

人体動作分析による空間規模に関する研究（第31報）

複数歩行者の通り抜け歩行について

中島 一^{*1}・建部 謙治^{*2}

Study on the Space by an Analysis of Human Movement (Part 31)

Passing through by plural Walkers

Hajimu NAKAJIMA, Kenji TATEBE

建築は人間の住む容器であるといわれるように、建築を考える上で、人間というものを抜きにしては語れない。すなわち、人間という主体があって始めて、その建築の存在がある。この結果、建築を設計する上で重要なことは、その主体である人間の心理や、行動の特性を取らえることであるといえる。

本研究はその一環として、人間の最も基本的な動作である歩行を取り上げ、歩行特性について、人体動作をとおして分析した結果を報告する。

1. はじめに

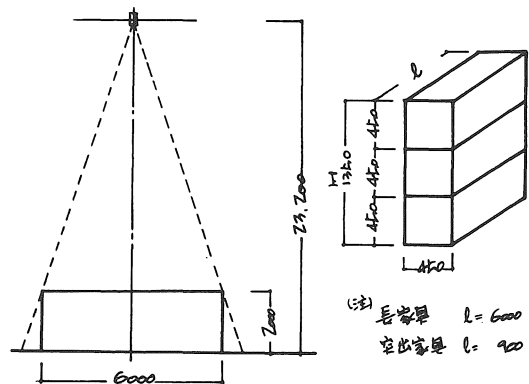
歩行特性をとらえるにあたってまず考えられるのは、歩行条件によって、その歩行特性は、それぞれ異なった形となって現われると思われる。まず歩行条件として、歩行空間が必要であるが、歩行空間として、主に通路としての機能を持つものや他の機能を合わせ持つものがある。また階段等のレベル差のある状況のものや、直線的、曲線的、曲折した状況等もある。あるいは歩行者に視点を置くと、一人の場合や数人の場合、そして群集といえるような場合も考えられる。緊急時、平常時といった歩行目的によっても、その歩行特性は複雑な様相を呈する。

一般に歩行動作に影響する要因として、内的要因と外的要因に大別される。内的要因を人間自身が持つ肉体的精神的個性とするならば、外的要因はその人間を取り巻く総合的な環境であるといえる。こうした要因は単独に作用するものでもなく、複雑にからみあった形で歩行動作に作用する。

こうしたことを考慮した上で、本研究では特に廊下のごとき通路における、平常歩行の2～5人の複数歩行者による通り抜け歩行を取り上げ、実験をとおして歩行特性をさぐろうとするものである。

2. 実験目的

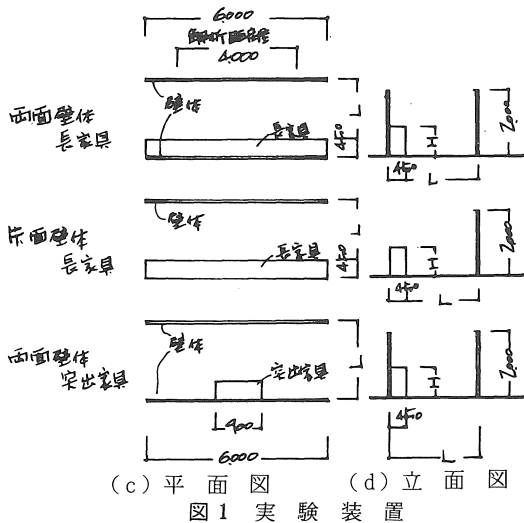
複雑な歩行要因を限定するため、歩行空間形態は両面壁体長家具と片面壁体長家具、両面壁体突出家具によって構成される直線的な通路とする。そして歩行人数、家具高さ、通路幅の3つの要因を変化させて、その通り抜け歩行を8ミリカメラで撮影する。この結果を人体動作分析をとおして、歩行空間形態における歩行要因と歩行特性の関係を見いだそうとするものである。



(a) 正面立面図

(b) 家具

*1 建築学科 *2 建築学専攻大学院生



(c) 平面図 (d) 立面図
図1 実験装置

3. 実験装置と実験方法

実験は図1.に示すとおり、壁体と家具 (H=45, 90, 135cm)を一定の間隔 (L=1, 1.5, 2, 3, 4m)に配置し、この内側を被験者 (男子大学生M=2, 3, 4, 5人) が通り抜け歩行するものである。被験者の出発点における配列位置 (S.P) は、図2に示すとおりである。

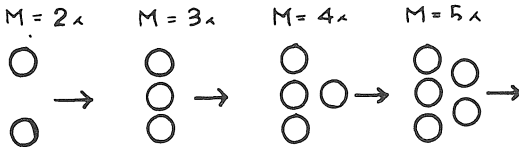


図2 S . P

この被験者グループの実験順序はランダムとし、この実験にあたり数回試歩した上実験を行なった。図1に示すように歩行実験長さは6mとし、この中の4mを解析長さとした。なおこの実験は、通路を歩行する被験者グループの歩行の様子を、頭上から8ミリカメラで連続撮影し、これを次のものについて解析した。

4. 解析目的と方法

複数歩行者による通り抜け歩行については、人数、通路幅、家具高さといった歩行要因が、さまざまな形で作用し合い、その結果が歩行特性となって現われると考えられる。例えば、安全かつスムーズに歩行するためには、S.Pの隊形をくずして新たな隊形に再編制しなければならない場合であるとか、速度を落として安全歩行をするとか、あるいは個人的に身体を振って、ある状態を保つといった方法が考えられる。そこで解析項目として、S.Pによるタイプ分類、歩行速度、肩のふれ角を取り上げ、歩行空間形態による比較を行なう。解析方法として、S.Pによるタイプ分類では、フィルムの上映をとおして連

続動作の中から、また歩行速度と肩のふれ角については、頭、両肩について所定の解析用紙に4コマ落とし (1/4.5コマ/秒) でプロットすることから求めた。

1). S.Pによるタイプ分類

S.Pは特に、人数と通路幅によって影響を受け、通りにくい場合にはその隊形をくずす。S.Pによるタイプ分類を、人数、通路幅、家具高さについて検討する。なおタイプは表1に示すとおりである。

表1 タイプ

タイプ	M (人数)	例			
		Z	3	4	5
A	S.Pなし	○—○	○—○—○	○—○—○—○	○—○—○—○—○
B	1人歩行	○	○—○	○—○—○	○—○—○—○
C	2人歩行	X	○—○	○—○—○	○—○—○—○
D	3人歩行	X	X	X	○—○—○—○

2). 個人速度と集団速度

歩行速度については、通路幅が狭かったり、人数が多かったり、いわゆる混雑した空間では、歩行者は歩行速度を落として自然に歩行できるように、無意識にあるいは意識的に歩行速度を調整すると思われる。その結果、人数、通路幅、家具高さの影響をとらえることができる。予備実験より、スタート地点から1m、歩行完了地点から1m手前までが、一般的安定歩行が行なわれることがわかったので、速度における解析距離は4mとした。

(イ) 個人速度: V_i (m/min) 速度をみる場合、各歩行者ごとに扱う場合もあるが、個人速度は個人個人の速度を平均したものである。すなわち個人に視点をおいて、個人速度と人数、通路幅、家具高さの関係をみる。

(ロ) 集団速度: V_g (m/min) 個人速度は、解析距離を歩行する個人の平均速度であったのに対し、集団速度では、複数歩行者を1つの集団としてとらえ、解析距離内に先頭者が入って、最後尾者が出るまでの速度とした。

3). 肩のふれ角: α (°)

歩行者が混雑すると思われる空間を歩行する場合、できるだけ速くスムーズに歩行する方法として、身体を進行方向と平行にすることにより他の歩行者からの影響を弱めようとする。そこで解析距離内に身体の一部が達した時から、出た時までを計測する。ここで壁体の垂直のラインを基準線とし、右まわりを肩のふれているものを正、左まわりを負として、その絶対値のトータルを求め、全員の平均値を肩のふれ角とした。

なお、上記のそれぞれの値は、最終的に右家具と左家具の平均から求めている。

表2 S, Pによるタイプ分類

		両面壁体長家具			片面壁体長家具			両面壁体突出家具		
		45	90	135	45	90	135	45	90	135
2	1	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	1.5	A	B	B	B	B	B	B	B	B
	2	A	B	B	B	B	B	B	B	B
	3	A	B	A	B	B	B	B	B	A
	4	A	B	A	A	B	B	B	A	A
3	1	C	C	C	B	C	C	C	C	C
	1.5	C	B	C	C	C	B	C	C	C
	2	B	C	B	C	B	A	B	B	B
	3	C	C	B	B	B	B	B	B	B
	4	A	C	B	B	B	B	B	B	B
4	1	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	1.5	C	C	B	C	B	C	C	C	B
	2	B	C	C	B	B	B	B	B	B
	3	B	C	B	B	B	B	A	A	B
	4	B	B	C	C	B	A	B	B	B
5	1	D	C	C	D	C	D	D	D	D
	1.5	B	C	B	D	D	C	C	C	C
	2	A	C	A	C	D	C	A	B	C
	3	B	B	B	D	B	C	B	B	B
	4	B	B	B	D	B	D	B	C	C

5. 解析結果

1). S.Pによるタイプ分類

各歩行空間形態のS.Pによるタイプを示すと、表2のとおりである。これによると、両面壁体長家具の場合、家具高さ45cmと135cmがS.Pの状態を保ちやすい。特に家具高さ45cmではその傾向が強く、通路幅1.5mないし2mからその兆候がみうけられる。それに反して、家具高さ90cmでは、人数2,3人では通路幅に関係なく、人数4,5人では3~4mになるまでS.Pの状態は保たれにくい。また右側家具と左側家具とを比較すると、家具が高くなるほど右側家具の方が、低いと左側家具の方が、S.Pを保ちやすい。

片面壁体では、両面壁体長家具とは逆に、家具高さ90cmがS.Pを保ちやすい。家具高さ45cmが特にS.Pは保ちにくい。家具位置については、家具が高くなるほど左側

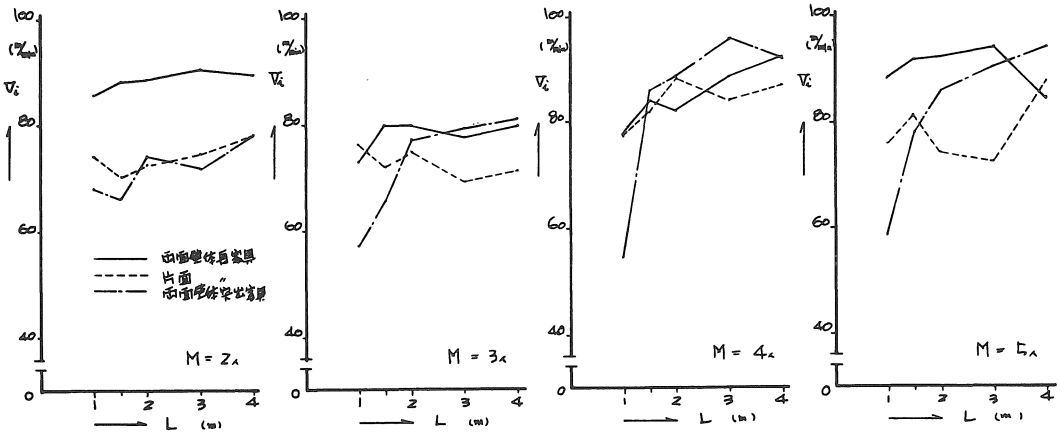
家具の方がS.Pを保ちやすい。

両面壁体突出家具については、特に家具高さによる違いはみられず、通路幅に強く影響をうける。その影響も1.5m以内においては顕著である。家具高さによるものは、家具高さ45cmでは左側家具が、家具高さ90cmでは右側家具の方がS.Pを保ちやすい。この点では、両面壁体長家具とよく似た結果を示す。

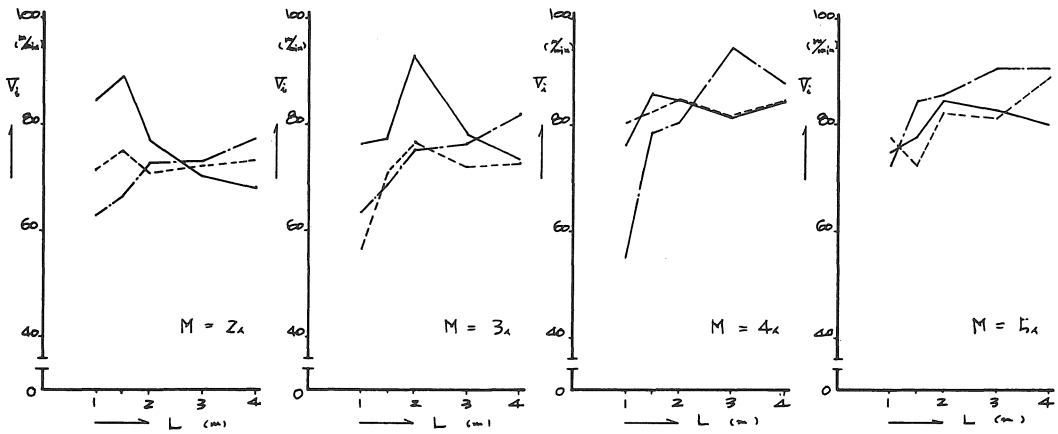
すなわち、両面壁体の場合、長家具は家具高さによって、それぞれ違った感じ方をされると思われる。突出家具は、通路幅が狭い場合に意識されやすい。片面壁体の場合、家具は両面壁体とは全く違ったとらえ方をされ、その結果がこうした歩行特性となって現われると考えられる。

2). 速度

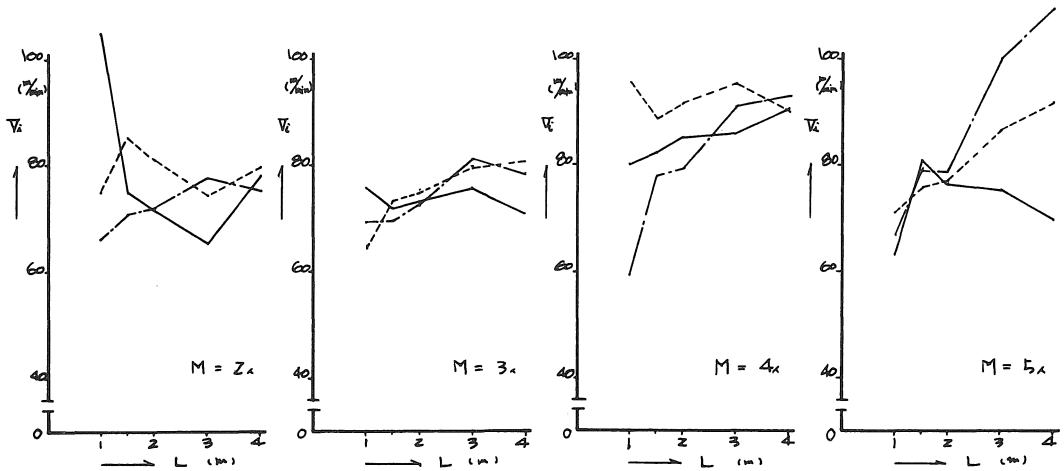
(1) 個人速度について 両面壁体長家具については、



(a) $H = 45$ cm

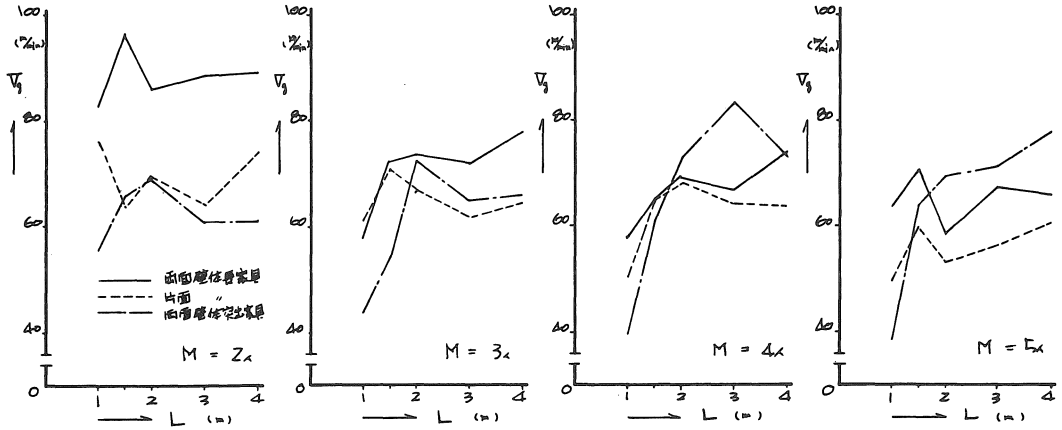


(b) $H = 90$ cm

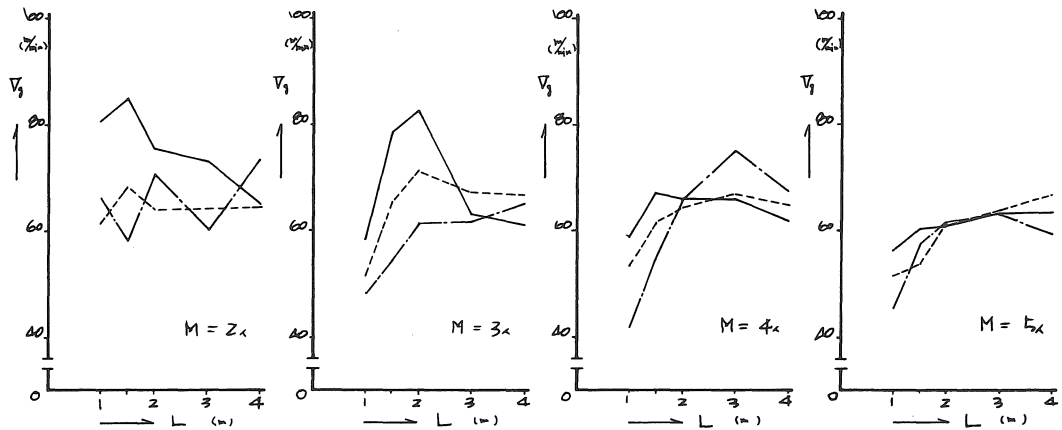


(c) $H = 135$ cm

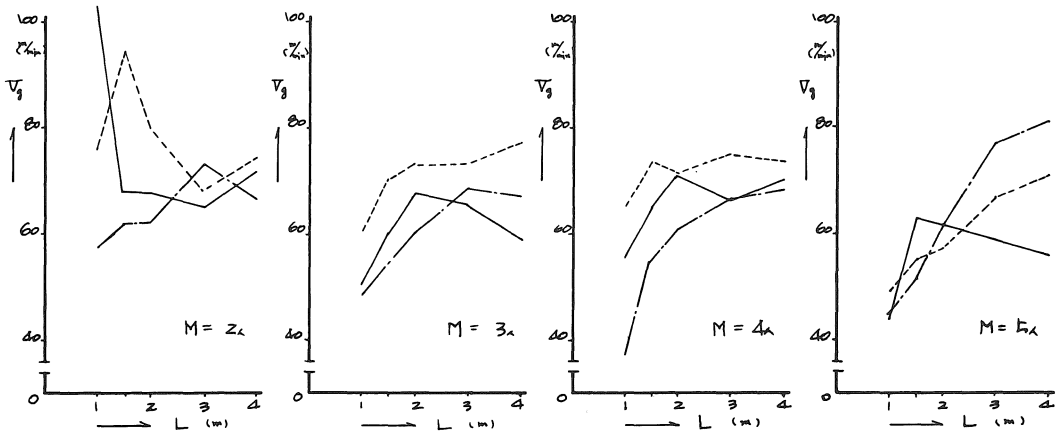
図3 $V_i - L$



(a) $H = 45$ cm



(b) $H = 90$ cm



(c) $H = 135$ cm

図4 $V_g - L$

人数4人を除いて一般に通路幅が広くなくても、速度は横ばいかむしろ遅くなる。また人数2人や5人では、家具高さによる影響が顕著で、家具が低くなるにしたがって個人速度は速くなる。片面壁体長家具では、通路幅が2m以上になると個人速度は横ばいかやや速くなる。片面壁体長家具は、両面壁体長家具と比較すると、逆に家具高さ135cmが個人速度は速くなる。両面壁体突出家具については、通路幅による影響が大きく、特に人数4,5人で顕著である。家具高さによる違いはほとんど認められない。ただ通路幅が1mの時は、人数5人を除いて家具高さ90cmが個人速度は最小となる。

図3は、各歩行空間形態を比較したVi-L図である。図より家具高さ45cmでは、通路幅1.5mまでは両面壁体突出家具の個人速度は極端に遅く、それ以上通路が広がると両面壁体長家具と突出家具の個人速度は速い。ところが家具高さ135cmになると、人数2,3,4人では、逆に片面壁体長家具の個人速度は速くなる。また家具高さ90cmでは、人数2,3人については両面壁体長家具が、人数4,5人については両面壁体突出家具の個人速度は速くなる。これは家具高さ45cmとよく似た傾向を示す。なお先導者が確定している人数4人では、個人速度は特に速い。

以上のことより両面壁体の長家具では、通路幅が広い場合、家具高さ45cmでは速い歩行が行なわれ、家具高さ135cmでは遅い歩行となる。突出家具は家具高さにはあまり関係なく、先導者が存在する人数4,5人の場合のように人数に関係する。片面壁体突出家具では一般にゆったりとした歩行で、家具高さ135cmでいく分個人速度は速くなる。

(ロ) 集団速度について V_g-L を示したのが図4である。集団速度は個人速度とほぼ同様な傾向を示す。人数4,5人ではS.Pにより横二列になるので、個人速度に比べて集団速度は遅くなる。両面壁体長家具の場合、家具高さによる影響は人数2,3,5人にみられ、家具高さ45cmで集団速度は速く、家具高さ135cmでは集団速度は遅い。人数4人では家具高さによる影響はほとんどみられない。片面壁体長家具の場合は、個人速度と同様家具高さ135cmが他のものより集団速度は速い。両面壁体突出家具の場合、通路幅1mにおける家具高さ45cmで集団速度がいく分遅いが、あまり家具高さによる差はみられない。しかし、通路幅が広い場合は、人数4,5人に限って家具高さ45cmの集団速度は速い。

家具高さにおける歩行空間形態別の比較を行なうと、家具高さ45cmでは人数2,3人の場合、両面壁体長家具の

集団速度は速い。人数4,5人では両面壁体突出家具、両面壁体長家具、片面壁体長家具の順に集団速度は速い。しかし通路幅が2m以下になると、いずれも両面壁体長家具、片面壁体長家具、両面壁体突出家具の順に集団速度は速い。家具高さ135cmでは、これが逆転して片面壁体長家具の集団速度は速くなる。とくにこの傾向は通路幅2m以下で強い。家具高さ90cmでは、通路幅が狭い場合には両面壁体長家具、片面壁体長家具、両面壁体突出家具という順で集団速度は速くなる。これは人数2,3人に強い傾向で、この結果は家具高さ45cmの場合とほぼ同様な傾向である。

以上のことより、片面壁体長家具では、家具高さ135cmの時に集団速度は速い。両面壁体の場合、長家具では人数が少ない時に、また突出家具では人数が多い時に集団速度は速い。

3). 肩のふれ角

両面壁体長家具については、通路幅が1mであるような狭い場合だと肩のふれ角は特に大きい。通路幅が1.5~2mと広がるにしたがって肩のふれ角はしだいに小さくなる。しかしなお通路幅が広がると、肩のふれ角もそれに伴い、しだいに大きくなるが、その後はまた小さくなる傾向がみられる。また一般に家具が高くなると肩のふれ角は大きくなり、特に通路幅が狭いと家具高さ135cmでの肩のふれ角は大きい。片面壁体長家具については、人数、通路幅、家具高さの影響がそれぞれみられ、各要因が入りみだれて作用すると考えられる。両面壁体突出家具では、通路幅が広がるほど肩のふれ角は小さくなる。通路幅1.5~2m以下では極端に肩のふれ角は大きく、とくに家具高さ135cmではそれが強い。これは両面壁体長家具とよく似た傾向である。

家具高さを一定にして各歩行空間形態を比較すると、図5に示すとおりである。これによると家具高さ45cmでは、人数3,4人の場合、通路幅が2m以上であると、片面壁体長家具の肩のふれ角は大きい。通路幅が狭い1~1.5mでは、家具高さに関係なく両面壁体突出家具の肩のふれ角は大きい。家具高さ135cmの場合、他は通路幅が広がるにしたがって、肩のふれ角はしだいに小さくなる傾向にあるのに対し、片面壁体長家具の人数2,4人では逆に大きくなる傾向にある。家具高さ90cmでは、人数ごとにさまざまなパターンを作りだし、それぞれの要因が複雑に作用していることがわかる。また人数2人では、両面壁体突出家具、片面壁体長家具、両面壁体長家具の順に肩のふれ角は大きいという結果を得た。

これらのことより、両面壁体の長家具では、一般に他

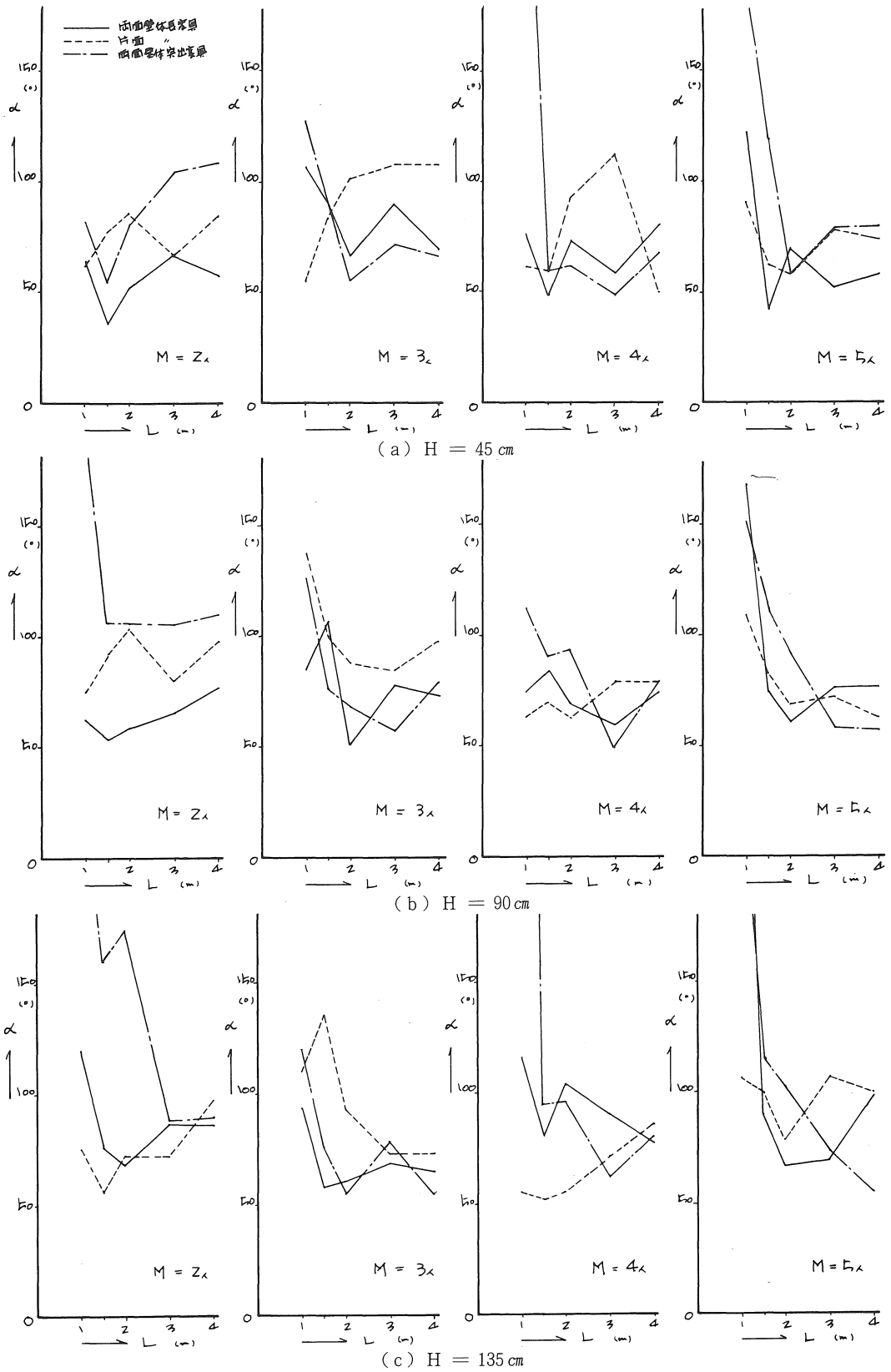


図5 $\alpha - L$

と比較して肩のふれ角は小さく、通路幅 1.5 ないし 2 m で最小値となる。突出家具では通路幅が狭い場合には、肩のふれ角は極端に大きく、長家具と比べて最小値をとる通路幅はやや広がる。一方両面壁体の場合、通路幅が十分に広いとあまり家具による影響はみられないが、片面壁体では、通路幅、人数の影響とともに、家具高さの影響も非常に強いといえる。

6. 相関関係について

S.Pタイプと歩行速度、そして肩のふれ角との相関関

係を求めると次の様になる。

S.Pタイプは、歩行速度とも、肩のふれ角とも一次的な関係でとらえることはできないが、個々に独立した形での関係としてとらえることはできる。すなわち、S.Pを保って整然と歩行することは、速度が速くなる場合と遅くなる場合があるが、このどちらかの傾向を引き出しやすいといえる。

個人速度と集団速度とはS.Pの関係から相違がみられる。例えば人数が2,3人の場合、S.Pの状態を保ちつつ歩行を行なうと個人速度と集団速度は等しくなるが、人

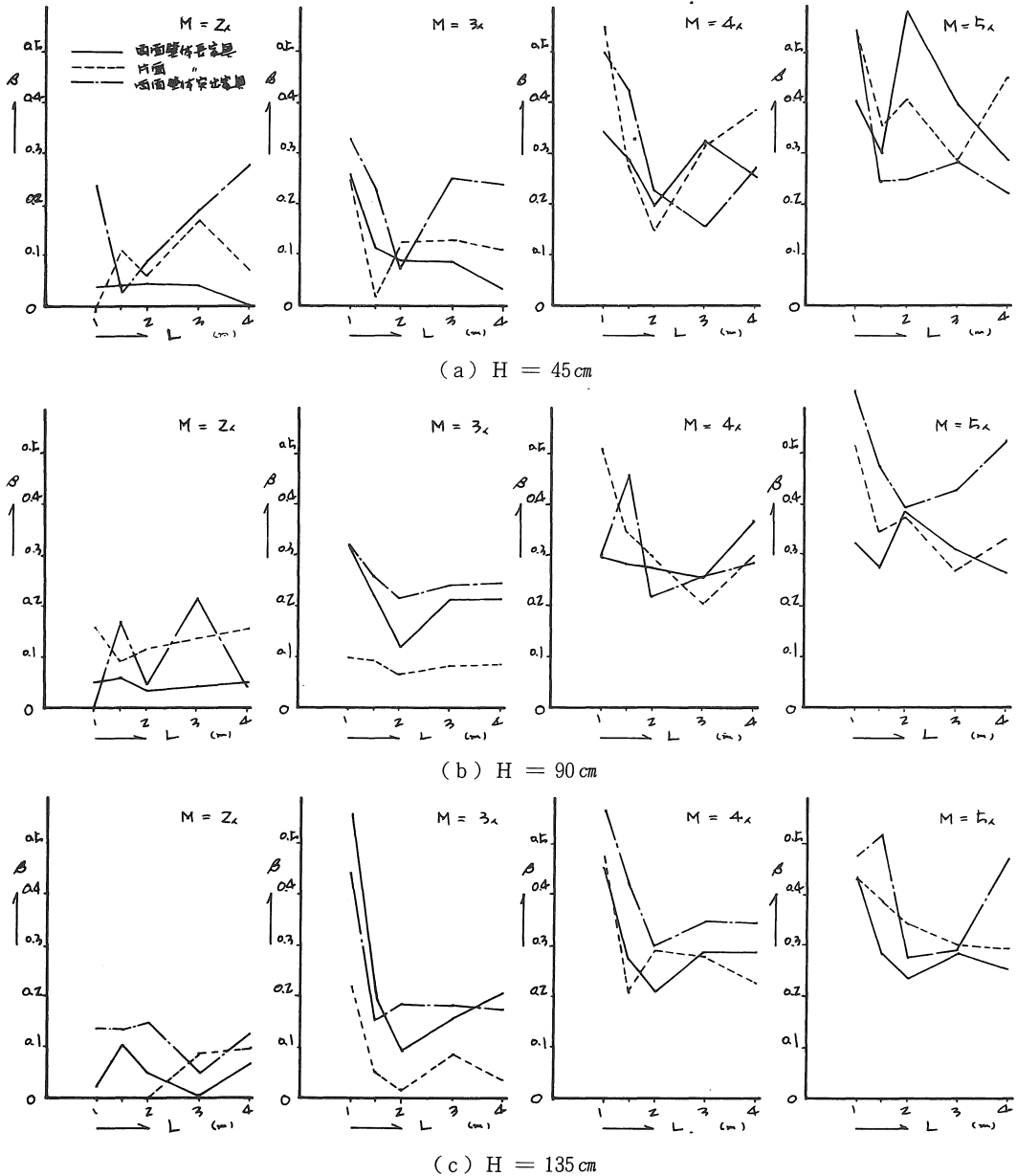


図6 $\beta-L$

数4,5人のようにS.Pから横二列の歩行形態をとると、当然の結果として集団速度は個人速度より遅くなる。

図6は $\beta-L$ の関係を示した図である。 $\beta=(V_i - V_g)/V_g$ は、個人速度と集団速度の差を集団速度で割った割合で、歩行者間隔を示し、 β が大きいほど先頭者と最後尾者の間隔が大きいということである。これによると通路幅が2mあたりで β の変化がみられる。通路幅2mを境にして β は横ばいか、あるいは大きくなる傾向がうかがわれる。これは個人速度が通路幅2mあたりで、横ばいあるいは速くなる傾向と一致する。また人数が多くなるほど β は大きくなる。これを個人速度との関係でみることによって、個人速度と歩行者間隔の相関関係をみたのが図7である。図7で示すとおり、両面壁体長家具ではほとんど β は個人速度ときわだった関係はないが、人数5人では個人速度が速くなると β は大きくなる。しかし他はあまりきわだった傾向はみられない。しいていうならば、片面壁体長家具では、家具高さ別では個人速度が速くなるほど β は小さくなるという結果を得た。また両面壁体突出家具では、個人速度との関係よりも家具

高さによる関係が強い。全体的にみると、人数が多くなるほどそのばらつきは大きくなる。また各歩行空間形態の比較を行なうと、両面壁体長家具でのばらつきは少なく、両面壁体突出家具でのばらつきは多い。

集団速度と肩のふれ角の関係をみたのが図8である。一般に歩行速度と肩のふれ角は反比例の関係にある。両面壁体長家具では、人数が4人を除いてその関係がみられ、人数2,5人では家具が高くなるにしたがって、集団速度は速く肩のふれ角は小さい。片面壁体長家具では、やはり人数4人を除いて反比例の関係にある。人数2,3人では家具が高いほど集団速度は速く肩のふれ角は小さいが、家具が低いと逆に集団速度は遅く肩のふれ角は大きくなる。両面壁体突出家具の場合、人数2人に限って特に肩のふれ角にかかわらず、集団速度はほぼ一定である。また人数3人では家具高さによる差はほとんどみられない。人数4,5人では、主に家具高さ45cmで集団速度は速く肩のふれ角は小さいが、家具高さ90cmでは一般に集団速度は遅く肩のふれ角は大きい。

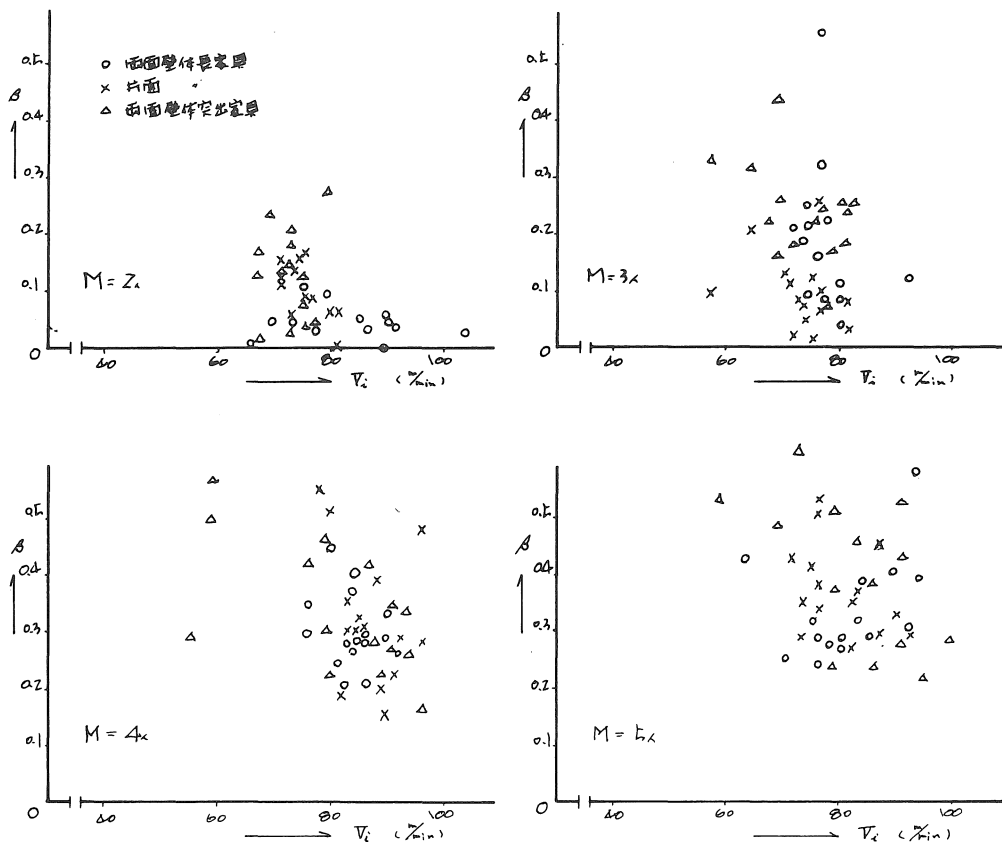


図7 $\beta-V_i$

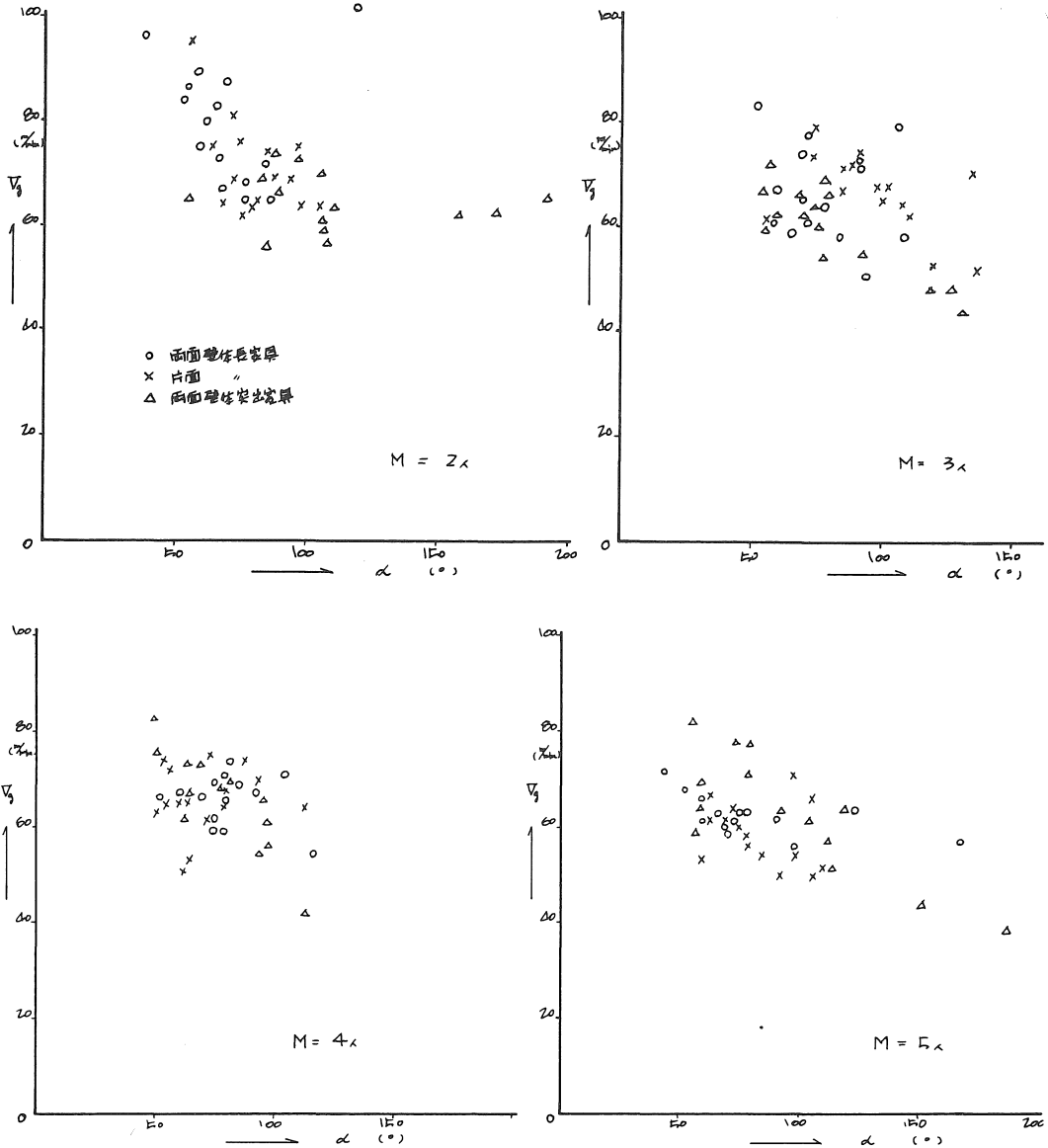


図8 Vg- α

7. 考 察

この結果次のことが考えられる。人数2,4人は特殊なケースとして考えねばならない。すなわち、人数2人は集団というより個人に近く、歩行者個人の特性が出やすい。人数4人は、先頭者がはっきりしているため、家具による影響より歩行者同士の影響が強い。また人数3人と5人では、横一列と二列であるため多少異なった様相を呈することを考慮しておかねばならないだろう。

また両面壁体と片面壁体とは、同じ家具があっても歩行者に与える影響は異なる。長家具を考えると、両面壁

体では家具高さ45cmが歩行者に整然と速く歩行させる効果があると考えられるのに対し、片面壁体では逆に家具高さ135cmがそれに該当する。また突出家具を考えると、通路幅が狭い場合だと強く歩行者に影響を与えるが、広がると家具高さに関係なく、歩行集団全体に与える影響は小さい。家具側歩行者に作用する程度である。

右家具と左家具とを比較すると、一般に右家具の方が歩行者に強く作用するものと考えられる。

歩行特性の関係をみると、一般に歩行形態が整然とした隊形の場合は、歩行間隔は狭く、歩行速度は速く、肩

のふれ角は小さいという関係が成り立つ。しかし、こうしたものは単に一次的な関係をもって成立しているものではなく、総合的な分析が必要であろう。

8. 結 び

両側にそそりたつ壁体のようなものは、歩行者に圧迫感を与え、整然と速く歩かせる要素を持つ。一方開放的な感じを与える通路では、自由にゆったりと歩行させる要素を含んでいると考えられる。こうしたことを考慮すると、歩行空間形態によって家具の選択はなされなければならない。

参 考 文 献

中島 一・建部謙治：人体動作分析による空間規模に関する研究（第28報）
両面壁体据え置き家具 複数歩

行者の通り抜け歩行の場合
昭和51, 10 日本建築学会大会
学術講演梗概集

中島 一・建部謙治：人体動作分析による空間規模に関する研究（第29報）

片面壁体据え置き家具 複数歩行者の通り抜け歩行の場合
昭和51, 10 日本建築学会大会
学術講演梗概集

中島 一・建部謙治：人体動作分析による空間規模に関する研究（第30報）

両面壁体突出家具 複数歩行者の通り抜け歩行の場合
昭和52, 2 日本建築学会東海
支部研究報告