

宇宙プラズマ物理学—京都と東京

東京大学宇宙線研究所 寺沢敏夫

編集世話人の荒木先生、竹本先生より、「外から見た京大」について、執筆せよとの依頼を受けました。改めて、前回出版された「京大地球物理学研究の百年」を見直すと、寺田寅彦、長谷川万吉、西堀栄三郎などという偉大な先人方に関する興味深い記事が並び、私のように地球物理学教室に助教授として6年弱だけ在籍(1986年7月-1992年3月)しただけのものに寄稿する資格があるだろうか？と躊躇しました。しかし、京都大学と東京大学の両方(さらに東京工業大学)、そして地球物理学専攻と物理学専攻の両方に在籍経験のある方はそれほど多くないので、私の経験をご紹介しますことにも意味があるか、と思い直して寄稿させていただくことにしました。(同様の在籍経験という意味では、日本惑星科学会初代会長の中澤清先生という偉大な先例があるのはもちろんです。しかし、残念ながら中澤先生は京大地球物理とはやや縁が薄かったようです。私自身の中澤先生との個人的なかかわりは後で述べます。)

私の出身学部は京大理学部(1973年3月卒)で、4回生のときは物理学第2教室の課題研究をとっていました。その指導教官の林忠四郎先生に、「宇宙線の起源や太陽フレアなどの研究に興味がある」と申し上げたところ、「それなら宇宙研の大林辰蔵さんが居られる」と仰った一言で大学院の進路が決まりました。その前年、3回生の時に聴講した前田坦先生の「宇宙空間物理学」の講義の折、参考書について質問して「大林先生が最近出版した同名の教科書がある」と教えていただいて以来、大林先生の名前を存じ上げていたこともあります。なお、京大理の学部生に対する3回生課題演習、4回生課題研究のシステムは私の1つ上の学年から始まったばかりであり、所属の規制はいたって緩やかでした。そのおかげで、3回生の時は物理の課題演習と宇宙物理の課題演習の両方をとりました。牧歌的な時代であったとはいえ、実質的に2つの学科に所属していたわけで、こんなことができたのは京大理学部であったからでしょう。(地球物理学教室の地球電磁気学の課題演習---当時助手であった荒木先生も担当---も取ろうとして、さすがに時間的に無理で諦めた覚えがあります。)ちなみに、宇宙物理の課題演習の担当教官は、長谷川万吉先生の御子息の長谷川博一先生と西田稔先生のコンビで、ウンゼルト「現代天文学」の輪講を指導いただいたのは懐かしい思い出です。また、少し遡って、2回生の時は太田征次郎先生担当の地学実験を取ろうとして、初回だけ出席したところ、別の講義時間とぶつかってしまうことが判明して取ることができなかったのは今思うと残念なことでした。

宇宙研(当時は東京大学宇宙航空研究所、その後、宇宙科学研究所に改組)の院生時代は大林辰蔵先生と並び、西田篤弘先生の薫陶を受ける機会に恵まれ、その後の学振と助手の期間を含め通算13年、宇宙研に在籍(1973年4月-1986年6月)しました。当初は磁気圏・惑星間空間プラズマの理論的研究から始め、次第に実際のデータに関わる機会が増えていきました。特に、在籍の最後の頃のハレー彗星探査機「すいせい」のプラズマデータ処理は思い出深いものです。こうしてデータの取り扱いが次第に身近なものとなるにつれ、当時も今も日本の地磁気データベースの中核である京大地磁気センターの御世話になる機会が増えていきました。ちょうどそのころNASAから京大地球物理学教室教授に就任された杉浦正久先生に、国内の研究会での私のreview講演を聞いていただく機会があり、私の仕事の内容に興味を持っていただきました。その縁で、小川俊雄先生が高知大に

転出されて空いた助教授ポストへの就任の打診を受け、大変びっくりしたものです。光栄なお話で嬉しかったものはもちろんです。しかし、当時の各大学の人事はどこも殆ど動かない状態であり、またあったとしても内部採用・昇格が殆どで、宇宙研外へ転出する可能性があるとは思ってもいなかったからです。

1986年、学部時代から13年ぶりに戻った京大で、早速、地球物理学教室の教務委員を仰せつかりました。出席した最初の教務委員会で、自己紹介もそこそこに、数学・永田雅宜先生、地質鉱物・坂野昇平先生から、「地球物理はけしからん」と御小言を頂戴して驚いたものです。当初、何が悪いのか不案内であり、何回も聞き直して、各教室の課題演習の定員の解釈に食い違いがあることが原因と解りました。個人的に叱られているのではなく、組織対組織の論争であると理解してからは、失礼を顧みず、両先生に食い下がったものでした。そういう訳で、第一回目の委員会は散々なものでした。しかし、それ以後は両先生とむしろ親しくお付き合いができるようになったのは意外な「役得」といえるかも知れません。（両先生のことを知らなかったのも、WEBで調べたところ、今から2年前の2008年8月に相次いでお亡くなりになったよし。ご冥福をお祈りしたいと思います。）このように、私が3回生であった頃には極めて大らかであった課題演習定員が、その十数年後には教務委員会での激論の対象になったというのは、理学部の牧歌的時代も終わったことを示します。さらに最近では、希望する課題研究が取れないと留年して再起を期す例もあるとか、深刻さを増していると聞きます。しかし、それでも、東大における進学振り分け問題の深刻さとは比べものにならないと思われます。少し時間が飛びますが、東大に移籍して後、教員として経験したこの問題について触れておきましょう。ご存じのように、東大では学部入試が各学部毎ではなく教養学部としてまとめて行われます。医学部を除く理工系志望者は理科Ⅰ類または理科Ⅱ類に入学し、2年生夏の段階の教養学部の成績順で各学部・学科への所属決定がなされます。「理学部の各学科は人気が高く、よい成績をとった学生が集まる」のはプラスの側面といえる反面、1000人を超える学生集団（理科Ⅰ類の場合）でなされる成績競争は、受験競争に匹敵する熾烈なレースとならざるを得ません。理学部には成績のよい学生が集まるとはいえ、学科間には微妙な差があり、それが学生諸君に心理的負担をかけているように見えました。牧歌的ではなくなるとはいえ、京大理学部の学生諸君の心理状態にはまだ余裕があると感じられるのは、競争の規模が違う（物理・宇宙・地物を目指して競争する人数は学部定員300人強の半分程度？）からでしょう。東大の場合も、大学院進学のところにはコンプレックスは殆ど消えていると思われるので、長い目で見れば問題ではないのかも知れませんが。

話を京大時代の助教授時代に戻します。杉浦先生が京大にもたらししたのは、NASAにおける最新の研究の雰囲気と並んで、ネットワーク環境整備の重要性の認識でした。京大理学部内のネットワークが整備されたのは1989年頃であったと思います。当時、地球物理学教室内のネットワーク整備は理学部全体よりも先行していました。杉浦先生の指導のもと、地磁気センターの亀井豊永助手の協力を得、当時、米国から帰国したばかりの気象学講座の塩谷雅人助手（現・生存研教授）を巻き込んで、教室内の全ての研究室を結ぶ配線を完了していたのです。その後、理学部の各建物間の光ケーブル接続を行うことになりました。しかし、インターネット接続のためのIP割り当てルールが何も決まっていなかったため、理学部各教室の有志が集まりそれらを全部決めてしまいました。（現国立天文台長・観山正見氏は物理教室代表でした。今使われているアドレス名kugi.kyoto-u.ac.jpのkugiの部分はその時決めたルールによるものです。）このようにして、自分たちで整備したネットワーク環境は直ちに威力を発揮しました。その頃、ドイツ・マックスプランク

研究所の M. Scholer 氏と共同で review 論文を書く機会があり、インターネットを活用しました。いまでは当たり前のことですが、インターネット上での原稿の推敲は、彼我の時刻差を有効に活用でき、極めて速やかに進むことに感心したものです。

日本の磁気圏・宇宙空間研究は 1992 年 7 月に打ち上げられた Geotail 衛星により、世界の研究最前線に躍り出ることになります。Geotail 衛星は宇宙研と NASA, ESA, IKI(ロシア宇宙機関)との国際共同研究計画 ISTP の一環として打ち上げが計画され、もともとは ISTP 衛星群の五・六番バッテリーとしての役割を期待されていたものです。ところが、諸外国の衛星打ち上げ遅れのため、なんと Geotail 衛星が一番バッテリーの役目を務めることになりました。そのため、我々が眺めることができた磁気圏データは世界でまだ誰も見たことがない精密かつ最新のものでした。約 3 年後の 1995 年末に NASA が Wind 衛星を打ち上げて、「世界唯一」から、「世界で一、二を争う」状態へと変わったとはいえ、日本の研究成果が 1990 年代の世界の磁気圏研究をリードしたことに間違いはありません。こうした飛躍的發展が可能であったのはいくつかの理由があります。そのうち、京大にかかわるものとして、1 つ目は、向井利典氏(元 JAXA 理事)によるプラズマ観測の成功、2 つ目は、現京大総長の松本紘氏のグループによるプラズマ波動計測の成功、そして 3 つ目は京大で育った優秀な若手研究者の参入があったことだと思います。向井さんは、1960 年代末に京大工学部電離層研究施設で博士課程を終えて宇宙研に赴任後、独自のプラズマ粒子観測技術を、電離層プラズマを対象として営々として磨いておられました。彼の腕の冴えは、1986 年のハレー彗星周辺でのプラズマ観測をぶっつけ本番で成功させたことでその片鱗が見えていたのですが、Geotail 衛星観測に至って、その全貌が明らかとなりました。また、Geotail 衛星データ解析で活躍した京大出身の若手として、平原聖文氏(現・名古屋大学)、斎藤義文氏(現・宇宙研)、中林潤哉氏(現・DEX 勤務)、能勢正仁氏(現・京大理地磁気センター)、家田章正氏(現・名古屋大学)の名前を挙げることができます。1992 年 4 月に私が東京大学理学部地球物理学教室に転任したため、期間は短かったとはいえ、これらの方々が一人心の研究者へと育っていく姿を間近に眺めることができたのはかけがえのない経験であったといえます。(4 人それぞれで時期は違い、平原さん、斎藤さんは学部～大学院、中林さん、能勢さん、家田さんは学部 3-4 回生の頃でした)。

こうして、1990 年代から 21 世紀初頭にかけては Geotail 衛星観測データに基づく研究のピーク期を経験させてもらいました。京大に赴任された町田忍教授とは、共に、プラズマ観測のグループメンバーとして常に情報交換を行っており、東大・京大という研究機関の違いを意識することは殆どなかったと思います。引き続き蓄積しつつある Geotail 衛星データについての共同研究に加え、ごく最近、月探査衛星「かぐや」に搭載されたプラズマ観測データ(2007 年 11 月-2009 年 6 月)について、町田グループ、宇宙研斎藤グループと、再び密接な共同研究を行うチャンスがありました。太陽風による月面物質のスパッタリング過程の解明を期待して研究を始めたところ、月面での太陽風イオン反射率が非常に高く効率の良い非熱的粒子生成が起きているなど、思いがけない発見を経て、月環境プラズマ物理学は大きく発展しつつあるといえます。

一方、1990 年代には太陽物理学での「パラダイムシフト」がありました。太陽フレア観測衛星「ようこう」の結果により、それまでは太陽フレアの原因としてマイナーな学説に過ぎなかった磁気リコネクションモデルが、一躍本命として認識されることになったのです。これは Geotail 衛星観測に基づいた磁気圏サブストームの磁気リコネクションモデルの確立と並行しておこった出来事でした。この頃、太陽フレア研究者として大活躍したのは現花山天文台長の柴田一成教授であり、彼と

は早い段階から磁気圏と太陽フレアの統一的物理像構築へ向けた共同研究を開始して現在に至っています。ついであるが、同じ理学部の中に、地球物理学教室太陽惑星系電磁気学講座、地磁気センサー、花山天文台と、強力な磁気圏グループと太陽フレアグループがあるのは京大の強みと言えるでしょう。

さて、東大に赴任後 14 年を経て、私自身は東工大に転出(2006 年 4 月)しました。これは、東工大理学部から発せられた「分野を問わず。研究以外の duty 免除」という理学研究流動機構の人事公募に応募した結果です。しかしその応募は、採用されることを期待したというより、そのための準備作業をすることが、これまでの研究を整理し今後の展望をまとめるのに丁度よい機会であるとの意図によるものでした。思いもかけず採用していただくことが決まり、3 度目の転任をすることになりました。東工大赴任当時の理学部長は中澤清先生であり、そもそも 1990 年代末に理学研究流動機構の制度を提案・整備されたのは中澤先生だったそうです。(初代の理学研究流動機構教授は中嶋悟氏(1999-2004、現・阪大)で、私は 2 代目。)中澤先生は私が東工大在任中の 2007 年 3 月に定年退職されましたが、以前、3 回生のときには助手になられたばかりの先生に量子力学演習の指導を受け、4 回生のときにも林先生の課題研究の指導教官群の一人として指導を受けたものです。このように、期せずして、中澤先生のキャリアの最初と最後にご指導を仰ぐことができたのは大変光栄なことであったと思います。(中澤先生が惑星科学会を創設された折には、運営委員として参画しました。しかし、運営委員会は欠席しがちでご迷惑をかけました。...当時、地球電磁気・惑星圏学会(SGEPSS)の運営委員を兼ねていたところ、英文学会誌問題で惑星科学会運営委員会と SGEPSS 運営委員会の意見が対立しており、両方に出席するのはつらかったのです。)

東工大に移ってから、少し違った角度から宇宙プラズマ研究を試みることを考え、中村卓司氏(当時生存研准教授、現・国立極地研教授)の協力を得て、MU レーダーによる宇宙空間観測、とりわけ流星エコーモードによる惑星間空間塵の観測的研究に踏み出すことになりました。塵(dust)とプラズマは一見遠いテーマであるように見えるかも知れません。しかし、宇宙空間の塵は帯電しているのが普通で、「dust プラズマ」は現在注目されているテーマでもあるのです。また、大学院の進路を決めたとき以来持ち続けている「宇宙線の起源」研究への興味から、流星観測と共通の要素が多い宇宙線のレーダー観測の R/D も並行して行っています。加藤先生、深尾先生の先駆的業績である MU レーダー観測には以前から興味を持っていました。しかし、このような形で実際の MU レーダーの観測的研究に従事することになるとは数年前までは思っていなかったことでした。こちらの研究は現在進行形で、まだ国内外の学会での発表どまりであり、論文執筆は今後の課題です。

「duty なしで好きなことをしていてよい」という、夢のような東工大のポストはもちろん無期限ではありません。任期 5 年のうち 1 年少しを残した段階で、東京大学宇宙線研究所に 4 度目の転任をしたのが 1 年前の 2009 年 12 月のことです。新しいポストは高エネルギー宇宙線研究部門所属で、「三つ子の魂」ともいえる「宇宙線の起源」の研究が本業となり、大学院担当は物理学専攻になりました。こうして、今度は地球惑星科学分野を「外から見る」機会を得たことになります。しかし、移動してまだ日も浅いこと、原稿の字数が尽きたことから、そちらについての記述はまた機会を新ためてさせていただくことにしたいと思います。