

大規模火山災害に対応した港湾，空港のBCPに関する研究

竹林幹雄
神戸大学

2024年度の研究内容

- 大規模噴火時における空路変更に関する分析
- シミュレーション分析に基づく空港における大規模噴火を対象とした危機対応

研究成果の公表

- Mikio Takebayashi, Masamitsu Onishi, Katsuki Tobita, Masato Iguchi: Impact of volcanic eruptions on flight routing, Case Studies on Transport Policy 20 (2025) 101432, 2025.
- Ayumu Kumaoka, Masamitsu Onishi, Masato Iguchi, Mikio Takebayashi: Designing Airport Capacity for the Evacuation of Parked Aircraft During a Large-Scale Eruption, Journal of Disaster Research Vol.20 No.3, 269-280, 2025

シミュレーション分析に基づく 空港における大規模噴火を 対象とした危機対応

桜島を対象とした研究

研究背景

- 大規模火山噴火の航空輸送への影響は様々
 - 空路への影響
 - 空港への発着の制限や、駐機されている機材の避難など
- 現在までに、大規模な火山噴火による全国的な影響はわが国では発生していない。
 - しかし、2010年のエイヤフィヤトラヨークトル火山の噴火による欧州における空路封鎖、航空機の大規模な退避行動を見ると、わが国でも今後こういったことがらに対処すべくBCPの高度化が要求されると考えて良い。
- ここでは、大規模火山噴火が発生した際に、空港側でまず対応すべき駐機機材の避難に焦点を当て、シミュレーションを通じて政策的課題に言及する。

研究方法

- 空港向けの火山灰リスク警報システムの構築
- 火山灰危機対応システムの設計
- シミュレーションによる効果の計測

空港分類とその基準

分類 (Group)	内容	数理表現
D	火山灰効果の確率が 3%未満	
A	噴火前の避難が必要	$a_i \leq y_i + p_i$
B	火山灰警戒情報発令前に避難が必要	$a_i \leq y_i + p_i + dt_i$
C	上記いずれでもなし	$a_i > y_i + p_i + dt_i$

グループ A：これらの空港は九州南部に位置しており，火山地域に近いため，噴火に先立って避難プロトコルを確立する必要がある．

グループ B1：これらの空港は九州北部に位置し，噴火後すぐに運用に関する判断を下す必要がある．

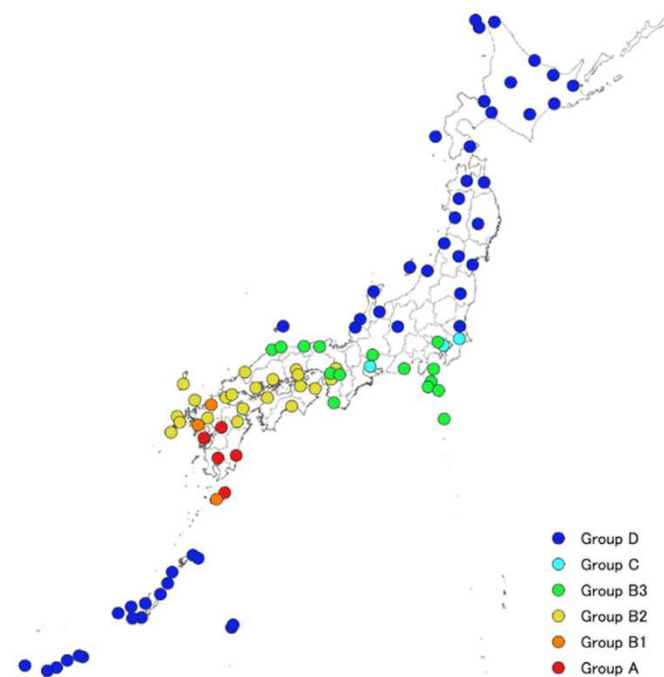
グループ B2：福岡，広島，関西を含むこれらの空港は西日本に位置し，第二警報の発令前に運用方針を決定しなければならない．

グループ B3：このグループの空港は，噴火後に対応計画を立てるための十分な時間があるが，準備は夜間に行う必要がある可能性がある．なお，このグループに分類された空港はなかった．

グループ C：中部や羽田を含む，中央および東日本に位置する空港．避難準備のための夜間運用は不要である．

グループ D：噴火時に「安全」と見なされ，影響を受けることがないと想定される空港．

空港分類結果



火山灰危機対応システムの設計

- 噴火情報

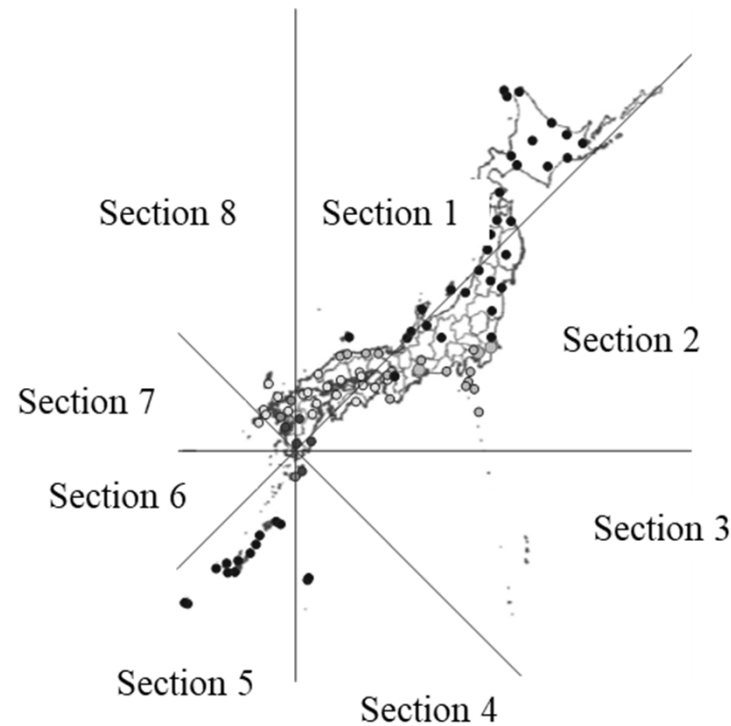
- 火山警報レベル：5段階で構成されており，「火山活動により警戒が必要な区域」と「住民の行動または防災機関の対応」に関する情報を組み合わせて決定される．→レベル4が発令されたと仮定
- 火山灰の拡散予測：気象庁が2015年から正式に3つの方法で情報を発信している．→3時間ごとに発表される定期更新，噴火直後に発表される速報，より詳細なデータを含む詳細火山灰予報→詳細火山灰予報が3時間ごとに発表されると仮定し，定期更新と整合性を持たせるように設計

- 風速・風向きなど風関係の情報（Grid Point Value）

システムの設計（つづき）

- GPV：気温，風，水蒸気，日射量などの将来予測を提供する，スーパーコンピュータによって生成される全球規模の3次元予報であり，格子間隔は約13 kmである．この予報は6時間ごとに更新される．→地上および高度300 hPa（対流圏上層高度）における予測風の値を用いて，予測風速および風向を特定．
- 風向きについて：桜島周辺地域を，火山を中心として8つの区画に分割し，それらを時計回りに1～8と区分するようにした→この区分に基づき，風が空港の所在区画またはその隣接区画を通過すると予測される場合を「望ましくない風向」と定義

「望ましくない風向き」による空間分割 と空港の位置



アラート別危機対応表

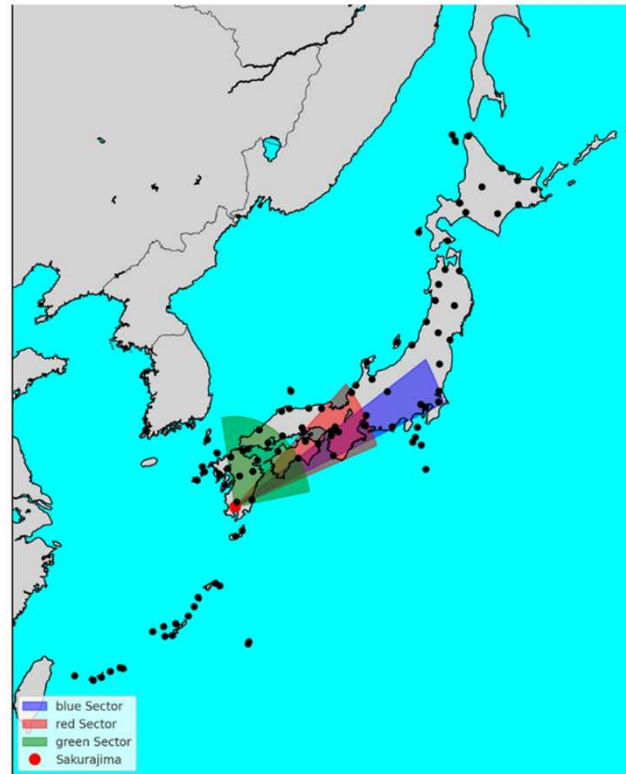
Alert type (Image Color)	内容	望まれる対応
Red	避難	離着陸に制限を設け、避難警報を発令する
Orange	到着制限	離陸前の便に対して到着の制限を指示
Yellow	注意	状況を注視し、警報の変化に備える
Green	安全	

空港グループごとの意思決定マトリクス

Group Status	A		B1			
		VAA	UWD	NP		
Level 4		-				
Level 5		-				
Eruption		-				
1 st issue of VAF						
2 nd issue of VAF						
...						
	B2			B3, C		
	VAA	UWD	NP	VAA	UWD	NP
Lvl.4	-			-		
Lvl.5	-			-		
Erup.	-			-		
1 st						
2 nd						
...						

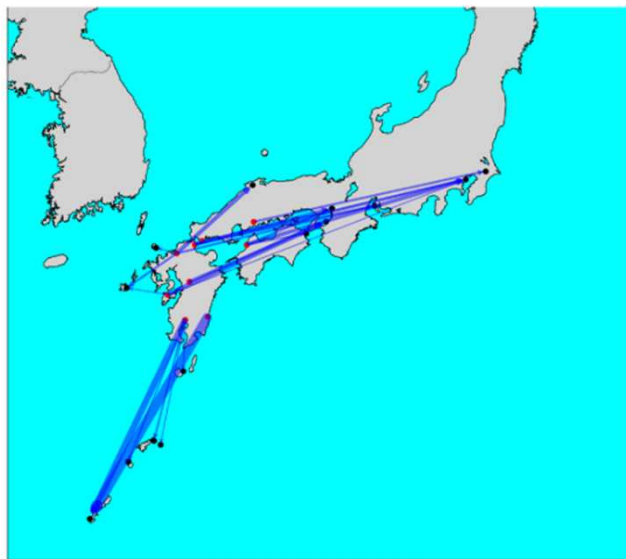
桜島噴火に対するシステム の適用

シナリオの設定

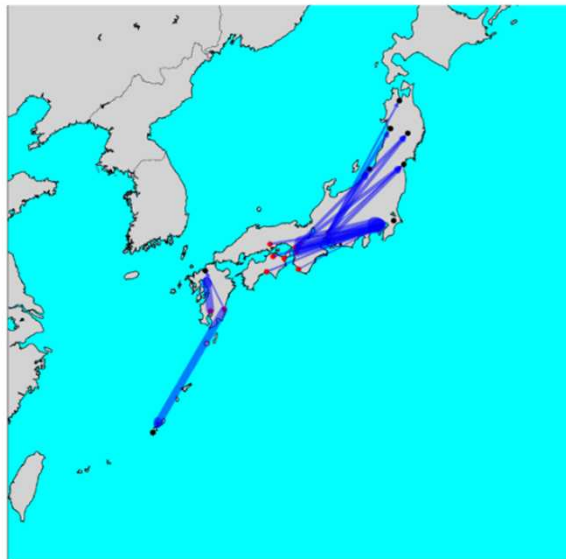


- 各空港に駐機している航空機の数値は、2023年12月12日13時時点のデータに基づいて決定

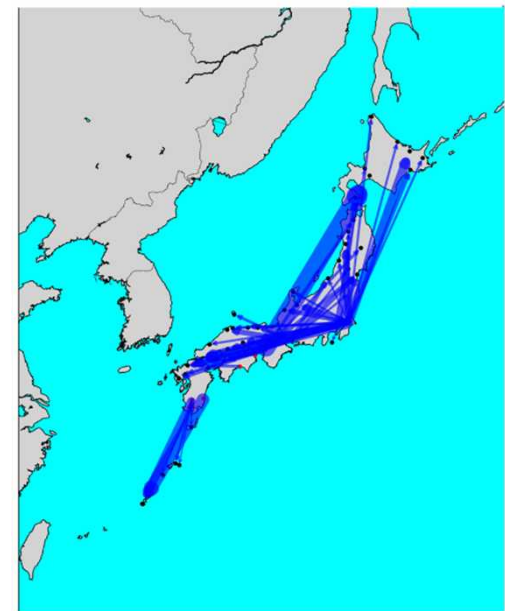
結果の一覧



Case 1



Case 2



Case 3

結果の概略

- ケース1では影響を受けた地域が限定的であった。得られた示唆は以下の通りである。：
- (i) 鹿児島および宮崎に駐機している航空機は、那覇や奄美大島など南方の空港へ移動する。
- (ii) B1およびB2に分類される空港に駐機している航空機は、主に関西または羽田へ移動し、一部は他の地方空港へ移動する可能性がある。
- (iii) すべての航空機は避難可能である。

結果の概略（2）

- ケース2では，火山活動は関西に移動し，福岡は影響を受けなかった．得られた示唆は以下の通りである．：
- (i) 鹿児島および宮崎に駐機している航空機は，主に南方へ移動すべきであり，一部は福岡へ移動する可能性がある．
- (ii) B2およびB3に分類される空港に駐機している航空機は，主に成田または羽田へ移動し，残りの航空機は仙台など東北地方の他の地方空港へ移動する必要がある．
- (iii) すべての航空機は避難可能である．

結果の概略

ケース3では異なる状況が発生した.

- (i) 多数の航空機が避難先空港に割り当てられない.
- (ii) 特に, 羽田および成田に駐機している多くの航空機が, いずれの空港にも割り当てられなかった.

- 最も深刻な課題が発生しているのは, 羽田および成田空港である. 特に成田空港は, 国際線が主のため, 国内線での定期運航先が限られていることに加え, 候補となる避難先空港の容量飽和により, 十分な避難経路を確保できていないことがわかる.
- 羽田空港は多数の避難先を確保できるものの, 羽田がハブであることによる駐機機数の多さおよび避難先空港の容量の制約により, 約30%の駐機航空機が割り当て不能となっている.

結果の詳細 (Case 3)

移動元	移動先 (移動数)	残り機材数
鹿児島 (A)	那覇 (15), 屋久島 (1), 奄美 (3), 喜界 (1), 徳之島 (2)	
宮崎 (A)	那覇 (23),	
高知 (B2)	福岡 (4)	
高松 (B2)		5
徳島 (B2)	福岡 (2)	
南紀白浜 (B3)		2
関西 (B2)	新千歳 (34), 仙台 (6), 松山 (8), 長崎 (7)	
神戸 (B3)	仙台 (8), 青森 (5), 花巻 (4)	
大阪 (B2)	新潟 (6), 大分 (2), 山形 (3), 福島 (3), 隠岐 (4), 出雲 (9), 但馬 (3)	
中部 (C)	函館 (9), 福岡 (14)	
小牧 (B3)	仙台 (8), 新潟 (2), 福岡 (4)	14
静岡 (B3)	札幌丘珠 (1)	
松本 (D)		
羽田 (C)	稚内 (3), 釧路 (6), 広島 (8), 北九州 (21), 秋田 (12), 山口 (12), 中標津 (3), 紋別 (3), 女満別 (16), 能代 (3), 庄内 (3), 大島 (1), 富山 (11), 能登 (3), 鳥取 (4), 石見 (3), 岡山 (8), 佐賀 (4), 小松 (7), 美保 (4)	56
成田 (C)		87
茨城 (D)		2

政策への示唆

- (i) 空港の容量および上空容量（ならびにスロット数）の拡充
政府は、北海道ならびに東北における北日本の空港における駐機容量を拡大し、避難航空機の受け入れ体制を強化する必要がある。また、羽田、那覇、大阪といった主要空港における利用可能な発着枠（スロット）の拡充も、避難便の円滑な運用のために不可欠である。
- (ii) 航空交通管制および運用ルールの強化
火山噴火による深刻な空域混雑に対応するためには、航空交通管制およびその運用ルールの強化が求められる。複雑な航空交通シナリオに対応可能な高度な航空交通管理ルールの策定と実施が必要である。

以上です

ご清聴ありがとうございました