

e-Learning における顔類似度の時系列情報から確率的に本人判定を行う認証法 Probabilistic Authentication Using Sequential Face Similarity Data in E-learning

川又 泰介[†] 石井 隆稔[‡] 赤倉 貴子[‡]
Taisuke Kawamata Takatoshi Ishii Takako Akakura

1. はじめに

現在, e-Learning を用いた講義の受講で単位を認定する大学が増加している. e-Learning の多くはユーザ認証をログイン時にのみ行っているが, 受講登録者本人が e-Learning を受講していることを確認するためには, ログイン時だけでなく受講中にも逐時的に認証を行う必要がある. 本研究は e-Learning を受講登録した本人が受講しているかどうかを認証する手法を開発することを目的とする.

e-Learning 中の受講者を認証する方法として, Web カメラを用いた顔認証が挙げられる[1]. 従来の顔認証手法は, 入力画像と登録画像の類似度を算出し, あらかじめ設定した閾値と類似度を比較することで個人を認証する. しかし, e-Learning においては受講者の姿勢変化により類似度が閾値以下まで低下し, 受講登録者本人を他人と判定する誤りが発生する. そこで本稿では, e-Learning 中に入力される画像群に対して登録画像との類似度を算出し, 類似度の時系列情報から確率的に本人判定を行う方法について検討する.

2. 顔認証手法

2.1 顔認証

本研究では, オープンソースソフトウェアである OpenCV が標準で搭載している顔検出器を用いて顔検出を行った. 検出に成功した画像について, 顔画像の LBPH(Local Binary Patterns Histogram)を計算し, 登録画像と入力画像の LBPH の相関値を類似度 s とした[2].

2.2 提案手法

本研究では, 受講者の正面画像が 1 秒ごとに入力されることを想定している. ここで e-Learning では N 秒間で人の入れ替わりが発生しないと仮定し, N 秒中の学習者が受講者本人である確率を求め, その確率に閾値を設けることでなりすましを判定する. 判定に用いる画像の数を区間長 N

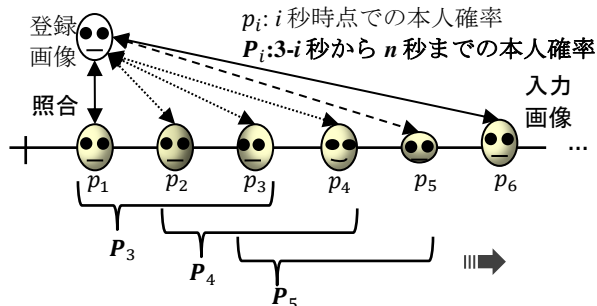


図 1 提案手法

[†] 東京理科大学大学院工学研究科経営工学専攻

[‡] 東京理科大学工学部情報工学科

とする. 図 1 に $N=3$ のときの例を示す. 本人判定に複数の画像を用いることにより, 単一の画像で認証を行うよりも高い精度で認証が可能になると考えられる.

2.2.1 本人確率の算出方法

登録顔画像と入力顔画像との類似度が s のときに本人である確率 $P(x = T|s)$ を求める. 本人-本人間の類似度の条件付確率密度関数 $P(s|x = T)$ と, 本人-他人間で算出した類似度の確率密度関数 $P(s|x = F)$ が求められるとする. ここで, ベイズの定理より以下が成立する.

$$P(x = T|s) = \frac{P(s|x = T)P(x = T)}{P(s)} \\ = \frac{P(s|x = T)P(x = T)}{P(s|x = T)P(x = T) + P(s|x = F)P(x = F)}$$

ここで, e-Learning において受講登録者が受講する確率 $P(T)$ となりすましが発生する確率 $P(x = F)$ は一様に $P(x = T) = P(x = F) = 0.5$ とすると, 1 枚の入力顔画像における本人確率 $P(T|s)$ は下記の式で表される.

$$P(x = T|s) = \frac{P(s|x = T)}{P(s|x = T) + P(s|x = F)}$$

2.2.2 N 秒区間中の本人確率

登録画像と入力画像群の顔情報を比較し, 時系列順に類似度 s と, 各々の類似度から本人確率 $P(x = T|s)$ を求める. $P(x = T|s_j)$ と $P(x = T|s_j)$ は独立であるとし, N 秒間で受講者は他人と入れ替わらないと仮定すると, i 秒から $i-N$ 秒までの間で学習者が本人であるときの尤度 $L(x = T|s_i)$ は以下の式で表される.

$$L(x = T|s_{i \rightarrow i-N}) = \prod_{j=i-N}^i P(x = T|s_j)$$

同様に, i 秒から $i-N$ 秒までの間で学習者が他人 F である確率を $P(F|s)$ として尤度 $L(F|s_i)$ を求めると, i 秒から $i-N$ 秒までの間で学習者が本人である確率 $P(T|s_i)$ は以下の式で表される.

$$P(x = T|s_{i \rightarrow i-N}) = \frac{L(x = T|s_i)}{L(x = T|s_i) + L(x = F|s_i)}$$

2.3 提案手法の評価

2.3.1 事前分布 (実験 1)

本人確率を求めるために, 先行研究で取得したデータを用いて分析を行う. 8 名の学生から登録画像を模した正面顔画像 (登録画像) 8 枚と, e-Learning 中に Web カメラで 1 秒おきに取得した正面画像 (入力画像) 32,457 枚を取得した. 次に, 登録画像と入力画像間の類似度を, 登録画像と入力画像が同一人物 (T : 本人間), 登録画像と入力画像が別人 (F : 他人間) の 2 パターンで算出した. 本人間類似度と他人間類似度をそれぞれ度数幅 0.01 としてヒストグラム化し, 各ヒストグラムの度数の総和が 1 になるように正規化して確率密度関数とした. 本人-本人間の確率密度関

数 $P(s/x = T)$ と本人-他人間の確率密度関数 $P(s/x = F)$ から本人確率 $P(x = T|s)$ を算出したグラフを図2に示す. 本稿ではこのデータを下に本人確率を決定する.

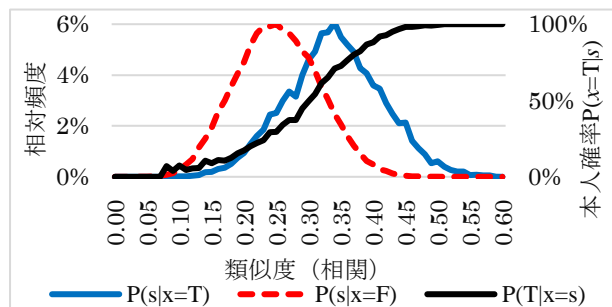


図2 確率密度関数と本人確率

2.3.2 提案手法の評価 (実験2)

事前分布で用いたデータとは異なる実験で取得した登録画像5枚と入力画像3723枚のデータを用いて分析を行う. 登録画像と入力画像を比較し, 算出した類似度から実験2で求めた本人確率 $P(x = T|s_i)$ を算出する. 顔検出に失敗した画像は $P(x = T) = 0.50$ とした. そして $P(x = T|s_i)$ を時系列順に整理し, 提案手法を適用して認証精度を評価する. 認証精度は提案手法のパラメータ N を1秒から60秒まで1秒ずつ変化させながら算出する.

2.3.3 認証精度の評価方法

本人確率が51%以上のときに本人, 49%以下の場合に他人として判定した場合の適合率と再現率を求める. また, 本人確率が50%の場合は, 本人か他人か判別不可能であったとし, 判別が不可能だった画像が全画像中にどれだけ存在していたかも認証精度の評価対象とする.

$$\text{判定不能割合} = \text{本人確率 } 50\% \text{ の判定数} / \text{前半定数}$$

$$\text{適合率} = \text{本人を本人と判定した数} / \text{本人と判定した数}$$

$$\text{再現率} = \text{本人を本人と判定した数} / \text{本人画像数}$$

3. 結果と考察

区間長 N を変化させたときの再現率・適合率および判定不能割合を図3に示す. 区間長 $N=1$ は従来法における判定結果を表す.

従来法では, 顔が検出できないタイミングでは類似度が算出できないため, 顔検出に失敗した25%の画像は本人-他人判定が行えなかった. 提案手法では, 区間長 N を大きくすることにより, 本人か他人か判定できない画像の割合が減少する傾向が見られた.

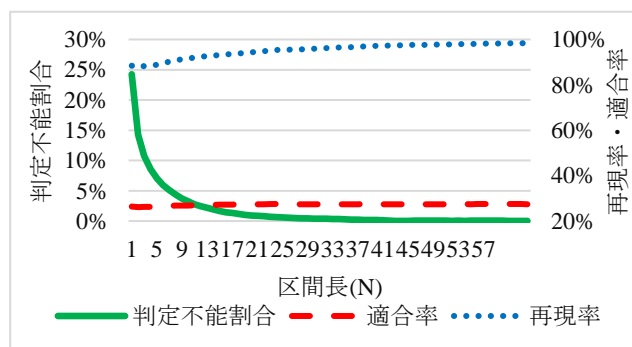


図3 Nと認証精度の関係

また, N を大きくすることで, 再現率が向上する傾向があることが明らかになった. 図4に, 本人間の類似度推移の一例を示す. 従来法では本人確率が60%を平均として推移しているが, 提案法($N=10$)では本人確率が100%付近で推移している. このことから, 提案手法は再現率の向上に有効である可能性が示唆された. 一方でなりすましが発生した場合には, 図5より本人確率は全体的に低下するものの, 適合率は27%程度を推移している. これは本稿で用いた顔特徴の個人識別力が低かったことが原因と考えられる.

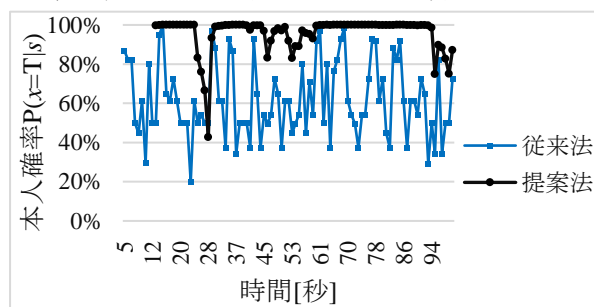


図4 本人が受講している場合の本人確率推移

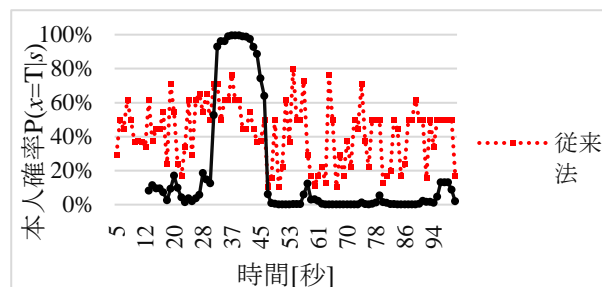


図5 なりすましが発生した場合の本人確率推移

4. おわりに

本稿では e-Learning における個人認証のため, 時系列順に入力される受講者の正面画像において, 任意の区間中の学習者が受講登録者本人である確率を求め, その確率から本人判定を行う手法について検討した. その結果, 提案法は従来法で認証が行えなかった顔検出失敗区間についても本人-他人判定をすることが可能であり, また区間長 N を長くすることで再現率が向上する性質があることを明らかにした.

今後の課題として, 被験者を増加して認証精度について検証していく必要がある.

謝辞

本研究の一部は, 平成27~29年度科学研究費補助金挑戦的萌芽研究(課題番号 15K12427; 研究代表者 赤倉貴子)の助成によるものである.

参考文献

- [1] E. Agulla, E. Rua, J. Castro, D. Jimenez, L. Rifon, "Multimodal Biometrics-Based Student Attendance Measurement in Learning Management Systems", 11th IEEE International Symposium on Multimedia., pp.699-704, (2009).
- [2] T. Ahonen, A. Hadid, M. Pietikäinen, "Face recognition with local binary patterns", Application to Face Recognition. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.28, No.12, pp.2037-2041, (2006).