立ち座り動作における動作・心理特性にもとづいた空間寸法の評価*

横井孝志**, 金子文成**, 山田 洋**, 長谷和徳**, 佐藤紀久江***, 秋廣武志****

The distance between a wall and the anterior side of the human body was evaluated based on kinematic and psychological characteristics of the standing-up and sitting-down movement. The experiment was carried out by setting up a variable experimental space. Both the chair height and the distance between a wall and the subject's body were varied at random in the experimental setup. The adult subjects were asked to perform standing-up and sitting-down movements. The body landmark positions in these trial movements were measured using a motion-capture system. Each subject was asked to evaluate pressure sensation based on the feeling of pressure given by the wall during the motion. According to the above experiment, following results were obtained: 1) When distance between chair and wall (D [m]) ≤ 0.8 , the pressure sensation was felt both when standing up and sitting down, while the movements were restricted by the wall. 2) In the case of $0.8 < D < 1.3$, the standing-up and sitting-down movements were not restricted by the wall, but a few pressure sensation was felt. 3) In the case of $1.3 \leq D$, the movements were able to be done naturally without any pressure sensation.

立ち座り動作における運動学的、心理的特性にもとづいて身体前面壁と身体との距離を評価した。寸法が可変の実験用空間を設け、9種の壁距離と3種の椅子座面高とをランダムに組み合わせて空間を設定し、動作計測実験を行った。健康な19名の成人被験者に立ち座り動作を行わせ、体表に付けた標点の位置を二次元の自動画像計測装置で測定した。被験者には、動作中に壁から受ける主観的圧迫感も尋ねた。測定データを検討した結果、次の知見を得た。(1)椅子-壁距離(D [m]) ≤ 0.8 のとき、動作中に壁から圧迫感を感じ、動作は制限される。(2) $0.8 < D < 1.3$ のとき、動作の制限はないがわずかに圧迫感を感じる。(3) $1.3 \leq D$ のとき、圧迫感も動作の制限もない。

(キーワード：空間寸法、空き寸法、動作特性、主観的圧迫感、評価指標式)

1. はじめに

本研究は、比較的狭い居住空間を対象に、動作中の運動学的要因、心理的要因にもとづいて空間寸法を決定するための基礎知見を得ようとするものである。

建築計画において、人体寸法は空間寸法を決定する際の基本データとして必要なものである¹⁻⁶⁾。特に居住空間等の人と密接にかかわる空間を適正に設計するには、

多様な居住者に適した人体寸法が不可欠である。このような観点から、わが国においても人体寸法が大量あるいは詳細に計測され、様々なかたちで提供されてきた^{7,8)}。さらに、このような人体寸法を空間設計において円滑に利用するため、基本姿勢での手の到達域の数値化やコンピュータマネキンの利用も試みられてきた⁹⁻¹¹⁾。

人体寸法にもとづいて空間寸法を適正に決定するには、人体寸法値だけでなく空間内でとられる動作や姿勢によって、どれだけのスペース(動作寸法)が必要かを知る必要がある³⁻⁶⁾。利便性や快適性等に配慮するには、これに加えて、空間寸法に持たせるべき余裕(空き寸法)を適正に確保しておかなければならない^{12,13)}。このような空き寸法を適正に決定するには、姿勢・動作の運動学的特徴と空間寸法との関係を明らかにすること、空間内で動作を遂行する際の心理的な側面を考慮することが重要である¹²⁻¹⁵⁾。

* 受付：2003年2月19日 受理：2003年5月12日

** 産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

*** 筑波大学人間科学総合研究科

Doctoral Program of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

**** 筑波大学体育研究科

Master Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

これまでの居住空間における空き寸法を検討した研究は、主に心理的尺度をパラメータとし、天井高や身体前方壁面、側方壁面の距離との関係が調べられてきた^{16~26)}。このうち身体前方、側方壁面の距離に関しては、若井らの研究^{14,20,25)}が代表的である。

若井と大内 (1988)¹⁴⁾は、椅子からの立ち、椅子への座りにおける身体と前面壁との距離に着目し、主観的不具合感を感じる壁距離を見出した。その結果、壁までの距離がおおむね0.2 m以上であれば不具合感が小さいことを見出した。また、身体側面に関しては0.11~0.13 mであれば壁が気にならないことを示した^{20,25)}。しかしながら、比較的狭い空間に関して、動作の運動学的側面、心理的側面の両方を実験的に定量化し、実験方法や空間寸法決定の根拠となるデータも含めて掲載されている論文は少ない⁶⁾。

このような背景から、我々は比較的狭い空間の寸法を決定するための基礎知見を得ることをねらいに、立ち座り動作と空間寸法との関連性を検討してきた^{27,28)}。本研究では、この一環として、比較的狭い空間を対象に、立ち座り動作の運動学的要因、心理的要因と、この動作が行われる空間の寸法や空き寸法との関係を明らかにするとともに、これらの要因にもとづいて空間寸法を決定するための指標式を検討した。

2. 方法

椅子の高さおよび身体前面の壁の位置を変えて立ち座り動作を行わせ、身体部位の移動範囲や動作パターン、主観的圧迫感の計測を行い、これを解析した。

2-1. 実験

(1) 実験装置

図1に示したように、身体前面に水平距離が可変な壁を置き、椅子座面先端から壁までの距離（椅子-壁距離 D [m]: 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 1.00, 1.30, 1.60, 2.00）および椅子座面高 (H_s [m]: 0.20, 0.40, 0.60) を変化させた。壁は無地のグレーとし、身体

の右や上方については空間的な制約を設けなかった。

予備実験において椅子-壁距離 D が0.30 m 未満では立ち動作の遂行が不可能であった。また、 D が短い場合、 D の変化によって主観的圧迫感や動作は大きく変化するが、 D が約1 mを超えると、主観的圧迫感や動作の変化が少なく、2 mではほとんど圧迫感を感じないことを確認した。これらの点を考慮し、 D を上述の範囲で9段階に設定した。一方、椅子座面高 H_s を3段階としたのは、 H_s が立ち座り動作における運動学的、心理学的特性に及ぼす影響を捉えるためであった。このときの H_s 設定においては、建築設計資料集成³⁾に掲載されている椅子座位作業時の椅子座面高0.40 mを基準に、相対的に低い座面高として0.20 mを、高い座面高として0.60 mを選択した。

(2) 被験者と実験試技

被験者は、立ち座り動作の遂行に支障がない健康な男女19名であった（表1）。被験者には、あらかじめ実験内容を説明し、実験参加の意思を確認しておいた。

実験試技は、壁の距離を変えた空間内における立位状態からの椅子への座り（座り試技）、椅座位からの立ち動作（立ち試技）であった。座り試技では、椅子に背を向けて立った状態から椅子に座るまでの動作を行わせた。立ち試技では、椅子座位の状態から立ち上がって安静立位姿勢をとるまでの動作を行わせた。実験において

図1 空き寸法評価実験の様子
Fig.1 A subject performing trial movements in experimental setup.

表1 被験者の特性
Tab.1 Characteristics of the subjects.

男 (N=11)				女 (N=8)			
	年齢 (yr)	身長 (m)	体重 (kg)	年齢 (yr)	身長 (m)	体重 (kg)	
平均	26.27	1.715	65.04	28.38	1.574	52.25	
標準偏差	4.05	0.063	8.31	7.70	0.058	4.44	
最大値	34.00	1.835	76.00	42.00	1.655	59.40	
最小値	22.00	1.645	52.30	20.00	1.515	45.30	

は、被験者自身が、立ち座り時に最も動作しやすい足部位置を決定した。また、椅子の背もたれ、壁の手摺等の支持物、被験者の履物をなくし、手による膝や座面等への支持はなるべく行わないよう指示した。

実験中には、被験者ごとに椅子座面高や椅子-壁距離の設定順序をランダムにした。

(3) 動作および主観的圧迫感の計測

実験試技遂行中の立ち座り動作を計測するため、被験者の身体右側体表にカラー標点を貼付し、この位置を計測した(図1参照)。標点位置の計測には、二次元自動座標計測システム(Quick-MAG System III, OKK, Inc.)を用いた。カメラを被験者の右側方14 mの距離に設置し、60 Hzで計測した。この座標計測システムの解像度は400 dot(縦)×640 dot(横)であり、これは水平5 mm/dot、鉛直4.3 mm/dotの実長に相当する。

それぞれの試技動作遂行直後に、立ちあるいは座り動作時に壁から受ける主観的圧迫感 P を5段階尺度(0:まったく感じない。1:わずかに感じる。2:やや感じる。3:かなり感じる。4:非常に感じる)で答えさせた。このとき、圧迫感を強く感じる身体部位についても回答を得た。

2-2. 解 析

得られた標点座標値を二次元DLT法によって実長換算した後、標点位置の鉛直、水平座標値とも遮断周波数6 Hzで平滑化した。DLT(direct linear transformation)法は、動作が行われる平面と垂直になるようにカメラの光軸を設定しなくとも、撮影した画像から位置座標を精度良く得ることができる実長換算の方法である²⁹⁾。

この動作データにもとづいて図2に示した頭部-壁最小距離 D_{HW} 、頭部前後移動範囲 L_H 、胴部角度 θ_T 、膝関節角度 θ_K を求め、これらの動作パラメータと椅子-壁距離 D 、主観的圧迫感 P との間の関係を検討した。 D_{HW} は、立ち座り動作中に眉間点が最も壁に近づいたときの眉間点と壁との間の水平距離である。 L_H は、立ち座り中に眉間点が前後に移動する最大幅である。主に眉間点の動きに着目したのは、立ち座り動作中に前後の動きが大きく、圧迫感を覚える部位の回答として頭部前面が最も多かったためである。

動作パラメータ、 D 、 P の間の関係を検討した結果にもとづいて、立ち座り時に壁から受ける圧迫感をなるべく簡便かつ適切に推定できる回帰式を検討した。この検討では、式の次数や形式を変えた回帰式を求め、これらの中から最もあてはめがよいと考えられるものを選択し

図2 算出した動作関連パラメータ

Fig. 2 Definition of the kinematic parameters.

た。統計解析処理にはStat View 5.0(SAS Institute Inc.)を用いた。統計的検定においては、条件間の差異をより厳しく評価するため、危険率0.001未満のとき有意と判定した。

今回の研究において分析対象となるのは、本来1,134試技分のデータである。しかし、計測試技の中に動作データを適切に取得できなかったもの、あるいは欠損値を含むものがあったため、これらを除き、最終的な解析には1,111試技分のデータを用いた。1,111試技は分析対象試技の約98%であり、取り除いた試技は特定の条件に偏っていなかったため、この解析から得られる結果は、1,134試技分のデータを解析して得られるものと有意な差はないと判断した。

3. 結果と考察

3-1. 頭-壁最小距離の圧迫感、動作への影響

2章でも述べたように、圧迫感を最も覚える身体部位の回答として頭部前面が最も多かった。そこで、まず、頭-壁最小距離 D_{HW} の圧迫感 P や動作への影響について検討した。

図3は椅子座面高 H_s が0.2, 0.4, 0.6の椅子からの立ち動作における D_{HW} と P 、頭部前後移動範囲 L_H との関係を示したものである。 D_{HW} が小さいと P は大きく($2.0 < P$)、 D_{HW} が増すにつれて P は急激に減少し、 $0.9 \leq D_{HW}$ では、 P は約0.25まで減少した。また、 $0.4 < D_{HW}$ では、 L_H はほぼ一定の値をとる。これらのことから、 $D_{HW} \leq 0.4$ のときは、圧迫感を比較的強く感じかつ動作も制約される、 $0.4 < D_{HW} < 0.9$ の場合には圧迫

図3 頭部-壁最小距離(D_{HW})と圧迫感(P), 頭部前後移動範囲(L_H)との関係(立ち動作). H_s : 椅子座面高

Fig. 3 Relationship among D_{HW} , P and L_H in standing-up motion. D_{HW} : minimum distance between the head and wall. P : pressure sensation. L_H : horizontal motion range of the head. H_s : height of the chair seat.

感は残るが動作の制約はない, $0.9 \leq D_{HW}$ では圧迫感も動作の制約もなくなることがわかる. 類似の傾向は座りにおいても見られた.

このように, D_{HW} は, 立ち座り時の圧迫感や動作と直接的に関連すると考えられる. ところが D_{HW} の値にもとづいて空間寸法を決定するには, まず動作中の D_{HW} を実験等によって見積もる必要がある. しかし, この作業は繁雑であるため, 居住空間の設計や評価の現場への適用を考えると, 実用性に欠ける. 本研究で得られる知見の実用性を高めるには, 空間寸法そのものと圧迫感や動作との関連性を把握しておくことが望ましいと考えられる. 一方, 空間寸法としての椅子-壁距離 D は D_{HW} と高い相関 (0.9834 , $p < 0.001$) を持っていた. このため, D_{HW} の代わりに D を用いても, 上述の結果はほぼあてはまると推測される. そこで, 次に, D と P や動作との関係を詳細に検討した.

図4は, 座面高0.4 mの椅子からの立ち動作における P や動作パラメータと D との関係を, 平均値と標準偏差で示したものである. $D \leq 0.8$ のとき $1.0 < P$ であった. しかし, このとき D が増加すると, P は急激に減少した. $0.8 < D$ では $P \leq 1.0$ であり, D の増加とともに P は緩やかに減少していた. $1.3 \leq D$ では P は非常に小さかった.

一方, 頭部前後移動範囲 L_H は, $0.8 < D$ のときほぼ一定の値を示した. 立ち動作中の胴部や膝関節の角度範囲(それぞれの角度の最大値と最小値との差)に関して

図4 椅子-壁距離(D)と圧迫感(P)および動作パラメータとの関係(立ち動作). L_H : 頭部前後移動範囲, D_{HW} : 頭部-壁最小距離. $\Delta\theta$: 角度範囲. H_s : 椅子座面高

Fig. 4 Relationship among D , P and kinematic parameters in standing-up motion. D : chair-wall distance. P : pressure sensation. L_H : horizontal motion range of the head. D_{HW} : minimum distance between the head and wall. $\Delta\theta$: range of segment and/or joint angle. H_s : height of the chair seat.

も, $0.8 < D$ のときほぼ一定の値を示した. 座り動作においても同様の傾向が見られた. これらのことは, $0.8 < D$ ならば, 立ち座り時の動作パターンはほぼ一定になることを示している. このため, $0.8 < D$ のとき D が増加すると, D_{HW} は D と同じ増分で増加していた.

表2は P , L_H に関して, D (9水準: 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 1.00, 1.30, 1.60, 2.00), 動作 (2水準: 立ち, 座り), H_s (3水準: 0.20, 0.40, 0.60) を要因とする分散分析を行った結果である. ただし, これらの結果においては, 上述したようにデータに欠損値がいくつか含まれていたため, 独立した多群の比較として分析を行った.

P に関しては, 二次および一次の交互作用はなく, D だけに主効果が見られた. Scheffeの方法で多重比較を行った結果, $D < 1.3$ の場合には, D が小さいほど P は有意に大きかったが, $1.3 \leq D$ では P に明確な差は見られなかった. L_H に関しては, 要因間の交互作用はなく, すべての要因に主効果が見られた. 多重比較を行った結果, 座りは立ちに比べて L_H が大きく, H_s が大きいほど L_H は小さかった. また, $D \leq 0.8$ の場合には, D が小さいほど L_H が小さいのに対し, $0.8 < D$ では L_H に明確な差は見られなかった.

表3は P , L_H に関して, 被験者の身長差を考慮する

表2 立ち座り時の圧迫感(P), 頭部前後移動範囲(L_H)に関する3要因分散分析結果.
要因: 動作, 座面高(H_s), 椅子-壁距離(D)

Tab. 2 Results of three-way factorial ANOVA on P and L_H . P : pressure sensation. L_H : horizontal motion range of the head. Factors: movement, chair height (H_s), and chair-wall distance (D).

対 象	要 因	自由度	平方和	平均平方	F 値	p 値
P	動作	1	0.2122	0.2122	0.3305	NS
	H_s	2	7.8520	3.9260	6.1161	NS
	D	8	1,926.1682	240.7710	375.0867	$p < 0.001$
	動作 * H_s	2	1.2180	0.6090	0.9487	NS
	動作 * D	8	0.2794	0.0349	0.0544	NS
	H_s * D	16	6.5065	0.4067	0.6335	NS
	動作 * H_s * D	16	5.4144	0.3384	0.5272	NS
L_H	動作	1	1.6000	1.6000	153.7073	$p < 0.001$
	H_s	2	1.9160	0.9580	92.0296	$p < 0.001$
	D	8	2.6647	0.3331	31.9981	$p < 0.001$
	動作 * H_s	2	0.0162	0.0081	0.7782	NS
	動作 * D	8	0.0254	0.0032	0.3050	NS
	H_s * D	16	0.0523	0.0033	0.3137	NS
	動作 * H_s * D	16	0.0434	0.0027	0.2605	NS

表3 立ち座り時の圧迫感(P), 頭部前後移動範囲(L_H)に関する3要因共分散分析結果.
要因: 動作, 座面高の身長比(R_{Hs}), 椅子-壁距離の身長比(R)

Tab. 3 Results of three-way factorial ANCOVA on P and L_H . P : pressure sensation. L_H : horizontal motion range of the head. Factors: movement, ratio of chair height to stature (R_{Hs}), and ratio of chair-wall distance to stature (R).

対 象	要 因	自由度	平方和	平均平方	F 値	p 値
P	動作	1	0.2669	0.2669	0.2898	NS
	R_{Hs}	1	9.2554	9.2554	10.0513	NS
	R	1	287.8666	287.8666	312.6210	$p < 0.001$
	動作 * R_{Hs}	1	0.5071	0.5071	0.5507	NS
	動作 * R	1	0.1985	0.1985	0.2155	NS
	R_{Hs} * R	1	3.4120	3.4120	3.7054	NS
	動作 * R_{Hs} * R	1	0.3289	0.3289	0.3572	NS
L_H	動作	1	0.1214	0.1214	10.8492	$p < 0.001$
	R_{Hs}	1	0.4493	0.4493	40.1644	$p < 0.001$
	R	1	0.2445	0.2445	21.8559	$p < 0.001$
	動作 * R_{Hs}	1	0.0063	0.0063	0.5628	NS
	動作 * R	1	0.0084	0.0084	0.7517	NS
	R_{Hs} * R	1	0.0109	0.0109	0.9723	NS
	動作 * R_{Hs} * R	1	0.0035	0.0035	0.3155	NS

ため, 椅子-壁距離の身長に対する比 R (連続変数), 動作 (2水準: 立ち, 座り), 椅子座面高の身長に対する比 R_{Hs} (連続変数) を要因とする共分散分析を行った結果である. この場合も, 表2と同様な主効果が見られた. すなわち, 二次および一次の交互作用はなく, P に関しては R に, L_H に関しては動作, R_{Hs} , R に主効果が現れた.

これらのことから, 本研究において設定した諸条件や被験者のもとでは, 身長の影響を考慮しない場合, 考慮

した場合とも, P は立ち座り間の動作の違いや H_s の影響をほとんど受けず, 主に D (あるいは D_{HW}) の影響を受けることがわかった. 平均的に見ると, $D \leq 0.8$ ($R \leq 0.48$) の場合には圧迫感が強くかつ動作の制約もある, $0.8 < D < 1.3$ の場合には圧迫感はややあるが動作の制約はない, $1.3 \leq D$ ($0.79 \leq R$) の場合には圧迫感も動作の制約もないと考えられる. 一方, L_H は立ちに比べて座りの場合により大きくなることがわかった. しかし $0.8 < D$ では立ち, 座りとも L_H はほぼ一定にな

表 4 圧迫感(P)推定に関する回帰分析のまとめ. D : 椅子-壁距離[m], R : 椅子-壁距離の身長比
Tab. 4 Results of regression analysis to predict P . P : pressure sensation. D : chair-wall distance.
 R : ratio of chair-wall distance to stature.

独立変数	式の形式	AIC	回帰の分散分析		自由度調整 決定係数	最高次数項の係数 における危険率
			F 値	p 値		
D	一次多項式	3,088.3350	1,685.2541	$p<0.001$	0.6028	$p<0.001$
	二次多項式	2,693.3301	1,441.4231	$p<0.001$	0.7219	$p<0.001$
	三次多項式	2,671.6378	988.7286	$p<0.001$	0.7275	$p<0.001$
	四次多項式	2,671.2147	743.0980	$p<0.001$	0.7278	$p=0.1205$
	対数関数	2,766.5436	2,623.9784	$p<0.001$	0.7027	$p<0.001$
R	一次多項式	3,072.6858	1,724.8918	$p<0.001$	0.6083	$p<0.001$
	二次多項式	2,650.3604	1,520.1111	$p<0.001$	0.7324	$p<0.001$
	三次多項式	2,622.3138	1,050.3645	$p<0.001$	0.7393	$p<0.001$
	四次多項式	2,623.9069	787.4514	$p<0.001$	0.7392	$p=0.5246$
	対数関数	2,725.7109	2,763.7294	$p<0.001$	0.7134	$p<0.001$

$N=1,111$

ることから、この値を超えた場合には、身体前面の壁による立ち座り動作そのものの制約はほとんどないといえよう。

3-2. 立ち座り時の圧迫感推定式

上述の結果を踏まえると、椅子-壁距離 D あるいは椅子-壁距離の身長に対する比 R から主観的圧迫感 P を適切に推定することが可能と考えられる。しかも、 D や R については測定値を取得することも容易である。

そこで、立ち座り時の P を、 D あるいは R から推定する式を求めた。図 3、図 4 に見られる変化パターンを考慮すると、 P は D 、 R それぞれを独立変数とする多項式あるいは対数関数式で表し得ると考えられる。このことから、一次から四次までの多項式、および対数関数によって推定式を近似し、これらの中からあてはめのよいものを選定した。

表 4 は回帰分析の結果をまとめたものである。 D を独立変数とした場合、いずれの形式の回帰も有意であった。多項式近似の次数が高いほど、赤池の情報量基準 (AIC)³⁰⁾ は小さく、自由度調整決定係数は大きかった。しかし、四次の多項式では最高次数項の係数における危険率は 0.001 より大きかった。また、三次式と四次式における AIC の差の絶対値は 1 未満であり、AIC から見ると二つの式におけるあてはめのよさに差はなかった³¹⁾。対数関数による近似式では、三次の多項式に比べて AIC は大きく、自由度調整決定係数は小さかった。 R を独立変数とした場合には、三次多項式において AIC は最も小さく、自由度調整決定係数は最も大きく、しかも最高次数項の係数における危険率は 0.001 未満であった。

表 5 圧迫感推定三次多項式における回帰係数. D : 椅子-壁距離[m], R : 椅子-壁距離の身長比

Tab. 5 Regression coefficients to estimate pressure sensation using polynomials of degree three. D : chair-wall distance[m]. R : ratio of chair-wall distance to stature.

		独立変数	
		D	R
回帰係数	a_0	6.35538	6.34796
	a_1	-10.16491	-16.76276
	a_2	5.51926	14.91564
	a_3	-1.01135	-4.45230

以上のことから、 P を D あるいは R から推定する場合には、5 種類の式のうち三次多項式が最も適していると判断した。それぞれの推定式を、

$$P=\sum_{j=0}^3a_jD^j \tag{1}$$

$$P=\sum_{j=0}^3a_jR^j \tag{2}$$

と表したときの係数は表 5 に示したとおりである。ただし、本研究において設定した椅子-壁距離、被験者の身長範囲を考えあわせると D 、 R のとり得る範囲は、それぞれ $0.30\leq D\leq 2.00$, $0.163\leq R\leq 1.320$ である。

得られた式の適用例として、身長の高い被験者 (身長 1.835 m)、最も低い被験者 (身長 1.515 m) の P と D との関係を表(2)を用いて推定し、その結果を図 5 に示した。図中には、それぞれの被験者が動作の制約を受ける椅子-壁距離 ($R\approx 0.48$)、圧迫感をほとんど感じなくなる椅子-壁距離 ($R\approx 0.79$) も併記した。図から、式(2)を用いて圧迫感を推定した場合、いずれの身長にお

図5 回帰式にもとづく圧迫感(P)の推定。 D : 椅子-壁距離。 R : 椅子壁距離の身長比

Fig. 5 Estimation of P using regression equation. P : pressure sensation. D : chair-wall distance. R : ratio of chair-wall distance to stature.

いても、 $R=0.48$ となる椅子-壁距離では圧迫感をわずかに感じる($P \approx 1.2$)ことがわかる。また、 $R=0.79$ となる椅子-壁距離においては、いずれの身長の場合にも圧迫感をほとんど感じていない($P \approx 0.2$)。これらの結果は3-1節の実測データにもとづいて検討した結果ともよく一致する。

したがって式(1)、(2)を用いれば、実験等を行わなくても、立ち座り時の圧迫感を椅子-壁距離から推定すること、あるいは圧迫感にもとづいて椅子-壁距離を評価することが可能と考えられる。ただし、これらの式を現実の空間寸法の決定や評価に用いる場合、式の算出に用いたデータが年齢20~42歳、身長1.515~1.835 mの成人を被験者として得られた点、実験に用いた可動壁の高さや幅が限られていた点等には注意しておく必要がある。また、壁の色や図柄が主観的な空間の広さに影響すると考えられることから⁹⁾、本研究の実験における身体前面の壁が無地のグレーであった点にも留意しておくべきである。加えて、現実の居住空間の設計においては、生活者の慣れや建築的モジュール寸法等への配慮が要求されるため、当然のことながら上記の式(1)、(2)による推定値がそのまま実際の空間寸法値となるわけではない。

4. まとめ

本研究では、比較的狭い空間を対象に、立ち座り動作と動作が行われる空間寸法との関係を、心理的要因も考慮しながら検討するとともに、動作要因、心理要因を考慮して空間寸法を決定するための指標式を求めた。本研究には、被験者の体格の範囲が限られている、実験用可

動壁寸法に制限がある、実験時の壁の色や図柄の影響を考慮していない等の限界はあるが、検討の結果、次のような知見が得られた。

(1) 圧迫感は立ち座り間の動作の違いや椅子座面高の影響をほとんど受けず、主に椅子-壁距離（あるいは頭部-壁最小距離）の影響を受ける。頭部前後移動距離は立ち座り間の動作の違い、椅子座面高、椅子-壁距離の影響を独立に受ける。椅子-壁距離が0.8 mを超えると頭部前後移動範囲はほぼ一定となるため、壁の存在による立ち座り動作の制約はなくなる。

(2) 身体前面の椅子-壁距離が0.8 m（椅子-壁距離の身長比 ≈ 0.48 ）未満では、動作が制約され比較的強い圧迫感も感じる。椅子-壁距離が0.8~1.3 mの範囲では、動作の制約はないが圧迫感を感じる。椅子-壁距離が1.3 m（椅子-壁距離の身長比 ≈ 0.79 ）以上の場合、立ち座り動作時に動作の制約はなく身体前面壁からの圧迫感も感じない。

(3) 圧迫感を椅子-壁距離あるいは椅子-壁距離の身長比から推定するには、三次多項式が適している（式(1)、式(2)、表5）。式の適用にあたっては、対象となる椅子-壁距離の範囲、対象者の年齢や体格の範囲等に注意する必要がある。

謝辞 本研究を進めるにあたり、長峰基恵氏、笠木久美子氏（産業技術総合研究所非常勤職員）にはデータ処理、図表の作成等において多大な支援をいただいた。また林昌宏氏（北海道北方建築総合研究所）、小林哲也氏（茨城県工業技術センター）、山田有河氏（石川県工業試験場）には、研究内容に関して貴重な助言をいただいた。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 池田良夫：応用人間工学，放送大学教育振興会，東京，1996。
- 2) 工業デザイン全集編集委員会：工業デザイン全集第6巻人間工学(下)，日本出版サービス，1988。
- 3) 小原二郎，内田祥哉，宇野英隆：建築・室内・人間工学，鹿島出版会，東京，1969。
- 4) 小原二郎：デザイナーのための人体・動作寸法図集，彰国社，東京，1984。
- 5) 日本建築学会：建築設計資料集成3単位空間I，丸善株式会社，東京，1980。
- 6) 日本建築学会：建築設計資料集成〔人間〕，丸善株式会社，東京，2003。
- 7) 人間生活工学研究センター：日本人の人体計測データ (Japanese body size data 1992-1994)，人間生活工学研究センター，大阪，1997。

- 8) 生命工学工業技術研究所：設計のための人体寸法データ集，日本出版サービス，東京，1996.
- 9) 赤松 明，印南英幸：パーソナルコンピューターを用いた作業域評価，デザイン学研究，75，1989.
- 10) 浅尾幸子，正角詠子，植竹篤志：人体モデルを併用した車椅子対応洗面台の開発，人間生活工学，2(2)，36～42，2001.
- 11) 横井孝志：実測動作データにもとづく仮想人間動作の生成．ライフサイエンス関連研究講演会（一人と医のエンジニアリング）抄録集，37～38，2002.
- 12) 小原二郎，谷口汎邦，大内一雄，吉田あこ，小滝一正，上野義雪，森保洋之，若井正一：人体寸法の動的計測に関する研究，日本建築学会論文報告集，297，89～99，1980.
- 13) 大内一雄：人体寸法と動作空間，日本人間工学会誌，19(4)，191～195，1983.
- 14) 若井正一，大内一雄：室内設計指標としての人体寸法の応用に関する研究—その4 移行動作時における人体まわりのアキ寸法の必要性—，日本建築学会大会学術講演梗概集（建築計画），525～526，1988.
- 15) 若井正一：着座行為からみた対人・対物クリアランスの検討—身体を基軸としたクリアランスの構成尺度に関する研究—，日本人間工学会誌，26 Supplement，128～129，1990.
- 16) 加藤 晋，高野 信，大須賀常良，村石喜一：室内空間における壁面の影響に関する実験的研究—スケール感について—，日本建築学会大会学術講演梗概集（建築計画），713～714，1992.
- 17) 黒澤信之，若井正一：身体を基軸とした空間的アキ寸法の構成尺度に関する研究—その10—限定通路幅における歩行動作とアキ寸法の関係—，日本建築学会大会学術講演梗概集（建築計画），919～920，1992.
- 18) 竹田知道，若井正一：階段昇降時の梁高と歩行動作の関係 身体座標からみた非接触領域の構成尺度に関する研究 17，日本建築学会大会学術講演梗概集，1021～1022，1994.
- 19) 竹田知道，若井正一：身体寸法を指標とした非接触領域の計測研究 20—階段昇降時の梁高と歩行動作の関係—，日本建築学会大会学術講演梗概集（建築計画），745～746，1995.
- 20) 若井正一，黒澤信之：身体を基軸とした空間的アキ寸法に関する研究—歩行動作時に構成されるアキ寸法特性について—，日本大学工学部紀要，34，109～124，1993.
- 21) 若井正一：身体座標からみた非接触領域の構成尺度に関する研究その14—開口部の高さで頭上に構成されるアキ寸法の関係—，日本建築学会大会学術講演梗概集（建築計画），919～920，1993.
- 22) 若井正一，黒澤信之：梁下歩行時に必要な頭上のアキ寸法の検討—身体を基軸とした空間的アキ寸法の構成尺度に関する研究その4—，日本人間工学会誌，29 Supplement，534～535，1993.
- 23) 若井正一，高橋鷹志：開口部のくぐり高さと頭上のアキ寸法の関係，日本建築学会計画系論文集，103～108，1994.
- 24) 若井正一，竹田知道：身体寸法を指標とした非接触領域の計測研究 21—階段昇降時の梁高と頭上のアキ寸法の関係—，日本建築学会大会学術講演梗概集（建築計画），747～748，1995.
- 25) 若井正一：身体を指標としたアキ寸法の計測に関する研究，東京大学博士学位論文，1995.
- 26) 若井正一：階段昇降時の天井高と頭上のアキ寸法の関係，日本人間工学会誌，33 Supplement，224～225，1997.
- 27) 樋口明久，高橋奈緒美，小木 元，横井孝志：立ち座り動作と空間寸法の関係，日本人間工学会誌，32 Supplement，6～7，1996.
- 28) T. Yokoi, A. Higuchi & N. Takahashi, et al.: Relationship between space-dimension and the biomechanical and psychological aspects in standing-up and sitting-down movement, Proceedings of the 13th Triennial Congress of the International Ergonomics Association 7, 311～313, 1997.
- 29) J. S. Walton: Close-range cine-photogrammetry: Another approach to motion analysis. J. Terauds (Ed.), Science in biomechanics cinematography, 69～97, Academic publishers, Del Mar, 1979.
- 30) 赤池弘次：情報量規準 AIC とは何か：その意味と将来への展望，数理科学，153，5～11，1976.
- 31) 坂本慶行，石黒真木夫，北川源四郎：情報量統計学，共立出版株式会社，東京，1989.