

1. 緒 論

桑川 壯一*, 杉本 旭*

1. Preface

by Soichi KUMEKAWA* and Noboru SUGIMOTO*

Abstract: Japanese aged society is coming true and more and more conspicuous, and such a subject as the expansion of the field of work along with the enhancement of safety and the high degree of working life for the elderly and aged workers have become a matter of great concern. Recently, machines controlled by software of ME (Micro-Electronics) have been prevailing at many working places. However, it is not always easy for aged workers to handle such ME machines, because the coordination between the aged workers and the ME technology is necessary. Therefore, a variety of software should be developed for the aged workers to have mental adaptation to such a new technology that would impose psychological stresses on them. A variety of hardware should also be developed that will compensate for the degrading ability of perception, such as vision and hearing, or performance such as physical power responses.

The Ministry of Labour has long promoted the studies in the light of coordination on the ME technology with the aged workers since 1986, and the Research Institute of Industrial Safety, one of the agencies of the Ministry of Labour, has conducted the following researches under the joint program to develop ME technology for the aged workers: (1) Development of safety measures for securing safety of the aged workers, (2) Development of a robot manipulator for helping the aged workers in the use of ME technology. In this chapter of the report, the background of our studies and summary are presented.

1.1 本研究の目的

本格的な高齢化社会を迎えつつあるわが国では、高年齢者の職域拡大や安全衛生の確保がきわめて重要な課題となる。特に、近年の技術革新の下で、各職場に広く普及したME（マイクロ・エレクトロニクス）機器と高年齢者を共存させるという課題の実現には、安全性の高いME機器の開発や、高年齢者の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、および加齢により低下した高年齢者の能力・機能を補完するための各種ハードウェアの開発等が必要となる。

労働省では、昭和61年度より平成元年度までの4ヵ年計画により、労働省の所属機関その他の共同研究に

*機械研究部, Mechanical Safety Research Division

よる「高年齢者向けME機器等の研究」を推進してきた。本研究は、この共同研究の一環として、当産業安全研究所（以下単に「当研究所」と記す）で実施したもので、高年齢者に広く利用されているME機器の安全性、操作性の向上等を目的とする。なお、本研究の立案にあたっては、昭和58年度から昭和60年度にかけて当研究所が実施した「機械の安全化のための計測技術に関する特別研究」¹⁾の成果である「安全確認型」の考え方に基づいた安全技術を基本としているので、ここに特筆する。

1.2 本研究の必要性

労働省が、当研究所を含む所属機関等との共同研究として実施した「高年齢者向けME機器等の研究開

発」の内容は、次の二つに大別される。

第一は、高齢者の ME 作業における作業システムに関する研究であり、高齢者のデメリット（体力の減退、感覚機能の低下、短期記憶能力の低下、敏捷性の低下等）をカバーし、メリット（経験に基づく知的・技能的ノウハウ、根気強さ、責任感・モラルの高さ等）を生かす方向での研究開発や、高齢者の ME 機器に対する抵抗感を軽減し適用を容易にするためのソフトウェアの開発などである。

第二は、高齢者の ME 作業における安全システムに関する研究であり、ME 機器を使用して作業する高齢者の安全確保のための技術の開発研究である。例えば、高齢者が使用する ME 機器における操作ミス、電磁ノイズなどによる危険を回避するための安全構造や、安全構造を構成するための基本要素の開発、また、高齢者に多い転倒、墜落等の危険に対する安全対策を講じた ME 機器の開発研究などである。ここで開発研究された安全システムに関する技術の多くは、上記の作業システムの実現のための基礎的技術として位置づけられたものである。

当研究所が担当する研究分野は、上記の後者であり、高齢者と ME 機器との共存の立場から、その基本的要件である安全性に関する研究の必要性が以下のように検討された。

＜ME 機器の安全性向上の必要性＞

産業用ロボットによる「ヒヤリ・ハット」労働災害が、どのような場合に起き易いかをみると、「教示・テスト運転中のロボットの誤動作」(38.1%)、「通常運転中のロボットの誤動作」(12.2%)となっており、産業用ロボットそのものの誤動作によるものが合わせて 50.3%にもなっている。また、産業用ロボットそのものの故障ではないが、「点検・調整・修理時の誤

動作」(51.8%)、「人間が不用意にロボットに接近すること」(42.4%)となっており、人間側の行為によるものが高い比率を占めている (Table 1.1 参照)。

また、労働災害の原因となるおそれのある産業用ロボットのトラブルの内容についてみると、「制御装置の故障」(58.0%)、「暴走」(17.8%)などが高い比率を占めている (Fig. 1.1 参照)。

さらに、産業用ロボットの信頼性をみると、MTBF (平均故障間隔) が「100 時間以下」(17.2%)、「101 ~ 250 時間」(11.8%)、また、「251 ~ 500 時間」(15.4%) となっており、MTBF250 時間以下で 29%と、かなり頻繁にトラブルが発生している実態が見られる (Fig. 1.2 参照)。

一方、高年齢者の心身機能をみると、知覚・弁別的知能、注意力等の危険や異常を検知するための能力が低下し、さらに運動機能、反応時間の安定性、敏捷性

制御装置の故障	58.0
ロボット全体の故障	33.7
ハンド等の故障	37.3
暴走	17.8
教示やプログラムのミス	34.3
ロボット本体の精度劣化	13.6
治具等の不都合	40.6
その他	1.8

日経メカニカル「ロボット特集、ユーザーアンケート」(昭和60年9月、169工場、複数回答、単位%)

Fig. 1.1 Troubles due to industrial robot. 産業用ロボットのトラブル内容

Table 1.1 Incidents happening in industrial robot operation. 産業用ロボットにおけるヒヤリ、ハット災害

(複数回答)

事業所数	教示・テスト運転中のロボットの誤動作	通常運転中のロボットの誤動作	点検・調整・修理時の誤動作	人間が不用意にロボットに接近すること	制御装置の故障	暴走	ハンド等の故障	その他	不明
全体	139 (100.0)	53 (38.1)	35 (25.2)	17 (12.2)	11 (7.9)	59 (42.4)	72 (51.8)	4 (2.9)	23 (16.5)

(愛知県労働部「マイクロ・エレクトロニクス (ME) 機器導入が労働に与える影響」昭和 59 年)

100時間以下	17.2
101~250時間	11.8
251~500時間	15.4
501~1,000時間	14.8
1,001~1,500時間	9.5
1,501~2,000時間	7.7
2,001~2,500時間	2.4
2,501時間以上	6.5
無回答	14.7

日経メカニカル「ロボット特集、ユーザーアンケート」
(昭和60年9月、169工場、複数回答、単位%)

Fig. 1.2 The mean time between failure of industrial robot.
産業用ロボットの平均故障間隔

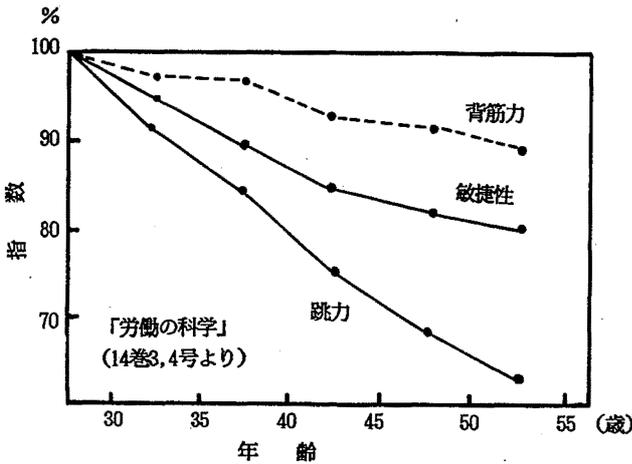
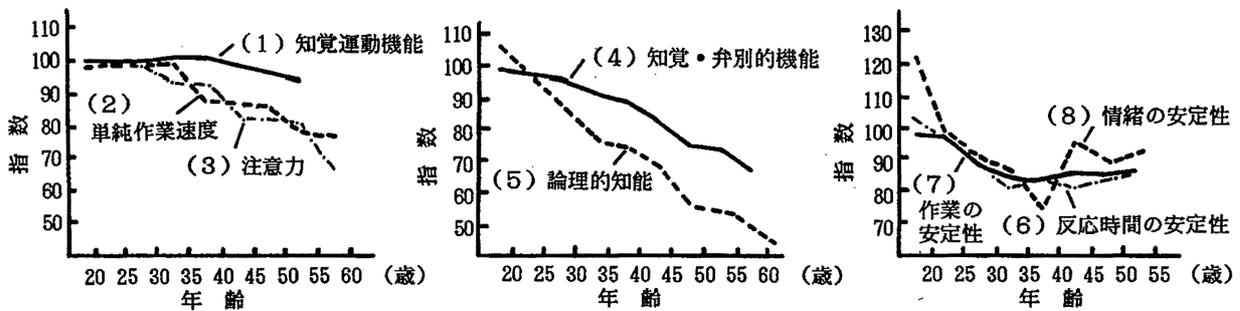


Fig. 1.4 The change of performance ability with respect to age.
諸機能の年齢による変化



藪原見「鉄道労働科学」(昭和55年)

Fig. 1.3 The change of mental function with respect to age.
年齢別心理機能

等の危険を回避するための能力も低下していることが判る (Fig. 1.3 および Fig. 1.4 参照)。

このため、産業用ロボット等の自己診断機能の信頼性の向上、異常時には作業者がどこの位置からでもME機器を安全に停止できる装置の開発、人間が産業用ロボット等に異常接近した時に安全に停止する機構の開発、産業用ロボットのダイレクトティーチ方式の安全対策や、人や物に衝突しても安全なマニピュレータの開発が必要である。

<人間の不安全な操作による危険を未然に防止するための機構開発の必要性>

産業用ロボットによるヒヤリ・ハットや、労働災害の起き易い場合についてみると、人間側の「点検・調整・修理時の誤動作」が51.8%を占めている (Table 1.1 参照)。また産業用ロボットのトラブルの内容についてみると、「教示やプログラムのミス」が34.3%を占めている (Fig. 1.1 参照)。

このようにME機器の代表的なものである産業用ロボットにおける人間の不安全な操作、およびプログラム入力の誤り等による危険のおそれが高い状況にある。

一方、高齢者は、若年齢者に比し論理的知能が大幅に低下しており、プログラミングなどはあまり得手ではないと考えられる (Fig. 1.3 参照)。事実、高齢者が習得に困難を感じる知識・技術についてみると、ほぼすべての項目について高齢者は若年齢者よりも困難を感じる割合が低いにもかかわらず、「プログラミングやティーチングに関する知識」については若年齢者よりも困難を感じる割合が高い状況である (Table 1.2 参照)。また、高齢者は「視力」、「聴力」等の表示や警告を弁別する知覚・弁別的知能も低下している (Fig. 1.3 参照)。

Table 1.2 Difficult knowledge or technology for the aged worker to learn.
中高年齢者が修得に困難を感じる知識、技術

(単位：%)

No	修得に困難を感じる知識・技術	46歳以上	25歳以上
1	機械・材料に関する基礎知識	30	47
2	電気・電子に関する基礎知識	55	40
3	機械設備の操作に関する知識・技術	26	30
4	機械設備の保全・修理に関する知識・技術	13	45
5	プログラミングやタイピングに関する知識	57	50
6	自分の前後の工程に関する知識	14	16
7	品質管理や工程管理に関する知識	26	52

雇用職業総合研究所「ME 技術革新の影響に関する勤労者の意識調査報告書」(昭和 58 年 12 月)

したがって、これらの高年齢化による人間の不安全な操作による危険の増大を未然に防止するため、人間のプログラムミスをチェックする機能を ME 機器に持たせることや、教示・テスト動作、異常処理、その他の作業を簡単かつ安全に行えるようにすることが必要であり、また、表示・警告等を高年齢者向きにすることも必要である。

<移動機構開発の必要性>

一般に ME 機器の使用に当たっては、指・腕・足等はあまり頻繁に使用しないと考えられている。しかし実際には、ME 機器の使用者は、非使用者よりも頻繁に指・腕・足の使用を伴っている (Table 1.3 参照)。これは、1 人の作業者が複数台の ME 機器を運転作業する多台持ちなどが増えるため、監視・保全作業等のために頻繁に工場内を移動し、異常時に対処する必要があるからと考えられる。しかし、高年齢者は若年齢者に比べて平衡感覚が低下する (Fig. 1.5 参照) ため、機械やコンベア等が複雑に入り組む工場内を移動することそのものが危険なものとなっている。

したがって、作業者が安全に移動するために、搭乗型の移動機械の安全化と共に高年齢者の平衡感覚等の低下を配慮した移動機構の開発が必要である。

Table 1.3 Work characteristics depending on the difference between ME user and other.
ME 使用・非使用の別みる仕事の特性

区分	ME 使用 非使用別	構成比			
		計	かなりある	ある程度ある	ほとんどない
指・腕・足などの頻繁な使用を伴うか	ME 使用者	100.0	32.3	39.3	28.4
	ME 非使用者	100.0	25.1	39.4	35.5

(単位%)
全金同盟「ME 技術の導入による影響調査報告
一第二次調査 (肉体的・心理的影響)」: 昭和 57 年

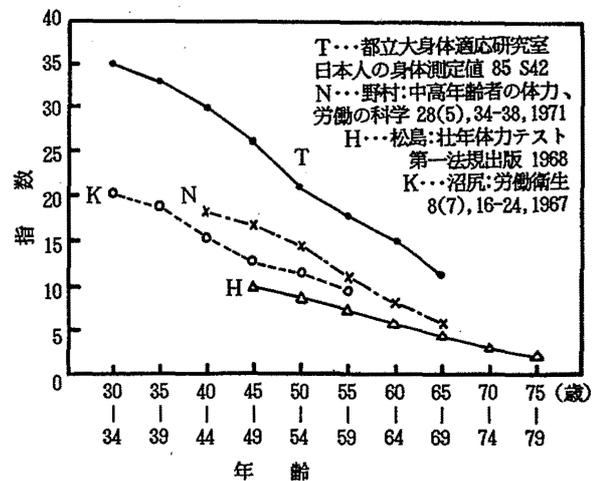


Fig. 1.5 The ballancing ability in standing posture with eyes closed.
閉眼片足立能力の年齢による変化

1.3 本研究の概要

以上、ME 機器を扱う作業における安全上の問題点の主なものを上げ、それらにかかわる高年齢者の機能の低下に伴う危険性の増大のおそれに対し、これらをあらかじめ防止するための機器および安全技術の開発・研究の必要性を述べてきた。

これらに対し、当研究所では、高齢者向け ME 機器の開発、改善に関する研究を行うこととなったが、その研究計画を作成するに当たり、上述してきたような背景および研究の必要性などにに基づき、次の 4 つのテーマについて研究計画が立案された。

1) ME 関連作業における安全性向上に関する研究

ME 機器を扱う作業における高年齢者の安全を確保するために必要な安全確認型の作業システムの基

本的論理の研究，具体的構成法およびその構成に必要な各種の安全装置等の開発研究を行うと共に，ME機器の電磁ノイズやその他の異常に対する診断機能の高信頼化を目指した自己故障診断システムの開発研究等を行う。

2) ME 関連機器の操作方法の適正化

騒音環境下における警告音，光の利用による表示・警告方式について，高年齢作業者の聴覚・視覚等の機能低下に応じて適用できる方式の研究を行い，高年齢者のME機器への適用をバックアップするための研究を行う。

3) 順応型マニピュレーティングシステムの開発

人間の筋肉と同じように，位置決め誤差による衝撃を吸収できる順応型アクチュエータを開発し，これを用いて，回転，旋回，前後動を達成する軸関節系を構成し，それをマニピュレータにかかる力がマスター側（操作者）にフィードバックされるバイラテラル制御（人間との間での感覚的制御）を用いたマスター・スレーブ方式として，高年齢作業による危険作業の遠隔操作システムに適用する研究を行う。

4) 移動機構の開発と適用に関する研究

ME機器の導入により工場における生産システムが三次元的に広がりつつあるが，上方，下方等作業位置の頻繁な変更に対処するため，簡易で安全な昇降装置の開発を行う。これは，人間が搭乗する自動運転の移動機構としての安全確保のための基本的要件の検討と，それらに対する安全確認型安全システムを構成するために実用的安全装置の適用について研究を行う。

また，高年齢作業者の平衡感覚機能の低下を配慮して，自動的にソフトスタートし，ソフトストップできる速度制御をめざす。

以上の研究テーマの実施は，当研究所の機械研究部を中心とした電気研究部との共同研究プロジェクト

において遂行された。

なお，本研究の立案の前提として，当研究所が昭和58年度から昭和60年度にかけて実施した「機械の安全化のための計測技術に関する特別研究」¹⁾の成果として得られた安全の原理である安全確認型の考え方に基づいた安全技術を基本とし，それを展開していることをここに特筆する。

本研究においては，高年齢者の職域拡大の対象としてME機器を扱う作業における高年齢作業者の安全を確保するために必要な安全技術ならびに，高年齢者の機能低下に適応するME機器の開発研究を行い，それらの産業現場への適用をめざしたいいくつかの実用的安全作業システムの試作を行った。

したがって，本報告書では，以上の研究の成果に基づき，

- ① ME機器における安全の基本原則
- ② 安全制御技術の確立
- ③ 安全制御のための基本要素の開発
- ④ 順応型マニピュレーティングシステムの開発
- ⑤ 産業現場への適用
- ⑥ システム的安全性評価

の内容について，具体的に示した。

以上，高年齢作業者を対象にしたものであるが，ME機器を扱う作業における若壮年齢作業者に対しても安全確認の手段として広く活用していただき，今後におけるME機器作業の安全化が確定論的に推進されることを期待するところである。

(平成2年11月30日受理)

参 考 文 献

- 1) 糸川，杉本，深谷，佐藤，江川，清水他：「安全制御における計測技術」，産業安全研究所特別研究報告，RIIS-SRR-86, No. 1 (1986)