

Interview

フリーマン・ダイソン教授 に聞く

聞き手・福来正孝

フリーマン・ダイソンさんが2014年4月15日～19日に柏のKavli IPMUを、また20日～22日には神岡を訪問されました。この対談は、4月17日にKavli IPMUの福来正孝教授が企画した4時間にわたる特別Q&Aセッションの要約を主とし、これに翌18日に行われたインタビュー及び22日に神岡で行われたもう一つのQ&Aセッションの内容を補って構成されたものです。(以下、本文中敬称略。)

福来 あなたはウィンチェスター・カレッジで学ばれました。この伝説的なカレッジについてお話しだけませんか。

ダイソン ウィンチェスター・カレッジは、650年前にカトリック教会の司教で国王の側近であったウィカムのウィリアムによって創設されました。彼は有能な行政官でした。オックスフォード大学のニュー・カレッジ

を含む、学校などの基金によって支えられた6機関を設立しました。ウィンチェスター・カレッジに入学を許可されるには、12歳の年に極めて難しく厳しい競争を勝ち抜かなければなりません。ラテン語とギリシャ語を含む10科目の試験が行われます。数学は2科目あり、純粋数学と応用数学です。現代語の試験もあります。父がこのカレ

フリーマン・ダイソンさんは12歳から17歳までイギリスの有名なエリートパブリックスクール、ウィンチェスターカレッジで教育を受けました。そしてケンブリッジ大学の数学科に入学し、アブラム S. ベシコヴィッチ教授の指導を受けました。その後、第2次世界大戦の激化に伴い、イギリス空軍で勤務しました。戦争が終わって1年後、ケンブリッジに戻り、徐々に理論物理学に転向しました。その後ダイソンさんはコーネル大学に行き、ハンス・ベーテの下で研究しました。1948年にはプリンストン高等研究所を訪問し、そこで量子電磁力学に関する偉大な研究が完成しました。私たちが現在習う場の量子論はダイソンさんの定式化によるものです。この研究は、数学的頭脳の持ち主が物理のごたごたをきれいに片付けて美しい理論を創る格好の例として上げてよいでしょう。ダイソンさんは1951年にコーネル大学教授となり、1953年にプリンストン高等研究所自然科学部門の教授に招かれました。それ以来60年間同研究所教授（現在は名誉教授）を務

めています。ダイソンさんは90歳を超えたところですが、今でも活発に科学の研究を行っています。

長い研究生活において、ダイソンさんは驚異的に数多いテーマを研究してきましたが、しばしば同時に2つあるいはそれ以上の研究テーマを手がけることがありました。数論に始まり、ダイソンさんが研究したテーマには次のようなものがあります。

- 量子電磁力学 一場の量子論の基礎
- 統計力学と物性物理学
- ランダム行列
- 物質の安定性
- 補償光学
- 原子核工学、宇宙空間飛行の推進力としての原子力
- 生命起源のモデル
- 物理定数の時間変化
- 二酸化炭素問題、その他

現在、ダイソンさんは重力子の検出(4月16日に柏で、また21日に神岡でコロキウムを行った)の他、ゲーム理論、数学的問題としての囚人のジレンマを研究しています。

ッジの教師だったので、私は3歳の頃からカレッジに慣れ親しんだやんちゃ坊主でした。男子校で、生徒数は70人、学年当たり15人です。今に至るまで変わっていません。このカレッジは現在でも昔と同じやり方で名声を誇っています。私は今でも度々訪れています。

卒業生は学者になるとは限らず、銀行家になる者もいれば官僚になる者もいます。イギリスは非常な階級社会で、実業家はコマーシャルな中流階級、大学人や官僚はアカデミックな中流階級であり、相互に反目し合っています。私たちアカデミックな中流階級は、自らを学校における優等生と自負し、コマーシャルな中流階級を見くだしていました。この伝統は変わることなく続いてきましたが、コマーシャルな中流階級を確固たる権力の座につけたマーガレット・サッチャーによる復讐によって終わりを告げました。

カレッジでは14世紀に建てられた建物に居住しました。壁が厚く、夏は涼しく冬は暖かい建物です。暖房や冷房の必要は余り無く、快適に暮らせます。教育は極めて自由なスタイルで行われます。最高学年では教室にいるのは週にたった7時間でした。ですから私たちには何でも好きなことを勉強する時間がたっぷりありました。

福来 あなたはウィンチェスタ

ー・カレッジの時に数学者になると決めたのですか？

ダイソン いえ、もっと若い時です。私の頭の中から数学が生まれてきました。私は数が大好きで、3歳くらいの頃から計算しては喜んでいました。これは音楽家が3歳でピアノを弾き始めるのと同じです。数学も同じなのです。私は数学が一番得意だと分かっていました。12歳でカレッジに入学した時には既に数学者になろうと決めていました。

カレッジの図書館にカミーユ・ジョルダンの「解析教程」がありました。それは19世紀の数学全体を含んだ3冊の分厚い本でした。1900年頃に書かれた古典的著作で、フランスのエコール・ノルマルで教科書として使われていました。この本が図書館にあったのは奇跡でした。私の同級生で有名な数学者になったジェームズ・ライトヒルが図書館でこの本を見つけ出し、二人で読んで話をしました。

G.H. ハーディーは既にケンブリッジでは老人でしたが、イギリスで最も有名な数学者でした。彼は40年前にウィンチェスター・カレッジで少年時代を

福来正孝さんはKavli IPMU教授です。2007年10月から2012年3月まで同主任研究員を務めました。また、福来さんは1988年以来プリンストン高等研究所自然科学部門の非常勤メンバーです。従って、フリーマン・ダイソンさんとは25年に渡って付き合いが続いています。



過ぎました。彼の自伝に「解析教程」が出てくるので、この本をウィンチェスター・カレッジに持ち込んだのは彼ではないかと私は強く感じています。他の誰かが持ち込んだとは想像できません。残念ながら、私はこのことについて彼に一度も聞いたことはありませんでした。

福来 それからケンブリッジ大学に入学されたのですか？

ダイソン 1941年にケンブリッジの数学科に入学しました。数学科と物理学科は別でした。当時、物理学はまだ自然哲学と呼ばれていました。数学は物理学者からフランス病と思われていました。

当時、第二次大戦の最中で、教室にはほとんど学生がいませんでした。ほとんどは戦地で戦っていました。ハーディーとジョン E. リトルウッド、アブラム・サモイロヴィッチ・ベシコヴィッチが講義をしていましたが、学生はほんの少数でした。私たちは教室で座るのではなく、一人の先生と数人の学生が小さなテーブルを囲んで座りました。その時に学生であったことは実に幸運でした。

私は測度論の専門家であるベシコヴィッチの学生でした。彼はロシアからやってきて、非常に強いロシアなまりの英語を話しました。ベシコヴィッチは私に問題を解かせました。私はロシア語が好きでした。それで、

私たちはロシア語で話をしました。私たちはケンブリッジでしばしば長時間の散歩をし、その間は英語で話をしないことになっていました。私はベシコヴィッチのスタイルに影響を受けました。構成的なスタイルです。ベシコヴィッチは単純な構成要素から彼の数学的証明に使われた美しい構造を創る能力に長けていました。私は物理の計算に同じスタイルを用いました。

1937年にラザフォードが亡くなった後、ケンブリッジの物理学は衰退期にありました。物理学ではディラックがただ一人の教授でした。ディラックは誰とも交流しませんでした。エディントンもいましたが、彼は天文学者でした。私たちは彼を物理学者とは見なしていませんでした。私がいた頃、ローレンス・ブラッグが物理学科の責任者でした。ラザフォードが亡くなって、彼が後継者になりました。彼はその時こう言ったのです。「ラザフォードは世界一の物理学者だったが、私は違う。従って、我々は別のことをするべきだ。」それは全く見事な知恵でした。彼は、物理をせずに、それに代わる新しい2つの研究課題、分子生物学と電波天文学を研究するという実に驚くべき決断を下しました。

マーティン・ライルが軍用のレーダー装置を持ち込み、宇宙からの信号を受信し始めまし

た。電波天文学にとってはイギリスの天気が曇りであろうと雨であろうと問題ではありません。彼はたちまち幾つかの大発見をしました。分子生物学グループではマックス・ペルーツとジョン・ケンドリューがリーダーになりました。ブラッグが導入した2つの研究課題は両方とも非常に成功を収め、ケンブリッジ大学は両分野における世界のリーダーとなりました。

ケンブリッジで2年を過ごした後、私は1943年から1945年までイギリス空軍で勤務しました。大戦中の凄惨な時代でした。私はイギリス空軍の爆撃機軍団で民間人科学者としてドイツに対する戦略爆撃に関する情報収集を行っていました。1945年にドイツに対する空襲が終了した後、イギリスはまだ巨大な爆撃機団を擁しており、私は日本に対する空襲を行うため沖縄に派遣されるところでしたが、8月に戦争が終わり、もはや空襲は必要無くなりました。本当に救われました。もう人を殺さずに済んだのですから。原爆のおかげで戦争が終わったことをありがたく思いました。当時、誰もが原爆のために日本が降伏したと考え、また、そう聞きました。最近、私は日本が降伏した本当の理由は原爆ではなく、北方からのソ連軍の侵攻であると主張する歴史学者の長谷川毅の著書 (*The Northern Territories*

Dispute and Russo-Japanese Relations, University of California, International and Area Studies, 1998) を読みました。日本は北からのロシア軍と南からの米軍を防げなかったため、日本軍の指導者は、原爆を不名誉な降伏の口実としてアメリカに降伏し、ロシアを閉め出す方がましであると考えた、という主張です。今、私は長谷川の主張に同意するもので、広島に原爆を投下しなければ良かったと思っています。原爆は思ったほど重要ではなかったのです。

福来 ケンブリッジ大学はニュートン、マクスウェル、ディラックを輩出してきた数理物理学の名門であり、彼らに続いてあなたがおられます。ケンブリッジが成功してきた理由は何なのでしょう？

ダイソン 子ども達は、学校で、どの国も特に得意とするものが一つあるというイメージを教わります。ドイツは音楽、フランスは絵画、そしてイギリスは科学です。イギリスでは才能のある若者がこれに刺激を受けてケンブリッジに入学し、科学者になります。有名なケンブリッジ大学の最終的な優等学位の試験(トライポス)によって、この傾向が更に高まりました。

福来 あなたが数学から物理学に変わった理由は何だったのでしょうか？

ダイソン 広島に原爆が投下さ

れた日のニュースは、「広島が攻撃された」ではなく、「新しい自然の力が利用された」というものでした。それは、新しい科学が出現したことを意味するものでした。私は原爆を用いたとは思いませんでしたが、原爆から派生した知識を用いることを望みました。突然、原子核物理学が流行の研究テーマとなり、物理を学ぶ動機となりました。まだ量子力学は新しく刺激的でした。一般相対論もまた刺激的でした。物理学では色々なことが起こり続けていました。そこで、私はハイトラーの「輻射の量子論」の勉強を始めました。2年後にコロンビア大学でウィリス・ラムが水素原子のエネルギー準位を測定する実験を行うという素晴らしいできごとがありました。

私は物理を学ぶためにケンブリッジに戻りました。私の先生はニコラス・ケンマーで、場の量子論を教わりました。私はアメリカに行くことを希望しました。流体力学の権威で、ロス・アラモスで働いたことのあるジェフリー・テイラーが即座に私にコーネル大学に行くべきであると言いました。コーネルにはハンス・ベーテがおり、そこにロス・アラモスから若手の優秀な物理学者が皆移って研究をしていました。私はコーネルについて何も知りませんでしたが、とにかくそこに行き、ベーテの

下で研究しました。コーネルに着いたのは1947年の9月でしたが、コロンビアの実験で水素原子の2P状態と2S状態の間に1050メガヘルツの差が見出されたことを知りました。旧来のディラックの量子力学は正しくなかったのです。私はベーテが見事にそれを説明したことを知りました。わくわくするできごとでした。コーネルは、私にとって、正しく丁度良い時にいるべき丁度良い場所でした。その当時、リチャード・ファインマンはコーネル大学の若き教授でした。

1948年初めに、オッペンハイマーが日本の新しい学術誌 *Progress of Theoretical Physics* を一束受け取りました。彼はそのコピーをベーテに渡し、ベーテがそれを私に見せました。私は朝永の論文を見つけましたが、彼は我々より先に何もかもやっけてしまっていました。また、私たちは、繰り込みのアイデアを説明するハンス・クラマースの研究が1948年のソルベイ会議で発表されることになっていた論文として1年前に出たことを知っていました。

私は1948年にパークレーを訪問した時、化学者のメルヴィン・カーヴィンに強い感銘を受けました。彼は炭素原子の分子間の移動を数秒間追跡することにより、光合成、すなわちどのようにして二酸化炭素が吸収さ

れ、糖に変換されるか、を理解するため、初めて炭素の短寿命放射性同位元素を利用しました。1秒毎に化学反応がどのように進むか。生物学に対して、初めて原子核物理学が応用されたのです。その時以来、放射性的トレーサーを用いて生物学は急速に発展しました。オッペンハイマーは、生物学に対する原子核物理学の応用は原爆よりも重要であると述べました。

福来 当時、プリンストン高等研究所はどんな様子でしたでしょうか。

ダイソン 私がプリンストンに行った時、アインシュタインがいました。私は彼がプリンストンに来たのは大間違いだったと思います。彼にはカリフォルニア工科大学 (Caltech) に行くかプリンストンに行くか2つの選択肢がありました。Caltechでは教育義務があるという理由で彼はプリンストンを選びました。プリンストンでは教育の必要が無かったので、学生との接点を失いました。古いドイツ流の教授として、彼は自分の奴隷とでもいうべき助手をもっていました。私がいた頃、アインシュタインの最後の助手はブルリア・カウフマンでしたが、彼女自身、優秀な物理学者でした。カウフマンは私に「アインシュタインの助手は履歴の上では非常に良く見えるけれど、実際はうんざりするような仕事です。」

と言いました。彼女のすることは機械的な計算だけでした。

アインシュタインの周りでは、新しいサイエンスの研究をしている数多くの若手研究員が近くの建物にいました。アインシュタインは私たちがしていたことに全く興味を示さず、決して私たちに話しかけませんでした。彼はセミナーにもランチにも全く来ることがありませんでした。ですから彼と高等研の若手メンバーとの間には何の交流もありませんでした。私は、部分的には我々にも責任があったにせよ、大部分は彼の落ち度であったと思います。私たちは若くて傲慢で、彼から学ぶものが余りあるとは思っていませんでした。

福来 アインシュタインと話したことがありますか？

ダイソン いや、全然ありません。彼は子ども好きで、実際、子ども達とはとても仲良しでした。

長いことアインシュタインの秘書を勤めたヘレーネ・ドゥカスは賢く有能な婦人で、またアインシュタインの私生活と個人的問題に関しては猛烈な守護者でした。私たち家族は彼女とは親しい仲でした。アインシュタインの死後、彼女は度々私の家にやってきました。私の子ども達は彼女を祖母の代役として家族のように接していました。ある雨の夜、高等研に1台のトラックが来て、彼女が集めて大事に



保管してきたアインシュタインの書類をすべて運び出しました。その書類はアインシュタインが遺言で指示したとおり、エルサレムのヘブライ大学に向けて送り出されました。ヘレーネはその数日後に亡くなりました。

ポーアはしばしば高等研にきました。アインシュタインとは全く違い、彼は新しい実験に非常な興味を示しました。私たちのセミナーに来て、ランチを共にし、若手と話をしました。その後ニューヨークの国連で、デンマークを代表する外交官として働き、原子力と核兵器の国際管理を推進する運動を行っていました。しかし、彼は新しい物理に興味を持ち続けました。

朝永もプリンストンにきました。私は彼が大好きでした。残念なことに、彼は私がプリンストンを離れる週に到着しました。それで、短い間しか話ができませんでした。全く無私無欲の人で、シュヴィンガーとファインマンがやった仕事の大部分を彼らより5年も早くし遂げていたのですが、決してそうは言いませんでした。朝永は彼の学生達が東京で大変な苦勞をし

ているのを分かち合えないことに罪悪感を覚えていました。プリンストンの快適な環境にいることを心苦しく思い、早期に日本に戻る機会を捉えました。

福来 ヴォルフガング・パウリはどんな様子でしたか？

ダイソン パウリは私が行く前にプリンストンを離れてしまいました。戦争中はずっと高等研に滞在しており、アインシュタインとは親しくして会話を楽しんでいました。しかし、高等研では孤独で、余り合わせではなさそうな様子でした。戦後、彼はスイスに落ち着き、戦争前に住んでいた時は拒否されていた市民権を遂に手に入れ、プリンストンには戻って来ませんでした。

私は1951年にスイスでパウリと知り合いました。パウリは大きな精神的問題を抱えていましたが、幸いにもめずらしくとても調子の良い時で、医者や奥さんの指示を無視していました。私たちはとても親しくなり、彼はリラックスしていました。毎日一緒に散歩に出かけ、大いに物理について語りました。私たちは、道々、アイスクリームの店があると必ず立ち寄りまし

た。なぜなら、彼は医者からアイスクリームを禁止されていたからです。当時は宇宙線実験が高エネルギー物理の最先端でしたが、彼は進行中の実験の結果をすべて理解していました。私は量子電磁力学の摂動展開の収束について研究していましたが、パウリは発散すると断言しました。私はその級数が収束することを説得しようとしたが、彼は同意しませんでした。結局、今は彼が正しかったことが分かっています。私はその級数の発散について論文を書くことができたので、パウリの手助けに感謝しており、不満はありませんでした。

福来 ディラックについてはいかがですか？

ダイソン ディラックは頻繁にプリンストンにやってきました。彼は若い時の寡黙で近寄り難い性格から、年を取って話し好きで親しみやすくユーモアのセンスにあふれた性格に変わりました。アインシュタインと同様、彼は自分好みの理論—うまくいかないことが分かった「大数仮説」、それから私には全く理解できなかった「負計量の場の理論」—に固執しました。年を取ってからは、何が正しく何が間違っているかを直感的に推測する能力を失ったように見え、どんどん普通の人になっていきました。ディラックについては随分ナンセンスなことが書

かれてきましたが、彼は飛び抜けて風変わりな人ではなく、飛び抜けて聡明な人でした。

福来 ハイゼンベルクはプリンストンに來なかつたのではないですか？

ダイソン ハイゼンベルクは高等研には來ませんでした。一度アインシュタインを訪ねました。ヨハンナ・ファントヴァの日記に記録があります。彼女はオーストリア系ユダヤ人で、その家族はアインシュタインがブラハのドイツ大学で働いていた1912年に彼と知り合いになりました。20年後、彼女はベルリンでアインシュタインの友人となり、彼の蔵書を整理したり湖と一緒にヨットに乗ったりしましたが、更に20年後、プリンストンで同じことが繰り返されました。彼女はプリンストンで、アインシュタインのアドバイスに従い、司書の資格を得るための講習を受け、大学の図書館に職を得ました。彼らはカーネギー湖でヨットに乗りましたが、彼女は日記をつけていましたが、最近、それが出版されました。この日記からプリンストンでのアインシュタインの生活を垣間見ることができます。その中に、アインシュタインをハイゼンベルクが訪れたことと、ポーアが訪れたことが出てきます。どちらも彼女に良い印象は与えず、ハイゼンベルクは未だに大ドイツを夢見るナチスの大

物、ポーアはアインシュタインが疲れ果てるまで話を止めようとしない、と書かれています。

ハイゼンベルクもまた晩年には自分の理論である「スピノル場の理論」に打ち込みました。彼は自分の助手にその研究をするように要求しました。私の知っている助手はハンス・ペーター・デュールですが、彼のキャリアはこの仕事で台無しになってしまいました。ハイゼンベルクは死ぬまでスピノル場の理論をあきらめませんでした。

福来 朝永以外にプリンストンを訪れた日本人科学者について、何か印象をお持ちですか？

ダイソン 湯川はプリンストンに来ましたが、物理はしませんでした。彼はプリンストンに政治家として、恐らくは日本の科学のシンボルとして、やってきました。広報活動のため、あるいは外交官として働き、国連で公式の場に姿を見せました。彼とは数回会いましたが、物理について話したことはありません。

浅野太郎は東京大学から来た若手の数理論理学者で、私が高等研に招待しました。彼は量子強磁性体に関して立派な研究をしました。しかし、いつも一人でいて、内気で話し相手の友人もなく、同僚にも余り話しかけませんでした。恐らく言葉の問題だったと思います。夏になる頃、落ち込んで、姿を見せなくなりました。任期終了後、スプリン

グデール街で車を飛ばし、大型車との正面衝突事故で亡くなりました。大変残念なことでした。遺骨とともに日本に帰国する浅野夫人に付き添い、私は初めて日本の地を踏みましたが、空港の外には出ませんでした。

福来 谷山豊のエピソードを思い出します。彼はアンドレ・ヴェイユによって高等研に招待されましたが、渡航前に自殺し、婚約者も後を追いました。

ダイソン アンドレ・ヴェイユはとても親切な人間です。もし谷山がプリンストンに来たとしたら、よく世話をしたことでしよう。私が若い学生としてシカゴ大学を訪問した時、ヴェイユは3時間もの長い散歩に連れ出し、色々なことを話してくれました。彼は怖いという評判でしたが、私はそう思ったことは一度もありません。彼には二面性があったのかもしれませんが。

福来 ヤンとミルズの仕事からは何か影響を受けましたか？

ダイソン ヤンは夏の間ブルックヘブンにいて、ミルズとこの仕事をしました。当時、私は素粒子物理ではなく、ランダム行列を研究していました。ヤンの動機はゲージ理論を宇宙の根本的な機構としようというのではなく、アイソスピンのゲージ理論を作ろうというものであったと思います。当時、パウリがプリンストンに滞在中でしたが、非常に否定的で、ヤンのゲージ



場は質量を持たないため、自然とは何の関係もなく、従って興味なしと考えました。彼の意見は、ヤン自身も含め、人々に大きな影響を与えました。

福来 ヘルマン・ワイルやヨハン・フォン・ノイマン、カール・ジーゲルといった有名な数学者との交流はいかがでしたか？

ダイソン 私がプリンストンに来た直後、ヘルマン・ワイルはチューリッヒに、カール・ジーゲルはドイツに、それぞれ移りました。私は有理数による代数的数の近似に関するジーゲルの定理を強めたため、彼は私のことを知っていました。ヘルマン・ワイルもなぜか私のことを知っていたようで、私が高等研の教授に採用されるように助力してくれました。私が教授として高等研に着任した後、すぐに彼らは去ってしまいました。ですから、余り交流はありませんでした。私が良く知っているのは、もっと長い間高等研にいたヨハン・フォン・ノイマンだけです。彼は熱心に電子計算機プロジェクトに携わっていました。私はこのプロジェクトに非常に興味がありましたが、高等研の人た

ちの大多数は興味を示しませんでした。オープンハイマーも興味を持ちませんでした。フォン・ノイマンが高等研を去った後、何人かがそのプロジェクトを生き延びさせようとしたましたが、私もその一人です。

気象学者のジュール・チャーニーがプリンストンに来てフォン・ノイマンの計算機で気象モデルの計算をしましたが、彼は計算機プロジェクトの終了と共に去りました。高等研は大きな機会を逃してしまったのです。ケンブリッジがブラッグのリーダーシップの下で分子生物学と電波天文学の中心となったように、高等研は気候の研究と計算機科学という2つの新しい科学の中心になれたかもしれなかったのです。私はチャーニーを高等研教授に採用し、計算機の研究プログラムを救うことを提案しましたが、私の努力は散々な失敗に終わりました。オープンハイマーは何の興味も示さなかったのです。

計算機プロジェクトは、フォン・ノイマンが去った後1年ほどで中止する前に短期間プリンストン大学に移管されました。

20年後、MITとIBMが計算機科学の中心となり、気候科学はUCLAとノルウェーが中心となりました。私はこれを大変残念に思っています。高等研が計算機プロジェクトを中止したことは、恐らく2つの新しい科学の成長を20年遅らせたのです。

福来 オッペンハイマーについてはいかがですか？

ダイソン ロバート・オッペンハイマーは複雑な性格の人でした。ハートランド・スナイダーと一緒に彼の学問的成果として最も重要な、ブラックホールを理解する研究をしました。彼らは、内部圧ゼロの重い物体はアインシュタイン方程式の帰結として永久自由落下状態となることを示しました。彼らはアインシュタイン方程式に従う宇宙にはブラックホールが存在することを予言したのです。ここで新しい物理は必要ありません。アインシュタイン方程式だけで十分なのです。それは素晴らしい論文でした。Physical Reviewの1939年9月1日号に載りました。しかし、それは最悪のタイミングで、その日、ヒトラーがポーランドに侵攻し、第二次世界大戦が始まりました。それで、誰もその論文に注意を払わなかったのです。

アインシュタインは全くブラックホールを信じていませんでした。それどころか、ブラックホールは存在できないという論

文を書いたのです。オッペンハイマーも二度とこの問題に立ち戻ることはありませんでした。宇宙でブラックホールの候補が複数個発見された後でさえ、彼はブラックホールについて語ることを拒否しました。私は彼とブラックホールについて話をし、なぜそれが面白いのか説明しようとしたのですが、そうすると彼はいつも話題を変えてしまいました。どうしてなのか、私には分かりません。ブラックホールは、その父からも祖父からも嫌われた息子でした。

オッペンハイマーが評価できなかった重要な天才二人について触れたいと思います。一人はフリッツ・ツヴィッキーで、驚くような新しいアイデアにあふれていました。彼はダークマターを発見し、そして超新星に2つの主要なタイプがあることを発見し、そして中性子星を予言した天文学者でした。今は彼は評価されていますが、生前は全く評価されたことはありませんでした。オッペンハイマーはCaltechでツヴィッキーと一緒にいた時も決して彼に話しかけようとはしませんでした。アインシュタインがCaltechを訪れた時も彼には興味を示さず、一度も話しかけませんでした。私はツヴィッキーとは会ったことはありません。もう一人はジョン・ホイーラーです。彼もまた認められませんでした。オッペン

ハイマーは彼のことをものすごく嫌っていました。ツヴィッキーとは違い、ホイーラーは難しい人間ではありませんでした。多くの学生をもち、非常に寛大でした。彼が示唆した問題についてファインマンが上げた研究成果については、完全にファインマンの業績としました。彼は極端な愛国者で、極右で、150%アメリカ人といった人間で、政治的にはオッペンハイマーと正反対の立場でした。ホイーラーはブラックホールの中心的な主唱者でした。オッペンハイマーがブラックホールについて話したらなかったのは、ひょっとするとこれが理由なのかもしれません。オッペンハイマーは彼と話すことを嫌いました。ツヴィッキーとホイーラーは、二人共もっと評価されて然るべきです。

福来 あなたがこれまでの研究生活で経験された中で、最も驚いたことは何でしょうか？

ダイソン ウィークボソンの発見です。私はワインバーグとサラムの理論を真剣に受け止めませんでした。独自に弱い相互作用の理論を作ったのです。ですから、弱い相互作用のベクトルボソンの発見は驚きでした。実に見事な発見でしたから、私が見違っていたことが証明されて満足でした。

福来 数理論理学者として、数学と物理学の関係をどのように

お考えですか？

ダイソン 本当に溝があったのは純粋数学と応用数学の間です。純粋数学者は違う言葉を話していました。ブルバキが流行の純粋数学でしたが、私はそんなに興味はありませんでした。「脆弱層」についての講演を思い出します。誰かが脆弱層とは何なのか質問しました。座長のアンドレ・ヴェイユがこう言いました。「それは既にクラシックな専門用語になっているので、説明する必要はありません。」私はそれが何のことも全然理解していませんでした。私はファイバー束は理解するようになりましたが、そこから先には進みませんでした。どうも純粋数学は極端に抽象的になってしまっていました。私にはそれが稔りの多い方向とは思えません。私は応用数学に留まる方を好みました。

超弦理論と数学の間を隔てるものは無いように思えます。互いに理解しています。超弦理論とそれ以外の物理の間には大きな障壁があります。新しい動向として、計算機科学者と数学者の間に良好な接点が現れています。高等研の数学部門には今や計算機科学を研究する教授が2人います。一人はヴォエヴォドスキーです。彼は計算可能性の数理論理学を研究しています。

福来 物理学の現状をどのようにお考えですか。どんな研究を

奨励したいと思われませんか？

ダイソン 物理はスピードが遅くなりました。60年前は6ヶ月で実験が終わり、結果は6週間で説明されました。今は実験に20年かかります。高エネルギー物理以外では、まだすることが数多くあります。小規模な研究はまだ盛んです。素粒子物理は特殊なケースです。素粒子物理でさえ、ハーバード大学のガブリエルスによる電子の電気双極子モーメントの測定のような小規模実験は、最先端研究の一例で、新しい発見のチャンスもあります。

天文学の進歩は大変なものです。20年前、私たちは宇宙のほんの一部、赤方偏移が僅か0.2までしか知りませんでした。今や、私たちの知っている宇宙の範囲がとてつもなく広がりました。宇宙をビッグバンにまで遡って観測し研究できます。天文学は、地球上の、あるいは大気圏外の小さな装置で多くの重要な研究を行えます。ケプラーは小さな衛星ですが、極めて成功しています。南極におけるマイクロ波異方性実験、BICEP2は多額の予算は必要とせず、ケプラーと同様に成功しています。政治はビッグ・サイエンスに注意を集中し、ビッグ・サイエンスはまたメディアから過剰に注目されます。私はできる限り幅広い分野の研究を奨励したいと思います。特に天文学では

研究するべきことが山のようにあります。ツヴィッキーは単一目的の装置の優れている点を強調しました。ケプラーはその見事な一例です。他にも例を見出すことができますでしょう。

福来 素粒子物理についてはいかがでしょうか。

ダイソン 私はLHCについては批判的に見えています。どのイベントも興味のない粒子の膨大なバックグラウンドによって複雑になっています。探しているものを拾い出すために具体的にソフトウェアを書かなければなりません。予期したものしか発見できないのです。発見するものは、どれも予言できるものです。LHCは予期せぬ発見はできないのです。加速器は未だに高周波加速を用いています。単位長さ当たりの電圧は半世紀前と同じです。普通のレーザーは1000倍も強い電場をもっています。レーザーの電場を加速に用いることを研究しなければなりません。同じ加速原理を用いるもっと大きな加速器は、取るべき途としてよろしくありません。

素粒子物理にとって進むべき道は幾つかあります。地下実験の測定器には将来性があります。測定器中で起きるあらゆる事象を検出できます。日本とカナダの2ヶ国は、地下実験の測定器利用に関して、良い研究者が余り金をかけずに世界をリードしています。そのプロジェク

トは、加速器に大きな予算を注ぎ込んだアメリカとヨーロッパのプロジェクトよりも費用対効果が優れています。神岡実験は非常に良い実験で、既に幾つか重要な結果を得てきました。この実験では、いつでも予期せぬものを検出する準備ができています。私はこの実験とその次期計画を強く支持します。長い時間待たなければならぬかもしれませんが、予期せぬ発見の機会が十分にあります。

一般的に実験研究者は予期せぬことが起きることに備えておかなければなりません。これは理論研究者にも当てはまります。一つのことに固執するべきではなく、多くの研究テーマを考えるべきです。一つの研究に飽きたら、さっさと別の研究に取りかかるべきです。私は長い研究生生活でずっとそうしてきました。

超弦理論は美しい理論です。いつか自然と何らかの関係があることが分かるかもしれません。現在は超弦理論は数学に近く、他の物理との間には非常に広いギャップがあります。超弦理論には良い問題がそんなにあるわけではなくて、1万人の人が研究を進めるわけにはいきません。私は超弦理論自体は心配していませんが、学生を訓練するには幅の狭いことを懸念しています。超弦理論以外には学生の就職先が無くなってしまい

ます。5年毎に専門を変えることにすればこの問題の解決に役立つでしょう。素粒子物理から抜け出すことは簡単ではありません。他の分野から抜け出すのはもっと簡単です。

私は超弦理論からゲノム科学に転向した人を何人か知っています。ゲノムの95%は遺伝子ではありません。このゲノムのノンコーディング領域はタンパク質情報をコードしませんが、私たちはそれがどんな機能を果たしているのか理解していません。チンパンジーとヒトの間で著しい違いが見られる、人特有のゲノムの領域である「ヒト加速領域」の発見が、新しい科学の始まりを促すこともあり得ます。新しく登場した科学に移行するためには、私たちは柔軟で、いつでもそうする覚悟ができていることが必要です。

若い頃、私は人と競争して難しい計算をやりました。哲学的な問題には関心がありませんでした。私には哲学は文学の一分野で、科学の分野ではありません。科学とは、私が問題を解くために使った道具の集積です。年取ってから、私は競争的な科学の研究を行うよりは、本を書いたり雑誌に論文を書いたりしました。ですから、私の仕事は年齢と共に変わってきました。



気候?それを説明するには相当時間がかかります。簡単に言えば、私は気候に関して一般的になっている心配には懐疑的です。オークリッジ国立研究所には、50年前に始まった非常に優れた気候研究プログラムがありました。流行になる前のことです。アルヴィン・ワインバーグが所長でした。彼は現実の世界を理解しなければならないということを主張していました。私は彼と数年間一緒に研究しました。土壌や樹木や草、微生物、あらゆる種類の生態学に関心を持っている生物学者が多数参加していました。加えて、気候を理解したいと思う物理学者がいました。ですから、その研究プログラムは良くバランスが取れたものでした。

大気中の二酸化炭素について言えば、その効果の半分は気候に関係し、半分は生態学に関係します。二酸化炭素は植物の強力な成長促進剤で、水と置き替わることができます。しかし、空気の成分としては二酸化炭素は非常に僅かで、通常は水蒸気の方が多いということが限界になります。仮に植物の葉に二酸化炭素分子1個を取り込む穴をあけるとしましょう。穴が開いている間に100個の水分子が放出され、従って葉は二酸化炭素を吸収するより速く水を蒸発させます。もし空気中の二酸化炭素がもっと多ければ、二酸化炭素吸収過程はも

っと効率的で水の蒸発量はもっと少なく、植物の生長が促進されるでしょう。生物学にとって二酸化炭素の効果は相当なものです。100年前に比べて、空気中のCO₂は30%増加しました。その結果、草木や原始林、それから食用作物もほぼその半分増えました。つまり、CO₂が30%増加したことにより、エネルギー源として利用される生物資源、バイオマスが15%増えました。これは一般の人たちには余り知られていないことです。

気候にとって、二酸化炭素は問題として易しい方です。膨大かつ複雑な二酸化炭素のフィードバックと再循環がありますが、測定可能であり、かなり良く理解されています。水蒸気はもっとずっと難しい問題です。存在量ももっと大きく、温室効果も大きいです。海からの二酸化炭素の蒸発は大した効果ではありません。水の蒸発の方がずっと大きく、重要性においてCO₂の効果を圧倒します。水蒸気は熱を強く吸収しますが、また凝縮して雲になる傾向があります。これが問題を難しくする理由です。植物も莫大な水蒸気源であり、従って水循環と結合しています。水の蒸発は最終的な効果にとって極めて重要です。それが計算が非常に難しい理由です。もし二酸化炭素を取り扱うだけで良ければ、問題は簡単です。

二酸化炭素は気候温暖化の原因になります。これは深刻に懸念されています。残念なことに、国連は気候の研究のために、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)委員会を設置しました。彼らはその研究プログラムの定義に、気候に及ぼす人為的效果を調べるべきであると書き込みま

したが、非人為的效果を調べることは想定しません。このプログラムは最初から極めて偏ったもので、私が闘っているのはこの点です。彼らがしていることに単純に反対しているわけではありません。国連のために働いている科学者は人為的原因による気候変動を調べることのみが許されています。

気候は難しい問題です。特に、雲が決定的に重要ですが、不適切に取り扱われています。シミュレーションでは解像度が不足しています。全球気候モデルでは100 kmにわたる平均を取りますが、実際の雲には垂直方向に1 km、水平方向に10 kmの解像度が必要です。モデルがしていることは雲のモデル化ではなく、地域の平均雲量を表すために任意係数を持ち込むことです。現状では気候の理解は不十分です。私はこのモデルを信用しません。

17世紀に70年間太陽活動が不活発だった時に小氷期があったことも覚えておきます。世界中が気候の寒冷化に苦しみました。太陽活動と気候の間には強い相関があります。気候モデルにはこれは全く考慮されていません。過去50年間太陽活動は活発でしたが、最近5年間は活動が衰えてきています。50年間、地球の温暖化が強く進みましたが、最近10年間は止まったように見えます。これは明白な観測的ヒントですが、気候モデルには取り入れられていません。

世界平均気温は誤解を招く概念です。それが何を意味するのか、はっきりしません。温暖化が最も強く起こったのは主として高緯度の非常に寒い地域です。モデルには考慮されていない点が多くあります。

また、局地的な温暖化が悪いことであるのかどうか、明らかではありません。北極地域の地元民にとっては温暖化が喜ばしいところもあります。彼らは過去、恐ろしい天候の中で漁業に頼るといふ非常に厳しい生活を強いられてきました。温暖化によって彼らの生活はずっと楽になりました。気候が変動すると、常に勝者がいれば敗者もいます。

私は気候モデルが現実の良い描像を与えるかどうかについては懐疑的です。現実の世界はもっとずっと複雑です。私の結論は、公の機関による今後100年間の気候の予報は信じないというものです。モデルは気候を理解するためには良い道具ですが、予報のための道具としては不適當です。理解するための道具としては良いという理由は、一度に1個のファクターを変化させた時の効果を調べることができるからです。予報の道具としては不適當な理由は、重要であるかも知れない非常に多くのファクターを無視しているからです。