

(Ⅲ-1)

GPS航法用受信機を用いた サイトパトロールシステムの開発

Development of the GPS Site Patrol System

三井建設㈱ ○佐田達典*

三井建設㈱ 中川良文*

三井建設㈱ 高田知典*

三井建設㈱ 桜井 浩*

By Tatsunori SADA, Yoshifumi NAKAGAWA, Tomonori TAKADA, and Hiroshi SAKURAI

GPS (Global Positioning System: 汎地球測位システム) は米国が開発運用中の人工衛星による測位システムである。GPSの受信機には精密測量用受信機と自動車や船舶のナビゲーションに用いる航法用受信機とがある。航法用受信機は、位置測定精度は20m程度であるが、リアルタイムに測定結果を出力できるという特長を持っている。筆者らは、この航法用受信機を大規模土工作业所のパトロール車に搭載して、作業所内を走行しながら安全・品質・資材等の各種情報を位置情報とともに取り込み、事務所内のモニタリングシステムで地図上に表示・記録するサイトパトロールシステムを開発した。このシステムを用いると作業所内の各種情報を効率的に収集し、表示・記録することが出来る。また、電子スチルカメラで撮影した写真画像を同時にモニターに表示することで、作業打ち合せや作業指示を迅速・的確に行うことができる。

【キーワード】 GPS、地図情報システム、電子スチルカメラ、安全・品質・資材管理

1. はじめに

米国が開発運用中の人工衛星を用いた電波測位システムGPS (Global Positioning System: 汎地球測位システム) は、衛星配備の進展による利用可能時間の増加に伴い、わが国でも民間での利用が急速に広がっている。自動車メーカーが相次いでナビゲーションシステムとして実用化したのを始め、レジャー用の携帯型受信機も登場している。また、測量用受信機も実験段階を終えて、建設工事への普及が始まろうとしている。

筆者らは、これまでGPSの土木工事への適用性について検討を進め、工事測量への適用¹⁾、建設車

両のナビゲーションへの適用²⁾など、GPSを用いた各種の施工支援システムの開発を進めてきた。現在、こうしたシステムをさらに発展させた形として、各種の人工衛星を利用したトータルな施工支援を、SAC (Satellite Aided Construction) と命名し、21世紀を目指したシステムとして開発を推進している。これは、GPSをはじめ、地球観測衛星ランドサット等を用いた情報処理システムであり、工事測量から、安全、品質、車両管理、さらには防災・環境監視までを対象とした総合的な作業所施工支援システムである(図-1)。

本稿では、その内、安全、品質、資材管理を対象として、GPSを応用したサイトパトロールシステムの開発について紹介する。

* 技術開発本部技術研究所 0471-55-4615

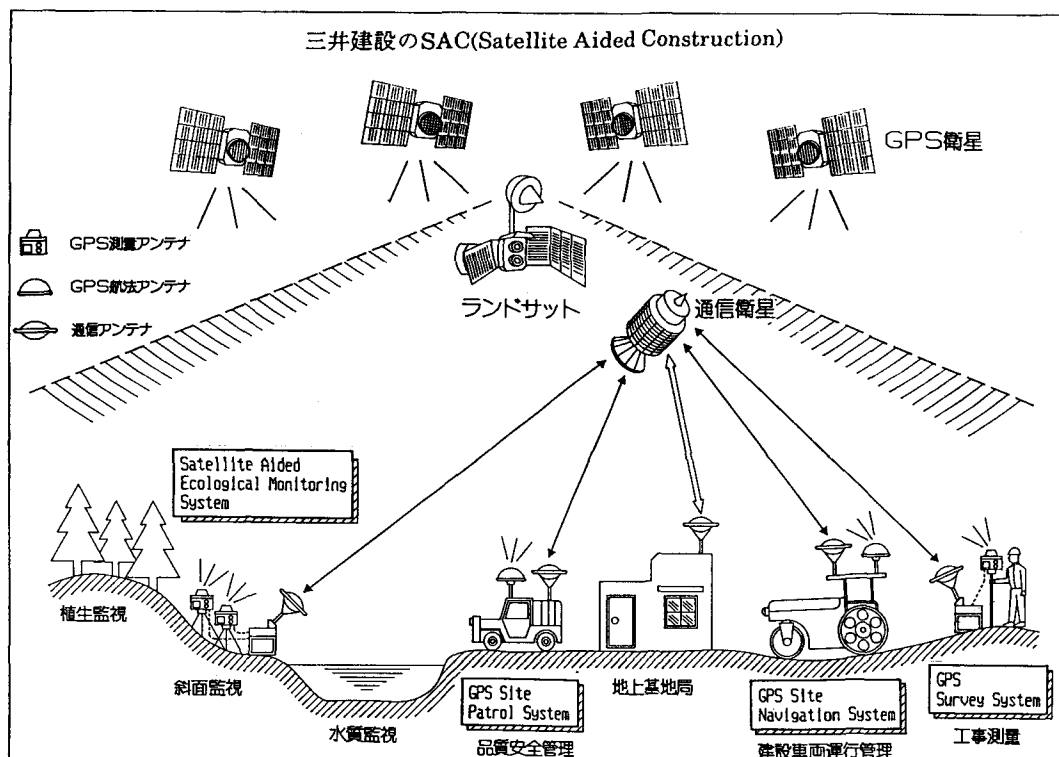


図-1 SACの最終システム構成図

2. サイトパトロールシステムの概要

建設作業所における安全、品質、資材情報は、その多くが位置（地点）や規模（距離、面積、体積）に関する情報と組合せて扱われている。これらの位置情報の中には管理上高い精度を特に必要としないものもあり、ラフな把握で十分であるものが多い。そこで、筆者らはこれらの位置情報の入力手段としてGPS航法用受信機に注目した。この受信機は位置測定の精度は20m程度であるため、通常の測量には適用が難しいが、建設車両の位置把握・モニタリングには十分適用可能であることを確認している³⁾。そこで作業所内のパトロールにおけるラフな位置把握へも適用可能ではないかと考えたわけである。

今回開発したシステムは、GPS航法用受信機により求める位置情報と、作業所の安全・品質・資材に関する各種情報とを組合せ、さらに電子スチルカメラによる画像情報を並列表示することにより、作業所内の各種情報管理を効率的かつ迅速・的確に支援することを目指すシステムである。本システムは

- ①パトロール車による作業所内情報収集システムと、
- ②事務所内モニタリングシステムとから構成される（図-2）。

（1）作業所内情報収集システム

GPS航法用受信機を土工作业所のパトロール車に搭載して、作業所内を走行しながら安全・品質・資材等の情報を位置情報とともに取り込むシステムである。すなわち、情報収集地点で停車して、その情報の項目を入力すると、自動的にその項目とGPS航法用受信機から出力されるその地点の位置（緯度、経度、高さ）とが組合わされてフロッピーディスクに記録される。その際、電子スチルカメラで状況を撮影し、その撮影番号も同時にフロッピーディスクに記録する。

（2）事務所内モニタリングシステム

パトロール終了後、事務所においてイメージスキャナーで読み込んだ作業所の地図上に、フロッピーディスクから読み込むパトロール結果を表示する。すなわち、地図上の該当位置に情報の項目（色別）と写真番号が表示される。同時に電子スチルカメラ

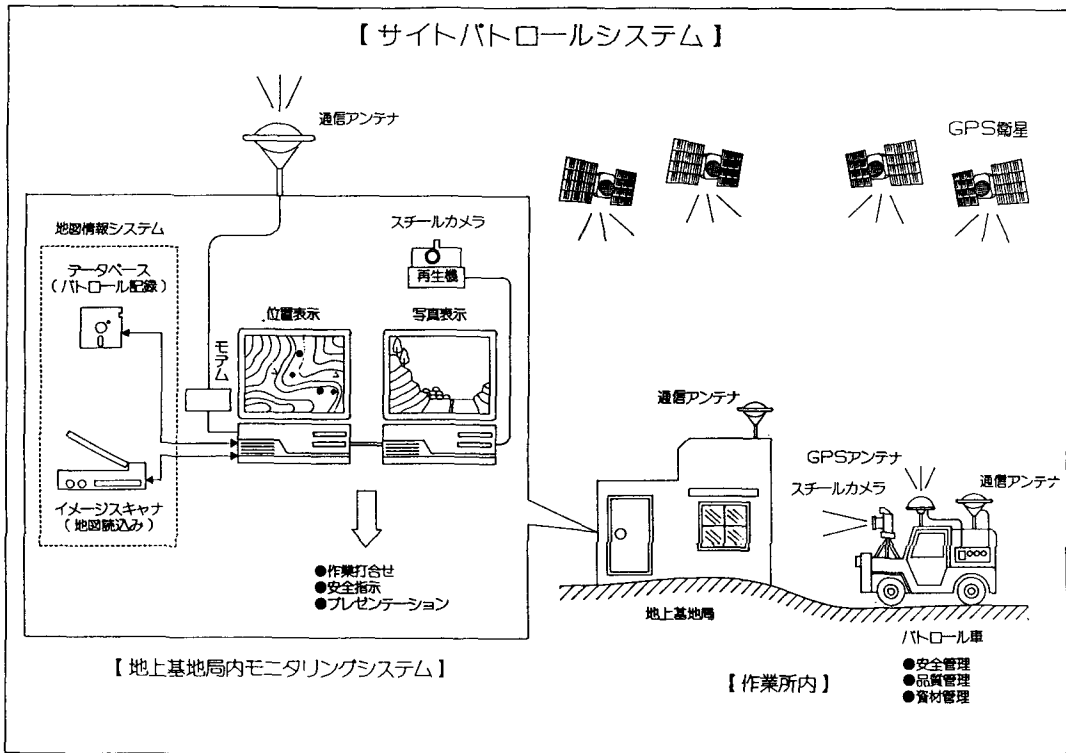


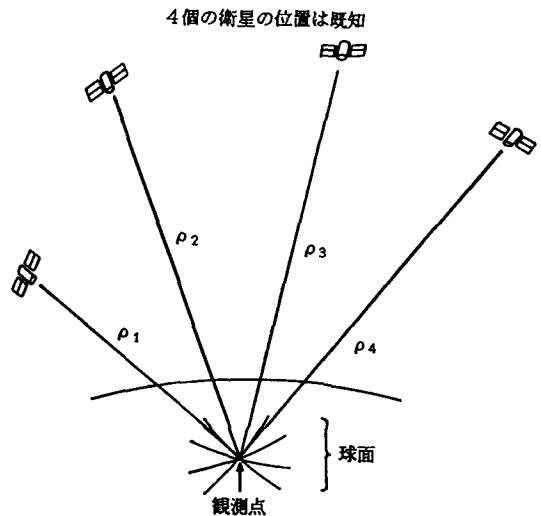
図-2 サイトパトロールシステムの概要

で撮影した写真をビデオ画面で番号順に再生することにより、現地の位置と状況を迅速かつ的確に表示できる。さらに、これらのパトロール結果はフロッピーディスクでデータベースとして保存でき、いつでも再現できる。

3. システム構成

(1) GPS 航法用受信機

GPS 航法用受信機による3次元測位は図-3⁴⁾に示すように4個のGPS衛星から電波を受信することにより行われる(2次元測位の場合は3衛星でよい)。受信機はGPS衛星からの電波に乗せてある衛星軌道情報から衛星の位置を計算し、電波の伝搬時間から衛星と受信機との間の距離を計算する。衛星の測定位置と衛星からの測定距離により、幾何学的に受信機の位置を求めるわけである。原理的には、3次元の測位であれば3個の衛星からの受信で受信機の位置が求まるはずであるが、受信機の時計が必ずしも正確ではないので、その時計誤差を消去



衛星の位置は軌道情報により既知。 ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 , ρ_4 は測定値。

ρ_1 , ρ_2 ……を半径とする球面が1点に交わるよう地上の時計を調整した時、測定は完了する。

図-3 GPS 航法用受信機の測定原理

するため、4番目の衛星からの受信が必要となる。

本研究で使用したGPS航法用受信機は、米国トリンブルナビゲーション社製TANSである。TANSは2チャンネルの順次受信の受信機で、GPS衛星からのL1バンドのC/Aコード受信で動作する。位置測定の精度は水平方向が25m (SEP)、垂直方向が35m (SEP)である。TANSの主な仕様を表-1に示す。

TANSからは位置や速度の情報が2回路のRS-422インターフェースを通して1秒毎に供給される。したがって、パソコンと接続することにより、利用者の希望に沿ったアプリケーションソフトを作製することができる。本研究では、現地でパトロール項目を選択し、電子スチルカメラの撮影番号を入力すると、自動的にその時点の位置(緯度、経度、高さ)とパトロール項目、及び写真番号がフロッピーディスクに記録できるソフトを用いている。ハードは写真-1に示すように、受信機とアンテナ、ノート型パソコンとで構成され、受信機とパソコンはユニット化している。

(2) 電子スチルカメラ

作業所内の画像情報収集のための有力なツールとして、市販の電子スチルカメラを用いている。このカメラは、通常のカメラと撮影操作はほぼ同じであるが、画像情報がフロッピーディスクに記録されることが特長である。したがって、撮影後CRTに接続すれば、瞬時に映像を再生することができ、パトロール結果をすぐに打ち合わせや作業指示に利用できる。

(3) 作業所地図情報システム (Site Graphical Information System)

作業所の平面図をイメージスキャナで読み込み、基準点の緯度、経度と縮尺を入力するだけで、すぐにパソコン画面上に平面図を表示し、その画面上にGPSによる位置測定結果を表示できるシステムを開発した。このシステムによって、ローカルな地域の地図情報を簡単に取り込むことができるため、任意の作業所においてサイトパトロールシステムをすぐに稼働させることが可能となり、各作業所で汎用的に利用することが可能になると期待できる。なお、パソコン上の平面図は元の画面を16分割して、その一つを拡大して表示できる機能も持っている。

表-1 TANSの主な仕様

項 目	仕 様
受信機 位置測定モード	L1周波数、C/Aコード受信 1) 4衛星 3次元測位 2) 3衛星 2次元測位 3) 衛星数による自動切替え
水平位置精度	25m (SEP)
垂直位置精度	35m (SEP)
速度精度	一定速度の時0.2m/S (RMS)
時間精度	協定世界時に1マイクロ秒以内
位置のバラツキ	PDOP<8で10分間に5m (RMS) 以下
位置の更新時間	1秒
データインターフェイス	9600bpsの双方向RS-422
寸 法	127mm×241mm×50mm
重 量	1.27kg
消費電力	9~32VDC、4W以下



写真-1 システムのハード構成

(4) データベース

本システムによるパトロール結果は、パトロール時刻、位置、項目、写真番号がフロッピーディスクで保存されるので、データベース化して保存することができる。同様に、写真画像もフロッピーディスクで保存されるため、これらのパトロール結果を必要に応じてすぐにビジュアルに再現できる機能を持っている。

4. システムの適用結果

ある大規模土工作業所において、本システムの適用実験を行った。パトロール項目は安全、品質、資材管理について現地の状況を考慮しながら表-2に示す項目を設定した。なお、パトロール項目は最大で99項目まで設定可能であり、任意に設定できる。

写真-2はパトロール車へのシステムの搭載状況である。パトロール車の屋根に磁気固定式のアンテナを取り付け、受信機及びパソコンのユニットを助手席に設置している。運転者はパトロール地点に到着し、そのパトロール項目と写真番号をキーボードで入力すると自動的に位置情報とともに記録されるようになっている。

写真-3は電子スチルカメラによる撮影状況である。また、写真-4、5はパトロール終了後の事務所内でのモニタリング状況であり、GPSによるパトロール地点状況画面（安全管理、写真-4）と電子スチルカメラによる写真画面とを並べて表示している（写真-5）。

実験の結果、GPS航法用受信機による測定位置は、地図上へ表示して作業打合せなどの説明に用いる場合には、精度的にほとんど問題がないことが確認できた。また、電子スチルカメラによる画像情報を同時に表示することで、打合せ参加者への説明が格段に容易になり、しかも的確に行えるようになったとの評価を得た。しかし、パトロール地点状況画面と写真画面が連動していないため、操作性にやや難があることが指摘された。

表-2 パトロール項目

安全管理	品質管理	資材管理
1. 作業区域	1. 締固め試験	1. 鋼材
2. 路盤不良	2. 地耐力試験	2. 鉄筋
3. 路肩不良	3. ホールン	3. 型枠
4. 排水不良	4. 沈下計測	4. コンクリート製品
5. 安全標識	5. 変位計測	5. 仮設材
6. 行先案内板	6. 水位計測	6. 残土
7. 安全柵	7. コンクリート強度	7. 廃棄物



写真-2 システムの搭載状況



写真-3 電子スチルカメラによる撮影状況

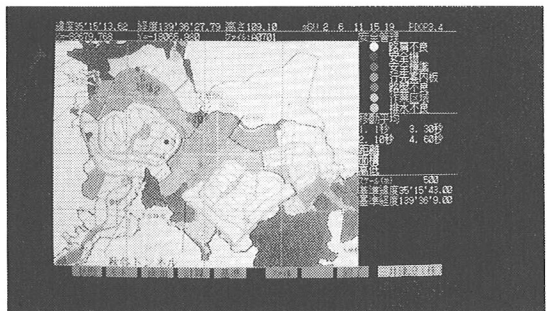


写真-4 パトロール地点状況画面

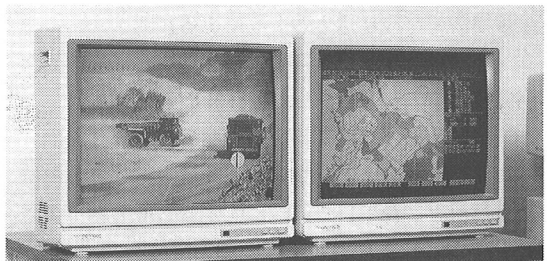


写真-5 写真画面との並列表示

5. まとめ

(1) 開発成果

本システムの開発成果は次のようにまとめられる。

a) 安全管理をはじめとする作業所内パトロールを最小人数で迅速に行うことができ、しかもパトロール結果を事務所内ですぐに再現できるため、迅速な作業打合わせや作業指示に利用できる。

b) 作業所内情報収集システムにおいては、GPSを用いることによって自動的に位置が記録されるため、パトロール中は現地の目印等による意識的な位置確認作業は特に必要としない。したがって、現地に不慣れな人でもパトロールを容易に行うことができる。また、日々刻々地形が変化するような場所においても、自分の位置は地図上で確認できるため、周囲に地形に惑わされることはない。

c) 事務所内モニタリングシステムにおいては、地図情報システムによって、簡単にCRTの地図画面上に情報が表示できるため、新規の入場者や来客など、現地に不慣れな人に対しても説明しやすい。

d) また、電子スチルカメラにより、即座に現地状況がビジュアルに再現できるため、的確な作業打合わせ、作業指示を行うことができる。

e) これらのパトロール結果はフロッピーディスクにデータベース化して保存でき、いつでも再現できる。

(2) 今後の課題

今回紹介したシステムは、開発の第1段階であり、今後改良を加える課題として、次のような点が挙げられる。

a) 電子スチルカメラとGPS受信機との接続を図り、最小操作でパトロールが行えるようにする。

b) GPSによる位置情報は現在、地点情報だけであるが、線情報や面情報を扱えるようにして、現地の規模情報を取り込めるようにする。

c) パトロール項目も種類だけではなく、具体的な内容(数量、特徴等)を取り込めるようにする。

d) GPSによる位置測定の精度を向上させる。

なお、d)の課題について、筆者らはGPS航法用受信機を2台用いて同時に測定し、その結果の差をとることにより相対位置の測定精度を向上させる『ディファレンシャル測位』と呼ばれる方法で実験

を行っている⁵⁾。そして、位置測定の精度を2m程度まで向上させる手法を既に開発しており、今後この手法をシステムに取り入れていく予定である。

これまでGPSの土木工事への適用については、主に高精度測定が可能な測量用受信機が対象とされており、精度的に劣る航法用受信機はほとんど注目されてこなかった。本研究によって、この航法用受信機も利用法によっては工事管理に適用可能であることを示すことができたと考えている。今後は本システムの操作性を向上させるなど、実用化に向けてシステム整備を図っていく予定である。

最後に本研究に際し、多大のご助力を頂いた新日本コンサルタント(株)の畠山氏、田丸氏、新田氏に心より感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 中川良文、高田知典、佐田達典：GPSの土木工事への適用性に関する研究、第8回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集、pp225～232、1990. 12.
- 2) 3) 中川良文、高田知典、桜井 浩、佐田達典：GPSを用いた重機位置把握システム、第2回建設ロボットシンポジウム講演集、pp291～298、1991. 7.
- 4) 日本測地学会編著：GPS—人工衛星による精密測位システム—、日本測量協会、1986.
- 5) 桜井 浩、中川良文、高田知典、佐田達典：航法用GPSセンサーの重機位置把握への適用、土木学会第46回年次学術講演会講演概要集、pp324～325、1991. 9.