

画像復元のための周期的な遮へい物体の抽出

鈴木 博<sup>†a)</sup> 玉木 徹<sup>†</sup>(正員)

山本 正信<sup>††</sup>(正員)

Extraction of Parallel Obstacles for Image Restoration  
Hiroshi SUZUKI<sup>†a)</sup>, Nonmember, Toru TAMAKI<sup>†</sup>, and  
Masanobu YAMAMOTO<sup>††</sup>, Members

<sup>†</sup> 新潟大学大学院自然科学研究科, 新潟市

Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata-shi, 950-2181 Japan

<sup>††</sup> 新潟大学工学部情報工学科, 新潟市

Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, Niigata University, Niigata-shi, 950-2181 Japan

a) E-mail: hsuzuki@vision.ie.niigata-u.ac.jp

あらまし 本論文では, 静止画像中からフェンス領域の位置を決定する手法を提案する. 本論文では, 正面を向いたフェンス, 斜めに傾いたフェンスで異なる二つの手法を用いる. 実画像に対して提案手法を適用し, フェンスの位置が正確にとらえられているかどうかを視覚的に評価した.

キーワード 射影幾何, 画像復元, ハフ変換, LMeds推定, 自己相関

1. まえがき

写真を撮影するとき, 撮影対象の手前に他の物体が存在するために, 思うような撮影ができない場合がある. 例えば, 動物園, 野球場・テニスコート, 競技場, ビルの屋上や橋の上等には, 危険防止のためにフェンス・金網・ネットといった器具が設置されている. そのため, 撮影対象である動物や人物, 風景が遮へいされてしまうという問題が生じる. しかし, それらの器具は移動したり取り外したりすることができないので, それらの不要な物体に遮へいされた状態で物体を撮影することになる. このような場合, 画像中から不要物体を除去し, 隠された画像を推定する技術が必要とされる. 現在, そのような修復作業は, 手作業によるデジタル処理, 合成処理により行われている. しかし, このような加工作業を行うには専門的技術と多大な労力, 時間を必要とする. そのため, そのような画像復元の自動化の実現が望まれる.

本研究の目的は, 上記のような場所で撮影されたフェンス・金網等の静止画像を対象として, 周期的な遮へい物体領域を抽出し除去することである. 本報告では, カメラに対して正面を向いたフェンスと斜めに傾いたフェンスの位置を推定する手法を提案する. 本手法では, フェンスが正面を向いているか傾いている

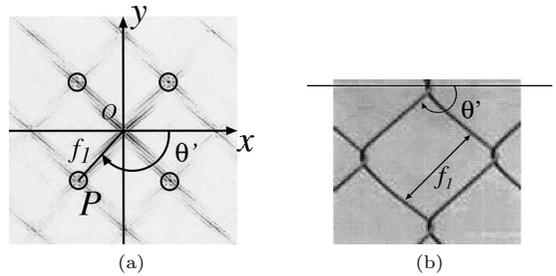


図1 フェンスの周期と傾斜角 (a) 自己相関のピーク点  $P$  と原点  $O$  (b) 画像中でのフェンスの周期  $f_1$  と傾斜角  $\theta'$

Fig.1 Cycle and angle of lines of a fence.

かの情報を, ユーザが与えており, それぞれの場合について 2. と 3. で述べる.

2. 正面を向いたフェンス領域の位置推定

2.1 フェンスの周期と傾斜角の取得

正面を向いたフェンスの形状は, 近似的に周期的で平行な直線群から構成されているとみなすことができる(図 7(a)). まず, 画像中のフェンスの周期  $f_1$  と傾斜角  $\theta'$  を求める(図 1(b)). フェンスは周期的であるので, フェンスの写っている画像は強い自己相関性をもつ. そこで, 画像の 2 次元自己相関を用いる.

図 1(a) は, 図 7(a) の自己相関の拡大図であり, その位置での相関の大きさを濃淡で表している. 自己相関の最も強い点  $P$  から原点  $O$  までの距離  $\overline{PO}$  をフェンスの格子の周期  $f_1$ ,  $\overline{PO}$  と  $x$  軸のなす角度をフェンスの傾斜角  $\theta'$  とすることができる. 点  $P$  は, 2 値化により相関の強い部分のみを検出した後, ユーザが手動で決定する. 相関の大きい原点付近を除外しピーク点を探索すると右上がりと左上がりのフェンス格子に対応する点が四つ見つかる. しかし, フェンスは対称なので, 必要なピーク点は二つであり, それぞれに対して傾斜角を求める.

2.2 ハフ変換による直線の検出

次に, フェンス画像のエッジ画像に対してハフ変換を施し, フェンス領域を直線で近似する. ここでは, ハフ変換の角度パラメータ  $\theta$  の探索領域を  $\theta' \pm 3^\circ$  に制限することによって, ハフ変換の計算量を 30 分の 1 まで削減することができる. また, 処理範囲を限定することによって, 計算量の削減だけでなく周期的な直線をより正確に検出することができる. フェンスのほかにも直線が画像中に存在したとすると, 画像全体でハフ変換を行ってしまうと, 周期的でない直線までも抽出される可能性がある. しかし, 処理範囲を限定することで

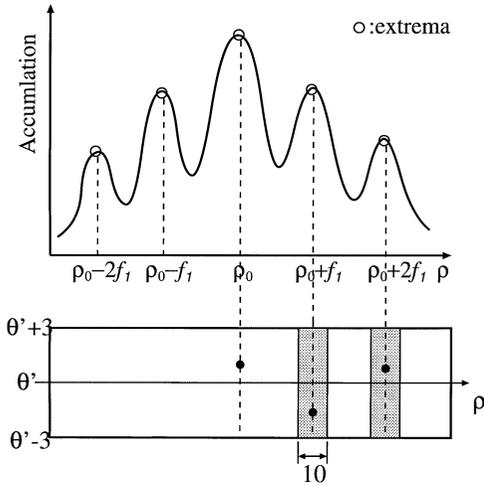


図 2  $\theta = \theta'$  のときの  $\theta$ - $\rho$  累積値 (上) と、極大点の探索範囲 (下)

Fig. 2 (Top)  $\theta$ - $\rho$  Accumulation and (Bottom) search area.

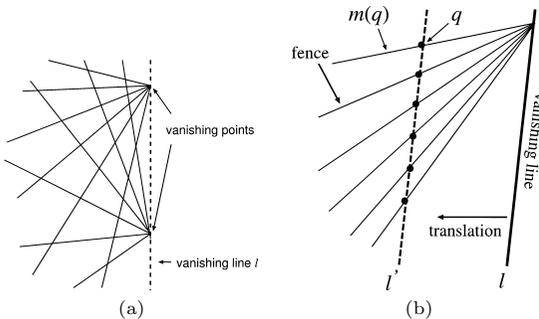


図 3 透視投影画像の性質 (a) 消失点と消失線の関係 (b) 平行移動後の消失線とフェンスの関係

Fig. 3 The characteristics of projected parallel lines.

フェンスを構成する直線のみを検出することができる。

フェンスが直線的であるので、 $\theta$ - $\rho$  累積値は大きな値をもつがノイズも含まれている。そこで、まず、 $\theta = \theta'$  を固定し、 $\theta$ - $\rho$  累積値の最大値をとる点を求める。そして、 $\theta' \pm 3$  の範囲で累積値が最大となる点  $\rho_0$  を検出する (図 2(上))。次に、その点を基点として、周期  $f_1$  分だけ  $\rho$  方向に平行移動した位置にある局所領域 ( $\theta' \pm 3, \rho \pm 5$ ) の範囲内で、累積値が最大となる点を検出する。更に、基点から  $2f_1$  だけ移動した局所領域内で累積値が最大となる点を検出する。これを  $nf_1 (n = \pm 1, \pm 2, \dots)$  について繰り返す。これを右上がり と 左下がり 方向の直線についてそれぞれ行う。そして最後に、検出された  $\theta, \rho$  の値を画像中の直線に変換する (図 7(b))。

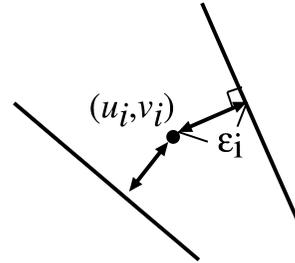


図 4 直線と消失点の距離  $\epsilon_i$

Fig. 4 Distance  $\epsilon_i$  between lines and the vanishing point.

### 3. 傾いたフェンス領域の位置推定

傾いたフェンス領域 (図 7(d)) を抽出するためには、透視投影画像の性質を利用する。3次元空間内の平行線は透視投影画像上で消失点に収束する (図 3(a))。平行線が同一平面上に多数存在するとき、それらの消失点は透視投影画像ではすべて一つの消失線  $l$  に乗っている。この消失線を平行移動した直線  $l'$  と、空間中で等間隔の平行線群は、図 3(b) のように透視投影画像上で等間隔で交わるという性質がある [2]。フェンスは空間中で平行な直線群であるので、透視投影画像上で上記の性質をもつと考えられる。

#### 3.1 LMedS 推定による消失点の導出

実画像から消失点を推定する場合、フェンスを直線で近似するための誤差やノイズによる直線の誤検出などに大きく影響される。そこで本研究では、消失点  $(u, v)$  の導出に LMedS 推定 [3] を用いる。まず、2.2 と同様に、フェンス画像のエッジに対してハフ変換を行う。ここで、直線が存在範囲の角度をユーザが与え、その範囲内に存在する  $\theta$ - $\rho$  累積値の上位  $n$  本の直線を選択する (ここでは  $n = 100$  とする)。次に、その中から 2 本の直線をランダムに選ぶ。そしてその 2 直線の交点  $(u_i, v_i)$  を求め、交点と残りの  $n - 2$  本の直線との距離  $\epsilon_i$  を求める (図 4)。次に、その距離をソートし、中央値をとる。この処理を  $q$  回繰り返す (ここでは  $q = 200$  とする)。そして最後に、中央値が最小になるとき、つまり

$$\min_{1 \leq i \leq n-2} \text{med } \epsilon_i \quad (1)$$

となる点  $(u_i, v_i)$  を消失点とする。これを右上がり、左上がり直線について行い、二つの消失点を得る。

#### 3.2 消失線上の $\theta$ - $\rho$ 累積値の性質

フェンスが直線的であり、かつ平行移動後の消失線  $l'$  と等間隔で交わるという性質があるので、消失点を

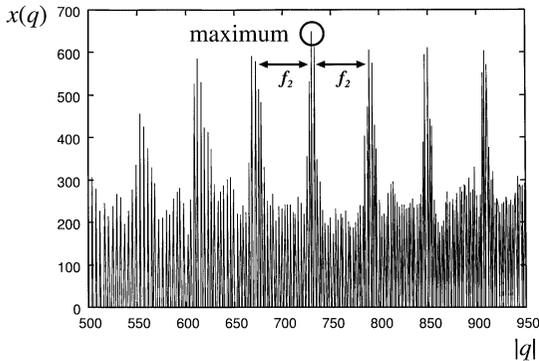


図 5  $l'$  上における直線群  $m(q)$  の累積値

Fig. 5 Accumulation of a group of lines  $m(q)$  on  $l'$ .

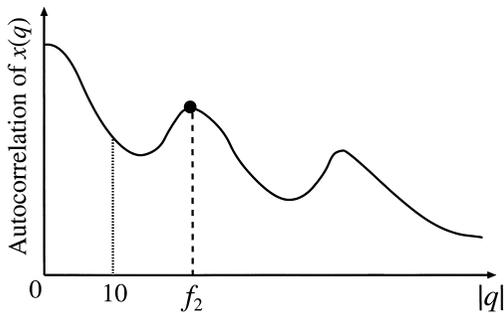


図 6  $l'$  上における累積値の自己相関

Fig. 6 Autocorrelation of a line on  $l'$ .

通り,  $l'$  上の点  $q$  を通る直線群  $m(q)$  の中にフェンス上の直線が存在することになる (図 3 (b)). ハフ変換でのこの  $m(q)$  に対応する  $\theta$ - $\rho$  累積値を  $q$  に対してプロットしたものが図 5 である. 横軸は,  $l'$  上のある基準点から  $q$  までの距離  $|q|$  で表してある. 縦軸は,  $m(q)$  に対応する累積値  $x(q)$  である.  $x(q)$  は, フェンスの幾何的な性質を反映して周期的に大きな値をとる. そこで,  $x(q)$  の自己相関を利用する.  $l'$  上における累積値の自己相関を図 6 に示す. 直線  $l'$  上で見たフェンスの周期は, 図 6 における原点から相関のピーク点までの距離  $f_2$  に相当する. ここで,  $f_2$  は 10 以上であると仮定し,  $|q| \geq 10$  で相関が最大となる点をピーク点とする.

そして, ピーク点から  $nf_2$  ( $n = \pm 1, \pm 2, \dots$ ) 付近に存在する極大点を探索し (図 5), 画像中の直線に変換する (図 7 (e)).

#### 4. 実験結果

本手法の有効性を確かめるために, フェンスが正面を向いている画像と斜めに傾いている画像各 10 枚に対して実験を行った. それらの実験結果の一部を

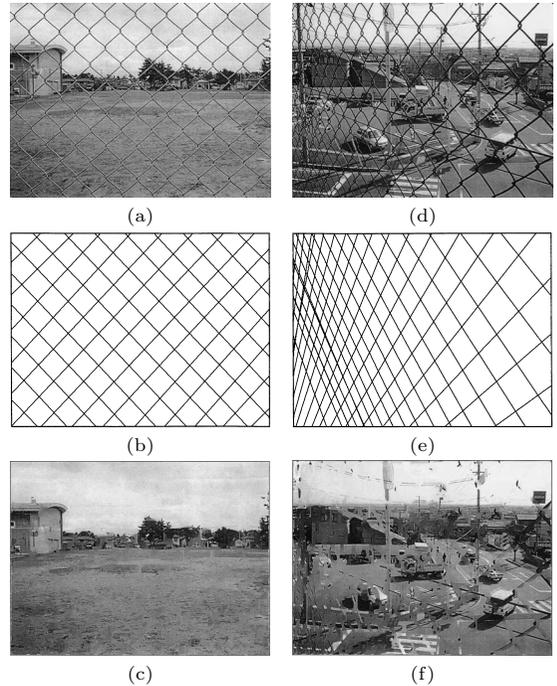


図 7 実験結果 (a) 正面フェンス原画像 (b) 傾斜フェンス原画像 (c) 正面フェンスの直線近似 (d) 傾斜フェンスの直線近似 (e) 正面フェンス除去画像 (f) 傾斜フェンス除去画像

Fig. 7 Experimental results.

図 7 (b), (e) に示す. 対象とする画像は, 被写界深度の深いカメラで撮影し, カメラに近い物体と遠い物体を同時にフォーカスしたボケのない画像とする. ただし, フェンスは直線的でかつ周期的であり, ゆがんでいないものとする. また, 相関が現れるように画像全体にフェンスが写り, かつ格子が数十個程度めいりように写っている画像を適用対象とする.

まず正面を向いたフェンス画像についてだが, 背景に複雑な物体がない単純な画像であれば, 正確にフェンス領域の位置を推定することができた. 図 8 は, 図 7 の正面フェンス原画像とその直線近似画像を重ねた拡大図である. 図 8 に示すように, フェンスの格子のずれに伴い近似した直線も多少ずれてしまうが, フェンス領域の位置を正確に推定しているといえる. 背景に木や草などのエッジが現れやすい物体が存在すると, エッジ画像が複雑になってしまい, それに伴い直線の推定精度も低くなってしまふという問題があった.

傾いたフェンス画像に関しては, 画像中で手前側にあるフェンスの位置は正確にとらえられたが, 奥に存在するフェンスは細かく密集しており, 位置を正確に

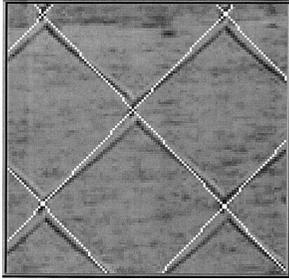


図 8 図 7 の正面フェンス原画像と直線近似画像を重ねた拡大図

Fig. 8 Superimposed fence lines on the original image.

決定することができなかった。また、消失線とフェンス上の直線が平行に近い場合には、フェンスの位置を推定することができなかった。これは、消失線とフェンス上の直線が平行であるとき、平行移動後消失線  $l'$  上におけるフェンスの周期を得られないからである。更に画像中でフェンスの直線の本数が 10 本程度と少ない場合、LMedS 推定の際のデータが少ないため、消失点を正確に推定できないという問題があった。

また、エッジ画像と膨脹させたフェンス直線領域の論理積を用いて、フェンス領域の抽出を行った。更に、抽出した領域に対して画像補間手法である inpaint [5] を行うことにより、補間しフェンス領域の除去を行った。実験結果を図 7(c),(f) に示す。正面を向いたフェンス画像(図 7(c))に関しては、違和感のある部分はあるが除去することができたといえる。一方、傾いたフェンス画像に関しては、論理積による抽出が不完全であるため、それに伴い除去後の画像(図 7(f))では違和感のあるものとなってしまった。抽出の処理時間は平均して 2 分程度、除去・補間の処理時間は画像 1 枚当りおおよそ 2, 3 時間程度であった。

その他の実験結果を図 9 に示す。

## 5. むすび

本論文では、フェンスの周期性を利用した、正面を向いたフェンス領域の位置推測手法と、平行線の消失線の性質を用いた斜めに傾いたフェンス領域の位置推定手法を提案した。本手法による実験で、正面を向いたフェンスに関しては背景が複雑でない画像であればフェンスの位置をとらえることができた。傾いたフェンス画像に関しては、画像中で奥に存在するフェンスの位置推定の精度が低く、今後改善が必要である。

本手法は、対話的にユーザが処理を行う画像の修正や修復などの応用を想定している。そのため、フェン

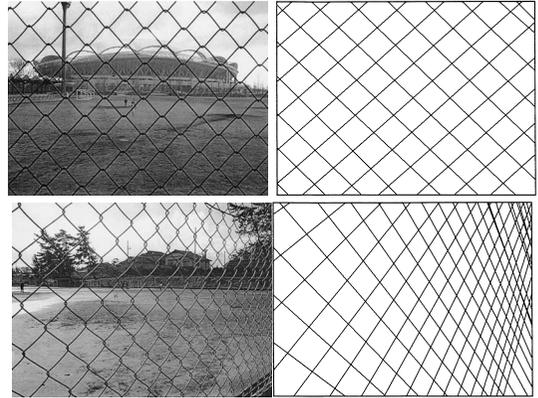


図 9 その他の実験結果  
Fig. 9 Other results.

スの傾き等の情報はユーザが与えることになっているが、それらの処理の自動化(例えば消失線の自動抽出手法 [9] 等を用いた)は今後の課題である。

本手法におけるフェンス領域の位置推定精度はエッジ検出の精度に依存する。エッジ検出手法の改善は今後の課題である。今後は、推定したフェンス領域の位置から正確なフェンスの抽出と除去、またその自動化を行う予定である。

## 文 献

- [1] W.H. Press, B.P. Flannery, S.A. Teukolsky, and W.T. Vetterling, Numerical Recipes in C, pp.438-442, 技術評論社, 1993.
- [2] 出口光一郎, 画像と空間, 昭晃堂, 1991.
- [3] 松山隆司, 久野義徳, 井宮 淳(編), コンピュータビジョン: 技術評論と将来展望, pp.195-205, 新技術コミュニケーションズ, 1998.
- [4] G. Aubert and P. Kornprobst, Mathematical Problems in Image Processing, Springer, 2002.
- [5] M. Bertalmio, "Processing of flat and non-flat image information on arbitrary manifolds using partial differential equations," SIGGRAPH 2000, pp.417-424, 2000.
- [6] 天野敏之, 佐藤幸男, "固有空間法を用いた BPLP による画像補間," 信学論 (D-II), vol.J85-D-II, no.3, pp.457-465, March 2002.
- [7] 井添慎太郎, 剣持雪子, 小谷一孔, "画像のフラクタル性に基づいたカーネル主成分分析による遮へい領域の原画像推定," 信学技報, PRMU2001-106, 2001.
- [8] 山下 淳, 金子 透, 蔵本昌之, 三浦憲二郎, "視野妨害となる画像中の水滴ノイズの除去," 画像ラボ, vol.13, no.12, pp.1-5, 2002.
- [9] 皆川明洋, 田川憲男, 守屋 正, 後藤敏行, "混在直線からの消失点・消失線と直線の同時推定," 情処学 CVIM 研資, no.114, 1999.

(平成 15 年 7 月 2 日受付, 10 月 16 日再受付)