



はじめに

GPSとは、Global Positioning System(全地球測位システム)の略で、米軍が開発・運用しているシステムの名称です。地球を半日で1周する高度約2万kmの6つの軌道上を、24基(および予備数基)のGPS衛星が周回しており、それらから発信されている電波をGPS受信機で受信し演算処理を行うことで、自分の位置を知ることができるシステムです。1978年に最初の実験衛星が打ち上げられてから30年以上経った現在、GPS受信回路は手軽な専用受信機やカーナビはもちろんのこと、コンパクトデジカメや携帯電話などの電子機器に広く搭載され、私たちの生活にも溶け込んできました。

更に、新型GPS衛星への更新による性能向上が進められているほか、ロシアのGRONASS(グロナス)や中国の北斗、また日本の準天頂衛星なども開発・運用され、人工衛星を利用した測位システムは、今後ますます発展していくものと期待されています。

このような中、GIS(地理情報システム)の発展とも相まって、森林・林業の現場でもGPSが広く使われるようになってきましたが、表示された数字や位置情報を単純に記録するだけで、十分な精度が得られていない場合も多いように見受けられます。この小冊子では、GPS受信機の機種別の使用法やGISとの連携活用法などについては扱っていませんが、GPSの基本的なしくみや使い方などについて解説し、森林・林業の現場における活用法について理解を深めていただくことを目的として作成しました。今後適宜改訂を行い、最新情報などを付け加えていきたいと考えていますので、ご意見・ご要望等お寄せいただければ幸いです。

【表紙説明】 林内における GPS 電波の遮断のイメージ (2章参照)

白の衛星の電波は受信できるが、破線の衛星の電波は遮断され、受信できない。

目 次

1. GPSのしくみ	1
2. 誤差の原因	3
3. 精度よく測位するために	5
4. GPSのつかいみち	
1) ポイント記録	7
2) ナビゲーション.....	8
3) 路網測位	9
5. GPS搭載機器のいろいろ	10
6. GPSデータを活用するために	11

1. GPS のしくみ

GPSが提供する機能には、大きく分けて、**簡易的な測位機能、精密な測位機能、精密な時報機能**がありますが、本冊子では、森林・林業の現場の測位業務で実用的に使うことができる、**簡易的な測位**(以下、単に測位と表記)を対象にします。

測位のために、GPS衛星は、おおまかな軌道情報(アルマナック)、精密な軌道情報(エフェメリス)、そして精密な時報を発信しています。それらの情報をGPS受信機で受信し、必要な演算処理を行うことで、自分の位置を知ることができるのです。

GPSで測位を行う基本原理は、ひと言で言うと地球規模での三辺測量です。三辺測量で使われる光波測距儀と同様に、電波(電磁波)の到達時間から距離を割り出し、現在位置を計算します。

GPS衛星(三辺測量における既知点)の位置座標は、上述のエフェメリスと現在時刻から割り出すことができます。そして、あるGPS衛星と受信機の距離は、電波の到達時間に光速をかけた以下の式で計算できます。

$$\text{GPS衛星と受信機の距離} = (\text{受信時刻} - \text{発信時刻}) \times \text{光速}$$

この値が3基分あれば、三辺測量の原理で現在位置が特定できますが(図-1)、実際には受信機の内部時計の精度が不十分であるため、4基以上のGPS衛星について上記の式をそろえ、連立方程式を解いて、精密な受信時刻およびGPS衛星と受信機の距離を求め、現在位置を算出します。

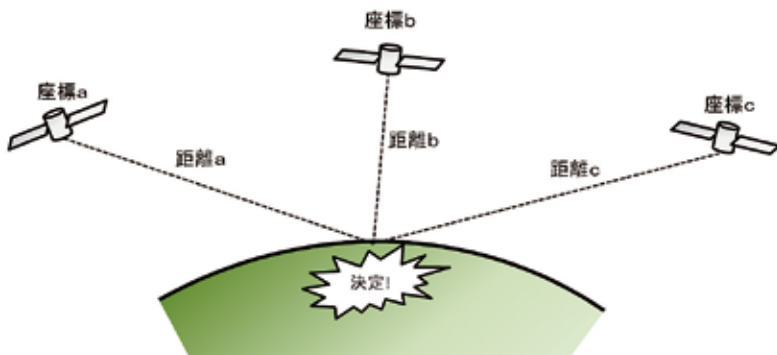


図-1. 測位のしくみ

3点の座標からの距離がわかれば現在位置がわかる。

ここで、一般的なGPS受信機の表示画面の例を紹介します(図-2)。まず、一番特徴的なのが上空の衛星の配置を示す表示です。これにより、どの衛星からの電波を捕捉し、また測位に利用しているかなどの状況を把握することができます。右上の誤差の表示は、計算結果のばらつきを示す値です。この値が小さいほど精度が高いと考えられますが、この距離の範囲内に、必ず真の位置があるという意味ではありません。この値はあくまで計算結果のばらつきの値であり、次章で説明するような誤差発生の要因により、場合によってはそれ以上の誤差が生じている場合もありますので、注意してください。

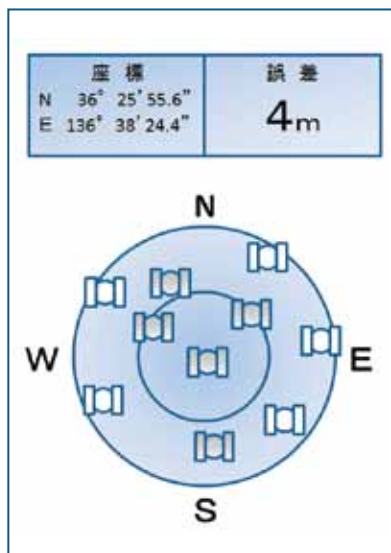


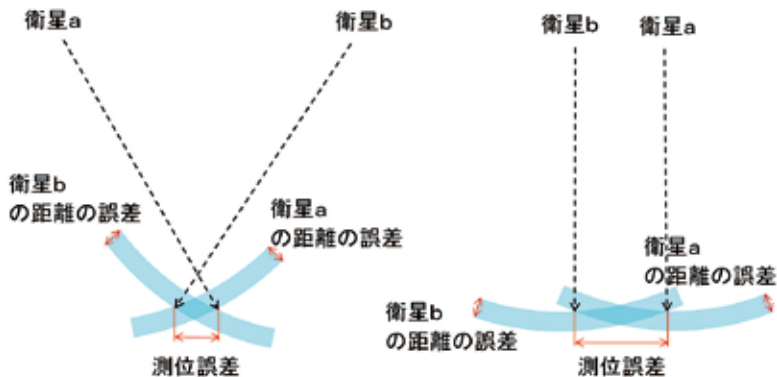
図-2. GPS受信機の基本画面
(イメージ)

2. 誤差の原因

前章の説明を踏まえて、森林・林業の現場で、測位ができなかったり測位誤差が大きくなったりする原因について、解説します。

1) アルマナックを受信し終えていない

前述のアルマナックは全GPS衛星のおよその位置を算出するためのデータの集まりで、軌道のズレを修正するため、1週間程度で更新されています。アルマナックのデータは常にGPS衛星から発信されていますが、データ量が多いため、受信状況が良好な条件下でも（例えば、1基の衛星から）全情報を受信するためには、12分半ほどの時間がかかります。これが林内など電波を受信しにくい環境ではさらに時間がかかることになってしまいます。しばらく使っていなかったGPSを久しぶりに持ち出していきなり林内で電源を入れた場合には、なかなか位置情報が表示されないことがあります。これは新しいアルマナックを受信できていないことによる場合が多いと考えられます。



図－3. 衛星の配置と誤差の関係

衛星配置の広がり確保できないと、誤差が大きくなる。

2) 衛星の電波が遮断される

1章で説明した三辺測量の原理では、使用可能な衛星が天空に広く配置していることで、三辺測量の精度が上がります(図-3)。森林・林業の現場では、樹幹や切り立った林道のり面などにより衛星の電波が遮断され、衛星配置の広がり確保できない場合があります、それが誤差を大きくする原因となります。なお、樹木の葉は、ほとんど電波を遮らないといわれています(表紙)。

GPS衛星の配備数が少なかった時代には、時間帯によっては上空を飛んでいる衛星が少なく衛星配置の広がり確保できず、誤差が大きくなってしまいましたが、現在ではそれほど気にする必要はありません。

3) GPSの電波が反射する

テレビのアナログ放送で、電波がビルなどで反射して映像が二重に映ってしまうゴースト現象という問題がありました。GPSでも同様に、のり面や樹幹が電波を反射して真の到達時間よりも遅れてしまうことで、誤差が発生すると考えられています(図-4)。

4) 大気の状態などに起因する誤差

上述の障害をクリアしているときでも、電波の伝搬速度に影響する電離層の状態や大気中の水蒸気密度の変化などにより、ある程度の誤差が発生してしまいます。

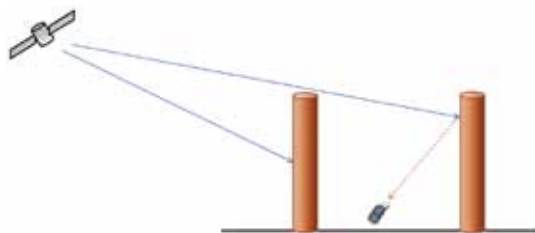


図-4. 電波の遮断と反射

樹幹などにより電波が遮断・反射されることで、衛星からの距離の算出に誤差が生じる。

3. 精度よく測位するために

前章で紹介した誤差の原因を理解した上で、森林・林業の現場で精度よく測位するための留意点を、まとめてみます。

1) 現場に向かう車中などであらかじめ受信機を起動する

毎日GPSを使っているときにはあまり気にする必要はありませんが、特にGPSをしばらく使っていなかったときには、アルマナックを受信するために、電波の受信条件が悪い林内に入る前に受信機を起動しておく、林内でもすぐに測位できるようになります。測位結果（経緯度の値）が一度表示されればアルマナックは受信できていますので、受信機の電源を切ってもかまいません。

2) なるべく条件のよい場所で、しばらく待つ

既定の測点を測位する場合には工夫が必要ですが、衛星の電波をなるべく受信しやすい環境で測位することで、測位精度が改善されます。例えば、大径木のすぐ近くでは衛星からの電波が遮断・



反射されやすくなります（図－5）が、2～3m離れるだけでも状況は改善されます。また通常、動かずにしばらく待つことで、測位結果が安定してきます。

図－5. 受信機の位置からの全天写真
大径木がすぐ近くにある場合や受信機を胸の前に構えた場合、電波が遮断・反射されやすくなる。

3) 受信機の持ち方に注意する

受信機によっては、アンテナの指向特性に留意し、受信機の持ち方に気をつける必要があります(機種によっては本体を水平に保つなど)。また、測位時に操作者の体が電波を遮らないよう受信機を目の前に構えるなど、GPSの持ち方に注意します(図-5)。

4) 受信機の平均化機能を活用する

通常、GPS受信機は1秒ごとの受信情報を計算しつつ、その時刻の測位結果を表示しています。この1秒ごとの計算結果は、電波の受信条件が良好な場合にはあまり変化しないのですが、林内など、不安定な受信環境ではばらつきが生じ、それが1章で紹介した誤差の値の大きさにつながります。この、ばらつきのある計算結果の平均値を保存する機能が搭載されている機種があります。この機能を使うと、単純に瞬間値を記録するよりは精度の高い値を得ることができます。

しかし、衛星の位置があまり変わらない時間内の測位では、精度改善の効果には限界があります。そこで、ある程度の時間をおいて、複数回の平均結果をさらに平均することで測位精度を一層向上させる機能を搭載している機種があります(ガーミン社のオレゴンシリーズなど)。ガーミン社の文書によると、測位間隔は90分以上、測位回数は4～8回程度が有効とのこと。

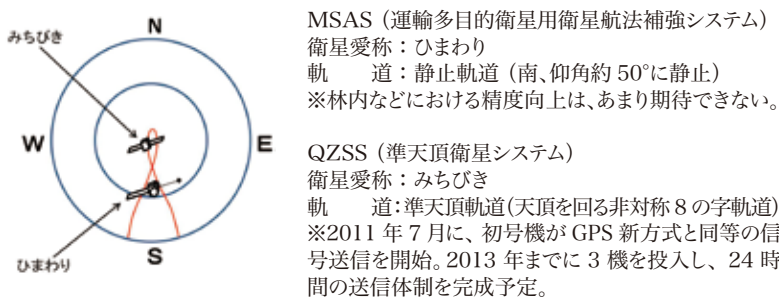


図-6. [参考] 日本のGPS補強・補完衛星

4. GPS のつかいみち

ここでは、森林・林業の現場で想定される、主なGPSのつかいみちと留意点について紹介します。

1) ポイント記録

GPSは、森林の所有界や間伐などの事業実施箇所の位置を迅速・正確に記録することに利用されています。ただし、GPSの画面に数値が表示されてすぐにその値を記録するような使い方では、測位精度はかなり低くなってしまうことがあります。前章で説明したような事柄に留意して、なるべく精度の高い結果を記録するようにします。また、十分注意しながら測位したとしても、場合によっては10m以上の誤差がでることは覚えておいてください。したがって、GPSでの記録のみに頼ることはせずに、従来の測量業務と同様に、**測点には杭などの標識を設置し、測点の確保につとめてください。**

また、永続的な森林所有界などの重要な測点をGISなどに正確に記録したいときには、前章で紹介したような、複数回の平均結果をさらに平均して記録する機能を搭載した機種を用いて作業するとよいでしょう。



図-7. GPS(左)とデジタルコンパス(右)

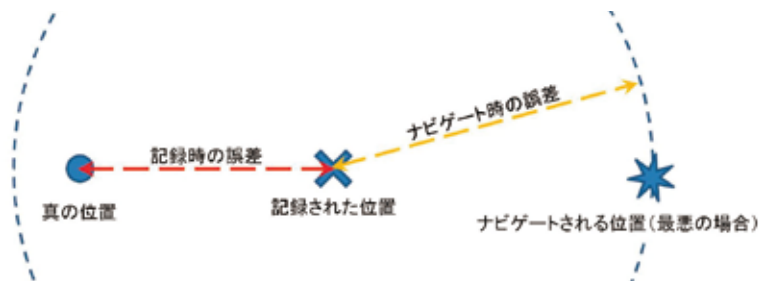
周囲測量はデジタルコンパス等で行い、1点をGPSで測位して座標変換することにより、GISへの登録が可能になる。

2) ナビゲーション

カーナビによる目的地へのナビゲーション機能と同様に、GPS受信機にも目的地へのナビゲーション機能が搭載されている機種があります。GPSに内蔵されている地図に道路情報が登録されている場合、カーナビと同様に、どの交差点でどちらに曲がればよいのか等のきめ細かなナビゲーションをしてくれる機種もありますが、GPSの画面が小さいことや、GPSに内蔵された地図情報が古い場合もあることなどについて気にとめておくことが必要で、過信は禁物です。

森林・林業の現場では多くの場合、目的地は道路から離れています。そのような場合は、目的地の方位と距離などが表示されるナビゲーション用の表示画面が出る機種が便利です。しかし、実際の山林には障害物が多く、最寄りの道路から直線的にアプローチするよりは、歩道の痕跡や、地形から読み取った歩きやすそうな場所を選んで進むこととなります。この場合にはGPSだけでなく、施業図（森林計画図）や航空写真などの情報をフルに活用することが必要になります。

また、この使い方の場合、記録したときの測位誤差とナビゲート時の測位誤差の両方が影響してくることに、特に留意してください（図－8）。最後の10m程度（場合によっては20m程度）は、GPSの表示だけに頼らずに、自分の手足と目で目標を見つけ出す努力が必要になります。



図－8. 真の位置とナビゲートされる位置の関係

最悪の場合、記録時の誤差とナビゲート時の誤差を足した距離の誤差が生じる。

3) 路網測位

多くのGPS受信機には、前述のポイント記録の機能とは別に、1秒ごとの測位結果を自動的に記録する機能がついています。この機能を使うことにより、簡単に自分の移動経過の記録をとることができます。また、詳細な表示機能などを削ってこの機能に特化した、安価なGPS受信機(GPSロガー)もあります。

森林・林業の現場でも、地図に記載されていない林内道路を車両で走行しながらGPSで記録し、GIS等に反映させるような使い方が始まっています。この作業を行うにあたっての留意点を2点、あげておきます。

まず、外部アンテナの使用についてです。車道は上空が開けていて電波の受信環境が良好な場合も多いですが、切り立ったのり面の下や壮齢林内の道路では測位精度は低下します。そこで、**電波の受信効率を高めるために、外部アンテナを車の屋根に取り付けて使用します(図-9)**。機種によっては外部アンテナを取り付けることができないものもありますので、この用途で受信機を導入する場合には注意してください。また、外部アンテナを取り付けない場合には、ダッシュボードなど電波の受信状況がなるべくよい場所にGPS受信機を固定して使用します。

2点目として、特に急カーブなどではGPSの測位結果がずれる(カーブの外側にふくらむ)場合が多いので、速度を落とし気味にして走行するようにします。上述のような測位精度が悪くなる環境では、さらに速度を落とします。



図-9. 外部アンテナの取付け例
磁石で簡単に取り付けられるものが多い。

5. GPS 搭載機器のいろいろ

GPSアンテナや演算回路の小型化、低消費電力化により、いろいろな電子機器にGPS受信機能が搭載されるようになってきました。ここでは、今後森林・林業の現場での活用が期待できる代表的な機器について、簡単に紹介します。

1) GPSカメラ

3～4万円程度のコンパクトデジカメに、GPS機能が搭載されるようになってきました。撮影画像に位置情報が記録され、対応ソフト(無料の地図ソフトのカシミール3Dなど)にファイルをドロップすると自動的に撮影位置にアイコンが表示されるなど、非常に便利に活用できます。また、機種によっては方位センサも内蔵しており、撮影方位も同時に記録されます。位置情報を精度よく記録するためには、GPSのアンテナ部分を指などで覆わないよう注意するほか(図-10)、3章の留意事項に注意すれば、GPS専用機とほぼ同等の測位能力を発揮する機種もあります。

2) スマートフォンなど

通常の携帯電話でもGPSを搭載している機種は多いですが、特にスマートフォンでは地図アプリなどと連携した使い方ができ、便利です。また、スマートフォンやパソコンと同じOSで画面が大きいタブレット端末なども、今後期待できる道具です。特に、高性能なGPS専用機を外部接続することで、活用範囲の拡大が期待できます。



図-10. GPSカメラのアンテナ位置の例
このように、外見からはまったくわからない場合もある。

6. GPS データを活用するために

ここでは、4章で説明した“つかいみち”からもう少し踏み込んで、森林・林業の現場における具体的な活用の考え方などについて説明します(図-11)。

1) データの蓄積はGISに

GPSの測位結果は受信機に保存しておくこともできますが、大量のデータを組織内で共有しつつ管理し、効果的に活用する場合には、GIS(地理情報システム)などを用いてコンピュータで管理する必要があります。森林境界の管理、施業履歴の記録、林内路網の記録など、データの種類に応じ、GISのレイヤ機能などを使って整理しておきます。GISというと敷居が高く感じられるかもしれませんが、無料あるいは低価格で、使いやすいソフトもいくつか公開されています。無料の地図ソフトであるカシミール3Dが、特に有名です。

2) 最新情報の収集は怠りなく

GPSを活用していく上でGISは欠かせないパートナーであるといえますが、様々な地図情報などがあって初めてGISが利用でき、そしてGPSのデータが生きてきます。そのような関連データの所在や入手法については県の農林総合事務所や林業試験場に確認してください。また、前章で紹介したGPS関連機器についても、今後次々と新しい機種が現れ、ますます便利になっていくものと考えられます。新たにGPS受信機を導入する時などには、特に最新の情報を確認するようにしてください。

今後、森林・林業の現場で活用が広まっていくと期待できるのが、前章で紹介したGPSカメラです。GPSの基礎知識をしっかりと身につけた上で使うことが大前提となりますが、通常の事業実

施記録や森林管理業務、同時多発災害発生時の迅速な被災状況把握など、様々な場面で便利に利用でき、森林・林業の現場で欠くことのできない道具になるものと予想されます。

3) 参考書

以下の2冊の本は、林業および森林管理の現場におけるGPS活用事例を満載した好著です。本小冊子を読んでもう少し勉強したいと思った方は、これらの本も読んでみてください。

- 林業 GPS 徹底活用術 (2009年12月発行)
 - 続・林業 GPS 徹底活用術応用編 (2011年1月発行)
- いずれも全国林業改良普及協会編

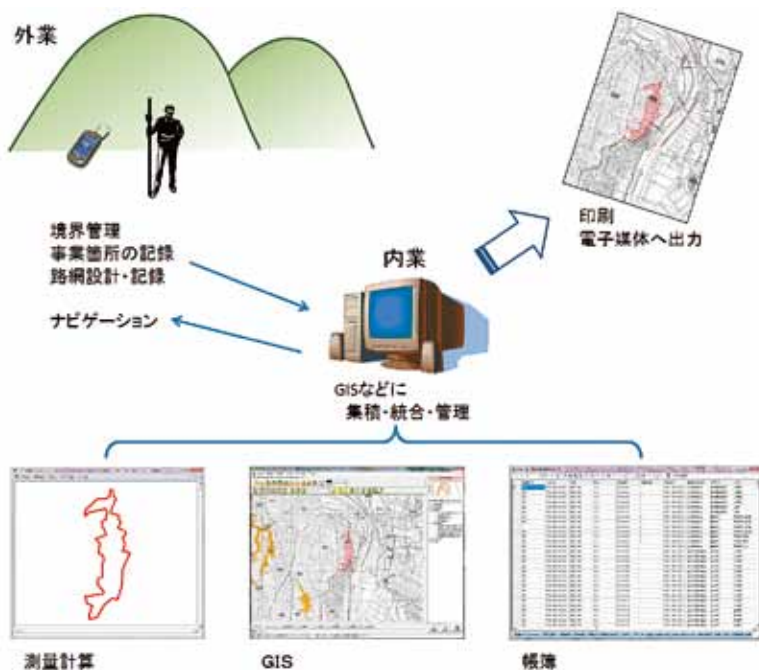


図-11. GPSデータを活用するために



よくわかる
石川の森林・林業技術 No.13
森林・林業の現場で使うGPS

平成 24 年 3 月初版発行
石川県林業試験場

【問合せ先】

〒920-2114 白山市三宮町ホ 1

Tel. 076-272-0673

Fax. 076-272-0812

<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/ringyo/>

E-mail. fes@pref.ishikawa.lg.jp



古紙配合率100%再生紙を使用しています