

# 高精細長尺実写画像を用いた建造物側面の形状復元手法の検討

I-96 Building Acquisition Method from High Resolution Images by Line Sensor Cameras

橋本 香織† 石川 裕治† 若林 佳織† 有川 知彦†  
Kaori Hashimoto Yuji Ishikawa Kaoru Wakabayashi Tomohiko Arikawa

## 1. はじめに

筆者らは 3 次元都市空間の構築を目的として、車載した 2 台のラインセンサカメラによる高解像度画像を用いて建造物側面の大局的な形状を復元する手法を提案している<sup>1</sup>。屋外画像を取得した結果、車両の上下振動による画像ぶれがステレオマッチングにおける大きな問題であることがわかった。そこで、取得した画像に前処理としてガウシアンフィルタ<sup>2</sup>を施した後、矩形領域ごとの相関値を求めて投票する面抽出手法を考案し、屋外画像に適用し画像ぶれへの耐久性を調べた。本稿では、ガウシアンフィルタの各パラメータ $\sigma$ に対する面抽出結果を用いて、本手法はガウシアンフィルタをかけて低周波成分に注目しているために画像ぶれに強いことを示す。

## 2. 従来手法<sup>1</sup>

2 台のラインセンサカメラを用いて横軸が平行投影な 2 枚の長尺画像を取得し、ステレオ視により奥行情報を取得する。2 台のラインセンサカメラは図 1 に示すように撮影方向が左右対称になるように設置し、ライン方向を地面に垂直にする。ロータリエンコーダを用いて移動速度と関係なく一定距離進むごとに 1 ラインを撮影する。

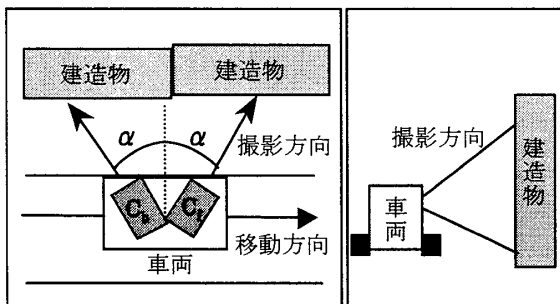


図1 ラインセンサカメラの設置方法

地面に垂直な面を対象とし、奥行情報を以下の手順により取得する。

- ステップ 1 : 2 枚の長尺画像にガウシアンフィルタをかける。(図 2(a)(b))
- ステップ 2 : 片方の長尺画像上からテンプレートとして矩形領域(図 2(a)上の①)を切り出し、もう一方の長尺画像におけるエピポーラ線上( $y = y_1$ )を 1 画素ずつ移動させながら相関値を計算する。図 2 上の矩形領域①と矩形領

域②の相関値を、横軸が長尺画像の横軸、縦軸が視差軸にあたる画像上の $(x_1, d)$ に示す。この画像を各  $y$  ごとに作成する。

ステップ 3 : 上記の画像を長尺画像の縦軸方向( $y$ 軸方向)に加算する。加算した値を濃淡値に変換して画像(図 3)とする。この画像を投影図と呼ぶ。

ステップ 4 : 投影図に対し Hough 変換<sup>3</sup>を行う。Hough 変換により検出した線が、建造物側面を上から見たときの線に相当する。

ステップ 5 : 検出した線の式から視差を求め、建造物側面までの奥行情報を取得する。

実際の屋外画像の対応付けでは、画像ぶれが大きな問題となる。これは、道路には工事跡などによる凸凹が存在し、さらにカメラが上下方向に $1^\circ$ 傾くだけで 10m 離れたところで約 15cm 振動するからである。このようにわずかな車両の振動で画像ぶれが生じるが、エピポーラ線上に同一物体が写っていないければ対応付けの処理は複雑になる。

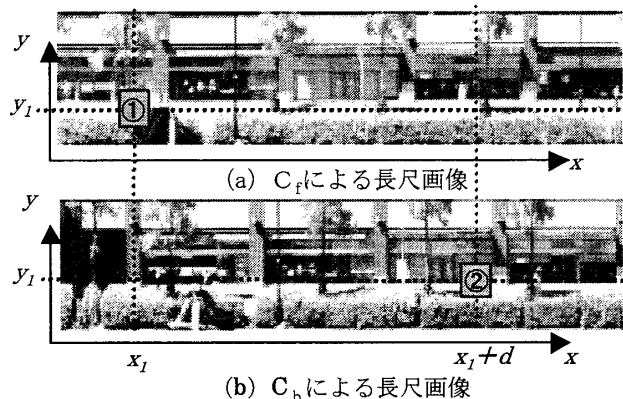
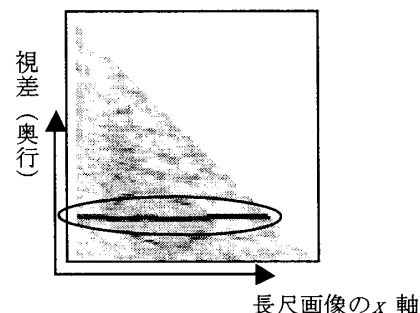


図2 ガウシアンフィルタをかけた長尺画像例



楕円で囲まれた黒線は図2に写っている植え込みの面を示す。

図3 図2(a), (b) の相関値を長尺画像の縦軸方向に加算した投影図

† 日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所  
NTT Cyber Space Laboratories NTT Corporation

### 3. 画像ぶれに対する本手法の効果

屋外長尺画像を取得し、走行中の車の振動による画像ぶれをまず調べた。取得した長尺画像の一部を図4に示す。

3次元都市空間を構築しウォークスルー等に用いる際、利用者が実空間と同じような感覚で街の情報を得られることが重要と考え、10m離れても10cm四方の文字の認識ができるようにラインセンサカメラの1ラインは2048画素、撮影間隔は3.3mmとした。設置角度(図1(a)の $\alpha$ )は、理論的には $45^\circ$ の時に最も誤差が小さくなるが、角度 $\alpha$ が小さいほどマッチング精度が高くなるため、ここでは $10^\circ$ とした。 $10^\circ$ のとき奥行10mに対し理論誤差は4cmであるが、目標は20cmと設定しているため十分と考えた。撮影時のラインセンサカメラの設置高さは、路肩に車両が駐車していても建造物の側面がなるべく写るように約1.7mとした。今回の撮影では走行距離約3kmの屋外画像を取得した。奥行約10mの建物に対し最高で $\pm 18$ 画素程度の画像ぶれがあった。これは約12cmのぶれに相当する。

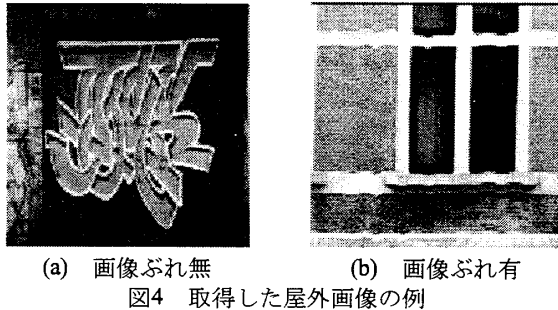


図4 取得した屋外画像の例

取得した長尺画像に対しガウシアンフィルタのパラメータ $\sigma$ を変えながら本手法を適用し、低周波成分のみを用いたときと高周波成分のみを用いたときの投票の結果を調べた。一番大きな画像ぶれの生じている画像を2枚、ぶれの生じていない画像を1枚用意し、 $\sigma$ を1, 5, 10, 20と変化させた。 $\sigma$ が大きいくほど低周波成分をみていることに相当する。建造物側面が直線として表わされる投影図に対してHough変換を行った。原点からの距離 $\rho$ と垂角 $\theta$ を軸とするパラメータ空間を図5と図6に示す。投票数が多いほど黒く表現される。円で囲まれている点が建造物側面を表すパラメータである。図5は図4(a)に対する結果であり、画像ぶれが無い場合は $\sigma$ の値がいずれの場合も建造物側面を表すパラメータ上の投票数が一番多い。図6は図4(b)に対する $\rho-\theta$ パラメータ空間であり、 $\sigma=1$ に比べ $\sigma=10$ の方が黒く表れている。投票空間の $\theta$ の分解能は $10^\circ$ 、 $\rho$ の分解能は12cmとした。なお、画像ぶれに対する耐久性を調べるために、投票空間の大きさをぶれの生じている領域に限定している。

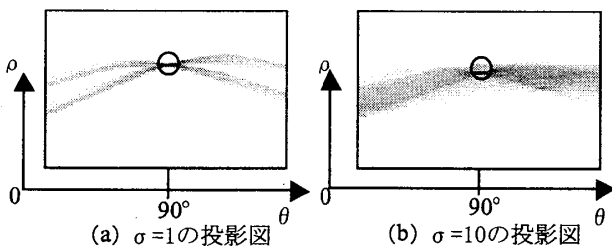


図5 画像ぶれの無い領域の投影図におけるパラメータ空間

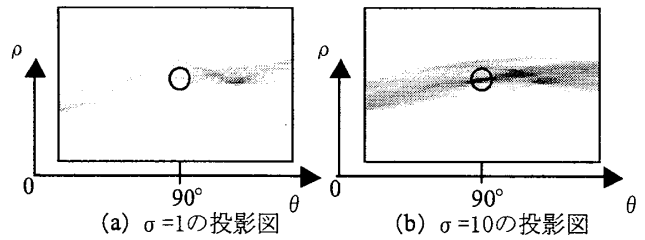


図6 画像ぶれの生じた領域の投影図におけるパラメータ空間

表1に建造物側面を表す直線の抽出結果を示す。図4のように画像中に一つの面のみ存在するように領域を区切っているため、投票数の一番多いパラメータのみ抽出した。画像ぶれが無い場合は、 $\sigma$ の大小に関係なく、すなわち周波数に関係なく、建造物側面を表すパラメータの投票数が一番多くなり抽出できた。これに対し、画像ぶれがある場合は、 $\sigma=5\sim 10$ 程度の低周波成分を用いたときのみ投票数が一番多くなり抽出できた。ただし、例1(図4(b))の $\sigma=20$ のように $\sigma$ が大きいくときはテクスチャの特徴がなくなってしまうために投票順位が落ち、これにより抽出できなくなってしまった。

表1 建造物側面を表す直線の抽出結果

$\sigma$	画像ぶれ無 (図4(a))	ぶれ有 例1 (図4(b))	ぶれ有 例2
1	○	×	×
5	○	○	○
10	○	○	○
20	○	×	○

### 4. まとめ

本手法はガウシアンフィルタをかけ低周波成分に注目しているため、通常走行する際に起こる画像ぶれに対応できることを確認した。本手法では奥行10mに対し解像度が横幅3.3mmと高いため、 $\sigma=10$ のガウシアンフィルタをかけた画像を用いた計測でも精度は十分である。しかし、用いる周波数を低くしすぎるとテクスチャの特徴がなくなるため、テクスチャの特性やぶれの大きさから用いる周波数領域を選ぶ必要があることが判明した。

今回は画像ぶれの生じている領域に絞って投票を行ったが、今後は復元する建造物の大きさ等から投票空間の大きさを検討していく予定である。これにより投票空間に必要な特徴点の割合やオクルージョンに対する耐久性を求めることができると考えている。

### 参考文献

- [1]橋本香織, 佐久間聡, 新井啓之, 高橋裕子, “高精細長尺実写画像を用いた3次元仮想空間構築システムの提案”, 映像学技法 Vol.26, No.23, pp.13~18, 2002.
- [2]画像処理標準テキストブック, 財団法人画像情報教育振興協会発行 pp.162, 1997.
- [3]松山隆司他; コンピュータビジョン, 新技術コミュニケーションズ, pp.149, 1999.