

VI-139 建設車両自動運転システム(HIVACS)の開発

顧問 組 正会員：* 斉藤宏明・畠山 修・杉浦仁志

東京航空計器機 西出健一・堀 守智・堀 徳朗

1. はじめに

建設工事における資材運搬作業は、掘削作業やコンクリート打設作業等とともにあらゆる工種の中で最も主要な作業の1つといえる。そこで我々は、このうち特に車両を用いた運搬作業に注目し、これをある条件で無人化することにより近年建設業で課題となっている人手不足や生産性の向上に対する一つの解決策にしたいと考えている。本報では、この自動運転システム実現のための建設車両自動運転システム(HIVACS)構想を紹介し、さらにその技術開発状況について報告する。

2. 建設車両自動運転システム(HIVACS)構想

車両を用いた運搬作業を自動化するための技術的課題は、以下の4つに大別できる。

- ①無人走行あるいは誘導方法 ②障害物認識等の安全対策
③積み込み、荷降しの協調作業 ④複数台の車両運行管理システム

これらの課題を一挙に開発するには要素技術が未確立のため困難性を伴うので、段階的なアプローチが重要と考えている。そこで提案するのがHIVACS構想である。この構想は、表-1に示した様な4つの段階的なアプローチから構成しており、第1～第3段階においてはダンプトラックについてRCD工法によるダム施工を適用対象として取り上げ、この中での各種運搬作業をモデル化し段階的な実用化を行う計画である。さらに第4段階に至っては、ダンプトラック以外の各種車両系建設機械についても無人運転を図ろうと考えている。

開発段階	名 称	内 容	適 用 対 象
第1段階	固定経路無人走行システム	固定経路無人運転197(運搬部)、有人運転197(積み込み、荷降し部)で構成。固定経路内で無人走行。	骨材運搬
第2段階	変動経路無人走行システム	第1段階のシステムに変動経路無人運転197(荷降し部)が加わる。固定経路、変動経路内で無人走行。	コンクリート運搬
第3段階	複合経路無人走行システム	第1段階のシステムに複合経路無人運転197(積み込み部)が加わる。固定経路、複合経路内で無人走行。	原石運搬
第4段階	各種工事への応用	各種建設用ロボットと車両系機械の全自動運転化の組合せによる各種工事の完全自動化。	ダム・空港・土地造成・トンネル工事他

表-1 HIVACS 構想(4段階のアプローチ)

3. 第1段階の技術開発の進め方

我々は現在、HIVACS構想の第1段階の開発を行っている。第1段階では図-1に示す様に、ダンプトラックの運転区間を有人運転エリアと固定経路無人運転エリアの2つに区分している。有人運転エリアで行う積み込みや荷降し作業は従来通り有人で行う。また固定経路無人運転エリアでは、レーザー誘導技術によって車両の無人走行を実現する。この固定経路とは、月単位程度の短い期間では走行経路が変化しない経路を想定しており、RCD施工では骨材運搬作業がこれに相当する。

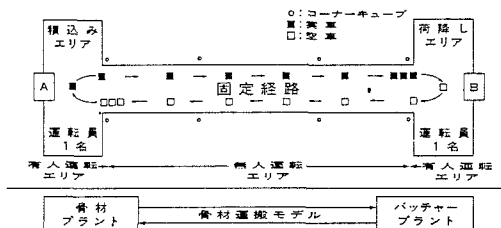


図-1 第1段階：固定経路無人走行システム

この固定経路無人運転エリア内で設定した条件は、次の通りである。

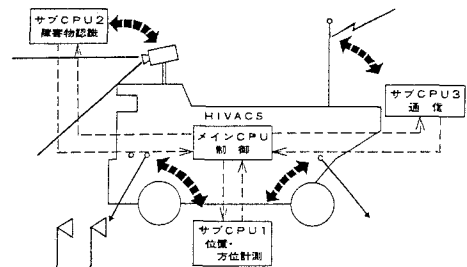


図-2 4つのCPUによる分散処理

- ① 無人走行は比較的固定された経路内のみとする。
- ② 走行路は起伏が少なく平坦である。
- ③ 走行速度は30km/hとする。
- ④ 専用走行路には人間が侵入しない。

これらの条件を考慮し、しかもダンプトラック1台当たりのシステムコストを現状の運転者の人件費程度に抑えることができれば、実用化のメリットがあると考えている。なお、無人ダンプトラックの最終的な形としては図-2に示した様な4つのCPUの搭載をした分散処理を考えている。

4. 実験状況

現在、第1段階の要素技術を確認する目的で市販のワゴン車を改造した実験車により、種々の実験を行っている。実験車の外観を写真-1に、システムブロック図を図-3に示す。

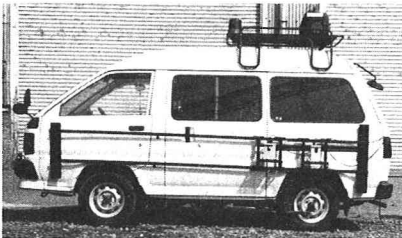


写真-1 実験車の外観

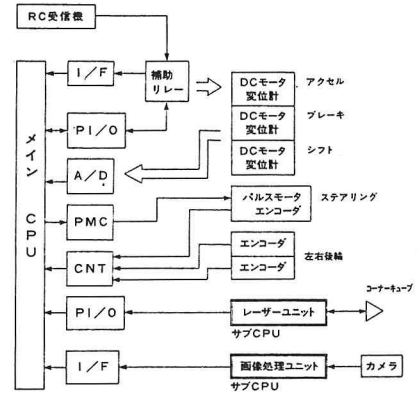


図-3 実験車のシステムブロック図

実験車の無人誘導方法は、誘導に必要な走行路上の固定設備の設置・撤去が比較的容易で、しかもエネルギー供給が不要、かつ耐久性の高い方法として、走行路の片側に一定間隔でコーナーキューブ（反射ミラー）を設置し、これと車両に搭載したレーザー受信装置との組合せ方式を採用している。本システムの原理は、車輪に取り付けたエンコーダ（回転数計測センサー）からの出力情報と、レーザー受信装置からの出力情報を組み合わせることにより長距離走行においても計測誤差の累積を生じることなく走行中の車両の現在位置方位を認識し、メインCPU内に記憶している計画コースとのズレを修正しながら車両を計画コース通りに誘導するものである。この自己位置・方位計測装置の性能評価実験結果の一例を図-4～5に示す。これは有人運転によって約5km/hの等速度で実験車を直線走行やカーブ走行させた際の出力データである。エンコーダによりデッドレコニング（位置方位を数値演算する方法）で計測し、演算された位置・方位情報がコーナーキューブ設置地点でレーザー装置によって補正されているのがわかる。

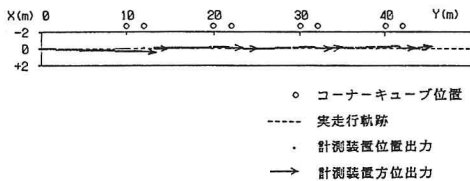


図-4 性能評価実験結果（直線走行）

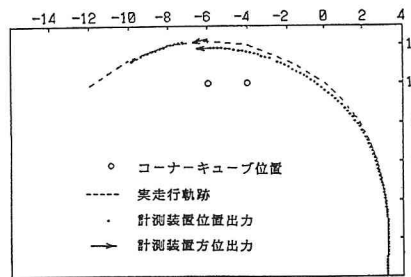


図-5 性能評価実験結果（カーブ走行）

5. おわりに

現在は、前述した誘導装置を使った無人走行の繰り返し実験を行っており、現状で15km/h程度の直線走行において±70cm程度の蛇行幅での走行性能を確認している。今後は、実際の現場での走行実験が出来る様に、走行速度を上げ蛇行幅をさらに抑えたカーブ走行も可能にしたいと考えている。さらに、現在CCDカメラを使ったカラー画像処理による障害物認識システムを作り走行路上の作業員の認識を試みており、これも早期にある程度のレベルまで開発し第1段階実現のために必要な各要素技術を確認していきたいと考えている。