

## 足踏み式藁縄機の復元と改良

阿部 元春<sup>1</sup> ・ 福永 圭悟<sup>2</sup>

<sup>1</sup>2008年3月機械工学科卒業, <sup>2</sup>機械工学科

大分市若宮八幡宮から、約60年位前に製作されたと思われる足踏式左ねじり藁縄機の復元依頼を受けた。構造体の骨格は材木であり、半ば腐食していた。機械要素の多くは鋳物部品であった。クランク機構、食い違い歯車やフェース歯車の採用、薄鋼板を放射状に配列し藁を確実に送る機構、など現在の設計・加工技術でも製作が困難と思われる設計思想が至るところに採用されていた。材木部は再製作し、金属製部品は、汚れや錆を除去し、現物合わせで再組立による復元をした。藁縄の製作前に、藁を叩いて柔らかくするなどの工夫をしたが、現在神社などで使用されている藁縄に比べると、品質的に改善の余地があることがわかった。右ねじり縄製作方法も提案した。

キーワード：製縄機、藁縄、フェース歯車、食い違い歯車、ねじり方向

### 1. 研究背景

元来、藁縄(わらなわ)は、神社、農業および生活に必要な不可欠であった。縄編みは、手作業でされていたが、明治時代末期に製縄機が開発され、広く普及した。

大分市若宮八幡宮の宮総代は、これまで手編みで縄編みをしていたが、作業による負担が少なく、また使用方法が簡単な足踏式製縄機を譲り受けた。この製縄機は、長い年月放置されていたために、例えば、図 1.1 に示すように、洗浄前は腐食や汚れ、ゴミ噛み込み、潤滑不足などによって動力伝達が難しいこと、さらにフレームとなる木材は腐敗が進んでおり安定感がないこと、等の問題があり、現状では製縄作業ができない状態であった。そこで、この製縄機復元の依頼を受けた。

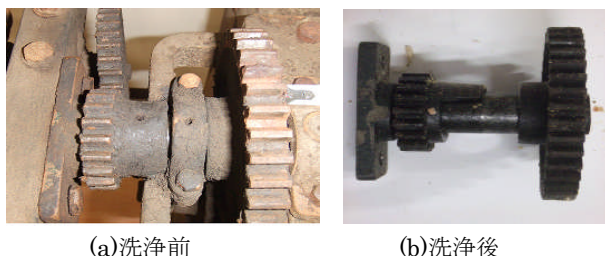


図 1.1 歯車洗浄例

### 2. 製縄機

#### (1)歴史

図 2.1 に示すように、縄編みは、製縄機が開発される以前は手作業で行われていた。この作業には熟練技術と経験が要求され、作業者への負担が大きく、特に女性や高齢者には大変厳しい作業である。



図 2.1 手編みの縄編み<sup>1)</sup>

佐賀県佐賀郡の農村で生まれ育った宮崎林三郎氏は、「縄ない機こそが農家に幸福と利益を与える」と製縄機開発に生涯を捧げる決心をした。1905年(明治38年)、図 2.2 に示す製縄機開発に成功し、製縄機の開祖と呼ばれた<sup>2)</sup>。

その後、図 2.2 右側のように、製縄機は改良を重ねられ、

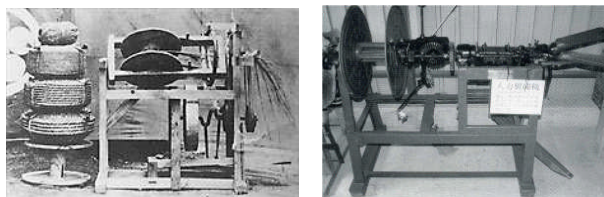


図 2.2 左側は宮崎氏の製縄機<sup>2)</sup>と改良された製縄機<sup>3)</sup>

三つ編みができる製品や、部品交換により縄の太さを自在に調整できる製品も開発された。現在では、合成紐が開発されたため藁縄の需要は少なくなったが、神社では今でも、境内の飾りやおみくじ結び用などに使われている。

(2)復元依頼を受けた足踏式製縄機

大分市若宮八幡宮の宮総代から足踏式製縄機復元依頼を受けた。図2.3は正面写真、図2.4は縄巻き上げドラム部である。高さ約700mm、長さ約1000mm、幅は約500mmであった。

図2.5は、製縄機木製フレームに墨で書かれた文字である。右から読むと「天下一 報 製縄機」となる。これは、宣伝文句と商品名と思われる。現代的に解釈すれば、日本の縄製作機となろう。右から読む文字であることからだけでも、復元を依頼されたこの製縄機が太平洋戦争の頃、約60年近く前に製作されたと推測される。「報」の文字は丸の中に記されている。したがって、「報」は「お国の為に尽くす」という意味で書かれたと思われる。

当然のことであるが、持ち込まれた製縄機には、取り扱い説明書や設計図などは無かった。

(3)藁縄使用例

図2.6は、大分市数戸にある寒田神社境内で使用されている藁縄である。大部分の藁縄は左ねじれで編まれていたが、右ねじれも使用されていた。左ねじれと右ねじれがどのような基準で使用されているかはわからない。

復元を依頼された製縄機は左ねじれ用であるが、右ねじれ藁縄機開発も依頼された。



図2.6 ねじれ方向 (左側：左ねじれ, 右側：右ねじれ)

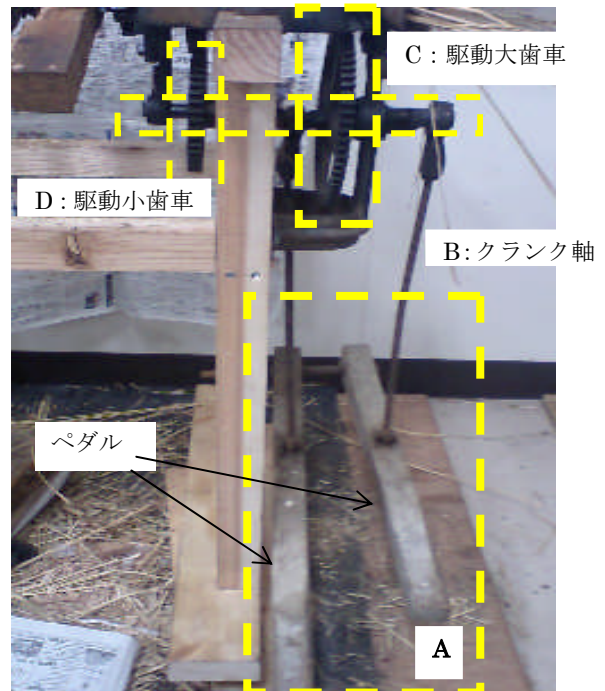


図3.1 ペダル周辺

ペダルとクランク軸はすべり軸受で連結、歯車の抜け止めには金釘(製作時には割りピン?)が使用されていた。

3. 製縄機構造

(1)ペダル

図3.1のA部に示す、2本のペダルを交互に踏むと、B部のクランク軸、さらにクランクシャフトに組込まれた駆動大小2つの平歯車が回転する。

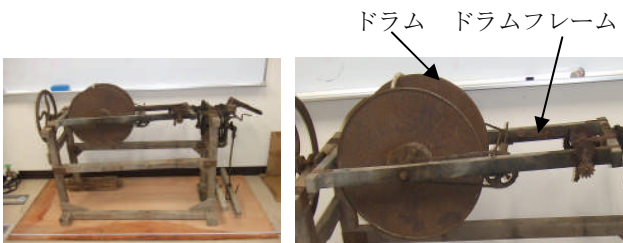


図2.3 足踏式製縄機

図2.4 藁縄巻き上げドラム

(2)よじり部

図3.1 Cの駆動大歯車が回転すると、図3.2Aに示す食い違い歯車が回転する。くい違い歯車には図3.2 B部に示す2つのラップ管が差し込まれている。

図3.3に示すラップ管から藁を挿入する。2つのラップ管でよじり作業が行われる。藁はこのラップ管が回転する



図2.5 木製フレームに墨で書かれている文字



ことでよじられる。ラップ管先端には薄い鉄板が放射状に取り付けられている。藁を通した時にこのラップ管先端の鉄板との間に摩擦が生じ、藁がよじられる。

ラップ管によってよじられた藁は、図 3.4 に示す左側の補助機具の穴を通る。その後、右側の補助機具によって一本化される。



図 3.2 食い違い歯車(A部)とラップ管(B部)



図 3.3 藁をよじるラップ管

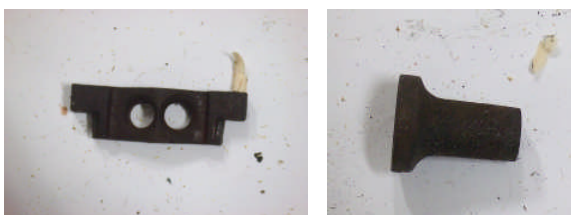


図 3.4 補助機具

### (3)ねじり部

図 3.1 D の駆動小歯車が回転すると、図 3.5 B のねじり平歯車が回転する。図 3.2A または、図 3.5 A の食い違い歯車、さらに図 3.4 補助機具を通り藁が図 3.5B のねじり平歯車へと移動する。ねじり平歯車が回転すると、図 3.5C のドラムフレームが回転する。ねじり平歯車が 1 回転すればドラムフレームが 1 回転する構造である。ドラムフレームが回転して、一本化されたよじり縄がねじられる。

### (4)ドラムフレームとドラム

図 2.4 または、図 3.6 は、藁縄を巻き取るドラムとドラ

ムフレームである。ドラムフレームが回転するとドラムも回転する構造になっている。ドラムが回転し、縄が図 3.6 の矢印方向に巻き取られる。ドラムが 1 回転する時、ドラムフレームは 14 回転することがわかった。ドラムは、1 回転すると平均 350mm の藁縄を巻き取ることができる。

図 3.6 または、図 3.7 に示すように、ドラム中心部には、藁縄をドラムから抜きやすいように 4 度の勾配を持つ筒がある。

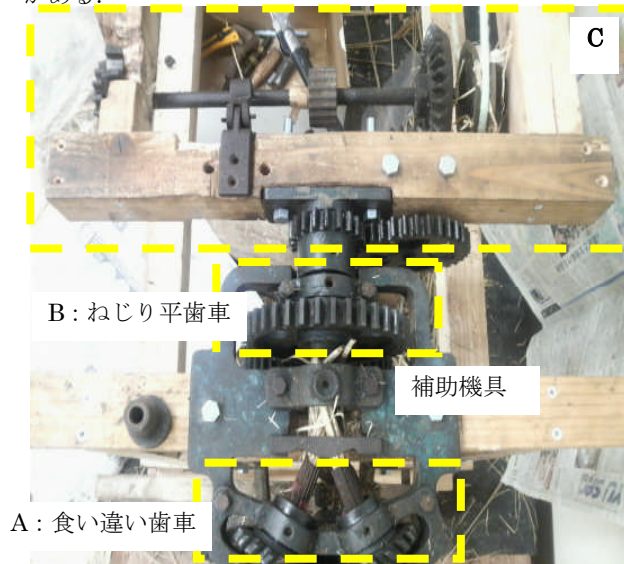


図 3.5 ねじり部

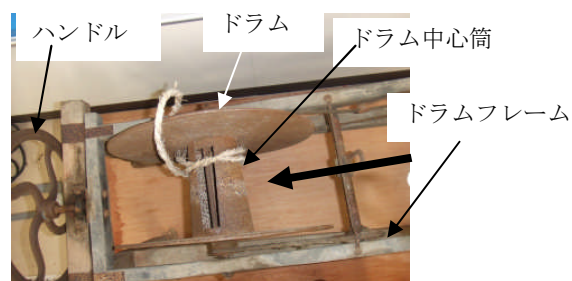


図 3.6 ドラムによる藁縄巻き取り



図 3.7 ドラム中心筒

### (5)ハンドル

図 3.6 または、図 3.8 は、ラップ管と反対側に取付けられているハンドルである。ハンドルは、シャフトによりド

ラムフレームと連結している。このハンドルの機能はよく分からないが、ドラムを一定回転させるためのフライホイールのようなものである。あるいは、ハンドルを回すことにより、ペダルを踏まなくとも製縄機を駆動できるため、作業者が2人いれば、製縄機を運転できる。

**(6)技術的工夫**

おおよそ60年前に製造されたと思われる製縄機には、これまで述べたことから分かるように優れた技術的工夫が見られた。ここでは、ラップ管先端部について説明する。

図3.3で説明したように、ラップ管先端には、薄い鉄板が放射状に傾斜をつけて組まれている。これは、縄をよじる際に、藁との間に摩擦を発生させ、できるだけ頑丈によじるためである。

復元を依頼された製縄機は左ねじれ用であるので、図3.9に示すように、ラップ管先端部薄板は左ねじりになっている。左ねじり藁縄を作るためには、左にねじれていなければならない。したがって、右ねじり藁縄を作るためには、右ねじりを持ったラップ管先端を作らなければならない。



図 3.8 ハンドル

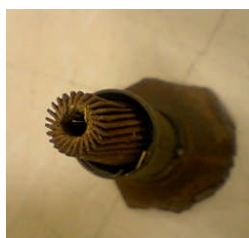


図 3.9 ラップ管先端

**(6)使用材料と製作方法**

表1は、復元を依頼された製縄機に使用されている主な部品の材料と製作方法である。現在の機械設計・加工技術と比較しながら、いくつかの特徴を述べる。

まず、歯車などの機械要素の位置決めが材木によって行われていることである。製縄機製作時には、現物合わせで位置を決めたと思われる。

次に、鋳物品が多く使用されていることである。表1に示される歯車は、現在ならば、そのほとんどが鋼材からの削り出し加工で製作されると思われる。

No.8 食い違い歯車は、現在でも設計および加工が難しい。軍用は別として、当時どのようにして、歯車諸元を決定し、テーパ形状の歯形を持つ鋳物木型を製作したのだろうか。

No.14 ラップ管先端は、図3.9から分かるように、実に巧みに設計製作されている。この機構を考案し、製作した先駆者に尊敬の念を抱く。

No.15 フェース歯車は、後述する図6.1に見られる。この歯車も、No.8の食い違い歯車と同様に、現在でも設計・製作が困難な機械要素の一つである。

表 1 使用材料

No.	部 品 名	材料と製作方法	参照図
1	フレーム	材木	図 5.1
2	ドラム	鋼板+板金加工	図 2.4
3	ドラムフレーム	材木	図 2.4
4	ペダル	材木	図 3.1
5	クランク軸	鋼材+機械加工	図 3.1
6	駆動大歯車	鋳物+機械加工	図 3.1
7	駆動小歯車	鋳物+機械加工	図 3.1
8	食い違い歯車	鋳物+機械加工	図 3.2
9	ラップ管	薄鋼板+板金加工	図 3.2
10	補助機具	鋳物+機械加工	図 3.4
11	ねじり平歯車	鋳物+機械加工	図 3.5
12	ドラム中心筒	鋳物+機械加工	図 3.6
13	ハンドル	鋳物+機械加工	図 3.8
14	ラップ管先端	薄鋼板+溶接	図 3.9
15	フェース歯車	鋳物+機械加工	図 6.1

**4. 藁縄形成メカニズム**

藁縄は、手作業または製縄機に関わらず、藁をよじる作業、ねじる作業、さらに引っ張る作業を連続して行うことで製作される。

手作業の場合、図2.1に示すように、左側のわらを左手の親指、右側のわらを右手の親指で挟み、素早く左手の親指に右手の人差し指がかかる位置まで戻し、親指を緩める。これがよじり動作である。この動作後、2本の縄をねじり合わせ引っ張る。これら3つの作業を繰り返し行い、先端部を一重に結べば完成である。

製縄機は、手作業でのよじり、ねじり、および引張りの3つの作業を機械要素を組み合わせることにより正確に再現している。

以下、製縄機におけるこれら3つの動作機構を示す。

**(1)よじり**

図4.1は、製縄機の2つのラップ管でよじりを行う様子である。図3.3で説明したように、縄はラップ管先端の放射状に並べられた薄鉄板と縄の摩擦でよじられる。

**(2)ねじり**

ラップ管によってよじられ、さらに交差した状態の藁縄は、ドラムフレームが回転することでねじられる。

**(3)引張り**

ドラムは、よじりおよびねじりを行った後の縄を巻き上げるが、巻上げと同時に引張りを行う。引張りは、ねじり

を行うために非常に重要な作業であり、ドラムが藁縄を引っ張ることによってのみ、ねじることが可能となる。

### 5. 復元した足踏式製縄機

復元した製縄機を図 5.1 に示す。フレームはドラムフレームを含め、木材部は全て再製作した。

歯車、ハンドルおよび補助機具は鉄製であったため、洗浄した。歯車洗浄には歯ブラシ、カッターを用いた。

復元した製縄機を使用して、実際に藁縄を編んだ。

図 5.2 は最初の試作品である。図 5.2 より、試作品 (1) は、縄が細く、1 回しかねじれていない。原因は、よじり強さあるいは、引張強さ不足が考えられた。ラップ管先端部の腐食が激しく、摩擦力が発生せず、藁が滑って先端部と一緒に回転しなかったと考えられる。また、ドラムフレームと接続歯車のかみ合いが悪かったため、ドラムはうまく回らず引張強さが低下したことも原因と考えた。

これらの点を改善し、再び編んだ藁縄を図 5.3 に示す。ラップ管については、紙やすりおよび CRC を用いて錆を落とし、藁を滑り易くした。ドラムの引張強さは、ドラムフレームの歯車位置調整を行い、改善した。

出来上がった縄は、よじられ、しっかりとねじられていることがわかる。試作品 (1) と比較すると、良い藁縄に仕上がったが、引張強さがまだ不足しているため、縄の横幅が大きくなってしまった。原因は、ドラムフレームからドラムまでの動力伝達がうまくいってなかったためであると推測した。

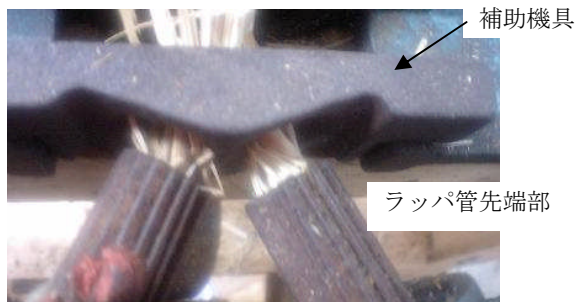


図 4.1 よじり部

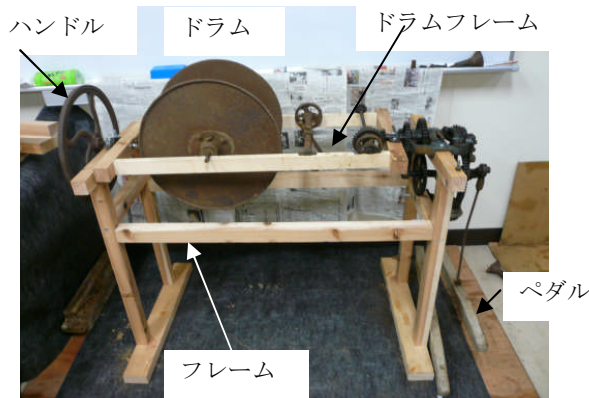


図 5.1 復元した製縄機

図 5.4 は、図 5.3 の試作品(2)にさらに改良を重ねた藁縄である。ドラムとドラムフレームとの接合部を改良した。その結果、ドラムはスムーズに回転するようになり、引っ張り強さは大きくなった。試作品(3)は、試作品(2)よりも、さらによじり、ねじり、および引っ張りがしっかりと行え、頑丈なものになった。

次に、復元した製縄機で製作した試作品(3)の藁縄と、図 5.5 に示す神社で使用されていた藁縄について比較した。図 5.4 の試作品(3)は図 5.5 の藁縄と比較して、まず、よじり縄表面が粗く、太さが不均一であることがわかる。原因は、藁の事前準備と思われた。試作品(3)で用いた藁は、製作前にたたいて柔らかくしていませんので、よじる力が均一に藁に伝わらず、表面が粗くなったと思われた。また、復



図 5.2 試作品 (1)



図 5.3 試作品 (2)



図 5.4 試作品 (3)



図 5.5 神社で使用されている藁縄



元した製縄機のねじり力が弱く、試作品(3)はよじり縄を強くねじることが難しいと考えられる。ねじり力を強くするためには、ドラムによる引張力を強くするために、ドラム部をさらに改良する必要がある。

## 6. 右ねじり機構検討

右ねじり製縄機開発の可能性について考察する。左ねじり製縄機を復元し、基本的機構をそのままに、右ねじり製縄機ができるのではないかと考えた。

図 6.1 は復元された左ねじり製縄機の機構である。縄を編む際、ドラムフレームは、ラップ管から見て左回転 (A 方向) する。ドラムフレームが左回転すると、食い違い歯車も左回転し、ドラムが縄を巻き取る方向に回転しながら藁縄を引張り、左ねじれ縄を作ることができる。一方、図 6.1 B のように、ラップ管側から見て右回転させるとドラムが逆回転し、縄は逆流し、編むことができない。このことが、右ねじり製縄機開発のヒントになると考えた。

図 6.2 は、右ねじり製縄機機構を示す。左ねじり機構と異なる点は、ラップ管の薄い鉄板の向きを、現行鉄板の向きとは反対向きにしたこと、フェース歯車を C 部に移動させたことである。

ドラムフレームが図 6.2 のラップ管から見て右回転(B 方向)に回転すると、ねじり平歯車も右回転(ラップ管も右回転)する。そこで、右ねじり、よじり、ねじりのままで右ねじりを実現できると思われる。その後、フェース歯車により、ドラムが巻き取り方向に回転し、引張られる。右よじり、右ねじり、引張りが行われるので、右ねじり藁縄ができると思われる。

以上により、右ねじり機構開発にむけて検討してきたが、左ねじり製縄機を流用するために、多くの問題点がある。これらの問題点をひとつずつ解決して行けば、右ねじり機構が開発されると信じる。

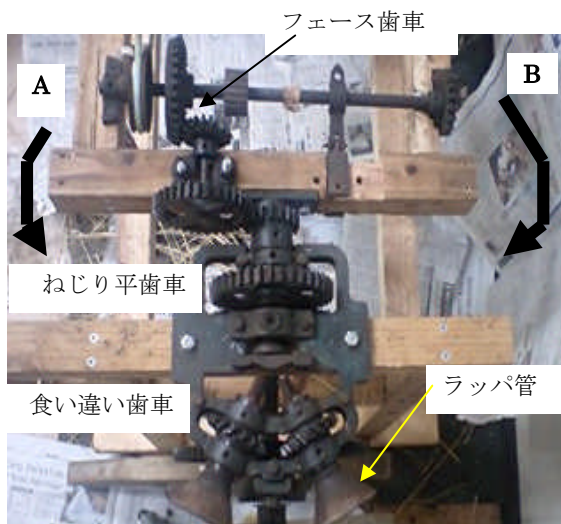


図 6.1 現行の左ねじり製縄機機構

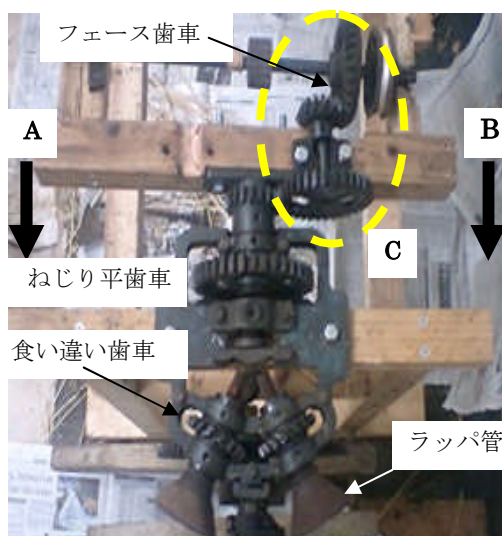


図 6.2 仮想右ねじり製縄機機構

## 7. 結論

大分市若宮八幡宮の宮総代から、約 60 年前に製作されたと思われる足踏式製縄機復元依頼を受けた。フレーム等木製部分は腐敗しており、歯車や鉄製部分は、泥や油で汚れ、腐食していた部品も多かった。依頼目的は、左ねじり製縄機復元と同時に、右ねじり製縄機開発であった。

研究結果、左ねじり製縄機を復元し、神社境内で使用されている藁縄と同様の藁縄を製作できた。しかし、藁縄品質は本研究での試作品が劣っており、さらに改善する必要があることがわかった。

今後の課題としては、(1)製縄品質向上、(2)右ねじり製縄が可能な機構開発、(3)できる限り早い時期に、左・右ねじり製縄が容易にできる製縄機を宮総代にお返しすること、である。

本論文の元になった卒業論文は、創造性を育む「卒業研究」平成19年度版に掲載されている。

謝辞：本研究を行うに当たり、多大なご指導、ご鞭撻を賜った那賀修二技官に深く感謝の意を表します。また、製縄機復元依頼をして頂いた大分市若宮八幡宮、宮総代はじめ関係者に深く感謝いたします。さらに、実験に協力して下さいました研究室の麻生宜農氏、足立圭氏、岩田将英氏、麻生昌利氏に深く感謝致します。

### 参考文献

- 1) [http://www.nec.co.jp/eco/ja/tanbo/t02\\_02\\_01\\_060930.html](http://www.nec.co.jp/eco/ja/tanbo/t02_02_01_060930.html)
- 2) [http://lmc.city.saga.saga.jp/kids/joho\\_jin\\_02\\_19.html](http://lmc.city.saga.saga.jp/kids/joho_jin_02_19.html)
- 3) <http://www4.tokai.or.jp/noukigu/kakou1~3.html>

(2008. . 受付)