

閉鎖性海域内に震源があるときの津波の伝搬・変形特性に関する研究

鹿児島大学大学院理工学研究科 学生員○尾山 浩太郎
鹿児島大学工学部海洋土木工学科 正員 浅野 敏之

1. 研究の目的

2011年3月の東北地方太平洋沖地震津波をうけて、想定される最大クラスの津波への対応が全国各地で検討されつつある。鹿児島県では南海トラフから南西諸島海溝沿いの震源を想定することはもちろんであるが、過去に大噴火に付随する津波災害を引き起こしている鹿児島湾の桜島北部海域も対象とする必要があろう。こうした閉鎖性海域内を震源とする場合には、震源のスケールが海域のスケールとほぼ同じであること、発生波の伝搬・変形が海域の地形によって強く支配され、外洋から陸域へ来襲する通常の津波とは異なる特性を示す可能性が考えられる。本研究は、桜島北部海域を対象地域として津波の伝搬と変形の数値解析を行い、閉鎖性海域特有の変形特性の有無について検討したものである。

2. 桜島北部海域の概要

鹿児島湾の中央に位置する桜島は、近代では1780年、1781年に海底噴火を起こしており(安永噴火)、後者では津波による溺死者15人との記録がある。この時、「小池浜では波7,8間(12.6m~14.4m)打ち上がる事10度であった」との記述がある。都司(1997)は、この打ち上がりは水平距離であろうと推測している。1914年の大正噴火でも火山活動に伴っ

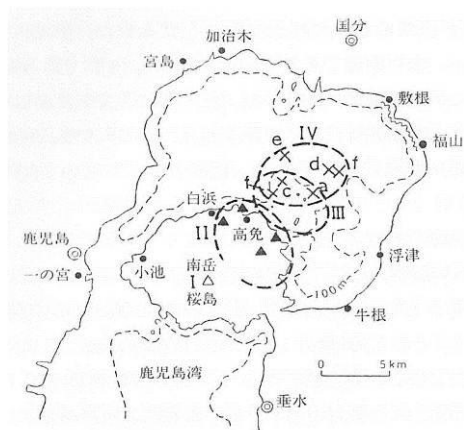


図-1 安永桜島噴火の活動(都司、1997より)

て生じた地震により小津波が発生している。この時、桜島東端と大隅半島が噴出物の堆積により、陸続きになった。したがって、桜島北部海域は鹿児島湾南部と、西側幅4kmの西桜島水道のみを通じて連絡されていることになる。この水域は2万5千年前に大爆発を起こした始良カルデラで構成されているため、平均水深は140m、最大水深206mと深い。

3. 数値計算の概要

桜島北部海域を含め、鹿児島湾中央部に至る北緯 31.2° ~ 31.75° 、東経 130.5° ~ 130.9° の範囲を格子間隔150mで分割した。基礎式は水平拡散項を含む浅水方程式で、staggered leap-frogスキームで差分化した。海底噴火は、マグマの貫入に伴い海底地形が盛り上がり、海底面から15mまで上昇した時点でマグマが海水に触れ爆発的噴火が発生するものと仮定した。900m×900mの正方形の海底面が瞬時に盛り上がるとして、これに対応する水面変動が伝搬し水域内で反射・伝搬・再反射を繰り返す様子を数値的に再現することにした。

4. 計算結果

図-2は波源を安政9年7月6日の噴火点付近に置いたときの津波伝搬状況を示したものである。図-3は湾岸の各点での津波波形を示したもので、外洋に震源がある通常の津波来襲波形に比べて、湾岸での多重反射によって津波変動の継続が長くなっている。福山における波高は3mに達しており、振動周期は70sec程度である。国分の振動周期はやや長く100sec程度である。また、論文中には示さないが波源を図-2に比べて桜島北部海域中央に置いたとき(CASE-2)の計算を行った結果、福山で最大波高4mの津波波形を得た。この場合も津波による大きな変動波形が20分程度続いた。CASE-2で波高が大きくなったのは、震源の水深がCASE-1に比べて深かったためと考えられる。

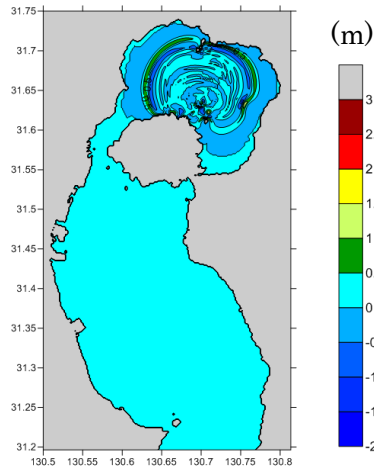


図-2 安政 9 年 7 月 6 日の噴火点付近に波源を置いたときの津波伝搬状況

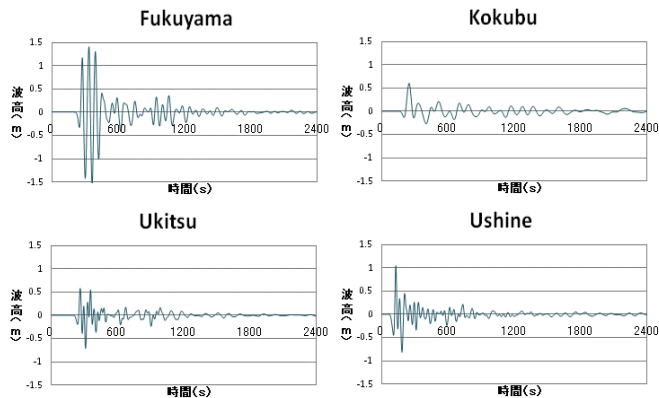


図-3 湾岸の各点での津波波形

5. 桜島北部海域の固有振動の解析

数値解析結果で見たように、海底噴火による海面擾乱はカルデラ地形の急深海岸で反射し長時間継続することがわかった。これには狭い水域での固有振動が関与すると考え、当該海域を半径 $R=7.5\text{km}$ 、水深 $h=140\text{m}$ の円筒形平床海域とモデル化した。図-4 のように直交座標系 (x, y, z) の原点を静止水面の中心にとる。円筒座標系 (r, θ, z) は (x, y, z) と次の関係で結ばれる。流体は非粘性、非圧縮とすると速度ポテンシャル ϕ について、

$$x = r \cos \theta, y = r \sin \theta, z = z \quad \cdots (1)$$

$$\text{連続式} \quad \nabla^2 \phi = 0 \quad \cdots (2)$$

$$\text{壁面条件} \quad \frac{\partial \phi}{\partial r} = 0 \quad \text{at} \quad r = R \quad \cdots (3)$$

$$\text{底面条件} \quad \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 \quad \text{at} \quad z = -h \quad \cdots (4)$$

の境界値問題として記述される。

速度ポテンシャル ϕ の解を次式のように仮定する。

$$\phi = \sum_{n=0}^N \sum_{m=1}^M \alpha_m^n(t) H_m^n(r, z) \cos n\theta \quad \cdots (5)$$

ここに α_m^n は (m, n) 次のモード座標、 H_m^n は

$$H_m^n(r, z) = J_n(\varepsilon_m^n r/R) \cosh(\varepsilon_m^n (z+h)/R) \quad \cdots (6)$$

J_n は次の第 1 種ベッセル関数、 ε_m^n は $\frac{d}{dr} J_n(\varepsilon_m^n) = 0$

を満たす正実根である。 ω_m^n は次式で定義される (m, n) 次の固有振動数である。

$$\omega_m^n = \sqrt{(g/R) \varepsilon_m^n \tanh(\varepsilon_m^n h/R)} \quad \cdots (7)$$

ε_m^n はベッセル関数の 1 階微分の零点で求められ、これを(7)式に代入することにより、固有周期 T は表-1 のように計算される。

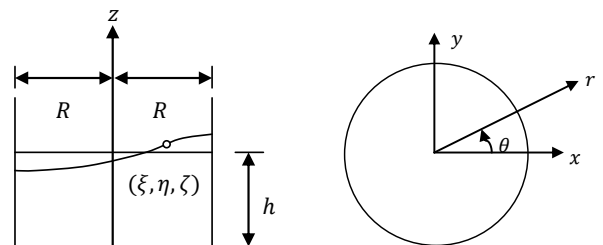


図-4 円筒形平床海域モデル

		周方向次数			
半径方向次数	$T(\text{s})$	$n=0$	$n=1$	$n=2$	$n=3$
	$m=1$	664.2	1382.0	833.2	605.8
	$m=2$	363.0	477.5	379.7	317.8
	$m=3$	250.5	298.4	255.6	224.7

表-1 円筒状モデル海域の固有振動周期

6. まとめ

火山噴火による津波は個々に発生の様式が異なり、とともに現象自体もよくわかっていない。しかし、地域における最大級の津波外力を検討するために、桜島北部海域での海底噴火に起因する津波の数値解析を本研究では試行した。その結果、閉鎖した狭い海域内に震源があることによって、多重反射によって長時間継続する津波変動が生じることがわかった。また水面変動の周期は長くて 2 分弱であり、海域の固有振動周期より短い結果となったが、点源によるコーシーポアソン波の発生周期が短いことを考えると、海底面の盛り上がりの規模を大きくすると長周期になると予想され、今後検討を行うつもりである。