

航空事故リスク信頼区間の推定に関する研究

兵頭 知¹・轟 朝幸²・川島 拓也³

¹ 正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科 (〒274 - 8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: hyoudou.satoshi@nihon-u.ac.jp

² 正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (〒274 - 8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: todoroki.tomoyuki@nihon-u.ac.jp

³ 非会員 元日本大学 理工学部交通システム工学科 (〒274 - 8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

現行の航空安全性の評価を概観すると、その評価法は事故発生件数などの平均値の相対比較に留まっている。しかしながら、航空事故は発生確率が低い稀有な事象であることから、その発生件数は確率的に変動しうる。したがって、より科学的判断基準に基づいた評価を目指す上で、確率的変動を考慮した評価法を構築することは重要である。そこで、本研究では、より適切な安全評価基準の一助となることを目的に、国の安全指標別の航空事故および重大インシデントの傾向を分析するとともに、ポアソン分布に基づく事故発生の偶然変動を考慮した航空事故リスク信頼区間の推定を行った。その結果、信頼区間を設定することで、事故発生の偶然変動による見せかけ上の高い危険率に基づく判断の誤りを防止し得る危険度の評価が可能となることなどが示唆された。

Key Words: *accident risk, aviation safety, confidence intervals*

1. はじめに

我が国の航空機事故の発生件数は、長期的には減少傾向にある。しかしながら、航空交通の情勢を見ると、現在首都圏を中心に航空機の交通集中による混雑や遅延等が深刻化しており、インバウンドなどの影響から今後更に航空交通量が増大していくことが予測される。このため、より一層安全な航空交通システムを確立することは重要である。

このような状況下において、我が国では国土交通省航空局によって、航空交通の安全性向上を目的として平成 26 年度から「航空安全プログラム」が導入されている。同プログラムの中では、航空事故発生率などいくつかの安全指標が定められ、各指標に対して過去 5 年間の実績発生率の平均値に基づいた安全性評価が行われている。

一方、海外動向について目を向けてみると、国際民間航空機関 (ICAO) の安全管理マニュアル²⁾では、航空安全の評価法について、過去 12 ヶ月間の実績の事故発生率から算出された平均値に基づいた安全目標値が示されている。さらに、安全目標値に加えて、その標準偏差に基づき 3 段階の統計的な信頼限界による警報レベルが設定されている。また、シンガポールや UAE においても、同様の方法にて警報レベルが設定されている。これらの

設定方法については、航空事故の発生が正規分布に従うものと仮定していると解釈できる。しかしながら、航空事故は発生確率が低く、極めて稀な事象であるため、同事象はポアソン分布に対して適合度が高いものと考えられる。このため、ポアソン分布に基づく評価を行うことで、より科学的根拠をもって基準を設定することが可能ではないかと考えられる。

そこで、本研究では安全評価基準の一助となることを目的として、国の安全指標別の航空事故および重大インシデント発生に関する傾向を分析するとともに、ポアソン分布に基づく事故発生の偶然変動を考慮した航空事故リスク信頼区間の推定を行う。

2. 既往研究および本研究の位置づけ

航空事故に関わる研究を整理すると、同研究について言及した既存研究はあまり見られないものの、長岡³⁾は、安全性をリスクに基づき管理する品質管理の手法であると述べている。また、Milan⁴⁾は、民間航空におけるリスク評価方法の具体的な提案を試みている。その結果、実際の事故データを用いた確率論的評価方法として、航空事故の発生時間間隔は指数分布に従うことなどを指摘し

ている。すなわち、事象の起こる時間間隔が指数分布に従うポアソン過程であると考えられる。

一方で、道路交通分野における事故の危険度評価の方法として、斉藤^{5,6)}や Stokes and Mutabazi⁷⁾は統計品質管理の概念を応用した事故率管理法を検討している。同手法では、ポアソン分布を正規分布で近似することで得られる信頼限界式を用いて、事故率の信頼区間を設定し、危険度評価を行うものである。しかしながら、筆者の知る限り、航空事故リスクの定量的な評価に関連する研究事例については見当たらない。

そこで、本研究では、国の航空事故および重大インシデントの実績発生率を対象に、科学的根拠をもつ警報レベル基準を設定などのリスクマネジメントに資することを目的として、航空事故リスク信頼区間の推定を行うものである。

3. 航空事故リスク信頼区間の推定方法

(1) 航空事故リスク

本研究では、国の安全指標における航空事故または重大インシデントの発生率を航空事故リスクと捉える。ここで、航空事故リスクとは、式(1)に示す単位時間あるいは回数あたりの航空事故または重大インシデントの発生件数を示す。

$$S_i = \frac{k_i}{m_i} \times 10^6 \quad (1)$$

ここで、

i : 国の安全指標番号 ($i=1, 2, \dots, 17$)

表-1 中の各指標①～⑰を、1～17でそれぞれ表記

S_i : 航空事故リスク (件/10⁶)

m_i : 運航時間 (時間) または運航回数 (回)

※指標⑬, ⑭は管制取扱機数 (機), 指標⑮～⑰は着陸回数 (回)

k_i : 航空事故または重大インシデント件数 (件) である。

(2) 事故リスク信頼区間の推定方法

偶然変動を考慮した航空事故リスクの信頼区間の推定を目的として、事故率管理法を援用した手法を提案する。まず、航空事故発生率の偶然変動の限界を定量的に設定するため、ポアソン分布の信頼限界を考慮する。具体的には、信頼限界の上限は、式(2)で表される⁹⁾。なお、同式は、発生率が連続値をとることから、半整数補正により離散型分布であるポアソン分布を正規分布にて近似している。

$$U = P_i + w \sqrt{\frac{P_i}{m} + \frac{1}{2m}} \quad (2)$$

ここで、

w : 有意水準 α に対応する標準正規分布の値

i : 式(1)と同じ

P_i : 既存研究と同様に平均発生率

m : 暴露量に該当し、ここでは式(1)に示した運航時間または運航回数等とする。

(3) ポアソン回帰モデル

本研究では、航空事故はランダムに発生すると仮定し、一定期間内の事故発生件数の確率は長期的な航空事故発生件数の平均値から確率現象として算定し得るものと考ええる。そこで、ポアソン回帰モデルを用いて安全指標ごとの航空事故および重大インシデント件数の平均発生確率を推定する。ポアソン回帰モデル式を式(3)に示す。分布を規定するパラメータ P_i を説明変数の関数で定義すると、 P_i は定数項のみの式(4)のように表される。

$$P(k|\lambda_i) = \frac{\lambda_i^k}{k!} e^{-\lambda_i}, \quad \lambda_i = mP_i \quad (3)$$

$$P_i = \exp(\beta_i) \quad (4)$$

ここで、

P : 事故が k 件発生する確率, k : 発生件数 (件),

λ_i : 安全指標 i の事故件数期待値 (件/年), P_i : 安全指標 i の平均発生率 (件/10⁶), β : 未知パラメータ

である。

(4) 使用データ

a) 安全指標データ

表-1 に平成 29 年度航空安全プログラム実施計画で示された「その他安全目標」の各指標値の概要 (以下、指標データと表記) を示す。なお、指標⑦および⑧においては、データ期間中の平成 26 年 10 月に「吊り下げ落下物事案」が重大インシデントとして新たに追加されることとなった状況を鑑み、国の既存指標に加えて、落下物事案を除いた場合の指標を⑦´, ⑧´として新たに定義する。分析対象指標のデータ期間については、表-2 に示す。また、対象期間中に発生した航空事故および重大インシデントの件数を表-3 に示す。

b) 事故統計データ

航空事故の発生については、その 1 件 1 件が発生した背景や要因は事案ごとに異なるものと考えられる。そこで、本研究では指標データの事故 1 件 1 件の内容を特定化するために、国の運輸安全委員会が公表する「航空事故の統計」等の事故報告書データも併せて分析に使用する。

表-1 分析対象の国の安全指標（その他安全目標）⁸⁾

業務提供者の区分	安全指標の種類	業務提供者の区分	安全指標の種類
航空運送分野 (1) 定期便を運航する本邦航空運送事業者 (2) 航空運送事業及び航空機使用事業者 (3) 国、地方公共団体、個人	① 航空事故発生率(時間)	交通管理分野	交通管理分野に関連する又は関連するおそれのある、管制取扱機数あたりの
	②-1 " (回数)		⑬ 航空事故発生率
	②-2 " (回数)		⑭ 重大インシデント発生率
	③ 重大インシデント発生率(時間)		⑮ 航空事故発生率
	④ " (回数)	空港管理分野	⑯ 重大インシデント発生率
	⑤ 航空事故発生率(時間)		⑰ 制限区域内において、地上での作業又は地上の施設若しくは物件に起因する人の死傷、又は航空機が損傷した事態の発生率(着陸回数あたり)
	⑥ " (回数)		
	⑦ 重大インシデント発生率(時間)		
	⑧ " (回数)		
	⑨ 航空事故発生率(時間)		
	⑩ " (回数)		
	⑪ 重大インシデント発生率(時間)		
⑫ " (回数)			

※「(時間)」は100万運航時間あたりを、「(回数)」は100万運航回数あたりを示す。
管制取扱機数は100万管制取扱機数を、着陸回数は100万着陸回数を示す。

表-2 分析対象指標のデータ期間とサンプル数

指標番号	データ期間	サンプル数	
		年データ	月データ
①～④	平成14年1月～平成28年12月	15	180
⑤～⑫	平成21年1月～平成28年12月	8	96
⑬、⑭	平成22年～平成26年／平成27年1月～平成28年12月	7	24
⑮、⑯	平成23年～平成27年／平成28年1月～平成28年12月	6	12
⑰	平成26年、平成27年／平成28年1月～平成28年12月	3	12

表-3 対象指標の航空事故および重大インシデント件数

指標	航空事故/重大インシデント件数(件)
①	
②-1	37
②-2	33
③	
④	73
⑤	
⑥	18
⑦	
⑧	18
⑦、⑧	10
⑨	
⑩	49
⑪	
⑫	13
⑬	1
⑭	16
⑮	0
⑯	0
⑰	24

表-4 χ^2 検定結果のまとめ

指標	定期便を運航する本邦航空運送事業者						
	航空事故 ①、②-1	航空事故 ②-2	重大インシデント ③、④	航空運送事業許可及び/または航空機使用事業許可を受けている事業者	航空事故 ⑤、⑥	重大インシデント ⑦、⑧	重大インシデント ⑦、⑧
月データ	×	○	×	○	×	○	○
年データ	○	○	○	○	○	○	○
指標	国、地方公共団体、個人			空港管理業務等提供者			
月データ	×	○	×	○	○	○	○
年データ	○	○	○	○	○	○	○
指標	航空保安業務等提供者			その他事故 ⑰			
月データ	×	○	○	○	○	○	○
年データ	○	○	○	○	○	○	○

※○:適合, ×:不適合(5%有意水準)

4. 分析結果

(1) 理論分布に対する適合度検定

実績の航空事故および重大インシデント件数のデータ

の確率分布への適合性を検討する。ここでは、正規分布およびポアソン分布に対する適合度を χ^2 検定を用いて行った。検定の有意水準は5%に設定する。検定結果を表-4に示す。結果に示すように、平均値が比較的大きな値となる年データを用了た場合では、正規分布、ポアソン分布に対し、適合度は同程度であるものと判断できる。一方で、平均値が比較的小きな値となる月データの場合においては、正規分布と比較してポアソン分布の適合度が高いものと判断できる。なお、指標⑦・⑧および⑦・⑧の月データにおいて、ポアソン分布と適合していないことが示されたが、算出されたそれぞれの χ^2 値は6.625, 6.041であり、有意水準5%に対応する χ^2 値(=5.991)を上回ってはいるものの、その値を大きく逸脱しているわけではないことを確認している。

結論として、年データはすべての指標の発生件数の分布に対してポアソン分布の適合性が認められる結果を示し、月データについても指標による多少のバラつきが存在するものの、概ねポアソン分布に従うものと判断できる。

(2) 航空事故の傾向分析

a) 分析概要

事故統計データを用いて、1件1件の内容を特定化した上で事故発生に関する要因や特徴等を各指標ごとに整理し、事故の傾向やその実態分析を行った。まず、航空運送分野を対象として、指標データと事故統計データとの照合を行い、航空事故および重大インシデントの1件1件の事故内容を特定化することを試みた。具体的には、月単位の指標データから、運航者の区分と発生件数に着目し、各月における指標データの発生件数と事故統計データの発生件数とが対応するように照合を行った。

データの対象期間については、航空運送分野のすべての指標のデータが存在する平成21年1月1日～平成28年12月31日であり、指標区分を考慮するため事故統計データを運航者3者別に分類し集計した。国等については、すべての航空事故の内容が特定することができた。それ以外の運航者についても、指標データの件数のうち少なくとも8割は特定できていることから、特定データを用いて、各運航者の航空事故および重大インシデントそれぞれの概ねの傾向は把握できるものと判断できる。

b) 運航者別の事故傾向

安全指標別の事故およびインシデント発生リスクを図-1に示す。ここで、発生リスクは、それぞれの指標について、表-2のデータ期間中の合計発生件数と合計暴露量から式(1)より算出した。

同図に示すように、発生リスクの大小関係は、定期便を運航する本邦航空運送事業者<航空運送事業および航空機使用事業者<国等の順となっている。また、重大イ

ンシデントについても、航空事故ほどの顕著な差は見られないものの、定期便を運航する本邦航空運送事業者に比べそれ以外の運航主体において高いリスク値を示している。したがって、運航の主体別にリスクは大きく異なることが分かる。とりわけ、国、地方公共団体、個人のリスクが高いことが分かる。

また、運航者に着目した場合の航空事故の類型別発生割合を図-2 に示す。事故類型の内訳を見ると、定期便を運航する本邦航空運送事業者では、乗員・乗客の負傷が半数程度占めており、6 件発生している乗員・乗客の負傷のうち、5 件が乱気流に起因するものであることが分かった。一方、それ以外の運航者では、衝突や墜落といった乗員・乗客の生命に関わる重大な事故が発生していることが分かる。特に国等では、事故種類の種類も多岐に渡るが、墜落・衝突の割合が 3 割以上を占めている。

国等の航空事故をより詳しく調べるため、同事故の運航主体別割合を図-3 に示す。同図に示すように、49 件中の 34 件が個人による事故で、約 7 割を個人による事故が占めている。さらに、国等の事故の内訳を機体別にみると、6 割以上の事故が小型機、3 割がヘリコプターによる事故であることが分かる。一般に小型機やヘリコプターの多くは、有視界飛行方式 (VRF) であることから操縦者の技量や気象条件の変化などによるところが多く、ヒューマンエラーのリスクが計器飛行方式 (IFR) よりも高いものと推測される。

したがって、航空機のサイズ、飛行方式や運航の主体などによって、その事故のリスクは大きく異なるものと考えられ、これらの違いを加味したより細分化した指標を検討する必要があることが示唆される。

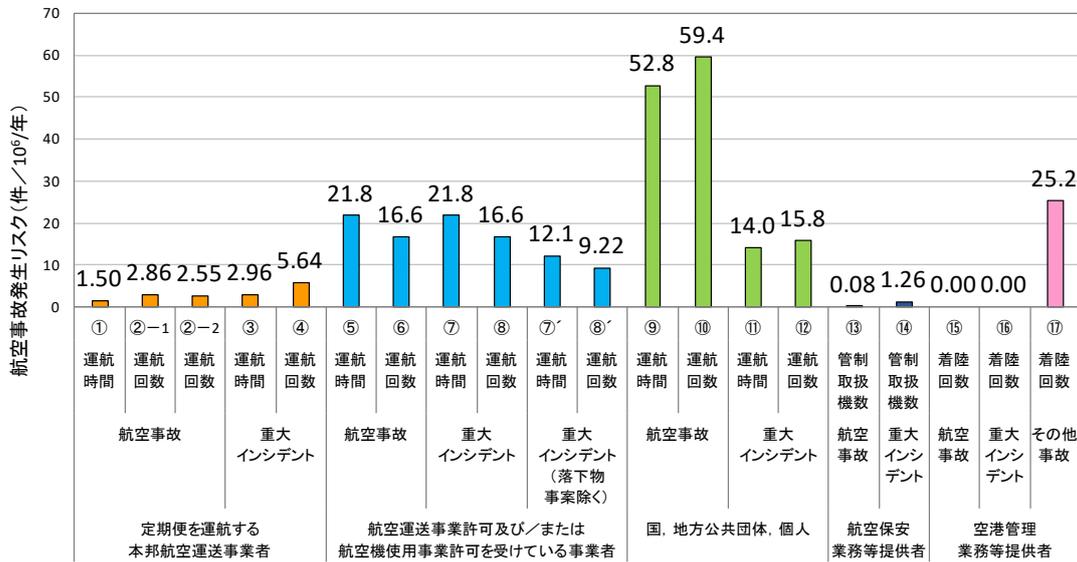


図-1 指標間での航空事故発生リスクの比較

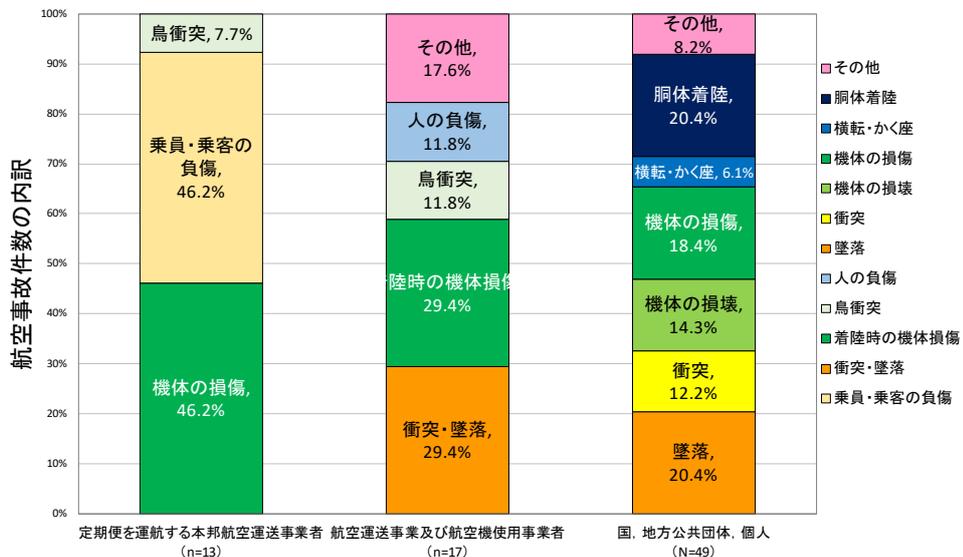


図-2 航空事故の事故類型別発生件数とその内訳

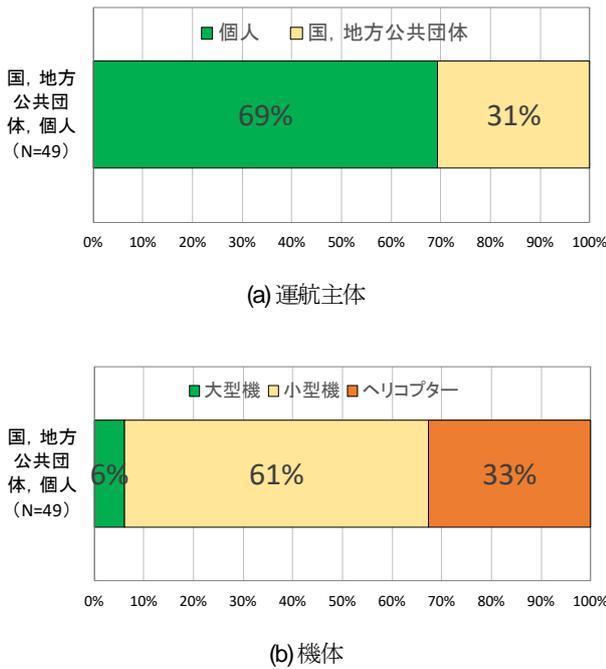


図-3 国等における航空事故発生件数の内訳

表-5 パラメータのモデル分析結果

定数項	推定値		p値		AIC		サンプル数	
	月	年	月	年	月	年	月	年
β_1	0.404	左に同じ	0.014	*	198.5	61.9		
β_{2-1}	1.050	"	1.68×10^{-10}	***	198.2	61.6		
β_{2-2}	0.937	"	7.47×10^{-9}	***	184.7	58.8	180	15
β_3	1.084	"	$<2 \times 10^{-16}$	***	305.8	70.4		
β_4	1.730	"	$<2 \times 10^{-16}$	***	305.8	69.9		
β_5	3.081	"	$<2 \times 10^{-16}$	***	99.0	30.4		
β_6	2.809	"	$<2 \times 10^{-16}$	***	99.8	31.2		
β_7	3.081	"	$<2 \times 10^{-16}$	***	99.6	30.1		
$\beta_{7'}$	2.493	"	3.19×10^{-15}	***	68.2	28.5	96	8
β_8	2.809	"	$<2 \times 10^{-16}$	***	101.2	30.1		
$\beta_{8'}$	2.221	"	2.17×10^{-12}	***	70.2	29.9		
β_9	3.966	"	$<2 \times 10^{-16}$	***	188.4	36.0		
β_{10}	4.085	"	$<2 \times 10^{-16}$	***	187.1	35.9		
β_{11}	2.639	"	$<2 \times 10^{-16}$	***	81.2	25.8	96	8
β_{12}	2.758	"	$<2 \times 10^{-16}$	***	80.7	25.8		
β_{13}	-1.381	-2.541	0.167	0.011 *	10.4	7.8	24	7
β_{14}	0.006	0.232	0.991	0.354	24.4	22.9		
β_{15}	-23.05	-24.48	1.000	1.000	2.0	2.0	6	6
β_{16}	-23.05	-24.48	1.000	1.000	2.0	2.0	12	6
β_{17}	2.945	3.227	$<2 \times 10^{-16}$	***	41.0	21.0	3	3

***:0.1%有意, **:1%有意, *:5%有意

表-6 Pおよびλの算出結果

指標	β		P		λ	
	月	年	月	年	月	年
①	0.404		1.50×10^{-6}		1.498	
②-1	1.050		2.86×10^{-6}		2.858	
②-2	0.937		2.55×10^{-6}		2.551	
③	1.084		2.96×10^{-6}		2.956	
④	1.730		5.64×10^{-6}		5.641	
⑤	3.081		2.18×10^{-5}		21.77	
⑥	2.809		1.66×10^{-5}		16.59	
⑦	3.081		2.18×10^{-5}		21.77	
⑦'	2.493		1.21×10^{-5}		12.10	
⑧	2.809		1.66×10^{-5}		16.59	
⑧'	2.221		9.22×10^{-6}		9.216	
⑨	3.966		5.28×10^{-5}		52.75	
⑩	4.085		5.94×10^{-5}		59.44	
⑪	2.639		1.40×10^{-5}		14.00	
⑫	2.758		1.58×10^{-5}		15.77	
⑬	-1.381	-2.541	2.51×10^{-7}	7.88×10^{-8}	0.251	0.079
⑭	0.006	0.232	1.01×10^{-6}	1.26×10^{-6}	1.006	1.261
⑮	-23.05	-24.48	9.76×10^{-17}	2.34×10^{-17}	9.76×10^{-11}	2.34×10^{-11}
⑯	-23.05	-24.48	9.76×10^{-17}	2.34×10^{-17}	9.76×10^{-11}	2.34×10^{-11}
⑰	2.945	3.227	1.90×10^{-5}	2.52×10^{-5}	19.01	25.20

5. 航空事故リスク信頼区間の推定結果

(1) パラメータの推定結果

ポアソン回帰モデルを用いて、指標ごとのβを推定した結果を表-5に示す。次に、表-5のβの推定結果を用いて、Pおよびλの算出結果を表-6に示す。指標①～⑫については、月と年でデータ期間が同一であるため、月と年の推定値の値も同一となった。一方で、指標⑬～⑰については、月と年でデータ期間が異なるため、その推定値に若干の違いが見られた。指標①～⑫においては、指標①を除き、有意水準0.1%の下で有意な結果となった。一方、指標⑬～⑰に関しては、⑬の年データと⑰を除き、月および年データともに有意とは言えない結果となった。これは、サンプル数が少なくデータ期間中の実績件数のほとんどが0(件)で占められていたことに起因していると推察される。

(2) 航空事故リスク信頼区間の推定結果

表-6の結果を用いて、各指標のリスク信頼区間を推定した結果を示す。ここでは、定期便を運航する本邦航空運送事業者に関する運航回数あたりの航空事故発生率(指標②-1)の $P_{2-1}=2.86$ (件/100万回)を用いて、同指標の信頼区間を推定した結果を図-4に例示する。

まず、図中の実績値の分布について見ると、年・月データのの違いに関わらず、暴露量の小さい区間ほど変動範囲が大きく、広く分布していることが確認できる。

図-4(a)の月データについては、例えば有意水準 $\alpha=1\%$ において、月別実績発生率の全180個のデータのうち、178個は信頼区間内であった。同区間を逸脱した月を危険月とみなし、当該月の発生状況を調べたところ、その他の月の件数が最大でも1件(月別平均発生件数は0.21件)であるのに対し、当該月である平成15年10月と平成16年6月ではそれぞれ2件の事故が発生していた。このため、月2件以上発生した場合、 $\alpha=1\%$ の信頼区間を超え、危険な月と判断されることを示した。次に、図-4(b)の年データに適用した結果を見てみると、 $\alpha=5\%$ の信頼区間を逸脱している年を危険年とみなした場合、該当する年は平成16年であり、その他の年の件数が最大でも4件(年別平均発生件数は2.47件)であるのに対して、6件発生していることが分かった。すなわち、年間5件以上事案が発生した場合に、 $\alpha=5\%$ の信頼区間を超え、危険な年と判断されることを示した。なお、同年の6月は月データにおいても、抽出されている。

そして、図-4(c)は、図-4(b)のグラフを時系列に並び替えて、信頼区間と従来のわが国における安全目標値との関係性を示したものである。結果に示すように、従来の目標値を参照する場合、平成26年においては安全目標値を達成せず、未達成と判断されてしまうことが分かる。

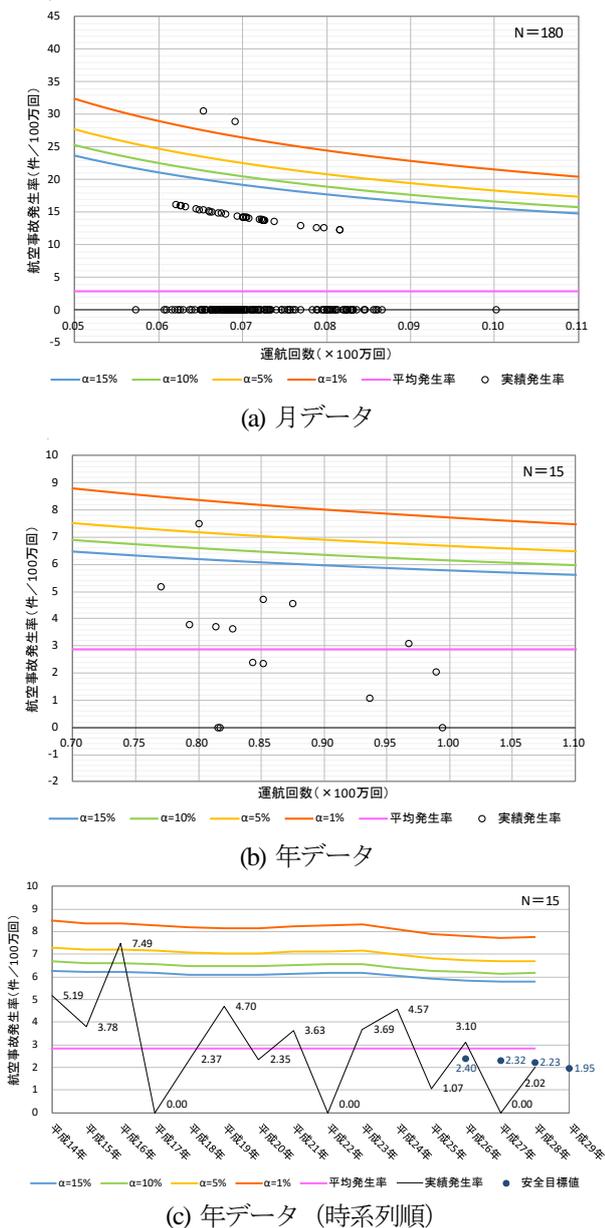


図4 指標②-1における信頼区間推定結果

一方、本提案手法の信頼区間においては、いずれの年も逸脱していないことが分かる。したがって、従来の評価手法では未達成と判断された実績値について、統計学的な基準に基づく評価を行った場合、信頼限界内の変動であり当該リスクは特に異常とは認められず、航空事故リスクに影響する要因は変化していないものと結論付けても支障はないものと考えられる。

6. おわりに

本研究では、国の安全指標別の実績の航空事故および重大インシデント発生率を対象として、事故率管理法を適用することにより、ポアソン分布に基づくリスク信頼区間の推定を行った。

その結果、ポアソン分布に対しての適合性は、指標に

よるバラつきが多少存在するものの、年別では全ての指標、月別では8割以上の指標において適合性が認められる結果を示した。

さらに、推定された信頼区間を設定することで、所与の有意水準において、発生件数が何件までであれば許容されるかを指標別、月・年別に明らかにした。また、実績値との関係についてみると、暴露の小さい区間に対する変動の許容範囲がより広くなるように設定されることが分かり、事故発生の偶然変動による判断の誤りを防止し得る評価方法となることが示唆された。以上により、従来の平均値に基づく相対的な比較評価に対して、安全目標値の設定や評価を行う一つの参考材料になるものと考えられる。

また、国の安全指標別の航空事故および重大インシデント発生に関する傾向分析についても行った。運航者の区分に着目して事故傾向を分析した結果、「国、地方公共団体、個人」については、航空事故および重大インシデントともに、個人の発生件数が突出していることが明らかとなった。さらに、たとえ同一の指標内であっても、事故類型が多岐に渡る場合があることが明らかとなった。したがって、飛行方式や運航の主体などによって、その事故発生のリスクは異なるものと考えられ、これらの違いを加味したより細分化した指標を検討する必要性が示唆された。

今後は、各種の事故が共通して内包する発生要因や被害の重大度要因を明らかとするため、個々の事故データから抽出するマクロな要因分析を実施する予定である。

謝辞：本研究を進めるにあたり、国土交通省航空局安全部安全企画課の方々には、安全指標データの提供や検討に関する助言を頂戴するなど、多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省航空局：航空安全プログラム，<http://www.mlit.go.jp/common/001180721.pdf>.
- 2) ICAO：Doc 9859 AN/474 Safety Management Manual (SMM)，Third Edition，pp. 5-App 6-1 - 5-App 6-9，2013.
- 3) 長岡栄：航空輸送の安全向上の方法について—安全規格から安全管理への変遷—，電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review，Vol.11，No.2，pp.100-107，2017.
- 4) Janic，M.：An assessment of risk and safety in civil aviation，Journal of Air Transport Management，Vol.6，No.1，pp.43-50，2000.
- 5) 斉藤和夫：事故危険度評価方法に関する調査研究の概観（Ⅱ），交通工学，Vol.15，No.7，pp.37-48，1980.

- 6) SAITO Kazuo : Towards a Statistical Approach of Identifying Hazardous Highway Locations, Memoirs of the Muroran Institute of Technology. Science and engineering, Vol.6, No.1, pp.155-167, 1976. Vol.1542, pp.44-48, Transportation Research Board. National Research Council. Washington, D.C, 1996.
- 7) Stokes, R.W. and M.I. Mutabazi : Rate Quality Control Method of Identifying Hazardous Road Locations, (2018.?.?受付)
- 8) 国土交通省航空局 : 平成 26 年度の国の安全目標値について, <http://www.mlit.go.jp/common/001047452.pdf>.

ESTIMATION CONFIDENCE INTERVALS OF CIVIL AVIATION
ACCIDENT RISK

Satoshi HYODO, Tomoyuki TODOROKI and Takuya KWASHIMA