5D-4

相関を用いたステレオ視による高精度レンジデータ生成法

海老原 一郎　　　油田 信一
電子技術総合研究所　　　筑波大学

1、はじめに

ステレオ視を用いた距離センサーは機械的な動作を行なわずに測距できるが、左右の画像上で対応点を求めなければならない。対応点探索に左右の画像の線画どうしで対応を求める方法が従来から広く行われてきた。この方法は左右のカメラの位置の差による画像の明暗の不一致や雑音に対して有効であるが、線として残らない面上の点の対応を得ることはできない。また、線画という2値画像をもとに対応点を捜すため、対応を1ピクセル以下（サブピクセル）の精度で求めることが難しく処理が複雑であるといった特徴を持っている。

筆者らは自立型移動ロボット用に、遠距離の風景に対して視野内の全ての点の測距が可能な精度の高いセンサーを必要としている。

本稿では左右両画像をそのまま用いて相関関数により対応点をサブピクセル単位で求める方法を提案し、それを室内環境に用いた結果を報告する。

2、相関による対応点探索

右画像の上で矩形の小領域q_Rを固定し、q_Rと同じ形のq_Lを位置を1ピクセル毎に次々と変えて左画像上を動かす。左画像のq_Rと同じ走査線上でq_Lを動かす毎にq_R、q_L両小領域内の濃淡パターン同志の相関係数

$$C(s)=\frac{\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=1}^{M-1}(I_L(y+i,x+j)-\mu_L)(I_R(y+i,x+s+j)-\mu_R)}{\sigma_L\sigma_R}$$
$$=\frac{\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{M-1}(q_L(i,j)-\mu_L)(q_R(i,j)-\mu_R)}{\sigma_L\sigma_R} \qquad (1)$$

（I_L, I_Rは画像データ［$0<I_L, I_R<255$］：μ_L, μ_Rはq_L，q_Rの平均値：$\sigma_L{}^2, \sigma_R{}^2$は$q_L, q_R$の分散）

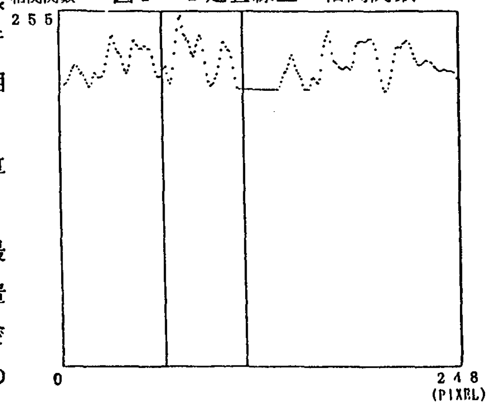
を計算する。この中から相関係数を最大にするq_Lが、q_Rにマッチングする領域であると判断することにした。実際の実験では処理時間を減らすために

$$R(X)=255-\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{M-1}\left|(I_L(y+i,x_1+x+j)-I_R(y+1,x_1+j)\right|/(N\cdot M) \qquad (2)$$

の最大値で代用した。以下上式のRを相関係数に対応させて相関関数と呼ぶことにする。

3、サブピクセル単位のマッチング

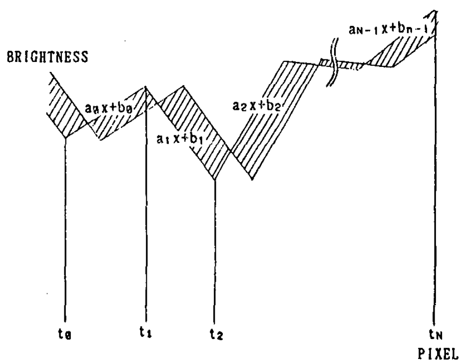
図1　1走査線上の相関関数



同一走査線上で探索を行ったときの相関関数は図1のように計算される。図1から相関が最大になる位置を拾ったのでは、対応点の位置の差（ずれ量）はピクセル単位でしか求められない。三角測量の原理より、距離の精度を上げるには基線長を大きくするかずれ量の精度を上げる必要がある。しかし、移動ロボットに登載するためには基線長を大きくできない。そこで、小さな基線長で良い精度を得るため1ピクセルごとに得られた相関関数を補間して最大点を求めることにした。まず、補間に使う式を決めるために画像の明暗パターンが連続な区分的一次関数であるというモデルを仮定し、最大値付近で相関関数がどのようになるかを考えた。連続な区分的1次関数であるという仮定は細かく変化する景色の画像でない限り成り立つ。

1走査線上の明暗情報に注目し、その中の幅Tピクセルの区間について考える。区間Tの中にはN個の違った一次関数の小区間が存在するとし、一次関数の変わり目をt_i、各区間の一次関数をa_iX+b_iとする。画像は充分遠くのものを写して視差が無いと仮定して

図2　画像の1走査線上の明暗の様子



A METHOD TO OBTAIN ACCURATE RANGE DATA BY APPLYING CORRELATION TO THE MATCHNING ON STEREO_IMAGES

Ichirou EBIHARA[1], Shinichi YUTA[2]
1:ELECTROTECHNICAL LABORATORY, 2:TSUKUBA UNIVERSITY

いるので左画像上の区間の明暗のパターンは右画像の幅Tのパターンを全体にτだけ平行移動させたものである。左右各画像上の区間Tを各々の画像上での位置を変えずに重ね合わせると図2の様になる。したがって、相関関数R（τ）は0≦τのとき

$$R(\tau)=255-\sum_{i=0}^{N-1}\Big[\int_{t_i}^{t_i+\tau}\big|(a_i x+b_i)-\{a_{i-1}(x-\tau)+b_{i-1}\}\big|dx$$

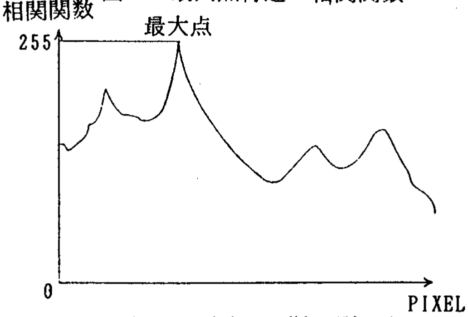
$$+\int_{t_i+\tau}^{t_{i+1}}\big|(a_i x+b_i)-\{a_i(x-\tau)+b_i\}\big|dx\Big]/T$$

$$=\sum_{i=0}^{N-1}(1/2|a_i-a_{i-1}|-|a_i|)\}\tau^2$$

$$+\{\sum_{i=0}^{N-1}|a_i|(t_{i+1}-t_i)\}\tau \qquad (3)$$

となる。従って区分的1次関数$a_i X+b_i$が連続であるという条件下では相関関数は最大値付近でτについて高々二次の多項式になる。長方形の小領域についても小区間Tを縦方向に累計すれば結果は同じである。同様にしてτが負のときも結果は同じであり、R（τ）は図3の様な形になる。

図3　最大点付近の相関関数



以上の結果からピクセル毎の相関関数の最大点付近の値を左右両側から各々別の二次曲線で近似し、その交点を求めることによりサブピクセル単位のずれ量を知ることができる。

4、室内環境における実験

上記の対応点のサブピクセル単位の計測法の有効性を示すため、室内環境についてレンジデータを生成する実験を行った。実験系は図4を用いて、図5の環境を見た。この実験で使われた画像は256×256ピクセル8ビット256階調であり左右両画像上で相関を求めるために設定した小領域は8×8ピクセルの正方形である。カメラは1台をスライドさせて使った。このときの基線長は5cmである。上から115番目の走査線について距離を求めた。結果はピクセル単位での対応を用いたものが図6、サブピクセル単位での対応を用いたものが図7である。図6に比べて図7の方が改良されていることが分かる。本手法によりサブピクセル単位で画像上の小領域のずれ量を精度よく求めることができ、それによって小さな基線長のステレオ視によっても精度の良い距離データが計算できた。

図4　実験系

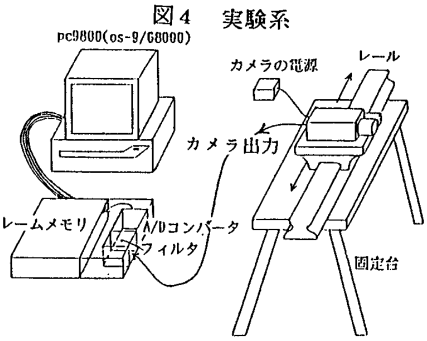


図5　実験系を真上から見た図

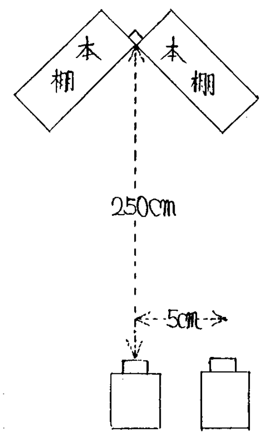


図6　ピクセル単位の測距結果

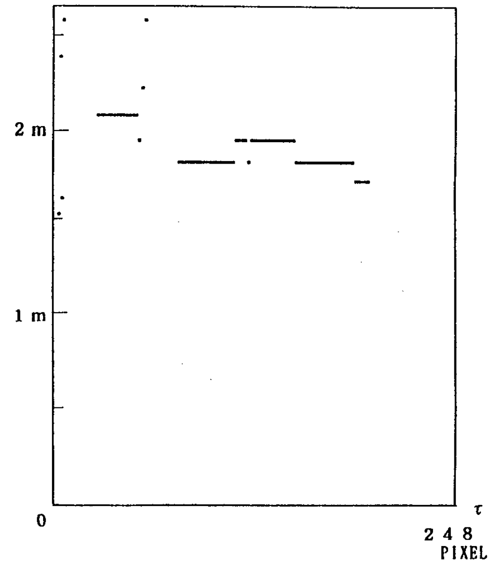


図7　サブピクセル単位の測距結果