

繰返し型ラベリング方式の高速化の検討

7T-5

丸山 次人 佐藤 雅彦

富士通研究所

1. まえがき

ラベリング処理は、同一シーン内に存在する複数の領域・物体を分離することができ、ロボットビジョンにおける形状計測や形状認識において重要な処理のひとつである。しかし、この処理は通常の画像前処理と異なり、複雑なアルゴリズム的処理のため高速化が困難とされていたが、近年、この処理を高速に行うアルゴリズム・ハードウェアが多数報告されている。(1-5)

本研究では、ビデオレートで実行し、小規模なハードウェアで実現できるラベリング方式について検討した。本方式は、従来時間を要していたラベルの分類・統合処理をラベルの接続検出とラベル画像更新の繰返し処理で置き換え、特に、繰返し処理回数を低減するために、接続テーブル作成方法の効率化を図っている点を特徴とする。本稿では、繰返し型ラベリング方式のアルゴリズム、性能評価、およびハードウェア構成について述べる。

2. ラベリング方式

本方式は、図1に示す3つの処理(①初期ラベル付け、②接続関係検出、③ラベル更新)で構成され、②と③を接続が検出されなくなるまで繰返し実行する方式である。

2.1 初期ラベル付け

初期ラベル付けは、図2に示す論理マスクで2値画面上をラスタ走査し、表1に示す演算論理に従い、注目画素へ新たなラベルを発生、または、既に生成された近傍画素のラベルを伝播し、暫定的なラベル付けを行う。また、新しいラベルが発生したときは、接続テーブルの対応するアドレスにその値を書き込み、初期化を行う。

2.2 接続検出(接続テーブル作成)

初期ラベル付け処理では最終的なラベル画像を得ることはできないため、連結している異なったラベルを1つのラベルへ統合する必要がある。この処理では、異なるラベルとの接続を検出し、その結果を接続テーブルに登録する。

まず、注目ラベルと近傍ラベルとの接続を検出するためのマスク形状について考える。初期ラベル付け論理より、このマスク内で異なるラベルが存在するのは、B、DがラベルでCが0のときである。このとき、Aが0であればXはLbとなるので、接続関係はXとDを調べればよい。また、AがラベルであればXはLaとなり、XとB、Dの接続を調べなければならないが、XとBとの接続関係は、以前にXとDの位置関係で検出可能である。従って、接続検出にはXとDがラベルでかつCが0の場合を考慮すれば良く、接続検出マスクは図3のようになる。

次に、効率的な接続テーブル作成法について検討する。

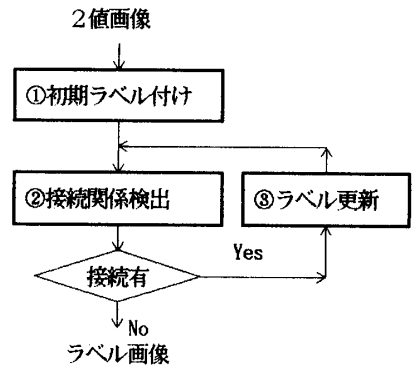


図1 処理フロー

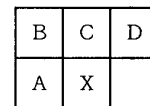


図2 初期ラベル付けマスク

表1 初期ラベル付け論理

ABCDX	\bar{X}	処理・備考
****0	0	LT[L]=L; L=L+1; (Lの初期値=1) [0: 画素無 *: Don't care 1: 画素有 La, Lb, Lc, Ld: ラベル]
00001	L	
La***1	La	
0Lb**1	Lb	
00Lc*1	Lc	
000Ld1	Ld	

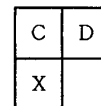


図3 接続検出マスク

High-speed Algorithm for Labeling Connected Regions at Video Rate

Tsugito MARUYAMA, Masahiko SATO

FUJITSU LABORATORIES LTD.

テーブルとしては、ハードウェアの小規模化を考え1次元メモリを使用し、接続が検出された時点でテーブルに重ね書きする方式を採用した。また、検出時には接続フラグを設定する。繰返し処理回数の低減を図るには、このテーブルの作成法がポイントになる。そこで、表2に示すような検出論理方法を考案した。この方法は、大きいラベルの指すテーブルの内容(L[max(Ld,Lx)])を小さいラベルの指すテーブルの内容(L[min(Ld,Lx)])で置き換えるもので、具体的には図4のように、まず、ラベルLxとラベルLdを比較し、小さいラベルをアドレスとして内容を読み出し、次にそれを大きいラベルのアドレスへ書き込むことにより実現する。(比較の大小関係は逆にしてもよい)。この方法は、XとDの接続関係をテーブルに登録するだけでなく、ラベルの統合を同時に進められる利点を有し、繰返し回数を低減でき、処理の高速化を実現することができる。

表2 接続関係検出論理

CDX	処理・備考
**0	[0: 画素無 * : Don't care 1: 画素有 Lx, Lc, Ld: ラベル]
00Lx	
Lc*Lx	
0LdLx	

①② (Ld < Lx) のとき

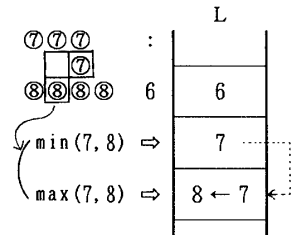


図4 接続テーブルの作成

2.3 ラベル更新

接続検出終了後、接続フラグが1の場合には、作成した接続テーブルに従ってラベル画像を更新する。以降、接続が検出されなくなるまで接続検出+ラベル更新処理を繰り返す。

3. 評価

繰返し型ラベリング方式は、画像の違いにより処理回数が一定しない欠点がある。そこで、本方式を512×512画素のランダム画像(白黒比10~90%)に適用して、処理回数の評価を行った。図5に結果を示す。ここで、比較対象として、接続テーブルの作成に従来のMIN-MAX法(①アドレスをmin(Ld,Lx),データをmax(Ld,Lx),②①のアドレスとデータを逆にする)を用いた結果も同時に示した。

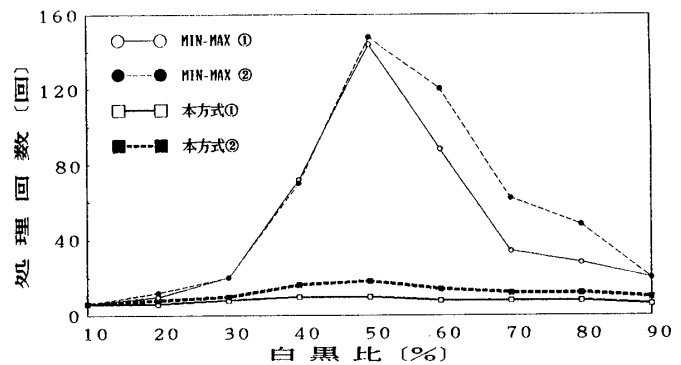


図5 シミュレーション結果

この結果、本方式では画像の違いによる処理回数の変化が小さく、最大でも12回程度でラベリング処理を終了することができ、MIN-MAX法に比べ、約1/12と大幅に処理回数を低減することができた。

4. ハードウェア

既開発のビデオレート画像プロセッサ PROFILE⁶⁾の一処理機能として本ラベリング処理のハードウェア化を図った。その構成を図6に示す。ラベル画像はPROFILEのフレームメモリを2組使用し、512×512画素、16 bits/画素である。このときの初期ラベルの最大値は32768(2¹⁶)であり、ラベルのオーバーフローは生じない。①、②、③の各処理はビデオレート(33ms/画面)で動作し、前記のランダム画像に対して、最大0.4sでラベリングを行えることを確認した。

今後は、ロボットビジョン用としてこのラベリング処理を応用して行くつもりである。

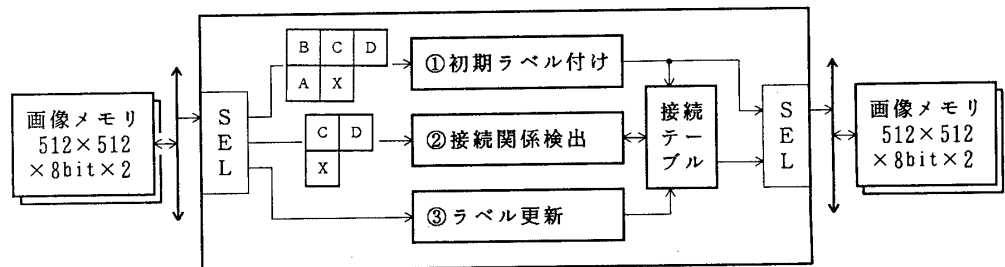


図6 ハードウェア構成

参考文献

- 1) 奥山, 他: 情報処理学会第31回全国大会 5P-7 (1985)
- 2) 後藤, 他: コンピュータビジョン 43-1 (1986.7.7)
- 3) 奥山, 他: 電子情報通信学会 PRU87-32 (1987)
- 4) 服部, 他: 情報処理学会第35回全国大会 3J-4 (1987)
- 5) 梶井, 他: コンピュータビジョン 52-3 (1988.1.21)
- 6) 丸山, 他: 第26回自動制御連合講演会2027 (1983)