

数値モデル化による貞観津波の検討

東北学院大学工学部	学生員○村上 弘
東北大学大学院	学生員 橋 和正
東北学院大学工学部	正会員 河野 幸夫
東北大学工学部	正会員 今村 文彦

1. 目的

本研究は、西暦869年多賀城周辺に大地震が発生し、2次災害としての大津波再現の数値解析を行う。当時、三陸海岸から起きたと想定し、津波発生の数値モデルの断層パラメータを用いることで、多賀城地方に來襲させどのように伝播するか検討する。

貞観津波を復元するためには、条件として当時の地形を作成するために現在の地形からデジタイザーを用いて比較検討を行う。出来上がった地形データを、限りなく当時のものに近くするために、遺跡の地盤高のデータを用いることや、実際現地見学し現在の地盤高から検討を行い地盤高を調整する。三陸側や仙台湾などで発生した場合に対して、どのような波の伝播を伴うか検討する。次に、津波が発生したとされる波源域をいくつか特定し、9世紀の多賀城の地形でどのくらい遡上して被害を起こしたのか考察する。

2. 数値計算

津波は、地震により海底地形が変動することによって発生する波として扱う。流体変動として長波とし、理論では水深と波長の比で相対水深が小さい時に得られた近似的なものである。

数値モデル化を作成するには、長波の運動、連続方程式を用いて Leap-frog 法による中央差分を使用し、連立方程式を解くことによって線形長波を可能にすることができる。

$$\begin{aligned} N_{i,j+\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} &= N_{i,j-\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} - g D_{i,j-\frac{1}{2}} \frac{\Delta t}{\Delta y} [\eta_{i,j+1}^n - \eta_{i,j}^n] \\ M_{i+\frac{1}{2},j}^{n+\frac{1}{2}} &= M_{i-\frac{1}{2},j}^{n+\frac{1}{2}} - g D_{i+\frac{1}{2},j} \frac{\Delta t}{\Delta x} [\eta_{i+1,j}^n - \eta_{i,j}^n] \\ \eta_{i,j}^{n+1} &= \eta_{i,j}^n - \frac{\Delta t}{\Delta x} \left[M_{i+\frac{1}{2},j}^{n+\frac{1}{2}} - M_{i-\frac{1}{2},j}^{n+\frac{1}{2}} \right] - \frac{\Delta t}{\Delta y} \left[N_{i,j+\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} - N_{i,j-\frac{1}{2}}^{n+\frac{1}{2}} \right] \end{aligned}$$

これらの式が数値モデルとして使われる式である。

3. 9世紀頃の多賀城の地形について

参考資料をもとに、スパイグラスで作成した地形と比較して遺跡の位置を決定させる。これら9世紀の地

表面レベルの数値は、調査時において9世紀の遺構（住居跡、道路跡）を確認した際のものであり、後生の畑などの耕作によって本来の層の上面は、失われている可能性があると考えられている。比較する際の条件として、スパイグラスのメッシュから地図上にあたる部分を検索する。メッシュは(100m*100m)の平均値をとるので、実際よりも低い値をとる場合もあり地形による誤差を生じる。

参考資料から得られた結果より、多賀城市内の平均が0.4m、仙台市内を0.4m、現在よりも低いと考えることができる。図1を参照。

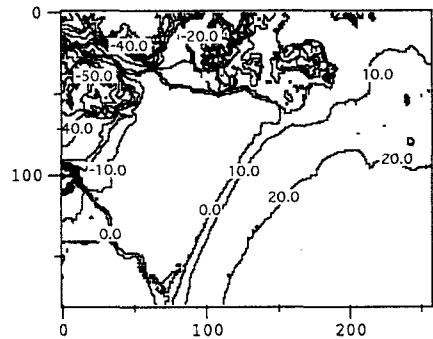


図1 平安時代の多賀城地形

4. 数値モデル

地震の断層モデルは、いくつかのパラメータで構成されているが、断層パラメータとして使うことで数値モデルを可能にすることができる。本研究は、過去三陸において津波を伴った代表的な地震を想定した。

断層モデルA 宮城県沖地震 (1793, 1897)

断層モデルB 宮城県沖地震 (1978)

断層モデルC 仙台湾沿岸型地震 (1998 羽鳥)

モデルAは、プレート近郊で起きるごく一般的な津波地震で、100年ごとに繰り返し発生するのが特徴である。モデルBは、1978年に起きた宮城県

沖地震を参照した。モデルCは、羽鳥(1998)の研究により松島周辺における地盤変動による直下型地震を仮定とし、 $M=7.5$ を比例し作成した。これらの具体的な数字については、今村(1998)と検討した結果より求められたものである

5. 数値解析結果

地震による海底変動量をそのまま津波の初期設定とする。仮想断層パラメータを用いて、波が伝播する計算プログラムを作動させた結果、最大波形分布図が表示される。そこで、実際の地図と照らし合わせて特定の都市に注目し、多賀城の地点を基準にするとモデルCが一番水位(m)が高く仙台湾周辺だけの水位が上昇している。図2を参照。

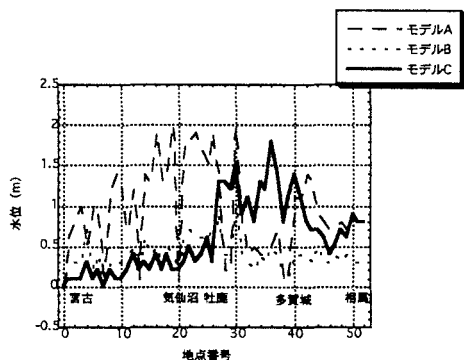


図2 モデル化による最大波形分布

6. 遡上高について

数値解析の結果、波源域をモデルCに仮定し、モデルCの水位時系列変化を使用するときに、9世紀の多賀城の地形でどこまで遡上するか判定する。

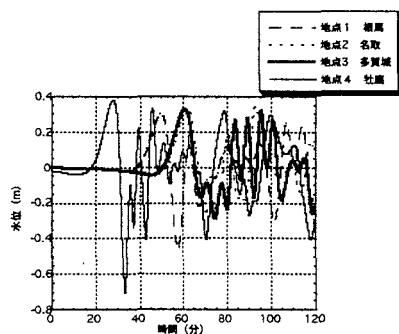


図3 モデルCでの水位時系列変化

地形の境界条件として、9世紀の地形図を用いる。計算領域の東側は、強制的にモデルCの水位時系列変化を強制入力波として入射させる。地形の北側、西側、南側については自由透過させ、波の反射は影響のないものとする。

浸水領域の結果として、七ヶ浜海岸では2.0m前後押し寄せ、多賀城では近くの砂押川からの逆流もあるが0.5m、名取周辺では、2.5m~1.5mの水位高である。特に、名取川河口周辺が一番水位が高く、仙台市郡山まで遡上している。図3.4を参照。

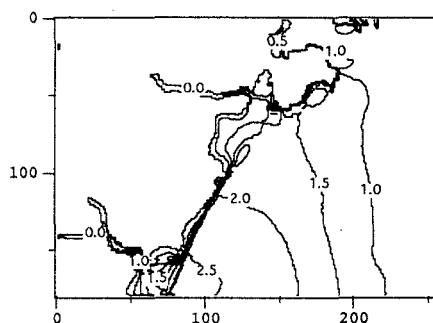


図4 貞観津波の遡上範囲

7. 結論

貞観津波で一番被害を受けた多賀城に着目し、数値計算を行った結果、最大波形分布と比較すると、モデルAが1.2m、モデルBが0.5m、モデルCが1.4mで一番高いことが分かる。また、最大波形分布を多賀城から仙台湾周辺に範囲を拡大すると、三陸沖よりも仙台湾沿岸を波源域とする傾向が示された。当時の自然要因で、何らかの影響があれば水位高も変化するのではないかとと思われる。

今後は、より波源域を絞ることができるので、仮想断層パラメータの諸元の値を $M=7.5$ 以上に設定させ、数値計算を行う必要がある。

参考文献

- 1) 貞観11年(869年)宮城県多賀城津波の波源域 月刊海洋号外 no.15 p167~171 羽鳥 徳太郎
- 2) 9世紀頃の地形データ表 提供 仙台市教育委員会文化財