

## 好奇心にあふれた我が人生

ユージン・ニューマン・パーカー

物心がついた頃から、好奇心を満足させることが私の人生の喜びでした。この世界は、物理学上の単純な概念をもってすれば理解可能な、不思議で魅力的な現象にあふれています。さらに申し上げれば、解明を待つ数々の謎の存在に気付くことも喜びです。

5歳の頃、私はニューヨーク州バッファローの郊外に住んでいましたが、自宅から2ブロック先に、汽車が頻繁に出入りする操車場がありました。その蒸気機関車や列車に私は心を奪われ、蒸気機関車がどうやって動くのかを知りたくなりました。また、転轍(てんてつ)器(ポイント)はどうやって動くのだろう、どのようにして蒸気機関車とそれに続く車両を別の線路に導いているのかということも知りたくなりました。航空技術者だった父は、押ししたり引いたりなど動作を交えて平易に説明してくれ、わくわくしながら父の話聞いていました。

次なる疑問は、内燃機関はどのように動くのだろう、ということでした。木を使って内燃機関を作ってみようなどという、とんでもないことを考えて悦に入っていたのですが、手先が器用でなかったためにあきらめざるをえませんでした。

飛行機はなぜ空を飛ぶのでしょうか。音とは何でしょうか。私は、空き缶で糸電話を作って遊びました。2つの空き缶の底の真ん中を1本の糸でつなぎ、その糸をぴんと張るのです。空き缶に向かって何かしゃべると、音の振動が糸の振動に変わって相手方に伝わり、もう一方の空き缶で再び音に変わるのです。

この世の不思議は尽きることがありません。湖面に波が立つと、水の分子同士は継続的に擦れあうのに、なぜ摩滅しないのでしょうか。雨粒が岩の表面に当たっても、なぜ水の分子は壊れないのでしょうか。

私の父は、コンソリデーティッド・エアークラフト社に勤めていました。私には、1歳半年下の妹と3歳年下の弟がいました。母が私たち兄弟の面倒を見てくれていましたが、夜になると父も私たちの相手をしてくれました。時々私たち家族は、ナイアガラ瀑布の下流にある深い峡谷に出かけました。そこは、急流の浸食作用で幾層にも重なった石灰岩の地層が100メートルの深さまでむき出しになっていました。その様子から、何百万年前という、人類がこの世に登場するはるか以前に、石灰岩が浅い海の底に堆積し

たことを知りました。その時の驚きといったらありませんでした。はるか昔は、一体どんな様子だったのだろうと思いをめぐらせました。

6歳になると、私は倍率50倍の顕微鏡を買ってもらいました。近くの池から採取した水の一滴を顕微鏡で覗いた私は、その生き生きとしたミクロの世界にすっかり魅せられてしまいました。我が家には、亡くなった祖父の遺してくれた高性能の顕微鏡がありました。微生物の世界を観察する時には、もっぱらこちらの顕微鏡を使いました。私の顕微鏡では、そこまで小さなものを見ることはできなかったからです。顕微鏡で覗いた砂糖や塩の結晶は見とれるほど美しく、大きさも形も色も様々な砂の粒子を見た時は、驚嘆しました。父は携帯用のコンパスを持っていましたが、これにも私は心を奪われました。どうしてコンパスの針は北を示すのだろう。自動車のそばにコンパスを置くと針が振れ続けるのはなぜだろう。私は磁石でも遊んでいましたから、磁石同士が反発しあったり引き合ったりすることに気がつきました。なんと不思議な世界でしょう。

両親は私たち子供たちに、掃除の手伝い、ベッドメイキング、食事の支度といった簡単な家事を分担させました。おかげで、私たちには比較的幼い頃から家族の一員として働いているという自覚が芽生えていました。また両親は、私たちには絵を描かせたり、ボードゲームやトランプで遊ばせるだけでなく、自然や地域の珍しい地質に対する興味を引き出してくれました。川が流れる谷や氷堆積は、1万年前に氷河時代が存在したことを彷彿とさせました。私たち兄弟は本を読むようになりましたが、両親が読んでくれた冒険小説やおとぎ話、外国の旅行記といったより高度な本がずいぶん役に立ちました。

私が7歳の時、私たち一家はデトロイト近郊に移り、父はクライスラー社の技術部で働くようになります。その頃、父は地質学と生物学的進化について書いた『アース・フォー・サム (*Earth for Sam*)』という当時人気のあった本を読んでくれました。この本にはシルリア紀から更新世までが描かれていました。

正直に言うと、私は、学校の勉強はあまり好きではありませんでした。興味を引かれることは時々あったのですが、英語の単語は音声と綴りが一致しないので、綴りの勉強は苦手でした。発音の細かな違いを覚えるのも得意ではありませんでしたし、この点は成長しても一向に変わりませんでした。しかしそれでも私はあきらめませんでした。辞書のおかげもあって、今ではかなりできるようになりました。九九にもてこずりましたが、ようやくうまく言えるようになりました。割り算は、掛け算と引き算を使って系統立てて計算すればいいので、苦勞することはありませんでした。分数は初めてだったので、興味を覚えました。もっとも、春に分数の計算方法を学んだ後、秋にもう一度やり直しをさせ

られたのにはうんざりしましたが。

小学校の歴史の授業は、なんとなく面白そうだと思っていたのですが、授業内容は面白みに欠け、うわべだけの歴史的出来事が起こった年代やその名称ばかりで、それが起こった原因や性質については教えてくれませんでした。歴史の入門書を執筆する人たちの中には、現代社会に密接な関わりを持つ興味深い話を書いているなどと気付けてもいない人たちがいるのです。

高校に入ると、代数やユークリッド幾何学、三角法に出会いました。他の授業で学んだ生物や社会科のような細部にわたってわかりづらい科目とは違って、これらの科目は原理が単純であるため、大好きになりました。3年生になると、物理の授業を選択しました。幸運なことに、その授業は昔ながらのカリキュラムで進められ、力学、音、電気、磁気、光、熱力学に関する様々な現象や法則だけを直接取り上げたのです。社会的意味合いなどといった余分なことは一切行いません。教科書に載っていたのは写真ではなく木版画で、執筆者はミシガン大学で教えていた物理学者でした。物理の教師はぶっきらぼうな老人で、私たちにやる気をおこさせるような人物ではありませんでした。しかし、その教師の十分とはいえない知識やうまいとはいえない教え方の埋め合わせをしてくれたのが、物理学の魅力だったのです。物理学が自然界におけるあらゆる現象の基本であることは明らかでしたし、ほどなく私は、将来は物理学者になりたいと思うようになりました。祖父は物理学者でしたし、ベル研究所で物理学者をしている叔父もいましたので、物理学者として生計を立てていけると思いました。

私は入学試験で上位に入り、イースト・ランシングにあるミシガン州立大学の授業料が免除されることになりました。こうして1944年秋、物理学と数学を学ぶためにミシガン州立大学へと旅立ったのです。当時、世界中で一番面白い学問を勉強できるなんて、自分は世界一幸せな若者だと思いました。1年生の時はレスリング・チームに入りトレーニングに励みましたが、2年生になると勉強が忙しくなり、レスリングはあきらめざるをえませんでした。アマチュア・レスリングは素晴らしいスポーツです。体重は1年生の間に12キロ増えました。

私には、物理学の他にもう1つ別の計画があったこととお話ししておかなければなりません。高校時代、私はアルバイトで120ドル稼ぎました。ミシガン州から16ヘクタールの森林を購入したかったからです。当時、いったん木が伐採されてしまうと、その土地には価値がなくなり、土地の所有者は税金を払わなくなるため、多くの土地がミシガン州に返還されていました。ミシガン州としても、返還された土地は何の役にも立たないため、私は、貯めた120ドルで、州北部のシボイガン郡にある40エイカー、つまり16

ヘクタールの土地を購入することができました。

1944年の夏、私と弟はデトロイトから3日間かけて、500キロメートルの距離を自転車で走破し、丸太小屋作りを始めました。完成したのは翌年です。振り返れば、苦労の連続でした。しかし私たちは最後までやり遂げ、その過程で多くのことを学んだのです。5年ほど前のことですが、2人で60年あまり前に建てたその丸太小屋を修理し、屋根を張り替えました。ですから、あの丸太小屋はこれから何年も私たちと共に生き続けるでしょう。木々の間を吹き抜ける風の音と遠くで鳴くワタリガラスの鳴き声以外は何も聞こえず、すべてから隔絶された森の中で数日間を過ごすことができるなんて、本当に幸せです。私の子供や孫たちは、成長するにつれ丸太小屋の良さがわかるようになりました。息子や弟は、私よりも頻繁に丸太小屋に出かけ、年に数回はそこで過ごしています。

ミシガン州立大学での勉強も順調に進み、1948年3月には卒業することができました。私は著名な先生方から物理学を教えていただきましたが、特に印象に残っているのは、トーマス・オズグッド教授と Y・キクチ教授です。お二方の講義は素晴らしい内容で、大いに触発されました。私は大学院へ進学するため、カリフォルニア工科大学に願書を提出しました。後でわかったことですが、それまでカリフォルニア工科大学はミシガン州立大学出身者の入学を認めたことはなく、オズグッド教授の推薦状のおかげで、私の入学を認めたそうです。入学は認められたものの、奨学金は受けられませんでしたので、9月末にカリフォルニア工科大学へ出発する前に、クライスラー社技術部の物理学研究所で働くことができたのは幸運でした。6カ月分の給料をポケットに入れてデトロイトからバスに乗り込み、72時間かけてロサンゼルスへ向かったのです。

クライスラーの物理学研究所の責任者は C・R・ルイス博士でした。博士と私の父はクライスラーで働き始めた時期が同じで、しかも家族ぐるみの付き合いをしていたため、博士は私のことを子供の頃から知っておられました。私は研究所の臨時雇いとして様々なプロジェクトに参加し、多くのことを学びました。覚えているのは、ヒルシュ管を空調機器に応用できるかという研究です。これは驚くべき装置です。圧縮空気が管周囲の接線方向に噴出するよう設定されたノズルから注入されると、管の中心部にある穴のあいた隔壁付近から冷気がこの穴とつながる一方の端へ噴出し、もう一方の端からは暖気が噴出するという仕組みです。私たちは摂氏マイナス15度の冷気を噴出させることに成功しましたが、あいにく全体効率がきわめて低かったため、実用化には至りませんでした。残念なのは、このヒルシュ管の原理が私には今もってわからないことです。なぜ管の真中で冷気が発生するのでしょうか。

物理学研究所では、超再生発振器を用いた廉価版のレーダーを開発しました。このレーダーは反響を捉える感度がきわめて高く、小型船舶用に開発されたものです。プロジェクトの責任者であったジェームス・ルネンの電子技術のおかげで、性能は抜群でした。しかし、アメリカ連邦通信委員会が周波数帯の割り当てを拒否したため、プロジェクトは頓挫しました。

ある時私たちは、経営陣上層部の命を受け、機械のはずみ車ではなく、熱サイクルを利用した自動車用時計を開発することになりました。熱サイクルを利用した時計など、どう考えてもばかげた発想です。というのも、熱サイクルにはアクティブ・ヒーティングとパッシブ・ヒーティングがあり、周辺温度にきわめて敏感に反応するからです。しかし、命令は命令です。そこで私たちはいくつかのモデルを作りましたが、それらは立派に動きました。熱サイクルの時間を計れば、すぐに室温がわかります。真昼の日差しが照りつけるアスファルトの駐車場では、窓を閉め切った車の室内温度が摂氏65度に達することがあるとわかれば面白いかもしれません。熱サイクルを利用した時計は、そのような状況では約2分の1の速さでしか動きませんでした。

カリフォルニア工科大学の秋学期が始まり、私は光学や数学以外にも、W・R・スマイス教授の電気学と磁気学の講座と W・A・ファウラー教授の原子物理学の講座を履修することにしました。スマイス教授の講義は、問題を解いていく演習方式でした。教科書を読み、与えられた課題を解いていくのです。私にとって、これほど進度が速く、しかもたくさんの新しい概念を理解しなければならない講義は初めてでした。起きている間は、必死になって課題を解いていたため、場合によっては、原子物理学や光学の勉強にほとんど時間が割けないこともありました。スマイス教授の講義が始まって3週間がたった頃、私は、合格点をとれるほどに講義を理解しているのだろうかと思ふようになりました。しかしなぜか6週間後には、課題がそれほど難しく感じられなくなっていたのです。相変わらず全神経を集中して課題を解かなければならないことに変わりはありませんでしたが、電磁気学について十分理解できたと思ふようになりました。10週間後に行われた、スマイス教授とファウラー教授の期末試験で、私は A を取りました。

学業が順調だったことは幸運でした。というのも、クライスラー社で稼いだ資金が、冬学期までしかもたないことがわかったからです。資金の大半は学費に費やされたうえ、他の人たちと同様に、勉強する以外にも、食事をし、睡眠をとらなければならなかったからです。そこである日、私はファウラー教授の研究室を訪ね、研究室の手伝いでもなんでもいいから仕事を紹介してもらえないかと頼みました。私が他の学生のように助手

の仕事に就いていないことを知り、教授は驚いたようでした。そして受話器を取ると、ワトソン学部長に電話をかけてくれたのです。ワトソン学部長は、学生部長であると同時に、2年生の物理学講座を担当しておられました。その電話で、講義助手を必要としていることがわかりました。前任者がやめた後、空席になっていたのです。こうして10分後には、私は講義助手のポストを手に入れ、金銭的問題は解決しました。

ずいぶん後になってからわかったのですが、私に口添えをしてくださったのは、いかにもファウラー教授らしいやり方だったのです。その後私は、国家レベルの様々な委員会で教授とご一緒させていただきましたが、教授は常に前向きで、強いリーダーシップを発揮され、貴重な示唆やアイデアを与えてくださいました。周囲の者を励ましてくださるだけでなく、取り組むべき課題にはいつも建設的なアプローチで臨んでおられました。教授が、恒星の核における熱核燃焼に関する低エネルギー核物理学における業績を評価され、S・チャンドラセカール教授と共に1983年のノーベル賞を受賞された時には、私たちの誰もが喜びました。チャンドラセカール教授については、縮退圧によって支えられた白色矮星の質量限界に関する初期の業績によりノーベル賞を受賞されたことを記憶しておられる方もいらっしゃるかもしれません。

ここで、カリフォルニア工科大学に入学するにあたって私がいただいたあるアドバイスについてお話しておきましょう。ミシガン州立大学を去るにあたって、オズグッド教授はこうおっしゃいました。「カリフォルニア工科大学には、時々えらく頭のきれいな連中がいて、そういう連中の存在が脅威に感じられることがあるだろう。そういう連中は、難しい科目の授業を聞くだけで、何もしなくても翌日まで細かい点をちゃんと覚えているし、勉強しているようには決して見えない。」教授は、「そのような連中がいるとわかっていても決して自信を失ってはならず、情熱と将来への自信を持って、ひたすら研究に励みなさい」と言ってくださいました。

教授のアドバイスはありがたいものでした。実際、教授がおっしゃった通り、とてつもなく頭のよい同級生が2人いたからです。教授のアドバイスのおかげで、彼らの存在を知っても私は動じることもなく、歩みののろい私にも、彼らと同じように将来は約束されていると思うことができたからです。後に、そのとてつもなく頭のよかった同級生の1人は優秀な物理学者となりました。彼が失敗するはずがありません。もう1人は物理学に興味を持つことができず、他の分野へ移ってしまいました。

科学の実践にあたって覚えておくべき重要なことは、基本法則をきっちりと理解し、そうした法則をいかにして特定の現象へ応用するかを知ることです。これは、無意味な決まり文句ではありません。宇宙物理学や地球物理学の重要な分野では、磁場を伴う

電流が、一見もっともらしい理由に基づき、実験室の固定回路と同じように流れると不注意にも考えられてしまい、磁場や電離気体の力学にとびついてしまったことがあります。これは実に理にかなったことのように思えるかもしれませんが、時間をかけてきちんと考えれば、ニュートン、マックスウェル、ローレンツの基本的な法則に矛盾していることがわかるでしょう。例えば、電流回路の類推にこだわってしまい、磁場によってインダクタンスが大きくなるという考え方に行き着きました。この場合、電流を遮断すると大きな電位差が生じるはずですから、電子やイオンは急激に速度を増すことになり、これによって、太陽フレアや地球の磁気圏尾部での高エネルギー粒子の発生が説明できるはずですが、残念ながらこのような結果にはなっていません。と言いますのも、必ずしも電離気体もしくはプラズマが、電場の存在しない座標系を移動するとは限らないからです。これと同時に電流位相は変化し、遮断された領域を迂回します。ですから、大きな電位差も粒子の著しい加速も存在しないのです。

自分は頭がよいのか悪いのかなど気にはいけません。あなた自身の物理学、いや、あなたが極めたいと思っているテーマなら何でもかまわないのですが、それに一歩ずつ取り組んでいくことです。どの過程も確実に理解するようにしましょう。すべてを知る必要はありません。ただ、自分が実際に用いる原理をきっちり理解しておくようにしましょう。

カリフォルニア工科大学での経験に話を戻しますと、当時、私の論文指導教授はレベレット・デービス教授でした。教授は、終生変わらぬ私の友人です。教授も前向きな方で、指導学生を含め共同研究者を励まし、助けてくださいました。ちなみに、教授は大学院で1年間の優れた古典力学のカリキュラムをつくり、教えておられました。

次に、私の学生時代のある出来事についてお話ししましょう。あと2カ月ほどで博士号が取得できるというある日のこと、私は教務部から1通の手紙を受け取りました。その手紙は、あなたは1951年6月に博士号が取得できると思っておられるでしょうが、それは無理です。あなたは博士号取得を本校に申請されてから、必要な単位を取得しておられないため、博士号の取得は認められませんという趣旨のものでした。私はびっくり仰天し、デービス教授のところへ相談に行きました。教授曰く、摩訶不思議な履修手続きをうまく切り抜ける術を知っているのはスマイス教授だと。スマイス教授は教務課からの手紙をお読みになると、椅子にもたれ、この難局を乗り切るには3つの方法があるとおっしゃいました。私はほっと胸をなでおろしました。そしてその3つの方法について手短かに説明してくださると、最も効果的な方法は、教務部に研究目的のための履修科目の遡及登録を申請することだと言われました。私は当時、博士号取得のためにたく

さんの科目を既に取得していたので、わざわざ研究のための履修登録をしていませんでした。実際に学位取得を申請した後に一定数の単位の取得が必要だという、なんともわかりにくい規則があることなど知るよしもなかったのです。いずれにせよ、デービス教授とスマイス教授のおかげで、予定通り1951年6月に卒業することができました。私はたくさんの友達に囲まれていた日々を幸せに感じつつ、カリフォルニア工科大学を後にしました。もちろん、教務部は別です。私が言っているのは教員の話ですから。

このあたりで、学術論文の出版を初めて経験した時のことをお話しておいたほうがよいかもかもしれません。私の博士論文は2部から構成されていました。1つは、星間ガス雲の力学的研究です。星間ガス雲については当時、研究が始まったばかりで、個々のガス雲は自己重力系だと考えられていました。今にして思えば心もとない仮定ですが、当時の私は個々のガス雲をハミルトニアン系と仮定した上で、ガス雲の統計力学を完成させ、ガス雲は無限に拡張と分散を繰り返すか、崩壊してきわめて小さな形、例えば星になるということを証明したのです。私の研究のこの部分は、『アストロフィジカル・ジャーナル (*Astrophysical Journal*)』で発表する論文として、編集者とレフリーに文句なく認められました。

もう1つの部分で私が指摘したのは、プレアデス星団に1マイクロガウス以上の磁場が存在すれば、その磁場で観測される細長く蛇行したダストの筋模様について説明が可能だということでした。重要な点は、ダスト粒子が星間風に当たると、はるか彼方まで飛ばされてしまい、その結果、大きさの異なる粒子が星間風に捕捉されるので、どんな筋模様もぼやけた雲のようになってしまうだろうということです。一方で、ダスト粒子は光電効果により帯電し、近くの星間磁場にくっつければ、磁場中にあるダストの不均一性が保たれ、望遠鏡で細い筋模様を観察することができるわけです。

おわかりいただきたいのは、当時私は博士論文のための研究を続けており、デービス教授をはじめとする方々が、星間ダスト粒子の位置が銀河の磁場によって決まるということ、観測された星の偏光によって示そうとされていたことです。すでにエンリコ・フェルミは、宇宙線を理解するために星間磁場という概念を打ち出していました。そのため、プレアデス星団にダストの筋模様を見つけた時、私の脳裏に磁場の概念が浮かんだのです。私の結論は、フェルミだけでなく、独自の推論を展開し、同様の結論を導き出したデービス、グリーンスタイン、スパイツァー、チューキーらの研究によって裏付けられました。ですから、『アストロフィジカル・ジャーナル (*Astrophysical Journal*)』に提出した論文が、磁場は宇宙物理学と無関係だという理由から、たちまち編集者に掲載を拒否された時には驚きました。あの論文は、再審査のためにレフリーの元へ送られるこ

ともありませんでした。とにかく拒否されたのです。そこで私は、数年後の1958年、この論文を『レビュー・オブ・モダン・フィジックス (*Reviews of Modern Physics*)』の総説論文として発表したのです。これが、科学界のいわゆる「合理性」との最初の出会いです。

ここでこの話題に触れたのは、学術論文の出版に特有の問題が浮き彫りにされているからです。それは、50年前と変わりなく今も深刻な問題です。最大の犠牲者は、若くてどちらかといえば無名の科学者で、とりわけ新しい考えを提起しようとする人たちです。科学雑誌の編集者が同僚よりも合理的な立場をとれば、基本的には、問題を大幅に緩和することができます。しかし、そうすることで、自らの研究に対する援助を失うリスクを負うことになります。ある論文に対して、これはばかげていると言いつつ著名なレフリーは、その論文が発表されれば烈火のごとく怒るでしょう。しかもその後、そのレフリーが編集者の提出した助成金申請書を検討することになるかもしれないのです。いや、もっとひどい事態が起こるかもしれません。

たいていの場合、レフリーの報告書は合理性に欠け、批判的だと言えます。批判的な論評を裏付けるだけの明確な根拠に欠けるからです。何らかの事実に基づいているわけではないのですから、論文の著者には議論を戦わせる材料が何も提供されないのです。今でも思い出すと笑ってしまうのは、私が初めて書いた論文に対するレフリーの報告書のことです。その論文は、1966年に『アストロフィジカル・ジャーナル (*Astrophysical Journal*)』に投稿したもので、その中で私は、銀河のガス円盤における磁場の動的不安定性について論じました。「常々パーカーは有能だと考えていたが、」という文言で報告書は始まっていました。その後は、何の具体的な指摘もなく、批判的な言葉が延々と並べられていました。要するに、そのレフリーは、パーカーが自分と同じくらい銀河のことを知っていれば、こんなばかげた論文を投稿しようなどとは思わなかったらと言いたかったのです。

当時、『アストロフィジカル・ジャーナル (*Astrophysical Journal*)』の編集はチャンドラセカール教授が担当していました。彼の研究室と私の研究室とは近かったので、その報告書について彼と話し合った際に、私は次の点を強調しました。つまり、これまで『アストロフィジカル・ジャーナル (*Astrophysical Journal*)』に提出した論文の中でレフリーから激しく批判されたものは、きわめて新しいテーマを扱った論文ばかりだと。チャンドラセカール教授は私の話を聞いて、コロナの広がりから太陽風の存在を指摘した1958年の最初の論文も激しい批判にさらされたことを思い出しました。あの時、教授が私の論文を2人の「著名な」レフリーに送ったところ、2人とも私の発想を否定したのです。

確かにこれらのレフリーは著名な人物かもしれないが、具体的な批判になっていないと指摘すると、教授はとにかく論文を掲載してくれました。

ここではこれ以上詳しく触れる余裕はありませんが、学術論文の掲載に伴う難しさは深刻で、十分注意しなければなりません。若い科学者の皆さんに言えることは、驚く必要も恐れる必要もないということです。丁重にしかし毅然とした態度で、レフリーが論文を否定する確固たる根拠を示すように要求するのです。もし確固たる根拠がないなら、こう言います。掲載することが唯一の正しい結論だと。批判が事実に基づくものでないのならば、編集者は勇気を持ってその論文を掲載すべきです。否定的なレフリーが書いた報告書をざっと読めば、論文の著者との科学的議論が可能な批判かどうかはすぐにわかるものです。

1951年、物理学者の就職口はそれほど多くありませんでした。結局私は、ユタ州のソルトレークシティにあるユタ大学の数学研究科の講師に就任しました。この数学研究科では、博士号を取得したばかりの5名を採用したのですが、当時の口頭の了解では、2年後に全員が助教授に昇進することになっていました。ところが、2年目の終わりになって、学部長が研究科予算の執行にあたっては厳しく臨むよう学科主任に圧力をかけたのです。学科主任は、私たち5人のうち4人を解雇することでその目標を達成し、結果として給与の支払いを抑えることができました。今にして思えば、私たち講師は全くの世間知らずであったため、2年目に入っても昇進問題を持ち出すことができませんでした。そのため5月のある日のこと、学科のとある古参の教官が私たちの部屋にやってきました。彼は憤懣やるかたない様子で、学科には私たちが秋以降も採用する意思がないことを告げました。彼はそれだけ言うと、私たちに背を向け研究室を出て行きました。彼はその事実を知ったばかりで、私たちに何も知らされていないことを不愉快に思ったにちがいません。私は学科主任の部屋へ行き、春学期で私たちが解雇されるというのは本当かどうか尋ねました。彼は、私がお話を知っていたことに少し驚いた様子でしたが、その通りだと答えました。

実は、数学研究科を解雇されたことも、私にとって幸運なことだったのです。当時、私は物理学研究科のウォルター・M・エルザッサー教授と懇意で、教授とは科学に関するいろいろな問題についてよく熱心に話し合いました。そこで私は彼の研究室を訪れ、6月末で失業してしまうのですが、どこかに空きのあるポストはないだろうかと言いました。翌日、私の研究室にやってきたエルザッサー教授は、3分の2を彼の研究助手として働き、3分の1を物理学研究科の助教授として働く気はないかと申し出てくれました。物理学研究科では、天文学の基礎講義を担当する教員を探していたのです。お

そらく私は、他の誰にも負けないほどの専門知識を持っていたはずですが。その話を即座に受け入れたことは言うまでもありません。こうして私の科学者としての人生が始まったのです。

手短にご説明しますと、ウォルター・エルザッサー教授は、彼と同世代の物理学者の中でもきわめて優秀な人物の一人です。彼は、ドブロイ波の仮説を検討するため、電子回折実験を最初に提案しました。ユダヤ人である彼は、残念なことに、このテーマに取り組むことなくハイデルベルグ大学を去らざるをえませんでした。エルザッサー教授はまた、ベリリウム原子核の巨大な熱中性子吸収断面が熱中性子のドブロイ波長の目安であり、原子核の実際の大きさとは関係がないということを初めて指摘した人物でもあります。さらに、原子核の殻構造も明らかにしました。地球の磁場の起源について最も有力な仮説は、液体金属核における対流によって生まれたという説だと主張したのも彼です。その後、1960年代には、情報理論の概念を生物学に初めて応用しました。なお、この点はここ数十年の間に新しく提起されたのですが、45年前にすでにエルザッサー教授が基本的な研究を行っていたことに気付いた者はいませんでした。

私がエルザッサー教授のもとで働き出した1953年頃、教授は相変わらず核の対流による磁場の形成という研究に取り組んでいました。そのため私は、『アルキフ・フル・フィジック (*Arkiv för Physik*)』に掲載された、スティグ・ルンドクヴィスト氏の長い論文と、当時エルザッサー教授が発表を予定していた論文を使って、磁気流体力学の講義を始めました。おそらくこの2つの論文以上に優れた教科書はなかったと思います。すでにエルザッサー教授が、核の不均一な回転が地表の一般的な双極子(南北)磁場との相互作用により、東西方向の強い磁場を核の中に形成することを証明していた点についてお話ししておかなければなりません(図1)。問題は、南北の双極子磁場がどのように形成されたかということでした。エルザッサー教授は、絶え間のない再生機構がなければ、観察されている南北の磁場は3万年という時間尺度で崩壊することを示しました。T・G・カウリング教授は、すでにその19年前、流体運動はいかなる軸についても回転対称性を持つ磁場を維持できないことを証明していました。実際には、南北および東西の磁場は、地軸について対称でした。そこで私はこの問題についてしばらく考えた末、磁力線が様々な流体運動によってゆがめられる可能性をいくつかのスケッチに描いてみました。そしてついに、南北の磁場を示す回転軸を含む平面における局部循環が、鉛直方向の軸で回転する核内の上昇対流セルによって形成されること、すなわち回転する対流の存在に気付いたのです(図2)。地球が回転しているため、上昇流体も回転します。これをダイナモ方程式で表すことは実に単純な作業でし

た。さらに不均一な回転による東西磁場の形成を説明するための方程式を完成させることで、私のダイナモ方程式すべてが完成したのです。この解は、安定した磁場が、不均一な回転と回転する対流によって維持されることを示しています。さらに、これに基づいて、地球磁場の再生も説明できたのです。次に私が興味を覚えたのは、太陽の場合と同じように、この解を対流の比較的薄い層に応用した場合、周期的に変化することです。かくして、太陽における不均一な回転と回転する対流によって、太陽の磁場サイクルがなぜ11年周期なのかという問題を説明することができるようになりました。このテーマに関する私の2つの論文が掲載を認められ、大いに元気づけられました。10年後、他の科学者たちがこの問題に興味を持つようになり、ようやくダイナモ方程式の解に検討が加えられるようになったのです。一部の惑星、ほとんどの恒星、そしておそらく銀河にも存在する磁場を形成しているのは、主に不均一な回転と回転する対流であると思われます。

この間、ユタ大学にいてもこれ以上の昇進が望めないことがわかったため、エルザッサー教授は他の勤め口を探してはどうかとアドバイスしてくださいました。教授自身も辞職を考えておられました。このような事情から、シカゴ大学のジョン・シンプソン氏の下で研究助手にならないかという申し出があった時、私はその申し出を受け入れ、ソルトレークシティを離れてシカゴへ向かったのです。1955年6月末のことでした。私は、ウォルター・エルザッサー教授に対する感謝の念を一生忘れることはありません。電磁流体力学の存在を教えてくれたのも、解明に向けて重要な問題を提起してくれたのも彼でした。私が物理学者として成功できたのも、その問題について彼が築き上げてくれた基礎があったからこそなのです。

ソルトレークシティで過ごした最後の年に、私はニーシャ・ミューターと結婚しました。彼女との結婚も私の人生の大きな励みになりました。私はハウストレーラーを造り、家財道具を積み込むと、シカゴへの長い旅に出発しました。シカゴでは、大学からミッドウェイ空港をへだてたところにある小さなアパートを借りました。シカゴに移って1年目に娘のジョイスが生まれました。その3年後には息子のエリックが生まれましたが、その頃には、物理学研究科と現在のエンリコ・フェルミ研究所の前身である、原子力研究所の助教授に昇進しました。人生は好転しつつありました。シカゴ大学は研究にうってつけの場所でした。担当する講義数は少なく、同僚は気の合う人たちばかりで、お互いの研究に興味を持っていました。

シンプソン氏の話で後から知ったことなのですが、S・チャンドラセカール教授が私を研究助手のポストに推薦してくれたそうです。ユタ大学時代に、興味を持っていた乱気

流論を通じて、私は教授と知り合いました。当時、コルモゴロフとハイゼンベルグ両氏の論文がきっかけとなり、乱流理論は大きな注目を集めていたのです。

ジョン・シンプソン氏は世界的に行われていた宇宙線の研究に没頭していました。私もその研究に参加し、観測結果の理論的意味について検討しました。私は観測結果に夢中になり、なんとしてでもその意味をつきとめたいと思うようになりました。まずわかっていたいただきたいのですが、宇宙線は主に陽子から成っており、光速に近い速さで移動します。銀河の中の、おそらく超新星などからやって来ます。惑星間空間を通過し、地球に衝突するものもあります。太陽黒点や太陽フレアといった太陽活動の間、宇宙線が弱くなるのは、なぜか宇宙空間の状態が原因なのです。あの当時、宇宙に機材を運ぶ手段がなかったことをご理解いただきたいのです。そこでシンプソンは、宇宙の知られざる状況をつきとめるために、宇宙線の時間変化を調べていました。彼は低エネルギー宇宙線と高エネルギー宇宙線の時間変化を識別するため、分光計として地球の磁場を利用しました。両極であればすべての宇宙線が地球に到達できるのですが、地球の南北の磁場により、赤道では高エネルギーの宇宙線だけしか地球表面に到達できません。彼は、時間変動がどのように起こるかということについて、理論上の可能性を絞り込もうとしたのです。予想通り、高緯度地点における宇宙線の時間変化は、赤道におけるそれよりも極めて大きいことがわかりました。宇宙線の陽子が大気圏の上層で遮断されてしまうことは私たち人間にとっては幸運なことなのですが、その事実が、この単純な概念を複雑にしているのです。そこでシンプソン氏としては、わずかな宇宙線まで検知するために、精巧な宇宙線中性子モニターを発明する必要があったのでした。

従来から、宇宙空間は全くの真空と考えられていました。そこには何も存在せず、あるのはただ、宇宙空間で粒子同士が約10メートル離れ、さびしく漂う宇宙線の粒子と、フレアという、時折起こる太陽表面での爆発による粒子線、そしてフレアで生じた太陽宇宙線だけだと。太陽粒子線は同数の陽子と電子なら成り、秒速約1000キロメートルの速さで宇宙空間を移動し、フレア発生後、1、2日で地球に到達すると考えられていました。したがって、宇宙には別の意味で何も存在しないと「考えられていました」。ですから、宇宙線の時間変動が観測されるのは、宇宙の強い電界によるもの、あるいは地球磁場の変動によるものとされたのです。地球磁場の変動は、太陽活動が活発な時期にそれが契機となって発生するのですが、原因はわからないものの、さらなる宇宙線の粒子を遮蔽するのです。

シンプソン氏の広範囲にわたる測定の結果、この考えは覆されました。なぜなら、時

間変化のエネルギー依存度は、宇宙空間における様々な磁場の存在のみで説明可能だということが証明されたからです。

1956年2月23日の巨大フレアによって、惑星間空間の生々しい姿が明らかになりました。この時のフレアでは、太陽宇宙線がものすごい勢いで放出されました。つまり、陽子が光速に近い速さで移動したのです。この宇宙線があつという間に地球に到達したことから、多かれ少なかれ、太陽から地球までは惑星間磁場が直接つながっていることが明らかになりました。ところが、その後、太陽宇宙線の速さが減速したことから、火星の軌道の外側に、何らかの形態の直交成分の磁場があることがわかりました(図3)。私はすっかり夢中になりました。惑星間空間を移動するプラズマが磁場を変化させているにちがひありません。そうでなければ、磁場がそのような特徴的な形態をとるはずがないからです。

1956年暮れのある日、ミュンヘンのマックス・プランク天文物理学研究所のルートヴィヒ・ビアマン教授がジョン・シンプソン教授を訪れました。彗星のガスの尾が太陽と反対の方向にたなびく様子がいつも観測されるのは、尾が太陽粒子線によって押し流されるからだとするビアマン教授の説について、私は教授と話す機会を得ました。他の人たちはこの問題を真剣に受け取っていないようでしたが、私からすれば、太陽活動の一般的レベルや彗星が通過する太陽の緯度に関係なく、彗星の尾が太陽と反対の方向にたなびくことは驚くべき事実でした。明らかに、太陽粒子線は太陽の特殊な状況に起因して発生するのではなく、常に惑星間空間のすべてを満たしているのです。

その後ほどなくして、コロラド州ボルダーにある高高度観測所を訪れた私は、シドニー・チャップマン教授と実に興味深い話をすることができました。教授は、ある事実からもたらされた結果について研究しておられました。その事実とは、太陽のコロナを形成する100万度のガスは、一種の高性能の熱伝導体のようなもので、放射によってわずかに温度が低下するにすぎないため、100万度という熱は宇宙に広がっていくというものです(図4)。実際、彼は、コロナが地球の軌道を越えて広がることを証明しました。つまり、宇宙空間に何も存在しないわけではないのです。太陽圏で満たされているのです。

これは重要な推論であり、意味深い結果をもたらすものでした。私は、ある時ふと、コロナがそれほど広範囲に広がるのであれば、ビアマン教授が彗星の尾から推論した、全宇宙におよぶ太陽粒子線を遮断するのではないかと考えました。この発想は、1つのプラズマが別のプラズマの中を高速で突き抜けるとすれば、この2つの流体のイオンと電子の間の静電気力はプラズマ波を引き起こし、お互いの動きを止めてしまうという

事実から得られたものです。その結果、ビアマン教授とチャップマン教授の説は両立しえないように思われました。宇宙全体に広がる太陽粒子線が存在するか、あるいはコロナが広がるのか、そのいずれかであって、両方ということはありえないのです。しかし、それでもなお私の手元にある材料だけでは、どちらが正しいとも言いがたい状態でした。この点について考える必要がありました。もし矛盾する2つの説が出てきたら、両者の矛盾点を徹底的に検証すると興味深いことがわかってくるでしょう。

さて、太陽の粒子線が太陽から常時、全方向に放出されているとすれば、太陽フレアや太陽黒点の影響を受けない、ある単純な発生源が存在するはずです。私は、間断なく広がる100万度のコロナから粒子線が発生しているのではないかと考えるようになりました。以前ならこのようなことは考えられませんでした。と言いますのも、太陽の強力な重力場からそれぞれのイオンが飛び出そうとする場合、100万度や200万度の温度では十分とはいえないからです。しかし、チャップマン教授の研究で、地球の軌道における温度は100万度程度であることが証明されました。したがって、コロナガスが太陽から簡単に脱出できることは明らかです。実際には、ガスは太陽系に膨張して脱出せざるをえないのです。私は、初期の頃の論文で、希薄なプラズマの広範囲に及ぶ力学について研究し、流体力学に基づく従来の方程式によってきわめて希薄なコロナガスの膨張をうまく説明できることを証明しました。コロナガスの放射状の流出を表す方程式を完成させた結果、太陽近くの高濃度ガスの中ではきわめてゆっくりと膨張を始め、高温の中では徐々に加速され、ついには秒速300キロメートルから1000キロメートルという超音速で太陽のはるか彼方まで広がっていくことを表した方程式の解があるのは明らかでした。つまり、全宇宙に広がる太陽粒子線が存在し、星間の真空空間に流れ込んでいるのです。決して高速に達しない膨張を表す数学的な解は他にもいくつかありましたが、その場合、星間空間内部から圧力がかかり、超音速で膨張しないようにしなければなりません。そのような圧力は存在しないのですから、考えうる唯一の可能性としては、超音速の膨張しかないのです。結局、私はこれを太陽粒子線ではなく「太陽風」と名づけることにしました。「太陽風」という言葉なら、「太陽粒子線」という言葉から想像される太陽から放出される多数の自由粒子という概念ではなく、気体の流体力学的な流れという概念がうまく伝わるからです。

太陽コロナが宇宙空間に膨張するということが理解できれば、太陽風が螺旋を描いて太陽の外へ磁場を伸ばし(図5)、さらにいくつもの惑星を越えて星間空間にまで広がり、ついには星間ガスや星間磁場によって押し戻されてしまうことを証明するのは簡単です。現在、最も精度の高い推定としては、超音速の太陽風が常に存在している衝

撃波を突きぬけ、100天文単位近辺で、つまり太陽と地球の距離の100倍の距離のところで亜音速に減速すると考えられています(図6および図7)。後に、私の学生時代からの友人であるアレクサンダー・デスラー氏が、太陽風が吹く地域をヘリオスフェアと名づけ、今日に至っています。1956年2月23日に発生した、太陽宇宙線を生じるフレアでは、磁場が太陽から放射線状に広がり、火星の軌道を越えて強力な磁場を形成しましたが、太陽風によって形成された磁場の構造がこのフレアで明らかになった要件を満たすことは、すぐに明白となりました。

太陽風によって外側に広がった直交成分の磁場が、太陽系内への宇宙線の侵入を防ぐことから、太陽活動の活発な時期には弱い宇宙線が地球で観測されるのは当然でした。太陽の表面で発生する爆発により、太陽風の中に衝撃波と磁場の擾乱が発生し、宇宙線が磁場の擾乱の中を移動して内側の惑星に到達することはますます難しくなります。これですべてが自然なかたちで符号したのです。

先ほどお話ししましたように、1958年に書いた最初の論文で、私は太陽風の存在とその発生源は、外へ広がった100万度のコロナだと述べましたが、この論文は2人の著名なレフリーから批判されました。しかし、彼らの批判が具体的なものではなかったために、チャンドラセカール教授がこれを掲載してくれました。その時、私は、一般的な不信感はこの分野の研究者のほとんどが示す反応だということに気付きました。最初に太陽風の存在を確認したのは、旧ソビエト連邦の K・I・グリーンガウズ氏でした。彼は、ルナ2号、3号、そしてヴィーナス3号に搭載された計測機器の観測データからその存在を確認したのです。この結果、太陽から秒速約100キロメートルを超える速さでイオンが流れ出していることが証明されました。当然のことながら、イオンが流れ出すと同時に同じ量の電子も流れ出していると推測されました。後に、マサチューセッツ工科大学のブルーノ・ロッシ氏のグループは、エクスポローラー10号に高性能のプラズマ観測器を搭載し、イオンの平均速度が秒速約300キロメートルであることを突き止めました。ところがイオンの流れには奇妙な傾向があって、約1時間の間に流れたり、止まったりを繰り返すのです。つまり測定値にあいまいさが残るため、懐疑的な人たちからは決定的な結論として認められませんでした。

そこで次に、カリフォルニア州パサデナの NASA ジェット推進研究所のマルシア・ノイゲバウアー氏とコンウェイ・スナイダー氏が、金星探査ロケット、マリナー2号に搭載した観測機器から6カ月間連続で得られたデータに基づき、太陽風の存在を実証しました。太陽風の存在が事実として立証されたのです。地球の軌道における太陽風の密度が1立方センチメートルあたり5プロトンだったことは大きな驚きでした。この結果、イ

オンの正味の流束は毎秒1平方センチメートルあたりおよそ $2 \times 10^8$ になりました。グリーンガウズ氏もロッシ氏もこれとほぼ同じ全流束を測定しており、この数値の妥当性についてはほとんど疑いの余地はありませんでした。意外にも、以前、彗星の尾の加速、黄道光などに基づいて算定した数値は1立方センチメートル当たり500から1000でした。残念ながら、流体力学理論では、コロナからの太陽風の密度まで予測できません。それはその密度がコロナの温度上昇にきわめて敏感に反応するにもかかわらず、今日でさえ、ファクター2以上の精度ではほとんど知られていないからです。ですから、1立方センチメートルあたりの密度が5であろうと500であろうと、太陽風の発生源に関する理論には大した影響はありませんでした。しかし、ヘリオスフェアの半径の測定、ならびに地球の太陽を向いた面の磁場が太陽風によって圧迫される程度には、大きく影響しました。エクスポローラー10号がようやく地球磁場の境界に到達した時、断続的に吹く太陽風のせいで、磁場の境界が探査機をはさんで行きつ戻りつしていることが明らかになりました。境界が内側に下がった時だけ、エクスポローラー10号は風上に位置します。境界がエクスポローラー10号を越えて外側に拡大した場合、エクスポローラー10号は地球磁場によって太陽風から遮蔽されるのです。

その後、私は他の星の星風の性質を理論的に予測し、続いて銀河磁場の不安定性に関する力学について研究しました。これは銀河系のガス円盤に因るものです。また、磁場を形成すると思われる銀河ダイナモのモデルをいくつか考えました。絶え間なく生まれる宇宙線によって、またおそらくは超新星やそれに関連する現象によって、ガス円盤の中で磁場が秒速約50キロメートルの速さで膨張することに大きな興味を持ちました。そこで思いついたことがあります。それは、銀河磁場の存在により、宇宙におけるかなりの数の磁気単極、すなわち自由磁荷の存在が否定されるということです。なぜなら、自由磁気単極子が銀河磁場をすばやく減衰させるからです。私は、マイケル・ターナー氏やトーマス・ボグダン氏と共に、この問題についてかなり詳しく研究しましたが、銀河磁場の減衰から単極子へたどりつくことができませんでした。したがって、単極子はあるとしても極端に少ないと考えられます。磁気単極子プラズマの振動でも、磁場の減衰という大惨事を回避することはできないでしょう。実は私は、磁気単極子のある宇宙では、現在の銀河磁場を単極子の振動と関連する磁場で説明することが可能であるものの、そのような宇宙では、観測とは対照的に、磁場がプラズマと共に移動しないという珍しい性質があることに気がきました。その代わりに銀河磁場は、移動するプラズマと背景の磁気単極子のプラズマの中間に位置する座標系を移動すると考えられます。実に不思議な世界です。

1972年、私は、乱れた磁力線のトポロジーを持った磁場が緩和し平衡状態に達すると、接触不連続面を形成しやすいということを初めて認識しました。この問題について総合的な理解と視点を得るまでにはずいぶん時間がかかりましたが、ようやく1994年に、“Spontaneous Current Sheets in Magnetic Fields”(「磁場における自然発生的電流シート」と題する研究論文を発表しました。この研究は実に楽しいものでした。なぜなら、この研究が磁場に関する初級物理学の世界へ私を誘ってくれたからです。ここからは私の想像ですが、不連続面、すなわち電流シート表面における磁気エネルギーの分散は、太陽をはじめとする多くの恒星の X 線コロナの生成に大きな役割を果たしているのではないのでしょうか。このように、私たちを取り巻く世界には驚きが尽きることはないのです。

私の好奇心を満たす冒険についてここまでお話しすれば、今日まで行ってきた私の努力について少しはわかっていたのではないのでしょうか。これまでの歳月を振り返ってみますと、本当にたくさんの方々から助けていただきました。両親から様々な励ましを受け、先生方からはご鞭撻をいただき、先輩方からも触発をうけました。大学で働くようになってからは、仕事柄、科学的好奇心を満たすことは可能になりましたし、他の人たちと協力して、思いついたアイデアを実証することもできましたし、気心の知れた同僚との科学的な環境にも恵まれました。シカゴ大学のエンリコ・フェルミ研究所、物理学研究科、そして最近まで勤めていた天文学・天体物理学研究科は、1955年にシカゴ大学に着任してから1995年に退職するまでの40年間、私にとって常に研究の本拠地でありました。私の研究は物理学や天文学の本流ではありませんでしたが、同僚は気の合う人たちばかりでした。

研究生生活を始めた頃は、驚くべき新発見が数多くなされました。例えば、地球の磁場は、液体金属核の対流運動によってのみ形成されること、太陽コロナの温度が100万度であること、100万度の温度が外へと広がること、太陽粒子線が宇宙全体に広がることなどです。ここで強調しておかなければならないのは、その後、驚くべき発見がますます増えていることです。思いつくままにいくつかの例を挙げてみましょう。磁気カーペットという太陽表面の注目すべき構造、太陽内部の対流や回転、磁気を帯びた黒点の珍しいメリジオナル・ラミネーション、太陽圏の境界の構造、太陽核で作られるニュートリノ、ニュートリノの静止質量がゼロでないこと、宇宙における暗黒物質の存在、暗黒エネルギーの存在の予知、宇宙背景輻射などです。さらに不吉なことを申し上げますと、太陽には、外へ向けた磁気活動を半世紀以上にわたって停止する、という不可解な特性があることがすでに分かっています。この現象については、17世紀後半のマウ

ンダー極小期で実証されています。また、地球の気候は、太陽の活動全体から驚くほど大きな影響を受けています。近年、大気圏における人為的温室効果ガスが一因とされる地球温暖化に対して懸念が高まっており、差し迫った環境の変化に合理的かつ有効に対処するうえで、地球気候に影響を及ぼす様々な要因への理解が緊急の課題となっています。

妙な話ですが、『サイエンティフィック・アメリカン (*Scientific American*)』の編集者の1人が、数年前、物理学の終焉について書いた本を發表しました。ご覧になった方がいらっしゃるかもしれません。その言わんとしていることは、今から20年後、ひも理論か何かの理論が基本粒子理論を完成させた時点で、物理学に残された課題はなくなり、この学問は役目を終えるというものです。この本は、知的好奇心の強い人たちの間で人気を博し、ベストセラーになりました。著者は100万ドル以上の印税を手にしたにちがいありません。まちがいなく、著者は実に頭のよい人物です。ただし、この本の基本的な考え方は、あまりにも現実とかけ離れています。その根拠として、少なくとも次の2つの点を挙げることができます。1つは、この数十年の間に、実に多くの科学的な謎が新たに出現したことです。この点については、すでに具体的な例をいくつか挙げましたが、物理学的に取り組み甲斐のある面白い問題が、生物学の分野からも提起されていることは喜ばしいことです。物理学の限界など、予測できるはずはありません。

2つ目の根拠は、基本粒子に関する数学上の基礎理論ができあがれば、もはや物理学で解決すべき課題は何もないと著者が主張していることについてです。ニュートンが力学の法則や万有引力の法則を発見した300年前を振り返ってみましょう。彼の発見は、問題の始まりであって、終わりではなかったことがわかります。惑星、恒星、そして銀河に関するニュートン力学については、あれから300年を経た今日でも、盛んに研究が行われているからです。マクスウェルは、1865年頃、電磁方程式を完成しました。これも電磁理論の始まりであって、終わりではなく、実験と応用が繰り返され、140年近くたった今でもなお研究が続けられているのです。アインシュタインは1916年に、相対論的重力場の方程式をまとめました。この分野は、約90年後の今でも勢いを増しています。1926年から1929年にかけて、シュレーディンガー、ハイゼンベルグ、ディラックらは、量子力学の基礎となる方程式を完成させました。これも量子力学と原子物理学の始まりであって、終わりではないのです。つまり、理論学者が2020年までに基本粒子に関する理論を定式化できたとしても、素粒子物理学の新時代が終わったのではなく、始まったと考えられるのです。

ですから、皆さんがご自分の周りの世界に興味をもたれたのなら、物理学は予見可

能な未来への心躍る期待感を提供してくれます。ただし、他にも魅力ある学問分野があります。若い人たちにとって一番大事なのは、自分が最善を尽くすことのできるものを見つけることです。興味を引かれるものこそ、最善を尽くせることなのです。ですから、興味があることを探しましょう。皆さんが見つけたことがご自分にとって本当に興味のあることだとわかれば、そのことに対して真剣に努力すべきです。私の場合、十代の頃は短編小説の作家になりたいと思っていました。そこで私はやってみたのです。1年ほどの間に、たくさんの短編小説や長編小説を書いてみたのです。すると、すぐに私にはこの仕事が向いていないことがわかりました。そこで小説以外の数学や物理学に目を向けたのです。純粋数学の抽象的概念を研究するだけの能力が私にないことは一目瞭然でした。最善を尽くすことのできたのは、幾何学や押したり引いたりという物理学の基礎理論でした。そしてこれがきっかけとなって、私は理論物理学の世界へ進んだのです。

私と同じように、皆さんも多くの方から励ましを受けられるよう望んでいます。しかし、時には落胆することもあるでしょう。その原因が両親にあることも、教官にあることも、同僚にあることもあるでしょう。ですから、自分が本当にその学問を研究したいのかどうかを、あらかじめ見極めておく必要があります。本気でそう思っていないのであれば、自然科学の研究はあきらめたほうがよいかもしれません。逆に、真剣に研究を続けたいのなら、他の人からその決断について何を言われても、躊躇してはいけません。また、誰かに一歩先んじられたとしても、あきらめてはいけません。長い目で見れば、進歩は皆さんや皆さんと同じ分野で研究を続けている他のすべての人たちの実力を高めてくれるはずです。ですから、ご自分の研究成果を発表することになって、レフリーが皆さんの論文を完膚なきまでに否定したとしても、驚いてはいけません。レフリーに論文を批判されたら、そのことについてよく考えてみてください。レフリーの言い分にも一理あるかもしれません。皆さんとしては、自分が本当に間違いを犯したのであれば、真っ先に教えてほしいと思うでしょう。そんな時は、『アストロフィジカル・ジャーナル (*Astrophysical Journal*)』の編集者をしていた当時のチャンドラセカール教授のアドバイスを思い出してください。どんなにひどいレフリーの報告書にも貴重な情報はあるものです。なぜなら、それを読めば、あなたの論文に対する標準的な読者の反応がわかるのですから。ひよっとすると、皆さんは、ご自分の論文を一部書きなおしたり、強調したり、あるいは論旨を明快にしなくてはならないかもしれません。

生物科学であれ物理学であれ、科学という学問には様々な研究方法があるということをお話ししておかなければなりません。まずは、ご自分の専門分野についての知識

を習得する必要があります。皆さんがその分野に本当に興味を持っておられるのであれば、この作業は実に楽しいはずです。次に、実験によって知識をさらに広めることが自分に合っているのか、それとも理論によるほうがよいのかを見極めなければなりません。いや、現在知られている知識を解説することに長けている方もおられるでしょう。もっとも、これは多くの研究者があまり得意ではない分野です。ひよっとすると、初等または高等教育機関で教えることで、あなた自身が最も輝くことができるのかもしれませんが、同僚の目を気にして決断を下してはいけません。たとえ周りから何を言われようとも、平凡な研究者になるよりも、優れた教育者であるほうがはるかに素晴らしいのです。

最後になりましたが、これまでお話したことが、私の人生の科学者としての一面であることは申すまでもありません。私としては、それが人生の半分にすぎないことを強調しておきたいと思います。残りの半分とは、私個人としての部分です。ミシガン州立大学在学中、私は、週7日、1日12時間を研究に費やすようにしていました。そんな私に父は、何事もやりすぎはよくないと忠告してくれました。そしてこうも言ったのです。自分の選んだ職業の奴隷ではなく、主人となる術を身につけなさいと。時が経つにつれ、父のこの言葉は私の心に深く刻み込まれていきました。ここで皆さんにお伝えしたいのは、一個人としての人生をないがしろにしてはいけないということです。これまでも、そしてこれからも、皆さんを支え続けてくれるのは他の人たち、とりわけご家族の方々です。ということは、こうした周囲の人たちとのつながりに、日々多くの時間と努力を費やす必要があるのです。仕事をしていると楽しいかもしれません。しかし、仕事は神聖で侵すことのできないものではなく、そこから得られる喜びが永遠に続くわけでもないのです。ご自分の時間やエネルギーを他の人たちのために費やすことで、自由な発想が得られ、仕事に対する見方も変わってくるでしょう。充実した人生を過ごしたいのであれば、よく考えたうえで、バランスのとれたライフスタイルを確立すべきです。特に好奇心や興味に対するご自分の考え方をお子さんに伝えておきましょう。そうすれば、いつの日か皆さんのお子さんが天職につくことができるかもしれないのです。

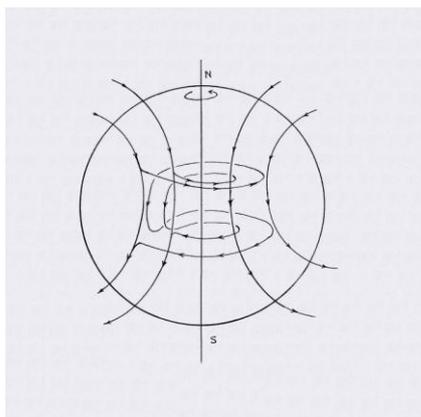


図 1 対流する液体鉄の核内部の南北(双極子)磁場の磁力線を示す図。核内部の回転が速くなると、磁力線が核の周りに伸び、北半球では東方向の磁場、南半球では西方向の磁場を形成する。内核は図から省略してある。

Fig.1 A sketch of the field lines of the north-south (dipole) magnetic field in the convecting liquid iron core of Earth. The more rapid rotation of the inner regions of the core stretches the field lines around the core to form the east pointing field in the northern hemisphere and the west pointing field in the southern hemisphere. The inner solid core is omitted from the sketch.

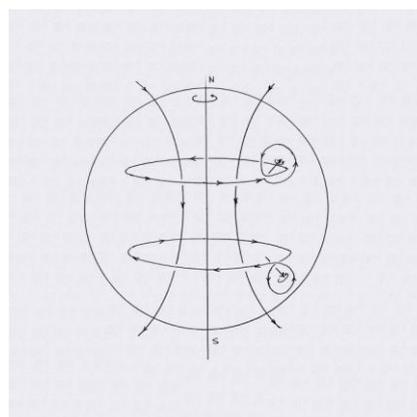


図 2 個々の回転する上昇対流セルにより東西磁場上に生じたループの上昇と回転を示す図。個々のループの回転方向は、南北(双極子)磁場の回転方向と同じ。

Fig.2 A sketch of the raised and rotated loops formed in the east-west field by individual rising cyclonic convective cells. Note that the sense of the circulation of each loop is the same as the circulation of the north-south (dipole) field.

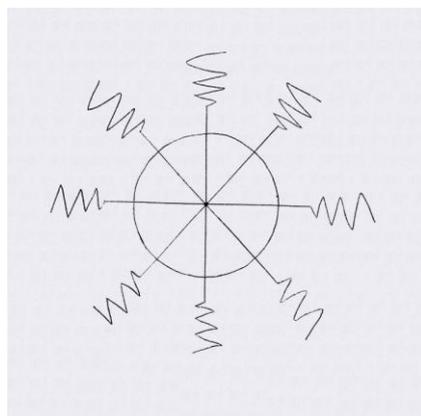


図 3 1956年2月23日のフレアから放出された太陽宇宙線の動きによって示される内部太陽系の磁場を示す図。円は地球の軌道を表し、あまり遠くない未確定距離では、磁場は軸方向に直交している。

Fig.3 A sketch of the magnetic field in the inner solar system suggested by the behavior of the solar cosmic rays from the flare or 23 February 1956. The circle represents the orbit of Earth, with the field becoming transverse to the radial direction in some unspecified way not far beyond.

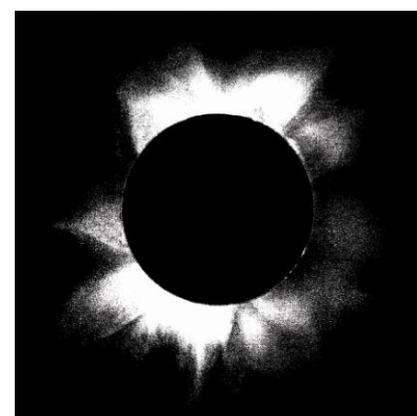


図 4 1980年2月16日の皆既日食に太陽のコロナから放出された可視光線の写真。高高度観測所とメンフィス大学チーム (High Altitude Observatory and Southwestern at Memphis College) が撮影。

Fig.4 A picture in visible light of the corona of the Sun during the total solar eclipse of 16 February 1980, taken by the High Altitude Observatory and Southwestern at Memphis College team.

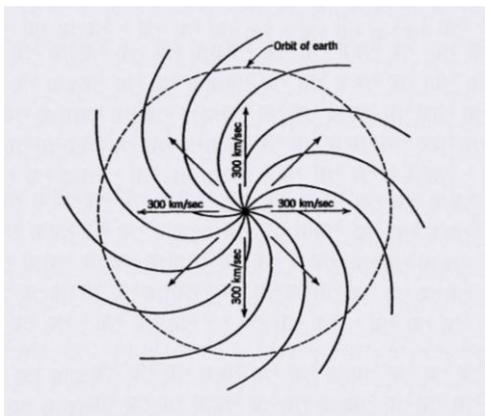


図 5 地磁気静穏日の理想化された均一太陽風(300km/秒)による太陽磁場の拡大から生じた静穏日の惑星間空間磁場の磁力線。

Fig.5 The lines of force of the quiet-day interplanetary magnetic field resulting from extension of the general solar field by an idealized uniform 300 km/sec quiet-day solar wind directions.

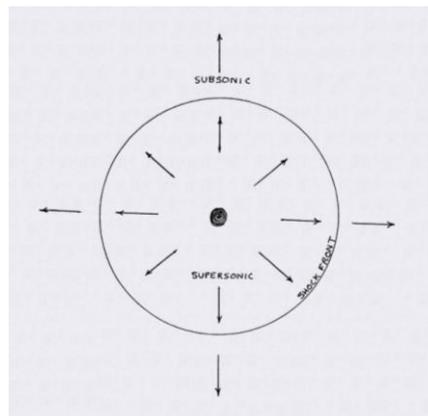


図 6 定常衝撃波まで伸びる超音速の太陽風を示す太陽圏の図(R=100AUの付近に位置すると推測される)。太陽風内のらせん状の磁場は、太陽に近い場所にものみ示した。

Fig.6 A sketch of the heliosphere showing the supersonic solar wind extending out of the standing shock, estimated to lie somewhere in the vicinity of R=100 AU. The spiral magnetic field in the solar wind is indicated only in the region close to the Sun.

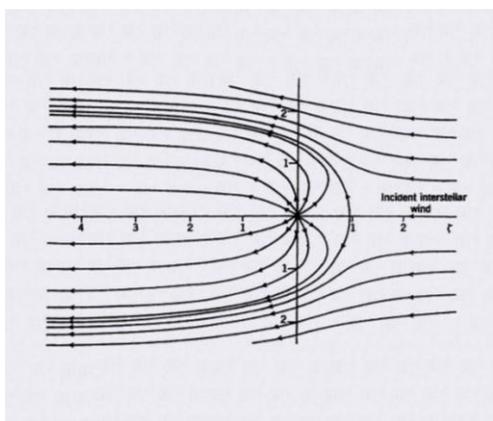


図 7 有意な磁場を伴わない亜音速星間風の存在下における衝撃相転移 $r=R$ を超える亜音速、近非圧縮性の星間風の流体力学的流動。距離は、よどみ距離 $L$ を単位として測定する。

Fig.7 The streamlines of the subsonic, nearly incompressible, hydrodynamic flow of a stellar wind beyond the shock transition  $r=R$  in the presence of a subsonic interstellar wind carrying no significant magnetic field. Distance is measured in units of the stagnation distance  $L$ .