

2021年8月福徳岡ノ場の海底火山噴火で噴出した軽石の 漂流シミュレーション

Simulation of Drift of Pumice Erupted from the Volcano at Fukutoku-Okanoba on August 2021

井口敬雄・榎本剛・吉田聡

Takao IGUCHI, Takeshi ENOMOTO and Akira YOSHIDA

Synopsis

Drift of pumice erupted from the explosion of marine volcano at Fukutoku-Okanoba is simulated. The results showed that drift flow and wind pressure flow induced by wind on the sea surface is much more effective than the ocean current except especially rapid current like Kuroshio. Furthermore, the drifting route changes greatly depending on wind pressure flow coefficient.

キーワード: 福徳岡ノ場, 火山, 軽石, 漂流

Keywords: Fukutoku-Okanoba, volcano, pumice, drift

1. はじめに

2021年8月に福徳岡ノ場(Fig. 1)で発生した海底火山の噴火では、噴出した大量の軽石が約2か月後には南西諸島や奄美群島に漂着して現地の漁業・観光に大きな打撃を与え(宇佐美他, 2022; 成尾他, 2023), 改めて軽石被害がクローズアップされた。日本には桜島のように海に面し、尚且つ将来の大規模噴火の可能性が指摘されている火山があり、こうした火山が噴火した場合はその後長期にわたって広範囲に軽石による被害をもたらす可能性がある。

本研究では将来的に火山噴火に伴う軽石被害のシミュレーションを行うことを目的とし、2021年8月の福徳岡ノ場での噴火後の軽石の漂流についてモデルによる再現を試みた。

2. 軽石漂流モデルの開発

本研究では、軽石の漂流をシミュレートするための数値モデルを開発した。本章ではこのモデルについて説明する。

2.1 モデルの概要

本モデルは個々の軽石粒子の漂流を追跡するラグ

ランジュ型のモデルである。

2.2 軽石漂流の力学過程

漂流物の漂流速度ベクトル $\vec{V}$ は以下の式で表される。

$$\vec{V} = \vec{V}_c + \vec{V}_w + \vec{V}_p \quad (1)$$

ここで、 $\vec{V}_c$ は海流による移動速度ベクトル、 $\vec{V}_w$ は風が



Fig. 1 Location of Fukutoku-Okanoba (Copied from Google Map)

海面に引き起こした吹送流による移動速度ベクトル、 $\vec{V}_p$ は風が漂流物を直接押し動かす風圧流による移動速度ベクトルである。

$\vec{V}_c$ については、軽石が十分に軽く、海流速度と同じ速度ベクトルで移動するものと仮定する。

$\vec{V}_w$ は海面上10mの風速 V_{10} を用いて土門他(2012)より、

$$|\vec{V}_w| = \frac{0.0245\vec{V}_{10}}{\sqrt{\sin \varphi}} \quad (2)$$

で求めた。偏角 φ は 45° とした。

$\vec{V}_p$ も $\vec{V}_{10}$ を用いて

$$\vec{V}_p = k\vec{V}_{10} \quad (3)$$

で表す。 k は風圧流係数で、土門他(2012)より、

$$k = \sqrt{\frac{\rho_a C_{da} A_a}{\rho_w C_{dw} A_w}} = 0.012 \quad (4)$$

と求めた。ここで、 ρ_a 、 ρ_w は空気と水の密度、 C_{da} 、 C_{dw} は軽石の空気と水に対する抗力係数、 A_a 、 A_w は軽石の空中部および水中部投影面積で、軽石を直径1cm、密度 0.5g/cm^3 の球形として計算した。なお風圧流には偏角はなしとする。

3. 使用データ

海流データは気象庁のホームページにて公開されている気象庁NEAR-GOOS地域リアルタイムデータベース(<https://www.data.jma.go.jp/goos/data/>)の海流データ(日平均値)を用いた。本データは日本列島を含む海域で $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ の解像度がある。

風速データはNOAAのホームページ(NOAA PSL, Boulder, Colorado, USA, <https://psl.noaa.gov>)にて公開されているNCEP/NCAR再解析データ(Kalnay et al., 1996)の日平均値を使用した。データの水平解像度は $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ である。

4. 軽石の漂流シミュレーション

シミュレーションはタイムステップを1分として実行した。

噴火期間(2021年8月13日5:57~15日15:55)(産業総合研究所, 2021)中、タイムステップごとに福德岡ノ場の位置(24.28N, 141.48E)に軽石粒子を配置し、その後漂流させた。

本モデルは領域モデル(範囲はNEAR-GOOS海流データと同じ15.05N–49.05N, 117.05E–159.05E)であり、範囲外に出た軽石粒子はその後追跡しない。また、海流データのないグリッドエリアに到達した

粒子は陸地に着岸したものとしてこちらもその後は追跡しない事とした。

5. 結果および考察

5.1 海流による輸送のみのシミュレーション

海流のみで軽石の輸送を行った場合、2か月経っても福德岡ノ場の位置からほとんど動かなかった(Fig. 2(a))。

5.2 風による吹送流による輸送を考慮したシミュレーション

海流に吹送流を加えると、軽石は大きく動き出したが、動きが遅く、噴火後2か月経ってもまだ南西諸島には到達しなかった(Fig. 2(b))。

5.3 風による吹送流および風圧流による輸送を考慮したシミュレーション

さらに風圧流を加えると、軽石の動きはより早くなり、2か月後には南西諸島付近にまで達した(Fig. 2(c))。以上の結果より、軽石の漂流には風が大きな役割を果たしていることが示唆された。

ただ、今回のシミュレーションでは、放出された軽石は余り拡散せず、固まって漂流した。この原因としては、軽石を同じ一点からのみ漂流を開始させたことと、用いた風のデータの水平解像度が低く、風速の地理的変動が小さかったためと考えられる。

今回のシミュレーションでは風圧流係数も変化させてみた。風圧流係数を6倍にすると、軽石の塊が徐々に細長く伸ばされて南西諸島に近づき、黒潮に乗ると一気に引き伸ばされて本州に流れて行った(Fig. 2(d))。ただし、移動速度は速く、観測された噴火2か月後よりもずっと早く南西諸島に到達している。また、風圧流係数に掛けるファクターを少し変えただけで、軽石の動きは大きく変化した。さらに、黒潮のような速い海流であれば、漂流にも大きな影響を与えることも分かった。

6. まとめ

モデルによる軽石の漂流シミュレーションの結果、軽石の漂流に関しては海流よりも風の効果がかなり大きいことが分かった。また、風圧流の効果は用いる係数にかなり敏感であることも明らかになり、軽石の大きさ、形状、および比重なども含めて慎重に決定する必要がある。また、より水平解像度の高い風速データを用い、ある程度広がりのある面から軽石の漂流を開始させるべき等、手法上の課題も見つかった。今後はこれらの点について改善を行ってモ

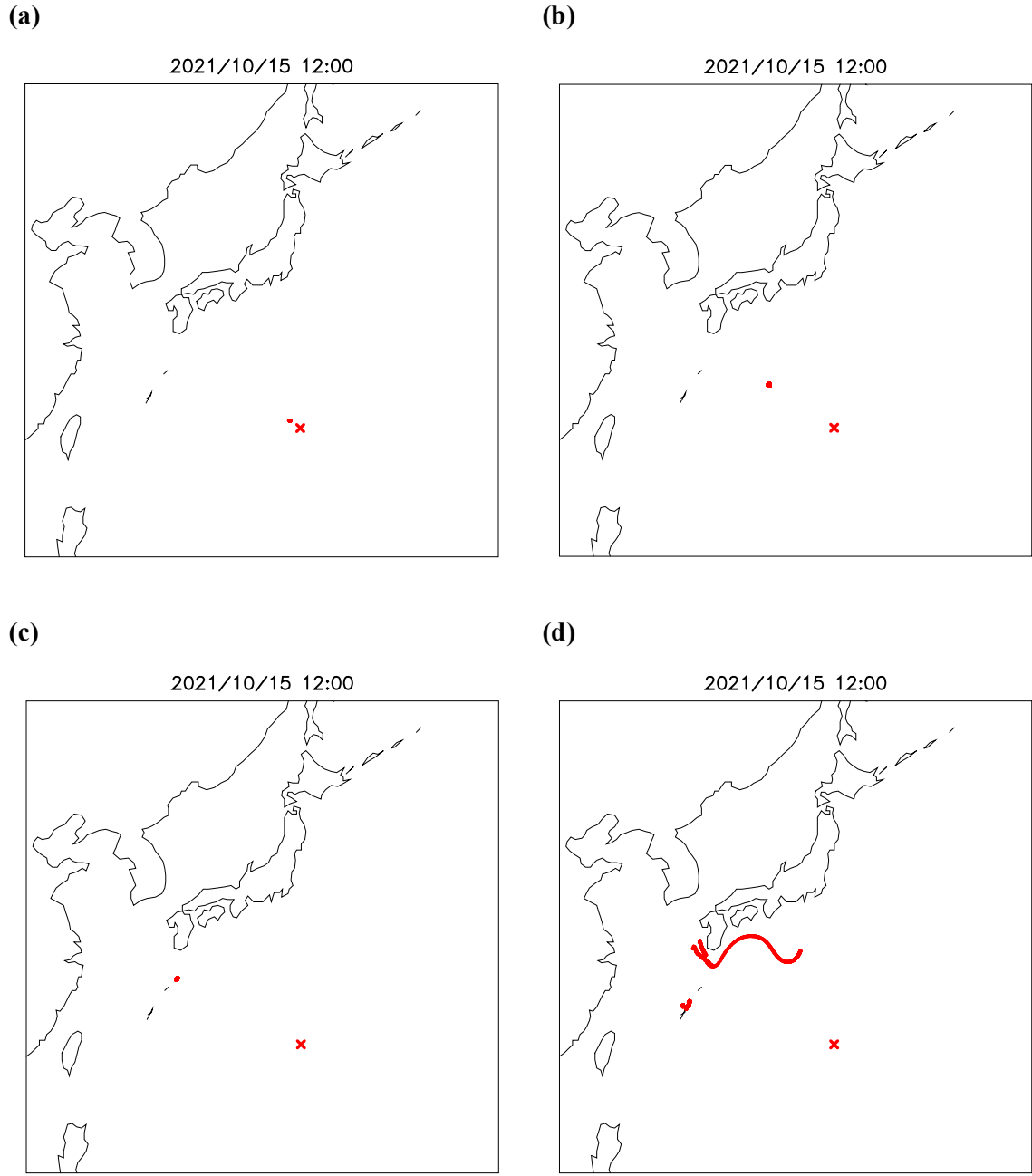


Fig. 2 Results of two-month drift simulation. Pumice (the red dot) is transported by (a) only current, (b) current and drift current, (c) current and drift current and wind pressure flow (coefficient $k=0.012$), (d) current and drift current and wind pressure flow ($k \times 6$). The red cross mark is the location of Fukutoku-Okanoba (24.28N, 141.48E)

デルの完成度を上げ、シミュレーションによる軽石漂流の再現性を高めていきたい。

謝 辞

本研究は気象庁NEAR-GOOS海流データおよび、NCEP/NCAR再解析データを用いて行いました。本論文における図は地球電脳倶楽部の電脳ライブラリを用いて作成しました。以上の機関およびグループに感謝します。

参考文献

土門明・泉宮尊司・石橋邦彦（2012）：風、波と流れによる漂流物の抗力係数および漂流予測に関する研究，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol. 68, No. 2, I_1031-I_1036.
産業総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門（2021）：福徳岡ノ場，2021年8月13-15

日の活動と噴出物量の推定，第149回火山予知連絡会資料，2021年12月28日。

宇佐美賢・新城竜一（2022）：福徳岡ノ場2021年8月噴火による沖縄県における漂着軽石の記録，沖縄県立博物館・美術館，博物館紀要，No.15, pp. 1-16.
成尾英仁・木尾竜也・若松齊昭（2023）：鹿児島県における2021年福徳岡ノ場噴出軽石の漂着状況，鹿児島県立博物館研究報告，第42号，pp.75-84.

Kalnay, E, Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliar, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K.C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R. and Joseph D. (1996):The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 77, No. 3, pp. 437-471.

（論文受理日：2023年8月31日）