

機構学におけるギヤ・コンテストとからくり人形の取組*

長坂明彦^{*1}・宮下大輔^{*2}・田口信司^{*3}・掛川洋平^{*3}・窪田優一^{*3}

Approach of Gear Contest and Karakuri Mechanical Doll

NAGASAKA Akihiko, MIYASHITA Daisuke, TAGUCHI Shinji, KAKEGAWA Yohei and KUBOTA Yuichi

キーワード：機構学，ギヤ・コンテスト，からくり人形ロボット，マインドストーム

1. はじめに

「機構学」は長野工業高等専門学校・機械工学科2年の講義科目である。歯車の分野を中心に扱っている。その中で、実際に歯車を設計し、製作する課題として「ギヤ・コンテスト」を3年間実施してきた。また、同様な取組を小・中学校の出前授業で2回実施してきた。さらに、公開講座において「からくり人形をつくろう体験実習」の取組を行ってきた。併せて、マインドストームの有効活用を試みた。

そこで本研究では、「機構学」の「ギヤ・コンテスト」の報告を中心に、「機構学」のアプローチについて検討を行った。

2. 方法

「機構学」のシラバスの中で、歯車は9月ごろからスタートしている。同一時期に、同一学年の機械製図で、歯車の設計と「機構学」と歩調を合わせている。

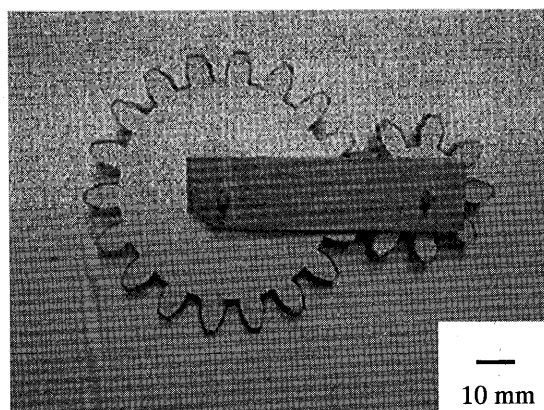


図1 第1回ギヤ・コンテスト最優秀作品(2003年度)

図1～3に「ギヤ・コンテスト・ロングスロープ杯」の最優秀作品例を示す。また、図4にギヤ・コンテストの要項を示す。

モジュール $m=4\text{mm}$ ，小歯車の歯数 $z_1=9$ ，大歯車の歯数 $z_2=18$ の条件から、ピッチ円直径 d ，歯先円直径 dk および中心距離 a 等を求め、市販の歯車ソフトから製作した図を利用して、ギヤ・コンテストを実施した。

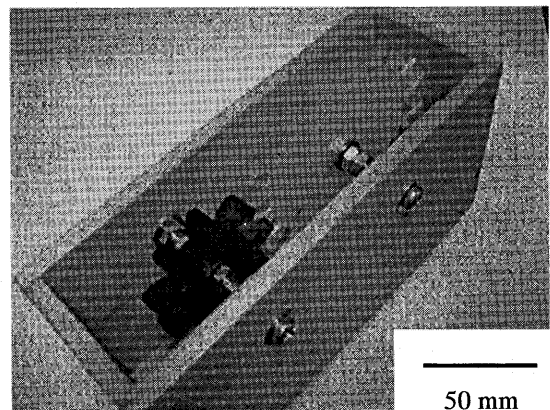


図2 第2回ギヤ・コンテスト最優秀作品(2004年度)

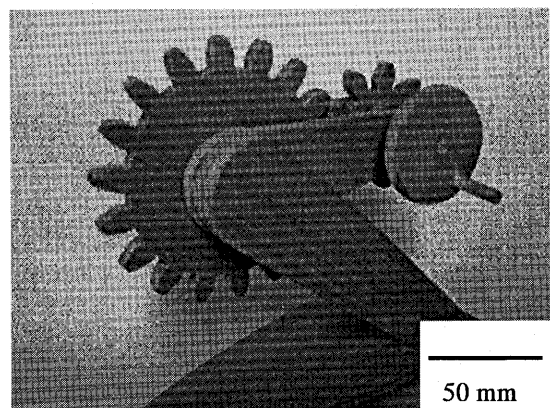


図3 第3回ギヤ・コンテスト最優秀作品(2005年度)

* 本研究の一部は2003年度大学開放推進事業経費の助成を受けて行われた。

*1 機械工学科教授

*2 機械工学科講師

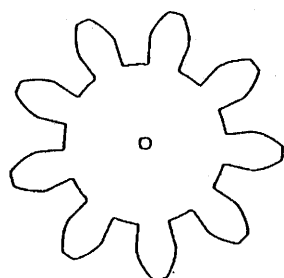
*3 生産環境システム専攻

第3回 ギヤ・コンテスト・ロングスロープ杯

2005. 9. 8

歯車2(大歯車)が1回転するとき、歯車1(小歯車)は何回転するでしょうか?

答え: _____ 回転



歯車. 1

歯の大きさ

モジュール: $m = 4\text{mm}$ 歯数: $z_1 = 9$

①ピッチ円直径: $d_1 = z_1 \cdot m$

=

=

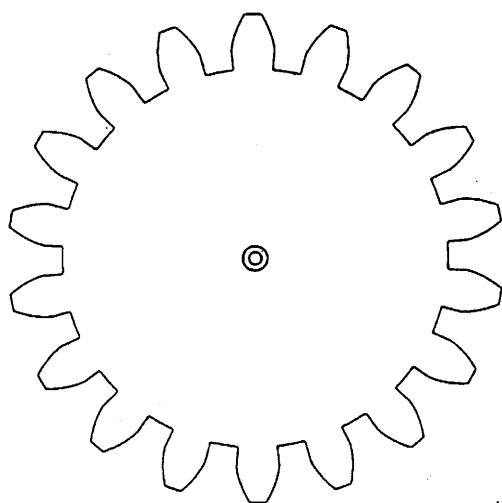
②ピッチ円半径: $r_1 = \frac{d_1}{2}$

=

=

歯先円直径: $d_{k1} = (z_1 + 2) \cdot m =$

歯底円直径: $d_{f1} = (z_1 - 2.5) \cdot m =$



歯車. 2

 $m = 4$ $z_2 = 18$

③ $d_2 = z_2 \cdot m$

=

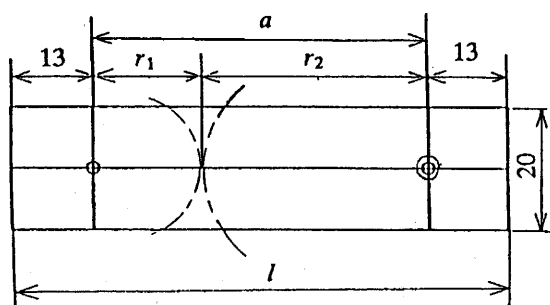
=

④ $r_2 = \frac{d_2}{2}$

=

歯先円直径: $d_{k2} = (z_2 + 2) \cdot m =$

歯底円直径: $d_{f2} = (z_2 - 2.5) \cdot m =$



⑤ 中心距離: $a = r_1 + r_2$

=

=

⑥ 板の長さ: $l = a + 13 \times 2$

=

=

図4 第3回ギヤ・コンテスト・ロングスロープ杯要項

- ① 小歯車のピッチ円直径 d_1 およびピッチ円半径 r_1 は
 $d_1=36\text{mm}$, $r_1=18\text{mm}$
- ② 大歯車のピッチ円直径 d_2 およびピッチ円半径 r_2 は
 $d_2=72\text{mm}$, $r_2=36\text{mm}$
- ③ 中心距離 a は
 $a=54\text{mm}$
- ④ 板の長さ l は
 $l=80\text{mm}$

となり、これらの半径から、コンパスで要項中に作図する。

引き続き、歯先円直径 d_k と歯底円直径 d_f を計算する。

$$d_{k1}=44\text{mm}, d_{k2}=80\text{mm}$$

$$d_{f1}=26\text{mm}, d_{f2}=62\text{mm}$$

これらの直径からコンパスで要項中に作図する。

図1より、歯車、軸および軸受板の材質ともに木を使っている。歯車の歯幅 b は 9.45mm 、軸の直径は 2.91mm および軸受板の板厚は 7.76mm であった。

図2より、歯車はプラスチック、軸は金属ボルトおよび軸受板は木を使っている。歯車の歯幅 b は大歯車が 4.65mm 、小歯車が 8.21mm 、軸の直径は 4.98mm および軸受板の板厚は 6.15mm であった。

図3より、歯車、軸および軸受板の材質ともに木を使っている。歯車の歯幅 b は 5.26mm 、軸の直径は 3.73mm および軸受板の板厚は 5.17mm であった。

3. 結果および考察

コンテスト後、アンケートにより、作業時間、費用、材質（歯車、軸、軸受板）について分析した（図5～9）。

これらの結果より、歯車、軸および軸受板の材質をダンボールと厚紙に画びょうを軸とすることで、お金をかけることなく、1時間程度で製作していることがわかった。この結果は、出前授業で公開講座、体験入学で同様に実施してきた方法と同様の結果を得た。

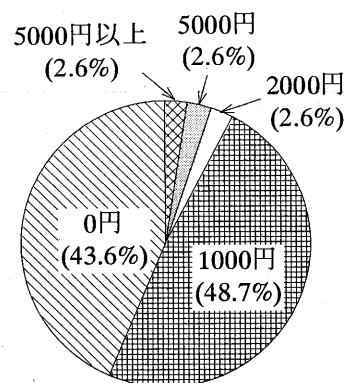


図6 費用

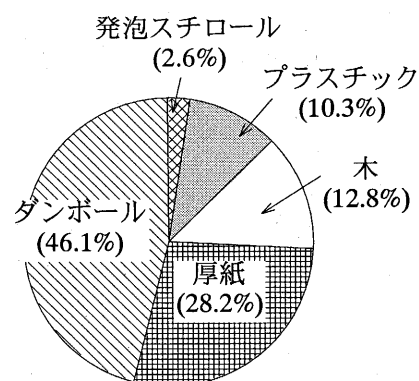


図7 歯車の材質

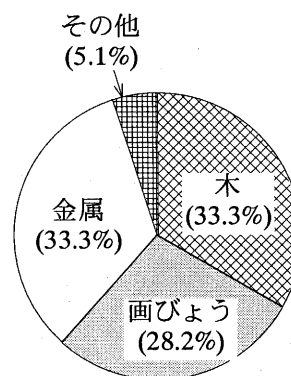


図8 軸の材質

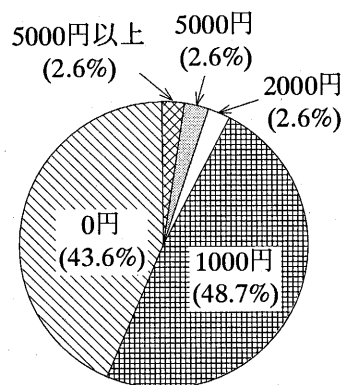


図5 作業時間

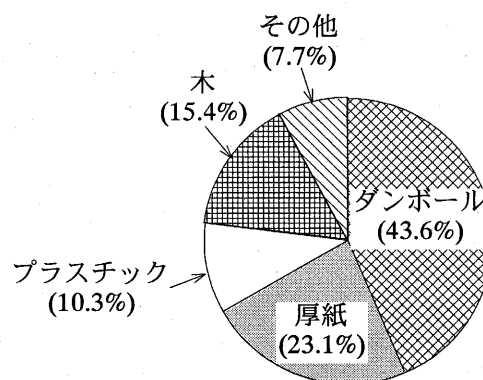


図9 軸受板の材質

学生の感想としては、軸の中心距離の設計で歯車のかみ合いがうまくいかなかったなどの設計と加工精度の本質に関わる期待通りの回答が多く見受けられた。

4. からくり人形を取組

2003～2005年度の夏休みを中心に、小・中学生の公開講座として、「からくり人形ロボットをつくろう体験実習」を実施してきた。2003年度（14名）、2004年度（10名）、2005年度（5名）および2003年度大学開放推進事業経費でも実施した。

図10にからくり人形ロボットを示す。

内容は、つぎによりアナウンスした。

お茶を運ぶ江戸時代のロボットを製作する。調整機構で、移動距離、旋回の角度、速度の変更も可能なゼンマイ動力のロボット（自動人形）である。体験実習を通じて「ものづくり」の楽しさや完成時の喜びを知ってもらう。また、学内紹介の時間も設けて、高専に興味を持ってもらう。

なお、事業概要は、つぎによりアナウンスした。

- 10:00～10:15 開講式
- 10:15～10:30 歯車の話
- 10:30～12:00 からくり人形の話
からくり人形ロボットの製作作業
- 12:00～12:50 昼食
- 12:50～15:45 からくり人形ロボットの製作作業
歯車の製作作業
- 15:45～16:00 アンケート、閉講式

さらに、現場の対応は、つぎにより行った。

OHPにより、逐次流れ、ポイントおよび機構・構造を解説しながら、市販のお茶を運ぶ江戸時代のロボットを製作する。スタッフは長坂研究室の専攻科生および卒業研究生が、小・中学生数名を分担し、政策および調整に携わる。また、歯車を厚紙で製作し、かみ合わせてお茶を運ぶ江戸時代のロボットと対応してみる。お茶を運ぶ江戸時代のロボットのコンテストを実施し、からくりの程度を実感する。

5. マインドストームの有効活用

マインドストームを用い、機構学の授業および機械工学概論に有効活用した¹⁾。

図11に差動歯車と図12に往復スライダクランク機構を示す。マインドストームおよびからくり人形を必要に応じ、授業中に回覧した。機構学の最初の授業に、往復スライダクランク機構による内燃機関のメカニズムを、最終に差動歯車による自動車のデファレンシャルギヤについて行うことをうながし、位置づけた。また、からくり人形もその中間に位置づけた。

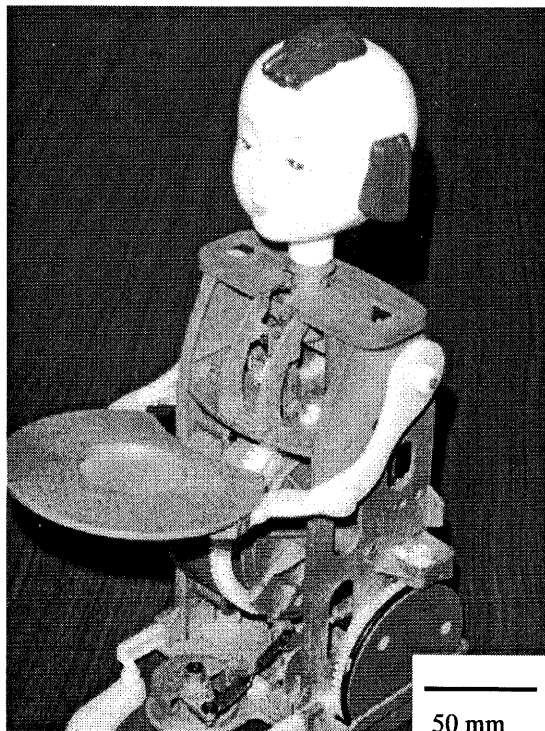


図10 からくり人形ロボット

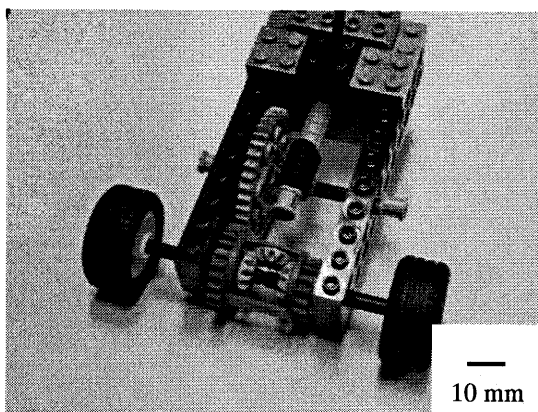


図11 差動歯車

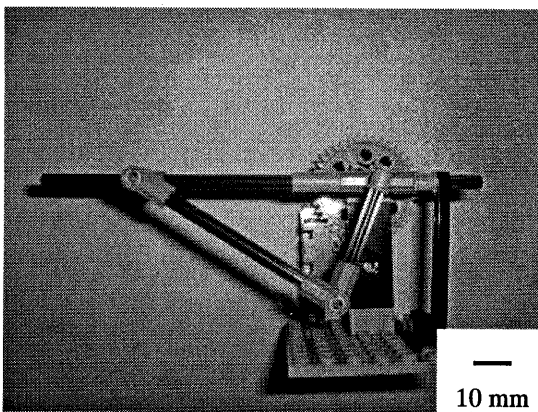


図12 往復スライダクランク機構

6. まとめ

機構学におけるギヤ・コンテストとからくり人形の取組について検討した。

1. マインドストームとからくり人形の活用は、手元でさわってもらい、興味をもってもらうために有効的である。
2. 歯車を自分自身で製作することは、かみ合い等を実感することができ、有効的である。

参考文献

- 1) 宮下大輔, 長坂 明彦: 機構学 (メカニズム) へのアプローチ, 平成 16 年度高専教育講演論文集, 217-218, (2004).