

戸塚洋二、その科学観と死生観

文学研究科哲学専攻博士後期課程満期退学

伊野 連

戸塚洋二(1942-2008)はニュートリノ物理学者である。ニュートリノとは何か。ニュートリノは素粒子であるレプトンの一種であり、同じく素粒子クォーク（その一つが電子）とともに、人類が観測し得る最も微小な物質である。

戸塚の人となりについて話す前に紹介するのは如何なものかと思われるが、彼が挙げた巧みな例を用いると、水素原子（直径およそ100pm（ピコメートル）。ピコは $1/1000000000000=1$ 兆分の1）を太陽系（約45億km）の大きさにまで拡大したとする。その時ニュートリノはどのくらいの大きさかという、なんと約10cm、ソフトボールほどの大きさしかない。太陽系とソフトボール。ちなみに人体はといえば、この喩えを用いると太陽系のおよそ170億倍、約8億光年の大きさとなる。

そんな信じられぬほど小さなニュートリノもれっきとした観測方法があり（それについては後に詳述する）、戸塚はその観測で人類初の業績を挙げた。

戸塚は「幻の」ノーベル賞受賞者だった。

戸塚の師小柴昌俊は超新星ニュートリノの観測という業績により2002年にノーベル物理学賞を受賞し、日本中で有名になった。また、戸塚の弟弟子で自ら指導もした梶田隆章も2015年に同じくノーベル物理学を受賞したことで全国的に知られるようになった。もともと学界ではもちろん国際的に有名人であったが、日本国民に広く名が通るようになった。小学校でもノーベル賞受賞者として教えられるようになった。

この二人に比べれば当然ながら戸塚の知名度はずっと低い。

戸塚は研究一色の生活を送り、2000年に大腸癌と診断され、切除手術を受けた。58歳のときである。

その2年前の1998年に、彼がリーダーを務めていた研究チームが、ニュートリノに質量が存在することを明らかにするという世界的な業績を成し遂げた。人類初の快挙である。もと

もと光子やニュートリノには質量は存在しないと考えられ、物理学の標準模型〔理論〕もそれを前提にすべて説明されていた。戸塚らのグループはその常識を覆し、21世紀の物理学はそこから大幅に刷新されていくことが期待されたのである（まだ二十数年ほどであるが、ヒッグス粒子の発見（もちろんノーベル物理学賞を受賞している）など、世紀の大発見の名に値するものが既に幾つもなされている）。

戸塚の話に戻ろう。彼は2002年にとある事情（これも後に詳述）もあり、それまでの責任者を務めていたニュートリノ観測施設である岐阜県神岡市のスーパーカミオカンデから、茨城県つくば市にある別の研究機関（KEK、これも後に詳述）へ移籍し、それ以降に携わった観測では主に、「CP対称性の破れ」で知られる小林誠／益川敏英理論の立証するにあたり大きな役割を果たした。そう、この理論も2008年に（米国籍のシカゴ大学名誉教授南部陽一郎とともに）ノーベル物理学賞を受賞した。

先に述べた小柴、さらに小林／益川が同じくノーベル物理学賞を受賞するに及んで、俄然戸塚もノーベル賞候補の筆頭として期待されることとなったと言いたいが、そうではなかった。戸塚は小林／益川の栄誉が報道されるの数ヶ月前、2008年7月10日に66歳で直腸癌のため既に死去していたのである。

ここまで聞いて、当時の報道を記憶している者は、彼が「悲劇の人物」としてマスコミにたびたび採りあげられたのを「ああ、そうだった、そうだった」と思い出すかもしれない。

いずれのエピソードも、年月が経った今でも十分記憶に新しい。

訃報を受けてインタビューされた小柴が悲痛な面持ちで「察してください」と言葉少なに答えたこと。

その年のノーベル物理学賞が小林／益川コンビに加え、既に1970年に米国に帰化してはいたが（米国内での万全な研究活動を保証するため止むを得ぬ措置であったとされる）、南部という日本出身三名による独占受賞だったため、「ノーベル賞選定委員会は、亡き戸塚に授賞する機会を逸したため、せめてもの追悼の意を表したのだ」といったまことしやかな噂まで囁かれたこと。ノーベル賞は三名までの共同受賞が認められているが、日本がそれを独占したのはこれが最初である。

それだけではない。受賞するべきだった主役の戸塚が亡き後、残された研究チームが「団体賞」で受賞するのではないか、などという根拠の無い報道もなされた。ノルウェー政府によるノーベル平和賞ならそういった例も過去にあるが、個人に限定された科学3賞ではそのような前例となるとこれはかつて一度も無い。

さらに、戸塚没後7年経った梶田の受賞の際に、三名まである枠のうち一名が空いていた

のを「亡き戸塚に捧げたものだ」という噂が、これまたまことしやかに囁かれた。加えてまた、そう尋ねられた梶田自身も率直に「そうだと思う」と答えている（なお、この時の共同受賞者であるカナダ研究施設SNO [スノー] のA・マクドナルドは戸塚より一つ若い1943年生まれであり、やはり2007年にベンジャミン・フランクリン・メダル物理学部門をほぼ同じ業績で戸塚と共同受賞している。ここから、戸塚が存命ならば遅くともここでともに受賞していたことは確実であるし、同時に、1959年生まれの梶田とマクドナルドとではキャリアの点でも差があることがわかる。梶田は戸塚亡き後の研究の舵取りを立派に果たし、2011年のT2K実験（茨城東海村の高エネルギー加速器研究機構KEKからカミオカンデへニュートリノビームを照射する）でニュートリノ振動の立証を完成したこと、そしてその後の研究へと引き継いだことが高く評価されたわけである）。

以上、長々とエピソードや憶測ばかり述べたが、本論では戸塚の業績と彼の科学観、そして痛と対峙したその死生観について述べたい。

第一章

・ニュートリノとは

ニュートリノは現在人類が観測できる最も小さな物質である素粒子の一つである。素粒子とは万物を構成している最も基本をなす粒である。以下、あらためてこれについて説明しよう。

水の分子(10^{-9} (10のマイナス9乗) m)、酸素原子(10^{-10} m)と、どんどん分割していくと、原子核(10^{-14} m)の周りを極限まで微小な電子が「ぐるぐる回っている」（という喩えが用いられる）。上に述べたとおり、電子は現時点ではもうこれ以上分割できないとされる物体である。

一方、原子核は陽子(10^{-15} m)と中性子とからなっていて、陽子もまた素粒子で構成されている。といっても、陽子とニュートリノとでは大きさの点では格段に差がある（もっとも、正確に言えばニュートリノに大きさの概念は無いのだが）。

遺著『戸塚教授の「科学入門」』（2008）にある戸塚自身が用いたユニークな例では前述のように、もし水素原子を太陽系（海王星の平均公転周期約45億km）の大きさまで拡大しても、ニュートリノや電子の大きさはほんの10cm程度の大きさでしかない。ニュートリノはそれほどまでに微小な存在なのである。

だが、そんなあまりにも微小なニュートリノは、一方では宇宙に最も数多く存在する物質である。ビッグバン理論によると1cmあたり300個、その密度で全宇宙にあまねく存在しているというのだから驚くほかない。

これらが宇宙空間を絶えず飛び回っている。太陽から数限りなく降り注いでくるのが太陽ニュートリノ、地球に到達して変化し拡散するのが大気ニュートリノ、カミオカンデ時代の

1987年に世界で初めて観測されたのが超新星爆発によって発せられたのが超新星ニュートリノである（先述した小柴のノーベル賞受賞の業績）。今も地球上では、成人男性の身体ほどの大きさを、毎秒1000兆個以上が通過している

素粒子にはクォークとレプトンの二種類があり、ニュートリノは2個ずつ3世代（グループ）、計6種のレプトンのうちの3つに相当する。古い世代から、電子ニュートリノ(ν_e)、ミューニュートリノ(ν_μ)、タウニュートリノ(ν_τ)である（ ν 、 μ 、 τ はそれぞれギリシャ文字のニュー、ミュー、タウ。eは電子）。

戸塚や梶田らが確認したニュートリノ振動とは、これら3種のニュートリノがそれぞれ入れ替わる現象であり、そのためにはニュートリノに質量が無ければならないことも明らかとなった。

この発見は従来の素粒子理論の標準模型を大きく覆すものであり、21世紀物理学の新たな出発点とも見なされている。十分ノーベル賞に値するものといえよう。

・迫り来る死とブログ

戸塚本人は迫り来る自分の死について、どう思っていたのか。

戸塚は2007年8月からその11ヶ月後に直腸癌で死去するまで、ブログを連載していた。それは膨大な量にのぼり、没後に友人の評論家立花隆らの手で主要な部分が編集・抜粋され、『戸塚教授の「科学入門」』、『がんと闘った科学者の記録』(2009)という二つの遺著で読むことができる。特に後者は末期癌患者の死生観を知るうえで、恰好の資料となっている。

同書を読むと戸塚はかなり雄弁かつ自由に語っており、それは病いのことや死のことだけでなく、植物のこと、読書のこと、地球も含めた宇宙のこと、まさに神羅万象に及んでいる。

しかし当初の目的は、彼が自分の癌との闘いを親しい者へと伝えることであった。ブログは匿名で執筆されていたから、何も知らぬ閲覧者の多くは著者が世界的な物理学者だと気づかなかったことであろう。

ブログ開設に先立つ約7年前、2000年11月に最初に大腸癌が見つかった時、彼は手術でそれを取り除いた。その後、施設長を務めるスーパーカミオカンデで大規模損傷事故が起こって全精力を傾け、朝8時から夜中1時まで復旧作業に追われるなど、癌のことさえすっかり忘れるほど多忙をきわめた日々を送った。

しかし忘れかけたところに再発（転移）した。2004年4月で左肺に二箇所、これも手術で対応した。

再々発は翌2005年9月で、右肺に多数あってもはや手術は受けられず、彼は化学療法を選択する。ただし、当時機構長を務めていたKEKのプロジェクトが佳境に迫っており、年度末まで留任のうえ任期を残して退任、翌春から抗癌剤を投与することを決断した。

この約半年間の腫瘍の放置は、彼が自ら抗癌剤オキサリプラチンの平均余命19ヶ月というデータを踏まえ、そのように判断したものである。

他の多くの化学療法患者と同様、戸塚も激しい副作用に襲われた。彼はもともと身長180cmの空手有段者で、二十年に及ぶ神岡での研究活動も鉱山労働者とさして変わらぬ力仕事に多く取り組み、人並み以上に体力には自信があったし、若いころ空手で鍛えた精神力をもって副作用の苦しみに耐えようと努力した。

2007年8月からブログ「A Few More Months」を開始し、他の癌患者のためにはと思い自らの抗癌剤・副作用記録を詳細に綴った。その間も深刻な副作用（腸閉塞、間質性肺炎など）にたびたび苛まれた。

最初の手術から七年生存し、五度の抗癌剤変更を経て、いよいよ治療の選択肢が無くなり、肝臓・骨ついに脳に転移するに及び、彼は残り少ない日々を送るにあたり、改めて死と対峙する覚悟を定めた。それについては後半で述べたい。

・戸塚の人柄

戸塚が自身をふり返って語るのを聞くと、東大教授でノーベル賞候補だという知的エリートとは、とても思えぬ面に随所で出喰わす。

生前最後のインタビューとなった2008年6月25日に、東大教養学部立花隆ゼミの若者グループ（緑慎也ら）から、二十歳の誕生日の時の思い出を聞かれ、「覚えてないけど、きっと麻雀をやっていたに違いない」と答えている。

もちろん彼は学業優秀で、静岡県立富士高から現役で東大に合格しているが、理学部に進む理科Ⅰ類ではなく理Ⅱに入っている。本人曰く、理Ⅰには成績が足りないから、難易度が低いこちらとにかく入っておき、3年進級前の振り分け（進振）で良い成績を取って、志望どおり理学部物理学科に進む戦略だったのである。

だから駒場時代の二年間は猛勉強したそうだが、3月6日の誕生日にはもう結果も出ており、のんびりと麻雀を打ちまくっていたはずだ、ということである。

もう一つ、彼は大学では空手部に入部し、朝から晩まで稽古に明け暮れた。文武両道だった。しかし本郷に進んでからは一切勉強はやらず、空手、麻雀に情熱のすべてを注ぎ、一年留年までした。

それでも大学院入試に合格するのだから地頭は良いのだろうが、これも本人がタネ明かしすると、前年に東大に赴任したばかりの小柴助教授のゼミの一期生二名（うち一名が小柴の陽子崩壊観測の後継者で、東大教授在任中にやはり非業の死を遂げた折戸周治である）がいずれも優秀だったため、小柴は気を許して、戸塚のような劣等生も拾ってくれたのだそうだ。現に、他の二期生二名はまじめだったという。

それゆえ大学院ではスパルタの小柴にさんざん絞られた。最新版の英語の科学ジャーナル

を正しく読解し、レポートする。いい加減にごまかそうとすると小柴の容赦無い叱責が浴びせかけられる。基礎が抜けている戸塚はさぞかし苦労したであろう。

おまけにこの男は、博士課程の身でありながら裕子夫人と学生結婚してしまう。当然生活も苦しく、市の貧困家庭に認可され牛乳の支給を受けたり、朝5時に起きて高校の一限目の物理講師を引き受けた後、研究室に通い、夜の12時を回ってようやく帰宅したりするような日々を送る。

それでもやってこられたのは、彼がオプティミストだったからである。ついでに言うと、夫人もそれなりのオプティミストで、周囲からさんざんに反対された結婚も「なんとなく平凡じゃない人生が待ってる」と強引に押し切ったそうである。戸塚は実に良い妻に恵まれたわけである。

彼の苛酷な修業時代は、助手などの不安定な身分のまま西独ハンブルクの研究機関DESYに滞在した約6年半を経て、1986年に母校の助教授に就任するまで続いた。日本人が一人もいないのを承知のうえで、「なにかまうものか」と喜び勇んでDESYに飛び込んだのは戸塚らしいが、彼の地でも早朝から深夜まで研究漬けの日々、ノイローゼにならなかったのがおかしなくらいであった、と後に回想している。宿痾として彼を蝕むこととなる大腸癌の第一の病因も、この苛酷な時代の反動による強アルコール酒の過剰摂取であった、と戸塚は自己分析している。

後年、大御所となった戸塚は若手研究者をめぐる環境改善を強く訴えてきた。最後のインタビューでは、現代日本におけるポストドクター（博士号取得者）の就職難に同情し、「僕だったらとっくにやめてる」と漏らしている。実際、彼はKEKを引退した後は、半ば名誉職であろうが、亡くなるまで日本学術振興会学術システム研究センター所長を務め、研究環境の向上を常に慮ってきた。

しかし苛酷な研究生生活の代償として、この多国籍なDESY時代をきっかけに、戸塚は後年につながるリーダーシップを十分に身につける経験を積んだ。陽子やニュートリノを観測するような国際的・国家的研究プロジェクトを率いるにはこうしたビッグサイエンスで存在感を発揮する経験を欠くことはできない。その意味で戸塚は小柴の系譜に立つ資格をしっかりと獲得したのである。

・自然科学者気質

したがって、戸塚のオプティミズムにはたんなる個人の人柄を超えた、もっと深い意味がある。彼はそれを自然科学者に必要不可欠な資質であると強く主張している。

自然科学者はオプティミストでなければならない。彼が従事した実験物理学の分野、とりわけ戸塚のような巨大な研究機関の長ともなると、あらゆる場面でオプティミストの面を表に出さなければならない。

戸塚はブログで、自分にはこの癖が身につけてしまい、かなり悲惨な状況でも敢えて良い面を見ようとしているのだ、と分析している。

これはもちろん、晩年の癌との凄絶な闘いのことを言っているのだが、戸塚の人生における困難はそれだけではない。

2001年11月12日午前11時1分30秒ごろ、スーパーカミオカンデで全11146個の光電子増倍管のうち、6777個が連鎖破損するという大規模な事故が発生した。その振動はその地方の地震計にも正確に記録されたほどで、関係者は隣接する鉱山で発破がおこなわれたか問い合わせたほどだった。

“We rebuild the detector. There is no question.”「我々は検出器を再建する。何ら疑問の余地は無い」。世界に向けて発信された英文のメッセージで施設長の戸塚はそう宣言し、復旧作業の陣頭指揮を執る。先に述べたように、ちょうど一年前の11月13日には、大腸癌の切除手術を受けた状態であった。

戸塚の超人的なリーダーシップの下、スーパーカミオカンデはたった一年という奇跡的な短期間で復旧作業を完了し、観測が再開された。

花を添えるように、その2002年の秋には小柴のノーベル賞も決まった。この上なく尊敬する恩師の最高の栄誉に喜びの頂点にあった戸塚も、ストックホルムの授賞式に同行している。既にスーパーカミオカンデの復旧が一段落したのをもち、戸塚は施設長を引責辞任していた。定年退官後はつくばの高エネルギー加速器研究機構へ異動し、翌2003年からは機構長に就任した。

・再発、再々発

以前と同様、研究に熱が入る日々を送っていたころ、2004年の4月に癌の左肺への転移が見つかった。二箇所転移性腫瘍は手術で取り除かれた。

五年生存率八〇パーセントと、すっかり忘れていた死の訪れがまた現実味を増してきた。しかしその後も戸塚は前向きな生き方を変えることはなかった。

翌2005年9月20日の再々発に直面した時もそうであった。もはや外科手術は選択できない。抗癌剤を投与するか。しかし今、心身に副作用という大きなハンディを負って、そのために研究から退くわけにはいかない。

抗癌剤を投与することは、余命がどれだけ残されているかと向き合わねばならぬことを意味する。製薬会社の統計によるとオキサリプラチン投与後の平均余命はおよそ19ヶ月。その時点から単純計算すると2007年4月。

戸塚の空手部時代の一年後輩で親しい友人に、国立がんセンター総長・日本対がん協会会長などを務めた垣添忠生がいる（現在も讀賣新聞紙上で癌と社会問題について連載中である）。戸塚がCT画像を持参し垣添に相談を持ちかけると、垣添は仕事は諦めるべきだと助言

した。戸塚はこの当時は2009年に実施の見込みだったT2K実験を見届けることができるだろうかと尋ねた。

「そりゃ無理でしょう。」

癌研究の大御所でもある友の忌憚りの無い言葉に戸塚は内心大きく動揺したが、「覚悟していたこと」と平常心を装った。

垣添は『がんと闘った科学者の記録』文庫版(2011)にあとがきを寄せ、この時の出来事を回想している。「私はがん専門医として、また友人として、見通しはかなり厳しいことをはっきり申し上げました」。断腸の想いであっただろう。なお、垣添は後に妻も癌で亡くし、身をよじるような苦悩や悲嘆を味わったという。癌専門医にして、親しい者や自らもやむなく癌で死なせてしまう。それが日本の厳しい現実である。

戸塚は自らの置かれた事態について深く考え、もちろん妻らとも真剣に相談したであろう。結果として、抗癌剤投与を半年遅らせ、任期を残してだが翌2006年春に機構長を退いてから、化学療法に専念することを決意した。

ここから、戸塚の余命19ヶ月の闘いは実質的に始まった。

・物理学の「実験屋」

論者である私が見た戸塚の動く姿は、これまでのところ次の三つの動画だけである。一つは立花と最後の対談の際のもので、NHKスペシャルの癌特集で放映された、死のおよそ数週間前の姿である。立花は対談で「まだお元気そう」と励ましているが、戸塚の表情には明白に死の影が漂っている。

残りの二つはずっと以前の、スーパーカミオカンデの完成式典で施設長として挨拶する姿と、カメラに向かって研究目標について語る姿であり、いずれも岩波映画社制作の記録映画に収められている。

最後のものでは二つの大きな抱負として、悲願である「陽子崩壊」、そしてニュートリノのさらなる観測を挙げている。その姿はいかにもスーパーカミオカンデの戸塚らしく、ヘルメットに作業着である。これがこのころの彼の最も普通の装いであって、アインシュタインや湯川秀樹から連想されるような理論物理学者の姿とはおよそかけ離れたものである。

戸塚は自他ともに認める物理学の「実験屋」である。師の小柴はカミオカンデという壮大な実験施設をゼロから設立した、日本で最も偉大な実験物理学者であり、その系譜に立つ戸塚と梶田の両者を代表とする神岡グループ、後に施設長を継いだ鈴木洋一郎や中畑雅行らはみな、千本を超える光電子増倍管の設置から日常的な施設管理など、およそ一般がイメージする物理学者とはほど遠い力仕事に従事してきた面々である。

裕子未亡人もまた、遺著『戸塚教授の「科学入門」』（緑慎也編）に寄せた序文で「夫のような実験家は、総じて理論家よりも忙しく」、こうした本を書きたいと常々語っていたが果

たせなかった、と当時を回想している。

戸塚は自ら実験屋（実験家）であると、いささかの自嘲と、むしろ内面の誇りとをもって語っている。実験家は金策や装置の建設、データの解析に追われ、物理を理解するのに必然的に直観に頼るため、ややもすると物理をあまりにも単純化してみる欠点がある。しかし実験家の直観物理は案外一般の読者にもわかりやすいのではないかと、あえて実験家の泥臭さを前面に出して『陽子はこわれるか 大統一理論の予言』（1986）を書いたと、戸塚は同書の序文で述べている。

続く『岩波講座 現代の物理学』という極めて権威ある叢書の『素粒子物理学』（1992）ではさらに、素粒子の実験屋は複雑な作業が嫌いである、自分が同書の執筆を頼まれた理由は、もしかすると、加速器実験やニュートリノ宇宙物理学、陽子崩壊実験にも携わり、素粒子の見方が伝統的な高エネルギー実験屋よりも少しひねくれているためかも知れない、とまで述べている。

だが理論物理学者は実験屋に大きな期待を寄せている。「研究者仲間が理論を実験し、あれで正解だったよ、と言ってくれるのが一番うれしい」（益川敏英）。事実、益川らのノーベル賞受賞は、戸塚のKEK時代の数々の検証がその後押しをしたことによる。

戸塚の実験志向は、彼の科学観に深く根づいている。実験で明らかにされた事実は受け入れざるをえない。実験事実があれば、それを受け入れるというところから出発する。物理はやっぱり実験物理が面白いというのは、やっぱりそこるところからくる。そうした科学観である。

戸塚のこうした科学観は、物理を専門的に学び始めた大学時代から培われた。高名な理論物理学者有馬朗人の講義に列した際、他の秀才と比べて自分は理論ではとても太刀打ちできないことがわかった。だから「自然を素直に見る」観測・実験に進んだ、という。

だがこれはたんなる謙遜の言葉ではあるまい。後に戸塚がその地位にあった東大宇宙線研究所長室には、その有馬の揮毫で「自然を素直に見る」という額が掲げられている。戸塚は大学時代以来一貫して、明快な「自然への依拠」「実験第一」の姿勢を、世界的な科学者となった後も保ち続けた。それだけではない。人間戸塚洋二、彼の全体として人間性としてそれは揺ぎなく確立し続けた。

最晩年の、既に末期癌で余命いくばくもない戸塚がモットーとして掲げた言葉が「自分を離れ他の生命力を見つめよ」であった。死の約二ヶ月前、2008年4月29日のブログには、この言葉とともに、ブログでは恒例となった戸塚撮影による庭の花の写真が掲載されている。

第二章

我が国最大の実験物理学者、実験屋の本領たる「現場主義の研究者」としての立場を貫いていた小柴は、教育者としては弟子に恵まれた面と、悲哀を味わった面とを併せ持っていて

る。常々「私の研究を受け継いだ者の中からノーベル賞を受賞する研究を成し遂げる者があ
と二人は出るであろう」と発言していた。

まずは戸塚がそれを叶えるはずであった。しかし彼はその前に世を去った。小柴が弟子に
先立たれたのはこれが初めてではなかっただろうが、ニュートリノ研究を受け継いだ戸塚の
死はひどく彼の心を傷つけたに違いない。なぜなら戸塚より前に、小柴が東大助教授に着任
した第一期生で戸塚の一年先輩にあたる惣領弟子、小柴の電子・陽電子衝突実験を受け継い
だ折戸周治も2000年に病死しているからである。折戸はまだ還暦前で東大教授在任中のま
ま、かねてからの重病のために死去した。

小柴は戸塚への弔辞で「このように跡取り教え子たちに次々と先立たれる私は、世の風評
とは逆に何と不幸な教師なのだろうと嘆かざるを得ない」と述べた。腸を断たれるような想
いであっただろう。

そしてそんな想いは先立つ方も同様である。やがて来る死までふた月を切ったころ、2008
年5月14日のブログで、戸塚は米国の伝説的な物理学者J・A・ホイーラー 96歳の長逝を、
ある教え子の追悼文を引用しつつ紹介した。「ブラックホール」などの命名者でもある彼の
数多くの弟子にはR・ファインマンといったノーベル賞受賞者も含まれる。

それをきっかけとして、翌々日から戸塚は「私の恩師」と題して、四回にわたり小柴との
思い出を綴っている。その冒頭で「先生はまだかくしゃくとしていて、私はまだ時々教
えを受けます。先生のご紹介をするのはまだ早すぎるかもしれませんが、こちらの寿命が
尽きてしまいます」と述べたときの戸塚の心情は察するに余りある。

1996年にはスーパーカミオカンデが稼働を開始し、カミオカンデはお役御免になっ
た。装置のスケールアップは確実に成果へとつながり、1998年にはニュートリノ振動を
確認したことでその質量を発見し、研究主宰者だった戸塚が文句なくノーベル賞候補に
挙げられるようになる。

ここで、戸塚の没後7年を経たの梶田のノーベル賞授賞理由をしてみる。カナダのA・
B・マクドナルドと共同受賞したその理由は、選定委員会より「ニュートリノが質量をも
つことを示すニュートリノ振動の発見」と明らかにされた。これは先に述べた、1998
年の戸塚をリーダーとする国際研究チームの業績そのものである。梶田は半ば亡き戸塚
の代りに受賞したわけで、本人もそれを認め、自らの使命として引き受けてもいた。

戸塚が亡くなる少し前のこと、ノーベル賞がもらえなくなたって、業績を残し世界が
それを評価してくれているんだからいいではないか、世の中には業績すら残せずに死
んでいく人もたくさんいるんだから、と妻に慰められて、戸塚はこう訴えた。「ノー
ベル賞なんてどうだっていい。どうせ誰かがもらえるんだから。悔しいのは、も
っともっとやりたい実験があるからなんだ」。たしかに戸塚は無念であっただろ
う。しかし小柴の系譜に立つ研究グループ全体としての成果こそ、実験屋物理学者
集団の最大の目標なのである。

梶田の受賞で、小柴の予言は半分当たったが、強健だった小柴も卒寿を過ぎ、何年も前から車椅子での移動を余儀なくされ、その目の黒いうちに彼の系譜からもう一人のノーベル賞が出ることはなかった（2020年11月12日94歳で長逝。なお、盟友であった浜松ホトニクス元社長・名誉会長晝間輝夫もそれに先立つ2018年4月に91歳で逝去している。また未亡人の戸塚裕子も既にこの世にはいない）。

・基礎科学の意義

ところで、それなりに業績のあるらしい科学者（名誉のためにその名は伏そう）でも、カミオカンデ／スーパーカミオカンデを「あんなのただのドンガラ」だと批難する者がいる（ドンガラとは何処から来た言葉なのだろうか？）。彼によると「大蔵（財務）官僚が、京大に完全に後れを取った自分の母校東大からノーベル賞を出そうと、鼻息して大型予算を配分した」と陰口を叩かれているそうである。さらに彼は下村脩ら他のノーベル賞受賞者を引き合いに出し、「カネをかけねばノーベル賞も取れないのは東大型秀才の哀れさである、むしろ光電子増倍管を開発した浜松ホトニクスのエンジニアの方がよっぽどノーベル賞に値する」等々と貶している。

しかしビッグサイエンス、すなわちニュートリノの観測・実験にカネがかかるのは当たり前である。光は水中を通過するとき90%に減速する。その際に光子との間で生ずるズレで青白く発光する。これを、発見者の名を取り「チェレンコフ反応」と呼ぶ。カミオカンデ型実験施設は純水に満ちた巨大水槽の内面に光電子増倍管をはりめぐらし、ニュートリノ通過の際のわずかなチェレンコフ反応を増幅して検知する。純水は1リットル数万円もする。戸塚に言わせれば「高級コニャックくらい高い」純水を数千トン用意し、それを貯蔵する巨大水槽を、地下千メートルもの深部にくり抜いて建造する。

下村氏が研究のために家族総出でクラゲ採集をしたという作業も、人海戦術に頼ればだいぶ合理化できたかもしれない。しかし下村氏の発想そのものは、数千万の予算、何千人の作業員を集めても代わりは作れない。アイデア自体はお金や人出では代替できない。

カミオカンデの研究プロジェクトはそのアイデアを実現するための方便であって、ヒトとカネをかければ自動的に成果が取り出し口から出てくる機械でも何でも無い。そもそも下村脩の業績をビッグサイエンスと単純に比較するのはまったく愚かではない。

スーパーカミオカンデはいわばニュートリノ観測所だが、それと同じく並外れて巨大な施設であるのが、高エネルギー物理実験を目的とした大型ハドロン衝突型加速器LHCである。世界最大の加速器はスイス・ジュネーブ郊外の研究機関CERN（セルン）にある。これもまた、「巨大過ぎる予算」、「一部の特権的科学者の利権」、「実用的な研究ではない」などの批難が数多く寄せられている。研究者はそういった外部の雑音に煩わされぬよう集中しつつ、しかし大きな期待も常に背に感じながら、小ブラックホール誕生など数々の研究目標へ

向けて日夜取り組んでいる。

また戸塚の死後、2011年には大強度加速器J-PARCで作られたニュートリノビームとスーパーカミオカンデを用いたT2K実験により、3つ目のニュートリノ振動モードも確認された。戸塚が後進の成果として最期まで自分の目で見届けたかった実験であった。これが梶田のノーベル賞受賞の決定打となる。

スーパーカミオカンデ後のさらなる大規模研究施設について、戸塚が当初抱いていた構想は直径50m、長さ250mぐらいのシリンダーを2つ、全体でおよそ100万tという並外れたものであった。

実際に計画が進む「ハイパーカミオカンデ」は、カミオカンデ・スーパーカミオカンデで培ってきた高いニュートリノ実験技術をもとにさらに実験感度の向上を目指し、検出器は直径68m、深さ71mの円筒形のタンクに超純水を満たし、体積は26万t（有効体積19万t）、スーパーカミオカンデの約10倍の規模であり、タンク内壁の大型超高感度光センサー（光電子増倍管）は40000本に増え、チェレンコフ光をとらえる技術も格段に向上することが期待されている。

もともと宇宙創成の瞬間は、現在知られている「重力」、「強い力」、「電磁気力」、「弱い力」の四つの力が統一されており、宇宙の進化とともに温度が下がるにつれて力が分化していったと考えられている。宇宙年齢にして 10^{-44} 秒後の最初に重力が分かれたその直後、 10^{-38} から 10^{-36} 秒後、エネルギーにして 10^{16} から 10^{15} GeV（ギガ電子ボルト。1GeVは約1兆度）の世界を解明するのが、「強い力」と「電弱力」の統一を論ずる大統一理論である。そのエネルギーの高さは衝突型加速器実験（LHC等）で直接に調べることは不可能だが、ハイパーカミオカンデが陽子崩壊を探索できれば、直接に大統一理論を検証することができるのである。

さて、そうまでしてビッグサイエンスに巨大な資本と人員とを費やす必要があるのか。それも戸塚の科学観と関わってくる。戸塚はスーパーカミオカンデ落成時のインタビューで、やはり当初の陽子崩壊の観測とよりいっそうのニュートリノ観測の充実を目標として掲げていたが、そうした「目標」として掲げられるものは、本来の科学の成果としては物足りないはずなのである。

戸塚が好んで引用する、米を代表する理論物理学者J・バコールの言葉がある。彼はハッブル宇宙望遠鏡プロジェクト推進の中心人物として貢献した。また、スーパーカミオカンデの観測データをもとにきわめて有益な提案を何度もしてくれた、戸塚が長年頼りにしてきた人物である。

よく「宇宙望遠鏡で何が観測できるのか」が問題とされるが、バコールによれば、できそうだと期待されたものを見つけるだけなら「ちっとも面白くないanticlimactic」。最も重要な発見は、想いもよらなかったもの、「どういう風に尋ねたらよいかわからないwe do not

yet know how to ask」もの、「これまでに想像もしたことのないwe have not yet imagined」もの、そんな発見なのだ、とバコールは言う。

基礎研究はこういう立場で進めねばならない、そしてこれこそが研究の醍醐味である、それが戸塚の科学観・科学理念なのである。

第三章

自然科学者として不可欠な素養である物事への「客観視」は、戸塚において「自己客観視」、いわば自らを「他人事」として見ることへと昇華した。彼は自分のブログについて、まるで人ごとのように記録をつけているが、研究者として一生を送って来た者の悲しい性だ、と自嘲気味に言う。戸塚は自然科学者として当然の客観視・対象化の手法を、まず自分に巣食う病に対して用いている（いわば自己の外面・自己の中の他者）。それと同時に、病める主体である自己の内面性にも客観視を適用しているのである。自嘲はその証なのである。

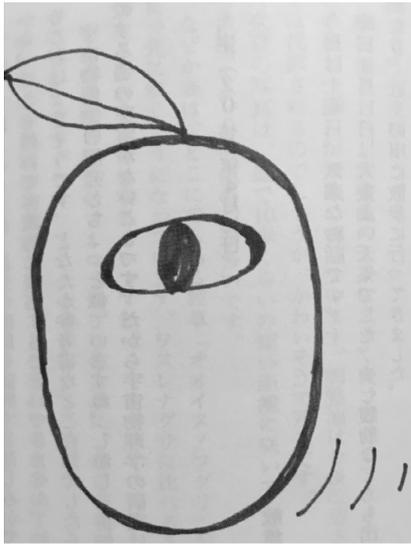
・自己客観視に関する二重性

こうした自己客観視に関する二重性は、認識論的にも、そして人間論的にも特異なものとなっている。戸塚の場合、その見つめる対象は単なる「他」にとどまらないのである。脳への転移が確認され、ステロイド投与による治療がなされた後、2008年4月10日のブログでは「私の頭脳の中で起きているらしい面白い現象の報告」がなされている。退院した日あたりから面白い幻覚が頭に生じ出した。それは「ちろちろ浮かんで来る」「とにかく浮かんでくる」。戸塚はそれを自らイラストで描いた。

この、いわば非理性的幻覚を、戸塚は「植物のお化けか？」と当惑気味に分析するが、それにしては本人もどこか楽しんでる節がある。別の場所にある理性を持った（科学者としての）頭脳が、あっけにとられてこの絵を見ている。考えても無意味なことはよくわかっているのに、今後この幻覚が膨らんで理性的頭脳を圧倒するのかが、当面の関心事だ、と述べているのは、もちろん持ち前の科学者気質からだが、それをさらに突き放したような境地すら窺える。「自らの死」という我が事の最たるものを他人事とみなす、彼の信条の真骨頂ともいえる。

ここまでくるとやはり、この言葉のどこか他人事のようなゆとりから、或る種の「諧謔」すら感じられる。もちろん、脳腫瘍の影響による幻覚だろうが、現代物理学界の最高峰ともいえる知性の持ち主であった戸塚は、科学者の命ともいえる自らの頭脳が悪性腫瘍(tumor)によって蝕まれていく様子、自己の病状を、いわば自己客観化して観察しようとしているのである。まさしく「自己客観視」主義である。

そしてこれは、自己に侵入した「他」なる「異物」、まさに「他の生命」である。癌はよ



戸塚が自ら描いた幻覚(『がんと闘った科学者の記録』, p.327)

り正式には「悪性新生物 malignant neoplasm」という。良性か悪性かを見極めることも自然科学者にとってももちろん大きな関心事であるが、それ以前に、自己の内部に自己の意のままにならぬ何か別の生物が棲息していることこそが、なんといっても彼にとっての最大の関心事なのである。

癌という現代医学における最大の難物は、自己にして他、他でありながら自身、というアンビヴァレンツ、同一でありながら絶えず転変を続ける自己とその一体である他、という、従来の自然科学的なアプローチでは対処不能な特性を備えたものなのである。

癌に触まれた自己ではなく、自己の内なる他の生物を見詰める戸塚のこのエピソードには立花も強い関心を示しており、最後の対談の際にも話題にしている。

戸塚 ええ、これ、左側の脳が、右の方で幻覚が動いているのを見てるんです。

立花 自分の脳の右側、左側という意識があるわけですか？

戸塚 そう、場所を区別して意識しているんですね。

立花 今でも幻覚を見ることは？

戸塚 そういえば最近見ないですね。ステロイドホルモンの服用をしているから、かなり抑えられているんでしょう。研究対象がなくなっちゃった(笑)。でも、面白いなあと思ったことは確かです。

立花 こうも書かれています。「強がりに聞こえますが、自分の頭脳を研究する楽しみができました。自分の脳ですから、そこを離れて客観的に観察することはできません。しかし、他人の経験と比較することはできそうです。……」(『がんと闘った科学者の記録』, p.428)

「痛と闘った」科学者戸塚から、以上のような認識論におけるアンビヴァレンツ（両面性）のみならず、人間論的な、すなわち死を見つめる自己、死の受容はいかにして可能となるかという、人間学ないし生命倫理学におけるアンビヴァレンツも問題となってくる。それはいわば究極の「見えるものと見えないもの」である「死」といかに対峙するか（「死にゆく自己をいかに客観視するか」）、という問題である。

その自己客観視と諧謔とにおける先達ともいえるのが正岡子規である。先の立花との対談で戸塚はこう述べている。

死を前にした正岡子規が、こんなことを言ってるんですよ。「(自分は悟りをこれまで誤解していたが) 悟りといふ事は如何なる場合にも平気で死ぬる事かと思つて居たのは間違ひで、悟りといふ事は如何なる場合にも平気で生きて居る事であつた」。とても有名な言葉のようですが、最近まで私は知りませんでした。平気な顔をして死ぬのもすごいことですが、「平気で生きている」ということもすごい。でも、結局それしかないのかなと思います。(前掲同書, pp.432-433)

戸塚はこのとき初めて子規のこの言葉を知ったそうだから、子規の絶筆『病牀六尺』を読んではいなかったのか、あるいはかつて読んでも特に印象にとどめていなかったのか、ということになる（子規にはまた、死を主観的と客観的とに分けるという独特な趣旨の随筆もあるが、はたして戸塚がそれを読んでいたか）。

原文はこうである（初出1902年6月2日、「日本」新聞における連載）。

余は今迄禪宗の所謂悟りといふ事を誤解して居た。悟りといふ事は如何なる場合にも平気で死ぬる事かと思つて居たのは間違ひで、悟りといふ事は如何なる場合にも平気で生きて居る事であつた。

因みに問ふ。狗子に仏性有りや。曰、苦。

又問ふ。祖師西来の意は奈何。曰、苦。

又問ふ。………………。曰、苦。

戸塚はあらためてその後の部分をも読み、子規の悟りを噛みしめたはずである。

第一に、戸塚同様、無宗教者であった子規の「悟り」とは、禪宗のものでありながらも、やはり彼独自の解釈、彼の死生観に貫かれたものであるということ。これはキリスト教や仏教、そしてニーチェ哲学の永遠回帰など、さまざまな宗教・思想を経巡った戸塚にとっても、我が意を得たりというべきものであつたらう。

第二に、ブログでは子規の「平気で生きている」ことについて「これ以上の説明は不要で

しょう」と述べていたが、原文では子規本人は続く部分で、とどのつまり、一切が苦である、ということ禅問答のように述べているのである。奇しくもこれは釈迦の仏教が「生＝苦」と説くのと同じであり、ならどう生きるべきかという難題も、既にもう戸塚が自ら越えてきた峠なのであった。これもまた、戸塚の心を強く支えるものとなったであろう。

むすび

戸塚は社会貢献の念を常に自らに背負い込む人物であった。自らが近代国家発展のための官制学校という起源を持つ東京大学の卒業生でありおまけに母校の教授でもあるという自負と責任感は、ブログでもたびたび示されていた。また、ビッグサイエンスを主導する科学者としての、大きな社会責任も常に彼の念頭にあった。

国際社会、特に米国や欧州の科学技術推進を直に知るだけに、日本のこの分野での教育や環境の不備を常に嘆き、提言を重ねていた。

さらに一癌患者となった後も、癌の症状や抗癌剤の副作用など、数々の例のデータベース化樹立と効果的な運用を強く訴え、患者や家族が情報の恩恵を共有できる社会を強く望んだ。

地球環境破壊、特に気候変動にはその死まで憂慮を抱き続け、それへの打開策として、いかにも素粒子物理学者らしく、化石燃料に対する核エネルギーの圧倒的効率性を肯定的に捉え、適切に管理されさえすれば原子力発電はきわめて有効な手段であると力説した（戸塚の死後に発生した福島原発事故を彼が知ったら、どういう意見を述べたであろうか）。

このように、自分が社会に対してやらねばならぬ、訴えねばならぬことがいくらかでもあるからこそ、癌によって不自由な身となり、あれもこれもできぬとなった不甲斐なさを深く嘆いていた（これは生命医療倫理学における「社会的なペイン（苦しみ）」とよばれる）。

ブログの開設と膨大な量の執筆は、それをせめて埋め合わせようとする彼の想いがあらわされたものであろう。我々はそのブログを中心に、戸塚の遺産からさまざまなことを学ぶ必要がある。

※併せて、拙論「戸塚洋二の死生観——自然科学者の自己客観視——」（関東医学哲学・倫理学会『医療と倫理』12, 2020, pp.21-36）をご参照くだされば幸いである。

TOTSUKA Yoji, his view of science and thanatology

INO, Ren

Abstract:

TOTSUKA Yoji (1942-2008) was a world-renowned Astro-ray physicist specializing in neutrinos and considered the leading candidate for the Nobel Prize in Physics, but died of cancer just before his honor.

His view of science is penetrated by the spirit of an experimental physicist, and his view of life and death [thanatology] is penetrated by his objective self-awareness.

This paper examines his views and humor [*kaigyaku*], similar to the Meiji period literary magnate MASAOKA Shiki (1867-1902).