



宇宙航空研究開発機構研究開発報告

JAXA Research and Development Report

実験用ヘリコプタによる 青ヶ島新ヘリポート候補地の飛行評価

又吉 直樹，奥野 善則，石井 寛一，小瀬 善則

2005年3月

宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

目 次

概要	1
1. はじめに	1
2. 実験用ヘリコプタ MuPAL-ε	2
3. 飛行評価方法	3
3.1 離着陸評価	3
3.2 地上風計測	3
4. 飛行評価結果	5
4.1 機体位置および風向・風速の定義	5
4.2 離着陸評価結果	6
4.3 地上風計測結果と上空風との比較	24
4.4 離着陸可能な風速限界	24
5. おわりに	24
謝 辞	25
文 献	25
付録 風況計測	25
A.1 概要	25
A.2 風況計測結果	26
A.3 ドップラーソーダの計測結果	26

実験用ヘリコプタによる 青ヶ島新ヘリポート候補地の飛行評価*

又 吉 直 樹*¹ 奥 野 善 則*¹
石 井 寛 一*¹ 小 瀬 善 則*²

Flight Test Evaluation of Planned Aogashima Heliport Using Research Helicopter MuPAL-ε

Naoki Matayoshi*¹, Yoshinori Okuno*¹, Hirokazu Ishii*¹ and Yoshinori Kose*²

ABSTRACT

This paper describes a flight test evaluation undertaken for a planned cliff-top heliport qualification. The Japan Aerospace Exploration Agency's research helicopter MuPAL-ε, which is equipped with a novel ultrasonic velocimeter that can measure winds with 2 kt accuracy and 1 meter spatial resolution, was used. The MuPAL-ε flew around and over the planned heliport site to acquire wind data, and performed takeoff and landing flights to evaluate the effects of cliff-top turbulence on flight safety in 20–40 kt westerly wind conditions in which strong turbulence is likely to occur. Evaluation of the results indicates that operational wind limits are needed for westerly winds to ensure the safety of operations at the planned heliport. The wind speed limit for westerly winds is presumed to be around 30 kt.

Keywords: Atmospheric Turbulence, Flight Testing, Heliport, Helicopter

概 要

東京都青ヶ島で検討されている新ヘリポート設置の候補地について、宇宙航空研究開発機構の実験用ヘリコプタ MuPAL-ε を用いて飛行評価を実施した。平成 14 年度に実施した候補地周辺の風計測飛行実験結果に基づき、今回は西寄りの風 20 ~ 40 kt (10 ~ 21 m/s) という候補地で風の乱れが生じ得る代表的な条件で離着陸評価を行った。評価の結果、候補地の中でも東寄りの区域が比較的風の乱れが弱く、新ヘリポート設置候補地として適当であることが判明したが、西寄りの風に対しては、離着陸に際して 30 kt (15 m/s) 前後の風速制限の必要性が認められた。

1. はじめに

伊豆諸島南端に位置する東京都青ヶ島では、(財) 東京都島嶼振興公社の委託を受けて、東邦航空株式会社 (以

下、東邦航空) によるヘリコプタ・コミュータ「東京愛らんどシャトル」が八丈島との間で運航され、島民 200 人の日常の交通手段として利用されている。青ヶ島の現在のヘリポートは標高 274 m の地点に設置されているが、

* 平成 17 年 1 月 27 日受付 (Received 27 January, 2005)

* 1 総合技術研究本部 飛行試験技術開発センター (Flight Test Technology Center, Institute of Space Technology and Aeronautics)

* 2 東邦航空株式会社 (Toho Air Service Co. LTD.)

特に梅雨期に雲がかかりやすく、視程不良等の気象条件による就航率の低下が問題となっている。このため、より標高の低い島の北端部の平地部分（ジョウマン地区、図1.1）に新ヘリポートを建設する計画が検討されているが、この部分は三方を断崖に囲まれているため、強風時の風の乱れがヘリコプタの離着陸に影響を及ぼす可能性が懸念されている。平成14年度に東邦航空のとりまとめによる設置可否調査が行われ、その一環として（財）日本気象協会が島周辺の風況の数値解析を実施した。この風況解析結果に基づき、東京都青ヶ島村から協力依頼を受けた宇宙航空研究開発機構（Japan Aerospace Exploration Agency、以下、JAXA）は、風計測機能を持つ実験用ヘリコプタ MuPAL-ε¹⁾（ミュール・イプシロン、図1.2）を用いた風計測飛行実験を実施し、特に西寄りの風向では



図1.1 青ヶ島全景



図1.2 JAXA 実験用ヘリコプタ MuPAL-ε

候補地周辺で現ヘリポート以上の風の乱れが生じ得ることが確認された²⁾。ただし、飛行実験期間中に強風が吹かなかった（最大で風速25 kt（13 m/s）程度）こともあり、ヘリコプタの運航に対する風の影響を十分に評価するまでには至らなかった。その後、平成15年度には新ヘリポート候補地において梅雨期の視程調査が行われ、現ヘリポートに比べて視程の向上により就航率が改善される可能性が確認された。

今回 JAXA では、これら一連の調査結果をふまえた青ヶ島村からの再度の協力依頼に基づき、新ヘリポート候補地でのヘリコプタの離着陸に対する風の影響評価を目的として以下の内容の飛行実験を平成16年1月に実施した。

- (1) 実験用ヘリコプタ MuPAL-ε を用いて、強風時に現ヘリポート、新ヘリポート候補地での離着陸を行い、パイロット評価コメントおよび機体運動、風データを取得する。実験結果に基づいて新ヘリポート候補地における離着陸可能な風速限界について検討する。
- (2) 離着陸に合わせて、現ヘリポート、新ヘリポート候補地の地上風計測を行い、上空風との相関を評価する。

本稿ではこの飛行実験について報告する。本稿中は、主に航空機で慣用される単位系を使用し、SI 単位系での値を併記する。主な単位の SI 単位系への換算値は以下の通りである。

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}, \quad 1 \text{ kt} = 0.5144 \text{ m/s}, \quad 1 \text{ G} = 9.80667 \text{ m/s}^2, \\ 1 \text{ 度} = 0.01745 \text{ rad}$$

2. 実験用ヘリコプタ MuPAL-ε

JAXA の実験用ヘリコプタ MuPAL-ε は三菱式 MH2000 A 型機を母機としており、「東京愛らんどシャトル」で使用されている機材とほぼ同等の機体規模を有している（表2.1）。実験用ヘリコプタとして、DGPS/INS（Differential Global Positioning System/Inertial Navigation System）を始めとする様々な計測用センサを装備し、機体位置、姿勢等の慣性データや気圧高度、対気速度等のエアデータに加えて、メインロータ・ブレードの動きや

表2.1 実験用ヘリコプタ MuPAL-ε と「東京愛らんどシャトル」使用機材の比較

	MuPAL-ε (三菱式 MH2000A)	アエロスパシアル式 AS365N2	シコルスキー式 S-76C+
ロータ直径	12.2m	11.9m	13.4m
最大離陸重量	4,500kg	4,250kg	5,307kg
最大離陸出力	876shp*×2	712shp*×2	856shp*×2
乗員/乗客	2/8	2/9	1/10

* shaft horse power, 1shp = 745.7J

表 2.2 飛行評価で使用した計測項目一覧

大項目	小項目	計測可能範囲	仕様精度	レート (Hz)
慣性データ (DGPS/INS)	位置 (3 軸)	緯度±90deg 経度±180deg	1m	50
	速度 (3 軸)	±250kt	0.1m/s	
	加速度 (3 軸)	±5G	0.01G	
	姿勢角 (ピッチおよびロール)	±90deg	0.05deg	
	真方位角	0~360deg	0.1deg	
	角速度 (3 軸)	±100deg/s	0.1deg/s	
エアデータ (母機ピトー静圧システム)	対気速度	30~180kt	± (2.5+速度×0.4%) kt	50
	気圧高度	-1,000~20,000ft	± (50+高度×0.75%) ft	
	昇降率	±6,000fpm	±2%	
対気速度 (超音波速度計)	対気速度 (3 軸)	0~120kt	±2kt	20
操舵量	サイクリック縦, 横	0~100%	±1%	50
	コレクティブ	0~100%	±1%	
	ペダル	0~100%	±1%	
ロータ系統	ロータ回転角	0~360deg	±1deg	50
	ロータ回転速度	10~140%程度	±0.2%	
	フラッピング角	±20deg 程度	±0.2deg	500
	リードラグ角	±10deg 程度	±0.2deg	
	トルク	0~150%程度	±10%	
エンジンデータ (左右)	トルク	0~180%	±1%	10

エンジンデータ等の飛行データを計測可能である¹⁾。今回の飛行評価で使用した計測項目の一覧を表 2.2 に示す。特に、風計測機能は世界でも最高水準の計測精度を持ち、JAXA で開発された超音波速度計を装備することにより (図 1.2)、飛行中に遭遇した風の 3 軸成分を 20 Hz、約 2 kt (1 m/s) の精度で計測することができる^{2),3)}。ただし、飛行中の対気速度が 20 kt (10 m/s) 以下になると、超音波速度計がメインロータの吹き下ろしの影響を受けるため、正確な風計測は不可能となる⁴⁾。

3. 飛行評価方法

3.1 離着陸評価

平成 16 年 1 月 21 ~ 28 日の 8 日間を飛行実験期間とし、離着陸評価を主とした実験フライトを 5 回実施した。青ヶ島には機体を駐機するための設備がないため、ヘリコプタで片道約 20 分の距離にある東京都八丈島空港から離発着し、現地で 1 時間強の実験を行った。各フライトの飛行時間および風の条件を表 3.1 に、また飛行当日の天気図を図 3.1 に示す。

平成 14 年度に実施した風計測飛行実験では、新ヘリポート候補地をジョウマン地区の中央部分に設定したが、

飛行実験結果および今回の飛行評価前に実施した現地視察の結果から、ジョウマン地区の西側半分は、西寄りの風の状況下では風の乱れが強く風向が安定しないと考えられたため、今回はジョウマン地区の東側崖縁部を新ヘリポート候補地として設定した (図 3.2)。候補地周辺には、上空から地表面付近の風況を把握できるよう 4 箇所吹き流しを設置した。

離着陸評価は、比較のために候補地に加えて現ヘリポートでも実施し、飛行経路は事前に指定せず、パイロットの判断で随時離着陸パターンを変更した。評価に際しては、表 2.2 に示した計測データを使用すると共にパイロットのコメントを取得した。なお、新ヘリポート候補地では、地表面に高さ 1.5 m 程度の草が生えているため接地は行わず、対地高度 50 ~ 100 ft (15 ~ 30 m) 程度でホバリングを行った。

3.2 地上風計測

実際の運航ではヘリポートで計測した地上風を基に飛行の可否等の判断を行う必要があるため、飛行評価と同時に新ヘリポート候補地および現ヘリポートで地上風を計測し、上空風 (飛行実験によって計測した風データ) との比較を行った。新ヘリポート候補地では、より上空

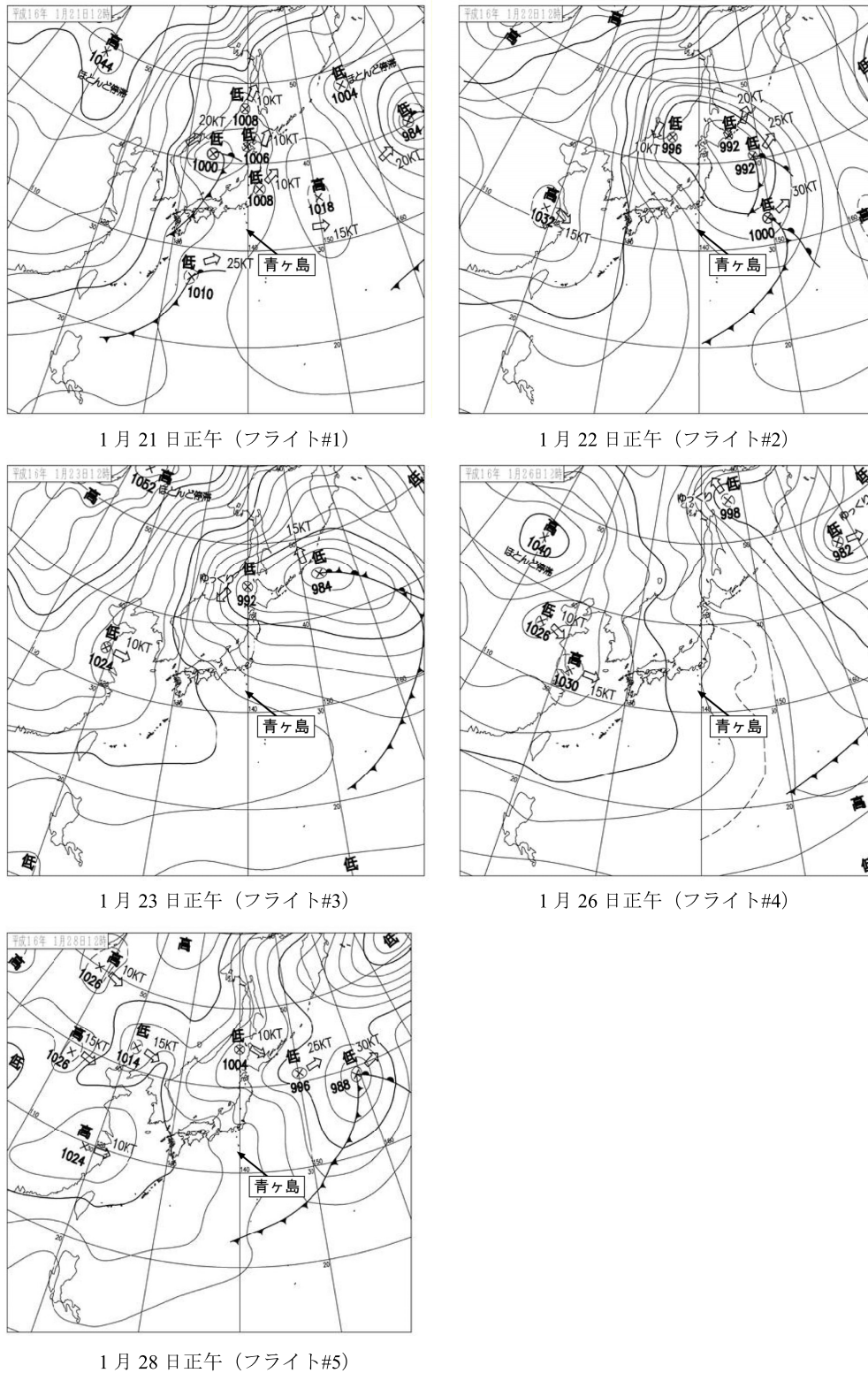


図3.1 地上天気図 (気象庁ホームページより)

風と相関の高い地上風計測が可能な場所を探すため、2ヶ所に風向・風速計を設置した (図3.2)。風速計の設置高度は、風速計#1が約2m、風速計#2が約3mであり (図3.3)、風速計#1は4Hz、風速計#2は1Hzのレートで風向・風速を計測した。現ヘリポートでは、ヘリポート脇

の待合室の屋上に設置されている風向・風速計 (図3.4) のデジタル表示値 (10分間の平均値と最大値が表示される) を5分毎に記録した。

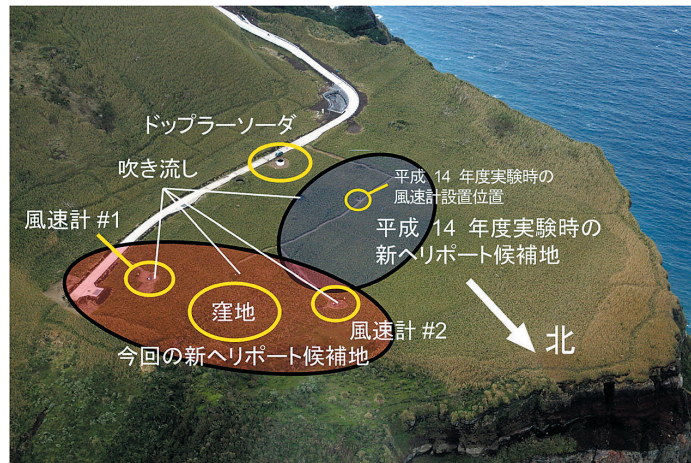


図 3.2 新ヘリポート候補地と地上風計測装置の設置位置



(a) 風速計 #1



(b) 風速計 #2 と吹き流し

図 3.3 新ヘリポート候補地の風速計

4. 飛行評価結果

5回の実験フライトにおいて、新ヘリポート候補地で計12回、現ヘリポートで計8回の離着陸評価を実施した(表3.1)。評価時の上空の風況は、風向が南南西～北西、風速が20～40 kt (10～21 m/s) 程度の条件であり、これまでの調査で確認された新ヘリポート候補地で風の乱れが生じ得る代表的な条件を網羅できたと考えられる。青ヶ島の上空風の統計データは存在しないが、後述する八丈島の地上風観測結果を用いた検討や、現地を飛行するパイロットのコメントによれば、青ヶ島上空で風速30～40 kt (15～21 m/s) 程度の風が吹く確率は年間平均10～20%程度あるものと推測される。離着陸評価における機体の挙動および風況の概要とパイロット評価コメントの

一覧を表4.1～4.5に示す。ここでは、主に上空風速が異なるフライト#2～4における評価結果を用いて、新ヘリポート候補地における離着陸可能な風速限界を検討する。

4.1 機体位置および風向・風速の定義

機体位置を表す座標系として、次に定義される座標系を使用した(図4.1)。水平面内位置の単位はm、高度の単位はftを使用する。

座標系の原点：

現ヘリポート中心点直下の平均海面上の点。即ち、水平面内位置は現ヘリポート中心点と一致し、高度は平均海面と一致する点。原点のWGS 84 (World Geodetic System 1984) 座標値は次の通りである。：北緯32度28.18565分、東経139度45.43433分、高度132.9 ft (40.5 m)

表 3.1 フライト実施日時と風の条件

フライト 番号	月 日	離陸時刻	着陸時刻	飛行時間	青ヶ島上空の 平均風	離着陸評価回数		評価概要 の表番号
						現ヘリポート	候補地	
#1	1月21日	10:55	12:50	1:55	南南西 15~20kt	1	2	4.1
#2	1月22日	09:50	12:05	2:15	西北西 35~40kt	2	2	4.2
#3	1月23日	09:55	11:55	2:00	西北西 25~30kt	2	3	4.3
#4	1月26日	10:50	13:05	2:15	北西 20~25kt	1	2	4.4
#5	1月28日	10:00	12:10	2:10	北西 15~20kt	2	3	4.5



図 3.4 現ヘリポートの風速計

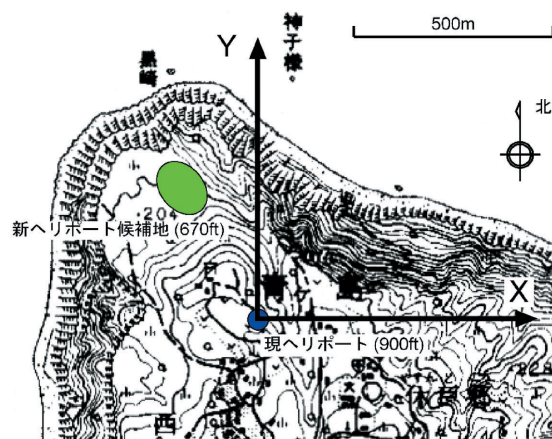


図 4.1 機体位置を表す座標系

座標系の方向：

真東を X，真北を Y，鉛直上向きを Z とする。ただし，水平面については，WGS 84 座標系で定義される局所水平面とする。

また，風向・風速は風の水平成分から定義され，風向は真方位で表し，単位は風向は度，風速は kt を使用する。上下風は上向きを正とし，単位は kt を使用する。なお，kt は，航空機の昇降率の単位として通常用いられる fpm (ft/min) に， $1 \text{ kt} = \text{約 } 100 \text{ fpm}$ (正確には 101.4 fpm) として換算することができる。

4.2 離着陸評価結果

1) 上空風 風向 310 ~ 320 度，風速 20 ~ 25kt (10 ~ 13m/s) における離着陸 (1月26日 フライト #4)

現ヘリポートでの離着陸 (ケース P6)

現ヘリポートで離着陸評価を行った際に計測された風，機体の挙動データを図 4.2 に示す。図 4.2(a) が計測され

た風，図 4.2(b) が機体の挙動を示している。図 4.2(a) の横軸は機体位置，図 4.2(b) の横軸は経過時間であり，機体の進行方向は両図で逆向きとなっている点に注意されたい。また 2 章で述べた通り，飛行中の対気速度が 20 kt (10 m/s) 以下になると正確な風計測が行えないため，機体がホバリング～接地している間 (図 4.2(b) の経過時間 55 秒以降) は図中に風を示していない。

通常用いられる降下角 6 度の進入を実施したが，進入中の水平面内風速の変動は $\pm 10 \text{ kt}$ (5 m/s) 程度，上下風の変動は $\pm 5 \text{ kt}$ (3 m/s) 程度と変動幅は小さく，飛行に影響はなかった。また，離陸については，現ヘリポート西側の崖縁部上空に生じる風の乱れを避けるため，対地高度約 300 ft (91 m) まで垂直上昇した後に前進飛行に移るジャンプ・テイクオフと呼ばれる方法を実施した。離陸中の風速変動も小さく，総じて離着陸に大きな支障はないと考えられる。

新ヘリポート候補地での離着陸 (ケース N9)

新ヘリポート候補地の離着陸評価を行った際に計測された風，機体の挙動データを図 4.3 に示す。現ヘリポートと同様に候補地上空の風の乱れも比較的弱く，水平面内風速の変動は $\pm 10 \text{ kt}$ (5 m/s) 程度，上下風の変動は \pm

5 kt (3 m/s) 程度である。候補地上空でホバリングを実施したが、機体姿勢に大きな変動はなく、上下加速度の変動も $\pm 0.1 G$ (1.0 m/s^2) 程度であった。上下風の変動が小さいため、ホバリング中のエンジントルクにも余裕があり、離着陸に大きな支障はないと考えられる。

2) 上空風 風向 280 ~ 290 度, 風速 25 ~ 30kt(13 ~ 15m/s) における離着陸 (1月23日 フライト #3)

現ヘリポートでの離着陸 (ケース P4)

現ヘリポートで離着陸評価を行った際に計測された風、機体の挙動データを図 4.4, 4.5 に示す。現ヘリポート東側の崖縁部上空では 5 kt (3 m/s) 程度の下降風が見られるが、風向、風速は安定しており、進入に支障はなかった。接地直前に弱い風の乱れに遭遇したが、上下風の変動は $\pm 5 \text{ kt}$ (3 m/s) 程度であり、ホバリング中のエンジントルクは 80 % 前後と余裕を持った接地が可能であった。一方、離陸については、現ヘリポート西側の崖縁部を高度約 1,000 ft (305 m) で通過時に、比較的強い風の乱れに遭遇した。上下風の変動が $\pm 15 \text{ kt}$ (8 m/s) 程度に達し、機体の上下加速度は $\pm 0.3 G$ (2.9 m/s^2) 程度変動した。引き続いて実施した 2 回目の離着陸評価では、ジャンプ・テイクオフを実施し、西側の崖縁部を高度約 1,200 ft (366 m) で通過することで、この風の乱れの領域を避けることができた。

新ヘリポート候補地での離着陸 (ケース N6)

新ヘリポート候補地の離着陸評価を行った際に計測された風、機体の挙動データを図 4.6 に示す。候補地上空では、水平面内風速が 30 kt (15 m/s) 程度から 10 kt (5 m/s) 以下まで急激に減少しており、上下風も $\pm 15 \text{ kt}$ (8 m/s) 程度の変動が見られる。候補地上空でホバリングを試みたが、高度を維持するために過大なエンジントルク (最大 110 %) を使う必要があり、余裕がないため低高度でのホバリングは断念した。また離陸に際しては、候補地北側へ離陸することで、西側への離陸よりも短時間で風の乱れの領域を通過することができた。

3) 上空風 風向 280 ~ 290 度, 風速 35 ~ 40kt(18 ~ 21m/s) における離着陸 (1月22日 フライト #2)

現ヘリポートでの離着陸 (ケース P2)

現ヘリポートで離着陸評価を行った際に計測された風、機体の挙動データを図 4.7, 4.8 に示す。進入中、対地高度 100 ft (30 m) から 50 ft (15 m) まで降下する約 10 秒間に、水平面内風速が 40 kt (21 m/s) 程度から 20 kt (10 m/s) 程度に減少し、同時に $\pm 10 \text{ kt}$ (5 m/s) 程度の上下風変動に遭遇したが、飛行に大きな影響はなく、ホバリング中のエンジントルクにも余裕があった。しかし、地上付近は風向が安定せず、接地には注意が必要であった。離陸

はジャンプ・テイクオフを実施し、対地高度約 200 ft (61 m) まで上昇する間に $\pm 10 \text{ kt}$ (5 m/s) 程度の上下風変動に遭遇したが、飛行に大きな影響はなかった。

新ヘリポート候補地での離着陸 (ケース N4)

新ヘリポート候補地の離着陸評価を行った際に計測された風、機体の挙動データを図 4.9 に示す。このケースでは降下角 6 度で進入したが、候補地上空の風の乱れが強く、ホバリングは断念した。進入に際し、パイロットは 70 ~ 80 kt (36 ~ 41 m/s) の対気速度を維持しようとしたが、40 kt (21 m/s) 近くあった向かい風が候補地上空で突然なくなったため、対気速度が一時的に 20 kt (10 m/s) 以下まで低下し、高度を維持するために大きなエンジントルクを必要としている。この状況は、深めの降下角 9 度で進入した場合 (ケース N3) も同様であった。候補地上空では、上下風も $\pm 20 \text{ kt}$ (10 m/s) 程度変動しており、これに伴いメインロータの推力も大きく変化して、上下加速度の変動幅は約 $1 G$ (9.8 m/s^2) に達している。機体の姿勢も大きく乱され、バンク角や機首方位は 15 ~ 20 度程度変動している。

図 4.10 に機体固定軸におけるメインロータの 6 分力 (力 F_x, F_y, F_z とモーメント M_x, M_y, M_z) とシャフト固定軸におけるブレードのフラッピング角 β を示す。フラッピング角については、1 次のフーリエ級数の係数 $\beta_0, \beta_c, \beta_s$ も示している。ロータ推力 F_z は上下風と同期して変動しており、その変動幅は 40 kN に達し、実験時の $\text{MuPAL-}\epsilon$ の重量 4,200 kg とほぼ同等である。また、比較的大きなローリング・モーメント M_x とピッチング・モーメント M_y も観測されている。経過時間 35 秒付近の $\pm 4 \text{ kN}\cdot\text{m}$ のローリング・モーメントは、 $\pm 60 \text{ deg/s}^2$ の角加速度に相当する。フラッピング角も、6 分力と同様に上下風と同期して変動しており、変動幅は $\pm 2 \sim 3$ 度程度である。

4) まとめ

- (1) 西寄りの風では、候補地は現ヘリポートより風が乱れており、離着陸時の機体姿勢、加速度の変化が大きい。特に、上空の平均風が西北西 40 kt (21 m/s) 以上の条件 (フライト #2) では、風の変動により機体位置の維持が困難で、強い下降風のため限界出力でも高度が維持できず、ホバリングが実施できなかった。また、西北西 30 kt (15 m/s) 前後の条件 (フライト #3) では、ホバリングは可能なものの、パイロットのワークロードが高くエンジンパワの余裕もない状態であった。
- (2) 候補地への進入方位は、北西風の条件では 270 度が適当であった (表 4.3)。また、降下角を変えても進入中の風況に大きな変化は見られなかったが、浅い降下角 (3 度以下程度) で進入した方が、風の変動に

よる経路角の変化に対して対応が容易であった（表4.5）.

- (3) 候補地からの離陸は、西寄りの風では北西～北方向への離陸が、候補地西側の風の乱れている領域から早く離脱できるため有効であった。また、候補地上空150～200 ft (46～61 m) 以上では風の乱れが弱くなるため、離陸時はジャンプ・テイクオフ等の早めに高度を高く取ることが望ましいが、西寄りの強風時はエンジンパワーに余裕がなく、速やかな上昇は困難であった（表4.3）.

表 4.1 離着陸評価概要 (風向 200 ~ 210 度, 風速 15 ~ 20 kt, 1 月 21 日 フライト #1)

ケース番号ほか	図番	飛行方位	離着陸方法	機体の挙動	風況 ^{*1}	パイロット評価コメント
現 HP ^{*2}	P1	260	通常離陸 上昇角 6 度	大きな変動なし。	大きな風速変動なし。	離着陸共に支障なし。
	N1	250	降下角 4 度	大きな変動なし。 ホバリング可。	候補地西側で、風速が 5kt 程度まで低下し、±10kt 程度の上下風の変動あり。	もう少し北寄りから進入したい。進入コース 250 度では、一旦風が弱い領域を通過した後にまた風が強くなる。
新 HP 候補地		離陸	250	通常離陸 上昇角 6 度	西側崖縁部通過時に、姿勢変動あり。	西側崖縁部通過後に、風速が増加し、5~10kt 程度の上昇風あり。
	着陸	250	降下角 4 度	大きな変動なし。 ホバリング可。	候補地東側の海上は風速 5kt 以下。	窪地上空は風が比較的安定しており、エンジントルク 80~90% でホバリングが可能。下降風を受けると時折 100% まで達する。 ^{*3}
N2	離陸	240	通常離陸 上昇角 8 度	西側崖縁部通過時に、姿勢変動あり。	西側崖縁部で、±15kt 程度の上下風の変動あり。	離陸時に西側崖縁部で動揺が大きい。ジャンプ・テイクオフ ^{*4} などの対策が必要。

^{*1} 機上計測結果に基づく青ヶ島上空の風況

^{*2} “HP”はヘリポートを意味する

^{*3} MH2000A の最大連続出力は 100%、離陸 (5 分間) 出力は 120%

^{*4} 対地高度 50~300ft 程度までほぼ垂直上昇した後に、前進飛行に移る離陸方法

表 4.2 離着陸評価概要 (風向 280 ~ 290 度, 風速 35 ~ 40 kt, 1 月 22 日 フライト #2)

ケース番号ほか	図番	飛行方位	離着陸方法	機体の挙動	風況	パイロット評価コメント
P2	着陸	270	降下角 4 度	大きな変動なし。	対地高度 100ft 程度から風速が 40→20kt に低下。	吹き流しの向きが安定せず, 地上の風速も上空の風速と一致しない。
	離陸	270	ジャンプ・テイクオフ 100ft 上昇	大きな変動なし。	西側崖縁部は 10kt 程度の上昇風あり。	
P3	着陸	260	降下角 4 度	大きな変動なし。	対地高度 100ft 程度から風速が 40→20kt に低下。	接地中, 風の息が大きい。フレードが傾くので危ない。
	離陸	260	—	西側の崖縁部通過時に, 機体の姿勢変化大。	計測計算機の不具合により, データなし。	
N3	着陸	220	降下角 9 度	候補地付近で対気速度が 40kt 以上低下し, 上下加速度が 0.8 ~ 1.5G 程度まで変動。エンジントルク 100~110%。ホバリングをあらかじめ復行。	計測計算機の不具合により, データなし。	ホバリングに移行できない。エンジントルクに余裕がない (下降風が強いため)。 架風により, フレードが機体をたたく可能性がある。 候補地付近で, 速度が急激に抜けて姿勢が振られるのが危険。姿勢のコントロールが困難。
					候補地東側の海上は 5kt 程度での下降風。崖縁部で突発的に 20kt を超える上下風の変動あり。	
N4	着陸	260	降下角 6 度	N3 と同様。	候補地付近で風速が 40kt 程度減少。風向も一瞬だが逆転し, 背風となる。上下風は ±20kt の範囲で変動。	候補地付近は, 風が舞っていて予測困難。乱れの領域から脱したいが, 上昇しても風が安定しているかわからないため不安を感じる。 低高度で姿勢変化や加速度の変化が大きいので, 後席の計測員も不安を感じる。
					高度 850~900ft (対地高度 150~200ft) 以上では, 大きな乱れはない。	

表 4.3 離着陸評価概要 (風向 280 ~ 290 度, 風速 25 ~ 30 kt, 1 月 23 日 フライト #3)

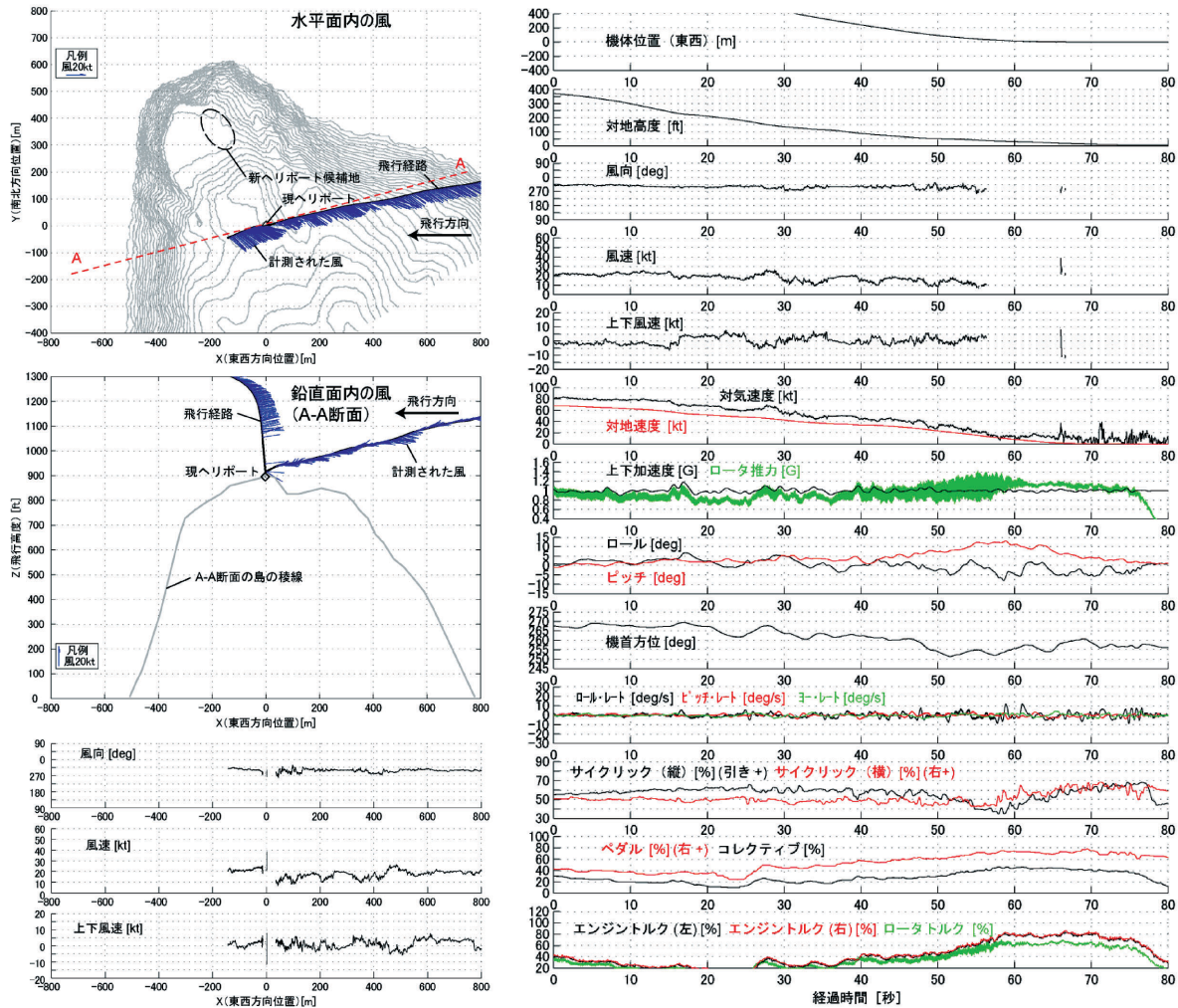
ケース番号ほか	図番	飛行方位	離着陸方法	機体の挙動	風況	パイロット評価コメント
P4	着陸	280	1100ft から浅い降下角で進入	大きな変動なし。	大きな風速変動なし。	離陸後、西側崖縁部を高度 1000ft 前後で通過すると機体の動揺が大きい。ヘリポート付近で 150ft 程度上昇して離陸すると、西側崖縁部の動揺はほとんど無くなる。
	離陸					
P5	着陸	260	通常離陸 上昇角 5 度	西側崖縁部を高度約 1000ft で通過時に、機体の姿勢変化大。	大きな風速変動なし。	
	離陸					
N5	着陸	240	降下角 4 度	東側崖縁部で、姿勢変化および ±0.3G 程度の上下加速度の変動あり。	候補地付近で風速が 20kt 程度減少。上下風は ±20kt の範囲で変動。	進入コース 240 度では機体の動揺が大きい。270 度のコースは地形とのクリアランスもあり、機体の動揺も少ない。
	離陸					
N6	着陸	270	通常離陸 上昇角 12 度	北側崖縁部通過時に、上下加速度的変動あり。	北側崖縁部通過時までは正対風。通過後は、上空の定常風とほぼ同じ風向・風速に復帰。	候補地でホバリングを試みたが、エンジントルクが最大 110% に達する場合があります。余裕がない。低高度でのホバリングは難しい。落とされた時に地面効果で降下が止まるか予測できない。速度を残して接地したい。
	離陸					
N7	着陸	270	通常離陸 上昇角 11 度	ホバリング可。エンジントルク 100~110%。	進入中は大きな風速変動なし。候補地上空では風速が低下し、上下風が ±10kt の範囲で変動。	西向き離陸は、風が乱れている領域を通過するため避けたい。ジャンプ・テイクオフ等の高めに離陸する方法が望ましいが、エンジントルクが厳しい。
	離陸					
新 HP 候補地	着陸	270	通常離陸 上昇角 15 度	北側崖縁部通過後は、上空の定常風とほぼ同じ風向・風速に復帰。	東側崖縁部から候補地全域で、風速が 5kt 程度まで低下。上下風の変動は ±5kt 程度。	北向き離陸を試みたが、上昇中必ずしも正対風とは限らない。また、本来は進入方向と離陸方向は 135 度以上ずらす必要がある。
	離陸					

表 4.4 離着陸評価概要 (風向 310 ~ 320 度, 風速 20 ~ 25 kt, 1 月 26 日 フライト #4)

ケース番号ほか	図番	飛行方位	離着陸方法	機体の挙動	風況	パイロット評価コメント
現 HP	P6	260	降下角 6 度	大きな変動なし。	大きな風速変動なし。	離着陸共に支障なし。
			ジャンプ・テイクオフ 300ft 上昇	トルク 115% で上昇。大きな変動なし。	大きな風速変動なし。	
新 HP 候補地	N8	270	降下角 6 度	大きな変動なし。ホバリング可。エンジントルク 80 ~ 90%。	大きな風速変動なし。	2 回の離着陸の間に風況が変化した (2 回目の方が風の乱れが大さい)。注意が必要だが、離着陸は可能。難易度は現ヘリポートと変わらない。 270 度のコースで高度 800ft より低く進入するとコース左側の地形が気になる。しかし、コース右側に逃げる余地があるため安心感あり。
			ジャンプ・テイクオフ 300ft 上昇	対地高度 100ft 付近で姿勢が変動。	対地高度 100ft 付近で上昇風あり。	
新 HP 候補地	N9	270	800ft から浅い降下角で進入	東側崖縁部で姿勢変動あり。ホバリング可。エンジントルク 90 ~ 100%。	東側崖縁部で風速が 5kt 程度まで低下。±5kt 程度の上下風の變動あり。	風況はフライト #1 より楽な条件に感じる。ホバリング時でもエンジントルクには余裕がある。 ジャンプ・テイクオフではなく、通常の離着陸も実施可能。西側崖縁部およびそれを過ぎた後も数秒間は背風だが、それほどトルク足さなくても加速できた。
			通常離着陸 上昇角 6 度	大きな変動なし。背風域通過時にも、加速は悪くない。	西側崖縁部で一時的に背風。背風の領域通過後に、風速が増加し、5 ~ 10kt 程度の上昇風あり。	

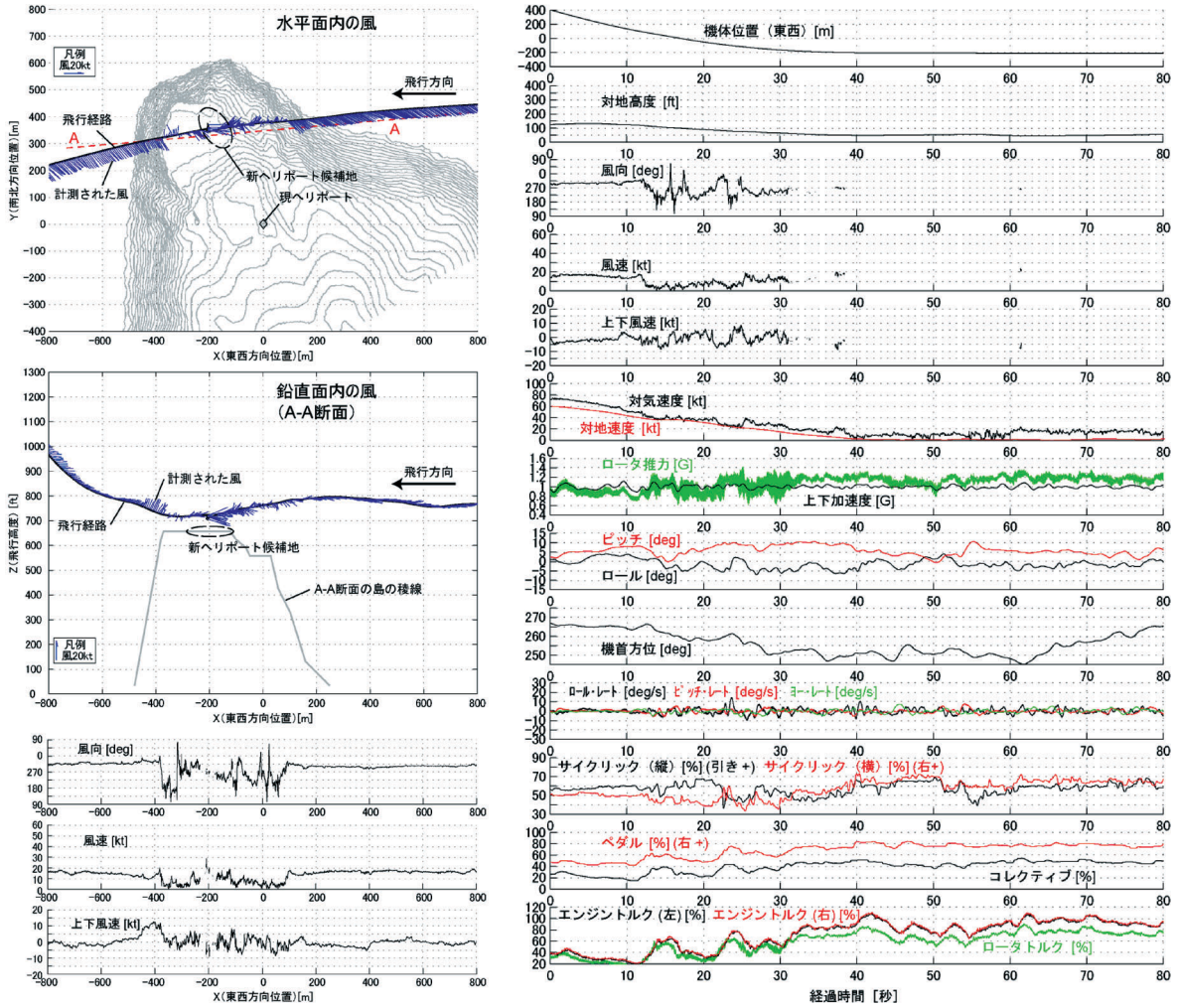
表 4.5 離着陸評価概要 (風向 300 ~ 320 度, 風速 15 ~ 20 kt, 1 月 28 日 フライト #5)

ケース番号ほか	図番	飛行方位	離着陸方法	機体の挙動	風況	パイロット評価コメント
現 HP	P7	260	降下角 6 度	大きな変動なし。	現 HP の東側 100m 付近で, 5kt 程度の風速変動あり。	離着陸共に支障なし。
		260	ジャンプ・テイクオフ 150ft 上昇	大きな変動なし。	大きな風速変動なし。	
現 HP	P8	270	降下角 3 度	大きな変動なし。	東側崖縁部で, 10kt 程度の風速変動あり。	離着陸共に支障なし。
		260	ジャンプ・テイクオフ 150ft 上昇	大きな変動なし。	大きな風速変動なし。	
新 HP 候補地	N10	270	降下角 6 度	東側崖縁部で姿勢変動あり。ホバリング可。	東側崖縁部で ±15kt 程度の上下風の変動あり。	離着陸は可能。 深い降下角で進入中に上昇風で上げられると、その後が難しい。浅い降下角で進入する方が容易。 ジャンプ・テイクオフは、上昇中の風の変化に対応しづらいため、この程度の風なら普通に離陸した方がよい。
		0	ジャンプ・テイクオフ 100ft 上昇	大きな変動なし。	上昇中に横風あり。	
新 HP 候補地	N11	270	850ft から浅い降下角で進入	進入中は大きな変動なし。ホバリング可。	東側崖縁部で風速が 5kt 程度まで低下。±5kt 程度の上下風の変動あり。	離着陸は可能。 深い降下角で進入中に上昇風で上げられると、その後が難しい。浅い降下角で進入する方が容易。 ジャンプ・テイクオフは、上昇中の風の変化に対応しづらいため、この程度の風なら普通に離陸した方がよい。
		270	ジャンプ・テイクオフ 100ft 上昇	上昇中の風の変化により、エンジントルク 100~110%使用。	上昇中、一時的に横風あるいは背風となる。	
新 HP 候補地	N12	270	降下角 6 度	進入中は大きな変動なし。ホバリング可。	東側崖縁部で風速が 5kt 程度まで低下。±5kt 程度の上下風の変動あり。	離着陸は可能。 深い降下角で進入中に上昇風で上げられると、その後が難しい。浅い降下角で進入する方が容易。 ジャンプ・テイクオフは、上昇中の風の変化に対応しづらいため、この程度の風なら普通に離陸した方がよい。
		270	通常離陸 上昇角 12 度	西側崖縁部に到達するまで、加速が悪い。	西側崖縁部で風速が増加する。5kt 程度の上昇風あり。	

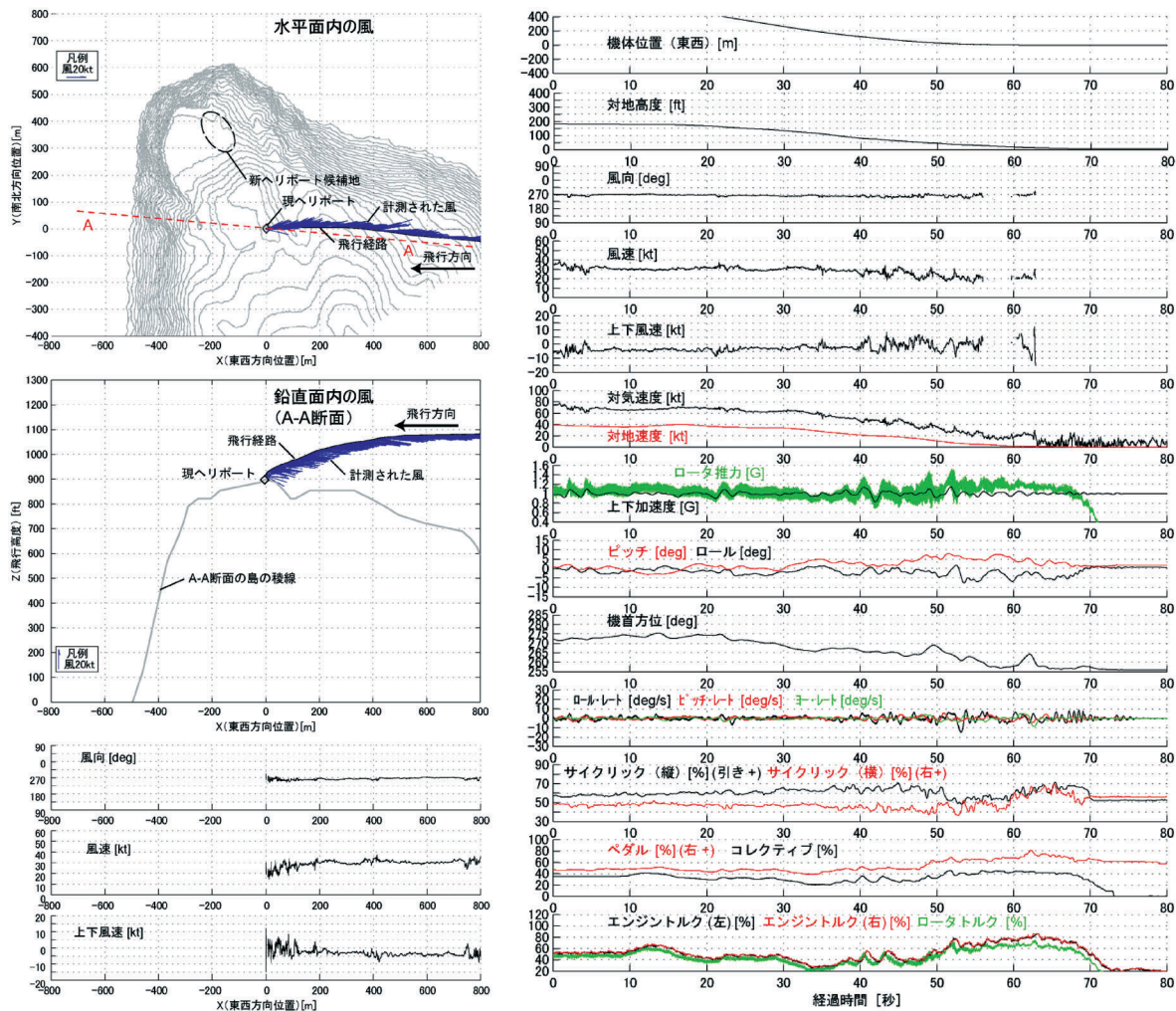


(a) 計測された風 (b) 現ヘリポートへ進入中の機体諸元

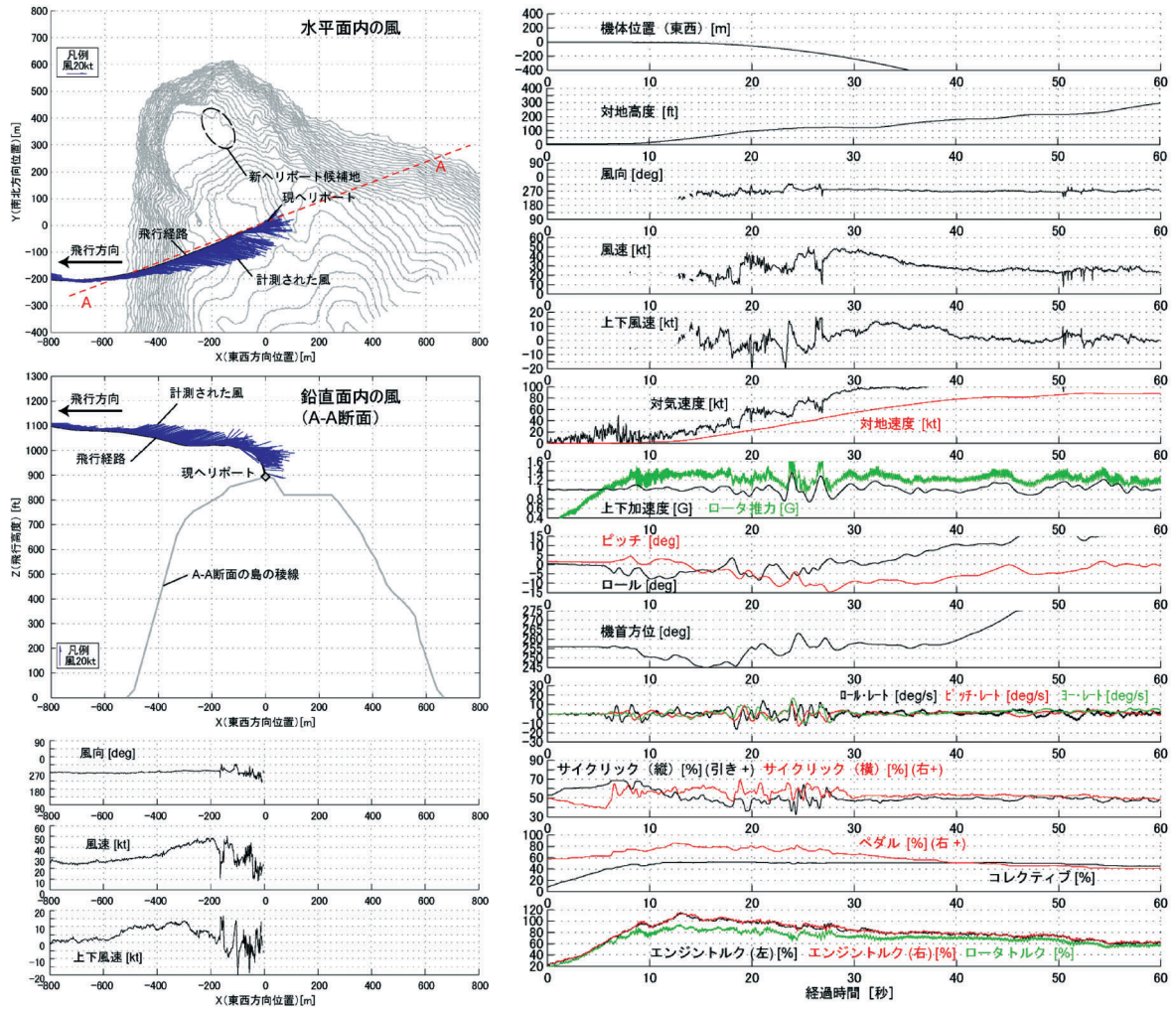
図4.2 現ヘリポートでの離着陸評価 ケースP6
(風向310～320度, 風速20～25 kt, 1月26日フライト#4)



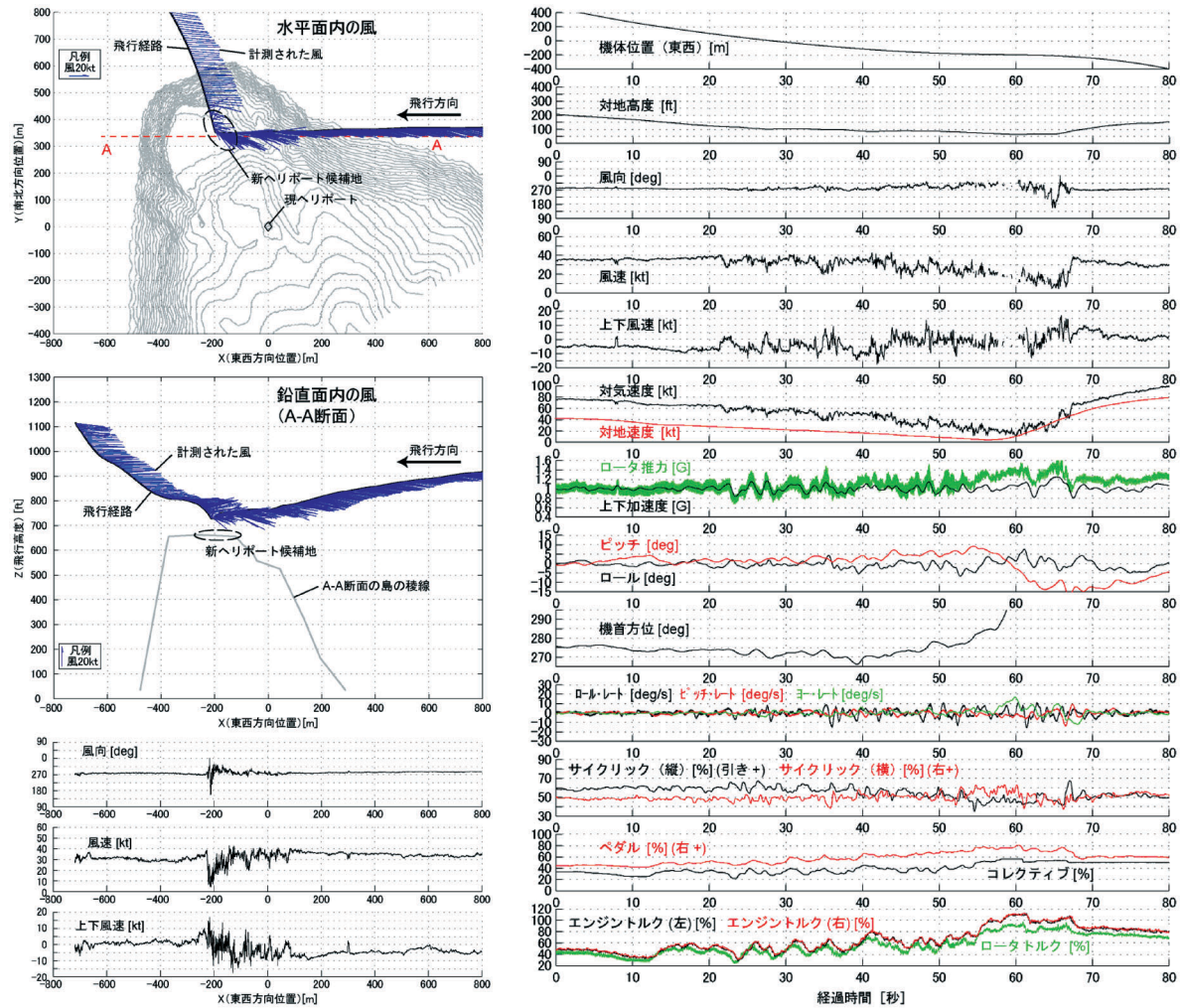
(a) 計測された風 (b) 候補地上空でホバリング中の機体諸元
 図4.3 新ヘリポート候補地での離着陸評価 ケースN9
 (風向310~320度, 風速20~25kt, 1月26日フライト#4)



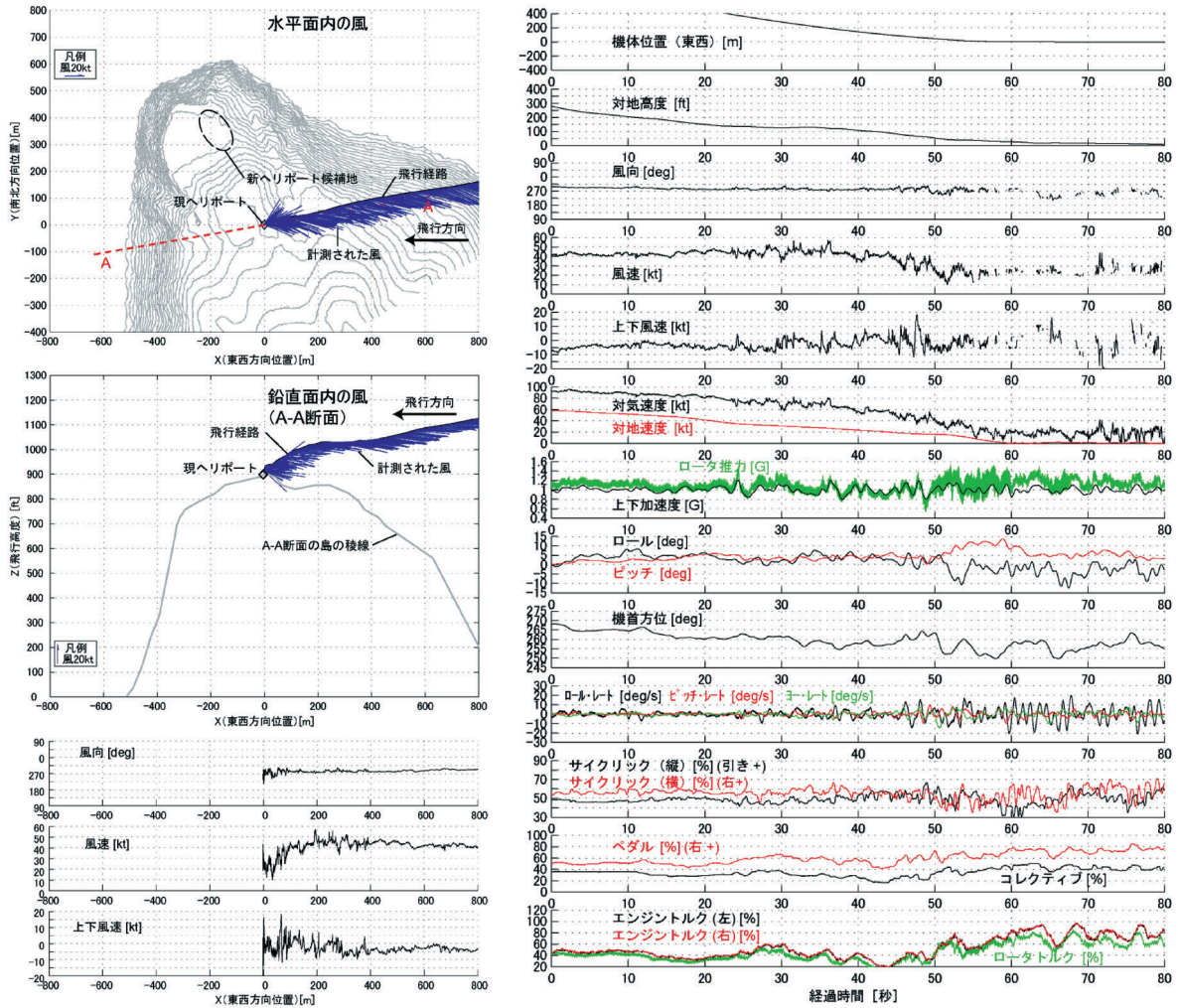
(a) 計測された風 (b) 現ヘリポートへ進入中の機体諸元
 図4.4 現ヘリポートでの離着陸評価 ケースP4 (着陸)
 (風向280~290度, 風速25~30 kt, 1月23日フライト#3)



(a) 計測された風 (b) 現ヘリポートから離陸中の機体諸元
 図 4.5 現ヘリポートでの離着陸評価 ケース P4 (離陸)
 (風向 280 ~ 290 度, 風速 25 ~ 30 kt, 1 月 23 日 フライト #3)

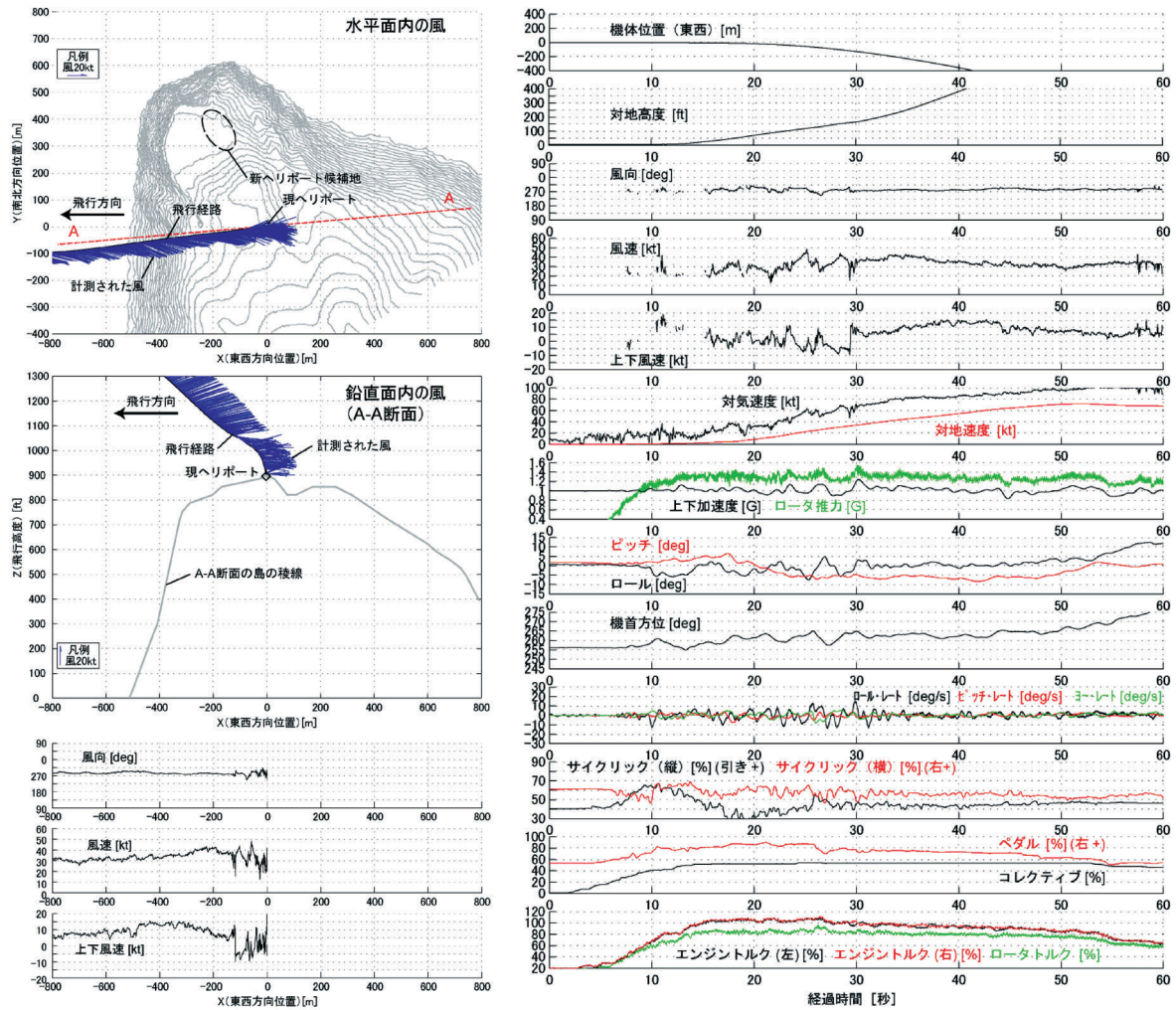


(a) 計測された風 (b) 候補地上空でホバリング中の機体諸元
 図4.6 新ヘリポート候補地での離着陸評価 ケースN6
 (風向280~290度, 風速25~30kt, 1月23日フライト#3)



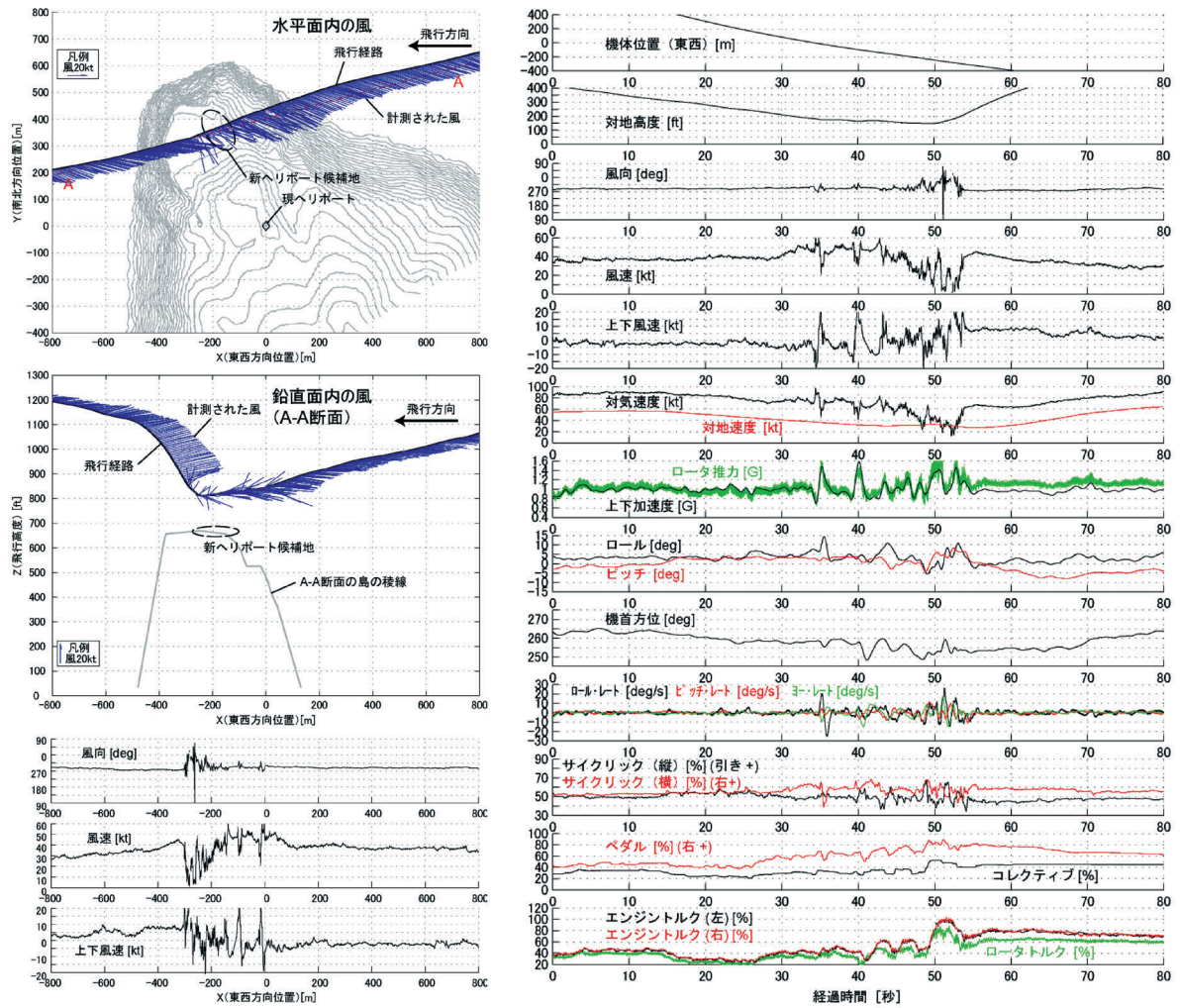
(a) 計測された風 (b) 現ヘリポートへ進入中の機体諸元

図 4.7 現ヘリポートでの離着陸評価 ケース P2 (着陸)
(風向 280 ~ 290 度, 風速 35 ~ 40 kt, 1 月 22 日 フライト #2)



(a) 計測された風 (b) 現ヘリポートから離陸中の機体諸元

図4.8 現ヘリポートでの離着陸評価 ケースP2 (離陸)
(風向280~290度, 風速35~40kt, 1月22日フライト#2)



(a) 計測された風 (b) 候補地上空通過時の機体諸元

図4.9 新ヘリポート候補地での離着陸評価 ケースN4
(風向280~290度, 風速35~40 kt, 1月22日フライト#2)

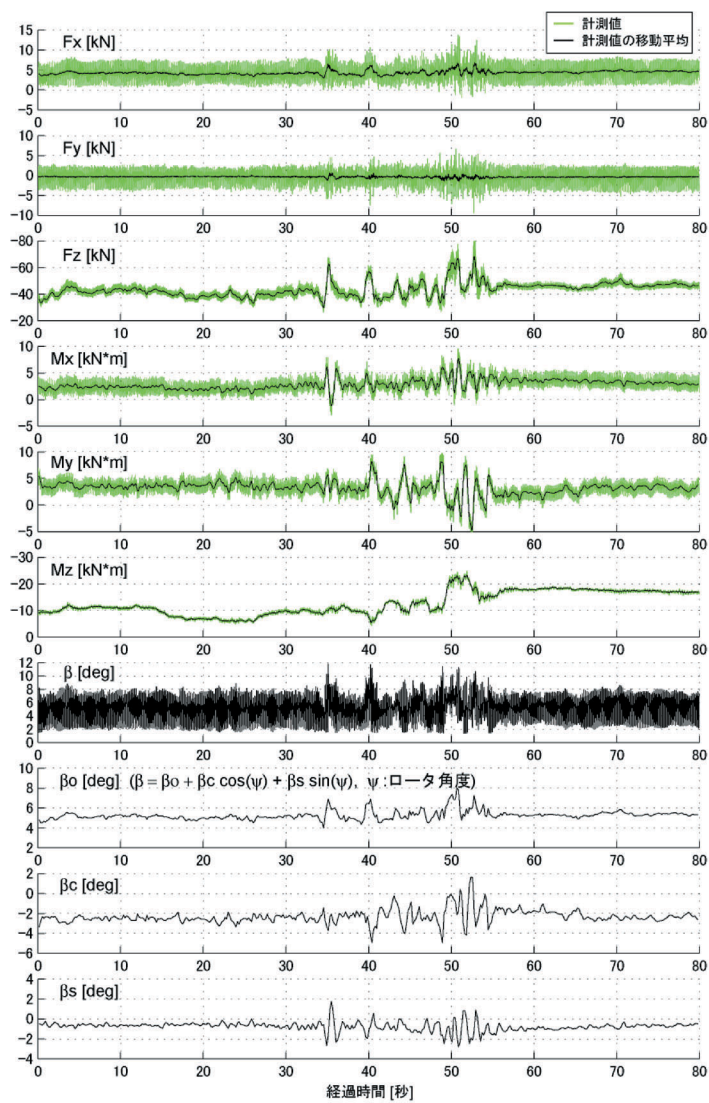
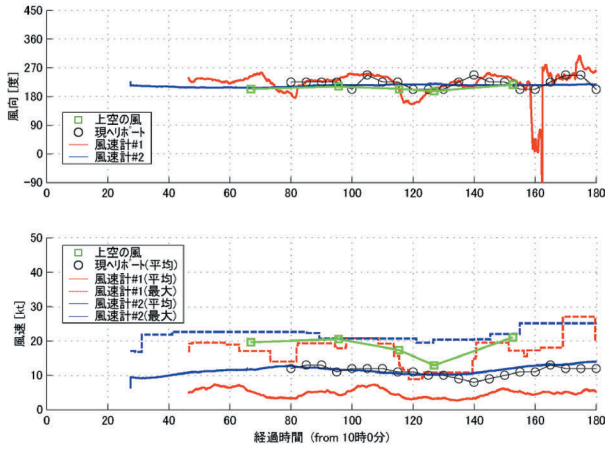
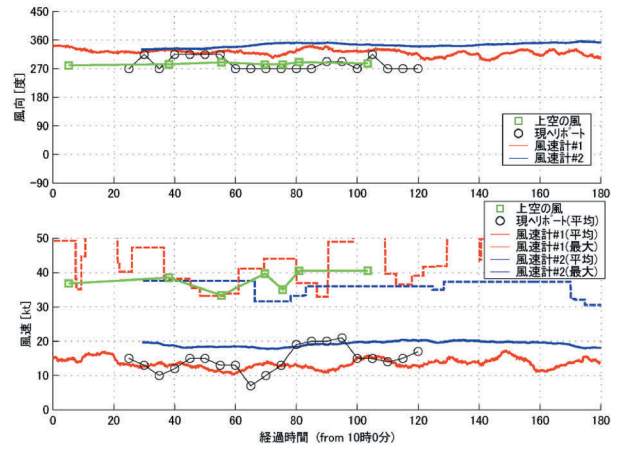


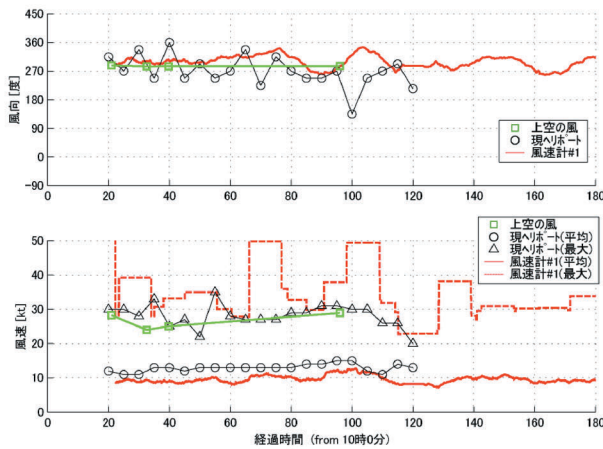
図 4.10 新ヘリポート候補地での離着陸評価 ケース N4
(風向 280 ~ 290 度, 風速 35 ~ 40 kt, 1 月 22 日 フライト #2)



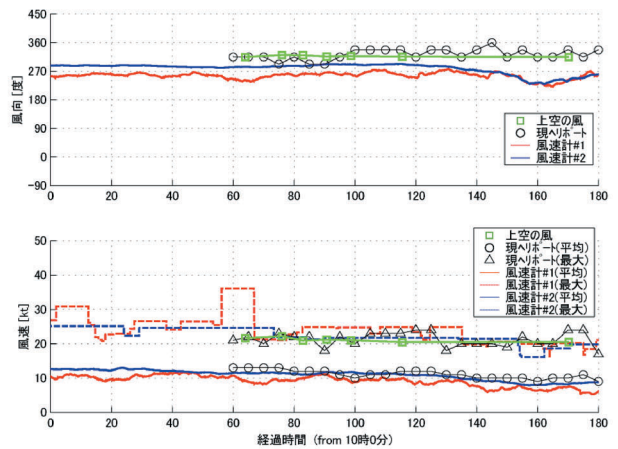
(a) 1月21日 (フライト#1)



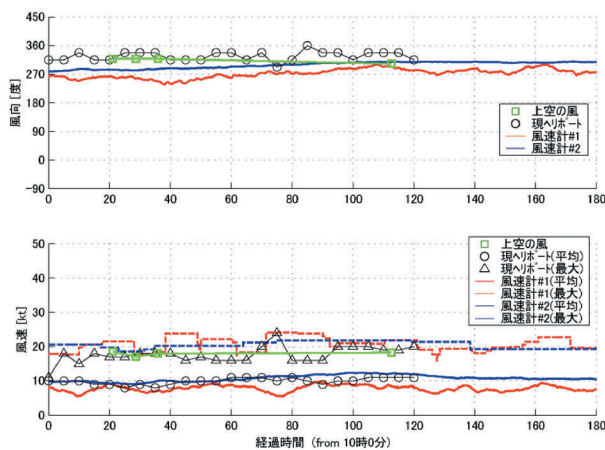
(b) 1月22日 (フライト#2)



(c) 1月23日 (フライト#3)



(d) 1月26日 (フライト#4)



(e) 1月28日 (フライト#5)

図4.11 風速計による地上風計測結果と上空の風

4.3 地上風計測結果と上空風との比較

地上風計測結果を、飛行実験により計測した上空風と共に、図4.11に示す。候補地の風向・風速は10分間の平均値をとり、風速の最大値は過去10分間の最大値として、現ヘリポートの表示値と合わせている。ただし23日は、風速計#2の計測システムに異常が発生したため、同風速計での計測を行っていない。また上空の定常風は、風が空間的に変化しないという仮定の下に各飛行ケースで得られた風計測結果をケース毎に平均して算出した。ただし、地形の影響を排除するため、ドップラーソーダの計測結果（付録参照）を参考に対地高度600 ft (183 m) 以上における風計測結果のみを平均対象とした。従って、対地高度600 ft (183 m) 以上を飛行していない飛行ケースでは、上空風を算出していない。

飛行評価期間中の南西～北西の風に対して、地上風と上空風を比較すると以下ようになる。

現ヘリポート

- 風向・風速は安定しており、風向は上空とよく一致していた。
- 上空の風速は、地上の最大風速と同程度で、平均風速の2倍程度であった。

新ヘリポート候補地

- 風速計#1, #2共に、風向・風速は安定しており、風向は上空とよく一致していた。ただし、南西風の条件では、風速計#1の風向のばらつきが大きくなった。
- 上空の風速は、地上の最大風速と同程度で、平均風速の2倍前後であった。

この結果を平成14年度の風計測飛行実験時に実施した地上風計測結果と比較すると、現ヘリポートについては同様の結果が得られており、再現性が確認された。また、新ヘリポート候補地については、風速計の設置位置を比較的風が安定しているジョウマン地区の東側崖縁部としたことで、平成14年度の結果より上空風との相関が高くなっている。今回は東寄りの風の条件下で評価を行っていないが、平成14年度の結果から、東寄りの風では候補地周辺の風の乱れは弱く地上風と上空風の相関は高いと考えられる。

4.4 離着陸可能な風速限界

評価結果より、西寄りの風の場合、新ヘリポート候補地に離着陸可能な上空の平均風速の限界は30 kt (15 m/s) 前後になると考えられる。地上風を基に飛行の可否の判断を行う場合は、地上風速は上空の風速の約半分と考えられるので、15 kt (8 m/s) 前後が限界となる。それ以上の風速では、風の変動により機体位置の維持が困難となり、エンジンパワの余裕もなく離着陸は困難である。一般的にヘリコプタの離着陸時の風制限としては横風限界が定められていることが多く、MH2000 A型機の場合は横風20 kt (10 m/s) が制限値である。新ヘリポート候補地で西寄りの風の場合は、進入経路は風に正対して設置することができるために横風成分は小さいものの、風の乱れや下降風の影響により機体姿勢・高度の維持が困難となるために風速制限が必要となる。

一方、東寄りの風については、平成14年度の風計測飛行実験の結果から、候補地周辺の風の乱れは現ヘリポートと同程度であり就航率に大きな影響はないと考えられる。

5. おわりに

東京都青ヶ島で検討されている新ヘリポート候補地について、JAXAの実験用ヘリコプタ MuPAL-eを用いて飛行評価を実施した。今回は、西寄りの風向の風速20～40 kt (10～21 m/s) という候補地で風の乱れが生じ得る代表的な条件で離着陸評価を行うことができた。主な評価結果は以下の通りである。

(1) 新ヘリポート候補地

候補地である島の北端部の平地部分の中でも、東寄りの区域が比較的風の乱れが弱く、新ヘリポート設置候補地として適当である。

(2) 新ヘリポートの地上風速計設置位置

上記の候補地付近が適当である。ここに設置した場合、上空の平均風向は地上風とほぼ一致し、平均風速は地上風の最大風速と同程度で、地上風の平均風速の2倍前後となる。

(3) 新ヘリポートでの離着陸の限界

西寄りの風の場合、離着陸可能な上空の平均風速の限

表5.1 八丈島で一定風速以上の西寄り（風向180～360度）の地上風が吹く確率 [%]

地上風速 [kt]	上空風速* [kt]	年間平均	梅雨期 (6, 7月)
10	20	39%	35%
15	30	17%	10%
20	40	7%	3%

* 地上風速の2倍と仮定

界は 30 kt(15 m/s) 前後と考えられる。

東寄りの風の場合、風況は現ヘリポートと同等であり、特別な風速制限は必要ない。

評価結果から、新ヘリポートにおいては離着陸に対する風速制限が必要と考えられる。青ヶ島から約 70 km 離れた八丈島の地上風観測データ（気象庁八丈島測候所による 1976～2002 年の観測、青ヶ島での観測データは存在しない）を用いて、新ヘリポートでの離着陸に影響し得る西寄り（風向 180～360 度）の強風が吹く確率を算出した結果を表 5.1 に示す。今回の評価結果に基づき、上空の平均風速は地上風の平均風速の 2 倍と仮定すると、上空で風速 30 kt(15 m/s)、即ち地上風速 15 kt(8 m/s) 以上の西寄りの風が吹く確率は年間平均 17 % であり、新ヘリポート単独の運用では風の影響により就航率の改善効果が十分に得られない可能性があるものの、現ヘリポートで就航率が低下する梅雨期は風が弱く、現ヘリポートとの併用により就航率の改善が期待できる。ただし、風速制限値のわずかな違いでも制限値以上の風が吹く確率は大きく変化するため、風速制限の設定についてはさらに詳細な検討が必要である。

今回の青ヶ島の新ヘリポート候補地の例に限らず、地形環境の厳しい我が国では、ヘリコプタが山中で物資輸送や救難活動をする際に、地形性乱気流に遭遇し飛行安全に影響を受ける可能性がある。実際に危険な状態に陥る可能性がある状況を飛行実験で評価することは困難であるため、JAXA では飛行シミュレーションによる評価技術の確立を目指し、今回飛行評価を行った青ヶ島を例に飛行シミュレーション環境の構築を進めている。具体的には、JAXA の飛行シミュレータ設備に青ヶ島の地形モデルを組み込むと共に（図 5.1）、実時間の飛行シミュレーションで使用可能な気流モデルの開発を進めている。今回の飛行実験でも、気流モデルの比較検証に使用可能な風データを取得することを目的として、離着陸評価と併せて青ヶ島周辺の風況計測を実施した（付録参照）。今後

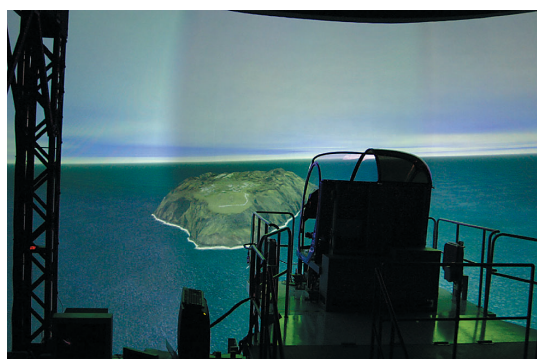


図 5.1 JAXA 飛行シミュレータ設備

も JAXA では、地形性乱気流がヘリコプタの飛行に及ぼす影響を評価する技術について研究開発を進めていく予定である。

謝 辞

今回の飛行評価では、東京都青ヶ島村役場、東京都島嶼振興公社を始めとする関係各位に、飛行実験に際しての機体運航や地上風計測への支援、地上風統計データの提供、評価計画に対する助言など、多大なるご協力を頂いた。ここに厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 奥野善則，又吉直樹，照井祐之，若色薫，穂積弘毅，井之口浜木，船引浩平，「実験用ヘリコプタ MuPAL-ε の開発」，NAL TM-764，2002。
- 2) 又吉直樹，奥野善則，石井寛一，小瀬善則，前山徳久，曾平統，「実験用ヘリコプタによる青ヶ島新ヘリポート候補地上空の気流の計測」，NAL TR-1472，2003。
- 3) 又吉直樹，穂積弘毅，井之口浜木，奥野善則，「実験用ヘリコプタ搭載エアデータセンサの位置誤差計測飛行試験」，NAL TM-779，2003。
- 4) 又吉直樹，奥野善則，「実験用ヘリコプタ搭載超音波速度計の飛行評価」，JAXA RM-04-019，2005。

付録 風 況 計 測

A.1 概要

JAXA では、実時間の飛行シミュレーションで使用可能な気流モデル開発のため、東京工業大学との協力により LES (Large Eddy Simulation) 乱流モデルを用いた青ヶ島周辺風況の数値解析を進めている。今回の飛行評価では、数値解析との比較検証に使用可能な風データを取得することを目的として、離着陸評価と併せて青ヶ島周辺の風況計測を実施した。風況計測では対地的に定められた経路を正確に飛行することが求められるので、平成 14 年度の風計測飛行実験と同様に、MuPAL-ε の計器板に装備されている実験用ディスプレイに誘導用画面を表示し、それに従って飛行した。風況計測用の飛行パターンを図 A.1、表 A.1 に示す。平成 14 年度の風計測飛行実験でも実施した新ヘリポート候補地上空の風況計測 (W 5) に加えて、数値解析の境界条件として重要な海上の大気境界層内の風速プロファイル計測 (W 1, W 2)、および島の後流側の風況を調べるために周回飛行 (W 3) 等を行った。飛行パターン W 1 は、八丈島～青ヶ島間の移動中に両島から

10 NM(19 km) 以上離れた海上で実施した。各飛行パターンの飛行回数を表A.2に示す。離着陸評価を優先して実施したため風況計測に割ける時間は限られており、W1, W3, W5Bのパターンを重点的に実施した。ここでは、代表的な計測結果を示す。

A.2 風況計測結果

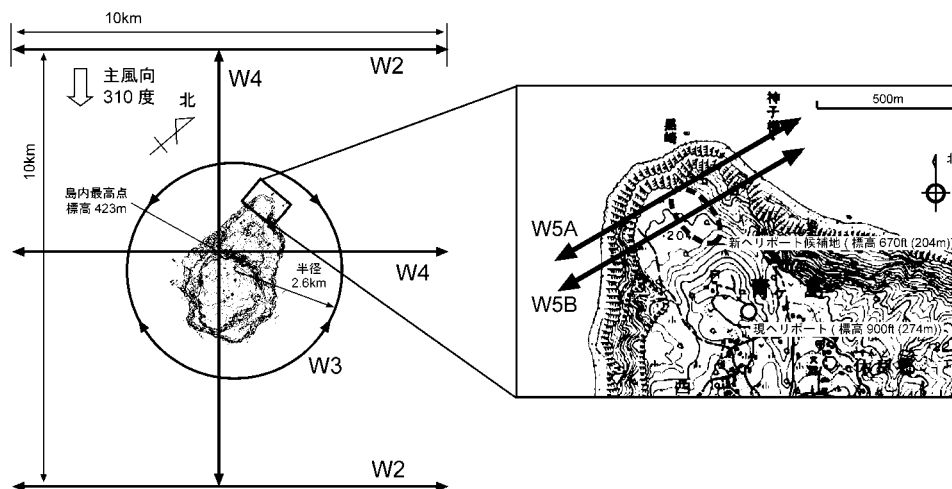
図A.2は、飛行パターンW1により計測した海上の大気境界層内の風速プロファイルの例である。海上は陸上に比べて表面が滑らかなため、境界層内の風速勾配が小さくなっている。図A.3は、飛行パターンW3により島周辺の風況計測を行った例である。図中の機体位置および風向・風速の定義は本文と同一である。高度によらず島の後流側で風速が大きく低下する領域が見られる。図A.4は飛行パターンW4により島の最高点上空の風況を計

測した例である。主風向と平行に飛行したケースPにおいて、最高点の後流側で大きな風の乱れが見られる。図A.5は飛行パターンW5Bにより候補地上空の風況を計測した例である。候補地上空で水平面内風速が大きく低下し、大きな風の乱れが生じていることが確認できる。

A.3 ドップラーソーダの計測結果

ドップラーソーダ（独SCINTEC社製MFAS, 図A.6）は、自らが発した音の反射波のドップラーシフトにより装置直上の平均風向・風速を計測する装置であり、候補地上空の風速プロファイル取得を目的として、候補地南西の斜面手前に設置した（本文図3.2）。計測時の設定は以下の通りである。

- 計測高度範囲：地上 100 ~ 1,300 ft (30 ~ 400 m)
- 計測高度刻み：66 ft (20 m)



図A.1 風況計測用の飛行パターン（主風向が310度の場合）

表A.1 風況計測用の飛行パターン

項目番号	飛行内容	飛行方位[度]	対気速度[kt]	気圧高度[ft]
W1	海上の風速プロファイル計測 500fpmで上昇・降下	—	70	50~2,000
W2	W1は八丈島~青ヶ島間の移動中に実施	主風向と直交	70	50~2,000
W3	青ヶ島近傍を周回飛行	—	70	1,500 700 100
W4	青ヶ島最高点上空を水平飛行	主風向と平行 あるいは直交	70	1,500
W5	新ヘリポート候補地上空を水平飛行 候補地北側の崖縁を通過 (W5A) 候補地直上を通過 (W5B)	060, 240	70	900 800 750

表 A.2 風況計測パターン飛行回数

フライト 番号	青ヶ島上空の平均風		飛行パターン					
			W1	W2	W3 ^{*1}	W4 ^{*2}	W5A ^{*1}	W5B ^{*1}
#1	南南西	15~20kt	2	1	1 (1)	1 (P)		2 (7,7)
#2	西北西	35~40kt	2		2 (7,7)		1 (7)	5 (9,8,7,7,7)
#3	西北西	25~30kt	1		1 (7)	2 (P, N)		2 (7,7)
#4	北西	20~25kt	2		4 (15,7,7,1)	2 (P, N)		2 (7,7)
#5	北西	15~20kt	1		1 (7)	2 (P, N)		1 (7)

*1 W3, W5 の括弧内の数字は飛行高度 (×100ft) を示す。

*2 W4 の括弧内の P は主風向と平行, N は主風向と直交して飛行したことを示す。

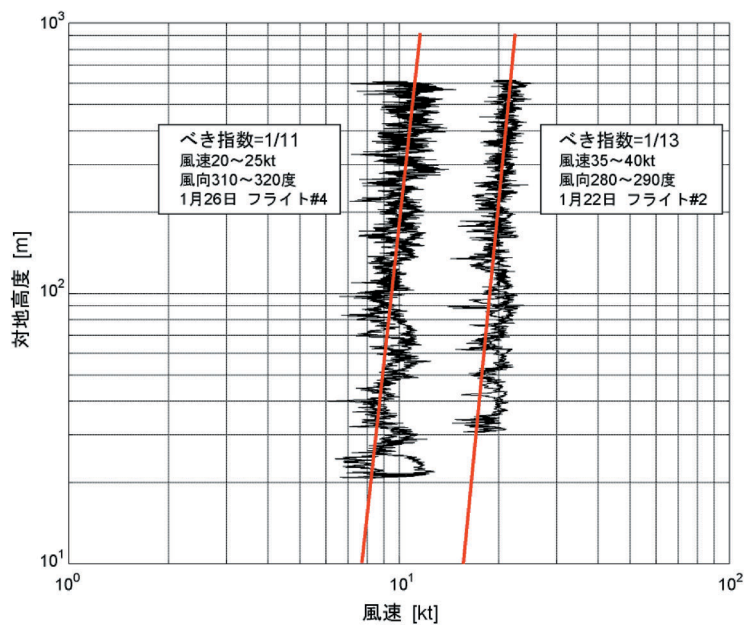


図 A.2 海上の風速プロファイルの計測例 (飛行パターン W 1)

計測結果の平均時間：5分間

しかし、1月22日に強風によりドップラーソーダを囲う音響遮蔽板が破損したため、23日以降は計測を中止した。また、22日も強風のため反射波のSN比が低下し欠測が多く、安定して計測できたのは21日のみであった。21日の代表的な計測結果を図A.7に示す。縦軸にドップラーソーダ設置点(標高686ft(209m))からの対地高度をとり、11時52分~12時7分の間に計測された風速、風向の5分間平均値を示している。

地上600ft(186m)以上の定常風と見なせる風向・風速は、飛行実験による計測結果とよく一致しており、ドップラーソーダ計測値の信頼性が高いことが確認できた。一方、地上500~600ft(152~183m)以下では風速勾配(シア)が存在し、風向も地上300ft(91m)程度までは上空の定常風向と異なっている。21日の風向が210度前後で、南側にある斜面の後流側にドップラーソーダが位置したため、地形の影響が特に高い高度まで及んだと考えられる。

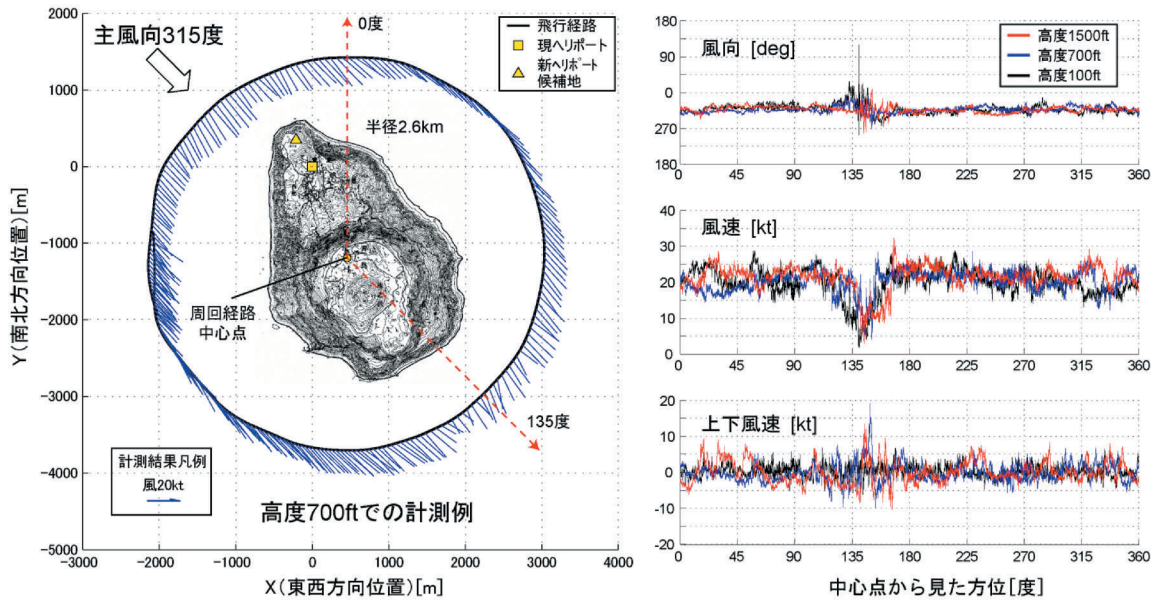


図 A.3 島周辺の風況計測例（飛行パターン W 3）
 （風向 310 ～ 320 度，風速 20 ～ 25 kt，1 月 26 日 フライト #4）

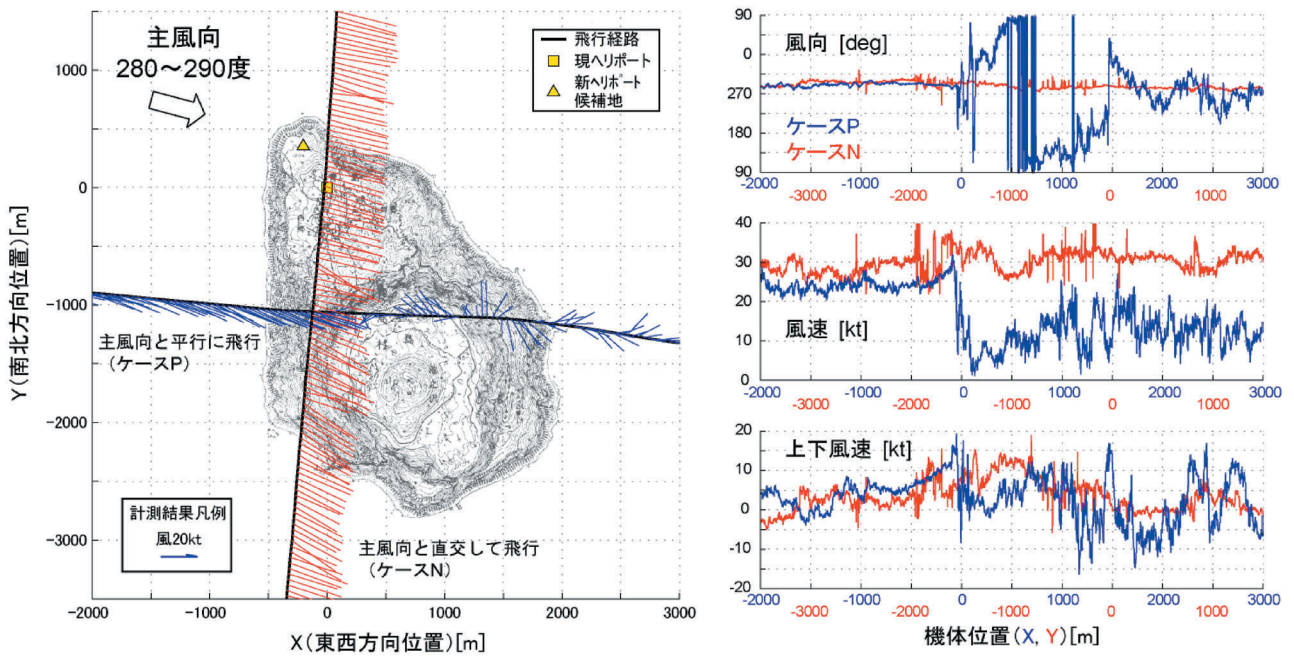


図 A.4 島最高点上空の風況計測例（飛行パターン W 4）
 （風向 280 ～ 290 度，風速 25 ～ 30 kt，1 月 23 日 フライト #3）

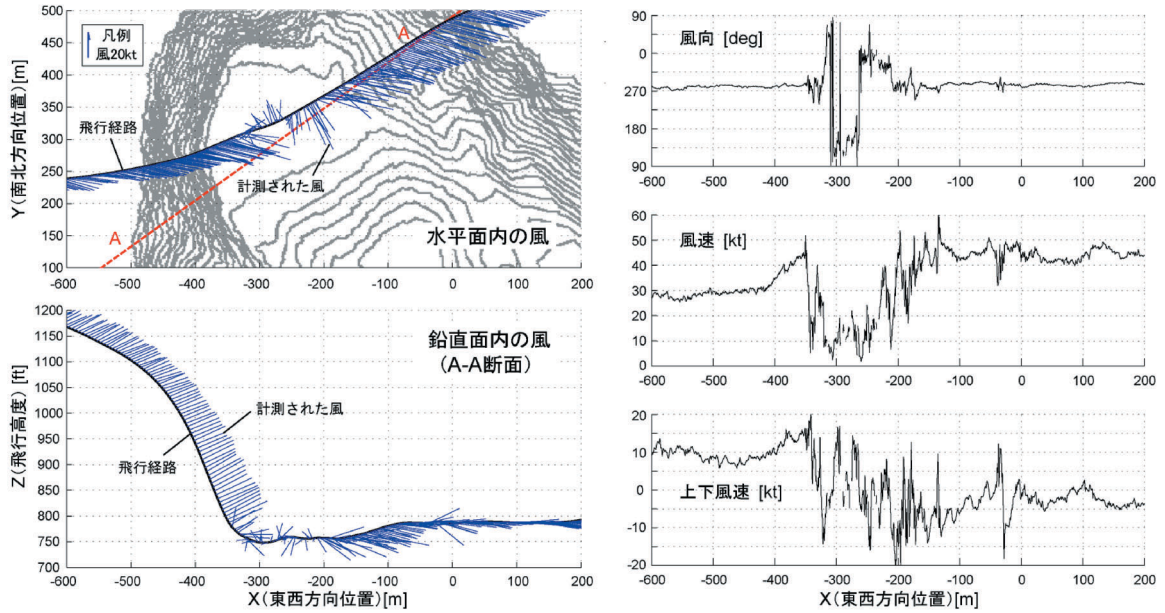


図 A.5 候補地上空の風況計測例 (飛行パターン W5B)
 (風向 280 ~ 290 度, 風速 35 ~ 40 kt, 1 月 22 日 フライト #2)

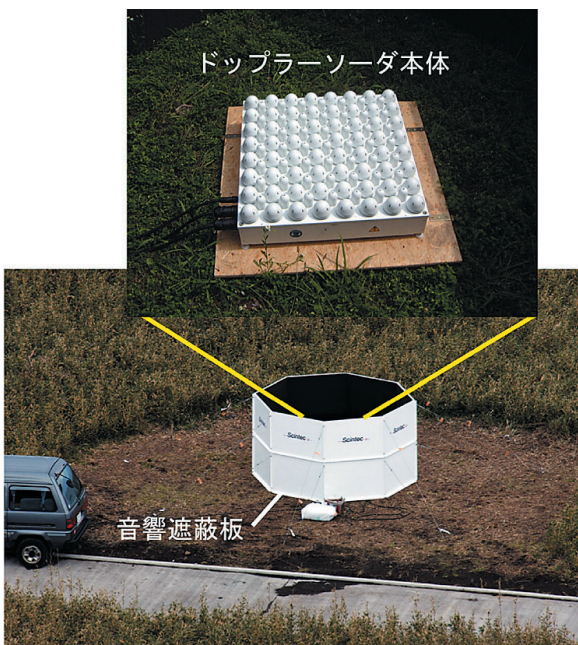


図 A.6 ドップラーソーダの設置状態

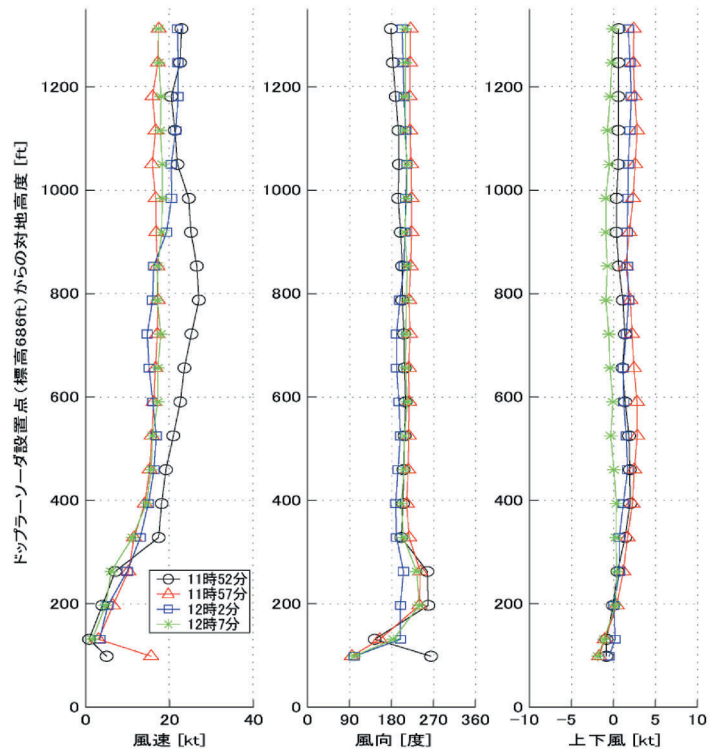


図 A.7 ドップラーソーダの計測結果例 (1 月 21 日)

発行日	2005年3月31日
編集・発行	独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 〒182-8522 東京都調布市深大寺東町七丁目44番地1 TEL 0422-40-3000（代表）
印刷所	株式会社 東京プレス 〒174-0075 東京都板橋区桜川 2-27-12

©2005 JAXA

※本書(誌)の一部または全部を著作権法の定める範囲を超え、無断で複写、複製、転載、テープ化およびファイル化することを禁じます。

※本書(誌)からの複写、転載等を希望される場合は、下記にご連絡下さい。

※本書(誌)中、本文については再生紙を使用しております。

〈本資料に関するお問い合わせ先〉

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 情報化推進部 宇宙航空文献資料センター



宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency