

ΑΕΡΑΣ FORUM

諸科学の成果とITによるその表現

ΑΕΡΑΣ FORUM

諸科学の成果とITによるその表現

コーディネーターより

自然・人文・社会などを含む諸科学は、これまでそれぞれの分野、さらに細分化された各領域において目覚ましい発展を遂げてきました。細分化が進めば進むほど、そして各々の領域が発展し、専門化するほど、その成果は極少数の専門家にしか理解できないものになってきているのが現状です。各専門領域において本当に議論できるのは、世界に数人などということも現実に起こっているのです。

しかしどれほど科学が進歩しても、専門領域以外の人に理解されなければ、それは絵の中の餅でしかありません。科学は社会の発展に貢献し、一般の人々がその成果を享受できて初めて意味をもちます。そのためには非専門家や一般の人々を含めたより多くの人が科学の成果を理解し、参画・連携することで実用化して、さらなる発展に結びつけていく必要があります。我々研究者は、自分自身の成果を多くの人に分かる形で広げていくことが求められているのです。その一助として、ちょうど1年前の第4回アエラスフォーラムⅡでコーディネーターを務められた池田光穂氏も問題提起されたように、多様な立場、分野の人が議論できる共通のインターフェイスを構築する必要性が叫ばれています。

IT(情報技術)は、専門家・非専門家が自由に参画できる共通のインターフェイスを確立する上で重要な貢献をし得るのではないかと私は考えています。ITには文字情報を引き出すだけでなく、視覚や聴覚に訴えることができるという長所があります。さらにインターネットを活用すれば、瞬時に全世界に情報を発信することも可能です。こうしたITの特性を生かして最先端分野を非専門家にもわかりやすく伝え、情報を共有することが、さらなる科学の進歩、社会の発展につながると期待しています。

そこで今回は、各専門分野において最先端の研究を行いながら、非専門家にもわかりやすく伝え、また伝え得るツールの開発に携わっておられる両氏に基調講演をいただくことになりました。講演を元にITの可能性について共に考えたいと思います。



阿部 武司 大阪大学大学院経済学研究科教授



宮原秀夫大阪大学総長 特別講演

関西(地域)に生き世界に伸びる(Live locally grow globally) 大学を目指して

■ 先端科学技術の融合にとって必要なこと

現大阪大学総長宮原秀夫氏は、アエラスフォーラムを立ち上げた仕掛け人の一人だ。2003年に大阪大学の総長に就任して以来、先端科学技術の融合、高度技術者教育、産学連携など大学教育の現場がまさに今直面している課題に取り組んできた。

この日最初に語られたのは、日本における高度技術者不足の現状だ。NSFの統計によるとアメリカでは毎年2000人弱もの計算機科学・工学分野の博士が誕生しているのに対し、日本では350人程度にしか過ぎない。宮原総長はその理由の一つとして、大学院生や若手研究者の助成に資金が投じられにくいという日本における学術界の構造的な問題点を指摘した。その打開策として脚光を集めている産学連携についても注意を喚起する。産学連携は、「研究・開発」以外に「人材育成」という側面をもつ。「日本では前者ばかりが強調されがちだが、大学と企業の連携では人材育成に重きを置くべきだ」と宮原総長は言う。また企業との連携によって大学が短期的な成果ばかりを求める風潮が高まることにも警鐘を鳴らす。「こうした状況が続けば基礎研究がおろそかになり、世界を先導するような新しい産業が生まれにくくなる。大学でこそ民間ではできない基礎研究をし、新しい科学の芽を育むべきだ」と述べた。

■ これからの技術者教育

技術者教育において必要なものは何か？この問いに宮原総長は「狭い分野の知識だけでなく、バランス感覚やマネジメント能力を備え、システム性能評価(Performance Evaluation)とグランドデザインのできる人材を育成すること」と応じた。システム開発においては、コストと性能のバランス関係(Trade-off relation)を定量的に抑えるための性能評価が不可欠だ。「性能」には数値だけでなく「デザイン」「心地良さ」「使いやすさ」といった心理的、社会的な概念も含まれる。それゆえ的確に性能評価をするためには、「話す、聞く、見せる、伝えるなどの表現センス」「コミュニケーショ

ンデザイン力」、さらに「あらゆるシステムをバランスよく設計できるバランス感覚」が必要となるのだ。宮原総長はこうした能力をすなわち「総合デザイン力」と呼ぶ。これらは決してシステムティックな教育では養われない。地道な知識獲得と情操を高める経験によって初めて培われるものだ。「今後はこうした能力を磨く教育なくしては、優れた技術者は生まれまいだろう」と宮原総長は述べた。

そうした問題意識の元に作られたのが、大阪大学のコミュニケーションデザイン・センターだ。ここは「平たく言うと、大学院において教養課程を学ぶところ」だと宮原総長は説明する。専門分野のみならず、周辺知識やコミュニケーション力、マネジメント力、感性なども育むことを目指して展開している。産学連携においても人材育成や基礎研究を重視した大学ならではの連携を推進し、さらにこうした活動計画や成果を検証することで大学の存在意義を社会に示すことを重視しているという。「大学とは壮大な無駄をするところ。だがそれが間接的に多くの学術、文化の向上に貢献するのだ」と宮原総長は言う。

「総合デザイン力」は技術分野のみならず、社会のあらゆる場面で今必要とされている。その根拠として、総合デザイン力の欠如がフィードバック機能の弱体化を招き、教育や社会システムに弊害を及ぼしている例がいくつも紹介された。「Trade-off relation を考慮して、総合デザイン力をもった人材の育成に努める」。講演を終えるにあたり、大学教育の舵取りを任される宮原総長の責務と決意が述べられた。

■ 質疑応答

質疑応答では、山口英教授によって、講演で述べられた産学連携における偏重や総合デザイン力の欠如といった諸課題を克服していく上でメディアの重要性が指摘された。報道機関をはじめとするメディアの課題が挙げられたのに対し、宮原総長は「声を大にして大学が訴えていくしかない」と応じた。自身が大阪大学コミュニケーションデザイン・センターで教鞭をとる池田光穂教授からは、「教員にも総合デザイン力への理解を浸透させていかねばならない」との意見が寄せられた。



基調講演1

宇宙天気とIT —太陽・地球・宇宙人

柴田一成 京都大学大学院理学研究科附属天文台教授・台長

小は太陽面爆発（フレア）から大は活動銀河中心核ジェットに到るまで、宇宙におけるさまざまな爆発現象や活動現象を統一的に解明しようと試みる。近年、宇宙天気予報の基礎研究を推進する氏は、実際に太陽面爆発の予兆を発見し、地球に巨大な磁気嵐が起ることを予測した経験ももつ。講演では、こうした太陽・宇宙の最先端研究をわかりやすく解説し、研究の進展におけるITの必要性について論じた。

太陽とは？ 一太陽の驚くべき素顔が見えてきた

京都大学大学院理学研究科附属天文台の長も務める柴田一成教授は、最先端の観測からもたらされた貴重な映像を見せながら、近年、観測技術・研究の進展によって明らかになってきた太陽の驚くべき「素顔」について語った。

最初にスクリーンに映し出されたのは、よく知られる可視光による太陽の映像だ。オレンジ色の球体の中に黒々とした斑点「黒点」がいくつか見える。(図1) 黒点は大抵2点一対で現れるという。次にH α 線といわれる水素原子のスペクトル線を使った新しい観測技術による映像が紹介された。6000℃の光球までしか見えない可視光に対し、1万℃の彩層まで観測できるH α 線の画像では、光球の上層大気までもが映るため、球体はたぎるような真紅に、黒点付近は白く瞬いて見える。その白い箇所を指しながら、柴田教授は「黒点付近では、頻繁に爆発が起こっている」ことを告げた。(図2)

柴田教授によると、太陽面で爆発が起こることが判明したのは19世紀中頃のことだ。「太陽フレア」と呼ばれるこの爆発は、黒点の数が増えるとき、その原因には黒点の正体が巨大な「磁石」だということが関係している。H α 線を用いると、黒点の2点一対間を流れる磁場を観測することができる。この磁場から発生する磁気エネルギーは、太陽そのものに比べると小さいものの、 $10^{29} \sim 10^{32}$ ergと、水爆10万～1億個に相当する。この磁気エネルギーこそが太陽フレアの原因だという。

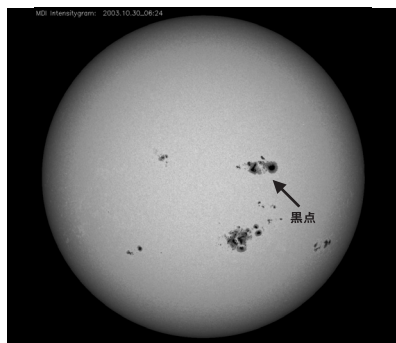


図1：可視光で見た太陽（光球＝6000℃）

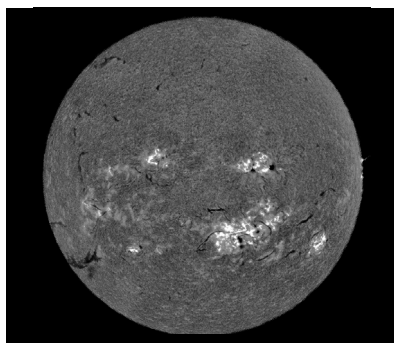


図2：H α 線で見た太陽（京都大学 飛弾天文台）

しかし、そもそもなぜ磁場があると爆発が起こるのか、その理由は100年来解明されなかった。明らかになったのは、ようやくここ10年ほどのことだ。その説明にあたりまず柴田教授は、太陽フレアの発生する様子を捉えたという動画を紹介した。京都大学飛弾天文台で観測されたもので、太陽表面から突然糸状の巨大なプラズマ^{※注}が噴き出す様子が映っている。太陽フレアに伴って起こる「プロミネンス噴出」だと解説された。プロミネンス噴出と同時に電波、可視光、紫外線、X線、 γ 線などあらゆる電磁波が増大し、プロミネンス噴出として噴き出したプラズマ（コロナ質量放出と呼ばれる）の前面に300km/秒以上もの速さで爆発的に衝撃波が広がるのが分かってきた。プロミネンス噴出や衝撃波が広がる様子をわかりやすく筋状で表現したアニメーションを見ると、それは地球にも及んでいることがわかる。こうした現象が地球に与える影響については、後に述べられる。

※注）プラズマとは電離気体のこと。物質を熱していくと、固体、液体、気体の次にプラズマとなる。言わば物質の第4の状態。

さて、太陽フレアと磁場との因果関係を解明する上で着目されたのが、フレアの際に発生するX線だった。ヒントとなったのは、日食時に黒い太陽の周辺に見えるコロナだという。コロナが強いX線源であることは以前から知られている。すなわち太陽フレアから発せられるX線を観測すれば、そのメカニズムをはっきりと確かめることができるのではないかと考えられたのだ。この試みは人工衛星「陽光」によって成功した。

X線による画像を見ると、太陽フレアが起きる際、2つの黒点をつなぐ磁力線のループができるのが分かる。さらに画像を拡大して判明したのは、ループの先端が尖っていることだ。そこから、ループの先端にエネルギーの発生源があり、この部分で磁力線が磁気エネルギーを熱エネルギーや運動エネルギーに変換しているのではないかと、という仮説が導き出された。これを「磁気リコネクション(磁力線つなぎかえ)」と呼ぶ。メカニズムはこうだ。逆向きの磁力線が突然つなぎ変わると、磁力線にはゴムのよう弾力性があるので、つなぎ変わったばかりの先の尖った磁力線が、ループの先端でパチンコ効果により上下に弾き出る。下に向かったエネルギーは太陽表面にぶつかって熱に変わり、一方宇宙空間に飛び出したエネルギーは、プロミネンス噴出によって地球にまで及ぶというわけだ。「完全に解明されるまでには到っていないが、少なく

とも現象論的にリコネクション説はほぼ間違いなだろう」と、柴田教授は述べた。(図3)

リコネクションは、地球の磁気圏でも起きているという。その正体がオーロラだ。後に太陽フレアとコロナ質量放出によってオーロラができるメカニズムが、アニメーションで分かりやすく解説された。オーロラはまた、土星や木星でも観測される。こうしたことから太陽フレアの正体と、それと同じ現象が宇宙のあらゆる惑星で起きていることが明らかになった。

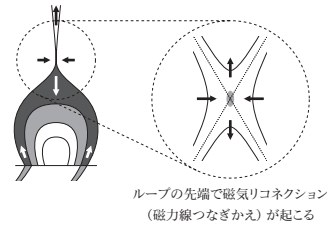


図3:X線画像で見た、太陽フレアが起きる際にできる磁気線のループのモデル図

太陽活動と地球 ー地球は激しい太陽活動に大きく影響されている 宇宙天気予報の必要性

続いて柴田教授は、アメリカの衛星が観測した太陽フレアの最新映像を紹介した。太陽からプロミネンス噴出が起これ、ループが見られるのは先に紹介された映像と同じだ。しかし注意深く見ると、一瞬、画像が乱れることに気づく。これは「太陽フレアで発生した放射線粒子が、人工衛星のCCDカメラを爆撃している」のだと解説された。先に述べられたように、太陽活動の影響は地球にまで及んでいる。その危険性が決して軽視できないものであることをこの映像は示唆している。

2003年10月28日のこと。14年ぶりという大規模な太陽フレアが発生した。朝日新聞の夕刊には、太陽フレアが地球に与えた影響が報じられている。人工衛星が故障しただけでなく、地上にも磁気嵐が襲い、通信障害などが起きた。さらにアメリカテキサス州ではオーロラが観測されたとも記されている。X線強度は、史上3番目に大きなものだったという。太陽から噴出した磁気プラズマ雲(コロナ質量放出)は早くても1日、遅くても2日ほどで地球に届く。この時は10月29日に北海道でもオーロラが観測されたという。こうして太陽フレアは、人工衛星の故障や宇宙飛行士の被爆と

いった宇宙空間での影響のみならず、地球でも磁気嵐を起し、送電や通信に影響を及ぼすことがわかってきた。柴田教授は言う。「文明が発達するほど、宇宙の爆発現象の影響を受けやすくなる。それを回避するため、宇宙天気予報が火急の課題となってきた」。(図4)

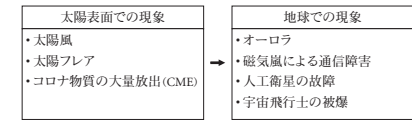


図4:太陽活動の脅威

柴田教授自身、宇宙天気予報に貢献した経験をもつ。それは、1994年4月14日、鹿児島県内之浦で人工衛星から送られてきた太陽に関するデータを確認していた時のことだ。データを見た柴田教授は、フレアの先端が極度に尖っていることに気づいた。これは太陽フレアが間近に迫っている予兆だととっさに悟り、地球に巨大な磁気嵐が起これることを予言した。2日後、それが現実のものとなったという。

太陽からのX線による被曝の危険性を侮ることはできない。柴田教授によると、人間が1年間に浴びても良いとされる放射線量は、X線検査を5度受診したときに浴びる量に相当する0.5cSvほどだ。もし短期的にでも400cSvの放射線を全身に浴びると、30日以内に50%の人が死亡するという。そしてこの400cSv程度の放射線を地球に及ぼす規模の太陽フレアが、10年に一度は発生すると予測されているのだ。ただし、地上では地球大気に守られて安全なので、ご安心を。怖いのは大気圏外の宇宙空間で仕事をしている宇宙飛行士たちである。

さらに恐ろしい話として、巨大太陽フレアの発生頻度が紹介された。先ほどの10年に一度発生するといわれるフレアは、X100クラスに分類される。その10分の1にあたるX10クラスのフレアなら1年に一度、さらに1000分の1のCクラスフレアはなんと1年に1000度も発生しているという。逆にX1000クラスの巨大フレアは100年に一度、さらにX100000クラスの超巨大フレアなら1万年に一度は起きると推定される。これほどの超巨大フレアが起きたら地上にいても危険だろう。「観測を始めてまだ20~30年にしか満たない現状では、これも楽観的な数値かもしれない」と柴田教授は指摘する。

「こうした地球に降り注ぐ放射線が、地球上の生命や人間の進化に影響を与えた可能性はないだろうか?」。次いで柴田教授はこう提起した。もしかしたら恐竜の絶滅

の原因は、超巨大フレアだったかもしれない。生まれたばかりの星は、太陽フレアのさらに100万倍もの強度をもつ超巨大フレアを起こしていることが、その根拠の一つとして挙げられた。太陽が生まれたのは約45～46億年前と考えられている。地球上に生命が誕生した30数億年前には、今以上に活発に活動していたはずだ。その力が地球の生命に何らかの影響を及ぼさなかったとは言い切れないのではないだろうか。さらに「地球上の生命は、それほどの強烈な太陽活動の嵐をいかにして生き延びてきたのだろうか？ 今後、人類は太陽放射線の荒れ狂う宇宙空間に進出し、自ら『宇宙人』になることはできるのだろうか？ 同様に地球人以外に宇宙人はいるのだろうか？」柴田教授は、壮大な疑問を投げかけた。

宇宙と人間 一宇宙人はいるのか？人類は宇宙に進出して宇宙人になれるのか？

前述の問いに迫るため、柴田教授は宇宙にまつわる一般的な疑問を解明することから始めた。まず質問1「UFO“Unidentified Flying Object”未確認飛行物体は本当か？」に対して「Yes。未確認の物体の報告はある。ただし偽物が多い」と答える。次いで質問2「UFOは宇宙人の乗り物か？」には、「No。今のところその証拠は報告されていない」とした。さらに質問3では、1976年に観測された「火星の面岩」の写真が取り上げられ、「宇宙人のしわざか？」と問われた。これについては「自然現象らしいことが判明した」として、2003年の最新観測写真が紹介された。質問4ではさらに「火星には運河はあるか？」と切り込む。しかし柴田教授の答えは「No」だ。ただし水が流れていた跡は観測されており「原始生命が生まれた可能性は否定できない」とされた。よって質問5で「火星には生物はいるのか？」との問いに対しては、火星の表面を“マーズ・パスファインダー (Mars Pathfinder)” (アメリカ航空宇宙局 [NASA] が行った火星探査計画で用いられた探査機群の総称) が撮影した映像と共に「まだ不明」と述べられた。関連して土星探査機カッシーニホイヘンスが撮影した土星の衛星タイタンの表面写真も紹介された。それを見ると川、海、雲が観測できる。しかし-150℃というタイタンの気候条件を考えればそれが水であるはずはなく、液体メタンではないかと推測されている。「こうした星でいつか人間の想像をはるか

に超える宇宙生命の存在が明らかになるかもしれない」。柴田教授の言うように、写真はそんな可能性を予感させる。

「宇宙人はどれくらい (の確率で) いるか？」という質問6に答える数式もあるという。グリーンバンク方程式、またはドレーク方程式と呼ばれるこの数式に数値を当てはめた結果、悲観論者は銀河系の中にある文明数を0.01と算出する。一方で楽観論者による「100万個」との結果もある。しかし「たとえ楽観論者の数値を採用したとしても、人類が宇宙人と遭遇できる可能性は極めて低い」と柴田教授は述べた。銀河系は非常に広大だ。左右は20万光年×20万光年、さらに厚みが300光年あり、その体積は、 4×10^{10} 光年のさらに3乗にのぼる。すなわち銀河系に100万個の文明があると仮定しても、隣の文明までは300光年も離れていることになる。「我々が電波を発明してまだたった150年。たとえ300光年先の隣に宇宙人がいたとしても、我々の存在は全く相手に届いていないだろう」と柴田教授は言う。

ここでもう少し可能性のあるところから考えてみる。その他の質問「太陽系外惑星は見つかったか？」がそれだ。これならば答えは「Yes」だ。天文学の最先端研究では近年、恒星のわずかな運動を測ることによって木星ほどの質量をもつ太陽系外惑星が続々と見つかり出したという。2006年6月現在で、その数は193個に上る。「惑星や恒星は、今も銀河系の中で次々に生まれつつある」と柴田教授は言い、その証拠となる写真をいくつか公開した。そこには2004年に国立天文台がハワイに設置するすばる望遠鏡が観測した「惑星形成円盤」の写真も含まれていた。

最後の問いは「宇宙の歴史と人類の将来は？」というものだ。宇宙の誕生は150億年前、ビッグバンによることはほぼ確実だといわれている。太陽や地球が誕生したのは45～46億年前、原始生命の誕生は10～30億年前といわれ、陸上脊椎動物が現れたのは、ようやく5億年前とされる。45億年の歴史の中で、虫レベルの生命が誕生するのが起源から30億年後ということだ。たとえそれ以前に宇宙人が地球に来ていたとしても、その頃の地球の様子は現在の火星とたいして変わらなかっただろう。同様に、将来地球人が宇宙に進出し、宇宙人と出会っても原始生命か、幸運でも魚程度にしか進化していないということは十分にあり得る。それだけではない。現在の我々が宇宙人にとっては魚程度にしか進化しておらず、実は目の前にいるのに気づいてい

ないという可能性もあるのだ。「宇宙人問題とはそうしたもの」と柴田教授は結んだ。

太陽・宇宙研究の未来とIT

それでも柴田教授は、太陽を観測することで宇宙の将来を見据えようとする。2005年、京都大学飛騨天文台に新しい太陽望遠鏡“SMART (Solar Magnetic Activity Research Telescope)”が設置され、定常観測が開始された。太陽を全面観測できる望遠鏡の中では、世界最高の空間分解性能をもつもので、今後の太陽研究に大きく貢献するものと期待が寄せられている。しかし「日本にだけ望遠鏡があっても十分ではない」と、柴田教授は言う。自転している地球上から常時太陽を観測するには、世界各地に望遠鏡を配置する必要があるからだ。「H α 太陽全面望遠鏡を世界中に配置して24時間太陽を監視し、そのデータをコンピュータで集められるようになれば宇宙天気予報の精度もかなり上がるはずだ」。

最新情報として、コロナ加熱機構の解明を目的とした日本の新しい太陽観測衛星“ひので(SolarB)”が紹介された。柴田教授が撮影したという写真には、2006年9月23日、鹿児島県内之浦から打ち上げられる様子が映っている。

さらに現在、京都大学と民間企業とが連携し、口径3.8mの光学赤外線望遠鏡を作る計画が進んでいるという。それまで東アジアは口径3m以上の望遠鏡のない空白地域だった。 γ 線バーストやブラックホール天体の爆発・変動を捉えるために、東アジアにも口径3m以上の望遠鏡の必要が叫ばれていた。その願いがついに実現に向けて動き出そうとしている。

「今日、提示したさまざまな疑問の答えは、太陽と宇宙の観測の中に隠されている。新しい望遠鏡がいずれ宇宙の爆発現象の解明に役立つ日も来るだろう」として、柴田教授の講演は締めくくられた。

■ 討論1

■ 黒点数の増減が社会変動にも影響を与えた？

討論では、天文学に関する基礎的な質問から、天文学と経済や社会との関連にまで議論が及んだ。太陽に関する基礎知識を共有する上で最初に出されたのは、浦谷規教授からの「太陽はそもそも何でできているのか」の問いだった。「ガス、すなわち気体」というのが柴田教授の答えだ。そのエネルギーは膨大で、太陽フレアによってエネルギーが放出されても、太陽の規模はほとんど変わっていない。「太陽の寿命はあと50億年はあるだろう」と推測されているという。このエネルギーを地球で役立てる方法としてソーラーシステムが紹介されたが、まだ十分に活用する方法は見つかっていないという現状が述べられた。

田中英俊教授は、太陽に現れる黒点の数が植物の生育や農作物の出来を左右し、結果として経済にも影響を及ぼす可能性を探っているというあるエコノミストの研究例を挙げ、その信憑性について柴田教授に意見を求めた。柴田教授は、その可能性を肯定的に捉え、根拠となるデータの存在を示した。教授によると、黒点の数は11年周期で増減を繰り返すという。さらに黒点の増減と気候の関係を調べると、黒点数が少ない時期は寒冷化が見られるという。樹木の年輪に含まれる放射性同位元素を測定することで間接的に黒点数を推測できることから、5000年にわたる黒点数の変動を知ることができる。そうしたデータをもとに長期的な視点で調べると、約400年前、黒点が非常に少ない時期があり、その時期、氷河が非常に発達したとの記録が残っている。また黒点でできる磁場が、雲の発達に影響するとのデータもあるという。「こうした事実の積み重ねから地球の気候変動に太陽が影響を及ぼす可能性は十分にあり得る。だがその因果関係を実証することは現在まだ難しく、この議論に否定的な気象学者も多い」と柴田教授は述べた。「1994年当時、なぜ柴田教授だけが太陽フレアの発生を予測できたのか」という喜多敏博助教授の問いから「リコネクション」についても論争があることが明かされた。

中坊徹次教授はさらに「農作物のみならず、黒点数が人類の歴史変動にも関与した可能性はないか」と言及した。同様に佐伯順子教授も、太陽が文明や社会全体に及ぼ

した影響の有無を尋ねた。それに対して柴田教授は、古代エジプトのファラオがかぶる王冠に日食時に限って鳥の羽が描かれているという記録は、当時の人々が日食に何らかの意味を求めていたことを指摘し、日食や黒点数といった太陽の変動が地球の社会や風俗にまで影響を及ぼした可能性を示唆した。

■ 太陽変動の情報を社会に発信し、さまざまな分野に役立てる

「黒点の増減が気象に関係するのなら、そうした情報を発信することで短期的な宇宙天気予報のみならず、地球環境問題解決にも貢献し得るのではないか」と提起したのは、永淵康之教授だった。黒点の増減から長期的な地球温暖化・寒冷化を予測し、対策に役立てることも不可能ではないのではないかというのだ。柴田教授は、情報開示の重要性については同意しながらも、黒点観測はまだ短期的にしか効果を発揮しないという現実を語った。「黒点の観測から近い将来、『明日、どのくらいの規模の太陽フレアが起きるか』を予測することは可能になるだろう。しかし地球温暖化は、10年、100年単位で考えなければならない問題だ。現在は過去のデータはあっても、黒点の増減を長期的に予測できるほどにはまだ観測技術は進んでいない」という。浦谷教授による「コンピュータシミュレーションでの予測は可能か」との問いには、現在、太陽の爆発現象をシミュレーションする研究が進んでおり、柴田教授自身、三次元での映像化を試みているところだと明かされた。

一方大里俊晴助教授は、講演中も数多く提示された「ビジュアル」の重要性を指摘した。音楽や絵画などの芸術が社会や政治に深く関与してきたことは、歴史が物語っている。これは「聴く」そして「見る」、すなわち「ビジュアルイメージ」が人々に訴える影響の大きさによるものだ。「インターネットなどのツールを用いて、太陽のビジュアルイメージを世界に広く波及することが、新しい文化の創造につながるのではないか」という。

さらに民間企業が新しい望遠鏡の製作に参入したという講演の話題に触れ、下條真司教授は、天文学をビジネスにつなげる可能性について提起した。平川秀幸助教授は、これからの大学運営のあり方も視野に入れ、サイエンスに民間企業が投資するというモデルが今後他の分野に広がっていくことにも期待を寄せた。



基調講演2

暦象オーサリング・ツールの可能性：情報技術は、歴史を創る

友部謙一 慶應義塾大学経済学部教授

慶應義塾大学では日本経済史を専門とする傍ら、2002年度より“暦象オーサリング・ツール”の開発に携わる。この通称“Rekishow”は、これまで歴史学が抱えてきたいくつかの課題を克服する可能性を秘める。講演で友部教授は歴史研究の現状に言及しながら、ツールの開発経緯と機能、さらに将来研究分野に貢献し得る可能性について語った。

“暦象オーサリング・ツール”の開発前史 CronosからRekishowへ

“暦象オーサリング・ツール (Rekishow)” この耳慣れない名前を講演タイトルに冠した友部謙一教授は、4年の歳月をかけて開発してきたソフトをこう説明した。「果てしない時空間を自由自在に航行する時、発想の転換が生まれ、創発的な視点から新しい関係性を発見する。歴史的事象（暦象）間の相互関係をユーザー自らが発見し、固定的な歴史観にとらわれない固有の歴史ストーリーを展開する。さらには情報を編集する力を養成する。それらのための教育・研究支援ツールである」。

ツールの詳細は徐々に明らかになるが、まずはこのツールが開発されるに到った経緯が明かされた。友部教授ら若手研究者が中心となり、文部科学省学術創成研究費によって“Rekishow”の開発を始めたのは、2002年度のことだった。Rekishowの開発には、実は前史がある。当初は松岡正剛(帝塚山学院大学教授 編集工学研究所所長)・金子郁容(慶應義塾大学大学院教授)が協力し、“クロノス (Cronos)”という名称で開発が進められた。Cronos研究がひと段落した1年後、さらなるブラッシュアップを目的に開発が始まったのが、Rekishowだ。Cronos、Rekishowは共にインテリジェントパッドをベースにプログラムが組まれている。さらにRekishowでは、インターフェイスの抜本的改善、既存の機能の強化と充実、歴史と地理の時空間データを扱う上で不可欠な地名辞書の強化が施された。その他新しく数量分析機能、画面を4分割する機能も加わった。

暦象オーサリング・ツールへの歩み① 柳田國男との出会い

続いて日本経済史の研究を専門とする友部教授をソフト開発に向かわせた動機が語られた。「最初の出合いは、Cronosの実証実験を依頼されたことだった」と、友部教授は振り返る。実際に使ってみて、「それ以前から、歴史に対するインスピレーションを養う上では、時間属性をもつデータを扱う歴史学と空間属性をもつデータを駆使する地理学とを分断せずに考えることが重要ではないかと感じていた」。教授は、時間属性と空間属性を同時に扱えるソフトの特性に大きな魅力を感じたという。

こう考えるに到ったのには、「日本民俗学の父」ともいわれる柳田國男氏の著作に触れた経験が大きいという。それを説明するために、友部教授は柳田國男の著作『海上の道』を繙いた。これは柳田が明治30年代に著した思索集だ。渥美半島の先端伊良湖岬を歩いていた柳田が、異国の椰子の実を見つける。そこから日本人がいかに日本列島に渡ってきたのかに思いを馳せ、壮大な時空間航行の物語を編んだのだ。柳田の得たインスピレーションは、後に島崎藤村の詩作「椰子の実」として結実した。そこにはこう綴られている。「名も知らぬ遠き島より、流れ寄る椰子の実ひとつ、故郷の岸を離れて、汝 (ナレ) はそも波に幾月」。

『海上の道』には、歴史学者の胸を打つさまざまな事実が織り込まれている」と、友部教授は続けた。対馬海流の外、太平洋に浮かぶ鳥島にとり残された漁師が、20年もの歳月、風が来るのを待って本土に帰ったエピソードや、1600年から120年の間に、鎖国の続く日本で人口が1.5倍に増えた事実の背景に外国人の定着を洞察したエピソードなどがその例として挙げられた。

柳田は著作にあたり、多方面にわたるインフォーマント (情報提供者) から膨大な情報を収集し、独自に編集したという。この手法の弱点こそが友部教授の着想の出発点だった。「この物語は、現代の我々のインスピレーションをもかき立てる前人未到の偉大な研究である。しかし僭越ながら、今となっては情報ソースの信頼性を確かめるべきがない。資料情報の反証可能性 (担保) が確保されていないという問題点がある」というのだ。そこから時代が進んだ現代なら柳田以上の情報収集が可能であること、さらにそうした情報をデータベース化し、多くの人が共有できれば、柳田國男をしのご研究成果をあげることも不可能ではないと考えたのだ。

暦象オーサリング・ツールへの歩み② 多変量解析への懐疑

もう一つには、多変量解析による研究手法への懐疑もあったという。多変量解析では、説明変数とサンプルサイズが多いほど決定係数 (R^2) が大きくなる。すなわち「より信憑性が高い」とされる。しかし数量経済史を専門としている友部教授であっても、歴史研究の中で多変量解析の思想がそぐわない場面にしばしば遭遇するという。一つ

には、歴史においてはサンプルサイズの大きいデータがそもそもほとんどないことだ。「それゆえ我々にとっては非現実的な手法である。それどころかサンプルサイズが大きいかえってブラックボックス化を推進することになりかねない」と友部教授は警鐘を鳴らす。例えば、サンプルサイズが1000以上の散布図を描くと、それはほとんど「黒い塊」に見えるという。すなわち「説明変数が多い」というだけでは理論仮説としては脆弱であり、独創性に富んだ研究成果を望むことは難しいというのだ。友部教授は「被説明変数1に対し、説明変数はせいぜい3くらいの構図が望ましい」とする。さらに「相関関係は明示的なものでなくてはならない。視覚化が不可能な相関関係は回帰分析を行うべきではないと肝に銘じておくべきだ」とも言う。つまりそもそも明確な関係があることを前提としてデータを探すべきであり、多変量解析の結果「相関関係がある」ことを示すだけでは刺激的な研究とはなり得ない。それを「いかに解釈するかが研究者の領分」だと解説された。

Cronosとの出会いは、こうした友部教授自身が抱いていた課題や疑問を解消する糸口として、大きな可能性を感じさせるものだったという。Cronosを引き継いだRekishowには、友部教授のそんな思いが随所に反映されている。不特定多数の人が情報を入力・蓄積することのできるデータベースとなり得ること、時間と空間を統合して同時に検証できること、「オーサー」が独自の視点で各事象の関係性に迫れること、そしてその関係性を「ビジュアライズ」できることなどがそれだ。

Rekishowデモンストレーション① “リンドバーク、ゴダード、カレルの邂逅”

次に友部教授は実際にデモンストレーションしながら、Rekishowの特徴を紹介した。ソフトを活用する上で必要な作業は、大きく2種類に分けられるという。情報の入力と、Rekishowのビューの元となる“Co-Set”の作成、および表示だ。まず情報入力の方法が解説された。情報はカードビュー(図1)に取められデータベースとなる。データを入力する際、「時間=いつ」と「空間=どこ」の2つは必須項目だ。場所は地名辞書で検索できる。現在、国内都道府県3400項目、全世界で5000項目が取められているという。多言語に対応することを目指しており、英語でも入力できる。情報

を蓄積し、データベースとして共有することを目的としているため、一度入力したデータを消去することはできない。「情報の質を保つため、マネジメントする方法が必要」と、現状の課題も同時に紹介された。

次に行うのが、Rekishowを駆使するために必要な“Co-Set”(図2)と呼ばれる集合体を作る作業だ。データベースに蓄積されたいくつかの歴史データを呼び出して、ユーザー自らが事象と事象を結びつけ、新しい関係性を作っていく。ここにユーザー固有の歴史観が反映される。こうした作業を終えると、いよいよRekishowの表示が可能となる。

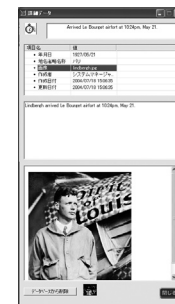


図1: カードビュー画面

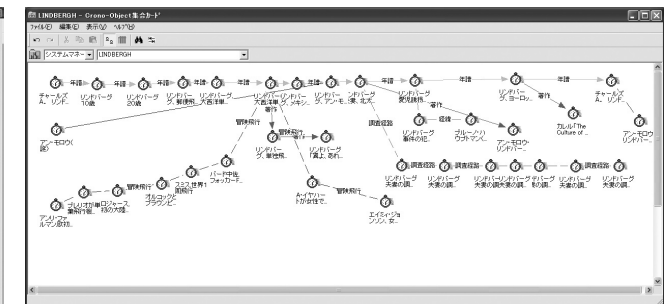


図2: Co-Set画面

デモンストレーションでは、まず同時代に生きた3人の人物の関係を時空間で表す“リンドバーク、ゴダード、カレルの邂逅”が紹介された。大西洋単独無着陸飛行を

成功させたC.リンドバークと、近代ロケットの父と呼ばれ、アメリカ航空宇宙局(NASA)の宇宙飛行センターに名前が冠されているR.ゴダード、さらに人工心臓を開発し、ノーベル医学賞を受賞したA.カレルの3人のライフストーリーが同一画面に三次元で映し出される。(図3) 奥行きが時間軸、上下左右が緯度・経度に規定され、ある時間に各々がどこにいたか、いつ、どこで遭遇したかを確認することができる。

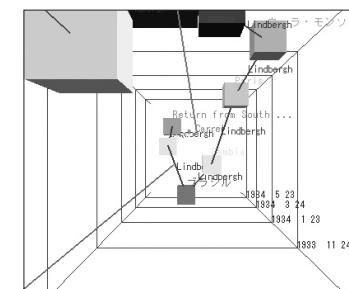


図3: “リンドバーク・ゴダード・カレルの邂逅”デモンストレーション画面

Rekishow デモンストレーション②

“福澤諭吉と幕府遣欧使節”および“ジフテリアと赤痢の県別動向とその伝播状況”

二つ目のデモンストレーションとして“福澤諭吉と幕府遣欧使節”の関係性を表したRekishowが紹介された。福澤諭吉は、1862年（文久2年）1月22日、開市開港延期交渉のために品川を出航した。同年9月12日、竹内保徳はロシア外相ゴンチャロフと樺太分界で調印を行い、続く9月26日にはオランダ政府から開市開港延期承諾を得て、パリで調印している。この竹内の交渉中、福澤諭吉はヨーロッパのどこにいたのか。Rekishowを用いれば、それが一目瞭然になる。

Rekishowでは、複数の人物のライフストーリーの接点を探るだけでなく、地理的な分布状況や数値の変動といった数量データを視覚的に表現し、分析できる機能も装着しているという。

続いて紹介されたデモンストレーションは、都道府県別死因別死亡者統計データベースを元に、ジフテリアと赤痢の県別動向とその伝播状況を表す動画だった。同時に3つの画面が表示され、メイン画面ではジフテリアと赤痢の分布と伝播状況がビジュアルライズされ、2つのサブ画面では、各疾病による死亡者数がグラフで表示され、動画と連動するようになっている。

暦象オーサリング・ツールの到達点

最後に友部教授は、暦象オーサリング・ツールの目指す到達点について語った。目標の一つは、時空間航行によって歴史研究における空間認識の重要性を示すことだという。二つ目は「情報の反証可能性」を確保するツールとして活用することを挙げた。研究者や機関が保管する私蔵データを公共化（authorization）すれば、より多くの人がより多くのデータを扱えるようになる。学界において、こうした動きは徐々に現れてはいるものの、一層強化する必要があるとし、さらに数量分析においては、科学分析との連携を強化する必要があるとも述べられた。暦象オーサリング・ツールがこれからの歴史研究に寄与する可能性の大きさを示唆し、友部教授は講演を終えた。

■ 討論2

■ 「歴史に参加する」という感覚が、教育に新たなうねりをつくるかもしれない

講演を傍聴した多くが、Rekishowに新しい可能性を感じ、大いに興味をそそられたようだ。大里晴俊助教授は、自身の専門の立場から「音楽関係でもぜひこのツールを使ってみたい」と感想を述べた。永渕康之教授も「独創的な発想を用いて複数の事象間の関係を見つけていこうとする研究者にとっては、非常に意義深いツールになるだろう」と述べた。上田信行教授は、Rekishowに教育の分野で効果を発揮する可能性を見る。「自分で歴史を解釈し、新しい歴史観を構築していく。こども自身が歴史に参加できるという感覚は、大きな教育効果につながる。教育分野に活用することで、教育に新しいうねりをつくることも可能ではないか」と、期待を寄せた。友部教授は、「小学校・中学校で実証実験をしたところ、こどもたちが既成概念に捉われず、自由な発想でRekishowを活用し、興味深い関係性を次々と発見した」とその効果を語った。

■ データベースの信頼性をいかに確保するか

一方で発展途上のこのソフトに対し、いくつかの問題点も指摘された。大里助教授は、ピアニストのグレングールドを引き合いに出し、時空間のみをビジュアルライズするだけでは不十分と述べた。「彼には、一度も会ったことはないにもかかわらず、電話や手紙のやりとりを通して非常に懇意な友人が幾人もいた。インターネット時代を生きる我々はなおさら、空間的な接点なしに深い関係を構築することがあり得る」という。喜多敏博助教授も、時空間に加えて手紙やメールといった「通信」を表す新しい指標を構築することが必要ではないかとの見解を示した。さらに自身の研究経験から、人が三次元を把握する難しさを語り、「ビジュアルライズする際に、二次元にまで次元を落とす工夫があっても良いのではないか」と提案した。

永渕教授は、データベースの信頼性維持を危惧する。誰もが自由に情報を書き込めるオープンソースである上に消去できないとなれば、誤情報が書き込まれる可能性を常に持ち合わせる。データベースに誤情報が増えれば、ソフトの信頼性が失われてしま

う。「情報をいかにマネジメントし、信頼性を保持するかが課題」と述べられた。永瀧教授の指摘に対し、平川秀幸助教授は“ウィキペディア”に見られるようなコントロール法を提起した。オーサー、ユーザーがインターネット上で自由に情報を書き込んだり、編集したりできる機能をもつウィキペディアは、開設当初こそ荒削りな情報を多く含んでいたが、オーサーと数多くのユーザーが議論する中で、徐々に精度を高めつつある。Rekishowについても同様に長期間をかけて分散的にブラッシュアップすることが可能ではないかとされた。下條真司教授は「こうしたコントロール法によって専門家と素人、あるいは学際的な交流が可能になり、そこから新しい議論が生まれる可能性もでてくる」と加えた。田村拓氏はさらに検索機能も付加されるといっそう精度を高めることができると述べた。各々の意見に同意した友部教授は「まずはインターネット上で公開できる体制を整えること」と課題を自認した。

■ 対立する歴史観を一元化し、新しい歴史解釈を生み出すことに期待

Rekishowの活用方法についても、さまざまな意見が出された。一つは「歴史観」などの「概念」をいかにRekishowに反映させるかといった議論だ。大里助教授は、複数の固着した歴史観をRekishowに反映させる方法を問う。例えばある戦争が、一方にとっては「聖戦」と認識されても、他方にとっては「侵略」でしかないといった場合がそれだ。「こうした複数の歴史観を一画面で検証することが可能なのか？」と新たな課題が提起された。小笠原暁氏は、日米開戦の責任の所在についても同様にいくつもの見解があることに触れ、こうした問題に客観的な解答を導き出す手段として、Rekishowに意義を見出す。友部教授は、現在、日本、中国、韓国など当事国の研究者が同じテーブルでかつての戦争を議論しようとする動きが始まっていることを紹介した。そして「たとえ同じインターフェイスを用いても、互いの見解を統一することにはさまざまな困難がある」との田畑吉雄教授の指摘を肯定した上で「こうした議論の場にRekishowが役立てば」と期待を寄せた。杉田定大氏はさらに「国と国、文明と文明など空間軸だけでなく、現代と過去といった時間軸での比較も研究に広がりをもたらすだろう」と述べた。

一方、三浦文夫氏は、新しい関連性を自動的に見つける機能をもったマーケティン

グツールの存在を紹介し、Rekishowが、あくまでオーサーの見出した関係性をビジュアル化する「総括支援ツール」であることに「やや物足りない」との見解を示した。三浦氏の発言に端を発し、浦真吾氏はRekishowをマーケティングツールとして活用する可能性に着目した。例えば誰がどこの店舗にいつ行ったかといった分布を時系列に表現することで、新店舗出店のためのマーケティングに役立てることができるとも示している。

■ Rekishowを通して専門分野に多くの人が参画できる

永瀧教授は、Rekishowの魅力は「動画」だと言う。図や表ではなく、動く画像を見ることで、書物で親しんだ世界とは全く異なる着想が生まれてくるとして、こうした特性を活用し、インターフェイスだけをフィールドワークなどに役立てる研究者も現れるのではないかと予想した。上田教授はライフヒストリーを視覚化できる機能に着目し、目で追うことにより、アイデアとの出会いなど自分自身の着想の原点を知る手立てになるとも指摘した。

平川助教授は、多くの人々と議論を共有できるところにRekishowの可能性を見出す。「最先端の研究の議論の流れをビジュアル化することによって、一般の人でも先端技術の推移を追うことができる。Rekishowが専門家と非専門家の垣根を低くし、科学をもっと社会に広める一助となるのではないかと述べた。柴田一成教授も昨日の自身の講演を振り返り、平川助教授に同意して「自然現象と社会変動の関連性を検証することで、黒点数が社会に与えた影響といった昨日の議論にも答えを与えることができるようになるかもしれない」とした。上田教授は「素人が科学を理解しやすくなるだけでなく、一緒に仮説を立てて共に考えることのできる点が魅力。そこに新しい学びが生まれる。素人が科学をおもしろくする、その契機になるかもしれない」と言う。「このツールは、これまでは専門分野に完全に分化していたコンテンツに他分野の人々や一般の人々が参画する可能性を示す。専門分野の間をつなぎ、新しいものを創造する力となることを期待したい」。杉田氏の言葉には、今回のアエラスフォーラムで議論された課題のすべてが集約されていた。

| | | |
|---------------|-------|--|
| 参加者 (50音順) | 阿部 武司 | 大阪大学大学院 経済学研究科 教授 |
| | 池田 光穂 | 大阪大学 コミュニケーションデザイン・センター 教授 |
| | 上田 信行 | 同志社女子大学 現代社会学部現代こども学科 教授 |
| | 浦谷 規 | 法政大学 工学部 教授 |
| | 大里 俊晴 | 横浜国立大学 助教授 |
| | 小笠原 暁 | 元(社)日本オペレーションズ・リサーチ学会会長 |
| | 梶田 将司 | 名古屋大学 情報連携基盤センター 助教授 |
| | 加藤 晃規 | 関西学院大学 総合政策学部 教授 |
| | 喜多 敏博 | 熊本大学 総合情報基盤センター 助教授 |
| | 熊谷 貞俊 | 大阪大学大学院 工学研究科 教授 |
| | 佐伯 順子 | 同志社大学大学院 社会学研究科 教授 |
| | 柴田 一成 | 京都大学大学院 理学研究科附属天文台 教授・台長 |
| | 下條 真司 | 大阪大学 サイバーメディアセンター センター長・教授 |
| | 杉田 定大 | 内閣官房知的財産戦略推進事務局 参事官 |
| | 田中 英俊 | 同志社大学大学院 総合政策科学研究科 客員教授 |
| | 田畑 吉雄 | 南山大学大学院 ビジネス研究科 教授 |
| | 辻 新六 | 流通科学大学 情報学部 教授 |
| | 友部 謙一 | 慶應義塾大学 経済学部 教授 |
| | 永瀨 康之 | 名古屋工業大学大学院 工学研究科 教授 |
| | 中坊 徹次 | 京都大学 総合博物館 館長・教授 |
| | 平川 秀幸 | 大阪大学 コミュニケーションデザイン・センター 助教授 |
| | 三浦 文夫 | 株式会社電通関西支社インタラクティブ・コミュニケーション局次長兼インタラクティブ業務推進部長 |
| | 宮原 秀夫 | 大阪大学 総長 |
| | 山口 英 | 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 教授 |



| | |
|-----|--------------------------------|
| 開催 | 2006年10月27日～28日 |
| 会場 | 大阪大学中之島センター～リーガロイヤルホテル |
| 発行 | 2007年4月1日 |
| 発行元 | 株式会社 CSKホールディングス |
| | CSKグループはAEPAS FORUMの活動を支援しています |

