

数理解析研究所講究録 769

流体力学における
トポロジーの問題

京都大学数理解析研究所

1991年11年

はしがき

東京農工大学 高木隆司 (Ryuji Takaki)

トポロジーとは、言うまでもなく、立体の幾何学的な性質を議論する数学の1分野である。これと、流体力学とがどのように関係しているのかということ、まず述べねばならないだろう。

「水は方円の器にしたがう」という諺どおり、流体は特有の形を持たない。ただ一つの例外は、表面張力や重力の作用で形成される静的な形である。しかし、流体力学の大部分の問題は、流体の流動を扱うものであるから、静的な形を議論するだけでは、不足である。流体のトポロジーを議論するならば、それは運動中の流体に定義される流線、渦度線、流跡線、等の空間構造でなければならない。また、熱対流においては、対流セルの空間構造が問題にされる。電磁流体においても、磁力線のトポロジー的な性質が問題にされるし、液晶（最近では電気流体と呼ぶことが多い）でも電気力線や対流セルの構造が研究されている。

そこで、流体力学におけるトポロジーの問題を、流れに付随する物理量の空間分布の構造の問題と定義してよいであろう。そんなものが、はたして重要なのかという疑問が生じる。しかし、それはこの際問わないことにしよう。本当に重要であれば、将来それがおのずと認識されるであろう。

今回の数理解析研究所の研究会「流体力学におけるトポロジーの問題」では、従来まで研究されてきた流体力学の諸問題に対して、トポロジーという視点から再度議論してみようという主旨のもとに行われた。そこで問題にしたトピックスを、本講究録の目次の順序に従って列挙してみよう。

まず、電磁流体や電磁流体における磁力線、ダイレクター（液晶分子の向きを表す単位ベクトル）の分布や欠陥、対流のセル構造がある。次に、流体中に浮遊している粒子が描く軌跡、すなわち流跡線のカオス的な構造が問題になる。熱対流やその他のほぼ周期的なセル構造においては、流速分布を扱うよりは、周期性の破れを記述する振幅や位相の変動を扱う方が便利である。これから、位相ダイナミクスという概念が生まれる。通常の流体においてトポロジーが問題になるものでは、渦構造が代表的である。渦の発生、変形、切りつなぎなどの相互作用、等、興味ある問題は尽きない。それが複雑に絡み合った現象として、乱流がある。トポロジーという視点を加えることによって、乱流現象の理解が進むであろう。

流体力学におけるトポロジーに関する研究集会としては、ケンブリッジ大学で1989年に行われた、“Topological Fluid Mechanics”がある。その報告集を見ると、その構成は、本研究会と共通の部分が多い。[1] このような発想による研究が、今後盛んになると期待される。本講究録が、その発展のきっかけとなれば幸いである。ここで、本研究会の企画でお世話になった、京都大学の木田重雄氏、名古屋大学の桑原真二氏、羽鳥伊承氏、東京大学の神部 勉氏に感謝の気持ちを表しておきたい。

なお、本講究録の内容は、研究会で発表された講演の全てを収録してはいない。講演者の多忙のために原稿がないものもある。そのために、付録として研究会のプログラムをつけておく。

参考文献

- [1] H.K. Moffatt and A. Tsinober, ed.: Topological Fluid Mechanics, Proceedings of the IUTAM Symposium, Cambridge, UK, (Cambridge University Press, 1990).

流体力学におけるトポロジーの問題 研究集会報告集

1991年6月26日 - 28日

研究代表者： 高木隆司 Ryuji Takaki

目 次

電磁流体と電気流体

プラズマにおける磁場とトポロジー	1
核融合科学研	羽鳥 尹承 Tadatsugu Hatori
三菱原子力	浦田一宏 Kazuhiro Urata
プラズマのヴォルジャー平衡に関する数理的問題	14
東大・工	吉田善章 Zensho Yoshida
電気流体力学的不安定性における乱流 - 乱流転移と欠陥乱流	28
九工大・工	甲斐昌一 Shoichi Kai
液晶内のディスクリネーションとその運動	39
名大・工	石橋善弘 Yoshihiro Ishibashi
	折原 宏 Hiroshi Orihara
ネマティック液晶と流れの相互作用	53
農工大・教養	高木隆司 Ryuji Takaki

測地線と粒子運動

流体運動の測地線方程式と流体粒子の運動	62
東大・理	神部 勉 Tsutomu Kambe
パラメトリック共鳴する表面波の上の粒子のカオス運動	74
京大・数理研	梅木 誠 Makoto Umeki
熱対流による物質拡散	84
農工大・教養	佐野 理 Osamu Sano
東京電力	若山隆代 Takashiro Wakayama

乱れの空間構造

位相ダイナミクス	96
京大・理	蔵本由紀 Yoshiki Kuramoto
ソリトンと空間構造の形成	108
京大・理	川原琢治 Takuji Kawahara
遷移における形の選択	131
和歌山大・教育	水島二郎 Jiro Mizushima
3次元乱流のクラスター構造II	142
計算流体研	真田 勉 Tsutomu Sanada
乱流のカスケードと非ガウス分布	156
東大・理	神部 勉 Tsutomu Kambe

渦運動と特異性

渦輪渦対の可視化	172
名工大	山田日出夫 Hideo Yamada
竜巻の形態と力学	186
気象研	新野 宏 Hiroshi Niino
渦のつながぎ替え	200
阪大・基礎工	高岡正憲 Masanori Takaoka
京大・数理研	木田重雄 Shigeo Kida
付録： 研究集会プログラム	209