

時空間画像解析に基づく植物生長過程の可視化

柴崎 裕一[†] 斎藤 隆文[†]

本報告では、生長する植物を一定時間ごとに撮影した画像をもとに、生長過程が容易にわかるような可視化画像の生成手法を提案する。時空間画像解析をベースに、背景差分法、最大値投影法を組み合わせることにより、単純な画像処理だけで生長グラフを生成する。植物の茎や葉を自動認識し追跡する方法では、ノイズなどによる誤認識のために解析が破綻する危険性がある。これと比べて提案手法では、ノイズが生じたとしてもそれを判断するのは人間であるから、成長過程の把握には支障をきたすことが少ない。イネの発芽から苗に至る過程を撮影した画像に適用し、良好な結果を得た。

Plant Growth Visualization Based on Spatio-Temporal Image Analysis

Yuichi SHIBASAKI Takafumi SAITO

We propose a new visualization method for plant growth. Interval images of growing plant are used as input data. By applying simple image processing techniques --- spatio-temporal image analysis, maximum projection, and back-ground subtraction --- a growth graph can be generated. It is possible to recognize and to track each part of plant, but user cannot obtain the correct growth information in case of recognition failure. The proposed method, on the other hand, is more robust because recognition depends on excellent human eye system. We apply it for growth of rice, and the growth graphs can be drawn clearly.

[†]東京農工大学 大学院生物システム応用科学研究所, Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering Tokyo University of Agriculture and Technology

1 背景と目的

現在、遺伝子工学の発達により様々な改良種が生み出されている。しかし改良種の個々の特徴や在来種との相違点を明らかにするには、実際に生長させて観察する必要があり、これには膨大な手間がかかる。生長経過を画像として自動的に記録することにより、モニタリングの手間は削減できるが、膨大な画像を解析するための手間が必要である。また、自動認識処理により、画像解析を自動化する方法も考えられるが、種々の状況下で誤認識を無くすことは困難であり、また誤認識によって解析が破綻してしまう危険性がある。

本研究では、植物の生育情報を、単純な画像処理を活用して可視化を行うことを目的とする。生長情報を数値として自動抽出するのではなく、1枚の静止画像としてユーザに提示する。これを見ることでユーザが生長情報を容易に理解できるような、可視化手法を目指す。

2 植物生長過程データ

2.1 植物生長データ

ここではイネの種子からの苗への成長過程を実験対象とする。栽培方法は、一定の温度や光量を保持した試験管の中に水を張り、種子から生長させる。これを、約1週間の間、10分毎に同一視点からの撮影を行う。図1に画像例を示す。個々の画像は、大きさ200×1100 pixelのグレイスケール画像である。

2.2 イネの構造

イネの種子からの生長と苗の状態の各部について説明する。図2に示すようにまず種子の状態から発芽してくる芽の部分がある。これを鞘葉と呼ぶ。これが生長してくると順に不完全葉(第一葉)、本葉第一葉(第二葉)、本葉第二葉

(第三葉)と呼ばれる葉が出現成長してくる。また根の方も種子根と呼ばれる太い根を中心として冠根と呼ばれる細い根(5本)が生長してくる。本研究では特にこのイネの苗の水面から上の部分、つまり種子から発芽した鞘葉、不完全葉、本葉第一葉についての生長の可視化を行う。

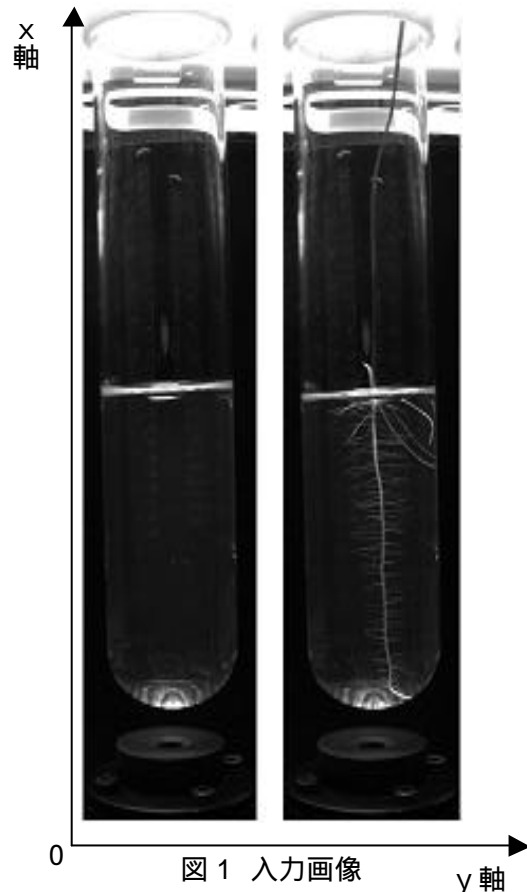


図1 入力画像

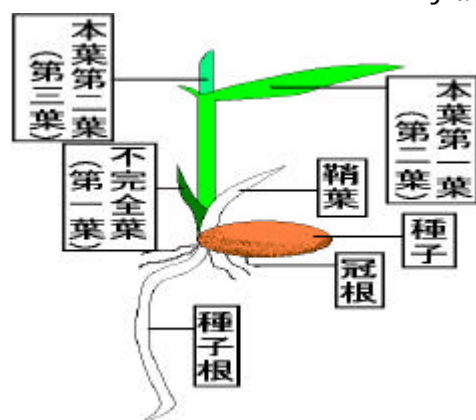


図2 イネの各部位の名称

2.3 生長画像から得るべき情報

イネの生長過程を観察し考察する際、主として次に示す点が重要である。

- a) 全体および各部位の生長速度，大きさ
- b) 発芽や開花などの生長していく角度
- c) 葉や根などの色の变化

いずれも生長過程を示す情報であるので時間軸に沿って観察する必要がある。本研究で扱う画像データは、1方向だけからのグレイスケール画像であるため、色情報と奥行き情報がない。そこで本研究では、上記の3点の留意点のうち、まずは a)の植物全体および各部位の生長速度と大きさに着目することとする。

2.4 従来方法とその問題点

植物全体または植物の各部位の生長速度と植物全体または植物の各部位の生長した植物の大きさは生長グラフによって可視化できる。従来、手動と自動認識の2種類の方法があるが、いずれも問題を有している。手動の場合は全画像において1枚毎に植物の先端、特徴点をプロットしていくため、膨大な手間がかかる。また目視における誤差も問題である。認識処理による自動描画も考えられるが、誤認識をした場合に誤った情報を与えてしまう。例えば図3に示す結果が得られた場合、Aの部分はノイズによる誤認識だと判断できるが、Bの部分は誤認識であることをユーザが気づかない危険性もある。気づいたとしても、正しい情報は全く得られない。

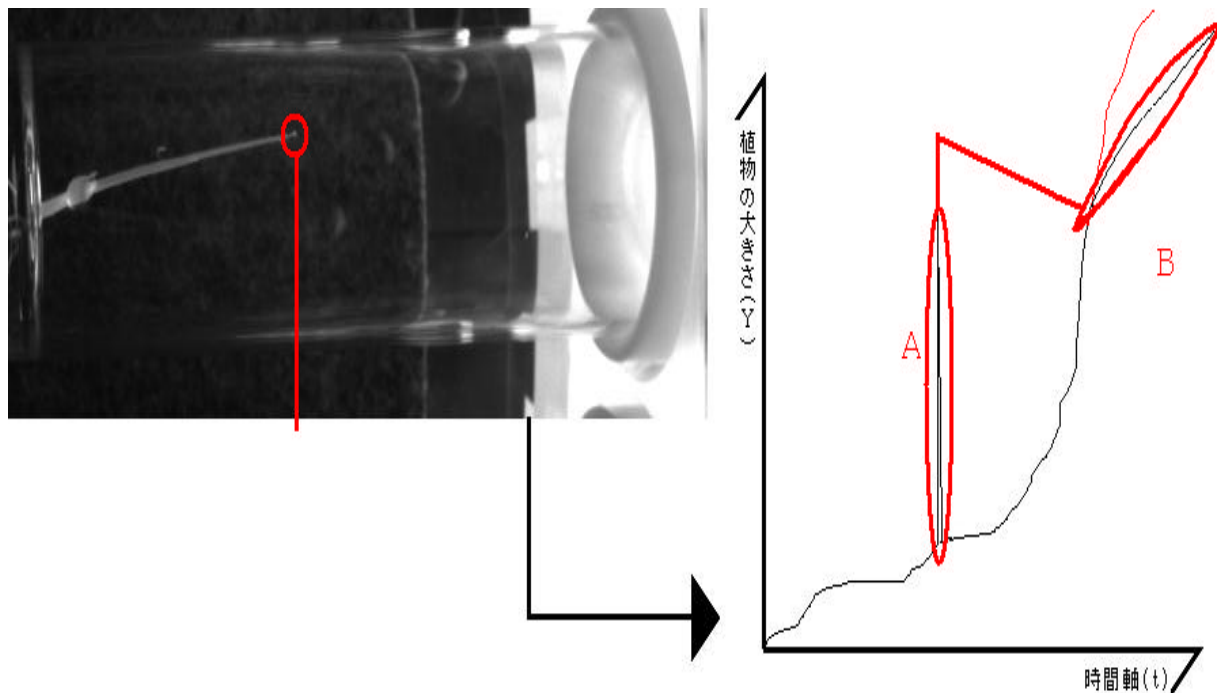


図3 自動認識処理による生長グラフの例

3 提案手法

ここでは、時系列の入力画像から、時空間画像解析を用いることにより、成長過程をグラフとして可視化する手法について、説明する。

3.1 時空間画像解析

時空間画像解析とは、時系列画像を x, y, t の3次元画像として扱い、時間軸に平行な断面画像 (x - t 断面もしくは y - t 断面) を作成し解析することである。時空間断面画像においては、被写体の動きが斜めの線となって現れ、その傾きが軸方向の速度を示すことが知られている[1]。提案手法では、この考え方を応用して生長過程の可視化を行う。

入力画像データを見ると、イネの茎や葉は、背景と比べておおむね輝度が高いことがわかる。また、葉が分岐する部分においては、形状からの判別が困難でも、輝度の違いから判別できる箇所が多い。そこで、輝度の違いを時系列として示せば、生長グラフは作成できる。

いま仮に、イネが縦軸方向に直線的に伸びるとすれば、イネの茎を含む y - t 時空間断面画像を作成することで、輝度の違いが生長グラフとなって現れるはずである。

3.2 最大値投影法

現実には、イネの茎や葉は軸から傾きながら生長するため、前節の方法そのままではうまくいかない。時空間断面画像が生長グラフとなるためには、 x 軸方向のぶれに拘わらず茎や葉の輝度を捉える必要がある。

個々の画像を観察すると、茎や葉は背景よりも輝度が高く、ノイズ等がない限り、各スキャンラインにおいて最大輝度を与えるとみられる。そこで、各スキャンラインごとに、輝度の最大値 $I_{\max}(y)$ を求めることを考える。この処理を各時刻 t の画像において行うと、2次元画

像 $I_{\max}(y, t)$ が作成できる。この画像は、 y - t 平面を投影面として、最大値投影を行った結果の時空間画像と考えることができる。こうして得られた画像では、茎や葉が左右にぶれても、背景との輝度差によって生長グラフが描かれる。

3.3 背景差分法

前節までの方法で、生長グラフはおおむね描画できる。しかし、試験管など実験装置への外部光線の映り込みが強い部分では、茎や葉よりも背景の方が輝度が高くなるため、最大値投影法だけでは茎や葉が抽出できない。

今回の実験では、撮影の際の照明条件は一定であるため、映り込みを含む背景は時刻によらずほぼ一定となる。一般にこのようなケースでは、背景差分法が有効である[2]。そこで、すべての画像について、前処理として発芽前の画像(背景画像)との差分の絶対値をとり、この差分画像に前節の最大値投影法を適用する。背景差分を適用すると、茎や葉ならびに一時的なノイズ部分を除き、背景のほとんどの箇所での輝度は0に近くなる。強い映り込み部分であっても、時間変化がない限りは茎や葉を抽出することができ、生長グラフとして描画可能である。

4 結果、考察

提案手法を用いた生長過程結果画像を図4に示す。3種のサンプル入力画像について提案手法を適用し、時空間画像を作成した。図4のA、B、Cがそれぞれ3種の入力画像に対応する結果画像である。Bの結果画像が最も明確に結果出力されており、鞘葉、第一葉、第二葉と区分されている境界が目視できる。Cの結果は他の2種よりも第一葉が大きく伸びていることが目視できる。

結果画像中に現れるのは、必ずしも生長過程

による変化だけではない。背景差分で削除できなかったノイズ等の箇所では、生長グラフに白い帯が入っている。また、試験管表面の結露によって生じた水滴の動きが、曲線となって現れる箇所もある。しかしこれらは、ユーザが見れば茎や葉の先端ではないことが、容易にわかる。

このように、高度な認識作業を計算機側ではなく、人間の優れた視覚能力に委ねることで、誤認識を回避できることが、提案手法の長所の1つである。

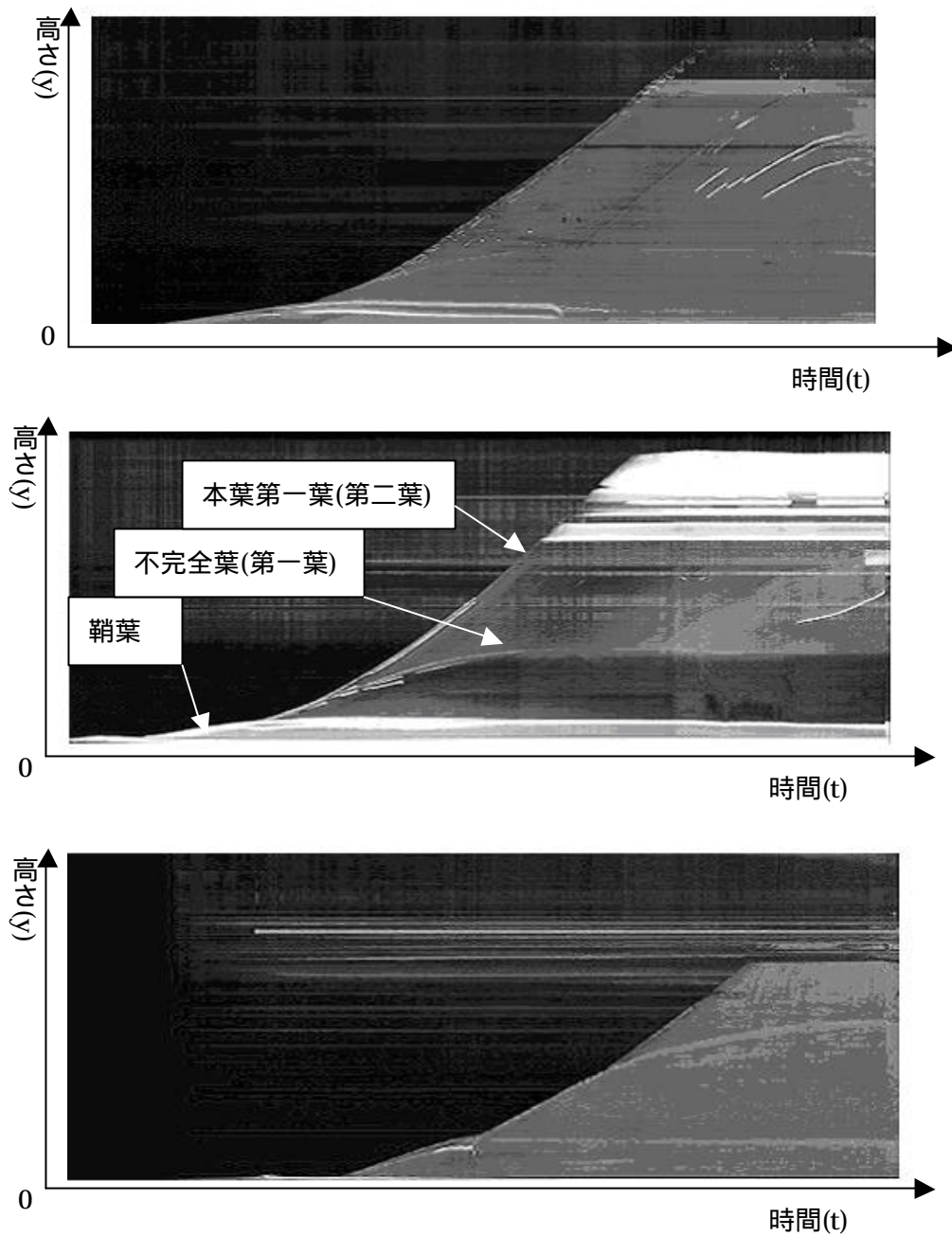


図 4 結果画像

5 まとめと今後の課題

本報告では、時空間画像解析を応用して、植物の生長過程を可視化する手法を提案した。認識処理を使わず、単純な画像処理の組合せだけで生長グラフを作成できる。イネの発芽直後の画像に適用し、良好な結果が確認できた。

今後の課題として、生長グラフをより見やすくするための、画像処理アルゴリズムのさらなる改善があげられる。また、マウスのクリック操作によって、入力画像と時空間画像との対応関係をわかりやすく示すなど、ユーザインタフェースの向上も図りたい。

謝辞

イネの生長データを御提供いただき、生長情報に関して御教示いただいた、日立製作所中央研究所の篠村知子博士、七夕高也氏に深く感謝致します。

参考文献

[1]財団法人画像情報教育振興協会、画像処理標準テキストブック、1997。

[2] 早坂光晴、富永英義、”動画像からの背景画像生成を用いた移動物体抽出方法に関する一検討”、情報処理学会研究報告 オーディオビジュアル複合情報処理、AVM29-1, pp.1-6 (2000).