

II-26 SS無線を利用した「マルチローバRTK-GPSシステム」

鉄建建設機技術研究所 ○山崎多賀一、芝 司朗、岩崎 次夫
(株)ソキア 本田 雅昭、鈴木昭太郎、土屋 潤一

1. はじめに

近年、測量分野で急速に進展しているGPS測量を利用して、施工および施工管理の効率化、精度の向上を図った工事システムが求められている。そして、建設工事ではGPS測量の中でもリアルタイムに自己位置が測定できるリアルタイムキネマティックGPS法（以下RTK-GPS）が注目されている。このRTK-GPSは、固定局（基準点）の受信したデータを移動局（測定点）に無線で伝送し、移動局の三次元座標を現場座標系でリアルタイムに確認できる手法である。ところが、既に実用化しているRTK-GPSは、固定・移動局間のワンウェイシステムで、しかも無線装置は、特定小電力無線タイプがほとんどである。したがって、複数の移動局のデータを事務所などの中央コントロール室で一括処理できず、さらに無線同士の衝突トラブル等が発生したりして、RTK-GPSが本来持っている機能を建設工事現場で十分には運用できなかった。

そこで今回、国産のGPS受信機を使用し、通信にはSS無線を用いて複数の移動局をマルチコントロールできる新しい「マルチローバRTK-GPSシステム」を開発した。本システムは従来のRTK-GPSのいくつかの課題を解決できるものである。本文では、この新しいシステムの概要と建設工事現場で行ったシステム確認実験（無線通信、GPS測量精度など）について報告する。

2. システム概要

2.1 システムの構成

本システムは、図-1に示すように複数のGPS受信機およびデータを伝送するSS無線伝送装置と移動局演算装置（パソコン）から構成している。無線伝送装置の内、1台はセンタ局となり、もう1台は位置計測の基準となる固定局となる。センタ局（監視点）の移動局位置演算装置（パソコン）では、それぞれの移動局の三次元位置座標（X, Y, Z）がリアルタイムに管理でき、さらにはセンタ局から修正位置情報をそれぞれの移動局に送ることで、1対nの双方向の位置情報管理が可能となる。

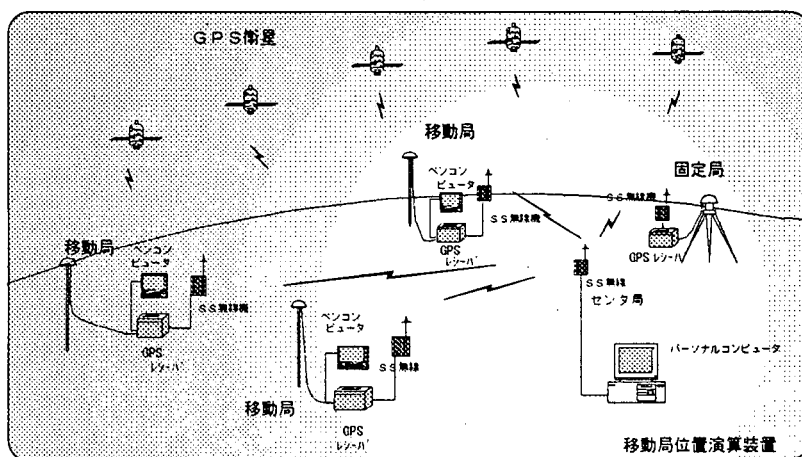


図-1 マルチローバRTK-GPSシステム

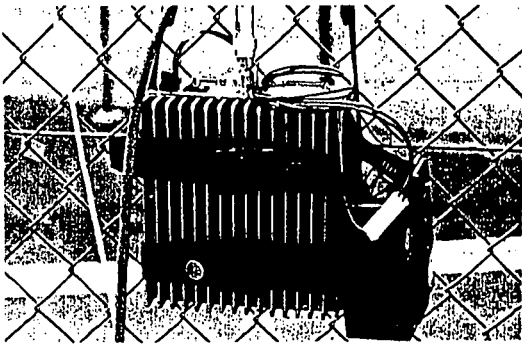
2.2 無線通信技術

複数の移動局をマルチコントロールできる無線通信システムを確立するために、従来のRTK-GPSの通信部にSS無線を使用した。主な無線通信の仕様を表-1に、使用したSS無線機を写真-1に示す。本システムはセンタ局1台、移動局最大15台で構成し、各無線局には異なるIDコードが割り当てられ、I

D＝0となった無線局がセンタ局となる。各無線局からセンタ局への送信はTDMA（時分割送信）方式の通信を行う。この通信方式の採用により複数局のマルチコントロールが可能となった。

表－1 無線通信の仕様

システム	収容端末無線局	最大15台
	通信方式	TDMA方式
	伝送制御方式	CRCチェック再送方式
	伝送遅延時間	64ms
	機能	1：n通信
無線機	電波形式	スペクトラム拡散（SS）
	通信	単信（半二重）
	周波数帯	2479 MHz or 2489 MHz
	送信電力	10 mW/MHz
	伝送速度	256 Kbps



写真－1 SS無線機

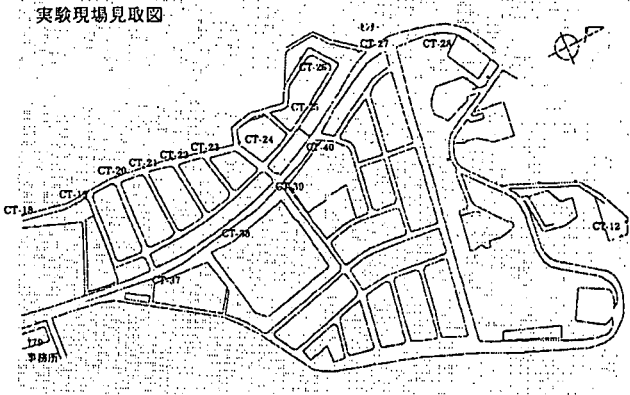
3. 現場実験

3.1 実験目的

今後、マルチローバRTK-GPSシステムを建設工事現場の施工に利用していく上で必要となる無線通信技術、GPS測量精度などの各技術の確認を行うことを目的に、図－2の宅地造成現場でシステム確認実験を行った。

3.2 実験内容

実験項目として、①GPS精度、②伝送距離、③障害物の影響、④移動体搭載走行実験の4項目を設定した。なお、GPS精度実験などには図－2に示す現地既設杭（CT17～CT40）とその既知座標（XYZ、ローカル座標8系）を用いた。



図－2 宅地造成現場

(1) GPS精度

固定局を既設杭CT27に設置し、センタ局もCT27の近傍に設置した。移動局の初期化は各既設杭で行い、初期化後、それぞれの既設杭で1秒間隔で180エポックのデータを収集し、結果評価時には観測データを5秒間隔に間引いて1、3、6、12、36エポックデータ毎の平均および誤差とその標準偏差を求め、測定時間の変化による精度変化を調査した。

精度確認のため、CT27の固定局からの距離が、約50、100、300、500mの既設杭を各移動局として基線長を設定した。また、精度確認は三脚を立て静止状態で測定した。

(2) 伝送距離

SS無線の伝送距離は、各移動局から実験担当者がアンテナを持って移動しながら通信がとぎれるまでの通信距離で伝送可能距離を算定した。

(3) 障害物の影響

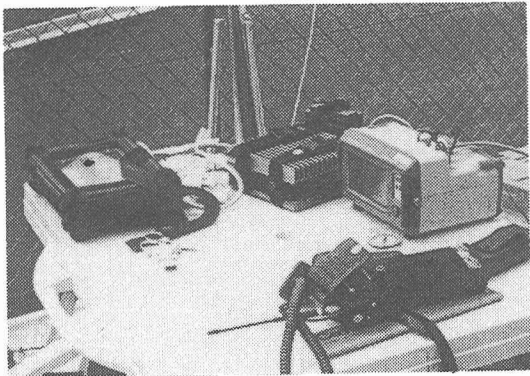
各基線で精度確認後、センタ無線機との間に障害物を置き、その影響（データが届いているか）を調べた。

また、①障害物の種類、②基線長と障害物の関係、③障害物と移動局との距離などを影響検討項目とした。
(4) 移動体搭載実験

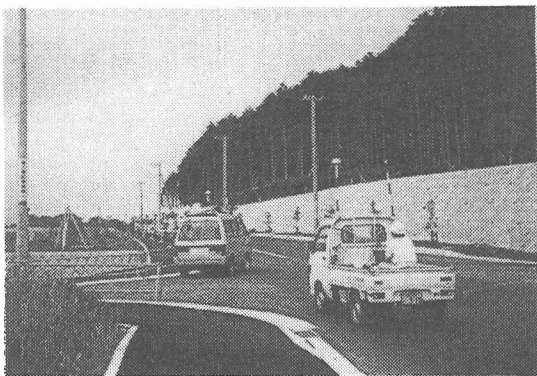
ワゴン車と軽トラックの2台を移動体として、そこにGPS受信機およびSS無線機などを搭載し、車両の速度と振動によるGPS受信機やSS無線機への影響を検討した。なお、リアルタイムな走行軌跡は現地の平面図、縦断面図と照合し精度評価した。

3.3 実験使用機材

実験に使用したGPS機材は国産のソキア製GPS受信機（3セット）、ペンコンピュータ（1台）、SS無線機（4台）および移動体搭載実験を行うための走行車両（2台）である（写真－2、3参照）。



写真－2 GPS固定局受信機側

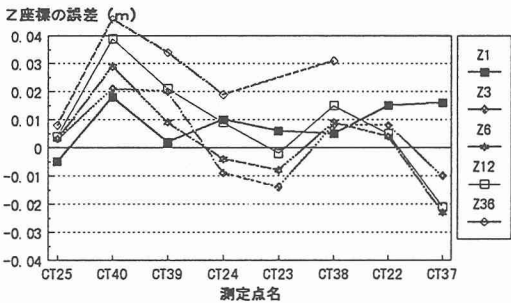
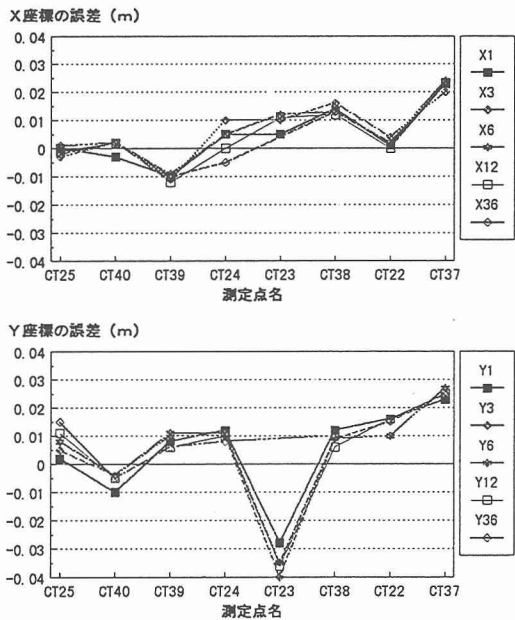


写真－3 移動走行車両

3.4 実験結果

(1) GPS精度

既設杭CT27を固定局とし、8移動局（CT25, 40, 39, 24, 23, 38, 22, 37）における1, 3, 6, 12, 36エポックデータ毎のX、Y、Z座標の観測誤差を図－3に示す。また、8移動局の誤差平均と標準偏差を表－2に示す。結果より、1～2の移動局でRTK精度の基準値（2cm以内）を超える誤差が観測されたが、これは現地の観測条件（林などの障害物の影響など）によるものである。また、表－2の誤差平均や標準偏差は基準値以内に収まっており本システムの精度は十分確保されている。



図－3 X、Y、Z座標の観測誤差

表－2 誤差平均と標準偏差

	1エポック	3エポック	6エポック	12エポック	36エポック
X誤差平均	0.004	0.006	0.006	0.004	0
Y誤差平均	0.004	0.004	0.004	0.004	0.007
Z誤差平均	0.003	0.003	0.003	0.009	0.027
X標準偏差	0.0103	0.0102	0.0105	0.0105	0.0088
Y標準偏差	0.0162	0.0195	0.0182	0.0083	0.0074
Z標準偏差	0.0108	0.0136	0.0149	0.0175	0.0145

(2) 伝送距離

本実験でのSS無線の最大伝送距離は障害物などの影響で約480mであった。そこで、障害物の少ない実験サイトを選定し直し再実験を行ったが、その時の最大伝送距離は1200mとなり、この2実験より、

少なくとも半径 1 kmのエリアがカバーできることを確認した。

(3) 障害物の影響

SS無線の周波数は2.4GHzであり、かなり電波の直進性が強いので障害物の影響が多いと予想されたが、実験の結果では若干の回り込みを確認した。また、障害物の種類（林、車両、地山）では地山が最も厳しく、完全に地山の陰になると通信が途絶えた。

(4) 移動体搭載実験

時速10Km/h, 20Km/h, 30Km/h, 40Km/hの各々で走行実験を行ったが、車両振動による受信障害（GPS受信機やSS無線機への悪影響）は全くなかった。走行軌跡を図-4に示し、CT37～CT39間の道路計画縦断面図との比較を図-5に示す。これらの図より歩道近傍の走行軌跡が良くトレースされている。縦断面図の比較については計画高と実測の間に約20cmの差が見られるが、これは計画高が道路センタ値であり、走行が歩道寄りのためである。

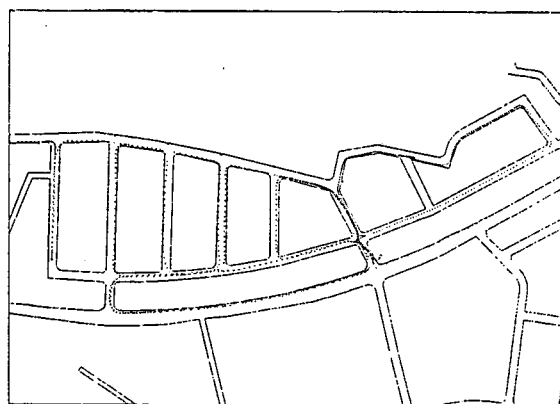


図-4 走行軌跡

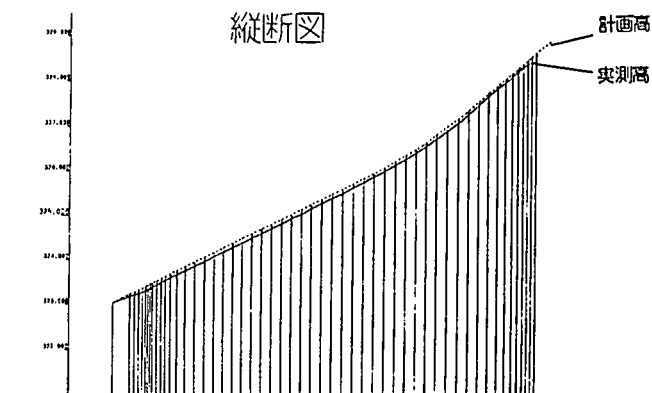


図-5 道路計画縦断面図との比較

4. おわりに

宅地造成現場での一連の実験により、本システムの基本部分が正常に機能したことを確認した。さらに、まだプロトタイプではあるが本システムが建設現場の様々な高度情報化技術に貢献できる可能性を示した。

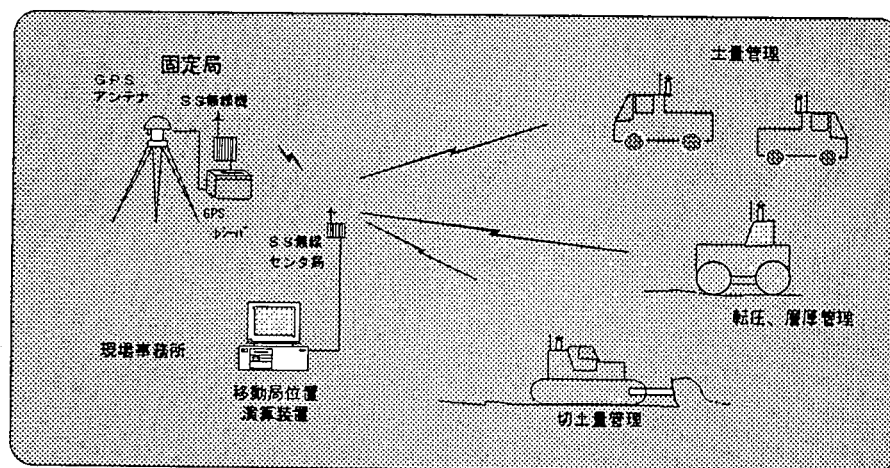


図-6 応用技術のイメージ

今後は、システムの応用として下記の項目の検討を行い、図-6に示す応用技術のイメージに沿った研究開発を行うつもりである。

- ①広域なエリアの造成現場での土量出来高管理や盛土、ダムコンクリート、道路舗装などの転圧管理
- ②建設機械の無人化施工技術や車両搭載による地形測量
- ④港湾工事での深浅測量、ケーソン据え付け、浚渫、地盤改良などの工事システム
- ⑤大規模斜面の安定状態の地盤挙動観測