動画像による個人識別技術を用いた勤怠管理に関する研究

Managing Time and Attendance Using Identification Technique with Film Images

西田 義人[†], 田中 成典^{††}, 古田 均^{††},
馬石 直登[†], 北川 洋平[†], 打尾 賢一[†]

Yoshito Nishita[†], Shigenori Tanaka^{††}, Hitoshi Furuta^{††}, Naoto Umaishi[†], Youhei Kitagawa[†] and Kenichi Uchio[†]

Abstract Recently, the way to manage working hours has become an issue with the increase in the death rate from overwork. The Labor Standards Law doesn't provide the way to manage working hours, though it makes it obligatory to manage working hours. In general, it is impossible to strictly manage working hours because a worker manually manages his/her own working hours. Therefore, biometric authentication technology using face images is receiving attention. However, the existing technology using face images is unsuitable for time and attendance management because it requires the person to turn his/her face to the camera, taking time and effort. Therefore, we propose a method of managing time and attendance of workers without making the person conscious of the camera. In this research, firstly we extracted a frontal face image by tracking the face in a film. We then identified the individual using the frontal face image. Finally we output time and attendance information for each individual based on the result of identification.

キーワード：勤怠管理，動画像，顔画像，バイオメトリクス認証技術，個人識別

1. ま え が き

近年，わが国では，テレビやニュースで取り上げられている過労による死亡率の増加に伴い，労働時間の管理方法が問題¹⁾となってきた．労働に関する諸条件を規定している労働基準法では，労働時間の把握が義務づけられているが，把握方法については，客観的な記録を基礎として確認し，記録することとしか定められておらず，厳密な把握方法は規定されていない．現状の勤怠管理の把握方法としては，タイムカードや出勤簿が主流であり，各従業員に発行したタイムカードを打刻させて出退勤データを登録し，そのデータは，人手によってシステム等に入力される．しかし，このような場合，一人一人にタイムカードを発行する必要がありロスが多くなる．また，システムにデータを入力する必要があり，データ入力の際に入力ミス等が発生するといった問題や人件費がかかるといった問題²⁾がある．

そこで，情報技術の発展に伴い，パソコンのログイン機能を利用した勤怠管理が利用されてきている．しかし，これらの方法では，他人による操作が可能であるため，なりすまし等の問題が残る．なりすまし等の問題に対応するために，近年，バイオメトリクス認証技術を用いた入退室システム等が提案³⁾⁴⁾されている．バイオメトリクス認証とは，人間の生物学的な特徴を用いて自動的に個人を特定する技術である．バイオメトリクス認証には，形状ベースと動作ベースがある．現在，バイオメトリクス認証で主流となっているのは，形状ベースで，その主なものとして，指紋，虹彩，血管，耳，手の形状や顔等を利用した認証⁵⁾⁶⁾が挙げられる．指紋を利用した認証では，指先の溝のパターンを利用して認証を行う．虹彩を利用した認証では，瞳の周辺の黒目部分に沈着する脂肪のパターンを利用して認証を行う．血管を利用した認証では，網膜，手の甲や手首等の血管パターンを利用して認証を行う．耳を利用した認証では，耳の形状には強い個人性があることに着目して認証を行う．手の形状を利用した認証では，人間の手には指の長さ，太さや手そのものの大きさなどの様々な特徴があることを利用して認証を行う．顔を利用した認証では，顔の輪郭，目・鼻の形状・配置，肌の色分布を利用して認証を行う．

その中でも，顔を利用した認証は，人間にとって最も自

2009 年 4 月 1 日受付，2009 年 7 月 21 日再受付，2009 年 9 月 16 日採録

[†] 関西大学 大学院 総合情報学研究科

(〒 569-1095 高槻市霊仙寺町 2-1-1, 072-690-3213)

^{††} 関西大学 総合情報学部

(〒 569-1095 高槻市霊仙寺町 2-1-1, 072-690-2153)

[†] Graduate School of Informatics, Kansai University

(2-1-1 Reizenji-cho, Takatsuki-city, Osaka, 569-1095 Japan)

^{††} Faculty of Informatics, Kansai University

(2-1-1 Reizenji-cho, Takatsuki-city, Osaka, 569-1095 Japan)

然な認証技術である。社員証や免許証等の個人を特定するものには顔写真が貼付されているように、顔は個人を特定するために最もよく利用されている。顔を利用した認証は、他のバイオメトリクス認証と比較して以下のような利点⁷⁾⁸⁾が挙げられる。

- 既存の監視カメラを利用することが可能である。
- 非接触な認証が可能である。
- 離れた場所からの認証が可能である。
- 被写体に負担をかけない認証が可能である。
- 認識結果を人によって再確認することが可能である。
- なりすましの防止が可能である。

以上のように、識別の際に被写体に手間と負担をかけない利点を持つことから、顔を利用した認証技術は個人識別を行うために非常に有効な手法の一つである。ただし、既存の顔識別技術⁷⁾は、被写体が顔をカメラに向ける必要がある。そのため、被写体はカメラの前で立ち止まり、カメラを意識する必要があり、精神的負担を受ける。

そこで、本研究では、デジタルビデオカメラで広域を撮影し、広い範囲で被写体の顔画像を抽出することで、既存システムのように、被写体がカメラに顔を向けることなく被写体の識別を可能とし、勤怠管理に適応する。本稿の流れとしては、2章では既存の顔画像を用いた個人識別技術について述べる。3章では本研究で提案する勤怠管理システムの概要について、4章では本研究で提案する個人識別の手法について述べる。そして、5章では、提案手法の実証実験を行い、本研究の有効性を示す。

2. 既存の顔画像を用いた個人識別技術

既存の顔識別技術は、正面顔画像を使用する場合が最も識別精度が良いとされているが、被写体がカメラの方向を向く必要があるため、被写体にストレスを与えるといった問題点がある。しかし、被写体がカメラを意識しない場合、正面顔画像の取得が困難となり、識別精度が著しく低下してしまう。

既存の正面顔画像を利用した代表的な個人識別手法⁸⁾⁹⁾には、表1のようなものが挙げられる。その他にも、ニューラルネットワークやサポートベクターマシンを利用した手法⁹⁾も提案されている。一般的に顔の幾何学的特徴を用いた識別手法¹⁰⁾は、顔器官間の距離を基に判定を行う。そのため、高い解像度の顔画像が必要となる。また、顔部品抽出精度に識別精度が依存するため、顔画像をパターンとする手法と比較して精度が低いとされている。

一方、顔画像をパターンとする手法において、現在研究されている手法は、ある一定の条件下では、ほぼ100%に近い精度が出る結果となっている。その中でも、最も識別精度が良いとされている手法としては、ガボールウェーブレット変換とグラフ・マッチングを用いた手法¹¹⁾や高次局

所自己相関特徴と線形判別分析を用いた手法¹²⁾が挙げられる。各々の手法の特徴、メリットとデメリットを表2に示す。

ガボールウェーブレット変換とグラフ・マッチングを用いた手法は、識別に利用する顔画像の解像度が低い場合、顔部品の取得精度が低下するため、顔の位置合わせが困難となる。また、この場合、顔部品とその周辺の領域から個人性を表す特徴量を算出することは困難である。このような問題に対応する手法として、識別の際に顔画像の位置合わせを不要とし、高い解像度の画像を必要としない特徴である高次局所自己相関特徴が有効である。しかし、高次局所自己相関特徴は、スケール変化に弱いといった問題がある。

本研究では、動画画像を用いることで被写体がカメラを意識することなく識別が可能な手法を提案する。そこで、目、鼻や口等の顔部品が見えている顔画像を正面顔画像として、識別の対象となる正面顔画像を動画画像から自動で複数枚取得し、個人を識別する。そして、動画画像を利用するため撮影された顔画像の解像度が低い場合でも、識別が可能な高次局所自己相関特徴と線形判別分析を用いた手法を使用し、高次局所自己相関特徴のスケール変化に弱いという問題点を解決するために高次局所自己相関特徴を拡張する。

3. 研究の概要

本研究では、顔画像を用いて個人識別を行い、識別結果に基づき個人の勤怠情報を出力するシステムの構築を目的とする。本システムでは、まず、動画画像中から複数枚の顔領域画像を取得し、その中から正面顔画像を抽出する。次に、抽出した正面顔画像を用いて個人を識別する。最後に、識別結果を基に個人の勤怠情報を出力する。本システムの特徴と機能を表3に示す。

3.1 システムの構成

本システムの構成を表4に示す。本システムは、システ

表 1 代表的な個人識別手法
Major methods of identification.

分類	手法	
画像パターン	局所	ガボールウェーブレット変換とグラフ・マッチングを用いた手法
		Local Feature Analysis を用いた手法
	全体	主成分分析による Eigenface 法を用いた手法
		高次局所自己相関特徴と線形判別分析を用いた手法
幾何学的特徴	部分空間法を用いた手法	
	顔部品の位置・顔部品間の距離を用いた手法	

表 2 既存手法の特徴・メリット・デメリット
Feature, merit and demerit of existing methods.

手法	ガボールウェーブレット変換とグラフ・マッチングを用いた手法	高次局所自己相関特徴と線形判別分析を用いた手法
特徴	顔部品とその周辺の局所的な領域を利用	顔画像全体を利用
メリット	照明変化にロバスト	パターンの平行移動に対してロバスト
デメリット	顔の位置合わせが必要 計算時間がかかる	スケール変化に弱い

図 1 撮影条件
Condition of scene

ムを容易に構築するため、一般的なパソコンと画像入力用のデジタルビデオカメラから構成される。また、勤怠管理システムは、入退室履歴を記録するためのものであるため、個人識別による施錠解除のようにリアルタイムに識別を行う必要はない。そのため、本システムは、オフラインシステムとして構成する。

入力する動画像の撮影条件として、図 1 に示すように、既存の監視カメラ等と同等の条件にするために、一般に市販されているデジタルビデオカメラを三脚に固定して撮影した。カメラの設定場所は室内とし、設置位置は地面から 2m 程度に位置し、撮影方向としては、被写体は、カメラから 6m~8m 離れた位置からカメラ方向に向かって移動するものとした。なお、動画像中に同時に撮影される人物は一人とした。また、本システムは、被写体がカメラに向かって移動することを前提条件とするため、勤怠管理システムを構築する場合、入室用と退室用の二つのカメラを使用する必要がある。ただし、入室と退室は管理情報が異なるだけで識別処理は同じであるため、本研究では一つのカメラのみで実験を行った。

表 3 本研究の特徴と機能
Feature and function of present research.

特徴	被写体に負担をかけずに勤怠情報を登録する。
	正確な識別によるなりすましの防止が可能である。
	生体認証のためキー等を必要としない。
	勤怠情報登録時の手作業を必要としない。
機能	動画像から自動的に人物領域と顔領域を抽出し、顔領域の追跡を行い、顔領域の切り出しを行う。
	パターン辞書に顔画像を教師データとして登録、更新と管理を行う。
	入力した顔画像を辞書に登録した顔画像パターンと比較し、個人識別を行う。

表 4 本システムの構成
System constitution.

パソコン	DELL 社製 OPTIPLEX GX620
CPU	Pentium4 3.4GHz
メモリ	3.5GB
ビデオカメラ	NV-GS200K-S
ファイル形式	AVI
AVI コーデック	Indeo Video 5.0
フレームレート	30 フレーム
動画サイズ	640 × 480pixel

図 2 個人識別の流れ
Flow of identification technique.

3.2 本研究における個人識別の流れ

本システムにおける個人識別の流れを図 2 に示す。処理は大きく分けて学習モードと識別モードの二つに分けられる。学習モードでは、動画像から登録する人物の顔を検出し、検出した顔画像から識別に必要な特徴を算出し、名前と特徴を教師データとして登録する。識別モードでは、動画像から勤怠管理の対象となる人物の顔を検出し、検出した顔画像から識別に必要な特徴を抽出し、教師データとの比較を行う。比較の結果、対象となる人物が教師データ内に存在する場合、図 3 に示すように、名前、出勤日、出勤時間と識別対象となった被写体の顔画像の保存されているパスを勤怠情報として登録する。

顔領域の検出処理では、識別の対象となる人物の全身が撮影されている動画像に対して、人物の身体的特徴と色情報を使用し、顔領域を検出する。識別対象領域の抽出処理では、検出した顔領域から識別に利用するための領域を抽出する。特徴量の算出処理では、顔画像全体から識別に利用する特徴量を算出する。正面顔画像の判定処理では、個人識別に利用可能な正面顔画像かどうかを判定する。本研究では、証明写真のような正確な正面顔画像のみを抽出するのではなく、目、鼻や口等の顔部品が見えている顔画像も正面顔画像として抽出する。これは、個人識別の際に入力対象の顔画像の正確な正面顔画像が抽出できない場合に対応するためである。顔同定処理では、識別の対象となる人物の正面顔画像として判定した顔画像の特徴量と予め登録されている各人物の特徴量を比較することで、識別の対象となる人物が誰であるかを判定し、勤怠情報をシステムに登録する。

4. 個人識別

4.1 顔領域の検出処理

本処理では、撮影した動画像から人物の顔領域を検出する。既存の顔領域の検出手法では、顔である可能性のある領域を顔候補とし、その領域から顔領域を特定することで顔領域を検出¹³⁾する。しかし、既存の顔領域の検出手法では、検出時間がかかる上に顔領域を誤検出する可能性が

名前	出勤日	出勤時間	顔画像パス
A	年/月/日	時:分	C:\...\
B	年/月/日	時:分	C:\...\
C	年/月/日	時:分	C:\...\

図3 勤怠管理情報
Information of time and attendance.

ある。本研究では、撮影条件から被写体の体全体が動画像に撮影されるため、識別対象の全身が撮影されたフレームにおいて人物領域を抽出し、人物領域から人物の身体的特徴と色情報を利用して顔領域を検出する。そして、以後のフレームでは、前フレームで抽出した顔領域の追跡を行い、顔領域を検出する。

人物領域の抽出では、被写体の撮影された動画像と背景画像を用いて、背景差分を行い人物領域を抽出する。背景差分によって抽出された領域に対して、大津の閾値法¹⁴⁾によって閾値を算出する。算出した閾値を基に、動画像の各フレームを2値化処理する。2値化処理によって算出された領域に対してラベリングを行い、領域の面積、領域の縦横比から人物領域を抽出する。

顔領域の検出では、抽出した人物領域から人の頭は体の上位1/8に存在するという身体的特徴を利用して顔候補領域を抽出する。顔候補領域に対して、色情報を利用して肌色領域を算出し、顔領域を抽出する。肌色領域の算出は、RGB色空間からYCbCr色空間に変換し、処理を行う。RGB色空間からYCbCr色空間への変換式¹⁵⁾を次式に示す。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

$$Cb = -0.172R - 0.339G + 0.511B + 128 \quad (2)$$

$$Cr = 0.511R - 0.428G - 0.083B + 128 \quad (3)$$

なお、Yは輝度を表しており、CbとCrは色差を表している。Chaiら¹⁶⁾は、YCbCr色空間で照明変化に頑健なCb、Crにおいて、人の肌色は人種に依らずCbとCrの値が $77 \leq Cb \leq 127$ かつ $133 \leq Cr \leq 173$ を満たすと述べている。小柳ら¹⁷⁾は、この閾値を利用して顔領域を検出している。本研究は、室内において勤怠管理を行うことを目的としているため、急激な照明変化は起こらないと考えられる。そこで、本研究においても、Chaiらの手法を使用して人物の顔検出を行う。

顔領域の追跡では、図4に示すように現在のフレームをTとするとTフレームとT+Nフレーム目において背景

図4 顔領域の追跡
Tracking of face area.

差分を行い矩形内に顔領域全体が含まれるように矩形を移動する。

4.2 識別対象領域の抽出処理

検出した顔画像には、ノイズ等が含まれている場合や顔以外の体の一部が含まれている場合がある。そこで、本処理では、4.4節の正面顔画像の判定処理と4.5節の顔同定処理の対象となる顔領域の範囲を抽出する。しかし、動画像中から顔画像を検出した場合、画像サイズが小さい場合があるため、顔部品を特定できないことがある。そこで、顔部品を利用してするのはなく、肌色領域と顔領域のヒストグラムを利用する。顔領域の範囲としては、上端は顔領域の上部とし、下端は顎のラインに決定する。左右端に関しては、顔領域の追跡で検出した領域をそのまま利用する。

顔のヒストグラムを図5に示す。肌色領域の横幅1/4から3/4に限定した範囲で、縦の濃淡値ヒストグラムを算出する。算出したヒストグラムでは、鼻の濃淡値が最も高く、鼻より下において、口と顎が極小値を表している。このヒストグラムの特徴から顎のラインを算出し、識別対象領域を特定する。特定した領域において、本研究では顔領域以外の背景領域には色情報を持たないものとする。すなわち、顔領域の追跡で背景差分を行うことで取得した顔領域と特定した識別対象領域のみの情報を保持する。しかし、常にこのような特性を持ったヒストグラムが算出されるわけではない。画像の大きさ等によってヒストグラムが複雑になる場合や、輝度変化によってヒストグラムにノイズが混在する場合がある。そこで、ヒストグラムが正確に算出されるように処理の際の画像サイズを一定にし、輝度補正をかけることでノイズを抑制する。輝度補正の手法としては、線形変換による輝度補正を行う。また、顔画像が一定サイズ以下の場合、その顔画像は使用しない。その理由としては、画像サイズが小さすぎる場合、個人を特定するための必要十分な情報がないため、識別に利用することができないと考えられるからである。また、横幅に関しては、ヒストグラムを利用して限定する手法が存在するが、髪の影響等を受けるため、精度の良い検出が困難であり、また、顔部品を正確に取得することも困難であるため、限定しないこととした。

4.3 特徴量の算出処理

本処理では、識別対象領域の抽出処理で抽出した顔領域から4.4節の正面顔画像の判定処理と4.5節の顔同定処理

図 5 顔のヒストグラム
Histogram of face.

図 6 高次局所自己相関特徴
Higher-order local autocorrelation.

に利用するための特徴量を算出する。既存の個人識別では、顔画像の画素値を特徴とする手法⁷⁾、目、鼻や口等の顔部品を特徴として利用する手法¹⁰⁾や顔画像に周波数変換を行い振幅と位相を特徴とする手法¹¹⁾が存在する。本研究では、画像サイズが小さい場合があるため、先に述べた手法では、個人の特性を表すのに十分な特徴を得ることが困難である。また、識別の際に顔位置を合わせることが困難である。そのため、画像の位置ずれに対する頑健性が必要である。そこで、本研究では、画像から位置に関する不変性を持つ特徴である高次局所自己相関特徴¹⁸⁾を利用する。

高次局所自己相関特徴では、次数やマスクサイズを変えることで無数のマスクパターンが考えられる。しかし、得られる特徴の数が膨大になるため実用的ではない。そこで、図 6 に示すように、次数 N を 2 次までとし、マスクサイズを注目画素の 8 近傍である 3×3 に制限する。この時、平行移動による等価な特徴を除き、重複した領域の選択を許すと 35 個の特徴が得られる (0 次: 1 個, 1 次: 5 個, 2 次: 29 個)。この 35 個のマスクパターンから得られる特徴量を識別に利用する。特徴量は、高次局所自己相関特徴の各マスクパターンを識別対象画像に対して走査し、マスクパターン毎に積分した値となる。しかし、高次局所自己相関特徴は、 3×3 画素の局所的な特徴を抽出するため、顔領域のスケールによっては、最適な特徴を抽出できない可能性がある。そのため、識別に利用するためには、適切なス

ケールの顔画像に対して特徴を抽出する必要がある。

そこで、本研究では、解像度が異なる複数の画像を用いて、高次局所自己相関特徴の手法を拡張した方法でスケールの変化に対応する。拡張した高次局所自己相関特徴を図 7 に示す。拡張した高次局所自己相関特徴は、解像度の異なる複数枚の画像に対して高次局所自己相関特徴を算出する。濃淡画像に対する高次局所自己相関特徴は、35 次元で表現されるのに対して、本研究で拡張した高次局所自己相関特徴は、解像度の異なる画像を 3 パターン使用するため 35×3 の 105 次元で表現される。解像度の異なる画像を使用することで、対象の詳細な情報から大まかな情報までの特徴量を抽出することが可能であり、対象の平行移動に関する不変性はこれらの特徴にも引き継がれるため、識別に有効な特徴量となる。

4.4 正面顔画像の判定処理

本処理では、検出した顔領域が正面顔画像かどうかを判定する。その理由としては、個人識別では、正面を向いた顔画像を利用した場合、最も良い精度が得られるためである。

既存の手法としては、顔の対称性を利用する手法、顔の重心距離を利用する手法や主成分分析による手法等がある。これらの手法では、顔部品の取得や正確な顔の位置を合わせが必要である。しかし、動画画像中から検出される顔領域は画像サイズが小さい場合があるため、顔部品の取得や顔の位置合わせが困難である。そこで、本研究では、顔部品の取得や顔の位置合わせが不要で顔領域のサイズが小さい場合でも、顔を判別することができる高次局所自己相関特徴を用いて正面顔画像を判定する。なお、本処理では、顔画像が証明写真のような正面顔画像であるかどうかを判定するのではなく、識別に適さない顔画像を除去することが目的である。

本研究で提案する正面顔画像の判定手法を図 8 と図 9 に示す。本処理の手順としては、まず、図 8 に示すように、教師データから取得した 35 次元の特徴ベクトル群に対して主成分分析を行い、固有値と各固有値に対応する固有ベクトルを算出する。ここで、ノイズを削減するために算出した固有値の中から固有値の高いもののみを使用し、固有空間を作成する。次に、図 9 に示すように、入力データと教師データから取得した特徴ベクトルを固有空間上に射影することにより、正面顔画像の判定に適した特徴ベクトルに変換する。そして、入力データと正面顔画像の教師データ間のユークリッド距離¹⁹⁾を算出し、閾値より小さい場合、正面顔画像と判定する。本処理における教師データとは、複数人から取得した複数枚の正面顔画像である。ただし、本研究では、抽出される顔領域の画像領域に占める割合が常に一定になるとは限らない。そのため、教師データには、様々な割合の正面顔画像を用いる。

4.5 顔同定処理

(1) 教師データの作成

顔同定処理で利用する教師データは、勤怠管理の対象と

図 7 拡張した高次局所自己相関特徴
Extension of higher-order local autocorrelation.

図 8 固有空間の作成方法
Method for making eigen space.

図 9 正面顔画像の判定手法
Method for extracting frontal face image.

なる人物の正面顔画像から算出した 105 次元の高次局所自己相関特徴とする。顔同定処理では、個人識別を行うため、高い精度が必要とされる。そのため、顔同定処理で使用する入力データと教師データは拡張した高次局所自己相関特徴を使用する。特徴を抽出するための顔画像は、動画の中から 4.1 節～4.4 節の処理によって取得した正面顔画像とする。ただし、顔同定処理では、勤怠管理の対象となる被写体が誰であるかを識別する必要があるため、人物毎に特徴

量を登録する。また、本研究では、教師データに利用する顔画像を入力動画の撮影場所と同一場所で撮影することにより、光量変化の問題に対応する。光量変化は、撮影する場所によって、画像中の異なる場所に影響を与える。光

図 10 識別空間
Identification space.

量変化に対応する研究も多数行われているが、現状完全に解決することは難しい。そこで、入力動画像と同様の場所で、教師データ用の顔画像を作成することによって、同様の光量変化の影響を受けることを利用する。また、本システムは、室内での利用を前提としているため、太陽光や天候などの大きな光量変化はないものとする。

(2) 顔同定

本処理では、入力データと教師データの顔画像から算出した特徴量の比較を行い、入力データがどの人物であるかの判定を行う。本システムにおける同定手法は、拡張した高次局所自己相関特徴と既存の線形判別分析によって識別に適した特徴を算出し、マハラノビス距離¹⁹⁾によって類似度を算出する。高次局所自己相関特徴は、顔部品の取得や顔の位置合わせを行うことなく、個人の特徴を抽出する基本的な特徴ではあるが、特別識別に適した特徴ではない。そこで、算出した特徴量を線形判別分析²⁰⁾を用いて、クラス間の距離が離れ、クラス内の距離が近くなるような特徴量に変換する。線形判別分析による識別空間を図10に示す。線形判別分析では、教師データのクラス間共分散行列とクラス内共分散行列から定義される識別基準を最大にすることによって、教師データのクラスを識別するために最適な係数行列を算出する。この際、識別空間の次元数は $\min(\text{クラス数} - 1, \text{次元数})$ となる。算出した係数行列を用いて教師データから識別空間を算出し、識別空間上に教師データを射影する。

本研究では、撮影条件から顔画像の解像度が変化するため、拡張した高次局所自己相関特徴を利用する。そして、線形判別分析を行うことで、個人識別に適した特徴に変換する。しかし、入力画像を一枚のみ利用した識別では、利用した画像が正確に抽出されていない場合や、輝度の影響による問題が発生した場合、誤判定される恐れがある。複数枚の画像を利用した場合、その中の1枚に問題が発生したとしても他の画像で影響の軽減が可能となる。本研究では、動画像中から勤怠管理の対象となる複数枚の顔画像を取得することが可能であるため、複数枚の顔画像を利用して識別を行う。比較手法としては、入力画像群から平均ベクトルを算出し、教師データから算出した識別空間に射影することで、入力データの新特徴ベクトルを算出する。その特徴と教師データとのマハラノビス距離を算出する。そして、距離が最も近く、閾値以上である場合、入力データは、距

離の最も近い人物と断定する。閾値に関しては、実験の結果から最適な数値を使用する。

5. 実験と評価

本章では、正面顔画像の判定率、本研究の撮影環境における個人識別の識別率、既存研究の撮影環境における個人識別の識別率、本人拒否率 (FRR: False Rejection Rate) と他人受入率 (FAR: False Acceptance Rate)²¹⁾に関する四つの実験を行い、本研究で提案した手法が勤怠管理の方法として有効であることを検証する。

5.1 正面顔画像の判定率

本実験では、正面顔画像の判定処理の有効性を検証するため、デジタルビデオカメラで撮影した動画像から抽出した被写体の顔領域に対して、本システムで正面顔画像の判定を行い、その精度比較を行った。実験内容としては、本システムの判定結果と目視で行った判定結果を比較した。なお、本実験では、顔部品である両目、鼻や口が見えている画像を正面顔画像とした。その理由として、本研究では、デジタルビデオカメラで撮影した動画像中から自動的に顔画像を検出するため、証明写真のような正面顔画像が取得できるとは限らない。そこで、本システムでは、多少の顔の傾きのある顔画像も個人識別に使用するためである。また、本実験で使用した動画像には、15人の人物が撮影されており、判定に使用した顔画像は、動画像から抽出した正面顔画像500枚と非正面顔画像500枚を使用した。

(1) 実験結果

本実験では、目視による実測結果とシステム上で算出した結果を比較することにより、本システムの判定率を算出した。表5では、正面顔画像をシステムで処理した場合の精度と正面顔画像以外の顔画像をシステムで処理した場合の精度の結果を示す。ここで、正常数とは、正面顔画像を入力とした場合、正面顔画像と判定された顔画像の枚数を、また、正面以外の顔画像を入力とした場合、正面顔画像と判定されなかった顔画像の枚数を示す。誤判定数とは、正面顔画像を入力とした場合、正面顔画像と判定されなかった顔画像の枚数を、また、正面以外の顔画像を入力した場合、正面以外の顔画像と判定されなかった、つまり、正面顔画像と判定された顔画像の枚数を示す。

(2) 考察

正面顔画像の判定結果は表5に示すように、正面顔画像に対する判定率は、91%の判定精度となり、概ね良好な結果が得られた。しかし、正面以外の顔画像に対する判定率は、

表 5 本研究による正面顔画像の判定率
Decision rate of frontal face image in present research.

	正面顔画像	正面以外の顔画像
フレーム数	500 枚	500 枚
正常数	457 枚	375 枚
誤判定数	43 枚	125 枚
判定率	91%	75%

75 %の判定精度となり、誤判定を多く含む結果となった。

正面顔画像の誤判定の原因としては、教師データに含まれない正面顔画像が、正面以外の顔画像と判定されたためであると考えられる。例としては、首を傾げた顔画像や髪で顔の一部が隠れた顔画像などが挙げられる。これらは、正面顔画像の教師データのパターンを増やすことで、正面顔画像として抽出することが可能となると考えられる。また、正面以外の顔画像の誤判定としては、顔の一部が切れている画像が挙げられる。その原因は図9に示すように、正面顔画像の判定処理では、入力データと教師データ間のユークリッド距離を算出し、その距離が閾値より小さい場合、正面顔画像と判定していることが挙げられる。本研究では、個人識別に様々な顔画像パターンを利用したいため、閾値を高く設定している。そのため、上記のような顔画像が正面以外の顔画像と判定されなかったと考える。閾値を低く設定することにより、正面以外の顔画像の誤判定数を少なくすることができるが、正面顔画像の誤判定数が多くなる。本研究では、正面以外の顔画像の誤判定数を少なくするより、正面顔画像の誤判定数を少なくする方が望ましいため、閾値を低く設定することは適切ではないと考える。

5.2 本研究の撮影環境における個人識別の識別率

本実験では、デジタルビデオカメラで撮影した動画画像から取得した正面顔画像を使用して、個人識別に関する実証実験を行った。実験内容としては、動画画像から抽出した複数枚の正面顔画像を入力データとし、予め登録してある教師データとの比較を行うことによって、入力データの人物の識別を行う。そして、高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法⁵⁾との精度比較を行うことで、本研究における手法の有効性を実証する。既存研究で使用する教師データは、入力データとは異なる方法で作成している。しかし、実際の環境で本システムを利用する場合、顔画像の大きさや画像中に占める顔領域の割合が一定になるとは限らない。そのため、本実証実験で使用する教師データは、本システムにおける正面顔画像の判定処理で正面顔画像と判定された顔画像を使用する。なお、正面顔画像の判定精度は、5.1節の実験の通りである。

本実験で使用した動画画像には、15人の人物が撮影されているため、クラス数を15とし、各クラスの識別精度を検証した。また、入力データとして使用した正面顔画像の解像度を90ピクセルに正規化し、図7のbとした。そして、bを基準にaを120ピクセルに拡大し、cを60ピクセルに縮小した。なお、正規化の方法として、縦幅を各ピクセルに変換した際の倍率を横幅に掛け合わせた。本実験でこれらの解像度を使用した理由としては、高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法¹²⁾において、顔画像の解像度を90ピクセルとした場合に、最も識別精度が良かったためである。そして、各クラスの入力データは、本システムで取得した正面顔画像から30枚の画像を使用した。

(1) 実験結果

本実験では、デジタルビデオカメラで撮影した動画画像から抽出した正面顔画像を使用して、4.5節の顔同定処理の識別精度を検証した。識別結果を表6に示す。表6に示すように各クラスの実験回数は15回として、15回の識別率の平均値を識別正答率として算出した。なお、抽出した顔画像の特徴量の次元数は105次元であるが、本実験では、クラス数が15であるため、4.5(2)項で説明したとおり、識別に有効な特徴量の次元数は14となる。また、入力データと教師データの人数の増加に対する識別率の推移を比較するために、15人から30人まで人数を増やし、人数毎に実験を行った。各クラスの実験回数は5回として識別正答率を算出した。実験結果を表7に示す。

さらに、本研究における手法の有効性を確認するために高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法¹²⁾との精度比較実験を行った。精度比較実験の結果を表8に示す。

(2) 考察

本研究では、動画画像を使用しているため、既存の個人識別で使用されている証明写真のような正面顔画像を取得す

表6 識別結果

Result of identification.

クラス	実験回数	識別正答率
No.1	15 回	100 %
No.2	15 回	100 %
No.3	15 回	86 %
No.4	15 回	100 %
No.5	15 回	100 %
No.6	15 回	93 %
No.7	15 回	100 %
No.8	15 回	73 %
No.9	15 回	100 %
No.10	15 回	93 %
No.11	15 回	86 %
No.12	15 回	100 %
No.13	15 回	100 %
No.14	15 回	93 %
No.15	15 回	93 %
Total	225 回	94 %

表7 人数毎の識別率

Identification rate of each number of people.

識別人数	識別正答率	識別人数	識別正答率
15 人	96 %	23 人	94 %
16 人	95 %	24 人	92 %
17 人	91 %	25 人	91 %
18 人	90 %	26 人	92 %
19 人	93 %	27 人	91 %
20 人	93 %	28 人	92 %
21 人	92 %	29 人	92 %
22 人	92 %	30 人	91 %

表8 既存手法と提案手法との比較結果

Result of comparing existing method with proposal method.

比較手法	識別正答率
既存研究の手法 ¹²⁾	90 %
本研究の提案手法	94 %

ることができない。そのため、精度が低下することが予想されたが、精度は表6に示すように全体として94%の識別精度となり、概ね良好な結果となった。しかし、一部のクラスにおいて精度が著しく低下しており、全体の精度が低下している。この原因としては、識別精度の低いクラスの入力データと教師データを比較すると、人物の髪型が極端に異なっていることや、撮影時期が異なることによる人物の肌の色が異なっていることがわかった。この原因は、教師データを定期的に更新し、教師データのパターンや数を増やすことで解決できると考えられる。

また、本研究では、動画画像から自動的に顔画像を取得しているため、様々なサイズの画像が存在する。その結果、既存の高次局所自己相関特徴では識別精度が低下した。しかし、本研究では取得した顔画像から解像度の異なる顔画像を生成し、それぞれの顔画像から取得した高次局所自己相関特徴を利用して識別を行っているため、解像度の影響を受けなくなることなく、識別を行うことができた。そのため、本研究の提案手法は、本研究の目的である勤怠管理の撮影条件に適切な手法であるといえる。そして、表7に示すように、識別対象の人数が増加しても90%以上の高い精度を保つ結果となった。勤怠管理は、一般的に会社内の部署や課毎に行うことが多く、中規模の会社では、部署や課の所属人数は15人～30人前後であると考えられる。このことから、本システムは、勤怠管理を行う上で識別対象の人数の変化にも充分対応しているといえる。

さらに、既存手法と提案手法との比較実験では、表8から高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法より精度の高い結果となった。今回の撮影条件では、低解像度の画像が識別対象に多く含まれる撮影条件のため、解像度の変化に対応した本研究の提案手法が有効であるという結果となった。

5.3 既存研究の撮影環境における個人識別の識別率

本実験では、高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法¹²⁾で想定している撮影環境において実証実験を行った。実験内容としては、被写体がカメラに対して正面を向いた状態でデジタルカメラを用いて撮影した静止画像を入力データとし、教師データとの比較を行うことによって、入力データの人物の識別を行う。

(1) 実験結果

本実験では、デジタルカメラで撮影した正面顔画像を使用して、高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法と本研究の提案手法と精度比較実験を行った。なお、1回の識別に1枚の正面顔画像を使用し、画像を変えて15回実験を行い、その識別正答率を算出した。精度比較の実験結果を表9に示す。

(2) 考察

比較精度実験の結果として、表9に示すように、高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法が91%、本研究で考案した手法が96%という結果となり、両手法とも

図 11 本人拒否率と他人受入率
FRR and FAR.

に本研究で想定している撮影環境での精度実験に比べ、識別精度が向上した。また、本研究で考案した手法は、高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法と比べて、同等以上の識別精度を得ることができた。そのため、既存の個人識別で使用されている証明写真のような正面顔画像が取得可能である場合、本研究で考案した手法はさらに高精度な識別が可能であると考えられる。さらに、クラス毎の精度比較においても、ほぼすべてのクラスで同様もしくはそれ以上の精度を得ることができた。そのため、既存研究で想定している撮影環境において本研究で考案した手法が有効であるといえる。

5.4 本人拒否率と他人受入率

本実験では、バイオメトリクス認証技術の評価手法によって本システムの有効性を実証する。バイオメトリクス認証技術では、認証の誤りは本人拒否率 (FRR: False Rejection Rate), 他人受入率 (FAR: False Acceptance Rate) の二つの指標で評価される。これは個人識別に使用した閾値により変化するが、閾値を上げることで FRR は減少していき、FAR は増加していく。この交差点での認証誤り率を交差誤り率 (XER: Cross over Error Rate) と呼び、評価の指標として用いる。

(1) 実験結果

本研究で考案した手法の有効性を示すため、バイオメトリクス認証技術の評価手法を用いて実験を行った。個人識別の際の閾値を変動させた場合の本人拒否率、他人受入率の変化を図11に示す。なお、この曲線は、各クラスの FRR と FAR の結果の平均を示す。

(2) 考察

本実験では、FRR と FAR が等しくなる点の判定率 (XER) は12%であった。バイオメトリクスを利用したセキュリティシステムは、一般的に標準化された評価手法⁵⁾²⁰⁾が用意されており、それに従って精度の評価を行う。その

表 9 既存手法と提案手法との比較結果
Result of comparing existing method with proposal method.

比較手法	識別正答率
既存研究の手法 ¹²⁾	91 %
本研究の提案手法	96 %

条件に従った場合、本研究の XER の結果は、あまり認証精度の良い結果ではない。この原因としては、本研究は被写体に負担を与えないような撮影条件であり、被写体の顔画像の解像度は低く、人物毎の顔の特徴の差異が少ないことが考えられる。また、実験データの不足も原因の一つであると考えられる。しかし、同様に、高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法¹²⁾の XER を算出した結果、13 %であったため、高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法に比べると、本研究の提案手法の方がバイオメトリクス認証技術として有効であるといえる。

また、実用化を考えた場合、本研究では、認証ではなく識別による勤怠管理を目的としているため、対象となる人物が誰であるかを判定できればよい。また、他人と誤判定しないことが最優先であるため、個人識別に利用する閾値は、XER の値より小さい値にする方が勤怠管理に適しているといえる。ただし、撮影条件等の変化や光量変化等により、本人と判定されない場合が発生することも考えられ、他の手法と組合せることにより、よりロバストなシステムに改善する必要がある。

5.5 評価

本実証実験では、本研究で提案した手法が勤怠管理の方法として有効であるかを実証するため、正面顔画像の判定の精度検証、本研究の撮影環境における個人識別の精度検証、既存研究の撮影環境における個人識別の精度検証、バイオメトリクス認証技術の評価手法である本人拒否率と他人受入率の精度検証の四つの実験を行った。特に個人識別の精度検証では、本研究が想定している室内にデジタルビデオカメラを設置した環境と既存研究が想定している被写体の顔の高さにデジタルカメラを設置した環境において、高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組み合わせた手法¹²⁾と本研究の提案手法との精度実験も行った。

正面顔画像の判定の精度検証では、表 5 に示すように、正面顔画像の判定率が 91% の結果を得ることができ、動画画像から自動的に識別に利用可能な顔画像を取得できたといえる。また、個人識別の精度検証では、表 8 と表 9 に示すように、既存研究と本研究で想定している撮影環境の両方で、高次局所自己相関特徴と線形判別分析を組合せた手法に比べて、4%以上の精度を向上させることができた。そして、表 7 に示すように、識別人数の増加に伴う識別率の推移の比較では、識別対象の人数が増加しても 90%以上の精度を保つことができ、識別対象の人数が増加した場合にも対応できると考えられる。さらに、本人拒否率と他人受入率といったバイオメトリクス認証技術の評価基準に基づいて提案手法の有効性を実証した。

以上から、本研究の提案手法は、被写体がカメラを意識することのない勤怠管理の手法として有効であるといえる。また、本システムの速度計測を行った。計測方法としては、画像から正面顔画像を 30 枚使用し、15 回の実験を行った。計測結果としては、計測速度の平均が 0.02 秒となった。こ

のことから、本システムは、勤怠管理システムとして十分な速度であると考えられる。

6. むすび

本研究では、顔画像の識別技術を用いて、被写体が意識することのない勤怠管理の手法を提案した。室内にデジタルビデオカメラを設置し、個人識別を行った。その結果、従来のカメラを意識した認証とは異なり、被写体がカメラを意識することのない個人識別を実現した。そして、実証実験では、既存の最も精度の良い手法との比較実験を行うことで、本システムの有効性を実証した。本システムでは、識別精度が 94 % という結果から、既存の手作業による勤怠管理の手法と比較して、従来の手作業によるミスがなくなることやなりすましの防止が可能となると考えられる。しかし、勤怠管理を行うためには、100 % の精度が要求される。実環境では、顔画像が正確に取得できない問題、解像度が異なる問題や輝度変化による問題等が発生する。そのため、実環境における個人識別の精度を 100 % にすることは、現状ではほぼ不可能に近いと考えられる。そこで、今後の課題として、顔画像を用いた個人識別技術のみによる勤怠管理ではなく、他のアプローチからの勤怠管理技術と組合せることによって、より効率的で実用可能な勤怠管理システムの開発が挙げられる。

最後に、本研究を遂行するにあたり、文部科学省の平成 20 年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「セキュアライフ創出のための安全知循環ネットワークに関する研究」の助成を受けた。ここに記して、感謝の意を表します。

〔文 献〕

- 1) 厚生労働省:“脳・心臓疾患及び精神障害等に係る労災補償状況について”, 厚生労働省 (2008), <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2008/05/h0523-2.html>
- 2) 東京労働局:“労働時間・休日・休暇制度をめぐる状況”, 東京労働局 (2002), <http://roudoukyoku.go.jp/roudou/jikan/>
- 3) 村山憲治:“SPT: Simplifying Passenger Travel バイオメトリック認証を用いた新しい航空手続き”, 情報処理, **47**, 6, pp.583-588(2006)
- 4) 日本自動認識システム協会編:“これでわかったバイオメトリクス”, オーム社 (2001)
- 5) 瀬戸洋一:“バイオメトリックセキュリティ認証技術の動向と展望”, 情報処理, **47**, 6, pp.571-576(2006)
- 6) 坂野鋭:“バイオメトリック個人認証技術の新展開”, 映像学技報, **26**, 22, pp.25-32(2002)
- 7) 赤松茂:“コンピュータによる顔の認識 -サーベイ-”, 信学論, **80**, 8, pp.2031-2046(1997)
- 8) 佐藤 俊雄:“顔による個人認証”, 生体医工学:日本エム・イー学誌, **44**, 1, pp.40-46(2006)
- 9) 岩井儀雄, 勞世, 山口修, 平山高嗣:“画像処理による顔検出と顔認識”, コンピュータビジョンとイメージメディア研究会研究報告, **2005**, 38, pp.343-368(2005)
- 10) Brunelli, R. and Poggio, T.:“Face recognition: Face recognition: features versus templates”, Pattern Analysis and Machine Intelligence, **15**, 10, pp.1042-1052(1993)
- 11) 内海ゆづり, 岩井儀雄, 谷内田正彦:“顔認識のためのウェーブレット特徴量の評価”, 知能と情報, **19**, 5, pp.476-487(2007)
- 12) Goudail, F., Lange, E., Iwamoto, T., Kyuma, K. and Otsu, N.:“Fast face recognition method using high order autocorrelations”, Proceedings of 1993 International Joint Conference on Neural Networks, **2**, pp.1297-1300(1993)
- 13) デシルバリヤナゲ, 相澤清晴, 羽鳥 光俊:“人間の顔の向きの推定”, 電子情報通信学会パターン認識・理解研究会技術研究報告, **94**, 101, pp.17-24(1994)

- 14) 大津展之:“判別および最小2乗規準に基づく自動しきい値選定法”, 信
学論, **63**, 4, pp.349-356(1980)
- 15) 越智宏, 黒田英夫:“図解でわかる画像圧縮技術 JPEG&MPEG”,
日本実業出版社(1998)
- 16) Chai, D. and Ngan, K.N.:“Locating facial region of a head-
and-shoulders color image”, Proceedings of 1998 International
Joint Conference on Automatic Face and Gesture Recognition,
pp.124-129(1998)
- 17) 小柳剛, 目加田慶人, 長谷川光司, 春日正男:“正面・側面カメラ映像を
利用した人物正面顔の検出”, 映像学技報, **25**, 65, pp.19-24 (2001)
- 18) 大津展之, 栗田多喜夫, 関田巖:“パターン認識—理論と応用—”, 朝倉
書店(1996)
- 19) 永田靖, 棟近雅彦:“多変量解析法入門”, サイエンス社(2001)
- 20) 日本規格協会:“顔認証システムの精度評価方法”, JIS 標準情報 TS/TR
X0086(2003)
- 21) 瀬戸洋一, 三村昌弘:“バイオメトリクス認証技術における精度評価の
動向”, 情報処理, 40, 11, pp.1099-1103(1999)

にしだ よしと
西田 義人 2005 年, 関西大学総合情報学部卒業。
2007 年, 関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専
攻博士課程前期課程修了。現在, 関西大学大学院総合情報
学研究科総合情報学専攻博士課程後期課程在学中。修士
(情報学)。画像処理, CAD/CG 等の研究に従事。2004
年(株)関西総合情報研究所入社.CAD システム, データ
モデル設計等の研究開発に従事。

たなか しげのり
田中 成典 1986 年, 関西大学工学部土木工学科
卒業。1988 年, 関西大学大学院工学研究科土木工学専
攻博士課程前期課程修了。同年, (株)東洋情報システム
(現在, TIS) に入社, 知識情報処理システムに関する
研究受託開発業務に従事。1994 年, 関西大学総合情報
学部専任講師。1997 年, 助教授。2004 年, 教授, 2006
年, 関西大学学生センター副所長, 現在に至る。博士(工
学)。2002 年 8 月から 1 年間カナダの UBC にて客員
助教授。専門は知識工学と土木情報学。2000 年, (株)関
西総合情報研究所を起業, 設立当初から現在まで同社取
締役会長。2006 年, (株)フォーラムエイトの顧問に就
任。CAD/CG, GIS/GPS, 画像処理, および Web ソ
リューションビジネスに関連する研究業務に従事。また,
ISO に準拠した CAD 製図基準と CAD データ交換基盤
の開発も従事。

ふるた ひとし
古田 均 1971 年, 京都大学工学部卒業。1973
年, 京都大学大学院工学研究科修士課程修了。1976 年,
同大学院工学研究科博士課程修了。同年, 京都大学工学
部助手。その後講師, 助教授を経て, 1994 年, 関西大学
総合情報学部教授, 現在に至る。博士(工学)。その間,
米国バディー大学客員助教授, 米国プリンストン大学客
員研究員, 2004 年から 2005 年, 米国コロラド大学客員
教授。構造物の信頼性解析, 最適設計, ライフサイクル
コスト解析, ソフトコンピューティングの構造設計・維
持管理への応用に関する研究に従事。

うまいし なおと
馬石 直登 2007 年, 関西大学総合情報学部卒業。
2009 年, 関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専
攻博士課程前期課程修了。現在, 富士フイルム株式会社,
修士(情報学)。画像処理の研究に従事。

きたがわ ようへい
北川 洋平 2009 年, 関西大学総合情報学部卒業。
現在, 関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻
博士課程前期課程在学中。画像処理の研究に従事。

うちお けんいち
打尾 賢一 2009 年, 関西大学総合情報学部卒業。
現在, 関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻
博士課程前期課程在学中。画像処理の研究に従事。