

その2 センチメートルの世界

(リアルタイムキネマティックGPS編)

DXアンテナ(株) 石井 真

1. はじめに

前回は、ディファレンシャルGPSの現状についてお話しましたが、今回は、センチメートルの世界のリアルタイムキネマティック(以降RTK)の実状についてご紹介します。

実際に海上工事や建設現場では、具体的な利用が盛んになってきており、日本の座標が従来からの日本測地座標から、GPSの世界で使われている世界測地座標へ移行する測地系2000の施行が真近かに迫っている現在、このRTKの普及は、これから大きくなるものと予測されています。

2. RTKの測位原理

前回のディファレンシャル測位は、衛星とGPS受信機との距離を、送られてくる信号のコードを読み取って、信号の到達時間を測定してその距離を求めました。これに対して、今回のRTKでは、衛星までの距離を搬送波の位相を数えることによって距離を求めます。ただし、実際に衛星まできちっと波の数を数えるわけにはいかないので、2台のGPS受信機を使い、1つは基地局としてあらかじめ座標のわかっている点に、そしてもう1つは移動局として未知点を計測します。

どのようにするかというと、基地局と移動局の両方で測定した位相の数の差(行程)を求めること

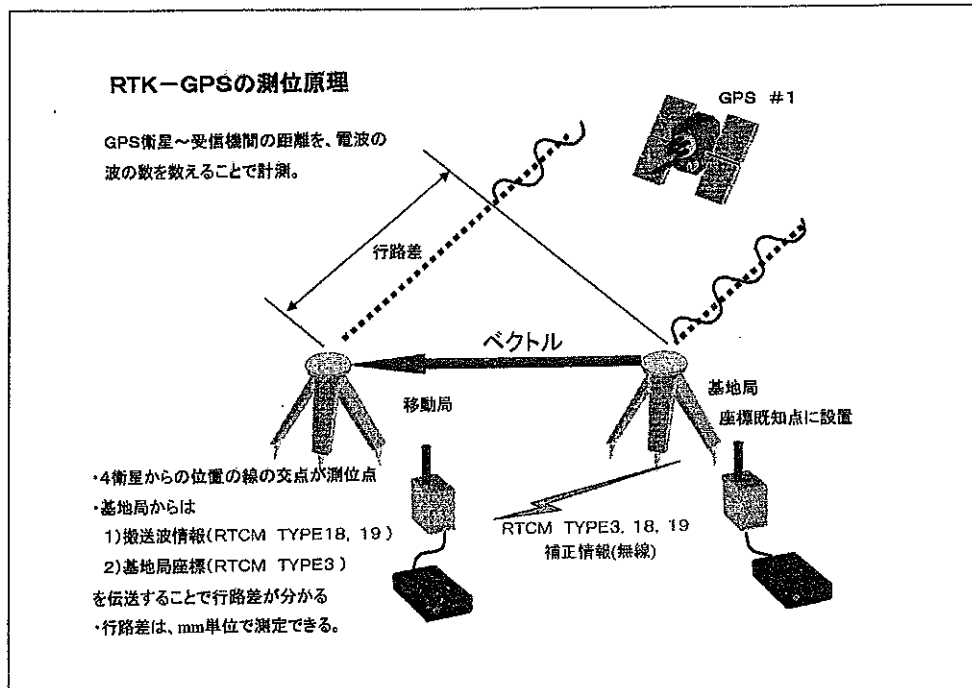


図1 RTKの測位原理

によって位置の線を得ます。この計算は、移動局受信機内でリアルタイムに行なわれるため、基地局の位相積算値は、無線などのデータリンクを使って移動局へ伝送されます。

ただし、行程差を求めるための位相積算値には、整数波長が不確定な性格があるため、真の整数波長を求めるための絞り込み作業が存在します。この作業過程をF L O A T解と呼び、解がとけて真の整数波長が明確になった解を、F I X解と呼びます。

3. R T K測位の特徴

2周波受信機と1周波受信機での

R T K測位の特徴

2周波受信機では、F L O A T解の計算過程(初期化)でL 1搬送波、L 2搬送波、L 1 C/Aコードを用いてF I X解を得ます。また、この3つの方程式のほかに、L 1 PコードおよびL 2 Pコードも使って、5つの方程式で解をとくタイプの受信機も出ています。

どちらにしても、このF I X解を得るための初期化の時間は、1周波受信機に比べて2周波受信機の方が時間は短くなります(図2参照)。

一方、1周波の受信機でもR T K測位は行なえます。1周波受信機では、初期化のための方程式は、L 1のC/AコードとL 1の搬送波しかないため、F I X解を得るために15分~20分ぐらい掛かるようです。しかし、このあたりは、各メーカーとも工夫していて、F L O A T解の状態で20cm位まですばやく収束させ、実用精度以内に抑さえて、以降じっくりとF I X解までもっていくタイプと、中には、F I X解まで求めずにF L O A T解だけでR T Kを行なう受信機もあり、その実用性から人気機種になっています(写真1, 2)。

計算遅延(L A T E N C Y)の問題

R T Kは、マシンコントロールなどの世界で、これからの普及が見込まれますが、その実用の場面で問題になってくるのが、計算遅延の問題です。移動局受信機では、複雑な計算が行なわれる

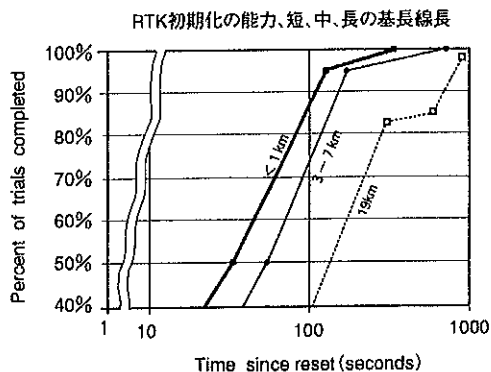


図2 2周波 GPS受信機

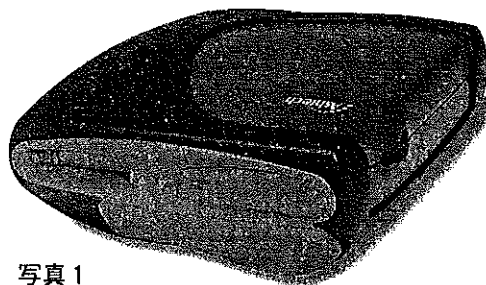


写真1

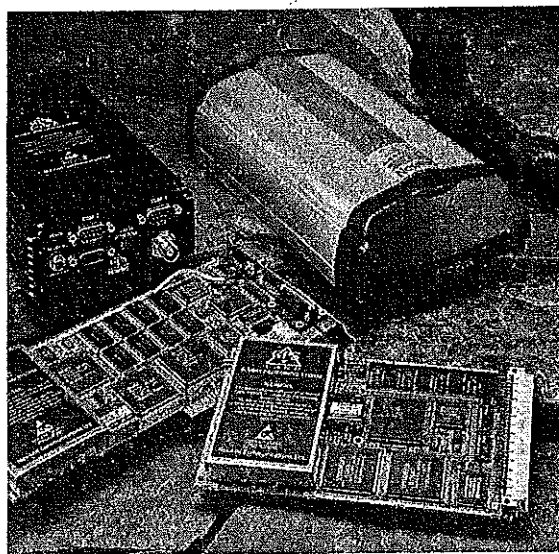


写真2

ため、R T K技術が世に出だした頃は、実際の位置と受信機から出力されてくる位置との差が、2秒以上あるような状況でした。これが、移動しない測量的世界ではOKですが、マシンコントロールの世界では致命的な問題です。

最近では、このあたりが改善され、計算遅延は30ms以下で、位置更新率も10~20Hzと、性能向上されてきています。受信機も、写真3のように

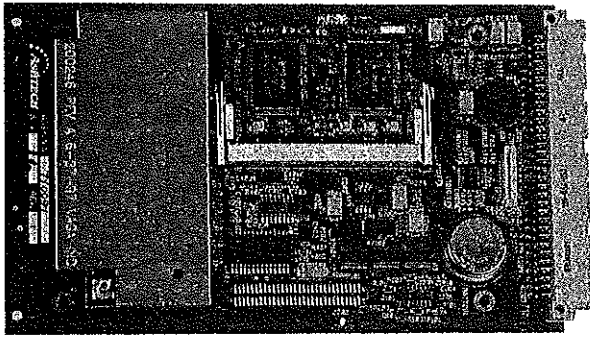


写真3 Zユーロカード

ワンボードなので、システムに組み込みやすくなっています。

取得衛星数の問題

RTKの実際の場面で問題になるのが、上空視界内の衛星数の問題です。

通常、RTKでは、初期化状態で基地局と移動局の共通衛星が、最低5個以上見えなければなりません。しかし、グラフで示すとおり、ビルなどの障害物があった場合、なかなかこの数が確保できないという現実には遭遇します。そこで今、注目されているのが、GPS/GLONASS受信機です。

このGPS/GLONASS共用受信機では、GPSにプラスして14個のGLONASS衛星が

加算されるわけですから、視界が制限されているような環境では有利になってきます。図3のGGと書いてあるのが、GPS/GLONASS受信機の見える衛星数です。横軸が衛星数、縦軸がその衛星数が確保できる割合で、仰角マスクは10度に設定したときのものです。

今は、1周波GPS・GLONASS受信機が実用段階にあります。2周波GPS/GLONASS受信機も登場してきました。また、将来的には、GPSもさらに数が増え、静止衛星からもオーバーレイといってGPS信号を出します。数年後には、GPSだけでも40個近い衛星数が確保でき、加えてGLONASSとなれば、都市部や山間部などでの利用が具体的になるはず。そして、測位能力も向上するはずですから、初期化の時間短縮や測位の力強さ、そして高速移動体などでの利用も期待できます。

基地局データのフォーマットの問題

ディファレンシャルGPSの世界では、基地局からの送出データは、RTCM-SC104の世界基準に準拠して放送されているので、移動局はどのメーカーのものを用いても利用することができます。RTKの場合もRTCMに規定されてい

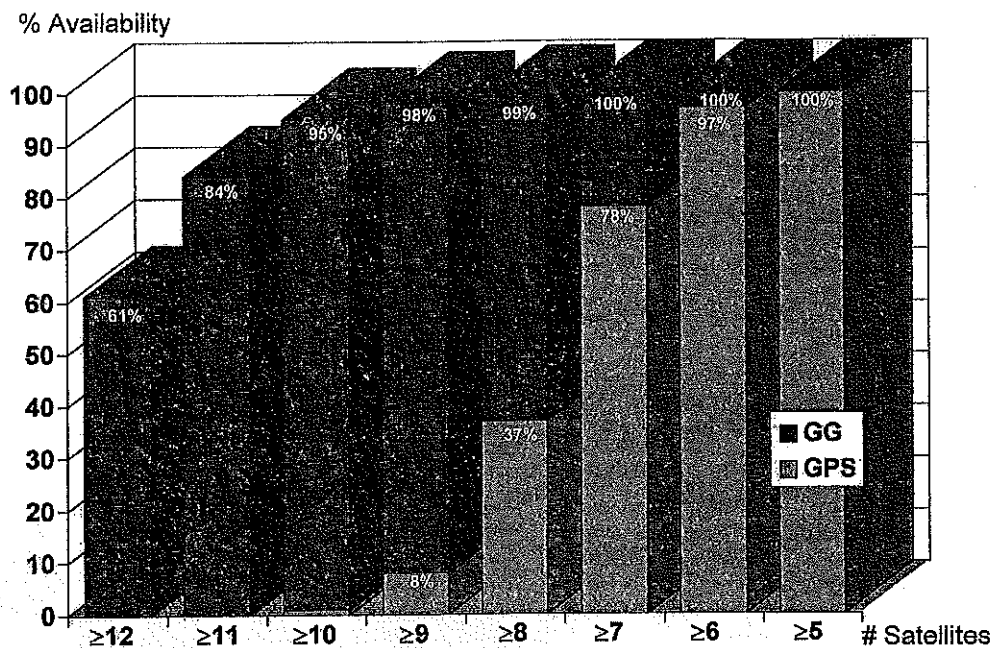


図3

Almanac from 9/15/97. 25 Healthy GPS Sats, 40 Healthy GPS+GLONASS Sats
8 Day simulation, 10 degree mask angle.

るのですが、今のバージョンでは、データ量が多くなっています。採用されるデータリンクが実質で9600bps以上あれば問題ないのですが、これもなかなか難しいのも事実です。

各メーカーは、メーカー固有のフォーマットをもっていて、それを用いればデータ量は約半分以下に抑さえられるので、メーカー固有のフォーマットを用いる動きもあります。ただし、公共性があるサービスで固有のメーカーのフォーマットを採用すると、必然的に移動局が限られてしまう要素があるのでこれはいただけません。

そんな背景を意識して、RTCMの次のバージョン(ver.3)では、RTKフォーマットのデータが小さくなり、実用的になってくる予定です。まもなくリリースされてくるので、このRTCMデータフォーマットが基準になってくるでしょう。

2000年問題とロールオーバーの問題

今、話題になっているコンピュータの2000年問題ですが、GPSでもその問題は存在します。さらにGPSでは、時間がGPS時間を使っていて0~1023週でワンラウンドとなっています。今年の8月21日に1023週が終了して0週にリセットされ、なんらかの不具合が発生する可能性がある

というものです。

どういう現象が起きるのか?という、メーカーそして機種によって異なるので、一概に言うことはできません。各メーカーは、シミュレータを使ってテストをしていて、対応策が必要なものは、そのソフトウェアをインストールすることで対処するようです。

4. 実際の場面での利用

海上工事での利用

海洋工事では、盛んにRTK利用が始まっています。関門地区、阪神地区、伊勢湾地区、京浜地区、新潟地区などで、海上DGPS利用推進協議会が有料でディファレンシャル補正情報とRTKデータを放送しています。

すでに羽田空港の工事や関西空港2期工事で、多くの作業船がこのサービスを利用しています。

2台のRTK受信機を用いる方法

おもな利用方式は、作業船の左右両舷に2周波アンテナを設置し、2台のRTK受信機を用いる方法です。2個所の位置をcm単位で得られるわけですから、アンテナの位置はもちろん、作業船の向きも正確に計算できます。そして、オフセッ

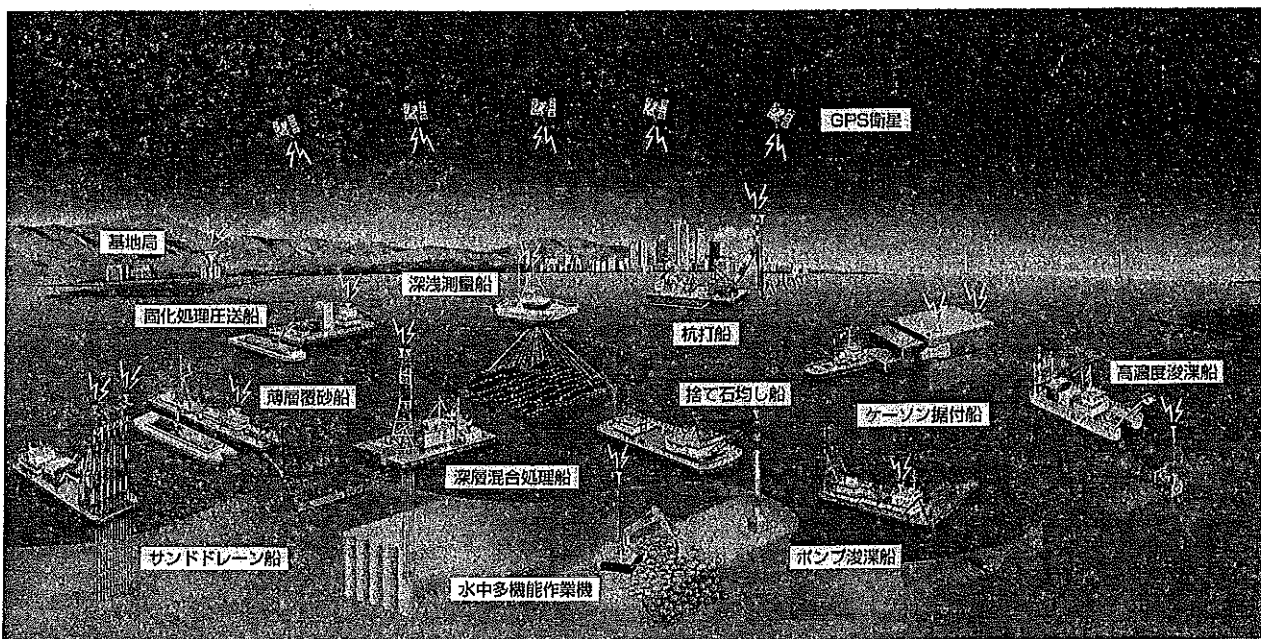


図4 海上工事での利用のイメージ

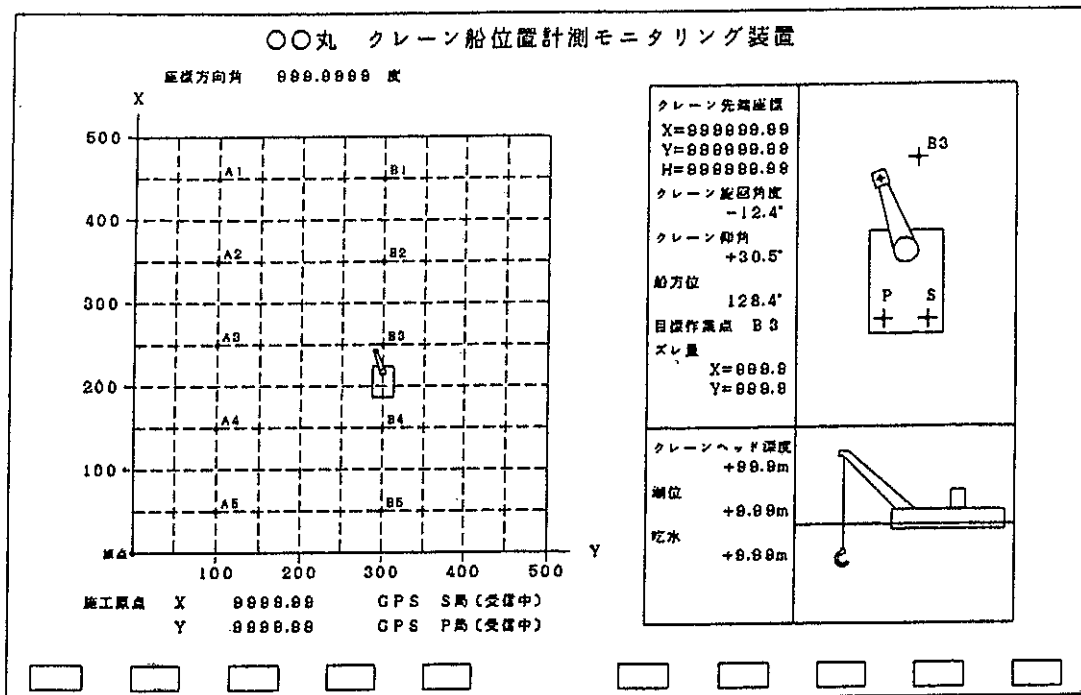


図5 モニター出力画面の例(クレーン船位置計測)

ト値としてクレーンの旋回角度、アーム角度などをエンコーダにて検出して、その組み合わせで作業点を求めます。同様の考え方をして、パイルの打ち込みや地盤改良のサンドドレッジャー、^{しんせつせん}浅瀬船などで利用されています。

方位検出GPS受信機を用いる方法

今、注目されているのが、2台のGPS受信機を使わずに、1台のGPS受信機に2個のアンテナを接続して、お互いの位相差にて方位を検出する方式です。方位検出の精度としては、1m2個のアンテナを離れた状態で0.4度、その精度はアンテナ間の距離が離れば離れるほどよくなります。この受信機では、方位だけでなくRTK測位も同時にでき、精度は1周波RTKの20cm~5cmとなっています。

その他の産業界での応用の実状

RTKはまだ新しい技術なので、ディファレンシャルほど普及が進んでいません。ただし、今後大きな利用が見込まれるのが、測量の世界です。すでに国土地理院では、今使われている日本独自の座標系をGPSが採用している世界座標系へ移

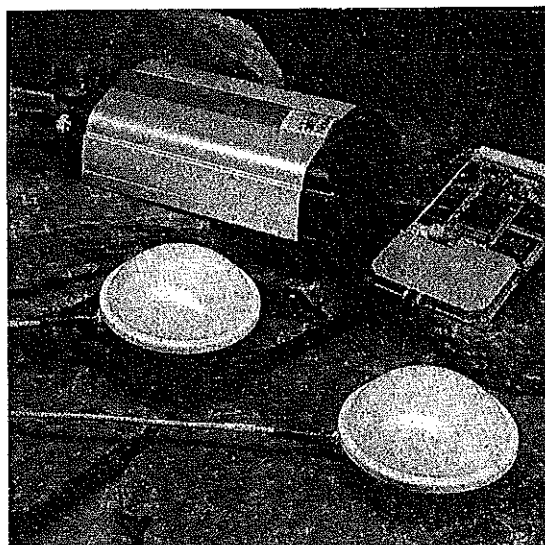


写真4 1台の受信機に2個のアンテナ

行する準備が進められていて、すでに約1000個所のGPS電子基準点が整備されています。その電子基準点からRTKデータを放送しようと、すでに実験が始まっており、まもなく実用段階に入ってくると思います。

そうなれば、測量の世界でのRTKの普及はもちろんのこと、今、話題になっているGISの世界でも大きな利用が喚起されることになるでしょ

う。無数にある電気、ガス、電話、水道、下水、消防などのインフラのマンホール、電柱、消火栓その他の施設を、GPS座標で押さえる必要が出てくるでしょう。

農業の世界でも、プレシジョンファーミングと称して、水田機械や畑作機械などの無人化や農業形態が、個人から生産法人化する背景の後押しを受けて、農作業の効率化を目指した一環生産管理の中に、高精度位置把握が期待されています。

また、陸上の建設現場でも、すでに利用が始まっています。振動ローラーの転圧管理では、振動ローラーの移動航跡を正確にトレースして、次回の転圧コースとの重ね合せを規定内に抑さえ、平均した転圧ができるようにしています。大規模造成現場では、重機の遠隔操作による無人化施工で応用されています。さらに、日々変わる地形上をGPSを搭載した計測車が走り回り、そのデータから鳥瞰図^{ちようかんず}を得て、土工出来高^{どこうできだか}(土量)を計

測する土工出来高管理システムも開発されています。

5. おわりに

2回にわたってディファレンシャルとRTKの高精度測位のGPSの世界の紹介をさせていただきました。感覚としては、「今、始まったところ！」です。インフラも計画を見ますと、ますます充実してきて、需要が大きくなってくれば、カーナビゲーション同様、受信機のコストも下がってくることは明白です。

近い将来、GPSの位置というものは、電気、ガス、電話などと並んで生活の中の一部になってくるのではないのでしょうか？。そのためにも、さらにGPS利用に関しても研究開発が進み、十分な理解が各業界での技術者の方々に浸透すれば、大きな可能性が現われてくるものと思います。