

高齢者における墜落災害防止に関する実験的研究

臼井伸之介 江川 義之 庄司 卓郎 中村 隆宏
(大阪大学大学院人間科学研究科) (独立行政法人産業安全研究所)

An Experimental Study on Falling Accident Prevention for Elderly Workers
Shinnosuke Usui Yoshiyuki Egawa Takuro Shoji Takahiro Nakamura
(Osaka University) (National Institute of Industrial Safety)

1. はじめに

平成 14 年の日本での労働災害死亡者数は 1,658 人であり、業種別では建設業が 607 人と最も多い。建設業死亡災害の中で最も多いのが墜落による災害であり、平成 14 年では 256 人とその約 40% を占め、この傾向は近年ほとんど変化していない。また建設業の特徴として、高齢作業者の増加があげられるが、高齢者の安全確保も近年の重要な課題となっている。そこで建設業における年齢階級別就業者比率の推移を見ると(図 1 参照)、15~29 歳は平成 9 年をピークに減少に転じ、30~44 歳は減少傾向にある。一方 45 歳~54 歳および 55 歳以上は増加傾向にあり、平成 13 年における 45 歳以上の就業比率は 51.5% となっている。また、建設業における年齢階級別就業者数を母数とした墜落災害発生率(休業 4 日以上)を算出すると、15~29 歳が 0.16%、30~44 歳 0.13% であるのに対し、55 歳以上は 0.23% となっており、高齢作業者の墜落危険性の高さがわかる。

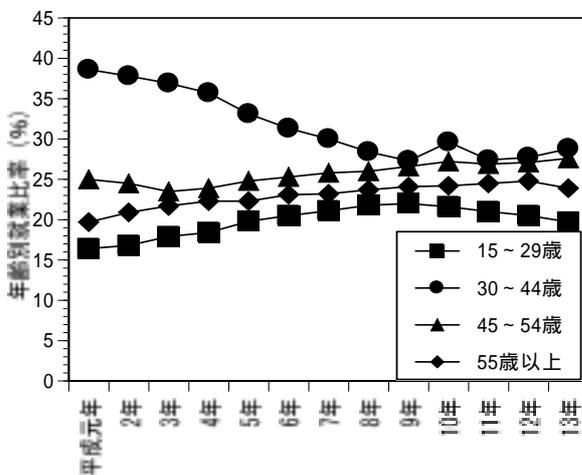


図 1 建設業における年齢別就業者比率の推移¹⁾

そこで本研究は、高齢作業員、若年作業員を対象に、高さや足場条件の異なる作業条件を設定し、特に高齢者群において各作業条件がどの程度作業負担に影響を及ぼすのかを、主観的評価、生理反応、余裕容量の測定等から評価することを目的とする。ここでは二重課題法を用いて歩行中の余裕容量を測定し、高齢者の高所での精神的負担の程度を実験的に検討した結果を報告する。

2. 方法

被験者: 高齢者群 8 名(53 歳から 65 歳、平均年齢 57.5 歳、SD=4.2)、若年者群 8 名(18 歳から 39 歳、平均年齢 30.3 歳、SD=6.4)、全員が高所作業経験のある建設作業員である(高齢者群 2 名、若年者群 2 名はデータ計測時の不備により分析から除外した)。被験者には事前に実験の内容を伝え同意を得るとともに、現場作業に相当する日当が支払われた。

仮設足場: 柵幅 1,200mm、スパン長 1,800mm、層高さ 1,700mm の 8 層 6 スパンの仮設足場を実験棟内に建設した。図 2 に足場の正面図と側面図を示す。層は行、スパンは列に相当し、図 2 の太線が歩行可能部分である。左右両端のスパンは足元全面に作業床が敷かれているが(安静床と呼ぶ)、その間の 4 スパン分に幅 240mm または 500mm の作業床を設置し、実験では被験者はその上を歩くよう指示された。

余裕容量の測定: 実験では精神負荷測定システムを使用した。副次課題は、2 秒に 1 数字の割合でスピーカから流れるランダムな数字(3 から 9 ま

での 7 数字でそれぞれ男性の声と女性の声の計 14 数字)のうち特定の数字(男性の声の「4」「9」、女性の声の「5」「7」)が聞こえたときのみ出来るだけ早く「はい」と声で反応させる課題であり、その反応時間をボイススイッチを用いて無線で計測した(実験装置および課題の基本的構成は Usui & Egawa(2002)²⁾と同様である)。

主観的評価: 各試行直後に被験者の感じる精神的負荷の程度を NASA-TLX を用いて主観的に評価させた。

歩行速度: ビデオカメラで記録した被験者の歩行動作のうち、2往復分(回転動作を除外した直線歩行部分のみ)の所要時間を測定した。

実験条件: 実験で設定された条件は以下の通りである。

- ・作業高 地上(地上に作業床が敷かれ、その上を歩行する)、6層(高さ 10.7m)
- ・作業床幅 240mm、500mm
- ・負荷の有無 作業床(長さ 1,800mm、幅 500mm、重量 9,900g)の運搬の有無
- ・年齢 高齢者群、若年者群

手続き: 1試行は 280 秒で、その間 140 回、数字が音声で呈示された。反応すべき数字の呈示回数は 40 回(28.6%)である。被験者はまず地上で椅子に座った状態で、副次課題の練習を 3 試行行い、副次課題に対して正確に反応できることを確

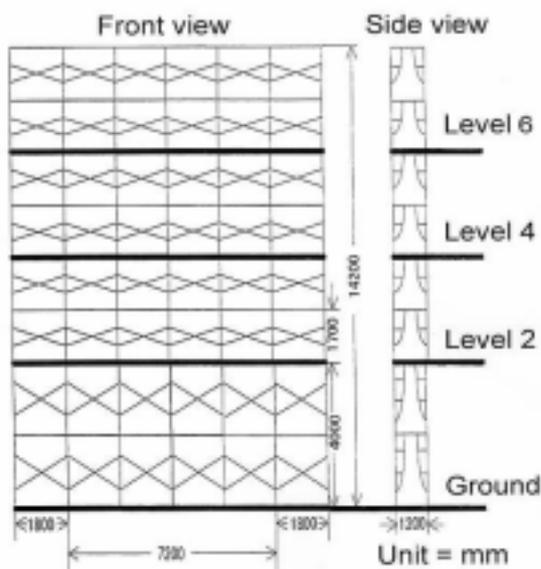


図2 仮設足場の正面および側面図

認した。実験では安静床から4スパン分を、「実験開始」から「実験終了」の合図があるまで、副次課題に反応しながら作業床上を往復した。被験者は「地上」「6層」においてそれぞれ、「240mm」「500mm」作業床上を、「作業床所持有り(以下負荷有)」「所持無し(以下負荷無)」別に計 8 試行実施した。最後に地上安静状態で「統制条件」として、副次課題のみを実施し、実験を終了した。8 試行の実施順序はカウンターバランスされた。

3. 結果

3-1 歩行速度

表 1 に高齢者、若年者の 4 スパン分平均歩行時間を示す。4 要因分散分析を行った結果、すべての要因、すなわち年齢($F(1,368)=162.94, p<0.001$)、高さ ($F(1,368)=86.76, p<0.001$)、作業床幅 ($F(1,368)=36.17, p<0.001$)、負荷の有無 ($F(1,368)=6.48, p<0.05$)に主効果が認められた。また年齢×高さ($F(1,368)=20.71, p<0.001$)、年齢×作業床幅($F(1,368)=13.43, p<0.001$)、年齢×高さ×作業床幅($F(1,368)=11.83, p<0.001$)に有意な交互作用が認められたが、年齢×負荷の有無には有意な交互作用が認められなかった。以上の結果から、高齢者群は若年者群より歩行速度が遅く、また高所で作業床幅が狭くなると、若年者群と比較して歩行速度は一層低下するが、作業床運搬による速度の低下には年齢が関係しないことが示された。

3-2 副次課題回答率

要応答数字に無応答であった比率(ミス率)は高齢者群 2.4%、若年者群 2.09%、応答する必要のない数字に誤って応答する比率(FA 率)はそれぞれ 0.64%、0.2%であった。すなわち被験者は副次課題にほぼ正確に反応し、また年齢群間で顕著な差はなかった。

3-3 副次課題平均反応時間

表 2 に副次課題の平均反応時間を示す。年齢、高さ、作業床幅、負荷の有無の 4 要因分散分析を行った結果、年齢($F(1,3690)=273.22, p<0.001$)、高

表1 4 スパン平均歩行時間 (単位: sec)

	6 層				地 上				平均
	240mm		500m		240mm		500m		
	負荷無	負荷有	負荷無	負荷有	負荷無	負荷有	負荷無	負荷有	
高齢者群	13.14	14.3	8.53	10.16	8.43	8.23	7.97	7.74	9.48
若年者群	7.31	8.13	6.45	7.39	6.07	6.52	5.81	6.2	6.58

表2 副次課題平均反応時間 (単位: msec)

	6 層				地 上				統制
	240mm		500m		240mm		500m		
	負荷無	負荷有	負荷無	負荷有	負荷無	負荷有	負荷無	負荷有	
高齢者群	962	960	964	936	930	931	954	937	959
若年者群	861	845	867	846	849	860	837	839	827

さ(F(1,3690)=4.138, $p < 0.05$)に主効果が認められた。作業床幅には有意な主効果が認められなかった。また年齢、高さ、作業床幅、負荷の有無のそれぞれ2要因間で有意な交互作用は認められなかった。ただし年齢×高さ×作業床幅の2次交互作用に有意な傾向差(F(1,3690)=2.881, $p < 0.10$)が認められた(図3参照)。

以上の結果から、まず高齢者の副次課題への反応時間は若年者に比べて遅いことがわかる。様々な課題において、反応時間に加齢の効果が見られることはこれまで多くの研究者により確かめられているが(例えば Welford, 1980)³⁾、本研究の課題においてもそれを支持する結果となった。また今回の実験では、高さの主効果が認められたが、これは鳶職人を被験者として同じ仮設足場で実験を行った Usui & Egawa(2002)の結果と異なっていた。この理由として、Usui & Egawa の副次課題は、女性の音声刺激のみが呈示され、その中から特定の数字を検出するという単純検出課題であったのに対し、今回の副次課題では男性、女性の声を弁別するという要素が加味されており、課題の難易度が高められたことに起因すると考えられる。また年齢×高さに交互作用が認められなかった点から、本実験の高所歩行作業では、ある程度の余裕容量の低下は認められるものの、それは年齢に係わらないことがわかった。

Usui & Egawa (2002) では、高所作業未経験者は6層において、作業床幅が240mmの幅になると、副次課題パフォーマンスが悪化する、すなわち余裕容量が低下することが見出された。一方今回の実験では、副次課題の難易度を高めたにもかかわらず、高齢者群においても作業床幅の効果は認められなかった。さらに年齢の交互作用が統計的にほとんど認められなかったことから、被験者の

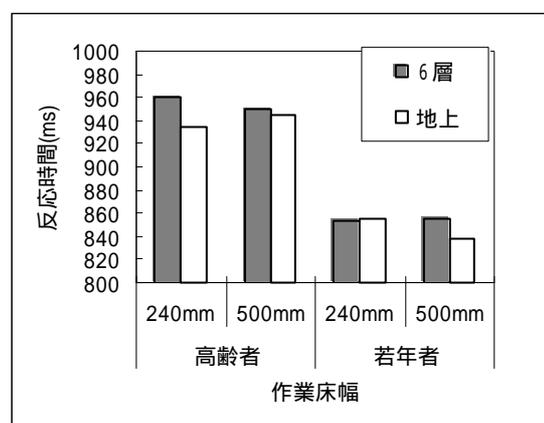


図3 地上、6層での年齢・作業床幅別平均反応時間

表3 歩行フェーズ別副次課題平均反応時間

		6 層		地 上	
		240mm	500mm	240mm	500mm
高齢者群	回転時	993	983	901	910
	直線時	953	942	946	955
若年者群	回転時	878	854	880	878
	直線時	846	857	847	827

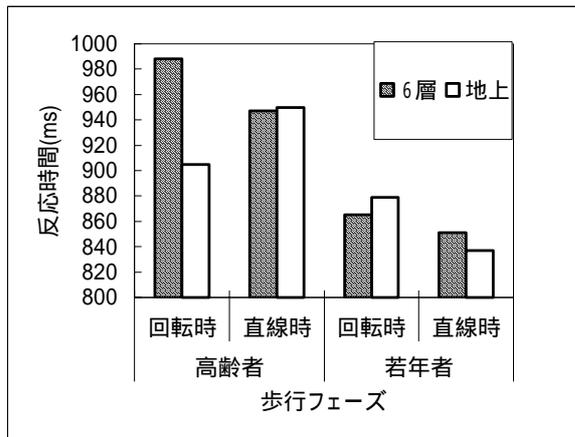


図4 地上、6層での年齢・歩行フェーズ別平均反応時間

心理的余裕の観点では基本的に年齢の効果は認められないことがわかった。ただし年齢×高さ×作業床幅の2次交互作用に有意な傾向差が認められた。すなわち図3から示されるように、高所で作業床幅が狭い危険な作業環境になると、特に高齢者では余裕容量が低下するという、危険性が示唆された。

また Usui & Egawa (2002)と同様、歩行動作を直線歩行と回転動作の2つのフェーズ(歩行フェーズ)に分け、それぞれの動作中での副次課題反応時間を算出した(表3参照)。これは本実験課題において作業床上を方向転換する際、バランスをとるために足下に注意を払う等の理由から作業要件がより増大する、と考えたことによる。そこで、年齢、高さ、作業床幅、歩行フェーズに関して4要因分散分析を行った結果、歩行フェーズに有意な傾向差が認められ($F(1,3690)=3.378, p<0.10$)、また年齢×高さ×歩行フェーズに有意な交互作用が認められた ($F(1,3690)=16.13, p<0.001$)。地上、6層での年齢・歩行フェーズ別反応時間結果(図4参照)から示されるように、高所で作業要件が高まる、すなわち作業課題が複雑になるような場合、特に高齢者において余裕容量が低下する、という危険性が示唆された。

3-4 主観的評定

表4に、NASA-TLX各尺度の平均評定値を年齢群別に示す。年齢群間では、下位尺度「努力」(質問文:作業成績のレベルを達成・維持するのに、精神的・身体的にどの程度いっしょうけんめいに作業しなければなりませんでしたが)に有意差が見られ($t(97)=4.21, p<0.001$)、他の下位尺度には年齢群間で差はなかった。すなわち精神的、身体的なきつさなど精神的負担の主観的評定において、年齢群間でおおむね差は見られなかった。しかし、作業成績を達成・維持するために費やす精神的、身体的努力の程度は、若年者より高齢者で強いと感じられており、例えば高所で作業床幅が狭くなる、作業要件が高まる等の作業環境では、高齢者において作業により一層集中するがゆえに余裕容量が低下する可能性が、主観的評定結果からも示唆された。

表4 NASA-TLX 平均得点

	高齢者群	若年者群
精神的要求	42.9	42.3
身体的要求	44.4	41.5
時間的圧迫	41.4	38.4
作業達成度	72.7	66.6
努力	67.2	45.9
不満	36.8	34.3
全体的負荷	46.1	43.9
平均	50.9	44.5

4. おわりに

本実験結果から、作業の高さの観点では高齢者は若年者よりも精神的負担の程度は大きくならなかった。しかし高さ要因に作業床幅が狭くなる、また作業が複雑になるなどの危険要因が付加された場合、高齢者が受ける精神的負担の程度は若年者より増大することがわかり、特に高齢者が高所で作業する場合において、作業環境の安全性をより一層確保する必要性が示唆された。

【参考文献】

- 1) 平成14年度版建設業安全衛生年鑑(2002)。建設業労働災害防止協会。
- 2) Usui, S., Egawa, Y. (2002). Psycho-physiological analysis of mental workload at a high-elevated work place, Japanese Psychological Research, Vol.44 No.3, 152-161.
- 3) Welford, A.T. (1980). Reaction Times, Academic press.