

東日本大震災における沿岸鉄道での車両被害

東北大学大学院 学生会員 ○島村 宗一郎
東北大学大学院 正会員 今村 文彦
富士常葉大学 正会員 阿部 郁男
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 島村 誠

1. はじめに

2011年3月11日、太平洋三陸沖を震源とするMw9.0の巨大地震に伴い東北地方太平洋沖地震津波（以下、今次津波）が発生、地域により被害状況は様々であるが、道路や橋梁、発電所、上下水道など生活の礎となるインフラの被害も顕著であり、その中でも、鉄道への被害は過去に類を見ないものとなった。列車被害による人的被害は見られなかったが、太平洋沿岸を走る鉄道への被害が広範囲で確認されている。そのため被災後の復旧・復興活動にも影響を与え、地域での経済活動への損失も甚大であった。また、2004年インド洋津波によりにスリランカ・カハワでは、列車被害による死者数は約1,500人にも上った。津波による列車被害というものは、人的さらに社会的にも大きな影響を及ぼすことから、列車に対する減災システムの再検討および構築は非常に重要であると考える。

本稿では、これらを検討する上で基礎となる列車被害のアーカイブ作成および東北地方太平洋沖地震津波の断層モデル(図-1)を用いた津波数値解析について論ずる。

2. 今次津波による列車被害

JR 東日本によると、管轄内で津波による被害のみで7線区、総距離にして約325kmの区間での被害を確認している。(2011年5月1日現在)津波による被害箇所数は約1730箇所であり、主に電化柱の損傷、軌道変位、津波による橋げた流出・埋没、信号・通信設備の故障、道床碎石流出など様々な被害が広範囲に存在することが分かる。これらの被害の中で今回は日本でも過去に被害例の少ない津波による車両への被害例に焦点を当て検討を行った。

図-1に示すように、直接的に今次津波の被害を受けた列車は7列車（JR東日本管轄内、旅客車両）であり、その内で津波により脱線、転倒、漂流した野蒜駅周辺・女川駅周辺・松岩―最知間・津軽石駅周辺、津波による浸水は見られたが車両の転倒等はみられなかった大船渡―

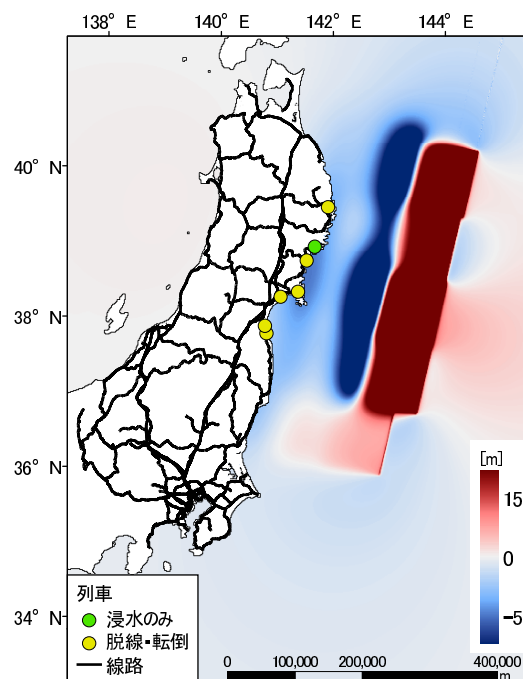


図-1 東北地方太平洋沖地震津波断層モデル(東北大学Ver.1.0)

下船渡間の計5列車で被害例と津波解析結果を比較することで検討を行った。

3. 津波数値解析

先に述べたように、断層モデルは東北大学モデル version1.0(図-1)を用いる。計算条件として、連続式と Navier-Stokes 方程式を水深方向に積分した非線形長波理論を支配方程式とし、Leap-Frog 差分法で解いた。また、地形データ、粗度データ、堤防データは国土地理院の公開データ(震災前)を用いて、領域のメッシュサイズを $1350\text{m} > 450\text{m} > 150\text{m} > 50\text{m}$ で接続計算している。今回は南から、仙台湾、牡鹿半島、気仙沼、大船渡・陸前高田、宮古の5つの領域での計算を行ない、実現象の検討のために海岸構造物が機能した場合と全く機能しなかった場合の2パターンを考えた。

各地での数値解析結果を列車被害アーカイブ内の情報と比較することで、再現性や本研究で検討を行った転倒限界浸水深の精度を確かめる。

表-1.各列車の被災ポイントの津波数値解析結果(上段：海岸構造物有り,下段：海岸構造物無し)

	野蒜駅周辺	女川駅周辺	松岩一最知間	大船渡一下船渡間	津軽石駅周辺
津波到達時刻	65分	42分	39分	40分	47分
	65分	42分	39分	37分	42分
影響開始(転倒限界)時刻	66分	43分	39分	-	48分
	65分	42分	39分	39分	42分
最大浸水深	4.21m	12.7m	5.50m	0.25m	2.13m
	5.46m	17.3m	6.12m	3.23m	8.70m

4. 検討結果

列車が津波により被害を受けた区間での津波数値解析を行い、各列車の被災ポイント(図-2における○印)での時系列水位も出力した。海岸構造物の有・無の2パターンを出力し、実現象がこれらの範囲にあたると考えることにより、実際に被害のあった地域での津波到達時刻、さらに島村ら(2011)で検討を行った転倒限界浸水深(1.1m)との比較により津波によって影響が現れ始める時刻が明らかになってくる。ここで、転倒限界浸水深とは、H.Yeh(2007)で示された津波波力算定法を用いて津波による列車の転倒限界を浸水深で表したものである。これらの情報に各被災ポイントでの最大浸水深を加えたものが表-1である。この情報により今次津波における回避シナリオ分析が可能になると考える。

時系列水位同様に実現象が海岸構造物の有無による範囲内にあるとすれば、実際に津波により列車の脱線・転倒が見られた大船渡一下船渡間以外では、転倒限界浸水深1.1mを越えていることが分かる。また、津波による台車部分の浸水の被害であった大船渡一下船渡間では、1.1m前後であると考えられ、実被害と一致することが分かる。また、津波到達及び影響開始時刻において海岸構造物の有無による大きな差はほとんど見られなかった。

5. 結論

今回、東北地方太平洋沖地震津波による列車被害のアーカイブ及び東北大学モデルversion1.0を用いた津波数値解析により今後の研究の基礎を得ること、さらには、転倒限界浸水深を越える場合、実現象と同様の傾向を見ることができた。

しかしながら、津波数値解析において詳細な地形データや軌道の盛土データの追加、津波波力算定法の改善が必要になるであろう。

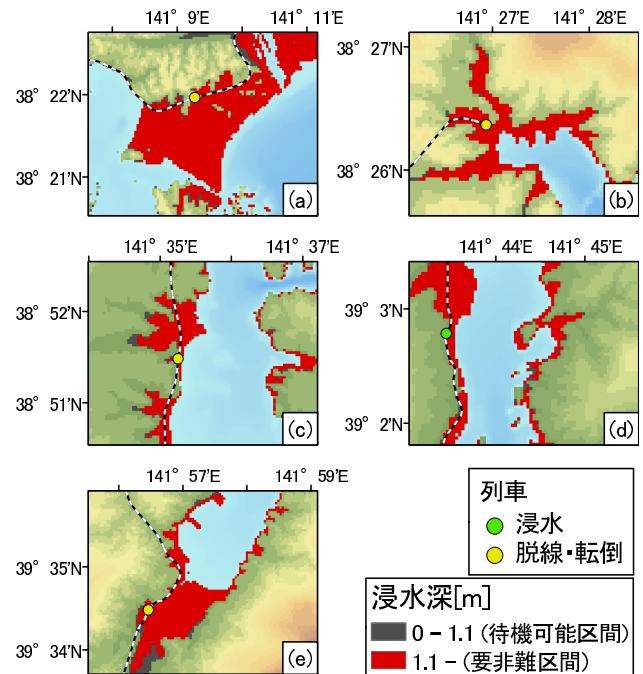


図-2 津波数値解析結果・海岸構造物有り (a:野蒜駅周辺・仙石線, b:女川駅周辺・石巻線, c:松岩一最知間・気仙沼線, d:大船渡一下船渡間・大船渡線, e:津軽石駅周辺・山田線)

謝辞

本稿を執筆する上で、東日本旅客鉄道株式会社 JR東日本研究開発センター 防災研究所の皆様は資料や研究データの提供、ご指導頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 島村宗一郎, 今村文彦, 阿部郁男, 沿岸域での津波による列車への影響評価の検討, 土木学会東北支部 東北支部技術研究発表会, 2-43, 2011.
- 上浦正樹, 須長誠, 小野田滋, 鉄道工学, 森北出版, 2000
- 首藤ら, 津波の事典, 朝倉書店, 2007
- H, Yeh. (2007) : Design Tsunami Forces for Onshore Structures. Journal of Disaster Research, Vol.2, No.6, pp.531-536
- 東日本旅客鉄道株式会社, JR EAST 特別号, 2011