

### 機能モデルによる2リンクアームの挙動シミュレーションと運動制御(OS.8 動解析の新展開-マルチボディ, モード解析, 最適設計-)

SUMIDA, Shizuo / 長松, 昭男 / IWAHARA, Mitsuo /  
NAGAMATSU, Akio / Ohkawa, Atsushi / OGAWA, Yousuke / 岩  
原, 光男 / 大川, 敦嗣 / 熊倉, 和史 / 小川, 洋介 /  
Kumakura, Kazufumi / 角田, 鎮男

---

(出版者 / Publisher)

日本機械学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集

(号 / Number)

10

(開始ページ / Start Page)

237

(終了ページ / End Page)

238

(発行年 / Year)

2004-03-03

03102

## 機能モデルによる2リンクアームの挙動シミュレーションと運動制御

The action simulation and movement control of two link arms by the functional model

○大川 敦嗣 (法政大学)

Atsushi Ohkawa, Hosei University, Kazino-tyou  
3-7-2 Koganei-si, Tokyo

岩原 光男 (法政大学)

Mitsuo Iwahara, Hosei University

小川 洋介 (法政大学)

Yosuke Ogawa, Hosei University

角田 鎮男 (キャテック)

Shizuo Sumida, CATEC INC

長松 昭男 (法政大学)

Akio Nagamatsu, Hosei University

熊倉 和史 (法政大学大学院)

Kazufumi Kumakura, Hosei University graduate school

Key Words:

Modeling, Dynamics, Performance, Simulation / Functional Model, Control, Conservation of energy

The functional model is a modeling method which defined more clearly than before the function of each part unit and the flow of the energy transmitted in them. In this research, it tries to express movement of two link arm in the two dimensional plane by the functional model. Furthermore, the validity of the control system design in the functional model is examined by building into the model of two link arms.

## 1. 緒論

本研究では、機能モデルの概念に基づいて、2リンクアームの挙動シミュレーションのためのモデル化を行い、運動をシミュレーション解析することにより、2次元平面における2リンクアームの運動を機能モデルで表現することを試みる。さらに、制御装置(PID 調節計)を機能モデルで表現し、2リンクアームのモデルに組み込むことで、位置決め制御のシミュレーションを行い、機能モデルにおける制御系設計の妥当性について検討すると共に、高速かつ正確に位置決めを行うことができる制御系の設計を試みる。

## 2. 機能モデルの概要

機能モデルは、モデル化の対象となる機械システムに組み込まれている複数の機能要素(構成部品)を、エネルギー原理に基づくブロック線図として個々に独立させてモデル化し、それらを統合することによりモデルを構築する。機能モデルにおけるブロック線図は、機械や電気などの分野や物理単位によらず、統一された表現方法となるのが特徴である。モデルの状態量として、機能モデルは位差量と流動量(機械系モデルでは、速度と力)を定義し、それらをつなぐ特性の組み合わせでモデル全体が構成される。

## 3. アクチュエータの機能モデル

本研究でモデル化の対照とするアクチュエータは、電圧  $V_m$  と電流  $I_m$  が加えられて回転系から角速度  $\omega_m$  とトルク  $T_m$  が取り出される。モータの内部には損失特性・蓄積特性及び側負荷が包含され、これらがモータ固有の挙動と損失などを決定している。モータの電気系は、電気子の巻線抵抗  $R_m$ 、インダクタンス  $L_m$ 、絶縁抵抗  $R_c$  の特性を持ち、さらに電気子に電流  $I_m$  を供給するブラシの電圧降下  $E_{mb}$  を決めるブラシ電圧特性のモデルを側負荷として持ち回転系では、慣性モーメント  $J_m$ 、粘性抵抗  $D_m$ 、さらに軸受けと回転子の摩擦トルク  $T_{mv}$  を決める摩擦特性の機構モデルを側負荷として持つ。減速機は、ばね剛性  $K_h$ 、減速比  $N_h$ 、慣性モーメント  $J_h$  の特性を用いて表現した。アクチュエータの機能モデルは図1のようになる。

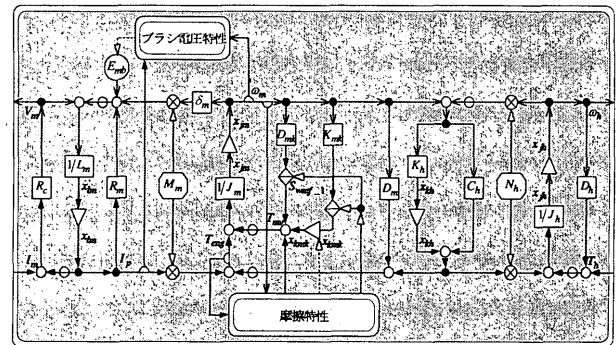


Fig 1. Functional model of an actuator

## 4. アームの機能モデル

アームを、質量  $M$  と慣性モーメント  $J$  を持つ2次元の剛体はりとしてモデル化する。

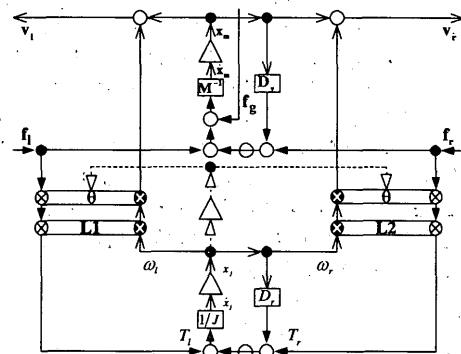


Fig 2 Functional model of a beam

はりへの入力、重心点  $G$  と重心点から  $l_1 \cdot l_2$  の位置にある点とし、出力はそれぞれの点の速度とする。剛体はり、X 軸・Y 軸方向の並進運動を行う並進系、Z 軸周りの回転運動を行う回転系、並進運動と回転運動を結合する結合系の3個の基本機能で成り立っている。これらの機能をまとめた2次元の剛体はりの機能モデルは図2のようになる。

# 5. PID 調節計 (PID controller) の機能モデル

PID 調節計への入力は制御偏差 (*Error signal*) で出力は操作量 (*Manipulated variable*) である。3つのパラメータ (ゲイン)  $K_p \cdot K_i \cdot K_d$  を決定することで制御系を設計する。

# 6. 2リンクアームのモデル化

本研究でモデル化の対象として想定する2リンクアーム装置は、図3に示すようにアクチュエータとアームを結合した機構とする。この機構を機能モデルの概念に基づいてアクチュエータモデルとアームモデルを結合し、またアームの位置決めを高速かつ正確に行う為に、2リンクアームモデルにPID調節計の機能モデルを組み込み、アクチュエータを制御する機能モデルの概要を図4に示す。

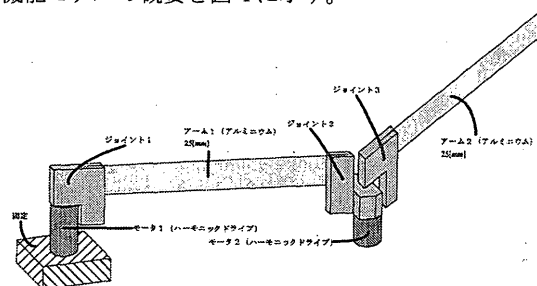


Fig 3 two link arms equipment

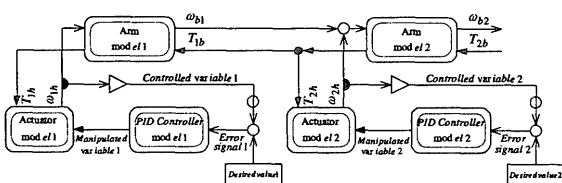


Fig 4 Outline of two link arm's functional model

# 7. シミュレーション結果

図4に示したモデルを用い、アクチュエータの回転角の目標値を30度と設定した時の、アームの、時間軸における回転角のシミュレーション結果を図5に示す。

図5からアクチュエータ1・2共に約0.2秒後に目標回転角に達し、アクチュエータの回転角を制御することにより、アームの回転角と、アームの位置を制御することができているのが確認できる。1リンク目のアームが30度回転し、さらにアクチュエータ2が30度回転しているためアーム2の回転角が60度回転している。これは2リンクアームの機構として、図4のモデルのようにアーム2への入力をアーム1の角速度とアクチュエータ2の角速度の和としていることで表現しているためである。

# 8. 結論

本研究により、機能モデルによる2リンクアームの制御モデル構築法の具体例を提示することができた。また、2リンクアームのモデルに機能モデルで表現した制御装置を組み込んだアームモデルの位置決め制御ができた。

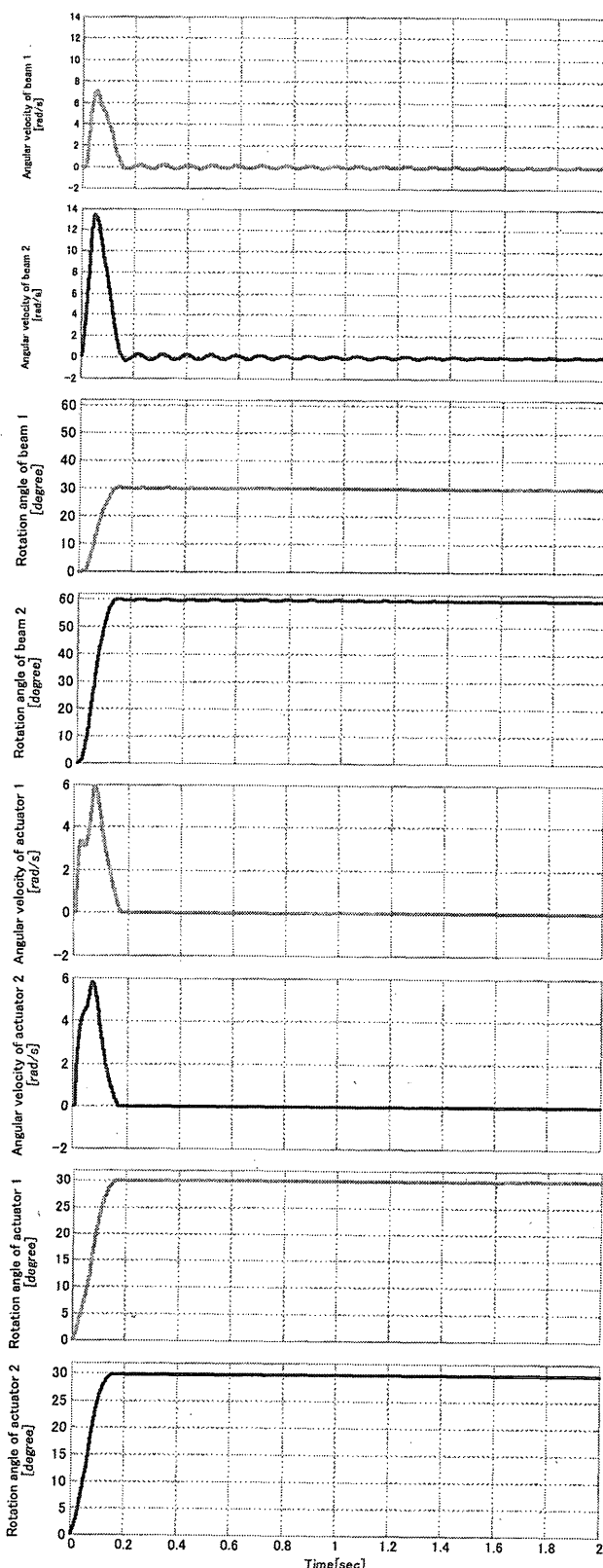


Fig 5 Simulation result about an arm and an actuator

## 参考文献

- (1) 長松・角田・長松、機論、64-622、C (1998)、1997-2004
- (2) 長松・角田・長松、機論、64-627、C (1998)、4216-4223
- (3) 長松・角田・長松、機論、65-632、C (1999)、1403-1410