

大規模火山噴火時における 航空機避難モデルの構築



室蘭工業大学大学院

田畑 凌

2021/12/13

CARATSオープンデータ活用促進フォーラム

agenda

-1- 研究に関して

1-1 研究の基本設定

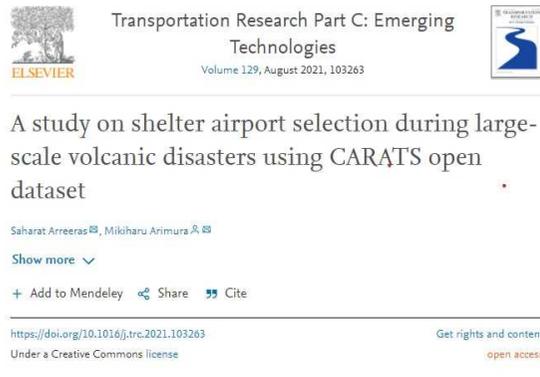
1-2 最新研究結果

-2- CARATS Open Dataの活用

2-1 研究内での活用部分

2-2 詳細なデータ抽出方法

研究蓄積



「A Study on Shelter Airport Selection during Large-scale Volcanic Disasters using CARATS Open Dataset」

Saharat Arreeras, Mikiharu Arimura

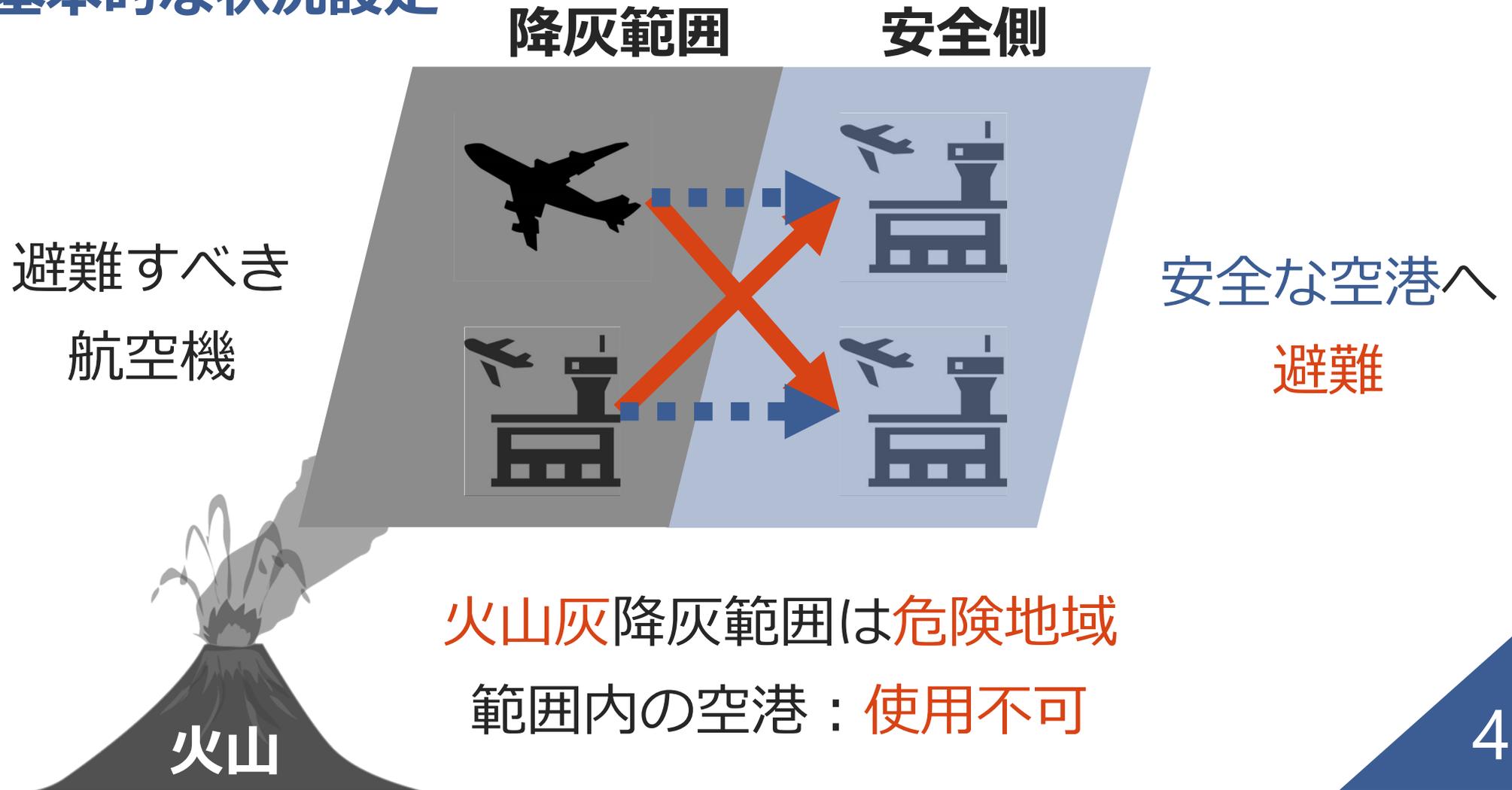
Transportation Research Part C: Emerging Technologies

Vol. 129, Article Number : 103263, 2021/08

「大規模火山噴火時の
降灰影響範囲に応じた
航空機避難パターンに関する感度分析」
第64回土木計画学研究発表会（秋大会）
田畑ら, 2021/12

本日説明

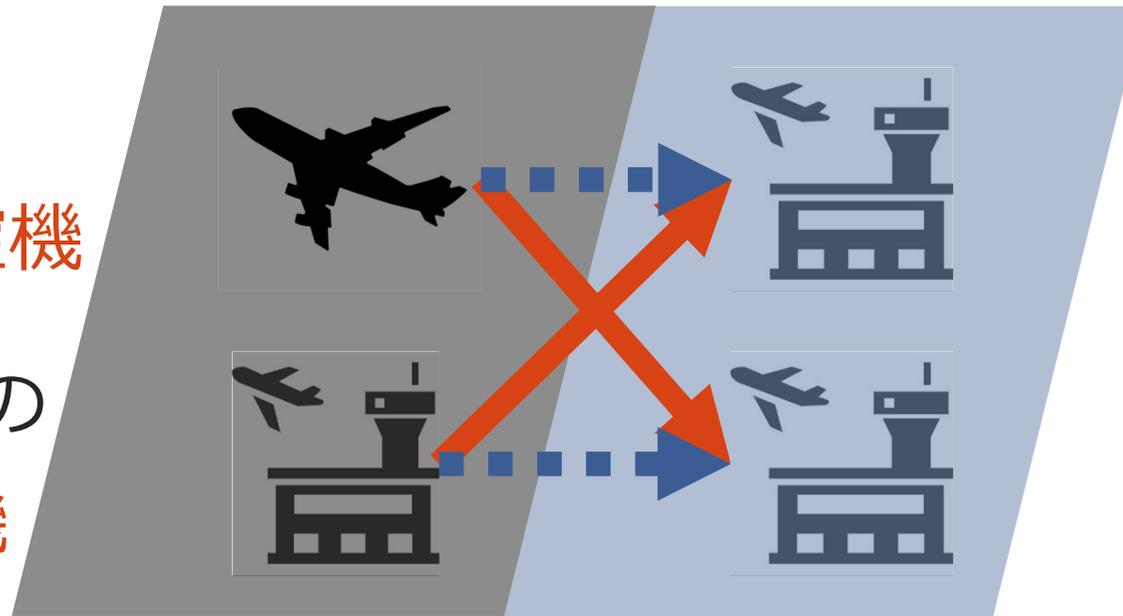
基本的な状況設定



基本的な状況設定

降灰範囲

安全側

範囲内を
飛行中の航空機範囲内空港の
駐機航空機安全な空港へ
避難

避難すべき航空機を
どの空港へ避難させれば迅速で安全？

1 研究の基本設定

基本的な状況設定

駐機容量：空港に限界まで駐機可能な航空機数
×発着枠(単位時間当たりの離着陸数)

駐機容量緩和：誘導路・滑走路の閉鎖による
容量の一時的な拡大, 増加

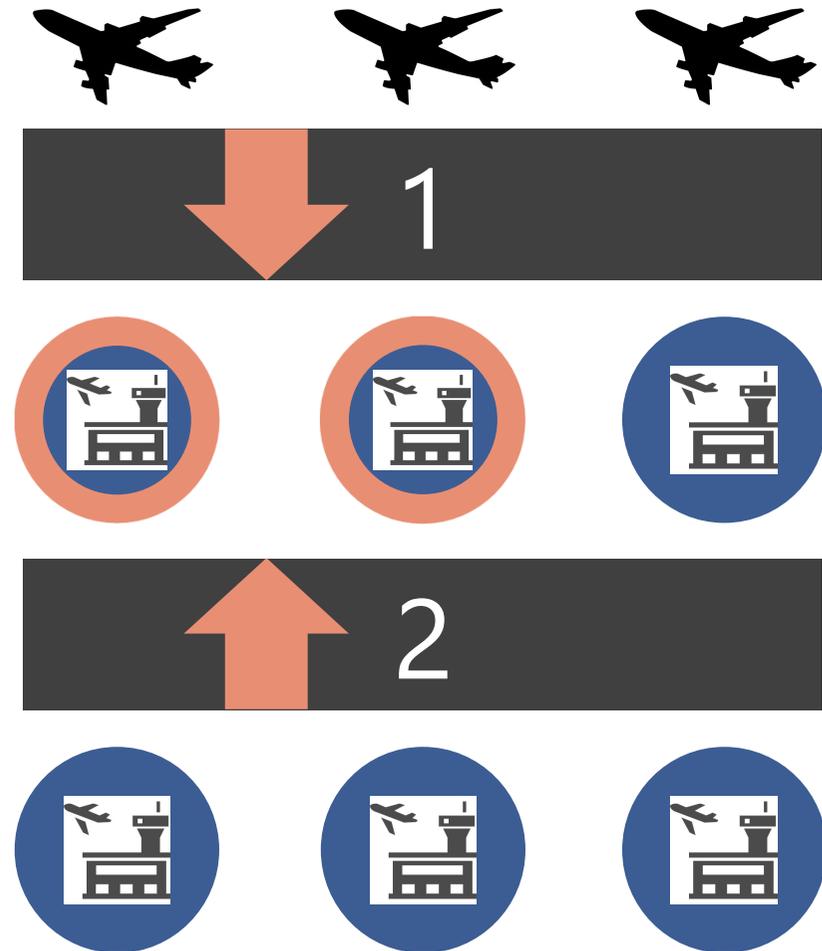


どのくらい
緩和すれば
迅速に避難可？

1 研究の基本設定

問題提起

- 1, 避難すべき航空機を
どの空港に割り当てるか
- 2, 駐機容量を
どのくらい緩和する
(増やす)か



1 研究の基本設定

組合せの一例

避難航空機数：120機

避難可能空港数：60空港

容量緩和パターン：7通り

避難割り当て・緩和パターンの組合せ

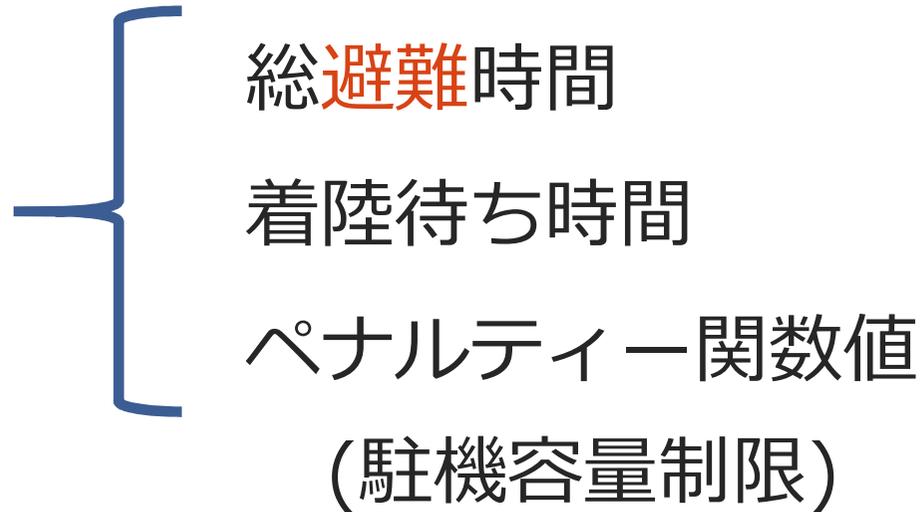
避難航空機の数 × 避難候補空港数
 60^{120} × 7^{60} 通り

それぞれ避難航空機が
避難可能な空港数

どの空港を
どのくらい緩和？

目的関数

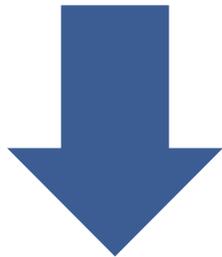
目的関数の
3要素



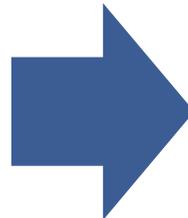
ある組合せに対して値はただ一つに決まる
→目的関数を最小化する組合せを求める
モデルを構築し問題を解く

研究の目的

シナリオ設定の
3要素



シナリオを詳細に変化
構築したモデル実行



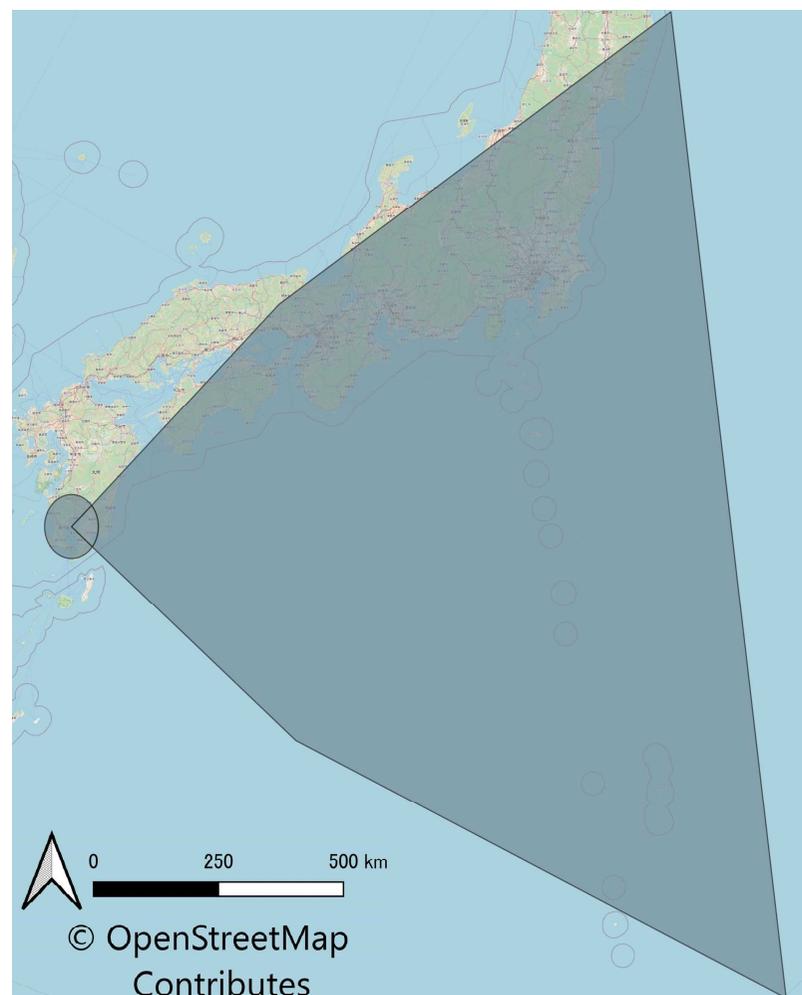
駐機容量の緩和率
火山灰影響範囲
噴火開始想定時間

総避難時間に関して
事前予防的な傾向把握

研究の目的

ケーススタディとして
桜島噴火を実際に想定

モデルを実行して
総避難時間などの
傾向を把握する



駐機容量緩和率の分析

駐機容量の緩和率

0から上限を

5,10,15,20,25%で

一様分布させ緩和(500試行)

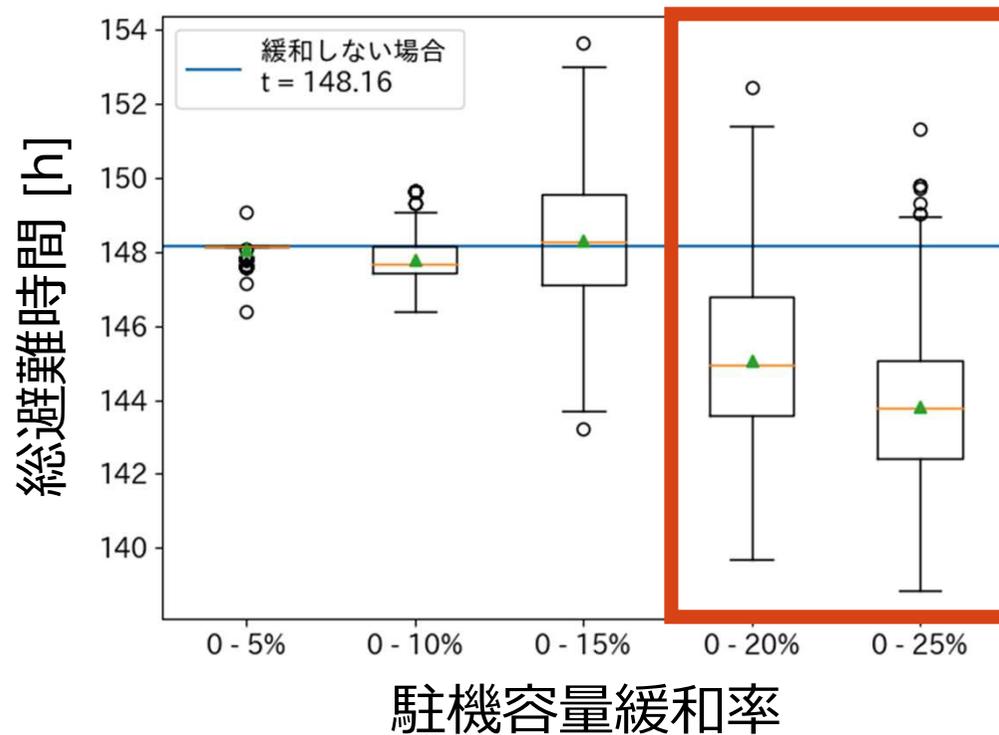
火山灰影響範囲

固定(0-800km)

噴火開始想定時間

固定(2018/03/04 12:00)

駐機容量緩和率と総避難時間



500回試行
総避難時間の分布

駐機容量の緩和率
上限20,25%
総避難時間の短縮傾向

火山灰影響範囲・噴火開始想定時間の分析

駐機容量の緩和率

10%固定で全空港緩和

火山灰影響範囲

指定の影響範囲に関して

100km刻みで

0~1100kmまで拡大

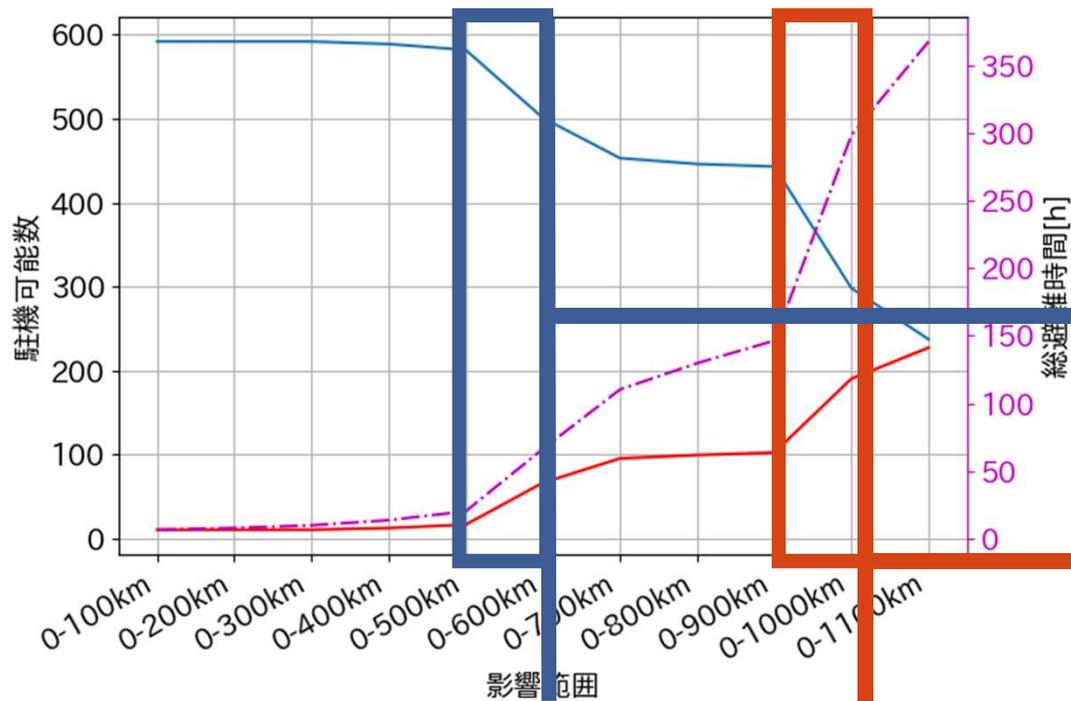
噴火開始想定時間

2018/03/04の

6:00~23:50まで

10分刻み

火山灰影響範囲と総避難時間



600km 1000km

— 緩和率10% 総空きスロット数
 — 避難すべき地上の航空機
 - - - 全時刻平均総避難時間

主な閉鎖空港

影響距離	閉鎖空港	避難航空機数	累積
0-500km	徳島飛行場	1	
	南紀白浜	1	
	高松	2	16
-600km	関西国際	22	
	神戸	4	
	大阪国際	24	66
-700km	中部国際	29	95
-1000km	羽田	88	190
	福島	2	
-1100km	成田	34	
	茨城	1	227

火山灰影響範囲と総避難時間

影響範囲

600km~

1000km~

→大空港が閉鎖

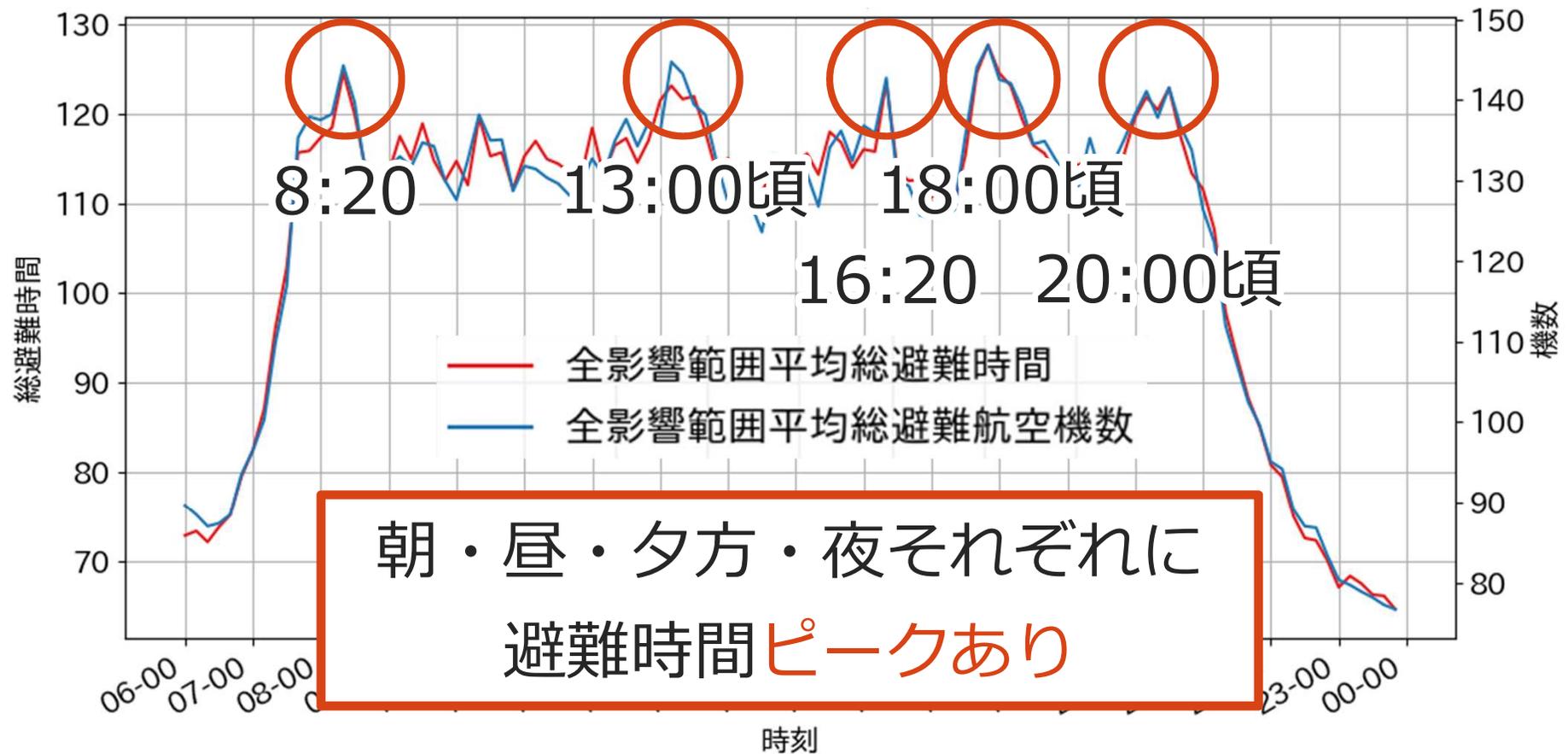
避難航空機数

避難時間

→増大

影響距離	閉鎖空港	避難航空機数	累積
0-500km	徳島飛行場	1	
	南紀白浜	1	
	高松	2	16
-600km	関西国際	22	
	神戸	4	
	大阪国際	24	66
-700km	中部国際	29	95
-1000km	羽田	88	190
	-1100km	福島	2
	成田	34	
	茨城	1	227

噴火開始想定時間と総避難時間



注：避難航空機数 = 駐機航空機 + ダイバート機

影響範囲と時系列による影響

時刻	-900km	-1000km	-1100km
6:00:00	322	85	-23
7:00:00	310	58	-52
8:00:00	238	-21	-127
9:00:00	252	-6	-121
10:00:00	254	-4	-114
11:00:00	250	-7	-122
12:00:00	249	-8	-117
13:00:00	247	-13	-123
14:00:00	257	-5	-124
15:00:00	259	3	-120
16:00:00	244	-14	-137
17:00:00	267	5	-106
18:00:00	232	-35	-155
19:00:00	252	-9	-119
20:00:00	238	-28	-136
21:00:00	261	8	-101
22:00:00	309	62	-38
23:00:00	333	96	-3

容量緩和率10%

残り全空港の避難可能空きスロット

容量緩和率10%でも

影響範囲1000km~

→空きスロット不足

agenda

-1- 研究に関して

1-1 研究の基本設定

1-2 最新研究結果

-2- **CARATS Open Dataの活用**

2-1 研究内での活用部分

2-2 詳細なデータの活用・加工方法

主な活用部分

避難すべき航空機



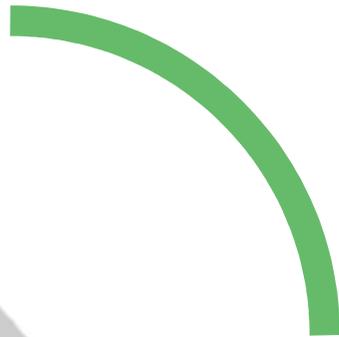
影響範囲内の空港に
駐機中の航空機

影響範囲内を
飛行中の航空機

CARATS Data活用部分

避難時間算出時の活用

$$\text{基本的な避難時間} = \frac{\text{航空機と空港の距離}}{\text{型式に応じた航行速度}}$$



飛行中の航空機に関して

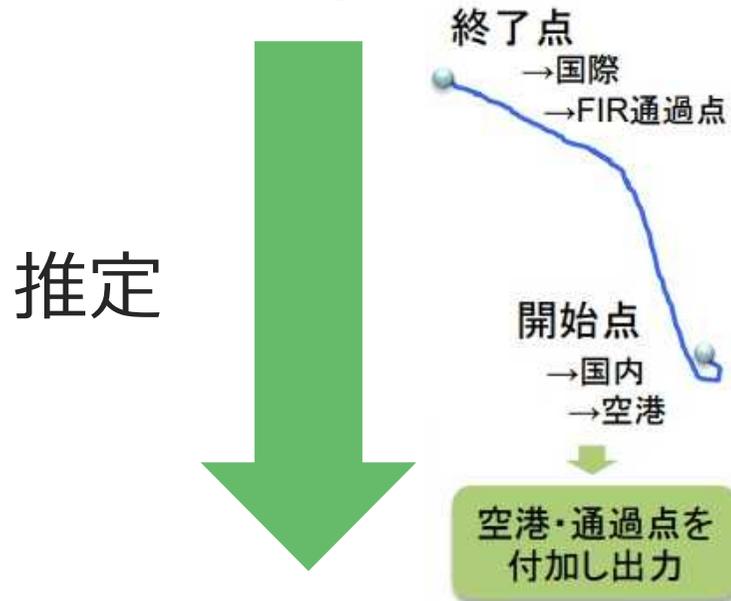
位置座標(緯度経度)

型式

→ CARATS Open Data から

国内線・国際線を判別・抽出

CARATS Open Data



国内線

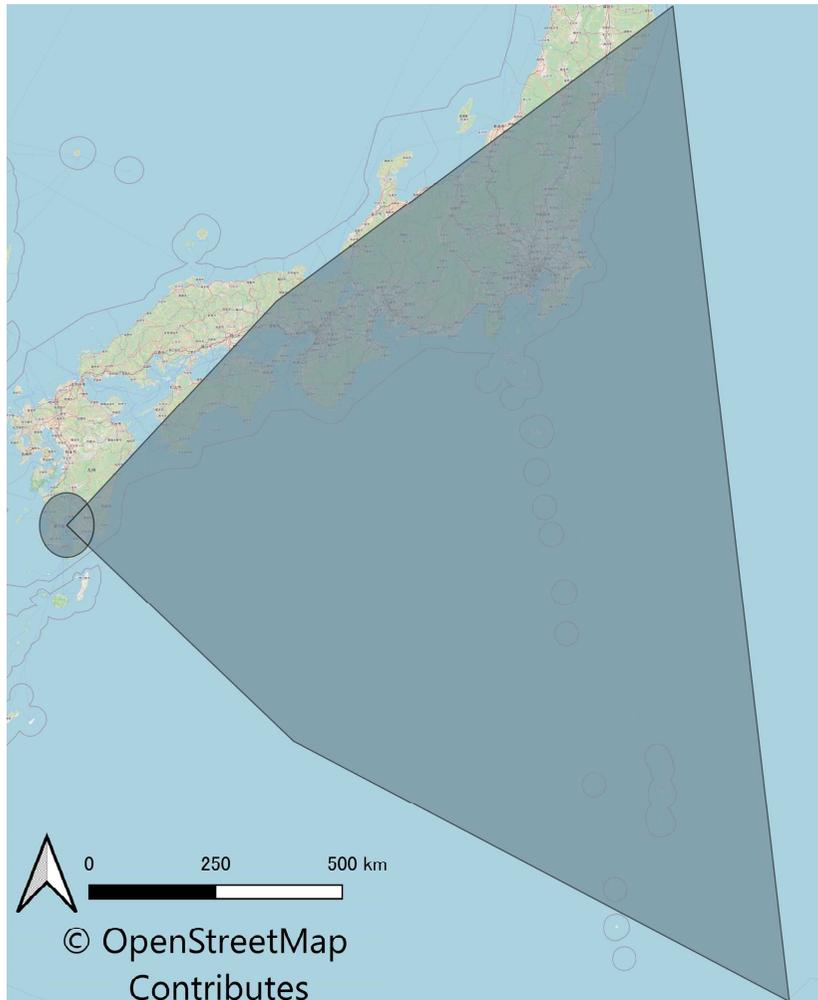
国内に到着する国際線

CARATS用ツール
MakeAptを参照した
アルゴリズム

出典：国土交通省
CARATS オープンデータの概要説明<https://www.mlit.go.jp/common/001321736.pdf>

本研究における
対象データ

時刻と火山灰影響範囲からデータ抽出



桜島を中心に
主に東側の影響範囲

避難開始想定時間：その位置
= 時刻データ：緯度経度

→ CARATS Open Data から
噴火開始想定時間における
緯度経度より範囲内外判定

データの活用方法のおさらい

00:00:01.0	FLT0001	31.478958	126.609246	30066	B763
00:00:01.0	FLT0002	33.195376	133.649586	36748	A333
00:00:01.5	FLT0003	35.289176	133.370610	32000	B77W
00:00:10.5	FLT0001	31.471519	126.635655	30025	B763
時刻	便名	緯度	経度	高度	型式

国内線・国際線推定
 避難航空機的位置座標

噴火開始想定時間
 における抽出に活用

に活用

型式に応じた航行速度
 の抽出に活用

summary
research

- 駐機容量緩和率は15%~
総避難時間が減少
- 影響範囲は600,1000km~で
段階的に総避難時間が増大
- 朝, 昼, 夕方, 夜それぞれに
避難時間増大のピークが存在
- 影響範囲1000km~で(容量緩和率10%)
総空きスロット不足の危険性

summary
CARATS
Open Data

主に影響範囲内を飛行中の避難航空機

- 「MakeApt」を参照し
国内線 / 国際線を判定
- 型式に応じた航行速度
- 時刻データは噴火開始想定時間
- 緯度経度は時間断面での位置座標

research

CARATS
Open Data

thank you
for listening

**事前予防的に避難航空機と避難先空港の
組合せ最適化問題を解く**

**影響範囲内を飛行中の国内到着予定便を
推定して時刻・緯度経度で抽出**

謝辞：本研究は、国土交通省航空局様より
ご提供いただいたCARATS Open Data を
用いて行っているものです。

ここに記して感謝の意を表します。

E-mail:20041051.mmm.muroran-it.ac.jp