

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：14401
研究種目：挑戦的萌芽研究
研究期間：2012～2014
課題番号：24650082
研究課題名(和文)クロスモーダルバイオメトリクスの提案

研究課題名(英文)Proposal of Cross-modal Biometrics

研究代表者

榎原 靖 (Makihara, Yasushi)

大阪大学・産業科学研究所・准教授

研究者番号：90403005

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：クロスモーダル判別分析の定式化を行い、シミュレーションによって従来の判別分析や正準相関分析との性能比較を行い、提案手法の有効性を評価した。また、実問題における提案手法の有効性を確認するために、クロスモーダルバイオメトリクスにおける性能評価を行った。対象とする生体認証は、研究代表者らが従来から継続的に研究を行っており、データや技術の蓄積のある歩容認証を中心に扱い、観測方向・歩行速度・服装といったような大きなクラス内分散を持つ要素を対象に、観測条件に対するクロスモーダルバイオメトリクスの実験を行い、その有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：We formulated cross-modal discriminant analysis and confirmed the effectiveness of the proposed method compared with existing linear discriminant analysis and canonical correlation analysis through simulation experiments. Moreover, to confirm the effectiveness of the proposed method in real problems, we evaluate the performance in cross-modal biometric person authentication. More specifically, we focused on gait modality, which is the main biometric modality for the project integrator, and conducted experiments of cross-modal biometric person authentication against the large intra-class variations such as observation view, walking speed, clothing.

研究分野：コンピュータビジョン，パターン認識

キーワード：画像，文章，音声認識など コンピュータビジョン パターン認識 生体認証

1. 研究開始当初の背景

生体認証において、登録時と入力時で撮影装置や観測方向等の観測条件が異なることがしばしばある。また、近年、登録時と入力時で音声や顔といったモダリティーが異なる場合の生体認証技術[1]への関心が高まっている。このような場合、登録と入力のデータがそれぞれ異なるクラスもしくは特徴空間で定義され、一般に識別が困難となる。これに対して、申請者らは、観測条件変化に対応した歩容認証に関する研究を数多く行っており[2][3][4]、また、その中で状況変化のクラスペアに着目した判別分析手法についても提案してきた[5]。

[1] A. Roy and S. Marcel, "Introducing Crossmodal Biometrics: Person Identification from Distinct Audio and Visual Streams," Proc. of the IEEE 4th Int. Conf. on Biometrics: Theory, Applications, and Systems, pp. 1-6, Sep. 2010.

[2] 榎原 靖, 佐川 立昌, 向川 康博, 越後 富夫, 八木 康史, "周波数領域における方向変換モデルを用いた歩容認証", 情報処理学会論文誌コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol. 48, No. SIG 1(CVIM 17), pp.78-87, Feb. 2007.

[3] A. Tsuji, Y. Makihara, and Y. Yagi, "Silhouette Transformation based on Walking Speed for Gait Identification," Proc. of the 23rd IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 717-722, San Francisco, CA, USA, Jun. 2010.

[4] M.A. Hossain, Y. Makihara, J. Wang, and Y. Yagi "Clothing-invariant gait identification using part-based clothing categorization and adaptive weight control," Pattern Recognition, Vol. 43, No. 6, pp. 2281-2291, Jun., 2010.

[5] 榎原 靖, 八木 康史, "クラス内変動のクラスペアに基づく判別分析", 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J94-D, No. 8, pp. 1216-1226, Aug. 2011.

2. 研究の目的

従来の判別分析に対して、二つの特徴空間の相関を最大化する正準相関分析の考え方を取り入れて拡張するクロスモーダル判別分析を提案する。これにより、登録と入力のデータの特徴空間が異なる場合においても、各々個別の射影を用いて共通の特徴空間に射影できること、また、その共通の特徴空間において高い識別性能が得られることを示す。また、観測条件やモダリティーの違いを含む大規模な生体情報データベースに対する実験を行い、本手法の有効性を示す。

3. 研究の方法

P1) クロスモーダル判別分析

P1-1) クロスモーダル判別分析の定式化

二つの異なる特徴空間のデータに対して、識別性能を最大化するクロスモーダル判別分析を定式化する(図 1)。まず、二つの異なる特徴空間の学習サンプルによる混合クラス内共分散行列及び混合クラス間共分散行列を定義し、各行列のトレース比を最大にする射影を、一般化固有値問題に帰着して求める。また、学習サンプルが不足してクラス内分散がランク落ちする場合には、正則化判別分析の考え方に基づいて、混合クラス内分散行列の正則化を行う。

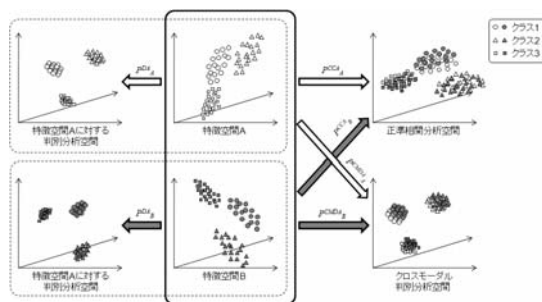


図 1. クロスモーダル判別分析の概念図。判別分析は、異なる特徴空間 A, B に対して、識別性能を最大化する個別の空間(左)を構築する。正準相関分析は、異なる特徴空間の間の相関を最大化する共通の空間(右上)を構築する。クロスモーダル判別分析は、異なる特徴空間に対して、識別性能を最大化する共通の空間(右下)を構築する。

P1-2) シミュレーションによる性能評価

クロスモーダル判別分析の有効性を確認するために、シミュレーションによる性能評価実験を行う。当然のことながら、二つの異なる特徴空間が全くの無相関である場合には、いかなる手法であっても識別性能の向上は望めないことから、正準相関分析による相関係数が一定値以上になるようなシミュレーションデータを用意し、判別分析・正準相関分析・クロスモーダル判別分析による性能を比較する。

P2) クロスモーダルバイオメトリクス

P2-1) 観測条件変化への対応

P2-1-1) データセット

提案手法の実問題への応用の第一段階として、クラス内分散がクラス間分散を凌駕するような条件下での生体認証の問題を取り扱う。特に、ここでは申請者らが継続的に研究を行っている歩容認証を取り上げ、クラス内分散としては、公開データベースである OU-ISIR Gait Database に含まれる歩行速度変化や服装変化(図 2)を取り上げる。

P2-1-2) 実験方法

まず、歩行速度変化や服装変化等の状況変動をクラスターリングし、その状況クラスターの識別のための判別空間を構築する。次に、各ク

ラスタをそれぞれ異なる特徴空間として見なすことで、クロスモーダル判別分析を適用する。識別の結果は、生体認証で一般的に用いられる累積識別精度特性(CMC)曲線や受信者操作特性(ROC)曲線によって評価する。

P2-2) モダリティーの違いへの対応

P2-2-1) データセット

実問題への応用の第二段階として、照合対象の生体情報のモダリティーが異なる場合を対象とする。ここでは、先に扱った歩容認証に加えて、身長・顔画像・指紋・手のひら静脈といった異なるモードの生体情報についても収集する。同一被験者の様々な生体情報については、新たにデータセットを作成するため、研究室や大学内部でのアルバイト被験者を雇うと共に、データ収集及び整理の一部を技術補佐員等へ委託して実施する。

P2-2-2) 実験方法

前述の通り、全くの無相関のデータに対してはいかなる手法であっても識別は困難であることから、正準相関分析による相関係数を確認することで、実験に利用できる生体情報の組み合わせを選択する。次に、その組み合わせに対してクロスモーダル判別分析を適用して、認証実験を行う。実験結果は、CMC曲線やROC曲線によって評価する。



図 2. OU-IR Gait Database における服装変化

4. 研究成果

P1) クロスモーダル判別分析

P1-1) クロスモーダル判別分析の定式化

二つの異なる特徴空間のデータに対して、識別性能を最大化するクロスモーダル判別分析を定式化した。まず、二つの異なる特徴空間の学習サンプルによる混合クラス内共分散行列及び混合クラス間共分散行列を定義し、各行列のトレース比を最大にする射影を、一般化固有値問題に帰着して求めた。また、学習サンプルが不足してクラス内分散がランク落ちする場合には、正則化判別分析の考え方に基づいて、混合クラス内分散行列の正則化を行った。

P1-2) シミュレーションによる性能評価

クロスモーダル判別分析の有効性を確認するために、シミュレーションによる性能評価実験を行った。当然のことながら、二つの異なる特徴空間が全くの無相関である場合には、いかなる手法であっても識別性能の向上は望めないことから、正準相関分析による相関係数が一定値以上になるようなシミュ

レーションデータを用意し、判別分析・正準相関分析・クロスモーダル判別分析による性能を比較した。

P2) クロスモーダルバイオメトリクス

P2-1) 観測条件変化への対応

P2-1-1) データセット

提案手法の実問題への応用の第一段階として、クラス内分散がクラス間分散を凌駕するような条件下での生体認証の問題を取り扱う。特に、ここでは申請者らが継続的に研究を行っている歩容認証を取り上げ、クラス内分散としては、公開データベースであるOU-ISIR Gait Database や、CASIA Gait Database Bに含まれる観測角度変化を対象とし、歩容認証の分野で一般的に用いられる歩容エネルギー画像(Gait energy image: GEI)を特徴として用いた(図 3)。

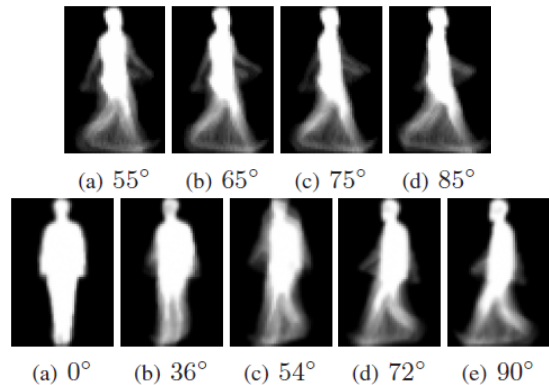
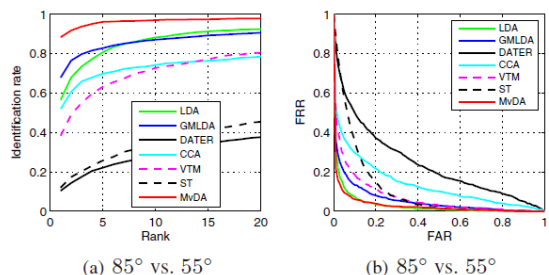


図 3. 各観測方向に対する歩容エネルギー画像(上段: OU-ISIR Gait Database, Large population dataset, 下段: CASIA Gait Database B)

P2-1-2) 実験方法

まず、観測方向をクラスタリングし、その状況クラスターの識別のための判別空間を構築した。次に、各クラスターをそれぞれ異なる特徴空間と見なすことで、クロスモーダル判別分析を適用した。識別の結果は、生体認証で一般的に用いられる累積識別精度特性(CMC)曲線や受信者操作特性(ROC)曲線によって評価した(図 4)。結果として、従来手法である生成的手法に基づく方向変換モデルと比較して、等価誤り率を半分以下に低減した(表 1)。

更に、提案するクロスモーダル判別分析の学習サンプル数に対する感度解析を行い、学習サンプル数が十分に得られない場合には、性能が低下することが判明した(図 5)。



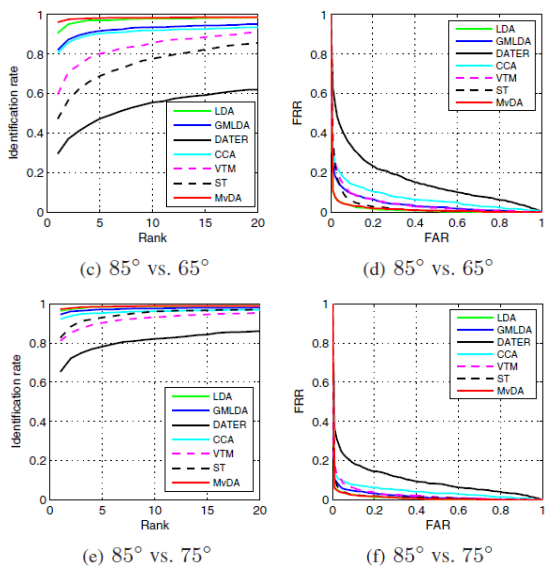


図 4. OU-ISIR Gait Database, Large population dataset に対する結果 (左: CMC 曲線, 右: ROC 曲線)

表 1. 1 位認証率 (上) と等価誤り率 (下) の手法間の比較

	Rank-1 identification rate							
	CASIA-B					OULP		
	0°	18°	36°	54°	72°	55°	65°	75°
LDA	0.12	0.24	0.45	0.81	0.99	0.56	0.91	0.96
GMLDA	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.68	0.82	0.95
DATER	0.07	0.08	0.18	0.59	0.96	0.10	0.29	0.65
CCA	0.02	0.03	0.05	0.06	0.30	0.52	0.81	0.92
VTM	0.17	0.30	0.43	0.62	0.83	0.38	0.60	0.81
ST	-	-	-	-	-	0.12	0.47	0.83
MvDA	0.17	0.27	0.36	0.64	0.95	0.88	0.96	0.97

	EER							
	CASIA-B					OULP		
	0°	18°	36°	54°	72°	55°	65°	75°
LDA	0.39	0.35	0.26	0.16	0.08	0.08	0.05	0.04
GMLDA	0.44	0.44	0.44	0.46	0.43	0.12	0.09	0.05
DATER	0.4	0.37	0.3	0.18	0.08	0.3	0.22	0.16
CCA	0.46	0.44	0.44	0.41	0.32	0.21	0.13	0.08
VTM	0.32	0.24	0.21	0.15	0.1	0.14	0.09	0.07
ST	-	-	-	-	-	0.18	0.08	0.05
MvDA	0.38	0.33	0.29	0.24	0.15	0.07	0.05	0.04

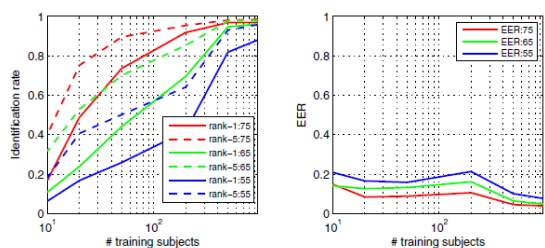


図 5. クロスモーダル判別分析の学習サンプル数に対する感度解析

P2-3) 少数サンプルに対して頑健なクロスモーダル判別分析によるクロスモーダルバイオメトリクス

平成 24 年度に定式化したクロスモーダル判別分析手法を, 少数学習サンプルに対する頑健性を増すために, テンソル表現による拡張を行い (図 6), Multi-view discriminant analysis with tensor representation (MvDATER) を定式化した. また, そのように拡張したテンソル表現によるクロスモーダル判別分析手法を, 方向変化を伴う歩容認証の問題に適用し, OU-ISIR Gait Database, Large population dataset と CASIA Gait Database B を用いて, 有効性を確認した (表 2). また, 被験者数に対する MvDATER と比較手法の感度解析を行い, 提案手法である MvDATER が被験者数の減少に対して頑健であることを確認した (図 7).

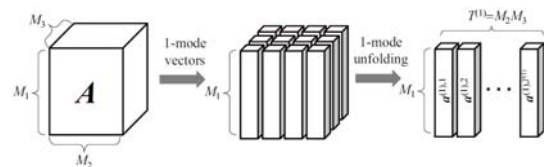


図 6. テンソル表現における unfolding

表 2. CASIA Gait Database B に対する MvDATER と比較手法の 1 位認証率 (上) と等価誤り率 (下)

Probe view	Rank-1				
	72°	54°	36°	18°	0°
LDA	80.3%	<u>29.4%</u>	6.5%	6.1%	3.2%
MvDA	4.2%	4.2%	1.9%	1.9%	0.0%
DATER	56.5%	9.0%	<u>6.8%</u>	1.6%	<u>2.6%</u>
MvDATER	<u>66.5%</u>	48.1%	16.8%	7.4%	1.6%

Probe view	EER				
	72°	54°	36°	18°	0°
LDA	13.5%	27.3%	<u>36.6%</u>	43.2%	42.9%
MvDA	43.6%	40.9%	45.8%	44.2%	45.5%
DATER	23.2%	37.5%	44.9%	48.7%	49.6%
MvDATER	14.2%	20.2%	34.3%	41.2%	44.4%

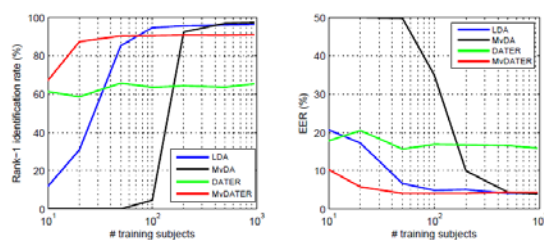


図 7. 学習被験者数に対する MvDATER と比較手法の感度解析 (左: 1 位認証率, 右: 等価誤り率)

P2-2) 欠損データへの対応

歩容認証の問題において, 隠蔽などによって欠損が生じる場合の問題設定を, クロスモーダルバイオメトリクスの考え方により定義し, その有効性を, OU-ISIR Gait Database, Large population data set や CASIA Gait Database B を用いた実験により確認した.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計3件)

- [C1] D. Muramatsu, Y. Makihara, Y. Yagi, "Gait Regeneration for Recognition," Proc. of the 7th IAPR Int. Conf. on Biometrics (ICB 2015), Paper ID 60, pp.1-8, Phuket, Thailand, May, 2015. (Accepted)
- [C2] Y. Makihara, A. Mansur, D. Muramatsu, M.Z. Uddin, Y. Yagi, "Multi-view Discriminant Analysis with Tensor Representation and Its Application to Cross-view Gait Recognition," Proc. of the 11th IEEE Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition (FG 2015), Paper ID: 126, pp. 1-8, Ljubljana, Slovenia, Apr. 2015.(Accepted)
- [C3] A. Mansur, Y. Makihara, D. Muramatsu, and Y. Yagi, "Cross-view Gait Recognition using View-dependent Discriminative Analysis," Proc. of the 2nd IEEE/IAPR Int. Joint Conf. on Biometrics (IJCB 2014), No. O20, pp. 1-8, Clearwater, Florida, USA, Sep. 2014. DOI: 10.1109/BTAS.2014.6996272

[その他]

ホームページ等

<http://www.am.sanken.osaka-u.ac.jp/~makihara/index-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

榎原 靖 (MAKIHARA, Yasushi)

大阪大学・産業科学研究所・准教授

研究者番号：90403005