6.5度の幅(オーバーラップもふくめて赤道で幅約725km)の両端でもSFをかなり小さくすることができる。

横メルカトル図法では、こうして世界を6度ごとのゾーンに分け、その各々の中央の経度線を基準にし投影しているわけである。世界の主要国の大縮尺の地図ではこうして横メルカトル図法が採用されている。

ジオレフ・グリッド

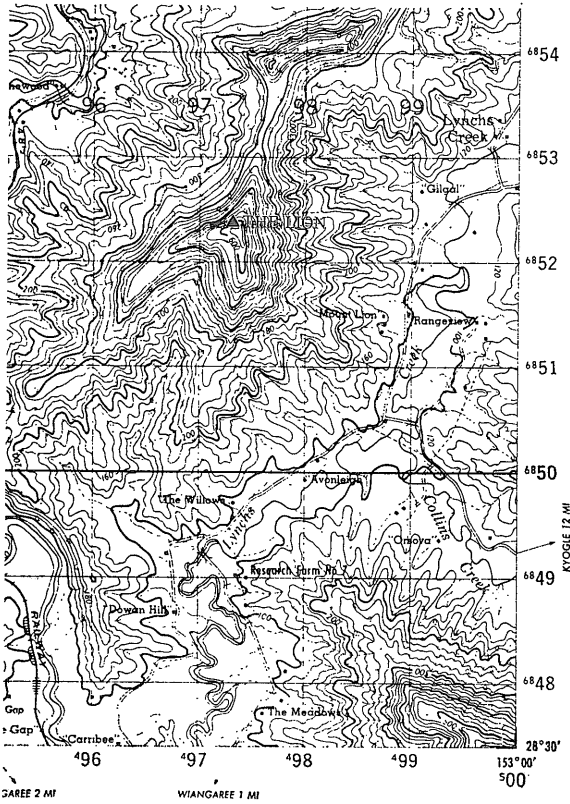
UTMグリッドは、上記のように今や全世界共通のシステムであり、従ってもしUTMグリッドが地形図上に記入されているならば、それを使うのが好ましいと思われる。しかしUTMグリッドがひかれていないときには、地図の専門家でないわれわれにはUTMグリッドを精度よくひくことは困難で、その使用はほとんど不可能である。しかし以下に述べるジオレフ・グリッドは、イギリスでUTMグリッドの採用前(1950年頃)に使われ始めたといわれるもので、軍用非軍用を問わず使われることがあり、緯度経度をとともに、どんな投影法の地図にでも応用できる。従って当面われわれにとって大変有用なグリッドといえることができる。さしあたり地図質にはこれの採用を提案するものである。

このグリッドでは地球表面を緯度経度で区切ってそれぞれの四角な地域にユニークなアルファベット二字によ

距離を求める。

スケール・ファクター (SF)

メルカトル図法では赤道で地球に接する円筒の表面に地形を投影している。これに対して横メルカトル図法では前述のように円筒を90度回転し、経度大円に接する円筒上に投影している。円筒に接する線(メルカトル図法では赤道、横メルカトル図法では経度大円)の近傍では図上の距離と実際の距離との比(SF)は最も小さいが、そこから離れるに従って大きくなる。ここでただ1本の経度大円に接するのではなく、2つの小円によって地球表面と交わるような投影面を考えると、全体としてのSFは小



第10b図 更にグリッド・リファレンスの数字 973523 は、The Lion という山の頂上を示すものであることがわかる。

る名前を与える (第12図)。

世界を先ず経度15度毎に24のゾーンに分ける。15度というのは時間でいうとちょうど1時間のタイム・ゾーンに相当する。東経 (西経) 180度を始まりとして東回りに各ゾーンにAからZ (IとOを除く) までのアルファベットを与える。更に緯度方向にも南極を始まりとして15度毎に区切り、AからM (Iを除く) までのアルファベットを与える。これでいうと、日本の大部分は XJ ゾーンに入る。

次に各15度の四角を更に緯度経度1度毎の小四角に細分し、西から東、および南から北にむかってAからQ (IとOを除く) のアルファベットを与える。ある緯度経度1度の地域はアルファベット4文字で特定されることになる。最初の2文字は、15度ゾーンの名前であり、次の2字が1度ゾーンの名前である。

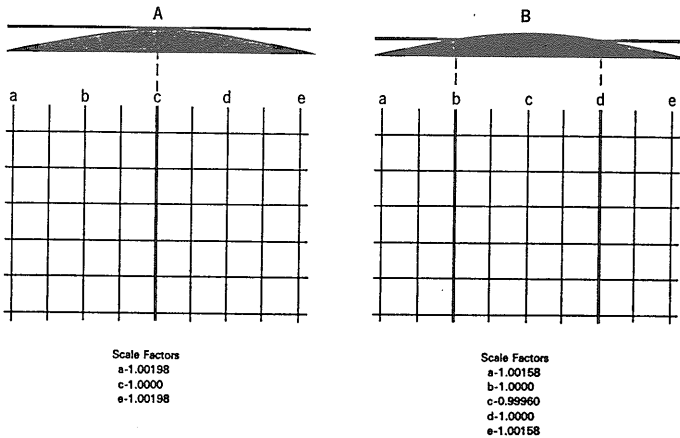
次に1度毎の小四角を更に1分毎に分割する。各々の1分角には1から60までの数字が当てられる。他のグリッド・リファレンスのときと同様、先ず Easting の数字を読み、次に Northing の数字を読む。数字が10以下のときは前に0をつけて読む。こうしてある地点は、4つのアルファベットと4つの数字によって、緯度経度1分ごとの小四角、すなわち中緯度地帯のばあいおよそ1~2 km 以内に特定される。これ以下は UTM グリッドと同様のものさしや目測で細かい数値を読みとるのである。

日本の最近の地形図には欄外に緯度経度1分ごとにマークがはいっているようなので、これを利用してグリッドをひくことは簡単にできるはずである。5万分の1地形図では図上の2 mm が100mに相当するので、グリッドの数値を0.5mmの精度で読めば、ある地点を25m以内で特定できることになる。

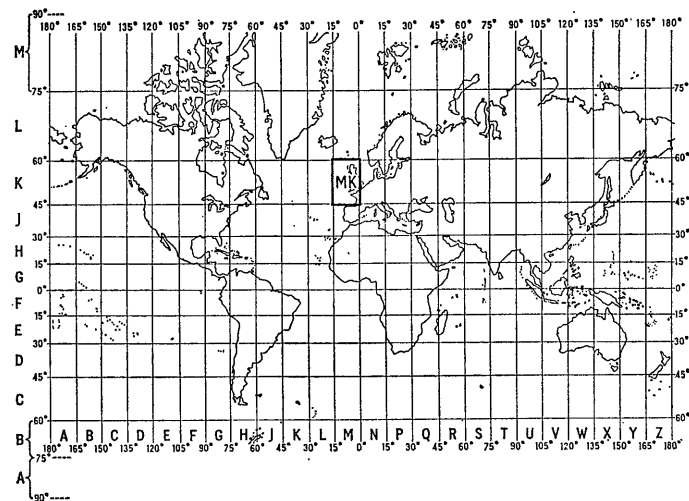
この程度に詳しいグリッド・リファレンスのばあい、緯度経度15度のゾーンを示す2つのアルファベットは、まず必要ないので通常省略される。

更に大縮尺の地図に対してもこの方法の拡張は可能でありかつ簡単であろう。ただしイギリスもとの文献ではこれ以上どうするか記載がない。しかしグリッドを分目盛をもとに Easting 4桁、Northing 4桁、合計8桁の数字として記載することができるならば、十分以上の精度が得られるものと思われる。なにしろ野外の露頭の位置を精度10m台で図上判読するのは大体ふつうの地質調査の限界であるだろうからである。

実際の記載にグリッド・リファレンスを使



第11図 UTM グリッドに使われる横メルカトル投影では、投影円筒が図の左のようにただ一つの大円に接するのではなく、右のように中央の経度大円に平行な二つの小円で地球を切っている。この小円は中央の緯度大円の東西 180km のところに設定されている。これによって全体としてのひずみ (SF) は小さくなっている。



第12図 地球表面を緯度経度で区切り、それぞれの地域をアルファベット2文字で示すジオレフ・グリッド。イギリスの大部分が入るMKグリッド・ゾーンが太く囲んで示されている。

うのならば、発表される地質図にもグリッドが引いてあり、かつその説明が凡例にきちんとされていることが大切であることは言うまでもない。

ジオレフ・グリッドの欠点の一つは、緯度によってグリッドの大きさが異なっていることである。そのため、精度よく、かつ迅速にグリッドを読みとることのできるプロトラクターなどは使えない。

グリッドのその他の利点

以上がグリッドの説明であるが、実はグリッドには、将来もっと有用な利点がある。それは、測定観察地点がデジタル化されているために、コンピューターによる取扱いがし易いということである。たとえば野外での測定値（走向傾斜など）とグリッド・リファレンスとして読んだ測定地点をポータブル・コンピューターなどにその場で打込んでおき、帰ってからホスト・コンピューターにダウンロードすることなどがすぐ考えられる。これらのデータをもとに地質断面図の自動化などは可能であろう。

クリノメーター改良の提案

ハンマー、クリノメーター、野帳は陸上の野外地質家の三種の神器であるが、最近の世の中のハイテク化にもかかわらず、過去何十年という間全く進歩らしい進歩の見られない道具でもある。ある方向に向けてボタンを押せば方向がデジタルで表示されるようなクリノメーターは何故できていないのであろうか。もう一度ボタンを

押せばその数字がメモリーに記録され、またカルキュレーターのようなテンキーによってグリッド・リファレンスを入力し、宿にもどってからホスト・コンピューターにダウンロードするような器具ができない筈はない。こうすれば、特に夕方になって疲れたときなどの数字の誤記・誤転写をなくし、野外作業の重荷を大幅に減らすことができるに違いない。このような機械化にとってもグリッド・リファレンスは有用であることは間違いないことである。

【付記】

上記本文を印刷に付した後になって、次の文献を入手した。急いで検討した限りこれはグリッドとグリッドリファレンスについて最も詳細な文献である。グリッド等について更にくわしく知りたい方には是非一見をおすすめする。これは1962年の同名の書の改版であると記されているところからみて、もっと新しい版が出ているかもしれない。ただし改版してもTM 5-241-1という番号は変わっていないので、同番号の最新版を探すとよいだろう。

U.S. Dept of the Army (1967): Grid and Grid References. Dept. of the Army Technical Bulletin TM 5-241-1. 193 p.

文 献

Hannah, J. (1984): Seminar Notes. Map Projections. Their Development and Use in New Zealand. Professional Development Committee, NZ Institute of Surveyors. 56p.

Harley, J.B. (1975): Ordnance Survey Maps. A Descriptive Manual. Southampton Ordnance Survey. 200p.

National Mapping Council of Australia (1972): The Australian Map Grid. Technical Manual. Special Publication 7. Australian Government Publishing Service. 78p.

Robinson, A. H., Sale, R. D., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C. (1984): Element of Cartography. (5th edition) John Wiley & Sons, N. Y., Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. 544p.

The War Office (1962): Military Engineering. Vol. XIII, Part XII. Cartography. The War Office. 323p.

Thompson, M. M. (1979): Maps for America. USGS. 265p.

KAWACHI Yosuke (1991): Grid and grid reference.

<受付: 1991年1月14日>