

日本周辺における津波初期波形の統計的性質

見上 敏文*・後藤 智明**

1. はじめに

近年、日本列島周辺では連続的な大地震の発生により甚大な被害を被っている。地震や津波等の低発生確率激甚災害は時間および空間的に予測が非常に困難であることがその特徴であり、津波を対象とした沿岸防災施設的设计においても既往最大値が設計外力として従来から用いられてきた。しかしながら、津波の沿岸水位分布は波源域との相対的な位置によって大きく異なる事が知られており、北海道南西沖地震津波の際にはこの手法で沿岸防災施設整備を行った地域でも大きな津波の被害にあった。この経験は、将来の津波を予測した沿岸防災施設の必要性を改めて認識させる結果となった。

将来の津波を予測する第一段階は震源断層モデルの想定であるが、著者らは震源断層諸元の相似性に着目し、既往地震の震源断層モデルの統計解析を行った。その結果、地震規模から震源断層モデルの推定が可能であることが確認された。そして、この方法により地震発生域と地震規模の想定から津波の初期波形を推定し、津波数値解析等によって沿岸津波高の予測が可能となった。

2. 既往地震の震源断層特性

(1) 日本周辺のプレート境界

プレートテクトニクス理論によれば、日本列島は図-1に示すように4枚のプレート上に位置すると考えられている。すなわち、北米プレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートおよびユーラシアプレートの各々のプレートが日本周辺で接している。各々のプレートは相対的に運動しているが、何れのプレート境界も互いに接近する収束型の境界で、一方のプレートが他方のプレートの下にもぐり込む、沈み込み帯がほとんどである。

プレート境界付近ではプレート同士の相対運動により地殻内に応力が蓄積され、いずれは弱面において破壊が起こり地震が発生する。図-1に丸印で示すように大津波を伴った地震は大部分がプレート境界付近に集中しており、津波防災を検討する上ではこのようなプレート境



図-1 日本周辺のプレート境界

界型地震を想定する必要がある。

(2) 震源断層諸元の相似則

地震の震源断層モデルは、図-2に示す断層長さ L 、断層幅 W 、傾斜角 δ 、すべり角 α 、すべり量 D および走向角 ψ の6つの物理量と断層面上縁の深さ d で定義されるが、これらの震源断層パラメータの内、断層長さ、断層幅およびすべり量と、地震マグニチュード M および地震モーメント M_0 との間に相似性があることがGeller (1976)によって指摘されている。

著者らはこの相似性について、各々のプレート境界でプレート同士の相対運動速度が異なるため、地震断層の特性も各々のプレート境界で異なるものと推測し、三陸、相模、東南海および日本海東縁部の4つのプレート境界について個別に統計解析を行った。

検討対象とした震源断層モデルは過去に観測された地震の内、佐藤(1989)によって整理されている1498年東海地震から1987年千葉県東方沖地震までの92個の主要な地震に1971年サハリン沖地震と1993年北海道南西沖地震を加えたものである。

これらの提案されている震源断層モデルには、1枚断

* 正会員 (株)アルファ水工コンサルタンツ

** 正会員 工博 東海大学教授 工学部土木工学科

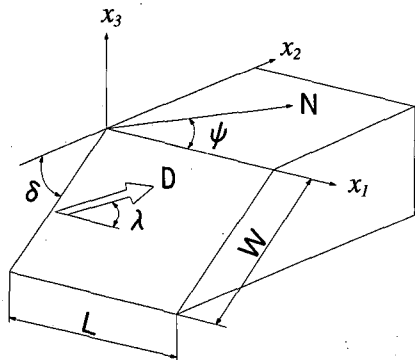


図-2 断層パラメータ

層モデルと複数断層モデルとがあるが、本研究では簡単のため、すべて1枚断層モデルでの検討を行うこととして、複数断層モデルについては地震モーメントと断層面積 $S (=L \times W)$ が等価となるように1枚断層モデルへ換算を行った。これは、今後発生するであろう地震について複数断層モデルとして想定を行った場合、同規模の地震で多数の組み合わせが存在するが、それらの検討を行うためには既往の地震観測データが充分ではないとの判断によるものである。

図-3は各プレート境界付近で発生した地震について、地震モーメントと断層面積の関係を示したものである。この結果によると、両者の関係は三陸および相模プレート境界で、 $M_0 = 4.1 \times 10^{22} S^{3/2}$ 、東南海プレート境界で、 $M_0 = 1.3 \times 10^{22} S^{3/2}$ 、そして、日本海東縁部プレート境

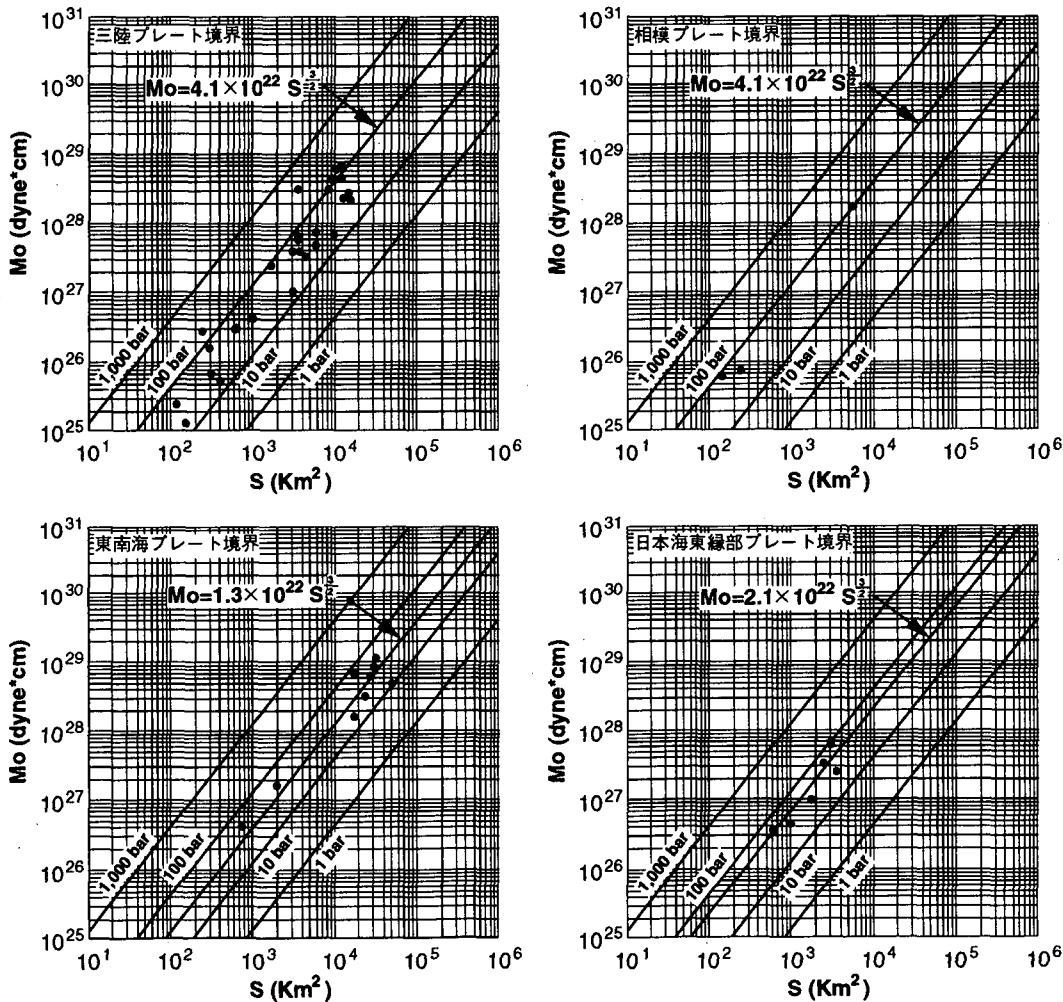


図-3 断層面積と地震モーメントの関係

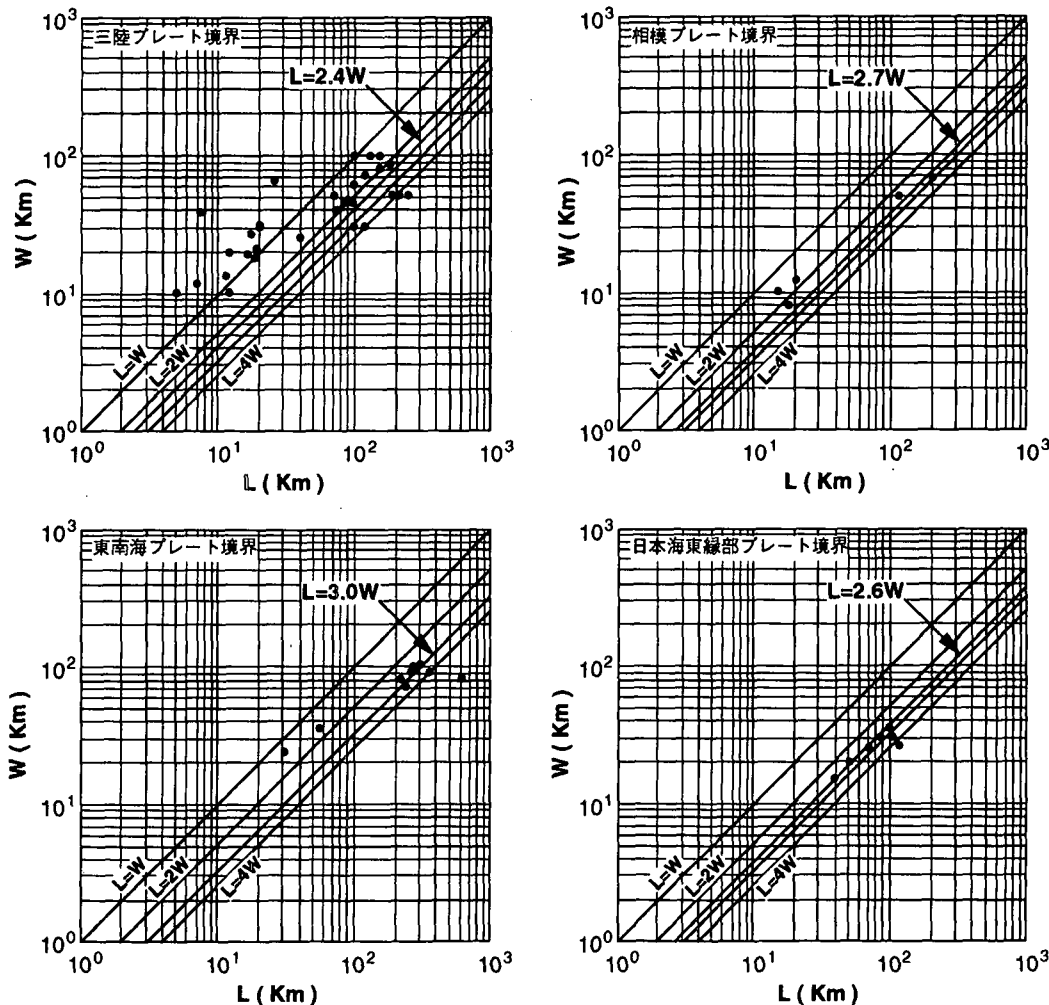


図-4 断層長ささと断層幅の関係

界で、 $M_0=2.1 \times 10^{22} S^{3/2}$ となっており比較的良好な相関関係となっている。

同様に断層長ささと断層幅の関係および断層長さとしべり量の関係をそれぞれ示したものが図-4および図-5であるが、各々の関係は三陸プレート境界で、 $L=2.4W$ 、 $D=3.5W$ 、相模プレート境界で、 $L=2.7W$ 、 $D=4.8W$ 、東南海プレート境界で、 $L=3.0W$ 、 $D=1.8W$ 、そして、日本海東縁部のプレート境界で、 $L=2.6W$ 、 $D=4.0W$ の関係で比較的良好な相関を示す。

これら結果から、各プレート境界で過去に発生した地震の震源断層モデルには、各々のプレート境界において断層長さ、断層幅およびすべり量と、地震モーメントとの間に相似則が成立すると結論を得た。

また、これ以外の断層パラメータである、傾斜角、すべり角および断層上縁の深さについては、地震規模が小

さいもの(断層長さが短い)と特異的な値を除けば、概ね平均的な値が存在している。これより、各プレート境界における断層パラメータ間の回帰式を係数をAとして求めた結果が表-1である。

この結果から、地震モーメントが想定されれば、震源断層モデルを推定することが可能となるが、地震モーメントと地震マグニチュードの関係は、各プレート境界に共通して図-6に示すような良好な相関関係があり、回帰式は(1)式で示される。

$$\log_{10} M_0 = 1.45M + 16.5 \dots \dots \dots (1)$$

以上の統計解析結果から、震源断層パラメータの相似則が各プレート境界別の特異値として存在することが明らかとなった。そして、これらの相似則から、地震マグニチュードの想定により震源断層モデルの推定が可能であることが結論として導かれる。

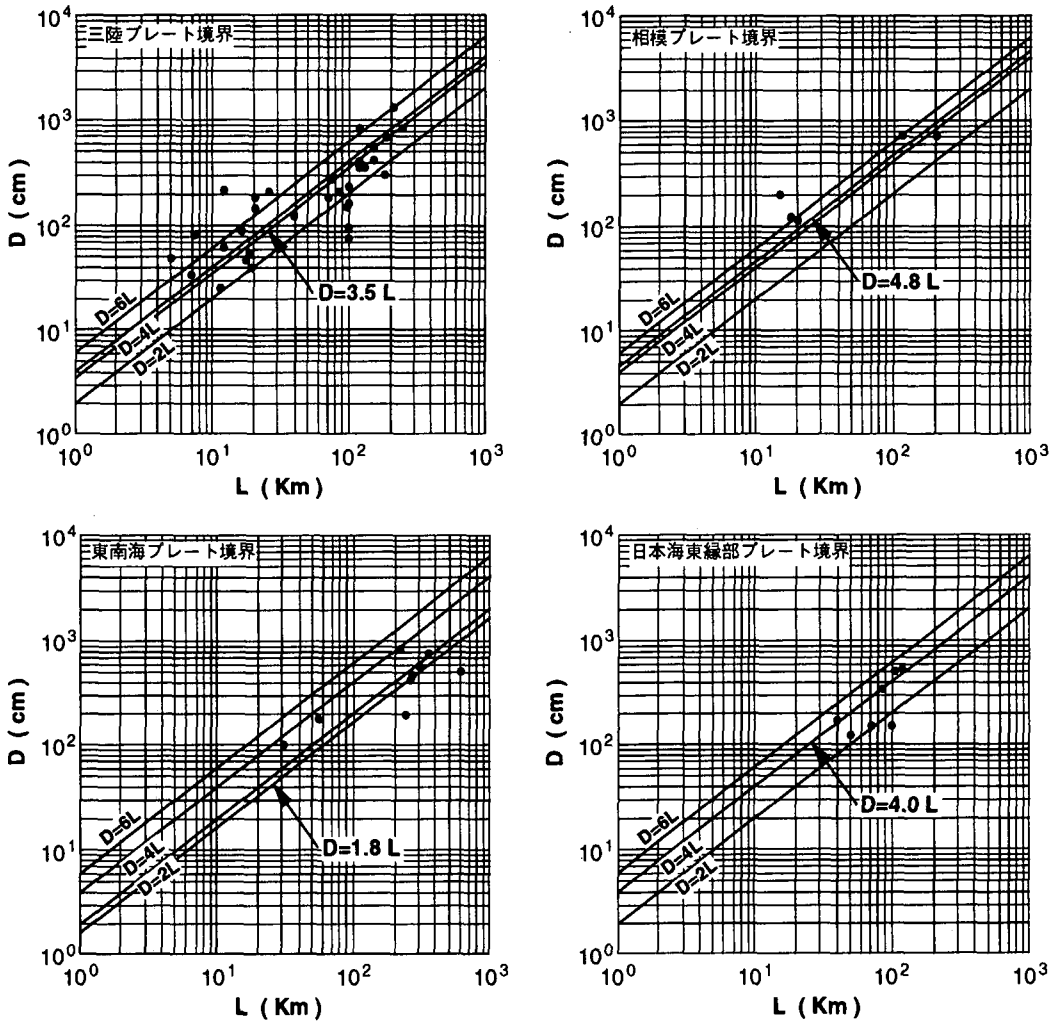


図-5 断層長さやすべり量の関係

表-1 断層パラメータ推定の回帰式

プレート境界	$M_0 = A(L \cdot W)^{3/2}$	$L = A \cdot W$	$D = A \cdot L$	$d = A$	$\delta = A$	$\lambda = A$
三陸	4.1×10^{22}	2.4	3.5	1.0 km	30°	50°
相模	4.1×10^{22}	2.7	4.8	2.0 km	35°	140°
東南海	1.3×10^{22}	3.0	1.8	3.0 km	20°	110°
日本海東縁部	2.1×10^{22}	2.6	4.0	2.0 km	35°	90°

3. 津波初期波形

震源断層パラメータが定まれば、Mansinha and Smyle (1971)の方法によって弾性論的に求まる海底地盤変動量から津波初期波形の推定が可能である。

図-7は、地震マグニチュードを $M=8.0$ とした場合の各プレート境界における津波初期波形である。この結

果から、同じ地震マグニチュードでも各プレート境界で発生する地震断層のすべり量やすべり角が異なるため、それぞれ大きく異なった津波初期水位分布となることがわかる。中でも、日本海東縁部では断層のすべり角が90°(縦ずれ断層運動)であるため、他のプレート境界で発生する地震と比較して初期水位が高くなる傾向がみられる。

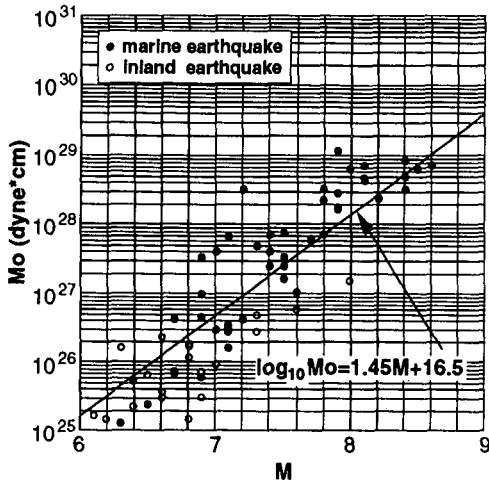


図-6 地震マグニチュードと地震モーメントの関係

4. おわりに

本研究では、震源断層モデルの相似則から、地震マグニチュードの想定によって津波初期波形の推定が可能であるとの結論を得たが、将来の津波の予測を行うためには、地震の発生域と地震規模の想定が必要となる。

今後は、地震空白域に関する検討と地震の経年的出現

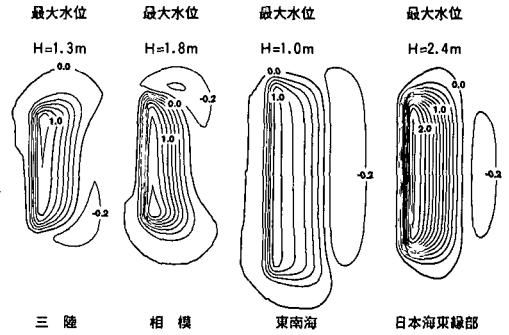


図-7 各プレート境界での津波初期波形 (M=8.0)

特性についての検討を行い、日本沿岸における沿岸防災施設の計画外力となりうる想定津波の検討を行うと共に、各沿岸における津波危険度の評価を行う予定である。

参考文献

佐藤良輔 (1989): 日本の地震断層パラメーター・ハンドブック, 鹿島出版会, 390 p.
 Geller, R. J. (1976): Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes, Seismol. Soc. Amer., Vol. 66, pp. 1501-1523.
 Mansinha, L. and D. Smyle (1971): The displacement fields of inclined faults, Seismol. Soc. Amer., Vol. 61, pp. 1433-1971.