

GPSを利用した重機車両就労管理 システムの開発

三井建設㈱ ○佐田達典 加藤洋次
高田知典 桜井 浩
㈱システムズ 上田 隆

1. はじめに

GPS (Global Positioning System) は米国が開発運用中の人工衛星を利用した電波測位システムである。利用者は特殊な受信機を用いて、自分自身の位置を求めたり、2点間の距離などを求めることができる。このシステムは、人工衛星からの電波の届くところであれば、地球上のどこでも利用可能であり、また、利用に当たって使用料を払ったり、特別な許可を得る必要もないため、様々な分野での利用が期待されている。

GPSの受信機には、航法用受信機（受信機は1台でその地点の位置を求める）と測量用受信機（受信機を2台用いて、その間のベクトルを求める）とがある。GPS航法用受信機は位置の測定精度が20m～100m程度であるが、リアルタイム（1秒毎）に測定結果が出力されるため、大規模造成工事等での車両位置把握には十分利用可能と考えられる。

そこで、筆者らは、航法用受信機を用いて建設車両の走行経路をリアルタイムに把握することにより、従来のシステムにはない、新しい建設車両運行管理システムの開発を進めている。本稿では、その中のサブシステムの一つである重機車両就労管理システムについて紹介する。

2. GPS建設車両運行管理システム

本システムは大型ダンプトラックによる運搬作業を対象として、次の目的をもって開発を進めている。

- (1) 運行・作業状況（時刻、位置、作業量）のリアルタイムな把握と運行指示へのフィードバック
- (2) 運行計画・工程計画策定・更新の際の実績データの提供
- (3) 職員、オペレータの作業の省力化と作業環境の向上

さらに、本システムは次のサブシステムで構成され、順次開発を進めている（図-1）。

①基本システム

GPS航法用受信機と車載型荷重計を大型ダンプトラックに搭載し、時刻、位置、積載重量などのデータをリアルタイムに運転席のコントロールユニットに収集するシステムである。

②運行状況把握及び運行指示サブシステム

これらの情報を構内無線を用いて工事事務所の基地局に送信し、運行状況および作業状況をリアルタイムに表示するシステムである。また、これらの情報をもとに、車両の行先変更などの運行指示を構内無線により行い、運転席のモニター上にメッセージ等を表示する。

③出来高管理及び就労管理サブシステム

運転席のコントロールユニットでICカードを用いて、運行状況などのデータを収集・蓄積し、それらをコンピュータに転送して集計及び帳票出力するシステムである。日次のデータ（作業時間、運搬回数、累積運搬量などと、運搬作業毎の積込み時刻、場所、盛立時刻、場所、積載重量）はICカードに記録され、作業終了時にICカードリーダーに書き込みを行う。これらのデータを用いて、出来高及び就労管理の日報、月報を作成する。また、これらのデータは次の運行効率把握システムに利用される。

④運行効率把握及び工程計画作成支援サブシステム

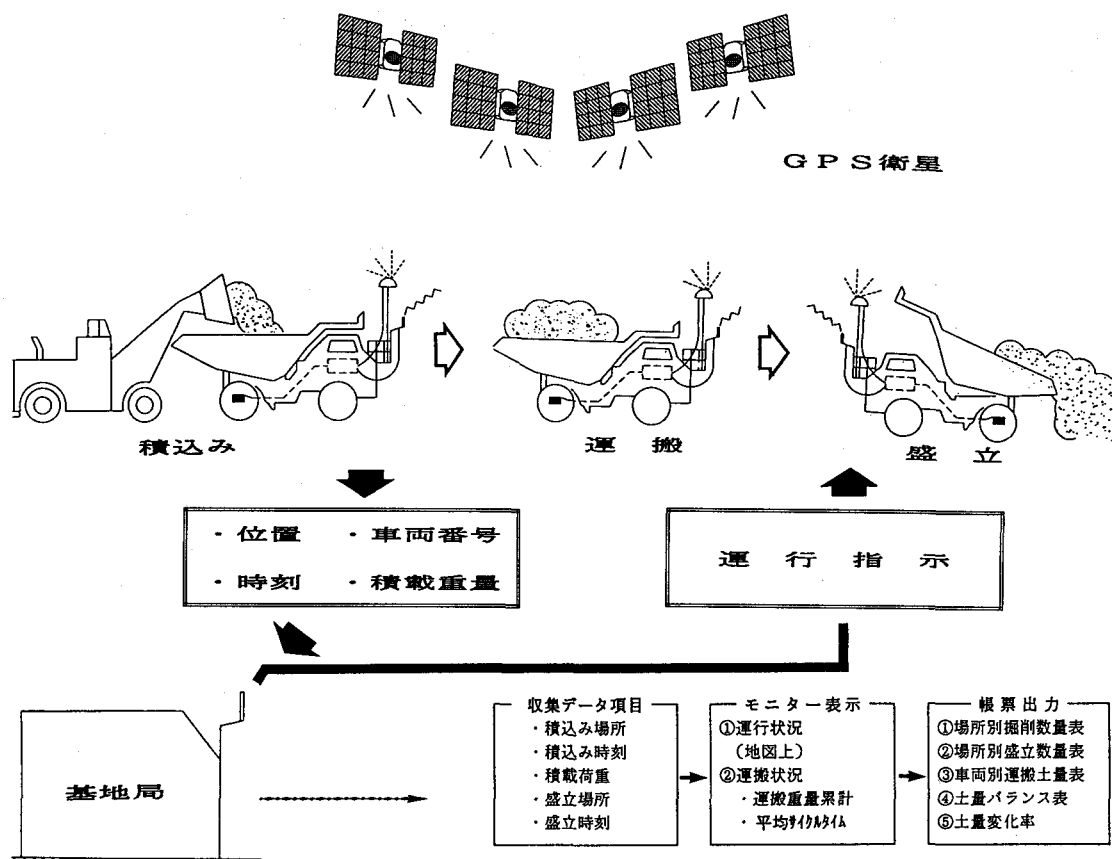


図-1 GPS建設車両運行管理システム全体図

運行実績データを用いて、サイクルタイムなどの運行効率データを解析し、最適な車両編成を求めるなど効率的な運行計画の策定に利用する。また、積み込み、盛立ての位置情報と運搬土量のデータから、各メッシュ間の土量運搬実績を計算し、出来形計測結果との対比で土量変化率などを求めるなど、最終的な土量バランスを求める際の実績情報を提供する。

3. 重機就労管理サブシステム

3.1 従来の重機車両就労管理

ダンプトラックの就労管理は、従来、マンボ取りと呼ばれる運行記録を検収員あるいはオペレータ自身が、用紙に記入することによって行われてきた。積み込み時刻（時間、分）をオペレータが作業中に、その都度記入し、作業終了後に職員がそれを集計して日報を作成する、といった作業が通常行われている。また、作業中に停止時間が連続して5分以上となった場合、作業終了後、オペレータがその時間を理由とともに記入する「除外日報」と呼ばれるものもある。これらの作業は、すべて手入力で行われており、オペレータはもとより、集計する職員にも大きな負担となっている。

これらの就労管理については、ダンプトラックが固定点を通過する際に電磁誘導方式で車両番号等を中央装置に転送して、運搬回数等を自動的に収集するシステム¹⁾など、自動化の試みがなされている。また、締固め機械等を対象として、ICカードを用いた管理の適用例²⁾もある。

表-1 TANSの主な仕様

項 目	仕 様
受信機	L1周波数、C/Aコード、2チャンネル順次受信
位置測定モード	1) 4衛星 3次元測位 2) 3衛星 高度一定による2次元測位 3) 自 動 4衛星利用可能時は3次元測位 3衛星のみの時は2次元測位
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	UTC (協定世界時) に1マイクロ秒以内
位置のバラツキ	PDOP<8のとき10分間に5m (RMS) 以下
位置の更新時間	1 秒
ディスプレイ	9600*の双方向RS-422 2チャンネル
寸 法	127mm×241mm×50mm
重 量	1.27kg
消費電力	9~32VDC、4W以下

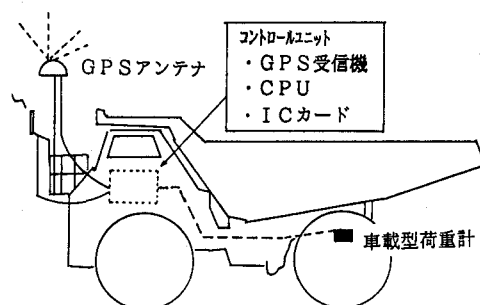


図-2 車載システム

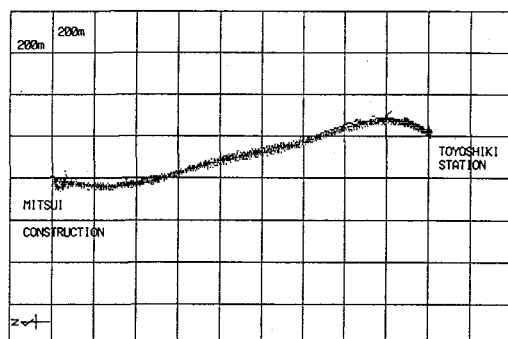


図-3 走行実験結果

3.2 GPSを用いた重機車両就労管理システム

従来行われてきた就労管理は、作業時間、運搬回数等を管理するものであったが、今回開発を進めている方法は、GPSと車載型荷重計、さらにICカードを用いることにより、作業場所（積み込み、盛立）、作業量（運搬重量）をも含めて、自動的にデータを収集、集計するシステムである。GPSを用いることにより、位置情報がリアルタイムに把握できる。また、車載型荷重計により、トラックスケールによる計測のように固定点を通過する必要はなく、任意の場所でリアルタイムに積載荷重を求めることができる。また、ICカードにより、自動的にこれらの情報を記録し、集計することが容易となる。図-2に車載システムを示す。

(1) GPS位置計測システム

GPSは、航法用受信機を用いており、1秒毎に車両の現在位置を緯度、経度、高さで出力できる。これを積み込み時、盛立時に記録することにより、積み込み・盛立時刻と位置が記録できる。積み込み、盛立の判断は、次に述べる車載型荷重計の荷重変動により行う。今回、利用している受信機は米国トリンプルナビゲーション社製TANS³⁾であり、主なその仕様を表-1に示す。GPSで三次元位置を求めるためには、4個以上の衛星から電波を受信することが必要である。TANSでは、4個以上の衛星を捕捉できる時は三次元測位を、3個の衛星から電波を受ける時には、高さを固定した二次元測位（緯度、経度）を行うように自動的に切り替わるようになっている。また、捕捉衛星数が2個以下の場合は、測位不能となる。

図-3に、この位置計測システムの測定精度実験の結果を示す。約2kmの区間を5回往復して、その軌跡を表示して精度を検討した。実験を実施したのは、1991年5月1日であり、観測した衛星数は常時4個であり、衛星配置状態の精度への影響を示す指標であるPDOPの値は2.1~7.2であった。この結果、往路、復路の行路差を考慮しても、東西方向へ約40m程度の幅を持っていることがわかった。また、別の時間帯で同じように測定したところ、PDOPの値が2.1~3.8と良好であったため、東西方向の幅は20m程度であった。このことから、ダンプトラックの位置把握においても、40m程度の測定位置のバラツキが予想される。

(2) 車載型荷重計

車載型荷重計は、ひずみゲージを用いたものであり、後部車軸受けの中央部に検出器を設置している。ケーブルを通じて運転席にデータを送り、処理器で1秒単位で積載荷重を出力している。測定精度を検討するため、ダンプトラックに土砂を積み込み、走行して放荷するという作業について、連続的にひずみデータを収集し、処理器の出力結果を分析した。図-4に示すように1秒単位の出力では変動が非常に大きくなる。そこで、図-5に示すように、20秒移動平均をとることにより、平滑化している。しかし、それでもなお、5トン程度の誤差は除去できないため、精度向上について、さらに検討していく予定である。

また、この結果を用いて、荷重計算指示値が20トンを越えた時点で「積み込み」と認識し、20トンを下回った時点で「盛立」と認識することにより、積み込み位置、盛立位置のデータをGPSより取り込んでいる。

(3) ICカード

就労・運行情報を記録するICカードは、振動等への耐性を考慮して、非接触型のカード(32KB)を用いている。ICカードによるデータの収集、処理システムは、現在開発中であり、今後、試行実験を経て実用システムとして展開する予定である。

4. まとめ

GPSを用いることの利点の一つは、任意の場所で容易にその位置を把握できる点である。今回、紹介したシステムは、その特長を生かすために、固定点を通過する必要のない車載型荷重計を採用している。したがって、このシステムは、転用が容易であり、様々な工事で何度も利用できると考えられる。特に、ダンプトラックの走路が一定していない(固定点を通らない)工事には、適していると思われる。また、国内はもとより海外工事においても、十分利用可能である。

現在、重機車両就労管理サブシステムは、基本的なシステム構成を終え、実用化へ向けての準備段階にある。今後は、他のサブシステム(運行状況把握、運行効率把握など)とともに開発・整備を行い、新しい建設車両運行管理システムとして、展開を図って行きたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 金子 毅、中平栄一、筑井保夫：ロックフィルダムの自動化された盛立管理、第21回ダム技術講演会テキスト、日本大ダム会議、1989.3.
- 2) 富永義昭、松本章、椋木淳二：ICカード利用によるRCDダム重機稼働管理システムの開発—竜門ダムにおける実施例—、建設の機械化、1991.6.
- 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、1991.7.

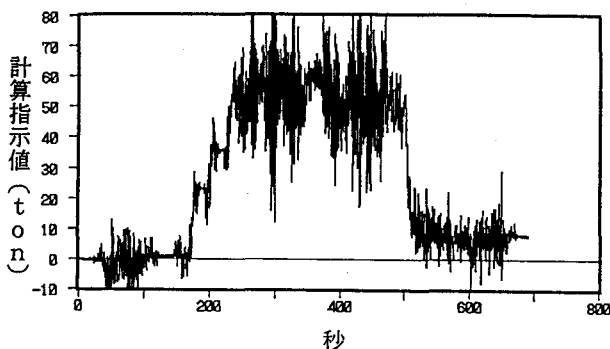


図-4 1秒単位の荷重計算指示値

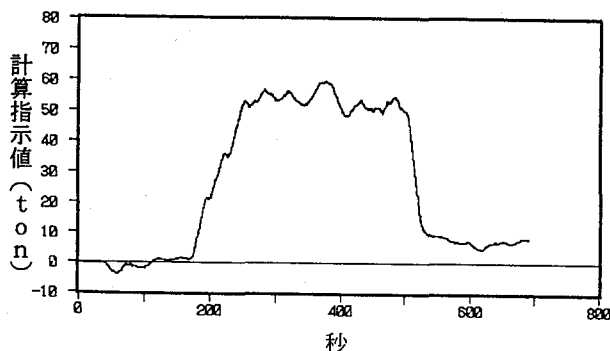


図-5 20秒移動平均による荷重計算指示値