

〔非公開〕

TR-C-0031

指文字を例にした

手振り認識の結果

—データグローブによる指文字の認識結果—

高橋 友一
TOMOICHI TAKAHASHI

小林 幸雄
YUKIO KOBAYASHI

1989. 4. 10

ATR通信システム研究所

指文字を例にした手振り認識の結果

ーデータグローブによる指文字の認識結果ー

1. はじめに
2. データグローブを用いた指文字の認識実験
 - 2-1)測定系
 - 2-2)解析手段
3. 考察
4. 終わりに
5. 参考文献

1. はじめに

計算機に指示する方法としてキーボード、マウス、タッチパネル、音声認識装置を用いた音声入力等の入力方法の他に、最近では手の形状からの指示内容理解、顔・視線検出による指示理解等による入力方法が研究されている。〔1〕

言語と画像情報を用いた地図案内システム（IMAGE）においても、言葉による指示の他に手振りによる指示を踏まえたインタフェースを検討している。（図. 1）〔2〕

本資料では、言葉と手振り指示といった複数の指示方法を統合する際の事前検討として、手形状入力用装置であるData GloveTMを用いた手振りとして指文字（動きを伴う文字は動作開始時の形として）46文字（図. 2）を手振り認識・理解のために必要となる処理等について検討した結果を報告する。

2. Data Gloveを用いた指文字の認識実験

手振りには、「ok」の様に手だけを用いて指示できる手振り、手と他の部位との相対的な関係で（例えば人差し指と唇で「静かに」の様に）指示される手振り、「さようなら」の様な動きを伴って指示される手振りがある。

Data Gloveによる手振り認識実験の対象として、片手だけで表現できる46文字をとりあげた。（動きを伴う指文字「の、も、り、を、ん」については動作開始時の形にしたので、「お」と「を」は同じ形となる。）

2-1)測定系

認識実験に用いた測定系の全体構成を図. 3に、各装置の機能概略を以下に示す。〔3〕

DataGlove: 手袋の各指に2本の光ファイバが割り当てられファイバは第1関節・第2関節の先で折り返されている。ファイバの入口に発光ダイオード、出口にはフォトランジスタがあり、指を曲げるとファイバ内の光量に変化し、ファイバ内の光量の変化から対応する指の関節の曲げが測定できる。補正プログラム(Data Glove付属ソフトでMac上のソフト)で被験者の特性を補正し、各指の第1関節、第2関節に対応する10個の曲げ角度に変換する。

測定分解能: 1°

測定誤差: 5°

米VPL Research Inc.製

3SPACE TRACKER: 磁気発生器と磁気センサを使用する3次元デジタルライザで、位置(3次元座標)とねじれ角度(Euler角)が測定できる。

測定分解能: 0.03inch (3次元座標)

0.1° (Euler角)

測定誤差: 0.1inch (3次元座標)

0.5° (Euler角)

(但し、磁気発生器から4inch以上28inch以内。)

米McDonnell Douglas Electronics Co.製

測定時に設定した座標軸を図. 4に示す。

静止した指文字を認識対象としたので3SPACE TRACKERで測定される3次元位置とねじれ角の2種類のデータの内ねじれ角(Euler角)のみを測定の対象とした。

測定方法としては、一人の被験者がData Gloveを装着して指文字46文字「あ」～「ん」を20回繰り返し指示し、被験者が手話の未経験者である事を考慮して最初の10回を練習とし、後半の10回のデータを解析の対象とした。

2-2)解析手段

上記の測定方法で得られた46文字 \times 13測定量(指の曲げに対して10個、手の向きに関して3個) \times 10サンプルのデータに対して平均値、標準偏差を求め、各指の第1関節、第2関節の曲げに対して主成分分析、クラスタ分析、指の曲げの10測定量に手の向きに関する3測定量を加えた13測定量に対しコード化し46個の手の形の認識評価を実施した。表. 1に測定結果を示す。

a)主成分分析

主成分分析は、各指の第1、2関節の曲げに対応する10次元空間の値で表現されている46個の点の散布の有様がいちばん良く保たれる様に各成分を変換する。

10個の各指の関節に対する測定量(ar14, ar13, ar24, ar23, ar34, ar33, ar44, ar43, ar03, ar02)の持つ情報量を(arXYのXYで指の関節位置を示す。例えば、ar14は人差指の第1関節に対する曲げの角度を意味する。)

7) y_i と y_j ($i \neq j: i, j=1, 2, \dots, m$)の相関係数はすべて0である。

イ)第1主成分 y_1 の分散は $(ar_{14}, ar_{13}, ar_{24}, ar_{23}, ar_{34}, ar_{33}, ar_{44}, ar_{43}, ar_{03}, ar_{02})$ のあらゆる1次式の中で最大である。以下同様にして、第 m 主成分 y_m の分散は y_1, \dots, y_{m-1} のすべてと無相関な1次式の中で最大である。

ウ)各主成分の10個の係数の平方和は1である。

$$h_{1j}^2 + h_{2j}^2 + \dots + h_{9j}^2 + h_{aj}^2 = 1 \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

の条件の下で、

$$y_1 = h_{11}ar_{14} + h_{21}ar_{13} + \dots + h_{91}ar_{03} + h_{a1}ar_{02}$$

$$y_2 = h_{12}ar_{14} + h_{22}ar_{13} + \dots + h_{92}ar_{03} + h_{a2}ar_{02}$$

:

$$y_j = h_{1j}ar_{14} + h_{2j}ar_{13} + \dots + h_{9j}ar_{03} + h_{aj}ar_{02}$$

:

$$y_m = h_{1m}ar_{14} + h_{2m}ar_{13} + \dots + h_{9m}ar_{03} + h_{am}ar_{02} \quad (m \leq 10)$$

に構成し直し少ない次元で表現する。

46文字 x 10測定量 x 平均値のデータを入力として数学ライブラリ I M S L (P R I N C) を利用して主成分分析した結果を表. 2に示す。

表. 2から第1主成分の寄与率は40.5%で第4主成分までで累積寄与率は90%近くなっている、第1主成分は、中指と薬指の寄与が、第2主成分は人差指と小指の寄与が多く、親指の寄与は全体を通して少ないといえる。

b) クラスタ分析

46文字 x 10測定量 x 平均値のデータを入力として数学ライブラリ I M S L (C L I N K) を利用して各文字間のマハラノビス距離、個体とクラスタ、クラスタ間の距離はクラスタ内の対象の平均距離 (average-distance-between-clusters method) で計算し、階層手法でクラスタ分析し、二分木表現した結果を図. 5に示す。

(注: 2つのベクトル $X=(x_i)$ 、 $Y=(y_i)$ 間のマハラノビス(Mahalanobis)距離 d は

$$d = Z' \Sigma^{-1} Z.$$

$$Z = (x_i - y_i), \quad \Sigma = \text{共分散行列。} \quad)$$

図. 5からは大きく A, B, C, D の4クラスタに分類できることがわかる。

各クラスタに含まれている指文字をみると四つのクラスタは、人差指と中指が伸びているクラスタ (ア)、3本以上指が伸びているクラスタ (イ)、人差指と親指が伸びているクラスタ (ウ)、人差指と中指が曲がっているクラスタ (エ) と分類できる。

c) 規則による手形状のコード化と分類

手の形態のコード化方法としては、アメリカの手話を記述する構動素に基づいた記述法が提案されている。(表. 3参照) [4] Data Glove, 3SPACE TRACKERからの測定値から構動素による手の形状のコード化を行なった。

指の関節の状態に関しては、

コード化規則 1 :

関節の曲げ角度が 45° 以下なら関節は伸びている(H:基本型)を、 45° 以上ならその関節は曲がっている(B(Bending)又はR(cRoaking))を与える。

但し、標準偏差が 20° 以上の時は変動量が大きいとして不定(-)とした。

手の向きに関しては、Euler角(ϕ, θ, ϕ)では、同じ向きに関して二通りの表現方法が可能である。向きを一通りに表現する為、Euler角のうち(ϕ, θ)から手の方向ベクトルの成分(u, v, w)を求め、($(u, v, w), \phi$)で手の向きを表現し、(図. 6参照)
コード化規則 2:

vが $1/2$ 以上の時は上向き(U)、 $-1/2$ 以下の時は下向き(D)、
uが $\sqrt{2}/2$ 以上の時は右向き(R)、 $-\sqrt{2}/2$ 以下の時は左向き(L)、
wが $\sqrt{2}/2$ 以上の時は前に倒れ(F)、 $-\sqrt{2}/2$ 以下の時は後ろに倒れ(B)、
 ϕ が -60° から 60° の時は手の甲(T)を、 -120° 以下又は 120° 以上の時は掌(H)を、
その他は横(S)相手に見せているとした。

規則1と2に従って、各手形状を各関節の曲げ、手の向きの単位ベクトル、回転角の12個のパラメータで表現し、コード化し、分類した結果を表. 4に示す。表. 4は、不定量の少ない関節の順、第一主成分の係数の大きい順に配列し、ソートされている。

関節の曲げ情報とコード化規則だけからでは、単一手形状として識別できる形が9個、複数の手が同一視される手形状が37個(グループがaからiの8グループ)に分類される。

このグループとb)のクラスタ分析結果を比較すると、クラスタ(ア)には(g,f)、(イ)には(a,b,c)、(ウ)には(h,i)、(エ)には(d,e,h)が対応する。

表. 4の分類結果に手の向き情報を加えると、単一手の形として識別できる形が25個に増え、複数の形が同一される手形状が21個(グループがAからJの10グループ)まで識別できた。(表. 5)

d)指形状モデルによる手形状のコード化と分類。

c)のコード化規則では手の形態の内、指を自然に伸ばしている基本型(II)、第1関節、第2関節を曲げている(B,R)の3コードしか得ることが出来ない。その為に、例えばaに含まれる「め」と「て」の様に親指と人差指の先端が接触している状態(Pinching [3])等の視覚的には明らかに異なっている手形状が規則1、2からでは単純には識別できない。(図. 7参照)

操作者の指の各関節間の長さ第3関節は第2関節に従属して曲がる事が多いという観察知識から計算される指の先端の座標(図. 8)と次の2つの規則を用い関節の状態(H,B,R)に関して再コード化を行なった。

第2関節の状態に関しては

コード化規則 3:

指の付け根から先端までの長さが指の長さよりも短い時、少なくとも、第2関節は曲がっている(r)とした。

第1関節の状態に関して

コード化規則 4 :

指の先端が指の付け根より下であれば、第1関節は曲がっている (b) とした。上記の方法で、コード化した結果を表. 6 に規則 1、2 のコード結果の横に小文字で示す。

規則 3 で C、G、J のグループが、規則 4 で A、B、D、E、F、G のグループの識別が可能になったが、H、I の 2 グループ (「も、む」と「ふ、の」の 4 個) については識別できない。

又、グループ G に含まれる「お」と「を」については、本来、親指の先と他の指の先が接触した同一の手形状にも関わらず、いくつかの関節の曲げの違いから異なる形と識別された。

3. 考察

4 6 の手の形が Data Glove を用いた時、識別できるか?、認識に必要な知識は何か? の 2 つの問題に対して、主成分分析、クラスタ分析、コード化規則による分類の 3 方法による解析を行なった。本実験結果から、観測量 (12 パラメータ) からは簡単には、視覚的に識別可能な手の形状も十分に表現するのが難しく、Data Glove で識別しできる対象領域は指文字に対応する領域よりかなり限定されると思われる。

その理由として、以下のものが挙げられる。「め」と「て」の様に、人間には識別が容易な手振りの静的な手形状であっても、指の曲げ情報を手形状に変換する為には、手のモデルに基づき処理する必要がある。逆に、「お」と「を」の様に同じ手の形であっても、異なる形と誤認識してしまう。

本実験では、被験者の手 (手首) の位置はできるだけ定位置にし測定した。指示者に (緊張状態を強いる事なく) Data Glove を装着した状態で手の形状を識別する為には、手の形態コードに合った測定パラメータをさら増やす、詳細な手形状モデルと関連する複数の部位関係、例えば、他の指を曲げると他の指の第一関節は幾らか曲がる、薬指だけを伸ばす事は難しい等の知識に基づき状態を決定する事が必要になると思われる。

本実験は、特定操作者の静止した手振り認識実験に相当する。手振り認識技術を音声認識技術の比較で考えると図. 9 の様な対応が考えられる。静止状態の手形状認識、表現は音韻認識に相当すると思われる。図. 9 の手振り認識では、一つの手振り動作の認識を対象としたが、手話認識まで含めると音声認識における構文規則に対応する情報が必要になる。

表. 7 に異なる 6 名の操作者が 5 回 Data Glove を装着して、操作した時の各関節の曲げの測定結果を、表. 8 に 6 名の測定値に対して 2 章の規則を用いコード化した結果、図. 10 にクラスタ分析した結果を示す。

表. 8 と図. 10 に記載された同一操作者の時の分類からも、特定操作者と不特定操作者とでは相違があり、不特定操作者の認識にはなんらかの処理が必要になる。

従って、手振り認識の今後の検討項目としては、特定操作者から不特定操作者へ、静止の手振りから動きの伴う手振りへと音声認識技術と同様な展開が考えられる。

4. 終わりに

Data Gloveを用いて手振り認識実験を、視覚的には識別し易いと思われる手話の指文字(46個)を手振りの例として行なった結果について述べた。今後、指先が互いに接触している等の手全体の形状が認識し易い画像認識と指の曲げの角度が得られるData Gloveの特徴を活かした装置の開発、動作を伴った手振り記述のほかにも、指文字といった静止した手の形状に対しても前の形状からの差異といった時間的な要因を加味した手形状記述等を検討する必要があると思われる。

最後に手話認識に関する他の研究を紹介する。

a) 輪郭線特徴を用いた指文字認識[4]

指文字(動きのある「の、も、り、を、ん」を除いた41文字)の輪郭図の縦横比、複雑度、規格化周囲長の幾何学特徴と凹凸等の輪郭辺特徴を用い、尤度値を算出しその値が一番高い値を持つ文字を認識結果とする。

41文字すべてが認識されたとされるが、指示者に対し最初に特徴を測定した時と同じ状態に手の向き等を意識させる必要がある。

b) 手話ビデオ画像認識システム[5]

動きのある10単語(男、女、父、母、兄、弟、姉、妹、子供、かしら)のビデオ画像を認識する。カラー手話画像から色情報を用い手と顔の領域を検出し、4フレーム以上同じ位置にあれば静止とみなし静止状態と静止状態が手の動きと解釈する。10文字に対して動きの開始状態と終了状態が構動素により表現されていて、その昭和辞書を用い動き情報、手形状の特徴情報を用い対象を同定する。

6. 参考文献

[1] R.A. Bolt; THE HUMAN INTERFACE ,
Lifetime Learning Publications(1984)

[2] 伯田、高橋、小林; 概念情報と視覚情報に基づく画像同定の一考察、電子情報通信学会研究会 A188-30(1988)

[3] DataGlove Model 2 Operating Manual &
TEST & CALIBRATION SOFTWARE Operating Manual VPL Research, Inc

[4] 黒川、紙谷: コンピュータ身振り辞書の試作、Human Interface News and Report, 1989 Vol.4 pp.87-92

- [5]伊藤、竹村：手話入門 廣濟堂(1988)
- [6]IMSL Subroutine manual
- [7]荻原、脇：輪郭線特徴を用いた指文字認識法、昭和60年度電子通信・情報システム部門大会 1986.9
- [8]田村、川崎：手話動画像認識システム
情報処理学会コンピュータビジョン研究会
1986.9
- [9]Zimmerman,T.G. and Lanier,J: A Hand
gesture Interface Device, GH1+G1 Conf.Procp.189 (1987)
- [10] IMSL Subroutine manual

参考：SUN上の評価系

測定データの解析には、リレーショナルDBMS (oracle) と数学ライブラリ (IMSL) を使用した。図.11に従い、以下に評価の概要を示す。

- (1)Data Glove、3SPACE TRACKERからのデータは、RS232cインタフェースでプログラム(strreg)によりSUN上のファイルに出力される。
- (2)oracleへファイルからoracleのデータロードプログラムでoracleでロードされる。
- (3)テーブルfingersに対して特定被験者、六名の被験者のデータ対応に作成されたビュー(gf,gf6)を介して編集された結果に対して、
 - ・VAX上のライブラリを用いて主成分分析とクラスタ分析を行なう。
 - ・プログラム(p890314)でコード付与規則に従い、各手形状に対してコードを付与してその結果をテーブルfstatusに入力し、SQLで解析を行なう。

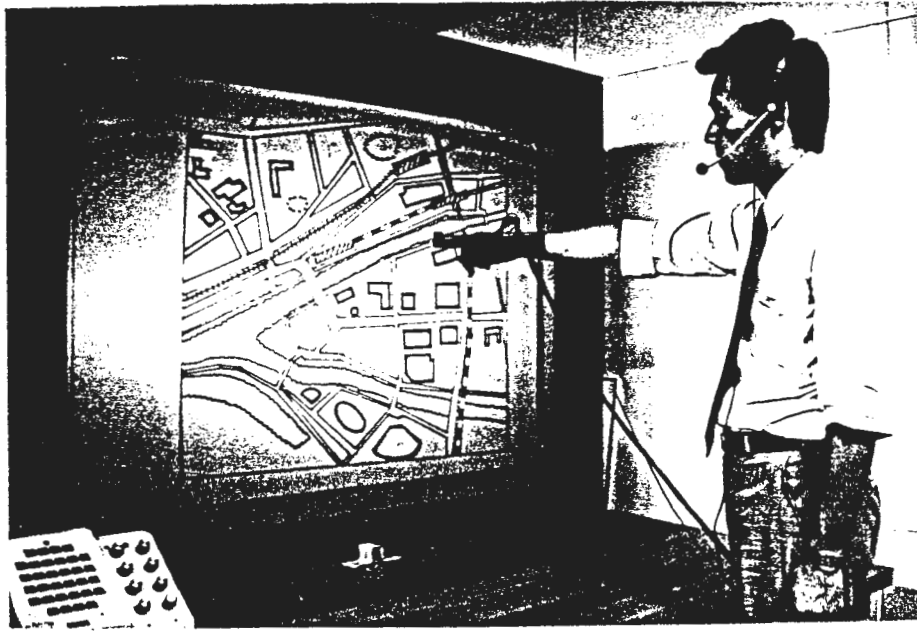


図1. 地図案内システム (Illustrated Map Guidance system)

(言語(音声認識装置)、手振子(DataGlove)により指示された地図上)の対象について向き合せを行う。

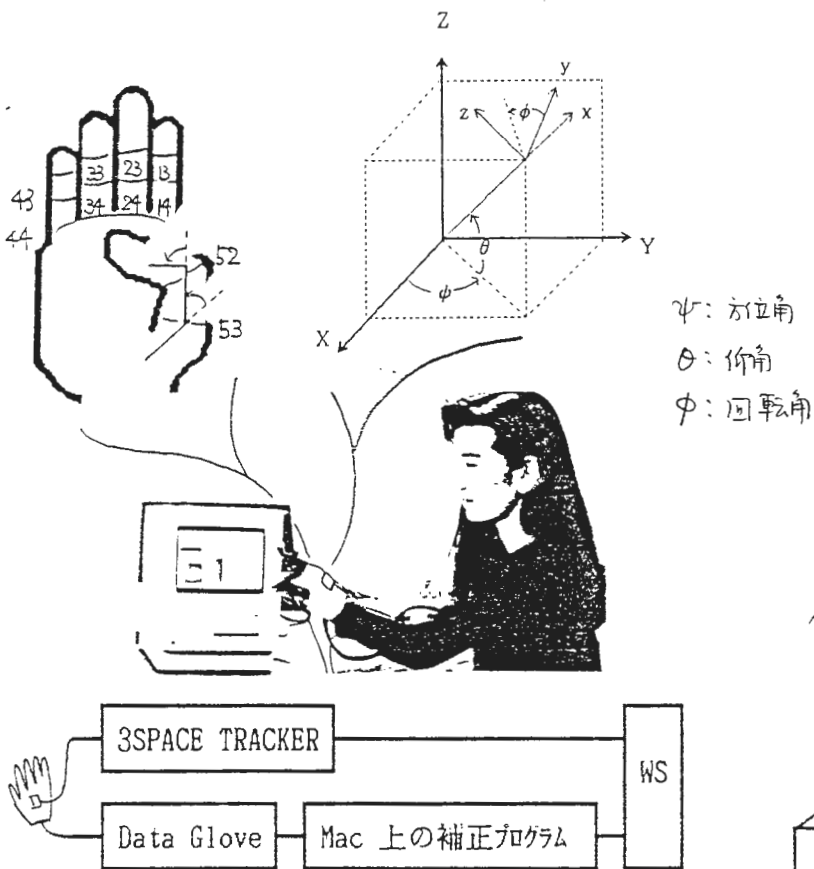


図.3 手形状 (指文字) データの測定系

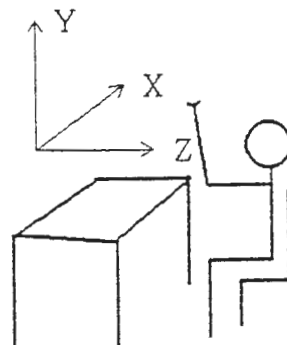


図. 4

測定時の設定座標軸

ね ぬ に な

木の根が広がるようすを表わす(甲)。
人さし指の先を折り曲げ「盗む」しにくさを示す。
数詞の「2」から(甲)。
人さし指と中指をそろえて下に向ける。

ふ ひ は の

親指と人さし指で裏から「フ」の形をつくる(甲)。
人さし指をたてる。
人さし指と中指をそろえ少し下向きに前へ出す。
人さし指で「ノ」の文字を空書きする。

み ま ほ へ

数詞の「3」から(甲)。
人さし指、中指、薬指を下に向けて伸ばす(甲)。
手を少しまるめて「帆」の形をつくる(甲)。
親指と小指で「へ」の形をつくる(甲)。

や も め む

親指と小指をたててYの形をつくる。
親指と人さし指でつまむしにくさを示す。
親指と人さし指で輪をつくり、他の指をたてる。
数詞の「6」から(甲)。

り ら よ ゆ

人さし指と中指で「り」を空書きする。
マニュアル・アルファベットの「R」から。
数詞の「4」から(甲)。
人さし指、中指、薬指をたて、甲を相手に向ける。

指文字

え う い あ

マニュアル・アルファベットの「E」から。
人さし指と中指でUの形をつくる。
マニュアル・アルファベットの「B」から。
マニュアル・アルファベットの「A」から。

く き か お

数詞の「9」から(手の甲をみせる)。
「狐」の形をつくる。
マニュアル・アルファベットの「K」から。
親指と他の4本の指で「O」の形をつくる。

し さ こ け

数詞の「7」から(甲)。
親指を外に出して、手を握る。
4本の指を根から折り曲げて「カギ」の形を示す。
親指を折り、他の4本の指をたてる。

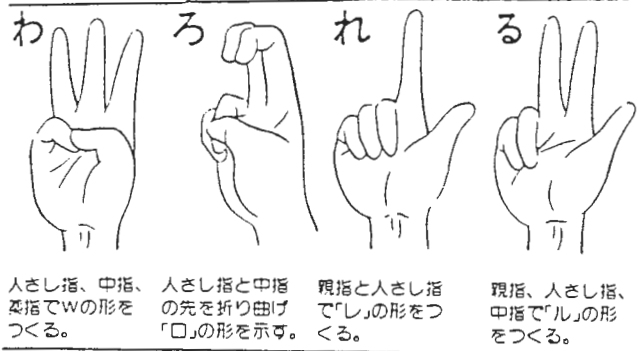
た そ せ す

親指をたてる。
人さし指で「それ」と指し示す形をつくる。
中指をたてる。
親指、人さし指、中指を裏から見で「ス」を示す。

と て つ ち

人さし指と中指をたてる(甲)。
手のひらを相手に向ける。
小指と薬指をたて、親指と他の2指で輪を示す。
小指をたて、親指と他の3本の指で輪をつくる。

図2 指文字 (1/2)
(動きのある指文字については、開始時の手形を示す)



(参考)

第7章 指文字

濁音 例「わ」



濁音「ガ・ギ・ク・ケ・コ」「ジ・シ・ズ・セ・ソ」「ダ・ヂ・ブ・ゼ・ゾ」は、それぞれの指文字を横へ動かします。

促音・拗音 例「ツ」



促音や拗音を表わず小さい「ッ・ヤ・ユ・ヨ」はそれぞれの指文字を手前にひいて表わします。

半濁音 例「ほ」



半濁音「ハ・ヒ・フ・ヘ・ホ」はそれぞれの指文字を上へあげて示します。



手話入門

伊藤 竹村 廣済堂刊

図2. 指文字 (2/2)

表.1 測定データ(1/2) (平均値)

| COD | AR33 | AR43 | AR23 | AR03 | AR13 | AR44 | AR24 | AR14 | AR34 | AR02 | AAZ1 | AELE | AROL |
|-----|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|
| a | 90.9 | 94.1 | 96.9 | 21.0 | 96.9 | 89.5 | 85.9 | 86.6 | 78.9 | 5.6 | 49.8 | 16.8 | 194.1 |
| i | 75.8 | .0 | 90.7 | 42.2 | 95.4 | 2.3 | 68.7 | 82.3 | 58.2 | 46.5 | 65.9 | 16.6 | 178.4 |
| u | 82.1 | 69.2 | .0 | 33.9 | 3.8 | 77.5 | 8.8 | 19.1 | 59.9 | 31.1 | 59.5 | 25.9 | 172.1 |
| e | 99.4 | 92.4 | 95.6 | 63.4 | 77.7 | 1.4 | 5.7 | 12.4 | 6.1 | 101.2 | 63.5 | 23.0 | 177.6 |
| o | 62.1 | 55.1 | 66.0 | 14.6 | 64.9 | 47.8 | 58.1 | 81.5 | 49.6 | 23.6 | 61.3 | 25.9 | 185.1 |
| ka | 79.2 | 83.3 | 7.1 | 42.2 | .3 | 97.1 | 90.0 | 74.3 | 99.3 | 3.0 | 60.4 | 5.1 | 191.4 |
| ki | 42.3 | .0 | 42.8 | 14.9 | .0 | 8.7 | 75.2 | 45.8 | 67.6 | .4 | 64.1 | 36.6 | 170.5 |
| ku | 15.3 | .6 | 9.8 | .6 | 1.6 | 39.6 | 45.4 | 65.7 | 56.7 | .0 | 194.1 | 31.5 | 34.6 |
| ke | .0 | .0 | 4.7 | 74.2 | .0 | 1.1 | 17.2 | 28.5 | 3.9 | 40.2 | 65.5 | 15.5 | 181.3 |
| ko | 21.8 | 23.7 | 15.8 | 12.5 | 5.2 | 73.9 | 97.8 | 104.1 | 77.3 | 1.0 | 63.0 | 14.2 | 186.8 |
| sa | 94.6 | 92.4 | 102.9 | 39.9 | 97.2 | 68.9 | 69.1 | 79.1 | 65.4 | 47.8 | 67.5 | 11.9 | 182.0 |
| shi | 81.8 | 86.3 | 8.3 | 6.2 | 1.3 | 99.4 | 92.8 | 78.0 | 113.8 | .0 | 192.5 | 33.9 | 31.5 |
| su | 78.6 | 82.9 | 1.1 | 5.2 | .2 | 97.9 | 97.5 | 61.8 | 114.2 | .0 | -68.6 | 25.5 | 29.7 |
| se | 66.2 | 75.7 | .4 | 13.4 | 83.8 | 63.9 | 51.9 | 76.0 | 64.3 | 62.2 | 59.1 | 5.5 | 187.5 |
| so | 78.6 | 79.3 | 83.6 | 7.3 | .0 | 73.7 | 70.3 | 36.8 | 82.5 | 23.6 | -40.4 | 49.0 | 59.5 |
| ta | 85.7 | 91.1 | 93.4 | 8.1 | 91.8 | 91.5 | 91.5 | 93.5 | 91.3 | 1.8 | -32.4 | 67.4 | 152.8 |
| chi | 45.5 | .0 | 58.4 | 10.7 | 35.2 | 4.3 | 83.0 | 89.1 | 72.9 | 13.7 | 73.0 | 23.2 | 175.6 |
| tsu | 4.3 | .0 | 79.2 | 33.2 | 56.0 | 38.7 | 77.4 | 83.4 | 63.9 | 24.5 | 67.0 | 11.0 | 189.3 |
| te | .0 | .0 | 2.5 | 15.1 | 3.9 | .0 | .8 | 1.1 | .0 | .3 | 59.4 | 25.0 | 182.9 |
| to | 65.5 | 74.6 | 1.5 | 33.2 | 2.8 | 77.0 | 17.8 | 18.7 | 91.4 | 34.7 | 129.3 | 31.9 | 8.0 |
| na | 69.8 | 74.7 | .0 | 42.6 | .0 | 80.3 | 55.7 | 54.9 | 88.9 | 8.9 | -71.2 | 37.7 | 20.5 |
| ni | 69.2 | 74.6 | 3.4 | 36.9 | .0 | 78.4 | 45.1 | 59.4 | 83.8 | 9.5 | 197.4 | 31.4 | 15.9 |
| nu | 76.5 | 83.4 | 104.5 | 30.1 | 78.0 | 81.1 | 62.5 | 1.4 | 88.3 | 20.0 | 49.5 | 37.2 | 179.6 |
| ne | 11.2 | 1.0 | 11.8 | 21.5 | 5.3 | 24.1 | 31.8 | 40.0 | 37.9 | .7 | -76.7 | 21.8 | 25.3 |
| no1 | 88.3 | 72.6 | 93.2 | 19.7 | .0 | 60.3 | 52.1 | 28.2 | 70.9 | 14.3 | -120.8 | 32.4 | 21.0 |
| ha | 74.5 | 72.3 | 1.1 | 24.3 | 2.3 | 61.3 | 9.8 | 12.1 | 69.2 | 27.1 | -96.8 | 50.0 | 62.0 |
| hi | 75.6 | 82.8 | 88.3 | 11.2 | .0 | 62.9 | 66.4 | 23.7 | 69.6 | 46.8 | 44.6 | 17.6 | 181.2 |
| fu | 83.6 | 82.6 | 95.8 | .0 | .0 | 90.7 | 94.1 | 81.9 | 105.7 | .0 | -75.8 | 23.5 | 28.0 |
| he | 82.4 | 3.8 | 92.4 | 4.8 | 95.4 | 60.6 | 101.1 | 105.9 | 95.9 | .0 | -61.0 | 25.6 | 26.9 |
| ho | 6.2 | .7 | 14.1 | 25.4 | 4.7 | 13.9 | 15.4 | 25.5 | 26.4 | 2.5 | 130.3 | 25.3 | 19.3 |
| ma | 11.8 | 69.3 | .3 | 62.5 | .0 | 54.7 | 32.9 | 45.5 | 43.3 | 7.1 | -72.2 | 28.6 | 15.3 |
| mi | 7.9 | 67.4 | .4 | 57.0 | .0 | 57.3 | 35.2 | 55.9 | 46.9 | 8.8 | 202.7 | 27.4 | 24.1 |
| mu | 88.3 | 83.3 | 95.8 | .0 | .9 | 92.0 | 74.9 | 64.6 | 96.8 | .0 | 188.5 | 21.5 | 29.4 |
| me | .8 | 3.3 | 2.1 | 1.4 | 42.5 | 2.3 | 29.2 | 91.7 | 16.9 | 14.9 | 66.5 | 23.6 | 190.6 |
| mo1 | 84.9 | 86.8 | 92.0 | .0 | 4.3 | 93.7 | 93.8 | 69.0 | 103.7 | .0 | 174.4 | 44.1 | 58.6 |
| ya | 77.2 | 4.6 | 92.7 | 9.0 | 92.7 | 49.6 | 90.3 | 97.0 | 77.1 | 2.3 | 53.2 | 8.3 | 189.1 |
| yu | .5 | 69.9 | .1 | 49.7 | .0 | 57.2 | 13.5 | 24.1 | 29.3 | 22.2 | 130.4 | 34.4 | 13.1 |
| yo | 5.5 | .6 | 1.5 | 68.9 | .1 | 42.9 | 58.9 | 79.9 | 66.2 | 33.5 | 202.2 | 35.2 | 37.2 |
| ra | 84.6 | 84.7 | 72.5 | 36.5 | 12.7 | 65.6 | .0 | 44.1 | 47.8 | 31.7 | 58.8 | 14.9 | 185.0 |
| ri1 | 76.4 | 70.2 | 7.3 | 29.1 | 3.6 | 76.8 | 18.3 | 14.7 | 88.0 | 25.2 | 190.3 | 55.5 | 19.0 |
| ru | 91.3 | 84.4 | 12.3 | 19.8 | .1 | 98.1 | 63.5 | 28.9 | 100.2 | .0 | 49.3 | 10.7 | 190.3 |
| re | 89.4 | 85.4 | 100.4 | 7.1 | 4.0 | 95.8 | 77.0 | 25.5 | 97.0 | .1 | 47.8 | 21.9 | 185.0 |
| ro | 83.0 | 85.2 | 95.1 | 41.9 | 67.3 | 97.6 | 20.1 | 1.2 | 102.6 | 37.4 | 58.1 | 30.3 | 179.0 |
| wa | .0 | 75.7 | 8.9 | 44.7 | 1.6 | 52.7 | .0 | .0 | 2.1 | 28.8 | 53.1 | 30.7 | 166.3 |
| wo1 | 54.2 | 45.9 | 57.4 | 6.9 | 51.1 | 51.2 | 58.7 | 83.2 | 55.6 | 10.9 | 58.5 | 25.8 | 182.6 |
| nn1 | 83.9 | 76.9 | 85.0 | 13.6 | .0 | 65.1 | 59.5 | 36.0 | 69.3 | 13.2 | -78.5 | 48.9 | 27.8 |

表.1 想定データ(2/2) (標準偏差)

| COD | SDR33 | SDR43 | SDR23 | SDR03 | SDR13 | SDR44 | SDR24 | SDR14 | SDR34 | SDR02 | SDAZ1 | SDELE | SDROL |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a | 5.3 | 6.2 | 11.9 | 10.8 | 15.5 | 14.3 | 15.5 | 17.5 | 21.3 | 3.5 | 3.7 | 5.0 | 4.6 |
| i | 5.3 | .0 | 14.3 | 8.8 | 18.5 | 3.7 | 15.0 | 20.0 | 17.6 | 10.4 | 2.6 | 2.9 | 3.2 |
| u | 6.8 | 12.0 | .0 | 10.0 | 1.3 | 17.8 | 6.8 | 14.3 | 20.2 | 5.7 | 2.7 | 4.5 | 4.9 |
| e | 6.7 | 5.9 | 12.9 | 14.0 | 21.4 | 4.4 | 10.9 | 23.6 | 14.3 | 20.8 | 3.3 | 4.7 | 4.1 |
| o | 6.0 | 8.7 | 17.2 | 10.2 | 25.8 | 16.6 | 15.0 | 19.3 | 15.5 | 12.6 | 3.8 | 4.0 | 4.6 |
| ka | 5.5 | 6.4 | 7.0 | 8.5 | .9 | 10.7 | 23.3 | 25.7 | 14.8 | 3.2 | 3.1 | 3.6 | 5.1 |
| ki | 3.0 | .0 | 11.6 | 6.7 | .0 | 6.1 | 15.6 | 22.5 | 20.9 | .7 | 3.5 | 9.5 | 6.6 |
| ku | 2.6 | 1.1 | 5.0 | 1.9 | 1.8 | 14.3 | 13.7 | 21.0 | 17.4 | .0 | 4.8 | 5.1 | 4.9 |
| ke | .0 | .0 | 3.3 | 16.1 | .0 | 3.5 | 9.0 | 24.7 | 7.0 | 7.0 | 2.4 | 4.7 | 3.2 |
| ko | 5.7 | 11.7 | 8.5 | 12.1 | 8.8 | 21.6 | 13.5 | 12.8 | 21.2 | 1.6 | 2.8 | 2.3 | 4.6 |
| sa | 9.9 | 5.9 | 9.4 | 7.7 | 16.6 | 20.4 | 13.1 | 18.5 | 21.1 | 6.0 | 3.1 | 3.9 | 5.3 |
| shi | 4.8 | 6.1 | 7.8 | 10.1 | 1.8 | 8.6 | 13.6 | 21.1 | 2.3 | .0 | 4.5 | 4.9 | 3.4 |
| su | 4.6 | 5.9 | 3.5 | 8.4 | .6 | 9.8 | 14.0 | 29.9 | 1.8 | .0 | 4.4 | 4.7 | 5.1 |
| se | 4.1 | 5.3 | .7 | 7.1 | 19.1 | 20.0 | 12.9 | 22.2 | 20.8 | 7.3 | 4.5 | 4.3 | 4.6 |
| so | 4.1 | 4.5 | 17.8 | 7.4 | .0 | 20.6 | 17.6 | 22.9 | 21.3 | 9.1 | 8.9 | 3.2 | 8.0 |
| ta | 6.1 | 4.9 | 13.6 | 9.0 | 15.2 | 12.6 | 14.4 | 15.0 | 18.1 | 2.4 | 28.0 | 6.8 | 27.2 |
| chi | 10.5 | .0 | 18.4 | 9.5 | 22.8 | 4.5 | 18.1 | 19.8 | 24.3 | 22.9 | 3.8 | 4.8 | 5.0 |
| tsu | 2.4 | .0 | 16.5 | 9.8 | 26.0 | 18.6 | 14.1 | 20.0 | 17.8 | 21.5 | 1.5 | 5.8 | 4.6 |
| te | .0 | .0 | 3.1 | 13.4 | 3.3 | .0 | 1.7 | 2.4 | .0 | .7 | 3.7 | 9.1 | 5.4 |
| to | 4.3 | 6.5 | 2.8 | 10.5 | 1.4 | 16.3 | 10.1 | 9.3 | 20.7 | 9.9 | 5.9 | 4.5 | 5.0 |
| na | 5.2 | 5.6 | .0 | 9.3 | .0 | 20.0 | 18.2 | 25.1 | 21.1 | 3.0 | 7.3 | 4.9 | 5.7 |
| ni | 5.1 | 5.9 | 2.8 | 9.8 | .0 | 18.5 | 10.4 | 25.5 | 20.5 | 3.2 | 8.5 | 3.9 | 6.6 |
| nu | 4.6 | 3.7 | 8.7 | 6.2 | 21.2 | 13.1 | 15.4 | 3.1 | 18.4 | 10.3 | 4.8 | 8.7 | 5.6 |
| ne | 1.8 | 2.3 | 2.9 | 13.1 | 5.2 | 8.3 | 9.5 | 21.7 | 13.0 | 1.3 | 2.9 | 4.0 | 3.0 |
| no1 | 8.0 | 11.7 | 13.7 | 9.9 | .0 | 20.3 | 15.1 | 17.7 | 22.6 | 5.1 | 13.0 | 5.6 | 5.4 |
| ha | 5.1 | 8.8 | 3.5 | 9.8 | 1.6 | 17.4 | 8.6 | 16.4 | 19.9 | 6.2 | 11.6 | 9.7 | 14.4 |
| hi | 3.4 | 7.6 | 15.5 | 7.9 | .0 | 21.0 | 15.0 | 13.5 | 21.2 | 13.7 | 5.7 | 7.6 | 4.1 |
| fu | 4.6 | 6.6 | 12.7 | .0 | .0 | 13.3 | 18.9 | 25.8 | 12.3 | .0 | 2.6 | 6.7 | 3.0 |
| he | 4.8 | 5.4 | 14.7 | 5.5 | 18.6 | 13.0 | 15.5 | 11.6 | 19.3 | .0 | 4.0 | 7.6 | 4.2 |
| ho | 4.2 | 2.2 | 6.1 | 13.0 | 2.8 | 18.3 | 12.3 | 19.6 | 23.1 | 4.1 | 2.7 | 6.1 | 5.0 |
| ma | 5.8 | 6.4 | .7 | 14.8 | .0 | 14.0 | 11.3 | 20.5 | 11.5 | 3.6 | 3.5 | 6.3 | 4.3 |
| mi | 4.2 | 6.5 | 1.3 | 12.0 | .0 | 14.2 | 10.7 | 14.8 | 11.9 | 2.4 | 3.5 | 2.9 | 3.9 |
| mu | 5.3 | 5.3 | 12.3 | .0 | 1.4 | 12.2 | 15.8 | 22.1 | 16.7 | .0 | 7.5 | 3.6 | 4.0 |
| me | 1.1 | 2.8 | 3.5 | 2.3 | 22.9 | 3.9 | 9.0 | 21.2 | 10.7 | 22.5 | 4.9 | 2.8 | 4.8 |
| mo1 | 5.4 | 6.5 | 13.4 | .0 | 11.2 | 11.5 | 15.0 | 31.4 | 12.4 | .0 | 9.2 | 3.2 | 10.2 |
| ya | 6.8 | 5.9 | 13.1 | 6.5 | 17.0 | 12.2 | 14.5 | 14.7 | 23.1 | 3.4 | 2.9 | 4.5 | 5.2 |
| yu | 1.0 | 4.8 | .3 | 8.9 | .0 | 15.9 | 9.7 | 15.9 | 13.1 | 6.9 | 5.5 | 5.7 | 4.8 |
| yo | 2.7 | 1.6 | 2.2 | 14.4 | .3 | 13.8 | 12.4 | 20.9 | 15.4 | 6.7 | 5.1 | 8.1 | 5.2 |
| ra | 7.2 | 7.7 | 17.3 | 10.5 | 4.4 | 19.7 | .0 | 21.2 | 20.2 | 9.5 | 3.2 | 4.4 | 5.9 |
| ri1 | 5.4 | 5.8 | 3.4 | 8.0 | 2.0 | 18.9 | 11.5 | 11.2 | 25.9 | 7.7 | 7.2 | 8.6 | 6.1 |
| ru | 5.7 | 6.9 | 5.1 | 13.1 | .3 | 9.3 | 17.1 | 19.5 | 16.3 | .0 | 2.5 | 5.9 | 5.2 |
| re | 4.3 | 5.1 | 10.7 | 6.3 | 2.1 | 10.5 | 14.9 | 15.2 | 17.5 | .3 | 2.8 | 3.7 | 5.7 |
| ro | 4.4 | 7.1 | 13.7 | 14.9 | 24.5 | 10.0 | 8.2 | 3.2 | 16.2 | 10.0 | 3.5 | 4.4 | 5.9 |
| wa | .0 | 7.5 | 3.6 | 10.0 | 1.0 | 17.8 | .0 | .0 | 3.9 | 6.0 | 4.0 | 6.9 | 5.3 |
| wo1 | 5.9 | 7.7 | 20.1 | 5.0 | 26.1 | 17.6 | 11.0 | 19.3 | 13.9 | 4.2 | 3.9 | 8.2 | 3.8 |
| nn1 | 3.6 | 4.7 | 15.2 | 7.1 | .0 | 21.9 | 11.4 | 18.6 | 20.6 | 6.9 | 12.3 | 7.5 | 6.7 |

表. 2 主成分分析結果 (その1)

| 主成分成分 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 固有値有値 | 4200. | 2443. | 1824. | 757. | 358. | 291. | 257. | 119. | 97. | 35. |
| 固有ベクトル | | | | | | | | | | |
| 人差指 (14) | 0.163 | -0.378 | 0.423 | -0.367 | -0.258 | 0.319 | -0.331 | -0.440 | 0.191 | -0.097 |
| (13) | 0.240 | -0.499 | -0.320 | -0.552 | 0.102 | -0.476 | 0.121 | 0.135 | -0.113 | -0.054 |
| 中指 (24) | 0.338 | -0.197 | 0.427 | 0.057 | -0.136 | 0.259 | 0.136 | 0.625 | -0.332 | 0.237 |
| (23) | 0.481 | -0.334 | -0.376 | 0.589 | -0.317 | 0.042 | 0.108 | -0.181 | 0.143 | -0.040 |
| 薬指 (34) | 0.366 | 0.164 | 0.314 | -0.002 | 0.361 | -0.009 | 0.446 | -0.006 | 0.284 | -0.575 |
| (33) | 0.456 | 0.150 | -0.179 | -0.032 | 0.602 | 0.266 | -0.265 | -0.261 | -0.323 | 0.247 |
| 小指 (44) | 0.328 | 0.386 | 0.164 | -0.174 | -0.229 | -0.327 | 0.230 | -0.187 | 0.291 | 0.595 |
| (43) | 0.317 | 0.505 | -0.254 | -0.248 | -0.446 | 0.050 | -0.315 | 0.205 | -0.147 | -0.391 |
| 親指 (53) | -0.138 | 0.057 | -0.195 | -0.246 | -0.216 | 0.409 | 0.650 | -0.313 | -0.382 | -0.000 |
| (52) | -0.030 | -0.026 | -0.368 | -0.239 | 0.116 | 0.505 | 0.048 | 0.349 | 0.618 | 0.177 |
| 累積寄与率 | 0.405 | 0.640 | 0.816 | 0.889 | 0.923 | 0.951 | 0.976 | 0.987 | 0.997 | 1.000 |

・ 各指に対する関節は第一関節、第二関節の順。

(括弧内のコードは図.3参照。)

・ 固有ベクトルを用いて計算した主成分を次表に示す。

表.2 主成分分析結果(その2)

| | group | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 | Y8 | Y9 | Y10 |
|-----|-------|-------|-------|--------|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| ta | h | 243.4 | -20.8 | 17.0 | -68.6 | -35.5 | 14.5 | 18.4 | -11.6 | .0 | -8.3 |
| a | h | 239.5 | -20.7 | -1.0 | -71.8 | -38.1 | 18.1 | 21.2 | -15.0 | -8.4 | -2.7 |
| fu | h | 224.0 | 25.1 | 50.9 | -7.4 | -33.5 | 50.2 | 15.8 | -17.0 | 15.4 | -8.0 |
| mo1 | h | 223.2 | 32.3 | 43.9 | -8.9 | -31.0 | 43.4 | 18.3 | -10.2 | 11.3 | -5.3 |
| sa | | 221.1 | -27.2 | -40.8 | -77.4 | -32.2 | 48.2 | 25.1 | -11.8 | 4.7 | -1.7 |
| mu | h | 214.5 | 35.1 | 31.5 | -3.2 | -27.4 | 40.2 | 13.9 | -22.5 | 14.6 | -4.1 |
| re | h | 213.3 | 49.5 | 11.7 | 9.3 | -21.3 | 29.1 | 32.6 | -7.1 | 4.6 | 1.4 |
| he | d | 211.9 | -84.8 | 46.0 | -46.8 | 6.9 | 21.7 | 37.0 | -21.3 | 4.9 | 4.6 |
| nu | h | 205.9 | 13.9 | -44.1 | -28.1 | -16.2 | 3.4 | 60.7 | 9.2 | -1.8 | -6.5 |
| ro | h | 196.5 | 41.6 | -58.4 | -40.7 | -4.5 | 7.0 | 69.1 | -19.1 | 24.9 | -10.0 |
| ya | d | 193.0 | -85.5 | 29.8 | -42.1 | 1.9 | 22.7 | 31.3 | -21.4 | .0 | 6.1 |
| shi | g | 186.5 | 62.1 | 83.3 | -62.2 | -7.6 | 43.7 | 16.6 | -2.5 | 4.9 | -5.9 |
| so | h | 183.6 | 37.9 | 7.8 | -2.9 | -19.6 | 48.3 | 20.2 | .1 | 15.3 | -1.3 |
| su | g | 179.0 | 67.5 | 83.1 | -58.2 | -1.6 | 39.0 | 22.8 | 9.5 | 1.0 | -3.5 |
| nn1 | h | 174.0 | 34.6 | -.9 | .5 | -19.5 | 46.9 | 14.2 | -12.3 | 2.5 | -1.0 |
| no1 | h | 172.9 | 33.5 | -12.0 | 7.8 | -14.0 | 48.4 | 20.5 | -17.7 | 1.2 | -3.1 |
| hi | | 172.7 | 36.7 | -16.6 | -.9 | -20.9 | 59.7 | 19.6 | 13.1 | 21.3 | 1.8 |
| ka | fg | 170.9 | 61.7 | 69.5 | -69.5 | -18.3 | 58.5 | 35.4 | -12.2 | -10.3 | 1.9 |
| ru | g | 166.7 | 84.2 | 40.6 | -45.8 | 6.7 | 29.7 | 29.7 | -6.9 | -6.2 | 2.0 |
| o | h | 157.2 | -32.7 | .4 | -56.8 | -24.0 | 34.0 | 5.8 | -13.2 | 7.2 | -2.4 |
| i | e | 152.6 | -99.6 | -20.8 | -49.9 | 12.7 | 62.0 | 39.5 | -14.3 | .4 | -5.7 |
| wo1 | gh | 148.4 | -27.4 | 21.4 | -48.0 | -22.3 | 27.6 | 5.6 | -16.4 | 9.4 | -3.4 |
| se | | 145.3 | 1.6 | 1.4 | -121.2 | .6 | 34.6 | 5.7 | 13.7 | 25.6 | -.9 |
| ra | h | 143.6 | 42.7 | -42.3 | -32.3 | -22.0 | 46.8 | 7.3 | -48.4 | 15.9 | -3.0 |
| na | g | 136.1 | 64.3 | 45.0 | -64.5 | -7.6 | 49.1 | 33.6 | -18.0 | -3.7 | -6.0 |
| e | | 134.1 | -12.4 | -141.8 | -56.9 | -7.9 | 80.0 | 10.0 | -.4 | .2 | -4.3 |
| ni | g | 132.9 | 61.5 | 40.3 | -63.1 | -8.8 | 46.4 | 24.8 | -24.7 | 2.0 | -7.2 |
| ko | b | 127.1 | -9.3 | 101.8 | -49.1 | -33.8 | 44.4 | 27.6 | -5.5 | 17.9 | 7.9 |
| chi | e | 126.1 | -66.4 | 48.2 | -21.2 | 2.7 | 56.9 | 21.4 | -4.8 | 5.5 | -18.9 |
| tsu | | 124.0 | -73.9 | 30.7 | -31.4 | -39.1 | 37.1 | 57.2 | -5.6 | 25.7 | -4.3 |
| ri1 | f | 122.8 | 78.6 | 3.9 | -48.7 | 17.2 | 30.5 | 33.5 | -16.6 | 14.2 | -6.7 |
| to | f | 117.2 | 80.7 | 5.5 | -57.2 | 10.9 | 35.5 | 37.5 | -12.0 | 22.6 | -11.5 |
| u | f | 108.2 | 77.3 | -8.2 | -57.8 | 12.9 | 35.5 | 19.8 | -24.2 | 9.5 | 10.3 |
| ha | f | 104.6 | 75.4 | -6.5 | -48.1 | 16.8 | 31.7 | 17.2 | -13.7 | 9.3 | -7.5 |
| ki | b | 98.3 | -24.8 | 47.4 | 5.9 | 9.0 | 49.9 | 30.3 | 1.6 | -7.5 | -11.5 |
| mi | | 74.1 | 39.9 | 29.8 | -61.4 | -52.2 | 41.0 | 34.5 | -16.7 | .3 | -12.9 |
| ku | b | 72.0 | -10.6 | 64.2 | -24.4 | -5.9 | 23.2 | 16.2 | -13.9 | 21.1 | -1.6 |
| ma | c | 71.1 | 44.6 | 21.3 | -58.9 | -49.7 | 40.5 | 37.3 | -15.9 | -7.4 | -12.0 |
| yo | | 64.2 | -10.7 | 59.3 | -58.0 | -23.0 | 72.7 | 65.8 | -18.2 | 19.7 | .6 |
| yu | c | 52.9 | 52.7 | -1.2 | -52.9 | -49.7 | 27.4 | 31.3 | -6.7 | 9.4 | -5.3 |
| ne | a | 48.4 | -9.1 | 33.5 | -19.2 | -8.0 | 22.9 | 26.2 | -13.1 | 4.4 | -2.1 |
| me | a | 43.7 | -57.2 | 35.8 | -59.3 | -18.0 | 24.2 | -12.6 | -12.1 | 16.7 | -11.2 |
| wa | | 39.7 | 57.0 | -33.1 | -41.5 | -54.1 | 19.0 | 20.8 | .3 | 6.6 | 5.1 |
| ho | a | 31.0 | -7.4 | 14.0 | -12.5 | -8.1 | 19.0 | 25.5 | -14.8 | 2.5 | -4.9 |
| ke | | 3.1 | -11.5 | -10.2 | -34.8 | -21.4 | 64.0 | 45.5 | -12.1 | -1.6 | 6.6 |
| te | a | .5 | -2.5 | -4.4 | -4.8 | -4.0 | 5.1 | 10.3 | -4.5 | -5.7 | -.2 |

注) group欄は表.4のc1相当

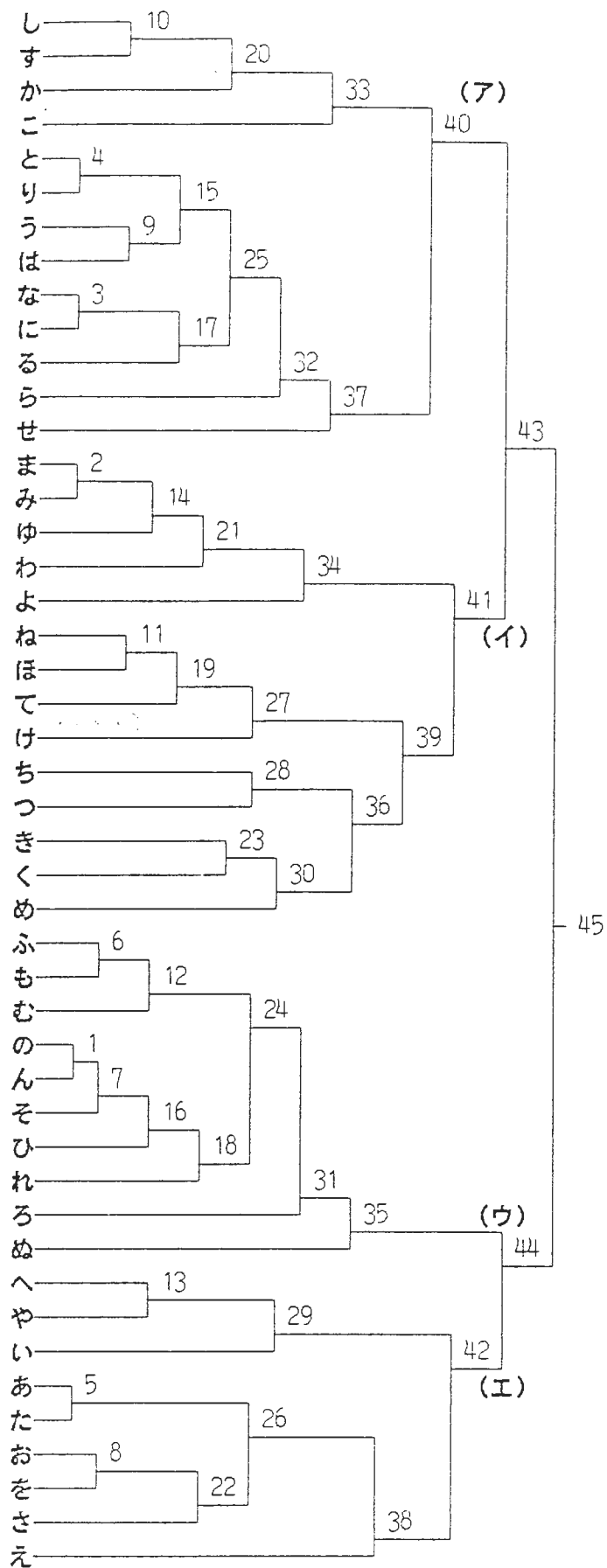


図. 5 クラスタ分析結果
(数字はクラスタ化された順序を示す。)

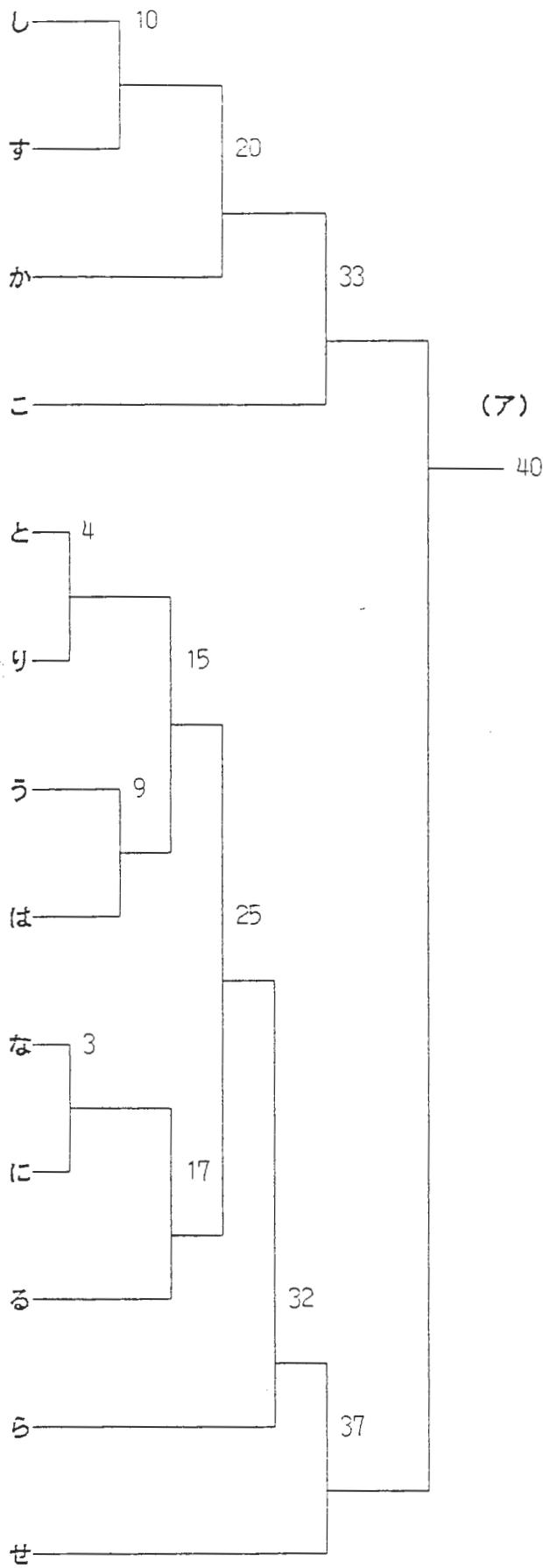


図 5.ア クラスタ(ア)に属する指文字

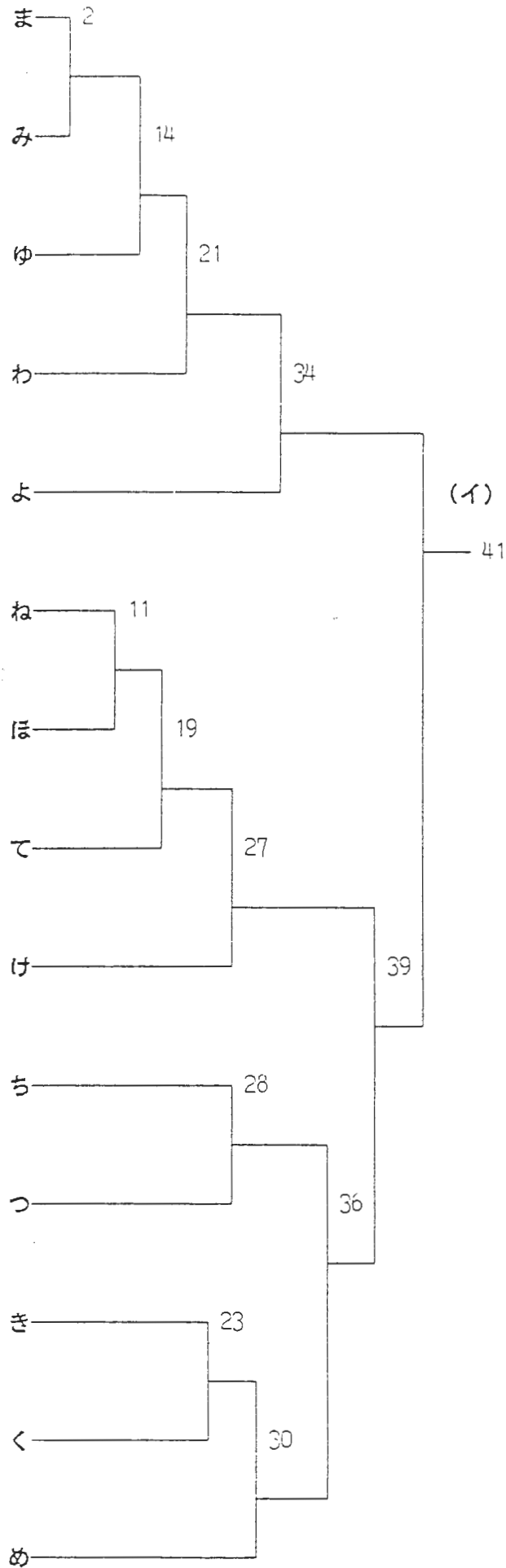


図5.1 クラスタ(イ)に属する指文字

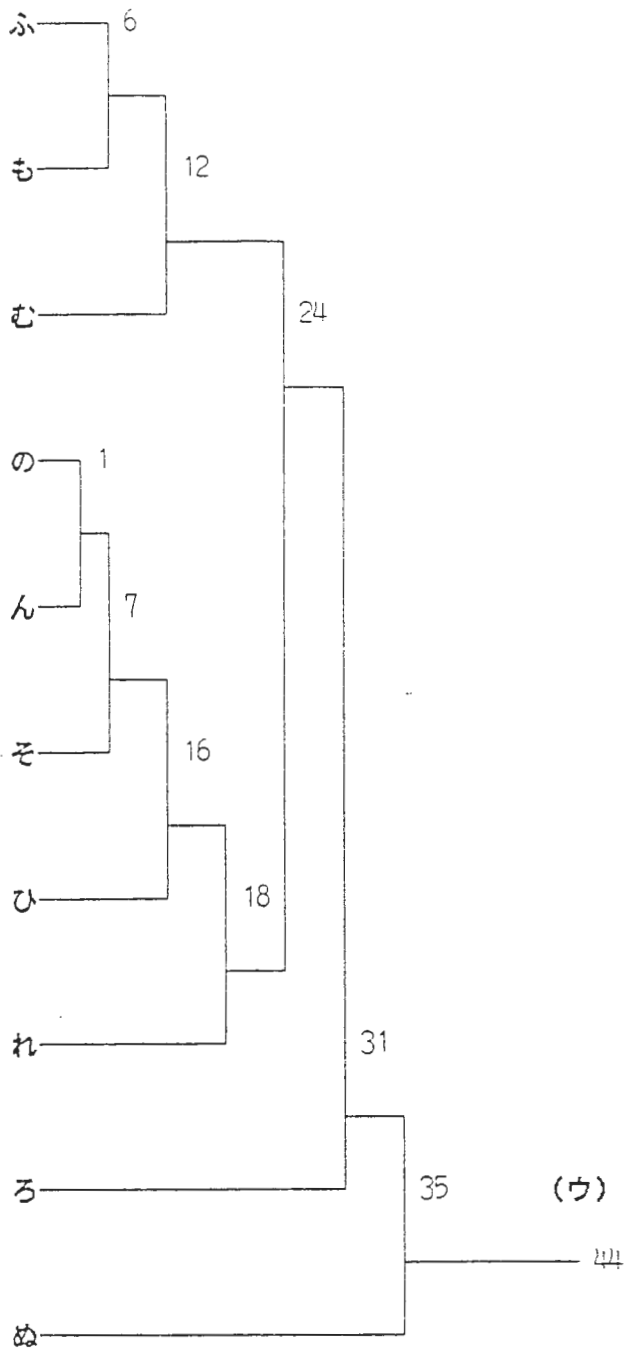


図5. ウ クラスタ(ウ)に属する指文字.

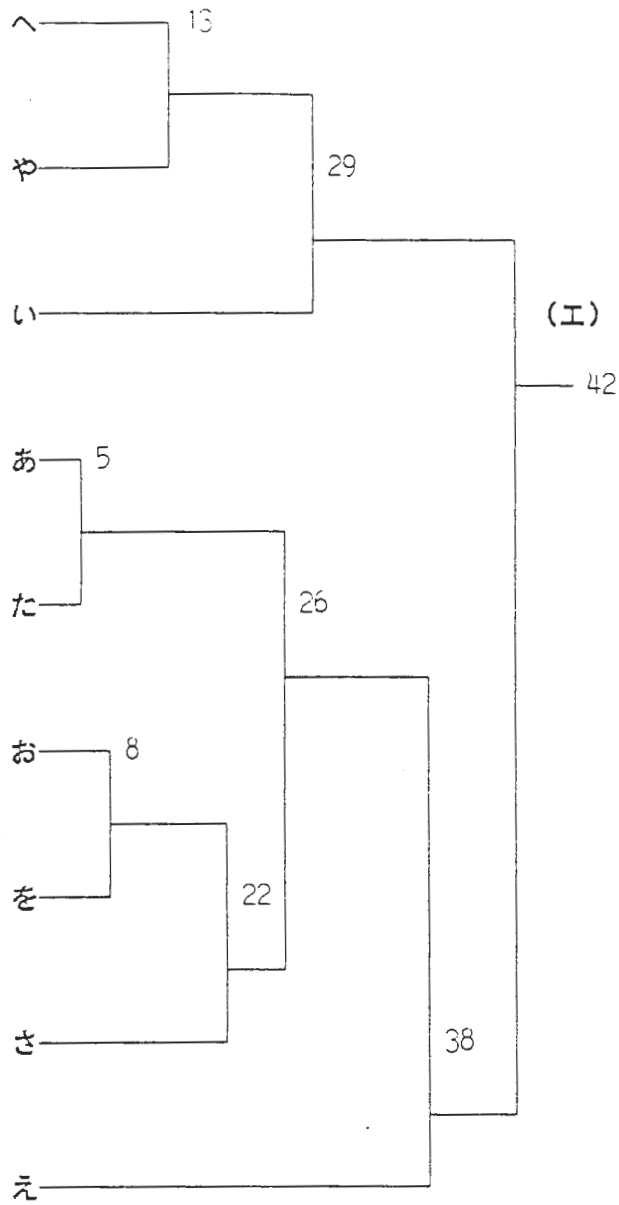






図5.1. クラスタ(工)に属する指文字

表3 手の形態コード、補助コード、指番号

1. H (basic form of Hand)
指を自然に伸ばした状態。さらに緊張状態まで伸ばした場合をHで表記。緊張した指の間はC変型がない限りわずかに外転。
2. B (Bending) [第1関節を伸展した状態はB]
指を第1関節で屈曲。親指の場合は他の指との対向を示す。
3. R (crooking)
指を第2および第3関節で屈曲させる。
4. F (Fist)
普通の手を握った形。親指の護部は他の指の背部に接触。
5. N (counting)
数えあげの場合のように、曲げた親指の上に他の指を折り曲げる。
6. C (Contacting) [明白な外転はC]
2本の指の側面を接触させる。指i, j(i<j)の接触をCijと表記。
7. X (X'ing: crossing)
一方の指の上に他方の指を重ねる。指iを指jに重ねる場合はXij。
8. P (Pinching)
親指の先端と他の指iの先端でものを握む形。Piと表記。
9. T (Thumb pressing)
親指を他の指の付け根に押し付ける。
10. S (Supporting)
親指を他の指の護部に、または親指の護部に他の指を押し付ける。
11. K (back pressing)
親指を屈曲した他の指の背部に、屈曲した親指の背部に他の指を押し付ける。
12. D (slide pressing)
親指を他の指の側面に押し付ける。
13. L (palm)
指を手掌下面に接触させる。

●指番号 人差指：1、中指：2、薬指：3、小指：4、親指：5

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|--|
|  |  |  |  |
| [R] 幸運を祈る まがった | [10] カネ OK 完全だ | [き] きつね | [2, た] 男 父親 |
| H1H2X21F3F4F5 | B1P1R1H2H3H4BSRS | H1C23P2R2P3R3H4B5 | F1F2F3F4H5 |
| H1H2X12 | B1P1R1H2H3H4BSRS | H1P2R2P3R3H4B5 | H5 |

手の形態のコーディング例。上段は1次コーディングの結果。下段は意味論的冗長性を除いたもの

(文献 [4] より)

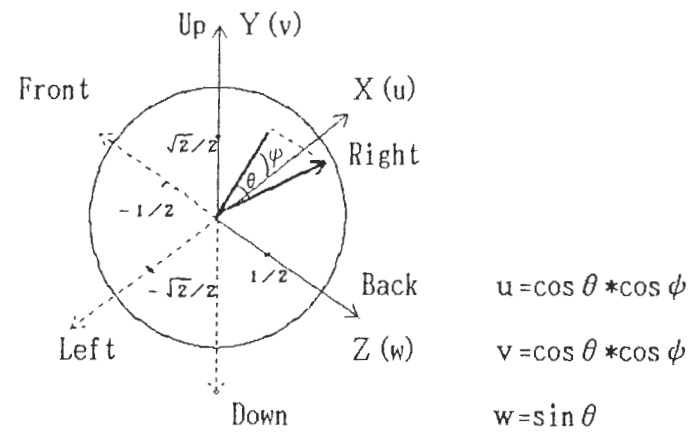
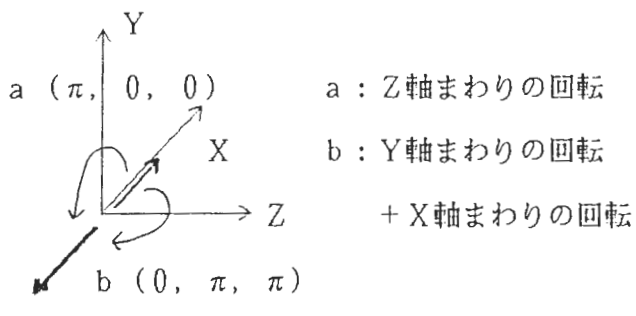


図.6 オイラ角から単位ベクトルへの変換

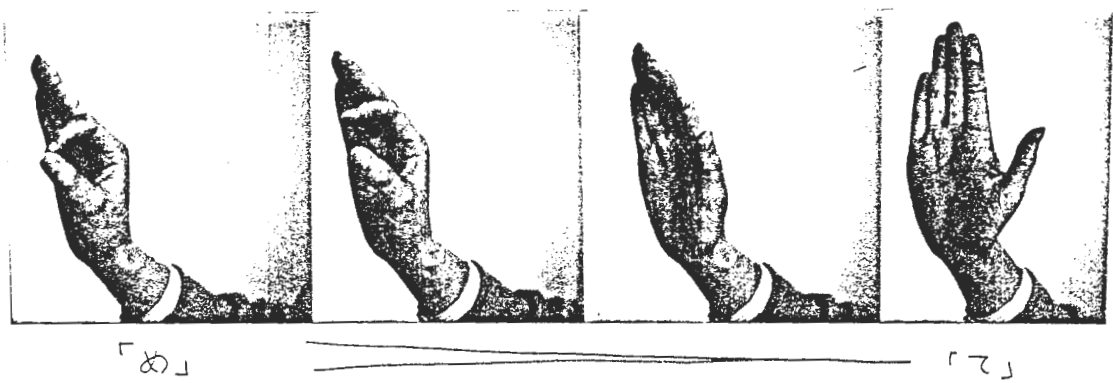


図7. 「め」～「て」の手形状

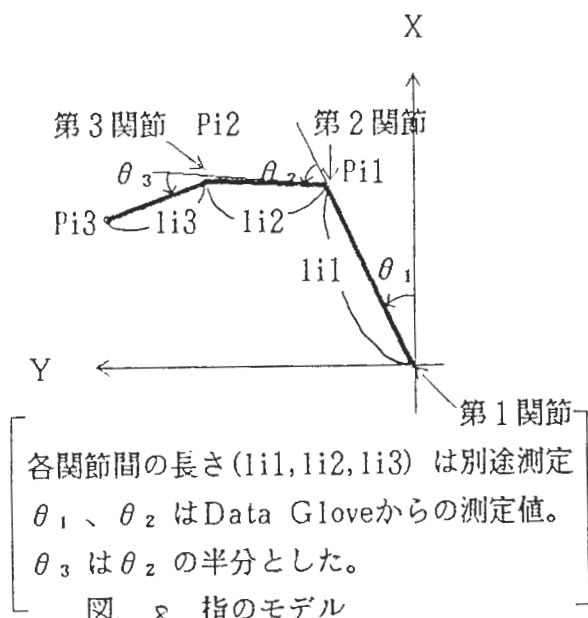


表. 4 関節のコード表

| 関節の曲げコード(関節番号: 図. 3) | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | 33 | 43 | 53 | 23 | 24 | 52 | 44 | 13 | 34 | 14 | cl |
| め | H | H | H | H | H | - | H | - | H | - | a |
| て | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | a |
| ね | H | H | H | H | H | H | H | H | H | - | a |
| ほ | H | H | H | H | H | H | H | H | - | H | a |
| く | H | H | H | H | B | H | H | H | B | - | b |
| き | H | H | H | H | B | H | H | H | - | - | b |
| こ | H | H | H | H | B | H | - | H | - | B | b |
| つ | H | H | H | R | B | - | H | - | B | - | |
| け | H | H | B | H | H | H | H | H | H | - | |
| よ | H | H | B | H | B | H | H | H | B | - | |
| わ | H | R | H | H | H | H | B | H | H | H | |
| ゆ | H | R | B | H | H | H | B | H | H | H | c |
| ま | H | R | B | H | H | H | B | H | H | - | c |
| み | H | R | B | H | H | H | B | H | B | B | |
| へ | R | H | H | R | B | H | B | R | B | B | d |
| や | R | H | H | R | B | H | B | R | - | B | d |
| ち | R | H | H | R | B | - | H | - | - | B | e |
| い | R | H | H | R | B | R | H | R | B | - | e |
| は | R | R | H | H | H | H | B | H | B | H | f |
| り | R | R | H | H | H | H | B | H | - | H | f |
| と | R | R | H | H | H | H | B | H | - | H | f |
| う | R | R | H | H | H | H | B | H | - | H | f |
| か | R | R | H | H | - | H | B | H | B | - | fg |
| し | R | R | H | H | B | H | B | H | B | - | g |
| に | R | R | H | H | B | H | B | H | - | - | g |
| す | R | R | H | H | B | H | B | H | B | - | g |
| なる | R | R | H | H | B | H | - | H | - | - | g |
| を | R | R | H | H | B | H | B | H | B | H | g |
| お | R | R | H | - | B | H | B | - | B | B | gh |
| ぬ | R | R | H | R | B | H | B | - | B | B | h |
| れ | R | R | H | R | B | H | B | - | B | H | h |
| も | R | R | H | R | B | H | B | H | B | H | h |
| む | R | R | H | R | B | H | B | H | B | - | h |
| ん | R | R | H | R | B | H | B | H | B | - | h |
| ふ | R | R | H | R | B | H | - | H | - | H | h |
| の | R | R | H | R | B | H | - | H | - | H | h |
| そ | R | R | H | R | B | H | - | H | - | - | h |
| た | R | R | H | R | B | H | B | R | B | B | h |
| あ | R | R | H | R | B | H | B | R | - | B | h |
| ろ | R | R | H | R | H | H | B | - | B | H | i |
| ら | R | R | H | R | H | H | B | H | - | - | i |
| せ | R | R | H | H | B | R | - | R | - | - | |
| ひ | R | R | H | R | B | R | - | H | - | H | |
| さ | R | R | H | R | B | R | - | R | - | B | |
| え | R | R | B | R | H | - | H | - | H | - | |
| | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 8 | 8 | 18 | 21 | 注 釈 |

大文字の関節コードは規則1. に小文字は規則3.4 による。
 (例、RrのRは規則1. で、rは規則3.4 でコード化。)

表. 5 関節のコード表

| | 関節の曲げコード(関節番号: 図. 3) | | | | | | | | | | 向きコード | | |
|---|-----------------------|---------|------|----|----|----|----|----|----|----|-------|-----|---|
| | 33 | 43 | 53 | 23 | 24 | 52 | 44 | 13 | 34 | 14 | c1 | uvw | φ |
| め | H H H H H - H - H - | a | U S | A | | | | | | | | | |
| | H H H H H H H H H H | a | U S | | | | | | | | | | |
| ね | H H H H H H H H H - | a | D H | | | | | | | | | | |
| | H H H H H H H H - H | a | U T | | | | | | | | | | |
| ほ | H H H H B H H H B - | b | L H | | | | | | | | | | |
| | H H H H B H H H - - | b | U S | | | | | | | | | | |
| く | H H H H B H - H - B | b | U S | | | | | | | | | | |
| | H H H R B - H - B - | | U S | | | | | | | | | | |
| き | H H B H H H H H H - | | U S | | | | | | | | | | |
| | H H B H B H H H B - | | L H | | | | | | | | | | |
| こ | H R H H H H B H H H | | U S | | | | | | | | | | |
| | H R B H H H B H H H | c | U T | | | | | | | | | | |
| つ | H R B H H H B H H - | c | D T | | | | | | | | | | |
| | H R B H H H B H B B | | L H | | | | | | | | | | |
| け | R H H R B H B R B B | d | D H | | | | | | | | | | |
| | R H H R B H B R - B | d | U S | | | | | | | | | | |
| よ | R H H R B - H - - B | e | U S | | | | | | | | | | |
| | R H H R B R H R B - | e | U S | | | | | | | | | | |
| わ | R R H H H H B H B H | f | DB H | | | | | | | | | | |
| | R R H H H H B H - H | f | B T | | | | | | | | | | |
| ゆ | R R H H H H B H - H | f | U T | | | | | | | | | | |
| | R R H H H H B H - H | f | U S | | | | | | | | | | |
| ま | R R H H - H B H B - | fg | U S | | | | | | | | | | |
| | R R H H B H B H B - | g | L H | | | | | | | | | | |
| み | R R H H B H B H - - | g | L T | | | | | | | | | | |
| | R R H H B H B H B - | g | D H | | | | | | | | | | |
| へ | R R H H B H - H - - | g | D H | | | | | | | | | | |
| | R R H H B H B H B H | g | U S | | | | | | | | | | |
| や | R R H - B H B - B B | gh | U S | | | | | | | | | | |
| | R R H R B H B - B B | h | U S | | | | | | | | | | |
| ち | R R H R B H B - B H | h | U S | | | | | | | | | | |
| | R R H R B H B H B H | h | U S | | | | | | | | | | |
| い | R R H R B H B H B - | h | L H | | | | | | | | | | |
| | R R H R B H B H B - | h | L H | | | | | | | | | | |
| は | R R H R B H - H - H | h | DB H | | | | | | | | | | |
| | R R H R B H B H B - | h | D H | | | | | | | | | | |
| り | R R H R B H - H - H | h | D H | | | | | | | | | | |
| | R R H R B H - H - - | h | B H | | | | | | | | | | |
| と | R R H R B H B R B B | h | B S | | | | | | | | | | |
| | R R H R B H B R - B | h | U S | | | | | | | | | | |
| う | R R H R H H B - B H | i | U S | | | | | | | | | | |
| | R R H R H H B H - - | i | U S | | | | | | | | | | |
| か | R R H H B R - R - - | | U S | | | | | | | | | | |
| | R R H R B R - H - H | | U S | | | | | | | | | | |
| し | R R H R B R - R - B | | U S | | | | | | | | | | |
| | R R B R H - H - H - | | U S | | | | | | | | | | |
| に | 0 0 0 1 1 4 8 8 18 21 | "—" の総数 | | | | | | | | | | | |

大文字の関節コードは規則1. に小文字は規則3.4 による。
 (例、RrのRは規則1. で、rは規則3.4 でコード化。)

表. 6 関節のコード表

| | 関節の曲げコード(関節番号: 図. 3) | | | | | | | | | | 向きコード | | | |
|---|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|---------|---|----|
| | 33 | 43 | 53 | 23 | 24 | 52 | 44 | 13 | 34 | 14 | c1 | uvw | φ | c2 |
| め | Hh Hh Hh Hh Hh -h Hh -h Hh -b | a | U | S | A | | | | | | | | | |
| | Hh Hh Hh Hh Hh Hh Hh Hh Hh Hh | a | U | S | | | | | | | | | | |
| | Hh Hh Hh Hh Hh Hh Hh Hh Hh -h | a | D | H | | | | | | | | | | |
| | Hh Hh Hh Hh Hh Hh Hh Hh -h Hh | a | U | T | | | | | | | | | | |
| て | Hh Hh Hh Hh Bh Hh Hh Hh Bh -h | b | L | H | B | | | | | | | | | |
| | Hh Hh Hh Hh Bb Hh Hh Hh -b -h | b | U | S | | | | | | | | | | |
| | Hh Hh Hh Hh Bb Hh -b Hh -b Bb | b | U | S | | | | | | | | | | |
| | Hh Hh Hh Rr Bb -h Hh -h Bh -b | | U | S | | | | | | | | | | |
| ね | Hh Hh Bb Hh Hh Hh Hh Hh Hh -h | | U | S | | | | | | | | | | |
| | Hh Hh Bh Hh Bh Hh Hh Hh Bh -h | | L | H | | | | | | | | | | |
| | Hh Rr Hh Hh Hh Hh Bb Hh Hh Hh | | U | S | | | | | | | | | | |
| | Hh Rr Bh Hh Hh Hh Bb Hh Hh Hh | c | U | T | | | | | | | | | | |
| ほ | Hh Rr Bh Hh Hh Hh Bb Hh Hh -h | c | D | T | | | | | | | | | | |
| | Hh Rr Bh Hh Hh Hh Bb Hh Bh Bh | | L | H | | | | | | | | | | |
| | Rr Hh Hh Rr Bb Hh Bh Rr Bb Bb | d | D | H | | | | | | | | | | |
| | Rr Hh Hh Rr Bb Hh Bh Rr -b Bb | d | U | S | | | | | | | | | | |
| く | Rh Hh Hh Rh Bb -h Hh -h -b Bb | e | U | S | C | | | | | | | | | |
| | Rr Hh Hh Rr Bb Rh Hh Rr Bb -b | e | U | S | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Hh Hh Hh Bb Hh Bb Hh | f | DB | H | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Hh Hh Hh Bb Hh -b Hh | f | B | T | | | | | | | | | | |
| き | Rr Rr Hh Hh Hh Hh Bb Hh -b Hh | f | U | T | D | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Hh Hh Hh Bb Hh -b Hh | f | U | S | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Hh -b Hh Bb Hh Bb -h | fg | U | S | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Hh Bb Hh Bb Hh Bb -h | g | L | H | | | | | | | | | | |
| こ | Rr Rr Hh Hh Bh Hh Bb Hh -b -h | g | L | T | E | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Hh Bb Hh Bb Hh Bb -h | g | D | H | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Hh Bh Hh Bb Hh Bb Hh | g | U | S | | | | | | | | | | |
| | Rh Rh Hh -h Bb Hh Bh -h Bb Bb | gh | U | S | | | | | | | | | | |
| つ | Rr Rh Hh Rr Bb Hh Bh -r Bh Bb | h | U | S | F | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Bb Hh Bb -r Bb Hh | h | U | S | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Bb Hh Bb Hh Bb Hh | h | U | S | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Bb Hh Bb Hh Bb -h | h | L | H | | | | | | | | | | |
| け | Rr Rr Hh Rr Bb Hh Bb Hh Bb -h | h | L | H | H | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Bb Hh -b Hh -b Hh | h | DB | H | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Bb Hh Bb Hh Bb -h | h | D | H | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Bb Hh -b Hh -b Hh | h | D | H | | | | | | | | | | |
| よ | Rr Rr Hh Rr Bb Hh -b Hh -b -h | h | B | H | I | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Bb Hh Bb Rr Bb Bb | h | B | S | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Bb Hh Bb Rr -b Bb | h | U | S | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Hh Hh Bb -r Bb Hh | i | U | S | | | | | | | | | | |
| わ | Rr Rr Hh Rr Hh Hh Bb Hh -b -h | i | U | S | J | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Hh Bh Rh -b Rr -b -b | | U | S | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Bb Rh -b Hh -b Hh | | U | S | | | | | | | | | | |
| | Rr Rr Hh Rr Bb Rh -b Rr -b Bb | | U | S | | | | | | | | | | |
| ゆ | Rr Rr Bb Rr Hh -r Hh -r Hh -h | | U | S | | | | | | | | | | |
| | 0 | 0 | 0 | 1 | | 1 | 4 | 8 | 8 | 18 | 21 | "—" の総数 | | |

大文字の関節コードは規則1. に小文字は規則3.4 による。
 (例、RrのRは規則1.で、rは規則3.4でコード化。)

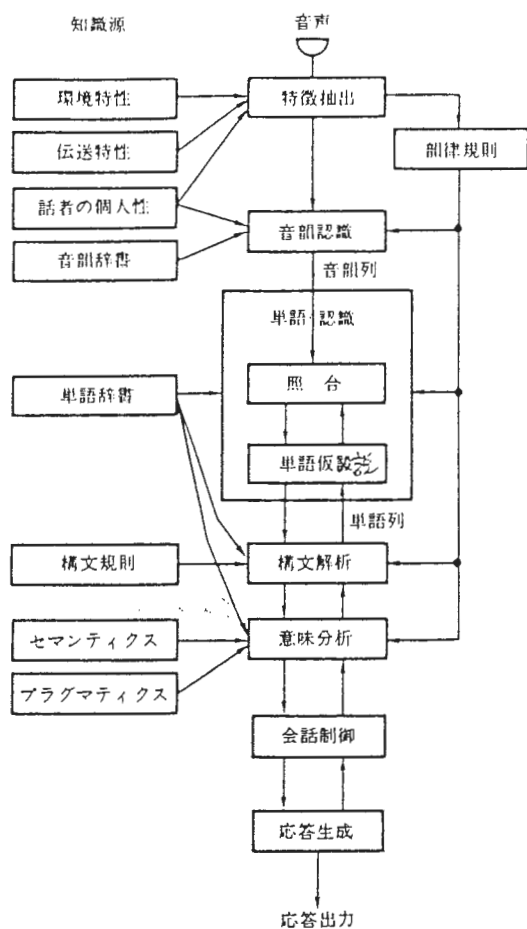


図1 音声認識における知識源の利用

(人工知能学会誌 Vol.3, No.4, p.16)

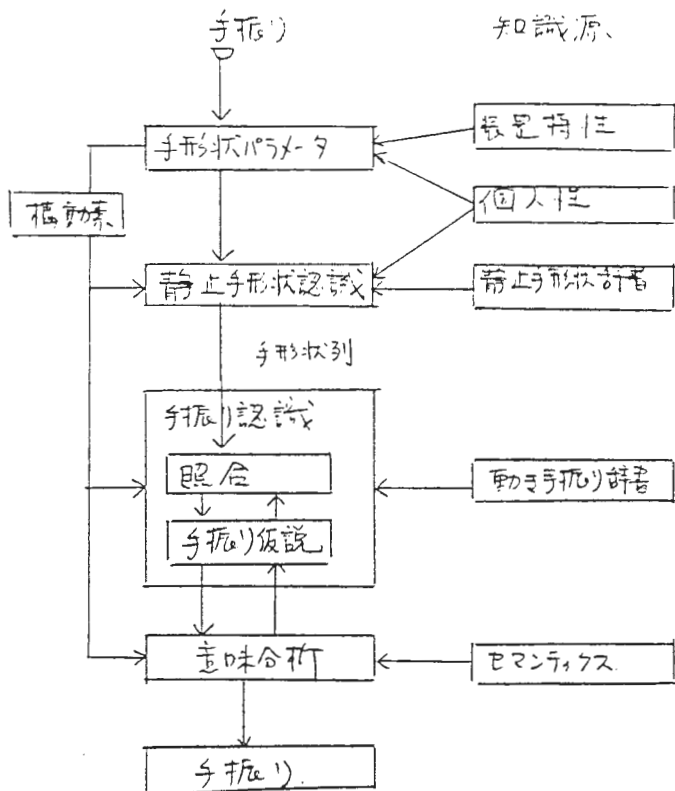


図9. 音声認識と手振り認識

| COD | 表.7 測定データ(1/2) (平均値) | | | | | | | | | |
|-----|----------------------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|
| | AR33 | AR43 | AR23 | AR03 | AR13 | AR44 | AR24 | AR14 | AR34 | AR02 |
| a | 94.0 | 91.9 | 96.7 | 5.2 | 92.2 | 76.5 | 78.7 | 83.2 | 76.2 | 20.1 |
| i | 87.0 | 19.0 | 94.8 | 20.8 | 93.6 | 8.6 | 73.5 | 65.8 | 67.8 | 92.1 |
| u | 91.8 | 84.6 | 5.7 | 40.1 | 3.4 | 55.4 | 23.6 | 25.8 | 55.1 | 60.8 |
| e | 102.8 | 93.5 | 102.8 | 44.6 | 79.1 | 1.5 | 8.6 | 16.2 | 6.7 | 103.8 |
| o | 54.5 | 57.2 | 50.4 | 8.5 | 42.1 | 45.5 | 73.2 | 76.1 | 56.7 | 28.2 |
| ka | 93.9 | 86.2 | 9.3 | 46.4 | 1.6 | 61.9 | 44.9 | 34.2 | 56.8 | 5.8 |
| ki | 66.6 | 6.2 | 63.2 | 11.2 | 6.0 | 6.6 | 70.2 | 51.3 | 61.1 | 11.2 |
| ku | 10.1 | 6.1 | 8.6 | 6.7 | 4.4 | 20.2 | 47.3 | 50.2 | 43.1 | .0 |
| ke | 2.4 | 3.0 | 7.0 | 59.4 | 3.2 | .1 | 6.0 | 14.0 | 4.4 | 82.7 |
| ko | 22.5 | 28.0 | 22.9 | 29.8 | 20.9 | 60.6 | 92.5 | 90.6 | 74.6 | 12.8 |
| sa | 93.3 | 92.8 | 97.6 | 31.1 | 94.9 | 46.2 | 68.7 | 61.4 | 60.7 | 92.9 |
| shi | 90.8 | 87.8 | 10.4 | 6.7 | 3.2 | 88.3 | 81.4 | 74.3 | 92.6 | .8 |
| su | 85.6 | 84.0 | 8.1 | 4.3 | 2.0 | 87.5 | 85.9 | 61.8 | 93.0 | .0 |
| se | 86.2 | 89.2 | 6.5 | 13.3 | 96.1 | 58.6 | 59.0 | 54.3 | 57.7 | 88.1 |
| so | 90.7 | 87.6 | 90.8 | 19.3 | 4.2 | 80.1 | 88.4 | 57.7 | 93.2 | 59.4 |
| ta | 91.1 | 89.8 | 94.9 | 7.3 | 98.1 | 86.5 | 87.6 | 91.4 | 93.0 | 4.4 |
| chi | 58.4 | 6.7 | 58.8 | 8.6 | 51.1 | 9.2 | 78.8 | 74.8 | 69.8 | 31.2 |
| tsu | 14.5 | 3.0 | 62.1 | 10.2 | 53.1 | 9.1 | 67.5 | 77.3 | 42.6 | 29.9 |
| te | 2.4 | 1.8 | 8.8 | 18.7 | 5.9 | .0 | 6.5 | 8.3 | 3.4 | 8.5 |
| to | 96.7 | 86.5 | 2.5 | 28.8 | 5.0 | 52.2 | 37.6 | 46.5 | 56.1 | 65.3 |
| na | 93.7 | 83.0 | 3.8 | 33.1 | 2.6 | 50.4 | 46.4 | 33.1 | 59.5 | 25.4 |
| ni | 93.4 | 83.4 | 4.8 | 38.6 | 3.3 | 50.1 | 42.2 | 41.5 | 58.8 | 30.6 |
| nu | 92.1 | 90.7 | 102.4 | 21.2 | 80.7 | 69.2 | 68.8 | 16.5 | 81.8 | 78.6 |
| ne | 12.6 | 5.7 | 6.5 | 13.1 | 7.4 | 22.4 | 37.7 | 25.6 | 38.8 | .4 |
| no1 | 94.5 | 88.5 | 92.2 | 18.0 | 4.7 | 70.1 | 75.5 | 33.8 | 83.5 | 60.9 |
| ha | 92.2 | 86.0 | 6.9 | 34.0 | 3.8 | 65.6 | 45.4 | 46.5 | 67.5 | 69.2 |
| hi | 94.6 | 89.8 | 95.2 | 18.4 | 4.1 | 62.4 | 59.7 | 27.4 | 69.7 | 67.2 |
| fu | 92.4 | 86.1 | 93.9 | 2.5 | 1.2 | 83.9 | 85.6 | 64.3 | 92.9 | .0 |
| he | 85.5 | 8.7 | 86.0 | 4.3 | 104.2 | 47.0 | 97.1 | 97.3 | 96.0 | .0 |
| ho | 6.4 | 6.4 | 6.7 | 18.0 | 6.3 | 22.9 | 45.8 | 59.7 | 42.7 | 10.6 |
| ma | 10.3 | 70.3 | .2 | 33.9 | 4.7 | 62.0 | 40.0 | 40.8 | 41.8 | 26.5 |
| mi | 8.9 | 75.6 | .8 | 33.4 | 5.0 | 56.3 | 42.9 | 46.7 | 43.5 | 31.6 |
| mu | 97.9 | 89.5 | 97.6 | 2.2 | 2.4 | 85.0 | 86.1 | 53.1 | 91.4 | .0 |
| me | 16.1 | 9.2 | 19.2 | 4.0 | 71.4 | .1 | 26.8 | 61.4 | 17.8 | 45.1 |
| mo1 | 99.3 | 89.5 | 99.3 | 1.5 | 11.0 | 84.1 | 84.3 | 59.9 | 94.1 | .0 |
| ya | 90.5 | 20.2 | 95.7 | 5.2 | 94.8 | 24.4 | 86.9 | 87.4 | 83.8 | 13.1 |
| yu | 11.4 | 84.9 | 1.4 | 33.8 | 6.4 | 51.3 | 22.0 | 22.3 | 32.0 | 59.0 |
| yo | 4.8 | 6.0 | 3.1 | 56.0 | 4.7 | 11.5 | 25.2 | 30.5 | 23.1 | 44.6 |
| ra | 99.9 | 89.0 | 51.0 | 43.0 | 15.3 | 46.4 | 4.7 | 57.5 | 26.1 | 46.0 |
| ri1 | 98.1 | 87.0 | 6.3 | 39.9 | 3.9 | 55.2 | 19.5 | 16.1 | 49.8 | 57.3 |
| ru | 98.7 | 85.8 | 11.0 | 2.2 | 2.4 | 74.6 | 46.2 | 20.2 | 63.5 | 5.3 |
| re | 99.5 | 87.7 | 102.2 | .3 | 4.7 | 85.6 | 74.9 | 37.9 | 84.6 | 3.6 |
| ro | 104.5 | 93.6 | 90.1 | 40.9 | 65.0 | 68.2 | 8.9 | 11.7 | 53.2 | 93.7 |
| wa | 10.7 | 88.8 | 3.8 | 35.6 | 4.3 | 38.9 | 2.2 | 2.7 | 9.1 | 64.7 |
| wo1 | 55.7 | 54.5 | 57.0 | 6.9 | 50.7 | 50.7 | 71.4 | 74.8 | 56.0 | 39.1 |
| nn1 | 87.8 | 84.5 | 89.2 | 17.7 | 3.9 | 70.3 | 80.6 | 49.2 | 80.7 | 45.6 |

| COD | SDR33 | SDR43 | 表. 7 測定データ(2/2) (標準偏差) | | | | | | | |
|-----|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | SDR23 | SDR03 | SDR13 | SDR44 | SDR24 | SDR14 | SDR34 | SDR02 |
| a | 7.1 | 5.3 | 7.7 | 5.3 | 11.6 | 11.0 | 8.6 | 15.9 | 12.4 | 27.6 |
| i | 9.3 | 17.1 | 9.3 | 12.1 | 13.5 | 7.6 | 16.0 | 14.5 | 21.0 | 21.7 |
| u | 11.0 | 7.1 | 7.4 | 22.1 | 5.8 | 20.5 | 19.0 | 21.2 | 24.0 | 28.9 |
| e | 9.6 | 6.9 | 8.9 | 16.7 | 13.6 | 3.3 | 9.2 | 22.5 | 6.9 | 7.2 |
| o | 6.0 | 16.5 | 7.5 | 7.8 | 27.7 | 12.6 | 14.2 | 17.8 | 15.6 | 17.8 |
| ka | 11.7 | 8.3 | 11.5 | 20.4 | 2.6 | 27.4 | 34.1 | 22.3 | 30.4 | 6.0 |
| ki | 11.1 | 8.0 | 15.1 | 8.0 | 12.4 | 6.8 | 19.6 | 22.5 | 26.9 | 11.7 |
| ku | 7.4 | 7.8 | 9.6 | 10.8 | 5.2 | 14.8 | 24.7 | 13.9 | 20.7 | .0 |
| ke | 5.4 | 4.4 | 7.8 | 21.5 | 4.3 | .2 | 6.1 | 14.1 | 6.9 | 20.7 |
| ko | 12.1 | 20.4 | 15.9 | 25.8 | 18.5 | 14.6 | 15.6 | 18.0 | 15.5 | 16.0 |
| sa | 8.2 | 5.5 | 11.2 | 15.3 | 14.9 | 15.2 | 12.8 | 10.4 | 14.6 | 19.5 |
| shi | 11.4 | 5.4 | 11.2 | 9.1 | 4.2 | 14.3 | 29.9 | 18.6 | 20.7 | 3.6 |
| su | 13.4 | 7.0 | 10.6 | 8.2 | 3.4 | 13.4 | 30.6 | 17.3 | 19.6 | .0 |
| se | 11.8 | 8.2 | 7.4 | 9.2 | 11.8 | 24.3 | 27.6 | 12.0 | 24.9 | 18.0 |
| so | 9.2 | 6.5 | 10.7 | 12.8 | 8.0 | 12.4 | 21.4 | 20.1 | 15.2 | 28.7 |
| ta | 9.0 | 4.8 | 8.1 | 10.3 | 12.3 | 8.4 | 12.8 | 13.6 | 9.7 | 9.4 |
| chi | 15.9 | 12.3 | 16.1 | 6.3 | 32.8 | 10.7 | 15.8 | 18.3 | 19.6 | 26.0 |
| tsu | 9.5 | 3.9 | 25.0 | 7.9 | 41.1 | 12.9 | 13.8 | 19.7 | 22.3 | 25.2 |
| te | 3.6 | 2.3 | 7.6 | 16.1 | 5.6 | .0 | 5.9 | 12.7 | 4.4 | 12.5 |
| to | 10.0 | 11.3 | 4.2 | 15.3 | 9.0 | 19.2 | 18.3 | 16.0 | 15.4 | 15.3 |
| na | 12.8 | 7.1 | 6.5 | 14.2 | 5.2 | 21.8 | 25.4 | 18.2 | 19.3 | 15.0 |
| ni | 11.8 | 6.7 | 7.1 | 21.4 | 6.8 | 21.3 | 18.8 | 15.5 | 19.3 | 19.0 |
| nu | 7.3 | 5.9 | 9.0 | 13.4 | 14.2 | 22.2 | 23.7 | 14.5 | 17.1 | 27.4 |
| ne | 9.4 | 8.0 | 10.4 | 13.5 | 8.5 | 17.1 | 18.9 | 12.7 | 20.6 | 1.3 |
| no1 | 9.5 | 5.8 | 12.0 | 11.6 | 8.5 | 10.8 | 20.6 | 17.4 | 12.0 | 29.1 |
| ha | 10.7 | 7.3 | 9.8 | 11.0 | 7.1 | 16.9 | 28.6 | 14.5 | 23.7 | 29.7 |
| hi | 6.8 | 4.9 | 8.3 | 12.8 | 8.4 | 17.1 | 22.3 | 19.3 | 17.5 | 28.3 |
| fu | 9.3 | 4.7 | 8.4 | 5.4 | 1.9 | 8.3 | 21.1 | 25.5 | 10.6 | .0 |
| he | 12.7 | 6.3 | 14.5 | 9.3 | 11.9 | 14.5 | 15.4 | 14.9 | 11.4 | .0 |
| ho | 5.5 | 6.9 | 6.6 | 16.4 | 10.0 | 11.9 | 18.8 | 20.7 | 11.6 | 18.4 |
| ma | 14.8 | 20.8 | .5 | 17.1 | 8.8 | 16.5 | 22.7 | 21.6 | 17.4 | 17.2 |
| mi | 13.3 | 15.7 | 1.4 | 16.6 | 10.7 | 20.0 | 22.6 | 19.8 | 18.1 | 20.9 |
| mu | 7.6 | 5.5 | 10.9 | 5.2 | 5.2 | 8.4 | 26.9 | 21.5 | 15.3 | .0 |
| me | 11.0 | 8.8 | 13.8 | 6.1 | 24.5 | .2 | 31.3 | 16.3 | 30.5 | 25.9 |
| mo1 | 9.6 | 5.4 | 8.0 | 3.2 | 19.4 | 12.9 | 18.2 | 23.6 | 17.3 | .0 |
| ya | 9.6 | 11.8 | 12.0 | 5.2 | 10.8 | 15.0 | 12.8 | 15.3 | 14.5 | 27.3 |
| yu | 11.3 | 11.2 | 2.6 | 15.2 | 13.1 | 19.9 | 20.1 | 16.7 | 18.9 | 20.2 |
| yo | 4.3 | 6.5 | 4.0 | 18.9 | 6.7 | 10.9 | 21.2 | 23.3 | 18.8 | 20.4 |
| ra | 11.8 | 8.5 | 24.5 | 21.4 | 10.5 | 17.6 | 10.6 | 18.0 | 20.0 | 18.5 |
| ri1 | 9.2 | 6.8 | 5.8 | 23.1 | 7.0 | 13.8 | 15.3 | 17.7 | 24.4 | 25.5 |
| ru | 11.9 | 6.5 | 12.2 | 6.0 | 3.8 | 28.5 | 30.6 | 16.9 | 31.6 | 11.4 |
| re | 9.0 | 5.6 | 11.3 | .8 | 6.4 | 13.7 | 16.7 | 26.5 | 16.3 | 7.7 |
| ro | 6.7 | 5.7 | 11.8 | 21.6 | 15.2 | 16.9 | 13.6 | 17.1 | 19.7 | 13.6 |
| wa | 14.4 | 9.1 | 6.1 | 12.8 | 7.1 | 21.3 | 5.8 | 5.3 | 13.4 | 21.8 |
| wo1 | 6.6 | 14.8 | 8.0 | 6.3 | 24.7 | 14.7 | 10.6 | 15.7 | 9.3 | 20.7 |
| nn1 | 9.4 | 5.5 | 8.6 | 12.1 | 7.8 | 12.5 | 21.8 | 14.1 | 12.4 | 25.9 |
| mo2 | 9.0 | 5.4 | 9.2 | 11.3 | 26.4 | 7.5 | 12.5 | 17.8 | 11.2 | 14.4 |

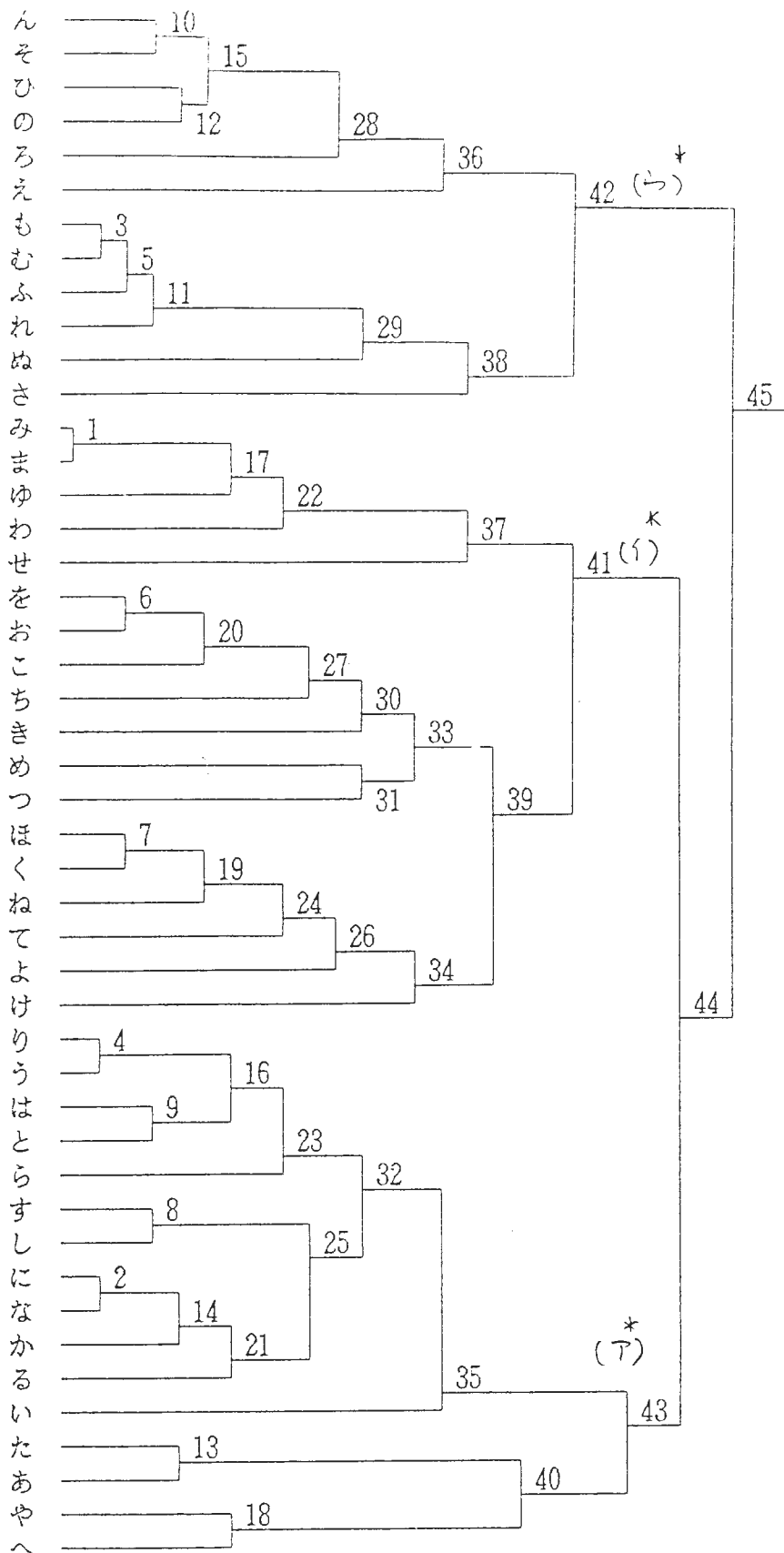


図. 10 クラスタ分析 (6人)

(* 図5の分類に含まれる形状のみの分類)

表. 8 関節のコード化 (6人)

| | 33 | 43 | 03 | 23 | 24 | 02 | 13 | 44 | 34 | 14 | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| め | Hh | Hh | Hh | -r | Hh | Hh | Bb | -h | -h | -h | a |
| て | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | a |
| ね | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | -h | Hh | Hh | a |
| く | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | Bh | -h | -h | Hh | b |
| ほ | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | Hh | -h | Hh | Bh | Hh | a |
| よ | Hh | Hh | Hh | Hh | Bh | Hh | -h | Hh | -h | -h | |
| け | Hh | Hh | Hh | Hh | -b | Hh | Hh | Hh | Hh | -r | |
| わ | Hh | Hh | Rr | Hh | Hh | -b | Hh | Hh | Hh | -h | |
| ま | Hh | Hh | -r | Hh | Hh | Bb | -h | Hh | -h | Hh | c |
| ゆ | Hh | Hh | Rr | Hh | Hh | Bb | Hh | Hh | -h | -h | c |
| こ | Hh | Hh | -h | Hh | -h | Bh | Bb | Bb | Bb | Hh | |
| み | Hh | Hh | Rr | Hh | Hh | -b | Bh | Hh | -h | -h | |
| つ | Hh | -r | Hh | -h | Hh | Hh | Bb | -h | Bb | -h | |
| ち | Rh | Rh | Hh | -h | Hh | Hh | Bb | Bb | Bb | -h | e |
| を | Rh | Rh | Rh | -h | Hh | Bh | Bb | Bb | Bb | -h | gh |
| お | Rh | Rh | Rh | -h | Hh | Bh | Bb | Bb | Bb | Hh | h |
| ら | Rr | -h | Rr | Hh | -h | Bb | Bh | -h | Hh | Rh | i |
| と | Rr | Hh | Rr | Hh | Hh | Bb | Bh | Bb | Hh | Rh | f |
| す | Rr | Hh | Rr | Hh | Hh | Bb | Bh | Bb | -b | Hh | g |
| は | Rr | Hh | Rr | Hh | Hh | Bb | Bh | -b | -h | -h | f |
| し | Rr | Hh | Rr | Hh | Hh | Bb | Bh | -b | -h | Hh | g |
| な | Rr | Hh | Rr | Hh | Hh | -b | Hh | Bb | -h | Hh | g |
| る | Rr | Hh | Rr | Hh | Hh | -b | Hh | -b | -h | Hh | g |
| り | Rr | Hh | Rr | Hh | -h | Bb | Hh | -b | Hh | -h | f |
| に | Rr | Hh | Rr | Hh | -h | -b | Hh | Bb | Hh | Hh | g |
| う | Rr | Hh | Rr | Hh | -h | -b | -h | -b | Hh | -h | f |
| か | Rr | Hh | Rr | Hh | -h | -b | -h | -b | -h | Hh | fg |
| せ | Rr | Hh | Rr | Rr | Hh | -b | Bb | -b | -h | Rr | |
| き | Rr | Rr | Hh | Hh | Hh | Hh | -h | -b | Bb | Hh | |
| や | Rr | Rr | Hh | Rr | Hh | Hh | Bb | Bb | Bb | -h | d |
| い | Rr | Rr | Hh | Rr | Hh | Hh | Bb | -b | Bb | -r | e |
| へ | Rr | Rr | Hh | Rr | Hh | Bh | Bb | Bb | Bb | Hh | d |
| の | Rr | Rr | Rr | Hh | Hh | Bb | Hh | Bb | -b | -h | h |
| ひ | Rr | Rr | Rr | Hh | Hh | Bb | Hh | Bb | -b | -h | h |
| ん | Rr | Rr | Rr | Hh | Hh | Bb | Bh | Bb | -b | -h | h |
| れ | Rr | Rr | Rr | Hh | Hh | Bb | -h | Bb | Bb | Hh | h |
| も | Rr | Rr | Rr | Hh | Hh | Bb | -h | Bb | Bb | Hh | h |
| そ | Rr | Rr | Rr | Hh | Hh | Bb | -h | Bb | -b | -h | h |
| む | Rr | Rr | Rr | Hh | Hh | Bb | -h | Bb | -b | Hh | h |
| ふ | Rr | Rr | Rr | Hh | Hh | Bb | -h | Bb | -b | Hh | h |
| あ | Rr | Rr | Rr | Rr | Hh | Bb | Bb | Bb | Bb | -h | h |
| た | Rr | Rr | Rr | Rr | Hh | Bb | Bb | Bb | Bb | Hh | h |
| さ | Rr | Rr | Rr | Rr | Hh | Bb | Bb | Bb | Bb | Rr | |
| ぬ | Rr | Rr | Rr | Rr | Hh | -b | Hh | Bb | -b | -r | h |
| ろ | Rr | Rr | Rr | Rr | -h | Bb | Hh | Bb | Hh | Rr | i |
| え | Rr | Rr | Rr | Rr | Hh | Hh | -h | Hh | Hh | Rr | |

グループ分けは一操作者の時と同じ操作。
右端の欄は一操作者の時のグループ。

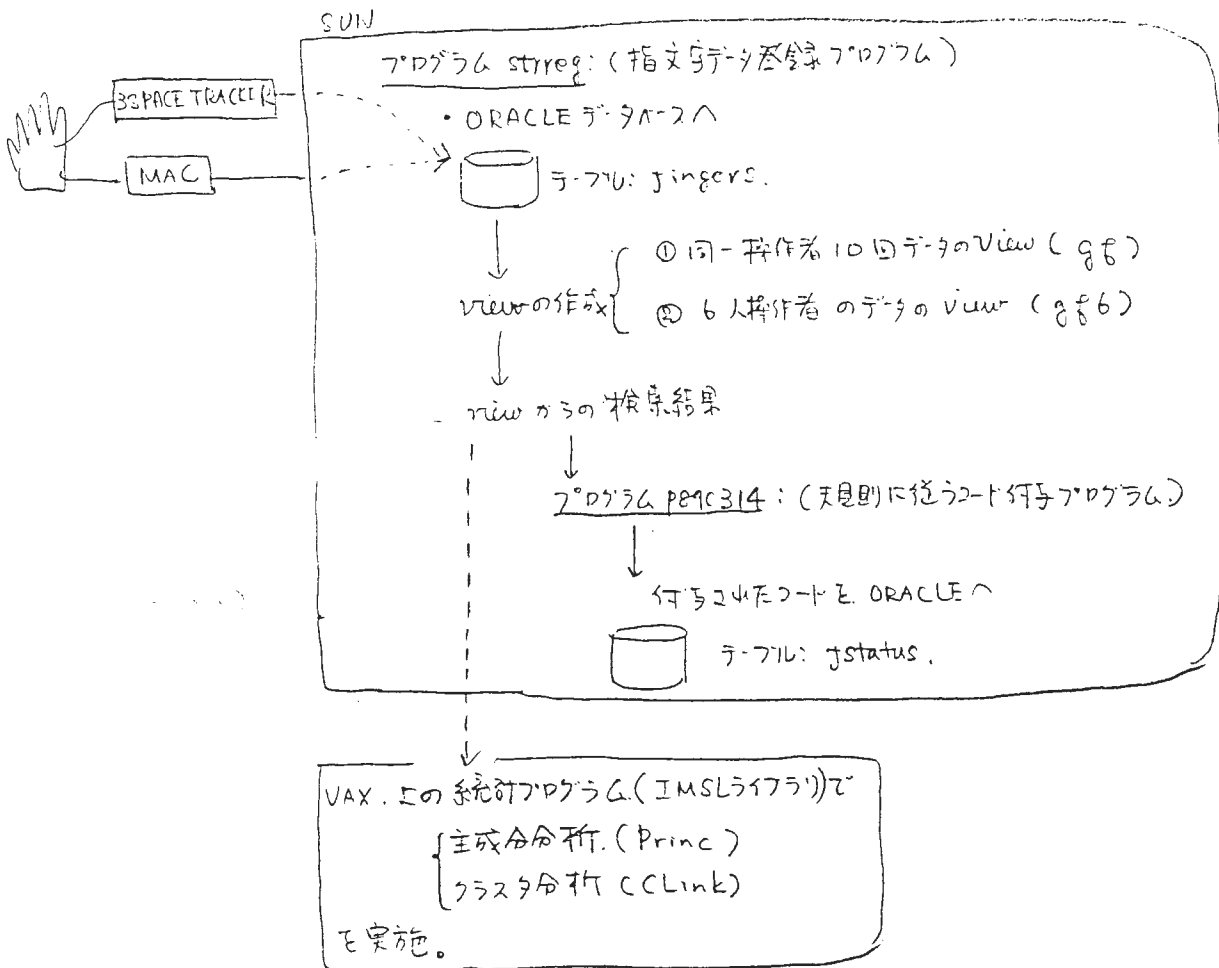


図. 11. 評価系

★ 指文字データ登録プログラム操作法

○ 本プログラムは、指文字を10個の関節の角度及び手の向きのデータで表し、そのデータを持つファイルを作成するものである。

1. 使用機種

- 1) sun3/260 (cs14)
- 2) data glove model 2 (データグローブ)
- 3) 3space tracker (磁気センサー)

2. プログラムの起動

1) プログラム起動 : strreg ファイル名

- 指定したファイルが存在する時 → ファイル更新
- 指定したファイルが存在しない時 → 新規作成

3. 初期入力

1) 日付 + 登録番号

例) 1月9日の1回目 → キーボードから"010901"と入力。

2) 使用者名

○ 10文字以内のローマ字でキーボードから入力。

4. 指文字データの登録

1) 指文字の手の形及び向きを決め、キーボードからそれに対応する文字をローマ字で入力する。

2) 全て入力し終わったら "end" と入力。

5. ファイル更新の確認

1) 3 - 2) 終了後、ファイル更新の確認に "y" または "n" で答える。

○ 通常 "y" で、入力ミス等あり復旧が必要な場合 "n" を入力。

★ 指文字データフォーマット

| | | | |
|--------|----------------|------------------|------------------|
| 項目名 | 入力文字 (ローマ字) | 指データ (親指, 外側) | 指データ (親指, 内側) |
| データタイプ | 文字列 | 整数 | 整数 |
| データ長 | 4 桁 | 4 桁 | 4 桁 |

| | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 指データ (人差指, 外側) | 指データ (人差指, 内側) | 指データ (中指, 外側) | 指データ (中指, 内側) |
| 整数 | 整数 | 整数 | 整数 |
| 4 桁 | 4 桁 | 4 桁 | 4 桁 |

| | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 指データ (薬指, 外側) | 指データ (薬指, 内側) | 指データ (小指, 外側) | 指データ (小指, 内側) |
| 整数 | 整数 | 整数 | 整数 |
| 4 桁 | 4 桁 | 4 桁 | 4 桁 |

| | | | |
|-------------------|---------------------|----------------|------|
| 水平角度 (azimuth) | 垂直角度 (elevation) | 回転角度 (roll) | 登録日付 |
| 実数 | 実数 | 実数 | 整数 |
| 9 桁 | 9 桁 | 9 桁 | 7 桁 |

| |
|------|
| 登録者名 |
| 文字列 |
| 11 桁 |

計 89 桁

- ★ 入力文字 = 文字最大 3 桁 + ブランク 1 桁
- 指データ = ブランク 1 桁 + 数値最大 3 桁
- 角度データ = ブランク 2 桁 (ブランク 1 桁 + 符号)
+ 整数部 3 桁 + 小数点 + 小数部 3 桁
- 登録日付 = ブランク 1 桁 + 数値 6 桁
- 登録者名 = 文字最大 10 桁 + ブランク 1 桁

★ Macintosh用ライブラリプログラム

○ 本ライブラリは、Macintoshからの指の角度データを得る為の関数を用意したものである。

1. ハードウェアの設定

- 1) cs14のシリアルポートtty03を使用。
- 2) Macintosh側は、ボーレート9600、ノーパリティチェック、1または2ストップビットに設定。
- 3) RS-232Cケーブルは、通常のクロスケーブルを使用。

2. 関数

1) 関数名 OpenPort()

引数 なし

機能 シリアルポートをオープンし、ボーレート等の初期設定を行う。

2) 関数名 GetFlex(getdata)

引数 int getdata[10]; 10個の指の角度データを受け取るエリア

機能 Macintoshへデータ要求コマンドを送信し、10個の指の角度データを受け取る。受け取るデータの内容は、以下の通りである。

受け取りデータ

| | | | | |
|--------|--------|---------|-----|--------|
| 1 | 2 | 3 | ... | 10 |
| 親指内側角度 | 親指外側角度 | 人差指内側角度 | ... | 小指外側角度 |

★ 3space tracker用ライブラリプログラム

○ 本ライブラリは、3space trackerからの磁気センサーの角度（向き）を得る為の関数を用意したものである。

1. ハードウェアの設定

- 1) cs14のシリアルポートtty04を使用。
- 2) 3space tracker側は、ボーレート19200に設定。
- 3) RS-232Cケーブルは、TXD（2番）、RXD（3番）、SG（7番）のみを接続したストレートケーブルを使用。

2. 関数

1) 関数名 SelectStation(station)

引数 int station; ステーション番号

機能 シリアルポートのオープン、初期設定及び、3space trackerの初期化を行う。又、指定したステーションをアクティブに設定する。（1ステーションのみ可能）

2) 関数名 GetAngle(aizimuth, roll, elevation)

引数 double *aizimuth, *roll, *elevation;

機能 3space trackerからの指定したステーションに関して、3つの磁気センサーの角度を受け取る。

3. ステーションに関して

○ 3space trackerには、磁気ソースと磁気センサーの組み合わせにより、8つのステーションを持つ。ステーション番号と磁気ソース、センサーの関係は以下の通である。

| ステーション番号 | 磁気ソース番号 | 磁気センサー番号 |
|----------|---------|----------|
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 |
| 3 | 1 | 3 |
| 4 | 1 | 4 |
| 5 | 2 | 1 |
| 6 | 2 | 2 |
| 7 | 2 | 3 |
| 8 | 2 | 4 |