

エージェントとして構成された動的輪郭モデルの協調による領域抽出 Region Extraction by Cooperation of Active Contour Model Agents

村松 孝俊[†]

Takatoshi MURAMATSU

阿部 亨[‡]

Toru ABE

木下 哲男[‡]

Tetsuo KINOSHITA

1. はじめに

画像からの安定した領域抽出を実現する手法の一つに、領域内における画像特徴（輝度、色、テクスチャ等）の均一性に基づき輪郭線を制御する動的輪郭モデル（Active Contour Models: ACM）[1]がある。この手法では、画像特徴の異なる複数の小領域から構成される対象領域を抽出する場合には、一つの対象領域に対し複数のACMを適用する必要がある。しかし、一つの対象領域に複数のACMを適用する場合、ACM同士の協調が必要であり、それらの処理は複雑なものとなる。本稿では、ACMによる効果的な領域抽出を実現するために、エージェントとして構成されたACMを相互に協調させる手法について述べ、その具体的な動作の一例を示す。

2. 複数のACMによる領域抽出

ACMによる領域抽出では、対象領域近傍に設定された輪郭線 C に対するエネルギー関数 E を定義し、 E を最小化するように C の位置・形状を修正することで、対象領域の境界が決定される。一般に E は C の形状に基づく形状エネルギー項 E_{int} と、 C が位置する箇所の画像特徴に基づく画像エネルギー項 E_{img} からなる。

各エネルギー項には種々のものが提案されているが、領域抽出における安定性の向上を図るために、 C 内での画像特徴の均一性により E_{img} を定義し、画像特徴が均一な箇所を一つの領域として抽出する手法が提案されている。しかし、この手法では、画像特徴の異なる複数の小領域から対象領域が構成されている場合、一つのACMで対象領域全体を抽出することができない。これを解決するために、一つの対象領域に複数のACMを適用し、画像特徴の均一な小領域の集合として対象領域全体を抽出する手法がある[2]。

図1に画像特徴の均一性によりACMを制御し領域抽出を行う例を示す。図1(a)中の白線のように初期設定された C は、 C 内の画像特徴（色）の均一性を保つよう位置・形状が修正され、(b)に示すように画像特徴の均一な領域（ボールの一部の領域）が抽出される。複数のACMによってボール全体を抽出するためには、(c)に示すように対象領域の内側と外側の各々に複数のACMを適用する。これにより、(d)のように、内側と外側に設定されたACMの境界として対象領域の境界が抽出される。

3. ACM間の協調

一つの対象領域へ複数のACMを単に適用するだけでは、各ACMは各々自分の配置された領域を抽出する様に動作する。しかし、個々のACMの目標が達成されたとしても、全体の目標である対象領域全体の抽出が達成

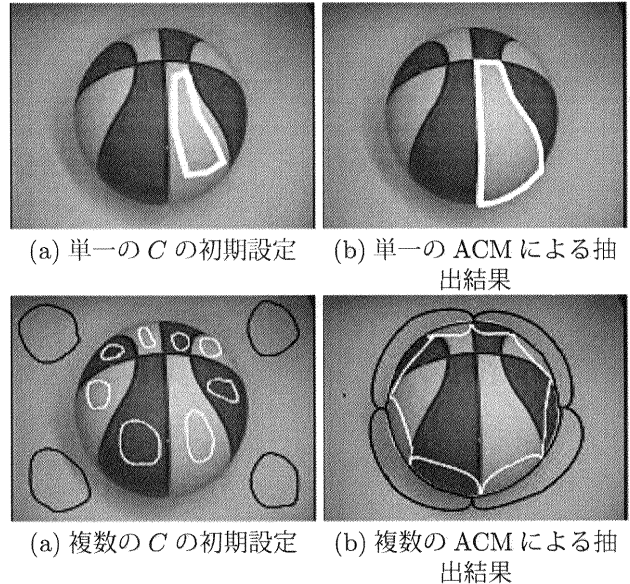


図1: 複数 ACM による領域抽出

されるわけではない。そのため、全体の目標を達成するためには、ACM同士が協調して他の状態を考慮して動作することが必要となる。

1. 初期曲線の移動

複数のACMを用いる場合、内側のACMと外側のACMが接する箇所が対象領域の境界として抽出される。そこで、効率よく対象領域の境界を抽出するために、利用者の抽出意図を損なうことなく、利用者によって与えられた初期曲線を対象領域の近傍へ移動させる必要がある。これを行うために、 C の初期状態、位置を用いACM同士が協調することによって適切な移動方向の推定をする必要がある。

2. 広がりの制御

複数のACMを用いる場合、内側のACMと外側のACMが接する箇所が対象領域の境界として抽出される。そこで、効率的な抽出を行うためにACM間の隙間が埋まる方向にACMの広がりを制御する必要がある。そのために、ACM同士が協調することによってACM間の隙間を検出し、エネルギー項の重みの調整をすることによって、この隙間を効率的に埋めるように広げる。逆に抽出に影響しない方向への広がりの抑制する。また、広がりに伴うACM同士の重複が発生しないように調整を行う必要がある。

3. 分割・結合の制御

[†]東北大学 情報科学研究科

[‡]東北大学 情報シナジーセンター

各 C 内での画像特徴の均一性を確保するためには、ある程度の個数の ACM が必要である。しかし、効率的に抽出を行うためには ACM の個数はできる限り少ない方が望ましい。そこで、動的に ACM の分割・結合を行うことで ACM の個数が適切となるように制御する必要がある。この分割結合を行う ACM を決定するために、各 ACM の C 内の画像特徴を用いる。他の ACM 比べて画像特徴均一性が悪いものは分割する対象とし、隣接する ACM 同士の画像特徴が近似する場合は結合の対象とする。

本手法では、各 ACM をエージェントとして構成することによって以上の処理を効果的に実現し、高精度な領域抽出の達成を図る。

エージェントを用いた領域分割を行う手法が、文献 [3] でも提案されている。しかし、この手法は、画像全体を領域分割することを目的としている。このため、領域抽出という観点からは上記 1. ~3. の協調について十分な検討が行われていない。また、ACM の動作のために利用者の抽出意図、画像特徴に基づく連携を行っていない。これに対し、本手法では利用者の所望する領域のみの抽出を目的としており、利用者の抽出意図を反映した協調、各 ACM 内の画像特徴に基づく協調させることによって効率的に抽出を行うことを目指している。

4. ACM の協調例

ここでは、前節で述べた ACM 間の協調の一つである「初期曲線の移動」について、エージェントとして構成された ACM によりこれを実現する手法を提案し、その具体的な動作例を示す。

4.1 前提とする ACM 配置

提案手法では、ACM が以下のように初期設定されていると仮定する。

- 対象領域の内側と外側の各々に複数の曲線 L_k を設定し、各 L_k 上に複数の初期輪郭線 C_i を設定する。
- 各 L_k は、対象領域の境界近傍に設定されており、自分自身、他の曲線、及び対象領域の境界と交わらない。
- 各 C_i は、曲線 L_k 上での並び方 (順序)、及び、自身が対象領域の内側と外側どちらに設定されたかの情報を持つ。

図 2 に配置の例を示す。 L_1 , L_2 及び L_3 は各々抽出対象であるボールの境界に沿って設定された外側と内側の曲線を表す。曲線上の任意の点を重心とし、初期輪郭線として C_1, C_2, C_3, \dots が設定されている。

4.2 初期曲線の移動・協調

先に述べたように、効果的に対象領域を抽出するためには、対象領域の境界方向へ各 ACM が対象領域の境界近傍まで移動する必要がある。本稿では、エージェント化された ACM 間の協調により、ACM の初期配置に含まれる利用者の抽出意図を推測し、各 ACM を移動させる手法を提案する。

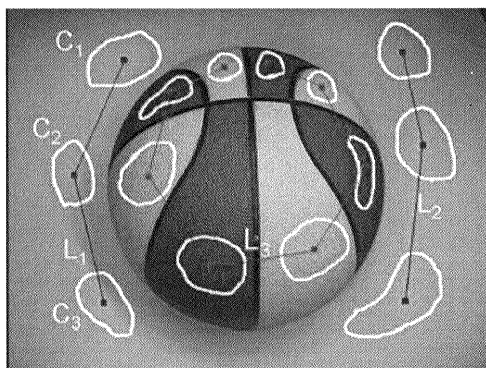


図 2: ACM の初期配置

提案手法では、対象領域の内側と外側に設定された ACM 間の距離に基づいて利用者の抽出意図を推測し、各 ACM の移動を行う。しかし、内側と外側の ACM 間の距離のみに基づき制御を行うと、隣接する ACM 間で移動する方向が交差するなどして、必ずしも望ましい制御が実現できない。そこで、提案手法では、初期設定における ACM の並び方を考慮することで、この問題に対処している。

具体的には、次に述べる手順で、各 ACM の移動の方向を決定する。なお、エージェント化された各 ACM は、自身の重心位置の情報を持っているものとする。

1. 対象領域の内側に設定された各 ACM $N_{in,i}$ は、外側に配置された全ての ACM $N_{out,j}$ に対し、自身の重心位置情報をマルチキャストする。位置情報を受信した $N_{out,j}$ は、 $N_{in,i}$ との距離 $d(N_{out,j}, N_{in,i})$ を計算し保持する (図 3(a))。同様に、外側に設置された各 ACM $N_{out,j}$ から全 $N_{in,i}$ に対し位置情報のマルチキャストを行い、 $N_{in,i}$ に $N_{out,j}$ との距離 $d(N_{in,i}, N_{out,j})$ を保持させる。
2. 各 ACM は、自身が保持する d のリストを用いて、距離が最も近い ACM $N_{nearest}$ を決定し、 $N_{nearest}$ に対し最近隣であることを通知する。
3. $N_{nearest}$ は、最近隣であることを通知するメッセージを複数の ACM から受信した場合、メッセージの送信元の中から最近隣の ACM を選択し、その重心の位置を、自身が広がる目標方向 $T(N_{nearest})$ として設定する (図 3(b))。
4. 最近隣であることを通知するメッセージを受信していない (目標方向が決定していない) ACM N_k は、自身が位置する曲線 L_l 上で両隣となる ACM N_{k-1} , N_{k+1} に対し、目標方向を送るよう要求を送信する。 N_{k-1} , N_{k+1} は、自身の目標方向が決定している場合、各々 $T(N_{k-1})$, $T(N_{k+1})$ を N_k へ送信する。 N_k は、重心位置が自分と近い ACM から送られてきた目標方向を自身の目標方向として選択する (図 3(c))。
5. N_{k-1} (あるいは N_{k+1}) で目標方向が決定されていない場合、さらに隣の ACM N_{k-2} (あるいは N_{k+2})

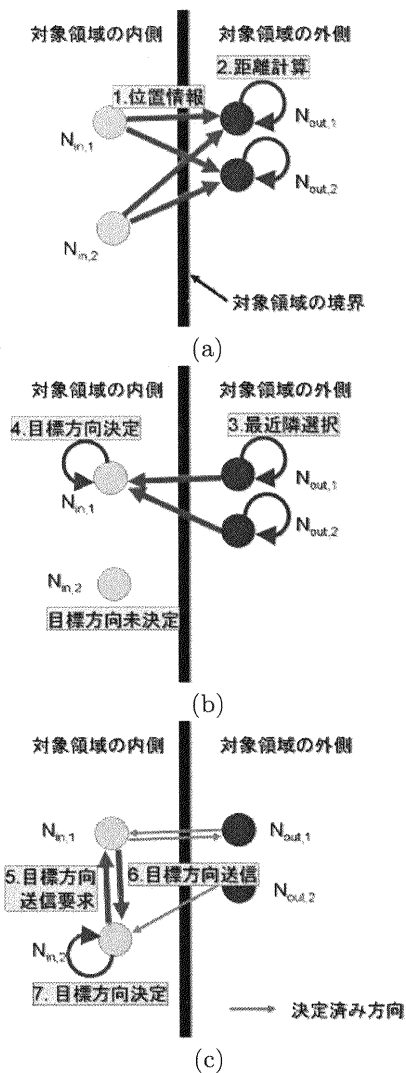


図 3: 広がり方向決定の流れ

に対し目標方向を送るように要求することで、目標方向を決定する。曲線 L_i 上に位置する全ての ACM において目標方向が決定されていない場合は、まず、 L_i の両端の ACM で、 d のリストから最近隣の ACM を決定し、その重心位置を目標方向として設定する。次に、決定された目標方向を、 L_i 上の他の ACM に順次伝播させる。

4.3 初期曲線の移動方向決定のシミュレーション

提案手法の有効性を確認するためのシミュレーション実験を行った。実験に際しては、エージェント開発・動作環境として ADIPS/DASH フレームワーク [4] を用い、各 ACM をエージェントとして構成した。

シミュレーションの結果を図 4 に示す。図中の黒い領域が抽出領域を表す、各点が ACM の重心であり、並び方の順にしたがって直線で結ばれている。各 ACM の重心から出ている矢印がその ACM で決定された広がり

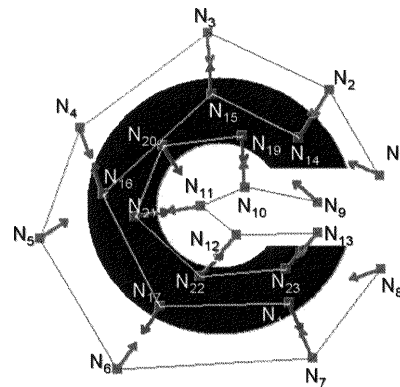


図 4: シミュレーション結果

目標方向を示す。

$N_2, N_3, N_4, N_6, N_7, N_{10}, N_{11}, N_{12}, N_{13}, N_{14}, N_{15}, N_{16}, N_{17}, N_{18}, N_{19}, N_{21}, N_{22}, N_{23}$ は手順 3 の時点で広がり目標方向が決定された ACM である。残りの $N_1, N_5, N_8, N_9, N_{20}$ は手順 4 によって広がり目標方向が決定された ACM である。

図より各 ACM の広がり目標方向の対象領域の境界方向を向いており、妥当な目標方向が決定されていることが確認できる。

5. おわりに

本稿では、複数の ACM を各々エージェントとして構成し相互に協調させることで、効果的・効率的な領域抽出を実現させるための手法を示した。また、ACM 間の協調処理の一例として「広がり制御」を行うための手法を提案し、シミュレーション実験によりその有効性を確認した。

今後、ACM 間の他の協調処理についても検討を進め、提案手法の実装・検証を行っていく予定である。

参考文献

- [1] Ngoi, K.P. et al. "A New Color Image Energy for Active Contours in Natural Scenes," PRL, No.12, pp.1271-1277, 1996.
- [2] 松澤 他, "複数の ACM の競合による領域抽出," 信学論 (D-II), Vol.J83-D-II, No.4, pp. 1100-1109, 2000.
- [3] 和田 他, "分散協調処理による画像の領域分割法," 情処学論, Vol.36, No.4, pp.879-891, 1995
- [4] 藤田 他, "分散処理システムのエージェント指向アーキテクチャ," 情処学論, Vol. 37, No.5, pp.840-852 1996