

## 生産支援のためのハンドリングと知的データ処理

香川 敏 昌\*

Toshiaki Kagawa

## 抄 録

カラー画像を利用してスダチ表面の色ムラや病気などによる変色を検出するための実験を行った。スダチをカラーCCDカメラで撮影し、正常部分、色ムラ部分、変色部分、ヘタ部分、背景部分それぞれのRGBデータを階層型ニューラルネットワークに学習させたところ、各部分を良好に分離、抽出することができた。

## 1 はじめに

徳島県の特産品であるスダチやユズなどの柑橘類の出荷工程では大きさ（直径）や色ムラ、病気や冷蔵焼けによる変色の度合いによって等級選別を行っている。大きさの測定については既に自動化されているが、その他の検査は目視によって行われているため作業への負担が大きく、後継者の不足も問題となっている。

そこで、カラー画像を用いて色ムラや変色を検査するための撮影方法とデータ処理の方法について実験を行った。画像の中から正常部分、色ムラ、変色、ヘタおよび背景部分のR、G、Bデータを抽出し、色の違いによって分離するために階層型ニューラルネットワークの学習能力を利用した。

## 2 実験方法

## 2・1 実験装置

## 2・1・1 画像処理装置

画像を撮影して処理方法を検討するために次の装置を使用した。

- ・パーソナルコンピュータPentium III / 850MHz
- ・画像入力ボードFDM-PCI II / MULTIK (Photron)
- ・小型CCDカメラ GP-CX151 / 62 (Panasonic)

## 2・1・2 画像処理プログラム

CCDカメラで撮影したカラー画像をパーソナルコンピュータのメモリに保存して画像間演算やフィルタリング、画素パラメータの抽出などの基本的な処理を行うためのプログラムを制作した。（図1）

Windows上で動作するプログラムで、制作のた

めのツールにはVisualBasicを使用した。

主な機能は次のとおりである。

- ・画像間演算（論理和、論理積、排他的論理和）
- ・フィルタ（スムージング、メディアンなど）
- ・画素情報（ヒストグラム、断面輝度分布など）
- ・2値化、ラベリング ・その他

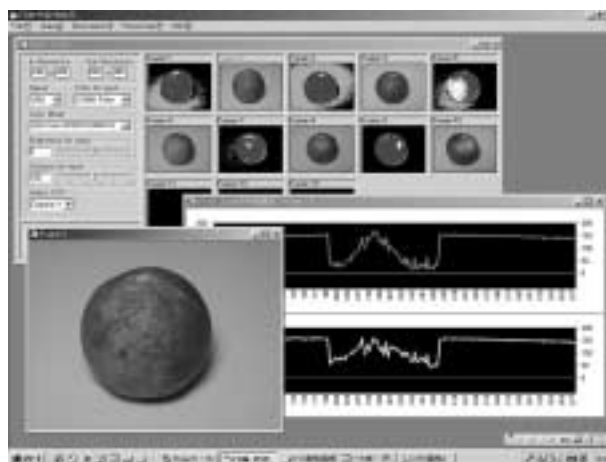


図1 画像処理プログラム

## 2・1・3 ニューラルネットワーク検討ツール

3層構造の階層型ニューラルネットワークに教師データを学習させたり、学習後のネットワークに評価用データを入力して分類能力を試験するためのツールを制作した。（図2）

制作にはVisualBasicを使用し、学習にはバックプロパゲーション法（誤差逆伝播学習法）を用いた。

入力層と出力層の数は任意に設定することができ、最適学習を検討するための中間層の数や学習レート、シグモイド関数の傾きも調節することができる。学習中の2乗平均誤差がグラフ表示され、進捗状況を把握することができる。

\*電子機械課

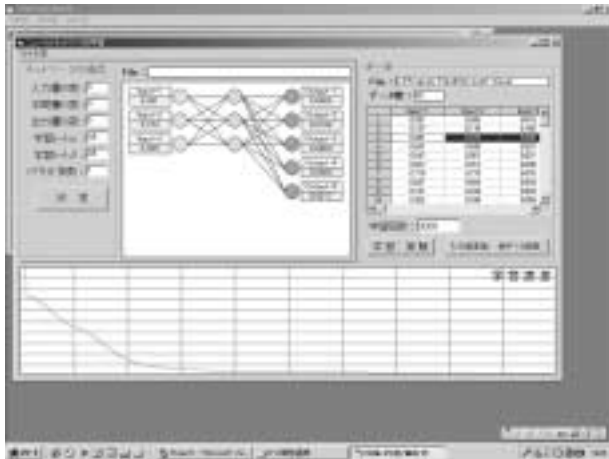


図2 ニューラルネットワーク検査ツール

#### 2・1・4 システム構成

スタチを回転させてカラーCCDカメラで全周を撮影するための装置を製作した。(図3)

2本のローラーをパルスモータで回転させることによりローラー上のスタチを前後に回転させる。

全周を撮影するためにはCCDカメラ1個では困難であるので、回転方向に対して左右45度斜め上に設置した2個のカメラでスタチを120度ずつ3回回転させてそれぞれ3枚ずつの画像を撮影する。

パルスモータの制御はワンチップ・マイコンを利用したコントロール回路を製作し、パーソナルコンピュータからRS-232Cを利用して2個同時に制御することができる。

照明には白色LED(発光ダイオード)10個をモ

ジュール化したものを各カメラ毎に2セット使用した。画像撮影中のCCDカメラに対応する照明のみをONし、その他はOFFするため高速動作が可能なLED光源を利用した。ON/OFFの制御はモータ制御用のコントロール回路に搭載したI/OポートによってパーソナルコンピュータからRS-232Cで制御する。

実験用システムの構成を図4に示す。CCDカメラで撮影した画像は画像処理プログラムで前処理を行い、その後学習済みのニューラルネットワークに入力して色ムラや変色などの抽出を行う。

#### 2・2 ニューラルネットワークによる色判定

図5に色ムラと変色があるスタチの画像を示す。



図3 撮影装置

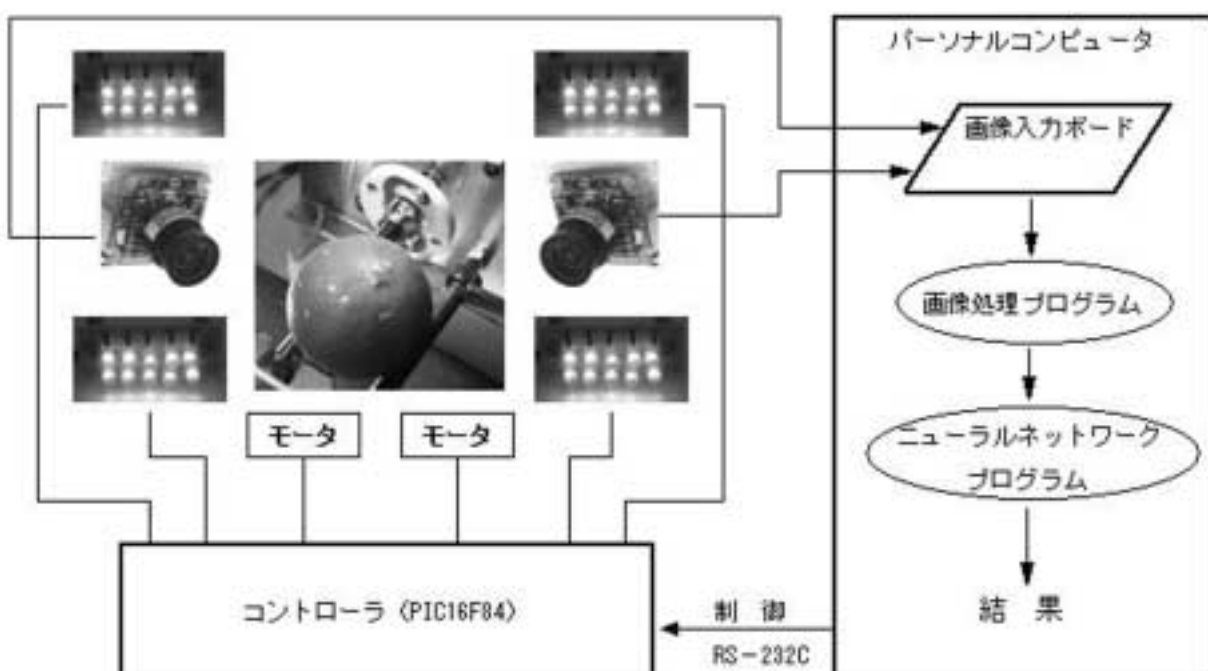


図4 実験システムの構成

この画像の中から正常部分，色ムラ，変色，ヘタ，背景を分離する．

これらの欠陥が存在するスダチ数個の画像をカラーCCDカメラで撮影し，各部分の画素データ（R，G，B値）を数個ずつピックアップしてニューラルネットワークの教師データとする．これらのデータは0～255の値であるのでニューラルネットワークに入力できるように1/255倍して0～1の値に変換する．

ニューラルネットワークは入力層，中間層，出力層の3層で構成される階層型を使用し，学習はバックプロパゲーション（誤差逆伝播学習法）を用いて行う．

学習に使用するニューラルネットワークの入力層ユニットの数はR，G，Bそれぞれの値を入力できるように3個，出力層ユニットの数は正常部，色ムラ，変色，ヘタ，背景に対応させて5個に設定した．

各部のR，G，Bデータを入力した際に，対応する出力層ユニットが1，その他が0となるように学習させる．ニューラルネットワークの構造と入出力データのイメージを図6に示す．



図5 スダチの画像例と各部の名称

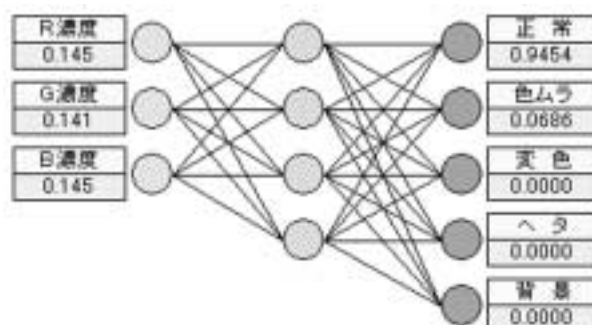


図6 ニューラルネットワークの構造と入出力

### 3 実験の結果と考察

色ムラと変色のある3個のスダチの画像をカメラで撮影し，正常部，色ムラ部，変色部，ヘタ部，背景部からそれぞれ6～7個，合計34個のR，G，Bデータを抽出して教師データを制作した．（表1）

このデータを用いてニューラルネットワークに学習させたところ，中間層を4個に設定した状態で誤差が良好に収束した．

学習が終了したニューラルネットワークに，学習に使用しなかったスダチのR，G，Bデータを入力して実験を行った結果を図7に示す．

図中，左側は実験に使用したスダチの原画像で，右側がニューラルネットワークによる判定の結果を濃淡で表した画像である．

正常部分，色ムラ，変色，ヘタの各部分は良好に検出することができたが，背景部分の色ムラやスダチの陰，スダチ表面の照明による反射を誤判定しているため，照明方法の改良を行うことによってこれらの不安定要素を取り除く必要がある．

表1 作成した教師データの一部

各部の名称	入力ユニット			出力ユニット				
	R	G	B	正常	ムラ	変色	ヘタ	背景
正常部	1.000	0.851	0.509	1	0	0	0	0
	0.827	0.725	0.498	1	0	0	0	0
	0.988	0.835	0.545	1	0	0	0	0
色ムラ	0.862	0.811	0.333	0	1	0	0	0
	0.768	0.811	0.302	0	1	0	0	0
	0.874	0.800	0.376	0	1	0	0	0
変色	0.145	0.141	0.145	0	0	1	0	0
	0.349	0.364	0.411	0	0	1	0	0
	0.474	0.478	0.458	0	0	1	0	0
ヘタ	0.996	0.992	0.996	0	0	0	1	0
	1.000	0.956	0.854	0	0	0	1	0
	1.000	0.929	0.521	0	0	0	1	0
背景	0.388	0.447	0.337	0	0	0	0	1
	0.490	0.568	0.376	0	0	0	0	1
	0.643	0.678	0.356	0	0	0	0	1

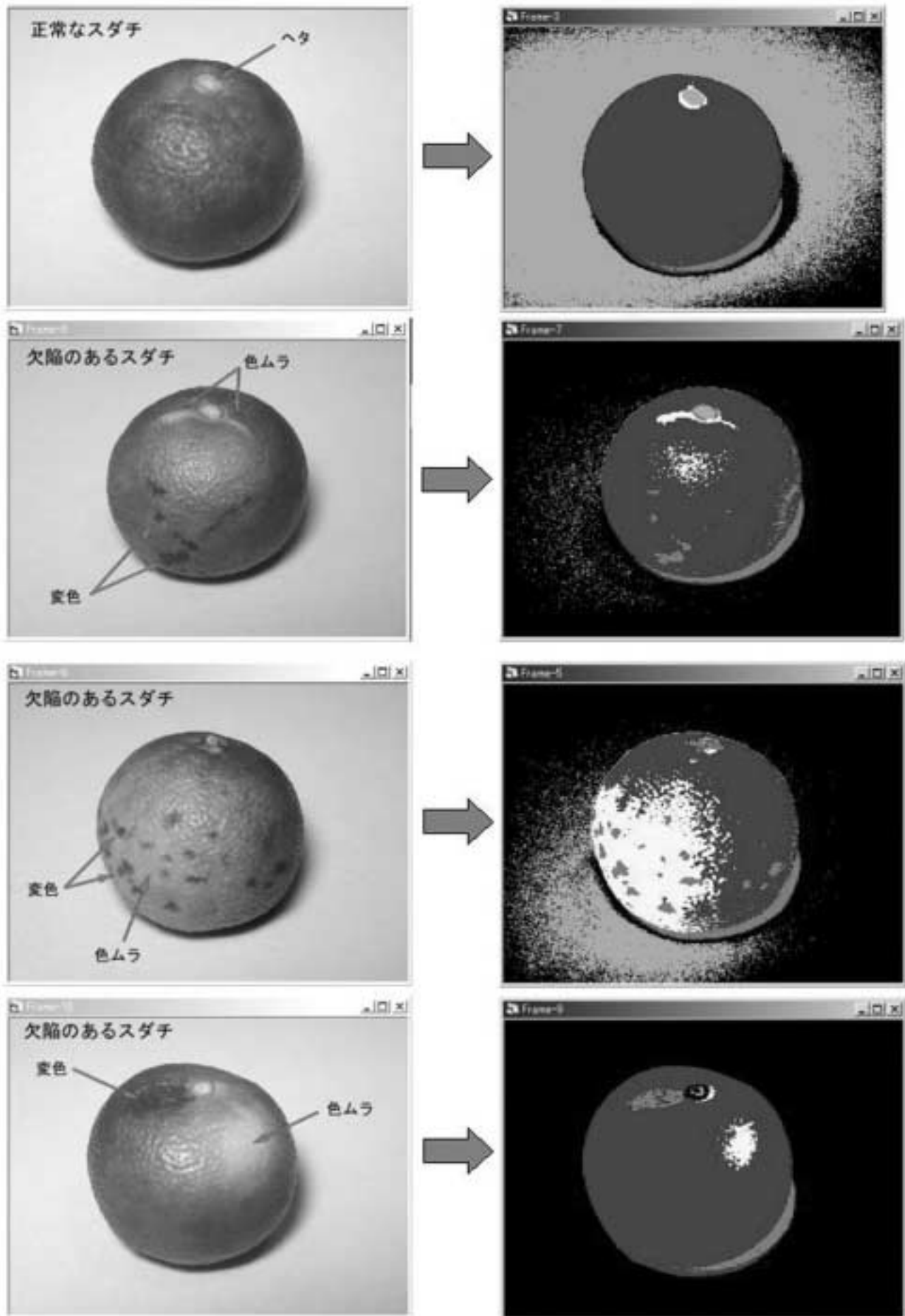


図7 ニューラルネットワークによる部分判定の結果

試作した撮影装置を使用して大きな色ムラのあるスダチに対して同様の処理を行った結果を図8に示す。

画像全体を処理するのではなく、スダチの周囲にウインドウを設定してその内部のみに処理を施した。色ムラとヘタ、正常な部分とが良好に分離されているが、やはり照明による反射をヘタと誤判定しているため、照明方法の検討が必要である。

現在、手作業で行われているスダチの選別では明確な判定基準が設定されておらず、「見た目」による作業者の感性に頼っている。僅かな色ムラや変色があるスダチをすべて不合格と判定してしまうと歩留まりが悪くなってしまう。逆に判定を緩和し過ぎると歩留まりは良くなるが品質が低下してしまう。作業者はこれらのバランスをうまく保ちながら選別作業を進めている。本研究の結果を利用して作業者が選別済みである多数のスダチの画像から色ムラと変色部分を検出し、それぞれの面積や分布状況、周囲とのコントラストなどを数値化し、選別結果と合わせてニューラルネットワークに学習させることによって作業者の選別能力をコンピュータ上で実現できる可能性がある。

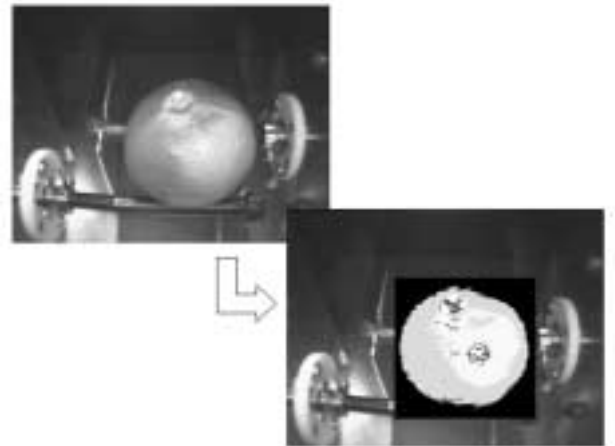


図8 回転装置を使用した処理結果

#### 参考文献

桐谷滋ら：入門と実習ニューロコンピュータ  
(技術評論社) 1989

今井兼範：ニューラルネットワークコレクション  
(共立出版株式会社) 1990

