

L1 ノルム最小化によるスパース表現を用いたパターンマッチング

日大生産工(院) ○岡村 吏砂

日大生産工 山下 安雄

1. はじめに

近年、指紋認証、静脈認証、顔認証などのバイオメトリクス認証技術への関心が高まっている。バイオメトリクス認証とは、個人の身体や行動の特徴を利用して認証を行う方法であり、あらかじめ個人の生体情報を登録しておき、認証時に採取した生体情報との類似度で本人か否かを判定する技術である。中でも、顔認証については、顔の表情や撮影環境に強い認証方法が求められており、本研究では従来の認証法よりも、よりロバストな顔認証について検討する。

2. 目的

L1 ノルム最小化を用いたアルゴリズムに着目し、パターンマッチングでの応用について考える。本稿では、バイオメトリクス認証の中でも、顔認証について従来の部分空間法などにみられる L2 ノルム最小化による一般的な方法ではなく、L1 ノルム最小化を顔認証に応用し、実際の顔のデータを使用した実験を行い、認証に対する効果について検証する。

3. L1 ノルム最小化

未知ベクトルを線形観測に基づいて推定するとき、未知ベクトルを x とすると、ベクトル x に対する線形観測は、観測ベクトル $a \in \mathbb{R}^N$ を一つ選んで内積 $a \cdot x$ をとることに対応する。線形観測を M 回行うものとする、 x に対する M 回の線形観測は、大きさが $M \times N$ の観測行列 $A \in \mathbb{R}^{M \times N}$ を使って

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_M\}^T \in \mathbb{R}^{M \times N} \quad (1)$$

$$y = Ax \quad (2)$$

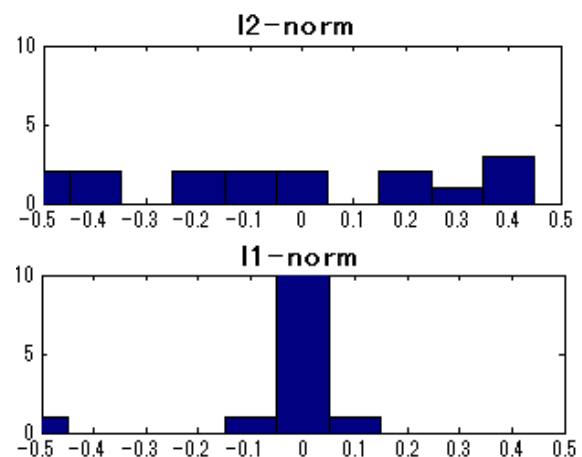
と表現することができる。ベクトル $y \in \mathbb{R}^M$ は、 M 回の線形観測の結果を成分として持つベクトルである。観測行列 A を既知としたとき、観測結果 y からベクトル x を推定する場合、線形制約 $y = Ax$ のもとで、L1 ノルム最小化することによって、 x の推定値を得ることができる。これは次式(3)のように表せる。

$$\text{minimize } \|x\|_1 \text{ subj. to } \|Ax - y\|_2 \leq \varepsilon \quad (3)$$

図 1 は $A \in \mathbb{R}^{8 \times 16}$, $b \in \mathbb{R}^8$ のランダムな値に対して、L2 ノルムと L1 ノルム最小化によって x を求め、 x の要素の値についてヒストグラムで表したものである。L2 ノルムについては次式(4)を用いる。

$$\text{minimize } \{\|Ax - b\|_2 + \|x\|_2\} \quad (4)$$

L2 ノルム最小化による結果と比較すると、L1 ノルム最小化の式(3)によって推定される x はゼロ要素が多く、スパースなベクトルといえる。この x を使用することにより、スパース表現が可能になり、これは個人を特定する認証の上では効果的な方法である。

図 1 x の要素値の比較

4. 顔認証

4.1 対象

九州大学で収集された JAFFE (The Japanese Female Facial Expression) データベースから日本人女性 10 名の異なる表情での正面顔の画像を使用する。このデータベースの顔画像はすべてグレースケールであり、サイズは 256×256 ピクセル、画像の総枚数は 213 枚である。

4.2 実験方法

データベースの顔画像からそれぞれ 1 名につき 10 枚の顔画像を選び、10 名 $\times$ 10 枚の計 100 枚の画像を辞書画像として用いる。また、個人を識別するために、全ての画像に番号をつけ、画像番号 1~10 が 1 人目の女性、11~20 が 2 人目...として考える。これらの画像は M (画像のピクセル数) $\times N$ (画像の枚数) の行列に変換し、これを辞書画像行列 $A \in \mathbb{R}^{M \times N}$ として認証に使用する。次に、識別したい顔画像を 1 枚用意し、 M 要素 (画像のピクセル数) の列ベクトルに変換、これをテスト画像 $b \in \mathbb{R}^M$ とする。これらのデータを使用し、L1 ノルム最小化を用いた次式 (5) により計算すると、 N 要素 (画像の枚数) の係数 $x \in \mathbb{R}^N$ が求められる。

$$\text{minimize} \quad \{ \|Ax - b\|_2 + \|x\|_1 \} \quad (5)$$

式 (5) より得られた係数 x の各要素の値を比較し、値が大きい箇所と画像番号とを対応させてテスト画像を判別する。

5. 結果

データベースの 256×256 ピクセルの画像を 13×13 ピクセルにリサイズして実験を行った。100 枚の辞書画像の中に組み込まれていない顔画像から、10 人目の女性の顔をテスト画像として使用し、L2 ノルム最小化と L1 ノルム最小化の 2 つのパターンで実験を行い、それぞれの x の要素の値をグラフ化した結果を図 2 に表す。図 2 を見ると、上段の L2 ノル

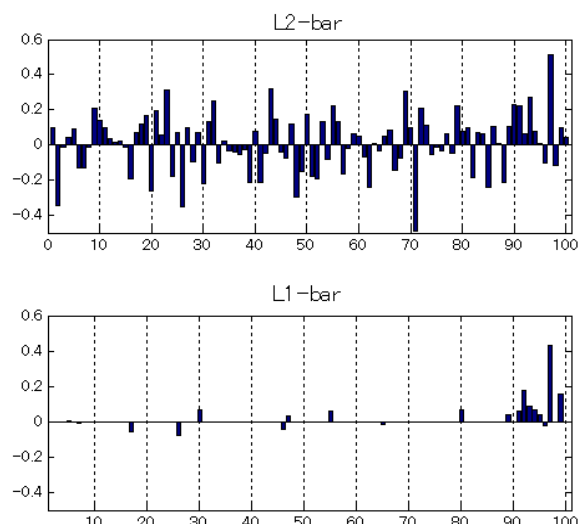


図 2 実験結果

ム最小化による実験結果では全体に渡って数値が分布しているのに対して、下段の L1 ノルム最小化による実験結果では、91~100 の範囲に数値が大きい要素が集中していることが分かる。このことから、L2 ノルムより L1 ノルム最小化の方が、テスト画像が 10 人目の女性の顔であることを特定しやすいといえる。

6. 今後の課題

顔以外の部分に結果が影響されている可能性があるため、 $\|Ax - b\|_2 \leq \varepsilon$ で表される残差について検討し、 ε をどの程度評価するか考える必要がある。顔だけに絞った画像データで辞書画像行列を作成して実験を行い、結果にどう影響するか検証する。

「参考文献」

- 1) J. Wright, A. Y. Yang, A. Ganesh, S. S. Sastry, Y. Ma, "Robust Face Recognition via Sparse Representation," IEEE Trans. on PAMI, Vol. 31, No. 2, (2009), pp. 210-227.
- 2) 田中利幸, "圧縮センシングの数理," 電子情報通信学会基礎・境界ソサエティ Fundamentals Review, Vol. 4, No. 1 (2010) pp. 39-47.
- 3) Facial Expression Database, Japanese Female Facial Expression (JAFFE) Database, <http://www.kasrl.org/jaffe.html>