

# ドアに関する人体動作分析

中 島 一, 高 橋 大 善

## Analysis of human motions concerning the door

Hazimu NAKAZIMA, Motoyoshi TAKAHASHI

The studies of human motions in Architecture is classified following the two. Firstly it is the study of constructive number on the work control in the process of construction and secondly it is the study of human motions in the case of those that building is used. This report belongs to the second one and it is concerned in the scale of architectural design.

The object of the research in this report is the usual human motions concerning the door and surrounding the door. Namely, the function of door is firstly the secession and the combination of two space phisically and secondly the qualitative symbol of the inner space mentally, and this report contains the study of the first aspect by the analysis of human motions in order to supply the basic data in architectural design.

### 1. 緒 言

建築に於ける人体動作に関する研究は、まず建築物が建設される過程での工程管理などで問題となる「工数」に関するもの、及びその建物を使用することによって生ずる「人体動作」の二つに大別されるが、本稿は後者に属するものであって、建築設計での設計規模につながりを持つものである。本稿ではドア及びドア周辺の日常的な人体動作を検討の対象としている。即ち、ドアの機能は、空間の分離と結合（二つの空間の出入り一物理的）、及びドア内部空間の定性的象徴（心理的）の二つに大別できるが、この内前者を人体動作分析によって検討し、建築設計に於ける基礎資料を提供しようとするものである。

### 2. 基礎的考察

人体動作は、人が感覚器管より受けた情報量を量的、質的に評価した結果の具体的表現であると考えられる。此の一つのプロセスに関わり合うものは全て要因となるわけであるが、本稿では、情報を発するものとして「ドア及び周辺の環境」更に天候などの「総合的環境」、その情報を受けとめ評価する「人」の三要因に大別している。総合的環境については、実験日を同一の季節、天候とし、これより受ける影響をできるだけ一定としている。従ってドア及び周辺の環境を変化せしめ、これを検討の対象としている。人については、いわゆる個人差ということも考えられるが、E. C. Tolman によれば、環境よりの刺激、人の肉体的条件、遺伝、過去の練習、年齢に

よる成熟度の五つのカテゴリーから人の行動は決定される。まず肉体的条件についてみると、人の生物学的作業能力は20才台を頂点として年齢とともに低下する。また多くの人がドア開閉に慣れている現在、遺伝は余り問題になるとは考え難い。過去の練習については、ある特定のドアについて、その開閉に慣れていれば安定性のある動作となり、慣れていなければ不安定な動作になるということであって、前者は全く日常的な開閉動作、後者は避難などの動作と考えられる。最後に年齢による成熟度は、幼児と成人とは異なるものであるが、成人となった場合は、その開閉動作は個性を持って安定してくるものと考えられる。

以上より、本稿のための実験に用いた被験者は、動作が比較的活発と考えられる22, 3才の男子とし、検討の対象が日常的な開閉動作ということで、被験者には実験前に充分そのドアを熟知するよう練習動作を行わせた。

また、ドア及び周辺の環境については、材質・色彩・照明などは余程極端な場合でない限り、寸法・位置などの、いわゆる物理的の量に比べて、その影響は小さいと考えられるので、本稿では、まずこの寸法・位置についてのみ考え、他は一定とした。

### 3. ドアの設置方法について

ドア寸法、把手位置などについては、従来より種々の研究が成されており、諸氏の研究成果によれば、ドア幅60cm以上、把手高90cm内外、且つドア高さ(開口部高)が身長に適当なクリアランスを加えたものであれば、ドア開閉動作はスムーズに行われるということより、実験

に使用したドアは、幅 80cm、高さ 204cm、把手高 90.5 cm の白色メラニン合板片開きスウィング・ドアとした。case - variation は、ドアが進行方向に向かって右にあるか左にあるか、及び把手位置の遠近、内開き外開きを考え、且つドアを開け放して入室する場合と、入室後ドアを丁寧に閉じる場合をも考慮し計8×2=16通りについて行った。被験者は男子学生6名で、各々の開閉動作を頭上より8mmカメラにて撮影し基礎資料を得た。

動線の大略の傾向を示したのが図-1である。左、右ドア(c)の違いは認められずば対称形を成し、case A, Bによる違いは開扉時まではみられず、当然のことながら、その後違いが出てきている。内、外開き(a)については、a<sub>1</sub>は滑らかな動線を持っているのに比し、a<sub>2</sub>はしばしばスイッチバック状の動線を持っている。把手遠、近(b)に於いても本質的な違いは判然としない。

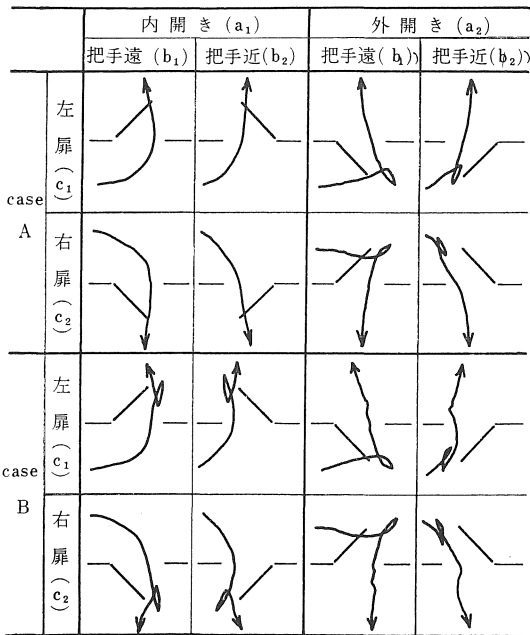


図-1 動線の傾向

次に、人体がドアに向かって回転を開始する直前の肩峰線を基線として、各時刻の肩峰線角度  $\theta$  を測り、これを下式の如く集計して肩峰線角度総量  $M$  を求めた。(図-2)

$$M = \sum |\theta_i - \theta_{i-1}| \quad i=1,2,\dots,n$$

この肩峰線角度  $\theta$  についてみても、c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>による違いは認められず、また図-3に示す如く、case A, Bによる差異は、その値のみで傾向は似ている。b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>につ

いては、把手を把んだ後の傾向が全く異り、a<sub>1</sub>よりa<sub>2</sub>の方が値は大きく、傾向は同一であった。

更に肩峰線角度総量  $M$  によって分散分析を行ったと

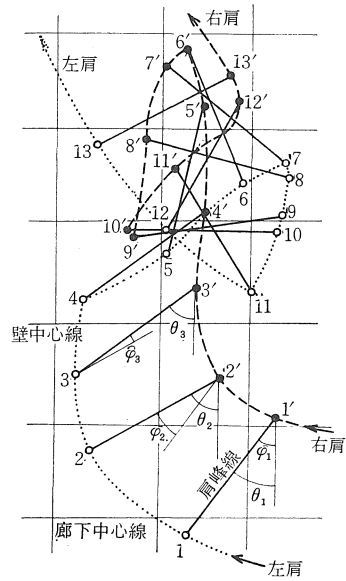


図-2 基礎資料一例

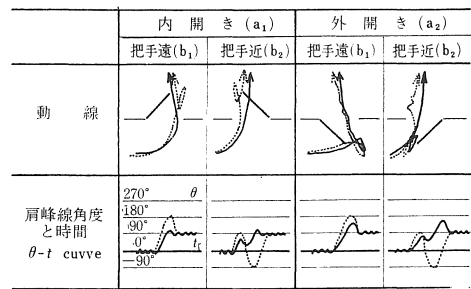


図-3

(註: 実線は caseA, 点線は caseB)

ころ、a<sub>1</sub>とa<sub>2</sub>、case AとBの二つの組み合わせについて有意な差が認められた。

従って c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub> という因子は開閉動作に於いては余り重要な因子とはなり得ないことが判明したので、動線と肩峰線角度のみについて示したのが図-3である。図にみられる如く、内開きドア(a<sub>1</sub>)の場合は比較的簡単に入室できるが、case Bの場合ドアを閉めるという動作を伴うため結局スイッチバック状の動線を持たざるを得ないこと、外開きドア(a<sub>2</sub>)では入室前に既にスイッチバック状の動線を持ち、そのときは人体も大きく回

転しているためドアを閉める行為が比較的簡単に出来ることが判る。

以上より、本項の結論としては以下の事柄が云える。ドア設置方法で、まず第1に開閉動作に影響を及ぼす要因として「内開き、外開き」があり、第2に「把手の遠近」がある。また、ドアクローザー等のついたスウィングドアであるか、丁寧に閉じる必要のあるドアかによっても開閉動作は異り、それらの内容は、先に述べたとおりである。

4. ドア周辺に家具設備等を配した場合の人体動作

本項に於いては、ドア周辺に家具設備等を配したとき、人体が受ける影響を定量化し、等影響力範囲を決定することを目的とする。

木造実物大模型家屋(図-4)に、設置するドアの設置方法については前項の結果から、内、外開き、把手位置の遠近を考慮せねばならないが、把手位置の遠近は、ドア面に対して直進すると仮定すれば、その影響は一応除かれる。つぎに内、外開きということは、即ち図-5の進行方向A、Bの違いと同一である。しかし前項の結果から、その動線は図のように、ほぼ同一の形態をとると考えられ、いずれか一方を行えば他は類推できると考えられる。更に家具設置方法は、1、1'、2、2'の四通り考えられるが、開閉動作がドアの把手付近で行われるということを考えて、まず1、2の設置方法が問題となってくる。しかし動線は、1という設置方法の家具に特に接近すると考えられるので、本稿に於いては、1という設置方法で、Aという進行方向とし、ドアを開けて丁寧に閉じる動作を対象とした。そして前項と同様に被験者は男子大学生5名とし、前項と同様の手続きでもって基礎資料を得た。

設置すべき家具設備の形態と設置方法は、実際例の資料収集から表-1のように決定した。実際には、このように据置型家具(下駄箱など)、突出型家具(手洗器、棚

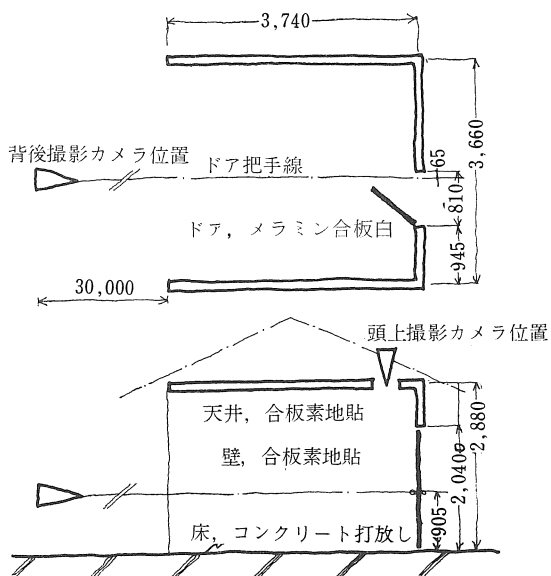


図-4 木造実物大模型家屋(単位mm)

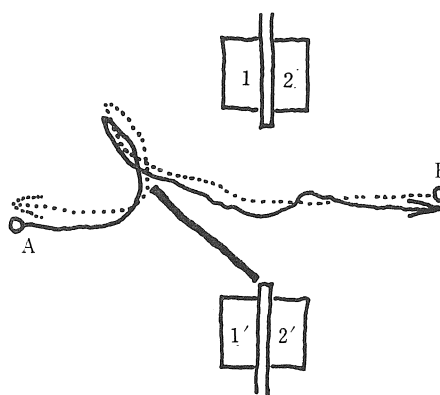


図-5

など)、吊下型家具(洗面戸棚など)、障壁(ついで、スクリーンなど)に大別され、その設置高さ、突出長は

表-1 case - variation 一覧

形態	突出張 $\ell$	ドア端から家具までの距離 $d$	床面より家具までの高さ $h^*$
据置型家具	40, 60	0, 10, 20, , 40, , 60	20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200
突出型家具	20, 40,	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60	同上
吊下型家具	20, 40, 60	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60	80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240
障壁	—	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70	—
備考	註、据置型は家具上端まで、他は下端までとする。 単位は全て cm		

PLAN

ELEVATION

表-1でカバーされており, 突出型家具の家具厚  $S$  は 2, 20, 60cmの三種とし, 各々について表-1のケースを実験した。

4.1 基礎的考察

ドア開閉動作を一つのプロセスとして考えてみると, これは図-6のような事項から構成されている。解析に際しての Check Point は, 図-6に示すように開閉動作開始点, 開扉動作開始点, 人体最大接近点, 開閉動作終了点の4点が考えられる。ここで当面, 問題としているのは特に開扉時に障害となる家具設備の影響であるから, 開閉動作終了点は, さして問題とはならず, むしろドア線上通過点の方が重要となってくる。開閉動作を抽象化して考えると, 図-6のように開扉動作開始点  $(x_1, y_1)$ , 人体最大接近点  $(x_2, y_2)$ , ドア線上通過点  $(x_3,$

$y_3)$  或るいは  $(x_3, y_3)$  の替わりに進入角  $\eta$  により決定される。従って頭上撮影より得た資料は開閉動作開始点,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_2)$ , 進入角  $\eta$  及び補足的にドア最大開角度  $\phi_{max}$  である。背後撮影からは, 人体最大接近時の人体五基準点(頭, 肩, 肘, 腰, 足)のドア把手線からの距離を測定した。尚, 頭上撮影の測定の際の座標は図-6に示す通りである。

4.2 等影響力範囲

背後撮影に於ける五基準点が, それぞれ人体各部を代表する点であるとすれば, これら五つの資料を五次元空間にプロットして得られる位置ベクトルを  $X$ , 自由動作(家具設備を設置しない場合の開閉動作)時のそれを  $M$  とし, 二つの位置ベクトル間の距離  $(t)$ , 余弦  $(\cos\psi)$

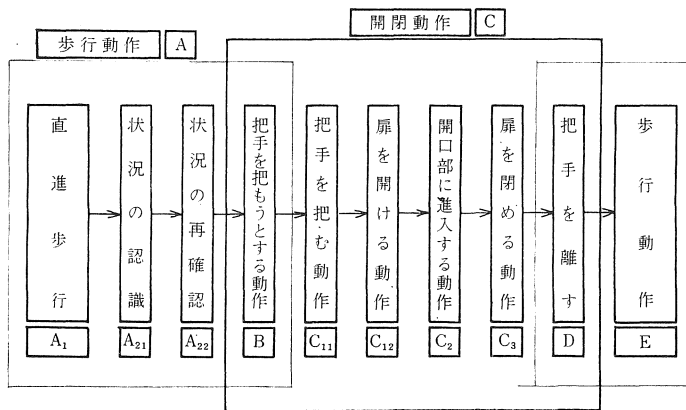


図-6 a

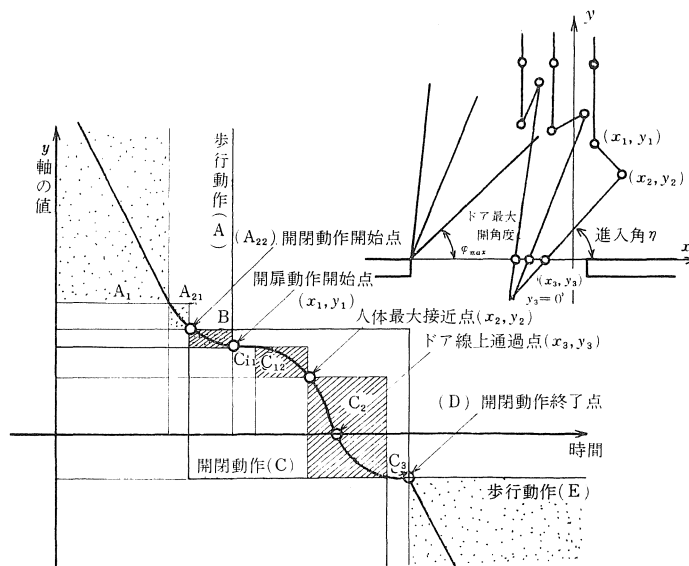


図-6 b

が得られる。 $t$  は家具設備より受けた影響の大きさを表わし、 $\cos\psi$  は、その影響のため生じた体のバランスの崩れぐあいを表わしている。この  $t$  と  $\cos\psi$  は必然的に相関関係を有し、15名の被験者全体を通じ  $r=0.819$  という相関係数を示している。そこでこの  $t$  と  $\cos\psi$  より影響を6階級に分類し、各測定点で示す階級値を Check する事により各階級の分布範囲が得られるわけである。

階級1は、自由動作に近似したもので、 $\chi^2$  検定により有意差の出ない範囲とほぼ同じである。 $(\chi^2$  検定の際の期待値は自由動作時の値である。) 階級2は  $\cos\psi=1$  となり、自由動作と同じ体のバランスは保ってはいるが、家具からの影響が認められるものである。階級3, 4, 5, 6 は  $t$  と  $\cos\psi$  の関係から割り出したもので、体のバランスも自由動作とは異り、影響も階級の値が上がるに従い大きくなる。

このようにして分類した階級が頭上撮影の結果と合致して始めて等影響力範囲を示すことができる。実際に、各被験者について相関係数を計算し、その平均と標準偏差を示したのが表-2であって、ほぼ良好の値を示している。

表-2 各被験者の相関係数  $r$  の平均と標準偏差

	$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$	$\eta$
$r$ の平均	-0.722	0.398	-0.819	0.756	0.716
(標準偏差)	(0.110)	(0.105)	(0.049)	(0.070)	0.097

この表の結果から、さきに示した階級化は、家具による影響とはほぼ1対1の対応を示していると考えてよいので、階級1の分布範囲を領域1、階級2の範囲を領域2、階級3+4の範囲を領域3、階級5+6の範囲を領域

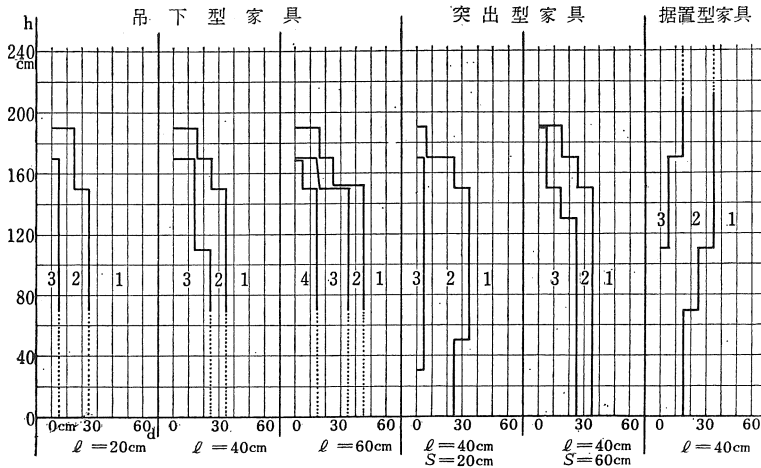


図-7 等影響力範囲の一例

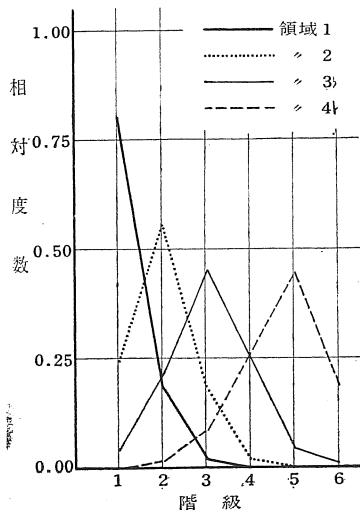


図-8 各領域に於ける階級の現れ方

4として、これら4つの領域を求めたものの一部が、図-7である。尚、吊下型家具  $h \leq 60\text{cm}$  等の未測定点の階級は、これと近似的な影響を示すと考えられる他種家具(据置型家具  $h \leq 160\text{cm}$ )の測定値の階級を基に決定した。

各領域に於ける階級の現われ方を相対度数で表わしたのが図-8である。領域1では階級1が80%現われ、領域2では階級2が55%、領域3では階級3+4が70%、領域4では5+6が63%現われていることを示しており、各領域とも正規分布によく近似した現われ方をしている。

5. 開閉動作特性

5.1 平面的な動作特性

以上より求めた資料により、動線を中心にして開閉動作特性を検討吟味した結果、図-9及び以下の事柄が判

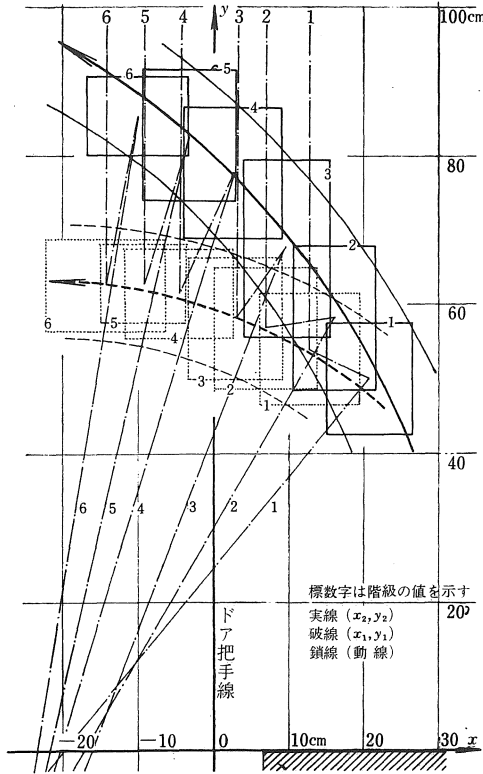


図-9 平面的な開閉動作特性 (動線)

明した。

まず開扉動作開始点  $(x_1, y_1)$  (把手を把む位置) は  $(-20, 0)$  を中心として半径  $50 \sim 70\text{cm}$  の範囲にあり, 階級の値が大きくなるにつれ図-9の矢印の方向に移動して行く。これは把手を把まねばならないため, 必然的に幾何学的規則性を持つと考えられ, 肩峰線はこれを補うため階級1では図-10aのように, 階級6では図

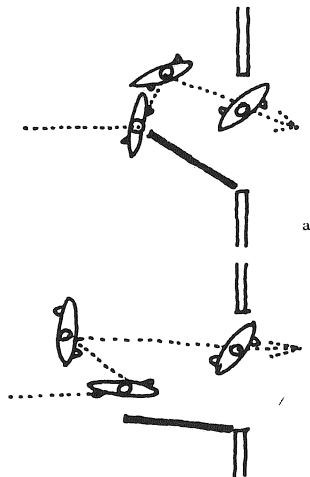


図-10

10bのように変化している。人体最大接点  $(x_2, y_2)$  はドア蝶番を中心として  $100 \sim 110\text{cm}$  の範囲を  $(x_1, y_1)$  と同様に移動する。これもドアの把手を握って開けるという行為に拘束されるため, 幾何学的規則性を持っているものと考えられる。ドア線上通過点  $(x_3, y_3)$  は階級の値によって変化することなく, ほぼ一定の値を保ち  $(-20 \pm 10)$  の範囲にあり,  $(x_1, y_1)$  の分布の曲率に対する中心となっている。この値は肩幅の  $1/2$  に適当なクリアランスを加えたものであると考えられる。またドア最大開角度  $\phi_{\text{max}}$  は進入角  $\eta$  と同様の値を示している。

以上の如く, 平面的な動作特性は非常に明確な幾何学的規則性を有していることが判る。

### 5.2 立面的な動作特性

立面的な動作特性をみるため図-7を観察すると  $h = 100 \sim 120\text{cm}$  を境いとして階級の分布状態を異っている。これは  $h \leq 80\text{cm}$  では上体を前屈して開閉動作を行うことができ,  $h \geq 100\text{cm}$  ではそれが出来なくなるためと考えられる。このため突出型家具の各領域境界線は, 吊下型家具の  $h > 100 \sim 120\text{cm}$  と据置型家具の  $h < 100 \sim 120\text{cm}$  の二つの境界線を合成したものと良く似ている。(図-11参照) これより人間は, まず腰より下に物体が

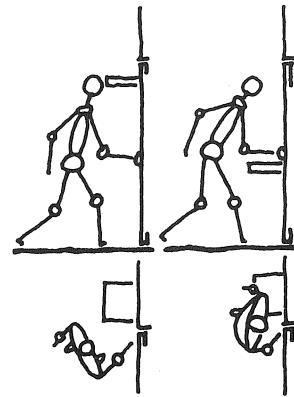


図-11

ある場合には, それが比較的邪魔にならねば前屈姿勢で動作を行い, その物体の奥行が長い場合 ( $l \leq 40\text{cm}$ ), 物体をよけて動作を行い, 更に  $h \geq 120\text{cm}$  では, その物体をよけて動作を行うということが窺える。

また五基準点の  $d, h$  による変化を吟味してみると, その変化の仕方という点で, 頭, 肩, 肘の部分と腰, 足という二つの部分に大別される。即ち上体と下体に人体は分離でき, これは先程の  $h = 100 \sim 120\text{cm}$  を境いとして領域境界線が異なることも一致し, 従って立面的な動作特性を考える場合, 腰部の動きが最も重要となってくることから, 立面的な意味での動線は, 腰部の動きをもって代表すべきであろう。

6. 結 論

以上のような実験及び解析を進めて次のようなことが判明した。

1. ドアの設置方法では内開き、外開きが開閉動作を大きく規定する。従って、動線の主方向を見究めた上で、内、外開きは決定せねばならない。
2. 開閉動作の動線は明確に幾何学的規則性を有し、その内容は図-9に示したとおりである。
3. ドア周辺に家具設備を配したとき、
  - その等影響力範囲は、図-7に示すとおりである。
  - 家具設置高さについて、 $h=100\sim 120\text{cm}$ を境いとして開閉動作は大きく異なる。
  - 突出長  $\geq 60\text{cm}$ になると開閉動作は余り変化がない。

大まかな結論としては、以上の三つに分類できるが、本稿では、開閉動作に於ける物理的な面のみ問題としてきたことから、今後の問題点としては、まず第1に、心理的な面からの追求が肝要であり、次に避難等の緊急の場合についての人体動作の追求、或るいは、数人で行われるドア開閉の問題等が考えられる。

最後に末筆ながら、終始御懇篤なる御助力を賜った工学博士宮野秋彦名工大教授、工学博士中村洋名工大助教授に深謝の意を表するとともに、種々御協力を賜った名工大宮野研究室関係各位に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

建築設計資料集成 1.  
池辺陽「人体動作の Modular Points」  
日本建築学会論文報告集 第66号  
東京工大. 清家研究室の一連の人体動作に関する研究  
宮野ほか「人体動作分析によるドアの取付方の考察」  
日本建築学会論文報告集 第84号  
宮野・黒田「ドアに関する人体動作分析第5報」  
日本建築学会東海支部研究報告集 第4号  
宮野・山田「 同上 第6報」  
同上 第6号  
宮野・中島・小出「 同上 第7報」  
同上 第6号  
宮野・中島・高橋「 同上 第8報」  
同上 第6号  
同上 「 同上 第9報」  
日本建築学会中国大会学術講演梗概集 S.43  
同上 「 同上 第10報」  
日本建築学会北海道大会学術講演梗概集 S.44  
同上 「 同上 第11報」  
日本建築学会東海支部研究報告集 第7号