

# 28期独楽研究会年間報告書

## 1 はじめに

近畿大学産業理工学部と筑豊ムラおこし・地域づくりゼミナール(筑豊ゼミ)独楽研究会では、両手をあわせて一回ひねるだけで14分以上(最長20分)回る大名独楽について研究を行っている。大名独楽とは、福岡県飯塚市にある「日本の独楽資料館」の花元館長が20年の歳月を掛けて製作した誰が回しても長時間回る独楽である。

これまで大名独楽の製作は経験則で改良してきたが、工学的な見地から大名独楽を長時間回り続ける手法を研究するため、2013年から筑豊ゼミ内に独楽研究会を立ち上げ、近畿大学産業理工学部の教員と連携し、独楽を長時間回すにはどのような回し方が良いのか、長時間回り続ける独楽はどのような構造が良いのかについて研究を行ってきた。

研究の結果、大名独楽の回転時間は独楽自身の特性に大きく依存しているが、それ以外の外部環境(気温や空気の流れ)、回し方、大名独楽が回転している時のバランス(歳差運動)、独楽を回す天盤(ガラス板)も回転時間に与える影響が大きいことが判明した。

## 2 大名独楽

大名独楽とは、江戸時代における大名の道楽の一つである大名独楽勝負で用いられた独楽である。大名勝負独楽では、天盤に向かい合って独楽を回し合い、長く回った方が勝ちという勝負であった。この大名勝負のために、各大名は競い合って各流派の独楽師を高禄にて召し抱えたとのことである。大名独楽勝負の様様を書き留めた古文書に「独楽は一刻半回り続けた」とあることから、その時代の独楽は2時間以上回り続けたと考えられるが、現在ではどのような独楽であったのかという記録は残っていない。

日本の独楽資料館の花元克巳館長は、15年前より大名独楽を研究し始め、当初は3~4分回る独楽であったが、次は6分回る独楽となり、次第に8分、12分、15分と回る独楽ができ、現在の最新の独楽は20分近く回る独楽となった。(図2.1~図2.6)



図 2.1 大名独楽 初代    図 2.2 大名独楽 二代目    図 2.3 大名独楽 三代目



図 2.4 大名独楽 四代目 図 2.5 大名独楽 五代目 図 2.6 大名独楽 六代目

表 2.1 大名独楽の世代とタイムの変遷

世代	年代	最長タイム	特徴
初代	1996	3分20秒	木の一刀彫り
二代目	1998	5分20秒	ボールペンの芯
三代目	2002	9分00秒	木の中心材を利用
四代目	2012	15分00秒	集成材を利用、重りを外周に入れた
五代目	2013	18分51秒	厚さを薄く(13mm)、重さを150gにした
六代目	2014	20分20秒	重心を低く、形状を工夫

現在作成している大名独楽は、独楽の本体は集成材を用いた木製であり、直径 10cm、重量 165g 程度である。圧縮材を用いて製作した独楽本体の外周の内部には、鉛が均一に埋め込まれている。そして、長さ約 10cm の心棒が独楽の中心に通してあり、独楽の軸先にはボールペンのペン先を利用している。独楽職人が一つ一つ手作業で製作するため、完全に同一の独楽を作成することはできず、独楽によって特性が異なっている。

この独楽を両手で1回のひねりだけで回すことによって、約 1800rpm の初期回転を与える事ができ、最長 20 分程度回り続ける。

### 3 独楽を回すガラス板に関して

#### 3.1 ガラスの違いによる独楽への影響

大名独楽を異なる天盤(ガラス板)上で回したとき、回転時間の差が生じたため、ガラスの違いが独楽の回転に影響を与えるのかについて、ガラス板の種類を変えて回転時間と回転数の測定を行った。

ガラスは並板ガラス、テンパックスガラス、青板ガラスを使用した。並ガラスは破損しても破片が細粒状になり安全性があるガラスであり、主に、車の窓ガラステーブルガラス等に使われている。テンパックスガラスは優れた耐熱性、耐衝撃性をもっており、主に、電子レンジオーブントースターのドア等に使われている。青板ガラスは安価な材質で最も多く使用されているガラスであり、主に、

窓ガラス等に使われている。

図 3.1 にガラス板の違いによる回転傾向の違いを示す。実験の結果、ガラス板の違いによって回転傾向はほとんど変わらないことがわかった。

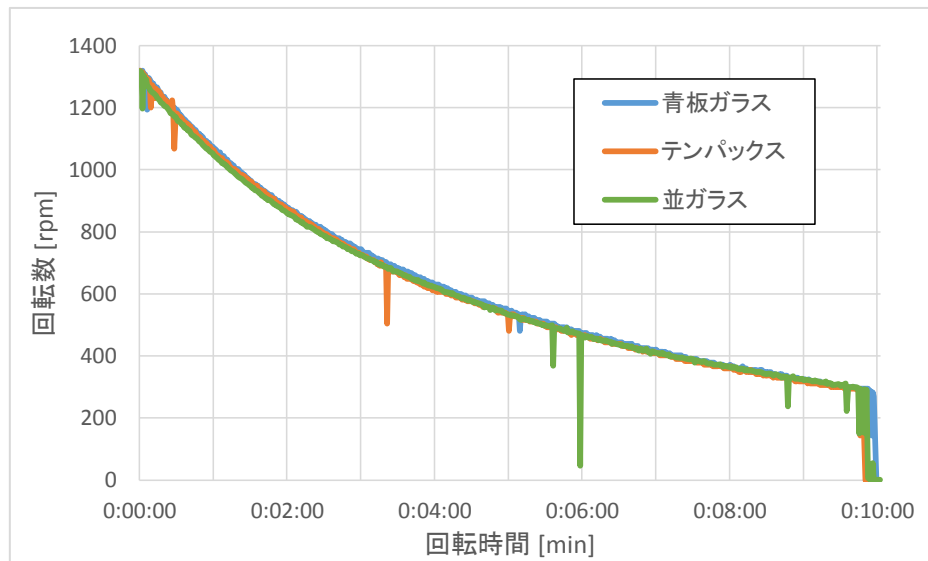


図 3.1 ガラス板の違いによる回転傾向

### 3.2 ガラス板の表面にワックス塗布した影響

長時間独楽が回るガラス板の表面を確認したところ、より回るガラス板の表面はワックス塗布しており、それによって滑りが良いことが判明した。そこで、ワックスによる独楽の回転時間の影響について調査を行った。

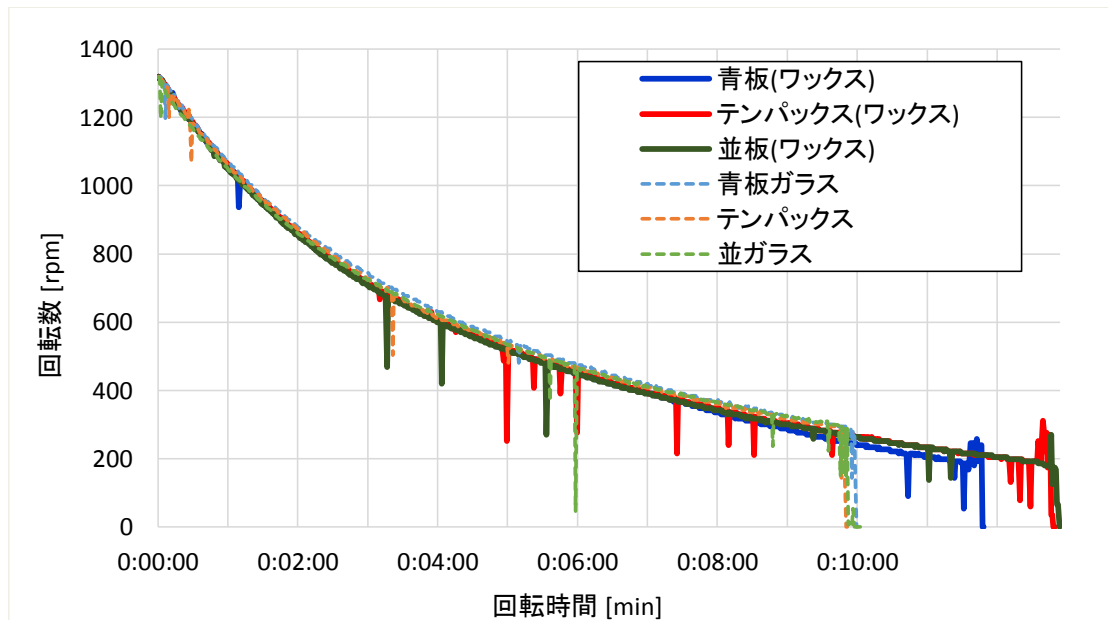


図 3.2 ワックス塗布を行ったガラス板の比較

図 3.2 にワックス塗布をしたガラス板の回転傾向の違いを示す。実験の結果、ワックス塗布をすることによって、回転時間は延びることと、ワックスを塗布した場合もガラス板の差はあまり生じない事が判明した。

### 3.3 独楽のけん先とガラスについて

ガラス板にワックスを塗布することで、回転時間が延びる原因を検討したところ、ガラスの表面は図 3.3 のように平らに見えても波打っており、それが独楽の回転に影響を及ぼしているのではないかと考えた。そして、ガラス表面にワックスをつけることによって、ガラスの波打っている表面をワックスで埋めて図 3.4 のように平面を出しているのではないかと想定した。

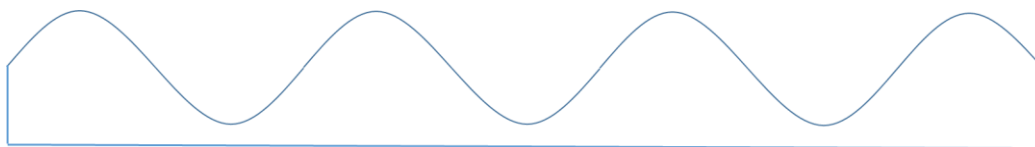


図 3.3 ガラス板の表面（断面）



図 3.4 ワックス塗布をしたガラス板の表面（断面）

ワックスで磨くことによりガラス板の滑りは良くなるが、ワックスで磨いたガラスの上で独楽を回した場合、この回転によりワックスが取れてしまい、ガラスの表面がデコボコになって独楽の回転に影響を与えるのではないかと懸念も生じた。そこで、異なるワックスを塗布して、独楽の回転に違いが生じるか検討することにした。

### 3.3 ワックスの違いが独楽の回転に与える影響

実験では、硬い順にガラス、ウレタン、エマルジョン、オイル、カルバナのワックスおよびロウソクを利用した。ガラスはガラス繊維ベースのワックスで、ガラス被膜が表面にできるため一般的なワックスと比べて硬質である。ウレタンは主にフローリングの床に使われるワックスで、床を保護するため厚みのある塗膜を形成する。エマルジョンはワックスの主成分などである樹脂や油性のものを水中に分散させたもので、水分が蒸発することで硬化し膜を形成する。オイルはウレタンなどと違い表面に厚い膜ではなく、浸透性があるため塗布物の組織に浸透しごく薄い膜を形成する。カルバナは車などに使われるカーワックスであり、カルバナ蠟という蜜蠟が主成分の柔らかいワックスである。ロウソクは一般的なロウソクの蠟をこすりつけ塗布した。

図 3.5 に実験結果を示す。ワックスを比較してみると回転傾向が柔らかいタイプと硬いタイプのワックスで分かれており、柔らかいタイプの方が硬いタイプのワックスより回転数の減少率が低いことがわかる。回転数はどのワックスも 1 分あたりまでは違いは生じず、1 分からはロウソクとカルバナの柔らかいタイプのワックスとウレタン、エマルジョン、オイル、ガラスの硬いタイプのワックスで回転数に差が生じた。差が出てからは終始柔らかいタイプの方が回転数の減少率が低く、高い回転数を硬いタイプのワックスより維持していることから、柔らかいタイプのワックスの方が長く回るのではないかと想定した。

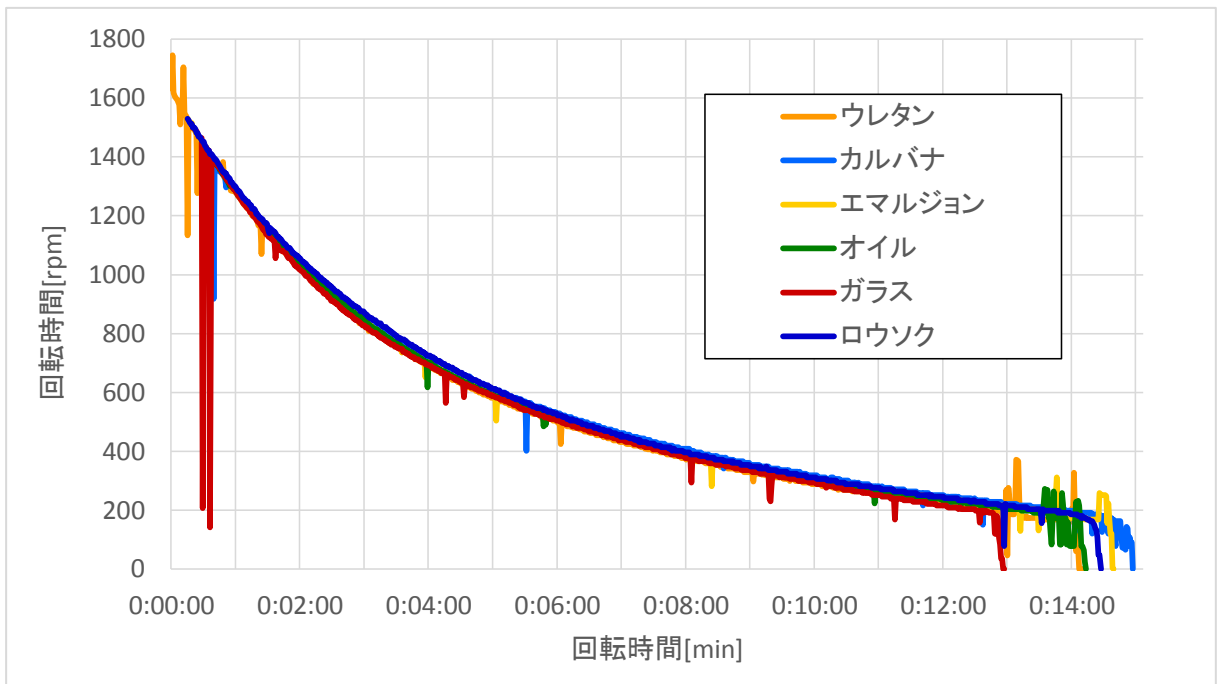


図 3.5 ワックスを塗布した回転傾向

図 3.6 にカルバナを塗布した場合と、ロウソクを塗布した場合の比較を示す。図から確認できるように、カルバナとロウソクでは回転時間にそれほど影響を生じておらず、カルバナとロウソクでは効果にあまり差が生じない事が判明した。

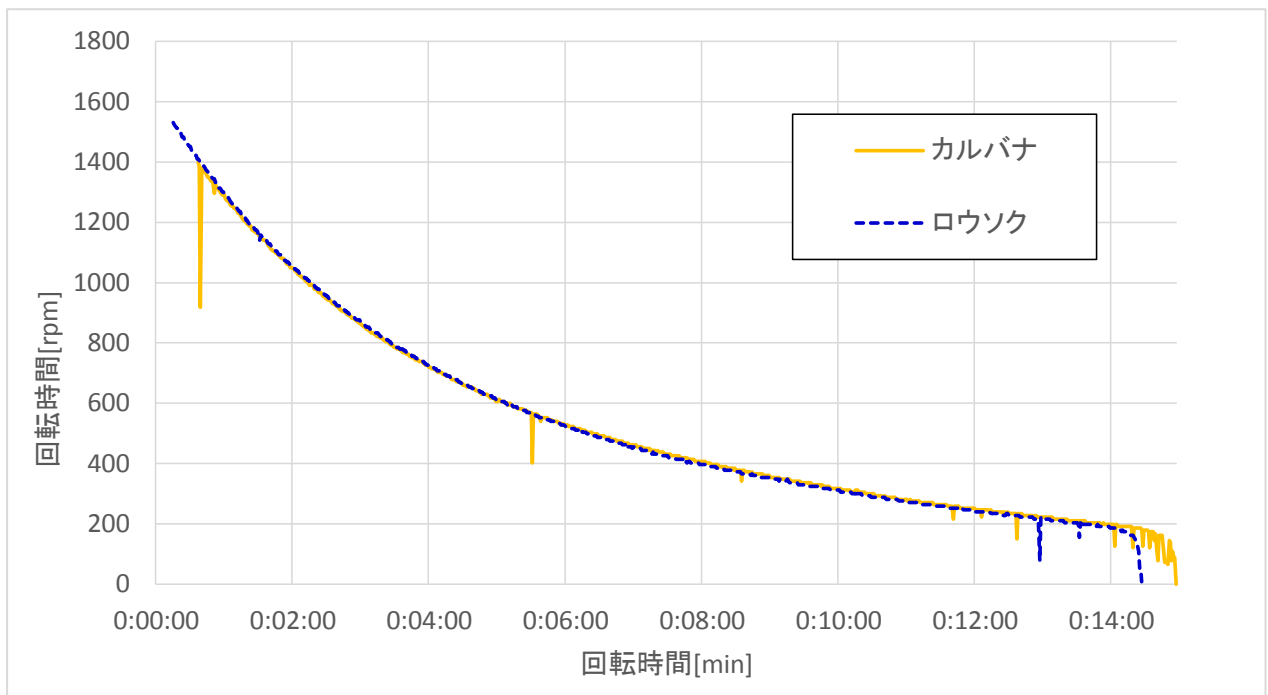


図 3.6 カルバナとロウソクの比較

### 3.4 独楽の軸先の接触面積に関する検討

セラミックタイルで大名独楽を回したとき、回転数が急激に低下したことから、その原因について検討をおこなった。セラミックタイルで独楽を回転させた場合、普段の測定では観測したことがない異様な音が生じ、聴診器による回転音から独楽の軸先に何かの影響を受けていることが判明した。これは、セラミックタイルの表面には細孔(ポーラス)と呼ばれる微細な孔があり、それに独楽の軸先が嵌まったものと想定した。細孔はセラミックタイルの製造工程中のプレスをする際や焼成の間にできる孔で、細孔の大きさは直径 200 [nm]~0.5 [mm]と大きさは不均一である。大名独楽の軸先は直径 1.0 [mm]のボールペンの芯を使用しているが、独楽の軸先はどの程度の面積で接地しているのかを計算をおこなった。

独楽の軸先のボールは平面に接触していない場合、図 3.7 のように球体となっているが、球体が平面に接触する場合、図 3.8 のように独楽の重さでボールが変形している。ボールが変形して接触しているとき、平面との接触面が円となっており、この円の半径をヘルツの公式より求めることができる。

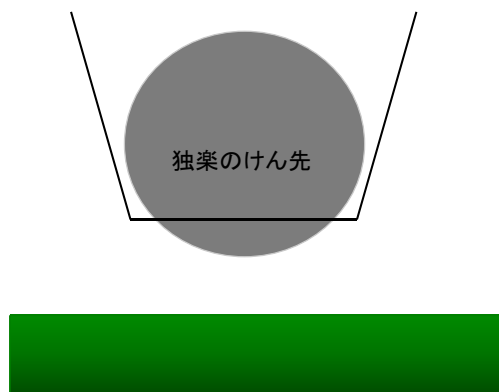


図 3.7 接触していない場合

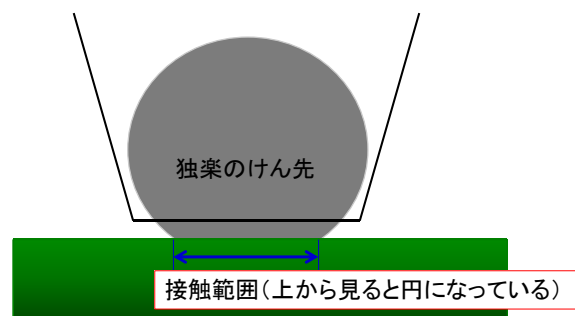


図 3.8 接触している場合

ヘルツの公式およびガラス板やボールペンのペン先の材質をもとに接地面積を計算したところ、平面との接触半径は約 0.033 [mm]という結果を得ることができた。そのため、大名独楽の軸先がセラミックタイルの表面に接触している円の直径は約 0.066 [mm]であることから、実際に軸先が細孔に嵌まったかはわからないが、軸先が細孔の影響を受けて回転数が急激に低下した可能性はあると推測できることが判明した。

接触面がガラスの場合でも計算したところ、接触半径が約 0.025 [mm]で、円の直径は約 0.05 [mm]という結果を得た。

## 4 大名独楽の回転特性

大名独楽は、ガラス板の上で両手を合わせひねるように回すと容易に 10 分以上回転する。また、一般的な独楽では、独楽の軸(心棒)が歳差運動を始めるが、大名独楽はバランスが取れており、ほとんど歳差運動を生じない特徴を持っている。さらに、回転開始時に独楽の軸がふらついていた場合でも、時間がたつにつれ回転が安定する現象が確認できる。

大名独楽の回転時の様子を観測していると、大名独楽でもある程度回転速度が落ちてくるに

つれて、歳差運動を始めてふらつき始める。しかしながら、大名独楽では、歳差運動でふらつきを始めても、何度かふらつきが落ち着く現象(起き上がり現象)が現れる(図 4.1)。この起き上がり現象が発生することによって、回転時間が長くなっている。この起き上がり現象は、同じ大名独楽でも回し方によっては生じない。また、複数製作した大名独楽でも起き上がり現象が生じる独楽と生じない独楽がある。このことから、大名独楽の歳差運動は、回転時のバランスと独楽の軸のふらつきによる相関関係によって生じているのではないかと考えている。

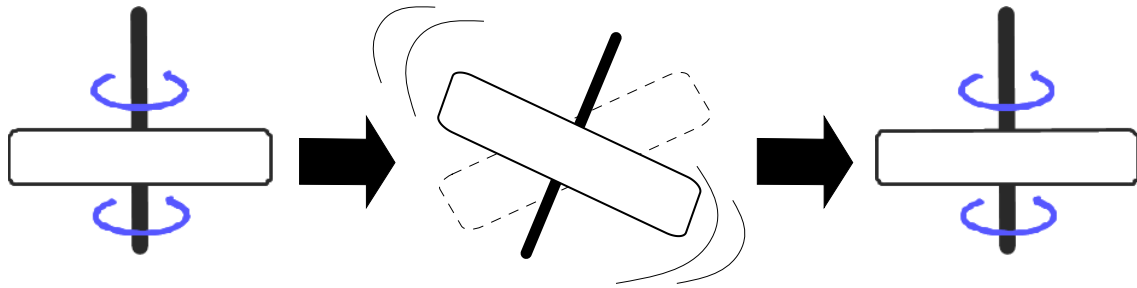


図 4.1 大名独楽の起きあがりの様子

#### 4.1 大名独楽の世代と回転傾向の比較

大名独楽の回転特性を検討するために、製作時期(世代)が異なる大名独楽について、時間経過による独楽の回転数変化と回転時間の回転傾向について実験をおこなった。実験では、タコメータを用いて、独楽の回転速度を測定している。大名独楽を複数回回して時間経過による独楽の回転数変化が読み取れるグラフ(図 4.2)を作成した。なお、本実験では初期回転数をほぼ一致するようにグラフを作成している。なお、測定時期が異なるため、独楽を回す天盤(ガラス板)は異なっており、ガラス板によって回転傾向に多少の影響は生じている。

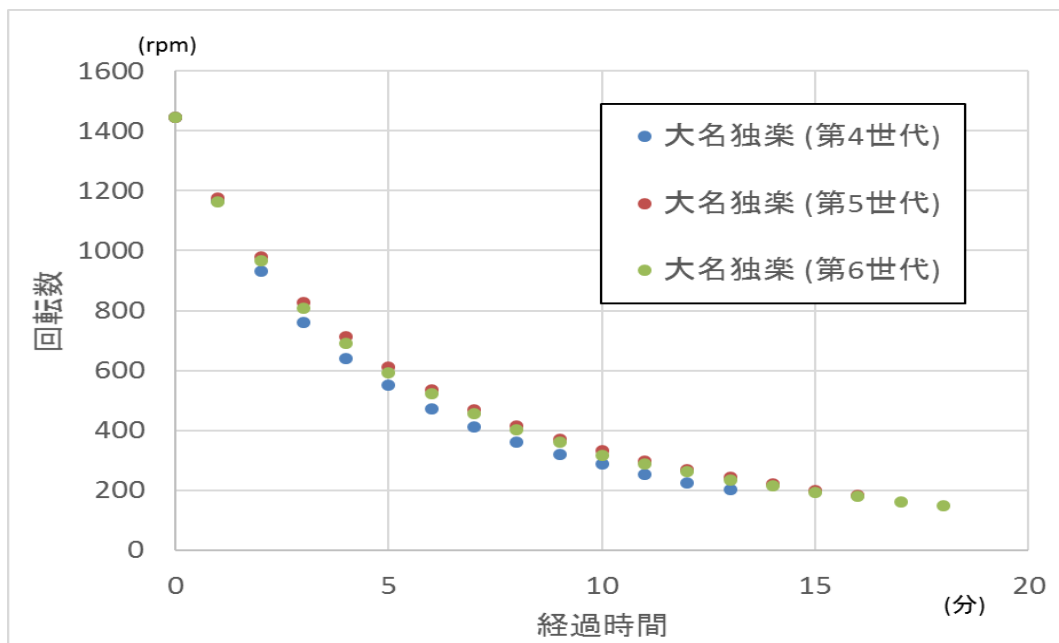


図 4.2 大名独楽の世代間による回転数の変化

図 4.2 のグラフより、新しい世代の独楽の方が、より長く回転していることが読み取れる。特に第 6 世代の独楽では、約 150rpm まで回転速度が低下しても、回転を続けることができるほど、バランスが取れている。これまでの多くの大名独楽は、約 180rpm 程度になると回転を終了していた。しかしながら、独楽職人が製作した大名独楽のうち、よく回る大名独楽は、回転速度が約 180rpm を下回った後も回転を続けることが、回転特性を測定した結果判明した。

#### 4.2 低回転数における独楽の動きに関して

第 6 世代の 20 分近く回る大名独楽(No.1、No.A、No.B)の独楽と第 5 世代の独楽(ゼミ)を用いて、回転数が低くなった場合における独楽の動作について評価を行った。

第 6 世代の独楽を比較したところ、1 と A の独楽は回転に差が生じなかったが、B の独楽は 1 回目、2 回目ともに 1 分半ほどから 1 と A の独楽に比べて回転数の低下が早く、それ以降常に 1 と A の回転数を下まわった。また、B の独楽は 7 分あたりから 2 回目と比べて 1 回目の方の回転数が低く、1 回目と 2 回目では、回転傾向が異なった。

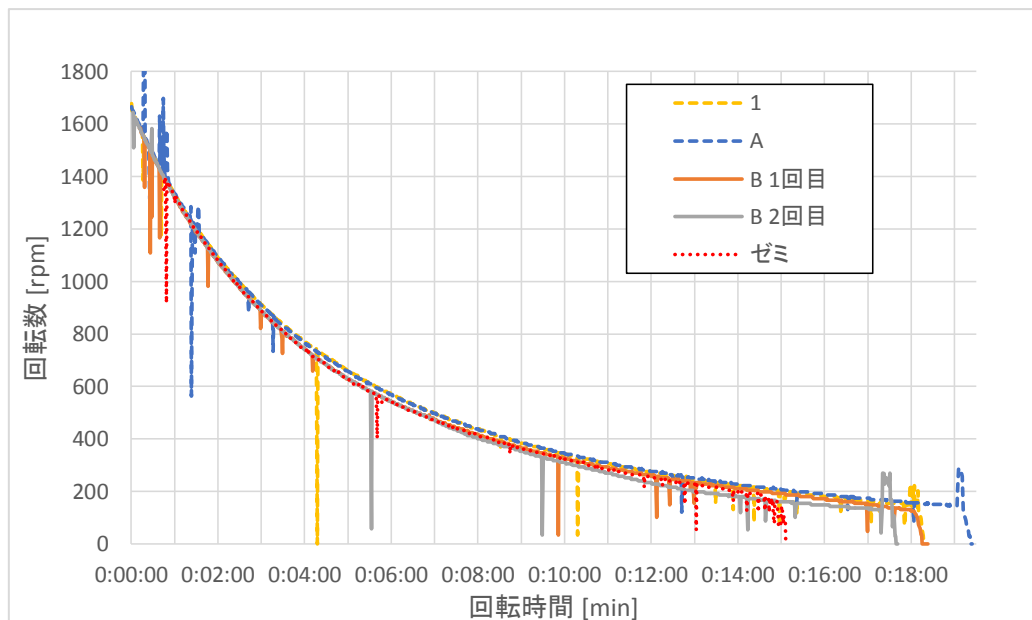


図 4.3 20 分近く回る大名独楽(第 6 世代)の比較

第 5 世代の独楽(ゼミ)と第 6 世代の独楽(No.1、No.A、No.B)を比較したところ、第 6 世代の独楽(No.1、No.A、No.B)は 200[rpm]を下回った低回転でも長く回り続けることがわかった。これまで、大名独楽の回転数を測定していた経験から、200~180[rpm]程度まで回転数が落ちると、回転が終了していたが、第 6 世代の独楽(No.1、No.A、No.B)の独楽は回転数 200[rpm]以下の 180~140[rpm]でも回転を維持していることが判明した。

そこで、200[rpm]以下の回転数に着目した。210[rpm]以下になってからの経過時間と、回転数の変化をグラフ化(図 4.4)したところ、第 6 世代の独楽(No.1、No.A、No.B)の独楽は 180~140[rpm]の低回転になっても 4 分近く回り続けているが、第 5 世代の独楽(ゼミ)は回転数 200[rpm]以下では 180~160[rpm]を数十秒回転しか維持できず回転を終えていた。

この結果より、長時間回る独楽を作成するためには、低回転でもバランスが良い独楽、具体的



には毎分 150 回転程度でもある程度安定して回り続ける独楽が必要ではないかということが考えられる。

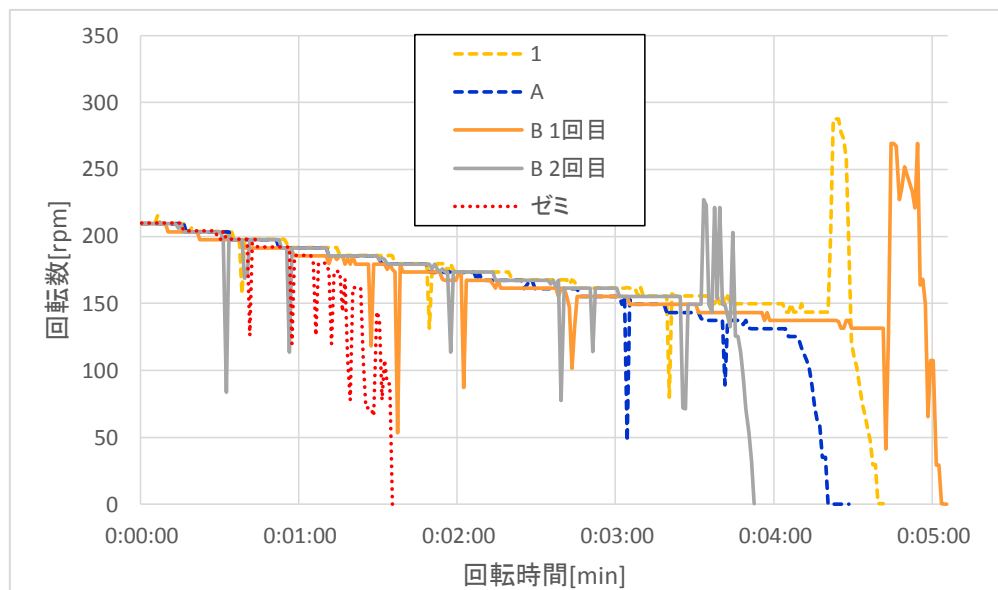


図 4.4 200 回転以下の回転状況の比較

## 5 おわりに

今期の研究会では、大名独楽の天盤に用いるガラス板の種類によって、独楽の回転時間に差が生じているのかについて研究を行った。研究の結果、ガラス板の種類が独楽の回転に与える影響は大きくないことが判明した。しかし、ガラス板の種類による影響は小さいが、ガラス板の表面に対するワックスの塗布の有無によって、回転時間に大幅な差が生じることが判明した。これによって、ガラス板と独楽の軸先との滑りをよくするためにワックスが重要な役割を果たしていることが明らかになった。また、ワックスの種類によって、独楽の回転時間に大幅な差は生じないが、柔らかいワックスの方が比較的回転に良い影響を与えることが明らかになった。

2013 年の研究開始当初に利用していた第 4 世代の大名独楽では、大名独楽が歳差運動からの回復をすることによって回転時間が延びていたことから、歳差運動を上手く利用するための独楽の構造と回し方について研究を行った。しかしながら、独楽の構造が薄く、低重心化された第 5 世代や第 6 世代の独楽では、歳差運動からの回復がほぼ生じないようになったにも関わらず、回転時間が長くなった。特に回転時間が長い大名独楽は、回転数が低くなっても、歳差運動を生じずに回り続けている。以上のことから、歳差運動を利用した回転時間の延長効果よりも、独楽の回転時のバランスを重視する方が、回転時間を延ばすためには効果的ではないかと判断した。今後長時間回る独楽の構造を考えるに当たっては、低回転時のバランスを重視した方が回転時間を延ばす上でも効果的ではないかということを確認した。

(報告者 松崎 隆哲)

## 28 期をふり返って

独楽研究会を立ち上げて、3年間経ちましたが至らないところも多く、皆さんにはご迷惑をおかけしたと思いますが試行錯誤しながら、会員の皆さんに支えていただきながら無事28期を終えることが出来感謝いたしております。

尚、独楽研究会は今季を持ちまして修了致すことになりました、3年間の間、アドバイザーの松崎 隆哲先生の的確なご指導と顧問の花元 克巳館長のご協力に感謝いたしております、また近畿大学の吉田朋紘(学生)さんや須藤 敏機(学生)さんにはデータ処理、報告書等では大変お世話になりました。その結果、研究会発足時は最長 15 分弱回っていた大名独楽は、今年には最長 20 分 20 秒回る様になり一応の成果を得られました。

独楽研究会の皆さんのご協力有難うございました。

(記 笹原 泰史)

## 3 年間を振り返って

3 年前に独楽研究会のアドバイザーを引き受けてから、色々戸惑いながらもなんとか 3 年間の研究会を終えることができました。

大名独楽を長時間回すための手法を明らかにするため、工学的な見地から 3 年間研究を行いました、これまで顧問の花元 克巳館長が経験的に改良してきた内容が、工学的にも適切であったと気付く点が多々ありました。これからも、開発において経験則による改良は、時間と共に最適なものを見つけていくということを実感させられました。

研究では、長時間回る独楽の特性について、データから解析していくという手法で明らかにしようと考え、独楽の特性を調査してきました。この 3 年間で十分な成果を得ることができた満足はしていませんが、長時間回すための手法を明らかにする目標に対しては多少なりとも役立てたのではないかと思います。

最後になりましたが、顧問の花元 克巳館長および研究会長の笹原 泰史様、副会長の藤木 哲雄様をはじめとする研究会の皆様には大変お世話になり、ありがとうございました。

(記 松崎 隆哲)

## 独楽研究会メンバー

アドバイザー 近畿大学産業理工学部 松崎 隆哲先生

顧問 花元 克巳(日本の独楽資料館館長)

研究会長 笹原 泰史、 副会長 藤木 哲雄

空閑 哲博、 坂口 英和、平井 義信、安武 英剛、安永 昌司

須藤 敏機(学生会員)