

D-6

鳥種別個体数に着目したバードストライクリスク要因分析

Analysis of Bird Strike Risk Considering the Number of Birds for Species

指導教授 轟 朝幸

4068 只尾 龍渡

1. はじめに

バードストライク（以下、BS）とは、航空機と鳥が衝突する事故を指す。飛行の安全性に関わる重大な問題のひとつであり、航空業界ではBS減少のための取り組みが行われている。例えば、成田国際空港（以下、成田空港）においても各種BS対策に取り組んでおり、更に近年においては試行的にセグウェイ・鷹匠を用いたバードパトロール（以下、BP）などの独自の対策も行われている。その対策効果もあって、近年のBS件数は横ばい傾向にあるが、2008年以前と比較すると依然としてBS件数は多いことから、効果的な対策の実施が求められている（図-1参照）。

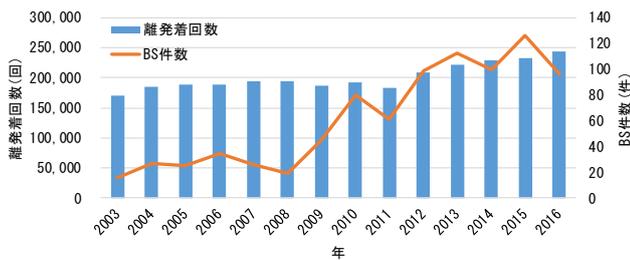


図-1 成田空港のBS件数

2. 既存研究の整理と本研究の目的

効果的な対策を実施するためには、BSリスクが高い条件を把握する必要がある。そこで、松井¹⁾は成田空港におけるBS件数を時間帯や月といった項目別に集計した。その結果、月では7・8月、時間帯では早朝6時から10時、発生箇所ではB滑走路北側、鳥種ではツバメでBSが多く発生していることを明らかにしている。

一方で、BSは飛行機と鳥の交錯によって発生することから、曝露量である離発着回数や鳥個体数の増大に伴い、BSが多く発生するものと考えられる。しかしながら、既存研究ではBS件数のみの集計分析に留まっており、曝露量を考慮した分析については行われていない。また、項目別に独立した集計分析を行っているため、複合的な影響要因に関する分析は行われておらず、影響要因の大小については論じられていない。

そこで、本研究では成田空港をケーススタディとして、BS発生リスクに影響を与えている要因を分析する。更に、2014年から2016年に行われたセグウェイ・鷹匠

によるBPの対策効果の分析についても行い、成田空港における今後のBS対策について示唆を得ることを目的とする。

3. BSリスク要因分析の概要

3.1 分析データ

本研究における分析期間は、2010年1月から2016年12月の7年間とする。分析に用いるデータは表-1に示す通りである。

表-1 分析データ

データ名	データの内容
1. 運航実績データ	成田空港に離着陸した航空機1機毎の詳細
2. BSデータ	BS1件毎の詳細
3. バードチェックデータ	滑走路別に観測された鳥種毎の個体数
4. 気象データ	成田空港における1時間毎の降水量

3.2 BS発生リスク

本研究では、BSの起こりやすさを表す指標としてBS発生リスクを定義し、式(1)により算出する。

$$R_i = \frac{N_i}{L_i} \times 10^6 \quad (1)$$

R_i : 区分*i*におけるBS発生リスク(件/百万回)

N_i : 区分*i*で発生したBS発生件数(件)

L_i : 区分*i*における離発着回数(回)

3.3 ポアソン回帰モデル

BSは約500(件/百万回)と稀に発生する事象であり、統計学的にはポアソン分布に従うと考えられる。したがって、本研究ではポアソン回帰モデルを用いてBS発生リスク推定モデルを構築する。同回帰モデル式は式(2)で表される。また、 λ_i を説明変数 x_i の関数で定義すると式(3)で表される。

$$Pr(Y=y_i|\lambda_i) = \frac{e^{-\lambda_i}(\lambda_i)^{y_i}}{y_i!} \quad (2)$$

$$\lambda_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n) \quad (3)$$

y_i : 区分*i*で発生したBS発生件数(件)

λ_i : 区分*i*におけるBS発生リスクの期待値(件/回)

t_i : 区分*i*における離発着回数(回)

β : 未知パラメータ

x_i : BS発生リスクに影響を与える要因

3.4 説明変数

説明変数はBSデータの基礎集計より、BS発生リス

クに影響を与えると考えられるものを用いる。このうち月と鳥種別個体数の 2 変数については、高い相関性が認められることから、鳥種別個体数のみを考慮する。表 2 にモデルで使用する説明変数とその区分を示す。すべての説明変数はダミー変数としてモデルに投入する。連続量である鳥種別個体数をダミー変数としたのは、個体数の影響が比例関係では無いと考えられるからである。なお、表中の赤字は基礎集計において各説明変数の中で最もリスクが低いと示された区分であることから、コントロール変数とする。

表 2 使用する説明変数

説明変数	区分	説明変数	区分	
時間帯	朝 昼 夕 夜	鳥種別 個体数	スズメ	$0 \leq x < 100$ $100 \leq x < 200$ $200 \leq x$
			ヒバリ	$0 \leq x < 50$ $50 \leq x < 100$ $100 \leq x$
ツバメ	$0 \leq x < 50$ $50 \leq x < 100$ $100 \leq x$			
チョウゲンボウ	$0 \leq x < 5$ $5 \leq x < 10$ $10 \leq x$			
降雨	有 無			
発生箇所	A滑走路 B滑走路			

4. BS リスク要因分析の結果

表 3 にモデル推定結果を示す。変数毎にリスクの高い要因について見ると、ツバメの多い時期(7・8月)、時間帯は朝、降雨無、発生箇所は B 滑走路であることが分かる。また、すべての要因の中で最も危険であるのは朝であることが分かる。この理由として、鳥の活動時間帯の影響が考えられる。即ち、鳥が活発に活動する時間帯は朝であることが関係しているものと推察される。

また、鳥種別個体数の影響度を概観すると、ヒバリ、ツバメ、チョウゲンボウの個体数の増大によって BS リスクは高くなる事が分かる。特にツバメについては、その他の鳥に比べパラメータの係数値は高い値を示しており、BS を起こしやすい鳥であると示唆される。ツバメが BS を起こしやすい理由として、飛行しながら捕食を行うため、航空機への注意が薄くなるといったことが考えられる。

表 3 モデル推定結果

説明変数	係数	説明変数	係数	
定数項	-13.052 ***			
時間帯	朝	鳥種別 個体数	スズメ	$100 \leq x < 200$ $200 \leq x$
	夕		ヒバリ	$50 \leq x < 100$ $100 \leq x$
夜	ツバメ		$50 \leq x < 100$ $100 \leq x$	
無	チョウゲンボウ		$5 \leq x < 10$ $10 \leq x$	
降雨	無			
発生箇所	B滑走路			
AIC	363.12			
有意水準	***: 0.1% ** : 5% * : 10%			

5. BS 対策の効果分析

成田空港では、2014 年から 2016 年の 3 年間に渡ってセグウェイ・鷹匠を用いた BP が実施されており、これらの対策効果を統計的に分析する。具体的には、対策を行った年(2014 年から 2016 年)と対策を行っていない年(2013 年, 2017 年)に分けて、鳥個体数の比較分析を行う。比較分析は t 検定による平均値の差の検定を用いる。検定を行うにあたり、鳥個体数の年変動の影響を考慮するため、各年の対策実施前の個体数を用いて補正を行う。ここでは、2013 年の個体数の合計を 1 とし、各年の変動の比率を補正係数として用いる。

t 検定による分析結果を表 4 に示す。まず、セグウェイによる BP では鳥の個体数に有意差は認められなかった。一方、鷹匠による BP では、鳥全体、スズメ、ヒバリの個体数に有意差が確認された。したがって、鷹匠による BP は鳥個体数を減少させるのに一定の効果があるものと推察される。

表 4 鳥種別個体数の比較 (t 検定)

	合計	カラス	スズメ	ヒバリ	ツバメ
セグウェイ	-	-	-	-	-
鷹匠	**	-	***	**	-
有意水準	***: 1%	** : 5%	* : 10%		

6. おわりに

本研究では、BS リスクに影響を与える要因を把握するとともに、セグウェイ・鷹匠による BP の対策効果を明らかにした。その結果、BS リスク要因分析より、ヒバリ、ツバメ、チョウゲンボウが増えることによって BS リスクが高まる事がわかった。その中でも、ツバメは特にリスクの高い要因であると示唆された。また、BS 対策の効果分析により、鷹匠による BP が鳥全体、スズメ、ヒバリに有効であることがわかった。鷹匠による BP は BS リスクが高まるヒバリに対して有効であることから、BS 対策として有効であると考えられる。

今後の課題として、BS リスク要因分析において、鳥種別個体数の時間帯による推移を考慮した分析を行うことが挙げられる。

謝辞

本研究に用いるデータをご提供下さった成田国際空港株式会社様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 松井義明：成田国際空港におけるバードストライクの発生状況に関する基礎分析，平成 25 年度日本大学理工学部社会交通工学科卒業論文概要集，2014.