

佐藤 幸男^{*2} 菅原 実^{*3} 田川 義輝^{*4} 高橋 博保^{*5} 福井 良夫^{*6} 山下 昇^{*7}

Development of Autolanding System of Reclaimer

Yukio Sato, Minoru Sugawara, Yoshiteru Tagawa, Hiroyasu Takahashi, Yoshio Hukui, Noboru Yamashita

要旨

千葉製鉄所西工場原料ヤードにおいて、省力と作業環境改善をはかるためヤード機械自動化の開発を推進してきたが、リクレーマの着地、段替作業のみ ITV による遠隔操作によって行っていた。今回その自動着地、自動段替システムを開発実用化した。本システムはマイクロコンピュータと複数の距離測定用レーザーで構成されており、衝突防止に対しては2重3重の安全対策を考慮した。また動作時間も手動運転並を確保している。

今回のヤード機械の完全自動運転化の達成により作業の効率化、作業環境改善およびヤード管理システム、原料の品質管理、ヤード効率等の向上に多くの効果が期待できる。

Synopsis:

An automatic remote operational system of stackers and reclaimers for iron ores and coal was developed to improve working environment and save man-power at the West Plant of Chiba Works, Kawasaki Steel Corporation. Since 1978, a reclaimer landing and bench changing operation has been conducted at Chiba Works through the ITV remote control system. In addition to this, an automatic landing and bench changing system has been successfully developed in May 1984 and put into a practical usage for the first time in Japan. The system comprises a microcomputer and travelling laser sensors. An anti-collision system is also installed and is composed of several collision detecting sensors. By development of the complete automatic landing system, it has been confirmed that a better operation efficiency, improved working environment, a better total yard controlling operation and an efficient quality control of raw materials at the yard are obtainable.

1 緒 言

千葉製鉄所西工場の原料ヤードにおいて、昭和52年以来運転員の省力と作業環境の改善をはかるため、ヤード軌条機械の遠隔自動運転化を進めて来た。原料積付用スタッカーの遠隔全自動運転はすでに開発を完了し、実機操業として確立している¹⁾。しかしリクレーマについては、走行および払出動作は自動化したが、残着地、段替動作は ITV (Industrial television) による遠隔監視および手動操作であった。

今回リクレーマの遠隔全自動運転化を目的とし、自動着地、自動段替システムの開発に取り組み、昭和59年5月に完成させた。

以下にリクレーマ自動着地および自動段替システムの開発について報告する。

2 ヤード軌条機械自動化の経緯

2.1 スタッカーの自動化

昭和52年の千葉6高炉の火入れと同時に移動した西工場原料ヤードのスタッカーは、過去に数回自動化を試みた経験と技術を生かし自動化に成功し、他の軌条機械自動化の先鞭をつけた。

スタッカーの自動運転では通常の積付の他に、小山の積付、積付られた山への上乗せ積付、多層積付（たわら積）などの特殊作業が

可能である。さらに指定積付位置への山替移動の自動化等の改良を加え、昭和54年に全機の遠隔全自動運転が完成した。遠隔運転においても、ヤードの置場効率は機側における手動運転と同等レベルであり、高い遠隔自動運転率を維持しており、本来の機能（焼結鉱等の粒度偏折減少、粉化防止）も満足している。

2.2 リクレーマの自動化

昭和53年から、鉱石、石炭、副原料、コークス等の多銘柄を払出し可能な位置にある12号リクレーマに的を絞り、自動化に取り組んだ。各種センサーの有効性、ITVの視野、定量払出し性等の各種実験を行った。その結果、払出し目標位置までの自動走行と自動走行寸動、旋回、繰返し反転動作を含む定量払出しが可能になった。

定量払出しはバケットホイールの負荷（電流値）とブーム旋回速度によって制御する。さらに、超音波センサーにより反転時間のロスを少なくし、反道床側山裾の払出し回数の調整を行い定量性の向上をはかった。これにより、昭和55年4月に自動着地機能を除いた全機の遠隔半自動運転が完成した²⁾。

2.3 軌条機械の衝突防止対策

ヤード軌条機械は総重量が400tもあるバランスマシーンであり、衝突は即倒壊につながる。このような機械を遠隔運転化するに当たって、衝突防止対策は非常に重要である。軌条機械の自動化と併行して、衝突防止の開発を進めた³⁾。

*1 昭和60年2月5日原稿受付

*2 千葉製鉄所製鉄部原料処理課掛長（課長補）

*3 千葉製鉄所製鉄部原料処理課課長

*4 千葉製鉄所製鉄部原料処理課掛長

*5 千葉製鉄所製鉄部製鉄技術室主査（課長）

*6 千葉製鉄所設備技術部電気計装技術室主査（課長）

*7 千葉製鉄所保全部保全技術室主査（掛長）

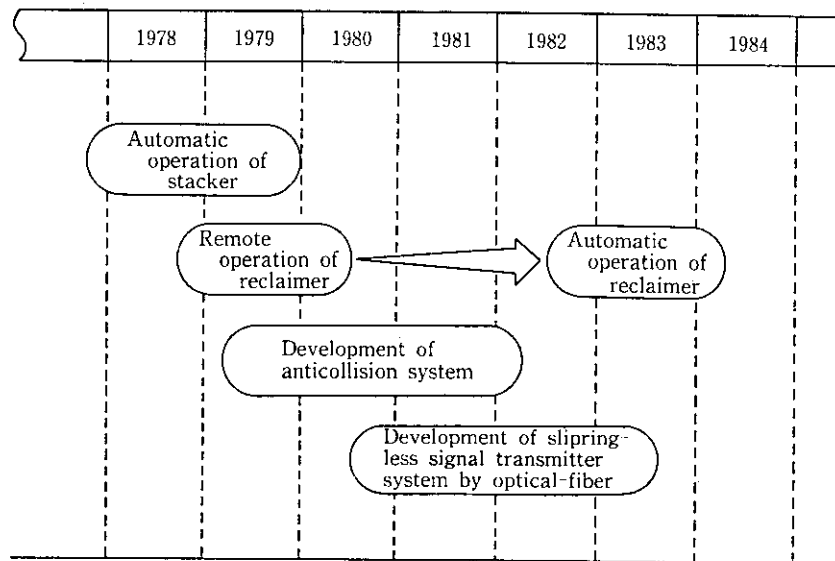


Fig. 1 History of automatic operation system

Table 1 Point and merits of automation

Development items	Points of automation	Merits
Automatic operation of stacker	◦ Multilayer stacking operation ◦ Constant point single layer stacking operation ◦ Variable point single layer stacking operation ◦ Re-stacking to any specified position is performed automatically	◦ Labor saving ◦ Less segregation of grain sizes through multilayer stacking ◦ Yard efficiency is equal to that of the manual operation
Remote operation of reclaimers	◦ Automatic constant reclaiming operation ◦ Automatic traveling operation ◦ Remote operation of landing and bench changing by ITV	◦ Constant reclaiming ◦ Improvement of working condition and labor saving ◦ Smooth bench level
Anti-collision system	◦ Arithmetic collision avoidance system ◦ Micro-wave collision avoidance system for two machines on the same rails ◦ Level-sensor for collision avoidance between equipment and materials heap ◦ Laser collision avoidance system between neighboring machines	◦ Accident prevention
Slipringless signal transmitter system by optical fiber	◦ Slipringless signal transmitter system by optical fiber	◦ Integrated control and saving the control cable

機体と原料パイルとの衝突防止には軌条機械のブーム両サイドに常用と非常用の2段のレベル検出器を使用している。

機体と機体との衝突防止は各軌条機械の走行、旋回位置をマイクロコンピュータで演算処理し、該当する機械に対し警報を発し停止

させる。さらに、バックアップとして同一軌条の機体間はマイクロ波センサー式衝突防止装置、隣接軌条の機体間はレーザセンサー式衝突防止装置を取付け、一定距離に近づいた場合、双方の機械を停止させる。

2.4 光ファイバーによる信号伝送

遠隔運転を行っているヤード軌条機械の信号伝送は従来スリップリングを介して行っていた。この方法では、信号瞬断等のトラブルを起しやすいため、光ファイバーを用いたスリップリングレス信号伝送システムの開発を行い実用化した。

光ファイバーによる伝送信号は①自動制御用モデム信号、②ITV画像信号、③電話音声信号、④スピーカー音声信号の4種類である。光伝送化に当たっては、重要な制御用モデム信号および電話とスピーカーの音声信号を多重化した。

その結果以下の効果が得られた。

- (1) 信号の瞬断、ノイズ等が解消され、機能の信頼性が向上した。
- (2) 制御専用ケーブル等がないため、安全性が向上した。
- (3) スリップリング点検清掃等の保守業務が不要となった。

Fig. 1に自動化の経緯、Table 1に自動化の狙いと効果について示す。

2.5 軌条機械の運転状況

昭和59年4月から9月までのスタッカーおよびリクレーマーの運転状況をFig. 2、Fig. 3に示す。スタッカーの遠隔全自動運転率は98%以上であるが、リクレーマーのそれは72%である。リクレーマーの遠隔手動、および機内運転の内容は、着地動作、段替動作および小山の払出しが大部分であり、自動着地および自動段替システムが開発されれば90%以上の遠隔全自動運転が期待できる。

3 自動着地、段替システムの開発

3.1 現状把握および開発範囲

Fig. 4に示すように、リクレーマーはブーム先端のバケットホ

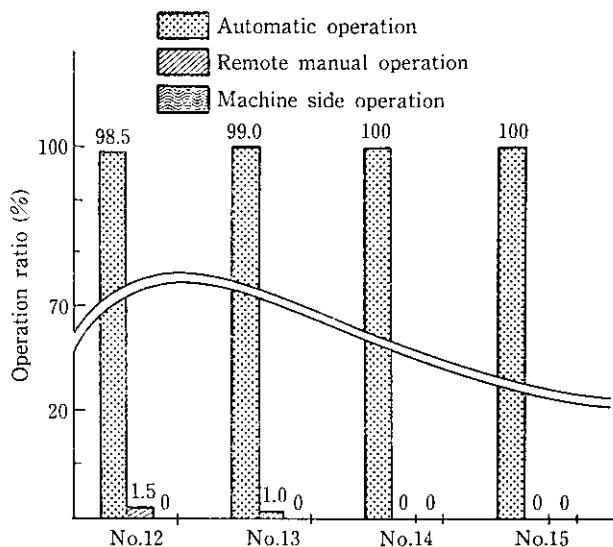


Fig. 2 Operation ratio of stackers (Apr. ~Sept. 1984)

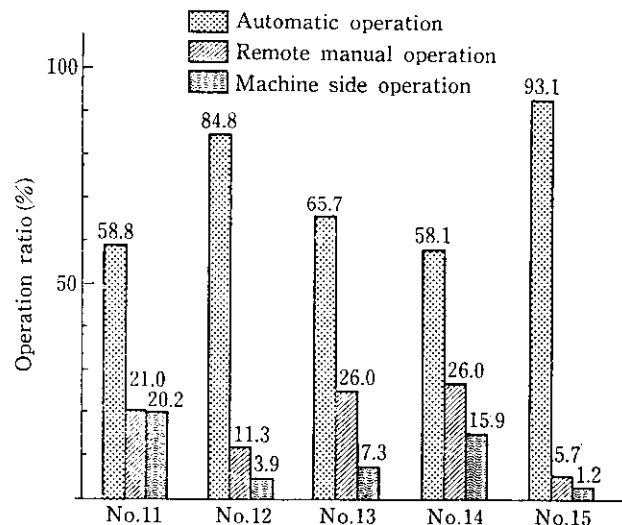


Fig. 3 Operation ratio of reclaimers (Apr. ~Sept. 1984)

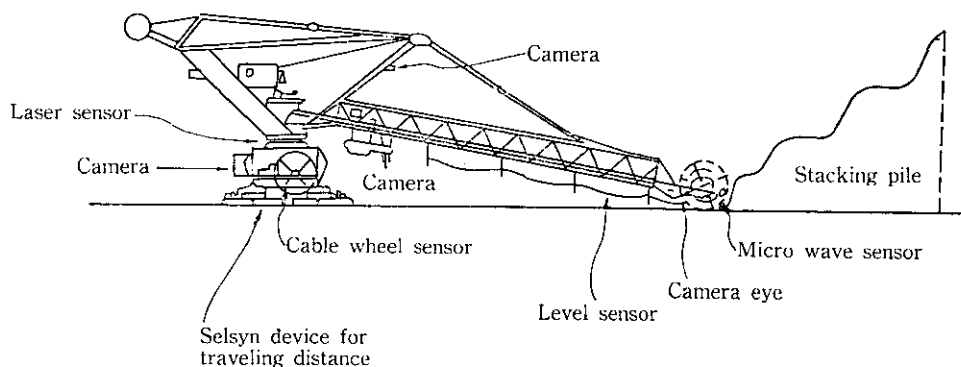


Fig. 4 General view of reclaimer

イールを直接鉱石、石炭の積付された山に接触させ採掘払出しする構造のため、遠隔操作で積付パイルへのバケットホイールの位置決めが難しく、また積付山との衝突による機体損傷の危険性もあり、前述のように、現状は走行寸動、旋回、反転動作を繰り返す払出運転のみを遠隔自動で行っている。バケットホイールの積付山への着地および段替動作は ITV モニターにより、ブームコンベアー全景とバケットホイールの積付山との接触部分を監視しながら、遠隔の手動操作で運転を行っている。

自動着地の開発は、リクレーマーの運転のうち、オペレーターが遠隔手で操作を行っている着地、段替動作を自動運転化し、既に自動化している払出し動作と組合せて、遠隔全自動運転化を図ることを目的としている。対象材としては鉱石、石炭、副原料、コークス等多銘柄を払出し可能な位置にある12号リクレーマーとし、システム設計、製作、改造工事、フィールドテスト、およびそのレベルアップを実施した¹³⁾。

3.2 機能設計および開発目標

リクレーマーの遠隔全自動運転に必要な機能設計を行い、以下の6項目を開発事項とした。

- (1) 着地点決定方法
- (2) 着地点までの移動距離決定方法
- (3) 機体移動時の周囲安全確認方法

- (4) 着地方法
- (5) 自動段替時間短縮方法
- (6) 自動制御システムの確立

またシステムの設計、製作にあたっては、次のような目標を定めた。

- (1) 自動着地運転は着地位置データの手動設定後、オペレーターの介入しない遠隔全自動運転とする。
- (2) 既設の自動運転可能な積付山はすべて自動着地の対象とする。
- (3) 自動着地の所要時間については、遠隔半自動運転並を目標とする。
- (4) 将来、残り4台のリクレーマーの自動着地を実施する場合、本開発との連携が容易に行えるシステムとする。
- (5) 開発終了後、実用機として、そのまま操業に使用できる設備とする。

3.3 システムの構成および概要

システム構成を Fig. 5 に示す。点線は既設を示す。Table 2 に主要装置の機能および仕様を示す。Fig. 6 は測距用レーザーセンサーの取付位置を示す。

レーザーセンサーの数は自動着地用4台、自動段替用2台、障害物検知用4台の計10台である。測距用センサーは本システムの最

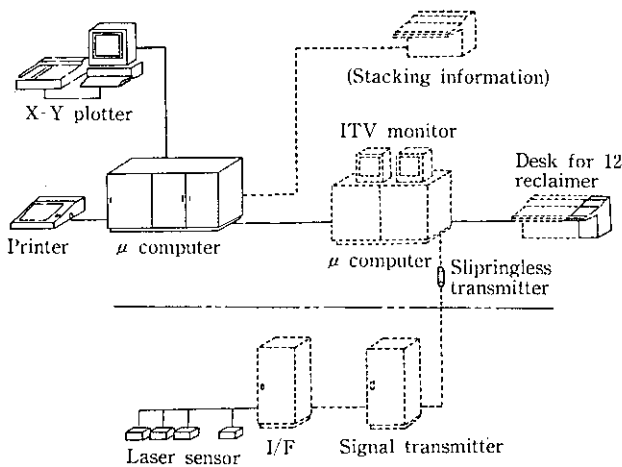


Fig. 5 Composition of auto-landing system

Table 2 Specification of the automatic control device

Equipment	Specification
Laser sensor	Type : Search eye MT-100 Semi-conductor laser sensor
	Distance range : 0~50 m
	Precision : ± 1 m
Main controller	Type : Memocon sc584-302
	Memory capacity: 16 kW
	I/O unit : input/output 4096/4096 max.
Recording apparatus	Control unit : NEC PC8801
	X-Y plotter : SR-6602-6PCN
	Printer : FP-80
Desk for auto-landing	Position display : Digital indicator
	Control display : Signal lamp

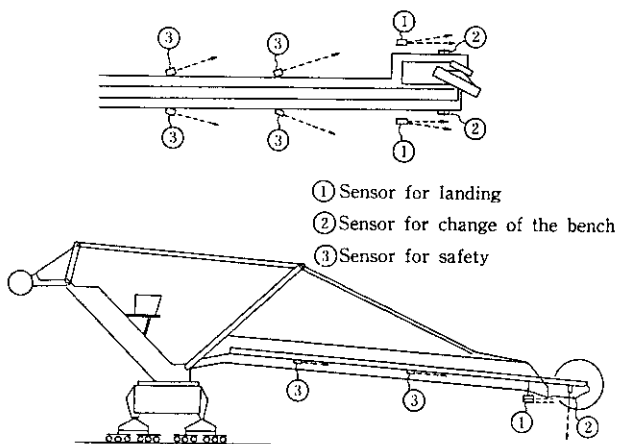


Fig. 6 Arrangement of sensors

重要装置であり、超音波式、マイクロ波式、レーザー式、およびレーザー式を耐環境性、価格、精度、測距範囲等で比較検討し、レーザー式センサーを採用した。

自動着地システムは自動着地、自動段替および積付払出軌跡記録の3つの機能より構成されている。Fig. 7 は自動着地システムの動作フローであり、自動着地の動作を Fig. 8 に示す。最初の着地

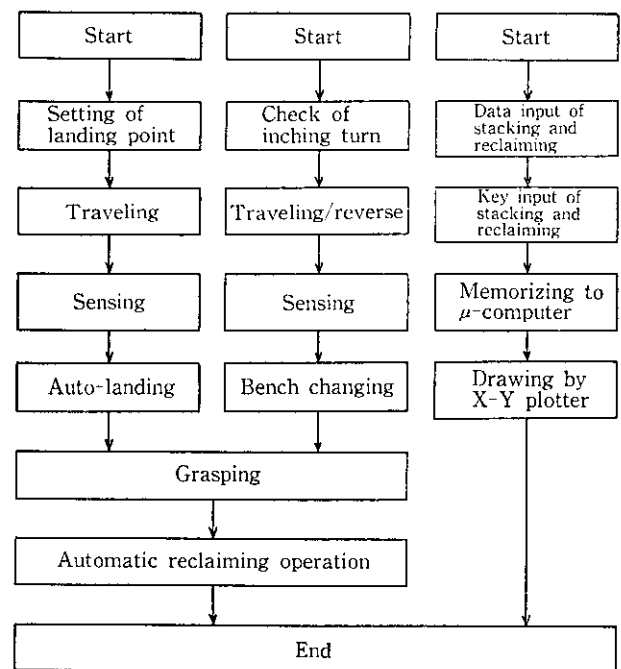


Fig. 7 Auto-landing flow of reclaimer

点（走行方向、走行位置、旋回角度、俯仰高さ）はオペレーターが設定するが、それ以外はすべて自動で行う。着地点検出は Fig. 8 (C) に示すように2つのレーザーセンサーの測距距離を比較し $a=b$ となった点を山の端位置と判断する。

3.4 自動着地システムの機能

3.4.1 着地点決定方法

リクレーマによってヤードに貯蔵された積付山の払出し作業を行う場合、まず払出開始点、すなわちリクレーマーム先端のバケットホイールの積付山への着地点を決定しなければならない。

今回はリクレーマ単体の完全自動化に主眼をおいた開発であるため、オペレーターによる払出開始点の座標プリセット方式とした。すなわち、現在実施されているヤードマップ、操業計画書に新たに X-Y プロッターを使った積付・払出し軌跡記録装置による積付山の形状把握を加え、オペレーターがその払出し開始点を総合的に判断して設定するようにした (Fig. 9)。

積付払出軌跡記録装置の機能は以下のとおりである。Fig. 9 に示すようにスタッカーで積付を行った場合は、boom 先端の積山検出器が動作するたびに、その時の boom 先端の位置データすなわち走行位置、旋回角度及び俯仰高さを入力し、フロッピーディスクに記録しておく。またリクレーマで払出しを行った場合は、段替を行った時及び払出しを完了した時の機体位置データ（走行位置、旋回角度、ベンチ高さ）をディスクに記録しておく。

オペレータは本装置付属のキーボードを使って任意の時間に、これらデータを CRT ディスプレイに読出し、銘柄、作業月日、取扱量、作業者名等の積付払出し情報を付加し、さらに既に積付山のデータがあるものに対しては、今回の作業によるデータと合成して自動的にデータ修正を行い、フロッピーディスクに再記録する。これらのデータは、X-Y プロッターを使ってベンチの高さ毎に色を替えた等高線の形で作図され、山端の位置が容易に読取れるようになっている。

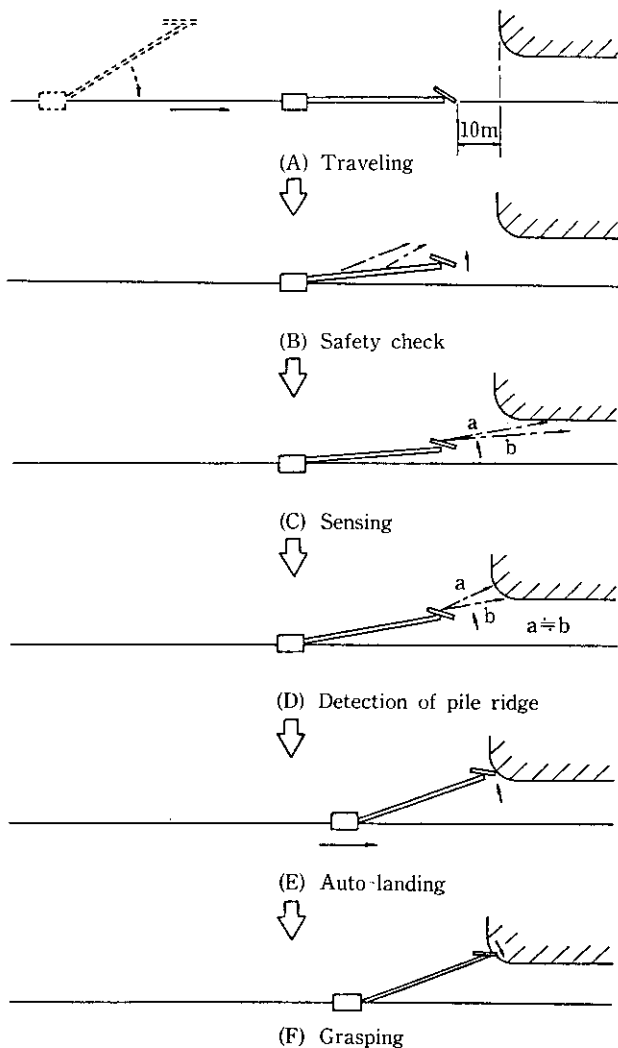


Fig. 8 Auto-landing procedure

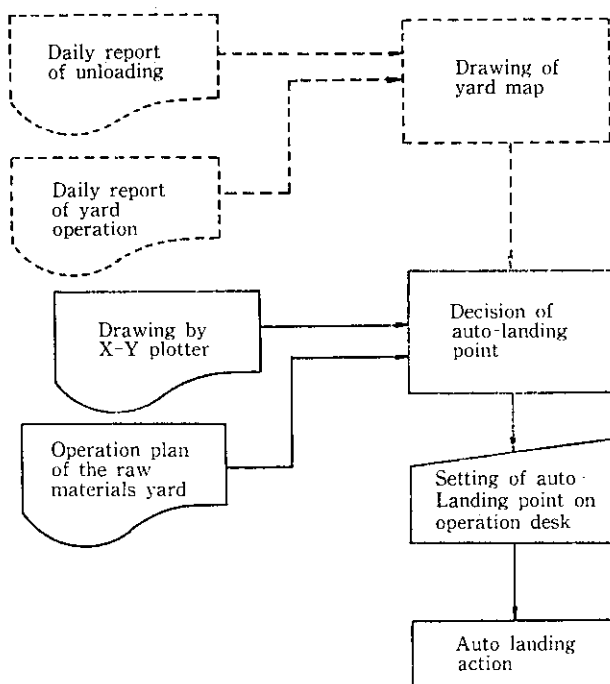


Fig. 9 Decision flow of auto-landing point

3.4.2 着地点までの移動距離決定方法

リクレーマの払出開始点はオペレーターにより3次元座標（走行、旋回、俯仰）の形で設定されるが、この設定値は正確な値ではなく、誤差を含んでおり、実際の山の形状をセンサーで検出して設定された位置を修正する必要がある。また着地を行う場合には、積付山の機体に近い側（道床側）の山端から旋回を始めた方が作業効率が良いとなるため、この道床側山端をセンサーで非接触に検出するようにした。

山端を検出するセンサーとしては、山端を直接接触することなく、ある程度長距離の測距を行う必要があり、また指向性の鋭敏なものでなければならないのでレーザーセンサーを選定し、フィールドテストを行い、その有効性を確認した。

次にブーム先端部にレーザーセンサーを、1台はブームと平行に、1台は外向きに設置して、ブームをヤード側へ旋回させながらブーム前方の測距を行い、積付山の道床側山端を検出可能か否かフィールドテストを行い確認した。

その結果、2台のレーザーセンサーのビームの成す角度を $10^\circ \sim 15^\circ$ にすれば実際の山端と検出値との誤差は次の通りで実用に値することがわかった。

走行方向: $+4\text{ m} \sim -3\text{ m}$

旋回方向: $+0.7^\circ \sim -1.7^\circ$

また、レーザーセンサーで積付山の山端を検出するためには、レーザーのビームが着地対象のベンチ切出し面に当たるように放射されなければならない。すなわち、レーザーセンサーの位置をリクレーマのブーム俯仰高さに応じて制御し、常にバケットホイール下面より一定の高さになるようにし、かつセンサー自体を水平に保持する必要がある。Fig. 10 に示すようなレーザーセンサー高さ保持装置を開発した。

3.4.3 機体移動時の周囲安全確認方法

既設設備にはブームと障害物との接触防止のため静電容量式のスイッチを使用し、ブームの周りに電極であるワイヤー及び錘を取付けている。この方式は上下方向に対しての検出余裕はあるが、左右方向に対しては、ほとんど余裕を持っていない。しかし、既設の運転では着地をする場合、常にオペレーターがITVで監視しており、この方式で充分であった。

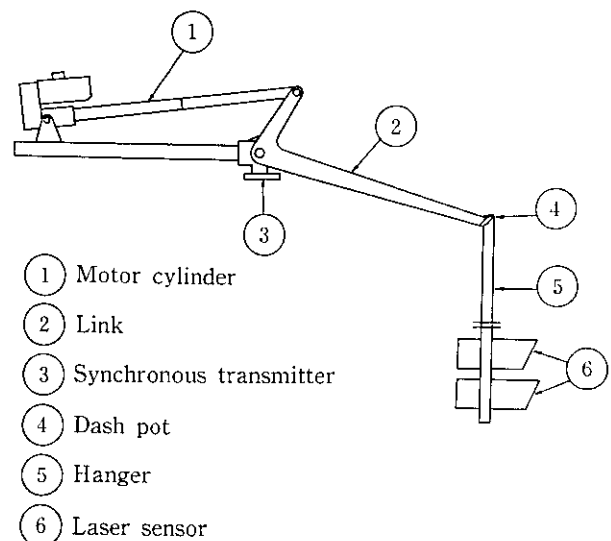


Fig. 10 Height control device of laser sensor

しかし、今回の自動着地運転を行うには、オペレーターが常に監視を行わずに済むように、機体自体でブーム周囲の障害物の有無を検出し、安全を確認しながら動作するようにし、さらにできる限り早く障害物を検出して、無駄な動きをすることなく、自動着地が可能か否かを判断する必要がある。

この安全確認を行うためには、測定可能距離として数 10m 必要であるため、着地点検出用とおなじレーザーセンサーを採用した。

すなわち機体のブーム上 4 箇所にレーザーセンサーをブームと水平にかつ外側に向けて設置し、常にブーム周囲の障害物までの距離を測定し安全を確認するようにした。安全範囲内に障害物がある場合は、レーザーセンサーの測距値が設定値以下になることにより危険を検知し、その信号を旋回停止のインターロックとして回路に取り込んだ。

3.4.4 着地方法

リクレーマのブーム先端のバケットホイールをヤードの積付山の払出し点に着地させる動作は、払出し開始点座標の設定、機体移動、センシング動作、着地動作の 4 段階とし、それぞれの動作は以下の通りとした。それらを Fig. 8 に示す。

(1) 払出し開始点の座標の設定

オペレーターの判断により、払出し開始点の走行方向位置、旋回角度、作業ベンチ番号、払出しヤード及び払出し方向を設定し、作業ベンチ番号に対応する俯仰高さは既設マイコンの設定値を使用する。オペレーターの判断はヤードマップ、操業計画書及び積付払出軌跡装置による積付山の形状図を基に総合的に行う。

(2) 機体移動

安全のためブームを俯仰上限まで上げ、設定された払出し方向により、道床又は反道床まで旋回する。旋回停止後、俯仰を下げてブームが水平になるようにして、次にブーム先端の位置が走行方向位置設定値の手前 10m になるまで高速で走行し、一旦停止する。

(3) センシング動作

ブーム先端が道床内にある場合は先ず道床の範囲から外れるまで旋回を行い、次にブームの高さが設定ベンチに一致するまで俯仰を行う。このとき俯仰は設定値に対して $0 \sim +200 \text{ mm}$ の範囲に収まるように寸動動作にて行い、下段のベンチにバケットホイールが食い付かないようにする。俯仰に伴いブーム先端のレーザーセンサーの高さが制御され、レーザービームは着地対象ベンチの切出面に照射される。レーザーセンサーはブーム先端の両側に 2 台ずつ設置されているが、センシングに使用されるのはブームの旋回方向の 2 台で、反対側の 2 台は障害物との接触を避けるため、その上限まで退避させる。

俯仰位置が設定ベンチに一致すると、地上 BC (Belt conveyor) とインターロックを取ってフィーダー、ブーム BC、バケットホイールの順に連動起動し、その後ブームをヤード側へ旋回させながら対象積付山までの距離を測距し道床側山端を検出する。

旋回側に設置した 2 台のレーザーセンサーのうちブームに平行に設置したものを A、測距値を a とし、外側に向けて設置したものを B、測距値を b とすると、センシング動作は $a \leq b$ になるまで続けられ、 $a \leq b$ となった時のレーザーセンサー A のビームが積付山にあたっている点を山端すなわち払出し開始点として検出し、その点にブーム先端のバケットホイールを移動させた時の位置 (ブーム先端位置、ブーム旋回角度) を演算して求める。

また、センシング動作開始時に既に $a \leq b$ になっている場合は、レーザービームが山端ではなく積付山の中央付近にあっている場合があるため、上記の方法では山端の検出ができない。そ

こで先ず $a > b$ になるまで、設定値に向かって低速走行し、その後ブームを旋回し、センシングを行うようにする。

(4) 着地動作

センシング動作にて払出し開始点位置が決まれば、ブームが払出し開始の旋回角度に達するまで継続して旋回する。旋回停止後、機体は払出し開始でブーム先端位置に向かって走行するが、最初は低速で、近傍になれば寸動走行になる。ただし、ブーム先端のブームに平行に設置したレーザーセンサーで積付山までの距離を測定し、ある値以下になれば、低速の領域であっても走行寸動に切り替わる。

また、走行動作時には、バケットホイール駆動用モーターの負荷電力を常時測定し、空運転時負荷電力平均値よりある値以上に達すれば、バケットホイールが積付山に食い付いたものとして、走行を停止する。

バケットホイールが積付山に食い付けば、ヤード側から道床側へブームを旋回し、食い付き位置の修正を行う。この間の旋回速度はバケットホイール駆動モーターの電力値を監視しながら制御して、ホイールロックが発生しないようにしている、また、食い付き時以後はブーム先端のレーザーセンサーを反対側すなわちブームの道床側に設置されているセンサーに切替えその位置を制御し、該当ベンチの切出面にレーザービームを照射し、その測距値より山端を判断するようにしている。

山端を検出すれば旋回を停止し、既設マイコンへ制御を渡し、その後、既開発の自動払出運転が行われる。

3.4.5 自動段替時間短縮方法

今回、実機としてテストした #12 リクレーマは自動段替の機能を持っているが、センサーの信頼性の問題により、安全性を優先させたため段替に要する時間が非常に大きいものであった。この時間短縮の方法として以下の方法を考案した (Fig. 11 参照)。

通常の払出し運転において、旋回反転位置に達した時に行う走行寸動をカウントし、その値が設定された寸動回数に一致すると段替を開始する。その際運転効率が高くなるように、段替開始位置を道床側山端に持ってくるようにし、寸動回数は道床側山端に旋回が達したときを 1 回とカウントするようにした。

段替を開始すると、現在のブームの俯仰位置が最下段でない場合はブーム先端に下向きに取付けられたレーザーセンサー及び超音波センサーを使用し、ベンチ面までの距離を測定しながら低速で走行後進する。走行を開始した時の測距値と現在の測距値との差が次段のベンチまでの高さ以上になると、ブーム先端からセンサー取付け位置までの距離の分だけ継続して走行後進する。

走行が停止すると、次段のベンチの高さまでブームを下げるが、この動作は寸動で行い $0 \sim +200 \text{ mm}$ の範囲内に収まるようにした。また俯仰途中で下段のベンチに食い付いた場合は、その位置が設定値の $+200 \sim +500 \text{ mm}$ の範囲にある場合のみ、その位置から 200 mm だけ俯仰を上げて、次の動作に進むようにした。

俯仰の高さが決まると、寸動で走行し積付山に食い付いていくが、この食い付きについても、バケットホイール駆動モーターの負荷電力を使い着地動作の時と同じようにした。

最後の最下段ベンチでの段替は、先ずブームを最上段ベンチの高さまで上げて、その後は自動着地のシーケンスでセンシング、着地点への移動、食い付きと順に行われるようにした。

3.4.6 自動制御システム

自動着地の全体システム構成は前述のように、Fig. 5 に示す通りであるが、その基本的な考え方は次の通りである。

(1) 既設マイコンによるヤード機械自動運転システムは出来るだ

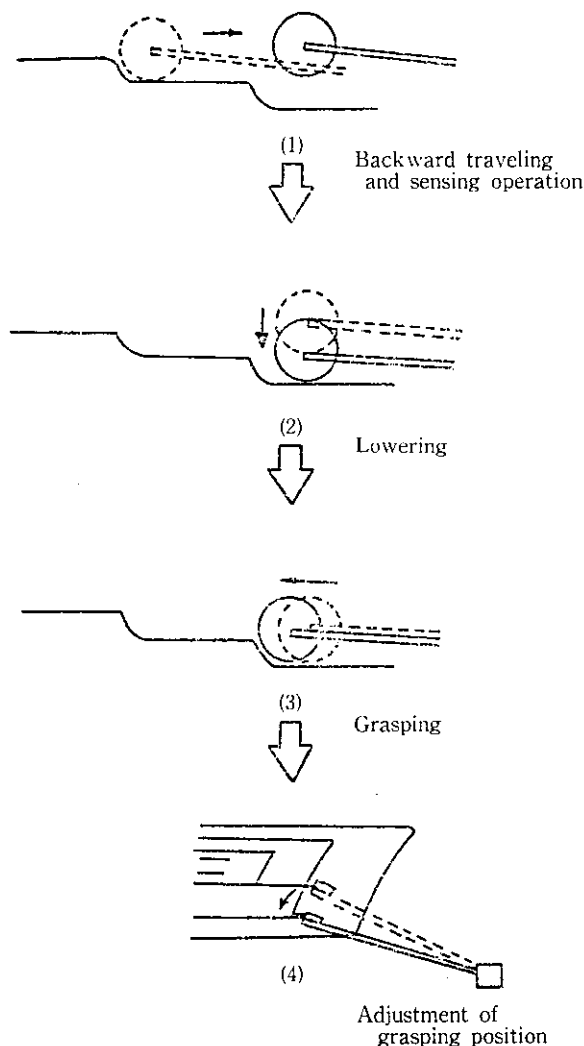


Fig. 11 Automatic changing procedure of bench

け流用し、それに自動着地システムを付加し、リクレーマの完全自動化をはかる。

- (2) 今回、付加する自動着地システムは既設の自動運転システムと完全に分割できるようにするために、専用の制御装置を新規増設し、残りのリクレーマの完全自動化を行う場合共用できるように、中央操作室側に設置する。また、既設装置との信号の取り合いはできるだけ簡単なものとする。
- (3) 自動着地制御装置は、フィールドテスト時にプログラムの変更が簡単に行え、また演算機能、通信機能を持ったもので、プログラム言語は、リレーシンボルを使ったラダー方式のプログラマブルコントローラーとする。
- (4) 工事量の削減等の目的で、中央操作室側と機側の信号伝送は既設の多重伝送装置に組み込む。
- (5) 積付山の形状を作図する X-Y プロッターの制御装置は、自動着地制御装置と簡単に信号取り合いが可能なパソコンを新設する。
- (6) センサーに対しては、信頼性、及び安全性向上対策を施す。

自動着地システムを既設システムに結合するにあたって、既設システムの機能はそのままにして、自動着地あるいは自動段替の実施を着地操作卓で選択することにより生ずる自動着地制御装置からの待機指令により、既設の自動運転プログラムをパスするようにして、その間は自動着地システムからの個別の指令（走行、旋回、俯

仰等）指令をそのまま入力し、機側へ伝送するようにした。

着地又は段替が終了すると、自動的に待機指令を解除し、通常の自動運転プログラムへ復帰し、自動着地制御システムからの個別の指令は受けられない。ただし、保安や監視、位置表示等のプログラムは正常に動作するようにしている。

これによって、自動着地システムがダウンしても、何等既設の運転には影響を及ぼさず、将来他のリクレーマの自動着地化を行う場合、システムの共有化が図れる。

4 フィールドテスト結果

自動着地システムの実機を使った、フィールドテストを昭和 59 年 3 月より実施し、本システムの有効性を検証した。

4.1 動作テスト

ヤード 2 面、および各払出し方向で自動着地、段替を行いシーケンス動作が正常であることを確認し、新設、既設との信号取り合い、制御の分割そして安全面の保安装置の動作テストを行い問題のないことを確認した。

4.2 自動着地動作

4.2.1 動作上の許容範囲

自動着地で最も問題となるのは、ヤード内の積付山の端部の検出精度である。このうち走行成分については食い付きのための走行動作時にレーザーセンサーで積付山までの距離を測定しながら、常に修正を行うようにしているため、ある程度の誤差は許容できる。経験的にいえば、 $\pm 8\text{ m}$ の範囲にあれば、実用上問題とならない。

旋回成分についても、食い付き後に修正を行うが、この場合食い付きができることが前提となるため、マイナス側の誤差すなわち積付山端部に達しない旋回位置は許容できない。機械の惰性を考慮しても -1° までが許容範囲である。プラス側の誤差すなわち、山端からよりヤード側の旋回位置へ着地した場合は、食い付き後、道床側山端まで戻り位置の修正を行う必要があるため、プラスが大きい程時間ロスが大きくなる。許容範囲としては $+5^\circ$ 位である。

4.2.2 着地点検出精度

この着地点検出精度が本システムでどの程度、確保されているかをテストしたので、その代表的なものについて示す。

オペレーターが最初に設定する着地点（ターゲット）とセンシング動作によって着地点と判断するランディングポイントの差を比較した。

Fig. 12 は走行成分の差を比較したものである。ベンチ高さによって異なるが、その差は $-3 \sim +7\text{ m}$ で、実用上の問題はない。

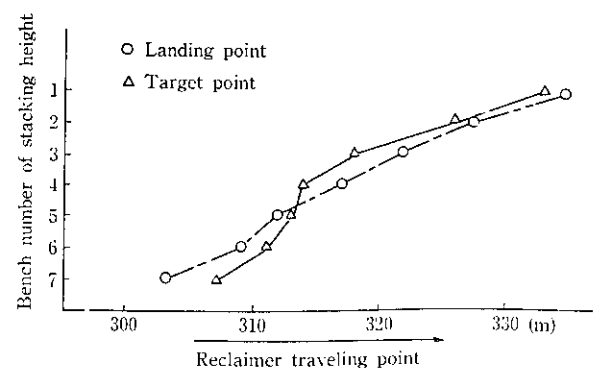


Fig. 12 Result of field tests (1)

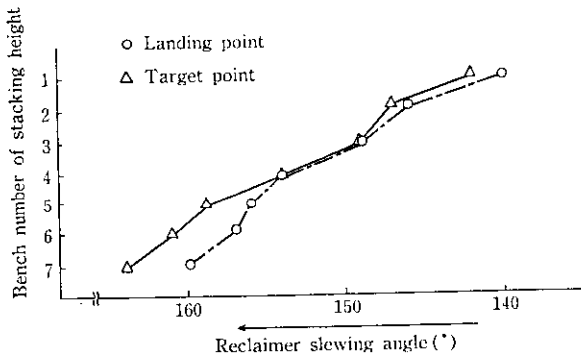


Fig. 13 Result of field tests (2)

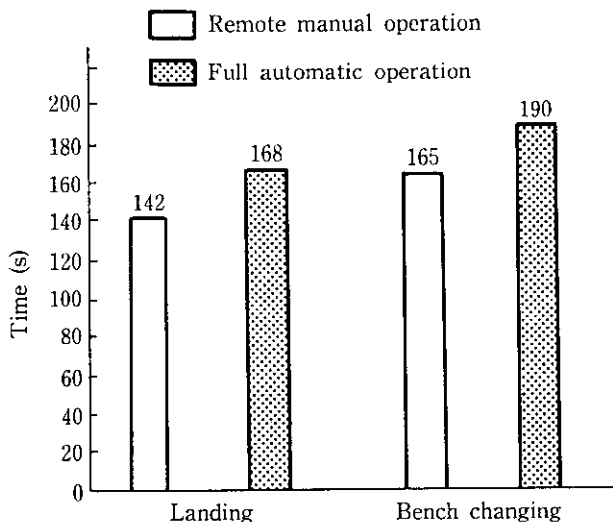


Fig. 14 Comparison of reclaiming time

旋回成分の誤差については、Fig. 13 に示すように $-1 \sim +5^\circ$ の範囲に入り、これもまた、問題がない。

4.2.3 動作時間

自動段替については、既設システムでも、その機能を持っていたが、段替に要する時間が非常に大きく、実用的でなかったため、今回の自動着地システムで新規に開発を行った。

本システムの自動段替機能を評価するため、所要時間の測定を以下の条件で遠隔手動操作と比較した。

着地開始点位置： 走行 345 m, 旋回 154° , 俯仰 7°
ベンチ長さ： 約 4 m

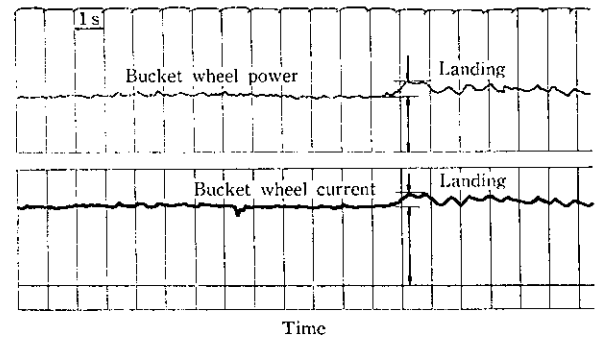


Fig. 15 Reclaimer chart

結果を Fig. 14 に示す。これより着地点食い付きまでの時間でみると手動時の約 130%，既設自動払出運転の最初の反転位置に達するまでの時間でみると約 120% となっており、当初の目標である手動運転並をほぼ達成できた。また安全性を考えて遅くしている部分もあり、今後逐次改善できると考えている。

4.2.4 食い付き確認

自動着地、自動段替時の食い付き確認については、バケットホイール駆動用モーターの負荷電力により検出することにし、積付山への食込過によるホイールロックあるいはベンチ下段の凸凹を食い付いての誤動作がないように、バケットホイール空運転時の電力値との差から食い付きを検出するようにした。

食い付き時の電力、電流チャートを Fig. 15 に示す。

5 結 言

千葉製鉄所西工場原料ヤードにおいて、昭和52年以来、ヤード軌条機械の無人運転化を推進し、リクレーマの積山への着地、段替作業のみ ITV による遠隔操作として残っていたが、今回その自動着地、自動段替システムを開発し、実用化した。

本システムはマイクロコンピュータと複数の距離測定用レーザーで構成されており、衝突防止に対しては2重、3重の安全対策を考慮した。

今回のヤード機械の完全自動運転化の達成により、作業の効率化、作業環境改善、総合的ヤード管理システム、原料の品質管理向上、ヤード効率の向上等多くの効果が期待できる。

今後、さらに、自動着地システムの性能アップのための改良を重ね、実用化の拡大をはかりたい。

終わりに、当システムの開発に当たり御協力いただいた(株)三井三池製作所に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 水野権一, 佐藤幸男, 福井良夫, 秋葉義雄, 山下 昇, 竹中久雄: 「千葉西工場ヤード機械の自動化」, 川崎製鉄技報, 12 (1980) 4, 676
- 2) 佐藤幸男, 篠崎佳二, 山下 昇, 島田雅照: 「スタッカー, リクレーマの自動化」, 鉄と鋼, 66 (1980) 11, S709
- 3) 山下 昇, 佐藤幸男, 島田雅照, 原田崇試: 「スタッカー, リクレーマの自動化 (その2) スタッカー自動運転および衝突防止方法」, 鉄と鋼 67 (1981) 4, S87
- 4) 佐藤哲雄, 竹原亜生, 佐藤幸男, 山下 昇, 古河電気工業所(株) 勝山吉久, 杉崎 哲: 「光ファイバによる原料ヤード機械のスリップリングレス信号伝送システム開発」, 鉄と鋼 69 (1983) 12, S831
- 5) 小川 満, 山下 昇, 福井良夫, 竹原亜生, 田川義輝, 河村 毅, 藤原勝利, 田平 紳, 今泉和則: 「リクレーマ自動着地システムの開発」, 鉄と鋼 70 (1984) 12, S754