

## 8. ま と め

### 8. Summary and Subject of Future Studies

**Abstract;** The aim of this research was promoting safety of aged workers engaged in irregular or unusual operations. For that purpose, various characteristics of the aged were studied, and several safety measures were proposed. The results of these studies are summarized as follows.

(1) Improvement of environmental conditions for aged workers.

The cross matching method to detect the risk of degenerating ability to stand up right was suggested to prevent accidental falls.

The effect of noise on the performance of data processing task was investigated to prevent errors under noisy conditions.

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

The ability of long range perception or prediction before action was evaluated. Its ability depends not on age but on their own knowledge or experience.

(3) Improvement of operating equipments for aged workers.

An inquiry about operation revealed the necessity of automatic stop device and check function for start operations. For that reason, start buttons with check function were developed.

(4) Ensure works in warehouses.

The characteristics of finger under crushing force was investigated for crushing prevention systems. The limitation of allowable crushing force was proposed on the basis of the result.

The subject of future studies are summarized as follows.

[A] Establishment of the method for selecting subjects of aged workers.

[B] Establishment of the methodology to decide the allowable limitation of aged workers.

[C] Research from the stand point of considering skills and sense of responsibility of the aged.

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

#### 8.1 研究成果の要約

本研究は、高齢社が行う非定常作業の安全確保を目的として実施したものである。

上記の作業で災害が多発する背景には、事前の設備対策が困難なために、高齢者自身が作業に伴う危

険の認知と回避を行わざるを得ないことや、高齢者が自らの身体（手・足・腰等）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悪いと、直ちに重大な災害が生じるためと考えられる。また、高齢者側の問題でいえば、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。

以上の問題の所在を前提として、本研究では、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、高齢者のための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年間にわたり「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」と題して研究を行っている。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を対象とした研究をまとめたものであり、その研究成果は以下のように要約できる。

#### 8.1.1 高齢者のための作業環境の改善

本テーマでは、歩行環境及び騒音環境を改善するための研究として、「高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。

第2章では、歩行環境で発生する転倒・転落・墜落等の災害を防止するために、平衡機能検査（閉眼片足立ち検査）と敏捷性検査（ジャンプ・ステップ検査）を用いて、これらの災害に至る可能性の高い高齢者を抽出する方法を検討した。

その結果、板上での閉眼片足立ち時間が2秒以下、床上での閉眼片足立ち時間が8秒以下、ジャンプ・ステップ検査が10回以下では、転倒・転落・墜落等の危険性が急激に高まることが明かとなった。

次に、第3章では、高齢者に、高周波衝撃騒音、同定常騒音、低周波衝撃騒音、同定常騒音、フラクタルノイズ、残響性騒音、騒音なしの7条件下で作業を行わせ、そのときの作業効率を調べた。

その結果、高齢者が自らペース配分を行える自律的作業においては、繰り返し作業時間の突発的延長が認められ、高齢者が機械のペースに合わせて作業を行う他律的作業では、見逃しエラーの増大が観察された。

さらに、作業に悪影響を及ぼす騒音として、残響性騒音が挙げられた。この騒音の暴露下で単調感を抱き始めると、騒音は人間が集団で騒いでいるような擬声語として聴取され、作業に対する集中力を阻害する結果が得られた。さらに、騒音による負担感の自覚症状調べで調査した結果、残響性騒音では他の騒音と比較して注意集中の困難を訴えた比率が高かった。

#### 8.1.2 高齢者の危険認知能力の評価

本テーマでは、高齢者が行う危険性の事前予測を

対象とした研究として、「高齢者危険感受性に関する実験的研究」（第4章）を行った。また、高齢者が既に作業を開始しており、そのため危険な状況に置かれているときの危険認知を扱った研究として、「触覚による高齢者の危険認知能力の評価」（第5章）に関する研究を行った。

まず、第4章では、若年者と高齢者に対して、危険作業のビデオ画像を提示して、危険感受度（どの程度危険と感じるか）、危険認知度（どれだけ危険を発見できるか）、行動準備性（発見した危険に対して、どのような行動がとれるか）の3測度を評価した。

その結果、高齢者では若年者と比較して危険感受度のみ高く、他の測度では若年者と高齢者の間で有意な差は認められなかった。また、作業別にみると、高齢者では日常作業の、若年者では自動車運転作業の危険感受性が優れていることが分かった。さらに、分散分析、因子分析、信号検出理論等の利用により実験結果を解析したところ、両者の危険感受性は年齢よりむしろ提示した作業内容についての個人の知識や経験に強く影響されており、また、高齢者は若年者と比較して対象が危険かどうかの弁別性が劣り、危険に対する判断もより慎重であることが分かった。

次に、第5章では、高齢者と若年者を被験者として、人体に近接したロボットが突然動き出すという状況の下で、そのときに被験者がロボットの動きを認知して非常停止等の回避動作を行うまでの時間を測定した。

その結果、動き出すという危険の認知に関しては、視覚による認知より触覚による認知の方が、迅速性や確実性の点において、はるかに有利であることが分かった。しかし、仮に触覚を利用した場合でも、高齢者の中には、若年者と変わらない人もいる反面、応答がきわめて遅い人もいて、個人差が大きいため、後者のような高齢者を対象に、危険認知能力をバックアップするシステムが必要であることが分かった。

#### 8.1.3 高齢者のための操作装置の改良

本テーマでは、高齢者の作業特性に適合するように操作装置を改良することを目的として、「高齢者の特性を考慮した操作装置の開発に関する研究」を行った。

従来の操作装置に関する研究では、作業による操作の容易性を主眼に置いた研究が多い。しかし、筆者らの調査によれば、高齢者では、操作の容易性よりも、確実な意志確認機能や、可能な限りシステムの停止を避け、かつ、万一停止したときにも復帰を

容易化するための機能に対する要望が強かった。

そこで、第6章では、高齢者のための意志確認手段として、ON ティレースイッチ、OFF 起動スイッチ、両手同時操作スイッチ、3位置スイッチ等を新たに試作し、これを高齢者に操作させて、その効果を見た。

実験の結果、いづれの装置においても、加齢による操作能力の低下等は認められなかった。たとえば、両手操作の時間差は、高齢者平均で17msであり、本研究で採用した0.1秒以内の時間差とすれば、大部分の被験者がこの間に操作を完了できるため、高齢者の意志確認手段としては適切であることが判明した。

#### 8.1.4 高齢者比率の高い作業の安全化

本テーマでは、高齢者による非定常作業の多い作業として、倉庫作業を選び、この作業の安全化を図るために、「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。

倉庫作業では、機械の危険な可動部に近接して行う作業（危険点近接作業）が非常に多い。そこで、この作業に対する安全手段として、第7章では、接触式の人体検出センサであるセーフティ・エッジを利用した挟まれ防止システムを提案した。

このシステムでは、セーフティ・エッジが人体と接触するときの挟まれ力を人体許容限界以内としなければならない。この限界を定めるための方法には、人体が破壊に至る力を材料力学的に解明し、この結果に対して適切な安全率を定める方法もあるが、ここでは安全率に依存しない方法として、人体の破壊を予測する事象を実験的に明らかにし、この事象の発生をもって災害を予測することにした。

この事象には、人間による痛みの感覚を利用した。この痛みは、人間の主観に基づくと考えられているが、人間の指を挟圧していく実験の結果、痛みの発生と関連して人間の指の粘弾性特性が顕著な変化を示すことが分かった。これは、痛みという主観を人体物理特性という客観に置き換えて尺度化できることを意味する。

## 8.2 今後の課題

本研究は、平成2年度から6年度にかけて実施中のものであるが、このうち、平成4年度までは、高齢者の人間工学的特性を対象とした研究が中心であり、高齢者向けの機器や作業システムの開発は、主に平成5～6年度において実施される。

従って、今回の報告は、高齢者の人間工学的特性を対象とした研究が中心となるが、この人間工学的研究の中でさらに検討を要する課題と、今後の高齢者の安全確保のための機器や作業システムの開発で留意すべき課題を挙げると、次のようになる。

### 8.2.1 高年齢被験者の選定

本研究では、高年齢被験者として、労働省の外郭団体であるシルバー人材センターに登録している人の協力を得て、危険認知能力の評価、騒音環境が作業能率に及ぼす影響、操作盤の誤操作防止条件の評価等の実験を行った。これにより、作業時における高齢者の人間特性について、上記7.1のような結果を得ることができたが、この被験者の選定に際しては、今後次のような点を配慮すべきと考える。

まず、被験者数は、実験で得たデータが統計上有意となるように十分な人数を定めたつもりであったが、実際の被験者の作業経験は、現場作業、管理作業、事務作業等のように多様であり、これを同一の母集団として扱うのは、実験によっては、かなり無理があるように思われた。

特に、危険認知能力は、第4章でも述べたように、年齢よりむしろ提示された作業内容についての個人の知識や経験に強く影響されるのであり、この意味からも、この種の実験においては、作業経験が似かよった被験者毎に母集団を定め、各々の集団毎に認知能力を評価していく作業が不可欠と考えられる。

次に、今回の実験では、暦年齢毎に母集団を定めて実験を行っている場合も多いが、高齢者の暦年齢と生理的年齢の差は、想像以上に大きいものであり、このような母集団の定め方には、データの有意性を確保する点からすれば、問題があると考えられる。

このことは、暦年齢でなく生理的年齢に基づいて母集団を定める必要があることを示しているが、現状では、生理的年齢の計測手段は、閉眼片足立ちを除けば十分に確立しているとは言えない。

このため、本報告では、生理的年齢の計測手段として閉眼片足立ち時間を利用しているが、実際の生理的年齢は、知的能力等の因子も影響を及ぼすと考えられるから、これらの因子に対する判定方等を含めたより多くの方法を利用して、総合的に判定する必要がある。そこで、今後の課題として、高齢者の生理的年齢の計測手段の確立と、この生理的年齢に基づいて母集団を定め、加齢の影響を検討していくことを提案する。

### 8.2.2 高齢者のための安全基準の決定法

安全の判断過程では、「危険」を誤って「安全」と判断してはならない。特に、高齢者では、加齢と共に身体機能が低下するため、若年者にとっては問題のない作業環境であっても、高齢者にとっては危険となる場合がある。

従って、高齢者を対象とした安全の判断過程では、最も条件の悪い作業環境の下で、最も身体機能の低下した高齢者を選んで安全か否かを判定する、いわゆる「最悪値評価」を必要とするが、この考えに基づいた実験の実行は、実際には容易ではない。

たとえば、人間工学の分野で広く研究されている姿勢保持の実験でいえば、最も身体平衡機能の低下した高齢者とは、第2章で述べた閉眼片足立ち時間が最も短い高齢者であることは容易に推察できる。しかし、実際には、この条件に合致し、かつ統計上有意となるような高齢者群を集めるのは至難の技であり、また、仮にこのような高齢者群が準備できたとしても、実際の実験には多大な危険を伴うであろう。

このため、実際の実験過程では、実験に耐えるような適当な高齢者群を定め、この群で得た結果に対して適切と考えられる安全率を定めて、安全基準を定めることになるが、このときの安全率の決定は、個々の研究者によって千差万別であり、この決定法がルール化されない限り、安全基準が正しく定められたとは言えないと考えられる。

そこで、本研究の第7章では、人体挾圧限界を定める際に、安全率に依存しない方法として、あらかじめ災害を予測する事象を明らかにしておき、この事象が発生するときの物理特性値を安全基準と定めることにした。

以上のような方法をとれば、少なくとも被験者が危険な目に合わすことなく実験を行うことが可能である。ただし、この方法では、「真の災害」と「災害の予測」とが完全に離れていることを証明する必要があり（この証明は、最悪値評価でなく、通常の統計的手法に基づく検証で足りるものと考えられる）、また、この方法で得られた安全基準は、従来の方法で得た基準と比較して、厳しい値になるという問題がある。これらは、今後の検討課題として、議論すべき必要があろう。

### 8.2.3 高齢者の熟練や責任感の考慮

高齢者に関する研究では、「加齢によって低下した身体機能や知的能力を補充する」機器や作業システムの開発に関するものも多い。これは、高齢化というものを否定的に捉えて、その否定的側面を補充するための研究である。

しかし、一方では、高齢化による肯定的側面を考慮した研究、すなわち、高齢者の熟練や責任感を考慮した機器や作業システムの開発も、重要と考えられる。

たとえば、今回の研究を行うにあたり、最近普及し始めた高層ビルの自動施工システムや、立体自動倉庫の作業システム等の現場調査を実施したが、自動施工システムを実際に設計した人に話によると、最も苦労したのが、現場の作業員（その過半は、50才以上の高齢者である）の熟練を如何に生かすか、如何にすれば作業員の誇りを傷つけずにこのシステムを導入できるかという点が、システム設計の最大の難所であったとのことである。

また、第1章のスタッククレーンによる災害による災害分析でも述べたように、熟練した高齢者の中には、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高い価値を置く人も多い。筆者らは、これを一概に高齢者の頑固さや自己過信の表れとして捉えるのではなく、むしろ責任感の強さと受けとめることが重要であると考えており、このような高齢者の価値観を考慮した上で、平成5～6年度の機器開発の研究を実行する必要がある。

## 8.3 おわりに

以上、本研究で得た研究成果と今後の課題の概要について述べた。既知のように、高齢者が行う非定常作業の形態は様々であり、このため、本研究では、安全確保のために必要な研究のうち、ごく一部を検討したにすぎない。しかし、本報告で述べた解析手法や安全確保のための装置は、他の問題にも広く適用できるものと考えられ、この意味からも、より充実した高齢者の災害防止対策の確立のために、本報告が広く活用されることを期待するものである。

(平成5年8月3日受理)