

Hough 変換を用いた海底ケーブルの自動認識に関する研究 — 第三報

1D-7

陳超[†] 中嶋正之[†] 森泉豊栄[†] 松本重貴[‡][†]東京工業大学 大学院 情報理工学研究科 [‡]KDD 研究所

1 はじめに

筆者らは自律型ロボットにおける海底ケーブルの自動認識に関する研究を行っており、Hough 変換によるケーブルの自動検出の有効性を示した^{[1],[2]}。今までの手法は時系列にパラメータ制限 Hough 変換を用いて、ケーブルに対する仮定並びにケーブルエッジの分散に対する評価基準を設けることによって、海底ケーブルの自動検出に成功した。

本研究では、海底ケーブルの自動検出の結果を用いて、ブリッジ状態のケーブルの自動認識について述べる。

2 ブリッジ状態のケーブルの特徴

海底ケーブルは海底でブリッジ状態になると、長時間に強い張力がかかることになる。そのため、海底ケーブルの本体である光ファイバが切断される危険性がある。そのような障害事故を防止するために、ケーブルの危険状態の早期発見は海底ケーブル自動認識における最も重要な研究課題と位置づけられている。

図1に、ケーブルの危険状態の探索を目的とする水中ロボットと海底から浮いている状態の海底ケーブルを示す。

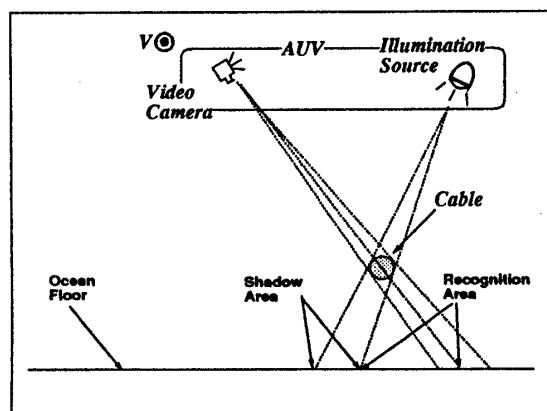


図1 浮いているケーブル

撮影する水中ロボットの移動に伴い、画像中の浮いている海底ケーブルの本体と影の相対位置が変化す

A Study on Underwater Cable Automatic Recognition using Hough Transformation — Part 3

Chao CHEN[†], Masayuki NAKAJIMA[†], Toyosaka MORIIZUMI[†], Shigetaka MOSTUMOTO[‡]

[†]Graduate School of Information Science & Engineering, Tokyo Institute of Technology, [‡]KDD R & D LABORATORIES,

る。この海底ケーブルとその影の相対的の位置変化をケーブルが浮いている状態になっているかの判定基準とする。

3 画像処理の構成

本研究では、まず、パラメータ制限 Hough 変換を用いて、時系列にケーブルを検出する。但し、ケーブルは直線状であることを限定する。海底画像からケーブルの位置を検出することは海底ケーブルの認識における重要な題目と位置付けられ、ケーブルの自動認識にとっては不可欠である。

3.1 初期処理

まず、明度調節と画像平滑化を行い、GEF^[3] フィルタを用いてケーブルのエッジを抽出する。時系列パラメータ制限により、現フレーム中のケーブルの出現可能領域を決定する。エッジ画像を用いて時系列にパラメータ制限 Hough 変換を行い、現フレーム中の最大線分を検出する^{[1],[2]}。

3.2 エッジグループの形成

本研究では、まず、ケーブルエッジの分散をケーブルの判定基準に用いる。検出された最大線分を構成したエッジの分散を評価し、ケーブル上の付着物を除去する^[2]。残された制限エッジ画像に対して、画像全体のエッジ画素数を統計する。次に、パラメータ制限 Hough 変換を行い、最大線分を抽出する。抽出された直線を軸に幅 4 画素 × 2 の範囲内でのエッジの切り出しを行い、エッジグループを構成する。切り出されたエッジグループに対して、エッジ画素の数を統計する。エッジ画素の数はエッジ画素数全体の 1/10 まで上記のパラメータ制限 Hough 変換を行い、エッジグループを求める処理を続ける。

3.3 ブリッジ状態のケーブルの認識

まず、ケーブルの影は制限領域以内に存在すると仮定する。影とケーブルが共に検出するため、ロボット上で設置されている光源とカメラの相対位置を参照する必要がある。一般に左側から影の外側領域、影とケーブルの間領域、ケーブルの外側領域と 3つの領域に分けられる。ケーブルは海底に置かれているときに、海底の凸凹により、ケーブル影の形状は変化することがあるが、ケーブルと影の間領域は変化することがない。ケーブルは海底から離れているときに、ケーブルと影の間領域はロボットの進行方向と海底の形状に影響され、一定程度の変化がある。そこで、本研究では、ケーブルと影の間の距離を表す部分面積を時系

列に計算することによって、ブリッジ状態のケーブルの認識を行う。その面積の変化を表す相関変化率が以下のように定義する。

$$\text{相関変化率 } rate = \frac{\text{監視部分の面積 (画素数) } R.A}{\text{影部分の面積 (画素数) } S.A}$$

図2に処理のフローチャートを示す。

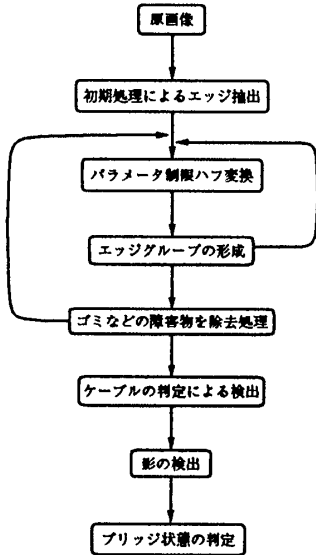
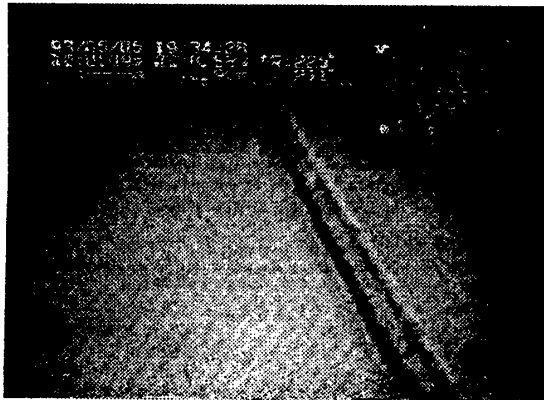


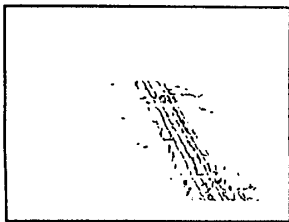
図2 処理の手順

4 実験と結果

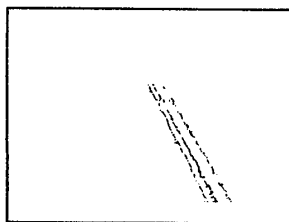
図3には、連続シーンの中から1つの画像に対する処理結果を示す。(b)は予測領域以内にあるエッジ画像である。(c)はパラメータ制限 Hough 変換により検出された3つの強いエッジグループを示す。



(a) 原画像

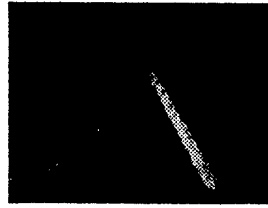


(b) 部分エッジ画像



(c) エッジグループ

(d) 及び (e) は上記のエッジグループを用いて切り出した影領域と観測領域を示す。



(d) 影の部分



(e) 観測領域

図3 実験の結果

表1は、連続シーン処理後の相関変化率を示している。又は、相関変化率が位置距離 Rad によって変化することを表している。

表1 一つシーン中の相関変化率算出の例

		1	2	3	4	5
Pixels	S.A	6775	6430	5876	5479	5514
	R.A	10923	10398	8424	8813	9580
Lines	S.A	451	438	418	402	431
	R.A	428	425	413	425	448
Rad		213	213	206	213	224
Rate	P	0.612	0.617	0.434	0.609	0.737
	P/L	0.699	0.667	0.451	0.521	0.671
		1	2	3	4	5

5 むすび

今回はパラメータ制限 Hough 変換を用いて、ケーブルとその影を検出し、ブリッジ状態のケーブルの認識手法を提案した。海底の状況が複雑であり、影とケーブル位置の正確の検出が認識結果に及ぼす影響が大きい。それらの問題に如何に対処して実用化するのはこれからの課題になる。

6 謝辞

この研究に協力して頂いた KDD 研究所水中ロボット研究グループの白崎グループリーダーをはじめ皆様に感謝します。

参考文献

- [1] 中嶋, 陳, 森泉, 松本: 'Hough 変換を用いた海底ケーブルの自動認識に関する研究— 第一報', 1994 信学春季全大, D-621.
- [2] 陳, 中嶋, 森泉, 松本: 'Hough 変換を用いた海底ケーブルの自動認識に関する研究— 第二報', 1994 信学秋季全大, D-346.
- [3] J.SHEN and S. CASTAN: 'Edge Detection Based on MultiEdge Models', Proc. SPIE'87, Cannes, 1987.