

大学教養科目「地球と災害」その2. 「破局災害とリスク評価」編

A General Subject "Earth and Disasters" Part.2 Catastrophic Events and "Risk Evaluation"

岡本 義雄(大阪教育大学非常勤講師)
Yoshio Okamoto (Osaka-Kyoiku University parttime lecturer)

Abstract

Following the discussion of earthquake-related phenomena as the Part1, we move on to the volcanic eruptions, causing considerable damages to our society. After a brief introduction about the summit angle of Mt.Fuji, various types of eruptions and disasters in our history are lectured by watching National Geographic Video "Volcano" and resources. Some researchers already complete the risk evaluation diagrams or tables about earthquakes or volcanic eruptions. Therefore, we can discuss the risks within themselves or compare them to other incidents or accidents.

Similar to earthquakes, we can recognize the same "power laws" on the log-log plots of sizes and frequencies of these themes. However, compared to earthquakes, which are relatively short-term disasters, volcanic disasters are more challenging to predict when and how much damage will be caused. Suppose we encounter such a catastrophic volcanic eruption, which has been recorded in our geo-history. In that case, we have to leave our country and escape to anywhere as "volcanic refugees."

In our following lectures, apart from the disasters, global tectonics are lectured to explain the fundamental cause of such disasters. After that, we move on to the final stories, focused on the mass extinctions related to climate changes or huge meteor impacts recorded in our geo-history archives. And at this point, we realize that even our advanced technology can never control or prevent such catastrophic events. So, our only way is "to give up comprehensively with a confidential spirit." Through our lectures, the students can learn the outlines of natural disasters by scientifically possibly happen on our earth. At the same time, they can get a new view about nature as humans living in our disaster country.

Keyword: natural disaster, power law, volcanic eruption, meteor impact, mass extinction

1. はじめに

前稿の Part1 でも述べたように、筆者は 2011 年東北地方太平洋沖地震の翌年の 2012 年度から、大阪教育大学の一般教養科目として「地球と災害」というタイトルの講座を担当している。Part1 では地球にもたらされる自然災害の中で、まず地震に着目し。その基本的性質から「べき乗則」を講義の軸として建てた。後半は、火山やその他の災害にも共通する「べき乗則」に着目し、さらに地球史のアーカイブに記録された地球規模の災害までを視野に入れることにする。

学生に「地震と火山とどちらが怖いと思うか」と問われ、東北地震の被災者の方々には本当に申し訳ないが、筆者は火山の方がはるかに怖いと答えた。歴史に残された火山噴火の規模も時間も、短期間で波動としての現象が収束する地震とは比較にならない。そしていつまでその噴火の影響が続くのは予想もつかない。一方、地質学の分野を紐解けば、地層に残された地球史のページには、その火山噴火を上回る規模の、気候

変動や隕石衝突などの破局的災害が、記録されている。それらの災害のシナリオも考慮することにする。さらに本稿では Part1 で省略した、教育に関する議論、防災に関する提言も簡単に触れる。

2. 講義の概要

Part1 の地震に引き続き、後半では火山に関する、一通りの科学的知見を紹介する。この中で特に火山研究者であるクラフト夫妻が撮影した火山噴火のビデオ(National Geographic Volcano,2003)の視聴を中心に、歴史的な噴火や災害の詳しい解説を資料を交えて行う。そのクラフト夫妻が、1991 年6月3日雲仙普賢岳で命を落とす経緯は、Part1 で紹介したように、本講義の初講時にすでに紹介した古い TV カメラによる解像度の低い記録である。高解像度のコンピュータグラフィックス処理を用いた様々な火山解説ビデオが存在するなか、私がこの低解像度のビデオを今更ながら、教材として使用する理由は、何よりもそのビデオが記録しているのが、計算機の中の仮想の計算ではなく、歴史の真実の記録であるからだ。これを学生に告げて後半の講義を開始する。さらに地球に関連する他の災害をもたらす「気候変動」「隕石衝突」などは地球史との関連で、特に地球温暖化論争、恐竜絶滅論争などを中心に詳しく紹介する。これらの災害をもたらすメインエンジンといえるプレートテクトニクス概念も時間を取って扱う。Part1 の付録に記載した本講義のシラバスも参考にされたい。なお、本講義では、火山の災害など、固体地球が原因の災害に特化し、気象関連の災害(洪水、山崩れなど)については、気候変動に関連するものを除いて扱わない。

4-1. 火山, その導入

火山の話をする時に、私がいつも教室で行う小ネタであるが、まず「ノートに自由に富士山の絵を描いてください」と、学生に告げる。それとできるだけ真実の富士山に近い輪郭だけを、記憶から描くようにと伝える。数分で出来上がる絵を前に、分度器を必要数配って、その山頂の角度(頂角)を測らせる。次の図がその記録例である。真実の富士の頂角は、実は昭和の文豪太宰治が、その名作「富嶽百景」(太宰治,1939)の書き出しに書いているとおり、約 120 度になる。学生の描いた富士はほとんどそれより狭い角度をなす。それもすでに太宰が小説に書いている。同時に他の火山の写真から実際に筆者が頂角を測った例を見せ、真実の火山は記憶よりも、はるかになだらかであるということを見せる。脳科学者、池谷裕二氏の「単純な脳、複雑な私」(池谷,2009)の内容を紹介しながら、人間の脳は自然を見たままに記憶するのではなく、デフォルメして記憶する実態を学生に体験させて、火山や後半の講義への興味を深める導入にしている。

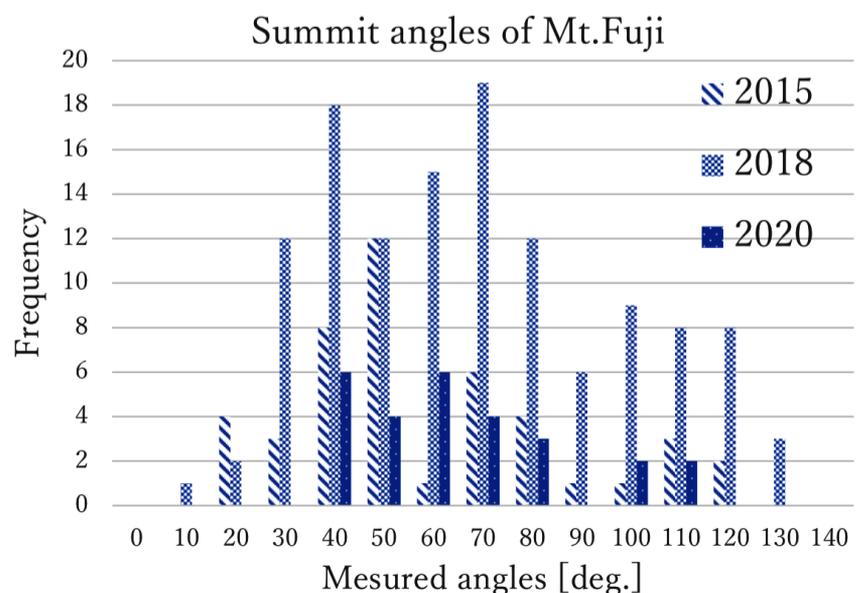


図 1. 学生の描いた富士山の頂角の度数分布(3つの年度の比較表示)。正解の 120 度は稀で、それよりはるかに狭い角度を描く学生が多い。

4-2. 火山各論

上記導入のあと、ナショナルジオグラフィックの Volcano のビデオ映画に従って、まず歴史上の噴火を時代に沿って再現する。詳しい資料も同時に用意し、火山噴火の様々な形態、災害の種類などを提示する。ビデオが扱う噴火を以下に箇条書きにする。

- 1) アイスランド南方スツエ島の、海底噴火に伴うマグマ水蒸気爆発
 - 2) ハワイ島の溶岩噴泉と溶岩流など
 - 3) 桜島のブルカノ式噴火と火山雷、火山灰被害 などが続く。
- ここで一通り、マグマ成分の違いや、水の存在に伴う噴火様式の諸形態を紹介。そしてビデオは一転、歴史上の噴火に移る。()内はエピソード。
- 4) 紀元前 1500 年サントリーニ島カルデラ噴火と島の消滅(アトランティス伝説の起源?)
 - 5) AD79 年ベスピオス火山&ポンペイの悲劇(石こうでとられた人型の話など)
 - 6) 西インド諸島マルチニク島 1902 年 Mt.Pree の火砕流とサンピエールの惨劇、(その中での 1 人の囚人のサバイバル談)
 - 7) そして 1990 年雲仙普賢岳の火砕流(クラフト夫妻のアンソロジーと悲劇)と続く。このほかに
 - 8) 1980 年 St.Helens の山体崩壊とその瞬間を捉えた連続写真。
 - 9) 1816 年 Mt.Tambora のここ 2000 年で最大の噴火と気候変動(夏のない年、ターナーの水彩画で異様な夕焼けの風景。成層圏に舞い上がった火山灰による)

さらにビデオから離れて、

- 9) 1980 年カメルーンニオス湖の火山ガス(CO₂)災害、関連して 2000 年三宅島の噴火(筆者の 2007 年時点の三宅島の訪問記)。
- 10) 1986 年ネバドデルルイス、泥流災害(一人の少女の死)
- 11) 1982 年インドネシアガルングン火山(BA009 便のジャンボジェット機、インドネシア上空で火山灰に遭遇、エンジン4発とも停止、のち奇跡の復活と生還) などが紹介される。

4-2 噴火の規模と「べき乗則」、さらに他の例

火山各論のあと、噴火の規模の統計則に移る。スミソニアン博物館が公表した、歴史上の火山噴火に関する規模(VEI, 火山爆発指数や、噴出量の推定から決める)と頻度を、学生にデータからグラフをプロットさせる。図のようにこちらも見事な「べき乗則(分布)」が再現される。

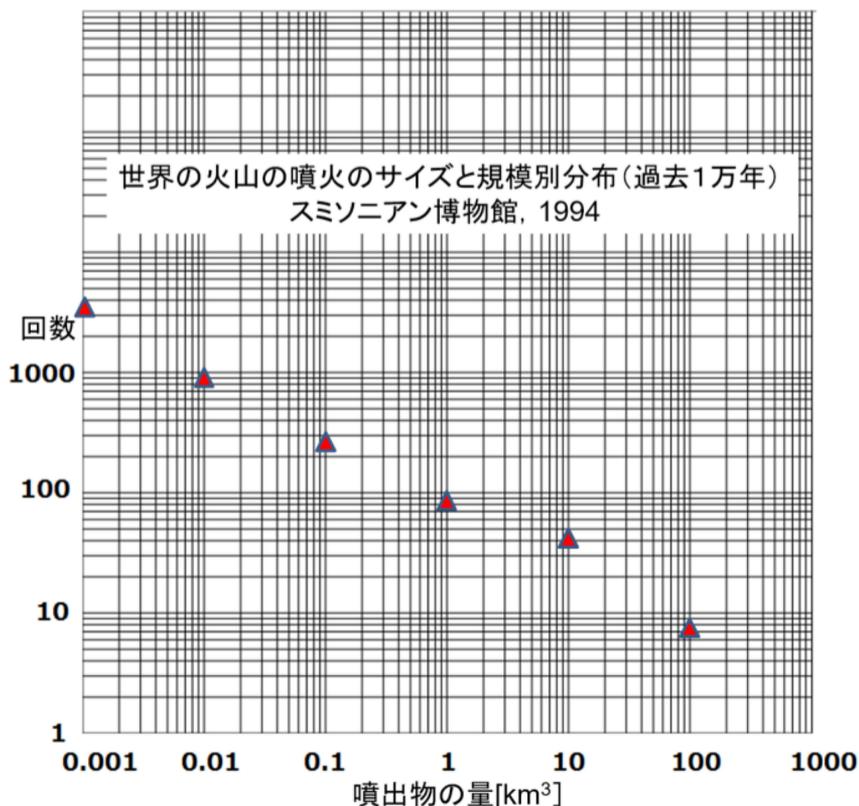


図 2.世界の火山噴火のサイズと規模別分布の筆者によるプロット。学生にも実習としてプロットさせている(過去 1 万年、データはスミソニアン博物館,1994 を掲載した「火山爆発指数」の Wikipedia,より)。

さらに、地学現象のなかの「べき乗則」としては、ほかに「月や惑星のクレータの直径と頻度」(例えば Hartmann,2005)が知られる。次の図は、火星表面におけるクレータの直径と頻度分布を、筆者が顧問していた地学部の高校生がグラフ化したものである。

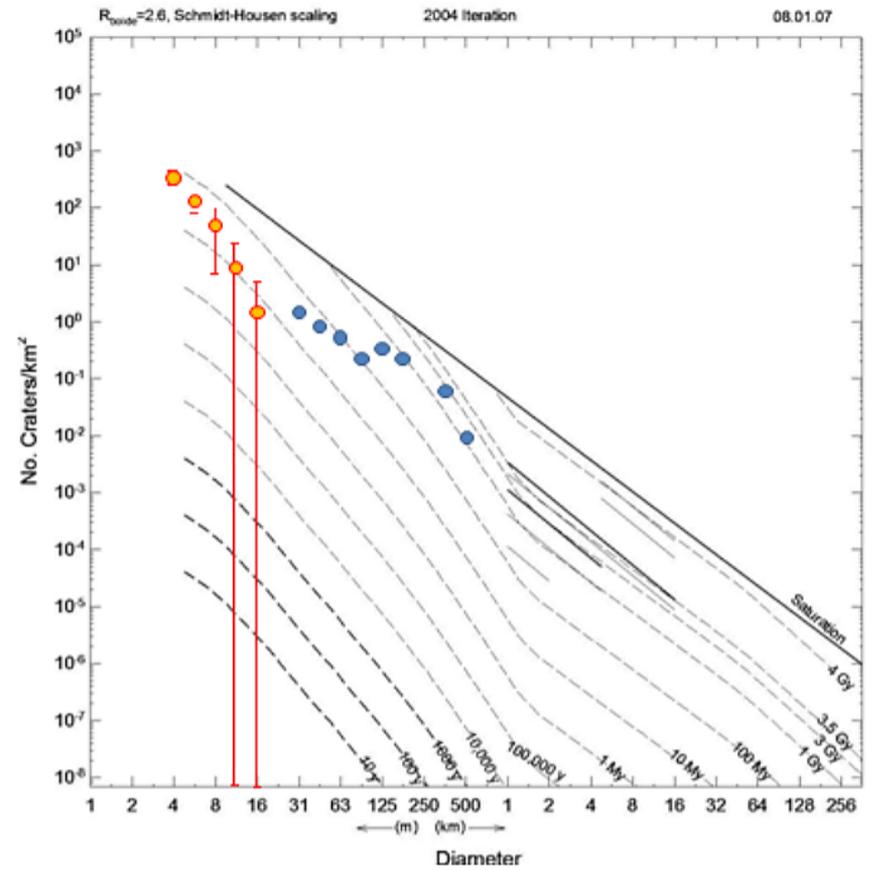


図 3.火星表面クレータの直径(サイズ)と頻度分布の一例(高校生によるカウントデータ):小林ほか(2011):「火星のあばたもえくぼ?」日本惑星科学連合高校生セッション予稿集より,元図は Hartmann(2004)を用いた。

ここでも見事な自然現象のサイズと頻度に関する「べき乗則」がみて取れる。クレータサイズ(直径)は衝突した隕石の直径と、リニアに比例することが知られている(例えば、伊藤孝士,2007)ので、これはそのクレータ形成に関わった、隕石のサイズと頻度分布が「べき乗則」に従うことにほかならない。その結果は、地球史を揺るがすカタストロピックな生物大量絶滅事件、とりわけ K/T 境界での恐竜絶滅事件の原因にすら、「べき乗則」が関連しているということになるがこれは終章で検討する。

4-3 他の統計分布

ここまで Part1 を含めて「べき乗則」にばかり焦点を当てたが、学生の誤解を解くために、他の統計関係にも簡単に触れる。たとえば放射線の減衰や、預貯金・借金の複利増減は指数関数(分布)で表現される。自然現象にはこのタイプも数多い。また一見「べき乗則」に似るが、実は異なるもの(対数正規分布など)もある。講義ではラーメンの油の直径と頻度分布(筆者が測定)のグラフを紹介している。べき分布に似るが、直線からはかなり外れる。

さらに普段目にする多くの、人の体重や身長、クラスの成績分布などは、平均や標準偏差が定義できる「ガウス分布」(正規分布)に近いものとなる。すべての世の中の統計が「べき乗則」になるわけではないので、これらの統計分布の違いにも留意するように学生には注意を振り向けさせている。

4-4. 災害のべき乗則とリスク評価、そして我々の覚悟

これら今まで述べてきた自然災害の統計に共通する性質を、筆者は「災害のべき乗則」と呼んでいる。筆者の試験問題でこれを学生に問う。この基本的な性質は何かと。G-R 則のところでも述べたように、災害データの統計期間を伸ばすと、災害の最大規模は、いくらでも大きくなる。つまり「災害には想定外が存在しない」

という結論になる。同時に大規模な災害ほど、実際に発生する確率は低くなる。これを火山の専門家小山真人氏は「低頻度大規模災害」(小山, 2014)と呼んだ。災害発生の一側面を理解するのに重要な指摘であると思われる。この問題は究極的に、それでは史上最大の地震や、火山噴火あるいは隕石衝突の規模はどこまで大きくなるのかという問いに行き当たる。これについては次章で議論する。

他方、災害で死にいたるリスクと災害のサイズを比較する議論も興味深い。人間は自分たちの死と関連するリスクを定量的に評価することには慣れていない。しかし先駆的な火山研究者により、リスク評価の仕事が報告されている。(例えば早川, 2014, 小山, 2014)。また政府の地震活動に関する報告を上げている地震調査本部(2010)は、次のような図を公開している。これは自然災害とりわけ地震の頻度を、人間が生涯被る可能性のある、事故遭遇確率との比較に置いて論じている点で画期的なもので、講義でも資料として配布している。

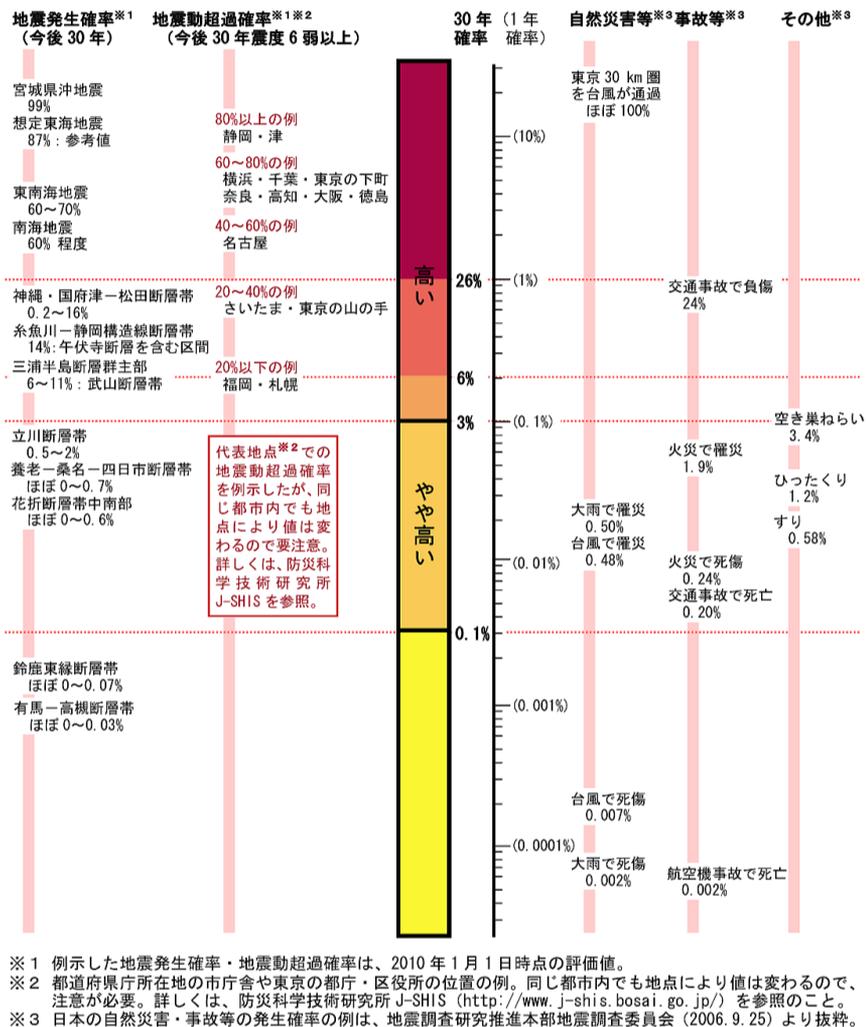


図4.地震調査研究推進本部地震調査委員会「全国地震動予測地図 地図2010年版」手引・解説編より

さらに小山(2014)や神戸大学(2014)は、日本列島におこる自然災害としては、歴史上最大規模と思われる、巨大カルデラ噴火による、リスクを定量評価した図を発表している。ここでは小山(2014)のものを紹介する。

この図からは、巨大カルデラ噴火というまさに「低頻度大規模災害」の極端な例さえも、小山らの定義するリスクで比較すると、1000年に一度程度の規模噴火とあまり変わらないどころか、やや上回る場合もあることが確認できる。これは、大規模災害ほど死者は多いが、発生確率が下がることが、トレードオフになって、結局リスクは災害のサイズにあまり拠らない(リスクの平準化が生じる)。別の言い方をすると、ふだん生じるわけないと高をくくっている、破局的な火山災害のリスクは、最近の歴史に記録された火山災害と比較して、決して小さくない。これは意外なリスクの側面といえる。

講義ではさらに、阿蘇4火砕流(9万年前)の火山灰層厚分布(Tatsumi & Suzuki, 2014)を示す。これがもし今、生じれば、短期と長期に分けて、日本列島に何が起こるかというシナリオを、試験問題として学生に考えさせている。私の意見では、この種の災害が生じると、我々は

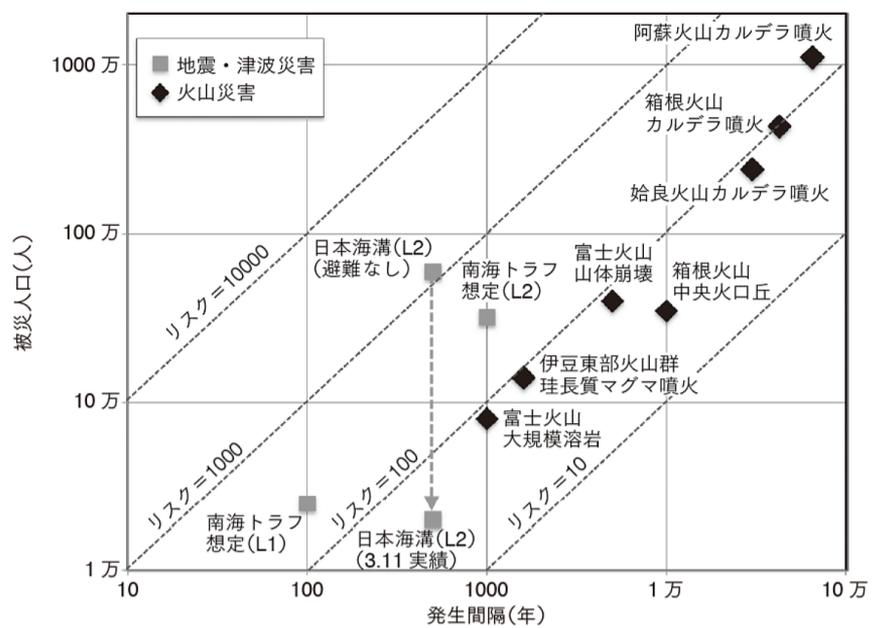


図5.災害リスクを定量・比較するためのIPプロット

図5.災害リスクを定量・比較するためのIPプロット(小山, 2014より)。巨大カルデラ噴火はリスク=100の上下にあり、リスクは伊豆東部火山群や富士火山などの大規模噴火とさほど変わらないか、むしろ上回っている。

住み慣れた国土を捨てて、海外に居場所を求める「火山難民 (Volcanic Refugee), 筆者の造語」として国を出ていく必要性が生じる。TV ニュースで報じられる内戦による難民が、決して他人事ではない、自然災害史の記録された国に住んでいるのだと、学生が気づく瞬間でもある。

さらに危ないのは日本だけではない。史上最大規模の噴火は過去3度とも、いずれもイエローストーン地域など、アメリカ合衆国で起こっている(例えば、The COMET Program/USGS, 2005)。これがもし、現在生じると、米国民の1/3から1/2は、隣国メキシコとカナダに、同じく火山難民として出ていく羽目に陥る(メキシコとの国境に壁を築いた、先代米国大統領の在任時期の講義では、学生は筆者のこの皮肉をよく理解してくれた)。これら一連の話は国内の授業だけでなく、筆者がタイ滞在中に、火山災害には無縁の国でも、高校の授業や理科教員の研修の折によく話した。この種の話の最後に、我々が難民としてあなた方の国の門を叩いた時、どうかわが国民を笑顔で受け入れてほしいと懇願することにしていった。聴衆はいつも笑顔で歓迎の拍手をしてくれた。この話はとり分け、タイの高校生や教員に、日本の災害国家としての側面を示し、感銘を与えたと自負している。

4-5 気候変動と災害

ここで、講義で取り扱う気候変動について触れておく。地球温暖化と関連して地球の気候変動史は重要である。そして近年地球温暖化論争(たとえば江守, 2012)という形で、基本的な気候変動の捉え方も揺らいでいるように見える。そこで筆者の専門外であるが、地球の気候変動史に限って1コマを設けて、議論している。最初に古気候の代替指標の話として、木の年輪、氷床コアの話をする。ここで特に氷床コアの解析からわかった南極氷床と第4紀の気候変動(氷河期)、さらにそのドライビングフォースとしてのミランコビッチサイクルの原因論に至る。この過程で興味を引くために、大西洋の急速な寒冷化シナリオを元に製作された映画「Day After Tomorrow」の冒頭シーンの視聴もする。その後、生物大量絶滅との関連で、地球史と気候変動との関連に触れる程度で終えた。気候変動は目に見える形の災害としては発現しにくいということで、扱いを少なく留めた。

4-6. 災害の最大規模について

ここから、地球史のアーカイブに残された最大規模の災害について考える。これまで述べたように「災害のべき乗則」を敷衍すると、長い期間をとればとるほど、大きな災害が期待される。しかし当然ながら限界が生じる。これも学生に考えさせる。地震の場合は専門家も論じていて松澤(2012)はこれが M10 程度と試算している。地下の断層の大きさの幾何学的限界(地球の大きさと、岩石が壊れやすい層の下限の深さなどを総合したもの)を計算したものである。そこで学生に問う。それでは、その地下の断層サイズ以上の地震は、地球上には発生しないのかと。答えは当然、”否”である。

学生には外力による災害を考えさせる。やがて何人かの学生が、隕石衝突に思い至る。それでは、それによる限界はいくらなのかと。そこに至る前に先に、火山噴火の限界サイズも考えておく。

火山の噴火サイズはマグマ溜りの大きさに関する規制がかかる。こちらは地球内因のマグマであるが、地震同様に外因としては巨大隕石衝突の際の熱災害の規模が思い浮かぶ。これが地球最大規模の火山噴火を越えるであろうことは、容易に予想できる。詳細は講義の終章に近い章で、隕石衝突と生物大量絶滅の話、とりわけ恐竜絶滅のシナリオの内容を紹介している。ここに至って隕石衝突の大きさの限界は、実に地球全体の破壊と関連があることに思い至る。つまり、隕石衝突の最大規模は地球が壊れない範囲、というここでも幾何学的大きさの規制がかかることがわかる。

これに関連して、月の生成に関する「衝突説」にも言及する。さいわい筆者は月の生成に関する「ジャイアントインパクト仮説(Hartmann・Davis, 1975)」の提唱者 W.Hartmann 氏と交流があるので、その逸話を紹介する。

写真は筆者が 2011 年 12 月に、アリゾナ州ツーソンにある Hartmann 氏が創設された PSI(Planetary Science Institute, 惑星科学研究所)に招かれた時のものである。



図 6.月の起源に関する Giant Impact 説を唱えた、W.Hartmann 氏と PSI のスタッフ。筆者作成の 3D 震源地図に見入る Hartmann 氏(左端)。

当時勤務先の地学部の研究発表を通じて、その分析の元になるチャートに関して質問をした Hartmann 博士から、親切なアドバイスを頂いた他、学会で米国サンフランシスコを訪れた折りに、博士の創立した PSI(惑星科学研究所)を博士のご厚意で訪れた経過などを講義で紹介する。

また月が昔は地球に近かったことを示す、南アフリカ、バーバートの地層の潮汐で生成したクロスラミナの写真(筆者が 2010 年の地質巡検の際に撮影、下図)なども参考に、地球史の黎明期の話はこのときしている。地球史を月の生成まで遡ったところで、地球史の話の幕を閉じる。

以上が「火山と破局災害に関する地球史」についての、後半の講義内容の流れである。



図 7.南アフリカ、バーバートの Moodies Group の砂岩層(32 億年前)に残された、潮汐起源のクロスラミナ。この潮汐周期の解析より、当時の月の公転軌道は円軌道に近く、周期も 20 日ほどで、現在よりも地球に近かったことが導かれる。これは間接的に、Giant Impact 説の傍証となる(Eriksson ほか, 2000, 写真は筆者撮影)。

5. オピニオンリーダーたちの災害感

災害の科学的講義の合間に、通常の講義とは別に、筆者が感銘を受けた友人やオピニオンリーダーたちの防災への提言を、プリントアウトして講義で紹介している。さらにその提言に対する学生のコメントを、出席カードの課題として提出させるほか、試験問題にもしている。毎年紹介するのは次の 3 つの提言である。

1) 桑原央治:「あきらめるといふこと」(桑原, 2011), これと関連する「防災教育と自然観」(桑原, 1997)も資料として提供。

本稿のモチベーションとなった提言で、2011 年の津波のあとに書かれたもの。ご自身の三原山噴火に遭遇し、港から逃げる際の出来事をモチーフにエッセイにされている。彼のエッセイに触発された筆者の思いを本稿の最後に記す。

2) 小山真人:「脅しの防災を止めよう」(小山, 2002 などより筆者作成資料)

この提言では、多くの防災教育が、災害の怖さのみを強調し、避難や準備だけを呼びかけるだけ(脅しの防災)になりがちなのに警鐘を鳴らす。筆者の講義もともすれば、同様の道を歩む危険がある。それに対して、低頻度大規模災害は、ふだんは災害のことを気にせず、自然に親しみ、例えば火山の恩恵の側面も考えるべきだと説く。詳しくは文献を参照されたい。

3) 片田敏孝:「未来授業 ~明日の日本人たちへ」(片田, 2016)

筆者の講義を受講する学生の中には、防災教育に関心を持つ学生も多い。そうした学生のために、いわば防災教育の師匠ともいふべき、あの「釜石の奇跡」をもたらした片田氏への、このインタビュー記事は衝撃であった。誰もが簡単に考える防災意識の、世代から世代への伝承がどれほど困難なものであるかを、見事に語っている。生半可な気持ちで防災教育なんてできない、という真摯な姿勢を学生に読み取ってほしいと願ってこれを紹介している。

6. 教育関連の話題

教員を目指す学生も多いので、次の話題を講義の冒頭で不定期に取り上げた。いずれも、現在の学校教育がかかえる問題と関連するが、あまり他では取り上げられない話題だと考えている。タイトルを次に挙げておく(引用は省略する)。

・カーン・アカデミーの反転授業の試行: TED のサルマンカーンの講演動画

・社会派ブロガー「ちきりん」の資料: 「リーダーシップについて」

- ・なぜ勉強するのか?
- ・教育と市場原理は相いれるか
- ・教育における評価とは
- ・学校はサービス業か
- ・非線形な世界をどうとらえるか
- ・科学は楽しいのか?勉強は楽しいのか? など.

いずれも講義の冒頭に趣旨を説明して、各回の講義の最後にコメントカードに講義へのコメントも含めて学生の意見を書かせている。多様な教育全般に対する学生の意見とともに、各回の講義に対するフィードバックもこれで確認できる。

7. 評価と議論

最後に学生による授業評価の一端を紹介しておく。Part1, Part2を通したのものになることを了承いただきたい。

これら半年間の筆者の講義の評価を行うために、各回のコメントカードとは別に、「べき乗則」に限定した学生アンケートを今年度に限って、講義終了時に実施した。回収期間が短く、また Moodle によるネットシステムを用いたので、回収率は低かったが、幾つかの興味あるフィードバックが得られた。さらに各回のコメントカードの内容も、授業評価の分析に加えた。学生からは、おおむね好意的なコメントや評価が得られた。回収率は 27 名中 13 名であった。

災害の「べき乗則」についてのアンケート

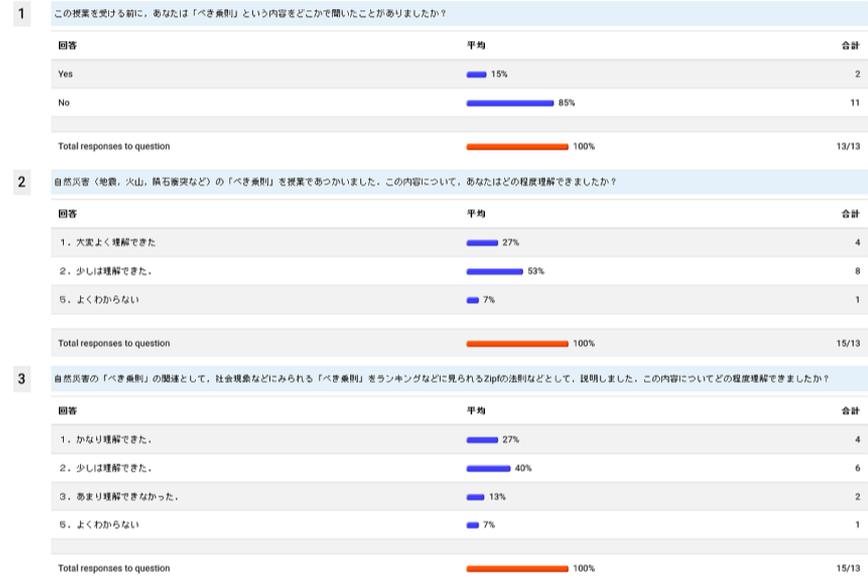


図 8. 「べき乗則」に限った学生アンケート。すべての講義が終わった試験の日に Moodle で実施した。回答数は常時出席者 27 名中 13 名と少なかった。

以下自由記述の問いとその回答結果(内容は Part1 も参考にしてほしい)

問. 社会現象に関する「べき乗則」のあなたの理解度とは関係なく、授業で説明した例の中であなたがとても興味を持ったのは何ですか(複数回答可)?

- サッカーのゴールランキング 5名/13 名中
- AKB48 総選挙ランキング 4名/13 名中
- その他、思い出せないなど4名/13 名中

問. この授業で「べき乗則」のことを勉強して、あるいはどこかで役立ちそうですか?あるいはあまり役に立たないようですか?もし役立つならどんな場面ですか?あるいは何か考え方に変化を生じましたか?など自由に記述してください(抜粋のみ)。

A さん: 自然界や社会に存在する様々なことが「べき乗則」にリンクしている! という発見が出来るという意味で、私自身はワクワクすることができると思います。それらに対する理解の手助けには大いに貢献すると思いますが、その他で考えると、あまり思いつかないというのが正直な感想です。

B さん: どこかで役に立つと思います。かなり抽象的ではありますが何か研究をすることになり、データを扱う時に役に立つかも知れないと思

ました。仮に研究等で役に立たなさそうだととしても、授業を通じて身近なものにもべき乗則が成り立つことがわかったので、話題作りに役立つかも知れないと思いました。

C さん: 役立つようには思えなかったが、世の中はべき乗則で成り立っているものが多いことには非常に驚いた。各データを集めると反比例のグラフになるものが多く、世界ってすごいなという感情を持った。

D さん: 「私にとっては」、正直、あまり役に立たないと思います。なぜなら、私はべき乗則を完全には理解しておらず、大変興味を持ったかという、そうではないからです。その状態で何かに応用できるかといわれると、なかなか難しいと思います。しかし、私以上にべき乗則について勉強している人にとっては役に立つと思います。しっかり理解していれば、「ここでは役に立つのではないか」と考えられるため、彼らにとっては役に立つと思う。

以上の結果から、回答数が少ない(常時出席者 27 名中、解答は 13 名)点を考慮しても、授業へのそれなりの評価が見れると思う。ただ 1 名、最後の問で、あまりよくわからなかったと述べた学生は、数学専攻の理系学生なので、筆者の授業の足りない部分を指摘していると思われる。

また上記アンケート以外に大学が実施している学生による授業評価は、2012 年度の本講義開始時より、毎年なされている。開講当初、平均よりかなり高かった本講座の授業評価の方はこのところ、やや低迷している。特に講義を受講する学生が増えた 2017 年度よりの評価は、他の科目の授業評価の平均を下回る年も出てきた。学生数が増えたので、動機づけの乏しい学生が受講し始めていることもあるが、毎年、盛りだくさんな内容をどんどん追加する一方だったので、内容把握にやや消化不良を起こしてきていると反省をしている。これらが授業評価の分析である。

議論の最後に、本論で述べた講義の内容は、現実の防災教育にポジティブな内容がほとんどない、受講する学生には絶望感しか与えないのではという、批判が出ることも承知している。しかし講義の中では前章で挙げた提言のほかに、例えば防災訓練の意味なども扱っている。その一端を下記にスライドとともに挙げておく。

防災訓練を考える!

相手ボールを中盤で山口がカット
この後の山口の判断

- ①自分でドリブルで仕掛ける
- ②トップ下の香川に預ける
- ③両サイドの乾あるいは原口に送る
- ④大迫と相手GKの間にキラーパス
- ⑤一旦DFに戻す

Etc.

**この判断を山口はわずか
コンマ何秒で決断する!!**

ゲームでの**瞬時の判断**を下すために

**日本代表は必死で練習
している!!!**

**⇒「防災訓練」や「防災教育」
が無駄でない理由!**

図 9. 防災訓練が無駄でないことを示すスライド 2 枚。サッカー日本代表の練習をモチーフに、防災訓練などが無駄でないことをアピールしている。(サッカー日本代表メンバーは 2018 年 FIFA W 杯初戦の予想配置図。元図の著作権のため、本稿では作成し直した)

ともすれば、意味を見失いがちな防災訓練の意義を、サッカー日本代表の試合中の判断を例に、ふだんからの練習がいかに重要かを示すお話として提示した。これは講義後の学生の感想コメントでも喜んでもらえた。このように学生が防災や災害教育に決して、後ろ向きにならないよう、また悲観しないようにする手立ては講じてきた。受講者からのそういった趣旨での苦情は、今まで全くなかったことを申し添えておく。

7. 終わりに

筆者の古くからの友人、桑原央治氏は自らが1986年11月、突然の三原山噴火に遭遇した夜、港のすぐ背後に迫る真っ赤な溶岩流と爆裂音におびえながら、避難する船に乗り込もうとする際の出来事を「〈あきらめる〉ということ」(桑原,2011)という珠玉のエッセイにまとめられた。筆者は一読して、独自の災害教育の基本になりうると深く感銘した。そしてそれは、2011年春、TVの津波のリアルタイムの空撮画像を見ながら、声を押し殺して恐怖に震えた、筆者自身の記憶ともリンクする。地球史の底に眠る数多くの人智を越えた、破局災害に今また襲われるのだとしたら、私たちに残されたのは、まさに「諦める=Give up」のではなく、災害の正体を「明らめる=洞察する」ことしかない、解答を得た思いがした。津波の翌年にその原点からスタートした、講義「地球と災害」も、今年度(2021年度)が最終年度となる。ここで一旦立ち止まって、これまでを振り返り、総括をまとめたいと考えていたところ、幸い「地学教育」誌より、災害教育特集号のアナウンスが出て、本稿を起こすことになった。講義全体を記述するのはあまりに多義にわたるので、Part1を地震の「べき乗則」、Part2を火山その他の「災害リスク」というキーワードに託して、詳述した。この講義の資料のいくらかは、筆者の個人サイト(<http://www.yossi-okamoto.net/>)でも公開している。地学教育の裾野で、何らかの役に立てば、筆者の望外の喜びである。

<謝辞>

本講義の、資料作成には科研費基盤(C)No. 25350200を使用した。日本地震学会の学校教育委員会活動を通して友人となった、東京都で国語の教員を長く務めた、桑原央治氏からは資料の提供を受けたほか、様々な議論をさせていただいた。タイの科学高校 KVIS のスタッフの方々、とりわけ Dr.Thanit Pewnim 氏、Dr.Janjira Maneesan 氏にはタイでの授業や資料収集の手伝い及び議論をしていただいた。大学事務方を初め、各年度の受講した学生諸氏にも世話になった。これらの方々に感謝申し上げる。

文献:

Comet Program/USGS(2005):

<https://pubs.usgs.gov/fs/2005/3024/fs2005-3024.pdf>
より 図の作成。図の URL は

[http://kejian1.cmatc.cn/vod/comet/tsunami/volcanism/
media/graphics//eruption_comparison_v2.jpg](http://kejian1.cmatc.cn/vod/comet/tsunami/volcanism/media/graphics//eruption_comparison_v2.jpg)

江守正多(2012):いまさら温暖化論争?,パリティ 27 No.2,52-56

Eriksson, K.A. and Edward L. Simpson (2000): Quantifying the oldest tidal record: The 3.2 Ga Moodies Group,Barberton Greenstone Belt, South Africa, Geology 28 no.9, 831-834.

太宰治(1939):富嶽百景,青空文庫 URL:[https://
www.aozora.gr.jp/](https://www.aozora.gr.jp/)

[cards/000035/files/270_14914.html](https://www.aozora.gr.jp/cards/000035/files/270_14914.html)

Hartmann, W. K. and D. R. Davis (1975):Satellite-Sized

Planetesimals and Lunar Origin, Icarus 24, 504-515

Hartmann, W.K(2005): Martian cratering 8: Isochron refinement and the chronology of Mars. Icarus 174, 294-320

早川由紀夫(2014):火山災害の種類とリスク,地理 59-5,14-25
地震調査研究推進本部(2010):「全国を概観した地震動予測地図」
手引・解説編:確率の数値を受け止める上での参考情報, 52.

[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/
10_yosokuchizu/k_sanko.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/10_yosokuchizu/k_sanko.pdf)

池谷裕二(2009):単純な脳,複雑な私,朝日出版社,pp.414

片田敏孝(2016):未来授業 ~明日の日本人たちへ,FM TOKYO
「未来授業」2016年3月14日(月)~3月17日(木)放送より
書き起こし

桑原 央治(1997):防災教育と自然観,科学 67,16-19.

桑原 央治(2011):〈あきらめる〉ということ,Chiorin 第7号
小林修平・亀田夏帆・石川尚子・伊須田遼・中嶋菜衣・尾澤ちづる・金
高霞・徳永早紀・萩永桃子(2011):「火星のあばたもえくぼ?」日本
惑星科学連合高校生セッション予稿集

神戸大学(2014):プレスリリース「巨大カルデラ噴火のメカニズムとリ
スクを発表」,

[https://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/research/
2014_10_22_01.html](https://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/research/2014_10_22_01.html)

小松左京(1973):日本沈没上・下,光文社,pp.409およびpp.418,
ページ数はその後発行の文庫版による。

小山真人(2002):「脅しの防災」はやめよう,静岡新聞 時評 2002年
9月19日

小山真人(2014):低頻度巨大災害のリスクを定量評価する:合理的
な「想定外」対策へ向けて,科学 84-2,978,191-194

松澤 暢(2012):予知連絡会報 89,12-13

[https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/
kaihou89/12_13.pdf](https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou89/12_13.pdf)

Melbourne Museum(2010): A Day in Pompeii, YouTube
Video, 8 min 39sec.

[https://www.youtube.com/watch?
v=dY_3ggKg0Bc](https://www.youtube.com/watch?v=dY_3ggKg0Bc)

水谷仁(1980):クレーターの科学,東京大学出版会,pp.168

National Geographic (2003): Volcano Nature's Inferno,
Warner Home Video, 60 min.

Tatsumi, Y. and K. Suzuki(2014): Cause and risk of
catastrophic eruptions in the Japanese Archipelago,
Proceedings of the Japan Academy, Series B, 90 巻 9
号, 347-352

巽 好幸・鈴木桂子(2014):焦眉の急,巨大カルデラ噴火——そのメカ
ニズムとリスク,科学 84, No12,1208

[http://kejian1.cmatc.cn/vod/comet/tsunami/
volcanism/media/graphics/
eruption_comparison_v2.jpg](http://kejian1.cmatc.cn/vod/comet/tsunami/volcanism/media/graphics/eruption_comparison_v2.jpg)

Wikipedia:火山爆発指数のHP,スミソニアン博物館(1994)のThe
Volcanoes of the World database データより

要旨

Part1 で論じた地震に関する議論のあと、我々は大きな被害をもたらす火山噴火に移る。最初に、富士山の頂角の紹介のあと、歴史上の様々な噴火や災害をナショナルジオグラフィックビデオ「火山」や資料とともに講義する。すでに何人かの研究者が、地震と火山噴火に関するリスク評価のグラフや表を作成している。これを用いて、地震や火山の噴火のリスクをそれ自身や、他の事件・災害などと比較して議論することができる。地震と同じように、火山でもサイズと頻度が両対数グラフで直線となる「べき乗則」が確認できる。ただ短期の災害で終わる地震と比較して、火山災害はいつどれくらいの被害で終わるかの見当が難しい。もし、我々が地層に記録として残された、破局的な規模の噴火に遭遇したと想像すれば、我々はこの国を捨てて、どこかへ「火山難民」として出ていく必要がある。続く講義では一旦災害から離れて、これらの災害をもたらす根本的な原因であるグローバルテクトニクスについて説明される。そしてそのあと、我々の最後の話である、生物大量絶滅と関連する気候変動と隕石衝突の災害に踏み込む。ここに至って、我々の人智ではこれらの破局的な災害を防ぐことも支配することもできないことに気づく。我々に残された唯一の道は、決意に裏打ちされた覚悟とともに、「明らめる」ことしかない。この講義を通して、学生は地球上に起こりうる自然災害の概要を科学的に学び、災害国に住む人間として、新しい自然観を得ることができる。

キーワード: 自然災害, べき乗則, 火山噴火, 隕石衝突, 生物大量絶滅