

第3部 認知・知覚・運動適合性に関する計測及び指標化手法の確立

第1章 操作適合性（キー入力）

1.1 現状と問題点

現在、世の中のIT機器には必ずといってよいほどキーが使用されている。ところがそのキーの形状や配置、さらに動作特性に関してはデザイナーの試行錯誤で決められているのが現状である。では、どのような特性がキー形状と関連があるのだろうか。それについては、指先の力、指先の感覚、指先の安定性（震えの有無）は高齢者と中高年、若年層では相違があり、各種機器の操作特性に影響を与えると推測した。

1.2 計測（開発）目的

本実験では各被験者につき、上述の属性を測定し、各種形状、配列のスイッチ操作を実施し、そのデータを収録、解析し、高齢者に適したキーの形状や配置及び動作特性の開発の指標とすることを旨とした。

1.3 計測内容

1.3.1 基本属性測定

指先の太さ、指先の力、指先の感覚、指先の安定性、指先を使った機器操作の基本的な巧緻性を計測した。

1.3.2 操作性

操作性として、誤操作率、反応時間を計測した。

1.4 計測装置仕様

1.4.1 基本属性

基本属性として下記の指先の力、指先の感覚、指先の安定度及び巧緻性を計測した。



図3. 1-1

①指先の力（ピンチ力）

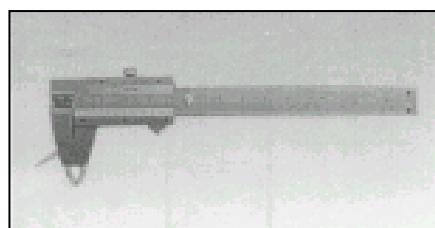


図3. 1-2

②指先の感覚（スピアマン式触覚計）

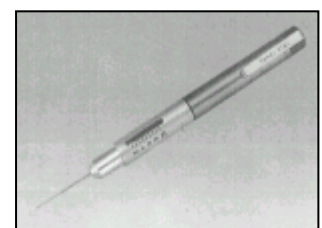


図3. 1-3

（痛覚計）

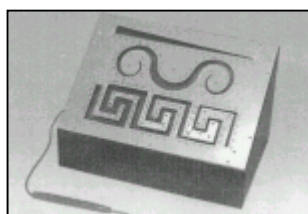


図3. 1-4

③指先の安定度（フェッパル式安定度検査器）

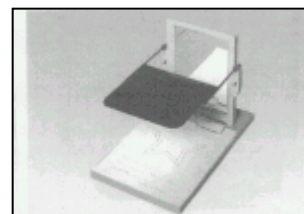


図3. 1-5

④巧緻性（鏡映描写器）

1. 4. 2 操作性

(1) キーの動作特性

キーの動作特性（ストロークと押下圧の関係）を計測する装置で、自動的に（一定速度で）計測する装置を図3. 1-6に人の指が押した状態を計測する装置を図3. 1-7に示した。

(2) キー形状・配置評価装置（9キー）

図3. 1-8にキー形状・配置（キーピッチとキーサイズ）の操作性に与える影響を計測する装置を示した。

(3) キー間隔評価装置（3キー）

図3. 1-9にキー間隔が操作性に与える影響を計測する装置を示した。



図3. 1-6 動作特性自動計測器

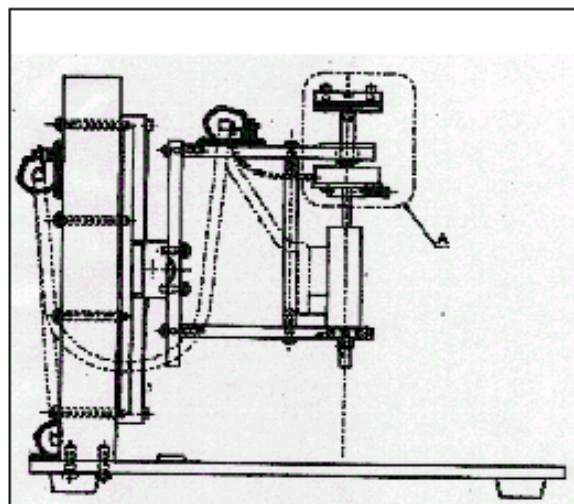


図3. 1-7 動作特性手動計測器

		ピッチ		
		8×8mm	10×10mm	12×12mm
スイッチの大きさと種類	□3mm タクト スイッチ	A-1 	B-1 	C-1
	□4.5mm タクト スイッチ	A-2 	B-2 	C-2
	□6mm タクト スイッチ	A-3 	B-3 	C-3
	φ6mm タクト スイッチ		B-4 	
	5×7mm タクト スイッチ		B-5 	
	φ6mm メンブレン (シートキー) スイッチ		B-6/7 	

図3. 1-8 キー形状、配置評価装置（9キー）一覧

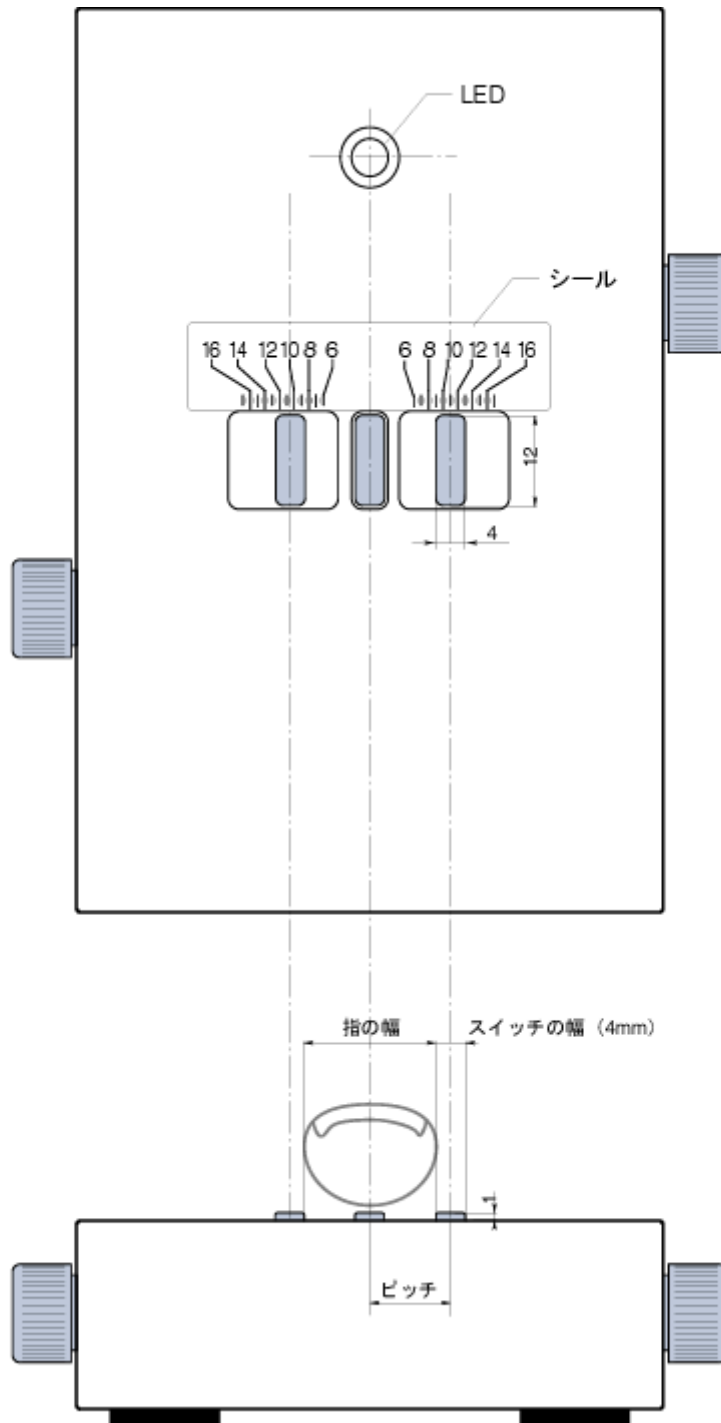


図3. 1-9 キー間隔評価装置 (3キー)

1. 5 実験方法と計測手順

1. 5. 1 基本属性測定

(1) 概要

指先の太さ、指先の力、指先の感覚、指先の安定性、指先を使った機器操作の基本的な巧緻性を各被験者につき以下の方法で測定した。

(2) 方法

1) 指先の大きさ

利き手人差し指第1遠位より先の指腹にスタンプインキをつけ、機器のボタンを押す程度の圧力で、方眼紙に押しつけ、指紋の縦・横の寸法を測定・記録した。

2) 指先の感覚

①痛覚 利き手人差し指腹のスタンプインキのついていない部位の数カ所を痛覚計の針で刺激し痛みを感じた部位と圧力 (g/cm^2) を記録した。

②触覚 利き手人差し指腹に触覚計を当て、2点に触覚を感じた時の最小目盛を記録した。

3) 指先の安定度

①概要 フェップル式安定度検査器により、手腕、指の動揺度を測定した。

②方法 図3. 1-4の各試験孔の左からスタートして右端に到達するまでの時間と接触回数を下記の3タイプの溝に関して計測、記録した。

1回目 横

2回目 カーブ

3回目 クランク

4) 指先の力

①概要 ピンチ力測定器により、指先の物をつまむ力を測定した。

②方法 労研式ピンチ力測定器により親指と人差し指、中指、薬指、小指の物をつまむ力を測定した。

5) 巧緻性など

①概要 鏡映描写器による手指動作の巧緻性及びその学習能力を測定した。また平成9年度に行われた「作業域・巧緻性を含む操作関連動作についての実験計測」で使用したダイヤル、スライドバー、押しボタンによる高さ合わせ装置による巧緻性の計測を行った。

②方法

・鏡映描写器実験 鏡に映る星形を時計回り1回、逆時計回り1回なぞらせ、スタートからゴールまでの時間および逸脱回数を計測した。

・高さ合わせ実験 5つの高さ目標に対して、ダイヤル、スライドバー、押しボタンを操作して、バーを合わせるまでの時間と経過を計測した。

1. 5. 2 操作性測定

(1) キー形状・配置評価 (9キー) 実験

1) 概要

12種類の押しボタンにつき、形状、サイズ、ピッチと押し易さ、誤操作の関係を探った。

2) 方法

A-1 から C-6 まで 12 種のスイッチボードにつき、それぞれランダムに点灯する LED の指示によって、スイッチを押し、反応時間・誤答率を測定した。

① 1 回目

押下制限時間：500msec 判定有効時間：500msec スリープ時間：500msec

② 2 回目

押下制限時間：700msec 判定有効時間：700msec スリープ時間：500msec

*いづれも 1 クール 10 回、回数 3 クール

(2) キー間隔評価 (3 キー) 実験

1) 概要

ピッチ可変型キーボードを押し、ピッチと誤操作率の関係を探った。

2) 方法

1 回目 ピッチ 6.5 mm で縦置き、横置き各 1 クール 10 回押し、反応時間、誤操作率を測定。

2 回目 ピッチ 6 mm で縦置き、横置き各 1 クール 10 回押し、反応時間、誤操作率を測定。

(3) 動作特性手動評価実験

1) 概要

機械で一定の圧力、スピードでスイッチを操作する場合と人間が任意に操作する場合ではどんな違いが出るのか？押し圧とストロークの関係を探った。

2) 方法

独自に制作した手動型押しボタン圧測定器を使って、各種スイッチをおし、押し圧とストロークをデータとして収録し、高齢者と若年者の違い、同じスイッチを機械で押した場合の違いを検証した。

1. 6 実験及び解析結果

1. 6. 1 キーの動作特性

(1) 自動計測による動作特性のグラフ化 (キー 1 ~ 5)

タクト、プッシュ、メンブレンという異なる形式のキーの動作特性を自動評価装置で計測した結果を図 3. 1-10 に示した。キー NO 1 との NO 3 がタクトスイッチ、NO 2 と NO 5 がメンブレンスイッチで、NO 4 がプッシュスイッチであった。予想通りタクトスイッチには典型的なクリック特性が観察された。ただし、2 種類のタクトスイッチの間には微妙な違いがあって、NO 1の方がクリック特性が明確で、押下圧が高く、行きと帰りのヒステリシスも大きい。一方メンブレンは当然ながらストロークがちいさい各々 0. 32 mm、0. 11 mm と小さい。ただし、NO 2 は わずかながらクリックに似た特性を示している。プッシュスイッチは両者の中間のとくせいを持っている。

(2) 人が好む動作特性

この 5 つのキーを人が押した時の操作感を評価した結果が図 3. 1-11 である。結果はタクトスイッチが上位一位、二位を占めている。それに続いてプッシュスイッチが、そしてメンブレンはどちらも評価が低かった。表 3. 1-1 と表 3. 1-2 及び表 3. 1-3 に各々キーの 1, 3, 4 を選んだ理由をまとめた。タクトの良さはやはりある程度のストロークとクリック感が

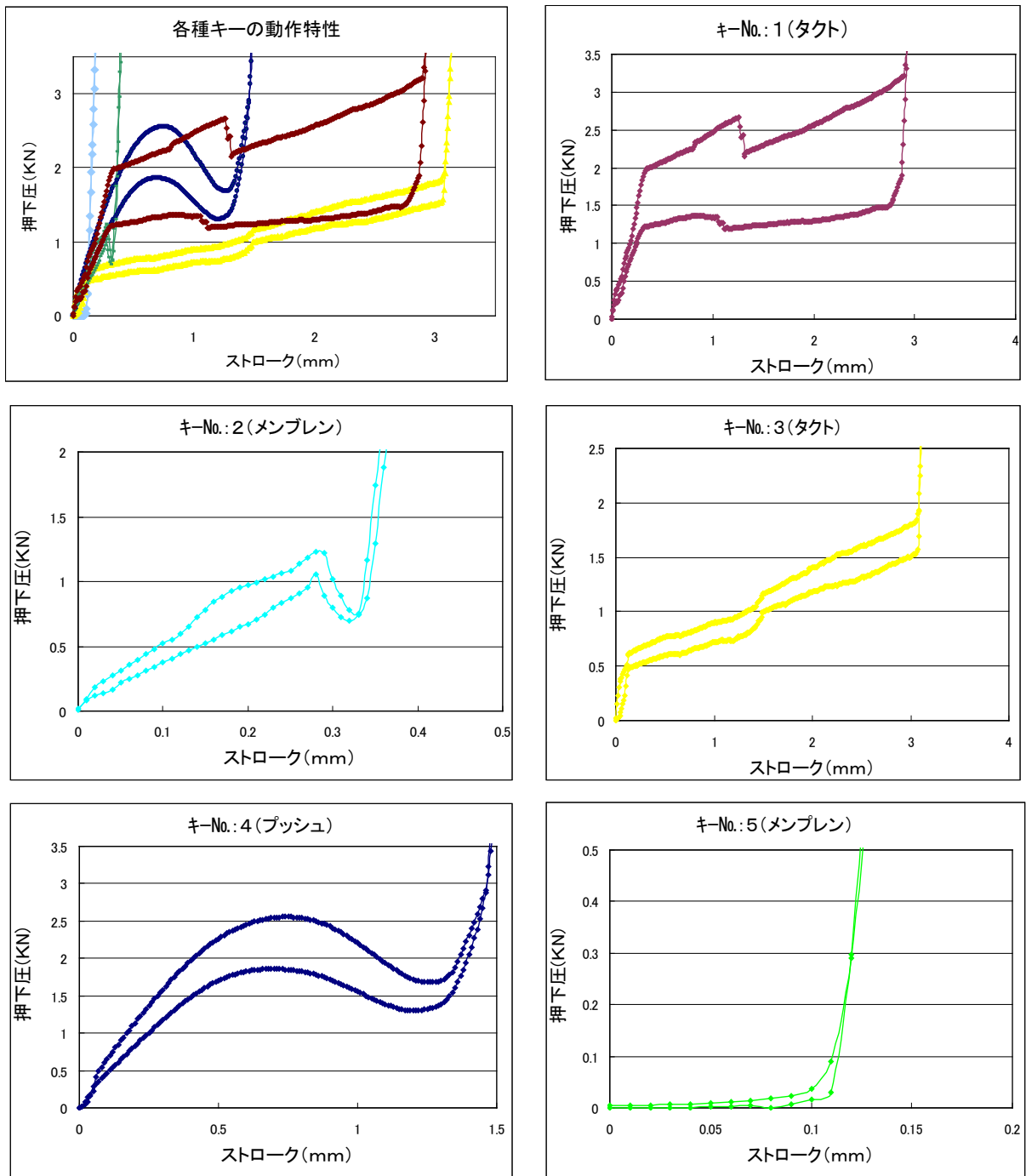


図3. 1-10 各種キーの動作特性

キーを押したという感覚を人に与えている。反面メンブレンは「押した感じがしない」という評価となっている。残念ながら時間の関係で十分な解析ができなかった。高齢者と若年者の相違やピンチ力や巧緻性などの人固有の属性との関係等については引き続き解析を行う予定である。

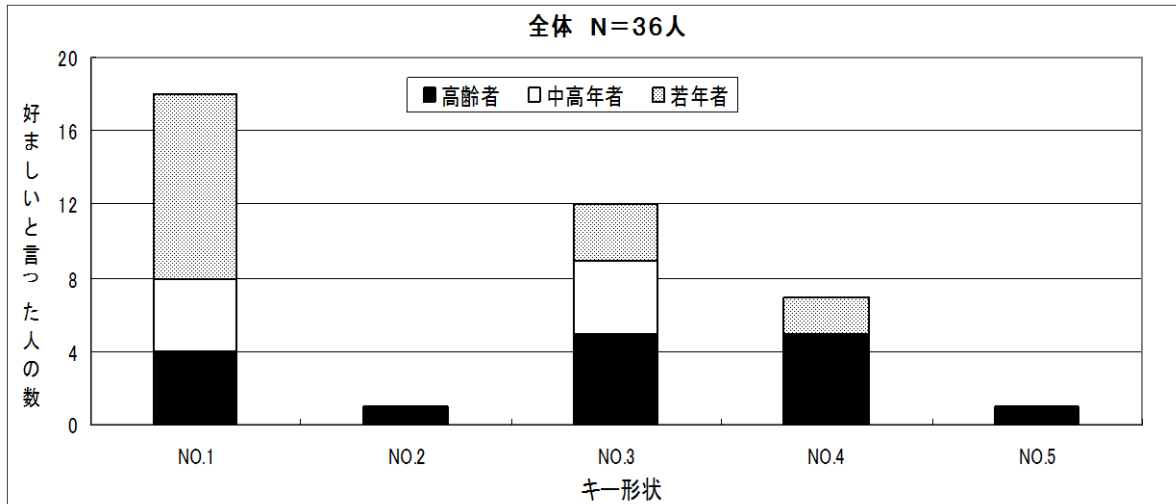


図3. 1-1-1 各種キーの操作性に関する主観評価結果

表3. 1-1 キーNo.1を選んだ理由

	理由	コメント
E	ストロークがあいた	4番、5番は遅く、ストロークなし。3番はストロークがあるが重い。
	弾力が程よい	押した感じがしない
	押した感じがよかった。硬さと戻りがちょうどよい。	ある程度のストロークとスイッチ感がないと、スイッチという感じがしない。
M	記入なし	2番、5番はストロークが感じられない。
	押した感じがよい。やわらかい。	4番はストロークが長すぎる。
	押しやすかった。(やわらかかった)	他は跳ね返ってくる感じで、4.5は押した感じがしない。
	‘押した’という感じがよくわかった。	5番目は押した感じがしない。
Y		2番は硬すぎ、3番は柔らかすぎる。4.5は硬すぎる。
	4番目は小さいけど、押し具合がいい。	5番目は押した感じがしない。
	1番目はサイズがちょうどいい。	押した感じがしない。
	押したという感じがしっかりあった。	反応のないものは押せているか不安になった。
	押したときにフィードバックがあって押せていることが確認できた。	5番目は全く押した気がしなかった。押せているのか押せていないのかわからないのですっきりしない感じ。
	1番目は押すときの感触もいいし押した後の戻りの強さ具合もよい。	2番目は5番目ほどではないが、やはり押した実感が少ない。
	3番目も割とよかった。	押した反応があまりない。
	押したという感じがあった。	2番、5番は押した手応えが悪い。
	押した手応えがあった。	4番は1番の次によい。
	押した感じがちょうどいい。	硬くて押した感じがしなかった。(2番と5番)
	‘押した’という感じがした。	2番と5番は押したという感じがしない。
	押した感じがまあまあよかった。	押した感覚がない。
スイッチらしいなじみのある押した感じがあるから。	反応しているがわからないから。	

表3. 1-2 キーNo.3を選んだ理由

	理由	コメント
E	軽く押せた。	5番は押したという感じがしない。
	ソフトな感じ。	硬くて押した後戻った感じがしない。
	押した感じがよかった。	5番目は押した気がしなかった。
	手応えがある。ストロークがはっきりある。	1は深すぎる。やったかどうかわからないうちに押している。
M	押したという感覚。	硬くて押した感じがしなかった。
	押した感じがよい。やわらかい。	ほかは跳ね返ってくる感じで、4.5は押した感じがしない。
	手応えを感じた。	あまり差はなかった。
	押した手応えがあった。	押した感覚がない。
	押した感じがほどよかった。	
Y	3番目は押した感覚がわかりやすい。	押した感じがしない。
		1番目は硬い。2番目はわかりにくい。
		4番目はふにゃふにゃした感じ。

表3. 1-3 キーNo.4を選んだ理由

	理由	コメント
E	押した感触がしっかりある。抵抗が少なくなくてよい。	3番目は抵抗は少なくてよいが押したときの感触が悪い。
	感触がいい。	無理に押ししているような感じがする。
	かるく感じる。	重たく感じる。
	押したという感じが指に残る。	5番目は押した感じなし。1と2はやわらかすぎる。
	押した感じがやわらかい。	押した感じが硬い。
Y	4番目は小さいけど押し具合がいい。	5番目は押した感じがしない。
	1番目はサイズがちょうどいい。	2と5は押したという感じがしない。
	‘押した’という感じがした。	

1. 6. 2 キー間隔

図3. 1-9に示すキー間隔評価装置を用いてキー間隔を変化させたときの誤操作率が図3.

1-12である。また図3. 1-13には各年齢群ごとの解析結果を示した。ここで言うキー間

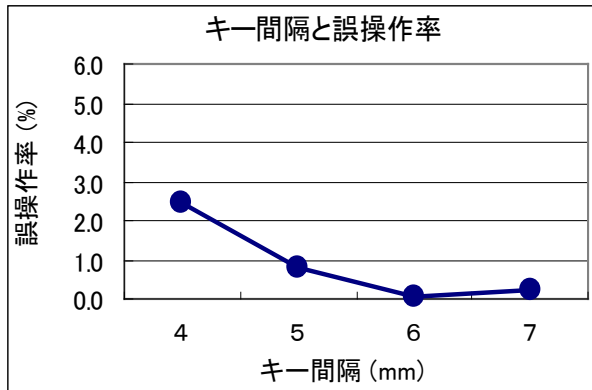


図3. 1-12 キー間隔と誤操作率 (3年齢群の合計)

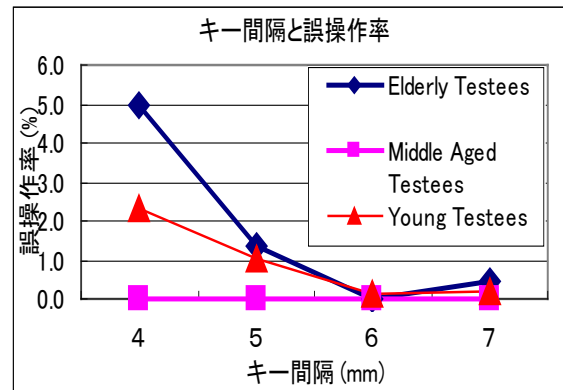


図3. 1-13 キー間隔と誤操作率 (3年齢群別)

隔とは図3. 1-14に示すように、押そうとするキーの中心から隣接するキーの最も近い縁までと定義した。図3. 1-13から6~7mmあればほとんど誤操作が無くなることが分か

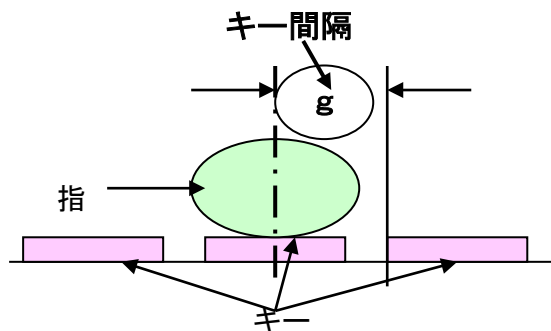


図3. 1-14 キー間隔の定義

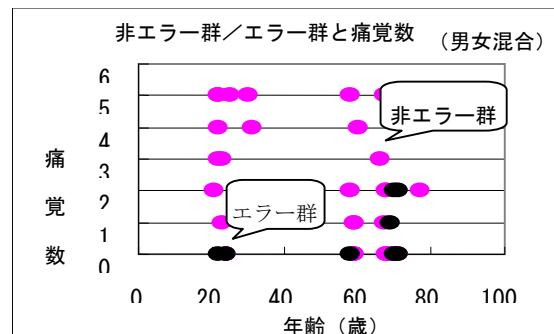


図3. 1-15 エラー群/非エラー群と痛覚数

る。年齢群別に見ると、高齢者と若年者はほぼ同じ傾向を示しているが、中年者は全く異なる傾向を示していて、年齢だけでは説明できないことを示唆している。そこで被験者を一度でも間違えたエラー群と一度も間違わない非エラー群とに分けその両者を隔てている要因を探索した。その結果ね2、3の要因が浮かび上がった。その一つが図3. 1-15に示す痛覚数である。ピンクの点が非エラー群で黒がエラー群である。明らかにエラー群の痛覚数が少ないという結果になっている。これは仮説として指先が鈍くなると間違いやすいのではないかとすることを示唆していると考えられる。推測の域を出ないが、この事実はキーの形状や表面状態に工夫を加えることにより、キー間隔が狭くなっても間違いが生じにくいという仮説を暗示している。まだまだ解析すべことが残念ながら今後の作業にゆだねざるを得ない状況である。