

大規模噴火時の国内輸送における航空会社への影響評価  
Impact Assessment on Airlines of Domestic Air Traffic under Large Volcanic Eruption

○藏原これはる・大西正光・Haris RAHADIANTO

○Koreharu KURAHARA・Masamitsu ONISHI・Haris RAHADIANTO

When a volcanic eruption happens, air traffic is severely affected due to the volcanic ash dispersion to the airspace. Aviation emergency response systems have developed through many bad weather conditions, but they have rarely experienced large volcanic eruption. This study aims to confirm the coping capacity of the standard air traffic emergency responses even in the worst ash dispersion scenario. This study uses ash dispersion scenario datasets, live flight data, and standard aircraft evacuation rule. The simulation shows that in the worst ash dispersion scenario the evacuation airplanes exceeds the safe capacity of airports. It also indicates the economic loss estimation goes to 19 billion yen. If the actual eruption scenario is like as such the worst scenarios, air traffic operators should execute another emergency response rule so that covers the unexpected hazards.

## 1. はじめに

火山噴火が発生し、火山灰が広く空中に拡散すると、航空機は火山灰が存在する空域を飛行できなくなり、航空ネットワークに大規模な障害が発生する。2010年のアイスランドエイヤフィヤトラヨークトル火山の噴火では、ヨーロッパ全土で10万便以上のフライトがキャンセルとなり、航空会社には17億ドルの損失が発生した[1]。

大規模噴火のリスクは我が国においても存在する。1914年の桜島大正大噴火では、東北地方にまで火山灰が到達した[2]。今後大正大噴火規模の噴火が発生した場合、わが国の航空輸送ネットワークが甚大な被害を受けることが予想される。

国内の航空事業者は災害対応マニュアルを内部で作成し運用している。特に我が国では台風災害が頻発しており、台風接近の際には事前避難などの対応が実際に行われている[3]。しかし、火山噴火災害と台風災害の特徴には違いがあるので、既存の災害対応オペレーションでは大規模噴火災害に対処できないのではないかと問題が発生している。

本研究では、Rahadiantoら[4]が作成した火山灰拡散シナリオのデータセットを用いて、既存の航空輸送の災害対応オペレーションが火山灰災害に対処可能なのか検証する。さらに既存の災害対応を行った際に、航空輸送に発生する影響を、経済損失という尺度で定量的に評価する。

## 2. 基本的な考え方

大規模噴火時の災害対応において、安全な運航に対して最終的な責任を持つのは航空事業者である。航空事業者にとって、最優先する方針は、航空機を火山灰に遭遇させないことである。巡行中の航空機を、火山灰を回避させるために、その目的地を変更することをダイバートと呼称し、火山灰の影響を受ける空港に駐機中の航空機を、他の安全な空港に移すことを航空機避難と呼称する。航空事業者の標準災害対応ルールは、このダイバートと航空機避難を、対応が必要なすべての航空機に対して安全に実施することである。

Rahadiantoらは、JRA-55再解析気象データと桜島大正大噴火の推定パラメータを用いて、過去60年分あまりの気象条件を入力した火山灰の拡散シナリオデータセットを作成した。本研究ではこのデータセットを用いて、わが国の各空港への火山灰の堆積量を計算した。そして、影響を受ける駐機容量の総数に基づいて抽出した、上位10件の火山灰拡散シナリオを使用した。

さらに本研究では、WebサービスFlightRadar24[5]から得られる航空輸送の実況データを用いた。駐機容量を分析するために、2020年7月4日から同年7月5日にかけて、わが国上空のフライトデータと空港に駐機中の航空機のデータを10分おきに取得した。このデータセットは、新型コロナウイルス流行によるフライトの減少を反映しているので、フライトキャンセルによ

る被害の計算には、別に FlightRadar24 から得られた、2019年6月のフライト履歴データを用いた。

災害対応を評価するにあたって、本研究では空港の駐機容量を主な条件とする。各空港のエプロンには航空機を駐機させる地点が指定されている。本研究ではこれを空港の駐機容量とみなす。火山灰拡散シナリオ $D_i$ における安全な空港の駐機容量の総量を $C_{i, safe}$ と定義し、フライトデータセット時刻 $t$ における安全な巡行中の航空機数、安全な駐機中の航空機数、ダイバートが必要な巡行中の航空機数、航空機避難が必要な駐機中の航空機数をそれぞれ $F_{i,t,n}$ 、 $L_{i,t,n}$ 、 $F_{i,t,div}$ 、 $L_{i,t,evac}$ と定義したうえで、以下の空港容量の占有率 $\rho_{i,t,evac}$ を定義する。

$$\rho_{i,t,evac} = \frac{F_{i,t,n} + L_{i,t,n} + F_{i,t,div} + L_{i,t,evac}}{C_{i, safe}}$$

$\rho_{i,t,evac}$ が1を下回ればすべての航空機が安全な空港に收容できることを示し、1を上回ると、すべての航空機が避難できるとは限らないということを示す。

さらに本研究では、火山灰災害による航空輸送への影響を評価するために、フライトのキャンセルによる逸失利益を計算する。フライトのキャンセルは、火山灰の降灰による空港の閉鎖及び機体への降灰による検査・修理によって発生する。

### 3. 分析

モデルに従って占有率を計算した結果を表1に示す。さらに、2008年12月7日の火山灰拡散シナリオを用いて逸失利益を計算した結果を表2に示す。上位10個の最悪シナリオでは、占有率がいずれも1を上回り、すべての航空機を避難させることはできないということが示唆された。さらにそのうち一つのシナリオについて、航空輸送への影響を計算したところ、一か月の間に約194億円の逸失利益が発生し、すべての回復に約半年かかることが示唆された。

### 4. 考察

火山灰拡散シナリオのうち、被害が甚大となる最悪シナリオについては、標準的な災害対応ルールでは対処しきれない可能性がある。一方で、最

表1. 最悪シナリオにおける占有率の計算結果

$D_i$	$C_{i, safe}$	$\rho_{i,t, evac}$
1959-09-16	534	1.24
1965-07-16	501	1.32
1972-06-16	510	1.30
1973-04-23	502	1.32
1976-01-02	546	1.22
1977-09-21	531	1.25
1980-11-27	537	1.24
1990-05-17	538	1.24
1990-05-31	544	1.22
2008-12-07	537	1.26

表2. 影響の評価

シナリオ	2008-12-07
フライトキャンセル	9,680
逸失利益	¥19,375,441,276
被害航空機数	73
回復時間	147days

悪シナリオの発生確率は小さいので、その他多くの火山灰拡散シナリオに対しても、標準的な災害対応ルールで対処可能かどうか検証する必要がある。さらに、航空輸送への被害を計算するパラメータの検証に関して、航空事業者と共同で研究をすることで、パラメータの妥当性を向上していくことが今後の課題である。

### 参考文献

- [1] IATA: The Impact of Eyjafjallajokull's Volcanic Ash Plume, IATA Economic Briefing, IATA Economics(2010)
- [2] 大森房吉: 第九章 噴灰砂ノ降下、鳴響區域(日本噴火志下編), 震災豫防調査會報告, 87, pp.67-73(1918)
- [3] 永沼宏太, 平田輝満: 大規模台風時における航空機材の避難実態の分析~2019年台風19号を対象に, 土木計画学研究発表会・講演集, 62(2020)
- [4] Rahadiano, H. and Tatano, H. : 62 Years Simulated Sakurajima Taisho Eruption Ashfall Deposit Data (1958-2019). *DesignSafe-CI*, 2020
- [5] FlightRadar24, <https://www.flightradar24.com>