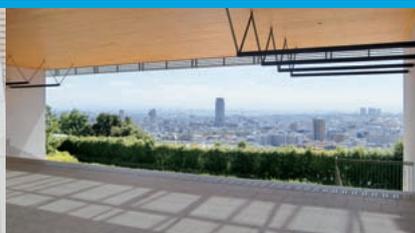
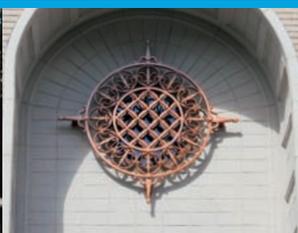


# 神戸大学最前線

研究・教育・産学官民連携



KOBE UNIVERSITY

2012 **18**  
Vol.



# Contents

---

## 特集1 神戸大学創立110周年記念事業からの発信

### 2 Yale大学との共催シンポジウム

「東日本大震災と阪神淡路大震災」

経済経営研究所教授 高橋 亘

### 4 公開講演会

「日本の課題—社会保障と税の一体改革」

経済学研究科教授 金京 拓司

### 6 ポップカルチャー研究最前線

人文学研究科教授 油井 清光

### 8 国際協力を「創る」ために

国際協力研究科教授 高橋 基樹

### 10 3大学共催国際カンファレンス

Transnational Response to Catastrophe;  
Japanese Diaspora Communities and the  
March 2011 Triple Disaster

経済学研究科教授 奥西 孝至

### 12 シンポジウム

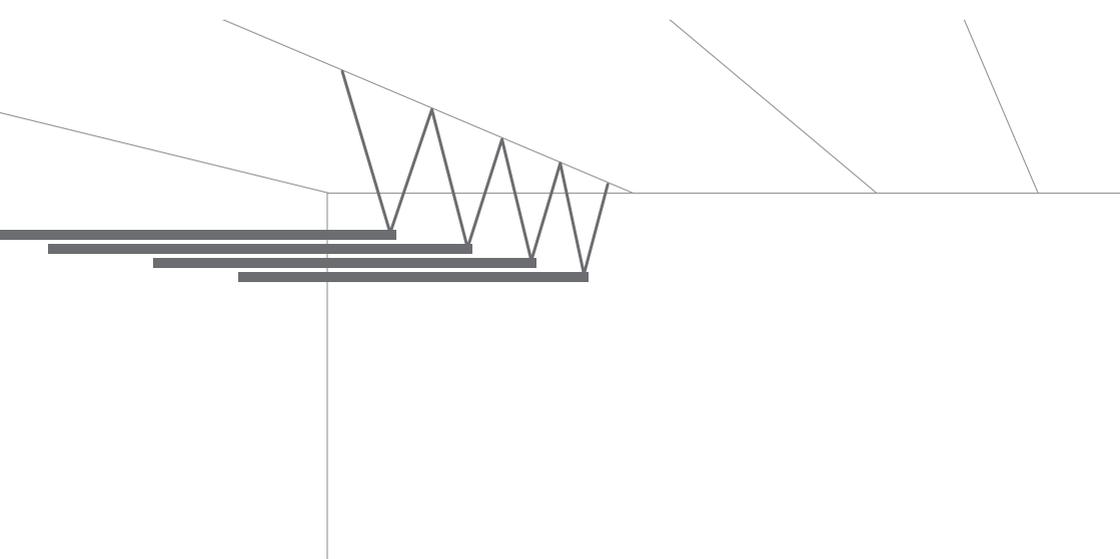
「計算と科学技術の融合と展開」

自然科学系先端融合研究環教授 小島 史男

## 特集2 「知」の先端を歩く

### 14 見えない放射線を可視化する

海事科学研究科教授 山内 知也



---

## 研究紹介 次世代の旗手達からの発信

### 16 ウリ科植物が持つ脂溶性汚染物質の蓄積能力を環境浄化に応用する!

自然科学系先端融合研究環  
准教授 乾 秀之

### 18 学校再生から地域再生へ

人間発達環境学研究科准教授 山下 晃一

### 20 労働市場を地域からみる

経済学研究科准教授 勇上 和史

### 22 ランダムウォークで拓く環境リスクの世界

農学研究科助教 井上 一哉

### 24 LSIの消費電力を1/100にするグリーン・ナノエレクトロニクス

工学研究科准教授 土屋 英昭

## 私の研究回顧録 15

### 26 業績と社会貢献の狭間で

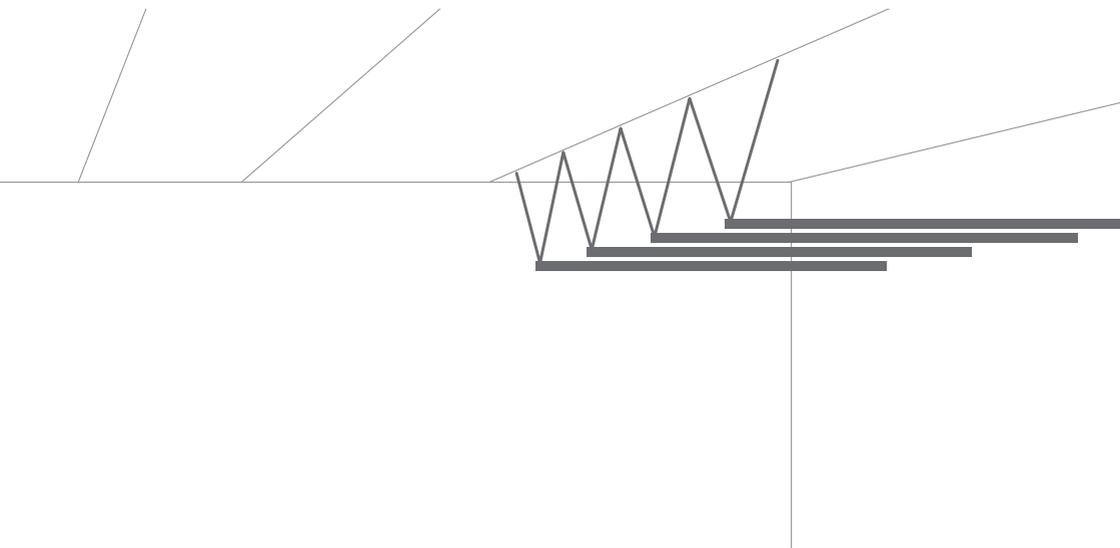
神戸大学名誉教授(国際協力研究科) 豊田 利久

### 27 神大人の本

## 神戸大学の群像 16

### 28 神戸と船を愛した海事実業家川崎 正蔵

海事科学研究科長 小田 啓二



# Yale大学との共催シンポジウム 「東日本大震災と阪神淡路大震災」



経済経営研究所教授

高橋 亘

神戸大学経済経営研究所は5月10日、11日に、神戸大学創立110周年記念事業として、米国イェール大学経済成長センターとの共催シンポジウム「東日本大震災と阪神淡路大震災」を開催しました。

経済経営研究所は、海外の多数の大学と連携協定を結び、活発に交流しています。今回のシンポジウムは、米国イェール大学経済成長センターとの協定が本年終了することから、交流を締めくくる意味でも開催されたものです。

シンポジウム初日は、イェール大学経済成長センター浜田宏一教授の挨拶に続き、東北大学の堀井亮経済学研究科准教授、神戸大学の小池淳司工学研究科教授、ロゴスエデュケーション斉藤淳代表（元イェール大学助教授）からそれぞれ、二部門経済成長モデルを用いた環境汚染・自然災害の経済成長への影響、都市工学の立場からの空間応用一般均衡分析を用いた災害の経済損害評価、政治学の立場からの原子力発電所と地域社会への便益について検討について報告があり、その後T.N. Srinivasanイェール大学名誉教授が「福島か

ら一年：原発リスクの再評価」というタイトルで特別講演を行いました。

二日目は、神戸大学の萩原泰治経済学研究科長が阪神淡路大震災の神戸CGE（応用一般均衡）モデルについて、また浜口申明経済経営研究所長がサプライチェーンの自然災害リスクをいかに軽減するかについて報告を行い、最後に浜田教授による総括コメントがありました。

両日とも、研究者や学生、一般の方など学内外の幅広い層の方に参加いただき、各報告の後に設けられた全体討議の時間には、フロアとの活発な意見交換が行われました。

私は、昨年まで日本銀行に勤め日本銀行金融研究所長などを経て経済経営研究所に参りました。経済・経営分野の優秀な研究者の皆さんと恵まれた環境の中で研究を行っています。研究課題は、「金融論」や「アジアの金融市場での金融協力」などです。私自身は今回議論が行われた、成長モデルや均衡モデルなどは専門とはしていませんが、今回イェール大学を代表された浜田教授は、学生時代から30年以上に亘る指導教官のお一人であり、今回神戸大学でのシンポジウムをともに企画実施できたことはとても良い経験になりました。

阪神淡路大震災・東日本大震災とわが国はこの20年間、2つの惨事を経験してきました。この惨事については、今回のシンポジウムにみられるように、海外からの関心も高く、海外か

らも何らかのかたちで復興に貢献したいという意向が伝えられてきます。またこの間の被災された人々の対応はあらためて関心を引き、日本全体への信頼につながっていることも承知の通りです。

今回の2つの災害は「失われた20年」ともいわれる経済不振の時期に重なり、この間日本人自身が、内向きになり自信を失ってきたと指摘されています。しかし海外からの目でみれば、日本にはまだまだ世界に誇る強みがあるようです。

例えば私が専門とする金融分野でも、これは最近の欧米の金融危機の影響もありますが、日本の金融機関の国際ビジネスがアジアを中心に復活してきています。また最近の金融取引は、電子取引がますます主流になり、日本

にはこれを支える優れた電子技術があることがもっと注目されていいように思います。

日本の電子技術はこれまで「ガラパゴス化」と揶揄された時期もあります。例えば携帯を例にとれば、日本の携帯のみで可能であったインターネット接続がスマートフォンで可能になっています。するとこれまで携帯で培われた日本の個別技術が生きていく可能性があります。お財布携帯などがその一例です。また人口密集地域で鍛えられた日本様式の電子マネーもアジアでもっと普及していいように思います。

不幸な出来事のもとでも日本が見直されればそれは幸いなことです。私も日本経済の持つ潜在的な力を踏まえながら、研究を通じて日本経済の再生に微力を尽くせればと思っております。



シンポジウムでの活発な討議の一幕

# 公開講演会 「日本の課題—社会保障と税の一体改革」



経済学研究科教授

金京 拓司

2012年5月30日、経済学部は、財務省近畿財務局長の池田篤彦氏を講師にお迎えして、「日本の課題—社会保障と税の一体改革」と題する公開講演会を開催した。本学部は、従来から近畿財務局の職員を講師にお招きして連続講義を開講している。本講演会は近畿財務局の協力を得て、「神戸大学創立110周年記念事業」の一環として開催され、一般にも公開された。会場となった出光佐三記念六甲台講堂は学内外の参加者でほぼ満席となり、この問題に対する関心の高さがうかがわれた。講演終了後、参加者との間で活発な質疑応答が行われ、講演会は盛況のうちに終了した。

日本の財政は先進国の中で最も厳しい状況にある。少子高齢化が急激に進む中、社会保障制度の持続可能性を維持するためには、その適正化と必要な財源の確保が喫緊の課題となっている。なぜ日本の財政状況はここまで深刻化したのであろうか。池田局長の講演の中でも指摘されていたように、社会保障制度を取り巻く日本の社会経済情勢が大きく変化したことによる大きな原因がある。人口構造の変化、非正規雇用

の拡大、単身高齢者世帯の増加、長期的な経済停滞などを背景として、社会保障給付費が大幅に増加する一方で、税・社会保険料を通じた収入が十分に確保できず、恒常的に借金に頼らざるを得ない状況に陥った。

これらの要因に加えて、社会保障制度に固有の問題もある。社会保障サービスは国民生活に直結しているだけに、一旦新たな制度が導入されると財源不足を理由になかなか大幅な見直しができない。そもそも医療・年金・介護などのサービスに関して、どの範囲を公助でカバーし、他を共助・自助に委ねるべきかの線引きは容易でなく、国民のコンセンサスを得にくい。これらの点についての十分な議論がないままに、社会保障給付の自然増が膨らんでしまったといえる。

旧ソ連の計画経済の硬直性を揶揄した小話に次のようなものがある。「モスクワの広い通りの真中で二人の労働者が働いている。一人が穴を掘る。もう一人がその穴を埋める。一カ所が



池田局長の講演の様子

終わると数メートル動いてまた穴を掘る。もう一人が穴を埋める。その繰り返しである。イギリスの観光客が不思議に思って尋ねた。『何をしているの。あんたたちはケインジアンか』。労働者は答えた。『ケインジアンってなんだ。いつもは三人一組で働いている。一人が穴を掘る。二人目が苗木を置く。そして三人目が土をかける。今日は二人目の苗木の担当が風邪を引いた。だから二人でやるしかない』(おおぼともみつ著「世界のビジネスジョーク集」より)。

読み方によっては、財政の量的拡張一辺倒の「似非」ケインジアンに対する皮肉とも受け取れる。そのことはさておき、先進国であっても、小話のたとえのように行政サービスが惰性に陥る危険がある。最近、有名タレントの母親が生活保護を受けていたことが問題になったが、常識に照らしておかしいと思っても、制度上の形式要件を満たしていれば給付を拒めないのが実情であろう。つまり制度の運用にルーズな点があったことに加え、制度設計にも欠陥があった。だが最も問題にすべきは、何か起きるまで制度の見直しが行われないという点であろう。

どのような社会保障制度も初めから完璧ではありえない。肝心なことは、欠陥が見つければ

柔軟に制度の見直しを行うことである。そのためには、制度設計と運用の両方を国民の監視の目が届く、身近な所で行うことが望ましい。つまり、社会保障制度に関する企画立案の権限を地方に移譲することが求められる。さらに社会保障に関する財源も移管すれば、負担と給付の関係がはっきりとして、増税への抵抗感も薄らぐであろう。重要なことは社会保障制度に対する国民のオーナーシップを強め、当事者意識を高めることである。

地方分権が進めば大学の役割も大きく変わる可能性がある。せっかく地方に権限が委譲されても、行政任せにしておいては何も変わらない。地域住民が地方行政に積極的に参加して、初めてオーナーシップが強まる。ただし、住民が適切に政策の選択を行うためには、膨大な情報収集と分析が必要となる。そのすべてを個人の努力に委ねるのは現実的ではない。住民への情報提供は一義的に自治体の責務であろうが、大学も地域に根ざした教育機関として、果たすべき役割を考えていかなければならない。今回の公開講演会は、地域に貢献する大学のあり方についても自分なりに考えるきっかけとなった。



参加者との質疑応答

# ポップカルチャー研究最前線



人文学研究科教授  
油井 清光

2011年秋イタリア・ルッカ市。フィレンツェから1時間ほどのこの小都市に毎年15万人以上のアニメ・コミックファンが集まります。街中もカフェもレストランも、電車の中もコスプレヤーたちで埋まります。ナルト、ワンピース、ドラゴンボール、初音ミク…。有名ということでは、パリで開催されるジャパン・エキスポがあります。こちらは近年20万人近くが来場するといわれます。ロサンゼルス4万人以上、ドイツ・カッセル市1万5千人、そして中国杭州30万人以上。台湾、香港、ワルシャワ、カイロ、必ず同種のイベントがあります。小規模なものをすべて含めれば、いまこの瞬間にも世界のどこかでコスプレに熱をあげている若者がきつというに違いありません。何故なのか。何が起こっているのでしょうか。

すでに10年ほど前に、ポーランドで日本アニメについて話したことがあります。会場に200人ほどの学生が来ました。2年前にカイロで同様の講演を行いました。講演後の質問にたじろいだものです。「なぜ日本アニメではロボットや戦闘機械というモチーフが多用されるのですか?」、「手塚とディズニーの影響関係は?」

10年前のポーランドで私は別にマンガ・ア

ニメの研究を本格的に始めたいわけではありませんでした。現代日本文化の一つとして話題提供のつもりでふれただけでした。しかし昨年私は、杭州のマンガアニメイベントの現地調査を行い、アンケートを実施し、現地のコスプレヤーへのインタビューにもあたりました——「何故ですか?何がそれほどあなたをコスプレに駆りたてるのですか?」。もちろん本人に訊けばそれですべて分かるというものでもありません。主観的意識やローカル・ノレッジを知ることは最も重要なことです。しかしそれがすべてでもないからです。

去る6月1日から3日まで、神戸大学及び京都精華大学京都国際マンガミュージアムにおいて、世界マンガアニメネットワーク国際会議を開催したのは、この現象をとりまく現代社会のグローバルな変容をも視野に入れて検討したかったからでした。「マンガ・ワールズ；サブカルチャー、日本、ジャパノロジー」と題されたこの会議には、世界13カ国から24人の第一線の研究者が集まり、3日間で延べ300人ほどの聴衆が参加しました。特に、若手の研究者を世界中から集めたことが今回の特徴の一つでした。神戸大学での会議は英語で行いました。一日目の冒頭で中村副学長にご挨拶いただき、文化産業等を焦点とした日本研究の進展の意義を含め貴重なお話をいただきました。

本会議は、神戸大学が2010年から採択されている「国際共同に基づく日本研究推進事業」(代表・油井)という文部科学省プロジェ

クトの一環です。会議開催にあたり、国際交流基金からも助成金をいただきました。プロジェクト推進のため、人文学研究科に「日本サブカルチャー研究会」を立ち上げています。会議には、各新聞社をはじめ、テレビ（地上波）報道番組とBSテレビからの取材があり、テーマとしての注目の広がりを感じました。

問題は、研究としての深化と広がりです。現在、マンガ・アニメについては、じつにさまざまな言説がとびかっています。神戸大学の上記「研究会」は、様々な、レベルも分野も異なる言説の相互乗り入れが可能な、プラットフォームづくりを目指しています。といっても、一方ではやはり大学に設置された研究組織としての一定の立場表明も重要で、それがあつてのプラットフォームということになります。このプロジェクトはもともと、国立パリ政治学院 Sciences Po の日本研究者たちとの踏み込んだ共同研究が母体になっています。近年、いくつかの大学にマンガやアニメ学科などが開設されています。それらはいまのところいずれもどういうわけか私立大学です。神戸大学のプロジェクトも、いわ

ば普通の学問対象としての現代日本の先端文化（ポピュラーカルチャー）研究を目的に掲げています（詳しくはホームページをご覧ください。<http://www.japan-subculture.com/>）。

この場合の「学術としての深化」には、2つの柱があります。1. 学際性、2. 実証性、の2つです。「学術としての深化」といっても、芸術学、表象論、社会学、哲学、文学研究、歴史学、人類学、メディア論などの諸領域の学際的な協同を視野に入れなければ、本当に分かるところまで行くような「深化」になりそうにない、ということが一つ、また実証については、非常に単純なレベル、実際に経験的調査をやってみる、質問紙調査やインタビューをやる、現場に行ってみる、最もナマのデータを集めて解析してみる、ということです。いま、若手研究員諸君を中心に、アジアでの質問紙調査やインタビュー結果の、ヨーロッパとの比較なども含めた集中的な分析作業にあたっており、その第一弾は上記国際会議で発表しました。今後つぎに公表していく予定です。



アニメの「聖地巡礼」について語るパリ政治学院の研究者達

# 国際協力を「創る」ために



国際協力研究科教授  
高橋 基樹

本年(2012年)は、神戸大学の創立110周年に加えて、筆者が属する大学院国際協力研究科の創立20周年にあたっている。これを記念して研究科は、6月13日、出光佐三記念六甲台講堂において「国際協力の現状と課題」をめぐるパネル・ディスカッションを催した。このパネルでは国際協力の最前線で働く修了生を招き、自らの仕事、国際協力研究科での学びから得られたもの、国際協力で求められている人材像について大いに語ってもらった。

パネリストは、酒井明子(太平洋人材交流センター、1期生)、阪本真由美(人と防災未来センター、2期生)、土屋一樹(日本貿易振興機構アジア経済研究所、4期生)、辻上奈美江(高知県立大学、7期生)、根岸精一(国際協力機構、7期生)の5人であり、モデレーターを筆者が務めた。5人のOB、OGとの議論を通じて、将来に向けてどのように国際協力の人材の養成を進めていったらよいかについて、教えられることが多くあった。研究科20年の回顧も交えながら、以下でそれらについて述べてみたい。

神戸大学大学院国際協力研究科が産声を上げた1992年当時、貿易黒字の還流を諸外国から迫られたこともあって、日本の政府開発援

助(ODA)の金額は急速に拡大し、先進援助国の中で最大となっていた。金額に比べた人材の圧倒的な不足を念頭に、国際協力人材養成の中核的大学院となることを期待されて、わが国際協力研究科が設立されたのである。研究科の当初の理念は、本学の「協同」の理想の下、他の多くの部局と連携しつつ、社会科学の専門性ととともに学際性を備えた幅広い人材を養成するための教育研究を行うことであった。

パネルでも話題に上った当初の研究室不足や阪神大震災の影響などの苦難を乗り越え、国際協力研究科は現在までに1,207人の修士、136人の博士を送り出してきた。修了生の活躍の場は多数の途上国を含む、(南極以外の)すべての大陸に及び、研究科は発足時の人材養成の使命をそれなりに果たしてきた。他方で、この20年の間に研究科と国際協力を取り巻く状況はいろいろな面で様変わりした。最大の変化のひとつは1990年代後半を境に、財政危機によってODA予算が減少に転じたことである。そして、グローバル化は国々の間の壁を低くし、途上国も格段に身近になった。国際協力の主体も、国際機関や先進国政府などの豊かな側の「官」が圧倒的であった状況から、新興国・途上国の政府や、NGO、企業、あるいは個々の人々などに多様化してきた。

パネリストの5人は全員が、過去に大きなチャレンジを経験してきた。酒井氏は専門性を高めるべくいったん現在の職場を辞めて本研究科に入学し、修了後に同じ職場に復帰した。現

在は途上国の人材への研修事業の責任者として、関西発の地元で根差した民間国際協力を推進している。阪本氏は修了後、国際協力事業団（現・国際協力機構）に正式採用されながら、組織の制約を超えて現場での防災協力を展開するために専門家に転身し、震災の経験を貴重な資産として国内外に生かすべく活動を広げている。土屋氏は、難関を突破してアジア経済研究所の研究者となり、エジプト等中東の経済と国際協力の貴重な専門家としてわが国の研究を牽引している。辻上氏は駐サウディアラビア大使館勤務をはじめ、幅広い業務に従事し、現在ではアラブ諸国のジェンダー問題研究の先駆者として活躍している。また根岸氏はアフリカ援助への夢もだしがたく、修了後に就いていた外資系金融機関の仕事を投げ打ってODAの世界に転じ、数少ないフランス語に堪能な援助実務者として対中西部アフリカ国際協力のチームを率いている。

5人のパネリストに共通するのは、敷かれたレールの上をただ進むことに安住せず、変わりゆく状況に対応しながらも、志を強くもって国

際協力の実践と研究の最前線を切り開いてきたことである。官主導のODAだけが主役であり、型にはまった要請に従って働く人材を育てていればよい時代はすでに遠くなった。現在求められるのは主体が多様化し、流動化する国際協力の実践と研究において、あるいは環境が厳しさを増すODA事業において、自ら新しい道を切り開いて行こうとする創意にあふれた人材である。今回のパネルでは、5人の修了生の生き方を通じてそのことが浮き彫りになった。

国際協力研究科の教員としてうれしく思ったのは、パネリストが口々に、研究科の学びで得られた成果、そして専門家に求められる資質として、高い専門性と幅広い学際性・知識という、研究科が発足当初から目指してきたものを挙げてくれたことである。もちろん、パネリストの皆さんが国際協力の最前線で発揮してきた創造性は、本人たち自身の強い意志と努力の発露だろう。そうした創造性をもっと多くの修了生が発揮できるように後押しすること——それを次の20年間の研究科の課題にできればと考えている。



国際協力への志を語り合った創立20周年記念パネル・ディスカッション

# 3 大学共催国際カンファレンス Transnational Response to Catastrophe; Japanese Diaspora Communities and the March 2011 Triple Disaster



経済学研究科教授  
奥西 孝至

ベルギーのヘント大学においてヘント大学、デュッセルドルフ大学、神戸大学の共催による国際カンファレンス transnational Response to Catastrophe; Japanese Diaspora Communities and the March 2011 Triple Disaster が 2012 年 6 月 22 日、23 日の 2 日間にわたり国際交流基金の支援を受けて開催されました。

ヘント大学はヨーロッパでも特に国際連携による研究教育を積極的に推進しているベルギー・オランダ語圏の大学で、神戸大学とは 2009 年 12 月に大学間協定を締結しています。また、日 EU 両政府の後援を受け 2011 年 3 月に開催した神戸大学ブリュッセルオフィス開所記念シンポジウムにおける 3 月 4 日の日 EU 高等教育セミナーでは Paul Van Cauwenberge ヘント大学長に、EU 諸大学を代表して欧州の学術連携における大学の取り組みについての講演をしていただいています。

ヘント大学ブレンデインベルクキャンパスを

会場とする今回のカンファレンスでは 2011 年 3 月 11 日の東日本大震災に際してみられた世界各地の在留日本人社会の対応について、ベルギー、ドイツ、オランダ、イギリス、アメリカなどの研究者による研究報告・討論が 2 日間にわたって行われ、神戸大学からは国際文化学研究所の柴田佳子教授ならびにブリュッセルオフィス副所長である経済学研究科の奥西孝至が参加しました。

カンファレンスは、ヘント大学 Andreas Niehaus 教授、デュッセルドルフ大学 Christian Tagsold 教授ならびに神戸大学奥西による日欧の大学が共同して行うことについての趣旨説明から始まり、「絆」（本国とのつながり、在留日本人社会内でつながり、居住国の現地社会とのつながりなど：写真はカンファレンスのポスターに用いられたロゴ）を軸として、本国から離れた在留外国人社会の知識・体験共有に関する理論的枠組みについてのアムステルダム大学 Niko Besnier 教授による基調講演、在留日本人社会の形成についての神戸大学柴田佳子教授による総括講演ならびにオックスフォード・ブロークス大学 Ruth Martin、ヘント大学 Tine Walravens、イリノイ州立大 ADACHI Nobuko ら若手研究者による個別報告があり、駐在員およびその家族と永住日本人

の二重構造をなすロンドン、デュッセルドルフ、ヘントなどヨーロッパの都市における在留日本人社会および日系移民によるブラジルのサンパウロ、ハワイの在留日本人社会にみられた東日本大震災への対応の違いについて、各国における日本人社会のあり方の違いの影響、大震災という特別な事象について共有される災害の記憶・経験の違いの影響などについての討議がな

され、ハワイ、中南米の日系人社会に関する個別実証研究を人類学における理論的知枠組みの中に位置づけることなど国際的、学際的な枠組みで研究を推進していくことの重要性であり、同カンファレンスを基盤にさらに共同研究を進めていくことを確認して、2日間のカンファレンスは終了しました。



カンファレンスが開催された、中世の面影を残すヘントの町並み

# シンポジウム「計算と科学技術の融合と展開」



自然科学系先端融合研究環  
教授

## 小島 史男

自然科学系先端融合研究環創立5周年を記念して表記シンポジウムが開催されました。神戸ポートアイランドで京コンピュータがいよいよ動きだし、計算スケールが極めて大きいシミュレーションを行うことで、これまで明らかでなかった様々な自然科学・工学に関わる現象のメカニズム解明が進むのではないかと期待・関心が高まっています。シンポジウムでは、計算科学の分野の最前線に携わっておられる三人の著名な研究者の研究を中心に、シミュレーション技術の現状と将来に関わる課題について分かりやすくご紹介いただきました。

最初にシステム情報学研究科の陰山聡教授が「地磁気と計算機と仮想現実技術」と題して講演されました。地球はいわば大きな磁石であり、この磁極の向きが過去頻繁に反転を起こしていたことはよく知られています。陰山先生は地球を丸ごとひとつの巨大な発電システムととらえて、地球磁場のシミュレーションを行っておられます。シミュレーションからは、一見不規則にみえる磁極の逆転現象が解明できるのではないかと期待がもたれています。ただし、この解析精度をあげる（差分時間幅の短縮）には、いまの京コンピュータの能力をもってしてもまだまだ

不足するようです。最後には地球環境磁場の様子を体験できる可視化装置が紹介され、シミュレーション技術の最前線に関する大変おもしろい講演となりました。

引き続き京都大学の高田彰二准教授による「生体分子機能のシミュレータ」に関する講演がありました。今度は一転して分子動力学というナノスケールでのシミュレーションが対象でした。個々の原子の動きをとらえるにはフェムト秒の時間間隔で、ミリ秒の反応過程を追跡する必要があります。解析対象の原子の個数を10の9乗とすると、全体でおよそ10の21乗の計算格子を見積もる必要があり、京コンピュータではわずかですが能力が不足するそうです。講演では次世代抗がん剤の結合過程のシミュレーションなどさまざまな動力学シミュレーションを紹介いただき大変興味深い講演となりました。たんぱく質のスケールで全体分子動力学シミュレーションはまだまだ克服すべき課題があるようですが、シミュレーションによる生体分子のメカニズム解明から新たな創薬につながる事が期待されます。

最後は、海洋研究開発機構（JAMSTEC）の高橋桂子先生が「気象・海象の予測と地球シミュレータ」と題して講演。地球全体を対象に解析するには、地表だけでなく大気を含めた水平・鉛直スケールで相当な計算格子が必要となります。大気の流れ場や海洋シミュレーションに関するさまざまな動画を通じてわかりやすく説明されました。地球の温暖化から、気候変

動・異常気象、都市のヒートアイランド化に至るまでの都市機能の影響など現象の理解とメカニズム解明には数キロメートルから数百メートルでの多様なスケールが関わる（マルチスケール）問題を解かねばならず、計算性能最適化のための新しい指標が求められるとの指摘が豊富な例題にもとづいて説明され、シミュレーションがわれわれの日常生活で果たす役割の大きさに改めて気づかされました。

現在使われている電子計算機は1939年にアメリカで最初に作られたというのが定説となっています。その後1949年に登場した汎用の計算機ENIACは真空管17468本の真空管を必要としたといわれています。その後これまでの70年間、電子回路の高密度化・集積化により計算機は常に速度性能の向上がはかられ、各時代において最速を達成してきた計算機をわれわれはスーパーコンピュータと呼んできました。私事ですが1986年から1990年の間アメリカ航空宇宙局で研究する機会を得たときに、私が使ったのはアメリカのCray社のスーパーコンピュータY-MPとIntel社が開発した並列計算機であるiPSC/2でした。片方はベクトル計

算機で途方もない繰り返し計算を超高速に行うことを目的としており、また他方は計算処理を分散的に配置する仕組みで高速化をはかるのが目的でした。当時驚異的な計算速度であったスーパーコンピュータでの数値計算も、今では手元のノートブックコンピュータで簡単に実現できます。

現在のスーパーコンピュータは小型化された計算ユニットを並列的に使うことで高速化をはかっています。世界最速を達成した京コンピュータも、すでにアメリカのオークリッジ研究所がこれを上回るコンピュータを開発しました。これからはアメリカ、中国、日本のあいだで新しいスーパーコンピュータの開発競争はさらに激しくなるでしょう。今回のシンポジウムでは講演いただいた3人の先生がともに、現在のスーパーコンピュータの計算性能はまだ不足していると指摘されました。本日の講演会で計算処理の速度向上と科学技術の発展は連動していることにあらためて気づかされました。

このシンポジウムでの講演を通じて、実感したのは、地球発電システムという数十億年のスケール、化学反応過程の数ミリ秒の世界、海象・気象予測の数時間から数十年の時間スケール、それぞれの空間の分解能のスケールが全く異なる自然現象を、計算の処理装置という共通のプラットフォーム（計算工場）の俎上に載せ、生産された処理結果を可視化するという一連の作業に関わる計算と科学の分野横断的な計算科学の人材育成がこれからの科学技術の発展に大変重要なのだということでした。



野海正俊先端融合研究環長による開催挨拶

# 見えない放射線を可視化する



海事科学研究科教授

山内 知也

## ■エッチング型飛跡検出器

エッチング型飛跡検出器の基礎と応用について研究を進めている。これは放射線の通り道である飛跡を、化学エッチングによって顕微鏡下で観察可能なサイズに拡大することで可視化する放射線検出器である。拡大された飛跡はエッチピットと呼ばれる小孔になっており、この小孔の幾何学形状を分析することで元の飛跡を作った放射線の種類やエネルギーを求めることができる。歴史的にはフッ化リチウム結晶中の核分裂片の飛跡が化学エッチングによってピットにされたのが最初である。雲母のような鉱物に続いて高分子材料がこのような検出器として機能することが知られた。例えば、アポロ宇宙飛行士のポリカーボネート製のヘルメットを地球帰還後にエッチングすると、そこには高いエネルギーを持った鉄や亜鉛イオンの飛跡が見つかった。今から35年ほど前に、CR-39という商品名（物質名称としては、ポリ・アリル・ジグリコール・カーボネート（PADC））で知られていた眼鏡用の光学プラスチックが高い感度を有する飛跡検出器であることが知られる。これは水素の原子核であるプロトンの飛跡を記録する能力を持ち、たちまち宇宙放射線計測や中性子線

量計として利用されることになった。放射線検出器と言いつつも小型・軽量で電源を必要とせず、宇宙船にも容易に持ち込め、携帯個人線量計として利用されている。

## ■ブラッグピークとエッチピットのフォルム

私がこの検出器と出会ったのは24年前。その時には既に各方面での応用も一段落していた。むしろ固体素子内に蓄積された照射効果をレーザーを使って読み取る技術が急速に発展する中であって、このアナログ式検出器は近く絶滅すると思われていた。ところが私はこの検出器に魅せられ、のめり込んだ。宇宙線のような高いエネルギーのイオンだと、そのエッチピットはほぼ完璧な円錐形をしている。ところがエネルギーが下がると状況が変わる。相互作用の時間が十分にとれるため、イオンビームは速度が遅くなるほど電離現象を介して媒質にエネルギーを与えやすい。ただしある程度低速になるとイオンが周辺から電子を奪い取り中性化するので、次第に電子的な相互作用をしなくなり、最後は原子間の衝突を繰り返して止まる。このためブラッグピークとよばれるエネルギー付与の山が生じる。このようなエネルギー付与の大きい領域ではエッチング速度が有意に高くなるが、結果としてエッチピットは単調な円錐ではなく柔らかな曲線のフォルムが生み出される。私はその形状を美しいと思ったのだ。研究としてはピットの形状やピットサイズの（エッチング時間に対する）成長曲線から飛跡に沿ったエッチ

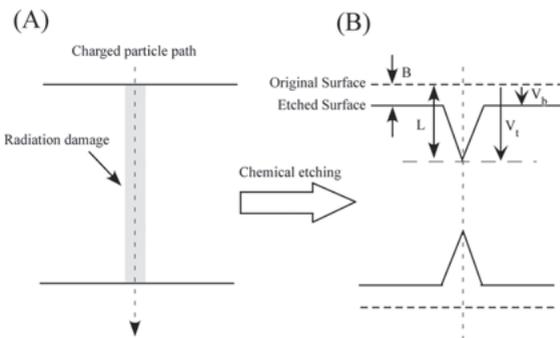
ング速度を厳密に求める問題に着手し、従来は知られていなかったこのエネルギー領域に特有な幾何学的制約を見出した。

### ■飛跡検出器の基礎と応用

その後の関心はエッチピットになる前の飛跡の構造であり続けている。どうしてPADCが他の高分子材料よりも高い感度を持っているのか。エッチピットが生まれるには一定以上のエネルギー付与が必要であって、そのレベルは材料に大きく依存するが、どのような損傷構造だとエッチング可能なのか。これらの秘密が解きあかされればPADCよりも感度の高い材料が開発できると考えている。不思議なことに高分子材料に関する放射線化学によってこのあたり問題は解決していると思込んでいる人が多かった。私を助けてくれたのは伝統的な赤外線分光分析法とランベルト・ベール則である。赤外線吸収スペクトルによれば着目している官能基は明らかに減少しているのにエッチピットが生じないようなケースが確認された。PADCの特徴を理解するには他の高分子材料について

の理解も必要であって、ポリエチレン・テレフタレート (PET) やビスフェノールAポリカーボネート (PC)、カプトン等のポリアミド樹脂についての分析も自分達の手で展開することになった。これまでにエーテルやエステル、カーボネートエステルにある炭素と酸素との結合が、飛跡の径方向に2つ以上切断するとエッチピットが生まれることが明らかになっている。また他の高分子材にないPADCの特徴として、単位エネルギーで比較すると飛跡に沿ったエネルギー付与が低いほど分子鎖の切断が生じやすいことが明らかになった。PADCよりも感度の高いエッチング型飛跡検出器を分子設計する目処が立った。

このような基礎研究の一方で、共同研究として高強度レーザー駆動イオン加速の研究に取り組んでいる。電子やX線との複雑な混成場中でイオンのみを検出するのはPADC以外では事実上不可能である。私の軸は基礎研究であるが、この応用分野で一足はやく成果が出そうである。



エッチピットの生成過程

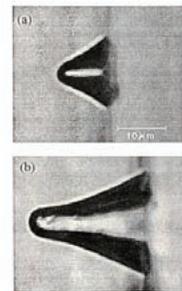


Fig.1 : Photographs of etch-pit profile  
(a) triton ( $E=2.7$  MeV).  
(b) alpha-particle ( $E=6.1$  MeV).

# ウリ科植物が持つ脂溶性汚染物質の蓄積能力を環境浄化に応用する!

## 脂溶性汚染物質による環境汚染

我々は様々な化学物質を作り出し、それらを使って便利な道具を生み出し、快適に生活することを目指してきました。しかしながら、化学物質の中には当初予想もなかった悪い影響を持つものがありました。かつて「夢の農薬」とうたわれた殺虫剤のDDTや絶縁油として工業製品に広く使用されていたポリ塩化ビフェニル(PCB)、ゴミの焼却によって発生するダイオキシン類などは代表的な例といえます。特に、これら汚染物質は残留性有機汚染物質(Persistent organic pollutants, POPs)と呼ばれ、ストックホルム条約により難分解性、高蓄積性、長距離移動性並びに人の健康または環境への有害性を有するため、その製造・使用、輸出入が禁止・制限されています。このような物質は我々の日常生活から少しずつ環境に流れ出し、極めて低濃度ですが河川、湖沼などの水系、そして農耕地を広く汚染しています。脂溶性、残留性という特異な性質を持ち合わせているため、我々のような食物連鎖の上位に位置する動物に高濃度に蓄積してしまいます。このために、ダイオキシン類が汚染するはずのない北極に住む野生動物から高濃度に検出されたり、30年以上も前に使用が禁止された殺虫剤がキュウリ、カボチャなどから検出されたり、ゴミ焼却施設の周辺の土壌から高濃度のダイオキシン類が検出されたりしています。

このような汚染物質が環境、特に土壌を汚染した場合、主に汚染土壌を掘削して除去したり、汚染程度の低い土壌と入れ替えたりといった物理的方法による浄化が行われます。しかし、多額の費用が必要となるため浄化されないまま放置されるケースが後を絶ちません。

## 植物による汚染物質の取り込み

植物はその生長に必要な水や栄養分を根を通して吸収します。水に溶けやすい汚染物質はこの経路を通り水の吸収とともに植物に取り込まれ、体内に蓄積します。このように環境から汚染物質を植物に取り込ませ、その植物を除去することにより環境浄化する方法をファイトレメディエーション(Phytoremediation)と言います。この方法は、植物が持つ広い根系を利用できるため広範囲から、しかも低濃度の汚染物質を浄化することが可能です。最大の特徴は光エネルギーを利用して環境浄化できるため、浄化にかかる費用が少なく済むことです。

しかしながら、脂溶性の高い汚染物質は水に溶けにくいので、このような経路では植物に取り込まれません。したがって、脂溶性汚染物質のファイトレメディエーションはとても難しいと考えられています。

## ウリ科植物の知られざる特徴

ウリ科植物は脂溶性汚染物質の蓄積に関して、他の植物とは一線を画しています。ウリ科

植物の多くはその他の植物種と比べ脂溶性汚染物質をその地上部に高濃度に蓄積することができるのです。前述した脂溶性の高い殺虫剤がキュウリやカボチャなどのウリ科作物から検出されたという例からもわかります。しかしながら、なぜウリ科植物だけがこのような性質を持つのか長く謎のままでした。

## ウリ科植物が持つ脂溶性汚染物質の取り込み能力の解明

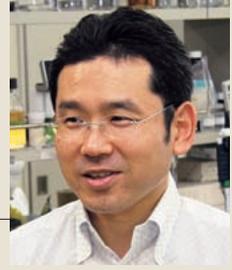
ズッキーニやカボチャなどを含むペポカボチャ (*Cucurbita pepo* L.) はウリ科植物の中でも特に脂溶性汚染物質の蓄積濃度がその地上部において高いことが知られています (図1)。我々は、ウリ科以外の植物に比べてペポカボチャがダイオキシン類をその地上部に100倍以上高濃度に蓄積すること (図2)、塩素原子の結合する位置や数が異なる様々な構造のPCBのうち、蓄積しやすいPCBの構造とそうでない構造があることを明らかにしてきました。また、この性質はペポカボチャの根の性能に由来することから、根を材料としてその違いを遺伝子レベルで明らかにすることを試みました。その結果、タンパク質の合成を制御する遺伝子など、ペポカボチャが脂溶性汚染物質をその地上部に高濃度に蓄積できる能力に関わる遺伝子を複数種見つけることに成功しました。

## 環境浄化への応用

ペポカボチャは一年生植物なので、ファイトレメディエーションのために利用したとしても浄化できる期間は夏の数ヶ月しかありません。しかし、多年生植物、例えば樹木にこのような遺伝子を導入することにより、環境汚染を長期間浄化し続けることが可能となります。汚染の可能性の高い場所にあらかじめこのような植物を植えておけば、継続的に環境浄化できるかもしれ

自然科学系先端融合  
研究環准教授

乾 秀之



ません。このような遺伝子は植物を利用した環境浄化用ツールとして非常に有用と言えます。世界における環境浄化の需要は今後爆発的に増加すると予想されます。この研究で明らかにしたウリ科植物による脂溶性汚染物質の蓄積メカニズムをこのような分野に応用することを目指しています。



図1 ズッキーニ

この植物が脂溶性汚染物質による環境汚染から世界を救う!

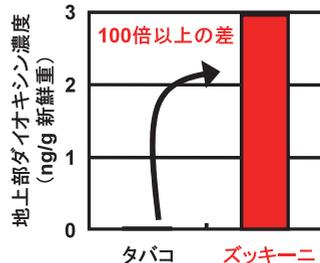


図2 植物地上部に蓄積したダイオキシン濃度の比較

# 学校再生から地域再生へ

## 豊かな「学びと教え」を支える組織・制度

学校で子どもたちに充実した学びや人格形成を保障するには、先生たちが日々の授業やその他の場面で頑張れることが大切です。

それは、「個人」の努力次第でどうにでもなる、という性質のものではありません。教育の仕事は、機微に満ちた瞬間的判断の連続・集積であり、大げさにいえば、芸術作品の制作にも似た繊細な営みです。過度に追い詰められたり、絶えず険悪になったりする雰囲気の中では、豊かな学びと教えを保障することは難しいでしょう。安心感のないところに真の教育は生まれません。繊細な教育の仕事を着実に育み、鍛えるためには「組織」全体で支えていく必要があります。

教師が力量を高め、子どもたちが生き生きと

毎日を過ごせるよう、いかに「組織としての学校」を創り上げ、マネジメントしていけるのか。小・中・高の学校現場の先生方と共に悩み、具体的な子どもたちの姿や声に寄り添いながら、よりよい教育のための組織・制度のあり方を考えるのが、私の専門としている教育制度論です。

## 「なぜ学校に行くのか」を見失いがちな時代に

とは言うものの、新聞等で報じられるように、今の教育制度は実に様々な問題点を抱えています。大所高所から考え、本質を見抜くこともまた、研究上の重要課題です。

学校は本来、教科学習による知識や技術の習得だけでなく、友人や教師など同世代・異世代の多様な人々との出会いを通じて、子どもたちに豊かな成長を保障する場です。

しかし、成熟化社会と呼ばれる今日、「学校に行く意味」は大きく揺らいでいます。

戦後、わが国では偏差値中心の受験システムが日本型経営という社会システムと結合したために、「何を学ぶか」より「どこの大学に行くか」「他者を上回ること」「無限の努力」等が大事にされました。「なぜ学校に行くのか」や「学ぶ意味」は軽視され、「良い学校、良い会社に行くため」という理由で片づけられがちでした。

さらに、伝統・文化・慣習等の「当



米国小学校にて保護者と教師の協働による学校評価会議の様子

たり前」に依拠しづらい「再帰的近代」の本格到来を迎え、「学校に行くのが当たり前」という意識の低下や、「良い学校、良い会社」という理由づけの減衰が生じ、「学びからの逃避」が止まりません。

こうした中で、学ぶ喜びを感じられないのは、私たちがどのような制度通念に縛られているからなのか。豊かな学びを回復するにはいかなる発想が必要なのか。国内外の地道な教育実践を丹念に分析しながら解明していくことが必要です。

## 「通いたい学校づくり」へ

「なぜ学校に通わなければならないのか」という苦悶が少しでも減り、子どもたちが通いたくなる学校、そして大人（教師・保護者・住民）の側も勤めたくなる・関わりたくなるような学校を、いかにつくっていきけるのか。私が今、力を注いでいるのは次の二つの研究課題です。

第一に学校の教育成果をどのように評価するか、その制度の構築です。

「学校評価」がわが国でも盛んになってきましたが、明確な制度原理の解明は不十分です。学力調査結果をもって学校を捉える指標とする向きもありますが、それは実に多様な要因が生むもので、学校が子どもの持つ力をどう伸ばしたかを必ずしも正確に反映しません。

より良い教育の実現のために、いかに先生方



地域再生に向けて地元の医療保健センターと併設された米国の高校



人間発達環境学研究科  
准教授

山下 晃一

の日々の努力を適切に評価し、保護者や住民が学校の存在価値を積極的に承認できるか。そんな制度のあり方を米国の事例から検討中です。

第二に教師の専門的力量向上、特に保護者や住民との関係構築に関する力量向上を支援できる制度のあり方を究明しています。

教師が誠実に子どもたちに向き合おうとすれば、日頃彼らとかわかる保護者・住民にも向き合い、その生活実感やニーズを深く理解する感受性が必要になります。他方、それを強要しすぎると、教師にはどうしようもない社会経済的諸問題に行き当たり、無力感や罪悪感のみをもたらす恐れもあります。状況は錯綜・矛盾しています。

保護者らによる学校への行き過ぎた苦情・「無理難題」が社会問題化する昨今、こうした矛盾を乗り越え、子どもの豊かな育ちを保障するため、学校・家庭・地域の良い関係を構築・発展させる筋道の解明は喫緊の課題です。

子どもたちが学びから逃避したと言われて久しいですが、大人こそが実は教えから逃避し、教えの意味を見失っているのかもしれない。子どもに豊かな学びを保障しながら、大人がわが身を振り返る。それによって学校づくりから地域づくりを見通す。この実現こそが、以上二つのテーマを通じて目指す私の究極の研究課題です。

# 労働市場を地域からみる

## 地域雇用への注目

毎月、メディアを通じて発表される重要な経済指標の1つに、完全失業率があります。

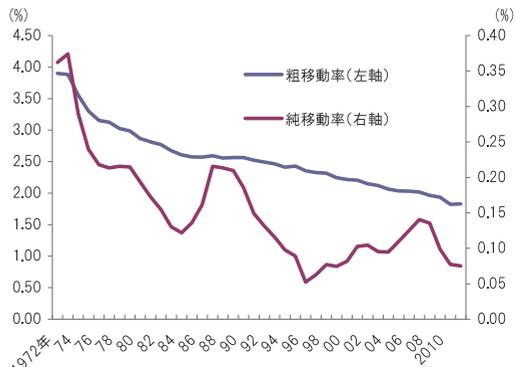
日本の失業率は長らく国全体もしくは近畿や南関東といった広域の地域圏の水準が注目されてきましたが、2002年以降は都道府県レベルの数値が定期的に公表されるようになりました。その背後には、地方分権の流れがあります。2000年代に入り、雇用対策の主体として地方自治体の責任が法的に位置づけられ、それに伴って、地域単位の雇用情勢を示す統計資料の整備が進められてきました。そして、労働市場に見られる地域間の格差という古くて新しい問題はもちろん、地域固有の制度や政策に着目した研究も進められています。

## 地域間格差とその調整

労働市場の指標について最近の地域間格差の動向をみると、過去四半世紀にわたる完全失業率や有効求人倍率の格差は、バブル期を含めて2000年頃まで縮小したものの、2000年代に入ると一転して拡大する傾向がみられます。また所得についても、全雇用者の賃金は1990年代後半から、世帯所得でも2000年代に入って地域間の格差が拡大しています。こうした地域間

の雇用・賃金の格差は、地域の労働市場に生じた不均衡がどの程度解消されるのか、その調整方法と速度に規定されます。不況の影響が特定の地域に強く表れるという地域間で非対称な需要ショックが生じた場合、これは生産について地域間の同質性が高いほど、資本や労働の地域間移動によってスムーズな調整が期待されます。労働市場の調整能力の程度は地域政策の前提となることから、アメリカやEU統合前後のヨーロッパにおいて各国の地域労働市場の調整過程に関する研究が蓄積されてきました。

私は最近の研究で、地域間格差の視点から日本の労働市場の調整過程を分析しました。その結果、地域の経済に予期せぬ労働需要の落ち込みが生じると、早期の段階では労働市場からの退出が失業率の上昇を抑制しており、ヨ一



注) 粗移動率 = 都道府県間移動人口/推計人口  
純移動率 = (各県の転入超過数の絶対値の合計/2)/推計人口  
出所) 総務省「住民基本台帳人口移動報告」および「人口推計」より筆者作成

図 都道府県間の人口移動

ロツパに近い調整過程であることが示されました。しかしバブル経済崩壊後の傾向を観察した場合には、非労働力化の役割は低下しており、他地域への労働移動によって地域内の雇用が減少しつつ、地域の失業率が上昇していることがわかりました。また労働移動は、賃金が低い地域から高い地域へ、あるいは失業率が高い地域から低い地域へと、地域間格差を縮小する方向に生じていることも示されました。

これは図に示した人口移動の動向にも符合します。人口の地域間配分の大きさを表す純移動率にはいくつかの山があり、最近では1996年から2008年まで純移動率が上昇傾向にあります。この間、首都圏や愛知県、福岡県などで人口の流入超過が生じており、比較的良好な雇用機会が見込まれる大都市圏への移動が、地域間格差を縮小させる方向で生じたといえます。ただし、人口移動の総量を示す粗移動率は期間を通じて低下し、人口の地域間配分の程度も低下傾向にあることには注意が必要です。労働移動だけでは、地域間格差の調整がうまくされない可能性が示唆されます。

## 地域の雇用政策

これまで、地域の労働需給バランスの調整は、実際にはそれを促す地域政策に下支えされてきました。しかし、1990年代以降は、かつて都市から地方への需要移転策を支えた製造業の雇用機会が全国的に縮小しています。地方圏に対する公共投資も、生産性向上という本来の政策効果が次第に低下し、不況期における地方圏の雇用創出策へとその実態が変化したことが明らかとなっています。

行政システムの地方分権の流れを受けて、2000年代に入ると従来の中央政府主導型の地域政策も転換点を迎えています。近年の地域政策には、市町村を初めとした地方政府のイ



経済学研究科  
准教授

勇上 和史

ニシアティブによる、地域の資源を活かした産業・雇用開発が強調されています。一方で、国の財政再建が進められる中、地方圏の雇用を下支えしてきた国による公共事業関係費は2002年以降、大幅に縮減されています。

こうした変化を受けて、私の研究は、地域独自の雇用施策の評価や地域の労働需要の変化にも関心が及んでいます。前者は、地域独自の規制緩和策としての構造改革特区が雇用に与える影響の分析を試みています。政策評価の手法を用いた分析の結果、現時点では規制緩和策に雇用創出効果は確認されていませんが、より詳細な分析が必要です。また後者では、製造業のグローバル化が地域の雇用に与える効果が注目されます。企業の海外直接投資は国内雇用にも正負の両面の効果を持ち、また企業が需要する労働者の技能水準を変化させることが明らかになっています。現在、こうした労働需要の変化が地方圏の労働市場に与える効果について検証を進めています。政策主体が中央から地方へと変化するなかで、地域を単位とした分析の有用性や意義は、より一層高まるものと考えています。

# ランダムウォークで拓く 環境リスクの世界

## リスクって何？

先の東日本大震災以来、「リスク」は日常に溶け込む用語になりつつある。食品中に含まれる放射性物質を起因とした健康リスクが人々の話題の中心にある一方で、農業活動に伴う環境（健康）リスクは実生活からは遠い領域の話に思える。環境リスクとは、「ヒトや生態系を含めた環境保全のために回避したい事象」の生起確率と定義される。過剰施肥による地下水の硝酸化や農薬の過剰散布は地下水汚染の原因になるとともに、汚染水の体内摂取により発ガンの原因ともなり得る。したがって、農業活動に伴う地下水の汚染、ならびに汚染水への暴露に対する発ガン確率が環境リスクとなり、決して疎遠な世界の話ではない。

## ランダムウォークによる 地下水汚染シミュレーション

地下水汚染のように個人ではなく集団に対する負の影響が想定される場合に、有害な影響の範囲や可能性に関する疑問に答えるのが環境リスク評価の役割である。そのためにはヒトの化学物質への暴露量を推定することが不可欠であり、基本的には、汚染源から暴露対象領域までの汚染物質の移動、ならびに到達濃度を予測しなければならない。地下環境を移動する汚染物質の挙動は目に見えないため、数値解析技術の果たす役割は大きく、いわゆる溶質輸送現象

を定式化、求解する手段として、ランダムウォークを応用している。〈図1〉は3次元のランダムウォークを5000回繰り返した時の移動軌跡である。不規則で予測不可能な動きを見せながら時々刻々と変化していく複雑な溶質輸送挙動をランダムウォークによりモデル化することができる。

## 環境リスク

一口に暴露と言っても、汚染された地下水の摂取による経口暴露、汚染物質の揮発成分を大気から取り込む吸引暴露、汚染水を体表面から取り込む皮膚暴露の3つの暴露経路がある。各暴露を見積もるためには、前述した数値シミュレーションにより予測される汚染物質の濃度変化や対象汚染物質の毒性に加えて、1日あたりの呼吸量や皮膚の透過性、シャワー時間などヒトの行動に関わる数多くの要素を必要とする。地下環境での汚染物質輸送に関わる物理的・化学的要素の有する不確実性とヒトに関わる不確実性が環境リスクを推定する上で大きな壁となって立ちはだかる。環境リスクを取り巻くそれぞれの要素が独自の不確実性を内包する以上、確定論的に話を展開するよりは、天気予報のように確率論的にリスクを捉える方が現実的であり、その上で、リスクの低減を図る手段を模索するのが望ましいと思われる。〈図2〉はあるシナリオ条件下にて得られた汚染物質輸送の数値シミュレーション図である。モンテカルロ

的に予想されるあらゆるシナリオを数値的に定量化し、信頼性の高い環境リスクを評価するという目的の達成には、数値解析は必携の技術である。

化学物質に対する暴露をゼロリスクにまで低減することはあくまでも理想であり、環境汚染の場合、現実にはいくらかのリスクが生じる。リスクを受ける住民に対して、環境を管理する行政側がリスクを評価すると、その結果を抵抗無く受け止めることは難しいであろうから、このような状況こそリスクに携わる研究者として、第三者の立場から社会に貢献していきたい。



農学研究科  
助教

井上 一哉

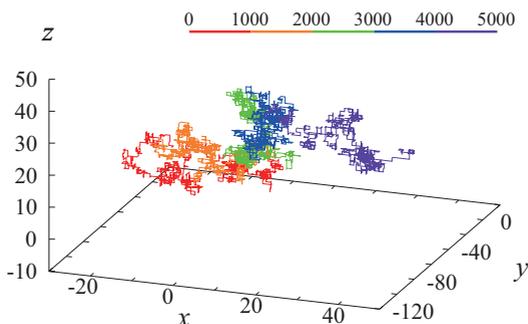


図1 3次元のランダムウォーク

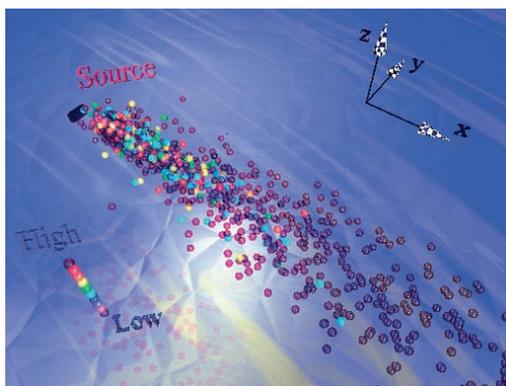


図2 汚染物質輸送の数値シミュレーション例

# LSI の消費電力を 1/100 にする グリーン・ナノエレクトロニクス

## はじめに

スマートフォンやタブレットPCの爆発的普及を目の当たりにし、クラウドコンピューティングによる利便性を体験すると、IT化の流れは今後も引き続き我々の生活の質を向上させるとともに、安全・安心な社会の実現へ向けたエレクトロニクスのさらなる進化を予感させる。ところが、経済産業省の予測によると、本格的なIT化に伴い社会で扱う情報量は2025年には2006年比で約200倍になると見込まれており、これに伴い、IT機器全体の消費電力量が急増すると予想されている。したがって、低炭素社会を実現し情報社会の継続的な発展を維持するためには、IT機器の消費電力を桁違いに低減させることが不可欠となっている。

## LSIのスケーリングと“1Vの壁”

PC、サーバ、ネットワーク機器等の動作を掌る中枢部分が半導体集積回路 (LSI: Large-Scale Integrated circuits) である。例えば携帯電話では、1辺が1.5cmほどの四角いLSIチップ上に、メモリ、音声処理、ビデオ処理、インターフェース等の様々な機能が集積化されている。その中で、情報の記憶や演算（データ処理）といった最も重要な機能を掌っているのが「MOSトランジスタ」である。MOSトランジスタはスイッチの役目を果たしており、小さな面積にできるだけ多くの数を集積化することで、高速化・高機能化・低消費電力化が同時に達成されてきた。いわゆるLSI技術の黄金則、スケーリングである。最近のスマートフォン、タブレットPC、YouTubeストリーミング等の登場には、このようなLSIのスケーリングに牽引され

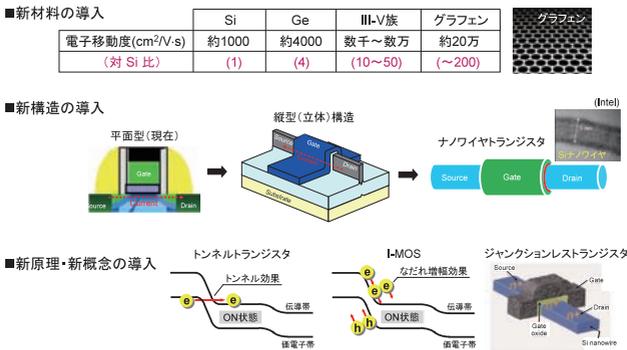


図1 LSIへの新材料・新構造・新原理の導入

たIT機器の目覚ましい情報処理能力の向上が背景にある。

その一方で、2005年以降、LSIの消費電力が問題となってきた。スケールングには、MOSトランジスタの寸法を小さくするだけでなく、電源電圧もその寸法に応じて低減させる必要がある。ところが、2005年以降、その電源電圧が種々の理由により1Vで下げ止まってしまった。これを“1Vの壁”と呼んでおり、このため近年のLSIの消費電力は“うなぎのぼり”である。

### 新材料・新構造・新原理への期待

LSIの消費電力は電源電圧の2乗に比例するため、上記の問題を解決するには、LSIの低電圧化が非常に有効である。私達の研究グループでは、MOSトランジスタの心臓部で電流が流れる「チャンネル」と呼ばれる部分に、従来のスケールング技術ではなく、新材料・新構造・新原理を導入することで、LSIの消費電力を1/10～1/100に下げる「グリーン・ナノエレクトロニクス」の研究に取り組んでいる<図1>。研究は計算機シミュレーションを用いた理論的性能予測という形で行っている。まず、新材料を導入する目的は、チャンネルを流れる電子の速度を速くし、小さな電圧でも大きな電流が流れるようにすることである。現在のLSIに用いられているSiに代わる材料の候補として、Ge、III-V族半導体、グラフェン等が注目されている。

一方、新構造の導入にはMOSトランジスタが非動作時（オフ時）に消費する無駄な電力をカットする目的がある。LSIはごく最近まで、<図1>に示す平面型のMOSトランジスタで構成されてきたが、米国インテル社が遂に今年から、縦型（立体）構造トランジスタを用いてLSIの製造を開始した。将来的にはナノワイヤ構造への進化が予想されている。

<図2>は、私達の研究グループで行った、



新材料と新構造による低電圧化の予測結果をまとめたものである。先に述べたように、現在のSi（平面型）では1Vで動作させているが、新材料・新構造を導入することで、1V以下の電圧でそれと同等の性能（電流値）を得られることが分かる。特にグラフェンは約0.4V、すなわち約1桁の電力削減が可能であることから、新材料の切り札的存在とすることができる。

さらに電源電圧を0.1V以下にする（消費電力を1/100まで削減する）目的で、新しい原理や概念の導入も検討している<図1>。詳細は割愛するが、新原理・新概念トランジスタの研究は始まったばかりであり、実用化には長い道程が必要である。しかしながら日本には、世界をリードする材料技術・微細加工技術・回路技術・計算技術が備わっていることから、国家レベルで総力を挙げて取り組み、日本エレクトロニクス産業の復権につながると本気で期待している。

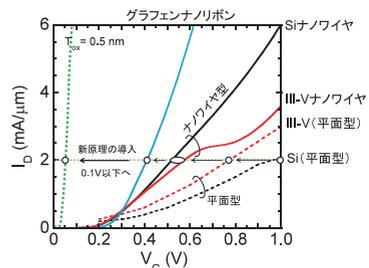


図2 新技術の導入による低電圧化シナリオ

## 業績と社会貢献の狭間で

私の研究分野は、40歳半ばまでは主として計量経済学、その後は開発経済学、そして災害経済学へと推移している。関心のあるテーマへ少しずつ分野を拡大している。

本学大学院経済学研究科に進学した頃、恩師の家本秀太郎先生は当時流行していた経済成長理論の限界を指摘していた。貯蓄率等の比率を一定不変のパラメータとして扱うことへの批判である。先生に刺激され、私は計量経済モデルの一般的枠組みでパラメータの変化を統計的に推測する方法というテーマに取り組んだ。特に計量経済モデルにおける誤差項の分散が均一でないときの係数の同等性の検定という問題（いわば「ベーレンス＝フィッシャーの問題の拡張」）に独学で取り組み、一定の解決を得た。しかし、英語で論文を書く方法も重要性も当時は知らなかった。

20歳代（1960年代）半ば、アメリカの大学院で学ぶ決心をし、4つの大学に志願書を送った。今から思えば、若気の至りで、冷や汗ものである。上述の論文の着想は志願書の中に書き込んだが、それが効いたか否かはわからない。幸運にも2つの大学から授業料と生活費をフルサポートするという許可を受けた。結局、カーネギー・メロン大学（CMU）で経済学及びその周辺についてみっちり学習する経験をし、そのことが以後の研究生生活の骨格になったように思う。当時のCMUに在籍していた先生や院生から後に8人のノーベル経済学者が輩出したので、非常に恵まれた研究環境に居たことが後に再確認できた。

博士論文ではマクロ経済の実証分析を行い、その内容は国際ジャーナル（1972）に発



豊田 利久

神戸大学名誉教授(国際協力研究科)  
立命館大学特任教授

表した。院生の時から5年間ほど抱いていた件の着想も、留学から帰国して国際ジャーナル（1974）に発表した。これは少なからずインパクトを与え、少なくとも内外の約20人がこのテーマを掘り下げて博士論文を書いている。その後、経済モデルを繰返し検定するときの最適な有意水準は何か、というテーマに取り組んだ。さらに、本学の大谷一博教授の協力を得て、上記の構造変化の検定と繰返し検定の問題を統一的に扱う方法を探求し、国際ジャーナル（1986）に発表した論文で一応の結論を導いた。これらの研究成果はアメリカの大学院で使用されている計量経済学の標準的テキストに、30年以上経た現在でも参考文献として掲載されている。

私は1980年代半ばから、現実的で実践的なテーマに研究の主軸を移し、統計データによる分析や政策提言に関わっている。このような成果はテキストに引用されることはあっても数年で消えてゆく。研究者等の人材育成にも力を注いできた。教育研究を通じて社会貢献することに大きな意義を感じるこの頃である。

神戸大学のスタッフが著者、編者、監修者、翻訳者で、神戸大学ホームページ「神大人の本」コーナーに掲載された新刊を紹介します。価格は税込みです。

# 神大人の本

2012.01 ~ 08



**ポーポキ友情物語**  
東日本大震災で生まれた私たちの平和の旅  
文・絵 ロニー・アレキサンダー  
エピック 2012年1月  
1,500円



**国学史再考**  
—のぞきからくり本居宣長—  
田中康二 著  
新典社 2012年1月  
1,890円



**知っておきたい世界の名画**  
宮下規久朗 著  
角川学芸出版 2012年1月  
740円



**ベーシック  
コーパス言語学**  
石川慎一郎 著  
ひつじ書房 2012年4月  
1,785円



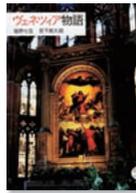
**反核から脱原発へ**  
ドイツとヨーロッパ諸国の選択  
若尾祐司・本田宏 編  
西田慎 共著  
昭和堂 2012年4月  
3,675円



**戦後日本  
学力調査資料集**  
第II期 全9巻  
山内乾史・原清治監修  
日本図書センター 2012年4月  
126,000円



**IR実践  
ハンドブック**  
大学の意思決定支援  
リチャード・D・ハワード 編  
大学評価・学位授与機構IR研究会 訳  
浅野茂 共訳  
玉川大学出版部 2012年3月  
3,780円



**ヴェネツィア物語**  
塩野七生・宮下規久朗 著  
新潮社 2012年5月  
1,680円



NHKスペシャル「知られざる大英博物館」  
**古代エジプトの数学問題集  
を解いてみる**  
三浦伸夫 著  
NHK出版 2012年6月  
1,260円



**認知コントロール**  
認知心理学の基礎研究から  
教育・臨床の応用をめざして  
嶋田博行・芦高勇氣 共著  
培風館 2012年8月  
2,940円

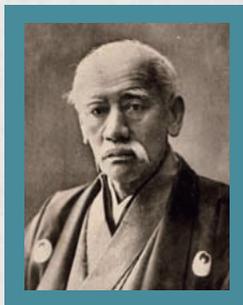


神戸と船を愛した海事実業家

# 川崎 正蔵

海事科学研究科長 小田 啓二

明治以後の造船・海運界の歴史を振り返る時、川崎正蔵氏の名は切っても切り離せない。神戸川崎財閥の始祖である正蔵は、功成り名を遂げた後の各社多角経営（神戸新聞社、神戸川崎銀行など）や長春閣における美術品のコレクションでも有名である。



三島康雄著「川崎正蔵の生涯」

によれば、薩摩に生まれた正蔵は17歳で長崎の山木屋で貿易に従事し、その後、薩摩一畿内間の物流で財をなしている。明治4年（1871年）に上京後、大きな転機となったのは、和船の建造禁止（より安全な洋式船舶への変更）や琉球航路開設の必要性を直接政府に建白したことであったと言われている。政府の琉球調査団への参加から定期航路の開設に尽力し、大阪での官糖取扱店等を経て、明治11年（1878年）築地造船所を開業し造船業に没頭する。2年後に神戸に造船所を開設し、官営の兵庫造船所の払下げを受け、明治20年（1897年）川崎造船所（現在の川崎重工業）となる。

この間、日本国郵便蒸気船会社及び共同運輸会社の経営に携わっているが、いずれの場合も当時の巨人「三菱」への挑戦と言えるものであった。たまたま料亭で隣り合わせた際、「彼も岩崎なら、こちらも川崎じゃ」と豪遊したと言う逸話も、正蔵の強烈な対抗心を物語っている。

さて、造船王となった正蔵は、晩年（大正元年、1912年）嗣子芳太郎に遺志を伝える。山本實彦著

「川崎正蔵」によると、「…四面環海の我が国は海運の発展によって初めてその擡頭が期待される。…今や我が国の造船・造艦の術は幸いにして多大の進歩を遂げたけれども、未だ充分これを運用して国民福祉を増すべく優秀な船員が多いとは言い得ない。御身は御奉公の一端として商船学校を設立し、現在商

船教育の通弊たる祿教育を根底より排撃して、斯界のため新機軸を出す所がなくてはならぬ…」とある。当時の商船教育の問題点を指摘するとともに、その後勃発する第一次大戦による海運バブルと船員不足を予見したかのようであった。彼の遺志は大正6年（1917年）、私財180万円（現在のおよそ90億円）をかけた私立川崎商船学校の設立となって結実する。さらに、芳太郎の「今後の海員は……、商業政策の根底を了解する能力が何よりも肝要である。換言すれば、一面士魂を有しつつ一面現在のそれよりも实际的で、即ち商才ある海員を養成するのが商船教育の眼目である」という思いは武之助に引き継がれ、現在の約150億円に相当する財産ごと国家に献納され、3年後に官立神戸高等商船学校となる。

これらをルーツに持つ海事科学部は来秋設立10周年を迎えるが、その前の4月に一層の飛躍を目指して学科改組を行う予定である。川崎家三代が目指した「士魂商才」を有した人材を如何に多く輩出できるか試されている。2017年の創基100周年までの5年の間に成し遂げておくべきことは多い。

# 世界に飛躍する神戸大学を目指して

～創立110周年を迎え、神戸大学基金へのお願い～

神戸大学の教育研究活動に対し、日頃より温かいご理解とご支援を賜り、厚く御礼申し上げます。

本学は、卓越した教育研究を遂行する世界の主要大学の一つとして、国際的認知を受けております。ただ、本学を取り巻く環境は年々厳しさを増し、世界的大学間競争をいかに勝ち続け、発展させていくかが問われております。

そのような環境の中で、本学は将来にわたり世界トップクラスの教育研究機関として確固たる地位を確立するために「神戸大学ビジョン 2015」を策定し、その達成に向けて構成員一同、力を合わせて取り組んでいるところであります。

神戸大学は 1902(明治 35)年の創立以来、「真摯・自由・協同」の理念の下、教育研究活動を推進し、本年で 110 周年を迎えました。

これを機に、今後、特に

- 国際場裡で活躍できる神戸大学生の育成
- 先端学術領域における世界トップクラスの研究およびその発信
- 防災、減災研究教育の拠点としての社会貢献
- 地域社会への貢献
- 大学経営を支えるスタッフの育成

の領域で施策を強化推進してまいります。

これらの積極的な活動を通じ、世界に貢献できる大学の責務を果たすためには大学運営の財政的基盤の充実が不可欠であります。

本学は学内運営の効率化を進めておりますが、加えて、学内教職員はもとより、卒業生、学生保護者、並びに、企業の皆様にご支援のお願いをしているところであります。

貴殿におかれては、何卒この趣旨をご理解いただき、神戸大学基金にお力添えを賜りますようお願い申し上げます。

## 神戸大学基金に関するお問い合わせ先 神戸大学基金推進室

Kobe University Fund-Raising Office

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1

1-1 Rokkodai-cho, Nada-ku, Kobe, 657-8501, JAPAN

TEL: 078-803-5414 FAX: 078-803-5024

E-Mail: kikin@office.kobe-u.ac.jp URL: <http://www.kobe-u.ac.jp>

神戸大学最前線 — 研究・教育・産学官民連携 —

2012年10月1日発行

神戸大学広報室

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1

TEL: 078-803-5083 FAX: 078-803-5088

E-mail: ppr-kouhoushitsu@office.kobe-u.ac.jp



<http://www.kobe-u.ac.jp>