

床下収納庫の深さに関する実験的検討

中 島 一・建 部 謙 治

Study on Criteria for the Design of Storage Facilities under the Floor (Part II)

Hajimu NAKAJIMA and Kenji TATEBE

The main purpose of the study, therefore, is to comprehend the suitable height of the shelf under the floor. To begin with, we experimented with change of, the height of the shelf and weight. In addition to, analyzed Breath Analysis, Heart Rate, Electromyogram, Human Movement, Examination by Rating Scale Method.

Among the several approaches to the problem, in point of the suitable height of shelf, even 20 cm under the floor was mach the same as 0 cm.

1. はじめに

日常生活における家事作業にあって、その付随動作として頻繁に繰り返されるものに収納作業がある。家庭内ではこの収納作業により種々雑多なものが適当な収納空間に出し入れされている。

一方、家族数の増加、生活用具の粗大化、細分化、持ち物のパーソナル化といった、我々を取り巻く生活環境の変化に伴い、家庭内における各種物品の増加は著しいものがある。これに伴い、住宅内諸室における多くの収納空間の確保が必要となるが、こうした中において近年ますます注目されてきたのが、屋根裏や床下のスペースを利用した収納空間である。またこれを繁榮してユニット化された既製品が各種出回っているようであるが、明確な基準のないまま経験的に処理されているのが現状である。

床下収納庫においては、その性格からいって作業上の問題点が多く、使い勝手からの検討が必要となるが、これらに関連した研究はほとんど行なわれておらず、わずかに大内他¹⁾による床面下の通常作業域と最大作業域についての研究が認められる程度である。しかしこの研究は限定された負荷条件による作業域についての研究で、より実際に則したものにするためには、収納作業を具体的な形で行なわせる必要があると思われる。

そこで本研究は床下収納庫の適正規模を求める目的から、今回は特に収納深さと、収納物の負荷重量との関係を生理的、物理的、心理的な各方面から多角的に検討を加えようとするものである。

2. 実験装置及び実験方法

収納深さと収納物の負荷重量との関係を見るため、実験では図1に示すように棚高が可変できる床下収納庫を作製し、被験者にはそれぞれ0, 1, 3, 5, 7 kgの負荷重量(W)の収納物を出し入れさせる。この収納作業について呼気分析、筋電分析、人体動作分析、および収納感覚調査を行ない、これらを総合的に検討する。以下実験の概要を示すと次の通りである。

実験場所 愛知工業大学建築計画実験室

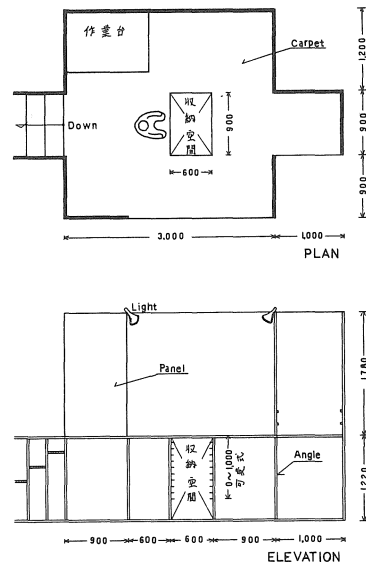


図1 実験装置

●被験者

20歳前後の平均的体格を持つ健康な女子

●床下収納庫

ここで「棚高」とは床面下の深さをもって棚高(H)とし、0 cm から10cm ずつ棚高を下げて実験を行なう。開口寸法については市販品の基準になっている60cm×90cm を代表寸法とする。

●収納物

収納物は日常家庭で出し入れされている物を参考にして²⁾、90×130×250 (mm) の直方体をモデルとし、負荷重量を0 (無負荷)、1, 3, 5, 7 kg の5通りに変化させる。

●収納物の持ち方

収納物によって色々な持ち方が考えられるが、今回は作業上不利な条件を考え、最も持ちにくいと思われる「収納物の上部をつかむ」持ち方を採用する。

●収納物の据え付け位置

被験者正座位膝直下

●床面下の手の位置 (作業点)

本文中、手の位置 (作業点) を H_0 (cm) とする。

3. 呼吸分析装置による生理実験

この実験は収納作業時における呼吸をダグラスバックに取取し、呼吸量を測定した後、呼吸分析装置により炭酸ガス発生量、酸素消費量を測定し、これより肉体労働もしくは筋肉労働の強さを表わす指数としてエネルギー代謝率を求め、各棚高における各負荷による収納作業を定量的に取らえようとするものである。

3-1 呼吸分析装置の概要

測定器には福田医理化製 ELECTRO METABOLAR TYPE-BMS-300 を使用し、その周辺器機の構成は次の通りである。

- 本体 ガス流量計, 呼吸連続記録計
- レコーダー ガス濃度記録計
- マスク・サンプルバック 呼吸の採取
- ガスメーター 呼吸量の測定

3-2 実験方法の概要

- 呼吸マスクを着用させ、5分間椅子座安静とし、後の3分間を平常時の呼吸として採取する。
- 収納作業は床下収納作業に要する純粋な値を求めるため、正座位の状態で身体の横に置かれた収納物を棚に納めて、再び取り出して元の位置に戻すまでを1行程とし、これを5回繰り返した呼吸を採取する。作業速度はメトロノームに合わせて6秒間に1行程を行なう。

表1 収納物例一覧

収 納 物	重さ (kg)	高さ (mm)
しよ う 油 (バック容器 1ℓ)	1	250
牛 乳 (バック容器 1ℓ)	1	220
サントリー-V S O P (760ml)	1	180
コ ー ラ (1ℓ サイズ)	1.8	300
ブラックニッカ (1.92ℓ)	2	300
一 升 び ん	2.9	400
サ ラ ゲ 油 (かみ入)	3	250
み そ だ る	5	180
氷 ビ ニ ール 袋	5	60

- 作業を終了して10分後、作業後の平常時の呼吸として採取する。

被験者は3名とし、平均身長は158.3cm である。

3-3 解析方法

- ① 呼吸量 (l/min)
- ② 炭酸ガス発生量 (l/min)
- ③ 酸素消費量 (l/min)
- ④ エネルギー代謝率 (R.M.R)

前述の酸素消費量と各被験者の身長、体重から R.M.R を算出する。

20~29歳女子の基礎代謝量 (厚生省日本人基礎代謝量標準値) は $34.0kcal/m^2/h$ 即ち $0.56kcal/m^2/min$ である。体表面積は高比良式体表計算より次の様に示される。

$$T = L^{0.725} \times W_0^{0.425} \times 72.46$$

T: 体表 (m^2) L: 身長 (m) W_0 : 体重 (kg)

従って、基礎代謝量 = $0.56(kcal/m^2/min) \times T(m^2)$

この基礎代謝量を酸素消費量で示すと、酸素消費 1 l につき $4.924kcal$ (Zunts and Schrumberg の表による) であるから、

$$\text{酸素消費量} = \text{基礎代謝量} / 4.924 \quad (l/min)$$

ここで R.M.R は正味の運動代謝量の基礎代謝量に対する割合で表わされるから、

$$R.M.R = \frac{\text{運動時代謝量} - \text{安静時代謝量}}{\text{基礎代謝量}}$$

となる。R.M.R は外部の仕事のためのエネルギーが基礎代謝の何分に当るかという係数で、普通代謝率が 0~1 は極軽作業、1~2 は軽作業、2~4 は中等作業、4~7 は重作業として区別している³⁾。

3-4 実験結果の概要と考察

① 呼吸量

成人の安静時の呼吸量については一般に毎分 4~6 l とされているが³⁾、今回すべての実験結果では 7~14 l とやや多いものの個人差がかなり見受けられ、各棚高及び各負荷重量との明瞭な傾向は認められない。しかし全般的な傾向として、呼吸量は棚高 0~40cm までは深くな

るほど増加する傾向が認められ、それ以後棚高50~60cmでは一度減少し、70cmではまた増加する傾向が認められる。この現象は作業性の良さから起こる結果というよりも、むしろ呼吸運動特有の呼吸抑制に起因する現象であると思われる。

② 炭酸ガス発生量

図2は炭酸ガス発生量と各棚高及び各負荷重量との関

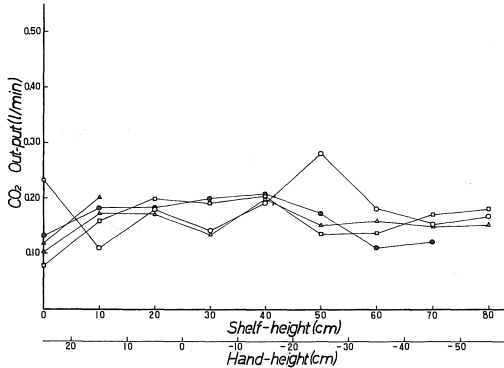


図2 炭酸ガス発生量一例

係を示した一例である。個人差はあまり見受けられず、全般的に0.1~0.3l/minの範囲内で一定しているが、呼吸量と同様、棚高については40cmをピークに炭酸ガス発生量は減少する傾向が認められる。

③ 酸素消費量

酸素消費量についてもほぼ前述のものと同様の傾向が認められ、各棚高及び各負荷重量ごとの大きな差は認められない。ほぼ0.2~0.4l/minの範囲内において炭酸ガス発生量と比べてやや多めである。棚高40~50cm以降に着目すると全般的には減少傾向にあり、棚高40cm附近がピークになっている傾向が認められる。これは呼吸量、炭酸ガス発生量と同様、棚高50、60、70cmに関して呼吸抑制運動の影響がかなり顕著に現われているものと考えられる。

④ エネルギー代謝率

図3はR.M.Rと棚高、負荷重量との関係を示した一例

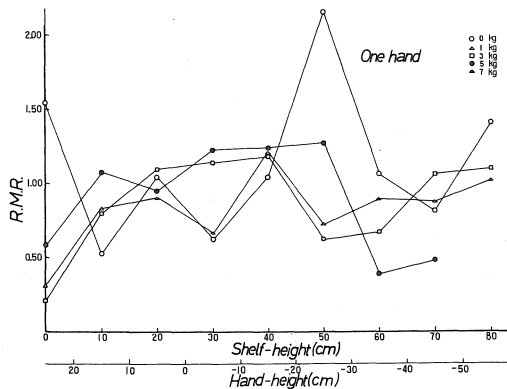


図3 R. M. R 一例

である。R.M.R.にはかなり個人差のあることが認められるが、棚高の違いによるR.M.R.の変化を見ると、呼吸量等先に述べた測定結果とほぼ同様の傾向を示している。またR.M.R.の値は0.5~1.5の範囲内においてこの程度の負荷による床下収納作業は極軽作業あるいは軽作業であることが分かる。古沢、沼尻らの報告によると、R.M.R. 1前後の作業は空の動作が大きな影響を与え、R.M.R.が不安定になり、逆にR.M.R.が7以上になると体力が影響して恒常性を示さないことが述べられている。従ってR.M.R.の恒常性は1~6までで測定時間は1分以上、できれば3分程度にするのが好ましいとしている⁴⁾。本実験の場合、測定時間が30秒と短く、この点の問題が指摘される。

3-5 まとめ

今回の呼気分析装置による生理実験では、R.M.R.等からこの程度の負荷による床下収納作業は軽作業の範囲内にあることが示された。しかし実験方法には多少問題があってここではその判断は差し控え、今後の課題としたい。

ところで呼吸量、炭酸ガス発生量、酸素消費量、エネルギー代謝率の各分析から共通することは、棚高40、50附近が1つの変曲点になっていることである。即ち、手の位置が床面下20cmあたりを過ぎると呼気に関しての生理的变化が起こっていることが確認された。

4. 筋電計による生理実験

この実験は筋電計を用いて筋肉の働きを調べると共に、必拍数、呼吸数を見ることにより、各棚高における各負荷による収納作業を定量的に捉えようとするものである。

4-1 筋電計の概要

測定器：三栄測器製271型医用テレメータ及び8 S 60型レクテグラフ

この装置は被験者を拘束することなしに、日常生活の自然な状態の生体現象を多現象同時測定が可能で、被験者に携行される小型送信器とハンディタイプの受信器から構成され、同時に4ヶ所の現象を測定できる。

4-2 実験方法の概要

筋活動の測定は表面誘導法により電極を被検筋に接着し、4素子テレメータに誘導し、心電図及び呼吸曲線と同時記録する。被検筋は図4に示すように、床面下の作業に最も関係するとされる三角筋、上腕二頭筋、体幹直立筋の3ヶ所について計測する。

作業内容は呼気分析の場合と同様で、作業開始時から作業終了時までを1行程とすると、3行程繰り返し、これを1セットとする。

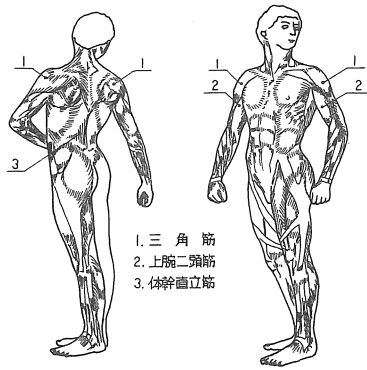


図4 被検筋

被験者は2名で、平均身長は158.5cmである。

4-3 解析方法

① 心拍数

エネルギー代謝率とともに人間の身体に対する負荷の程度を把握したり評価するのに、近年心拍数が使われている。そこで得られた心電図から心拍数を算出し更に作業時心拍数の安静時に対する増加率を算出する。安静心拍数は作業の前後に測定し、これを平均したものを基準値とする。

$$\text{心拍増加率} = \frac{Y - X}{X} \times 100(\%)$$

ただし、X：基準値、Y：作業時心拍数

② 呼吸曲線

得られた呼吸曲線の解析は曲線のピークからピークまでを1呼吸として計算し、1分間の呼吸回数を算出する。

③ 筋電図

作業時における筋活動の様様を三角筋、上腕二頭筋、体幹直立筋について解析する。

4-4 実験結果の概要と考察

① 心拍数

心拍増加率については被験者間の体力の差が明確に現われる結果となったが、全般的な傾向としては図5に示す例のように、棚高が深くなるに従って、また負荷重量が大きくなるに従って心拍増加率もまた増加する傾向が認められる。これは棚高50~60cm以上、負荷重量5kg以上については特に顕著な傾向として現われている。また棚高30cmあるいは40cmで心拍増加率が2~5%の落ち込みまたは横ばい状態になっているのが認められるが、この傾向は作業性の点からも、まずまず良好な作業深さであると判断される。また一部では心拍増加率が負の場合が認められるが、これは実験開始当初の被験者が初期的緊張状態にあり、自律神経の支配下にある心臓機能が心理的影響により心拍数の低下をもたらしたものと考えられる。ここで例えば、心拍増加率が10%の状態にあるものを図示すると図6に示す通りである。棚高が深

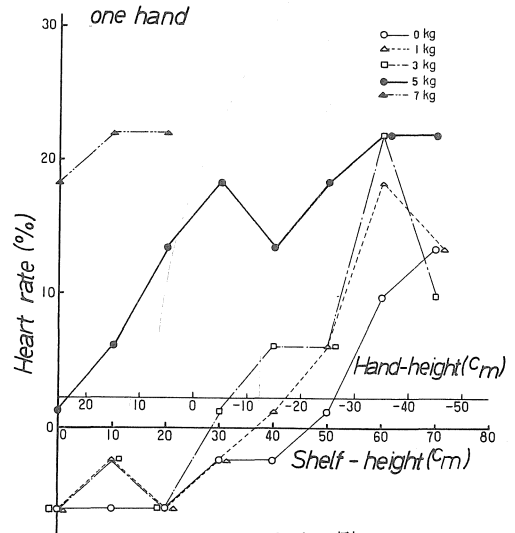


図5 心拍増加率一例

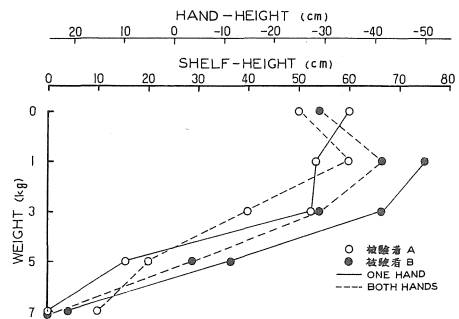


図6 心拍増加率10%の場合

くなるほど、負荷重量が大きくなるほど作業性が悪くなる様子が明瞭に判断される。

② 呼吸回数

呼吸回数については、全般的傾向として棚高及び負荷重量の違いによる差はほとんど見られないが、わずかに棚高50~60cm以上では呼吸回数が減少する傾向が認められる。これは前述の呼気分析の場合と同様、呼吸抑制が起こったものと考えられる。以上述べてきたように心拍数や呼吸回数は酸素消費量と広範囲に渡って直接的な関係を示すものであり、呼気量、酸素消費量、エネルギー代謝率と極めて類似の傾向を示している。

③ 筋電図

収納作業時の筋活動を見ると棚高の違いによる差が明瞭で、棚高が大きいほど筋活動が活発である。図7に示すように特に上腕二頭筋では顕著で、片手では棚高50cm以上の筋活動が活発で、両手ではそれ以下の棚高から活発になる。また負荷重量が大きくなるほどこうした傾向は顕著になるが、5kg以上では更にこの傾向は強い。

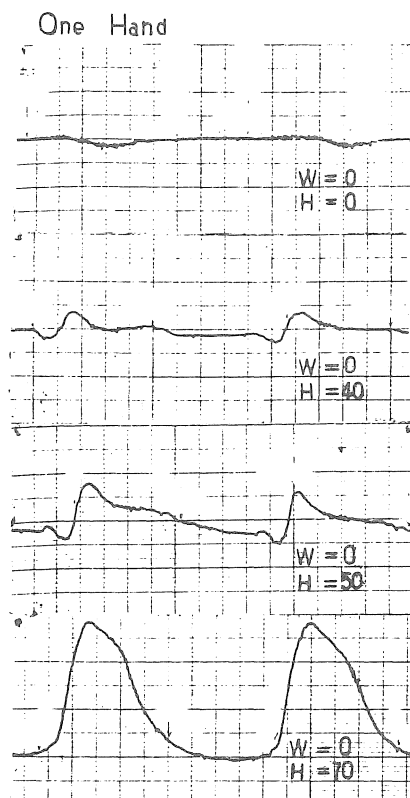


図7 筋電図例（上腕二頭筋）

4-5 まとめ

心拍数、呼吸回数、筋電図のいずれも、棚高が深くなるに従って、また負荷重量が大きくなるに従って身体への負担が大きくなることが伺われた。そして特に負荷重量が5 kg以上になると、また手の位置（作業点）としては床面下20~30cm以上になると、身体的負担が大きくなるものと考えられる。

また心拍数では明瞭にその関係を見ることができ、実験の手軽さからいっても、軽作業における短時間の人間の身体に対する負荷の程度を評価するには、この方法は有効であることが確認できた。

5. 座標解析システムによる動作分析実験

この実験は収納作業の様子を座標解析システムによって人体動作を分析し、各棚高における各負荷による収納作業を物理的に捉えようとするものである。

5-1 座標解析システムの概要

測定器は図8に示す通り、T.Vカメラ、ビデオタイマー、ビデオスケーラー、ビデオポジションアナライザ、ビデオテープレコーダー、モニターテレビから構成されている。

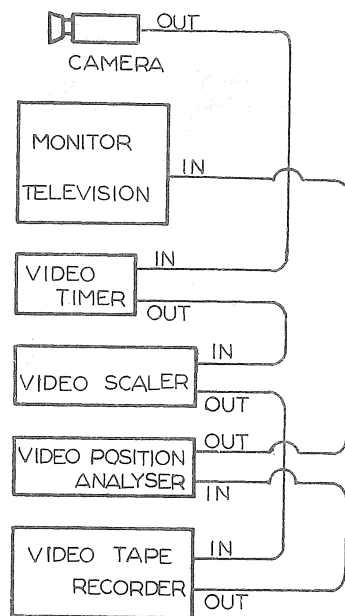


図8 座標解析システム

5-2 実験方法の概要

被験者の右側（利き手）方向から収納作業をT.Vカメラで撮りこれを解析する。

作業内容は作業台の収納物を床下収納棚に置き、その後元の作業台に戻すというもので、14秒間でこれを行なう。

被験者は3名で、平均身長は156.5cmである。

5-3 解析方法

解析は一連の収納動作の観察と、収納物を棚面に置いた瞬間の動作形態を元に次のことを行なった。

- ① 収納動作のパターン
- ② 各内角の分析

図9に示すように、膝の内角(α)、腰の内角(β)、肩の内角(γ)を測定算出する。

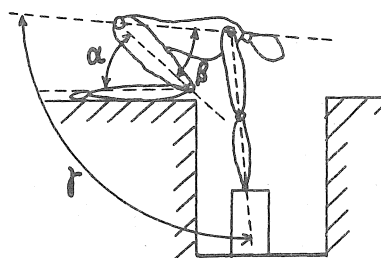


図9 測定内角

5-4 実験結果の概要及び考察

- ① 収納動作パターン分類

図10は収納動作パターンの一例を示したものである

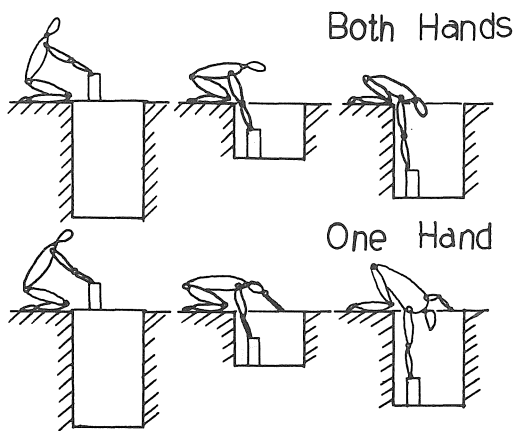


図10 収納動作パターン例

が、これに示すように棚高が浅い場合は床下収納の一連の動作において臀部はかかとから離れないが、深くなるに従ってかかとから離れるようになる。更に深くなると頭を肩や膝より低くしてようやく収納が可能となる。これに伴って片手収納では身体保持から、もう一方の手で身体を支える動作が見られる。

これを棚高と負荷重量との関係で示したのが表2、表

表2 収納動作パターン分布(One Hand)

H_0 (cm)	25	15	5	5 ⁰	15	25	35	45	55	65
H (cm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
3	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
5	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
7	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

- 床下収納の一連動作において臀部が踵から離れない
- (with dots) 床下収納の一連動作において臀部が踵から離れる
- (with diagonal lines) 臀部が踵から離れ、床に手を着く
- (with cross-hatch) 不可能 収納物を持ってない 収納棚高に達しない

表3 収納動作パターン分布(Both Hands)

H_0 (cm)	25	15	5	5 ⁰	15	25	35	45	55	65
H (cm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
3	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
5	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
7	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

- 床下収納の一連動作において臀部が踵から離れない
- (with dots) 床下収納の一連動作において臀部が踵から離れる
- (with diagonal lines) 臀部が踵から離れ、頭が肩峰点以下になる
- (with cross-hatch) 不可能 収納物を持ってない 収納棚高に達しない

3である。これによると、臀部がかかとから離れないのは棚高がせいぜい30cmまでで棚高がたとえ10cmでも負荷重量が大きくなると臀部がかかとから離れる。両手収納の場合棚高が70cm以上になると、少なくとも被験者の1人以上が収納不可能になったことを示している。

片手の場合と両手の場合を比較すると、片手では両手と比べて収納物の重さの面で作業能力は劣り、一方両手では作業深さが浅くなるのが伺える。因に床面直下の片手での手の届く深さは平均63.2cm, 両手では59.5cmという結果であった。

② 各内角の分析

図11は負荷重量3kgにおける棚高と各内角の関係を示したものである。これによると棚高が深くなるに従って、膝の内角(α)と肩の内角(γ)は増加し、腰の内角(β)は減少する。即ち収納位置が深くなるに従って腰を

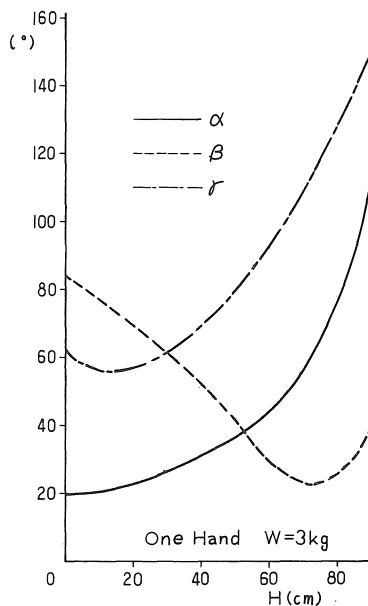


図11 α, β, γ (平均)

表4 α の分布 (平均)

H_0 (cm)	25	15	5	5 ⁰	15	25	35	45	55	65
H (cm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
3	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
5	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
7	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

- $0 \sim 20$ 未満
- (with dots) $20 \sim 30$ 未満
- (with diagonal lines) $30 \sim 40$ 未満
- (with cross-hatch) $40 \sim 50$ 未満
- (with solid black) 50 以上

上げることになるが、これに伴い上体もまた次第に屈曲させ、背中と手が一直線に近い状態になることが伺える。

また表4は膝の内角(α)についての分布を、棚高と負荷重量の関係で捉えたものであるが、先の収納動作パターン分類とほとんど同じ傾向にあることが分かる。

5-5 まとめ

この結果人体動作分析実験では手の位置(作業点)は、床面下20cm位までは収納動作に多少余裕が見られるが、床面下40cm以上になると余裕がなくなり、無理をすると作業棚に身体が転落する危険性が生じる。

6. 収納感覚調査による実験

収納感覚調査は、棚高や収納物の負荷重量が収納作業に及ぼす影響を心理的な面から捉えようとするものである。

6-1 収納感覚調査の概要

●感覚調査法

数量的処理が可能な7段階の評定尺度法によるアンケート調査

●感覚調査の内容

深さ感覚, 危険度, 重さ感覚, 収納動作の難易度及び総合的感覚の5項目10問

●実験方法

収納作業は動作分析実験の場合と同様で, 実験順序はランダムに行なう。また感覚調査は作業終了直後に行なう。

●被害者は15名で, 平均身長は156.9cmである。

6-2 解析方法

得られた結果を平均し, 収納感覚のプロフィールを見る。またそれぞれの形容詞対について χ^2 検定を行なう。

6-3 実験結果の概要及び考察

図12は収納感覚のプロフィールを示した一例である。

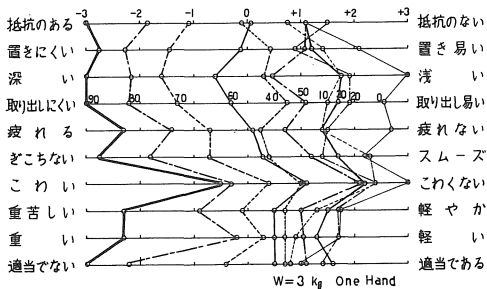


図12 収納感覚のプロフィール(平均)

無負荷の場合, 60cm以上になると「深い」と感じるようになり, 70cm以上は「適当でない」としている。負荷重量が5kgの場合「重い」という意識が強くなり, 7kg

の場合棚高50cmでも恐怖感を持つようになる。

このように棚高と負荷重量とは密接な関係で収納意識に微妙に影響する。

収納作業をする上で「適当である一適当でない」について χ^2 検定したものが表5である。これより一般的な収納にあって表6に示すように棚高はせいぜい60cm位が限度であると考えられる。

表5 χ^2 検定による評定

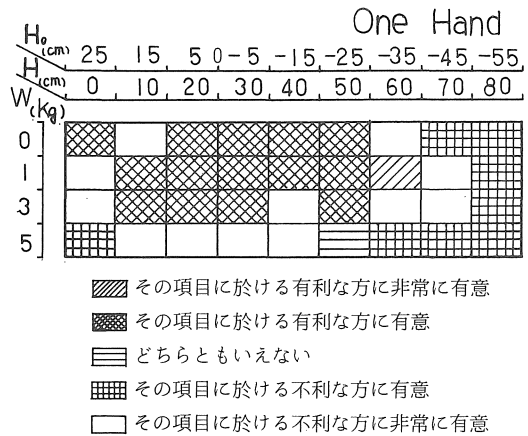
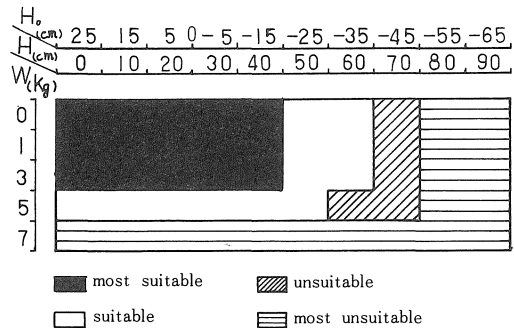


表6 負荷重量と深さの適性



6-4 まとめ

先に述べた様に収納深さは限度は60cm位が一つの目安で, 収納物の形態や重さ等によっても変わり得る性格を持つものと考えられる。

7. 結 び

今回は限られた条件下においてはであるが, 収納深さと収納物の負荷重量の関係を, 生理的, 物理的, 心理的実験を通して総合的に検討した。その結果いずれにおいてもほぼ共通した傾向を見ることができた。即ち, 収納深さ, 負荷重量はいずれも大なるほど身体的負担は大きくなり, 負荷重量がある限度以上になると作業深さが極端に浅くなる。これについては本文中で示した通りである。

また一般的に、手の位置（作業点）については床面下20cm位から低くなるほどその身体的負担は急激に増大するものと考えられ、収納深さ（棚高）については床面下60cm位が目安になるものと考えられる。

以上床面直下の作業深さについての検討を行なったが、今後は収納物のバリエーションを含めて、床面下の作業域を三次元で捉えると共に、それに伴う動作空間を求めていく予定である。

参考文献

- 1) 大内一雄, 若井正一: 床面下の作業域に関する実験的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1199~1200, 1980.
- 2) 日本建築学会編: 建築設計資料集成2 物品, 1-3, 丸善, 東京, 1978.
- 3) 小原二郎他: 建築・室内・人間工学, 100-101, 鹿島出版, 東京, 1977.
- 4) 沼尻幸吉: 活動のエネルギー代謝, 100-102, 労働科学研究所, 1974.
- 5) 梁瀬度子他: 収納作業の生体負担に関するポリグラフ的研究, 人間工学 Vol.5, No.1, 45~53, 1970.
- 6) 大森和子: エネルギー代謝測定に関する一考察(第2報), 家庭学雑誌, Vol.16, No.3, 168-170, 1965.
- 7) 沖田富美子, 上林博雄: 台所の収納位置と収納作業量, 日本建築学会論文報告集, 第291号, 53~59, 1980.
- 8) 高田克己他: 立体の動作による姿勢の変化にともなう筋肉活動について, 大阪市立大学家政学部紀要, Vol.12, 45~60, 1964.
- 9) 中島一他: 人体動作分析による棚の研究(第1報~第6報), 日本建築学会大会学術講演梗概集他, 1969~1971.
- 10) 中島一, 建部謙治: 収納動作からみた床下収納庫の深さについての実験検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1149~1150, 1981.

(受理 昭和57年1月16日)