安全講習会資料

山岳波による高高度飛行の安全について

Rev.N

2023/ 12/13

公益社団法人　宮城県航空協会

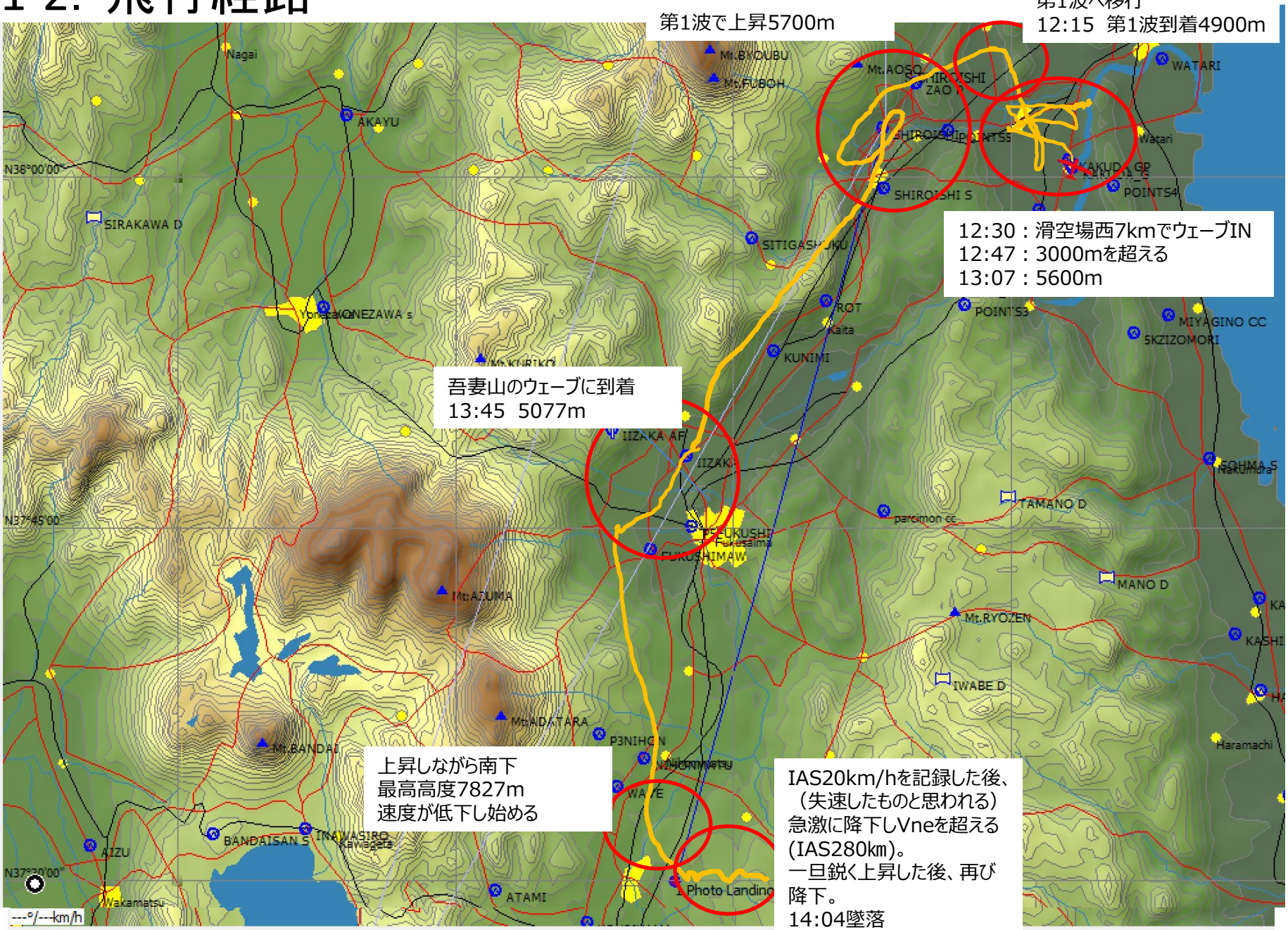
AGENDA

1. JA21BBの事故及びその対策について
2. 低酸素症について
3. 過呼吸について
4. 減圧症について
5. 酸素システムの使用法について
6. 酸素システムまとめ
7. 空中衝突の防止
8. 空中分解の防止
9. 低温が機体に与える影響について
10. ウェーブでの飛行について
11. 緊急時の対処
12. メンタルについて

1．JA21BBの事故及びその対策について
1－1．事故の概要

発生年月日	2016年5月5日
発生場所	福島県田村郡三春町
航空機種類	滑空機
航空機区分	滑空機
型式	グラスフリューゲル式304CZ-17型（滑空機、単座）
登録記号	JA21BB
運航者	個人
事故等種類	空中分解による墜落
概要	個人所属グラスフリューゲル式304CZ-17型JA21BB（滑空機、単座）は、平成28年5月5日（木）、11時56分ごろ、訓練のため、宮城県角田市の角田滑空場を飛行機曳航により発航し、14時05分ごろ、福島県田村郡三春町の山林に墜落した。 同機には機長のみが搭乗しており、死亡した。 同機は大破したが、火災は発生しなかった。 本事故は、JA21BBが飛行中に空中で分解したため、山林に墜落したものと推定される。
原因	同機が空中で分解したことについては、機長が低酸素症状態で意識が混濁する中で急旋回に入り失速状態となった後、機体がきりもみ等の大きな機首下げ状態となって急降下したこと及び乱流域を通過したことが影響し、機体に空気力による過大な曲げが発生して終極荷重を超過する荷重が負荷されたことによる可能性が考えられる。 機長が低酸素症状態になったことについては、発航前に酸素開閉弁を開けることを失念して酸素が供給できない状態で飛行を開始したこと及び飛行中の酸素の供給確認を行わなかったため、酸素が供給されていないことに気付かず、自身の低酸素症の兆候にも気付かないまま上昇を続けたことによる可能性が考えられる。
死傷者数	1名死亡（機長）

1-2. 飛行経路


第1波で上昇5700m
第1波へ移行
12:15 第1波到着4900m
12:30：滑空場西7kmでウェーブIN
12:47：3000mを超える
13:07：5600m
吾妻山のウェーブに到着
13:45 5077m
上昇しながら南下
最高高度7827m
速度が低下し始める
IAS20km/hを記録した後、
（失速したものと思われる）
急激に降下しVneを超える
(IAS280km)。
一旦鋭く上昇した後、再び
降下。
14:04墜落
Mt.BYOUBU
Mt.FUBOH
Mt.AOSO
ZAO
WATARI
AKAYU
SIRAKAWA D
SHIROISHI S
POINTS4
SITIGASHUKU
POINTS3
MIYAGINO CC
SKZIZOMORI
KUNIMI
IIZAKA AP
IIZAKA
FUKUSHI
FUKUSHIMA
TAMANO D
persimon cc
MANO D
Mt.RYOZEN
IWABE D
Mt.AZUMA
Mt.ADATARA
Mt.BANDAI
P3NIHON
WAKE
BANDAISAN S
INAWASIRO
AIZU
ATAMI
Photo Landing
Haramachi
N38°00'00"
N37°45'00"
N37°30'00"
---°/---km/h

１－３．飛行の経過

事故報告書AA-2017-5より抜粋

2.1.1　管制交信記録及び多機能携帯の航跡記録による墜落までの飛行の経過

11時56分ごろ　　同機は、同滑空場を飛行機曳航により発航した。

13時08分06秒　　同滑空場の北西約４．４nm、高度約１８，７００ftから北西に向けて上昇中であった。東京管制区管制所（以下「ＡＣＣ」という。）に高度１８，０００ftを超えて上昇中を通報した。

同49分00秒　　同滑空場の南西約２５nm、高度約１７，６００ftで南下中であった。ＡＣＣに高度１７，０００ftで南下中を通報した。

同55分50秒　　事故現場の北北西約８．０nm、高度約２２，２００ftから南に向けて上昇中であった。ＡＣＣに高度２２，０００ftで南下中を通報した。

14時00分10秒　　事故現場の西北西約５．０nm、高度約２５，０００ftに到達し、南東に向けて飛行中であった。ＡＣＣに高度１９，０００ftで飛行中と通報したが、受信音声が弱く不明瞭で、その後の交信はよく聞き取れない状況であった。

同01分20秒　　事故現場の西約４．０nmを高度約２５，６００ftで南東方向に飛行中であった。

ＡＣＣとの管制交信にうなり声のような音声の後、無言の雑音が記録された。

同04分30秒　　事故現場に到達し、移動が停止した。

１－４．安全対策について

下記安全対策を実施した。

- 安全講習会「山岳波による高高度飛行の安全について」(本講習会)を開催。
- 安全点検の実施（耐空検査相当）
- 整備講習会への整備士派遣
- 行前点検表の改訂(酸素バルブの開放・酸素供給装置の作動確認)
- 角田滑空場運用規定、角田滑空場運用規程細則及び運用要領の改訂
- 高高度飛行シラバス制定
- 緊急用酸素、パルスオキシメーターの搭載
- 搭載酸素システムのEDS化
- 飛行規程装備品リストの改訂
- 酸素圧力計の移設（見やすい位置へ）
- 酸素残量目安プラカードの添付

１－４. 安全対策について – 最低飛行経歴
協会WEB SITEにて公開

https://www.sky-miyagi.org/high002C.pdf

科目	最大飛行高度の目安	飛行エリア	必要経歴
獲得3,000m (金賞科目)	12,000Feet	A	・ 銅章 ・ ライセンス ・ 最新の安全講習会受講 ・ 1回以上の高高度飛行同乗飛行 ・ 1年以内の飛行経歴10時間以上 ・ 上記を満たしており、当該飛行について運行責任者が許可した者
50km（WAVE利用） （銀賞科目）	15,000Feet	B	・ 銅章 ・ 滞空5時間、獲得1000m ・ 獲得3000m ・ ライセンス ・ 最新の安全講習会受講 ・ 1回以上の高高度飛行同乗飛行 ・ 1年以内の飛行経歴30時間以上 ・ 上記を満たしており、当該飛行について運行責任者が許可した者
獲得5,000m (ダイヤモンド科目)	18,000Feet	B	・ 獲得3,000m ・ ライセンス ・ 安全講習会受講 ・ 1回以上の高高度飛行同乗教育 ・ 1年以内の飛行経歴30時間以上 ・ 上記を満たしており、当該飛行について運行責任者が許可した者

１－４. 安全対策について －必要飛行経歴
協会WEB SITEにて公開

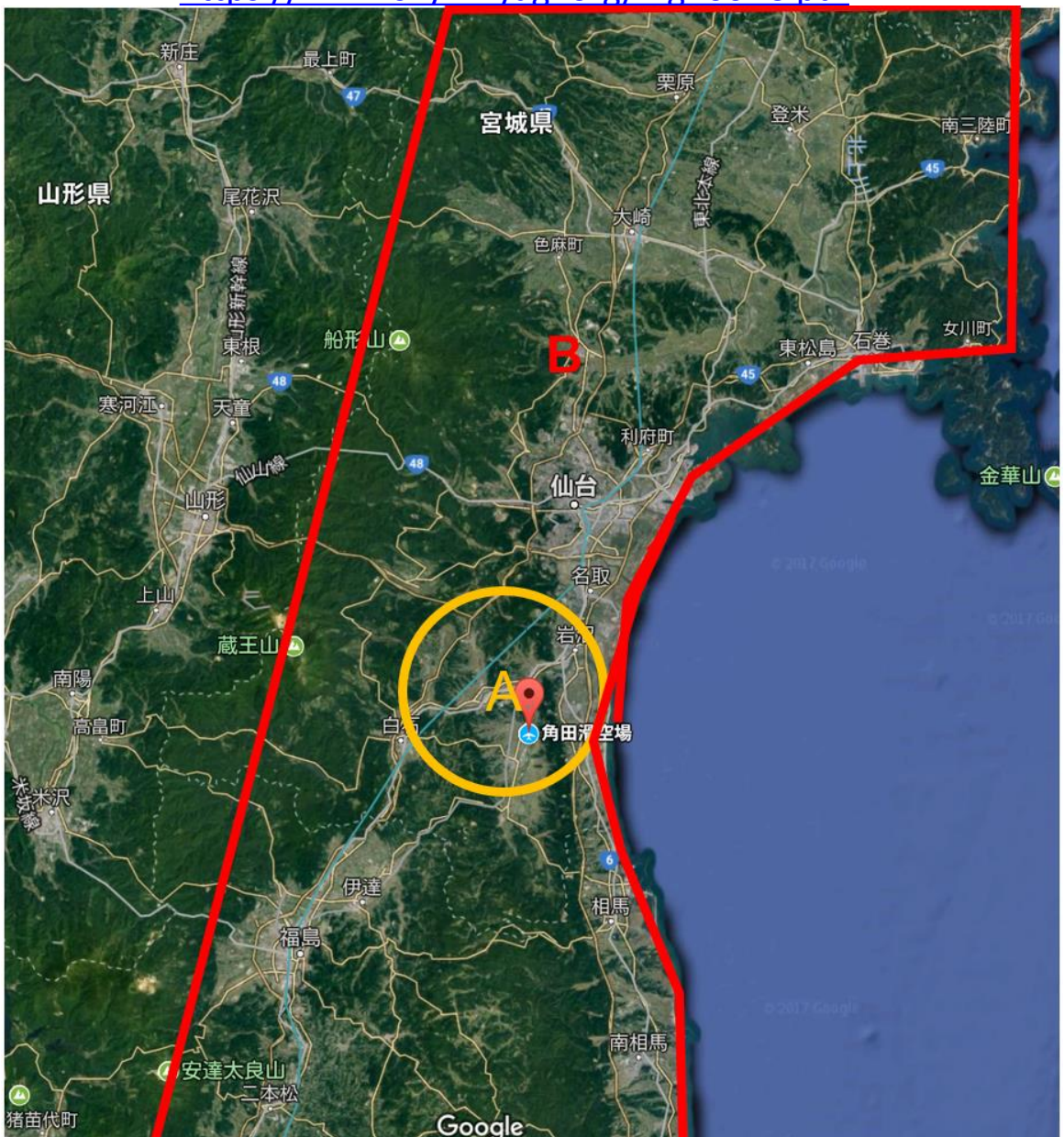
https://www.sky-miyagi.org/high002C.pdf

科目	最大飛行高度の目安	飛行エリア	必要経歴
300km（WAVE利用） （金章科目）	18,000Feet	C	・ 獲得5,000m ・ 銀章 ・ ライセンス ・ 最新の安全講習会受講 ・ 1回以上の高高度飛行同乗教育 ・ 1年以内の飛行経歴30時間以上 ・ 上記を満たしており、当該飛行について運行責任者が許可した者
300km（WAVE利用） 500Km（WAVE利用） （ダイヤモンド科目）	18,000Feet	制限なし	・ 獲得5,000m ・ 金賞 ・ ライセンス ・ 最新の安全講習会受講 ・ 1回以上の高高度飛行同乗教育 ・ 1年以内の飛行経歴30時間以上、XC距離100km以上、WAVEでの飛行1回以上 ・ 上記を満たしており、当該飛行について運行責任者が許可した者
500Km～ （WAVEを利用）	18,000Feet	制限なし	・ 3ダイヤモンド ・ ライセンス ・ 最新の安全講習会受講 ・ 1回以上の高高度飛行同乗教育 ・ 1年以内の飛行経歴30時間以上、XC距離100km以上、WAVEでの飛行1回以上 ・ 上記を満たしており、当該飛行について運行責任者が許可した者

１－４. 安全対策について －最低飛行経歴

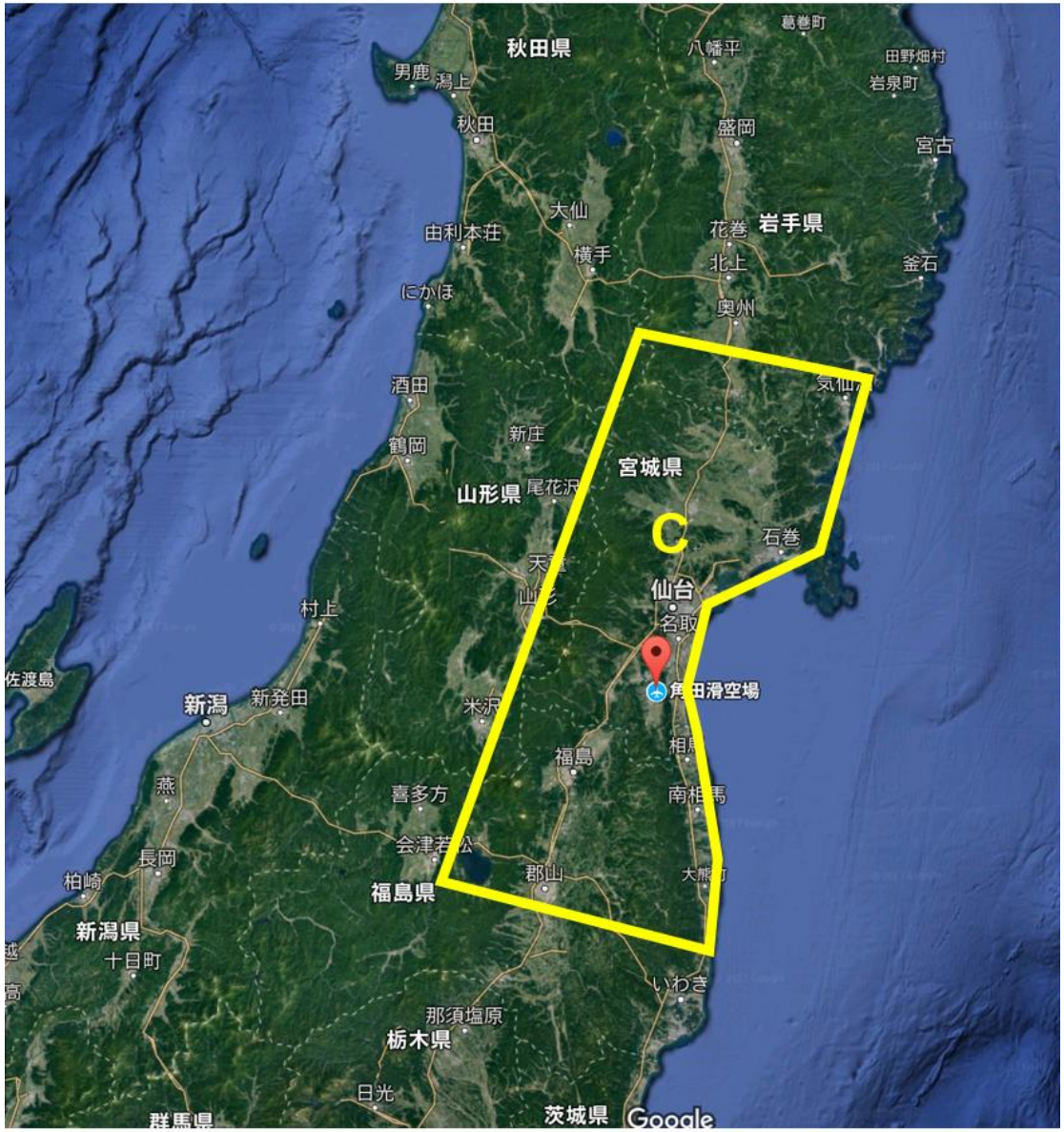
協会WEB SITEにて公開

https://www.sky-miyagi.org/high002C.pdf



1－4. 安全対策について －最低飛行経歴協会WEB SITEにて公開

https://www.sky-miyagi.org/high002C.pdf



１－４. 安全対策について　－高高度飛行シラバス

高高度飛行シラバス抜粋　協会WEB SITEにて公開

https://www.sky-miyagi.org/high001.pdf

科目	訓練生、受講するパイロットのレベル	実施時期	到達目標	使用機材	内容（レッスンプラン）	備考
座学「山岳波による高高度飛行の安全について」	時間、経歴問わず。有効な操縦練習許可書又はライセンスを有していること。	時間、経歴問わず。ウェーブシーズン前の9月から10月に実施	高高度飛行に関する正しい基礎知識習得		「山岳波による高高度飛行の安全について」参照	
同乗教育「ウェーブ体験」	座学「山岳波による高高度飛行の安全について」を完了していること	時間、経歴問わず。ウェーブシーズンに実施	高高度飛行に関する基礎的な飛行技術の習得	ASK21（JA2326）	１. 地上にて機体装備の取り扱いについて習熟を行う ①酸素システムの取り扱い - EDSの使用方法 - 酸素ボトルの取り扱い（バルブの開閉、残圧の確認方法） ②トランスポンダの取り扱い - 各モードの切り替え - スコークの変更（各スコークの意味も確認する事） - アイデントの方法 ③携帯可能な場合、携帯用酸素の　使用方法及びパルスオキシメータによる血中酸素濃度の使用方法についても習熟を行う。 ④離陸前から高高度飛行実施の意思がある場合はカニューラを装着し、EDS　Nモードで酸素吸入を行う。	教官は、飛行実施中絶えず練習生の体調をチェックする事。

２．低酸素症

２－１．酸素を使用する高度－各国の法規では？
米国 FAR

FAA FAR 91.211 補助酸素.

(A) 一般　米国籍の民間航空機を運用する場合は・・

(1) 機内の気圧高度が12,500フィートMSL（平均海面高度）を超え14,000フィート以下の飛行時には、必須の乗務員にして補助酸素が提供され、これらの高度での飛行が30分を超える間は補助酸素を使用しなければならない。

(2) 機内の気圧高度が14,000フィートMSLを超える飛行時には、必須の乗務員に対して補助酸素が提供され、該当する高度での飛行中は常に補助酸素を使用しなければならない。 そして、

(3) 機内の気圧高度が15,000フィートMSLを超える飛行時には、機内の人全てに補助酸素が常に提供されなければならない。

２．低酸素症

２－１．酸素を使用する高度－各国の法規では？
欧州EASA

CAT.IDE.S.125 補助酸素

気圧高度10,000フィートを超える飛行を実施するグライダーには下記規定に従って十分な呼吸用の酸素が供給できる容器と供給装置を装備しなければならない。

(a) 乗務員に対して、気圧高度10,000フィートから13,000フィートの間で30分を超える時間は常に

(b) 全ての乗務員と乗客に対して、気圧高度13,000フィートを超える時間は常に

２. 低酸素症

２－１. 酸素を使用する高度－各国の法規では？

日本では

- →航空法・施行規則では規定がない
- サーキュラーの飛行規程の作成要領の中で具体的な記載があり、各機体の飛行規程記載の根拠となっている。

国土交通省航空局安全部航空機安全課長

件名：航空機及び装備品等の検査に関する一般方針

目次＿抜粋

第Ｉ部　耐空証明関係

1. 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4
2. 耐空証明検査の申請区分別の提出書類及び検査の概要・・・・・・・・・・4
3. 耐空証明関係手続き・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・26
4. 法改正に伴う経過措置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・30

様式Ｉ-1～6 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・31
付録Ｉ-1　航空機現況表等の記載要領・・・・・・・・・・・・・・・・37
付録Ｉ-2　飛行規程の作成、管理要領・・・・・・・・・・・・・・・・42
付録Ｉ-3　整備手順書について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・75

２．低酸素症

２－１．酸素を使用する高度－各国の法規では？
日本では

サーキュラー抜粋

81頁__抜粋

運用様式区分

A 計器飛行方式による飛行(管制の指示に常時従う飛行)

B 計器飛行(計器気象状態における飛行)

C 計器航法による飛行(有視界気象状態で規則第66条に定める距離又は時間をこえて行なう雲上又は洋上飛行)

D 計器航法による飛行以外の有視界飛行

E 夜間飛行

F 昼間飛行

G 着氷気象状態における飛行(型式証明で認められたもの)

H 高々度飛行(3,000m以上の高度)

(注1)酸素供給装置として次の容量を有するもの。

(1)与圧装置を有しない航空機

(イ) 3,000mから4,000mまでの高度で飛行する場合は、当該飛行に係る飛行時間から30分を減じた飛行時間中航空機乗組員全員が必要とする量。

(ロ) 4,000mをこえる高度で飛行する場合は、当該飛行に孫る飛行時間中搭乗者全員が必要とする量。

２．低酸素症

２－１．酸素を使用する高度－各国の法規では？

宮城県航空協会では
- 角田滑空場運用規程 細則 及び運用要領から抜粋

４－１１－４．山岳波による高高度飛行の実施について

山岳波により、高高度飛行（高度 10,000Feet 以上の飛行）を実施する際は、各種法令を遵守するとともに、本章記載事項に従う事。

①　使用する航空機の装備について

高高度飛行する機体は、下記の装備を有する事。

・ATC トランスポンダー　MODE C または S

・酸素供給装置

また、上記装備に加え、下記を装備・携帯する事が望ましい

・GPS　FLIGHT　RECORDER（自機の位置が確認できるものが望ましい）

・パルスオキシメーター（飛行中の血中酸素濃度を確認できるもの）

・緊急用携帯酸素

・VHF ラジオモニター

２．低酸素症

２－１．酸素を使用する高度－各国の法規では？
宮城県航空協会では

- 角田滑空場運用規程 細則 及び運用要領から抜粋

② 高高度飛行の実施について

単独で高高度飛行を実施するパイロットは下記を満たすこと

・自家用操縦士滑空機上級または動力以上の技能証明を有していること

・安全講習会「山岳波による高高度飛行の安全について」の最新の内容を受講していること

・教官と同乗による高高度飛行を１回以上経験していること

・高高度飛行実施シラバスを終了していること

・当該飛行が高高度飛行必要経歴（別表）を満たしていること

・飛行当日に当該飛行の計画について運行責任者の許可を得る事

２．低酸素症

２－１．酸素を使用する高度－各国の法規では？

宮城県航空協会では
- 角田滑空場運用規程 細則 及び運用要領から抜粋

③　高高度飛行で注意する事項

高高度飛行を実施するパイロットは下記事項に注意する事

・高高度飛行に使用する機体のアビオニクス、酸素システムの取り扱いに習熟する事
・搭乗前に酸素ボトルの残圧を確認する事
・搭乗前に確実に酸素ボトルのバルブを開放する事。また、搭乗後はバルブを閉じ、酸素システム内に残った酸素を抜くこと
・技量、体調、天候を考慮し、無理のない飛行計画を立てる事
・飛行中は各管制機関からレーダーサービスを受ける事
・飛行中は、可能な範囲で角田（宮城）フライトサービスをモニターする事
・飛行中は、可能な範囲で（20分に１回を目安）自機の位置、高度、状況を角田（宮城）フライトサービスにレポートする事が望ましい。
・飛行中は、低酸素症に陥らぬよう、血中酸素濃度をモニターする事が望ましい。

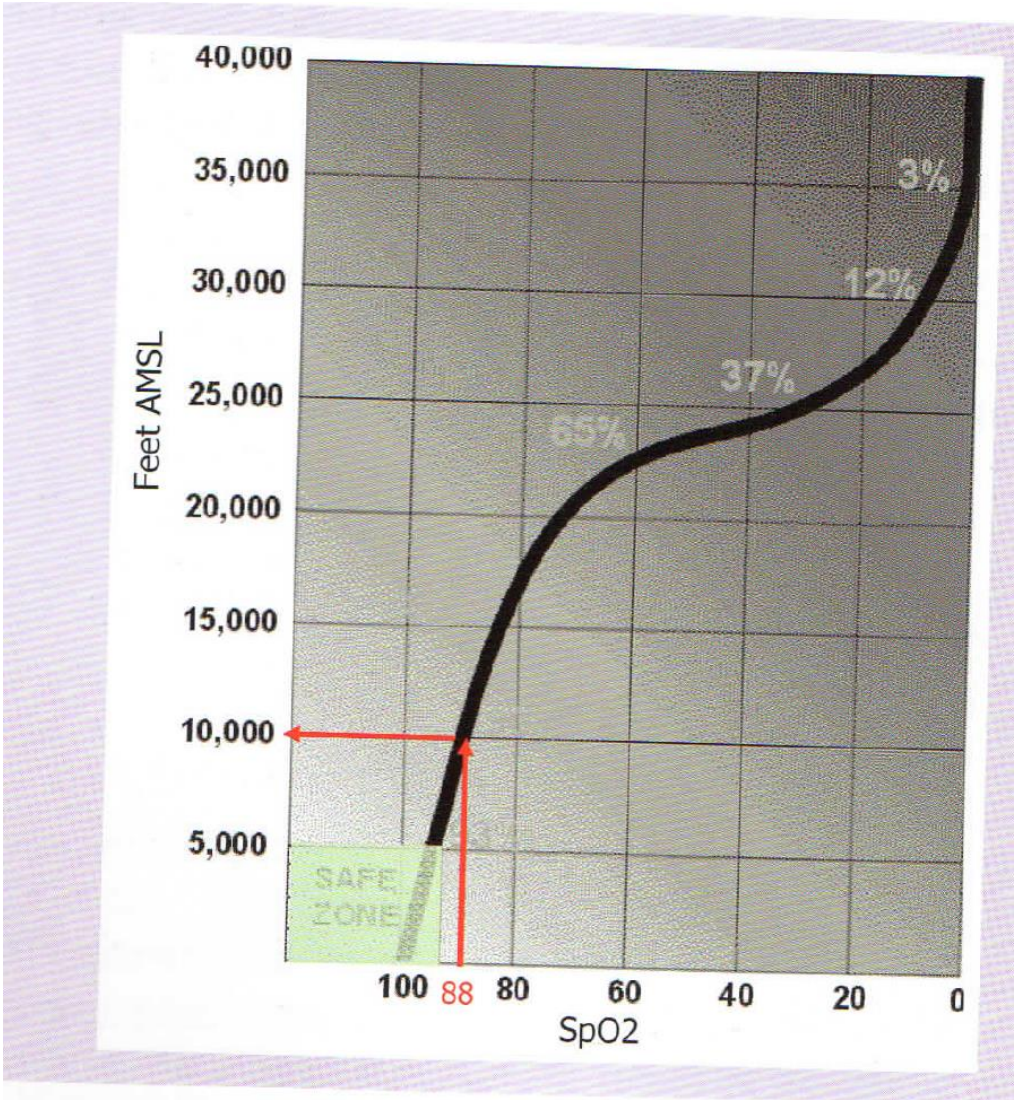
２．低酸素症

２－２．高度による酸素の減少

なぜ10,000Feet（3,0000m)なのか？

→嫌気性の脳代謝が始まって神経細胞の燃料(ATP) が 低下して、若くて元気な人でも末梢血中酸素飽和度(Sp02) が90%の閾値まで下がる高度だから
→一般的には、10,000Feetですでに88%になるとされている。

医学的に95%以下では呼吸不全の疑いが持たれます。



２．低酸素症

２－２　高度による酸素の減少

①　10,000Feetではどのような影響が出るか？

- 肺胞での酸素分圧

吸気中の酸素分圧は 159 から110 mmHgまで31%低下。
しかし、肺胞での酸素 分圧は103から61 mmHg まで 41 %減少する。

A		B	C	D
(ft)	(m)	(mmHg)		
0	0	760	159	103
5,000	1,524	632	133	81
10,000	3,048	523	110	61
12,000	3,658	483	102	54
13,000	3,962	465	97	51
14,000	4,267	447	94	48
15,000	4,572	429	90	45
20,000	6,096	350	73	34
25,000	7,620	282	59	30

31%　41%

長時間フライト時に脳の機能を良好に保つには、高度10, 000フィートの制限では高すぎことが明らかで、酸素の取り込み能力からというより、覚えやすい数字として決められたと思います。
→Dancing with the Windより

酸素を血液中に送り込むための有効な 圧力

A: 高度　B: 大気圧　C: 吸気中の酸素分圧　D: 肺胞の血気界面における酸素分圧

２．低酸素症

２－２　高度による酸素の減少

②　10,000Feetではどのような影響が出るか？

- 高度による酸素の影響

ft	m	hpa	必要酸素量%
0	0	1,013	21
5,000	1,524	842	25
10,000	3,048	696	30
15,000	4,572	570	37
20,000	6,096	465	45
25,000	7,620	375	56
30,000	9,144	300	70
34,000	10,363	249	100

大気の組成（酸素の割合が21%）は高度によらず一定だが、大気圧は高度と共に減少するため酸素分圧は同じ比率で下がっていく。
そのため、もし地上と 同じ酸素飽和度を保とうとすると、上の表に示す割合の酸素を含む空気で呼吸 する必要がある。
SpO2 90%以上を保つには、10,000Feetでは地上に比べ約1.5倍の酸素濃度が必要。

2. 低酸素症

2－3. 症状と血中酸素濃度

状　況	酸素飽和度 SpO_2	高　度		想定される症状と臨床的な兆候
		フィート	メーター	
認識できない危険性	90-93%	5,000～10,000	1,500～3,000	暗い場所での視力の低下、過呼吸、頭痛新たな目標や緊急事態への対応能力の低下
潜在的な危険性	80-90%	10,000～15,000	3,000～4,500	決断力や暗算能力の低下、調整能力や筆記能力の低下、能率や能力の低下、反応の遅れ、視野の狭窄、色彩の喪失、二重視界、疼痛、あくび、混乱、陶酔、幸福感に続く眠気
差し迫った危険性	70-80%	15,000～20,000	4,500～6,000	操縦能力の低下、めまい、平衡感覚の喪失、表現力の低下、神経と筋肉の協調、筆記能力の低下(運動失調)、視野の狭窄、色彩の喪失、痛みへの反応低下、認知機能の変化、記憶喪失、判断の変化、意識の喪失
死に直結する危険性	60-70%	20,000～25,000	6,000～7,500	血流障害、中枢神経の麻痺、けいれん、心循環の停止、死

２．低酸素症

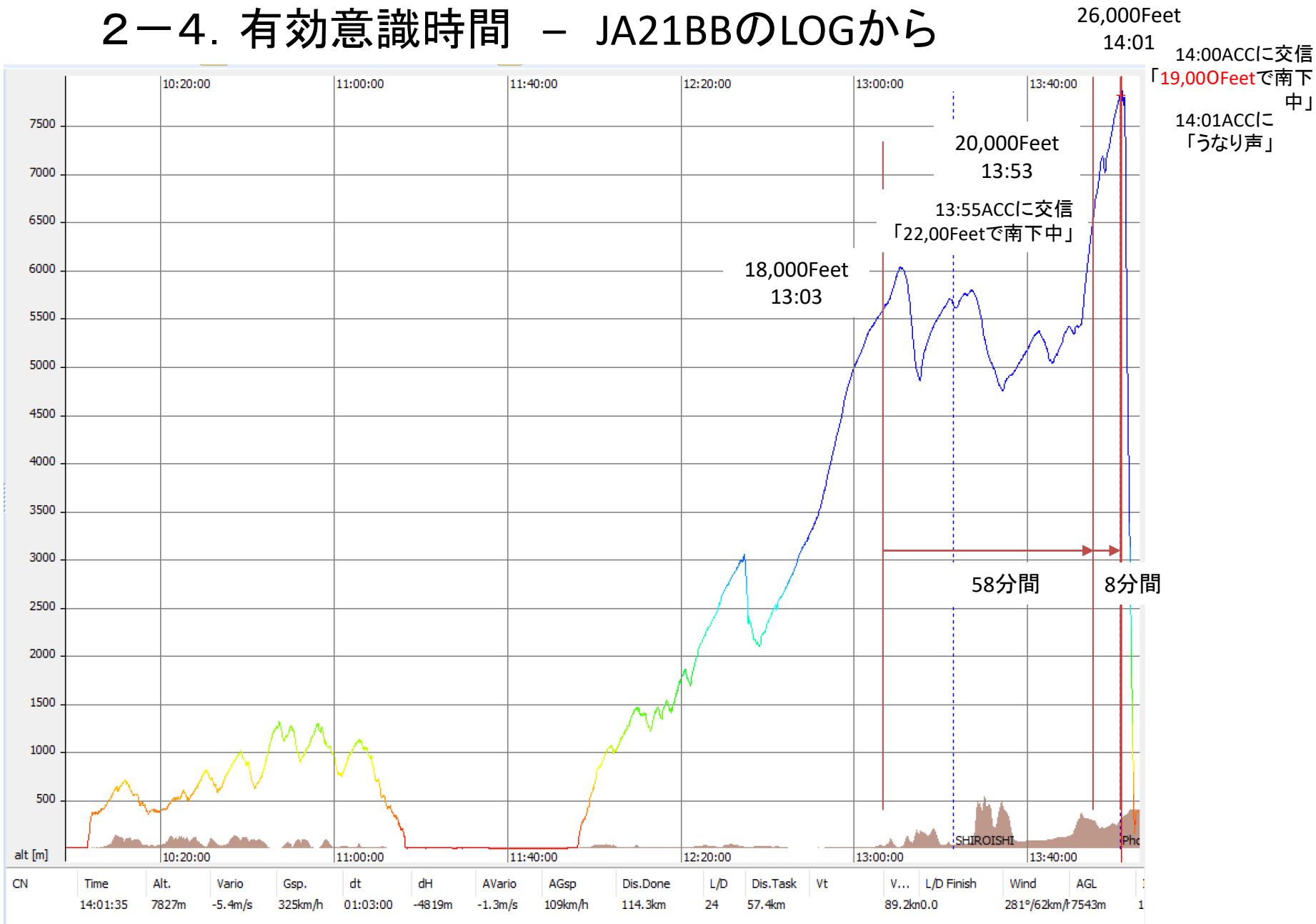
２－４．有効意識時間

低酸素症が発現してから、意識を喪失するまでの時間を、「有効意識時間：Time of Useful Consciousness, TUC」といいます。最近では「有効機能時間：Effective Performance Time; EPT」とも呼ばれますが、同じものを指しています。表でも明らかなように、高度が増すごとにEPT は短くなります。しかし、この表の数値は（それまで酸素を吸引していた）健常者を対象に安静時(チャンバー内の実験時）に測定された数値といわれていますので、実際の飛行時や特に急減圧時には、さらに短縮すると考えるべきでしょう。したがって、高々度における酸素装置や与圧装置の故障は、きわめて短時間で致命的となることを覚えておきましょう。
乗員の健康管理サーキュラー ～ パイロットと低酸素症 ～2006 No.1（28）より抜粋

Altitude		Theoretic EPT in hypobaric chamber	Practical EPT in a glider
ft	m	min	min
18 000	5 490	20-30	10-15
20 000	6 100	<10	<5-6
22 000	6 710	8-10	4-5
25 000	7 625	3-5	2-3
30 000	9 150	1-2	0,5-1
34 000	10 370	0,5	<0,5
40 000	12 200	1/3	<0,2

2. 低酸素症

2－4. 有効意識時間 － JA21BBのLOGから



２．低酸素症

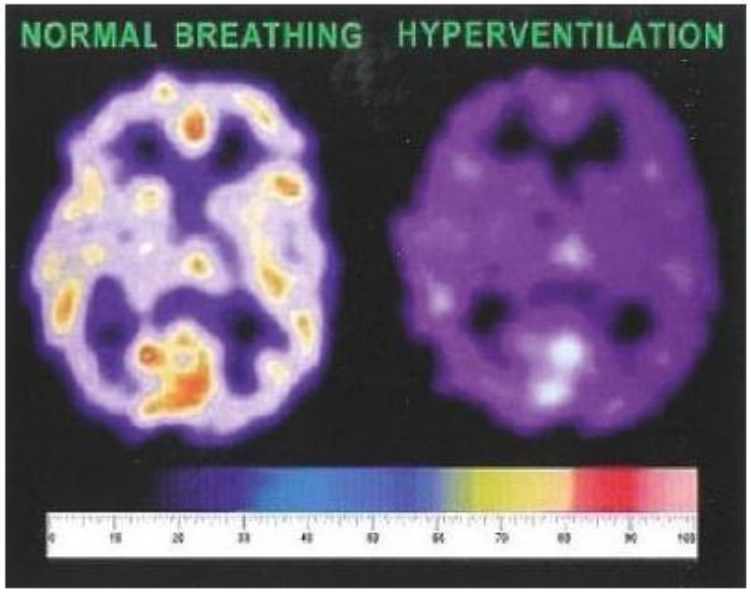
２－５．低酸素症の症状

自覚症状	他覚的症状
熱感・発汗・皮膚の刺激感 疲労感・不安感・疲労感 頭重感・頭痛・めまい 視覚障害（色の認識力と夜間視力の低下） 判断力・計算能力の低下 言語能力低下 多幸感	呼吸・心拍数の増加 チアノーゼ（口唇・爪が紫色になる） 知能活動の低下 反応時間の遅延 手指等の協調運動の障害 けいれん・意識混濁 意識喪失

３．過呼吸

３－１．過呼吸について

酸欠と並び、高高度飛行で注意すべき症状は過呼吸である。
過呼吸は、呼吸のし過ぎにより、二酸化炭素が過度に排出る事により発症する。
症状としては手足のしびれや筋肉の硬直、血圧の上昇、頻脈、胸の痛み、めまいなどが引き起こされる。過呼吸によって二酸化炭素が排気されると、一時的に酸素と二酸化炭素のバランスが酸素側に傾くので、血中酸素濃度は高めの数値を指す。
しかし、二酸化炭素の欠乏は、脳の血管を収縮させ、酸欠状態を引き起こす。
過呼吸には、飛行中のストレスによって引き起こされる「非低酸素系の過呼吸」と酸欠により引き起こされる「低酸素補償過呼吸（HDV)」がある。



1分間の過去呼吸後の脳の酸素量

３．過呼吸

３－２．非低酸素系の過呼吸

非低酸素系の過呼吸は心配事や死の恐怖などのストレスによって引き起こされる。

・クロスカントリー中の高度低下
・激しいローターに遭遇
・O/Lの可能性
・日没までの帰投が間に合わない

グライダー のフライト上記のようなストレスと隣り合わせ
ストレスにより呼吸数が上昇。二酸化炭素が過度に排出され過呼吸状態に陥る。

３．過呼吸

３－３．低酸素補償過呼吸（HDV)

重度の低酸素症（PaO２、動脈酸素分圧が70㎜ Hg未満）になると、低酸素補償過呼吸と呼ばれる呼吸(Hypoxic Ventilatory Drive) が始まる。

HVDは重度の低酸素症によってのみ発症し、過呼吸に続いて二酸化炭素(弱い酸性) 濃度がしきい値を下回り、呼吸刺激物質としての機能を失い血液がアルカリ性になる(pH > 7. 45 呼吸性アルカリ血症)。

二酸化炭素濃度が上昇して再度呼吸中枢を刺激し始めるまで、過呼吸後の無呼吸症と呼ばれる状況になる。

過呼吸後の無呼吸症は更なる低酸素症を悪化させる。

３．過呼吸

３－４．チェーンストークス型間欠呼吸

HDVよりは軽度だが、高高度での酸欠を引き起こす原因となる過呼吸にチェーンストークス型間欠呼吸がある。
チェーンストークス型呼吸は下記のプロセスで発生する。

① 高高度での酸素の不足
↓
② 酸素を補うために呼吸が深くなる（最初は回数は増えない）
↓
③ 呼吸が浅く、早くなる。過呼吸の発症
↓
④ 不足した二酸化炭素を補うため、呼吸を制御し無呼吸状態（10秒以上）に陥る
↓
⑤ 二酸化炭素濃度が上昇、呼吸が回復するが、無呼吸により酸欠となり呼吸が深くなる。以降①～④を繰り返す。

酸欠状態での無呼吸は深刻な状況を引き起こす。

3．過呼吸

3－4．チェーンストークス型間欠呼吸

チェーンストークス型間欠呼吸は年齢、健康状態、酸素吸引の有無にかかわらず、8,000Feet付近から発生する。

チェーンストークス型間欠呼吸からの酸欠を防止するためには、8,000Feet以下から酸素を吸引し、無呼吸状態となってもSpO2の平均値を90%以上に保っておく事が重要。

典型的なチェーンストークス型呼吸の例（酸素吸入中）

４．減圧症

４－１．DCS - 減圧症

早い圧力の低下により、体内の窒素が膨張して細かな泡となる事が原因で引き起こされる。

体内で膨張した窒素は拡散のスピードが遅く、また泡の寸法が大きいため血液や組織を通過するのに時間がかかり、痛みを発生させる。

減圧症は症状によりⅠ型とⅡ型に区分される。

４．減圧症

４－２．Ⅰ型減圧症

- 症状は軽い

  60-70％ 関節の痛み（特に肩）

  10-15％ 偏頭痛か頭痛

  10-15％ 皮膚科的な疾患、特に耳の周り、顔、鼻や腕の
  かゆみや皮膚のくすみや斑点

6, 000 m以上を飛行するパイロットの5％がⅠ型減圧症を発症する。

4. 減圧症

Ⅱ型減圧症

重症に分類される。

- 神経医学的徴候
- 視力障害（盲点＝ブラインドスポット、視野の変化、複視あるいはダブルビジョン）
- 聴力の低下や喪失
- 混乱、めまい、吐き気
- 2% に肺の症状、息切れ、窒息、乾いた咳

重い神経的症状(視覚障害) や皮膚や窒息などの症状が、着陸後も続くようであれば、直ちに再圧チャンバーでの治療が必要となる。

死亡に繋がることもありうるので、症状が出た場合にはすぐに純酸素で呼吸するべきです。

4. 減圧症

下記状態で減圧症の発症リスクは高まる

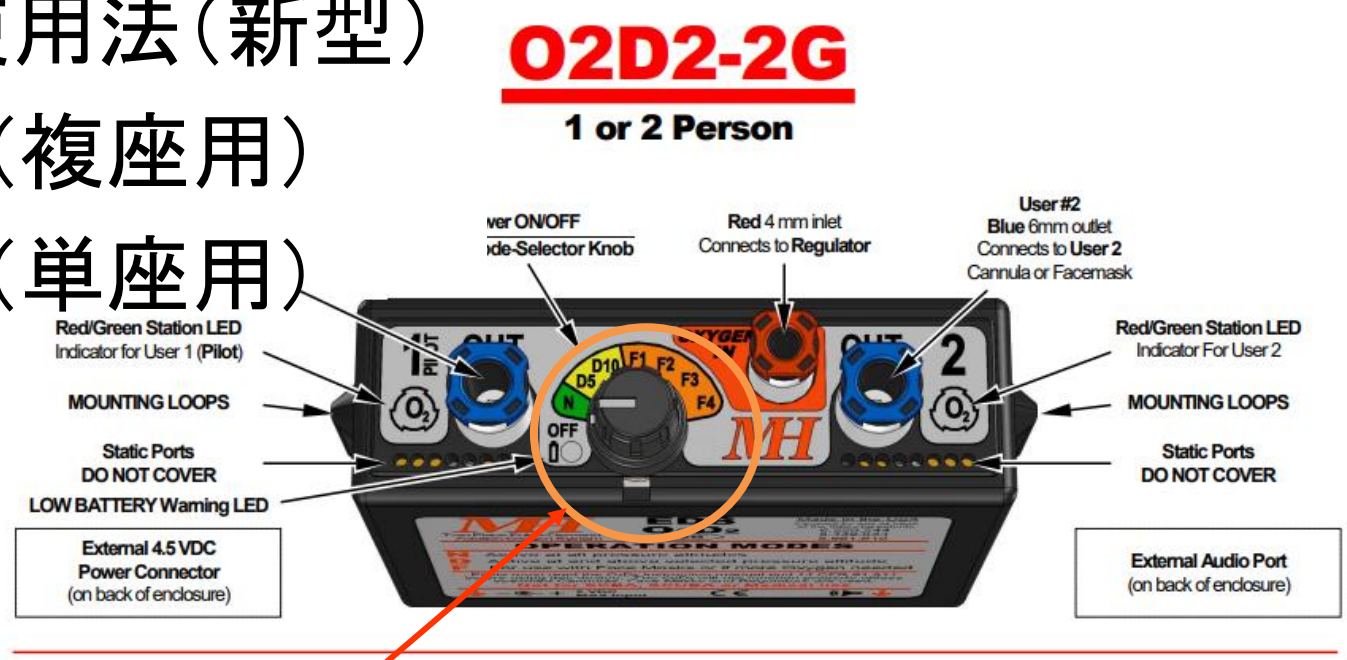
- 飛行高度が高いほどリスクは増大
- 短時間(数時間) の間に5, 400 m(18, 000 ft) 以上の高度に何度も上昇する
- 18,000Feet以上で過ごす時間が長い
- 上昇速度が速い
- 加齢
- 関節の病気を持っている
- 極低温
- 肥満（血液のれが悪く窒素が大量の脂肪組織に貯められているために減圧症のリスクが高い。普通の体形の人の脂肪組織は5% 程度だが、体に拡散している窒素の半分以上(1リッター) を蓄えている。
- 18,000Feet以上の高度での運動は減圧症 の リスク を 高める。
- スクーバダイビング後24時間は高高度での飛行は禁止。

5. 酸素システムの使用法について

5-1.EDS使用法（新型）

O2D2-2G（複座用）

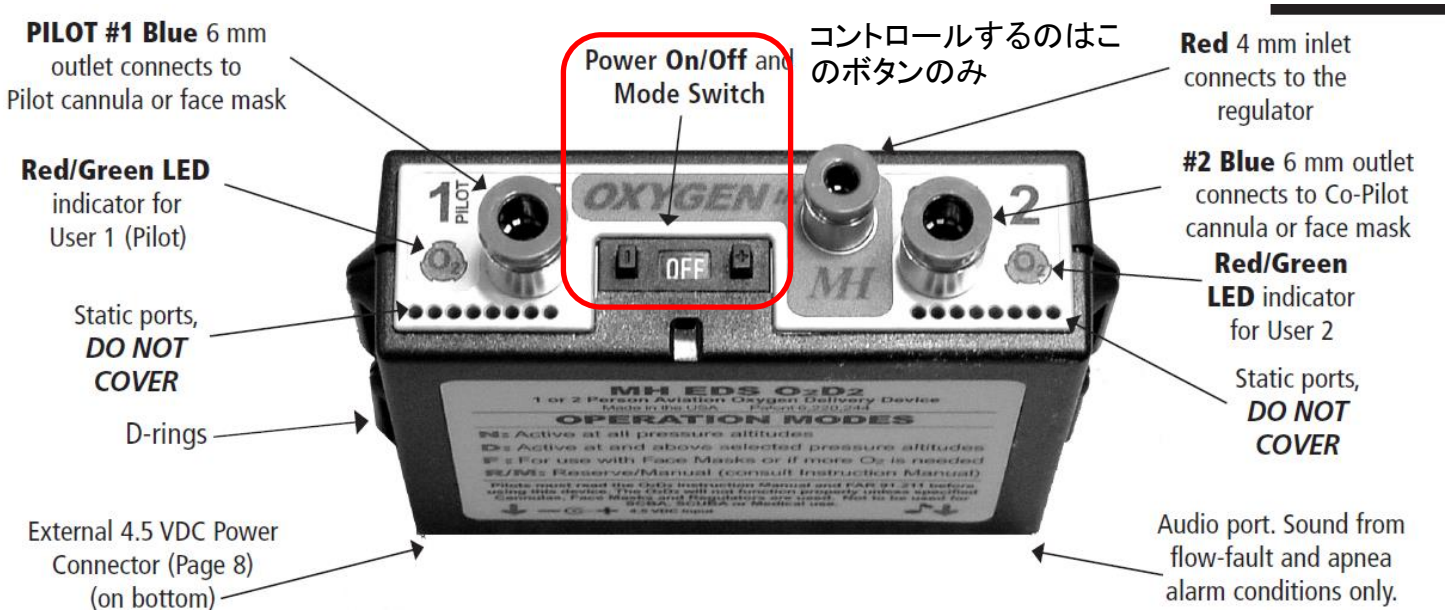
O2D1-2G（単座用）



コントロールするのはこのボタンのみ

５．酸素システムの使用法について

５－１．EDS使用法(旧型EDS O2D2)



Control switch settings

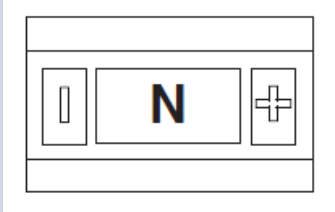
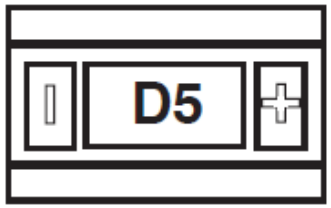
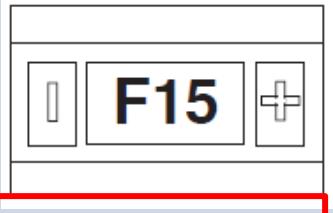
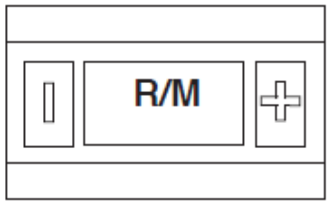
戻る：　－ボタン　Reverse (-) Push Button

Advance (+) Push Button　進む：　＋ボタン

Switch as seen in the "OFF" setting

5. 酸素システムの使用法について

５－２. EDS使用法_正確には製造者MANUALを参照のこと

MODE		解説
N MODE (Night or Now)		全ての高度で使用可能。高度による自動流量調節あり。緊急時・テスト等で使用 **Flow start:** All altitudes　**Use with:** Cannula **Flow amount:** Standard　**Altitude Compensating?**: Yes
D MODES (Day or Delayed)		D5：5,000Feetから始動 D10：10,000Feetから始動 高度による自動調整：あり もっとも良く使用するMODE **Flow start:** D5--5,000 ft., D10--10,000 ft.　**Use with:** Cannula **Flow amount:** Standard　**Altitude Compensating?:** Yes
F MODE (Face Mask)		酸素吸入効率の悪いFace Mask用MODE。F5,F10,F15,F20の各MODEがあり、Standard＋セットに応じた高度で必要な酸素を供給。高度による自動調整あり。現在高度のMODEより多くの酸素を吸入したいときに使用。 例：5000Feetで飛行中にF10にセット＝15,000Feetでの流量に調整 **Flow start:** All altitudes　**Use with:** Cannula or face mask **Flow amount:**　**Altitude Compensating?:** Yes Enriched: F5 =Standard+5,000 ft 旧型 F10=Standard+10,000 ft F15=Standard+15,000 ft. F20=Standard+20,000 ft. 新型 ALPS Facemask: Small F1 ● F2 ●; Medium F2 ● F3 ●; Large F3 ● F4 ● 旧型はF＋高度に応じた表示 新型は単純化され、F1～4の表示のみ
R/M (Reserve/Manual)		全ての高度で使用可能。高度による自動流量調節なし。すべての高度で最大流量を吐出する。緊急時・テスト等で使用 **Flow start:** All altitudes　**Use with:** Cannula or face mask **Flow amount:** Maximum　**Altitude Compensating?**: No

５．酸素システムの使用法について

５－３．EDSのF MODEについて

Fモードは、通常の気圧高度で供給される酸素の量よりフロアと呼ばれる高度の単位毎に酸素量を増加させると理解されています。

Fモードに続く数字（5,10,15,20）は、追加として加算される高度（固定された手動の設定値）を1,000ft単位で表現しており、10,000ft毎に0.3リッター/分の酸素必要量の増加を考慮したものです。

そのため、F10では3,000mプラスした高度、あるいは0.3リッター毎分の増加、またF20では6,000mあるいは0.6リッター毎分に相当する酸素が増えているはずです。

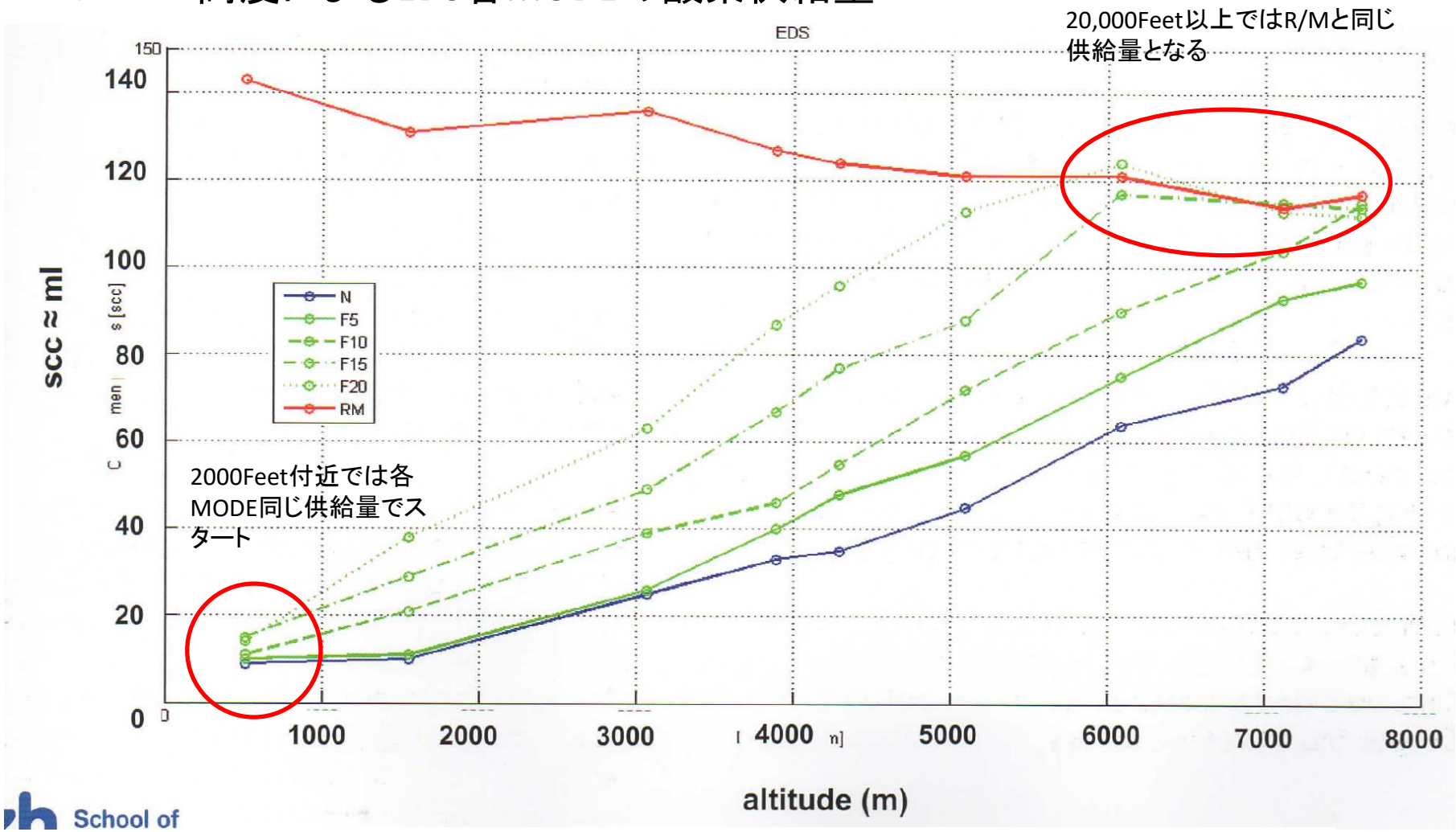
R/M(リザーブ/手動)モードは、高度に関係なく息を吸う毎に0.5秒間バルブを開けています。

最新型のO2D2-2G（複座用）、O2D1-2G（単座用）については単純化され、F1～F4モードとなっています。実用上では旧F5＝新F1、旧R/M＝新F4として扱ってください。

電磁式EDSでのこうした時間制限は、吸気の後半以後に死腔（口腔や酸素を取り込めない気道）を満たすだけに使われ酸素を取り込む能力がある肺胞に届かない無駄な酸素を出さないためです。

５．酸素システムの使用法について

５－４．高度によるEDS各MODEの酸素供給量

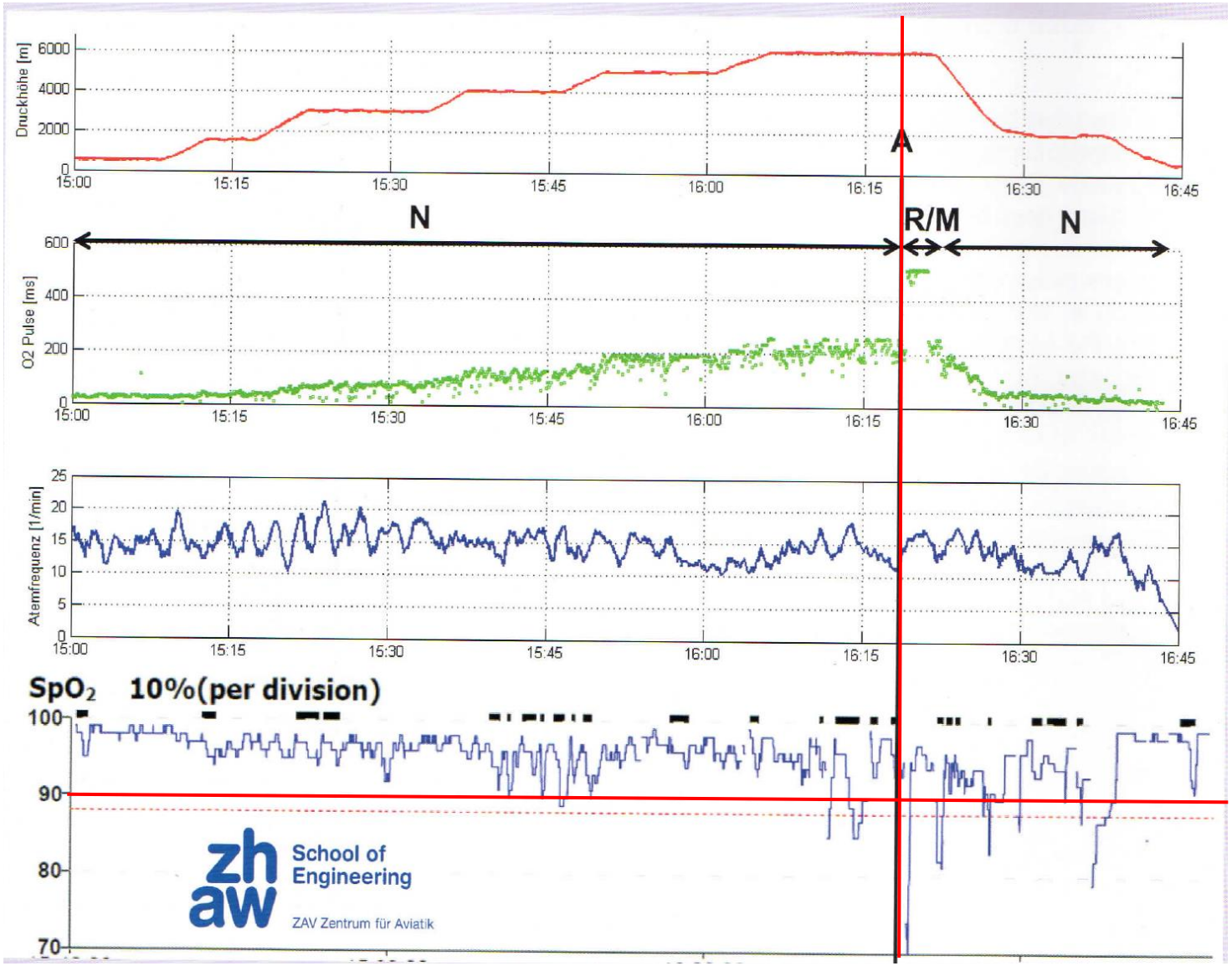


EDS-O2D1による一呼吸当たりの酸素供給量と高度の関係をモード別に示す。

水平軸　高度(m)　垂直軸　酸素量（基準CC）

5. 酸素システムの使用法について

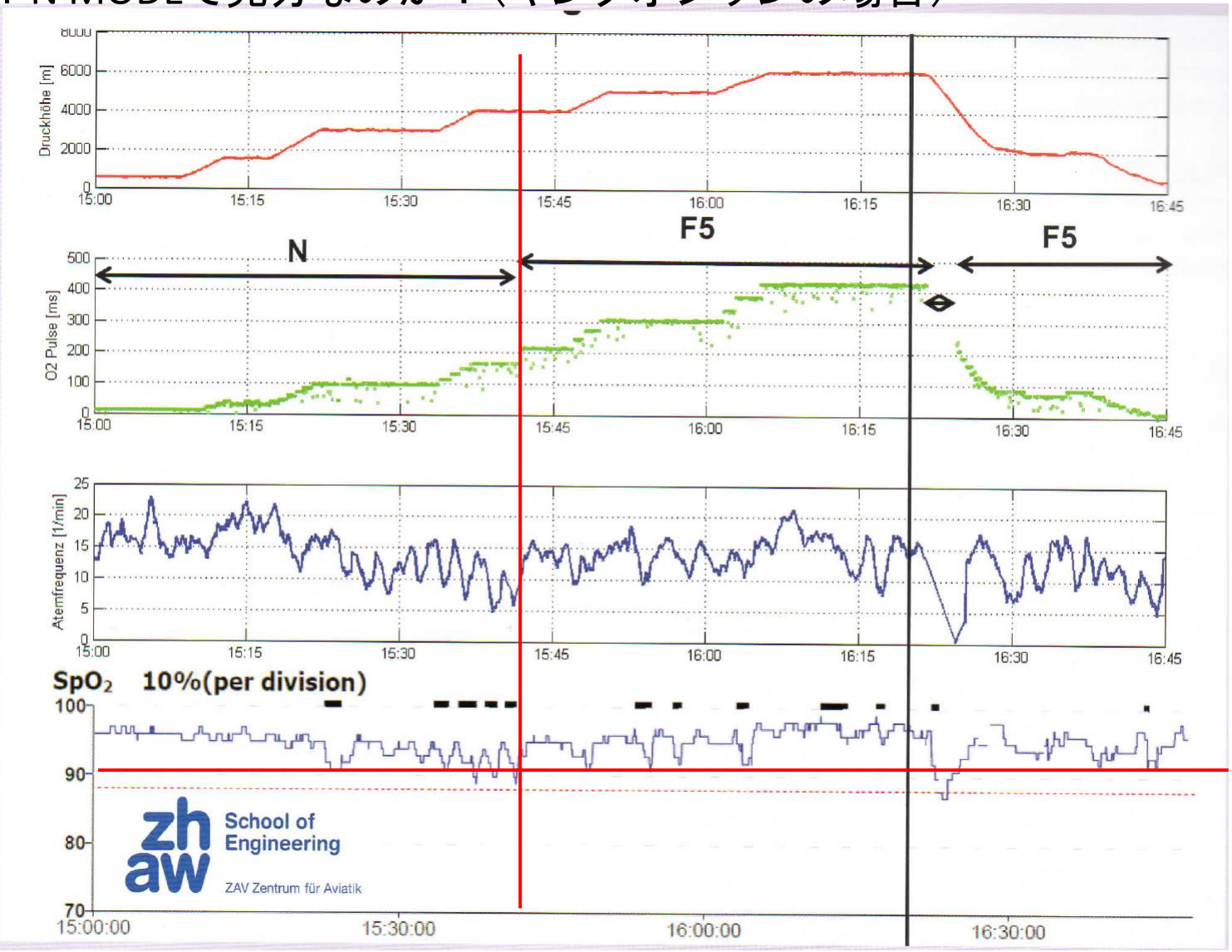
5－5. N MODEで充分なのか？（若者の場合）



被験者は23才の女性で身長1.64m体重55kg。BMIが20.4(やせ形)非喫煙者。Nモードのままで問題ない酸素供給。平均して90%の酸素飽和度を維持。

5. 酸素システムの使用法について

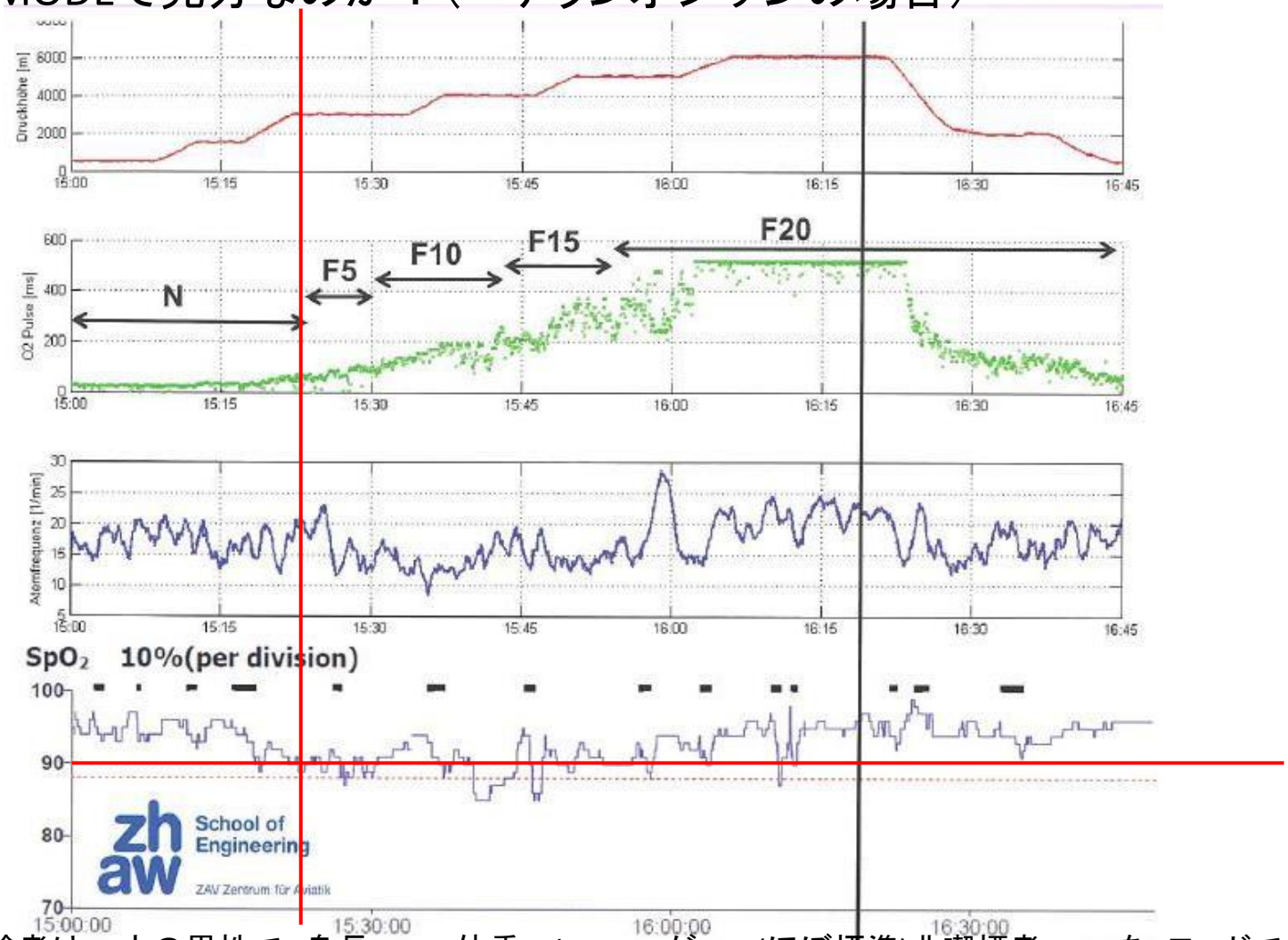
5－6. N MODEで充分なのか？（ヤングオジサンの場合）



被験者は36才の男性で、身長1.84m体重86kg。BMIが25.4(標準体)一日20本の喫煙者4,000mまでEDSはNモード。酸素飽和度は90から95%。4,000mでEDSをF5にSpO2は95%。呼吸数が5～24回とかなり混乱。

5. 酸素システムの使用法について

5－7. N MODEで充分なのか？（ベテランオジサンの場合）



被験者は69才の男性で、身長1.72m体重78kg。BMIが26.3(ほぼ標準)非喫煙者。EDSをNモードで離陸。3,000mで飽和酸素が88%に低下しF5モード変更で88%を維持、その後F10で4,000mまで90%、F15で5,000mまで90%を維持し95%まで増加した。4,000mから5,000mで呼吸が混乱し毎分10回から28回の間で変動する典型的な周期呼吸の症状。麻酔時にも観察される症状であり、肺の機能は年齢とともに低下します。

5. 酸素システムの使用法について

５－８．N MODEで充分なのか？ ATC、排尿、食事の時は･･･？

各ケース共に実施前にR/M MODEで酸素吸入を行っている。そのため終了後は、すぐにSpO2が回復している。

しかし、ATC交信、排尿、食事時はSpO2が80～85%まで低下している。

N MODEのままこれらの行為を行った場合はさらに深刻な値になる事が予想される。

５．酸素システムの使用法について

５－９．カニューラかマスクか？

EDSのマニュアルでは、カニューラは18,000Feetまで。それ以上ではマスクを使用する事としている。しかし、これは古い酸素供給システムを前提とした米国FARに適合させるためのものであり、コンスタントフローやEDSには適合しない。

→EDSでは付属のビニールマスクを使用した場合、カニューラに比べ著しく酸素吸入効率が低下する。

→EDSメーカーのMountain High社販売する専用マスクもあるが、酸素供給効率はカニューラに勝らない。

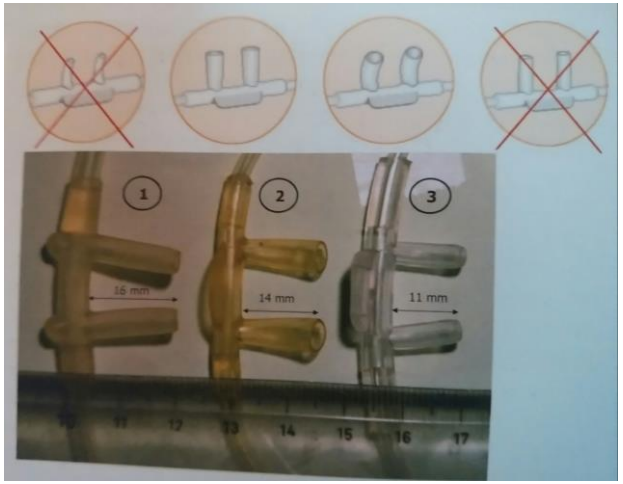
EDS付属のビニールマスク – 使用禁止

Mountain HighAlpsマスク – カニューラより優れるところはない

５．酸素システムの使用法について

５－９．カニューラかマスクか？

- カニューラは自分の鼻にあった物をチョイス
- 外れないように正しく装着
- 正しく装着すればカニューラはマスクより酸素吸入効率が良い
- 鼻が詰まっているときはマスクを使用



５. 酸素システムの使用法について

5-10. 早期発見のために

- パルスオキシメーターの活用

  定期的にSpO2を確認

  →93%を切らない様、EDS

  のMODEを調整

他にも

- 爪の色の観察（チアノーゼ）
- (無線交信の内容から地上から判断)
- 絶えずセルフチェックを行う。

  →RJSSからのポジション、高度を言えるか？

5. 酸素システムの使用法について
5-11. 携帯用酸素

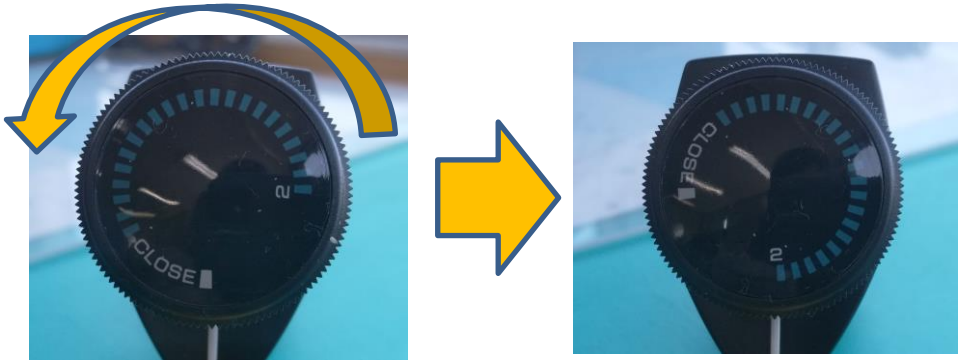
高高度飛行時は緊急時に備え、携帯用酸素を携行しましょう。
下記の場合は、携帯用酸素を使用しながら降下を実施します。

- 酸素システム搭載機で酸素システムが故障した場合

5. 酸素システムの使用法について

5-12. 携帯用酸素使用法

① レギュレーターのバルブを回し、全開にします。



② マスク部分を口に当て、酸素を呼吸します。

酸素ボトルの容量は17L、全開にすると2L/分の酸素吐出量があります。よって8分強酸素吸入が可能です。

酸素の残量はゲージの青い表示により確認できます。

６．酸素システムまとめ

６－１．各症状への対策について

- 低酸素症への対策について

  10,000Feet以下でも弱い低酸素症に陥る。飛行中はSpO2が93%以上になるように適宜酸素吸入を行う。

- 過呼吸への対策について

  - 非低酸素系の過呼吸は高度に関係なく発症する。回復は酸素をR/M（F4）モードで深く、ゆっくりと呼吸する。
  - 年齢、体型に関わらず、8,000Feet以上の高度でチェーンストークス型呼吸が発症する。発症してもSpO2が90%を切らない様、低高度から酸素吸入を行う。発症に気づいた場合は直ちに酸素をR/M（F4）モードで深く、ゆっくりと呼吸する。

- 減圧症への対策について

  離陸前に15分程度100%酸素を吸入する事によって、体内の窒素を酸素で追い出す。降下時も酸素吸入を行う事により発症を抑える効果がある。

６．酸素システムまとめ

６－２．EDSの使用について

- 若くてやせ形、健康でスポーツマン、非喫煙者、飛行中に前頭部の痛みの経験が無く、順応性の高い人：

- 出発時の地上からNモードで使用
- 4,500mから6,000mでF5かF10（F1かF2）を使用

- 50歳以上、日常の運動量が少ない人、喫煙常習者、肥満の人たちはEDSをモードを

- 地上からF5（F1）モードで使用
- 3,000m以上でF10（F2～F3）を使用
- 4,500～6,000mでF15（F4）モードを使用

上記のようにFモードで1レベル上を設定する。酸素消費量が多いため酸素ボトルの残圧に注意

６．酸素システムまとめ

６－２．EDSの使用について

- 排尿用のチューブの捜索、(特にいきんでの)排尿、航空管制(ATC)との調整、会話、食事、水分補給、物を探す、航空地図を畳んだり片づけたり、記録、何かの計算、航法の検討など、事前に予測できる気の散る作業の前には、作業中に長くなりがちな無呼吸に備えて、なるべく酸素を貯めておる為にR/M（F4）モードで3から5分ほど**「事前に」**十分酸素を吸って下さい。

６．酸素システムまとめ

６－３．まとめ

角田は空域等の高度制限がない。気象条件的には山岳波を使用する、しないに関わらず、5,000Feet以上に上昇が可能。

そして、法規、規定で定められている値は私たちを低酸素症から守ってくれない。

×10,000Feet以下を飛ぶから1日中酸素無しでも大丈夫

→10,000Feet以下でも低酸素症、チェーンストークス型呼吸、減圧症は発症する。

→酸素システムを搭載している場合は、パルスオキシメーターでSpO2をチェックし、高度に関わらず（時には地上から）酸素を使用する。

→酸素システムを搭載していない機体で5,000～10,000Feetを飛行する際は、身体的に危険な状態となっている（判断力が大幅に低下している）可能性が高い事に注意する。

６．酸素システムまとめ

６－４．まとめ

私たちはJA21BBの事故から学ぶことが出来た（学ぶことが出来ていなくてはならない）。

→2度と低酸素症を原因とした事故は起こさない。

安全に高高度飛行を行いましょう。

しかし、過去の事故から学んでいるのみでは、これから起こる事故を防止できない。

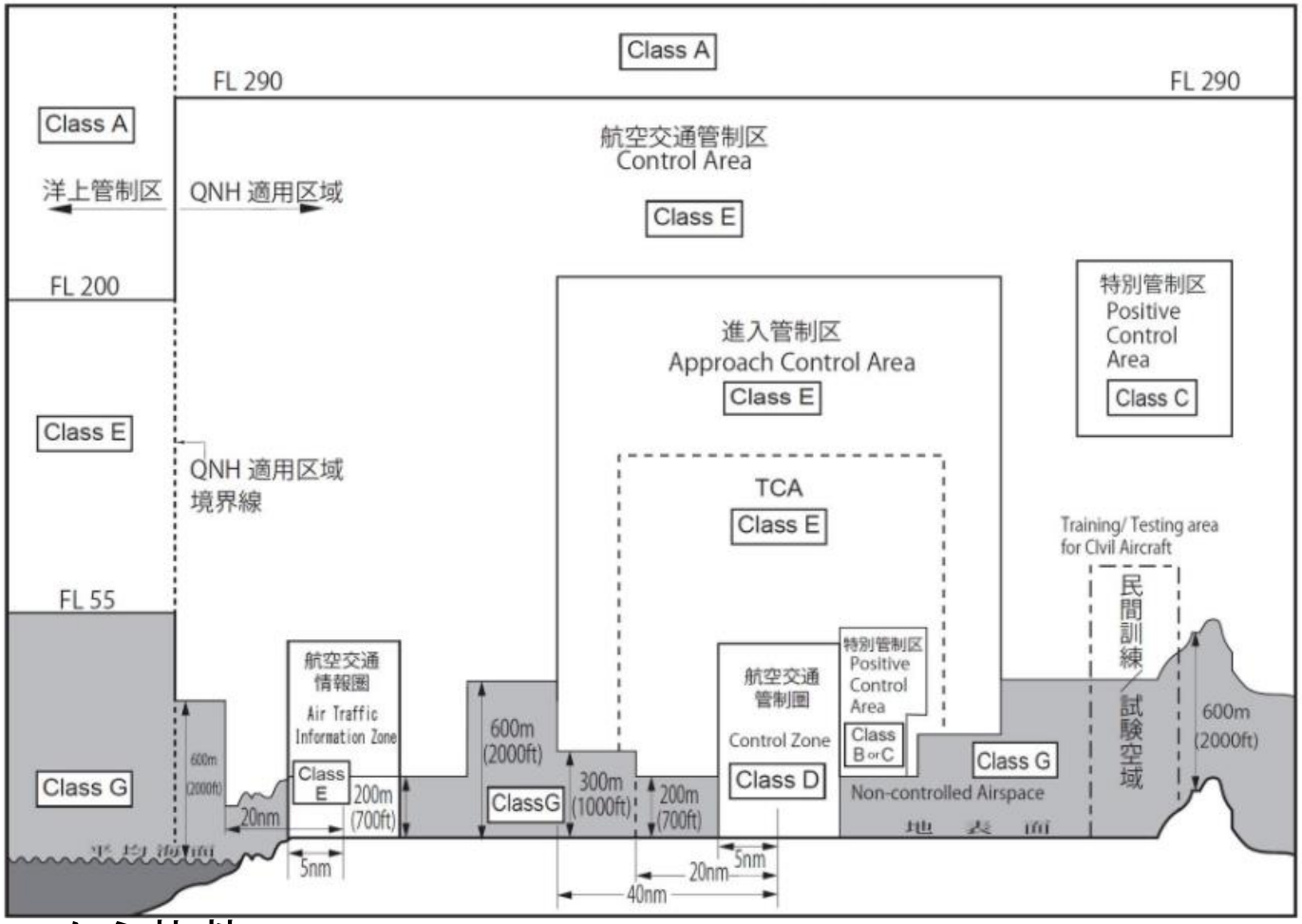
→運航の中で発生したヒヤリ・ハットを報告するようにして下さい。（齋藤・菅原さん・理事長）どんな事でも構いません。

いずれは、VOICESにも投稿していきたいと思います。

7. 空中衝突の防止

7－1. 空域の理解

図 2-1　ATS 空域のクラス分けの概念図



AIM-Jから抜粋

7. 空中衝突の防止

２－１. 空域の理解

表 2-1　日本における空域のクラス分けの概要

クラス	飛行方式	提供業務	管制間隔（縦・横・垂直）の設定	適用空域	速度制限	通信要件	管制クリアランス
A	IFR のみ	管制業務	すべての IFR 機相互間に設定される	29,000ft 以上の全空域	なし	常時双方向	必要
				洋上管制区の 20,000ft 以上			
				特別管制空域 A	(進入管制区に係る空域は) 10,000ft 以下：250kt 以下		
B	IFR	管制業務	すべての航空機間に設定される	特別管制空域 B	(進入管制区に係る空域は) 10,000ft 以下：250kt 以下	常時双方向	必要
	VFR						
C	IFR	管制業務	すべての航空機間に設定される	特別管制空域 C	(進入管制区に係る空域は) 10,000ft 以下：250kt 以下	常時双方向	必要
	VFR		すべての IFR 機との間に設定される			常時双方向	必要
D	IFR	管制業務	他の IFR 機との間に設定される *	航空交通管制圏	3,000ft 超：250kt 以下 3,000ft 以下： タービン機：200kt 以下 ピストン機：160kt 以下	常時双方向	必要
	VFR		設定されない。** (適宜交通情報が提供される)				
E	IFR	管制業務	他の IFR 機との間に設定される *	・航空交通管制区のうち 29,000ft 未満 (特別管制空域を除き、進入管制区, TCA を含む) ・航空交通情報圏 ・洋上管制区のうち 20,000ft 未満	進入管制区のうち 10,000ft 以下：250kt 以下	常時双方向	必要
	VFR		設定されない。 (航空機から要求があった場合に、可能な範囲で交通情報が提供される) (情報圏においては交通情報が提供される **)			なし 情報圏においては常時双方向	不要
G	VFR	飛行情報業務	設定されない。	A, B, C, D, E 以外の全空域	なし	なし	不要

*：全てのＳＶＦＲ機との間にも管制間隔が設定される。　**：ＳＶＦＲ機は全てのＩＦＲ機および他のＳＶＦＲ機との間に管制間隔が設定される。

AIM-Jから抜粋

７．空中衝突の防止

７－２．角田滑空場周辺の空域

・CLASS A：29,000Feet以上の空域
・CLASS C：仙台特別管制区（700Feetから4,000Feet）
・CLASS D：仙台管制圏（地上から3000Feetまで）
　霞目管制圏（地上から5,000Feetまで）
・CLASSE：航空交通管制区（角田滑空場の上空700Feetから上）
　仙台進入管制区（角田滑空場の上空700Feetから16,000Feet）
　仙台TCA（角田滑空場の上空2,500Feetから10,000Feet）

7. 空中衝突の防止

7－3. 仙台TCA

TCAとは（以下AIMより抜粋）

a. TCA：進入管制区のうち、特に VFR 機の輻輳する空域では、VFR 機に対して TCA アドバイザリー業務を実施する空域が ターミナルコントロールエリア (TCA／terminal control area) として公示されている。 [11-9 頁]

TCA は、管制区の一部として国際標準のクラス E に分類される。TCA 内ではレーダー識別された VFR 機に対して以下の業務が実施される。 [390], [394]

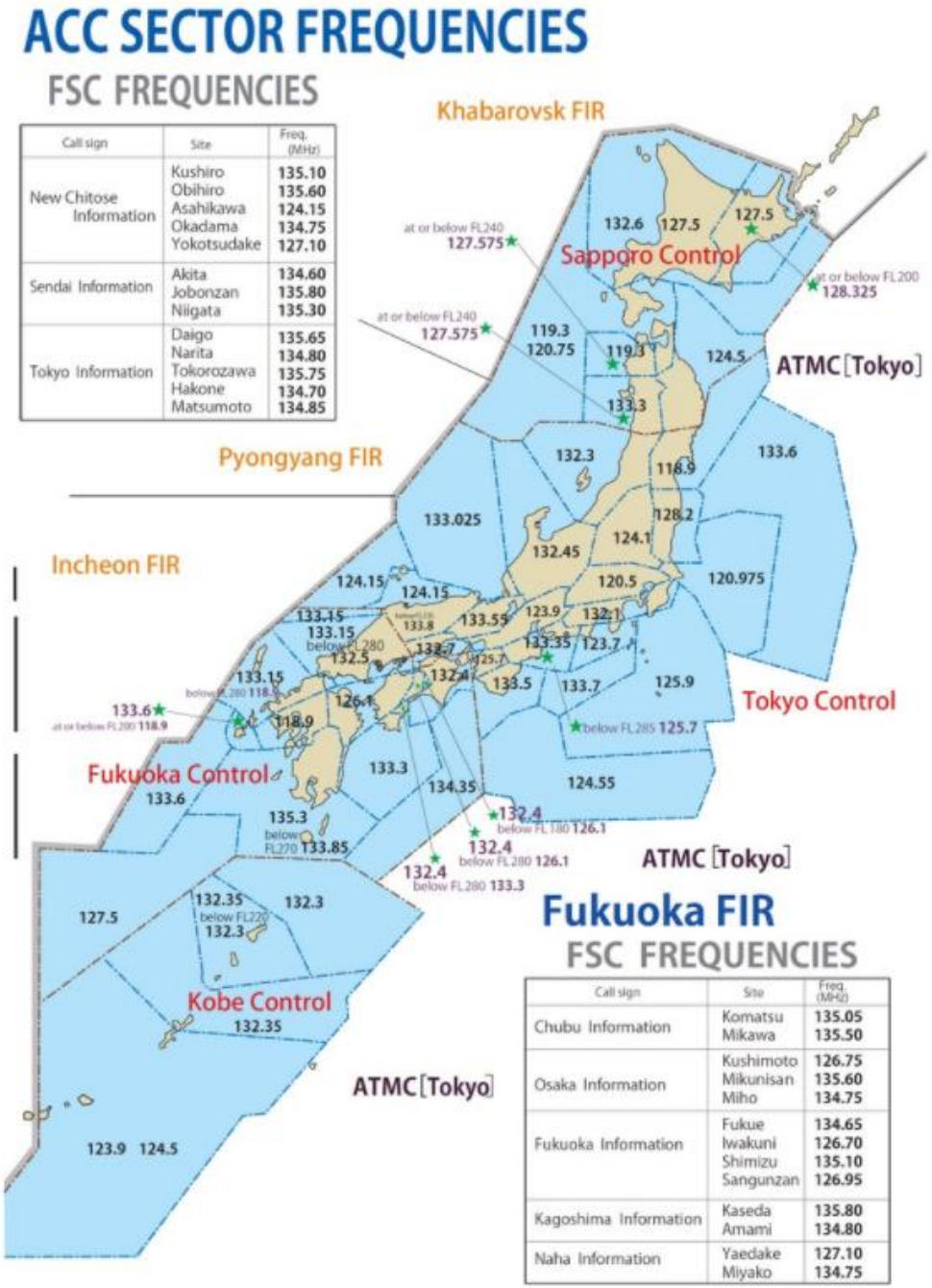
① レーダー交通情報の提供
② 当該機の要求に基づくレーダー誘導
③ 当該機の位置情報の提供
④ 進入順位および待機の助言

仙台TCA（１２１．０２５Mhz）は上限高度は10,000Feet下限高度はエリアによって2,500Feet～6,000Feetが設定されている。
角田滑空場上空は2,500Feetの下限高度だが、宮城県航空協会と仙台空港管制官との取り決めで、3,000Feet以上上昇する場合、TCAにコンタクトする様になっている。
IFR機および他VFR機との衝突を防止するためにも、TCAからレーダーアドバイザリーを受けるべきである。

７．空中衝突の防止

７－４．　ACC
（Area Control Cener)
管制区管制所

日本が担当する管制空域は「福岡FIR」であり、4つのACC（札幌・東京・福岡・那覇）に区分されている。
また、各ACCもセクターに細分化されており、それぞれが周波数を持っている
ACCは主にIFR機に対する管制業務を行う機関であるが、可能な場合、VFR機へのレーダーアドバイザリーも実施してくれる。
仙台TCAの上限10,000Feetを超えた場合は東京コントロール（118.9MHZ）からレーダーアドバイザリーを受けることとなる。



７．空中衝突の防止

７－５．管制機関の周波数の把握
グライダーのクロスカントリーでは下記周波数へのコンタクトが予想される
一覧表にする等、適切な管制機関の周波数をセットできるよう準備が必要。

TCA
仙台TCA：121.025MHz
松島TCA：123.85Mhz
→レーダーアドバイザリーを受ける

ACA
仙台進入管制区：120.4MHz
→レーダーアドバイザリーを受ける

ACC
東京コントロール：　118.9MHz
　124.1MHz
　128.2MHz
札幌コントロール：　124.5MHz
→レーダーアドバイザリーを受ける
FSC
新千歳INFOMATION：135.8MHz
→各種情報の入手・フライトプランの変更

7. 空中衝突の防止

7－6. 高度計規正方式

2.1. 一般方式

別添図に示された空域を飛行する場合は、下記により高度計規正を行い、航空機の高度又はフライトレベルを維持しなければならない。

A）平均海面上 14,000ft 未満－最寄の飛行経路上の地点のＱＮＨ値により規正する。出発空港のＱＮＨ値が入手できない場合は出発空港の標高により規正する。

B）平均海面上 14,000ft（ＦＬ １４０）以上－標準気圧値 29.92 インチ（1013.2 ヘクトパスカル）により規正する。

注１： フライトレベルで飛行する航空機と高度で飛行する航空機との間に適切な垂直間隔を確保するため、飛行空域の大気圧に応じて使用できる最低利用可能フライトレベルは下記のとおりとする。

2.1. General Procedures

The altitude of flight level of aircraft shall be maintained in accordance with an altimeter which shall be set, when operating within the area as shown in the attached chart :

A) Below 14,000ft MSL-to the current reported QNH value of a station along the route of flight. When QNH value at the departure airport is not available, the altimeter shall be calibrated by the elevation of the departure airport.

B) At or above 14,000ft MSL (FL140)-to the standard altimeter setting of 29.92ins. Hg(1013.2hPa).

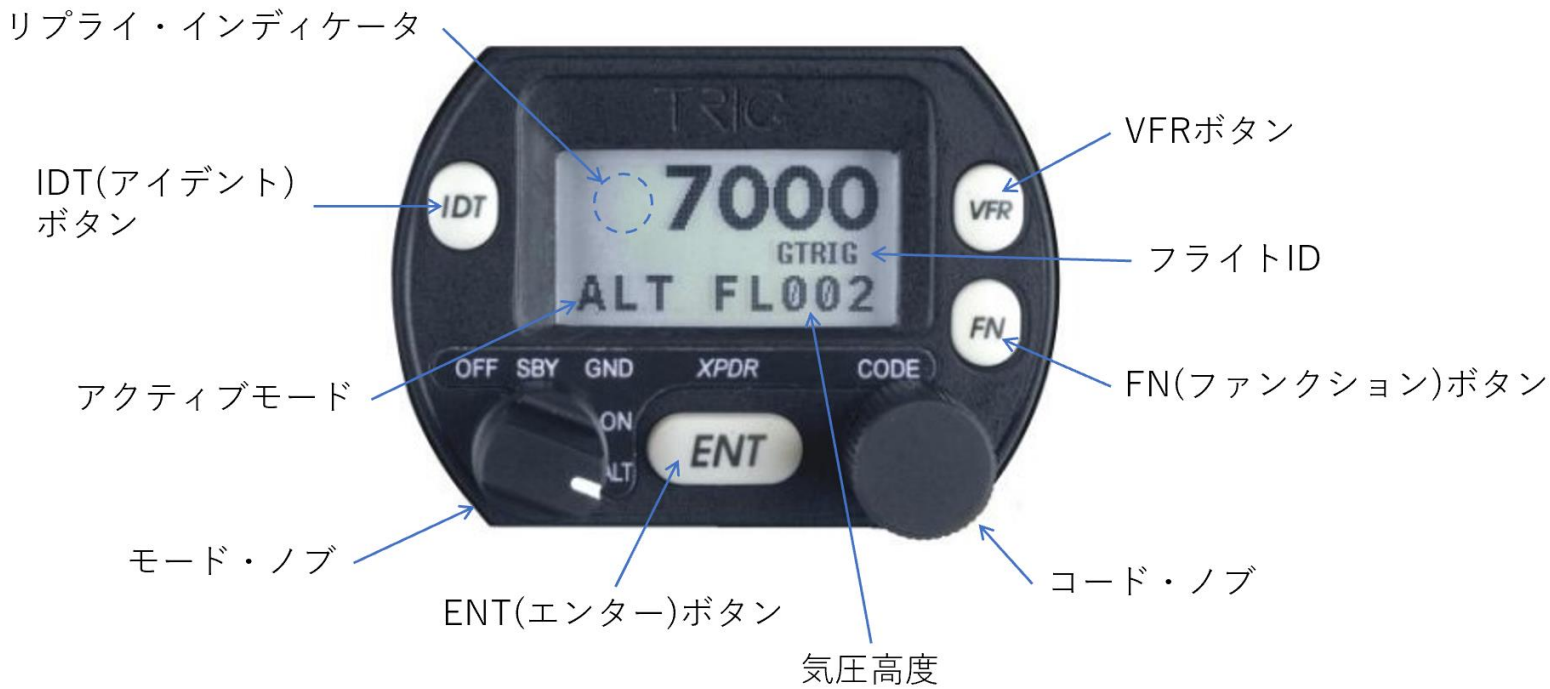
Note 1 : For ensuring an appropriate standard vertical separation between aircraft operating at the flight level and altitude, the lowest usable flight levels appropriate to the atmospheric pressure the area of operation are shown in the following table:

Atmospheric pressure ins.Hg(hPa)	Lowest usable flight level
29.92(1013.2) or more	140
29.91(1012.9) to 29.42(996.3)	145
29.41(995.9) to 28.92(979.3)	150
28.91(979.0) to 28.42(962.4)	155
28.41(962.1) to 27.92(945.5)	160

大気圧により変化するが、14,000Feet以上では29.92in(1013hpa)にセットする。

7. 空中衝突の防止

7－7. トランスポンダの使用法（Trig TT-22 MODE Sトランスポンダー）

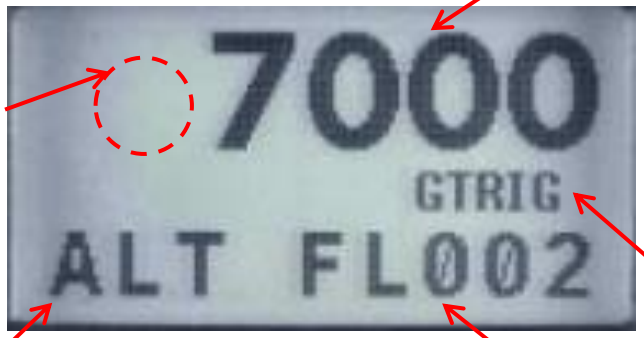


7. 空中衝突の防止

7－7. トランスポンダの使用法（Trig TT-22 MODE Sトランスポンダー）ディスプレー

スコーク

リプライ・インディケータ:
インタロゲーションの信号に応答しているときのみ、横線が表示される。



フライトID:
登録記号もしくはコールサイン
→JA2325 or で

100ft刻みの気圧高度

トランスポンダの操作モード:
(OFF), SBY, GND, ON, ALT

7. 空中衝突の防止

7－7. トランスポンダの使用法（Trig TT-22 MODE Sトランスポンダー）モードセレクターノブ

モード	説明
OFF	電源オフ
SBY	電源は入っているがインタロゲーション には応答しない。
GND	地上移動用のレーダーからのモードSの 地上インタロゲーションに応答する。使わない
ON	すべてのインタロゲーションに応答するが、 高度は発信しない。（モードA）
ALT	すべてのインタロゲーションに応答する。 （モードC）

7. 空中衝突の防止

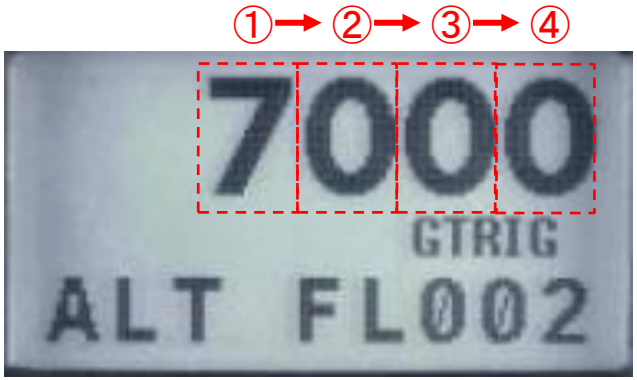
7－7. トランスポンダの使用法（Trig TT-22 MODE Sトランスポンダー）プッシュボタン

No.	Button	
①	IDT	トランスポンダのSPIパルスを18秒間発する。 ”IDT”が表示される。
②	FN	コード・ノブで変更する対象を変更できる。（フライトID、ADS-Bポジションモニター、ディスプレイの輝度）
③	VFR	押すとトランスポンダに予め組み込まれたコンスピキュイティ・コード(※)にセットする。 もう一度押すと元のスコークコードに戻る。
④	ENT	コードセレクタ・ノブで設定した桁の数字を確定する。

※コンスピキュイティ・コード：1200, 7500, 7700など

7. 空中衝突の防止

7－7. トランスポンダの使用法（Trig TT-22 MODE Sトランスポンダー）コードセレクターノブ



機能：
右側のコードセレクター・ノブはスコークコードとフライトID、およびディスプレイ輝度の変更に使われる。（ディスプレイ輝度については後述）。FNボタンを押すことで変更対象を選択することができる。

使い方：
スコークコードを選択した状態でノブを回すと一番左の桁が変更される。ENTボタンを押すと次の桁の変更に移る。最後の桁でENTボタンが押されると、スコークコードもしくはフライトIDが変更される。変更の操作が7秒以内に完了しなかった場合、変更は無視され元のコード・IDに戻る。フライトIDの入力が8文字より少ない場合、空白を入力することで終わらせることができる。

7. 空中衝突の防止

7－7. トランスポンダの使用法（Trig TT-22 MODE Sトランスポンダー）（スコークの合わせ方）

以下の手順でスコークを合わせる。
① フライトIDが“JA2325”になっていることを確認する。
② VFRボタンを押してスコークコードを1200にセットする。
③ 上空では常にALTモードにセットする。
④ TCAまたはACCからスコークコードを指示されたらFNボタンを押しスコークコードを選択する。
⑤ コードセレクター・ノブとENTボタンを使ってスコークコードを一桁ずつ入力する。（コードセレクター・ノブの頁を参照）
⑥ TCAまたはACCから指示があればIDTボタンを押す。
（指示があるまで押さない）

以降の頁に各詳細内容を記す。

７．空中衝突の防止

７－８．仙台TCAとのコンタクト要領

①トランスポンダの電源をONにする。

②トランスポンダのスコークが1200になっているのを確認し、スタンバイからALTにする。

③VHF無線機の周波数を仙台TCA（121.025MHZ）にセットする。

④仙台TCAにコンタクト。コンタクトする前に、仙台空港からの方向、距離を確認しておく。

Pilot：「Sendai TCA JA2326.」

TCA:「JA2326 SENDAI TCA go ahead」

⑤自機の位置、仙台空港からの方角、距離、高度、何をしたいかの順でコンタクトする。

Pilot:「2326, 10miles southwest of SENDAI at 3,000. Request TCA advisory」

TCA:「2326, squawk 1502 and ident」

７．空中衝突の防止

７－８．仙台TCAとのコンタクト要領

⑥スコークを1502変更し、Ident Keyを押す。
Pilot:「2326, squawk 1502 and ident」
TCA:「2326, radar contact, position 10mile southwest of SENDAI
3,000 」

その後、
・どのような飛行経路をとるか？
・どれくらいの高度まで上昇するか？
等質問される可能性があるので、整理しておく。
指示については、復唱すること。
日本語でも良い。交信内容が分からなければ聞き返す。
返答、復唱がないのが一番よくない状態

7. 空中衝突の防止

7－9. スコークVFR
管制機関からの指示がないときは下記のスコークにセット

10,000Feet未満では1200にセット

10,000Feet以上では1400にセット

管制機関からの周波数から離れる際にスコークVFRと指示されたら、高度に応じ、上記のスコークにセットする。

参考：AIMより抜粋

b. IFR 機のトランスポンダー コードは管制機関から指定されるが、以下の場合はパイロットが自らそれぞれのコードをセットする。

i) 緊急状態に陥った場合 ……７７００
[712], [731]

ii) 通信機が故障した場合 ……７６００

iii) ハイジャックされた場合 ……７５００

iv) コードについての指示を受けていない航空機が IFR でレーダー管制空域外からレーダー管制空域へ入る場合 ……２０００

v) VFR により 10,000 フィート以上で飛行する場合 ……１４００

vi) VFR により 10,000 フィート未満で飛行する場合 ……１２００

７．空中衝突の防止

７－１０．機長の見張り義務

（操縦者の見張り義務）

第七十一条の二　航空機の操縦を行なつている者（航空機の操縦の練習をし又は計器飛行等の練習をするためその操縦を行なつている場合で、その練習を監督する者が同乗しているときは、その者）は、航空機の航行中は、第九十六条第一項の規定による国土交通大臣の指示に従つている航行であるとないとにかかわらず、当該航空機外の物件を視認できない気象状態の下にある場合を除き、他の航空機その他の物件と衝突しないように見張りをしなければならない

→どんなときでも見張りは必要

レーダーアドバイザリーを受けている場合でも見張は必要！！

８．空中分解の防止について

８－１・組み立て後、飛行点検の確実な実施

機体組み立て後、飛行規程に記載された組み立て後点検項目、飛行前点検項目について確実に点検実施すること。
特に、下記項目について注意を払う事

- メインピンが差し込まれ、確実にロックされているか（ロックピンが入っているか）確認
- 主翼、のサブピン、尾翼取り付けピンが確実にロックされているか(ロックピンが入っているか）確認
- 操縦系統が確実に結合されているか、ロックピンが入っているかを確認。
- 自動結合ではない機体については、組み立て後のポジティブコントロールチェックを必ず実施する事

点検で疑問点があった場合は、必ず整備士か、教官に相談する事。

８．空中分解の防止について

８－２．高高度におけるTASの増加について
高高度では、空気密度の減少によりTASが増加する。
よって、限界速度も下記の様に低下する。

計器指示速度における超過禁止速度VNEは高度に伴い以下のように減少する。
操縦者は、高度が増加するに従い、空気密度が減少するために、真速度が大気速度計の指示速度よりも速くなることを考慮しなければならない。
真速度（TAS）がフラッターに対しての安全性に関わっているのである。

高度（m）	0～2000	3000	4000	5000	6000
VNE計器指示速度(km/h)	280	267	255	239	226

（ASK21飛行規程より抜粋）

ウェーブフライト中に
・TASの増加によりVne超過→フラッターの発生→空中分解
・Va超過したままローターに突入→Gオーバーにより空中分解

８．空中分解の防止について

８－３．フラップ・ダイブブレーキの使用について

ポジティブ方向（下げる方向）へのフラップ使用時、ダイブブレーキ展開時は、機体強度が低下する。

ASK21の例：

ダイブブレーキ閉の時の限界過重：VA：＋６．５，－４．０

VNE：＋５．３，－３．０

ダイブブレーキ開の時の限界過重：＋３．５，－０

VNEを越さないようダイブブレーキを使用というのは緊急時のみ。

高度を下げるためにダイブブレーキ使用、VA以上の速度でローターに巻き込まれ空中分解

→高速飛行時のフラップ、ダイブブレーキ使用は注意

８．空中分解の防止について

８－４．事故事例

1995年1月　ニュージーランド・オマラマ　Nimbus4

世界選手権の公式練習期間、フランスチームのNimbus4がウェーブの波を渡る際、高度処理のためにダイブブレーキを使用し降下。ローター雲に入り、乱流によりコントロール不能に陥った。速度が400km/hを超え、翼が分解。パイロットは脱出、パラシュート降下し無事だった。

1999年2月 角田　DG400

小山から離陸したDG400が蔵王山南東付近をFL220で飛行中、急激に高度を落としACCのレーダーから消え、角田市稲置の田んぼに墜落した。パイロットは死亡。右翼は5kmほど離れた地点に落下、左翼は胴体のすぐそばで発見された。調査の結果空中分解の原因は、速度超過によるエルロンフラッターによるものと分析されているが、速度超過に至った原因については解明されていない。

2016年5月　角田　HPH304CZ

1項にて紹介

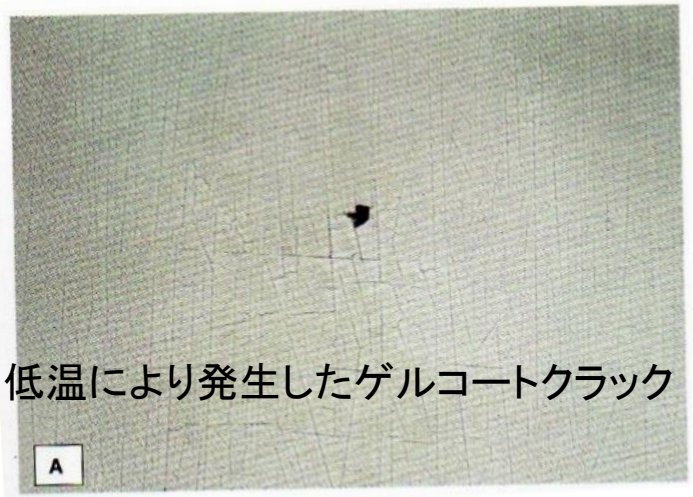
９．低温が機体に与える影響について

９－１．ゲルコートへの影響

ゲルコートにダメージを与える可能性の大きいもう一つのケースは、高高度飛行です。

ウエーブに乗った高高度飛行の際には、グライダーの構造とゲルコートがかなりの低温にさらされます。低温の影響はグライダーの構造強度自体にはあまり影響を与えませんが、零度以下に温度が下がるとゲルコートは硬く脆くなってしまいます。このとき、パイロットがグライダーを高速で飛行させたり、降下中にエアブレーキを全開したりして、翼をしならせるとゲルコートに翼弦に沿ったひび割れが生じる原因となります。高高度飛行を実施するならば、翼をしならせるような急激な荷重をかけないように気を付け（機体が冷え切っている降下中には特に）、暖かい低空に降りたら降下速度を十分低減して、機体がゆっくりと暖まるのを待ってから着陸するようにして下さい。

DG社ホームページより抜粋



低温により発生したゲルコートクラック

ゲルコート塗装の機体について

- 外気温が-20°以下となる高度以上に上昇しない様注意しましょう。
- ウェーブ飛行で降下する際は、急激なダイブブレーキ操作を行わない様注意しましょう。
（緊急降下時を除く）

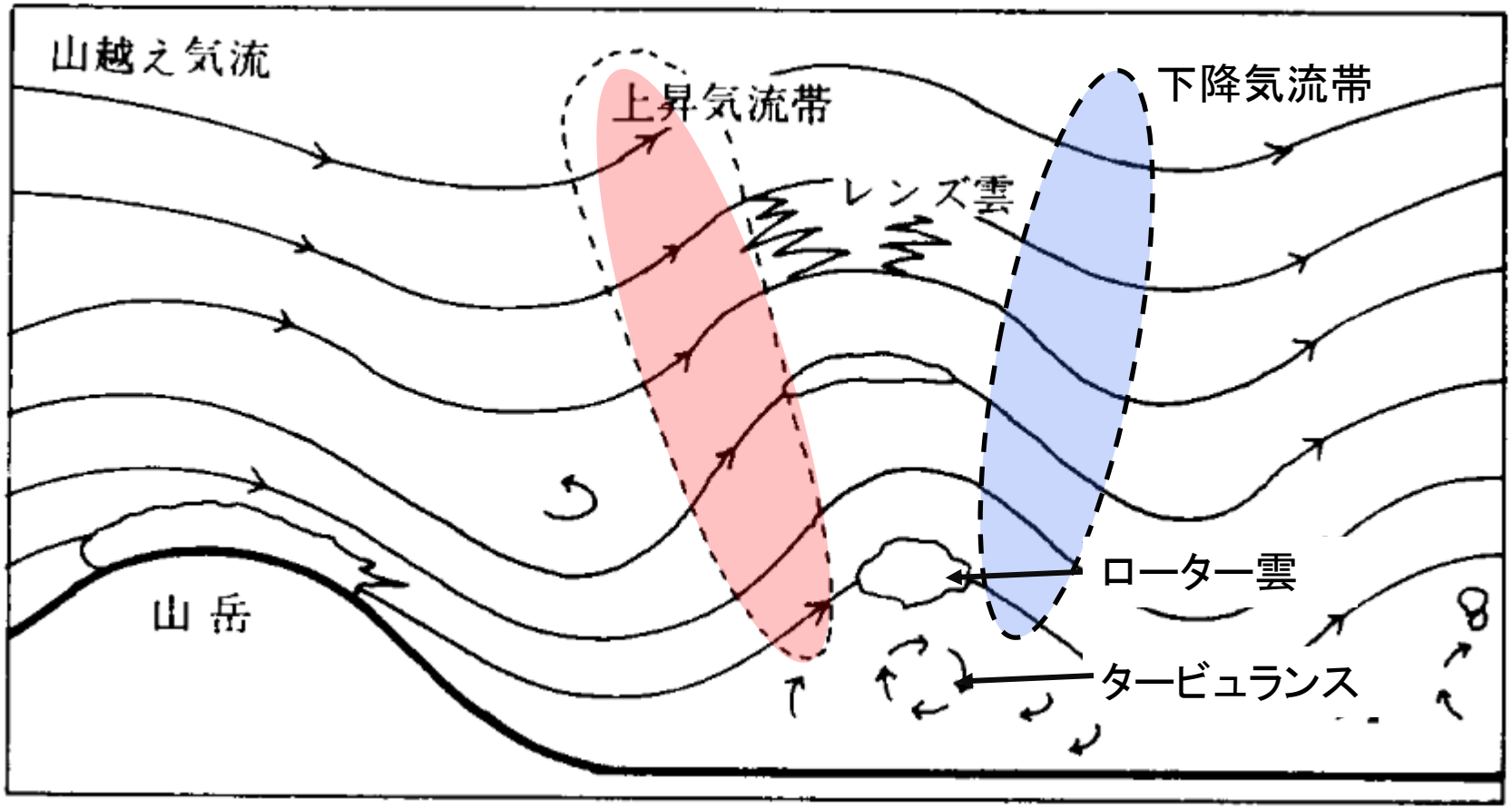
外気温の把握については、温度計装備機は温度計で、温度計未装備機に関しては当日のエマグラムを参照して上昇高度を決定しましょう。

10. ウェーブでの飛行

10－1. ウェーブ（山岳波）とは

山を越えて風が吹いているときに、山の風下側に発生する気流の**じょう乱**　→一般的に避けるべきもの

山頂高度付近に**逆転層か大きい安定層**があり、山脈に**直角に近い風向**で**風速が強い**ときに発生する。



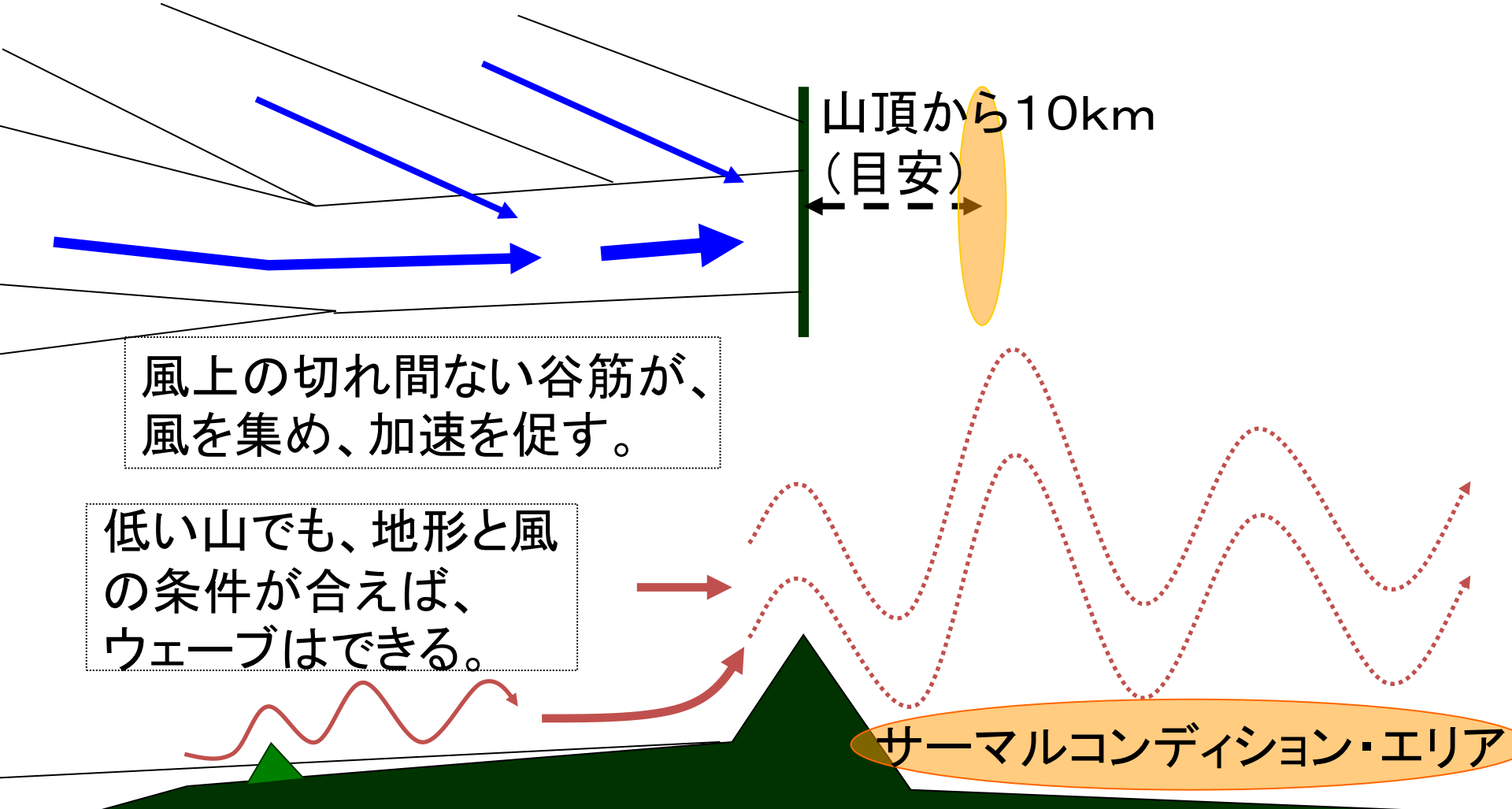
10．ウェーブでの飛行

10－2．ウェーブの発生を強くする要件

1　山頂で10m／s以上の風が吹いていること（強すぎてもだめ）

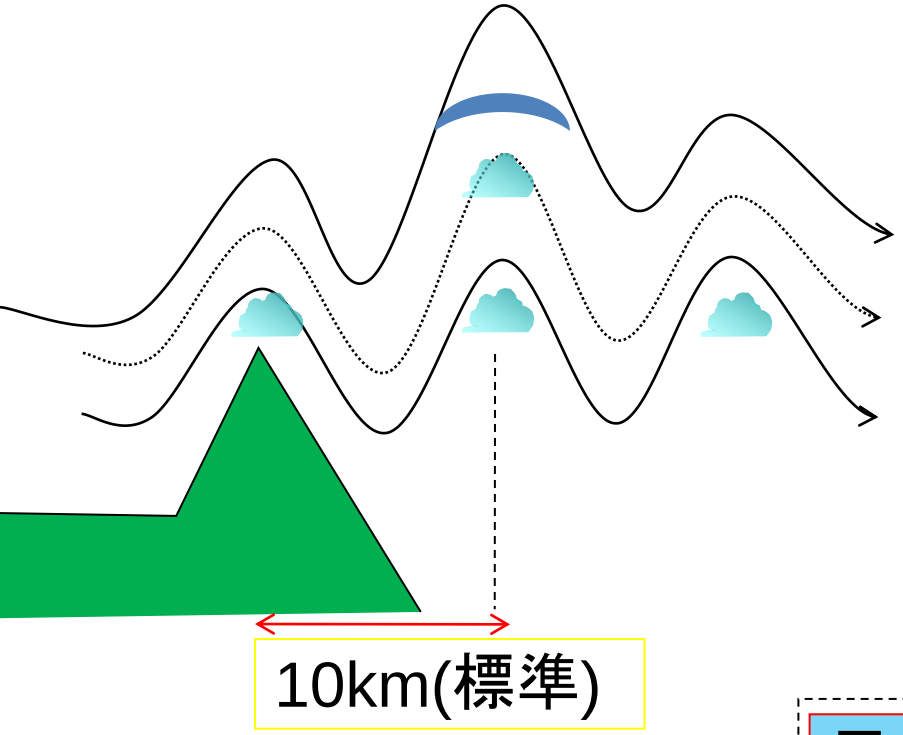
2　山の風上側に風を加速させる谷筋が伸びていること

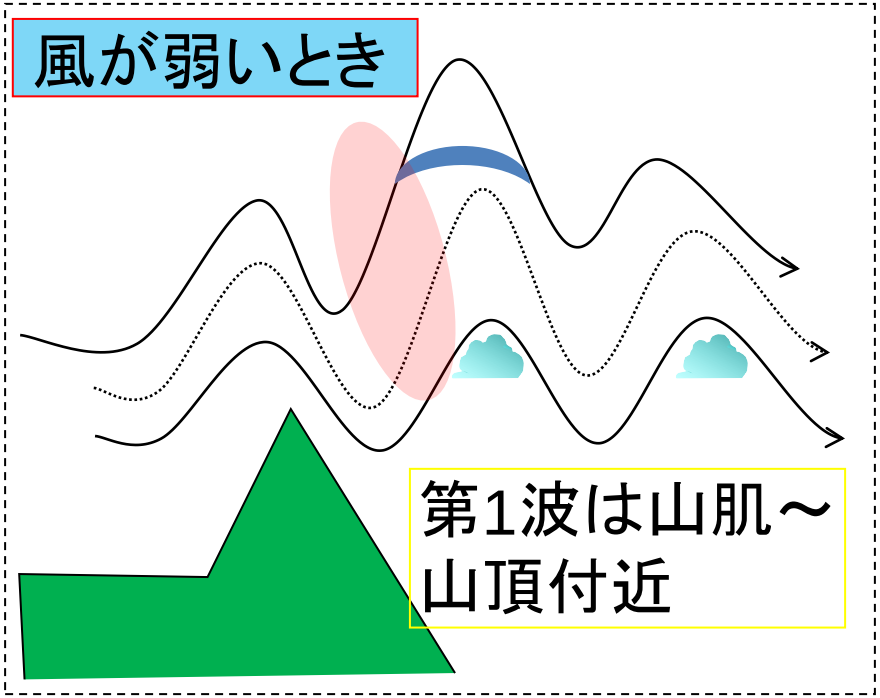
3　山の風下に空気の波動を阻害する山が無いこと



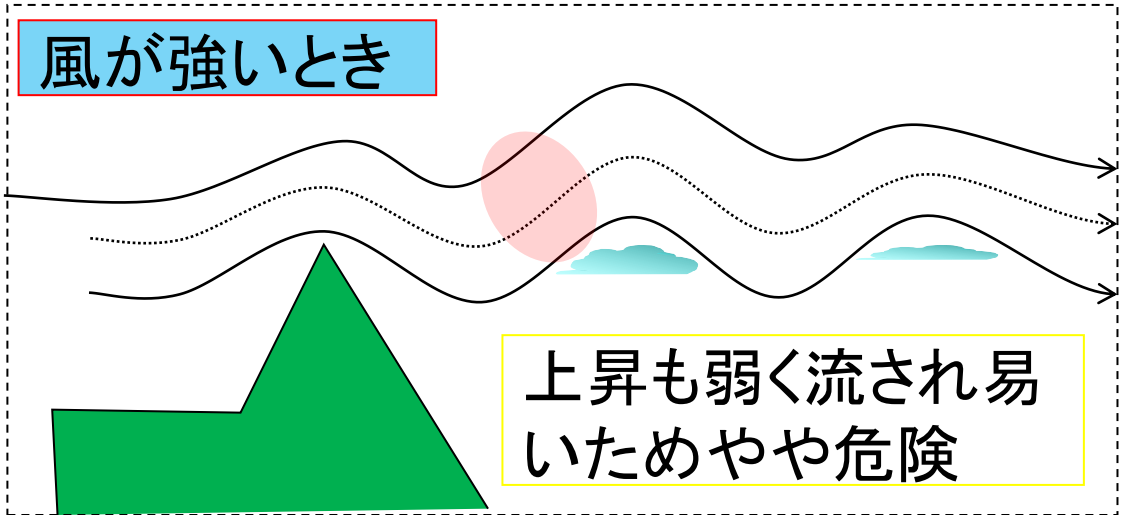
10. ウェーブでの飛行

10－3. 山とウェーブの位置関係



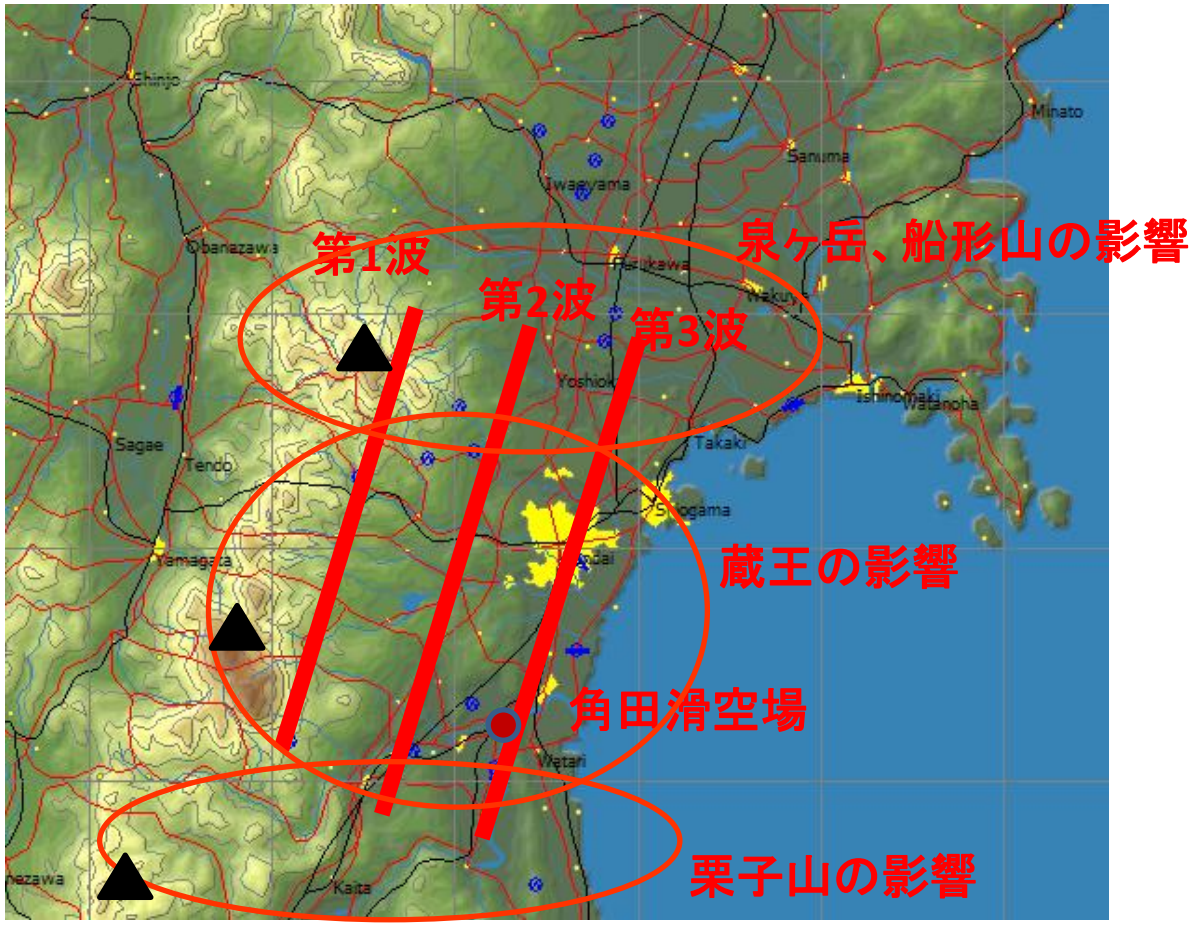


風が強くても、第１波が山腹にあることもある。これは、逆転層が比較的高く、空気の跳ね返りが高い位置にあると考えられる。



１０．ウェーブでの飛行

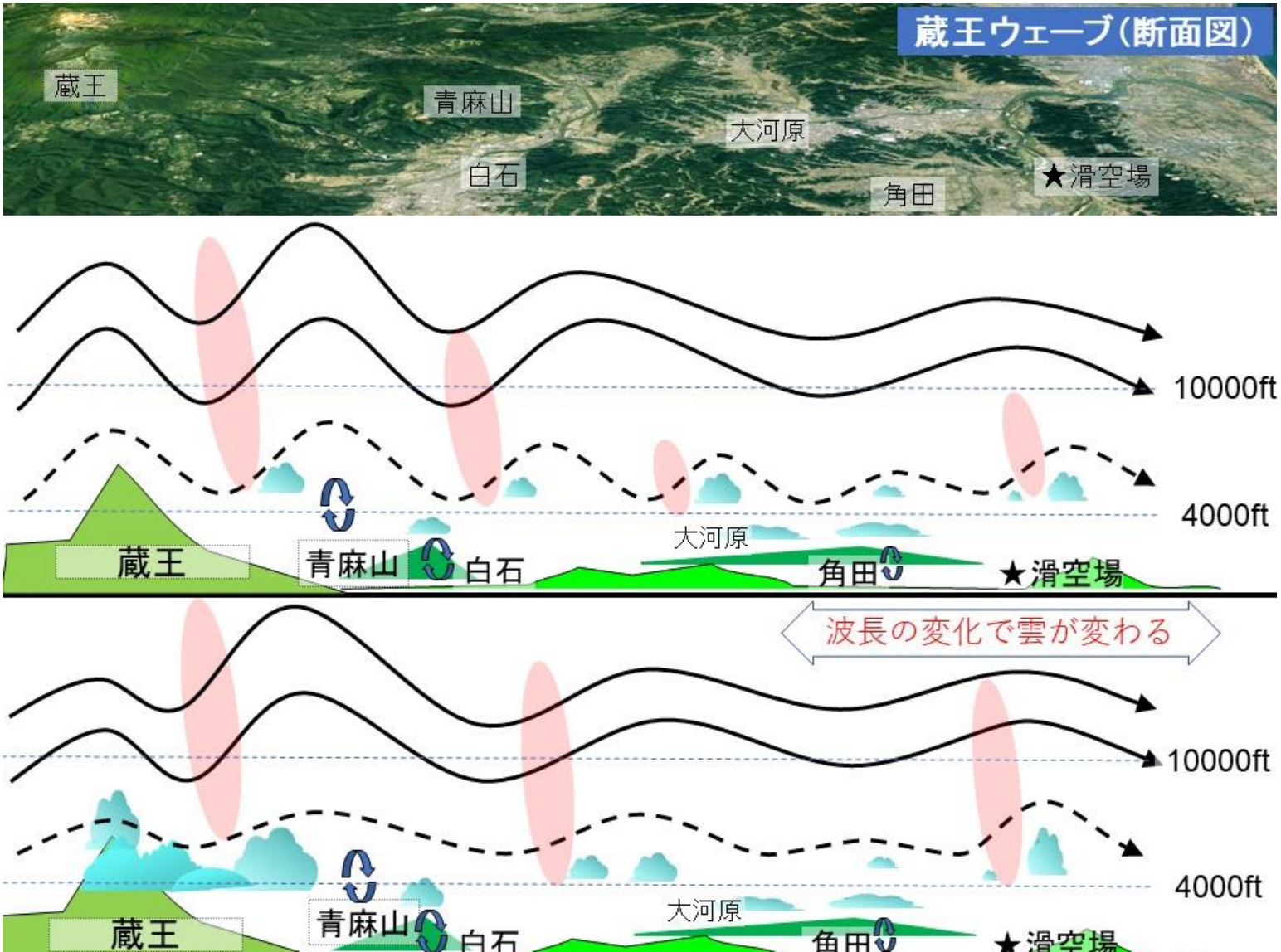
１０－４．角田滑空所周辺のWAVE発生パターン



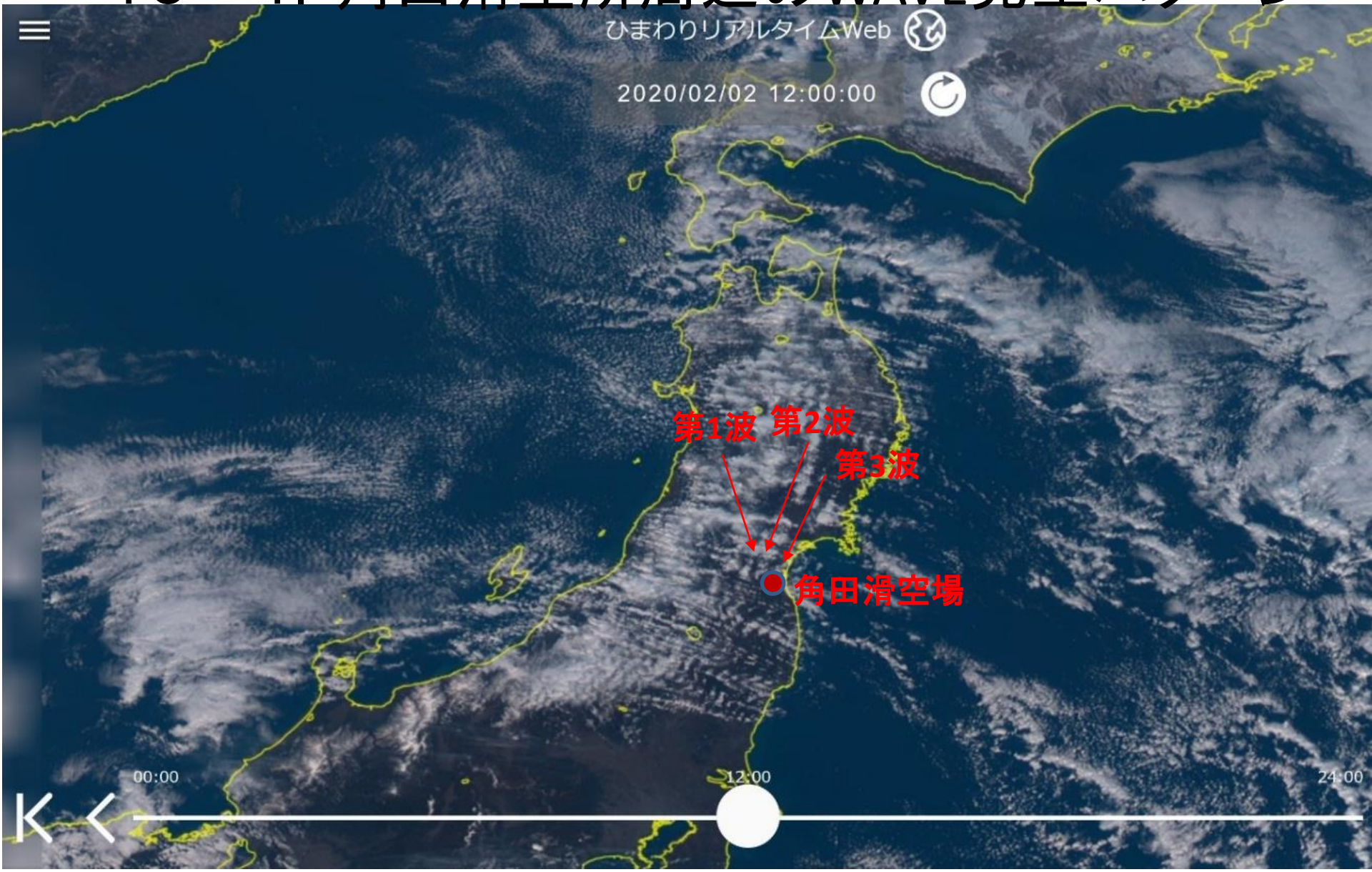
WAVE発生時は、例えWAVEに入っていなくても、WAVEを意識した飛び方をすること。
ローターの下にも強い沈下は存在する。

10. ウェーブでの飛行

10－4. 角田滑空所周辺のWAVE発生パターン

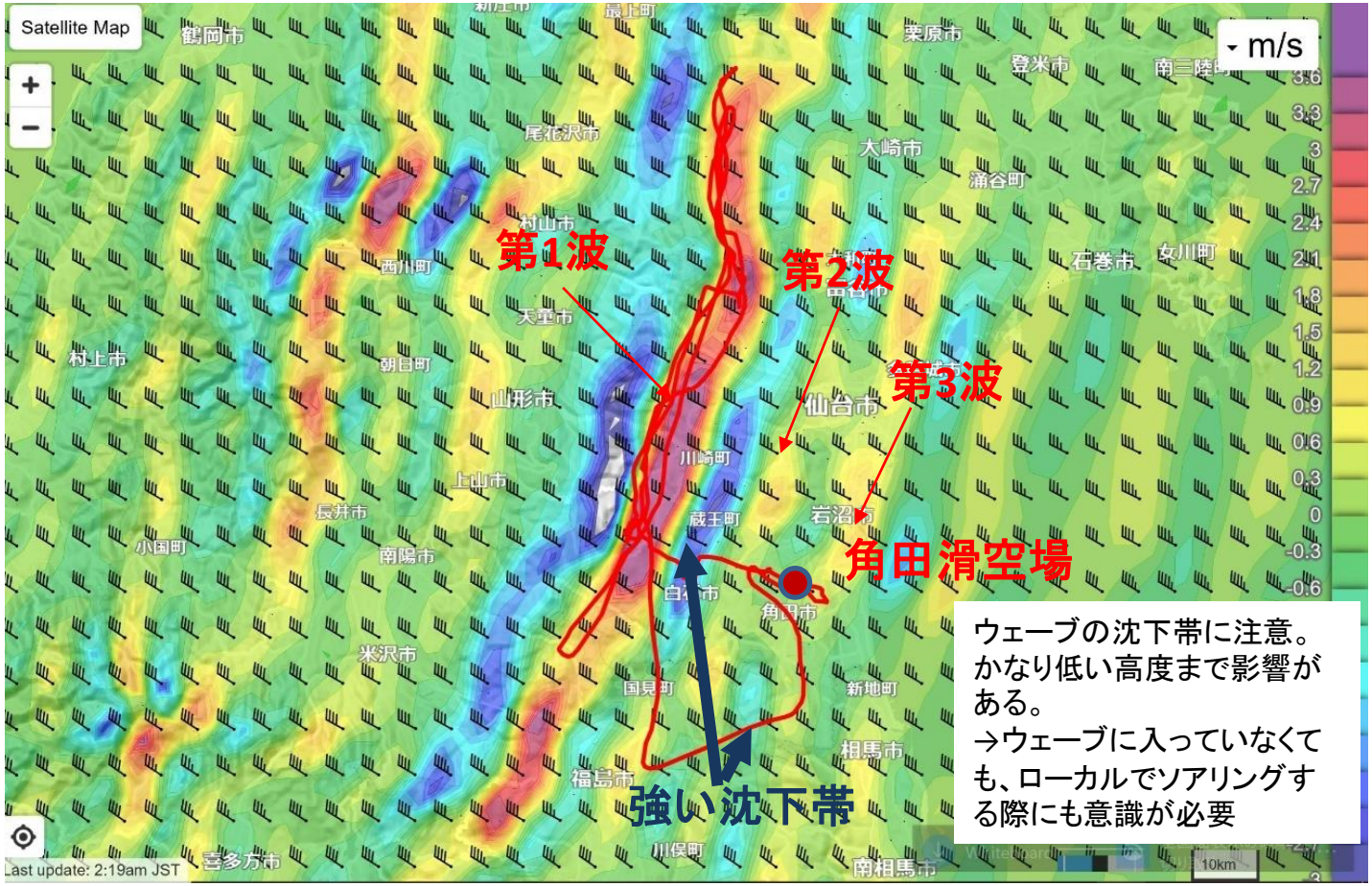


10. ウェーブでの飛行
10－4. 角田滑空所周辺のWAVE発生パターン



10. ウェーブでの飛行

10－4. 角田滑空所周辺のWAVE発生パターン



１０．ウェーブでの飛行

１０－５．　天気予報からウェーブの発生を推測

１０－６．　観天望気による観察

・離陸前の観察

・離陸後の選択

１０－７．ウェーブの捕まえ方

１０－８．ウェーブに入ったら

１０－９．ウェーブからの降下

１０－１０．飛行中の注意事項

10. ウェーブでの飛行

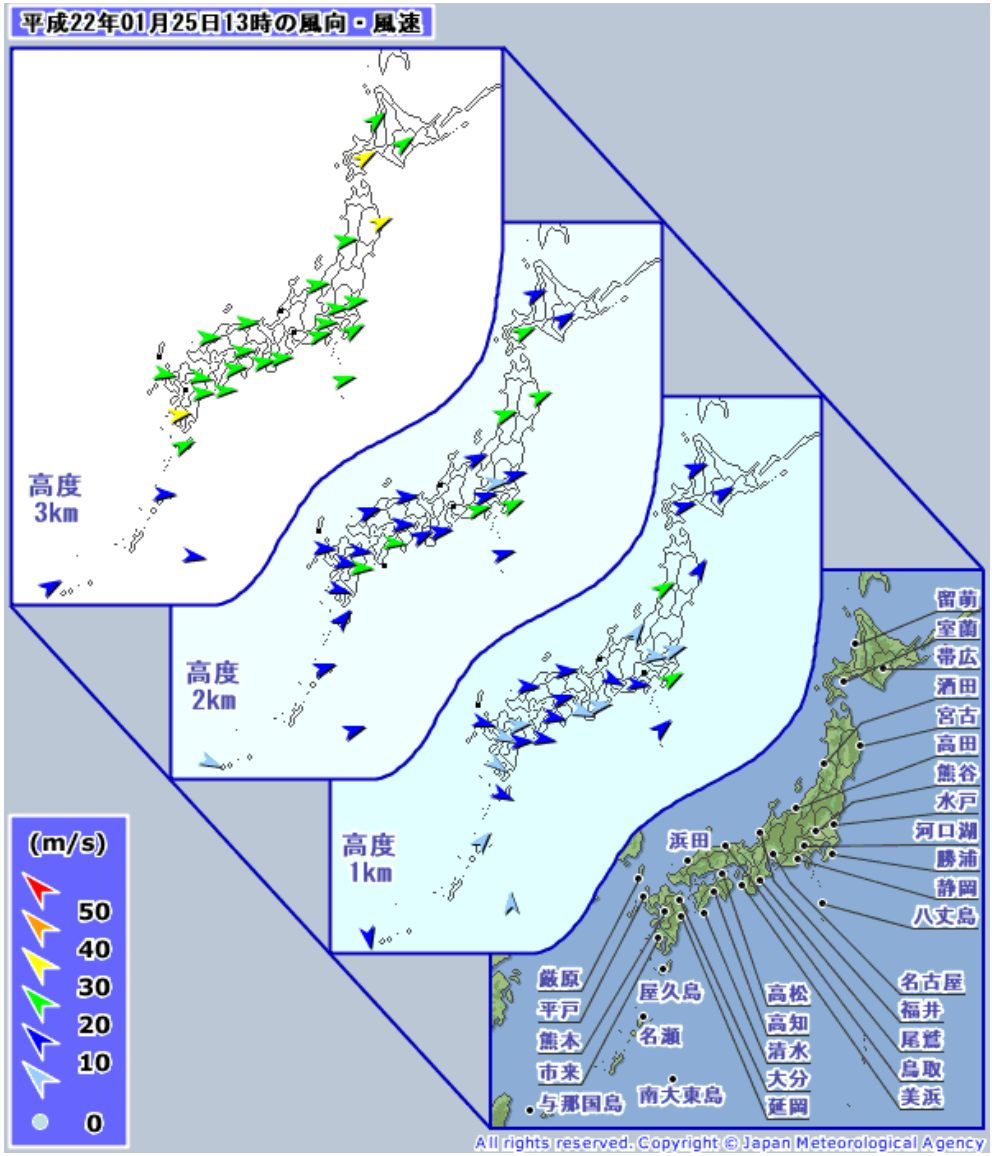
10－5. 天気予報からウェーブの発生を推測

- 地上天気図はあくまでも参考

⇒西高東低は冬～初春では有効だが、春のウェーブは移動性高気圧の勢力下でも発生する

- 850、700、500hPaの風向風速が一致しているか。

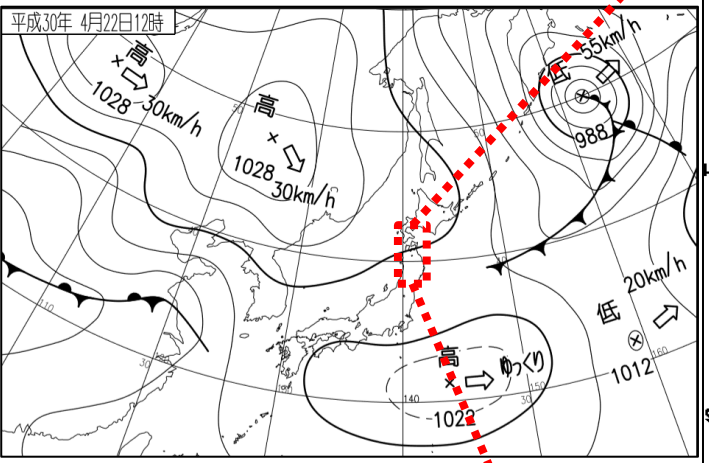
⇒850が上層と大きく向きがずれているとだめ

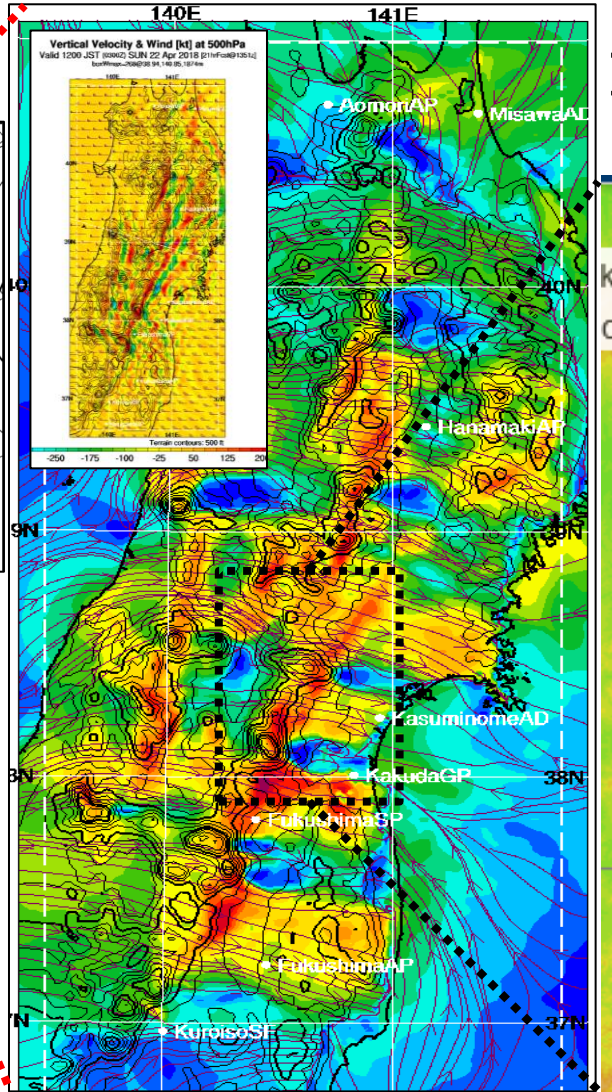


10. ウェーブでの飛行

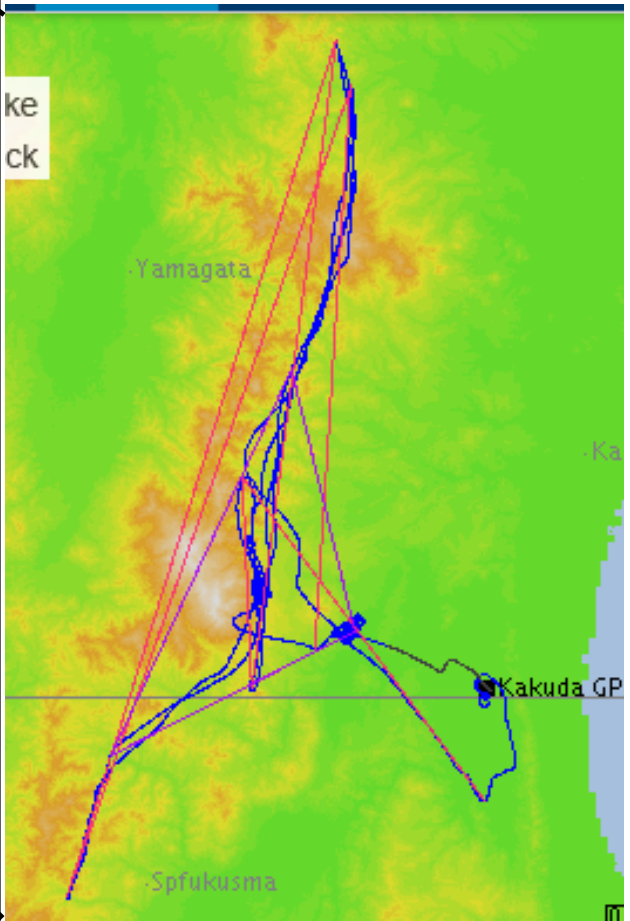
10－5. 天気予報からウェーブの発生を推測（BLIPMAP)

2018.4.22





ブルーウェーブのため途中で折り返したが、コンディション的には八幡平まで行けた模様

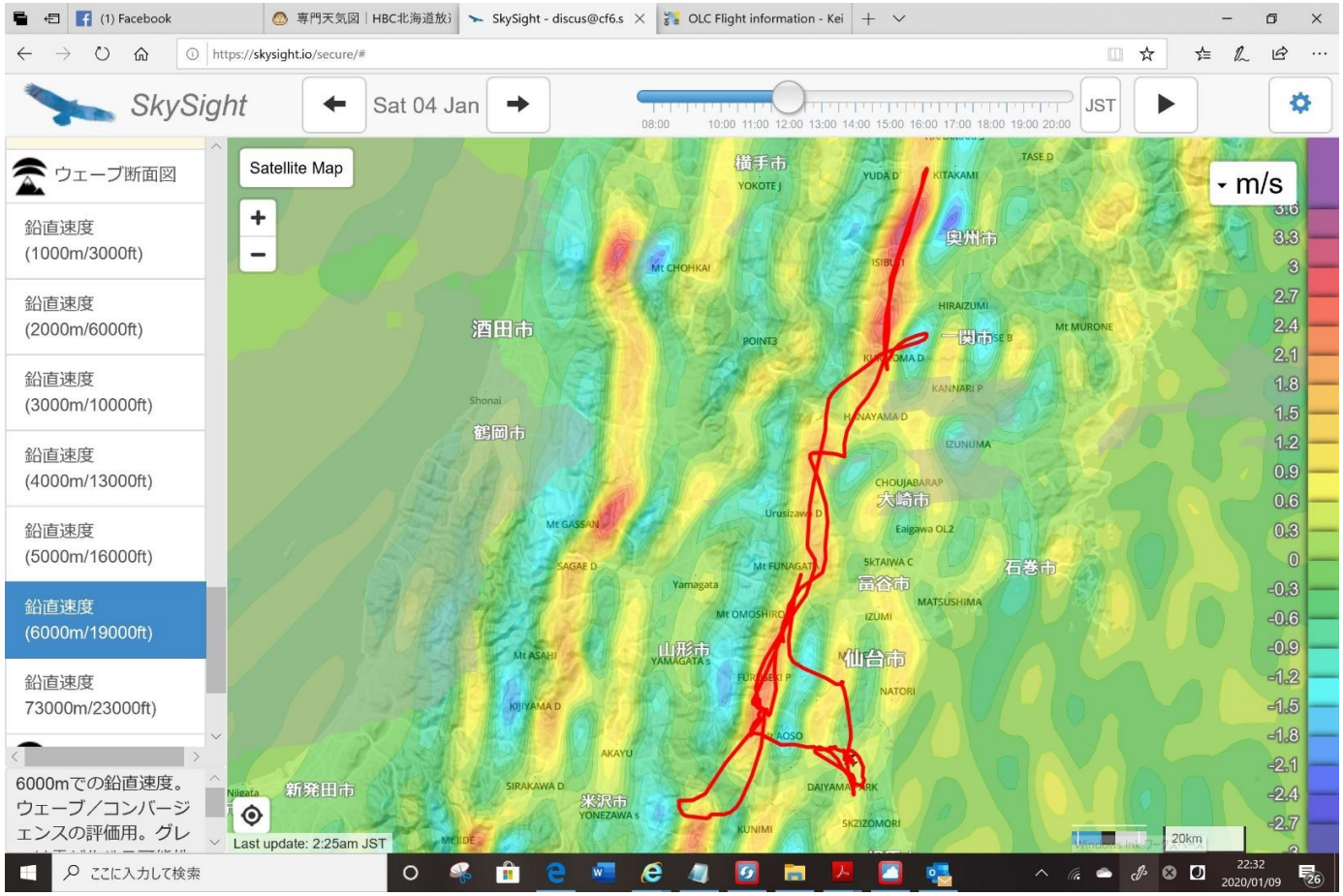


※BLIP MAPのAvg. windとVert. Velocity@500hPaの波形（赤色）が類似しているため、Avg. windで比較

10. ウェーブでの飛行

10－5. 天気予報からウェーブの発生を推測（SKYSIGHT（有料サイト））

- SKYSIGHTで高度毎(1000m～7300m)のウェーブ予報を得ることができる。
- GPSトレースを重ねて表示する事が出来、飛行後、予報を検証できる。



10. ウェーブでの飛行

10－6. 観天望気（ウェーブ発生時の空模様）

起点の山が光って見える時はフェーンギャップが閉じておらず、雲の隙間から光が当たっていることを示している。

１０．ウェーブでの飛行

１０－６　観天望気による観察

- 離陸後の選択

✓どの波（雲）をつかまえるか
⇒１波は安定。２波以降は強さも場所も常にぶれている。

✓どの高度まで曳航されるか（エンジンランするか）
⇒ローターの下限高度（推測）＋５００ftは必要

✓地形を活用した選択
⇒山と雲が一致する場所を探す
　山が対地目標（流されるのに気づきやすい）
　山の吹き上げを雲が吸い上げる（＋を強める）

10. ウェーブでの飛行

10－7.　ウェーブの捕まえ方

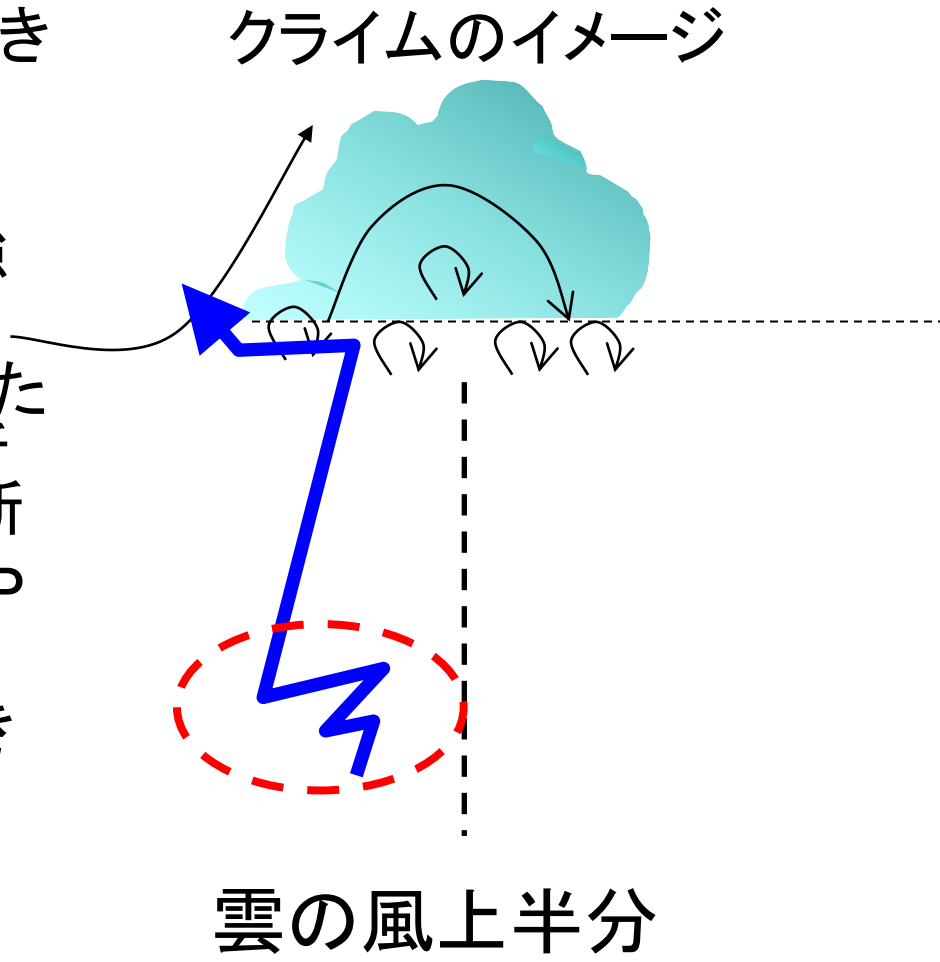
（1）雲より下：ローター（空気の渦巻きの中にいるイメージ）

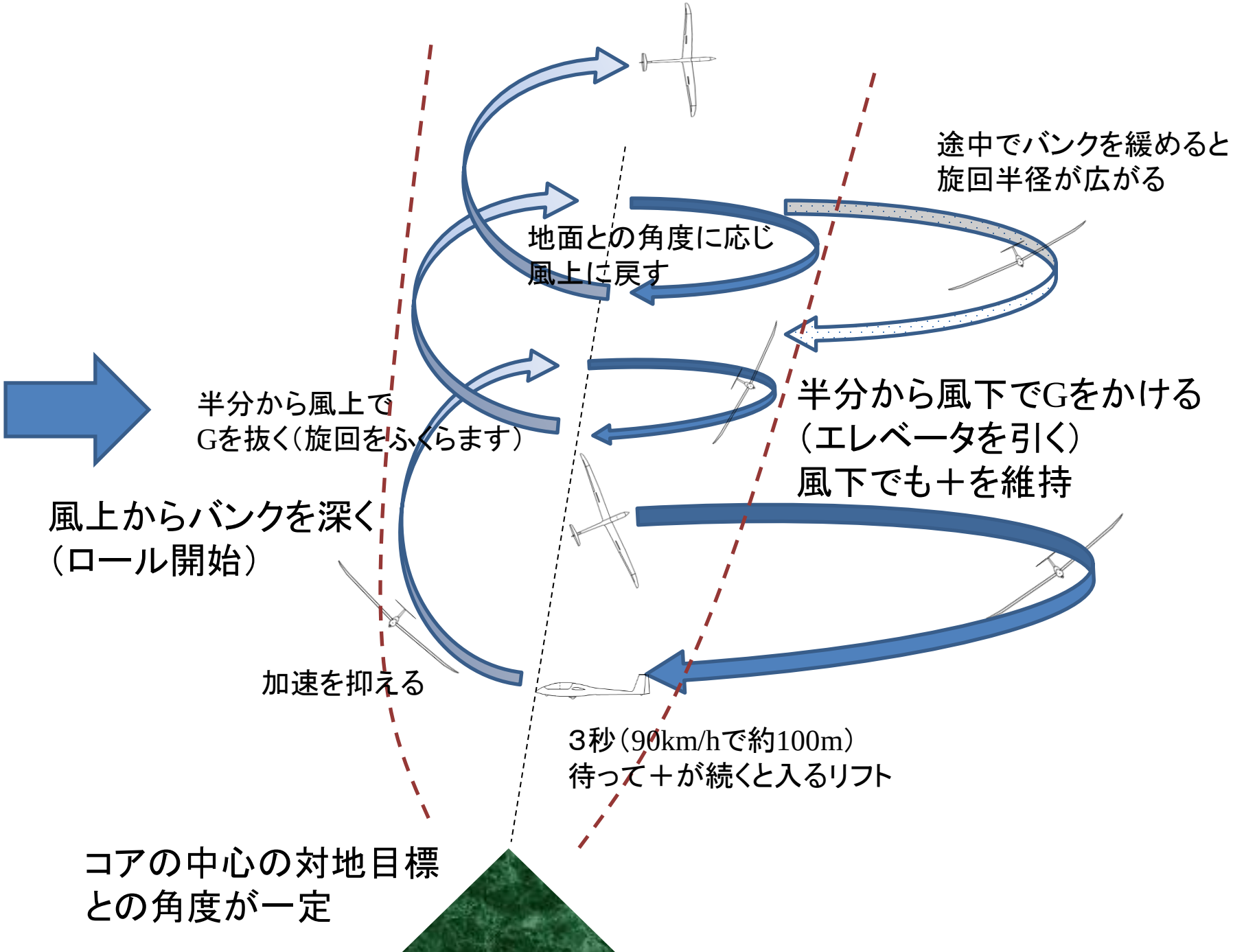
・サーマルのようだがコアの位置・強さが不安定

・強いプラスとマイナスが隣どうしのため、全体がプラスに振れるいい所を探し、クライムアベレージで判断

・1旋回毎に流されないよう修正（GPSで確認）

・乱流で暴れる機体を抑える（抑えきれないことも）




途中でバンクを緩めると
旋回半径が広がる
地面との角度に応じ
風上に戻す
半分から風上で
Gを抜く（旋回をふくらます）
半分から風下でGをかける
（エレベータを引く）
風下でも＋を維持
風上からバンクを深く
（ロール開始）
加速を抑える
３秒（90km/hで約100m）
待って＋が続くと入るリフト
コアの中心の対地目標
との角度が一定

10. ウェーブでの飛行

10－7.　ウェーブの捕まえ方

（2）雲の横：ローターから整流域へ

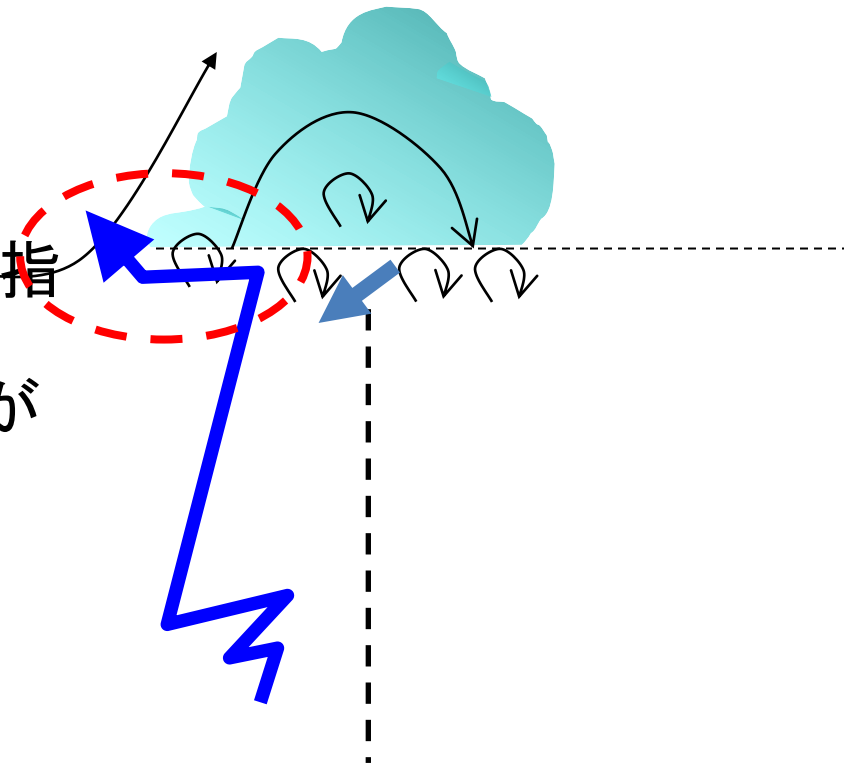
・雲低までクライムしたら風上へ移動

・風上の明るい（日射がある）ところを目指す

・明るいところでは更に上にローター雲があることもある。そこで再度クライム

・乱流がなくなるまでこれを繰り返す

クライムのイメージ



10. ウェーブでの飛行

10－7.　ウェーブの捕まえ方

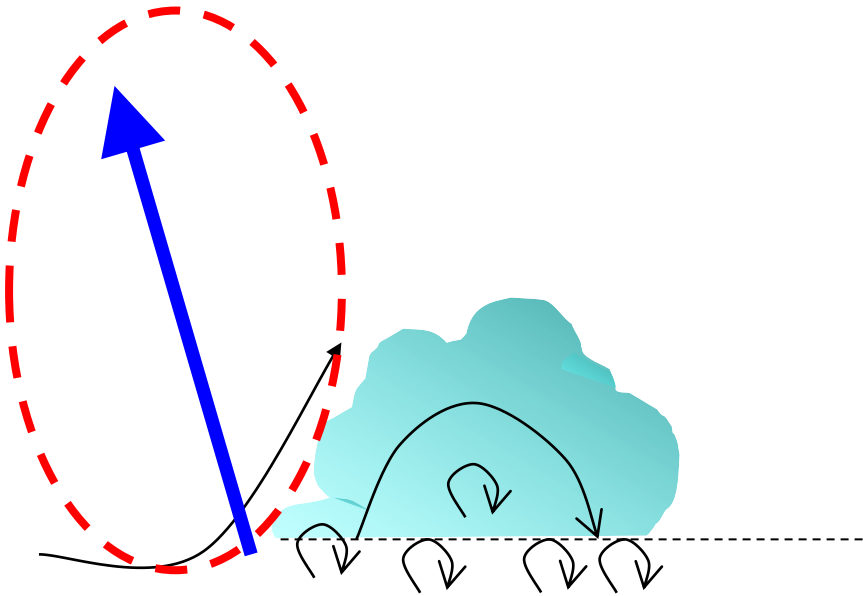
（3）雲の上へ

・徐々に雲から風上へ遠ざかる

・常に風上に雲を見ないように飛ぶ

・最終的には、雲と雲の間（フェーンギャップ）を飛ぶ

※試しに風上に伸ばしてリフトの強弱を確認した方がいい（意外なほど風上の方が強い場合が多い）



10. ウェーブでの飛行

10－8.　ウェーブに入ったら

（1）雲の上へ出たら

風が強い場合（40knot以上）

ウェーブの上昇風帯に留まる。

ウェーブの上昇風帯はローター雲の風上側のクリアな部分にある。

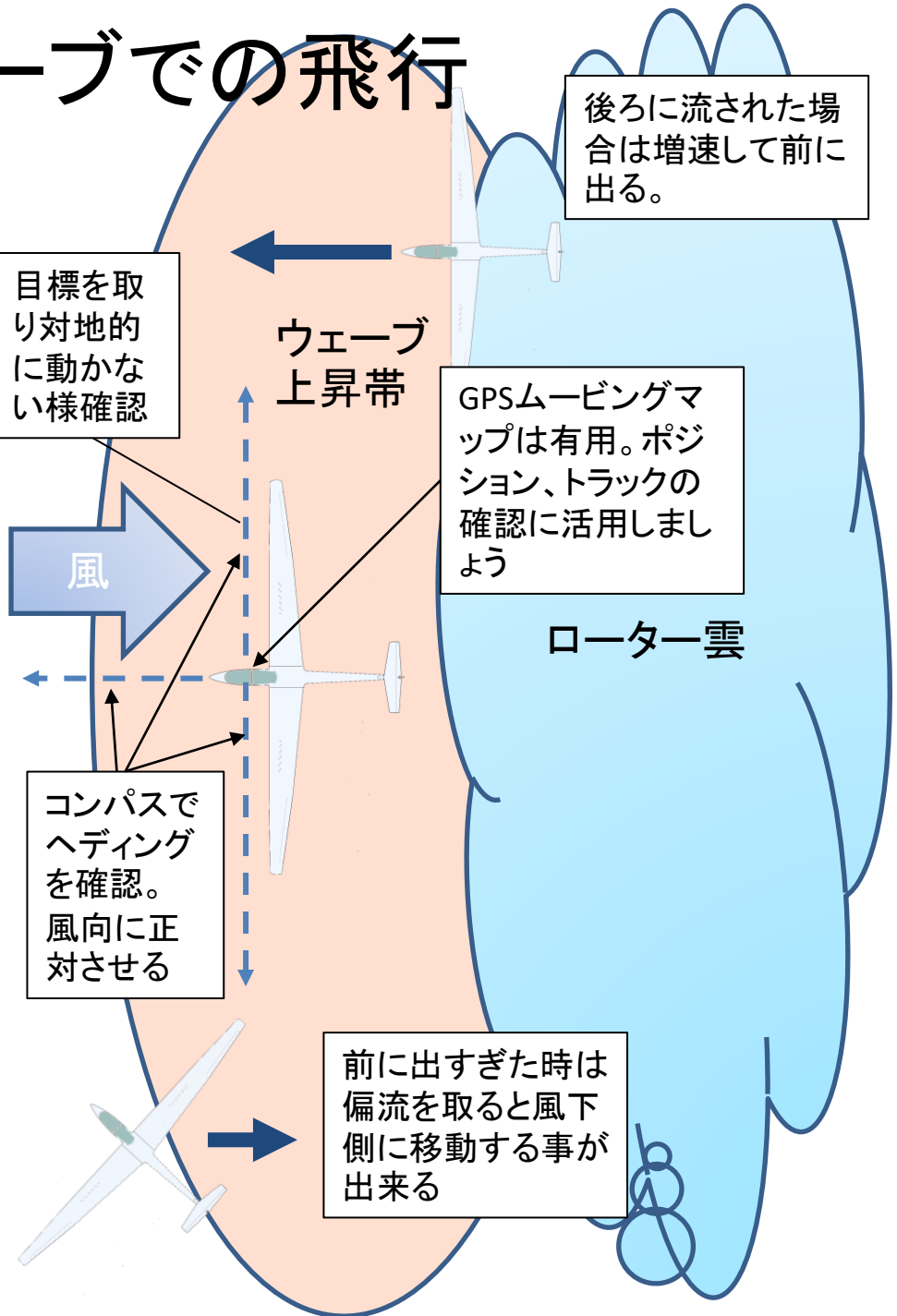
風が強い場合（40knot以上）は、風上にヘディングし最少沈加速度で飛行する。ヘディングはコンパスで確認。

対地的に静止する様、地上目標を取って確認する。

GPSムービングマップの風表示、トラックは非常に参考になるので活用する（それだけに頼らない様注意）。

風下に流されていくようであれば増速。

風上に進んでいくようであれば偏流を取って風下側に移動する（風下側にヘディングすると対地速度が急激に上がるため注意）。



10. ウェーブでの飛行

10－8.　ウェーブに入ったら

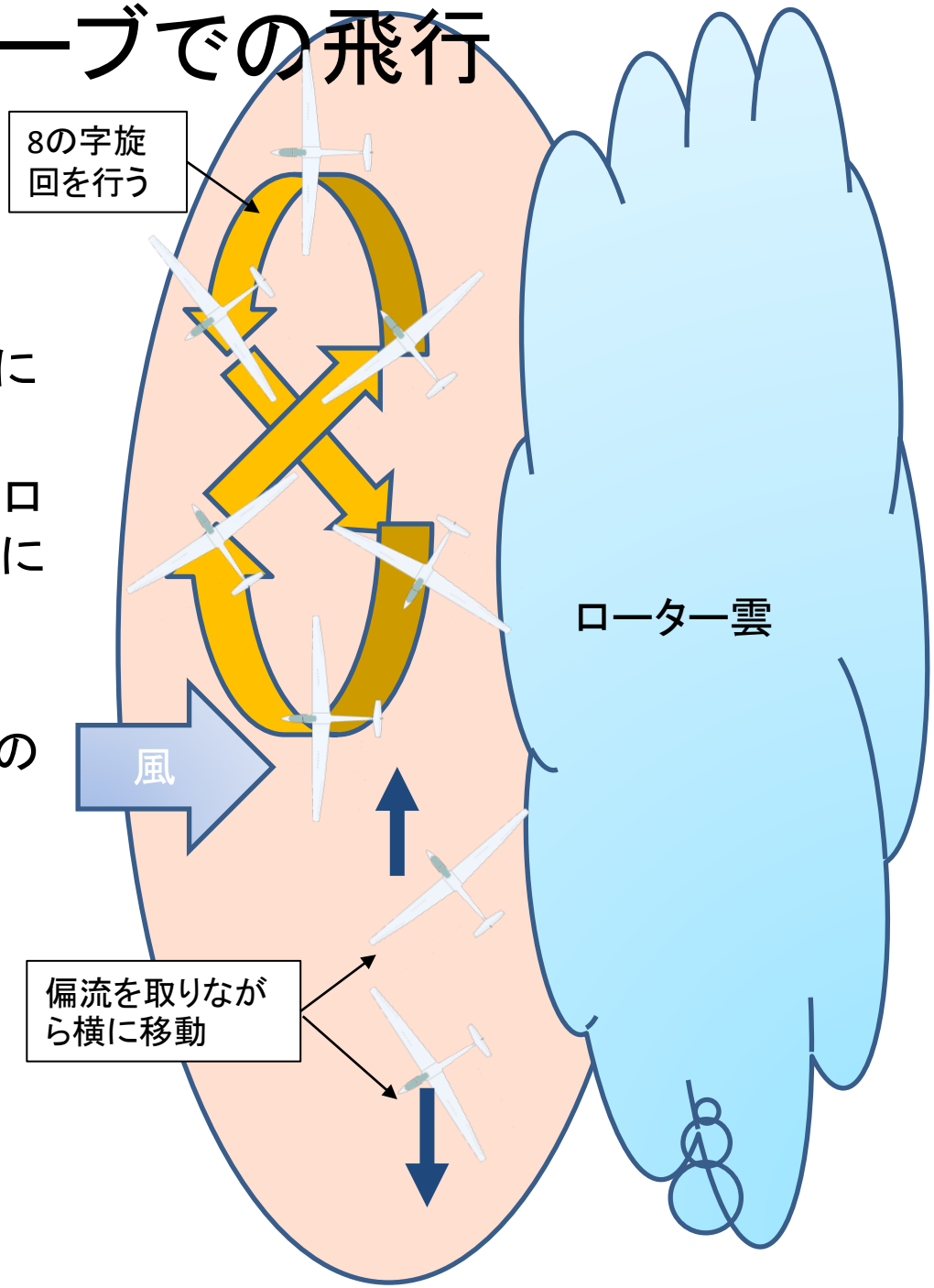
(2)雲の上へ出たら

風が弱い場合(40knot未満)

- ウェーブの上昇風帯に留まるために8の字旋回を行う
- 偏流を取りながらウェーブ上昇帯(ローター雲の前縁)をなぞるように横に移動する

リッジソアリングの要領。

この場合は特にGPSムービングマップのトレース表示が有用。



10. ウェーブでの飛行

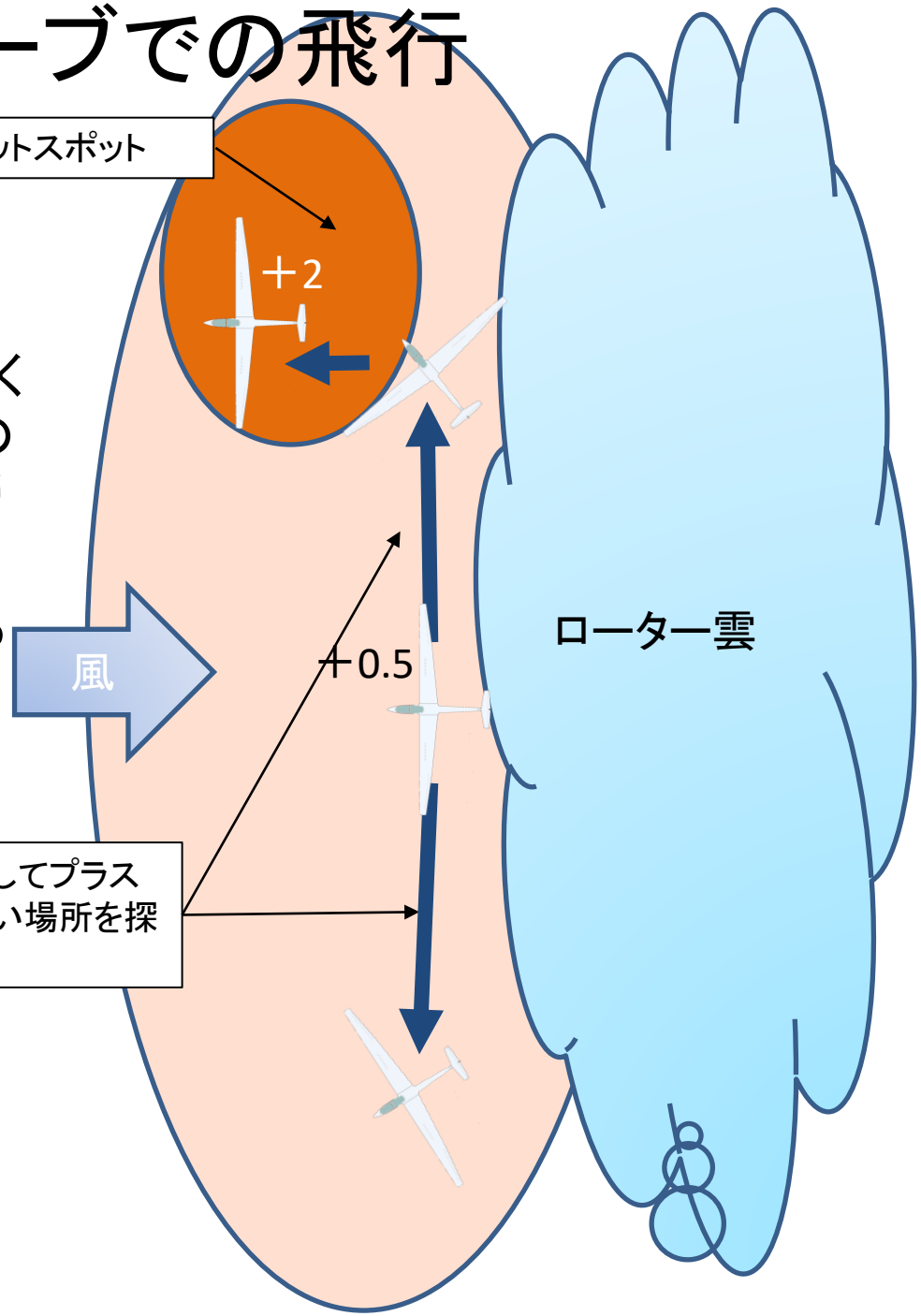
10－8.　ウェーブに入ったら

(3)雲の上へ出たら

ホットスポットを探す

ウェーブの上昇が安定してきた時、もしくは上昇率が悪くなってきた時、上昇帯の中で風上、風下、横方向に移動してより強い上昇箇所(ホットスポット)を探す。

ホットスポットを見つけたらそこに留まる。



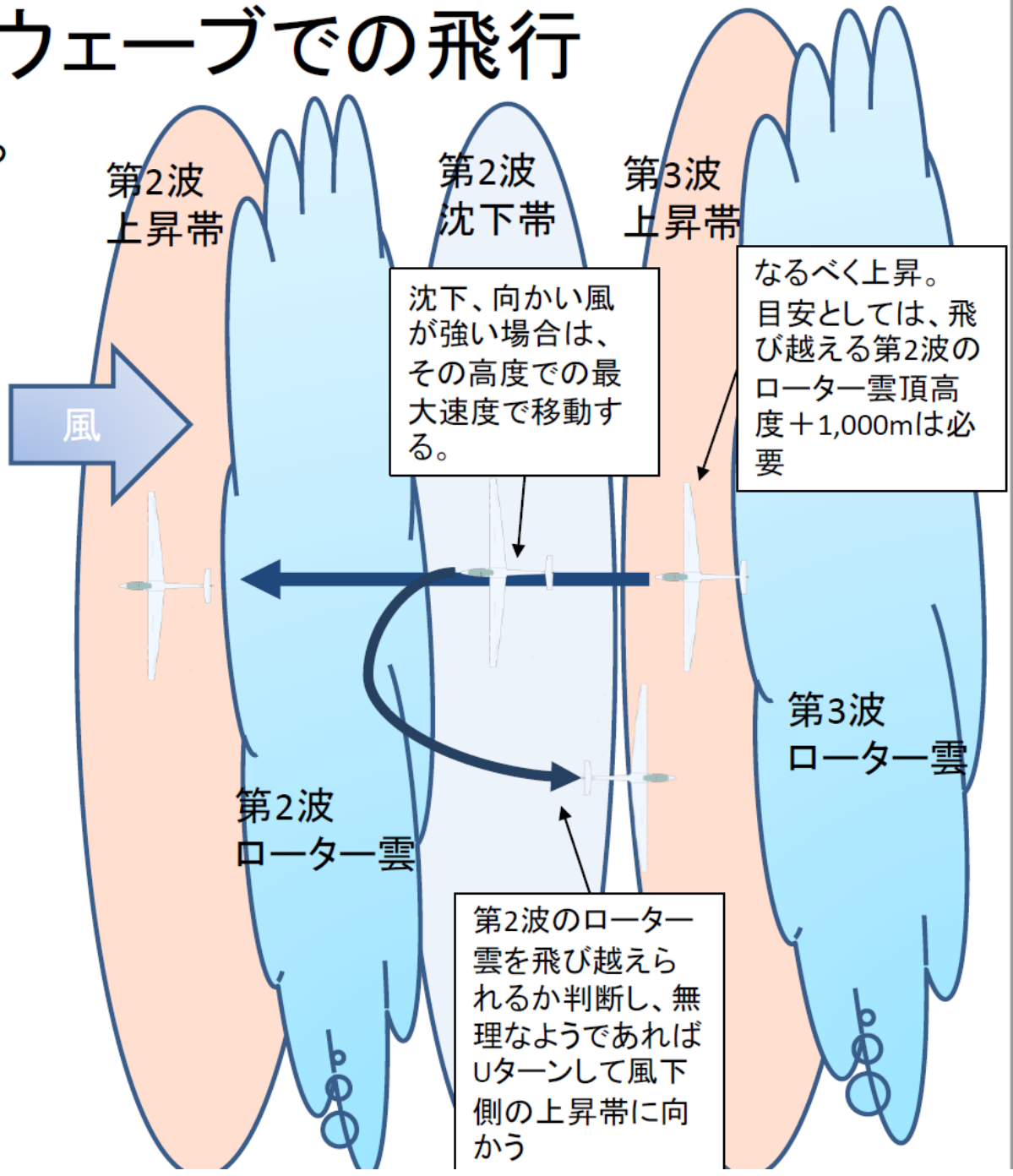
10. ウェーブでの飛行

10－8.　ウェーブに入ったら

(4)風上の波への移動①

注意事項

- 強い沈下に備え、出来るだけ今上昇している波で高度を獲得しておく。
- 沈下帯を飛行する際は、(沈下、風の強さにもよるが)その高度での最大速度(Vne)付近で飛行する。
- 風上のローター雲を飛び越えられないと判断したら風下側へUターンし、風下の上昇帯に移動する。ローター雲に突っ込まないこと。
- ローター雲の下をくぐる方法もあるが、確実に風上側の上昇帯に入れるとは限らない。また、強い乱流に遭遇する可能性が高い



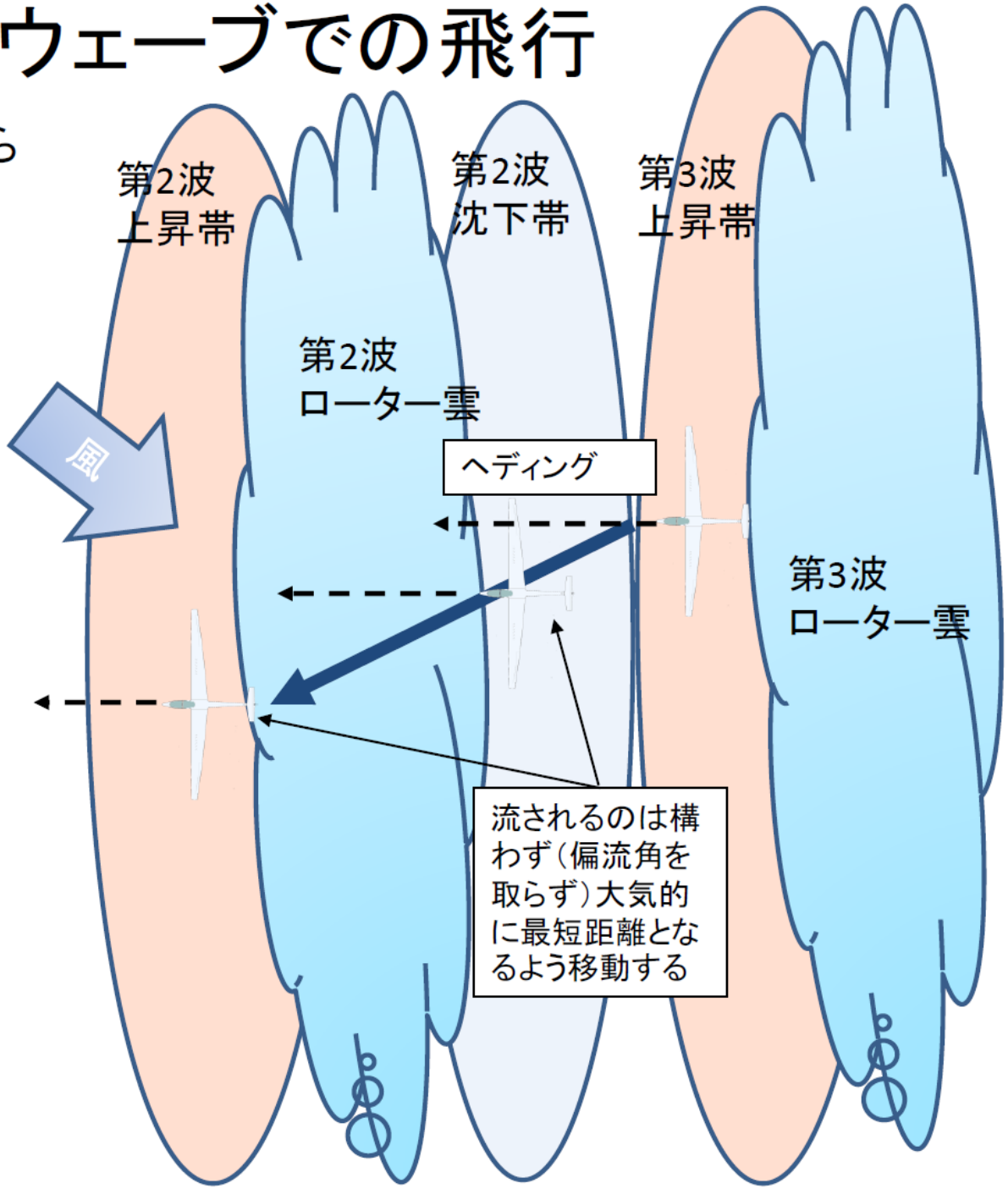
10. ウェーブでの飛行

10－8.　ウェーブに入ったら

(4)風上の波への移動②

風向がローターに直交していない場合のコース取り

沈下帯に留まる時間を短くするため、大気的に最短距離となるようにローターに直角となるようヘディングし、移動する。



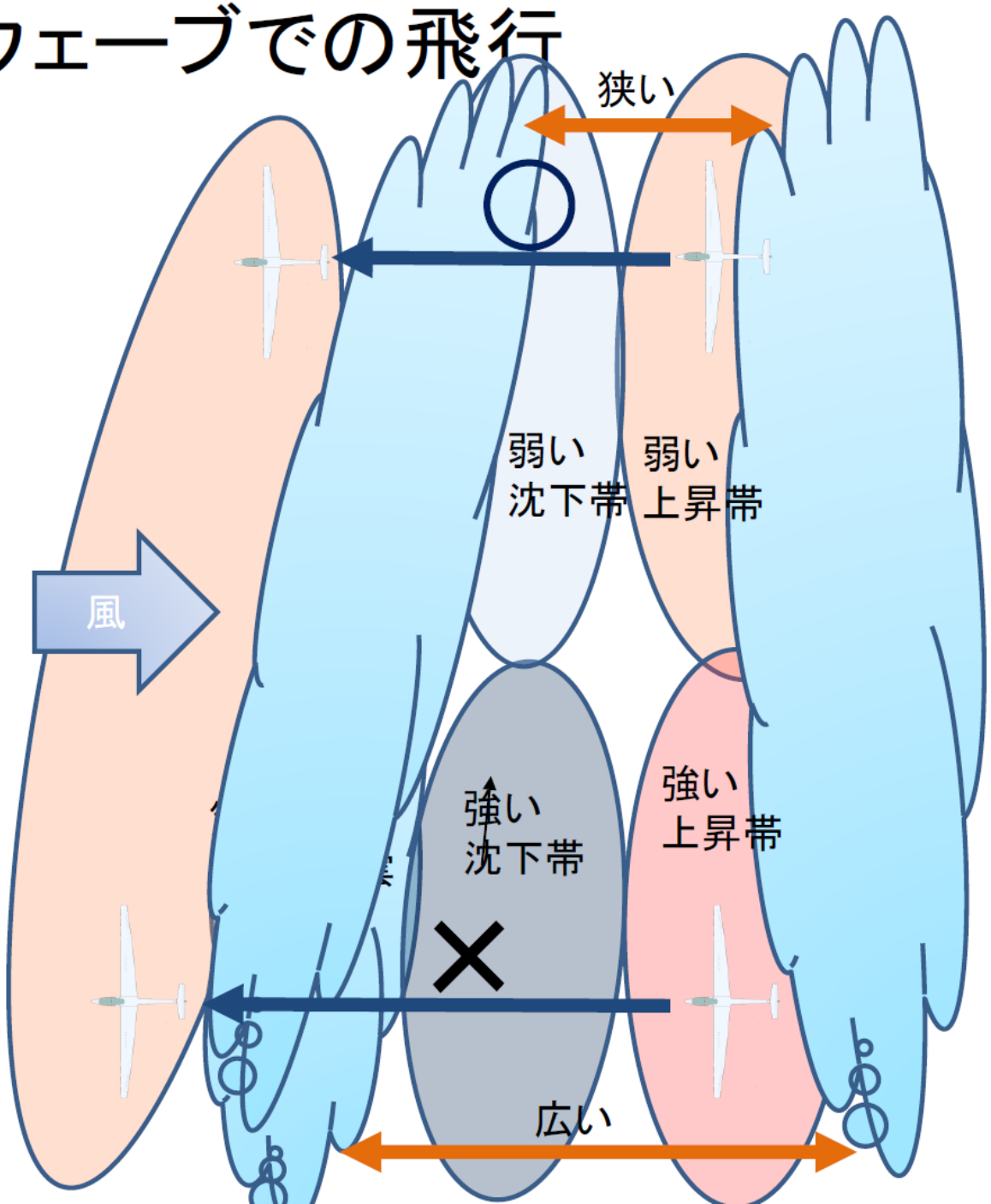
10. ウェーブでの飛行

10－8.　ウェーブに入ったら

（4）風上の波への移動③
　　どこから波を渡るか？

- ウェーブのギャップが狭い（風上側と風下側のローター雲の距離が近い）場所
- 上昇率が弱い場所（上昇率が弱い場所の風上側の沈下帯は、沈下率が小さい場合が多い）

→波を渡る際の失高を最小にする



10. ウェーブでの飛行

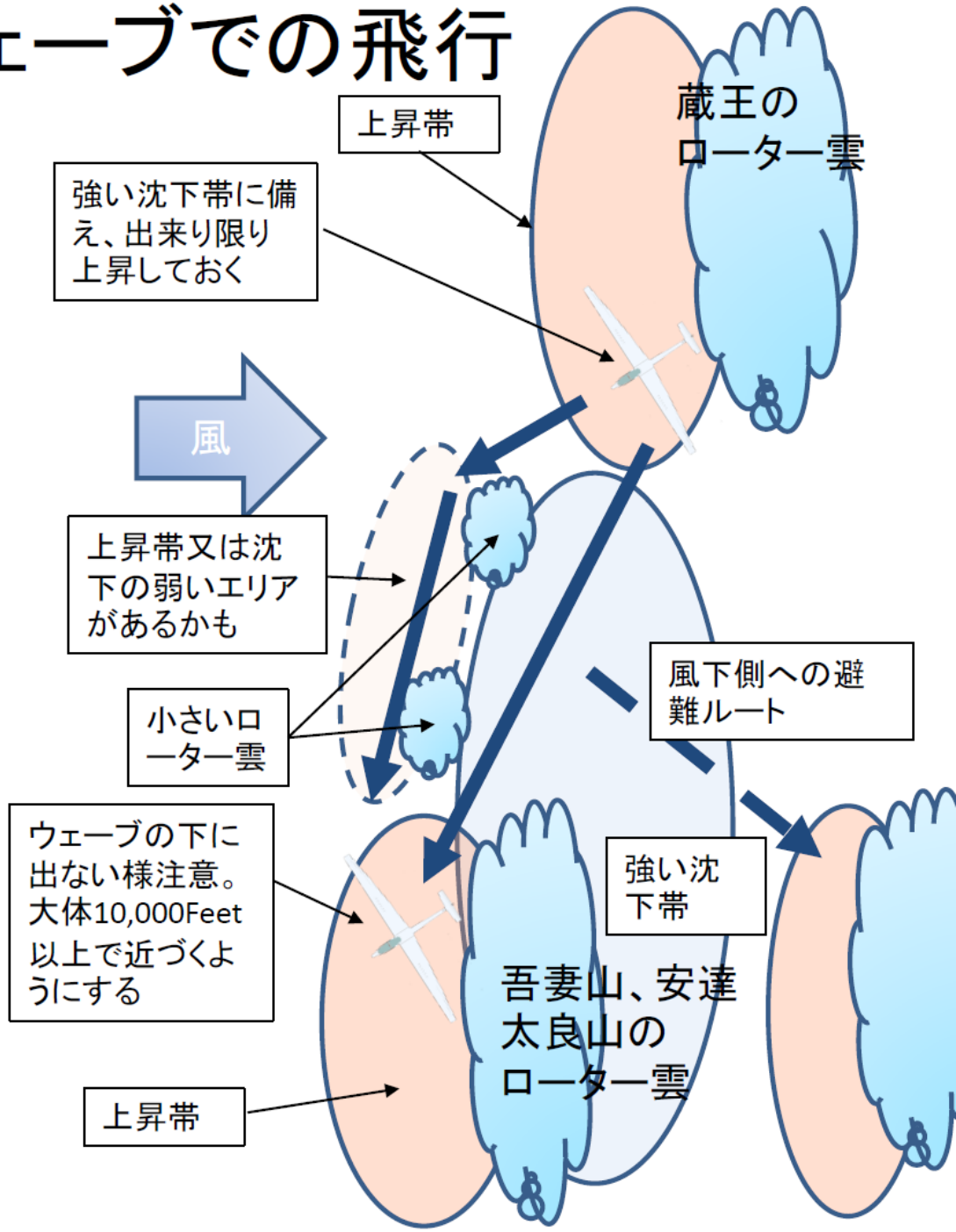
10－8.　ウェーブに入ったら

(5)違う山から発生した波に移動

注意事項

違う山から発生した波に移動する場合は

- 強い沈下帯に備え、なるべく高度を獲得しておく。
- 違う山のウェーブにはウェーブの下限高度以上で到着する様にする。高度を落としすぎない様注意。
- 大きな偏流角が必要。TRACKとHEDINGを意識する。
- ルート上に小さいローター雲が見えた場合はその風上側を飛ぶようにする。
- 逃げ道を用意しておく。風下側のウェーブ(第2、3波)等。



１０．ウェーブでの飛行

１０－８．ウェーブ上昇中の注意事項

① 自機のポジションを確認する事（地図の確認、対地目標の目視、GPSムービングマップ）

② 風下に流されない様に注意。フェーンギャップのクリアなエリアで上昇する。ローター雲のそばでは雲に巻きこまれる危険性もある。ローター雲の風下側は強い沈下帯。沈下帯に入ったら風上側の上昇帯戻るのは結構大変。

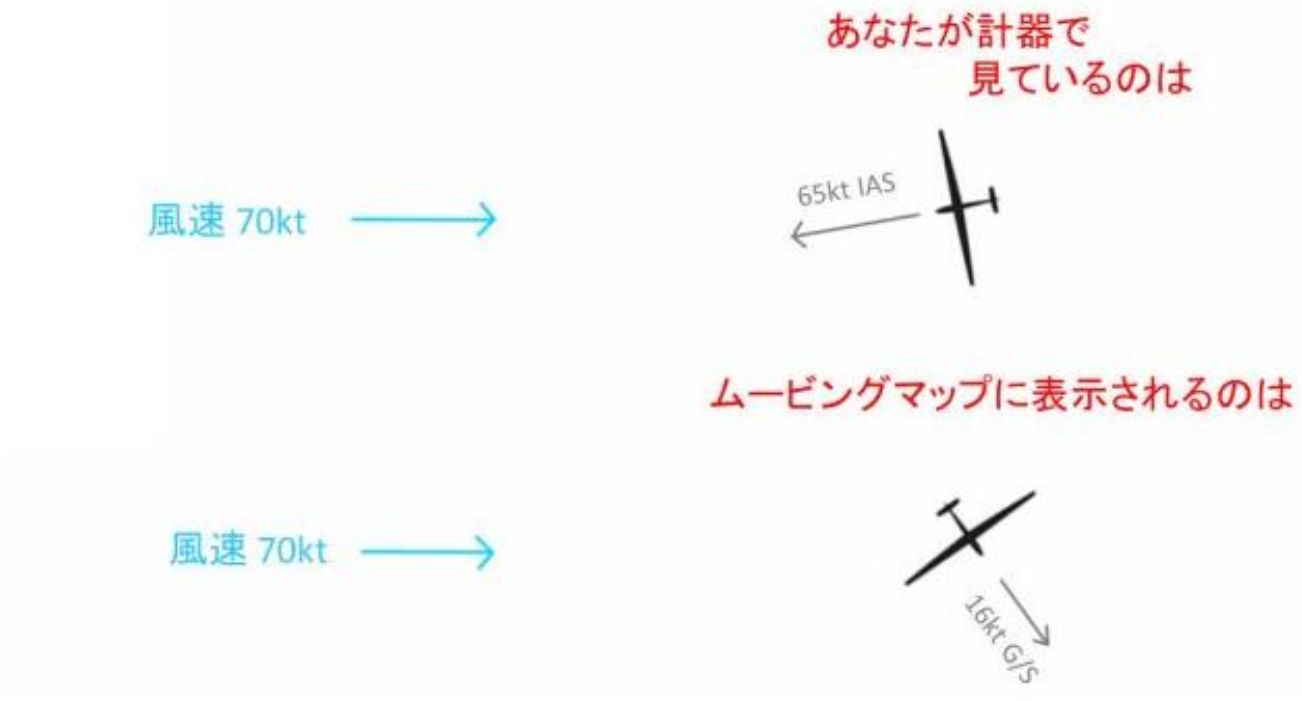
③ コンパスでヘディングを確認しながら飛行する。GPSの風、トラック表示は大変有効。しかし頼りすぎないように。風下側にバックしている時の表示は混乱を招く。

④ サーマルソアリングに比べれば単純な機動だが、ATC、血中酸素濃度の確認等気を取られる事が多く、結構集中力がそがれることを承知しておく。

１０．ウェーブでの飛行

１０－８．ウェーブ上昇中の注意事項

ムービングマップはあなたを混乱させるかもしれない



10. ウェーブでの飛行

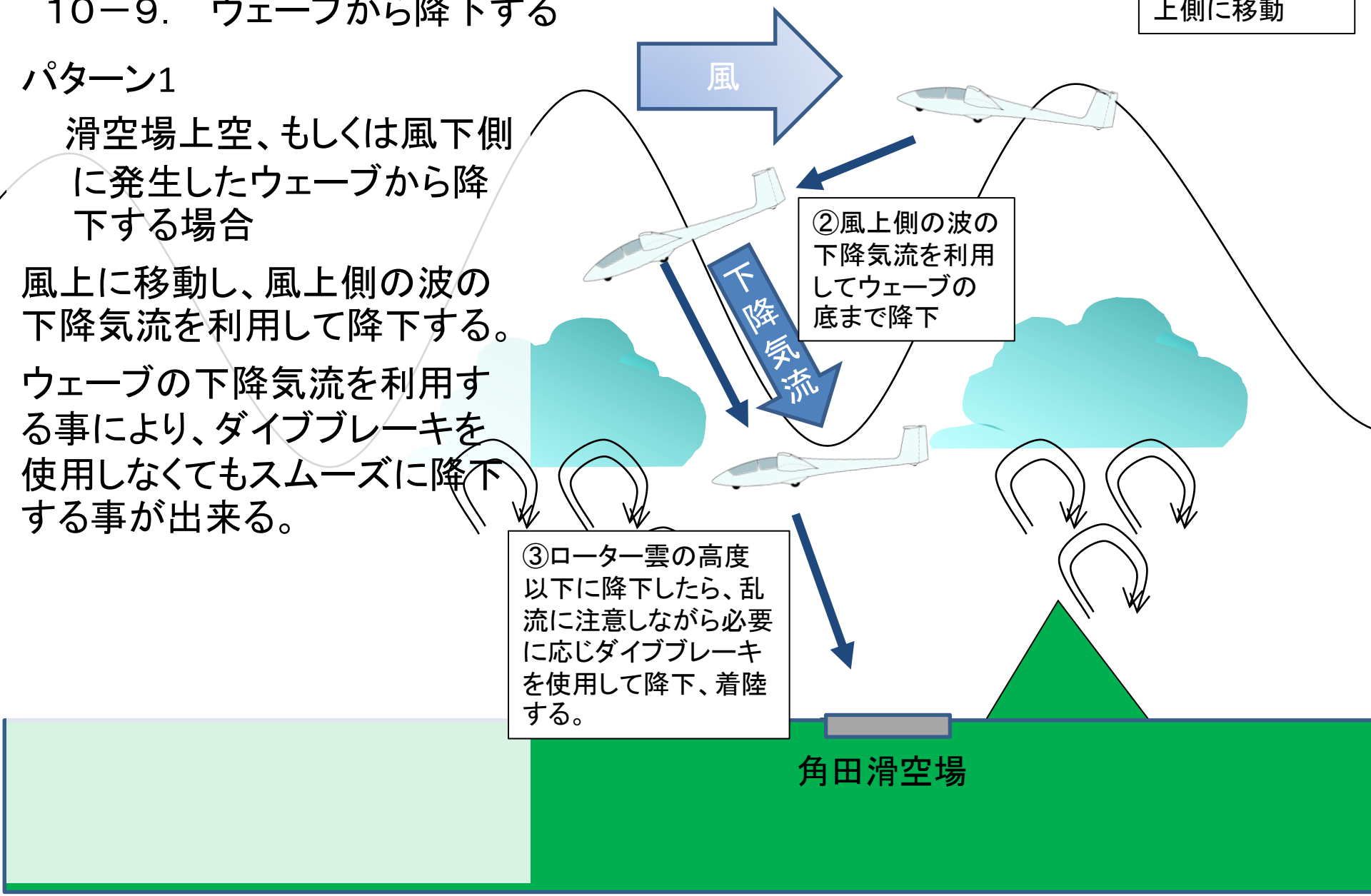
10－9.　ウェーブから降下する

パターン1

滑空場上空、もしくは風下側に発生したウェーブから降下する場合

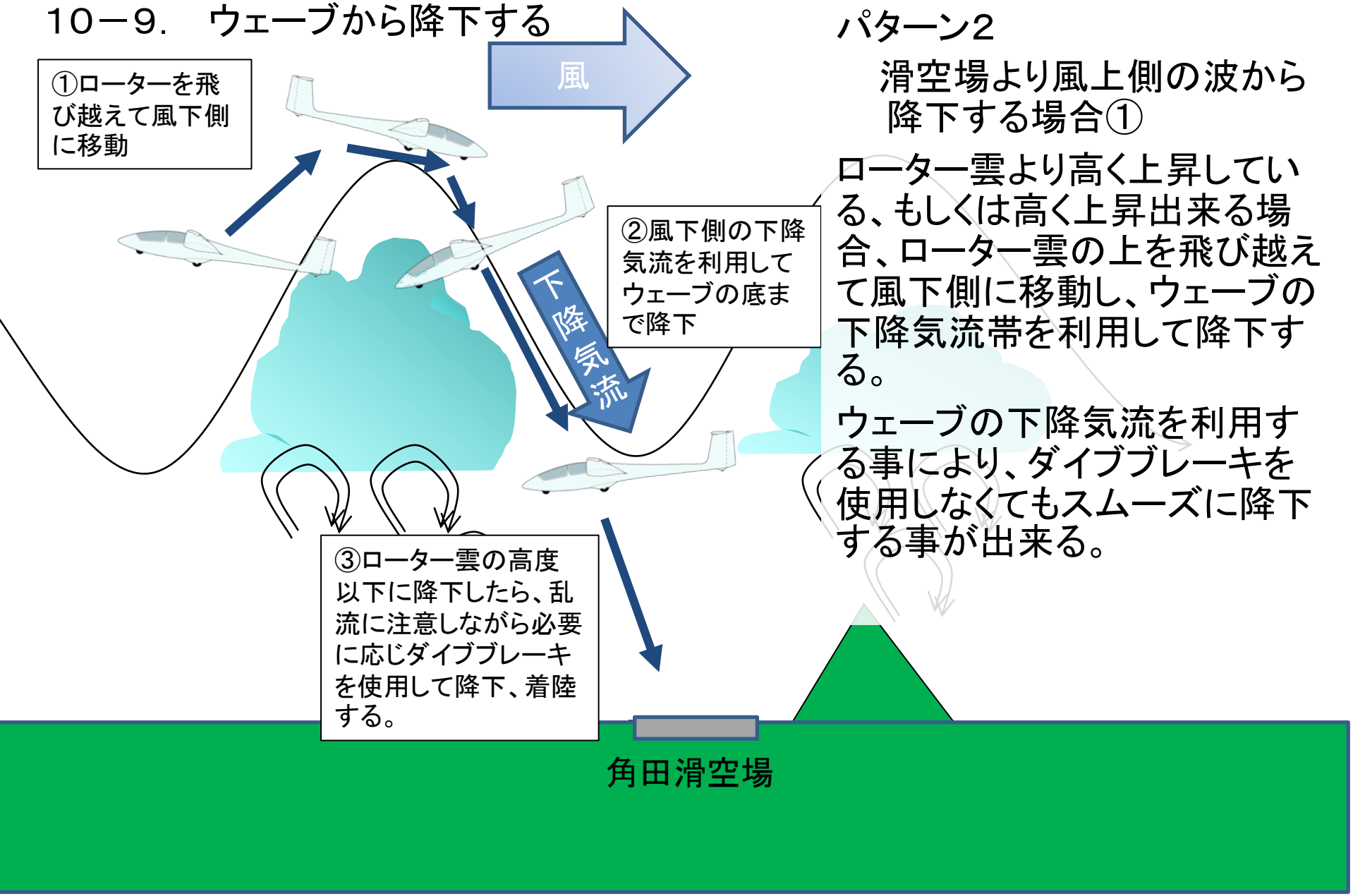
風上に移動し、風上側の波の下降気流を利用して降下する。

ウェーブの下降気流を利用する事により、ダイブブレーキを使用しなくてもスムーズに降下する事が出来る。



10. ウェーブでの飛行

10－9.　ウェーブから降下する



パターン2

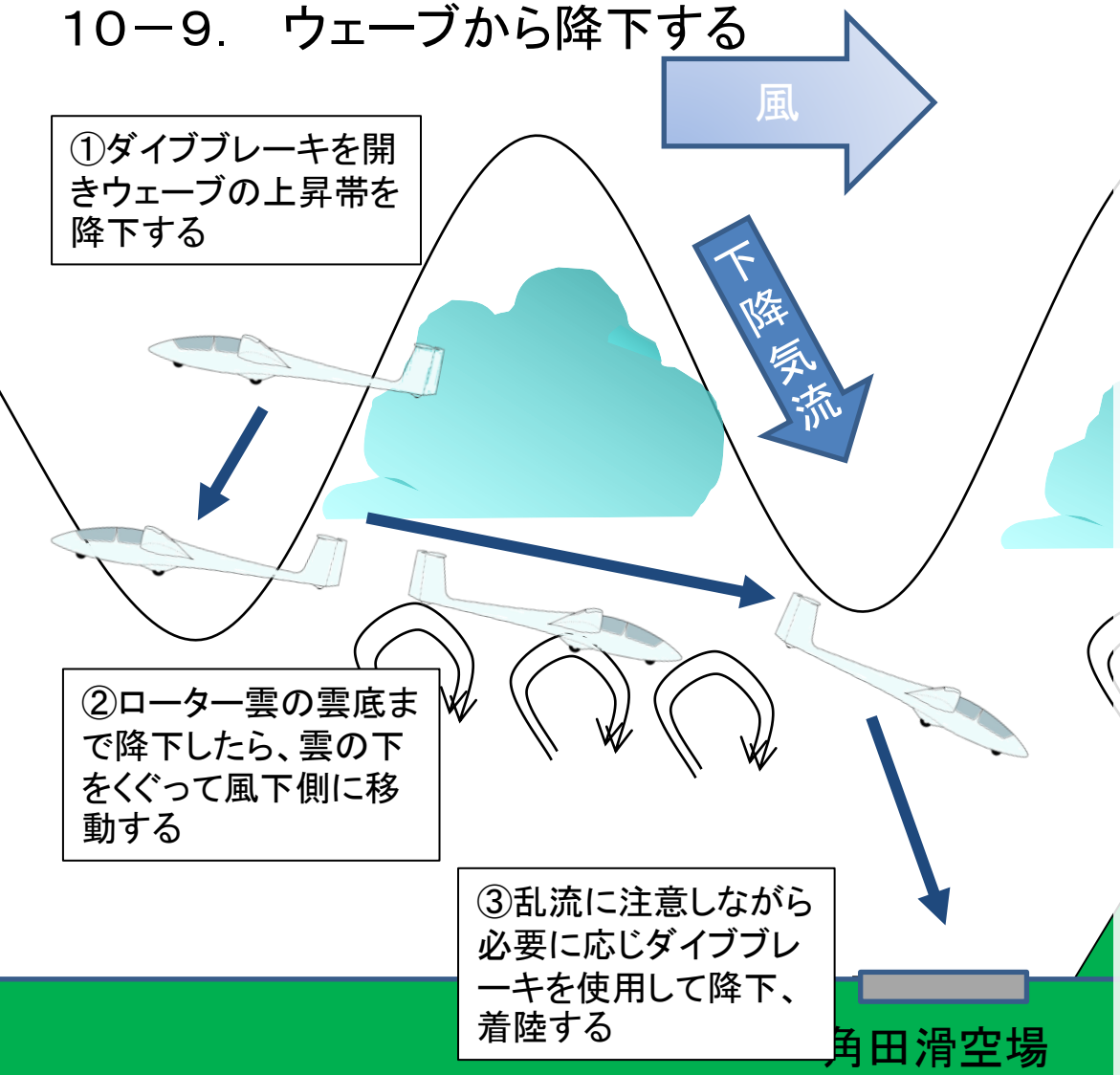
滑空場より風上側の波から降下する場合①

ローター雲より高く上昇している、もしくは高く上昇出来る場合、ローター雲の上を飛び越えて風下側に移動し、ウェーブの下降気流帯を利用して降下する。

ウェーブの下降気流を利用する事により、ダイブブレーキを使用しなくてもスムーズに降下する事が出来る。

10. ウェーブでの飛行

10－9.　ウェーブから降下する



パターン3

滑空場より風上側の波から降下する場合②

ローター雲と同高度、もしくはローター雲を飛び越える事が出来ない場合、ウェーブの上昇帯（もしくは更に風上側の波の下降帯）でダイブブレーキを使用してローター雲の雲底以下に降下する。

ローター雲の下をくぐり、風下側に移動してさらに降下し、滑空場に着陸する。

リスクとしては、

- 高空でダイブブレーキを使用しなければならない
- ローター雲下の乱流を通らなければならない

点が挙げられる。

１０．ウェーブでの飛行

１０－９．ウェーブから降下する時の注意事項

① ローターの乱流による過荷重、ゲルコートの損傷を防ぐため、なるべくダイブブレーキを使用せず、ウェーブの下降気流を使用する。また、ランディングギアダウンやスリップを使用してダイブブレーキ以外に抵抗を発生させ降下を行う。（緊急時を除く）

② 可能ならば急激な温度変化を避けるため、ゆっくりと降下する（緊急時を除く）。

③ ウェーブの下降気流を利用して降下する際は、滑空場に最も近い風上側の波を利用し、十分余裕を持って滑空場に帰投できるよう注意する。

④ ローターの下をくぐるときは吸い上げられない様注意。また激しい乱流に遭遇する可能性もあるため速度（Va)に注意する。

１０．ウェーブでの飛行

１０－１０．注意事項

① WAVE発生時は、例えWAVEに入っていなくても（雲の下を飛んでいても）、WAVEを意識した飛び方をすること。ローターの下にも強い沈下は存在する。

② 向かい風＋WAVEの沈下に対して、対地L/Dは劇的に低下する。低高度で、風に向かって沈下帯を横切るようなコース取りは避ける。

③ WAVEに沿ってクルーズする際は、サーマルソアリングのインターサマルクルーズでは考えられないような、大きな編流角を必要とする。コンパスとGPSを使用してヘディングを決定、GPSで自機のトラックを確認する。

④ ウェーブコンディション時は高く上がれるためどこでも行けるような気分になるが、サーマルコンディション時よりも、コース選択の自由度は低い。判断を誤るとクリティカルな状況に陥るため注意が必要

１０．ウェーブでの飛行

１０－１０．注意事項：

WAVEフライトにおけるクルーズ高度のポイント

- 10,000Feet：WAVEの底。風弱く、低酸素症にたいしても安全が増すが、波を確認しづらく、WAVEから脱落、発達したローターに巻き込まれる可能性も高い。

- 15,000Feet:現在自分がいる波について確認しやすくなる。

- 18,000Feet：他の山から発生する波を見通すことが出来る。また、他の山の波にWAVEから脱落しない高度で到達することが出来、XCの成功率が上がる。→酸素システム、AVIONICSどれが故障しても生命にかかわる事態となる。より、死の世界に近づく。

10. ウェーブでの飛行

10－10. 注意事項:高高度での景色の見え方①

- コンパスでヘディングを意識
- ムービングマップでポジションを確認
- GPSでトラックを確認

→

- コンパス、GPS、PDAの使用方法を覚えておきましょう
- とにかく慌てない。落ち着いて対処

10. ウェーブでの飛行

10－10. 注意事項：高高度での景色の見え方

手前雲があるとギャップが開けていても地表が見えずらい。
高度を上げるとギャップが見え始める。
→慌てずに対処

10. ウェーブでの飛行

10－10. 高高度での景色の見え方

ギャップがあいていても、ローターの下で降雪がある場合、湿度が高い場合は写真のように地表が見えずらい。
普段からよく地図を見て地形を把握しておく。
ギャップから見える地形からヒントを得て、即時にポジションを判断できるようにしておく。
ムービングマップ付きのGPSで自機の位置を確認できるようにしておくことが望ましい。
→

- 普段から地図（航空図）をよく見ておきましょう。
- 自機のポジション、トラックの把握に高高度飛行ではコンパスの確認が重要
- 飛行中は絶えず自機のポジションを把握するよう意識しましょう
- GPSロガー、XC Soar等のアプリを積極的に使用し、使用方法に習熟しておきましょう。

中航連JA505Gの事故報告書参照
(https://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acci/AA2020-5-1-JA505G.pdf)

11. 緊急時の対処

①アウトランディング

グライダーである以上、アウトランディングのリスクは避けられない。

例：1996年黒磯滑空場　那須ウェーブキャンプ

高高度飛行中にロストポジション

→ウェーブから外れローターの下へ

→再び上昇できず福島空港へ着陸

- 飛行コース上のアウトランディング可能地を下調べしておく。情報共有し、役割分担して現地調査を実施。茂田教官が纏めてくれたOL場リストを活用しましょう

- 空港への着陸を躊躇しない。空港へ降りる場合の手順についてAIS－JAPANで確認しておく（RJSS_仙台, RJSF_福島, RJSI_花巻等、AIPで確認）。

11．緊急時の対処

②オントップ

高高度飛行中、前線通過等の原因で下方がすべて雲に覆われてしまう。

ローター雲のそばを上昇中に雲に囲まれてしまう。

まずは、飛行中に薄いシーラスが発生する等前兆を観察する。

→ギャップが開いているところを見つけ、近づく。

→高度処理を行い、雲の下に出る。

ロータ雲のそばを飛行中は、風上側に雲が発生していないか注意を払う。

　１瞬ですべてオーバーキャストになる事はなく、必ず予兆がある。絶えず観察し、最悪の状況になる前に雲の下に出る等、対処を行う。

11. 緊急時の対処

②オントップ　ー　雲中降下 ーギャップがふさがってしまった場合の最終手段（AHRS装備機JA2325、2326、2458に限る）

ギャップがふさがってしまい、雲の中、もしくは雲の多い中を降下しなければならない場合、NANO4、Oudieによるナビゲーションと、LX S100、080のAHRS機能を利用して降下する。

a.NANO4、Oudieで角田滑空場を目的地に設定する。

b.S100、S080の画面をAHRS MODEに切り替える。

c.機体のピッチをセットする（100km/hくらい）

d.S100、080の下側のロータリーノブを回し、
　AHRSのピッチ(地平線の位置)をセットする。

e.NANO4でポジションを確認しながら、AHRS画面
　で姿勢を確認、コントロールして降下する。

雲中降下中に翼や全圧、静圧系統が凍結する可能性があります。それらへの対応手段は無いので注意して下さい。

１１．緊急時の対処

③酸素システムの故障等

高高度飛行中、酸素システムが故障した場合、または酸素未搭載での飛行中に血中酸素濃度が93%未満となった場合は、下記の手順で降下を行う。

● 酸素搭載機（K2, 2325, SS）及び持ち込み型酸素システムを搭載した場合：10,000Feet以上の高度で飛行中に酸素システムが故障した場合は、携帯用酸素で酸素吸入を行いながら、10,000Feet付近まで降下を行う。以後は10,000Feet以上には上昇しないようにする。定期的に血中酸素濃度の測定を行い、93%未満の値が続くようであればさらに降下し、可能ならば滑空場に着陸する。その際、携帯用酸素の残量があるならば使用しながら降下、着陸する。

● 酸素未搭載機で携帯用酸素を搭載した場合：

5,000Feetから血中酸素濃度の測定を定期的に行い、93%未満に下がらない様注意して上昇する。血中酸素濃度が93%未満となったら、携帯用酸素を使用しながら8,000Feet付近まで降下する。8,000Feet付近で再度測定を行い、回復すれば血中酸素濃度をモニタしながら8,000Feet以下で飛行継続。血中酸素濃度が93%未満の値から回復しない様であれば、携帯用酸素を使用しながらさらに降下し、滑空場へ着陸する。

12. メンタルについて

①功を焦らない

グライダーはスポーツですので、競技会で勝ちたい。記録飛行を成功させたい。といったポジティブな欲求は、技量の向上に不可欠です。

しかしながら、実力をはるかに超えたタスクを課したり、達成のために焦り、無理をすれば、リスクが勝ります。

他のスポーツでは自分が怪我をする程度で済むかもしれませんが、グライダーは第3者の上空を飛んでいるため重大な結果（航空機事故）に陥る可能性があります。

競技会は、リスクを冒して無理をしても、運よく1日の成績で成功する事があるかもしれませんが、最終結果は実力を反映したものとなります（競技会のシステムはそんなに甘いものではありません。）

記録飛行（FAIバッジ飛行）は、焦らずに、適切な準備と練習を行えば、必ず達成できます（健康で生きている限り、必ず次のチャンスがあります）。

グライダーはスポーツであり、命を懸けてするものではありません。

１２．メンタルについて

②自己の経歴管理を行いましょう

　３０～５０代の社会人は、仕事、家庭の用事共に忙しく、なかなかフライトに参加する時間が取れません。よって、数少ないフライト参加の機会に最大限の効果を得ようとする心理が働きます。焦って無理をすれば、前述のように重大な結果につながります。

　また、20代の頃は、久しぶりに操縦かんを握っても、直ぐに飛行感覚が戻ってきますが、年齢とともにその能力は衰えます。

高高度飛行については、「高高度飛行飛行最低経歴」が設定されていますが、自己の飛行経歴について、

- 以前フライトしたのはいつか？
- 単座機に乗ったのはいつか？
- クロスカントリー飛行をしたのはいつか？
- ウェーブで高高度飛行をしたのはいつか？

　上記を把握しておきましょう。いずれも、一定期間以上間隔が空いている時には、運行責任者にその旨を伝え、必要に応じインストラクター同乗によるチェックフライトを受けるようにしましょう。

**　グライダーのクロスカントリー飛行を安全に行うには、1か月間隔のフライトでは足りません。継続的な練習を心がけましょう！**

１３．奥羽山脈から発生する山岳波を利用した高高度及び長距離飛行技術研究について

公益社団法人　宮城県航空協会では事業の一環として、「奥羽山脈から発生する山岳波を利用した高高度及び長距離飛行技術研究」を実施しており、報告書をWeb Siteで公開しています。

ウェーブ予報の研究やフライトレポートが掲載されていますので参考にしてください。

https://www.sky-miyagi.org/Wave2020-2021_20210912.pdf