

令和 5 年 4 月 21 日現在

機関番号：82627

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K15106

研究課題名（和文）海岸侵食におけるスーパームーンエフェクト解明への力学かつ統計学的アプローチ

研究課題名（英文）Dynamic and statistical approaches to super moon effect on beach morphological change

研究代表者

伴野 雅之（Banno, Masayuki）

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・港湾空港技術研究所・グループ長

研究者番号：80549204

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は長期の海浜地形観測データを活用し、これまで未知の現象であったスーパームーンで生じる海浜地形変化（スーパームーンエフェクト）を明らかにし、科学的に立証することを目的とした。長期の地形観測データに対する周波数解析や統計解析によって、前浜地形が大潮・小潮の周期、さらにKing tideと呼ばれる通常よりも干満差の大きい大潮の発生に関連した周期で変動していることが示された。このKing tideは、月が地球に接近した時の満月（スーパームーン）によって引き起こされる大きな潮汐差であり、スーパームーンが潮汐変動を通じて海浜地形変化に影響を与えていることが科学的に証明されたものであった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で明らかにした地形変化プロセスを数値モデルにおいて新たに考慮することで、沿岸域防災を考える上で非常に重要な短期的な地形変化の予測精度が大きく向上すると期待される。必要な浜幅の確保などの長期的な海岸管理においても有用な情報として活用されることが期待される。また、この地形変化プロセスは、海面の変動によって生じる地形変化の一つであり、長期的な海面の変化によって生じる地形変化を明らかにする上でも重要なものである。本研究で明らかにした地形変化プロセスを通じて、より精緻な沿岸域のリスク管理が実施できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：A supermoon is a full moon that appears much larger than a normal full moon. It causes an unusually high tide known as a king tide, and it increases the risk of coastal inundation. However, beach morphological changes induced by supermoons have not been investigated despite the effect of such changes on the vulnerability of coastal regions to inundation. This study shows the correlation between the beach morphological changes (erosion and accretion) and the moon cycles using long-term beach observation data. The results indicate that the supermoon increases the risk of more severe beach erosion near the shoreline. The erosion is caused by a larger tidal range resulting from a stronger lunar gravitational force. The findings emphasize the importance of understanding the extreme erosion and inundation caused by the supermoon effects, particularly when combined with high waves and storm surges.

研究分野：海岸工学

キーワード：スーパームーン 海岸侵食 キングタイド 大潮 近地点 海浜モニタリング 砂浜 潮汐

1. 研究開始当初の背景

海浜地形が大きく侵食を受けると、浜幅の減少によって砂浜背後への越波や浸水リスクが増大する。また、海岸構造物前面の土砂が洗掘されることで、海岸構造物それ自体の安定性や機能が損なわれる可能性もある。このようなことから、海浜地形は沿岸域における災害リスクと極めて密接に関連しており、その変動を考慮した沿岸災害リスクの評価を行うことが重要である。実際の海浜地形変化は様々な外力の変動に応答する複雑なプロセスの重合によって生じるものであり、個々の地形変化プロセスを詳細に明らかにしていくことが地形変化予測において重要となる。

非常に限られた観測結果からの推察ではあるが、大潮・小潮に伴った地形変化もいくつかの観測事例が報告されており、大潮時には満潮位付近の地盤高が低下する定性的な傾向が示唆されていた。このような潮汐変動が海浜地形変化に及ぼす影響について、定量的に評価するためには、高頻度な観測データや長期間の観測データによって、波浪の影響を取り除いて検討する必要があるが、上述の研究は特定のイベントを捉えた限られた観測データに基づくものであり、潮汐変動に対する海浜変動プロセスについて明確に説明できておらず、定量的な評価にも至っていないかった。

ここで、大潮は月、地球、太陽の三つの天体が一直線に並んだ満月と新月の時に、それぞれの引力のベクトルの向きが一直線となり、起潮力が大きくなることで大きな干満差(潮差)が生じる現象である。一方で、月の公転軌道は完全な円ではなく、地球と月の距離は周期的に変動する。これに伴って、月が地球に最も近くなる近地点では、起潮力が大きくなり、より大きな干満差が生じる。近地点の満月は通常満月よりも大きく見え、スーパームーンと呼ばれる(図-1; 広義では近地点の新月も含む)。このスーパームーンによって引き起こされる通常の大潮よりも大きな干満差は"king tide" (近地点大潮)と呼ばれ、沿岸域の浸水リスクが増大することが知られている。

これまで、大潮・小潮によって生じる潮汐変動が海浜地形変化に及ぼす影響は、定性的な観測結果が示されていただけであり、十分に明らかにされているとは言い難かった。同様に、より干満差が大きな大潮である king tide が海浜地形変化に及ぼす影響について検討した研究事例はこれまで一つもなかった。このように解明が進んでいなかった原因は、波浪の影響を取り除いて解析するための高頻度かつ長期の海浜地形観測データを入手することが困難であったためである。

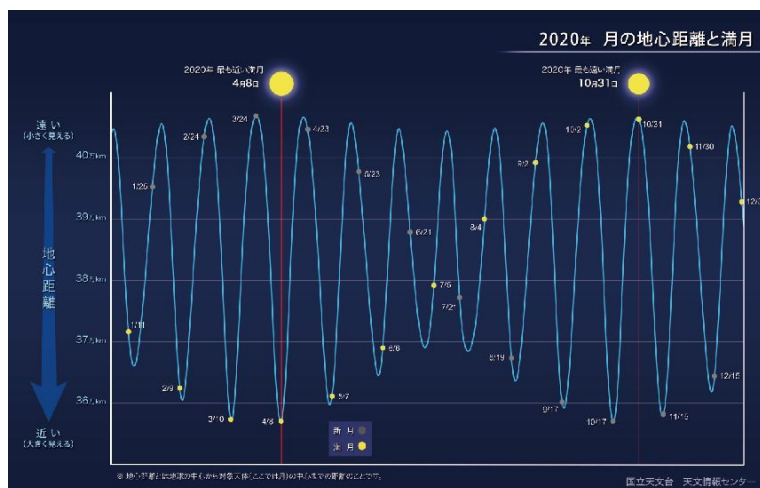


図-1 2020年の月の地心距離と満月及び新月の日 (国立天文台, 2020)

2. 研究の目的

本研究では沿岸域における長期の海浜地形モニタリングデータを活用し、スーパームーンに関連する king tide による海浜地形変化の影響(スーパームーンエフェクト)の存在を明らかにし、その地形変化が生じるメカニズムと定量的な影響を評価することを目標とした。本研究で明らかにする地形変化過程は、既存の地形変化モデルには全く考慮されていないものであり、このような未解明の地形変化プロセスをモデルにおいて考慮することで、短期的な海浜地形変化の予測精度の向上が見込まれるだけでなく、短期的な地形変化の積分となる長期的な地形変化の再現性も向上することが期待される。さらには、長期的な海面上昇を踏まえた海浜地形予測にも与するものであると考えられる。本研究を通じて、海浜地形変化予測の高度化を図ることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、世界的に見ても最も良質な海浜地形観測データセットである茨城県波崎海岸における約 25 年間の海浜地形変化データを用い、スペクトル解析と統計解析を行うことで、king tide を含め大潮・小潮が波の遡上域の海浜地形変化に及ぼす影響について検討し、その影響を定量的に把握することとした。茨城県波崎海岸では、1986 年から毎日の海浜地形断面の変化が得られており、本研究では 1986 年 3 月 12 日から 2010 年 12 月 31 日までの海浜地形断面を対象に、高さ -1.0 m から +2.0 m までの範囲において、5 cm 毎に定めた 61 の基準高さごとの地形の岸沖位置の時系列データを求め、それぞれを解析に供した。一例として、M.W.L.及び H.W.L.の地形の岸沖位置の 4 年間の時系列データを示す (図-2)。

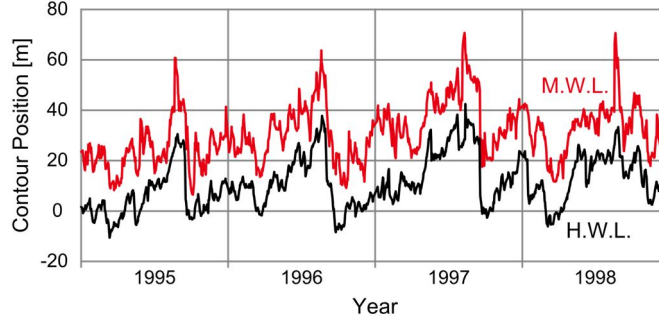


図-2 本研究の解析に用いた H.W.L.及び M.W.L.のコンター位置

海浜地形変化の周期的な変化を検討するために、各基準高さの地形変化のパワースペクトルを求めた。本研究では、パワースペクトルの算出法として、FFT (Fast Fourier Transform) 法と AR (Autoregressive) 法の二つの手法を用いた。得られたパワースペクトルから、満月・新月の周期である半朔望周期である 14.77 日周期と近地点周期である 27.55 日周期における海浜地形変化の周期性を検討した。この二つの周期において、起潮力が大きくなり、大きな潮差が生じる。さらに、スーパームーンを近地点となった時刻から 24 時間以内の満月および新月と定義し、満月・新月やスーパームーン時の潮差及び地形変化を抽出し、統計的に評価した。

4. 研究成果

FFT 法による H.W.L.の地形変化のパワースペクトルにおいて、最も鋭いピークは 14.77 日周期 (半朔望周期) で見られた。これは 14.77 日周期の地形変化が最も支配的な地形変化プロセスであることを示すものである。この 14.77 日周期における大きなスペクトルのピークは、H.W.L.を中心に見られ、H.W.L. ± 0.5 m の高さの範囲 (上部遡上域) で H.W.L.から離れるに従ってピーク強度が小さくなっていった (図-3)。同様に、L.W.L.付近までのより低い場所 (下部遡上域) でも 14.77 日周期において大きなピーク強度が見られた。27.55 日周期 (近地点周期) については、FFT 法によるパワースペクトルではピークを十分に確認できなかったものの、AR 法によって得られたパワースペクトルでは上部遡上域を中心に有意なピーク ($\alpha=0.05$) が認められた (図-3)。なお、地形変化と潮差の位相差によると、潮差が最大となる 1~2 日前に上部遡上域での侵食量が最大となることが確認された。つまり、スペクトル解析では、満月及び新月や月の近地点に伴った潮差の増大によって上部遡上域において侵食が生じやすくなることが示された。

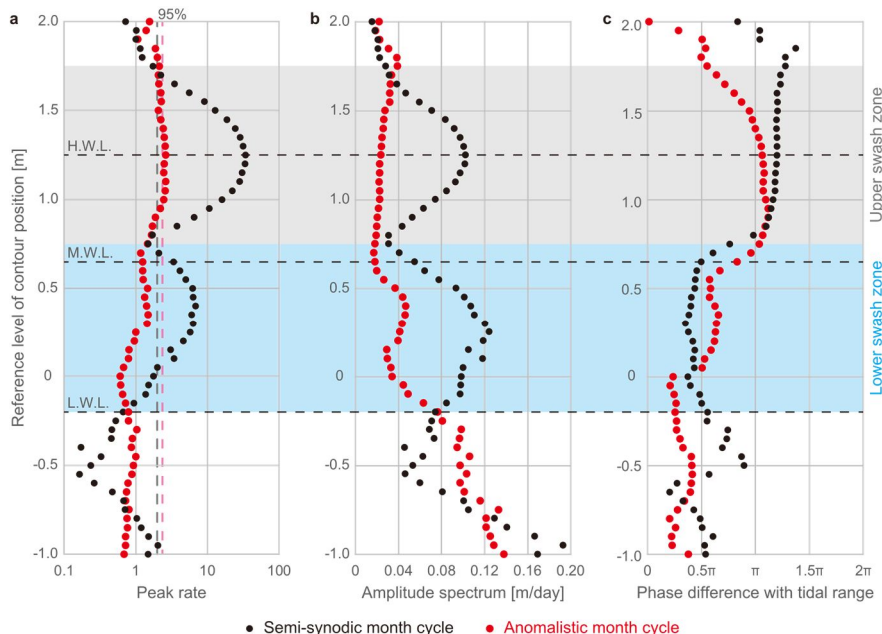


図-3 各基準高さの地形変化における半朔望周期 (14.77 日周期: 黒丸) と近地点周期 (27.55 日周期: 赤丸) のピーク強度, 振幅, 潮差との位相差

波崎海岸における潮差の全平均値は 1.04 m (n=9,060) であったのに対し、満月及び新月の日の潮差の平均値は 1.30 m (n=613) であり、スーパームーンの日潮差の平均値は 1.43 m (n=91) であった。これに伴う満月・新月及びスーパームーンのイベント時の上部遡上域における地形変化の平均値はいずれも負の値を示し、満月・新月時では通常よりも 0.37 m/day 侵食されやすく、スーパームーン時では通常よりも 0.47 m/day 侵食されやすいことが示された。また、H.W.L.の地形変化と沖波エネルギーフラックスの線形回帰式においては、波浪が大きくなるにつれて侵食量が大きくなる傾向が見られたが、スーパームーンのイベントを対象とした線形回帰式においては、全観測データを対象としたものとは傾きが 1.49 倍となり(図-4)、スーパームーンに伴った潮差の増大は、低波浪時の堆積を小さくし、高波浪時の侵食を大きくすると考えられる。つまり、このスーパームーン時の侵食量は、通常時と比較して、同じ波浪条件下で 49%以上大きくなることを推測された。

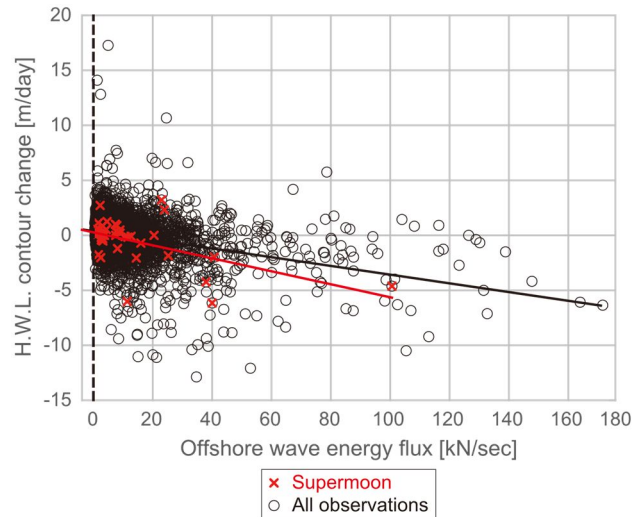


図-4 H.W.L.のコンター変化と沖波エネルギーフラックスの相関関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 伴野雅之, 栗山善昭	4. 巻 60(1-1)
2. 論文標題 波の遡上域における海浜地形変化に及ぼす潮汐変動の影響に関する検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 港湾空港技術研究所報告	6. 最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Banno Masayuki, Kuriyama Yoshiaki	4. 巻 47
2. 論文標題 Supermoon Drives Beach Morphological Changes in the Swash Zone	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2020GL089745
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020GL089745	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Banno Masayuki, Nakamura Satoshi, Kosako Taichi, Nakagawa Yasuyuki, Yanagishima Shin-ichi, Kuriyama Yoshiaki	4. 巻 8
2. 論文標題 Long-Term Observations of Beach Variability at Hasaki, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 871~871
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jmse8110871	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 KUWAE Tomohiro, MITO Yugo, ARIKAWA Taro, ISHIKAWA Yoichi, KIDOKORO Hideaki, SHIBUTANI Yoko, SHIMURA Tomoya, SEINO Satoquo, HASUMI Kanako, MOGI Hirotada, YAMAKITA Takehisa, LEE Hansoo, KIM SooyouI, KUBOTA Shinichi, KURAHARA Yoshinosuke, TSUJIO Daiki, NINOMIYA Junichi, BANNO Masayuki, 他	4. 巻 77
2. 論文標題 FUTURE CHALLENGES TO ADDRESS CLIMATE CHANGE IN JAPANESE COASTAL AREAS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 1~17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.1_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 伴野 雅之, 森 信人, 栗山 善昭	4. 巻 75
2. 論文標題 北太平洋海面気圧の変動と海浜地形変化の関係	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2(海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_607-I_612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.I_607	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Koji Seike, Masayuki Banno, Kenta Watanabe, Tomohiro Kuwae, Masahito Arai and Hajime Sato	4. 巻 47
2. 論文標題 Benthic Filtering Reduces the Abundance of Primary Producers in the Bottom Water of an Open Sandy Beach System (Kashimanada Coast, Japan)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2019GL085338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL085338	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 YOSHIAKI KURIYAMA, SHINICHI YANAGISHIMA and MASAYUKI BANNO	4. 巻 1
2. 論文標題 MEDIUM-TERM MORPHOLOGICAL CHANGE IN THE BACKSHORE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 9th International Conference Coastal Sediments 2019	6. 最初と最後の頁 1308-1318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/9789811204487_0114	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 柳嶋慎一, 中村聡志, 伴野雅之, 山崎幸夫, 半澤浩美, 宇田川徹, 杉松宏一, 南部亮元, 澤田英樹, 武若聡	4. 巻 1355
2. 論文標題 鹿島灘におけるチョウセンハマグリの生残に関する物理環境	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 港湾空港技術研究所資料	6. 最初と最後の頁 1-37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Banno Masayuki	4. 巻 1
2. 論文標題 What can long-term <i>in situ</i> monitoring data tell us about our coastlines?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cambridge Prisms: Coastal Futures	6. 最初と最後の頁 e8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/cft.2022.9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計6件(うち招待講演 3件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 伴野雅之
2. 発表標題 将来の海岸侵食の定量評価とブルーカーボン生態系による波浪減衰
3. 学会等名 沿岸海洋シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伴野 雅之, 栗山 善昭
2. 発表標題 Supermoon drives beach morphological changes in the swash zone
3. 学会等名 第68回海岸工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伴野雅之
2. 発表標題 気候変動に伴う将来の海浜地形予測の取り組み
3. 学会等名 環境研究機関連絡会研究交流セミナー(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masayuki Banno
2. 発表標題 Long-term beach observation and future shoreline prediction
3. 学会等名 JpGU Meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayuki Banno and Yoshiaki Kuriyama
2. 発表標題 Test of LSTM networks in long-term beach morphological changes
3. 学会等名 37th International Conference on Coastal Engineering (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伴野雅之, 栗山善昭
2. 発表標題 LSTMネットワークの海浜地形変化予測への適用
3. 学会等名 第69回海岸工学講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>スーパームーンが海浜地形変化に影響を与えていることを世界で初めて実証 https://www.pari.go.jp/press/2020/super.html</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	栗山 善昭 (Kuriyama Yoshiaki)		
研究協力者	森 信人 (Mori Nobuhito)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関