

# 自動フッククレーン

— フックアームとシステムの開発 —

金沢大学大学院 ○泉 雅容, 関 啓明, 神谷 好承, 疋津 正利

Automatic hook crane with robotic arm

- Development of the hookarm and crane system -

Kanazawa University Masahiro IZUMI, Hiroaki SEKI, Yoshitsugu KAMIYA, Masatoshi HIKIZU

In sling work using a crane, workers near the hook sometimes have an accident. We propose a new crane system with the hook moved by a robotic arm. When an operator brings the hook around a target object, the robotic arm hung from the end of the crane rope moves the hook to catch the object automatically. We should pay attention that it is hard for a normal serial arm to reach off the place just below the rope because of its gravity center. In this report, we propose the robotic arm with one drive joint and one passive joint to move the hook horizontally, the mechanism to turn the robotic arm, and its operation interface.

## 1. 緒言

クレーンの玉掛け作業中に、荷崩れやフックとの衝突による人身事故が多く発生している。玉掛け作業とはフックなどに荷物を掛けたりする作業で、資格も必要である。また、従来の自動吊具は、特定の荷物にしか対応していない。

よって本研究では、フックにアームを付け、不特定な荷物に自動でフックを掛けることができるクレーン車用のクレーンの開発を目的とする。操縦者が荷物にフックを近づけ、操縦席からモニタをみて、大まかにフックを掛ける所の指示をするだけで、荷物がフックから少し離れていても、アームによって自動でフックを掛けることが出来るようにする。ただし、吊り下げた状態のシリアルアームでは、アームを動かしてもアーム先端のフックは、離れた所には届かない。そこで、フックが水平方向に移動できる1駆動関節1受動関節のアームと、それを旋回させるための機構を提案する。前報[1]では、フックアームの運動学とフックの到達範囲シミュレーションについて述べた。本報告では、フックアームの旋回機構の設計製作、操作インタフェースと動作実験を行った。

## 2. 自動フッククレーンの提案

自動フッククレーンのコンセプトを Fig.1 に示す。通常のクレーン車のフックにアームを取り付けて、フックを動かせるようにする。アームの根元付近にはカメラをつけ、フック先端や近くの荷物が映るようにする。カメラのモニタは運転席にある。操縦者はクレーンを操作してフックを荷物の近くに近づけた後、モニタ上でフックをかける位置を指示する。荷物がアームの届く範囲に入っていれば、その位置に自動でフックを動かすことになる。次に、自動フッククレーンのシステムの概要を Fig.2 に示す。フックを動かすためのアームをフックアームと呼ぶことにする。クレーンは、フックの上下方向は操作しやすいが前後左右方向は動かしにくい。そこで、上下方向はクレーン、前後左右方向はフックアームでフックを自動で移動する(Fig.2-(1))。そのため、フックを伸ばす方向や距離をかえることができるようにする。アーム根元には旋回機構をつけて、フックの方向を変える(Fig.2-(2))。根元からの距離は平面内のアームの関節の動きで変化させる(Fig.2-(3))。アームの動きで上下方向も変化するが、根元からの距離を変えるのが主であり、上下方向の変化はクレーンのワイヤの長さの制御で調整する(Fig.2-(4))。なお、フックアームの動きは、台に固定されているアームと異なる。Fig.3 に示すように、フックアームはワイヤで吊り下げられ固定されていないので、ワイヤの真下に重心がくる姿勢で釣り合い、関節を動かしてもその量だけ手先が動くわけではない。もう一つの問題はフックを掛けた後である。このままでは、荷物の全荷重がアームにかかってしまう。これに耐える

にはアームの強度を上げる必要があり、アームが重くなってしまう。そこでワイヤをうまく使う。フックに荷物が掛かっていないときは、ワイヤは弛んでいる状態である。フックに荷物を掛けて持ち上げるときは、アームをフリーにすればワイヤが張り、ワイヤに荷物のほぼ全荷重がかかるようになる(Fig2-(6))。フックアームには、自重以外の荷重はかからないのであまり強度は必要なくなり、軽量化を図ることができる。

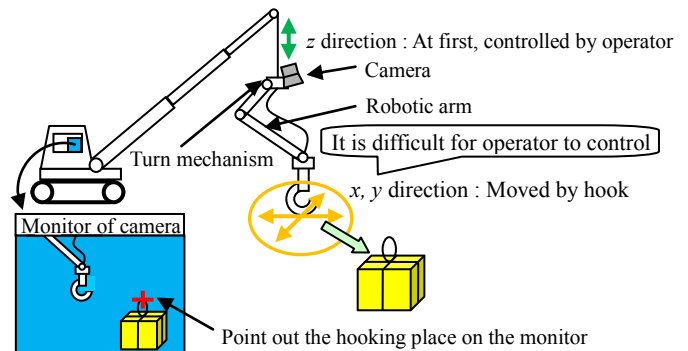


Fig.1 Concept of automatic hook crane

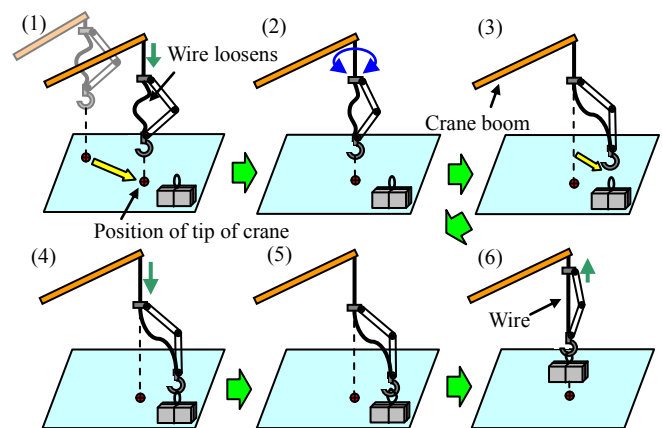


Fig.2 Motion of automatic hook crane with robotic arm

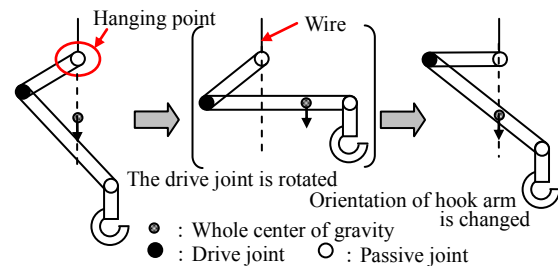


Fig.3 Feature of movement of hook arm

### 3.フックアームのミニチュアモデルの設計と試作

シミュレーション結果をもとに、重量 1[kg]以下を目標にフックアームのミニチュアモデルを設計した。Solidworks で描いた 3次元モデルを Fig.4 に示す。駆動関節やフックの開閉のアクチュエータとしてはエアシリンダを用いた。駆動関節の角度センサにはポテンシオメータを取付けた。

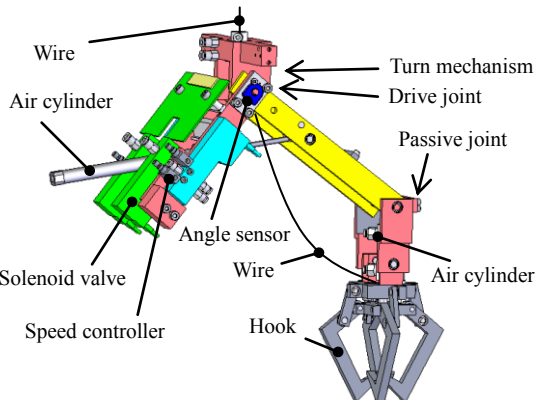


Fig.4 Design of miniature of hook arm

### 4.フックアームの旋回機構

旋回機構は、両端の逆向きの穴から圧縮空気を噴出し、発生する推力を利用する。空気の密度  $\rho$ [kg/m<sup>3</sup>]、流量  $Q$ [m<sup>3</sup>/s]、噴出速度  $v$ [m/s]、穴の面積  $a$ [m<sup>2</sup>]とすると、推力  $T$ [N]は式(1)で表せる。

$$T = \rho Qv = \rho av^2 \quad (1)$$

内径 2.5[mm]のチューブから圧力 0.4[MPa]の圧縮空気を噴出させる予備実験を行った。実測した流量は 40.9[l/min]であったので、式(1)より推力  $T$  は 0.122[N]と見積もった。その結果から、内径 2.5[mm]の穴を持つ旋回ブロックを設計製作した(Fig.5)。チューブを減らすために、ブロックの中に管を構成した。左右両面に 1つずつ計 4つ空気穴が開いており、旋回する際は、同回転方向の左右の 2つの空気穴を使用する。次に、試作したブロックの推力を測定すると、左回り 0.086[N]、右回り 0.083[N]となり、式(1)で見積もった推力 0.122[N]に達していなかった。これは、管内抵抗の増加によるものと思われる。

電磁弁を PWM 制御して空気の流量を変化させ、旋回角を制御した。フックアームに繋がる電線やチューブの抵抗が予想以上に大きく、旋回可能角は約 235° となった。

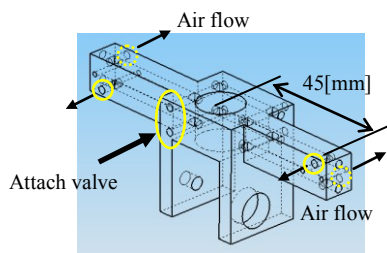


Fig.5 Design of turn mechanism

### 5.操作インタフェースと動作実験

実際の操作を模擬するため、1自由度の移動クレーンミニチュアモデルを製作し、そのワイヤの先にフックアームを取り付けた。カメラはフックアームと荷物を上方から映すように、移動クレーンに 2つ取り付けた(Fig.6)。これらを用いて、フッククレーンの操作システムも作成した。Fig.7 にフックアーム操作の流れ、Fig.8 にフッククレーンの一連の動作例を示す。まず、操作者がモータを動かしてフックを荷物の近くに持ってくる(Fig.8-(1))。次に、カメラの画像上で荷物をクリックする。ステレオ画像から荷物の座標が検出される。フックから荷物までの距離だけアームを伸ばし、フックを開く(Fig.8-(2))。フックアームの旋回角を計算し旋回する(Fig.8-(3))。そして、クレーン上部のワイヤ巻き上げモータを回して、フックアームを下ろす(Fig.8-(4))。その後、フックを閉じて(Fig.8-(5))、アームの関節をフリーにしてワイヤを巻き上げ、荷物を吊り上げる(Fig.8-(6))。

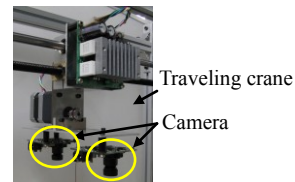


Fig.6 Traveling crane with camera

Images from cameras

Detection of the coordinate of the object

Ex.)

Disparity : 66[pixel]

Object(0.143m, 0.087m, 0.275m)

The hookarm is opened  $r$

The hookarm is rotated  $\theta$

The hookarm is puts down  $z_2-z_1$

Catch the object and lift it up

Object ( $x_1, y_1, z_1$ )

Tip of hook ( $x_2, y_2, z_2$ )

(Direction is judged by outer product)

Turn angle :  $\theta = \cos^{-1} \left( (x_1 y_1 + x_2 y_2) / \sqrt{(x_1^2 + y_1^2)(x_2^2 + y_2^2)} \right)$

Distance to object :  $r = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$

Fig.7 Operation flowchart of the hookarm

### 6.結言

フックが水平方向に移動できる、ワイヤで吊り下げられた 1 駆動関節 1 受動関節のフックアームと、それを旋回させるための機構、及び、操作インタフェースを提案した。

### 参考文献

[1]泉雅容 他、「自動フッククレーン」、2011 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp. 417-418

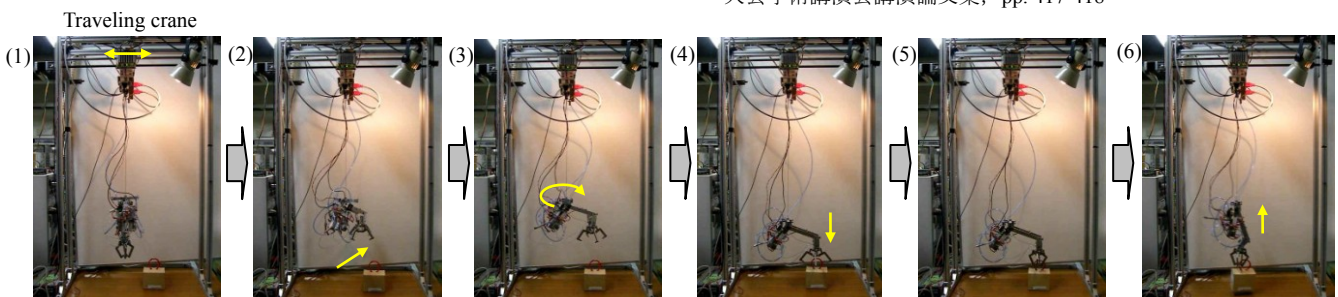


Fig.8 Motion of the hook crane