第Ⅳ部門　　火山噴火時における航空交通調整のガバナンス構造に関する研究

京都大学大学院工学研究科　学生員　○森岡　大智
京都大学大学院工学研究科　正会員　大西　正光
鹿児島市桜島火山防災研究所　非会員　井口　正人
神戸大学大学院海事科学研究科　正会員　竹林　幹雄

１．研究背景と目的

火山噴火に伴う火山灰は，航空機のエンジン損傷や視程障害により，航空交通に重大な影響を及ぼす．2010 年のアイスランド・エイヤフィヤトラヨークトル火山噴火では，欧州を中心に広範な空域閉鎖と多数の欠航が発生し，火山灰が航空交通システム全体を混乱させ得ることが顕在化した．これを契機として，各関係機関は火山噴火時の対応計画を整備してきたが，火山灰情報を受けた各主体の判断が，航空交通全体にどのように接続されるかは十分に整理されていない．

本研究では，火山噴火時の対応に関わる各主体間の連携と意思決定過程を整理し，現行枠組みの課題を明らかにすることを目的とする．具体的には，運用文書に基づき形式上の連携構造を可視化するとともに，実際の噴火事例のフライトデータを通じて，火山灰情報と運航判断の関係を考察する．

２．研究方法

本研究では，火山噴火時の航空交通調整における連携構造を整理するために，文書調査に基づく連携構造の可視化と，実際の運航データを用いた事例分析を行った．

まず，ICAO（国際民間航空機関）等が定める国際的な運用手順やガイドライン[1]を参照し，関係主体と発出情報，各主体の意思決定を抽出した．そのうえで，これらの関係を BPMN および CMMN というモデリング言語を用いて連携フローとして可視化した．

次に，2023 年 5 月のメキシコ・ポポカテペトル山噴火を対象に航空機の航跡と上空の火山灰情報を比較した．火山活動活発化後の欠航，遅延，経路変更等の運航判断を整理し，火山灰情報が実際の航空機運航者の意思決定にどのように反映されたかを分析した．

３．航空交通調整の連携構造

火山噴火時には，火山活動の検知から航空機の運航判断および空港運用判断に至るまで，複数の主体が段階的に情報を発出し，それぞれの判断を行う．主な主体としては，火山活動を監視する火山観測所（SVO），空域の火山灰の分布・予測情報を発出する航空路火山灰情報センター（VAAC），航空機に対する管制指示を行う航空交通管制部（ACC），運航判断を行う航空機運航者（Aircraft Operator），および空港の運用可否を判断する空港管理者（Aerodrome Operator）が挙げられる．本研究では，これらの主体間で授受される情報や意思決定の関係を整理し，連携フローとして可視化した（図-1）．

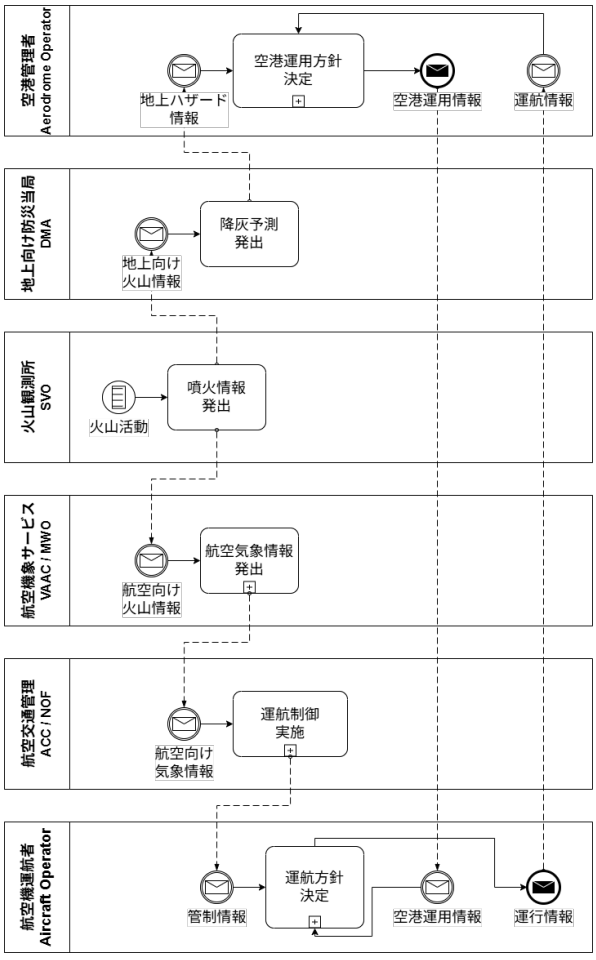


図-1　連携フローの概念図

図-1 では，SVO による火山活動の検知を起点として，

Daichi MORIOKA, Masamitsu ONISHI, Masato IGUCHI and Mikio TAKEBAYASHI
morioka.daichi.78u@st.kyoto-u.ac.jp

航空向けの火山情報が ACC および Aircraft Operator に伝達されることが示される．Aircraft Operator は，火山灰情報，管制情報，空港運用情報を踏まえ，運航方針を判断する．一方，Aerodrome Operator は，降灰状況や空港施設の状態を踏まえ，空港運用の継続可否を判断する．したがって，火山噴火時の航空交通調整では，Aircraft Operator と Aerodrome Operator の意思決定が並行して行われる．

連携フローより，現行の枠組みでは，情報の伝達経路や各主体の役割は一定程度整備されていることを確認できた．一方で，Aircraft Operator による運航判断と Aerodrome Operator による空港運用判断を調整する過程が明示されていないことが示された．

４．フライトデータ分析

2023 年 5 月に活動が活発化したメキシコ・ポポカテペトル山噴火を対象に，ワシントン VAAC が発出した VAA とフライトデータを比較した．分析対象は，火山活動活発化前後の 2023 年 5 月 19 日～22 日（UTC）にメキシコ周辺を飛行した航空便とした．

分析では，火山活動活発化前の航跡から基準経路を設定し，活発化後の各便の航跡，出発・到着時刻，運航有無を確認した．そのうえで，各便の運航状況を火山灰影響範囲の境界からの距離帯別に分類し，欠航，遅延，経路変更等の発生状況を整理した．特に，基準経路が VAA の火山灰影響範囲と重なる便については，航跡および飛行高度を個別に確認し，経路変更や高度選択の有無を分析した．

表-1　火山灰境界からの距離帯別にみた運航状況

距離帯 (km)	便数	欠航 (%)	経路変更 (%)	変更なし (%)
5 月 21 日				
<50	76	34.2	39.5	26.3
50–100	51	35.3	35.3	29.4
≥100	1496	13.5	36.9	49.6
5 月 22 日				
<50	101	17.8	50.5	31.7
50–100	64	15.6	45.3	39.1
≥100	1458	11.0	39.4	49.7

表-1 より，火山灰境界から 100 km 以内の便では，100 km 以上離れた便と比較して欠航率が高い傾向が確認された．また，5 月 21 日から 22 日にかけて欠航率は低下し，経路変更の割合が増加した．一方で，全ての便が一様な判断をしたわけではなく，火山灰境界に近い便でも変更なしで運航した便が確認された．

基準経路が火山灰影響範囲と重なる便の中には，水平方向に回避した便，平面的には火山灰影響範囲と重なるものの高度方向に回避したと考えられる便，通常時に近い経路で運航した便が確認された．したがって，同一の VAA が共有されていても，観測される運航上の対応は一様ではなく，便ごとの条件に応じて異なる運航判断が行われていたと考えられる．

５．考察と結論

本研究では，火山噴火時の航空交通調整について，関係主体間の情報伝達と意思決定の流れを整理し，連携構造を可視化した．その結果，SVO，VAAC，ACC，Aircraft Operator，Aerodrome Operator などの主体間では，火山活動情報，火山灰情報，管制情報，空港運用情報等の伝達経路は一定程度整理されていることが確認できた．一方，Aircraft Operator による運航判断と，Aerodrome Operator による空港運用判断が，どのように相互に接続されるのかは，現行の枠組み上十分に明示されていないことが分かった．

また，ポポカテペトル山噴火時のフライトデータ分析から，火山活動が活発化した期間には，VAA で示された火山灰影響範囲に対応する欠航や経路変更が見られた．一方で，同一の VAA が共有されていても，Aircraft Operator が行う運航判断は一様でないことから，共通した規定が明確には存在せず，個別判断が行われていることが示唆された．

火山噴火時の航空交通調整では，各主体の判断を航空交通全体としてどのように接続するかが重要である．特に大規模噴火時には，多数の航空機が同時に経路変更やダイバートを判断する可能性があり，それに伴って空港運用や管制処理にも影響が及ぶ．本研究は，現行の枠組みにおいて，主体間の意思決定を接続する過程に課題が残ることを示した．

参考文献

1) ICAO: Handbook on the International Airways Volcano Watch (IAVW) Operational Procedures and Contact List, Doc 9766, 2024.