

GPS が測位に及ぼした影響は計り知れない。従来の測位は、地上の重力場の頸木から逃れることは出来なかった。観測はすべてその場所の鉛直線（あるいは水平面）に準拠して行なわれ、相互に視通がある限定された範囲でのみ行なわれた。観測点毎に不規則な向きをする鉛直線は、このような地上観測の精度と観測範囲を限定してきた。GPS は観測点での重力の方向に影響されない測位として、測位に革新をもたらした。観測点での重力場に依存しない初めての測位手法である。GPS 測位でも地球の重力場の影響は、衛星軌道位置決定を通して間接的に作用するが、測位に及ぼすその影響は従来に較べてはるかに小さい。また GPS は、大陸をもまたぐグローバルな測位を初めて可能にした。GPS によって、全世界共通の測地座標系に基づく測位が実現した。国ごとあるいは地域ごとに異なっていた位置座標が統一あるいは相互変換できるようになったのである。GPS によるグローバルな測位を可能にしたものは、もちろん 20 世紀後半の人工衛星技術によっているが、加えてデジタル信号の通信技術の進歩と高精度な原子時計技術やコンピュータ処理技術の進展も大きく寄与している。

ジオイドは地球の形を代表するものとしてガウスにより提唱・導入されたものである。19 世紀当時地球は概略扁平な回転楕円体の形をしていることは知れていたが、より詳細な地球の形として平均海水面 (=ジオイド) が選ばれた。ジオイドは重力場の等ポテンシャル面という性格を持っているため、物理数学的に取り扱うことが出来、原理的には全地球表面上で重力値が分かれば、ストークス積分と呼ばれる方法でジオイドの形は決定される。ジオイドはまた高さの基準面として重要である。高さ (標高)

は、ジオイド面から鉛直上方に測った距離として定義される。GPS の登場によりこのジオイドについての見方も大きく変わった。ひとつは、ジオイドが代表する地球の形としての意味合いの変化である。GPS の登場により、地表地形がグローバルにセンチオーダーで決定出来るようになると、地表面地形そのものが地球の形として議論できるようになった。ジオイドに、“地球の形”を求める意識は従来より相当薄まったといっても良いかもしれない。またグローバルな地球の重力場の探求は GPS の登場により新たな展開を示している。21 世紀にはいり、GPS と重力衛星を組み合わせた CHAMP, GRACE 等のミッションが次々に発表され、GPS を利用した新たな方法で地球重力場の詳細がその時間的な変化も合わせて調べられ始めている。地球重力場のグローバルな決定精度は近いうちに飛躍的に上がってくるであろう。一方、GPS 時代の特徴として、高さの基準面としてのジオイドの重要性はより増してきたと言える。GPS 時代の今日では、従来はお互いに結びつかなかった遠く離れたジオイド面間の関係が研究され、将来的には全世界で統一した高さ体系を構築できる可能性もでてきている。いずれ日本の高さの基準である東京湾平均海面と例えば北米、あるいはヨーロッパの高さ基準面との関係も議論されるようになるであろう。このように GPS の登場は、測地学の様々な分野で従来の測地学の書き換えを迫っているのである。

日本測量協会 西修二郎

4. 考察

再測路線の座標較差（表. 2）の結果から再測路線内には、同一地点における再初期化の座標較差が50mm以上ある観測データが検出された。「019C：4-26-17050」については、明らかなミスFIXである。

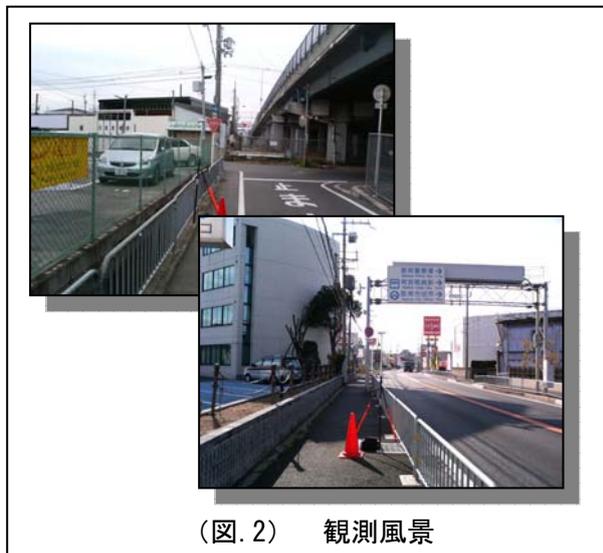
座標較差の分布（図. 1）と、再測路線の座標較差（表. 2）から観測路線内に再初期化による座標較差が35mm以上（較差の平均+較差の標準偏差）以上あった場合、再測となる確立が高いことが分かった。

表. 3 再測路線のPDOPと衛星数

| セッション | 点名 | PDOP | 衛星数 |
|-------|------------|------|-----|
| 015B | 4-26-17077 | 2.5 | 7 |
| 015B | 4-26-17078 | 2.7 | 8 |
| 016C | 4-26-17113 | 2.7 | 6 |
| 016C | 4-26-17111 | 2.6 | 6 |
| 017D | 4-26-17145 | 2.6 | 7 |
| 018B | 4-26-17170 | 2.0 | 7 |
| 018B | 4-26-17166 | 3.4 | 7 |
| 019C | 4-26-17047 | 2.6 | 6 |
| 019C | 4-26-17050 | 3.7 | 6 |

再初期化による座標較差が大きい観測点における、PDOP、衛星数については比較的良好である。

（表. 3）これら観測点では建物が近い、観測中に大型トラックが停車していたなど、マルチパスによる影響を大きく受けていることが考えられる。（図. 2）



5. 現地観測における注意点

ここまでの、観測値の検証により RTK-GPS 測量を実施するにあたり、以下の点について気をつける必要がある。

- ・新点選点について上空視界を確保する
- ・マルチパスの影響を考慮する
- ・再初期化による座標較差を観測中に確認する（標高較差35mm以上は要注意）

6. まとめ

RTK-GPS 測量では、短時間で初期化し FIX 解を得るため、低い確率ではあるがミス FIX を起こすことがある。また、VRS 方式による RTK-GPS 測量では、VRS 生成による誤差を含む可能性も高い。このような問題点は、現地観測中に「5.」のような注意事項に気をつけることで「再測」をなくすことが可能となる。RTK-GPS 測量のように利便性の高い機器は、特性を生かした観測を実施することで、効率、精度、生産性を向上させることが可能である。弊社では、国土交通省和歌山河川国道事務所管内「紀の川水系貴志川」で実施した測量業務において上記注意点を考慮することで河川距離標 27 点に 3 級基準点の精度を確保しつつ、再測なく観測を終了することができた。

中日本航空株式会社
調査測量事業本部
鵜飼 尚弘

ALL@SKY
ソラノコト全部。

3. FKP 方式移動体計測

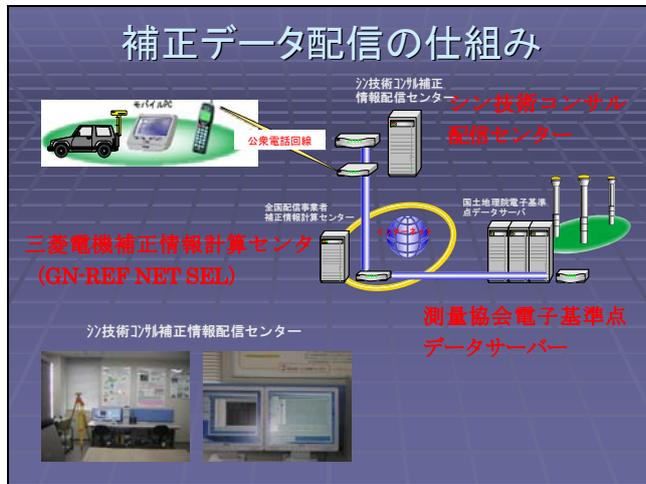
3-1 システムの構造

車両搭載した GPS システムでの中速度移動 (40km) により cm オーダーの標高データ (3次元) を取得した。FKP 補正データ配信システムは GN-REF, GN-NET, FKP-SEL から構成される。

(図-3)

図-4 に示した 5 点の電子基準点データは 1 秒毎に測量協会の電子基準点データサーバーからインターネット経由で三菱電機内に設置された GN-REF に収集される。GN-REF では基準局 GPS 観測データの品質評価を行う。GN-NET において複数の基準局搬送データからモデリングを行い、バイアス量を推定後、FKP 補正計算を行い、RTCM フォーマットに変換する。FKP-SEL において、観測点からのダイヤルアップを着信し、要求基準点の FKP 補正データを RTCM++ フォーマットで配信する。

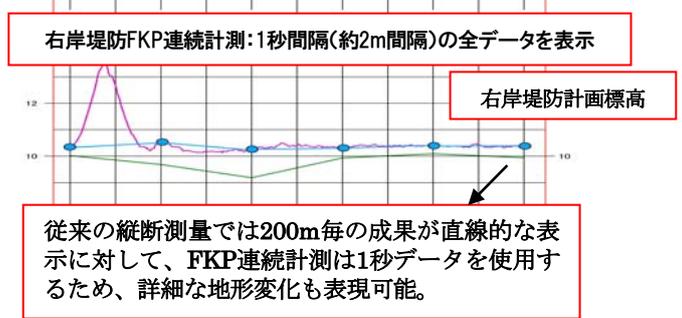
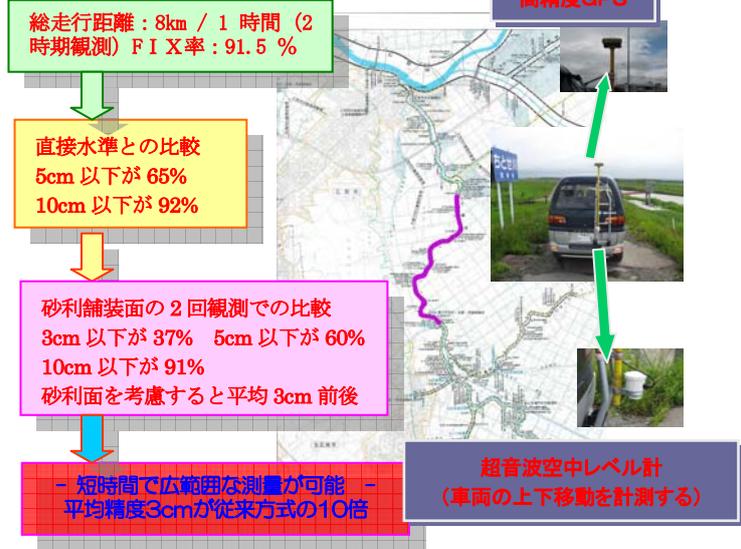
(図-3: 基準点データから計算システムへの模式図)



(図-4: 現地位置図・千歳川 (KP7.0~KP11.0))



3-2 移動体簡易水準への応用事例



4. 今後の展望

FKP は擬似距離網平均計算を行う性質上、1 点毎の精度が厳密であり、構築された網の範囲内であればどの場所でも精度は均一である。また、補正データが片方向通信にも対応できるため、公共性の高い放送電波への転用が可能である。将来展望として、中高速移動体 (普通車両・除雪車等) や低速移動体 (特に車椅子) の cm レベルのナビゲーションに貢献出来るものと期待している。

(放送波での車椅子 Nav)



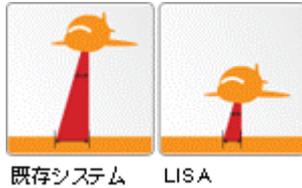
(参考文献)

1) 長谷川博幸: 面補正基準点測量と疑似距離平均計算の精度検証
測量設計システム展 2005 発表論文

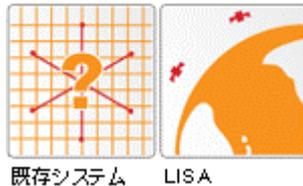
(放送波での 100km 走行実験)



③クラス1のレーザー採用で高精度を実現
 クラス1のレーザー採用で一般的な航空レーザーのクラス4と比較すれば、約 1/1000 の出力となり、低高度から安全に計測できるので、精度が飛躍的に向上します。



④ダイレクトに地球座標で出力
 通常、3次元レーザースキャナ器機は、相対位置を取得するものであり、絶対座標の算出には多くの時間と労力を要していました。
LISA は、整準なども気にせず「置くだけ」で、簡単に絶対座標を取得できます。



⑤固定局の受信機不要
 広範囲を動き回することを前提に開発された **LISA** は、全国の電子基準点データから基準点間の地殻変動誤差の低減を図ったネットワーク型 **GPS** 方式を採用して自位置を割り出しています。



⑥簡単操作を目指したシステム開発
 操作は全てタッチスクリーンの **PDA** で簡単にできる。更に、ケーブルレス仕様であるため、煩雑な配線作業が不要な設計となっている。

手軽で簡単



操作は全てタッチスクリーンのPDAで行います。また、ユニットとは無線接続しているので面倒な配線作業は必要ありません。



3) 商品価格

| 商品名 | 価格 |
|--------------------|---------|
| 3次元計測ユニット LISA1000 | 9,800万円 |
| ビューソフト EVE Viewer | 50万円 |
| 解析アプリケーション EVE | 350万円 |

3. 測位精度と電子基準点データの利用

測位精度は、ヘリコプタによる計測で300mの高度から計測をした場合、実測値と比較して水平精度 7.5cm 以内、鉛直精度 5cm 以内を実現しています。この計測精度を測地成果2000の絶対位置として出力する為に、ジェノバのVRS後処理データを利用しています。電子基準点の観測データ利用の場合、使用した電子基準点の地殻変動歪がそのまま測位結果に反映されますが、ジェノバの配信データを利用することで、近傍電子基準点3点より地殻変動歪を調整した結果となり、且つ、使用した近傍電子基準点3点が明示されています。この測位結果は、ジェノバの配信するネットワーク型 **RTK-GPS** や電子基準点を使用した **Static** 測量の結果とも合致するので、発注者に納得していただけます。当然、独自に **GPS** 受信機を設置して使用することも可能ですが、ネットワーク型のデータを採用することで、作業時間も含め、圧倒的に労力の削減が可能となります。

4. 想定される利用用途

LISA にて計測したデータは、自動等高線作図や空間設計・航空写真との合成・災害シュミレーション・ゲームや映画などの基礎データとして利用できます。以下に想定される用途や、これまでに問合せのあった用途を挙げます。

1) 想定される用途

3D都市空間設計/GISコンテンツ/森林バイオマス調査/干潟、砂州形状調査/崩壊地/危険地域の調査/樹高計測/電線離隔調査/出来形計測/土量測量/遺跡調査 など

2) 問合せのあった用途

海岸線、岸壁の図化/南極の氷床の3Dモデリング/富士山の永久凍土の調査/エレベータからのレーザースキャニング/交通事故現場の計測 など

Geo Scanner LISA の問合せ窓口

デベロソリューションズ株式会社

電話： 08-001-001-001

担当： 住(すみ)、井川

測が開始されました（写真－１）。



写真－１ あおぞらによる設置作業

その後、REGMOS I は、2 周波受信機を備えた REGMOS II に交換され 2005 年 6 月に撤去するまで、岩手山の火山活動に伴う地殻変動の監視を続けました。

REGMOS I は、1999 年に（財）国土開発技術研究センターから第 1 回建設技術開発賞奨励賞を受賞しました。

5. REGMOS の全国展開

2000 年 3 月の有珠山の噴火や同年 6 月の三宅島の火山噴火でも、急遽、REGMOS をそれぞれの火山に設置しています。その後、北海道駒ヶ岳や樽前山、浅間山、富士山等の火山に REGMOS を設置（写真－２）して地殻変動を 24 時間観測しています。これらの観測データは、防災の観点からも、火山災害を減少させるための重要な情報となっています。



写真－２ 富士山 5 合目の REGMOS

6. REGMOS の汎用性

REGMOS は、火山や地震に伴う GPS 連続観測を主な目的に開発しましたが、リモート観測装置の入力センサーや通信装置は汎用性を考慮した設計となっているので、今後は、監視カメラの接続やその他の観測センサーを接続することにより、マルチ観測装置として各種の観測を追加させることが可能です。

7. RTK-GPS 自動監視システム

RTK-GPS 自動監視システムは、リアルタイムに観測、データ転送を行うことの出来る携帯型 RTK-GPS 自動観測システムとして REGMOS の通信制御装置の開発技術を応用するなかで開発されました。監視システムの特徴として、監視局側パソコンの通信ポート数に応じて複数の観測局（基準局＋移動局の数）の設置が可能です。監視局と各観測局とは各一回線の通信回線で接続され、パケット処理によって観測データと補正データの送受信が同時に出来る機能を有しています。監視局において、各移動局の変動を監視でき、監視局側のコマンド制御によって、設置した複数の観測局のなかで基準局を状況によって変更することが出来ます。

REGMOS の機能を最大限に活用することで、リアルタイムで GPS による地殻変動の観測やリモートカメラによる火山の監視が可能となります。国土地理院では、さらに多機能型の REGMOS の一日も早い完成を目指しています。

