

観察記録とヒストグラムの変遷を用いた自然画像からの特徴抽出に向けて

山田寛乃[†] 渡辺知恵美[†]

近年、WEBカメラを用いて自然画像を入手する、という観察の自動化が進んでいる。ここで重要なのはWEBカメラから得た画像をもとに、有効なデータをどのように取り出すのか、ということである。本稿では植物の成長画像から有効な特徴を抽出するため、まずは手動で細かいパラメータ設定を行い、葉や花の色の割合を抽出することで、成長段階の判別を試みた。そして更に、その弊害となった手動による細かいパラメータ設定の負担軽減として、画像からヒストグラムデータを求め、その解析を行うというアプローチで特徴抽出を試みた。

Approach Feature Extraction of Nature Image with Observation Report and Transition of Histogram

Hirono Yamada[†] and Chiemi Watanabe[†]

In recent years, automatization of observation with web camera is moved ahead. If we uses web camera to observation, how to pick out helpful data from image that web camera take is important. In this paper, to pick out helpful data from images of growing plants, first, we try to set parameter by hand finely to pick out rate of color of blade or flower, and to discern a growth stage. And second, to ease strain which user take when they set parameter by hand, we try feature extraction which pick out histograms from images and analyze them.

1. はじめに

WEBカメラを用いた植物画像の観察は、近年有用となりつつある。

かつての植物観測は、実際に人が現場に赴いて観測し、手動で成長具合をデータとして入力していた。しかしこの場合、手間が掛かるため観測回数が制限され、また植物の葉の色の状態等の細かい情報を得るのが困難であった。今では現場に撮影機器を設置し、定点観測を行う事でそれらの問題が軽減されている。観察毎に人が現場へ行き対象の状態をチェックする手間もなくなり、WEBカメラをネットワークに繋げるだけで離れた場所から画像を入手でき、観測回数も制限されない。そして画像を残す事で、細かい情報の収集にも対応できる。また既存の手動から得られるデータと、定点観測によるデータを組み合わせる事でより精度の高いデータを得るという方法を取る事もできる。

また画像を解析することによって「種は発芽したか」、「葉はどの程度まで成長したか」といった植物の状態の情報を取り出すことができる。しかしながら、画像の解析から正確に植物の生育状況を取り出すには、撮影環境に応じた事前のカスタマイズや撮影機器、状況に応じた修正等を行わなければならない、観察者にとって大変手間がかかるものであった。

本稿では植物の定点観測画像から、ほぼ自動的に植物の育成状況を抽出する試みについて述べる。本研究では画像から抽出できる特徴のうち、葉及び花が画像を占める割合を抽出する。本研究の特徴は、葉や花の割合を求めるときに色ごとのピクセル数を利用することで、カメラのずれ等を吸収していること、画像撮影と並行して人手による観察記録を利用することにある。利用者の記録した観察状況と、画像データからの情報を統合する事により、より詳細な観察記録を得ることができる。

まず第一段階として、画像からのRGB値のパラメータ設定により、植物の葉や花が占める割合から成長状態の関連付けを行った。予め葉や花の色を人手により決定し、画像から植物の葉の色のピクセル数や花の色のピクセル数などを取り出して育成状況を求める。色のパラメータの設定は、ユーザが予め行うため、詳細に設定することができるが、設定するユーザが観察対象や色空間等に関して知識が要求される、という問題がある。

そこで第二段階として、第一段階で欠かせなかったユーザの手による細かい設定に

[†] お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科
Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University

掛かる負担を軽減するため、葉や花の色の自動抽出を試みた。入手した画像データから、植物の成長や一日の動きの特徴抽出を行うため、具体的にはヒストグラムを用いることで画像のどの色がどの程度の割合で増減しているのか、の算出を行った。

2. 関連研究

WEBカメラによる画像取得というのは、幅広く行われている。これは撮影のインターバルを設定でき、それに伴い刻々と変化する様子を確実にデータとして残すことができるからである。例えば文献1)では、WEBカメラにより空の様子インターバル撮影を行い、地上からの雲の様子として、映像観測システムを教材化する試みについて触れている。これは人が手動で行う観測ではデータとして入手困難な、現象そのものの再現性をWEBカメラの画像によって可能にしている。

また文献2)では、様々な地点から晴天の様子をデジタル撮影し、画像解析を行うことで大気汚染の度合いを測る、という試みを行っている。これは画像のRGB値に対し、G/R、B/G、R/Bの比を算出し、各地点のデータを照らし合わせる、というものである。

更に、同様の植物観察に着手している研究として文献3)4)5)があげられる。文献3)では農業のリモートセンシングへ向け、植物の画像を色差測定するため、ホワイト、ブラック、シアン、マゼンダ、イエローのカラータイルを使った補正と、補正後の解析を進めている。

今回我々は、WEBカメラの定点観測システムから画像を取得し、自然画像に対してRGB値の細かい設定を行い、その設定を元に植物の成長データを探るとともに、ヒストグラムによる自動的な特徴抽出へのアプローチを試みた。

3. 研究概要

今回の我々の研究は株式会社リバネスが進めている中高生のための宇宙教育プロジェクトに基づいて進められている(参考文献6)。本プロジェクトでは、国際宇宙ステーションで長期間保管されたミヤコグサの種を各中学または高校にて育成し、成長状況を観察して地上で保管されたミヤコグサの種との比較を進めている。植物の成長状況は生徒によって1日に1回植物長や葉の量、花の数などを記録している。

我々の試みは生徒の観察に加えていくつかの高校でWebカメラを用いた定点観測画像を取得し、それらの画像から特徴抽出を行い、植物の成長状態を関連付ける事で、観測データの補完を試みることである。植物の成長状態を表す画像の特徴として、我々は取得した画像における葉及び花の割合を取得することを目的とし、以下の2段階で

研究を進めている。

第1段階：画像における葉の色および花の色の決定を手動で行い、取得画像における一日の変化及びカメラの移動や異常を手動で修正したうえで画像における葉及び花の割合を抽出した。また生徒により観察された記録と合わせてそれらの記録との対応を確認した。

第2段階：葉の色や花の色の決定を植物の成長パターンから自動で行うための試みを進めた。また取得画像における一日の変化やカメラの移動や異常を手動で修正せず、画像の色のパターンから自動的に修正する試みを行った。

以下、本節にて植物の生育方法及び画像による定点観測について紹介する。また、上記の第1段階に述べた葉の色や花の色の特徴抽出については第4節にて、第5節では上記の第2段階における自動による葉の色および花の色の特徴抽出の方針について述べる。

3.1 植物の観察および画像の保存

本プロジェクトでは宇宙から持ち帰ったミヤコグサの種と地球で保管されたミヤコグサの種を、1校につきそれぞれ8個ずつ生育させ観察を行った。全ての生育場所での状況を統一するために生育は人工生育器によって行い、本プロジェクトに参加した中学及び高校によって1日1回の観察記録を取得した。人工生育器には8つのポットを設置し、各ポットに2つずつの種を植えた。また子葉が生えた段階で成長のよい1つの苗のみを残し、8本の苗を成長させて観察した。



図1 人工生育器によるミヤコグサの生育の様子。左半分は宇宙種による物であり、左半分は地球で保管された種によるものである。

また、我々の試みとして人工生育器の一つにWebカメラを設置し生育の定点観察を行った。Webカメラは人工生育器の上部に設置した。人工生育器の大きさの制限から

8 個のポットを全部を撮影することはできず、中心の 4 個のポットのみを取り出して撮影することとした。

Web カメラでの定点観察は、20 分毎に 24 時間行った。ミヤコグサの成長は約 80 日間であるが、本稿ではそのうち現段階で入手できた 24 日分のデータを利用して特徴抽出を行った。

3.2 人手による植物の観察記録

画像を取るだけでなく、育成している学校では実際に肉眼による観察を行っている。一日に一度、植物の成長段階（成長段階、開花段階、さやの段階）、葉の枚数、茎長、を値として記入し、更にイベントとして「葉が大きく成長した」、「花がたくさん咲いた」等気付いたイベントも記入する。

3.3 植物成長の様子

前述の Web カメラから図 2 のような画像が入手できた。(a) は観測を開始した日の何も無い初期状態の画像、(b) は観測開始から 5 日目、子葉が出て来た時の画像、(c) は観測 10 日目、以降 (d), (e), (f), (g) はそれぞれ 20 日目, 30 日目, 40 日目, 50 日目の画像である。植物は 20 日目に大きく丈を伸ばし、40 日目には花をつけた。ただ撮影中に (b) と (c) の間に web カメラの位置の変更や、(f) の照明が落ちる等の障害が生じてしまった。また (d) から画像の輝度が変化し、全体的に画像が暗くなった。

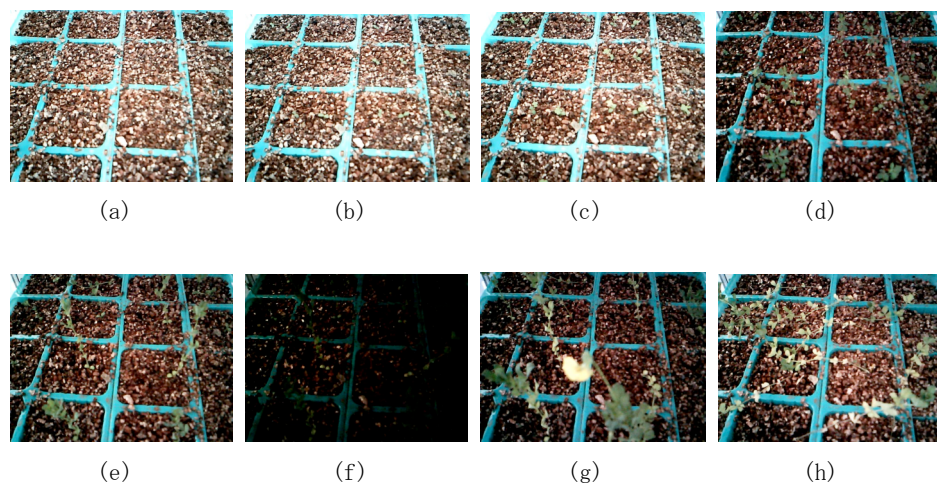


図 2 実際の観測画像

4. 手動のパラメータ設定による特徴抽出

実際に撮影された定点観察データから、葉や花の色の RGB 値を認識できるように、予め値を決め、初期状態、つまり“植物が発芽していない土のみの状態”の画像を初期値として、そこからの画像に占める色の割合の変化をピクセル単位で抽出した。

まず、画像の中の葉の色、花の色を設定する。例えば葉の色の場合、それぞれの R の値の範囲、G の値の範囲、B の値の範囲を指定し、葉の色として許容できる色全体の範囲を設定する。また、葉として G の成分より R や B の値が大きい、というのはあり得ないという経験的知識から、原点を通る二本の直線で挟み込んだ範囲（図 3）によって更に色空間の範囲を絞る事とした。しかし本研究での撮影環境では、ポットの色が葉の色と近く、ポットの色であっても葉の色の範囲に入ってしまった。そこで、初期状態から葉の色の範囲を抽出し、予めポットの色を把握し、成長途中の植物からは、「画像の葉の範囲として当て嵌まるピクセル数（ポットのご認識を含むピクセル数）」から「初期状態の葉の範囲として当て嵌まるピクセル数（つまりポットとしてご認識してしまったピクセル数）」を引くことで、実際の植物のピクセル数を出すことにした。

例として図 4 から葉の色成分のデータのみを抽出する場合を想定する。初期画像 s_0 から葉の色成分を抽出すると図 5 の d_0 のようになる。この画像の葉の範囲にあたるピクセル数を、成長途中にある観察画像に同様の処理を施した画像（図 5 の d）の葉の範囲にあたるピクセル数から引くと、葉の色成分のピクセル数は 10773pixel となったため、その値がファイルに書き込まれる。これを全ての画像に対して行った。

その結果、図 6 のような増加傾向が得られた。

これらの結果より、RGB 値の範囲指定を行い、前後画像との増加割合に設定を加える事で、成長段階のルール決定ができると考えられる。

しかし、この手法では手動のタグ付けによるルール決定が重要となる。つまりタグ付けのためにユーザが RGB 値を細かく設定しなくてはならないという事である。この作業は設定にズレがあると満足できる結果が得られず、かつその設定に掛かるユーザの負担は少なく無い。

そこで次項では、画像のヒストグラムデータに着目し、そのデータの変動から自動的に特徴を抽出する手法を提案する。この手法により、細かい値を設定する必要がなくなり、ユーザの負担軽減に繋がると考えられる。



図3 色の範囲指定



図4 サンプル画像

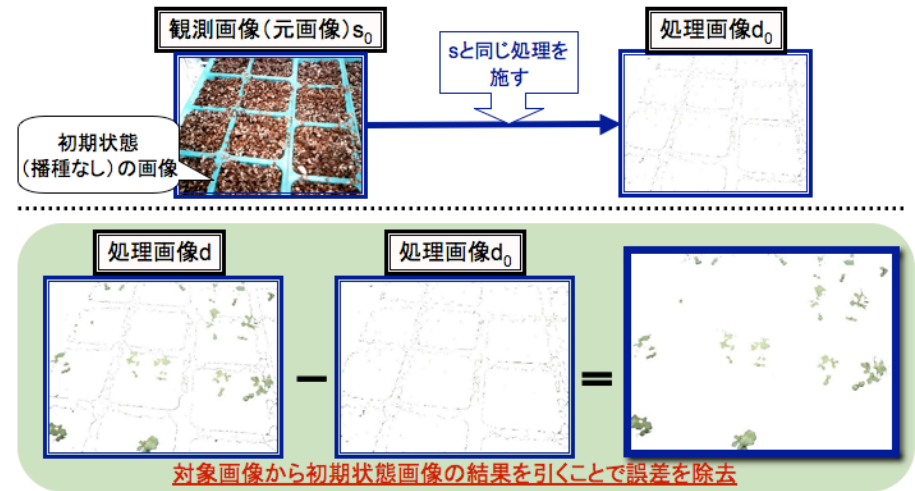


図5 図4に画像処理を施す

定点画像から抽出した葉の割合の変化

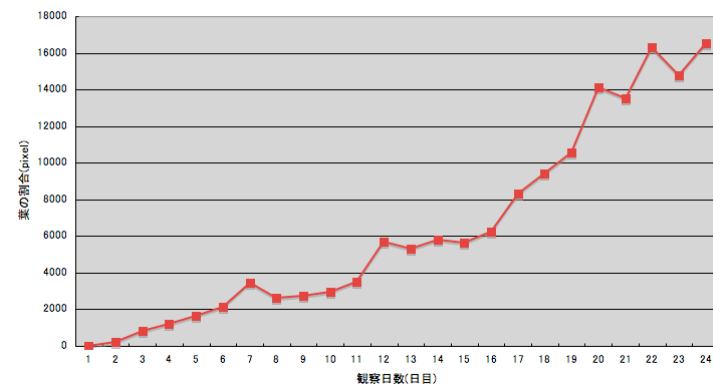


図6 : 画像から抽出した葉の値の割合の変化

5. ヒストグラムを用いた特徴抽出

前述の手法では、全ての値がどのように変動しているのか、という事までは分からず“予め”RGB 値を決めて、その値が画像の中でどれだけ増減しているか、を見て来た。第二段階は先に値を定めず、葉や花の色をほぼ自動的に抽出する試みを行った。その手段として、HSV 色空間の色相(Hue)を分割し、書く色相を持つピクセル数のヒストグラムを作成した。ヒストグラムを用いることで、画像全体の色が増減した際、植物そのものの変化なのか、あるいは光の当たり具合等による全体の変化なのか、も判断しやすくなると期待できる。

5.1 ヒストグラムの生成

画像からヒストグラム情報を取得するため、例えば RGB 値のヒストグラムでは R, G, B の各値 (0~255) ごとに使用回数を計算し、ヒストグラムを作成する (図 7)。本研究では、RGB ヒストグラムに加え、HSV (色相, 彩度, 明度) の値もヒストグラム情報として取得している。これは、自然画像という対象への解析において、色の純度や光の当たり具合等を扱う HSV モデルが有効であるからである。

例として、この図 7 の 3 つのヒストグラムは、観察開始日、開始から 10 日目、20 日目である図 3 の (a), (b), (c) の画像から色相を抽出したヒストグラムである。このヒストグラムでは、図の曲線で囲った部分が日数と共に増加している。この色相の値は葉の色であり、つまり葉が日数とともに増加しているという結果が分かる。

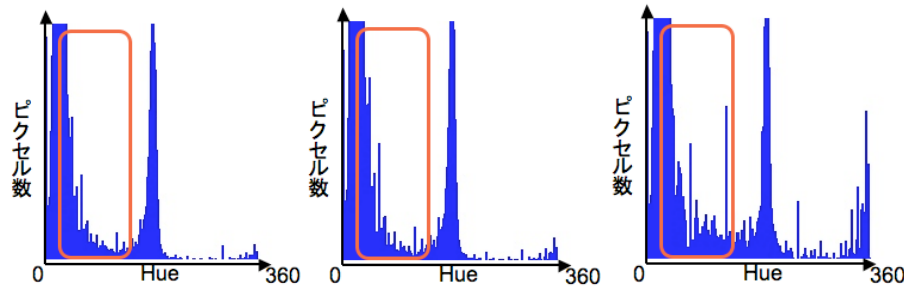


図 7 ヒストグラム取得の例(右から観察初日, 観察 10 日目, 観察 20 日目の画像からのヒストグラム)

6. 差分取得による特徴抽出

単純なヒストグラム情報のみから植物の変化を見つけるのは難しい。そこで我々は

元となるデータを作り、そこから差分を取ることで変化をより明確に捉えようと試みた。本稿では以下の二つの差分取得方法を行った。

- 手法 1. 初期データからの差分を取る
- 手法 2. 平均データからの差分を取る

6.1 節では手法 1 について 6.2 節では手法 2 について説明する。

6.1 初期データからの差分

まず初期データとして、観測開始時の画像 (植物が発芽していない状態) を用意し、ヒストグラム情報をデータとして格納する。そしてその後の画像のデータから初期データの値を引く事で、初期状態からの変化部分のみを差分データとして抽出する。例えば、“葉が増えている状態の画像”のヒストグラムから“葉が何も無い状態の初期画像”のヒストグラムを引けば、その差分に変化が見られるはずである。この手法の特徴として、時刻による変化が顕著に確認できると考えられる。

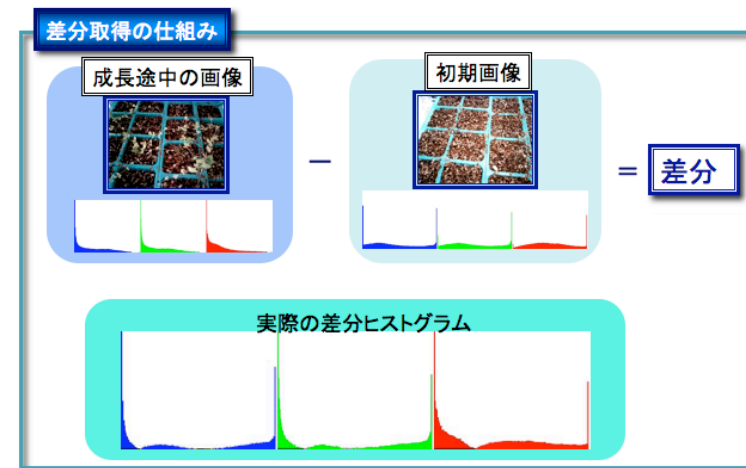


図 8 初期画像からの差分ヒストグラム

6.2 平均データからの差分

こちらの手法は、まず植物の成長段階ごとに平均となるデータを作り、そこから差分を取る。この場合の成長段階というのは、播種状態や子葉状態などの事を指す。また、ここでのデータは『20 分置きに撮影された一日分の平均データ』、つまり一日分の纏まったデータの塊を意味する。

まずはこの平均データを取得する。図 9 のように、同じ成長段階にある画像を時刻ごとに並べ、時刻ごとにおける平均データを算出する (本稿の場合、20 分置きの

画像なので、72 個のヒストグラムデータになる)。このデータは『各成長段階における一日の変動』を表しているといえる (図 9)。そして、一日分のデータから先程求めた平均データの差分を取り、差分データとする (図 10)。例えば、子葉という成長段階にあるデータならば、“現在のデータ”から“子葉段階の平均データ”を引くことで求められる。この手法の特徴として、時刻による一日の変化を最小限に抑える一方で、成長した分のデータを取れると考えられる。

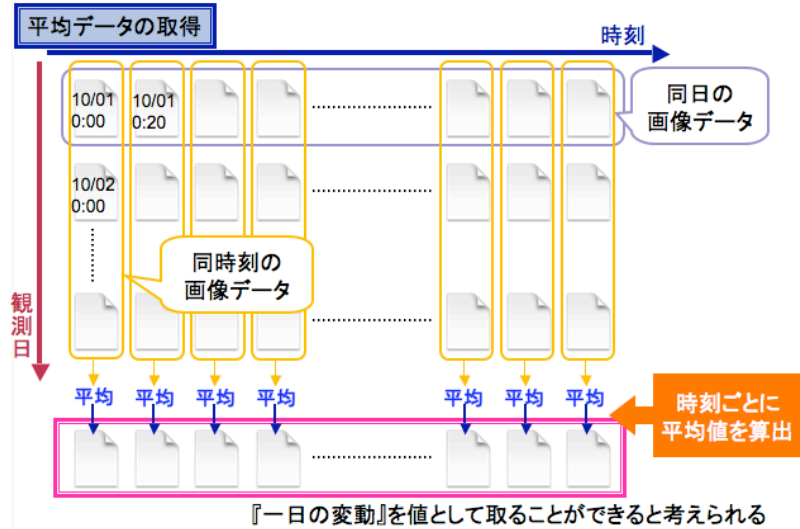


図 9 平均データの取得

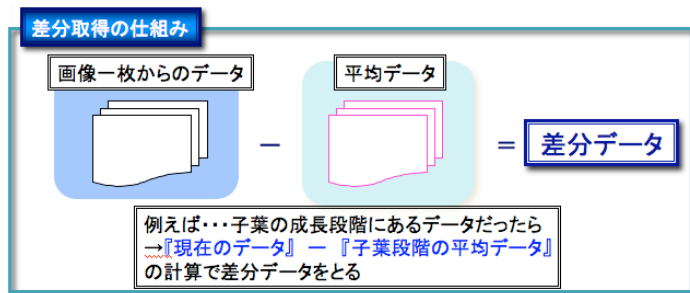


図 10 平均データからの差分

6.3 色の決定

前節で求めたデータのうち、同一の時刻の画像群を利用して、成長状況を表す画像の特徴を抽出する。本稿では、成長において大きく変化する葉の色、花の色を取得する。葉の色、花の色を決定するために、我々は 3.2 節で述べた観察記録を利用する。観察記録には茎の長さや葉の枚数という、毎日取るデータの他に、「芽が出た」、「花が咲いた」という成長段階の記録がある。我々はこの成長段階の情報を利用する。例えば、例として、葉は「芽が出た」という記録から「花が咲いた」という記録までの期間、ヒストグラムの中で「葉の色が増加を続ける」、「土の色の割合が減少を続ける」という変化すると思われる。同様に開花時期に増えるのは花の色の割合が増加する。図 11 は芽が出てから同時刻に撮影した画像をもとに HSV グラフを作成し、H=95 と H=17 の値を抽出したものである。H=95 は葉の緑色をしており、H=17 は土の茶色をしている。つまりこれは値が上下に変動しながらも葉の色は増加し、土の色は減少しているといえる。

そこで葉の場合は、芽が出てから花が咲くまでに増加する色の範囲を葉の色と決定し、同様に開花時期に増加する色の範囲を花の色と決定する。

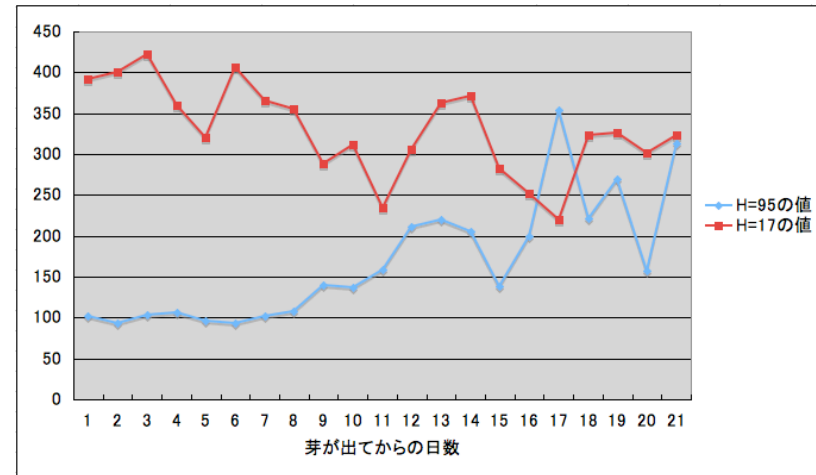


図 11 同時刻の画像から抽出した H=95, H=17 の画像に占める割合の変化

7. まとめと今後の課題

本稿では、定点観測における植物育成画像に対し、有効なデータの特徴を抽出する

ため、第一段階として手動によるパラメータ設定を行い、第二段階として第一段階の手動による手間を軽減するため、ヒストグラムによる自動的な特徴抽出について提案した。

今後はサンプルを元に実装と実験を行い、本手法の有用性をより高めていきたい。

謝辞 研究費，観察データ，サンプル画像等のご提供をいただきました株式会社リバネス様にこの場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 名越 利幸：Web カメラによるインターバル撮影を利用した映像観測システムの教材化，岩手大学教育学部研究年報第 69 巻，pp. 69-71 (2010)
- 2) 神部 順子，長嶋 雲兵，高妻 孝光，中山 栄子，青山 智夫：晴天のデジタル画像解析，*Journal of Computer Chemistry, Japan*, Vol. 8, No. 4, pp. 127-138 (2009) .
- 3) 寺沢正直，寺沢幸文，寺沢泰，岡沢貞子：画像処理を用いた植物の生育状況の観察，日本農業気象学会全国大会日本生物環境調節学会大会合同大会講演要旨 2003 巻，pp. 351
- 4) 柴山道郎：近隣リモートセンシングの応用，平成 18 年度革新的農業技術研修資料(2006)
- 5) 岡正明，佐々木卓也：画像解析法による教材植物の計測，宮城教育大学 情報処理センター年報，vol. 15, pp. A1-A4
- 6) 株式会社リバネス，宇宙教育プロジェクト
<http://www.space-education.jp//>