

1. 緒 論

梅崎重夫*, 深谷 潔*

1. Introduction

by Shigeo UMEZAKI* and Kiyoshi FUKAYA*

Abstract; As the aged society is coming true in Japan, the expansion of the field of work and the promoting safety for aged workers has become a matter of great concern. Therefore, the specific research of the "Development of Micro-Electronics for Promoting the Working Life of Aged Workers" was conducted from 1986 to 1989. That research aimed mainly at promoting safety of aged workers in regular or usual operations.

On the other hand, in recent Japanese industries, accidents in irregular or unusual operations such as trouble-shooting, repairing and maintenance are regarded as important while the ratio of accident in regular or usual operations to irregular or unusual operations has relatively decreased. The specific research of the "Development of Devices and Working Systems for Promoting Safety of Aged Workers" is conducted from 1990 to 1994 in order to secure the safety in irregular or unusual operations for aged workers.

In this report, the following researches from a viewpoint of human factors were executed to provide safety facilities and to improve work environments in above situations as a part of this specific research.

- (1) Improvement of environmental conditions for aged workers.

The abilities of preventing falling accidents and preventing errors under noisy conditions were evaluated.

- (2) Evaluation of abilities of aged workers to predict and avoid accidents.

The abilities of predicting risks and danger perception of aged workers were investigated experimentally.

- (3) Improvement of operating equipments for aged workers.

The equipment for start operations adapted to aged workers were developed.

- (4) Ensuring safe works in warehouses for aged workers.

Safety facilities for operation in warehouses are being developed and evaluated.

- (5) Development of supporting equipments for heavy goods handling.

The equipments which help aged workers in heavy goods handling are under development.

This report contains the above 4 researches ((1) ~ (4)) which have finished by 1992.

Keywords; Safety, Human Factors, Aged, Hazard Perception, Environment, Operation

1.1 はじめに

我が国が本格的な高齢化社会を迎え、就労者の高齢化が進むと共に、高齢者の安全確保が、産業安全の分野のみならず社会的にも重要な課題となりつつある。特に、高齢者では、ME（マイクロ・エレクトロニクス）機器の取扱いに困難を伴う場合も多く、このため労働省では、昭和61年度から平成元年度までの4ヶ年にわたり、「高齢者向けME機器の開発・改善に関する研究」^{1),2)}を実施し、安全性の高いME機器や高齢者のME技術への適応を容易化するための関連ソフトウェアの開発、および加齢によって低下した高齢者の能力を補充する各種ハードウェアの開発等を行ってきた。

上記の研究は、機械作業の中でも、定常的な作業に従事する高齢者の安全確保を目的として実施したものである。しかし、近年の労働災害の傾向として、定常的な作業での災害発生の比率が相対的に減少する一方で、段取り、トラブル処理、保守・点検、清掃等の非定常作業時における災害発生の比率が相対的に増大しており³⁾、高齢者が行う非定常作業に対する災害防止対策の確立が、強く望まれている。

災害の原因は、後で具体的な事例を挙げて述べることにするが、要約すれば、上記の作業では、事前の設備対策が困難であるため、作業に伴う危険を認知して回避するという行動を高齢者自身が行わざるを得ないことや、高齢者が自らの身体組織を直接利用して作業を行うために、作業床の状況や照明、騒音、作業空間等の周辺環境の状況が、安全上、重要な影響

を与えるためと考えられる。また、高齢者側の問題で言えば、加齢による身体機能の低下や、若年者と比較して新技術の習得が困難である等の問題もある。

以上の問題に対しては、当研究所においても、従来より個別に調査・研究を行ってきたところであるが、今般、高齢者が行う非定常作業の安全確保を図るための人間工学的条件の解明と、安全な機器及び作業システムの開発を目的として、平成2年度から6年度までの5ヶ年にわたり、労働省の特別研究として、「高齢者の安全確保のための機器及び作業システムの開発に関する研究」と題して、高齢者の危険認知・回避能力の評価、高齢者の歩行環境の改善、騒音環境が高齢者の作業特性に及ぼす影響、高齢者の作業特性を考慮した操作盤の改良、倉庫作業の安全化、重量物取扱い用支援機器の開発等の研究を行うことになった。

本報告書は、この研究成果のうち、平成4年度までに終了した高齢者の人間工学的特性に関する研究をまとめたものである。

1.2 高齢者が行う非定常作業の労働災害分析

1.2.1 高齢者による労働災害の現況

我が国の労働災害の中で、高齢者（ここでは、50才以上の者をいう、以下同じ）が占める比率は年々増加しており、たとえば、休業4日以上の労働災害は、昭和54年度には31.9%であったものが、平成元年度には41.2%となっている⁴⁾（Table 1.1 参照）。また、年齢層別の年千人率は、平成元年度では、20～29才の年千人率が3.5であるのに対して、50才以上の毎

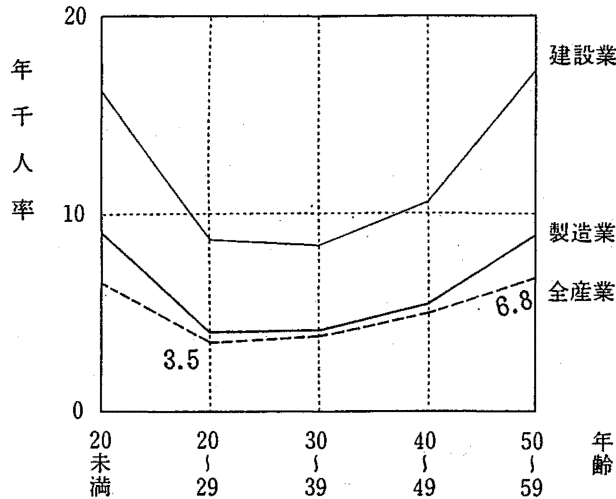
Table 1.1 Number of industrial accidents of aged workers
高齢者の災害発事件数 (Ref. 4)

(休業4日以上)

(単位：人)

| 年度 | 合計 | 40歳以上 | 50歳以上 | 60歳以上 |
|----|----------------|---------------|---------------|--------------|
| 54 | 340,890(100.0) | 205,159(60.2) | 108,671(31.9) | 34,199(10.0) |
| 55 | 329,729(100.0) | 200,612(60.8) | 108,083(32.8) | 33,318(10.1) |
| 56 | 307,761(100.0) | 188,643(61.3) | 102,976(33.5) | 30,542(9.9) |
| 57 | 288,740(100.0) | 178,679(61.9) | 99,449(34.4) | 28,219(9.8) |
| 58 | 279,955(100.0) | 175,161(62.6) | 98,798(35.3) | 27,030(9.7) |
| 59 | 264,113(100.0) | 166,051(62.9) | 94,611(35.8) | 25,347(9.6) |
| 60 | 256,560(100.0) | 161,700(63.0) | 93,969(36.6) | 24,929(9.7) |
| 61 | 240,979(100.0) | 151,722(63.0) | 90,623(37.6) | 24,233(10.1) |
| 62 | 231,687(100.0) | 148,273(64.0) | 89,479(38.6) | 23,876(10.3) |
| 63 | 223,470(100.0) | 146,037(65.3) | 89,455(40.0) | 25,138(11.2) |
| 元 | 216,118(100.0) | 144,181(66.7) | 89,042(41.2) | 26,590(12.3) |

(注) ()内は各年度の合計に対する割合 (%)



(注) 年千人率とは労働者1,000人当たり
1年間に発生した死傷者数

Fig. 1.1 Number of industrial accidents with respect to age
災害発生件数の年齢による変化 (Ref. 4)

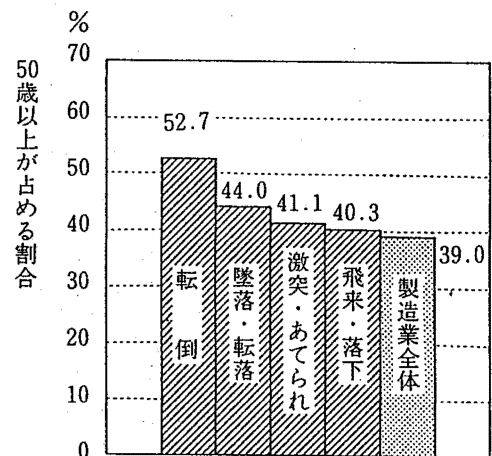
千人率は6.8と約2倍になっている^{4),5)}(Fig. 1.1 参照)。

次に、事故の型で高齢者の占める割合は、製造業の例で言えば、平成元年度では「転倒」が52.7%、「墜落・転落」が44.0%、「激突」が41.1%、「飛来・落下」が40.3%であり、これらはいずれも製造業平均の39.0%を上回っている⁴⁾(Fig. 1.2(a) 参照)。また、不安全な行動は、平成元年度では「不安定な状態で放置」が45.9%、「安全装置を無効にする」が45.1%、「危険な状態を作る」が43.8%、「不安全な場所へ乗る」が43.4%となっており、製造業平均の39.0%を上回っている⁴⁾(Fig. 1.2(b) 参照)。

発生原因では、昭和57年に労働省安全課が実施した調査結果(昭和57年1月～58年11月、休業4日以上、製造業と建設業を中心とする1,084事業場を対象)が参考になる⁶⁾。この調査によれば、高齢者の災害では、「体のバランスが思うようにとれなかった」(51.1%)、「気持ち先走り、体がついていかなかった」(17.0%)、「手・足・腰が弱っていた」(12.9%)というような身体平衡機能や危険回避能力の低下に起因する災害がまず多い。

次に多いのが、「床面に凹凸、段差、滑り易さなどがあった」(54.3%)、「作業場所が乱雑であった」(18.5%)、「作業場所がうるさかった」(7.6%)等の作

(a) 事故の型



(b) 不安全行動

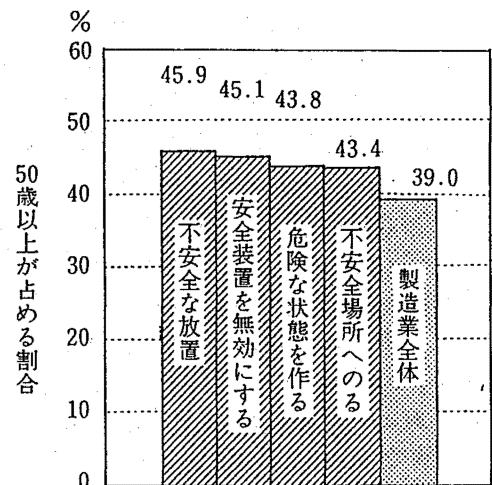


Fig. 1.2 Tendency of industrial accidents of aged workers
高齢者の労働災害の傾向 (Ref. 4)

業環境の不備に起因する災害である。また、「作業に必要な注意を向けていなかった」(35.9%)、「危ないと思ったがそのまま作業を続けた」(18.3%)等の危険の認知と判断の不適切さに起因する災害や、「無理な姿勢での作業」(29.4%)、「力を込めた作業」(18.6%)等の筋力の柔軟性を必要とする作業、及び「今までの経験に頼ってやった」(64.6%)、「正しい作業方法が決まっていたが省略した」(13.0%)、「正確な作業方法を忘れて自己流でやった」(11.3%)等の作業方法の不適切さに起因する災害も多い。

1.2.2 高齢者が行う非定常作業の災害事例

次に、高齢者または高齢者比率の高い職場で発生している非定常作業の災害事例を取り上げ、その概要と原因を示すことにする。

《事例1：重量物が落下して足に当たり骨折する》

1) 災害の概要

被災者は、材料移動台を吊り直そうとして、たまたま移動台の横にあった運搬台車の枠の上に乗り、クレーンを操作しようとした。その際、枠の幅が狭かったためにバランスを崩し、ペンダント・スイッチにつかまり転落を防止しようとして、誤って操作ボタンに触れた。このため、クレーンが被災者側に向けて約3m動き、その結果、吊られていた材料移動台が材料置き台より落下し、その際に、材料移動台に足が当たり骨折した⁴⁾。

2) 災害の原因

本件の原因は、運搬台車の枠のような幅の狭い所に乗って、作業をしたことにある。また、この作業には、正確な作業標準が定められていたが、作業時、被災者は正確な作業標準によらずに、自己流で作業を行った。

従って、安定した作業環境で定められた作業標準に従って作業を行うことが、本作業の安全対策の基本となるが、作業の中には、やむをえず狭隘な、または不安定な環境の下で行うものも多い。この場合、作業環境が、高齢者の身体平衡機能によって対応できる環境であるかをまず確認しておく必要がある。また、本災害では、被災者が誤って操作ボタンに触れたことも災害の一因と考えられるが、これは操作システムの側に適切な意志確認手段（人体の一部が誤って操作ボタンに触れたときに、起動を許可しないための手段）があれば、防止できたものと考えられる。《事例2：自動運転中のスタッククレーンと棚の柱の間に挟まれる》

1) 災害の概要

被災者は、自動倉庫に備えられているスタッククレーンの走行中に、製品を返品しようとして自動倉庫内に立ち入り、走行してきたスタッククレーンと棚の柱の間に挟まれ、重傷を負ったものである⁷⁾。

2) 災害の原因

当該事業場では、自動倉庫内の入口には、立入禁止のための安全棚と、非常停止用の押しボタン、それに立入禁止を示す安全標識が設置されていた。また、製品の返品が出た場合には、たとえ少量であっても、

その製品のパレットを出庫作業の手順に従って荷受台上に呼び出し、そこでパレットに返品するという作業標準になっていた。

しかし、実際には、小出し・返品・在庫確認等の目的でスタック・クレーンの通路に入ることは日常茶飯事となっていた。これは、高齢者では、多少の危険を犯してでも機械を停止せずに要領よく作業をやることに価値を置く傾向があるためと考えられる。この傾向は、熟練作業で特に強い。従って、このような高齢者の価値感を前提とした安全対策の実施が望まれる。

《事例3：自動機械のトラブル処理

作業中に他の機械が不意に起動》

1) 災害の概要

自動機械を利用して製品を加工した後、排出する過程で、製品の送りに異常が生じて製品が正規の位置からずれたため、機械が自動的に停止した。このため、被災者が手を出して製品を正規の位置に戻したところ、すぐ横にあった他の送り装置が不意に起動し、この装置に指を挟まれた。

2) 災害の原因

自動機械は、他の設備と連動しながら使用されることが多い。従って、自動機械による災害の中には、ある機械の修理中に、すぐ横にある機械が突然動きだしたり、機械の故障を修復したところ、連動信号が自動的に送信され、他の機械が急に動き出して危害を受けるといったものが多い。

このような災害が多発するのは、機械相互の連動が正しくとられていないという問題もさることながら、人間が同時に複数の危険を認知できないという人間特性そのものに由来しているのである。特に、高齢者では、責任感の強さから、トラブル発生時にはとっさに手を出す傾向が強いが、若年者と比較して危険回避能力が劣るとの報告もあり⁶⁾、このため、この種の災害の犠牲者となる割合も高いと考えられる。

1.2.3 高齢者が行う非定常作業での労働災害の原因分析と安全対策に伴う研究課題

以上、高齢者が行う非定常作業での、労働災害の現況と事例について述べたが、これらの災害の発生原因と安全対策に伴う研究課題を列記すれば、次のように要約できると考えられる。

《作業側の問題》

1) 事前の設備対策が困難

非定常作業では、事前に設備対策を講じるのが困

Table 1.2 Deterioration of human abilities with respect to age
加齢による諸機能の低下 (Ref. 4)

(休業 4 日以上)

(単位：人)

| | 項 目 | 指 数 | | 項 目 | 指 数 |
|--------|-------------|---------|----------|--------------|-----|
| 筋力 | 握 腕 力 | 75 | 心理学的諸機能 | 単純反応速度 | 77 |
| | 屈 腕 力 | 80 | | 瞬発反応 | 71 |
| | 背 筋 力 | 75 | | 全身跳躍反応 | 85 |
| *伸 脚 力 | *63 | タッピング速度 | | 85 | |
| 関節可動 | 肩 関 節 | 70 | | 動作速度 | 85 |
| | 脊 柱 側 屈 | 82 | | *写 字 速 度 | *57 |
| | 脊 柱 前 屈 | 92 | | *運 動 調 節 能 力 | *59 |
| 抗病回復 | *夜勤後体重回復 | *27 | | 分析判断力 | 77 |
| | *抗病回復力 | *68 | | 計算能力 | 76 |
| | *傷病を少なくする能力 | *66 | | *比較弁別能力 | *63 |
| 知覚 | *視 力 | *63 | *学 習 能 力 | *59 | |
| | *薄 明 順 応 | *36 | *記 憶 力 | *53 | |
| | *聴 力 | *44 | | | |
| | *皮 膚 振 動 覚 | *35 | | | |
| | *平 衡 感 覚 | *48 | | | |

注 1：*は 70%未満になるもの
2：指数は 20 ~ 24 歳または最高値に対する 55 ~ 59 歳の機能の相対比 (%)

難な場合が多く、このため、作業に伴う危険を認知して回避するという行動は、多くの場合、高齢者が自ら行わざるを得ない。しかし、高齢者の危険認知能力や回避能力が、若年者と比較してどの程度劣るかが現在のところ不明であるため、この問題に対する適切な対策を講じることができない。

2) 作業環境の影響を受けやすい

非定常作業では、高齢者が自らの身体組織（手指・足・腰等）を直接利用して作業を遂行するために、作業床の状況や照明、騒音、作業空間等の周辺環境を適切に整備する必要がある。しかし、若年者と比較した場合、特にどのような点に留意して環境対策を講じればよいか必ずしも明確ではない。

《高齢者側の問題》

3) 加齢による身体機能の低下

いずれの災害も、加齢による高齢者の身体機能の低下 (Table 1.2 参照)^{4),8)}が、背後要因として関係していると考えられる。たとえば、事例1のような災害を防ぐには、姿勢を適切に保つ身体平衡機能が重要であるが、この機能は 20 代後半でピークとなり、以後は加齢とともに著しく低下する (Fig. 1.3(a) 参照)^{4),9)}。

また、事例2や事例3のような災害を防ぐには、危険を迅速に回避するための危険回避能力が重要となるが、この評価指標である全身敏捷性（第2章で述

べるジャンプ・ステップ・テストで測定）は、加齢とともに急速に低下する (Fig. 1.3(b) 参照)^{4),9)}。

さらに、機械作業では、重量物の運搬が必須であるが、これに必要な背筋力は、男性の場合、30 代後半から徐々に低下していき、60 才代では若年時の約 2/3 まで低下する (Fig. 1.3(c) 参照)^{4),9)}。

従って、これらの能力を補充するための機器や作業システムの開発が必要である。

4) 高齢者の責任感の強さ

既に述べたように、高齢者では、多少の危険を犯してでも機械を停止せずに要領よく作業をやることに価値を置く傾向がある。また、高齢者では、トラブル発生時には、たとえ機械の動作やトラブルの原因がわからなくとも、とっさに手を出す傾向が強い。さらに、高齢者では、作業の手順や方法を「知らない」ことを恥とする傾向が強く、たとえ正規の手順や方法を知らなくとも、自分のそれまでの経験を基に自己流で処理してしまう傾向がある。これらは、いづれも高齢者の責任感の強さを反映したものであるが、この責任感に基づく行為には、時として安全上不利に作用する場合もあるから、この点を考慮した上で作業システムの設計を行うべきである。

5) 新技術の習得が困難

知的能力の面で言えば、知能のうちでも結晶性知能（以前の学習経験を基に得られた判断力や習慣、す

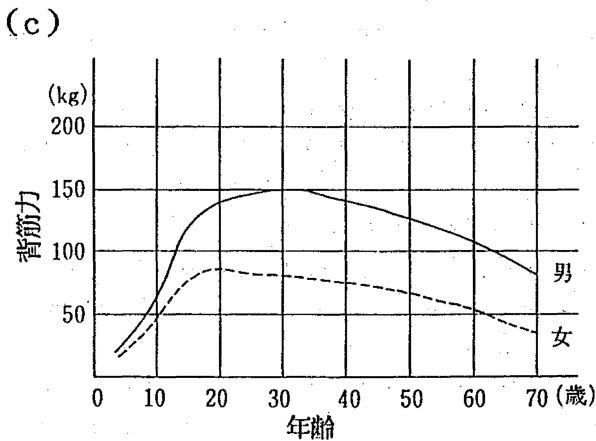
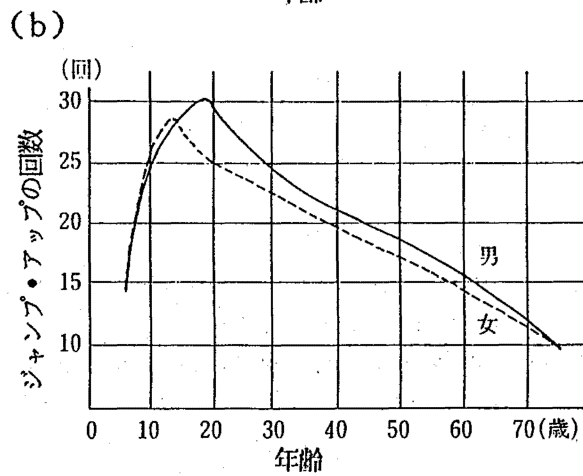
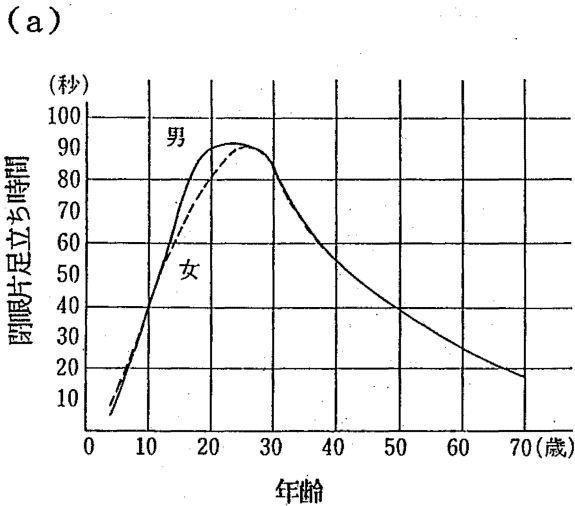


Fig. 1.3 Change of physical abilities with respect to age
身体機能の年齢による変化 (Ref. 4)

なわち結晶化された能力) と呼ばれるものは、中高年期にはむしろ増加傾向を示す (Fig. 1.4 参照)¹⁰⁾。しかし、新技術の習得に必要なのは流動性知能 (結

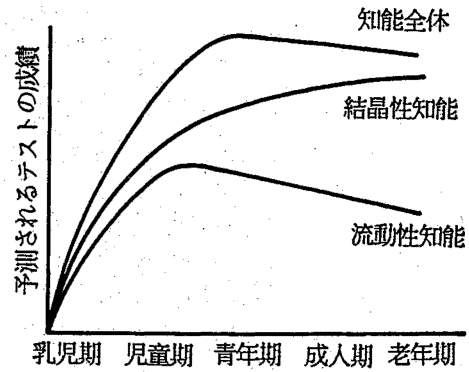


Fig. 1.4 Change of intellectual faculties with respect to age
知的能力の年齢による変化 (Ref. 10)

晶化された能力が役に立たないような新しい状況への適応を要するときに動員される能力) であり、この知能は加齢と共に低下する。

これが、高齢者が、プログラミングや ME 機器の操作技術の習得を不得手とする理由と考えられる。また、結晶性知能の増大は、作業の過程で不適切な予断を生むこともあり、これが災害の背後要因となる場合もある。

たとえば、事例 3 の例で言えば、自動機械の次の動きを予測するには、ある程度の ME 機器に対する知識が必要であるが、高齢者の場合、時として自己流の経験だけから機械の動きを判断しがちであり、また、周辺機器を含めたシステムとしての認識が欠如しやすいために、注意の一点集中現象のようなものが生じていると考えられる。従って、このような点を考慮した上で作業システムの設計を行うべきである。

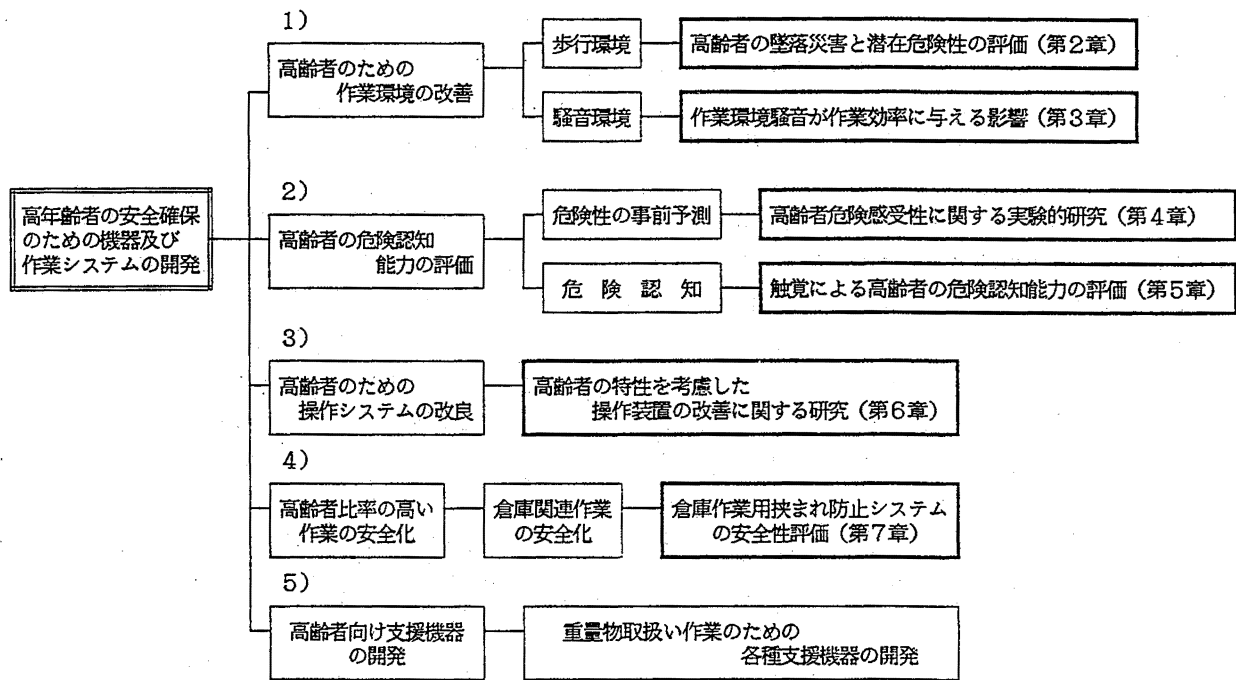
1.3 高齢者の安全確保のための主な研究課題

1.3.1 本研究の概要

高齢者が行う非定常作業の安全確保を図るには、高齢者の危険認知能力や回避能力の評価、高齢者で特に必要とする作業環境対策の明確化や、加齢による能力低下を補充する機器や作業システムの開発等が必要である。

また、高齢者の責任感の強さや新技術の習慣困難性等を考慮した作業システム (操作システムを含む) の最適設計も考慮されなければならない。

そこで、本研究では、1.2 節で示した分析結果から、本研究において実施すべき課題として、次のような項



注) 太線内は、本報告に記載した論文の題目である。

Fig. 1.5 The flow of this specific research
研究関連図

目を対象に研究を行うことにした (Fig. 1.5 参照)。

1) 高年齢者のための作業環境の改善

高年齢者が非定常作業を安全に遂行できるように、作業床、照明、騒音、作業空間等の周辺環境の改善を行う。また、高年齢者で特に必要とする作業環境対策を明確にする。

2) 高年齢者の危険認知・回避能力の評価

高年齢者の危険認知能力と回避能力を、作業開始までに十分な時間的余裕がある場合と、既に作業が開始しており、高年齢者が危険な状況の下に置かれている場合に分けて評価し、若年者との差異を明らかにする。

3) 高年齢者ための操作システムの改良

高年齢者が機械設備の操作盤の操作を行うときの、誤操作防止条件を解明する。また、高年齢者が安全かつ容易に機械設備の起動操作や停止操作を行えるように、操作システムを改善する。

4) 高年齢者比率の高い作業の安全化

日本労働研究機構の調査によれば²⁾、高年齢者の多い職場は、機械加工職場、組立職場、倉庫職場であり、このうち非定常作業が特に多いのは、倉庫職場であ

る。そこで、高年齢者が行う非定常作業の典型例として倉庫関連作業 (倉庫内作業及び倉庫と倉庫周辺との間で荷を搬入・搬出する作業) を選び、この作業の安全化を図るための各種安全手段を開発する。

5) 高年齢者向け支援機器の開発

倉庫内での非定常作業や、倉庫周辺の手介在作業を安全かつ容易に遂行するための重量物取扱い作業用支援機器を開発する。特に、高年齢者に不自然な作業姿勢を強いる狭隘作業の支援機器として、人間の2本の腕に類似した双腕型汎用ハンドを開発する。また、従来人手に頼っていたクレーンやホイストを用いて重量物を移動する際の位置合わせ作業を、高年齢者が遠隔操作によって自動的に行うことができる介助マニピュレータを開発する。

1.3.2 本報告書の構成

以上が本研究の概要であるが、このうち、本報告では、1.3.1 節の 1) に該当するものとして「高年齢者の墜落災害と潜在危険性の評価について」、「作業環境騒音が作業効率に与える影響に関する研究」を行った。

また、2) に該当するものとして「高年齢者危険感受性に関する実験的研究」、「触覚による高年齢者の危険認

知能力の評価」を行った。このうち、第一の研究は、危険性の事前予測を対象としたものであり、第2の研究は、産業用ロボットを対象として、高齢者が既に危険な状況の下に置かれているときの危険の認知の問題を扱う。

さらに、3)、4)に該当するものとして、「高齢者の特性を考慮した操作装置の改善に関する研究」、「倉庫作業用挟まれ防止システムの安全性評価に関する研究」を行った。

以上のうち、1)～3)の課題は、平成2年度から4年度までの3年間にわたり、実行したものである。これに対し、4)、5)の課題は、平成3年度から6年度にかけて実行されるものである。本報告では、1)～3)の課題を中心に報告を行う。なお、以上の報告が、どのテーマに該当するかは、Fig. 1.5の研究関連図を参照されたい。

(平成5年8月3日受理)

参考文献

- 1) 糸川・杉本・深谷・江川・梅崎・池田・清水・田島・富田, 高齢者向けME機器の開発・改善に関する特別研究, 産業安全研究所特別研究報告, RIIS-SRR-90 (1990)
- 2) 高齢者向けME機器等の研究開発報告書, 労働省(高齢者向けME機器等の開発に関する研究調整会議)(平成2年)
- 3) 加藤, 非定常作業の安全管理, 安全, 中央労働災害防止協会 Vol.37, No. 1-7 (1986)
- 4) 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(平成3年)
- 5) 労働省労働基準局編, 安全の指標, 中央労働災害防止協会(平成4年) pp. 48
- 6) 西島, これからの安全管理, 中央労働災害防止協会(平成5年) pp. 578-590
- 7) 自動倉庫の安全対策に関する調査研究委員会資料, 中央労働災害防止協会(平成元年)
- 8) 斉藤・遠藤, 高齢者の労働の能力, 労働科学業書53, 労働科学研究所(1980)
- 9) 石橋, 高齢者の心身能力と交通安全, 交通安全教育, 日本交通安全教育普及協会 No.204 (1983)
- 10) 高橋・波多野, 生涯発達の心理学, 岩波新書(1990) pp. 57