

グローブ式パワーアシスト 荷役物運搬機の開発

アイコクアルファ株式会社

代表取締役社長 樋田 克史

アイコクアルファ(株) RH事業部	RRDT	シニアマネージャー	長屋 俊久
アイコクアルファ(株) RH事業部	RRDT	技術マネージャー	中村 豊
アイコクアルファ(株) RH事業部	RRDT	リーダー	下村 和樹
アイコクアルファ(株) RH事業部	RRDT		鷓生 卓也

はじめに

当社は、1970年にアーム式荷役物運搬機1号機を開発し、製造販売を開始した。以来この分野の先導企業として、多様な用途や条件に対応でき、かつ導入後直ちに使用できる即応性の高い荷役物運搬機を提供してきた。同運搬機の機能高度化と利用技術の拡大を追求し、30～400kgまでの多種多様な荷役物の取り扱いが可能なアーム式荷役物運搬機を世界の市場に提供しており、過去50年間の国内外での累積販売実績は37,000台に及んでいる。第一世代であるアーム式荷役物運搬機は、重量物の移動には適していたが、荷役物の形状・寸法に応じて、その都度、個別に設計・製作する専用の機械式把持装置が必要なことに加え、一般に手作業で運搬ができる重量30kg以下の荷役物運搬作業においては、手作業ほど迅速に人の作業に追従できるまでには至らず、利用範囲が限定されていた。

そこで、手作業で運搬ができる重量30kg以下の荷役物に焦点を当て、1994年に第二世代となるベルトで荷役物の昇降を補助し、バキューム吸着式把持装置を備えたベルト昇降型アーム式荷役物運搬機を新たに開発し、販売を開始した。現在までに2,300台を販売し、主に米穀用紙袋等のパレタイズ作業において現在も高い評価を

得ているが、アーム式荷役物運搬機と同様に荷役物に応じて把持装置の調整や付け替えが必要となることや、図1に示すように、1分間当たりの作業回数は第一世代より向上したものの、人の作業に追従できるまでには至らなかった。

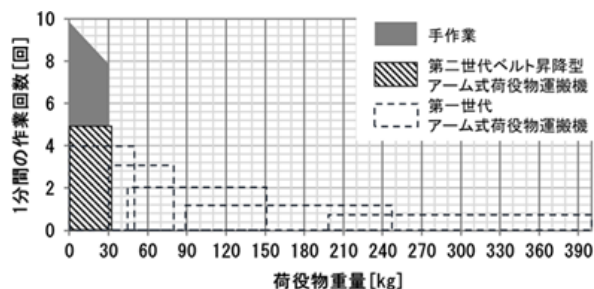


図1 荷役物重量と1分間の作業回数の関係

本業績は、重量30kg以下の荷役物の運搬作業において、第三世代となるグローブ式パワーアシスト荷役物運搬機の開発・活用の成果に関するものである。

開発のねらい

手作業で運搬ができる重量30kg以下の荷役物に焦点を当て、第一世代、第二世代の荷役物運搬機での課題の克服を主眼として、①専用の把持装置無しで多様な荷役物を把持しつり上げることができる、②手作業と遜色なく高速で作動し、作業者の作業意図への追従性に優れる、等の特徴を備えた新たな荷役物運搬機の開発を目指した。

装置の概要

作業者が手に装着する多能グローブ式把持装置を備えたパワーアシスト荷役物運搬機を開発し、2011年に販売を開始した。開発したグローブ式パワーアシスト荷役物運搬機の構造と外観を図2、3に示す。

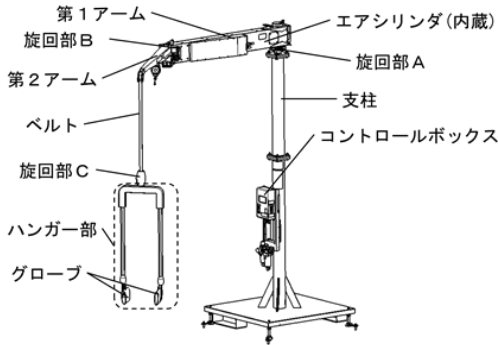


図2 構造



図3 外観

全体を支える支柱とコントロールボックス、ベルトとエアシリンダ、第1アームと第2アーム、旋回部A、B、C、作業者が装着するグローブとグローブを吊すハンガー部から構成される。

図4に制御を示す。

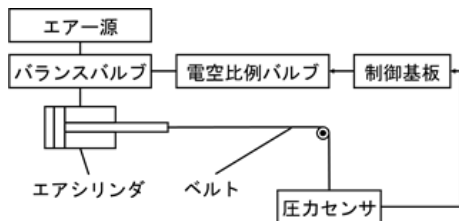


図4 空気圧駆動制御

駆動源はエアシリンダを用い、操作デバイスは加わった圧力に応じて抵抗値が変化する感圧抵抗体素子を圧力センサとして利用している。

圧力センサはグローブ内の右手人差し指部分にあり、作業者がグローブに手を入れ荷役物を把持すると、右手人差し指から加えた圧力を制御基板に出力する。電空比例バルブは制御基板からの指令信号に応じた圧力をバランスバルブのパイロット圧として出力する。バランスバルブはパイロット圧に等しい圧力をエアシリンダに供給し、ベルトを昇降させる。

つまり、右手人差し指で圧力センサを押す力が弱ければ、エアシリンダ推力は弱くなり、圧力センサを強く押すと強いエアシリンダ推力を発揮する。作業者は荷役物の重量に応じた把持力は必要になるが、昇降はエアシリンダ推力により、僅かな力で楽に操作できる。

技術上の特徴

図5は第二世代と第三世代の第1アームと第2アームの構造の比較を示す。

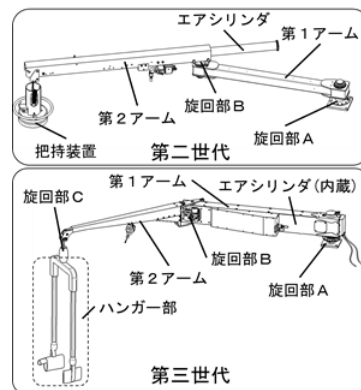


図5 アーム部比較

運搬作業に伴って発生する慣性モーメントを低減させるために、重量の大きい部品の配設を変更した。第二世代では、第2アームにエアシリンダを配置しているが、これに対して第三世代では、エアシリンダを第1アームに内蔵した。

図6にエアシリンダを用いたベルト昇降伝達方法の比較を示す。第1アームに内蔵するために、図6に示す通り滑車を追加することで昇降ストロークをシリンダストロークの2倍から4倍に変更し、エアシリンダの全長を短縮しつつ、同等の昇降ストロークを確保した。また、第2アーム

ムを従来の一般構造用鋼材から高張力鋼材に変更し、さらにアーム先端まで絞り込んだ形状とすることで、アームの軽量化を図った。加えて、ハンガー部はカーボンパイプを使用することで、グローブと合わせて重量は2 kgと第二世代のバキューム式把持装置の1/4の重量に抑え、慣性モーメントを約1/4に低減した。

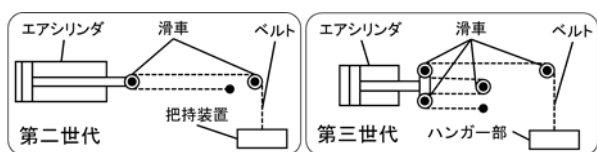


図6 ベルト昇降伝達方法の比較

荷役物を把持するグローブの開発については、手の自由度を生かして、一つのグローブで様々な荷役物の持ち上げができることを想定し①握る、②引っ掛ける、③挟む、④支える、に分類して把持したときの感覚を調査した結果、指先を自由に動かすことが望ましい事実が明らかになり、特に④支える把持動作で力が入れやすい指出しタイプグローブ（図7）を標準グローブとして採用した。



図7 指出しタイプグローブ

また、グローブのつり点については、作業を繰り返すことでつり点付近に痛みを感じたため、図8に示すように、どのようなつり上げ方でも対応できるように、手の甲付近にベルト状のリングを設け、つり点における力の作用点と作用方向が持ち方によって可変するように改善し、支持点を幅広にすることで手に加わる力を分散させる工夫を行った。



図8 グローブつり点

さらに販売台数・業種が増えるにつれ、ユーザーからの要望もあり、グローブのカスタマイ

ズ化を実施した。カスタマイズ化の一例として、図9は、リングタイプである。手の平を覆うグローブの面積が小さいことで負荷は集中するが、工程間の移動や伝票処理等、作業者が頻繁にグローブの着脱を行う工程に有効である。



図9 リングタイプグローブ

制御については、当初はアナログであったが、2018年にデジタル電子回路基板とタッチパネル、各種センサを使用してプログラムで制御できるよう、制御部の全面的な改良を実施した。

図10は圧力センサに加わった押し力と、電空比例バルブへの出力電圧の関係である。

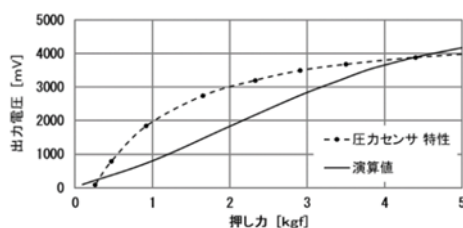


図10 圧力センサの特性と演算値比較

当初のアナログ制御は、圧力センサからの信号をそのまま電空比例バルブへ出力していた。そのため、圧力センサの特性から図10の通り破線のような出力となり、作業者のイメージと合わず急激に持ち上がるような挙動が見られ、操作に慣れるまである程度の時間が必要であった。そこで制御部を全面的に見直し、デジタル電子回路に変更した。これにより、図10実線のように圧力センサに加わった押し力と出力電圧を比例させる演算が可能になった。その結果、作業者のイメージに近い持ち上げ力を出力できるようになり、操作の習熟までの時間が短縮された。



図11 タッチパネル画面例

また、デジタル制御ではタッチパネルを採用した。電源をオンにすると図11左側のメイン

画面がタッチパネルに表示される。メイン画面では、スマートフォンのように指でスライダーバーを操作し、直感的に細かな調整ができるようになった。特に出力規制は、荷役物の最大重量に合わせることで、作業者がコントロールしやすくなり、操作性が向上した。図11右側は一次エア圧を検出するセンサが異常と判断したときに表示されるお知らせ表示例である。各種センサが異常を検出したときは、タッチパネルで異常を表示し、作業者の安全性を向上させた。その他にも、予防保全のため、作業時間や回数、納入月から消耗品の交換時期等をタッチパネルに表示することで、メンテナンス性も向上させた。

実用上の効果

本開発に依るグローブ式パワーアシスト荷役物運搬機の実用上の効果は以下に要約できる。

従前、手作業で行われてきた荷役物運搬作業において、負荷が著しく低下し、男女を問わず高齢者を含めて作業者の定着率が向上した。

作業の安全性が著しく高まり、事故・怪我等に依る経済損失が大きく低減した。

グローブ式把持装具の導入により、多様な荷役物に即座に対応できるようになった。

以上を含めて、本荷役運搬機の利用分野が大きく拡大し、第二世代と比較し1分間の最大作業回数は5回から8回となり、生産性が大きく向上できた。

また、近年販売されているパワーアシストスーツとの大きな違いとしては、当社のグローブ式パワーアシスト荷役物運搬機は、着脱が容易で、どんな姿勢でもアシストでき、作業者の動きを阻害しないことが挙げられる。

図12のように手を伸ばし、片足を突き出し、



図12 アシスト姿勢例

腰と荷役物が離れた姿勢でも常に把持装具をアシストすることにより、楽に安定して持上げ動作ができる。

知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

① 日本国特許第 4326266 号

名称：荷役物運搬機

概要：グローブ式パワーアシスト荷役物運搬機の基本特許。特別な把持装置無しで、作業者の把持力を検出し、把持力に応じて昇降させる。

② 日本国特許第 5106874 号

名称：荷役物運搬機用グローブ、荷役物運搬機用グローブユニット及び荷役物運搬機

概要：グローブに関して、センサは、板・袋・ゲル状センサ等の素材を使用する。

③ 日本国特許第 5106900 号

名称：荷役物運搬機

概要：初心者・熟練者で把持力からの増幅率（ゲイン）を切替える。把持力が規定以上に減少したら、下降速度を抑制する安全回路。

むすび

今回の開発では、制御方式を従来のアナログからデジタルへ変更することで、より人の感覚に近いスムーズな操作性を実現したグローブ式パワーアシスト荷役物運搬機を創り上げることができた。第一世代機においてもこのデジタル制御化を進めることで、人が手作業で運搬することができない重量の荷役物におけるアーム式荷役物運搬機の活用の幅が広がっている。

またデジタル電子回路を利用することで、将来的にはIoTにより予知保全や技術・ノウハウのデータ化へと利用技術がさらに進化していく可能性があり、さらに開発を進めていく。