

震災に対応した地理的シミュレーション・ゲームの開発に向けて

水野 勲・長谷川 直子・小田 隆史・桑名 杏奈

I はじめに

2011年3月11日に発生したM9.0の東北太平洋沖地震によって日本列島が地震の活動期に入り、M7.0以上の首都直下地震が起る確率が高まったという(鎌田2013: 1)。このような予想に私たちは危機感を抱きつつも、「まだ地震は来ない、大丈夫」と思い直して、日常のルーティンに戻っていく。なぜ、私たちは首都直下地震の発生产想をそのまま受け止め、何らかの準備をすることが難しいのでしょうか。また、地理学の研究者として、しかも首都圏に在住する者として、首都直下地震の予想にどう向き合えばいいでしょうか。

この2つの問いを、筆者らは次のように考える。第1に、首都直下地震の予想を多くの人々が頭の隅においやろうとするのは、日常生活の中で危機感を持続させることが難しいからだけではない。どのような季節、時間帯、場所で大地震に遭遇するかがわからず、ある種の思考停止となるからと思われる。首都圏のように人口および社会経済活動が密集している地域では、複数の現象が相互に連動して「複合」震災が起きやすく、想定すべき「場合の数」は膨大になる。したがって、さまざまな状況下で、震災時の現象相互の結びつきを明示化した、何らかのシミュレーションを体験できれば、震災の「複雑性」(complexity)を縮減できるであろう¹⁾。

第2に、災害は自然と人間と社会の結びつきによって引き起こされるので、人間・環境関係を重要な課題としてきた地理学は、有効な方法論を提示できる。それは、首都圏の社会経済地区が、自然的特性の地域差の上に歴史的に作られてきた(ex. 山の手と下町)ということだけではない。地理学の「可能論的」伝統によれば(野澤1988: 80-81)、地域を識ることは、そこで生き、域中を巡り歩き、住民の生活に深く溶け合うことであり、その際に、地域的個性＝地理的偶有性(contingence)を評価することであるという²⁾。偶有性は、サイコロを振って出る目の偶然性というよりも、平均的傾向からのわずかな偏差、あるいは何気ない事象が特定の文脈の中で意味をもつことである。首都圏在住の地理学者が首都直下地震に備える手がかりが、ここにある。

以上のような問題意識から、筆者らは首都直下地震に備える一つの方法として、地理的シミュレーション・ゲームの開発が有効であると考え、まずその枠組みを作ることを共同で開始した。この背景には、これまで筆者らが行ってきた、都市群システム(水野1995, Mizuno 2003)、レマン湖や琵琶湖の水循環(Ishiguro and Okubo 2007, 長谷川2012)、サボニウス風車(Kuwana *et al* 2006, 2007)といったシミュレーション研究だけでなく、東日本大震災の住民避難、風評の研究(Oda 2011, 小田 2011)がある。

本稿が参考にする研究群は、次の2つの分野である。第1に、政府や東京都が専門家グループの協力のもとで行った首都直下地震の被害予測である。政府の中央防災会議が2005年に行った「大地震シミュレーション予測」では、この中で物的、人的、社会的な被害が最悪と予想される東京湾北部地震を、専門家による重点的な検討対象とした(坂・地震減災プロジェクトチーム 2005)。そして、地震発生4つの時間帯として、冬の朝5時(1995年、阪神淡路大震災)、秋の朝8時、夏の昼12時(1923年、関東大震災)、冬の夕方18時を選び、震災被害の数値シミュレーションを行っている。また、同様のシミュレーションは、東京都防災会議による「首都圏地震等による被害想定」(東京都防災ホームページ、2012年4月18日公表)³⁾の策定でも行われた。

第2の参考研究群として、地理教育におけるシミュレーション教材の開発がある。もともと地理学は、野外調査、観測、地図作製など、実践的に地域の現実を捉える特徴があるが、これをさらに地理教育の分野で行ったのが、三上(1972)、朝倉(1981)、山口ほか(1989)、山口ほか(1993)、日原(1995)、山口(1999)、井田(2005)などによるシミュレーション教材の研究である。社会科教育におけるシミュレーションとは、山口ほか(1993: 2)によれば、「現実の社会的事象(過去の事象も含む)が持つ構造を、何らかの方法でモデル化・抽象化し、それに基づいて作成された教材・教具を操作または演技することにより、現実世界を模擬的に生起させることである」という。

本稿では、この2つの研究分野の成果を参考に、首都直下地震に大学キャンパスが遭遇した場合を想定して、

地理的シミュレーション教材の枠組み作りを目的とする。

II シミュレーションの再概念化

1. シミュレーションの新たな意義

シミュレーション(simulation)は、原義としては「似ている」(similar)ものを作り出すことであり、ここから模擬実験という訳語があてられた。さしあたりシミュレーションを定義すると、現実を何らかのモデルによって形式化した類似物ということになる。ここで、あらためて再概念化が必要となるのは、この四半世紀におけるコンピュータの処理能力の急速な向上とその低廉化によって、シミュレーションが古典的な意義(予測、近似計算)を越えて、新たな学問的、社会的意義を持ち始めているからである(ボルツ2000)。

まず「学問的」には、複雑性、カオス、非線形現象の科学が1980年代以降に脚光を浴び、そこでは、形態形成やリズム、さらには累積、不連続などの現象を説明するために、新しい数学と新しいコンピュータ・シミュレーションが必須のものとして用いられてきた、ということがある(キャストィ1996, 水野2003)。不確実性や局所性、自己組織化などを扱う複雑性の科学は、初期条件とパラメータ値がわかれば決定論的に将来を予測できると考える画一的な近代科学とは根本的に異なっており、シミュレーション研究を考える場合にこれを無視することはできない。この新しい学問は、数学的には自己言及的(self-referential)な形式をもつ。

そして「社会的」には、生活者の視点に立ったシミュレーション研究が志向され、シミュレーションの社会的意義が問われている(樋口2011)。特に、福島第一原発事故の際におけるSPEEDI(緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム)の計算結果が公開されなかったことは、「シミュレーションは誰のものか」という問題を提起したといえる。すなわち、シミュレーションが社会現象(あるいは自然現象による社会的影響)を対象としていた場合、シミュレーションの①作成、②観測、③計算、④公開と、シミュレーションが対象とする地域の住民との間には、コミュニケーションの問題があったはずである。要するに、シミュレーションの実践者は、シミュレーションの対象地域の住民に対する何らかの責任(responsibility)を負わなければ、住民という生活主体をシミュレーションの単なる客体にすること(権力関係)になる。これに対して、シミュレーションの実践者が、自らの住む(あるいは、家族・親戚、友人、知人が住む)地域を対象とするとき、実践者と住民の間には主体・客体関係だけでなく、主体・主体間の応答可能性(responsibility)が生まれ、そのシミュレーションは自己

言及的になる。

この自己言及性を含むシミュレーションが、学問においては複雑性の科学につながり、社会においては生活者の視点につながるであろう。こうした新しいシミュレーションの視点が、どのような目的をもつのかを、次に論じることにする。

2. シミュレーションの目的

筆者らの考えでは、シミュレーションには、複雑な現実に対する予測、説明、理解の3種類の目的がある。シミュレーションが学問的にも、社会的にもさまざまな意味で用いられ、議論が混同するため、以下で述べる区別をしておくことが重要である。

第1に、現実の「予測」は、シミュレーションに対してもっとも一般的に期待されている目的である。たとえば、津波の浸水予測、気候変動の長期予測、総人口の推計予測、GDPの成長予測などである。社会においてこうしたシミュレーションの例は数限りなくあり、通常は時間軸を含む「事前」の推計である。すなわち、初期条件、境界条件、パラメータ値、関連する変数からなる過程方程式(時刻 t を含む)を特定して、シミュレーションを実行する。この場合、初期条件、境界条件、パラメータ値がほぼ同じならば、同じ結果が出るように、便宜的な理由で線形関数が選ばれる。ここで期待されていることは、現実の「構造」が安定している中での、「定量的」な将来予測である。

第2に、現実の「説明」は、既知の変数間の関係を基にして未知の変数の値を推計するもので、多くの場合に「事後」の推計である。たとえば、地震波による地質構造の推測、建物の強度計算、商圏人口の推計、問診による病気診断などである。こうしたシミュレーションの利用も、枚挙に暇がない。複雑な現実において、すべての変数のデータを観測することはできず、データが得やすい変数から未知の変数を推計する必要がある。たとえば、すでに利用している建物の地震強度を求めるためには、ほぼ同じ建物と地盤を用意して地震の揺れを人工的に作り出し、建物の強度を実験すればよいが、予算が膨大にかかることと、現実の建物すべてを実験できないことから、構造力学の方程式に現実の建物のパラメータを入力して、代替的に推計する。

これに対して、第3の現実の「理解」とは、変数間の関係が相互依存的であり、これに不確実性が伴って累積した結果の「構造変化」を記述するものである(プリゴジン・スタンジェール1986)。変革期、大災害、恐慌などの時期においては、変数相互が安定期とは違って「共振」したり「矛盾」したりすることがあり、そのような

複雑な現実には「定性的」な把握しかできなくなる。たとえば、避難所において女性、高齢者、子ども、外国人、持病をもった人などが、通常時には問題にならなかった事柄が震災時に困難な事態に遭遇するという偶有性をもつ。理解としてのシミュレーションの形式は、非線形関数、ランダム変数、パラメータ変化をもつ。このシミュレーションが描くのは、ありえたかもしれない世界（可能世界）である。しかし可能世界は仮想世界というよりも、現実世界と条件が少し違うだけの世界である。

本稿の目標である震災に対応したシミュレーション・ゲームでは、「理解」を中心とした枠組みが求められているものとする。複雑性の科学は、自然・人間・社会の複雑な現象への新たな洞察を生み出し、また、地理教育におけるシミュレーション教材の意義の一つに、山口ほか(1989: 211)は「学習内容（事象，概念）の実感的理解」をあげ、さらに、政府および東京都の防災会議が行った首都直下地震の被害シミュレーションは、さまざまなシナリオ（可能世界）を想定し、シミュレーションの実践者に多くの首都圏在住者が含まれること、これらすべてが「理解」のシミュレーションに対応している。

「理解」のシミュレーションでは、ありえたかもしれない世界の一つとして現実を捉える。このことを考える上で、シミュレーションとゲームの関係が重要になる。

3. シミュレーションとゲーム

シミュレーションはしばしばゲームと結びつき、コンピュータ・ゲームなどで商業化されている。現実の不確実性をシミュレーションで表現するとき、ゲームが有力な方法になるからであろう。また、国際学術誌（隔月刊）*Simulation & Gaming* が1970年発刊からずっと続いていて、1989年からは日本シミュレーション&ゲーミング

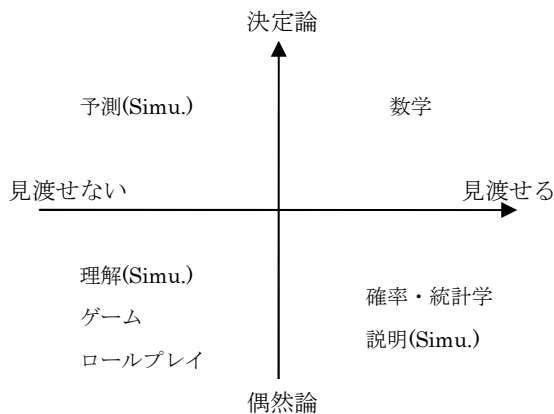


図1 シミュレーションとゲームの関係
Simu. はシミュレーションを示す

学会が設立されている。本稿との関係で、シミュレーションとゲームの関係について、述べておきたい。

図1は、「見渡せる—見渡せない」、「決定論—偶然論」の2つの軸によって、数学、シミュレーション、ゲーム、ロールプレイなどを配置したものである。ここで「見渡せる—見渡せない」とは、数式の導出などによって結果を見渡せるかどうかであり、シミュレーションやゲームでは、初期条件やパラメータ値、規則性がわかったとしても、その結果を見通すことができない。これを数学的に区別すると、「見渡せる」形式は $Y=f(X)$ のような関数型をとるが、「見渡せない」形式は $Y_{t+1}=f(Y_t)$ のような自己言及的な差分型で示される。また「決定論—偶然論」の軸は、乱数が積極的な役割を果たすかどうかである。すべての起りうる場合の数がわかっている確率・統計学は、現実の不確実性を量的に「飼いならす」ことを目指すが、理解のシミュレーション、ゲーム、ロールプレイではすべての起りうる場合を数え上げられず、質的な不確実性を扱っていると言えることができる。

物理化学の分野でシミュレーションとゲームを結び付けて考えた研究者に、「ハイパーサイクル論」のM. アイゲンらの研究グループがある。彼らは自然や社会の組織化をゲームになぞらえ、次のように述べる。「ゲームは、世界の歩み——物質の形成、生命をもつ構造への物質の組織化、さらにまた人間の社会的行動——を、その当初から導いてきた、一つの自然現象である」（アイゲン・ヴィンクラー1981: 4）。そして、こう続ける。「その運命はサイコロに委ねられているのだが、にもかかわらずゲームの規則によって操られている、——自然のなかで偶然が、物理学法則の軌道で支配されるのと同じように。サイコロとゲームの規則は、偶然と自然法則に対する象徴なのである」（アイゲン・ヴィンクラー1981: 6）。

以上のことから、本稿は現実の「理解」としてのシミュレーションを目標とし、ゲームやロールプレイにも通じる複数の主体と偶然性がゲームのルール（シミュレーションにおいては過程方程式）と相互作用し、現象の複雑な組織化が生じるのだと考える。次章では、既存の地理的シミュレーション教材のゲームとしての構造、さらには内容を一般的に検討しておきたい。

III 地理的シミュレーション・ゲームの実践報告

1. 既存の地理的シミュレーション教材

これまで地理教育の分野で多くのシミュレーション教材が開発されてきたが、特に山口ほか(1989)、山口(1999)で報告されている内容が種類も豊富で、実践報告もあるので、この中から乱数を用いたゲーム教材を取り上げ、本稿の参考にしたい（表1）。

第1に、所与の条件がゲームの中で重要な意味をもっていることである。たとえば、「ナイルの洪水」ではナイル河岸の高度差のある土地が設定され、「遊牧民の移動」では雨季、牧草地、山地、市場の特定の分布がまず示され、「インドの農業」では降水量とキビ、米の生産量の関係があらかじめわかっており、「日本の工業立地」では日本の工業立地の歴史の縮図となる原料、燃料、市場、輸送網の分布が地図で示され、「焼津の遠洋漁業」では、漁場、漁期、移動ルート、寄港地、水温分布が地図で示される。これらの所与の条件は、いずれも現実の地域の実態をふまえた設定となっている。

第2に、プレイヤー間の相互作用は、ほとんどないものと想定されている。これは、プレイヤー間の相互作用が考慮されるとゲームが複雑に展開し、地理教育で目標としている人間と環境の関係、地域の自然的、歴史的な特性が見えにくくなることを避けたためであろう。シミュレーション・モデル研究の中で、マルチ・エージェントが考慮されだしたのが近年のことであることを考えると、こうしたシングル・プレイヤーの設定も無理からぬところがある。

第3に、ゲームのルールが単純で、地理教育の中で学習したい内容を絞り込んでいる反面、食料や収益などの経済的側面を特に重視するところが見られる。とはいえ、所与の条件が複雑に設定されているので、ゲームの結果はさまざまに異なったものを導くことができる。所与の条件とともに、ゲームのルールをどのように設定するかは、地理的な現実把握がどれほど正確かに依存してくるであろう。所与の条件が地理的現実の個別性を反映していればいるほど、ゲームのルールは最も重要な経験的規則性を反映している必要がある。

第4に、どのようなシミュレーション・ゲームであれ、乱数が含まれないものはないと言ってよい。たとえば、「ナイルの洪水」では乱数が洪水の高さを決定し、「遊牧民の移動」では乱数が早魃、ツェツェバエ、市場の困難を決定し、「インドの農業」では降水量の決定、子どもの出生・死亡、働き手の死亡、婚姻、病虫害、政府からの支援など9種類の出来事を乱数で決定し、「日本の工業立地」では立地に不確実性を与えるストライキ、輸送費の変化、需要の変化を乱数で決定し、「焼津の遠洋漁業」では漁獲量を決定する。

以上のことにより、地理的シミュレーション教材において、次のことを指摘できる。①所与の条件は地理的現実をふまえた個別のものであること、②ゲームのルールは地理的現実の中で最も重要な規則性に絞って提示されるべきであること、③ゲームのプレイヤーは、相互作用を含んでいると選択の幅が広がり、多様な現実を表現で

きること、④乱数はゲームにおいて小さな役割をもっていたほうが、現実の不確実性の意味を理解する上で重要であること、などがわかる。こうした結論をより具体的に見ていくために、「インドの農業」を実際に行ってみた。

2. 「インドの農業」のゲーム後の討論

表1にもあった「インドの農業」を、教員2名、学生5名で行い、その後に討論を行った。そのときの内容を、実際の会話から抜粋して以下に示しておきたい。なお(水)は水野、(長)は長谷川、(Y)、(K)、(W)は地理学を専攻する学生の発言箇所である。

・・・

—(Y)子どもが生まれると途端に生活が厳しくなる、周りに子どもが生まれすぎるっていう。本当に子どものことばかり考えていました、ゲームをやりながら、人数が減らないかなあって。

—(W) (出生率が) 25%ですもんね。

—(長)それをちょっと裏返すと、人が死んだ方がいいっていう。悲しいなって。結局人数が少なければ取れた穀物の量が同じでも、生活が楽になるんですよ。

—(K)何か奉公に出すとかそういう選択肢が全くないじゃないですか。例えば中絶とかそういう選択肢もあってもいいのだと思うんですけど、そういうのが全くなくてひたすら生まれていくので。

—(W)しかも増えたことで、いずれ働き手になるのに、それも考慮されていない。食べていだけで、マイナスの面しか出てこない。

—(長)というか経済的な視点しかないっていうか、貧乏でもいいから仲良く暮らせればそれで幸せみたいな話が全く無いんですよ。

—(W)このゲームをイギリスの中学高校でやったら、学生たちはどんな気分になるんですかね。

—(K)インドの人達に対して印象が悪くなっちゃうんじゃないかな、と思います。イギリスの子どもとかが何も知らない状態でこれをやった時点で、やけに25%の確率で子どもが生まれる国なんだとか、結構天候ですぐ作用されて安定しなくてもすぐ子どもが生まれて、何かどンドン、そういう国なんだ、とか。

—(長)何かそのインド人に子どもが生まれすぎると生活が大変になるんだよ、ということを知ってもらうためにこのゲームをやるというならまだ理解出来るんですけど。それをイギリス人がやっても、イギリスはそういう社会じゃないし、教育レベルもそうじゃないですよ。

—(水)これの製作が1970年代じゃないかなと思うんですよ、多分。イギリスの地理学の状態は社会地理学っ

表1 地理教育におけるシミュレーション教材の構成

ゲーム名	対象	所与	プレイヤー	ゲームのルール	乱数の役割
ナイルの洪水	洪水による自然環境の灌漑作用	ナイル川岸にある高度に差がある(4.5m~9m) 8つの畑.	各自がゲームを行い、相互関係はない.	洪水の高さによって畑の作物がうるおう範囲が決まり、食糧の自給の程度が決まる.	各年の洪水の高さ(正規乱数に類似した発生分布)
遊牧民の移動	遊牧民の飼う牛と草からみた自然、衛生、市場に対応した生活	雨季、牧草地、山地、市場の分布がメッシュ地図で示される. 最初に、どの部族も200頭の牛を飼う. 毎月100頭増える.	3~4人のグループが一部族として行動し、移動先を決める. 他の部族と同じマスには止まれない.	毎月、1~3マスを自由に移動し、牛の食料となる牧草を求めていく. 市場に滞在したとき、バター、肉、皮を売り、その代金で牛を買える. 貧富の差は、牛の頭数で決まる.	旱魃、ツェツェバエ、市場の困難(11種類の出来事)を、特定の確率分布で発生.
インドの農業	不確実な降水量に左右されやすい農業と生活	1haの耕地を4分割して、少雨に合うキビと多雨に合う米を作付配分する. 1家族は最初4人. 家族には、働き手と子どもがあり、水牛も働き手となる.	各自が世帯主としてゲームを行い、相互関係はない. 家族人数、食料を計算しながら、作付の計画を立てる.	降水量によって、1区画あたりのキビと米の収量が決まる. 家族人数と備蓄食料から一人当たりの食料を計算. 働き手の死亡、水牛の死亡、婚姻移動、病虫害、政府からの肥料配給で、それぞれ穀物の増減が決定.	毎年の降水量を経験的な確率分布で、決定. 子どもの誕生・死亡、働き手の死亡、家畜の死亡、婚姻移動、病虫害、政府からの肥料配給を、特定の確率分布で決定.
日本の工業立地	原料・燃料・市場の分布から予想される戦後の日本の工業立地	原料・燃料・市場、輸送網の分布を示した日本の略図、石炭・鉄鉱石・鉄鋼の原材料カード、工場コマと製品コマ.	5人のプレイヤーが、それぞれ4財閥系企業、1経済官庁を代表して、5ラウンドの工業立地を決める.	原材料、製品に輸送費がかかる. ラウンドごとに決められた順序で、財閥系企業が立地. 経済官庁は取引決済、融資する銀行の役割を果たす. 収益を考慮した立地決定.	鉱山や製鉄所、造船所でストライキ、炭鉱による原材料費の低減、輸送費の増減、市場の需要の増減などを決める.
焼津の遠洋漁業	焼津からミナマグロとメバチの漁獲を計画	漁場、漁期、移動ルート、寄港地、水温分布を示した地図、焼津港でのマグロの水揚げ価格.	4人のプレイヤーと1人の審判員で、1枚の地図で行う. プレイヤー間の相互関係はない.	各漁船で漁獲高を最大にする. 半月を1ターンとし、移動ルートに従って移動は1ターン. 3ヶ月に1度寄港. ミナマグロに漁獲量の制限.	予定漁獲量をサイコロで決める. 漁獲量の増減を決める出来事をサイコロの目で決める.

山口ほか(1989)、山口(1999)から筆者作成

ていうのが強く出てきて、70年代・80年代に、だから多分今のイギリスで、これをこのままやるのは難しいのかもしれないですね。

だからシミュレーションの場合には単純化されているので、全部入れようとする、ボルヘスの縮尺1分の1の地図。あれに近付くんですよ。現場に行っただけがいいって。現場行けば良いとだけ言ったら、お終いって感じが僕はするんですよ。

逆に、シミュレーションで全部を表現しようするのは、僕の考えでは、現地に行っただけになる。つまり、行って本当に経験することと、行ったつもりになることを、同じだと考えてしまう。これもまずい。だからシミュレーションの意義は多分、似ている中にもズレがいつもあることを自覚すること、というかな。

今ゲームに対して不満が出ましたよね。不満が出た後、例えばYさんは、インドにちょっと興味が湧きませんでした？その、不満を通じて。

—(Y)人が死に過ぎだろう、とかは思います。生まれるか死ぬかで病気とか全然ないじゃないですか。

—(水)死に過ぎているんじゃないかとYさんは直感で思っていますよね。そうすると実証的に確かめたくならないですか。

—(Y)ええ、それは、はい。

—(水)それは刺激していますよね。だから多分ちょっとインドに関心が既に向かっているんですね。

けれども実際70年代のイギリス人のインド理解は、これに近かったのかもしれないですよ。シミュレーションの中にこの偏見がそのまま出ちゃって、そうすると異文化の人間がそれを真っ正直にやるとその偏見をモロに感じてしまって、イギリス人のある社会集団が持っている一般常識を肌で感じると思うんですけどね。

—(長)これはそもそも教材として作ったんですよ。目的は何だったのですか。

—(水)目的はあったと思います。あの、70年代以前のイギリス…イギリスだけじゃなくて世界中の地理教育が地誌中心で、地誌って割と記載ばかりで、記載と記載の間の関係が全然論じられてないんですよ。それに対してシステマティックに考えるというかな。

これ(ゲーム)に細かいところは色々文句あると思いますが、たとえば雨、このぐらいの雨だったら米に対してはこういう効果が出るけど、キビに対してはこういう効果が出て、それが食生活とこういう風に結びつくんですよと関連付けていますよね。それを言葉

で説明するのは難しいんだけど、実践することで肌で
連関を理解してしまう。

—(W)このゲームをすることで、偶然の作用がどれだけ
影響するのかっていうのを分かって欲しいから、って
いうものなんですよ。

—(水)それは分からないですね…。サイコロの出方によ
って生きたり死んだりという大きな話ばかり。大き
な偶然は入っているんだけど、小さな偶然は入っ
ていないんですよ。

だから地球上のCO₂の問題を例にすると、CO₂の濃
度が0.何%増えると温度がこうなる(上がる)とか。小さ
な違いが、こういう大きな影響になって表れると。こ
れが小さな偶然なんですよ。

・・・

「インドの農業」ゲームを実際に行ってみて、参加者
が議論のポイントとした内容をまとめると、以下のよう
になる。①このゲームは誰のためのものか、②子どもの
誕生・死亡が高い確率で発生し、土地の作付のみを主体
的に選択できるというルールが単純ではないか、③サイ
コロの役割が大きすぎるのではないか、④インドの農業
の現実をどれだけ反映したゲームになっているのか、⑤
ゲームに対する違和感が現地への関心を高めるのではな
いか、などであった。

3. 「アフリカルチャー」ゲームの実践報告

このゲームを実践した後で、マルチ・エージェントの
ゲームである「アフリカルチャー」ゲームに参加して、
さらに考察を進めた。このゲームは、2012年10月27、
28日の2日間、アイ・シー・ネット(株)の協力により、
お茶の水女子大学グローバル協力センターが主催し、5
大学の学生・教員25名が連携して参加した、大規模なシ
ミュレーション・ゲームであった(お茶の水女子大学グ
ローバル協力センター2013)。

「アフリカルチャー」ゲームとは、参加者がアフリカ
農村住民を演じ、小農家の家族として農作業や家事労働
などの生活を営むシミュレーション・ゲームであり、ロ
ールプレイを通じてアフリカ農村生活の厳しさとダイナ
ミズムを体感するだけでなく、ゲームを通じた「気づき」
によって農村社会に対する理解を深め、自己とアフリカ
農村とのかかわりを見つめなおすことが目標であるとい
う(アイ・シー・ネットWEBページ) 4)。このゲームの
原型には、イギリスの地理学者グラハム・チャップマン
による「緑の革命」ゲームがあり⁵⁾、ピーター・グール
ドはこれを「まじめにゲームする」として紹介した(グ

ールド1994: 129-137)。

このゲームの概要は、以下のとおりである。サブサハ
ラアフリカの農村社会が舞台で、参加者は男性・女性・
子供の3役に分かれ、夫婦で1世帯を構成する(ゲーム参
加者の数や属性に応じて、単身世帯やシングルマザー世
帯など他の世帯類型も設定できる)。ゲーム進行役である
マネージャーに従い、それぞれの配役であるコマを動か
す。ゲームには様々な設定があるが、状況に応じた意思
決定は自由で、参加者は配役になりきり(擬似)農村生
活を営むことになる。ゲームは1年周期で進む。そして
ゲーム終了後は、ゲームを通じて体感したことを振り返
る。

アフリカルチャー・ゲームは、まず「所与」の条件が
多様性をもって設定されている。世帯構成がさまざまに
設定されているだけでなく、コミュニティ、政府、ドナ
ー、NGOなどの主体が登場し、さらに村から遠く離れた
市場町があり、天候などの変化も用意されている。そし
て、「プレイヤー」間の相互作用が広く認められ、世帯間
の協力、贈与、結婚、事業を起こすことなど、新しい関
係、新しいルールが、所与の条件の中からゲーム参加者
によって自由に作り出される。「ゲームのルール」は、各
世帯ごとに自らの家族構成を考えて、全員の栄養状態が
良くなるように作付け、市場での売買、医療費、貯蓄な
どをマネージメントしていくことである。最後に「乱数
の役割」であるが、このゲームの場合、ゲーム参加者全
員に関わる天候の条件は全体的乱数によって決められ、
子どもの誕生や家族構成員の死亡、市場での雇用、事故
などは局所的乱数によって決められるという2段階とな
っている。これらの乱数によって決まる出来事の確率分
布は、アフリカ農村の現実をふまえたものになっている。

要約すれば、「アフリカルチャー」ゲームは、①全体
を見通すことが誰にも(ゲームマネージャーでさえ)不
可能であり、こうした参加者の視野のローカル性は現実
の条件をよく表している、②多様な属性と役割をもつゲ
ーム参加者が自由に相互作用することができ、生活の選
択の幅があること、③2種類の乱数が不確実な出来事を
表現しているが、それらの確率分布が実際の地域調査か
ら得られたものであること、などの特徴をもっている。
参加者の組み合わせによって実に多様なシナリオが可能
であり、ゲーム後の討論によってさらに自分の世帯とは
異なる世帯の状況を知って、アフリカ農村の現実思い
をはせるという「理解」の過程も、ゲームの一部とみな
すことができる。ゲームが多人数の参加、用意周到な準
備、2日ばかりということを除けば、参加者の情動も含

めて多様で広範囲の関心を高めることに成功していたように思われる。

IV 震災の地理的シミュレーション・ゲームに向けて

1. 既存の震災シミュレーション・ゲーム

震災シミュレーション・ゲームの有力なものとして、災害図上訓練DIG (Disaster Imagination Game)⁵⁾、避難所HUG (Hinanzyo Unei Game)⁷⁾、災害対応クロスロード⁸⁾、内閣府シミュレーション⁹⁾がある。これらのゲームを、表1と同様にまとめると表2になる¹⁰⁾。

「災害図上訓練DIG」は、ワークショップの形式で想定される地域の被災状況を地図に書き込みながら、相互に状況を共有するものである。特定の地域について知っている知識を持ち寄り、より高度の地域理解に至ろうとするゲームで、地理学的といえる。「避難所HUG」は、多様な被災状況に合った避難所運営をどのように行ったらよいかを、避難者の多様な属性を考慮しながら、避難所における避難者の配置を行っていくもので、震災当日の状況を多様に疑似体験できる。これに対して、「災害対応クロスロード」は、それぞれの役割に応じて参加者が、ジレンマの多い震災後の状況でどう判断するか、特に少数意見について考察を深める形式となっている。さらに「内閣府防災シミュレータ」は、インターネットで一人で応答できるゲームで、震災に遭遇する場所を選んで、特定の季節・時刻・同伴者・震度などの状況下で、どのような経過が起こりうるかを画面上で知ることになる。

ここで取り上げたゲームは、ワークショップやロールプレイによるものが多く、乱数の役割はなかった。それよりも、参加者の判断、意見交換に重点が置かれている。しかしながら、ゲームにおいて用意された多様な属性(偶有性)やシナリオが、震災時の状況に不確実性をもたらしめている。

2. 震災と地理的シミュレーション・ゲーム

III章において、既存の地理教育におけるシミュレーション教材を検討し、「インドの農業」と「アフリカルチャー」についてゲームを実践してみた。また、震災シミュレータ、ゲームについても既存のものを概観し、そのうちのいくつかを実践してみた。本稿での目的は、この二つのゲーム群を結びつけて、将来の首都直下地震に備える何らかのシミュレーション・ゲームを開発できないか、というものであった。

筆者らの当初の関心は、年1回で画一的な防災訓練(避難訓練、起震車体験など)では、首都直下地震の大規模

性、不確実性、複雑性に対応できないので、何らかの震災シミュレータによって補完すべきでないか、というものであった。そして、①既存の震災シミュレーション・ゲームの紹介と実践を行う機会を大学内でも定期的に設けると同時に、②パソコン・ソフトの形で誰でも自由な時間に震災を疑似体験することが重要と考えた。特に2011年3月11日の東日本大地震を大学キャンパス内のそれぞれの場所で経験した者にとっては、より現実的かつ主体的に、②の開発を行うことができるように思われる。ロールプレイやワークショップではなく、パソコンによるゲームを目標とするのは、大学には多くの年間行事があり、また毎週の授業時間割、会議、学生指導などを考えると、多数の参加者が特定の時間に集合することが困難だと判断したからである。

本研究での検討内容をふまえて、以下のポイントを考慮したシミュレーション・ゲームを今後開発していくことが重要であると考えた。

- ① [時間スケール]: 震災直後の避難行動と、震災後1週間の避難所運営の2種類を考察する。時間 t の状態が時間 $(t+1)$ の状態を決める再帰的なゲームとする。
- ② [空間スケール]: 上記の2種類のゲームに対応して、大学キャンパス内、大学キャンパスと周辺地域の2種類の地理的範囲を考察する。そして、キャンパス内各所の状況が必ずしも相互に把握しきれない、不完全情報下での意思決定を取り入れる。
- ③ [エージェント]: マルチ・エージェントのゲームとする。ただし、プレイヤーが1人で、パソコン内部で仮想した複数の人間の判断、行動と相互作用すると考えるもので、複数のプレイヤーがネット上でロールゲームをするわけではない。
- ④ [所与の条件]: 大学キャンパスおよび周辺地域の実際の情報(建物強度、施設配置、備蓄品、教職員・学生数、広域避難地域人口など)に基づいて、それらを抽象した条件を選ぶ。
- ⑤ [シナリオ]: 地震の種類と規模、季節、曜日、時刻、天候などを設定する。
- ⑥ [人々の属性]: 年齢、性別、国籍、障害や持病の種類、妊婦、教職員・学生・周辺住民・帰宅困難者など、できるだけ多様な人々を想定する。
- ⑦ [ルール]: 人々の行動パターンと、人間どうしの相互作用のパターンの2種類を考慮に入れる。その際に、自分の安全を守るという原則、他の人を助けるとい

表2 震災についてのシミュレーション・ゲームの構成

ゲーム名	対象	所与	プレイヤー	ゲームのルール	乱数の役割
災害図上訓練DIG	地域住民, 関係機関	現地の地図に与えられた被害想定, 地域の特徴	10名程度のグループ. 企画・運営者が必要. プレイヤーどうしの会話あり.	ワークショップ. 推測される被害状況を地図に書き込んでいき, 可視化して状況の共有を図る. 企画・運営者が状況の変化を伝えて, 地図の描きなおしを行う.	なし. どの役割を引き受けるか, いつどのような状況の変化があるかに, 不確実性がある.
避難所HUG	避難所の運営管理者	避難者の年齢, 性別, 国籍などが書かれたカード. 学校敷地・体育館・教室シートと避難者カード. 震災の条件(季節・時刻・天候・震度・ライフライン状況).	数人でグループを作る. 避難者カードの読み上げ係. プレイヤーどうしの会話あり.	避難所運営の作戦会議をグループ内で行い, その後で1世帯ごとに避難者カードを読み上げて, 学校内に配置する. ゲーム終了後に意見交換を行う.	なし. ただし避難者の属性や家族関係が多様で, それらの組合せに不確実性がある.
災害対応クロスロード	住民, 市民, 消防隊員, 病院の職員, 行政担当者など	役割に応じた「問題カード」に, 実際の震災の経験をふまえたジレンマの多い状況を提示.	5~7人. ファシリテータ1名. プレイヤーどうしで意見分布を調べる.	参加者一人一人が自分ならどうするかを考え, グループ内で多数意見のときにポイントをもらう. 1名のみ少数意見の人が, 特別ポイントをもらう.	なし. ただし参加者によって多数意見と少数意見の分布が異なる点に不確実性がある.
内閣府防災シミュレータ	大都市圏住民	学校, 一戸建て, マンション, 電車の中, 地下鉄, 地下街, デパート, 職場, 高層ビルのそれぞれで, シナリオ設定.	1人. インターネットでの応答.	震災に会う場所を選んで, あらかじめ設定してある季節・時刻・家族・震度のシナリオで, 地震直後の経過を予想.	なし. ただし, 地震に遭遇する場所, 状況が多様な組合せが用意されている.

う原則, その場にいる者(ローカルな同伴者)から組織が作られるという原則などを組み合わせる.

- ⑧ [出来事]: 予想外の突発的な事象を, 乱数発生によって導く. ただし, その確率分布は, 先行研究から実証的に得られたデータに基づいて決める.

こうした枠組みに基づいて, 予察的なゲームを作り上げた. その内容については, 本誌掲載の長谷川・桑名(2013)報告を参照されたい. できるだけ多様な条件とシナリオ, 人々において起こると予想される大地震後の過程を, 大学キャンパスという特定の状況にしぼって, 事前にいくつか模擬体験しておくことが, どのようなタイミングと場所で遭遇するかわからない首都直下地震に対して, 柔軟な対応ができるかと考える. 今後は, 本稿で検討した枠組みに基づいて, 具体的な地理的シミュレーション・ゲームの開発に取り組みたい.

[付記] 本稿は, お茶の水女子大学シミュレーション科学教育研究センターの学内共同研究(平成23, 24年度)の成果の一部である.

注

- 1) 「場合の数」(complexion)も「複合」(complex)災害も, 「複雑性」の問題である.
- 2) 水野(2006)も, 立地分析における偶然性の問題として, 同様のことを考察した.
- 3) <http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/pdf/>

assumption_h24outline.pdf (2013年3月25日最終閲覧)

- 4) <http://www2.icnet.co.jp/training/jica/aficulture/> (2013年3月25日最終閲覧)
- 5) Future Agricultures コンソーシアムによる紹介.
<http://fac.dev.ids.ac.uk/research/science-technology-and-innovation/582-green-revolution-game-simulating-the-reality-of-small-scale-farmers-> (2013年3月25日最終閲覧).
- 6) 小村・平野(1997)により開発.
- 7) 静岡県地震防災センターにより開発.
<http://www.e-quakes.pref.shizuoka.a.jp/manabu/hinanjyo-hug/shiryuu.html> (2013年3月25日最終閲覧).
- 8) 矢守・吉川・網代(2005)により開発.
- 9) <http://www.bousai.go.jp/simulator/index.html> (2013年3月25日最終閲覧)
- 10) 防災ゲームの全般的な知識を, 村山良之氏(山形大学教授, 防災教育・地理学)からご教示いただいた.

文献

アイゲン, M.・ヴィンクラー, R. 著, 寺本 英・伊勢典夫・岩橋 保・西尾英之助・終 弓絃訳1981. 『自然と遊戯: 偶然を支配する自然法則』東京化学同人. Eigen, M. und Winkler, R. 1975. *Das Spiel: Naturgesetze steuern den Zufall*. R. Piper & Co. Verlag.

朝倉隆太郎 1981. ゲームとシミュレーション. 朝倉隆太郎・梶哲夫・横山十四男編『中学校社会科教育法』図書文化, 134-144.

井田仁康 2009. シミュレーションとロールプレイング. 中村和郎・谷内 達・犬井 正・高橋伸夫編『地理教育の方法』古今

- 書院, 243-254.
- 小田隆史 2011. 東日本大震災と原子力災害に伴う住民・自治体の移転と学校教育: 福島県いわき市における教育復興支援に向けての現状調査. 日本地理学会2011年度秋季学術大会発表要旨集.
- お茶の水女子大学グローバル協力センター 2013. 『大学間連携イベント「アフリカルチャーゲーム: アフリカの開発と農村の貧困を考える」実施報告書』お茶の水女子大学.
- 鎌田浩毅 2013. 『京大人気講義 生き抜くための地震学』ちくま新書.
- キャストイ, J.L.著, 佐々木光俊訳 1996. 『複雑性とパラドックス』白揚社. Casti, J.L. 1994. *Complexification: Explaining a Paradoxical World through the Science of Surprise*. Harper Collins Publishers.
- グールド, P. 著, 矢野桂司・立岡裕士・水野 勲訳 1994. 『現代地理学のフロンティア (下)』地人書房. Gould, P. 1985. *Geographer at Work*. Routledge & Kegan Paul.
- 長谷川直子・桑名杏奈 2013. 大学キャンパスにおける将来の大規模震災時を想定した防災シミュレーション教材の開発. お茶の水地理 52: 40-44.
- 小村隆史・平野 昌1997. 図上訓練DIG (Disaster Imagination Game) について. 地域安全学会論文報告集, 136-139
- 坂 篤郎・地震減災プロジェクトチーム監修2005. 『巨大地震: 首都直下地震の被害・防災シミュレーション』角川oneテーマ21.
- 野澤秀樹 1988. 『ヴィダール=ド=ラ=ブラーシュ研究』地人書房.
- 長谷川直子2012. 湖岸境界過程. 永田俊・熊谷道夫・吉山浩平編『温暖化の湖沼学』, 京都大学学術出版会, 87-98.
- 樋口知之 2011. 不確実性と予測: 受益者・生活者の視点と目標にたつシミュレーション研究へ. 数学セミナー, 50(12): 8-12.
- 日原高志 1995. 地理教育におけるシミュレーション教材のパソコン・ソフト化とその効果: 「偶然性に支配されるインドの農業」と「遊牧民ゲーム」を例に. 群馬大学社会科学教育論集, 4: 21-32.
- ブリゴジン, I.・スタンジェール, I. 著, 伏見康治・伏見 譲・松枝秀明訳 1986. 『混沌からの秩序』みすず書房. Prigogine, I. and Stengers, I. 1984. *Order out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature*. Bantam Books.
- ボルツ, N. 著, 山本 尤訳 2000. 『カオスとシミュレーション』法政大学出版局. Boltz, N. 1992. *Die Welt als Chaos und als Simulation*. Wilhelm Fint Verlag.
- 三上昭荘 1972. 高校地理プロジェクト(HSGP)におけるシミュレーションゲーム教材について. 社会科学研究 21: 1-7.
- 水野 勲 1995. 自己組織化論による都市群システムのモデルとその応用: システム概念の再定義. 人文地理 47: 155-173.
- 水野 勲 2003. 複雑系科学の応用. 杉浦芳夫編『地理空間分析』朝倉書店, 145-175.
- 水野 勲 2006. 立地分析における偶然性の多重的な役割について. お茶の水地理 46: 1-12.
- 山口幸男 1999. 『新・シミュレーション教材の開発と実践』古今書院.
- 山口幸男・西脇保幸・植村松秀編 1993. 『シミュレーション教材の開発と実践』古今書院.
- 山口幸男・渡辺敦子・植村松秀・大塚一雄・相澤善雄・松岡路秀・石原良人・青木琢哉・西脇保幸 1989. 地理教育におけるシミュレーション教材の実践的研究. 群馬大学教育実践研究, 6: 211-271.
- 矢守克也・吉川肇子・網代 剛 2005. 『震災ゲームで学ぶリスク・コミュニケーション・クロスロードへの招待』ナカニシヤ出版.
- Ishiguro, N. and Okubo, K. 2007. Double-diffusive convection in the thermocline of lake Geneva. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 29, Part4: 1833- 1836.
- Kuwana A., Sato Y. and Kawamura T. 2006. Numerical simulation of the performance of modified Savonius rotors for the purpose of pumping water. *Fifth China-Japan Joint Workshop on CFD Proceeding*, 364-369.
- Kuwana A., Sato Y. and Kawamura T. 2007. Numerical simulation of the performance of modified Savonius rotors for the purpose of pumping water. *CFD Journal*, 15(4): 632-637.
- Mizuno, I. 2003. Geographical model of a self-organising megalopolis with time-space convergence. In Boots, B., Okabe, A., and Thomas, R. eds. *Modelling Geographical Systems*. Kluwer Academic Publishers, 97-117.
- Oda, T. 2011. Grasping the Fukushima displacement and diaspora: 3.11 disasters in Japan relocating people and local governments beyond borders. *2011 East Japan Earthquake Bulletin, online, Tohoku Geographical Association*.

みずの・いさお*

はせがわ・なおこ*

おだ・たかし**

くわな・あんな**

ンター

* お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科

(所属は, 2013年3月現在のもの)

** お茶の水女子大学シミュレーション科学教育研究セ

Towards the Development of Geographical Simulation Game about Earthquake Disaster

MIZUNO Isao, HASEGAWA Naoko (Humanities and Sciences, Ochanomizu University),
ODA Takashi and KUWANA Anna (Center for Simulation Studies, Ochanomizu University)