

ダイナミックプログラミングによる画像エッジの対応探索の問題点

神戸大学

○新銀 武

岡山大学工学部

正員 森 忠次

東京大学 生産技術研究所

服部 進

1. 研究目的

ステレオ画像の対応点探索の手法として、画像のエッジ間の画素値のならびの類似性と最大にするように対応づけを決定しようとする考え方がある。しかし、この方法による探索には、一般に長時間を要す。筑波大学大田氏は、これと走査線間の整合性を考慮した2段の動的計画法による手法を開発した。ここでは、この方法において用いられている動的計画法のマッチングアルゴリズムの適用性と限界について、簡単な人工画像について検討することを目的としている。

2. 概要

大田氏の手法は、左右画像のエッジ間の画素値のならびが類似し、かつ地形はなるべく平坦であるべきであるということと条件にして、エッジ間の長さ、画素値の分散と掛け合せたものを、目的関数コストとして定義した。すなわち、 $\mu = \frac{1}{2} \times \left\{ \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k a_i + \frac{1}{l} \sum_{j=1}^l b_j \right\}$, $\sigma^2 = \frac{1}{2} \times \left\{ \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (a_i - \mu)^2 + \frac{1}{l} \sum_{j=1}^l (b_j - \mu)^2 \right\}$ とすると $COST = \sigma^2 \times \sqrt{k^2 + l^2}$, ここに a_i, b_j は対応する左右区間の画素値で、 k, l は左右区間の長さ

として、コストが最小になるエッジとを動的計画法により対応づけた。このとき、複数の走査線によるエッジを連結エッジと定義し、連結エッジというの対応が各走査線上で矛盾しないことを整合性条件としてとり入れている。しかし、連結エッジというの対応探索は、計算時間が極端に増し、かつマルチプル性が満足されないという点で本質的に動的計画法になじまない欠点がある。ここでは、各走査線ごとの対応探索を動的計画法により行う方法について、大田氏の手法をもとにして実験を行いその結果から動的計画法の適用性と問題点について考察を述べる。大田氏は、各走査線上の対応探索を二次元平面上で対応を示すパスを見つける問題として解

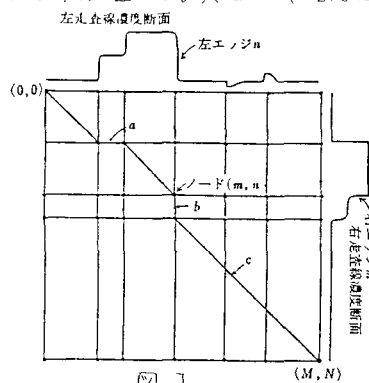


図 1

いている。(図1) 図で縦軸、横軸はそれぞれ左右走査線を表し、縦線、横線はエッジ位置を表している。これらの交点をノードと呼ぶことにすると、各ノードにおいてここに至るパスのうち最小のコストのものを選択する。途中にノードを含まないパスを原子パスと呼ぶと、原子パスは左右一対の区間の対応を示す。動的計画法による対応づけは、次のように行う。

$\bar{m} = (m, n)$; 右エッジ m と左エッジ n で探索平面上に形成されるノードの指標

$d(\bar{m}, \bar{r})$; ノード $\bar{r}$ からノード $\bar{m}$ に至る原子パスのコスト

とすると、ノード $\bar{r}$ からノード $\bar{m}$ に至る最適パスのコスト $D(\bar{m}, \bar{r})$ は

次の漸化式で求められる。 $D(\bar{m}, \bar{r}) = \min_{\bar{s}} \{ d(\bar{m}, \bar{m}-\bar{s}) + D(\bar{m}-\bar{s}, \bar{r}) \}$

3. マッチング

3段階の大きさの正方形領域か、ズレ差の違っている領域から浮き出て見えるランダムドットステレオグラム(図2)と作製し実験に用いた。この画像に対してラプラシアンガウスフィルタによってフィルタリングしエッジを抽出し、上下に3画素以上つながっているエッジを連結エッジとした。各走査線上の対応探索を大田氏の手法をもとに行った。この画像には上記のコストは適用できない。なぜなら又値画像では、エッジ間の画素値のならびの分散が0になるときがあり、オクルージョンが最も小さくなるよう対応してしまう。そこでエッジ間の長さ

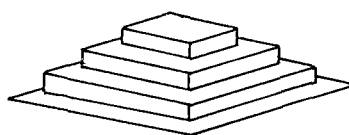
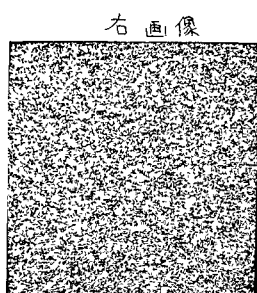
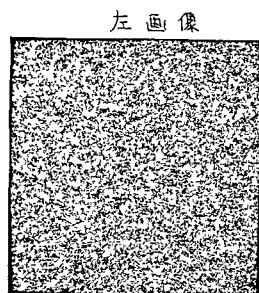
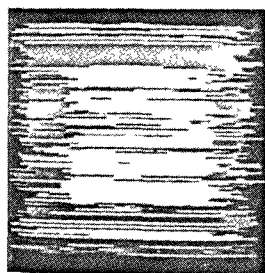


図2 ランダムドットステレオグラム

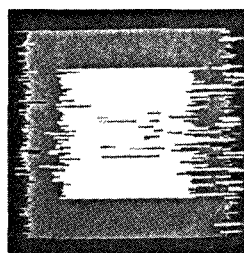
またこの関数のコストを定義した。すなわち

$$COST = \sqrt{K^2 + L^2} \quad K, L: \text{エッジ間の長さ}$$

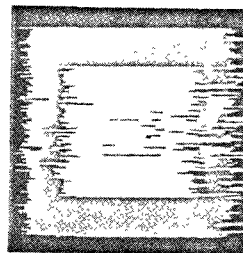
なお、オクルージョン部分には、エッジ間の長さに重みをつけてコストを用いた。すなわち $COST = \alpha \times K$ 探索結果は、種々の α に対して行った実験について、その対応点の左右の視差について、その視差が大きくなるほど色が薄くなるようにした Disparity map を出力した。(図3) 視差は図3に示す4段階を表わしている。



$\alpha = 0.95$

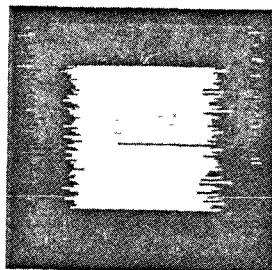


$\alpha = 0.83$

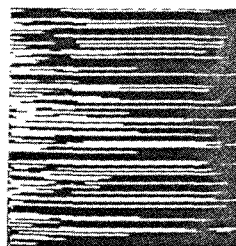


$\alpha = 0.79$

図3 Disparity maps



$\alpha = 0.75$



$\alpha = 0.70$

4. 考察

結果より、 α は $0.95 \geq \alpha \geq 0.70$ で比較的良好な結果を得た。オクルージョンのない部分では、ほぼ正しく対応がとれたが、オクルージョン部分ではミスマッチが多く見られた。

実験より、数個の問題点が表見できたのを以下に指摘する。

1. コストの定義の不明確さ……コストの定義が不明確で、このままではエッジが多く、画素値のならば複雑な自然画像に対して有効であるかどうか疑問である。
2. 整合性とのし入れ方の問題点……オクルージョン部分の解決のために、走査線間の整合性とのし入れることが必要である。

参考文献

- 1) Yuichi Ohta & Takeo Kanade ; Stereo by Intra- and Inter- scanline Search Using Dynamic Programming
- 2) ダイナミックプログラミング ; 杉山 昌平