

南海トラフ地震津波の影響度分布

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻 海岸工学研究室
学生番号：1210181 氏名：与那嶺 瑞輝
指導教員：佐藤 慎司

1. はじめに

高知県などの太平洋に面する地域では、過去に数多くの津波被害を経験した。東北地方太平洋沖地震以降、特に南海トラフに起因する東海・東南海・南海地震が同時多発的に、または連動して発生すると言われており、地震や津波に対する関心は日々強まっている。

伊藤ら (2013) は単位波源を用いて東北地方太平洋沖地震津波の特性を分析した。また山中ら (2014) は線形理論によりこの単位波源の整合性を確認した。現在、内閣府の津波想定では南海トラフ地震によって高知県土佐清水市に最大 34m もの津波が来襲すると公表されており、高知県はこれをレベル 2 津波として防災計画に用いている。しかしながら、この想定津波を超える津波は本当に来襲しないと十分に検討されているとは言えない。そこで本研究では、四国沖の任意の地点に単位波源を設置し、四国沿岸への津波の影響度マップを作成し分析することを研究の目的とする。

2. 解析手法

本研究では、伊藤ら (2013) を参考にして津波の伝播計算には線形足し合わせの原理が成り立つ線形長波方程式を基礎式とし、以下に示した。また、差分法では Leap-Frog 法を用いた。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uh) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}(vh) = 0 \quad (2)$$

$$\rho h \frac{\partial u}{\partial t} + \rho gh \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

$$\rho h \frac{\partial v}{\partial t} + \rho gh \frac{\partial \eta}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

ここに、 η : 波形、 t : 時間、 h : 水深、 ρ : 水密度、 u : x 軸方向の流速、 v : y 軸方向の流速、 g : 重力加速度である。

3. 影響度マップの作成

東経 132.0 度から 138.0 度、北緯 30.0 度から 34.0 度の領域内 (図-1) の任意の地点に単位波源を設置した。単位波源から発生させた波を四国沿岸で観測し、地点ごとに到達した最大振幅と最大振幅の到達時刻を元の波源位置に記録し影響度マップを作成した。計算時間は 3 時間とした。波源域の水深データは後藤 (2013) を参考にして取得した。

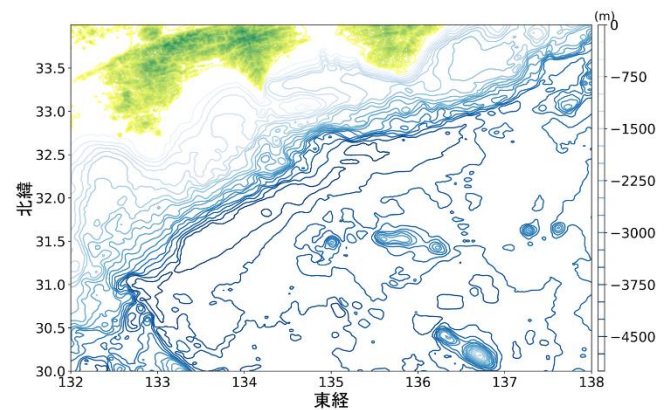


図-1 波源域における水深データ

4. 最大振幅と水深の関係

影響度マップの最大振幅では、暖色領域で発生した波が観測地点に高い波が伝わり、到達時刻では同様に最大津波が速く到達することを示している。観測地点は、高知県西側沿岸として土佐清水、東側沿岸として室戸、土佐湾の中心に位置する浦戸、さらに紀伊水道に面する徳島県海部郡の美波町を選定した (図-2)。

(1) 分析方法

得られた影響度マップと標高データから、最大振幅とその時刻を水深と照らし合わせ、最大振幅と水深との関係を分析した。単位波源は伊藤ら (2013) を参考に、計算格子に合わせて四角形とし、各辺の長さは 1m、初期波源の水位高さは一律に 1m とした。計算格子間隔は 1km、計算時間間隔は 1 秒とした。単位波源の位置は、図-1 の中で 10km ずつ場所を変更しながら設定し、それぞれ津波伝播計算を行った。また、現在内閣府が防災計画として公表している津波断層域を参考に分析した。

(2) 結果と考察

最大振幅とその到達時刻の影響度マップから、観測地点付近で暖色が多いこと、観測地点から離れるほど寒色に変わることがわかる。この場合、影響度マップの分布は地点から遠方に向けて円弧状に寒色に変化することが推察される。しかし、図-3 を見ると単純に遠くなるほど寒色にならない領域も存在する。特に領域 A、領域 B 付近やその延長では暖色は線上に伸びている。

領域 A には南海トラフが位置しており、水深差 2000m 程度の海溝である。領域 B には土佐ばえと呼ばれる堆が存在し、ここの水深差も 1000m 程度である。

以下、影響度マップの結果と 2 つの領域との関係について、地点ごとに考察する。

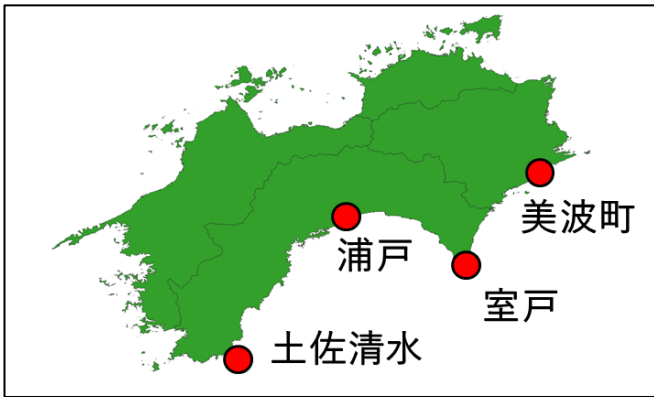


図-2 解析対象地点

a) 土佐清水における最大振幅

岬は周辺の波が集まりやすく、最大振幅は観測地点から離れるほど低くなる。図-3 から、観測地点付近の影響度が大きく、かつ土佐清水から離れるほど値が小さくなることからわかる。しかしながら、領域 A と領域 B 周辺では、それぞれ周辺に比べ高い振幅を示している。南海トラフは垂直に入射する波の影響し、土佐ばえは、周辺の波を集積するため、影響が大きい。また最大振幅の到達時刻の影響度において、土佐清水から離れた地点ほど遅くなるが、一方で南東方向の沖合は比較的速く到達する（図-4）。すなわち、領域 A を通過する沖合の波は、振幅が高く速い速度で来襲することがわかる。

b) 浦戸における最大振幅

図-5 より浦戸から離れるほど最大振幅は低くなるが、沿岸方向（東西）と沖合方向（南北）を比較すると、沿岸方向での影響度の変化が小さい。到達時刻においても、最大振幅が 20 分以内で伝わるのは浦戸湾付近のみである（図-6）。浦戸は土佐湾奥部にあるが土佐湾内の勾配が岬と比べ緩やかであるため、沖合の波の

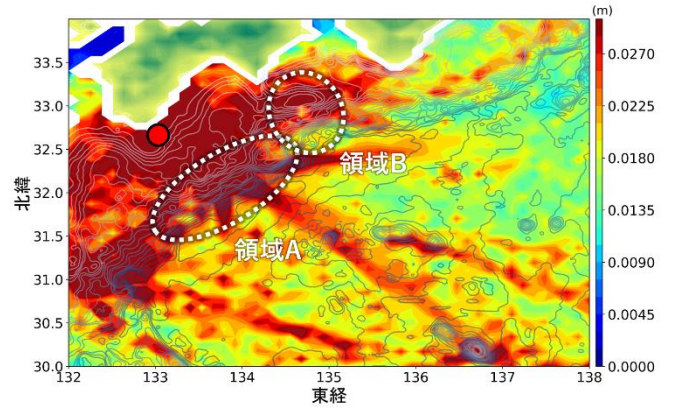


図-3 土佐清水 最大振幅

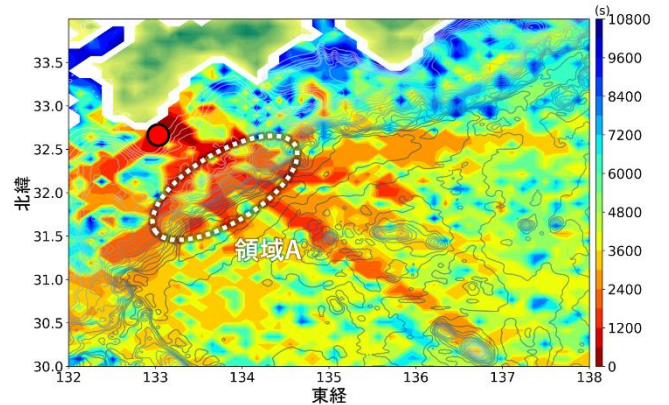


図-4 土佐清水 最大振幅到達時刻

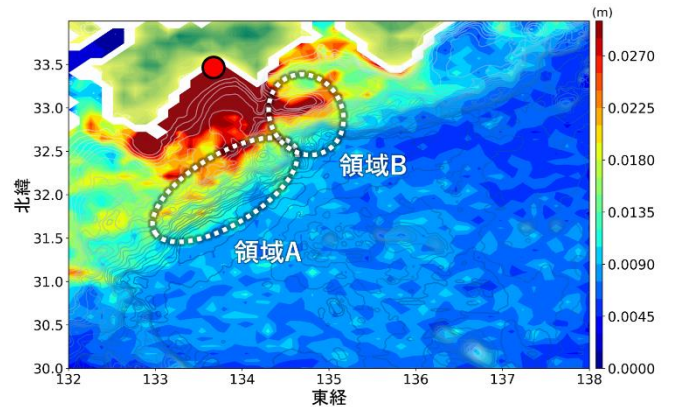


図-5 浦戸 最大振幅

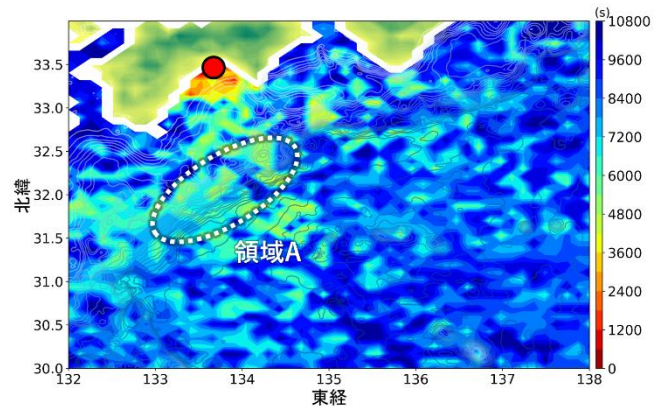


図-6 浦戸 最大振幅到達時刻

影響を受けにくいことが予想される。また、領域 A、B では最大振幅、到達時刻ともに、周辺よりも大きい値を示していることがわかる。すなわち、浦戸にも影響を与えていることが確認できる。

c) 室戸における最大振幅

土佐清水同様岬であるため、沿岸部全域での影響度が大きい（図-7）。室戸岬周辺は勾配が急であり波を集めやすく、より広域から波が伝わるため、土佐清水よりも広範囲からの影響を受けると推察される。領域 A、B ともに高い振幅が伝わり、影響を与えることもわかる。到達時刻では、他地点と比較しても 1 時間以内で到達する領域が広い（図-8）。特に南側からの波が速く、南海トラフの影響を強く受けることが確認できる。

d) 美波町における最大振幅

最大振幅は紀伊半島沖から四国沖の領域で高く、他地点同様に遠くなるほど低くなる（図-9）。しかしながら南方向の沖合ではその傾向は弱い。図-10 でも他地点と異なる傾向を示している。海岸線上の浦戸と比較すると、特に沖合からの影響は大きい。徳島県沿岸部の水深が深いことや、土佐ばえや南海トラフの影響により、高い振幅で比較的速く到達することが確認できる。

5. 想定最大津波の波源域の検討

作成した観測地点ごとの影響度マップにより、線形足し合わせの原理に従い、実際に想定最大津波を検討する。計算式は以下に示す。

$$Z_{max} = (z_{max} \times d) \text{ の総和} \quad (5)$$

ここに、 Z_{max} ：想定最大津波、 z_{max} ：単位波源の最大振幅、 d ：仮想水位である。

例として、図-11 の波源域 C には、南側の海底隆起量が 7m となる南北に 7km、東西に 3km の仮想波源、波源域 D には南側中心が海底隆起量 7m となる南北に 4km、東西に 5km の仮想波源を設定する（表-1）。両領域ともに土佐清水に到達する津波を検討した。

表-1 仮想水位の配置と海底隆起量

1	1	1					
2	2	2					
3	3	3					
4	4	4					
5	5	5					
6	6	6					
7	7	7					
領域 C			2	3	4	3	2
			3	4	5	4	3
			4	5	6	5	4
			5	6	7	6	5
			領域 D				

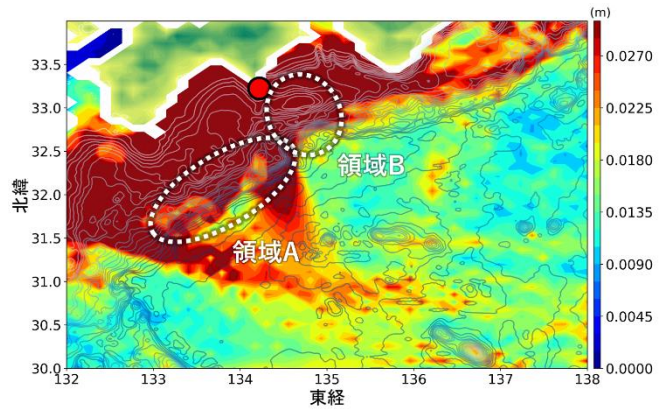


図-7 室戸 最大振幅

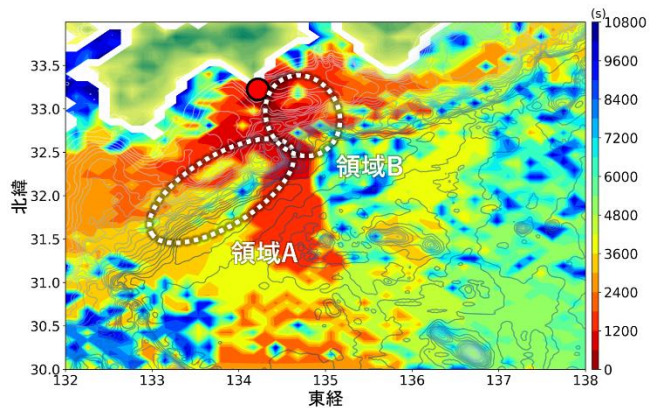


図-8 室戸 最大振幅到達時間

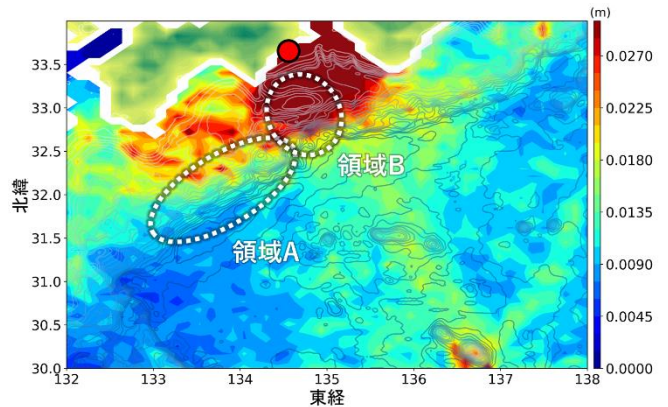


図-9 美波町 最大振幅

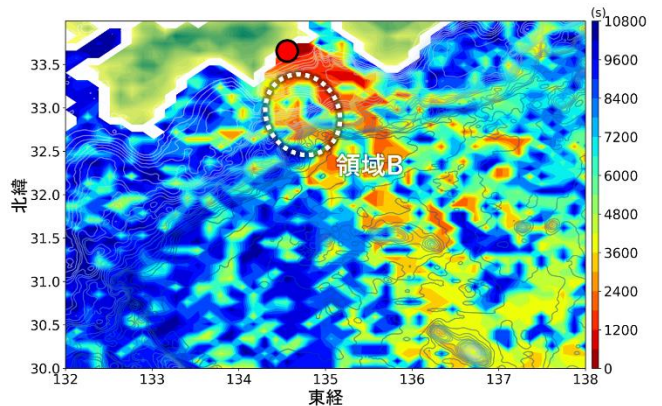


図-10 美波町 最大振幅到達時刻

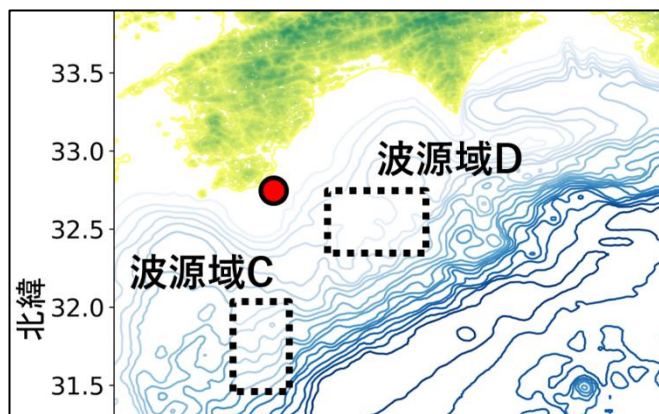


図-11 仮想波源域の設定

以上の条件で得られた、土佐清水における想定最大津波は波源域 C では 2.6m、波源域 D では 4.4m となった。さらに仮想波源を各地に設置し観測地点ごとの最大振幅を調べることにより、従来の津波伝播計算よりも効率良く想定最大津波を求められることを確認した。しかしながら波源域 C のような南北に長い波源域が実際に発生するかは不明瞭であり、今後も地震のメカニズムや津波断層域などを検討していく必要がある。

6. 結論

本研究では単位波源を用いた津波伝播計算により、四国沿岸の 4 地点の津波の影響度マップを作成した。影響度マップを用いることにより、特定の沿岸域ごとに想定最大の津波とその到達時刻が推定されることを確認した。特徴として、足摺岬と室戸岬では、津波の最大振幅が比較的高く、大すべり域からの到達時刻は地震発生から 20 分以内である。一方、浦戸湾口では最大振幅は低く、大すべり域からの到達時刻は地震発生から 100 分程度かかる。津波の影響度マップを用いることで、海岸地形の特性による影響度分布が地点ごとに異なる領域を確認できたが、領域 A や領域 B では、各地点共通で影響度の大きい波源域も抽出できた。

また内閣府の津波断層域に含まれる領域では任意の波源域を設置し、重ね合わせの原理に従い想定最大津波を検討した。これにより、波源域からの計算を効率的に行うことができることも確認した。単位波源の計算で広範囲の波源域を想定できるが、本研究は観測地点に着目して伝播計算を行うため、他の地域を調べるにはその地域に合わせた計算を行う必要があることに留意しなければならない。

<参考文献>

伊藤亮一・田島芳満・佐藤慎司 (2013) : 津波波源の幾何的特性と沿岸固有振動モードに関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 69, No. 2, pp. I_151-I_155.

後藤秀昭 (2013) : 等深線データから作成した日本列島周辺の海底地形アナグリフ, 広島大学大学院文学研究科論集, 第 73 巻, 特輯号

山中悠資・佐藤慎司・田島芳満・下園武範・佐貫宏 (2014) : 線形ブシネスク理論に基づく高速津波計算システムの構築, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 70, No. 2, pp. I_206-I_210.