

平成 1 2 年度

学士学位論文

顔画像認識システムにおける認識精度の向上  
に関する研究

Research of improving of recognition  
ability in Face recognition system

所属 : 高知工科大学情報システム工学科

指導教員 : 竹田 史章 教授

学籍番号 : 1 0 1 0 3 7 9

氏名 : 尾崎 一穂

2 0 0 1 年 2 月 5 日

## 要旨

今日、生体情報がパスワードとして使われる時代が到来した。音声・指紋・掌紋・筋肉電流など、いろいろな生体情報がパスワードとして使用されるために研究がなされている。本研究では、顔画像認識に着目する。顔は人間すべてが持ち合わせており、非常に人間にとって身近で取り扱い易い生体情報である。

本研究ではFaceItという米国で研究・開発されたソフトを用い、日数の経過・照明条件に関する比較実験を行う。これにより、顔画像認識を用いた個人認証への可能性と課題を検討する。

## Abstract

The age when biometrics was used as a password came today. Because various biometrics such as a voice, a fingerprint, a palm print, and muscular currents are researched as a password. In this research, pay attention to the face image recognition. It is easy for all men to have, and to handle the face very near oneself for man. The comparison experiment concerning passage and the illumination condition of days is done by using the software, which is researched and developed in the United States, named FaceIt, the possibility and the problem to an individual attention which uses the face image recognition are examined.

# 目次

1 . はじめに.....	4
2 . これまでに研究された顔画像認識手法.....	6
2 . 1 顔画像認識における統計的手法.....	6
2 . 1 . 1 ロバスト統計.....	6
2 . 1 . 2 EM ( Expectation Maximization ) アルゴリズム.....	7
2 . 1 . 3 モデル選択手法.....	7
2 . 2 高次局所自己相関特徴と判別分析を用いた顔画像認識.....	8
2 . 3 ニューラルネットワークを用いた顔画像認識手法.....	8
2 . 3 . 1 近赤外・可視光画像を用いた効率的な顔パーツの抽出.....	11
2 . 3 . 2 GA・ニューラルネットによる顔画像認識.....	11
2 . 4 本研究の実験条件に似ている過去の事例.....	13
2 . 5 顔画像認識技術を用いた商品の例.....	15
2 . 5 . 1 オムロンによる徘徊者保護システム.....	15
2 . 5 . 2 FaceItを使用したアルファデータ社の例.....	15
3 . FACEITについて.....	16
3 . 1 FACEITの特徴.....	16
3 . 2 本研究に関するFaceItの重要機能.....	17
3 . 2 . 1 User List (ユーザーリスト).....	17
3 . 2 . 2 Access Log (アクセスログ).....	18
3 . 2 . 3 著作権.....	19
3 . 2 . 4 True Face.....	19
3 . 3 FACEIT実行時.....	20
4 . 実験の条件設定.....	21
4 . 1 実験1・2を通しての条件.....	21
4 . 2 実験1に関して.....	23
4 . 2 . 1 実験手順.....	23
4 . 2 . 2 実験1に対して期待する成果.....	23
4 . 3 実験2に関して.....	23
4 . 3 . 1 実験方法.....	23
4 . 3 . 2 実験2に対して期待する成果.....	26
5 . 実験1 : 経時変化.....	27

5 . 1	実験 1 の結果 .....	2 7
5 . 2	実験 1 に関する考察 .....	2 8
6 .	実験 2 : 照明変化.....	3 2
6 . 1	実験 2 の結果 .....	3 2
6 . 2	実験 2 に関する考察 .....	3 3
7 .	実験 1 ・ 2 の比較検証.....	3 9
7 . 1	実験 1 の結果 .....	3 9
7 . 2	実験 2 の結果 .....	4 0
8 .	まとめ.....	4 2
9 .	今後の課題.....	4 3
1 0 .	謝辞.....	4 6
1 1 .	参考文献.....	4 7

# 1 . はじめに

今日、生体情報をコンピュータで認識に使う時代が到来している。生体情報が個人認識のパスワードとして使用されるようになったのは、第一にセキュリティレベルという問題がある。従来の電子署名だけでは完全な本人確認とはならない。また、端末へのログインパスワードの盗難という問題がある。そのため、本人確認には生体情報を使用するのがもっとも適している。このような問題が生体情報とパスワードが併用されることによって軽減されると考えられる。生体情報を個人認識のパスワードとして使う上で、信頼性・安全性・利便性・費用対効果拡張性・互換性・社会的な認知などが挙げられる。生体情報として用いられるものとしては、指紋・音声・指形・掌紋・筆圧・顔など、いろいろなものがある。これらの中から、本研究では顔に着目する。顔は他の生体情報と比較して、人間が他人を認識する上で必ず視覚的に捉えるものなので、分かりやすく、取り扱い易い。この取り扱いやすさという面において、他の生体情報を使った個人認識手法と比較して優れている。また、現在デジタルカメラなどの普及によって、インフラ（infrastructure）整備が容易に行うことができるといった特徴も備えている。これらは長所といえる点である。反対に困難な問題として、顔には多種多様な表情の変化や髭や髪の毛などの様々な要因による変化により認識するのが難しいという点が挙げられる。また、人の顔を撮影する必要があるため、プライバシー保護の問題に発展することもあるという点が挙げられる。撮影環境と人間工学的な側面を管理する必要がある。

顔画像研究は世界でも多岐にわたる公式ホームページなどその研究は盛んに行われている。日本でも、NHK・NTT・KDD・電総研・東大などにて研究が盛んに行われている。世界でもっとも有名な顔画像認識のアルゴリズムはEigenFaces（MIT：マサチューセッツ工科大学）で、1000人程度のデータベースに耐えうることができる。その他にもいろいろな観点・視点から顔画像認識に関する実験・研究が行われている。顔画像研究においてもっとも難しい点として、顔の検出と識別という問題を取り上げることができる。人間にとって、顔を認識することは安易に行われているように思われる。しかしながら、コンピュータ上ではそれほど安易な問題ではない。人間の脳には、顔の認識だけを専門につかさどる領域が存在することが示唆されている。問題である検出に関して言うと、コンピュータは画面の中に顔が存在するのかどうかを判断する必要がある。コンピュータは顔があれば、カメラからの位置および距離を測定する。認識においては、顔の位置を割り出した後、システムはデータベースに格納された顔と整合する必要がある。これら顔の検出や認識がコンピュータにとって、困難である理由の一つには、固定の画像パターン（単純なテンプレート・マッチングで検出・分析が可能）で表現されないということが挙げられる。人間の顔はいろいろな条件のもとでいろいろな変化をする。顔の表情、向き、髪型、髪の毛（眉

毛やひげ)、眼鏡のリードなど時間の経過につれて変化し、ある顔に固有な、おびただしい量の多様性が発生する。

本研究の実験に使用する顔画像認識ソフト(FaceIt)は米国政府が試験し、米国の大学で開発・設計されたパソコン用の顔画像認識ソフトウェアである。現在、人間の生体情報をパスワードとする研究は盛んに行われている。FaceItでは、顔を視覚的なパスワードとして利用し、ユーザのコンピュータやファイルを保護する。コンピュータのビデオ・カメラと組み合わせることにより、頭部を検出し、顔の位置を割り出して、瞬時にユーザを認識することが可能である。FaceItの映像処理法について述べると、ビデオ・カメラとパソコン上のボードによって、画像を捉え、この捉えた画像を分析のためのメモリーに格納する。入力ヘッド・モジュールに放出され、大まかな位置を割り出す。入力が映像であれば、モーション・モジュールがこの作業を支援する。この2つのモジュールの信号処理は、脳内の初期の視覚処理に類似している。映像は時空階乗コードに変換され、本質的には、非線型アナログの標準の時空エッジ検出になる。このような表現により、頭部形状の統計的な特性測定が容易になり、背景から頭部を切り出すことが可能になる。ヘッド・モジュールは、超高速マッチング・アルゴリズムを使用し、頭部がそこにある確率を各ポイントで推測する。頭部の検出は、手動の操作はまったく必要がない。頭部を検出したことは、画面に現われる丸い円によって赤(非認識)・緑(認識)と表示されるため、視覚的にも容易に理解できる。また、音声によって認識に成功したことを報告する機能も付加されている。

顔画像認識技術はいろいろな分野での活用が期待される。たとえば看護面においてや徘徊老人の介護、警備上の問題にも応用することができると考えられる。これらが実現すれば、我々の生活が現在よりも快適になると考えられる。しかしながら、顔画像はいろいろな条件下において容易に変化するため、頭部の検出や認識が困難であることが挙げられる。これらのいろいろな条件とは、人的要因(髭・髪の毛など)であり外的要因(照明条件・経時変化など)である。これらの問題が解決されれば、さらに他分野への活用が実現へ近づくと考えられる。

本研究では、認識の際に様々な影響を与える条件の中から照明と日数の経過に関するいろいろな条件を与える。また、それらの諸条件が認識にどのような影響を与えるのか、その反応について検証する。

## 2 . これまでに研究された顔画像認識手法

顔画像認識における特徴として、以下のようなものを挙げる。

速度，精度，費用面において有利。

ユーザは人間と同じ認識プロセスを好む。

アクセス履歴の監査確認作業は簡単であり短時間に判断できる。

非接触で認識が行える。

他のセキュリティーツール（カード等）と組み合わせることにより、高い精度を得ることが出来る。

すべての人は顔を持っているため、高い対応が可能。

照合は 1.5 秒以下で行われ、認識の高速化を図ることが可能。

人間が通常用いる認識方法は顔である。

低価格

カメラの普及によるインフラ（infrastructure）整備の容易性

このような特徴が挙げられる。

これより、従来顔画像認識に用いられてきた手法を取り上げる。従来の顔画像認識の手法として用いられていたものとして、次のようなものを挙げる。

### 2 . 1 顔画像認識における統計的手法

統計的手法は、画像処理でも基本的な道具として、さまざまな場面で利用されている。以下で基本的な統計的手法、特に、多変量データ解析手法および最近画像処理でも盛んに使われるようになってきたロバスト統計、EM( Expectation Maximization ) アルゴリズムやモデル選択手法などの統計手法について概説する<sup>(1)</sup>。

#### 2 . 1 . 1 ロバスト統計

重回帰分析(最小 2 乗法)では、モデルとデータとの誤差が平均 0 の正規分布に従う場合には、推定されたモデルは最適なものとなるが、データに例外値が含まれているような場合には、推定結果は例外値の多大な影響を受けるため、よいモデルが推定できるとは限らない。

画像処理やコンピュータビジョンでは、データに例外値が含まれていることを前提にしてデータからモデルのパラメータを推定できれば便利ことが多い。たとえば、複数の動きを含んだデータから主要な動きのみを推定したい場合には、異なる動きのデータを同時に処理し、データの主要な部分のみから運動のパラメータを推定できれば便利である。

ロバスト統計を用いると、例外値をある程度含むようなデータからでも比較的安定

にモデルのパラメータを推定できる。以前は、ロバスト統計に基づく手法は、メディアアンフィルタなどの画像の平滑化以外ではあまり利用されていなかったが、1990年代に入って、様々な用途で使われるようになった。最近では、画像処理やコンピュータビジョンの分野でもモデル推定のための標準的な手法とみなされるようになった<sup>(2)</sup>。

## 2.1.2 EM (Expectation Maximization) アルゴリズム

### △

画像処理やコンピュータビジョンの問題を困難にしている原因の一つとして、扱う対象が複数同時に存在することが多いことが挙げられる。例えば、画像中には一般に複数の物体が存在している。ひとつの物体の認識や識別は比較的易しい場合もあるが、複数存在する場合には一つ一つの物体を切り出さなければひとつの物体のみを認識する手法は使えない。しかし、まだ認識もできていない物体を切り出すのは容易なことではない。

複数物体の認識のほかにも、画像が複数の領域からなっているときに領域を分割する問題、あるいは、画像中の複数の物体が移動している場合にそれぞれの運動パラメータやオプティカルフローを求める問題などはいずれも複数性によって困難が生じている。

このような問題に対処するためのアプローチとして、複数対象のモデル化の問題を確率分布の混合分布の最尤推定問題としてとらえる方法がある。その解は、EM アルゴリズムを利用することにより求めることができる。また、局所最適解ではあるがアルゴリズムの収束性も示すことができる<sup>(3)</sup>。

## 2.1.3 モデル選択手法

コンピュータビジョンでは、例えば、画像の領域分割における分割数の決定、オプティカルフロー推定のためのモデル決定、正則化手法における正則化パラメータの決定などのように、複数のモデルの中からデータをうまく説明するモデルを選択しなければならないことがある。また、モデルのパラメータを精度良く推定するためにもデータをうまく説明するモデルをデータに即して決定することが必要となる。

重回帰分析において、平均2乗誤差は学習データに対するモデルのあてはまりの良さを評価する基準であると考えられる。しかし、モデル  $f(x, \theta)$  の自由度を大きくすると学習データに対する平均2乗誤差をどんどん小さくすることができる。そのモデルが学習データに対していくら良くあてはまったとしても、必ずしも未知のデータに対しても良くあてはまるとは限らないので、平均2乗誤差をモデル選択の基準として用いることはできない。未知データに対しても有効に働くようなモデル、つまり、データの背後の確率統計的關係をうまく捉えたモデルを決定するためには、モデルの

自由度に関するバイアスをもたないようなモデルのあてはまりの良さに関する評価基準が必要となる<sup>(4)</sup>。

## 2.2 高次局所自己相関特徴と判別分析を用いた顔画像認識

画像集合を直接主成分分析や判別分析して固有顔を構成して、顔画像の認識に利用する方法を示した。しかしながら、この方法では、画像中の顔の位置が少しでも変化するとパターンが大きく変化する。このため画像の位置や大きさなどをあらかじめ正規化しておく必要がある。大津氏等は、これを改善するために、画像から対象の位置や大きさの変化に頑健な特徴(高次局所自己相関特徴)を抽出し、その特徴の基づいて識別する方法を提案している。高次局所自己相関特徴に基づく方法は、対象の位置の変化に頑健で、しかも、非常に簡単な計算で特徴を計算できるので、実時間での顔画像認識が必要なヒューマンインタフェースなどにも利用されている。

栗田氏等は、高次局所自己相関特徴と判別分析を組み合わせた方法を顔画像の識別に適用し、50人から撮影した約1000枚の顔画像の識別実験において92.2%の認識率を得た。また、画像ピラミッドの各画像から特徴を抽出することにより、認識率が向上することを示している。Goudail氏等は、画像ピラミッドの各解像度の画像から抽出した高次局所自己相関特徴で独立に判別分析を行い、さらにそれらを統合して識別するなどの工夫により、116人から撮られた11600枚の顔画像の識別において、99.9%の認識率を達成している。大きさの変化に対しても頑健にする試みとしては、画像ピラミッドに基づく方法や抽出された特徴の組み合わせ方を工夫することにより大きさに不変な特徴を構成する方法などがある。また、栗田等は、能動視覚システムを利用した認識を目指して、Log-Polar画像から高次局所自己相関特徴を抽出することにより、大きさの変化に対して強化することを試行している<sup>(5)</sup>。

## 2.3 ニューラルネットワークを用いた顔画像認識手法

### 【ニューラルネットワークの特徴】

ニューラルネットワークの特徴は、高度並列分散型の情報処理にある。いろいろな言葉(コネクショニズム、MMP(Massively Paralell Processing)、PDP(Paralell Distributed Processing)、ニューラル・ネットワーク、超並列.....)がほとんど同じような領域を巡って飛び交っている。ニューラルネットワークは、神経回路網のモデルについて考察してきた人たちが使っている言葉である。それらいろいろな言葉がたくさん比較的な情報処理要素が、相互に結合して簡単な信号をやり取りするような形のネットワーク状のメカニズム(高等な動物の神経回路網にヒントを得たもの)を使って、「情報処理」と呼ばれる仕事をさせるものである。

図の「比較的単純な」は、たくさんの入力サイトと一つの出力サイトを持ち、一つ

の内部情報を持つ。内部状態の値は、入力のあまり複雑でない関数として定まり、出力は内部状態のあまり複雑でない関数として定まるような、とする。また、「簡単な信号」を限られた範囲の、限られた精度の実数とおく。

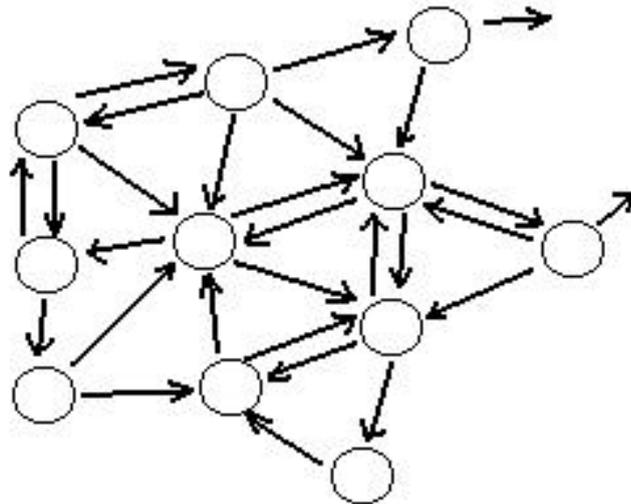
ニューラル・ネットワークの特徴としては、

個々の要素ユニットはかなり単純で均一な処理（簡単なルールによる状態変化）しかしない。

ユニット間には、単純な情報（各ユニットの出力についての情報）しか流れない。ユニット同士の結合の仕方（結合の重み）によってメカニズムの動作を本質的に制御する。

それぞれのユニットは、原則として非同期的に勝手に動く（分散、無中枢）。ということが挙げられる<sup>(6)</sup>。

以下に従来のニューラル・ネットワークの例（図 2.1）を挙げる。



比較的単純な情報処理要素  
信号の流れ

図 2.1 ネットワーク・メカニズム

画像処理による対象物の認識に関する研究は、様々な手法で研究が報告されてきた。その研究の中で対象が人間であった場合、人間は顔だけ見ても無限のパターンを持つため、画像の中に多くの情報が含まれる。このことに関して、昔から多くの研究者が計算機を用いてその無限に近いパターンをどのような方法で識別するかについて注目してきた。これが、これまで画像処理の分野で対象人物の認識・識別の研究が多くなされてきた理由である。しかし、顔画像認識における大きな課題は、計算コストの軽減と画像の中で対象人物が拡大縮小・回転・移動することに対応できるかということであった。一般的に、人間は一定の位置で静止して正面を向いていることはほとんどない。対象人物を撮影すると、常に動き顔はいろいろな向きを向くことがわかる。

この課題を克服するために、上記にある手法も含めてこれまで多くの画像処理の研究がなされてきた。その多くの手法の中で、ネオコグニトロンモデルは位置に依存せずに対象を検出することを実現したニューラルネットワークのモデルである。ネオコグニトロンモデルはコグニトロンモデルから改良されたモデルでありその構成は次のようになっている。

・コグニトロンモデル...

競合学習と階層構造をもつ視覚認識モデル。

- n+1 層は n 層の平面のローカルな特徴を抽出する。局所的な特徴抽出を繰り返し、全体的な特徴抽出が可能になる。

・ネオコグニトロンモデル...

コグニトロンにパターンの位置ずれに対応する能力を付加したモデル。コグニトロンの特徴抽出層を拡張することで、ある程度の変形・位置に可変である機構を加えた。

- 中間層の平面の数がコグニトロンに比べて増えた。特色として、特徴抽出面を多く設定したことが挙げられる。

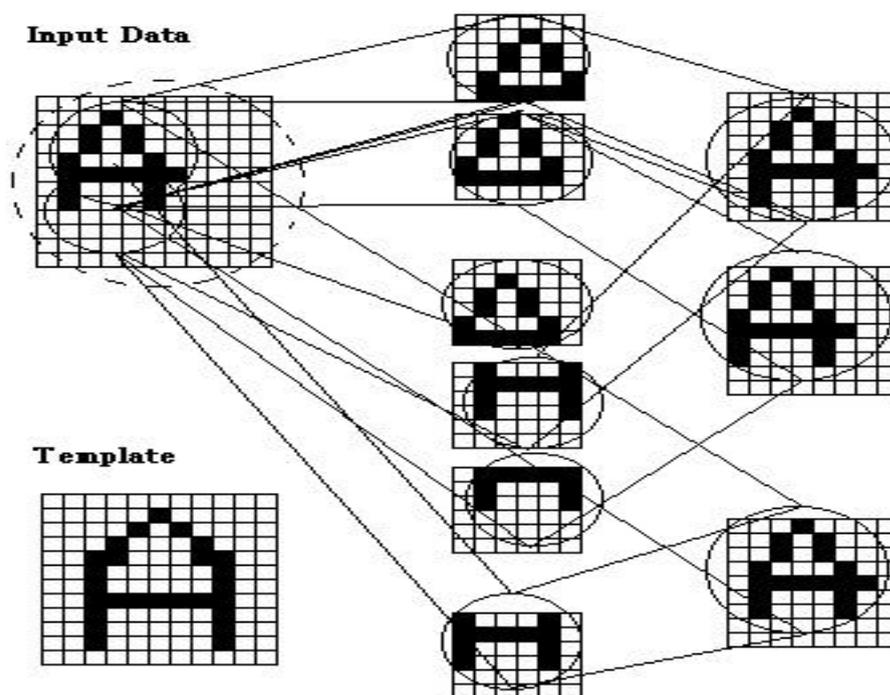


図 2.2 文字認識への応用例

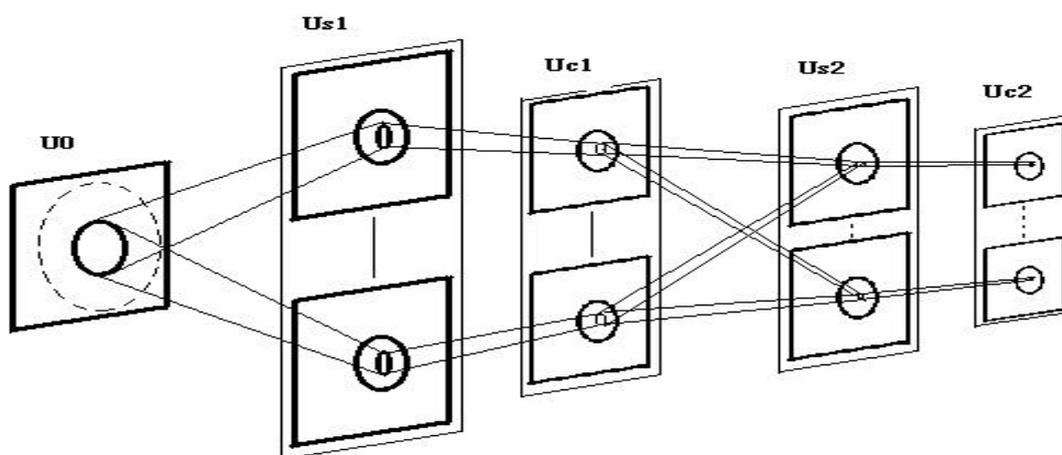


図 2.3 モデルの構造

しかし、上記に挙げた課題にもある計算コストの面でこのモデル（図 2.3 参照）は非常に高い計算コストを必要とするため、文字認識には高い性能（図 2.2 参照）を示しているが人物の検出に応用することは困難である<sup>(7)</sup>。

### 2.3.1 近赤外・可視光画像を用いた効率的な顔パーツの抽出

デジタル画像からの人物検出は、従来からさまざまな手法によってその解法が提案されてきた。本研究では、目や口といった人物の顔パーツを近赤外画像と可視光画像を用いて抽出することを目的とする。

本手法では、近赤外画像を用いて露出した顔のような熱が放射している部分を検出する一方、可視光画像を用いて顔パーツを抽出する。各顔パーツの検出には 2 次元高速フーリエ変換とニューラルネットワークモデルを用いる。近赤外画像を用いることで効率的に顔と思われる領域を推定することが可能となる。それと同時に、2 次元高速フーリエ変換を用いることで、位置に依存しない顔パーツの特定が可能となる。ここでは、フーリエ変換を用いたデータ変換に関して特に工夫した点について報告する。さらに、顔認識における従来の手法のように顔パーツの有無による絶対的な検出を行うのではなく、ニューラルネットワークモデルを用いて、0 から 1 の範囲で確率的に判定をする<sup>(8)</sup>。

### 2.3.2 GA・ニューラルネットによる顔画像認識

人間は人の顔で個人を識別するとき、顔の中に含まれる複数の何らかの情報を処理しながら総合的に判断していると考えられている。そこで、本研究では、あいまいさを含む情報処理に効果的であるニューラルネットワークを用いて、顔の輪郭や各造作を含めた濃淡パターン全体として顔画像をとらえて、顔画像による個人識別を行った。

顔を認識するニューラルネットワークは、階層型ネットワークとした。顔画像の学習方法には、Back Propagation 法を用いた。しかし、ニューラルネットワークは、その能力や構造などを決める学習パラメータの値をあらかじめ設定しなければならない。そこで本研究では、従来まで、ネットワークの設計者が多くの知識と経験や試行錯誤によって決定していたニューラルネットワークの学習パラメータについて、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて最適値を求める手法を試みた。その結果、Back Propagation 学習のパラメータの最適値を決定することができた。GAで求めたパラメータは、学習を高速化するだけでなく、初期値によらずに振動を防ぐ収束安定性に特にすぐれていることが確かめられた。

そして、そのパラメータにより、顔画像データベースから取り出した 30 人の顔画像を学習させた。学習後、そのネットワークに学習に用いた 30 人の顔画像を入力したところ 100%認識した。さらに、顔画像パターンを順次ネットワークに入力し、中間層の出力を取り出して解析した。また、多次元尺度法で中間層出力パターン間の類似度を 2 次元空間上で表現した。その結果、中間層にはそれぞれ顔の特徴が現われていることが確かめられた。階層型ニューラルネットワークでは、入力が中間層で何らかの特徴空間に変換され、特徴を解析しパターンを分類したり、識別過程で必要な情報が中間層から得られることがわかった<sup>(9)</sup>。

#### BP 法 (Back Propagation 法)

BP 法は 1986 年にラムエルハートらによって入力層、中間層、出力層からなる階層型構造のニューラルネットワークに対して提案された教師データ付きの学習法である。ここで教師データとは、ある入力データに対して期待する出力データのことであり、また入力データと教師データを合わせて学習データという。

図 2.4 は、BP 法のモデルを表示したものである<sup>(10)</sup>。

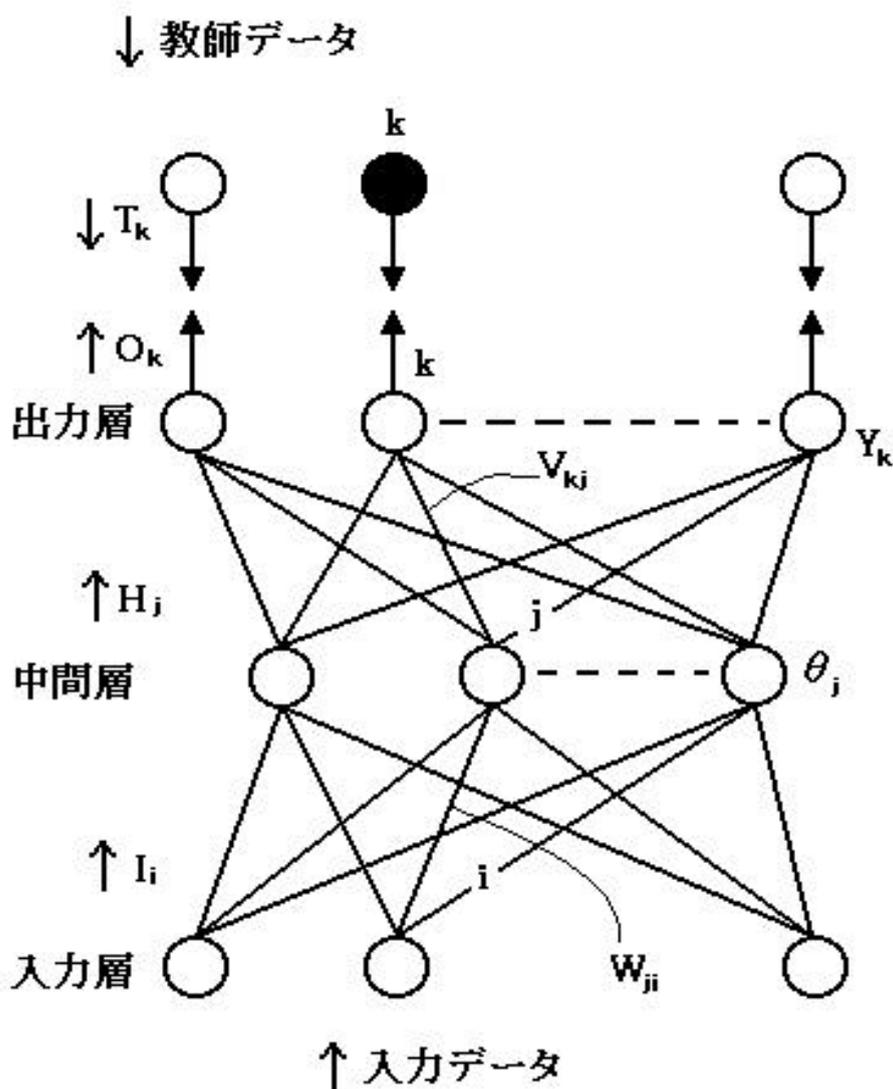


図 2.4 BP法のモデル図

## 2.4 本研究の実験条件に似ている過去の事例

今回、著者が行う実験に酷似したものを発見した。照明条件の異なる顔画像群に対する個人判別実験という実験である。これは照明条件の変化が顔画像認識に及ぼす影響を定量的に測ることにより、今後の顔画像蓄積について考える資料とする実験である。

### 【検証項目】

様々な照明条件で撮影した顔画像を作成。

現在行なっている前処理の妥当性

現在行なっている線形判別分析の前処理

【素の顔画像を実験用顔画像へと加工する手順】

デジタルスチルカメラで顔写真をとる。  
画像中から、縦／横比が等しくなるように顔部分を切り出す。  
グレースケールに変換する。  
equalize 処理をする。(0-255 になるようにヒストグラムを引き延ばす)  
ディスクに保存。

#### 【工程】

顔画像をディスクよりロードする。(ここより以降は全て浮動少数点数として扱われる)

顔画像を normalize する。(各画素につき、平均を引き分散で割る)  
顔画像を縮小し、全ての顔画像のサイズを一致させる。

上記の工程を経てから、線形判別分析にかける。

#### 【実験について】

照明ありで撮影した顔画像  
照明なしで撮影した顔画像  
それらの混在

これらの画像群に線形判別分析を適用し、顔画像の認識率を求める。  
このとき、画像サイズは 10x10(100 ピクセル)と 20x20(400 ピクセル)の 2 種類について実験を行う。また、前処理として normalize をする場合と、そうでない場合とを共に行い、その様子も比較する。

#### 【考察】

照明なしよりも照明ありの認識率が高いことから、照明条件が一定に保たれた方が安定したクラスタを形成することが考えられる。同様に、混在型の認識率が悪いのは、安定したクラスタを形成しないためであると考えられる。

画像サイズの違いと normalize の有無に関して、以下のように考えられる。

画像サイズを上げることにより、認識率が確実に向上していることがわかる。混在型において、normalize した場合よりも normalize しない場合が良い結果をだしていることから、normalize により顔画像の特徴量を捨てていることがわかる。照明なしと照明ありにおいて、normalize が変化をもたらさないことから、捨てている特徴量は、照明条件の変化により生まれる特徴であることが考えられる。

#### 【結論】

照明条件の違いを区別して顔画像を撮影し続ける。つまり現状を保つ。Equalize 処理を省くことに問題があるかということは不明のままである。このことから、今後は equalize 処理しないで画像を蓄積する(equalize 無し画像として、従来型とは区別して蓄積する)。十分な量の画像が溜った時点で、equalize ありとなしの画像で比較を行ない、検証する。Normalize はしないほうが高い判別結果を示す。しかし、実験量が不十分である。今後の追加実験が必要である<sup>(11)</sup>。

## 2.5 顔画像認識技術を用いた商品の例

### 2.5.1 オムロンによる徘徊者保護システム

顔画像認識技術を利用した商品も開発されている。

オムロンは8月3日、世界で初めて顔画像認識技術を応用したはいかい者保護システムの実用化にめどをつけたと発表した。同システムは、痴ほう性の高齢者がいる老人ホームなどで使用されるもので、出入口や玄関に、一見分からないようにカメラを設置しておき、あらかじめ登録しておいたはいかい者の顔画像と、カメラで撮影した顔画像との照合を行い、施設の外へ出ようとする者を検知・通報する。顔画像だけで認識するため、従来のシステムのように発信機やタグなどの装着が不要となるため、装着の煩わしさやメンテナンスの軽減を図ることができる。システムの導入もより容易となる。商品化は'99年春の予定である<sup>(12)(13)(14)</sup>。

### 2.5.2 Face Itを使用したアルファデータ社の例

アルファデータは、CCD (charge-coupled device) カメラとセキュリティソフトを組み合わせたセキュリティキット「メールガードマン AD-CCDF2」を1999年10月31日より発売する。Windows98 を搭載したパソコンに対応する。この「メールガードマン AD-CCDF2」は、USB 接続の25万画素 CCD カメラと顔認識 PC ユーザー特定セキュリティ・ソフト「Face It PC(フェイスイット・ピーシー)」がバンドルされている。CCD カメラを通し登録した顔の画像を元にユーザーを自動認識、マシンへのアクセス許可を与える。ユーザーの認識登録は最大5人までできる。顔の識別後、ユーザー登録されている顔画像情報と一致した場合はシステムが起動し、パソコンの前に登録外の人が座った場合はロックする<sup>(15)</sup>。

## 3 . F a c e I t について

### 3 . 1 F a c e I t の特徴

1章でも少し触れたFaceItは、パソコン用の顔面認識ソフトウェアである。

#### アクセス制御 :

FaceItは、使用者からの要求により、あるいはあらかじめ設定された休止期間後に自動的にコンピュータをロックする。カメラを覗き込むだけでアクセスすることが可能である。FaceItはまずユーザの存在を検出する。次に、顔を見つけて識別する。最後に、アクセスを許可する。手による操作は必要としない。

FaceItはユーザが設定したスクリーン・セーバーと同時に動作させることが可能である。強力な偽物鑑定機能が顔のわずかな動きも捉えるため、画像やマスクの顔と、本物の人間の顔とを見分けることが可能である。また、アクセスを許可、あるいは拒否されたすべての人物の写真などを取り込んだ検査ログ記録 ( Access Log ) を作成する。

#### ファイルの暗号化 :

FaceItはFaceItサイファーを用いて暗号化することによって、機密および秘密のドキュメントを保護する。また、被暗号化画像は顔面識別による照合無しでは、解読できないように作成されている。“ドラッグ&ドロップ”により、暗号化および暗号解読は、迅速で容易に行うことが可能である。この機能によって、ファイルはもちろん、フォルダー全体をも暗号化できる。銀行で使用されているものと同様のD. E. S暗号化技術 ( ) を使用し、経理記録も保護する。FaceItはWindows 9 5 / NTのエクスプローラと完全に統合化することが出来る。

#### DES(Data Encryption Standard)

この暗号化方式は1977年にアメリカの連邦規格に採用され、1981年にANSI(アメリカ商務省標準局)標準となった。作成したのはIBMである。56ビットの鍵を使用する。共有鍵方式では最も有名な方式だが、それだけに解読についても多くの研究がなされ、DES技術は既に破綻を来していることが明白な状態である。99年1月には、有名なコンテストでこの方式の暗号解読に22時間15分で完了したという記録がある。そのため、1997年にAESと呼ぶことにする新しい標準暗号が公募され、現在選定作業中である<sup>(17)</sup>。

#### 監視写真 :

FaceItは、ユーザが離れている間の作業領域を監視しており、視野に入った顔を自動的に捕捉して保存する。捕捉された顔画像データはカラーJPEG画像として捕捉し、その顔の撮影された日付と時間の記録および捕捉した顔画像データの識別情報を保持する。FaceItは認識された顔と認識されない顔とを別々にログ記録する。画像は定期的に、ハードウェア・ディスク上の指定されたファイルに保存されるか、あるいはFTPを介してユーザーのウェブページにアップロードされる。

#### 視覚応答マシン :

FaceItは、コンピュータを保護する。また、コンピュータを操作した人物を自動的に検出し、その人物にメッセージを残すように指示することも可能である。F a

ceItは、ユーザの出力メッセージとしてAVI（コンピュータ映画）を再生する。訪問者は、テキストでメッセージ入力を残すことができ、またオプションとして顔のスナップ写真を残すことも可能である。メッセージは、コンピュータ上に保持しておくことが可能であり、インターネットを介して世界中のいずれのコンピュータにでも電子メールを用いて自動的に転送することもできます。Microsoft MailやQualcomのEudora3.0などのMicrosoft MAPI互換の電子メール・プログラムとの共存が可能である<sup>(16)</sup>。

## 3.2 本研究に関するFaceItの重要機能

### 3.2.1 User List（ユーザーリスト）

登録時に登録された画像はそれぞれここに格納される。

- [User List]は、アドミニストレータの起動時に自動的にオープンする。クローズした後、[User List]を再オープンするには、[View / User List]メニュー項目を選択する。
- [User List]は、FaceItシステム内の全登録者名を表示する。
- Access Keyは、コンピュータおよびファイルへのアクセス特権があることを表す。Access Keyは最大5名にまで与えることが可能である。
- [User List]ツールバーにより、ユーザの追加、削除、変更が出来、またアクセス特権の変更、および認識ができる<sup>(16)</sup>。

このUser ListからUserを選択し、Access Keyを与えることによって、コンピュータへのアクセス可能な人物を限定することが可能である。Access Keyが与えられていない人物がカメラの前に現われ、コンピュータを取り扱う事を試行してみても、コンピュータを開くことは不可能である。そのためFaceItを開くためには、登録されているAccess Keyが与えられている。

という条件が必要である。

図3.1は画面上での実際のUser Listの表示である。

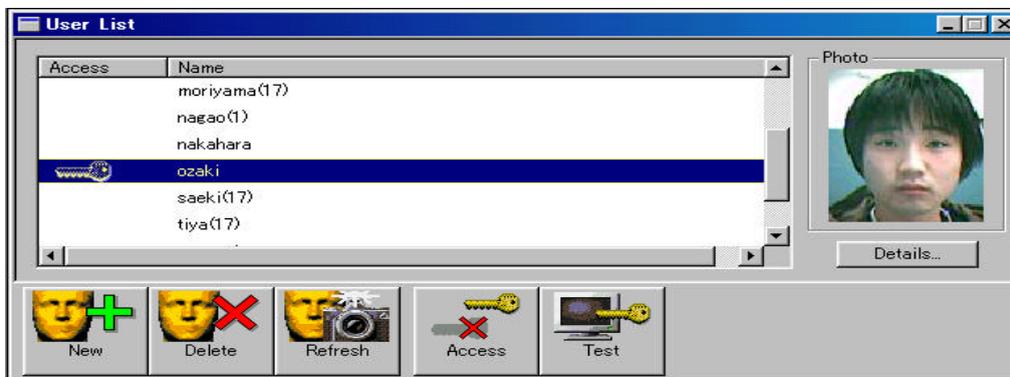


図 3.1 User List

## 3.2.2 Access Log (アクセスログ)

FaceItには、監視写真の機能が付加されている。この記録には、ユーザのコンピュータを訪問し、コンピュータを見た人物の時間・日付・写真が保存される。これを監視ログファイル、あるいは簡単にログ・ファイルという。図 3.2 は本研究で使用する実際の Access Log を示している。

- FaceIt .scr スクリーンセーバー・プログラムを実行中は、セキュリティを完璧に保証するため、認識が行われる度にログファイルが生成される。これにより、ユーザのコンピュータにアクセスした人物、アクセスを試みようとした人物、あるいはオフィスや家庭内にいただけの人物を知ることが出来る。
- ログ・ファイル情報は、キャプチャした顔、その顔のセキュリティ・レベル、およびその他のユーザ情報から構成される。
- [Access Granted]ディレクトリには、ユーザのコンピュータへのアクセスが許可されている人物のすべての画像および特別なテキスト情報が含まれている。
- [Access Denied]ディレクトリには、アクセスを試みて拒否された人物のすべての画像および特別なテキスト情報が含まれている。
- [Face Not Found]ディレクトリには、動作やキー押下が発生したため画像を取り込んだが、顔が見つからなかった背景（顔無し）画像に関する、すべての画像および特別なテキスト情報が含まれている。  
顔を捉えても、顔ではないと判断されるとこのディレクトリに格納される場合がある。
- ディレクトリ内では、画像は、日付を示す名前で格納されている。このフォーマットは、YYYYMMddhhmms s であり、YYYY=年、MM=月、dd = 日、hh = 時、ss = 秒を示している<sup>(16)</sup>。

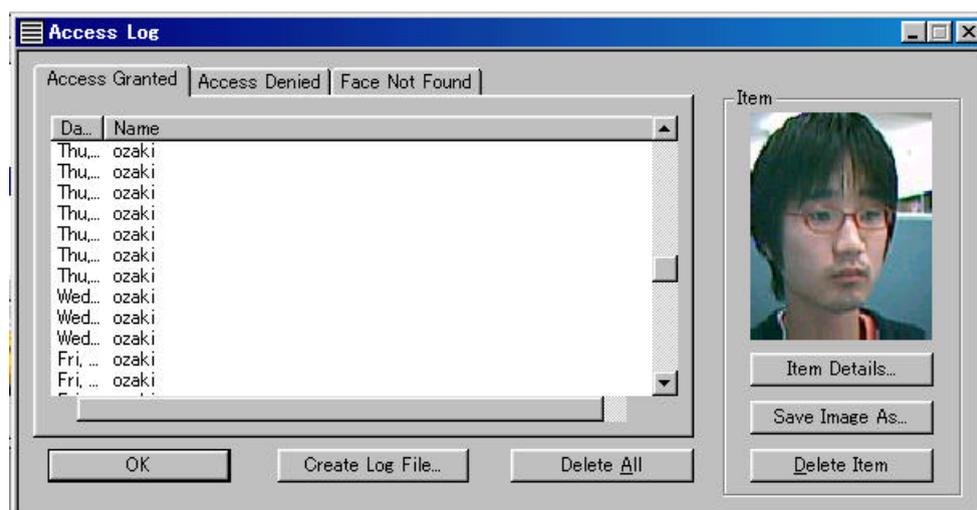


図 3.2 Access Log

### 3.2.3 著作権

この問題は、FaceItを研究に使用するに当たって非常な困難な問題である。最も重要であると考えられる点を記載する。

お客様は、ソースコード形態のソフトウェアが、Visionics Corporation 機密の企業秘密であることを承認し、したがって、該当する法律によって明示的に以下の制限を禁止しない限り、ソフトウェアを変更したり、あるいはソフトウェアを解読、逆コンパイル、逆アセンブル、またはリバース・エンジニアを試みたりしないことを同意するものとします。お客様は、

( ) 他の個人に、本契約書の条項下以外で、ソフトウェアを使用することは出来ません。

( ) ソフトウェアに基づいて発生した生物を修正、変換、または作成することは出来ません。

( ) 企業独自の通知やソフトウェアのラベルを取り除くことは出来ません<sup>(16)</sup>。

このような厳しい著作権があるため、プログラムを改変することはできない。これに対してFaceItに酷似したソフト True Face は著作権がもう少し緩和されている。

### 3.2.4 True Face

#### 【True Face の特徴】

True Face の特徴としては、

違反行為抑制効果 : 違反行為を行うことを試行すると、顔の画像がサーバに残留するので、違反行為そのものを抑制する効果がある。

インフラが整備しやすい : 最近の CCD カメラの低価格化や USB ポートの登場により、容易に顔認識の環境を整えることが出来る。

豊富なフィールドでの実績が示す信頼度 : 米国で現金自動支払機に採用され、500,000 ユーザ以上の利用に対し不正行為ゼロを実現する。

高い信用度 : 米国のインターネット・セキュリティー・アシュアランス・サービスを行っている ICSA (International Computer Security Association) から顔認識ソフトウェアとして唯一承認を受けている。

写真による偽装をプロテクト : ステレオカメラによる視差情報または 1 台のカメラで顔の傾きの異なる 2 回の撮影を行うことによって、写真での偽装をプロテクトする。

ということが挙げられる<sup>(18)</sup>。

### 3.3 FaceIt実行時

図 3.3 はFaceIt実行時の様子を示した図である。このように端末上にカメラを設置して実験を実施した。

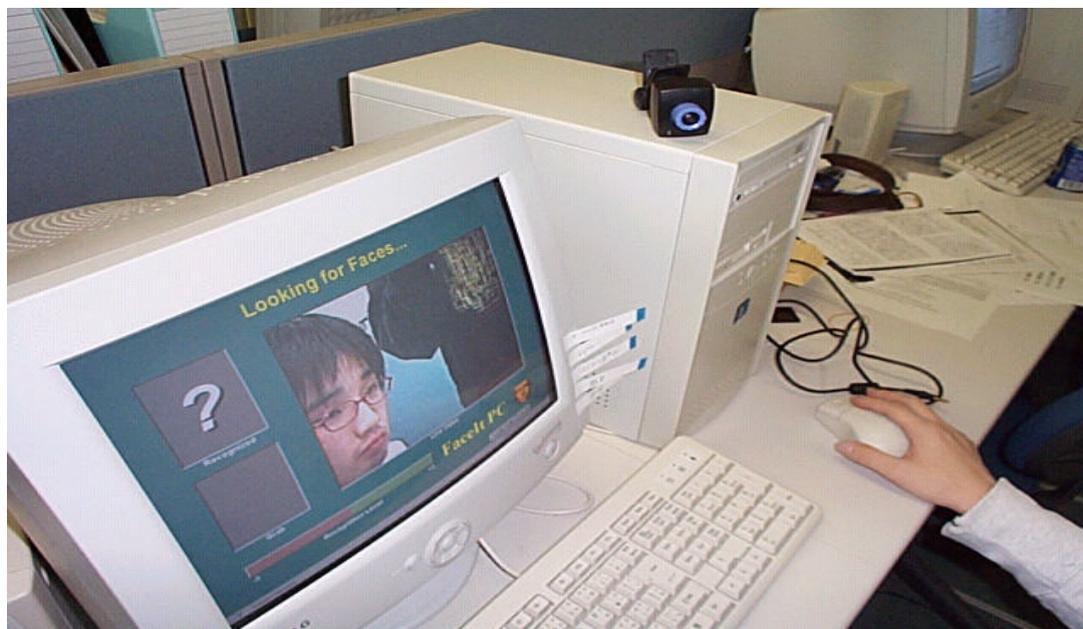
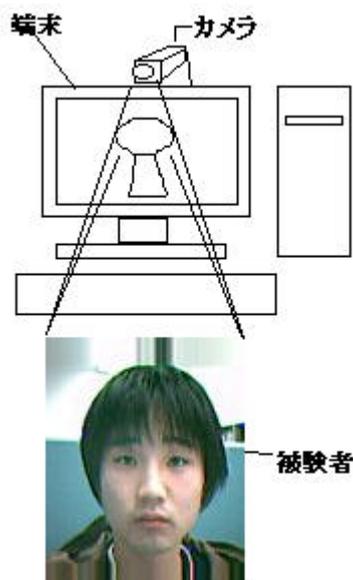


図 3.3 FaceIt実行時の様子

## 4 . 実験の条件設定

Face Itを用いた実験を行う。どのような顔を探り、それに対する反応がどのようなものであったかの詳細を記載する。



(A)



(B)

図 4.1 実験の基本的な状態図と使用するカメラ

2種類の実験を行う。日数が経過したとき（経時変化）の認識率の変化を調査する実験である。これを実験1とする。照明が異なった環境（照明変化）での試行を重ねて、認識率がどのように変化するかを調査する実験である。これを実験2とする。実験ではカメラ（図 4.1（B）参照）を端末上に設置し、これで顔画像を捉えて実験を実施する（図 4.1（A）参照）。

これらの2種類の実験を通して、Face Itの性能を確認すると共に、顔画像認識における認識精度の向上について模索する。

実験を行う上での条件としては以下のような条件を挙げる。

### 4 . 1 実験1・2 を通しての条件

照明は、本竹田研究室の蛍光灯を点灯した状態とし、この状態を「普通の」状態とする。

Face Itでは、パラメータが表示されない。このことから、認識の成否に関しては以下の手順で判別する。

） sample ファイルにFace Itサイファアを使用して、顔によるパスワ

ードをかけて暗号化する。この暗号化された画像は「被暗号化画像」と呼ぶことにする。今回の場合、被暗号化画像は sample ファイルを指す。

） カメラで顔を捕え、被暗号化画像を 30 秒以内に解除できるかどうかで判定する。

解除できた場合には、解除にかかった秒数を表示、失敗した場合には、×を表示するものとする。

以下の図 4.2 は、被暗号化画像の暗号化、解除の流れを示したものである。被暗号化画像を FaceIt サイファーの上に持っていくことで、画像を暗号化する。また、被暗号化画像は図の黒いアイコンで示される。解除するためには、カメラによる顔をパスワードとした認証を行う。

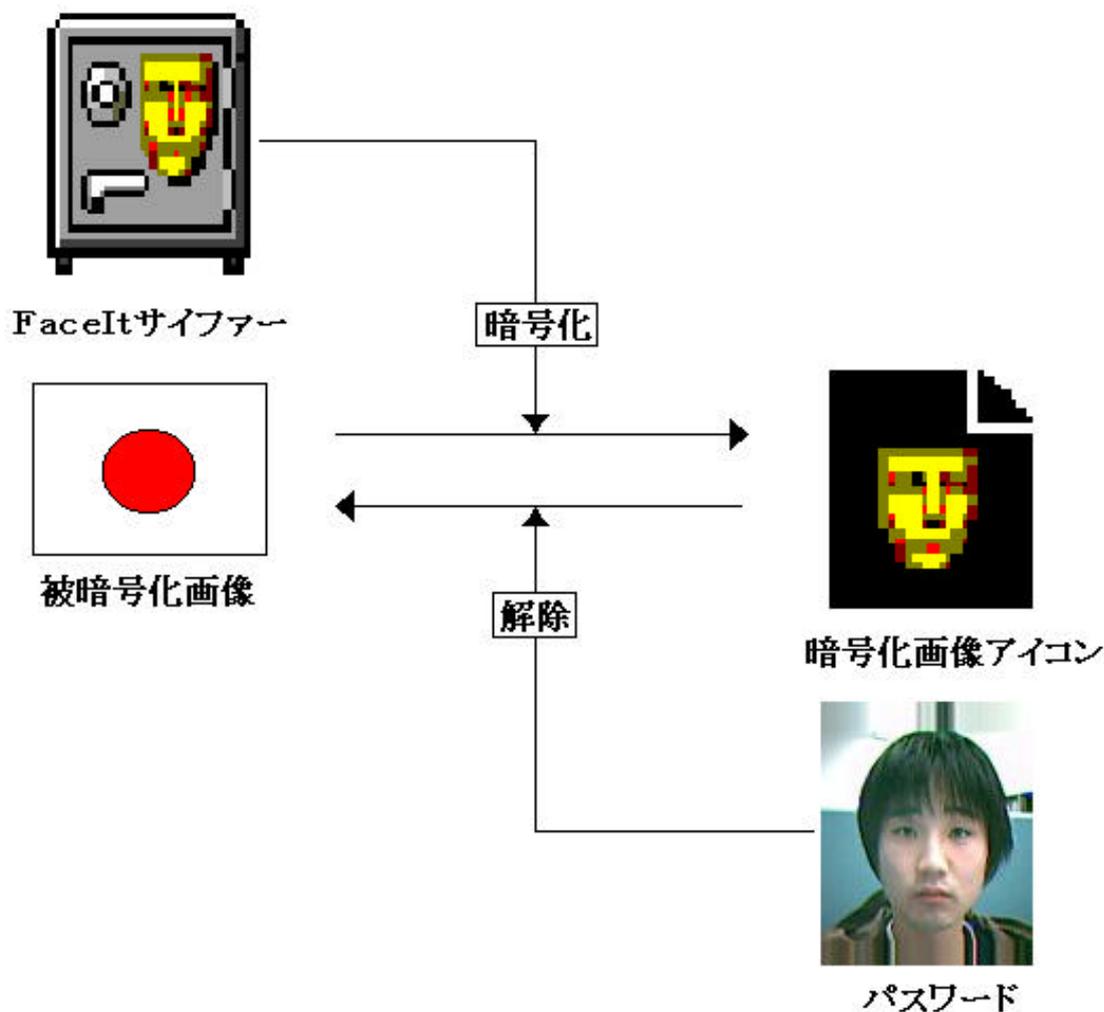


図 4.2 被暗号化画像の暗号化・解除の流れ

## 4.2 実験1に関して

### 4.2.1 実験手順

FaceItのUser List において、データを登録する。  
登録した日を1日目とする。1日目のデータを採取する。  
5日後・10日後の状態において試行を重ねる。  
それぞれの日に対して、一人3回の試行を行うものとする。  
この操作により、1人から計9枚のデータを得る。

### 4.2.2 実験1に対して期待する成果

日数の経過によって、認識率に問題が発生しないこと。  
他の認識方法に対する優位性の発見。  
問題点の発見とその問題点に対しての解決策の発見。

## 4.3 実験2に関して

### 4.3.1 実験方法

蛍光灯を消灯して、ブラインドを下ろした状態での微小な照明下でのデータを採取し、その認識率を調査する。  
蛍光灯を消灯した微小な照明条件下で60Wの電球(図4.3)を使用し、左右側面・上部から被験者の顔を照射したときの顔画像について調査する。



図 4.3 実験 2 で使用する 60W の電球  
この試行をそれぞれの状態につき、各 3 枚ずつデータを採る。これにより、一人  
1 2 枚のデータを得ることとなる。

以下に実験 2 での状態図を示す。(図 4.4 ~ 図 4.7)

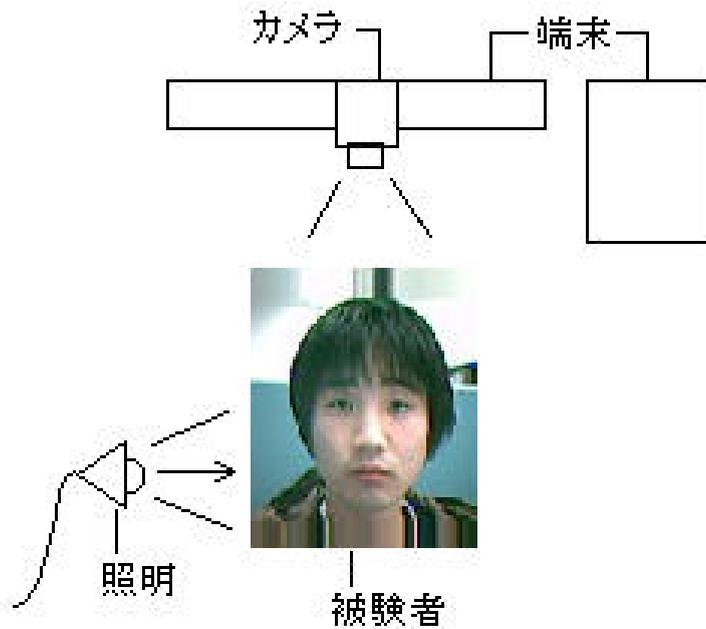


図 4.4 左側から照射

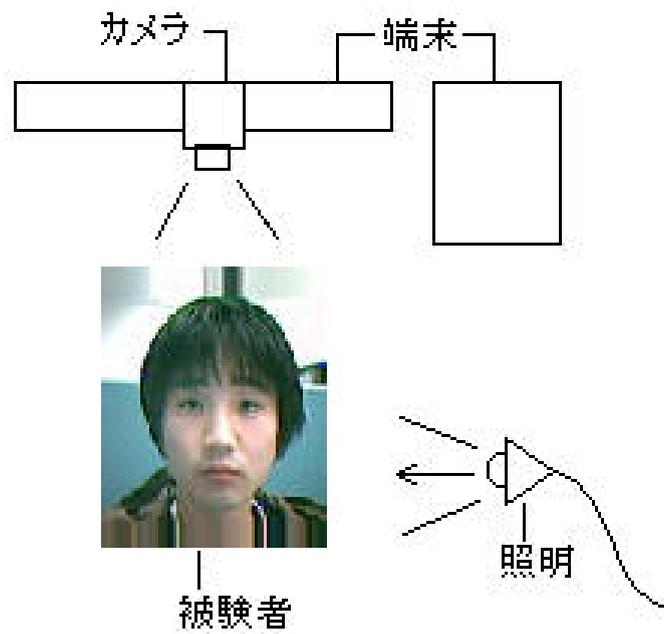


図 4.5 右側から照射

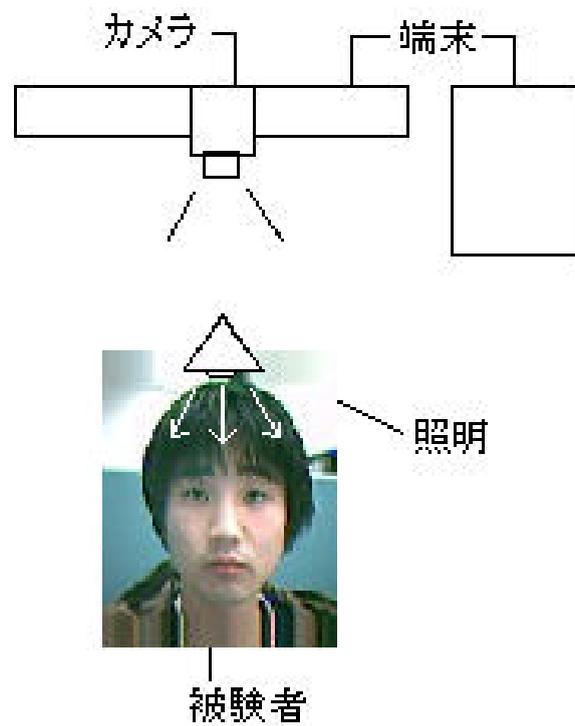


図 4.6 中央から照射

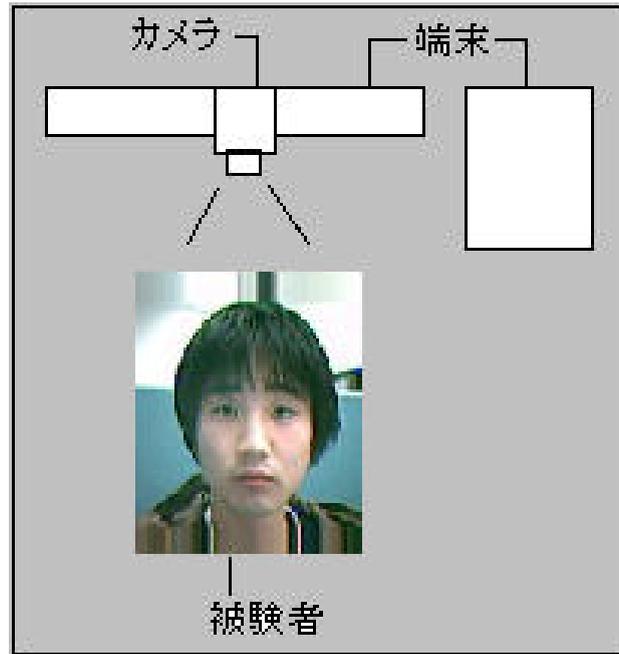


図 4.7 照明不使用

#### 4 . 3 . 2 実験 2 に対して期待する成果

いかなる照明条件下においても、認識率が低下しないこと。  
他の認識方法に対する優位性の発見。  
問題点の発見。それに対する対応策。

## 5 . 実験 1 : 経時変化

日数が経過すること（経時変化）により、認識結果にどのような違いが現れるのかを調査した。

### 5 . 1 実験 1 の結果

以下の表 5.1 は実験 1 の結果を示す。

表 5.1 実験 1 の結果

	被験者				認識率
1日目	内田	(1)	(1)	(3)	100%
	箱田	(1)	(1)	(1)	100%
	森山	(1)	(1)	(1)	100%
	佐伯	(1)	(1)	(1)	100%
	鶴見	(1)	(1)	(4)	100%
	長尾	(2)	(1)	(1)	100%
	松本	(1)	(1)	(1)	100%
	尾崎	(1)	(1)	(1)	100%
	中原	(1)	(1)	(3)	100%
	千屋	(1)	(2)	(1)	100%
	三木	(2)	(1)	(1)	100%
5日後	内田	(3)	(2)	(2)	100%
	箱田	(1)	(2)	(1)	100%
	森山	(1)	(1)	(1)	100%
	佐伯	(1)	(1)	(2)	100%
	鶴見	×	×	×	0%
	長尾	(1)	(1)	(1)	100%
	松本	(1)	(2)	(2)	100%
	尾崎	(2)	(2)	(1)	100%
	中原	(7)	(1)	(1)	100%
	千屋	(1)	(12)	(7)	100%
	三木	×	×	(3)	33%
10日後	内田	(1)	(1)	(1)	100%
	箱田	(1)	(2)	(4)	100%
	森山	(1)	(1)	(1)	100%
	佐伯	(2)	(1)	(3)	100%
	鶴見	(15)	(8)	(10)	100%
	長尾	(2)	(2)	(1)	100%
	松本	(3)	(1)	(1)	100%
	尾崎	(2)	(1)	(2)	100%
	中原	(2)	(1)	(1)	100%
	千屋	(15)	(10)	(9)	100%

## 5.2 実験1に関する考察

実験1において、Face Itの基本性能を確認することができた。結果は5日後・10日後・20日後共にほとんどの被験者が5秒以内で認識し、認識率に関しても高い認識率を示すことができた。

一部反応が低い被験者がいたが、この原因としては額を出した状態と額を出さない状態では違った反応が見られる。

登録データに関して、偏った状態のデータしか登録することができていない。が考えられる。

ここで、反応の低かった被験者と反応の高かった被験者のデータを取りあげる。反応の低かった鶴見の登録データを調査した(表5.2参照)。

表 5.2 被験者の登録データ1

被験者(鶴見)の登録データ	
14枚のデータ中	
左側面	0枚
中央	6枚
右側面	8枚

表は被験者・鶴見の登録データを示したものである。

下の図5.3は被験者(鶴見)の登録データAと検証データBである。



A B  
図 5.3 登録データと検証データ

左が登録データの中の一枚である。右はアクセスを拒否された検証データである。視覚的には非常に類似している写真であるが、検証データBはカメラの焦点が合っていない。このことが原因で不適合になったと考えられる。この2つのデータは視覚的

に類似したデータのため、他には相違点は見られない。

被験者（三木）は、登録の際には帽子を着帽していないが、試行の段階で帽子を着帽している。これは額を隠すことになり、正確な情報を得ることができなかったと考えられる。

表 5.4 被験者の登録データ 2

被験者（三木）の登録データ	
10枚のデータ中	
左側面	0枚
中央	5枚
右側面	5枚

表 5.4 は被験者・三木の登録データを示す。左側面から捉えたデータは1枚も無く、上部・右側面から捉えたデータに偏っていることが判明した。

登録データとしては、次のようなものがある。以下の図 5.5 は被験者（三木）の登録データの1枚である。



図 5.5 登録データ

このように登録の際には額が露出している状態にある。

しかし、試行の際（五日後）には、下の写真（図 5.6）のようなデータを捉えた。



図 5.6 検証データ

左と右は共に試行の状況である。左は帽子を着帽しているため、額が隠れることになった。右に関しては髪の毛によって、額が隠されている。このため反応が低いと考えられる。これらの検証データについては、Closest Name に三木という名前が載ることはなかった。

逆に、認識できたデータは、以下のデータ（図 5.7）である。



図 5.7 認識された検証データ

このように、額を出してもらうことで高い反応を得ることができた。

さらに反応の低かった被験者（千屋）の登録データを調査した。この被験者の場合は、認識可能であるが認識速度が低い。以下の表は被験者・千屋の登録データを示す（表 5.8 参照）。

表 5.8 被験者の登録データ 3

被験者（千屋）の登録データ	
10枚のデータ中	
左側面	0枚
中央	9枚
右側面	1枚

このように、全データ10枚中、右側面から捉えたデータが1枚、ほぼ中央からのデータが9枚で、左側面から捉えたデータは0枚というように、3つの要素のうち、1つの要素に偏ったデータしか採取することができていないことが判明した。

このことから、反応の低かった被験者の登録データは均等(例えば、右4枚・中央4枚・左4枚)な条件での実験が行われていなかったと考えられる。この推測を今、(A)とおく。ここで、反応の高かった被験者は均等にデータを採ることができているといった推測を立てることが出来る。

そこで、反応の高かった被験者の登録データも調査する。反応の高かった被験者2名の登録データを参照する(表 5.9 および、表 5.10)。

表 5.9 被験者の登録データ 4

被験者（森山）の登録データ	
15枚のデータ中	
左側面	7枚
中央	7枚
右側面	1枚

表 5.10 被験者の登録データ 5

被験者（内田）の登録データ	
16枚のデータ中	
左側面	0枚
中央	8枚
右側面	8枚

このような、推測とは違った結果が検出された。この結果を(B)とする。(A)と(B)との相違点は、(A)では1つの要素からの1次元的な情報しか得られないのに対して、(B)では二つの要素からの2次元的な情報が得られるため正確な反応を得ることができるといったことである。このように(A)と(B)より、登録データは3つの要素のうち、2つ以上の要素を満たしていたなら、1つの要素しか満たしていないデータよりも十分な結果が得られるということが考えられる。

以上のことから、実験1からは反応を低くする原因として考えられるのは、登録の際にデータが偏る。

試行の際の与えられた条件が誤っている。  
ということである。

## 6 . 実験 2 : 照明変化

左右側面・上部といった3つの異なった位置から60Wの電球を当てることによって、異なった照明条件を発生させる(照明変化)。異なった条件下での認識率の違いを検証する。また、照明を落とし、微小な照明条件下での反応についても検証する。

表 6.1 に実験の結果、図 6.1 ~ 図 6.3 に照明照射状況の模式図を示す。

### 6 . 1 実験 2 の結果

表 6.1 実験 2 のデータ

被験者	右側面			認識率
内田	×	×	×	0%
長尾	×	×	×	0%
三木	×	×	×	0%
鶴見	×	×	×	0%
被験者	左側面			認識率
内田	×	×	×	0%
長尾	×	×	×	0%
三木	×	×	×	0%
鶴見	×	×	×	0%
被験者	上部			認識率
内田	×	×	×	0%
長尾	×	×	×	0%
三木	×	×	×	0%
鶴見	×	×	×	0%
被験者	照明無し			認識率
内田	5	8	8	100%
長尾	6	9	15	100%
三木	2	8	10	100%
鶴見	×	×	×	0%

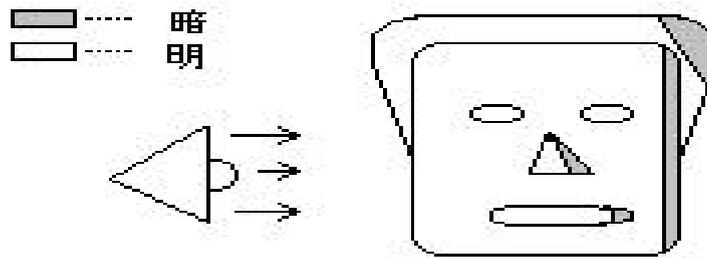


図 6.2 照明が全体に当たった状態

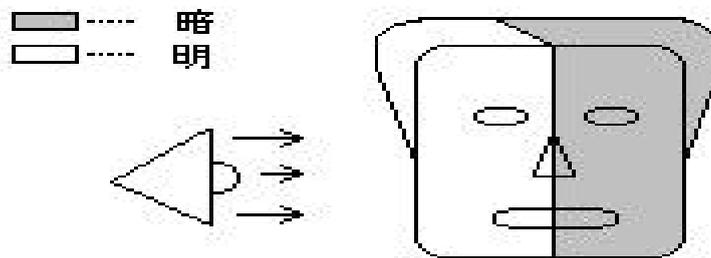


図 6.3 照明が半分当たった状態

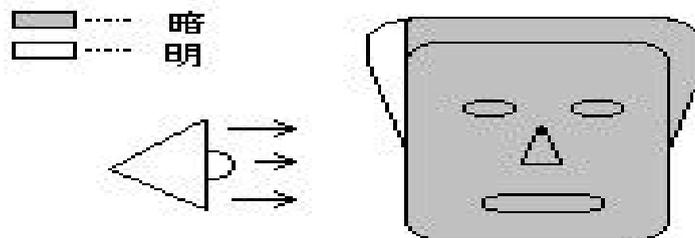


図 6.4 照明が全然当たらない状態

## 6.2 実験 2 に関する考察

図 6.2 及び図 6.3 の場合に関しては多くの影を発生させることになった。このことが原因で認識率をかなり落とすことになったと考えられる。しかしながら、これらの場合に関しては、完全に本人と認識するにはいたらなかったが、一番近い人物を示す反応が見られた場合があった。例として、以下の画像（図 6.5～図 6.10）を挙げる。図の最下段に Transaction # は画像のナンバーである。Date は日付を示す。Security

Level はセキュリティーレベルを、Security Threshold は安全かどうかを判断する閾値を示す。Closest Name として画像に対し、一番近い人物を示している。また、Account に特定された人物が示されている。

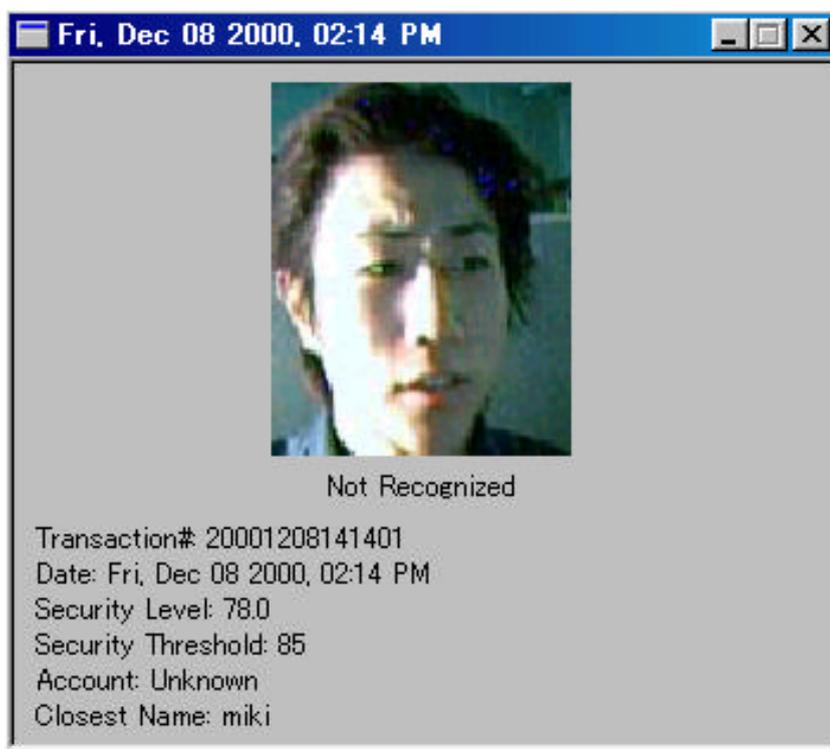


図 6.5 右側面より照射し反応が見られたもの



図 6.6 左側面より照射し反応が見られたもの

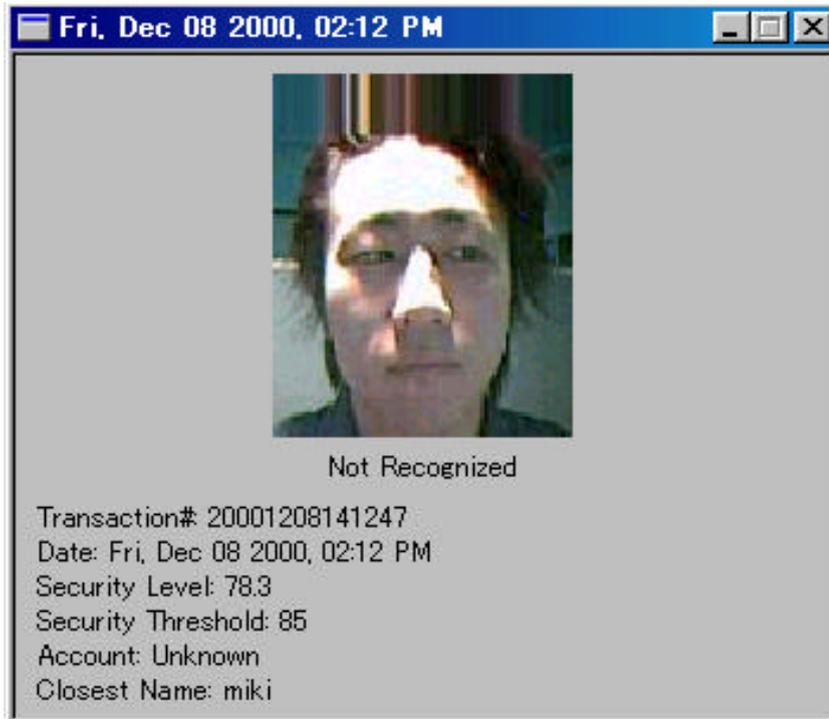


図 6.7 上部より照射し反応が見られたもの  
逆に全く誰であるか判別できていない場合もある。以下(図 6.8)がその例である。



図 6.8 右側面より照射し反応が得られなかったもの

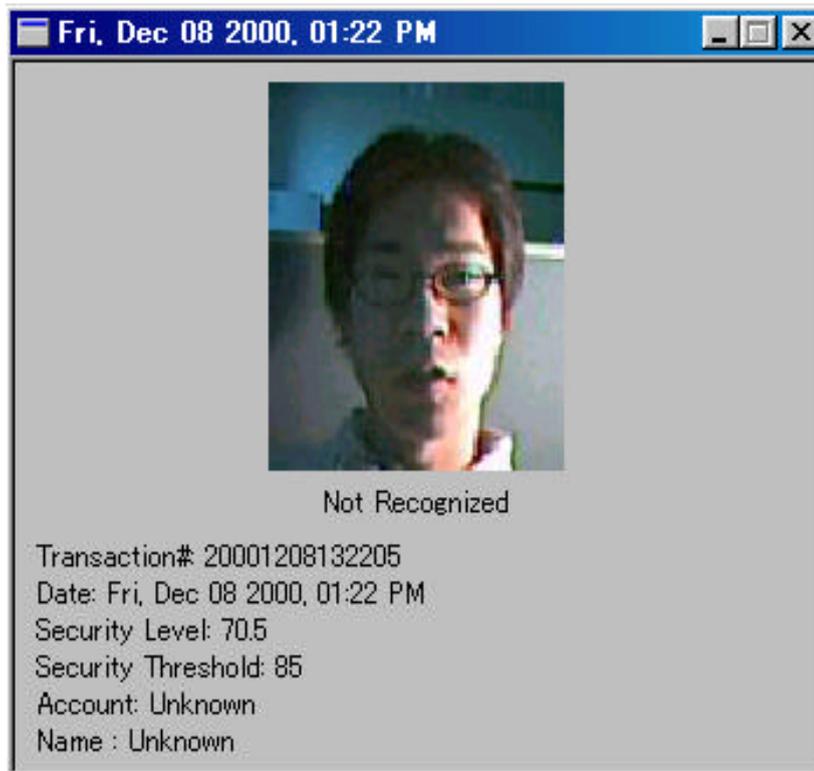


図 6.9 左側面より照射し反応が得られなかったもの



図 6.10 上部より照射し反応が得られなかったもの

図 6.4 の状態に関しては完全な反応を得ることはできなかったが、微小な反応を得ることができた。照明を落とし、少しの光で認識を行った場合には明暗を調整する機能が付加されているため、照明を調節するのに多少の時間を要するが、認識することが判明した。図 6.11 は、時間の経過により、光が調節されている様子を示したものである。



図 6.11 光の調整機能について

認識を示さない被験者もいるということも判明した。原因としては

はじめのデータを登録する段階で登録方法に問題があった。

登録の際に偏ったデータしか登録することが出来なかった。例えば、右側からのみのデータしか登録していない。

実験の際に、条件を満たさない状態にあった。例えば、余計な光が照射された。といった理由が考えられる。

反応をまったく示さなかった被験者は鶴見で、この被験者は実験 1 の時にも低い反応を示しており、原因としては実験 1 の時と同様な原因が考えられる。

以下に実験のデータを記載する。

表 6.12 はいろいろな照明条件下において、反応を示し、且つ認識（人物を特定）したデータである。表 6.13 は反応を示したが、認識しなかったデータである。表 6.14 は反応を示さなかったデータである。

表の実験データから、傾向が見られる。認識率は照明無の状態が、18 / 28 (64.3%)、その他の状態では 0% であった。また、非認識且つ反応有率は照明無が 8 / 28 (28.6%)、上部が 6 / 10 (60%)、右側面が 7 / 11 (63.6%)、左側面が 1 / 11 (9.1%) を示した。反応無率は照明無が 2 / 28 (7.1%)、上部が 4 / 10 (40%)、右側面が 4 / 11 (36.4%)、左側面が 10 / 11 (90.9%) を示した。

表 6.12 いろいろな照明条件下で認識（人物を特定）出来た場合

認識した場合
--------

被験者	左側面	右側面	上部	照明無	計
三木	0	0	0	4	4
内田	0	0	0	7	7
長尾	0	0	0	3	3
鶴見	0	0	0	0	0
計	0	0	0	14	14

表 6.13 いろいろな照明条件下で反応を示した場合

認識しなかったが、反応を示した場合					
被験者	左側面	右側面	上部	照明無	計
三木	1	2	1	0	4
内田	0	3	1	1	5
長尾	0	2	3	0	5
鶴見	0	0	0	3	3
計	1	7	4	4	16

表 6.14 いろいろな照明条件下で反応を示さなかった場合

反応しなかった場合					
被験者	左側面	右側面	上部	照明無	計
三木	1	1	1	2	5
内田	2	0	2	0	4
長尾	3	0	0	0	3
鶴見	3	2	1	0	6
計	9	3	4	2	18

## 7. 実験1・2の比較検証

### 7.1 実験1の結果

表 7.1 に実験 1 の結果を示す。

表 7.1 実験 1 の結果

	被験者				認識率
1日目	内田	(1)	(1)	(3)	100%
	箱田	(1)	(1)	(1)	100%
	森山	(1)	(1)	(1)	100%
	佐伯	(1)	(1)	(1)	100%
	鶴見	(1)	(1)	(4)	100%
	長尾	(2)	(1)	(1)	100%
	松本	(1)	(1)	(1)	100%
	尾崎	(1)	(1)	(1)	100%
	中原	(1)	(1)	(3)	100%
	千屋	(1)	(2)	(1)	100%
	三木	(2)	(1)	(1)	100%
5日後	内田	(3)	(2)	(2)	100%
	箱田	(1)	(2)	(1)	100%
	森山	(1)	(1)	(1)	100%
	佐伯	(1)	(1)	(2)	100%
	鶴見	×	×	×	0%
	長尾	(1)	(1)	(1)	100%
	松本	(1)	(2)	(2)	100%
	尾崎	(2)	(2)	(1)	100%
	中原	(7)	(1)	(1)	100%
	千屋	(1)	(12)	(7)	100%
	三木	×	×	(3)	33%
10日後	内田	(1)	(1)	(1)	100%
	箱田	(1)	(2)	(4)	100%
	森山	(1)	(1)	(1)	100%
	佐伯	(2)	(1)	(3)	100%
	鶴見	(15)	(8)	(10)	100%
	長尾	(2)	(2)	(1)	100%
	松本	(3)	(1)	(1)	100%
	尾崎	(2)	(1)	(2)	100%
	中原	(2)	(1)	(1)	100%
	千屋	(15)	(10)	(9)	100%

このように、全体のデータ数(一日ごと)被験者11名\*3回のデータ=33枚に対して、高い認識率を示した。以下の表 7.2 ~ 表 7.4 で実験 1 の日毎の詳細を示す。

総秒数が増加し、1枚あたりの平均認識速度が低下したことが判明した。1日目～5日目・5日目～10日目と経過すると共に約1秒ずつ認識速度が低下していることが分かる。

表 7.2 1日目の認識データ

1日目	
対象枚数	33枚
総秒数	43秒(33枚)
平均認識時間	1.30秒(33枚)
認識率	100%

表 7.3 5日後の認識データ

5日後	
対象枚数	33枚
総秒数	63秒(28枚)
平均認識時間	2.25秒(28枚)
認識率	約84.8%

表 7.4 10日後の認識データ

10日後	
対象枚数	30枚
総秒数	105秒(30枚)
平均認識時間	3.5秒(30枚)
認識率	100%

## 7.2 実験2の結果

表 7.5 に実験2の結果を示す。

表 7.5 実験2の結果

被験者	右側面			認識率
内田	×	×	×	0%
長尾	×	×	×	0%
三木	×	×	×	0%
鶴見	×	×	×	0%
被験者	左側面			認識率
内田	×	×	×	0%
長尾	×	×	×	0%
三木	×	×	×	0%
鶴見	×	×	×	0%
被験者	上部			認識率

内田	×	×	×	0%
長尾	×	×	×	0%
三木	×	×	×	0%
鶴見	×	×	×	0%
被験者	照明無し			認識率
内田	5	8	8	100%
長尾	6	9	15	100%
三木	2	8	10	100%
鶴見	×	×	×	0%

実験 2 では照明に関する実験を行った。60W の電球を使用したか、いずれの場合も良い結果を得ることは出来なかった。電球を使用した場合は認識率 0%。不使用の場合には、認識率 75%という結果になった。一枚当たりの平均認識所要時間は約 7.89 秒だった。

これらの実験から判明したことは、

時間が経過するにつれて、認識速度は低下する、ということ。

照明を用いない場合には、日数が経過した場合よりも認識に時間を要する、ということ。

強い照明を側面や、上部から当てると認識に影響を及ぼす、ということ。

以上の 3 点が特に挙げられる点であると考えられる。

また、2 つの実験で改善する点としては、登録データの均等化と被験者の容姿の均等化である。前者に関しては、対象データ数の増減によって容易に解決できる。しかしながら、後者に関しては経時変化を調査する場合においては非常に困難であると考えられる。本研究においても、経時変化の調査時に後者が原因であると考えられる場合が見られた。

## 8 . ま と め

著者は、顔画像認識ソフト (FaceIt) を用いて、照明・日数に関する実験を実施し試行を重ねた。これにより FaceIt の性能を確認するとともに、照明条件下 (照明変化) での動作・日数経過 (経時変化) 後の認識に関して確認した。特異な照明を当てることで認識率が低下することを確認した。また、新たな問題点を発見した。今後、この実験結果により経時変化・照明変化における認識率向上に大いに貢献するものと予想する。

## 9 . 今後の課題

ここで、今回の登録者の登録データを載せる。以下の表 9.1 は、顔の右側・左側・正面からの何枚のデータが登録されているかを示したものである。

表 9.1 実験の登録データ

登録者	左側面	右側面	上部	合計
中原	1	5	6	12
内田	0	8	8	16
松本	1	4	8	13
佐伯	4	10	1	15
箱田	5	2	8	15
長尾	4	5	6	15
鶴見	0	8	6	14
三木	0	5	5	10
尾崎	4	7	8	19
千屋	0	1	10	11
森山	7	1	7	15
合計	26	56	73	155

このデータからは、総数 155 枚のうち正面が一番多く、約 50%のデータが採れている事がわかる。また、残り 50%が左右でバランスがとれていれば良いのだが、左が総数に対して約 33%、右にいたっては約 15%と左右のバランスが非常に悪いことが分かる。この原因としては右にカメラを置いたため、被験者がディスプレイを気にして正面のディスプレイを見ていたため顔の左側ばかりが多くなったものだと考えられる。このことから、今後の課題として考えられることとしては、

カメラを設置場所

登録データの均等化

といった点が挙げられる。

以下の図 9.2 及び、図 9.3 は実験 2 の当初想定していた状態と現実に実験の行われた状態での相違点を示したものである。カメラの設置場所に相違が見られる。

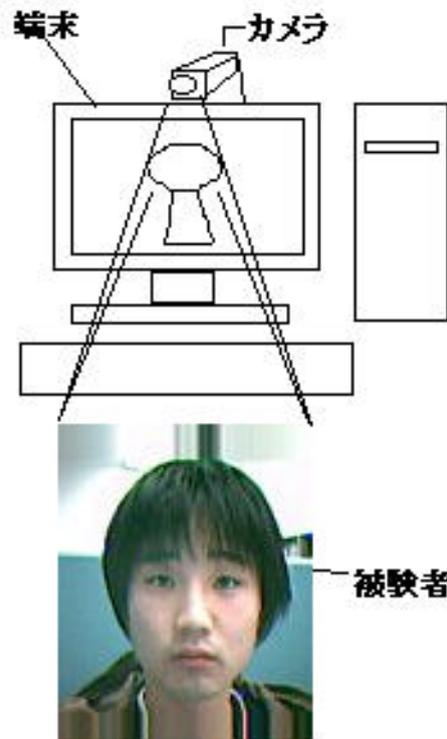


図 9.2 理想の実験の様子

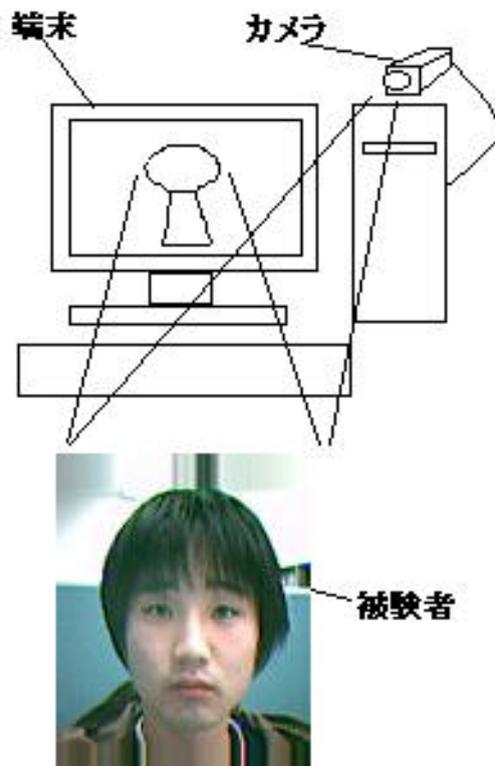


図 9.3 実際の実験の様子

の原因について言うと、図 9.2 のようにカメラを側面に設置するのではなく、図 9.1 のように正面に設置することにより解決できる。 の原因については登録の際に余分なデータはを削除したり、不足しているデータを増加させることによって解決できる、と考えられる。

この研究分野で今後期待されることとしては、以下のような事が挙げられる。

医療関連

警備関連

犯罪関連

等、人間の顔をパスワードとした技術には様々な応用例が考えられる。2 章でも述べたが、すでに医療関係でこういった技術が使用されているケースも見られる。

## 10 . 謝辞

卒論の開始から終了までお世話になった竹田先生に感謝いたします。データ採りの際に、協力していただいた竹田研究室の皆様にも感謝いたします。

## 1 1 . 参考文献

- ( 1 ) 統計的画像処理手法 栗田多喜夫 電子技術総合研究所  
平成 11 年 5 月 14 日  
<http://www.etl.go.jp/%7Ekurita/lecture/statimage/statimage.html>
- ( 2 ) 統計的画像処理手法 栗田多喜夫 電子技術総合研究所  
平成 11 年 5 月 14 日  
<http://www.etl.go.jp/%7Ekurita/lecture/statimage/node27.html>
- ( 3 ) 統計的画像処理手法 栗田多喜夫 電子技術総合研究所  
平成 11 年 5 月 14 日  
<http://www.etl.go.jp/%7Ekurita/lecture/statimage/node33.html>
- ( 4 ) 統計的画像処理手法 栗田多喜夫 電子技術総合研究所  
平成 11 年 5 月 14 日  
<http://www.etl.go.jp/%7Ekurita/lecture/statimage/node37.html>
- ( 5 ) 統計的画像処理手法 栗田多喜夫 電子技術総合研究所  
平成 11 年 5 月 14 日  
<http://www.etl.go.jp/%7Ekurita/lecture/statimage/node23.html>
- ( 6 ) 麻生 英樹 : 「ニューラルネットワーク情報処理 コネクショニズム入門、あるいは柔らかな記号に向けて 」 pp.3 - 7 ( 1 9 8 8 )
- ( 7 ) 1998 年度森泰吉郎記念研究振興基金 研究報告書  
「 視覚情報処理の機能を用いた知的画像処理  
～ 近赤外・可視光画像を用いた効率的な顔パーツの抽出～ 」  
慶應義塾大学政策・メディア研究科修士課程 1 年 大来 進 著  
<http://www.neuro.sfc.keio.ac.jp/~ohkita/novel/98final/section1.html>
- ( 8 ) 1998 年度森泰吉郎記念研究振興基金 研究報告書  
「 視覚情報処理の機能を用いた知的画像処理  
～ 近赤外・可視光画像を用いた効率的な顔パーツの抽出～ 」  
慶應義塾大学政策・メディア研究科修士課程 1 年 大来 進 著  
<http://www.neuro.sfc.keio.ac.jp/~ohkita/novel/98final/>
- ( 9 ) <http://sci.hirosaki-u.ac.jp/%7Eninsiki/nakahata/abstract.html>
- ( 1 0 ) <http://www.eml.ele.cst.nihon-u.ac.jp/~hiroshi/argo/3.html>
- ( 1 1 ) <http://www.me.ics.saitama-u.ac.jp/~hidai/face/photography-and-preprocessing/>
- ( 1 2 ) 1 9 9 8 年 8 月 3 日 オムロン株式会社 広報宣伝グループ  
<http://www.omron.co.jp/press/98/9808haikai.html>
- ( 1 3 ) 1 9 9 8 年 8 月 6 日 [PC WEEK/JAPAN]  
from PC WEEK WIRE August 5  
[http://www.zdnet.co.jp/pcweek/web\\_wire/9808/06/p-010.html](http://www.zdnet.co.jp/pcweek/web_wire/9808/06/p-010.html)

- ( 1 4 ) <http://www.pc.mycom.co.jp/pcwork/hotweb/1998/08/98080502.htm>
- ( 1 5 ) <http://pcweb.mycom.co.jp/news/1999/10/01/32.html>
- ( 1 6 ) FaceIt PC マニュアル
- ( 1 7 ) 1 9 9 9 年 9 月 2 0 日 「暗号化方式と PGP」  
制御・情報システム工学専攻 坪井 将幸  
<http://leo.denshi.numazu-ct.ac.jp/~tsuboi/ango/report/>
- ( 1 8 ) 伊藤忠テクノサイエンス 顔認識の実用化時代の到来 True Face