

トリンプル社製ディファレンシアルGPSを使った調査について

1 . GPS

GPS

GPS(グローバルポジショニングシステム)は、地球の周りをほぼ24時間で周回する人工衛星からの電波が届くように要する時間を元に、衛星からの距離を計算し、それによって現在地を把握するシステムである。幾何学的には3つの既知の地点(人工衛星)からの距離がわかれば現在地が分かるが、電波の遅れも未知数とみなすため、4つの人工衛星からの電波が捕捉できなければ現在地は確定しない。

人工衛星は現在24個が飛んでいるが、各地点で水平線上を飛ぶ衛星は、多くの場合8-9個である。これは障害物のない平坦な場所で現在地を知るには十分な数であるが、谷間の中に入る、建物の影に隠れるなどの場合には、更に捕捉できる衛星数は少なくなる。同じ衛星状態の時でも尾根やピーク上では現在地が取れるが、谷間では取れないということがおきやすい。

更に、衛星の捕捉数は4個以上でも、衛星の配置が悪いと(単純に言うと衛星が四方に配置されていない状態)には誤差が大きくなる。この衛星状態の指標をPDOPと呼んでいる。

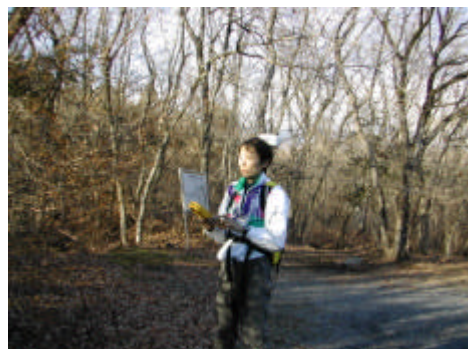
GPSの位置計測の誤差にはさまざまな要因が関係している。つい数年前まではSAと言って意図的に誤差が混入され、測位誤差は100mオーダーと言われていたが、1998年5月よりSAは解除され、誤差は10mオーダーまで下がった。しかし実際には上記の衛星捕捉数や配置の問題により30m程度の誤差が出てしまう。

ディファレンシアルGPS

30mの誤差があっても、カー・ナビには使えてもオリエンテーリングマップの作成には利用できない。現在私たちが利用しているシステムは、ディファレンシアルGPS(DGPS)と言って、この誤差を10cm単位にまで抑えるシステムである。

DGPSには基準局という概念がある。基準局とは地上に固定された局で、常に衛星から電波を受け取りその情報に基づき自己の位置を測位している。基準局は地上に固定されているので、自分自身の正確な位置を知っている。測位した位置と正確な位置を比べることで、その時々GPSの持つ誤差が分かる。これを基準局は常時発信している。DGPSはこの基準局の電波と衛星からの電波の両方を利用して、GPS測位の誤差をキャンセルすることで10cm単位の精度を達成している。私たちが使っているトリンプルのシステムはこの基準局として海上保安庁のビーコンを利用している。

なお、トリンプルのシステムは68%誤差が数十センチのオーダーと公称されているが、実際に森の中で測位すると、その3倍程度の2m程度の誤差が出ることも珍しくない。



トリンプル社のシステムで調査中の筆者

2. 実際

GPS のシステムの一般的な使い方は他の資料やマニュアルを参照してもらおうとして、ここではそれを O-map の作成に利用する手順の概略について紹介する。

参考図 1 は GPS の調査成果をそのまま O - c a d にインポートし、画面上で見やすいように変換したものである。図 2 はこの成果に調査時につけたコメントを元に分かりやすく編集しなおしたものである。図 3 は図 2 を元にマニュアル調査を行って作成した実際の O - m a p である。

1) 手順

a) GPS で調査をする

この調査は、簡単にいえば、精度の高い既知点をたくさんもった原図を作る作業である。どの程度の既知点があればマニュアル調査に十分かは地図調査者としての経験による判断が必要である。したがって GPS 調査といえども道などの限られた特徴を記載する以上のことをするならば、調査者としての経験は不可欠である。第一、経験がなければ、地表面の特徴物を解釈することができない。どの程度の点が必要かは図 1 が参考になるだろう。

点は多ければ多いほどいいというものではない。GPS といえども誤差がある。実感では 15 m 以内の特徴物を独立に GPS で測位すると、互いに位置関係は現実とは違っていることがある。また多すぎると、実際にその地図をもって現地にいっても、何がとってあるかが 1 : 7 5 0 0 の地図の上ではわからないだろう。私も実際マニュアル調査の時にはさらに拡大した地図を携帯して、読みにくいコメントを読み取る際の参考にしている。

線状特徴物は、GPS のラインオブジェクトで測位したいとは誰もが思うことである。しかし、連続的に適切な P D O P 値が得られる場合を除くと、ライン・オブジェクトとして測位した線は実際にはないジグザグが発生してしまう。もちろん現地にいけばそのうちの点を採用すべきかは容易に分かる。しかし、測位の原理からしても、ラインの角をポイント・オブジェクトとして測位する方がいいデータがとれる。

既知点として利用可能な特徴物は、O - m a p の図式の点状特徴物に加えて、ピーク、鞍部、肩、斜面の根元などである。これらの特徴点（線）は、特に点状特徴物のないエリアで地形表面のための既知点として非常に有効である。

また尾根や沢の位置を取りたい時にも全部をトレースしなくてもそのうちの一点をポイントオブジェクトとして取っておくだけでもマニュアル調査が楽になる。

点を測定するときには必ずコメントを入れること。コメントを入れないと絶対に後で何をとったか分からなくなる。簡単に英文字が入られるので、コメントをつけておく。自分で分かる略号を作っておくのが簡便でいいだろう。たとえば、ピーク：pk、沢：reent、肩：shld など。

b) 調査結果をインポートする

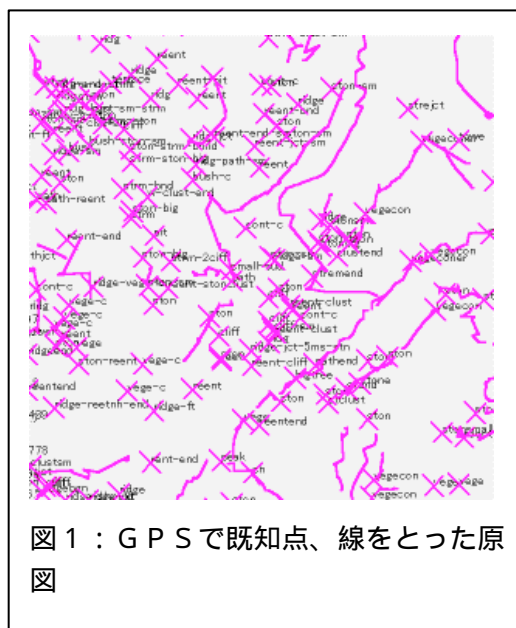


図 1 : GPS で既知点、線をとった原図

GPS出力をDXFファイル形式でエクスポートする。これはO-cadでインポートできる形式となっている。これをO-cadでインポートする。各ポイントは灰色の十字、それにやはり灰色でコメントがついている。灰色の十字を一つ選んで、O-cad上の適当な点オブジェクトを選択し、一括変換で記号を変換する。たいていO-cadの記号は原図上では大きすぎるので、適当な小さい記号を作っておくとよい。

またコメントは、文字の記号を選んで、これも一括変換してしまう。文字も既存の文字は8ポイントで大きすぎるので、2p程度の記号を作っておく。

ここまで作業したものが図2である。なお、水平に引いている線は長さ50mである。これによって、とるべき既知点のおよその密度が理解できるだろう。

c) 結果を編集する

このままでは調査原図には使えないし、使いにくい。まずコメントを利用して点をOmapの地図記号化してしまおう。それぞれに点状記号のあるもののように変換する。またピークはこぶのあるなしにかかわらずこぶの記号にするといった具合である。鞍部や肩、沢の入り口のように、独自の記号のないものはOcad上に作成しておくといいだろう。

こうして編集したものが図3である。

もちろんこれだけでは調査はできない。等高線情報などは、やはり紙地図の原図が必要である。これはスキャナーで取り込んでテンプレートとして、この図3のOcad作図の下に敷く。これを印刷すれば原図となる。このとき原図は黒ではなく色をつけておいたほうが調査原図としては、鉛筆ののりが確認しやすいので使いやすいだろう。

私は、フォトショップを使って色を付けている。

このあとの調査は通常のマニュアル調査と同様である。マニュアル調査でぼる原図で使ってやる時のような、既知点が分からず彷徨したり、コンパスと歩測で線をとりながら500mも進んで、到達すべき点と大幅にずれてしまったといったストレスはまったくない。特に林道では、車を走らせるだけで、ほぼ満足のいく精度のトレースができる。マニュアルでやったらおそらく2時間はかかるであろう作業が10分もかからない。

3. メリット

1) 精度

DGPSの精度は68%精度で数10センチオーダーと言われている。現実には、そこまでの精度は上がらない場合が多いがそれでも、2mを超えることはほとんどない。これはOmapの作成の時には十分な精度である。

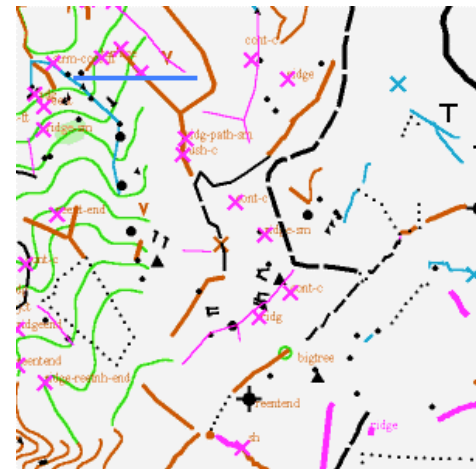


図2：編集した原図

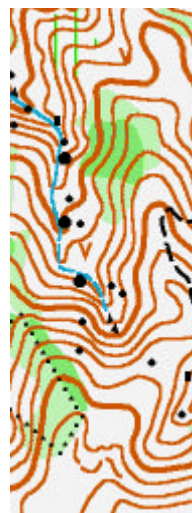


図3：完成したOmap (大会の関係で、一部のみ)

2) 時間短縮

残念なことに GPS による時間短縮は劇的なものではない。図は曲がり峠のトレインで私が GPS 調査をした時の結果を比べたものである。GPS がある以上、完全なマニュアル調査をしたいという気になる訳もなく、まったく同一の条件という訳でもなく、たまたま GPS 原図を利用できないエリアの調査を余儀なくされたためできた比較である。

この比較によれば、短縮率は 13% 程度に過ぎない。しかし、実際にはこの比較より以上にマニュアル調査と GPS 調査の差はあると思われる。その理由は、

- a) マニュアル調査の南側の尾根線は GPS 調査で既知点がいくつか確定していた。
- b) マニュアル調査領域は尾根沢が相互に入り込んだ、比較的原図でも現在地を確定しやすい場所であり、さらに GPS 調査領域はより急峻で、全般にマニュアル領域よりも困難であった。

さらに今回は GPS 初利用で、どの程度の点をとれば最大効率が上がるかが把握できていなかったことである。

a) b) の両方の条件が満たされれば、20% から 25% の短縮が可能であろう。20% といえはあまり大きくないようだが、すべての調査日数を 100 日とすれば、20 日である。休日の少なく、時間的余裕の少ない日本のマップ-の社会環境を考えれば、これは金銭的な価値を超えた価値がある。

	調査ユニット		調査時間	時間 / 平方 km
	ト数	ha 面積		
マニュアル調査	4.75	3.65	3	82.12
GPS	85		16	
GPS による調査	85		32	
合計	85	65.38	48	73.42
GPS による短縮率				0.89

4. 測定上のヒント

1) スカイプロットで確認する

GPS での測位にとって、衛星が捕捉できるかどうかは生命線である。最低でも 4 つの衛星が捕捉できなければならない。システム設計上これはいかなる時間帯においてもクリアされているが、地形の凹凸のあるオリエンテーリング・トレインでは常にこれがクリアされているとは限らない。谷間の中では、3 か 4 つしか衛星が捕捉できないときも稀ではない。当然 4 つ未満であれば、GPS による測位はできない。筆者はこのため、谷底や斜面で 10 分以上もじっとしたまま衛星状態がよくなるのを待っていたことさえある。

衛星状態は、トリンプル社のシステムではあらかじめ確認することができる。システム付属の PC ソフトのクイックプランから衛星状態の「スカイプロット」を選択すると、自分がこれから調査したい時間帯における衛星状態が分かる。また「仰角」を選択すると、谷地形でも捕捉可能な仰角の高い衛星がいつごろ数多く飛んでいるかが分かる。

ざっと確認したところ、仰角 45 度以上の衛星数が 4 以上と十分な時間帯は限られている。また衛星はほぼ 24 時間で地球を一周するので、衛星状態はあまり離れていない日に関しては同一時間帯はほぼ同一の状態である。

2001 年 12 月後半から少なくとも 10 日間くらいは、最良の時間帯は 8 - 12 時であり、

13時を過ぎるとそれから夕方まで、下手をすると、仰角45度以上の衛星数はたったの3つになってしまう。これは深い谷間では【確実に】測位が不可能であることを示している。また8 - 12時の間でも9時30から10時の間はそれほど衛星状態がいいわけではない。

調査に際して衛星状態を把握し、上記の場合なら午前中は谷を中心に午後は尾根を中心にといったプランニングが、時間を有効にする方法である。

2) 測位できない時

測位できない時には、可能性があるのかないのかを見極め、ない時にはさっさとあきらめるしかない。もちろん、その前に1)で触れたように衛星状態を元に行動をプランしておくことは重要である。

測位できない時でも衛星数が3になっている時にはあと一つ衛星が捕捉できれば測位できるので待つ価値がある。アンテナを背負っている上体を揺すって、アンテナな方向を傾けてやると、衛星数の表示が変化し、受信状態が変わっていることが分かる。こうしても衛星数が3にならないときはきっぱりあきらめた方がよい。GPSとしてはローテクな使い方だが、何もしないであきらめることはないのだ。

3になっている時には、衛星状態のメニューを見て、捕捉されていない衛星がどこにいるのが確認しよう。仰角マスクをかけている10度のラインに線が引いてあるが、この線あたりにいるなら、しばらくは見込み薄なので、あきらめよう。