

ファジィ理論によるカーネーション苗の判別

増井重弘* 寺野寿郎* 藤原英幸**

*法政大学 工学部

**日本たばこ株式会社

自然物は同一種類のもので形状、大きさ、色彩などが様々であり定性的な判断が必要である。自然物の画像認識に対してファジィ理論を応用することにより自然物であるカーネーション苗の品質の判別を行った。苗の品質判別は熟練した人にとっては容易な仕事であるが、コンピュータにとっては難しい問題である。ここでは、苗の輪郭情報として背丈と縦横比と葉の面積を求め、この測定結果を基準となるファジィラベルと比較した。苗の色彩情報としては褐色の病斑と茎の白さと苗全体の色の良さをR・G・Bの輝度値の差で求め、この測定結果も基準となるファジィラベルと比較した。これらの評価項目を総合評価した判定結果は、人間の評価とよく一致した。

EVALUATION OF CARNATION SEEDLINGS BY FUZZY LOGIC

Shigehiro Masui*

Toshiro Terano*

Hideyuki Fujiwara**

*Faculty of Engineering, Hosei University

**JAPAN TABAKO INC.

Abstract

Image understanding of natural scene or things is not so easy, because there is no fixed standard pattern. We have studied these problems using fuzzy set theory for these several years. This paper is one of the application of our studies, where automatic inspection of carnation seedlings in a plant-factory is reported. Their shape, size and color are examined qualitatively and the final judgement is done by the integrated value.

1. 緒言

画像認識は人工知能の重要な課題であり、これまで多くの研究が行われている。そして、その内容は文字や幾何学図形の判別から自然物画像の意味理解へと進みつつある。この分野へのファジィ応用はまだ少なく、輪郭線の判別や手書き文字認識などで統計処理に代わる手法として研究されている程度である。我々は以前から自然物の認識にファジィを利用する研究を進めてきた。自然物は同一種類のものでも形状、大きさ、色彩などが様々であり、定性的な判断が必要である。それをファジィ集合に変換してファジィマッチングを行い認識する方法をとっている。本論文はこの方法を利用して植物工場における苗の品質を判別した研究結果の報告である。苗の品質判別は熟練した人たちにとっては容易な仕事であるが、コンピュータにとっては難しい問題である。ここでは特に色彩が重要な情報であるので、輪郭のほかに色のファジィ処理を行った。

2. システム構成

本研究に使用した画像処理システムは図1に示すような構成を持つ。コンピュータは16bitマイコン(PC-9801RX2)で、画像処理装置(PIAS LA-555)は512x512画素、256階調、R・G・Bの3画面のカラー処理をする。情報処理の流れを図2に示す。対象となる苗は黒い背景の前に置かれ、上面と側面からCCDカメラで撮影する。輪郭の抽出には背景と輝度値の差が最も大きいG画面の情報を利用する。すなわち、全画素の輝度値を1と0とに分け、膨張・収縮を行って境界をなめらかにした後にラプラシアンをとる。その最外部を追跡することによって輪郭線が求まる。

3. 特徴量の抽出とそのファジィ表現

まず、苗の品質判別を専門家はどのような基準で行っているかを調べた。その結果、専門家の知識はきわめて感覚的・抽象的で簡単にまとめられており、そのままではファジィ表現できないことが分かった。そこで、それらを形状的なものや色彩に関するものに分け、自然言語を用いて、前者は定性的な量の形に変換し、後者は葉と茎に分けて全体的な特徴と部分的な特徴の抽出を試みた。その結果を表1と表2に示す。

この表に出てくる言語変数の認識は次のようにして行う。苗の背丈は側面の画像の輪郭線より最小自乗法によって求める。縦横比も同様にして求まる。また、葉の面積は上面からの画像の輪郭から求める。葉が重なっていることもあるが、同一種類の苗では良品と不良品とではかなり面積が違うので、重なりは無視できる。測定結果は基準となるファジィラベルと比較され、背丈と面積は2種類、縦横比は3種類のラベルのどれかに分類される。図3～図5に基準ラベルのメンバーシップ関数を示す。

色の判断は形状よりもかなりデリケートである。まず、病気の苗は葉に黒色または褐色の斑点があらわれる。これはR・G・Bの画面でかなり顕著な輝度値を示すので、上面の画像から明確に検知できる。つぎに成長不良の苗は茎も葉も全体的に緑が薄い。しかし、側面画像においても茎は葉と同色であり、また、葉の影になっただけで茎の部分を検知するのは難しい。そこで、側面画像で色の白っぽいところが全体の面積の何パーセントを占めるかで茎の健康度を判断することにした。最後に苗全体の色の良さは上面画像の緑の度合いを見ることで評価する。色の判定は照明の具合などで輝度値が変わるので、表3の1行目に示すようにR・G

・Bの範囲を定め、その範囲内にある画素の平均値を求めた。同表の2行目以下は色の判断に用いた輝度値の範囲を示す。

図6は白い部分の面積比を2種分ける基準ラベルのメンバーシップ関数である。全体の色が健康な緑であるための判定にはR・G・B輝度値で直接表すことをやめ、(R-G)と(G-B)という輝度値の差をとって表す。図7、8はその基準色のメンバーシップ関数である。これは照度の差によって生じる誤差を除くためである。

4. 苗の判別実験

上記の装置を用いて、約15cmに成長した苗の試料13種に対して判別実験を行った。この情報処理の流れを図9に示す。その上面と側面の輪郭線を図10と図11に示す。さて、良い苗の定義は前に述べたように形状(背丈が中以上、縦横比が中ぐらい、上面積が大)と色(全体的に緑、葉に斑点が少ない、葉に白い部分がない)について6項目で、試料はこれらの点について基準ラベルと比較されたそのマッチングの度合いが決められる。但し、斑点については有無だけの2値で分けられる。その結果を表4に示す。

最終的な判定は6項目を総合して決められる。これには各評点の重み付き和を求める方法と、各評点のMINをとる方法の2種類を試みた。前者についての重みの配分は実験の結果、背丈と縦横比にそれぞれ0.05、上面積0.1、全体の色と斑点にそれぞれ0.35、茎の白い部分に0.1が最も良く、色の比重がかなり大きい。総合点が0.69以上を良品、それ以下を不良品と判別する。MINをとる場合には評価が厳しくなるので、0.31以上を良品とした。

判定の結果は表5のとおりで、MIN法では良い苗を不良品と誤判定した場合が2回あるが、重み付け法では誤判定はない。一般に重み付け法は人間の直感的判断に近い。一方、MIN法は不良品を確実に除くことができる利点がある。

5. 結論

本論文では植物工場におけるカーネーション苗の品質判定工程を自動化するための基礎研究である。植物は大きさ、形、色などが一品ごとに異なり、また、品質の評価は極めて微妙なので、数量的な判別方法は利用できない。ここでは苗の形状・色彩の特徴をファジィ集合として検知し、それを同じくファジィ集合で表現した基準ラベルと比較して品質を判定する方法を提案し、その実験結果について述べた。判定結果は人間の評価とよく一致しており、この方法が定性的評価問題に有効なことを証明した。

参考文献

- [1] 寺野、増井、河野、山本：ファジィ論理による農作物の形状認識、
第3回ファジィシステムシンポジウム PP 127/132(1987)
- [2] T.Terano, S.Masui, S.Suzuki: Flower Arrangement By Flower Robot,
Proc. of Third IFSA Congress pp
- [3] 田中民雄：ファジィ論理を用いた苗の品質判別、法政大学工学部卒業論文(1990)

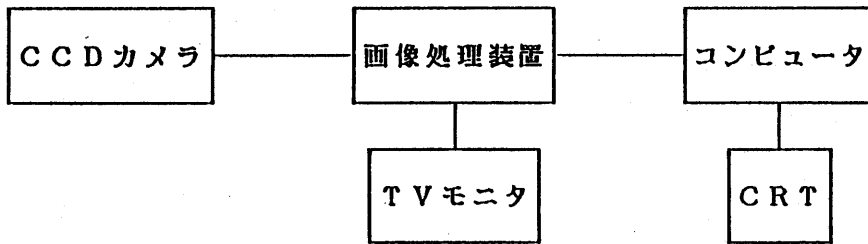


図1 システムの概略構成

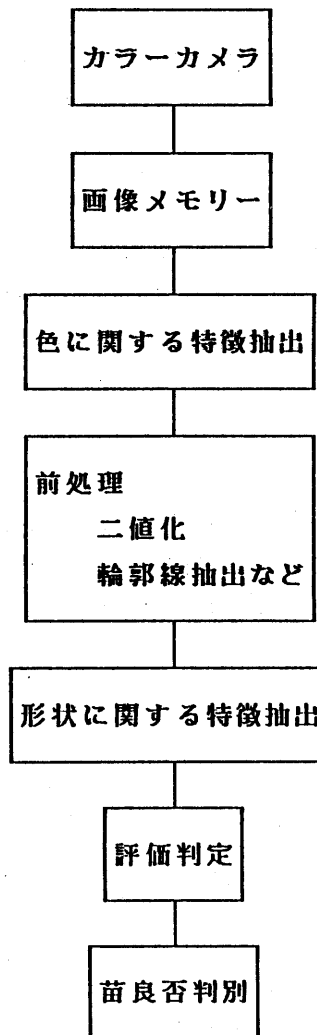


図2 システム処理の流れ

表1 良い苗の言語表現

専門家の知識	画像処理のための言語表現	画像処理
・充実してがっちりしている	<ul style="list-style-type: none"> ・背丈がある ・縦横比が中くらいである ・面積がある 	側面 側面 上面
・全体的に青々している	<ul style="list-style-type: none"> ・葉が全体的に緑色である ・茎の幹部分が緑色である 	上面 側面

表2 不良苗の言語表現

専門家の知識	画像処理のための言語表現	画像処理
<ul style="list-style-type: none"> ・線が細く弱々しい (生長不良苗) 	<ul style="list-style-type: none"> ・背丈がない ・縦横比が大または小である ・面積がない 	側面 側面 上面
<ul style="list-style-type: none"> ・色が異常である (病気苗・生長不良苗) 	<ul style="list-style-type: none"> ・葉の緑色が全体的に薄い ・葉に褐色あるいは黒色の斑点がある ・茎の幹部分に白色の部分が多い 	上面 上面 側面

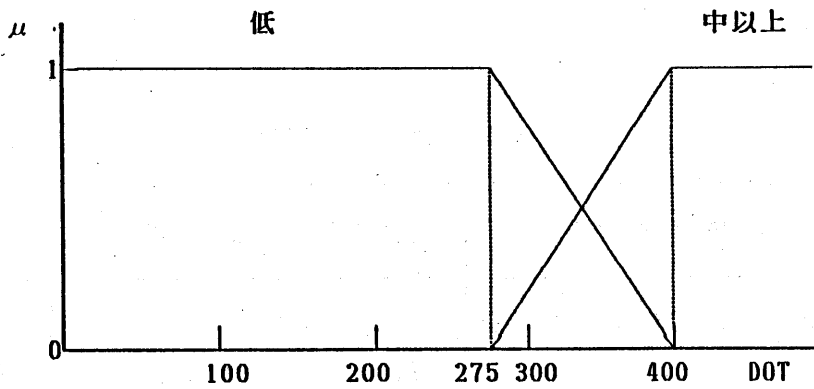


図3 背丈のファジィラベル

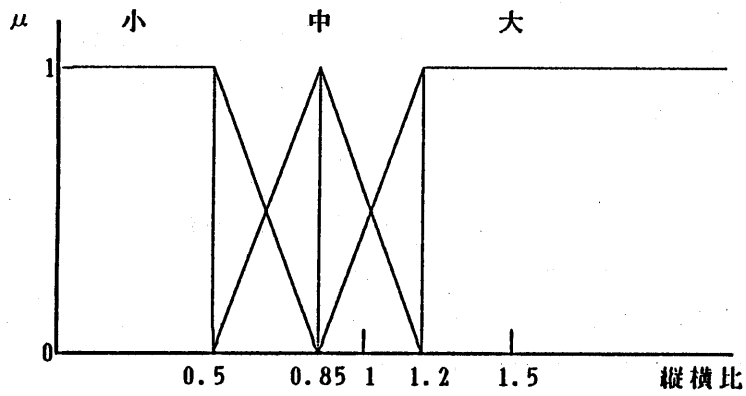


図4 縦横比のファジィラベル

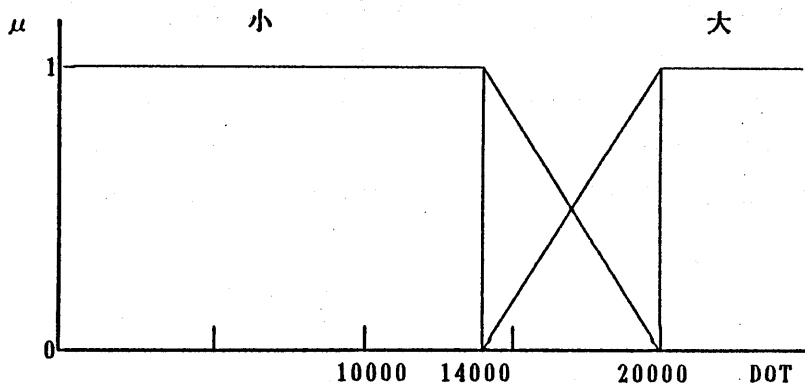


図5 上面の面積のファジィラベル

表3 輝度値の範囲

	R		G		B	
	下限	上限	下限	上限	下限	上限
苗の緑	100	255	135	255	29	224
斑点	117	221	68	129	26	71
白い部分	190	255	208	255	144	210
バック	44	107	19	64	0	80

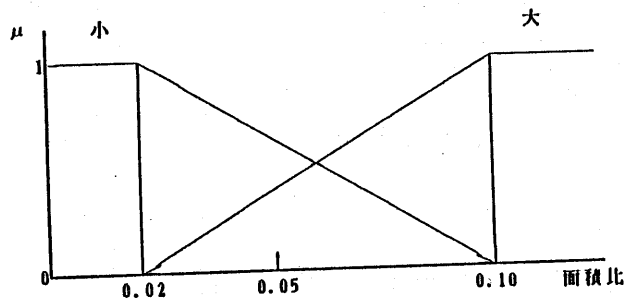


図6 茎の白い部分の面積比のファジィラベル

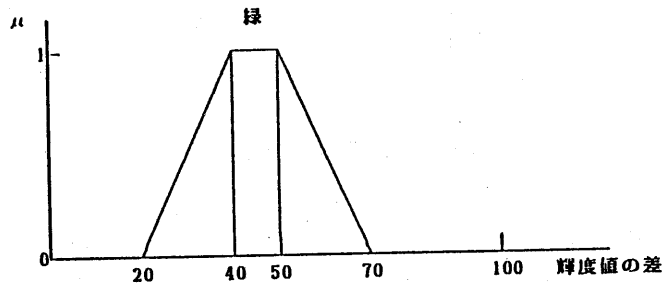


図7 全体の色のファジィラベル (R-B)

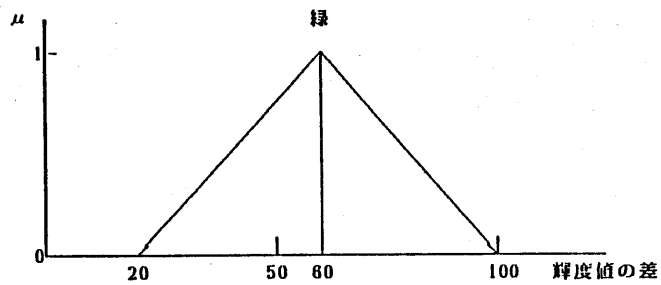


図8 全体の色のファジィラベル (G-B)

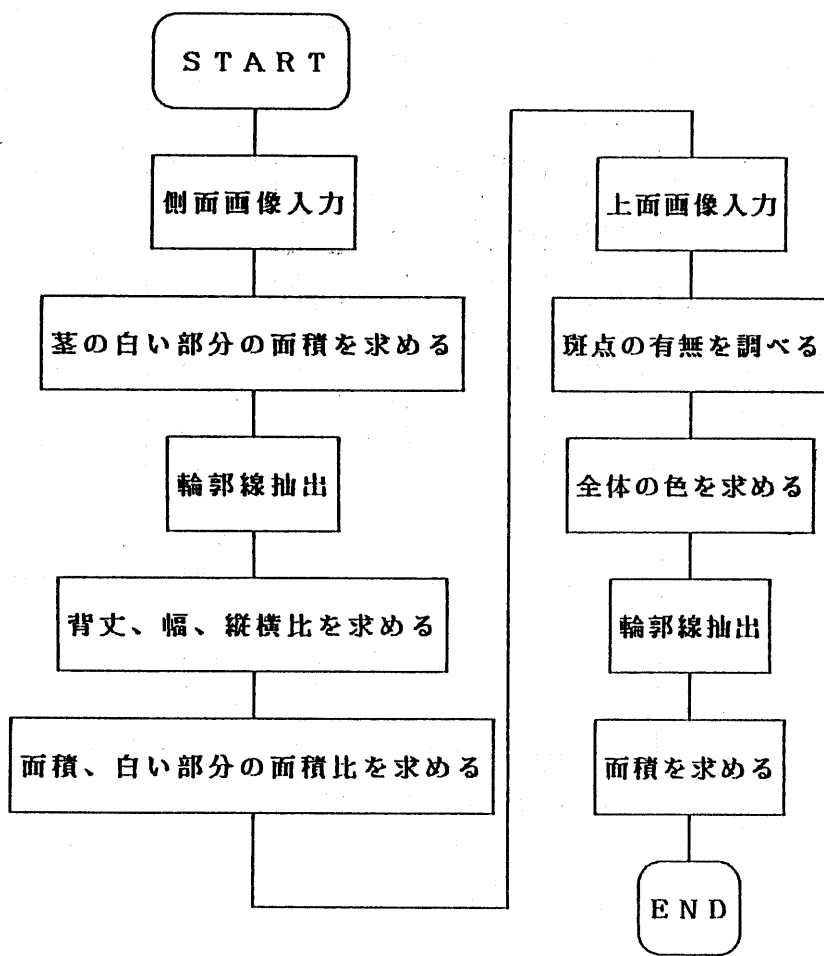


図9 情報のフローチャート

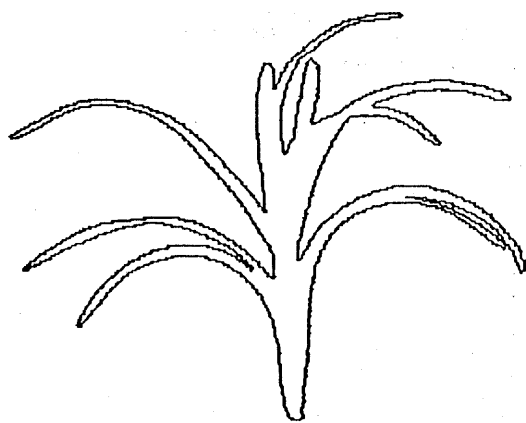


図10 輪郭線 (側面)

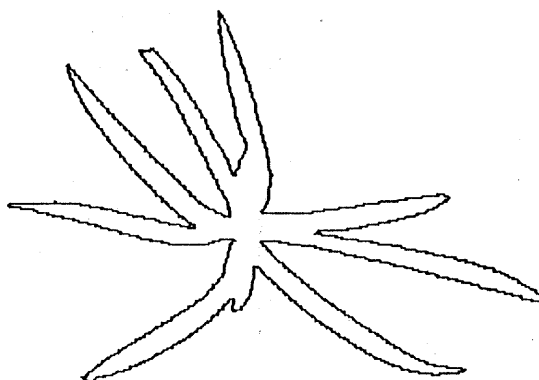


図11 輪郭線 (上面)

表4 各特徴項目の評価

試料No.	背丈	縦横比	面積	斑点	白い部分	全体の色
1	0.62	0.67	1	1	0.86	0.80
2	0.75	0.65	0.47	0	0.41	0.46
3	0.93	0.29	0.06	1	0	0
4	0.54	0.76	0.58	1	0.96	0.59
5	0.50	0.68	0.87	1	0.92	0.89
6	0.61	0.68	0.72	1	0.40	0.64
7	1	0.21	0.74	1	0.35	0.54
8	0.40	0.75	0.65	1	0.47	0.76
9	0.75	0.60	0.25	1	0	0.85
10	0.01	0.62	0.40	0	1	0.76
11	0.48	0.70	0.61	0	0.00	0.28
12	0.48	0.15	0	1	0.03	0
13	0	0.74	0	1	0	0

表5 総合評価

試料No.	実際の状態	MIN法	判別結果	重み付け法	判別結果
1	良苗	0.61	良苗	0.88	良苗
2	病気苗	0	不良苗	0.32	不良苗
3	生長不良苗	0	不良苗	0.42	不良苗
4	良苗	0.54	良苗	0.78	良苗
5	良苗	0.50	良苗	0.90	良苗
6	良苗	0.40	良苗	0.75	良苗
7	良苗	0.21	不良苗	0.71	良苗
8	良苗	0.40	良苗	0.78	良苗
9	良苗	0	不良苗	0.74	良苗
10	病気苗	0	不良苗	0.44	不良苗
11	病気苗	0	不良苗	0.22	不良苗
12	生長不良苗	0	不良苗	0.38	不良苗
13	生長不良苗	0	不良苗	0.39	不良苗