

2枚の時空間投影画像を用いた植物生長量抽出手法の改善

工藤 太一[†] 斎藤 隆文[‡] 七夕 高也^{**}

[†]東京農工大学 工学部情報工学科

[‡]東京農工大学 大学院生物システム応用科学府

^{‡‡}独立行政法人 農業生物資源研究所 農業生物先端ゲノム研究センター

1. 背景と目的

現在、様々な植物のゲノム情報の解読が進んでいる。解読した情報を活用した植物生長解析の分野では、植物の生長特性や種の相違点の分析を容易に行うための技術の開発が求められている。

柴崎らは、七夕らによるモニタリングシステム[1]によって得られたイネ 1 個体の初期生長過程の時系列画像群を用いて時空間投影画像を生成した。これにより、植物生長曲線の可視化を行い、すべての時系列画像を参照する必要なく、生長過程の確認が可能にした[2]。

楠岡らは、[2]の画像に動的計画法による曲線当てはめを行うことで生長曲線の抽出を行った。また、手法[2]を拡張し、2 個体を同時に撮影した 2 本植え時系列画像に対しては、x 座標による色の塗り分けによる投影手法を提案した[3]。しかし、2 本植え時空間投影画像では、1 つの画像中に 2 つの生長曲線が現れることにより、曲線当てはめの精度が落ちてしまい、十分な精度を得るためには、補正作業の手間が増えてしまう。

本研究では、時空間投影画像からの生長量データ取得手法[3]を改善し、時空間投影画像を 2 枚に拡張することで、より少ない時間と手間ですべての植物生長量の取得が可能になるよう改善を行う。

2. 時空間投影画像の生成

時空間投影画像とは、時系列画像を縦、横、時間(x,y,t)の3次元画像として扱い、平面投影を行うことで生成される画像である。

このような時系列画像の利用例として、ショウジョウバエの胚発生の可視化[4]などがある。

柴崎らは、時系列画像を利用した植物生長過程の可視化手法として、時系列画像に統計的背景差分法を適用し、x 方向の最大輝度値を y-t 平面に投影した時空間投影画像を生成した[2]。

Improvements in methods for quantitative extraction of plants growth by using two spatio-temporal projection images.

Taichi KUDO[†], Takahumi SAITO[‡], Takanari TANABATA^{**}

[†]Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

[‡]Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

^{**}National Institute of Agrobiological Sciences

[1]の撮影装置には、30 個体という観察個体数の上限がある。この上限の解決のため、1 本の試験管に 2 本のイネを植えることがある。

楠岡らは、2 本のイネを区別して可視化するため、背景差分画像に先端抽出フィルタを適用することで茎部分の投影を防ぎ、先端位置が低い方の個体も視認が可能になるように投影した。また、x 座標によって投影色を変化させることで 2 本の曲線を区別した[3](図 1)。

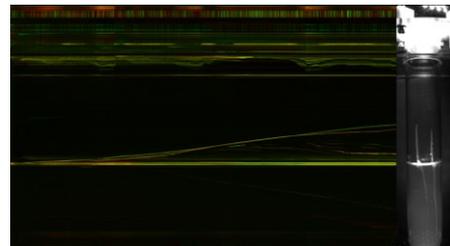


図 1 2本植え時空間投影画像

3. 従来手法による生長曲線抽出

手法[2]によって、植物生長先端曲線の可視化が可能になった。しかし、これはあくまで目視による確認を可能にするものであり、定量的な生長情報は得られなかった。

楠岡らは、[2]による時空間投影画像から動的計画法により生長曲線を抽出し、生長量を定量データとして取得する方法が提案した[3]。

得られた時空間投影画像に対し、生長曲線の始点と終点を指定した動的計画法による曲線抽出を行う。時空間投影画像上の全ての画素(t,y)に対して、時刻 t-1 からの経路の傾きの評価値を求める。評価は、Sobel フィルタによって時空間投影画像から抽出されたエッジと経路の一致度、経路の傾きとエッジとして抽出された曲線の勾配との一致度から求める。滑らかな経路を作成するため、経路の傾きは上下 3 画素までとする。

4. 曲線抽出手法の改善

従来の曲線抽出手法は 2 本植え画像への適用時、1 つの時空間投影画像上に 2 つの生長曲線が現れるため、曲線抽出が正確に行われないという問題点がある。これに対し楠岡らは、手動による補正方法をいくつか提案したが、結果として作

業時間が増加してしまっ

曲線抽出手法の改善手法として、本研究では、2枚の時空間投影画像を使用した消失情報の補完と、時空間投影画像からx座標を限定し投影した画像の作成を行い、片方の曲線のみを取り出す手法を提案する。この画像に対して曲線抽出を行うことで、従来手法よりも補正作業を減らし、より短い時間での曲線抽出を行う。

4.1 x座標分割による曲線取得

従来手法では、Sobel画像において曲線同士の接近部分が1本の曲線として扱われる誤検出が発生する。このため、曲線の傾き情報の消失が起

こり、正確な評価が困難になってしまう。従来手法[3]では、曲線が交差している領域を指定し、x座標の投影範囲を限定して再投影を行うことで片方の曲線のみを投影する曲線分割補正が提案された。しかし、この手法は再度時空間画像解析を行う必要があるため、処理に時間がかかるという問題があった。

この問題を解決するため、時空間投影画像からx座標を復元した2.5次元画像を考え、x座標を限定した領域内のみを投影し、片方の曲線のみが投影された画像を作成する。手法イメージを図2に示す。2本植え時空間投影画像は、x座標情報を疑似カラー表現しているため、非投影部分の欠落した2.5次元画像として復元が可能である。始点終点を結んだ水色の領域内部を再投影することで、緑色の曲線の取り出しが可能である。

この手法により、再度時系列画像を参照して時空間画像解析を行う必要がなくなり、処理時間が削減される。

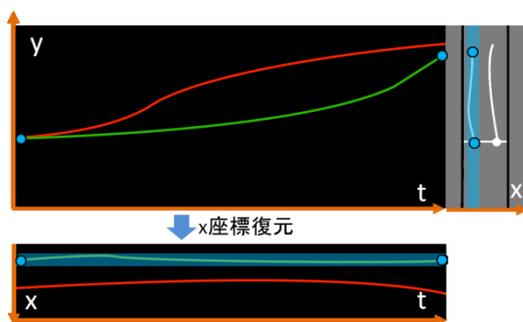


図2 x座標分割による曲線取得

4.2 第2時空間投影画像による消失情報の補完

本研究で扱う時空間投影画像は、x方向の最大輝度値のみ投影を行う。このため、同一時刻tにおいて2本のイネの生長先端のy座標が等しい場合、輝度値が高い方の個体の生長先端のみが投影され、輝度値が低い方の個体の情報が消失してしまう。これでは、前節のx座標分割による曲

線取得を行う際、情報消失が起こった方の個体の生長先端曲線が断裂してしまう。

生長曲線に断裂があると、曲線抽出が正しく行われない。そこで本手法では、最大輝度値を投影した時空間投影画像に加え、2番目の輝度値の投影を行った時空間投影画像を作成し、これを用いて消失情報の補完を行う。

4.3 適用結果

本手法を適用し、2本植え時空間投影画像から、片方の生長先端曲線を取り出した結果を図2に示す。図3(a)から赤色の曲線が取り出したのが図3(b)である。円内部の曲線交差による情報消失部分は、第2時空間投影画像から補われている。

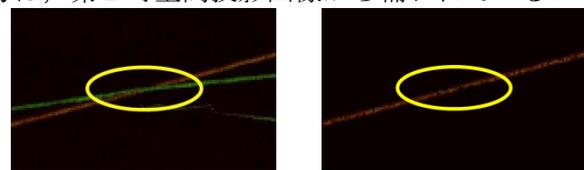


図3 適用結果

5. おわりに

本研究では、時空間投影画像からの成長先端曲線抽出手法[3]について、より少ない作業時間による曲線抽出を行う改善手法を提案した。

2枚の時空間投影画像から、x座標を限定した再投影画像を作成することで、片方の曲線を抽出した。これにより、曲線抽出手法[3]における精度と処理時間が向上し、作業時間の削減が可能である。

今後は、生長特性分析の容易化のため、取得した生長量データの大量比較のための可視化手法の提案が必要となる。

参考文献

- [1] 七夕高也, 清水久代, 篠村知子, 高野誠, 宮村(中村)浩子, 斎藤隆文: イネ初期生育期における表現型解析のための画像計測システム, 電気学会論文誌 C, Vol.128, No.6, pp.962-969 (2008).
- [2] 柴崎 裕一, 宮村(中村) 浩子, 斎藤 隆文: 時空間画像解析に基づくイネの初期生長過程の可視化, 画像電子学会ビジュアルコンピューティングワークショップ, 2004.
- [3] 楠岡 真理子, 七夕 高也, 古谷 雅理, 斎藤 隆文: 時空間投影画像を用いた植物生長量の抽出, 画像電子学会誌, Vol.40, No.5, pp.808-814 (2011).
- [4] Prem Janardhan, Martial Hebert, Katsushi Ikeuchi "The space-time map applied to Drosophila embryogenesis", Proceedings of the Workshop on Biomedical Image Analysis, June, 1998, pp. 144 - 153.