

少数特徴点追跡に基づく動画像からの樹木全体の動き追跡の検討 Study of Tracking the Entire Tree from a Video Sequence Based on Tracking a Small Number of Feature Points

シン エンチョウ† 大谷 淳†
Yuanchao Shen Jun Ohya

あらまし

本稿では、動画像中の樹木の風等の外力による動きを推定するため、少数の特徴点の追跡結果に基づき、樹木全体の任意の点追跡する方法を提案し、検討を行う。樹木の幹と枝の部分と中心線を検出し、交点候補と端点候補を検出し、隣接フレームの特徴点候補のマッチングにより、偽特徴点と不安定な特徴点を削除する。隣接する特徴点間をセグメントとし、運動推定対象点の所属セグメントを見出し、セグメント端点により、運動を推定する。樹木のCGモデルを用いて生成された動画像を処理対象とした実験により有効性の見通しを得た。

1. 序論

1.1 研究背景

近年、コンピュータグラフィックス (CG) 技術の進展に伴い、様々なものの挙動のアニメーションが可能となってきた。しかし、樹木は一般に大規模かつ複雑な構造をもつので、風等の外力による挙動も複雑であり、CGによるアニメーションが困難なものの一つである。この問題の解決法の一つに、実際の樹木をカメラで撮像することにより獲得される動画像を解析し、樹木全体における幹、枝、葉の表面上の各点を追跡することが挙げられる。このような技術は、筆者らが従来から研究している、実際の樹木の挙動の、仮想空間中の仮想樹木における再現[6]にも有効である。しかし、樹木の挙動の動画像解析において、多数の葉や枝が存在するため、オクルージョンが多数発生し、樹木全体の運動を把握するのは一般的に難しい。また、葉の色は互いに類似しており、個々の葉の運動の追跡は困難である。

1.2 関連研究

樹木アニメーションの方法としては、主に[1]~[5]のように、幹や枝を多数のセグメントで構成し、各セグメント端点の運動を物理的に計算し、動きを再現するものがある。そのうち、[1]~[3]は各セグメントの物理計算量が膨大であり、リアルタイムアニメーションは不可能というデメリットがある。一方、[4]では物理公式を単純化し、枝をポイントで構成し、二次元曲線で運動軌跡を表す。[5]では、枝を剛体と設定するとともに波形ノイズを利用し、視覚的に樹木を再現する。しかし、[4]と[5]には、近似法で動きを再現するため、リアリティは物理計算より低いという問題があった。

樹木の挙動の動画像解析に関しては研究例が少なく、例えば[6]では、葉のみを Particle filter で追跡する方法が検討

された。また、[7]は葉の追跡に関する研究では最も初期のものである。[7]では Maximum Stable External Regions 方法を利用し、葉のテクスチャで葉の運動を追跡する。しかし、この方法は多数の葉がある樹木（幹や枝が視点から見えない）だけにしか適用できない。

1.3 研究目的

本稿では 1.1 節で述べた問題を解決するため、幹や枝が見える（全て葉でおおわれていて見えないわけではない）樹木を対象に、動画像中の樹木全体における少数の特徴点の追跡結果に基づき、樹木全体の任意の点の動きを推定する方法の確立を目指す。

2. 提案手法のアプローチ

本稿では、RGB 動画像と深度動画像を利用し、図 1 のように、まず、樹木の Trunk 部分と中心線を検出する。

次に、幹と枝や枝同士の交点の候補と枝先端の端点候補を検出する。隣接フレーム間の特徴点候補のマッチングにより、ノイズを除去する。検出できなかった端点をパーティクルフィルタで追跡する。樹木全体の任意の点がいずれのセグメントに属するかを見出し、見出されたセグメントの端点により、対象点の運動を推定する。

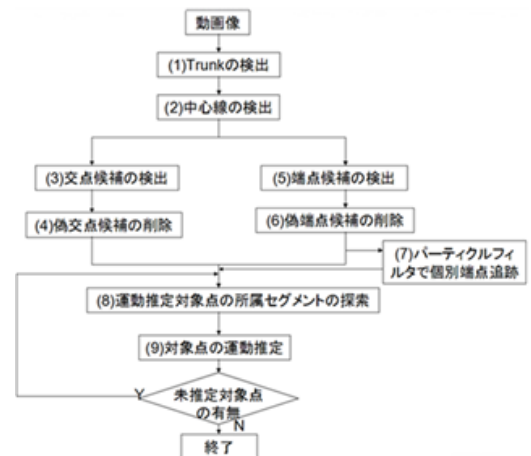


図 1 提案手法の流れ

3. 樹木構造の検出

入力画像に対し、HSV 色空間の Trunk の H 値と S 値を利用し、Trunk 部分の深度情報を加え、Trunk 部分を検出し、二値化画像（各画素が Trunk か否かを示す）で表現する。抽出した Trunk に対し、距離変換を施す。距離の変化方向と連続性より、細線化を行い、中心線を検出する。

4. 特徴点の検出

図 2 の交点パターンと図 3 の端点パターン（パターンを 90° , 180° , 270° 回旋、右左変換）により、特徴点を検出する。隣接フレームの特徴点候補間の距離を計算する。最短距離の二つ特徴点をマッチングし、マッチングできな

かった特徴点候補はノイズ(偽交点と偽端点)として除去する。

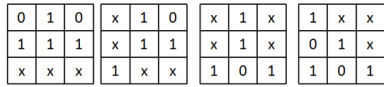


図2 交点パターン (1は1-画素, 0は0-画素, xは何れにしてもよい)

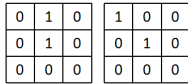


図3 端点パターン (1は1-画素, 0は0-画素)

5. パーティクルフィルタで個別端点の追跡

端点パターンで検出できなかった先端に対し, パーティクルフィルタを利用し, 追跡する. 現状では, 手動で先端を選択する.

パーティクルは式(1)のように定義する. x は x 方向位置, y は y 方向位置であり, d は深度である. v_x, v_y, v_d はそれぞれ x 方向, y 方向, 深度方向の速度である. w はパーティクルの重みで, 初期設定は $1/N$ である. N はパーティクルの数で, t はフレーム時間である. 状態遷移は式(2)と設定する. ノイズはガウシアンノイズに設定する.

$$P_t^n = \begin{pmatrix} x \\ y \\ d \\ v_x \\ v_y \\ v_d \end{pmatrix}, w_t^n \quad \text{式(1)}$$

$$\begin{pmatrix} x_{t+1} \\ y_{t+1} \\ d_{t+1} \\ v_x \\ v_y \\ v_d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_t \\ y_t \\ d_t \\ v_x \\ v_y \\ v_d \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_{noise} \\ y_{noise} \\ d_{noise} \\ v_{x,noise} \\ v_{y,noise} \\ v_{d,noise} \end{pmatrix} \quad \text{式(2)}$$

枝先端のROI範囲の距離ヒストグラムのsum of squared differences (SSD)を計算し, 式(3)の尤度関数により, 尤度を計算し, 重みを再設定し, SIRアルゴリズムにより, リサンプリングする.

$$L(SSD) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{SSD^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{式(3)}$$

6. 推定対象点の所属セグメントの推定

推定対象点の所属セグメントを見出すことは, 所属セグメントの二つの端点を見出すことと等価である. 本稿では, 二つの方法でセグメントの端点を見出す.

方法1では, 推定対象点の近い中心線を見つけ, その中心線に沿い端点を見つける. しかし, 偽特徴点と画素の不連続により, 見つけれない場合もある. 方法2は, 以下の3つの条件で端点を確定する. (1)対象点と特徴点の間はTrunk画素である. (2)特徴点と対象点の距離を計算する(条件1を満たす最短距離点は端点1とし, 条件1と条件3を同時に満たす最短距離点は端点2とする). (3)端点1と端点2は対象点の両側にある.

7. 運動の推定

前述のように, セグメントは剛体を前提とするため, 図4のように, 青い推定対象点と端点とを結ぶ直線と, セグメント中心線とがなす角 θ , および対象点と端点との距離 L は不変である. その幾何学的位置関係を利用し, RGB画像と深度画像での端点運動情報に基づ

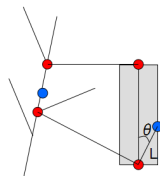


図4 位置関係

き, 推定対象点の動きを計算する.

8. 実験結果

推定結果の誤差を評価するために, 本研究では3dsMax2015やSpeedTree7の環境で, 三次元樹木動画画像を作成し, アニメーションを行うことにより獲得されるCG動画画像を対象に実験を行った.

また, マーク付きテクスチャ画像を利用し, 3次元モデルに貼り付け, 計算によってマークを検出し, 真の3次元座標を獲得し, 誤差を計算した. 表1は誤差を示す.

表1 特徴点と推定対象点の誤差

全体平均絶対誤差(単位pixel)	x方向	y方向	d方向
交点(全46個)	1.0	1.1	0.9
端点(全39個)	1.5	1.5	0.7
推定対象(全35個)	0.8	1.0	0.1

誤差が大きい推定対象点について, 分析し, 図5のようなオクルージョンによって発生した偽交点を確認した.



図5 オクルージョンの原因で発生した偽交点

9. 結論

本稿では樹木動画画像から検出すべき特徴点を検出する方法を検討した. 特徴点間に存在する推定対象点の推定方法を提案し, 実験により有効性を検討した. 実験結果により, 以下の結果が得られた.

- (1) 樹木の構造がよく見える部分は正確に抽出でき, 特徴点を得られた. また, セグメントのマッチングにより, 運動を推定できた. 誤差が小さいことが確認された.
- (2) 枝同士のオクルージョンにより, 偽交点を検出されることがある. オクルージョンの対策はこれから検討する.
- (3) 端点検出に失敗した場合はパーティクルフィルタが有効であるが, 失敗の自動的な検出も今後の課題である.

文献

- [1] H. Kanda et al., "Efficient, Realistic Method for Animating Dynamic Behaviors of 3D Botanical Trees", 2003 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp. II-89 - II-92, 2003.7
- [2] 村岡一信他, "空気力学を考慮した樹木の揺らぎアニメーション法", 芸術科学会論文誌, Vol.10, No.3, pp.140-147
- [3] Till Niese etc., "Windy Tree: Computing Stress Response for Developmental Tree Modles", SIGGRAPH Asia 2014, Volume 33 Issue 6, Nov2014
- [4] Julien Diener etc., "Wind projection basis for real-time animation of trees", ERUOGRAPHICS 2009, Volume 28(2009), Number2
- [5] Renaldas Zioma, GPU Gems3, Hubert Nguyen, Part1-Chapter6, Addison-Wesley Professional, 2007
- [6] Khanh N. Do and Jun Ohya, "Fundamental Study of Reconstructing Botanical Tree's 3D Models from Kinect's Images and Dynamical Behaviors of Non-leafy Trees", FIT2012 (第11回情報科学技術フォーラム), 第3分冊, pp.225-226, (2012.9).
- [7] C. Li and P. Hall, Learning a Stable Structure to Describe Dynamic Texture, British Machine Vision Conference. 23-32, 2008.