

### 3. 高所作業における生理・心理的負担要因\*

江川義之\*\*, 白井伸之介\*\*\*

### 3. An Analysis of Physiological and Psychological Workload for Workmen on Scaffolding\*

by Yoshiyuki EGAWA\*\* and Shin-nosuke USUI\*\*\*

**Abstract:** In Japan, the number of deaths in construction work is reckoned 794 victims in 1999 and 37% of these victims were caused by falling from high elevated work place like scaffoldings. So, in order to establish the ergonomic countermeasures against these falling accidents in construction work, an analysis of physiological and psychological workload for workmen on scaffolding was carried out.

Main results of these experiments were as follows:

- (1) Walking speeds of unprofessional persons were 1.0m/sec on the ground and 0.6m/sec on the scaffoldings (the height of 10.8m). However, the walking speed of professional worker was 0.9m/sec both on the ground and the high place of 10.8m.
- (2) In the walking situation (at the height of 10.8m) for the difference of walking plate width, walking speeds were investigated. Unprofessional persons' speeds were 0.6m/sec on the plate width of 50cm and 0.3m/sec on the width of 24cm. Professional workmen's speed like spider-man was 0.9m/sec on both walking plates' width.
- (3) Mental workload in walking at the height of 10.8m was examined by dual task method. Mental workload of unprofessional persons increased on high elevated place, but no increase was indicated in the results from professional workmen.
- (4) For stable walking posture and less-load to the foot, walking plate width of wider than 40cm was necessary.
- (5) In walking on the scaffolding, footprint angles of 30 degrees or more were observed for several spider men. It was cleared that this walking style was very strong against impulsive side force.
- (6) Since the scaffolding frame height was 1.7m, forward-bent walking postures were observed in walking on the scaffolding. The workmen of 1.75m or more in stature walked with 30-45 angles of forward-bent postures.
- (7) It was answered that the professional workmen preferred cross type handrail to that of parallel type.

**Keywords;** Falling accident, Human error, Working load, Construction work, Scaffolding, Electro myogram, Secondary task, Response time

---

\* 平成9年5月 日本人間工学会第38回大会において本研究の一部を発表した。

\*\* 機械システム安全研究部 Mechanical and System Safety Research Division  
境界領域研究グループ Interdisciplinary Research Group

\*\*\* 大阪大学人間科学部 Faculty of Human Sciences, Osaka University

### 1. はじめに

平成 11 年度の労働災害統計<sup>1)</sup>によると、全産業における労働災害死亡者数は 1992 人であり、そのうち建設業における死亡者数は 794 人で、39.9%を占めている。794 人のうち 37.3%が墜落・転落災害による死亡者数であり、高所作業は最も危険な作業のひとつに挙げられている。さらに墜落災害死亡者数はこの 10 年間ほとんど変化しておらず、その防止は重要な課題となっている。

そこで本稿では、高所作業における生理・心理的負担要因に着目して、足場上での歩行特性、足場の上層と下層で物の受渡しをする時の作業姿勢、鳶が好む手摺の形状などについて、当研究所で行った実験結果を報告する。この実験の結果、ベテランと言われている鳶でも、かなり危険な作業姿勢が観察されることが明らかになり、墜落防止対策の重要性が指摘された。

### 2. 高所作業における作業者の生理・心理的負担

足場板上の歩行時における、あるいは足場の上層と下層で物の受渡しをする作業時における、作業者の生理・心理的負担、さらには足場に設けてある手摺が作業者に与える安心感等を明らかにするために研究を行った。すなわち、足場上の歩行特性については、ビデオを用いて歩行速度、筋電図を用いて足の運び方、姿勢モニターを用いて歩行姿勢、二重課題法を用いて高所歩行時の精神的負担を計測した。足場上の作業特性については、ビデオと姿勢モニターを用いた計測を行い、墜落危険性をともなう作業姿勢の検討を行った。さらに作業者に安心感を与える手摺の形状については、現職の鳶を対象にアンケート調査を行った (Table 1 参照)。

上記の様々な視点からの調査研究を行うにあたり、まず当研究所では実際に仮設足場を組立て、その上で常時働いている鳶 (以下、熟練者という) と全く経験のない未熟練者を被験者に用いて、高所作業における生

理・心理的負担を解明し、作業改善へと繋げていくための実験的研究を行なった。

Fig. 1 に仮設足場の正面図と側面図を示す。8 層 (層とは縦方向の足場ユニット数) 6 スパン (スパンとは横方向の足場ユニット数) の枠組足場を組立て、この仮設足場上 (Fig. 1 の太い横線部分) で歩行および作業を行わせ、層高さや足場板の幅が異なることによる生理・心理的負担の相違を実験的に調べた (Photo 1 参照)。

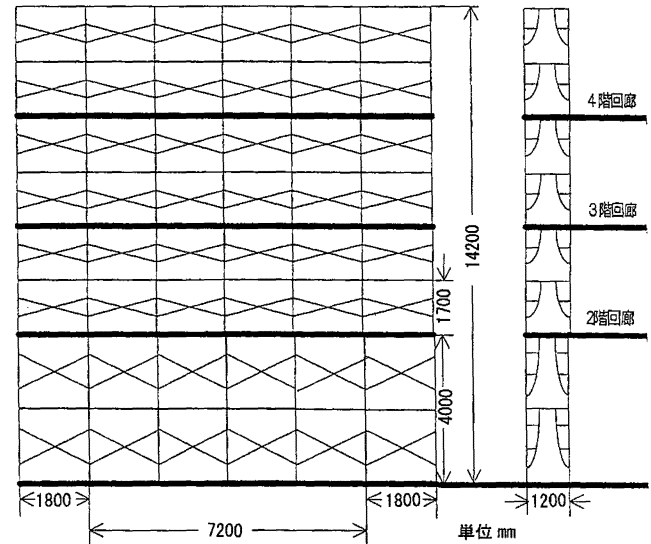


Fig. 1 The front and side views of the scaffold. 仮設足場の正面および側面図

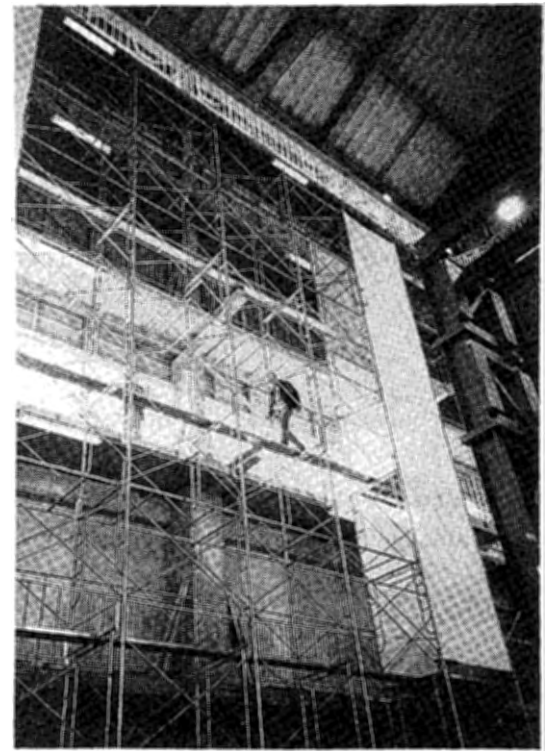


Photo 1 An experiment on the scaffold. 仮設足場上での実験

Table 1 Measurement items and instruments. 測定項目と計測装置

調査項目	測定評価項目	計測装置
仮設足場上の歩行特性	歩行速度	ビデオ
	足の運び方	筋電図
	歩行姿勢	姿勢モニタ
	精神的負担	二重課題法
作業特性	危険な作業姿勢	姿勢モニタ
手摺の形状	作業しやすい形状	アンケート

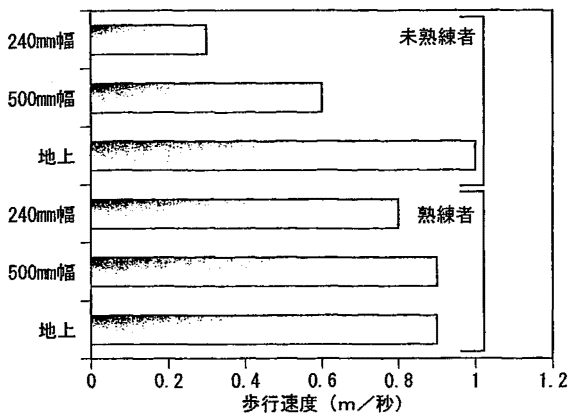


Fig. 2 Walking speed on the scaffold.  
足場上の歩行速度

### 3. 仮設足場上の歩行特性

#### 3.1 歩行速度

熟練者 10 名 (平均年齢 26.2 歳, 平均経験年数 5.6 年) と未熟練者 7 名 (平均年齢 26.3 歳) を対象にして, 地上および 6 層 (10.8m) での歩行速度を, 足場板の幅を変えて調べた。

足場板上を左右に往復させ, その模様をビデオで記録した。そして U ターンする左右のスパン部分を除いた中間 4 スパンの直線部分を歩いている時の歩行速度をビデオテープから算出した。

層高さについては, 地上と 6 層 (10.8m) を, 足場板幅 50 cm を歩行させて比較すると, 熟練者は地上歩行も 6 層歩行も歩行速度 0.9m/秒で変化はなかった。しかし未熟練者は地上歩行が 1m/秒で 6 層歩行が 0.6m/秒と, 地上より 10.8m の高さでは歩行速度が遅くなるのが観察された。

この原因は, 熟練者の場合 10.8m 程度の高さでは恐怖を感じていないので, 歩行速度の相違は現われなかったと考えられる。ちなみに熟練者のうち数人は, 恐怖を感じるのは高さ 25m 以上で強風の場合であると答えた。一方, 未熟練者の場合, 6 層歩行では恐怖を感じると答えており, 手摺や鳥居型建柱などを掴まないと歩行出来ない状態であった。

6 層歩行で足場板の幅が異なる (50 cm 幅と 24 cm 幅) 場合については, 熟練者は 24 cm 幅になって歩行速度が 0.1m/秒低下しただけであったが, 未熟練者は 50 cm 幅では 0.6m/秒, 24 cm 幅では 0.3m/秒と, 足場板の幅が 50 cm から 24 cm に変わるにより歩行速度が半減した。

これらの計測結果に対して 1 要因分散分析を行った結果, 熟練者では有意差が見られなかったが, 未熟練

者では 0.1% の危険率で, 地上 50 cm 幅, 24 cm 幅の歩行速度間に有意差が見られた。すなわち未熟練者に高い足場・狭い足場を歩行させると極端に歩行速度が低下するが, 熟練者にはその傾向は認められなかった (Fig. 2 参照)。

#### 3.2 6 層歩行時における精神的余裕度

熟練者と未熟練者を対象に, 6 層歩行時の精神的余裕度について副次課題法を用いて調査を行った。副次課題法とは歩行時に歩行とは全く別の (副次的) 課題を与え, その成績の良否から精神的余裕度の有無を推定する方法である。

この実験における副次課題は, 2 秒に 1 数字の割合でランダムにスピーカから流れる数字 (3 から 9 までの 7 数字) のうち特定の数字 (3, 5, 9) が聞こえた時のみ, 出来るだけ早く「はい」と声で応答する課題であり, その反応時間をボイススイッチで計測した。被験者に呈示した聴覚刺激は, あらかじめ AV タキストスコープ (岩通アイセル社製 IS-701D) に登録した数字である。

さらに被験者の歩行状態と反応時間を示すカウンタとを 2 台の監視カメラで撮影して, 画像ミキサーで合成して VTR に記録した (Fig. 3 参照)。

Fig. 4 に副次課題平均反応時間の結果を示す。熟練者においては反応時間の延長は認められなかったが, 未熟練者においては, 歩行場所の高さや足場板幅の相違において顕著な反応時間の延長が認められた。これらの結果に対して 1 要因分散分析を行うと, 熟練者では有意差が見られなかったが, 未熟練者では 10% の危険率で地上—6 層 (50 cm 幅) 間に, さらに 0.1% の危険率で地上—6 層 (24 cm 幅) 間と足場板幅 (50 cm—24 cm) 間に有意差が見られた。これらの結果より, 未熟練者に高い足場あるいは狭い足場板上を歩行させると, 歩行に神経を集中せざるを得なくなり余裕度が少なくなることが明らかになった。

次に熟練者のみを対象に, 歩行動作を直線歩行と U ターン (Fig. 1 の中間 4 スパン両端の足場板上での回転動作) 歩行に分類し, それぞれの歩行における副次課題平均反応時間を調べた。Fig. 5 にその結果が示してあり, 回転時には反応時間の延長が認められた。この結果を (足場の幅 × 動作の種類) の 2 要因分散分析を行った結果, 動作の種類 ( $F(1, 1094) = 7.41, p < 0.01$ ) 及び足場の種類と動作の種類 ( $F(2, 1094) = 3.58, p < 0.05$ ) に有意差が認められ, さらに足場板 24 cm 歩行時における直線歩行と U ターン歩行時の平均反応時間に有意差 ( $p < 0.001$ ) が認められた。この結果より, 熟練者であろうとも足場板上で方向転換を行う際には, 足元

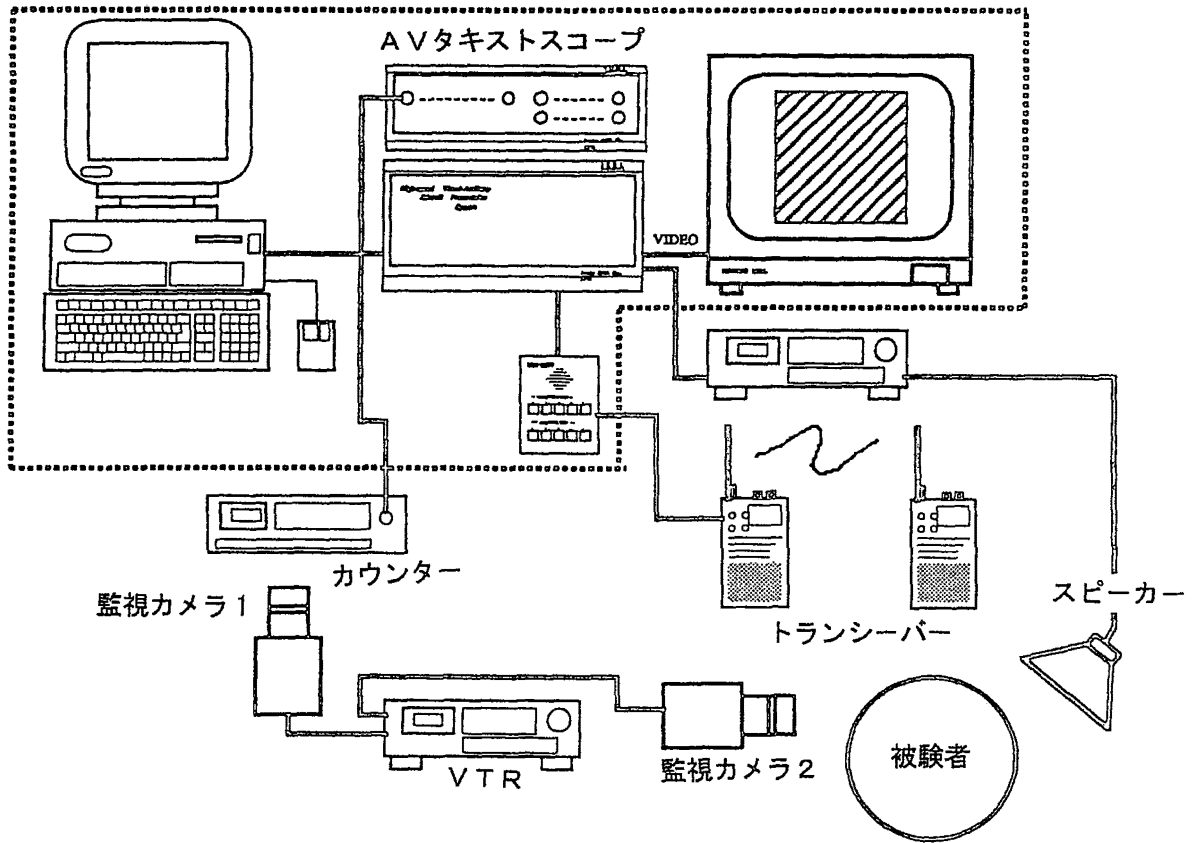


Fig. 3 Measurement system for mental working load.  
精神的余裕度測定システム

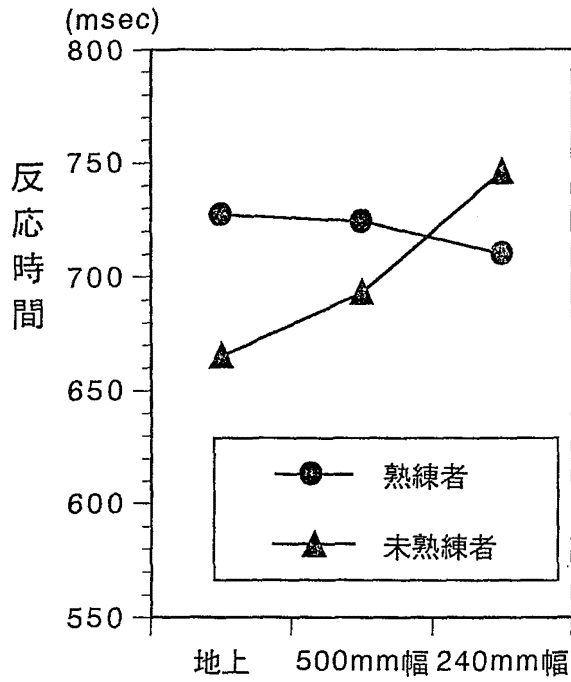


Fig. 4 Response time of secondary task.  
副次課題の反応時間

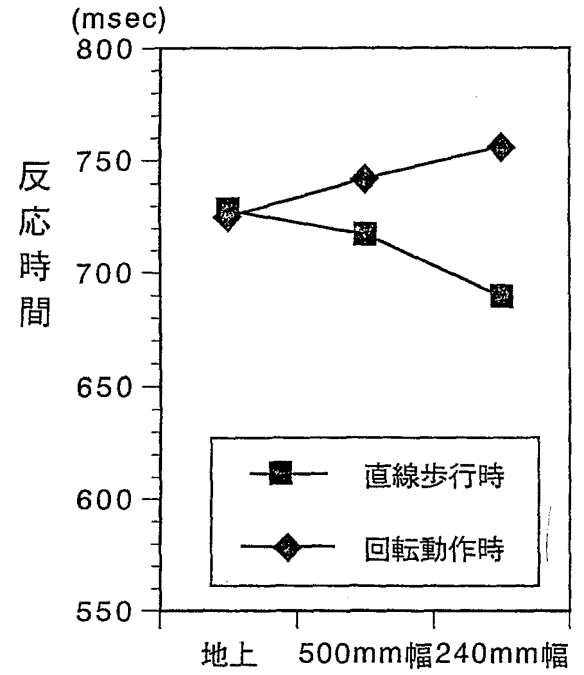


Fig. 5 Response time for each walking action.  
各歩行動作における反応時間 (熟練者のみ)

に注意を払う、バランスをとる等の理由から一時的に精神的余裕度が少なくなることが明らかになった。

### 3.3 歩行時に必要な足場板の幅

足場板の幅が狭くなると歩き方がぎこちなくなり、前述したように未熟練者の場合には歩行速度も低下する。そこで、歩行時に必要な足場板の幅を調べるために、未熟練者と熟練者を対象に筋電図<sup>2)</sup>を用い歩行動作を調べた。

Fig. 6 に示したように、歩行動作とは足底が床を踏みしめたり、床から浮いたりするサイクルを繰り返す動作である<sup>3)</sup>。そして床を踏みしめている時間を立脚期、床から浮いている時間を遊脚期という<sup>4)</sup>。そこで足場を歩く時、筋電図の電極を前頸骨筋に貼付して遊脚期と立脚期における足にかかる負担を計測した。前頸骨筋とは、足の脛の外側に位置する筋肉 (Fig. 6 参照) であり、遊脚期に電位を放電する筋肉である。

Fig. 7 に示したように、成人の歩行動作に比較して赤ん坊の歩き始めはヨチヨチとぎこちない歩行動作を示す。そして、このぎこちない歩行動作で前頸骨筋の放電位が高いことが知られている<sup>5)</sup>。すなわち前頸骨筋の筋電図は歩く時のぎこちなさを示す指標である。

Fig. 8 に前頸骨筋の筋電波形を示す。振幅が大きい所が足底の床から浮いている遊脚期であり、この遊脚期において筋電波形は2相に分離する。すなわち第1相目は蹴出しの離陸直後に放電し、第2相目は踵から接地する直前に放電する。そこで、この筋電波形の放電の強さとパターンの乱れを手掛かりとして、足場板

上歩行時の足にかかる負担を調べてみた。

Fig. 9 に足場板歩行時の筋電波形を示す。6層とは10.8mの高さを、4層とは7.4mの高さを、2層とは4.0mの高さを歩行した時の筋電図であるが、層高さにおい

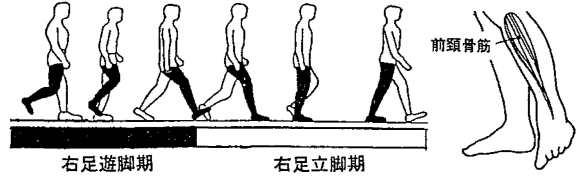


Fig. 6 Walking cycle of right leg. 右足の歩行サイクル

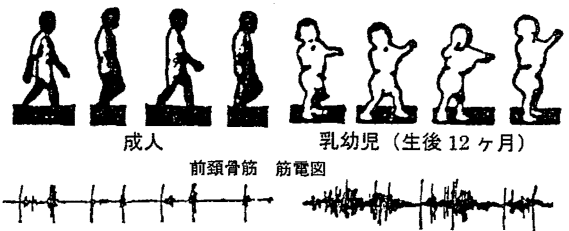


Fig. 7 Difference of walking between adult and baby. 成人と乳幼児の歩き方の相違

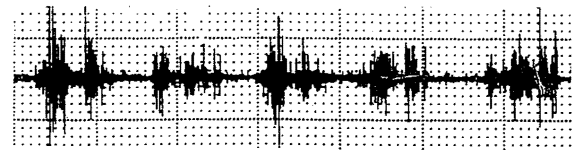


Fig. 8 Electro myogram of anterior-tibia muscle. 前頸骨筋の筋電図

層	作業床幅	筋電波形
6層	500mm	
	240mm	
4層	500mm	
	240mm	
2層	500mm	
	240mm	

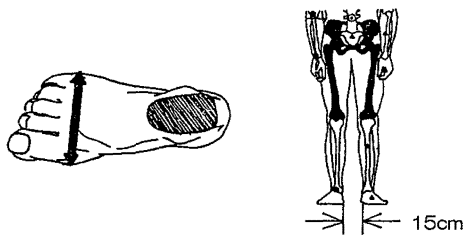
Fig. 9 Electro myogram wave patterns in walking on scaffold. 足場上歩行時における筋電波形

ては筋電波形に振幅の相違が見られない。しかし足場板の幅を変化すると筋電波形に振幅の相違が見られ、50 cm 歩行時より 24 cm 歩行時の方が前頸骨筋の筋電位は増加している。さらに 24 cm 歩行時には、前述した遊脚期における 2 相分離 (Fig. 8 参照), すなわち蹴出しの力強さと接地の衝撃が明確に現れていない。これらの現象は熟練者および未熟練者においても同様に観察された。

そこで、1 歩ごとの遊脚期における波形積分値を求めて (層の高さ×足場板幅) の 2 要因分散分析を行った結果、層の高さに関しては有意差が認められなかったが、足場板の幅に関しては 1% の危険率で有意差が認められ、24 cm 歩行時は 50 cm 歩行時に比較して波形積分比が約 2 倍であった。

次に、筋電波形にこのような現象が観察された原因について考察する。

Table 2 Mean and standard deviation of Japanese foot-breadth.  
足幅の平均と標準偏差



Foot breadth	Male	Female
Mean	10.42 cm	9.57 cm
S.D.	0.46 cm	0.44 cm

(航空自衛隊員の身体計測値より)

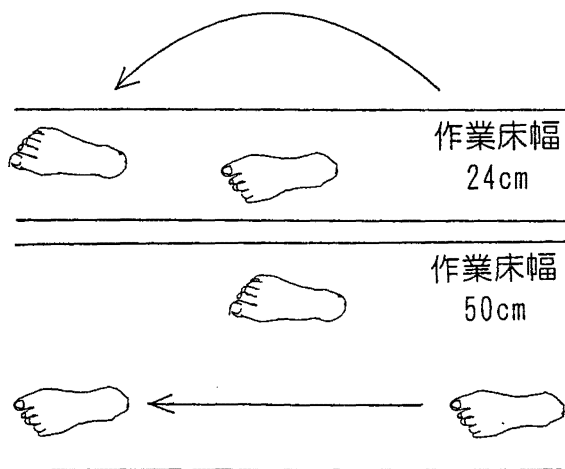


Fig. 10 Walking style on the scaffold.  
足場上の歩行形態

Table 2 は日本人の足幅と左右の足の間隙を示した図である<sup>6)</sup>。日本人男性の足幅は平均で約 10.5 cm あり、左右の足を隙間なく合わせた時、2 倍の 21 cm になる。歩行する時には左右の足を隙間なく合わせて歩くことは出来ず、左右の足の間隙をさらに 15 cm 程度開けなければならない。歩行するには足幅と間隙を合わせ最低でも 36 cm の幅が必要である。

Fig. 10 に示したように、足場板の幅が 50 cm であると、左右の足を真っ直ぐ前方に踏出すことが出来る。しかし、足場板の幅が 24 cm では、左右の足が接触し真っ直ぐ前方に踏出すことが出来ず、迂回した踏出し方をとらざるを得ない。これが足場板の幅が 24 cm の時において遊脚期の前頸骨筋の放電増加現象<sup>7)</sup>として観察される。

さらに遊脚期において、足は足場板の外側に迫出するため、足の蹴出し及び接地を地上歩行のように勢い良く行うことが出来ない。これが遊脚期における 2 相分離の明確に現れてこない原因である。

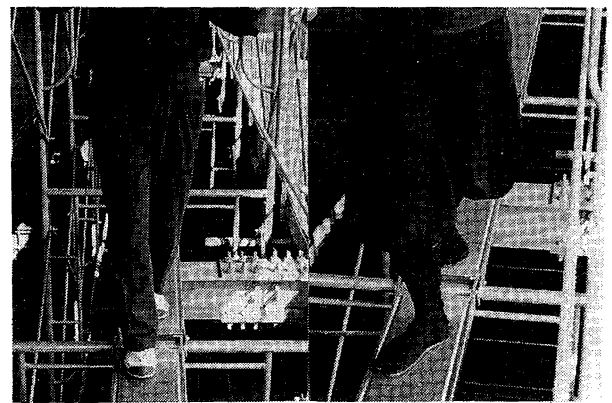


Photo 2 Difference of footprints.  
着地の相違

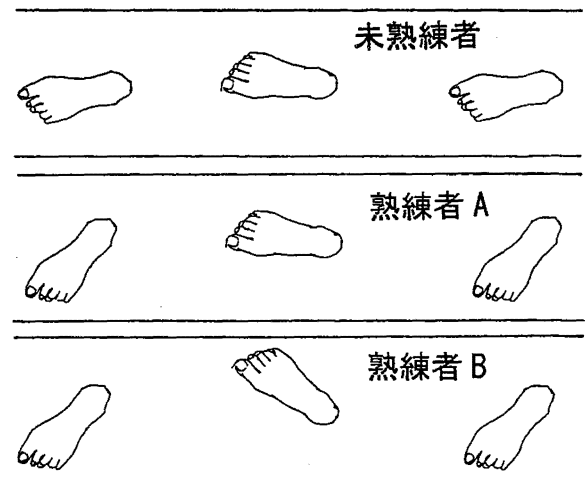


Fig. 11 Difference of footprint between layman and spider-man.  
未熟練者と熟練者における足の着地の相違

前述したように、足場幅が 24 cm になると、遊脚期において足を足場板の外側に迫出した踏出し方をとらざるを得ない。これが未熟練者の場合さらに恐怖感を増加させ、歩行速度を低下させる原因と考えられる。すなわち、筋電図が示したように、前頸骨筋に負担をかけない安定した歩行動作をとるためには、少なくとも足場板の幅は 40 cm 以上あることが必要である。

次に、足場上の歩行動作を観察していた時、熟練者のうち数人に独特な足の着地が見られた。そこでその着地について未熟練者と比較して示す。

未熟練者は Photo 2 左写真に示したように、足場板とほぼ平行に足を着地している。しかし熟練者は右写真で示したように、つま先を外側に開いて着地している。この相違について歩行角を用いて説明すると次のようになる。

歩行角とはつま先と踵を結ぶ線が進行方向中央線となす角度で表わされ、未熟練者が自然歩行した場合、この角度が約 15 度外側を向き、これは膝より下の距腿関節軸の外旋と、膝より上の大腿頸骨部の前捻とが合わさり 15 度の角度を作り上げる<sup>7)</sup>。これに比較して Fig. 11 で示したように、熟練者が足場上を歩行している時は約 30 度以上の歩行角を作り上げている。これも「熟練者 A」のように一方の足のみの歩行角を大きくしている者と「熟練者 B」のように両足の歩行角を大きくしている者が観察された。

歩行角を自然歩行時の 15 度より倍の 30 度以上にして歩くことは、前述したように距腿関節軸の外旋と大腿頸骨部の前捻に若干の負担が加わるが、足場上の歩行時において、進行方向に垂直な横からの衝撃力が加わった際の、墜落危険性を考慮した上での歩行であると考えられ、熟練者が経験を積むに従って独特な歩行形態を生み出したものと思われる。

### 3.4 歩行時に見られる前屈姿勢

Fig. 1 に示したように枠組足場の支柱ユニットの高さ、すなわち 1 層の高さは 1.7m である。身長が高いと頭がつかえるので前屈して歩かなければならない。そこで身長と前屈角の関係について Photo 3 に示した姿勢モニターを用いて調べた。

Fig. 12 に示したように、身長 1.65m から 5~10 度の前傾姿勢が観察され、身長 1.75m 以上になると 30~45 度の前傾姿勢で歩行するのが観察される。身長 1.65m は支柱ユニットの高さ 1.7m より低い、ヘルメットを着用しているため 5~10 度屈曲した姿勢で歩行している。

身長と前屈角の関係について相関を調べると、相関係数は  $r = 0.99$  であり、危険率 0.1% で有意差があった。

さらに身長と前屈角の回帰式を求めると、式 (1) の関係が得られた。

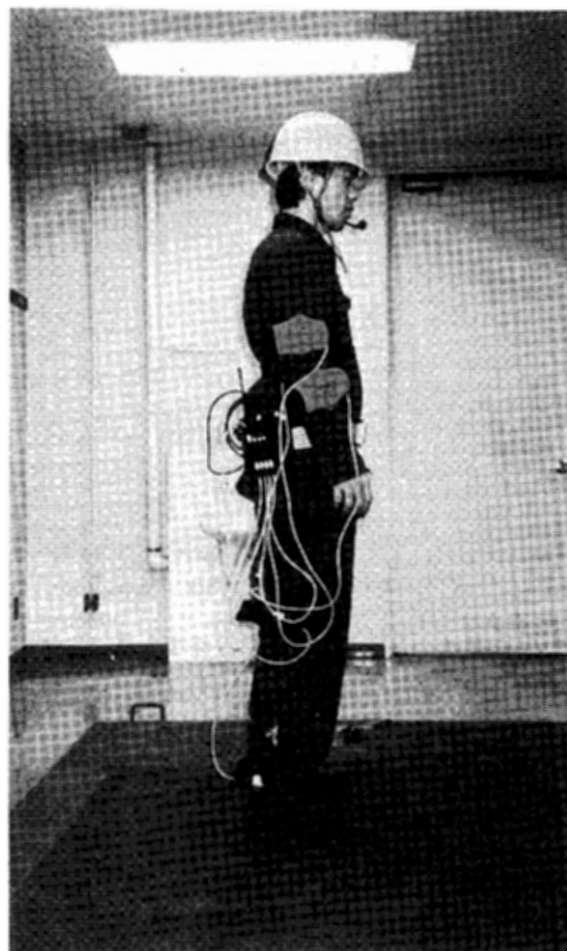


Photo 3 Monitor for working posture.  
作業姿勢モニター

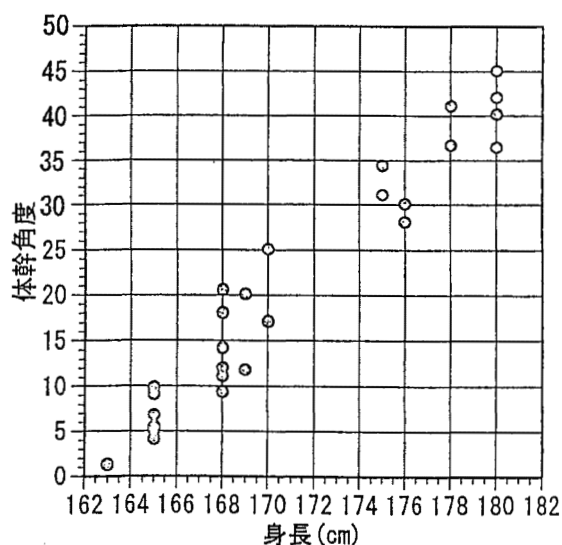


Fig. 12 Relation between stature and forwardbent posture angle.  
身長と前屈角の関係

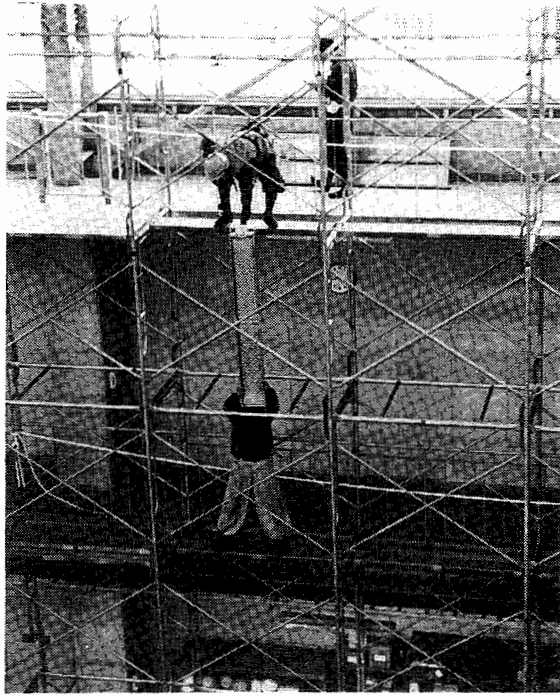


Photo 4 Hand transportation work from lower stage to upper stage.  
足場の下層から上層に足場板を運ぶ作業

$$Y = 2.3 X - 375 \quad (1)$$

X : 身長 (cm), Y : 前屈角 (degrees)

平地歩行でも同様であるが、前傾姿勢は視点が足元にのみ留まり視野を狭くする。歩行時において障害物の有無などを確認するため、時々前方に視線を移す工夫が必要である。

#### 4. 仮設足場上の作業特性

2層と4層の足場上にいる2人の作業者が、足場板を2層から4層に手渡して持上げる作業動作 (Photo 4 参照) の前屈角を姿勢モニターを用いて計測した。

Fig. 13 に示した計測結果によると、2層にいる作業者に比較し4層にいる作業者の前屈角の増加が観察される。4層作業者は作業時間の約50%は体幹を60度以上前屈させて作業をしている。足場板を2層作業員から受取り持上げようとする時、前屈角が60度以上になるが、この時に熟練者でも墜落につながりやすい危険な作業姿勢が観察された。

Fig. 14 に4層作業員の足場板受渡し姿勢を示す。(A) 姿勢は大腿と下腿の角度が広いため腰の位置が高く、そのため臀部より頭部が低い姿勢である。(B) 姿勢は大腿と下腿の角度を狭くし腰を低くし、そのため臀部より頭部が高い姿勢である。(A) 姿勢は臀部より頭部が低い位置にあるため (B) 姿勢より安定性を欠

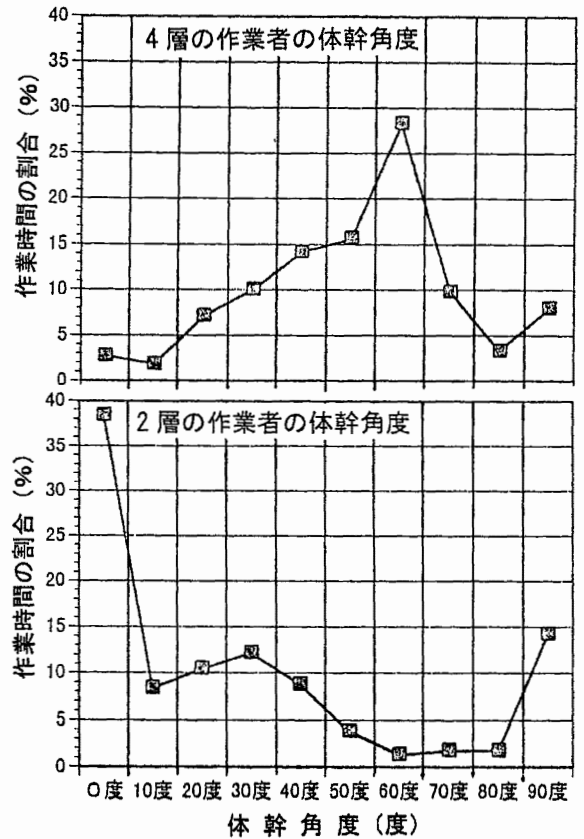


Fig. 13 Difference of forwardbent posture angles in carriers on upper and lower stages.  
上層と下層にいる作業員の前屈角

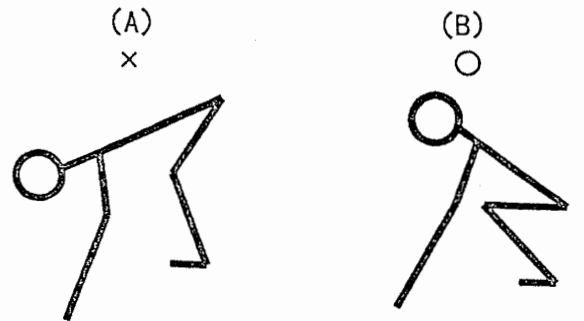


Fig. 14 Working posture of hand transportation work.  
足場板の手渡し作業に見られた作業姿勢

き、後方より押された場合に墜落危険性をともなう作業姿勢を形成している。

上層にいる作業員が下層にいる作業員から物を受渡される時、(A) のような墜落危険性をともなう姿勢をとる理由は2つ挙げられる。ひとつは上層作業員が、1回ごとに膝を折り腰を落とす作業動作を面倒くさいと感じ、膝を伸ばしたままで物を受取ろうとすること、他のひとつは下層作業員が物を高く持上げなかったため、上層作業員が必要以上に手を下に延ばさなければならぬことによる。



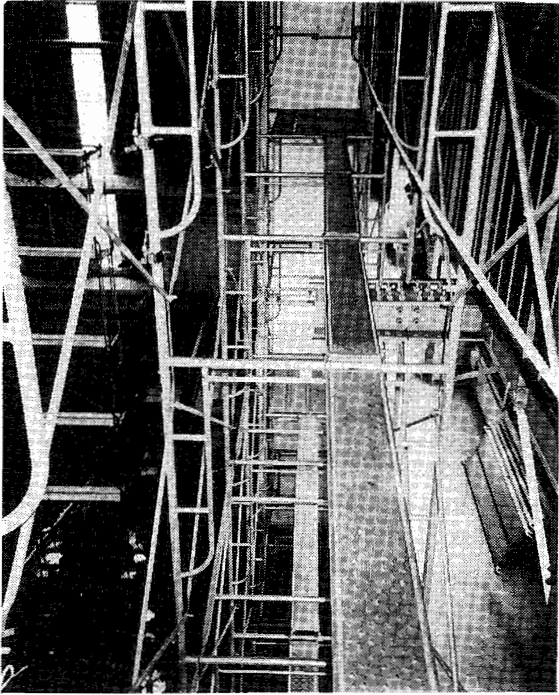


Photo 5 Handrail (cross type).  
交差筋交

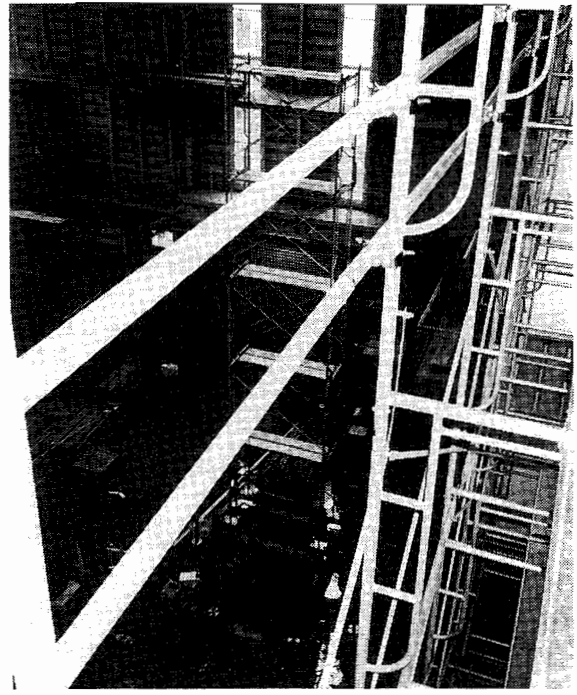


Photo 7 Handrail (two pipes at height of 90 & 45 cm).  
90 cm と 45 cm にパイプ 2 本渡した形状

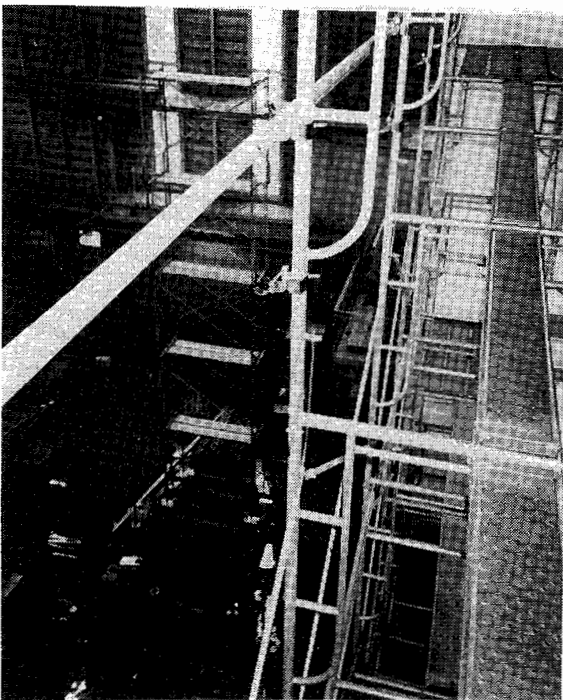


Photo 6 Handrail (one pipe at a height of 90 cm).  
90 cm にパイプ 1 本渡した形状

上層作業者は、膝を折ることにより大腿と下腿の角度を狭くして腰の位置を低くし (B) のような作業姿勢を採ることを心がける必要があるが、同時に下層作業者も受渡す物を高く持上げる配慮が必要である。

## 5. 熟練者が好む手摺の形状

最後に熟練者が好む手摺の形状について述べる。

足場には交差筋交 (Fig. 1 ×部分) が設けられ、足場構造における強度を支援している。一方作業者は、これを手摺代わりに用いて作業に役立てている。そこで最適な手摺形状を調べるために、熟練者を対象にしてアンケート調査を行った。

手摺として、交差筋交 (Photo 5 参照)、足場板に平行に 90 cm の高さにパイプを 1 本渡した形状 (Photo 6 参照)、90 cm の高さに加えさらに 45 cm の高さにもう 1 本パイプを加えた (90 cm+45 cm) 形状 (Photo 7 参照) の 3 形状で、「作業が最もしやすいと感じる手摺」と「バランスを崩した時最も掴みやすい手摺」について調べた。

Table 3 と Table 4 にその結果を示した。

作業が最もしやすいと感じる手摺として、全体的に交差筋交を指摘した熟練者が多かった。ただ「下からの持上作業」において (90 cm 1 本) の評価が高かったのは、この形状は開口部が大きく 90 cm 高のパイプを掴み、身を乗出す姿勢がとれることに原因があると思われる。

バランスを崩した時最も掴みやすい手摺についても、全体的に交差筋交を指摘した熟練者が多かった。ただ「座り作業」において (90 cm+45 cm) の評価も交差筋交と同様に高いのは、座り作業でバランスを崩した時

Table 3 The handrail which is preferable to work.  
作業が最もしやすいと感じる手摺

	外壁塗装	下からの持上	座位作業	立位作業	足場板運搬
手摺なし	0%	30%	0%	0%	20%
交差筋交	60%	30%	60%	80%	70%
90 cm 1 本	10%	40%	10%	10%	0%
90 + 45 cm 2 本	30%	0%	30%	10%	10%

Table 4 The handrail which is easy to grasp at the moment of being thrown off balance.  
バランスを崩した時、最も掴みやすい手摺

	外壁塗装	下からの持上	座位作業	立位作業	足場板運搬
交差筋交	60%	50%	50%	70%	70%
90 cm 1 本	20%	30%	0%	10%	20%
90 + 45 cm 2 本	20%	20%	50%	20%	10%

45 cm 高のパイプに掴まれるためであると思われる。

このアンケートを実施する以前、我々は (90 cm+45 cm) の手摺が作業性および安全性の面から最適な形状ではないかという仮説を抱いていた。しかし、足場上で様々な姿勢をとり、長年作業を経験してきた熟練者にアンケートを実施してみると、交差筋交を好ましい手摺形状と指摘する結果が得られた。

## 6. おわりに

以上、高所作業における歩行および作業特性について検討を加えてきたが、今回の実験から得られた結果の概要は次のようである。

- (1) 未熟練者は地上での歩行速度が 1.0m/秒で、10.8m 高の足場板上での歩行速度が 0.6m/秒であった。しかし熟練者はどちらも 0.9m/秒で歩行速度に変化がなかった。
- (2) 10.8m 高の足場板上の歩行で足場板幅が異なる場合、未熟練者は 50 cm 幅で 0.6m/秒、24 cm 幅で 0.3m/秒と歩行速度が半減した。しかし熟練者は歩行速度があまり変化しなかった。
- (3) 10.8m 高の足場板上歩行時における精神的余裕度について副次課題法を用いて調べた。未熟練者は高い足場あるいは狭い足場を歩行させた時、精神的余裕度が少なくなったが、熟練者にこのような現象は認められなかった。
- (4) 足場板の幅は、足に負担をかけない安定した歩行動作をするためには、少なくとも 40 cm 以上の幅が必要である。
- (5) 足場板上歩行時において、熟練者のうち数名に歩行角 30 度以上の足の着地が観察された。これは横からの衝撃力が加わる可能性を考慮して、安定し

た歩行形態を経験を重ねて生み出したものと思われる。

- (6) 枠組足場歩行時には、支柱ユニットの高さが 1.7m であるため、前屈姿勢が観察される。身長 1.75m 以上の者は 30 から 45 度の前傾姿勢で歩行することが観測された。
- (7) 足場板垂直方向受渡作業で、上層にいる作業者は、臀部が頭部より高い作業姿勢をとると、安定性を欠き墜落危険性をともなう。
- (8) 熟練者が好む手摺の形状は、交差筋交であった。

## 参考文献

- 1) 平成 12 年版 建設業安全衛生年鑑, pp. 59~66, 建設業労働災害防止協会 (2000).
- 2) 橋本邦衛・遠藤敏夫, 生体機能の見方 (人間工学への応用), pp. 70~77, 人間と技術者 (1973).
- 3) 山野井 昇ほか, 姿勢制御における重心軌跡と平衡機能の定量的解析, 第 2 回姿勢シンポジウム論文集, pp. 219~224, (株) 人間と技術者 (1977).
- 4) マージョリー・H・ウーラコット, アン・シャムウエイークック編, 矢部京之助監訳, 姿勢と歩行の発達 (生涯にわたる変化の過程), pp. 71~87, 大修館書店 (1993).
- 5) 後藤幸弘ほか, 幼児の歩行取得時にみられる下肢筋群の放電様相の変化, 第 3 回日本脳波・筋電図学会 (1973).
- 6) 垣本由紀子, 航空自衛隊員の身体計測値 (装備品など設計のための人間工学的資料, 1988 年測定), p. 150, 航空開発実験集団航空医学実験隊 (1990).
- 7) 浅見俊雄ほか, 身体運動学概論, pp. 131~137, 大修館書店 (1996).

(平成 12 年 11 月 17 日受理)