

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14037

研究課題名(和文) 全球における非線形海面上昇トレンド評価とその予測

研究課題名(英文) Estimation of non-linear trends of global sea-level records and their projections

研究代表者

李 漢洙 (Lee, Han Soo)

広島大学・国際協力研究科・准教授

研究者番号：10535082

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：海面上昇の原因は地球温暖化による海水の熱膨張と氷河・氷床の融解による質量増加だけではない。氷河・氷床の融解による地殻の間静水圧調整(リバウンド)や地盤沈下などによる海水位の相対的変位も考慮しなければならない。一方、従来の海面上昇シナリオは、全球スケール物理過程モデルによる海水の熱膨張と質量変化だけを考慮した予測結果であり、地盤沈下等による相対性海面上昇が深刻なアジア沿岸地域では実用に耐えない。そこで、本研究では、長期観測潮位データを改良型アンサンブル経験的モード分解法で解析し、相対的海面変動を考慮した非線形海面変動を評価した。さらに、改良型半経験的アプローチにより海面上昇の予測を行った。

研究成果の概要(英文)：Coastal zone management and adaptation to sea-level rise (SLR) are largely based on SLR scenarios. However, our limited understanding of ice-sheet dynamics and the lack of long-term observations of ice-sheet changes make it difficult to predict SLR accurately by a process-based dynamic model. Moreover, a number of large coastal cities in Asia have experienced more rapid subsidence rates of several centimetres per year compared with the global or regional SLR rate because of soil compaction, groundwater withdrawal, rapid urbanization, and poor water supplies. Therefore, we estimated the non-linear trends of SLR from long-term sea-level records in the globe by using improved ensemble empirical mode decomposition and performed projections of the non-linear trends by improved semi-empirical formula for SLR scenarios considering the local factors such as vertical land motion and glacial isostatic adjustment.

研究分野：海岸工学、海面上昇、沿岸防災

キーワード：海面上昇 非線形トレンド アンサンブル経験的モード分解 相対性海面上昇 地盤沈下

1. 研究開始当初の背景

現在、海面上昇に一番脆弱な国の一つであるバングラデシュでは、様々な分野で気候変動や海面上昇影響評価および適応策研究などが行われている。しかし、使われている海面上昇シナリオにおける整合性や科学的考察を含んだ報告は乏しい。バングラデシュは、全国土の3分の2が海拔5メートル以下の低いデルタ地帯であり、海面上昇シナリオにおける数10センチの差が及ぼす影響は無視できない。バングラデシュのケースは例に過ぎない。多くのアジア途上国の沿岸域では、地球温暖化による海面上昇値をはるかに上回るスケールで地盤沈下が進んでいる。主な原因は、都市開発と上下水施設不足による地下水の過剰採取によるものである。インドネシアのジャカルタでは深刻な地盤地下の影響で、大潮だけで氾濫してしまうケースもある。このような場合、不確実性の多いかつ相対性海面変動が考慮されていない従来の海面上昇シナリオは、適応策を考えるうえで、実用に耐えない。

現在、広く使われている予測方法は、全球気候モデルと結合された物理過程モデルである。しかし、この物理過程モデルは、近年観測されている氷河・氷床の大規模融雪や流出速度の加速化が再現できない。さらに、深海熱膨張過程の理解不足とモデル検証のための深海観測データの不在により、モデルによる正確な海面上昇予測はまだ先が遠い。一方、このような物理過程モデルの限界に対し、気温と海面上昇の線形関係に基づいた半経験的アプローチによる海面上昇予測が行われている。その予測結果は、物理過程モデル結果であるIPCCのグローバル予測結果を上回っているものの、その結果においても地域特性を持つ相対性海面変動は考慮されていない。

上述の背景を踏まえ、グローバル海面上昇予測値だけに頼らず、地域ごとの地盤沈下等による相対性海面変動を考慮した、リージョナル海面上昇シナリオが切実である。

2. 研究の目的

海面上昇の原因は地球温暖化による海水の熱膨張と氷河・氷床の融解による質量増加だけではない。氷河・氷床の融解による地殻の間静水圧調整(リバウンド)や地盤沈下などによる海水位の相対的変位も考慮しなければならない。一方、従来の海面上昇シナリオは、全球スケール物理過程モデルによる海水の熱膨張と質量変化だけを考慮した予測結果であり、地盤沈下等による相対性海面上昇が深刻なアジア沿岸地域では実用に耐えない。そこで、本研究では、長期観測潮位データをアンサンブル経験的モード分解法で解析することで、相対性海面変動を考慮する非線形海面変動(海面上昇)を評価する。さらに、改良型半経験的アプローチによる海面上昇を予測することで、非線形海面変動特性を生

かした全球スケールのリージョナル海面上昇シナリオ作成に挑む。

3. 研究の方法

本研究は2年間を研究期間とし、研究を3つのPhaseに分ける。本研究の流れをFig.1に示す。まず、(基礎課題)Phase-1として「全球における長期潮位観測データの確保と補間」に取り組む。ここでは、全球における長期潮位観測データの収集、特に観測データの公開や報告が活発でないアジア沿岸途上国の観測データの収集および欠測データの補間を行う。その後、(本課題)Phase-2の「非線形海面変動評価」に歩を進め、H27年度末を目処にアンサンブル経験的モード分解法を用い観測データを解析する。さらに、分解された固有モード関数の統計的有意義性検査を行うことで、観測期間中における海面変動トレンドを見いだす。研究が順調に進めば、H28年度半ばより、(発展課題)Phase-3「リージョナル海面上昇(SLR)予測」として、改良型半経験的アプローチによりリージョナル海面上昇予測を行う。以上より、全球におけるリージョナル海面上昇シナリオを作成する。

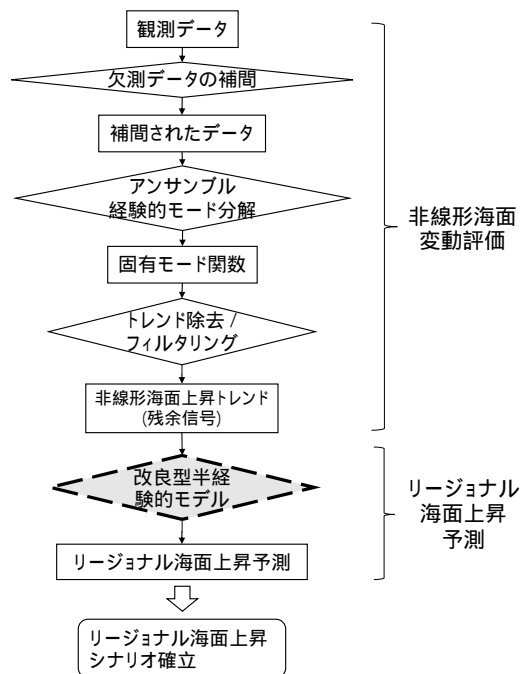


Fig. 1 データ解析の流れ

4. 研究成果

海面上昇の原因は地球温暖化による海水の熱膨張と氷河・氷床の融解による質量増加だけではない。氷河・氷床の融解による地殻の間静水圧調整(リバウンド)や地盤沈下などによる海水位の相対的変位も考慮しなければならない。一方、従来の海面上昇シナリオは、全球スケール物理過程モデルによる海水の熱膨張と質量変化だけを考慮した予測結果であり、地盤沈下等による相対性海面上

昇が深刻なアジア沿岸地域では実用に耐えない。そこで、本研究では、長期観測潮位データを改良型アンサンブル経験のモード分解法で解析し、相対的海面変動を考慮した非線形海面変動を評価した。さらに、改良型半経験的アプローチにより海面上昇を予測を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8件)

1. Kubota, T., Lee, H.S., Trihamdani, A.R., Phuong, T.T.T., Tanaka, T., and Matsuo, K., 2017. Impacts of land use changes from the Hanoi Master Plan 2030 on urban heat islands: Part 1. Cooling effects of proposed green strategies. *Sustain. Cities Soc.* 32, 295-317. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.04.001>(査読有)
2. Lee, H.S., Trihamdani, A.R., Kubota, T., Phuong, T.T.T., Satoru, I., 2017. Impacts of land use changes from the Hanoi Master Plan 2030 on urban heat islands: Part 2. Influence of global warming. *Sustain. Cities Soc.* 31, 95-108. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.015> (査読有)
3. Lee, H.S., and T. Shimoyama, 2016. Numerical Experiments for Impacts of Tides on Tsunami Propagations in the Seto Inland Sea. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)*, 72(2), 325-330. (in Japanese with English abstract) http://doi.org/10.2208/kaigan.72.I_325 (査読有)
4. Kim, K.O., Yuk, J-H., Lee, H.S., and Choi, B.H., 2016. Typhoon Morakot induced waves and surges with an integrally coupled tide-surge-wave finite element model. *J. Coast. Res.*, SI75, 1122-1126. <http://dx.doi.org/10.2112/SI75-225.1> (査読有)
5. Lee, H. S., 2015. Interactions of Tsunami with Natural Oscillations Implied from the 2011 Tohoku Tsunami Records Analysis Using Hilbert-Huang Transform, *Procedia Engineering*, 116, 707-712. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.354> (査読有)
6. Lee, H.S., and K.O. Kim, 2015. Storm Surge and Storm Waves Modelling Due to Typhoon Haiyan in November 2013 with Improved Dynamic Meteorological Conditions, *Procedia Engineering*, 116, 699-706. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.353>

3 (査読有)

7. Lee, H.S., T. Shimoyama, and S. Popinet, 2015. Impacts of tides on tsunami propagation due to potential Nankai Trough earthquakes in the Seto Inland Sea, Japan. *J. Geophys. Res. Oceans*, 120(10), 6865-6883. doi:10.1002/2015JC010995. (査読有)
8. Lee, H.S., and A. Kaneko, 2015. Estimation and projection of non-linear relative sea-level rise in the Seto Inland Sea, Japan. *Atmosphere-Ocean*, 53(4), 393-411. <http://dx.doi.org/10.1080/07055900.2015.1069254> (査読有)

[学会発表](計 17件)

1. Trung, N. V., and Lee, H.S. Sensitivity analysis of WRF physics parameterizations on the process of Typhoon Sinlaku (2014) in the South China Sea. *Proc. of the 20th IAHR-APD congress (2016)*, 20p, Colombo, Sri Lanka, 29th Aug. 2016.
2. Lee, H.S. Tsunami run-up modeling with adaptive mesh refinement method: A case study for Monai Village run-up experiment. *Proc. of the 20th IAHR-APD congress (2016)*, 7p, Colombo, Sri Lanka, 30th Aug. 2016.
3. Lee, H.S. Trend estimation of sea-level records using empirical mode decomposition and its variations. *International Symposium on Advances in Civil and Environmental Engineering Practices for Sustainable Development (ACEPS-2016)*, pp.82-88, Galle, Sri Lanka, 3rd Mar. 2016.
4. Lee, H.S. and S. Dangendorf. Non-linear trend estimation of sea-level records using empirical mode decomposition and its variations, Challenger Society for Marine Sciences Conference 2016, Sep. 2016, Liverpool, UK, 7th Sep. 2016.
5. Kim, K. O., Lee, H.S., and H.-Y. Cho. Trend estimation of regional sea-level in Korea using empirical mode decomposition and its variations. The 2nd International Water Safety Symposium (IWSS 2016). June 2016, Incheon, Korea, 23rd Jun. 2016.
6. Lee, H.S. Efficacy of adaptive mesh refinement method for tsunami run-up modeling. The 2nd International Water Safety Symposium (IWSS 2016). June 2016, Incheon, Korea, 23rd Jun. 2016.
7. Weon-Mu Jeong, Sang-Ho Oh, H.S. Lee*, and Kyeong-Ho Ryu. Modelling of East Sea storm waves in November 2015. The 2nd International Water Safety Symposium (IWSS 2016). June 2016, Incheon, Korea, 22nd Jun. 2016.
8. Lee, H.S., Tsunami signal analysis using Hilbert-Huang transform, International

- Coastal Symposium (ICS2016), March 2016, Sydney, Australia, 8th Mar. 2016.
9. Lee, H.S. and Kim, K.O. Modeling of storm surges and waves due to Typhoon Haiyan using an integrated atmosphere-wave-ocean coupled model. *Coasts and Ports 2015*, 6p, Auckland, New Zealand, 18th Sep. 2015.
 10. Lee, H.S. Analysis of 2011 Tohoku Tsunami records in the Seto Inland Sea, Japan, using Hilbert-Huang Transform, *Coasts and Ports 2015*, 4p, Auckland, New Zealand, 16th Sep. 2015.
 11. Lee, H. S. and Kim, K.O. Storm surge and waves modelling due to Typhoon Haiyan in November 2013 with improved dynamic meteorological conditions, *Procedia Engineering*, 116, 699-706. Asian and Pacific Coasts 2015, IIT Madras, Chennai, India, 8th Sep. 2015.
 12. Lee, H.S. Interactions of tsunami with natural oscillations implied from the 2011 Tohoku Tsunami records analysis using Hilbert-Huang Transform. *Procedia Engineering*, 116, 707-712. *Asian and Pacific Coasts 2015*, IIT Madras, Chennai, India, 8th Sep. 2015.
 13. Lee, H.S., Kim, K. O., and Yamashita, T. Storm surge and waves in the central Philippines due to Typhoon Haiyan in November 2013. *Proc. of the 36th IAHR world congress* (2015), 7p. The Hague, the Netherlands, 29th Jun. 2015.
 14. Lee, H.S. Tide-Tsunami interactions implied from the 2011 Tohoku Tsunami records analysis using Hilbert-Huang Transform. *Proc. of the 36th IAHR world congress* (2015), 5p. The Hague, the Netherlands, 2nd Jul. 2015.
 15. 李 漢洙 . 瀬戸内海における潮汐が津波伝播に及ぼす影響 . 第 5 回 巨大津波災害に関する合同研究集会 . 2015 年 12 月 5 日 , 東京大学地震研究所 , 東京 .
 16. Lee, H.S., Estimation of non-linear sea level rise and uncertainty and its projection in the Seto Inland Sea, Japan. Coastal Engineering Committee, Journal of Japan Society of Civil Engineers, (2015), 12th Nov. 2015, Tokyo, Japan.
 17. Lee, H.S. 2011 Tohoku tsunami records analysis in the Seto Inland Sea, Japan, using Hilbert-Huang Transform. Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 12th Annual meeting (2015), Singapore, 6th Aug. 2015.

〔その他〕

ホームページ等

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/~leehs/>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

李 漢洙 (LEE HAN SOO)

広島大学・大学院国際協力研究科・准教授
研究者番号：10535082

(2) 研究協力者

Sönke Dangendorf (Sönke Dangendorf)
Research Institute for Water and Environment
(fwu), University of Siegen, Germany