

クオリアAGORA第三回

講演テーマ「地震の本質とは何か—地球の動きを理解する」

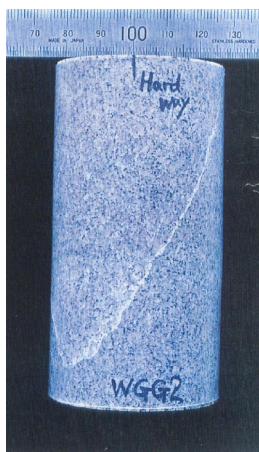
スピーカー カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授 谷本俊郎氏

第3回クオリアAGORAは、カリフォルニア大学サンタバーバラ校の谷本俊郎教授がスピーカーです。東日本大震災から1年半近くを経過した今、改めて地震の本質に迫っていただきました。その後、地球深部探査船「ちきゅう」で地震調査を行っている Mori, James Jiro 京都大学防災研究所教授らとともにディスカッション、そして恒例の世界カフェを開催、身近な地震の問題について、研究者と市民との関係はどうあったらよいのか等の対話が続きました。

谷本 俊郎 (カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授)

きょうは、まず地震のファンダメンタルなことをお話して、それから、みなさんの疑問、質問などを元にディスカッションしていければいいと考えています。

それでは、私たち地震学者が地震をどのように見ているのか、地震の「見方」というものをご紹介します。実は地震というのは、「破壊」ではなく、断層面の摩擦の問題なのです。この表現ではわかりにくいと思いますので、具体的に説明します。この図を見てください。

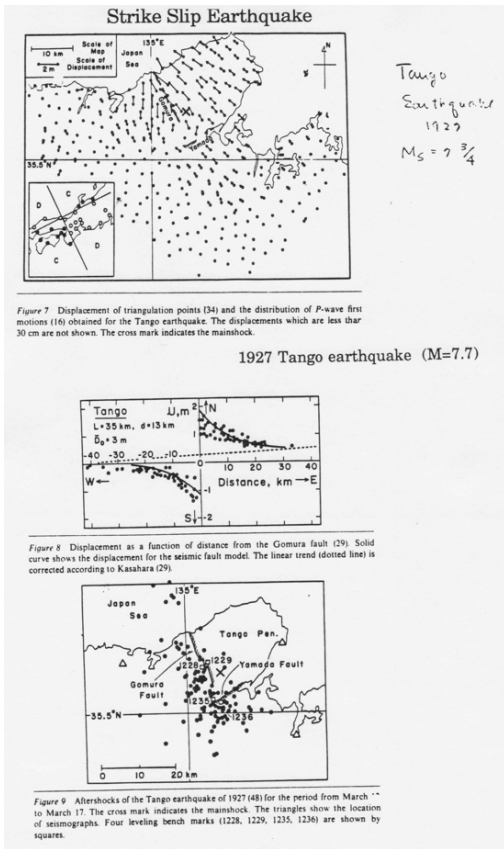


これは普通の岩のサンプルを使った岩石の破壊実験です。この岩をぐっと押していきます。すると、アコースティック・エミッションとありますが、岩の中に小さな破壊が起こり、ある時点から破壊が集中し、面上に並ぶようになって最後にバキッといく。この破壊の時点での岩石の「歪」が10のマイナス2乗とかマイナス3乗ぐらいになると、たいていの物は壊れるんですね。ものによる多少の違いはありますが、例えば、1cmの長さのものなら、大体が1mmから1cm程度押し縮めると壊れるのです。これが通常破壊です。では、地震はどうなのでしょう。

地震が起こった時に、地殻の変動を測ることができます。地震の前と後を比べることによって、どれだけ「歪が解放されたか」を計算することができます。

この地震の歪の計算が日本で最初に行われたのは、1927年に京都府北部で起こった「丹後地震」でした。地震研究所の坪井忠二先生(東京大学名誉教授)が初めてエスティメイト(概算、推定)され、 3×10^{-4} のマイナス4乗ということでした。破壊実験で岩石がバキッといく

10 のマイナス 3 乗とか 2 乗より、ずっと小さいひずみで地震が起こっていることがわかった

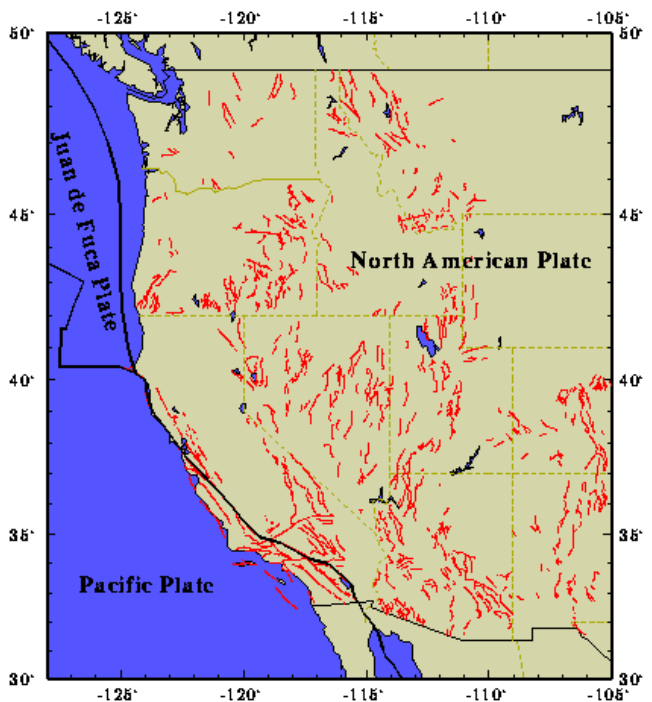
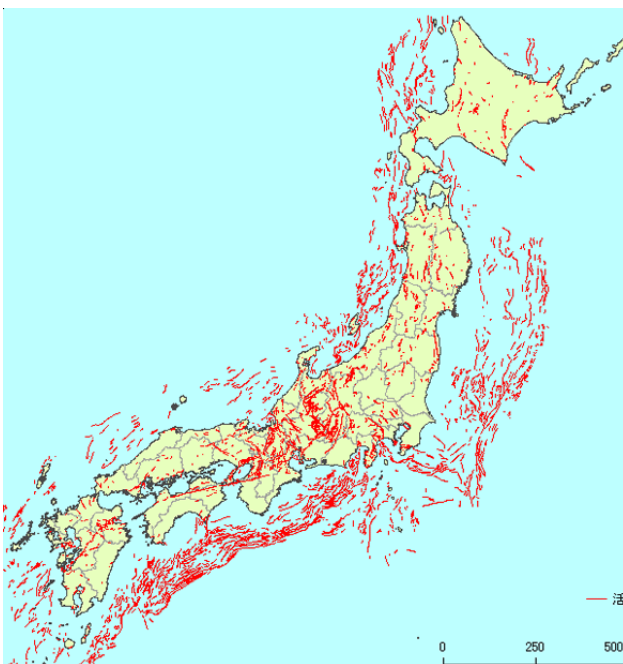


Tango
Seis. quantity
1927
 $M_s = 7 \frac{3}{4}$

たんです。その後の研究で、マグニチュード 7 とか 8 という地震の場合でも、大体 10 のマイナス 5 乗からマイナス 4 乗と、岩石破壊よりはるかに小さな歪で地震は起こっていることが判明してきた。ふつうの物だとその 10-100 倍以上の歪を起こさないとこわれないのに、そこまで押しなくても地震は起こる。これは一体どういうことなのでしょう。

答えは実は簡単で、地球の地殻にはすでにいっぱいキズがあるのです。実は地殻はズタズタなんですね。このキズを「断層」といいますが、地震は、岩石破壊で見たような新たな地殻の破壊ではなく、既にキズのできているところ、つまり断層に、力が加わっていくとある時点でキズ（断層）が滑り出すことなのです。すでに存在しているキズをすべらせるので、小さな歪で、どこかの断層がすべり地震は起こるのです。図を見てください。

今、原発の関連でも、いろいろなところで調査が行われていますが、わかっているだけでも日本全体で、こんなふうに多数の断層が存在しています。西日本を拡大してみてもこのようにたくさんの断層があり、地震のよく起こるアメリカのカリフォルニアにもいっ



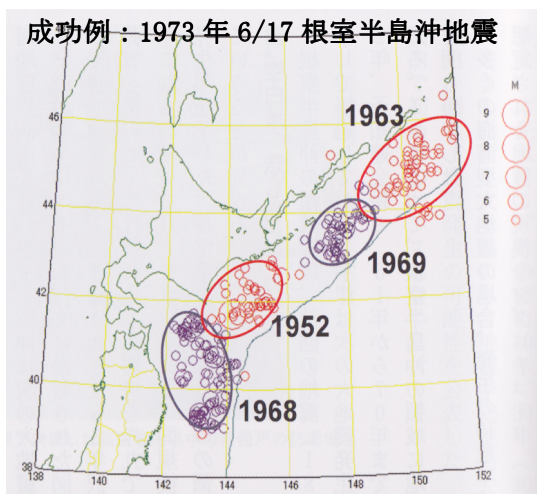
ありますね。地球の地殻はマップで見る通り、傷だらけなんです。

そういう傷があるところに力が加わるわけですが、加わる力はプレート運動です。地球は堅いプレートが表面にあります。例えば太平洋プレートとかフィリピン海プレートとかが日本に向かって動いてきていて、プレート自身が日本の下に潜り込むのですが、その時に押す力が働き、その力で日本の地殻の中にある断層が動くわけです。太平洋プレートはこう日本海溝の中にもぐりこみ、同時に日本列島を押しているわけです。フィリピン海プレートはこの四国、紀伊半島の南からこう来て押しています。太平洋プレートが1年に8センチから9センチ、フィリピン海プレートが1年で3センチから4センチ、常にコンスタントに動いてきていて、同時に力がかかり、断層を押しします。

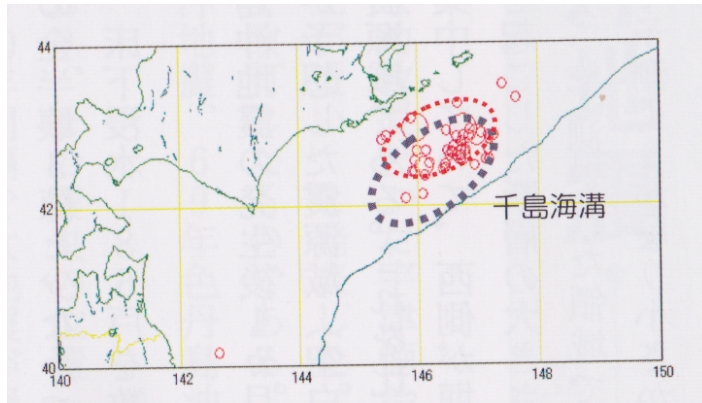
ところが、力がかかって断層を動かすといっても、マグニチュード7ぐらいの大きい規模の地震がしょっちゅう起こるわけではないですね。これは、なぜかという、断層面上には摩擦力があって、これがかかってくる力に対抗してくれているからです。ただ、いつまでも抵抗できるわけではありません。長い間力がたまると、これに耐えきれなくなって断層が滑って地震になります。

実は、摩擦力はない方がいいともいえます。摩擦力が小さいと、押されたらズルズルと断層がすべるわけですが、その場合は地震のような急な変化は起こらず、ただズルズルと変形するだけで、大きな波動（揺れ）が起こりません。摩擦は温度によって大きくかわりますが、地球の深いところ、温度が高いところでは断層がズルズルとすべり、地震は起きません。残念ながら、地表から50キロ、100キロの比較的浅い所では温度が低く、摩擦力が強いままで。ですから、100年、数百年とずっと押されてたまってくる力に、その摩擦力で抵抗しちゃうわけです。そして、そのうち弾性の歪がどんどん増え続け、ある時、耐えきれなくなって大きな地震になってしまうというわけです。こういう理由で大きな地震はいつも、プレートが地球内部に入っていくところ、特に表面から数十キロの深さまでで起こります。

以上、地震のメカニズムをお話したのですが、では、どこで、どのぐらい滑るかということが地震の前にわかるのでしょうか。一つの手がかりは地震の震源分布にあります。起った地震をプロット（地図に）していきます。すると、地震が起るべき所なのに、しばらく地震の起っていない空白域が見つかります。そういうところに歪が溜まっているのです。その情報に基づいて、ここらあたりでこの程度の規模の地震があるだろうと予測できます。



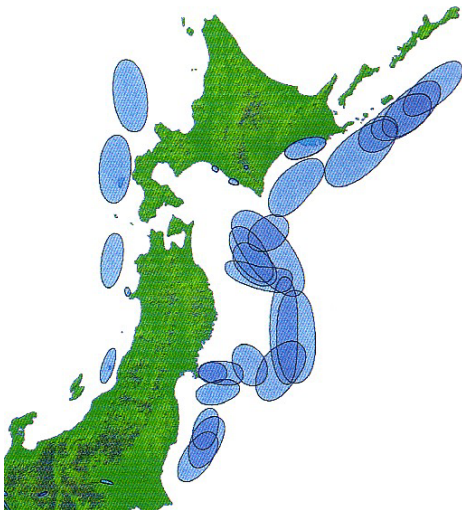
例えば、十勝沖地震の近くを例にとりますと、長年の地震データをプロットすることで、ぽっかりと地震の空白部分が出てきます。ここが摩擦で抵抗しているところです。十勝沖付近は50年に1回程度大きな地震が起こっているので、地震学者は、1970



年代初めには、そろそろここが耐えきれなくなつて、地震が起きるぞと予測していました。そして、完全に予想どおりだったわけではないですが、1973年に地震が起こったのです。このように、地震の分布を調べていって地震の起こっていない空白部分、つまり摩擦でプレートの押す力に抵抗している場所を特定し、地震発生

の周期と組み合わせるなど、いろいろなアイデアを使いながら、地震学者はいろんな予想をたてています。

この手法を用いて、地震学者は東北太平洋沖地震が起こる前、マグニチュード7から7.5あるいは8の地震が宮城県沖に起こることを予言していました。基本的には、宮城沖では36、37年、78年、81年にマグニチュード7.5-8の規模の地震が起こっている。つまり大体40年に1回、マグニチュード7.5-8.0地震が起るだろうと予想していた。その通り、2011年3月11日に実際に宮城沖で滑りました。ところが、起こった場所はおおよそあつていたといえるのですが、南北500km、東西200kmにも及ぶ震源域にも達するマグニチュード9という地震だったわけです。



私自身、海溝近くで断層の滑りが50cmにも及んだことは全く想定外でした。今まで聞いたこともないすべり量だったのです。しかし、ここ100年のデータにはなかったとしても、毎年プレートは8cmぐらい動いているわけで、前に大地震があつたのが千年以上前だったとすると、50-60メートルのスリップが起こっても驚きではないのです。ただ、そういうシナリオを、あの地震の前に学会で話したとしても、誰にも相手にされなかったと思います。マグニチュードが9にもなったのは、断層が隣部分と連動を起こしたわけですが、これはほとんどの地震学者にとって想定外で、考えられないことでした。この東北太平洋沖地震は、現在の地震学からすると想定外のことが起こつたと言えらると思います。

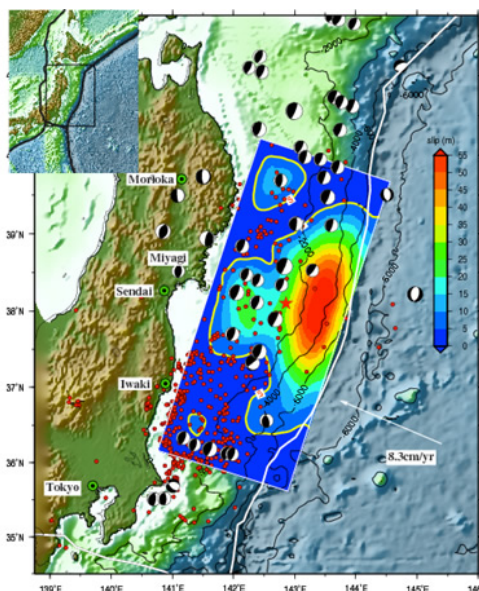
地震学者にとっては、はずかしいことかもしれませんが、私は、地震学は、まだまだ未熟な学問だと思います。地震学者はいろいろな予想をしますが、その根拠は、たかだか100年の経験に基づいた「Working Hypothesis(作業仮説)」にすぎないことが多いと思います。地震は100年の研究では足りない。1000年に1回しか起らない地震もあるでしょうから、現象として見ていないものが、まだまだ存在すると思います。

例えば、地震学者が次に起こるだろうと思っている大地震は、きょうおみえの関西の方には特に関心、興味のあることと思いますが、フィリピン海プレートが、四国と紀伊半島の南のところで衝突し沈み込んでいる場所です。南海トラフ(深い溝)といいますね。この南海トラフの東の端は駿河湾沖まで行っていて、ここに起る大地震を三つに分けて区別しています。図をご覧ください。(HPより) まず、四国から紀伊半島にかけてのAとBを南海地震、C、Dを東南海地震、そしてEを東海地震というふうにしています。ここで、いままでどんな地震があったのか、地震のデータばかりでなく、昔の人の日記とか江戸時代の古文書などから、いつ大地震がおこったかが調べられています。例えば、一番最近では、CとDの部分の東南海地震が1944年に起こっている。太平洋戦争の終わる1年前です。続いて2年後の1946年に、南海地震が起こっています。ただ、この時は明らかにEには連動せず、東海地震は起こっていません。これが、後でお話しますが、40年近く前、東海地震が起こるといふ予測の根拠になったのです。その前のサイクルをみますと、江戸の終わりがごろ1854年の安政の地震では、CD、Eが滑って、次の日に、確か32時間ぐらいだと思いますが、少し遅れて南海地震が起こり、すべてが滑っています。駿河湾の沖まで滑って三つが連動しました。また、そのひとつ前のサイクルの1707年の宝永の地震では、一挙に全部が滑って、大地震が起こりました。このように南海トラフの地震は何サイクルかをたどることができ、地震学者は連動が起こる可能性を知っていました。大地震の間隔は一定ではありませんが、大体100年-150年の間隔で三つの地震は連動して起こっている。次の地震はいつだろうかと考えると、東南海と南海地震は戦後すぐに起っていますから、まだ来ないだろうと思っています。でも江戸時代を最後に駿河湾の地震が起きていないことから、1976年に、当時、東京大学の理学部にいた石橋克彦さんが、やがて単独で東海地震が起こるといふ「駿河湾地震説」を提唱されたんですね。ところが、まあ、みなさんご存知のように未だに東海地震は起こっていません。その理由は、わかりません。ただ、過去のデータを見ると、小田原地震というのもあって単独で駿河湾の地震が起らないことはないと思うんですが、とにかく、国会で取り上げられたりマスコミをにぎわしたりしてもう40年近くになるのに何も起こっていない。とても不思議なことですけど、先ほど申し上げたように、地震学が未熟であることの、これは証拠であろうと思うのです。

未熟は未熟なのですが、でも、地震学者は お金をたくさんいただいてきたので、いろいろ地震観測について改良を加えてきています。例えば、日本中の地面の変形を見るために1200個ものGPSが設置されています。車のカーナビで使われている技術をもっと精度よくしたのですが、これで日本全体がどう変形しているかをリアルタイムでモニターして調べられるようになりました。このデータを見ると、御前崎あたり駿河湾の地盤は下がっていて変形が起こっているわけで、地震が起らないのは不思議といえば不思議なんですけれども…。日本の地震学者は、ほんとに観測施設としては世界一の環境の中を築き上げました。こんなにGPSを置いているところは世界中にありません。しかも、恒久的な施設になっていて、いつも筑波にデータが集められ、モニターできるんです。もちろん地震

計もこれ以上に設置されていて、ほんとに日本の地震関連の観測設備はすばらしいものになりました。世界中の地震学者がうらやむようなシステムを作りあげてきています。ただ、まだ経験が浅いものですからわからないことがたくさんあるわけです。データがよくなったのはあきらかな進歩ですが、見えることでわからないことがいっぱい出てくる。例えば2000年ごろ、浜名湖のあたりでゆっくりとした地面の変形があり、それがGPSの観測で検出されました。以前ならば見逃されていた現象です。これについては、地震学者はいろいろ研究をしましたが、ニュースにはなりません。これまで何も起こっていないので問題はないと思いますが、GPSを設置したことで、このようないろんな今まで知らなかったことが他にも見えてきています。

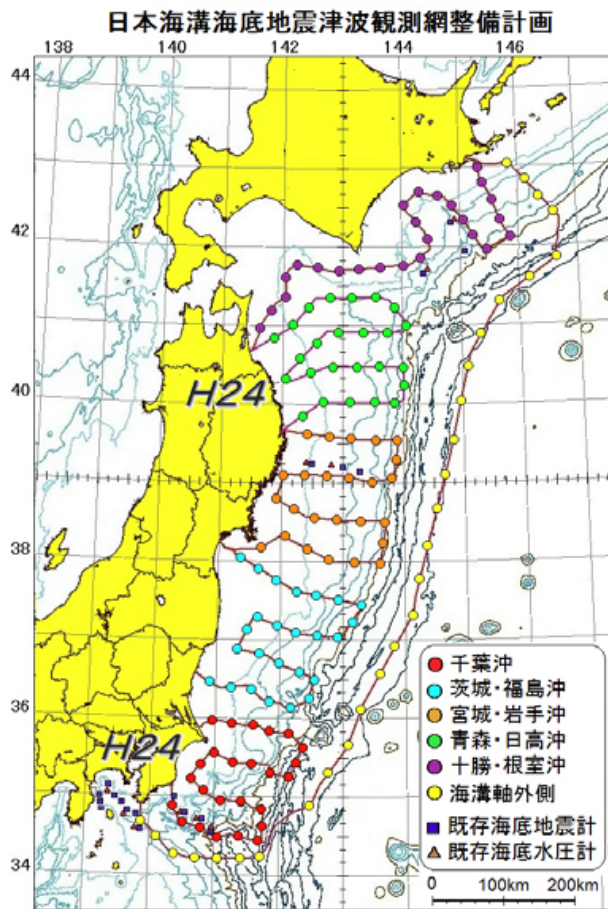
このGPSのデータは、1997年からのデータがインターネット上で開放されていて、誰でも見られるようになっていました。しかし残念ながら15年というのは十分な時間ではない。幸い、この浜名湖の動きは、数年後には停滞し大事にも至っていませんけれども、ことほど左様に、データを見てもどういうことなのかわからないことがまだまだ多いのです。



この図は、東北の地震が起こる前のGPSのデータです。平均的にプレートが沈み込んで押し込んでいるわけですが、このように1年あたり数センチずつ変形を続けてきて、地震が起こった時、この変形が全部跳ね返って変形は終わるはずだったんですが、実は、3月12日からまだズルズルと動き続けています。これは、地震学者がこれまで知らなかったです。GPSのデータが手に入るようになって初めてわかったことなのですが、地震学者はこれからもっと経験を積んでいき、いろんな現象がどういう意味を持っているのか、得られたデータを突き詰め、解明していかなければならないわけです。

ところで、次に日本の地震学者がしようとしていることは、陸地から100キロ〜150キロ離れた海の底に地震計を置いて、海溝までカバーする観測網をつくり、海底の動きをも捕らえるということです。

こうしたデータを積み重ねていくことで、海溝を震源とした大地震の仕組みが徐々に明らかになるだろうと思います。とにかく、きょうご紹介した地震の原因が破壊ではなく断層面上の摩擦がキーであるということなどは、70年、80年前の物理学者は知らなかったのです。それがいろいろなデータを蓄積し見ていくことで、明らかになってきました。何しろ地球の中のことで、そう頻繁におこることではありませんから、地震について知ることは難しいわけです。それでも、データをもっと充実させ、経験を積むことによって地震学を進んでいます。地震予知、火山噴火予知をして、社会に役立つようにしたいと地震学



者は願っていますが、まず地球の現象をちゃんとしたデータに基づいて理解する— そのことによってしか、本当の進歩はないと思います。

最後に、社会の備えということに関してですが、日本で授業をする時、いつも学生に話す事をお話ししたいと思います。それは首都機能の分散に関してです。日本の一極集中の首都・東京は、歴史的に地震で壊滅的な事態に何回かかっているところにあります。東京は東から来ている太平洋プレートと、南から来ているフィリピン海プレートがぶつかりあっているところにあります。今あらたに好きな所に首都を置きましょうということになったら、絶対に選ばない場所に日本の首都東京はあるのです。立派な街ですが、いつか地震が起こって必ずダメージを受けることがあります。その時に日本全体が困らないように機能

をある程度分散できるような体制をつくっておくことが大事と考えます。他にもいろいろ社会の備えということに関してはありますけれども、首都機能の分散は早めにやっておくべきことと思います。

☆ 討論

ディスカッション

堀場 雅夫（堀場製作所最高顧問）

モリ ジェームズ ジロウ（京都大学防災研究所教授）

山極 寿一（京都大学大学院理学研究科教授）

山口 栄一（同志社大学大学院総合政策科学研究科教授）

山口 栄一（同志社大学大学院総合政策科学研究科教授）



地震の門外漢の者にとっては、「地震予知」は一体どうなっているのかという素朴な疑問があって、ぼくたちは、地震学者とか地球物理学者は地震予知をきっと成し遂げてくれるだろう、いずれできるだろうとそういう思いを託してきたわけなんですけれど、きょうのお話を聞く限り、実際にはずい

ぶん地震予知は難しそうだとわかりました。地震学はまだ未熟、ともおっしゃったのですが、まず、地震予知はできないものかという論点から出発して、話を切り込んでいきたいと思います。ちょっと、その前に、もう一人の地震の第一人者である京都大学の James Mori 先生にも、おいでいただいていますので、まず一言お願いします。

モリ ジェームズ ジロウ（京都大学防災研究所教授）



日本へ地震の研究に来て 10 年ぐらいになります。日本人ではないので、日本語はもうひとつですけど、きょうはよろしく願います。ぼくがなぜ、日本に研究に来たかという、日本は地震がよく起こることもあるし、先ほど、谷本先生のお話にもあったように、観測機械とかもすごくよくて、地震の研究では世界一と思っているからです。この 10 年間で本当にたくさんのかを体験しました。ぼくは、この 4 月、5 月は JAMSTEC（海洋開発研究機構）の船「ちきゅう」（地球深部探査船）にずっと乗っていたんです。何をやってたかといういろいろな海底掘削、海底から断層まで掘って調査をしていました。地震予知とか本当の地震の理解はまだまだできませんが、「ちきゅう」での調査やぼくの研究経験から、きょう何かお話できることがあるかもしれません。

山極 寿一（京都大学大学院理学研究科教授）



世の中には、予知科学と呼ばれているもの、例えば天気予報とか地震予報とかいろいろあるわけですね。そういった予報は人々の安全にかかわるものだけに、国も相当予算もつぎ込んで人々の期待も大きいわけです。実際に多くの方々が地震研究にかかわっていて、実は、「3・11」の前に大きな地震が起こることを地震学者はちゃんと知っていたんだという人もいます。今、谷本先生は、ある部分まではあたっていたけど、でも間違えていた部分もあるとおっしゃっていた訳なんですけど、どの部分があたっていたら大災害は防げたのか、あるいは、今回、予測できなかった部分が実はとても大きかったのか。地震学者を政治家なり政策担当者が信用してこういう手を打っていたら災害は防げたんだという部分と、地震学者でも予想できなかったから、ここの部分は仕方がなかったというところがあるんだと思うんですね。そのあたりをお聞きしたいのですが。

谷本 俊郎（カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授）



京都大学の尾池先生は、想定外ではなかったとおっしゃっていますね。私は、さっきもいったように、東北であんな大きな連動した地震が起こるとは思ってなかったですね。その可能性を考える人が少しはいたかもしれませんが、地震の前にそんなことをいっても学会のほとんどの人から見向きもされなかったろうと思います。ところが、今は逆に東北が起こってし

まったので、つい最近、南海、東南海に関しては、40万人が犠牲になると…。これまでこんなに人の亡くなった地震は日本にはないのですが、今、地震学者は逆に振れていて、「ワーストケースシナリオ」を口にするようになってきている。連動の可能性があり、念のためにと、とても強く押し出されてきているのです。しかし、「大きいのが来る来る」ということで、地震学者の役割が果たせたことになるかという、そうではないと思いますね。先ほど話しました浜名湖の例もそうですが、伊東の沖合の群発地震とか、これもあまりいいませんね。地震学者や火山学者は、これを見ているだけです。念のためと、この現象のことをいいますと、観光面なんかには不都合が起きます。社会への影響力を考えると、どこまでいったらいいのか、とても落とし所が難しいですね。

山極

東北の地震が起こった時、私のところの大学院生が、実は震源地のすぐ近くにある宮城県の金華山島に滞在していてニホンザルを調査していました。ものすごい揺れが起こったのですが、サルたちは全然平気だったそうです。海岸線にいたもですから、そのうち波がパチパチ音をたてはじめ、これは危ないとその院生はあわてて斜面を登った。その時、サルはまだそのまま海岸にいたらしいんですよ。それが、気がつくと、もうサルの方が先に上にいたというんです。人間以外の動物というのは、地震の予知などしなくても、ものすごい大きな地震が起こったりすると、その身体能力で逃れるすべを持っているわけですね。先ほど谷本先生がおっしゃったように、人間は、どのぐらいのレベルの地震ならこのぐらいの災害になるという、そういう差し引き勘定を持ってしまったが故に、予知は大変な経済的損失と経済的な効果をバーターにせざるをえなくなっている。だからその分、予知は価値が高く非常に難しいわけです。

予知は地震の規模だけでなく、その結果起こる災害の規模を想定して対策を立てなくちゃならないので、今は、地震が起こると、建物や交通機関など昔とは考えられないほど大きな経済的ダメージがある。その対策を行って、もし予報が外れた場合、何億、何十億という損害を与えるわけです。その経済的損失はものすごいことになる。この辺が、ためらいになるし、地震学者に予知に対する微妙な心理をもたらしている原因じゃないかと思うんです。



モリ

想定外ということですが、ぼくも、東北でこれぐらい大きな地震が起きるとは思わなかった。世界中見て、いつも思わないところで思わない規模の地震が起こっている。例えば2004年のスマトラ沖もM9.1の地震で、あそこも地震学者は起こらないと思っていた。逆に、起こるぞ起こるぞといわれている駿河湾の東海地震は全然起きない。大体予想しているところで起きず、関係ないところで起こっている。それは、結局、地震学者は「地球の複雑さ」が

余りちゃんとわかっていないということだと思います。

さっき谷本先生がお話されたような、地震は断層の摩擦で抵抗する力が耐えきれなくなった時に起こるといふ、簡単なメカニズムは説明できるようになってきたが、地球はものすごく複雑で、どこが強い、弱いとか、どこがズルズル滑っている、あるいはどこに歪がたまっているか、いなか、というようなことは、きちんとまだわかってないんです。だから、いろんな理論があるけれど、ぼくはまだ、地震についてはほんとにほんの少し（6、7%？）しかわかっていないと思っています。とにかく、地震というのは経験的なもの。過去何度か起きたものを見て、こう起きているから、もう一回起きるかもしれない。これ、大体間違いないんですね。だから、東北の場合も、あの規模や領域の大きさはちょっと考えつかなかったが、地震が起こることは経験的によくわかっていた。あそこはものすごくたくさん地震がある。世界中でも一番活発なところとっていいかもしれない。そして、400年、500年前からの歴史的なこともわかっていて、その間にM7規模の地震が15、16回、M8も3、4回起きている。それだけの経験があるので、地震学者も地震が起こることには自信を持っていたんです。あれだけたくさん見たら、ひとつ二つではわからなかったろうが、500年で十何回も起きているのを見たら、何となくわかる感じになりますよ。ただ、東北に関しては500年の歴史ではまだ少ない、足りなかったということです。今回、千年とか何千年の単位でこういう大きな地震がいくということを知ったわけです。ですから、とにかくどのぐらいの経験がいるのかが問題なんです。地震を予知するには、何千年、何万年というところまで地面をひっくり返して断層を見ていく、これぐらいの時間の経過を視野に入れた経験を積むことが必要だろうと思います。

モリ

さっき気象、天気予報と地震予知を比べてしまったんですけど、天気予報の場合、衛星を打ち上げるなど観測点を増やしたり、観測の精度を上げるなりして確からしさを高めてきましたね。先ほど谷本先生のお話にあった海底に観測地点を設け、観測の精度と地点を増やすことで確度は上がるんですか。

谷本

観測機器を増やせばそれでいいとはなりませんね。さっきいったように経験を積まなくちゃならない。新しくGPSを置くと、例えば、これまで知られていなかった断層のずれが新たに見えてきちゃうわけです。次々知らないことがいっぱい出てきてしまうんですよ。

山極

ということは、やはり今までわれわれは、地震学者に対して過度な信頼と期待をおき過ぎてきたのかもしれない。というのは、3・11でも後でいろいろ話がありましたが、過去に人が住んでいなかったところにも住居をいっぱい作ってしまって、実はそこは、地震や津波に非常に弱かったところなんだと地震の後でわかったんですね。もし地震というものが、それほど正確には予

知できないものだとするならば、だったら地震は起こるということを想定して、そこにはこういう構造物をつくらないとか人は住まないとかいうことも、政策に入れるべきじゃないかと思うんです。

例えば、私はアフリカでゴリラの研究をしているわけですけど、そこは頻繁に噴火している火山地帯なんです。八つの火山がありまして、そのうちの六つはもう数十万年噴火していませんが、後の二つが活火山で、その近くには、食べるものがいっぱいある豊かな森が広がっている。しかし、それにもかかわらず、ゴリラはそこには住んでいません。二つの火山は数年に一度噴火しているんです。それゆえに肥沃な土壌でいい植物が生えるんですけど、ゴリラは行こうとしない。先ほどのニホンザルの話ともつながるんですけど、野生動物というのは、地震とか火山の噴火というものを身体能力で避けるすべを持っているんですけど、繰り返しそれが起こっているようなところには予防措置で住まないということも、やっているわけですね。ところが人間は、野生動物のような経験に即してはもはや考えず、「科学」を信頼して、それを根拠にいろんな文明をすでに構築してしまっている。そのところをもう一度反省すべきなのかもしれないなあと、お話を聞いていて思いました。

山口

今の山極さんのお話で、インスパイヤーされたんですけど、サルは気づいたんですね。数時間前に気がついてちゃんと山に登った。テレビを見ていると、地震発生時に起こる電波なんかを観測している町の観測家がよく出てきますが、市民感覚からいうと、50 ㎞も断層がずれるような、それだけの歪が解放される前って、電波を出したり、音がしたりするようなことが何かありうるだろうけども、それを何で地震学者が観測していないのか、素朴な疑問としてあるんです。世の中見ていると、例えば東大の地震研とか、どうしても町の観測家の研究や動物の動きを無視するとか、どうもそんな傾向があるような気がしてならないんですが、いかがなんでしょう。

谷本

いやあ、実はそういう研究はサポートされているんです。お金もちゃんと回っていますよ。むしろ、そういうお金が回ってきていない人たちがいて、本を書いています。ぼくは電磁気には予知のための可能性はあるかもしれないと思っています。でも、電磁気はいろんなシグナルがあってとても複雑なんです。例えば電磁波とか地球の変形に伴っていろいろあるんですけど、それらしいものを見てきている人もいますが、いつでもどんな時でもわかるわけではなく、まだ研究段階ですね。昔から、予知の有望な手法というのが時々出てきているんです。私の大学院生のころはガイガー探知機を使った方法が注目を集めていたんですけど、そのうちあんまり効果がないということで誰もあきらめてしまいました。

電磁波は可能性があるかもしれないですが、大事なことは、すべての地震に対して当てはまらないといけないということだと思います。あることばかりに注目すると、他の可能性がわからなくなってしまう恐れもある。ぼくは、地震研究はとにかく基本的にはもっと王道を進

まなければいけないと思っています。地震学者それぞれで、考えはいろいろあると思いますが…。

モリ

ぼくも大体同じ考えです。数年前、動物の予知能力のことを批判したと有名になったことがあります。日曜日に京大防災研の研究室にひとりでしたら、新聞社から電話かかってきて、動物の研究をしているかと聞かれたのでぼくはやってないと答えたら、次の日、ぼくの顔写真が出て「京大防災研究所ではこういう動物関連の研究はやってない」と出てしまったことがあるんです。まあ、動物は何か感じているかもしれないが、ぼくたちのつくっている観測装置の方が、より正確に観測できるはずですよ。電磁波なんかは、特に機械の精度の方が信頼できると思う。

それと、動物が予知したという話は、いつも地震の起こった後に出てくるんですね。アメリカにいた時、地震が起こると、うちの犬がどうしたとか、娘の頭が痛くなったとか、予知能力があるのではないかといっぱい電話がかかってきました。でもこれは、何か意味があるかもしれないが、それは偶然というもので、科学とは呼べない。例えば、毎日ある動物を見て、地震の時どう動く、平時の時とどう違うのかなど、長い間ずっと調べて、違いををはっきりさせることができるかどうかが一番重要なんです。

堀場 雅夫（堀場製作所最高顧問）

スマトラ沖地震の時でも、今話に出たようなことがあったんですな。大津波が来る30分前に、海岸べりにいた二頭の象が山に逃げてしまったというんです。これは何か、まあ、「後出しじゃんけん」の類とは思いますが、象に地震や津波を予知する力があるのではと丹念に調べた人がいて、私はそのレポートを読んだことがあります。結局、いろいろ超短波から中長波まで使って実験したけれど、象には特別な反応はなかったということになったそうです。が、何か動物には生き延びるためのセンシングのようなものが備わっているのではないかと。人間にも第6感というのがありますね。なぜかわからないが、例えば何となくあの人はいい人らしいと感じる。そういうものが動物にもあるんじゃないかと。



それと、20年余り前、科学技術庁の予算に係する委員をやらされていたことがあったんですが、地震予知に何百億も出すということなので、予知ってどういうことをするのかと尋ねたことがありました。例えば、日本の全域で1年以内に、M7以上の地震が80%の確率で起きるといことを発表するための研究をするんですか、と。そういうことなら意味があると思ったんですね。同時に、それなら、もし、東京でM8以上の地震が起きると予知したとすると、まあ、金持ちはどっか、京都とか一実際今、京都のマンションを買っているのは東京や東北の金持ちなんですが一に逃げてくるとしても、お金のない人はどうするのか、役所はどうするのか、と聞いたのです。とにかく大変経済的に大きな影響があるので、そういう問題も含めて予知ってどう考えているのかと尋ねたわけですが、「これは複雑すぎる問題なので、次の機会に」といわれ、それっきりでした。予算は通ったようなのですが、どうなったのか、尾池（和夫）さ

んのところにでもいったのかな…。

阪神大震災の時には後で「活断層があり、起こるべくして起こった」といつていたが、わかっていたら何で先にいわないかと思う。まあ、谷本先生もさっきおっしゃったように、地球の中のことはよくわからないんですね。だったら、地震学者は「地震はわからんもんや」という前提で研究を進め、わかった部分はこれは確かやとか、これはこういう傾向と違うか、などといったらいいと思うんです。医学会なんかひどいもので、運動時の水の摂り方なんか、昔と今では真逆なことをいっていて知らん顔をしている。地震学者も、間違っただってええんですよ。今の時点で正しいとわかっていることを堂々といえいいんです。また、門外漢も完全な予知を期待するのは、地震の研究者に対して罪作りだと思っうんですよ。

谷本

私、東北の地震が起こった時、東京にいました。その後、M6とかの地震がいっぱい起こりましたが、耐震構造の立派な建物で、全然怖くなかったですね。浦安とかは液状化で大変だったんですけど、例えば、イラクとかイランでM7が起こったら、すごい死者が出るほどの地震になります。しかし、日本では、地震に耐える街をある程度作ってきていてそうはならない。そうになっているのは、地震学者の研究で積み重ねられたデータが役に立っているからなんです。ただ、いつ次に起きるのかと問われると、それに答えるは、いろいろ社会的影響もあるので難しい。ちょっと前、4年以内にM7の地震が東京で起こると話題になりましたけど、そこまではとてもいえないですね。

堀場

とにかく、予知は無理なんですね。

モリ

ぼくはいつもはっきりいつているが、予知はできない。ちゃんとわかる理論がないんです。3、40年前には地震学者はそろそろ予知できると思っていた。そして今日に至るまで、ずっと理論を探してきたが、結局ちゃんとした理論を見つけられないでいる。今回の東北でも、起こりそうなことはわかったが、はっきり正確なことはわからなかった。なぜ難しいかという、小さい地震と大きい地震の始まりは違わないかもしれない、ということなんです。予知ができるといわれる場合、大きい地震の前はなんか違いがあつて、電波が出るとかという話がありましたが、もうひとつの考えで、大きい地震の前にはじまる小さな地震に注目するというのがあります。大きな地震は、小さい地震から始まって、それが止まらないということなんです。しかし、小さい地震が、大きくならず小さい地震のまま止まってしまうということもあるんです。マッチの火事の例えでいうと、わかりやすいかもしれせん。マッチが燃えてどんどん大きな火事になってしまうこともあれば、マッチが燃えるだけで消えてしまうこともありますね。小さな地震を大きな地震の始まりと、とらえても、その後どうなっていくかというのはとても判断が難しいのです。

山口

今までお話聞いて、地震は、岩石破壊とは全く違い、摩擦の問題なんだということ。そして、予知はとても難しいんだなということがよくわかりました。こういうお話を聞くと、もっと学者と市民がインタラクティブに意見を交換していいんだなと思いました。お二人がアメリカの地震学者ということが理由としてあるんでしょうか。ではこれから、科学者と市民がどういう関係を持っているのか、アメリカと日本ではどう違うのかという論議にはいりたいと思います。

モリ

京大に来る前は、米国のUSGS（アメリカ地質調査所）というところで働いていて、地震があったら、日本の気象庁みたいに発表するとか情報出すとかといった仕事をしていました。そこで日本と全く違うのは、カリフォルニアは日本ほど頻繁には地震がないし、常日頃から「地震予知はできない」といっているので、地震が起こったとしても、「みんな水とか準備してください」というぐらいで、地震の時にすることは簡単なものです。それに比べ、日本は、しょっちゅう起こるし被害も大きいこともあり、問題や対応がとても過大で複雑だという印象を受けています。

山極

日本というのは、安全、安心に対する強い期待があるんですね。政府とかあるいは公共の担当者がそれを保障するべきだという前提がある。海外に行って日本に帰ってくると気がついて驚くんですが、電車に乗る時、何度もアナウンスをするわけですね。「電車がきます」「ドアが閉まります」と繰り返しいう。また、どんな橋にも落ちないように必ず手すりがきちんと付けてあって、これを怠って事故が起こると公共の責任ということになるわけです。だから、地震についても、予知に対する期待が、先ほども申し上げたように、過大になりすぎているくらいがある。おっしゃるように地震学は、基礎科学として見ればとても面白い学問であるし、それなりにたくさんの方の学問分野が総合して、その上に予知は成り立っているんだと思います。ただ、庶民の期待としては、天気予報と同じで、予知ができなければ成果が出ず、なおかつ、それは政府の安全、安心対策ときちんとリンクしなければいけないと考えているふしがある。多分アメリカはですね、例えば、地震に弱い建物を建てるというのは、あくまで個人の責任で、そういう情報をきちんと流して対策、コストまでアクセスさせるのが公共の義務で、それ以後は、個人の選択というわけです。でも、日本の場合は、そこまで国や公共が面倒みなくちゃいけないとみなされているんですよ。



モリ

おっしゃった通りのことを感じますね。アメリカで地震のたび、市民に何をいうかという、

「3日間の水や食料を用意してください」というだけです。すぐ自分で責任を持っていかなければならない。それとは違って日本では、すぐに助けに来てくれますね。これいいと思う。アメリカとは全然違う。それと、日本でもう一ついいと思うのは、「緊急地震速報」ですね。揺れる前に情報出て、実際地震がいったら、みんな安心する。アメリカではあまり役に立ってないが、日本では、地震学はいいもの作っていると受け止められているのではないかな。

谷本

ちょっと話がずれるかもしれませんが、地震に関しては、いろんな情報があるわけです。それで、どこまでみなさん知りたいのか。地震学者として、まだ、わからないことは多いのですが、あるところまでいって、長い間研究して来て、その先はわかりませんというのも無責任な気がします。でも、今は、インターネットの時代で、いろいろな研究成果が読めるわけなんです。どこまで知りたいんだろうか、どこまで読むことができるのか。まあ、素人だからいいかという思いもあるんですが…。

山口

確かに、いろんなデータがあるのに見たり聞いたりする側が未熟で、対応できていないという側面があるのかもしれませんが。自分の頭で考えたり決断したりする「自立性」が問われるわけですね。学者の問題の一方で、市民社会の成熟ということも大切ということだと思います。会場から、何か意見質問はありませんか。

五十嵐敏郎（金沢大学大学院自然科学研究科博士課程後期）

日本の陸上に1500個のGPSを置いたというお話でしたが、内陸型の地震予知は絶望的といわれていますね。意味があることなのか。一方、海溝型は予知の可能性があるということなんです。実はこれまで、その手当がされてなく、今度の地震が起こった所で調査が始まったと聞いています。ところが、今回の震源域あたりで次に地震が起こるのは千年先の話です。問題は、東南海など間近に起こりそうなところで、その手当が行われているかどうかなのですが、どうなっているんでしょう。

モリ

いつも地震の後なんです。GPSも神戸の地震の後を受けて設置された。今回は大きなのが海で起きて、それに対応した観測がおこなわれるようになったわけです。いいことだとは思いませんね。

谷本

復興予算でやるものですから、ほんとうは南海トラフの観測を行うべきだとは思いますが、それは許されない。ただ、房総沖とか地震が発生しそうなところが残っていますから、今回設置

されたのは、それには役に立ちますから…。投入される金額はすごい額なんですけど、どうして政府とかを動かしていったいいかわからない。

山口

科学の信頼性というか、科学者と市民が上手に意志疎通、すり合わせができていれば解決できる問題と思うんですね。それにしても、一番緊急性がありそうな南海トラフにお金が使われないというのは日本人の自立性ということにも関係するようにも思います。吉川先生何かお考えはありますか。



吉川佐紀子（京都大学こころの未来研究所所長）

ちょっと今のお話とずれるかもしれませんが、伺いたいことがあります。地震学者の守備範囲というものが地震の起こる仕組みとその予知だとすると、地震に伴って起きる他の自然、地球の大きな変動、これは人間にとってはとても大きなことなんですけど、どういうふうな対応になるのか。それぞれの専門家がそれぞれの分野での研究に対応するということになるのでしょうか。特に、今回の東北の場合、大きな地震だったことに加え、それにとまって起こった津波というのが想定外だったと思うんですが、地震学者は、津波ということまでも含めた研究というものをやっているのか、それとも別の研究なのか、どうなっているのかなと気になりました。

モリ

津波と地震の専門家はほとんど一緒です。滑りが大きかったから、津波が大きかった。地震の大きさを説明できれば、津波の大きさは説明できて、地震学者はよく議論していて問題ないです。ただ、むしろ地震学者と工学者とのギャップですね。長年の懸案ですが、こういう災害があった場合、工学者とどう話し合い連携していくか、これから、いろんな共同研究とか始まるかもしれない。ただ、連携で一つ難しいのは、理学者同士で話すと例えば誤差について、何倍とか何十倍かもしれない、あるいは、こうかもしれないと、あんまりはっきりいわないんです。しかし、工学の人は誤差何割の情報ほしいという。誤差の多いはっきりしない理学の情報を、工学や経済学一般の人がどう使うか、これが大きな問題です。

谷本

工学との連携を考えていくというのはまさに、その通りで大事なことだと思いますね。東北の地震の影響で、700^{キロ}も離れた大阪の咲洲の高層ビルがすごいダメージを受けて大阪府は庁舎の全面移転をあきらめるといった事態になってしまった。地盤と建物の固有周期というのがありますが、それが6秒から7秒で一致し完全に共振して大きく揺れたんですね。こういうことも出てきているので地震学と工学の人との協力は不可欠で、これから工学の人といろいろやっていくこ



とになると思います。

山鹿久木（関西学院大学教授）

都市経済学で防災、減災に関して少しやっているんですが、その立場から少し感想を述べたいと思います。きょうおみえのお二人の地震学者の役割は、はずれとかあっても、先ほど堀場さんがおっしゃったように、ある程度の範囲を持ってとにかくいろいろな可能性の情報を出してほしい。それで最低限の責任が果たされるのではないかと思います。そこから先、被害がどう起こるかというような政策的な誘導はそれぞれの工学者や経済学者などそれぞれの専門家に投げちゃったらいのではないかと。さきほど、情報発信すれば、観光なんかに影響すると心配されていましたが、そんなことを地震学者が懸念する必要はないと思います。

山極

日本人の自立の問題なんですけど、日本の場合には、コミュニティが歴史的にまとまって存続してきたということが最大の復旧の問題なんです。例えば、大きな地震があった時、こんなところに住んでいられない、とすぐに土地を捨てられる人があり、あるいは、土地の値段が安くなれば危険があってもそこに入り込んでくる人が出てきて交替が頻繁に起こるはずなんです。しかし、日本はこういうことが起こりがたい。なぜなら、人とのつながりが人の生き方として重要だからなんです。これがアメリカと違うところで、免疫力を高めて医者にかからないでおこうというセルフメディケーションというのがアメリカではやったのですが、これは、お金がない人が高度の保健医療を受けられなかったからですよ。日本の場合だったら、そういう人がいたら親類一同こぞって助けようとするわけです。しかも、それは、公共がそういう人をほっておいてはいけないという議論が起こってくる。地震もそうで、ひとりの問題、少数の集団の問題に還元できずに、大きなコミュニティの話として均に対処しなければならない問題として跳ね返ってくるからです。だから、日本人が自立してないというよりも、日本人が、歴史的にコミュニティと共に生きてきたという歴史が人々を支えるからなんだろうと思うんですね。その点をやっぱり考えないといけないと思います。

「ワールドカフェまとめ」

スピーカーやディスカッサントも加わってのワールドカフェ、予定時間を過ぎても熱心な話し合いが続きました。

コリン P. A ジョーンズ（同志社大学法科大学院教授）

「安心して・安全に暮らせる」というのがお題でした。安全と安心は分けて考えるべきで

はないかということで、要は、科学でわかっている範囲のところを安全にすることはできるが、それはユニバーサルなもの。安心は主観的なものであって、ある意味では政府の「商品」になっているわけなんですね。あまりにも商品性のところが強調されると、ちょっとゆがんだ方向へ行ってしまうんですね、どうしても。地震が起きることは起きるので、ほんとはちっとも安心じゃないところがあり、安心するためには、ある程度市民が自ら責任を取らなきゃいけない。すると、自己責任の部分の負担が増えるのだろうが、でも、安心が政府の商品になるよりましかな、と。そんな話をしました。

飯嶋 秀樹（同志社大学大学院）

地震の研究について、市民がどんなことを知りたいか。もうひとつは、市民と研究の間がどうあるべきかということをお話しました。その中で、研究者には研究が得意な人と教育が得意な人があり、その特徴を生かし役割を分担しながら研究をやっていると成果がもっと出るのではないかという意見が注目されるものでした。また、研究は予知のためにやっているのではなく、地震のメカニズムを科学的に解明することが一番の醍醐味で、これは何十年とかかることなので後継者を育てながらいつかは役立つという思いを念頭に研究を続けていくことが大事ではないかという意見もありました。そして、予知ができるようになった時はどうするかということもいろいろ議論になったのですが、地震が起きようが起きまいが、とにかく免震住宅に住むのが常識になるよう、科学者と技術者が手を携え頑張るというのが、これからの日本の姿ではないかというのが結論だったように思います。



大原 邦香（帝人エンテック エンジニアリング研究所）

地震学的な予知は、まあ無理かということになったのですが、ディスカッションでは否定的だった地震の前に動物が騒ぎ出すことなどについては、肯定的な意見が出て、もう少し科学的に長期的にこうした行動を見て、ほんとうは地震と関係があるのかどうかもっと調べたらいいというのが大勢となりました。後、地震とコミュニティということに関連して、京都の街の大きさも適度で、コミュニティがしっかりしているし、震災に見舞われたとしても、東京のように、住人が孤独で心がささくれ立つようなことはないだろうというお話も出ました。

三浦 充博（庵営業チームリーダー）

研究者と市民というのはどんな関係かというのが主たる議論でした。研究者が浮世離れて市民感覚をなくすのがいいのか悪いのかということだったんですが、トレンドに流されずにこれは事実、これは違うと、大きな声でいえるかど



うかが、研究者のあるべき姿で、このところに市民との肌感覚の違いがあるわけで、これを埋めるために何をするか。ひとつはジャーナリストに研究成果をきちんと伝えさせる。また、京大、東大というのが共同でシンポジウムを開くなどして、市民に研究の内容を正確に伝えていくことが大事。また、研究者の社会的責任ということと同時に、市民の社会的責任ということもあるということで、市民は自ら知識を身につけ、自分で判断できるようになるための努力をすることをする必要があるのではないかということで話を終えました。

牧野 成将（京都高度技術研究所）

谷本先生に入ってください、議論を進めました。わが班も研究者と市民とのつながりをテーマに話したのですが、どうしてもこの間には乖離がある。それをつなぐ媒介者、翻訳者の存在が必要で今後大事になっていくだろう。当然メディアというのがひとつあるわけですが、研究者の情報をそのまま伝えるだけでなく、ムービーの活用とか伝え方にも工夫をしていかなければならないという意見がありました。市民はそうして情報を受け取った時、最後に意志決定するのは市民ひとり一人なので、自己責任が大切になってくるということで話を終えました。

山口 栄一（同志社大学大学院総合政策科学研究科教授）

では、谷本さん、きょうは、ほんとうにわかりやすいお話をありがとうございました。最後に一つコメントをお願いします。

谷本 俊郎（カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授）

一番大きな印象は、ワールドカフェってのは実に面白いと思いました。講演では、日本でのいつもの反応と同じであんまりリスパンスがないなあと思っていましたが、カフェではいろんな意見が出てとにかく楽しかったです。ありがとうございました。私にとっていちばん大事なのは、研究の内容を、ほんとにみなさんに伝わるよう努力しなければいけないということ。たまに1、2年生を教える時に感じることに近い



んですが、いつも研究者同士でいると「j a r g o n（仲間内の専門語）」ばかり使っているわけです。その方が話が簡単に済みますからね。でも、そういうのではなく、j a r g o nを一言も使わず、どうやって本質を説明するか。きょうはそのつもりで準備をしました。うまくいったかどうかわかりませんが、その努力をすることによって自分自身学んだことがたくさんありました。同時に予想外の意見もたくさん聞かせていただき、ほんとうに感謝しています。ありがとうございました。

（編集 辻 恒人）

