

## 女性先端科学者キャリア実習 I に関する報告

2008年2月14日

人間文化研究科複合現象科学専攻

D2 梅田早希

私は、2008年1月21日～30日の期間、「女性先端科学者キャリア実習 I」の授業の一環で、東京工業大学大学院情報理工学研究科の金英子氏の研究室を訪問した。参加の目的は、現在私が指導教員の小林先生と共同研究している、「流体の効率的なかき混ぜ」に取り掛かるきっかけとなった金氏に、現在行っている研究の話聞いてもらうことと、研究室の様子を実際に見せてもらうことである。また、東京工業大学では、毎週月曜日に小島定吉先生の研究室のセミナーがあり、そこで、現在の研究に関する発表をさせて頂いた。



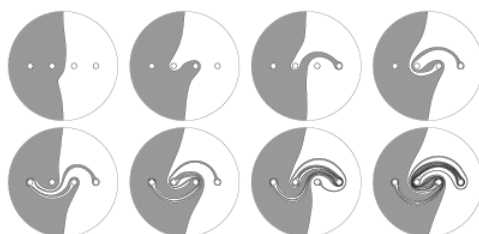
東京工業大学滞在中に利用した学生室

### 研究発表について

タイトル: 位相的カオスによる流体のかき混ぜ

層流による流体のかき混ぜは、流体力学における重要な研究対象の一つであり、化学工業や生物産業への応用が期待されている。1990年代、Boyland-Stremler-Aref は位相幾何学の理論を液体の効率的なかき混ぜに適用する研究を始めた。彼らは効率的なかき混ぜを実現する装置として BSD (batch stirring device) を提案した。この装置は、流体を満たした容器に突き立てられた有限個のロッドを周期的に動かすことによって実現される。この装置の1周期の動きは数学的には、液体の表面を曲面とみなし、液体に突き立てられたロッドを曲面に空けられた穴とみなすことにより、曲面上の自己同相写像に対応させることができる。一方、位相幾何学の観点から Nielsen-Thurston はコンパクト向き付け可能な曲面上の向きを保つ自己同相写像は periodic 型 (周期的), pseudo-Anosov 型 (カオス的), reducible 型 (periodic 型のもの pseudo-Anosov 型のもの) を組み合わせて得られる) のいずれかになることを示した (Bull. Amer. Math. Soc. 19(1988), 417-431)。この3つの中で pseudo-Anosov 型が最も複雑な力学系的性質を持っていることが知られている。このことから、ロッドが pseudo-Anosov 型に対応する動きをする BSD が、より効率的に液体をかき混ぜると予想するのは自然である。これに関して、Finn-Cox, Kin-Sakajo

はコンピュータシミュレーションにより、ロッドが pseudo-Anosov 型の BSD は液体をより効率的にかき混ぜることを観察した(Chaos 15(2005), 023111-1-023111-9 )。



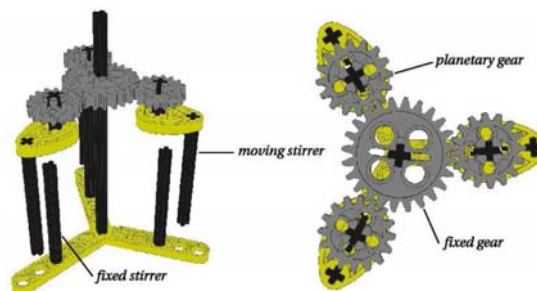
BSD のかき混ぜの様子

(Math. Phys. And Eng. Sci. 364(2006), 3251-3266)

これに関連して、私は修士論文で、単純な機構の pseudo-Anosov 型の BSD を作成した。この仕事の後、Thiffeault-Finn も同様の BSD を作成していることがわかった。



修士論文で作成した BSD (左)



Thiffeault-Finn が作成した BSD (右)



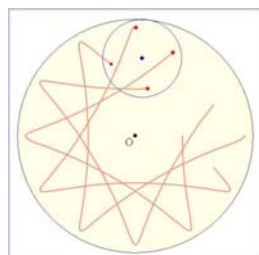
Thiffeault-Finn の BSD のかき混ぜの様子

(Math, Phys. and Eng. Sci. 364 (2006), 3251-3266 )

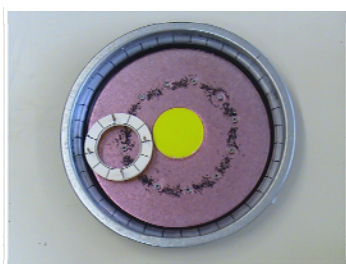
しかし、これらの BSD は液体の効率的なかき混ぜを理論的には保障しているが、上の図を見てわかるように、よくかき混ぜられている部分と、そうでない部分が出てくる。Thiffeault-Finn は「ロッドを増やせばより効率的に液体をかき混ぜることができるが、ロッドを増やすと装置は複雑になり、作成するのが困難になる。」と言っている。

そこで私たちは hypotrochoid curve を利用した今までとは全く異なったメカニズムを提案し、その中に pseudo-Anosov 型のかき混ぜを実現するものがあることを示した。これは、棒の数を増やすことが容易で、棒が液体の中を動き回る領域も広いため、Thiffeault-Finn が与えた問題の一つ

の回答になっている。更に、この hypotrochoid curves を利用した装置を実際に作り、実験した結果を紹介した。



hypotrochoid curves



実験の様子

また、現在研究を進めている ghost rods に関連して、最近読んだ論文 Topological mixing with ghost rods (PHYSICAL REVIEW E 73(2006)) と、Generateing topological chaos in lid-driven cavity flow (PHYSICS OF FLUID 19(2007)) を簡単に紹介した。



Ghost rods によるかき混ぜ(左)と実際の rods によるかき混ぜ(右)

### 得られた成果・感想

発表では、流体のかき混ぜの研究に関する多くの情報を盛り込み、聴衆には興味を持って聞いてもらえたと思う。発表の後、金から聴衆層を意識する事等の注意を頂いた。また、国内で行われている流体力学の研究集会の情報や、他にも流体のかき混ぜに関する研究を行っている先生方の情報も得ることができた。

また、訪問中の 2008 年 1 月 21 日～24 日に東京大学で開催された「The Fourth East Asian

School of Knot and Related Topics」に参加し、「A design for pseudo-Anosov braid using hypotrochoid curves」というタイトルで発表を行った。発表を終えた後、研究集会に参加されていたこの分野の専門家である鳴門教育大学の松岡先生とお話をする機会があった。私の発表の内容に興味を持って頂き、流体力学や物理の研究集会でも発表しても興味を持ってもらえる、というアドバイスを頂いた。



研究集会が開催された東京大学駒場キャンパス正門



研究集会会場

今回の訪問を通して、これから、ますます私の研究を発展させ、数学に限らず、流体力学や物理の研究集会でも発表してゆきたいという意欲を掻き立てられ、とても良い刺激を受けたと感じている。