

# 九州地方及び一部の四国地方における着氷気象状態が 小型双発機の運航に与える影響の度合について

川上 勝二

Effects of icing condition on flight performance of  
multi-engine aircraft in kyushu area

By

Masaji KAWAKAMI

## 1. まえがき

小型双発機の計器飛行訓練等に最も影響を与える気象現象には「着氷及び乱気流」がある。

宮崎本校では小型双発機を1機保有している。独立行政法人航空大学校運航規程<sup>(1)</sup>では「着氷及び乱気流」について「並の着氷が予想され、その空域を速やかに通過するか回避できないと予想される場合又は強度の着氷が予想され回避できないと予想されるときはその空域の飛行計画を行ってはならない。飛行中、並以上の着氷状態に遭遇したときはできるだけ速やかに着氷気象状態から脱出するよう努めること。」「強い乱気流が予想されこれを回避できないと予想される場合は、当該空域の飛行計画を行ってはならない。」と定めている。

一般的に「着氷及び乱気流」のうち、着氷の影響が九州地域よりは北日本地域の方が影響が大きいと思われる。しかし飛行の状況や飛行の時期によっては九州地域にも大きく影響しているのではないだろうかとの疑問を感じたので九州全域及び一部の四国空域を研究の対象として着氷が計器飛行訓練等どのように影響しているかを研究してみた。

なお、乱気流については、対象空域において影響がなかったため今回の研究対象から外すこととした。

## 2. 解析にあたっての前提条件

2-1 小型双発機の対象機としてビーチクラフト式B58型機<sup>(3)</sup>（以下「B58型機」という。）を選定した。

宮崎本校ではビーチクラフト式95-B E 55型機<sup>(2)</sup>（以下「95-B E 55型機」という。）を1機保有しているが型式的にも古い機体である。

B58型機は、現在、世界で多数機が運航され訓練機の主流となっている。95-B E 55型機との防水装置を比較してみると、95-B E 55型機は風防及びプロペラに付着した氷を除去するためにアルコールが搭載されているが搭載量が少ないため使用時間の制限がある。B58型機は<sup>(3)</sup>「風防及びプロペラ」に熱線が組み込まれており付着した氷の除去についてはいつでも可能であり使用時間の制限がない。このことからB58型機を研究の対象機とした。ただし、当該機においても並以上の着氷空域を飛行すると防水装置を施していない場所に着氷が起これば飛行困難な状態になる。

研究の最大飛行高度を13,000ftとした。それは、飛行規程の「運用様式限定等判定表」<sup>(2), (3)</sup>に高々度飛行を行う場合で、与圧装置を有しない航空機（B58型機は与圧装置を有していない。）については酸

素供給装置を装備することが規定されている。予圧装置を装備していない当該機にあつては通常、巡航高度は10,000ft以下であり、酸素装置を搭載しているB58型機でも訓練等のため運航中に長時間酸素装置を使用することは避けたい。着氷の影響から避けるため一時的に酸素装置を使用して高度を上げるにとどめ、そして速やかに着氷空域から離脱するような飛行をすることとなる。従つて、短時間の酸素装置を使用したの運航が可能な高度として最大飛行高度を13,000ftとした。

## 2-2 解析資料を「FBJP」とした理由

天気状況、とりわけ高層の天気状況を知るには高層天気図、エマグラム、国内悪天予想図(FBJP)(以下「FBJP」という。)から知ることができる。

なかでもFBJPは悪天の種類、強度及び発現高度が予想図に表示され、さらに悪天の種類の中には、着氷、乱気流について強度に応じ区分表示されている。また、訓練等の目的から飛行の範囲が九州から一部の四国地方までに及ぶことが考えられることからFBJPはそれらの範囲の情報が解析表示されており的確に把握することができる。従つて、FBJPが着氷、乱気流等を知る上で最も適した資料である。

## 2-3 FBJPの解析について

国内悪天予想図(FBJP)—— Forecast Badweather JaPanの略称である。FBJPは東京航空地方气象台(羽田)によつて一日4回発行されている。対象は地上から200hpaまでの全層である。

FBJPによる予想範囲については、図1「空域悪天情報の担当空域」の点線で囲まれた範囲内で予想の記号と内容は、図2「FBJPの一例」のとおりである。有効時刻を表すVALID TIMEと

発行日時を表すBASED TIMEが協定世界時(UTC)で表示されている。

- (1) 解析は、訓練時間帯が昼間であるため有効時刻0000UTC(0900JST)及び0600UTC(1500JST)の2回とした。
- (2) 解析範囲を九州全域及び四国地方の松山空港及び高知空港とした。(自衛隊飛行場及び計器進入が出来ない空港については対象外とした。)
- (3) 「並の着氷以上」が存在する空港を飛行不可能とした。
- (4) 通常経路及び予備経路として飛行する経路上に並の着氷空域が存在した場合、目的地空港に飛行することが出来ないため目的地空港を飛行不可能とした。
- (5) 宮崎空港に並の着氷空域が存在した場合については、離陸、着陸が出来ないため他の全ての空港を飛行不可能とした。

## 3. 着氷の定義<sup>6)</sup>

米国気象庁予報部が作成した着氷の定義は以下のように分類されている。

強度	着氷の内容
微氷 (TRACE)	着氷がわずかに認められ氷の堆積の速さが昇華の速さより僅かに大きい。一時間以上にわたつて飛行しなければ防除氷装備を使用しなくても飛行に危険はない。
軽い着氷 (LIGHT)	一時間以上にわたつて飛行すればある種の支障を生ずるおそれがある。ただし、時々、防除氷装備を使用すれば堆積した氷の除去が可能である。防除氷装備を使用すれば何らの支障も生じない。
並の着氷 (MODERATE)	この状態では短い時間飛行するだけですぐに危険な状態となりえる着氷の堆積があり防除氷装備の使用若しくはその空域から離脱する必要がある。
強い着氷 (SEVERE)	着氷の度合いが防除氷装備の使用によつても着氷の除去が不可能な状態でありその空域から直ちに離脱する必要がある。

#### 4. 解析方法

- (1) 2年分の資料から有効時刻0900 J S T及び1500 J S Tを選び表題の空域の範囲について並の着氷以上について解析した。
- (2) 並の着氷以上の存在について最大飛行高度13,000ftでの飛行に影響する空港について各空港毎に統計をとった。
- (3) 飛行経路については一般的に多用される経路を主体として検討したが予備経路についても検討した。

- (4) 4文字地点略号による各空港名

- R J F F (福岡空港)    R J F O (大分空港)  
 R J F R (北九州空港) R J F M (宮崎空港)  
 R J F E (福江空港)    R J F G (種子島空港)  
 R J F U (長崎空港)    R J F C (屋久島空港)  
 R J F S (佐賀空港)    R J O K (高知空港)  
 R J F T (熊本空港)    R J O M (松山空港)  
 R J F K (鹿児島空港)

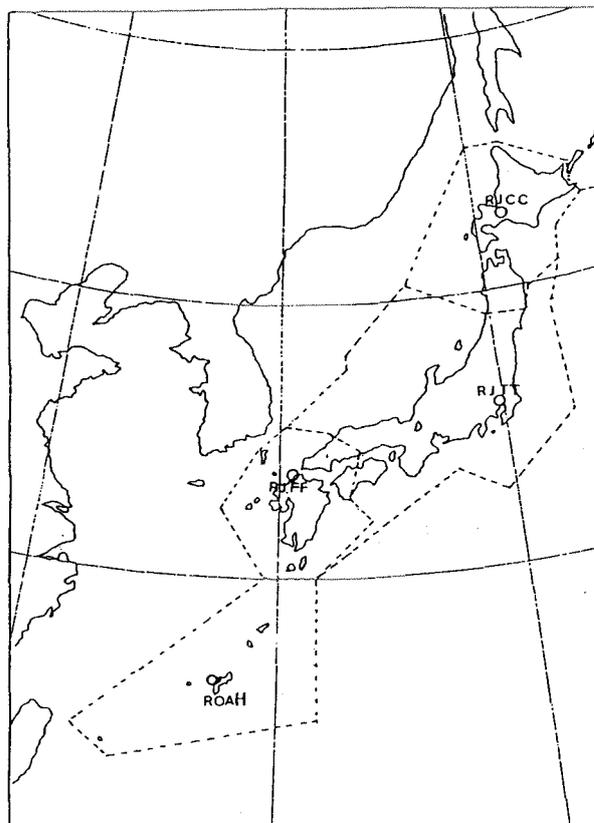


図1 空域悪天情報の担当空域

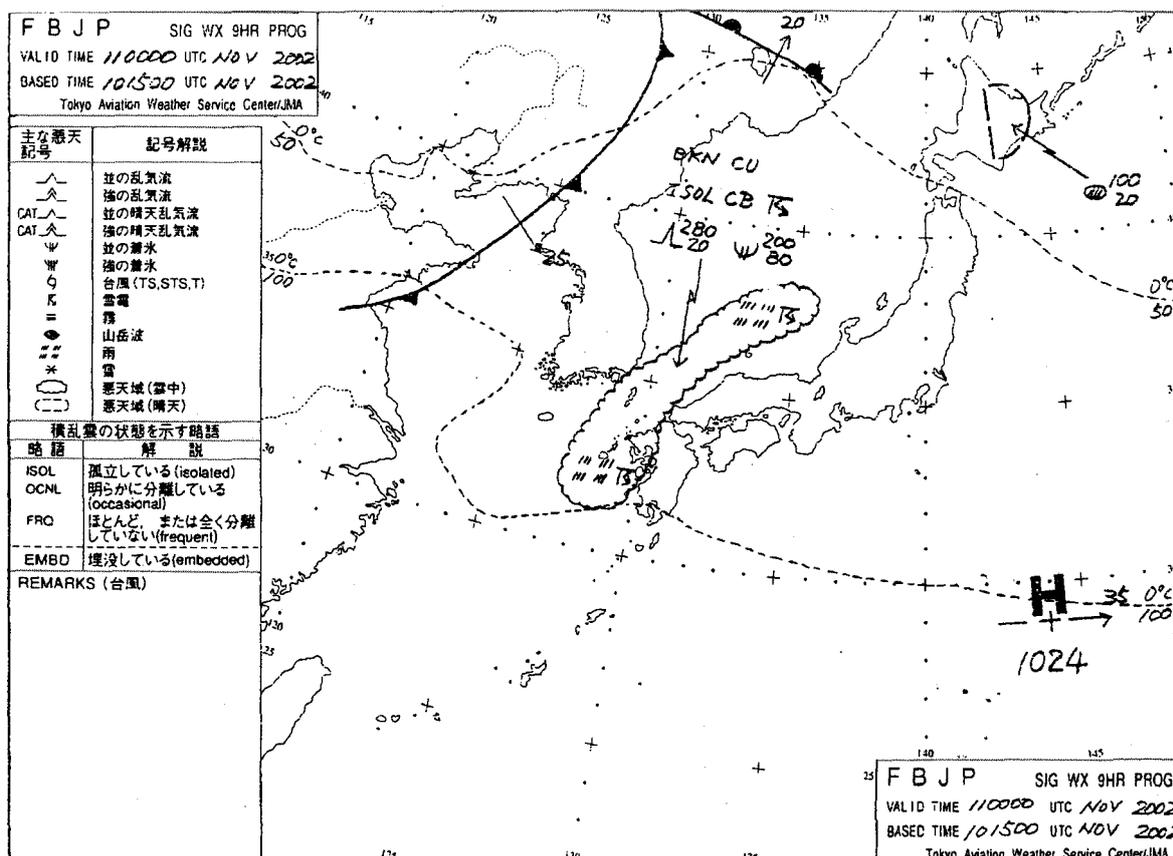
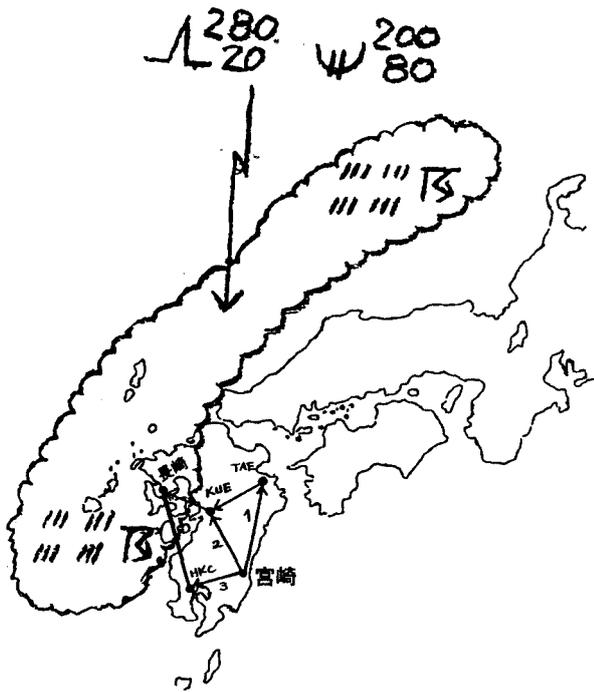


図2 F B J P の一例



拡大図 (図 2)

5. 実際の解析例

解析資料は2001年から2003年の3年分を解析した  
 が大きな差異がなかったことから最新の2年分とし  
 た。図2「FBJPの一例」から「VALID  
 TIME110000 UTC NOV 2002」の資料で  
 説明する。有効時刻は2002年11月11日0900JSTで  
 ある。「BASED TIME 101500UTC  
 NOV 2002」とは2002年11月10日2400JSTに発  
 行されたものである。九州周辺の空域を着目すると  
 九州北部が波線で囲まれている。その中に雷電、並  
 の乱気流、並の着氷、雨がある。「並の着氷」を見  
 ると200と80の数字があるがそれぞれ100倍したも  
 のが高度である。200は上限の20,000ft。80は下限の  
 8,000ft。従って8,000ftから20,000ftの間に「並の  
 着氷」が存在している。最大飛行高度の13,000ftが  
 並の着氷空域の中にあることが資料から確認できる。

- (1) この資料を基に「宮崎空港から長崎空港」への  
 計器飛行の可否を解析する。
- (2) 宮崎空港及び周辺空域には並の着氷以上が予想  
 されていないことから離陸は可能である。

飛行経路1：宮崎空港→HKC（鹿児島VOR）  
 →長崎空港

飛行経路2：宮崎空港→KUE（熊本VOR）  
 →長崎空港

飛行経路3：宮崎空港→TAE（大分VOR）  
 →KUE（熊本VOR）→長崎空港

※ 拡大図 (図 2) に飛行経路を参考として記入

- (3) 夫々の経路は現段階で長崎空港に「並の着氷」  
 が予想されており、どの経路を飛行しても長崎空  
 港への飛行は不可能である。
- (4) 「並の着氷」が存在する波線内の空港は全て飛  
 行不可能とした。
- (5) 長崎空港への飛行を中止し、大分空港へ行くと  
 した場合、「並の着氷」は存在せず飛行は可能で  
 ある。同様に熊本空港への飛行も可能である。

このようにして表題空域の解析を行った。基本と  
 なるのは宮崎空港から離陸し着陸ができることが前  
 提である。

2002年及び2003年のFBJPを解析し表1～表4  
 「並の着氷による飛行不可能日」(0900JST及び  
 1500JST)をまとめた。

表1 並の着氷以上による飛行不可能日  
 (2002年有効時刻0900JST)

月	RJFF	RJFR	RJFE	RJFU	RJFS	RJFT	RJFO	RJOM	RJFK	RJFG	RJFC	RJOK	RJFM	月平均
1	6	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3.6
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1.0
3	4	4	4	5	4	5	4	4	6	4	5	4	4	4.4
4	5	5	6	5	5	4	3	3	3	5	5	3	2	4.1
5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.3
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0.1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
9	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	3	0	0.6
10	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1.5
11	2	2	3	3	3	2	1	1	1	3	3	4	1	2.2
12	7	7	7	7	6	6	4	4	6	6	6	4	4	5.7
回数	28	27	29	28	26	25	17	18	22	23	24	26	16	309
平均														1.9

## 6. 解析結果

表2 並の着氷以上による飛行不可能日  
(2002年有効時刻1500 J S T)

月	RJFF	RJFR	RJFE	RJFU	RJFS	RJFT	RJFO	RJOM	RJFK	RJFG	RJFC	RJOK	RJFM	月平均
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.0
3	4	4	5	4	4	4	3	3	4	5	5	3	3	3.9
4	5	5	5	4	4	4	4	3	3	4	4	4	3	4.0
5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3.7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.07
10	3	4	3	3	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2.8
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2.3
12	3	2	1	2	1	1	1	1	2	4	4	1	1	1.8
回数	26	26	25	24	24	23	22	21	21	27	27	22	19	307
平均														2.0

表3 並の着氷以上による飛行不可能日  
(2003年有効時刻0900 J S T)

月	RJFF	RJFR	RJFE	RJFU	RJFS	RJFT	RJFO	RJOM	RJFK	RJFG	RJFC	RJOK	RJFM	月平均
1	3	4	4	4	3	2	2	4	2	3	3	4	2	3.1
2	3	3	3	3	2	1	3	3	1	2	2	2	1	2.2
3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	4	4	3	3	3.4
4	4	4	4	4	4	3	4	2	1	1	1	3	1	2.8
5	4	4	4	3	4	5	4	5	3	5	5	8	3	4.3
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1.3
11	6	6	5	6	6	6	6	5	4	4	4	7	4	5.3
12	1	1	2	2	2	2	0	0	0	1	1	0	0	0.9
回数	25	26	27	26	25	24	23	24	16	22	22	29	15	304
平均														1.9

表4 並の着氷以上による飛行不可能日  
(2003年有効時刻1500 J S T)

月	RJFF	RJFR	RJFE	RJFU	RJFS	RJFT	RJFO	RJOM	RJFK	RJFG	RJFC	RJOK	RJFM	月平均
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2	4	4	3	3	3	3	3	4	2	2	2	3	2	2.9
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	4	4.3
4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4.1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1.5
11	6	6	7	6	6	6	5	5	5	5	5	6	5	5.6
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0
回数	25	25	25	24	24	24	22	23	21	23	23	28	21	308
平均														2.0

(1) 一年間を通し解析した結果を飛行不可能日が多い月を順番に列挙した。

	0900 J S T	1500 J S T
2002年	12. <u>4</u> . 3. 1月	<u>4</u> . <u>5</u> . 3. 1月
2003年	11. <u>5</u> . 3. 1月	11. 3. <u>5</u> . <u>4</u> 月

一年を通じ、冬季に着氷が多いことは当然であるが、一般的に春といわれている4月、5月の時期に多かったことに着目した。地上では4月といえば春真っ盛り、5月には梅雨の走り着氷など気にしなくなる時期に、計画した飛行高度や前線の寒気側の空域において予期せぬ着氷に遭遇することが考えられる。これは飛行を計画する上でとても重要なことである。

2月及び6月～10月は飛行不可能日が極めて少ないことが解析できた。

(2) 宮崎空港における飛行不可能日数は、年毎による差はなかったが0900 J S T及び1500 J S Tを比較した場合、1500 J S Tの時間帯は飛行に影響を及ぼす度合いが大きい。

	0900 J S T	1500 J S T
2002年	16日	19日
2003年	15日	21日

各空港の年毎、有効時刻0900 J S T及び1500 J S Tを比較した結果、屋久島空港及び種子島空港で宮崎空港と同じく1500 J S Tの時間帯は影響の度合いが大きいことが解析できた。この要因については特定できなかった。他の空港についても有効時刻による差異がみられたが前述のような有効時刻による共通性はなかった。

(3) 九州北部空域ほど着氷が飛行に及ぼす影響は大きい。

宮崎空港を基準として北部あるいは南部に位置す

る空港を比較してみた。その結果、宮崎空港から北部に存在する空港ほど着氷による影響の度合いが大きいことが解析できた。

#### 7. ま と め

- 1) 冬季は当然であるが、4月、5月にも着氷による影響があることが解析結果から確認できた。
- 2) 九州北部空港が着氷による影響の度合いが他の空港に比較して大きい。また、全般的に冬季から春季にかけては着氷による影響が大きい。
- 3) 6月から9月については概ね2年間とも着氷による影響はなかった。
- 4) 強い乱気流についてFBJPを解析したが計器飛行訓練等に対する影響度は全くなかった。

小型双発機を運航する上で九州及び一部の四国地方でも着氷や乱気流が大きく影響するのではないかと疑問を持って研究してきたが結果的に乱気流の影響はなかった。着氷の影響については暖かい時期である4月、5月でも計画した飛行高度や空域では着氷の可能性が十分あることを確認できた。これらの研究の成果を今後の安全運航に役立てていきたい。今後、着氷のみならず九州地域に多く観測される台風やスコールライン、低高度ウインドシヤー等の研究を行っていきたい。

最後に本調査報告を作成するにあたりFBJP資料を長きに渡って提供していただいた気象庁宮崎空港出張所の皆様に紙面をお借りしてお礼申し上げます。

#### 参考文献一覧

- 1) 独立行政法人航空大学校運航規程 P 84-3
- 2) ビーチクラフト式95-B E55型機飛行規程 第2章限界事項
- 3) ビーチクラフト式B58型機飛行規程 第2章限界事項。第4章-18
- 4) 学生訓練実施要領(多発・計器課程)第2章飛行前準備 2-2
- 5) 橋本梅治・鈴木義男 新しい航空気象(日本気象協会) P 442。468。652
- 6) 米国気象庁予報部 着氷の定義
- 7) 航空法施行規則 第177条