

シミュレーションを用いた大規模噴火の航空輸送への影響推定 Estimation of Impact of Large Scale Eruption on Air Transportation Using Simulation

○藏原これる・大西正光・竹林幹雄・井口正人

○Koreharu KURAHARA, Masamitsu ONISHI, Mikio TAKEBAYASHI, Masato IGUCHI

Large scale eruption affects air transportation widely. This study simulated the impact on aviation operation by large scale eruption using ash disperses model and operation decision-making model. There is several types of risk which aviation operation is affected by a volcanic eruption, and this study focused on an airport closing by volcanic ash accumulation, flight schedule confusion, and aircrafts covered by ashfall. This simulation showed that the 55 airports in Japan are closing, 597 flights are affected in daytime eruption, and over 333 aircraft are covered in nighttime eruption. This simulation model has many points to be improved, and this study has to be continued and refined.

1. 研究の目的

大規模な噴火が発生し、火山灰が広く拡散されると、航空機が損傷する、空港施設が使用不能になるなど、航空輸送ネットワークに深刻な障害が発生する¹⁾²⁾。現状の航空オペレーションでは、火山噴火に対して、噴火発生後に対応を開始することになっており、噴火の事前から対応を開始することによって、大規模噴火によって航空オペレーションが受ける影響を軽減することができる。

本研究では、火山灰の拡散と航空オペレーションの火山灰災害対応をモデル化し、シミュレーションを行うことで、大規模噴火が航空輸送に与える影響を定量的に評価した。これによって、火山噴火による航空輸送への影響を明らかにし、大規模噴火に対する事前対応によって、航空輸送への影響の軽減を試みる。

2. シミュレーション分析の概要

大規模噴火が発生すれば、(a)航空施設への降灰による空港の閉鎖 (b)離陸予定だったフライトのキャンセル (c)巡行中のフライトのダイバート (d)巡行中の機体の火山灰との遭遇による損傷 (e)駐機中の機体への降灰による機体の使用中止の影響が生じる³⁾。このうち(b)(c)(e)は、(a)空港の閉鎖によって引き起こされる。そのため、はじめに火山灰の拡散モデルによって火山灰のタイムステップごとの分布をシミュレーションし、それによってわが国の各地の空港の閉鎖シナリオを作成し、空港閉鎖により影響を受けるスケジュールされた

表1 火山灰拡散モデルのパラメータ

火山灰質量(kg)	2.1×10 ¹¹
噴煙高度(km)	10
噴火時間(h)	1.0
風向	225°
風速(m/s)	50
火山灰密度(g/cm)	1.0
空港閉鎖基準濃度(mg/m ³)	2.0

フライトと駐機している航空機の影響を分析した。フライトスケジュールは2019年6月の時刻表を用い、駐機している航空機数は frightradar24.com から得られるデータを用いた。

火山灰の拡散モデルは、二次元の風上差分法による移流拡散方程式モデル⁴⁾を用いた。モデルのパラメータは、桜島の観測データと1914年の桜島大正大噴火のデータ⁵⁾を参考にして、表1のように設定した。航空オペレーションが噴火によって受ける影響のうち、(b)(c)(d)は日中の噴火によって発生し、(e)は主に夜中の噴火によって発生すると分けられる。従って、本研究では午後0時に噴火発生するシナリオと午前0時に噴火発生するシナリオを用意した。また、火山灰が拡散する風向きを、影響を受ける空港が最も多くなるケースを想定して、南西に設定した。

なお、火山灰拡散モデルが二次元であり、降灰現象を表現できないが、本研究ではその地点上空の火山灰濃度に閾値を定め、その値を上回れば地上でも降灰が発生していると定義している。

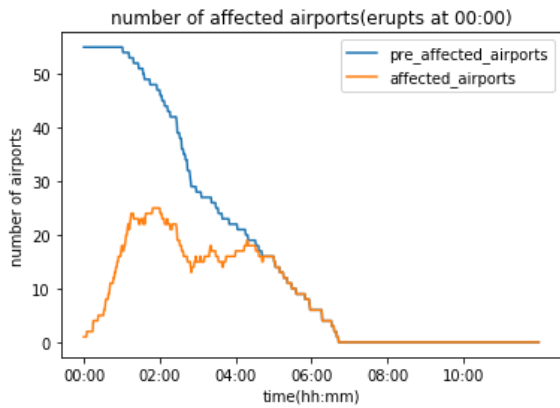


図1 影響を受ける空港数の推移

3. 分析結果と考察

以上の前提に基づいておこなったシミュレーションにより計算された影響を受ける空港数の推移を図1に示す。大正大噴火では我が国の広い地域で降灰が確認されており、同じ規模で火山灰が拡散した場合、わが国の空港のうちおよそ半分に及ぶ55か所が長時間にわたって影響を受けることになる。

このシナリオをもとに、噴火が日中に発生した場合に影響を受けるフライトの数と、夜中に発生した場合に降灰の影響を受ける機体の数を分析した。これを表2に示す。わが国の一日の総フライト数2404便のうち、597便がスケジュール通りの運航ができないことが分かった。この影響を受けるフライトは、巡行中のフライトのダイバートや機材繰りによるフライトのキャンセルといった対応を実施する。さらに夜中に噴火が発生した場合、明朝までに国内空港全体で、333機の機体が降灰の影響を受けることが分かった。

ただし、上述の通り、以上の分析結果は、降灰現象を明示的に表現していないモデルにより計算されたものである。実際には、上空に滞留する火山灰が降灰しても、空港が影響を受けるほど堆積しない可能性がある。また、噴火時間が1時間との設定となっているが火山灰の噴出自体は長時間に及ぶ可能性が高い。さらに火山灰が上空から地上まで移動するので、噴火発生から空港の閉鎖までの時間に余裕が生じる。空港に堆積した火山灰は、降灰が終息した後に何らかの方法で除去する必要があり、降灰によって空港が影響を受ける時間は、除灰設備によって大きく変動する。さらに日中のフライトへの影響をより正確に把握するためには、フライトと航空機の機材繰りの関係について、さらに航空オペレーションのモデル化を行

表2 航空輸送への影響計算結果

	影響数	総数
空港	55	96
フライト (12:00 噴火発生)	597	2404
駐機航空機 (0:00 噴火発生)	333	580

う必要がある。

4. 結論

本研究では、火山灰の拡散と航空オペレーションの対応をモデル化し、1914年の桜島大正大噴火級の噴火をベースにシナリオを設定し、シミュレーションによって大規模噴火が航空輸送に与える影響を分析した。火山噴火に対して航空オペレーションが実施する対応の整理を踏まえて、日中の噴火によって運航中のフライトが影響を受けるシナリオと、深夜の噴火によって空港に駐機中の航空機が影響を受けるシナリオを設定した。シミュレーションの結果、総フライトの約25%が欠航となる。火山灰の噴出が長引けば、さらにその数は増加しうる。また、夜間の噴火では相当数の航空機が火山灰に晒される可能性があることが分かった。

参考文献

- 1) 下鶴 大輔, 荒牧 重雄, 井田 喜明: 火山の事典, 朝倉書店, 1995.
- 2) 安田 成夫, 梶谷 義雄, 多々納 裕一, 小野寺 三朗: アイスランドにおける火山噴火と航空関連の大混乱, 京都大学防災研究所年報 A, Vol. 54, pp. 59-65, 2011.
- 3) International Civil Aviation Organization: Manual on volcanic ash, radioactive material, and toxic chemical clouds, International Civil Aviation Organization, 2001.
- 4) 朝位 孝二, 小松 利光, 大串 浩一郎, 羽田野 袈裟義: 移流拡散方程式の高精度数値計算手法に関する研究, 土木学会論文集, Vol.586, pp. 13-22, 1998.
- 5) Omori F.: The Sakura-Jima Eruptions and Earthquakes I: General Account, Bulletin of the Imperial Earthquake Investigation Committee, Vol. 8, No. 1, pp. 1-34, 1914.