

船舶海上ネットワークを利用した津波リスク評価の試み

東北大学	工学研究科	学生会員	○大竹 拓郎
東北大学	災害科学国際研究所	正会員	Anawat SUPPASRI
東北大学	災害科学国際研究所	正会員	今村 文彦

1. 序論

2011年東北地方太平洋沖地震津波では、港湾が被災したことで代替港の利用を余儀なくされ、海運会社の海上輸送網へ影響した（赤倉ら, 2013）。また、港湾に工場を有する企業の操業停止なども報告されている。港湾被害の影響は、船舶の海上輸送ネットワークを通じて国内外へ波及するため、港湾単体が保有する津波リスクだけでなく、港湾被害の影響も把握しておくことは、港湾を拠点とする企業や海運会社等がリスクベースの経営を進める際に重要な情報となる。

港湾や船舶の津波リスクに関する研究（e.g. Lynett et al., 2014）や船舶海上ネットワークに関する研究（e.g. Luluza et al., 2010）はいくつかあるが、その津波リスクを評価するためには、世界中に点在する港湾とそのネットワークを把握できるグローバルスケールで津波ハザードを考える必要があるため、船舶海上ネットワークに着目した津波リスク評価には至っていない。よって本研究では、海運会社のコンテナ貨物の海上輸送網を利用して、過去400年間に発生した津波を対象に、港湾が津波により被災した際に、輸送系全体が受ける影響を定量的に示すことを目的とする。

2. 手法

(1) 船舶海上ネットワークデータ

本研究では、無料で入手可能なOOCL社（本社：香港）のコンテナ船の運航経路を用いて船舶海上ネットワークを構築した。ネットワークのノードは港湾を、エッジは港湾同士のリンクを表し、ノード数は187個、エッジ数は559本となった。構築したネットワークの基礎情報を図-1 A, B, Cに示した。ここでは、媒介中心性が大きい上位10港湾を赤色で示している。ノード*i*の媒介中心性は、任意のノード対を結ぶ最短経路上にノード*i*がある回数を、ノード対の総数で除すことで算出できる。

(2) 津波ハザードの設定

アメリカ海洋大気庁の津波のデータベースから、過去400年間に津波を発生させたマグニチュード7.5以上の津波を全て（294イベント）選定した。全イベントに対して、数値解析の支配方程式は球面座標系の線形長波方程式とし、解析対象領域を地球全域として、津波数値解析を実施した。また、空間格子を2分、時間格子を1秒、再現時間を24時間に設定し、津波の初期水位分布の計算には、Mansinha & Smylie (1971) の理論を用いた。解析では、水深100mの等深線上に配置した出力点で津波の最高水位を算出し、Greenの法則を用いて沿岸の水深1m地点の水位に換算した。得られた水位と港湾の位置情報を統合することで、各津波イベントに対する各港湾の最高水位を算出した。

(3) 港湾被害の定義

被害の定義を「港湾としての機能停止」とし、重要港湾以上の港湾を対象として、2011年東北津波の観測記録と被害記録の整理を行った。港湾の分布と各々で観測された津波の最高水位を図-1 D, Eに示した。2011年東北津波では、計9港湾の被害が報告されており、その中で最高水位が最も小さかったのは小名浜港で、その水位は3.3mであった。以上を踏まえ、最高水位が3.3mを超えた港湾を「被害有」と判定することとする。

3. 結果

被災港湾と津波波源の空間的位置関係を把握するために、被害有と判定された港湾と津波の波源・最高水位分布を図-1 Fに示した。まず、被害を与えた津波イベントに着目し、津波により被害を受けたノードをネットワークから取り除き、ネットワーク全体のエッジ数を算出した結果を図-1 Gに示した。図-1 Gより、1707Japan津波が最もこのネットワークへ影響を与えていたことがわかる。

次に、被災港湾に着目し、被災した港湾同士の媒介中心性を図-1 Hに示した。図-1 Hより、Algeciras港（スペイン）の被災が最もこのネットワークへ影響を与えていたことがわかる。

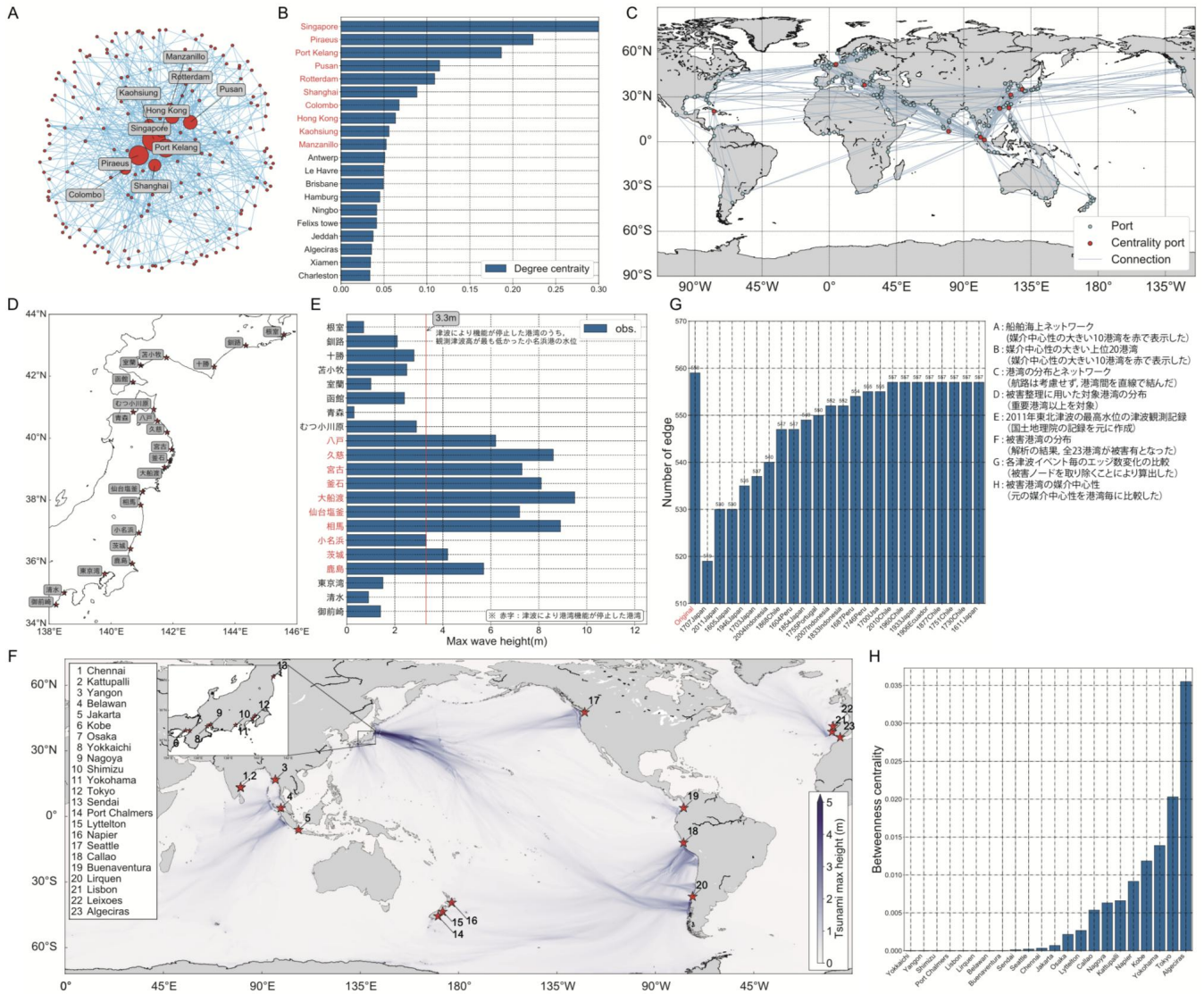


図-1 使用データ及び解析結果まとめ

4. 議論

媒介中心性が大きくこのネットワークにおける重要と考えられる港湾（図-1 A, B）の中で、津波被害を受けていた港湾はAlgeciras港（スペイン）のみであるが、それ以外の港湾被災により、23イベントの津波の影響を受けることがわかった。このことから、港湾単体だけでなくネットワーク全体の津波リスクについて考えることの重要性がわかる。例えば、1707Japan津波（南海トラフ）では、40本のエッジ変化（図-1 F）があることから、40本の航路とそこを通行する船舶数と港湾閉鎖期間だけ臨時運行便が必要と考えられる。よって、今後発生する南海トラフ地震津波においては、事前に災害時の対応方法を考えておく必要がある。

5. 結論

本研究では、港湾被害がネットワーク全体に及ぼす影響を、エッジ数の変化に着目して定量的に示した。しかし、エッジの重みを考慮することや被害を受けていない港湾への影響の考察ことなどが課題として残されている。

参考文献

赤倉康寛, 小野憲司, 岡村京子, 福元正武, 2013: 大規模災害後の外易コンテナ貨物量の需要復旧曲線の定量化, 沿岸域学会誌, Vol.26, No.1, pp.15-26.

Lynett, P.J., Borrero, J., Son, S., Wilson, R., and Miller, K.: Assessment of the tsunami-induced current hazard, *Geo-physical Research Letters*, Vol.41, 2048 – 2055, 2014. <https://doi.org/10.1002/2013GL058680>

Laluza, P., Kölzsch, A., Gastner, M.T. and Blasius, B.: The complex network of global cargo ship movements, *J. R. Soc. Interface*, Vol. 7, Issue 48, 2010. <https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0495>

Mansinha, L. and Smylie, D.E., 1971: The displacement fields of inclined faults, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 61, No. 5, pp. 1433-1440.