

経験式が有するばらつきの考慮

ばらつきとは何か

図1（一審被告（国）更新弁論スライド12枚目）は、入倉・三宅式の元になった各地震のデータと入倉・三宅式との関係を、縦軸を断層面積、横軸を地震モーメント（地震規模）で表したものである。各地震のデータは、入倉・三宅式の上にあるとは限らず、それぞれ離れて、ばらついている。これが、経験式が有するばらつきである。

かい離とはなにか、なぜ問題か

図1の入倉・三宅式の右下側にある地震データを取りあげ、その断層面積を示す横線を引き、入倉・三宅式の示す数値を対比したのが図2（甲266・6頁図1に加筆）である。この横線と入倉・三宅式との交点が入倉・三宅式が示す平均値。この平均値を示す交点とその地震データとの距離がかい離。

かい離があることの問題は、入倉・三宅式によって設定される地震モーメントはあくまで平均値であり、上記の地震データと同じ地震がおきるとすれば、平均値よりも地震モーメントが大きい場合を想定しなければならない。

地震動審査ガイドのばらつき条項第2文の「その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある」とはこのことを指摘している。

経験式の限界と定義式

経験式である入倉・三宅式は以下の式で示される。Sは断層面積、 M_0 は地震モーメント（地震規模）

$$M_0 = (S \div 4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$$

これに対して定義式は以下の式で示される。 μ は剛性率 Dは平均すべり量

$$M_0 = S \mu D$$

定義式はすべての地震に関する M_0 を正確に示すことができる。そして地震モーメント M_0 を定めるには、断層面積 S の他、剛性率 μ 及び平均すべり量 D が必要なことを示している。

これに対して経験式は、（剛性率 μ と平均すべり量 D とを捨象して）断層面積 S から地震モーメント M_0 を推測する簡易なものであり、導かれる M_0 は、あくまで平均値に過ぎない。

ばらつき（かい離）はなぜ生ずるのか

図2で示したように、同じ断層面積 S なのに、入倉・三宅式の示す平均値と問題のデータとでは地震モーメント M_0 が異なる。なぜこのようなことが起きるのか。

定義式では M_0 は S 、 μ 、 D の積で示される。 S が同じなのに M_0 が異なってくる。その理由は μD が異なるからにはほかならない。平均値の μD と問題のデータの μD とが違うから。つまりばらつき（かい離）は μD の変化によって生ずる。ばらつき（かい離）の原因を断層面積 S などに求める見解は誤りである。なお入倉・三宅式の各データの μD は、定義式から M_0/S で求めることができる。これを縦軸、 S を横軸にとったものが図3（甲266 8 頁図3と同一のデータより作成）記載のとおりであり、各データの μD が様々な値をとっていることがわかる。

国の反論の誤り1 地震モーメントは中間的なパラメータに過ぎない

確かに、地震モーメントは中間的なパラメータともいえる。しかしばらつきの考慮として地震モーメントに1標準偏差を加えれば、基準地震動の最大加速度856ガルは1150ガルとなり、これに対する耐震重要施設の安全機能が損なわれるおそれがないことは確認されていないので設置許可基準規則4条3項に違反することになる。

国の反論の誤り2 経験式が有する「ばらつき」は、その原因でもある各種パラ

メータの「不確かさ」を考慮することによって解決する

ばらつきの原因を断層面積 S などの不確かさに求める国の見解が誤りであることは上記の通り。

地震動審査ガイドは、経験式が有するばらつきの考慮と不確かさの考慮を別々に規定している。従って不確かさの考慮は十分にすべきことになるが、当然のことながらそれをもって経験式が有するばらつきの考慮に代えることができない。川瀬、入倉もばらつきと不確かさが異なる概念であることを、各意見書の最初の部分で米国の文献を引用して明確に認めている。

「ばらつきの考慮」とは、入倉・三宅式の基となった多数の地震データのばらつきの度合いを考慮することにある。国は、「敷地及び敷地周辺の地域的な特性を踏まえて・・・不確かさを考慮し」とするが、この「不確かさの考慮」にはこの多数の地震データのばらつきの検討は含まれておらず、上記の「ばらつきの考慮」が全くなされていない。

国の反論の誤り 3 地震モーメントに上乘せをすると物理的にあり得ない数値

となり、震源モデルに破綻が生ずる。

図1にあるように、入倉・三宅式の線の右下側にも同式の基となった多数の地震データがある。これらはいずれも入倉・三宅式が示す平均値よりも大きな地震モーメントを示し、1標準偏差を超えるものも少なくない。図2参照 もしも、これらの現実に発生し、入倉・三宅式の基となった地震のデータを用いると真実、震源モデルが破綻するというならば、それは震源モデルそのものあるいはその運用方法の限界ないしあやまりというほかはない。国の主張（プレゼン26枚目）には「※レシピに従えば、長大断層の場合、 $S_0/S = 22\%$ とすることになっており」との記載があるようにレシピ自身が修正した運用方法を示している。

入倉・三宅式による過小評価

一審原告の主張

本件原子力発電所の基準地震動において、断層モデルを用いた手法による基準地震動評価においては、入倉・三宅式に震源インバージョンによらないで得た断層長さ（測地的手法で得た断層長さ）を用いて地震モーメントを導いている。このため、地震モーメントが過小評価されている。基準地震動は856ガルとされているが、武村式を用いて適正に評価すれば1280ガルとなる。この基準地震動による地震力について、本件原発の耐震重要施設的安全機能が損なわれるおそれがないと確認されていないので、設置許可基準規則4条3項に違反する。

島崎邦彦の指摘

元原子力規制委員会委員長代理島崎邦彦は、震源インバージョンによらない活断層の情報を用いて日本の過去の7地震について地震モーメントを求めたところ、入倉・三宅式による推定値は他に比べて著しく低く、実測値の2分の1から4分の1となったとした（甲146、甲148）。

震源インバージョンによらない断層面積と震源インバージョンによる断層面積

震源インバージョンによらない断層面積

地震を引き起こすとみられる活断層を調査する際、その断層の長さ、さらには深さについて測地的方法によって情報を得ていた。これが震源インバージョンによらない断層面積等である。

震源インバージョンによる断層面積

1995年頃から震源インバージョンによる解析が行われるようになった。これは実際に発生した地震についてその断層面を単位面積ごとに区切り、それぞれのずれから発生する地震波を重ね合わせ、複数の地点で観測した地震波と整合させ、これによって震源断層面の具体的状況を把握分析するものである。この解析の過程においては研究者がまず断層面積を設定する。これが震源インバージョンによる断層面積である。

規模の大きい地震では震源インバージョンによる断層面積のほうが大きいこと

入倉・三宅式のデータセットには Wells and Coppersmith(1994)と Somerville et al(1999)の双方の断層データがある地震がある。入倉・三宅(2001)は両者について図2(e)を示し、「規模の大きい地震ではよく一致しているが、相対的に規模の小さい地震では、ばらつきがみられる」としている(甲96p852右段)。しかし図4(一審原告ら準備書面(23)13頁 図)で示すように、断層面積が Wells and Coppersmith(1994)で 660 km²、Somerville et al(1999)で 1035 km²より大きな三つの地震では Somerville et al(1999)による断層面積(破壊域)は Wells and Coppersmith(1994)の断層面積の 2.6 倍、2.0 倍あるいは 1.4 倍となっている。両者はどうても「よく一致している」とはいえない。

地震観測記録がない場合は震源インバージョンによらない断層面積等を用いること

本件原発のように断層モデルを用いた手法による基準地震動評価の場合、ほとんど地震観測記録がないので震源インバージョンによらない断層面積等によらざるを得ない。島崎は、「事前に使用できるのは活断層の情報であって、震源断層のものではない」としているが(甲146)、この「事前に使用できる活断層の情報」が、地震観測記録のない震源インバージョンによらない断層面積等を意味している。

一審原告の主張に対する原判決の判断の誤り I

原判決の判示

原判決は、次のように判示した。島崎発表において入倉・三宅式により推定される値を求めるために用いた断層長さは、「新編日本の活断層」に記載された活断層の長さや東京電力

株式会社が事前に推定していた値であるところ、規則の解釈及び地震動審査ガイドにおいては、「新編日本の活断層」に記載された活断層の長さをそのまま用いることが当然に想定されているものではない。島崎発表で用いた断層長さは、客観的に正確なものである、あるいは推本レシピで用いる震源モデルを設定する場合の断層長さと一致すると断定できるものではないから、島崎発表によっても直ちに入倉・三宅式の合理性が否定されるものではない(原判決p97)。

原判決のあやまり

原判決は、島崎が断層面積などで引用する新編日本の活断層のデータよりも本件原発では調査などによって大きなデータを用いているから入倉・三宅式に用いても過小評価にはあたらないとする。しかし断層面積等が大きくなり、それに入倉・三宅式を用いればそれに対応する地震モーメントが得られる。その用いられた断層面積等と得られた地震モーメントとの関係で、入倉・三宅式は過小評価となるのである。

一審原告の主張に対する原判決の判断の誤り2

原判決の判示

島崎は2016年熊本地震について、断層面積496k m²としているが、これ以外にも1344 km²、756 km²及び792 km²の研究結果が発表されており、496 km²の断層面積の値が客観的に正確なものである、あるいは推本レシピを用いて震源モデルを設定する場合の震源断層面積と一致すると断定できるものではないから、島崎提言によって直ちに入倉・三宅式の合理性が否定されるものではない。

原判決のあやまり

国土地理院は測地的手法により当初2016年熊本地震を断層面積333 km²と推定したが、断層面が三面からなることがわかり総断層面積416 km²と変更した。島崎はさらに断層の60度程度の傾斜として496 km²という数字に到達している。このように元々の断層面積の設定は国土地理院がしておりさらに検討を加えて修正を図っているものであり、断層面積の設定は十分慎重になされ、信用できるところである。判決のあげる三つの断層面積はいずれも震源インバージョンによるものである。震源インバージョンによる断層面積は震源インバージョンによらない断層面積とくらべてずっと大きくなるのが通常であり、上記496 km²の信用性に影響するものではない(甲168p22)。

震源インバージョンによらない断層面積等を入倉・三宅式に用いた場合過小評価になることは、前述のとおり1891年から1995年の日本の7大地震によって示されているが2016年熊本地震という直近の地震でも確認されたものである。

国は、まったく反論・反証ができていないこと

震源インバージョンによらないデータを入倉・三宅式に用いた場合過小評価にならない、とする反論反証は全くなされていない。

国は、入倉・三宅式は、1995年（平成7年）以降に国内で発生した様々な地震の観測データと整合するとして、2016年熊本地震の観測データと整合する、入倉・三宅式を取り込んだ推本レシピに基づく解析結果は2000年鳥取県西部地震、2005年福岡県西方沖地震等の実際の観測データと整合するとする。

我々は震源インバージョンによる断層面積を用いた場合入倉・三宅式が整合的な結果をもたらすことを否定するものではない。2016年熊本地震において震源インバージョンによらない断層面積の場合過小評価になることは既に示した。それ以外でも震源インバージョンによらない断層面積などを入倉・三宅式に用いて得られた地震モーメントが整合的であったとする例があるならば、具体的に示されたい。

入倉・三宅自身が重ねて系統的なずれの存在を指摘していること

シナリオ地震強震動予測（甲96 入倉・三宅2001）において、入倉・三宅自身が系統的なずれについて以下のとおり二重に指摘している。図1示す

（震源インバージョンによらないデータである）Wells and Coppersmith(1994)による断層面積は、地震モーメントが 10^{26} dyne-cmより大きな地震で、Somerville et al(1999)の式に比べて系統的に小さくなっていく（冒頭の括弧内は代理人が記入 甲96p858 頁左段落末尾行から、甲149Fig.1、甲221 図1-3）

黒線はSomerville et al(1999)によるもので、灰色の領域は標準偏差（ $\sigma=0.16$ ）の範囲、実線は点線の倍半分の値を示す。白丸印で示されるWells and Coppersmith(1994)のカタログのデータは地震モーメントが 10^{26} dyne-cmを超える大きな地震で系統的なずれを示す（甲96 p858 図7の説明）

いずれも地震モーメントが 10^{26} dyne-cmより大きな地震で、震源インバージョンによるデータセットからなるSomerville et al(1999)の式と震源インバージョンによらないWells and Coppersmith(1994)の断層面積ないしカタログのデータが系統的なずれを示すとしている。

一審被告の主張のあやまり

入倉・三宅自身の前者の指摘について、一審被告は、地震モーメント M_0 が 10^{26} dyne-cmとなるのを境に、図1中の直線（スケーリング則）の傾きが変化することを指摘するものである、とする（被13 準p12）。

これは明らかな間違いである。Somerville et al(1999)の式はスケーリング則である

が、Wells and Coppersmith(1994)による断層面積は、単にデータの集合であってスケールリング則とはいえない。スケールリング則の傾きが変化というのであれば、 10^{26} dyne-cm を境に Somerville et al (1999) の式から破線の入倉・三宅式に変化する点を指摘すべきであるが、この入倉・三宅式は指摘されていない。

一審被告がこのようなあまりに不自然な主張を行うのは、地震モーメントが 10^{26} dyne-cm を超える地震で震源インバージョンによるデータと震源インバージョンによらないデータとで系統的なずれが生じていることを入倉・三宅自身が指摘していることをなんとか否定したかったのである。

ずれの図示とその意味

このずれを視覚的に明らかにするため、入倉・三宅式の基となったデータのうち、震源インバージョンによるデータ (Somerville et al (1999) 甲 267※追加提出 table3) と震源インバージョンによらない Wells and Coppersmith(1994)によるデータ (Wells and Coppersmith(1994)甲 150 table1)を分け、それぞれ最小二乗法で直線で示したのが図5である。震源インバージョンのデータの赤破線は宮越のデータが加わったため Somerville et al (1999) の式よりのさらに上に向いている。Wells and Coppersmith(1994)データによる青破線は、入倉・三宅式に近似している。両者の系統的なずれは明らかである。

すなわち震源インバージョンによるデータと震源インバージョンによらないデータとの間で、断層面積と地震モーメントと関係について系統的な相違があることになる。従って、震源インバージョンによる断層面積を入倉・三宅式に用いて相当な地震モーメントが得られたとしても、震源インバージョンによらない断層面積を入倉・三宅式にも用いて地震モーメントが過小になることを否定することにはならないのである。

一審原告ら更新弁論 提示図表スライド（地震動）

2024年2月22日

一審原告ら代理人 弁護士 武村二三夫

第3 入倉・三宅式の合理性 (争点2)

入倉・三宅式とは何か

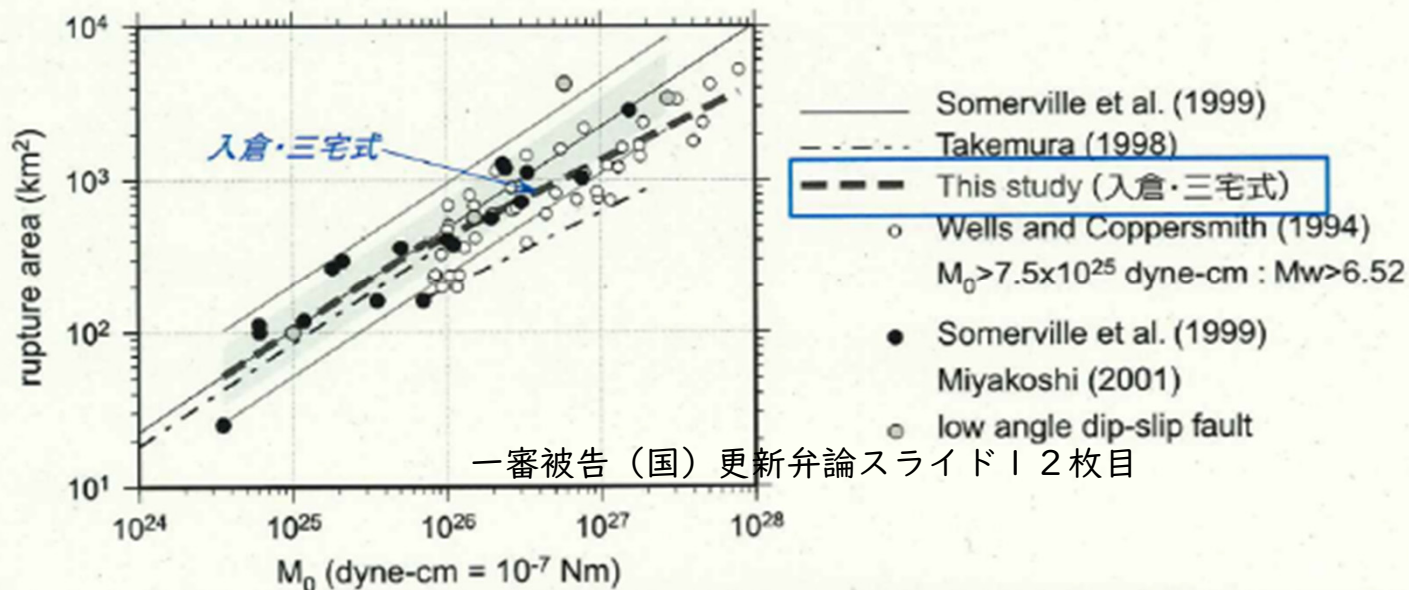
$$M_0 = \left(\frac{S}{4.24} \times 10^{11} \right)^2 \times 10^{-7}$$

✓ **経験式**・・・観測データに基づいて複数の物理量等の相関を式として表現したもの

S・・・**震源断層面積** (地震を起こす地下深部の断層の面積)

M₀・・・**地震モーメント** (震源断層面がずれた際に働く物理量、地震の規模を表す尺度)

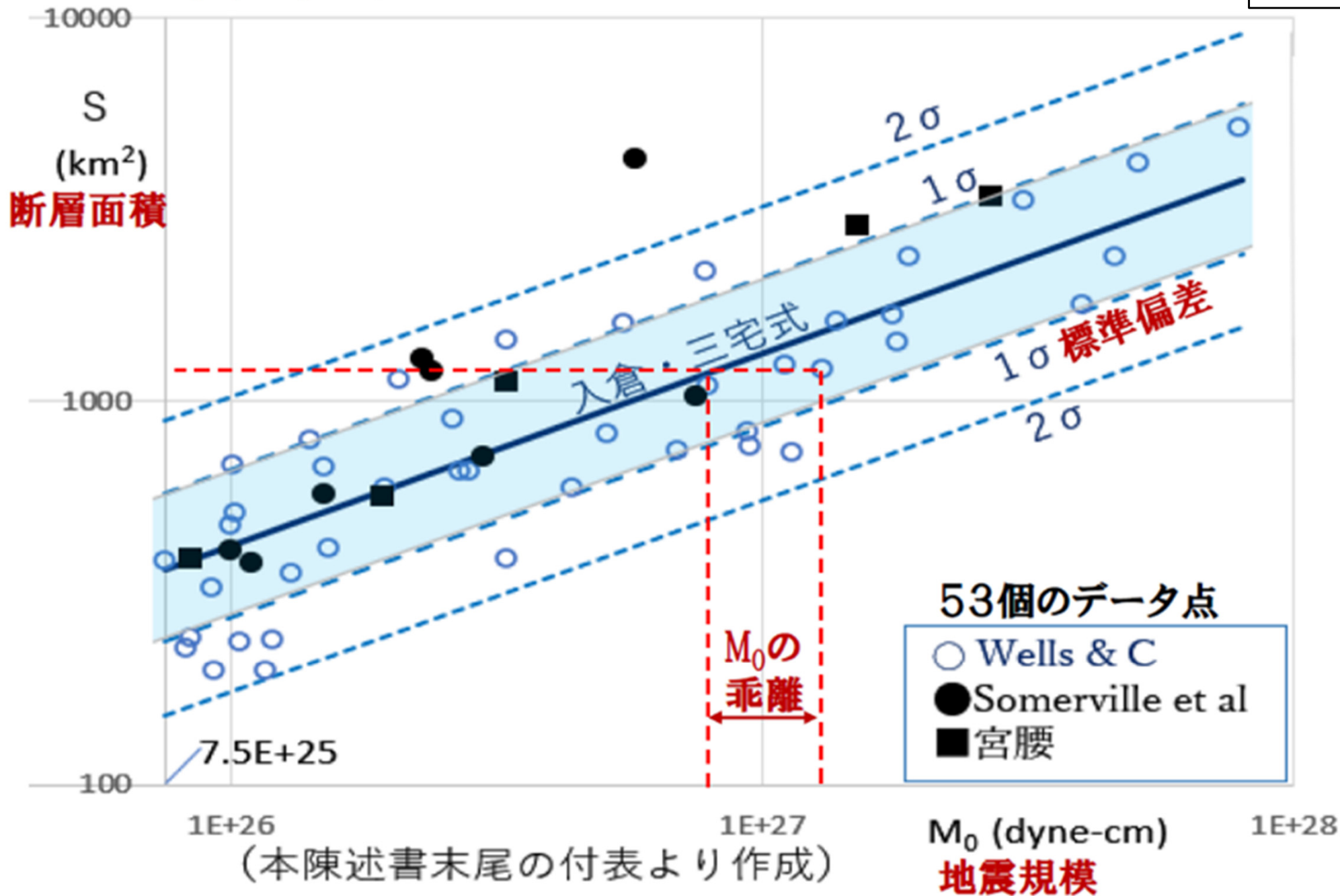
⇒ S、M₀は推本レシビに従って震源断層をモデル化するためのパラメータ



一審被告 (国) 更新弁論スライド 12 枚目

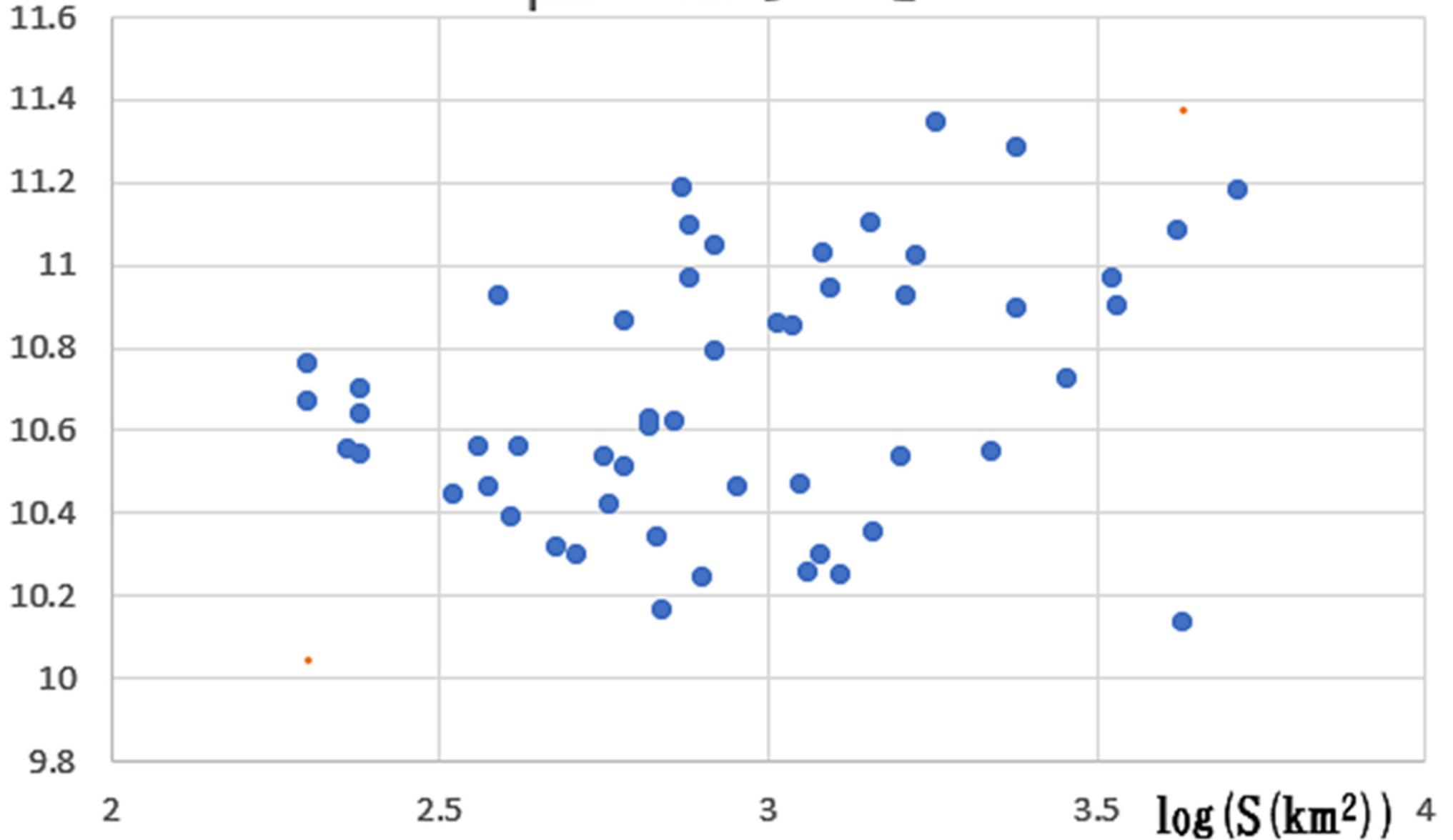
図1. 入倉・三宅データセット: 式と標準偏差

図2



$\log(\mu D \text{ (N/m)})$

μD のばらつき



甲 2 6 6 (小山陳述書) 8 頁 図 3 と同一のデータを用いて作成した図

図 4

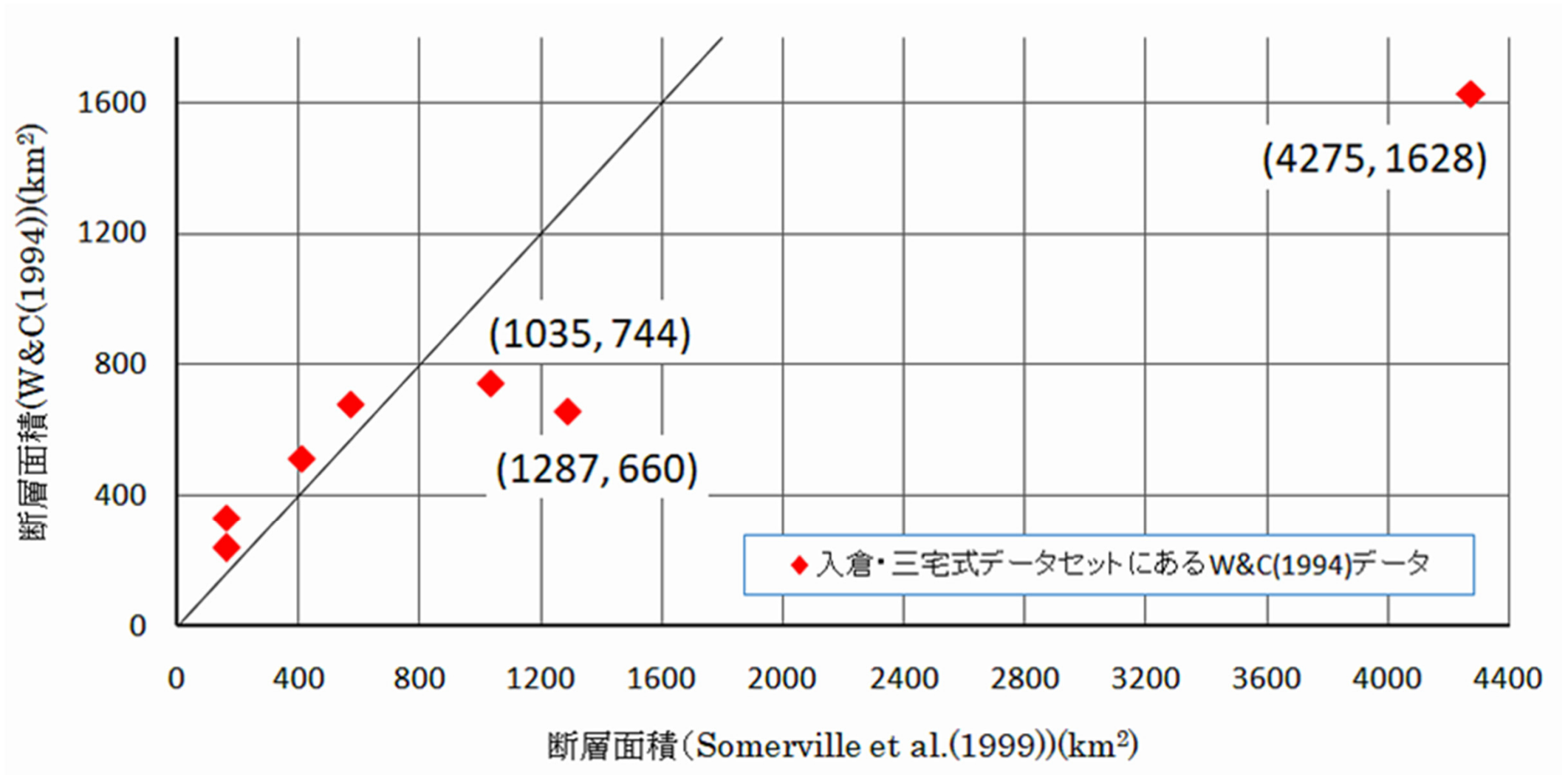


図1-3. 入倉・三宅データセットの構成

