画像処理特集

計算機画像処理と繊維工業への応用

谷口慶治^{*1}・小川秀夫^{*2}

1. ま え が き

宇宙探査のためのリモートセンシングの要求から研究開発されたデジタル画像処理は、これを支えるハードウェアの集積化技術の進歩により、通信、医用などの各分野に利用されてきた。

繊維工業の分野で、画像処理の技術は、画像の特質である面的な広がりを生かすことができる「2次又は3次の繊維製品の設計、製造、検査の部門」に応用できる。

画像処理技術を応用したシステムで実用化されているものに(ⅰ)織物の柄出しシステム^{1,2)} (ⅱ)縫製に用いられるサンプルパターンの設計システム³⁾、(ⅲ)織布の欠点の検出システム³⁾などがある。

(ⅰ)は、回転ドラムに巻きつけられた図案を光電変換器で読み取って、色の信号処理をし、紋紙を穿孔するものである。

(ⅱ)は、ファッションのデザインにおける図形の作成、変換を行うもので、デザイナーを援助するシステムである。

(ⅲ)は、パターン認識にもとづく画像処理技術により、糸の結び目、穴、汚れ、染色むらなどの欠点を検出するシステムである。画像処理の立場からみて、(ⅲ)に関するものは、識別、分類などに高度の処理を必要とするので、今後、研究の対象になるものと思われる。

マイクロプロセッサの高性能化、半導体メモリの高速大容量化、半導体の撮像装置の高性能化が進めば、画像処理のハードウェアは容易に入手できるようになるので、画像処理技術は繊維工業の各部門に導入されるものと考えられる。

そこで、ここでは、画像処理の基礎的な事項について

概説し、画像処理による染色欠点検出への一試みを紹介する。

2. 画像処理システムのハードウェア

この部分は、対象物を電気信号に変換する撮像部、アナログデジタル変換部(A-D Converter)、画像メモリ、情報処理部などから構成され、図1にその例を示す。

(ⅰ) 撮像部

対象物からの透過光又は反射光を電気信号に変換する部分である。その方法は、図2のように、光を赤(Red)、緑(Green)、青(Blue)のフィルタを通して3原色に分光し、これをそれぞれ3個の光電変換器に導く。

光電変換器には、(a)光電子増倍管、(b)撮像管、(c)

図1 画像処理システムのハードウェアの構成の一例

図2 撮像部の光学系の構成

Computer Image Processing and its Application to the Textile Industry

KEIJI TANIGUCHI^{*1}, HIDEO OGAWA^{*2}

Dept. of the Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Fukui University.

Bunkyo, Fukui-City, Japan.

福井大学工学部電子工学科 教授(工博)^{*1}

福井大学工学部電子工学科 助教授(工博)^{*2}

半導体イメージセンサが用いられる。

(a)は、高感度であるが、走査回路を持たないので、文献1)のような方法などにより、対象物を走査することが必要である。

(b)は、現在、テレビカメラに使用されているが、寿命が2000時間程度であり、特性の経日変化が生じるなどの欠点がある。

(c)は、(b)に比べて、特性の変化がほとんどなく、焼付が起こらないなど多くの利点をもっているので、画像処理にはよく用いられる。これには、MOS形とCCD形があり、素子の配列から一次元と二次元のものがある。一次元MOS形イメージセンサの例を図3に示す。

図3 一次元半導体イメージセンサの例

(ii) A-D変換部

撮像部からのアナログの画像信号をデジタル量に変換する部分で、ここでは、図4のように、標本化と量子化が行われる²¹⁾。

標本化

図4(b)のように、アナログ信号 $v(t)$ (図4(a))を時間軸方向に対して不連続(離散)化する操作である。画像の性質を保存するためには、標本化時間 T を次のように選ぶことが必要である*。

$$T \leq \frac{1}{2f_{\max}} \quad (1)$$

ここで、 $f_{\max}$ は画像信号に含まれている最大周波数成分である。

以上は、一次元の場合の説明であるが、二次元については文献9)を参照されたい。

量子化

標本化されたアナログ信号を $v(kT)$ とすると、

$$nV_d - \frac{V_d}{2} \leq v(kT) < nV_d + \frac{V_d}{2} \quad (2)$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, m$$

を満足する $v(kT)$ に対し

*実際には、記憶容量の関係から処理の目的に応じて、必要とする情報が含まれるように選ぶ。

図4 標本化と量子化

$$v_q(kT) = nV_d \quad (3)$$

のように不連続な値 $v_q(kT)$ に変換する操作である(図4(c))。

例えば、 $f_{\max} = 1 \text{ MHz}$ で $0 \leq v(t) < 2.55 \text{ (V)}$ のとき、 $V_d = 0.01 \text{ (V)}$ に量子化する場合のA-D変換器の精度 B (ビット)と変換時間 t_c は次のようになる。

$$2^B - 1 = \frac{2.55}{0.01} \quad \text{より} \quad B = 8 \text{ (ビット)}$$

$$t \leq T = \frac{1}{2 \times 10^6} = 0.5 \text{ (}\mu\text{s)}$$

図4(d)は、デジタル化された信号の例である。

(iii) 画像メモリ

A-D変換された画像情報を記憶するためのもので、標本化時間 T よりやや短いアクセスタイムのメモリを用いる。

(iv) 情報処理部

CPU、メインメモリ、補助メモリ、グラフィックディスプレイなどから構成される。

3. 画像処理技術

画像処理技術とは、先に示したハードウェアシステムの機能を能率よく、十分に、発揮させるためのソフトウェア、及び画像の生成、解析あるいは、認識(理解)を行うための種々の技法をいう。

ソフトウェアとしては、画像が本来面的広がりを持ち

極めて多くの情報を持つことから、その入出力制御、記憶画像データの管理など、特有の機能が必要となる。さらに、処理方式として、入力画像データや処理の中間結果を逐次把握し、それに基づいて、次の処理を指示する対話(会話)形式の処理が实际的であり、これを可能とするソフトウェアも重要である。現在、ソフトウェアの機能、あるいは形態は、ハードウェアシステムと合わせて、多くの研究開発が進められ、例えば、文献4)、5)、6)などに詳しい解説がある。

画像処理技法は、その目的により、(i)画像の生成と変換、(ii)画像の分割と特徴抽出(記述)、(iii)画像の認識(理解)などに分類されるが、ここでは、前2者を中心に概説する。

(i) 画像の生成と変換

画像の生成には、濃度、色、形、位置関係などをパラメータとして種々の図形を発生させ、人間により評価を行うグラフィックデザイン。あるいは、近年の計算機アニメーション、また多方向からの投影像を基に、断層像を合成する計算機トモグラフィー(CT)の技術⁷⁾がある。

画像の変換には、拡大、回転、非線形座標変換などの幾何学的処理があり、コマンドとパラメータを与えることにより、会話的に処理を進める計算機援用設計(CAD)技術⁸⁾などに応用されている。また、空間フィルタによる画像の雑音除去、ボケの回復などの画像復元技術、あるいは空間周波数帯域制限、空間微分演算などによる画像の強調処理技術も画像の変換とみることができ^{9,10)}。

表1に、微分オペレータの一例と、それを用いた処理例を示す。微分処理では、濃度変化の大きなところ、即ち、線、領域の境界(エッジ)などを強調、あるいは検出することができる。

また、濃度値に対して、適当な色を割り当てる擬似カラー表示も画像の強調技術であり、種々のデザインの分野

で応用できよう。

画像の生成、変換技術は人間に対して、見やすい画像を提供し、判断の助けとすること、及び次に述べる画像の分割、特徴抽出を容易にするための前処理的役割が、主な目的である。

(ii) 画像の分割と特徴抽出(記述)

画像を共通の属性を持つ領域に分割し、個々の領域内をさらに詳しく調べ、その形状、あるいは領域間の関係を見い出したい場合が多い。領域分割を行うための情報としては、濃度、色、テクスチャーなどが代表的である。

例えば、濃度ヒストグラムを調べることで、それが双峰形であれば、二つの領域が推定でき、ヒストグラムの谷に対応する濃度を閾値として、領域を分割することができる。色彩画像では、3原色の分布あるいは色度の分布を調べ、それがクラスターを形成すれば、個々のクラスターに画像の領域を対応させることができる¹¹⁾。

次に、テクスチャー解析の代表的な手法¹²⁾として、二次元フーリエ変換により画像の空間周波数を求め、そのパワースペクトルの類似性を見るもの、画像上で相対的に同一位置にある2点の濃度値の共発生行列から種々の統計量を得るものがある。テクスチャー解析は、リモートセンシング画像において領域分割と、その分類に用いられ、多くの成果を得ているが、近年では、さらに人間の感覚との関係も調べられている¹³⁾。

分割された各領域からは、濃度、色の平均値、分散などの特徴量、方向性、疎密性、直線性などのテクスチャー特徴量、あるいは、面積、周囲長、形状の凹凸度、線図形では、線の方向、分岐点、端点の位置、ループの存在などの特徴量を抽出することができる。

4. 染色欠点の検出

計算機画像処理の繊維工業への応用として、すでにい

表1 微分オペレータと処理例

A	B	C
D	E	F
G	H	I

デジタル勾配の例

(a) $\{[(A+B+C)-(G+H+I)]^2+[(A+D+G)-(C+F+I)]^2\}^{1/2}$

方向差分の例

(b) $|(A+D+G)-(C+F+I)|$

デジタルラプラシアン

(c) $(B+H+D+F-4 \cdot E)$

0 0 0 3 3 3 4 5 6	0 0 9 9 0 3 6 6 6	0 0 3 -3 0 1 0 0 0
0 0 0 3 3 3 4 5 6	0 0 9 9 0 3 6 6 6	0 0 3 -3 0 1 0 0 0
0 0 0 3 3 3 4 5 6	0 0 9 9 0 3 6 6 6	0 0 3 -3 0 1 0 0 0
0 0 0 3 3 3 4 5 6	0 0 9 9 0 3 6 6 6	0 0 3 -3 0 1 0 0 0

画 像

方向差分(b)の
処理結果

ラプラシアン(c)
の処理結果

(a)

(b)

(c)

(d)

図5 染色欠点の検出

くつかの基礎的研究が報告されている。文献 14)では、二、三の自動検反システムが紹介され、文献 15)では、種々の観測条件での織布欠点の検出可能性が論じられている。また、文献 16), 17), 18)では、射影による織布欠点検出法が提唱され、観測データ処理法の側から織布欠点自動処理の可能性が示されている。さらに、染色欠点の検出に関して筆者らによる一試みがあり、処理の概要は次の通りである。

図 5(a)は、色柄を有する染色布であり中央及び左端に縦線状の染色欠点(色むら)がある。同図(b)は(a)をカラーテレビカメラで観測しA-D変換して得た縦 60, 横 80 画素、濃度レベル 256 のデジタル濃淡画像を微分処理し、微分値がある閾値以上の領域を示したものである。ここでは、染色むらと柄エッジ(地と柄あるいは柄と柄の境界)の両方が抽出されており、染色むらを区別するためには、さらに処理が必要となる。一般に、染色むらは地の色に対して濃度がわずかに異なる程度であり色度変化はほとんどない。一方、柄エッジではその性質上、大きな色度変化が存在することから、色度変化量を調べることにより両者の識別が可能となる。色度変化量はカラーテレビカメラから得られる 3 原色画像を基に、各画素において近傍の画素との色度の違い、すなわち色度ベクトルのなす角の余弦として定量化できる。図 5(c)は色度変化がある閾値よりも小さい領域を示したものであり、柄エッジのみが空白に表示されている。したがって染色欠点は同図(b)と(c)の論理積により得られ、その結果を同図(d)に示す。

以上の処理の方法は、文献 19)に詳しく述べている。また、無地の染色布を対象として、主に濃度解析的手法により染色欠点を検出する一例は、文献 20)に述べている。

欠点領域が検出されれば、欠点の大きさ(面積)、形状、方向性、欠点の分布、頻度などの情報を得ることは容易であり、これらの情報により染色欠点の発生原因を推定することもできよう。

5. む す び

ここでは、計算機画像処理に関する基礎的な事項について述べ、繊維工業への応用例として、色柄を有する染色布の欠点の検出の方法を示した。

計算機画像処理の分野は、半導体技術の進歩に伴って今後飛躍的な発展が期待でき、高度の処理を安価に実現させ得る可能性を持っている。

今後、これらの技術が繊維工業の各分野で一層積極的に取り入れられて、品質、生産性などの向上に役立つことを望むものである。

謝辞：文献調査に関し、御教示をいただいた福井大学工学部繊維工学科の辻石男教授に感謝いたします。

文 献

- 1) 川西達也, 西川 茂：“最近の自動紋紙穿孔装置の開発”, 繊維工学, Vol. 27, No. 1, 1974
- 2) 西川 茂：“織物のコンピュータ柄出し”, 繊維工学, Vol. 29, No. 6, 1976
- 3) 久世栄一：“最近のアメリカにおける検反, 縫製の自動化システムについて”, 繊維と工業, Vol. 34, No. 1, 1978
- 4) 坂井利之, 金出武雄：“デジタル画像情報の会話形処理システム” 情報処理, Vol. 15, No. 12, 1974
- 5) 伊藤貴康：“画像処理ソフトウェア”, 電子通信学会誌, Vol. 59, No. 11, 1976
- 6) 木村雄太郎, 福島重広, 相馬敬司：“小規模ハードウェアで実現する会話形汎用画像処理システム”, 電子通信学会技術研究報告, PRL 78-84, 1979
- 7) 山本真司：“投影からの再生(CT)”, 情報処理, Vol. 20, No. 12, 1979
- 8) 水谷 聰：“自動車工業におけるCAD/CAM” 情報処理, Vol. 21, No. 2, 1980
- 9) A. Rosenfeld, A. Kak (著), 長尾 真(訳)：“デジタル画像処理” 近代科学社, 1978
- 10) 榎本 肇：“画像の情報処理”, コロナ社, 1978
- 11) 伊藤貴康, 他：“画像処理ファームウェアを用いた色彩図形解析システム”, 電子通信学会技術研究報告, PRL 76-87, 1977
- 12) 富田文明, 白井良明, 辻 三郎：“テクスチャーの解析”, 情報処理, Vol. 19, No. 2, 1978
- 13) 田村秀行, 森 俊二, 山脇隆司：“テクスチャー画像の基礎的特徴の測定(1)ー基礎的特徴と視覚心理実験ー”, 電子通信学会技術研究報告, PRL 76-27, 1976
- 14) 竹松 茂：“準備・検反(総論)” 繊維工学, Vol. 29, No. 6, 1976
- 15) 渋谷惇夫, 相坂 登：“布欠点の検出可能性について”, 繊維工学, Vol. 29, No. 9, 1976
- 16) 興水大和, 青井清司：“織布欠点画像処理に関する基礎的考察”, 昭和52年度電子通信学会総合全国大会論文集, 1172
- 17) 興水大和, 青井清司：“射影による織布欠点検出の一方法”, 昭和53年度電子通信学会総合全国大会論文集, 1203
- 18) 興水大和, 青井清司：“計算機画像処理による織布欠点処理の試み”, 画像コンファレンス 2-5, 昭和53年
- 19) 谷口慶治, 小川秀夫, 酒井孝則：“染色の自動化に関する研究(計算機画像処理による染色欠点の検出)[その2]”, 福井大学工学部繊維工業研究施設報告, Vol. 17, 1980
- 20) 谷口慶治, 小川秀夫, 酒井孝則：“染色の自動化に関する研究(計算機画像処理による染色欠点の検出)[その1]”, 福井大学工学部繊維工業研究施設報告, Vol. 16, 1978
- 21) 今井 聖：“トランジスタDA・AD変換器”, 産報 (昭和55年3月15日受理)