

旋回クレーン振れ止め制御へのファジィ制御方式の導入*

7 T-4

○高橋正幸 志田晃一郎 藤川英司 山田新一†
武蔵工業大学‡

1. はじめに

旋回クレーンの荷役作業においては、必ず荷の振れが発生してしまう。通常ではクレーンの制御はオペレータの技術や経験に頼る以外他ならない。旋回クレーンの運搬の自動化の手段として、ロープと荷からなる振動系が非線形であるため、解析的に求めることが困難である。そこで人間の知識、経験などの「あいまいさ」を取り入れたファジィ制御を導入する。その際に旋回による荷の振れの回転を考慮して、荷の振れ止めのシミュレーションを行った。

2. 原理

旋回クレーンのモデル図を図1に示す。

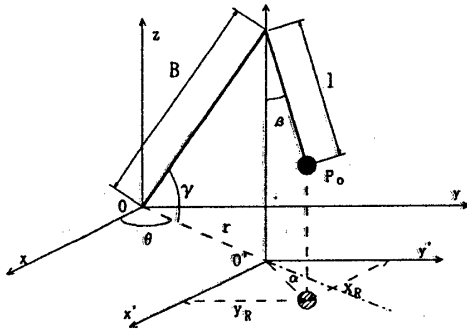


図1. 旋回クレーンモデル図

図1の旋回クレーンのモデル図に基づく運動方程式は、ロープを剛体、荷を質点と考えると次式のようなになる。

$$\ddot{x} = -(g/L) \cdot (x - r \cdot \cos\theta), \quad (1)$$

$$\ddot{y} = -(g/L) \cdot (y - r \cdot \sin\theta). \quad (2)$$

3. 制御方式

3.1 旋回速度制御

旋回クレーンを自動化する速度パターンを図2に示す。T₁の区間に入る直前に振れの状態をフィードバックして、T₁からT₃までの各時間を計算し、T₇の区間に入る直前にT₇からT₁₀までの各時間を計算する。

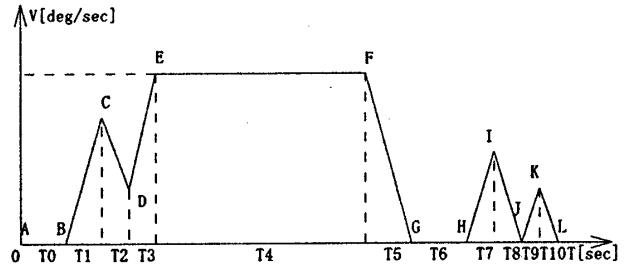


図2. 旋回速度制御パターン

3.2 起伏各速度制御

起伏角制御は半径方向の初期振れに対して有効であり、旋回角制御での旋回定速時に起伏角制御を行うことにする。また、この動作は上下に同じ角度だけ動かし、起伏角を最終的に変化させないで目標位置に停止させることを前提とし、その制御パターンを図3に示す。

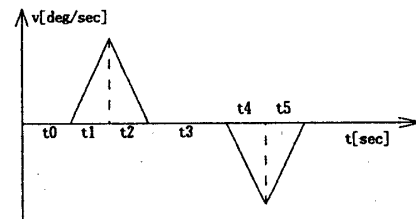


図3. 起伏角速度パターン

4. ファジィ制御

旋回方向の初期振れを抑えるのは図2の旋回速度パターンのT₀~T₃の区間であり、残留振れを抑えるのはT₆~T₁₀の区間である。また、半径方向の初期振れを抑えるのは図3の起伏角速度パターンのt₀~t₅の区間である。これらの各区間の時間にファジィ制御を用いる。

4.1 振れの移り変わり

旋回時間短縮のため旋回定速時に起伏動作を導入する。図4からもわかるように、旋回動作中に荷が回転してしまうので、半径方向の振れは旋回方向の振れに移り変わり、旋回方向の振れは半径方向の振れに移り変わる。

* The Application of Fuzzy Control for The Control of Rotary Crane

† Masayuki Takahashi, Koichiro Shida, Hideji Fujikawa, Shin'ichi Yamada

‡ Musashi Institute of Technology

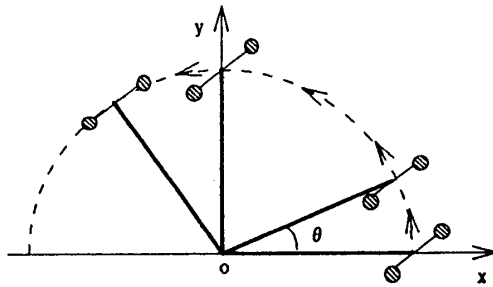


図4. 振れの移り変わり

よって旋回動作と起伏動作のファジィ制御則を次のように決定する。

[IF{(旋回方向の振れ角)AND(旋回方向の振れ角速度)}AND{(半径方向の振れ角)AND(半径方向の振れ角速度)} THEN(T₀~T₃区間時間)]

[IF(旋回方向の振れ角)AND(旋回方向の振れ角速度) THEN(T₆~T₁₀区間時間)]

[IF{(旋回方向の振れ角)AND(旋回方向の振れ角速度)}AND{(半径方向の振れ角)AND(半径方向の振れ角速度)} THEN(t₀~t₅区間時間)]

メンバシップ関数をμとすると各制御則に対する適合度は

$$\mu_1(\text{振れ角}) \wedge \mu_2(\text{振れ角速度}) \quad (3)$$

と表すことができる。そして最終出力は各出力にこの適合度の重みをつけ、重み付き平均をとることによって次式の様になる。

$$T_i = \frac{\sum(\mu_T \cdot O_T)}{\sum \mu_T}, \quad t_i = \frac{\sum(\mu_t \cdot O_t)}{\sum \mu_t} \quad (4)$$

5. シミュレーション結果

シミュレーションにおける各パラメータを以下に示す。

ブーム長：0.545[m] ロープ長：0.585[m]
 旋回速度：11.3[deg/sec] 起伏速度：6.8[deg/sec]
 旋回加速度：22.6[deg/sec²] 起伏加速度：11.3[deg/sec²]
 旋回減速度：18.8[deg/sec²] 起伏減速度：13.6[deg/sec²]
 荷の自由振動周期：T=2π√(L/g)=1.54[sec]

旋回中の振れを表す指標として次式のような評価値を取り入れる。

$$E = \int_a^b (\alpha'^2 + \beta'^2) dt \quad (5)$$

a: 旋回開始時間 b: 旋回終了時間

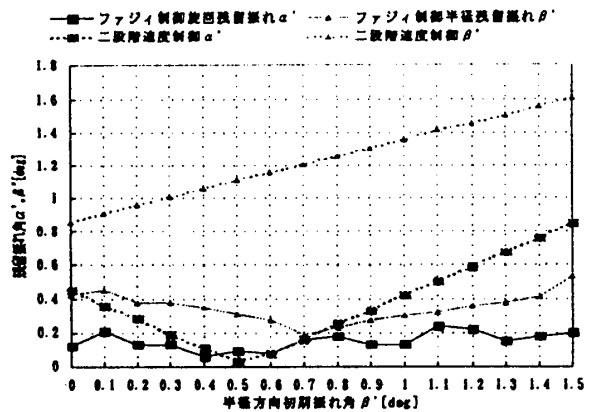


図5. 旋回方向初期振れ1[deg]の残留振れ

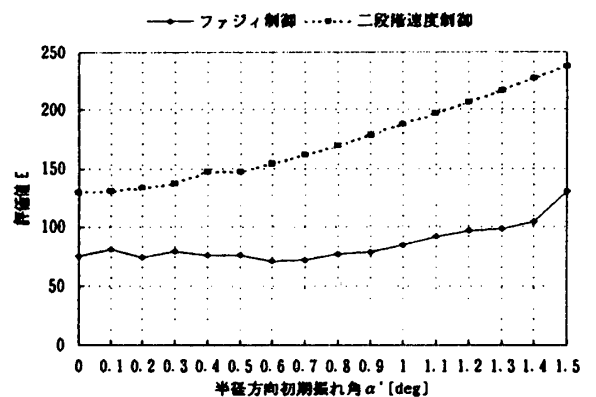


図6. 旋回方向初期振れ1[deg]の評価値

6. まとめ

非線形な制御システムである旋回クレーンの荷の振れ止めに対して、ファジィ制御を導入した速度制御パターンを用いた。そして振れ止め制御の直前に荷の振れをフィードバックすることで、この速度制御パターンが振れの状態に応じて変化し、二段階速度制御では対応できなかった初期振れにも対応している。

以上のことにより、旋回方向と半径方向の荷の振れ止めに対し、この制御システムの有効性を示した。

【参考文献】

- [1] 菅野道夫：ファジィ制御／日刊工業新聞社(1989)
- [2] 伊藤廣：これからのマシンデザイン／森北出版株式会社(1989)