

47. 無人ホイールローダシステムの開発

～アスファルトプラントへの適用例～

KOMATSU：大島 寛・*森 真幸

小松メック(株)：福田 正男

日本舗道(株)：後町 知宏・山辺 生雅

1. はじめに

最近の建設業においては、技能労働者の減少・高齢化、若年労働者の製造業離れ、労働環境の悪さ等による人手不足の問題が深刻化し、労働環境の改善と生産性向上の為に省力化・自動化・ロボット化の技術開発が急務とされている。採石・砂等の材料の掘削・運搬・積み込みを主作業とするホイールローダにおいても、その運転は騒音・振動・粉塵の中で長時間の単調・苦渋作業を強いられ、最近の労働力不足からオペレータの確保が難しく、生産性の面からも自動化のニーズが高い。

このような背景から、材料の掘削・運搬・投入のルーチンワークを全自動で行うホイールローダの無人運転システムを研究・開発し、アスファルト合材プラントに適用した。ここでは開発したシステムの概要を報告する。

2. システム概要

2-1 自動化作業・仕様

本システムは、ベースマシンとしてコマツのWA150（写真-1）を用い、アスファルト合材プラントにおけるホイールローダ作業の内、以下にあげる4つのルーチンワーク（全作業の約75%）を自動化した。システムの主な仕様を表-1に示す。

- ① ストックヤードの材料を掘削し、ホッパまで運搬し投入する材料供給作業
- ② ストックヤードに新規入荷した時のかき寄せ作業
- ③ 取り残した湿った材料の水切りをするために乾燥した別のストックヤードへ移動する横持ち作業
- ④ ホッパに残っている砂を落としアーチ状になるのを防ぐアーチング防止作業



写真-1 WA150無人運転車

表-1 無人運転システムの主な仕様

使用機種	WA 150	運転整備重量	7.9 ton
		バケット容量	1.7 m ³
		定格出力	110 ps/2400rpm
走行性能	直線走行速度	7 km/h max	
	曲線走行速度	4 km/h	
	バケット位置決め精度	±75 mm	
供給力	生産量	70 ton/h	
	バケット満杯率	88 %	
	連続運転時間	4 h	

2-2 システム構成

制御システムは、全体の作業を管理しホイールローダへの作業指令・誘導指示を与える地上制御装置、ダンプの入退場管理・ホップ管理を行う周辺装置、ホイールローダの走行・作業を自動化するための車載制御装置からなる。図-1 にシステム構成を示す。

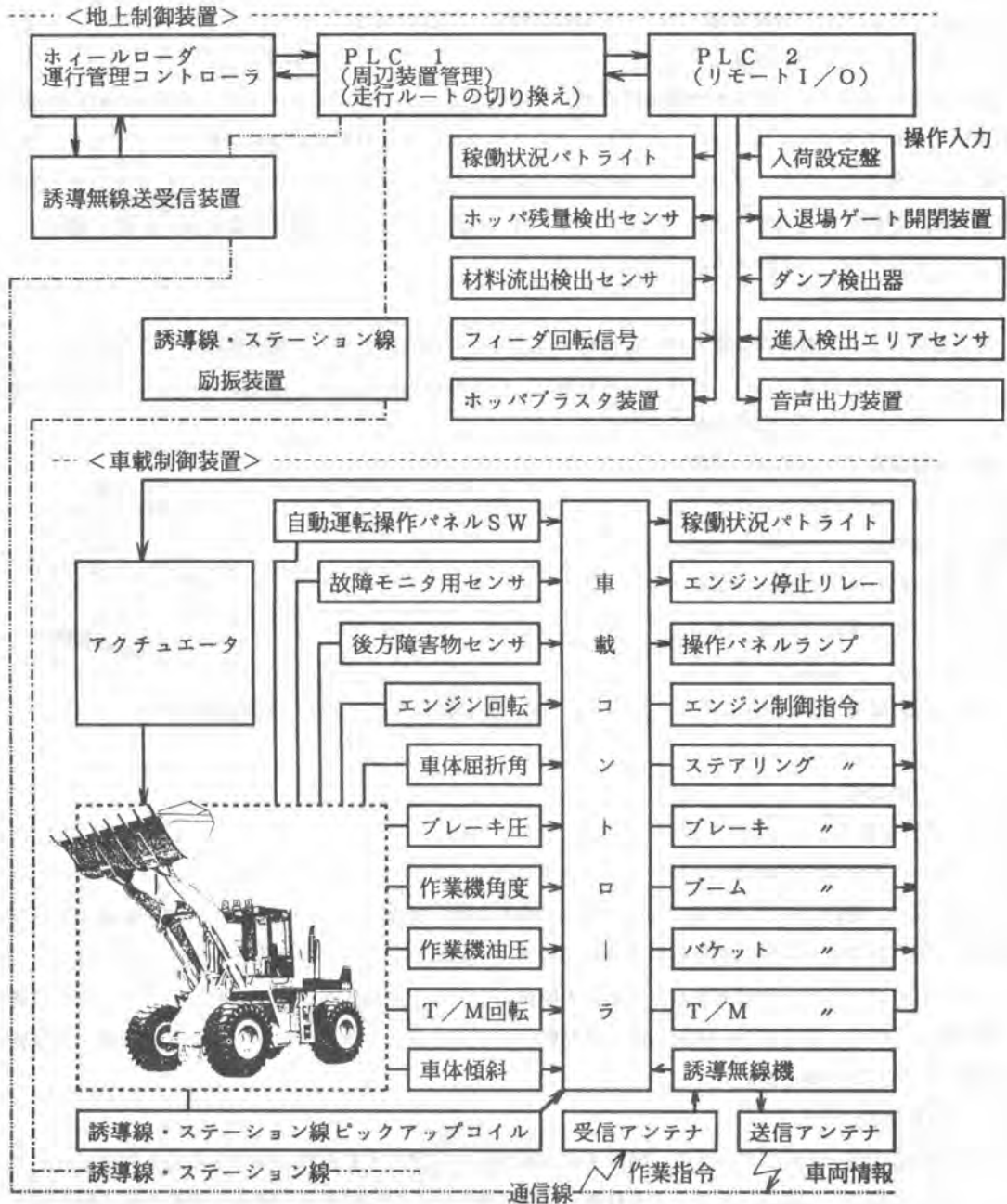


図-1 ホイールローダ無人運転システムの構成

2-3 ホイールローダの運行管理

(1) 作業設定・作業表示

ホイールローダ運行管理コントローラにはPC9801パソコンを使用し、無人運転開始前に、使用ストックヤード・ホッパ・移動ルート・作業パターン等をキーボードから設定する。無人運転中は運転状態やホッパの供給状態・作業実績や、システム異常時のエラー表示などを選択してモニタ画面に表示できる。また、1日の稼働実績・エラー実績は累積して記録される。

(2) 作業モード・付帯作業

あらかじめ設定された効率的作業順序に従って運転するスケジュールモードと、ホッパ内材料の減り方の早い材料を優先的に投入するレバラモードの2つのモードで材料供給連続運転が可能である。連続運転中の付帯作業として、ダンプによる材料の入荷後にはストックヤードのかき寄せ作業を、ホッパ内材料の流出が停止するとアーチング防止作業を、同一ストックヤードの掘削回数が規定回数に達すると横持ち作業を選択し、実行する。

(3) 通信・経路指示

地上制御装置と車載制御装置とは、走行路に埋設された通信線を介して誘導無線で双方向通信を行っている。地上制御装置からは、車両への材料種別・作業種別等の指示を、車載制御装置からは車両位置・エラー発生状況などの車両状況を送信する。

地上制御装置は作業順序・車両状況・各種センサ情報から判断し、励振する誘導線・ステーション線・通信線を切り換え、ホイールローダの走行すべき経路を逐次指示していく。図-2に無人ホイールローダ走行経路を示す。

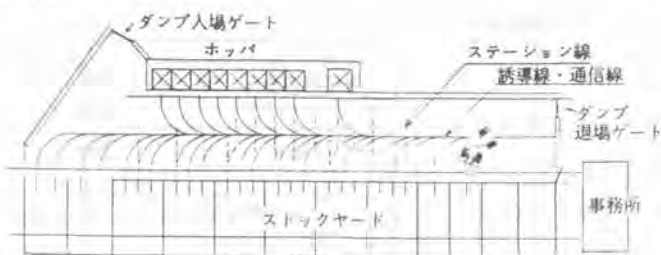


図-2 無人ホイールローダ走行経路

2-4 車両制御

(1) 走行制御

ホイールローダの走行制御は、エンジンコントロール・ブレーキコントロール・ミッションコントロールからなり、走行コース・作業内容ごとに定められた走行速度・ブレーキタイミング・前後進・速度段に応じて、各アクチュエータを駆動する。走行速度の制御は、エンジン回転と車速センサをフィードバックし、エンジン出力を制御する。ブレーキ制御は、ブレーキ油圧をフィードバックして、停止位置・積荷時/空荷時・緊急時等の状況に応じて制動圧を制御する。トランスミッションは前後進・速度段を作業に応じて切り換える。

(2) 操舵制御

車両の操舵は図-3に示すように、励振された誘導線から発生する磁界の強さを左右4対のピックアップコイルで検出し、算出したコースずれ量・車両姿勢角から目標屈折角を定め、実際の車両屈折角との偏差量に応じて左右ステアリング用電磁比例弁を駆動して制御する。

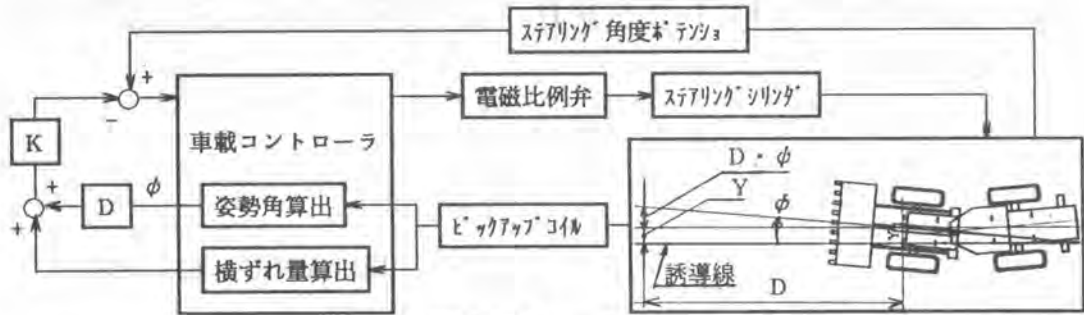


図-3 操舵制御ブロック図

(3) 作業機制御

材料の掘削作業は図-4に示すように、作業機角度センサと作業機シリンダ油圧からバケットにかかる負荷（水平抵抗・垂直抵抗）を計算し、その負荷に応じて作業機バルブを、電磁比例弁で駆動してブームおよびバケットを制御する。掘削開始位置をバケットにかかる水平抵抗の増加（ $R_H > R_{Hok}$ ）で検出し、以後、水平抵抗が設定した範囲（ $R_{Hlow} < R_H < R_{Hhigh}$ ）に保たれるようにブームおよびバケットを動作させる。その間、垂直抵抗が極端に低下した場合にはポンピング動作をいれ、土量を確保する。ブーム位置が所定の値になるか、バケットストロークエンドで掘削を終了する。

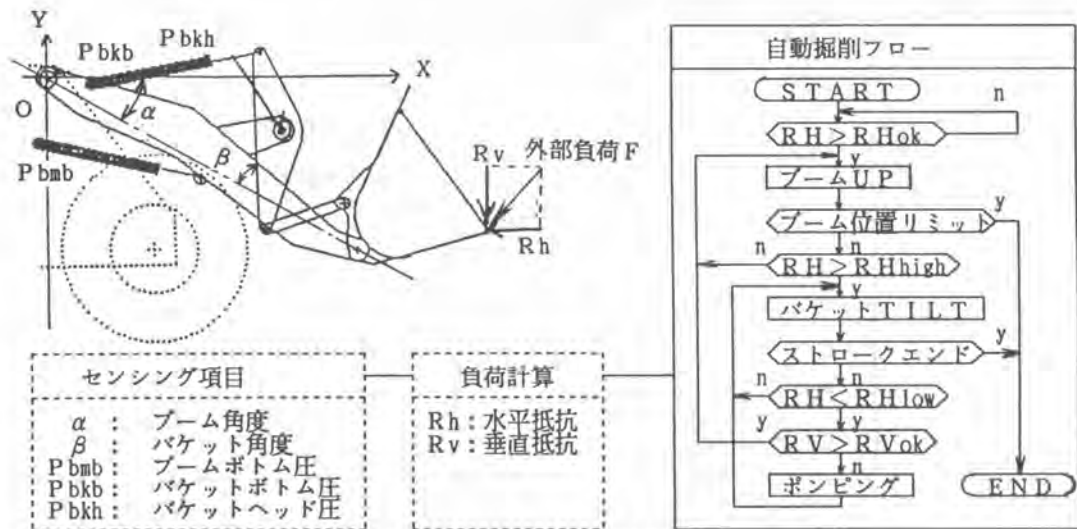


図-4 自動掘削アルゴリズム概略

3. おわりに

アスファルトプラントのホイールローダ作業の約75%を占めるルーチンワークの自動化が可能な無人ホイールローダシステムを開発した。今後は、他のアスファルトプラントへの導入および、他のホイールローダ作業への適用も進めていく。