

日本列島地震大予測!!



工学博士 西尾 宣明

元・東京ガス(株) 基礎技術研究所

年賀はがきのお年玉

大 家 与太郎さん。今年(2015年)の年賀はがきでは、お年玉が何か当たりましたか？

与太郎 いやあ、さっぱりでしたよ。3等の切手もゼロでがつくりですよ。

大 家 はがきは何枚でしたか？

与太郎 40枚ぐらいですよ。うちはそんなに付き合いが広くないですからね。その代わり親戚は多いです。

大 家 そうか、40枚だと3等が当たる確率も1枚よりちょっと小さくなるから、ゼロということもありますね。

与太郎 大家さんなんかはずいぶん多いんでしょう？

大 家 うちは130枚ぐらいでしたね。妻の関係も含めてね。現役の頃はその2倍以上はありましたね。最近ずいぶん整理しました。Eメールに切り替えたりしてね。亡くなられる方も多くなりましたし。

与太郎 でも、やっぱりずいぶん多いんだ。

それで、今年は何か当たりましたか？

大 家 相変わらず3等の年賀切手ですがね。今年は大当たりで、6枚も当たりました。

今年の3等は下二桁が27と30だけだから、確率は2%ですね。

与太郎 130枚の2%だと2.6枚ですか？ 6枚はその

倍以上ですね。ほんとにツイてるんだ。今年はいいことありますね。

大 家 宝くじでも買いませんか。

与太郎 それがいいですよ。でも、何かでツイていたから別のことでまたツイてるってことも滅多にないですね。

偶然の女神像

大 家 与太郎さんも分かってるじゃないですか。

それが偶然の女神の本性なんです。二つの独立な事象の間では確率も全く独立なんです。

与太郎 「独立な事象」なんて言うと馬鹿に難しそうだな。何となく分かるような気はするけど。

大 家 数学では曖昧な表現を避けるために、どうしても難しい言葉を使って定義をはっきりさせるということがありますからね。

易しい例を上げれば、サイコロを振るというのもそうですね。

サイコロを振って1の目が出たとしますね。次にまた振ったときに何の目が出るかは、サイコロが正しくできていれば、最初に出た目とは何の関係もなく、1から6までのどの目が出る確率も同じです。つまり、それぞれの試行は独立と言うことです。

.....

与太郎 え？ サイコロを振ることを試行って言うんですか？ 難しい言葉を使うんだ。

つまり、独立だから、次ぎに1が出て1・1のゾロ目になる確率は6分の1ってことですね。結構大きい確率なんだ。

大 家 そのゾロ目になった後で更に1が出て、3連続のゾロ目になる確率はどうなりますか？

与太郎 前に何が出ていたって、独立だから次の目には関係ないですよ。そうすると、やっぱり6分の1か。結構確率は大きいままですね。

大 家 しかし、初めから1・1のゾロ目を出そうとすると、最初に1が出る確率は6分の1、さらに続けて1が出る確率も6分の1、それを掛けてゾロ目の確率は36分の1になります。

与太郎 ふうーん。確率って面白いんですね。

お年玉の当りと宝くじの当りも独立だから、ツキがつながるってことはないんだ。

サイコロ振りの勧め——正規分布

大 家 確率というものをもっと良く知るにはサイコロ振りがお勧めですね。

ほら、ここにサイコロがありますから振ってごらんなさい。そして出た目を順番に記録するんです。

与太郎 そうですか。やってみますね。

6, 5, 3, 2, 4, 5と……。あれ、1が出ないですね。

大 家 5回や6回では1が出なくても不思議はないです。もっとずーっと続けてご覧。

与太郎 そうですか。

3, 5, 1と、やっと1が出ましたね。続いて2, 3, 6, 5, 6, 2, 6——あれ、やたらに6が多いですね。と思ったら3, 1, 1——1のゾロ目ですね。

大 家 20回や30回の試行では何か特別な傾向があるかどうかは分かりませんよ。

取りあえず、6の10倍の60回振ってご覧。

与太郎 60回もですか？

大 家 六つの目のところに正の字を書いて行くと簡単に整理できますよ。

与太郎 ああ、そうか。

(しばらく黙々と振り続けて)

はい、60回振りました。

大 家 ご苦労さん。じゃあ、それぞれの目が出た回

数はどうになりましたか。

与太郎 えーと、1の目が16回、2が7回、3が11回、4が9回、5が8回、6が9回です。

何だか1の目が馬鹿に多いですね。サイコロがあんまり正確じゃないんじゃないですか？

大 家 60回振ったぐらいで結論を出すのは危険です。

申し訳ないけど、もう60回振ってくれませんか。

(途中経過を省略)

与太郎 今度は目の出方が大分変わってますね。

1が7回、2も7回、3が15回、4が14回、5が9回、6が8回です。

大 家 60回ぐらいの試行ではその都度ずいぶん目の出方が変わるものです。

では、今までのを全部足して、120回分に纏めるとどうなりますか？

与太郎 えーと。

1が23回、

2が14回、

3が26回、

4が23回、

5が17回、

そして6が17回と……。

今度はかなり平均してきましたね。

大 家 試行を300回ぐらいにするともっともつとばらつきが少なく平均化してくるはずですよ。

これが大数の法則というものですよ。

与太郎 いやあ。こうして実際にサイコロを振るだけでも偶然ってどんなものか少し分かった気がします。

大 家 サイコロを2個同時に振って、二つの目の数を合計すると、1と1の2から6と6の12まで11通りの数ができます。その数が出る回数がどんな形に分布するか。

そんなこともやってみると面白いですよ。

与太郎 どれもみんなおんなじじゃないんですか？

大 家 ところがそうじゃないんですよ。

2になるのは目が1と1の場合の^{ひと}一通りでしょう？ 12になるのも6と6の一通りです。ところが、3になるのは1・2と2・1の^{ふた}二通りあります。二つのサイコロはそれぞれ独立ですからね。

そうすると4の数が出るのは何通りになりますか？

与太郎 えーと、1と3でしょう。それから3と1もありますね。あ、2と2でも4だ。それで全部かな。

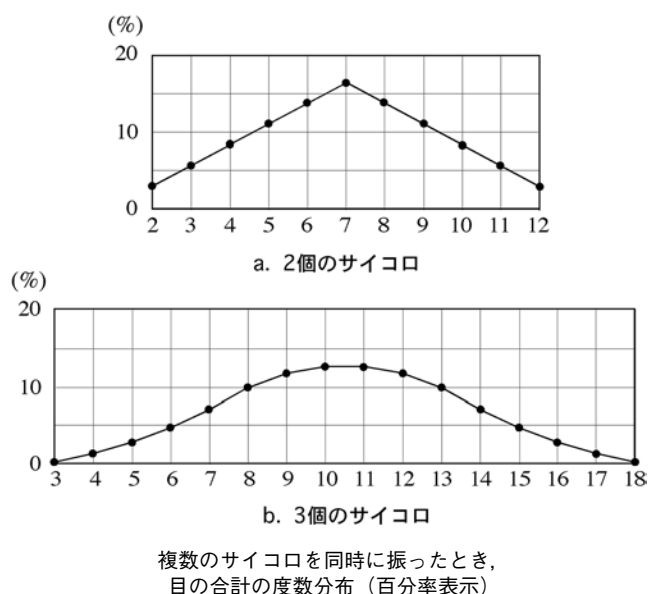
三通りですね。

大 家 そうですね。そうやって場合の数を数えて行くと、5の数が四通り、6が五通り、7が六通り。それが最大で、数が増えたとまた一つずつ減って行きます。

与太郎 そうなんだ。でも、実際にサイコロを振って確かめるのは大変ですね。

大 家 そうですね。サイコロが一つで、場合の数が六通りしかないときでも、どの目も均等に出るのを確かめるには何百回も振らなければならなかったのですから、場合の数の合計が $6 \times 6 = 36$ もあると、もう、理屈で攻めて行くしかないですね。

同じようにして、三つのサイコロを振った場合の目の合計がどんな分布になるかを調べるとこの図のようになります。



与太郎 ふーん。二つのときは真ん中がとんがった山になってるけど、三つになると丸まって来るんですね。

大 家 そうですね。サイコロの数を増やして行くとどんどん丸みが滑らかになって、左右対称な「釣り鐘型」になって行きます。そして、正規分布と言うものに近づいて行きます。

山のところが平均値で、左右に同じようにばらつくという格好です。そして、山が高く尖っている程ばらつきが少ないことになります。

人の身長なども大体正規分布になっているようですね。ほら、何とか試験の偏差値などというものの、試験の点数が正規分布になることを利用して決められて

いるんですね。

与太郎 へえー。サイコロの目と正規分布って言うのと関係があるんだ。

大 家 たとえば身長ですが、それは遺伝子や生活環境などからくる無数のいろいろな原因が絡み合って決まって来るわけです。それは無数のサイコロを振ったときの目と同じ性質なんですね。

それで、サイコロを研究して分かる正規分布が役に立つわけです。

まあ、正規分布というものが、確率論や統計学の中で最も重要なものの一つになっているということだけでも覚えていて下さい。

首都直下地震予測

与太郎 確率と言えば、最近では聞かないけれども、首都直下地震とか東南海地震などの確率が気になります。

あれにはずいぶん難しい理屈があるんでしょうね。

大 家 与太郎さんもそう思いますか？

私もテレビでいろんな地震の予測が報道されたときは、数学の得意な地震学者が言うことだから、かなり難しい理屈があるんだろうなと思っていましたよ。

与太郎 その言い方だと大したことはないってことですか？

大 家 ずばり、そうなんです。

最近たまたま『地震予知』の幻想』という本（末尾の注を参照）を読んだんですが、地震学者を買い被っていたことが分かったんですよ。

その本に書かれた一つの例として、2012年の1月に東大地震研究所の研究者から次のようなことが発表されました。

「首都直下型 M7級 4年以内70% 地震活発、切迫度増す」。

4年以内に70%もの確率でマグニチュード7の地震が起きるとしたら、誰でも恐れをなすと思います。

与太郎 そうですよ。天気予報だって、雨の確率が50%以上だったら自分なら絶対傘を持って行きますよ。

その発表がインチキだったなんて言うんじゃないでしょうね。

大 家 まあ、インチキと言われても仕様がないうですね。

実は、これが発表されて1週間後に京都大学から同じ「首都直下型地震が5年以内に28%」という発表が

ありました。ずいぶん違うと思いませんか？

与太郎 4年が5年に伸びて、70%から30%以下ですか。
天気予報だったら傘なんか持って行かないかも知れませんね。

でも、どうしてこんなに違っちゃうんですか？

大 家 それは東北地方太平洋沖地震の余震の頻度と関係があるんですよ。

この地震の後で、余震と、地盤内のひずみ分布が大きく変動したために起きると見られるいわゆる誘発地震の頻度が、本震の前に比べると桁違いに大きくなりました。

ここでは誘発地震と言われるものも余震と一括りにして扱いますが、余震は当然時間と共に減少して行きます。その様子を気象庁のデータをかいつまんで整理したのが次の表です。

これによると、本震の後の1年間は余震の頻度が驚く程大きいんですが、年を追う毎にどんどん減少しています。

東北地方太平洋沖地震の余震頻度の推移

マグニ チュード 期 間	M4.0 ~4.9	M5.0 ~5.9	M6.0 ~6.9	M7.0 ~	計
2011.3.11 ~2012.3.10	4,362	553	93	7	5,015
2012.3.11 ~2013.3.10	693	75	8	1	777
2013.3.11 ~2014.3.10	404	52	3	1	460
計	5,459	680	104	9	6,252

与太郎 最初の年はずいぶん余震が多かったんですね。
2年目はガクンと減っているんだ。

大 家 もっと細かく見ると地震直後の1年の5,015件の余震のうち、約2,700件は地震の後の20日間で起きているんです。

今話した東大や京大の予測がこのように変動——というよりも減少して行く余震や誘発地震のどんなデータを使ったのかは私には分かりません。これらのうち首都圏で起きた地震を拾って、その月別の地震件数の推移から4年後5年後までの地震の件数を予測しているものと思います。

与太郎 そうするとマグニチュード7の地震が起きる確率も分かるんですか？

大 家 そう簡単には行きませんね。さっき言った本の著者はグーテンベルグ・リヒター法則を使ったと書いていましたが、その使い方によって答はうんと違って来ると思います。

与太郎 グーテンベルグなんかの法則って何ですか？

大 家 グーテンベルグとリヒターというアメリカのカリフォルニア工科大学の地震学者が1950年頃に提唱した「地震のマグニチュードMとその発生の頻度nは次の式で関係づけられる。

$$\log_{10} n = a - bM$$

というものです。恐らく、膨大な数の地震記録を調べてこのような規則性に気がついたのでしょうね。

この式はマグニチュードMが大きくなるほど頻度が少なくなることを表しています。

これは「法則」ではなくて、あくまでも地震の統計に表れる一つの「傾向」を数式で表したものです。だから、実際には単に「則」とか「式」と呼ばれます。

なお、このbの値はおおよそ0.9から1.0の値になると言われています。そうすると、マグニチュードMが1増えると頻度nは大体10分の1になります。

与太郎 さっきの余震の表を見ると、うんと大まかに見れば10分の1ぐらいって言えないこともないけど、きっかり10分の1ずつになってるわけじゃないですね。

大 家 そうですね。それで、かりにある期間たとえば2年間にM4の地震が500回起きたとすれば、 $b = 1.0$ として、M5が50回、M6が5回、そしてM7が0.5回と推定されますが、実際にはその2年間にすでに1回起きていたとします。

そうすると、次にM7の地震が起きるのはどのぐらいの期間を見ればいいでしょうかね。

与太郎 ええっ？ そんなこと聞かれたって……。

待てよ。2年に0.5回だから次の2年の分はもう使っちゃってるんだ。だから2年間は起きないですね。

そうすると次ぎに起きるのはその先の4年の間ですね。だから2年と4年を足して、6年の間には起きるってことですか？

大 家 おお、与太郎さん見事な推論ですね。私も似たような考え方をしますよ。

問題は次の年でも絶対に起きないとは言えません。サイコロのゾロ目のようにね。

地震はそれほど規則正しくは起きませんからね。そこで、2年で0.5回というのを6年間にどう割り振る

かですね。

私なら、山勘で4年後までに70%とでもするでしょうか。あ、これは東大地震研の予測と同じですね。

与太郎 本当ですか？ なんだかわたしでも地震学者になれそうな気がしてきたな。冗談ですけどね。

大 家 頭のいい地震学者はどう考えるかですね。

いずれにしても、実際にはばらつきの多い統計から推定した確率がどれだけ信頼できるかが問題です。

とくに——この予測は2012年の1月に発表されていますから——余震の頻度もどんどん減りつつある時期のうちの、どの期間のデータを使ったかによって答も大きく変わってしまうと思います。

東大と京大の予測の違いはそこにあったと思います。

与太郎 そうなんだ。そう言う地震予知じゃああんまり信用できないですよ。

大 家 こういう確率を使って先を見る方法には「予知」という言葉は合いません。「予測」が適当です。予知には確率の持つ曖昧さは許されないと思います。

与太郎 ああ。そうなんですか。それで最近、学者たちも地震予知はできないなんて言っているんですね。

大 家 それに、もっと悪いことに、「首都直下」で起きるM7の地震を予測するために関東南部の広い範囲の地震のデータを使う必要があることです。

と言うことは、「首都直下地震」を予測するのではなく、「関東南部地震」を予測するだけのことになってしまいます。たまたまそれが首都直下地震になる確率はどうかという別な問題が出てきます。

与太郎 そうなんですか。東京の直下で何百も地震が起きたって話は聞かないですよのね。

ゲーテン何とかの式も使いようがないですよ。

東南海・南海地震の予測

与太郎 そう言えば、あの一、南海地震だっけ。凄い地震が来るって話がありますね。あれはどうなんですか？

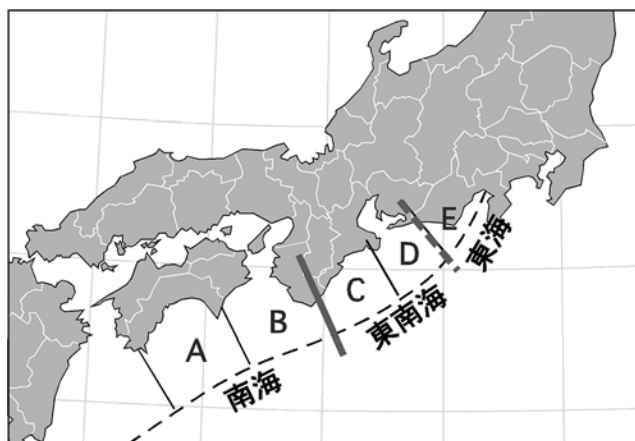
大 家 あれは首都直下地震とは違って、かなり確かな根拠がありますから、全く話は違うと思います。

7世紀頃からの歴史地震、それに地質調査も絡めて、M8から8.5級の巨大地震が100から200年の間隔で起きていることが確認されています。どの地震も東海・東南海地震の二連動とか東海・東南海・南海の三連動

の地震とされています。

15世紀以降の地震では100から150年の間隔で二連動・三連動の巨大地震が起きているようです。

与太郎 ふーん。で、最近の地震はいつだったんですか？



南海トラフ（破線）と活動領域（A～E）
A～Eの領域のいろいろな組み合わせで連動する地震が起きている

大 家 1944年に起きた昭和東南海地震ですね。マグニチュードは8.1とされています。その2年後の1946年にはM8.1から8.4とされる昭和南海地震が起きている。これは昭和東南海地震による誘発地震、広い意味での連動地震と考えられています。

与太郎 そのときも津波が起きたんですか？

大 家 そうです。両方とも1,000名以上の死者を出しています。

ちょうど太平洋戦争中とその直後ということで、米軍が飛行機で空から津波の被害を調査したりしたようですね。

政府の地震調査研究推進本部の予測では2011年時点で、30年以内に発生する確率は60から70%とされています。M8から9クラスの地震が50年以内には90%程度以上の確率で起きると言われています。

与太郎 そうですか。もしかするとわたしが生きているうちに起きるかもしれないですね。

注：黒沢大陸著「地震予知」の幻想

地震学者たちが語る反省と限界

新潮社2014.7.20発行

著者は朝日新聞編集委員兼科学医療部次長