

# ロボット設計のためのCAE

## CAE for Robot Design

名波孝浩<sup>É</sup>, 大久保重範<sup>É</sup>, 及川一美<sup>É</sup>, 高橋達也<sup>É</sup>

Takahiro Nanami<sup>É</sup>, Shigenori Okubo<sup>É</sup>, Kazumi oikawa<sup>É</sup>, Tatuya Takahashi<sup>É</sup>

山形大学

Yamagata University

キーワード : 水平多関節ロボット (horizontal multi-link robot), 対話型システム (human interactive system), 構造解析 (structure analysis), 有限要素法 (finite element method)

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, E-mail: g03130@di.pfr.di.p.yz.yamagata-u.ac.jp

### 1. はじめに

本研究ではロボットアームを対象とし、仕様入力から設計、製図を行い、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。

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、設計品質の維持および向上等の課題の解決を迫られている一方で、ライフサイクル等の環境への配慮、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といった、新たな、そして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支援の高度化が望まれており、その一端を担う事を目指す。

### 2. CAE

CAE(Computer Aided Engineering)とは、文字通りコンピュータ支援工学のことを指す。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を行い、幅広い分野で用いられている。

従来、新製品の開発をする際、企画から設計、試作、量産を経て市場へ投入されていたが、IT化が進んだこと等から、競争が激化し、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。

CAD/CAM/CAEの発達により、試作前から強度評価、動作確認、設計ミス等をシミュレーションで事前に確認することができるようになり、製品開発のコストは大幅に抑えられるようになった。また構造の最適化にも有用である。

### 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、ほとんどの動作形態が決められる。単位動作とは「伸縮(直動)」「回転」「旋回」のことを指す。これにより大きく分けて5つに分類される。

- è 直交座標型
- è 円筒座標型
- è 極座標型
- è 垂直多関節型
- è 水平多関節型

このうち本研究では水平多関節型を対象としている。

#### 3.2 水平多関節ロボット

水平多関節ロボットは、スカラロボットと言われる事も多い。SCARA(スカラ)とは、Selective Compliance Assembly Robot Armの略で、名前が示すように、特定の方向(XY方向)だけにコンプライアンスを持ち、それ以外(Z方向)は剛性が高いという特徴をもった、主に組み付け作業の自動化を目的として作られたロボットである。現在では、その群を抜くスピードから、組み付け作業だけでなく、搬送(ピック&プレイス作業)にも有効なロボットとして、様々な生産現場で使用されている。動作領域から、直交座標ロボットと比較検討されることが多いが、3軸・4軸のスピードを求められる作業にはコストパフォーマンスでスカラロボットが適していると言える。また、設置スペースが小さいのも特長で、装置設計の自由度が広がる上、万一その装置を使用しなくなった場合も、他の装置にロボットを乗せ替えて使用しやすいというメリットがある。



Fig. 1 水平多関節ロボット

### 4. 対話型システム

#### 4.1 入力値と出力値

本システムでの設計においての入力は、

- è ロボットの寸法
- è 運搬荷重
- è 運搬速度

である。また出力は、

- è 各部の最大応力
- è ロボットの2Dグラフィック
- è ロボットの3Dグラフィック

である。最大応力を求めることで、ロボットが力学的に作業条件を満足しているかを判定し、図面の表示と立体表現、動作表現を行う。

作製したプログラムの操作画面をFig.2に示す。

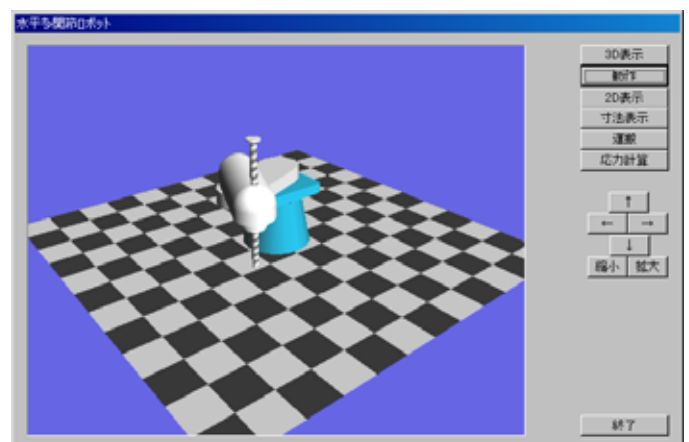


Fig. 2 対話型システム

## 4.2 強度計算

各部材に働く最大応力を考える。材料には炭素鋼 S35C を用いる。

現在のプログラム中では、応力計算は材料力学の範囲で行っている。より現実的な値に近づけるため、有限要素法の導入を進めている。

## 5. 有限要素法

### 5.1 プログラミング上の留意点

プログラム中では配列を多数利用するが、配列の大きさは節点数や要素数に左右されるため、動的メモリにより領域を確保する。また、C の配列の添字は 0 から始まるが、実際の行列中の添字と配列の添字が一致するように初期化する。

### 5.2 プログラムの流れ

構造解析は Fig.3 の流れ図に沿って進められる。

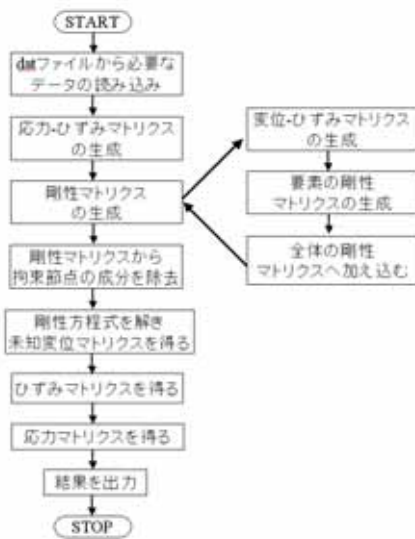


Fig. 3 流れ図

### 5.3 プログラムの実行

試験的に Fig.4 の解析を行い、材料力学との差異について検討してみる。平面応力問題として扱い、要素は 3 節点要素を用い、節点数は 48、要素数を 68 とした。結果は、

有限要素法 :  $\bar{\sigma}_{\max} = 24:662$  [kgf/mm<sup>2</sup>]

材料力学 :  $\bar{\sigma}_{\max} = 21:6$  [kgf/mm<sup>2</sup>]

となった。今回は要素の分割の仕方が荒かったこともあり、結果の精度としてはあまり高くないと思われ、そのために大きな差が生じたのではないかと考察している。

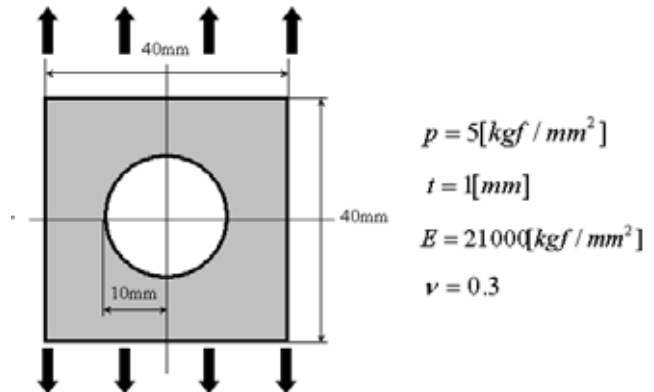


Fig. 4 試験片

## 6. 今後の課題

今回の有限要素法の解析結果では、結果がグラフィック化されておらず、結果の認識が非常に困難であった。結果の認識を容易にする工夫をしていきたい。また、3 節点要素だけでなく、多面体要素を導入し、ロボットの解析へと繋げていきたい。

## 参考文献

- 1) 清家政一郎 : 材料力学、共立出版 (1998)
- 2) 渡辺浩志 : 有限要素法プログラミング演習 (2000)
- 3) 林晴比古 : 新 Visual C++ 6.0 入門 シニア編、ソフトバンクパブリッシング (1999)
- 4) Richard S. Wright Jr. and Michael Sweet : OPENGL SUPERBIBLEL, WAITE GROUP PRESS (1996)