

航空管制データを用いた大規模自然災害時における航空機のダイバート先選定に関する基礎的分析

～空港の脆弱性を考慮して～

藤井 涼¹・藤生 慎²・森崎 裕磨³・高山 純一⁴・塩崎 由人⁵

¹学生会員 金沢大学 理工学域環境デザイン学類 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: r9685@stu.kanazawa-u.ac.jp

²正会員 金沢大学准教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: fujiu@se.kanazawa-u.ac.jp

³学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: yki20@stu.kanazawa-u.ac.jp

⁴フェロー 金沢大学教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: takayama@se.kanazawa-u.ac.jp

⁵正会員 金沢大学特任助教 自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: yuto@se.kanazawa-u.ac.jp

2018年9月6日3時7分59秒、北海道胆振東部地震が発生し最大震度は震度7を記録した。大規模停電と地震動による施設被害の影響で新千歳空港は運用不可能となり復旧まで時間を要した。高い安全基準が求められる航空分野において空港が被災した場合、空港施設のみならず航空機の運航にも大きな影響が生じる。そのためダイバート先の再選定やCIQ施設の整備など、より効果的な対策の構築が求められる。そこで本研究では、空港面積、予測される計測震度など、空港の脆弱性に影響を与えると考えられる変数を用いて、空港の災害対応力指標の提案を行った。その結果、各種災害に対して空港の災害対応力が大きく異なることが明らかとなった。また航空機航跡データを用いて災害発生想定時の航空機の飛行状況を把握することにより対策構築の必要性が明らかとなった。

Key Words: aviation network, disaster response capability, airport, vulnerability

1. はじめに

(1) 本研究の背景

近年日本では自然災害が多発し、甚大な被害が発生している。その中で空港機能への被害も生じている。2018年9月4日の台風21号によって関西国際空港が浸水、停電の被害に合い国内線復旧まで10日間を要した。また、2018年9月6日3時7分59秒、北海道胆振東部地震が発生し最大震度は震度7を記録した。大規模停電と地震動による施設被害の影響で新千歳空港は運用不可能となり復旧まで時間を要した。高い安全基準が求められる航空分野において空港が被災した場合、空港施設のみならず航空機の運航にも大きな影響が生じる。

国土交通省は以前より災害対策を行っていたが、新たな対策を講じる必要が生じた。そこで2019年5月に第1回「空港における自然災害対策に関する検討委員会」を開催し、大規模な自然災害が発生した場合でも航空ネットワークを維持し続けられるための具体的な取り組みについての検討を進めている。この検討委員会では空港は早期の機能回復が必要であり、民間機は遅くとも3日以内の再開を目標としている。

以上を踏まえ、ダイバート（代替着陸空港）先の再選定やCIQ施設の整備など、より効果的な対策の構築が求められる。

(2) 本研究の目的

本研究で行った分析を表 1 に示す。ダイバート（代替着陸空港）先の再選定などの対策構築のための前段階として、現状の空港の災害対応力の評価と災害発生時の航空機飛行状況の把握が求められると考える。本研究では、一つ目の分析として空港面積、滑走路本数、滑走路長、予測される計測震度などの、空港の災害対応力に影響を与えると考えられる変数を用いて、空港の災害対応力指標の提案を目的とした。我が国に存在する 58 空港を対象として主成分分析を用いた分析を行った。対象空港に関する説明変数を用いて分析を行い、数値化することにより空港の災害対応力の把握を行った。その結果、各種災害に対して空港の災害対応力が大きく異なることが明らかとなった。二つ目の分析として航空機航跡データを

用いて航空機の飛行状況を把握し、災害発生時の危険性を明らかにすることを目的とした。一例として東京国際空港が被災した仮定の元に分析を行った。

2. 分析概要

本章では分析概要として、今回行った 2 つの分析について記述する。詳細な分析結果は 3 章で述べる。

(1) 災害対応力に関する分析

本節では災害対応力指標に関する分析概要として、本分析の対象空港と使用データおよび分析手法について記述する。

a) 分析対象

現在日本国内には飛行場を含めて 97 空港が存在する。本研究では 97 空港から離島空港を除き、かつ定期便が就航している 58 空港を対象とした。（表 2 参照）

表 1 分析内容

分析	目的	使用データ
1	災害対応力指標の提案	空港諸元, 災害情報
2	災害時の航空機飛行状況の把握	CARATS Open Data

表 2 空港情報一覧表（一部抜粋）

管制区	空港名（通称）	予測される計測震度	CIQ	本/ha	m/ha	運用時間(h)
東京	百里飛行場（茨城空港）	0	1	0.0047059	6.352941176	13
	小松飛行場（小松空港）	6.25246	1	0.0022831	6.164383562	14
	庄内	5.57208	0	0.0093458	18.69158879	15
	福島	5.12071	0	0.0055249	13.8121547	13
	松本	6.03212	0	0.0169492	33.89830508	8.5
	富山	5.87152	1	0.0108696	21.73913043	14.5
	能登	4.45966	0	0.009434	18.86792453	11.5
	静岡	3.45202	1	0.0052083	13.02083333	14.5
	南紀白浜	4.29106	0	0.0135135	27.02702703	11.5
	神戸	6.81705	0	0.0064103	16.02564103	15
	鳥取	6.26602	0	0.0095238	19.04761905	14.5
	出雲	5.52302	0	0.0175439	35.0877193	13
	岡山	3.67124	1	0.0053476	16.04278075	15
	調布飛行場	5.86128	0	0.025641	20.51282051	9.5
	名古屋飛行場（県営名古屋空港）	5.74709	0	0.0059172	16.21301775	15
	但馬飛行場（但馬空港）	4.78732	0	0.0263158	31.57894737	10
	山形	5.46918	0	0.010989	21.97802198	11.5
	仙台	5.81826	1	0.0083682	12.55230126	14
	東京国際	5.65843	1	0.0026281	2.207621551	24
	新潟	6.10597	1	0.0101523	12.69035533	14
	広島	3.66038	1	0.0050505	15.15151515	15
成田国際	0	1	0.0018002	3.600360036	17	
中部国際	6.51025	1	0.0021218	7.42626777	24	
大阪国際	6.09614	0	0.0064123	9.618467458	14	
関西国際	6.03794	1	0.0018732	3.746370703	24	
美保飛行場（米子空港）	5.90956	1	0.0037313	9.328358209	15	

b) 使用データ

空港の災害対応力に影響を与える変数として、対象空港における予測される計測震度、CIQ 常設の有無、空港敷地面積あたりの滑走路本数、滑走路長、運用時間、対象空港に関して各空港の諸元や災害情報を集計した空港情報一覧表(表 2 参照)を作成した。対象空港において予測される計測震度は JSHIS 地震ハザードステーション²⁾の主要活断層による想定地震地図と国土数値情報³⁾の空港位置情報を用いて算出した。CIQ とは税関、出入国管理、検疫を包括した略称でありそれらを執り行う機関または施設を示す。国際線利用者が出入国する際に必須の機関である。本研究では CIQ 常設の有無については国土交通省 2018 冬国際定期便(直行便)一覧⁴⁾より定期便就航空港に常設であるものと仮定した。運用時間、滑走路本数、滑走路長は国土交通省ホームページを参照した。

c) 分析手法

本分析では空港の災害対応力に影響を与えると考えられる変数として空港敷地面積あたりの滑走路数、滑走路長、予測される計測震度、CIQ 常設の有無、運用時間、空港運用時間 1 時間当たりの利用者数を採用した。これらの変数を用いて主成分分析を用いて空港の災害対応力(Z)の総合指標化(1a)を行った。

$$Z = \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i \cdots \alpha_n X_n \quad (1a)$$

Z: 災害対応力指標

α_i : 係数

X_i : 空港の災害対応力に影響を与える変数

(2) 航空機飛行状況の把握に関する分析

本節では災害時の航空機飛行状況の把握に関する概要として本分析の対象空港と使用データおよび分析手法について記述する。

a) 分析対象

本分析では災害時に対応すべき航空機の把握のため我が国に存在する空港の中で最も航空機の離発着数が多い東京国際空港を対象として分析を行った。

b) 使用データ

本分析では使用データとして CARATS Open Data を用いた。CARATS は Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems の略であり「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」として 2025 年に向けて目指すべき目標、変革の方向性を国土交通省航空局が示したものである。将来の航空交通システムの構築や研究開発の促進のため国土交通省航空局は 2015 年 2 月より CARATS Open Data (図-5 参照)の提供を開始し、2017 年 10 月には

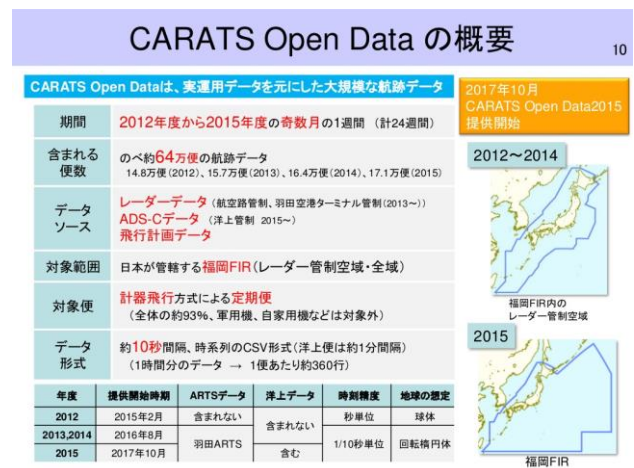


図1 CARATS OpenDataの概要

CARATS Open Data 2015に更新されている。レーダーデータなどから作成した日本全国の航空機の航跡であり2012年から2015年度の24週間分、延べ約64万便のデータが含まれている。航空交通管理の運用改善に役立つ過大や事実の発見、要因の分析、提案する運用改善手法の評価などの用途に使用され CARATS の長期ビジョンを実現するための研究開発を期待されている。

c) 分析手法

本分析では CARATS Open Data を用いて東京国際空港が被災した場合の空港周辺の航空機の飛行状況の把握を行った。昨年の北海道胆振東部地震による大規模停電に新千歳空港が見舞われたが、東京国際空港が同じ状態におかれると仮定した。東京国際空港への着陸機が多い 22 時台を対象とし、22 時半に停電によって管制業務が不可能になるという想定の下に分析を行った。使用データとして CARATS Open Data より 2013 年 3 月 7 日の航空データを用いた。膨大な航空データから 22 時半から 10 分間で着陸空港が東京国際空港である航空機のデータを抽出した。

3. 分析結果

本章では前章で記述した 2 つの分析に関してそれぞれの分析結果について記述する。

(1) 災害対応力に関する分析結果

図 2 に本分析における災害対応力を指標を示す。寄与率 46.13% の第 1 主成分を採用した。空港の災害対応力に影響を与える変数として空港敷地面積あたりの滑走路数、滑走路長、予測される計測震度、運用時間、CIQ 常設の有無を採用した。今回の分析では主成分負荷量が正の値の場合災害対応力が小さくなり、逆に負の値の場合災害対応力が大きくなることを示している。本分析では、空港敷地面積あたりの滑走路本数が多ければ多いほど、滑

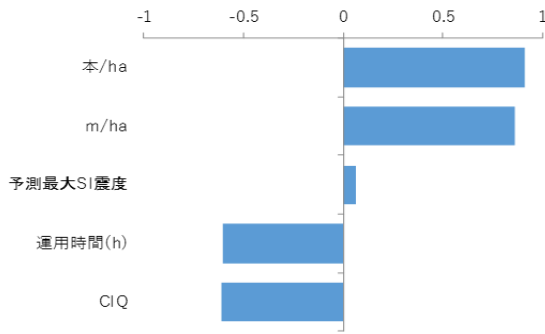


図3 災害対応力指標

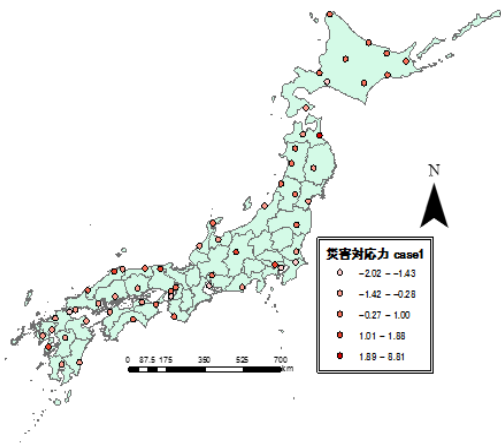


図2 災害対応力

走路長が長ければ長いほど災害時の対応を迫られることを示している。一方で運用時間が長ければ長いほど、災害発生時勤務している職員が空港に存在することから災害対応力が保持されることを示している。CIQ に関しては国際線がダイバートする際に CIQ 設備が整っていることで円滑に入国することが可能となることから対応力が大きくなると考えられる。今回の変数の中では運用時間と CIQ 常設の有無が災害対応力の増加に作用する結果となった。

図3に各空港の主成分得点を日本地図上に可視化したものを示す。主成分得点がマイナス方向に大きくなるほど災害対応力が大きくなることを示している。本分析による災害対応力が大きい上位5空港は上から那覇空港、関西国際空港、東京国際空港、新千歳空港、中部国際空港であった。上位5空港はすべて運用時間が24時間で国際定期便が就航している空港となった。運用時間24時間の空港が国内に6空港であることからこの結果になったと考えられる。続いて主成分分析によって算出された災害対応力が低い空港に対して、空港一日当たりの利用者数の把握(図4参照)を行った。災害対応力が小さい空港5空港は最小の空港から三沢飛行場、天草飛行場、

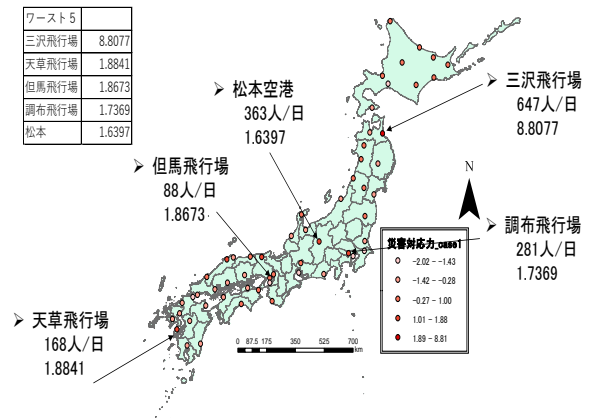


図4 利用者数の把握

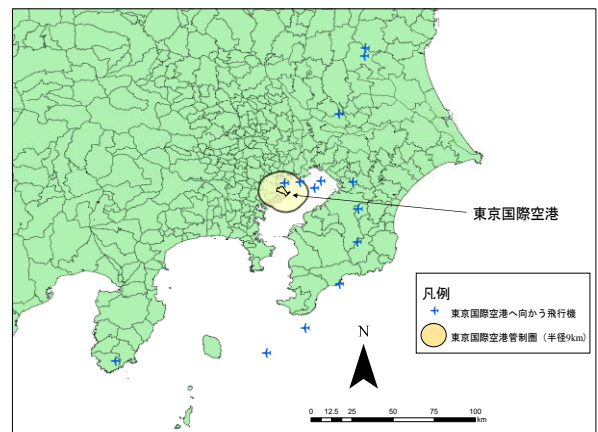


図5 東京国際空港近傍における飛行状況

但馬飛行場、調布飛行場、松本空港であった。災害対応力が高い空港の利用者数に比べて大幅に少ない利用者数であることが明らかとなった。

本研究において選定した変数を用いた主成分分析を行うことによって、対象の58空港における災害対応力の相対評価を行うことが可能となった。その結果、各空港において災害対応力が異なり、大規模な地震災害時に空港機能を維持するためには各空港の緒元や利用者特性を考慮した災害対応を目指す必要性が示唆された。

(2) 航空機飛行状況の把握に関する分析結果

図5は22時半から10分間における東京国際空港近傍における航空機の飛行位置を示す。日本の飛行情報区内の管制区等は図6のように定義されている。各空港の管制塔が担当する範囲は半径9kmの範囲である。今回の分析では22時半から10分間で東京国際空港の管制圏に2機、その他の空域に12機が東京国際空港に向かって飛行中であった。東京国際空港の管制塔が一時的に業務不可能となった場合、管制圏を飛行中の2機に関しては着

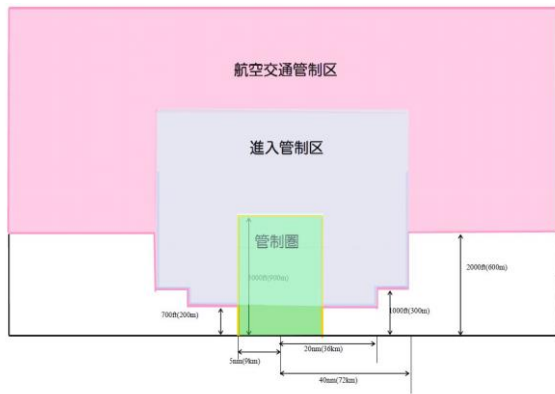


図 6 管制区等概念図

陸等の指示待ちであるため早急な対処が必要である。他の 12 機は東京国際空港への着陸が不可能であるためダイバート先を割り振る必要性が生じる。停電等により管制業務が不可能となった場合の想定が不十分であり、早急に対策を講じる必要性が示唆された。

4. 今後のまとめと課題

本研究では、一つ目の分析として国内の 58 空港を対象に空港の災害対応力に影響を及ぼすと考えられる変数を用いて評価指標を提案し、対象空港の評価を試みた。その結果、各空港において災害対応力が異なり、大規模な地震災害時に空港機能を維持するためには各空港の緒元や利用者特性を考慮した災害対応を目指す必要性が示唆された。また航空データを使用し災害発生時の航空機

の飛行状況を把握することにより、早急に対策を講じる必要性が示唆された。今後は、海溝型の地震、津波、空港の立地を反映させ空港の評価をより精微に行う。さらに空港の立地、建物自体の強度なども考慮する必要がある。

また二つ目の分析として CARATS Open Data を用いて東京国際空港を対象とした災害時の航空機飛行状況の把握を行った。その結果停電等により管制業務が不可能となった場合の想定が不十分であり、早急に対策を講じる必要性が示唆された。今後は機体の大きさなどを考慮し航空機飛行状況の把握をより精微に行う。

参考文献

- 1) 国土交通省航空局, <http://www.mlit.go.jp/common/001264807.pdf>, 2019 年 10 月 4 日閲覧
- 2) 地震ハザードステーション, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>, 2019 年 10 月 4 日閲覧
- 3) 国土数値情報ダウンロードサービス <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>, 2019 年 10 月 4 日閲覧
- 4) 国土交通省 HP 国際線就航状況 (2018 年), https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr22_000005.html, 2019 年 10 月 4 日閲覧
- 5) 国土交通省 HP 航空輸送統計調査 <https://www.mlit.go.jp/k-toukei/koukuuyusoutoukei.html>, 2019 年 10 月 4 日閲覧
- 6) 国土交通省 HP, CARATS オープンデータの概要説明, <http://www.mlit.go.jp/common/001231892.pdf>, 2019 年 10 月 4 日閲覧
- 7) 国土交通省 HP, 航空管制業務について, <http://www.mlit.go.jp/common/000164767.pdf>, 2019 年 10 月 4 日閲覧

Basic analysis of aircraft divert destination selection during large-scale natural disasters using air traffic control data ~Considering the vulnerability of the airport~

Ryo FUJII, Makoto FUJII, Yuma MORISAKI, Junichi TAKAYAMA
and Yuto SHIOZAKI

On September 6, 2018, 3: 7: 59, the Hokkaido Iburi Eastern Earthquake occurred, and the maximum seismic intensity recorded a seismic intensity of 7. New Chitose Airport became inoperable due to the damage caused by large-scale blackouts and earthquake damage, and it took time to recover. If an airport is damaged in the aviation field where high safety standards are required, it will have a major impact not only on the airport facilities but also on the operation of the aircraft. Therefore, more effective measures such as reselection of divert destinations and improvement of CIQ facilities are required. Therefore, in this study, we proposed an airport disaster response index using variables that could affect airport vulnerability, such as airport area, runway length, and predicted SI seismic intensity. As a result, it became clear that the disaster response capability of airports varies greatly with respect to various disasters. In addition, by combining the disaster response capability index and aircraft operation data, we proposed the criteria for aircraft divert destination selection.