

RIIS-TN-84-4

UDC-007 : 57.087 : 62-78

# 産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF  
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1984

## 日本人の身体計測と安全ガードの標準化

機械研究部    杉        本        旭  
                  深        谷        潔

労働省産業安全研究所  
MINISTRY OF LABOUR  
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

# 日本人の身体計測と安全ガードの標準化

機械研究部 杉 本 旭\*  
深 谷 潔\*

## Standardization of Machine Guards with reference to Anthropometric Study of Selected Japanese

by Noboru Sugimoto\*, Kiyoshi Fukaya\*

Safeguards have to be standardized on the basis of as many anthropometric data of the worker as possible. For example, BS5304, DIN31001 etc. are specified on anthropometric data of each country's workers. Also in Japan, the necessity of such standard on safeguards became pressing lately, and the collection of anthropometric data, or the measurement of physical size of selected people was carried out.

Items of measurement were divided into two groups; the first group consisted of 17 general items related to body dimension, namely, stature, weight, length of forearm, etc., which were measured with Martin's anthropometer, and the second group, of 5 items, each of which was directly related to the requirement of the standard. They were "reach over barriers", "reach through openings", "finger or hand admissible minimum opening size", etc.. These five items were measured with photo-technique; for instance, by taking photograph of locus of finger tip over model barrier.

The subjects were grouped into 5; the male workers of machinery, the male college students, the female high school students, the male business clerks and the female business clerks. In standardizing each requirement of safeguard, the most unfavorable group, which is connected with the severest case on guard design, was chosen out of the five, and the anthropometric data of the group was used as the basis of the standardization.

---

\* 機械研究部 Mechanical Engineering Research Division

## 1. はじめに

表1は昭和58年に発生した産業災害による死傷者279,995名を事故の型によって分類したものである。この表でわかるように、全災害の約3分の1が、いわゆる接触・挟圧災害に分類されるものであり、依然として、機械・設備の危険箇所との「好ましくない接触」によって多くの災害が発生している。

これらの災害の中にはいわゆる従来型と言われるものとは異なるパターンも多く見られる。その典型的な例は筆者らが呼ぶところの「システム挟撃・せん断箇所」における接触・挟圧災害である。すなわち、近年の自動化の進展により、多くの機械がシステムを構成しているが、単体の機械の危険部の他に機械と機械の接点で新たに生ずる挟撃・せん断部分が時として見過ごされて災害に至るものが増加している。

この「システム挟撃・せん断箇所」を発生させる典型的な機械は産業用ロボットであろう。しかも産業用ロボットと周辺機械の間のこれらの危険箇所はプログラムによってその位置が時々刻々変化する、作業による対応を一層難かしくさせている。

このように従来型と見なされがちな接触・挟圧災害も自動化の進展によりその内容に変化が見られ、改めて、危険箇所の人間からの「隔離」の重要性が叫ばれている。この「隔離」方策としては、まず覆いや囲い、防護柵などのガードが挙げられる。しかしこれらのガードにおいても、機械の点検や加工物の送給・排出などのために開口部を設けるとか、内部の状態を見易くするための金網・格子等を設ける場合が多く、適切な設計がなされていないと、手や指先がこれらの間隙から危険箇所に届いてしまうことにもなりかねない。

これらのガードやそれに設ける間隙等の寸法は、手の形や長さなどの人間の身体寸法に基づいて決定されるべきである。したがって、これらの寸法の基準化はそれぞれの国の労働者の実態に応じたものでなければならぬ。例えば、すでに欧米の諸国では実際に多くの労働者

の身体計測を行って各国の実態に応じた基準の完成をみている。近年、わが国においても同様の目的で日本人の身体計測を行ない、ガード等の寸法の基準化への必要性が高まってきた。そこで、昭和52年から3年間にわたってわが国で実施した身体計測の結果を用い、ガード寸

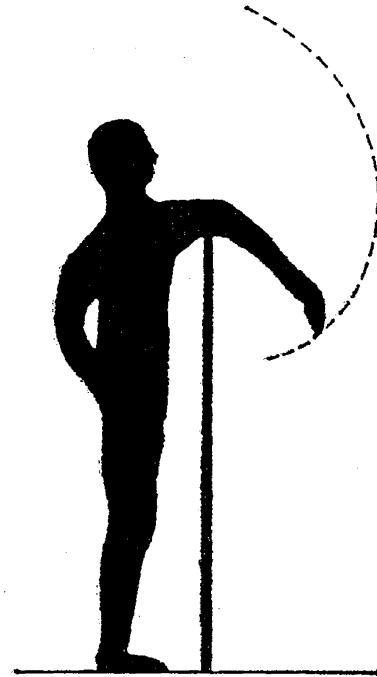


図2 柵越え腕リーチ

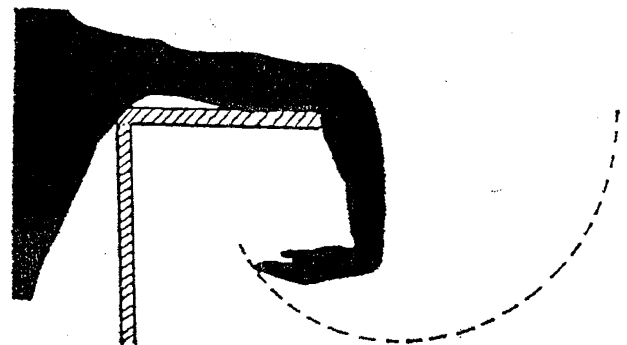


図3 腕屈曲リーチ

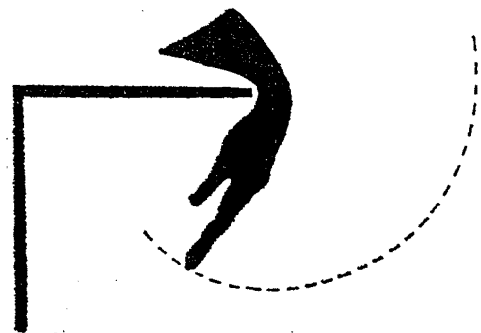


図5 手首屈曲リーチ

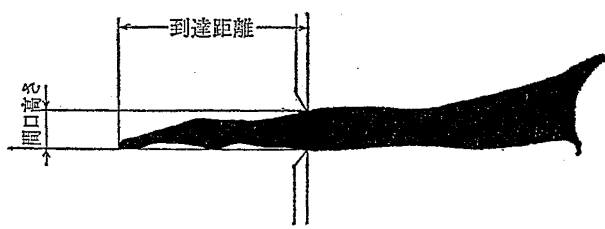


図1 間隙通過腕リーチ

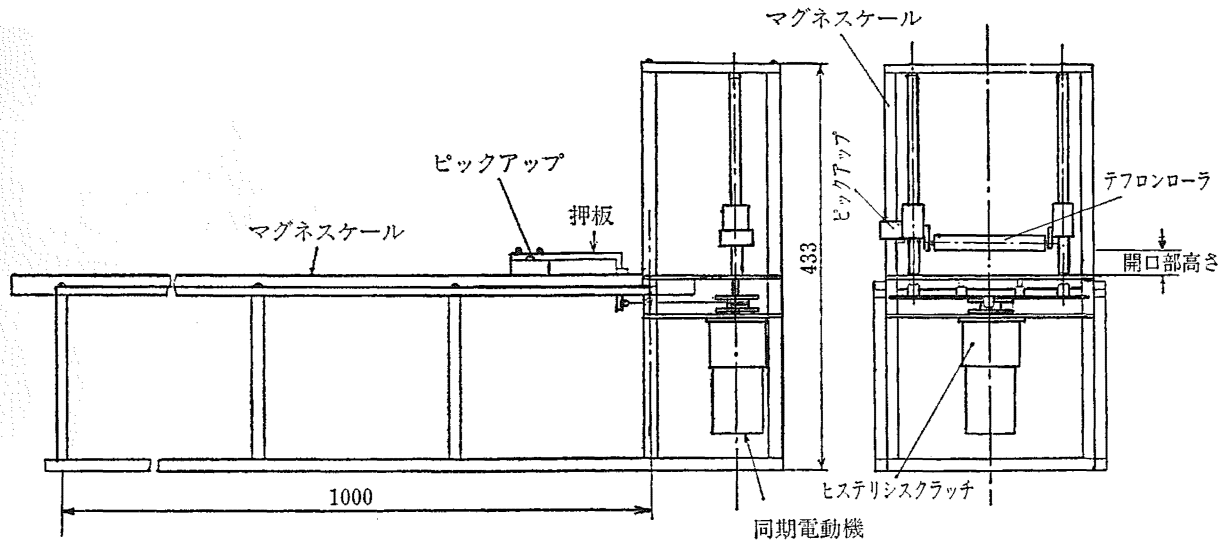


図5 間隙通過腕リーチ測定装置(Ⅱ型)

法等のいくつかの基準化案を作成したのでここで報告するものである。

## 2. 研究方法

### 2.1 測定項目の選定

ガード等の寸法を定めるための身体計測は、単なる身長、体重のような一般的測定項目でなく、開口部や柵などを通してどの位置まで到達するか(到達距離:リーチ)に関連した項目について行なわなければならない。このために必要な測定項目として、次の(a)~(e)を選定した。

- (a) 間隙通過腕リーチ: ある開口高さを持つ水平ゲートから手を挿入したときの、開口高さに応じた指先の到達距離(図1)
- (b) 柵越えリーチ: 水平な柵を越して腕を上下に回転させたときの指先の到達域(図2)
- (c) 腕屈曲リーチ: 肘を固定し前腕を水平から下方へ回転させたときの指先の到達域(図3)
- (d) 手首屈曲リーチ: 手首を固定し手を上下に回転させたときの指先の到達域(図4)
- (e) 正方形開口通過限界: 手をつぼめて通過することのできる最小の正方形の対角線長

つぎに今回の測定結果から母集団についての推定を行なうための関連測定項目として、次の(f)~(w)を選定した。

- (f) 身長, (g) 体重, (h) 前腕最大囲, (i)

前腕最大囲点一指先点距離, (j) 上腕最大囲, (k) 上腕最大囲点一指先点距離, (l) 前方腕長, (m) 前方前腕長, (n) 第3指第1指節関節指厚, (o) 同関節一指先点距離, (p) 第3指第2指節関節指厚, (q) 同関節一指先点距離, (r) 第3指中指節関節\*掌厚, (s) 同指節点一指先点距離, (t) 手首厚, (u) 手

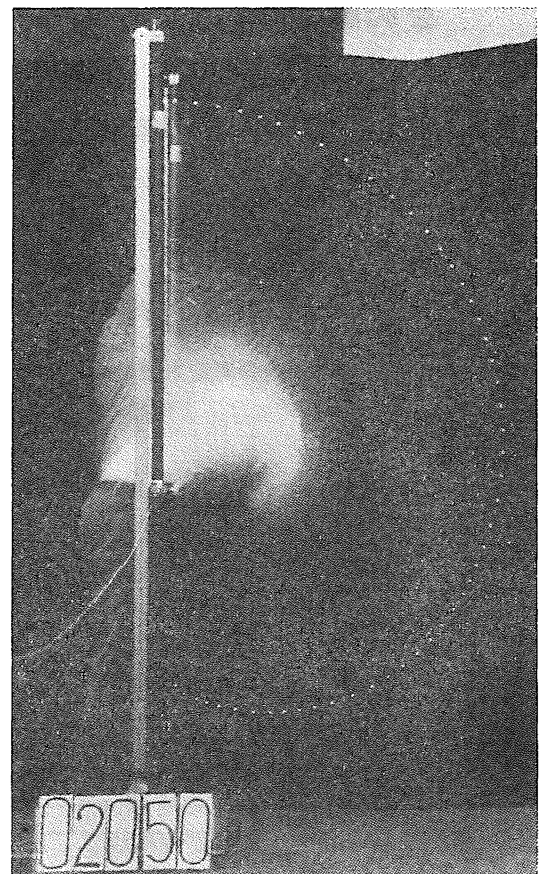


写真2 柵越え腕リーチカーブ測定

\* 指節点

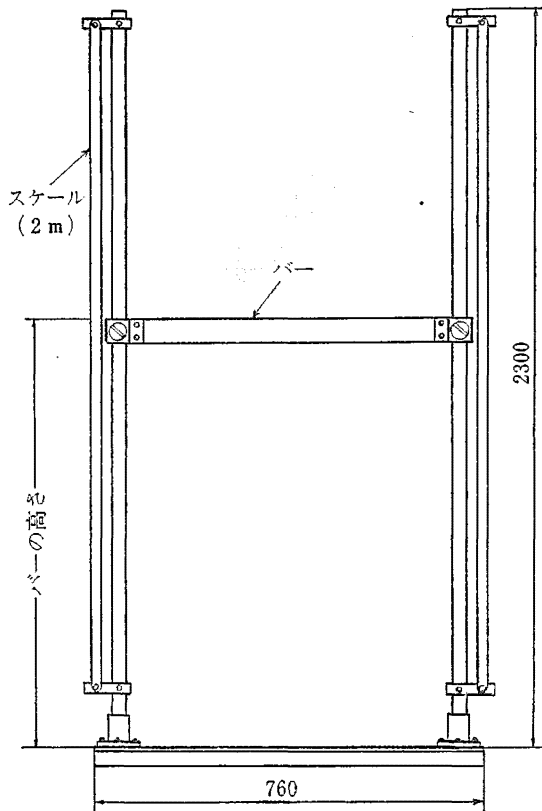


図 6 柵越え腕リーチ測定装置

長、(v) 手掌幅、(w) 指先厚

また、これらの測定を補うために、少数の被験者を対象に、次の 2 項目の測定を度なった。

(x) 間隙通過爪先リーチ

(y) 上方到達リーチ

## 2.2 各項目の測定装置及測定方法

### 2.2.1 間隙通過腕リーチの測定方法

間隙通過腕リーチの測定には、2 種類の測定装置を用いた。

初めのものは、写真 1 に示す構造であり、任意の開ロ部高さを設定できるゲート部、ゲート部からのリーチを測定するリーチ測定部、及びこれらを支持するフレーム部より成る。ゲート板の上下動は、パルスモータとボールねじによって行ない、1 パルス当りの動作は約 0.01mm である。操作 1 回当りのパルス数は、すなわち操作 1 回当りのゲート板の上昇量はあらかじめ任意に設定できる。リーチの測定は、被験者が容易に滑る押板を指先で押すことによって行ない、押板の動きはマグネスケールによって 0.1mm 単位で自動的に読み取り、ゲート板の上昇ごとに印字される。測定は、開口高さ及びリーチが 0 の状態から始めて、測定者の操作によってゲート板

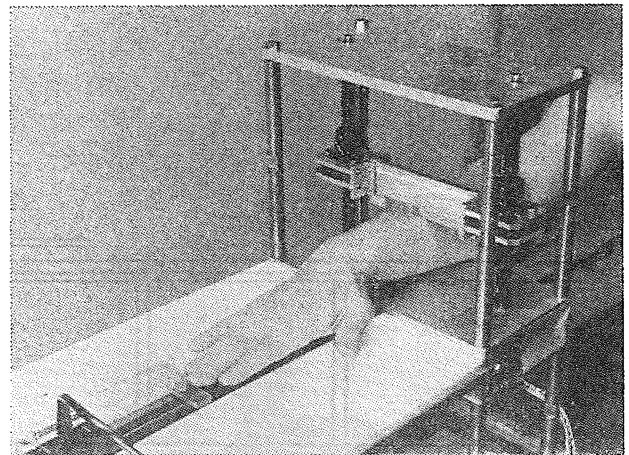


写真 1 間隙通過腕リーチ測定装置 (I 型)

が上昇する度に、被験者が指先で押板を押しながら、指、手、腕と順に挿入して行くことによって行なった。ゲート板の 1 回の上昇量は、指先から指節点までは 0.978 mm とし、指節点以降は 2.934 mm とした。指先から上腕のつけ根までの測定点数は個人差はあるが、おおむね 40~50 点である。

初年度はこの装置を用い測定を行なったが、1 人当りの測定に約 2 分を要し、他の測定項目に較べ時間がかかりすぎたので、2 年目より図 5 に示すように装置の改良を行なった。主要な変更点は、水平ゲートを摺動ベアリングを用いて自由に上下動できるようにしたことである。この水平ゲートは自重 800g で常に下方に押付けられており、その位置はマグネスケールで計測される。リーチの測定方法も腕を挿入する初めの方式から、挿入した腕を下部ゲートに沿って引抜く方式に変更した。また、押板も糸とヒンテリシスクラッチを介してモータで引張るようにした。この戻り力は約 200g になるようにクラッチの伝達トルクを調節した。また腕の摺動が滑らかになるように、ゲートは半径 10mm の上下一対一のローラとしたが、押板がローラに当たるため指先 0~10 mm の範囲の到達距離が計測不能となった。そのため、指先部分は、一部の被験者について別途測定した。

測定が連続的に腕の形を計測する方式にしたため、印字では間に合わなくなった。そのため、マグネスケールが出力する 0.1mm の変位ごとの加算又は減算のパルスを直接データレコーダで記録した。このような改良で、測定時間は 1 人当り約 20 秒に短縮された。

### 2.2.2 柵越え腕リーチ測定装置

この装置は図 6 に示すように、2 本の直立したパイプと、これをガイドとして上下に移動できるバー及びバーの上面の高さを読むことのできるスケール等からできて

いる。あらかじめ被験者の第3指先端に、フィラメントの位置が指先点に合致するように豆電球を取付け、被験者にバーを越えて腕を上方から下方へ回転させる。5m離れた位置から回転シャッターを装着した35ミリカメラ（50mmレンズ使用）を用いて撮影することにより、断続的な豆電球の点列として指先の軌跡を求めることができる。バーの高さは最高200cmから25cmおきに6段階とした。写真2は撮影結果の一例を示す。

本装置はバーの高さが連続的に可変になっているため、バーを一定の高さに調整するのに時間がかかった。

そのため第2年度では、バーの操作を容易にするため多少の改造を行なった。すなわち、バーが停止する位置は2mから25cmおきに6段階としているが、この位置にバーが自動的に停止するようポールにストッパーを取付け、又ポールに沿ってスライドするバーホルダにストッパをはずすためのハンドルを取り付けた。そのため測定者がハンドルを90度ずつ回転操作することにより、容易にバーは25cmずつ落下して停止するため、置位の調整は不要となり、時間はかなり短縮された。しかし、6回の写真撮影を行なうため、腕屈曲リーチ測定等と比較して測定時間が長くなる。そのため同装置を2台準備し、測定に要するトータルの時間の短縮を図った。

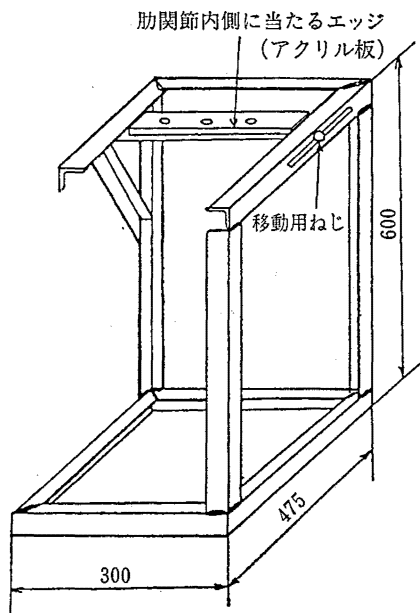


図7 腕屈曲リーチ測定装置

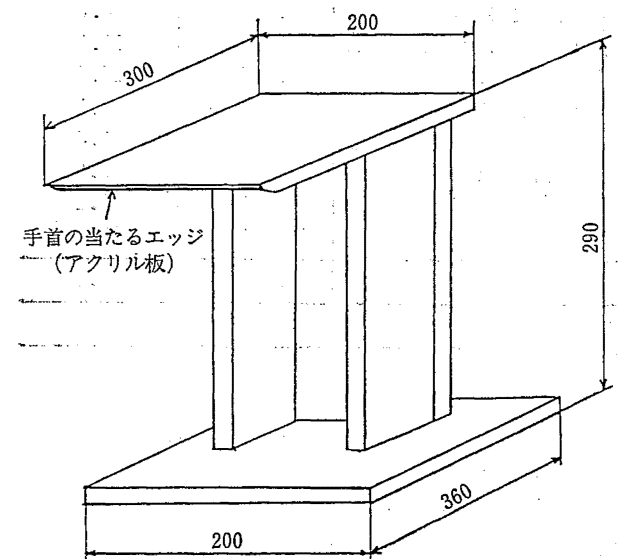


図8 手首屈曲リーチ測定装置

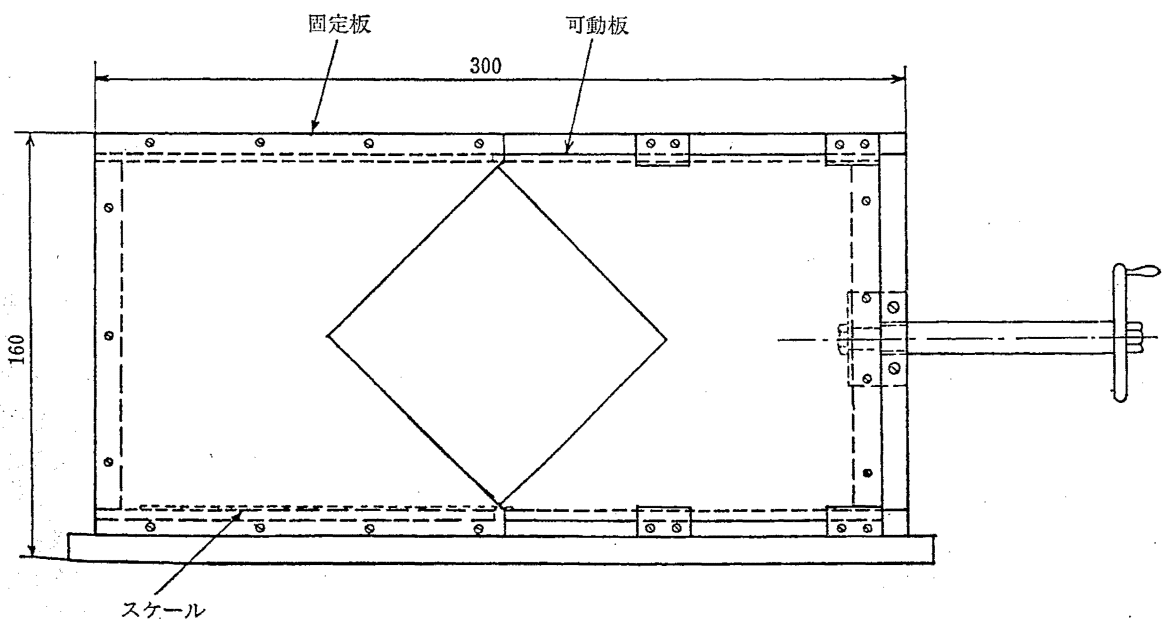


図9 正方形開口通過限界測定装置

表 1 事故の型別死傷者の割合（昭和 58 年度，  
全産業 279,955 件）

| 事 故 の 型         |            | 死 傷 者 数   | 割 合 (%) |
|-----------------|------------|-----------|---------|
| 墜 落 ・ 転 落       |            | 42,561    | 15.2    |
| 転 倒             |            | 36,497    | 13.0    |
| 激 突             |            | 15,389    | 5.5     |
| 飛 来 ・ 落 下       |            | 35,641    | 12.7    |
| 崩 壊 ・ 倒 壊       |            | 6,424     | 2.3     |
| お ぼ れ           |            | 107       | 0.04    |
| 爆 発             |            | 425       | 0.15    |
| 破 裂             |            | 108       | 0.04    |
| 火 災             |            | 350       | 0.13    |
| 交 通 事 故         |            | 5,671     | 2.0     |
| 接 触 ・ 狭 圧 による災害 | 激 突 され     | 13,314    | 4.8     |
|                 | はさまれ・巻き込まれ | 55,697    | 19.9    |
|                 | 切れ・こすれ     | 31,521    | 11.6    |
|                 | 踏 み 抜 き    | 1,374     | 0.5     |
|                 | 高温・低温物との接触 | 3,953     | 1.4     |
|                 | 有害物との接触    | 789       | 0.3     |
|                 | 感 電        | 333       | 0.1     |
|                 | (小計)       | (106,981) | (38.2)  |
| そ の 他           |            | 29,801    | 10.6    |
| 合 計             |            | 279,955   | 100     |

その結果 1 人当り平均約 30 秒に短縮された。

### 2.2.3 腕屈曲リーチ測定装置及び手首屈曲リーチ測定装置

腕屈曲リーチ測定装置及び手首屈曲リーチ測定装置はそれぞれ図 7 及び図 8 に示す装置であり，ともに柵越え腕リーチの測定と同様に指先に取付けた豆電球と回転シャッターを装着したカメラにより指先の軌跡を撮影することができる。腕屈曲リーチの測定においては，被験者を上下可動式の椅子に掛けさせ，被験者の腋窩高が装置の上面に合致するよう高さを調節した上，肘関節の内側をバーの端に密着させた状態で前腕を下方へ回転させて撮影を行なった。手首リーチの測定においては被験者を立位とし，台上に設置した装置の上板の前端部に被験者の手関節の内側を密着させた状態で手掌を上下に回転させて撮影を行なった。カメラ距離はそれぞれ 2.0m 及び 1.3m とした。

### 2.2.4 正方形開口通過限界測定装置

正方形開口通過限界測定装置は図 9 に示す装置であり，逆 3 角状の切込をもつ固定板と，同じ形状の可動板，可動板を移動させるためのねじ及びハンドル，寸法読取用スケールなどより成り，可動板の移動により正方形の大きさを変化させ，被験者が手掌をつぼめて通過できる最小の正方形の対角線の長さを測定する。

### 2.2.5 関連項目の測定

関連項目の測定のうち，身長は通常の身長計，体重はヘルスメータを使用し，他はマルチン式身体計測計を用いて測定した。

測定に際しては被験者ごとに測定表を用い，コード番号，氏名，年齢，生年月日，性別，出身地，スポーツ，職種，経験年数等を記入し，フィルムやデータの処理は測定表のコード番号によって行なうこととした。また測定者のエラーを防ぐため，測定項目ごとにマニュアルを作成し，一定の基準に基づいて測定を行なうようにした。

### 2.3 データ処理法

測定データはすべていったんコンピュータに入力して磁気テープに集録することとし，測定項目 (b)～(d) の写真撮影フィルムは写真計測処理装置により，豆電球による各光点を数値化して集録し，関連データはカードにパンチして集録した。

データの処理方法は，単一数値をもつ測定項目については各項目ごとに平均値及び標準偏差を求め，測定項目 (a) についてはある開口高さに対する到達距離の平均値及び標準偏差を求めることとした。また測定項目 (b)～(d) については到達域の軌跡を各測定点を結ぶ折線で表わされるものとし，バー等の上面前縁部を極とし，水平壁の指先方向を原線とする極座標を用いて，ある角度に対する半径の平均値及び標準偏差を求めることとした。

### 2.4 測定対象

本測定は昭和 52, 53 年の 2 ケ年にわたって行なったが，その間測定の対象とした団体名及び被験者の人数，性別，職種，年齢等は表 2 に示すとおりである。ただし，データ処理は，学生男子，事務男子職員，現場男子職員，女子職員，未成年女子の 5 ブロックに分け，それぞれについて評価した。ここで学生男子とは日本大学学生と鉄道学園学生を合わせたグループとし，事務男子職員とは中央労働災害防止協会男子職員，荏原インフィルコ男子職員，鉄道労働科学研究所職員を合わせたグループである。また，現場男子職員とは東京計器，東芝，ブリヂストンタイヤを合わせたグループとし，女子職員とは中央労働災害防止協会女子職員と荏原インフィルコ女子職員を合わせたグループである。さらに未成年女子とは昭和女子大附属高校の女子学生グループである。それぞれのグループにおける年齢，人数とそれらの分布は表 3 にまとめている。

表 2 測定対象団体及び被験者

| 実施期日              | 団 体 名               | 被 験 者   |    |       |              |                      |
|-------------------|---------------------|---------|----|-------|--------------|----------------------|
|                   |                     | 人 数 (人) |    | 職 種   | 年 齢 (才)      |                      |
|                   |                     | 男       | 女  |       | 平均           | 範 囲                  |
| 昭和 52 年<br>12月19日 | 日本国有鉄道<br>鉄道学園      | 34      | 0  | 学 生   | 21.6         | 20~28                |
| 12月19日            | 日本国有鉄道<br>鉄道労働科学研究所 | 11      | 0  | 研 究 員 | 47.5         | 34~52                |
| 12月26日            | 日 本 大 学             | 71      | 1  | 学 生   | 22.8         | 20~32(男)<br>23 (女)   |
| 昭和 53 年<br>1月13日  | 中央労働災害<br>防止協会      | 55      | 12 | 事務職員  | 40.2<br>32.3 | 23~69(男)<br>19~52(女) |
| 1月17日             | 東京計器㈱               | 44      | 0  | 現場職員  | 41.2         | 26~56                |
| 1月18日             | 荏原インフィルコ㈱           | 44      | 37 | 事務職員  | 33.0<br>22.0 | 22~64(男)<br>18~27(女) |
| 11月14日<br>15日     | ブリヂストンタイヤ<br>小平工場   | 167     | 0  | 現場職員  | 36.8         | 22~56                |
| 11月24日            | 東芝府中工場              | 220     | 0  | 現場職員  | 32.2         | 20~54                |
| 12月16日            | 昭和女子大附属高校           | 0       | 72 | 学 生   | 17.7         | 17~18                |

表 3 被験者グループの年齢・出身地分布

## (a) 年齢分布

| 被験者グループ   | 年齢平均  | 標準偏差  | 人数  | 年 齢 分 布 |     |     |     |     |     |     |
|-----------|-------|-------|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|           |       |       |     | 10代     | 20代 | 30代 | 40代 | 50代 | 60代 | 70代 |
| 学 生 男 子   | 22.4  | 2.56  | 100 | 1       | 99  |     |     |     |     |     |
| 事務男子職員    | 37.7  | 13.31 | 116 |         | 44  | 27  | 12  | 23  | 7   | 3   |
| 現場男子職員    | 35.6  | 8.50  | 430 |         | 136 | 148 | 120 | 26  |     |     |
| 女 子 職 員   | 24.5  | 7.21  | 50  | 6       | 39  | 2   | 1   | 2   |     |     |
| 未 成 年 女 子 | 17.81 | 0.76  | 71  | 71      |     |     |     |     |     |     |

## (b) 出身地分布

| 被験者グループ   | 人数  | 出 身 地 分 布 |    |     |       |    |    |    |    |    |
|-----------|-----|-----------|----|-----|-------|----|----|----|----|----|
|           |     | 北海道       | 東北 | 関東  | 中部・北陸 | 東海 | 近畿 | 中国 | 四国 | 九州 |
| 学 生 男 子   | 100 | 2         | 12 | 41  | 15    | 9  | 6  | 5  | 1  | 9  |
| 事務男子職員    | 116 | 4         | 14 | 68  | 9     | 3  | 4  | 3  | 3  | 8  |
| 現場男子職員    | 430 | 6         | 75 | 238 | 23    |    | 2  | 5  | 5  | 76 |
| 女 子 職 員   | 50  |           | 2  | 39  | 2     | 2  |    | 1  | 1  | 3  |
| 未 成 年 女 子 | 72  |           |    | 61  | 4     |    | 4  | 1  | 1  | 1  |

## 2.5 母集団の推定

ランダム抽出といった統計手法によって、測定対象を選出することは、測定技術上不可能であるため、初年度行なった測定データを用いて日本人全体の値を推定することを試みた。その手法は次のとおりである。

まず、それぞれのリーチカーブがいくつかのパラメータで表現されると仮定し、適当なパラメータを選び出す。本測定では、手首屈曲リーチ及び腕屈曲リーチに対してはそれぞれの鉛直方向リーチの値を、柵越腕リーチについては水平方向リーチの値を、また正方形開口通過

限界では正方形の対角線をそのパラメータとして選出した。次に、本測定で行なった関連測定項目のうち、日本人全体の分布が比較的容易に得られる量の中から、上述のパラメータと相関の高いものを選出し、これらの量を用いてパラメータを表わす重回帰式をつくるが、本測定のうち、日本人全体として得られるデータとしては身長と体重ぐらいで、他の項目については、限られた範囲の人間について測定されているに過ぎない。したがって、本測定では身長と体重の2変数によってそれぞれのパラメータを表現する重回帰式を作った。

正方形開口通過限界を例にとると、 $x_1, x_2$  をそれぞれ



身長、体重とした場合に、重回帰式が

$$y=2.97+0.0298x_1+0.0256x_2$$

で表わされるとき、正方形開口通過限界と $y$ の間の相関係数は0.607となる。また $x_1$ を身長とし、 $x_2$ を

√体重/身長の変数に置き直すと、相関係数は若干改良されて0.617となる。同様にして柵越え腕リーチ、手首屈曲リーチ、腕屈曲リーチについての重回帰係数及び相関係数を表4にまとめて示した。

表4  $y=b_1+b_2x_1+b_3x_2$  としたときの各測定項目の係数と相関

| 測定項目         | $b_1$ | $b_2$    | $b_3$  | 測定項目と $y$ の相関係数 |
|--------------|-------|----------|--------|-----------------|
| 越え腕リーチ 高さ 2m | 117.4 | -0.0609  | 0.0783 | 0.545           |
| 1.50         | 192.4 | -0.0794  | 0.0598 | 0.790           |
| 1.25         | 60.4  | -0.1337  | 0.824  | 0.671           |
| 1            | 15.04 | -0.451   | 0.795  | 0.1125          |
| 0.75         | 74.7  | -0.274   | 0.0889 | 0.520           |
| 腕屈曲リーチ       | 2.91  | -0.0307  | 0.255  | 0.668           |
| 手首屈曲リーチ      | 1.955 | -0.00756 | 0.0827 | 0.409           |
| 正方形開口通過      | 2.97  | 0.0290   | 0.0256 | 0.607           |

表5 間隙通過腕リーチ

| 開口部寸法<br>(mm) | 学生男子         |              | 事務男子職員       |              | 現場男子職員       |              | 女子職員         |              | 未成年女子        |              |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|               | 到達距離<br>(mm) | 標準偏差<br>(mm) | 到達距離<br>(mm) | 標準偏差<br>(mm) | 到達距離<br>(mm) | 標準偏差<br>(mm) | 到達距離<br>(mm) | 標準偏差<br>(mm) | 到達距離<br>(mm) | 標準偏差<br>(mm) |
| 10.0          | 3.12         | 2.32         | 3.88         | 2.87         | 10.81        | 8.65         | 12.13        | 4.43         | 6.49         | 3.09         |
| 11.0          | 5.46         | 3.04         | 5.85         | 3.91         | 12.07        | 10.10        | 20.40        | 9.07         | 10.26        | 3.42         |
| 12.0          | 9.59         | 4.02         | 8.87         | 4.77         | 15.35        | 11.79        | 30.11        | 7.16         | 14.71        | 3.97         |
| 13.0          | 14.47        | 4.87         | 13.12        | 5.69         | 21.41        | 13.68        | 34.62        | 5.39         | 20.97        | 5.52         |
| 14.0          | 20.89        | 6.18         | 18.58        | 6.97         | 28.77        | 14.24        | 40.56        | 7.19         | 28.84        | 6.54         |
| 15.0          | 28.16        | 6.92         | 25.09        | 8.37         | 35.68        | 13.36        | 49.25        | 10.86        | 35.77        | 6.22         |
| 16.0          | 35.58        | 7.18         | 32.20        | 9.34         | 42.33        | 13.76        | 60.27        | 11.82        | 43.39        | 6.44         |
| 17.0          | 41.76        | 7.15         | 39.62        | 9.49         | 50.24        | 15.69        | 69.82        | 6.91         | 50.73        | 5.84         |
| 18.0          | 48.70        | 7.23         | 47.13        | 9.19         | 58.73        | 16.29        | 72.07        | 5.88         | 56.85        | 6.96         |
| 19.0          | 55.05        | 7.32         | 54.18        | 8.81         | 67.69        | 15.78        | 74.28        | 5.04         | 63.47        | 7.53         |
| 20.0          | 61.45        | 7.79         | 60.25        | 8.04         | 74.08        | 14.74        | 76.30        | 4.57         | 70.21        | 7.87         |
| 22.0          | 74.68        | 8.89         | 72.52        | 8.08         | 80.46        | 12.68        | 80.56        | 5.24         | 80.67        | 6.20         |
| 24.0          | 85.08        | 8.29         | 83.62        | 8.20         | 85.74        | 12.39        | 92.90        | 9.43         | 87.71        | 6.31         |
| 26.0          | 91.44        | 6.77         | 91.98        | 6.62         | 91.69        | 13.68        | 98.52        | 9.03         | 93.55        | 5.36         |
| 28.0          | 97.22        | 6.52         | 97.86        | 6.24         | 98.33        | 13.36        | 107.52       | 10.79        | 99.48        | 6.33         |
| 30.0          | 102.11       | 7.02         | 103.26       | 6.10         | 104.33       | 16.76        | 116.34       | 12.09        | 110.88       | 8.16         |
| 32.0          | 109.43       | 9.04         | 108.90       | 7.95         | 112.52       | 19.98        | 119.39       | 10.59        | 116.93       | 6.44         |
| 34.0          | 119.02       | 10.15        | 117.99       | 8.89         | 116.88       | 18.80        | 133.14       | 11.45        | 122.94       | 8.93         |
| 36.0          | 125.85       | 7.51         | 124.54       | 7.58         | 125.97       | 28.45        | 146.36       | 17.00        | 134.12       | 11.47        |
| 38.0          | 132.70       | 8.69         | 131.48       | 8.61         | 133.67       | 27.16        | 160.55       | 11.54        | 144.87       | 10.85        |
| 40.0          | 143.16       | 12.42        | 140.73       | 11.17        | 142.50       | 27.42        | 182.98       | 31.90        | 158.32       | 16.57        |
| 50.0          | 216.75       | 58.73        | 206.45       | 44.68        | 226.73       | 47.13        | 271.40       | 29.87        | 287.14       | 31.65        |
| 60.0          | 318.58       | 30.91        | 300.31       | 39.07        | 327.59       | 90.90        | 399.05       | 98.06        | 425.01       | 136.06       |
| 70.0          | 426.72       | 111.83       | 437.15       | 135.96       | 496.11       | 119.68       | 504.23       | 96.49        | 597.82       | 84.53        |
| 80.0          | 665.21       | 93.58        | 678.77       | 71.54        | 576.44       | 101.88       | 535.08       | 89.72        | 636.92       | 39.67        |
| 90.0          | 693.24       | 38.08        | 698.06       | 32.58        | 608.33       | 90.29        | 538.898      | 89.22        | 636.92       | 39.67        |
| 100.0         | 693.24       | 40.95        | 698.06       | 32.58        | 618.93       | 85.14        | 541.38       | 88.54        | 636.92       | 39.67        |
| 110.0         | 693.24       | 40.95        | 698.06       | 32.58        | 622.85       | 83.90        | 541.65       | 89.50        | 636.92       | 39.67        |
| 120.0         | 693.24       | 40.95        | 698.06       | 32.58        | 623.86       | 83.46        | 541.65       | 89.50        | 636.92       | 39.67        |
| 130.0         | 693.24       | 40.95        | 698.06       | 32.58        | 624.55       | 83.47        | 541.65       | 89.50        | 636.92       | 39.67        |

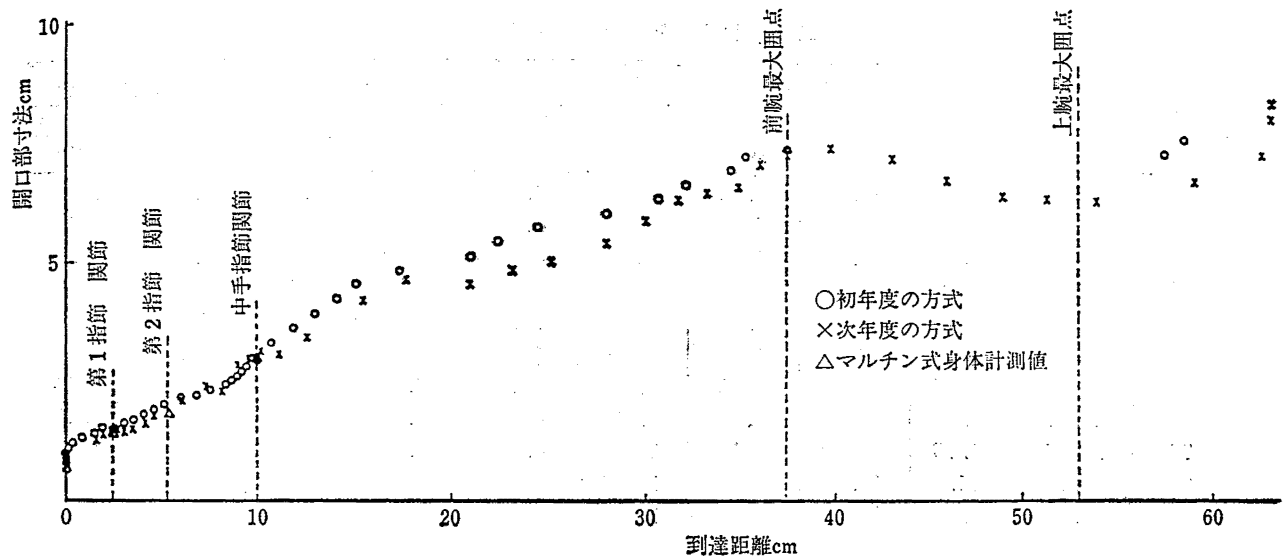


図 10 間隙通過腕リーチ測の定方式の比較

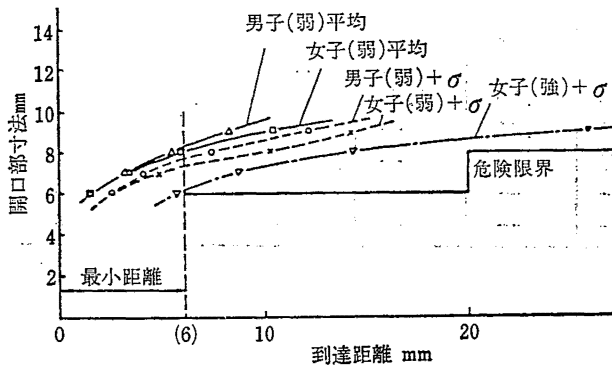


図 11 指先における間隙通過腕リーチとその危険限界の標準化案

十分な精度をもって日本人全体の推測を行なうためには、パラメータと $y$ の間に 0.85 以上の相関係数が要求される。しかし、本測定結果では表に見るように、いずれパラメータも十分に相関の高い重回帰式 $y$ を身長と体重のみでは得られないことがわかる。そのため第2年度では、現場職員としては、できるだけ全国から集まっている事業場を選んで測定を行なうこととし、併せて、正方形開口通過限界等においては最も不利な統計的領域にある若年女性についての測定を行なうこととした。

### 3. 測定結果及び考察

#### 3.1 間隙通過腕リーチ

##### 3.1.1 間隙通過腕リーチ測定の新旧2方式の比較

初年度の間隙通過腕リーチ測定は、ある与えられた開口部寸法に対して、どの距離まで手が届くかといった本測定の命題をそのまま測定方法に表現したものと見え

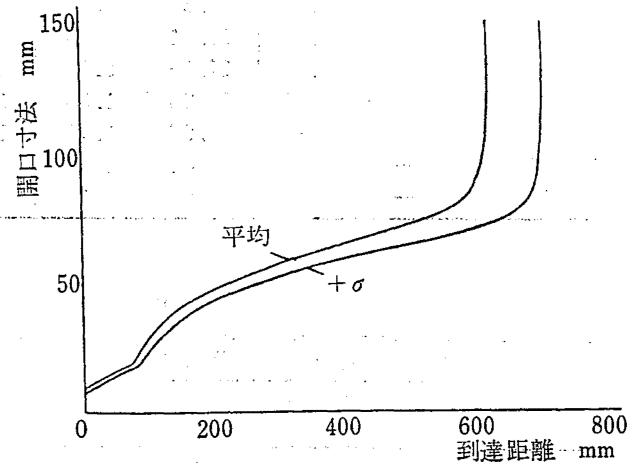


図 12 間隙通過腕リーチカーブ（現場男子職員）

る。しかし、第2年度改造した装置では、腕をそのつけ根まで挿入した状態から徐々に引き抜いてゆく動作によって水平ゲートが腕の形状にならって上下動する方式をとっているため、むしろ各人の腕の形状をそのまま測定しているものと解される。

それらの2方式の測定結果の相違を評価するために、数人を選び、両方式の測定を行なった。結果の一例を図10に示す。これによると、概して初年度行なった方式の方が同じ到達距離に対して開口部寸法は大きくなると言えるが、指の関節部及び前腕最大屈点では両者がほぼ一致した値となっている。このことは関節部では骨の太さの影響が主であり、他の位置では筋肉の厚さの影響が主であると考えられるため、測定方式による相違はこれら関節部において小さくなったと解される。また逆に関節間の筋肉の部分は、柔らかいため測定方式による差、あ

表 6 柵越え腕リーチ (柵高 2m)

| $\theta$ 度 | 学 生 男 子 |           | 事務男子職員 |           | 現場男子職員 |           | 女 子 職 員 |           | 未 成 年 女 子 |           |
|------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
|            | r cm    | 標準偏差 (cm) | r cm   | 標準偏差 (cm) | r cm   | 標準偏差 (cm) | r cm    | 標準偏差 (cm) | r cm      | 標準偏差 (cm) |
| 0          | 11.12   | 5.66      | 11.73  | 6.66      | 8.77   | 4.67      | 0.0     | 0.0       | 6.21      | 1.81      |
| 9          | 10.60   | 5.38      | 10.87  | 5.35      | 10.87  | 4.32      | 10.14   | 1.21      | 5.82      | 1.54      |
| 18         | 10.38   | 5.27      | 10.42  | 4.72      | 10.66  | 4.13      | 10.11   | 1.37      | 5.62      | 1.38      |
| 27         | 10.38   | 5.22      | 10.25  | 4.41      | 10.51  | 4.40      | 8.23    | 2.38      | 5.58      | 1.30      |
| 36         | 10.52   | 5.13      | 10.28  | 4.22      | 10.34  | 4.62      | 6.26    | 2.91      | 5.69      | 1.29      |
| 45         | 11.12   | 6.03      | 10.38  | 4.09      | 10.36  | 4.66      | 6.45    | 2.91      | 5.85      | 1.27      |
| 54         | 10.97   | 4.97      | 10.57  | 3.98      | 10.69  | 4.88      | 6.48    | 2.82      | 6.13      | 1.24      |
| 63         | 11.17   | 4.92      | 10.80  | 3.80      | 11.07  | 4.85      | 6.91    | 2.81      | 6.48      | 1.17      |
| 72         | 11.45   | 4.75      | 10.98  | 3.70      | 11.34  | 4.93      | 7.25    | 2.72      | 6.93      | 1.06      |
| 81         | 11.73   | 4.52      | 11.13  | 3.54      | 11.74  | 5.00      | 7.10    | 3.01      | 6.93      | 1.54      |
| 90         | 11.97   | 4.26      | 11.36  | 3.33      | 12.40  | 5.26      | 7.65    | 3.01      | 7.28      | 1.40      |
| 99         | 12.22   | 3.96      | 11.37  | 3.02      | 12.40  | 3.98      | 8.35    | 2.40      | 7.67      | 1.23      |
| 108        | 13.53   | 10.66     | 11.45  | 2.76      | 12.74  | 3.39      | 9.69    | 2.39      | 8.21      | 1.21      |
| 117        | 12.41   | 3.21      | 11.64  | 2.51      | 12.87  | 2.85      | 9.82    | 2.10      | 8.52      | 1.14      |
| 126        | 12.18   | 2.92      | 11.67  | 2.36      | 12.54  | 2.39      | 10.68   | 2.14      | 8.48      | 1.01      |
| 135        | 12.02   | 2.50      | 11.44  | 2.34      | 11.92  | 1.86      | 11.18   | 1.20      | 8.78      | 0.90      |
| 144        | 11.34   | 2.18      | 11.19  | 2.29      | 11.26  | 1.55      | 9.32    | 0.0       | 8.74      | 1.00      |
| 153        | 11.61   | 1.32      | 10.33  | 1.54      | 10.81  | 1.41      | —       | —         | 7.88      | 0.26      |
| 162        | 12.84   | —         | 9.67   | 1.77      | 10.55  | 0.63      | —       | —         | —         | —         |
| 171        | —       | —         | 8.44   | 0.0       | —      | —         | —       | —         | —         | —         |
| 180        | —       | —         | 8.90   | 0.0       | —      | —         | —       | —         | —         | —         |

表 7 柵越えリーチ (柵高 1.75m)

| $\theta$ 度 | 学 生 男 子 |           | 事務男子職員 |           | 現場男子職員 |           | 女 子 職 員 |           | 未 成 年 女 子 |           |
|------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
|            | r cm    | 標準偏差 (cm) | r cm   | 標準偏差 (cm) | r cm   | 標準偏差 (cm) | r cm    | 標準偏差 (cm) | r cm      | 標準偏差 (cm) |
| 0          | 34.18   | 7.01      | 32.79  | 8.44      | 29.29  | 6.58      | 30.68   | 0.0       | 19.26     | 6.71      |
| 9          | 33.26   | 7.00      | 31.61  | 7.60      | 29.60  | 6.80      | 18.90   | 5.04      | 18.32     | 6.28      |
| 18         | 33.08   | 7.01      | 31.02  | 7.20      | 29.51  | 6.98      | 17.20   | 5.93      | 17.88     | 6.15      |
| 27         | 32.76   | 6.95      | 30.33  | 7.02      | 29.35  | 6.91      | 17.02   | 5.98      | 17.50     | 5.91      |
| 36         | 32.26   | 6.92      | 29.13  | 7.41      | 29.09  | 6.85      | 17.04   | 5.75      | 16.99     | 5.55      |
| 45         | 31.57   | 6.99      | 27.60  | 8.43      | 28.68  | 6.80      | 16.81   | 5.79      | 16.47     | 5.23      |
| 54         | 30.90   | 7.10      | 26.10  | 9.68      | 28.12  | 6.79      | 16.76   | 5.52      | 15.47     | 5.06      |
| 63         | 30.22   | 7.36      | 24.48  | 10.85     | 27.44  | 6.89      | 16.62   | 5.27      | 14.64     | 4.84      |
| 72         | 29.53   | 7.67      | 22.78  | 11.13     | 26.64  | 7.29      | 16.47   | 4.95      | 13.72     | 4.85      |
| 81         | 28.75   | 8.07      | 21.62  | 12.14     | 25.79  | 7.80      | 16.22   | 4.60      | 14.85     | 11.47     |
| 90         | 27.68   | 8.63      | 20.17  | 12.35     | 24.84  | 8.15      | 15.84   | 4.17      | 12.29     | 4.55      |
| 99         | 27.49   | 9.00      | 21.19  | 17.84     | 25.08  | 8.18      | 15.29   | 3.78      | 11.34     | 4.68      |
| 108        | 26.52   | 9.55      | 18.90  | 12.66     | 24.40  | 8.47      | 14.85   | 3.37      | 11.58     | 7.70      |
| 117        | 26.46   | 9.72      | 17.66  | 13.35     | 23.60  | 8.68      | 14.11   | 2.98      | 9.76      | 4.70      |
| 126        | 26.54   | 10.11     | 15.96  | 14.32     | 22.94  | 9.64      | 13.15   | 2.65      | 9.60      | 7.89      |
| 135        | 26.93   | 11.07     | 13.42  | 15.05     | 24.68  | 16.54     | 12.16   | 2.50      | 8.35      | 8.90      |
| 144        | 29.99   | 11.77     | 12.65  | 15.40     | 27.78  | 10.86     | 11.47   | 1.86      | 5.94      | 4.84      |
| 153        | 28.63   | 11.03     | 11.02  | 15.03     | 28.63  | 11.30     | 10.97   | 1.80      | 3.30      | 3.29      |
| 162        | 26.94   | 12.98     | 6.61   | 11.69     | 29.58  | 12.00     | 12.20   | 0.0       | 2.17      | 2.13      |
| 171        | 13.15   | 14.39     | 3.08   | 6.15      | 24.10  | 13.67     | —       | —         | 2.10      | 2.09      |
| 180        | 5.79    | 5.34      | 1.96   | 1.46      | 6.35   | 4.31      | —       | —         | 2.19      | 2.42      |

表 8 柵越え腕リーチ (柵高 1.50m)

| $\theta$ 度 | 学 生 男 子 |           | 事務男子職員 |           | 現場男子職員 |           | 女 子 職 員 |           | 未 成 年 女 子 |           |
|------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
|            | $r$ cm  | 標準偏差 (cm) | $r$ cm | 標準偏差 (cm) | $r$ cm | 標準偏差 (cm) | $r$ cm  | 標準偏差 (cm) | $r$ cm    | 標準偏差 (cm) |
| 0          | 58.06   | 7.26      | 55.80  | 8.21      | 52.18  | 7.13      | 41.67   | 7.35      | 41.30     | 7.53      |
| 9          | 57.42   | 7.25      | 55.16  | 7.59      | 52.45  | 7.13      | 39.72   | 6.99      | 40.76     | 7.55      |
| 18         | 57.65   | 7.27      | 55.22  | 7.41      | 52.84  | 7.06      | 39.56   | 6.97      | 40.53     | 7.89      |
| 27         | 57.75   | 7.31      | 55.17  | 7.33      | 53.16  | 7.15      | 39.36   | 7.02      | 40.13     | 8.41      |
| 36         | 57.71   | 7.45      | 55.02  | 7.36      | 53.43  | 7.32      | 38.99   | 7.05      | 39.46     | 9.08      |
| 45         | 57.45   | 7.65      | 54.71  | 7.46      | 53.44  | 7.52      | 38.56   | 7.13      | 38.37     | 10.32     |
| 54         | 57.08   | 7.85      | 54.23  | 7.78      | 53.26  | 7.97      | 38.04   | 7.14      | 37.56     | 10.35     |
| 63         | 56.62   | 8.02      | 53.58  | 8.08      | 52.88  | 8.54      | 37.48   | 7.22      | 37.97     | 13.24     |
| 72         | 56.23   | 8.24      | 52.80  | 8.44      | 52.28  | 8.97      | 36.92   | 7.49      | 35.20     | 11.17     |
| 81         | 55.37   | 8.50      | 51.83  | 8.84      | 51.49  | 9.35      | 36.28   | 7.54      | 33.98     | 11.49     |
| 90         | 54.49   | 8.87      | 50.62  | 9.19      | 50.50  | 9.73      | 35.54   | 7.53      | 32.79     | 11.64     |
| 99         | 53.62   | 9.17      | 49.22  | 9.55      | 49.67  | 9.77      | 35.53   | 6.60      | 32.77     | 10.65     |
| 108        | 52.38   | 9.47      | 47.68  | 9.93      | 48.47  | 9.85      | 34.80   | 6.48      | 32.13     | 10.30     |
| 117        | 50.75   | 9.82      | 46.33  | 10.13     | 46.81  | 9.92      | 33.88   | 6.67      | 31.25     | 9.99      |
| 126        | 49.09   | 10.34     | 44.48  | 10.27     | 45.04  | 9.92      | 33.71   | 6.38      | 29.66     | 9.30      |
| 135        | 47.63   | 10.84     | 42.64  | 10.51     | 42.97  | 9.82      | 33.74   | 6.08      | 28.83     | 9.30      |
| 144        | 45.65   | 11.30     | 40.89  | 10.77     | 40.89  | 9.44      | 33.45   | 5.58      | 28.31     | 9.14      |
| 153        | 43.15   | 11.61     | 39.12  | 10.66     | 38.49  | 9.14      | 33.10   | 5.25      | 27.21     | 9.28      |
| 162        | 41.10   | 12.52     | 37.14  | 11.71     | 36.06  | 9.16      | 32.09   | 6.23      | 24.92     | 10.23     |
| 171        | 43.83   | 17.16     | 44.13  | 15.11     | 31.55  | 9.24      | 29.12   | 4.01      | 9.77      | 13.59     |
| 180        | 27.73   | 1.65      | —      | —         | 2.32   | 0.0       | —       | —         | 2.06      | 0.90      |

表 9 柵越え腕リーチ (柵高 1.25m)

| $\theta$ 度 | 学 生 男 子 |           | 事務男子職員 |           | 現場男子職員 |           | 女 子 職 員 |           | 未 成 年 女 子 |           |
|------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
|            | $r$ cm  | 標準偏差 (cm) | $r$ cm | 標準偏差 (cm) | $r$ cm | 標準偏差 (cm) | $r$ cm  | 標準偏差 (cm) | $r$ cm    | 標準偏差 (cm) |
| 0          | 82.74   | 7.50      | 80.81  | 7.41      | 77.21  | 7.10      | 65.13   | 7.26      | 66.63     | 8.34      |
| 9          | 81.49   | 7.29      | 79.46  | 7.08      | 76.17  | 7.15      | 62.51   | 7.06      | 65.59     | 7.73      |
| 18         | 80.55   | 7.10      | 78.67  | 6.93      | 75.47  | 6.93      | 61.89   | 6.75      | 64.97     | 7.42      |
| 27         | 79.34   | 6.86      | 77.69  | 6.83      | 74.81  | 6.76      | 61.36   | 6.36      | 64.39     | 7.15      |
| 36         | 78.04   | 6.69      | 76.50  | 6.51      | 73.97  | 6.55      | 60.94   | 6.06      | 63.86     | 6.87      |
| 45         | 76.78   | 6.43      | 75.20  | 6.20      | 73.07  | 6.33      | 60.52   | 5.79      | 63.21     | 6.63      |
| 54         | 75.43   | 6.26      | 73.85  | 5.97      | 72.19  | 6.13      | 60.12   | 5.68      | 62.62     | 6.50      |
| 63         | 74.12   | 6.06      | 72.48  | 5.65      | 71.36  | 5.93      | 59.82   | 5.54      | 62.02     | 6.33      |
| 72         | 72.90   | 5.84      | 71.07  | 5.37      | 70.46  | 5.68      | 59.48   | 5.42      | 61.50     | 6.18      |
| 81         | 71.67   | 5.65      | 69.72  | 5.08      | 69.52  | 5.42      | 59.27   | 5.25      | 60.85     | 6.04      |
| 90         | 70.35   | 5.42      | 68.36  | 4.85      | 68.49  | 5.18      | 59.08   | 5.15      | 60.34     | 5.96      |
| 99         | 69.08   | 5.37      | 67.00  | 4.60      | 67.40  | 4.96      | 58.75   | 5.00      | 59.74     | 5.81      |
| 108        | 67.89   | 5.28      | 65.72  | 4.33      | 66.29  | 4.78      | 58.07   | 4.93      | 59.21     | 5.94      |
| 117        | 66.67   | 5.15      | 64.47  | 4.14      | 65.12  | 4.57      | 57.50   | 4.82      | 58.51     | 6.05      |
| 126        | 65.46   | 4.98      | 63.24  | 3.98      | 63.98  | 4.45      | 56.85   | 4.97      | 57.87     | 6.21      |
| 135        | 64.24   | 4.75      | 62.05  | 3.94      | 62.83  | 4.36      | 55.93   | 5.08      | 57.09     | 6.56      |
| 144        | 63.04   | 4.69      | 60.93  | 3.94      | 61.74  | 4.25      | 54.92   | 5.47      | 56.42     | 7.12      |
| 153        | 62.00   | 4.48      | 59.90  | 3.97      | 60.59  | 4.30      | 53.68   | 6.03      | 55.63     | 7.74      |
| 162        | 60.58   | 4.59      | 59.09  | 4.03      | 59.32  | 4.35      | 52.60   | 6.55      | 55.65     | 6.81      |
| 171        | 58.88   | 4.51      | 58.40  | 3.37      | 58.01  | 4.69      | 50.70   | 7.65      | 55.45     | 2.93      |
| 180        | 58.33   | 2.27      | 57.96  | 1.47      | 59.00  | 1.94      | —       | —         | 58.95     | 0.0       |

表 10 柵越え腕リーチ (柵高 1m)

| $\theta$ 度 | 学 生 男 子 |           | 事務男子職員 |           | 現場男子職員 |           | 女 子 職 員 |           | 未 成 年 女 子 |           |
|------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
|            | r cm    | 標準偏差 (cm) | r cm   | 標準偏差 (cm) | r cm   | 標準偏差 (cm) | r cm    | 標準偏差 (cm) | r cm      | 標準偏差 (cm) |
| 0          | 109.12  | 7.55      | 106.94 | 8.77      | 102.69 | 7.41      | 88.67   | 7.48      | 92.33     | 8.43      |
| 9          | 107.46  | 7.38      | 105.45 | 7.77      | 100.93 | 7.36      | 86.92   | 7.59      | 90.99     | 8.33      |
| 18         | 106.25  | 7.51      | 104.04 | 7.53      | 100.04 | 7.45      | 85.81   | 7.48      | 89.85     | 8.22      |
| 27         | 104.71  | 7.85      | 102.28 | 7.68      | 98.91  | 7.55      | 84.67   | 7.49      | 88.60     | 8.25      |
| 36         | 103.06  | 8.38      | 100.28 | 8.07      | 97.60  | 7.79      | 83.34   | 7.51      | 86.90     | 8.17      |
| 45         | 101.12  | 8.79      | 97.90  | 8.47      | 96.22  | 8.12      | 81.98   | 7.58      | 84.98     | 8.20      |
| 54         | 99.78   | 11.47     | 95.62  | 9.28      | 94.63  | 8.52      | 80.44   | 7.71      | 83.05     | 8.29      |
| 63         | 97.26   | 9.99      | 93.09  | 10.07     | 92.92  | 9.06      | 78.84   | 7.81      | 80.89     | 8.47      |
| 72         | 95.20   | 10.55     | 90.61  | 10.82     | 91.08  | 9.58      | 77.01   | 7.70      | 78.69     | 8.76      |
| 81         | 92.90   | 11.20     | 88.01  | 11.51     | 89.00  | 10.18     | 75.11   | 7.68      | 76.49     | 9.04      |
| 90         | 90.54   | 11.79     | 85.27  | 12.17     | 86.73  | 10.83     | 73.43   | 7.85      | 74.15     | 9.27      |
| 99         | 87.86   | 12.13     | 82.46  | 12.84     | 84.19  | 11.52     | 71.57   | 8.03      | 85.99     | 96.91     |
| 108        | 85.01   | 12.58     | 79.55  | 13.42     | 81.44  | 12.10     | 69.26   | 8.15      | 68.71     | 10.29     |
| 117        | 82.07   | 12.91     | 76.60  | 13.70     | 78.50  | 12.63     | 67.01   | 8.14      | 66.28     | 9.88      |
| 126        | 78.88   | 13.13     | 73.57  | 13.90     | 75.24  | 13.07     | 64.54   | 7.94      | 63.33     | 9.78      |
| 135        | 75.40   | 13.16     | 70.37  | 14.02     | 71.88  | 13.26     | 61.98   | 7.66      | 60.40     | 9.61      |
| 144        | 71.58   | 12.85     | 66.99  | 13.78     | 68.39  | 13.38     | 59.14   | 7.25      | 57.57     | 9.65      |
| 153        | 67.69   | 12.26     | 64.00  | 12.88     | 64.45  | 12.56     | 56.52   | 6.76      | 54.86     | 9.43      |
| 162        | 64.55   | 11.82     | 69.97  | 11.79     | 60.55  | 12.20     | 53.93   | 5.98      | 52.25     | 8.54      |
| 171        | 61.01   | 10.48     | 59.24  | 11.82     | 58.39  | 12.94     | 52.30   | 6.04      | 52.38     | 8.96      |
| 180        | 50.51   | 15.27     | —      | —         | 45.54  | 0.41      | —       | —         | 45.21     | 4.60      |

表 11 柵越え腕リーチ (柵高 0.75m)

| $\theta$ 度 | 学 生 男 子 |           | 事務男子職員 |           | 現場男子職員 |           | 女 子 職 員 |           | 未 成 年 女 子 |           |
|------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
|            | r cm    | 標準偏差 (cm) | r cm   | 標準偏差 (cm) | r cm   | 標準偏差 (cm) | r cm    | 標準偏差 (cm) | r cm      | 標準偏差 (cm) |
| 0          | 134.74  | 7.80      | 133.51 | 9.31      | 127.05 | 7.80      | 113.58  | 7.25      | 117.90    | 8.57      |
| 9          | 133.28  | 7.75      | 131.88 | 8.08      | 125.42 | 7.69      | 111.94  | 7.65      | 116.58    | 8.37      |
| 18         | 131.46  | 7.94      | 130.01 | 7.79      | 124.24 | 7.91      | 110.23  | 7.73      | 114.78    | 8.37      |
| 27         | 128.90  | 8.30      | 127.37 | 7.94      | 122.21 | 8.24      | 108.00  | 7.84      | 112.13    | 8.63      |
| 36         | 125.71  | 8.88      | 124.00 | 8.25      | 119.66 | 8.61      | 105.33  | 8.03      | 109.10    | 8.93      |
| 45         | 121.96  | 9.62      | 119.79 | 8.80      | 116.68 | 8.98      | 102.44  | 8.14      | 105.84    | 9.19      |
| 54         | 117.83  | 10.34     | 115.15 | 9.54      | 113.33 | 9.51      | 99.21   | 8.43      | 101.54    | 9.51      |
| 63         | 113.29  | 11.10     | 110.25 | 10.33     | 109.82 | 10.12     | 95.90   | 8.85      | 97.32     | 9.73      |
| 72         | 108.53  | 11.83     | 105.15 | 11.04     | 106.01 | 10.66     | 92.25   | 9.07      | 93.13     | 9.72      |
| 81         | 103.81  | 12.47     | 100.20 | 11.87     | 102.09 | 11.22     | 89.04   | 8.94      | 88.76     | 9.75      |
| 90         | 99.21   | 12.96     | 95.23  | 12.65     | 98.16  | 11.64     | 85.59   | 9.04      | 84.66     | 9.71      |
| 99         | 94.83   | 13.54     | 90.49  | 13.52     | 94.25  | 12.09     | 82.54   | 9.40      | 80.56     | 9.60      |
| 108        | 90.64   | 14.19     | 86.01  | 14.16     | 90.58  | 12.64     | 79.84   | 9.72      | 76.66     | 9.77      |
| 117        | 86.71   | 14.70     | 81.90  | 14.81     | 86.98  | 13.06     | 77.06   | 10.07     | 73.09     | 9.98      |
| 126        | 82.37   | 14.85     | 79.01  | 14.01     | 83.64  | 13.16     | 74.20   | 9.92      | 69.78     | 10.51     |
| 135        | 77.51   | 14.18     | 75.05  | 14.23     | 79.34  | 13.44     | 71.58   | 9.74      | 66.49     | 11.01     |
| 144        | 70.44   | 12.76     | 70.50  | 14.38     | 73.87  | 13.22     | 69.07   | 9.67      | 63.53     | 11.86     |
| 153        | 64.06   | 13.19     | 64.48  | 14.19     | 68.35  | 13.10     | 65.39   | 8.77      | 58.41     | 12.19     |
| 162        | 49.86   | 12.02     | 52.64  | 12.02     | 59.56  | 15.37     | 61.98   | 9.25      | 51.41     | 6.76      |
| 171        | 42.65   | 8.21      | 56.79  | 4.50      | 52.98  | 6.07      | 52.86   | 7.53      | 48.19     | 0.27      |
| 180        | 42.62   | 0.0       | 50.22  | 1.10      | 43.33  | 0.0       | —       | —         | 48.68     | 0.0       |

るいは個人差も大きくなると考えられる。したがって間隙通過腕リーチの基準はそれぞれの関節位置にそくした階段状が適当であると予想される。

### 3.1.2 指先における間隙通過腕リーチ

開口部最小弧法をまとめるに当たり、年齢 19~34 才の 14 名（男子 8 名、女子 6 名）を選び、第 2 年度の間隙通過腕リーチ測定装置を多少改造して、指先の精密な測定を行なった。測定はまず開口部寸法をある値に固定し、指を軽く挿入する場合と、力を入れてなるべく奥に挿入する場合とに分け、それぞれの到達距離を測定する方式をとった。ただし、開口部寸法は 6, 7, 8, 9 mm の 4 階段である。図 11 のプロットはその測定結果である。ここでは、それぞれのリーチカーブには上記の二つの場合を分け、前者には「弱」、後者には「強」の添え字をつけた。この測定結果は後に示す間隙通過腕リーチの

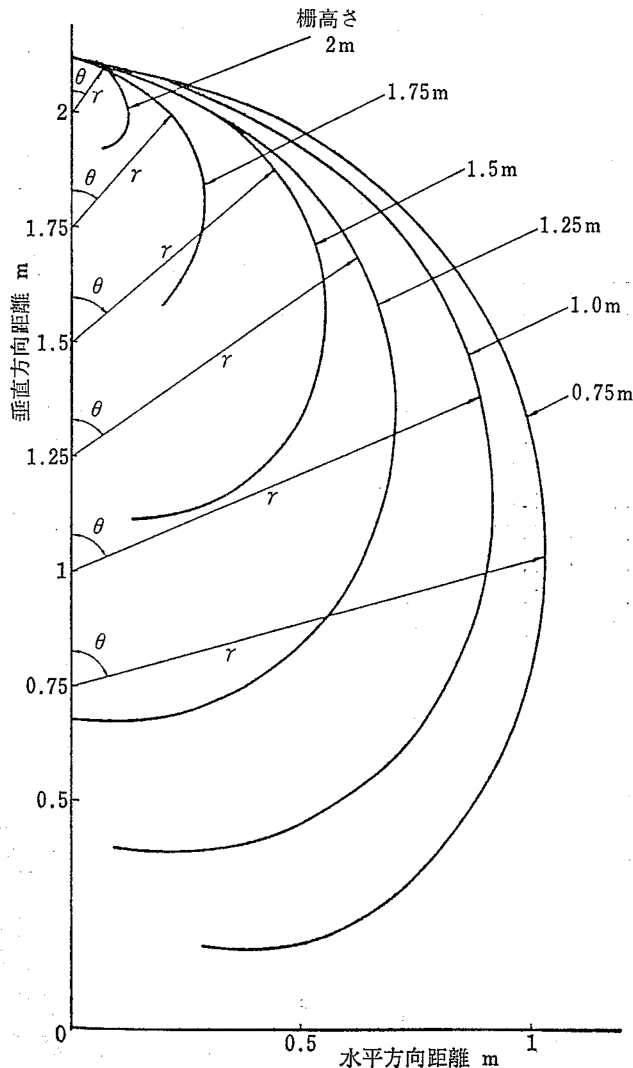


図 13 柵高さに対するリーチカーブ  
(学生男子平均値)

危険限界標準化案の中で、指先位置での標準化に反映されている。

### 3.1.3 間隙通過腕リーチの測定結果

測定結果の一例として、現場男子職員の開口高さに対する到達距離の平均及び平均  $\pm \sigma$  (標準偏差) を示す曲線を図 12 に示す。また、代表的な開口高さに対して、各グループごとの到達距離の平均値と標準偏差を表 5 に示す。

## 3.2 柵越え腕リーチ

測定結果の一例として、最もリーチの平均値が大きい学生男子のグループの各柵高さに対するリーチカーブの平均を図 13 に示す。また各グループごとのリーチの平均と標準偏差を表 6~表 11 に示す。ここでは座標系として鉛直軸上のそれぞれの柵高さを原点とする極座標系をとっており、座標上の各々の点は各柵高さを原点とし、鉛直軸とのなす角  $\theta$  と距離  $r$  を用いて表わしている (図 13 参照)。また平均については、対応するデータが得られたものについて行なっている。したがって、未成年女

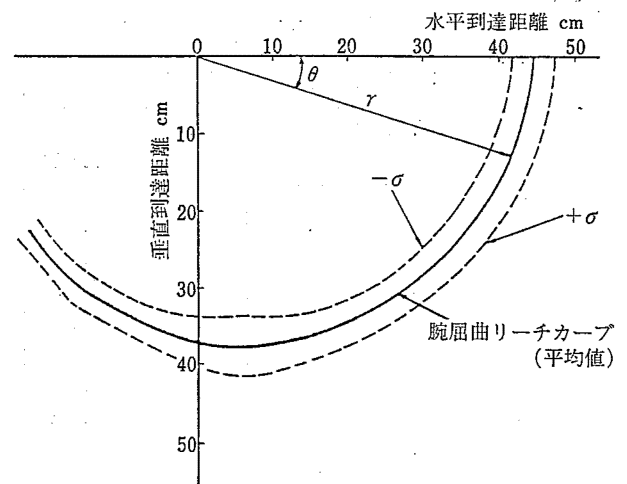


図 14 腕屈曲リーチカーブ (現場職員男子)

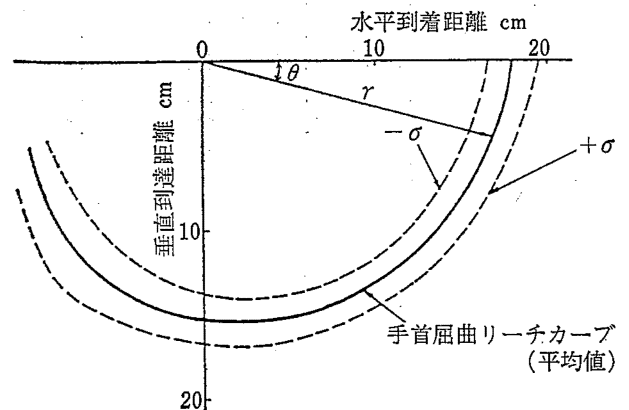


図 15 手首屈曲リーチカーブ (学生男子)

表 12 腕屈曲リーチ (平均値, 標準偏差)

| $\theta$ 度 | 学 生 男 子 |           | 事務男子職員 |           | 現場男子職員 |           | 女 子 職 員 |           | 未 成 年 女 子 |           |
|------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
|            | $r$ cm  | 標準偏差 (cm) | $r$ cm | 標準偏差 (cm) | $r$ cm | 標準偏差 (cm) | $r$ cm  | 標準偏差 (cm) | $r$ cm    | 標準偏差 (cm) |
| 0          | 41.09   | 2.85      | 42.50  | 2.29      | 44.09  | 3.04      | 40.37   | 2.44      | 39.96     | 2.08      |
| 9          | 40.70   | 2.88      | 42.00  | 2.20      | 43.69  | 2.93      | 39.96   | 2.20      | 39.28     | 2.08      |
| 18         | 40.54   | 2.89      | 41.82  | 2.22      | 43.21  | 2.91      | 39.77   | 2.18      | 38.90     | 2.18      |
| 27         | 40.31   | 2.89      | 41.55  | 2.23      | 42.57  | 2.88      | 39.49   | 2.15      | 38.57     | 2.20      |
| 36         | 40.04   | 2.85      | 41.20  | 2.19      | 41.86  | 2.83      | 39.05   | 2.17      | 38.20     | 2.18      |
| 45         | 39.71   | 2.81      | 40.86  | 2.17      | 41.07  | 2.79      | 38.57   | 2.04      | 37.83     | 2.16      |
| 54         | 39.37   | 2.77      | 40.44  | 2.13      | 40.30  | 2.75      | 38.00   | 1.94      | 37.43     | 2.14      |
| 63         | 38.95   | 2.71      | 40.00  | 2.08      | 39.54  | 2.82      | 37.39   | 1.94      | 37.02     | 2.06      |
| 72         | 38.52   | 2.63      | 39.53  | 2.05      | 38.79  | 3.12      | 36.83   | 1.92      | 36.58     | 2.02      |
| 81         | 37.98   | 2.57      | 38.95  | 1.98      | 38.02  | 4.08      | 36.28   | 2.32      | 36.06     | 2.06      |
| 90         | 37.37   | 2.55      | 38.31  | 1.99      | 37.29  | 6.36      | 35.70   | 3.29      | 35.43     | 2.04      |
| 99         | 36.60   | 2.56      | 37.53  | 2.01      | 35.89  | 2.23      | 34.59   | 2.08      | 34.71     | 2.03      |
| 108        | 35.59   | 3.38      | 35.74  | 1.55      | 34.65  | 2.18      | 33.89   | 2.83      | 33.37     | 2.10      |
| 117        | 37.81   | 1.68      | —      | —         | 34.26  | 2.27      | 36.01   | 7.47      | —         | —         |
| 126        | 37.07   | 1.68      | —      | —         | 32.70  | 1.58      | —       | —         | —         | —         |
| 135        | —       | —         | —      | —         | 31.81  | 1.87      | —       | —         | —         | —         |

表 13 手首屈曲リーチ (平均値, 標準偏差)

| $\theta$ 度 | 学 生 男 子 |           | 事務男子職員 |           | 現場男女職員 |           | 女 子 職 員 |           | 未 成 年 女 子 |           |
|------------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
|            | $r$ cm  | 標準偏差 (cm) | $r$ cm | 標準偏差 (cm) | $r$ cm | 標準偏差 (cm) | $r$ cm  | 標準偏差 (cm) | $r$ cm    | 標準偏差 (cm) |
| 0          | 17.12   | 1.43      | 17.96  | 1.49      | 17.75  | 1.32      | 15.73   | 0.82      | 15.95     | 1.25      |
| 9          | 16.63   | 1.37      | 17.45  | 1.31      | 17.56  | 1.33      | 15.38   | 0.91      | 15.58     | 1.09      |
| 18         | 16.46   | 1.35      | 17.19  | 1.30      | 17.38  | 1.31      | 15.40   | 0.95      | 15.42     | 1.05      |
| 27         | 16.34   | 1.35      | 16.99  | 1.27      | 17.18  | 1.30      | 15.37   | 0.94      | 15.30     | 1.03      |
| 36         | 16.21   | 1.36      | 16.79  | 1.29      | 16.94  | 1.29      | 15.42   | 1.02      | 15.19     | 1.00      |
| 45         | 16.05   | 1.34      | 16.59  | 1.27      | 16.69  | 1.29      | 15.39   | 1.02      | 15.11     | 1.00      |
| 54         | 15.92   | 1.30      | 16.39  | 1.31      | 16.42  | 1.33      | 15.38   | 1.08      | 15.02     | 1.03      |
| 63         | 15.73   | 1.29      | 16.16  | 1.34      | 16.11  | 1.37      | 15.32   | 1.13      | 14.92     | 1.08      |
| 72         | 15.51   | 1.28      | 15.91  | 1.38      | 15.76  | 1.44      | 15.26   | 1.17      | 14.80     | 1.08      |
| 81         | 15.21   | 1.31      | 15.62  | 1.41      | 15.36  | 1.53      | 15.19   | 1.21      | 14.67     | 1.10      |
| 90         | 14.86   | 1.38      | 15.27  | 1.50      | 14.89  | 1.63      | 15.11   | 1.15      | 14.56     | 1.17      |
| 99         | 14.46   | 1.48      | 14.91  | 1.61      | 14.36  | 1.77      | 14.99   | 1.15      | 14.39     | 1.26      |
| 108        | 14.06   | 1.60      | 14.46  | 1.79      | 13.76  | 1.89      | 14.83   | 1.22      | 14.19     | 1.40      |
| 117        | 13.58   | 1.81      | 14.03  | 1.95      | 13.07  | 2.01      | 14.60   | 1.35      | 13.95     | 1.59      |
| 126        | 13.04   | 1.94      | 13.49  | 2.09      | 12.42  | 2.03      | 14.36   | 1.50      | 13.80     | 1.65      |
| 135        | 12.36   | 1.81      | 12.64  | 1.87      | 11.70  | 2.12      | 14.09   | 1.63      | 13.51     | 1.74      |
| 144        | 11.78   | 1.83      | 12.22  | 1.53      | 11.04  | 2.20      | 13.72   | 1.76      | 12.80     | 1.43      |
| 153        | 11.47   | 1.65      | 11.74  | 1.29      | 10.62  | 2.11      | 13.36   | 1.81      | 12.09     | 1.04      |
| 162        | 11.48   | 2.57      | 11.76  | 0.88      | 11.22  | 1.89      | 13.23   | 1.37      | 11.91     | —         |

子の 2 m の柵越え腕リーチでは身長の特に大きなものの平均となっている。また 0.75 m の柵越え腕リーチで、180° 付近の平均には、それ以前の角度で地面に手が着いた人間は除かれている。

### 3.3 腕屈曲リーチ及び手首屈曲リーチ

腕屈曲リーチの測定結果のうち、最もリーチの平均値の大きい現場男子職員のリーチの平均値及び平均値  $\pm \sigma$  を示す曲線を図 14 に示す。また各グループの平均値と標準偏差を表 12 に示す。

学生男子の手首屈曲リーチの平均値及び平均値  $\pm \sigma$  の曲線を図 15 に示す。また、各グループの平均値と標準偏差を表 13 に示す。

これらの表の値は、それぞれ図に示されている極座標系についてのものである。また、平均の取り方等の処理方法については、3.2 の柵越え腕リーチと同様である。

### 3.4 正方形開口通過限界

正方形開口通過限界の各グループごとの平均値及び標準偏差を表 14 に示す。

### 3.5 上方到達リーチ

後述する上に届く範囲の標準化案作成の一助とするために、第3年度に上方到達リーチの測定を行なった。

被験者 14 名について、履物を履いたままで、かかとを床につけた状態での指の到達高さ及び背伸びをした状態での指の到達高さを測定し、背伸びによる影響を分析した。測定は写真 3 に示すように、目盛板に手をあてて、かかとを床につけた状態 (a) と背伸びをした状態 (b)

表 14 正方形開口通過限界  
(平均値, 標準偏差)

| 被験者グループ   | 平均値 (cm) | 標準偏差 (cm) |
|-----------|----------|-----------|
| 学 生 男 子   | 9.22     | 0.481     |
| 事務男子職員    | 9.13     | 0.511     |
| 現場男子職員    | 9.73     | 0.490     |
| 女 子 職 員   | 7.99     | 0.458     |
| 未 成 年 女 子 | 8.09     | 0.364     |

表 15 背伸びによる最高到達域

| 被験者 | 身長 (mm) | 上位到達距離 (mm) |        | 履物*) |
|-----|---------|-------------|--------|------|
|     |         | かかとをつけた状態   | 背伸びの状態 |      |
| 1   | 1,588   | 1,980       | 2,086  | A    |
| 2   | 1,650   | 2,004       | 2,181  | B    |
| 3   | 1,620   | 2,008       | 2,117  | A    |
| 4   | 1,740   | 2,195       | 2,368  | A    |
| 5   | 1,690   | 2,048       | 2,144  | A    |
| 6   | 1,647   | 2,070       | 2,238  | B    |
| 7   | 1,740   | 2,175       | 2,290  | A    |
| 8   | 1,718   | 2,147       | 2,292  | A    |
| 9   | 1,657   | 2,079       | 2,213  | A    |
| 10  | 1,555   | 1,918       | 2,119  | C    |
| 11  | 1,658   | 2,105       | 2,243  | C    |
| 12  | 1,659   | 2,039       | 2,167  | B    |
| 13  | 1,589   | 1,962       | 2,099  | B    |
| 14  | 1,645   | 1,989       | 2,135  | B    |

\*) A:革靴, B:サンダル, C:運動靴

の到達距離を測定した。測定結果を表 15 に示す。

測定の結果、かかとを床につけた場合の到達距離  $x$  と背伸びをした場合のそれ  $y$  の間に 0.935 という大きな相関係数が得られた。従って  $x$  と  $y$  の回帰式

$$y = ax + b \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

は十分意味を持つと言える。なお、今回のデータから、 $a = 0.9596$ ,  $b = 223.6$  が得られた。

## 4. 標準化案

### 4.1 基本方針

今までに得た測定結果を用い、次の基本的な考え方に基づいて安全距離等の標準化案を作成することとした。標準化案は

- イ) 5つのグループのうちそれぞれ最も安全側となるものを選択して標準化案を作る。
- ロ) 標準偏差の何倍域をとるかについては、標準化項目の性格をよく検討した上で決める。
- ハ) あまりに故意的な動作による身体寸法は除外する。
- ニ) 標準化案の表現として表、図等のいずれかによるかは使い易さなどを検討して決める。

などである。

本標準化案の適用範囲については、特に上記イ) を考慮し、また表 3 に示す年齢分布等を考えに入れて 18 才以上・男女とするのが妥当であると考えられる。したがって、それ未満の子供を含む一般住民を対象とするガードについては別途考慮する必要がある。



写真 3 上に届く範囲の測定



表 16 2m 柵における柵越え腕リーチ最上位到達距離

| グループ名     | 平均値 mm | 標準偏差 $\sigma$ mm |
|-----------|--------|------------------|
| 学 生 男 子   | 2,111  | 56.6             |
| 事務男子職員    | 2,117  | 66.6             |
| 現場男子職員    | 2,088  | 46.7             |
| 女 子 職 員   | —      | —                |
| 未 成 年 女 子 | 2,062  | 18.1             |

#### 4.2 上に届く範囲

直立した姿勢で、どの高さまで指先が到達するかを表わす「上にとどく範囲」については、昨年度までに行った柵越え腕リーチ測定の上位点の測定値が、この基本データとなる。

表 16 は柵越え腕リーチ測定において、柵高さ 2m での最上位到達距離をそれぞれのグループについて整理したものである。これによると、最も高い位置に指先が届くのは事務男子職員のグループであり、その値は  $+ \sigma$  で 2,184 mm ( $+2\sigma$  で 2,250 mm) あった。

しかし、柵越え腕リーチ測定は柵の前に立った被験者が床面にかかをつけた状態で行なったものであり、背伸びをしたり、動的に腕を振り上げたりすれば到達高さはさらに高くなると予想できる。しかし、標準化案の適用で述べたように、あまりの故意的動作によるものは除外すると言う基本的考え方を取り入れ、ここでは背伸びの状態での到達高さまでを考慮に入れて標準化案を作成することにした。

そのため、上方到達リーチの測定を行なったが、この結果から、かかを床に着けた時の到達距離  $x$  と、背のびしたときのそれ  $y$  の間には高い相関があり、 $x$  から  $y$  を推定することが明らかになった。この測定の結果得られた回帰式 (1) に事務男子職員グループによる 2,184 mm ( $+2\sigma$  で 2,250 mm) を代入すると、背伸び時の推定として 2,320 mm ( $+2\sigma$  で 2,383 mm) を得た。

手を上に上げるといった動作は目の注視力を指先に伴わないごく自然な動作である場合が多く、この点では水平方向に手を伸ばす場合よりも、うっかりといった不注意を考慮すべきである。そのため本標準化案では、 $+2\sigma$  の値を重視し、2,400 mm とした。

#### 4.3 周囲に届く範囲

任意に置かれた固定端から自由に振りまわした体の部分の安全距離を「周囲にとどく範囲」とする。これは (1) 指のつけ根から指の先まで、(2) 手のつけ根から指の先まで、(3) ひじの関節から指の先までに分けられ

表 17 第 3 指中指節関節・指先点距離 (マルチン式計測)

| グループ名     | 平均 mm | 標準偏差 $\sigma$ mm | 平均 $+ \sigma$ mm |
|-----------|-------|------------------|------------------|
| 学 生 男 子   | 102.5 | 5.4              | 107.9            |
| 事務男子職員    | 103.1 | 5.1              | 108.2            |
| 現場男子職員    | 102.1 | 8.2              | 110.0            |
| 女 子 職 員   | 94.9  | 5.0              | 99.9             |
| 未 成 年 女 子 | 93.4  | 5.5              | 98.9             |

る。

本研究では、52, 53 年度において、手首屈曲リーチ測定を行なってそれぞれのリーチ曲線を得ている。これらは、それぞれの手首の内側、ひじの内側が回転の中心となるように位置決めし、それぞれ指、手を上下に回転させて撮影を行なったもので、上記の (2) (3) に対応するためである。手首屈曲リーチにおいて、最も大きな安全距離を必要とするグループは事務男子職員である。そのリーチ曲線の最大到達点は水平方向に 195 mm (平均  $+ \text{標準偏差}$ ) であり、また水平に対し 90 度の方向で 168 mm、さらに 162 度方向で 126 mm となり、リーチ曲線は歪んだ円弧となっていることがわかる。また、屈曲リーチ曲線においても同様であり、この場合も最も大きな安全距離を要する現場男子職員においては、水平方向 471 mm、90 度方向 436 mm、135 度方向で 337 mm となり、やはり歪んだ円弧で描かれている。本研究では測定していないが指のつけ根からのリーチ曲線も類似したものとなると予測される。

周囲に届く範囲を標準化するには、後述する柵越え腕リーチと同様の方法によってテーブルで表わすことも考えられるが、最大値と最小値の差がそれ程大きくないこと、また、標準値をより利用しやすくするため、思い切ってリーチ曲線を円形近似し、この円弧の半径で安全距離を表現するといった方法をとった。

##### 4.3.1 指のつけ指から指の先まで

本研究では指のつけ根からリーチ曲線を測定していないので、関連測定項目のうちマルチン身体計測計を用いて行なった (s) 第 3 指中指節関節・指先点距離の測定結果を用いて標準化案の作成を行なった。各グループの平均値、標準偏差及び両者の和を表 17 に示す。これによると、最も安全距離を必要とするのは現場男子職員であり、平均  $+ \sigma$  の値は 110 mm ( $+2\sigma$  で 119 mm) であった。マルチン式身体計測計を用いた測定結果は実測値よりやや安全側になるので、標準化案としては 110 mm とすることにした。

表 18 各グループにおける手首屈曲リーチ及び手長

| グループ名     | マルチン計測値 (手長) |                     |                 | 手首屈曲リーチ  |                     |                 |
|-----------|--------------|---------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|
|           | 平均<br>mm     | 標準偏差<br>$\sigma$ mm | 平均+ $\sigma$ mm | 平均<br>mm | 標準偏差<br>$\sigma$ mm | 平均+ $\sigma$ mm |
| 学 生 男 子   | 192.5        | 9.0                 | 201.5           | 171.2    | 14.3                | 185.5           |
| 事務男子職員    | 194.8        | 8.1                 | 202.9           | 179.6    | 14.9                | 194.5           |
| 現場男子職員    | 181.9        | 9.7                 | 191.6           | 177.5    | 13.2                | 190.7           |
| 女 子 職 員   | 178.4        | 8.4                 | 186.9           | 157.3    | 8.2                 | 165.5           |
| 未 成 年 女 子 | 166.0        | 7.4                 | 173.4           | 159.5    | 12.5                | 172.0           |

表 19 各グループにおける腕屈曲リーチと前方前腕長

| グループ名     | マルチン計測値 (前方前腕長) |                     |                 | 腕 屈 曲 リ ー チ |                     |                 |
|-----------|-----------------|---------------------|-----------------|-------------|---------------------|-----------------|
|           | 平均<br>mm        | 標準偏差<br>$\sigma$ mm | 平均+ $\sigma$ mm | 平均<br>mm    | 標準偏差<br>$\sigma$ mm | 平均+ $\sigma$ mm |
| 学 生 男 子   | 443.7           | 19.1                | 462.8           | 410.9       | 28.5                | 439.4           |
| 事務男子職員    | 438.8           | 18.3                | 457.1           | 425.0       | 22.9                | 447.9           |
| 現場男子職員    | 435.6           | 26.7                | 462.3           | 440.9       | 30.4                | 471.3           |
| 女 子 職 員   | 401.1           | 20.6                | 421.7           | 403.7       | 24.4                | 428.1           |
| 未 成 年 女 子 | 403.7           | 18.0                | 421.7           | 399.6       | 20.8                | 420.4           |

## 4.3.2 手のつけ根から指の先まで

これは第1, 第2年度に行なった手首屈曲リーチ曲線が対応する。表 18 はリーチ曲線の最大値となった水平方向における到達距離の平均値・標準偏差及びその和である。また参考として, マルチン計測値を並記している。この表によると, 最も安全距離を要するグループは事務男子職員であり, その値は  $+\sigma$  で 195 mm ( $+2\sigma$  で 209 mm) あった。この手首拘束によって周囲に届く範囲においては, 手首における拘束力の如何によってその値が大きく変ると予想されるため, 不完全な拘束の場合も考慮してさらに安全側に対処すべきと考えられる。したがって, 標準化案では  $+2\sigma$  をとり 210 mm とした。ちなみに, マルチン計測値と比較すると, やや手首屈曲リーチ測定の方が小さい値となっているが, 手首屈曲リーチ測定は本課題をそのまま実測したものと理解されるので, 標準化案作成の基礎データとしてあえて, 手首屈曲リーチ測定データを採用した。

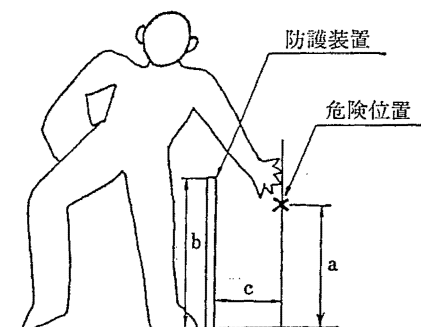
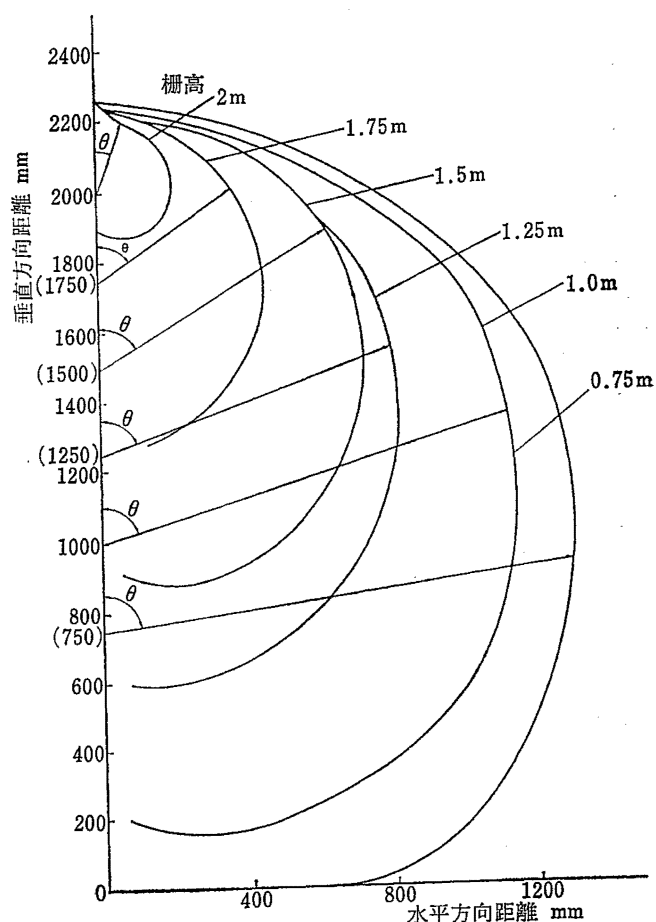


図 16 防護装置と危険位置の位置的関係

## 4.3.3 ひじの関節から指の先まで

第1, 第2年度に行なった腕屈曲リーチ曲線がこれに

図 17 柵高に対する最大リーチ曲線 (平均+ $2\sigma$ )

対応する。表 19 はリーチ曲線の最大値となった水平方向における到達距離についてその平均値、標準偏差及びそれらの和を示したものである。また参考として、マルチン身体計測による前方前腕長のデータを並記している。この表によると、最も安全距離を要するのは現場男子職員のグループでありその値は  $+σ$  で 471 mm ( $+2σ$  で 502 mm) であった。本項目も、ひじの位置の拘束の程度を考慮して  $+2σ$  をとり、510 mm を標準化案とした。本項目も、マルチン計測値より、手首屈曲リーチ曲線を基礎データとして優先的に採用したのは 4.3.2 の手のつけねから指の先までのそれと同じ理由による。

#### 4.4 越えて届く範囲

防護装置の上端を越えて届く範囲の標準化には、柵越え腕リーチの測定が基礎データとなる。越えて届く範囲の標準化案として、それぞれの柵高さに対するリーチ曲

線とすることも可能であるが、実用上は DIN 等<sup>12)</sup>に見られる座標系によってテーブル化の方が理解しやすいし、使用しやすいように思われる。

図 16 は本標準化案に用いた座標系である。ここに、 $a$  は床から危険場所までの距離、 $b$  は防護装置の高さ、 $c$  は危険位置の端からの水平距離である。

柵越え腕リーチ曲線は柵を模擬した水平バーの位置を原点とする座標系で表現し、それぞれの  $θ$  について距離  $r$  の平均  $+σ$  で表わしている。図 17 は、このリーチ曲線のそれぞれの  $θ$  における距離  $r$  の平均  $+2σ$  について、すべてのグループの最大値を結んでできたリーチ曲線である。いいかえると、すべてのグループのリーチ曲線はこのリーチ曲線の内側に含まれる。そしてこのリーチ曲線を床面と柵を軸とする直角座標系に変換すると、表 20 のようになる。ただしここでは、危険位置の床からの距離  $a$  は 200 mm ステップし、防護装置の高さ  $b$  は、750

表 20 柵越え腕リーチ測定結果による越えて届く範囲

| 危険位置の<br>床からの距離<br>$a$ mm | 防護装置の端の高さ $b$ mm   |              |              |                |              |                  |                  |
|---------------------------|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|------------------|------------------|
|                           | 2,250              | 2,000        | 1,750        | 1,500          | 1,250        | 1,000            | 750              |
|                           | 危険位置からの水平距離 $c$ mm |              |              |                |              |                  |                  |
| 2,400                     |                    |              |              |                |              |                  |                  |
| 2,200                     |                    | ( 80)        | (100)        | (150)          | (200)        | ( 280)           | ( 320)           |
| 2,000                     |                    | 180<br>(200) | 290<br>(380) | 430<br>(535)   | 400<br>(540) | 520<br>( 660)    | 570<br>( 740)    |
| 1,800                     |                    |              | 370<br>(460) | 550<br>(670)   | 620<br>(690) | 770<br>( 990)    | 820<br>( 920)    |
| 1,600                     |                    |              | 340<br>(433) | 630<br>(720)   | 730<br>(780) | 910<br>(1,020)   | 980<br>(1,130)   |
| 1,400                     |                    |              | 200<br>(352) | (620)<br>(715) | 770<br>(820) | 1,000<br>(1,090) | 1,080<br>(1,230) |
| 1,200                     |                    |              |              | 530<br>(655)   | 750<br>(810) | 1,030<br>(1,140) | 1,140<br>(1,290) |
| 1,000                     |                    |              |              | 240<br>(500)   | 680<br>(750) | 1,020<br>(1,150) | 1,150<br>(1,310) |
| 800                       |                    |              |              |                | 530<br>(600) | 980<br>(1,110)   | 1,130<br>(1,290) |
| 600                       |                    |              |              |                | (220)        | 880<br>(1,030)   | 1,070<br>(1,230) |
| 400                       |                    |              |              |                |              | 670<br>( 840)    | 980<br>(1,150)   |
| 200                       |                    |              |              |                |              | ( 480)           | 820<br>(1,020)   |
| 100                       |                    |              |              |                |              |                  | ( 770)           |

数値は、平均  $+σ$  及び (平均  $+2σ$ )

表 21 越えて届く範囲の標準化案

| 危険位置の<br>床からの距離<br>(a) mm | 防 護 装 置 の 端 の 高 さ (b) mm |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                           | 2,250                    | 2,000 | 1,750 | 1,500 | 1,250 | 1,000 | 750   |
|                           | 危険位置からの水平距離 (c) mm       |       |       |       |       |       |       |
| 2,400                     | 50                       |       |       |       |       |       |       |
| 2,200                     | 100                      | 100   | 150   | 150   | 250   | 300   | 350   |
| 2,000                     | 50                       | 250   | 400   | 550   | 550   | 700   | 750   |
| 1,800                     |                          | 100   | 500   | 700   | 700   | 900   | 950   |
| 1,600                     |                          |       | 400   | 750   | 850   | 1,100 | 1,150 |
| 1,400                     |                          |       | 400   | 750   | 850   | 1,150 | 1,250 |
| 1,200                     |                          |       | 150   | 700   | 850   | 1,150 | 1,300 |
| 1,000                     |                          |       |       | 550   | 750   | 1,150 | 1,350 |
| 800                       |                          |       |       |       | 650   | 1,150 | 1,300 |
| 600                       |                          |       |       |       | 600   | 1,050 | 1,250 |
| 400                       |                          |       |       |       |       | 850   | 1,200 |
| 200                       |                          |       |       |       |       | 800   | 1,050 |

～2000 mm まで 250 mm ステップでまとめている。

表 21 はその標準化案である。ここでは  $+2\sigma$  のデータを用い、使用しやすさを考慮して、各数字が 50mm 単位となるよう切り上げ処理を行なった。

#### 4.5 中空内部に届く範囲

##### 4.5.1 平行した側辺を持つ長い開口

平行した開口部より手、指を挿入した場合の到達距離については、間隙通過腕リーチの測定結果が基礎資料となる。間隙通過腕リーチの測定は上下に可動な水平ゲートと下部の固定ローラ間に腕を挿入することにより、指先から腕の最深部に至る水平ゲートの位置と、水平ゲート・指先距離を計測するといった方法をとっている。しかし、この方法は指先 0～10 mm の範囲で測定できないため、指先における間隙通過腕リーチの詳細な測定は年齢 19～34 歳の 14 名（男子 8 名、女子 6 名）について別途行なった。

標準化案の作成の際に特に検討を必要としたのは、開口寸法の最大値をいくらにすべきかという点であったが、頭幅寸法値を参考にして決めるべきと結論され文献

調査を行なった。

日本人の頭部寸法のより詳細な測定については、昭和 46 年に当研究所より発行された技術資料<sup>3)</sup>がある。これは日本人の人頭モデルを作る目的で、国鉄現場職員 558 名の頭部寸法を測定したものである。その主な結果を表 22 にまとめる。これによると、頭幅は 136.0～186 mm の範囲に分布していることがわかる。

この他、日本人の頭部寸法については自衛隊員<sup>4)</sup>や航

表 22 マルチン式頭部計測結果一覧

|                 | 頭 長<br>(L) | 頭 幅<br>(B) | 頭耳高<br>(H) | 頭 囲<br>(C) |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| 平 均 値<br>(mm)   | 180.1      | 154.0      | 132.2      | 554.1      |
| 最 小 値<br>(mm)   | 161.0      | 136.0      | 103.0      | 510.0      |
| 最 大 値<br>(mm)   | 203.0      | 186.0      | 156.0      | 602.0      |
| 範 囲<br>(mm)     | 42.0       | 50.0       | 53.0       | 92.0       |
| 標 準 偏 差<br>(mm) | 7.64       | 6.12       | 9.31       | 14.84      |

表 23 各グループにおける正方形開口通過限界と手長

| グループ名       | 手 長         |                           | 正 方 形 開 口 通 過 限 界 |                           |                  |
|-------------|-------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|------------------|
|             | 平 均<br>(mm) | 標 準 偏 差<br>( $\sigma$ mm) | 対角線平均<br>(mm)     | 対角線標準偏差<br>( $\sigma$ mm) | 正方形の辺の長さ<br>(mm) |
| 学 生 男 子     | 192.5       | 9.0                       | 92.2              | 4.8                       | 61.8             |
| 事 務 男 子 職 員 | 194.8       | 8.1                       | 91.3              | 5.1                       | 60.9             |
| 現 場 男 子 職 員 | 181.9       | 9.7                       | 97.3              | 4.9                       | 65.4             |
| 女 子 職 員     | 178.4       | 8.4                       | 79.9              | 4.6                       | 53.3             |
| 未 成 年 女 子   | 166.0       | 7.4                       | 80.9              | 3.6                       | 54.6             |

空機パイロットについても測定されているがこれらは表 22 に較べてやや大きな値となっている。これは被験者が一般現場職員に較べ特殊職業のためと解され、そこで本標準化案における開口寸法の最大値は上記の文献を採用し、135 mm とする。

図 18 は本研究結果としてまとめた危険限界標準化案である。本図には全グループについての平均値  $\pm \sigma$  の曲線も同時に載せているが、これらのうち最も不利なグループに対しても十分安全側に危険限界を定めている。リ

ーチ曲線の傾きの大きな所では階段数を増すようにし、その立ち上がり位置は利用しやすさを考慮して、なるべく端数となる数値を避けた。

ここに最小距離 6 mm とあるが、これは開口部 6 mm 未満でも、危険物から 6 mm 以内には近づくことを認めない距離を示すものである。

#### 4.5.2 正方形または円形の開口

開口が正方形をしている場合の到達距離が、平行開口の場合のそれと較べて特徴的なのは、正方形開口通過限

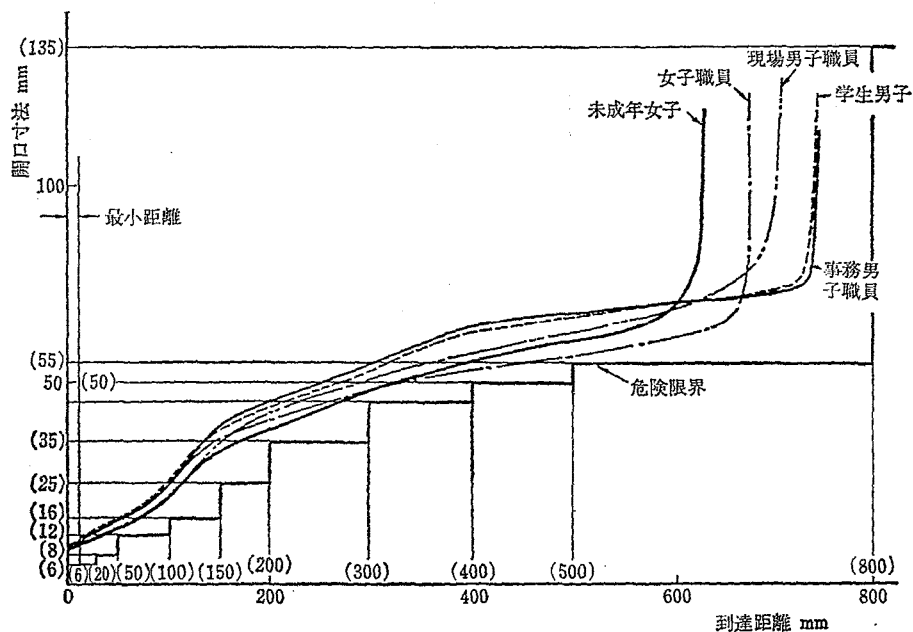


図 18 中に届く範囲（平行した開口をもつ長い開口）標準化案

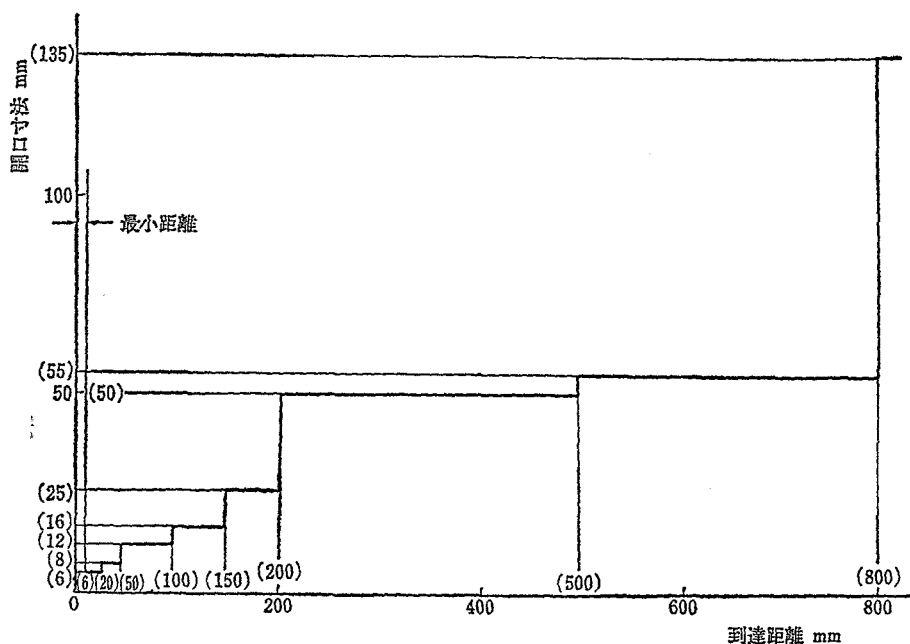


図 19 中に届く範囲（正方形または円形の開口）標準化案

界測定で見るように、手の甲の部分を通過すると、ほぼ腕の最深部まで挿入しうるまで到達距離が飛躍するということである。この飛躍する開口寸法が正方形開口通過限界に対応するものである。この測定は正方形開口に手、指を通過させ、その最小の通過限界の正方形の対角線を測定記録するといっている。通過しうる対角線の寸法はこれにより示される。しかし、それに対応する到達距離は、むしろ指を伸ばした状態で挿入する方が大きい値となるため、通過限界での到達距離としてはむしろ、マルチン身体計測によって得た手長を採用するのがよいと思われる。そこで表 23 にそれぞれのグループにおける手長、正方形開口通過限界の測定値及び平均  $\pm\sigma$  の場合について、正方形の対角線を辺の長さに換算した値を示している。この表により、正方形開口通過限界の最も小さなグループは女子職員であり、その値は 53 mm ( $-2\sigma$  で 50 mm) であった。また、到達距離を示す手長については、最も大きな値となった事務男子職員で、203 mm ( $+2\sigma$  で 211 mm) となっている。しかし、この値は女子職員によって決まった正方形開口による到達距離としてはかなり安全側となるため、標準化案としては 200 mm とした。

図 19 は、本研究結果としてまとめた正方形開口における危険限界標準化案である。本図では正方形開口通過限界を 50 mm とし、またその到達距離を 200 mm としている。また、その点より指に近い部分及び腕の最深部については平行開口の場合をそのまま採用した。

円形開口の場合については、特に測定していないが、円の直径を正方形の一辺の値と対応させればより安全側であるため、本標準化案に含ませることとした。

## 5. おわりに

本研究における標準化案作成の基本となった身体計測値は表 2、表 3 に示すような限られた団体、人数によるものであり、これがわが国労働者の地域別、年齢別、性別、職業別構成比に合致するものとはとうてい言えない。そこで本研究では、被験者を 5 つのグループに分け、それらのうち最も不利と思われるグループについての計測値によって標準化案を作成した。そのため、日本人労働者全体といった観点よりは、多少安全側の標準化案となっている。

これらの標準化案は身体計測に基づいて既述のような考え方に従ってまとめたものであるが、実際に規格化される場合にさらに検討することが望ましいものと考えられる。

おわりに、本測定に御協力頂いた被験者各位及び各団体に対して心からの謝意を表するものである。

また、本研究は日本機械学会が行なった、「機械類標準化のための研究」の一環として行なわれたことを付記する。

(昭和 60 年 1 月 28 日受付)

## 参 考 文 献

- 1) DIN 31001 : Schutzeinrichtungen ; 1974. 12
- 2) CIS 10 : Ergonomics of Machine guarding ;
- 3) 秋山, 大川, 満留, 山川, 押田 : 日本人頭モデル化 ; 産業安全研究所技術資料, RIIS-TN-71-3, 1971-10
- 4) 航空医学実験隊 : 航空自衛隊員の身体計測値 ; 1972

産業安全研究所技術資料

RIIS-TN-84-4

---

昭和 60 年 3 月 15 日 発行

発行所 労働省産業安全研究所  
東京都港区芝 5 丁目 35 番 1 号  
電 話 (03) 453—8441 (代)

印刷所 新日本印刷株式会社

---

UDC 007 : 57.087 : 62-78

日本人の身体計測と安全ガードの標準化

杉本旭, 深谷潔

産業安全研究所技術報告 RSIIS-TN-84-4

安全ガード等の設計は、身体寸法に基づいて行なわねばならない。そのための基礎資料とするために、日本人 787 人についての身体計測を行なった。測定は、身長、体重などの一般的項目の他に、各種の柵に対するリーチ等の安全問題に直結した項目について行なった。また、被験者は、職種・性別等により 5 群に分けられる。

この測定データに基づき、安全ガードの標準化案を作成した。

(図 19, 表 23, 写真 3, 参 4)



**UDC 007 : 57.087 : 62-78**

**STANDARDIZATION OF MACHINE GUARDS WITH REFERENCE TO ANTHRO-  
POMETRIC STUDY OF SELECTED JAPANESE**

**by N. Sugimoto, K. Fukaya**

Technical Report of the Research Institute of Industrial Safety  
RIIS-TN-84-4

The design of machine guards must be based on the anthropometric data. For that sake, the anthropometric measurement on 787 Japanese was carried out. The items of the measurement were divided into two groups; the one includes general items such as stature and weight, and the other includes specialized items which directly correspond to guards, such as "reach over barriers". The subjects of the measurement were selected among five categories according to their occupation and sex.

The standard of safe guards is proposed on the basis of the data obtained.

(19 Figs. 23 Tables, 3 Photos, 4 Refs)