

いわき伝統芸能じゃんがら小型ロボットの開発

Development of JANGARA Small Robot of the Iwaki Tradition Performing Arts

佐東 信司・鈴木 茂和・山野辺 秀樹*

福島工業高等専門学校 機械工学科

*福島工業高等専門学校 専攻科機械電気システム工学専攻学生

Shinji Sato, Shigekazu Suzuki, and Hideki Yamanobe

Fukushima National College of Technology, Department of Mechanical Engineering

*Fukushima National College of Technology,

Advanced Course in Mechanical and Electrical System Engineering

(2009年9月16日受理)

Jyangara nenbutu odori is local traditional arts of Iwaki. It holds a service for the deceased to the first Bon after a person's death of the old calendar. It is thought that the tourism industry in Iwaki City develops by the Jyangara nenbutu odori's being seen anytime and anywhere. A new souvenir is requested to be created. In the study, the small Jyangara robot by the Karakuri mechanism is developed. The Karakuri mechanism is cam-linkage mechanisms. The Jyangara robot consists of three kinds, drum robot, gong robot, and lantern robot. There are 150 mm high. After it dance for 30 seconds, the robot stops automatically. The frame consists of transparent material. The inside was seen for the child to be interested.

Key words: Jyangara robot, traditional performing arts, karakuri

1. 緒言

福島県には数多くの地域伝統芸能が各地に代々受け継がれてきた。この伝統芸能を保存し、後世に伝えていくことが重要な課題の一つである。

いわき市に伝わる地域伝統芸能「じゃんがら念仏踊り」をFig.1に示す。これは、太鼓と鉦のリズムに合わせて若者が念仏を唱えながら踊るものである。旧暦のお盆に新盆の家庭を廻り、鉦や太鼓でにぎやかに死者を供養し、家族を慰めるものとして、いわき地方のお盆の風物詩となっている。この踊りは、江戸時代にい



Fig. 1 The Jyangara nenbutu odori.

わき四倉出身の名僧祐天上人が、信仰心の薄いこの地方の庶民に誰でもわかりやすく念仏を唱えさせようと「南無阿弥陀仏」の言葉を拍子にあわせて唱えさせたのが始まりと言われている。この地方出身の浄土宗、袋中上人僧が民衆に広め、沖縄県の伝統芸能エイサーのルーツ¹⁾とも言われている。

じゃんがら念仏踊りは提灯持ちを先導とし、太鼓を演奏する人の周りを、鉦を持った人達が踊り、演奏する構成になっている。現在、いわき市内には100近くの団体でじゃんがら念仏踊りが受け継がれている。毎年お盆の時期にいわき市の繁華街でじゃんがら念仏踊りコンテストが行なわれており、それぞれの地域、団体の特徴を出すため太鼓のリズム、鉦の叩き方、歌の拍子などが少しずつ違っている。しかし、現在は地域の青年会の減少に伴い、じゃんがらを演じる団体も減少しており、伝統芸能の保存が望まれている。

また、いわき市のお土産品としては海産物や菓子などが主流であるため、新たなお土産品の創出が、観光産業の活性化に繋がると考えている。

本研究では、お土産品としても活用でき、からくり機構で動く卓上型のじゃんがらロボットを開発する

ことを目的とする。じゃんがらロボットを開発することで、本来お盆にしか見ることのできないじゃんがら念仏踊りを、年間を通して鑑賞することが可能となり、新たなお土産品の創出と伝統芸能の保存が可能であると考えた。

2. じゃんがら念仏踊りとじゃんがらロボットの必要性に関する調査

「じゃんがらロボット」の開発に当たり、じゃんがら念仏踊りに関するアンケート調査を①いわき駅前再開発ビルオープン記念祭来場者、②福島高専文化祭来場者、③いわき市内中学校技術教員、④スパリゾートハワイアンズ来場者を対象として実施した。有効回答数は232であり、協力者の年代割合は10代と40代で50%を占めた。質問した内容は10項目であるが、その中で代表的な4項目の結果を以下に示す。

①じゃんがら念仏踊りがいつでも見られるといいですか？

「はい」：61% 「いいえ」：35%

②じゃんがらロボットに興味がありますか？

「ある」：90% 「ない」：9%

③じゃんがらロボットはいわき市の観光産業に役立ちますか？

「はい」：95% 「いいえ」：5%

④じゃんがらロボットを購入したいと思いますか？

「はい」：25% 「いいえ」：75%

以上の結果から、じゃんがら念仏踊りに興味を持っていることとそれ以上に、「じゃんがらロボット」が、観光産業に役立つと多くの市民が考えていることが分かった。商品化に関しては25%の人が購入したいと答えていることから、十分に市場性があり、商品的価値も高いと考えられる。

3. じゃんがらロボットの設計

3.1 ロボットの構成

じゃんがら念仏踊りは太鼓、鉦、提灯を持って踊るので、ロボットも太鼓、鉦、提灯の3種類を製作する。

この3種類のロボットをそれぞれ、太鼓を演奏する「太鼓ロボット」、鉦を演奏する「鉦ロボット」、提灯を持って踊る「提灯ロボット」と定義し、演技する

人形部分を「人形部」、動きを制御する機構部を「駆動部」と定義する。人形3体は駆動部に載る形とした。

3.2 じゃんがらロボット全体の大きさの検討

お土産品として製作する上で、大きさは非常に重要である。持ち運びなどを考慮すると、軽く、机の上におけることが望ましい。また、小さすぎると、動作が小さくなるため、じゃんがら念仏踊りの特徴を出すことが困難となる。このため、人形部の高さを150mmとし、太鼓・鉦・提灯の3体のロボット及びそれを乗せた駆動部を含めた全体の大きさは奥行き120mm、幅50mm、高さ205mmの直方体に収まるものとした。

3.3 太鼓人形部の設計

じゃんがら念仏踊りでは太鼓が主役で動作が最も複雑であることから、太鼓ロボットの設計が重要となる。設計した太鼓ロボット人形部の3D-CADモデルをFig. 2に示す。

人形の動作は、手足等に連結された糸を下から操る「糸からくり」方式²⁾³⁾を採用した。各関節は、Fig. 3に示すようなテフロンチューブに通した糸が結ばれており、糸を引くことによってその関節が稼動する。

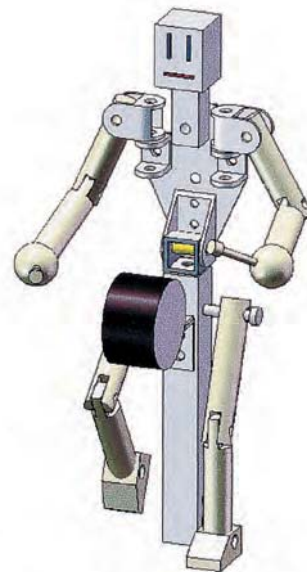


Fig. 2 3D-CAD model of drum robot.

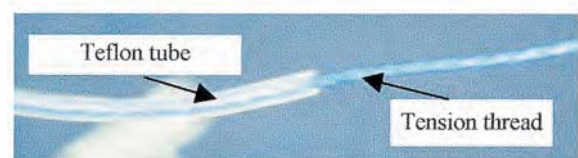


Fig. 3 Tension of the thread using the Teflon tube.

これは、自転車のブレーキの機構と同様に、釣糸をテロンチューブに通すことで、チューブ内での糸の移動量がそのまま人形の各関節の動作へと伝達されるためである。

太鼓ロボットは当初、関節自由度を左右肩回転(2自由度)・左右腕側屈(2)・左右肘前屈(2)・腰前屈(1)・腰回転(1)左右足前屈(2)・左右足膝前屈(2)・左右足首前屈(2)・首前屈(1)の計15自由度と設定し設計を行った。しかし、人形の稼働部位の動作は左右肘前屈及び首前屈の動きが小さく、踊りの表現に効果的に寄与しないことが明らかになった。構造の簡素化及び大きな動作を実現するために、上記の3自由度を削除し計12自由度とした。なお、全12自由度の関節を、糸で直接引張る関節(駆動関節)と自由に動く関節(自由関節)の2種類に定義的に分け、駆動関節を左右肩回転(2)・左右腕側屈(2)・腰前屈(1)・腰回転(1)・左右足前屈(2)の計8自由度で、自由関節を左右膝関節(2)・左右足首関節(2)の計4自由度に設計した。

次に、駆動関節に使用する糸について検討する。腰の前屈など、自重が加わって一方向に動く関節は1本の糸を引張り又は緩ますだけで駆動できるが、自重を使わない関節では、駆動のために引く糸と、元の角度に戻す糸が必要となる。元の角度に戻す方法としてバネを使用する事も可能であるが、糸を引く為に大きなトルクが必要となり、実用的ではない。そこで、本研究では2本の糸による構造を採用し、各駆動関節の駆動に必要な糸の本数は、肩回転では左右太鼓叩き動作(2本)・左右太鼓叩き引き動作(2)で計4本、腕側屈では左右腕振り上げ用(2)、腰前屈では腰伸ばし用(1)、腰回転では左右腰捻り用(2)、足前屈用では左右足上げ用(2)とした。

腕側屈の糸の経路をFig.4に示す。肩、胴体の設計で考慮することは、土台の駆動部からの糸の経路である。特に腕側屈のための糸は、肩回転の中心軸上を通さなければならない。糸の先端を固定するのは人間の三角筋のあたりになるため、他の場所を通した場合、肩回転駆動の影響を受けて引張りの誤作動が起きてしまうためである。そのため、肩回転の軸は中空の軸として設計し、Fig.4のように回転軸内部に糸を通した。

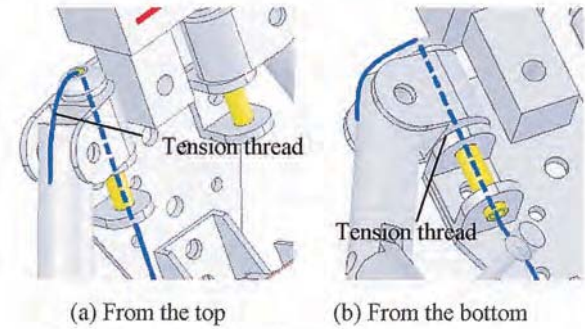


Fig. 4 Rolling mechanism of shoulder by tension of thread.

3.4 鉦と提灯人形部の設計

鉦および提灯ロボットの人形部は、太鼓ロボットと基本構造はほぼ同じとし、それぞれの踊りに合わせて単純化した構造設計を行った。3D-CADで設計した鉦と提灯ロボットの人形部をFig.5に示す。

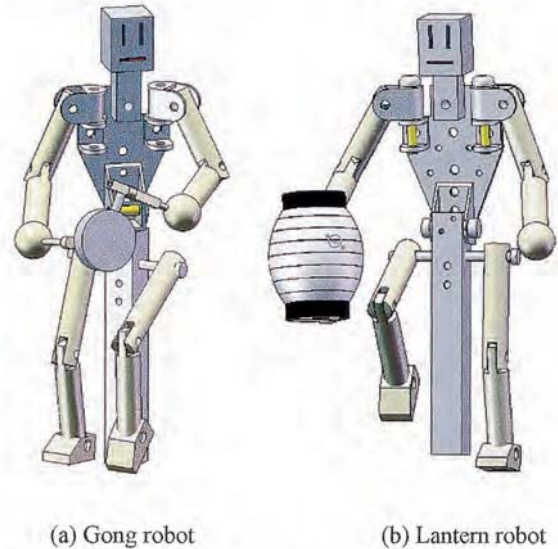


Fig. 5 3D-CAD model of gong robot and lantern robot.

3.5 人形動作の設定

いわき市菅波青年会の協力により、じゃんがら念仏踊りの人の流れ、太鼓・鉦・提灯担当者の練習時の踊りを撮影し、その映像を解析して各関節の動きを数値化した。じゃんがら念仏踊りは通常15分以上踊り続けるものであり、忠実に再現しようとする機構が複雑になる。よって踊りを1分程度にまとめた。

各ロボットの動作を以下に示す。それぞれ後半から動きを変化させた。これは、見ている人が飽きないように考慮したためである。

太鼓ロボットは、最初に腕を左右交互に大きく振って太鼓を叩く。腰は腕のリズムに合わせて細かく前屈し、叩く際には捻りをいれる。足は左右交互前後に振る。足の入れ替えは太鼓を2回叩く毎に行なう。後半からは腰を折り、片方の腕で太鼓を抱え、もう片方の腕で太鼓を細かく叩く。右足はリズムをとる足踏みをし、一連の動作が終わる。

鉦ロボットは、最初に腰を伸ばし、リズムに合わせて利き腕でもう片方の腕に持った鉦を鳴らし、腰の捻りで右や左で叩いたりする。足は左右交互に前後に振る。足の入れ替えは鉦を1回鳴らす毎に行なう。後半からは腰を折り、リズムに合わせて鉦を鳴らす。右足はリズムをとる足踏みをすることで一連の動作が終わる。

提灯ロボットは最初に一礼し、首を左右に振って周りを見る。その後、右足でリズムをとる足踏みをする。本来、提灯は家々を廻る際の先導役のため踊りはない。動きをつけたのは、手にとってくれる人に少しでも楽しんでもらうためである。

3.6 駆動部の設計

ロボットは当初、からくり機構を用いることから動力源はぜんまい駆動と仮定した。しかし、動力源にぜんまいを用いてロボットを動作させるには複雑な機構が多く必要となる。また、ぜんまい駆動では長時間の運転が難しく、トルクはすぐに低下し、一定の回転数が保たれない問題がある。そこで、安定した高トルクを一定時間持続させるため、からくり機構にモーター1個を付加し、からくり技術と現代技術を融合する構造とした。これにより駆動部は簡素化され、主にカムとリンクのみで構成させることができる。

駆動部の3D-CADモデルをFig.6に示す。上述の通り、人形の稼動にはカム-リンク機構を用いた。可動関節

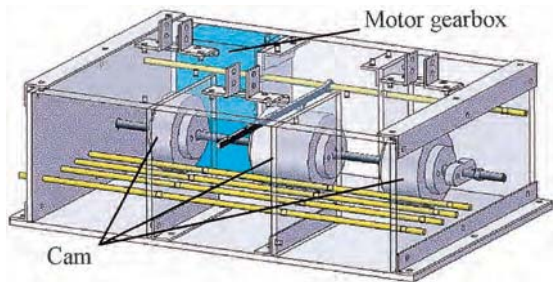


Fig. 6 3D-CAD model of drive assembly.

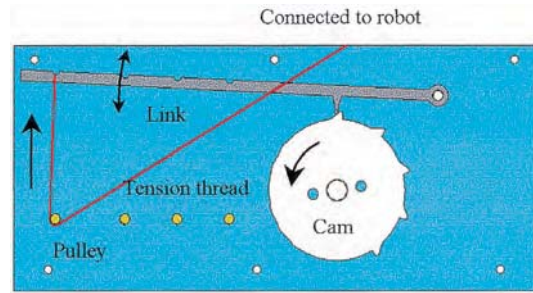


Fig. 7 Mechanism by cam and link.

に対応したカムを用いることで、人形のスムーズな稼動を行なうことが可能にする。

内部カム-リンク構造をFig.7に示す。カムに従動するリンクはカムの凹凸に沿って揺動する。糸は人形の各稼動関節に繋がっており、カムの揺動によってリンク先端に結ばれた糸が引かれ、その変位分だけ各関節が動作する。変位量は糸の固定部を変えることによって2~3.7倍に増幅可能とした。設計したカム-リンク機構は、カムとの接触部先端は、0.5mmの曲率半径を有し、複雑なカム形状でも正確に追従することが可能になる。

ロボットに使用するカムは複雑な形状を有し、人形の動作を記憶させる媒体である。詳細な動作を再現しようとする複雑な凹凸が繰り返され、圧力角（カム軌道面の法線と従動節の運動方向とのなす角）が大きくなりカムを回転させるためのトルクが増大する。⁵⁾当初、カムが1回転するのに要する時間を30秒とし、それを2回転させ1分間の踊りにする予定だったが、駆動部に収まるサイズのカムで再現しようとした場合、圧力角が大きくなり必要トルクが大きくなってしまった。さらに、カムの段差同士の距離が短く、リンクが谷に落ちきる前に次の段差に乗ってしまう問題も発生した。そこで、1回転の時間を半分の15秒とし、2回転させて合計30秒の動作とした。

カムの形状設計は、踊りに合わせて、各関節に繋がれた糸を、どの時間にどの程度引張（緩め）れば良いかの変位曲線を作成することが必要となる。各糸の変位曲線を作成後、データをカム作成プログラムに入力して形状化した。

太鼓・鉦・提灯の各カムは同一軸に固定され、3Vモーター1個で回転する。

じゃんがら念仏踊りの音楽が流れるように、音声録音再生ボードを付け、モーター回転と同時に起動するよう制御回路を設けた。

電源は電池を用い、モーター用に単3電池2本、回路用電源として9V電池1本を用いる。

4. じゃんがらロボットの製作と評価

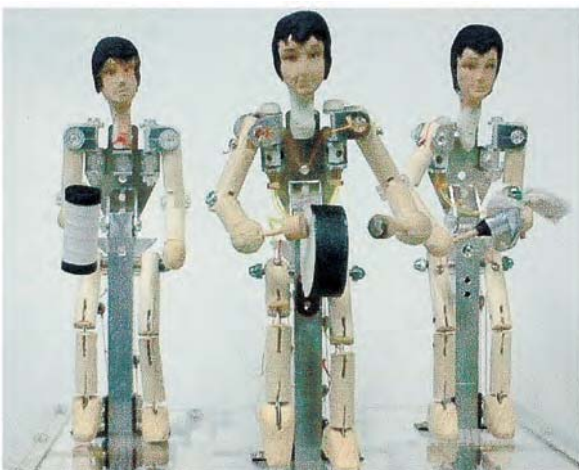
4.1 人形部の製作

3D-CADによる設計後、そのデータを基に各部品の製作を行い、じゃんがらロボットを組み立てた。Fig.8に完成した人形部（衣装なし）を示す。人形はアルミ材、バルサ材、軽量紙粘土、ポリカーボネート製ネジ・ナットなどの軽量の材料を用いて作製した。

太鼓ロボットの駆動関節は計8自由度、鉦ロボットは右腕側屈(1)・腰前屈(1)・腰回転(1)・両足前屈(2)の5自由度である。提灯ロボットは首回転(1)・腰前屈(1)・右足前屈(1)の3自由度で動作させることができた。

各関節に結ばれた糸は、回転軸の中心を通すようにしている。軸中心に糸が通せない箇所は、Fig.9に示すようにチューブを工夫して通し、動作への影響を少なくすることに成功した。この通し方は、チューブの弾力による動作干渉も防止している。

小道具の提灯・太鼓・鉦は和紙等を用いて製作した。単なる装飾品としてではなく、太鼓と鉦は叩けば鳴るように製作した。



Lantern robot Drum robot Gong robot

Fig. 8 Robot part (no clothes) .

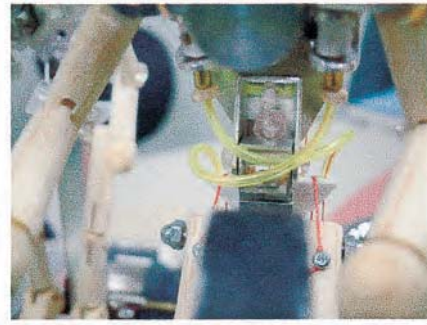


Fig. 9 The waist enlarged picture of the doll.

4.2 カムの製作

完成したカムの代表的な例をFig.10に示す。カム設計ソフトで計算したカム形状は、3D-CADに読み込ませることで3次元データ化した。作成データを3Dプロッタに入力し厚さ3mmのデルリン板を加工した。カムの形状が鋭角の場合はエンドミルの太さの制限で加工不能となる箇所があり、手仕上げにより完成させた。

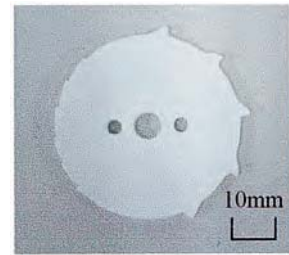


Fig.10 Appearance of completed cam.

組み立てたカムブロックをFig.11に示す。製作したカムはロボット毎に重ね合わせて一纏めにし、回転軸を貫通させる。そのまま駆動部に組み込むと、リンクが左右に振れリンク同士が干渉してしまうため、カムとカムの間に円形状のビニールシートを挟み、リンク同士が干渉しないようにした。



Fig. 11 Cam block of three robots that were fixed in rotating shaft.

4.3 駆動部の製作

モーターの回転をカム軸へ伝える伝達機構をFig.12に示す。原動機であるモーターからタイミングベルト

でカム軸にトルクが伝動され、カムが回転する。回転数を減速するため、6速ギアボックスを用い、最大トルク236mN・mを得ることができた。また、可変抵抗によって、ある程度の速度調整を可能とした。

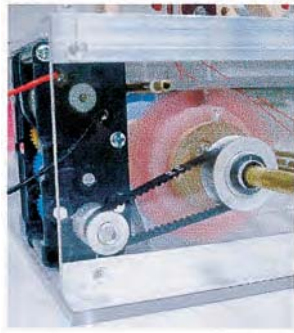


Fig. 12 Mechanism transmitted to cam from motor.

駆動部の背面図をFig.13に示す。駆動部の

後部にギアボックス、制御回路、電池類が収納される形になっている。駆動部の筐体は透明アクリル板を用いて製作した。これは、内部構造を観察できるように配慮すると共に、お土産品を小中学生への技術教材としての付加価値を付けるためである。

アクリル板にネジ切り加工を施すことでナット使用数を抑え、分解や組立を容易に行なえるようにした。

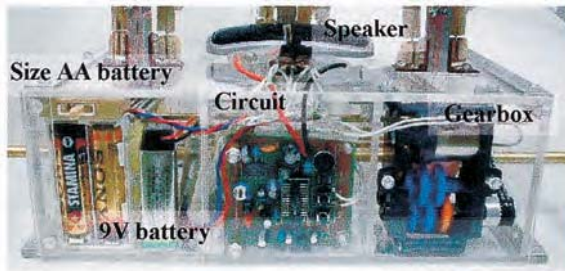


Fig. 13 Outline of power unit.

4.4 じゃんがらロボットの完成と評価

完成した小型じゃんがらロボットの全体図をFig.14に示す。人形の各関節の動作を干渉しないよう、衣装は少し大きめに作製した。人形部の高さは150mmである。3体のロボットは独立した動作を設定どおりに行いじゃんがら念仏踊りを再現し、目標の30秒間の演技を達成すると自動的に停止した。

お土産品としても十分に活用できるじゃんがらロボットが完成した。このロボットは理工系離れの子供にもロボットの動作機構が直視できる作品であるため、今後は伝統芸能やモノづくりに興味を持つ若者が増えることを期待している。



Fig. 14 Completed Jangara small robot.

5. まとめ

- 1) いわき市の伝統芸能じゃんがら念仏踊りをからくり機構でロボット化し、お土産用として十分な大きさで製作することが出来た。
- 2) 太鼓ロボットの駆動関節は8自由度、鉦ロボットは5自由度、提灯ロボットは3自由度の関節動作で人間に近い踊りを実現した。
- 3) カム-リンク機構からなる駆動部を3体分まとめて一つに組み立てたため小型化することができた。
- 4) からくり機構にモーター1個を導入することで、安定した踊りを持続することが可能となった。
- 5) 駆動部の筐体には、からくり機構が見えるように透明のアクリル板を使用し、小中学生が興味を持つように設計した。

参考文献

- 1) いわき市文化財保護審議会：いわきの文化財，いわき市教育委員会(2003)
- 2) 田中瀧治：機巧図彙，高知県南国市立教育研究所(1995)
- 3) 鈴木茂和：いわき伝統じゃんがらロボットの開発，福島工業高等専門学校，第49回研究紀要(2008)
- 4) 千田靖子：図説 からくり人形の世界，法政大学出版局(2005)
- 5) 鈴木康一：ロボット機構学，コロナ社(2004)