論文内容の要旨

博士論文題目 時空間画像における動的輪郭モデルを用いた輪郭抽出および追跡

氏名 古川 亮

(論文内容の要旨)

画像系列からの物体の運動解析には、多くの研究がなされてきた。時空間画像による動物体の輪郭の運動解析には、画像系列の複数のフレームにおける運動を同時に解析できるという特徴がある。時空間画像中の輪郭は「時空間曲面」をなす。アクティブチューブは、時空間曲面に管状の動的輪郭モデルを収束させることで、画像系列中の物体の輪郭を抽出するモデルである。このモデルの特徴として、輪郭の運動の画像系列全体にわたる時間的制約条件（輪郭上の点の位置・速度の時間的連続性）を、動的輪郭モデルのエネルギー関数として表現可能である点があげられる。

本研究では第一に、アクティブチューブの収束をより安定させるための収束アルゴリズムを提案する。従来同モデルの収束には、Greedy Algorithm が用いられてきた。筆者はこの Greedy Algorithm がノイズなどの影響を受けやすいことを指摘し、ノイズの影響を受けにくいアルゴリズムとして Randomized Greedy Algorithm (RGA) を提案する。実験により、ノイズを含んだ画像系列の処理において RGA がアクティブチューブの収束精度の向上に役立つこと、Greedy Algorithm と比較して1回の反復計算にかかる処理時間は同程度であり、収束までにかかる反復回数も同程度から1.5倍程度であることを確かめた。

第二に、処理すべき画像系列がカメラなどの入力デバイスから連続的に取得される場合、画像系列の取得と平行して動物体の輪郭追跡を行うために、アクティブチューブを拡張したモデル (ATMIQ) を提案する。提案するモデルでは、画像系列の表現法として、時空間画像を多重スケール化した立体画像を用いる。ATMIQ では多重スケール画像の利用によって、追跡対象となる輪郭の移動量が多い場合の追跡性能の向上がはかられている。またアクティブチューブと同様に時間的制約条件を記述するためのエネルギー項を持つ。実験により、多重スケール画像の利用が、目標となる輪郭がフレーム間で大きく移動する場合の輪郭追跡に有効であること、また時間的制約条件が輪郭追跡の安定かに寄与していることを確かめた。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、時空間画像に対して管状の動的輪郭を適用するモデルであるアクティブチューブを、動画画像からの運動物体の輪郭抽出・追跡に利用する際の問題点について考察し、それらの問題点を解決するための手法を提案したものである。本論文の主な成果は次のように要約される。

1. アクティブチューブのモデルを運動物体の輪郭抽出に利用する際の問題点として、本論文において「ノードの捕獲」と名付けられた現象を挙げ、これがノイズの多い自然画像からの輪郭抽出を行なう場合に大きな障害となることを指摘した。さらに、この問題を解決するために、従来の収束アルゴリズムである Greedy Algorithm を拡張した新しいアルゴリズム、Randomized Greedy Algorithm (RGA) を提案した。また、Greedy Algorithm と RGA との比較実験を行ない、特にノイズの多い動画画像において、提案されたアルゴリズムが「ノードの捕獲」を抑制し、輪郭抽出の結果を改善することを証明した。
2. アクティブチューブのモデルを運動物体の輪郭追跡に利用する際の問題点として、同モデルが画像系列の一括処理を仮定している点を挙げ、この問題を解決するために、アクティブチューブを拡張したモデル、Active Tubes in Multiscale Image Queue (ATMIQ) を構築した。ATMIQ の特徴は以下のようなものであった。
 - (a) 一定のフレーム数を持った先入れ先出し方式の画像バッファを時空間画像と見なすことで、画像系列の入力と並行して輪郭追跡を行なうことができる。
 - (b) 多重スケール画像を利用することで、追跡対象となる輪郭の移動量が大きい場合にも、動的輪郭が対象を見失わないように調整することが可能である。
 - (c) 輪郭の運動の時間的制約条件を、動的輪郭のエネルギー関数として柔軟に記述することができる。
 - (d) 上記の特徴を損なわない範囲で、処理効率ができるだけ高くなるように考慮されている。

実験により ATMIQ が実際に上記の特徴を満たしていることを実証した。

アクティブチューブは、輪郭の運動の時間的制約条件をエネルギー関数の形で柔軟に記述することができるという点で、正確で安定した輪郭抽出・追跡を行なうために有効な性質を持つ。しかし同モデルを実際の画像に適用しようとする場合、解決すべき問題点は多い。本論文はそうした問題点のうちのいくつかを明らかにするとともに、それらに対する解決方法を提案するものであり、画像処理およびコンピュータビジョンの分野において、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。