

大規模噴火時の航空交通システム運用面の課題 に関する考察

平田 輝満¹・永沼 宏太²

¹正会員 茨城大学大学院准教授 都市システム工学専攻 (〒316- 8511茨城県日立市中成沢町4-12-1)

E-mail:terumitsu.hirata.a@vc.ibaraki.ac.jp

²学生会員 茨城大学大学院理工学研究科修士課程 (〒316- 8511茨城県日立市中成沢町4-12-1)

E-mail: 19nm826l@vc.ibaraki.ac.jp

桜島の大正噴火では関東地域以東まで降灰があり、そのレベルの噴火が生じると首都圏空港を含め我が国の多数の空港が機能停止に陥る可能性がある。また、偏西風によって日本列島上空の広域の空域が火山灰で覆われると我が国発着便のみならずアジアと北米間を飛行する上空通過機の運航にも多大な影響が生じる可能性が高い。桜島では観測・噴火予知手法の開発・実装も進み、噴火直前の事前対策の実行可能性もある。本研究では、主に桜島における大規模噴火を想定し、我が国の航空交通システムへの影響および被害を軽減するための事前の検討課題について考察を行った。

Key Words : *Volcanic Eruption, Air Transport, Air Traffic Management, Airport*

1. はじめに

我が国において1万年以内に噴火履歴のある火山、いわゆる活火山は現在111あり、そのうち50火山については気象庁や大学等の研究機関で常時観測・監視が行われている¹⁾。いつどこで火山が噴火してもおかしくはない状況であるが、大規模噴火時の降灰は降雨時に土石流を引き起こすほか、車両や鉄道の運行支障、農林畜産業への被害など、地上で被害を引き起こすばかりではなく、大気中で航空機災害を引き起こす可能性がある²⁾。火山灰に含まれるガラス質成分がエンジン内部で溶融・付着し、エンジンに不具合が生じ最終的には停止に至る可能性があることが主たる原因である²⁾。実際に過去、火山噴煙の中を飛行し、ジェットエンジンが一時停止する事態も発生していたり、2010年4月のアイスランドのエイヤフィヤトラヨークトル火山噴火で、火山灰の拡散範囲の過大予測も影響して欧州全域で長期間に渡って航空機運航が停止したりする事例も存在する²⁾。我が国でも、特に桜島については1914年の大正噴火では東に向かって吹く風に乗り、東北の仙台まで降灰があったという記録も残っているが²⁾、京都大学防災研究所火山活動研究センター井口教授らの研究³⁾によれば、現在すでに大正噴火直前に蓄積されていたマグマ量が桜島の位置する始良カルデラ直下に蓄積されており、大正噴火レベルの大規模噴火の発生ポテンシャルが高まっていることが明らかになっている。桜島が日本列島の西端に位置し、偏西風の影響が強いことから、気象条件にも依存するが、

大規模噴火時には西日本を中心に日本列島全体に甚大な影響が生じる可能性があり、航空交通システムに対しては空港への降灰による機能停止に加え、空域に滞留する火山灰により我が国上空および周辺空域における飛行制限が生じる。このような懸念がある中、桜島の観測・監視技術と噴火予測技術の進展を踏まえつつ、それら最新技術を活かした大規模噴火の被害軽減のための方策について事前検討することが重要である。

そこで本研究では、航空交通システムの運用面、特に航空管制・航空機運航の視点から、桜島の大規模噴火を想定した際に検討すべき課題について考察する。

2. 桜島大規模噴火を想定した航空交通システム運用面の課題

(1) 影響範囲と前兆・予測について

前述のとおり、桜島の大正噴火を例にとれば、その噴煙は九州から東北にかけて非常に広域に拡がり、降灰が生じている。噴火時の気象条件によって様々な噴煙拡散・降灰の影響範囲が想定され、台風の接近時なども含めれば、桜島からみて全方位に影響が及ぶ可能性も示されている⁴⁾。西からの風によって日本列島に沿って東方向に拡散すれば大正噴火時のように関西・関東・東北まで影響が及び、一方でより西南方向に拡散すれば日本本土への影響は小さいが日本の南の空域を通過する国際上空通過機の航空

路を遮断することになる可能性がある。また噴火後、日本列島に沿って拡散する際には関西や関東に降灰が生じるまで半日から1日程度の時間がかかることが予測され、影響自体はすべての火山灰が移流拡散して日本周辺から消えるまで3日程度と予測されており⁵⁾、このような時間についても十分に考慮する必要がある⁵⁾。このように偏西風の影響で桜島から東に日本列島を横断する拡散が生じる可能性が高いものの、気象条件・火山の噴出量・継続時間などによって様々な影響範囲が生じる可能性があるが、当然ながら事前検討ではいくつかの影響パターンを想定し、航空交通システムへの影響の差異を念頭に、対策を検討すべきである。

また、京大井口教授によれば、火山噴火については一定程度の前兆があり、予測も可能、特に大規模な噴火であれば、通常は前兆があり、かつ大規模であれば前兆が起きる先行時間が長いとのことであり、1日前には有感地震や山体膨張などの前兆があることが多いとのことである⁵⁾。このような噴火の予測や前兆観測の活用も想定しつつ、一方で前兆なく噴火することも念頭に置きながら課題を検討してみたい。

(2) 航空交通システム運用面の課題の例

a)被害予測

火山灰の影響を避けるため、航空機が飛行できない空域や降灰の予測される空港の事前情報が当然ながら重要となる。現時点でも、気象庁東京航空路火山灰情報センター (Tokyo VAAC) のホームページ⁷⁾において定時拡散予測図や定時拡散・降灰予測図が常時提供されていたり、Tanaka and Iguchi (2019)⁶⁾の研究成果をもとにホームページ上でリアルタイムの桜島の火山灰リアルタイム予測が公開されている⁸⁾。このような予測を活用し、影響する空域と空港の予測を行いつつ、比較的航空交通量の多い状況など、いくつかのパターンで、影響する航空機数の把握、ダイバート (安全な空港への目的地変更) や降灰回避のための航空機の回送等の方法を検討する必要がある。このような情報をもとに各航空会社も欠航や予備搭載燃料の調整、回送等の判断を行える。また、事前検討に加え、リアルタイムの噴煙拡散予測と航空機のリアルタイムの位置情報をもとにしたダイバート先選定の計算を統合したようなシステムや有益と考えられる。

b)制限空域、航空機のダイバート・回送

桜島の噴火が事前に予測できた場合、それがどの程度事前かによっても対応方法が異なると思われるが、噴煙拡散のいくつかのパターン別に、事前に制限空域を検討・設計しておき、ある程度の確度で噴火予測がなされた場合には、噴火時期が切迫してきた時期においては噴火前から制限空域を避けた飛行経路を計画・飛行させることで、桜島の近傍空域を飛行するような時間的余裕のない航空機に対するダイバート処理が容易になると考えられる。噴火直後

には、まず第一に被害予測エリアを飛行する航空機を安全な空域・空港へのダイバートさせる必要がある。東日本大震災時の教訓をもとに国土交通省では「緊急ダイバート運航総合支援システム」⁹⁾を整備・運用しており、「人の手を介して行っている残燃料の確認、空港の被害状況等の情報収集及び代替着陸空港の選定にかかる時間が短縮されることにより、飛行中の多数の航空機に対してより迅速なダイバート指示が可能」なシステムを運用している。大規模噴火時にも同システムが活用可能であるが、同システムは南海トラフ地震や首都直下地震による羽田・成田空港の同時被災を想定して設計されており、桜島大噴火のように広域の空域や多数の空港が同時に使用できなくなることで、つまり同時にダイバートさせるべき航空機数の数が想定を超える可能性や、ダイバート先 (受け入れ可能な空港) の容量が大幅に不足する可能性についての検討は今後追加的に行われる必要があると考えられる。さらに、前述のとおり、多数の航空機の同時ダイバートに対応するためには、各航空機の残燃料・空域と空港の被害予測、必要に応じて (可能な範囲で) 航空会社や航空旅客のニーズを考慮したダイバート先の選定とそこへの経路誘導を行うためには、噴煙予測システムと統合されたリアルタイムのダイバート先計算システムを噴火前からバックグラウンドで計算を行い、噴火直後にはその計算結果をもとにダイバート先を各空域を担当する航空管制官やパイロットなどに情報提供、管制・運航支援をできるシステムが必要ではないかと考える。

緊急ダイバートを行うべき航空機以外にも、噴火地点から比較的離れた空域を飛行する航空機や数時間～1日後に降灰が生じると予測された空港に駐機中の航空機の退避・回送というニーズも存在する。これら航空機については、飛行中の航空機は緊急ダイバート機の受け入れ需要を考慮しつつ、残りの受け入れ可能空港容量を考え、通常通り各航空機からのダイバート先の希望をもとに配分を行えばよいとも考えられるが、一方で上記の降灰予測空港からの退避航空機が存在するとすれば、それらとの優先順位を事前に検討・合意形成しておかなければ、混乱が生じる可能性もある。降灰予測空港から退避させるべきか、降灰が生じても機体に致命的な影響がないようにエンジンカバー等の対応を行うか、上空通過機の緊急ダイバート先としての容量確保の必要性はどの程度か、被災後の運航・航空ネットワークのリカバリーのし易さはどうか、空港や地域別の空港・航空機の除灰や整備のしやすさはどうか、火山災害復旧上重要となる空港の機能維持など、様々な要因や制約を考慮して、極力事前に検討・合意形成・訓練等を行っておくべきと考える。

また、予測の不確実性を考えると、どの段階で運航自体を停止するかは、まさに事前のシミュレーションと関係者間で合意形成を行っておかなければ、急にそのような状況になった際に対応や意志決定が行えない可能性が高い。噴火予測の情報提供の内容

や方法にも依存するが、被害予測エリアの住民や訪日客などの避難需要も考えて、航空交通を極力運航維持することに対するニーズもあるかもしれない。

c) 代替経路

従来も火山噴火により飛行制限空域を設定したり、迂回する代替経路を設定・運用したりしている。一方で桜島の大正噴火レベルの広域被災を考慮すると、気象条件や火山灰の噴出量によっては大幅な迂回飛行経路の設定が必要になる。その際には、我が国が管轄している空域（FIR）の外側である他国のFIRの使用可能性についても必要に応じて検討、事前調整を行うべきであると考え。西日本から首都圏にかけての比較的大規模な空港が降灰の影響を受け、もし多数の航空機がそれ以外の安全な空港へ退避することになれば、仮に誘導路や滑走路をつぶして臨時の駐機場にしてもキャパシティが不足する可能性も否めない。臨時駐機場を確保することのリカバリーの際への影響も考慮しつつ、不足する容量を海外の近隣空港に依頼・事前調整を行うことや、国際的な航空交通流制御で我が国への需要抑制を行うことの検討も必要と考える。

3. おわりに

本研究では、航空交通システムの運用面、特に航空管制・航空機運航の視点から、桜島の大規模噴火を想定した際に検討すべき課題について考察した。まだ初期的、基礎的な検討に留まっているが、桜島に限らず、富士山等のその他の活火山の噴火も想定した航空交通システムにおける対応方策について検討を続ける予定である。

謝辞：本稿での考察においては、京都大学防災研究所「大規模噴火時の航空輸送の危機管理体制に関する研究」の研究会等での発表や議論、ANA 総合研究所「ていくおふ」座談会における議論、国

土交通省航空局の方々との意見交換、等を参考にさせて頂きました。

参考文献

- 1) 気象庁：活火山とは、
https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.html
- 2) 吉谷 純一, 安田 成夫, Jónas ELÍASSON, 味喜 大介, 井口 正人, 火山噴火航空機事故防止の取組と大気火山灰濃度の航空機観測研究, エアロゾル研究, 30 巻, 3 号, p. 161-167, 2015.
- 3) James Hickey, Joachim Gottsmann, Haruhisa Nakamichi & Masato Iguchi: Thermomechanical controls on magma supply and volcanic deformation: application to Aira caldera, Japan, Scientific Reports, volume6, Article number: 32691, 2016.
- 4) 鹿児島大学地震火山地域防災センター・大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取り組み専門部会・交通への影響ワーキンググループ：桜島大噴火時の交通対策・暫定レポート 2018 年 5 月版, 鹿児島市街地側に軽石が厚く堆積するケース（平常時～噴火直後）, 平成 30 年 5 月, ていくおふ, 157 号, 2019.
- 5) Hiroshi L. Tanaka and Masato Iguchi: Numerical Simulations of Volcanic Ash Plume Dispersal for Sakura-Jima Using Real-Time Emission Rate Estimation, Journal of Disaster Research Vol.14 No.1, 2019.
- 7) 気象庁東京航空路火山灰情報センター,
<https://ds.data.jma.go.jp/svd/vaac/data/indexj.html>
- 8) PUFF モデルによる桜島の火山灰リアルタイム予測,
<http://gpvjma.ccs.hpcc.jp/~tanaka/webpuff/sakura14/puffinow.html#anime>
- 9) 国土交通省航空局：「緊急ダイバート運航総合支援システム」の運用開始～大規模災害発生時においても、更に安全かつ効率的な着陸を実現～（平成 28 年 6 月 17 日報道発表資料）,
https://www.mlit.go.jp/report/press/kouku13_hh_000085.html

(2019. 10. 4 受付)

ISSUES OF AIR TRANSPORTATION SYSTEM OPERATION UNDER LARGE-SCALE ERUPTION

Terumitsu HIRATA and Kota NAGANUMA

In the eruption of Sakurajima in Taisho-era, ash fall reached to the Kanto region and Tohoku region, and if this level of eruption occurs, many airports in Japan, including the Tokyo metropolitan area airport, may have significant damages. In addition, when westerly winds cover a wide area over the Japan with volcanic ash, it is highly likely that not only flights to and from Japan will operate, but also the operation of over-flights between Asia and North America. In Sakurajima, the development and implementation of observation and eruption prediction methods are progressing, and there is a possibility of implementing some countermeasures before the eruption. In this study, for the case of large-scale eruptions on Sakurajima, we examined the issues for reducing the impact and damage on Japan's air traffic system.