

「偶然の認識」と「べき素則」

ふたつながらの地学の細道

岡本 義雄

yossi@cc.osaka-kyoiku.ac.jp

大阪教育大学・附属高等学校天王寺校舎(非常勤)

モチベーション

- 3.11の津波の空撮画像
- 「想定外」を考えたい
- いつまでたっても埋まらない，専門家と一般人（マスコミを含む）の捉え方の差
- 例えば「地震確率予測」
- 例えば「緊急地震速報」
- 例えば「地震予知論争」

⇒サイエンスコミュニケーションの問題

⇒地学教育の問題

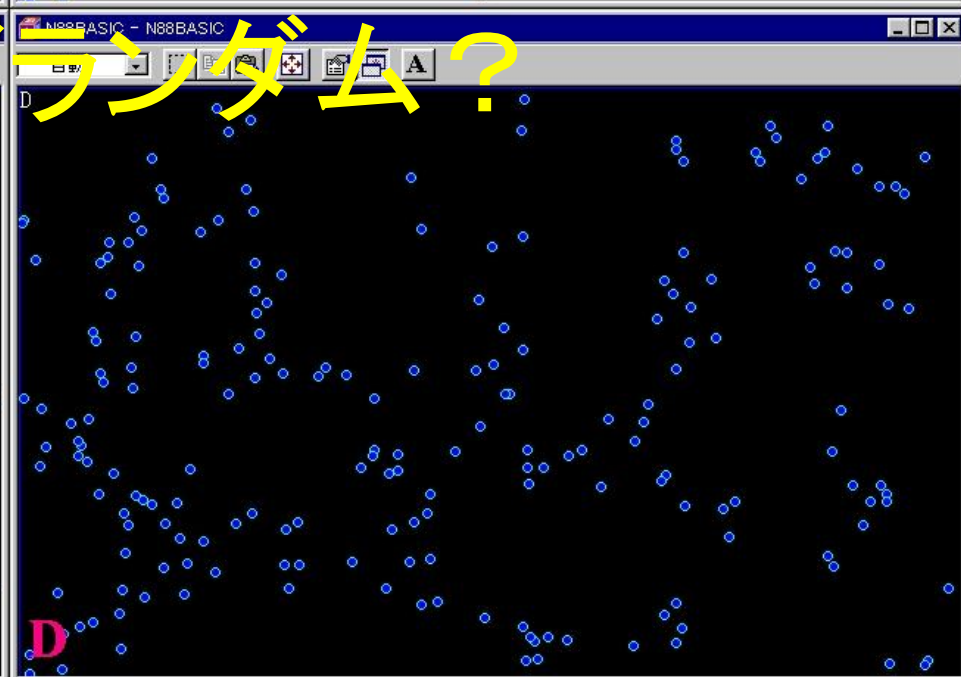
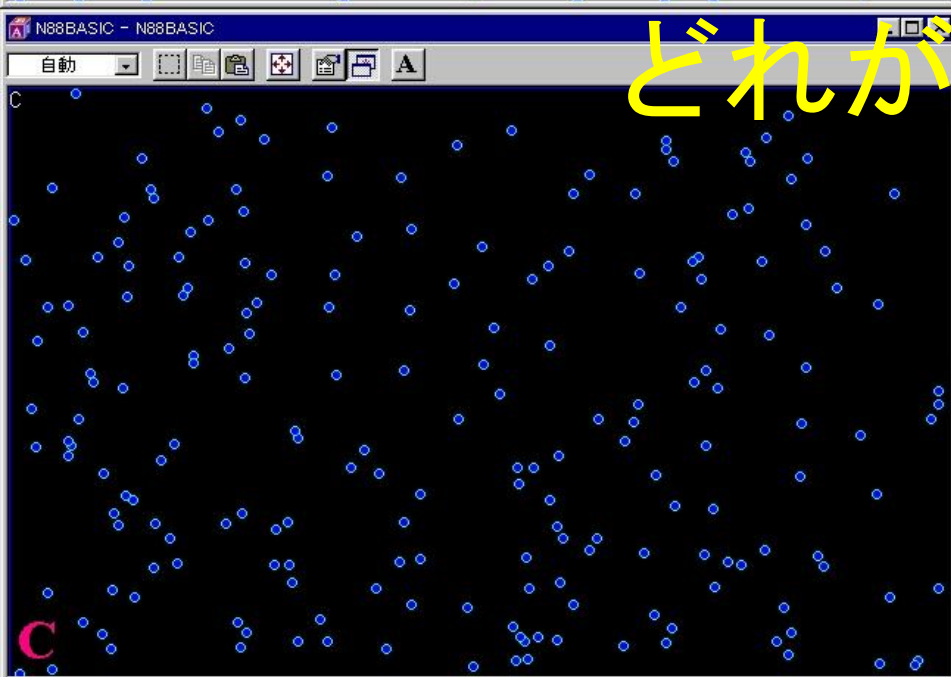
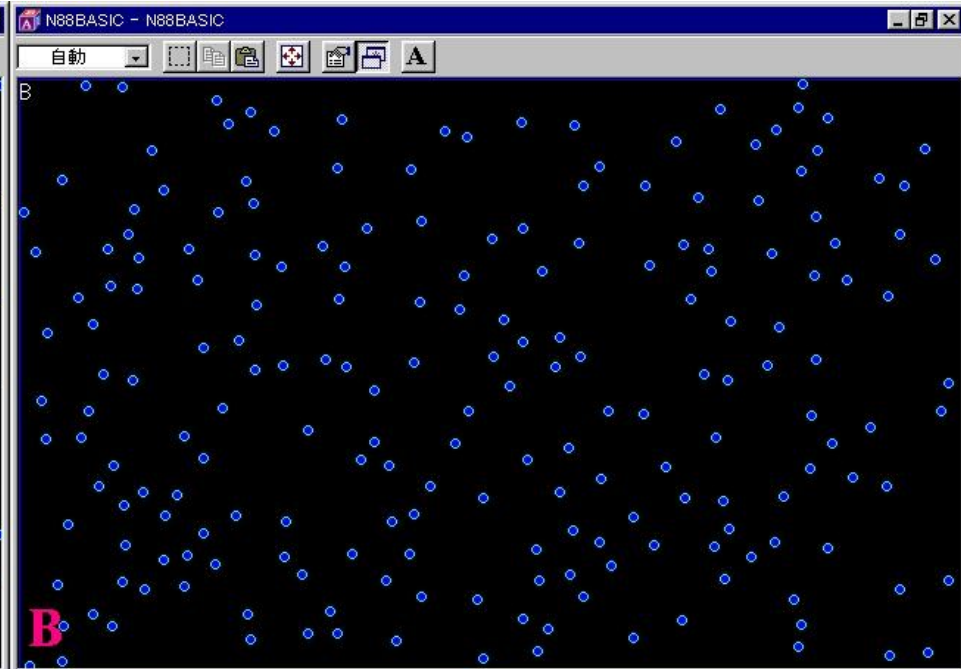
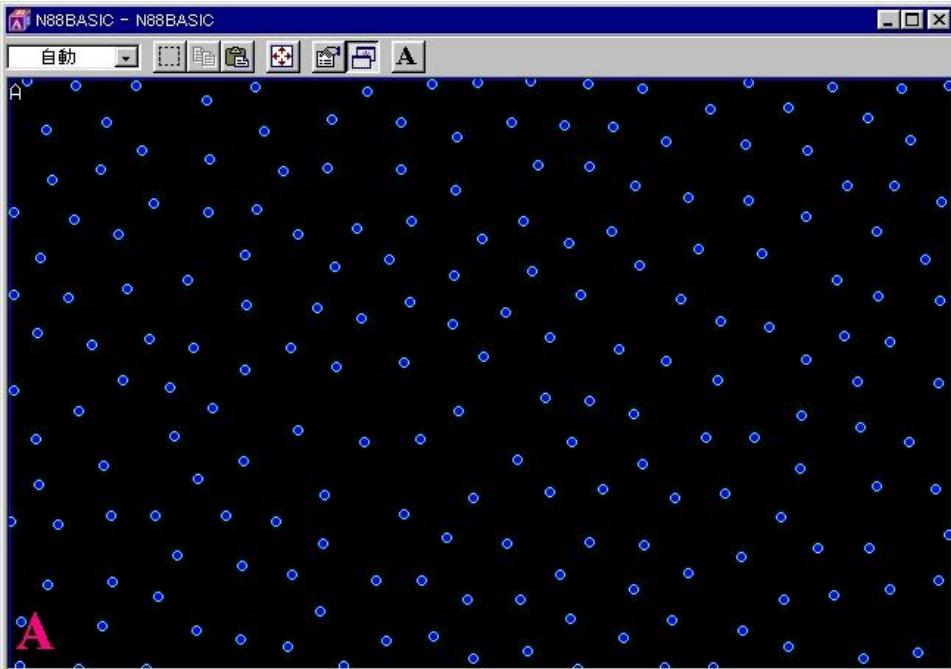
2つ気になるテーマ

- 『偶然の誤謬』：偶然の認識の漂流
 - ⇒「偶然」像がゆがんでいる
 - ⇒偽の相関を作ってしまう：「テキサス狙撃兵の誤謬 Texas sharpshooter fallacy」
- 『べき乗則』：覚悟あるいはあきらめの根拠
 - 災害を受け止める際の、1つの重要な指針
 - ⇒時間を長くとれば、いくらでも大きな災害は現れてくる：地球史での確認,
 - ⇒自然のみならず社会における普遍的経験則
 - ⇒いずれもが「心理学」のもんだいをはらむ

「偶然」をプロットするプログラム

画面上にランダムに○を200個打つ.

```
For i = 1 to 200
  x = rnd*200
  y = rnd*200
  circle (x,y), 色, 半径
Next i
```

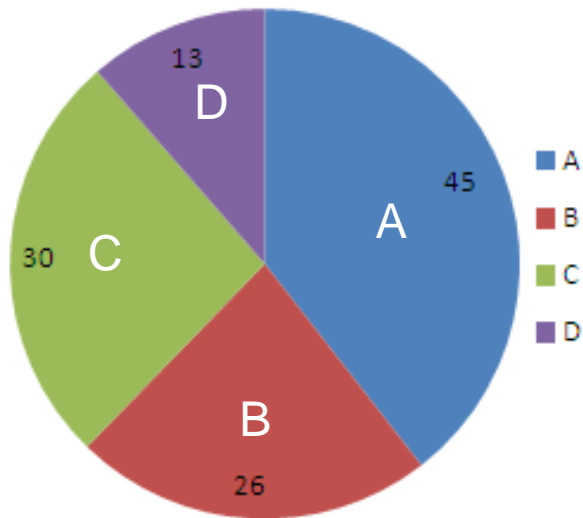


どれがランダム？

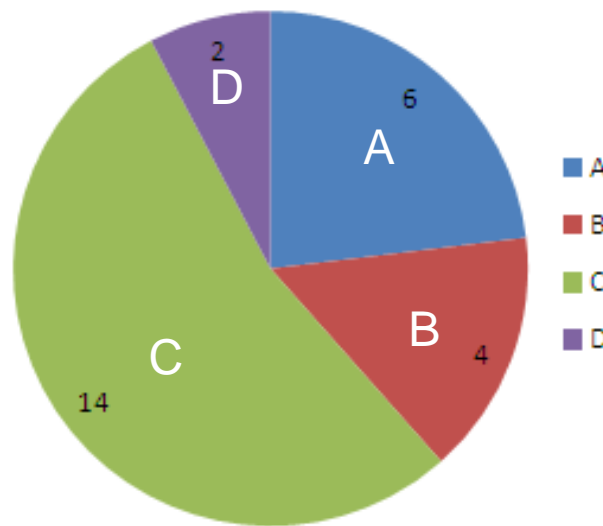
結果

- 意外とA（周期的）を選ぶ学生が多い！
- 正解Cはわずかに1/4から半分程度

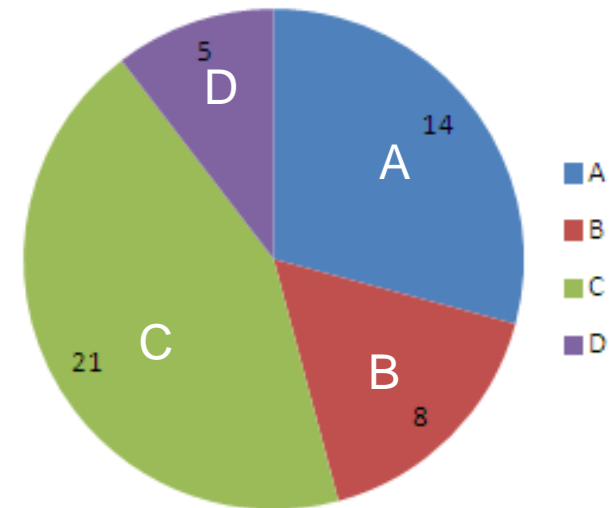
中学3年生

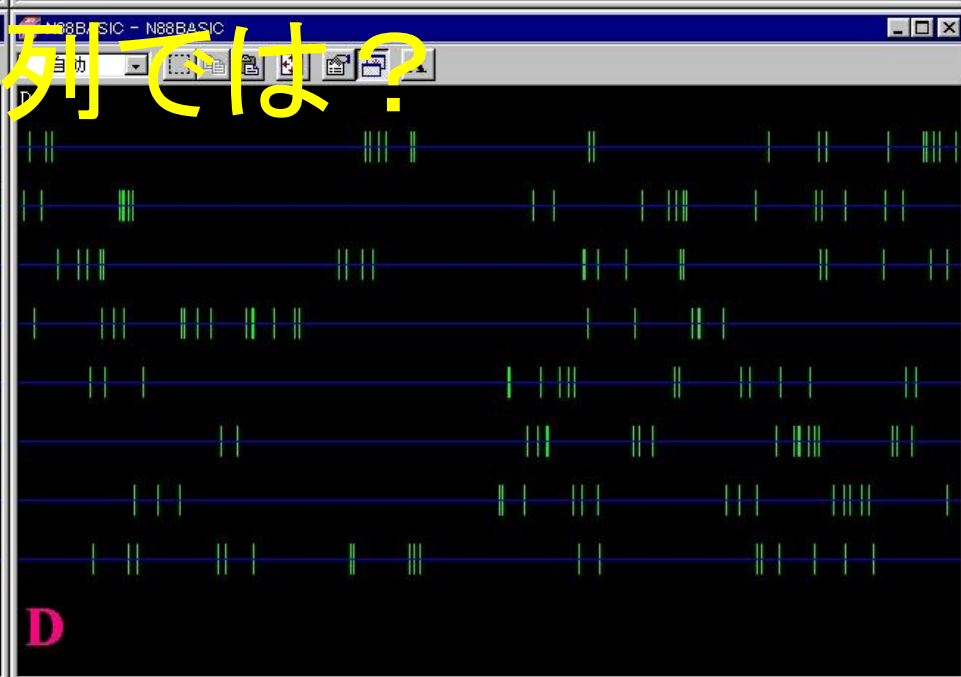
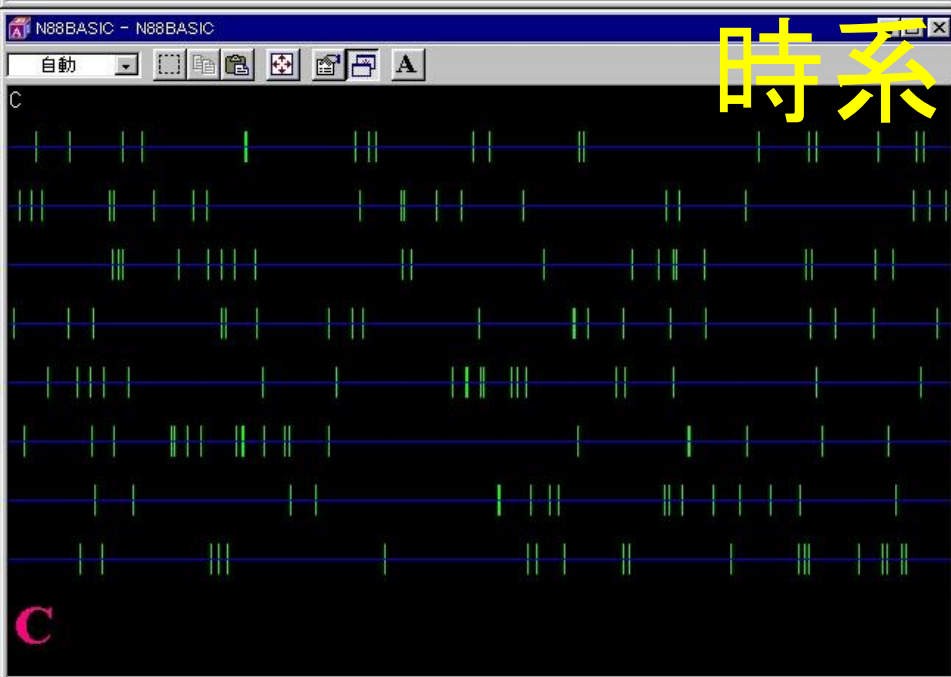
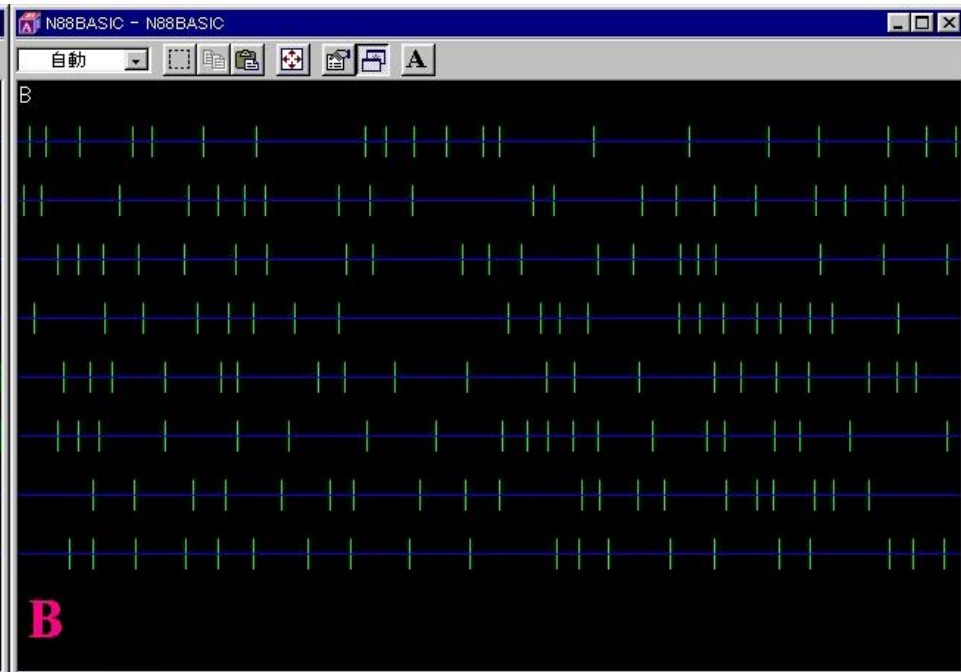
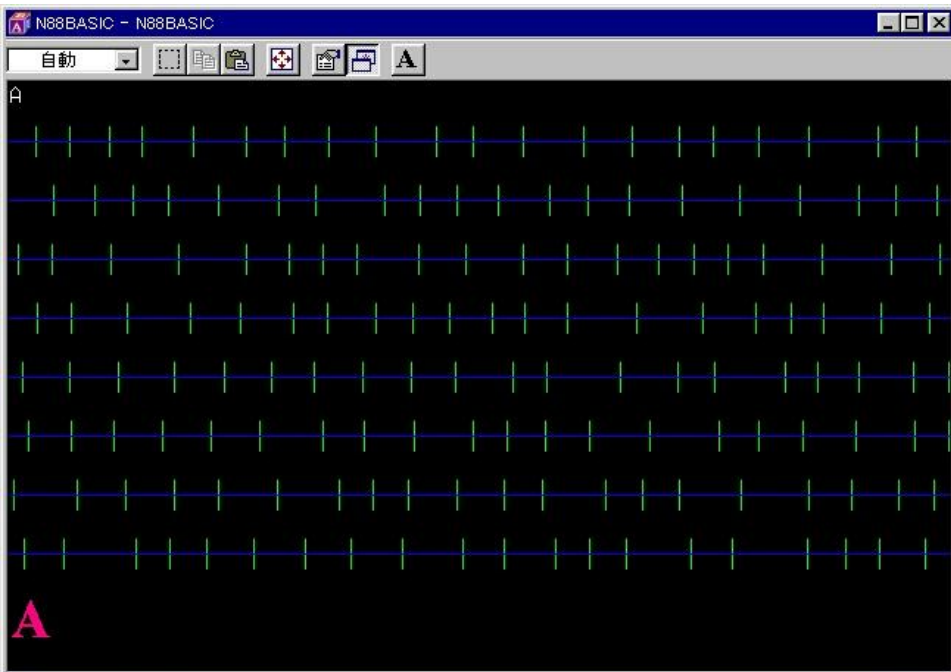


高校2年生(文系主)



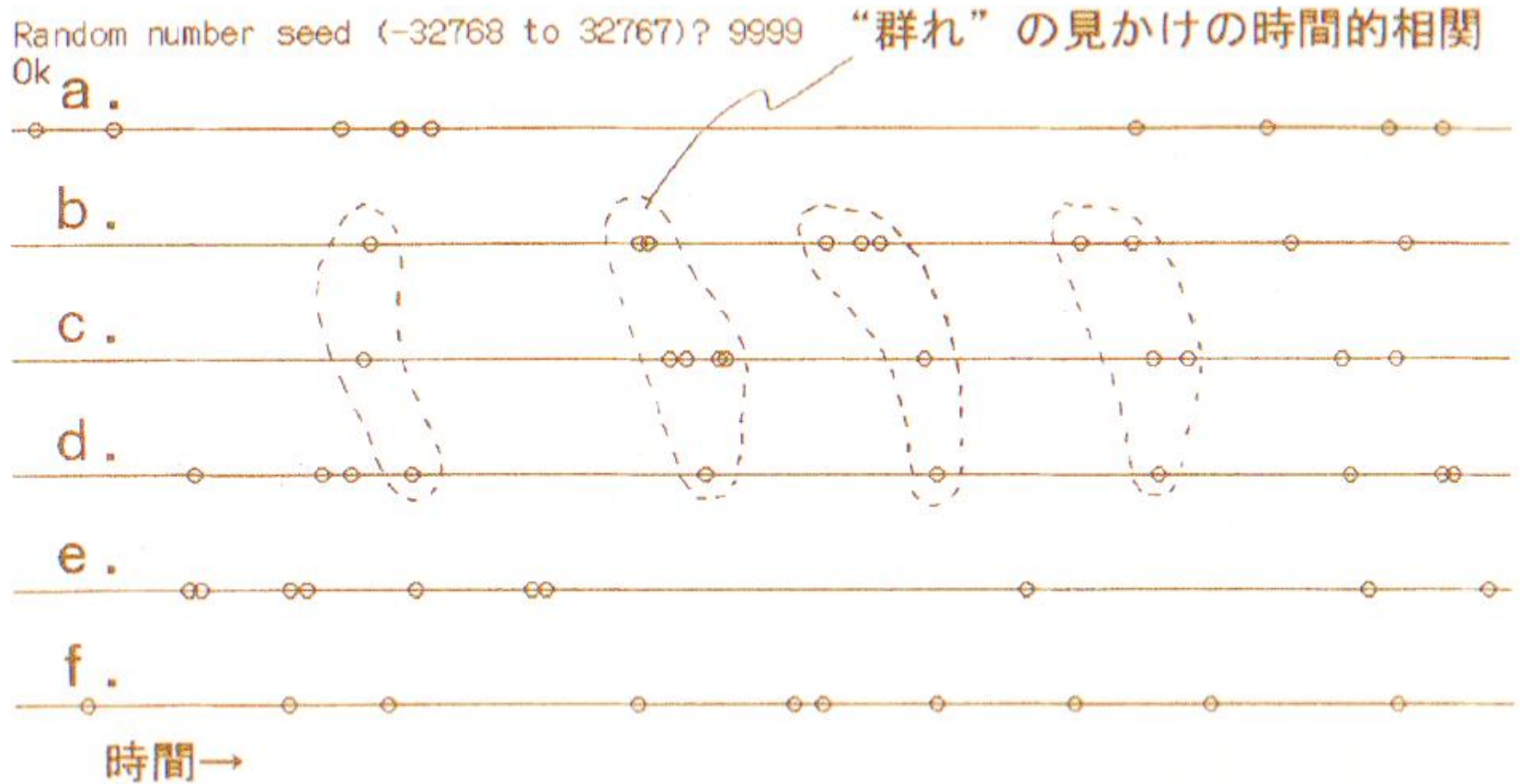
大学生(教養)





時系列では？

偽の相関：「テキサス狙撃兵の誤謬」 “Texas sharpshooter fallacy”



岡本義雄：地震のシミュレーションと地震予知 —“基石モデル”の教材化—，
大阪と科学教育，11，21-26，1997より

付図3 ランダムに並べた時系列

幾つかの気づいた点

- 偶然（ランダムネス）のとらえ方
⇒漂流する“ランダムネス”
- 経験上の美学が認識を狂わせる。
- 人は新しい情報に接したときに、関連する知っている概念を勝手に継ぎ足す。
- 人は理解不能な状態に置かれたとき、自分の都合のいいように事態を解釈しようとする。
→脳は白紙の状態ではない！
→理念・経験の範囲で情報を処理しようとする！
→「啓蒙」という概念の破綻

なぜライオンに
見えるのか？

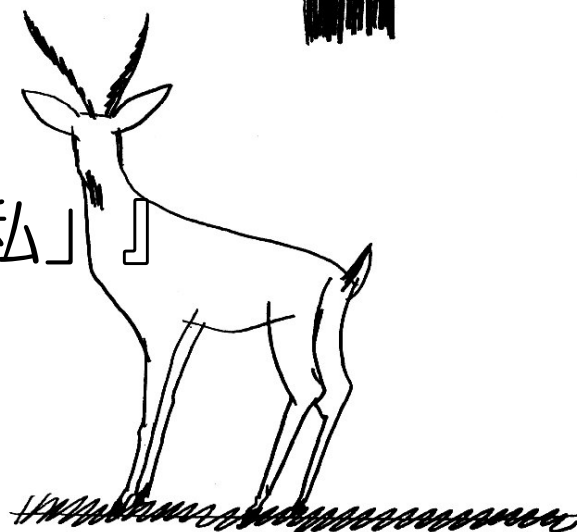
“ゲシュタルト群化原理”



池谷裕二著

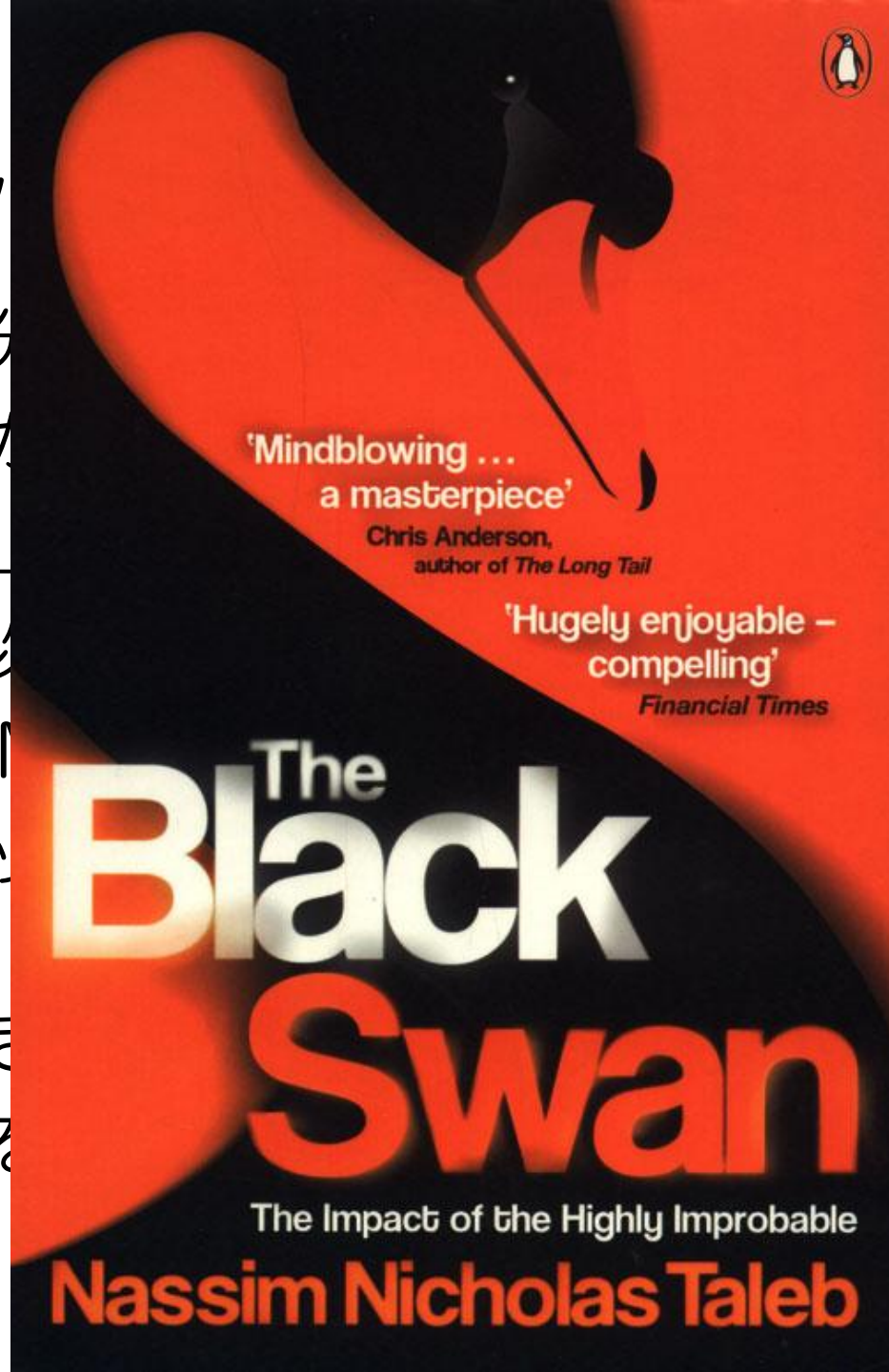
『単純な脳、複雑な「私」』

より



「べき乗則」あるし

- 対立概念としての「正規分布」
⇒ “大きさ（中央値）” が
- ここまで下げたから次は
- ここまでつぎ込んだから次
⇒ヘッジファンド「LTCM」
- ナシム・タレブの「ブラック・スワン」
⇒市場経済における各種
ストロフの存在確率の大きさ
⇒「リーマンショック」を



「べき乗則」授業での取り組み

Gutenberg-Richter則の検証：

気象庁の地震統計（日本付近M5.0以上，1961年から2010年）からG-R則を検証するグラフを作成。直線性，b値，両軸の意味を考える（サイズ-個数の両対数グラフであることの確認）。図上で地震数を10倍，100倍させるとどうなるかを議論。

碁石モデル（大塚，1971）の実習：

教材化碁石モデル（岡本，1997）を用いて地震発生のシミュレーション実習。黒板で集計し，G-R則に従うかどうかを検証。“碁石モデル”がG-R則に似るが，異なる点にも着目。もし“碁石モデル”が正しいすると地震予知はどうなるのかを議論する。

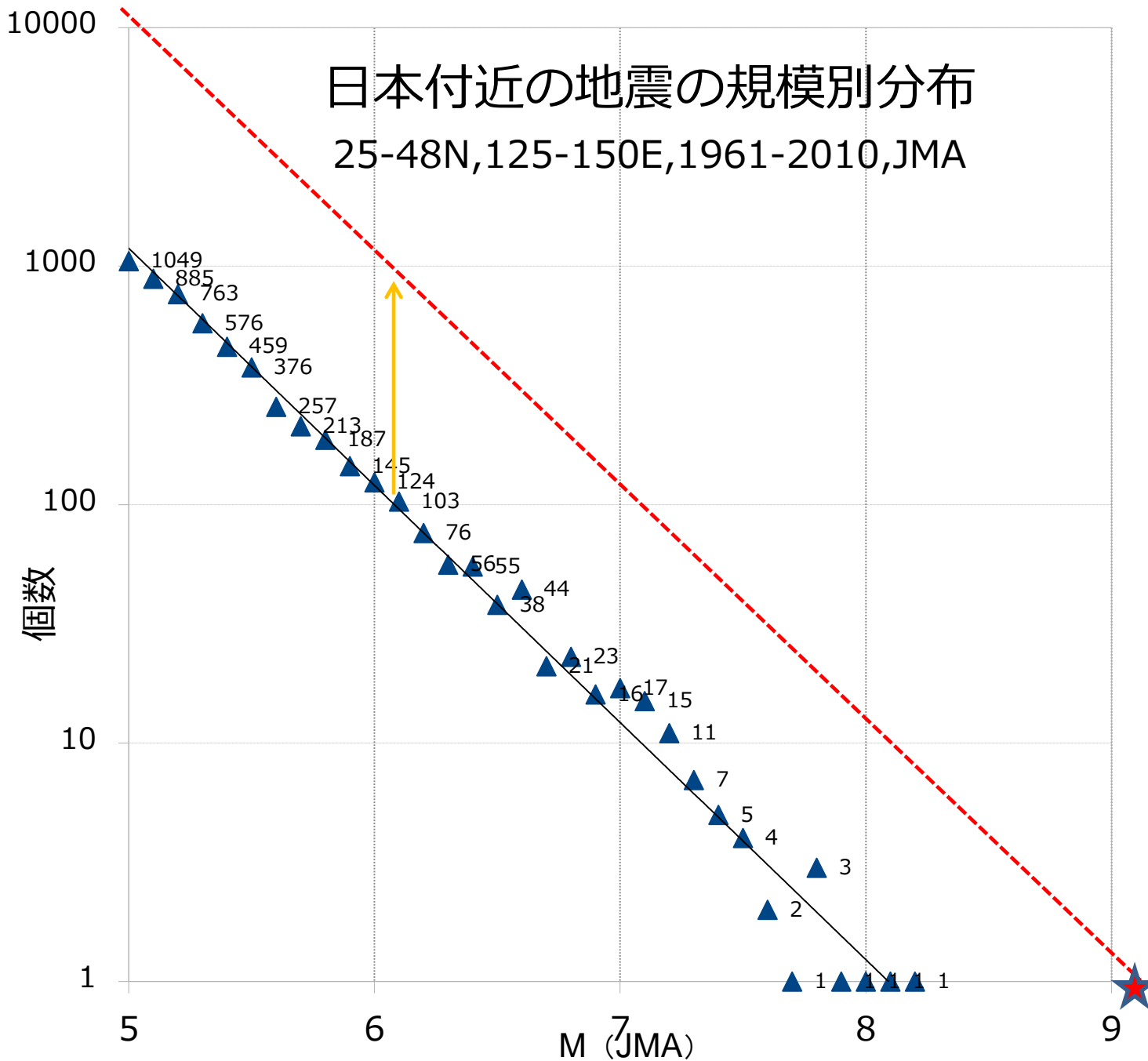
砂山モデル（Bakほか，1987）[アナログ実験+計算機実験]：

シャーレに良く洗った砂をじょうごでそそぎ，砂山を作るモデル実験を行う。臨界面を越えて注がれる砂で，砂山が崩れる様子をビデオに撮りその雪崩のタイミングや大きさを観察する。

その他「べき乗則」関連事項の紹介

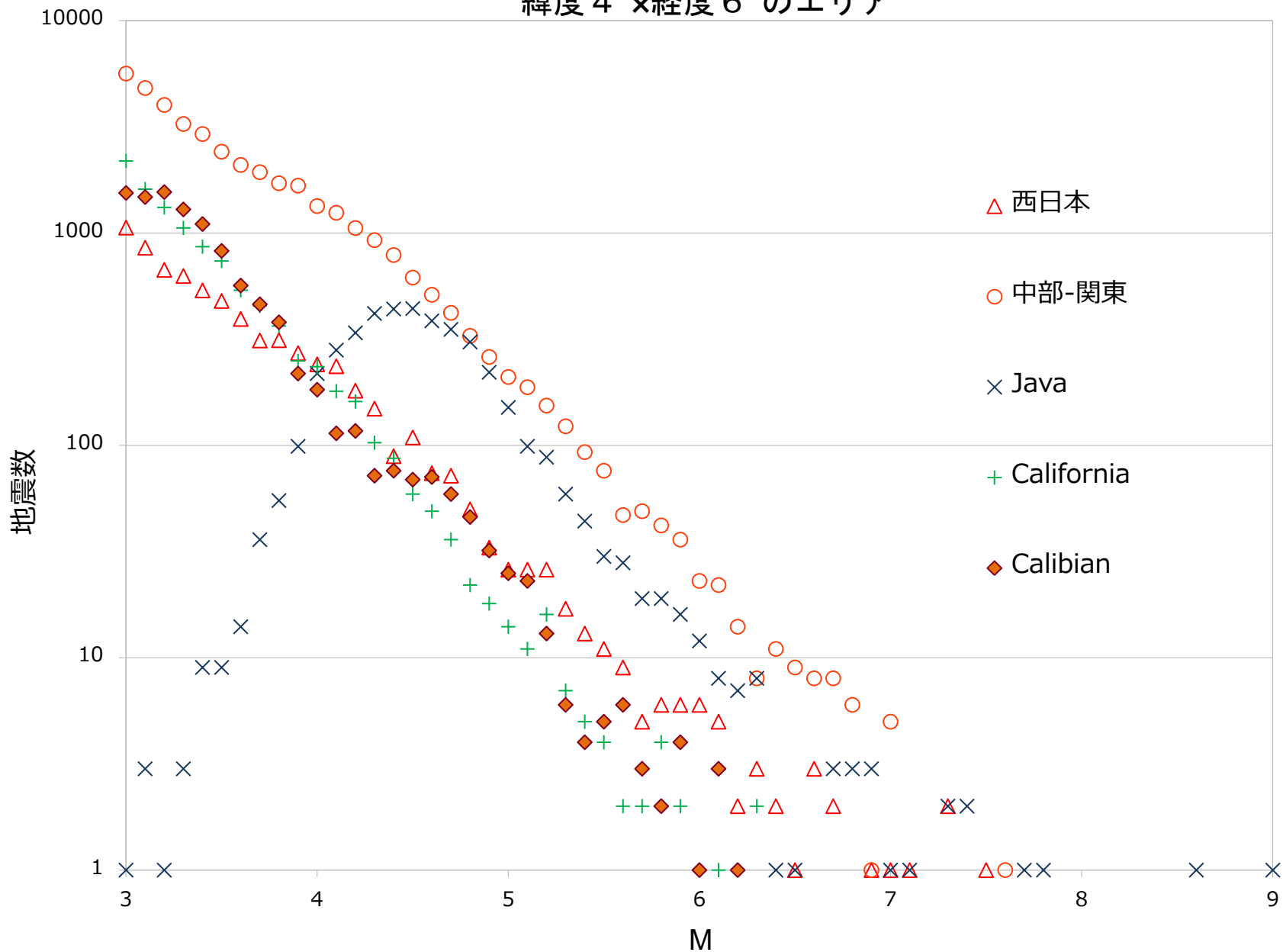
日本付近の地震の規模別分布

25-48N,125-150E,1961-2010,JMA



1961-2011年 規模別の地震数(JMA, ANSS data)

緯度 4° × 経度 6° のエリア



教材化「基石モデル（大塚，1971）」

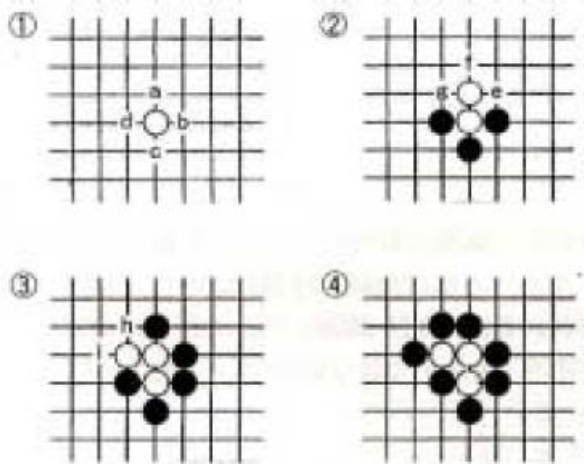


図2 大塚の“基石モデル”

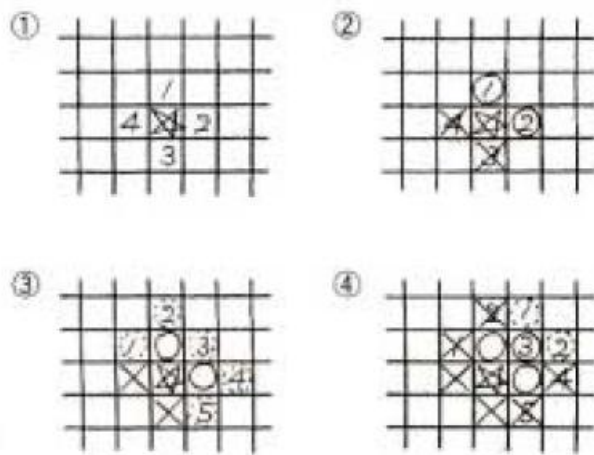
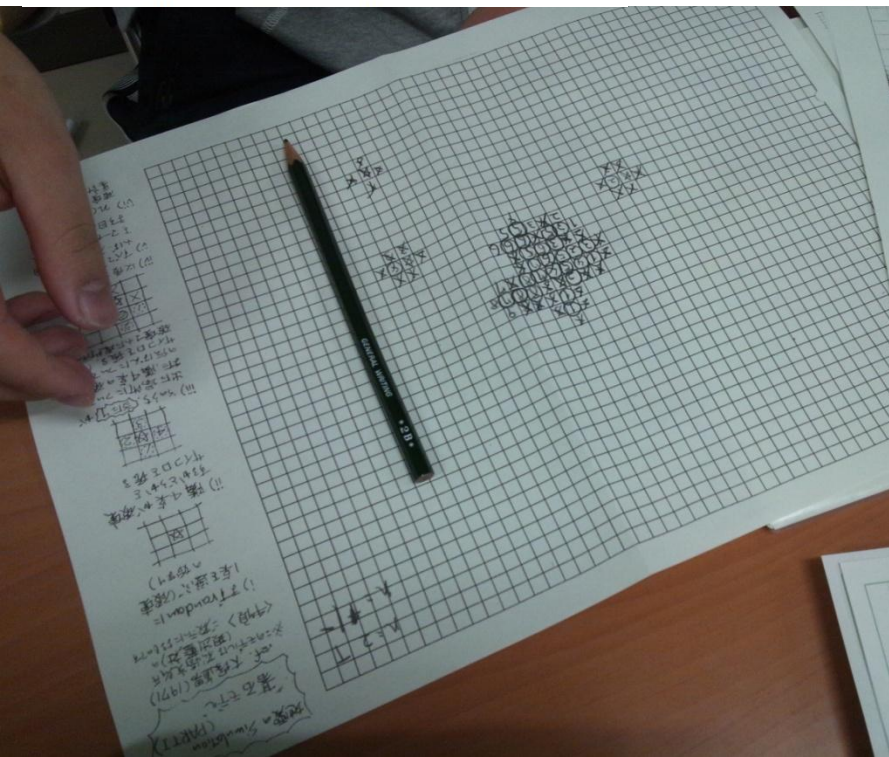


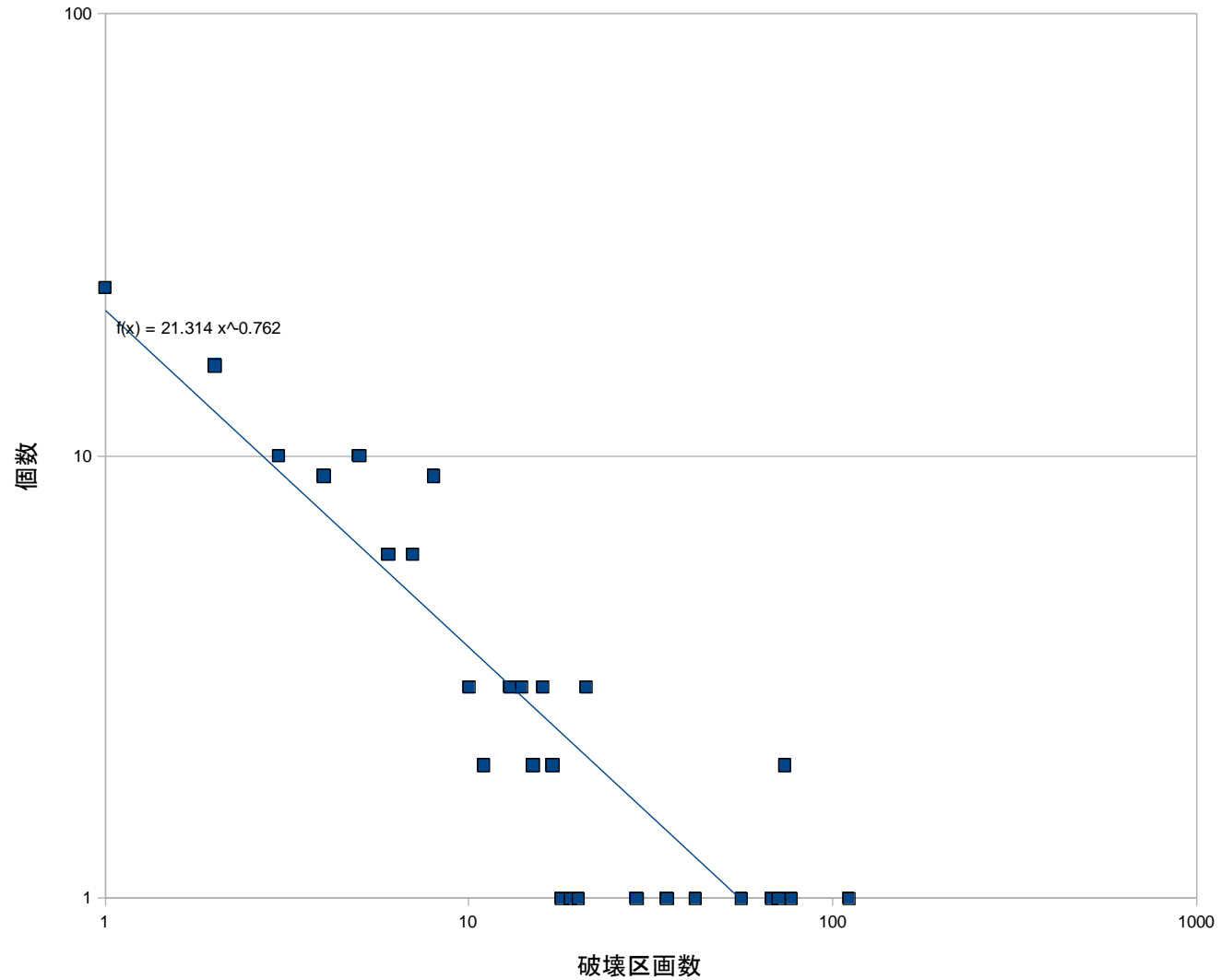
図3 “教材化基石モデル”

岡本義雄：地震のシミュレーションと地震予知 — “基石モデル”の教材化—, 大阪と科学教育, 11, 21-26, 1997より

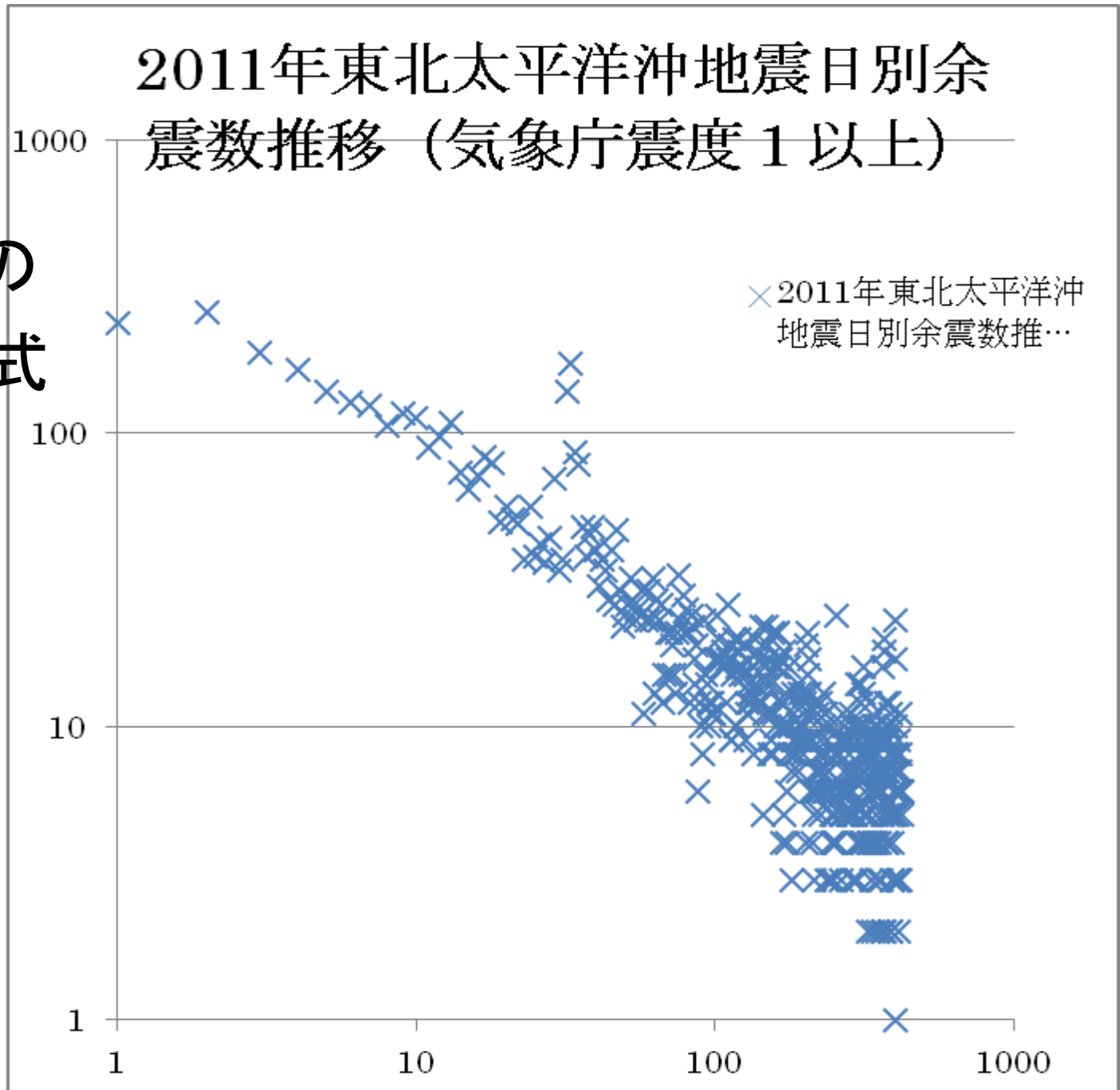


結果

教材化基石モデル
規模別分布実習例(2012年高校2年生)



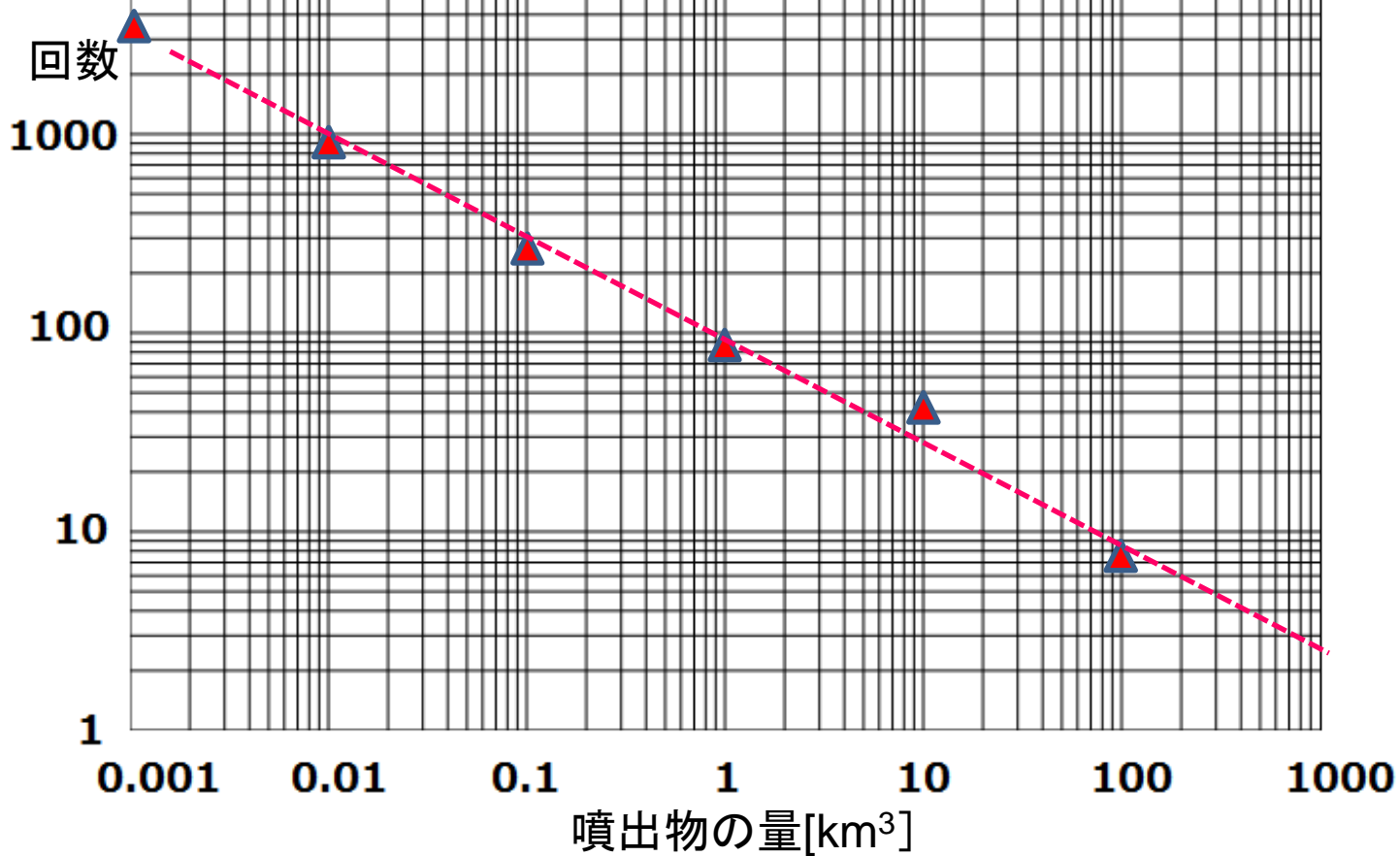
• 余震の
大森公式



関連事項

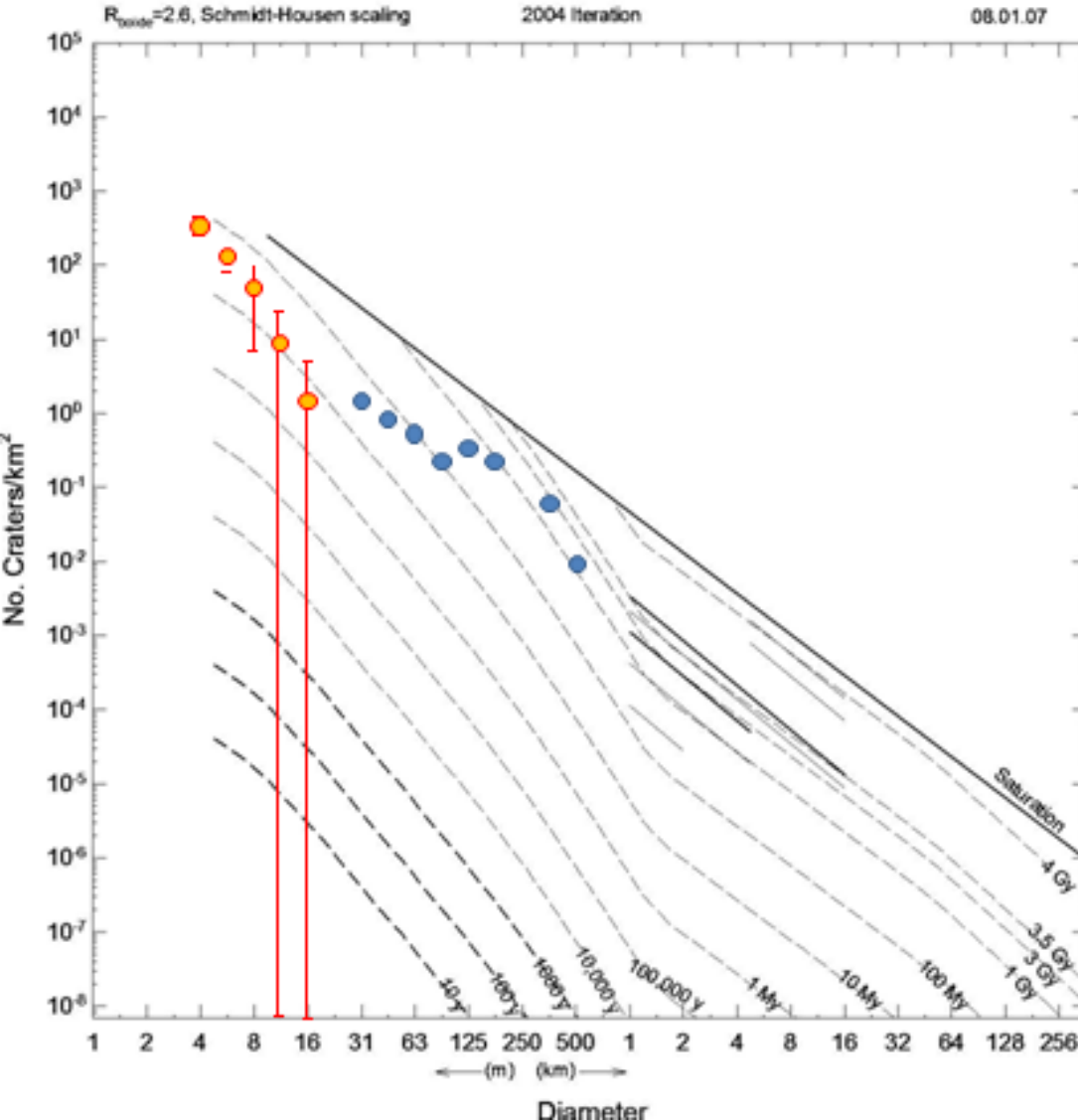
- その他「べき分布」例の提示：
月・火星の表面クレータなどきれいな「べき分布」に従うものとそうでないもの。
- Zipfの法則の検証：
自然での例，企業業績vs.順位，戦争の死者数など
⇒本当に「べき分布」になっている？
- ファットテイル (Nassim Taleb, the Black Swan ,2007)
- ロングテイル (Chris Anderson, “The Long tail“ ,2004)
- パレート則 (Pareto,1895)

世界の火山の噴火のサイズと規模別分布(過去1万年)
スミソニアン博物館, 1994



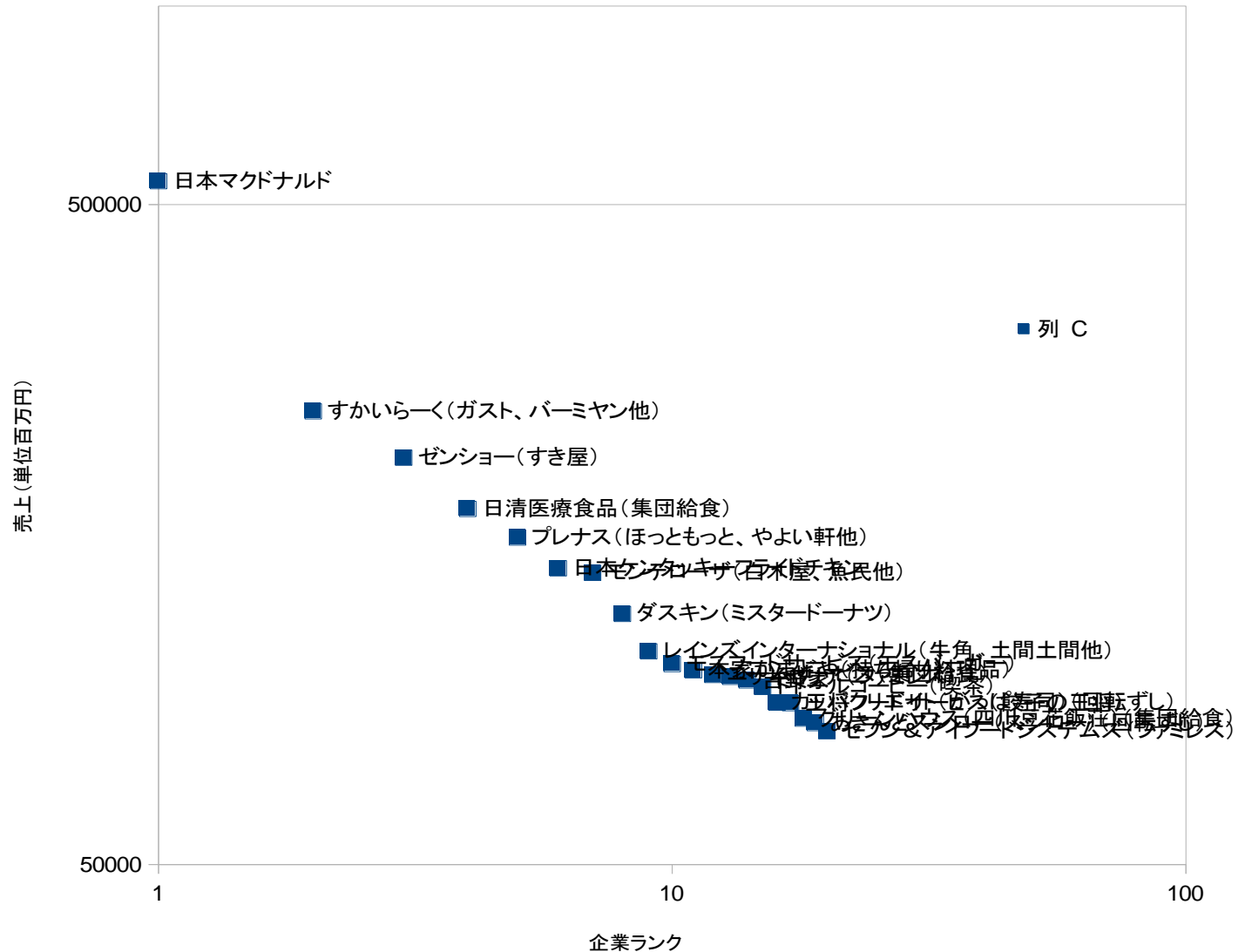
火星のクレータ（口径vs. 頻度）

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



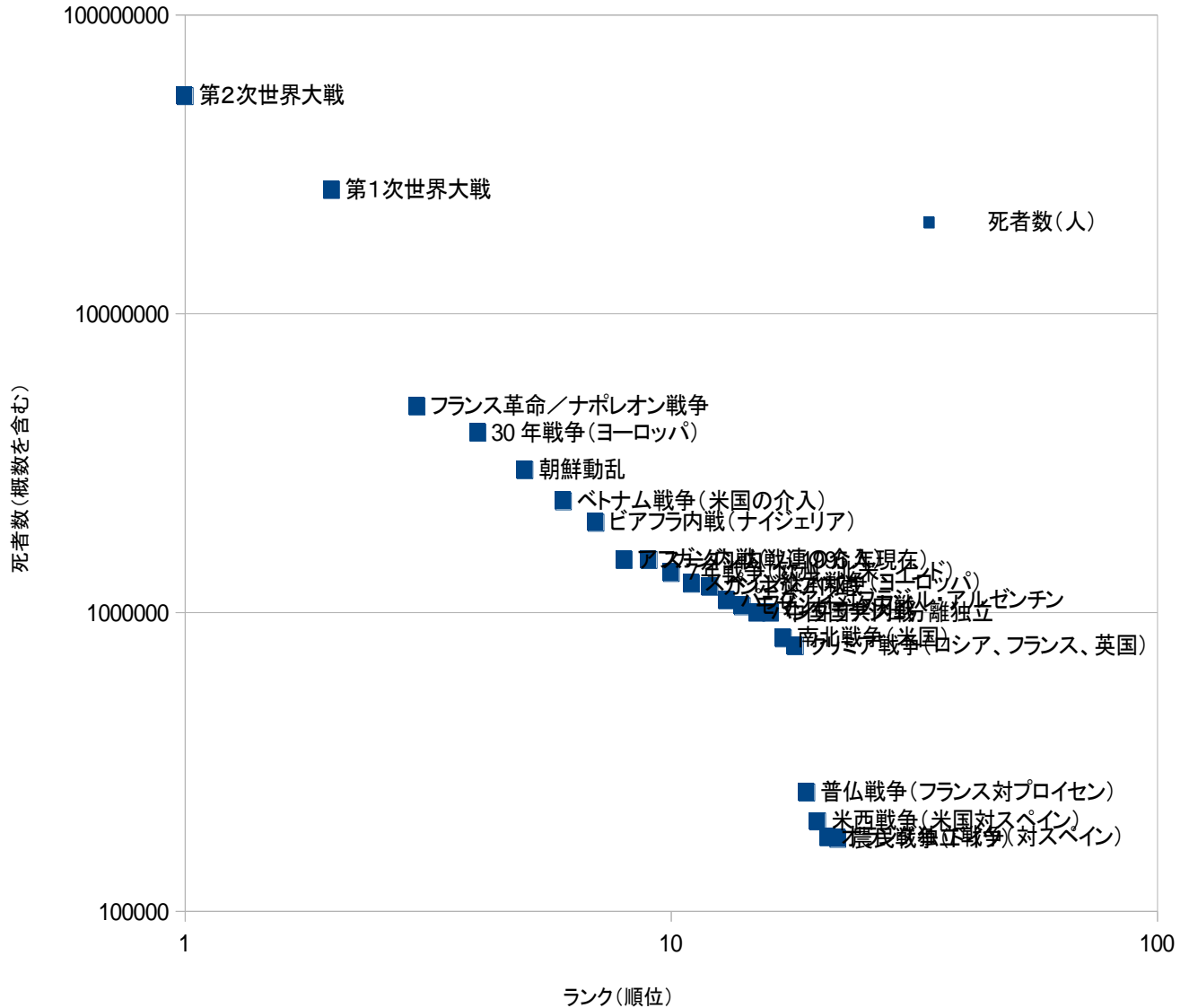
Zipfの法則（その1）

2010 飲食業売上 VS. ランク

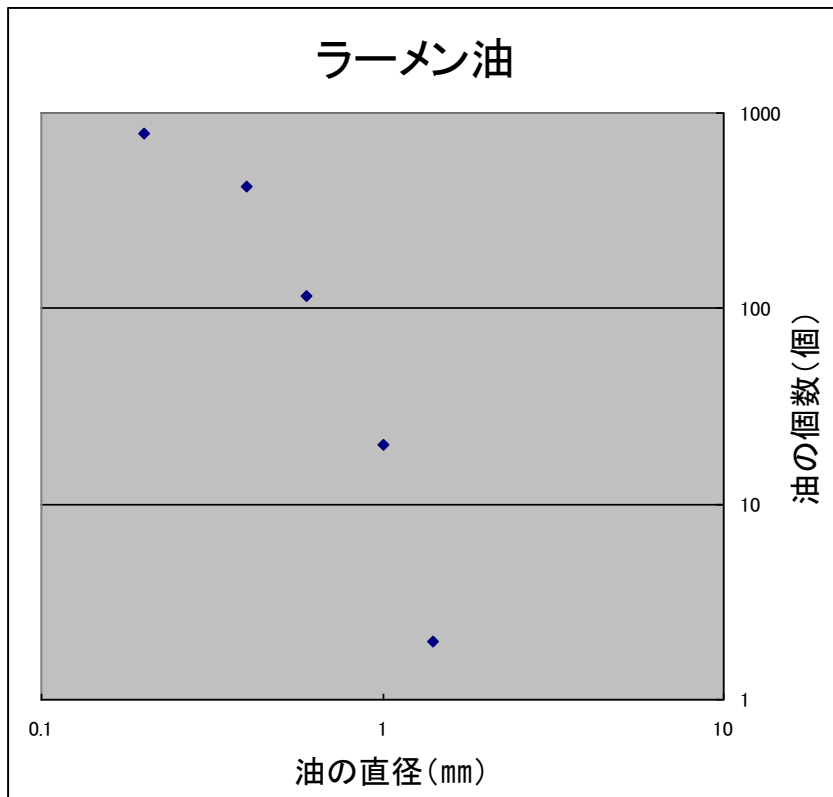


Zipfの法則（その2）

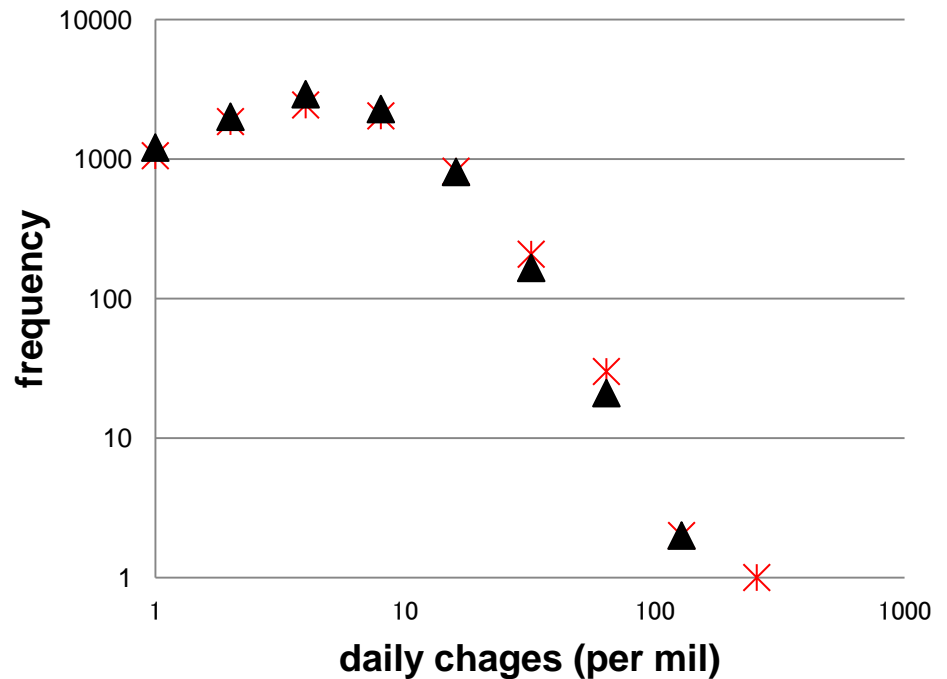
400年間の戦争の死者数 vs. ランク



べき乗則からはずれる例

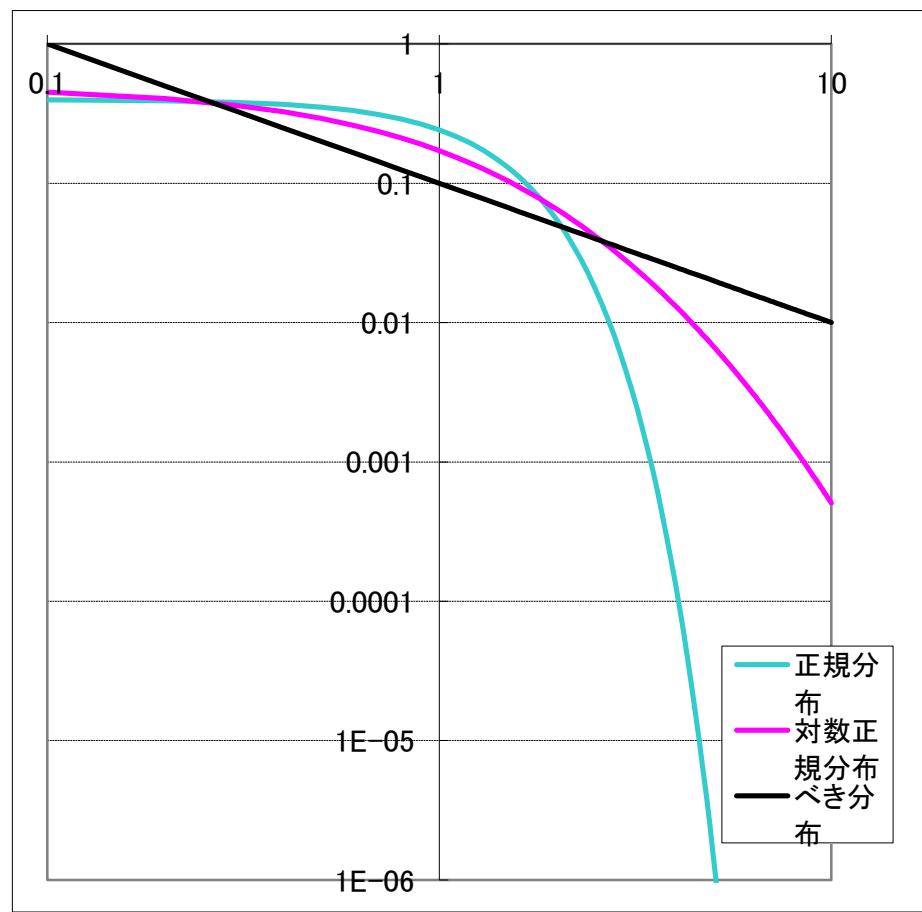
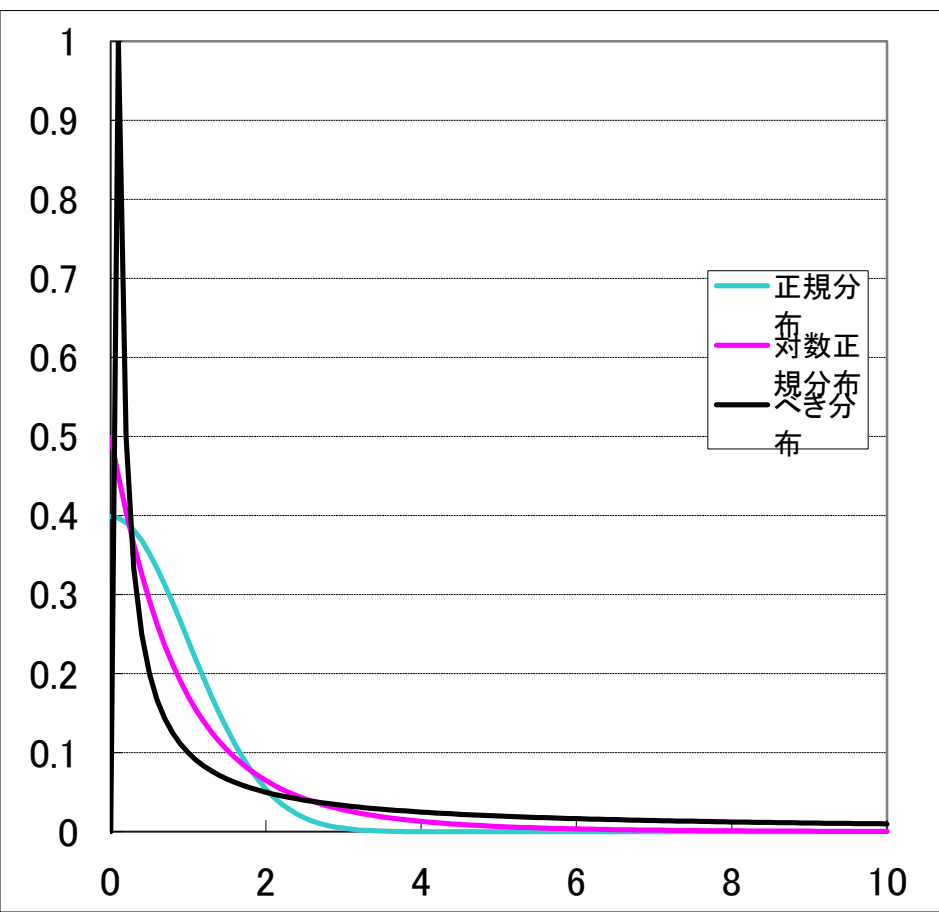


Dow Jones I AVE daily changes
1928-2009 vs .frequency
(blue: rise red: fall)



べき分布, 対数正規分布, 正規分布

- ファットテイル・ロングテイル

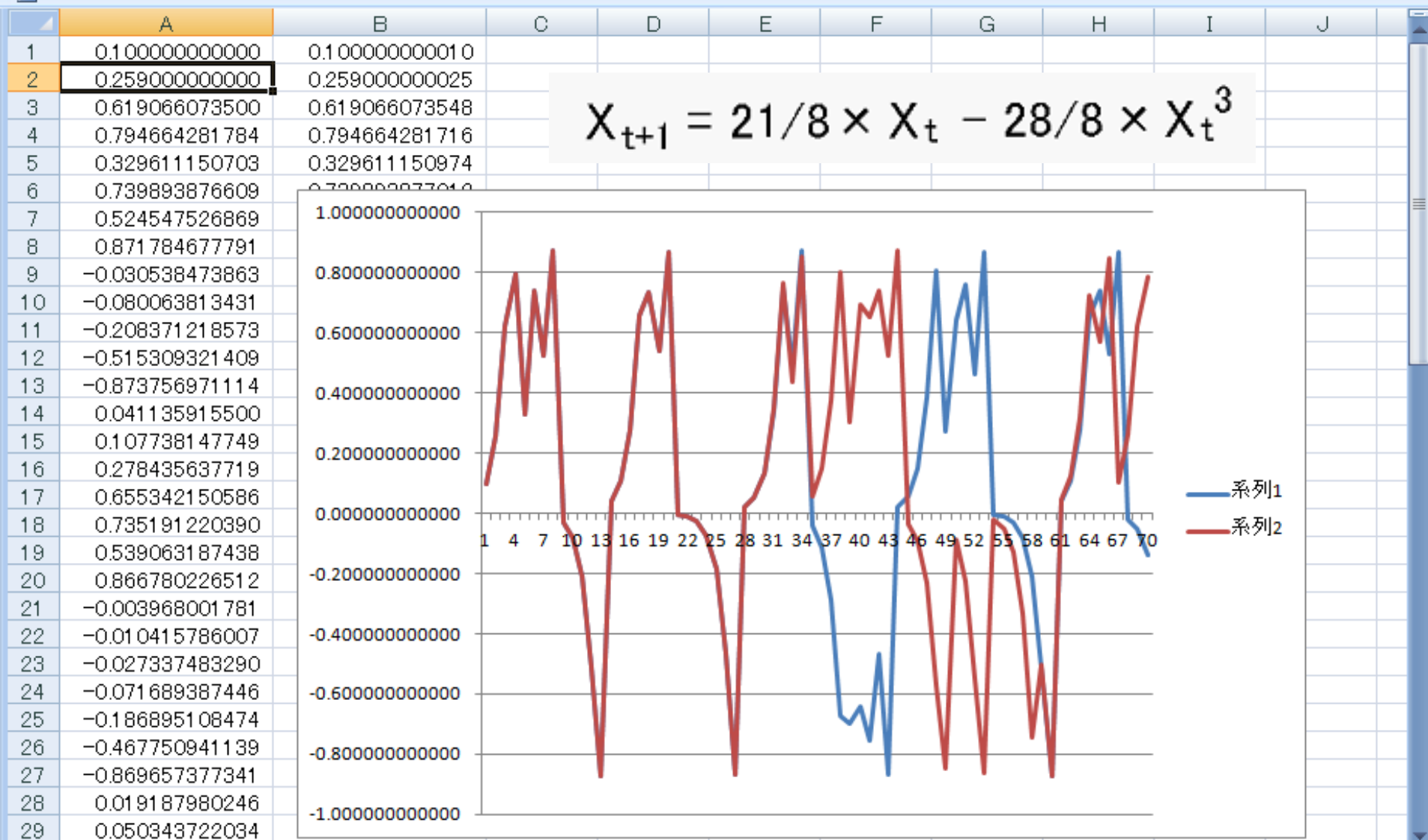


災害の「べき乗則」と周期性？

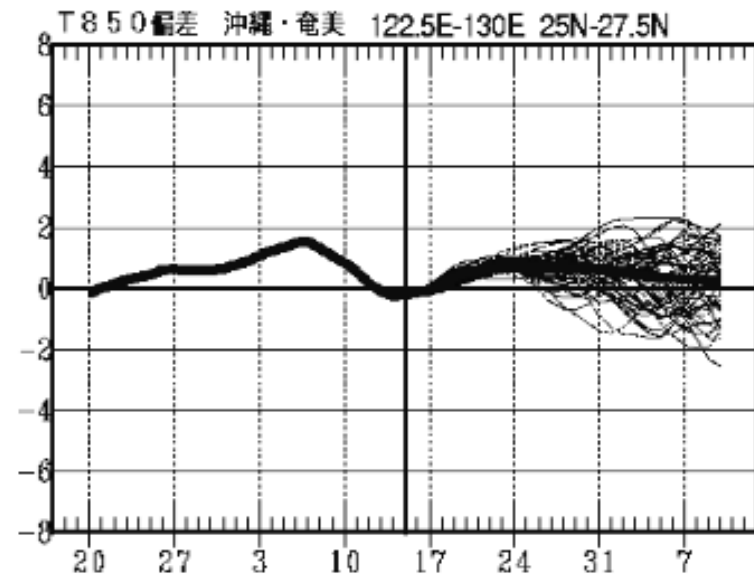
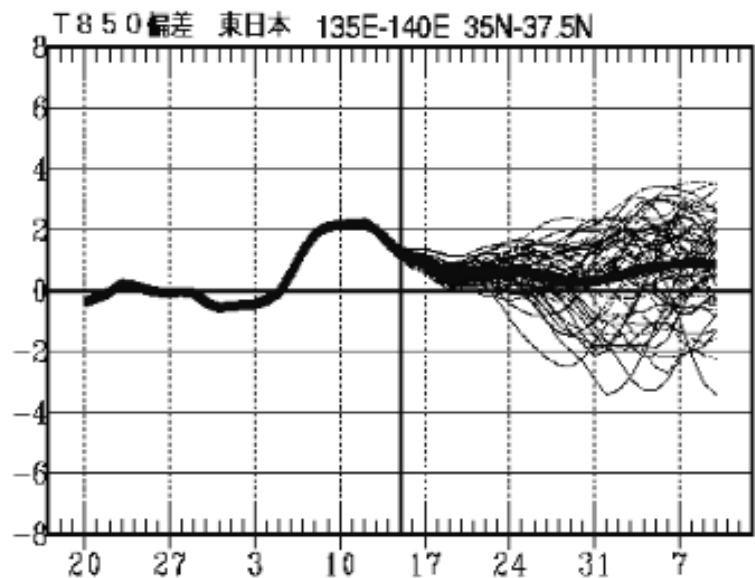
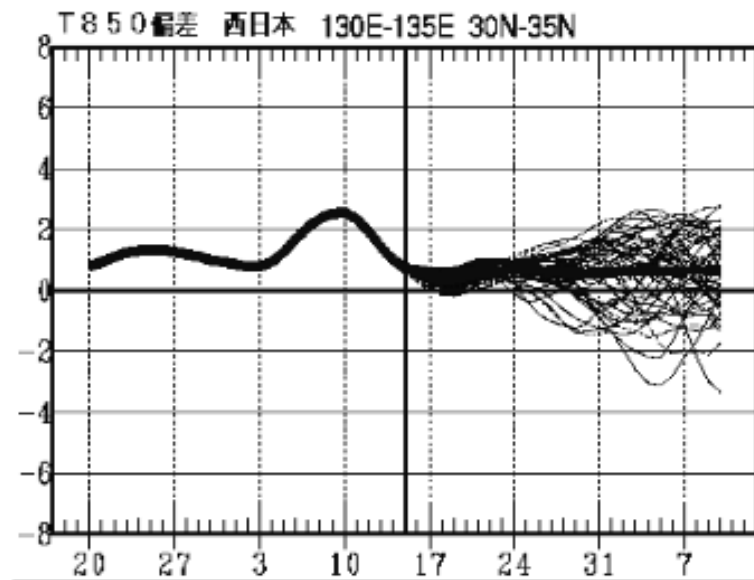
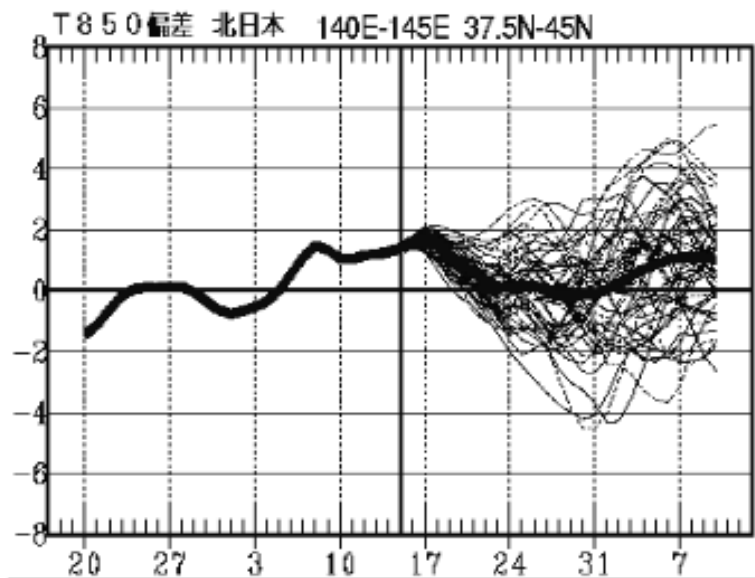
- 時間を長く取れば、いくらでも大きなサイズの災害が予想される。
- その可能性は意外と大きい（ファットテイル）
- しかし人々は、経験したことのない、その可能性を大きいとは思っていない
 - ⇒ 「ブラックスワン」, 『想定外』の根拠！
- 災害は周期的に来る？という誤謬
- “活動期” という表現
- むしろ “不意打ち” に常に備える姿勢

決定論的カオスの例

カオス_05.xls [互換モード]



気象庁季節予報(アンサンブル予報, 気温予測)の例



ミスコンセプションの例

- 地震予知（予測）と「早期地震警戒」の取り違え
- 「G-R則」と「固有地震説」の組み合わせ
- 断層のずれと家屋崩壊方向の取り違え
- P波，S波の波の伝播の振動方向と地面の震動方向の取り違え（原因と結果の取り違え）
- 「学説」と「事実」の取り違え
- 「過剰な期待」とゆえの「感情的な反発」
- あまたある，アマチュア「地震予知」説への専門家の無関心，無視。
→ガン治療の民間療法への医師の対応との差。

大地震の発生「確率予測」

- 「固有地震」の定義を前提にしている。
- 「周期的」な発生を前提にしている。
- 今日、地震が生じないと明日は地震の起こる確率が増える。
- しかし、もし「固有地震」の前提が崩れたら？
- 地震の発生がランダムであれば？

⇒これらの前提条件はほとんど一般には伝わっていない！

地学教育への展望

- 災害の「べき乗性」, 「偶然性」を組み込む
 - 予定調和の物理・化学に対して
 - 「複雑系」(意外性⇒興味!)の生物・地学
 - 周期的とランダム性の理解への一歩を
 - 科学の可能性と予測限界の根拠を示す
 - ⇒決定論的カオスなど非線形なモデル
 - ⇒「科学懐疑論」とは一線を画す
- 専門家の理屈を正しく受け止めれる“市民”育成
- それでもシステムサイズの災害が来たときは
-----覚悟する!

〈あきらめる〉ということ

桑原 央治



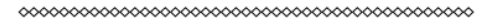
1828年、三条地震が新潟の地を襲った。子供を震災で失い“災難逃れ”の手段を尋ねた知人に宛てて良寛和尚は、「しかし、災難に逢う時節には逢うのがいい、死ぬ時節には死ぬのがいい、これが災害逃れの絶妙の方法だ」と返事している。若い皆さんは、この言葉をどう受け止めるだろうか。自然災害に対する日本人の態度は、〈あきらめ〉だと言われる。だが良寛の言葉は、そんなに単純で受動的なものだろうか。よく読めばそれは〈諦め = give up〉などではなく、人間が積み重ねてきた生と死を巡る深い〈明らめ = 洞察〉であることに気づく。

地学とはまったく畑違いの国文学専攻の私が、自然の中での死に否応なく直面させられたのは、1986年伊豆大島噴火

での避難のため、島の栈橋で救援船を待つ間だった。地軸を揺るがす轟音の中、「生命は助からないとしても、自分の身に何が起きているのか、納得して死にたい」と痛切に思った。そんな時に来島された東京大学地震研究所の先生方からお話を伺う機会を得、激烈な自然現象と自分の危機がようやく結びあわせられ、不思議に心が落ち着いた。そして誰もが避け得ない死を納得して迎えるためには、〈明らめる〉ことが不可欠であることを知った。

後日、プレートテクトニクス理論の確立に大きな役割を果たされた Dan McKenzie 博士を、大島へご案内する機会があった。そば降る雨の中、他の研究者達は早々に自動車に戻ったが、博士は

地層断面の前にいつまでも黙って立ち尽くしておられた。そのものに憑かれたような後ろ姿に、久しぶりで“学者”の姿を見たと思った。私の中で地球という自然と生身の人間が、激しく火花を飛ばした瞬間だった。



くわばらえいじ。東京大学地震研究所広報アウトリーチ室勤務。國學院大學文学部卒業後、国語教師として都立高校で教鞭を執る。都立大島高校に赴任中の1986年に三原山の噴火を体験。以後、防災教育の活動や提言を行う。2009年より現職。

NPO 法人地学オリンピック日本委員会

ニューズレター Chiorin! (no.7)

平成 23 年 11 月 28 日発行

発行人；NPO 法人地学オリンピック日本委員会広報部会

編集長；萬年一剛（広報副主査・神奈川県温泉地学研）

〒 113-0032

東京都文京区弥生 2-4-16 学会センタービル 4F

日本地球惑星科学連合事務局気付（事務局長・瀧上）

印刷所；榊あしがら印刷

文献など

- 岡本義雄：地震のシミュレーションと地震予知 —” 基石モデル” の教材化—, 大阪と科学教育, 11, 21-26, 1997
<http://www.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~yossi/doc/goishi-yoti.pdf>
- 岡本義雄：生徒は” 偶然” をどうとらえているか?, 地球惑星科学関連学会2002年合同大会予稿集
- 池谷裕二：『単純な脳、複雑な「私」』, 2009
- Chris Anderson: "[The Long tail](#)," *Wired*, October 2004.
- Nassim Nicholas Taleb : *The Black Swan* ,2007
- 桑原央治：「あきらめるということ」, NPO法人地学オリンピック委員会ニュースレター Chiorin, No.7, 2011
http://ieso.jp/wp-content/uploads/2012/12/chiorin_7.pdf

本研究には科研費基盤 (C) No.25350200を使用しています。