

## 可視光照明装置を用いた屋外環境での顔認識

## Outdoor Face Recognition Using Visible Lighting System

河田 耕三  
Kozo Kawata安達 和隆†  
Kazutaka Adachi山下 真生†  
Masao Yamashita亀山 博史†  
Hirofumi Kameyama

## 1. まえがき

アクセスコントロールなどユーザ協調の下で屋外環境で安定動作する顔認識を実現するための研究を進めている。本研究では可視光照明装置を用いて環境光の影響を抑制するアプローチをとる。独自に構成した認識アルゴリズムを用い、太陽光に影響されないで正しく認証するために必要な装置照明強度を求めた。結果、日中の直射太陽光に対して一桁低い照度の市販照明装置を用いて、安定した本人受け入れと他人排除が可能であることを確認した。

## 2. 顔認識装置の検討

顔認識では照明・向き・表情など様々な変動の下で本人を同定する必要がある。特に屋外では照明環境の変動が大きい。ユーザ協調下で照明装置を用いる前提に立てば、照明強度を無限大にすれば環境光の影響を無視できるが、実用的には眩しさや装置規模など負の影響を考慮しなければならない。従って、認識アルゴリズム、照明・撮像系によるデータ取得過程が高レベルで両立することが必要であり、これらについて検討した。

## 2.1 認識アルゴリズム

文献[1]などには、顔領域を一つのパターンとして捉えるのではなく、局所的な部位に分けて特徴量を構成する方が、顔向きや表情に対して安定した認証ができることが報告されている。顔の中の両目・鼻・口など特定の部位のみに特徴を限定するのが良いとする報告もあるが、筆者らの予備実験では特定部位に限定することなく、できるだけ多くの情報を利用するほうが高性能な結果が得られており、顔領域上に格子状に配置した100個のサンプル点での局所的な特徴を比較することでスコア付けをするものとした。ここで、サンプル点はフレキシブルに位置決めされ、表情や向きの変化に影響されにくいようにした。また、色情報は利用しない。

## 3.2 照明・撮像系

環境光に影響されにくい顔画像取得のために、近赤外光および可視カットフィルタを利用する方法が提案されている[2]。しかし、近赤外では抽出される肌表面の情報量が少なく個人差が得られにくい。一方、カメラ近くに配備したLEDの点灯画像と消灯画像の差を利用する方法[3]では、LED光量と太陽光量との比に起因するノイズの影響を除去して良質な画像を得るために装置規模が大きくなるのが懸念される。本研究ではカメラ上方に配備した可視光装置により環境光の影響を抑制するアプローチを取る。眩しさのデメリットの軽減を考慮して上方配備とした。

## 3. 検証実験

## 3.1 実験装置

†グローリー工業(株) R&amp;Dセンター

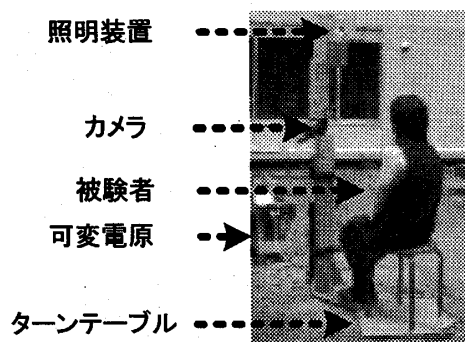


図1. 実験装置

図1のようにターンテーブルと共に被験者と照明とカメラが同時に旋回できる装置を製作し、被験者の顔向きに対する太陽の方位角を変えられるようにした。照明は100ワットのハロゲン球2個(ウシオ製JDR)を用い、その強さを可変電源で手動制御できるようにした。また、広範囲の照度変化に関係なく認証に必要なダイナミックレンジを確保するため、検出される顔領域の平均輝度が一定になるようにカメラのシャッター速度とゲインを自動制御した。

## 3.2 データ取得と検証

まず、晴天時にターンテーブルを1回転させて撮影したデータに対して曇天時の撮影データを登録データとして認証を試み、被験者の顔向きに対する太陽の方位角による影響を調べた。その結果、方位角が90~120度(被験者後方に太陽がある場合が方位角0度)で認証精度が最も低下したため、この条件で以後の実験を行うようにした。

安定した認証が可能になるための照明装置の必要光量を調べるために、屋外で太陽方位角90~120度及び0度でのデータを照明装置の電圧を変えながら収集した。データ収集に際しては、着座した被験者の顔の高さに合わせてカメラを上下させ、被験者には上下左右5度程度の顔向きの変化を課した。図2(a),(b)に各照度での画像例を示す。ここで照度(lx:ルクス)は顔面位置でカメラ方向に向けた暗室内での照度計の値であり、照明装置単体による照度に等しい。筆者らが実際に被験者となった経験では照明装置を直視しないでカメラ方向に視線を向ければ12,000lxにおいても眩しさによる不快感はなかった。測定時の天候は快晴で直射太陽の照度は6~11万lxであった。

20名の収集データから、登録対入力データのペアを作成し上記アルゴリズムを適用して類似度を求めた。認証は設定閾値に対する類似度の大小により判定されるため、本人リジェクト率(FRR)と他人エラー率(FAR)は類似度の統計量を調べることで評価できる。他人の照合類似度については太陽方位角が同じ(環境が同じ)場合に最も高い値となり厳しい評価となる。図3(a)は照明装置単体の照度に対する他人の照合類似度を設定FARごとにプロットしたもので

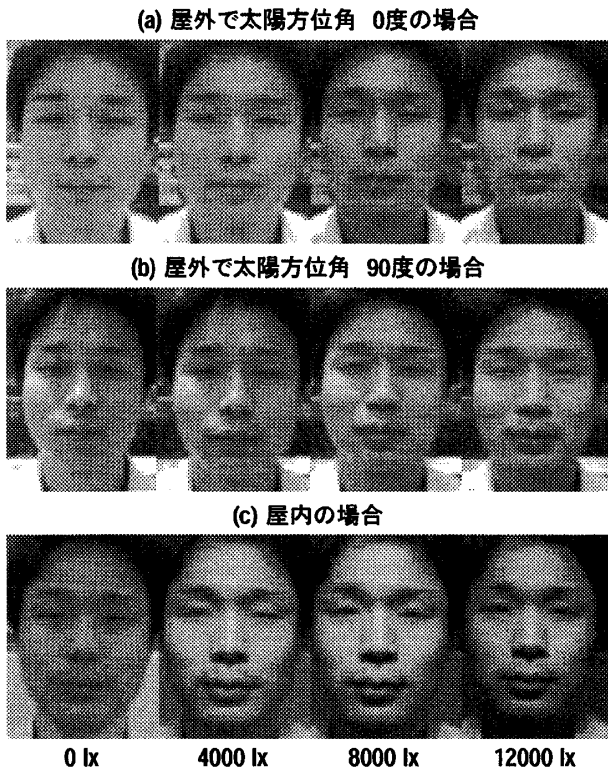


図2. サンプル画像

ある。具体的には、各照度において照合類似度に対する FAR 曲線を求め、これらの曲線から FAR=0.1%と 0.01%での照合類似度を読み取るにより作成した。図 3(a)で他人の照合類似度は照度に依らずにほぼ一定となった。本人の照合類似度については太陽方位角が異なる場合に最も厳しい評価となるためこの場合について調べた。図 3(b)は上記と同様な方法で照明装置単体の照度に対する本人の照合類似度を設定 FRR ごとにプロットしたものである。照度が大きいほど本人類似度が高くなり、照明装置の効果を確認できる。図 2(b)屋外 90 度のサンプル画像で照度が 12,000lx もあれば太陽光による影が抑えられ、照明装置による明暗が支配的になっていることが分かる。太陽光との照明強度が一桁近くの差がありながらこのようになるのは、顔面の法線ベクトルの多くがカメラないし照明装置方向に向いているため、物体表面輝度が法線ベクトルと光源ベクトルとの内積に比例するという拡散反射の Lambert モデルに、概ね従った結果であると考えられる。次に屋内で同様のデータを撮影し(図 2(c))、屋内対屋外 90~120 度のデータペアを作成して類似度を求めた。撮影環境が大きく変わるため他人類似度、本人類似度共に、上記グラフを下回った。本人類似度については図 3(c)に示した。しかしこの場合でも、図 3(a)から FAR=0.1%として求められる閾値を適用すると、照明装置なしの場合に 6%であった FRR が 6,000lx 以上で 1%未満になり、大きな効果が得られることが確認できる。ここでは日中、高い仰角の時間帯での撮影データを評価したが、朝夕における低い仰角の時間帯においても上述の Lambert モデルにより、必要な装置照明の強度は大きくは変わらないと推測される。

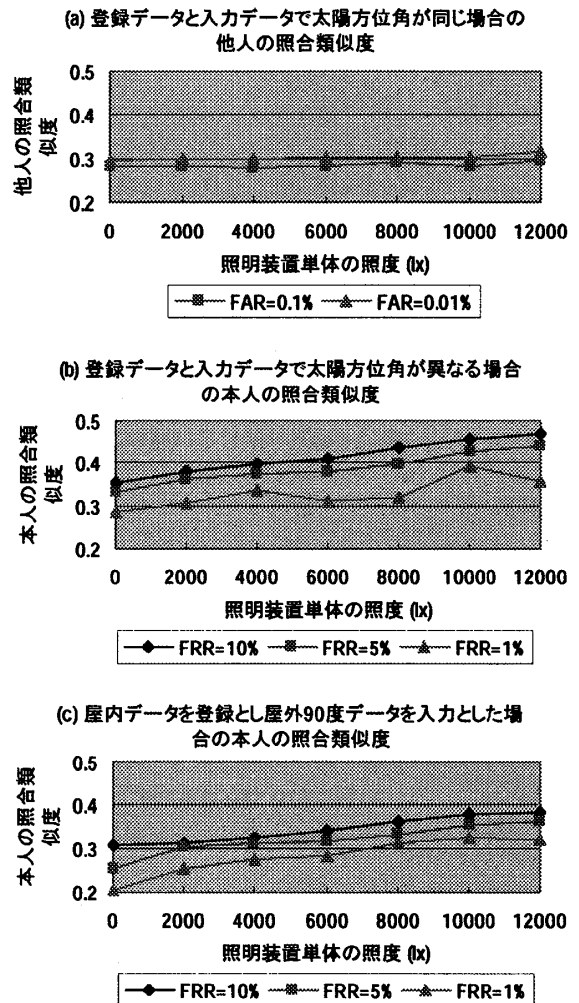


図3. 実験結果

#### 4. まとめ

ユーザ協調下での屋外顔認識の安定動作に向けて、可視光照明装置を用いるアプローチを取り、独自構成の認識アルゴリズムで認証させた場合、日中の直射太陽光に対して一桁低い照度の市販照明装置を用いて安定した本人受け入れと他人排除が可能であることを確認した。

#### 5. 参考文献

- [1] B. Heisele, P. Ho, J. Wu and T. Poggio, "Face Recognition: Component-based Versus Global Approaches", Computer Vision and Image Understanding, pp.6-21, 2003.
- [2] S. Z. Li, R. F. Chu, C. M. Ao, L. Zhang and R. He, "Highly Accurate and Fast Face Recognition Using Near Infrared Images", in Proceedings of the International Conference on Biometrics, 2006.
- [3] X. Zou, J. Kittler and K. Messer, "Face Recognition Using Active Near-IR Illumination", in Proceedings of The British Machine Vision Conference, 2005.