

脆弱性を考慮した空港の災害対応の 定量評価に関する基礎的分析 ～航空ネットワークを考慮して～

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: fujiiu@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、滑走路長、予測SI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。加えて災害対応力指標と航空機運行データの組み合わせを行うことにより、航空機のダイバート先選定基準の提案を行った。

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

1. はじめに

(1) 本研究の背景

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ことが明らかとなった。

(2) 本研究の目的

本研究では、空港面積、滑走路本数、滑走路長、予測SI震度などの、空港の脆弱性に影響を与えられる

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。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。分析手法として主成分分析を用いた。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。加えて災害対応力指標と航空機の運行データの組み合わせを行うことにより、航空機のダイバート先選定基準の提案を目的とした。

表 1 空港情報一覧表（一部抜粋）

管制区	空港名（通称）	予測最大SI震度	CIQ	本/ha	m/ha	客合計/日/運用時間（h）	運用時間(h)
札幌	札幌飛行場（丘珠空港）	5.75142	0	0.009709	14.56311	52.87334036	13
	三沢飛行場	5.12197	0	0.090909	277.2727	56.25396069	11.5
	紋別	0	0	0.007752	15.50388	25.75	8
	女満別	4.80067	0	0.005952	14.88095	173.8071654	13
	中標津	6.19256	0	0.008621	17.24138	56.52164384	10
	青森	6.1803	1	0.004149	12.44813	220.5830893	14.5
	大館能代	5.13146	0	0.008264	16.52893	34.05741513	11.5
	花巻	5.90253	1	0.005848	14.61988	103.03919	11.5
	旭川	4.98562	0	0.004673	11.68224	236.5658588	13
	帯広	6.15988	0	0.003546	8.865248	141.0665964	13
	秋田	5.76882	0	0.006289	15.72327	241.5015525	15
	新千歳	6.77768	1	0.002747	4.120879	2593.448858	24
	稚内	5.55492	0	0.010101	22.22222	54.63041096	10
	釧路	5.11846	0	0.00625	15.625	156.4339305	13
	函館	5.32795	1	0.006098	18.29268	377.4674394	13

2. 使用データの概要

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。使用データとして対象空港における予測最大 SI 震度、CIQ 常設の有無、一日当たりの乗降客数、運用時間、滑走路本数、滑走路長を用いた。対象空港に関して使用データを集計した空港情報一覧表（表 1 参照）を作成した。予測最大 SI 震度は地震ハザードステーション²⁾の想定地震地図情報と国土数値情報³⁾の空港位置情報を用いて算出した。CIQ 常設の有無は国土交通省 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した。一日当たりの乗降客数は国土交通省 2018 航空輸送統計年報⁵⁾の乗降客数を 365 で除したものをを用いた。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。

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

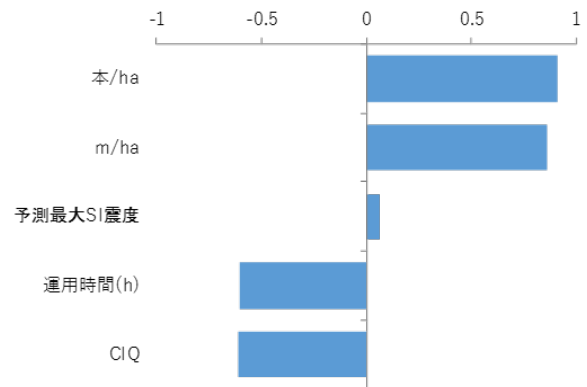


図 1 災害対応力指標（ケース 1）

3. 空港の災害対応力指標の提案

本研究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予測最大 SI 震度、CIQ 常設の有無、1 日当たりの乗降客数（国際線・国内線）、滑走路の本数・長さ、空港面積を採用した。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。

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

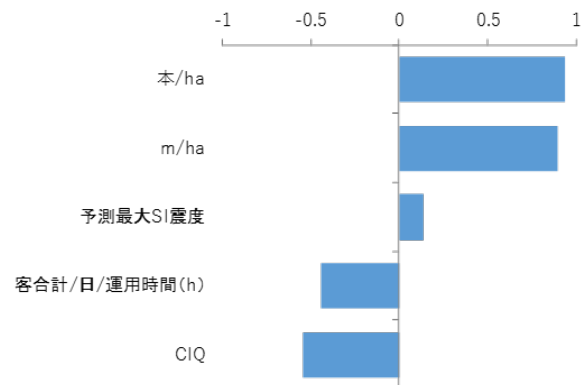


図 2 災害対応力指標（ケース 2）

図-1, 図-2 に本研究で提案して災害対応力指標の主成分負荷量を示す。なお、主成分負荷量がプラスの場合、災害対応力が小さくなり、主成分負荷量がマイナスの場合、災害対応力が大きくなることを示す。例えば、空港敷地面積当たりの滑走路本数が多ければ多いほど、災害時の対応を迫られることを示す。一方、運用時間が長い場合には、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ていることを示す。したがって、マイナスの値が大きいほど空港の災害対応力が大きいことを示す。

4. 空港の災害対応力指標の分析結果

本研究で対象とした 58 空港の災害対応力の大小を図-3, 図-4 に示す。災害対応力は空港によって異なり北海道、北陸地方の空港では災害対応力が大きいことが明らかとなった。一方、空港の利用者数も考慮したケース 2 の指標を用いて空港の災害対応力を評価したところ、災害対応力が低下する空港も存在することが明らかとなった。

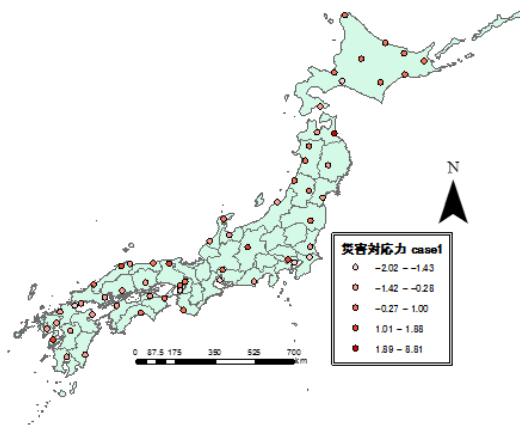


図3 災害対応力（ケース1）

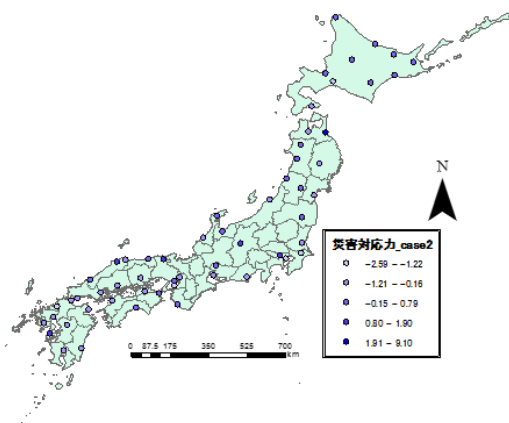


図4 災害対応力（ケース2）

5. 対象空港の評価

本研究では、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。

6. ダイバート先選定基準の提案

ダイバートとは、航空機の運行において何らかの理由で目的地へ着陸できない場合、代替空港に着陸することである。全ての航空機は運行時、管制機関への飛行計画（フライトプラン）の提出が義務付けられており代替空港についても盛り込まれている。本研究では先述した災害対応力指標と CARATS Open Data の航跡データとの組み合わせを行うことにより、空港の災害対応力を考慮した航空機ダイバート先選定基準の提案を行う。

7. CARATS Open Data

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 CARATS Open Data 2015 に更新されている。本データは実運用データを元にした大規模な航跡データである。

CARATS Open Data の概要					
CARATS Open Dataは、実運用データを元にした大規模な航跡データ					
期間	2012年度から2015年度の奇数月の1週間（計24週間）				
含まれる便数	のべ約64万便の航跡データ 14.8万便(2012)、15.7万便(2013)、16.4万便(2014)、17.1万便(2015)				
データソース	レーダーデータ（航空路管制、羽田空港ターミナル管制(2013～)） ADS-Cデータ（洋上管制 2015～） 飛行計画データ				
対象範囲	日本が管轄する福岡FIR（レーダー管制空域・全域）				
対象便	計器飛行方式による定期便（全体の約93%、軍用機、自家用機などは対象外）				
データ形式	約10秒間隔、時系列のCSV形式（洋上便は約1分間隔） （1時間分のデータ → 1便あたり約360行）				
年度	提供開始時期	ARTSデータ	洋上データ	時刻精度	地球の想定
2012	2015年2月	含まれない	含まれない	秒単位	球体
2013,2014	2016年8月	羽田ARTS		1/10秒単位	回転楕円体
2015	2017年10月		含む		

図5 CARATS OpenDataの概要

8. 今後のまとめと課題

本研究では、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。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。

参考文献

- 1) 国土交通省航空局
<http://www.mlit.go.jp/common/001264807.pdf>
- 2) 地震ハザードステーション
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 3) 国土数値情報ダウンロードサービス
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 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
- 5) 国土交通省 HP 航空輸送統計調査
<https://www.mlit.go.jp/k-toukei/koukuuyusoutoukei.html>

Basic analysis on quantitative evaluation of airport disaster response considering vulnerability ~In consideration of the aviation network~

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.