



2011

超
広域地震災害にそなえて
いまぎふができること



GIFU UNIVERSITY

I. はじめに

2011年3月11日、マグニチュード9.0という稀に見る大規模な地震が東北地方の太平洋沖で発生しました。死者・行方不明者が2万人近くに達し、経済的な損失は未だ計り知れないと言われています。2次災害といえる原子力災害も、今後の影響が非常に長期に及ぶものと予測されています。

本稿では、まず、我が国周辺における地震発生のメカニズムなど、地震や地震災害に関する基本的なことについて解説したうえで、東北地方太平洋沖地震の地震動、被害の特徴、学んだことについて述べたいと思います。そして、東海地域に居住する我々が、今まさに立ち向かわなくてはならない海溝型巨大地震について、それがどのような地震なのか、どのような災害の特徴を有しているのか、という観点から述べたいと思います。

II. 地震豆知識

何故地震が発生するのか

日本列島周辺での地震発生メカニズムについての概要が図-1に示されています。日本列島が乗っている大陸側のユーラシアプレートに向かって、東方から太平洋プレート、フィリピン海プレートが毎年5cm～8cmというスピードで押し迫ってきており、海側のプレートが沈み込むところで陸側とのプレート境界にひずみが蓄積されます。

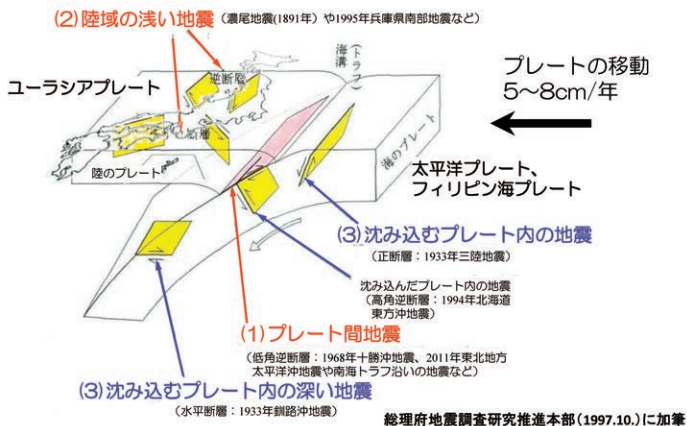


図-1 我が国周辺域における地震発生のメカニズム

ひずみが蓄積されるということは、それを元に戻すための力（応力）が蓄積されるということであり、場所によって異なりますが日本列島周辺ではおおよそ100年～数100年という再現期間で大きな地震が起こり、それまでに蓄積された応力が解放されることが繰り返されてきました。これらの地震は、プレートとプレートの間でのずれとして発生することから、プレート間地震と呼ばれています。昨年3月の東北の地震もこのタイプの地震でした。このようなプレート間地震に加えまして、日本列島のすぐ下にあるユーラシアプレート内での応力の解放により起こる地震も発生します。海溝付近で押されることによるひずみは、列島直下でも少しずつ溜まります。これらの解放による地震は、規模は小さいけれども我々のすぐ直下で起こりますので、断層の近くでは非常に大きな災害となります。たとえば、1995年の兵庫県南部地震や2003年の新潟県中越沖地震です。日本列島および周辺で大きな被害が生じる地震には、この二つのタイプがあります。さらに、太平洋側から潜り込んでくるプレート内で起きる地震もありますが、それらは列島の直下になりますと相当深いところで起きますので被害はそれほど大きくはなりません。

地震の規模と地震動の強さ

地震が発生すると、「震源は岐阜県西濃地方、地震の規模を表すマグニチュードは6.1、各地の震度は、岐阜県大垣市が震度5強、、、」などと発表されます。地震は、プレート内やプレート間の岩盤のずれにより起こり、地震の規模はおおよそずれた岩盤の領域の広さで決まります。領域を長さと同幅による長方形で表せば、マグニチュード8クラスの地震の長さは100～300km、7クラスだと30～100km、6クラスだと長くても数10km程度までです。以前は、各地で観測された地震計の最大変位振幅で推定されていましたが、最近では余震観測結果から得られるおおよその断層の広がりから決定されるようになりました。この値は、モーメントマグニチュードと呼ばれ、 M_w という記号が使われます。

各地で観測される地震動の強さは、断層からの距離や、周辺域の表層地盤の影響を強く受けるため大変複雑に変化します。そのため、地震動の最大の揺れの大きさだけでなく、揺れは凄まじかったがすぐに静かになった、ゆっくりとした震動が長く続いた、などという揺れの強さやその特徴に関する表現がとられます。地震動の破壊力の指標として、最近では気象庁の計測震度がよく使われるようになりました。1995年の神戸の地震以降、気象庁は、揺れの強さを地震計で計測された加速度波形から直ちに算出し、それを公表するようになりました。これが計測震度と呼ばれるものです。この震度を求めるための地震計は計測震度計とよばれ、全国の各市町村に設置されています。各地での計測震度値は、地震発生直後に自動集計されるので、数分後にはテレビなどで報告されるようになりました。計測震度算出のアルゴリズムはやや複雑ですが、最大の加速度値ではなく、ある一定時間（=0.3秒）続いた加速度レベル（=実効加速度と呼ばれる）を計算し、その値から計測震度値を求めるようになっています。この計測震度は連続量で表されますが、たとえば計測震度値が6.3であれば震度階は6強、5.4であれば震度階は5強などとして、計測震度階が報告されます。地震動の最大

加速度よりは最大速度のほうが被害とよく対応するということが、従来から言われてきましたが、この実効加速度は、地震動の最大速度と強い相関があり、これまでの定性的な事実を反映した地震動の強さの表現がなされるようになったと言えます。

揺れの周期特性

構造物には、それぞれ揺れやすい周期があり、地震動にそのような周期の成分が多く含まれると、その構造物は大きく揺れることになり、被害が著しく甚大になります。そのような周期のことを構造物の固有周期と言います。通常の木造構造物は、0.3～0.6秒程度、10階建て程度のビル、マンションであれば0.5～1.5秒、高層・超高層ビルは2～4秒、さらに長大橋梁になると7～8秒ほどの長周期となります。構造物の減衰の特性にも依存しますが、固有周期に相当する地震動の成分は、構造物の応答として数倍から10倍程度に増幅することもあります。したがって、特定の構造物に注目する場合には、その固有周期に相当する地震動の強度が破壊力の指標となります。

強い揺れの継続時間が重要

断層の規模が大きくなると強い揺れの継続時間が必ず長くなります。揺れの最大強さに加えて継続時間というものが被害に大きく関与することは容易に想像されることですが、最近の我が国の被害地震は、1995年の神戸あるいは2003年の新潟での地震のように断層サイズが小さい内陸の直下地震ばかりでしたので、震源近くでの強い揺れの継続時間はせいぜい10秒程度でした。この場合、揺れの最大強さをもって地震動の破壊力と判断すればよかったわけです。

ところが、断層が非常に大きくなりますと、断層のずれは、最初に力のバランスが崩れたところ（震源）から徐々に、（徐々にといっても秒速3km程度、ジェット機の5倍程度のスピードで）伝わって行って、破壊のエネルギーが断層面上のそれぞれの部分から発せられますので、例えば300kmの断層がありますと、100秒以上の時間を要して各部分から震動エネルギーが順に放出され、断層破壊が終了することになります。すなわち、断層の各部分から震動エネルギーが時間差をもって我々のほうにやってくるということで、強い揺れの継続時間というのは非常に長くなってきます。東北の例のように断層域が450kmにもおよぶ場合には、震動の継続時間が3～4分程度になることが予想されますが、各地で得られた地震計の記録において例外なくこの傾向が見られました。

20世紀以降における巨大地震発生の場所

図-2は、震源規模の指標であるマグニチュードが9.0程度となる地震が20世紀以降に発生した場所を示した図です。1952年のカムチャツカ地震は9.0、1957年アンドレアノフ地震は9.1、1960年のチリ地震は9.5で、これが最大級のものです。それからアラスカ地震と、スマトラ地震が9.0ということで、巨大な地震というのは環太平洋造山帯の、こういうところでしか起きていないことがわかります。その中でも東海～南海地域はとくに発生頻度が高い地域なのです。また、これら7つの巨大地震は、20世紀に4件

発生しているのに対して、まだ12年しか経っていない21世紀にすでに3件発生しており、世界的に地殻変動が活発化しているのかもしれない。

世界の震源分布 (2010年版)

東京大学 地震研究所



図-2 1900年以降に起きた巨大地震

Ⅲ. 2011年東北地方太平洋沖地震

東北地方太平洋沖地震は本当に想定外の地震だったのか？

図-3は、過去百数十年程度の期間における東北地方海溝域での地震発生状況に基づいて、将来30年間に発生する確率の高い地震のマグニチュードとその確率を各、セグメント毎に示したものです。東北地域の海溝域は、それぞれ特徴的な地震が発生するセグメントに分けて想定地震が設定されておりました。たとえば、宮城県沖でのセグメントでは、将来30年間にマグニチュード7.5クラスの地震が起こる発生確率が99%、その北の三陸沖ですと7.1から7.6の地震が90%ぐらいの確率で発生すると予測されていました。それに対して、今回はいくつかのセグメントを包括する楕円で示される規模の大きな地震として、言わば連動して発生したと言えます。

今回の東北の地震にほぼ匹敵する869年の貞観地震について、「資料 日本被害地震総覧 (宇佐美龍夫、1975)」に書かれています。貞観11年7月13日の真夏に起きた地震で、マグニチュード8.6ぐらいの地震と推定されています。城郭、倉庫が揺れて崩れた後に津波が来襲して海水が多賀城下まで達し、溺れ死んだ方が1,000人ぐらいということが記録されています。巨大地震が発生するときに発光現象があるとよく言われます

ですが、我々が地球上で常に受けている地球中心方向への重力加速度は980galです。この記録は、ほんの一瞬ですが最大加速度2,529galを記録しました築館という仙台北部の観測点での水平方向の加速度波形です。計測震度が6.7ですので震度7となります。震度7としての唯一の記録です。波形のパワーが集中している箇所が4, 5箇所ほど確認できます。つまり、複数の地震の連動による記録であることを示しております。これだけの広い断層域ですから幾つかの震源断層の連動（マルチプルショック）であろうとは想像されますが、強震記録でもはっきりと確認できました。

一方、青色で示された記録は、翌日の3月12日に長野県北部で発生した地震（ $M_w=6.7$ ）により津南地区で得られた記録です。断層規模が20km程度と小さいことにより、強震部の継続時間は10～15秒程度と非常に短い記録です。まさに単震源地震による記録です。最下段の黒色で示された記録は、1995年兵庫県南部地震における神戸海洋気象台地点での記録で、この波形だけからは想像できませんが、実は凄まじい破壊力を持った地震動です。計測震度が6.4ですので、震度階は6強です。マグニチュード7.3、断層長さは40km程度で、やはり強震部の継続時間は20秒程度と短いです。この神戸の記録の“凄まじい破壊力”の理由については、後ほど説明致します。

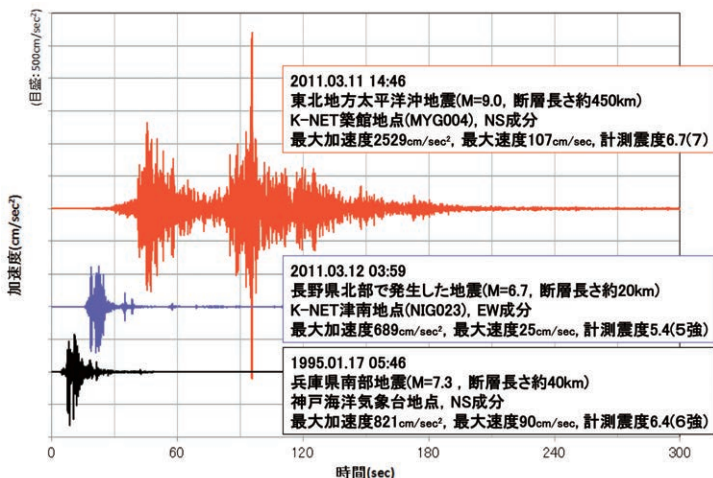


図-4 断層の規模による強震動の継続時間の違い

巨大地震による地震動の特徴（広い周期帯域の地震動）

一般に、地震動には様々な周期の成分が含まれています。断層のサイズが大きくなるほど、震源で生成される地震動に、より長い周期の震動成分が増強されることにな

ります。震源から発生したそれらの地震動は、着目点までの距離やその伝播経路、さらに、着目点の周辺地盤の状況によって減衰したり、増幅したりして、大きく変化します。図-5は、図-4の地震動加速度波形について、各地震動に含まれる周期成分ごとの強度で示したもので、加速度応答スペクトルと呼ばれるものです。横軸の固有周期に対応する構造物の最大応答加速度を地震動ごとに縦軸に示したものです。同図の黒線は、兵庫県南部地震における海洋気象台での記録、赤線は東北の築館での記録によるものです。大抵の重要な構造物の固有周期に相当する周期1秒ぐらいのあたりで、黒が赤の3倍くらいあります。その前後もそうっております。ですから、たまたま今回、東北のこの築館記録には主な構造物の固有周期に相当する成分が少なかったと言えます。ただし、さらに周期が長い成分になるともう神戸以上になって、実は10秒以上のところではさらにぐっと大きくなっております。これが、巨大地震のスペクトルの大きな特徴です。

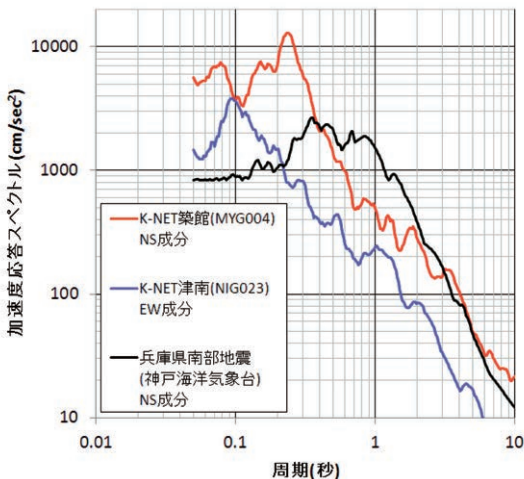


図-5 強震動の周期特性の比較

内陸直下地震と比較した巨大地震による地震動や被害の特徴

我々は、東北地方太平洋沖地震による巨大地震被害を経験しました。定性的には十分予測されていたことも多いですが、その特徴を内陸直下地震の場合と異なる点に注目してまとめると以下ようになります。

- (1) 広大な高震度域：断層がきわめて大きいため、強い震動が広い断層面からそれぞれ発生することによります。したがって、被災地域も広範囲に及びます。

- (2) **長い強震継続時間**：3分以上の継続時間であったということです。今回は余り注目されませんが、我々が対峙する東海・東南海・南海地震ではこれが災害を拡大する大きな要因になってきます。
- (3) **広い周期領域の地震動**：地震動は巨大地震特有の短・中・長周期成分の混成であった。いわゆるハイブリッド波ということで、広い周期範囲の地震動が含まれる。断層が小さければ非常に長い周期の波は絶対に発生しませんが、大規模地震であるといろんな成分が含まれることになり、それぞれの地域ごとの増幅特性によってそういうものがさらに顕著に出てくるということになります。それから、内陸部であっても、遠方であっても地盤の液状化による被害も顕著になります。
- (4) **広域における大津波被害**：大津波災害は、巨大地震の場合のみ発生します。揺れの継続時間が長い→それは巨大地震→発生場所は海溝沿い→大津波発生、という一連の予測に例外はないものとして、すべての人に認識して頂きたいものです。

Ⅳ. 東海～西日本において想定される巨大海溝型地震

巨大地震の発生履歴

図-6は、南海トラフ沿いの地域において、室町時代から5回繰り返して巨大地震が発生してきた履歴を示しております。このうち、宝永の地震が1707年で、3連動ではなかったかと言われています。安政東海地震のときは、東南海・東海連動地震が発生した後、32時間後に南海地震が発生しています。1944年東南海地震が発生した時は、その2年後に南海地震が発生しております。100年程度のオーダーでの繰り返しの中で、2年の差というのも連動と見なせば、これまでの5回の地震が連動によるものということになります。したがって、単独の地震発生ケースまで考える必要はなく、想定としては常に連動を考えないといけません。東北の経験も踏まえますと、最大級である3連動のケースを考えるべきということになります。

東海地域にとっては、東南海・東海の2連動でも、南海を含めた3連動でも、予測される震度などの地震動強度はほとんど変わりません。一方、強い揺れの継続時間は、2連動と3連動では、破壊パターンによっては3連動の方が非常に長くなる可能性があります。したがって、この地域だけのことを考えても、想定地震としては3連動を考える必要があると言えます。

こういった南海トラフ沿いの巨大地震は、将来30年間の発生確率として60%～80%程度と試算されております。それに加えて、この中部地域には多くの活断層が存在することがわかっております。個々の活断層による今後30年間での発生確率というのはせいぜい数%程度でありその値は非常に不確かなものですが、断層の数が多いこと、また、3月12日の長野の内陸地震のように巨大地震に誘発されて発生することも考えると、あながち無視することはできません。

最近500年間の南海トラフ沿いの巨大地震
(足摺岬沖～潮岬沖～浜名湖沖～駿河湾)

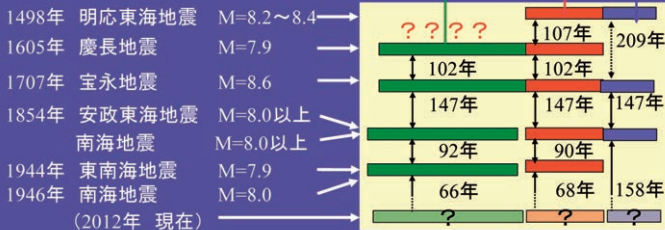


図-6 最近500年間ににおける南海トラフ沿いの巨大地震の発生履歴

東海～西日本において想定される超巨大地震

東北地方太平洋沖地震は、マグニチュード9.0という巨大地震でした。この地震の震源域はおおよそ450km×150kmで、東北地方の太平洋沖では有史以来最大級のものでした。また、断層面のずれは、最大で25m～30mもあったと言われております。これに対して、中部から四国までの太平洋沿岸域で想定される海溝型地震としては、東海、東南海、南海地震が考えられ、さらに、それらの連動型地震も実際に発生しておりますことは先に示したとおりです。

昨年3月の東北の震災を受けて、国はもちろんのこと、岐阜県や愛知県などの自治体でも、“想定外だったという言い訳は許されない”ということで、想定地震は3連動地震を対象とする自治体が多くなってきました。そうになると、断層規模は、600×150km程度となります。岩盤のずれも数十メートルに達すると言われております。この地域では、1707年に起きた宝永地震がこれに相当します。この地震のマグニチュードは8.6とされていますが、断層面のすべり量が多くなれば9.0を超えるかもしれません。図-7に、東京大学地震研究所より発表されている東日本太平洋沖地震の推定震源断層と、上記の3連動地震の断層モデルを示しました。なお、3連動モデルは、内閣府、地震調査研究推進本部（文科省）により発表されている断層モデルを基に、当研究室の強震動シミュレーションに対応するモデルに設定したものです。

昨年12月には、この3連動地震の震源域をほぼ2倍とするさらに巨大な海溝型地震もあり得るとの判断により、内閣府からその震源断層モデルが発表され、地域の自治体等においてもこれを新たな想定地震として採用する方向で検討しております。いわ

ば“超巨大地震”です。

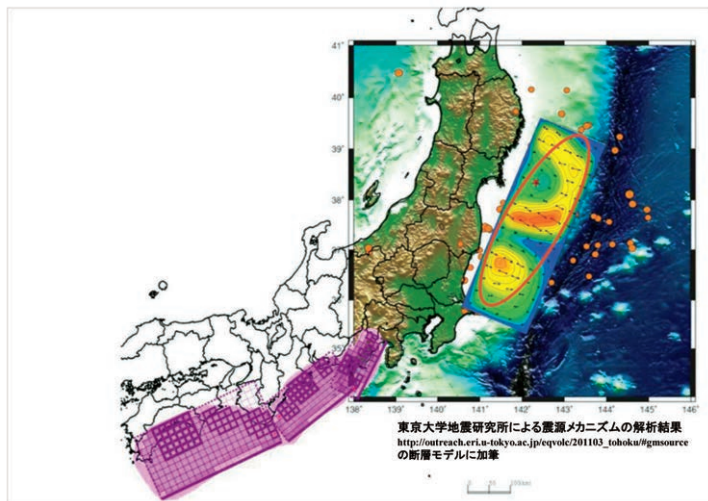


図-7 2011年東北地方太平洋沖地震の推定断層モデルと、東海、東南海、南海地震の想定断層モデルの比較

内陸直下地震の脅威にもさらされている中部地域

再現期間（地震発生の繰り返しの周期）が、短くても千数百年のオーダーと考えられている濃尾地震が120年前に実際に起きました。したがって、この地震の再来は我々が生きている間にはないでしょうが、岐阜県内には阿寺断層、高山・大原断層など内陸活断層が多く分布しています。海溝型巨大地震の30年発生確率が60～80%であるのに対して、個々の内陸活断層の場合は高くても数%程度です。しかし、断層の数が多いので、岐阜県においては内陸直下地震による災害も十分考慮しなければなりません。内陸地震は、巨大地震に誘発されて起こることもあるため、この点でも脅威となるものです。

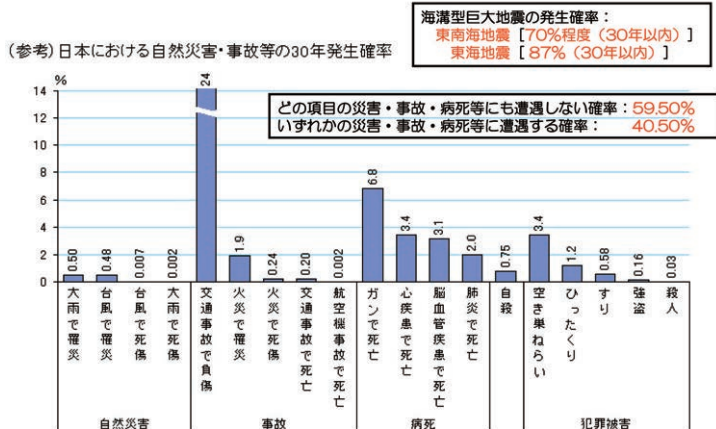
30年超過確率を正しく理解しよう

東海地域の主な内陸直下地震の今後30年間における発生確率は、せいぜい数%というオーダーに対して、海溝型巨大地震の発生確率は70～80%というオーダーであります。この数字がどういうものなのかというのを、ほかのパラメーターと比べてみようと思います。

30年発生確率とは、30年たったころに発生する確率だというふうに解釈される方が

おられますけれども、そうではなくて、「現在から30年後までの間において発生する確率」です。例えば図-8に示される様々な事故や災害に遭遇する確率、また、病死に至る確率と比べても、海溝型地震がいかに差し迫っているかということがわかってと思います。同図は、幼児の方から高齢者の方まで全部含めた人々にとっての、30年以内の発生確率ということで、例えば、我々が交通事故で亡くなってしまう確率は0.2%程度です。交通事故だけがをする確率は24%です。火災で亡くなるのが0.24%ということで、これも非常に低いです。図中に示しましたが、これらいずれかの災害・事故・病死等に遭遇する確率は40.5%となります。それよりも海溝型巨大地震で被災する確率の方がずっと高いのです。

このように、我々は、様々な障害の危険性にさらされているわけですが、その中でも海溝型巨大地震に遭遇する確率がきわめて高いということをしっかりと認識する必要があります。



(資料) 地震調査研究推進本部「全国を概観した地震動予測地図」報告書2006年版(平成18年9月25日公表)

図-8 我が国における自然災害・事項等の30年発生確率(地震調査研究推進本部2006に加筆)

被害の広域性

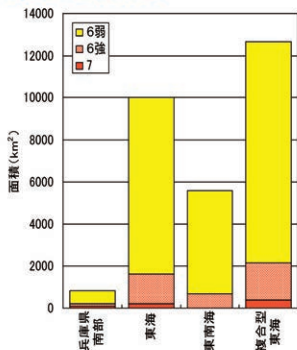
海溝型地震被害の広域性について試算した例を紹介します。内陸直下地震と比較して高震度域はどの程度広いかについて、ここでは、海溝型2連動(東南海・東海)を対象として比較した事例を紹介します。数値シミュレーションでは、東海各県のメッシュ地盤データを使用しました。名古屋市域では震度5強から6弱程度になります。

図-9の左側の図は、兵庫県南部地震に対して、東海、東南海の各単独地震に加えて

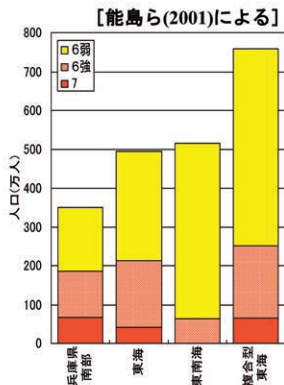
その連動の場合の震度6弱、6強、震度7の陸域の面積を出したものです。これらのケース比較においても、海溝型地震は断層が大きいので高震度域の面積が非常に広くなることがわかります。

一方、同僚の岐阜大学の能島暢呂教授が震度曝露人口という指標を提案しています。各震度レベルに曝された人口です。図-9右には、震度6弱、6強、7にさらされた人口を地震毎に示したものです。兵庫県南部地震は断層は小さいですけれども、神戸市という大都会を襲いましたので暴露人口でみると、複合型地震と大きく変わらないことがわかります。ただし、海溝型の場合は非常に広い領域でこれだけの人が被害をこうむるということで、この2つの図のペアで広域災害の程度を知ることができます。3連動地震になると、高震度の暴露人口指標の違いは顕著にあらわれることが予想されます。

～被害の広域性～



震度階別面積比較



震度曝露人口比較

図-9 東海6県域における高震度域の面積と震度曝露人口

シミュレーション地震動でみた揺れの特徴

3連動地震による地震動の特徴を、シミュレーション地震動で見てください。震源がどこにあるかで、各地点での地震動の様子は大きく変わります。まず、岐阜県の被害想定調査では、2つのパターンについて検討しております。Case-Iとして、1944年の東南海地震が発生したときの震源を想定地震の震源とした場合、Case-IIとして、断層の西の端（南海地震の西端）から東海地域に破壊が進展してくる場合です。南海地震は長さが300km程度ありますので、破壊が伝播して東南海地震の断層まで達するには、111秒かかることとなります。南海地震の破壊開始から約2分後に東南海地震の

断層破壊が始まることとなります。それからさらに時間差をもって東海地震の断層破壊が始まります。

図-10に、この最悪のケースによるシミュレーション地震動を示しました。同図では、東海、東南海、南海地震による個別の地震動も示しております。まず、南海地震断層の最西端から始まった震動が、断層破壊の近づいてくる方向に來襲してきますので、波形としては短い時間帯に震動エネルギーが詰まってやってくるイメージです。それでも1分以上は震動が続きます。単独では岐阜市域で震度5強程度です。それから、東南海地震による震度6弱程度の地震動が來襲し、さらに東海地震による地震動が來襲します。3つ目は相対的には小さいですけども、全体としてこの3連動の地震動となり、強い揺れの継続時間が非常に長くなります。

図-11に、東海3県域での各都市におけるCase-IIの地震動を示しました。名古屋は岐阜に比べて断層に近いことから、相対的に大きな震動となります。さらに断層に近い浜松では、震度が相当高く、また、3連動のなかでも東海地震による震動が最も大きくなります。強い揺れの継続時間は、どの地点でもすくなくとも2分以上はあり、実際には断層破壊がスムーズに進行しないことから、さらに長くなるものと予想されます。着目する場所と断層の位置、さらに、破壊の開始点（震源位置）によって、各地の地震動の特徴が大きく異なることがわかります。

Case II：南海地震震源域の西端から東へ断層破壊が進行

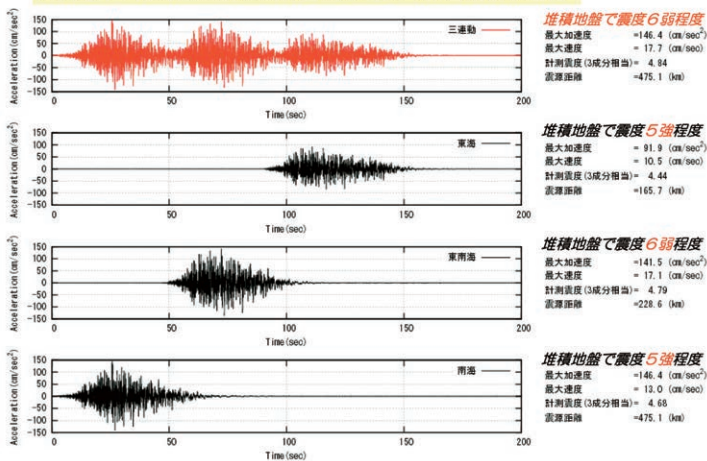


図-10 3連動地震による地震動の事例（Case-II、岐阜大学地点）

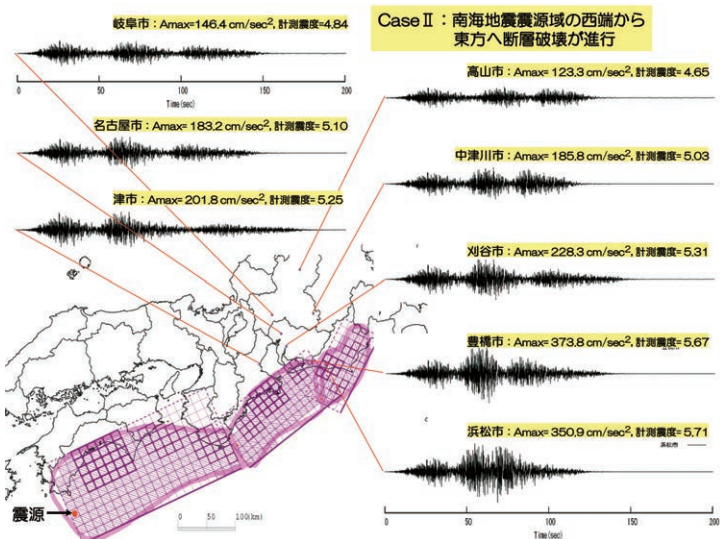


図-11 3連動地震による各地での地震動の特徴

広域に及ぶ地盤液状化による被害

地盤液状化による被害形態というのがいろいろあることは御存知のとおりです。家屋のわずかな傾きも、生活には大きな支障をきたしますし、大きなマンホールがアスファルト舗装などを破って地表に現れたりします。東海地域の沿岸部だけでなく、緩い砂地盤が広範に広がる岐阜県西濃、中濃地域では、とくに海溝型巨大地震において地盤の液状化に起因する被害が著しく拡大することが懸念されております。

緊急地震速報は有効か？

震源がある程度遠方にある場合、気象庁から報告される緊急地震速報は非常に有効であることが期待されております。図-12は、東南海・東海連動型地震を想定し、その震源が1944年の地震時と同じ場所であると仮定した場合の各地での地震動を示しています。震源で断層破壊が開始した時刻を原点として、各地点での横揺れ（S波）成分の地震動です。S波到着の前に、縦揺れ（P波）による初期微動がありますが、そのおおよその時間帯を太い直線で示しております。震源に近い三重県の各地点での地震計によりP波を検出し、それらをすぐに解析して地震の規模と各地でのおおよその震度レベルが発表されます。これまでの事例では、おおよそ15秒から20秒ぐらいで速報

値が発生されてきました。三重県域のように震源に近いところでは、すでにP波が達したころの発表になることも考えられますが、岐阜県の南部地域等では揺れる前に速報が届き、心構えができるとともに近くより安全な場所に避難できる可能性が高いことがわかります。名古屋あたりでも、縦揺れが始まる前に知ることができると予想されます。

たとえ縦揺れが始まってからの速報であっても、直後に来襲する強震動のおおよその震度値を前もって知ることができるので、落ち着いた行動がとれることが期待されます。岐阜大学にも、この緊急地震速報を受信し構内の学生、教職員に伝えるシステムを平成24年度内に設置する予定です。

～緊急地震速報の有効性～

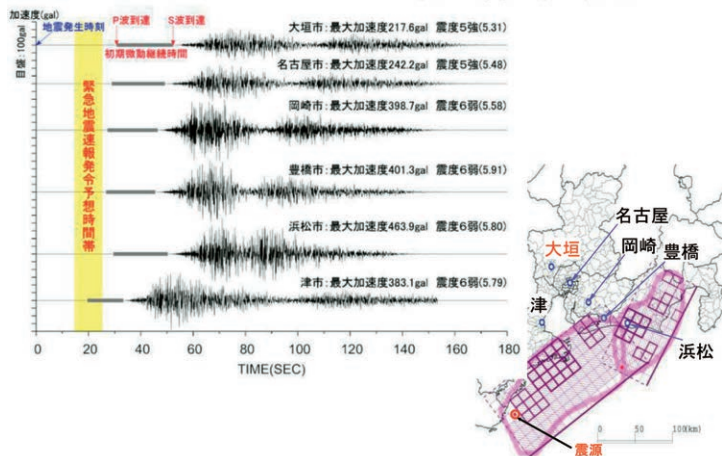


図-12 東南海・東海地震発生による緊急地震速報発令時刻と地震波到達時刻の概算比較

かんたんインターネット震度検索

県や市町村の自治体では、近辺で発生しうる地震を想定し、それによる震度分布や液状化危険度分布図、さらに、様々な被害の分布や被害総量を解析し、公表しております。岐阜大学で解析を担当した海溝型巨大地震による中部6県域での震度・液状化危険度、さらに、岐阜県内での4つの内陸直下地震によるそれらのマップは、郵便番号エリア毎の値としてインターネット検索できるようにしております。よろしければ、下記URLでぜひ一度ご覧下さい。岐阜大学のホームページからでも、「地震工学研究室」で検索するとすぐ出てきます。

震度検索URL: <http://www.cive.gifu-u.ac.jp/lab/ed2/kensaku/>

V. 巨大地震の予知は不可能か？

GPSデータにみる予兆現象

全国1240箇所に展開されている国土地理院のGEONET（ジオネット）によるGPSのデータには、今回の東北地方太平洋沖地震の予兆的な現象がみられました。そのことについて、ご紹介したいと思います。この件は、地震工学研究の大先輩である東北工業大学名誉教授の神山眞先生から御指摘を頂き、GEONETデータの解析を岐阜大学の久世益充助教にお願いしました。その結果、驚くべき現象が確認できたので本報告にも概要を報告します。

その話の前に、図-13(1)をご覧ください。1934年から1944年東南海地震が起きた時までの10年あまりの間、旧国土地理院により掛川から三倉間での水準測量が行われていました。この区間の10年間の相対的な沈下量は4～5 cm程度です。1944年の地震直後に測った値を見ると、8 cmほど逆に上昇しております。震源断層からは大分離れていますので、この程度の上昇量でした。これだけでは予知につながりませんが、図-13(2)、(3)をご覧ください。1944年12月7日の地震の直前に、例えば測線の⑦のところでも水準測量を行ったら、12月3日と6日の間でこれまでの傾向に反して掛川方向でわずかに上昇しております。さらに、③の測線のところでも前日から7日にかけて上昇しており、それらを連続した現象として図-13(3)に示されています。つまり、地震発生時に地殻が大きく上昇する動きが、少なくとも2～3日前から漸増の傾向をもってみられたということを表しております。この予兆現象と考えられる観測事例により、その後の地震予知研究に大きな期待と予算がつけ込まれることになりました。

さて、最近においては、全国1,240地点のGPSのデータとして1日1回ごとの値（F3と呼ばれるデータ）が発表されております。断層により近い多くの地点での2011年

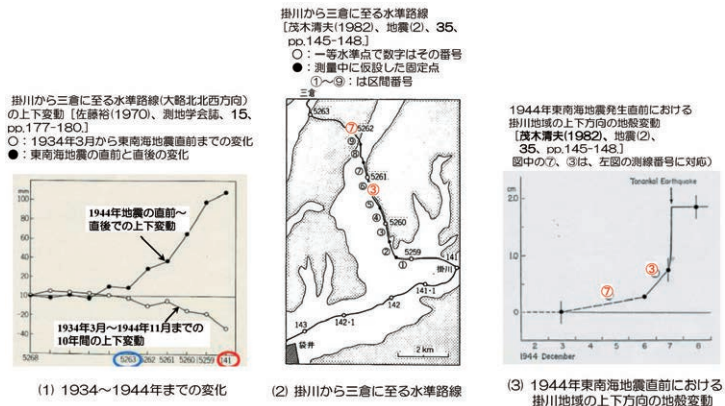


図-13 1944年東南海地震発生直前の地殻変動観測事例

1月1日の位置からの移動の軌跡を調べてみたところ、上記のような予兆現象と思われる動きを示す地点が多数ありました。

図-14は、典型的な事例の一つで、女川地点での1月1日からの水平方向（赤）、鉛直方向（青）の変動量を2月1日から示したものです。地震発生後に5m程度東側に移動し、1m程度の沈下がありました。2月1日から地震前日までの部分を100倍に拡大すると、中央の図のように、3月8日、9日、10日において水平方向に移動量が漸増しています。水平変位を東西と南北に分けてプロットしますと、図-14の下図のように東の方向に明らかに移動しています。上から見た変位軌跡図（図の右下）でもこの傾向がよく分かります。

東北地方のGPS観測点データを調べたところ、16地点でこのような顕著な傾向が見られました。1944年の東南海地震の時と同じように、断層の破壊に伴う大きな地殻変動の方向に、数日前からの漸増的な地盤変動現象があったということになります。図-15には、気象庁から発表された本震における断層面上の推定変動分布とこれらの16地点とを示しました。これらの16地点が、本震で大きな変位が発生した断層部分に近いところに集中していることがわかります。3月9日に、前震と考えられるマグニチュード7.3の地震が発生し、その時も東北地方の多くの観測点で数cmのオーダーで動いていることは確認されていますが、それだけで数日前からのこのような予兆的な動きを説明することはできません。

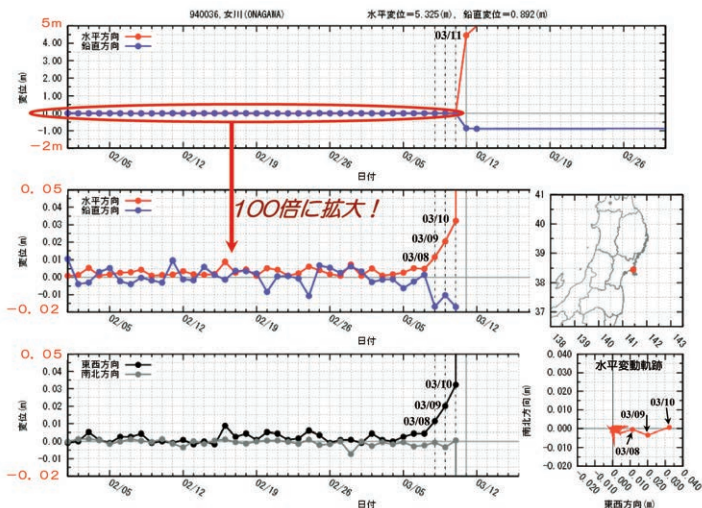


図-14 基準点の変動 [2011年1月1日からの変動履歴、女川]

東南海・東海地震のケースでは、東北の地震に比べて断層が陸域に近いということもあり、こういった巨大地震の直前におけるより顕著な予兆現象があるものと期待されます。問題は、リアルタイムでこういう情報が得られるかどうかです。GEONETデータは毎秒の観測値が公表されており、我々も手にすることはできますが、複雑なデータ処理が必要となります。より簡便に使えるデータがリアルタイムに近い状況で多くの研究者に公表されるようになると、その価値は学術的にも地震防災にもきわめて高いものとなることは間違いなく、大いに期待するものであります。

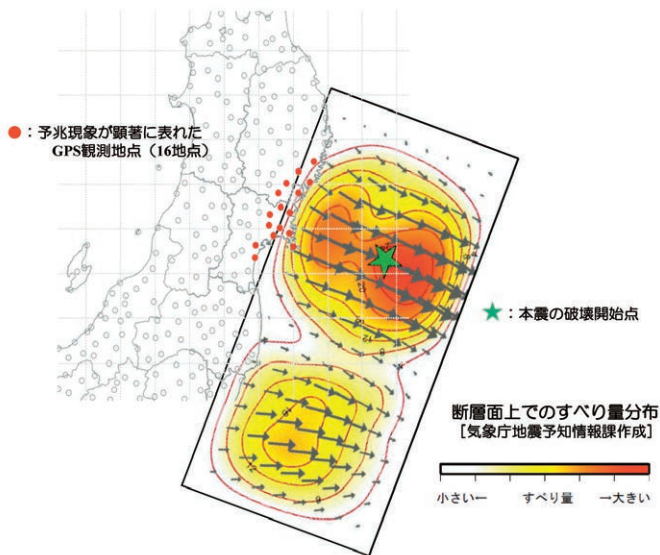


図-15 予兆現象が顕著に現れた16のGPS観測地点と気象庁による断層面上でのすべり量分布

以上、思いつくままに書かせて頂きました。最後の写真は、1978年の宮城県沖地震において造成地が崩壊し多くの家屋が崩壊した場所ですが、東北の震災後の5月に再び訪れた時の様子です。78年の震災後は、次の地震において再び斜面崩壊が発生する危険が高いとの判断により、木々を植えるのみの散策地とされていましたが、やはり今回の地震でも斜面崩壊が発生しておりました。それでも、震災後2ヶ月の時点で、清楚なマーガレットの花が咲いていました。自然災害は非常に脅威ですが、一方で、自然の治癒力はたいへん大きいものであることを語っているように感じました。我々人間は、自然の変化に対して十分に理解せずに強制的にいろんなことをすることが多く、それに対するしっぺ返しは必ずありました。だから、自然に対して謙虚でかつ柔軟な態度で接することが肝要であると、この花を見て思いました。



図-16 宮城県白石市緑ヶ丘の造成地に咲くマーガレット（2011年5月）