

# 仮想基準局方式を用いた RTK (2)

キーワード：仮想基準局、RTK、インターネット、ASC

DX アンテナ(株) GPS 事業部

河口 星也

## はじめに

前回は「仮想基準局」という新しい概念を用いた RTK-GPS (リアルタイム・キネマティック GPS) 技術の紹介とともに、その原理を簡単に説明したが、今回は仮想基準局方式を実際に行った例として弊社が運用している実験システムの概要と、これまでの予備実験において得られた結果を簡単に紹介する。

仮想基準局方式は従来不可能であった長基線の RTK を、移動局近傍に仮想的な基準局を作成することにより実現するが、その際にエリア内において空間的に相関のある電離層、対流圏、および衛星軌道誤差を推定し、それらの影響を補正してやる必要がある。そのため、ある程度の間隔 (30km ~ 100km) で配置された基準局のデータをリアルタイムで収集し、これら各基準局における誤差要因を推定するためのネットワークを構築しなければならない。また、仮想基準局方式により原理的に広域の RTK が実現したとしても、そのメリットを享受するためには、広域のユーザーに対してこの補正データを提供する伝送手段を確立する必要がある。今回の実験システムにおいては、基準局データの収集にインターネットを利用するとともに、補正データを TV 放送に乗せることにより、東京・千葉・神奈川にわたる広域 RTK システムの実現に成功している。

弊社では本年5月より、(株)日立製作所、テレビ朝日の技術協力のもと仮想基準局方式の検証を目的と

した実験システムを構築し、試験運用を行ってきている。この実験システムは基準局部、制御局部、送信局部、そして移動局部の4つのサブシステムから構成されており、それぞれ今回の仮想基準局方式を実現する上で不可欠な要素となっている。

## 1. 基準局部

本システムでは、基準局間距離が最大で 100km 程度に達する合計 7 局の基準局を利用している (図-1)。各基準局には 2 周波 GPS/GLONASS 受信機であるマゼラン社 Z18 受信機および高精度のチョークリングアンテナが設置され、1 秒間隔で RTCM V2.2 フォーマットにおけるタイプ 3 (基準局座標)、タイ



図-1 基準局の配置

プ18（搬送波位相測定値）、およびタイプ19（擬似距離測定値）の3種類のメッセージを出力している。これらのメッセージは通常のRTKにおいて基準局から送信されている、いわゆる“補正情報”と全く同じデータである。出力されたデータはRS-232C経由で基準局サーバ（グローバルIPアドレスを割り当てられたFreeBSDマシン）に入力され、今回開発されたプロトコルに基づきインターネット用のデータ形式に変換された上で、次章で述べる制御局サーバに対して送信される。なお、制御局サーバや通信回線にアクシデント等があり通信が一旦切断された場合、基準局サーバは5分間ごとに制御局サーバへの接続をリトライするように設定されている。

特にコスト面と拡張性（汎用性）という観点から考えた場合、インターネットは基準局—制御局間の通信手段として非常に有効である。仮想基準局方式においては、基準局と制御局間が常時接続されている必要があるが、通常の公衆回線を利用した場合、そのコストは非常に大きなものになる。また、専用線を利用する場合はその通信距離に応じてコストが左右されるため、より広域のRTKを実現しようとするほどコストがかさむ結果となる。今回の実験システムにおいては設置個所のLAN経由でインターネットに接続しているため、この通信部分のコストを「0」に抑えている。仮りにこのLAN接続方式が不可能であるとしても、近くのインターネットへのアクセスポイントを利用することで回線使用料を削減することは可能である。

また、拡張性という観点から言えば、インターネットを利用することで、例えば複数のアドレスに同時に基準局データを送信することも可能になる。これは将来的に制御局を追加した場合に、基準局データの送信先を複数指定することで容易に実現が可能である。一方で将来的に基準局を追加した場合、データの受信側である制御局においては、インターネットへの接続さえ確立していれば特に物理的に機器を追加する必要がないことを意味する。

さらに基準局サーバがIPアドレスを持っていることで、基準局の制御を世界中どこからでも容易に行うことが可能になる。実際に今回のシステムにおいては基準局の設定変更を複数の異なる場所から行っているが、例えば将来的には一般的なWEBブラウザから設定を行うシステムを構築することも可能であろう。なお、このインターネットを用いた基準局

データ収集システムはWIDEプロジェクト、慶応大学SFC研究所インターネット自動車コンソーシアム、および奈良先端科学技術大学院大学の技術協力により構築されたものである。

## 2. 制御局部

制御局には基準局と同様にグローバルIPアドレスを割り当てられたサーバが設置されており、ソケットサーバと呼ばれるプログラムにより各基準局からインターネット経由でのデータをリアルタイムで受信する（図-2）。受信された各基準局データは本実験システムの心臓部とも言うべきMultiRefと呼ばれる仮想基準局用ソフトウェアに受け渡され、エリア内の電離層・対流圏遅延誤差および衛星軌道誤差がモデル化される。

基準局は実はその役割から2種類に分類される。ひとつはプライマリー局と呼ばれる基準局で、データの伝送遅延が確実に1秒以下であることを前提としている。今回は制御局にも基準局受信機を設置しており、その測定データをRS-232C経由で直接制御局サーバに取り込むことで伝送遅延を最小限に抑えている。このプライマリー局データは最終的に移動局側において作成される仮想基準局データ“VRS2”の原型となるデータであり、“VRS1”と呼ばれている。一方、他の基準局はセカンダリー局と呼ばれ、電離層・対流圏遅延誤差および衛星軌道誤差モデル

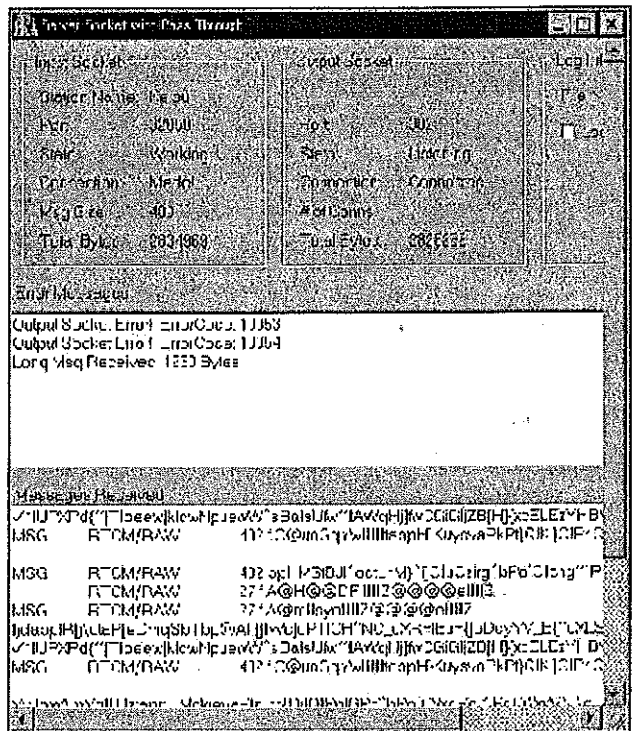


図-2 ソケットサーバ

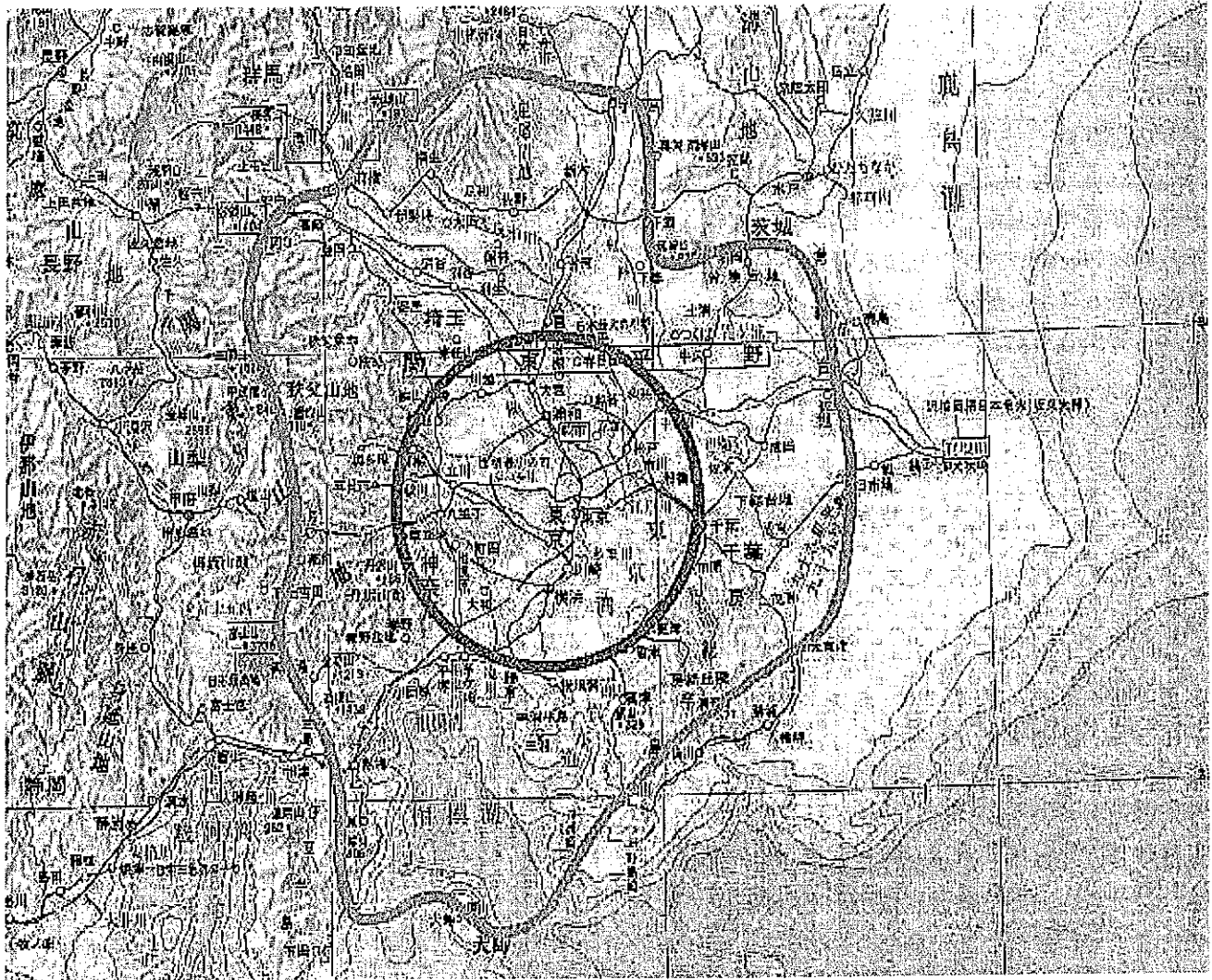


図-3 ASC受信エリア

(補正グリッドデータ)を作成するために利用される。これらの誤差要因は時間的変化がそれほど急激ではないため、現実的には伝送遅延が1秒～30秒程度あったとしても最終的な測位精度には影響を及ぼさない。今回、セカンダリー局との通信にインターネットを利用することで、時間帯等により多少伝送時間を要する場合でも、結果的には何ら問題は生じておらず、インターネットの有効性が証明されている。

なお、制御局において作成されたVRS1データおよび補正グリッドデータは専用線により次の送信局部に伝送される。

### 3. 送信局部

今回のシステムにおいては、移動局への補正データ伝送手段としてテレビ朝日により開発されたASC (Audio Subcarrier Channel) と呼ばれる特許技術を利用している。これはTV放送の音声信号の隙間に

データを多重化させる方法で、データの伝送速度として1チャンネルあたり9600bpsを実現している。TV放送の最大の特徴は全国的に既にインフラが確立されていることであるが、本システムではテレビ朝日の東京タワー送信所を利用しており、音声出力12.5kWという大電力で放送されているため、八木アンテナを利用した場合、北は栃木県宇都宮市100km、東は千葉県佐原市55km、南は大島70km、西は埼玉県秩父市70km付近まで受信が可能である。一方、携帯用のホイップアンテナを利用した場合、東京タワーを中心とした半径30～50kmが受信可能エリアとなる(図-3)。

制御局において生成されたVRS1データは、専用線によりテレビ朝日の放送施設に伝送され、東京タワーからこのエリアに対して放送されることとなり、今回のシステムが対象とするエリアを容易にカバーしている。また、伝送速度に余裕があるため、将来的にはGLONASS、Galileo等他の衛星測位システ

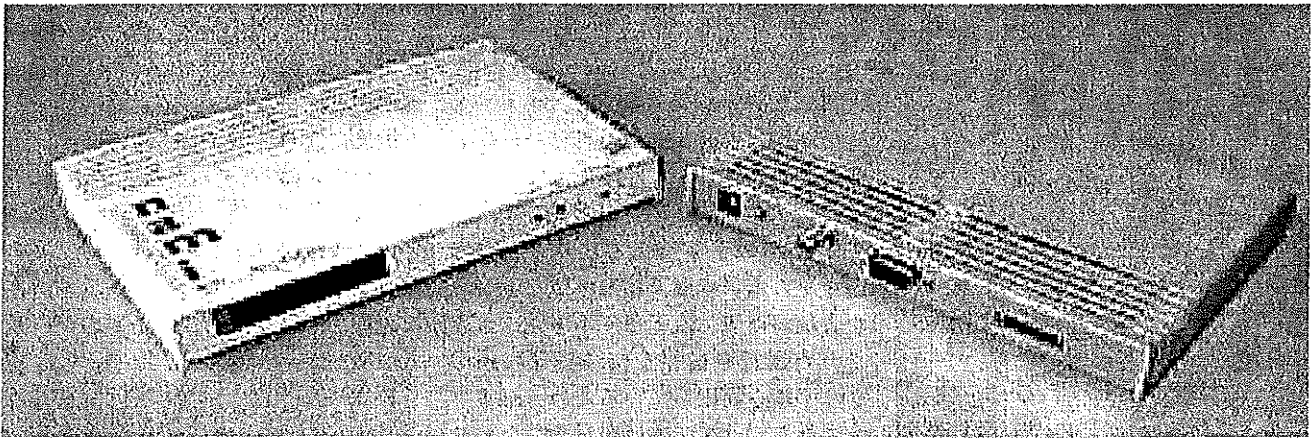


図-4 ASC受信機

ムのデータを同時に放送することも可能である。

#### 4. 移動局部

移動局には、上記ASC方式に対応した受信機（図-4）、最終的な仮想基準局作成のためのソフトウェア（移動局用MultiRefソフトウェア）をインストールしたノートPC、およびRTK対応2周波GPS受信機を利用している。GPS受信機はまず、受信地点における単独測位位置をソフトウェアに出力し、この座標値における補正量が受信された補正グリッドデータから改めて補間計算される。一方、VRS1データをもとにこの座標値における仮想的な基準局データが計算され、求められた補正量を加味されることにより最終的な仮想基準局データであるVRS2データが再構築される。このデータは通常のRTKにおいて利用されているRTCM V2.2フォーマットのタイプ3、18、および19メッセージとして移動局受信機に入力され、受信機内において通常のRTK計算が行われることになる。

#### 5. 実験結果例

上記実験システムに基づき得られた予備実験結果の例を図-5および図-6に示す。図-5は最も近い基準局までの距離が約20kmの場合、図-6は約30kmの場合の結果である。ともに1時間静止状態でRTKを行った時の測位解のばらつきを示しているが、従来の短基線のRTKとほぼ遜色ない結果が得られていることがわかるであろう。今後さらに実験を継続するとともにシステムの改良および調整を行い、より完成度の高いシステムを構築していく予定である。

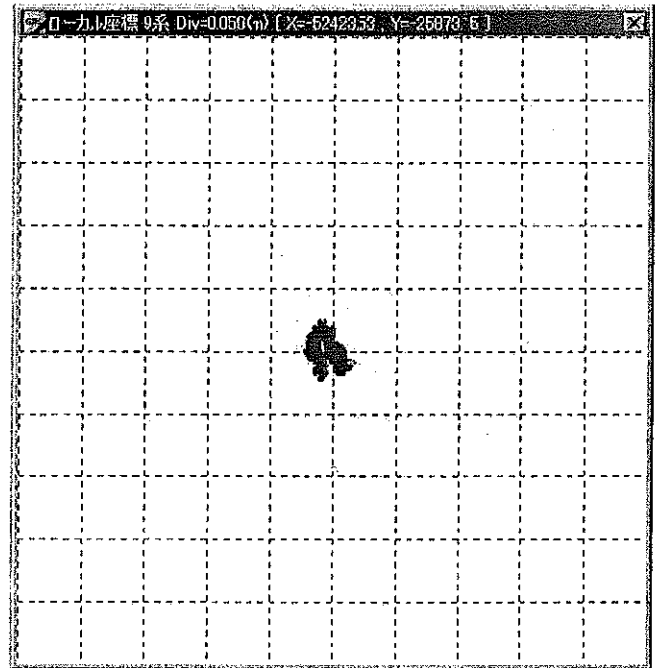


図-5 静止実験結果例 (20km)

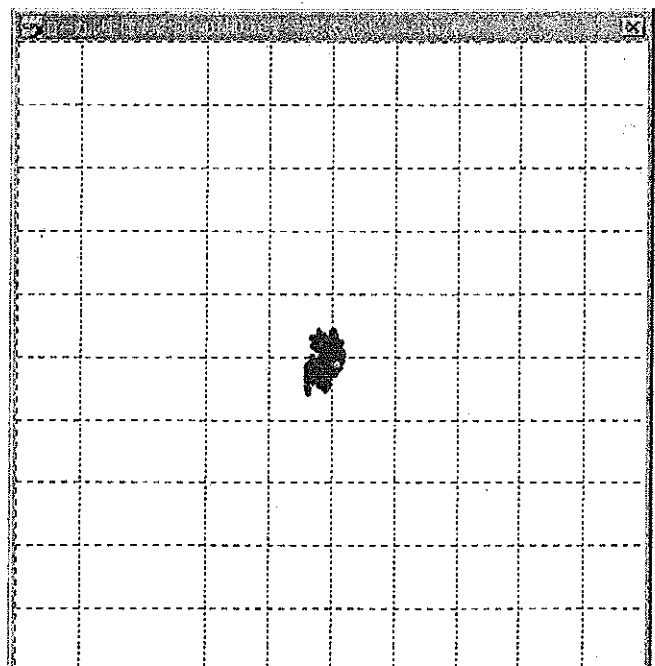


図-6 静止実験結果例 (30km)