特　集　論　文

大型モーバイルハーバークレーンの開発

Development of Large Sized Mobile Harbor Crane

宮田紀明　下津利仁　岩本信人
西岡正樹　水沼　渉

コンテナリゼーションが地方港まで拡大しつつあり，コンテナカーゴ及び雑貨双方の荷役ができるクレーンが地方の中小港に必要となっている．そこで，土木設備の巨大投資が不要である地耐圧荷重の小さい，自走式で多目的に使用可能な，大型のモーバイルハーバークレーンの需要が高まっている．今回，当社における最新のクレーン技術を用い，先行メーカに対して使いやすさで，下記の差別化を付加したモーバイルハーバークレーンを開発した．① パナマックス船のオンデッキ13列×５段コンテナと干渉の無い構造，② 40.6 t重量コンテナの荷役対応，③２軸連動振れ止め機能，④ 独立操舵機構による斜行走行機能．

1. は　じ　め　に

モーバイルハーバークレーンの概要について説明する．

冒頭に，モーバイルハーバークレーンの写真を示す．

モーバイルハーバークレーンは，アウトリガ及び港湾内を自由に走行するためのラバータイヤを備えた走行装置部と，荷物を船積み，あるいは陸揚げするためのクレーン部より成る．走行部は，台車フレーム，アウトリガ装置，走行操舵装置，走行運転室等より成り，移動走行時はラバータイヤにより自走し，クレーン荷役時はアウトリガで走行台車を固定し，クレーン部を支持する．クレーン部はクレーン全体を旋回させる旋回装置，ジブを引き起こす起伏装置及び荷物をつり上げるための巻上装置から成る．クレーン部の旋回，起伏，巻上の３つの動作によって荷役作業を行う．

また，荷物をつり下げるつり具を交換することにより，コンテナ，雑貨，木材，バルク等の幅広い荷物を取り扱うことができる．

モーバイルハーバークレーンは，岸壁レール上に固定されるガントリークレーンに比べて廉価，軽量であり，大掛かりな基礎の強化やレール，電源等の地上設備への設備投資が低減できること，荷役に関しても，船からの荷役だけでなく，地上での積替え作業等にもフレキシブルに対応できる特徴があり，港でのコンテナを含む多様な荷役に使用されている．

2. 主　要　諸　元

モーバイルハーバークレーンの主要諸元を**表１**に示す．

荷役対象船舶を40 000 DWTパナマックスコンテナ船とし，荷役コンテナは40.6 t重量コンテナを取り扱うことができる．旋回半径は，コンテナクレーンのバックアップ用としても使用できるよう十分大きくしている．さらに，各動作速度は荷役効率アップのため，従来のタイヤマウント式クレーンよりも高速化している．また，つり具には旋回式フック及びコンテナ用伸縮スプレッダを採用し，最も取扱量の多いコンテナ荷役に最適な仕様としている．

3. 三菱大型モーバイルハーバークレーンの特徴

モーバイルハーバークレーンは中小港に設置されるケースが多いが，その機能については橋型クレーンに劣らない荷役

表１　主要諸元

対象船舶	(DWT)	40 000
オンデッキコンテナ配置		13列×5段
定格荷重	(t)	最大65
対象コンテナ	(t)	40.6
旋回半径	(m)	53
揚程GL＋	(m)	35
揚程GL－	(m)	－12
巻上速度	(m / min)	0～72
起伏(引込)速度	(m / min)	平均60
旋回速度	(rpm)	最大1.25
走行速度	(m / min)	67
アウトリガスパン	(m)	13.0
アウトリガ間隔	(m)	13.5
アウトリガ荷重	(t)	220
最大車輪荷重	(t)	19

性能・操作性が求められている．

今回開発したクレーンは，次の特徴を持ち，市場のニーズに答えている．

① 従来，コンテナ船オンデッキコンテナ荷役時には，ブーム干渉のため荷役制限があったが，本クレーンではオンデッキコンテナ13列×５段積パナマックス船でブーム干渉のない構造を採用．

② コンテナ定格重量は30.5 tであるが，最近取扱量が増えている重量コンテナ（40.6 t）対応のつり上げ能力．

③ 荷の振れを気にせずに荷役できるため，操作性及び荷役効率を向上させる2軸連動振れ止め機能を開発．

④ 従来のカーブ走行に加え，操作性及び船との位置合わせ作業性に優れた独立操舵機構，斜行走行機能を装備．

4. 荷役の範囲

パナマックスコンテナ船荷役時の側面図を**図１**に示す．

地方の中小港において今後増加するコンテナ船荷役において，オンデッキコンテナ13列×５段と干渉なく荷役できる構造を有している．具体的にはブーム支持点を高くすることにより，ブームとコンテナの干渉をなくし，操作性の確保のため運転室もジブ支持点横に配置した．

次に，**図２**に中小港における主力船型（10 000 DWTクラス）荷役時の平面図を示す．クレーン作業半径が船の全長をカバーするので，走行移動や船のシフト作業が不要となり効率の良い荷役が可能となる．

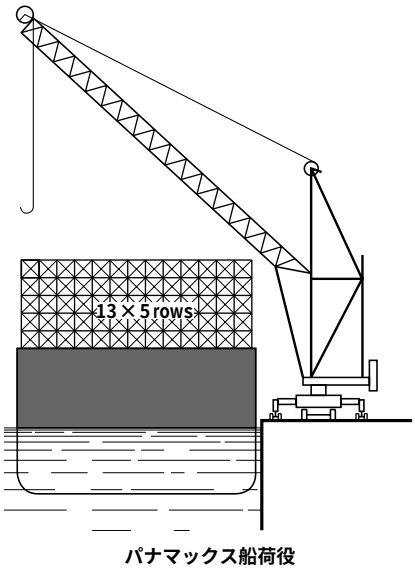

図１　パナマックス船荷役側面図
オンデッキ13列×5段積コンテナと干渉のない構造．

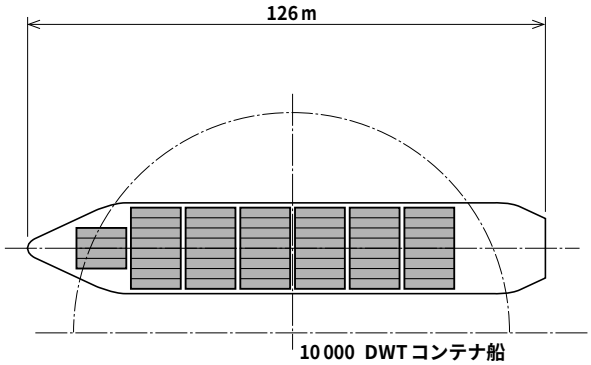

図２　10 000 DWT船荷役平面図　10 000 DWT船全長をカバーする作業半径を有する．

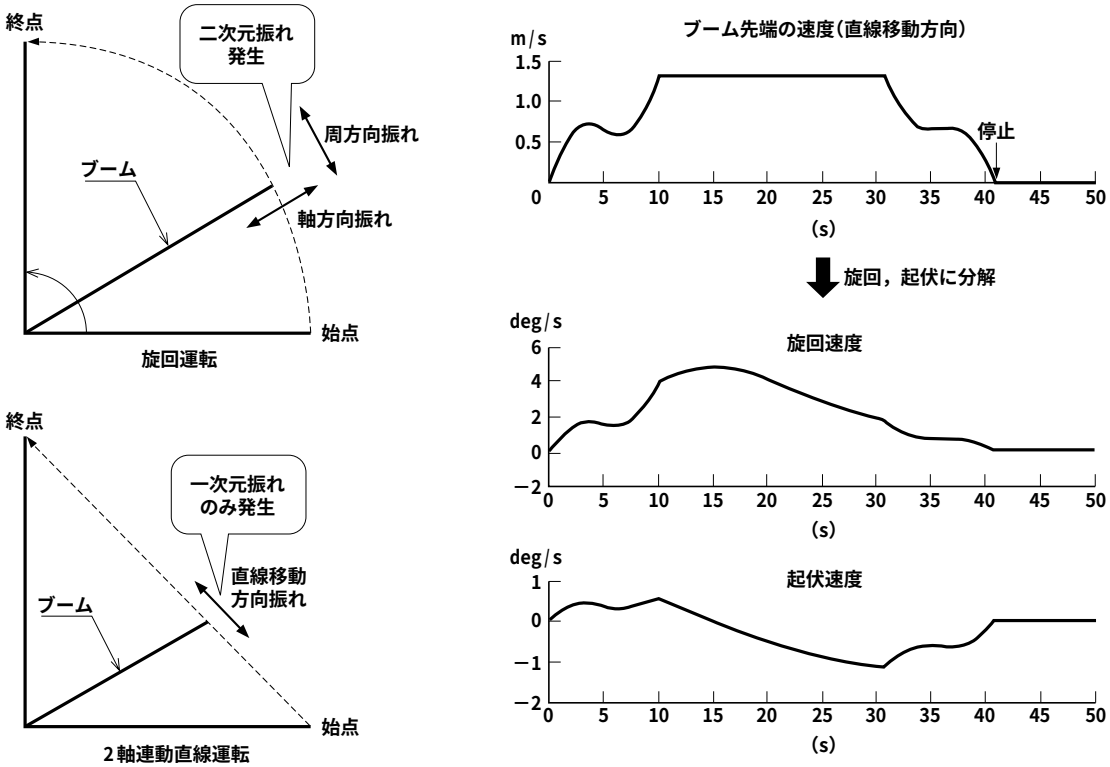

図３　２軸連動振れ止め機能　旋回，起伏動作の連動制御による振れ止め機能．

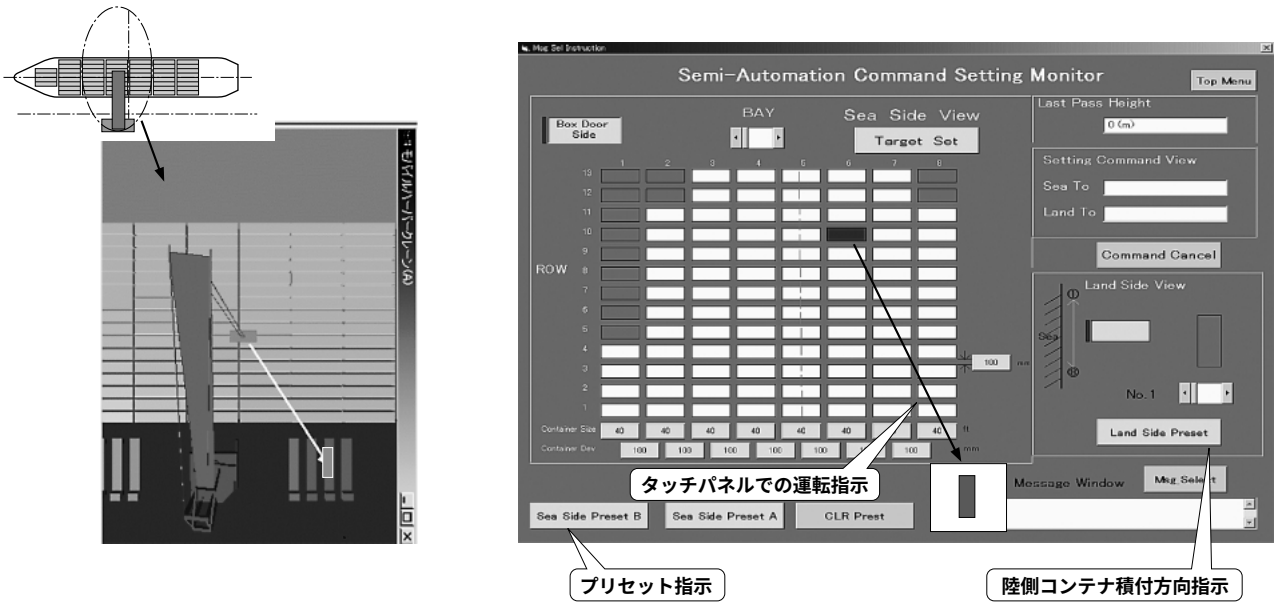

図４　タッチパネル操作画面　　入力操作が容易なタッチパネル式．

５．２軸連動振れ止め機能

図３左上に示すように，モーバイルハーバークレーンは位置決めを行う目的でブームを旋回させると，遠心力のため旋回方向だけでなく，半径方向にも振れが発生し，二次元の振れが発生する．このような振れが発生すると，振れ止めを行うのが難しいため，加速度，速度を小さくして振れの発生を押さえた運転を行う必要がある．このため，荷役効率を高くすることが難しく，運転方法習熟にも期間を要していた．

そこで，当社ではモーバイルハーバークレーンを開発するに当たり，非熟練オペレータでも所定の荷役効率を確保できることをターゲットとして，振れ止め，位置決め機能である２軸連動振れ止め機能を開発した．

なお，実荷役調査から，巻上げ，巻下げ動作についてはオペレータの自由な操作を可能とするため，本機能は巻上げ，下げ動作を含めた自動運転ではなく，荷の水平移動に対するオペレータアシスト機能として位置付けている．

５．１　２軸連動運転機能

遠心力により発生する振れを低減するためには，遠心力を小さくすれば良い．遠心力は周速の二乗に比例し，旋回半径に反比例するが，周速を小さくすることは荷役効率の面から採用することができない．そこで，図３左下に示すように旋回半径を∞，すなわちブーム先端軌跡を直線にすることにより，遠心力は０となり，直線移動方向に直角な振れは発生しなくなる．

この結果，つり荷の振れは直線移動方向だけの一次元振れのみ発生することとなる．この原理を利用して，まず始点，終点位置を直線で結び移動距離を算出する．次に移動距離から図３右に示すように，この直線軌跡上でのブーム先端移動速度指令を決め，これを旋回，起伏速度指令に分解して指令し，旋回と起伏を連動させて動かすことにより，ブーム先端軌跡を直線軌跡としている．

５．２　振れ止め制御機能

２軸連動運転を行っても直線移動方向には一次元振れが発生するので，振れ止めを行う必要がある．振れ止めとしては，コンテナクレーン等で実績のあるフィードフォワード振れ止め方式を採用している．さらに，モーバイルハーバクレーンでは，水平引込み機能により，起伏動作に対応して振り子のロープ長が変化すること，及び巻き操作はオペレータによる手動操作であることから，振り子ロープ長が変化しても振れ止め性能を維持できるようにリアルタイム速度補正機能を有している．

５．３　タッチパネルによる操作

モーバイルハーバークレーンの２軸連動振れ止め運転は，**図４**に示すタッチパネルと操作卓のスイッチを使用し，簡単な操作でクレーンを運転することができる．

まず，コンテナ船とクレーンとの位置関係を確立するため座標プリセットを行う．座標プリセットは船上の任意の２カ所について，タッチパネル上のコンテナ配列画面を選択し，手動でスプレッダを実際のコンテナ位置に合わせ，プリセットキーを押す．この操作を２回行うことによりプリセットが完了する．次に実際の運転指示は，画面上のコンテナ配列画面の対象コンテナを指示することにより簡単に行うことができる．安全な巻き上げ高さまでオペレータが手動で巻き上げた後，連動スタート指令により，自動的に２軸連動振れ止め機能が作動し，指定位置への位置決めが開始される．この間オペレータが手動で巻きを操作しロープ長が変化しても，リアルタイム速度補正機能が働き，振れ止め性能を維持することができる．

また，陸側のコンテナ積付け方向は，岸壁に平行，直角を指定でき，船側と陸側でコンテナの向きが異なっていても，振れ止め直線軌道移動中，自動的にフック部分を旋回させてコンテナの向きを合わせる機能もあり，多様な荷役に対応することが可能である．

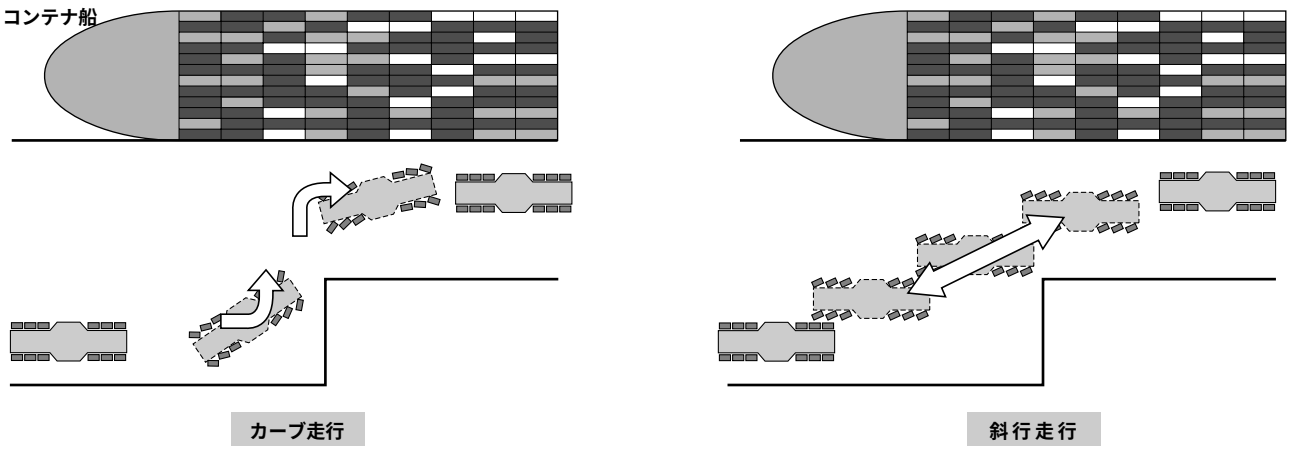

図5　走行ステアリング機能　独立油圧操舵機構によるカーブ走行及び斜行走行機能.

6. 走　行　機　能

走行駆動には油圧駆動を用い，アウトリガ装置及びステアリング装置と油圧源ユニットを共有し，コンパクト化を図っている.

ステアリング装置には，独立油圧操舵機構とフィードバック制御を用い多様な操舵モードを実現した．**図5**に示すように，通常のカーブ走行時においては前後逆方向ステアリングにより旋回半径を小さくし，船との位置合わせ等においては前後同方向ステアリングにより，斜行可能として船舶との位置合わせ，寄付き操作を容易にしている.

また，各車輪軸を同調制御することにより，タイヤの摩耗及びアクスルの負荷を低減している.

7. ま　と　め

今後の需要が見込まれる中小港湾向けの大型モーバイルハーバークレーンを開発し，次の成果を得た.

(1) オンデッキコンテナ13列×５段積パナマックス船でブーム干渉のない構造.

(2) 取扱量が増えている重量コンテナ（40.6 t）対応のつり上げ能力.

(3) 操作性及び荷役効率を向上させる２軸連動振れ止め機能.

(4) 操作性及び船との位置合わせ作業性を向上させる独立操舵機構，斜行走行機能.

今後は実機による実証試験及び実船荷役における改善点のフィードバックを行い，さらに操作性，荷役効率の向上に努めていく所存である.

宮田紀明
広島製作所
鉄構技術部
運搬機設計課長

下津利仁
広島製作所
鉄構技術部
運搬機設計課

岩本信人
広島製作所
鉄構技術部
運搬機設計課

西岡正樹
技術本部
広島研究所
運搬機・物流研究室
主席

水沼渉
汎用機･特車事業本部
産業車両技術部
大型物流車両設計課長