

ロボット設計のためのCAE

CAE for robot design

○名波 孝浩*, 大久保 重範**, 及川 一美***, 高橋 達也†

○takahiro nanami*, Shigenori Okubo**,
Kazumi Oikawa***, Tatsuya Takahashi†

*山形大学

*Yamagata University

キーワード： 水平多関節ロボット (horizontal multirink robot), CAE (computer aided engineering), 対話型プログラム (human interactive program), 最適化 (optimization)

連絡先： 〒992-8510 山形県米沢市城南4-3-16 山形大学 工学部 機械システム工学科 大久保研究室
名波 孝浩, Tel: (0238)26-3245, Fax: (0238)26-3245

1. はじめに

機械設計では、新規設計に限らずたとえ改良設計、再設計であっても常に高機能化やコストダウンが課題であり、これを効率的に達成する手法の確立が望まれている。また、熟練設計技能や設計品質の維持および向上という長年の課題の解決を迫られている一方で、リサイクルなどの環境への配慮、感性など人間や社会との調和、そしてより一層のコストダウンなど、新たなそしてより困難な問題が出現している。これらの課題を解決するためにCADシステムなどの計算機による支援のより一層の高度化が必要である。

本研究ではロボットアームモデルの設計から製図を行い、仕様入力から製品完成までを一括処理できる対話型システムの開発を目標とする。

2. CAE

CAE(computer aided engineering) とはコンピュータ支援工学のことで、有限要素法を用いて構造解析、流体解析などのシミュレーションができる。従来、新製品開発をする際、企画から設計、試作、量産等を経て市場へ投入されていました。現在では、IT化が進むにつれ競争が激しくなったため、製品の設計周期短縮とコストダウンが要求されるようになったことからCAEが脚光を浴びている。CAD/CAM/CAEを通じ製品コストは大幅に抑えられるのは言うまでもなく、シミュレーションで事前に強度評価、動作確認、設計ミス等を排除することができ構造の最適化も可能である。

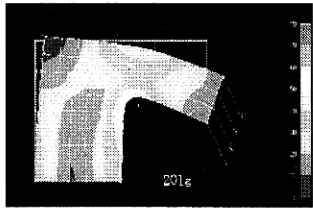


Fig. 1 CAE解析画面

3. ロボットアーム

3.1 ロボットの基本構造

ロボットは複雑な動きをしているように見えても、いくつかの単位動作の組み合わせによりほとんどの動作の形態が決められる。ここで、単位動作とは「伸縮（直動）」「回転」「旋回」の3つのことを指す。「回転」は軸の方向は変化せず軸方向を中心とする回転運動で、「旋回」は軸方向を変化させようとする動きである。これらの組み合わせによりロボットアームの種類は次のように分類される。

- ・ 直交座標型： x, y, z , の3軸を各々直線運動するもの。
- ・ 円柱座標型： 直交座標系の x 軸の直線運動を回転運動に変えたもので、ややコンパクトになる。
- ・ 極座標型： 回転、旋回、直線運動が組み合わされた構造である。
- ・ 垂直多関節型： 関節軸を中心とした回転運動を基本にしたもので、応用が広い。
- ・ 水平多関節型： 剛性が大きく、製作が容易である。

本研究では水平多関節型ロボットを対象として研究を行っている。

3.2 水平多関節ロボット

水平多関節ロボットは日本が生んだ小型組立ロボットの傑作であり、水平方向に動作する腕（ちょ

うど人間の肩から手首までのイメージ)を素早く動作できる。腕の先端には上下動ユニットが組み込まれており、扱うワークに合わせて製作された各種装置(通称ロボットヘッド)を取りつけて使用する。最大の特徴は、組立ワークを挿んだロボットヘッドの水平面内のコンプライアンス(剛性の逆で柔軟性が高いこと)が大きく、多少の位置ずれがあっても、ワークを相手部品に倣って装填できることである。また、可動範囲がロボットを中心に円を描くようになっているため、周辺装置のレイアウト性が良く、多くの装置がレイアウトできるので、現在小物部品の組立てや、プリント基盤への部品配置、金型へのインサートワーク装填など、サイクルタイムが要求される分野においての主流として活躍している。

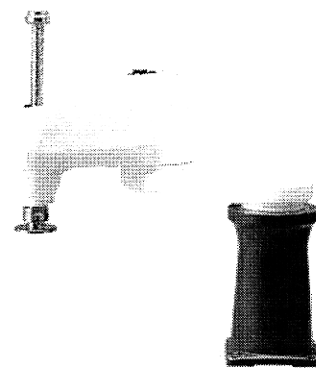


Fig. 2 水平多関節ロボット

4. 強度計算

4.1 ロボットの簡易モデル

ロボットを構成する要素の一つ一つを剛体として、Fig.3の様な簡易モデルについて考える。

アーム、軸の長さ L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 [mm] (1)

アームの厚さ b_2, b_4 [mm] (2)

アームの幅 D_2, D_4 [mm] (3)

軸径 d_3, d_5 [mm] (4)

運搬過重 W [kg] (5)

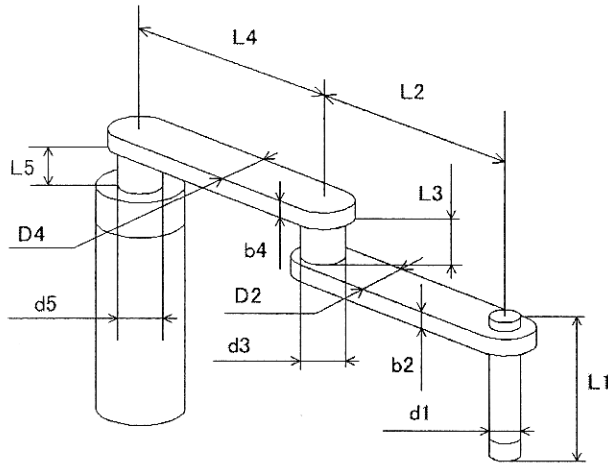


Fig. 3 水平多関節ロボット

モータの重さ W_{m1}, W_{m2}, W_{m3} [kg] (6)

4.2 強度計算

各部材に働く最大の応力を考える。材料には炭素鋼S35Cを用いる。

4.2.1 部材1

安全率を $S=3$ とし、引き上げの最大加速度を $a[m/s^2]$ とする。

$$W_1 = \frac{\pi}{4} \rho L_1 d_1^2 \quad [kg] \quad (7)$$

$$\sigma_1 = \frac{4(W + W_1)(g + a)}{\pi d_1^2} \quad [N/mm^2] \quad (8)$$

4.2.2 部材2

部材2は回転と曲げによる力を受けると考えられる。回転によって生じる応力は、

$$W_1 = \dot{W}_1 + W + W_{m1} \quad [kg] \quad (9)$$

$$T_2 = (I_2 + I_1 + W_1 L_2^2) \times \omega_2 \quad [Nmm] \quad (10)$$

$$\sigma_2 = \frac{T_2}{Z_2} \quad [N/mm^2] \quad (11)$$

I_1, I_2 : 慣性モーメント $[Nmm^2]$

ω_2 : 周加速度 $[rad/s^2]$

で求めることができる。

4.2.3 部材3

ねじりによって軸に生じるせん断応力は

$$T_3 = (I_3 + I_2 + I_1 + W_1 L_2^2) \times \omega_2 \quad [Nmm] \quad (12)$$

$$\tau_3 = \frac{16T_3}{\pi d_3^3} \quad [N/mm^2] \quad (13)$$

で求めることができる。

4.2.4 部材4, 5

部材2, 3と同様に応力を求める。

5. ロボット設計のシステム

プログラムはVisualC++を用いた対話形式で進められる。入力した数値をもとに強度の判定、製図及び三次元動作表現を行う。

5.1 仕様入力

部材の寸法、運搬過重、動作速度などを入力する。

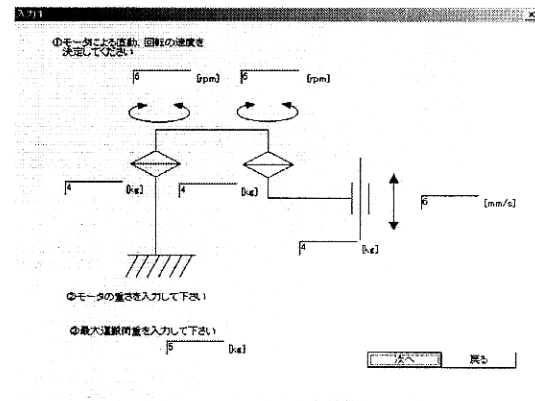


Fig. 4 入力画面

5.2 強度判定

安全率を考慮し、入力された数値が適切かどうかを強度面から判断する。

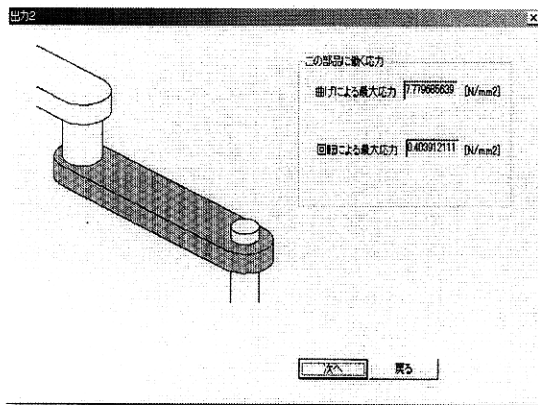


Fig. 5 判定画面

5.3 自動製図

部材の自動製図が行われる。

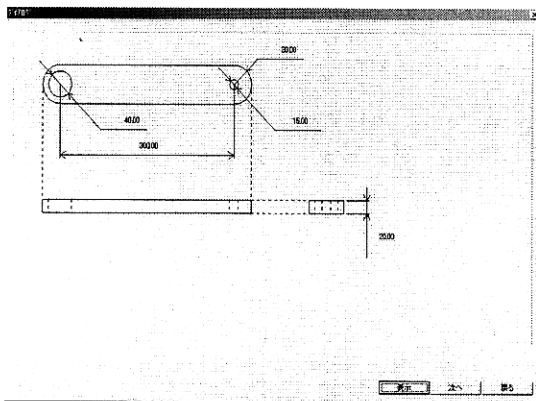


Fig. 6 製図画面

5.4 動作表現

三次元表示で動作確認をする。

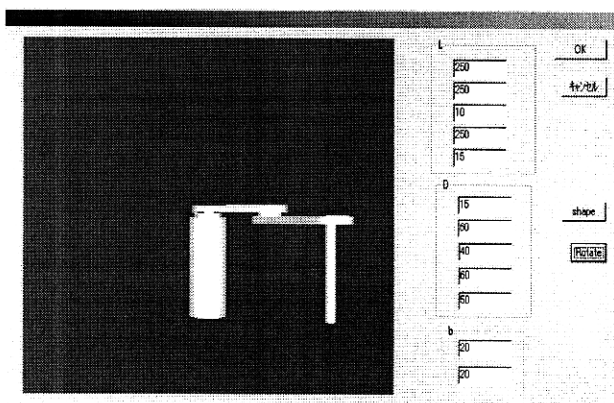


Fig. 7 OpenGL画面

6. 今後の課題

今回のプログラムでは対話型プログラムと動作表現のプログラムがリンクしていないのでリンクされたプログラムを早急に構築する。また、openGLと有限要素法を用いて構造解析のプログラムの研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) 林晴比古 : 新VisualC++6.0入門シニア編, 123/126, ソフトバンクパブリッシング(1998)
- 2) Manson, Woo, Jackie. Neider, Tom. Davis: アジソン・ウェスレイ・パブリッシャーズ・ジャパン株式会社(1997)
- 3) 晴家政一郎: 材料力学, 共立出版(1978)