

I-8 RTK-GPSのデータ交換に関する研究

A Study on the Data Exchange of RTK-GPS with CAD and Numerical Analysis System

佐田達典 大津慎一 高田知典 渡壁和人
 Tatsunori SADA Shun-ichi OHTSU Tomonori TAKADA Kazuhito WATAKABE

【抄録】本研究では、衛星を利用したリアルタイム高精度測位技術である RTK-GPS と CAD 及び数値解析システムとの間のデータ交換について検討を行った。検討の対象としたデータ交換は、測量・計測に関する作図用データ、測設用データ、解析用及び参照用データである。RTK-GPS の標準出力フォーマットである NMEA-0183 と測量 CAD 用の SIMA 共通フォーマットを対象としてデータ交換に必要な項目を検討した。これらの検討結果から数値解析への利用も考慮して、測量と計測で共通して利用できる「RTK-GPS 活用フォーマット」を試作した。そして、この活用フォーマットでデータ交換を確実かつ容易に行うために、属性入力、座標変換、データ編集などのプラットフォームの整備内容を示した。

【Abstract】 This paper describes the study on the data exchange between the RTK GPS system and CAD as well as the numerical analysis system. We discussed the data exchange format for drawing topographic figures, extracting the design data to stake out and analyzing the serial crustal movement data. NMEA-0183 which is the standard output format from the GPS receivers and SIMA which is the Japanese standard format for survey and design were investigated to make new data exchange format. We proposed the practical data exchange format for RTK GPS from the result of the investigation. The platform has been shown to make it easy and steady to exchange the data between RTK GPS, CAD and the numerical analysis system, such as data input, coordinate transformation, and data editing.

【キーワード】 RTK-GPS, CAD, 数値解析システム, データ交換, NMEA-0183, SIMA

【Keywords】 RTK-GPS, CAD, numerical analysis system, data exchange, NMEA-0183, SIMA

1. 研究の目的

RTK-GPS (Real-time Kinematic GPS) は実時間でセンチメートル精度の三次元測位が可能なGPS測位技術の一つである。移動しながらの計測及び連続計測が可能であることから、陸上並びに海上の応用的な測量・計測に適用されてきた。

測量分野での利用法としては、①地形データ収集と②位置出し(測設)とがある。前者はGPS受信機からの出力データに属性を付加し、座標変換、データ編集等を経てCADに取り込み、断面図、平面図の作成を実行する。後者はCAD図面から測設ポイントを抽出してRTK-GPSシステムに取り込み、誘導機能により構造物の基礎杭などを現地に位置出しをする。このように、RTK-GPSとCADとの間で双方向のデータ交換がある。

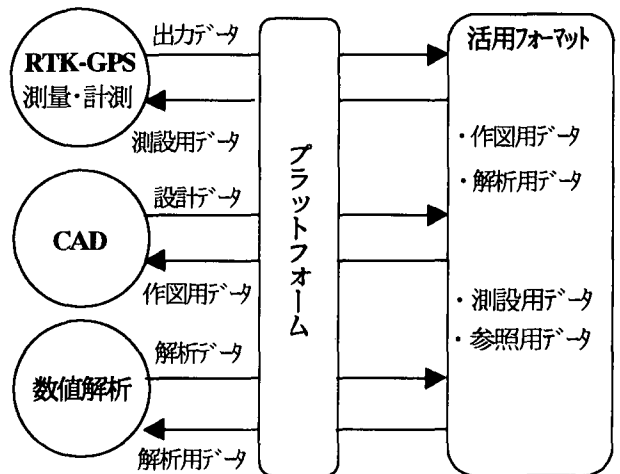


図-1 本研究の概要

連絡先：千葉県流山市駒木518-1 三井建設(株)技術研究所

TEL:0471-40-5207 FAX:0471-40-5218

一方、計測分野について見てみると、RTK-GPS は 1Hz (標準, 最大で 20Hz) で三次元座標データを時刻, 精度指標, 観測条件とともに連続して出力できることから, 地盤変位計測, 構造物の振動計測などへも応用される。したがって, RTK-GPS は数値解析システムとの間にもデータ交換 (登録, 検索, 参照) が発生する。

ところで, RTK-GPS システムに要する機器費用は光波測距儀等の従来測量機器に比較し, 3~4 倍以上である。したがって, 現状では同システムを単一用途ではなく複数の用途に適用しなければ, 導入コストに見合った効果を期待しにくい。そのためには, 複数の用途に共通して使用できるデータフォーマットと各用途別のプラットフォームの整備が望まれる。

そこで本研究では, 測量・計測における RTK-GPS と CAD 及び数値解析システムとの間のデータ交換について検討を行い, プラットフォームを介して共通の活用フォーマットでデータ交換を行うことを目的とした (図-1)。本稿では各システムのフォーマット調査に基づき, 測量と計測で共通して利用できるように試作した「RTK-GPS 活用フォーマット」とデータ交換を確実かつ容易に行うためのプラットフォームの要件について述べる。

2. RTK-GPS の機能と構成

(1) RTK-GPS の概要

RTK-GPS は, 移動局の三次元座標をセンチメートル精度でリアルタイムに計測する干渉測位技術の一つとして 1993 年に実用化された。当初は移動局を既知点に固定して後述する搬送波位相計測における整数値アンビギュイティを求めてから開始する必要があったが (初期化という), 1995 年に任意の場所で移動しながら初期化ができる OTF (on the fly) 法が使用できるようになってからは操作性が格段に向上し適用性が飛躍的に高まった。特に, 動揺が不可避である海上船舶での適用が可能となったことは大きい。

陸上での測量に関しては, 携帯パソコンやハンディターミナルを GPS 受信機に接続して画面誘導により測量を実施するシステムが実用化されている。土量計測のためのメッシュ点高計測, 縦横断測量, 平板測量などの地形測量, 構造物の基礎杭位置出しなどの用途に利用され, 従来法の 3 倍以上の効率化が示されている。ただし, どの場所でも同様の効果が得られるわけではなく, 衛星電波の遮断が頻繁に発生する街中や山林では, 効率が極端に低下することに留意しなければならない。

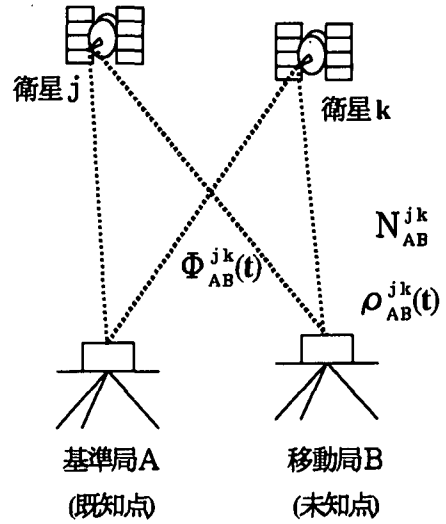


図-2 二重位相差

(2) RTK-GPS 測位の原理

RTK は干渉測位を用いており衛星から送信される搬送波 (L1 帯: 1575.42MHz, L2 帯: 1227.6MHz) の位相を計測している。しかし, 衛星から受信機までの位相 (波数) そのものは観測できず, 位相積算値の変化を観測している。したがって, この位相積算値には整数の波数不確定性 (整数値アンビギュイティ) が含まれる。RTK はこの整数値アンビギュイティを短時間で求め, 移動局の三次元位置をリアルタイム (通常 1 秒間隔) で計算する。

a) 搬送波位相の観測

電離層や対流圏による電波伝搬遅延等を無視すると, 受信機 i で衛星 j からの搬送波位相積算値 $\Phi_i^j(t)$ は次の式で表わされる。

$$\Phi_i^j(t) = \frac{1}{\lambda} \rho_i^j(t) + N_i^j + f^j \delta^j(t) - f^j \delta_i(t) \quad (1)$$

ここで, $\rho_i^j(t)$: 時刻 t における信号が発射された瞬間の受信機 i から衛星 j への距離, λ : 搬送波波長, N_i^j : 整数値アンビギュイティ, $\delta^j(t)$: 衛星時計の誤差, $\delta_i(t)$: 受信機時計の誤差, f^j : 衛星送信周波数である。

b) 二重位相差 (Double-differences)

いま, 受信機 A (基準局: 既知点) 及び受信機 B (移動局: 未知点) と衛星 j, k を考える。

$$\Phi_{AB}^{jk}(t) = (\Phi_B^k(t) - \Phi_A^k(t)) - (\Phi_B^j(t) - \Phi_A^j(t)) \quad (2)$$

とすると, 式(1)より,

$$\begin{aligned} \Phi_{AB}^{jk}(t) &= \frac{1}{\lambda} \{ (\rho_B^k(t) - \rho_A^k(t)) - (\rho_B^j(t) - \rho_A^j(t)) \} \\ &\quad + (N_B^k - N_A^k) - (N_B^j - N_A^j) \\ &= \frac{1}{\lambda} \rho_{AB}^{jk}(t) + N_{AB}^{jk} \end{aligned} \quad (3)$$

$\Phi_{AB}^{jk}(t)$ を二重位相差といい、式(3)より衛星時計の誤差の項と受信機時計の誤差の項が消去されている(図-2)。

c) 未知点座標の計算

式(3)より $\Phi_{AB}^{jk}(t)$ は観測量であるから、整数値アンビギュイティ N_{AB}^{jk} が決定されれば、 $\rho_{AB}^{jk}(t)$ が求められる。 $\rho_{AB}^{jk}(t)$ は未知数として B の未知点座標を3個含むから、この3未知数を解くためには、式(3)を3個以上与えなければならない。そのためには4個以上の衛星からの観測量が必要である(衛星数を n とすると独立な二重位相差は $n-1$ 個となるため)。また、式(3)より、整数値アンビギュイティは時刻に依存しない。一度アンビギュイティを求めれば、受信中断がない限りその値は保持され、式(3)を用いて未知点座標を時刻毎に連続して計算できる。

d) アンビギュイティの決定方法 (OTF)

OTFは"on-the-fly"の略であり、移動しながら初期化(整数値アンビギュイティの決定)する機能をさす。OTFについては数多くのアルゴリズムが開発されている⁹⁾。

OTFの概略処理手順は次の通りである。

まず、擬似距離と搬送波位相を使ってアンビギュイティと未知点の座標を一緒に解き、近似解を得る。次にアンビギュイティの組合せについて候補の絞り込みを行う。そして、アンビギュイティの組合せ候補全てについて最小二乗法により基線解を求めて残差を計算し、その残差の二乗和が最小になるアンビギュイティの組合せを選定する。最小二乗法を適用するためには、未知数3(未知点座標)より多い方程式数(すなわち、4個以上)が必要となるため、観測衛星数は5衛星以上でなければならない。最後に採用したアンビギュイティの組合せを統計的手法を用いて検証を行い確定する。整数値アンビギュイティを決定するまでの時間は、衛星数、衛星の幾何学的配置、観測時のノイズなどの条件による。

(3) システム構成

a) 基本構成

GPS受信機はL1、L2の両波を受信できる二周波受信機を用いる。座標既知点に設置する基準局受信機と計測用である移動局受信機の2台を基本構成とする。基準局から移動局に対して搬送波位相データや基準局座標データを送信する通信システムを両局に備える。移動局は基準局からのデータ送信を受けてリアルタイムに連続して基線計算を行い、測位結果を出力する。出力結果はハンディターミナルや携帯パソコンで表示記録される。図-3はシステム構成例である⁹⁾。

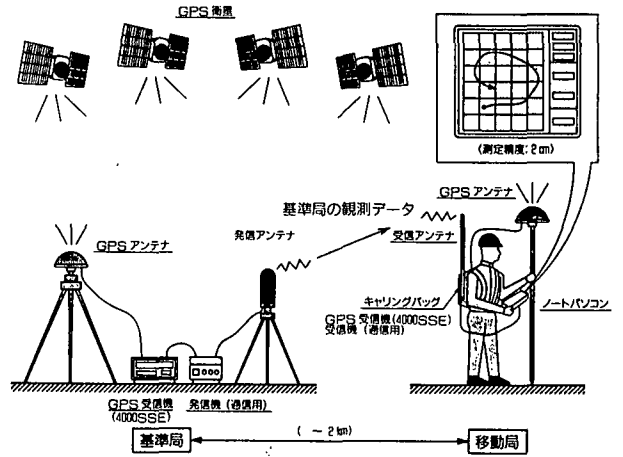


図-3 RTK-GPSシステム構成例

b) 観測条件

整数値アンビギュイティを求める初期化時は5個以上の衛星を捕捉する必要がある。衛星数が多いほど初期化に要する時間は短くなる。初期化後は4衛星の捕捉で良い。捕捉衛星数が4個未満になると厳密解でなくなるため、5個以上の衛星を捕捉できる場所へ移動して再初期化を行わねばならない。また、基準局と移動局間の距離は電離層等の影響程度がほぼ同等となる15km程度未満に制限される。それ以上になると初期化に長い時間を要したり、初期化自体が不能となることがある。

c) 通信内容と伝送フォーマット

RTK用に伝送すべき情報は、基準局座標と基準局で観測された全衛星に対しての搬送波位相及び擬似距離に関するデータである。伝送フォーマットは共通フォーマットと受信機メーカー独自に作成しているフォーマットとがある。共通フォーマットとしては米国の船舶電波技術委員会(RTCM: Radio Technical Commission for Maritime Service)が勧告しているRTCM-SC104と呼ばれるフォーマットがあり、現在はVer2.2である⁹⁾。一方、メーカーが開発したフォーマットの一つとしてTrimble Navigation社が開発したCMRフォーマットがある。これはRTK用に開発されたコンパクトなフォーマットであり、1997年10月から実施された「電子基準点とデジタルMCA無線を用いたRTK-GPS公開実験」(RTK-GPS実験推進協議会)で採用された⁹⁾。

d) 通信システム

通信速度は各受信機メーカーにより異なるが1200bps~4800bps以上が必要である⁹⁾。利用できる無線システムとしては、特定小電力無線、SS無線、デジタルMCA無線などがある。

3. RTK-GPS の出力データ

(1) RTK-GPS の出力フォーマット

RTK-GPS の出力フォーマットは受信機メーカー毎の独自のフォーマットと標準フォーマットとがある。標準フォーマットは米国の National Marine Electronics Association (NMEA) によって作成された NMEA-0183 である。海洋航法機器間でナビゲーションデータの通信をするための電気的な信号、データ伝送プロトコル、タイミング、文字列のフォーマットを定義している⁹⁾。NMEA-0183 には各種のメッセージがある。表-1に概要を示す。

NMEA のメッセージの内、位置を出力するのは GGA と GGK であるが、GGA はディファレンシャル測位 (DGPS) 用であり、RTK-GPS には位置座標値の出力桁数が不足する。RTK-GPS では位置出力メッセージとして GGK を使用する。GGK の出力項目について表-2に示す。また、測位誤差の統計値は GST で出力される (表-3)。本研究では RTK-GPS 出力データから、①平面図、断面図等作成、②変位データ解析を行うことを目的としていることから、GGK と GST を基本データとする。

(2) RTK-GPS 出力データの特徴

NMEA-0183 (GGK, GST) により出力されるデータを従来の測量機器の出力データと比較すると、次の特徴がある。

- ①データ出力間隔は標準で1秒 (1Hz) , 最小で0.05秒 (20Hz) で連続して出力される。
- ②三次元座標は WGS-84 での緯度、経度、楕円体高で出力される。
- ③従来測量機器にはない次のデータを出力する。
 - ・時刻データ
 - ・解のタイプ (単独測位解, 搬送波位相フロート解 (FLOAT 解), 搬送波位相整数値固定解 (FIX 解), コード測位解 (DGPS 解))
 - ・精度指標 (RMS 値, 誤差楕円データ)
 - ・観測条件 (測位使用衛星数, PDOP: 衛星の幾何的配置の良否を表わす指標)
- ④計測座標の属性 (点名, 線名など) は含まれない。

4. CAD フォーマットの調査

本研究では、RTK-GPS 出力データの CAD への取り込みに関して測量 CAD の標準フォーマットである SIMA を対象として調査した。平面図、断面図等の作図に必要な項目の洗い出しを行なった。

表-1 NMEA-0183 メッセージの概要

メッセージ	出力項目
GGA	時刻, 位置, 測位関連データ
GST	測位誤差の統計値
GSV	観測可能衛星数, PRN, 仰角, 方位角
GGK	時刻, 位置, 測位タイプ°, PDOP
PKJ	局地座標の位置
PJT	投影タイプ
VGK	時刻, 位置ベクトル, 測位タイプ°, DOP
VHD	進行方向情報
VTG	実際の進行方位と対地速度
ZDA	UTC 日, 月, 年, ローカル時差offset

表-2 GGK メッセージの内容

出力項目	内容
測位時刻	UTC (時間, 分, 秒)
日付	日, 月, 年
緯度	度, 分 (小数点以下6桁)
緯度の方向	N: 北緯, S: 南緯
経度	度, 分 (小数点以下6桁)
経度の方向	E: 東経, W: 西経
GPS 測位タイプ°	0: 測位がないか, 無効 1: 単独測位解 2: 搬送波位相フロート解 3: 搬送波位相整数値固定解 4: DGPS 解 (コード測位解)
衛星数	測位に使用した衛星数
PDOP	衛星の幾何学的配置の指標
楕円体高	WGS-84 基準楕円体からの高さ
楕円体高単位	M: メートル

表-3 GST メッセージの内容

出力項目	内容
測位時刻	UTC (時間, 分, 秒)
擬似距離残差の RMS 値	RTK (フロート解), RTK (整数値固定解) 処理時は搬送波位相残差を含む
誤差楕円長軸の誤差	1シグマ誤差 (メートル単位)
誤差楕円短軸の誤差	1シグマ誤差 (メートル単位)
誤差楕円の方向	真北からの角度
緯度の誤差	1シグマ誤差 (メートル単位)
経度の誤差	1シグマ誤差 (メートル単位)
高度の誤差	1シグマ誤差 (メートル単位)

(1) SIMA 共通フォーマット

SIMA 共通フォーマットは日本測量機器工業会が 1994 年 6 月に発表した測量データに関する共通フォーマットであり 1997 年 9 月に改訂された (Ver.02)⁷⁾。本研究で

表-4 SIMA 共通フォーマット(Ver.02)の概要

項目	内容	属性
測点	1)座標出力開始データ 2)座標データ 3)座標出力終了データ 4)構成点データ 5)構成点追加距離データ	点番号,点名称,X,Y,Z 点番号, 点名称 追加距離
線分	1)要素区間開始データ 2)半径データ 3)クロソイドデータ 4)線属性データ 5)要素区間終了データ	区分,半径 パラメータA,始点半径, 終点半径 辺長,方向角
画地	1)画地開始データ 2)画地終了データ 3)三斜開始データ 4)三角開データ 5)三角形属性データ 6)三斜終了データ	画地番号,地番,画地種別 A,B,C 点番号,点名称 辺長, 底辺, 高さ
路線	1)路線開始データ 2)路線属性データ 3)路線終了データ	路線番号,グループ番号, 路線名称,路線種別 追加距離
縦断成果	1)縦断成果出力開始データ 2)縦断成果データ 3)縦断成果出力終了データ	路線番号,路線名称 点名称,追加距離,地盤高, 杭頭高,測点種別
横断成果	1)横断成果出力開始データ 2)横断センター情報データ 3)横断成果データ 4)横断成果出力終了データ	路線番号,路線名称 断面名,追加距離,地盤高, 杭頭高 点名称,距離,地盤高
データファイル情報	1)ファイル属性データ 2)コメントデータ	バージョン番号,現場名称 コメント

は Ver.02 を対象として検討を行った。SIMA 共通フォーマットの基本構造は、1行1レコードのMS-DOSテキストファイルであり、レコードの記述方法は、[データ区分],[区切り],[項目1],[区切り],…,[項目n],[CRLF]の並びとなっている。データ区分はその行のデータ種類を表す記号であり、省略はできない。区切りは“,”(カンマ)である。項目数はデータ区分に応じて変わる。Ver.02の概要を表-4に示す。

(2) 作図用に必要なフォーマット項目

表-4に関して、RTK-GPSの出力を用いた作図用に

表-5 対応必要項目の仕様

項目	仕様	省略
「測点」 点番号 点名称 X, Y, Z 追加距離	5桁の整数 桁数制限無し 小数点形式, 制限無し 小数点形式, 制限無し	不可 可 可 可
「路線」 路線番号 路線名称 路線種別 追加距離	5桁の整数 桁数制限無し 1~7までの整数 小数点形式, 制限無し	不可 可 不可 不可
「縦断成果」 路線番号 路線名称 点名称 追加距離 地盤高 杭頭高 測点種別	5桁の整数 桁数制限無し 桁数制限無し 桁数制限無し 桁数制限無し 桁数制限無し 1=測点, 2=変化点	可 可 可 不可 不可 可 不可
「横断成果」 路線番号 路線名称 断面名 追加距離 地盤高 杭頭高 距離	5桁の整数 桁数制限無し 桁数制限無し 桁数制限無し 桁数制限無し 桁数制限無し 桁数制限無し	可 可 可 可 不可 可 可
「データファイル情報」 バージョン番号 現場名称 コメント	整数2桁 桁数制限無し 桁数制限無し	不可 可 可

必要なフォーマット項目を調査した。なお、今回のデータ変換は地形平面図作成及び縦横断面図作成を目的としている。

その結果、まず、フォーマット項目の「測点」及び「データファイル情報」は上記の全ての目的にとって必要である。

地形平面図作成については「画地」または「路線」の結線機能を利用することとなるが、今回は「路線」を使用した。また、「線分」の扱いであるが、RTK-GPSでは1秒間隔(標準)で連続して細かい地形データを取得できることから、平面図作成に際しては連続計測点間を直線で結ぶこととしている。したがって、「線分」は記述の必要がない。

縦横断面図作成では、「縦断成果」、「横断成果」を用いる。以上をまとめると、作図用に対応が必要なフォーマット項目は「測点」、「路線」、「縦断成果」、「横断成果」及び「データファイル情報」となる。表-5に対応必要項目の仕様を示す。

5. RTK-GPS 活用フォーマット

(1) フォーマットの構成

3章及び4章の検討をもとに、「RTK 活用フォーマット」の試作を行った。本フォーマットは大きく分けて①プロジェクト情報、②計測情報インデックス、③計測情報フォーマット等で構成される。①は測量及び計測のプロジェクト内容(表-6)、②は座標変換パラメータなどプロジェクト毎の属性情報を格納したのファイル情報(表-7)、③が実際にRTK-GPSシステムから記録するフォーマット内容である。

(2) 計測情報フォーマット

NMEA-0183 (GGK, GST) から表-8に示す項目を計測情報フォーマットに盛込んだ。また、CAD への対応としてはGGK, GST 以外で計測対象(点、線)と点名称を加えている。

数値解析システムへの対応として、CAD では通常必要としない時刻データと観測条件及び精度指標を盛込んでいる。時刻データは時系列データ分析に不可欠であり、NMEA-0183 では UTC (協定世界時) であるが、本フォーマットでは JST (日本時間) に変換している。さらに、次節で述べるように、RTK-GPS から出力される座標成分は、観測条件により精度が大きく変動するため、変位計測など高精度を要求されるアプリケーションでは、観測条件及び精度指標を座標値とともに取り出す必要がある。

表-8に①作図用データ、②測設用データ、③解析用データ、④参照用データの標準対応項目を○印で示す。

(3) データ交換に際しての課題

a) 座標変換

RTK-GPS から出力される緯度、経度を平面直角座標 (X, Y) に、楕円体高を標高へ変換する必要がある。

b) 解の取舍選択と精度指標

在来測量機器では出力される結果は機器の精度上の規格を満たした確定値であるが、RTK-GPS の場合は、出力される結果は常に最高の精度を保っているわけではない。まず、解のタイプについては、センチメートル精度となるのは、搬送波位相整数値アンビギュイティ固定解 (FIX 解) のみである。したがって、通常の測量用途の場合、FIX 解のみ採用し他は棄却しなければならない。

ちなみに、単独測位解となるのは基準局からのデータ送信が途絶した時であり (FIX 解、FLOAT 解に係わらない)、精度は数十 m になる。FLOAT 解となるのは観測衛星数が4個未満となり、整数値アンビギュイティが失わ

表-6 プロジェクト情報の項目と内容

項目	内容
ワトウェアバージョン	RTK-GPS 測量・計測用ソフトウェア
プロジェクト名	測量業務名, 計測業務名
開始日/終了日	プロジェクトの開始日/終了日
GPS 受信機名	GPS 受信機名称
作業者	測量, 計測作業者名

表-7 計測情報インデックスの項目と内容

項目	内容
座標変換パラメータファイル名	局地座標系で座標を記録した場合の変換パラメータ格納ファイル名
測量・計測ファイル数	測量・計測のファイル数 (以下の2つはファイル数だけ繰り返す)
測量・計測名	識別のためのコメント
測量・計測ファイル名	計測情報が格納されているファイル名
目標点情報ファイル数	測設のための目標点情報のファイル数 (以下の2つはファイル数だけ繰り返す)
目標点情報名	識別のためのコメント
目標点情報ファイル名	目標点情報が格納されているファイル名
参照情報ファイル数	数値解析結果の参照情報のファイル数 (以下の2つはファイル数だけ繰り返す)
参照情報名	識別のためのコメント
参照情報ファイル名	参照情報が格納されているファイル名

れた場合であり、精度は数十 cm~数 m である。これは再初期化して FIX 解となるまで続く。

さらに、FIX 解を採用した場合も精度は観測条件により異なる。観測条件は主に測位に使用した衛星数、PDOP 値 (衛星の幾何的配置の良否を表わす指標、値が大きいほど測位精度は低下する) で表現されるが、誤差要因であるマルチパス (衛星からの直接波だけでなく地物での反射波がアンテナに入射する現象) など観測地点の電波環境は記述されない。したがって最終的には解の RMS 値、誤差楕円データを精度指標として確認することとなる。

c) 属性データの入力・編集

作図用データとしての属性は、GPS 受信機から出力される段階では座標値 (変換前) を除き全く記述されていない。データを受けるパソコンやハンディターミナル側で点名称および計測対象 (点、線) を付加しなければならない。また、活用フォーマットから作図用データを生成するには点番号付与などのデータ編集が必要である。

6. プラットフォームの整備

データ交換のためのプラットフォームの機能について次にまとめる。

表-8 計測情報フォーマットと標準対応項目

データ名称	データ形式	内容	CAD 対応		数値解析	システム対応
			作図用データ	測設用データ	解析用データ	参照用データ
日付	WORD	西暦 (4桁)	○		○	○
	WORD	月	○		○	○
	WORD	日	○		○	○
JST 時刻	WORD	時	○		○	○
	WORD	分	○		○	○
	WORD	秒*100	○		○	○
計測対象	WORD	点:0, 線:1	○			
計測モード	WORD	0: 測位がないか無効 1: 単独測位解 2: 搬送波位相70°ト解 3: 搬送波位相整数値 固定解 4: DGPS 解	○ (3 以外は棄却)		○ (通常, 3 以外 は棄却だが, 目的に応じて その他も可)	○
計測点名称	固定長文字列		○	○	○	○
X座標	DOUBLE		○	○	○	○
Y座標	DOUBLE		○	○	○	○
標高	DOUBLE		○		○	○
使用衛星数	WORD				○	○
PDOP	WORD	PDOP*10			○	○
RMS 値	DOUBLE				○	○
1σ誤差 (緯度方向)	DOUBLE				○	○
1σ誤差 (経度方向)	DOUBLE				○	○
1σ誤差 (高さ方向)	DOUBLE				○	○
座標系番号	WORD				○	○
ジオイド高	DOUBLE	計測値→楕円体高変換パラメータ			○	○
Padding	0~3BYTE	構造体サイズを 4 の倍数で丸める。				

(1) 計測時のデータ処理

a) 属性入力

計測時の操作性を考慮して属性入力は必要最小限に留めた。①計測対象 (0:点, 1:線), ②計測点名称 (測定モードが 1:線の場合は線名称) の二つを計測時にパソコン及びハンディーターミナルから入力する。

b) 座標変換

RTK-GPS からの座標は WGS-84 (World Geodetic System) での緯度, 経度, 楕円体高である。通常の測量で利用する平面直角座標に変換するには, まず, 東京測地系での緯度, 経度に変換し, その後, 平面直角座標 (X, Y) に変換する。楕円体高は, RTK-GPS 基準局の高さについて WGS-84 での楕円体高と標高とを同時に与えることによって, その

差 (1 km 程度の狭い範囲では固定してよい) を用いて移動局の楕円体高を直接, 標高に変換する。

c) 測位解の取舍選択

通常の測量や計測目的では, FIX 解のみをデータとして取込み, その他の解は棄却する。ただし, 目的によっては他の解を取込む場合もある。

(2) 作図用データ編集

表-5の項目に対応したデータの編集を行う。例えば, 「点番号」は計測時刻順に自動的に付与する。「点名称」は点データのときは「計測名称」とし, 線データの各構成点については, 「計測名称」+「点番号」とする。表-9にデータ編集の内容を示す。

表-9 作図用データ編集の内容

項目	処理方法
点番号	計測順に自動付与
点名称	点データ：「計測名称」 線データ：「計測名称」+「点番号」
X, Y, Z	「X座標」, 「Y座標」, 「標高」
路線番号	編集時に入力
路線名称	編集時に入力
路線種別	編集時に入力
追加距離	編集時に入力
地盤高	「標高」
杭頭高	「標高」
測点種別	編集時に入力
距離	座標値から自動計算

(3) 測設用データ編集 (CAD からの点座標抽出)

CAD データからの測設用点座標抽出方法としては、

- ① 測設目標点が含まれる CAD データから不要な部分を削除し、測設する点名とポイントだけのデータとする。
- ② このデータを DXF 形式で出力して点名称と座標の照合を行い、点名称と座標のファイルを作成する。
- ③ これを最初の CAD 図面に重ね合わせてチェックを行い、確認の上、(点名称, x座標, y座標) の CSV 形式のデータとして出力する。

(4) 測設用座標系変換

CAD から抽出した測設用データは局地座標であるため、平面直角座標を標準で用いる RTK-GPS システムは局地座標への座標変換をしなければならない。作業エリアで平面直角座標と局地座標の両方を有するポイントを 4 点程度用意し、その内の 2 点を計測して局地座標に変換するパラメータを求め、残りのポイントでチェックを行う。この時求めたパラメータを計測情報インデックスに登録しておけば、事後のデータチェックに有効である。

(5) 解析用データ編集

計測情報フォーマットから必要な項目を抽出する機能があれば良い。通常、CSV 形式でデータ交換を行なう。

(6) 参照用データ編集

解析結果を参照するためのデータ編集である。参照項目を選択することとなるが、現状のフォーマットでは統計量等の表示項目が実際上不足している。今後、フォーマット項目に拡張の余地がある。

8. 結論

本研究では、測量・計測における RTK-GPS と CAD 及

び数値解析システムとの間のデータ交換について検討を行った。検討の対象としたデータ交換は、①作図用データ、②測設用データ、③解析用データ、④参照用データであり、RTK-GPS の標準出力フォーマットである NMEA-0183 と測量 CAD 用の SIMA 共通フォーマットを対象としてデータ交換に必要な項目を検討した。これらの検討結果から数値解析への利用も考慮して、測量と計測で共通して利用できる「RTK-GPS 活用フォーマット」を試作した。そして、この活用フォーマットでデータ交換を確実かつ容易に行うために、プラットフォームの整備内容を示した。

プラットフォームについては、計測時のデータ処理、作図用データ編集、測設用データ編集、測設用座標変換を整備完了して実務で既に活用しており、共通フォーマットを用いることで CAD との各種データ交換を円滑に実行している。解析及び参照用データ編集については、フォーマット項目の拡張を含めて今後の検討課題である。

本研究で提案した「RTK-GPS 活用フォーマット」は、①同一フォーマットで測量・計測の各種用途に対応でき、RTK-GPS システムを複数用途で活用できる、②プラットフォームにより在来アプリケーションに簡単に接続できるなどの特徴を備えている。今後、ネットワーク環境下で共同作業を展開していく上でも、共通フォーマットの設定は必要であるので引き続き検討していく予定である。

参考文献

- 1) Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. and Collins, J.: Global Positioning System: Theory and Practice, 4th revised edition, Springer-Verlag, Vienna and New York, pp.226-249, 1997
- 2) RTCM: RTCM Recommended Standard for Differential GNSS, Version 2.2, RTCM Paper 11-98 /SC104-STD, 1998.
- 3) RTK-GPS 実験推進協議会: RTK-GPS に関する技術研究発表会資料, 1998.
- 4) 佐田達典, 高田知典: GPS 誘導型測量システム, 応用測量論文集, pp13-19, 日本測量協会, 1994.
- 5) 岡本 修: RTK-GPS 利用上の問題点, GPS シンポジウム' 98 pp143-152, 日本航海学会, 1998.
- 6) National Marine Electronics Association: NMEA-0183 Standard for Interfacing Marine Electronics Devices Version 2.30, 1998.
- 7) 日本測量機器工業会: 測量データ共通フォーマット (SIMA 共通フォーマット Ver.02), 1997.