

6系列の中に入れ込んだわけです。6系列の中に入れ込むことによって、だいぶ異なった人々と一緒に教育をすることになりました。それは必ずしも悪いことではありません。

ここで統計教育は、C.の「社会・制度」とF.の「数理・情報」に位置づけられ、「社会・制度」には、主として文科系の統計学に相当するものを入れました。それから「数理・情報」には理科系の統計学を入れました。

C.は、いわゆる文科系の統計学で、夏学期には「社会統計学」という名前を付けています。この名前について、いろいろの分野の方の異論もあるかと思いますが、学生向けに社会科学の統計学という意味で、「社会統計学」という名前をつけました。

冬学期は、必ずしも統計ではなく、確率、OR、Decision Science、それから認知科学、心理統計、線形計画法、あるいは経営学、ちょっと統計学より一步外へ出るような計量的な方法を文科生に与えるという意味です。しかし、社会統計学がその基礎になると思います。

理科系の場合は、F.の中「基礎統計」と「統計分析」にし、基礎統計では、これから述べるように主として回帰分析までをやります。「統計分析」では分散分析以後、いろいろな重要な手法・方法論を教えるということです。要するにBasic、あるいはIntroductory、あるいはFundamentalというのが基礎統計であり、統計分析というのはApplied Statisticsといったらいいと思います。

履修人数はC.系列が300人から600人、F.系列が1,600人で、これを4人の教官、3人から4人の非常勤講師で担当しており、たいへんな負担になっています。

内容については、シラバスを資料1に書いておきました。内容項目とキーワードを羅列しています。これによりだいたい理念をわかっていると思います。

地震学と統計学

京都大学 理学部 尾池和夫

統計教育 地震活動には静穏期と活動期があり、実は現在の日本は静穏期にあります。それぞれに物理的な意味があり、そういうものをモデル化するために統計学に非常に期待しています。こういうことに役に立つような統計学をやってほしいという話をしたいと思います。もちろん統計学は数学の一つの分野でもあり、そういう研究の対象であってしかるべきですが、ほとんどの分野の人たちから見れば、一つの研究の手段として役に立つ道具であり、期待が非常に強いわけです。

私たちが相手にする学生は、早くて4年生、普通は大学院の1年生になって地震学というものの、たいていは初めて触れるわけですが、そういう学生たちが、統計学を活用して地震の研究をできるように、学部教育の中でぜひ進めていただきたいと思っています。地震学は非常に広い分野を含みますが、地球の固体部分の力学的あるいは物理学的なもの、動き、構造、そこに起こる現象など、全部を対象にしていると思っていただいてもいいのです。

大学院で、地震学、固体地球物理学の中で統計学を使いたい学生はたくさんいるわけですが、これまでにそういう教育を受けて技術を身につけているかという点を決してそうではありません。これを研究するのだと目標が目に見えて来た学生たちを相手に統計数理研究所の尾形良彦さんにお越しいただき、地震に関する統計学はこれだと、今までの成果・集大成を集中講義でやっていただいた。受講者は少ないわけですが、統計学というのは、私はそういうものであっていいし、それでしかるべきだと思っています。

地震は破壊現象ですから、確率過程が基礎理論となる。そういうことがだいたいわかってきた時に、それを解析する技術として、その分野に詳しい統計学の先生に来ていただいて、集中的に講義をしていただく。ただ、その講義を理解するためには、前期課程のプロセスが必要になるのでしょうか。

京都大学でも、大学院重点化の改革をやっています。一貫教育を考える中で、もう一度そういう問題も絞って考えてみたいと思っています。

プレート運動 地球の中に起こる大きな現象の一つに地震があります。地震というのは破壊です。地下の岩盤にストレスが溜まって、そのストレスに耐えきれなくなった所が破壊してすべる、ずれるという現象なのです。

その破壊させるためのストレスがどうやって溜まるか。岩盤を弾性体として扱いますが、弾性物体の中にどうしてストレスが溜まるかという、これは地球の表面地殻を100キロぐらいの厚さの板が水平に動いているプレート運動というのがあります。その運動がなければ重力場の中で静水圧の中にいるわけですから、体積は縮まりますが破壊ということはありません。静水圧の非常に高い中でも、中が空洞でなければ潰れないので破壊ということとは起こらないわけですが、プレートが水平方向に移動していることによって静水圧からのズレができ、ねじれて岩盤を割ってずらすという現象が起こるわけです。それが地震です。

地球の中を研究するというのは、構造がどうなっているか、それがどういうふうに動いているか、どういう力が加わっているか、応力場がどういうふうにできているか、そしてなぜ、いつ、どこに、どんな大きさの破壊が発生するか、どういうパターンの破壊が起こるか、こういうものをモデル化し、モデルが確立して、できることならば未来を予測する。これが究極の目的で、プレート運動というの、10年ほど前までは仮説だとか、あれは本当かどうかわからないとか、いろいろ説がありましたが、現在はそういう時代が終わり、人工衛星を使って観測点を置いて、プレートの動きを実測している時代です。南大東島は沖縄に向かって1年8cmで進んでいる、というようなことが実測値として出ています。

プレートの運動は基本的にはいいわけですが、そのゆらぎ、それによって起こる応力場、そしてそこに起こる破壊の問題は、概念だけは確立していますが、実際の測定というのはなかなか大変で、これからだんだんやっていくわけです。

地震による破壊 破壊というのはストレスが集中した所から割れ始めるわけですが、浅い地震の場合には10kmとか15kmの深さに起こります。その辺りは適度に硬く、静水圧がある程度働いていて締まっていて、冷たく割れやすい。もっと下になると温かくなって割れにくい。地表は応力が、ストレスが逃げてしまうので割れにくい。10kmとか15kmぐらいが割れやすく、そこから割れるのですが、ほとんどは小さい破壊で止まってしまいます。

度数としては少ない現象ですが、たまに大きな広い所にストレスが溜まって保持されていると、破壊が急激に成長して100kmも200kmも割れ進むということになります。だいたい1秒に2,3kmの速さで割れ目が進んでいきます。

地震の統計 地震の大きさによる度数分布はどうなっているかという、大きいほど減多に起こらない、小さいのはたくさん起こる。ただ、それはずっと続くのではなくて、本当に小さいのになると、どうもないらしい。マグニチュード9.5以上という地震はどうも存在しないらしい、という上限と下限があります。限界があるのはなぜかというのも研究テーマになっています。

それから地震発生の時間的解析はどういうことをやるか。その前に地震のデータをとる側で

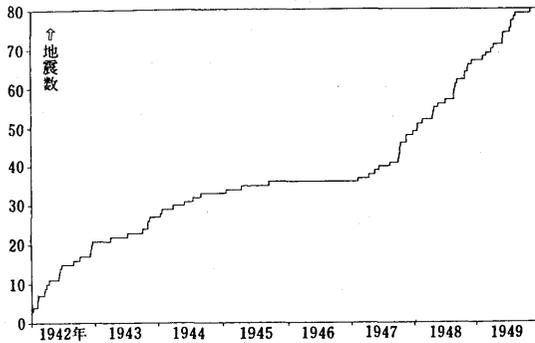


図 1.

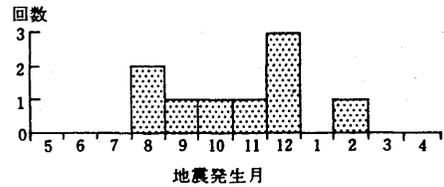


図 2.

非常にムラのある仕事をしているわけで、これを知ることは非常に大事なのですが、歴史が残っていないので難しい。これ自身が解析の対象になる。データの時間的空間的均一性というのは保証されていない。例えば、日本近海の南方の地震の数を数えて積算しますと、図1のようになります。こんな自然現象は見たことがないと言っては駄目で、太平洋戦争がひどくなるとともにどんどん数が減っている。つまり観測点を引き揚げているわけです。そして1945年から46年にかけて地震は一つも起こらなくなった。これは観測点が要するに無くなったわけで、戦争に負けて、気象庁がそろそろ復活して仕事を始めた途端に元のレベルに戻って、だんだんまた増えているわけですから、これは自然現象として大発見という論文を書いたらとんでもない話です。どこでいつ観測したかなかなかわからないとなると、これを逆に検知能力はどういうふうに本当は変わったのであろうか、などというのが解析の対象になってしまう妙なデータなのです。

季節性の問題(図2)の地震はいつも同じように起こるかという、被害を出すような南海トラフの巨大地震というのは、なぜか夏から冬にかけてしか起こらない。赤池先生に言わせると、歴史が1500年もあって、こんなにはっきり出てきた現象があったら、皆さんに知らせて、防災に活かさないのかとおっしゃったことがあるのですが、私どもには物理的仕組みがまだわからないのです。モデルを当てはめて何か数値を求めようかという人もいたのですが、やはりなぜこんな巨大な現象が季節的に集中するのかという物理的な仕組みを明らかにするのが先であると思います。

南海トラフの巨大地震、プレート境界の地震と内陸の活断層の地震を比較します(図3)。100年に一度ぐらい、ここが昭和の南海沖地震、東南海地震というような巨大な地震を起こします。その前に内陸部のストレスが、これはプレートが押し合っているわけですから、どんどん押しされて中の方のストレスがずっと高くなっていきます。そうすると弱い所からビシビシ割れ始めるわけで、こういう巨大な現象が起こる直前が一番ストレスが高まっている時期になるわけです。

その歴史を数えてみると、これは中心が巨大な地震が起こった所、中心よりも左側がその前70年、右側がその後70年です。Aの地域、私たちが住んでいる京都を含む所だと、数十年前から確実に地震はどんどん増えている。これは何回も繰り返した現象を全部重ね合わせてあります。BとかCの所になると、そういう巨大なプレート境界の破壊が起こった後、誘発される地震が数十年続き、そして収まる。

今年たまたま大きい地震が三つ起こりましたが、それでも活動期とはいえません。あと2,30

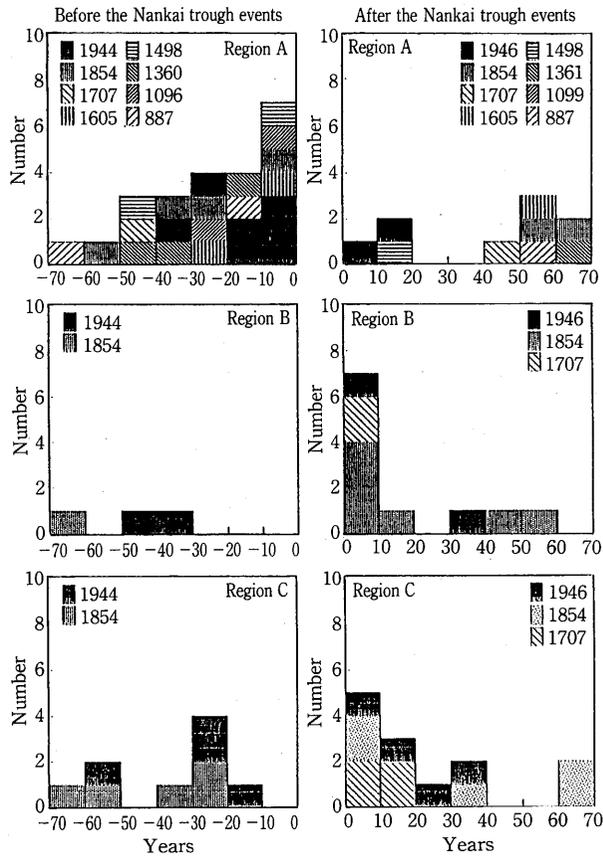
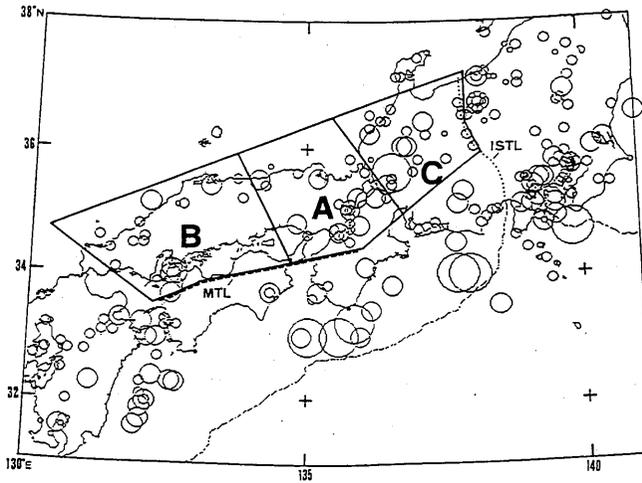


図 3.

年するとこういう期間に入ってきて、もっと大きい地震がどんどん起こるような時代になると思います。

そういう時代になるまでに、今私が述べたようないろいろなことを一生懸命解析しておいて、ある程度その予測のできる、適用できるようなモデルを作らなければと思っています。

工学部における統計工学の教育

東京理科大学 工学部 芳賀敏郎

東京理科大学工学部経営工学科と慶應義塾大学理工学部計測工学科で統計工学および、それに関連する科目を担当した経験に基づいて、私見を述べる(芳賀(1991)).

- ・統計の専門家を育てるための教育ではない。統計の基礎理論まで遡って教育する必要はない。データから情報を抽出する手法としての統計技術を正しく理解させることが必要である。

- ・学生は統計を勉強する積極的な動機を持っていない。単位を取らなければ卒業できないという動機だけである学生に、どのように教えたなら良いかを工夫しなければならない。

- ・「将来統計が必要になったときのために、基礎理論を教えておく」という目的で数理統計学の基本を教えても、将来それが役に立つ可能性は低い。教養課程の数学で線形代数が講義されているはずであるが、専門課程の線形計画法や回帰分析の講義で、線形代数の知識がほとんど役にたたない。教養課程の数学で確率・統計が講義されると、専門課程に入ってから、「確率・統計は面白い」というアレルギーを除くためにかなりの時間を割かねばならない。

- ・統計の理論を教えるのではなく、学生の専門分野で統計がどのように役立つかを具体的な例で教えることにより、統計に興味を持たせる。

- ・数式を示すときは、その証明を示すために時間を使うのは無駄である。その式がどのような前提で導かれたものであるかと、その式がどのような意味をもっており、どのように使われるのかを説明するために時間を使うべきである。式の意味の説明は、具体的な例を通して理解させる。分散の加法性についての例を次に示す。

例1: 2つの部品を組合せて製品とする場合に、各部品の寸法の標準偏差と組立て品の寸法の標準偏差の関係を説明するだけでなく、バラツキの小さい部品の寸法精度を改善しても、組立て品の寸法精度はあまり改善されないことを示す。これから、品質管理などで、総合特性を改善したいときの考え方を説明する。

例2: $z = ax + by$ (x, y が独立) のとき、 $\sigma_z = (a^2\sigma_x^2 + b^2\sigma_y^2)^{1/2}$ となることを説明したのち、次の問題を考えさせる。“男子学生の体重 x が $N(60, 8^2)$ 、女子学生の体重 y が $N(50, 6^2)$ であるとき、エレベータに男子学生が3人、女子学生が2人乗った。300 kg 以上でブザーが鳴るとすれば、ブザーの鳴る確率はいくらか。”

このとき、 $z = 3x + 2y$ と黒板に書くと、 $\sigma_z = \sqrt{(3^2 \cdot 8^2 + 2^2 \cdot 6^2)}$ とする学生と $\sigma_z = \sqrt{(3 \cdot 8^2 + 2 \cdot 6^2)}$ とする学生がでる。どちらが正しいかを考えさせる。

例3: 計測工学の学生に対して、次の問題を考えさせる。“200 グラムを計量するときの計量誤差が10 グラムであるとする。内容量が200 グラム以上であることを95%の確率で保証するためには、計量機の目標値 $200 + \alpha$ グラムをいくらにすればよいか。100 グラムを計量するときの計量誤差が5 グラムであるとする。100 + α グラムを2回独立に計量して包装するとき、同様の保証をするためには α をいくらにすればよいか。後者の方法が平均内容を小さくすることができることを確認せよ。” 測定誤差が目標値に比例し、計量誤差が独立である(波を打たな