平成 12 年度 学士学位論文

ニューロボードを用いた掌紋による 個人認証に関する研究

Research on Individual Recognition by Palm Prints useing Neuro-Board

学籍番号:1010148 氏名:佐伯久弥

指導教員:竹田史章 教授

年月日 : 西暦 2001 年 2 月 5 日

所属:情報システム工学科

要旨

今日の我々の社会では個人認証という手段が不可欠である。ATM(Automatic Teller Machine)のキャッシュカードおよび PC(Personal Computer)のログイン時のパスワードなどがそれにあたる。しかしながら,これらは紛失,盗難などの危険性をはらんでいる。そこで,バイオメトリクスという個人の身体的特徴や行動的特徴を用いた個人認証の研究が盛んに行なわれつつある。そこで本論文では掌紋をとりあげる。掌紋は身体的特徴であり,行動的特徴などと違い再現性が高い。また,同じ紋様を使う指紋と違い圧力と汗に強く,紋様だけでなく,形状も利用できる。さらに,指紋と同様に,紋様が変わることはない。本論文では,このような掌紋認証を紋様のみによる認証と,紋様と形状による認証との2種類の実験によって検証し,その有効性と今後の課題についての検討を行なう。

In our society of today, the means of individual recognition cannot be lacked. It is Cash card of Automatic Teller Machine and password of log in of Personal Computer and etc. However, these conceive the dangers such as the losses and the thefts. An individual recognition using Baiometrics individual feature and acted feature recognition has been researched actively. The author takes up palm prints in the pepar. Palm prints can characterize individual. It has high reproducibility. Moreover, it is more robust in pressure and the sweat then the fingerprint which usded the pattern similar. And plam print can use only the pattern but also shape can be used, In addition, the pattern does not change as well as the finger print. In this paper, palm prints recognition is verified by two kinds of experiments of prints and with prints and shape. The effectiveness and subject with the palm print recognition are discussed by simulation results.

キーワード:バイオメトリクス,掌紋認証,ニューラルネットワーク

目次

1. はじめに・・・・・・・・・1
2. バイオメトリクスによる個人認証・・・・・・・・・・4
2.1. 掌紋による個人識別・・・・・・・・・・・・・・・・・・4
2.1.1. 手形による個人識別・・・・・・・・・・・・・・・・4
2.1.2. 紋様による個人識別・・・・・・・・・・・・・・・4
2.2. 掌紋による個人認証に関する研究・・・・・・・・・・5
3. ニューロボードの基本構成・・・・・・・・・・・・・・6
3.1. ハードウェア構成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.2. 学習方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8
3.2.1. 学習······8
3.2.2. ニューラルネットワーク・・・・・・・・・・
3.2.3. 情報の伝達・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9
3.2.4. 中間層・出力層の入出力関数・・・・・・・・・・10
3.2.5. 学習アルゴリズム・・・・・・・・・・・・・・・11
3.2.6. 学習パラメータ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12
3.2.7. 継続学習・・・・・・・・・・・・・・・・・13
33 ソフトウェア構成・・・・・・・・・・・・・・・・13

3.4. 仕樣書情報・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1	4
4. ニューロボードによる掌紋認証の実験・・・・・・・・・・・	. 7
4.1. 実験計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1	7
4.1.1. 実験機・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1	7
4.1.2. 学習データ・・・・・・・・・・・・・・・・・1	7
4.1.3. 学習手順・・・・・・・・・・・・・・・・・1	9
4.2. 掌紋画像認識実験・・・・・・・・・・・・・・・・2	26
4.2.1. 掌紋による個人認証・・・・・・・・・・・2	7
4.2.2. 掌紋と形状による個人認証・・・・・・・・・2	9
4.3. 実験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	32
4.3.1. 手の平内部の紋様による個人認証・・・・・・・・3	2
4.3.2. 掌紋と形状による個人認証・・・・・・・・・・・3	3
5. 掌紋認証の有効性と今後の課題・・・・・・・・・・・・・・・	12
5.1. 評価と考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4	12
5.2. まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
5.3. 今後の課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4	12
6. 謝辞····································	14
7	Ľ

図目次

図 2.1 画像採取状況
(a)画像採取時·······5
(b)採取画像····································
図 3.1 掌紋認証システムの構成
(a) 掌紋認証システムの流れ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
(b) ニューロボードの構成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
図 3.2 ニューラルネットワークの例・・・・・・・・8
図 3.3 ニューラルネットワークの入出力・・・・・・・・9
図 3.4 シグモイド関数・・・・・・・・・11
図 3.5 慣性定数と振動定数の範囲・・・・・・・・・・13
図 3.6 ニューロボードのソフトウェア構成・・・・・・・・14
図 3.7 NN ウェイトと仕様書情報・・・・・・・・16
図 4.1 ニューロボード外観・・・・・・・・・・・17
図 4.2 自作ダンボールモデル・・・・・・・18
図 4.3 スキャナ・・・・・・・・18
図 4.4 掌紋画像 12 パターン・・・・・・・・・19
☑ 4.5 mask.exe
(a) mask.exe 実行画面······20
(b) マスクの範囲・・・・・・20
図 4.6 RT_SLAB の処理イメージ・・・・・・・23
図 4.7 PC の scandemo.cfg・・・・・・・24
図 4.8 データ変換
(a)原画像·······25
(b)変換画像····································
図 4.9 学習・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
図 4.10 評価結果・・・・・・・・・・26
図 4.11 手の平内部の紋様にかかるマスク・・・・・・・28
図 4.12 手の平にかかるマスク・・・・・・・29
図 4.13 database.cfg の例・・・・・・・30
図 4.14 shd のエッジ検出画面(1) ・・・・・・・・・・31
図 4.15 shd のエッジ検出画面(2) ・・・・・・・・・・31
図 4.16 手全体にかかるマスク・・・・・・・・・32
図 4.17 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ・・・・・・・33~37
図4.18 掌紋と形状による認証結果のグラフ・・・・・・・・・・37~41

表目次

表	4.1 neuro.cfg······21
表	₹ 4.2 仕様書
	(a)Network structure·····22
	(b) Switches for DSP22
	(c) Conditions·····22
表	₹4.3 仕様書情報
	(a)Network structure·····27
	(b) Switches for DSP27
	(c) Conditions·····27
	₹4.4 手の平内部の紋様にかかるのマスク設定・・・・・・・・・・・・28
表	₹4.5 手の平内部の紋様の場合の scandemo.cfg の設定・・・・・・・28
表	₹4.6 手の平の部分にかかるマスクの設定・・・・・・・・・・・・・29
表	₹4.7 初期のしきい値(shd.cfg) · · · · · · · · · · · · · · · 30
	₹4.8 変更誤のしきい値・・・・・・・・・・・・・・・・・・31
	₹ 4.9 Define.h の変更項目······32
	₹4.10 マスク領域の最大 Xサイズの変更・・・・・・・・・・・・・32
	₹4.11 手全体にかかるマスクの設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32
	₹4.12 切り出し領域の設定・・・・・・・32
	₹4.13 手の平内部の紋様による個人認証結果・・・・・・・・・・33~37
表	₹4.14 掌紋と形状による個人認証結果·············37~41

1. はじめに

今日の生活では,個人の情報などのセキュリティのためには,データの盗聴・改ざんやユーザの「なりすまし」といった不正・犯罪に対抗することが必要であり,そのためには,ユーザを認証することが重要であると考えられる(1)。

これまでの個人認証の背景としては,パスワード(合言葉),IDカード(身分証明)などで個人を識別してきた。しかしながら,これらは,盗まれたり,紛失したり,忘れたりする危険性をはらんでいた。また,カードをなくしたり,パスワードを忘れてしまうと本人ですら使えないという不便さもあると考えられる(1),(13)~(16)。

そのため近年ではバイオメトリクスという人間の個人の特徴で人を認識する新しい個人認証の方法が注目されている。ここで言う個人の特徴とは,指紋,声紋,掌紋,顔,眼球の虹彩,網膜,署名の際のペンの速度や筆圧などの身体的特徴や行動様式である(13)~(16)。

指紋は指先の皮膚紋様であり個別の特徴をもつ。この指紋の自動照合への試みは比較的長い歴史を持ち、従来の指紋の入力センサのほとんどはプリズムの反射面に置いた指の凹凸を反射率の違いに反映させ、ディジタル画像化するという光学方式が用いられてきた。しかしながら、近年はこれに加え、半導体のチップの表面に直接接触させた指紋から静電容量の差などを用いてその凹凸をセンサーする素子も実用化されてきている。指紋認証のために用いる機器は小さく、自然な形で指紋認証の操作をすることができる。そのため、OS(Operating System)などへログインする際のユーザ認証や、席を外す際のスクリーンセーバによる端末ロック、ワープロなどの一般アプリケーションのファイル内容秘匿のためのパスワード代替などができる(1)。

次に音声認識であるが,これは,声紋に現れる個人性を利用する。指紋照合のように心理的抵抗が少ない。そのため,広く利用される可能性がある。また,特殊な入力装置が不要などというの利点や,音声ということもあって,電話を通じての情報サービスなどの実用化が始まっている(1).(20)。

また、顔から個人を識別するという方法もある。人間は個人ごとに異なった顔を持っているため、顔を見れば個人が識別できると考えられている。また、顔は常時露出しているため、抵抗感なく自然に画像を採取できるとされている。顔認識では、前処理として、画像処理の対象領域を決定するために、肌の色、動き、形、大きさなどから顔の発見をする必要があると見られる。この中で肌の色はよく利用されている。個人の顔を識別するには、顔の特徴的な部分の位置関係が重要な手がかりとなると考えられる。コンピュータで見つけやすい特徴としては、顔の輪郭や眉、目、口、鼻など 顔固有の部分の位置と形状がある。また、動画像の場合は、顔の動き特徴を利用する ことができるためさらに高精度の処理ができるが、それだけ計算量は膨大になるとされている。このようにして、顔での個人識別は可能であり、現在の技術レベルは、眼

鏡の着用,髪型あるい加齢などによる見かけの変化にもある程度対応できるとされている^{(1),(2)}。

電子ペンを使った動的署名も,個人認証として考えられる。筆記という行為は既に日常化した行為であるため,指紋や網膜を用いる場合に比べ心理的な抵抗による拒否反応は小さく,また音声に比べればサンプル情報量も少ないため,計算量も少なくすることが可能となる。個人認証に筆記情報を用いるのは筆記された文字を他者が模倣することが困難であることによるものであり,欧米では古くから個人認証のための手法として用いられている。筆記された文字が模倣困難であるなら,文字を生成するための筆記という行為も他者による模倣が困難である筈であり,筆記行為を対処とした認証についてもいくつか手法が提案されている。また、現在では,筆記情報を用いた個人認証システム実現のためにニューラルネットワークを用いて,実用化に向けて研究がなされている(5)。

以上のことをふまえ,より実用的で有効的な個人認証システムに用いる個人の特徴を提案する必要がある。そこで,掌紋(手のひらの紋様)によって個人を認識することを本研究では検討する。掌紋は電子ペンや,音声認識などと異なり再現性が高い。また,指紋のように人によって違い,紋様が変わる事はない。さらに,指紋より,圧力と汗に対して強いと予想され,手の形状を使用することもできる。その他,掌の形に加え指の関節間の長さや太さ,横方向から計った手の厚さなどを利用することも可能であると考えられる。また,手の形状を用いた個人認証は,利便性もあり防衛関係の入門管理などでの実績もある。また,現在セキュリティに使用されているバイオメトリクス個人認証システムは基本的にパターンマッチングを利用するものが多い。ここでいうパターンマッチングとは,入力センサがユーザの提示したバイオメトリクスを取得し,次にその特徴を抽出し,テンプレートを作成し,これと評価データとの照合を実行するというものである(1).(8)。

しかしながら,本論文では,NN(Neural Network)による識別手法を用いる。この識別手法は画像の特徴抽出としてマスク処理機構を前処理としている。そして,そのNN は非線型識別が可能な最小構成の 3 層構造の階層型 NN である。その具体的な手続きとしては,画像部分をマスクで被覆し,被覆されない画素の合計値(スラブ値)を特徴量として NN への入力としている。また,入力層のユニット数はマスクの種類に対応し,出力層のユニット数は,画像のパターン数に対応している。また,隠れ層のユニット数は任意としている⁽⁸⁾。

パターン認識にニューラルネットワークを応用する理由としては,パターン認識の際にあいまいな情報の場合においても,正しい判断を下すことができるという有効性が実験的に証明されているからである。また,本研究では本人認証率のみを見ており,NNが十分に反応してそれが他人の掌紋であった場合にのみ誤認識とするようにしている(7).(8)。

本研究では,ニューラルネットワークを用いて2種類の掌紋画像による個人認証実

験を行ない、その有効性と今後の課題を検討する。

2.バイオメトリクスによる個人認証

近年では,バイオメトリクスの注目により,様々な個人認証手段の研究がなされてきている。その例としては,前章で触れた,指紋,音声,顔,電子ペンによる動的署名などがある(1)~(5),(13)~(23)。

2.1.掌紋による個人識別

掌紋はバイオメトリクスでいうと行動的特徴であり、人それぞれ違い一生不変であるとされるため、再現性が高いと考えられる。

また,掌紋画像の識別は,圧力と汗に対して強いと予想され,手の平の紋様と形状 (手形)とを利用することができると考えられる。

2.1.1.手形による個人識別

手の形状による個人識別の歴史は古く奈良時代から存在したとされている。これは 王邸の使用人の名前と当人であることを証明するための画指とよばれるものを利用 していた。この画指とは、指の長さや関節の位置を墨で木簡に写し取った小さな黒点 のことである。木簡に指を添えたとき、画指とぴたりと合えば、本人に間違い無しと 認定してもらえたものと推定されている。これは、指の長さや関節の間隔に個人差が あるのを利用したものと考えられる。また、画指ほど古くはないが、通行手形や約束 手形などに見られるように、証文に本人であることの証として手形が長い間個人識別 の手段に使われてきたのは広く知られていることである(10)。

その他にも形状では指の太さ,横方向から計った手の厚さなどを利用することも可能であると考えられる⁽¹⁾。

2.1.2.紋様による個人識別

掌紋とは,指紋で知られているような手に見られる紋様の皮膚隆起線であるが,指紋と違い,指の紋様ではなく手の平の紋様である。紋様は一人一人すべて異なり,しかも,一生変わることがないもので,個人識別法として最も確実性の高いものと考えられる。皮膚隆起線とは,一般的に手相と言われるものであるとみられる。手相は一般的に「感情線」,「頭脳線」,「生命線」などの紋様が知られている。また,手相の世界では,「手の平には個人情報のすべてが集約されていてその判断は1万数千にも及ぶ」と考えられている(24),(25)。

2.2.掌紋による個人認証に関する研究

前述のような点から,手の平の紋様と,手の形状には多くの情報が集約されていると考えられ,個人を識別するのに適した特徴だと考えられる。

また、通常ではこのような、画像識別の場合、パターンマッチングを使用することが一般的に見られるが、本研究では、ニューラルネットワークによる識別手法を用いることにする。ニューラルネットワークは、パターン認識の際のあいまいな情報でも、正しい判断を下すことができるという有効性が実験的に証明されている(1),(7),(8)。

また,本実験では,基本的な掌紋認識に対する実験を行ない、図 2.1(a)に示すように認証者が好意(協力)的な形での掌紋画像の採取を行ない,図 2.1(b)に示すように問題なく画像の採取が行なわれるようにする。

以上のような点に注意しながら、掌紋認証実験を行なうことにする。



(a)画像採取時



(b)採取画像

図 2.1 画像採取状況

3. ニューロボード基本構成

ここでは,本実験の掌紋認証システムで使用する,ニューロボードの構成について 説明する。掌紋認証システムの構成は,図 3.1(a)に示す。

システムの流れは,スキャナを PC により動作させ,掌紋画像を採取する。その画像は PC のハードディスクドライブに保存される。また,ニューロボードにおいても,単体で学習,評価が可能であるが,その操作においては,シリアル通信にてボードと PC を通信させ,PC のモニタプログラム(初期値作成プログラム)によって行なう。つまり,PC 上でモニタプログラムを動作させ,モニタプログラムの命令(コマンド)を DSP が割り込みとして受け取り,DSP が割り込みを許可した時点でコマンドに応じたレスポンスを DSP の中間情報とセットにしてモニタプログラムに返信するのである。また,仕様書情報や,ウェイト情報なども PC 上からモニタプログラムにより変更することができる。

ニューロボードは,本来は紙幣識別用に作られたが,汎用的で掌紋画像などの認識などに使用できる。ニューロボードの構成を図3.1(b)に示し,以下で説明する。

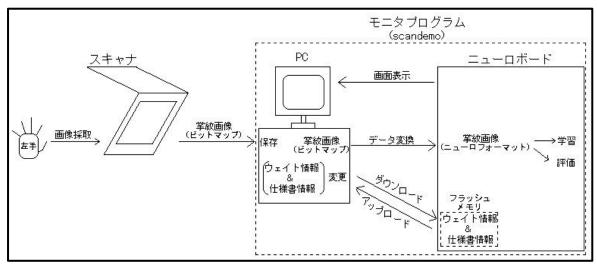
3.1. ハードウェア構成

本実験で使用するニューロボードは,DSP を核として構成され,NN(Neural Network)の前向き計算を高速に行なうものである。特に,NN の計算は,基本的に行列の掛け算として表現されるので乗算器を有する DSP にとっては都合のよい認識アルゴリズムである。また採用した DSP(TMS320C31)は内部データをすべて 4 バイト長で表現し,更に,アセンブラと同時に C コンパイラが提供されており,ソフトウェアの開発を従来の汎用 CPU と同様に容易にしている。

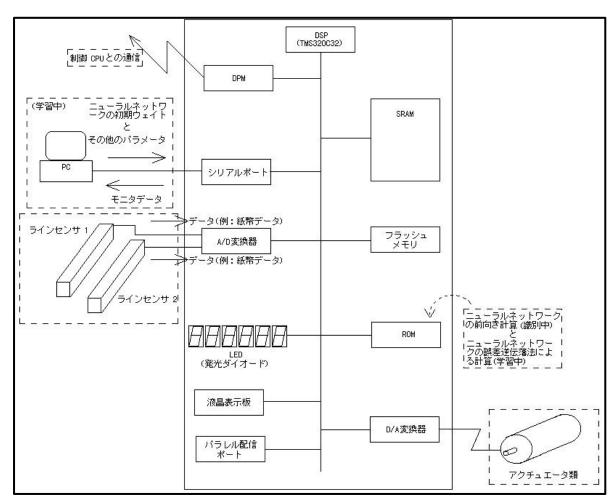
また,ボード単体での学習を可能としており,更に,認識および制御などの各種使用に対応するために,モード設定スイッチ,LED,液晶表示板(LCD),D/A変換器,パラレル配信ポート,デュアルポートメモリ(DPM)への延長ポートを実装している。また,A/D変換機および,PCとの通信用にシリアル通信ポートも実装されている。

LED および LCD には学習状況,動作モード,識別結果,エラーなどが表示される。また,D/A 変換機はボードから得られる制御信号で直接アクチュエータ類を駆動する場合に使用される。DPM は本来,上位メカニズム制御用 CPU との通信に使用される。更に,DPM への延長ポートは,PC の内部バスと専用ケーブルで接続することにより,イメージスキャナやディジタルカメラなどで得られるデータを PC を媒介にしてボードでアクセス可能としている。モード設定スイッチは DSP ボード上に複数装

着し,この組み合わせで継続と初期学習の違いを DSP のブート時点で判別できる仕様にしている。



(a)掌紋認証システムの流れ



(b)ニューロボードの構成

図 3.1 掌紋認証システムの構成

3.2. 学習方法

本論文に用いるニューロボードには、学習アルゴリズムとして、誤差逆伝播アルゴリズム(Back Propagation 法)が使用されている。ここでは、Back Propagation 法とともに、ニューラルネットワークの学習について述べる。

3.2.1. 学習

ニューラルネットワークの学習とは,与えられた入力に対して期待する出力が得られるようにネットワークの内部状態を調整することである。

ここで,簡単に学習の基本処理について説明する,1.学習ファイルに含まれるスラブ値(入力値)をニューラルネットワークに入力する。2.その時点におけるウェイト値によってニューラルネットワークの出力値を計算する。3.得られた出力値と教師値との誤差によってウェイト値を修正する。

以上がニューラルネットワークの学習の基本処理である。

3.2.2. ニューラルネットワーク

本実験に使用されるニューロボードには,図 3.2 に示すような 3 層の階層型ネットワーク(ニューラルネットワーク)を使用している。また,各層のニューロン(細胞)の数は最大 50 個までとしている。

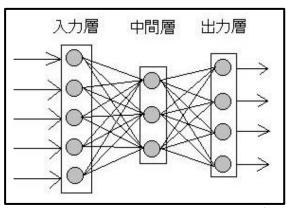


図 3.2 ニューラルネットワークの例

図 3.2 に丸印で表されたのものがニューロンで,ニューロンとは,神経細胞のことで,ユニットと同意である。そして,ネットワークのノードにあたる処理要素であり, 多入力,一出力の素子でもある。

また、各ニューロンは、入力層、中間層、出力層のそれぞれ独立した層に配置され、

各層のニューロンはそれより 1 つ前の層のニューロンから入力をうけるものである。 各層間では, すべてのニューロンが結びついている。

ニューラルネットワークの情報の流れは,入力パターンが入力層の各ニューロンに 与えられ,中間層で変換され,出力層の各ニューロンから出力パターンが得るように なっている。

3.2.3. 情報の伝達

ここでは,ニューラルネットワークにおいて,入力層に与えられた入力パターンが, いかにして伝達され,出力層から出力されるのかを述べる。

図 3.3 で ,s1,s2,s3 はそれぞれ入力層の第 1,2,3 ユニット ,a1,a2 はそれぞれ中間層の第 1,2 ユニット , r1,r2,r3 はそれぞれ出力層の第 1,2,3 ユニットである。

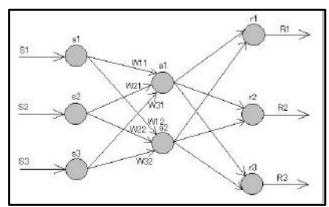


図 3.3 ニューラルネットワークの入出力

また,S1,S2,S3 は入力層への入力値 (スラブ値),R1,R2,R3 は出力層の出力値を表す。

そして,入力層の第iユニットから中間層の第jユニットへの結合の重み(ウェイト)をWijとする。中間層と出力層の間の情報伝達方法は全く同じため,入力層と中間層を例にして述べることにする。

<ユニットの入力値>

入力層の第 i ユニットの出力値を Si とすると ,入力層のユニットは入力値と出力値は同じため , 中間層の第 j ユニットの入力の総和 Ij は(3.1)式のように表される。

$$I_{1} = W_{11}S_{1} + W_{21}S_{2} + W_{31}S_{3}$$

$$I_{2} = W_{12}S_{1} + W_{22}S_{2} + W_{32}S_{3}$$
(3.1)

となり一般的に、

$$I_{j} = \sum_{i} W_{ij} S_{i}$$
 (3.2)

と表すことができる。

<ユニットの出力値>

中間層の第 j ユニットの入力の総和を Ij すると ,中間層の第 j ユニットの出力値 Oj を(3.3)式のようになる。

$$O_i = f(I_i)$$
 (f は入出力関数) (3.3)

このようにして,入力層の各ユニットの出力値と,入力層と中間層の各ユニット間のウェイトから中間層の各ユニットの出力値を得ることができ,同様にして,中間層の各ユニットの出力値と,中間層と出力層の各ユニット間のウェイトから出力層の各ユニットの出力値を得ることができる。

3.2.4. 中間層・出力層の入出力関数

中間層・出力層の各ユニットの入出力関数としては , (3.4)式のようなロジスティック関数 (シグモイド関数)を使用している。

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{-x + \mathbf{q}}{T}\right)}$$
(3.4)

(3.4)式において,x は各ユニットへの入力値で,f(x)はそのユニットの出力値である。T はネットワークの温度と呼ばれる正の数で,T が大きくなるほどグラフはなだらかになる。また, はユニット単位のしきい値である。

図 3.4 は,シグモイド関数のグラフを示している。(=0)

T(ネットワークの温度)は総合誤差に比例して , 1.3 から 0.7 まで学習プログラムが自動的に変化させる。総合誤差については後述する。

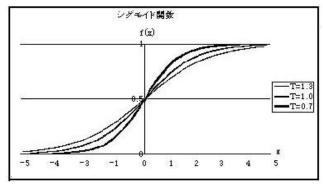


図 3.4 シグモイド関数

3.2.5. 学習アルゴリズム

(<3.2.3>情報の伝達)で,入力層に与えられた入力パターンが中間層を経て変換され, 出力層から出力パターンが得られることを示したが,入力パターンに対して期待する 出力パターンを得るためには,各ユニット間の結合重み(ウェイト)を適切な値に しなければならない。そして,このウェイトを適切な値に設定するために学習を行な うのである。

学習方法としては、「誤差逆伝搬アルゴリズム(Error Back Propagation)」(BP 法 と略記)を使用する。BP 法は、具体的には、いくつかの入力パターンの例(学習データ)を与え、その時の出力パターンと期待する出力パターン(教師値)との誤差が減少するようにウェイトを修正するものである。

ある入力パターンを与えた時の出力層の第jユニットの出力を Oj, このときの出力層の第jユニットの期待値(教師値)を Tj とすると,第j ユニットの誤差 Ej は次のようになる。

$$E_j = \frac{1}{2} (T_j - O_j)^2 \tag{3.5}$$

したがって , 1 つの学習パターン P における出力層の誤差 Ep は次の(3.6)式のようになる。

$$E_{p} = \frac{1}{2} \sum_{i} (T_{i} - O_{i})^{2}$$
 (3.6)

全学習パターンの誤差の総和を E とし,総合誤差と呼ぶこととし,(3.7)式に表す。

$$E = \sum_{p} E_{p} = \frac{1}{2} \sum_{p} \sum_{j} (T_{j} - O_{j})^{2}$$
 (3.7)

(3.7)式の総合誤差 E が最小になるように各ユニット間の結合の重み(ウェイト)を修正する。修正の方法としては最急降下法を用いる。具体的には,各学習パターン毎に,各ユニットの誤差 Ej が最小になる方向へ微小な変更を加えていくことである。

第 t 回目の学習における , k-1 層の第 i ユニットから k 層の第 j ユニットへのウェイト Wij の修正量 wij (k-1,k)(t)は(3.8)式のようにして求める。

$$\Delta W_{ij}^{k-1,k}(t) = -ed_{j}^{k} O_{j}^{k-1} + a\Delta W_{ij}^{k-1,k}(t-1) + b\Delta W_{ij}^{k-1,k}(t-2)$$
(3.8)

(3.8)式において""は学習定数,""は慣性定数,""は振動定数である。

また," j(k)"は k 層の第 j ユニットの一般化誤差で, k 層が出力層の場合と中間層の場合によって算出方法が異なる。

次に一般化誤差の算出方法を述べる。

k層が出力層の場合,

$$\boldsymbol{d}_{j}^{k} = \left(T_{j} - O_{j}^{k}\right) f'\left(I_{j}^{k}\right) \tag{3.9}$$

となる。

なお, Ij(k)は k 層の第 j ユニットの入力総和を示す。

また, k層が中間層の場合,

$$\boldsymbol{d}_{j}^{k} = \left(\sum_{m} W_{jm}^{k,k-1} \boldsymbol{d}_{m}^{k+1}\right) f'\left(I_{j}^{k}\right)$$
(3.10)

となる。

ただし, m は出力層のユニット番号である。

以上が誤差逆伝搬法によるウェイト修正の概略である。

3.2.6. 学習パラメータ

前項で示したウェイトの修正式(3.9)式における,学習定数 ,慣性定数 ,振動定数 は仕様書で設定する。

学習定数 は大きな値にするとウェイトの修正量が大きくなり学習は早くなりるが,あまり大きくすると逆に学習が収束しなくなると考えられる。また,総合誤差が上下するときは学習定数を小さくし,誤差の減少速度が小さいときは学習定数を大きくする必要がある。この操作は学習プログラムが自動的におこなう。学習定数は学習

開始時に初期値を設定しなければならない。初期値は(0.1<<1.0)の範囲で設定するが、デフォルト値は0.5である。

慣性定数 は総合誤差の振動を減らし、学習の収束を加速させる働きをする。 振動定数 は総合誤差を上下に振動させて極小値から脱出させる働きをする。 と には関連性があり、図 3.5 の塗りつぶした部分の範囲で設定できる。

慣性定数のデフォルト値は 0.95,振動定数びデフォルト値は - 0.1 である。(13)

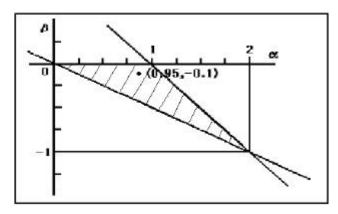


図 3.5 慣性定数と振動定数の範囲

3.2.7. 初期学習と継続学習

ニューロボードでは、学習実行時に初期学習を行なうかを選択することができる。 通常学習は初期学習を実行し、乱数を用いてウェイト値を初期化する。それに対して継続学習では、すでに存在するウェイト値を初期値として使用する。また、学習データを追加したときなど現状のウェイトを利用したいときに継続学習を実行する。

継続学習の場合,フラッシュメモリ内の最後に書き込まれたウェイトを初期値としている。また,PCで作成されたウェイトをボードにダウンロードし,これを初期値にして継続学習を実施することも可能としている。

3.3. ソフトウェア構成

図 3.6 に示すようにボードの構成は識別および PC との通信,そして,学習モードである。特に学習においては 2 種類の NN ウエイトの作成方法がかんがえられ,それぞれオンライン学習とオフライン学習と記述する。

(1)通信モード

PC とボードとのシリアル通信を行なう。これにより, NN ウェイトおよびその他のパラメータの PC とのダウンロードおよびアップロードを可能としている。

(2)識別モード

NN ウェイトによる NN の前向き計算を行なう。

(3)オンライン学習モード

識別機などの制御対象を動作させながら学習を実行する。すなわち,学習途上のウェイトで制御対象に入力を与え,制御対象から動作情報を得る。この情報を新たな NNの学習データとして用いる学習方式である。

(4)オフライン学習モード

学習動作をボードで行なう。つまり,固定した学習データで学習が行なわれる。

システムに一つの学習データが与えられるごとに逐次中間情報に変換し,カテゴリごとの学習データとしてボード上で編集していく。データ量が所定の容量に達すれば学習が自動的にボード上でスタートする。また,(3)と(4)の違いは,(3)が学習過程で学習データが変更されるのに対し,(4)では学習が完了するまでは学習データは変更されないという点である。

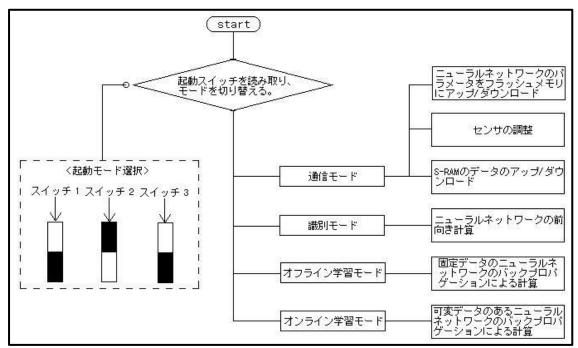


図 3.6 ニューロボードのソフトウェア構成

3.4. 仕樣書情報

ボードを各種の画像認識などの使用に柔軟に対応させるために仕様書情報を実装している。この仕様書情報とは,個々の制御対象ごとに異なる部分を1種類のボードで扱う必要性からその異なる部分をパラメータ化し,図 3.7 で示すようにウェイトファイルの一部に格納したものである。これにより,ボードの汎用性を高めている。また,この仕様書情報は初期ウエイトのヘッダ部分に付加され,PC 上のモニタプログ

ラムでメニュー形式で作成する。ここで作成されたパラメータをその基本的な矛盾 (パラメータの上下限,関連するパラメータの大小関係など)を自動診断の後に,ボード上のフラッシュメモリにダウンロードするものとしている。また,フラッシュメモリ内のデータはパラメータごとに管理番号が付与され,PCのディスプレイ上にパラメータの種類ごとに色分けされて表示される。 更に,アップロードされたパラメータはダウンロードの場合と同じメニュー書式で表示され,パラメータの個々の修正も対話形式で実現可能とする。また,その内容もPCのディスクに格納可能とする。

図 3.7 ではその具体的な内容を示す。仕様書情報は,制御対象のボードに対する入力および出力形態,また,処理するデータタイプ,更に,システム中のどのタスクを起動するかなどを定義している。

また、仕様書情報には、ウェイト書込条件があり、学習が収束しない場合においても学習途上のウェイトをフラッシュメモリに書きこむ動作をボードに与えている。書込条件としては学習回数あるいは学習誤差がある。そして、ウェイトのフラッシュメモリへの書込みは最大3回実施される。本システムではフラッシュメモリの管理において最後に書き込まれたウェイトのみをシステムが再起動した場合に使用するものとしている。この仕様は、画像データによる学習においてカテゴリ間の分離距離が非常に小さく、分離学習が所定の域に達しない場合、あるいは、一定間隔のエンコーダ情報による学習において逐次学習データが変化し、収束が不安定な場合においても学習結果はボード上に残される利点を得ている。

また,この情報事態はPC側で作成でき,最初はデフォルト値をメニュー上に表示し,制御対象毎にそのデフォルト値を会話形式で変更できるようにしている。また,変更の際にこの情報はボード上のフラッシュメモリに格納(ダウンロード)される。また,PCへその設定を置いておくことができる(アップロード)。そのメモリ構成は128ブロック(1ブロック=1024バイト)を1ページとして扱い1ページでひとつの制御対象の情報を格納するものとする。

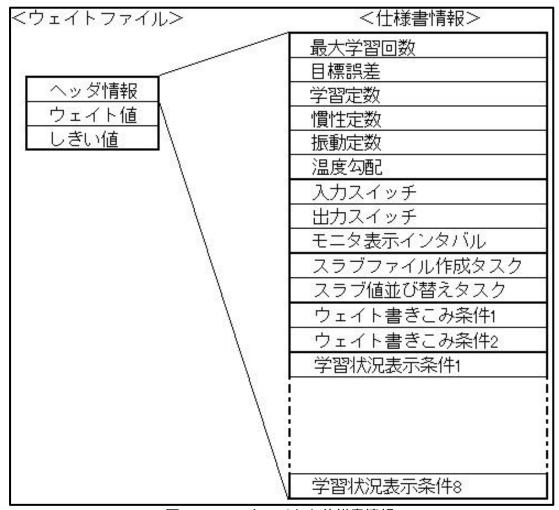


図 3.7 NN ウェイトと仕様書情報

4. ニューロボードによる掌紋認証の実験

4.1. 実験計画

ここでは,ニューロボードで掌紋認証をするための実験の方法について述べるとする。

4.1.1. 実験機

最初に実験機材について簡単に説明する。機材は PC と自律型ニューロ識別ボード (図 4.1 参照), スキャナである。

PC には,モニタプログラムを実装しており,実行によりニューロボードと通信し,学習,評価はすべてニューロボードで行なうにしている。また,本実験システムはイメージスキャナと PC を SISC ケーブルで接続し, PC とニューロボードはシリアルケーブルで接続する。

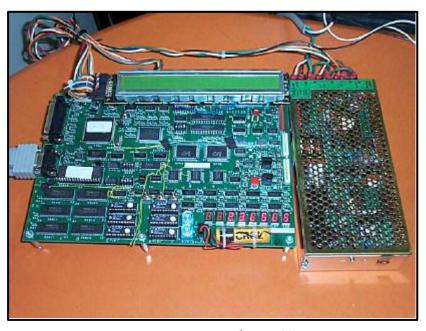


図 4.1 ニューロボード外観

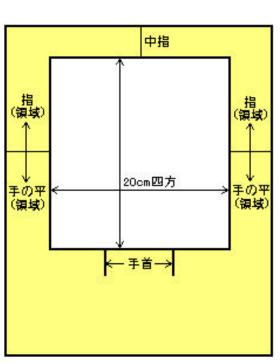
4.1.2. 学習データ条件

まずは,著者の研究室の学生12人の掌紋画像を各10枚づつスキャナで採取する。 そのうち,各パターン半数にあたる5枚をニューロボードに学習させ,学習データ, 未学習データを合わせた,計10枚を評価させる。

また,実験をするにあたり,各掌紋画像の条件の違いにより,差別化が行なわれては,公平な学習が行なわれなく,ニューロボードが正確に学習し,認識を行なったとは言えない。そのため,採取条件をそろえておくことが必要であると考えられる。

既存のスキャナでは,掌紋画像を採取する場合,採取域が広く,手の置き方は人により千差万別であるため,画像を切り出す際,必要な部分以外も,切り出してしまう。そこで,あらかじめある一定の範囲に必要外の部位が最小限になるように,図 4.2 のような自作のダンボール型を図 4.3 のようにスキャナに設置する。なお,範囲の指定の基準としては,著者の手を使っている。

また,自作のダンボール型を使用する。本研究室で著者の手は大きい部類に入るため,手の置く場所を 20cm 四方の範囲で確保すると,研究室全員の手が納まるようにできた。また,手の置く範囲だけでなく,手首の置く範囲,掌と指の範囲も指定した。そして,著者本人がスキャナで画像採取をしつつ PC の操作ができるように左手を採取することにしている。その上で画像の切りだしを,手全体と掌のみの 2 種類にし



ている。

図 4.2 自作ダンボール型モデル



図 4.3 スキャナ

4.1.3. 学習手順

ここでは実験の手順について説明する。

まず,スキャナに前述の自作のダンボール型を置き,解像度 72dpi,グレースケールで掌紋画像を左手で 12 人各 10 枚づつ採取する。

また,スキャナのガラスに指紋が付くため,念の為,途中5枚採取するごとに,ふき取ることにする。

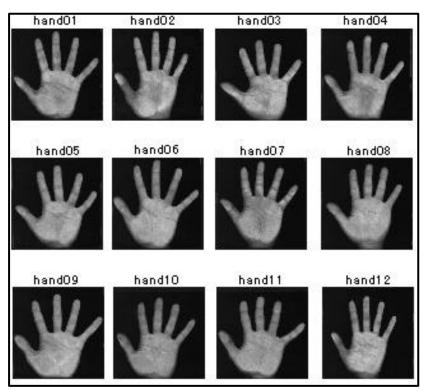


図 4.4 掌紋画像 12 パターン

次に,学習データとして画像を使用する場合,複数の画素の有効/無効を選択する必要がある。この有効/無効(スリット/マスク)をあらわすデータのことをマスクデータと呼び,このマスクデータはスラブ値を計算する時に使用する。

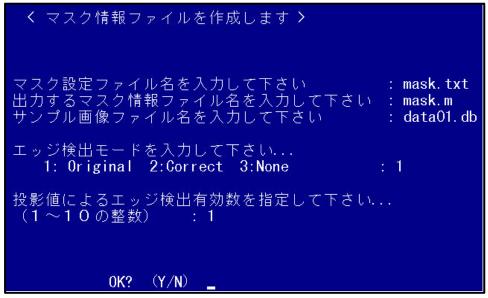
また,学習データファイルにスラブ値が格納されていて,学習,評価ともそのスラブ値を使用する場合は,マスクファイルは必要ない。しかし,学習データファイルにスラブ値が格納されていない場合や,マスクパターンの検討段階においてはマスクファイルを作成する必要がある。

マスクファイルの作成は,ニューロ学習システムの mask.exe を使用する。

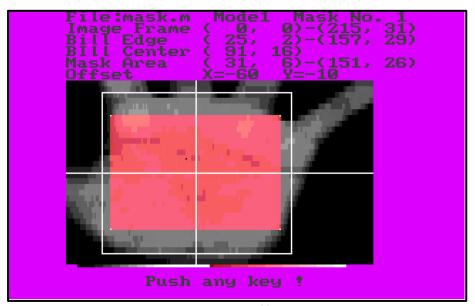
mask.exe は,マスク設定ファイル(mask.txt)で設定されるマスク作成情報にしたがって,マスクファイル(mask.m)を作成するものである。

これには,マスク設定ファイル(mask.txt),出力するマスクファイル(mask.m)実行時にサンプルとして表示するデータファイル(データが複数の場合は,先頭データが

表示される。)および環境設定ファイル(neuro.cfg) が必要である。 neuro.cfg は表 4.1 に示すように , 内容は , scandemo.cfg と同じである。



(a)mask.exe 実行画面



(b)マスクの範囲 図 4.5 mask.exe

こうして作成されたマスクファイルを , ニューロボードにダウンロードする。 次に , 仕様書の設定をする。表 4.2 はウェイトファイルの仕様書情報の各項目についてそれぞれ説明している。

こうして,書き換えた仕様書情報をニューロボードのフラッシュメモリにダウンロードする。

表 4.1 neuro.cfg

50	入力層細胞数
1	中間層数
30	中間層細胞数
12	出力層細胞数
0.05	学習定数
0.95	慣性定数
-0.1	振動定数
12	学習パターン数
5	1パターンの提示枚数
0.0001	最終誤差判定値
20000	最大学習回数

捕捉として, MKSLABとRT slabについて説明する。

MKSLAB は学習データファイルからスラブ値だけを取り出し,スラブファイルを 作成する。スラブファイルはパターン数分だけ出力される。

また,mask.exe のところで記述したように,データファイルにスラブ値がない場合は,マスクファイルのマスクパターンを読みこんで,イメージデータからスラブ値を計算する。

スラブ値の求め方としては,次の通りである。

マスクファイル(mask.m)に基づいて,有効であるマスク単位の画素値の総和をマスクパターン数分だけ求め,マスクパターン(i)の総和を s(i),有効な画素数を n(i)とする。

また、マスク領域全体の中で画素の最大値、最小値を求め、それぞれ \max,\min とすると、第 i スラブ値:slab(i)は(4.1)式のように求められる。

$$slab(i) = \frac{1}{\max - \min} \left(\frac{s(i)}{n(i)} - \min \right)$$
 (4.1)

次に第 1 スラブ値 slab(1)でその他のスラブ値を正規化する。また,第 1 スラブ値を他のスラブ値とレンジを合わせるために 2 倍する。

最終的に第 i スラブ値: SLAB(i)は(4.2)式のように求められる。

表 4.2 仕様書

(a)Network structure

MASK ID	: MASKの番号, MASK設定時にMask.txtのMask IDの部分で設定
	している番号に対応し , そのDのマスクを使用する。 しかし , 同じ
	MASK IDがフラッシュメモリにダウンロードされた場合は、新しく
	更新されたマスクのIDに対応したマスクをMaskとして読みこむ。
NN's ID	:バイナリー形式で保存されている。
Network Name	: 任意の名前でよい , 特に必要なし。
num of Irn ptrns	: 学習パターン数(出力層の数でもある)
num of Irn ptrn	: 1パターンあたりの学習枚数。
max lerning count	: 最大学習回数。学習が収束しない場合は,この値を下げればよ
	lb
final error	: 目標誤差。全学習パターンの誤差の総和(総合誤差)の目標値。
leaning const.	: 学習定数。大きな値にするとウェイトの修正量が大きくなり, 学習
	は速くなるが, あまり大きくすると逆に学習が収束しなくなる。総合
	誤差が上下に振動するときは , 学習定数を小さくし , 誤差の減少
	速度が小さいときは , 学習定数を大きくする必要がある。
momentum const.	: 慣性定数。総合誤差の振動を減らし , 学習の収束を加速させる働
	ව ්ව ර
osci.const.	:振動定数。総合誤差を上下に振動させて極小値から脱出させる
	働きをする。
slope	:温度勾配。シグモイド関数のT(ネットワークの温度)は総合誤差に
	比例して , 13から0.7まで変化させる。学習時の関門のきびしさ。
num of input cell	:入力ユニット数。
num of hidden cell	:中間ユニット数

(b)Switches for DSP

INPUT type	: 入力データの入力タイプ
INPUT switch	: 入力スイッチ(例: SERIAL)
OUTPUT switch	: 出力スイッチ(例: SERIAL)
LEARN MODE	: 学習モード(初期, 継続)
Display interval	: 何回に一度学習結果を表示するかどうかの表示インタバ
	J l ₆
MKSLAB switch	: MKSLAB起動スイッチのON/OFF
RT_SLAB switch	: RT_SLAB起動スイッチのON/OFF

(c) Conditions

Write condition	: 何回に1度ウェイトデータをフラッシュメモリに書き込むか設 定する。 収束しなくてもその回数ごとに書き込む。
DISPLAY LEVEL	: ニューロボードでは浮動少数が L E D で表示できないので学習誤差, 或いは, 学習回数で段階表示している。表示は初期段階から L 7 ~ L 1, L E である。 C O N D I TIONは, このときの段階に相当する条件を示す。

$$SLAB(i) = \frac{slab(i)}{slab(1)} \quad (i \neq 1)$$

$$SLAB(1) = slab(1) \times 2$$
...(4.2)

そして,第iスラブ値はニューラルネットワークの入力層の第iユニットへ入力される。

RT_SLAB は ,各パターンのスラブファイルから 1 枚分のスラブ値データ(ヘッダ含む)を順次採りだし, パターン順に並べて学習ファイルを作成する。

図 4.6 に処理のイメージを示す,また,図の学習パターン数は 12 パターンで,1 パターンあたりの学習枚数は"n"枚である。

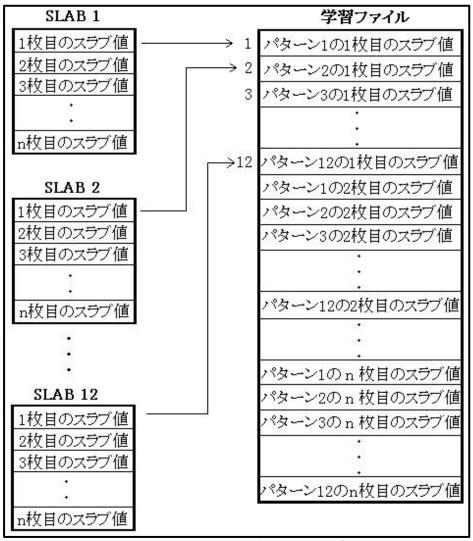


図 4.6 RT SLAB の処理イメージ

次に PC のモニタプログラムであるところの scandemo の設定に移る。 PC の scandemo.cfg の設定と , ニューロボードの仕様書情報は対応しているので , 仕様書

情報を変更した場合は変えておく必要がある。

ここでも、学習パターン数と掲示枚数を設定する、また、学習パターン数と出力ユニット数は同数としておく必要がある。また、仕様書情報と違い、scandemo.cfg は、切りだし領域の設定とパスを書いておく必要がある。

scandemo.cfg の詳細は図 4.7 の通りである。

```
File name: D:\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\footsys\
%SCNDEMO.EXE設定ファイル┛
 %コメント部には空白を入れないこと↓
 %コメントは3行↓
 [NN ID1(10進値)]
                                                                                                                      11₽
  [NN_ID2(10進値)]
                                                                                                                      224
  [NN ID3(10進値)]
                                                                                                                      334
  [NN ID4(10進値)]
                                                                                                                      444
  層数]
                                                                                                                      3₽
  学習パターン数&出力ユニット数] 12↵
 [提示枚数]
                                                                                                                        54
    マスクID]
                                                                                                                      14
50₽
                                                                                                                      35₽
                                                                                                                     0.00014
                                                                                                                      200004
                                                                                                                     0.054
                                                                                                                     0.954
                                                                                                                      -0.1<sub>4</sub>
                                                                                                                      1.34
    温度勾配]
   入力データ種別(画像有/無)]
                                                                                                                     04
  入力スイッチ(別紙参照)]
                                                                                                                     14
 [出力スイッチ(別紙参照)]
[学習モード(初期/継続)]
[表示インタバル]
                                                                                                                      14
                                                                                                                      14
                                                                                                                      24
  [MKSLAB起動スイッチ]
                                                                                                                     14
 [RT_SLAB起動スイッチ]
[書き込み条件1]
[書き込み条件2]
                                                                                                                      14
                                                                                                                      1004
                                                                                                                      10₽
  表示条件1]
                                                                                                                     0.00054
    表示条件2]
                                                                                                                     0.0014
   表示条件3]
                                                                                                                     0.0054
    表示条件4
                                                                                                                     0.014
                                                                                                                     0.054
    表示条件5]
   表示条件6]
                                                                                                                     0.14
   表示条件7]
                                                                                                                     0.54
    表示条件8]
                                                                                                                      1.04
    画像切り出し開始行
                                                                                                                      124
   画像切り出し終了行]
                                                                                                                      3304
   画像切り出し開始列]
画像切り出し終了列]
                                                                                                                      135₽
                                                                                                                      475₽
  BMP PATH] .\u00e4bmp\u00e4hand4\u00e4hand4\u00e4
       フォントマップ作成用] C:¥win¥fonts¥*.FON。
```

図 4.7 PC の scandemo.cfg

次は掌紋画像を学習データとして,ニューロボードに与える。ニューロボードを学 習モードで再起動し, scandemo.bat を実行し,オフライン学習,ビットマップ形式 を選ぶ。

そうすると,ニューロボードがスキャナで取り込んだ掌紋画像を図 4.8 のように PC からニューロボードへ送る際に,ビットマップ形式から,ニューロフォーマット に変換する。

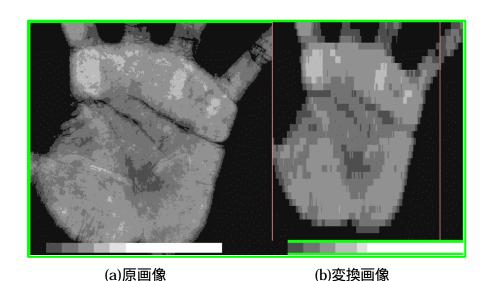
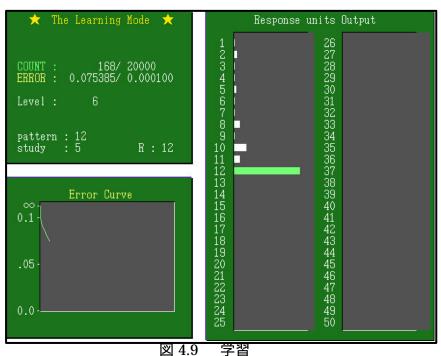


図 4.8 データ変換

そして,ニューロフォーマットになった,掌紋の学習データをニューロボードが, 学習をする。図 4.9 は学習しているところを表す。



次に,ニューロボードを認識モードで再起動し,掌紋画像のパスを入力すると,指定された掌紋画像を学習したパターンの掌紋の中から,評価し,個人を認識する。評価結果は,図4.10のように表示される。

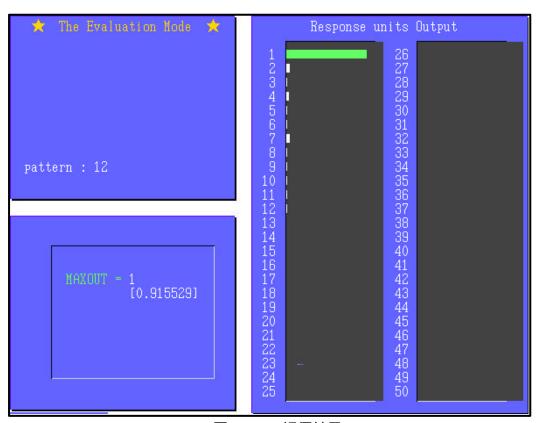


図 4.10 評価結果

4.2. 掌紋画像認識実験

<4.1.3>の手順で 2 種類の掌紋認識実験を行なうこととする。一つはマスク領域を 手内部に設定し,手の平内部の紋様で評価するものと,もう一つはマスク領域を手全 体に設定し,手の形状と掌紋によって評価するものである。

また,掌紋画像および,初期ウェイトに内蔵される仕様書情報は,ともに共通で, 仕様書においては,表 4.3 のようになる。

表 4.3 仕様書情報

(a)Network structure

MASK ID	:	
NN's ID	:	0b16212c
number of layer	: 3	
Network Name	:	
num of Irn ptrns	: 12	
num of Irn ptrn	: 5	
max lerning count	: 20000	
final error	: 0.000100	
leaning const.	: 0.050000	
momentum const.	: 0.950000	
osci. Const.	: -0.100000	
slope	: 1.300000	
num of input cell	: 50	
num of hidden cell	: 35	

(b)Switches for DSP

INPUT type	:	RAW
INPUT switch	:	SERIAL
OUTPUT switch	:	SERIAL
LEARN MODE	:	CONT
Display interval	:	2
MKSLAB switch	:	ON
RT_SLAB switch	:	ON

(c)Conditions

Write condition1	:	100
Write condition2	:	10
DISPLAY LEVEL1	:	0.000500
DISPLAY LEVEL2	:	0.001000
DISPLAY LEVEL3	:	0.005000
DISPLAY LEVEL4	:	0.010000
DISPLAY LEVEL5	:	0.050000
DISPLAY LEVEL6	:	0.100000
DISPLAY LEVEL7	:	0.500000
DISPLAY LEVEL8	:	1.000000

4.2.1. 手の平内部の紋様による個人認証

まずはマスク設定をするわけだが,マスクを設定するには,サンプル画像ファイルが必要である。

サンプル画像を作るために,ニューロ学習システムの scandemo を使用する。はじ

めに,ニューロ学習システムの scandemo.cfg をニューロボードと同じ設定にする,次に scandemo.exe を offline で実行し,ニューロフォーマットの db ファイルに変換する。このファイルは,scandemo のあるディレクトリに,学習パターン数の数だけファイルができるので(ファイル名は data**.db)(db ファイルと略記),サンプル画像として data01.db を使用する。この db ファイルを ,mask.exe のあるディレクトリ(この場合は,ニューロ学習システムのディレクトリ)に移動させる。なお,ニューロ学習システムの scandemo.cfg は ,後述のニューロボードの scandemo.cfg と同じである。次は mask.txt のマスクの中心からのオフセット X,中心からのオフセット Y,マスク単位の Y サイズ,マスク単位の数(Y 方向)を表 Y 4.4 に示すようにマスク設定を変更する。

そうすると,図4.11のようなマスクがかけられる。

初期の仕様書情報は前述の表 4.3 の通りである。

学習パターン数と掲示枚数,切りだし領域の設定は,表 4.5 の数値に設定を変更する。

表 4.4 手の平内部の紋様にかかるのマスク設定

	掌のみ
マスクのi d番号	1
中心からのオフセットX	-60
中心からのオフセットY	-10
マスク単位のXサイズ	10
マスク単位のYサイズ	5
マスク単位の数(X方向)	12
マスク単位の数(Y方向)	4
マスクパターンの数	50

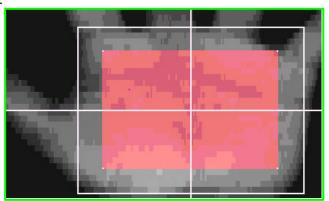


図 4.11 手の平内部の紋様にかかるマスク

表 4.5 手の平内部の紋様の場合の scandemo.cfg の設定

層数	3
学習パターン&出力ユニット数	12
掲示枚数	5
マスクID	1
入力ユニット数	50
中間ユニット数	35
最大学習回数	20000
画像切りだし開始行	12
画像切りだし終了行	330
画像切りだし開始列	135
画像切りだし終了列	475

4.2.2. 掌紋と形状による個人認証

ここでも,まずマスクを設定する。サンプル画像は前述と同様の方法で作成する。 エッジ検出で手の平の部分のみしかエッジの閾値が高いため,エッジが検出されな いため,表 4.6 の設定でマスクを設定するが,図 4.12 のマスクが限界である。

したがって,エッジの検出時の閾値を下げる必要がある。手順としては,shdに必要な ldata(ニューロ学習システムが学習する上で,わかりやすいデータ)を作り,shd.cfg で閾値を設定し,shd.exe を実行,その後,その閾値を,ニューロ学習システムのプログラムソースに反映させる。その後,コンパイルし,exe ファイルを作成し,上書きする。

衣 4.0 十の平部力にかかるマスクの設定	
	手の平部分
マスクのi d番号	1
中心からのオフセットX	-65
中心からのオフセットY	-14
マスク単位のXサイズ	11
マスク単位のYサイズ	7
マスク単位の数(X方向)	12
マスク単位の数(Y方向)	4
マスクパターンの数	50

表 4.6 手の平部分にかかるマスクの設定

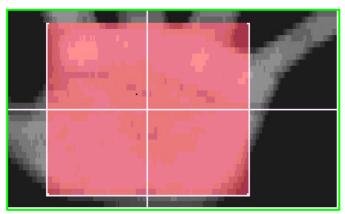


図 4.12 手の平にかかるマスク

まず, ldata の作成するために, ex ldata.exe を実行する。

ex_ldata.exe は,表 4.1 のような環境設定ファイル(neuro.cfg)で指定した"1 パターンの学習枚数"分だけデータベース設定ファイル(database.cfg)に登録されたデータファイル(db ファイル)の先頭から取り出して学習データファイル(ldata*)を作成します。

実行時に画像を表示するためには , 実行オプション(1:表示する / 0:しない)が必要である。また ,neuro.cfg は(表 4.1 neuro.cfg)に示すものと同じである。 database.cfg は , 図 4.13 のように , db ファイルのパスを通したもの。

しきい値は表 3.7 に示す値を初期値とすると,これでは,図 3.14 に示すように, 手の平内部しかエッジの検出ができていない。

次にしきい値を表 4.8 に示す値に変更する。なお,もともとニューロ学習システムは紙幣データをもとに作ってあるので,短辺方向は,紙幣の短い部分,長辺方向は,紙幣の長い部分にあたる。

図 4.15 のように閾値を低くすると,手の平全体をエッジ検出することができる。 次に NNC のソースにある,define.h を開き,表 4.9 の項目を書きかえる。 TH_EDGE_LINE は横サイズの閾値, TH_EDGE_CLM は縦サイズの閾値を示す。 また, TH_EDGE_LINE は, 長辺方向の閾値, TH_EDGE_CLM は短辺方向の閾値 に対応している。

また, MASKX を変更する必要がある。MASKX はマスク領域の最大 X サイズ, 初期のままだと, マスク領域足りないので,表4.10 に示すように書きかえる。

define.h を保存後, Visual C 1.0 のプロジェクトから, mask.mak, mkslab.mak をそれぞれ開き実行し, exe ファイルを作成する。作成された mask.exe,mkslab.exe を,ニューロ学習システムのディレクトリにそれぞれ上書き保存する。ただし, バックアップをとっておくこと。その後,再度,表 4.11 に示すように, mask.txt の設定を変更し, mask.exe を実行すると,図 4.16 に示すような,マスクが設定される。

仕様書情報は前述の表 4.3 の通りである。

学習パターン数,掲示枚数(学習枚数)は,前述の表 4.5 と同じで,切りだし領域の 設定は,表 4.12 の数値に設定を変更する。

file name: D:\text{YNEWNNC\text{YDATABASE.CFG}} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data01. db\text{d} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data02. db\text{d} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data03. db\text{d} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data04. db\text{d} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data05. db\text{d} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data06. db\text{d} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data07. db\text{d} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data09. db\text{d} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data10. db\text{d} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data11. db\text{d} d:\text{Yscandemo\text{Y}} data12. db\text{d}

図 4.13 database.cfg の例

表 4.7 初期のしきい値 (shd.cfg)

[TAN_th]		; 短辺方向の閾しきい値
	30	
[CHO_th]		; 長辺方向のしきい値
	6	

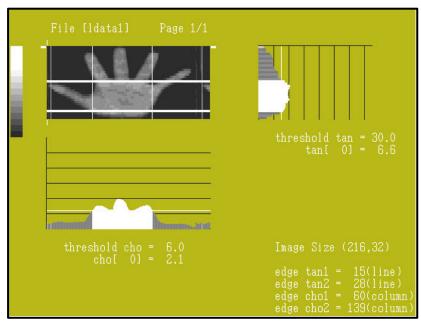


図 4.14 shd のエッジ検出画面(1)

表 4.8 変更後のしきい値

[TAN_th]	; 短辺方向のしきい値
4.4	
[CHO_th]	; 長辺方向のしきい値
0.5	

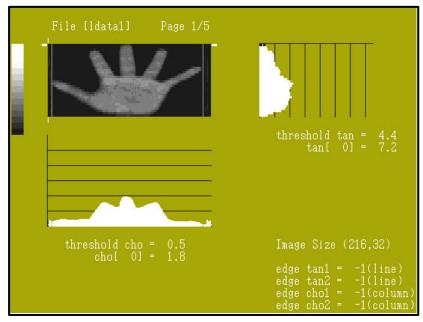


図 4.15 shd のエッジ検出画面(2)

表 4.9 Define.h の変更項目

#define	TH_EDGE_LINE	
#define	TH_EDGE_CLM	

表 4.10 マスク領域の最大 X サイズの変更

- W - W - W - W -	703400000000000000000000000000000000000	3455343040
#define	MASKX	200

表 4.11 手全体にかかるマスクの設定

	手全体
マスクのi d番号	1
中心からのオフセットX	-100
中心からのオフセットY	-16
マスク単位のXサイズ	17
マスク単位のYサイズ	8
マスク単位の数(X方向)	12
マスク単位の数(Y方向)	4
マスクパターンの数	50

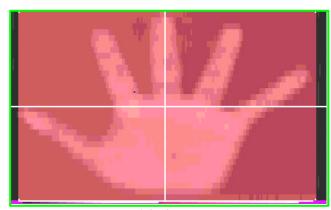


図 4.16 手全体にかかるマスク

表 4.12 切りだし領域の設定

画像切りだし開始行	0
画像切りだし終了行	555
画像切りだし開始列	10
画像切りだし終了列	585

4.3. 実験結果

ここでは,手の平内部の紋様の場合,掌紋と形状の場合それぞれのニューロボードによる個人認証結果を述べようと思う。なおグラフは,縦軸は反応値,横軸は各パターンの画像番号である。またグラフの棒の色は,色がついてるものが正常認識,白いものが誤認識をしたものとしている。

4.3.1. 手の平内部の紋様による個人認証

手の平内部の紋様に個人認証の結果としては,表 4.13 に示すとおりである。 12 人各 10 枚,計 120 枚を認識させたところ,99.1%の認識率を得た。ここでの認識率は,(4.3)式で示される。 また,図4.17は,反応値をグラフ化したもの。

4.3.2. 掌紋と形状による個人認証

掌紋と形状による個人認証の結果としては,表4.14に示すとおりである。 12 人各 10 枚,計 120 枚を認識させたところ,98.3%の認識率を得た。ここでも同様 に認識率は,(4.3)式で示される。また,図4.18 は,反応値をグラフ化したもの。

表 4.13.1 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand01)佐伯

01xx	成否	認識番号	反応値
Xx01		1	0.915529
Xx02		1	0.688144
Xx03		1	0.727240
Xx04		1	0.553310
Xx05		1	0.579902
Xx06		1	0.598039
Xx07		1	0.988364
Xx08		1	0.986850
xx09		1	0.892053
xx10		1	0.705494

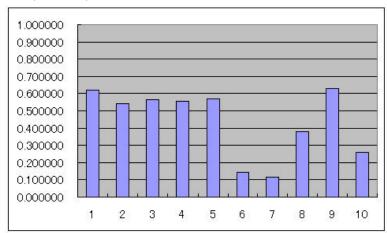


図 4.17.1 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.2 手の平内部の紋様による個人認証結果

02xx	成否	認識番号	反応値
xx01		2	0.825599
xx02		2	0.613541
xx03		2	0.713072
xx04		2	0.657479
xx05		2	0.718874
xx06		2	0.505127
xx07		2	0.588954
xx08		2	0.647777
xx09		2	0.340519
xx10		2	0.322069

(hand02)箱田

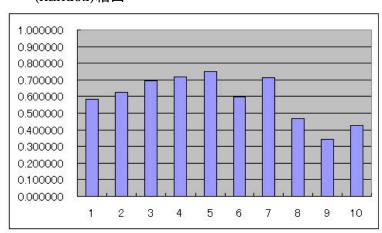


図 4.17.2 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.3 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand03)内田

03xx	成否	認識番号	反応値
xx01		3	0.652483
xx02		3	0.442191
xx03		3	0.657737
xx04		3	0.736776
xx05		3	0.641779
xx06		3	0.131121
xx07		3	0.156291
80xx		3	0.169927
xx09		3	0.244488
xx10		3	0.667119

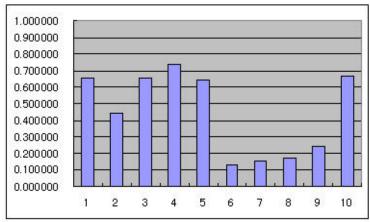


図 4.17.3 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.4 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand04)松本



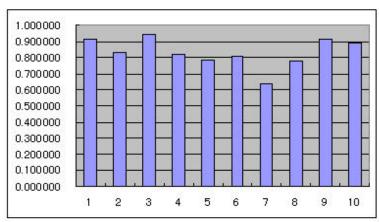


図 4.17.4 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.5 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand05)長尾



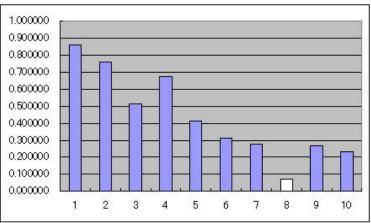


図 4.17.5 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.6 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand06)中原

06xx	成否	認識番号	反応値
xx01		6	0.749442
xx02		6	0.646114
xx03		6	0.545259
xx04		6	0.502694
xx05		6	0.473305
xx06		6	0.423716
xx07		6	0.525452
80xx		6	0.612105
xx09		6	0.429979
xx10		6	0.420188

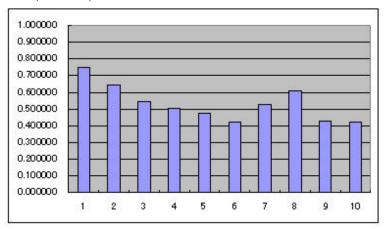


図 4.17.6 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.7 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand07)森山



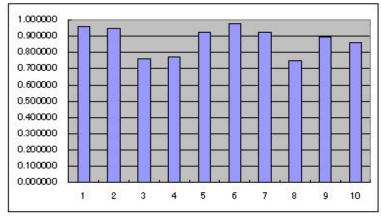


図 4.17.7 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.8 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand08)尾崎

08xx	成否	認識番号	反応値
xx01		8	0.856416
xx02		8	0.652816
xx03		8	0.652330
xx04		8	0.480104
xx05		8	0.511148
xx06		8	0.951309
xx07		8	0.958642
80xx		8	0.971057
xx09		8	0.535472
xx10		8	0.974076

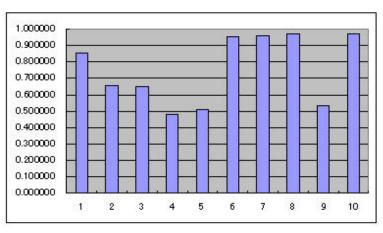


図 4.17.8 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.9 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand09)三木

09xx	成否	認識番号	反応値
xx01		9	0.770865
xx02		9	0.544523
xx03		9	0.647457
xx04		9	0.679406
xx05		9	0.768810
xx06		9	0.508669
xx07		9	0.351885
80xx		9	0.442363
xx09		9	0.534746
xx10		9	0.685134

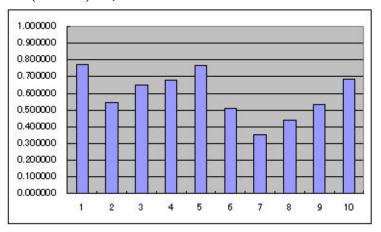


図 4.17.9 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.10 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand10)千屋

10xx	成否	認識番号	反応値
xx01		10	0.109641
xx02		10	0.085384
xx03		10	0.111455
xx04		10	0.358705
xx05		10	0.368776
xx06		10	0.056458
xx07		10	0.333592
80xx		10	0.218382
xx09		10	0.165312
xx10		10	0.121283

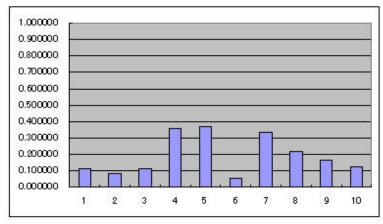


図 4.17.10 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.11 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand11)鶴見

11xx	成否	認識番号	反応値
xx01		11	0.469774
xx02		11	0.617382
xx03		11	0.447824
xx04		11	0.858442
xx05		11	0.610101
xx06		11	0.829552
xx07		11	0.430927
xx08		11	0.621600
xx09		11	0.592275
xx10		11	0.812172

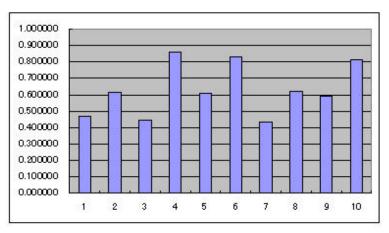


図 4.17.11 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.13.12 手の平内部の紋様による個人認証結果

(hand12)一柳

12xx	成否	認識番号	反応値
xx01		12	0.708574
xx02		12	0.756000
xx03		12	0.792437
xx04		12	0.813996
xx05		12	0.640455
xx06		12	0.462267
xx07		12	0.748523
80xx		12	0.690889
xx09		12	0.474135
Xx10		12	0.748885

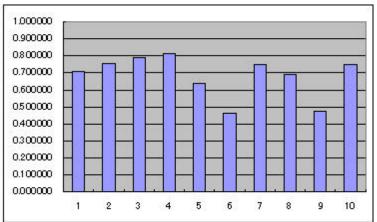


図 4.17.12 手の平内部の紋様による認証結果のグラフ

表 4.14.1 掌紋と形状による個人認証結果

(hand01)佐伯

01xx	成否	認識番号	反応値
Xx01		1	0.618527
Xx02		1	0.541139
Xx03		1	0.564181
Xx04		1	0.553564
Xx05		1	0.569989
Xx06		1	0.143734
xx07		1	0.115843
xx08		1	0.377948
xx09		1	0.628811
xx10		1	0.260338

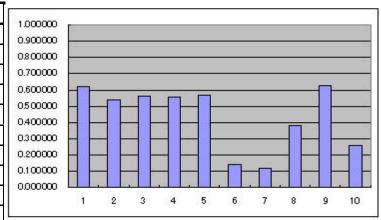


図 4.18.1 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.2 掌紋と形状による個人認証結果

(hand02)箱田

02xx	成否	認識番号	反応値
xx01		2	0.585438
xx02		2	0.625338
xx03		2	0.695744
xx04		2	0.715551
xx05		2	0.748598
xx06		2	0.595306
xx07		2	0.712728
80xx		2	0.466977
xx09		2	0.343813
xx10		2	0.424678

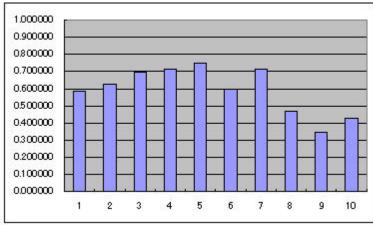


図 4.18.2 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.3 掌紋と形状による個人認証結果

(hand03)内田

03xx	成否	認識番号	反応値
xx01		3	0.943871
xx02		3	0.709526
xx03		3	0.815692
xx04		3	0.617116
xx05		3	0.750434
xx06		3	0.392456
xx07		3	0.769285
80xx		3	0.434246
xx09		3	0.348115
xx10		3	0.609470

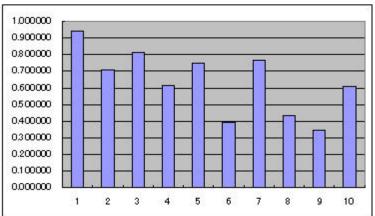


図 4.18.3 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.4 掌紋と形状による個人認証結果

(hand04)松本

04xx	成否	認識番号	反応値
xx01		4	0.675416
xx02		4	0.726309
xx03		4	0.772569
xx04		4	0.720306
xx05		4	0.736908
xx06		4	0.660058
xx07		4	0.474619
80xx		4	0.654314
xx09		4	0.717777
xx10		4	0.648034

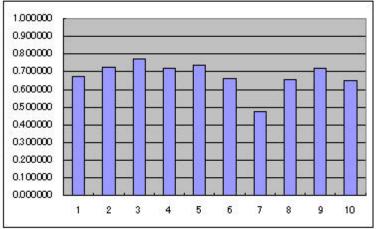


図 4.18.4 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.5 掌紋と形状による個人認証結果

(hand05)長尾

05xx	成否	認識番号	反応値
xx01		5	0.602511
xx02		5	0.495129
xx03		5	0.601730
xx04		5	0.756461
xx05		5	0.551156
xx06		5	0.684167
xx07		5	0.747456
xx08		5	0.460238
xx09		5	0.679035
xx10		5	0.609789

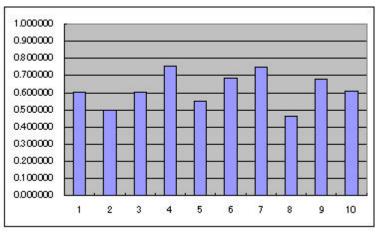


図 4.18.5 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.6 掌紋と形状による個人認証結果

(hand06)中原

06xx	成否	認識番号	反応値
xx01		6	0.509259
xx02		6	0.485538
xx03		6	0.755251
xx04		6	0.370994
xx05		6	0.439454
xx06		6	0.155176
xx07		6	0.478227
80xx		6	0.383243
xx09		6	0.340398
xx10		6	0.382506

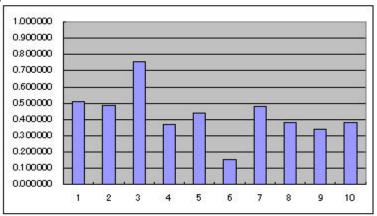


図 4.18.6 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.7 掌紋と形状による個人認証結果

(hand07) 森山

07xx	成否	認識番号	反応値
xx01		7	0.675745
xx02		7	0.639790
xx03		7	0.726297
xx04		7	0.647558
xx05		7	0.620159
xx06		7	0.688585
xx07		7	0.746986
80xx		7	0.579649
xx09		7	0.697922
xx10		7	0.685868

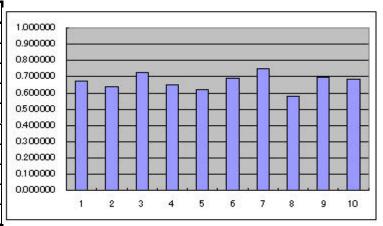


図 4.18.7 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.8 掌紋と形状による個人認証結果

(hand08)尾崎



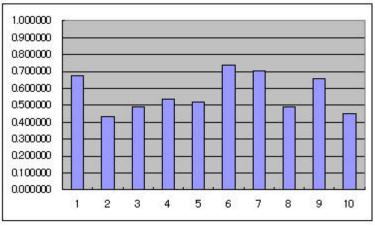


図 4.18.8 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.9 掌紋と形状による個人認証結果

(hand09)三木

09xx	成否	認識番号	反応値
xx01		9	0.603057
xx02		9	0.614533
xx03		9	0.656701
xx04		9	0.515866
xx05		9	0.698256
xx06		9	0.891149
xx07		9	0.670927
80xx		9	0.711338
xx09		9	0.643907
xx10		9	0.669630

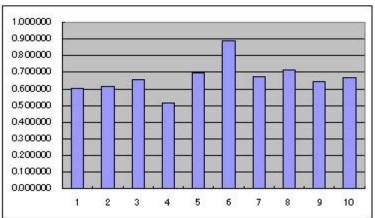


図 4.18.9 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.10 掌紋と形状による個人認証結果

(hand010)千屋

10xx	成否	認識番号	反応値
xx01		10	0.527326
xx02		10	0.405795
xx03		10	0.799546
xx04		10	0.353478
xx05		10	0.747513
xx06		10	0.278322
xx07		10	0.701965
80xx	×	8	0.280458
xx09		10	0.468238
xx10	×	8	0.105530

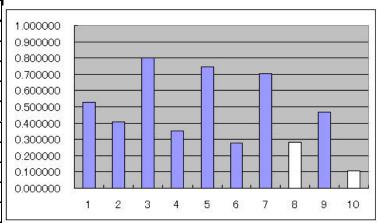


図 4.18.10 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.11 掌紋と形状による個人認証結果

(hand011)鶴見

11xx	成否	認識番号	反応値
xx01		11	0.280327
xx02		11	0.403570
xx03		11	0.374204
xx04		11	0.652599
xx05		11	0.349359
xx06		11	0.464263
xx07		11	0.487497
80xx		11	0.495786
xx09		11	0.424068
xx10		11	0.340743

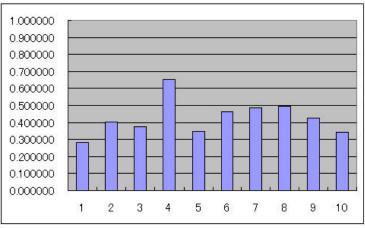


図 4.18.11 掌紋と形状による認証結果のグラフ

表 4.14.12 掌紋と形状による個人認証結果

(hand012)一柳

12xx	成否	認識番号	反応値
xx01		12	0.839151
xx02		12	0.834475
xx03		12	0.837795
xx04		12	0.792583
xx05		12	0.732356
xx06		12	0.680220
xx07		12	0.761503
80xx		12	0.680216
xx09		12	0.615999
xx10		12	0.589272

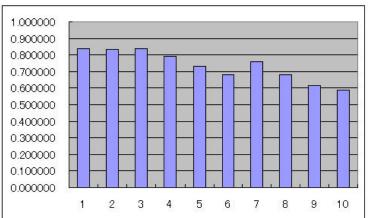


図 4.18.12 掌紋と形状による認証結果のグラフ

5. 掌紋認証の有効性と今後の課題

5.1.考察

実験結果を見ると,手の平内部の紋様による認識が形状と併用によるものに比べて に高いと判断できる。この理由としては,手の平全体をエッジ検出のためのしきい値 を下げたため,必要な部分だけでなく,ノイズも拾うようになり,正しい学習ができ なかったためと見られる。

5.2.まとめ

掌紋画像 12 人各 10 枚を採取し,各パターン 5 枚をニューロボードに学習させ,学習データ,未学習データを合わせた各パターン 10 枚で評価させたところ,良好な結果が得られた判断できる。

以上のように,ニューロボードを用いた掌紋による個人認証の有効性は高いと考えられる。

5.3.今後の課題

hand08の人物は,反応値を見ると全体的に低く,特に2番目,9番目の結果は特に,0.1 も満たしていない判断できる。また,形状と併用して認識した場合は,この人物の反応値は上がっていると判断できるが,エッジのしきい値が低いため結果として,認証結果が全体的に反応が弱くなったと考えられる。

この掌紋のみの実験では,本実験ですでに登録されている人物の掌紋ではなりすましをされることはないと証明できる。しかしながら,未登録の人物が掌紋認証を行なった場合,反応する可能性があると考えられる。

一般的にこのようななりすましは,しきい値を用い反応値が不充分なものを排除することが可能であるが,この人物の反応値は非常に低いことからこの方法は使用できないと考えられる。

また,1対1照合ならば,このような本人反応値が低い場合であっても,他人受理が起こる可能性が減ると考えられる。

今後は,低い反応でも本人として認識する場合においても,未登録者の「なりすまし」を防ぐために,反応値を教師値1に近づける必要があると思われる。そして,掌

紋認証の実用性についてさらに多くのデータを用いた多方面からの検証を行なう必要があると考えられる。

6.謝辞

お忙しい中,メールの質問にたびたび,お答えのメールを書いていただき,一年半という間,ご指導いただいた竹田教授ならびに,忙しい時間を割いて,掌紋画像を採らせていただいた,研究室の学生一同に感謝と,本実験の本筋となる,ニューロボードを開発していただいていた,グローリー工業様に感謝いたします。

7.参考文献

- (1)内田薫,"バイオメトリクスによる個人認証技術とその応用",電学誌,120 巻 7号,p.407~410,(2000)
- (2)橋本周司,"顔認識と合成",システム制御学会誌,Vol.44,No.3,p.102~109,2000年
- (3)谷内田正彦,"顔とジェスチャの認識", システム制御学会誌,Vol.44,No.3,p.97~101 ,(2000年)
- (4)森嶋繁生,八木康史,"顔の認識・合成のための標準ツール",システム制御学会誌,Vol.44,No.3,p.121~127,(2000)
- (5)西蔭紀洋,竹田史章,吉田与志一,仁木章人"小規模ニューラルネットワーク群による 筆記者認証装置",電子情報通信学会論文誌 D - ,投稿中
- (6) 竹田史章, 西陰紀洋,藤田靖"自己学習型ニューロ紙幣識別ボードの開発とその汎用展開",電気学会論文誌 C,121 巻 1 号,(2001)
- (7)F.Takeda and T.Nishikage,"Development of autonomic neural board and advancement to palm prints recognition."
- (8)竹田史章,西陰紀洋,"紙幣用ニューロテンプレートマッチング識別手法の開発"電気学会論文誌 C,Vol.121,No.1,(2001)
- (9)麻生英樹,"ニューラルネットワーク情報処理",産業図書株式会社,1988 年 6 月 20 日 (10)小畑秀文,"個人識別技術の現状と展望",システム制御情報学会誌,Vol.35,No.7,pp 383~389,(1991)
- (11)増田功,"セキュリティにおける個人識別技術",システム制御情報学会誌,Vol.35, No.7,pp431~439,(1991)
- (12)S.Nagata,M.Sekiguchi&K.Asakawa,"Mobile Robot Control by a Structured Hierarchical Neural Network",IEEE Control System Magazine,A p.69,(1990)
- (13)"バイオメトリクスの概要",URL="http://www.secugen.co.jp/biometrics.html"
- (14)"複数のバイオメトリクス認証と PKI を連携させるネットマークス", URL="http://www.atmarkit.co.jp/news/200005/30/netmarks.html"
- (15) "バイオメトリック認証 (Biome-tric Identification)", 日経 B P デジタル大事典 2000-2001 年版, URL="http://findx.nikkeibp.co.jp/static/yogo.html",(検索キーワード 指紋)
- (16)"個人認証 (Personal Authentication)",日経BP デジタル大事典 2000-2001版,URL="http://findx.nikkeibp.co.jp/static/yogo.html",(キーワード 個人認証)
- (17)秋葉茂隆氏,"指紋認証技術の日本法人を設立小型・安価の特徴で用途拡大を狙う", 日経コンピュータ,1999 年 12 月 6 日掲載
- (18) "コンパック指紋認証システム",URL="http://tech.otsuka-shokai.co.jp/a_secure/solution/lan/fprint/"
- (19) "バイトメトリックス元年 " SecuGen の IT 戦略 " ",日刊工業新聞,2000 年 3 月 30

日掲載

- (20) 塚田茂昭氏,"セキュリティーの宣教師に",ib web(internet business web magazine),URL="http://www.ib-web.com/2000/comm/comm_08_09.html"
- (21)"Why Choose TrueFace?",eTrue,URL="http://www.etrue.com/solutions/why.htm"
- (22)"電子ペン",日本システム開発,URL="http://www.jsdnet.co.jp/densi/dp-1000/","http://www.jsdnet.co.jp/pen/dm.html"
- (23) "Cyber-SIGN",日本サイバーサイン株式会社,URL="http://www.pss-net.com/ss/c-sign/c-sign.html"
- (24)"掌紋されど掌紋",URL="http://www.nowden.co.jp/info/tips/infobox032.html"
- (25)"スジの秘密",URL="http://www.palm-c.com/basis.htm"