

#### 4. 高齢者の人間特性を考慮した自動倉庫用安全システムの試作

梅崎 重夫\*, 深谷 潔\*, 桑川 壯一\*, 清水 尚憲\*

#### 4. Development of Safety Systems of Automated Warehouses for Assisting Aged Workers

by Shigeo UMEZAKI\*, Kiyoshi FUKAYA\*, Soichi KUMEKAWA\* and Syoken SHIMIZU\*

**Abstract;** There are many non-steady operations in automated warehouses such as trouble-shooting, picking, repairing and maintenance. In order to conduct these operations, workers are sometimes forced to climb up to the heights, to confirm safety over wide areas by their own eyes, or to carry out their work without stopping stacker cranes. They are required to have physical abilities such as good body balance, quick response and good eyesight, but these abilities naturally declines with age. As a result, aged workers sometimes meet with serious accidents during above operations.

In this report, safety systems of automated warehouses for assisting aged workers are proposed. These systems are summarized as follows:

(1) Manipulating system for trouble-shooting

The manipulating system for trouble-shooting was developed so that the aged worker can correct the arrangement of loads on a upper rack from the outside of the movable range of the stacker crane. The manipulator is remotely controlled by a monitoring system.

(2) Safety system for picking operation

The safety system for picking operation was developed so that the aged worker can carry out picking operations without entering into the movable range of the stacker crane. The picking area is limited and is shielded by a rotating shutter.

(3) Safety system for manual operation

The safety system for operations such as trouble-shooting, repairing and maintenance was developed so that the aged worker can avoid any crash with the stacker crane. The system can stop the stacker crane immediately in the event of an unexpected runaway due to a misoperation by a worker or a malfunction of a controller.

(4) Prevention system against unsuitable start operation

A safety device of laser beam type was developed which confirms the absence of workers in the movable range of the stacker crane in order to prevent a third person from starting the stacker crane erroneously.

(5) Prevention system against entering into the movable range of the stacker crane

A system which prevents a worker from entering into the movable range of the stacker crane was developed. The worker can enter the movable range of the stacker crane from a interlocked door only when the stacker crane stops or in low power mode such as a manual operation.

**Keywords;** Safety, Safety control, Aged worker, Human engineering, Automated warehouse

### 1. 緒 言

我国が本格的な高齢化社会を迎えると共に、高齢者の安全確保対策が産業安全の分野でも重要な課題となりつつある。特に高齢者では、加齢により身体平衡機能や敏捷性、視覚・聴覚等の知覚能力が低下すると指摘されており<sup>1)</sup>、また、ME機械の操作を苦手とする人も多く<sup>2)</sup>、これらの人間特性を考慮した安全対策が必要と考えられる。

そこで本報では、①身体平衡機能や敏捷性の低下した高齢者が行う高所作業や狭隘な箇所での作業、②加齢と共に知覚能力の低下した高齢者が行う広大な領域の安全確認作業、③高齢者が不得手とするME機器の操作作業等を有する設備の代表例として自動倉庫を選定し、この設備を対象に高齢者の人間特性を考慮した安全システムの構成について検討を行った。

なお、本研究で想定する高齢者は、概ね50歳以上で製造現場での実務経験がある人を言う。

### 2. 従来の安全対策の問題点

自動倉庫の特徴は、スタッククレーンと呼ばれる機械によって入出庫台と棚の間の荷物の搬送作業を自動的に行うことにある (Fig. 1 参照)。従って、この設備では、高齢者が何らかの理由でスタッククレーンの可動範囲内に進入したとき、人体がスタッククレーンに挟まれたり激突されたりして、重大な災害となることがある。

また、この設備では、倉庫内の棚で発生した荷ずれや

荷崩れを直そうとした高齢者が高所から墜落したり、高齢者に向けて高所から荷が落下したり、倉庫内の狭隘な箇所では高齢者が転倒する等の災害も発生している。

上記のような災害のうち、まず、墜落による災害を防止するには、倉庫内に昇降設備を設け、安全帯を使用する等の措置を講じることが基本である。しかし、仮にこれらの措置をとった場合でも、身体平衡機能の低下した高齢者にとっては、高所作業は相当な危険を伴う。また、荷の落下による災害を防止するには、これを高齢者が早期に発見して逃げるしか方法がないが、敏捷性の低下した高齢者では落下物を避けきれない場合もある。さらに、転倒による災害を防止するのも、現状では高齢者自身の注意力に依存するしか方法がない。結局これらの災害を防止するには、現状では高齢者自身の危険回避能力に依存しながら、適切な作業管理を行う以外に方法がないのである。

同様に、スタッククレーンによる挟まれ災害や激突災害を防止するにも、スタッククレーンを停止させてから倉庫内へ進入するように作業標準を設定し、これに基づいて作業管理を行うという対策が基本である。しかし、高齢者の中には、稼働率の低下を嫌ってスタッククレーンを停止させることに強い抵抗を感じる人も多く、また復帰後の操作は高齢者が不得手とするME機械の操作であることから、ちょっとした作業であれば、スタッククレーンを止めずに作業をしたいという意識も働き、これが災害の背後要因となる場合もある。

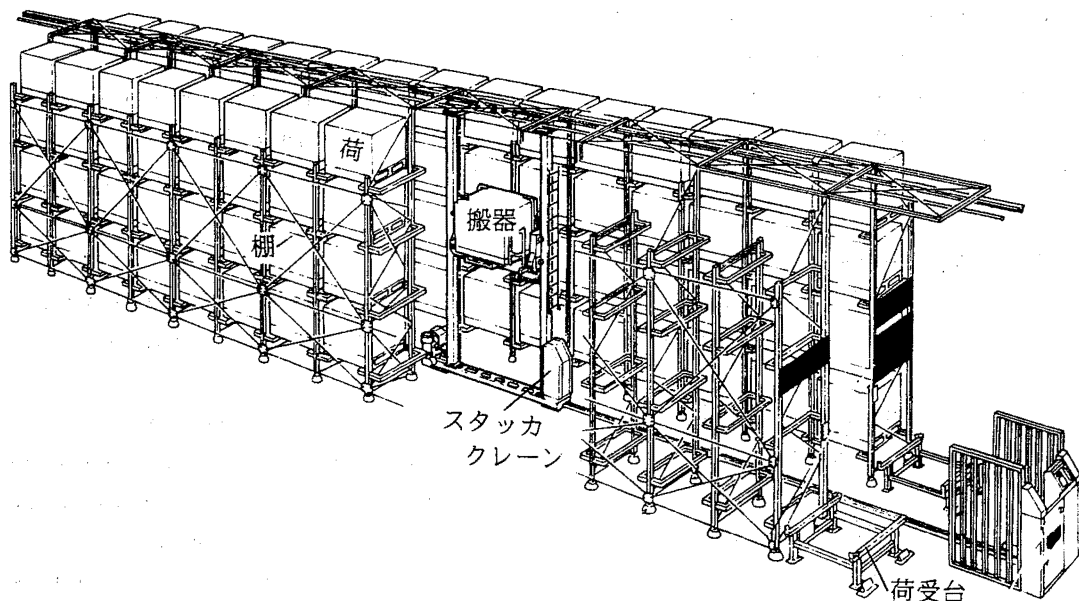


Fig. 1 Automated warehouse which was chosen as the target of this research. 研究の対象とした自動倉庫 (文献3)

従って、このような災害を防止するには、高齢者に対し作業標準を遵守するよう教育を強化する必要があるが、このような対策は個々の高齢者の安全意識に左右されるから、その効果には限界がある。

### 3. 本研究で提案する設備対策の要点

#### 3.1 設備対策の原則

以上の事実からも明かなように、自動倉庫のようなME機器と言えども、その安全対策は高齢者自身の危険回避能力や安全意識に強く依存していることが分かる。しかし、危険回避能力を左右する身体平衡機能や敏捷性、知覚能力等は加齢と共に急速に低下していくのであり<sup>1)</sup>、また安全意識の改革は年齢が上昇するに従って一層難しくなる。

従って高齢者が使用する設備では、高齢者自身の危険回避能力や安全意識に左右されない適切な設備対策を施すことが重要である。筆者らは、この設備対策は次の3つの原則に基づく必要があると考えている<sup>4)</sup>。

##### [A] 倉庫内作業根絶の原則

自動倉庫で発生する災害は、作業者が倉庫の内部領域で作業を行うために発生している。そこで、現在倉庫の内部領域で行っている作業については、倉庫の外部から作業を行えるようにしたり、設備の信頼性を向上させてトラブルの発生頻度を減少させる等の技術的対策によって当該作業の根絶を目指す。

##### [B] 隔離の原則

作業者が自動倉庫内に進入することを防止するために、倉庫の内部領域や自動運転される関連設備を柵または囲い等により確実に作業員から隔離する。

##### [C] 停止の原則

やむを得ず自動倉庫の内部領域で作業を行うときは、電源を切りスタッククレーンの停止を確認してからでなければ、作業員が倉庫の内部領域に進入できないようにする。

#### 3.2 設備対策を必要とする倉庫内作業

上記[A]~[C]のうち、安全上、優先的に採用する必要があるのは、倉庫内作業根絶の原則である。そこで本研究では、まず、この原則に基づいた安全システムを構成するために、現在行われている倉庫内作業の形態を調査したところ、この作業は次の3つの形態に分類できることが分かった。

##### ① 倉庫内製品の荷ずれ・荷崩れ等の処理作業

この作業では、棚に置いてある製品や、スタッククレーンで搬送中の製品が荷ずれや荷崩れを起こしたため、こ

れを直そうとして倉庫内に進入した作業員が、高所の棚から墜落したり、倉庫内を走行中のスタッククレーンに挟まれたり激突されたりする。また、作業員に対して高所から荷が落下する。

##### ② 倉庫内製品の小出し・返品・在庫確認等の作業

これらの作業では、倉庫内の棚に置かれている製品の小出し（ピッキング）・返品・在庫確認等の作業のために倉庫内に進入した作業員が、倉庫内を走行中のスタッククレーンに挟まれたり激突されたりする。また、狭隘な場所で作業中の作業員が転倒する。

##### ③ トラブル処理や保守・点検・補修等の作業

これらの作業では、スタッククレーンや荷物に何らかの異常が生じたときのトラブル処理、保守・点検・補修、補修後の運転確認等の作業を行うために倉庫内に進入した作業員が、不意に作動したスタッククレーンに挟まれたり激突されたりする。

#### 3.3 設備対策時に考慮すべき事項

上記①~③のうち、荷ずれ・荷崩れ等の処理作業と小出し・返品・在庫確認等の作業については、後述する荷ずれ処理作業システムやピッキング作業システムを適用すれば、自動倉庫の外部から作業を行うことも可能である。そこで、まず、これらの作業を自動倉庫の外部から行えるようにシステムの検討を行った。

これに対し、トラブル処理や保守・点検・補修等の作業については、倉庫内作業根絶の原則や隔離の原則に基づいて設備対策を行うことは困難であるから、停止の原則に基づいて設備対策を行えるように安全システムを検討した。

なお、以上の検討の過程で、上記[A]~[C]の原則に基づいて安全システムを構成する場合は、実際上次のような問題点を解決する必要があることが判明した。

(a) 現状の自動倉庫では、荷物を搬入・搬出する都合上、荷受台の箇所だけは開口部とする必要がある。このことは、隔離の原則がどうしても適用できない箇所があることを意味する。

(b) 現状の自動倉庫では、仮に停止の原則に基づいてスタッククレーンを停止させた場合でも、倉庫内に人がいないことを確認する機構がないために、共同作業員や第三者が倉庫内を十分確認せずに再起動操作をすると、倉庫内に人がいるにもかかわらず、スタッククレーンが運転を開始してしまう。

(c) 現状の自動倉庫では、トラブル処理や保守・点検等の作業の一部に、スタッククレーンを運転状態としたままで行えば実行できない作業が存在する。このような場合の挟まれ災害を防止するために、現状の自動倉

庫では、スタッククレーンを低速運転させているが、仮に低速であっても敏捷性等の低下した高齢者では、挟まれ災害を回避できない場合もある。また、現状の自動倉庫では、速度監視機構のないものもあるために、スタッククレーンが暴走して高速運転を始めたときは挟まれ災害を防止できない。さらに操作装置が高齢者向けとして設計されていないため、誤操作が起きやすい。

Table 1 は、以上の点を考慮した上で、本研究で提案する設備対策である。ここでは、上記①～③の作業毎に最適と考えられる設備対策を提示した。

以下、個々の対策について具体的に述べる。

#### 4. 試作した安全システム

##### 4.1 荷ずれ処理作業システム

自動倉庫では、倉庫内の棚の上にある製品が荷ずれや荷崩れを起こしたときに、作業者が棚の上に登ってこれを修正するという作業が必要になる。このような作業は墜落の危険性があるために、身体平衡機能の低下した高齢者にとっては相当な危険を伴う。そこで、空気圧式のマニピュレータ<sup>5)</sup>を利用して、作業者が直接高所に登ることなく、遠隔操作によって荷ずれや荷崩れを処理できるシステム（荷ずれ処理作業システム）を試作した。

Fig. 2 に、荷ずれ処理用マニピュレータの機構図を示す。図で、 $R$ は伸縮軸、 $\theta$ は旋回軸、 $Z$ は上下動用の軸である。Fig. 3 は、システム構成図である。このシステムでは、自動倉庫内のパレットを一枚だけ荷ずれ処理システム専用とし、このパレットの上に荷ずれ処理システムを乗せ、荷ずれ発生時にはスタッククレーンによって当該パレットを荷ずれ発生位置へと移動させる。次に、作業者がビデオカメラによって作業内容を確認しながら操作装置を動かすと、それと同一の動作が荷ずれ処理システムの側にも発生して、荷ずれや荷崩れを処理する (Photo 1 参照)。

この荷ずれ処理の過程では、マニピュレータから荷に作用する力が過大となって、荷を損壊してはならない。そこで、このシステムでは、マニピュレータの先端に荷の硬さを判定できる力センサを設け、このセンサからの情報に基づいて  $R$ 軸と  $\theta$ 軸のコンプライアンス（硬さ）を最適に制御できる可変コンプライアンス制御を行って荷の損壊を防止している。

##### 4.2 ピッキング作業システム

ピッキングとは、スタッククレーンを使用せずに、作業者が倉庫内に入って少量の製品を取り出す作業を言う。以後、小出し（ピッキング）・返品・在庫確認等の作業を

「ピッキング等の作業」と呼ぶ。

この作業では、ピッキング等のために倉庫内に進入した作業者が、倉庫内を走行中のスタッククレーンに挟まれたり激突されたりする場合がある。このため多くの現場では、スタッククレーンの運転を停止させた後に倉庫内に進入するよう作業標準を定めているが、高齢者では、稼働率の低下を嫌って機械を止めずに作業を強行する場合も多く、上記の作業標準は必ずしも徹底されていない。

そこで、スタッククレーンを停止せずに作業を行えるように、倉庫の棚の一部にピッキング等の作業を行う専用領域（ピッキング領域）を定め、この領域の出入口をシャッタ等で物理的に遮蔽することにより、スタッククレーンと高齢者が交互に作業を行う方式について検討した。

この方式では、作業性の低下を嫌う高齢者の気質を考慮し、作業者がピッキング領域で作業をしているときは、スタッククレーンは他の入出庫作業を優先的に処理するようにした。また、スタッククレーンがピッキング領域に向けて進行中か、既にこの領域に進入しているときは、作業者がピッキング領域に進入できないように進入防止装置を設けて、スタッククレーンによる挟まれ災害を防止するようにした。

この進入防止装置として利用するのが、Photo 2 の防護シャッタである。この防護シャッタは、ピッキング中はシャッタを入口側で「開」、走行路側で「閉」として、作業者がピッキング領域に進入できるようにする。一方、ピッキング完了後はシャッタの開閉を反転させて入口側で「閉」、走行路側で「開」とすれば、作業者は棚に進入できないから、スタッククレーンの動作から保護される。

なお、類似の装置として、欧州の一部で既に実用化している Fig. 4 のような回転シャッタがある。そこで本研究では、このシャッタを参考に高齢者の人間特性を考慮した検討を行い、次のようなシステムを製作した。

- ① 欧州方式のシャッタでは、行程の途中でシャッタを開くとクレーンが緊急停止する。この場合、作業者は復帰操作を行う必要があるが、ME 機器の操作を苦手とする高齢者にとっては、復帰操作は相当な負担となる。そこで、当研究所で試作したシステムでは、クレーンが工程運転を終了した後に、初めてシャッタを開くことが可能となる方式とした。これにより、高齢者が苦手とする復帰操作を回避できる。
- ② 欧州方式では、すべての棚にシャッタを設けることがあるが、この方式では製作コストがかかり、また高所を含む全ての棚位置へ作業者が移動しなければならないという問題がある。そこで、当研究所で試作したシステムでは、ピッキング領域を固定し、任意の棚から直接ピッキング領域にパレットを搬送できるように

Table 1 Safety measurements for automated warehouses proposed in this report.  
本研究で提案する自動倉庫の安全対策

区分	想定される災害の事例	従来 の 安全対策 と 問題点	本 研究 で 提案 する 安全対策
1 倉庫内での荷ずれ・荷崩れ・荷の落下等の処理作業時の安全対策	棚に置いてある製品や、クレーンで搬送中の製品が荷ずれ・荷崩れを起こしたため、これを直そうとして倉庫内に進入した作業者が高所から墜落する。	昇降設備や安全带等の墜落防止措置を講じていたが、身体平衡機能の低下した高齢者には、相当な危険を伴う作業であった。	空気圧式のマニピュレータを利用した荷ずれ処理装置を試作して、作業者が直接高所に登ることなく荷ずれ・荷崩れ等を処理できるようにする。
	同上の作業者に対して、高所から荷が落下する。	荷の落下を高齢者が早期に発見して逃げるしか方法がなかったが、敏捷性の低下した高齢者では、落下物を避けきれない。	
	同上の処理を行うために、クレーンの搬器に乗り高所へ行こうとした作業者がクレーンに挟まれる。	搬器の上は身体平衡機能の低下した高齢者にとっては不安定な場所であり、挟まれたり墜落したりする場合もあった。	
	同上の処理を行うために、倉庫内に進入した作業者が倉庫内を走行中のクレーンに挟まれる。	クレーンの運転が停止した後に倉庫内に進入するように作業標準を定めていたが、高齢者では責任感の強さから機械を停止して生産性を低下させることに強い抵抗を感じる者も多く、また停止後の復帰操作は高齢者が不得手とするME機器の操作であることから、ちょっとした作業であれば、クレーンを止めることなく作業を強行する場合もあった。また、身体平衡機能の低下した高齢者では、倉庫内の狭隘空間での作業は著しい困難を伴う。	
2 倉庫内製品の小出し・返品・在庫確認等の作業時の安全対策	少量の製品の小出し（ピッキング）・返品・在庫確認等の作業を行うために倉庫内に進入した作業者が、倉庫内を走行中のクレーンに挟まれる。		倉庫内に、作業者が小出し（ピッキング）・返品・在庫確認等の作業を安全に行うためのピッキング領域を設ける。この領域には、回転シャッタ式とシートシャッタ式の進入防止装置を設ける。
3 スタッカクレーンのトラブル処理や保守・点検・補修等の作業時の安全対策	クレーンに何らかの異常が生じたときのトラブル処理、保守・点検・補修、補修後の運転確認等の作業を行うために倉庫内に進入した作業者が、不意に起動したクレーンに挟まれる。	保守・点検・補修等の作業では通電を停止できない場合も多いため、人間の注意力に依存して安全を確保するしか方法がなかった。特に、高齢者では、注意が一点に集中する傾向があり、複雑な動きをする自動システムへの対応は困難。また、身体平衡機能の低下した高齢者では操作盤を操作しながら後退歩行するときに転倒等を起こし、クレーンに挟まれやすい。	手動操作時には、クレーンが必ず一方向にしか動作しない操作システムを設ける。手動操作時には、必ず低速走行するように速度監視装置を設ける。後退歩行時の挟まれ防止のために、後退歩行側に挟まれ防止装置を設ける。注意が緩慢になり易い搬器の昇降方向の動きに対して、人体が搬器に挟まれることを防止する挟まれ防止装置を設ける。
4 起動時の安全確認対策	クレーンを停止した状態で上記1～3の作業中に共同作業や第三者が誤ってクレーンの起動操作を行ったため、不意に起動したクレーンに作業者が挟まれる。	起動時の安全確認は、人間が目で見に行くしか方法がなかった。特に、高齢者では、加齢と共に視野が狭まる傾向があると言われており、広大な倉庫内の安全確認は困難。	起動時の安全確認手段として、広大な倉庫内空間を自動的に監視できるレーザー式安全装置を設ける。
5 荷受台からの進入防止対策（倉庫内への進入管理）	上記1～3の作業を行う際に、クレーンを停止することに抵抗のある作業者が、正規の進入口（扉インタロックが設置してある箇所）ではなく、荷受台の箇所にある開口部からクレーンの走行路に進入し走行中のクレーンに挟まれる。	開口部は、パレットの搬入に必要なものであり、作業者の安全意識に依存して進入を防止するしか方法がなかった。しかし、高齢者では、責任感の強さやME機器の操作を不得手とする等の理由から、ちょっとした作業であれば、クレーンを止めることなく作業を強行する場合もあった。	作業者が荷受台から容易に進入できないように、人間と荷の識別装置の設置や、柵越しに荷を搬入する方法、荷受台にシャッタを設ける方法等を検討する。また、正規の進入口に扉インタロックを設け、クレーンが確実に停止してからでなければ倉庫内への進入を許可しない。さらに、作業者が倉庫内にいるときは、クレーンへの電源投入を許可しないようにする。

注) 表中の「クレーン」とはスタッカクレーンのことを言う。

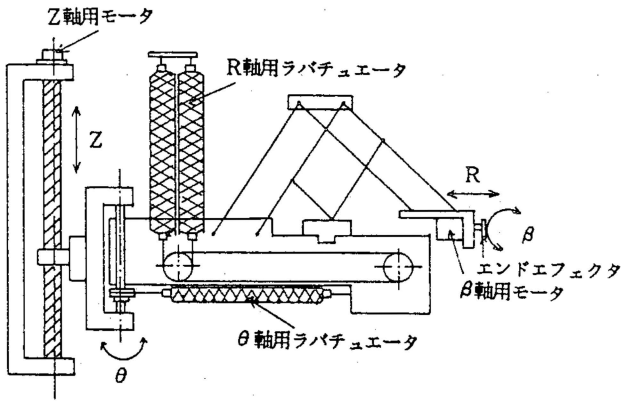


Fig. 2 Structure of a trouble-shooting manipulator.  
荷ずれ処理用マニピュレータの構造

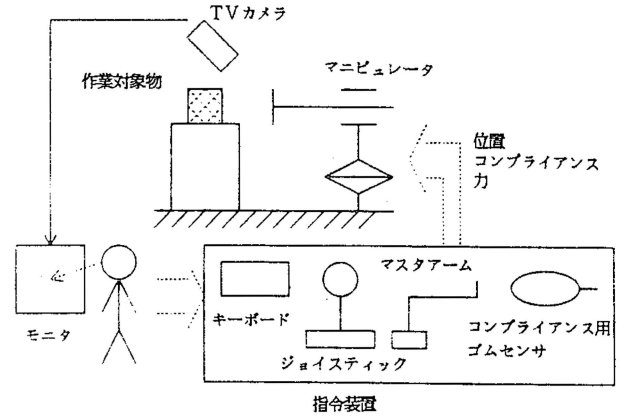


Fig. 3 Construction of a trouble-shooting system for correcting the configuration of loads.  
荷ずれ処理システムの構成

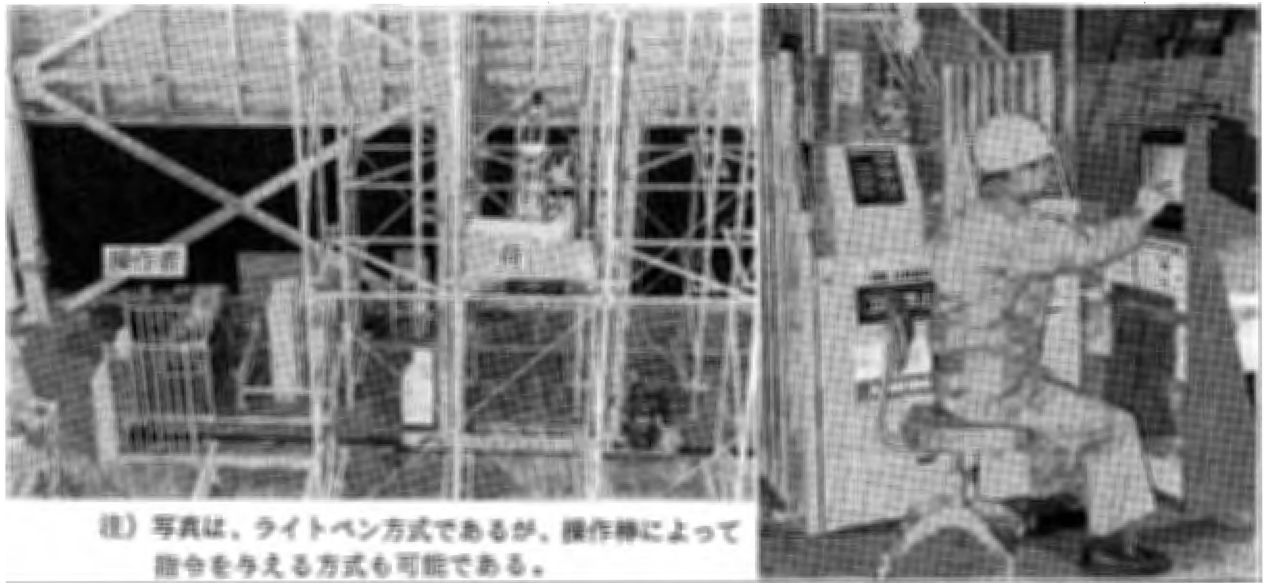


Photo 1 Method of a trouble-shooting operation for correcting the configuration of loads.  
荷ずれ処理作業の方法

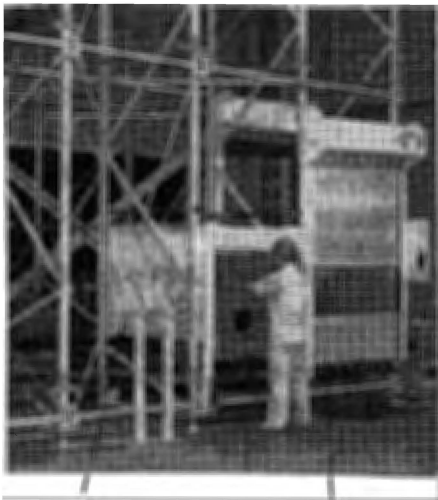
制御系を構成した。

③ 当研究所で試作したシステムでは、スタッククレーンの稼働率の低下を防止するために、他の入出庫作業を優先処理する制御や、スタッククレーンがピッキング領域に進入しているときには、「開」ボタンを押してもシャッタが開かないようにする制御を備えている。これらの制御は、いずれもコンピュータ側で行っているため、プログラムのバグ、コンピュータの故障、ノイズの影響等によって誤りが生じ、スタッククレーンが暴走したり、シャッタが誤って開いたりすることがある。このようなときは、直ちにスタッククレーンの電源を遮断して、緊急停止させなければならない。このために設けられているのが Photo 3 の安全制御回路であり、仮に安全制御回路自身が故障したときは必ずスタッククレーンを停止できるように、フェールセー

フな IC を使用して回路を構成している。

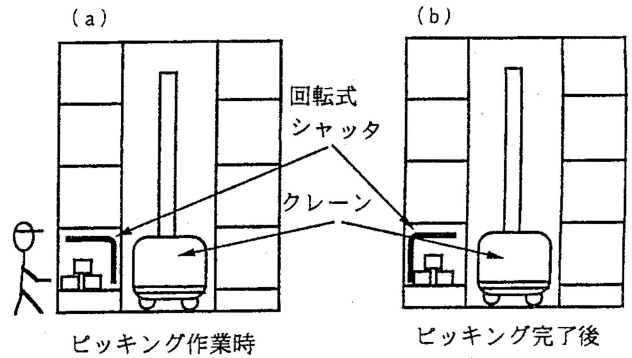
#### 4.3 トラブル処理や保守・点検・補修等の作業時における安全システム

自動倉庫では、トラブル処理や保守・点検・補修等の作業のために、高齢者が倉庫内に入っていく作業が必要となる。このような場合の災害を防止するために、実際のスタッククレーンでは、自動運転モードとは別に作業者が操作装置を押し続けているときに限り低速で走行・昇降・フォーク動作を行う手動運転モードを設け、上記の作業時には必ず手動運転モードでスタッククレーンを運転させる構成としている。しかし仮にこのようなシステム構成をとった場合でも、制御装置の故障やノイズの影響によってスタッククレーンが暴走したり、作業者の誤操作によってスタッククレーンが人体と接触したりす



回転式シャッター

シートシャッター

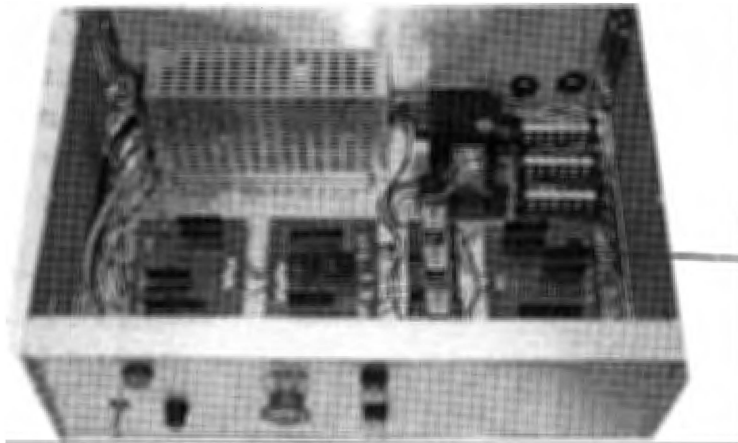


作業側側のシャッターは開いているので、ピッキング領域への進入が可能。

シャッターが回転移動するため、ピッキング領域へは進入できない。

Photo 2 Appearance of shutters applied to the picking area. ピッキング領域に適用されたシャッターの外観

Fig. 4 Structure of a shutter applied to the picking area. ピッキング領域に適用されたシャッターの構造



フェールセーフ I C

Photo 3 Appearance of a safety control circuit applied to the safety system for picking operation. ピッキング作業用安全制御回路の外観

ると重大な災害を引き起こしかねない。

そこで、スタッククレーンが低速走行しているか、または停止していることが確認できるときに限り作業を許可し、万一スタッククレーンが暴走しそうになったり、誤操作によってスタッククレーンが人体を挟圧しそうになったときは直ちにスタッククレーンを緊急停止させる安全制御システムを構成することにした。

Fig. 5 に、このシステムの基本構成を示す。図で P は速度監視装置であり、スタッククレーンが低速で走行しているときに限りスタッククレーンの走行を許可し、万一故障やノイズの影響によりスタッククレーンが高速で暴走しそうになったときは、直ちにモータへの通電を

遮断してスタッククレーンを緊急停止させる構成としている。

一方このシステムでは、身体平衡機能の低下した高齢者が後退歩行中に転倒したりすると、スタッククレーンは高齢者に激突し災害を生じるおそれがある。また、注意が一点に集中し易い高齢者では、何らかの作業に熱中しているときにスタッククレーンに対する注意がおろそかになり易い。このとき搬器の昇降動作が生じると、高齢者が搬器に挟まれて災害を生じるおそれがある。そこで、クレーンの走行方向と昇降方向に挟まれ防止装置  $Q_H$  (Photo 4 参照)、 $Q_V$  を設け、これらの装置が人体を検出していないときに限り、スタッククレーンの走行と昇降



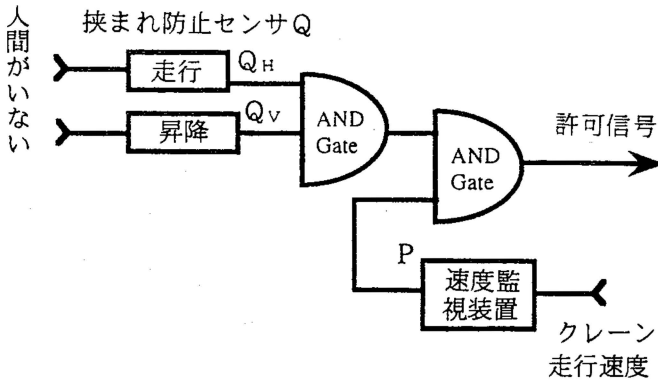


Fig. 5 Construction of a safety system for manual operation.  
手動操作時における安全システムの構成



走行側挟まれ防止装置 (QH)

Photo 4 Appearance of a sensor for preventing crash in manual operation.  
手動操作時における挟まれ防止装置の外観

を許可する構成とした。なお挟まれ防止装置には、Table 2 に示す 2 種類の方式を試作したが、これらの中では接触バー式の方が人体に作用する力が小さいことから、この装置を走行方向の挟まれ防止装置  $Q_H$  として採用した。

実際の現場では、挟まれ防止装置の使用が困難な場所もある。そこで、こうした箇所での挟まれ災害を可能な

限り減少させるために、作業者の操作時には必ず一運動方向（すなわち、前進、後退、上昇、下降、フォーク右出、フォーク左出のいずれかの運動方向）にしか動作しないように操作システムを構成した。これは、高齢者では注意が一点に集中し易いために、複雑な動きをするシステムへの対応には困難が伴うと考えたからである。

#### 4.4 共同作業や第三者による誤った起動操作の防止システム

自動倉庫では、起動時の安全確認は作業者自らが広大な倉庫内領域を目で見て行うしか方法がない。しかし、一般に高齢者では加齢と共に視野が狭くなる傾向があるので<sup>1)</sup>、広大な倉庫内領域の安全確認は相当な困難を伴うと考えられる。そこで、起動時の安全確認手段として、自動倉庫内部のような広大な領域を自動的に監視できるレーザー式安全装置を試作した。

この装置では、許容限度を超えるレーザー光が作業者の目に照射されると目が危害を受けることがある。特に自動倉庫では、倉庫内の最大距離は少なくとも 10m 以上はあるため、レーザー光によって高齢者の倉庫内部への進入を監視しようとする、通常は数 10 m W 前後の光出力を必要とする。これは労働省通達<sup>6)</sup>に定めるクラス 3 のレベルに相当するから、レーザー光が直接目に照射されると相当の危害を受ける。

そこで、投光器から発射されるレーザー光の持つエネルギーが許容限度以下（労働省通達に定めるクラス 2 以下）となるように、レーザー光をきわめて短時間だけパルス状に放出させ、このパルスが人体等によって遮光されずに受光器に到達したとき、初めて次のパルスの発生を許可する方式を採用した。以後、この方式を逐次安全確認方式と呼ぶ。

なお、この装置の詳細は第 5 章を参照されたい。

#### 4.5 倉庫内への進入防止システム

現状の自動倉庫では、荷物を搬入・搬出する都合上、荷受台の箇所だけは開口部とする必要がある。しかもこの開口部には、作業者が通過する際に障害となるものがないから、この箇所から作業者が簡単に進入するおそれがある。そこで、この箇所から作業者が進入することを防止するために、柵越しに荷を搬入する方式（Photo 5 参照）と、開口部をセンサ等によって常時監視し、作業者が進入した時は直ちにスタッカクレーンを緊急停止させる方式を検討した。

また、現状の自動倉庫では、倉庫内への正規の進入口に扉インタロックを設け、作業者が扉を開いたときにはスタッカクレーンが緊急停止するように制御系を構成し



Table 2 Sensors for preventing crash in manual operation proposed in this report.  
試作した挟まれ防止装置

方式	機構または構造
導電ゴム式	導電ゴムの(+)極と(-)極を対向させ、人体からの力の作用によって両電極が接触したときに、これを電気的なON-OFF特性の変化として検出して、スタッククレーンを緊急停止させる。電極がゴムであるために、接触不良のきわめて少ない機構を実現できる。
機械式	人体がバーに当たったときの力を直接利用して、スイッチの接点を強制的に引き離し、機械を緊急停止させる機構。スイッチの接点の接触不良や溶着、スイッチのバネの破損、スイッチの摺動部の固着、スイッチと制御回路を接続する配線の断線等が生じても機械を停止側（安全側）に制御できる。挟まれ防止装置のバーが人体と接触したときでも、人体に作用する力を数kgf以下に抑制できる。



Photo 5 Appearance of a prevention system against unpermitted entering the automated warehouse.  
倉庫内への進入防止システムの外観

ている方式も多いが、この方式だと行程の途中でクレーンが停止する場合があるため、作業者に復帰操作等の負担をかけるという問題がある。そこで、スタッククレーンが一行程運転を終了した後に初めて扉を開くことが可能となるように制御系を構成し、この問題に対処できるようにした。

## 5. 結 言

本報では、①身体平衡機能や敏捷性の低下した高齢者が行う高所作業や狭隘な箇所での作業、②加齢と共に知覚能力の低下した高齢者が行う広大な領域の安全確認作業、③高齢者が不得手とするME機器の操作作業等を有する設備の代表例として自動倉庫を選定し、この設備を

対象に高齢者の人間特性を考慮した安全システムの試作を行った。

試作したシステムは、次の通りである。

### 1) 荷ずれ処理作業システム

倉庫内の棚の上にある製品が荷ずれや荷崩れを起こしたときに、作業者が直接高所に登ることなく、遠隔操作によって荷ずれや荷崩れを処理できるシステムを試作した。このシステムでは、荷ずれ処理中にマニピュレータが荷を損壊することのないように、製品の硬さに応じた力制御が可能な空気圧式のマニピュレータを用いた。

### 2) ピッキング作業システム

倉庫内の棚の一部をピッキング等の作業を行う専用領域とし、この領域をシャッター等で遮蔽することにより、作

業者がピッキング作業を安全に行うことが可能なシステムを試作した。このシステムでは、稼働率の低下を防止する制御はコンピュータ側で行い、安全制御はフェールセーフな安全制御回路で行うようにして、安全で作業性の良い制御システムを実現した。

### 3) トラブル処理時や保守・点検・補修等の作業時における安全システム

トラブル処理や保守・点検・補修等の作業時に、高齢者が誤操作を行ったり、スタッカクレーンが暴走したときは、直ちにスタッカクレーンを緊急停止して作業者の安全を確保するシステムを試作した。このシステムでは、従来対策の困難であったスタッカクレーンの昇降動作に対しても、操作装置、非接触式安全装置、接触式安全装置等を適切に組み合わせることにより作業者の安全を確保できる構成としている。

### 4) 共同作業や第三者による誤った起動操作の防止システム

自動倉庫の内部領域を作業者に代わって自動的に監視できるレーザー式安全装置を試作した。この装置では、作業者の目がレーザー光によって傷害を受けることのないようにレーザー光をきわめて短時間だけパルス状に発光し、これが人体等によって遮光されずに受光器に到達したときに初めて次のパルスの発生を許可する方式とした。

### 5) 倉庫内への進入防止システム

倉庫の荷受台から作業者が進入することを防止するために、柵越しに荷を搬入する方式と、開口部をセンサ等

によって常時監視し、作業者が進入したときは直ちにスタッカクレーンを緊急停止させる方式を検討した。

以上、本報で試作した安全システムの概要について述べたが、これらはいくまでも一つの実施事例であり、これら以外にも様々な方法が考えられるであろう。この意味からも、自動倉庫の設計者、現場の管理監督者等からの率直な意見や批判を期待するものである。

## 参考文献

- 1) 高年齢労働者の労働災害防止対策調査研究委員会報告書、中央労働災害防止協会 (1991).
- 2) 深谷・池田・梅崎・清水, 高齢者の特性を考慮した操作装置の改善に関する研究, 産業安全研究所特別研究報告, RIIS-SRR-NO.13 (1993) pp.66-69.
- 3) ラックマスタLシリーズ操作説明書, (株) ダイフク (1989) p.2.
- 4) 自動倉庫の安全対策に関する調査研究委員会報告書, 中央労働災害防止協会 (1991).
- 5) 池田・深谷・杉本, 順応型マニピュレーティングシステムの開発, 産業安全研究所特別研究報告, RIIS-SRR-90 (1990) pp.61-70.
- 6) レーザー光線による障害の防止対策について, 昭 61.1.27, 基発第 39 号, 安衛法便覧 II, 労働基準調査会 (1995) pp.1389-1410.

(平成 8 年 3 月 15 日受理)