

Collision Monitoring System for Crane boom

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00050031

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



クレーンブーム先端の衝突モニタリングシステム

金沢大学 ○関 啓明 東芝ロジスティクス（株） 山口 安昭, 李 倍

Collision Monitoring System for Crane Boom

Kanazawa University Hiroaki Seki Toshiba Logistics Corp. Yasuaki Yamaguchi, Bai Ri

Collision with obstacles is one of accidents in crane operation. It is not easy for the operator/observer to catch their relative positions in the sky. We propose a collision monitoring system for this. Wide-angle stereo camera is used to obtain 3D positions of the crane boom and obstacles. The boom top is visually tracked long hours by the improved image processing considering with change of lighting and aspect. We made a prototype system to check contribution to the safety of crane operation.

1. はじめに

クレーン作業中に多い事故の1つに、クレーンブームが送電線や建物等の障害物に接触する事故がある[1]。操縦者以外に監視者等も配置されているが、人の目では高所にある物の位置関係の把握は難しい。ブームの角度や長さを検出するセンサを備えているクレーンの場合でも障害物との距離は分からない。レーザ光を面状に走査し、その面へのクレーンブームの侵入を検出するようなシステムは、かなり大がかりで高コストである。ブーム先端に障害物を検出するセンサを取り付けることも考えられるが、数多い既存のクレーンに対応させにくい。そこで本研究では、持ち運び可能な機器をクレーン外部に設置して、クレーンブームと障害物の位置関係をモニタリングし、接触事故を未然に防ぐシステムを考える。

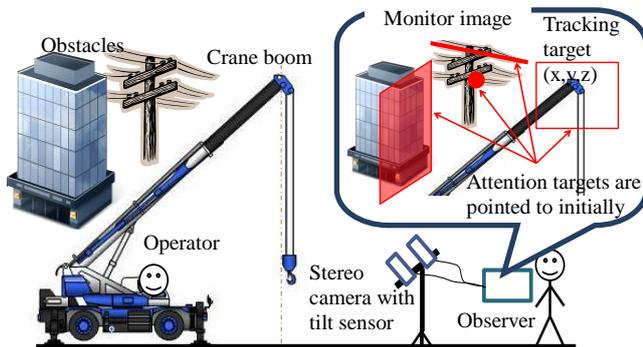


Fig. 1 Proposed crane monitoring system

2. 衝突モニタリングシステムの提案

クレーンブームの衝突モニタリングシステムとして、レーザ測長器を走査して、ブーム先端や障害物の距離を計測することも考えられるが、送電線等の細い障害物にはレーザ光を当てにくい。そこで本研究では、Fig. 1のように、ステレオカメラで3次元位置をリアルタイムにモニタリングするシステムを提案する。ステレオカメラの距離画像からブームとあらゆる障害物の干渉をチェックするのは、計算負荷や距離画像の信頼性の問題があるため、最初に、カメラ画像上で、クレーンブーム先端と監視すべき障害物を監視者に入力してもらう。扱う障害物としては、送電線などの線状物体、地面に垂直な（壁）面、上空の高さを制限する水平面、及び、監視すべき点（位置）とした。ステレオカメラの視差から画像上の各点の3次元位置が検出できるため、線状物体や垂直・水平面については、それらが決まるような2点を画像上で指示すればよい。なお、接触事故の多い送電線は水平に映ることが多いため、視差を検出しやすくするようステレオカメラは垂直方向に配置する。また、装置の傾きを気にせず設置できるよう、2方向の傾斜センサを取り付けて姿勢を読み取り、カメラ座標系で取得された位置座標を水平な地面を基準とする座

標に変換する。問題は、障害物は基本的に移動しないので最初の入力で位置を決定すれば十分であるが、クレーンブームは動くため、その後、画像追跡して位置を検出し続ける必要がある。ブームと設定した障害物の最短距離は簡単な幾何学演算で求めることができ、一定距離以下になれば警告を出す。

3. クレーンブーム先端の追跡方法

クレーンブーム先端を画像上で追跡するには、人や車等の追跡によく用いられるビジュアルトラッキングを応用すればよい。ただし、長時間信頼性良く追跡し続けること、屋外のため照明変動が非常に大きいこと（逆光等も有）、ブームの見え方が変わり易いこと、背景が多様であること（照明変動等のせいで背景差分は取りにくい）などを考慮する必要がある。

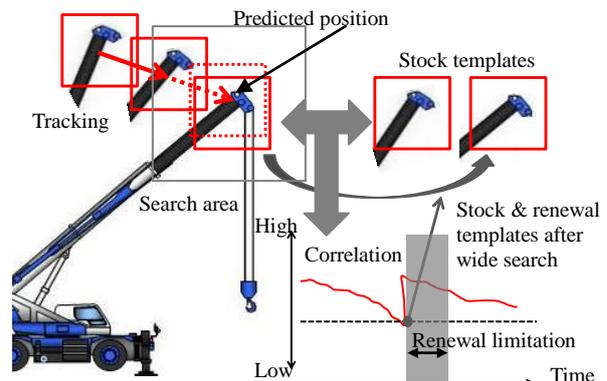


Fig. 2 Improvements for visual tracking of crane boom

基本的には、最初に入力されたブーム先端の画像をテンプレートとして保存し、カメラ画像を取得する度に、近傍をパターンマッチングして類似部を探索する。類似度としては、カラー画像のRGBの正規化相関を用いる。これに、次のような工夫を加えた（Fig. 2）。

- 相関値をモニタリングし、ある閾値より悪くなれば、直前の追跡画像を新たなテンプレートとする。ただし、それまでのテンプレートも保存しておき、その中で相関値の良いものがあればそれを新たなテンプレートとする。こうすれば、様々なブームの見え方が保存され、一定の繰り返し作業であれば、テンプレートが増え続ける可能性も少ない。
- 背景等にトラップされるのを抑制するため、動きの予測効果を加える。具体的には、1フレーム前の動きを外挿し、その位置から離れるほど相関値を下げる。
- 外乱で短い間に多くのテンプレートが追加されるのを防ぐため、追加された後一定の間は、そのテンプレートに、本来なら追加されるテンプレート画像を合成する。
- フェールセーフ機能として、テンプレートが追加される／切り替わるタイミングで、通常より広い範囲を探索し、相関値のかなり高い部分があれば、そこに移動する。

4. 試作装置

クレーンブームの長さ 10~45m, 仰角 40~80°, 旋回±90°(0°方向にカメラ), 最大旋回速度 2rpm のクレーンを想定して, Fig. 3 のようなステレオカメラを試作した. カメラとブーム先端の最短水平距離は約 15m とした. 幾何学関係からカメラブーム先端距離は 17~75m となる. この範囲のブーム先端の動きを捉えるにはかなり広角のレンズが必要となる. 広角でも, 視差の検出誤差 1 画素に対して, 最遠方で奥行精度 0.5 m 程度を実現するため, カメラの基線長を 1.2m とした. カメラから見込むブーム先端の最高速度は毎秒数度のため, 数 fps で画像を取得できればよい.

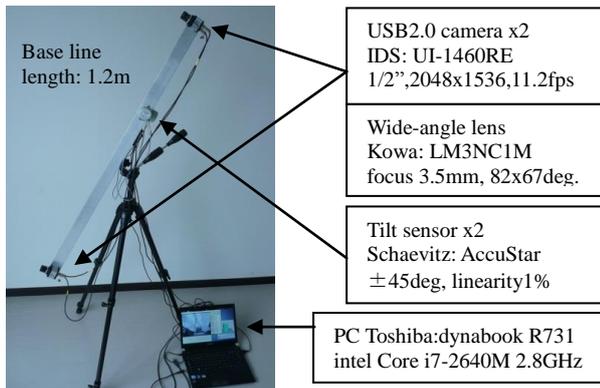
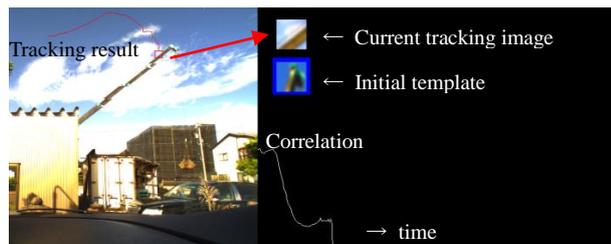
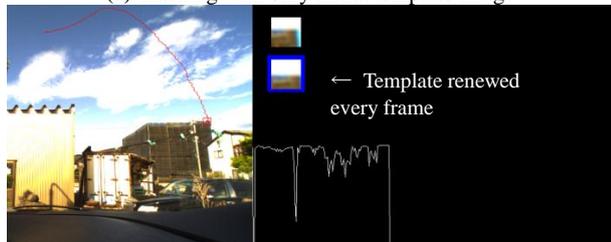


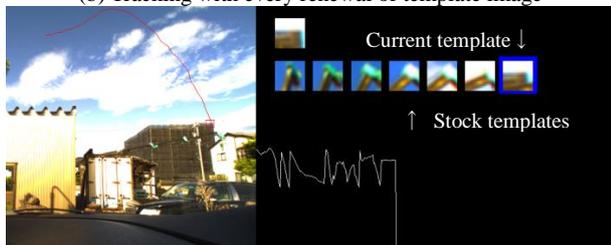
Fig. 3 Prototype of crane monitoring system



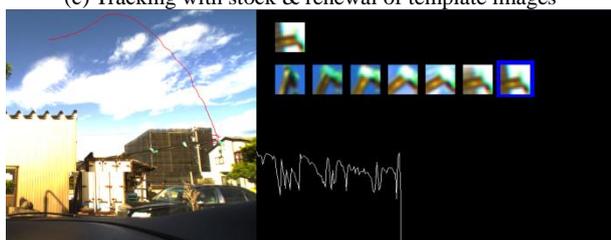
(a) Tracking with only initial template image



(b) Tracking with every renewal of template image



(c) Tracking with stock & renewal of template images



(d) Tracking with motion prediction and renewal limitation

Fig. 4 Experimental result of visual tracking

5. 検証実験

まず, クレーンブーム先端の画像追跡の信頼性を検証した. 結果例を Fig.4 に示す. いくつかの追跡方法を比較した. 最初のテンプレートのみ用いた場合(a)は, 見え方が変わると追跡に失敗する. 毎フレーム更新する場合(b)は, ずれが蓄積しやすい. 相関が下がった時にテンプレートを切替/追加する方法(c)は, 見え方が変わっても安定して滑らかに追跡できている. それに加えて, 動き予測や追加間隔の制限等を行ったもの(d)は, 複雑な背景にもトラップされにくくなっている. 他の状況でも提案手法により追跡を行った例を Fig.5 に示す. 逆光で照度変化が激しく色情報が得にくい場合でも追跡できていることが分かる. ただ, 指定したブーム先端画像によっては, 背景との関係で追跡の失敗も見られ, 完全ではない.

視差からの 3 次元位置検出については, 精度を上げるよう, 最も相関の高い所から±1 画素ずらした相関値を使って比例配分することにより約 1/10 画素単位で視差を求めた. 位置検出の例と監視者への障害物の呈示例を Fig.6,7 に示す.

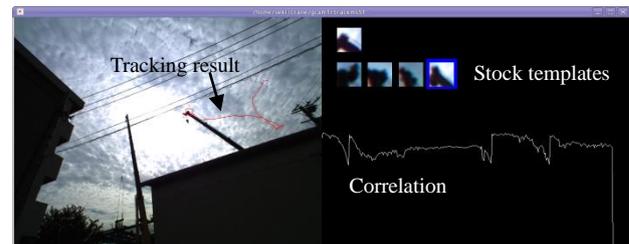


Fig. 5 Example of visual tracking under various conditions

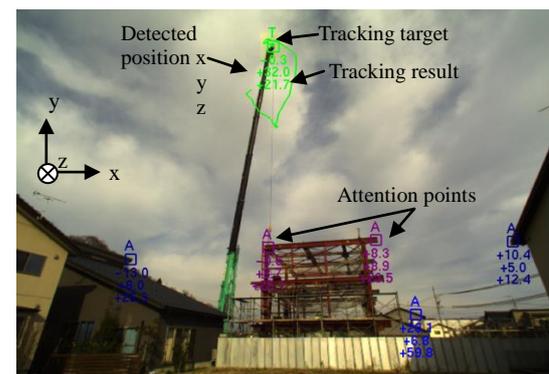


Fig. 6 3D position detection in monitoring image (unit:[m])

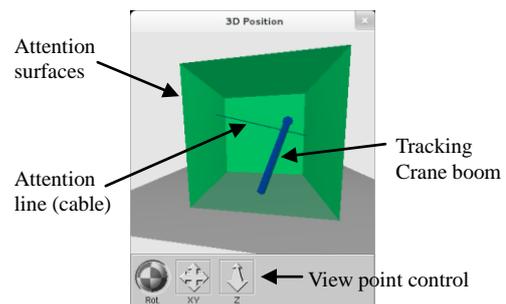


Fig. 7 Presentation of crane and obstacle positions

6. まとめ

広角のステレオカメラを用いてクレーンブーム先端を追尾しながら位置検出, 指定した障害物との接触事故を未然に防ぐシステムを提案した. 特に, 長時間信頼性良く追跡できるようにビジュアルトラッキングの工夫を行い, 有効であることを確かめた. 今後は, 更に追跡の信頼性を高める.

参考文献

[1] 清水, 梅崎, 小型移動式クレーンのリスクアセスメント, 日本信頼性学会誌, 32(8), pp.546-553, 2010