

引き込み現象を用いた画像照合手法の提案

藤原 克駿† 加藤 涼子‡ 稲葉 洋† 廣瀬 誠†

松江工業高等専門学校 情報工学科† 松江工業高等専門学校 電子情報システム工学専攻‡

1. はじめに

画像照合のアルゴリズムの歴史は古く、これまで多くの手法が試みられている。従来の手法には、比較する画像間での画素値の位置関係や分布をもとに類似性を計算する手法や、機械学習によりマッチする画像領域を検出する手法などがある。これらの手法ではいずれも、マッチすると思われる領域を数値化して、その類似度を計算する。本手法ではこの数値化において引き込み現象を用いて「引き込み時間」および「引き込まれた画素値」という指標を導入して画像照合を行う。

2. 引き込み現象

引き込み現象（同期現象）とは、固有振動数をもつ複数の振動子が互いに影響を及ぼし合うことで位相を揃えて振動する現象である。この現象の数理モデルの1つとして Kuramoto モデル [1]があり(1)式で表される。 ω 項の後ろの項が、振動子同士が速度を調整し合う動きを表し、これにより時間経過とともにそれぞれの振動子が同じ位相に収束する。

また、画素値に対して引き込み現象を適用するには画素値と振動子の位相を対応付ける必要がある。例えば画素が256諧調の明るさを持つと考えた場合、画素値は(2)式によって位相へ変換される。なお、位相から画素値へ変換する場合はこの逆変換（逆関数の適用）を行う。

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \omega_i + \frac{K}{N} \sum_{j=1}^N \sin(\theta_j - \theta_i) \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (1)$$

θ_i [rad]: i 番目の振動子の位相
 θ_j [rad]: j 番目の振動子の位相
 ω_i [rad/sec]: i 番目の振動子の固有振動数
 N : 振動子の総数
 K : 振動子間の結合強度

$$\theta_i = \sin^{-1}\left(\frac{p_i - 127.5}{127.5}\right) \quad (2)$$

p_i : i 番目の画素の画素値
 θ_i [rad]: i 番目の振動子（画素）の位相

3. マッチングアルゴリズム

引き込み現象を用いた画像照合のアルゴリズムを以下に示す。ただし、比較する画像は大きさが同じで、同じものを示す画像である場合は角度のずれがないものとする。

マッチングアルゴリズムは、マッチングに最適な位置を探す位置合わせと、マッチングの2つの段階が存在する。

まず位置合わせでは、画像を最小領域（今回は 16×16 とした）に分割し、それぞれの領域に対して引き込み処理を行い、その処理時間（位相が引き込まれるまでに(1)式をそれぞれの位相に加算した回数）と引き込まれた位相を求める。その後、比較する側の画像の縦方向と横方向にそれぞれに3分割したうちの中央部分を用意し、この領域をテンプレートとして比較される側の画像とマッチングを行う。このとき、マッチングの評価には前処理で導出した引き込み時間と引き込まれた位相を用い、それらの差がもっとも小さい位置に比較する画像をずらし、これをマッチング位置として決定する。なお比較する画像の中央部分を用いるのは処理の高速化のためである。

次にマッチングでは比較する2つの画像をある領域に分割し（今回は画像を縦横にそれぞれ5分割した）位置合わせの処理と同様にそれぞれの領域に対して引き込み処理を行う。引き込み時間と引き込まれた位相を求め、2つの画像のこれらの差がしきい値を超えていなければ同じ画像であると判定する。

本手法には2つの特徴がある。1つ目は、引き込み処理はヒストグラム形状が類似している場合、位相がほぼ同じ時間で収束するため、照明条件の影響を受けにくい点である。2つ目は、引き込み時間と引き込まれた位相という2つから判定できる点である。例えばヒストグラムが反転した形状をしている2つの領域を照合すると引き込み時間はほぼ等しくなってしまうが、この場合引き込まれた画素値は異なっているため違う画像であると判定できる。

4. 実験方法

2種類の画像について本手法を用いて照合した。比較する画像（誤り画像とする）は比較される画像（テンプレート画像とする）とほぼ同じであるが、一部が異なっている。画像ファイルはBitmap, 大きさは1024×1024で256階調のグレースケールのもを使用した。これらの画像をベースに下記画像を生成してA)およびB)の実験を行った。

A) 位置ずれに対する実験

テンプレート画像と誤り画像について、縦方向と横方向にランダムに位置をずらした画像を200枚ずつ準備し、テンプレート画像とこれらの画像を照合した際の成功率および処理時間を評価した。

B) 明るさ変化に対する実験

テンプレート画像と誤り画像について、全体の明度を-32から+32まで変化させた画像をそれぞれ65枚ずつ準備し、テンプレート画像とこれらの画像を照合した際の成功率および処理時間を評価した。

5. 実験結果

実験方法A), B)それぞれについての実験結果を表1, 表2に示す。また、この実験を行った環境を表3に示す。

表1 A) 位置ずれに対する実験

成功率 (テンプレート-テンプレート)	64個/200個 (32.0%)
成功率 (テンプレート-誤り)	199個/200個 (99.5%)
処理時間 (平均値)	875[msec/枚]

表2 B) 明るさ変化に対する実験

成功率 (テンプレート-テンプレート)	52個/65個 (80.0%)
成功率 (テンプレート-誤り)	53個/65個 (81.5%)
処理時間 (平均値)	950[msec/枚]

表3 実験環境

CPU	Intel Core i5-4590 (3.30[GHz])
OS	Windows7 Pro
メモリ	8[GB]

6. まとめ

実験結果から、まず、本手法では位置ずれがあると同一画像同士で照合しても違う画像であると判定されることが多かった。

次に、明るさ変化のある画像との照合では明度が±32の範囲であれば約8割の精度で正しく判定できた。全体の明度が違う場合はヒストグラム形状に及ぼす影響が小さいため、引き込み時間がほぼ等しくなった。しかし、明度が大きく違う場合は収束する位相が大きく異なるため違う画像であると判定されることがあった。

現在は(1)式の制御パラメータや引き込み時間と引き込まれた位相の差のしきい値を経験則で設定しているため、しきい値が適切とは言えない。照合の精度の向上のためにはしきい値を最適化することが必要である。

また、現在のプログラムでは処理をシングルスレッドで行っている。引き込み処理が非線形名処理であるため画像ごとに処理時間が異なり、計算終了までの予測が立てにくい。マルチスレッドによる高速化を実現するために、画像ごとの処理時間を安定させることも今後の課題である。

参考文献

- [1] 蔵本由紀, 河村洋史: 同期現象の数理 位相記述によるアプローチ, 培風館, 2005
- [2] H. Ishihara, K.Yoshioka, M.Hirose: Proposal on Image Compression Method using Synchronization, International Symposium on Opt-mechatronic Technologies, 2012

「引き込み現象を用いた画像照合手法の提案」 A Proposal of Pattern Matching Using Synchronization

† 「藤原克駿, 稲葉洋, 廣瀬誠・松江工業高等専門学校 情報工学科」 Katsutoshi Fujiwara, Hiroshi Inaba, Makoto Hirose, Department of Information Technology, National Institute of Technology, Matsue Collage

‡ 「加藤涼子・松江工業高等専門学校 電子情報システム工学専攻」 Ryoko Kato, Advanced Electronic and Information Systems Course, National Institute of Technology, Matsue Collage.