

# 建設現場における移動体管理 「Na-VIシステム」

※長島 哲郎<sup>1</sup>・小林 大佑<sup>2</sup>・片山 優<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社中筋組 企画情報室 (〒693-0061 島根県出雲市姫原町293)

<sup>2</sup>松江工業高等専門学校 (〒690-8518 島根県松江市西生馬町14-4)



工事現場において移動体を効率よく制御し、施工サイクルの最適化を図る、移動体管理システム「Na-VIシステム」の開発を行った。本システムでは管理対象となる移動体(ダンプなど)にICタグを付けることで、運搬状況管理や、危険区間における警告表示などを行う。システム構築にあたり、株式会社中筋組と松江工業高等専門学校で産学連携を行った。

キーワード 安全・安心、環境、情報化、作業環境の向上

## 1. はじめに

掘削工事など多量の土砂運搬が発生する工種においては、ダンプなどの移動体が工事用道路や現道を幾度となく往来する。

往来の際の問題点として、幅員不足による離合不可や、直接視認できない高低差、カーブなどの危険区間が上げられる。通常、この対策として、仮設信号機やガードマンによる車両誘導等が行われるが、効率やコスト面等により対応が難しい場合がある。

また、施工管理上、運搬土量を把握することが必要だが、通常、ダンプの運搬回数は運転手の手記により行われる。多くの場合は有効だが、人的ミスによる記入漏れなど、管理上好ましくない場合もある。

本システムは移動体に個体判別可能なICタグを付けることで、これらの問題に対応する次の機能を実現している。

1. 危険箇所進入時に電光掲示などを行う「警告機能」
2. 通過回数をカウントする「通過回数管理機能」

移動体を管理し、制御できることで、安全性や作業効率の向上、施工サイクルの最適化等の効果が期待でき、結果として低コストで環境に優しい工事を行うことが可能となる。

上記の機能を実現するため、株式会社中筋組と松江工業高等専門学校との産学連携により、本システムの研究開発を行った<sup>1)</sup>。

## 2. システム紹介

本システムはICタグ(図-1右、セイコープレジジョン、WT-200<sup>2)</sup>)を利用している。これを移動体に付けることで、現在の移動体の状態把握を行う。

ICタグの情報は、移動体が通過する道路脇に設置する拠点機器(図-1左)に内蔵されたタグリーダ(セイコープレジジョン、WR-250<sup>3)</sup>)で読み取る。拠点機器には、ICタグのリーダや通信装置、制御装置を備えており、タグから発する個体識別番号を拠点機器で読み取り、拠点機器間を無線通信で繋ぐことで各種制御を行う。この個体識別番号により、管理対象を特定の移動体に絞り、一般車両と区別することが可能となる。



図-1 Na-VIシステム拠点機器(左)／ICタグ(右)

## (1) 利用機器の紹介

### a) ICタグ(アクティブタグ)

物流などで良く使用されるようになってきた非接触型のICタグを使用している。ICタグは、大きく分けてパッシブタイプとアクティブタイプがある。本システムで利用しているWT-200はアクティブタイプのタグ(以下、アクティブタグ)であり、パッシブタイプのタグ(以下、パッシブタグ)と比較し、電波が遠くまで到達し扱いやすい。

最近、周波数帯が低く電波が回り込みやすいUHF帯の利用がタグ用に認可され、パッシブタグでも数m程度の距離が稼げるようになってきたが、アクティブタグには及ばない。アクティブタグとパッシブタグの比較を表-1に示す。

表-1 アクティブタグ/パッシブタグ比較表

	アクティブタグ	パッシブタグ
電波到達距離	数十m	数mm～数m
電源	電池必要	不要
価格	高価(数千円～)	安価(数円～)
大きさ	大きい	小さい
書き換え	一部可能	不可

WT-200は430MHz帯アクティブタグであり、実測で30m～50m電波が到達する。

### b) 通信

アクティブタグ情報のやりとりや、関連機器の制御などの通信は、全てTCP/IPをベースとしている。デファクトスタンダードの protocols を利用することで、リモート制御可能な機器を幅広く選択することができる。拠点間は無線通信で接続し、コーリニア型アレーアンテナ(無指向性)と八木式アンテナ(指向性)を状況に応じて選択する。通信距離は2km程度まで対応可能である。それ以上の場合は、中継拠点を用意し、通信内容の中継する。

アクティブタグ用にもアンテナが用意され、同様にコーリニア型アレーアンテナと八木式アンテナを現場の状況に応じて選択する。

### c) 制御機器

各種機器の制御は、現場の状況に応じて、一般的なパソコンか、FA用のPLC(Programmable Logic Controller)を利用する。

PLCはアクティブタグの電波受信情報を演算し、電光表示板等による警告表示などの制御に利用すると同時に、リレー回路の代替装置としても使用する。

工事現場は時に非常に過酷な環境下となり、多量の粉塵の発生や寒暖差の激しい環境など、電子機器には向いていない場所である事が多い。また現場においては電源確保が難しいため、本システムではソーラーパネルを利用して発電を行っている。設置箇所は、移動体等への影

響がないよう、道路脇などの狭いスペースを利用する。

PLCはパソコンと比較して、過酷な条件にも対応でき、かつ省電力であり、サイズも小さく、設置スペースを節約することが可能である。こうした理由により、PLCを本システムでは採用している。PLCの例として、本システムで採用実績のあるKV-5000<sup>4)</sup>の性能仕様を表-2に示す。

表-2 KV-5000性能仕様

PLC CPU Unit 性能仕様	
内部消費電流	DC24V/320mA以下
サイズ	H93.5 × W72 × D85 mm
質量	320g
使用周囲温度	0～+50度(氷結しないこと)
保存周囲温度	-20～+70度
対ノイズ性	1500Vp-p以上
入出力点数	入力8点/出力16点

## (2) 機器構成/機能紹介

機器は全て図-1の拠点機器に収められている。拠点機器は設置箇所によって提供機能が違い、大きく分けて測定拠点・警告拠点・現場事務所拠点・中継拠点の4種類に分けられる。

最も標準的な構成は、測定拠点2箇所と、警告拠点・現場事務所拠点どちらか1箇所の計3箇所による運用である。それぞれの拠点間は無線通信をする必要があるため、基本的には見通しがあることが条件となる。見通しがない場合は中継拠点で拠点機器間を繋ぐ。警告拠点を設置した場合の標準構成を図-2に示す。

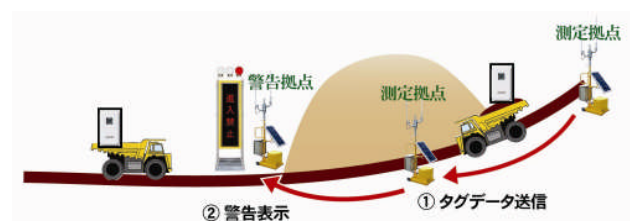


図-2 システム標準構成例

### a) 警告機能

離合不可区間や危険区間への進入路手前に警告表示のための電光表示板と警告拠点を設置し、運転手に進入先の状況に応じた警告を行う。

測定拠点を離合不可区間や危険区間の進入先2箇所に設置することにより、進入先から走行してくる移動体の状態をシステムが検知し、警告表示する。

### b) 通過回数管理機能

移動体の通過区間に測定拠点を設置し、移動体が通過した情報を現場事務所拠点が受信する。

現場事務所拠点のパソコン上で、予め移動体のナンバ

一とアクティブタグIDを紐づけた上で、移動体の運搬可能量や積載物の種類、立米あたりの重量などを登録しておく。受信した情報を元にこれを計算し、ほぼリアルタイムに運搬量を画面で確認することができる。また、個別の運搬状況の記録が全てシステム内に記録されるため、任意期間の運搬状況や集計結果の出力等も可能である。

PLCのみの運用においては、内蔵のSDカードにログを保存することで、後にパソコンから運搬状況を確認可能としている。

### 3. 稼働現場例

2010年8月1日現在、稼働実績は社内現場で4箇所、社外現場で2箇所である。警告機能と通過回数管理機能、両機能の併用、片方の機能のみ利用、どちらも実績がある。

#### (1) 警告機能

現場：多伎朝山道路改良工事

請負額：約1億6千万円 工期：12ヶ月

多伎朝山道路は、県内有数の交通の難所である島根県出雲市多伎町久村から、大田市朝山町朝倉に至る延長9kmに計画された道路である。この区間は、国道9号の現道と新道のダブル区間となる。本工事は現道の国道9号から新設される本線道路までの市道を大型車両が進入できるように、拡幅・視距改良を行うと共に新設の工事用道路を設けるものである。

工事においては市道を利用し約8,000立米の盛土材の運搬を行った。この市道は幅員が狭く大型車両同士の離合が困難な箇所が多く、事故等が懸念されその安全対策等が必要であった。この対策の一助として本システムを稼働することで安全に工事を行うことができた。

運搬には10tダンプを使用し、同時運搬台数は5台程度であった。本システムの配置を図-3に示す。P-1が国道9号側、P-3が本線道路への新設工事用道路側で、道路沿いに拠点機器を設置した。P-2付近は離合不可地点となっており、P-3からP-2への移動時に、P-1側からダンプが進入してこないよう、電光表示で進入禁止の警告を行った。本現場は延長が短く、タグ電波の混信等の問題が発生した。そのため、電波強度を計測し、設定値以下の電波を受信しないよう微調整を行うことで対応した。

#### (2) 通過回数管理機能

現場：斐伊川放水路掘削工事

請負額：約3億円 工期：10ヶ月

斐伊川放水路は斐伊川・神戸川治水対策3点セットの1つとして行われている事業であり、斐伊川本川と神戸川を結ぶ放水路開削部4.1kmと、神戸川の川幅を拡幅する

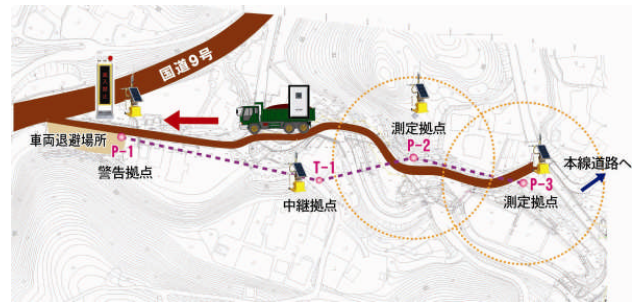


図3 多伎朝山道路改良工事 システム配置図

9.0kmの建設工事が進められている。またこの事業より発生する土砂の大部分は開削部南側の谷に運ばれ、階段状の盛土を行い、これを緑で覆うグリーンステップ事業が行われている。本工事はこの斐伊川放水路建設工事として、流入部の山を掘削し、グリーンステップ事業が行われる区域まで土砂を運搬、処理するものである。

運搬には30tの大型ダンプを使用し、近隣の残土受入地点まで、日に13往復程度の運搬が発生した。同時運搬台数は、およそ10台程度であった。本システムの配置は図-4に示す。P-1からP-2への移動を検知し、これを約500m離れた現場事務所のパソコンにデータを送信し、運搬量やダンプの運行状況をリアルタイムに確認できるようにした。

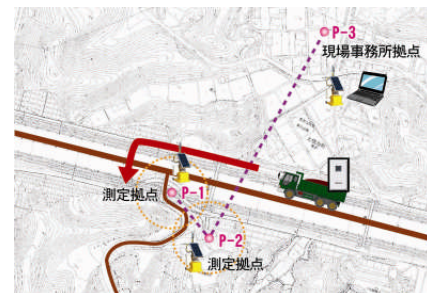


図4 斐伊川放水路掘削工事 システム配置図

### 4. 機能拡張への取り組み

一般的に中小企業の社内リソースは限られており、研究開発は人員・コスト的にハードルが高い。本システムにおいては、株式会社中筋組と松江工業高等専門学校で産学連携を行い、PLCプログラムやハードウェア試作品を作成し、これを元に製品への応用を行っている。

#### (1) プログラムの汎用化

PLCのプログラミングやアルゴリズムの研究、リレーを利用した関連ハードの試作等を行い、現場における設置・検証を行った。

本システムにおいては、システム上の機能は同じでも、現場条件によってPLCプログラムの変更が必要という問

題があり、現在このPLCプログラムの汎用化に取り組んでいる。

### (2) タッチパネル液晶によるGUI操作

工事現場へ本システム設置をする際には、現場条件に合わせて各種設定を行う必要があるが、PLCは画面がなく、設定変更のためにはパソコンを用いたプログラムの修正が必要であった。こういった設定の簡易化と、日々の工事進行状況や天候などによる条件変動を設定するため、現場員でも容易に操作可能なGUIを用いたタッチパネル液晶を使用した。

液晶表示では、電波強度の検知範囲を調整するための閾値調整や、タグに関する情報の登録、その他基本設定ができるようになっており、図-5はその設定画面である。また、一部設定項目については、システム管理者しか変更ができないよう、パスワードをかけることも可能とした。



図-5 タッチパネル液晶表示

### (3) タグ電波計測装置

アクティブタグの発する電波は遮蔽物や移動体へのタグの取り付け状態等で変化するため、拠点機器設置時には設置箇所の工夫や電波強度調整が欠かせない。システム設置時にこれを簡略化するため、タグの電波を計測する装置(図-6)を試作した。

装置はハンディタイプとし、実際のアンテナと同等の物を利用することで、同条件での測定を可能とした。



図-6 タグ電波計測装置試作機

## 5. 今後の課題

### (1) 拠点間通信の課題

現在、拠点機器間の通信は無線通信によるため、見通しの悪い拠点間や、遠く離れた場所への設置はできない。特に、現場と現場事務所間は離れていることが多く、現在の無線通信だけでは対応が難しいことが多い。

携帯キャリアのデータカード利用などにより、遠方からでも安定した制御が可能になるよう検討中である。

### (2) アクティブタグの精度の課題

アクティブタグの電波強度が安定せず、若干の個体差や電波発信強度のムラが、事前の実験結果で観測されている。メーカーとも協議を行ったが、工場出荷量産品でもある程度の誤差は発生するとの回答であった。

現在はシステムでそれを吸収する形で対処しているが、他センサの活用の方角性も含め、今後の課題としたい。

## 6. おわりに

トータルステーションやGPS/GNSSを利用した情報化施工は精度も高く、効果の高い高度な技術であるが、それぞれの機器コストが高く、システム全体で見ると多大なコストが必要であり、レンタル/リースであっても、小規模現場での利用は難しい。本システムは情報化施工の一つの形として、情報化技術を容易に現場で利用できるように目標に、安価なアクティブタグを利用することで、移動体の数が多い場合でも、必要な機能を低価格で提供できるよう考慮し、構築している。

地方発の情報化施工技術として、現場のニーズを引き出し、今後も機能向上に努め、開発を続けていきたい。

**謝辞：**Na-VIシステムの研究開発にご協力頂いた、松江工業高等専門学校片山 優先生、同片山研究室専攻生 小林大佑氏に感謝の意を表す。

本研究開発の一部は島根県土木部土木総務課 建設産業新分野進出支援事業助成金 土総第139号の8、土総第269号の交付による。

## 付録

### 参考文献

- 1) 小林 大佑：ICタグを用いたトラック運行管理システム，平成22年度中国・四国地区高等専門学校専攻科生交流会予稿集-情報・制御部門-，pp.111-112，2010。
- 2) SecureTAG®WT-200 製品仕様書，セイコープレジジョン株式会社，2008年2月18日 1.0版。
- 3) SecureTAG®リーダ WR-250 製品仕様書，セイコープレジジョン株式会社，2008年2月18日 1.0版。
- 4) プログラマブルコントローラ KV-5000/3000 KV-DR1 取扱説明書，株式会社KEYENCE，2008年7月発行。