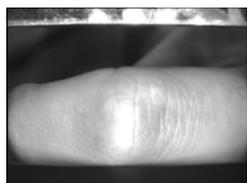

バイオメトリクスの研究動向 と マイナンバー制度

東北大学 大学院情報科学研究科
伊藤 康一

バイオメトリクスに関する研究



Finger knuckle recognition for door handle



Finger knuckle

ACPR2011
BTAS2013
IEICE JA 2013
Information Sciences 2014
IJCB 2014
ACPR 2015
IPJSJ CVA 2017

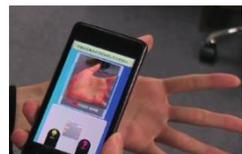


Fingerprint verification unit



Fingerprint

IEICE EA 2004
IEICE ELEX 2005
ICIP2005
ICB2006
IEEJ 2006
IEICE EA2010



Android app

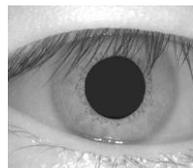


Palmprint

ICIP2006
ISPACS2006
IEICE EA2008
ICPR2008
ICIP2009
MoMM2010
Multimedia Systems 2013
IEICE JA 2013
ACPR2013
CVPRW2014
ITE J 2015
ICB 2015



Iris verification unit



Iris

ICIP2005
ICB2006
ICIP2006
ISPACS2006
IEEE PAMI2008



2D/3D face verification unit



2D face 3D face

ICIP2005
ISPACS2006
IEICE EA2008
IEICE EA 2009
FG2011
CVPRW2012
ICIP2012
ICB2013



Disaster victim identification using dental records



Dental radiograph

ISPACS2006
ICIP2007
RSNA2007
IEICE EA2008
IEICE JD 2008
RSNA2008
ICPR2008
RSNA2009
R10-HTC2013
ComMag 2014
IEICE FR 2015

Biometric recognition using POC

CVPRW2013, CVPRW2014, ICPR2016
ITE MTA 2018

Red: Journal paper
Blue: Conference paper

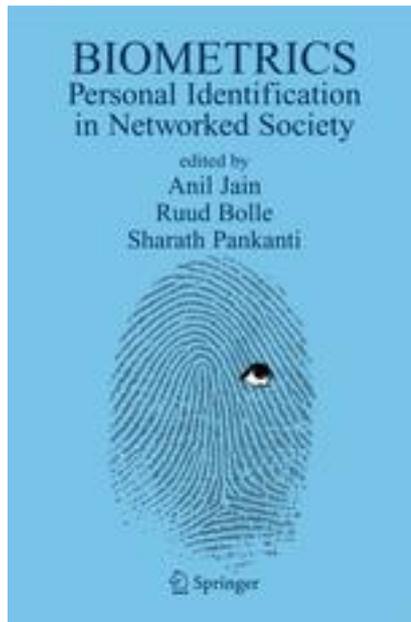
GSIS, Tohoku University

本日の内容

- バイオメトリクス(生体認証)の基礎
- バイオメトリクスの例(顔認証)
- バイオメトリクスの「できること」と「できないこと」
- バイオメトリクスの今後
- マイナンバー制度の今後

「バイオメトリクス」とは？

Biometrics deals with identification of individuals based on their biological or behavioral characteristics.



Biometrics
= Person authentication

[1] A. K. Jain et al., Biometrics: Personal Identification in Networked Society, Kluwer Academic Publisher, 1999.

バイオメトリクス (biometrics)

- 生物学 (biology) と測定 (metrics) の合成語であり, 生物(もしくは生体)測定学とも訳される
- Biometrics deals with identification of individuals based on their biological or behavioral characteristics (身体的もしくは行動的特徴に基づいて個人を同定する技術)
- パスワード, 鍵, カードなどに代わる記憶や所持を要しない究極的な個人認証として期待されている
- 認証技術のみならず, インターフェースなどにも応用



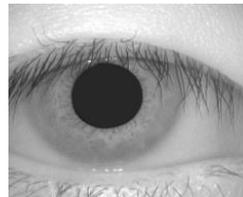
DNA



face



fingerprint



iris



voice



signature



gait

個人認証に使われる特徴 [2]

	普遍性	弁別性	永続性	収集性	性能	受容性	脅威耐性
DNA	H	H	H	L	H	L	L
耳	M	M	H	M	M	H	M
顔	H	L	M	H	L	H	H
顔面温度	H	H	L	H	M	H	L
指紋	M	H	H	M	H	M	M
歩容	M	L	L	H	L	H	M
手の形	M	M	M	H	M	M	M
手のひら静脈	M	M	M	M	M	M	L
虹彩	H	H	H	M	H	L	L
キーストローク	L	L	L	M	L	M	M
臭い	H	H	H	L	L	M	L
掌紋	M	H	H	M	H	M	M
網膜	H	H	M	L	H	L	L
筆跡	L	L	L	H	L	H	H
音声	M	L	L	M	L	H	H

H: High, M: Middle, L: Low

国際会議に見る研究の傾向

	ICBA 2004	ICB 2006	ICB 2007	ICB 2009	IJCB 2011	ICB 2012	ICB 2013	IJCB 2014	ICB 2015	ICB 2016
Face	30	27	41	44	44	25	24	21	27	18
Voice	8	3	6	10	2	3	1	0	1	0
Fingerprint	23	19	21	11	14	11	11	14	14	13
Palm	3	2	4	6	3	3	2	1	5	2
Multimodal	10	7	8	24	16	4	1	3	1	0
Gait	0	3	5	6	7	2	2	2	2	3
Iris	11	18	12	12	6	16	13	16	7	9
Signature	13	4	10	4	4	0	5	1	3	0
Others	6	21	17	8	14	17	13	18	11	7

ICBA: International Conference on Biometric Authentication

ICB: International Conference on Biometrics

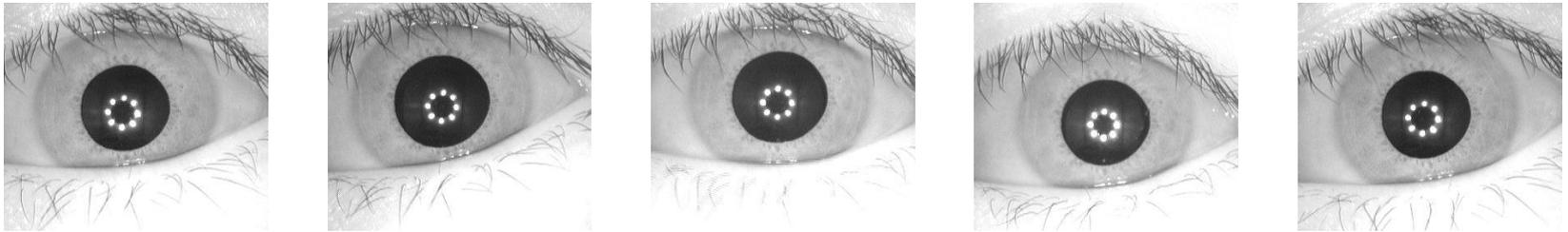
IJCB: International Joint Conference on Biometrics

顔・虹彩・指紋



Labeled Faces in the Wild (LFW) - Abdullah_Gul

<http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/>



CASIA Iris Database v4 – Interval

<http://biometrics.idealtest.org/dbDetailForUser.do?id=4>



Fingerprint Verification Competition (FVC) 2006 – DB1

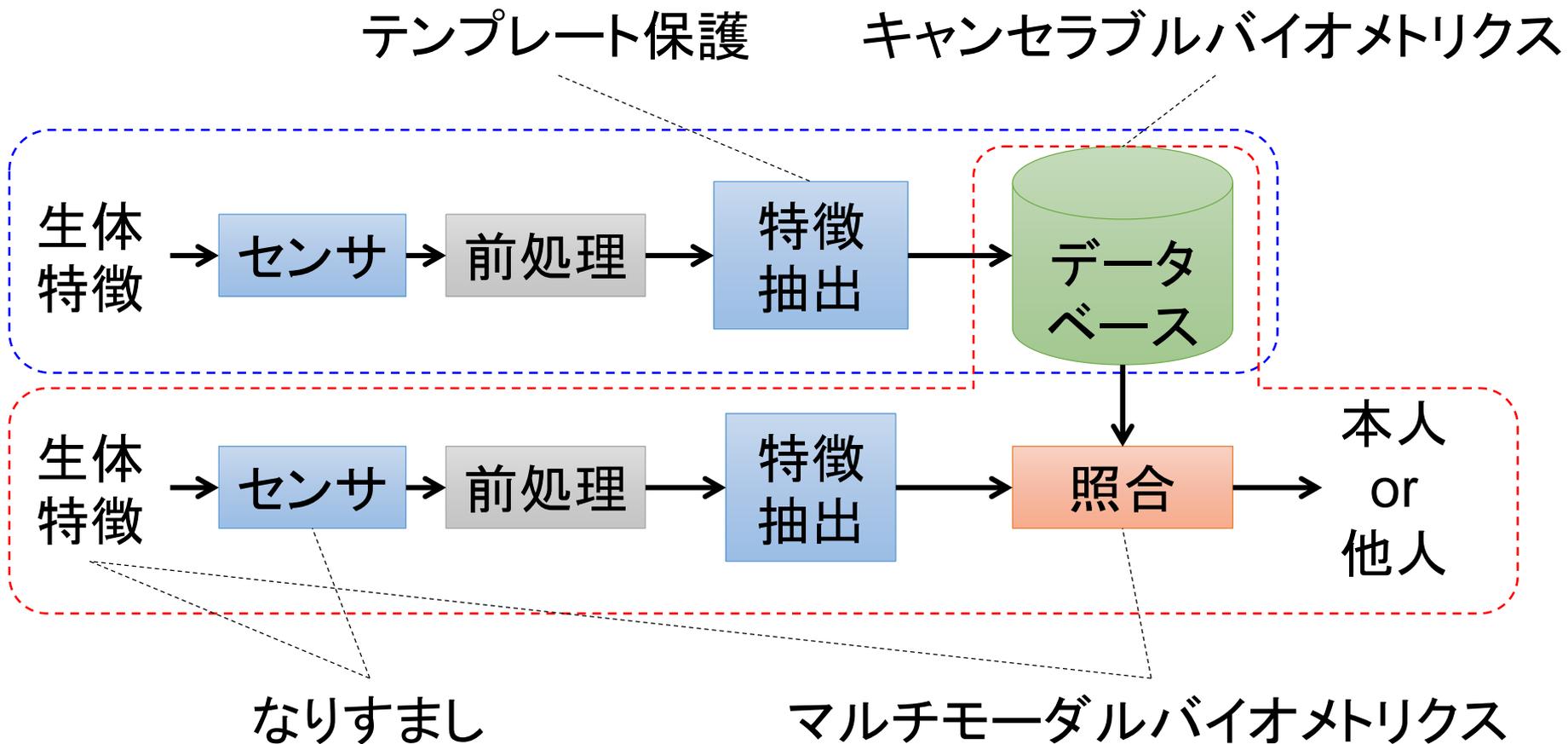
<http://bias.csr.unibo.it/fvc2006/>

国際会議に見る研究の傾向

常に顔認証, 虹彩認証, 指紋認証の発表件数が多い

- 顔認証
 - 人間にとってわかりやすい認証であるが, 撮影環境の変化に性能が左右されるため, 極めて難しい問題である
 - 現在でもスタンダードな手法が提案されていない
- 虹彩認証
 - Daugman が提案した iriscode がスタンダードな手法として使われている
 - 歩行者の個人認証のために Ocular image (眼周囲画像) を使った研究が検討されている
- 指紋認証
 - マニューシャマッチングがスタンダードな手法として使われている
 - 難しい問題として遺留指紋の認証が検討されている

バイオメトリクスにおける研究テーマ

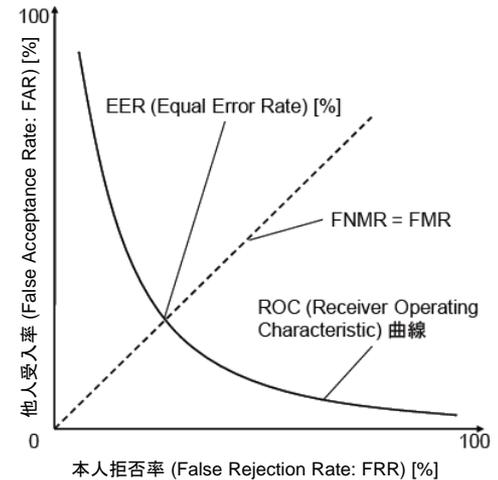


さまざまな分野の研究を融合することで、はじめて、実用的なバイオメトリクスのシステムが完成する

認証アルゴリズムの評価

■ 1対1認証 (verification)

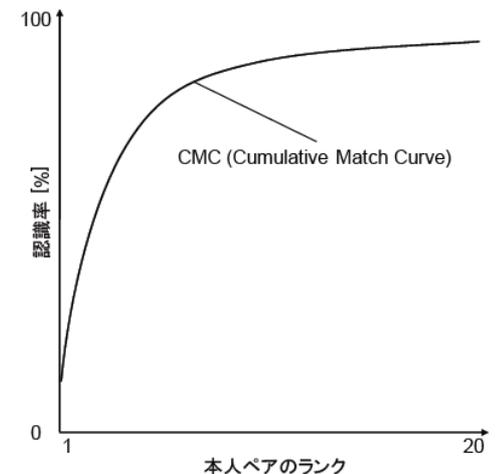
- 本人／他人を決める閾値を変化させたときの本人拒否率 (False Rejection Rate: FRR) と他人受入率 (False Acceptance Rate: FAR) をプロットして得られる ROC (Receiver Operating Characteristic) 曲線で評価
- FNMR=FMR で定義される EER (Equal Error Rate) も使用



ROC曲線

■ 1対多認証 (identification)

- 本人ペアの順位に基づく認識率によって描かれる CMC (Cumulative Match Characteristic) 曲線で評価



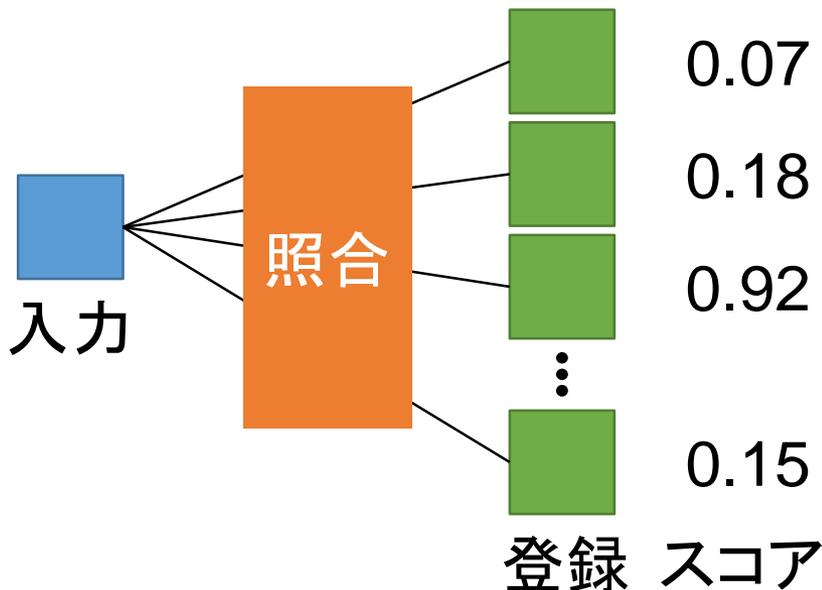
CMC曲線

Verification と Identification の違い

1対1認証 (Verification)



1対多認証 (Identification)



■ Verification

- 登録されている1つのデータと照合する
- 閾値を超えれば本人と判定する
- 携帯端末の認証など

■ Identification

- データベースに登録されている全てのデータと照合する
- 最もスコアが高いデータと同一人物と判定する
- 建物への入館など

- 照合手法の性能が重要であるため、Verification で性能評価することが多い

FRR と FAR

A

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

B

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

C

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

データベース
(3人 x 5回)

1	2
---	---

1	3
---	---

 ... 10通り

1	2
---	---

1	3
---	---

 ... 10通り

1	2
---	---

1	3
---	---

 ... 10通り

本人ペア (30ペア)

1	1
---	---

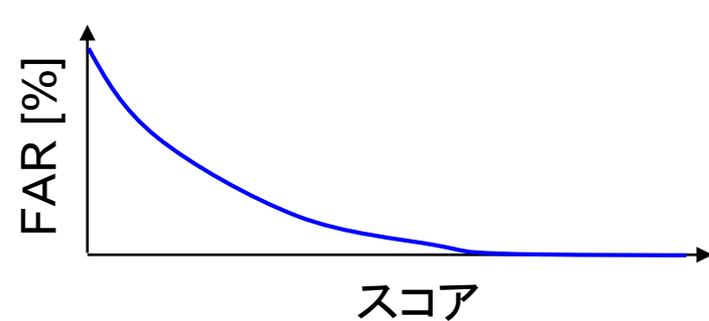
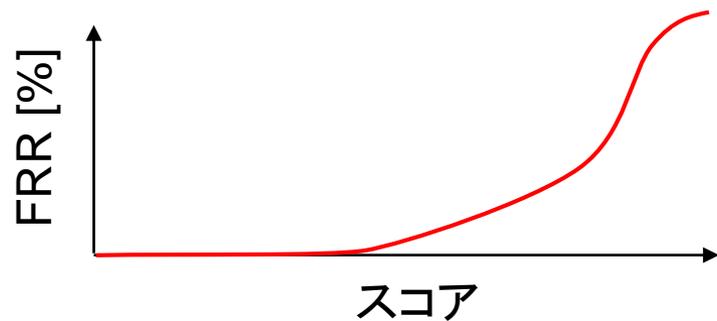
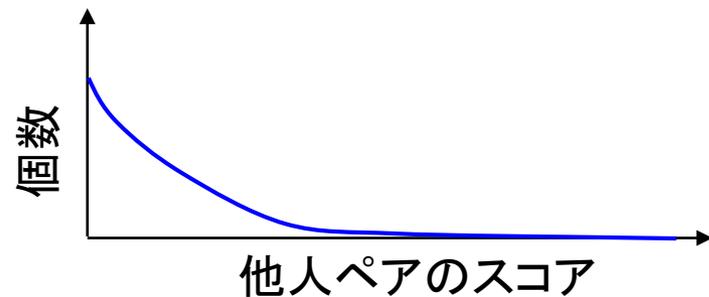
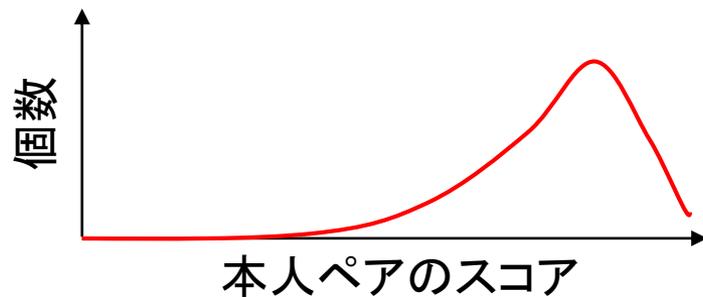
1	1
---	---

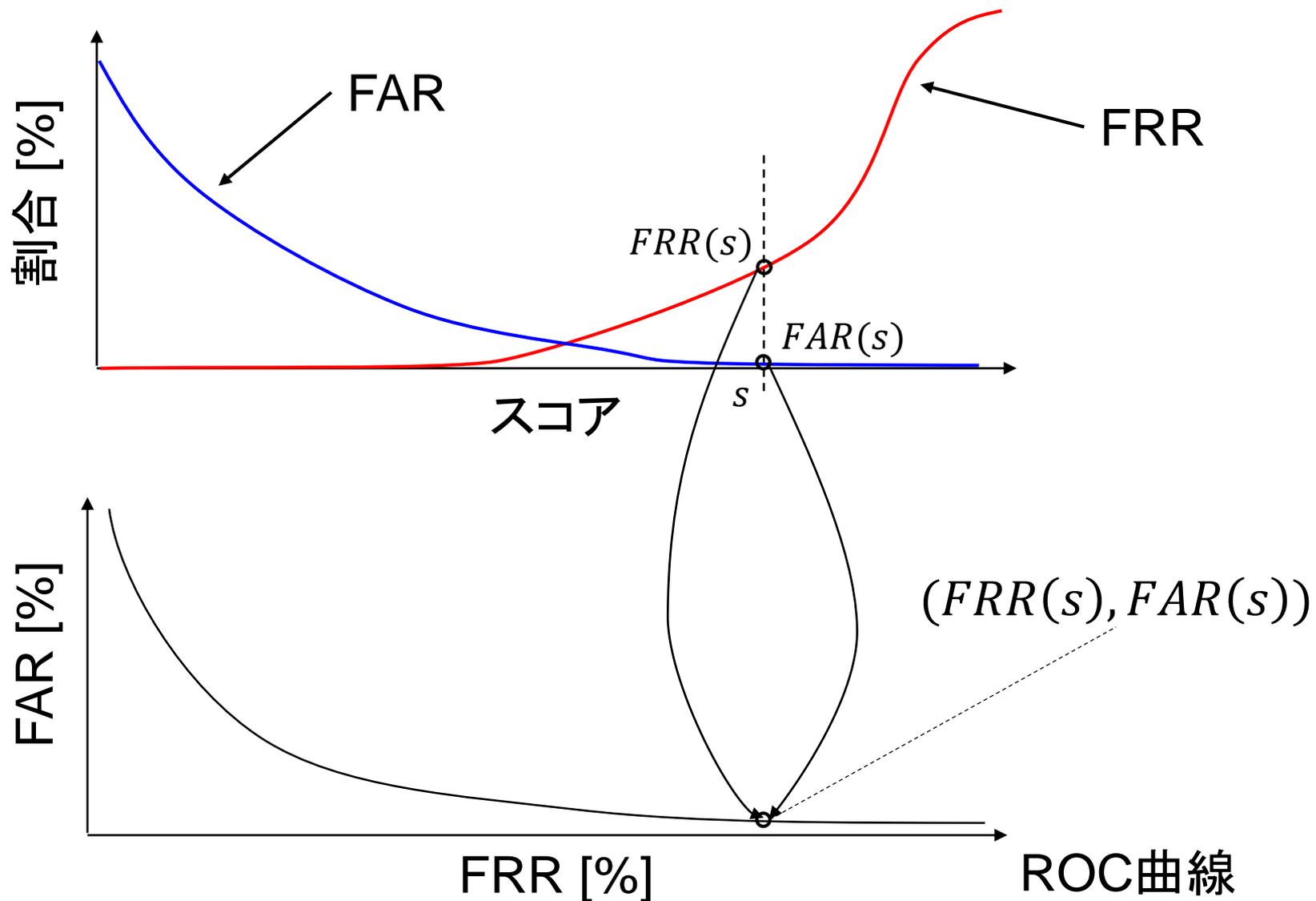
1	1
---	---

 3通り

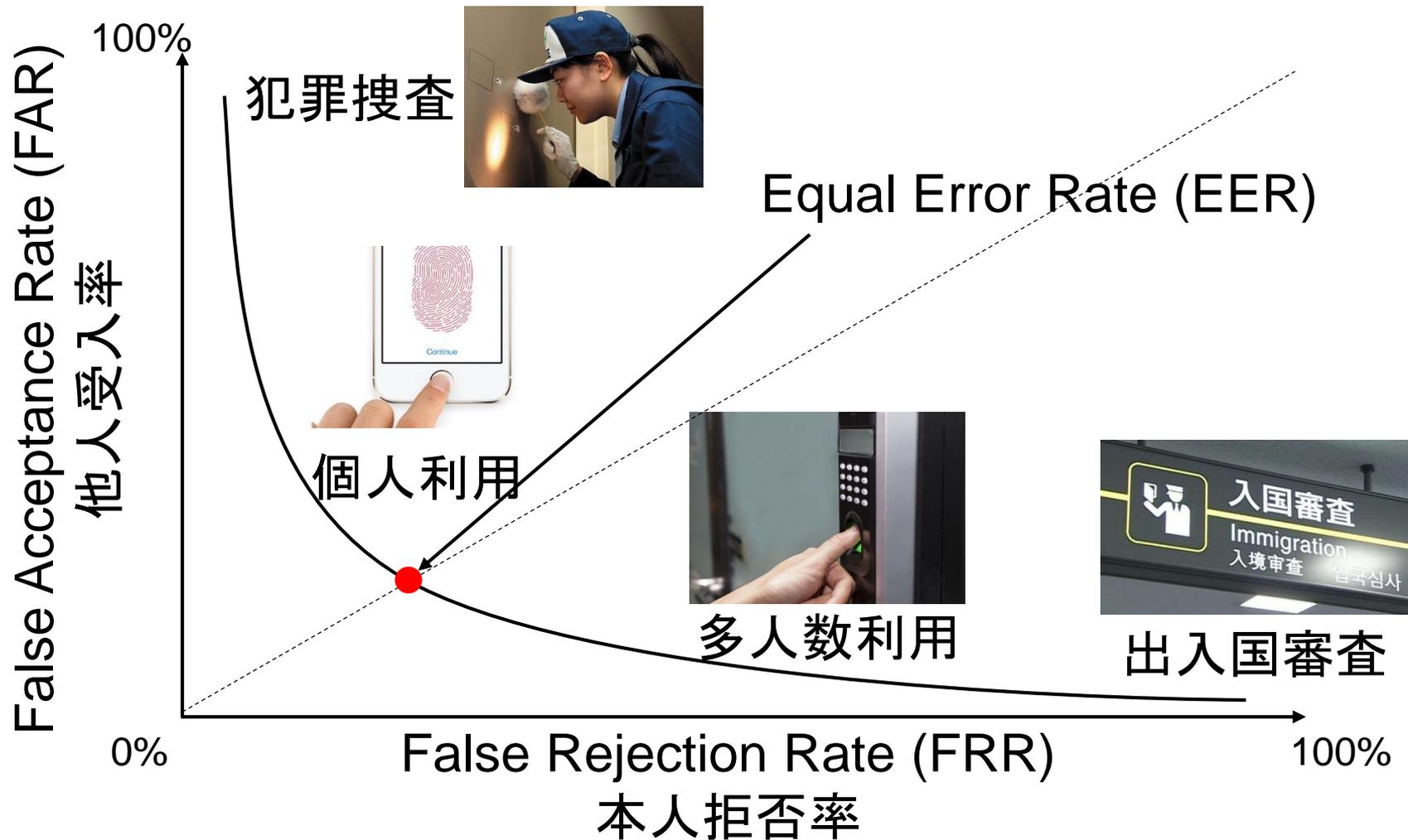
x 左側5通り x 右側5通り

他人ペア (75ペア)





バイOMETRICSで求められる性能



Receiver Operating Characteristic (ROC) curve

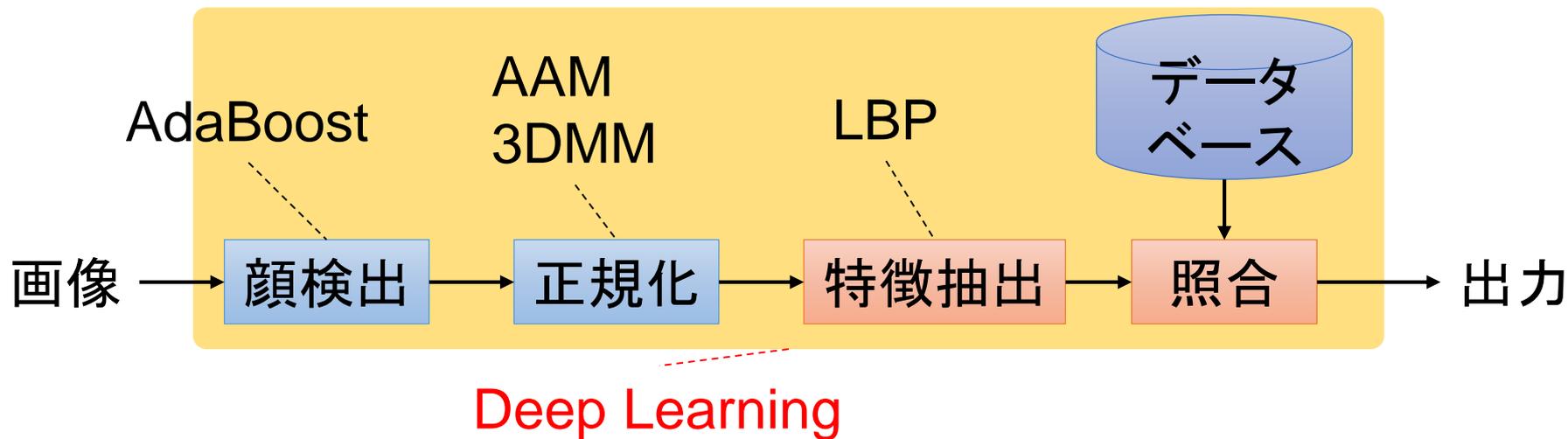
本日の内容

- バイオメトリクス(生体認証)の基礎
- バイオメトリクスの例(顔認証)
- バイオメトリクスの「できること」と「できないこと」
- バイオメトリクスの今後
- マイナンバー制度の今後

顔認証

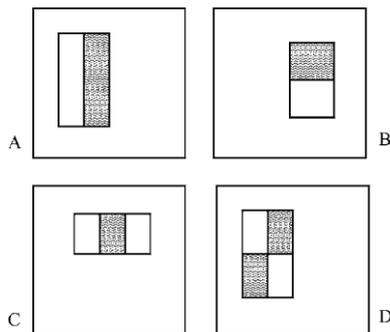
- 金出先生の博士論文(1973年) [3] が画像を使った顔認証の初出である
- バイオメトリクスの問題というよりもコンピュータビジョンの問題として研究が進んでいる
 - コンピュータビジョンの難問の1つとして盛んに研究されている(CVPR2016では643件中33件の発表)
 - ICB や IJCB ではなく, CVPR や ICCV などのコンピュータビジョンのトップカンファレンスで最新の技術が発表されている
- 認証アルゴリズムだけではなく, 顔検出, 向き・表情の正規化, 特徴抽出など様々なテーマについて検討されている
- 最近では, Deep Learning を用いた手法が数多く提案されている

顔画像処理における研究テーマ

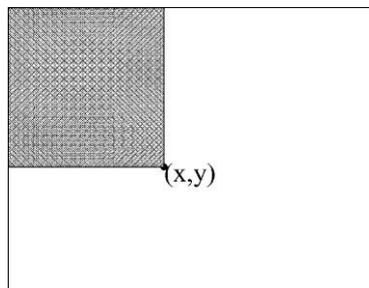


- 顔検出: AdaBoostを用いた顔検出 [4] が提案され, 現在でもデファクトスタンダードとして使われているが, CNNを使った手法 [5] に変わりつつある
- 正規化: PCAに基づいたモデルを用いるActive Appearance Models (AAM) [6] や 3D Morphable Models (3DMM) [7] が主流になっている
- 特徴抽出: Local Binary Patterns (LBP) [8] を用いた手法が主流になっている

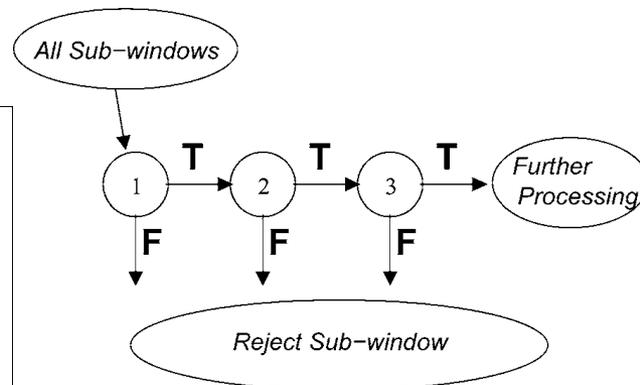
顔検出(旧): AdaBoost [4]



Haar-like filters



Integral image



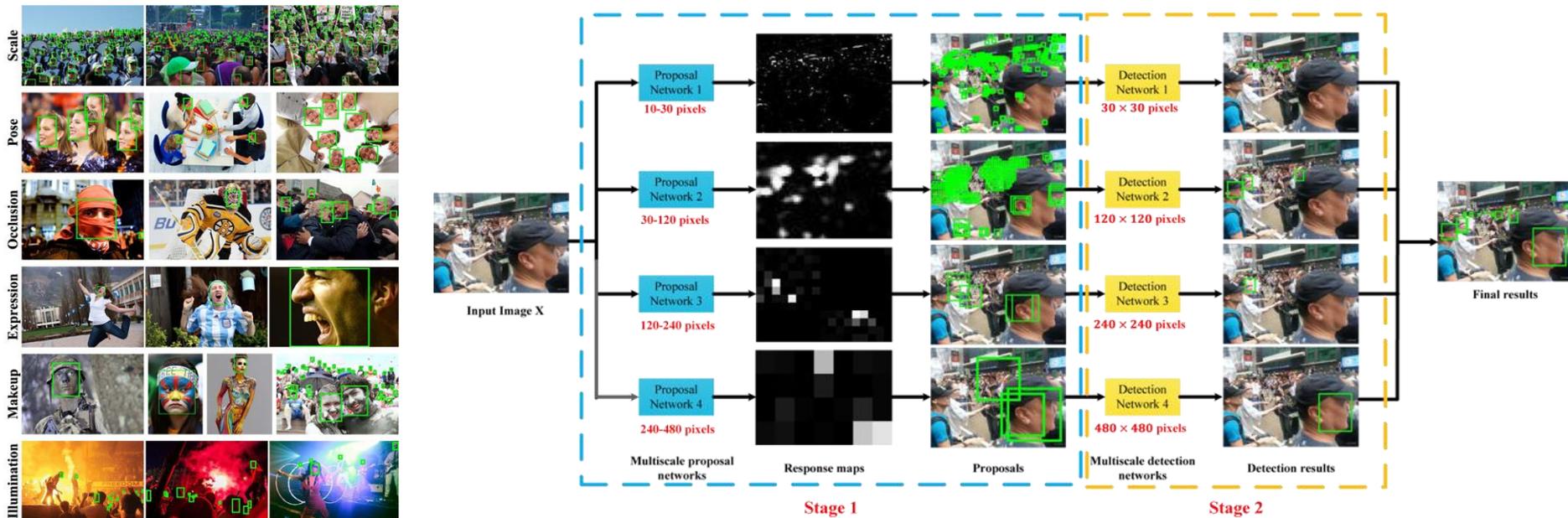
Cascade of classifiers



Face detection

- シンプルなフィルタの応答に基づいた弱識別器を連結することで強識別器を構成している
- 顔画像と非顔画像を学習することで顔検出器を構築する
- OpenCV [9] などに実装され、現在では標準的に使われている
- 大規模な顔画像データベースが数多く公開されているため、それらを使って学習することにより高精度に顔検出が可能となった

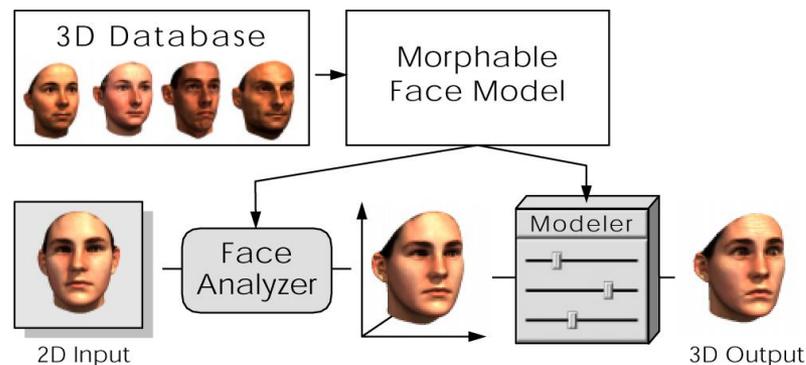
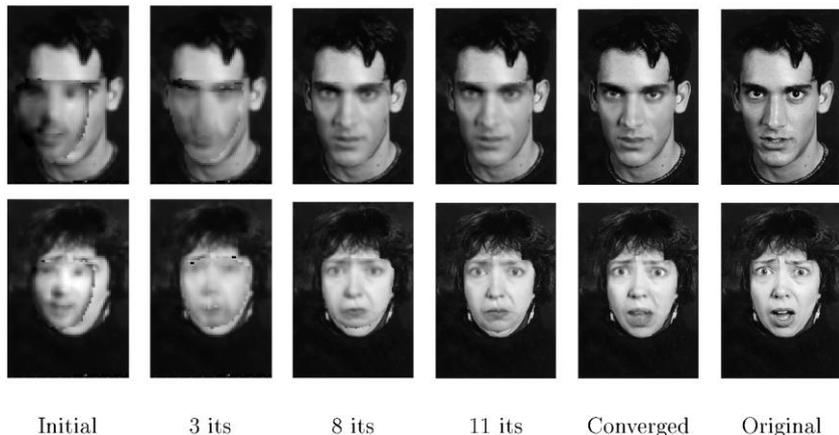
顔検出(新): CNNを使った顔検出 [5]



- 今までは検出が困難な画像に対して顔検出を試みている
- 大規模なデータベースを使って学習したCNNを用いて、さまざまな撮影条件の複数の顔を検出している
- 学習用および評価用のデータベースが公開されている

WIDER FACE: <http://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/projects/WIDERFace/>

正規化(旧): AMM [6] & 3DMM [7]

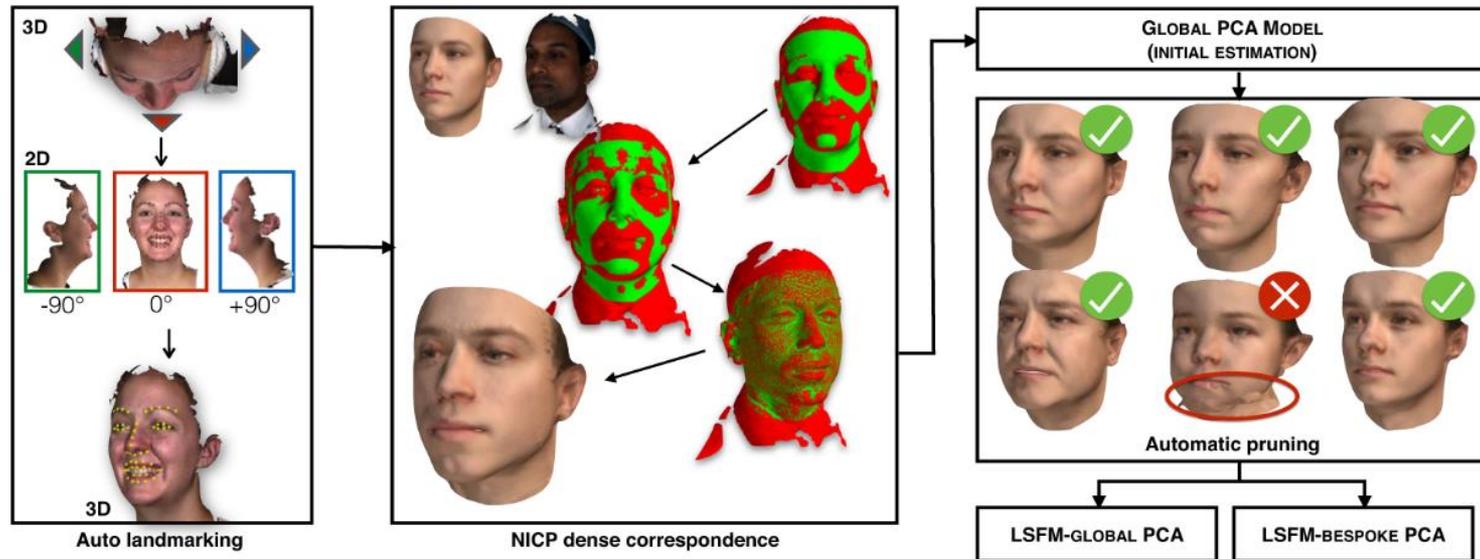


Active Appearance Models

3D Morphable Models

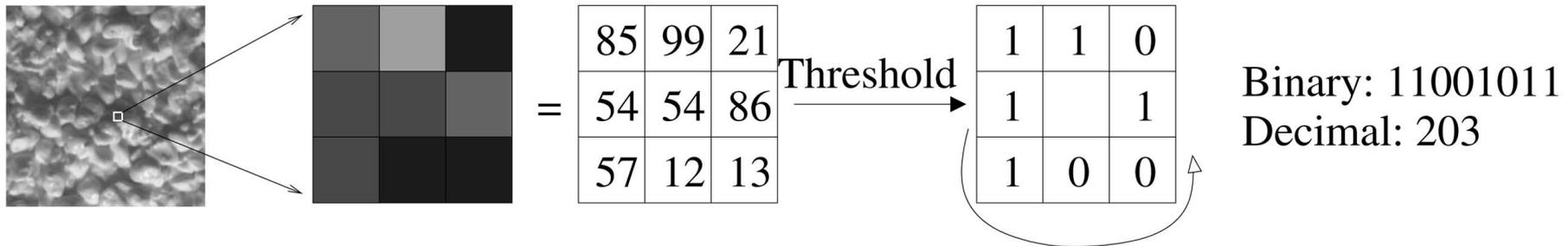
- 主成分分析 (Principal Component Analysis: PCA) を用いて顔のパラメトリックなモデルを構築する
- モデルを顔画像に当てはめることで、向きや表情などを正規化する
- 提案された当時は、計算機のスペックが不十分であったり、大規模なデータベースがなかったりしたため、実用性に欠けていた
- 現在は、顔認証において主流となっている

正規化(新): LSFM [10]



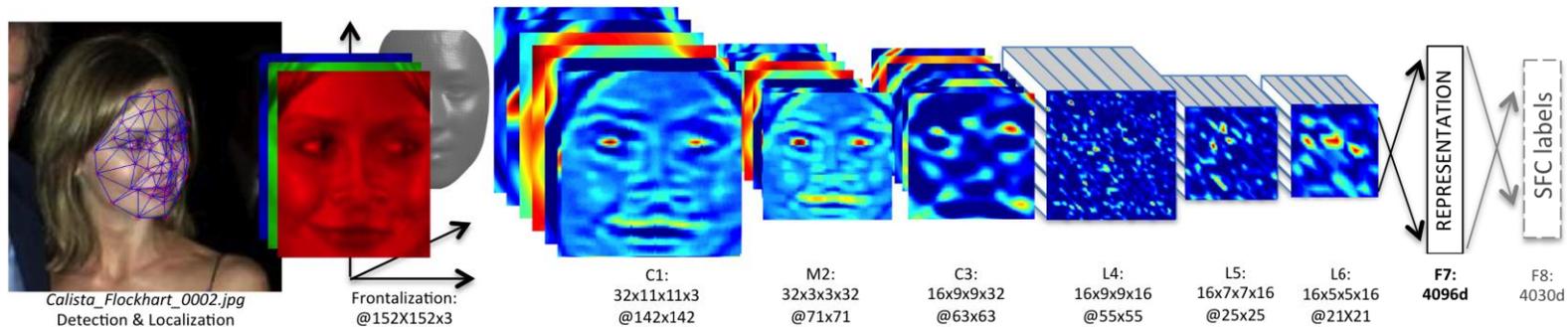
- 9,663人の顔画像および3次元データから Large Scale Facial Model (LSFM) を作成した
- 表情や向きだけでなく, 年齢や人種もパラメータになっている
- 認証が難しい実環境での顔認証を実現するために, 学習に3次元データを利用するのが標準になる

特徴量(旧): Local Binary Pattern (LBP) [8]



- 顔認証でよく使われている局所特徴記述子である
 - 指紋認証, 掌紋認証など他の生体特徴だけではなく, コンピュータビジョンにおける特徴記述子の1つとしても使われている
- 上図は矩形の場合であるが, 注目画素に対する円上の点との差でもよい
- LBPを改良した手法が数多く提案されている
- 著者らのwebページでMATLABスクリプトが公開されていることも, 利用されたり, 改良されたりしている要因になっている

特徴量(新): DeepFace [11]



DeepFace のネットワークアーキテクチャ

- Convolutional Neural Network (CNN) を用いた顔認証
 - CNNを用いた特徴抽出であるが、その前の位置合わせが強力に働いている
- Facebook から集めた440万枚(4,030人)の顔画像を用いてネットワークのパラメータを学習した
- Labeled Faces in the Wild (LFW) データベース [12] において、人間の認識率 (97.53%) と同等の性能 (97.35%) を達成した
- 大規模な顔画像データベースを利用した Deep Learning による顔認証が盛んに研究されている

顔認証のまとめ

■ 顔認証の研究

- 顔認証は、現在でもホットトピックであり、多種多様な手法が提案されている
- そもそも各処理（顔検出、キーポイント検出、正規化、照合など）が研究テーマになっている
- ディープラーニングにより、以前に比べて個人認証に使えそうな技術になってきた

■ 顔認証の実際

- 証明写真のような撮影環境が必須であったのに対して、デジカメの撮影環境まで対応できるようになってきた
- 監視カメラの映像から（100%に近い認証精度で）顔認証を行うのは、（カメラのスペックにもよるが）困難である
- やっと使えるような製品が出てきたところである

本日の内容

- バイオメトリクス(生体認証)の基礎
- バイオメトリクスの例(顔認証)
- バイオメトリクスの「できること」と「できないこと」
- バイオメトリクスの今後
- マイナンバー制度の今後

バイオメトリクスFAQ

- バイオメトリクスで100%の個人認証を達成できるか？
 - 利用環境を制約しない限りは100%の認証は困難である
 - 実用化されている製品のカタログスペックは高くなっているが、どのようなデータベースで評価したか不明であるため、信用できない
- 顔認証で十分なのでは？
 - 人間が通常行っている個人認証であるので、簡単そうに思えるが、利用環境に性能が大きく左右されるため不安定である
 - 昔より性能がかなり向上したが、指紋や虹彩に比べるとまだ不十分である
- バイオメトリクスを個人認証に使ってはダメなのか？
 - ユーザの利便性は、大きく改善することが可能である
 - ただし、カードやパスワードと違って100%の認証が不可能なので、1つの手段として利用する必要がある

本日の内容

- バイオメトリクス(生体認証)の基礎
- バイオメトリクスの例(顔認証)
- バイオメトリクスの「できること」と「できないこと」
- **バイオメトリクスの今後**
- マイナンバー制度の今後

持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals: SDGs)

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS 17 GOALS TO TRANSFORM OUR WORLD



- 2015年に開催された国際連合総会で採択された
- 2030年までに加盟国が達成すべき17の目標と169のターゲットからなる

http://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/sdgs_logo/

持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals: SDGs)

- 目標16
「持続可能な開発のための平和で包摂的な社会を促進し、すべての人々に司法へのアクセスを提供し、あらゆるレベルにおいて効果的で説明責任のある包摂的な制度を構築する。」
- 細目16.9
「2030年までに、すべての人々に出生登録を含む法的な身分証明を提供する。」
- 出生直後の新生児から認知症の高齢者までを認証できるようなシステムが必要不可欠である

新生児

バイオメトリクスを利用できる年齢

高齢者

新生児や高齢者でも利用できる利便性・受容性・認証性能が高いバイオメトリクス

本日の内容

- バイオメトリクス(生体認証)の基礎
- バイオメトリクスの例(顔認証)
- バイオメトリクスの「できること」と「できないこと」
- バイオメトリクスの今後
- マイナンバー制度の今後
 - アメリカ・インド・中国の状況
 - どのようなシステムが考えられるか

アメリカ

- 社会保障番号 (Social Security number: SSN)
 - 運転免許証, クレジットカード, 銀行口座などを発行するために必要な番号である
 - 本人確認手段が不十分なため, Identity Theft の被害が社会問題になっている
 - SSNに加えて名前, 住所, 生年月日くらいで本人確認されてしまう
- サイバースペースにおける信頼できるアイデンティティのための国家戦略 (National Strategy for Trusted Identities in Cyberspace: NSTIC)
 - 政府が制定した Identity Ecosystem を民間が開発・運用する
 - 民間が開発したアイデンティティ管理サービス同士を政策フレームワークの下で連携することができる
 - オバマ政権の終了とともにNSTICプロジェクトも終了したが, NIST Trusted Identity Groupで検討が継続されている

- Aadhaar(アダール/アドハー)
 - ヒンディー語で「基礎」や「礎」を意味する
 - ID登録時に、指紋と虹彩を採取し、指紋認証および虹彩認証により個人を特定する
- Aadhaarの目的
 - 戸籍システムがないため、国民の基本的な情報(名前, 生年月日, 住所など)がわからない
 - 中間で搾取されがちな政府補助金(灯油, 食料, LPGなど)を末端の最終受給者まで行き渡らせる
 - 銀行口座や携帯電話など生活に必要なインフラへの紐づけが義務付けられている
 - インド人だけではなく、インド居住者の外国人も取得することが義務づけられるようになった

中国

■ 背景

- クレジットカードを持つことができなかったため、電子決済システムが普及しなかった
- 偽札が横行しているため、紙幣を信用できないという背景がある

■ アリペイ(支付宝)とウィーチャットペイ(微信支付)

- 携帯端末で商品とともに置かれているQRコードを読み取れば決済される
- デビットカードと同様の方式(使用した瞬間に口座から代金が引き落とされる仕組み)であるため、クレジットカードと違って債権回収リスクがない
- 通信費だけで決済できるが、口座に利用金額以上の残高がなければならない
- QRコードを使っているため、Felicaに慣れている日本人にとってはめんどくさいシステムである

マイナンバー制度の今後について

- マイナンバーを何に使わせたいのか？
 - いろいろな方にマイナンバーのことを聞いてみたが、何に使えばよいかわからないという回答が多かった
 - そのため、マイナンバーカードを作っていない人がほとんどであった
- どのようなシステムを構築すべきか？
 - ユーザの利便性を考慮して、クライアント・サーバモデルとすべきである
 - スマートフォン、PC(ブラウザ)などの端末で個人認証を行い、サーバにアクセスする方が汎用性があり、利便性が高い
- どうやって個人認証を行うのか？
 - カード、パスワード、生体情報などの組み合わせで個人認証を行う
 - 用途に応じて個人認証に必要な情報を変更した方がよい

参考文献 (1/2)

1. A.K. Jain, R.M. Bolle and S. Pankanti, Biometrics: Personal Identification in Networked Society, Kluwer Academic Publisher, 1999.
2. A.K. Jain, A. Ross and S. Prabhakar, "An introduction to biometric recognition," IEEE Trans. Circ. Sys. Video Tech, vol. 14, no. 1, pp. 4--20, 2004.
3. T. Kanade, Picture processing system by computer complex and recognition of human faces, Doctoral Dissertation, Kyoto University, November 1973.
4. P. Viola and M.J. Jones, "Robust real-time face detection," Int'l J. Computer Vision, vol. 57, no. 2, pp. 137-154, May 2004.
5. S. Yang, P. Luo, C.C. Loy and X. Tang, "WIDER FACE: A face detection benchmark," Proc. CVPR, pp. 5525--5533, 2016.
6. T. F. Cootes, G. J. Edwards and C. J. Taylor, "Active appearance models," IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intel., vol. 23, no. 6, pp. 681-685, June 2001.
http://personalpages.manchester.ac.uk/staff/timothy.f.cootes/software/am_tools_doc/index.html
7. V. Blanz and T. Vetter, "A morphable model for the synthesis of 3D faces," Proc. SIGGRAPH, pp. 187-194, 1999.

参考文献 (2/2)

8. M. Pietikäinen, A. Hadid, G. Zhao and T. Ahonen, Computer Vision Using Local Binary Patterns, Springer, 2011.
<http://www.cse.oulu.fi/CMV/Downloads/LBPMatlab>
9. OpenCV: <http://opencv.org/>
10. J. Booth, A. Roussos, S. Zafeiriou, A. Ponniah and D. Dunaway, “A 3D morphable model learnt from 10,000 faces,” Proc. CVPR, pp. 5543-5552, 2016.
11. Y. Taigman, M. Yang, M. Ranzato and Lior Wolf, “DeepFace: Closing the gap to human-level performance in face verification,” Proc. CVPR, pp. 1701-1708, 2014.

※ 本資料で使用している図や表の一部は、参考文献から抽出したのになります。