３６. 無線 LAN を使用したバックホウの積み出し作業管理システムの開発

日立建機株式会社　○小倉　弘、株式会社キック　西垣　重臣
株式会社日立製作所ワイヤレスインフォベンチャーカンパニー　石野　孝

１．はじめに

近年、IT 技術を利用した情報化施工の進展が著しい。一般に情報化施工と言えば計画から、測量、設計、施工、維持管理の一連の工程を通し、施工に関わる情報を利用して施工の効率向上、精度・品質向上などを目的とした管理面の事例が多い。実際、施工業者へのヒアリングを行うと、施工中の物流の管理、手配の効率化に対する情報技術の利用が望まれている。図１に示すとおり、我々の生産する建設機械は、一連の工事工程の中で、実際にものを形作る施工工程で用いられる。従って、建設機械は施工のために工事情報を利用する、

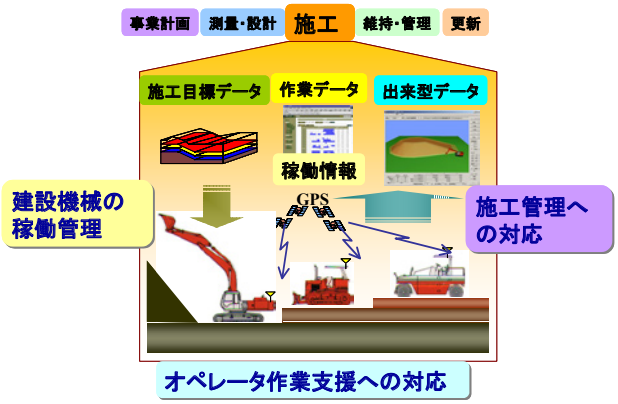

図１　建設機械メーカにおける情報化施工

あるいは施工状況を情報として発信する情報源となりうる。その考えを元に、建設機械のＩＴ化には大きく分けて「建設機械の稼働管理」「施工管理への対応」「オペレータ作業支援」の３テーマがあると考えている。「施工管理への対応」では実際の施工を行っている建設機械の稼働時間、稼働位置などの情報を施工管理へ用いること、あるいは計画、設計などの情報を機械施工のために利用することであり、施工工程の効率化、品質確保、あるいは安全性の確保などを目的とする。

特に施工工程全体の効率化、合理化は、施工業者の一番の課題であるが、従来の情報化施工に関するシステムは、施工工程のある一部分の効率化・合理化を行うに過ぎないものが見受けられる。

そこで、施工現場の情報発信・収集基地となりうるバックホウを主体として、工期を通じて施工の効率化・合理化に貢献することを目的として、アプリケーションの検討・開発を進めてきた。

顧客要求調査の結果、①土木工事は土を運ぶ仕事であるので、物流の管理を効率化したい②施工現場の状況を現場事務所、本社の事務所で遠隔監視したいという項目が挙がった。そこで、①の要求に対しては、無線 LAN を利用して、バックホウとダンプの通信を、ダンプへの積み込み作業イベントとみなすことで、ダンプの運搬回数、運搬土量の計測を行うシステムの開発を行った。また、②の要求に対しては、インターネットに直接接続可能なＷｅｂカメラの適用で、専用回線の設置不要で、施工現場の映像を現場事務所をはじめとして工事発注者・地域住民で共有することが可能である。

今回、上記無線 LAN によるダンプの運搬回数検知システムと Web カメラによる現場監視システムを実際の施工現場へ適用したので、その報告を行う。

２．システムの概要

２．１　無線 LAN による積み出し作業計測

無線 LAN を利用した積み出し回数の計測機能は、無線LAN方式ICタグと基地局の通信機能を利用して、積み出し作業を行うバックホウと運土を行うダンプの通信をバックホウによる積み込みイベントとみなすことで、ダンプ毎の積み込み・運搬回数をバックホウ主体で計測するものである。

IC タグからは周期的にタグ識別データ（ID）が送信され、バックホウ搭載の受信機・PC では、IC タグ

からのデータを最初に受信した時刻と ID、所定時間 IC タグからのデータが途絶した時の時刻と ID を PC に記憶する。

受信開始時刻は積み込み作業を行うためにバックホウに所定距離だけ接近した時刻を表し、データ途絶時刻は、積み込み作業終了後、ダンプがバックホウから所定距離以上離れた時刻を表す。この 2 つの時刻の差分がダンプが積み込み現場で作業をしていた時間と考えられる。この時間を以下滞留時間と呼ぶ。機械の不具合でダンプがバックホウ付近で停止したり、バックホウ付近で積み込みのための待ち行列が発生するとこの滞留時間が長くなる。

運搬回数は、ダンプがバックホウに接近した回数のカウントで可能となる。また運搬土量については、ダンプの運搬回数に規定値（10t ダンプで 5.5m3）を掛けあわせるで推定することにした。

２．２　Ｗｅｂカメラを利用した積み出し作業位置の遠隔監視

施工現場の遠隔地での映像監視に対する要求は、年々高まっている。インターネットに直接接続可能なＷｅｂカメラの普及で、専用回線の設置不要で、施工現場の映像を現場事務所をはじめとして工事発注者、地域住民で共有することが可能となった。

本システムでは、現場に設置したＷｅｂカメラの閲覧とカメラ画像を利用した作業指示図面の作成機能を有する。ただし、施工現場へのＷｅｂカメラの設置は設置場所の選定、電源・ＬＡＮの引き回し、セキュリティなどの課題がある。また、容易に入手可能なカメラが現場を監視するために必要な解像度・機能を有しているかなど、実際に運用してみて確認すべき項目もある。

３．実証実験

今回開発したシステムを、実際の施工現場にて実証実験を行った。

３．１　実験の概要

a) 工事名：上阿久津改良舗装工事

b) 発注者：国土交通省宇都宮国道事務所

c) 施工者：渡辺建設（株）

d) 工事概要：施工延長=460m 残土積出量=13,500m3 舗装工=4,090m2

e) 工期：平成 17 年 11 月 2 日～至平成 18 年 10 月 30 日

f) 実証実験期間：平成 18 年 3 月 24 日～至平成 18 年 5 月 20 日

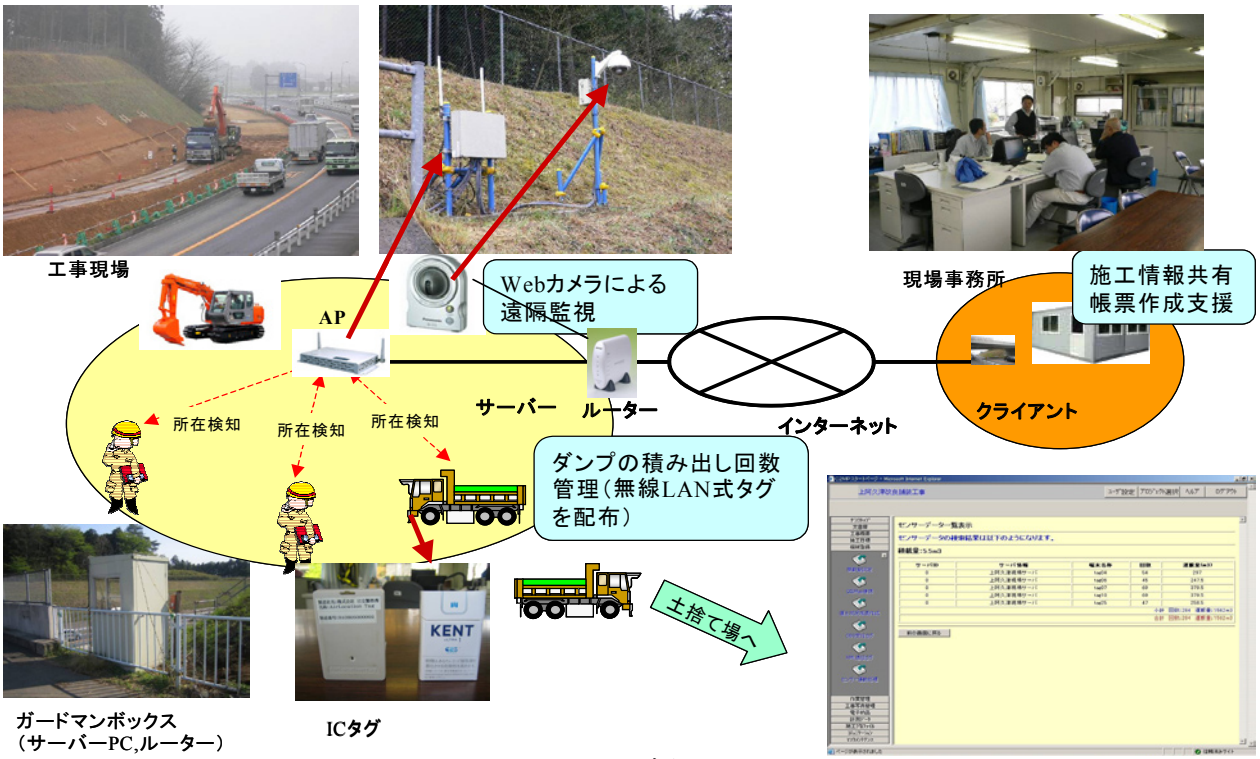

図２　システム概要

３．２　実証実験の目的

無線LAN と Web カメラを利用した積み出し作業管理機能と積出土量管理表自動作成機能の試行評価を行う。

３．３　実証実験の実施内容

ａ）無線ＬＡＮを利用した残土積込場所におけるダンプの到着・発信イベントの検知と Web カメラによる積出作業状況画像の配信

表１　システム構成機器

機器名	メーカ名	型番	台数
Webカメラ	パナソニック	BB-HCM381	1
Webカメラ用屋外ハウジング			1
ルーター	アライドシステム	AR260S	1
無線LAN基地局	日立電線	HAP200B-S2	1
指向性アンテナ			1
無線タグ	日立製作所	ALT-180TAMS	5
サーバー(ノートPC)			1

今回の実証実験に使用した機器の一覧を表１に示す。無線ＬＡＮによるダンプとバックホウの接近検知は、（株）日立製作所製の無線ＬＡＮによる位置検出システム AirLocation を利用した。これは、TDOA(Time Differential of Arrival)方式による日立独自の位置検知モジュールを搭載した専用基地局を用い、IEEE802.11b 準拠の汎用無線 LAN 端末を平均1～3mの高精度で位置検知できるものである。今回の実証実験では汎用無線ＬＡＮ端末として無線タグをダンプのオペレータに配布し、接近検知用のサーバを積み出し位置付近に設置した。検知用のサーバをバックホウ内に設置するほうが望ましいが、今回のシステムはサーバとインターネット間接続が有線である必要があり、検知サーバを現場設置とした。

ｂ）現場に設置した検知サーバから施工管理システムのサーバへの検知データの自動取込と残土積出土量管理表の自動作成

施工管理アプリケーションソフトについては、(株)キック製施工管理ソフトウェアｃ２ｍｐに、ダンプ運搬回数計測・帳票作成機能を追加する形で開発し、現場事務所 PC で運用を行った。

この施工管理ソフトウェアは Web サービス型となっており、クライアント PC から施工管理システム本体が格納されているサーバへアクセスして、施工状況の確認、帳票の作成を行う。

施工現場の検知サーバに蓄積されたデータは、施工管理ソフトのデータ読み込み機能を起動することで施工管理サーバに転送される。

４．実験結果

４．１　バックホウとダンプの接近検知

無線ＬＡＮ基地局は、実際には 50mから最大 150ｍくらい離れた位置に設置した。無線 LAN は IEEE802.11b 方式を採用しており、通信可能距離は通常 100m前後と言われているが、今回の実験中、距離が長くて通信が出来なかったことは無かった。

検知サーバでは、ダンプが積み出し作業エリアから外に出たという判断をする部分が「通信途絶が７分継続したらエリア外」という仕様であった。つまり、滞留時間は最低７分ということになるが、位置検知のデータの 10%弱が滞留時間７分未満となっていた。考えられる原因として、前日のサーバーシャットダウン時に、検知サーバの制御ソフトを終了させないままサーバを落としたことが考えられるが、実験等で原因の特定を行っておく必要がある。

図３　ダンプ毎の運搬量表示画面

４．２　積み出し作業の出来高管理

図３がダンプごとの積み込み回数の計測結果、図４が運搬回数の日別の推移を表すグラフである。また、当社油圧ショベルは機械稼動情報収集システム e-Service により、事務所で機械の稼動情報を閲覧することが可能である。図５に、実証実験で積み込み作業に使用したバックホウの稼動情報日報画面を示す。

この、運搬回数のグラフと稼動情報のデータの突合せで、以下のことがわかる。

・4 月 25 日、26 日は、ダンプのトラブルにより運搬

回数が減っている。そのリカバリーのため、通常より残業して作業を行っている。

・4 月 28 日、5 月 10 日は、滞留時間の増加が無いにもかかわらず、運搬回数が減少している。GW などによる道路の渋滞が影響していると考えられる。

積み込み作業のサイクルタイム、運搬回数など、手作業による計測と同様の結果が得られていることから、本システムによる積み出し作業の計測が可能である見通しを得た。

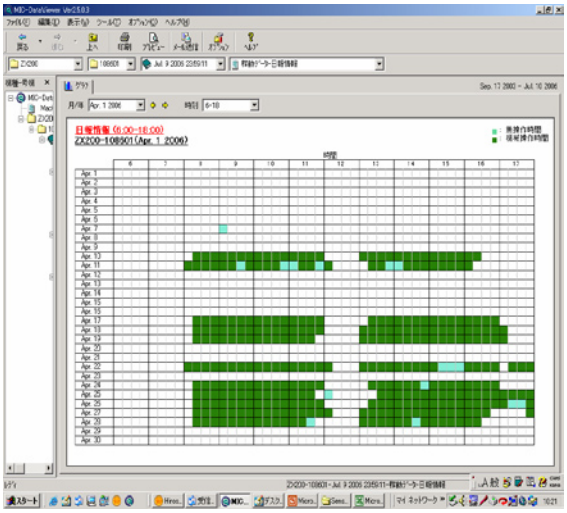

図４　バックホウの稼動情報表示画面

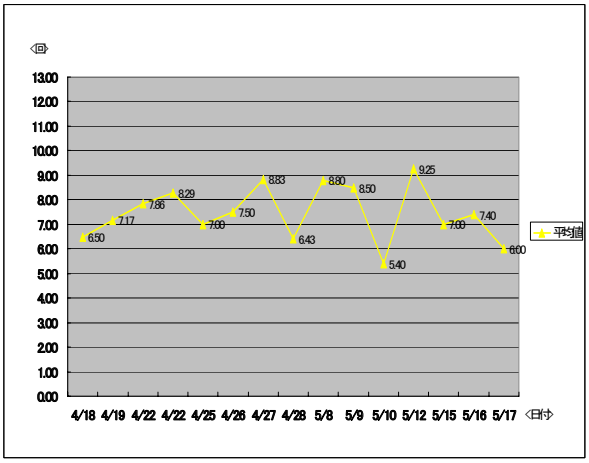

図５　ダンプ運搬回数平均値の推移

４．３　積み出し作業の遠隔映像監視

図６にWebカメラによる映像のPC上での表示画面例を示す。通信負荷の軽減のため表示更新を３秒間隔に設定した。解像度、更新周期とも特に問題とならず、現場の安全監視、搬入物の荷卸位置の指示、打合せ時の作業場所の確認等に大きな効果があることがわかった。ただし、カメラへのアクセスのセキュリティ管理の必要性、カメラの向きなどによってはカメラ周辺の住宅・住民が映りこんでしまうので、プライバシーへの配慮などが運用上の課題として挙げられる。

図６　Ｗｅｂカメラ映像の表示画面

５．顧客評価

今回のシステムを運用した顧客の意見は以下のとおりである。

・ダンプ台数がもう少し多い現場で（今回は８台）、運用の効果がありそう

・ＩＣタグの配布や回収は特に問題は無いが、バッテリの持続時間がもう少し長いと良い

・監視カメラは、工事現場での監視だけではなく、工事発注者の事務所での状況把握や打合せ時での活用など、非常に便利である。

６．今後の課題

今回の実証実験では、使用機材を最小限にするため、限られた条件での作業管理を行った。実際の施工現場は積み出し・荷降ろし位置が複数あり、無線機材の設置にも制約があることが考えられる。

今回開発したシステムをベースとして、現場毎に適したシステムへカスタマイズすることが容易な仕組み作りが必要と考える。

７．おわりに

本実験を行うにあたり、実証実験現場の提供、本システムの運用にご協力を頂いた、（株）渡辺建設（本社：宇都宮）の皆様、国土交通省宇都宮国道事務所の方々に感謝の意を表したい。