

物理のおもしろさと物理学者の役割



随 筆

土 岐 博*

Interest of physics and the role of physicist

Key Words : physics, gauge principle, electric circuit, electric noise

物理はおもしろい。昨年、定年退職し現在は自らの持っている全ての時間を物理の研究に使っている。何がそんなにおもしろいのか。打ち込めば打ち込む程、時間を使えば使う程に自然が自らの姿を見せてくれているように思えるからである。

私は理論物理を研究している。これまでの私の経験では一つの原理でこの世界が成り立っているように思う。時間と空間が作る4次元の世界の中で量子力学に従って全ての物質はお互いを尊重しながら(決められた相互作用をしながら)統計的なおおよさで存在しているようである。物理の基本原則である「ゲージ原理」が物質の相互作用を決定し、自然界を支配している。物質が存在すれば、必ずその物質は何かと相互作用している。ゲージ原理では相互作用しない物質は存在しないことをうたっている。

しかし、自然の成り立ちの原理が分かったと言っても自然は複雑に絡み合っている。どこを見ても何故と思わせる現象で満ち満ちている。だからおもしろい。考えるべき題材がそこら中に存在している。私は原子核の理論研究を専門分野としているが、原子核物理の主役である陽子と中性子という二種類の粒子は、現在認識されている最も小さいクォークから出来上がっている。さらに、それらの粒子が相互作用し合うことによって多種の原子核を作り出す。その原子核の周りに電子がくっつくことで原子が出

来るが、わずか100種類くらいの原子が単位となって色々な性質を持った物質が出来上がる。相互作用が分かっている、これらの物質が多数絡み合うことで、気体、液体、固体などの物質が出来上がる。その中では自らで意思を持って動く生物まで出来上がる。今度は生物が集まって社会を作り上げる。社会もどんどんと変貌を遂げている生物のような存在である。何故、このようになるのかを考えるのは際限なくおもしろい。本当に眺めているだけで楽しくなる。ましてやそれらの現象が何故起こるのかと質問しだすと果てしないわくわくする現象に遭遇する。

こんな物理学者が大学や研究機関で仕事をする事になると、さらには若い人たちと一緒に研究する機会にも恵まれている。授業では若い人たちにいろんなことを教えることも出来る。物理の楽しさを伝えることができるのは素晴らしい。

こんな物理学者にも社会の一員としてやるべきことが一杯ある。おもしろがってばかりいるのではなくてやるべきことをしっかりと認識する必要がある。この小文では物理学者がどんな性癖を持っており、どんな役割を社会で果たすべきかを考えてみたい。まず第一に、どんな内容のことで分らないことを分かるようにするのは研究者としての仕事である。研究の過程は探検家のそれと似ている。そんな中で現代には非常に大きな問題がいくつも存在している。エネルギーの問題、環境の問題、経済の問題など等。頭はくるくると回りだす。いかにすればこれだけの問題に対応出来るのか。これらの問題にしっかりと対応して行く必要があるが、一人の人間(物理学者)では本当に少しのことしか出来ない。

最近、物理を理解する人間を社会の隅々に送り込むことが非常に大事であると強く感じている。何でも基本に立ち返って考える人ばかりだとうまく世の中は動かないと思う。しかし、通常はうまく動い



* Hiroshi TOKI

1946年12月生
大阪大学理学部物理学科(1969年)
大阪大学理学研究科物理学専攻博士
(1974年)
現在、大阪大学核物理研究センター
名誉教授 博士(理学) 原子核物理
TEL : 06-6879-8941
FAX : 06-6879-8899
E-mail : toki@rcnp.osaka-u.ac.jp

ている時には普通の仕事しか出来ない人たちでも何か問題が起こると、何故この問題が起こっているのか。何をすれば良いのかを、基本から考えだす。物理を理解する人たちはそんな性癖を持っている。そんな人たちがいるなど必要があると思う。大学さらには大学院の物理教育ではそんな人材を生み出す努力をする必要があると強く思っている。

そんな中で勃発した福島原発事故は衝撃的であった。あらためて、物理の心を持った人材を社会の隅々に送り込むことが必要であるという思いを現実のものにしないとイケないと強く思った。事故を引き起こしたのは津波という現象であった。地球(自然)から見るとちょっとくしゃみをしたくらい出来事である。それでも人間の力を遥かに超えている。自然に対しては人間は謙虚であるべきである。その意味ではその現象は受け入れざるを得ない。しかし、津波がきっかけとなって引き起こした出来事に関しては、その場で何が起きているかを根本から考える人がいれば、もっと事故を小さく出来たのではないかと思う。マニュアルで出来ることは万とあるが、マニュアルからはみ出す出来事が起こった時には物理の心を持った人がそこにいることが絶対必要であると思う。彼らは根本からものを考えて解決法を見つけだすであろう。

その意味でも物理を研究・教育する人たち(物理学者)はもっと広い世界で活躍する若い人々を育てる必要があると強く感じている。物理の心を持った人たちはものを根本から考えたがる。そんな人たちはびっくりだと困るが、問題が起こった時には役に立つ。是非、そんな人たちが社会の隅々まで入り込めるような教育をしたいと思っているし、するべきだと思っている。また、社会もそのような人材を受け入れる努力をする必要があると思う。

原子核理論の研究者である自らでも最近では社会の接点で新しい経験をしている。きっかけは私が大阪大学核物理研究センターのセンター長をやっていたときにさかのぼる。加速器の電源を購入する必要がある、その担当者から最近の電源は電磁ノイズがひどくて非常に使いにくいという話が飛び込んできた。それを避けるために一昔前の電源を使いたいという話だった。加速器のための電源は非常に高価なので、少しでも費用を減らしたいという気持ちがあり、何故新しい電源ではノイズが発生するのかを同僚の加

速器の研究者に聞いてみた。素人の質問を何度も繰り返し、自分でもじっくりと考えを突き詰めて行くことで、これまでの電気回路理論ではノイズを扱うことが出来ないことを理解した。

それから数年間、すでに阪大を定年退職された共同研究者と電磁ノイズの研究を進めている。その内容はまさしく電気回路理論であり、つきつめれば電磁気学の研究である。電磁気学は完成された理論体系として大学では全ての理工系の学生が勉強する学問であるが、そんな分野に研究要素があるのか全くの予期しないことであった。電磁ノイズは電気を使う全ての装置が自らで発生している。さらにはその影響も受けている。しかし、普通にはノイズの大きさがあまりにも小さいのでほとんどの人は気にもかけていない。

普通の電気回路は行きと帰りの2本線に電源と負荷をつないでいる。電気を使うという目的ではこれで十分なのだが、この回路はノイズを発生するし、ノイズを受け取る構造になっている。しかしそのノイズは非常に小さいので普通には気がつかない。ましてや他人に害を与えていることも意識していない。そこで、3本目の線を付け加えて、その線にノイズ(高周波電流)が流れているとして2本線できあがっている電気回路にどのような影響が出るのかの理論研究を行うことにした。問題設定は出来たが、電気回路理論、特に既存の伝送線路理論を使おうとするとうまくいかないことが分かった。それもそのはずで、電磁気を完成させたというマクスウェル(Maxwell)が伝送線路理論を作るにあたって、電磁ノイズのように環境や他の回路との関係を考える必要が無いという議論を行った。それは誤差の範囲であり、環境との相互作用は考える必要はないという言い方でその当時(1873年)電線の問題を考える際には電気容量を使うべきであるという選択をした。その後、その教えに従ってヘビサイド(Heaviside)は現在の伝送線路理論を作り上げた。それが原因で既存の理論では電磁ノイズを議論することが難しく、そのための新しい理論を作り上げる必要があることが分かった。確かに電気を我々人類が使い始める前の段階で、ここまで多くの電気回路が氾濫する世の中になるとは1世紀前は考えもしなかったのである。しかし、そのために現在では電磁ノイズが世の中にあふれかえっている。ノイズはまさし

く現代的な問題なのである。

こんな状況で物理学者は役に立つ。物事を根本から考える習慣がついているからである。既存の伝送線路理論がどのように考えられて作られたものかを最初に理解する必要がある。一方では電磁気学の基本方程式であるマクスウェルの方程式が存在している。そこから新しい伝送線路理論を直接導出することが出来るはずである。そんな思いでマクスウェルの方程式を変形して解くべき方程式を並べてみた。その上で既存の伝送線路理論を眺めるとこれまでの理論ではいくつかの欠陥があることが見えてきた。電磁ノイズを扱えないばかりか、電磁波の輻射や吸収の過程が考慮されていない。

この考察を押し進めて行くと無線通信のアンテナの物理とも絡んでくる。電線はまさしくアンテナの役割をすることは良く分かっている。その意味では電線は電磁波の輻射と吸収を得意とする物質であると言える。しかし、アンテナの現象は良く分かっている、アンテナの電線のどの位置からどれくらいの電磁波が輻射吸収されているのかという疑問に答えるには、アンテナの輻射吸収の過程と電気回路で電気の伝搬の両者を同時に記述することが必要である。マクスウェルの方程式はこの二つの過程を統合する理論になっていた。今では、回路理論にとっては電磁波による輻射のエネルギーロスを抑える理論が存在し、アンテナ理論にとっては電気回路の中でどのように電流が変化して輻射吸収が起こっているのかの記述が可能になった。その内容は2011年9月号の雑誌「パリティ」に詳しく書かれている。

このように、日常的に使われて常識になっている

ような所にも、その使われ方が変わってくると電磁ノイズという大きな問題になってくる場合がある。その問題を解消するためには、もう一度原点に立ち戻ってその問題を考え直す必要が生じる。このような場合には物理学者が登場する必要がある。物理学者の大きな仕事だと実感している。新しい電気回路理論のもとで電磁ノイズの存在しない社会ができることを心から望んでいる。

コントロールのきかない資本主義は環境を破壊し、社会構造を大きく変化させた。自分が良ければ良いという文化はエネルギーを使い尽くし、公害をまき散らした。経済のあり方とエネルギー問題、環境問題は一見両立が難しいように見える。そんな中で問題の本質を根本から考え抜くことで、今やるべきことを明らかにし、方向づけることは我々現在を生活している人たちの役割だと確信している。多くの人が心を合わせる事が一番大事だと思っている。物理学者は分からないことを明らかにする研究をやり抜くことに加えて、物理の心をもった多くの若者を育てることがその使命だと信じている。その上で分野の異なる人たちが集まって、お互いを尊敬し合って、議論をし、質問をし、自らで考え、手を動かし、問題の本質を見極めて、未来への舵取りをしっかりと行うことが重要だと思う。そんな機会があれば私も是非参加したいと思っている。

随筆ということで思うままに雑文を書いてしまった。この文章を依頼してくださり、気楽に好きに書いてくださいと言ってくださった下田先生に深く感謝します。

