

天井高に関する研究

中島 一 高橋 大善

Study concerning the height of the ceiling

HAZIMU NAKAZIMA, MOTOYOSHI TAKAHASHI,

The authors have continued the study on the space by an analysis of human motins and this paper is the analysing result of a change of the walking form and feeling by a change of the height and the length of ceiling in the usual walking.

In case of thinking the walking feeling only, the height of ceiling to study must be covered from a lower ceiling in a residence to a highest ceiling in a hall, but in this paper we setted the object point in the elucidation on the walking form, pursued the minimum value of ceiling to be able to walk usualy, made clear the walking feeling in this case and determined the height of the ceiling comparative lower.

1. 序

筆者らは、従来より人体動作分析による空間規模に関する研究を継続してきたが、本稿では天井高、天井長による動作形態及びそれに伴う感覚の変化について、通常の歩行を対象として実験、検討したものである。感覚そのものを考えた場合、天井高はホールのように非常に高いものから、住宅等でみうけられる低いものまで検討せねばならないが、本稿においては、一応動作形態の解明に主眼点を置き、通常の歩行が可能な天井高の下限値を求め、この場合の歩行感覚を明きらかにすることとし、天井高は比較的低いものに限定した。

2. 実験装置と実験方法

実験を行う場合の基本的概念として、図1の如き手順を想定し、これに従って遂行した。実験装置は、図2に示す如きもので、骨組は5cm角のアンクル、壁及び天井は合板素地貼、床はPタイル仕上げで、通路巾120cm、基準天井高240cm、通路全長720cmの模型通路である。この模型通路の中央付近において天井高及び天井長を変化せしめた。図1に示した天井高、天井長の実験ケースについて、動作実験では6名、感覚実験では20名余の被験者（標準的体格の男子学生165cm~175cmの身長）で実験し、被験者には実験の目的について若干の説明をするとともに、通常の歩行を行なうよう指示した。

動作実験においては、正面及び側面から8mmカメラにて4コマ/秒で連続撮影を行なって資料を得、感覚実験に

おいては、表1に示す項目についてアンケートを実験直後に行なって資料を得た。アンケート項目は、

- Q₁— 天井高を変化させることによる上下方向の圧迫感
- Q₂— 天井長を変化させることによる重量感
- Q₃— 天井高、天井長を変化させた場合の通路巾の適正感
- Q₄— 総合的なもの

の4つの感覚について行なった。

3. 解析結果と検討

3.1. 解析方法

解析に際しては、図3の如き基本的概念に従った。即ち、本実験は上下方向に圧力を加えて歩行動作及び感覚の変化を調べようとするわけであるから、この変化を考えるうえにおいて、被験者の身長が大きな要素となることが当然考えられ、天井高と身長との差が大きな要素となる。そこで解析を進めるうえでの一つの基準のスケールとして、次式で与えられる Δl を設けることとする。

$$\Delta l = \frac{H-l}{l} \quad \begin{array}{l} H: \text{天井高} \\ l: \text{身長} \end{array}$$

歩行動作形態の解析に供した資料は、図2に示すように、実験用天井の下を通過する際の頭、肩、腰の最も下ったときの床からの高さ (h_h , h_s , h_w) 及び前屈角度 φ 、最大前屈角度 φ_{\max} である。

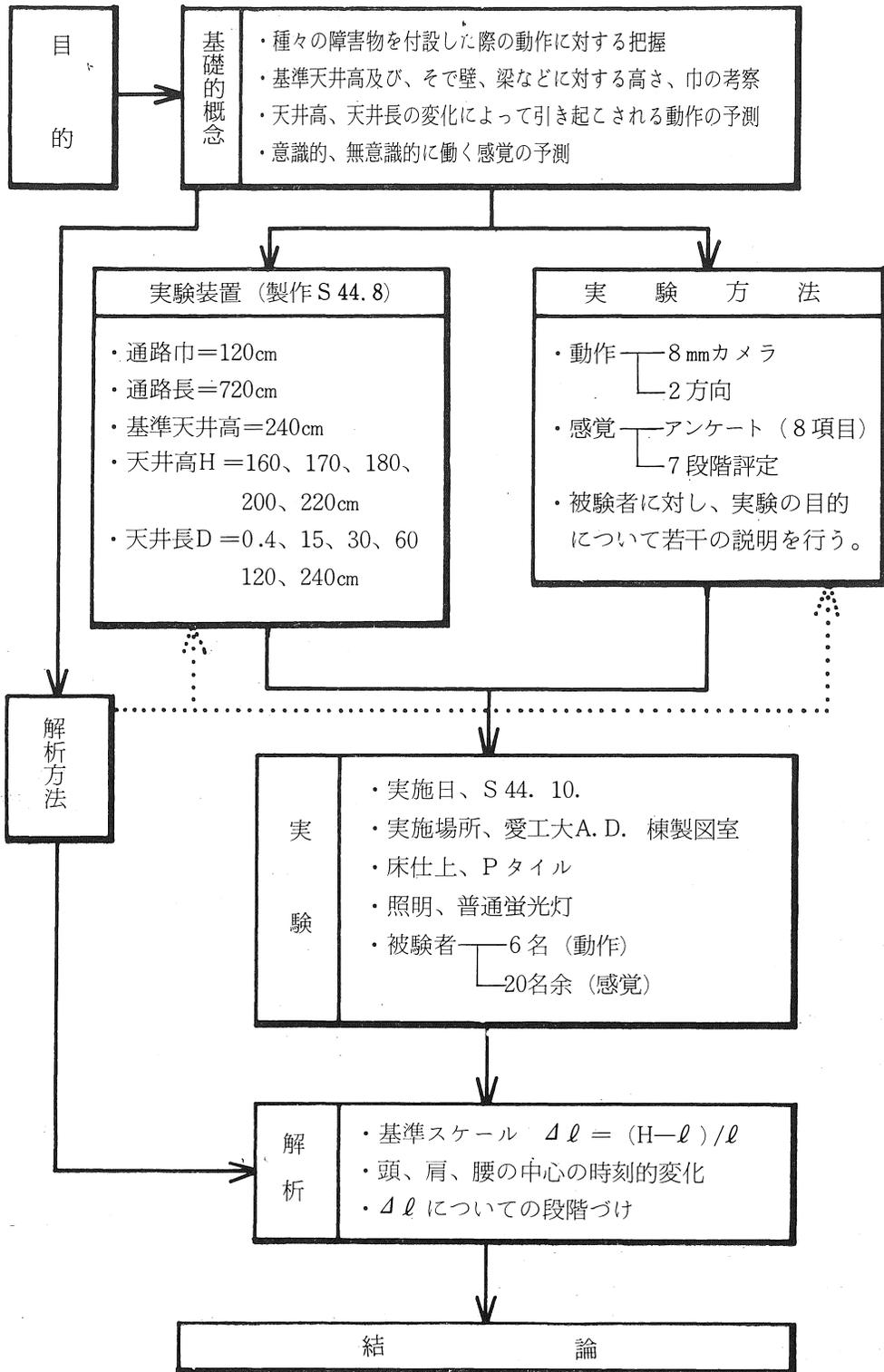


図 1 実験に至る手順

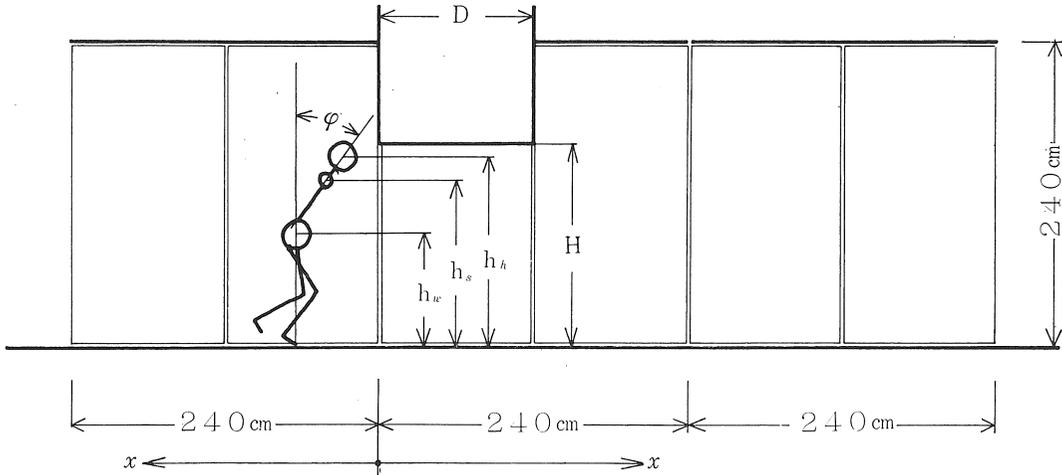


図2 実験装置断面図

3.2. 歩行動作形態

図4は、横軸に dl 、縦軸に Δh_h 、 Δh_s 、 Δh_w 及び φ_{max} をとったものである。 Δh_h 、 Δh_s 、 Δh_w は、静止したときの頭、肩、腰の床面からの高さをそれぞれ $h_{h,0}$ 、 $h_{s,0}$ 、 $h_{w,0}$ とすれば、次の各式より導き出したものである。

$$\Delta h_h = \frac{h_h}{h_{h,0}} \quad \Delta h_s = \frac{h_s}{h_{s,0}} \quad \Delta h_w = \frac{h_w}{h_{w,0}}$$

まず、図4dをみると、 $\varphi_{max}-dl$ の関係は双曲線の傾向を示し、通常の歩行の際の前屈角度が $0^\circ \sim 10^\circ$ の間に分布していることを考慮すれば、 $dl > 0.20$ の天井高になれば通常の歩行に近似すると考えられる。また、 φ_{max} の値は $dl < 0.00$ の天井高において、 dl の値が減少するに従って急激に増大している。次に、図4aをみると、 Δh_h-dl の関係は $\varphi_{max}-dl$ の関係と対称を成しており、 $dl > 0.20$ 、 $dl < 0.00$ の天井高における内容も φ_{max} とほぼ同様であることがわかる。更に、図4b及び図4cをみると、 $0.10 < dl < 0.20$ の間で Δh_s 、 Δh_w は一定値をとりはじめ、傾向としては、 Δh_s は $dl > 0.10$ 、 Δh_w は $dl > 0.15$ の天井高で一定値をとり、通常の歩行に近似してくると考えられる。

以上の結果から、天井高を種々変化せしめたとき、歩行動作形態に関して、大きく4つの段階に分類したものが表2である。段階1としては、通常の歩行が行なわれる $dl > 0.20$ の部分、段階2としては、腰の位置は通常の歩行と変わらないが、頭部あるいは頭部を含む上体全体を前屈する $0.10 < dl < 0.20$ の部分、段階3として、通常の歩行状態より腰を落としかつ前屈姿勢をとる $0.00 < dl < 0.20$ の部分、段階4としては、腰を落とし更にはなほだしい前屈姿勢をとらねば通過できない $0.00 > dl$ の

表1

(評定は、7段階評定とした)

Q1	上から圧迫される ³ 解放的である
Q2	重 軽い
Q3	通路巾が広い 通路巾が狭い
Q4	歩き難しい 歩き易い
	活動的 不活動
	安全な 危険な
	動きが規制される 動きが自由である
	鋭 鈍

部分の4段階である。

天井長の変化に伴う動作形態について、図5により概略を示す。天井長が変化しても、最大前屈角度 φ_{max} の変化をみると、 $D=120cm, 240cm$ では最大前屈角度 φ_{max} が二種類現われている。これらの現象は次の動作形態の特徴を示している。即ち、通過歩行に入る際の前屈姿勢は、天井長の長さにかかわらず dl によりほぼ定まってくる。また $D \leq 30cm$ では通過歩行に入る際の前屈姿勢のみで通過することが可能であるが、 $D \leq 120cm$ では天井長の長さの把握が困難となり、天井の終る点を確認する動作を伴う。

本実験においては、実験用天井へ至るアプローチが $240cm$ と比較的短いため明確ではないが、通過歩行開始点は $dl > 0.20$ では存在せず、 $dl < 0.00$ の場合は実験用天井の前方 $120cm$ 付近にあり、 $0.00 < dl < 0.20$ では、 dl の値が大きくなるに従い実験用天井に近く、また天井による歩行動作開始点の変化はみられなかった。

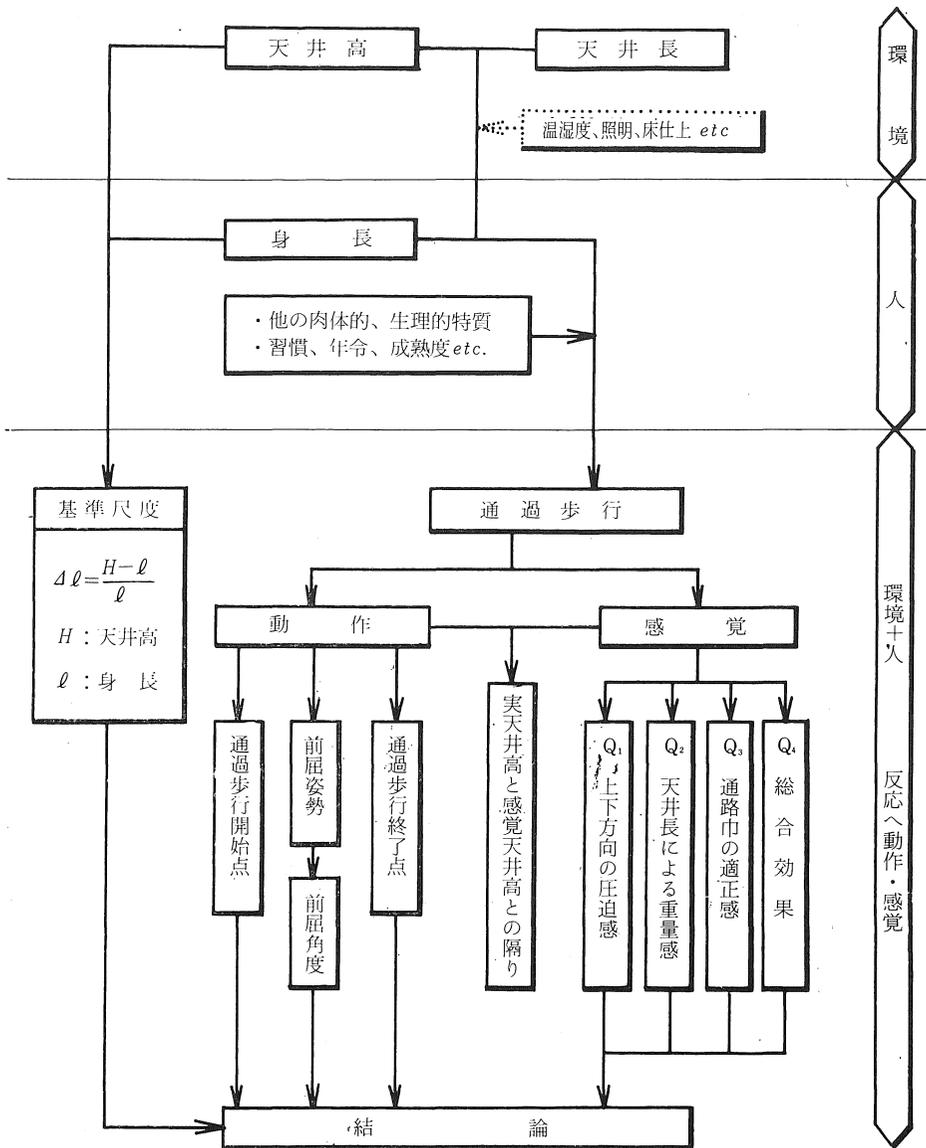


図3 解析の指針

3.3. 歩行感覚

7段階評定中の「全く中間」を期待値として χ^2 検定を行なった結果が表3である。即ち、「歩き難い—歩き易い」についていえば、 χ^2 検定の結果「歩き難い」の方に有意差が出た場合、その実験環境は95%水準で歩き難いことがいえ、その逆は歩き易いことがいえ、有意差の出ないものは、どちらともいえないわけである。なお段階1のうちD=0.4, 15, 30, 60cmについては、サンプルが相当小さいため、参考資料程度としてある。

全体的に表3をみると「鋭い—鈍い」を除いては、全ての項目にわたって段階1は天井高、天井長等の通過歩行上の感覚的圧力を受けていない。逆に段階3ないし4は通過歩行における天井からの圧力を受けていることがわかる。次に、天井長による感覚の変化を全体的にみると、D=0.4, 15cmでは段階3において既に感覚的圧力から解放されているのに対し、D=120, 240cmでは段階4で解放されていることがわかる。D=60cmではサンプルが少ないにもかかわらず段階5で有意差が出ているこ

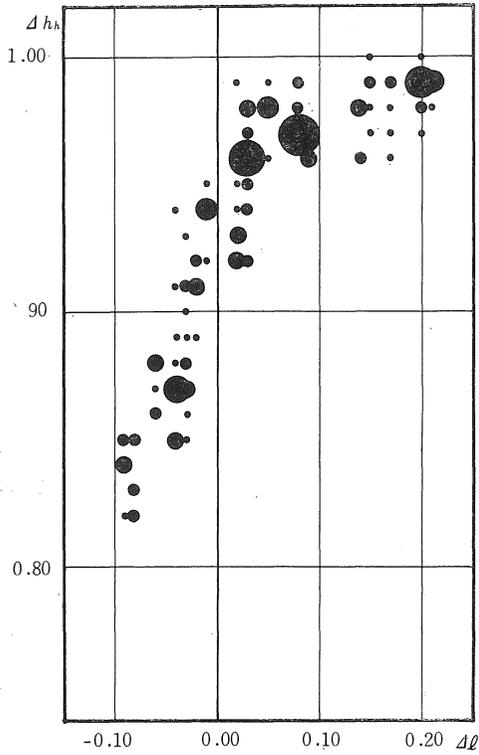


図4a $\Delta h_h - \Delta \ell$

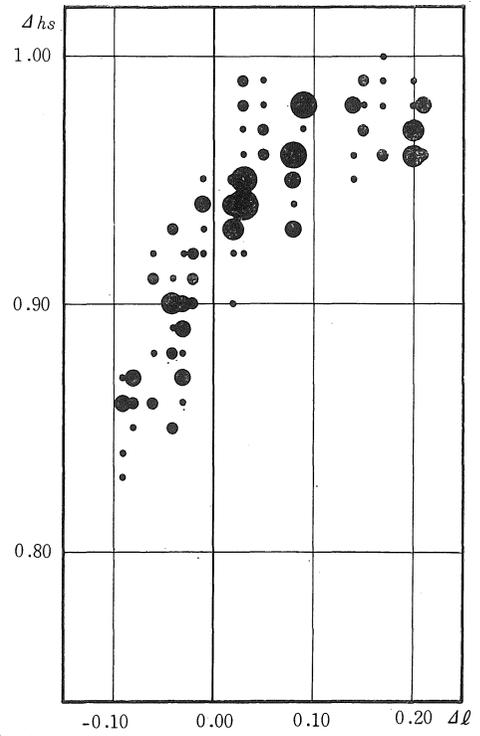


図4c $\Delta h_s - \Delta \ell$

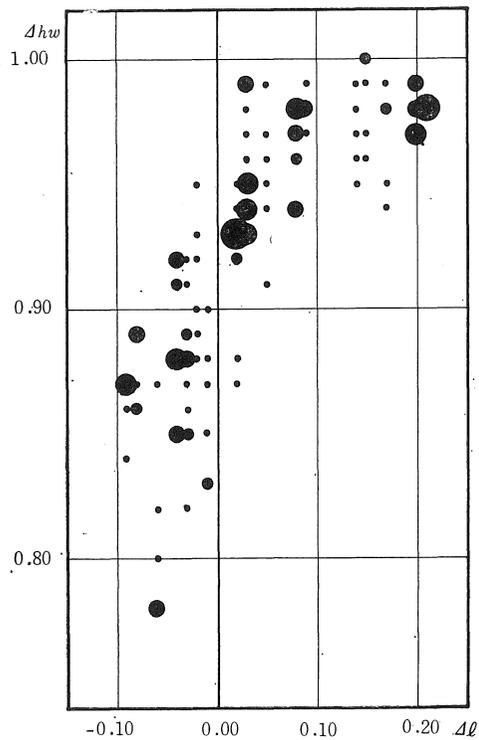


図4b $\Delta h_w - \Delta \ell$

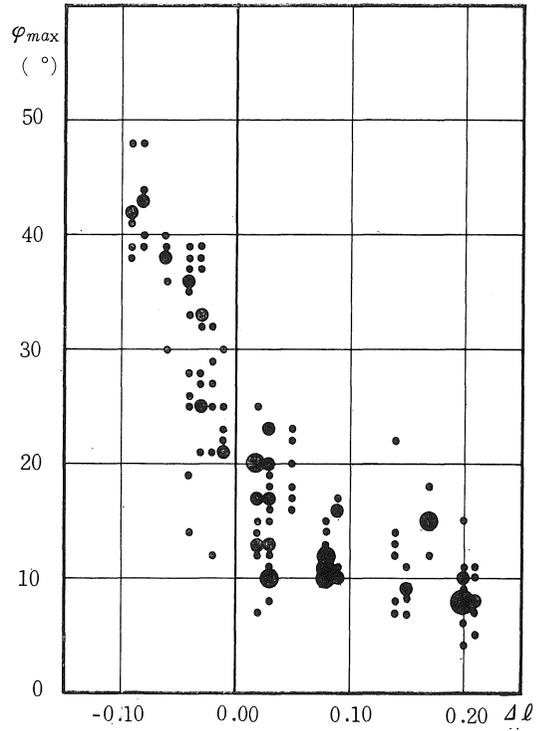


図4d $\varphi_{max} - \Delta \ell$

段階	Δl	頭	肩	腰	動作形態
1	$\Delta l > 0.20$				通常の歩行
2	$0.20 > \Delta l > 0.10$				前屈姿勢を伴う
3	$0.10 > \Delta l > 0.00$				腰を落とした前屈姿勢を伴う
4	$0.00 > \Delta l$				〃 はなはだしい前屈姿勢を伴う

表 2

とを考え合わせれば $15\text{cm} < D < 30\text{cm}$ あたりで天井長に対する歩行中の感覚が一変するものと思っ差し支えない。これらの結果は、前項で論じた歩行動作形態の結果ともよく合致している。

更に詳細に検討を加えるため、各項目について考察を進めた結果が、以下の事柄である。

Q₁— 「上から圧迫される—解放的である」については、「上から圧迫される」側に有意差が先に述べた全体的考察と同様に出ているのに対して、「解放的である」側に有意差が出ているのは2例のみである。これは段階1の実験環境が上から圧迫されるほどではないが、ホールのように解放的な空間ではないという当然の事柄を表わし、段階1ないし2が天井から圧迫感を受けるとはならないということもいえる。

Q₂— 「重い—軽い」について、各段階、各Dの値に対して、天井長による重量感というものを如実に表わしている。即ち、段階4においては天井

長の如何にかかわらず天井からの重量感を感じ段階3では $D \geq 60\text{cm}$ で、段階2では $D = 240\text{cm}$ で感じている。これに呼応して重量感を感じなくなるのは、段階1, 2の $D \leq 15\text{cm}$ 、段階1の $D \geq 60\text{cm}$ である。

Q₃— 「通路巾が広い—通路巾が狭い」については、段階4ないし3において、狭い側に有意差が出ているが、広いのは1例のみである、これはQ₁と同様のことがいえ、段階3, 4では天井よりの圧迫感を感じることから自然に通路巾も120cmでは狭く感じるが、圧迫感を感じなくなった場合でも、巾が120cmでは広いとは感じない。しかし通過歩行については狭くもないという当然の結果であって、本実験において一定とした通路巾は、実験に支障をきたすものではなかったことを示している。

Q₄ の各項目については、以上述べた事と同様であって、 $15\text{cm} < D < 60\text{cm}$ で天井長に対する歩行中の

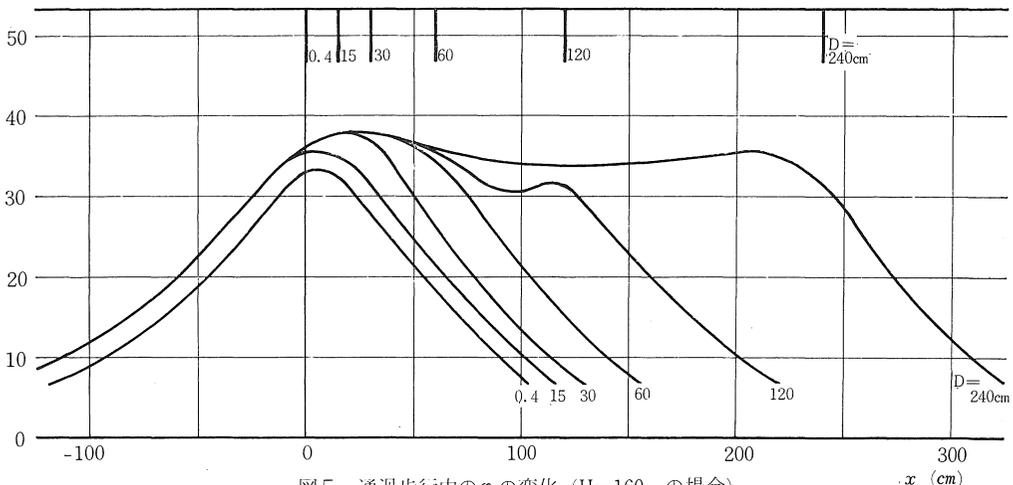


図5 通過歩行中のφの変化 (H=160cmの場合)

図 5 通過歩行中のφの変化 (H=160cmの場合)

表 3

(付号は有意となった側を表わす。 *有意 **非常に有意)

言葉対		Dcm							
		0.5	15	30	60	120	240cm	全体	
Q ₁	解放的である (+)	1	3.00	-0.33	1.00	3.00	**	1.00	**
		2	3.50	6.40	-1.29	0.69	**	-8.33	**
		3	-0.04	-0.93	-1.57	-21.16	**	-19.59	**
	上から圧迫される (-)	4	-18.18	-7.35	-19.17	-16.67	**	-23.00	**
Q ₂	軽 (+)	1	3.00	3.00	1.00	4.00	*	7.12	**
		2	4.57	4.00	-0.14	0.00	*	-6.75	*
		3	0.93	-0.15	-0.38	-5.76	**	-19.59	**
	重 (-)	4	-11.64	-6.26	-17.39	-24.00	**	-23.00	**
Q ₃	通路巾が狭い (+)	1	0.00	3.00	1.00	0.25	1.00	*	**
		2	0.29	1.78	0.14	0.31	1.23	0.08	2.45
		3	0.00	0.04	0.04	-0.64	0.86	0.93	0.23
	通路巾が広い (-)	4	7.68	9.78	8.52	10.67	9.33	7.35	53.13
Q _{4.1}	歩き易い (+)	1	3.00	3.00	1.00	4.00	**	5.56	**
		2	5.99	4.00	0.00	0.69	-0.31	-1.33	2.49
		3	-0.93	0.33	-2.78	-11.56	**	-14.81	**
	歩き難い (-)	4	-8.91	-11.13	-19.17	-24.00	**	-23.00	**
Q _{4.2}	不活発 (+)	1	-3.00	-3.00	-1.00	-1.00	-3.06	-5.56	**
		2	-8.64	-4.00	-0.14	-0.08	0.08	2.08	-2.49
		3	0.04	0.59	1.57	6.76	9.97	6.26	18.46
	活動的 (-)	4	13.14	11.13	14.09	16.67	17.19	23.00	92.24
Q _{4.3}	危険な (+)	1	-3.00	-3.00	-1.00	-4.00	**	-12.50	**
		2	0.00	-0.11	0.14	0.00	0.08	1.23	0.37
		3	5.33	1.81	3.52	1.00	9.14	23.15	43.92
	安全な (-)	4	10.23	11.13	13.14	24.00	21.00	19.17	99.67
Q _{4.4}	動きが自由である (+)	1	3.00	3.00	1.00	4.00	**	1.47	**
		2	5.79	5.44	0.00	0.08	-1.23	-8.33	**
		3	-0.93	-1.81	-0.39	-2.56	-21.55	-18.62	**
	動きが規制される (-)	4	-18.18	-4.55	-16.67	-16.67	-17.19	-15.70	**
Q _{4.5}	鈍 (+)	1	3.00	-3.00	1.00	4.00	*	2.38	**
		2	0.69	1.78	0.00	7.69	1.92	4.08	**
		3	-0.35	3.00	3.52	6.26	0.31	0.35	5.84
	鋭 (-)	4	0.18	0.18	3.68	4.17	3.86	2.78	14.45

感覚が一変することを示し、段階3ないし4において通過歩行に支障をきたす感覚的圧力があり段階1ないし2ではこのような圧力は受けていないことを示している。

以上考察した結果に基づいて、各段階、各Dの値(D=0.4, 15cm, D=30, 60cm, D=120, 240cm)を代表する感覚の度合いを7段階評定中の平均値で示したものが図6である。

4. 結

天井高、天井長を種々変化させた場合の動作形態の変化を、歩行を対象として動作及び感覚の二面から分析した。その結果、天井高については4つの段階、天井長については3つの段階が存在することが明らかとなり、各段階の内容は前項の通りである。本稿においては、通常の歩行が可能な天井高の下限値を求めることを主眼点としたため、比較的低い天井高について実験、検討を行な

ったが、今後の課題としては、ホール等の高い天井等について、雰囲気的な感覚調査を行う必要があると考えられる。拙筆にあたり、終始御懇篤な御助言、御助力を賜わった工学博士宮野秋彦名工大教授に深謝の意を表するとともに、実験に際し、被験者として快く協力を頂いた愛知工業大学建築学科学生諸君に記して謝意を表する。また、資料整理にあたって惜しまぬ協力を頂いた愛知工業大学建築学科中島研究室各位に厚く御礼申し上げる。

参 考 文 献

池 辺 「人体動作の Modular Points」

日本建築学会論文報告集 第66号
清家, 高浜「住空間における動作の実験」

日本建築学会論文報告集 第57号
青 木「住宅における行為と空間規模に関する研究」

日本建築学会論文報告集 第54号
宮野, 中島, 高橋「天井高に関する研究 (第1報)」

日本建築学会大会学術講演梗概集 S.45.9
宮野, 中島, 高橋「天井高に関する研究 (第2報)」

日本建築学会東海支部研究報告集第8号 S.45.11
意味尺度研究会

「S.D法による日本語の意味構造の研究」
市場調査. 第82号 S35

デザイン計画の調査と実験

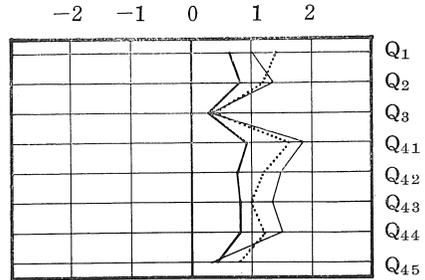


図6a 段階 1

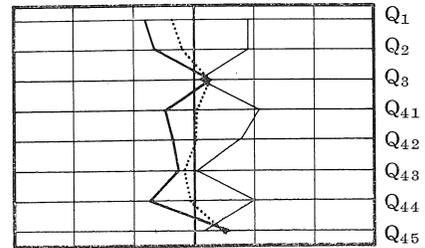


図6b 段階 2

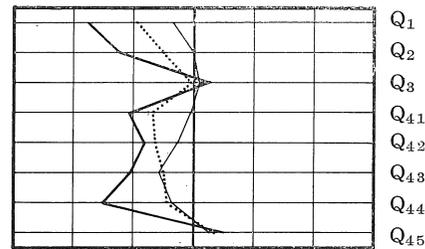


図6c 段階 3

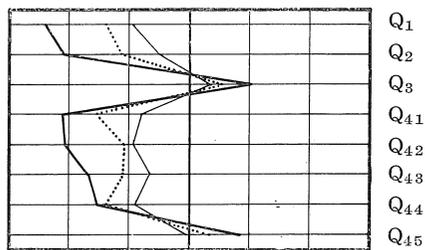


図6d 段階 4

- | | | | | | | | | | |
|----------|-----|----------|------|-----|------|---|------|---|------|
| 上から圧迫される | ——— | 解放的である | Q1 | | | | | | |
| 重 | い | ——— | 軽 | い | Q2 | | | | |
| 通路巾が広い | ——— | 通路巾が狭い | Q3 | | | | | | |
| 歩 | き | 難 | い | ——— | 歩 | き | 易 | い | Q4.1 |
| 不 | 活 | 発 | ——— | 活 | 動 | 的 | Q4.2 | | |
| 危 | 険 | な | ——— | 安 | 全 | な | Q4.3 | | |
| 動きが規制される | ——— | 動きが自由である | Q4.4 | | | | | | |
| 鋭 | い | ——— | 鈍 | い | Q4.5 | | | | |

- D = 0.4, 15cm
- D = 30, 60cm
- D = 120, 240cm