

動的計画法による

3眼ステレオ画像の対応探索

Correspondence Search of Trinocular Stereo Using Dynamic Programming

山本 健彦

大田 友一

池田 克夫

Takehiko YAMAMOTO

Yuichi OHTA

Katsuo IKEDA

筑波大学・電子情報工学系

Inst. of Information Sciences and Electronics

University of Tsukuba

あらまし： 本論文では、一直線上に置いた3台のカメラから得られる3枚のステレオ画像を同時に考慮して最適対応を求める手法について述べる。ステレオ視によって精度のよい距離情報を得るため基線長を大きくすると、オクルージョンが生じやすくなり対応が求められないという問題がある。我々は、一直線上に基線長を大きくとって置いた2台のカメラの中間にもう1台のカメラを配置して得られる3枚の画像を同時に考慮して、2段の動的計画法を使用した対応探索アルゴリズムにより最適対応を求める手法を開発した。この手法では、通常は3台のカメラから得られる画像の対応点から精度のよい距離情報が得られ、また、中間のカメラと両端いずれかのカメラのみを用いることでオクルージョンの多くを回避することができる。本手法をCCDカメラで積木を撮影して得られたステレオ画像に適用し、その結果を2眼ステレオ視によるものと比較して、その有効性を示した。

Abstract: This paper describes a trinocular stereo algorithm to obtain an optimal correspondence among three images observed by collinearly arranged three cameras. It can cope with the occlusion problem which is very serious when trying to obtain depth data in good accuracy by using a long stereo baseline. A third camera located at the center of a pair of stereo cameras is used for the purpose. A correspondence search algorithm based on two-level dynamic programming was developed. It usually obtains the correspondence of three images and in case of occlusion it tries to obtain the correspondence of two images. Experiments show the effectiveness of the algorithm.

1. はじめに

ステレオ視は能動センサを用いずに観測できる画像から距離情報を得ることができる有用な方法であり、2枚の画像上で互に対応する点を求めることによりシーン中の点の座標を決定する。従ってステレオ視では、左右画像対で対応点を探索することが最も重要な問題の1つであり、多くの研究により最近ではかなり信頼性の高い対応が得られるようになってきている。

しかし、ステレオ視によって精度の高い距離情報を得るためには両カメラ間の距離、すなわち基線長を大きくとらなくてはならず、その時、オクルージョンが生じやすくなり対応が求めにくくなるという問題がある。Nevatia¹⁾は、回転台上に物体を置き、これを少しずつ回転させながら撮影して得られる輻輳角の異なる画像系列上で順次対応点を追跡していき、輻輳角を大きくして精度を向上させるモーション・ステレオ法を提案している。徐ら²⁾は、異なる基線長のステレオ画像対を階層的に使用して一種の粗密探索を行うモーション・ステレオ法により、対応探索の効率の向上や

オクルージョンの予測を行う方法を提案している。

しかし、これらの方法では処理に方向性があり、得られた結果が処理に用いた画像を平等に反映したものととはなっていない。

本研究ではこの問題に対し、一直線上に、基線長を十分に大きくとって置いた2台のカメラと、その中間に置いたもう1台のカメラから撮影した、3枚のステレオ画像を同時に考慮して、最適対応を求める手法を提案する。

この手法では、通常は、3台のカメラから得られる画像上の対応点から精度のよい距離情報が得られる。また、中間のカメラと両端いずれかのカメラの画像対を用いることでオクルージョンの多くを回避することができる。さらに、3眼視により得られる冗長な情報は誤対応の除去にも有効である。3枚のステレオ画像を同時に考慮して最適対応を求めるため、2段の動的計画法を使用した対応探索アルゴリズムを開発した。

以下、2では、本研究で使用した水平配置3眼ステレオ視の概要を、3ではその対応探索アルゴリズムについて示し、最後に4で実験結果について示す。

2. 水平配置3眼ステレオ視

本研究で使用した3眼ステレオ視のカメラモデルを図1に示す。ステレオ視で距離を求める時、距離の精度は基線長に比例する。そのため、このカメラモデルでは、精度の高い対応が得られるようにカメラL-R間の基線長を大きくとってある。カメラL、Rの2眼のみでは、たとえば図2における点Qのようにオクルージョンが生じていて対応を求められないことがあるが、本研究ではカメラL、Rの間にカメラCを配置してあるので、これとRの2眼によって対応を得ることができる。また、このカメラモデルから得られる3枚の画像が与える情報は、ステレオ視による距離決定には冗長であるが、この冗長性を利用することにより誤対応を大幅に減らすことができる。

カメラのレンズ中心L、C、RはX軸上に基線長が

等しくなるように配置してある。この時、2つの視点L、Cとシーン中の任意の1点Pで決定されるエピポーラ平面は、2つの視点R、CとPで決定されるエピポーラ平面と同一であるから、これらのエピポーラ平面と画像面とが交わってできるエピポーラ線は一致する。各画像面はいずれもX-Y平面に平行な同一平面上にあり、走査線方向はX軸に平行になるよう正規化されているものとする、エピポーラ線と走査線は一致する。

以上のことから、この3枚の画像間で対応を探索する場合、各画像上の3本の走査線組上の対応探索として処理することができる。一般に、2本の走査線間の対応探索は動的計画法を利用して効率的に行うことができるが²⁾、3本の走査線組間の対応探索への動的計画法の適用可能性は必ずしも明確ではない。

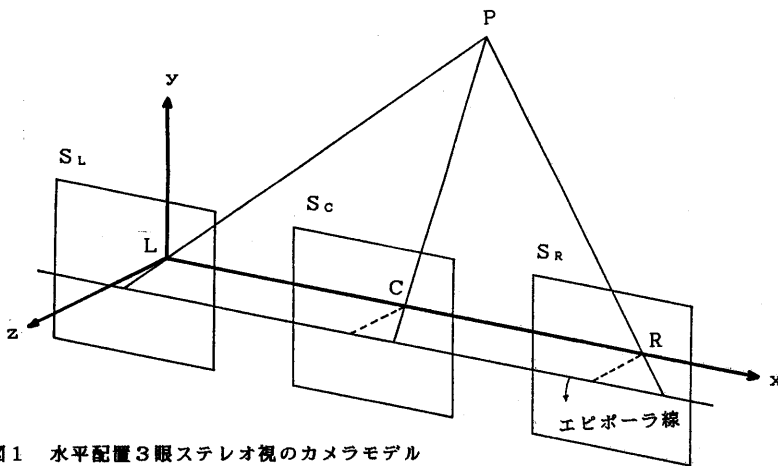


図1 水平配置3眼ステレオ視のカメラモデル

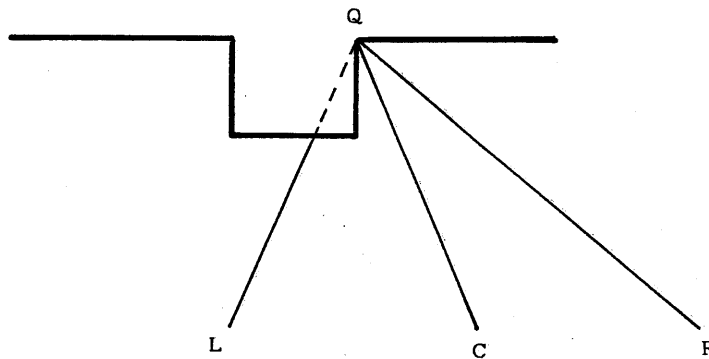


図2 L、R 2眼ステレオ視でオクルージョンの生じる場合

3. 3眼ステレオ視の対応探索

3.1 対応探索

画像面 S_L, S_C, S_R 上の走査線 l, c, r によって3次元探索空間を構成する。この探索空間中で、走査線上の任意のエッジ位置をそれぞれ l_1, c_1, r_1 とした時、 (l_1, c_1, r_1) を座標に持つ点をノードと呼ぶ。走査線上の2つのエッジにはさまれた区間を走査線間の対応の単位とすると、ノード間を連結するパスにより3本の走査線上の任意の区間同志の対応を表すことができる。

実際には、この探索空間中で、シーン中に実在する点に対応するノードの位置は任意ではなく、2次元の平面上に拘束される。

すなわち、図3に示すように、 $L-C$ および $R-C$ の2組のステレオ画像対によって得ることができる点 P の奥行きは等しくなければならない。よって、

$$z = f \cdot b_1 / (c - l) = f \cdot b_2 / (r - c) \dots (1)$$

ここで、 z は点 P の奥行き、 f はレンズの焦点距離、 b_1 はカメラ $L-C$ 間の基線長、 b_2 はカメラ $R-C$ 間の基線長である。また、 l, c, r は各画像上の主点位置を原点とした場合の点 P の各画像上の投影点の x 座標である。

基線長 b_1, b_2 を等しくとると、次のような走査線上の位置に関する一次方程式が得られる。

$$2c - l - r = 0 \dots (2)$$

これは、図4に示すような3次元探索空間中の菱形の平面の方程式である。シーン中に実在する点に対応するノードはすべてこの平面上に拘束される。探索空

間で、平面 $l = l_1, c = c_1, r = r_1$ がこの平面と交わる直線がエッジ位置を示し、これらの直線の交点がノードを示すので、これを探索平面として動的計画法による対応探索を行うことができる。各ノードは動的計画法における決定段階に相当し、そこに至るパスのうち最小コストのものを選択する。ただし、走査線間で対応する区間の順序に入れ替わりはないものと仮定する。2つのノードのみを連結するパスを原子パスと呼ぶ。

なお、基線長が等間隔でない時には、(1)式より $c - l = (b_1/b_2) \cdot (r - c)$ $b_1/b_2 = n$ とすると $(n+1) \cdot c - l - n \cdot r = 0 \dots (3)$ となるので、空間中の探索平面は平行四辺形となるが、同様の取扱いが可能である。

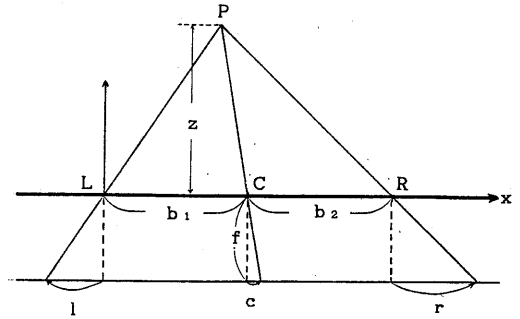


図3 視差

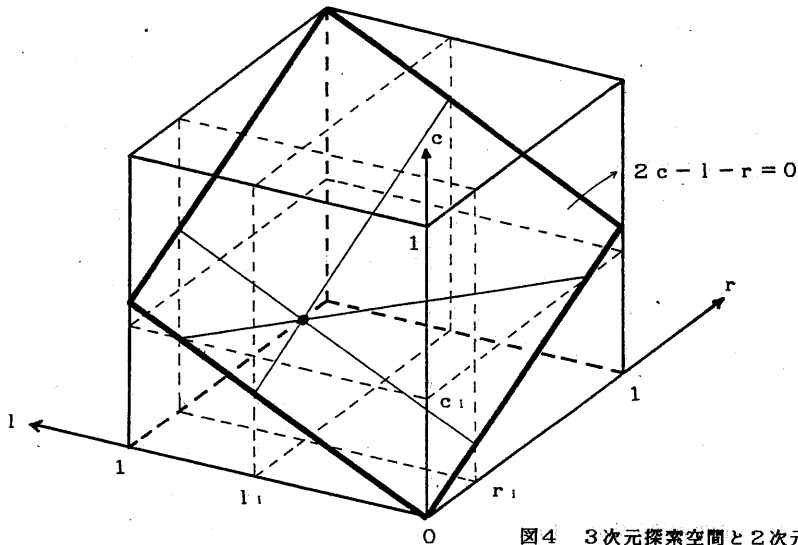


図4 3次元探索空間と2次元探索平面

実際には図4の平面を図5のように正方形に変換したものを探索平面として使用する。これはアフィン変換であり、直線性、平行性が保たれるのでノードは保存される。

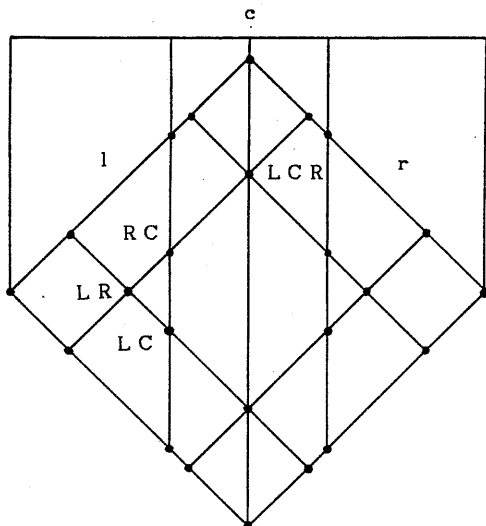


図5 使用した探索平面

探索平面上には4種類のノードが存在する。

○LCRノード

走査線 l 、 c 、 r 上のエッジの対応を示すノード。このノードにより、3つの視点から見えるエッジの対応を示す。

○LCノード

走査線 l 、 c 上のエッジの対応を示すノード。このノードにより、カメラ R からはオクルージョンが生じていて見えないエッジの対応を示す。

○RCノード

走査線 r 、 c 上のエッジの対応を示すノード。このノードにより、カメラ L からはオクルージョンが生じていて見えないエッジの対応を示す。

○LRノード

走査線 l 、 r 上のエッジの対応を示すノード。

LRノードは走査線上で対応する区間の入れ替わりを許容する時のみ生じ得るノードなので除外し、LCR、LC、RCの3種類のノードのみを決定段階とする。

3.2 2段階動的計画法

動的計画法は、 n 段の決定問題を n 個の1段問題として解く方法である。動的計画法を対応探索に適用

し、最適解を求め得るためには次の2つの条件を満たす必要がある⁴⁾。

- (1) 決定を行う各段階は順序付け可能で、ある段階での決定に必要な結果を生成する段階は、すべてそれ以前に処理が完了しているようにできること。
- (2) マルコフ性が満たされ、いかなる段階においてもシステムのふるまいはその段階で求められているコストにのみ依存し、過去の決定の履歴に無関係であること。

探索平面上にLCRノードしか存在しない時には、各走査線上のエッジに対して左から右へ順序付けを行い、それによってノードを順序付けることにより容易に上記の条件を満たすことができる。

しかし、本研究での探索平面上には、走査線 r に対応するエッジのないLCノード、走査線 l に対応するエッジのないRCノードが存在する。従って、決定段階がLCRノードである場合、たとえばRCノードとの間で原子パスを引く時には、走査線 l 上のエッジ位置に関して順序を考慮することができず、走査線上で対応するエッジの順序が入れ替わらないという条件を満たすためには、そのRCノードより前にあるLCRノードの状態を考慮しなければならない。このため、マルコフ性が満たされず、通常の動的計画法では最適解を得られないことがある。

たとえば、図6のような探索平面の一部にパスを引くことを考える。最適対応を示すパスはLCRノード N_2 、RCノード N_3 、LCRノード N_4 を通るものであるとする。まず、RCノード N_3 が決定段階であるとき、LCRノード N_1 を通り N_3 に至るパスのコストがたまたま最小であればこれを選ぶ。次に、LCRノード N_4 が決定段階の時、 N_3 を通り N_4 に至るパスを選ぶと、 N_1 と N_4 との間で走査線 l 上の順序が入れ替わることになる。従ってこれを避けるためには、 N_3 以前のLCRノード N_1 を考慮してパス N_3-N_4 の良否を決定し、 N_3 と N_4 を連結しないようにする必要があるが、これは過去の決定の履歴に関知しないという条件に反することになる。しかも、最適パスを得ることはできない。

これは、RCノードやLCノードが決定段階である場合にLCRノードを選んで原子パスを引く時、RCノードの場合は走査線 l 上、LCノードの場合は走査線 r 上の順序を考慮できないまま最小コストのパスを引くので、LCノード、RCノードの前後のLCRノード間の順序を正しく保てなくなることに起因する。もし N_3 でたまたまパス N_2-N_3 が選ばれていれば、 N_2 と N_4 の間には走査線 l に関する順序に入れ替

わりはないので問題はなく、最適パスが得られる。

以上のことから、3種類のノードを決定段階とする時には、LCRノード間の順序を正しく保つように拘束を与えながら対応探索を行わなければ最適解を得られないことがわかる。しかし、通常の動的計画法ではその実現は不可能である。そこで、2段階的計画法を用いることによって、その拘束を与えることができる対応探索アルゴリズムを開発した。

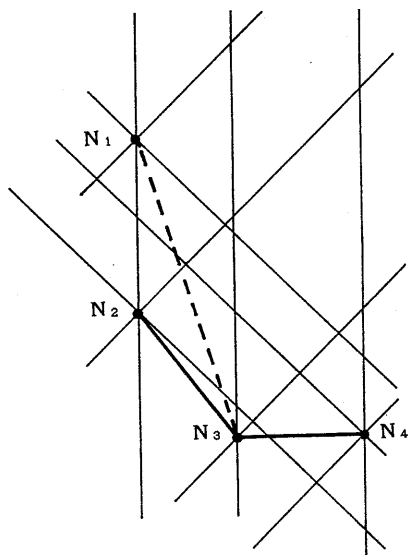


図6 通常のD.P.で最適解の得られない場合

2段階的計画法は、連続発声した音声の認識のためのパターンマッチング手法として提案されたもので、単語境界の探索と最適単語の探索を同時に行うのに用いられている⁵⁾。連続音声認識における単語境界の探索レベルに当たるのが本研究ではLCRノード間の対応探索であり、最適単語の探索レベルに当たるのがLCRノードによってはきまれた区間内の対応探索であるとみなすこともできる。

探索平面上で、順序を正しく保って選ばれたLCRノードを始端、終端とするローカルな区間を設定し、LC、RCノードを決定段階として区間内の最適対応を動的計画法によって決定する。同時に、その区間のコストをLCRノード間のコストとして、LCRノードを決定段階とするグローバルな最適対応を動的計画法によって決定する。

つまり、グローバルD.P.はLCRノード間の順序という拘束をローカルD.P.に与え、ローカル

D.P.はそれによって設定された区間で求めた最適対応のコストをグローバルD.P.に与える。この2つのD.P.による対応探索が、探索平面上で同時に進行する。

3.3 ノードの類別

画像上で画素の濃度値がなだらかに変化する場所ではエッジがずれて検出されることがあるので、探索平面上でノードは常に正しく形成されるとは限らない。たとえば図7のように、本来形成されるべきLCRノードの代わりにLCノード、RCノードが形成されることがある。このような場合を想定してノードの形成には幅を持たせ、ずれがある範囲内であればLCノード、RCノードの他にLCRノードの存在を仮定する。これらのノードの中からLCRノードが選択されるかどうかは、後段の対応探索に委ねる。従って、対応探索では、ノードの種類の決定をも含めて最適解を求めているということが出来る。ただし、ノードの類別が不正確であると、3眼視の特長の1つである誤対応の除去に関する効果は小さくなる。

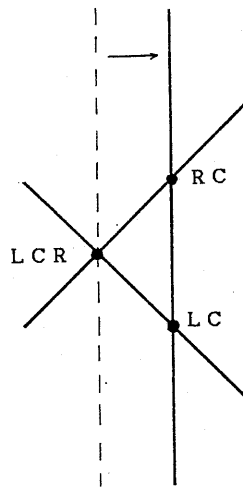


図7 エッジ位置のずれる場合

3.4 対応探索アルゴリズム

次のように記号を定義する。

l_i : 走査線 l 上で検出されたエッジ位置。 i は検出されたエッジに左から右の順で付けた指標。走査線の両端も便宜上エッジとし、左端を l_0 、右端を l_L とする。

c_j : 走査線 c 上で検出されたエッジ位置。 j は検出されたエッジに左から右の順で付けた指標。走査線の両端も便宜上エッジとし、左端を c_0 、右端を c_C とする。

r_k : 走査線 r 上で検出されたエッジ位置。 k は検出されたエッジに左から右の順で付けた指標。走査線の両端も便宜上エッジとし、左端を r_0 、右端を r_R とする。

$p = (l_i, c_j, r_k)$: エッジ l_i, c_j, r_k で形成されるノードの指標

ただし、LCノードの場合

$$p = (l_i, c_j, r(l_i, c_j))$$

RCノードの場合

$$p = (l(c_j, r_k), c_j, r_k)$$

$r(l_i, c_j), l(c_j, r_k)$ は、3章の(2)式から求められるLCノードの走査線 r 上の見かけのエッジ位置、及びRCノードの走査線 l 上の見かけのエッジ位置である。

$S = (l_0, c_0, r_0)$: バスの始端

$F = (l_L, c_C, r_R)$: バスの終端

○ローカルD. P.

$$\text{LCRノード } P = (L_{iP}, C_{jP}, R_{kP}),$$

$Q = (L_{iQ}, C_{jQ}, R_{kQ})$ を両端とするローカル区間を考える。ただし、 $L_{iP} > L_{iQ}, C_{jP} > C_{jQ}, R_{kP} > R_{kQ}$ とする。

$d(p, q)$ をローカル区間でノード q からノード p に至る原子バスのコスト、 $d_l(p, q)$ をローカル区間でノード q からノード p に至る最適バスのコストとし、 $i = (i, j, k)$ を p に至る原子バスとすると、 $d_l(p, q)$ は次の漸化式で与えられる。

$$d_l(p, q) = \min(d(p, p-i) + d_l(p-i, q))$$

(1)

$$d_l(Q, Q) = 0$$

ただし、表1に示すように、連結するノードの種類によって許容される原子バスは異なる。

ローカル区間内の最適バスは、 $d_l(P, Q)$ を求めることに相当する。ただし、 P と Q とを原子バスで連結する場合、 i は、

$$i = L_{iP} - L_{iQ}$$

$$j = C_{jP} - C_{jQ}$$

$$k = R_{kP} - R_{kQ}$$

となる。

表1 ローカルD. P.における原子バスの制限

(a) $p-i$ がLCノードである場合

$q \backslash p$	LCノード ($l_{iP}, C_{jP}, r(l_{iP}, C_{jP})$)	RCノード ($l(c_{jP}, r_{kP}), C_{jP}, r_{kP}$)	LCRノード (L_{iP}, C_{jP}, R_{kP})
LCノード ($l_{iQ}, C_{jQ}, r(l_{iQ}, C_{jQ})$)	$0 \leq i \leq l_{iP} - l_{iQ}$ $0 \leq j \leq c_{jP} - c_{jQ}$ $k < r(l_{iP}, c_{jP}) - R_{kP}$		$0 < i \leq L_{iP} - l_{iQ}$ $0 \leq j < C_{jP} - c_{jQ}$ $k < 0$
RCノード ($l(c_{jQ}, r_{kQ}), C_{jQ}, r_{kQ}$)	$0 \leq i \leq l_{iP} - L_{iQ}$ $0 \leq j < c_{jP} - c_{jQ}$ $k < r(l_{iP}, c_{jP}) - R_{kP}$		$0 < i \leq L_{iP} - L_{iQ}$ $0 \leq j < C_{jP} - C_{jQ}$ $k < 0$
LCRノード (L_{iQ}, C_{jQ}, R_{kQ})	$0 \leq i < l_{iP} - L_{iQ}$ $0 \leq j < c_{jP} - C_{jQ}$ $k < r(l_{iP}, c_{jP}) - R_{kQ}$		$0 < i < L_{iP} - L_{iQ}$ $0 \leq j < C_{jP} - C_{jQ}$ $k < 0$

(b) $p-i$ が RC ノードである場合

p	LC ノード (l_{ip}, c_{jp}, r_{kp})	RC ノード $(l_{c_{jp}, r_{kp}}, c_{jp}, r_{kp})$	LCR ノード (l_{ip}, c_{jp}, r_{kp})
q	(l_{iq}, c_{jq}, r_{kq})	$(l_{c_{jp}, r_{kp}}, c_{jp}, r_{kp})$	(l_{ip}, c_{jp}, r_{kp})
LC ノード (l_{iq}, c_{jq}, r_{kq})	(l_{ip}, c_{jp}, r_{kp})	$(l_{c_{jp}, r_{kp}}, c_{jp}, r_{kp})$	(l_{ip}, c_{jp}, r_{kp})
RC ノード $(l_{c_{jp}, r_{kp}}, c_{jq}, r_{kq})$	$l_{ip} - l_{iq} < i$ $0 < j \leq c_{jp} - c_{jq}$ $r(l_{ip}, c_{jp}) - R_{kp} < k$ $< r(l_{iq}, c_{jq}) - R_{kq}$	$l(c_{jp}, r_{kp}) - l_{iq} < i$ $0 \leq j \leq c_{jp} - c_{jq}$ $0 \leq k < r_{kp} - r_{kq}$	$L_{ip} - L_{iq} < i$ $0 < j \leq C_{jp} - C_{jq}$ $0 \leq k < R_{kp} - R_{kq}$
LCR ノード (l_{iq}, c_{jq}, r_{kq})	$l_{ip} - l_{iq} < i$ $0 < j \leq c_{jp} - c_{jq}$ $r(l_{ip}, c_{jp}) - R_{kp} < k$ $< r(l_{ip}, c_{jp}) - R_{kq}$	$l(c_{jp}, r_{kp}) - l_{iq} < i$ $0 \leq j \leq c_{jp} - c_{jq}$ $0 \leq k < r_{kp} - R_{kq}$	$L_{ip} - L_{iq} < i$ $0 < j \leq C_{jp} - C_{jq}$ $0 < k < R_{kp} - R_{kq}$

○ グローバル D. P.

$D(p, q)$ をグローバル D. P. で LCR ノード q から LCR ノード p に至る原子パスのコストとする。

ただし、 $D(p, q) = \text{mdl}(p, q)$

$DG(p, q)$ をグローバル D. P. で LCR ノード q から LCR ノード p に至る最適パスのコストとし、

$i = (i, j, k)$ を p に至る原子パスとすると、

$DG(p, q)$ は次の漸化式で与えられる。

$$DG(p, q) = \min(D(p, p-i) + DG(p-i, q)) \quad (1)$$

$$DG(S, S) = 0$$

ただし、

$$p = (l_{ip}, c_{jp}, r_{kp}),$$

$$q = (l_{iq}, c_{jq}, r_{kq}),$$

$$i = (i, j, k)$$

$$0 < i \leq l_{ip} - l_{iq},$$

$$0 < j \leq c_{jp} - c_{jq},$$

$$0 < k \leq r_{kp} - r_{kq}$$

したがって、探索平面上の対応探索は、 $DG(F, S)$ を与えるパスを求めることに相当する。

4. 実験結果

以上に述べた 3 眼ステレオ視の効果を確かめるため実験を行い、2 眼視の対応探索で得られた結果と比較した。

図 8 に示すような配置の 3 台のカメラ L、C、R により 3 方向から撮影を行った。撮影した物体は図 9 のようなくさび形の積木とルービックキューブである。くさび形の積木をカメラ L、R から見た場合オクルージョンが生じる部分があり、2 眼視では対応を決定できない。またルービックキューブには類似した特徴を持つ点が多く存在するので誤対応を生じる可能性がある。

データ撮影に使用したのは 3 台の 2/3 インチ CCD カメラで、カメラ L-C、R-C 間の基線長が 200mm となるように配置した。

一般に、基線長を大きくとると、3 台のカメラの光軸が平行なまま被写体を視野に入れて撮影するのは困難なので、Y 軸を中心にカメラ L を +15°、カメラ R を -15° 回転させて撮影した。そして、最小二乗法を用いた逐次近似解法により、座標が既知である多数の観測点からカメラパラメータを求め⁶⁾、エビボラ線と走査線とが一致するように画像を再量子化して正規化を行い、図 10 のようなステレオ画像を得た。

求めたパラメータは、

内部パラメータ

行方向の標本化間隔を単位長さとして仮定した場合の

焦点距離 (1 自由度)

行方向、列方向の標本化間隔の比 (1 自由度)

光軸と画像の交点の座標 (2 自由度)

外部パラメータ

カメラの位置(3自由度)

カメラの傾き(3自由度)

である。

また、図11は画像から抽出したエッジを示す。エッジは、走査線に沿った 1×2^n 画素($n=1, 2, 3, 4$)の大きさの一次微分オペレータによる微分値が極大、極小値をとる位置として求めた。ただし、1つのエッジが幅の異なるオペレータにより若干異なった位置に重複して検出されるのを防ぐため、幅の小さいオペレータの出力を優先するようにしている。これらのデータを使用して、カメラL、C、Rの3眼とカメラL、Rの2眼のステレオ画像についてそれぞれ対応探索を行った。

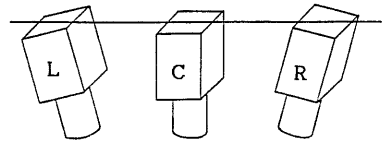


図8 カメラ配置

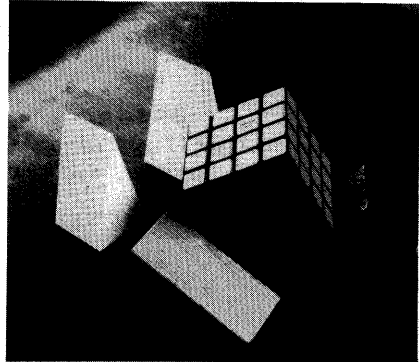
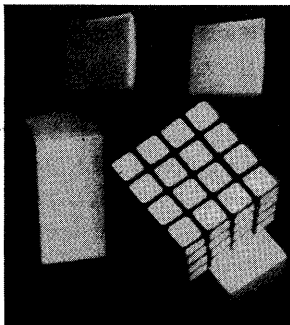
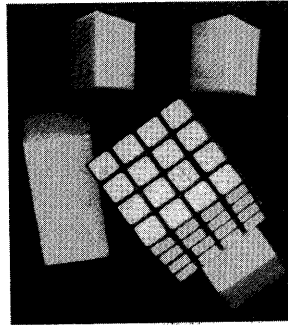


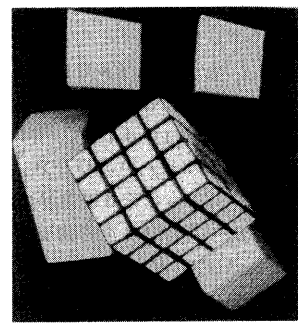
図9 撮影した物体



(a) L

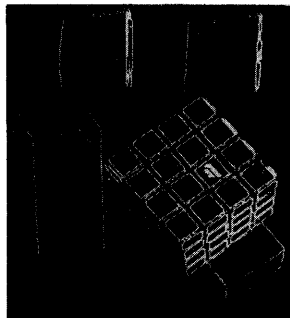


(b) C

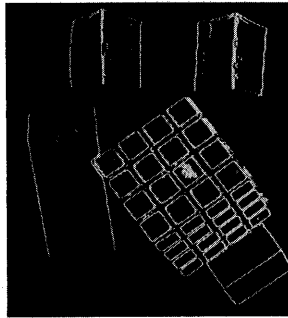


(c) R

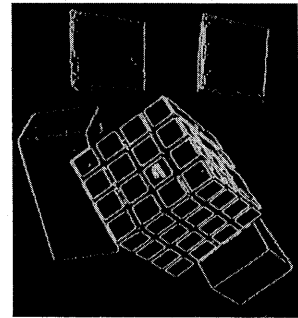
図10 ステレオ画像



(a) L



(b) C



(c) R

図11 エッジ

対応探索結果から、81本目の走査線について取りだすとそれぞれ図12のようになる。この走査線はくさび形の積木の一部を形成する部分であり、カメラL、Rのみによる2眼ステレオではオクルージョンのため、誤対応を与えるパスが引かれているのに対し、カメラL、C、Rを用いた3眼ステレオでは対応が得られているのがわかる。パスAがL、R2眼ステレオにおけるオクルージョン部分の対応を与える。

3眼ステレオ視の対応探索結果から、図13のような視差画像を得た。これはカメラCで得られた画像の各エッジ位置における視差を明暗で表示したもので、明るい画素ほどカメラに近いことを意味する。

2眼、3眼のそれぞれの対応探索によって得られたカメラLに関する視差画像の差を図14に示す。くさび形の積木を見ると、L、R2眼視ではオクルージョンが生じているため対応を得られなかったり誤対応を起こしている部分で3眼視では対応が得られているので、それが差となって現われている。また、ルービック・キューブを見ると、2眼視では類似した特徴を持つ点の多く存在する部分で誤対応を起こしており、それが3眼視による結果との差となっている。以上のことから本研究の手法の有効性を確かめることができた。

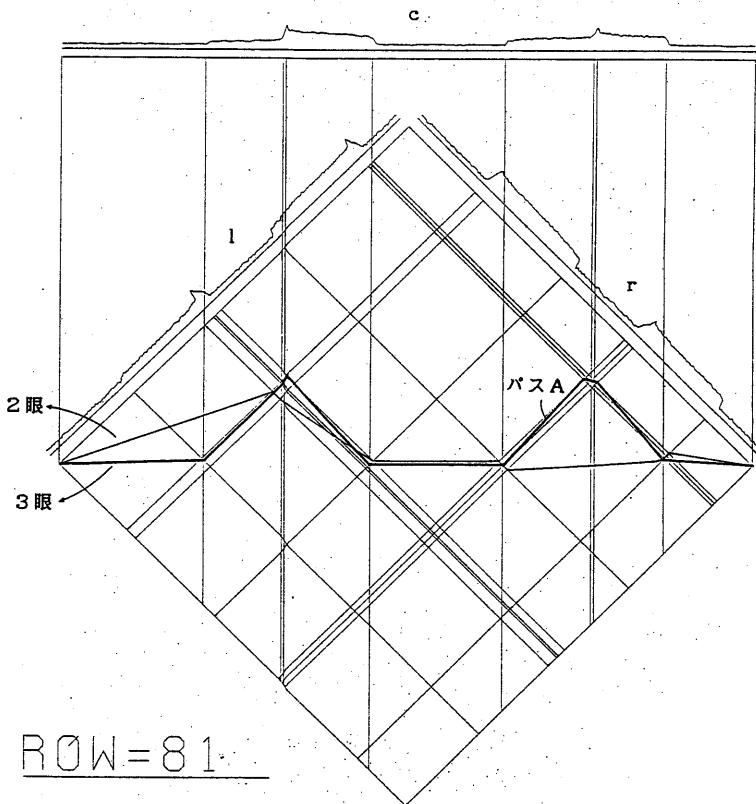


図12 81本目の走査線の対応探索結果

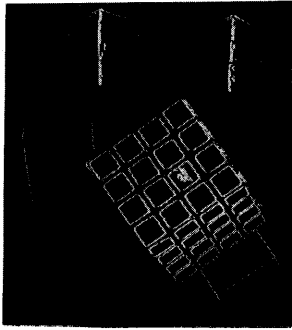


図13 3眼ステレオ視による視差表示画像

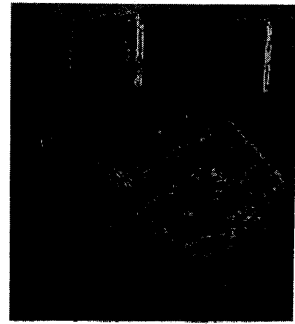


図14 2眼、3眼による視差の差の表示

5. むすび

ステレオ視で精度のよい距離情報を得るため基線長を大きくとると、オクルージョンが生じやすくなり対応を求められないという問題がある。本論文では、この問題を解決するため、一直線上に、基線長を大きくとって置いた2台のカメラと、その中間に置いたもう1台のカメラから得られる3枚のステレオ画像を同時に考慮して最適対応を求めることを試み、2段の動的計画法を用いた3枚の画像間の対応探索アルゴリズムを開発した。実験により、本論文の手法による対応探索結果を2眼ステレオ視による対応探索結果と比較し、その有効性を示した。

5) 迫江：連続発声した単語音声を効率的に認識する2段D.P.マッチング，日経エレクトロニクス，No.329 (1983)

6) 日本写真測量学会編：写真による3次元測定，p.180, 共立出版社，東京 (1983)

参考文献

- 1) Nevatia, R: Depth Measurement by Motion Stereo, Comp. Graph. and Image Proc., 6, pp. 619-630 (1976)
- 2) 徐, 浅田, 辻: 階層的制御による移動ステレオ, 信学論J, Vol.69-D, No.11 pp.1765-1773 (1986)
- 3) 大田, 正井, 池田: 動的計画法によるステレオ画像の区間対応法, 信学論D, Vol.68-D, No4 pp.554-561 (1985)
- 4) 大田, 金出: 走査線間の整合性を考慮した2段の動的計画法によるステレオ対応探索, 情報処理, Vol.26, No.11, pp.1356-1363