

# Design of Internet-Based Correction Data Transfer Protocol

Yuusuke KAWAKITA (Keio University Graduate School of Media and Governance)

Keisuke UEHARA (Keio Research Institute at SFC)

Hisakazu HADA (Research Division Nara Institute of Science and Technology)

Jun MURAI (Keio University Faculty of Environment Information)

## インターネットを介した GNSS 補正情報配信プロトコルの設計

川喜田 佑介(慶應義塾大学 政策・メディア研究科)

植原 啓介(慶應義塾大学 SFC 研究所)

羽田 久一(奈良先端科学技術大学院大学 附属図書館研究開発室)

村井 純(慶應義塾大学 環境情報学部)

### 概要

衛星測位における補正情報を、インターネットを介して配信するプロトコルが提案されつつある。しかし、これらのプロトコルで補正は可能であるが、必ずしも十分な性能が得られるものではない。本稿では、遅延や通信帯域が補正に与える影響を調査し、これに基づいた新たな補正プロトコルを提案した。提案するプロトコルは、インターネットにおける実時間通信用プロトコルである RTP を使うものと、TCP を使うものの 2 種類である。これらのプロトコルを利用することにより、より精度のよい衛星測位が実現できる。

#### 1. はじめに

近年、Global Positioning System (GPS)はカーナビゲーションシステムシステムや登山などで利用されるようになり、一般的なものとなった。更に、携帯端末への組み込みや測量での利用など、測位技術への期待はますます高まりつつあり、現在、測位を安価・簡便・高精度に行うシステムが必要とされている。

GPS は米国が運用する衛星測位システムの一つであり、類似のシステムにロシアによる GLONASS、計画中のシステムに欧州連合による GALILEO がある。それらを一般に衛星測位システム (GNSS: Global Navigation Satellite Systems)と呼ぶ。

衛星測位システムは単独で利用した場合、数十 m 程度の測位精度を持つ。この精度ではカーナビゲーションシステムや歩行中の使用には不十分である。このため、カーナビゲーション

システムでは、ジャイロセンサー情報の併用やマップマッチング技術などにより精度の向上を図っている。

一方で、相対測位と呼ばれる衛星測位自体の精度を上げる技術も実用化されている。これは、予め座標のわかっている参照点を利用して位置の補正を行うもので、主なものに差動測位(ディファレンシャル)、干渉測位(キネマティック)がある。参照点で観測を行うことにより、大気中の伝送遅延など測定し、誤差を打ち消すことで精度の向上を実現している。D-GPS(ディファレンシャル GPS)は、カーナビゲーションシステムの一部でも利用されている。これらのシステムでは、FM 波の副搬送波や中波ビーコンにより補正情報を配信している。

補正情報を配送する仕組みとして、インターネットを利用することもできる。インターネットを利用した場合、位置記録用の計算機を経由

して補正情報を取得することができ、コストを削減することができるなどの利点がある。しかし、現在、インターネット上で補正情報を配信するための一般的なプロトコルは存在しない。

我々は、InternetCARiシステムで、インターネットを介した補正情報の配信実験を行ってきた。この実験では、移動体でインターネットを利用したディファレンシャル、リアルタイムキネマティック(RTK)方式による補正の可能性の検証を目的として行われてきた。これらの実験の中で、移動体においてもインターネットを利用した補正が可能であることが確認された<sup>ii</sup>。しかし、補正情報配信のためのプロトコルの評価は行っていない。

本稿では、インターネットを介して衛星測位の補正情報を配信するためのプロトコルを設計する。本稿の中では、インターネットを利用した補正情報配信プロトコルに必要な要件を検討し、それらの要件に関する予備実験を行う。その後、予備実験に基づいたプロトコルの設計を行う。

## 2. 衛星測位と補正

本章では、現在の衛星測位技術について説明する。

### 2.1. 単独衛星測位

衛星測位は、測位する時の衛星の空間的な位置を知ることによって可能となる。測位には、測位する点の3次元座標と測位時の時刻の $(x,y,z,t)$ の4つの未知数を解くため、図1に示すように、4つ以上の衛星を観察する必要がある。

測位の現場では、受信機とともに位置記録用の計算機が利用されるのが普通である。多くのレシーバでは、測位結果がRS232C等のインタフェースを経由して計算機に提供される。レシーバからの出力の形式は、メーカー独自のものとNMEA形式<sup>iii</sup>と呼ばれる標準形式が存在す

るが、多くの受信機ではNMEA形式も選択できるように設計されている。また、多くのレシーバでは1秒に1回程度の割合で出力が行われる。NMEA形式による出力の一例を図2に示す。

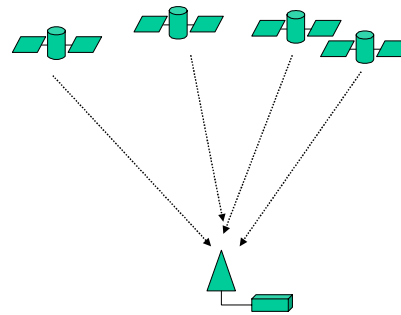


図 1 衛星測位

```
$GPGGA,171729.00,3524.60661,N,13928.21528,E,2  
,6,1,41.26,M,34,M,3,682*50
```

図 2

### 2.2. 相対測位

2.1.節で述べた単独測位では、十分な精度を得られないことが多い。このため、予め正確な位置が測定されている基準局を利用した、相対測位技術が開発された。相対測位では、図3に示すように、基準局で生成した補正情報を移動局に配送し、移動局で補正を行うことにより、精度を高めている。補正情報は連続して配送される必要があり、更に、補正情報の配信は、速やかに行われなければならない。最大でも許容される遅延はディファレンシャルで60秒程度、RTKの場合は5秒以下である。

補正情報の配信には、多くの場合、RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Service) SC-104規格<sup>iv</sup>が利用される。RTCM SC-104規格は、誤差補正量、疑似

距離補正量、座標値の各データの標準配送規格である。

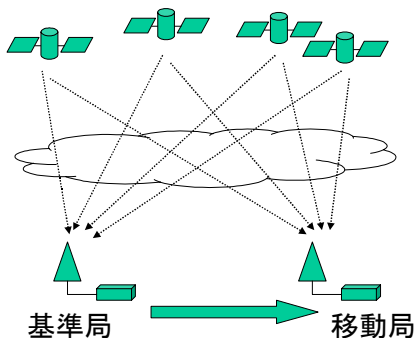


図 3 補正情報の通知

### 2.3.RTCM SC-104 規格のフォーマット

RTCM SC-104 形式の補正情報は、多くの場合、基準局側の受信機より RS-232C から出力される。RTCM SC-104 のメッセージのひとまとめのデータをフレームと呼び、複数の 30bit からなるワードで構成されている(図 4)。フレームは 2 ワードのヘッダから開始される。ヘッダ以降のワードはメッセージタイプによって内容が異なるが、全て 6bit のパリティで終了する。

0	5	10	15	20	25	29
プリアンブル	メッセージタイプ	参照局識別子			パリティ	
時刻符号	シーケンスタブ	ワード数	参照局状態	パリティ		
メッセージタイプによって異なる					パリティ	
メッセージタイプによって異なる					パリティ	
⋮						

図 4 RTCM SC-104 形式の packets フォーマット

RTCM SC-104 のフレームは可変長となる。メッセージタイプや観測できる衛星の数によって、その長さが変化する。例えば、GPS

のディファレンシャルで使用されるメッセージタイプ 1 の場合、衛星 8 つ補足できたとすると、640bit のデータが必要となる。また、RTK の場合は同様の条件で 760bit となる。以上のことより、GPS と GLONASS 合わせて 8 つの衛星が観測できる条件下では、ディファレンシャル、RTK で 1 秒に一回測位して送る場合、2800bit/sec の通信となる。

### 3. インターネットを用いた補正

現在、インターネットを用いた補正情報配信システムが幾つか存在する。これらのシステムは、図 5 に示すように、単純にインターネットを通信線として用いたものである。本章では、代表的なものとして(株)アルプス社公開実験と DGS-IP を挙げる。

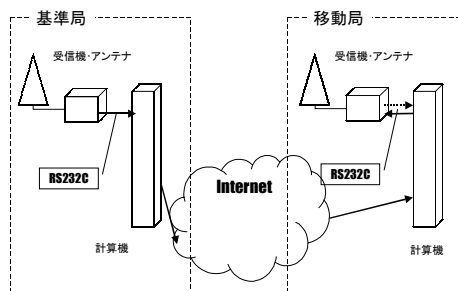


図 5 インターネットを用いた補正情報配信のモデル

#### 3.1. (株)アルプス社による配信実験

(株)アルプス社のシステムは HTTP と CGI を利用して補正情報配送するシステムである。公開実験の形をとり、1998 年 12 月 ~ 1999 年 2 月末に行われた。名古屋市千種区に設置されたノヴァテル社の GPS 受信機と計算機を基準局とし、移動局側では(株)アルプス社から提供される GPS ドライバを移動計算機にインストールして使用する。補正情報は RS232C を経由して受信機に提供される。補正情報の更新間隔は 2 秒となっている。以下に(株)アルプス社

のシステムの特徴をまとめる。

**データ形式** 配信されるデータは RTCM SC-104 形式である。

**プロトコル** このシステムでは HTTP を利用しており、CGI によって移動局からの配信要求を受けている。

### 3.2. DGPS-IP

DGPS-IP<sup>vi</sup>のシステムは RTCM SC-104 形式の補正情報を TCP または UDP でそのまま配信する。

基準局は 3 つが提供されている。ユーザは `dpgs.wsrcc.com` がポート 2101(カリフォルニア基準局)、2103(テキサス基準局)、2104(ニューヨーク基準局)で提供する補正情報の中から適当と思われるものを選択して利用する。

プロトコルは要求応答ではなく、TCP のコネクションを確立すると、RTCM SC-104 形式の情報が自動的に配信される。サーバーは最大 64 のクライアントに補正情報を提供できる。

UDP による配送は、現在のところ、実装はされているがテストされていない状態である。また、将来的にマルチキャストに対応する準備がある。以下に DGPS-IP のシステムの特徴をまとめる。

**データ形式** 配信されるデータは RTCM SC-104 形式である。

**プロトコル** TCP を利用したバイトストリーム通信。IANA から 2101 のポート番号を割り当てられているが、現状では複数の基準局の選択を 1 つのホストの異なるポート番号で行っている。

### 3.3. 考察

現在提供運用されているシステムは、性能の面で問題を持つ。(株)アルプス社が運用するシステムは CGI を用いているため、更新周期が 5 秒であり、補正後の精度が期待できない。また、DGPS-IP においても、インターネット上

で発生する遅延やジッタなどに関して考慮されておらず、安定した精度を得るのは難しい。また、双方とも TCP を用いているため、移動環境などのパケット紛失の多い状況での運用には向かない。

以上のように、現在、インターネット用いた補正情報配信は実験段階であり、我々の行っている InternetCAR も含め、一般的なプロトコルやシステムは存在しない。

## 4. 補正情報配信予備実験

補正情報配信プロトコルを設計するにあたり、大まかな指針を得るための予備実験を行った。本章では予備実験の目的、方法およびその結果について述べる。

### 4.1. 予備実験の目的

実時間測位の補正情報がインターネットを用いて配送される際、最も必要とされるのはリアルタイム性である。まず、インターネット上で発生すると考えられる遅延や通信速度の制限と補正の相関について調査する。

また、トランスポート層プロトコルと補正の関係についても調査する。

以上のことより、以下項目に関して、TCP と UDP のそれぞれを用いた場合の性能評価を行うことにした。

- 配信遅延量と補正成功率
- 使用帯域と補正成功率
- 配送遅延量と測位精度の低下
- 使用帯域と測位精度の低下

なお、遅延量としては、遅延なし、1000ms、2000ms、3000ms、4000ms、5000ms、6000ms、7000ms、8000ms の場合、帯域としては、制限なし、4800bps、7200bps、9600bps、32Kbps、64Kbps のそれぞれの場合について評価した。評価では、300 回以上の測位データを取得した。

また、補正の種類に関してはディファレンシャル GPS を用いた。

#### 4.2. 実験ネットワークの構成

今回の実験ネットワーク(図 6)は基準局から移動局までを閉じたネットワークとして敷設した。仮設ネットワーク内に遅延の発生と帯域の制限を行う装置を挿入する。

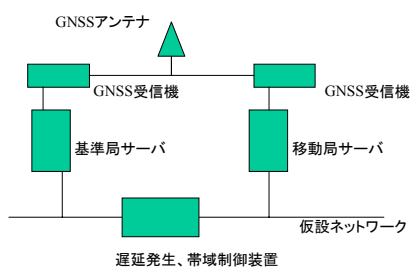


図 6 実験ネットワークの構成

基準局として、CPU が Intel Pentium 166MHz、メモリが 64Mbyte、10BaseT のネットワークインターフェイスを持つ計算機で、FreeBSD3.1 を使用して構成した。また、GNSS 受信機には Ashtech<sup>vii</sup>社製 Z18 を用いた。

遅延発生装置は、CPU が Intel Pentium 133MHz、メモリが 32Mbyte、2 枚の 10BaseT のネットワークインターフェイスを持つ計算機で、OS は FreeBSD4.0 を使用した。遅延の発生、帯域制限の機構は OS 付属の dummynet<sup>viii</sup>を使用した。dummynet はホストをルータまたはブリッジとして動作させ、そこを通過する通信に対し遅延の発生・帯域の制限・パケット損失をエミュレートすることができる。今回はルータとして動作させた。

移動局には、CPU が Intel Pentium 133MHz、メモリが 32Mbyte、ネットワークインターフェイスとして 10BaseT を持つ計算機で構成され、OS は FreeBSD3.4 を使用し

た。また、GNSS 受信機には Ashtech 社製 GG24 を用いた。

なお、基準局および移動局では、補正情報送受信のためのソフトウェアを動作させた。これらは基準局側 RS232C より取得した RTCM SC-104 形式の補正情報を、UDP または TCP でそのまま配信し、移動局側 RS232C へ提供するだけの機能を有している。オーバーヘッドを考慮し、それ以外の処理はしていない。

基準局のアンテナは慶應義塾大学藤沢キャンパス 棟(5 階建て)屋上設置した。両局間での衛星配置を全く同じにするために、移動局側は基準局のアンテナケーブルをスプリットして使用した。これは、補正情報の配信以外の影響を排除する zero base という一般的な評価方法である。

#### 4.3. 評価結果

遅延と補正成功率に関する実験結果を表 1 に、通信帯域と補正成功率に関する実験結果を表 2 に示す。

表 1 各遅延状態での補正成功率

遅延 (ms)	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
tcp(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
udp(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100

表 2 各帯域状態での補正成功率

帯域 (ms)	無制限	64K	32k	9600	7200	4800
tcp(%)	100	100	100	100	100	82
udp(%)	100	100	100	94.30	75	15

各遅延状態では、TCP、UDP とともに全ての場合で補正を行えた。各帯域状態では 7200bps より狭帯域で補正を行えないことがあり、わずかに TCP の成績が良かった。今回の実験で利用したネットワークは、実験専用敷設したネ

ネットワークで、パケットの紛失は少ない。このため、TCPの方が補正成功率がよい原因としては、TCPのセルフクロッキングによるジッタの削減などが考えられる。

次に、測位精度に関する実験結果について述べる。測位精度については各帯域、各遅延状態で300回の測位を行いその水平(東西南北)方向の標準偏差を調べた。各帯域における水平標準偏差を図7に、各遅延におけるものを図9に示す。ただし、図7と図9で水平標準偏差の間隔と最大値をそろえた。

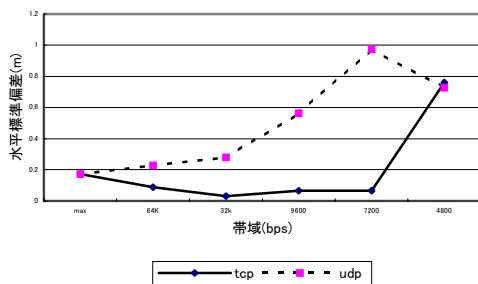


図7 各帯域における水平標準偏差

各帯域における水平標準偏差では、帯域を制限するにしたがって水平標準偏差が大きくなっているのが読み取れる。表2からも読み取れるように7200bpsより狭帯域では補正がかけられないことがあった。4800bpsではTCPで18%、UDPで85%補正が出来なかった。

使用する受信機にもよるが、帯域が不足して補正情報が到達しない際は、移動局側の受信機で過去に到達した最新の補正情報を繰り返し利用する機能がある。今回利用したGG24にはこの機能があり、4800bpsの帯域でTCP、UDPともに、補正情報の繰り返し利用が観察された。その際の測位結果の例を図8に示す。これはTCPで4800bpsに帯域を制限した際の測位結果であり、ボールド体になっている部分が何秒前の補正情報を用いて測位をしているかをあらわしている。この例では補正情報が到達しないことが原因で同じ補正情報を使い続

けていることがわかる。

```

...
$GPGGA,011806.00,3523.324728,N, ... ,009,0000*57
$GPGGA,011807.00,3523.324731,N, ... ,010,0000*5B
$GPGGA,011808.00,3523.324734,N, ... ,011,0000*5D
...
$GPGGA,012223.00,3523.325091,N, ... ,056,0000*56
$GPGGA,012224.00,3523.325089,N, ... ,057,0000*5C
...

```

図8 補正情報繰り返し利用

現在携帯電話の多くは9600bpsであり、今回の例ではその帯域で十分であることを示している。現状の衛星測位の利用形態では、携帯電話のような比較的狭帯域のリンクを用いても相対測位を利用することが可能であるといえる。しかし、将来的にGLONASSの本格運用やGALILEOの運用開始によって衛星数が増加し、補正情報大きいリアルタイムキネマティック方式が一般化する際には携帯電話では帯域が不足することが予想される。

帯域が不足して補正情報が到達しない場合、基準局側で送信を抑制すること(1秒毎の送信を2秒毎にするなど)で、連続して補正情報を取得できない状態を回避できる。これはプロトコル設計の際に考慮する。

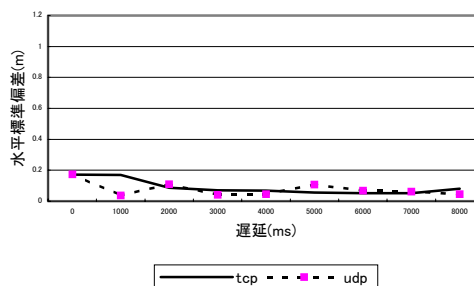


図9 各遅延状態における水平標準偏差

各遅延状態における水平標準偏差では、各帯域状態に置けるそれに比べて大きな変化が読



み取れず、標準偏差は 0.2m 以内に収まり高精度の測位が出来ていることを示している。これは通常のインターネットの遅延は相対測位で問題にならないことを示している。

相対測位に許される遅延は使用する受信機やその設定によって変わってくる。今回使用した GG24 では差動測位は 59 秒までの遅延が許されている。リアルタイムキネマティック測位の場合には 5 秒程度と一般にいわれているが、今回リアルタイムキネマティックに関して評価していない。リアルタイムキネマティックを用いる際に許容される遅延については将来的に調査する必要がある。

## 5. 補正情報配信プロトコルの設計

評価実験の結果をもとに、補正情報の配送のプロトコルを設計する。

今回の予備実験では、UDP を用いた場合と TCP を用いた場合で、大きな差異は認められなかった。そこで、マルチキャストの可能性を残した UDP による補正情報配信プロトコルと、ファイアウォール環境下での利用を考慮した TCP による補正情報配信プロトコルの双方を提案する。

### 5.1 UDP を用いたプロトコル

GNSS 補正情報は、基本的にはリアルタイムのストリーム通信と考えることができる。このため、ジッタの削減や diffserv<sup>ix</sup>などとの協調を考慮して、RTP(Real time Transport Protocol)<sup>x</sup>を用いたプロトコルを提案する。実際には、RTP を用いた補正情報配信プロトコルと、RTCP(Real time Transport Control Protocol)を用いた補正情報配信制御プロトコルから構成する。

補正情報配信プロトコルでは、補正情報の配信のみを行う。補正情報配送制御プロトコルでは通常の RTCP の仕組みに存在する送信者報

告、受信者報告、送信元記述、退去に加えて補正情報配信独自の拡張である要求を行う。

補正情報は RTCM SC-104 形式を加工して用いる。各ワードの 6bit パリティを送信前に除去し、受信後に再生成することによって、送信する情報量を削減することができる。更に、パケット紛失によるパリティの不整合を調整することが可能となる。パリティ生成のアルゴリズムは公開されており、移動局側のコンピュータで再計算することができる。

送信時のメッセージは、UDP ヘッダ、RTP ヘッダ、パリティを取り除いた RTCM SC-104 メッセージの順に構成する(図 10)。これは、RTP で規定されるメッセージフォーマットに従った結果である。

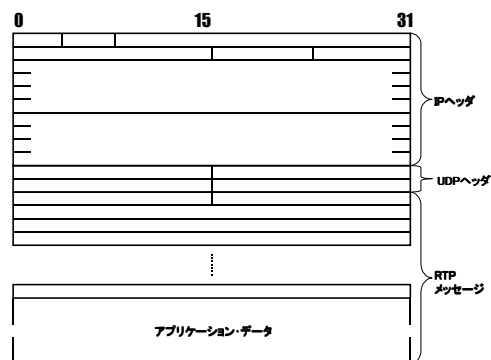


図 10 RTP のパケットフォーマット

RTP のアプリケーション・データ部分について図 11 に示す。アプリケーション・データ部に入る RTCM SC-104 メッセージは、24bit のワードを連続して配置する。補正情報にはフレーム内のワード数を示すフィールドが存在する。よってワード数によっては、32bit の整数倍にアプリケーション・データをあわせるために 8 または 16bit のパディングを行うことがある。

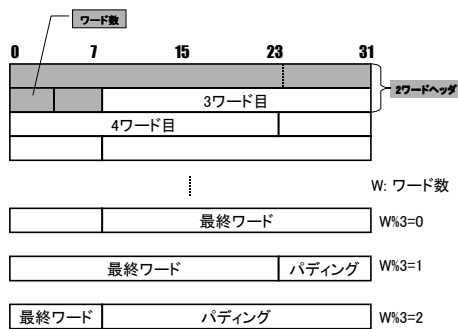


図 11 アプリケーション・データ部

次に、補正情報配信制御プロトコルについて述べる。RTP、RTCP はマルチキャストを前提とするシステムである。補正情報配信をマルチキャストで行う場合には、RTCP の制御に従う。また、補正情報をユニキャストにより配信することが考えられる。この場合、配信制御は移動局からの要求に従うものとする。これは、移動局が最適な補正局を選択できるようにするためである。RTCP はアプリケーション毎に拡張できるように設計されている。これを利用し、ユニキャストによる配信制御も RTCP を用いて行うよう設計する。

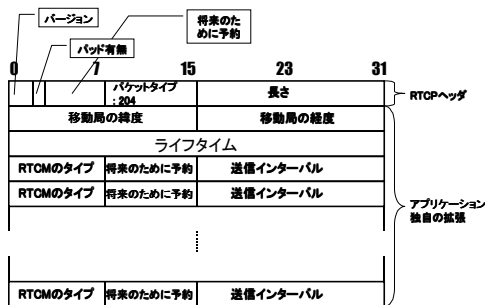


図 12 要求メッセージ(UDP)

補正情報配信制御プロトコルでは、RTCP ヘッダの packet type フィールドは、アプリケーション独自の拡張である 204 となる。要求メッセージは図 12 のような packet フォーマットを持つ。はじめ 32bit は RTCP 共通のヘッダ、16bit の移動局の緯度フィールド、同じ

く 16bit 経度フィールドが続く。これは、移動局の場所を指定して補正情報を要求することを可能にするためである。緯度フィールドは  $(90 - \text{緯度})65534/180$  の絶対値、経度フィールドは  $(\text{経度} + 180)65534/360$  の絶対値となる。次に、32bit のライフタイムフィールドが続く。これによってこのメッセージの有効期間を規定できる。単位は秒である。そのあとは補正情報の種類とその送信インターバルを規定する 32bit のフィールドが続く。複数の補正情報を受信したい場合、要求メッセージに複数の補正情報について規定することができる。それぞれ、はじめの 8bit には、実際の RTCM SC-104 形式のメッセージタイプを指定する。次の 8bit は予測される RTCM SC-104 形式のメッセージタイプの増加に対する予約フィールドとする。そのあとに、16bit の送信インターバルフィールドが続き、それぞれの RTCM SC-104 形式のメッセージタイプに対して送信間隔が記述できる。単位は秒である。

## 5.2 TCP を用いたプロトコルの提案

TCP を用いた補正情報配信プロトコルは要求メッセージと応答メッセージからなる。それぞれの役割は UDP を用いるプロトコルに準じる。UDP を用いるプロトコルで使用された RTCP による送信者報告、受信者報告、送信元記述、退去のメッセージは存在しないが、将来のためにメッセージタイプフィールドを用意し、拡張性を残しておく。

補正情報の配信に使用される応答メッセージのフォーマットは、UDP を用いるプロトコルから RTP ヘッダ部分を削除し、8bit のメッセージタイプフィールド(応答: 0)と 16bit のメッセージ長フィールドからなる。メッセージタイプフィールドの後ろに 8bit の予約フィールドを設ける。補正情報加工方法は UDP を用い



るプロトコルに準じる。パケットフォーマットを図 13 に示す。

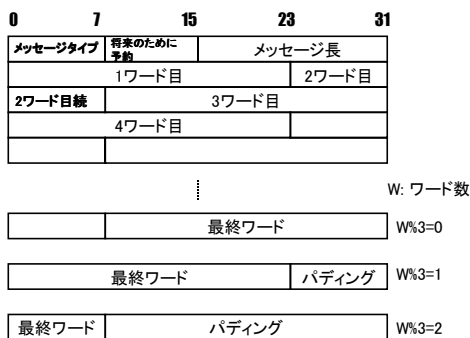


図 13 応答メッセージ(TCP)

補正情報の要求に用いられる要求メッセージは UDP を用いるプロトコルに準じる。はじめの 32bit は異なり、TCP を用いるプロトコルの応答メッセージ同様となる（メッセージタイプフィールドは 1）。それに続く部分については UDP の要求メッセージに準じる。同様に図 14 に示す。

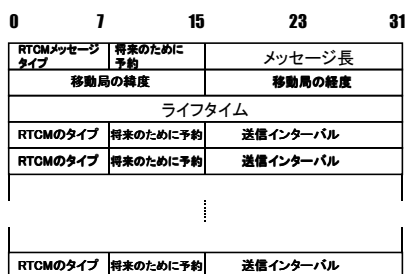


図 14 要求メッセージ(TCP)

## 6. 考察

本稿では、補正情報配信プロトコルの一つに、トランスポートプロトコルとして RTP を用いた補正情報配信プロトコルを提案した。この方式では、リアルタイムのストリーム通信である補正情報に対して、RTCP によるパケット損失数や到着間隔ジッタの報告を得ることができる。これにより、送信側の制御を行う可能性を

提供している。また、RTP にはタイムスタンプ等の実時間ストリーム通信に必要な情報が含まれており、レシーバに RTCM SC-104 メッセージを送るタイミングのシェーピング処理を可能としている。更に、アプリケーション独自の拡張である要求メッセージを追加することにより、ユニキャストによる補正情報配信機能も提供しており、多くの環境で本プロトコルを利用可能にしている。

また、トランスポートプロトコルに TCP を用いるプロトコルも提案した。移動局側でファイアウォールが存在する場合、UDP を用いるプロトコルが使用できないことも考えられ、TCP を用いるプロトコルも有用である。

補強システム<sup>xi</sup>のために、複数の基準局の補正情報を使用する仕組みが近年検討されている。これらのシステムは、RTP に存在するトランスレータ、ミキサといった複数のリアルタイム・トラフィックを収集、再配信する枠組を応用して支援できると考えられる。

予備実験の結果、補正情報の配信について通常のインターネットの遅延は問題がないことが明らかになった。しかし、帯域の不足は深刻な問題を引き起こす可能性があることがわかった。今回の予備実験では RTCP 等を使用した補正情報送信の抑制について効果があるか評価が出来なかったが今後必要になるものと思われる。

これは TCP を用いるプロトコルにも同様のことが言え、将来的に送信の抑制に関して評価を行う必要がある。送信の抑制機構が有効である際は、TCP を用いるプロトコルにも RTCP と同様の機構を提供する必要があるといえる。

以上のことより本稿で提案したプロトコル群は、高性能、高機能を衛星測位システムに提供することが可能であると考えられる。しかしながら、帯域を使い切る状況での補正情報送信の抑制や、リアルタイムキネマティックを用い

た補正情報配信に関して評価が不足している。また、インターネットには無線リンクのような狭帯域・高遅延・低信頼など、さまざまな状態があり、そのような条件下でも評価を行う必要がある。今後は実際に提案したプロトコルを実装し、その評価を行う。

## 7. まとめ

本稿ではインターネットを介して補正情報を配信するプロトコルを設計するために、トランスポートプロトコルによる差異やネットワークの状態による補正の成否や測位精度に予備実験を行い、評価した。

その結果、補正情報配信に許容される帯域や遅延について評価できた。また、狭帯域では配信の制御が必要になる可能性が認められた。

補正情報配信プロトコルをトランスポートプロトコルが TCP、UDP のものについて提案した。UDP ではジッタの影響を回避できるように RTP、RTCP を利用した。今後の評価によっては、TCP でも配信の制御を行うプロトコルを提供する必要がある。

今後は、更に多くの状況での測位精度を評価し、その性質を明らかにする必要がある。また、提案したプロトコルを実装し、その性能評価も行う予定である。

## 謝辞

今回の論文に関してご指導をいただいた WIDE プロジェクトの皆様、慶應義塾大学村井研究室の皆様、DX アンテナ株式会社の皆様に感謝いたします。

## 参考文献

---

<sup>i</sup> K.Uehara, Y.Watanabe, H.Sunahara, O.Nakamura, J.Murai, "InternetCAR -Internet Connected Automobiles-", Proc. of INET'98, Jul 1998

---

<sup>ii</sup> H.Hada, K.Uehara, H.Sunahara, J.Murai, I.Petrovski, H.Torimoto, S.Kawaguchi, "New Differential and RTK Corrections Service for Mobile Users, Based on the Internet", Proc. of ION'99, Jun 1999

<sup>iii</sup> NMEA0183 Standard For interfacing Marine Electronic Device Version 2.20, National Marine Electronics Association, January 1997

<sup>iv</sup> RTCM Recommended Standards for Differential GNSS Service version 2.2, Developed by RTCM Special Committee No. 104, January 15, 1998

<sup>v</sup> ディファレンシャルGPS補正情報の

インターネット配信に関する公開実験の実施について、(株)アルプス社、

<http://www.alpsmap.co.jp/overview/letter/19981120/dgps.html>, July 2000

<sup>vi</sup> DGPSIP, <http://www.wsrcc.com/wolfgang/gps/dgps-ip.html>, WSRCC 社, Wolfgang S. Rupprecht, July 2000

<sup>vii</sup> ashtech 社のホームページ、

<http://www.ashtech.com/>, July 2000

<sup>viii</sup> dummynet, Luigi Rizzo, [http://www.iet.unipi.it/~luigi/ip\\_dummynet/](http://www.iet.unipi.it/~luigi/ip_dummynet/), July 2000

<sup>ix</sup> "An Architecture for Differentiated Services" S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss. RFC 2475, December 1998.

<sup>x</sup> "RTP: A Transport Protocol for Real-Time

Applications" Audio-Video Transport Working Group, H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson. January 1996. RFC1889

<sup>xi</sup> Y.Kawakita, H.Hada, K.Uehara, I.Petrovski, S.Kawaguchi, H.Torimoto, S.Yamaguchi, J.Murai, "Design of Internet Based Augmentation Network", Proc. of GNSS2000, May 2000