

‘07 立花隆ゼミの小冊子

SCI note<sup>2</sup>

第一部—‘07 五月祭特別講演・討論企画：

# 徹底討論・核融合 「点火&アフター」

IGNITION & AFTER

- ・卷頭言（立花隆）
- ・演者紹介
- ・核融合とは？
- ・核融合の種類
- ・抄録集

第3回自然科学研究機構シンポジウム / パネルディスカッション  
文藝春秋 2005年3月号より  
「日本の敗北 核融合と公共事業」（立花隆）

- ・用語集、コラム

‘07 立花隆ゼミの小冊子

SCI note<sup>2</sup>

サイ

<http://sci.gr.jp/>



KENBUNDEN.NET

## 第二部 立花ゼミの これまでとこれから

## 第三部

‘06 五月祭特別対談報告  
オリジナルとコピーのはざまで  
—ゴーストが宿る場所—

## 徹底討論・核融合

### 『点火＆アフター / Ignition & After』

- 4 卷頭言
- 6 演者紹介
- 8 核融合とは
- 15 核融合の種類（磁気閉じ込め核融合・慣性閉じ込め核融合）
- 31 抄録集 { 第三回自然科学研究機構  
シンポジウム 「宇宙の核融合・地上の核融合」  
文藝春秋 2005年3月号 「日本の敗北 核融合と公共事業」
- 60 用語集
- \* コラム（真面目にビームサーベルを考えてみる [12], 最強の電子レンジ [29],  
月面超電磁リング [52], 宇宙線研のカミオカンデ [55]）

## 第二部：

### 立花ゼミのこれまでとこれから

- 88 立花ゼミのこれまでとこれから
- 89 これまで { 「SCI（サイ）」ができるまで  
企画体験記—“INNOCENCE に見る近未来科学”
- 93 これから { 「見聞伝 .net」ができるまで  
企画体験記—“球形トカマク取材”

### オリジナルとコピーのはざまで —ゴーストが宿る場所—

- 100 企画の意図
- 101 企画のこれまでとこれから
- 103 対談採録

# この冊子について

〔冊子制作責任者／加藤 淳〕

この冊子は三部構成になつていて。

まず第一部に、今年の五月祭の討論会をよりよく理解してもらい、あとから振り返つてさらに納得してもらえるよう編集した記事や資料を収めてある。

討論会は、立花ゼミが年度をまたいで核融合に関して調べ、書き、発信している「核融合のこれまでとこれから」という企画の一環である。この企画は年度をまたいでいるため、立花ゼミの「これまでとこれから」を橋渡しする役も担つていている。

第二部では、昨年度までに立花ゼミが作つてきたものを振り返り、今年度から始まつた新たな動きを紹介している。

さらに第三部には、昨年立花ゼミが五月祭で主宰した対談企画の報告を収めてある。これは「イノセンスに見る近未来科学」という企画の成果であり、核融合とは直接関係ないが、ともに未来の科学について示唆を与えてくれる内容だ。

なお、本文中で下線が引いてあるキーワードは、84ページ以降の用語集に解説が掲載されている。  
また、見出し下に付してある「」（きつこうカッコ）内の人名は文責である。

# 第一部

五月祭特別講演・討論企画：

# 徹底討論・核融合 「点火＆アフター」

IGNITION & AFTER



# 卷頭言

〔立花 隆〕

核融合の研究は、今や完全に実用化を視野に入れる段階に入った。

磁場核融合の世界では今年、国際熱核融合実験炉（ITER）がいよいよ建設段階に入り、2017年実験開始、2020年代初めの点火がほぼ確実視されている。

一方、慣性閉じ込め核融合（レーザー核融合）の世界では、97年から建設が開始された米国立点火施設（NIF）が完成に向かいつつある。パワーレーザー192本のうち、すでに48本が完成し、昨年末に試し撃ちが終わっている。ターゲット、ターゲットチャンバーの準備も着々進んでいる。2010年からフルショットの実験が行われ、実験開始後まもなく、点火する（点火の定義は磁気閉じ込め核融合と異なる）と、豪語している。

今や、核融合の世界は、「点火後」を論すべき時を迎えていた。

点火後に目指すべきは、もちろん実用化（商業発電）だ。しかし、そこに至る道は平坦ではない。多くの困難が予想され、そのロードマップもタイムテーブルも未確定だ。点火はすぐそこに見えているが、「点火後」がさっぱり見えないという状況なのだ。

いまなすべきことは、見えない部分にメスを入れ、見えない原因を解析することだ。そして、見えない部分を見えるものに変えていく努力を直ちに始めることである。

日本の核融合研究は、全方位的に展開されてきて、いずれの方面でも高い成果をあげてきたという特徴がある。しかし、「点火後」を考えたとき、このままの研究体制・研究リソース配分をつづけていてよいのかという問題がある。このあたりで、研究戦略のグランドデザインそれ 자체を再検討すべき時がきているのかもしれない。

原型炉の登場が予想される中期未来（およそ30年後）から、商業発電が行わるようになる中長期未来（およそ50年後か?）にかけて、どのようなロードマップを描くことができるのか。乗り越えるべきどのような困難があるのか？それを乗り越えていく見通しはどれくらいあるのか、そのあたりをキチンと論すべき時がきているように思える。

我々、東大教養学部立花ゼミは、この3月に有楽町の国際フォーラムで開催された自然科学研究機構主催のシンポジウム「宇宙の核融合・地上の核融合」を、その準備過程から手伝う中で、核融合研究に深い関心を持つに至った。シンポジウムでは、核融合研究がめざましく発展してきており、点火を目前にしていることを肌で感じた。しかし一方で、率直に言つて、核融合研究がどういう方向に動こうとしているのかがサッパリ見えてこないのはどういうことなんだ、このままではよいのかという思いにかられた。

そこで、各研究領域（トカマク、ヘルカル、レーザー、球形）の第一人者をそろえて、徹底的に語り合う場としてこの討論会を企画した。この様に研究の流れが根本的に違う核融合の研究者たちが、一堂に会して、その未来を公開シンポジウムの形で、とことん語り合うのは、日本で初めての試みである。

## 立花 隆

評論家・ジャーナリスト。1940年5月28日長崎生まれ。1964年東大仏文科卒業。同年、文藝春秋社入社。1966年文藝春秋社退社、東大哲学科入学。フリーライターとして活動開始。1995～1998年東大先端研客員教授。1996～1998年東大教養学部非常勤講師。2005年10月～2006年9月東大大学院総合文化研究科科学技術インテープリタ－養成プログラム特任教授。2006年10月より東京大学大学院情報学環の特任教授。また、2007年より立教大学大学院21世紀社会デザイン研究科特任教授。



# 演者紹介

**松田慎三郎**（日本原子力研究開発機構執行役）



京都大学工学研究科修士課程修了後、日本原子力研究所入所。同研究所の核融合実験炉特別チームリーダー、ITER開発室長等を経て、平成14年には同研究所理事となり、平成17年より日本原子力研究開発機構執行役を務める。

今回の企画では、日本におけるトカマク型核融合研究の代表として日本原子力研究開発機構へ参加をお願いし、松田氏にご快諾いただいた。

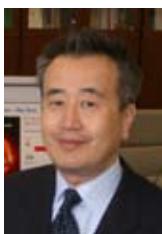
**畦地宏**（大阪大学レーザーエネルギー学研究センター教授）



岐阜大学工学部電気工学科卒業。岐阜大学工学研究科電気工学専攻修士課程修了。大阪大学工学研究科博士課程修了、工学博士。イエール大学応用物理学科助手等を経て1999年4月より大阪大学教授。現在の研究内容はレーザー核融合。

今回の企画では、慣性閉じ込め核融合を研究している阪大レーザー研の高部教授（「宇宙の核融合・地上の核融合」出演者）よりご紹介いただき、参加されることとなつた。

**山田弘司**（核融合科学研究所大型ヘリカル研究部プラズマ制御研究系研究主幹）



東京大学工学部原子力工学科卒業。東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻博士課程修了、工学博士。核融合科学研究所で教授・研究主幹として研究を重ね、総合研究大学院大学教授を務める傍ら、文部科学省で学術調査官など幅広い社会活動も行っている。

今回の企画には、ヘリカル型核融合研究の代表として「宇宙の核融合・地上の核融合」に統いてご参加いただいた。

**高瀬 雄一（東京大学大学院新領域創成科学研究科教授）**

東京大学理学部物理学科卒業。マサチューセッツ工科大学大学院理学系研究科博士課程修了、理学博士。その後、同大学プラズマ・核融合センターブル博士研究員、主任研究員等を経て、97年東京大学大学院理学系研究科教授。99年より現職。

今回の企画では、日本のITERプロジェクトなどでリーダーシップを発揮し、プラズマ物理・核融合研究において中心的役割を担う立場から参加をご快諾いただいた。

**岡野 邦彦（電力中央研究所上席研究員）→パネルディスカッションのみ参加**

77年東京大学工学部航空学科卒業。84年同大学院工学系研究科原子力工学専攻博士課程修了、工学博士。東芝研究開発センターを経て95年電力中央研究所入所。現在では電力中央研究所上席研究員を務める他、東京大学新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻の教授として大学院生の指導に当たっている。

今回のパネルディスカッションには、実用炉の設計研究をする立場として、さらには核融合を電気事業の観点から評価する立場として参加して頂く。

**小川 雄一（東京大学高温プラズマ研究センター長）→パネルディスカッションのみ参加**

1976年東京大学工学部原子力工学科卒業、1981年同大学院工学系研究科原子力学専攻博士課程修了、工学博士。名古屋大学プラズマ研究所助手、東京大学大学院工学系研究科教授などを経て現職。センター長として多忙な研究生活を送る一方、東京大学の学部・院で教育に携わっている。

今回のパネルディスカッションでは、核融合エネルギー開発の在り方、社会受容性を考慮しつつ発電炉設計を推進している立場から議論に加わって頂くことになる。



# 核融合とは？

〔加藤淳〕

この節では、企画のテーマである核融合の基礎を解説する。

宇宙はプラズマで溢れている！

まず、「核融合」は「プラズマ」と呼ばれる状態でしか起きない現象なので、その説明から始めよう。

プラズマとは、原子が原子としてまとまりを保っている固体・液体・気体のいずれとも違い、原子核と電子が離れ離れになつてしまふような状態を言う。（下図参照）

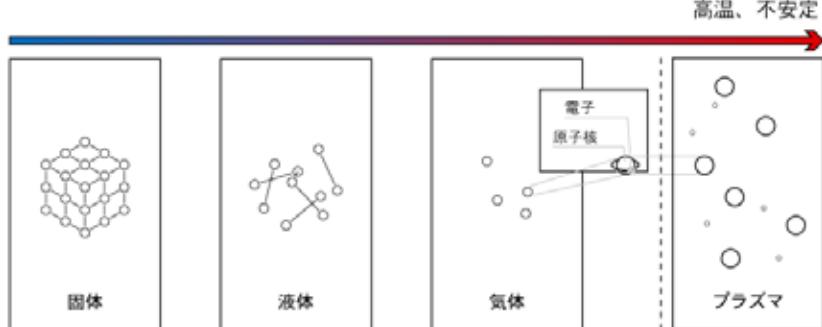
普段私たちが目ににするものは固体・液体・気体ばかり——という印象があり、何となく実現が難しそうに思えるプラズマだが、何と、夜空を見上げると光っている星々のほとんどが、プラズマ状態にある。オーロラもプラズマの一種だ。宇宙ではプラズマはごく当たり前の状態である。

さて、星々やオーロラのように発光することは、プラズマの大きな特徴だ。プラズマ状態では原子核や電子といった粒子がかなり速いスピードで運動しており、それらが衝突するとき光を発するのだ。

では、身の回りで光っているものにはプラズマはないのだろうか。

実は、夜空でなくとも天井を見上げればプラズマを使った発光を見ることができる。（正確にはプラズマ自体の発光ではない。）

図.1 右へ行くほど原子同士のつながりが弱く、プラズマではついに原子自体がそのかたちを保てなくなる。



蛍光灯である。

蛍光灯は密度の低い水銀蒸氣で満たされていて、それに電子がぶつかることで紫外線が発せられる。紫外線は人の目には見えないが、それがさらに蛍光灯の内側の塗料に当たって光ることで照明の役割を果たすのだ。また、今流行りの薄型ディスプレイのうち、プラズマディスプレイというのは、その名の通りプラズマの発光を利用している。液体を使っていて画面の激しい切り替わりに弱いとされる液晶に比べ、プラズマはそれを電子の速さで色を切り替えられるので、スポーツ番組などを観るのには適していると言われている。

### 太陽は核融合炉である。

夜空から家庭内まで広く存在するプラズマだが、やはり一番の代表格となると太陽が挙げられるだろう。太陽の中は常時プラズマ状態で、水素原子が衝突し、別の種類の粒子になり、さらに衝突が続していくいくつかの段階を経て最終的にヘリウムになっている。このように、粒子が衝突して融合し、新しい粒子が生成することを一般に核融合と呼ぶ。

太陽における核融合で発せられた光が地球に届き、あの暖かい日差しが降り注いでいるのだ。

さて、現代はエネルギー問題が極めて大きな関心事になる時代だ。化石燃料は底を尽きそうだし、原子力にしろ現在燃料として使っているウランの埋蔵量はそんなに多くなく、100年持たないとも言われている。使用済み核燃料からプルトニウムを抽出すれば話は別だが様々な問題がある。風力、水力、地熱その他の発電方法はあまり発電量を得られない。

では、どうすればいいのか。

—地球上に小さな太陽（みたいなもの）を作つてしまえばいい。

太陽光発電が十分実用化されているくらいだから、その光のエネルギーをもつと直接得られないか。つまり、核融合を地球上で起こし、生じるエネルギーのロスを最小限に留めた状態で発電機に回せれば…という考えのもとに研究が進められているのが核融合発電なのだ。

## 太陽と地球の事情は違う？

地上に小さな太陽ができたら万々歳である。燃料となる水素を投入したら勝手に発電してくれるなんて、最高ではないか。

ところが、実際の太陽と地上ではだいぶ勝手が違うようである。

太陽があのまんまるな形状を保てているのは、巨大で、それ自体の重さ（自重）が十分あるからだ。

質量のある物質同士は、りんごが地球に引き寄せられ（落ち）ると同じ理屈で引き合う。太陽を構成する様々な粒子は、それぞれが引き合ってまとまりを保てている、というわけだ。  
しかし、地上に太陽を作ろうとすると大きさが極めて小さくなる。すると、プラズマ状態になる部分の重さが足りず、十分に引き合わなくてかたちを自分で保てないので。

さて、そこで、核融合による発電を目指す場合、大まかに分けて二つのやり方が考えられる。

## 磁気閉じ込め核融合

一つは、プラズマを何らかの方法で安定させ、核融合反応が自然に起きる連鎖を長時間にわたって起こすやり方。後で説明しているように磁力でプラズマを閉じ込めるため「磁気閉じ込め核融合」と呼ばれている。

ITER計画のITER、核融合研究所のLHDはこちらのタイプだ。

## 慣性閉じ込め核融合

もう一つは、非常に高密度のプラズマを作り、ごく短時間プラズマ状態を保持して反応させるやり方だ。レーザーで高密度のプラズマを作るため「レーザー（慣性閉じ込め）核融合」と呼ばれている。なお、こちらは融合炉が太陽を模しているわけではない。一瞬で反応が終わってしまうからだ。太陽が爆発的に反応を起こして一瞬で消えてしまつては困る。

アメリカ、ローレンス・リバモア国立研究所のNIFや大阪大学の激光XIIなどはこのタイプに属する。では、以降、二つのタイプの核融合について詳しく見ていこう。

## コラム 「真面目にビームサーベルを考えてみる」

〔加藤淳〕

フォースを使って戦う某SF映画に、燐然と輝く~~セイバード~~が出てくる。あの光る棒はいつたい何でできているんだろう。フィクションにサイエンスを求めるのは時としてナンセンスだが、面白い話が転がり出でることもある。

### 大学生がシンポジウムの準備をしながら考えてみる

「宇宙の核融合・地上の核融合」のための準備をする過程で~~プラズマ~~と核融合について少し詳しくなった学生が真面目に考えてみると、こうなる。

—あの棒、公式の設定によれば、負電荷を帯びたイオン（マイナスイオンとか言われて一時期もてはやされたアレ）が持ち手の先端から出てレーザー状の光刃になるらしいので、まず間違いなく~~プラズマ~~を使っている。そもそも光を発するものにはそんなに種類がなく、ネオンサインも炎もオーロラも太陽コロナも、全て~~プラズマ~~状態で粒子が衝突を起こしたときに出来る光である。（ネオンサインは蛍光塗料を工夫したりガラス管に色をつける場合もあるが…。）

光の棒の場合は、負イオンが電子と原子核に分かれ、それらがぶつかることになるはずなので、あれだけ色に種類があることを考えるとネオンサインが一番近いかも知れない。

では、どうやって光の棒は光っているのかについて、改めて考察してみよう。

ネオンサインの場合は管が発光部分と大気を隔てており、管内をかなり真空に近い状態に保てている。気圧が低い富士山頂ではお湯が100度未満で沸騰する、という話を聞いたことがあるかもしれない。圧力が低いと粒子が自由に動きやすい状態になるのだ。じつさい、核融合を目指す炉は、炉内を真空に近くして必要な原子だけ封入し、~~プラズマ~~を起こす仕組みになっている。

ところが、ライトセーバーは大気圧中で大気と何の境界もなくプラズマを発生させている。素直に同じ仕組みを使おうとすると、大量の電力が必要になる。さらに、電力の問題を技術面でがんばって解決したとしても、発光する前に周辺の空気へ向けて放電してしまう。光る棒を起動するジエ〇イが周囲を巻き込んでことごとく感電死・焼死するのは見たくないのでもう少し何か考えてみよう。

核融合炉では磁力でプラズマのかたちを制御する。プラズマ状態にある粒子（電子や陽イオン）はプラスかマイナスに帶電しているため、加速度を持つて動いているときそこに磁場があるとローレンツ力（ $\downarrow$ 15ページ）を受ける。

では、磁力を用いてプラズマのかたちを棒状にできないのだろうか。そうすれば、さしあたり放電は起こさずやつていける気がする。

ところが、たぶんそれは無理である。

核融合炉の例で言えば、プラズマのかたちを保つための磁場の設計に相当苦労している。

例えばトカマク型核融合炉では、ドーナツ状の磁場を作ったうえ、そこを高速で移動する粒子に電流を流して磁場にねじりを加えている。また、ヘリカル型核融合炉ではドーナツ型の領域を二重螺旋で囲むイメージでねじった磁場を作る。ドーナツ型の閉じたプラズマを作るのにそれだけ苦労するわけで、棒状で閉じた磁場を棒の両端から閉じ込めて作るならともかく片側からの力のみで作り出すのは現実的ではない。

### その道の研究者に考えてもらう

こうして悩んでいたところ、「宇宙の核融合・地上の核融合」の準備でお世話になつた、プラズマを専門とする核融合研究所の人ほとんどないことを聞いてしまつた。何と、あの光の棒のようなものを作っている人がいると言うのだ。こうして紹介されたのが大阪大学大学院工学研究科原子分子イオン制御理工学センターの北野勝久さんである。早速話を伺いに行つたら、次のようなことを言われた。

まず、プラズマが常温常圧ではできないと思つたらそれは間違いである。大気圧プラズマという研究分野が、実は今、なかなかに面白いのだ。例えば、ヘリウムガスなどの低電圧で放電が持続しやすいガスを使えば、それほど電圧も要らずにプラズマを作ることはできる。

また、棒状で閉じてあるプラズマを片側から作るのは無理でも、閉じていないプラズマを作ることはできる。外へ広がる磁力線を使ってそこにプラズマを流してやるような方式なら、人工衛星用のプラズマスラスターの研究が進められている。

では光の棒が実現できるかというと、実は棒の長さが一番の問題になつてくる。大気中では、ヘリウムのガス流すら綺麗に作ろうとしても難しいのである。

とは言え、かなりのガス量を流せば1m程度の長さを作れるかもしれない。  
ただし、

- ・50%のガスボンベを背負つても10分もたないかも知れない。(ジエダ〇の騎士なら可能か?)
- ・低電圧だと大腸菌は殺せるが人は殺せない

—このように理路整然とオチをつけられて光の棒の存在意義を否定され、がっくりしていたら、

さらにテスラコイルを使つたりして電圧をあげてやれば光の棒程度のことができる可能性はある。光の棒を握つている人が感電死してしまう可能性も大きいが、絶縁対策などそれなりに技術開発できればいけるかもしれない。ジエダ〇の騎士なら空中に浮かべるので、かなり程度の良い絶縁ができる可能性もある。

—というわけで、光の棒はフォースの力が無いとなかなか現実的じやなくて、やはりジエダイ専用の武器だということが、工学的にも自明なのだそうだ。話を聞きに行つた学生陣は、オチが一段で終わらず二段構えだったことに感動しつつ、プラズマの奥深さ・懐の深さに驚いた、とのことである。

コラムでは光の棒の話に終始してしまったが、北野さんの研究内容について写真付きで詳しく解説した記事は「SCI(サイ)」に掲載されている。遊び心を持つつも研究内容はとてもしっかりしており、一見に値する。

# 磁気閉じ込め核融合

## 原理

〔加藤淳〕

「プラズマでは原子核や電子がばらばらに飛び回っていることはすでに説明したとおりである。（→8ページ）

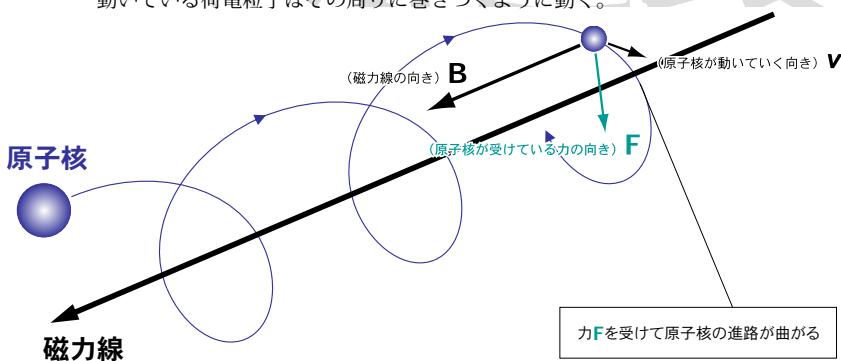
電子や原子核は、プラスやマイナスの電荷を持つた粒子（荷電粒子）だ。磁気閉じ込め核融合では、動いている荷電粒子が、磁場から力を受けることを利用する。この力、高校で物理を取った人には「ローレンツ力」とか「フレミングの左手の法則のやつ」と言つたら伝わるかもしれない。（下図参照）

磁場から力を受けた粒子は、何らかの領域に範囲を限定されて動く。オーロラが上から降つてくる光のカーテンのように見えるのは、荷電粒子が帯状の領域に範囲を限定されて動きながら発光しているからなのだ。（次ページ図3参照）

これと同じ原理を利用すれば、磁場のかたちを工夫してやることで、プラズマ状態の粒子を特定の場所に閉じ込められる。

図.2

まっすぐな方向に磁力がはたらいていると、動いている荷電粒子はその周りに巻きつくように動く。



左下の図4は、金網のよう表現された炉の中でプラズマ状態の粒子が動く軌跡をシミュレーションで描画したものだ。軌跡を表す線が、ぐるぐる回つて出口がなく閉じ込められているのがお分かりいただけるだろうか。

(白黒だと、ちょっと分かりづらいかもしれない。この記事のカラー版が、立花ゼミのWebサイト「SCI (サイ)」にある。そもそもこの節の内容は「宇宙の核融合・地上の核融合」への準備の一環で書かれ、Webに掲載された記事を冊子用に多少改稿したものなので、より詳しく核融合について知りたければ、ぜひ「SCI (サイ)」へ行つてみてほしい。)

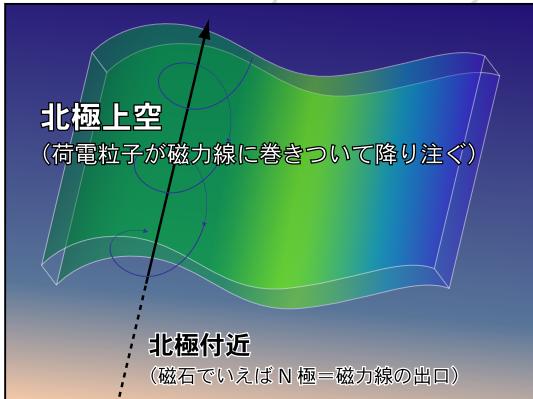


図.3 オーロラ

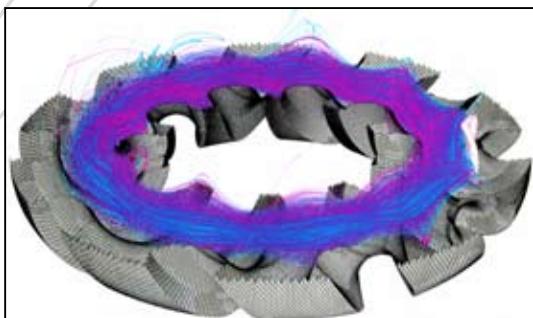


図.4 プラズマ粒子の軌跡  
(資料提供:核融合科学研究所)

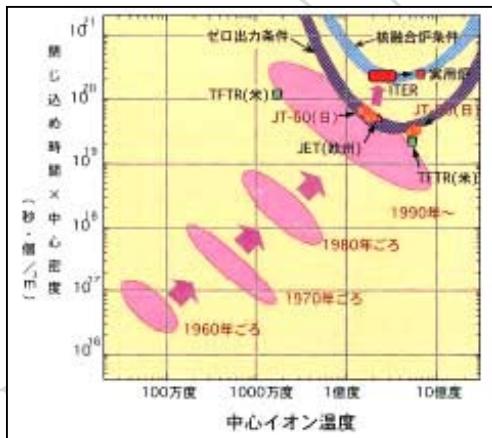


図.5 日本原子力研究開発機構  
2001年度成果報告書より

- ・高温のプラズマ状態を作り出し、（「中心イオン温度」が高い）
  - ・プラズマ状態で活発な粒子を発散させず閉じ込め続け、（「閉じ込め時間」が長い）
  - ・粒子同士が衝突、融合できる密度が高い状態に保つ（「中心イオン密度」が濃い）
- 磁気閉じ込め核融合で発電するためには、これらの三点セットが不可欠だ。
- 「中心イオン温度」「閉じ込め時間」「中心イオン密度」という三つの数を掛け算した値は「三重積」と呼ばれ、すでに、実用的な核融合炉を作るために必要な三重積の値が算出されている。

上の図は、横軸が「中心イオン温度」、縦軸が「閉じ込め時間」と「中心イオン密度」の積だ。このグラフの一番右上にあるU字型の帶の内側にポイントできる炉が、必要な三重積の値を満たす、実用的な核融合炉ということになる。なお、資料が少し古いこと、あって核融合研のLHDは載っていない。

高温を作り出すには加熱するための強力な装置が必要で、高密度なプラズマを保つには優れた磁石が必要である。

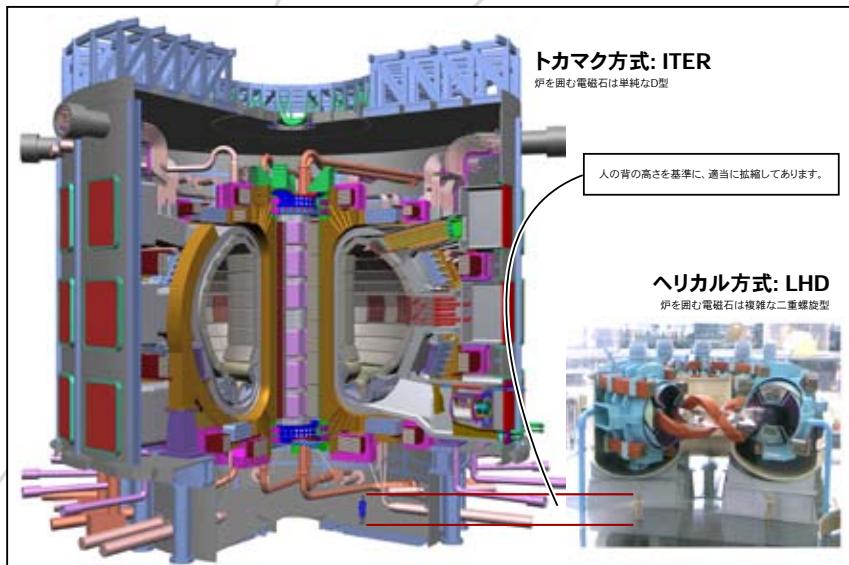


図.6 ITER と LHD

要件を満たすためには主に二つの方法（トカマク方式、ヘリカル方式）があり、最近、トカマク方式から派生した新しい方法（球形トカマク方式）が有望株として急成長してきている。

乱暴な言い方をしてしまえば、比較的単純な構造の空間にプラズマを封入し、さらに工夫を重ねて閉じ込めるのがトカマク方式、ちょっと作るのが難しい構造の空間にプラズマを封入してその構造だけで閉じ込めを実現するのがヘリカル方式だ。

研究が先行していたトカマク方式では、現在、国際的な協力・分業体制のもとでITERの建設が進められている。

一方のヘリカル方式では、日本の核融合研究所が世界で最大の試験機LHDを一台保有しており、そこで様々な実験と改良が行われている。

## トカマク (Tokamak) 方式

〔皆川秀洋〕

### 起源

トカマクは1950年代に旧ソ連で開発された。68年に開催された国際会議で、クルチャトフ原子力研究所からその優れた性能が報告されると、たちまち世界中の研究者たちの注目を集め、その2年後の1970年にイギリスの測定チームによつて旧ソ連の報告が正しいことが証明されると、世界各国がトカマクの建設に乗り出した。

トカマク方式の誕生は、核融合の世界においては、非常に大きな意味を持つ。しばしば核融合の歴史が「トカマク前」、「トカマク後」と分けられるほどなのである。

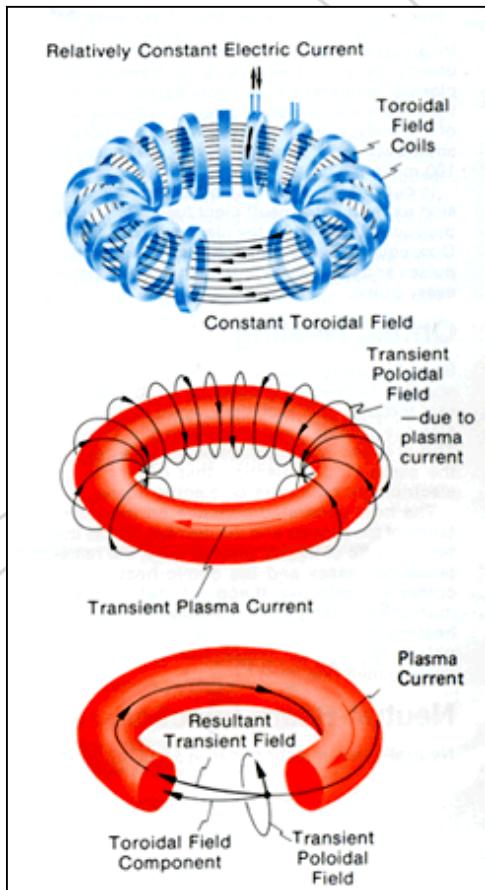


図.7 二種類の磁場で閉じ込められるプラズマ

### プラズマの閉じ込め方

トカマク方式では、上のよううにドーナツ状の空間を二種類の電磁石で囲んで磁場を作り、プラズマの閉じ込め（図・下）を目指す。

一種類はドーナツの周に沿つた方向（トロイダル方向、図・上）に磁場を作り、もう一種類はドーナツの断面を周回する方向（ポロイダル方向、図・中）に磁場を作っている。

## ITER（国際熱核融合実験炉）計画

ITERは「イーター」と読む。ITERとは核融合発電の実現のための国際共同実験炉を作ろうという計画である。ITERはアメリカ、日本、ヨーロッパ諸国が主体となつていて、史上類を見ない巨大核融合炉なのである。各国がITERを分担して制作し、あと10年もすると、実験運転を開始する予定である。

核融合炉には2つの条件がある。臨界プラズマ条件と核融合炉条件といつてそれぞれ、「つぎ込んだエネルギーと同じだけのエネルギーがかえってくる条件」と、「実際に発電方式として採算の取れる条件」である。今までには、一つ目の条件を満たすものしかなかつたが、ITERが完成すれば、二つ目の条件も満たしうる史上初の核融合炉の誕生となるのだ。

そもそもITERという、これだけの大がかりな国際プロジェクトが発足したのには理由がある。一つには、磁気閉じ込め核融合による発電が軍事と関係ないこと。そして、核融合が「人類の存続を賭けた」全人類計画だということである。（このまま行くと人類はエネルギー枯渇によって滅びてしまうかも知れない。）

ITER計画の発端は1985年に遡る。当時、ジュネーブで開かれた米ソ首脳会談において、アメリカと旧ソ連が平和利用のための核融合研究の重要性を認め、核融合エネルギー実用化のための国際協力について合意したのだ。これが契機となつて核融合研究で先行していた米国、ソ連、日本および欧州原子力共同体の代表者が協議を開始し、ITER計画が発足した。

# 球状トカマク (S<sub>T</sub>, Spherical) 方式

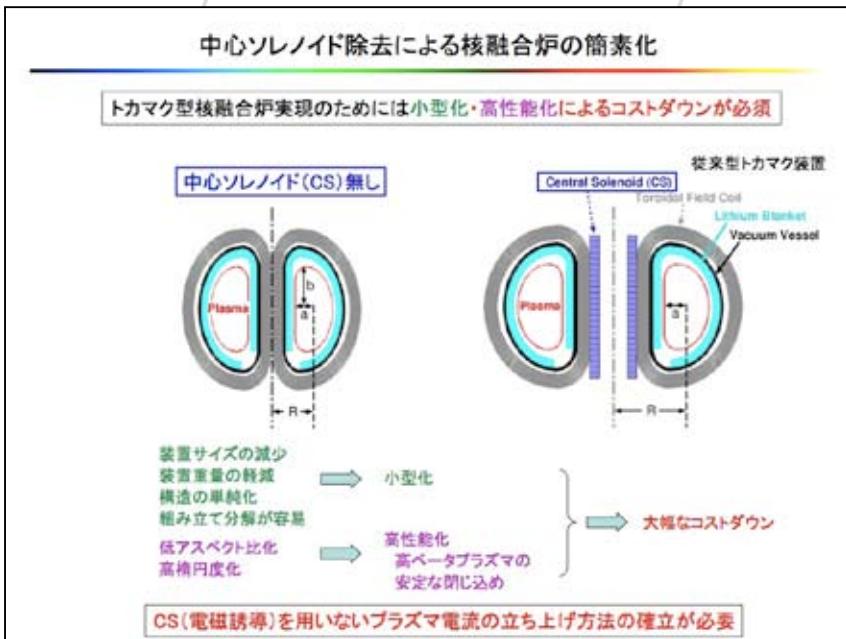
【皆川秀洋】

## 経済的な問題の解決

現在、核融合発電実現に向けて大きな問題の一つが莫大な建設費用だ。現在あるほとんどの核融合炉が1億円以上かけて作られたものだし、ITERともなると、なんと数千億円もの費用が必要となる。現在の球状トカマク研究の高まりは、主に、その「巨大さ」ゆえに必要となる巨額の費用を抑えるために、核融合炉の小型化が必要だという認識に根ざしている。

球状トカマクでは、核融合炉小型化の為に中心ソレノイド (CS, Central Solenoid) を無くすことを現在目標の一つとしている。これは球状トカマクの特質上実現可能のことなのである。これが実現すると、装置の小型化とともに大幅なコストダウンが可能となる。(下図参照)

図.7 ST(球形トカマク)にはCS(中心ソレノイド)がない



### 通常のトカマクと大きく異なる物理特性

今日の球状トカマク研究は1986年に考案された設計がその基礎となっている。「球状トカマク」とは、アスペクト比が概ね2以下のトカマクのことである。わかりやすく言うと、トカマクのドーナツ形状に対し、ドーナツの外径と内径の比率を変え、球に近い形状にしたものであり、通常のトカマクとは大きく異なった物理的特性を持つ。

球状トカマクでは当初、通常トカマクで起きるディスラプションという原因不明の装置の破損現象は観測されていなかった。これは球状トカマクの利点となっていたが、その後にIRE (Internal Reconnection Event) と呼ばれる緩和現象が複数の装置において観測された。トカマクで起きる問題が解決したように見えたのに、今度は別の現象に悩まされることになったわけだ。

球状トカマクは、他の方式と比べるとまだまだ未知の部分が多いのである。

## ヘリカル（Helical）方式

〔酒井 寛〕

### プラズマの閉じ込め方

二種類の単純な形の電磁石を使ってプラズマを閉じ込めるトカマク方式に対し、ヘリカル方式では、二重螺旋のかたちをした超伝導電磁石、ヘリカルコイルを使っている。Helicalは英語で螺旋を意味する。この電磁石は、全体としてはドーナツに沿つた磁場にねじりを加えることで、左上の図のような磁場を作り出している。

次の二つは磁場の断面図である。プラズマをうまく閉じ込めるためには、閉じた面が入れ子状に重なつてい る状態が必要であった。

実際にLHDでは磁場は閉じた面が同心の楕円が重なつたような構造をしている。このように、高温かつ高密度のプラズマをうまく閉じ込めるために、磁気面に工夫を施してあるのである。

図.7 ヘリカルコイルと  
それによってできる磁場

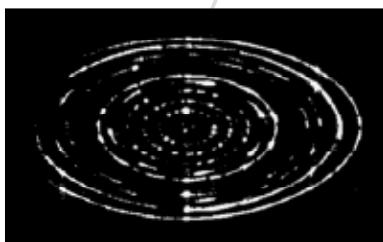


図.8 磁場の断面

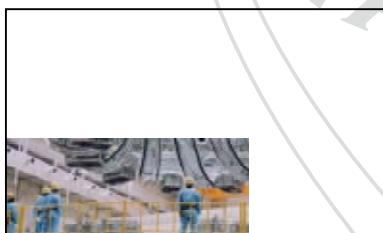


図.8 精密に作られた LHD（実物写真）

また、LHDで使われているヘリカルコイルは、LHDの直径8mに対しても、巻き付け位置の誤差わずか2mmの精度で作られている。さらにこの値は、発生する強力な磁場と、それに加えて超伝導を実現するのに必要な温度（マイナス269℃）と外気の温度差に耐えうるよう考慮されている。

この途方もない精度は、設計図どおりに作られた部品と、それらを熟練した技で接合する技術者がいて初めて実現できた。多くの積み重ねの上に成り立つこの完成度は、まさにテクノロジーの勝利と言えよう。

### プラズマが燃焼するときに起こること

ここまででは「プラズマ」の「入れ物」について見てきたが、これからはプラズマ自身の動きを見る。プラズマの動きを把握することは非常に重要である。長時間プラズマを燃焼させるためにはエネルギー損失を抑制するこ

とが不可欠だが、プラズマの動きに関する知見はその抑制のために大いに役立つのだ。  
LHDにおいてプラズマ燃焼時、イオンや電子は右ページの図にあるようなドーナツ状の磁場の中を高速で回っている。粒子同士が衝突し、その衝撃で粒子が逃げてしまふ動きは、ふつう新古典輸送理論という理論で解くことが可能である。しかし、1億度近い温度では粒子はかなりの高速で運動している。想定以上の速度で運動する粒子同士の衝突現象の中には、新古典輸送理論では説明できない動きが存在する。これを異常輸送という。この異常輸送が、プラズマ燃焼の際に予想外のエネルギー損失を引き起こし、長時間燃焼の障害となるのである。異常輸送問題が解決されれば、より完全なプラズマの閉じ込めにつながり、長時間プラズマを燃焼させられるようになる。

### 商業発電に向けた課題

ヘリカル方式では異常輸送の解明が待たれており、1億度近いプラズマの振る舞いもまだ理論的には理解できていない。しかし、様々な実験を重ねることによって、完全ではないまでも、ある程度までは超高温プラズマの動きを把握できるようになってきた。核融合研究は、それをコントロールできるようになつたとき、商業発電に向けて、また大きな一步を踏み出せるのである。

# 慣性閉じ込め核融合

〔岩間 祐典〕

日本における慣性閉じ込め核融合（レーザー核融合）の主たる研究は大阪大学のレーザーエネルギー学研究センター（レーザー研）で行われているので、以下の慣性閉じ込め核融合についての記述（特にレーザーの性能など）はレーザー研の事例である。

## 原理

### 1. レーザーで核融合を起こす

核融合を起こすキーワードは「高温」、「高圧」、「十分な閉じ込め時間」だ。これは、磁気閉じ込めでも（↓15ページ）、レーザーで核融合を起こす場合でも同じである。

レーザーで核融合を起こすには、まず強力なレーザー光をミリメートルサイズの球殻燃料（レット）に均一に照射する。すると高圧の「プラズマ」ができる、中心に向けて球殻燃料が加速する。これにより燃料が圧縮（爆縮）し、固体密度の数百～千倍以上の超高密度状態が生まれる。

こうして、核融合を起こすのに必要な「高温」「高圧」が達成されることになる。

### 2. 「慣性閉じ込め核融合」の「慣性」とは？

残りの条件「十分な閉じ込め時間」はどのように達成されるのだろうか。

「慣性閉じ込め核融合」の「慣性」と、「慣性の法則」の「慣性」は同じ意味だ。爆縮を起こした高温・高圧の「プラズマ」は、すぐにより低温・低圧になろうとして周りに拡散しようとするが、慣性の法則によつて、有限時間高温高圧が保たれる。

慣性閉じ込め核融合ではこの慣性の力による「プラズマ閉じ込め」によって、「十分な閉じ込め時間」を確保してしまおうと、こうアプローチを取つてゐるのである。

### 3. 最新の高速点火法

さうに効率よく核融合を起こすための「高速点火法」という工夫もなされている。

高速点火法では、高密度圧縮で使つたレーザーとは独立に、千兆ワットにもなる超高強度レーザーで瞬間的（千億分の一秒以下）に超高密度プラズマを加熱・点火する。これにより高密度爆縮と加熱を独立に最適化でき、高い核融合利得が期待できる。

#### 方法

##### レーザー

燃料を爆縮させ、核融合を起こさせるためのレーザーは、非常に強力なものである。大阪大学のレーザー研究では、激光XII装置、GMII装置、ペタワット装置の3つの大型レーザー装置が稼働し、また、LFEX装置の立ち上げが行われている。GOD (Glass laser system Operation and Development) グループでは、これらの大型レーザー装置の運用および開発を行つてゐる。

##### 激光XII号

1983年に完成した当時世界最大の大型ガラスレーザーシステム。発振器から最終のターゲットまで約270mの距離がある。1ビーム当たりの最終エネルギーは、約2kJ（パルス幅1ns）、最終口径350mm径になる。激光XII号では、このビームを12本持つており、最大トータルエネルギー約24kJ（パルス幅1ns）を出力することができる。また、パルス幅が100ps時には、基本波長で50TW（ペタワット）を出力するこ

とができる。

(但し、現在では、レーザーでの光学部品への損傷を最小限に抑えるためにエネルギー制限を行つて、長期に安定動作するよう、オペレーションが行われている。)

現在では、発振器に改良が加えられ、多種多様なレーザーを発生させ、エネルギーを増幅して、プラズマ実験に寄与している。

レーザーショットは、フラッシュランプに20kVのパルス電圧を加えて放電するため、増幅器内に熱がこもる。この熱を取り除くために窒素ガスで冷却しているため、高出力ショットのショット間隔は、2～3時間となつていている。

### 激光MⅡ号

1980年に完成した激光MⅡ号は、激光XII号のプロトタイプ、「激光XII号モジュール」として開発された。

激光MⅡ号は、2ビームのレーザー装置であり1ビーム当たり波長1ミクロン、パルス幅100ps時において、約340J(3.4TW)を出力する。激光MⅡ号は、本来、激光XII開発用のレーザー装置であったが、現在でも、2ビーム照射チャンバーを用いたプラズマ実験も行うことができ、その後の研究の展開に大きな役割を果たしている。

### ペタワットレーザー（休止中）

2001年に完成したペタワットレーザーは、慣性閉じ込め核融合の先進的点火方式である高速点火基礎研究を目的とした高輝度パワーを出力する。パルス幅は0.5ps～1ps、波長は約1ミクロンで500Jの出力をすることから最大1PW(ペタワット、10<sup>15</sup>W)となる。

このレーザーは、高度なタイミング調整により、激光XII号ショットと同期してショットすることができます。

## L F E X 装置（建設中）

L F E X は、「高速点火原理実証プロジェクト第1期—F I R E X - II」における高速点火用レーザーシステムである。ペタワットレーザーに取つて代わるために、2004年度から本格的に建設に入り、2006年11月現在、增幅器部に関して、予定の性能を出せる結果を得られている。370mm×370mmの四角ビームを4ビーム有し、この4ビームを1つのビームとして集光することにより、10kJ／10ps=1PWの高エネルギー・高ピーカ出力を発生させることができる。增幅装置では、省スペース化と省コスト化を両立するための新しい技術が数多く試みられている。その一つとして、ディスクガラス増幅器のガラス1枚の大きさは、世界最大級の800mm×400mm×40mmであり、1ビーム当たり、8枚使用されている。

## 要件

核融合炉としての実現のためには、高繰り返しレーザーの開発が必要である。現在、レーザーは1時間に1回使うことができるが、炉の実現のためには1秒に10回というスピードで繰り返しレーザーを放たなければならぬ。頻度を約10000倍もあげなくてはならないのだ。さらに、現在の技術では電気エネルギーの0.1%しかレーザーエネルギーに変換できないが、炉の実現のためには10%まで向上させる必要がある。

## コラム 「最強の電子レンジ」

【著者】蓬田秀行

この節で取り上げたヘリカル方式の核融合炉で、プラズマを加熱する方式として研究が進められている「マイクロ波加熱」という分野がある。核融合科学研究所の佐藤元泰先生は、マイクロ波加熱を核融合に限らず様々な分野に応用しようと研究している。その詳細を追つた。

### マイクロ波加熱とは

マイクロ波加熱という言葉がピンとこない方もいるかもしれないが、いまや日常生活に欠かせない電子レンジこそ、マイクロ波加熱の身近な実用例である。電子レンジは、マイクロ波を食品中の水分子にあてることで極性をもつ水分子が振動し、温度が上がる。

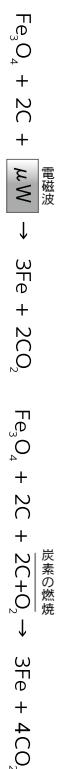
ここで注目すべきは、マイクロ波加熱が、粒子（電子レンジの場合）は水分子）一つ一つに「直接」働きかけて、その温度をあげるということだ。従来の加熱では、火にあぶられて運動が大きくなつた粒子が隣り合う粒子にその運動を伝えていく（熱伝導）ことで全体の温度があがつていた。つまり、従来は隣り合う粒子は同じ温度（微視的には平衡）だが、外が暑くて中が冷たい（巨視的には非平衡）のに対し、マイクロ波加熱では隣り合う粒子でも性質が違うと温度が違う（巨視的には平衡）が全体の温度は一様にあがる（微視的には非平衡）というわけである。

### マイクロ波加熱で製鉄する

ところで、金粉で装飾された食器を電子レンジに入れて火花が散るというような経験が無いだろうか。電子レンジでは電気を通すもの（導体）を温めることはできない。その導体内に電流が発生し、ショートを起したような状態になるからだ。

ここで佐藤先生が登場する。今までの常識では加熱することができなかつた導体でも、マイクロ波で加熱できるというのだ。さらには、マイクロ波加熱を製鉄に応用することによつて、素材産業を根本から変えると いう。ここからが表題「最強の電子レンジ」の「最強」たる所以である。

先に述べたように、金属を電子レンジで加熱できないのは導体内で電流が発生してしまってからである。逆にいうと、電流が発生しなければ過熱することはできる。これがミソだ。つまり、導体は導体でも不連続体（粉状のもの）であれば加熱可能なのだ。網状のネットを水が通り抜けるように、不連続な導体であればより波長の短いマイクロ波が通ることができるわけだ。さて、ここで二つの化学反応式をみてもらいたい。



下が従来の高炉で行われている製鉄の過程で、上がマイクロ波過熱を利用して起そうとしている製鉄の過程である。同じ質量の鉄をつくるのに必要な炭素の量が上のほうが下の半分になつていてることがおわかりいただけるだろうか。これは式の上だけでの話ではなく実際に実験室レベルではすでに成功している。

### 核融合発電が人類文明を支える

製鉄に必要な炭素量が減ると何がうれしいのか？—石油危機のような大事件を例にあげるまでもなく、地球上の化石燃料は無尽蔵にあるわけではない。それに変わるものとして、自動車でいえば電気自動車や水素燃料の利用などが研究されている。そこで核融合で発電された電力をマイクロ波加熱のエネルギー源として使うことで、核融合発電の利用範囲を広げようということである。それによって作り出した鉄を、核融合炉の素材として使用するといった、化石燃料を介さないサイクルができることがあることも夢ではない。

最近、電気コンロというものが普及してきているが、化石燃料を使わなくなつた未来では炎を見る機会がほとんどなくなつているかもしれない。今や多くの部分で電力が化石燃料の役割に取つて代わっているが、エネルギーの使用割合をみると素材産業ではやはり火力、すなわち化石燃料の消費に頼る部分が大きい。そこに、佐藤先生のマイクロ波加熱による製鉄が切り込んでいこうというのである。

このサイクルは、現在の主な電力供給源である火力発電や、原子力発電（ウラン燃料の製造過程などにおいて）では、化石燃料が欠かせないから完成されない。それらにとつて代わるものとして、核融合発電に期待しよう。

# 抄録集

今回の企画は、巻頭言でも述べられていたように、唐突に降つて沸いたものではない。それにいたるまでに、2005年3月号の文藝春秋に執筆された記事があり、そして2007年3月21日の第3回自然科学研究機構シンポジウム「宇宙の核融合・地上の核融合」があった。

この冊子には、その両方に関する記事を収録してある。

シンポジウムについては、次のプレスリリースをお読みいただければ、テーマはお分かりいただけるはずである。また、くだけた（分かりやすい）ところは全文掲載してあるパネルディスカッションで、特にオイシイ（面白い）ところは第一節の中にちりばめてあるコラムで、ある程度読んでいただけるようになつている。コラムの中には、一日限りのシンポジウムでは触れられなかつたけれどもゼミ生が追加取材して調べてきた話題も含まれている。

シンポジウムについて詳しく知りたい場合は、立花ゼミのWebサイト「SCCI（サイ）」で全容を動画配信しているので、ぜひご覧いただきたい。

文藝春秋の記事「日本の敗北核融合と公兵事業」は、全文を掲載した。

## プレスリリース

〔自然科学研究機構〕

自然科学研究機構は、自然科学に関する5つの研究機関、国立天文台、核融合科学研究所、基礎生物学研究所、生理学研究所、分子科学研究所から成り立っています。

本機構が立花隆氏と共に企画した、自然科学研究機構シンポジウム第3回では、「宇宙の核融合・地上の核融合」と題して、核融合エネルギー研究の最前線を分かりやすく紹介します。

核融合は科学技術の中でも一般の方々に理解が一番乏しい分野ですが、実は宇宙では一番普遍的な現象です。（星は全て核融合で光っている。）人間を含む地球上の全ての生命体も核融合エネルギーで生きています（太陽は核融合エネルギー）。現に地球は今、太陽エネルギーの恩恵と化石エネルギー（太陽エネルギーの遺産）に頼つて生きています。しかし、それだけではいずれ滅亡してしまいます。そうならないためには、自ら核融合エネルギーを手にすることが必要です。その研究は今まで来ているか。自然の核融合研究と人工の核融合研究の全てを伝えるシンポジウムです。シンポジウムの締めくくりとして、「一千万年続く高度文明は存在するか？」と題し、司会にNHKアンウンサー葛西聖司氏を迎えてパネルディスカッションを行います。核融合開発に失敗すれば、人類は滅亡。成功すれば、地球文明は、万年単位で存続します。しかし、万年単位の文明存続に必要なのは、エネルギーだけではありません。環境問題はどうか、文明のソフト面、文化的側面、社会的側面はどうか。人間のマインドは、それだけの長期文明存続に耐えられるのか、などなど多くの観点から議論していきます。

安全で環境に優しい夢のエネルギー源と期待される核融合。本シンポジウムでは、もはや夢ではなく目標となつた核融合の世界を「宇宙」と「地上」の両面から、映像や実演を交えながら分かりやすくお伝えしたいと思います。

## パネルディスカッション 「一萬年続く高度文明は存在するか?」

司会

パネリスト

葛西聖司（NHKアナウンサー）

立花隆（ジャーナリスト）

松本零士（漫画家）

海部宣男（前国立天文台長）

本島修（核融合科学研究所長）

※本文中では発言者の姓のみ表記し、名前は略しています。

葛西

一万年続く高度文明は存在するか、これも午前中から織りこまれていたお話なんですねけれども、一万年という数字はですね、海部さんが一回目のシンポジウムの時にもちょっと触れられたことでもありますので、ちょっと一万年というスケールについて教えてください。

海部

海部です。午前中は惑星の定義に関する会議をやつていて、残念ながら今までのお話を聞けませんでした。一万年というのはなにかという話ですが、文明ということを考えますと当然我々地球の文明がありますが、我々は宇宙の中のものでもあると思うんですね。文明のことを考えると、ある程度相対化して考える必要がどうしてもあるわけです。そこで、ご存じのように宇宙の文明探しということがずいぶん昔、1960年代ごろからずいぶんやらっています。そういう中で、初めに始めたフランク・ドレイクという電波天文学者がドレイク方程式と呼ばれる大変有名な方程式を立てました。難しそうに見えますが簡単なんですね。要するに

確率を全部かければいいんです。銀河系内で電波交信を行っている文明をもつ惑星の数は何かと  
いう解が1961年の論文で出したテーマであります。これらの要素を順番にかけていきますと  
最後に銀河系内で電波交信を行っている文明をもつ惑星の数が出る、こういう話なんです。そ  
で、ではこういうことを考えるのがどれくらい現実的かということですが、銀河系内の恒星の数  
が1000億、文明をもつ生命を満たす条件を持つ恒星の割合は0.1、そのような構成をもつ  
惑星の割合は0.1というのはだいたい分かつていて、惑星はすでにたくさん見つかっている  
んです。太陽以外の星を回っている惑星はすでに200を超える数が見つかっております。この  
ことから統計的に0.1くらいというのは大体わかります。その中で生命を生む環境を持つ惑星  
の数については10（現在は9）個の惑星を持つ太陽系の中で1個ありますから、1個あつて不  
思議はありません。そのうえで実際に生命が誕生する確率も地球上の生命のことを考えるとほぼ  
1と考えてほとんど差し支えないです。生命をもつ惑星の中で知的生命が誕生する割合、知的生  
命についでには10（現在は9）個の惑星を持つ太陽系の中で1個ありますから、1個あつて不  
思議はありません。そのうえで実際に生命が誕生する確率も地球上の生命のことを考えるとほぼ  
1と考えてほとんど差し支えないです。生命をもつ惑星の中で知的生命が誕生する割合、知的生  
命が、宇宙に強い電波を出すまでになる確率を1とおいたのはやや楽観的ですがそれほど楽観的  
でもない。一番分からるのはそのような文明が存続する時間です。これは我々には分かつてい  
ないんですね。過去、ほぼ一萬年も我々は持っていますが非常に予測しがたいです。これからそ  
ういう理論が出ると思います。しようがないのでこれをL年と置いています。そして銀河系の寿  
命は分かつていてこれはだいたい百億年であると。そうしますと、銀河系内の文明の数Nはですね、  
文明の寿命を一萬年とすると銀河系内の文明の数は約1000個という答えが出るんです。一万  
年と置いたのは我々には過去一萬年の歴史がありますねということです。そうしますと、銀河系  
に1000個の惑星が均等にばらまかれているとすると文明同士の平均距離が約1000光年と  
いうことがわかります。1000光年というのは光で通信するのに約1000年かかります。ど

んなに文明が発展したとしても果たして1000光年という距離を超えてお互い同士で会えるだろうかという非常にクリティカルな問題があります。もうひとつ、最近の電波天文学は非常に進歩てきて、1000光年先に地球のような文明があれば検出することがだんだん可能になります。おそらく今後20年の間に最新の電波望遠鏡を使うと、1000光年くらい先に地球のような惑星があつてテレビのような通信でやたらと電波を見つけてしまうことができる。これが大体1000光年ということになります。ですから我々がもし地球以外の文明がすでにあったと仮定してですね、地球のように電波を使って様々に通信をするというものがあつたとして、そういうものと出会えそうなのは、文明の寿命が一万年ぐらい続く時であるという話になるわけです。それで今日も一万年というのが出てきたのだと思つてます。ただし、一万年続く文明が本当に可能なのかということは、まさにこれから我々日本が考えなきゃいけないことだと思います。

一萬年の問題点については後ほどまた海部さんにご指摘いただきますが、この一万年という数字の幅の中で地球外生命と出会える、文明と出会えるという可能性がこの数字からあるということなるですが、ご存じのように松本零士さんの作品群、代表作の宇宙戦艦ヤマトも地球の外アンドロメダ星雲まで2199年に旅立つんですね。松本さん。

はい、そうです。

あの、宇宙戦艦ヤマトの推進力、波動エンジンというのは何で動いているんです？

重力波動エンジンと称してですね、要するに重力そのものです。重力の制御ができない限り、ワープはできないという理論で、重力 $\parallel$ 時間 $\parallel$ をチャンバーの中に内蔵したエンジンを爆発的に作動させながら動く船ということで波動エンジン、正確には重力波動エンジンといいます。時間を制御しながら飛ぶというものです。

こういう案をですね、ご自分で考えてこれを技術者に相談なさつたんですって？

実は私の弟が専門家でありまして、もともとは九大の機械工学を出てそれから博士号を取つて某大手メーカーに就職しまして、いろいろ実物も作ろうとしていたわけですけれども、今は大学院の教授になつてます。そして波動理論なるものをでつちあげた時にですね、いかなる専門家が突つ込んでぼろが出ないようになきゃいけないわけですよ。空想科学、SFといえども信憑性が必要なんです。それで、波動理論を書きまして弟のところに持つていったわけです。これでいいかと。そしたらあなたがち嘘とはいえない。それで、要注意点ということで重力 $\parallel$ 時間であると、しかも直線で進行するのではなくてスパイラルで進行するということを念頭におく。そうすると波動理論のもうひとつワープの問題があります。らせんを横から見ますと波型に見えますね。この頂点から頂点へ跳躍する空間跳躍をワープと称してでつち上げたのが正直なところです。もう一つはアインシュタインの閉じた宇宙論に基づくもので、宇宙の一点をもし裏返した場合にその波動は全宇宙に波及するかというのも閉じた宇宙論に基づいた論理の中でこれも正しいかといつたらあながち嘘とはいえない。そしたら今度は重力の強弱によって経過時間が宇宙の中のそれぞれの場所で違うんだと。重力やビックバン誕生以来自分自身の移動している速度によつ

松本

て時間の経過が違うかといったらその通りだと。すると宇宙の時間は均一に流れているんではなくてかなりばらばらに時間の経過があるはずだと。というようなことから波動砲だの波動エンジンだのそういうものをでつちあげたんですね。

葛西

全くそういうことを知らずに読んでおりましたけれども、こういう重力波動の考えはいかかですか、本島さん。

本島

素晴らしい発想で組み立てられていると思いました。これは実現いたしますよ。

葛西

立花さんは時間も必要だとおっしゃってました。先ほど一万年というスケールもありましたが1000年のモデルを持つてきてもらつたんですつて。

本島

海部先生がおっしゃった一万年ということをお聞きした時に、やっぱり一万年のスケールで物事を考えることはなかなかありませんよね。これは素晴らしいことだと思いました。私は核融合エネルギーを制するということを、数年ぐらい前から考えていました、たとえば環境問題の解決といえば1000年くらい持つ家をつくるとか。家を10年20年で建て替える人もいるじやありませんか。そういう発想はできるのかという風に思っていたんですが、ちょうど2000年の時の読売新聞にこういう記事があつたんです。これは2000年になるちょっと前ですが、この1000年を振り返つてミレニアムをまとめたものなんですが、1007年にはじめての地動説、紫式部の源氏物語があります。私はいつもこれを机の上において、考えるのに疲れると眺めてい

本島

るわけです。思いすることは1000年間に人間は随分いろいろなことができるもんだなと。そして天才が一人いてもとてもこれだけはできないだろうと。これだけのことを1000年かけて文明を築き上げたことが素晴らしいことだなと思います。仮定の話を一つさせていただくと、立花先生のような方が1000年生きられたら、またもし一万里生きられたらどういうことになるかなど。想像しただけでもすごいことになると思いますね。

葛西

これは新聞記事なんんですけど、いたずら書きがあつて『これだけのことをしようとすると1000年』つていうのは本島さんが？

本島 ああ、僕が書いたんです。ちょっと消し忘れました。

葛西 常にこれを見ているんですね。

ええ、見てます。やはり1000年のタイムスケールだとこういうことになるなあと。そういう意味です。

本島

葛西

上の真ん中はニュートンの万有引力がありますね。もちろん今日出てきた宇宙での発見の事も出ておりますが、最後の方が月着陸という事ですよね。どうですか、1000年をざつと振り返つて。

そうですね、特に現在に近づくほど特筆すべき出来事がどんどん密になっていますよね。しばらく先に「ついに核融合発電に成功！」となればやっぱりいいわけですが。

さつき立花さんがおっしゃったのがキーなんです。つまり人類の文明って言うものが非常に加速度的に進んでいるということを我々はよく見てどうとらえるか、そこを考えていかないと非常に大変だなどよく思うわけです。私は天文学者なんで宇宙から我々まで時間スケールを考えます。そうすると宇宙時間はざつと1億年なんです。銀河系が回転するのに2億年です。地上の変化っていうのはざつと100万年ですね。簡単に言うと私がすばる望遠鏡を作ったハワイ島は100万年でできたものです。それから生物の進化時間っていうのは一萬年つていいますが実は最近になればなるほど進化は速くなっている。これは多様性が生まれるからですね。多様なものを複製してさらにその多様なものが多様を満たすというこれは必ず指數関数的、倍々ゲームになつていくんですね。これはeldorfなんかがよく言つています。そして問題はこの人間の文明時間ですが10年、しかも指數関数的。これは本当に倍々ゲームです。10年つていうと速過ぎると思うかもしれないんですが、次のスライドを見てください。人口総生産とかエネルギー消費量、国際電話のコール数、電波望遠鏡の感度、ムーアの法則が2倍になる時間スケールのグラフです。ムーアの法則っていうのは一定の面積に半導体をどれだけ実装できるかっていう数です。これは2年ごとに倍々です。この中で大事なのは今日はやはりエネルギーの話です

からエネルギー消費量ですね。10年で倍々になります。一萬年に對する10年は1千分の1ですから仮にエネルギーが10年で2倍になるとすると一万年後には2の1000乗、これはどんでもない、信じられないような数ですね。そのことをどう考えるか。実はですね、こういう文明論の時にもうひとつ必ず出てくるのは自然災害の問題なんです。自然災害と文明との比較をしてみます。特によくいわれる恐竜を滅ぼした大隕石の衝突っていうのは何億年とか言われますけど、実は78万年前に南極で落ちたっていう話があります。ですが南極で氷だったのでぐずぐずで何もなく済んだと、こういう話があります。必ずしも樂觀できませんが、それでもまあ数百万年のレベル。それよりも超火山の噴火の方が恐ろしくてですね、実は七万四千年前に2度インドネシアのトバ火山という超火山が噴火して、この時はその当時いた人類が激減したというかなり確かな話があります。本当に人類が絶滅に瀕したんですね。これは大隕石に劣らない大変なことなんですね。ところが、他にも色々ありますが生物を大幅に減らすような大きな災害よりも人類による環境破壊の方が恐ろしく、数百年と書いたのはオブティミスティックすぎて数十年かも知れないですね。指數関数的ですから。私は先ほど文明時間を10年というタイムスケールで言いましたがこの10年を何回重ねたら100年に達するかという話です。100年たつと2の10乗であります。そうなると到底われわれが何を考えても制御できなくなる。それをどう制御するか、これを私は社会時間と呼びます。社会が自分たちの変化にいかに対応できるかという時間が文明が自動的に進んでいくて文明時間よりも短くないと対応ができないんですね。今の私たちはちょっとそういうところに差し掛かりつつあるという、そういう感じがみなさんしないですか？このことは科学者が本当に考えなきやいけない問題で、こういう風にもたらして来た背後には科学の前進があります。しかしこういう問題を解決するにはやはり科学の力なくしてはできないわ

けで、そういう問題にこれから取り組んでいかなければいけない時代になってきたんだという感じがします。

今日はシンポジウムで地球の磁場が逆転する、なくなる、太陽からの影響が起きる、また太陽がどんどん大きくなっていく、そういう風な宇宙空間でのお話があつたんですけども、実際海部さんのこの数字は、そういうものよりは人間が起こすことの方が一萬年の歴史を保つことができないんじゃないかな、という危機感の原因を人間が全部作っているんじゃないかなという風に松本さんもお感じになることがあるんですね。

はい。人類が築いた今の文明は第何期の文明なんだろうかという不思議な考えを催すことがあります。我々は第何期の文明なんだろうか、その前に何度か絶滅を繰り返した文明があるのではないかなあという気もあります。というのは、これは嘘かほんとか知りませんけど、中東からこかの地下何百メートルからかの化石の層の中からボルトだか釘だか何かが発見されたという記録があるんです。なぜそんなどころにそんなものがあるんだという。その年数を考えると人類が文明を築くはるか以前になってしまふわけですね。そういうことを聞くと我々は果たして第1期の文明人なのか、第2期か、第3期か、第4期か、第5期かそういう絶滅を繰り返してきたなかのまた一つの文明の時代を生きているではないだろうかなあという、そういう気もします。それから、人間が人間になつたのはつまり自分の時間の経過、過去現在未来をなんかの形で意識して記録をしようとした瞬間にたとえそれが4つの足で歩いたり尻尾があろうが無からうが人類になつた瞬間だと思うんですね。それは一万年以前かもしれないし。よくはるか古代の石に動物を

描いたり何か記号みたいなのを書いた遺物がありますよね。あれがもう現代の文明の発祥のすべてだと思います。なんで我々が知的生命体として生きているかというと結局は地球を親と考へれば、地球の環境及び生きとし生ける物すべての生命体の命を守るという役目が与えられているんじゃないかと。私は決して宗教的なことで言っているんじやないんです。生物としての役目ですね。お前たちがその地球を守れという義務感つていうんですかね。義務があつて我々は生存しているんではないかという不思議な思いがしております。ですからやたらに地球に穴を開けたり地下核実験やつたりですね、地球環境を破壊するようなことを自らやつていると一万年持たないんじやないかという恐怖感にも打たれます。地球に穴をあけるつていうのはタイタンや金星みたいにならぬですかね、ガスを止められなくなつたらどうするんだろうとか、地下核実験で文字通りプレートの大変動が起こつた場合環境が一変するわけですよね。とても生存できないかもしれない。また生存できるまでの間隔がありますよね。それからまた次の文明が現れてくるまでは相当時間がかかる。生命体が進化していくのもそうですし不思議な気がするんです。私は恐竜の糞石というのを持つております。巨大な肋骨みたいなものをバリバリ食つて、マイクぐらいありそうなものがそのまま糞石の中に白く残つているんです。ものすごいものを食べて排泄した恐竜が滅びたわけですから人類なんて他愛なく滅びてしまうだろうと。それを見るとあの一撃がいかにものすごかつたか、それを考えると人類の文明は残つていても束の間の夢かもしれないなあと。だから精一杯頑張つてそれを防ぐ努力をしておかないと危ないぞと。そういう気がするんです。人類の知力はそのためにあるんだと。なにも内輪もめして喧嘩している場合じやないと。それは固く信じております。

海部さん、先ほどいろいろなものをたくさん挙げてうつしやつたけれどもやはり強く思うのはその中の何でしようか。人間がしなければいけないことは。

一度に結論というわけにはいかないというかわからないですね。人間っていうのは結局走りながら考え、考えながら走っていると。そして気がついたらここにいたわけですね。だからどこまで先が見通せるかわかりません。しかし、もし人間が先を見通すことができるとしたらですね、私は科学の力だと思うんです。まあ知力というのと同じことですね。私たちの言葉で言うと科学というのは知るということです。日本で言うと技術と科学は全部ごっちゃになってしまって気をつけないといけないんですが、科学というのはあれはなんだろう、どうなっているんだろうということを知る、大きく言うとこの世界を知る、理解する、その後ろにあるしくみを知る。そのことから未来も見えてくるし、技術との協力があれば、いずれそれに対応する方法も見えてくるだろうと。現にエネルギーはいろんな枯渇に対してもほんとにすごい研究がされて、少し前まで核融合正直あんなのできつこないと思つてもいましたが、今やそうではない時代に入ってきている。確かに人間は20年たつと全く違う世界を作っているなど。立花さんがおっしゃったとおりだと私も思いますね。ですから、その力をどう生かすかっていうことで、科学なんか役に立たんという考え方もある種そういう面もあると思う一方、我々が我々の世界を理解するということに尽きるという氣もするんです。

科学は知識ということを海部さんは本にも書いてらっしゃいますが、科学と技術を人間が手にして、ということに関する最先端のお話を今日は午前中からうかがつてきたんです。日本で最先

端科学のいろんな分野の人々が結集してやつてきたことはよくわかるんですけれども、もうちょっと時間がかかるんじやないかとおっしゃつていました。ここの辺は本島さん、どうでしよう。まあ29年という数字はさつきあげてらつしゃじましたけれども。

## 本島

H・エネルギーっていうのは一つの国を動かそうとするものすごい量が必要になるわけです。だから29年後に第一号を作ることを目指すと。しかし、そのあと100年くらいかけて新しいエネルギー体系に移動していく必要があるんです。そういう意味で少なくとも29年先までにやればいいんだということには決してならないんだと思います。そういう意味ではまさしく立花先生と考え方を共有していると思います。これが一万年、一万年にとどまらず十万年という風なことです。いきますと、あらゆることが一過性のものでは済まなくなると思うんですね。だから一万年というふうなことを考えるといろいろなことがぐるぐる回る仕組みになっていくんじゃないかなと、例えば賢者は歴史に学ぶという言葉がありますね。そしてその未来を見ていると。しかしぬ々に新しい言葉を書いていることではないはずだと。そういう点で文化ももちろんそうですし、エネルギーっていうのは循環性がでてくる必要があるんじやないかと。なんでこのようなことを言うかというと、サイエンスっていうのは実はすべてを明らかにはできないんですね。数学もそうなんですね。数学っていうのは全部証明できると考えることが多いんですけど、確か1931年だったと思いますが、オーストリアの学者ゲーデルっていう方が不完全定理っていうのを証明していました。これは数学の世界でも証明できないことがあるということで、incompleteness theoremsっていうのですが、また物理の世界では少し前に、おそらくそれが影響したと思いますが、1927年に不確定性原理 (Uncertainty principle) をハイゼンベルグという方が発見されました。

そういうことを考えますと、多角的に物事を見る必要があるのと、すべてワンスルージやなくて何度も何度も反芻しながら社会生活も含めて組み立てていくことが必要にならなければなりません。核融合というのはものすごい材料を使うんです。一つ当たり一万五千トンぐらい少なくとも使います。鉄とかですね。これを50年使って捨てちゃつたら大変な努力をし続ける必要がありますね。だから、こういうこと一つとっても50年間使つたら50年間置いといて、また溶かしてそのあと100年から150年の間また使うと。こういったことがまた必要にならてくるはずなんですね。そういう風に考えますと非常にいろいろなことを理解しながら、社会もその知識を共有しながら考えて、いき理解し合つて初めて百年千年一萬年という話が現実のものにならっていくんじゃないかなと。そういう風に思います。

今日は核融合にまつわって様々なかつての技術の進歩つていうのも教えていただいたんですけども、素晴らしいことを今日ずいぶん伺つたんですけど、立花先生、今後進んでいく上での障害といふ意味で、大学制度のこともちよつとおつしやつていまつたけれども、この研究そのものの中でもし疑問点、クエッショングマークをあえてあげるとどこでしょうか。

すでに現実にぶつかつていろいろな局部的な難問つていうのはものすごいあるんです。ちょっと調べると本当にこれは大変だなと思います。そう簡単には核融合から発電にまで結びつけるということはできないと思つています。だけどさつき結論で言つたようにそれでもやっぱりやらなきやならないつていうね。人間に与えられた本能の中でいちばん大きいのは生存本能で、それは我々が特に種として持つてある種としての生存本能、人類のサバイバル本能つていうかね。これ

が一番大きなもので、これが危機にさらされているつて言うととにかくがんばる以外ないといいますかね。宇宙飛行士の取材でチャレンジャー事故のしばらく後に、もしあなたが乗っている宇宙船があれに近い事故を今起こしうると分かつたらあなたはどうしますかつていう質問をしたんですね。これは普通宇宙飛行士には絶対聞かない質問らしいんですが、僕はそういうことを知らなかつたから聞いたんです。そしたらミニヨンの女の宇宙飛行士が「私はいろんなことを考える余裕はないと思います。とにかく必死の可能なすべてのことに落ちて死ぬまでかかりつきりでそればっかりやつていると思います。なにも考える余裕はないと思います」と。僕は人類が置かれている運命っていうのはたぶんそうだろうと思うんですね。いろんな意味でそうはならないようになります。つてわけないわけですね。必ずこの文明は何らかの理由で滅びるだろうし、我々の代では何とかなつてもその次、その先つてことを考えると全然わからないわけですよ。僕はもう66でして、実は三十代のころはものすごい悲観的な考え方を持っていたんです。だから、僕がものすごい若い時、三十代のころに描いた本を読むと人類の未来みたいなものに対してものすごいペシミスチックな見解を書いています。でもどのあたりかはつきり覚えてないんですが、たぶん六十代に入つてからしばらくしてからですね。いろんな可能性を考えてペシミスチックな方向に方向に、つて考えていくのは基本的に理由がないかなという。自分自身がこのような年になつて、悲観的なことよりもあとはもう楽観的に生きるほかないっていうか。要するに可能な技術の範囲内でとにかくいい方向にいき生きてる道はないかなと。そういう風に思い出しましてそのあとはつても気が樂になつたんです。昨日からタイムマシンという本を読んでいまして、これはもうものすごい面白かったです。みんなタイムマシンっていうとすぐ頭に浮かべるのはアメリカ映画のタイムマシンの話だと思うんですが、あれとは全く違うんです。これはも

のすごいペシミスチックな話なんです。そういうものを見ると、この本を読むのとは全く違います。とにかくびっくりするような話です。これは一萬年どころじゃなくて、一挙に80万年後の世界にいらっしゃうわけです。80万年後の、この地球はどうなつてているかと云うとですね、人類が退化しているんです。ずっと文明の延長線上に人類が栄えて…みたいなイメージをもつているのとは全然違つて、人類が2極分化しちゃうんです。退化したのは 地表の上に生活している地上人でしかない。実は人類の大半は、地下で生きている地下人ということがわかるわけです。それで地上人と地下人はどういう関係にあるかというと、地上人は貴族的で、地下人は労働者で、1930年代にメトロポリスとかそういう映画がありましたが、ほとんどそれに近いようなイメージなんです。それで何で未来人の文明がそんなに退化してしまつたのか。上も下も、両方退化しているんです。違う方向に。

人類の文明は常にいろんな困難にぶつかってきた。歴史上そういういた困難にぶつかるたびにそれを乗り越えるということを続けることによって文明というものは発達してきた。ところがある段階で、人類の文明はその発達の頂点に達して、もう努力をしなくてもいいようになつてしまつた。それとともにこの社会でよりよいハードウエア、ソフトウエアなどを求めようという意欲がなくなつてしまつた。それによって、文明はずーっと退化しちゃつて、どうしようもなくなつてしまつた。そういう社会になつてしまつたという話がありまして、それを読みながらちょうどこの話（一万年続く高度文明は存在するか？）が重なりまして、僕は、一番大切なのは、むしろそういう人間のマインドの持ち方というか、常に置かれているプレッシャーの中で一生懸命頑張り続けてここまで来たということで、今後ともそういう生き方を続けていかないと、人類は退化してどうしようもなくなるんじやないかと思うわけです。

松本さん、ヤマトの時はイスカンダルが助けてくれるというメッセージが届くわけですが、人間はやっぱり自分で努力しなければいけないようですかね？

ええ。結局最後に頼れるのは自分自身ですから。今の話でどんどん倍々ゲームでエネルギーの消費が進んでいる。ですから私は、人類は少なくとも生存圏を太陽系内に拡大して、資源をそこで得なければいけないと思います。今63億でしょ？これが630億になつたらどうなるんだということを考えると、生存権の拡大、つまり金星を地球化してでももう1個地球を作つて、まあ重力を考えると金星くらいしかないでしようね、火星や月では小さすぎるでしようが、資源の獲得場所としては太陽圏内にたくさんあると思うんです。人類は最後まで歯をくいしばつて、生存権を太陽圏内まで広げていかないといけない。さらに恐竜の絶滅を招いたようなものが来た時にそれを迎え撃つて、自分を変えるということをやつていくことを、今のうちから、文字通り千年、一万年の体系でもつておかないと、私はあえなく滅びるだろうと思います。そのために宇宙開発、宇宙での資源の開発、獲得がとても大事な要素になつてくるだろうと思います。それを怠ると、いずれ子孫が泣く時が来ると思います。危機管理のための宇宙開発。

海部さん、異論はありますか？

決して異論はありません。私は今それぞれ言われていることはそれぞれ大事なことだと思つています。決して世界の動きは一方向ではなく非常に多様なものです。ですからその中でいろんな努力をする。生物というものには基本的に個の保存の本能と、種の保存の本能がありますが、こ

の2つで勢力を伸ばしてきた。ただ人間の場合は、種の保存で戦う必要がなくなっちゃった。だから今は個の本能、個の欲望が非常に突出していると思います。だから今自分自身が、種の保存を脅かす当面の敵になってしまっていると思います。逆に人間が、自分が種の保存の危機に瀕しているということを理解すれば、それに対する必死の戦いは始まるでしょうね。実際ある会合で研究者同士で話をした時に、「どうせ滅びるんだからしようがないじゃないか」という、いやこれは科学者としてよくある議論なんですが、「いやあ、そうは言つても」と言つて、この2つで議論が続いていつ面白かったんです。みんなせつかくこうやつて生きてて楽しいわけなので、社会に生きている以上やつぱりなんとかこういう世界を続ける必死の戦いをしたいと思うし、科学者としての責任、責任というと重いけれど、そういうことを自覚することがこれからは求められるんだなど。私はもう60ですけど。

葛西

科学者の中でも、いざれ滅びるんだからとおっしゃる方もおられるんですね。本島さん、やはりエネルギーを獲得していくことが最低条件だと思つてらっしゃるんですよね？

本島

あの、科学者というものは、夢を追い求める人間のひとつだと思います。そこから学問も出てくると思います。科学者はその一番いいポジションにいるんじゃないかと思います。で、同時に、今ご指摘のように責任をしつかりと果たしていかないといけない。そういう観点で、健全な考え方をもつた科学者が、日本の中からも世界からも求められている、そういう風に思います。人間というのは、生物界の頂点に君臨している、というなんですが、やっぱり、基本的には弱いものがあると思います。ちょっと例が悪いかもしませんが、私たちの体の物量で考えていくと、

100mの穴を掘つたら何人ぐらい入るかって考えたことがありますか？ひとり50kgで計算すると2000万人の物量が入るんです。だから日本の人口を全部埋めちゃおうとおもえれば、極端な話、5個掘ればいいんです。だから人間社会というものはそういう弱い面も持つてゐるんです。  
で、海部先生が今日素晴らしい講演をされました、「一千年も続く文明だつたら核融合炉なんて実現してますよ、天文学者だつたらそれを探すべきだ」という話をしました。実は鈴木先生にもつながる話なんですが、核融合炉からはニュートリノがたくさん出るんです。僕の記憶では、1秒間に10の23乗個ぐらいのニュートリノが100万キロワットの核融合炉から出てるんです。これはもう夢なんです。こういう核融合炉を探すのは、「宇宙のどこかでやつてるぞ」とわかれれば、強いですよね。だから夢を語ることって大事なんじやないでしょうか、そういう風に思います。

今日は生中継を見て、アツと思つた人もおられると思うんですが、日本も捨てたもんじゃないと私も思つたんですが、立花さん、最後にひとつよろしくお願ひします。

最後にひとこと言いたいのはですね、皆さん終りのほうの発言で、核融合はかつては夢だったけれど今は確実にその現実の路線の上に乗って、ある時点に成功するという見通しがたつていい、それはそうだと思うんです。それと同時に海部さんの、科学を推進するパワーは実は想像力にあるという、その話にすごく打たれたというか、その通りだと思っているんです。現実にはその実現の可能性が夢の領域にある時に、その夢に一生懸命頑張る人がいるから、今核融合の研究はまさにそういうところですが、そういう想像力というのは夢見る力というか、そういうところ

があると思うんです。

地球外生命体という本があるんですが、この本はいろんな意味で面白いんです。本筋でとても面白いんですが、それは今全部置きます。この本を読んでいく中で、日本という国に対して感じさせられたことがあるんです。それは何かといいますと、地球外生命探査計画としていろんな計画がアメリカで起きましたよね。あれは最初は政府が結構お金を投じてやるわけです。で、ある時から、それはあんまり可能性がないということで、政府の資金が全部削られるんです。それで計画がそれで途絶えたかというと、そうじゃないんです。実はアメリカの国民の中から、その計画をぜひ続けさせろということで、お金が集まつてくるんです。それでその後、地球外生命探査計画というのは続くわけです。で、どういう人がそのお金を支えたかというと、ヒューレット・パッカードのヒューレットとパッカードと、それからマイクロソフトのポールアレンと、インテルのゴードンムーアと、要するにそういうことなんです。超一流の財界人が一齊に自分たちの資金を出して、その計画をさらに続けさせるということをやつたんです。ひるがえって日本はどうかというと、多少はいます。多少はいますけれど、ほとんど行われていない。で政府の金の出し方も未来の夢にかけるようなお金の出し方は本当になされていないわけです。だから海部さんが資金を得たのも実に珍しい例でして。でもこれからサイエンスを考えると、そういうときにそういう夢を考えた人をちゃんと受け入れて、国内でうまくいかなくとも国外の人と連携してうまく進めるなど、もうちょっと政府・民間両方に広がつてほしいと思います。

夢見る力を実現するために、金を。そうですよね。大切なことですよね。それがなければ、夢は実りません。そして、人類が見つけた新しい炎も実現しなければいけませんね。ありがとうございました。

## コラム「月面超電磁リング」

（渡辺 周介）

月面基地に暮らす少年に容赦なく降り注ぐ宇宙線！

### 前書き

このコラムは、柳長門先生がシンポジウムで講演された内容を元に作成しております。先生の講演は大変科学的で面白いものでしたが、筆者の文才ではその魅力を十分にお伝えできません。ところどころ科学的ではないところもありますが多少のことは目をつぶつてご覧下さい。

### 月で暮らすことはできるか？

月は人類が誕生するはるか昔から、地球の周りを回っていた衛星であり、人類が唯一その地に立つたことのある星だ。もつとも身近な星であるため、SFの世界など（※）でも、月は描かれることが多い。特に、最近テレビで流れているカツプラーメンのCM（※2）では、月面都市で暮らしている少年が主人公として登場し、人間の暮らす月の様子が描かれている。

しかし、実際に人類が月世界に住んだとき、一体どのような問題が起ころうか？

### 何より怖い太陽風

CMを見てみると、居住区では彼らは宇宙服を着ていなくても大丈夫のようだ。大気があるために空も青く（※3）、地球と見間違えてしまう光景が広がる。おそらく月面にドームを形成し、その中を空気で満たしているのだろう。植物も豊富であるところをみると、中では一つの生態系が形成され、均衡を保つていてるようだ。しかし、大きな疑問が残る。

(\*) 小説では「月世界旅行」(ジュール・ヴェルヌ)、「2001年宇宙の旅」(アーサー・C・クラーク)や、アニメ「美少女戦士セーラームーン」など。

(\*) 2006年4月頃から放映されているCMシリーズ。いよいよクライマックスを迎えるが、一年前にはこんなに続くとは筆者も想像もしていなかった。

(\*) 太陽光は大気中で乱反射し、拡散するため、特定の色の光しか地上に届かない。このため空は青く見えたり赤く見えたりする。CMでは空に雲が浮かんでいたが、一体ドームはどれだけの大きさなのだろうか。

(\*) スペースシャトルの速度は大体8km/s。地球の公転速度は約30km/sという考えると450km/sはとてつもなく速い。

宇宙から来る太陽風や宇宙線はどうしているのだろうか？

太陽からは紫外線に加え、太陽風と呼ばれる高エネルギーのプラズマが毎秒450km（※4）という猛烈なスピードで吹いている。また、宇宙には宇宙線と呼ばれる放射線が大量に存在している。もし、単にドームに空気を入れて生活しているとすれば、間違いなくこれにさらされているはず。そうだとしたら植物は紫外線や宇宙線によって細胞を破壊され、成長できない。人間も皮膚に炎症を起こし、とても生きてはいけないだろう。さらに宇宙線はコンピューターに影響をあたえてしまうため、月では使えない。コンピューターが使えないとすれば、月面での生活は大変不便なものとなる。ロケットを飛ばすのだって難しい。月面都市では、太陽風や宇宙線をどうやって防いでいるのだろうか？

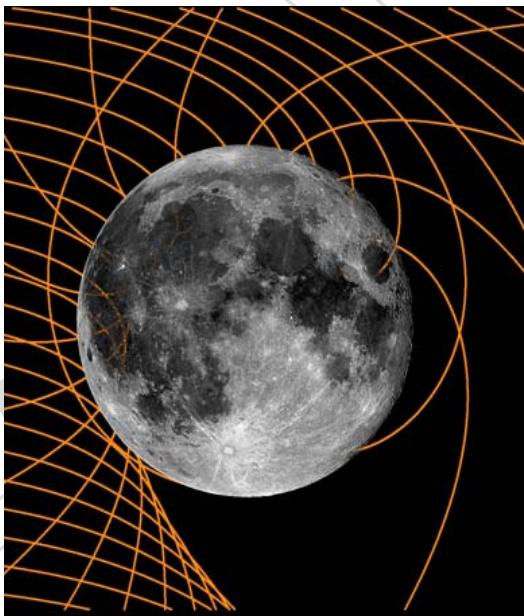


図.1 宇宙線にさらされる月（イメージ）

### 地磁気がなければ作ればいいじゃない

宇宙線などを防ぐヒントは地球の地磁氣にある。プラズマは磁場に反発し、放射線は磁場によつて軌道を変える性質があるため、太陽風や宇宙線は地球の表面に届くことはない。これを月でも行なえばいいのだ。

月には地磁気が一切ないが、人工的に磁場を発生させればいい。電気のロスが少ないので超伝導コイルをぐるりと巻いて、大きな電磁リングを作る。図2のように赤道に一つ、極の近くに一つずつ巻けば十分だろう。長さは全部で12,000kmほど、地球を4分の1周するくらい必要だ。磁場は地球の5%く

らいあれば防ぐことができる。

問題は電磁リングを起動させるための膨大な電力だ。原子力だと少々大変だが、核融合発電ならば電磁リング用と冷却用に1基ずつ設置すれば十分まかなえるのだ。おまけに月にはヘリウム3という物質があり、これが核融合反応に利用できるため、燃料には困らない。しかも、このヘリウム3は月の表面全体に存在するので、ほぼ無尽蔵。月にぐるりと電磁リングを回すのは、夢物語ではないのだ。

皆さんが問題のCMを見る機会があつたら、月を良くみていただきたい。もしかしたら赤道付近に電磁リングが巻かれている…かも知れない。

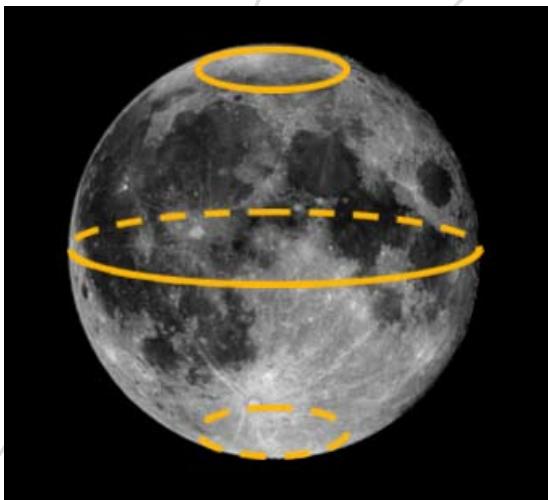


図.1 コイルをぐるりと巻かれた月（イメージ）

## コラム「宇宙線研のカミオカンデ」

〔酒井 寛〕

シンポジウムで講演された東京大学宇宙線研究所の鈴木洋一郎先生にお願いし、カミオカンデを実際に見に行くことができた。これは、そのときの取材をもとに書かれた記事である。

### カミオカンデの説明

カミオカンデは岐阜県の上岡鉱山の跡地に作られたニュートリノ観測装置のことである。宇宙の仕組みを理解するには必要不可欠であるニュートリノの観測、また物質が相互に作用する力を統一して説明できる理論、いわゆる大統一理論というものの実験的検証を行う施設でもあった。

現在は規模をさらに大きくした「スープーカミオカンデ」が建設され、東京大学はこちらで研究を行っている。

### スープーカミオカンデのスペック

スープーカミオカンデは上岡鉱山の地下1000mに建造され、超純水50,000トンを満たした円筒形をした装置である。タンクの大きさは直径39.3m、高さ41.4mでタンク内面に光電子倍増管という直径50cmにもなる測定器を約11,000本もびっしりと設置している。観測は1996年4月1日から開始し、途中2001年11月に約半数の光電子倍増管が破損するという事故に見舞われて残った光電子倍増管のみで観測をしなければいけない事態に陥つたが、2006年7月に完全復旧が完了し現在も観測は進められている。

### カミオカンデで行われている研究

- ① 大気ニュートリノの観測によるニュートリノの質量の発見
- ・ニュートリノとは?—なぜニュートリノの質量の発見は重要なのか?

ニュートリノは宇宙の謎の解明のためには不可欠な物質である。宇宙がどのようにして生まれたのか、宇宙

はどのようにして成り立っているのか、さらにはすべての物質はどのようにして生まれたのかを解明するためにはニユートリノの研究は大きな役割を持つのである。

ニユートリノは素粒子の一種である。素粒子とは物質を構成する最小単位の粒子のことをいう。原子核にある陽子、中性子は3つの素粒子が集まつて構成されている。

ニユートリノはカミオカンデのような大がかりな装置を用いてやっと検出できたので、地球上にはわずかにしか存在しない物質のように感じるかもしれないが、実際は違う。実は地球上のみならず宇宙全体に大量に存在しており、地球上においては今こうしている瞬間にも1秒間に数百兆個ものニユートリノが我々のからだをつきぬけているのである。そんな物質であるのになぜ、大規模な実験をおこなわなければいけないのか？またわれわれの体は何ともないのか？その答えはニユートリノがほとんど物質と反応しないからである。それゆえ、簡単には検出できないのだ。

#### ・ニユートリノ検出方法—スーパーカミオカンデのはたらき—

粒子の観測を行う際、一般的であるのは粒子の持つ電荷を用いた方法である。しかしニユートリノは電荷を一切持たない中性の粒子であるため直接観測することはできない。

ニユートリノは物質と反応しにくい物質とはいえ、まれに地球上の物質と反応することがある。カミオカンデのタンク内に蓄えられた水の分子にニユートリノが衝突すると、その衝撃が原因となり「チエレンコフ光」という非常に微弱な光が発生する。この微弱な光をタンクの内面に設置された光電子倍増管が増幅し電気信号にするのである。また、この光は衝突点から円錐状に広がっていくため、チエレンコフ光がどのように広がつていったかを光を検知した光電子倍増管の分布からわりだし、ニユートリノの飛んできた方向も知ることができる。

#### ・ニユートリノの質量を発見！

ニュートリノは宇宙の仕組みをささえる重要な粒子であると考えられている。もし、宇宙を満たすこの粒子に重さがあることが証明されれば、宇宙の謎の解明のために大きく役立つ。粒子なのだから重さがあるのは当たり前ではないのか?と思う方は多いだろう。しかし世の中には光子(光の粒子)のように質量がない粒子もあるため、質量の有無の確認は重要なのである。

スーパー・カミオカンデでの研究においては、ニュートリノの質量の調査を大気ニュートリノを観測することを行つた。大気ニュートリノとは宇宙線(宇宙から降り注ぐ放射線のこと)が大気中に存在する分子に衝突することができるニュートリノのことで、電子ニュートリノとミュー・ニュートリノの2種類が生成される。そのなかでもミューアニニュートリノの観測を行つたわけである。

大気ニュートリノは大気中の分子と宇宙線が衝突することでできるため地球上のどこであつても生成され、またすべての方向に向かって生成されたニュートリノは進んでゆく。先にも述べたがニュートリノは物質と非常に反応しにくい性質をもつており、これは言い方を変えればものを貫通する力が強いということである。したがつて、スーパー・カミオカンデでは、上空で発生したミューアニニュートリノと地球の裏側で発生したミュートリノの両方を観測することができるるのである。

スーパー・カミオカンデではニュートリノの飛来した方向を割り出すことが可能であるため、上空からくるミューアニニュートリノと地球の裏側からくるミューアニニュートリノをそれぞれ識別して測定できる。測定した結果、面白い結果が得られた。上空から降り注ぐミューアニニュートリノの数は、地球の裏側からくるミューアニニュートリノの数の2倍であつたのだ。これは何を意味しているのか?

地球上の大気で発生したニュートリノが長い距離を飛んでくる中で全く変化しないで飛んでくるのであれば、上空、地球の裏側から降り注ぐニュートリノの数は同じでなければならない。しかし結果は違つた。このことはニュートリノが長い距離を飛来する中でほかの種類のニュートリノに変化してしまったことをしめして

いるのである。この現象はニユートリノ振動とよばれており、ニユートリノはタウニユートリノとミューイオンニユートリノを交互に変化しながら飛んでいるのである。

ニユートリノがほかの種類のものに変化することはニユートリノに質量があるのと同じこと、ということが

牧・中川・坂田（MNS）行列によつて証明されている。

このようにしてスーパーカミオカンデはニユートリノに質量があることを発見したのである。

#### ②長基線ニユートリノ振動実験（K2K実験）

はたして本当にニユートリノに質量はあるのか？それをより確実に確かめるために行われた実験がある。それがK2K実験と呼ばれる実験である。

K2K実験とは、つくばにある高エネルギー加速器研究機構に陽子加速器を用いて人工的にミューイオンニユートリノビームを発生させ、250キロメートル離れたスーパーカミオカンデに打ち込む、という内容の実験である。ニユートリノビームの発生時の強度やエネルギー分布を正確に測定するため、陽子加速器からスーパーカミオカンデにニユートリノを発射させる前に検出器を通してデータをとる。そしてこの測定結果とスーパーカミオカンデの観測を比較して、もしミューイオンニユートリノが減つていたり、電子ニユートリノが現れたりしていたならば、ニユートリノ振動の動かぬ証拠となるのである。

測定の結果、陽子加速器から発射されたニユートリノとスーパーカミオカンデにおいて観測されたニユートリノのエネルギー分布には、ニユートリノ振動を示すものが得られたのである。

このような実験の結果、99.99%の確率でニユートリノには質量があるという結論が導かれたのだ。

#### ③太陽ニユートリノ観測（シンポジウムの内容）

太陽の中心部では核融合反応によつてエネルギーが生成されている。この核融合反応の際に大量のニユートリノが生み出されている。太陽から降り注ぐニユートリノのことを太陽ニユートリノと呼ぶのだが、その降り

注ぐ量は1秒間に $1\text{ cm}^3$ あたり660億個もの数になる。スーパーカミオカンデにおいてはこの太陽ニュートリノを観測することで、様々なことを解明している。

太陽ニュートリノの強度を観測したところ、観測された強度は予測される値の47%しかなかった。この結果と海外の研究機構が観測した太陽ニュートリノに関するデータを比較したところ、ニュートリノ振動が確認された。

また、太陽の中心で起こっている核融合の挙動を調べようにも、これまでの方法であると太陽から発生するX線などの影響もあり観測することが困難であった。しかし、ニュートリノの、ものを貫通する力が大変強い性質を利用すれば観測する際の障害となるものを無視して太陽の核融合反応を観測することが可能になる。また、太陽ニュートリノは発生してから地球に届くまでの時間は光と同じ8分程度であるから、太陽の中心で起こっている核融合の様子をほぼリアルタイムで、しかもはっきりと観測することができるのである。

#### ④将来の計画

現在はニュートリノ振動に関するさらに詳しい研究のために、東海村にある大強度陽子加速器でニュートリノを人工的に作り、スーパーカミオカンデでとらえて測定するという実験が準備されている。

# 日本の敗北

## 核融合と公共事業

効率無視の巨大計画が日本の科学技術を滅ぼす

今日は、いつもの連載「私の東大論」を一回お休みにして、この原稿を書かせてもらっている。お読みになつていただくとわかるが、これはいま問題の「国際熱核融合炉」(以下ITER。読み方はイーター)の日本誘致問題についての私の意見である。「東大論」とは何の関係もないが、私はこの問題に関して一家言を持ち、おりあれば、その意見を公にもしてきた(例えば、〇四年十一月三日付朝日新聞「無謀な巨額投資をやめよ」など)。

この問題について、かねて私は一文を草したいと思つていたが、この問題いよいよ状況が煮つまつており、「東大論」の連載の完結を待つていては、時期を失するおそれがある、と心配していた。ところがたまたま最近、後に書くような事情で、

聴衆を前に、長時間にわたつて、この問題で意見を述べる機会があつた。聴衆の半分くらいはこの問題について予備知識がない人であつたが、わかりやすく語つたこともあつて、事情を知らない人们にも、意外性をもつてこの問題の重要性を理解してもらえた。こういう機会はめつたにないので、ここにそのときの話をベースに、さらに解説的などを付け加えて書いておく。

### 逃げ水の無尽蔵エネルギー

まず、本論に入る前に、今何が問題なのかを簡単によくまとめておく。一九五〇年代から、世界各国で核融合の研究がはじまり、「もう二〇年もしたら、核融合炉が開発されて、人類は無尽蔵のエネルギーを手にすることができる」といったバラ色の夢がさかん

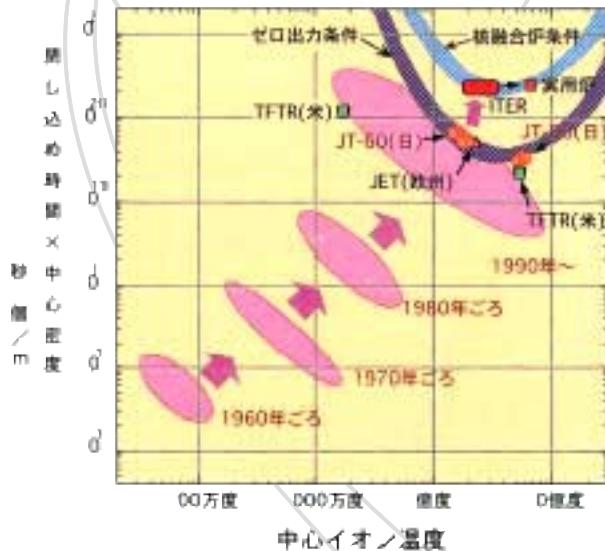
〔立花隆／初出は文藝春秋2005年3月号〕

に語られてきた。「もう二〇年もしたら」は、そのうち、「もう三〇年もしたら」になり、「もう四〇年もしたら」になつたが、すでに、研究がはじまって半世紀以上たつというのに、成功のメドはいつこうに立つてない。最近では、核融合の研究者たちも、過去の安請け合いの連発が恥ずかしくなつたのか、数字をあげての未来予測はあまりしなくなつた。その代り、ITER誘致に結びつけて最近はこんない方がされる。

これまでの研究で、核融合成功のメドは完全にたつてている。

世界のトップデータを出していいる三大トカマク装置（日本のJT-60、ヨーロッパのJET、アメリカのTFTR）は、核融合成功の第一歩である臨界ブレイズマ条件（投入した加熱エネルギー以上の出力が得られる）をすでに達成している（第1図参照）。ここで各國が協力しあつて、国際共同実験炉（ITER）を作れば、自己点火条件（外部からエネルギーを注入しながら核融合反応が持続的に起き、炉は燃えづける）を達成できる。そこまでいけば、あとは実用炉まで一直線だ。

第1図 三大トカマクの性能の進展とITERの目標



実はそうはいつても、あとどれくらいかかるのかさっぱりわからない。研究者によつて、三〇年とも、

四〇年ともいい、人によつては、早くても二一世紀末だろうという。いずれにしても、いま生きている研究者たちが死んだ（引退した）後の話だから、みんな無責任なことをいつている。

念の為にいつておけば、核融合そのものは、ある条件をととのえれば必ず起せることが一九二〇年代からわかっている。核融合はそもそも自然界では日常的に起きている。太陽を燃しつづけているのは核融合エネルギーだし、あらゆる星の輝きも核融合だ。

だから、太陽と同じような条件（超高温、超高压）を与えるべば、必ず人工的な核融合を起すことができる。それを爆弾という形でなしどげたのが水爆だ。水爆は、原爆を爆発させて、それがもたらす超高温、超高压で核融合の火を点けている。

おとなしい形で核融合エネルギーを取りだせたら、これを発電に利用できるという考えは、原理的には一九二〇年代から提唱されていて、一九五二年の水爆実験成功以後、それが現実の研究対象になりは

じめた。

当時、原爆をゆっくり燃やす原子力発電がすでに現実化していたから、水爆をゆっくり燃やす核融合発電の発想が生まれるのも当然だった（以下、「核融合」の一語を「核融合発電」の意味にも使う）。

核融合（発電）成功のカギは、原爆以外のマッチで核融合に火を点けることと、これを持続的にゆっくりと燃焼させることだ。「持続的にゆっくり」とは核融合現象を暴走させることなく、途中で火を消すこともなく、完全に人為的なコントロール下におくことだ。

## 二つの核融合方式

核融合の基本的な考え方方に二種類ある。一つは太陽を模して核融合を起させる考え方、もうひとつは水爆を模して核融合を起させる考え方だ。

核融合というのは、いずれにしても、物質の「プラズマ」状態で起きる。物質はすべて、太陽のような超高温、超高压下に置かれたら「プラズマ」になってしまふ。プラズマというのは、原子から電子がはぎとられ、裸になつた原子核が激しくとびまわつてゐる状態を

いう。そういう状態で**プラズマ**の密度が高まり、原子核と原子核が接近すると、トンネル現象が起きて、必ず一定の確率で核融合が起きる。核融合というのは、裸の原子核と裸の原子核の間で素粒子の組み換えが起きて別の原子核となる（そのとき前の原子核の内部にためこまれていた膨大なエネルギーが放出される）ことをいう。

核融合でいちばんむずかしいのは、激しくあればまわる**プラズマ**をおさえこんで、人為的にコントロールすることだ。それがあまりに難しいので、核融合研究は、何度も何度も挫折しかけた。それが「もう二〇年もしたら」が「三〇年」になり「四〇年」になつてきた理由だ。

研究初期、**プラズマ**を閉じこめるいろんな方式が提案され、試されたが、いずれも失敗し、ついには、五〇年代末に**プラズマ**の人為的閉じ込めは絶対にできない（核融合発電は不可能）とする理論すらあらわれた。

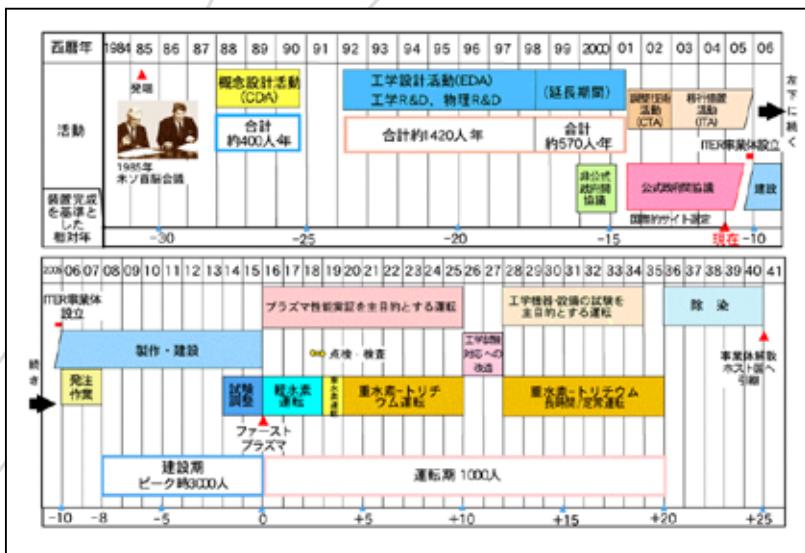
何度も挫折しかけた核融合研究がなんとかもち直したのは、一九六八年にソ連でトカマク装置という

ドーナツ状の容器に**プラズマ**を閉じこめ、これを強力な磁石の磁気でグルグルまきに縛りつけてコントロールする手法が開発されてからだ。これが「磁気閉じこめ」方式で、現在生き残っている実験炉のほとんどはこのトカマクの延長上にある。そして、その中で、これまで最高の性能を出してきたのが、先にあげた日、米、欧の三大トカマクで、その延長線上に構想されたのがITERだ（ITERももちろんトカマク方式）。

ITERは、先に述べたように、自己点火をめざすものだが、そのために必要な温度一億度以上は樂々達成されている（日本のJT-60などは五億度以上の記録を作っている）。しかし密度や閉じ込め時間（核融合を起す割合はこれに大きく左右される）となると、まだぜんぜん足りないのである。閉じ込め時間については後で詳しく書くが、まだせいぜい二四秒である。はじめの頃は、**プラズマ**を作つてもマイクロ秒ですぐ消えだし、ミリ秒単位まで寿命が伸びたときに大喜びしたことを思えば、これでも大幅に寿命が伸びたといえるが、数十秒から百秒（分単位）、

第2図

ITERのスケジュール



千秒（十分単位）にするのは、これまでの寿命の伸び方からして至難の業といえる。もちろん、実用炉を狙うなら、それでも足りず、時間単位、日単位はもちろん、最低でも週単位、月単位の連続運転が当然必要だ。

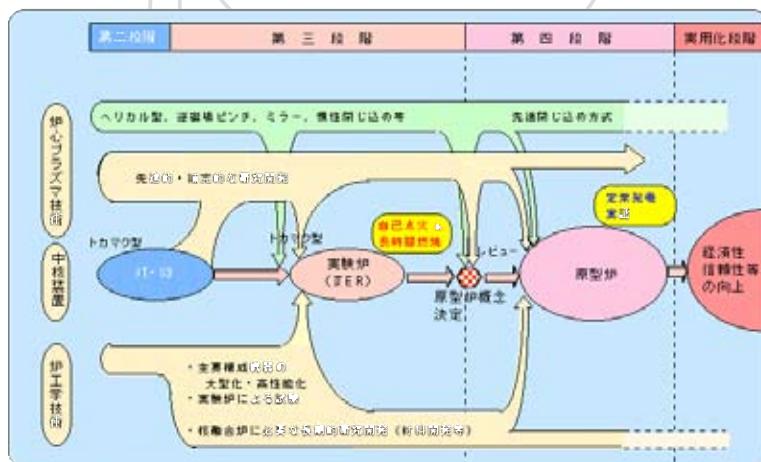
そんなレベルの連続燃焼が、いまの技術の延長の上に可能なのかといったら、もちろん、可能ではない。核融合を起さない低温低圧状態なら三十数時間連続運転という記録があるが、それでは意味がない。では、可能性が少しでも見えているのかといったら、全く見えていない。そもそも、ITERの最終達成目標値ですら四〇〇秒（六分四〇秒）であつて、長時間連続運転はめざしていない。第2図に示したのが、ITERの建設と実験の予定だが、この予定通りにいったとしても（すでに二年遅れている）、最初のプラズマを出す二〇一四年で、実験の完了は二三年だから、その目標値達成がいつになるのかは示されていない。いずれにしても、一〇年以上あとにはるのは確実である。もちろん、四〇〇秒が達成されたとして、その先がすぐに実用炉になるわけではなく

い。その前に燃料の問題（まだ正式燃料のトリチウムの本格使用以前）、炉の問題（実用炉の素材も決っていない）、発生熱の取り出しの問題（システム、機材も決っていない）、廃炉処理の問題などなど大問題が山積で、どんな樂観的な人でも、今世紀中に、実用炉が現実化するなどとは思っていないのが本心だろう。

第3図に示したのが、原子力委員会で定めたITER実験成功後の流れであるが、ITERのあと「原型炉」を経て、「実用炉」にいたることになっている。これはあくまでITER実験成功後であつて、何をもつて実験成功とするかというと、そのマルクマールは、「自己点火」と「長時間燃焼」である。

第1図を見ると過去の進歩は長足で、点火までの未達成部分はほんのちょっとに見えるが、これは目盛りが対数尺でデフォルメされているからで、目盛りを普通にしたら、たちまち、過去の進歩は微々たるもので、未達成部分があまりにも大きく、まだ点火まで前途遼遠ということがすぐにわかるが、とりあえず、研究者の言を信用して点火まではいくとする。

核融合研究開発の流れ



ところが、点火より難しいのは、「長時間燃焼」なのである。実は「長時間燃焼」にかけては、もう一つの磁気閉じこめ装置（ヘリカル型）のほうがずっと先をいつており、すでに二〇分連続燃焼の記録を持っている。従つて、互いの成果を合わせて原型炉を作るときに、生まれも育ちもちがう二つの炉をどう合わせるのか、大もめすることは必至である。

いずれにしても、この段階で、先の山積する難問をすべて片づけておかなければならぬ。この図には、時間の目盛りが入っていないが、どの段階もう簡単にクリアできるはずがない。ITERの旗を振つてゐる関係者にとっても、みんな自分の目の黒いうち（あるいは現役でいる間）に実用炉ができると思つて旗を振つているのではなく、ITERの旗を振つていれば、自分たちの組織に、あるいは自分たちの研究に研究費が落ちてくれるにちがいないとう期待の下に旗を振つてゐるだけなのだ。

### タブーとなつたITER批判

しばらく前に科技庁（今は文科省）系の組織で、日本の科学技術の将来を論じるシンポジウム

があつた。そこで、発言の順番がまわつてきたので、ITERの問題が、日本の科学技術研究のガンにならうとしているという趣旨の発言をした。要するにこういうことだ。いまITERを日本に誘致することを目的に一千億円というケタ違いの研究費がITERに流れ込もうとしている。しかし、日本の平均的研究者は百万単位の研究資金を取るのにすら四苦八苦しており、たまに有望研究と認められて、一千万単位の研究資金がついたりしたら、おどりあがつて喜ぶような世界だ。かつては、巨額の研究資金というと、学界のボス的研究者中心に配分されたが、最近では、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）などさまざまの競争的研究資金の窓口があつて、非常にユニークで、将来性があり、国際競争力も十分のプロジェクトと認められると、若手でも億単位の研究資金が出る。そういう中から、世界に誇るべき大きな研究成果がすでに幾つも出ている。一億あつたら、若手でも、そのような大成果をあげられるのがサイエンスの世界だ。日本の将来を考えたら、ITERに千億単位の金を使うより、

すぐれた若手研究者の有望研究に一億円出す窓口を千倍にふやすほうが、何十倍も何百倍も大きなリターンをもたらす。

核融合の研究を中心的にやっているのは、何といつても科技厅の下にある日本原子力研究所（原研）で、ITERの旗振りも科技厅と原研が中心になつてやつていることは天下周知の事実だから、科技厅系のシンポジウムでそういう発言をするパネリストが出ることは前代未聞だつたらしく、聴衆も一瞬シンとなつたが、あとでパーティーとなつたら、「よくぞいつてくれた」という人が沢山寄つてきた。しかし、科技厅系の仕事をよくするパネリストの一人が、「あなたの考えもわかるけど、でも、あれは公共事業なんですよ。みんなそれがわかつててやつているんだから」と私をたしなめた。

「ITERは公共事業」とは、ITERの旗を立てていれば、その大義名分の下に政府から大きな予算がドンとついて、それで、沢山の人、企業を食わせていいけるということである。要するに、道路、ダム、

橋と同じで、公共のためという大義名分のもとでドンとつく国家予算で、プロジェクトにぶら下がつた沢山の企業と人が食べていくという、「土建国家日本」を作つたと同じ、税金にたかる構造がそこにあるというわけだ。

科学技術というのは、相当部分が政府の金で推進する以外ないという側面を持つ。橋本内閣以来、小泉内閣にいたるまで、「科学技術創造立国」が国のあり方のスローガンとなり、五年間で二四兆円を科学技術に投じるというグランド・デザインのもと、いま年間三兆五〇〇〇億円もの科学技術予算が組まれている。つまり、いま本当に科学技術の公共事業化の時代に入つているわけだが、それは「科学技術創造立国」という目的にそつた政府資金の使い方だから、それ自体はいいことだと私は思つてゐる。しかし、科学技術の世界に、公共事業的お金の使い方お金の流れ方がどんどん広まつていくと、よほど注意しないと、長年にわかつて日本の国家を蝕んできただ、公共事業に起因する諸々の害悪（ムダ金を使う人、甘い汁を吸う人、権力的利用をする人の出現）がこ

の世界にも広まつていいのは、ほとんど必然である。

だから、ITERのように、一千億円以上もかかる超巨大プロジェクトの場合、よほど慎重にその必要性を吟味する必要があるはずだが、私が見るところ吟味がしつかりなされたとはとても思えない。

科学技術の世界では、基本的にその世界で起ることの大半が、専門家でないとわからない。だから、専門家のコミュニティがこのプロジェクトにはこんなに大きな意義があるから、是非ともやる必要があるといいだしたときに、その妥当性を判断することが外部の人間にはとても難しい。

基本的にはそういう場合にチェック機能を果すべきなのは、第一にマスコミの科学記者だろうが、マスコミの科学記者は、文科省が主体になつて推進しているプロジェクトに正面きつた批判をすることはなかなかできない（文科省と関係を悪くすると情報がもらえなくなる）。もうひとつは、そのプロジェクトの内容を理解できるだけの知識を持つた周辺科学の人だろうが、これまた、あらゆる周辺科学の人が、やはり基本的には、文科省から研究費をもらう立場

にあるので、文科省が面子をかけて成功させようとしているITERのようなプロジェクトを正面きつて批判することはむずかしい。

私が知るかぎり、それを堂々とやつたのは、ノーベル賞の小柴昌俊さんただ一人である（朝日新聞）（論壇）。この大批判は、相当大きなインパクトがあつたようだが、学界でこれにつづく人はいなかつた。なにしろ、それから間もなく、小柴さんが中心になつて推進していた素粒子物理系の大プロジェクト（予算六億円）が、文科省の審査で予算が優先的に付けられるAランクに当然なると思われていたのに、Cランクになり、予算が付かなかつたという事件が起きたからだ（問題化した後に復活）。あからさまな「見せしめ」懲罰だろう。それからしばらくして私はたまたま、日本の自然科学系の国立研究所（学術独立行政法人になつた）が五つ集まつて作った「自然科学研究機構」という上部組織の経営協議会委員なるものに選任されたので、その会合でかねて持論のITER批判をぶつた。すると、そこに居ならぶ

基礎科学系の研究所長たちが、あとからゾロゾロやつてきて、「よくぞいってくださった」と賛意を表したが、彼らもみな「我々にはいえません」だった。どの研究所も、文科省に食わせてもらっているからである。

私がこの一文を書かなければと思ったのは、こういう状況を身をもつて知っているからである。

I T E Rに関しては、国民に知らせるべきことが、何も伝えられないまま、そして出るべき批判の声が出ないまま、國民はいつのまにかそれが一千億円以上の金を投じる価値があるプロジェクトと思いこまされている。いまフランスとの間で、どちらが誘致をできるか、綱引き状態になつていて、それをまるでオリンピックか、ワールド・カップの誘致合戦のように思いこみ、それを日本に呼ぶことが、あたかも日本の国威発揚になるかのごとき空気が醸成されているのは、どんでもない話だと思う。

むしろI T E Rがきたら悲しむべきである。もともとなげなしの金しかない科学技術関係予算の財布は一つで、その総額の枠も決まっている。そこに

一千億単位の超巨大プロジェクトが割り込んだら、他が全部フリを食うのは火を見るより明らかのことですでに(I T E R)がくることに決まつたわけじゃないのに、科学技術関係予算のあちこちでしみが出ていることは、関係者ならみな知っていることだ。I T E Rを呼ぶことに本当にそれだけの価値があるならない。しかし、以下に書くように、私にはどうしてもその価値があるとは思えない。

#### 原因わからぬ深刻なトラブル

ということで、話を前に戻す。そもそもトカマクではなぜ、すぐプラズマがこわれるのかという問題だ。

何が起きるのかを語つておく。トカマクは、閉じこめたプラズマに電流を流し、その電流によって加熱するとともに、その電流が作る磁力線によつて圧力を強め、プラズマの密度も高めることで核融合に必要な高濃度高密度プラズマを作りだす方式である。しかし、磁場も電流も強めていくと、電流が不安定になり、それにつれて磁場も不安定になる。やがて電流がブルブル、ギザギザ変動し、磁力線がピクピ

クゆれだす。そして、突然、磁場が崩壊し、電流も消え、プラズマも消滅してしまうという劇的現象が起ころ。これをディスラップション（自己崩壊）といふが、これが起きると、雷のような（雷も大気中で起きるプラズマ現象だ）すさまじい閃光が走り、ドーンと音がして、百トン以上もある巨大なトカマクの真空容器全体がブルブル、ガラガラと音を出してふるえ、ときには全体が床から一センチ以上も跳びあがつてしまふことすらあるという（外国の例だが）。トカマク内部の耐熱タイルなども相当深刻に損傷され内壁面が熔融したりする。これが相当の頻度で起きる。

これをおさえこめないと、点火しても、連続燃焼などできないわけだが、おさえられない。そもそもなぜデイスラップションが起きるのかがよくわかつてない。わからないから、おさえこみようがないのである。現在できることは、いろんなディスラップションのデータを集めておいて、前兆現象のようなものが見えたたら、逃げるだけなのである。原研の内部文書を読むと、デイスラップションが最大の課題である

ことはよく認識されており、実験炉では二年に一回程度しか起らないレベルまでおさえこむ必要性が書かれている。しかし、ではどうしたらおさえこめるかはさっぱり書かれていない。「発生原因は多数ある」として、十以上の原因が列挙されているだけである。対策としては、「運転シナリオの最適化による回避」だ。要するに起りそうになつたら逃げるということなのだ。しかし、ケースによつては、予兆からディスラップションまでがあまりに早くて逃げられない直下地震型もあるから、ディスラップションはおさえきれない。逃げているだけでは長時間運転などおぼつかないから、いろいろ抜本的回避策の試みも行われている。たとえば、プラズマを精密にモニターしておいて、ちょっとでもおかしくなりかけたら、高周波を入れて、プラズマにリアルタイムのフィードバック制御をかけるといったことだが、まだ試みがなされているだけで、見通しはたつていない。さらに問題なのは、ITERになつたら、当然、ディスラップションが起るであろうことは予測されているし、その破壊力が大きくなることが予測されていることだ。

「現在の大型トカマクに比べてさらに巨大な熱及び磁気エネルギーが解放される」。しかし、それがどの程度の範囲におさまるか（大損傷にいたるか）、今のところ皆目わからないのである。これほどわけがわからぬ状況なのに、これほど高価で大型の装置を作りるのは誤りなのではないか。「一日以上の長期運転は楽にできます」「ヘリカル型に負けない制御ができます」「ディスラプション回避技術は基本的に確立しました」「大きな損傷を起すようなディスラプションを起すことはもうありません」。こう胸をはつてはつきり宣言できるだけのプラズマ制御技術が確立されてからでないと、一千億単位もの新型巨大トカマク建設に乗りだすべきではないと思うがどうだろうか。

ディスラプションに関して、このようないまいしたことしかいえないのは、そもそもディスラプションがなぜ起るのかの説明以前に、プラズマはどんな状態のときにどのような力が加わつたら、どのようにふるまうのかという基礎的な物理学がよくわかっていないからなのである。

そんなバ力などと思われるかもしれないが、実はそうなのである。プラズマの不安定性をおさえるためには、これがこうなっているからこうしたらしいというように、何らかの原理にもとづいてのフロー ミュラーがあるわけではなく、今までの経験ではこういうときはこうしたら止められたといった経験知のかたまりみたいなものしかないのである。その程度のことしかわかつていないので、どうして、ITERのように巨額の投資をして巨大なトカマクを作る計画が進んでいるのかというと、プラズマの不安定性をおさえるためにも、実験装置を大きくする必要があるという。JT-60やJETのサイズでできる実験はやりつくしたから、これ以上の実験はサイズを大きくしないとできないという。これはある程度ウソではないが、本当でもない。磁気閉じこめの実験装置は、たしかにサイズを大きくすることによって安定性を増してきたり、実験炉に向けてのさまざまな目標値もよりよく達成されてきた。しかし、JT-60の最近の研究実績を見ると、実に多方面にわたる研究を開拓されていて、それぞれ大きな成果

をあげている。それを見れば見るほど、「まだまだできることが沢山あるじゃないか」といたくなるし、前述したディスラプションおさえ込みの弱さを見たら、まだまだ一千億単位の巨額を投げる段階に進むためには、「やるべきことをやつていらないんじゃないの」といいたくなる。

そもそも、いま本当に、日本にITERが必要なのだろうか。私は、核融合の研究に反対するものではないし、日本の研究者を含む核融合の研究者たちが、国際プロジェクトとしてITERを作つて、新領域の実験にいどむことに反対するものでもない。私はサイエンスの世界でも、テクノロジーの世界でも、チャレンジングな試みは何によらず好きなほうである。だから、すごいものを作るという話はすぐに賛成するほうなのだが、このプロジェクトに大金を投ずることには疑問を感じざるを得ない。

ITERがどこかにてきて、その研究に日本の研

究者が直接間接に参加する（そこに行つて実験をする、あるいはオンラインで実験に参加する）というなら、大いにやるべしと思う。いまあらゆる巨大科

学において、世界に一つか二つしか作れないような設備を国際協力で作り、世界中の同じ領域の学者がそれを共同利用しているものは沢山ある。日本がそれを作つてホスト国となり、各国の研究者に利用させて喜ばれるとともに、日本の誇りとなっているものは沢山ある。小柴氏のノーベル賞を生んだカミオカンデのニュートリノ観測装置などはその典型だろうが、あれを作るのにかかった費用はわずかに四億円である。それをはるかにスケールアップした第二世代の「スーパーカミオカンデ」もノーベル賞級の成果を次々に出しつつあるが、これは一〇〇億円である。ついこの間まで世界のスーパーコンピュータの三年連続チャンピオンに輝いていた「地球シミュレータ」は、百年後の全地球的温暖化現象までやすやすとシミュレートしてしまうすぐれもので、世界の要人が続々見学にきているが、あれは四〇〇億円でできた。

ところがITERの場合、ここまで一千億単位の金などと大ざっぱな表現をしてきたが、正確にいふと建設費が五七〇〇億円で、国内に誘致しないで

研究参加するだけなら五七〇億円ですむのに、日本に誘致する場合は、ホスト国が建設費の半額を負担することになっているから二八五〇億円もかかるのである。

いま日本は多年にわたる財政赤字のつけがたまり、累積七三〇兆円の借金の山をかかえて、あらゆる通常予算の費目が削りに削られて四苦八苦しているというのに、どこを叩いたらそんな金が出てくるとうのか。

日本の科学者の研究費は、そのほとんどが、文科省の科学研究費補助金（科研費）から出ているが、その総額が一八三〇億円である。それと比較したら、これがどんなにどんでもない金額かすぐにわかるだろう。

### 研究室に戻れ

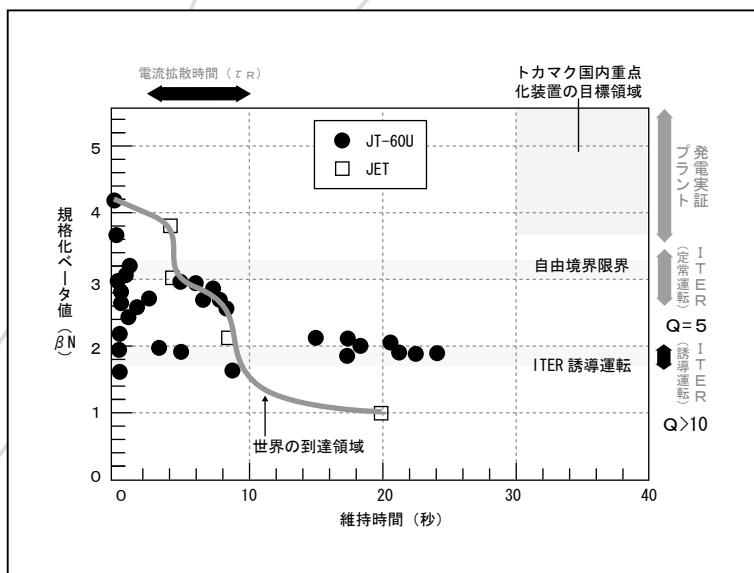
もし、核融合発電の成功が目の前に迫っていて、あと一発掛け金を積めば大当たり（無限のエネルギー獲得）確実というなら、二八五〇億円は安いかもしない。

しかし、現実問題としてそんな状況ではないので

ある。ITERの向こう側は、実用炉まで一直線などということは全くのウソという話はすでに書いた。第4図（次ページ）を見ていただきたいが、これはJT-60のこれまでのプラズマ保持の実績と、これらの目標値を示したものである。このグラフを見る上で重要なのは、縦軸のベータ値である。プラズマ寿命はベータ値によつてちがいすぎるほどちがうから、ベータ値抜きで寿命を云々してもはじまらない。ということは、このグラフからすぐわかる。ベータ値というのは、プラズマの圧力と磁場の圧力の比を示す。これが高いとプラズマが高密度になつていることを示し、核融合もどんどん起きる。発電実験プラントまでいく目標領域は、右上のベータ値三・五以上で、持続時間三〇秒から四〇秒という領域である。ところが実績はどうか。ベータ値二・一で二〇秒というのが、これまでの最高記録（ベータ値一・九なら二四秒という記録もある）である。ベータ値を三に上げたらたつたの八秒になつてしまふし、四に上げたら一秒以下になつてしまふというのが実績なのである。ベータ値を上げると、ほんの短時間出力はふ

第4図

ベータ値とプラズマ維持時間



えるが、プラズマはすぐにこわれてしまうということである。JT-60ができすでに二〇年だが、二〇年かけて、やつとここまでしかきていないのである。まだ〇三年四月の目標値までも達していない。世界の到達点と比較するとまだましとはいえるが、目標領域ははるかに遠いということがわかるだろう。

こういうレベルで二〇〇年もウロウロしているデータを見せられると、ITERができたらあとは実用炉までまっしぐらという話はとても信じられない。むしろ、このデータから見えてくるのは、トカマクの研究者が主張する「トカマクによる磁場閉じ込め方式こそ核融合の王道」という主張が単なる早合点で、実はどこかで、とんでもない脇道に入り込み、あとはずっと迷走をつづけているというのが、本當ではないかと思えてくる。

かつて袋小路に入りこんで失敗したアメリカの核融合研究者が、自分の失敗をこう振り返った。「月に行くのに気球で行けると思いこんだようなものです。気球の改良を次々につづけたら、到達高度がどんどん上がった。上がるたびに、この道を行けば必ず月

に行けるにちがいないと思つてしまつた」。トカマク

がこれと同じ袋小路に入つていなかといえるのか。

そもそもトカマク方式をはじめてすでに四〇年以上になるというのに、いまだに八秒（ベータ値三）だの、二〇秒（ベータ値二）だので大喜びしているというのは目標の立て方それ自体が誤っているのではないか。

もうプラズマ不安定性が最大の敵だとわかつていい以上、プラズマの長期保持を最大の戦略目標にかけ、何か抜本的にちがう戦術を考えてみる時期なのではないか。そのために必要なのは、ここで巨額トカマクに何千億円も注ぐことではなく、もう一度ラボ（研究室）に戻つて、プラズマ物理の基礎を研究し直すことではないのか。プラズマ保持にかけては、トカマクは明白にヘリカルに劣っているのだから、そのよつてきたるところを徹底的に探求して（そのためには物理の基礎に戻るほかない）、どちらでもない新しい方式を考えるほうが、本当は実用炉への近道なのではないか。

### なぜアメリカはトカマクを捨てたか

こういうことをいうのは、いま核融合の世界が大変動をきたしはじめているのに、日本の核融合関係者（研究者も官僚もメディアも）の主流が、井の中のカワズ状態にあって、そのような状況変化を知らないか、知つても直視しようとしているからである。しかし、もういやでもそれを直視せざるを得ない状況が目の前にきている。

何をいいたいのかといふと、かつて、常に核融合研究の先端を切つて走つっていたアメリカが、トカマクを捨てたということである。トカマクを捨てたというより、ITERを捨てたということである。

もともと国際プロジェクトとしてITERを開発するという話は、八五年の米ソ首脳会談からはじまつた。当然のことながら、計画の初期は、日米欧露の共同プロジェクトで、アメリカが中心にいた。九二年からはじめた設計活動においても、はじめはアメリカが中心だった。それが六年つづいて、最初の設計図ができるところでの突然アメリカが計画から降りてしまつたのである（一九九九年）。最重要国が消

えてしまつたので、このプロジェクトはあやうく瓦解しかけた。関係者はみな呆然としてしまつたが、やがて気を取り直し、残つた日欧露を中心的に、計画を大幅にスケールダウンした上で（建設費一兆円↓五〇〇〇億円。半径八・一メートル↓六・二メートル。出力一・五ギガワット↓〇・五ギガワット。燃焼時間一〇〇〇秒↓四〇〇秒）プロジェクトを再開したのが、いまのITER計画である。

その後アメリカは、四年後の〇三年になつてからITER計画に復帰した。一時はアメリカが降りたことでガックリきていた日本のITER関係者は、アメリカの復帰ではしゃぎまわつたが、実はアメリカの戻り方は本気ではない。現実問題として、ITERのための予算はほとんどついていない。アメリカにはまだ沢山のトカマク研究者がおり、ITERのために走り回っている関係者も多数いることはいるものの、本気で政府資金をドンと投じるとか、かつてのようにITER建設を中心的に引っぱろうとするといったことはまるでしていないのである。

アメリカはいつたいどうしてしまつたのか。核融合の研究を捨てたのかなど、そうではない。研究の中心的な方向を、トカマクなどの磁気閉じこめ方式から、慣性核融合方式に切り換えたのである。慣性核融合とは何かというと、先に、核融合には二つの方式があつて、太陽を模す方式と水爆を模す方向だと述べたが、後者が、慣性核融合である。具体的にいうと、きわめて小さい（米粒よりずつと小さい）水爆を作り、それに強烈なレーザー光線をあてて爆発させて核融合を起すという方式で、別名レーザー核融合ともいう。

この方式を考えだしたのは、水爆の父といわれたエドワード・テラー博士である。テラーは、水爆を作つた後、水爆と同じ核融合反応を人間の完全コントロール下で起こせば発電できると考えて、核融合発電のアイデアを得た。しかし、「磁力線でプラズマを閉じこめようとするのは、ゴムバンドでゼリーをつなぎ止めようとするようなものだ」と考え、磁気閉じ込め路線に未来はないと判断し

た。その代り、微小な水爆を高頻度で爆発させる慣性核融合方式に走った。

慣性核融合方式の研究を中心的にになつてきたのは、水爆を作った核兵器研究所（ローレンス・リバモア研究所（テラーが所長だった）である。ここでは、パワーレーザーを多数ならべて、一点に集中させ、そのパワーで核融合を起こさせる研究が進められてきた。

慣性核融合は、極小とはいえ、水爆を撃つて爆発させるわけだから、本質的には水爆実験と同じであり、その実際のプロセスも実験結果も軍事機密扱いされ、外部の人間にはほとんどかがい知ることができなかつた。しかし、着々研究は進み、炉として点火寸前のところまできていたのである。それだけ研究が進んだのも、現実の水爆の地下核実験を利用して、慣性核融合のためのターゲット（ペレット状の極小水爆）を実験場に多数の測定器とともにならべておいて、ターゲットはどのような構造がいちばんいいか、核融合反応を起すエネルギーはどう注ぎ込めばいいかといったことを実験で逐一調べ上げた

からだといわれている。同時に本物の水爆の爆発過程を完全に計算機の中で再現できるシミュレーション・コードを開発した。それを慣性核融合の研究にも利用できるようにしたことが、研究に長足の進歩をとげさせた（水爆実験を何回も繰り返すのと同じ）。これでアメリカは点火が確実にできることが確認された。アメリカは、九二年に最後の地下核実験を行い、それでコードの正しさを最終確認した。それ以後アメリカは、実際に爆発させることなく、爆発寸前で実験を止める臨界前核実験しか行っていない。それはそこで止めて、後はコンピュータシミュレーションで完全にフォローできる体制ができたからである。一切の核実験を禁止する包括的核実験禁止条約を世界中の国に結ばせる（九六年調印）方向に政策を転換した。そうすれば、アメリカが核の秘密を独占できるからである。

同じ頃、アメリカは同じシミュレーション・コードを利用して慣性核融合の点火に確信が持てたので、約二五〇〇億円投じて（その後かなりの追加予算あり）、「国立点火施設」（NIF）という設備を、ロー

レンス・リバモア研究所の中に作つた。ここで核融合に人類初の点火をするぞという決意と自信が名前

にあらわれている。これが九三年で、最後の核実験

の翌年である。

## NIFは点火目前

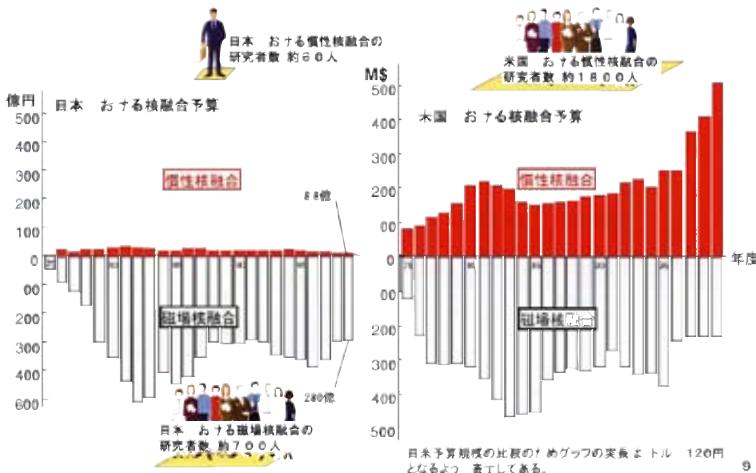
NIFとはどのような設備なのか。その全容は巨大なもので、二〇キログジュールという大型のパワーレーザーを一九二本もならべて、それをターゲットチャンバーに導き、その中でターゲットを次から次に爆発させていく。

上の写真は、そのターゲットチャンバーが完成したのを祝う記念式典で、国家の要人がズラリとならんでいる。この穴の一つ一つにパワー・レーザーが入りこんでいく。この記念式典が行われたのが九九年。アメリカが突然ITER計画から降りることを表明した年である。日本の関係者が、アメリカが降りた理由がわからず、皆呆然としていた時期に、裏側ではこういうことが進行していたのである。半分軍事機密ということもあり、日本人でこのような事態の進行を知っていたのは、きわめて一部の人だけだった。九九年にNIF計画の中間評価が行われ、「アメリカの歴代の国家プロジェクトの中で、これほど順調に進行した例はない」という大変な賛辞が贈られ



第5図

核融合予算の日米比較



ている。ターゲット Chernobyl も見事に完成し、全計画が細部にいたるまでスケジュールにのつていてることが確認された上で、もはや慣性核融合が点火することは確実と、アメリカは ITER 計画から降りたのである。

第5図は、アメリカにおける、慣性核融合と磁場核融合の、研究者の数と予算の推移を示している。NIF がスタートしてから、慣性核融合の予算がどんどん大きくなり、その反対に磁場核融合の予算がガクンと減つてそのままになってしまったことがたやすく読みとれるだろう。

アメリカでは、慣性核融合の研究者には、研究内容を一切口外しない秘密保持義務が課されていたため、研究者仲間にもその研究水準がなかなか伝えられていなかつたが、仲間うちではずつと前から、自分たちのほうが磁場核融合よりずっと進んでいると語り合っていた。八〇年代には、自分たちにアポロ計画なみの予算をつけてくれたら、核融合の点火などいつでもできると自慢しあつていた。

八〇年代後半から、守秘義務の程度が緩和された

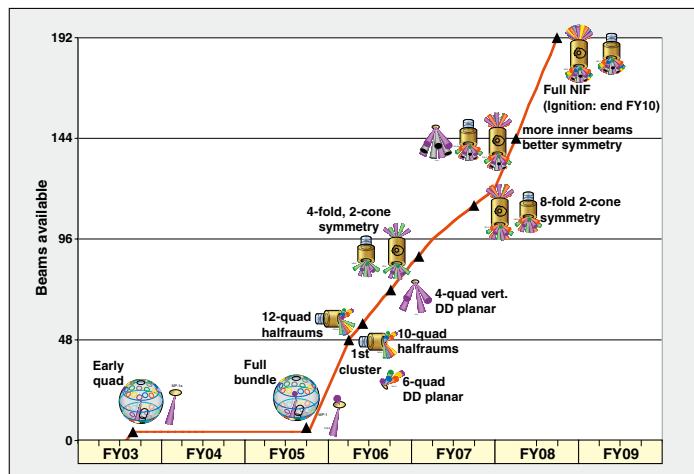
ため、そういう情報が外部にどんどん出るようになり、NIFが発足することになつたということのようだ。

先の予算で、最近金額がふえているのは、いよいよパワー・レーザーの大量生産過程に入つたためである。最初の四本は〇三年に完成して、すでに試し撃ちで設計値以上にパワーが出ていることが確認されている。

第6図に示したのは、今後の予定で、〇六年から量産体制に入るパワー・レーザーが驚くほどの勢いで整備され、〇八年までには予定通り一九二本全部そろう。同時にターゲットの量産も進み、レーザーがそろつたあと、すぐにターゲットを撃ちはじめ、早くも二〇一三年には「点火」するという（当初予定を三年くりあげ）。NIFの内部レポートによると、すべてが順調に進行しており、これまでの実際の積み重ねと理論研究の成果から、一〇年の点火を疑わしめるような要素は何もない、圧倒的な自身である。慣性核融合は、強力なパワー・レーザーをターゲットの針先ぐらいのポイントに照準よくぶちこめば、

第6図

NIFのスケジュール



ほとんど力づくで核融合を起せる。点火というのは、核融合の出力が入力より高い状態を安定的に維持する状態のことをいう。入出力比（エネルギー増倍率）をQ値といいQ=1が臨海条件で、Q=20が一般に

点火と認められる。ITERは標準運転時 $Q=10$ という設定で、 $Q=20$ も視野のうちという設計だが、NIFは最初から $Q=20$ の実現をめざし、それに必要なパワーは二メガジュールとちゃんと計算上も実験上もわかっている。一九二本のレーザーがそろえば二メガジュールを超える。点火は必至である。

慣性核融合にも特有のプラズマ不安定問題があるが、トカマクのように不安定性が成長して、プラズマをこわすようになる以前に反応は終わってしまうから問題にはならない。一〇年の点火はよほどのがないかぎり、ほぼ確実と考えられている。

最近の「ニュートン」誌のインタビューで、アメリカ核融合協会会長のスティーブン・ディーン博士（磁場核融合研究者）は、「磁場核融合（ITER）と慣性核融合（NIF）とどちらの点火が早いと思うか？」と問われて、「NIFが早いと思う」とはつきり答えている。アメリカではもうこれが常識なのだ。

ただし、点火から实用にいたる過程では、慣性核融合にも磁場核融合と同じくような難問が沢山ある。

さらに、慣性核融合に固有の問題として、実用炉では微小水爆の連続爆発を毎秒十回以上に高めなければならないが、それだけの連発性能を持つパワーレー

ザーがまだ開発できていないという問題がある。

先のITERの予定表を見ればわかるが、NIF点火予定の一〇年といえば、ITERは順調にいつてもまだ建設半ばである。

ITERをとりまく太状況が変化しているといったのは、こういう意味だ。

慣性核融合が点火したあと、ITERがもたついていたら、時代遅れの計画に一千億単位のムダ使いという非難の声が飛ぶことは必至である。

### 阪大レーザー研が拓いた新分野

さて、日本は、アメリカの慣性核融合の動きを指をくわえて見ていているほかないのかというと、そういうわけでもない。第5図に見るよう、日本でも、人員も金額も微々たるものではあるが、慣性核融合をやつてきた。それは大阪大学のレーザー研で、ここには、「激光XII号」という世界有数のパワーレー

ザーがあり、慣性核融合の開発初期には、ここ

ムが次々に世界記録を樹立していった。九一年には、その指導者の山中千代菊氏が、慣性核融合の可能性を立証したとして、第一回エドワード・テラー賞を、テラー本人から受けたくらいだ。

阪大がこの世界で次々に世界記録を樹立できたのは、アメリカの研究グループが守秘義務に守られて成果を十分発表できなかつたのに、日本では、憲法九条のおかげで、軍事とはいっさい無関係という研究体制を作り、完全情報公開主義をつらぬけたからだ。アメリカで守秘義務がゆるんだのも、実はアメリカの研究者が、阪大に負けつけたことが口惜しくて、上部をつき上げたためという。

アメリカが守秘義務の壁をゆるめたとたん、隠し持つていた潜在能力がNIFを通じてドッと噴き出た。今や他を圧倒するパワーで快進撃し、点火まで

目前にきていることは先に述べた通りだ。ここにきて阪大も負けじと潜在能力を發揮して、「高率点火方式」なる独特の方式を発明した。これを使えば、四〇〇億円の実験炉で、アメリカより安く早く「点火」することが可能と二〇〇〇年にブチ上げた。もちろん

んそれは「奇跡」のようにすべてがうまくいったという話で、予算はある程度ついたが、金額もいまいちで、どんなにうまくいっても日本のほうが早く点火することはもはやない。

私がどうしてこんなことをよく知っているのかといふと、十数年前にレーザー研を取材して本を書いた縁で、実は五年ほど前からレーザー研の「参与」という立場にある。そのおかげで、国内、国外の核融合研究の情勢に詳しいのである。

そして、ここに書いてきたような話を公衆の前にした場というのは、レーザー研が大学組織の独立行政法人化の波に乗つて、超伝導フオトニクス研究センターと一緒になつて、「レーザーエネルギー学研究センター」となつて、再出発するに際しての記念講演だったのである。

そこで述べたことの一つは、レーザー研が核融合の技術をしつかり残したことが日本のためにもどんなによかつたかということである。アメリカの慣性核融合が点火したとき、必ず「日本はどうした?」の声が出るだろうが、日本でもこの分野でアメリカ

に伍す研究をやつてきましたと手を上げ、すぐにアメリカを追いかけることができるのは、ここしかないからである。

もう一つあげた重要なことは、新生レーザー研に新しい研究部門に「高エネルギー密度科学的研究部門」が生まれたことである。

これは、核融合に使う強力パワーレーザーの高エネルギー状態を利用して、全く新しい基礎科学の分野を切り開こうという野心的な研究部門で、「実験室宇宙物理」などという驚くべき研究テーマをかかげたりしている。これまで宇宙で起きるできごとは観測しか研究方法がなかつたが、これからはハイパワー レーザーを使うことで、星の誕生、星の死（超新星爆発）など宇宙でしか起きない状態を、実験室で模擬的に調べることができるようになるという。

宇宙でしか起きない状態を実験的に作つて調べることで、物理学が全く新しい次元に飛躍する可能性が生まれる。今年はちょうどアンシュタインの相対性原理から百年で、そろそろ物理学がもう一度新しい次元へ飛躍してもいい時期だが、それはこのよ

うな極限状態の科学から生まれてくる可能性が十分にある。

実はNIFでも同じことを考えており、新しいパワーレーザーのショットの十五%は基礎科学にさき、新しい物理学を切り開く目的に使うと宣言している。実験室宇宙物理もやるという。阪大とそつくりの発想なので日本がマネをしたのかと思つたら、事実は全く逆で、この発想の元祖は、阪大の研究部門長をつとめる高部英明教授で、NIFはその後追いをしただけなのだという。その功あって、高部氏には〇三年のエドワード・テラー賞が与えられた。パワーではアメリカが上を行きましたが、頭では日本もまだ負けていないとは嬉しいかぎりである。

## ITER → 20 ページ

### **Q 値**

エネルギーの入出力比(エネルギー倍増率)のこと。すなわち核融合を起こすために必要なエネルギーに対する核融合によって得られたエネルギーの比のことである。 $Q = 1$ が臨界条件で、 $Q = 20$ が点火の条件とされている。

### **高温超伝導体**

通常の超伝導体は絶対零度近くまで冷やさなければ超伝導状態にならないが、ある種の合金は-200度程度でも超伝導になる。これらは(比較的)高温で超伝導になるために「高温超伝導体」と呼ばれる。具体的にはイットリウム(YBCO)や、ビスマス(Bi-2223)が使われている。“比較的高温”と書いたが、冷やす手間やエネルギーを大幅に削減できるため、将来の核融合発電には欠かせない物質である。

### **高出力レーザー**

出力エネルギーが高いレーザーのことを言う。出力エネルギーがメガジュール程度で、繰り返しが10Hz程度、効率10%以上のレーザーが核融合には必要である。レーザーダイオードを励起起源とする場合が多いが、最近では半導体レーザー励起固定レーザーの開発が進められている。

## **三重積(核融合三重積) → 17 ページ**

### **商業発電**

得た電力を販売する目的で発電すること。実験発電と区別して使われる。

### **新古典輸送理論**

粒子が通る軌道の磁気面からのずれが小さいこと、速度空間での原則が時空空間での移動時間に比べて十分早いことを仮定して、各荷電粒子がそれぞれ独立に運動し、その重ね合わせで輸送現象を考える理論のこと。ヘリカル式核融合炉における超高温のプラズマの振る舞いをこの新古典輸送理論で説明しようとしても、それが成り立つ仮定が現実には満たされないため、新たな超高温のプラズマの振る舞いを説明する理論の研究が進められている。

## ターゲットメンバー

レーザー核融合において、レーザーをその中心に向けて照射することで核融合反応を起こす部分のこと。

## 超伝導

金属を絶対零度（-273度）近くまで下げたとき、電気抵抗が起らなくなる状態。同時に、磁力を反発する性質があり、リニアモーターで利用されている。超伝導を起こす物質を「超伝導体」と呼ぶ。

## 定常運転

核融合炉を点火し、反応が起こっている状態で運転すること。核融合発電が実現するには定常運転を一年以上維持が必要となる。

## デモ炉

商業発電を行なう前に建設される核融合炉を指す。現在の計画では10年程度の試運転の後、商業用の核融合炉が作られる。

## 閉じ込め

「プラズマを閉じ込める」とは「失われるエネルギーと同じ量のエネルギーを供給すること」である。例を挙げると、湖は川などを経由して水が流出していくが、それと同等の量の水が流れ込むため、傍目には量がわかつてないように見える。これと同じ原理を使って、核融合炉にプラズマを閉じ込めているのである。開放系の閉じ込めなのである。

## NIF (National Ignition Facility)

NIFとはアメリカにあるレーザー核融合施設である。莫大な予算(2000年時点では33億ドル見積もられている)を背景に、巨大な施設を建設し、核融合の実現に向けて動いている。その大きな特徴はレーザーの数がとても多いことである。計画では192本ものレーザーを照射させる予定であるが、2006年の末にはすでに48本のレーザーが完成し、試し打ちも成功に終わらせている。そういう実績から、2010年には早くも点火が実現可能であるとNIFは断言している。

## プラズマ→8ページ

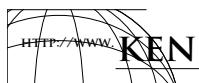
## ベータ(β)値

プラズマ圧力と電磁石の磁気圧の比。%であらわされる。プラズマ圧力が高いほど、また磁気圧が小さいほど $\beta$ 値は高くなる。つまり、 $\beta$ 値が高いほど効率よくプラズマを閉じ込めていくことになる。核融合発電実現には $\beta$ 値が5%以上必要といわれている。

## 第二部

# 立花ゼミの 「これまでとこれから」 BEFORE & AFTER

東京大学立花隆也室



KENBUNDEN.NET

+



# 立花ゼミのこれまでとこれから

〔立花 隆〕

これまでに開講されている東京大学立花隆ゼミ（立花ゼミ）は、大まかに1996年～1997年の第1次、2005～2006年の第2次、そして、2007年に始まつた第3次に分けられる。

第1次立花ゼミは「調べて書く」をスローガンとして、取材執筆とインターネットサイト作りをした。そして『三十歳のころ』をはじめとする3冊の本を作り、「サイバーユニバーシティ」というサイトを作つた。

第2次立花ゼミでは「巨大科学サイトを作ろう」をスローガンに、科学に関する記事をアップするサイト「SCCI（サイ）」を作つた。学生がサイエンスの研究現場に行つて取材し、科学に関する記事をアップするサイトである。オープン1ヶ月で100万ヒット、2006年夏に、累計1000万ヒットを記録した。今なお記録を更新中である。

今年度から始まる第3次立花ゼミでは、記事にする内容をサイエンスに限らず、学生が興味を持つものの全体とした。そこでインターネットの発信サイトの名前も新たに「KENBUNDEN（見聞伝）」とした。「見聞伝」とは「見たい聞きたい伝えたい」の略で、要するに「調べて書く、発信する」ということである。とにかく、参加する学生たちが好奇心の赴くままに、サイエンスの分野に閑わらず、あらゆる研究現場にせまつて、質問攻めにし、そこで見たこと聞いたこと、取材の中で考えたことを発表していくつもりでいるのだ。

我々はまだあらゆる面で力不足であるが、日本の現状を少しでもよい方向に変えるために、自らの行動でなんとかしたいという情熱、そしてあふれんばかりの知的エネルギーを持っているつもりである。

どうか、皆さまのご指導、ご支援のほどよろしくお願ひします。

# これまで

SCI（サイ）ができるまで [加藤淳]

## Webサイト「SCI（サイ）」の変遷

- ・05年10月 第二次立花ゼミ発足
- ・05年11月5日「サイボーグ技術が人類を変える」放映・SCI（サイ）どうにかスタート
- ・06年12月5日SCI（サイ）リニューアル

第二次立花ゼミ発足の狙いは、日本の科学研究の現場と一般社会とを結ぶ核となることについた。その2つをもつとも近づけるものはメディアであるはずなのに、日本のサイエンス・ジャーナリズムは今や風前の灯火である。読者の需要がないからメディアが縮小する、メディアが縮小するから良い科学記事が生まれない、良い科学記事がないから一般人の科学に対する目が育たない……という負のスパイラルを食い止めるには、新しいメディア、新しいジャーナリズムをいちから育てるしかない。そのような思いから、科学情報総合サイト・SCI（サイ）がゼミ生の手によって立ち上げられることとなつた。SCI（サイ）の名称はもちろんSCIENCEの先頭から3文字をとつたもので、「サイエンスの最先端」を伝えるメディアにふさわしいものであつた。

SCI（サイ）が最初に取り扱つた話題は、「サイボーグ技術」である。立花先生がNHKスタッフとともに半年以上の取材を経て完成させた番組「サイボーグ技術が人類を変える」の放映にあわせ、番組制作の過程で参照された100件近いWebサイトのリンク集と、番組内容を解説するコンテンツ、視聴者が番組に対す

る意見・感想を述べるための掲示板を作成することが提案された。夜を徹しての作業の末に、2005年11月5日夜、ようやくSCI（サイ）がオープンした。

SCI（サイ）の開設当初は、そういういた突貫工事で作り上げた事情もあって、コンテンツの量や完成度はいまひとつであった。しかし、「サイボーグ技術……」の番組が視聴者に与えたインパクトは大きく、SCI（サイ）のアクセスカウンタは最初からとてつもない数字を叩き出した。その注目に応えるため、ゼミ生らの寸暇を惜しまない努力が続いた。

「サイボーグ技術……」の番組のヒットの余韻も覚めやらぬうち、ゼミ生は次のコンテンツ作りにとりかかつた。ゼミ生が各方面の研究者にアポイントメントをとり、研究現場を直接取材して記事をまとめるという平常時の活動スタイルと、学会やシンポジウムに準備段階から関わり、解説記事をまとめる、配布用冊子を作成する当日にリアルタイム中継を行うなどのイベント時の活動スタイルが確立されていった。その他にも、立花先生の著名人との対談への同行取材、識者への寄稿や連載の依頼、ゼミ生ブログの開設など、多くの試みがなされた。時間とともに発展していくのは、コンテンツのみではない。SCI（サイ）のシステムそのものにも変化があつた。06年冬の大改装によって、SCI（サイ）は「ゼミ生が科学に関する取材記事を配信するサイト」から「取材記事を軸に、誰でも科学についての議論ができるサイト」に変貌を遂げた。この際、トラックバック機能やコメント機能が実装された。

このように、これまでSCI（サイ）が成長してきたことは漠然と確かめられるが、足掛け2年SCI（サイ）の根幹を作り続けてきた立場から見ても、未だこれからSCI（サイ）がどうなっていくのかはつきりしない。ただ一つ確かなのは、SCI（サイ）を作り始めた頃から相当時間が経つた今でも、SCI（サイ）と同じくらい科学に関する情報を集めてあり、なおかつその話題について議論ができるWebサイトは現わっていないということだ。今後は、他で同じようなことをしている人たちを見つけ、協力できることは協力していくよりサイトの規模を大きくしていく、という、ゼミの内部に留まらない視点が必要だろうと感じている。

## 企画体験記——イノセンスに見る近未来科学

〔鶴飼一生〕

「『現実の世界が、攻殻機動隊の世界にどんどん近づいている』という意見が出たので、取材をしてみたい。」そんな話があると聞いたのは2005年の冬。『攻殻機動隊』の世界観が好きだった僕は、興味本位からゼミに通うことになった。しかし実際、学生にどこまでできるのかと少しなめていた僕は、企画内容の情報を貰いながら別段なんの活動をすることもなく、時を過ぎていた。だが他のメンバー（主に加藤）の想いは違っていたようで、企画は着々と進行していった。2006年の4月、押井守監督と立花先生との対談が行われ、幸運にも僕はその収録に立ち会うことができた。そのとき、このゼミに対する自分の態度を改めてみようと思った。そんな折、「五月祭でも『攻殻機動隊』関連で対談を行おう」という案が出たため、メンバーも増えていった。イノセンス企画はここで本格始動したと言えるのかもしれない。

五月祭対談者の櫻井圭記さんの存在を知ったのは、押井監督との対談を企画していた時期のこと。企画責任者の加藤がProduction IGの石川社長を通じ、押井監督とコンタクトを取ろうとした時、社長より連絡役として紹介されたのが櫻井さんである。当時『攻殻』のにわかファンに過ぎなかつた僕は、もちろん櫻井さんが脚本家であることなど知らなかつた。実は作品の中で僕が大好きな回のストーリーを考えていたのが櫻井さんだつたと気付いたのは、対談に向けて押井監督のものをはじめ、関連すると思われる書物を片端から読みあさつていた時のことであつた。

初めてProduction IGを訪れたのは五月の初め、五月祭に向けて具体的な打ち合わせをしていた頃だ。既に他のメンバーは一度訪問しており、イノセンス企画としての訪問は二度目だつた。名前を告げ、建物の中に通されると、すぐに『人狼』の等身大フィギュアが出迎えた。エレベーターを上り、着いたフロアの入り口には『攻殻機動隊』のキャラクターがペインントされたゲート。通された会議室には同作品のキャラクターの等身大フィギュアが出迎えた。ユーモアあふれる現場に驚いたことを覚えている。

対談相手がSF作家の瀬名秀明さんに決まるといふと、本番に向け準備も佳境に入つていつた。対談するお二人は互いに連絡を取り合い、対談内容が決定。それに合わせ、ゼミ生は、対談内容が公聴者にも伝わりやすいように小冊子を作り始めた。お二人に事前に決めてもらつたテーマに沿つて資料を集めたのだが、内容の多さ・濃さに驚いた。リストとして渡されたのは、どれも普段聞きなれない難解なものばかりの上に、量も尋常ではなかつた。脚本家や作家はこんなにも書物を読み、そしてアウトプットが出来るのかと、尊敬と畏怖の入り混じる思いだつた。メンバーが着々と資料用の記事を作成する中、僕も僭越ながら参加し、結果として冊子に自分の記事を載せることが出来たのだが、記事を書くことの大変さ、そして文筆家の偉大さを知り、自分の無知を恥じた。

準備は、予想をはるかに超えて大変なものだつた。一つのことをやり遂げるのはこんなにも大変なのかと思はれられた反面、メンバーとの共同作業を通して貴重な体験・経験もできたようだ。会場・控え室の確保から始まり、内装、機材確保、人材の配置・振り分け、サイト・ビラによる告知、etc。当日までにやることは山ほどあつた。締め切りに追われる日々、毎日のようにオールナイトで繰り広げられる2ch語を駆使したネットミーティング。徹夜を何夜しただろうか。しかしあの数ヶ月で知り得た知識、得たものは計り知れないだろう。

# これから

見聞伝（kenbunden.net）ができるまで（渡辺周介）

（「見聞伝」はゼミのあだ名、「kenbunden」はサイトの名前と区別している。）

## 発端

2006年冬。立花隆ゼミの活動は暗礁に乗り上げていた。第2次立花ゼミ設立当初から活動していたゼミ生のほとんどは本郷へ進学し、メンバー数は激減していた。特に、SCI（サイ）のデザイン・管理を行なっていた加藤氏が本郷へ進学を決め、Webサイトの管理に問題が発生していた。

SCI（サイ）のシステムはPHPというプログラミング言語の知識がある者でないと容易には扱えず、Web上の活動はほとんど彼が担っている状況だった。もし何かの事情で彼が動けなくなってしまった場合、SCI（サイ）すべての活動が滞ってしまう。これまで、加藤氏の頑張りに半ば期待、半ば心配しながら活動を続けてきた。彼が抜けることにより、Webの活動が鈍くなることが予想されていた。さらに、来学期からは取材の対象を文系分野にも広めようという動きもあり、Webサイトの管理などができる人材が減ってしまうのではないか、という恐れもあった。

「ゼミの活動範囲拡大」「Web担当の離脱」

—このような事情を背景にして、新しいゼミのあり方が問われていた。

そんなとき、SCI（サイ）とは別に、扱いの容易なHTML言語のみで作ったWebサイトを作成し、活動報告の場としてはどうかという考えが出された。そして、好奇心の赴くままに理系、文系を問わず様々な研究現場に出かけてゆき、取材をしてそれを発表していくというコンセプトのもとに「見たい聞きたい伝えたい」とテーマを銘打ち、ゼミの名前を「見聞伝」となることが決まった。サイトの名前は「kenbunden.net」だ。

こうして、新しいゼミの構想が着々と出来上がつていった。

#### kenbunden.net、緊急始動

2007年3月30日夕刻。核融合シンポジウムを終え、肩の荷をおろした旧ゼミ生たちは立花隆事務所に集まっていた。来学期からのゼミで、いかに新入生を確保するかについて議論するためである。

すると、仕事をしていた立花先生がやってきて、こうおっしゃった。

「BS-hiで放映予定の『夢の古代文明紀行』のリンク集を作成し、kenbunden.netの嚆矢としてはどうか」

「夢の古代文明紀行」とは世界に点在する遺跡・史跡を取り上げ、過去の文明に思いをはせるという番組で、立花先生が出演されることになっていた。これを立花ゼミでリンク集を作り、放送内容をフォローしようとう試みだ。今までとは違った文系のコンテンツであり、「見聞伝」としてこれほどのアピールはない。

しかし、一見最良に見えるこの提案も重大な障害があつた。放送日は3月31日からの2日間。リンク集作成のために残された時間は1日とない。

かくして、旧ゼミ生全員に緊急招集がかかり、「k e n b u n d e n . n e t」のあわただしい船出が始まった。岩間氏がWebサイトのデザインを担当し、そのほかのゼミ生はリンク集めに奔走した。そして、何とか放送終了までにコンテンツを作成した。

奇しくも、SCIを立ち上げた当初、初めて設置されたコンテンツも「NHK番組のリンク集作成」であった。

### その後

リンク集作成後、新ゼミ生を迎えた見聞伝では様々な意欲的な試みが続けられている。

今回の五月祭企画やこの小冊子もその一環である。

これからも我々は「見たい聞きたい伝えたい」を胸に刻み、若い世代ならではの知的エネルギーとみずみずしい感性をもつて、努力を続けていく心意気である。

## 企画体験記——球形トカマク取材

〔皆川秀洋〕

5月2日、核融合の研究をやっている高瀬雄一教授の取材のため、立花ゼミのメンバーと東大柏キャンパスへ行つた。参加を決めたのは取材の2日前だつたし、取材の中心になるのは立花先生と2年生だつたので、1年生のぼくは前知識がまったく無い状態で取材に向かつた。

あらかじめ知識を仕入れておかなかつたのは、もう少し理由がある。「核融合」という言葉を見たときに、全く興味がわかななかつたからだ。そもそも「核融合」という言葉を聞いて、頭の中に何もイメージが浮かばなかつた。

取材は午後の2時から8時までほとんど休みなしで行われた。初めの2時間は高瀬先生の説明に立花先生が

質問をするという形式だつた。

いよいよ取材が始まつた。が、なにかおかしい。高瀬先生の言葉が頭を素通りしていく。一生懸命集中して聞こうとしても、やつぱり素通りする。ベータ値、閉じ込め時間、バルーンング不安定、ディスラプション……。意味不明な単語が機関銃のごとく頭に降ってきて、ぼくは頭がどんどん痛くなつてきた。このときぼくは今日ここに来たことを強く後悔すると同時に、自分の無知に対してもやしいような何とも言えない絶望感に襲われた。

高瀬先生の取材が終わると、今度は球状トカマクという核融合装置を見せてもらつた。すでに先ほどの話で、頭の中がベータ値やアスペクト比などという単語がそれぞれ全くつながりをもたないまま飽和状態になつてしまつた。ラフラフのぼくに、球状トカマクはさらに衝撃を与えた。とにかくスケールがでかい。配線の数は本當かと疑つてしまつくらいあって、何度もつまずきそうになつたし、装置全体の占める面積はバレーボールのコートぐらゐあつた。

その後も別の核融合装置を見せてもらい、他の教授からもたくさんお話ををしていただき、取材が終わる頃には経験したことのないような脳の疲労と、それとは裏腹に今日聞いてきた内容が全く思い出せないと妙な状態になつた。

帰りはもう遅かつたので、立花先生も一緒に柏駅のパスタ屋で食べた。ぼくは頭がボーッとしていて、ほとんど無意識の内に黙々と食べてたら、周りでは何か話をしていたらしく、いつの間にか視線が自分に集まっていることに気付いた。2年生でゼミ幹事の渡辺さんが、ぼくに今日の記事をGW中に書いてくれないかと言つているのだとわかった。ぼくは思わず分かりました、と言つた。こうしてこの記事を書くことになった。

次の日の朝、昨日のことが少しも頭に残つておらず、このままでは何も書けないと焦り、慌ててお茶の水に行つた。そこで核融合の本を何冊か買つて家に帰つてくると、立花先生から、核融合の資料があるから良かつたら取りに来ないかという連絡が入つていたので、ありがとうございます、と感謝しながらまたお茶の水まで急いだ。

そこで見せてもらったたくさんの資料と、立花先生から聞いた話で、核融合の世界が徐々に見えてきた。そして見えてくるにつれそのスケールの大きさと、とにかく気の遠くなるような複雑さが見えてきた。そして信じられないような面白いこともたくさん分かつてきた。

核融合は、一見どつつきが悪い。最初、ぼくにとつては脳科学や分子細胞生物学のように魅力的でもなければ、天文学や数学のようにロマンにあふれている感じもしなかつた。あくまでもぼくにとつてはだが。

しかし、核融合について知るにつれて、この研究のことがもつともつと知りたくなつてきた。研究が進むにつれ問題が次々と浮上し、本当にできるのかと核融合成功を疑問視する声も高まる中で「できないと思うくらいならこの研究をやつていない」と、地上に太陽を作ることに全精力をつぎ込む科学者の方達に直接話を聞くことで、核融合に対するイメージが180度変わってきたのである。

だから、今回の企画は参加者として大学生以上を想定してはいるものの、冊子自体はまだ専門を決めていない高校生にこそ読んでほしい。今この文章を読んでくれているあなたは、ぼくが初めそうだったように、「核融合」に対して何もイメージを持っていなかつたのではないかだろうか。もし今回この記事を読んで、少しでも核融合に興味を持つていただけたらこの企画に参加してほんとうによかつたと思う。

## 第三部

‘06五月祭特別対談報告：

# オリジナルとコピーのはざまで —ゴーストが宿る場所—



Between the Original and the Copy  
dwelling place of "Ghost"

立花『INNOCENCE』に見る近未来科学』企画班

# 企画の意図

〔内山 有紀〕

『イノセンス』をはじめとする「攻殻機動隊」のシリーズには、優れた先見性で近未来技術やそれに係わる諸問題が描かれている。たとえばそれは「光学迷彩」であつたり、「人と機械の差異」という問題提起だつたりする。作品に見てとれる様々なテーマを、現実と結びつけて考察し、アニメーションの映像をまじえて公開すること——この企画の趣旨はそこにある。

この企画が生まれる契機となつたのは、2005年11月にNHKスペシャルで放映された番組「立花隆最前線報告 サイボーグ技術が人類を変える」が人々に与えた衝撃である。この番組は、人体のサイボーグ化についてすでに実用段階に近い技術がある、という科学の最先端を紹介するものであつた。立花ゼミでは、その番組の補足説明を行うため、ゼミの公式Webサイトである「サイ（SCI）」内に特集ページを設けた。

この番組とWebサイトに寄せられた視聴者からの感想には、「『攻殻起動隊』の世界が近付いていく」という記述が数多く見受けられた。「『攻殻機動隊』と科学」という着想が生まれ、企画が動き始めた。つまり、「サイ（SCI）」の読者がいたからこそ産声をあげることができたのだ。

2006年の五月祭では、SF・ロボットに関する執筆活動や講演活動で有名な瀬名秀明氏（作家、東北大  
学機械系特任教授）とTVアニメ版「攻殻機動隊」の脚本・櫻井圭記氏（Production I.G）をお招きし、ロボッ  
トと人間の差異について、さまざまなものから語つていただいた。

昨年の五月祭にあわせて販売した冊子「SCI note」では、主に対談のキーワードとなる事項の解説を  
収録した。本年の「SCI note 2」では、昨年の五月祭での対談を全文掲載した。熱い対談の模様が少し  
でもお伝えできれば幸いである。

# 企画のこれまでとこれから

〔企画責任者／加藤淳〕

今回の冊子を通底するキーフレーズは「これまでといれから」である。当企画は、企画のWebページに更新がなく活動が滞っているように見えてくるはずなのや、いくに「これから」について触れておく必要があると思つてこの文章を書いてくる。

## これまで

昨年盛況を博した五月祭の対談から早くも一年が経つた。対談後の二～三ヶ月は、対談に関する記事が各所に掲載されたり（RobotWatch, <http://robot.watch.impress.co.jp/cda/column/2006/06/02/22.html> 他）、自分たちでも「SCCI（サイ）」に対談の模様を報じるなど、五月祭の余韻が続いていた。

その後は企画自体に表立つて大した進展はなく、水面下で動いていたいくつかの企画も、科学を扱うWebサイトたる「SCCI（サイ）」に記事として載せるに相応しいのかという議論に終始して実を結ぶには至らなかつた。もともと「イノセンスを見る近未来科学」と銘打つてゐるが、企画参加者の興味はどうやらかといえば「イノセンスを見る近未来の社会のありよう」など、社会学的・哲学的分野に偏つており、そういう意味で、企画がk e n b u n d e n . n e t の開始前に編まれていたのは時期的に早すぎたとも言える。

## これから

しかしながら、企画参加者、そして対談者のお一人の活動は場を変えながらも着実に進行していくのだ。

## 企画参加者

kenbunden.netがなかつた当時、企画参加者の多くが「それでもやはり話を聞いてみたい」と言つていたのが、作品作りに係わる人たちだつた。そこで、立花ゼミの外に仮の企画が一つ立ち上がつた。

今の若者世代（僕らの世代）は、作品を享受する側でいることに異存はなくとも、「クリエイティブな何か」に憧れたり、意識する・しないに係わらず「表現」や「個性」への強迫観念に苛まれがちだ。このような認識のもと、日々表現することを強いられている作品作りの現場の人間（クリエーター）たちを取材することで強迫観念の解消に留まらない建設的なヒントを得たい、という企画である。「C R E A T O R S = M E D I A」と名付けられたこの企画は、今もゆっくりとしたペースで準備が進んでいふ。（<http://digitalmuseum.jp/cm/>）話を聞きに行くだけでなく、自分たちで作品をつくらうという動きもある。

## 対談者のお二人

企画とは直接関係ないが、対談者のお二人の近況もここで紹介させていただく。

櫻井氏は、対談で話したことも含め、「人間に近づく口ボットに近づく人間」という切り口で本になる原稿を書き進めている最中であるといふ。

瀬名氏はこの対談も収録した対談集を出版される、这样一个話が風の噂で流れてきてゐる。それでなくとも新刊の情報はたくさん耳にする。（<http://news.senahideaki.com/>）

# 対談採録

人は、自らの似姿をロボットに与えた。

そして今、人は自らの機能の多くがロボティクスで代替可能なことを知った。  
あまりに精巧に作られたロボットは、人間の定義を侵食しだす……

司会

本日は、立花ゼミの特別対談企画にご来場いただき、ありがとうございます。

本日対談されるお二人をご紹介いたします。

現在、東北大・機械系の特任教授をしていらっしゃいます、作家の瀬名秀明さん。「パラサイト・イヴ」や「デカルトの密室」をはじめとするさまざまな小説をお書きになつておられます。ロボットと人間の境界の問題についての興味が、櫻井さんと一致したということで、本日の出演をご快諾いただきました。よろしくお願ひいたします。

瀬名  
よろしくお願ひします。

司会

そして、Production.I.G から、さまざまなお仕事の脚本を手がけていらっしゃいます、櫻井圭記さん。櫻井さんは、東京大学のご出身で、在学中から「攻殻機動隊」というアニメーション作品の脚本を担当されています。よろしくお願ひいたします。

よろしくお願ひします。

では本日のタイムテーブルを紹介させていただきます。前半部といたしまして1時半より、1時間ほどお話をいただいた後、休憩を15分ほど挟みまして、後半部を再開いたします。最終的に3時半ごろにお話しを終えていただき、その後質疑応答の時間を設けたいと考えております。また、こちらのディスプレイには（瀬名氏と櫻井氏の間に大きなディスプレイ）、対談の内容を要約したものが、リアルタイムで書記によつて打ち込まれていきます。さらにこのディスプレイにはProduction I.G様からご提供いただいた映像や画像、われわれで用意いたしました資料なども表示させていく予定であります。

それでは、対談を始めるにあたつて、きつかけになるような映像がござりますので、まずそちらを上映させていただきます。

映画「イノセンス」より、ハラウェイとトグサ、バトーの会話のシーン。

普及型のガイノイドが暴走する事件が発生、それらのガイノイドは皆最後に自殺（自壊）していた。

ハラウェイ 「ロボット達は使い捨てをやめてほしいだけなのよ。」

バトー 「まさか。」

ハラウェイ 「人間とロボットは違う、でもその種の信仰は、白が黒でないという意味において、

人間は機械ではないというレベルの認識に過ぎない。」

（中略）

ハラウェイ 「子供は常に人間という規範から外れてきた。つまり確立した自我を持ち自らの

意思に従つて行動するものを人間と呼ぶならね。では人間の前段階としてカオ

スの中に生きる子供とはなんものなのか。明らかに人間とは異なるが、人間の形はしてゐる。(略)つまり子育ては、人造人間を作るという古来の夢を、一番手つ取り早く実現する方法だった、といったことにならないかと思つてゐるよ。」

「子供は…人形じゃない!」

「人間と機械、生物界と無生物界を区別しなかつたデカルトは、五歳の時に死んだ愛娘にそつくりの人形を、フランシースと名づけて溺愛した。そんな話もあつたな。」

トグサ  
バトー

司会

今 の映像に登場していた、ハラウェイというキャラクターには、モデルになつて いるダナ・ハラウェイという女性がいまして、「サイボーグ・フェミニズム」という、サイボーグと人の境界というテーマに関する本を書いています。また、「イノセンス」の登場人物バトーが話に出していた、フランシースという名前は、瀬名さんの著作「デカルトの密室」の中のキャラクターの名前としても出てきているわけですよ。

そうですね。

みなさん初めまして、瀬名と申します。ところで、あらかじめお伺いしておきたいのですが、「イノセンス」をご覧になつて いるかたはどのくらいいらっしゃいますか。(多くの人が手を挙げた)では、STAND ALONE COMPLEXをご覧になつて いる方は。(これにはそこそこ手が挙がる)ありがとうございます。

櫻井

瀬名

瀬名

先ほど打ち合わせ室で櫻井さんとこのシーンの話をしていたのですが、トグサとバトーとハラウエイという三人が、どのくらい義体化されているのかということの映像での描き方が、□から出る息で表現されているという話があつて、あれによつて人間とサイボーグ、ロボットとのちがいがうまく出されていると。トグサはあんまり義体化してなくて、ほとんど生身。

櫻井  
ほとんど生身ですね。

首の後ろに、線を接続するためのジャックはあるけれども、ほとんど生身なので、□から出る息がちゃんと白い。だけど、バトーというゴツいやつは、ほとんど義体化しているので、あまり□から白い息が出ない。ハラウエイさんは、微妙な感じ、という話でしたね。

そうですね。これは押井監督が意図的にやつていることだと思いますけれど、トグサは、この検死官の部屋に入つてきたときに、襟を立てる。

寒いわけですよね。

寒いわけですね。で、吐く息が白くなつて。バトーは特に寒さでもなければ、吐く息が白くもない。ハラウエイという検死官は、たばこを吸つている。煙がずっとでているので、吐く息が白いのかどうかがわからないというふうになつて、最後のシーンで、目の辺りがカチャつと開くので、かなり義体化率が高い人だったのだということがわかるという。そういう人でもタバコを吸わなきやいけなかつたんだ、ということなんですけどね（笑）。

フランシーヌって言う女の子の話をバトーがしていましたけれども、あれは哲学者デカルトの愛娘が五歳で死んだときの話なんですが、あれは伝説で、実際に証拠立てるような文献はないん

瀬名

櫻井  
瀬名

ですね。日本では瀧澤龍彦さんが本の中で紹介して、それで広まつたらしいんですが、出典は良くわからないし、デカルトのことを研究している哲学者の人間に聞いても、あの噂はどこから出た話か知らないといつてました。かいづまんで説明しますと、デカルトは愛娘が死んで、とても悲しつんだ。それでそつくりの人の形をつくつて、トランクにいれて持ち歩いていたと。ある時デカルトが海を渡つてどこかの国に行く時にトランクを持つて行つたんだけど、海が大時化で、船乗りたちがフランシーヌの人形の呪いがあるから不吉なことがあるんだといって人形を海に捨ててしまふ。そうしたら嵐がやんで船が沈まずにすんだと。心身二元論を唱えたデカルトが娘の人形をつくつたというのがおもしろい。最近では、「からくりサーカス」というマンガでも言及されています。

瀧名さんがデカルトの話をする中には、そこから当然作品の中にもデカルトを意識した主役あるいはライバルに相当するキャラクターを、フランシーヌ…。

そうですね、僕の「ケンイチ君シリーズ」に『デカルトの密室』という小説があるんです。ロボット研究者の人が自分の子供のようにロボットを育てていく話で、敵役がその研究者に挑戦していくんですが、その敵の一人にフランシーヌ・オハラという女性研究者がいて、彼女はある病気で自分が心を持っていること、他人が心を持つていることがどうしても理解できない。何とかしてその感覚をつかみたいので、相手の表層を、行為そのものを、ロールプレイのようみていくことで、相手の気持ちを探ろうとする。そうすればそれなりにコミュニケーションが成り立つてしまうんだから、実際に心があるかないかなんて考えなくともいいでしょ、と主張する。主人公のロボット研究者たちは「ケンイチ君」を人間のように育てて生きたいと思っているんだけど、フランシーヌは逆に、自分は機械のようになつて行きたいと思つていて。そういうことでフランシ

ヌさんとデカルトがつながる。

そこでチューリング・テストの話になるんですね。櫻井さんもSTAND ALONE COMPLEXの中でまさにチューリング・テストによく似たストーリーを書かれしていました。

櫻井

瀬名

そうですね。今回対談にあたって、何回か瀬名さんと事前に何回もメールでやりとりさせていたいたんですけど、まず『デカルトの密室』のなかでごく興味深い部分があつて、最初が『メンチエルのエスプレイヤー』っていう話なんんですけど…これオチバラしちゃつてもいいんですかね。

いやあいいですよ（笑）。

作品の中にてくるケンイチ君が、実はロボットだつたつて言うオチがあるんですね。で、一人称が「ぼく」なんで、伏線は張つてあるけどばれないようになつていて。で、次の話の『デカルトの密室』では、ケンイチ君の作つている人間の祐輔つて言う研究者がいて、その祐輔君を「ぼく」で登場させるんですね。段落というか文節ごとに、「ぼく」つていうのが、祐輔のこともあれば、ケンイチのときもあるんです。「あれ、ぼくつて言つてるんだけど背中の電源をさわつてる：あ、これケンイチね」とか、逆に「ケンイチだな」と思つて読んでも「あ、これ祐輔だつたのか」つていう風に、読み手を混乱させるように作つてあって。次々に変わる一人称の扱い手がいて、それがどのキャラクターなのかを探るべく文章を読み進めていく視点つていうのが、非常にチューリング・テスト的な感じがして、すごく面白いなあとと思いました。

ここでチューリング・テストの説明をしますが（左図を指して）、ついたてがあつて、こつちから先は見えないんですよ。AとBというベースの、どつちかにコンピュータ、どつちかに人間が入つ

櫻井

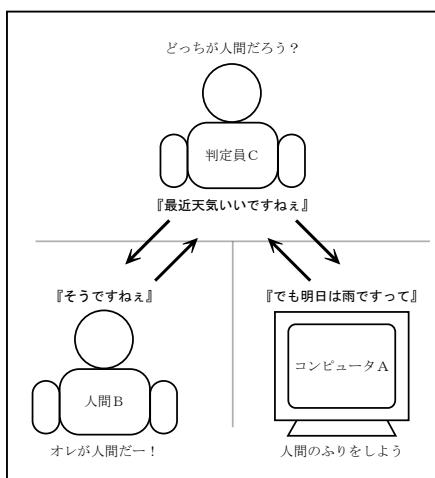
ていて、判定員Cがどちらが人間でどちらがコンピュータかを判定する。判定員CからはAもBも見えないんだけれども、インターネットのようなもので部屋はつながっていて、文字で会話をきる。例えば「今日はいい天気ですねえ」といつたら、「そうですね」という具合に。その会話をしていくことで、相手が人間かコンピュータかを判定する。

このアラン・チューリングというのは数学者なんですが、ゲイだつたんですよね。茂木健一郎さんが対談の席で言っていたことで面白かったんですけど、チューリング・テストは元々、男と女の違ひってなんだろうかという問題意識があつたんじゃないかなって。チューリングの論文を読みますと、まず判定員Cが「あなたの髪の毛の長さは」と尋ねていて、AとBのどちらが男でどちらが女かを当てるゲームから話が始まっている。男は女の人のフリをして、「長いよ」とうそをつくかもしれない。じゃあこれを機械に置き換えたらいどうだろうかと、コンピュータの話になつてゆく。チューリングがそういう経歴だったから、こんなテストが考案されたじやないかという話を書いていたね。

なるほどそれはありえそうですね。あの人は確か、自殺、

自殺っていうかちょっと正体不明ですね。死ぬ数日前に、ジプシーに何か予言をされて顔が真っ青になつていたらしい。

すごいですね、数学者なのに。



瀬名

櫻井

瀬名

で、チューリング・テストは1950年の論文なんですけれども、この論文が優れていたのは、外からみて人間と同じようなことができるコンピュータがいたら、人間と同じ知能を持つているといえるんじやないかと、知能の定義を変換しちゃつたって言うところなんですね。

まさしくそのとおりですね。

僕の「デカルトの密室」でもちょっとひねったチューリング・テストがでてきて、櫻井さんの『STAND ALONE COMPLEX』の中の「ささやかな反乱」というのもこのチューリング・テストのような状態が登場する。

さつき手を上げていただいたら「STAND ALONE COMPLEX」観てるかたあまりいらつしやらなかつたので、一応ちょっと話をさせていただきますと、『ささやかな反乱』っていう回があつて、ある青年が女のアンドロイドと逃走して、世界中にある、自分の持つてるそのアンドロイドと同じ型のアンドロイドを全部壊しちゃうという話なんです。逃げてる理由っていうのがよくわからんんだけど、捕まえてみると、自分の好きな女の子、つまり自分のアンドロイドに変質的な愛を抱いていて、ものすごくその女の子が好きなのに、他に同じタイプのアンドロイドが世の中にいっぱいあるというのが許せなくて、ワンアンドオナリーの女の子にしたかつたんで他のロボット壊しちゃつた。それで、途中何度も青年とアンドロイドしやべるんですけど、それが全部映画からの引用台詞で構築されていたって言うのが、最後にわかる。愛を語るようなセリフを二人でしゃべってたんだけど、それは全部ある映画からの引用台詞だった、でも最後に一個だけ引用台詞じゃない台詞をしゃべっていたっていうような話なんですけど。これを書いたときには、僕はチューリング・テストのことを考えていました。よっぽどのゴダールオタクでもない限りは、

それがゴダールの映画のセリフからの引用だったって、たぶん途中まではわからないと思うんですね。

### 瀬名 『勝手にしやがれ』。

そう、『勝手にしやがれ』からの引用なんんですけど。心が通い合っているように、成立しているよう見える会話が、ただの引用だった、っていうところがいつてみればチューリング・テストっぽいイメージになつていて。

あれで面白いと思ったのは、彼らは映画からの引用で話をすることによつて何をしようとしていたのか。つまり、彼らは自分の言葉でしゃべつていらないわけですね。映画からの引用でしゃべりながら、他のロボットとではない、そのロボットの愛をみつけだそうとしていたんですね。ロボットの側から言えば、基本的にプログラムでしゃべつているだけなので、青年がひたすら部屋で映画を見せたためにその語彙しかしゃべれないような感じだとと思うんですね。青年は青年で映画好きなので、映画と同じようなシチュエーションをなぞりたかつたつていうことも、想定できるのかなあって気持ちはあります。

つまり彼らが映画のストーリーをなぞることで、アイデンティティがうまれてきたわけですね。そこがすごく面白いところで、今日の話は人とロボットとかコピーとオリジナルというテーマなんですねけど、そういうところにも通じる話かなあと思います。映画のストーリーをなぞっていくことで、追体験していくことで、その中に彼らのオリジナルのものを見出そうとしているつてところ。

瀬名

櫻井

瀬名

先ほども話しましたが、「デカルトの密室」で、フランシーヌと、ロボット工学者の祐輔と、もう一つコンピュータが入つて、三つでチューリング・テストをやる。なにをやるかというと、人間らしさを判定するんじやなくて、機械らしさを判定する。機械のふりをして、一番機械らしいのは三つのうちどれかを判定するという、チューリングの逆バージョンをやる。で、主人公は悩み始める。どうやつたら自分は機械らしいということが表現できるだろうか、例えば、スペルミスをするのは機械らしいか機械らしくないかとか。機械だつてスペルミスをするようなプログラムを作ることは可能なわけだし。心がないフランシーヌは、ネタバレをしてしまいますが、「不思議の国のアリス」の中から台詞をとつてきてどんな台詞でも答えるという方法をとる。まわりで判定している人たちは人工知能の専門家たちなんだけど、全然そんなことには気がつかなくて、素人の人に指摘されてようやく気がつく。

櫻井 瀬名

あれすごい面白かったですね。ロボットらしさを三人に競わせて、それに順位をつけると、逆に誰が一番人間らしいかっていうこともわかるんで、要するに同じことなんじやないのっていう逆転の発想が面白かったということと、ロボットらしさや人工知能らしさをだすためのスペリングミスとかつていうことが。実際今行われているチューリング・テスト大会つてあるんですよね。

はい、「ローブナー・コンテスト」っていうのがあるんですね。

そのコンテストの中でもしょっちゅう使われている手段で、質問者がわざとスペリングミスをして、どうやってコンピュータがそれに対処していくか、「スペリングミスしているよ」と言つて言うのか、間違つたままで応答するのか。瀬名さんの話に戻るんですけど、アリスから引用するつていうのがすごく面白いなど。引用のみで台詞を構築するつていうのは、オリジナルとコピーとい

うことから言えば、なんかロボット的な人工知能的な感じがするんですけど、でも引用をアリスの中から持つてこようと思った、そのピックアップはどうなのっていう。

瀬名

櫻井

アリスでやるぞって決めるところがね。

一旦アリスに決めたら、どこかの台詞を当てはめたらアンサーになりうるだろうかを選ぶって言うハーダルを自分に課すところが、すごく人間的な感じもするという感覚を、読者に与えたと思うですね。

そこを評価してくれたのは櫻井さんが初めてかなあ。あそこのシーンは書くのが非常に難しくて、ていうかデカルトの密室は書いていくうちにだんだん自分がロボットになっていく感じがしたんですね。

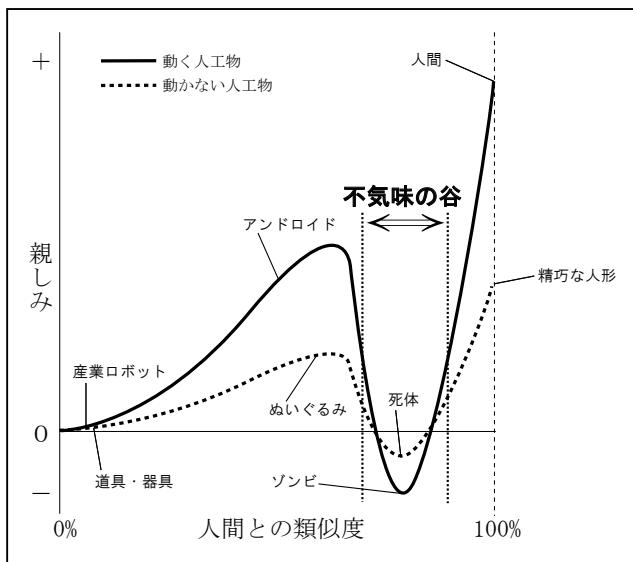
攻殻機動隊の「STAND ALONE COMPLEX」でも櫻井さんは、ロボットのタチコマが重要な役割を担う回を多くやってらっしゃいますけど、あの時にもロボットの気持ちを忖度しながら書いていったって言うのは多分あると思うんですね。『機械たちの時間』って回がありますよね。あそこでタチコマという、人間も入れる自律型戦車、クモみみたいな形をしているんですけど、そのタチコマたちがわらわらと集まって話し合いをする。その中に一機、バトーの専用機があって、その専用機がバトーさんからもらった天然オイルをもらつたことがきっかけで個性を持ち始める。一つが個性を持つことでだんだんみんなが個性を持つようになる。タチコマ同士で自分たちが最近個性を持ち始めたことがバレているということを会議するっていう面白い回があるんですけど、僕はこの『機械たちの時間』をすごく興奮しながらみたんです。機械同士がだんだん個性を持つていく、全部コピーだったものが少しづつオリジナル性を持つっていうところとか、『機械たちの

『時間』の脚本練るにはかなり大変な作業だつたんじゃないでしょうか。全部ほとんど同じだったものが少しずつ違つてくるわけですね。キャラクターの違いの出し方っていうのはどういう風にやつてらっしゃつたんですか。

一応当時書いていた論文と平行するかたちでドラマを書いていたので、言いたいことがいくつかあって。この台詞とこの台詞は同じタチコマが言つているとは思えないな、つていうことから、ならべくキャラが分散するようにしました。タチコマたちを描き始めるのに参考にしたのは、森政弘さんの提唱している『不気味の谷』で（下図を指して）、人間の姿に似てくれば似てくるほどロボットに対する愛着って言うのは上がつてくるんだけど、ある一定ラインで似てくるとスコーンつて親近感が落ちる。

横軸が人間との類似度を示していて、右に行くほど人間に近づいていくって事ですね。左側の0がほとんどロボットで、グラフの右端はほとんど人間。縦軸が人間との親和度、親しみやすさ。

ある一定まで人間に近づくとちょっと嫌にな



る。それが死体やゾンビを彷彿とさせたりするんじゃないかなってことがいわれているんですけど、タチコマたちも、自分たちがぎりぎり今まで許されていたのはクモみたいな形をしているからで、人間っぽい形を獲得するとやばいかも知れないからちょっと口ボットっぽいふりしようぜ、っていう話をします。

みんなで口ボットのフリをするという。

口ボットのふりをし始める。で、もう口ボットっぽさって今となつては覚えていない。キミは口ボットっぽくないだろ、とかつて言われたりするシーンがある。

あと、口ボットが人間に近づいているとか、人間が口ボットに近づいているとか、どっちかっていう台詞がでてきますよね。

それは当時考えていたことで、W・J・オングという言語学者が「声の文化と文字の文化」という本の中で、オラリティ（話し言葉）と、リテラシー（書き言葉）について書いていて、会話というものが人間の本拠地としてスタートしているわけだけれども、それをコピーする目的のために発明された文字っていうものの存在に、オリジナルの会話が引っ張られているんじゃないかと。オリジナルのコミュニケーションの作法である会話というものが、コピーである文字によって、引っ張られている、変容しているんじゃないかなってことです。

コピーが文字としてはつきり見えちゃうから、オリジナルで考えていたことがそれに引っ張ら  
れちゃうんですね。

瀬名

櫻井

櫻井

瀬名

そうですね。文字を持たないコミュニケーションの文化というものを、文化人類学的な事例をあげながら書いているんですけども、挨拶であったり、いくつかの常套句であったり、会話表現つていうものによつて成り立つていてる会話、「どこどこに食べ物がある」「どこどこになにがある」といつた簡略な会話が、非常に論理的になつていき、あたかも書くかのようにしゃべるようになる。ちょっと脇道にそれますが、J. ラカンが、日本人は文字を想定しながらしゃべるというんですね。彼が言うには、日本人には精神分析なんかいらない、なぜならば日本人はしゃべる時漢字が思い浮かんでいるだろうから、なんてことを言つていて。

本当かなあ。

瀬名  
櫻井

例えば「存在」つていうときにひらがなを思い浮かべたりカタカナを思い浮かべたりしないでしよう。

あ、でもねえ、ちょっと外れちゃつて申し訳ないけどいいですか。

あ、いいです。

瀬名  
櫻井

作家になり始めのころですね、編集者と喫茶店で打ち合わせをするじゃないですか。そうすると、編集者っていうのは何人の作家を担当しているので、他にどんな方を担当されているんですけど、か、って聞いてみると、いや、何々さんとか何々さんですよつて言われるんですけど、僕は咄嗟にその名前がわからなかつたんですよ。例えば、ええと、誰でもいいんですけど、「イノセンス」の前日譚を書いてる山田正紀さん。僕は山田正紀さんの担当をしていますよ、つて言われた時に、僕は山田さんの書いた本を読んでいて、山田正紀って言う文字を本の表紙でずっと前からみてい

たのに、声でヤマダマサキって言われた時にわからなかつたんですよ。で、ようやく漢字を書いてもらつて、「ああこの山田さんね！」とかいつてね。

櫻井

瀬名

なるほど。じゃあ日本人にも精神分析がいるつて話になると思いますけど（笑）。つまりその時までは山田正紀さんについていろんな人と話す機会があまりなかつたんですよ。だから、文字と言葉が一致しなかつたんじゃないかなあ。例えば「存在」とかだつたら、かちつと一致してくると思うんですけどね。

櫻井

瀬名

なるほど。

でも、コミュニケーションの話は面白いので、今日の後半でぜひお話をしたいと思います。

それで、先ほどの『不気味の谷』でお聞きしたいことがあって、これつて、なんで不気味なのかつていうことが、まだよくわかつてないわけですね。本当は『不気味の谷』なんてないんじやないかつて言う話もある位なんですけれども。櫻井さん、ここには本当に『不気味の谷』があると思われますか。つまり、ロボットをどんどんどんどん人間に近づけていくと、『不気味の谷』は本当に表れると思いますか。

いや、あのー、少なくともこんなに下がることは、親近度が0以下になることはないと思います。あと、ロボットに接している頻度つてものが非常に大きくなつてきて、生まれて初めて精巧な人形をみた感覚と、そういうものが一般的にあふれてきてしまつてから見た感覚はまたちよつと違うような気がします。ある程度慣れのような気もするんですけど。

櫻井

まあ確かに、イノセンスにでてくるガイノイドは少々氣味が悪いけど、その氣味の悪さは『不気味の谷』の氣味の悪さなのがって言うのに疑問があります。先ほどの森政弘さんの話の中で重要なのは、動かないやつより動くやつのほうが不気味っていうのが大きいところだと思うですね。

死体よりもゾンビのほうが氣味悪いのは、死体が動いているのがゾンビだから。だから、静止している人間に似てるロボットよりも、動く人間のロボットのほうが怖いんじゃないかな。

僕がいま書いてるのは、違和感についてのノンフィクションなんですよ。なんで違和感を覚えるのかっていう。例えば、『不気味の谷』という説自体がフェイクだと。これはある人が指摘していたことなんですが、ロボットと人間をゼロから百まで数値的にはとれない。本当はロボットと人間は独立したものなのに、このグラフはそれをつないで描いているからあたかも不気味の谷が存在するような錯覚を覚えるけど、これはフェイクなんじゃないか、という。で、じゃあこういうのを実際に作つてみようつて人がたくさんいて、実際にCGでつくるわけですね。左側にロボットの顔を置いておく。右側に人間の顔を置いておく。それで、モーフィングでだんだんだんだん形を変化させていきますよね。そうすると、不気味にならないんですね。たんにロボットと人間の顔が混じった状態になるだけ。これは家族的類似性というパラドックスなんだそうです。難しい話になってしまいます、コップとお皿があつて、コップはコップ、お皿はお皿と僕らはすぐ認識できる。だけれども、両方とも物を入れるものじゃないですか。モーフィングでだんだんコップをお皿に近づけていくと、どこまでがお皿でどこまでがコップなのか僕らは判別できるかどうか。しにくいと思うんですね。こういうのを家族的類似性というんです。で、ここからが不気味の谷の面白いところなんですけれど、違和感とか不安感って言うのは、途中が微妙な感じになるから

生まれるんだと思うんだけど、お皿とコップの中間は別に不気味じゃないですよね。

櫻井 不気味じゃないですね。

瀬名

櫻井

じゃあ、どうして不気味さが生まれるのかっていうと、『不気味の谷』は人間とロボットだから起きる。つまり、皿とコップじゃなくて、一方に自分が含まれちゃう。人間というカテゴリーの中に自分が。ロボットから人間に近づけていくと、自分と他のものがだんだんだんだんモーフィングしていくというイメージになっちゃうんで、不気味なんだと思うんですよ。二つのカテゴリーがコップと皿だったら、客体化されているなんだけれども、人間というと自分が入り込んじゃう。

つまり、人間がどこまで機械的なものに代替できるかということにたいする不安感が、不気味さを生んでいると。

そうですね。人とロボットの間の不気味さっていうのは自分の主観というか主体というのが、あるからじゃないかと。これつていろいろと応用が利いて、たとえば生きているのと死んでいる中間の不気味さ。胚と胎児の中間をどこで決めるかという不気味さとか。

先ほどの一人称の話に戻りますと、「デカルトの密室」ではロボット工学者の祐輔がロボット・ケンイチのふりをして小説を書いている。その実、ケンイチが祐輔のふりをして書いているのかもしれない、という叙述トリックがある。これは小説の場合、一人称の交換をやれば表せる。それがミステリーの中でも肝になる部分なんですけど、それをアニメで表そうとするとなかなか難しいと思うんですけど。

そうですね。ああいう叙述トリックのようなものは、ヴィジュアルを伴うとなかなか表現しづらいことだと思います。チューリング・テストを、瀬名さんのお書きになつたように被験者の側から一人称の視点で読み進めていくと、「ぼく」って言つてるやつが、外界に対して自分がどういう変化を起こしているか、っていう、つまり、外界から見たら自分がどう見えるかということを逆算して考える視点になつてゐるわけです。それが、中にいるのが人間かどうかを外の視点から探ろうとする、通常のチューリング・テストの場合とは判断根拠が逆さまになつて現れていて、そこが面白いなと思いましたね。

あと、その次に祐輔が、まあ隔離されちゃうんですね。そこでもまたチューリング・テストみたいなことをやらなくちゃいけなくて、ここにいるのが本当に自分なんだよって言うことを、彼は外に通信で伝えなきやならない。向こうは機械だと思つてているから、なんとかして自分が人間だということを証明しなきやならない。実は、読んでいる人の脳の中にもチューリング・テスト的な感じが取り込まれていっちやうという感覚を出したかつたんですけどね。櫻井さんもそういう感覚を作品にこめられているのかなと、ちょっと共感しながら観てていたところがあるんですけども。

「STAND ALONE COMPLEX」の『機械たちの時間』で、タチコマが個性を持ち始めるきっかけというのが、天然オイルだったわけですよね。つまり、外部から与えられていたものです。あれはストーリー上のわかりやすさを求めたのかなというところもあるのですけど、あの辺りに秘めた思いつていうのは何かあるんですか。

そうですね、オリジナルとコピーという関連からいつたら、一番大きな違いかもしれないのですが、櫻井さんのお書きになつたように被験者の側から一人称の視点で読み進めていくと、「ぼく」って言つてるやつが、外界に対して自分がどうい

機動隊』のコピーでシリーズをつくっているということなので、原作の中に天然オイルという外  
部的な要因が登場している以上は、やはりそれと絡めないと反則であろうという部分があつて。  
士郎さんの着眼点で面白いなと思うのは、普通メカものをやるとき、全部ルックスが違つて、例  
えばガンダムがいて、ニューガンダムがいて、ザクがいてとなるはずなのが、それをやらない。  
タチコマっていう、おんなじ形のA-I（人工知能のこと）が9体いるんですね。外形が全部一緒  
で、A-Iも毎回任務が終わるたびに並列化されているから、中身も全部一緒にはずなのに、バトー  
はその一機だけに搭乗したがるという変なこだわりをもつてている。そうすると、なかなか外形的  
な要因からでは攻められなくなつてきて、結局、天然オイルを使つてあるからこういう変なこと  
が起きたんだ、っていう原作ネタを使いました。

タチコマたちが会話をしていく中で、彼らにだんだん個性が出てくるのが僕らにもわかるので  
すけど、脚本を書く時にそれぞれの、何て言うんでしょうか、重みづけというか、そういうのは  
どの辺で苦労したのですか。

すごく色々な人の手を通して生まれるものなので、声優をやってくださつてある玉川紗己子さ  
ん…

声の質もやっぱりちょっと変わっていますよね。

そうですね。玉川さんの個人的な技量というところにかなり負つてある部分があつて。脚本上  
では一応そのウエイトを置くんですけど、たとえばこいつは本好きだとか、

アルジャーノンを読んでいるんですよね。

瀬名

櫻井

瀬名

櫻井

瀬名

櫻井

瀬名

櫻井

アルジャーノンにはしたくなかったのですけれども…これはあんまり言っちゃいけない（笑）

（笑）

でもアルジャーノンっていうのはある種のメタファーとしてはすごくわかりやすい本でだと思うので、最終的にはあの本にしてすごく良かつたなって思うんです。攻殻機動隊の映画版の英語吹き替えが、アメリカででているのですけど、そちらではタチコマ役の声優さんが4人いらっしゃるのですよ。似た様な声、あの電気的な声なのだけれども、全部違うのです。

そうなんですか。

ぱつと聞いた感じだと同じ人が頑張つてやつてているのかなって思うんだけど、実は4人いる。それでやつぱり、日本の声優さんの個人的なテクニックがいかに高いか、っていうのを改めて思い知ります。そうですね、タチコマの性格づけということをいえば、本好きな奴と、ちょっとところそな奴とデフォルトの奴とあと、もうひとり位いるんですけどね、大体4、5人おおまかに分散して書き分けてはいるんです。

なるほどね。

現場で玉川さんがすごく頑張つてくださつてる。

あとタチコマっていうのは機械なので、ゴーストがないということになつてているのですよね。

そうですね。

瀬名

櫻井

櫻井

瀬名

櫻井

瀬名

櫻井

瀬名

そして本人達もゴーストが無いからまあバトーさんとは違うよね、みたいな話をしますよね。ゴーストというのが結局、機械と人間（まあサイボーグですけど）とを分ける根拠に、イノセンスの世界観、攻殻機動隊の世界観ではなっています。あのゴーストというのをどういう風に櫻井さん達が考えているのかぜひ知りたい。イノセンスでは「ゴースト・イン・ザ・シエル」というタイトルでしたね。あれは「ザ・ゴースト・イン・ザ・マシーン」（機械の中の幽霊）から取つているのですよね。

櫻井

ケストラーの。

アーサー・ケストラーという人と、あとギルバート・ライルという人がいて、ギルバート・ライルは哲学者なのですから、彼が『心の概念』という本を書いていて、その中では、機械の中の幽霊っていうものがあるようには思つてしまふんだけど、実はそういうことは誤りなのだとという話をしている。つまりゴーストという言葉を出しながら、それを否定しているんです。ゴーストというのを士郎さんがお使いになつて、それが映画とアニメの方にも出て来ているわけなのですけれども、あのゴーストっていうのは脚本の人たち、押井さんたちの間ではどういう風な捕らえ方をしているのでしょうか。

これもやはり士郎さんの原作にある設定で、色々と解釈があると思うんです。色々な風に解釈してしまって良いと、士郎さんも思われていると思うんですね。それで、実は今度攻殻機動隊のプロダクションノートという本が7月の終わりにでるんですけど、その中で『タチコマの家出』の初稿と、神山さんの指示で書き直した最終バージョンが両方載るのですけれども、その初稿の方にはタチコマと少女が喋つていてるシーンっていうのがあって、「タチコマ、あんたにはゴースト

櫻井

瀬名

櫻井

(笑)

が無いのよね?」「無いよ。」「ゴーストが無いのってどういう気分?」「別に普通なんだけど。じゃあ逆にゴーストがあるのってどういう気分なの?」「別に普通なんだけど。」

両方とも別に普通で、普通ってなんだって感じなのですけど(笑)。つまり、ゴーストの有る無しというのは設定上かなり先天的に決められていて、本人たちもかなり先天的に受け入れていますよね。

そうですね。

人間にはゴーストあるし、ロボット側もゴーストが欲しいって言うこともなく。

言わないですよね。

まあ無いけれどねえ、という感じなんですよね。

別にいいやって感じですよね。

だからあの設定がそもそもあの作品の中で必要とされる感じというのに興味があるのです。

なるほど。

土郎さんの原作の方には『ザ・ゴースト・イン・ザ・シェル』つてザがついていて、押井さんのほうには、『ゴースト・イン・ザ・シェル』つてザがついていないでしょ。ザはめんどくさいから取つてしまつたのだと思いますけど、土郎さんがケストラーを意識しているつていうのは、ザがついていることからわかると思うんです。ギルバート・ライルにそういう感覚があつたかどうか

櫻井

瀬名

櫻井

瀬名

櫻井

瀬名

櫻井

瀬名

かというのは微妙なのですが、ケストラーには確実に機械というものとゴーストというものを対置して考えているというか、機械化みたいなことが全部進んだ末に、その同時期にゴーストといいうものが出てくると捉えているというか。ゴーストというものの概念が駆動を迫られて、そういう発想が生まれてくるのは、全てが記述可能となつた時代になつてからだ、というような認識が見て取れるような気がするんですね。

ギルバート・ライルの本が出たのが1949年、コンピュータがそろそろ一般の人たちにも脅威の存在として受け入れられつつある、万能のマシンが遂にできたぞというような、これで支配されちゃうかも、という感じになつてきた頃ですね。

全てが記述可能になりそうだな、という気配がある時に、電気的なパルスに人間を還元させないよう、何か特殊な絶対領域みたいなものを求めてしまうという、心理的な要請みたいなものがあるのじゃないか、って気がするんですね。先ほど裏で話しているときに、瀬名さんは大沢真幸の「恋愛の不可能性について」を意識して「第九の日」を書いたという話がでたのですが…。

「第九の日」っていうのはケンイチ君シリーズの最新刊です。

「恋愛の不可能性について」を書いた大沢真幸というのは、一時期東大にいて、僕が大学1年の時に、もう10年くらい前になりますかね、講義をもつていた方で。

直接東京大学で教えてもらつてたんですね。

金曜5限で誰も授業に出て無かつたのですけど。

瀬名

櫻井

瀬名

櫻井

瀬名

櫻井

(笑)

瀬名  
櫻井

それでちょっと脇道に逸れますか、クリップキという人の書いた『Naming and Necessity』という本があるんです。要素を全て書き出していった時に、それに還元し得ないものがある部分に、ネーミングというもののネセシティ（必要性）がある、みたいな感じの本なのですね。つまり、ある特定の人物に、例えば瀬名秀明というネーミングがあつた時に、もちろんネーミングも記号ではあるんですけども、『バラサイト・イブ』という本を書いていらっしゃる、ケンイチシリーズを書いていらっしゃる、東北大学の特任教授である、そういう要素を全部列記していった時に、例えば小説を書いていらっしゃらなくとも、瀬名さんは瀬名さんであろうという感覚が僕らにはある。特認教授ではなかつたとしても瀬名さんは瀬名さんであろうという感覚がある。それらを全て記述していくても最終的には何か記述し得ないものが残つてしまふのではないかという感覚がある。

瀬名  
櫻井

リストにしていつても書き下せないような何かつていうことですね。

そうですね、『恋愛の不可能性について』はそれを援用して書いていて、「この人が好きだ」つていふときに、このなぜ好きか、よく彼氏彼女同士の間で「私のどこが好き?」とか言つたりしますけど、それを全て記述していくたまに、じゃあその条件を満たしている他の子だつたらやっぱり好きになつてしまうんじゃないのかというやうな。R·D·レイインも「好き好き大好き」という本の中で似たようなことを書いていますけれども、つまり、全てを記述していくて、それに合致する別の人でもいいかつていうと、それは違うんじゃないかという。その人じやなきやダメなんじやないかなつて言う感覚がある。その部分がゴーストなんじやないかつて。

瀬名 なるほど。

全部記述していった時になおかつ記述しえないものとして指示されるところのものがゴーストである。だから、否定的な定義なのですよね。それに関連して、僕は瀬名さんの書いていらっしゃる「第九の日」の中ですごく面白かった一節があって、知能っていうものを定義するくだりで、「今は、自然に対応できることが最高の知性とされている。でも知能というのは青い鳥で、現実でできなもののことだ」と。つまり、実現できた技術は過小評価されるから、チエスっていうものが良い例で、一時期IBMが…

デイープ・ブルーですね。

デイープ・ブルーを開発して、必死にチエスの世界チャンピオンを破ろうと躍起になつた時代がある。これはデカルトの密室の中でもすごく丁寧にかかりていますけれども。結局カスパロフっていう当時の世界チャンピオンを破つて、

97年ですね。

97年ですか。その時に、じゃあこれからどんどんチエスの人工知能の開発が進むかっていうとそうじやなくて、世界チャンピオンに勝てたからいや、チエスなんかできることは人間の知能の全てなんかでは全然ないんだ、っていうような空気になつた。実現された途端に、それは違うよねっていうような空氣になる感覚がある。

それでまた別の知能を求めて、最近は身体知とかいって、身体と環境との絡みの知能の方が重要なのだとか、どんどん学習していく知能の方が実はかつこいいのだといった話になつていてる。

瀬名

櫻井

瀬名

瀬名

でもやはり青い鳥なんだという。つまり、知能の研究をしていくと、どんどん色々なものが達成されていくのだけれど、達成された時点でもうそれは良い知能、優れた知能だと思われなくなってしまい、次の知能をまた探さなければいけない。だんだんそういううちに結局我々は、自分自身の普通の生活の中の知能に帰つていっちゃんやう。

恐らくでもまたそれも先がありますよね。これから日常的なことがどんどん評価されて、今は身体性っていうものが注目されていますけど。青い鳥であり続けるということですね。

その時代その時代によって何を知能と呼ぶかって言うのはかなり違つていて、その時代の青い鳥つていうのがある。

先ほどライルの話と「イノセンス」の話をつなげようと思うのですが、ギルバート・ライルの本は、最初にやつぱりデカルト否定から始まるわけですね。デカルトの時代つていうのは人間機械論みたいなのが勃興して、機械そつくりの人間解剖図が書かれたりして、人間の体は機械であるというような考え方が先進的だと思われた時代なんです。そんな時代にデカルトは、人間は機械かもしれないけど、本当に人間であることの根拠つてなんなのだろうつてことをずっと考えた末、結局心だ、それは神様が与えてくれたものだということで、心身二元論に組み込んだ。僕らもこういう風に話をしている時に、相手の心、つまりゴーストを人間らしさの根拠として見出してしまって。でもギルバート・ライルは、それは違うという話をしていく、相手が人間らしく振舞っているなら振舞つているそのものが結局心であつて、その人なのであるのだと。その中に根拠というものを求めてしまう私達は結局、どこまでが機械でどこからが機械じやないものか、どこまでが記述されるものでどこからが記述されないものであるかという風に境界を作つてしまふ、そういう感覚に捉わってしまつていてるだけなのだと。イノセンスの世界観の中で、彼らはゴー

ストをどのくらいのものとして捉えているのか、先ほど先天的なものだという話がありましたけれども、場合によつては大きかつたり小さかつたりね、その時々によつて感覚というのは違うかもしれない。私達もタチコマの『STAND ALONE COMPLEX』にしてもね、タチコマを観る時に、心があるように見えちゃうわけですね。あの三角の目が感情移入を促すようになつていてるじゃないですか。

櫻井 チョコチョコとアイボールが動くところですね。

瀬名

視点をキヨロキヨロさせているような感じなので、心があるように見えてしまう。逆にバトーは目がレンズになつていて、心を閉ざしているように思えてしまう。多分あれは「イノセンス」の中でも押井さんが計算して効果的に使つているのだと思うんですけど。どういう表象の中でそこのゴーストを感じ取るかっていうのは結構おもしろい話だと思うんです。

櫻井 広松涉っていう人の、

瀬名 哲学者の人ですね。

櫻井 「世界の共同主観的存在構造」という本があつて、その中で人形使いのことを書いているとしか思えない部分があつて。

僕はその本は読んでいないのですけれども。

すごく関連した内容なんですけれど…どういうことを言つてているかというと…あ、引用が見つからない。あれ、確かこのあたりに…

瀬名

ここで休憩にしましようか。次は「コミュニケーションの話、さつきのオングとかその辺をやることにしましよう。

(15分の休憩)

瀬名

さきほどは「ゴーストの話で終わりましたね。

そうですね。先ほど探しあぐねていた廣松涉の本ですけれど、少しだけ読みます。「遠隔的にあやつられる身体的自己」とそれをあやつる能知能動体との二重的存在の意識が既成のものとなり、他者をもそのような存在として了解する事態が生じたとすればその段階では、第三者的に記述する立場から、他人が能知能動的主体として覚知されるに至っている、と呼ぶことが一応は許されうるであろう」と。

うーん、よくわからない（笑）。

瀬名

櫻井

（笑）これ、攻殻機動隊にひきつけて考えると、人形使いのことだと思うんです。遠隔的に操られる他者である人形を、本当に意のままに操れるような事態が生じたときには、第三者的に記述する立場から見れば、その他者（人形）も主体的に認識されるに至っているのではないかという話ですね。先ほど裏でちょっと話していたんですけど、人形使いというのはそこまで……あ、攻殻機動隊の最初の映画『GHOST IN THE SHELL』をご覧になつた方は、どのくらいいらっしゃいますか。

（あがつた手を見て）3割、4割くらいですかね。

じゃあこれもネタをバラしてしまいます。どういう話かというと、2030年という未来で人

瀬名

櫻井

はみんな電腦を持つていて、そういう人間を自在にあやつることができる「人形使い」というハッカーがいる。ハッキングされた人間達は、自分では意識がないのに色々な罪を犯してしまって。そのスーパー・ハッカーを公安が追いかけるんだけど、オチもばらしてしまって、見つけてみたら人間ですらなかつたわけです。プログラムだった。ところが、自分のことを生命体だと言い張つて、物理的な身体、義体の中に入り込んで、日本に亡命することを希望し始める。そこで少しチュー・リング・テストとつながるんですが、これは明白にプログラムであるということがいえるわけで。すね、公安6課というところが作ったので。「オマエうちのプログラムじゃねえか」と言うと「いや、生命ですから。前はプログラムだったかもしないけれど、今は自我があるんです」と主張するんです。「それを否定できるだけの根拠が人間側にはないだろう」と。

ロボットがいて、それがある日突然「私には自我が芽生えましたから、ちゃんと（人権ならぬ）ロボット権を認めてください」と言い始めたら人間はどうするのか、彼らの自我の有無をどうやって判断するのかということですね。

我々にすら自我があるという確証はない。というか、僕らはあると思い込んでいた、相手にもあると思い込んでいるものだけれど、誰にも見えるものではないから、そこはなんとも言えないんじゃないかということですね。

人形使いの「使い」というところがまたおもしろいですよね。自我なんだけれど、その自我は、あるロボットにのりこんでいる、それで喋っているということになるわけですよね。じゃあそのロボットの身体が彼（か彼女かわかりませんけど）の自我なのか、ネット上にいる確定しない何かがあつて、その中から切り出されてきたものが自我なのか。

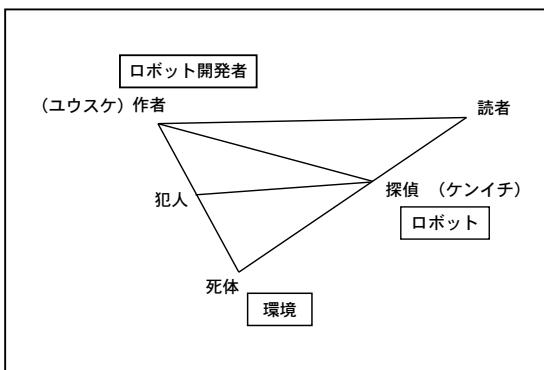
瀬名

櫻井

瀬名

人形使いに人形を使つてゐるという意識があるのか、ということだと思いますよ。僕は「僕が僕の右手にコップを取れと命令した」とは思わない。そのレベルにおいては、物理的身体も、人形をあやつるのも同じだと思います。

「あやつり」というテーマは、ミステリーの世界でも非常に重要なテーマです。あと、どの部分まで自分であると認識するのか、道具はどこまで人間の身体になるのかという話もよくあります。エラリー・クイーンという作家がいて、彼は人生の後半で、そういった「あやつり」というテーマをずっと書いていたんですね。名探偵が色々な手がかりを見つけて犯人を探し出すんですけど、最終的にはどんでん返しがあって、実はその手がかりは裏から全部真犯人が与えてあやつっていたというわけなんですね。名探偵を間違った犯人像に行き着かせておいて、自分は安全圏にいる。黒幕自身は罪を犯していないし、犯人もあやつっているし、名探偵もあやつっているわけですよ。そうするとその黒幕にはなにか罪があるのか。そういう黒幕に対して、名探偵はなにか裁きを下せるのかという。あやつるものとあやつられるものとの関係ということですね。先ほどの身体の話なんですが、これはあんまり話したことがないんですけど、『デカルトの密室』はこの図のような構造になつてゐるんです。



月綸太郎さんというミステリー作家の方が、やはりエラリー・クイーンに心酔している方でして、彼が後期のクイーンの作風に関して図式化したものなんですが、実はこの図式がロボット開発の現場にすごく似ている。

つまり、(図の) 下の三角形があつて、これはミステリー小説のフォーマットなわけですよ。犯人がいて探偵がいて死体がある。それで、(図の) 横線が示すように、もう一段階上の階層というものがあって、実はその犯人やトリックを作っているのは作者なんです。探偵の役割で物語を読んでいくのが読者です。探偵は死体がどうなつてあるかなどを見ながら犯人の意図を探っていくわけですけど、実際の読者はその上のレベルで、作者が作ったものを考えながら読んでいく。これがロボット開発にすごくよく似ている。まず、作者をロボット開発者とする。次に探偵というものをロボットとします。さらに、死体を環境、まあ身の回りのものだとする。そうした時に多くの研究者たちは箱庭を作つて、その中でロボットに学習させて、たとえば迷路なんかを行かせて「よく迷路を学習しましたね。すばやく解けるようになりましたね。」などといったことをやるんですけど、実はそれは作者である開発者が先回りしてつくつたトリックをロボットが解いているに過ぎない。ロボットがあの図でいう探偵でしかないとということなんです。

「作者＝黒幕」だと思つてくれればいいんですけど、その黒幕がいろいろな手がかりを探偵に与えるんですよね。だけど探偵はそういうレベルでしか事件を認識できないから、本当にこれが事件を解く手がかりになるのかわからないわけですね。もつと別の手がかりがあるかもしれない。全然違う犯人像を与える手がかりがあるかもしれません。でも探偵は、下のレベルにいるから実際のところはわからない。上の人が与えた手がかりを使って、いかにして環境の中で謎を解くか、というような低レベルの話しか探偵はできないんだ、ということを、法月綸太郎さんの論考をも

とに、作家の笠井潔さんらが「後期クイーン問題」と言つたわけです。だから実は、このロボットが箱庭で色々なものをやつてているのも、ロボット研究者の与えた手がかりを単に見つけ出して謎を解いているだけということなんです。このように、実は「デカルトの密室」の「ぼく」というのが二つあるというのは、探偵役のロボットが「ぼく」といい、作者役の祐輔が「ぼく」といい、両方が「ぼく」と言い合つて、お互いのフリをしていることで、図の構造を壊す、後期クイーン問題を解くというのが裏テーマなんですが、こういうことをわかつた人はあまりいないと思います。

なるほど。

「何処までが自分の身体性であるとわかるのか、何処までが主体であるとわかるのか」という話に戻します。人形使いが何かをあやつるときに、さつき言つた上位構造と下位構造みたいなものがあるかもしれないけれど、もうひとつ、「デカルトの密室」でも書いたことで、人形使いというものは私たちが一つしか持つていない意識とはまた違つた意識を持つていて、延長としての体の中にはその違う意識が入つているということもありまするのかなと思うんです。つまり、だんだんネット上の意識がシンクロナイズしたりシンクロナイズしなかつたりといううねりの中で別の意識を持つていくというようなことをやつてゐるんです。そういうことを考えると、人形使いのあり方というのも変わつてくるのかなと思いますね。

そうですね、「デカルトの密室」の中でフランシースがコンピュータのネットワークの中に解放されて、微妙な同期、シンクロナイズを繰り返しながら違うものになりつつある、というような描写があつて、まったく想像はできないんだけれど、おもしろかったです。

瀬名

櫻井

瀬名

瀬名

(笑) そうなんですか。その同期という概念がすごくおもしろかったです。

あれはね、スティーヴン・ストロガツツが書いた『SYNC』という本があって、六人の人を介すると人間は誰とでも友達になれるということをスタンレー・ミルグラムが仮説で出したんですね。それを実際に検証したダンカン・ワッツのお師匠さんですね。そのストロガツツが、そういうシンクロナイズするものが様々な自然現象の中にあるという話を書いていて、そこからヒントを得ました。

『デカルトの密室』の中でもそれと関係することを例に出されましたね。南のほうの国に蚩がいっぱいいて、クリスマスツリーのように同時に点滅するという。

実際に見たことがあるんですよ、ああいうの。

僕は動物番組みたいのでは見たことがありますけど、生で見たことはないです。

子供の頃に実はアメリカに行っていたことがあります。夏に、木に蚩がたくさんとまっているんですよ。それが、だんだん同期するんです。実際のクリスマスツリーも、時々同期するときがありますよね。なんかあれに非常に近いなと思いながら、子供のときに見ていた経験があります。

先ほども裏で少し話したんですが、単細胞生物が多細胞生物になっていく過程や、あとはその中間形態の群体みたいなもの、たとえば猛毒を持つているカツオノエボシというクラゲがいますよね。あれはクダクラゲというクラゲの一種で、その特徴もあるんですけど、群体なんですね。

瀬名

櫻井

櫻井

櫻井

だから、触手一本が一匹のクラゲで、他の触手はまた別のクラゲ、浮き袋で一匹のクラゲ、口で一匹のクラゲなんです。それぞれに口があるという状態をなしている群体なんですねけれど、そういうときにクラゲに意識があるかどうかってのは、微妙なところで、彼らはどういうつもりなんだろうかと思います。

瀬名

全体としてどういうつもりなんだというのもあるし、それぞれがどういうつもりなのかというのもありますよね。

櫻井

そういうことです。全体としての意識もあるはずだという。でもそれぞれに口があるわけでしょ。そうです。

瀬名

それぞれは自給自足でやっているんですか？

おそらく、食べるときには象みたまに鼻でとつて食べるわけではなくて、群れているときにそれが勝手に食べているんじゃないでしょうか。なるほど。

櫻井

それぞれのクラゲが頑張って、皮膚呼吸のように勝手に餌を処理してると、いうような状況ではあるんだけれども、なんとなく皆でいたほうが、餌を獲りやすいということなんだと思うんですよ。皆でいたほうが餌をとりやすいというのより、もっと小さなレベルでも、そういうシンクロナイズみたいなものが起こっているかもしれませんね。

瀬名

櫻井

そうですね。蛍の場合は完全に別の個体なんですけれど、クラゲのように群体レベルになつてくるとまた違う、細胞レベルでの同期の反応というのが、きっとあるはずだと思うんですよ。あんまり詳しくないんですけど。

瀬名

僕も「バラサイト・イヴ」という本を書く際に、そういうことを調べました。そのつながりで言うと、櫻井さんの手がけた「お伽草子」という作品の最終話の中で、都市の話なんかも出てくるので、近いところもあるのかな、という感じはします。

そうですね。まず瀬名さんの「バラサイト・イヴ」の話をすると、「ミトコンドリア」というものが核DNAとは違ったDNAを持つていて、そもそも生物としては別の生物だという話ですよね。

一個の細胞の中にもミトコンドリアは2～3000個あると言われていて、くつついたり離れたりしながら、それぞれがそれぞれのエネルギーを生産しているんです。それで、一個のミトコンドリアの中にも、ミトコンドリアDNAが数個入っている。そのすべてが同じ遺伝子情報を持つていてるわけじゃないらしい。「ミトコンドリア」の遺伝子は、どこかでおかしくなつたり改善されたりすると、それは少しづつ蓄積されていくって、例えば新しく二つに分裂するときに、その片方に遺伝子のおかしくなつた方が入つて、もう片方に改善された方が入つたりとか、だんだんそして分裂していくごとに、実は少しづつ個性が出てくる可能性もあるということなんです。不思議な群生ですよね。

自分のこの身体の構成を超えたレベルでの主体、たとえばゴーストみたいなものは、群生と似ていると思うんです。物理的な身体というものが、僕らの考へている能動的な主体っていうものと、過不足なく一致している時代が終わってしまったときに、そこでどんな自己が想定できるかとい

櫻井

うことで。身体というものをベースにしないような、情報の帰属場所、いわゆる思考の中心というようなものを想定したときに、それがゴーストではないか、というようなことだと思つんですね。そういうものがまた個体を外れて、そのずれ方がミクロなほうにいくとミトコンドリアで、マクロなほうにいくと、外接的な、地球レベルで何らかの意思的なものが宿つているとするガイア論なんかに繋がっていく…。「お伽草子」の最終話は「都市」というレベルでそういうことが想定できんじゃないか、というような話なんですね。

もし僕の思い出話みたいになつてしまつたら申し訳ないんですけども、ここからは四人称の話をしたくて、その前フリとして海外生活のことをお聞きしたいんです。瀬名さんがアメリカに行つてらしたのはどのくらいのときなんですか？

僕は中学一年生のときから一年間です。暮らしたのはそれだけです。

僕は小学校三年生のときから六年生いっぱいまでの三年半、イギリスに住んでいたんです。

イギリスのどちらですか？

ロンドンに住んでいました。ロンドンの北西部のほうに住んでいたんですけども、そのときにものすごく英語の覚えが悪かったんです。僕が最初まったく理解できなかつたのが、人称代名詞の概念でした。日本語だとあまり意識せずに済んでいたんですよね、人称代名詞って。それを改めて意識させられたとき、僕は「代名詞とは名詞の代わりになるものだから、一対一で対応している」と思っていたんですよ。つまり、Fatherっていう言葉があつたときに、Fatherっていうのは一人称二人称三人称どれで代替されるのだろうか、という疑問が出てきたんです。名詞と代名詞は、常にone to oneで対応していると思つていたので。

瀬名 例えれば、Aという単語があつたらAは必ず三人称代名詞で代替されると考えていた、と/or ですか？

櫻井 そうです。

瀬名 なるほど。

例えば Fatherっていう事物があつたときに、Fatherがもちろん発話者であれば一人称になるし、Fatherに向かつてしまへりければ二人称になるし、Fatherは一般的に書かれれば三人称のHeになるわけだけれども、僕はその……

立場によつて自分（Father）との関わりが違うわけだけれども Fatherには Fatherの何か特定の代名詞があると考えていたわけですね。

そうです。固有の、例えば男性名詞・女性名詞的なものがあるはずだと考えていました。要するに Fatherという名詞は、そもそも一人称なんだというイメージだつたんですよ。代名詞というのはそういうもののなかな、と思っていて。それでその概念を把握していく過程で、今度は逆にじやあ四人称つて何でないのかな、という疑問も出てきて。一人称二人称三人称つていうのは当時複数形つて概念とこつちやになつっていました。「ひとりしよう」つて書くじゃないですか。だからひとり、ふたりという意味合いなのかなと思つていたんです。

四人いたら四人称になるのかという問題ですね。

そもそもそれはプライオリティーの問題で、第一義的に私がいて、第二義的にあなたがいて、それ以外は第三義的な世界として処理してしまいましょうというのが、三人称的な世界ですよね。

瀬名 櫻井

でもそれがあまりにもピンときていなかつたので「四人称はなぜないのか」ということがわからなかつたんです。マルティン・ブーバーという人が書いた本の中で、「我と汝」という本があるんですが、わたしというものがいたとき、世界の認識方法は『われ－なんじ』か『われ－それ』という二つしかなくて、認識はその二つの関係性において成り立つてゐるという話なんです。それは当時の僕の認識でいうと、スカラ量ではなくてベクトルで考えようということでした。「私がいてあなたがいて彼がいる」ということではなくて、「私からあなたに伸びてゐるベクトル」という世界の認識方法」と「私からあなたに伸びてゐるベクトル以外の事物に伸びてゐるベクトル」といふような。この「認識の方法には二つしかない」という考え方を知つたとき、自分が人称代名詞の世界がわかつた日に立ち返つて考えてみて、英語で考へてゐるから認識方法がその二種類しかないんじやないかなと、若干トートロジカルな感じがしたんです。

瀬名

櫻井

そもそも日本語で、彼や彼女という代名詞つて本当は使わないですからね。  
僕も九歳まで日本で生活していましたが、そういうこと（人称代名詞）をあまり認識しませんでした。

子供のときは特ないですものね。

そうですね。だから「私やあなたは代名詞に入るんだ」という、私とあなたつて言葉にしてもそういうような引き出しに入つてないような気がしたんですよ。先ほどのカツオノエボシと関連して考えていたのが、アイヌ語には四人称つていうものがあるらしいということなんですね。

それは初めて聞いたんですが、それは何かの本に書いてあるんですか？

瀬名

櫻井

瀬名

櫻井

櫻井

アイヌ語の方言についてひたすら調べたときに知ったんです。いくつかの部族でも違うんですけど、一部の部族、名前は忘れてしまつたんですけれども、ナントカ地方という谷間に住んでる人たちの部族にある、特定の概念なんです。不定人称格というような名前で呼ばれるらしいんですけども、それを別名四人称と呼ぶそうです。

瀬名

不定人称格……誰のものとも知れない人称ということですか？

そうです。どうもその説明を読む限りだと、一人称複数と三人称複数を併せ持つた概念らしいんですよ。不定人称格には四つ説明があつて、それがとても面倒くさいんですけれども、そのうちの一番わかりやすいものは、一人称複数と三人称複数を合わせてひとつの中、四人称格っていうのに入れているという考え方なんです。これは完全に僕の想像ですけど、多分カムイの概念とかがそこに入ってくるのかなという感じがしたんですね。カムイはアイヌ現地語の神です。熊は神であり、熊を食べると我々もその一部だとか書いてあるんですけど、読んでもよくわからないんですね、その神話の感覚は。でもそれがわからないのは、僕らが三人称で考えてるからで、四人称的に考えればそれは何の問題もなく受け入れられることなのかもしねないです。四人称に属する領域における、我々であり彼らであるところのもの、という感じなのかな、と漠然と考えていました。

瀬名

一体感ともまた違いますよね。

櫻井

そうですね、もしかしたら。

「一体なんだらうけど一体でもない」という感覚も少し残っているわけですよね、そういう意味では。

櫻井

一体ではない感覚というのは残っていると思うんですよ。要するに、一人称複数と三人称複数が関係していますから。

瀬名

そうですよね、三人称もあるわけだからね。

櫻井

あります。だからそれとは違う、先ほど瀬名さんがおっしゃったように別階層で出てくるんじやないかということがありますね。文法書に書いてあることは、意識としては三人称世界に属するような人に対する説明かもわからないんですから。

瀬名

あるいは、ときどきシンクロナイズするとかね。

櫻井

そうかもしれませんね。

瀬名

四人称って結構おもしろいですね。あと、人称で言うとインドの文学なんかにも特殊な人称があるという話は聞いたことがあるんです。僕はよく知らないのでここではあまり詳しい話は言えませんが。そういうものが、ひょっとしたら電腦世界が存在する時代には結構出てくるかもしれませんね。現在、それを我々はもう描写しにくくなっていると思うんです。特にアニメだと、観覚というものに非常に縛られてしまうので。先ほど書いた『デカルトの密室』の図もそうですけれども、階層という話もまた結構難しいです。「第九の日」という今度出る本は、色々なものにロボットがあやつられているんだけども、実は動物たちにも繋がっているユビキタス・コンピュータみたいなものが町にあって、それがおかしくなって、ロボット同士が殺し合っているんですけど、実はそこにも原因はないかもしれない。ひょっとしたらそのユビキタス・コンピュータが観測していた大自然の観測データそのものがそういうことを引き起こしていたのかもしれない。でもそ

うとも判断できなくて、ひょっとしたらその大自然をあやつっている神様とかもいるかもしさないし、どんどん上のほうに行つてしまつと、何処に原因があるのかわからない。つまり、あやつてるものは何があるんだけれども、その正体は結局拡散してつてよくわからない。そういうようなことを書いたんですね。

思い返してみれば、スタンド・アローン・コンプレックスというものの自体が、実はそういうことを意識しているものなんです。

「スタンド・アローン」と「コンプレックス」ですね。

そうです。個別であるという意味のスタンド・アローンと、複合体であるもののコンプレックスということで、そこの中での個々たる人間というものを介してコンプレックスというものを構成したときに、それはどういう意識になるんだろうか、あるいはどういうような事象が起こつてくるのだろうか、といったことが、そもそも『STAND ALONE COMPLEX』の出発点たつたんですね。

今度の新作「攻殻機動隊 STAND ALONE COMPLEX Solid State Society」にもやつこつた話が出てくるんですか？ ちょっと新作の話を訊いたらやいおすけ。

ありがとうございます。そうですね、神山監督に今日この程度「Solid State Society」について話しましようかと訊いたところ、基本的にそういうものを作つていぬというだけで、何もしゃべるなと言われてきたんです（笑）。

ネットにアップしなければいいじゃないですか（笑）。今度の脚本は櫻井さんなんですか？

櫻井

瀬名

瀬名

櫻井

瀬名

そうですね、神山監督と須賀正太郎さんという方と、あと僕の三人で書いています。四つのパートに分けて書いたりして、それを交互に交換しながらやり取りしているんですけれども、そういうやりかた自体も若干「STAND ALONE COMPLEX」に似ていますね。僕が判断して言えることはこれだけなんですけれども、テーマの、要するに STAND ALONE COMPLEX という題名を冠するだけの、スタンド・アローン・コンプレックスならば、作品の中で見せています。テーマとしてスタンド・アローン・コンプレックスであるということは違うということなのかといったことは 2ndG.I.G. の時にも難民問題で扱っていたんですけど、今回も別の題材で、スタンド・アローンとコンプレックスというのはどういったことなのかどういったことを扱っています。

ただ、スタンド・アローン・コンプレックスという言葉は、先ほどお話したときも、クラゲの例が出たように、何処までがスタンド・アローンと考えるかということと、何処までをコンプレックスと考えるかというこの二つのやり方によって、かなり色々な組み合わせができると思うんですね。スタンド・アローンと考えるというのが、かなり主観が入るようなところがあるわけで、その主観がコンプレックスの群としてのあり方にかなり影響を与えるものなのか、あるいは与えないものなのかという、そういうところも結構おもしろいです。ひとつ期待しているんですけど、Solid State Society の言葉の意味みたいなものは、あるんですか？

そこが、まあ…それを言つてしまはんとほぼオチに近くなってしまふので、ちょっと喋れないんですけど（笑）。そうですね、タイトルとして若干長いという意見もあつて。STAND ALONE COMPLEX を取つて『攻殻機動隊 Solid State Society』だけで行こうかなという話にもなつたんですけど、そつは言つてもやつぱり今回もスタンド・アローン・コンプレックスの話だよねというふうなので、長いんですけど、なんとなく長いなあとというイメージで覚えてもらえばっていうぐ

らしいの感じですね。いつ公開だつけな、九月か。

瀬名

櫻井

シリーズが長くなると段々タイトルも長くなつていゝという（笑）。  
そうですね、シリーズとシリーズの存在 자체もスタンド・アローン・コンプレックスみたいな（笑）。

瀬名

櫻井

あのー、こういう話をしていて僕らはおもしろいんだけど、観客の皆さんのが付いてこられているかどうかっていうのが心配です。どんどん難しい話になつてしまいますがけど大丈夫ですかね。

いや、たぶん全然大丈夫だと思います。

前半で触れたように、言葉が僕らの思考を規定していくくという考え方のお話もお伺いしたいんです。『イノセンス』でも、例えばバトーとか、トグサとかが、色々な引用をするじゃないですか。ああいう引用をするというようなことで、彼らは思考を表現しているし、制約もされているわけだと思いますけど、その言葉と心の関係みたいなものを議論できるといいかなと思います。映像があるので、それを流していただいたほうがいいでしよう。

映画「イノセンス」より、押掟島上空でバトーとトグサが話しているシーン

バトー 「地球型経済都市として建設され、栄華を極めた押掟経済特区、そのなれのはてが、この巨大な卒塔婆の群れだ。国家主権があいまいなことに漬け込まれて、今じゃ多国籍企業やそのおこぼれに与る犯罪企業の巣窟。国連のネットポリスやASEANの電警も手が出せない無法地帯になつちまつた。個体が作り上げたものもまた、その個体と同様に遺伝子の表現形だつて言

葉を思い出すな。」

トグサ 「それってビーバーのダムや、クモの巣の話だろ？」

バトー 「珊瑚虫の生み出すサンゴ礁といつてほしina。ま、それほど美しくはねえが。

生命の本質が遺伝子を介して伝播する情報だとすると、社会や文化もまた膨大な記憶システムに他ならないし、都市が巨大な外部記憶装置つてわけだ。」

トグサ 「その思念の数はいかに多きかな。われこれを数えんとすれども、その数は砂よりも多くし」

バトー 「旧約聖書詩篇の139節か。どうせにそんな言葉を検索するようじやあ、お前の外部記憶装置の表現形もちょっと偏向してるな。」

トグサ 「あんたに言われたかねえよな」

ビーバーのダムの話が出てきましたけど、まさにこれはリチャード・ドーキンスの言つていた「延長された表現型」で、どこまで遺伝子が表現を延長していくか、どこまであやつっているかという問題。それで彼らが、結局今話している中で、旧約聖書の引用をするわけじゃないですか。こういう未来社会が、どういうコミュニケーションを実現するのか、いろいろ考えてるんですけど、いまいち「こうだ」というものは僕自身の中にはないんです。是非櫻井さんのご意見を聞きたいんですが、たとえば僕が思うのは、彼らは引用していて、電腦世界に繋がっているから、なにかを表現したいんだけど巧く言えないから、検索して、引用しているわけですよね。だから自分の言葉で言うよりも、何か昔の言葉を引用してきたほうが、自分の気持ちに合った話ができると思つて喋つているわけですね。

そういうことですね。

でも、旧約聖書にせよなんにせよ、「イノセンス」の中にはかなり引用がでてきますけど、たぶん現代を生きている一般の視聴者はほとんどこういうものに馴染みがないので、何を言つていいのかよくわからないと思うんですね。ここで引用しているのは全部、押井さんが昔読まれた本の中にはあって、何かメモをしていたとかいうようなお話を伺っています。だから押井さんの中ではこれは意味がわかつていてるし、どういうつもりで喋っているかわかつていてる。だからバトーもトグサもわかつていてる。だけど傍から聞いてる人にはよくわからない。この電腦世界だったら、誰かが引用したら、例えばバトーもまたその引用を検索して、まあこういうことを言つていてるんだなって了解しているのか、それとも引用はしていて言葉の表面上はわかつていてるんだけど、相手の言つていてることはよくわからなくて、コミュニケーションが終わることもあるのかという問題があるんじゃないでしょうか。この場面ではバトーもすかさず検索しているようですが。つまり、言葉はわかるんだけど、なんのつもりでそれを引用しているのかという、話し手側の意図といふのはどこまで伝わっているものなのかな、ということが『イノセンス』を観たときの疑問だったんです。

なるほど。先ほど、フランシースがアリスを引用するみたいなところと、ちょっと似た部分はあるかもしれないですね。基本的にはこのバトーとトグサのくだりを見る限りでは、お互いには通じていますよね。

でも、漢詩が出てくるシーンがありますよね。あれは、トグサもわかつてないわけですよね。

そうですね、おそらくわかつてないんだと思いますね。これはどっちだと言えばいいのかな。あとで帰つて押井監督にすごく怒られたりしたらどうしよう（笑）。でもおそらく、検索をして引つかかりさえすれば、わかつてしまふはずですよね。

例えば僕らは海外のミステリーなどを読んでいると、シェイクスピアとかからストーリーを象徴するような引用文がそこに入つたりするんだけど、日本人のほとんどはそういうのに馴染みがなかつたりするから、どうしてこういう引用が使われているのかよくわからない。つまりテーマを象徴しているんだということ自体がわからないという場合がある。だから、「イノセンス」におけるコミュニケーションの中での引用と意図というものが、すごく不思議だと思います。彼らはなにか話したいことがあるけど、上手く言えないから言葉を引用するわけですね。ひょっとしたら旧約聖書の言葉は、トグサにとつて完全にフィットした言葉ではないかもしれない。そのときの気持ちと。でもいいや、これで引用しちゃえ、という風に引用して、概ねは伝わるんだけど、ちょっとしたところがひょつとしたたら伝わらない可能性だつてあるわけですね。だから、先ほどのオングの話のつながりで、言葉が視えてしまうことがあつて、その規定されるところがあるという話だけれど、こういう世界ではなくて引用されるものによつてまた私たちの感情や思考のようなものが、ある程度そこに集約されていくような感覚というものがあるのかなあと思いますね。

なるほど、それはそうかもしれませんね。例えば僕らが今自分たちの拙い言葉で話さざるを得ないのは外部記憶装置がないからだけれど、それが作品の中では膨大な外部記憶装置が後ろに繋がつた状態なんですからね。人工回路の研究では外部記憶装置的なことも、既に研究がはじまつているんですよね。

瀬名

櫻井

瀬名

そうですね、立花隆さんのプレミアム10とかでも出てきましたよね。

一応立花ゼミの企画ですからね。

立花隆ゼミだということを今再確認してみました（笑）。

何かそういう外部記憶装置みたいなものが、まあ今はまだラットの段階だし、まだ上手くいつてすらないのかもしれないけど、これから先に出てきたとして、そういうことが可能になつたときに、例えば僕らがオリジナルの言葉でしゃべり続けることに意味があるのだろうかという問題が出てきますよね。膨大な文から自由に引用できるようになつたときには、そちらにかなり引っ張られるという可能性は、かなりあるような気がします。僕らが今拙い言葉でしゃべっているのは思い出せないからだけであって、「彼はこんなことを言つていたんです」といったことを言うのも、正確に引用できれば、もしかしたらまた違うような気がします。

今は外部記憶装置としての紙があつて、引用もしていますけど、それがどんどんできるようになった時に、どういう感覚をどの言葉に当てはめるのかというの、記憶装置が後ろにあつたとしても上手く検索しないといけないし、何を選択するかというのも、人によって違うわけですよね。たぶん記憶装置というものは、例えば聖書に親しんだ人だったら聖書から引くとか、シェイクスピアを研究した人だったらシェイクスピアから引用しやすいとか、つまり彼の人生のバックグラウンドと、外部記憶装置っていうのが、実は表裏一体なところがある。でも、何かを検索したらすぐに結果がでてきて、「あなたの今の気持ちに近いのはなんとかっていう人のなんとかっていう作品です」とでてくる可能性たつてあるわけです。それは全然その人の人生と関係ない気持ちが、くつついてしまう可能性たつてあるわけですよね。

瀬名

櫻井

どうなんでしょう。彼ら（バトーとトグサ）の場合は引用してきたときには一応一通り読んでいるのかな、という感じはしますね。

瀬名

ここではそうですね。だつて、フランシーヌがどうのって言い始めるのも、わかつているからですもんね。

櫻井

そうですね。

瀬名

でも、この世界観の中で同じような人がたくさんいたときにどういう会話をしているのかということについては、非常に不思議な感じです。あとですね、我々が普段しやべっているときにルールを少しずつ変えていく感覚がありますよね。少し古いですが1940年代のシャノンとウイバーのコミュニケーションモデルを考えてみると、情報の伝達のコミュニケーションには送り手と受け手がいて、情報を伝達するために送信機と受信機を通して通信するわけですが、当時はその間にすごくノイズが入ったので、このノイズをどうやって減らそうかというのを彼らは考えたわけです。ただ、今はノイズの重要性が薄ってきて、むしろ暗号化と復号化のしくみに関心が持たれるようになってきた。つまりシャノンのモデルではエンコーディングとデコーディングが完璧に行われるという前提に立っているけれど、普通の日常のなかでの僕たちの会話を考えると、ノイズも当然重要だけれど、実はエンコーディングとデコーディングのルールをどういう風に判断するかということがすごく重要で、僕らはそれを完璧にやっているんだと思つてはいるんだけど実はそうではなくて、お互の気持ちを探りながら、「いまどういう風にデコードすればいいんだろう」とか、「相手は何のつもりでこういう話をしているんだろう」とか、ルールをお互いに修正しながら話しているというようなところがあつて、そういうことが今後の人工知能の世界の中に

どういう風に関わっていくのかというのも、「イノセンス」の世界観を含めて面白いところかなと。

櫻井

瀬名

コンテキスト（文脈）をどう読むかという問題ですよね。

そうですね。

ウィトゲンシュタインは、『哲学探究』の中で「石板！」という言葉を例にして、それがどういうことを意味し得るかつていうことを詳しく考察しています。例えば戦場で言つたら「石板を取つて来い」という意味になるんだけれども、なぜ「石板！」で「石板を取つて来い」を意味できるのか。あるいは「石板！」で「石板」のことだけを意味してはいけないのか。つまりこれは、コンテキストに応じて、デコーディングのルールが変わっているんですね。

ウィトゲンシュタインは著作の中で、プレイというものがどうしてもルールに先行してしまうのではないかということを書いています。普通はルールが先にあつて、その中でプレイをしていると考えがちであるけれども、「石板！」っていうプレイを行なつたときに、戦場であれば「あつ、石板持つてくつことね」という風に、石板を持つてくるつていうころが事後的に了解されているわけで、ルールというのはプレイが行なわれたときに事後的に見出されざるを得ないというわけです。瀬名さんの指摘どおり、シャノンやウイーバーは数学者だし、彼らのモデルは工学的なもので、エンコードとデコードには何のリスクも伴わないことを設定して、妨害者の仕事しか考えていないけれども、そもそもルールというものを我々が共有していると思うことも幻想なんぢやないか、という発想なわけですね。

クリップキが『ウィトゲンシュタインのパラドックス』の中で面白いことを言つていて、「58 + 62」と考えるときには「120」と答えるんだけども、悲観的な懷疑論者つてい

うのはここで「5」というんだそうです。それはどういうことかというと、懷疑論者は「あなたは今足し算（addition）をやつていると思ってましたね。だけど、実はあなたが今やつていたことはケアディションなんですよ。アディションというのは57以下の数字については成立しているけど、58以降は全部答えは5になる。それが本当のアディションなんですよ」というわけです。もちろんこのレベルで話している分にはおかしいことがわかるんだけど、数字というのは無限にあるわけじゃないですか。そうするとこの57を一億にしてもいいし、何兆にしてもいいし、今までの歴史の中で人間がやつしたことのある加算というのは有限回なわけじゃないですか。そうすると、その有限回までを取つて、それ以降のルールを「それ以降の数については5である」としていたとしても、表面上は矛盾が起きてこないんです。

瀬名

問題はなく、普通に暮らせますね。

そう。普通に暮らせるけども、アディションとケアディションという別々のルールに従つてのつていう状況も想定できますよねというのが、クリップキの話です。ここでは数学を例にとつていますが、一般的に考えたとしても、変な話ですけどこの懷疑論者に反論して、説得させることができなかなか難しいんです。例えば僕らは言語ゲーム、ウイトゲンシュタインは言語についてやつているけれども、クリップキはそれをわかりやすくするために数学を使つて説明している。ウイトゲンシュタインは言語というものに対して、僕らは一般的なルールを共有しているって思つていてるけれど、クリップキが挙げた懷疑論者のように、いままで共通して理解している部分についてはそうですけど、そうではない部分に対しても、また違うルールが適用されていることも想定できますよね。だとしたらやっぱり、いかなるプレイの仕方もルールに従わせることができるのかつていうことを言つているのではないでしようか。

瀬名

はい。

それがプレイがルールに先行するつていうことだと思います。ただ僕らがそれを共有できていると思える根拠というのは実はなくて、それを無根拠にジャンプするしかないんです。

瀬名

そこでね、イノセンス（無垢）ということと、社会がつながるのかなあと。「イノセンス」は、若干ネタをバラすことになりますが、子供が結局いろいろな事件に深く関わっていたというストーリーで、それをもって「イノセンス」というタイトルになっているんだと思いますが、子供は社会性を持つていないということは先ほどハラウェイさんの話にも出てきましたね。つまり私たちが「足し算はずっとやっていてもずつといつまでも同じようでできるんだよ」という風に思つてしまふのは、我々の社会的知能（social intelligence）があるからだと思うんですけど、それは僕らが暮らしの中でだんだん学習していくって、こういう風に考えればいいんだなと横着をする、というか、樂をするようになるんです。つまり知能がオートメート化するということで、こういうときはこういう風になつていけばなんかいつでも同じようなルールができるだろうと、ルールがわかつてくると自分の中でもそれを体得して、それは社会性を体得することにもなるわけですが、換言すればそれは関係性を最適にするように横着するということですね。それはひょつとした自動化ということになるかもしない。全部のことは考えずに、ちよつとしたことを考えればよくて、子供は社会性が体得されていないから、それができないんじゃないかという話をハラウェイさんはしている。

櫻井

そうですね。

瀬名

だから、イノセンスの映画の一つの対立というのが「社会性を持つ大人たち」と「そうではない子供たち」の自我の関係だと思うんですが、クリプキは子供のことについてなにか言ってないですか？

櫻井

子供については書いていなかつたと思いますね。

ウイトゲンシュタインの研究者の永井均さんは子供についての哲学の本を書いているし、子供向けの哲学の本も書いていますよね。イノセンスの無垢というのは、コミュニケーションのある種の自動化みたいなものがないように状況のことにもつながっているのかなって。その魂の無垢さみたいなものを、『イノセンス』を観ながらいろいろ考えるんです。その辺について櫻井さんはどう思われますか？

櫻井

永井均さんが子供向けの本を書いているというのはすごく面白いですね。永井均さんがウイトゲンシュタイン研究者であることと、永井均さんが子供向けの本を書いているということは無関係じゃないような気がします。要するに、子供のようなルールを共有していない人たちに向かって発話したいんじゃないかなと思いました。もしかしたらクリプキも子供について書いているのかもしれません。

瀬名

でも、押井さんの「イノセンス」は犬と子供を重ね合わせているんだと思うんですが。その辺はどうなのかなあ、というのがわからないところです。僕は「第九の日」の中で、「動物に心はない」というキリスト教的な考え方の話を書いたんです。キリスト教でも考え方いろいろあるかと思いますが、例えば英國国教会とかローマカトリック系の考え方で言えば、動物っていうのはやはり人間の延長でしかないということなんですね。動物も心を持つていて見えるんですけど、

この動物がもし野生化して人間が見えないような山の中に入つたとすると、その動物が本当に心を持つのかどうかは私たちにはわからないという理屈らしい。僕らが、パートナーとして、家来として、あるいは家畜として動物を使つてゐるから、その動物が我々の延長であるから、我々の心の延長として動物に心があるよう見えてゐるんだ、というのがキリスト教の考え方なんです。つまり、動物には本当の心がないから、動物に罪はない、原罪はない、というような考え方になるらしいんですね。自分の体の延長をどこまで心の範囲だと考えるのかは、ちょっと僕らにとつては不思議だと思うんです。

櫻井 なるほど。

瀬名

「第九の日」は、宗教で考へるところの心が元々持つてゐる罪のあり方がどこまで延長されるかが、実は動物と人間の関係の中に出でてくる、という話なんですよ。

おもしろいですね。動物愛護団体みたいなものってキリスト教的な世界観に矛盾しないんですかね？

どうなんでしょう。

瀬名

僕はちなみに動物とか好きだつたりするんですね。イギリスにいたときもRSPBという鳥類の保護団体に入つたりとか、日本野鳥の会とかに入つたりしてゐたんですけども、そういうのが好きであることの一方で、動物愛護団体が動物を守るときに、人間以外の動物はどうだとか言うのがなにか違う気がするというか、ヒューマニズムというのはやつぱりヒューマン相手にこそ適用されるべきだろうという感じがしたんです。動物とか守つてもいいんだけど、それはやつぱ

り人間のエゴだと思ってますね。あとはヒューマニズムをどこまで人間以外のものに対応してしまいかということの副産物的なもので生じているようなイメージがあつて、ロボット保護団体みたいなものもそのうちでてくるかも知れないじゃないですか。いまはまだそんなものはお笑い草ですけれどもね。

鉄腕アトムはまさにそういう展開になるわけですよね。ロボット法でロボット人権を認めようという。

人権までいくかどうかはわかりませんが、チャペックの『R·U·R』で登場するのは、面白いことにロボット保護団体じやなくて Humanity Society という名前の団体で、その団体は「ロボットが人間と同じように扱われていることを目指しています」といつていて、そこまでヒューマニティーを持ち上げなくとも、と思いますね。でも、ある意味で納得もいくのは、今でも、子供が自転車を蹴っ飛ばすのとアイボを蹴っ飛ばすのをみたとき大人の注意の仕方はちよつと違うような気がするんですよね。そういう意味合いでいくと、今は妄想の産物だけれども、そういうものを完全にバカにすることはできないような心理の一片を持つてしまっている感じがするんですね。無生物ということには変わりないはずなのに。

どこまで感情移入できるか、と問題もありますね。最近ネットでよく流れている四本足のロボットの映像があるんですね。「Big Dog」といつて、人間が机を持って動くような形のロボットなんですが、四本足で普通に膝が曲がったりして軽快に動くんですよ。ただ上半身がなくて、上はつながっているだけなんです。そのムービーの中では荒地をよく動いています。

地雷探査機みたいなものですか？

瀬名

ちよつと違いますね。（絵を描く）こんな感じなんです。ムービーの中で開発者がバーンと足で蹴るシーンがあつて、ちよつとよろめくんだけれども、すぐに体勢を直す。それはロボットの機能紹介であるわけだけじ、それが虐待してしまふように見えるんですよ。ところは、この足の動きが人間そつくりなんですか。（<http://www.bdi.com/content/sec.php?section=BigDog> 参照）

櫻井  
なるほん。

だから、こんなレベルのロボットでもかわいそらだと感じてしまふんですね。

瀬名  
先ほどの動物愛護団体や自然保護がおかしいなという例として挙げられるのが、小学校のときに教科書に載っていた話です。稻の害虫を殺虫剤で駆除するんですけども、いままでその害虫が食べていた他の害虫が大量繁殖してしまつて、結局稻は前よりも大きなダメージを受けてしまふ。それは稻の大切さだらうという感じがして。なにか、自然の摂理みたいなものでいかに人間が利益をあげているか、ということのみにおいてしか自然保護とか環境というものが説かれないと、いう論理構造になつていて、基本的には動物愛護みたいなものも論理的には間違つてていると思う。要するに人間の利益になるから動物愛護するんだろうという気がしてならないんです。ロボット保護団体みたいなものも同じなんぢやないでしようか。ある一定以上の人間の利益（精神的な部分も含めて）を超えると整備されたりするんぢやないかという気がします。人権まではいかなくとも、虐待してはいけないとか。

どこまで我々が見えてるか、あるいは見たいと思ってるかというところにつながってきますよね。先ほどの「コーストはあると思つてしまふ」ということにも非常によく似ているかもしけな

瀬名

瀬名

いし、その環境の中どこまでを自分の心の内側として感じたいと思つてしまふということに近いのかな。……そろそろ、時間じやないかと思うんですが、司会者の方、どのようにまとめればいいんでしようか（笑）。

司会

すごく難しいんですが……。なにか話し足りてないことはありますか？

瀬名

話そうと思って忘れていたことってありましたつけ？

櫻井

そうですね、たぶんいくらでも話せる気はしますが。昔の話をしたほうがいいんでしたつけ？

瀬名

二十歳のころの話でしたつけ。

司会

できれば伺つてみたいです。

瀬名

（櫻井さんに向かつて）能や狂言をやつてらしたんですね。

櫻井

そうですね。

瀬名

僕は知らなかつたので、『お伽草子』をやつていらつしやるのが不思議だつたんですが、そういうバツクグラウンドがあつたんですね。

櫻井

興味が散漫だつて言われる所以なんですけど、動物のことも好きだつたり、その一方で能狂言みたいなこともやつてたりします。東大の能狂言研究会に入部していました。

瀬名

いまもあるんですか？

櫻井

たぶんあるはずです。今日も五月祭で舞台やつてるはずなんんですけど、僕は不義理な先輩で見

に行かないでこんなところで対談しています（笑）。当時は三人ぐらいしか部員がいなくって廃部寸前だつたんですけど、なんとか新入生が僕の同期で二人ぐらい入つたんです。僕は狂言のほうだつたんですけど、和泉流の野村万斎さんの叔父さんに相当する野村万之助先生に師事して、狂言を実演するっていうサークルだつたんです。

『お伽草子』に出てくる人の名前もその方に似たような名前ですよね？

あつ、そうですね。

瀬名

櫻井

普段は授業終わつてから稽古場みたいなところに先生に来ていただいていたんですか？  
普段は先生はいらっしゃなくて、月に一回か二回、師範稽古があつたんです。それ以外は基本的に、駒場キャンパスの柏蔭舎で週に二回稽古をしつつ、授業も割合真面目に受けました。

どうして能狂言をやろうと思ったんですか？

瀬名

櫻井

イギリスに住んでいた反動か、和物みたいなものがすごく好きで、高校のときも下駄を履いたり、ちよつとバンカラつぱかつたんです。そういうのに憧れていて、大学に入つて居合とかをやりたかつたんですけどそういうのがなかつたので、ちよつと狂言をやってみようかな、と始めたんですね。

すみません。二十歳のころの話をしていただいてるんですけど、みなさんが対談の内容を覚えている間に質疑応答に移りたいと思います。

（以降、質疑応答は用語集とともに <http://sci.gr.jp/project/gis/> に掲載）

発行日： 2007年5月27日  
発 行： 東京大学立花隆ゼミ  
〒112-0002 文京区小石川2-18-12  
立花隆事務所

制作： 立花ゼミ SCInote2 制作班  
加藤、渡辺、酒井、岩間、窪田、田中（香・孝）、  
皆川、金子、栗原、安部、松井、小塙、中根、栄田、  
閔、川口、内山

印刷 / 製本： EditNet プリンテック

当小冊子の内容を無断転載することを禁じます。  
企画の関連情報は下記 Web サイトにて随時広報予定です。

SCI(サイ) - <http://sci.gr.jp/> or 見聞伝.net - <http://kenbunden.net/>