

# IT を利用した工事船舶安全管理システムの開発

増田 稔・藤山 映

IT を利用した工事船舶安全管理システムとは、船舶航行管理システムとクレーン船高度管理システムおよび揚錨船位置管理システムを融合することで、海上土木施工を行う際に重要となる船舶位置情報およびクレーンブーム高度や角度およびアンカー位置等の各種動静情報を工事関係者がリアルタイムに監視可能な次世代型安全ツールである。本稿は、システムの概要および実現場での運用について述べるものである。

キーワード：安全 情報通信 リアルタイム 監視管理 無線 LAN

## 1. はじめに

近年、IT 技術の発展は著しく、携帯電話・無線 LAN などの情報通信端末を通じて WEB 上から様々な情報を瞬時に取得できるため、各家庭へも幅広く浸透している。建設業界においても、CALS/EC・電子入札・電子納品など、従来紙で交換されていた情報を電子化するとともに、インターネットを活用して公共事業に関連する多くのデータベースを連携して使える環境を創出する取り組みが広がっている。さらに、工事においては GPS を利用した施工管理・測量やパソコンによる施工支援装置の導入など幅広い分野で IT 技術が活用されている。

IT による施工管理システムは、施工効率の向上や安全性の向上など、工事の品質にも直結する非常に重要な技術である。当社としても本技術の確立を目指し、深淺測量システム、船舶航行管理システム、無線 LAN・携帯電話を利用した大規模造成工事遠隔監視システムなど様々なネットワーク型システムを開発し実績を積んできた。

本論文で紹介する工事船舶安全管理システムは、これらのシステムを融合して開発したものであり、川崎市浮島地区で施工中のフェリー棧橋関連施設の撤去工事に導入中である。

## 2. 開発経緯

川崎市浮島地区ではフェリーターミナル棧橋撤去工事が平成 18 年 6 月より施工されている。本現場は、

多摩川を挟んだ対岸に羽田空港があるため航空制限がある厳しい環境下での施工に加え、施工海域が狭く、複数のクレーン付き台船が稼動するにはこれら船舶を管理するための施工支援システムが必要不可欠であった（図-1）。そこで、作業船のブーム高度をリアルタイムに監視する「作業船高度管理システム」と船舶の位置情報・航跡を共有する「船舶航行管理システム」、さらには揚錨船の誘導やアンカーの位置を記録保存・モニタ表示可能な「揚錨船位置管理システム」を融合することで、さらなる安全性の向上を目的として工事船舶安全管理システムを開発導入した。次項以降、システム概要および適用成果について述べる。

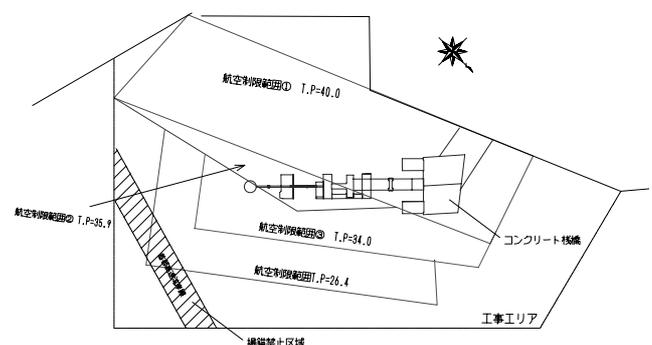


図-1 現場内における航空制限エリア

## 3. 工事船舶安全管理システム概要

### 3.1 作業船高度管理システム

#### (1) システム概要

作業船高度管理システムとは、無線 LAN、インタ

ーネットなどのネットワーク網により、作業船の（航空制限高度に対する）高さ情報や施工情報を、必要とするユーザーが遠隔地からパソコンのモニタ上でリアルタイムに監視できる高度情報化施工管理システムである。図-2 にシステムイメージを示す。

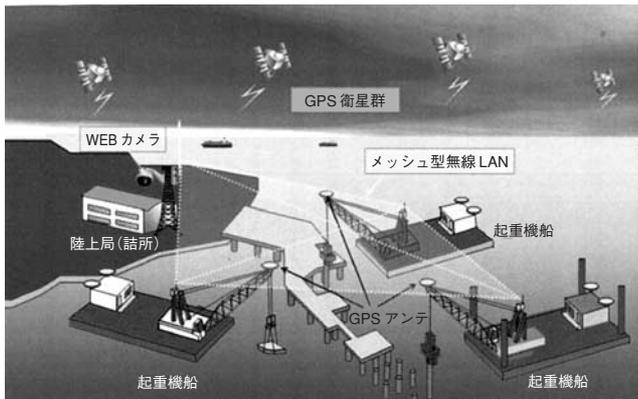


図-2 システムイメージ

(2) システム構成

本システムは RTK-GPS, GPS 方位計, ジブ角度計等の計測器により構成され, 工事区域内における起重機船の位置, 方位, ジブ先端の高さ, ジブ角度および方位を, クレーン操作室およびブリッジのノート PC にグラフィック表示する。システム構成図を図-3 に示す。画面上には航空制限高度に対するジブ先端の高さ, 角度がクレーンの疑似断面図として表示されるほか, 他船の位置情報等が表示される。また, これらの情報はネットワーク網を介して東亜建設工業(株)のサーバに定時送信されるため, 現場詰所や事務所などの遠隔地から各作業船の動向をモニタ上でリアルタイムに監視することが可能である。

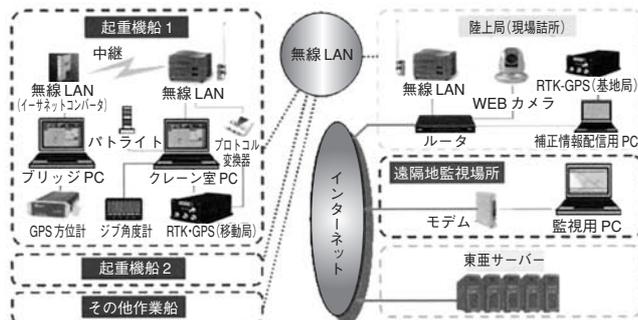


図-3 システム構成

(3) 高度管理モニタ

起重機側モニタには各種計測値や施工情報, 平面図, クレーン断面図が表示される (図-4)。平面図には自船および他船位置が, また断面図にはクレーン高度

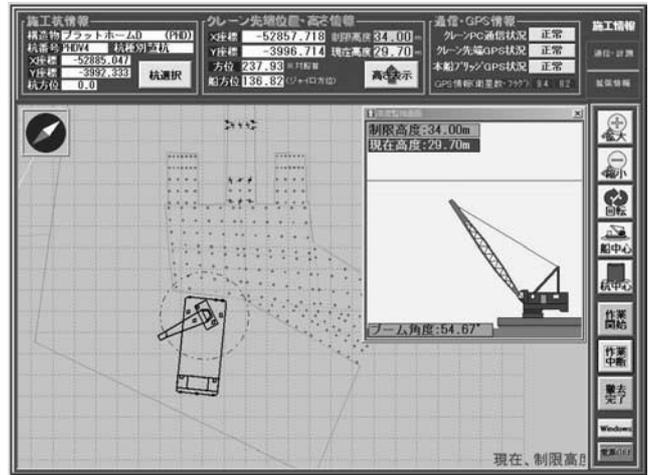


図-4 システムモニタ表示例 (起重機側)

および角度がリアルタイムに表示され, オペレータは本モニタを見て施工を行う。本モニタはタッチパネル機能を採用しており拡大縮小やデータ保存など誰にでも容易に操作可能である。事務所側モニタも同様に, 各船舶のクレーン高度・角度の断面図および平面位置や船体方位および判定状況 (緑・黄・赤) がリアルタイムに表示される (図-5)。

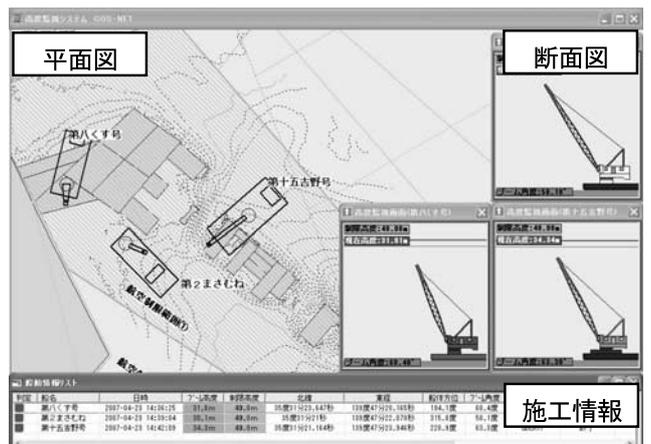


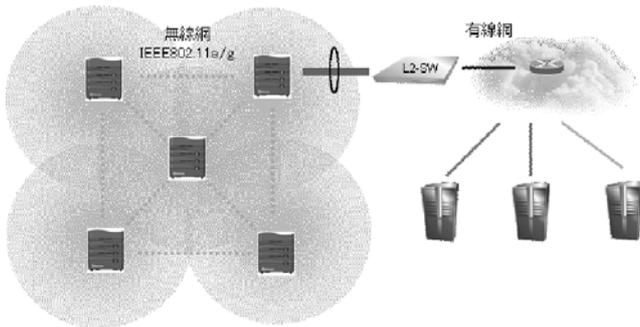
図-5 システムモニタ表示例 (事務所側)

(4) 安全管理機能

(a) メッシュ型無線 LAN

メッシュ型無線 LAN とは, アクセスポイント同士が無線通信を行い (毎秒 54 M バイト), インターネット網に有線接続されたアクセスポイントまで最適な経路を自動的に選択しデータ転送可能なシステムである。本通信は, 従来のシングル無線構造やデュアル無線構造と異なり, ユーザーアクセス用に 1 チャンネル, バックボーン用の上り方向に 1 チャンネル, 下り方向に 1 チャンネル使用できるため, 中継に伴う通信性能の低下を最小限に抑えることができる。また, 本シス

テムは、無線機を移動するだけでアクセスポイントをどこにでも設定可能であり移動に伴う特別な回線設置工事などを必要としない。通信範囲は直線距離で約5 km まで適用可能である (図—6)。



図—6 メッシュ型無線 LAN システムイメージ

### (b) パトライトによる警告

通常、クレーン操作はオペレータ 1 人で行うため、十分注意していたとしてもモニタ画面を見過ごすなどヒューマンエラーの発生は否めない。本現場のような航空制限があり瞬間的な判断が特に重要となる作業ではなおさらである。そこで、ブザー付きパトライトを搭載し視覚情報・聴覚情報を追加することでシステムモニタと併せ安全性を強化した。警告は 3 段階設定されており、通常状態を緑、制限高度まで 3 m を黄色、制限高度超を赤としている。黄色以上にクレーンが達した場合はブザー音にて警告を行う (図—7)。



図—7 パトライト設置状況

### (c) カメラによる遠隔監視

現場詰め所に WEB カメラを設置し遠隔地の事務所から施工現場の様子をパソコンのモニタ上でリアルタイムに監視することが可能である。

インターネット接続された環境であれば、ID とパスワードを入力することでどこからでもアクセスでき、拡大・縮小・画面コピーなどの操作も容易である (図—8)。

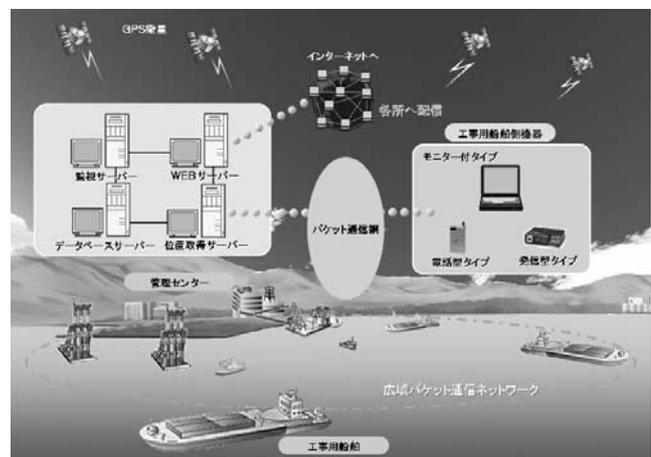


図—8 WEB カメラ表示例

## 3.2 船舶航行監視システム

### (1) システム概要

本システムは、管理対象となる船舶に GPS と通信機器に加え、必要に応じてパソコンなどの設備を設置し、監視対象となる船舶の運航状況をリアルタイムに把握するほか、船舶に対し気象情報や運航管理に必要な情報 (運航経路、停泊地など) の提供も行う。事務所と船舶間の通信については、監視対象範囲により選択することが可能であり、数 10 km 範囲であれば、海上 GPS 利用推進機構の FM 専用波 (以下 FM 専用波) や MCA 無線、それより広範囲であれば携帯電話や PHS のパケット通信網を採用することで対応することが可能である。また、システムを設置した船舶では、電子海図情報を基にした地図情報のほか、独自の情報 (運航経路・専用棧橋・岸壁・ブイなど) を表示することもでき、さらに等深線や危険領域に対する侵入警報機能などにより安全航行をサポートすることも



図—9 システムイメージ

できる。さらに、過去の航行軌跡をサーバーに保存することで、トレーサビリティの確保が可能となる。図-9にパケット通信網を利用した航行監視システムのイメージ図を示す。

(2) システムの特長

船舶群との通信手法に違いはあるが、運航管理システムの主な特長は下記の通りである。図-10にシステム管理画面を示す。

(a) 安定した通信インフラを採用

出力が強く安定したFM専用波を利用することで、電波の届く範囲（～数十km）の工事用船舶との双方向通信を確保。それより遠距離であれば、パケット通信による双方向データ通信を採用することで、有効監視エリアを日本沿海全域（10海里以内）とすることができる。

(b) 高い位置データ更新頻度

FM専用波で1～6秒程度（対象70隻）、パケット通信であれば最小10秒程度の間隔で位置更新が可能。但しパケット通信の場合は、更新間隔を短くすると、データ通信量が増えるため、パケット通信料金が増えることになる。

(c) 各種運航管理機能を装備

地図（海図）表示、工事区域・航行制限区域等の表示、入出域管理など、運航管理に必要とされる管理機能を搭載している。工事用船舶では、自船位置のほか他船の位置も把握できる。事務所では特定の工事用船舶の検索ができるほか、工事海域の気象・海象情報のほか天気予報、最新の運航予定表、一般船舶航行情報など様々な情報をWEB上で掲示することも可能である。

(d) 船舶ナビゲーション機能

自船位置をリアルタイムにマップ上に表示するナビゲーション画面を装備しており、指定航路や工事区域、停泊場所さらに土砂投入場所までの誘導も可能である。

本施工では、各船舶に搭載した無線LANを利用して、施工に伴う情報共有を可能とした。具体的には、鋼管杭の引き抜き撤去作業に伴う、出来高の管理機能を有しており撤去前・中・後の杭情報は各船のパソコン上から東亜サーバへ定期送信されるため、各杭の出来高情報を必要な時にダウンロードすることで出来型管理の簡素化を図っている。

3.3 揚錨船位置管理システム

(1) システム概要

従来アンカー位置はブイ・旗などで他船舶に明示し

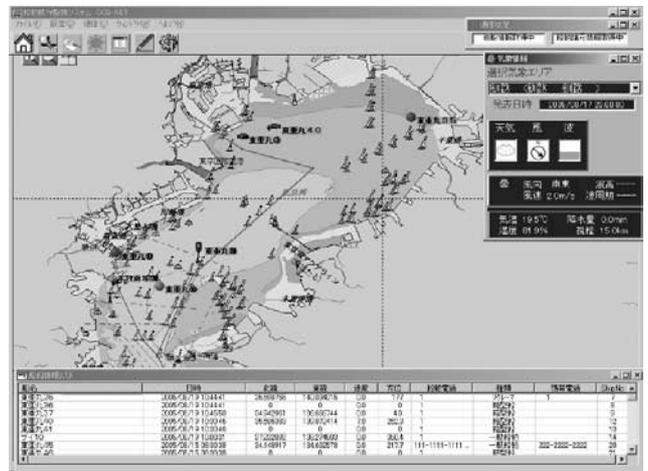


図-10 システム画面例（管理画面）

てきたが、正確な位置および水面下のワイヤーの位置など不明瞭な要素が多く、巻き込み事故に発展するケースも少なくない。そこで、作業船（本船）と揚錨船とを無線LANにより接続し、GPSによる投錨位置への誘導、投錨位置の保存機能を有し、システム画面上に投錨状況をリアルタイムに表示する揚錨船位置管理システムを開発した。他船団に本システムを装備することにより、互いの船団の投錨情報が共有され、投錨ワイヤーの打ち掛け状況が一目で把握可能となる。また、本船および揚錨船は陸上局を経由してインターネット接続されており、遠隔地からでもモニタリング可能である。

本システムは船体に既存の計器（GPS・方位計）を利用した構築も可能であるため、コストを最小限に抑えて提供することも可能である。図-11にシステムイメージ、図-12にシステム構成を示す。

(2) システムの特長

- (a) 投錨位置・時間を管理・自動記録するため、投錨位置への明確な指示が可能。
- (b) 自船団と他船団の位置関係や投錨状況が確認



図-11 システムイメージ

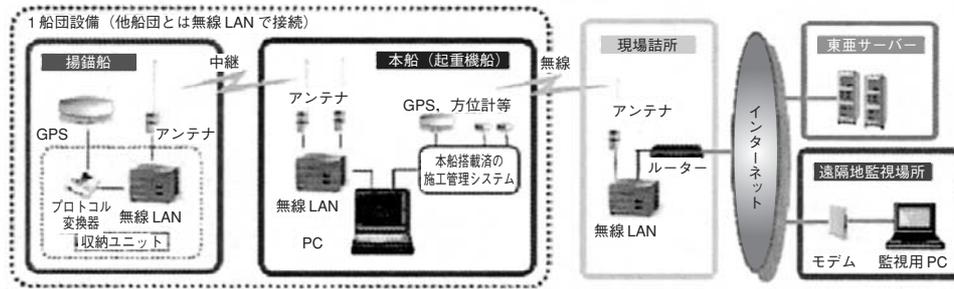


図-12 システム構成

可能。

- (c) 自他船団間で投錨ワイヤーが交錯した場合でも，双方の上下関係が分かりやすく一目で確認可能。
- (d) 既設施工管理システムからの位置・方位情報はデジタル通信にて入力されるため，導入コストを最小限に抑えることが可能。

図-13 にシステムメイン画面，また図-14 に誘導画面例を示す。

#### 4. システム適用成果

本システム確立において重要な技術の1つに無線LANデータ通信が挙げられる。通常無線LANは直進性が高いため，移動局と基準局との間に障害物（他施工船舶等）がある場合データが遮断されてしまう。しかし，本システムでは，メッシュ型無線LANを採用しており，他船舶を経由してお互いにデータ送受信ができるため，データの欠損を最小限に抑え，その結

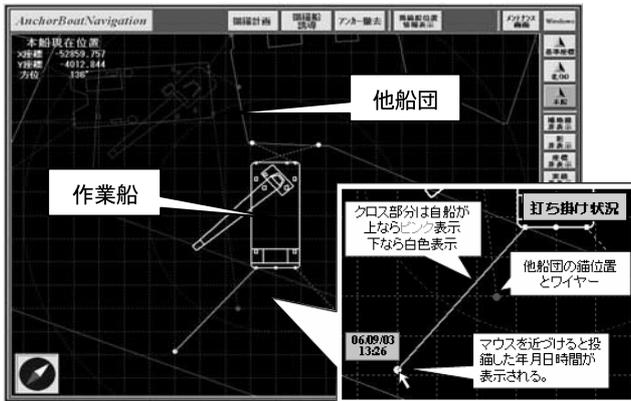


図-13 システムメイン画面例



図-15 現場施工状況

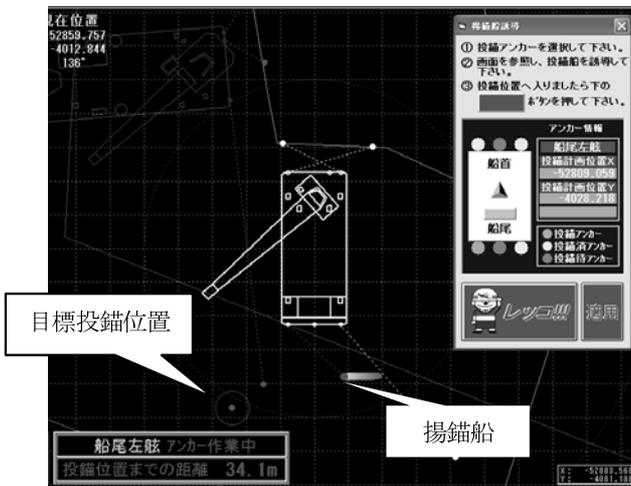


図-14 アンカー位置誘導画面例



図-16 現場施工状況

果、システム運用上大きな障害を捉えることなくリアルタイムに施工情報を取得することが可能となった。また、本システムを導入することで、クレーン船の高度・角度や施工・航行履歴、揚錨船の位置およびアンカー位置、打ち掛け状況が各船団および事務所モニターにて一元管理可能となったほか、リアルタイムな施工状況の把握による施工進捗状況の確認や作業船への設定及びオペレータへの指示等が直接、遠隔で行えるため効率的な配船計画および配置を実現した。

このように、インターネットや情報通信などのIT技術を最大限に活用することで、従来工法では不可能であったシステムの構築が可能となり、その結果、さらなる安全性および施工効率の向上に大きな貢献を果たすことができた。

## 5. おわりに

今回開発した工事船舶安全管理システムは実現場導入において、耐環境性および施工効率および安全性の向上、取得データの一元管理等様々な利点を確認することができた。今後、羽田再拡張工事を含め、海外工

事など多方面での適用のためさらなるバージョンアップを目指す。また、遠隔操作の特長を最大限に活用した無人化システムの開発を行い災害時への適用等、様々なニーズに応じたさらなる技術開発を実施する計画である。

本システムの現場運用に際しては、東亜建設工業横浜支店の関係各位の方々にご指導・ご協力いただき、文末ながら感謝し、謝意を表する次第である。

JCMMA

### [筆者紹介]

増田 稔 (ますだ みのる)  
東亜建設工業株式会社  
土木事業本部  
機電部  
電気グループリーダー



藤山 映 (ふじやま えい)  
測位衛星技術株式会社  
戦略営業部  
(東亜建設工業 土木事業本部 機電部付外向)



## 建設の施工企画 2006年バックナンバー

平成18年1月号(第671号)～平成18年12月号(第682号)

1月号(第671号)

夢特集

5月号(第675号)

施工現場の安全特集

10月号(第680号)

情報化施工とIT特集

2月号(第672号)

環境特集 温暖化防止に向けて(大気汚染防止・軽減)特集

6月号(第676号)

リサイクル特集

11月号(第681号)

ロボット・無人化施工特集

3月号(第673号)

環境特集 環境改善(水質浄化・土壌浄化)

7月号(第677号)

防災特集

12月号(第682号)

基礎工事特集

4月号(第674号)

特集 品確法 公共工事の品質確保

8月号(第678号)

標準化特集

■体裁 A4判

■定価 各1部840円  
(本体800円)

9月号(第679号)

維持管理・延命化・長寿命化特集

■送料 100円

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289 <http://www.jcmanet.or.jp>