

## Rattleback dynamics and its reversal time of rotation

近藤, 洋一郎

<https://doi.org/10.15017/1866252>

---

出版情報 : 九州大学, 2017, 博士 (理学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

|        |  |      |          |
|--------|--|------|----------|
| 氏名     | 近藤 洋一郎   |      |          |
| 論文名    | Rattleback dynamics and its reversal time of rotation<br>(ラトルバックのダイナミクスおよびその反転時間の解析) |      |          |
| 論文調査委員 | 主査   | 九州大学 | 教授 中西 秀  |
|        | 副査   | 九州大学 | 教授 福本 康秀 |
|        | 副査   | 九州大学 | 准教授 成清 修 |

## 論文審査の結果の要旨

ラトルバックとは細長い船型のおもちゃで、テーブルの上で回すとある方向（順方向）にはスムーズに回転するが、逆方向に回すとピッチング（縦揺れ）振動が起こって回転が止まり、やがて順方向に回り出す。あたかも角運動量が保存しないかのような動きをする。この奇妙な振る舞いは、一見対称に見えるラトルバックであるが、底面の主曲率方向が慣性主軸からわずかにずれているために、スピン回転と振動が結合することが原因であることが知られている。ラトルバックのダイナミクスの研究の歴史は長く、気象学者の Walker による論文が 1890 年代にすでに出版されているが、最近でも非ホロノミックな拘束の下での剛体運動という視点から、研究が続いている。

近藤洋一郎氏の学位論文はこのラトルバックの動力学を理論的に解析したもので、大きく分けて、以下の2つの部分からなっている。即ち、ラトルバックの運動方程式に対する近似理論による定式化と、運動方程式の計算機による数値シミュレーションである。

理論的定式化の部分では、まず、これまでのラトルバックの研究のレビューを行ったうえで、ラトルバックのミニマルモデル、即ち、その主要な振る舞いを再現するもっとも単純なモデルを”Shell-dumbbel model”として構成した。その剛体運動の運動方程式を、微小振動、微小回転の近似の下で解析し、振動とスピン回転の結合を表す非対称トルク係数に対する非常にコンパクトな表現を得た。それをを用いて、元の動力学方程式をスピンと縦振動および横振動の3変数からなる力学系で表し、それをを用いて回転が反転する時間の公式を求めた。この反転時間公式はすでに Garcia と Hubbard(1988)が得ているものと同様であるが、それよりもはるかにコンパクトな表現を与え、特に非対称トルク係数が振動数の2乗に比例することを顕に示す。その結果、逆方向スピンの反転時間が短いことが縦揺れ振動の振動数が横揺れより大きいことに由来することが明らかになった。

数値解析では、運動方程式を広範なパラメタや初期条件でシミュレーションすることにより、3変数ダイナミクスの正当性とその限界、および限界を超えた領域でのラトルバックの振る舞いを確かめた。その結果、近似理論が適用可能な初期スピン回転が小さな領域では、反転時間が3変数ダイナミクスによる反転時間公式とよい一致を得た。しかし、初期スピン回転が大きくなると、特に、順方向回転においては反転が起こらない場合が生じ、逆方向回転においても単純な反転運動から外れる振る舞いが多くみられ、きわめて多様なダイナミクスを示すことを明らかにした。更に、それらの運動を分類し、パラメタや初期スピンによる振る舞いの変化を解析した。

これらの結果は、単にラトルバックのダイナミクスにとどまらず、非ホロノミック拘束の下での力学系の研究に重要な知見を与える。よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。