

研究グループ紹介

静岡大学理学部 天岸研究室, 佐伯研究室

静岡大学には、理学部と工学部あわせるとプラズマ関係の研究者は結構多く、理学部だけでも4人います。その内の2人（天岸、佐伯）は元教養部所属で、1995（平成7）年10月に教養部廃止とともに理学部に移りました。今はすっかり理学部にとけ込んでいますが、研究室だけは元のところで、理学部棟からやや離れたところですごしており、学生もここでゼミやコンパをやったりしてクラスタを作っています。したがって、今回はこの2人の研究室的紹介ということにさせていただきます。

天岸研究室

(1)TPH 装置：名大プラズマ研から管理換え

我々が現在使っている装置 TPH は、かつての名古屋大学プラズマ研究所から静岡大学へ管理換えされたものです。現東北大学教授の犬竹氏がプラズマ研に在職中、手塩に掛けて作ったのがこの TPH という装置でした。これはプラズマ研の TPC 装置（この名前を知っている人も少なくなったことでしょう）を改造したのですが、容器（直径 15 cm、一様部 2 m）と磁場コイル（3~4 kG、定常）はそのままです。しかし、プラズマ源としては、当時ロケット推進用に東京大学航空宇宙研究所で開発していた MPD というアークジェット方式の高密度プラズマ発生装置を犬竹氏がさらに改良を加えそれをマウントし、アルヴェン波などの電磁流体波動関係の実験ができる装置に蘇らせたものです。プラズマ密度は MPD の近くでは 10^{16} cm^{-3} 位にはなります。

私も当時（昭和50年代）はプラズマ研に足繁く通い犬竹氏のお世話になりながらこの装置を使ってアルヴェン波の実験をやらせていただきましたが、犬竹氏の情熱と技官の岸本さんの絶大なサポートがなかったらとてもやっていけなかったでしょう。そうこうしているうちにプラ研は一つの転換期をむかえ、犬竹氏が筑波大に転出することにもなり、1981（昭和56）年8月「共同研究等物品管理換公募」が出され（当時は垣花所長）、その中に TPH（磁場、MPD 電源を含む）が入っていました。東北

大の佐藤徳芳先生のすすめや犬竹氏のご理解で、TPH は静岡大学の教養部へ管理換えと決まりました。しかし、当時の教養部には第一そんなスペースはありませんでしたから、電源も含めて全部が静大に収まったのはそれから2年後でした。

(2)TPH を用いた静大での実験

維持費の関係からすべてをパルス運転に切り替えてスタートし、また、プラ研ではデータの解析で大変苦労しましたから（カセットに取ったデータを磁気テープに落とし、大型計算機室に運び込んでいました）、ソニーテクトロの製品で何とかデータ解析システムをコンパクトに作り、一人でも実験ができる態勢をつくりました。そのころローザンヌ CRPP（トカマクを用いてアルヴェン波加熱の実験をやっていた）のアパート等が Global Alfvén Wave (GAW) や Discrete Alfvén Wave (DAW) の計算を盛んにやっていた、しかし、かなり混乱もしていました。その混乱の中で、どうやらポロイダルモード $m = -1$ の圧縮波が、境界条件によって MHD 表面波として振る舞い、かつシアアルヴェン波と似たような分散式に従い、あるところで消えてしまう、といった極めて奇妙な波動であることを突き止めていました。オーストラリアのシドニーグループも同じ結果を得ていましたが、後に秋山氏（現熊本大学）がアメリカでクリスチャンセンらと同じ計算をやっていたこともわかりました。

TPH でさっそくこのことを試そうと思い、実験を繰り返してやっと実証し論文になったのが1986年でした。これをきっかけに、犬竹氏とやっていた頃の圧縮波に対する謎がかなり解けたと同時に、こういった表面波からシアアルヴェン波への変換が自然界では自然な現象なのではないか、との思いが強まり、スペースプラズマに興味を持つようになりました。というのも、Hasegawa, Chen の論文で有名な運動論的アルヴェン波の着想も、実は地球磁気圏表面を伝わるこういった表面波がエヴァネスセント的に地球方向に侵入し、地球磁場を共鳴させ、シアアルヴェン波あるいは運動論的アルヴェン波を発生させ

corresponding authors' e-mail : spyamag@ipc.shizuoka.ac.jp, spksaek@ipc.shizuoka.ac.jp

るというものだったからです。

最近、オーロラとの関係からスペースプラズマの分野で盛んに議論されている運動論的アルヴェン波（きちんと実証されているとは思えない）による沿磁力線電流または電子加速に興味を持っています（トカマクの電流駆動に似ているところがある）。しかし、誠に残念なことに、最近理学部長などを仰せつかってしまい、実験室にはなかなか入れません。したがって、学生数も減らし、少数先鋭、博士課程後期1名（菱田君）、前期1名（伊野君）、4年生2名の学生諸君と何とかやっています。

（天岸記）

佐伯研究室

天岸先生のグループに入れていただき、初めは実験室もない状態でしたが、科研費などの予算をいただき3年かかって、不均一密度磁化プラズマの輸送現象を調べるための装置を作り上げました。ホローコンダクタ式の大中空コイルの製作は、依頼しました某社では初めての経験でモールド材の改良を重ねて納入され、今では全国に同じ型のものがかなり出回っているようです。油拡散ポンプのバッフルから真空中に冷却水が吹き出し、しかも予想に反して真空度はそれほど悪くならず不良データに苦勞するなど、思いがけない事件を経験しながらも研究を続けています。

研究室のテーマは「プラズマ中の渦現象」で、現在、以下のような課題に、博士課程後期に1名（安田君）、前期に2名（川本君、藤田君）、4年生5名とともに取り組んでいます。

(1)無衝突プラズマ中の位相空間渦

デンマークで最初に電子の位相空間渦（ホール）を観測してから、しばらく遠ざかっていました。半導体の特許をとったかと冗談を言われたこともありましたが、その後、京都大学の松本さん達がジオテイル衛星を用いて宇宙プラズマ中に電子ホール（波とは異なった概念の渦の1種ですが、孤立静電波と名づけられました）を見出しました。あらめて宇宙空間プラズマが典型的な無衝突プラズマであり、その中では位相空間渦はかなり普遍的な現象であることに気づかされました。プラズマ中の実空間の渦は水中の渦などと多くの点で似通っていますが、位相空間渦はランダウ減衰、電位による粒子捕捉に続いて現われるプラズマ特有の渦と思われます。その後、電子ホールとイオン音波の合体による結合ホールソリトンの形成や、ホールの融合による音波の放出など、位相空間渦に付随する現象に取り組んでいます。

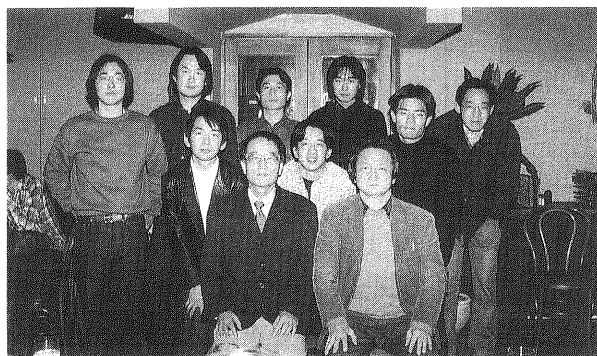
(2)不均一密度磁化プラズマ中のドリフト波渦

ドリフト波と渦を結び付ける長谷川・三間方程式が提唱されて以来、多くの理論的研究がなされてきました。しかし、磁場方向の電子補給のあいまいさから明快な非線型ドリフト波の実験的研究は現在発展途上にあると思われます。最近、上記の不均一密度磁化プラズマ装置のプラズマ端から電子を補給することにより、ようやく単極のドリフト渦を安定に形成できるようになりました。ドリフト渦は確かに通常の渦とは異なり、ドリフト波の速度で伝播します。このような現象は、Nezlin らにより見出された単極のロスビー波渦と本質的に同じものです。しかしながら、彼らはスカラー非線形性によりソリトン解、すなわち定常渦が形成されたとしています。温度の均一なプラズマ中ではどうもスカラー非線形性は強くないようです。現在、とくにロスビー波渦との違いに着目しながら研究を進めています。

(3)プラズマ回転による静電磁化トーラス閉じ込め

磁化トーラスプラズマを径方向静電場による $E \times B$ ドリフトによって回転させ閉じ込めるもので、従来、Nagoya-Bumpy-Torus などで研究されていました。たまたま、フランスの Gresillon さんのトーラス装置で加熱されたタングステン線を用いて放電プラズマを作り、そのプラズマの減衰過程を調べていたところ、5 kG の磁場で 0.1 s の減衰時間が得られました。静電磁化トーラス閉じ込め時間そのものの測定は初めてです。残念ながらこの閉じ込めでは密度の上限があるようですが、その理論的背景をも含めてフランスと共同で研究を進めています。同時に、静電磁化トーラスから H モードトカマク、トカマクまでの理論的なつながりに興味を持ち、横浜国立大学の津島さん、核融合科学研究所の佐貫さんに議論していただいています。

（佐伯記）



前列左より、天岸、佐伯。中列左より、安田(D1)、藤田(M1)。後列左より、1人おいて川本(M1)、1人おいて伊野(M1)、菱田(D1)。