

ウィンチ曳航

-安全に飛ぶノウハウとCRM-

ガイドブック

JSAL-G-K004P issue 3, 2006. 3. 5

日本学生航空連盟
関東支部

相島 正敏



H-101 Salto

ウィンチ曳航

-安全に飛ぶノウハウとCRM-

はじめに

- このガイドブックはグライダーのインストラクター、ライセンサーおよび練習生のための指導書です。マニュアルとは異なり、理論的な解説も加え、経験に裏づけされたガイドラインが記述されています。十分に理解し利用されることを期待します。規則ではないので、このガイドブックのとおりに行なわなかったために事故やトラブルが発生したとしても直ちに責任が生ずるものではありません。
- このガイドブックは学連で利用されることを前提として作成されましたが、各地グライダークラブや個人での使用、引用、複写はご自由です。ただしこのまま改変せずにご利用ください。もし部分的に改変したい場合はその部分を明確にし、必ず下記著作者にその内容をお知らせください。
- 著作者： 日本学生航空連盟 関東支部
- 制作者： 相島正敏

機材の確認

- ウィンチの特性を知る
エンジン： ガソリン・ディーゼル = 回転数とトルクの帯域の相違
ドラム： 単ドラム・2連・4連
 大直径/幅狭・小径/幅広 = 巻き上げに伴う径の増加の差
トランスミッション： マニュアル・オートマティック（定速・定トルク）

- 曳航索とエンドセットは適切か
索 パラシュートの状態の確認
単索（安全索）は適切か 曲がりクセはついていないか（*1）

- リトリブシステムと曳航索の伸展状態
リトリブカー・リトリブウィンチ 曳航索の経路は適切か 草に引っかかっているか

*1： パラシュート～曳航リング間の構成は緩衝索+ヒューズ+単索（鋼）
またはヒューズ+単索（鋼）などの組み合わせがあるが
いずれにしても標準長さは10m 単索の曲がりクセはハングアップの原因となる

滑空場・運航ルール

- 滑走路および周囲の地形を確認する
滑走路は平らか 勾配の有無 幅 曲がり ウィンチと発航地点の高度差はあるか (*1) 離着陸制限地点の確認
周囲の地形 障害物による発航/着陸方向 場周経路の制限はあるか
- 運航ルール
滑空場にはそれぞれ独自の運航ルールがある 多くの場合 長い経験に基づき築かれたものなので しっかり確認し疑問があれば滑空場のメンバーに聞くこと 知ったかぶりや無関心は最も良くない
- 滑空場周辺
平野 (内陸 海沿い) 山岳地帯 山の近くか 滑走路近くに気流を乱すものはあるか 風向き変化とその影響を確認

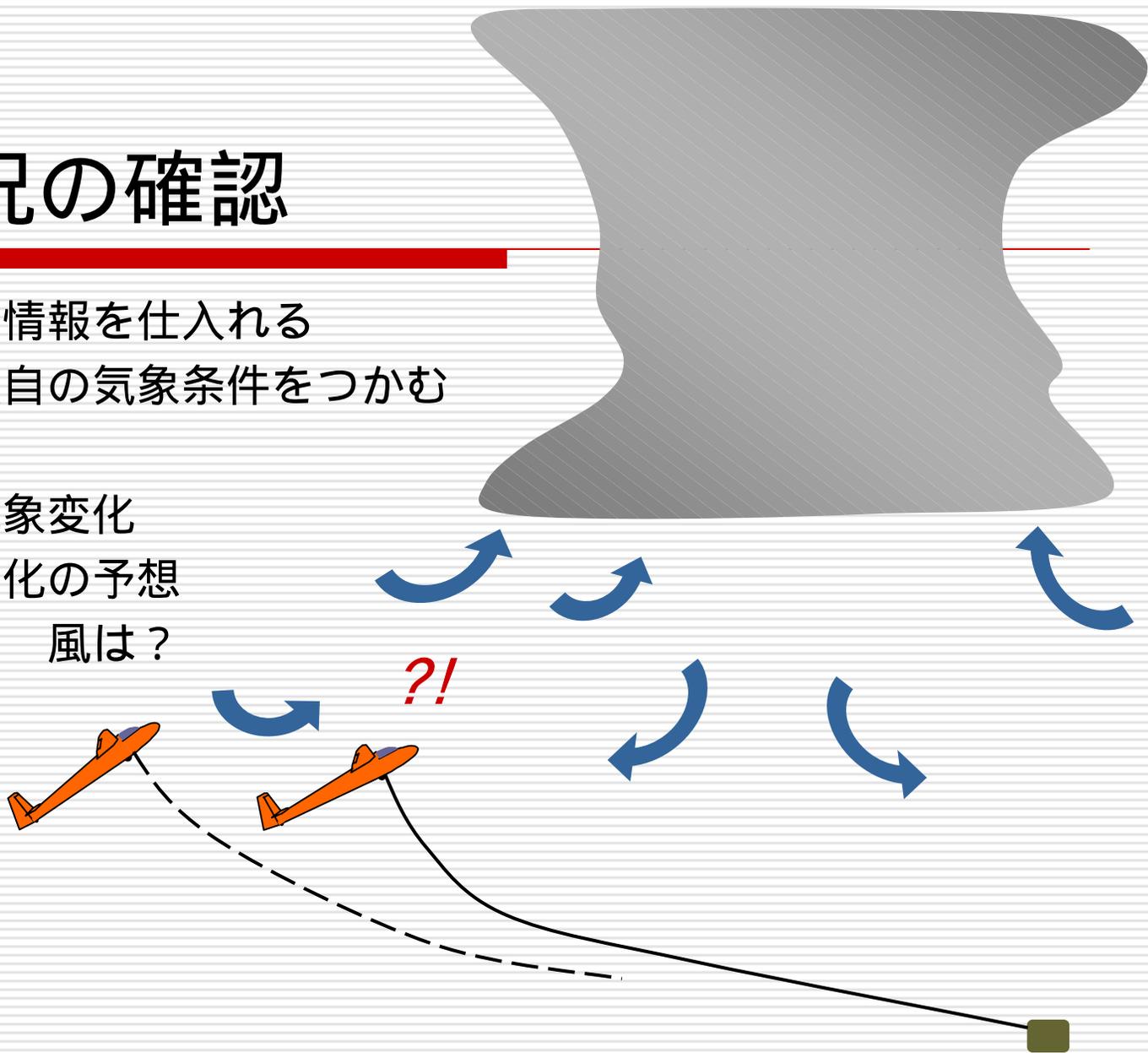
*1: ウィンチ側が高い/低い場合 中間地点が低い場合などで離着陸地点/方向の制限が異なる

機体の特性の確認

- グライダーの運用限界や特性を知る そのためには飛行規程を読む
- 飛行規程には運用限界が“規定”されていることは勿論 次のようなことも“記述”されている ただし下記項目すべてが記述されているとは限らない
 - ウィンチ曳航の推奨速度、最小速度
 - 失速特性（ウィングドロップの有無）と回復方法
 - スピン特性と回復方法
 - サイド（フォワード）スリップの特性 ラダ-ロックの有無
 - エアブレーキ全開で超過禁止速度をこえない降下角
- その他“この機体はストールすると右に傾くクセがあるんだよ”と言うような話も聞いておく

気象状況の確認

- 事前に気象情報を仕入れる
- その場所独自の気象条件をつかむ
- 観天望気
- 飛行前の気象変化
- 飛行中の変化の予想
- 離陸直前に 風は？



気象状況の確認

事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
ASK13 離陸時は向かい風3m/Sで順調に曳航され、高度200mで突然音が消え失速状態に。機首はすぐ下を向き、索を離脱、左右に少しゆれながら落下、高度150mで回復。110km/hに増速して小場周に入れるために川の上120mで旋回に入れたところで再度失速。30m失高、高度90mで回復したがもう一度失速する可能性があったので130km/hで逆進入し無事着陸。	(ヒヤリハットレポート) ランウェイ上空に雷雲(?)があった。一般的な下降気流か、ダウンバーストだったのかは不明。直前に雲の吸い上げで上昇している機体があった。その雲が崩壊する時の影響だったかも知れない。 ダウンバーストあるいは雲の崩壊であれば強い下降気流と同時に局所的な背風の影響も考えられる。	◇積雲 積乱雲等の発達あるいは崩壊 ◇雲 風の変化の観察 ◇他機の飛行状況を注意深く聞く

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

ウィンチ曳航のCRM

□ CRMとは

Crew Resource Management ウィンチ曳航においては 機長 ピスト ウィンチドライバー ラインボーイ（翼端保持者など） 滑空場で運航に携わるメンバーのすべてをクルーとみなし それぞれの役割分担とコミュニケーションを明確にする

□ ウィンチ曳航のCRM

ガイドブック JSAL-G-K002 “グライダーのウィンチ曳航オペレーションにおけるCRM” を参照のこと 従来 運航のすべてが機長またはその滑空場の責任者に集中していたのではないかと ウィンチは飛行機で言えばエンジンであり ウィンチドライバーは機長の役割を持つ ピストとウィンチの風は異なる それでも機長がすべてを仕切っていなかったか・・・その反省のもとにCRMを制定した CRMは永久の課題であるが改善の努力を怠ってはならない

ウィンチ曳航CRMの概要

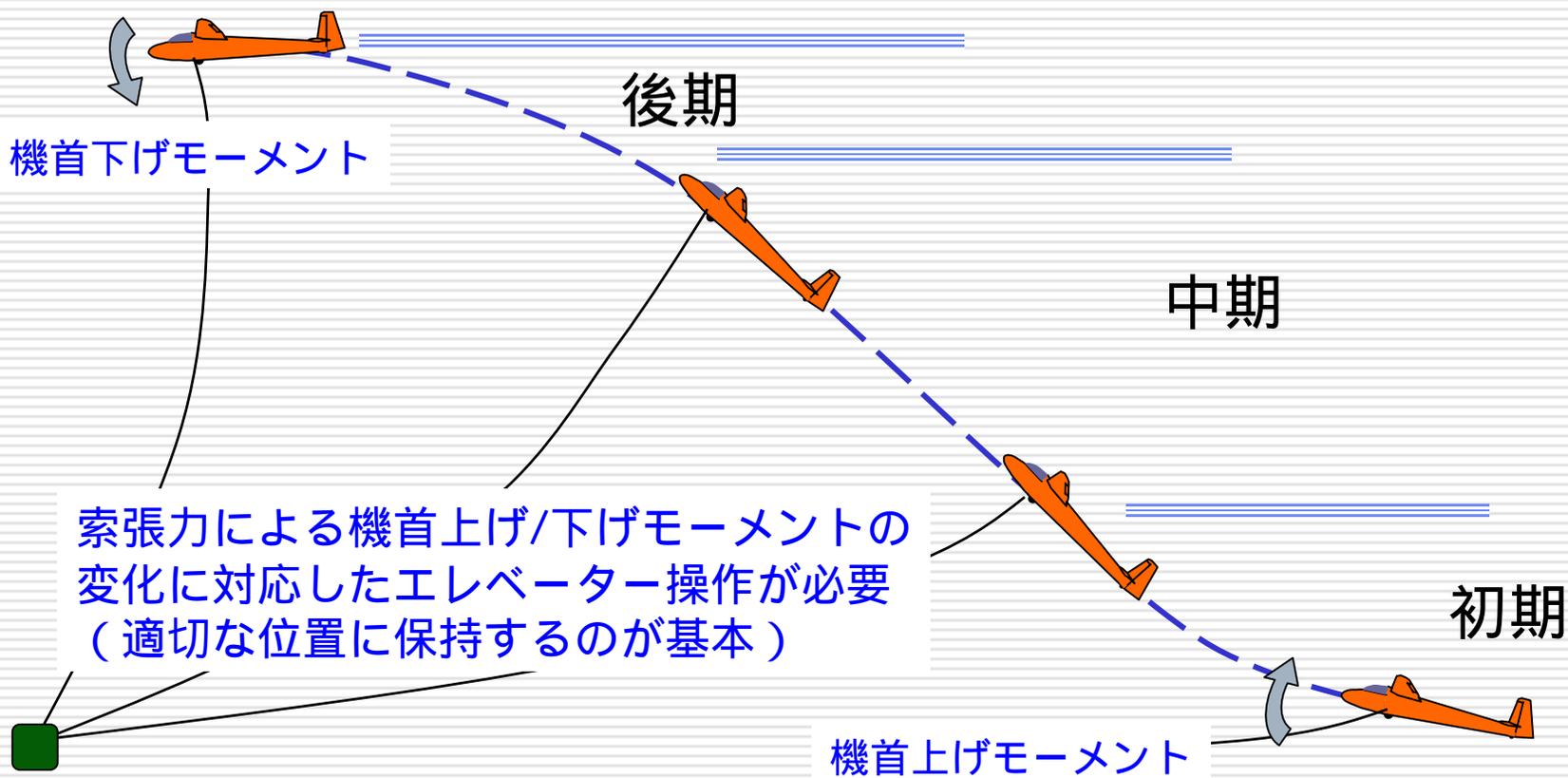
- 指導員： 全般的な安全確保
- 機長： 飛行の第一義的な責任 発航の判断と意思表示
- ピスト： 発航のための準備 機長の発航意思表示を受けて発航に支障なければ同意し ウィンチへの連絡
- ウィンチドライバー： ウィンチの作動状況確認 機長（ピスト）の発航意思に対し同意できれば曳航開始
- ラインボーイ（地上作業、翼端保持、曳航索装着者等）： 機長の発航準備と安全確認のアシスト 特に後方確認など安全確認後 発航の合図

運航にかかわるメンバーの誰もが 運航に危険な状況を見つけた場合にはその停止等を指示または提言できる

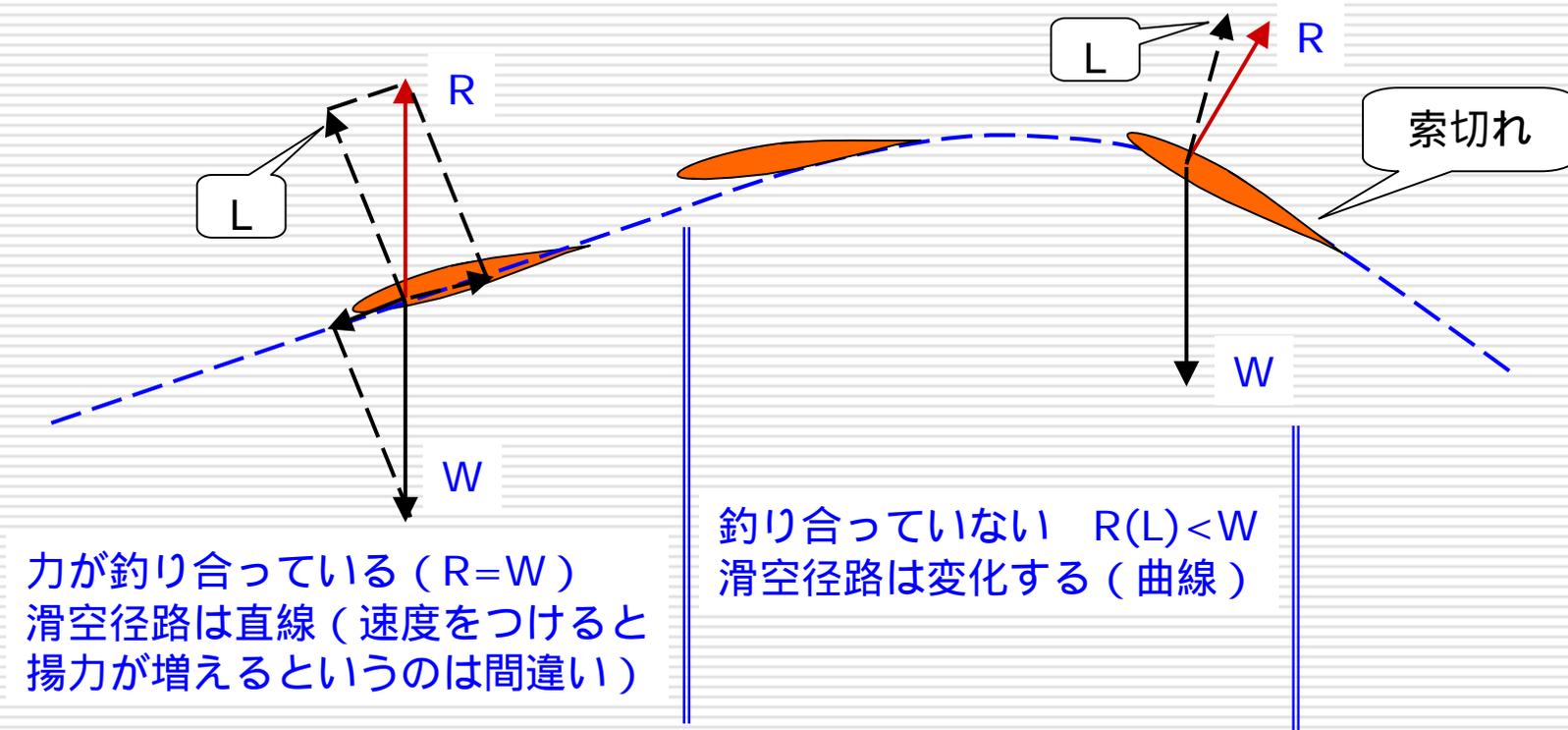
（例）： 風向風速の変化 進入機の接近 滑走路の障害等

ウィンチ曳航の力学

曳航径路の概要



力の釣り合いと滑空径路



L: 揚力(滑空径路に直角上向き) R: 上向きの合力 W: 重力

ウィンチ曳航の力学

航空機曳航との相違

航空機曳航

索張力： 抗力に対応した力で十分
揚力： 重力に釣合う力+



迎え角： 小さく ほぼ一定

小さな索張力
Ex. 50kg以下

揚力

重力

見かけの重力 =
索張力と重力の合力

ウィンチ曳航

索張力： 抗力と揚力に対応した大きな力が必要
揚力： 索張力に対応し大



迎え角： 大きく 複雑な変化

迎え角

揚力

上昇径路角

抗力

重力

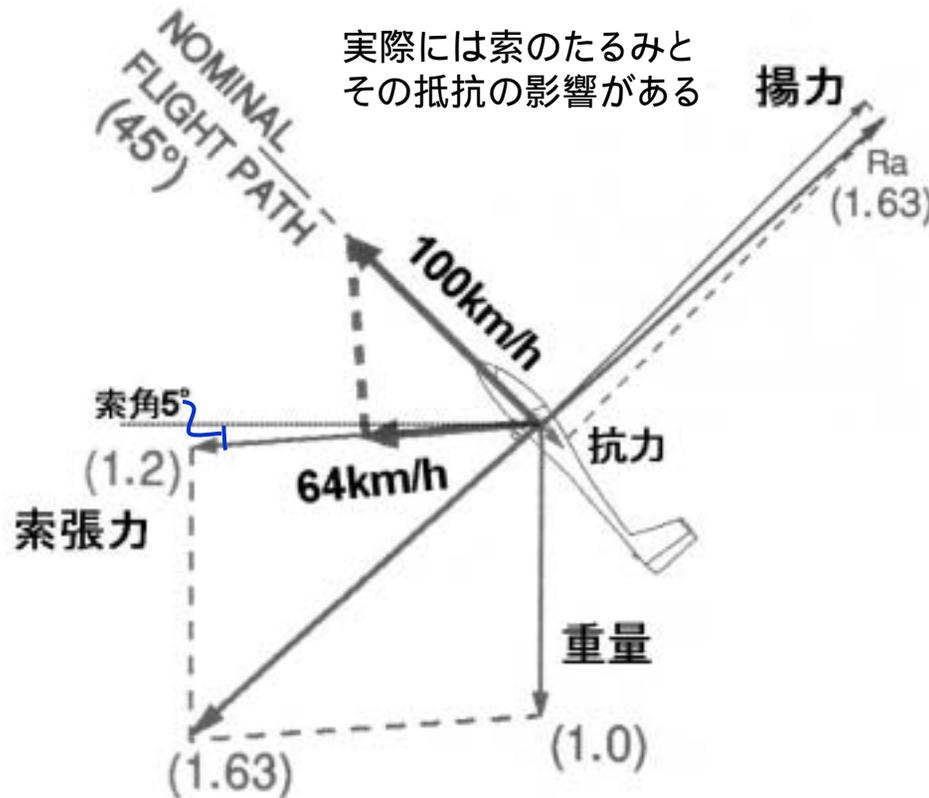
見かけの重力と釣合う力：
揚力と抗力に分解できる

大きな索張力

見かけの重力 =
索張力と重力の合力

ウィンチ曳航の力学

曳航中の力の釣合い(例)



曳航初期に 上昇径路角45°
索角5° 100km/hで上昇中には
重量(重力)の1.63倍の上向き
合力 R_a (揚力とほぼ同じ強さ)
が発生することで力が釣合う

つまり定常滑空時の1.63倍の
揚力が発生している



その時の迎え角は定常滑空の
時より大きい

Ex. 7.5° at 100km/h
(定常滑空時は4°として)

ウィンチ曳航の力学

滑空中の迎え角と失速

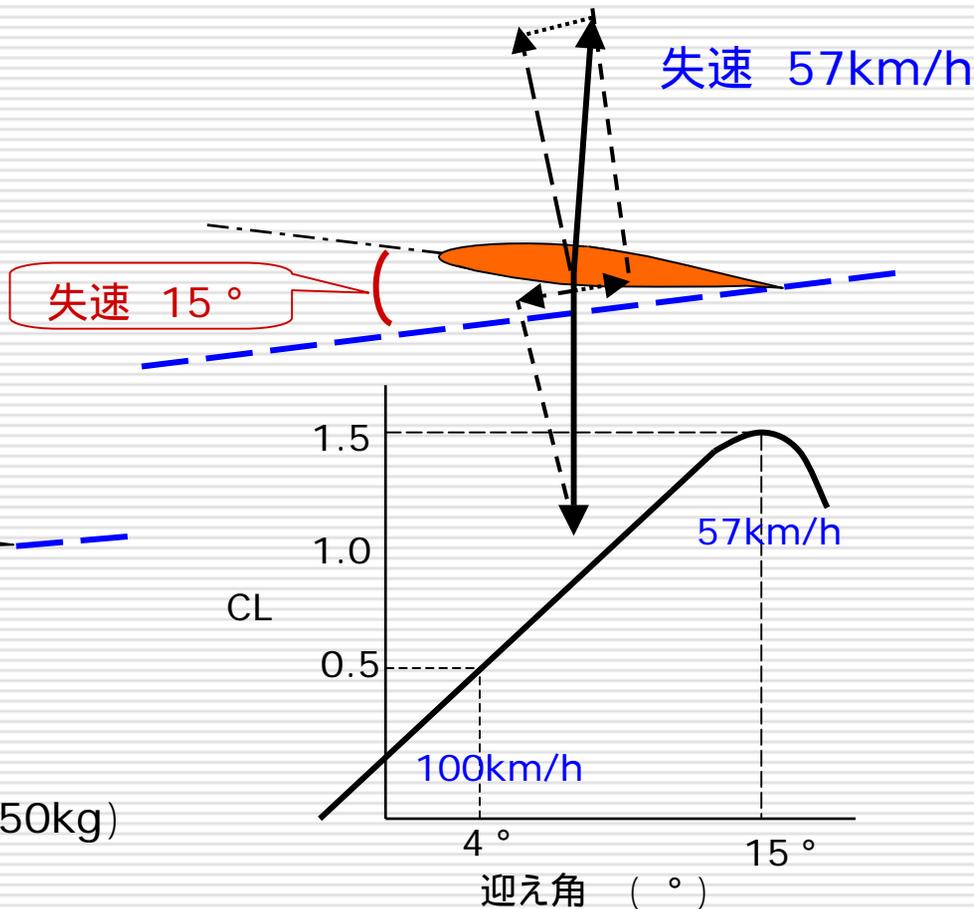
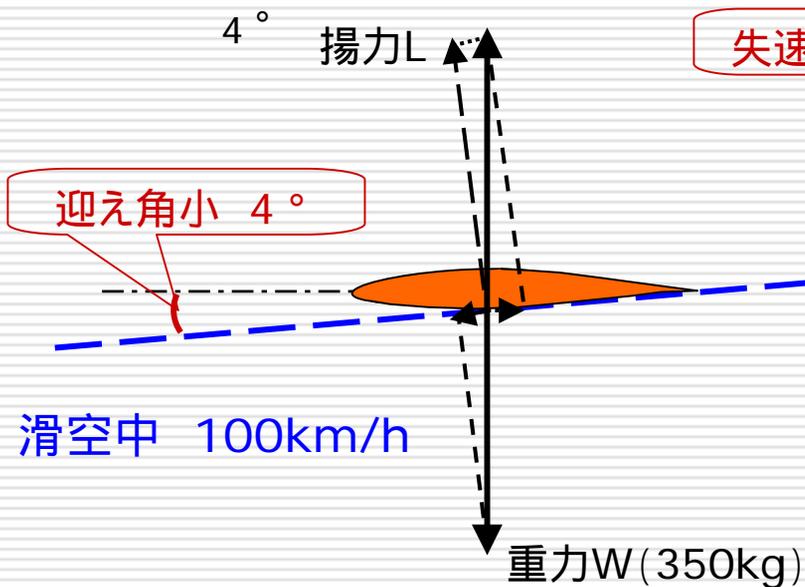
計算例

L = W

$$L = C_L \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S$$

$$350\text{kg} = C_L \cdot 1/2 \cdot 1/8 \cdot (27.8)^2 \cdot 15$$

$$? C_L = 0.48$$



CL: 揚力係数 : 空気密度 $1/8\text{kg/m}^3$ V: 対気速度(m/s) S: 主翼面積(m^2)

ウィンチ曳航の力学

曳航中の迎え角と失速

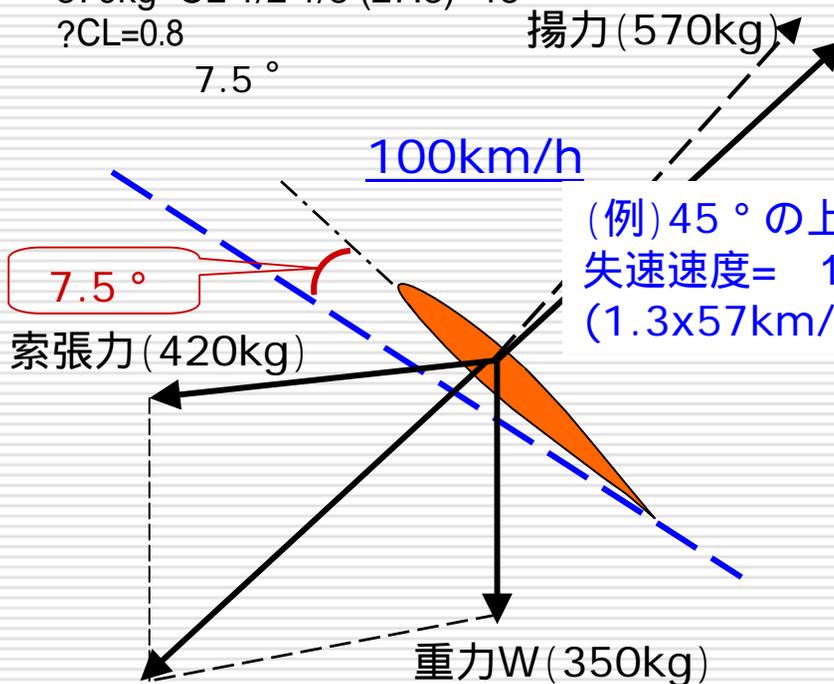
1.63倍の揚力が必要として

$$L = 1.63 \cdot 350 = 570(\text{kg})$$

$$L = C_L \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S$$

$$570\text{kg} = C_L \cdot 1/2 \cdot 1/8 \cdot (27.8)^2 \cdot 15$$

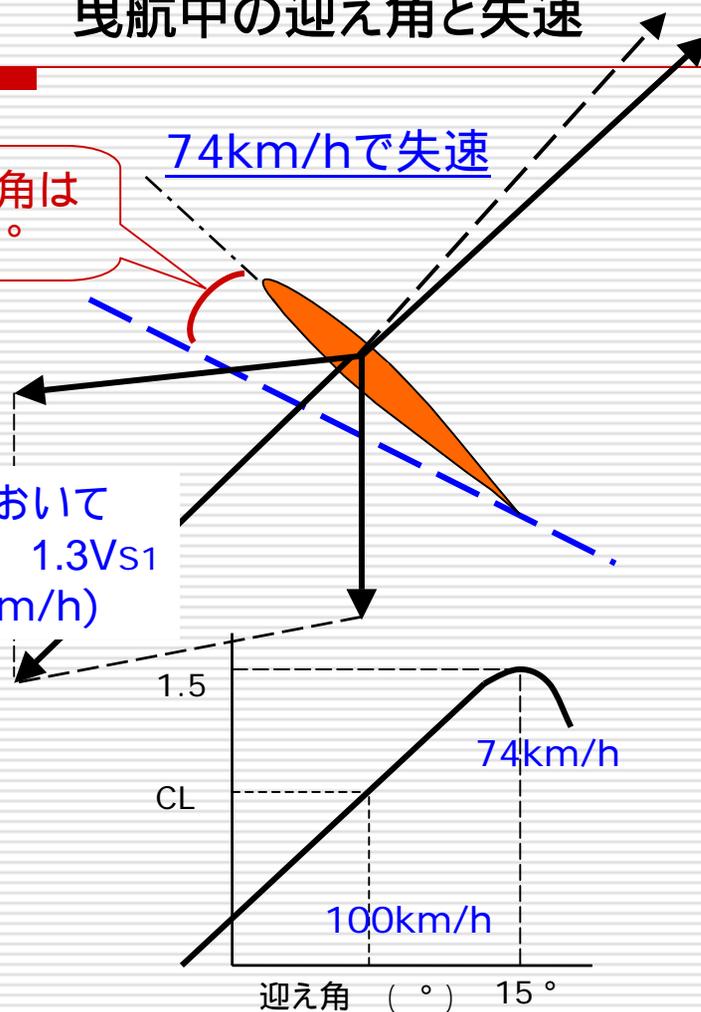
$$?C_L = 0.8$$



失速迎え角は常に 15°

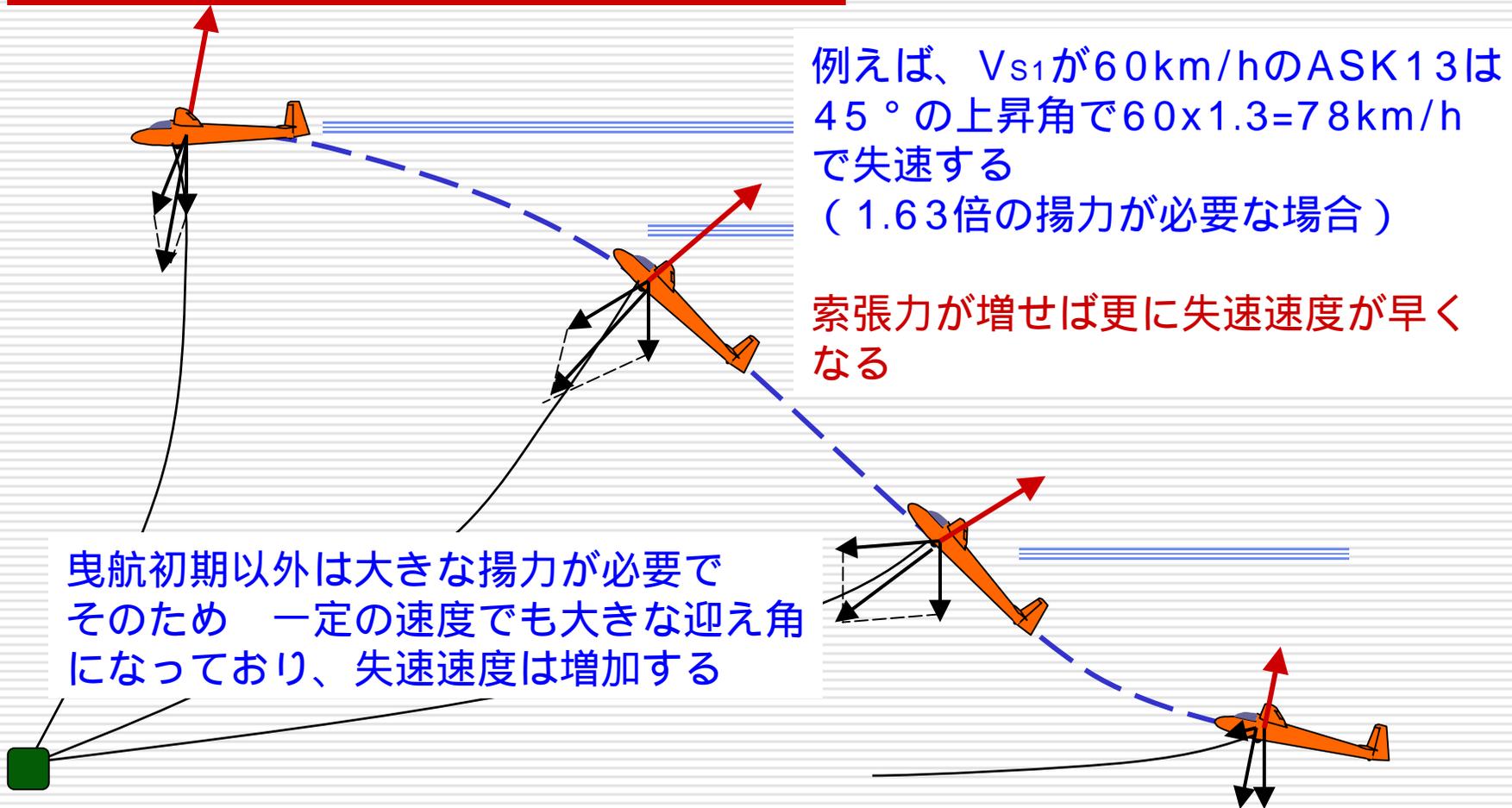
74km/hで失速

(例) 45°の上昇角において
失速速度 = 1.63Vs1 1.3Vs1
(1.3x57km/h = 74km/h)



ウィンチ曳航の力学

曳航と失速速度の変化

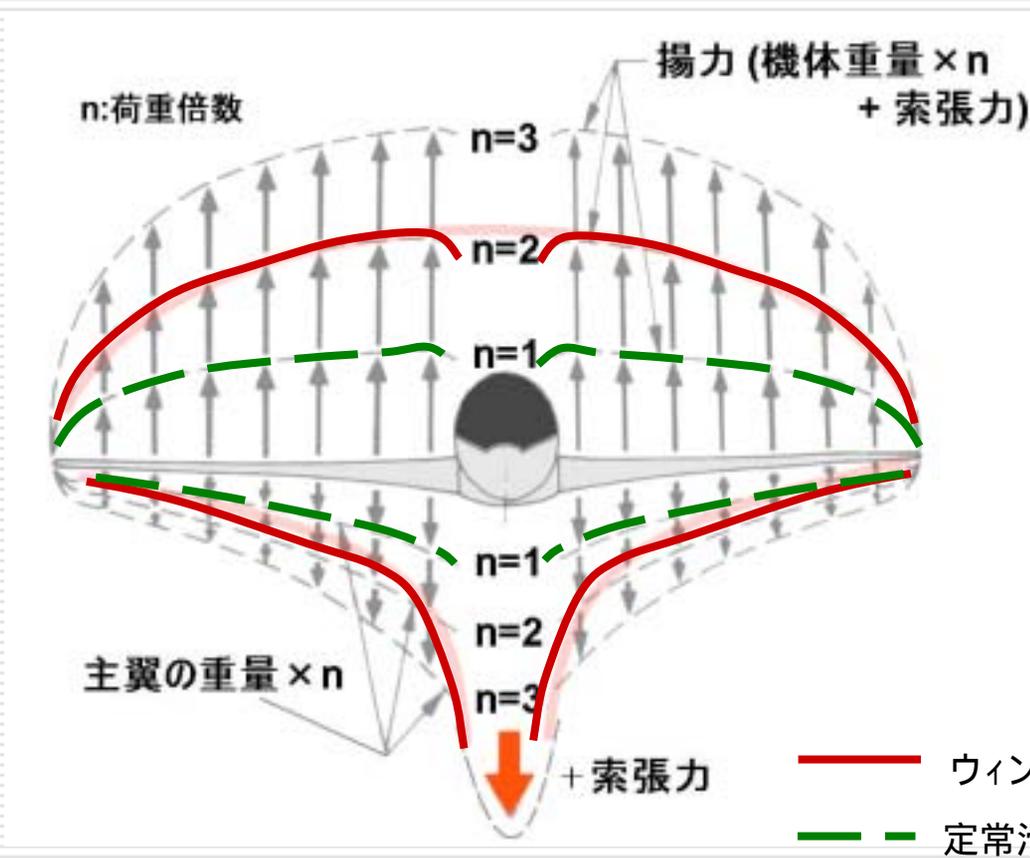


ウィンチ曳航の力学

曳航中に受ける荷重

R3

- 曳航中の主翼は滑空中と較べて常に大きな揚力を発生しており（荷重倍数 n は1より大）主翼付け根には大きな曲げモーメントがかかっている
- しかし胴体は索の張力を受けているため G がかからない そのためパイロットは失速速度の増加に気づかない
- 曳航後期の無理な機首上げや突風によっても $n=2$ を超える大きな荷重がかかり その場合 失速速度は通常の1.4倍を超える（索張力増加によるヒューズ切れの場合もある）



離陸前のチェック

単索はまっすぐか？*1
パラシュートは適切か？
曳航索のルートは？
風は？
クリチカルな高度と位置(*2)で索
切れしたらどうするか決めておく
曳航に異常があったらどうする？

離陸前点検CHAOTIC

Controls Harness Airbrake Outside
Trim (Tail dolly) Instrument Canopy/Cable

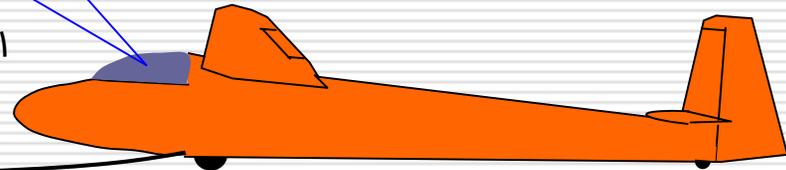
そして出発直前に再度A(T)C

Airbrake locked (Tail dolly removed)

Canopy locked / Cable OK?

(準備してから間があいた時にCanopyを
あけなかった？確かにロックをしたか？等)
《手順はあなたが慣れた方法で ただし毎回
すべての項目を実施する》

*1: 曲がりクセのある単索は車輪にからみやすい



*2: 直進できるかできないか迷う高度と位置 例えば100m前後 ただし滑空場の条件と風により異なる

離陸時のトラブル-1

事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
<p>SZD-55 離陸時に体全体が後ろにずれ、ラダーペダルから足が離れ、腕を伸ばしても操縦桿をフルダウンに出来ない状態になったが体勢を立て直し無事飛行を終えた。</p>	<p>(ヒヤリハットレポート) この機種への初搭乗。体を寝かせて搭乗するグライダーであり、着座位置調整、縛帯による固定の不適切で離陸時の加速と上向き姿勢により体が後退した。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 離陸時の加速による後ろ向きの力を考慮した着座位置の調整 ◇ 硬い背あて ◇ 搭乗体験者によるアドバイスは有効
<p>ASK13 離脱近くなって操縦桿のダウンが効かないことに気づき、離脱後すぐスリッピングターンで高度処理、スリッピングターン～アプローチ～フォワードスリップ～フレアと上げ舵のまま無事着陸。</p>	<p>(ヒヤリハットレポート) 前席搭乗のゲストの小型カメラが操縦桿と固定バラストの間にはさまり操縦桿の動きが制限された。ゲストはそのことに気づかず、機長は機体のトラブルかと思った。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇ カメラも含め積載物の確認は機長の義務 ◇ ゲストへのアドバイス ◇ 上昇中はカメラを機体のポケットにいれる カメラのベルトの利用等で落下を防止

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

離陸～加速段階

離陸前に曳航の最小速度(*1)と安全速度(*2)を再確認しておく

離陸後3～4秒で安全速度(*2)に達しない場合
離脱の用意！

*1: 初期上昇に必要な最小速度 $1.3V_{S1}$ を目安に

自然に離陸し 加速が正常なら機首上げ角を一定に保持するのではなく ゆっくり滑らかにピッチアップする
無風や背風時に曳航索がたるむのを恐れて機首を引き上げるのは危険 あくまでも速度に応じたピッチアップが大切 (頭上げモーメントに対応したエレベーター位置の変化)

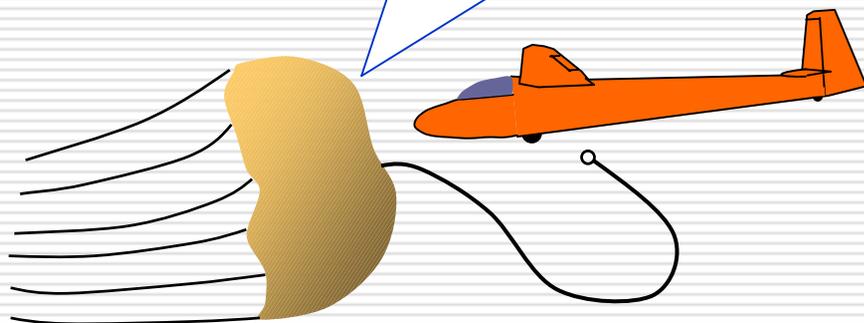
*2: $1.5V_{S1}$ が安全速度(目標とする曳航速度)の最小値 ただし飛行規程に推奨速度が規定されている場合もある
(最大速度は V_w 飛行規程参照)

(例) 失速速度60km/hなら 最小速度 = 78km/h 安全速度 = 90km/h以上

離陸～加速段階のトラブル-1

パラシュートかぶり

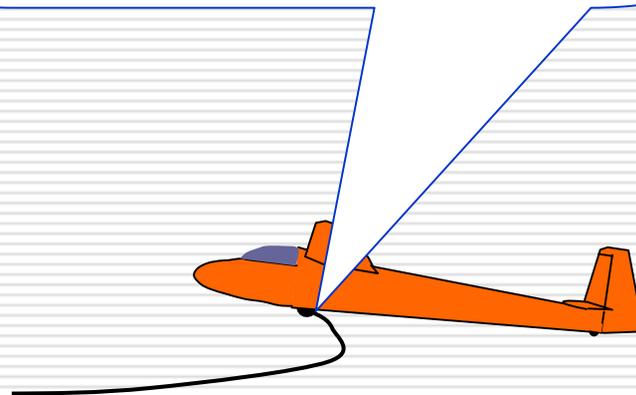
- 曳航索がたるんで離脱後パラシュートが機首を覆う
- 適切なパラシュートと十分な長さの単索を使う



急激な引き出しにより離陸直後に索がたるみ
離脱後 開いたパラシュートが機首にかぶさる

ハングアップ

- 離陸時に索がたるみタイヤハウスに入り込んで車輪に巻きつき 離脱不能になる
- 適切な単索を使う 地上滑走で索がたるんだら直ちに離脱する



索がからみ離陸直後に落下着陸した例と
ハングアップされたまま離脱地点まで曳航
されウィンチ側で索を切断した事故例がある

離陸～加速段階のトラブル-1

事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
<p>三田式3型 *2</p> <p>索の離脱ができなかったため、ウィンチ側で索を切断、約400mの索を懸垂したまま旋回後進入し索の抵抗により地面に激突。2名重傷。</p>	<p>ハングアップ</p> <p>離陸時に索が車軸にからまった。ピストは曳航索の異常を感じたが曳航停止を指示せず。単索の被覆が軟質で径が大きかった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇適切な単索の使用：硬さ、長さ、曲がりクセ ◇曳航開始時の張り合せ ◇索がたるんだらすぐ離脱 ◇異常時の素早い通報
<p>三田式3型、PW-5</p> <p>地上滑走中に索が車軸にからまり曳航中断の例あり。</p>	<p>ハングアップ：張り合せがあらく、索がたるみタイヤハウスに入り込み車軸にからまった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇同上
<p>ASK21</p> <p>急加速で離陸後高度数mで索を追いこし曳航中断し離脱。操縦席がパラシュートに突っ込み着陸。死傷なし。</p>	<p>ウィンチドライバーは背風時には地上滑走が長くなるため加速を速やかに行うという意識が強く、発航の操作が荒かった。パラシュートが開きやすかった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇背風時も滑らかな加速 ◇索がたるんでも開きにくいパラシュートの使用 ◇十分な長さの単索

*1：事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2：参考文献F)

離陸～加速段階のトラブル-1

事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
IS-29D2 *2 離陸滑走中、主翼端が脇の草に接触、傾いて浮揚した後草地に到着。死傷なし。	曳航索が草の根にひっかかって左に湾曲して展張されていたため左に機首をとられ姿勢をたて直せず到着。	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 不十分なCRM ◇ 適切な曳航索の展張 ◇ 機長は索のルートを確認する
ピラタスB4 *2 初期上昇中、高度10mで索がたるみ到着。死傷なし。	滑走路への侵入者があったためウィンチを停止。機長の処置が遅れ、また不十分。	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 滑走路の管理 ◇ 低高度でウィンチを停止しない ◇ 曳航異常時の素早く適切な対処で防止
三田式3型 *2 離陸滑走中左へ大きく偏向した後、滑走路左脇に駐車してあったウィンチ台車に衝突。前席死亡、後席重傷。	離陸滑走の直後左傾し翼端が草にからんだまま浮揚、大きく偏向して索が自然離脱した直後ウィンチ台車に衝突。	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 滑走方向 ◇ 草 ◇ 曳航索のルートは？ ◇ 滑走路脇の障害物

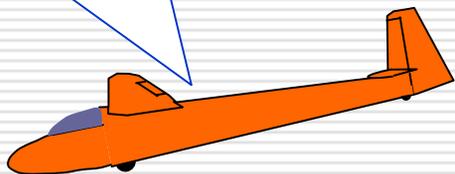
*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2: 参考文献F)

離陸～加速段階のトラブル-2

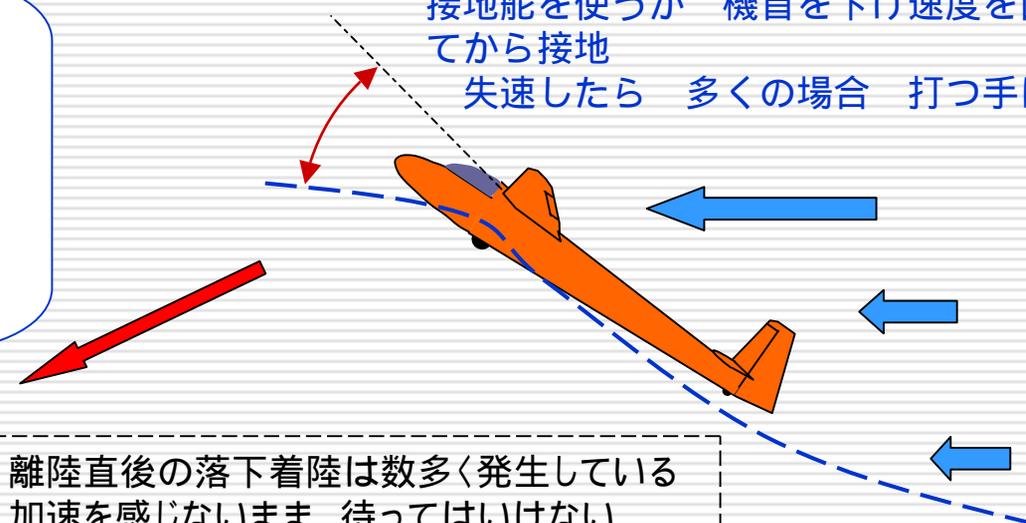
落下着陸

- 離陸直後の索切れまたは曳航不良がきっかけで速度不足による失速
- 背風時のウィンドグラジエントにより上昇を継続できない場合
- 舵が効かず傾きを修正できない場合もある



落下着陸の防止

- 最小速度 ($1.3V_{S1}$) に達しないようなら即時離脱する
- 安全速度 ($1.5V_{S1}$) に加速しなければ機首上げせず 離脱する
- 離脱時の速度/高度と姿勢に応じそのまま接地舵を使うか 機首を下げ速度を回復してから接地
- 失速したら 多くの場合 打つ手はない



離陸直後の落下着陸は数多く発生している
加速を感じないまま 待つてはいけない
何とかなるだろうと期待してはいけない

離陸～加速段階のトラブル-2

事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
H-23C *2 初期上昇中、索がたるんで自然離脱後、着陸時に落下着陸。機長は重傷。	草株に引っかかっていた索が外れてゆるんだ時に自然離脱。冷静さを失った練習生が適切な操作をできなかった。	<ul style="list-style-type: none"> ◇適切な曳航索の展張 ◇機長、ピストは索のルートを確認する
H-23B *2 離陸後まもなく曳航速度が減少したので離脱、落下着陸。2名死傷なし。	曳航速度が減少したので離脱したが、低速度で高度に余裕がなくそのまま落下着陸。	<ul style="list-style-type: none"> ◇最小曳航速度を確保しなかった(できなかった) ◇曳航異常時の素早く適切な対処で防止
プハッチ *2 操縦教育証明取得の練習生が後席。曳航速度不足のため離脱したが落下着陸。死傷なし。	背風のため速度が得られず発航中止、舵が効かず右横滑りで前車輪側から着陸。	<ul style="list-style-type: none"> ◇背風の限界を守る ◇機種毎の特性を知る ◇教員のテイクオーバーの遅れ

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2: 参考文献F)

離陸～加速段階のトラブル-2

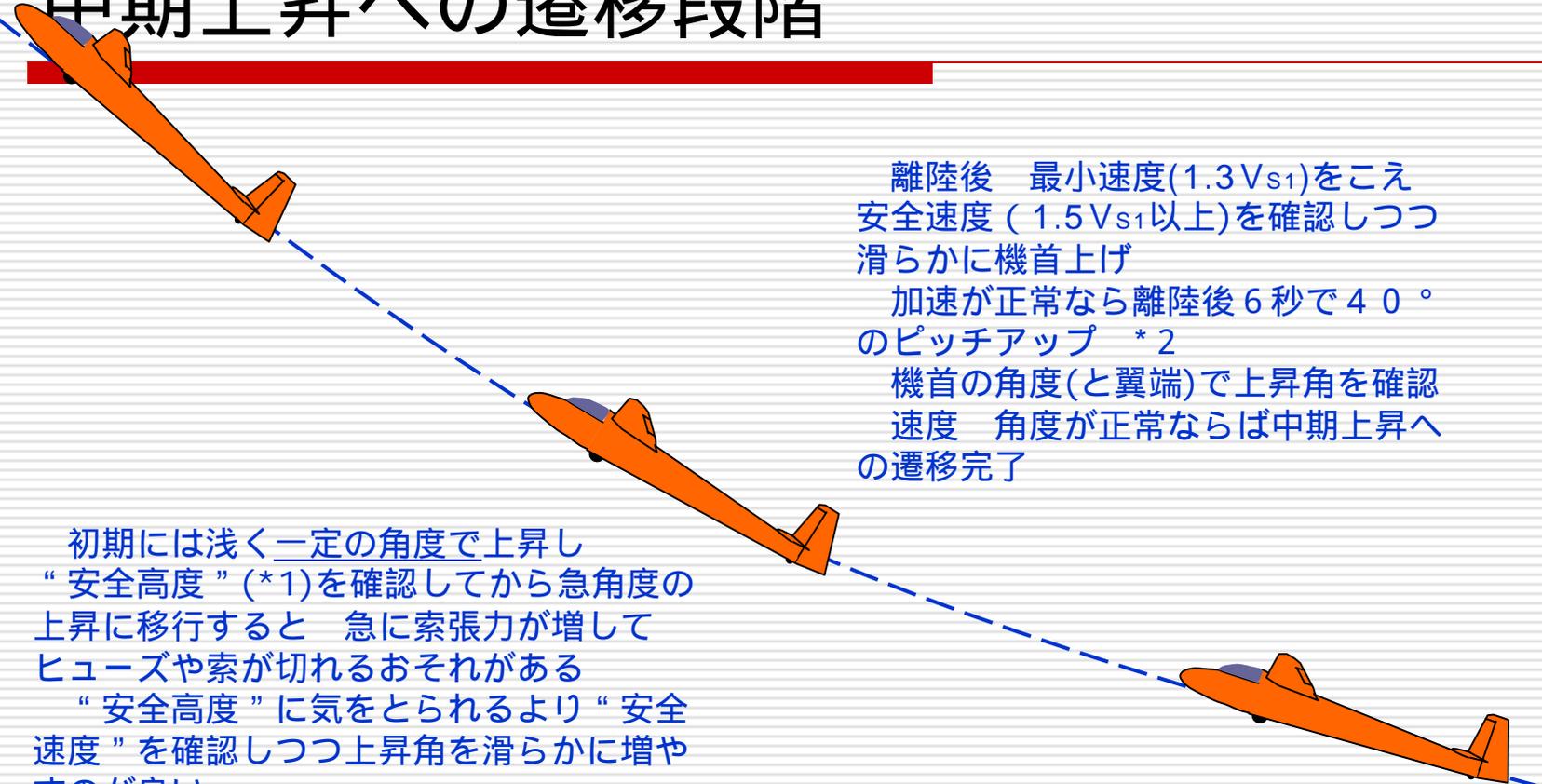
事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
ASK23B *2 初期上昇中、曳航速度が遅かったため低高度で離脱後に落下着陸。	低高度で索を離脱後、速度不足のままエアブレーキを開いたため沈下率が大きくなり引き起こしができなかった。	<ul style="list-style-type: none"> ◇離脱後すぐには増速しないことを認識する ◇速度不足でエアブレーキを開かない
ASK13 *2 初期上昇中ウィンチが停止した、飛行を中断し着陸の際、落下着陸。死傷なし	初期上昇で機首上げが急だったためウィンチ停止時に失速寸前となり、その後大きく機首下げしたが速度が回復せず落下着陸。	<ul style="list-style-type: none"> ◇高度 速度に対応した上昇角をとる ◇いつでも曳航異常があり得ることの認識
L-13ブランク *2 離陸後、速度不足により中断したが落下着陸。死傷なし。	通常(2速)と異なりウィンチ1速で曳航したが速度が不足。曳航中断をした時には異常な低高度となり適切な着陸態勢に移行しきれなかった。	<ul style="list-style-type: none"> ◇速度不足での上昇継続 ◇ウィンチ2速と1速の減速比の相違が大きいことの認識不足

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2: 参考文献F)

中期上昇への遷移段階



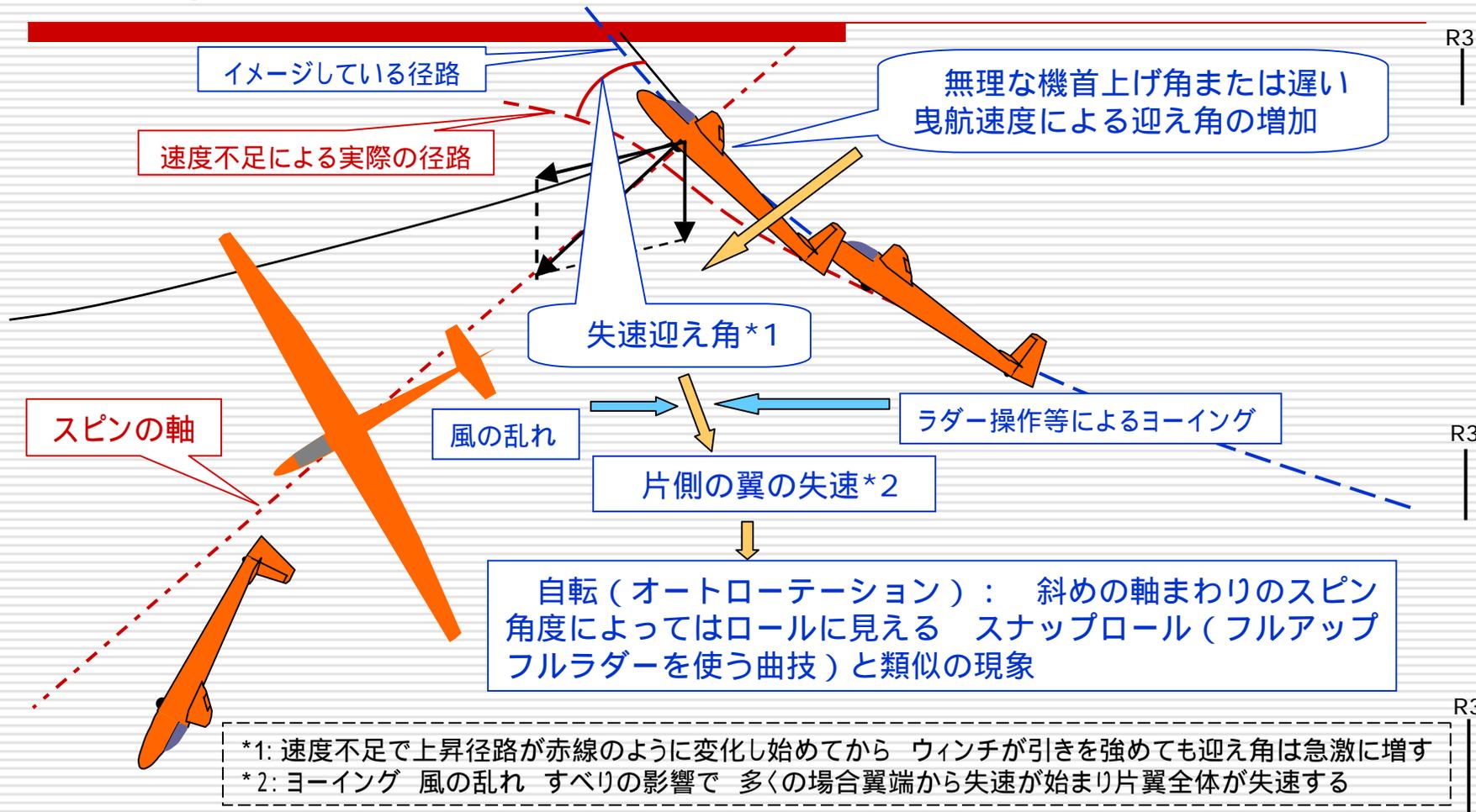
離陸後 最小速度($1.3V_{S1}$)をこえ
安全速度 ($1.5V_{S1}$ 以上)を確認しつつ
滑らかに機首上げ
加速が正常なら離陸後6秒で 40°
のピッチアップ *2
機首の角度(と翼端)で上昇角を確認
速度 角度が正常ならば中期上昇へ
の遷移完了

初期には浅く一定の角度で上昇し
“安全高度”(*1)を確認してから急角度の
上昇に移行すると 急に索張力が増えて
ヒューズや索が切れるおそれがある
“安全高度”に気をとられるより“安全
速度”を確認しつつ上昇角を滑らかに増や
すのが良い

*1: 索切れした時に十分な速度を維持(回復)できるように浅い角度で
上昇する高度範囲 ただしその高度は一概には決められないしわかりにくい

*2: 参考文献G)

曳航中のスピン-遷移段階



曳航中のスピン-遷移段階

事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
ASK13 *2 初期上昇中、機首上げ角が大きく、高度約35mで機首が水平にもどされつつある時に右に傾き垂直に近い姿勢で墜落。2名死亡。	離陸直後に機首上げ角がきつ く「ウィンチ80キロ」の通報でウ ィンチドライバーがスロットルを押 した時に失速、墜落したものと思 われる。	◇速度不足と機首の上げ すぎによるスピン(翼端失速 による自転)か？ ◇曳航速度に対応した姿 勢を保持 ASK13は 80km/hでも失速の兆候
クラブリベレ 初期上昇時、高度30～40m で右に傾き反転し墜落。死 亡。	調査中	◇機首を上げ過ぎたための スピン(翼端失速による自 転)か？
クラブリベレ(英国1991) *3 離陸後急激な上昇姿勢とな り、約25mでスピン、ほぼ垂 直に墜落	離陸直後の急激な機首上げに よるスピン	◇クラブリベレが索角5°で 50°の上昇角をとると失速 速度は49kt(90km/h)とな ると分析された

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2: 参考文献F) *3: 参考文献D)

曳航中のスピン-遷移段階

事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
PW-5スムイク *2 初期上昇中右に横転しながら1回転し川に墜落。重傷。	初期上昇中に右にわずかに傾いたが回復操作を行わなかったために横転したと推定。	◇回復操作を行わなかっただけでロールが持続することはあり得ない ◇機首を上げ過ぎたための自転がきっかけ？ ◇適切な機首上げ角と異常時の対応

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2: 参考文献F)

曳航中のスピン-中期/後期

機首上げ角が小さくても背風の
影響等でスピンに入ることがある
(比較的高い高度でも)

遅い曳航速度 大きな迎え角

失速迎え角

風の乱れ

ラダー操作等によるヨーイング

片側の翼の失速*1

自転(オートローテーション)
= スピン 通常のスピンに近い挙動

スピンに入り易い機種は曳航中のスピンにも入り易い

*1: ヨーイング 風の乱れ すべりの影響で
多くの場合翼端から失速が始まり片翼全体が失速する

曳航中のスピン-中期/後期 事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
<p>プハッチ *2 離陸時から速度が遅く、浅い角度で上昇を続けたがピストからの高度約100mで機首を少し上げてからスピんで2回転し墜落。2名死亡。</p>	<p>強い背風における離陸上昇であったために、十分な対気速度が得られず失速しスピんで陥り低高度であったために回復できず墜落。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 背風での曳航が要因 ◇ 背風の限界を設定する ◇ 異常運航時のインストラクターのテイクオーバー ◇ ウィンチドライバーを含むCRM
<p>プハッチ(英国1991) *3 ウィンチ曳航で上昇し約300mで曳航索離脱前にスピン、左2回転し、一旦リカバーしたが右にスピンし墜落。2名死亡。(参考文献D)</p>	<p>曳航後期での機首上げすぎ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 曳航後期では上昇角5°でも索張力と機首上げ角の関係で失速する状況がある ◇ スピン回復後の上げ舵による反対方向への2次スピン

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2: 参考文献F) *3: 参考文献D)

曳航中のスピン-まとめ

- 事事故例 に曳航中のスピンの事例がある
- 1991年7月に英国でクラブリベレとプハッチのスピン事故
- 2005年には日本でやはりクラブリベレとプハッチの事故が発生した
- 両事故ともクラブリベレは曳航初期に まるでロールのように反転したものである 曳航索の張力が水平に近いためスピンの軸が斜め前方になったと考えられる 初期上昇での過度な機首上げによる大仰角が原因である 事故例 のASK13の事故も同様であろう
- プハッチの事故は機首上げ角は小さいものの曳航後期（日本の事故では背風の影響があり曳航中期）に発生した 索張力が下向きで そのため迎え角が大きくなったのがスピンのきっかけである
- 英国ではこれらの事故直後に その原因・要因が力学的に分析され発表されたが（参考文献D） 日本ではこの情報は活かされなかった 情報の共有化が必要である

ヒューズ・索切れ

Ex. 1500kg
(2.5G)

600kgのASK21が1000kgヒューズ
を使用し 次のようになると破断する
(あらい機首上げ操作 突風等)

Ex. 1350kg
(2.25G)

ヒューズ破断！

曳航後期

600kg

索張力
1000kg

ヒューズ破断！

曳航初期/中期

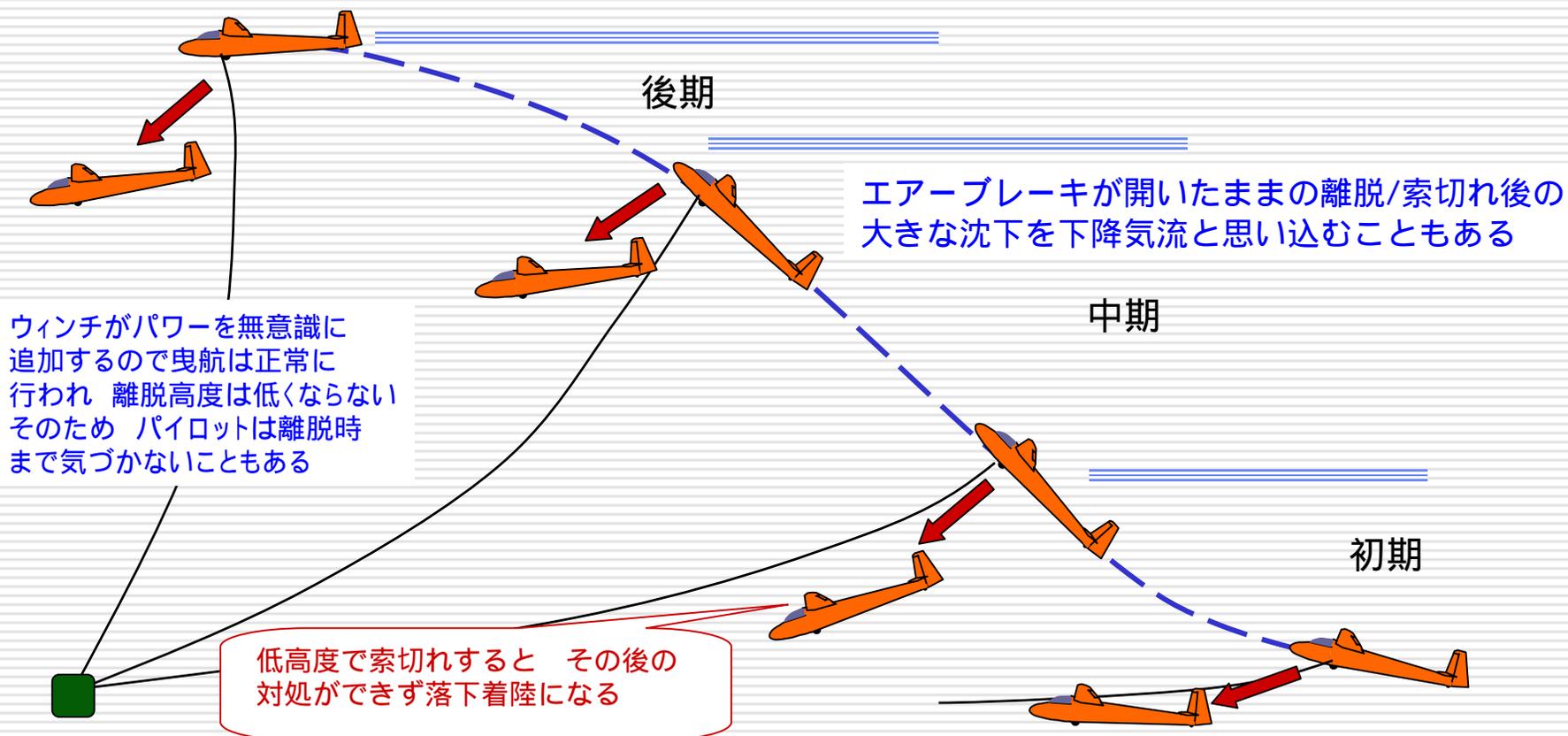
索張力
1000kg

600kg

曳航初期/中期より後期の方がヒューズ(索)切れおよび失速に対するマージンが減少する

エアブレーキロック忘れ

曳航中にエアブレーキが開くと索切れ時に急激な沈下と加速不足をおこし危険



キャノピーロック忘れ等

いずれの場合も気がついた時の処置はあわてずに

キャノピーロック忘れ
離陸直前の再点検で防止

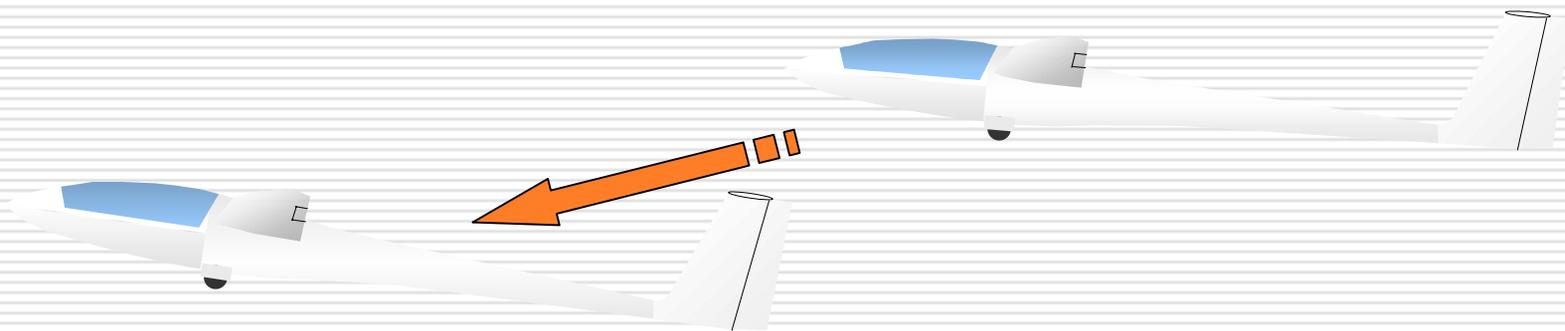
他にKa-8の翼間成形板の締め
忘れて曳航中にはずれたことも

テールドリーはずし忘れ
離陸前点検とCRMで防止

索切れ/ウィンチ不調時の処置

離陸直後

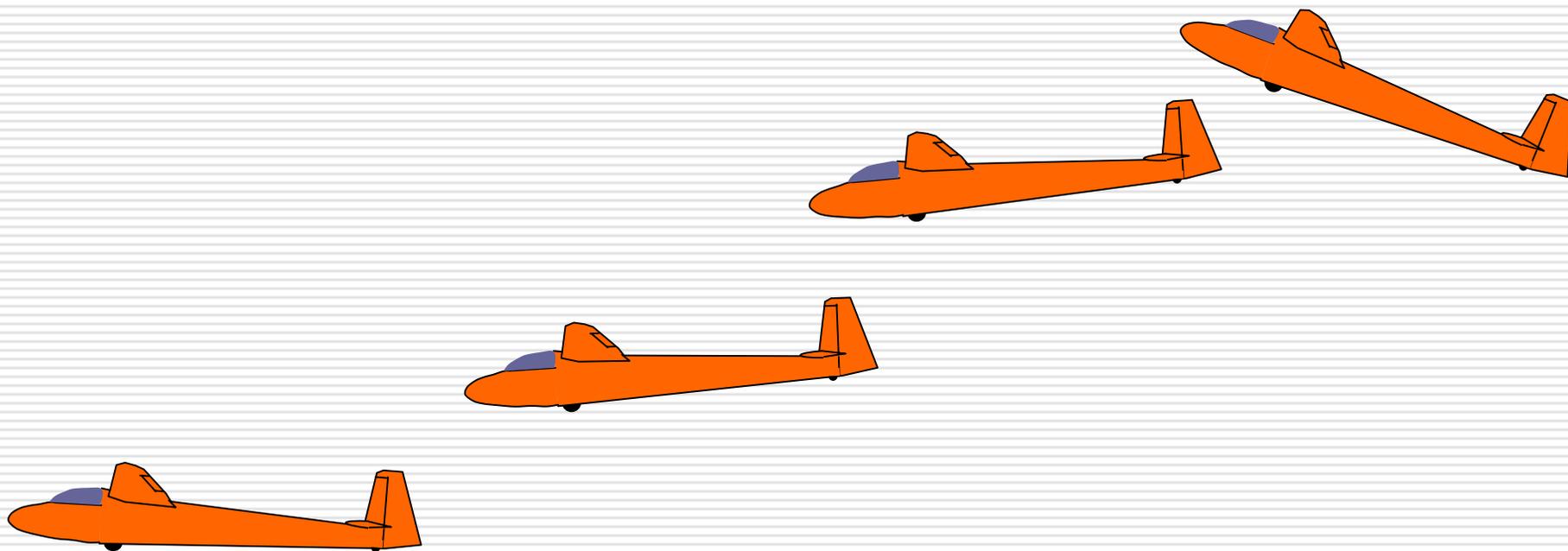
下げ舵を使うほど高度がない場合 そのまま接地するか
接地間際に少し上げ舵を使い落下速度をなるべく減らす
高さがある程度あれば わずかに機首を下げ速度低下を
防いでから接地時に機首を上げ 衝撃が少ない接地を行う
風の音/姿勢/沈下を感じて操作する エアブレーキは
接地してするまで開かない



索切れ/ウィンチ不調時の処置

上昇初期・低高度

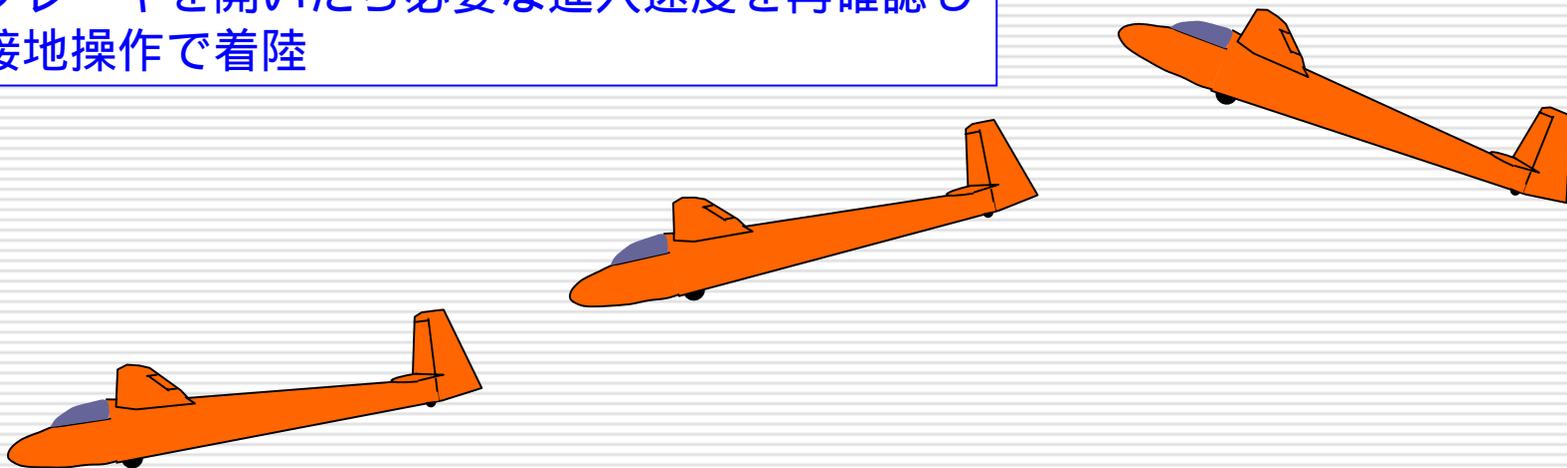
エアブレーキを開く余裕がない場合（高度 位置）
機首をかるく下げて離脱 速度を速度計で確認しつつ
接地間際に少し上げ舵を使い落下速度をなるべく減らす



索切れ/ウィンチ不調時の処置

上昇初期/遷移段階

機首を下げて離脱 さらに速度が進入速度以上になることを速度計で確認し必要ならさらに機首を押さえる
エアブレーキを開くかどうかはその後判断
エアブレーキを開いたら必要な進入速度を再確認し
通常の接地操作で着陸



高度40～50mで離脱直後にエアブレーキを開いて
速度不足のまま 落下着陸した例もある

索切れ/ウィンチ不調時の処置 事故例 (インシデントを含む)

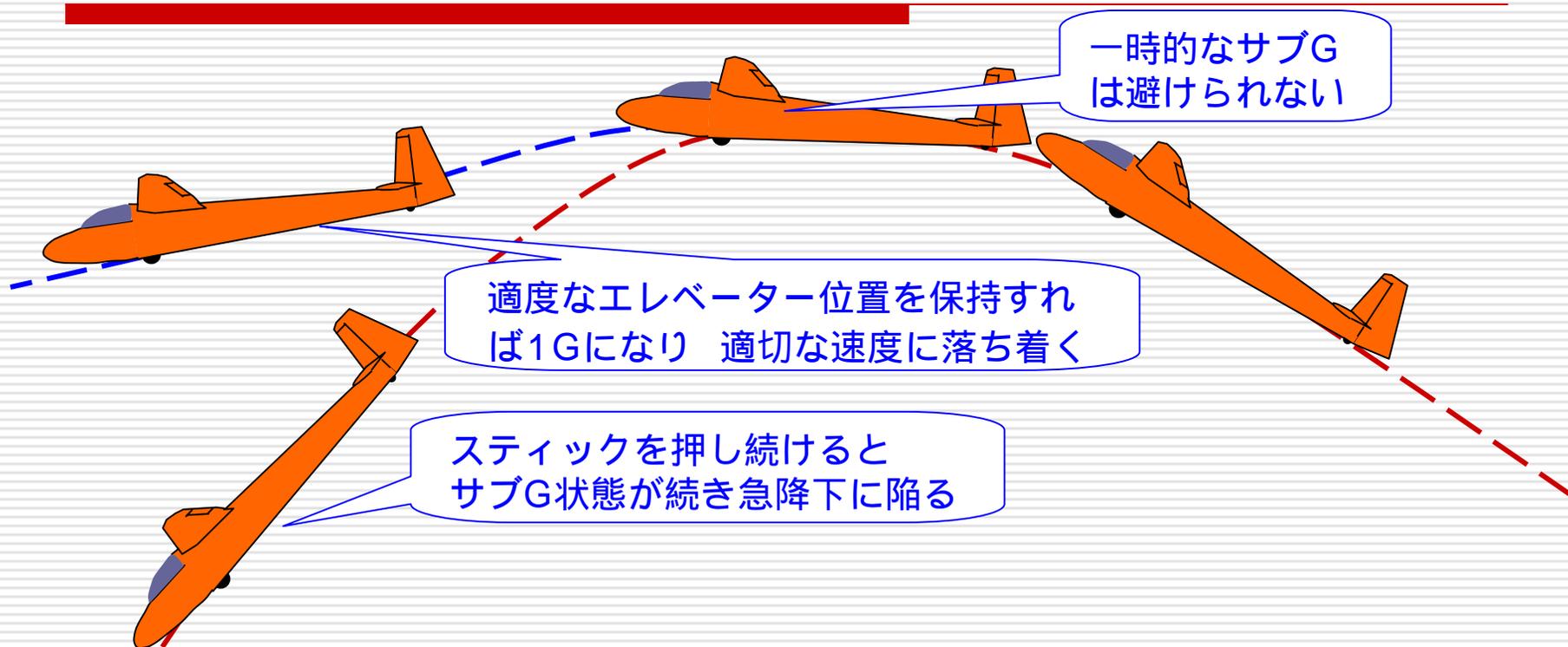
事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
軽飛行機式SS-1 *2 上昇中高度30～40mで自然離脱し、着陸帯脇の草地に落下着陸。死傷なし。	上昇時に機首押さえが過大であったために自然離脱し、その後の着陸地点の判断が不適切。	<ul style="list-style-type: none"> ◇過度なエレベーター操作による自然離脱 ◇不慣れ?
アステアCS77 *2 離陸直後、落下着陸。死傷なし。	離陸直後、速度不足を感じ離脱を決心しリリースノブを引くべきところあやまってエアブレーキレバーを操作したため、沈下が増し、落下着陸。	<ul style="list-style-type: none"> ◇曳航初期に左手をリリースノブ(の近く)におく習慣 ◇曳航異常に対する心構え
三田式3型 *2 上昇中、曳航索が切れ落下着陸。死傷なし。	発航後まもなく曳航索が切断したことによる。策にキंकが生じていた。索点検の不十分	<ul style="list-style-type: none"> ◇離陸後、速度に対応した適切な上昇角をとる ◇索切れはいつもあり得る ◇索切れ後の適切な姿勢、速度の維持

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2: 参考文献F)

索切れ/ウィンチ不調時の処置

離脱時の注意



索離脱時または直後にスティックを押し続けないこと サブG
またはネガティブG状態になり 失速と思い込む場合と G変化
に過敏な人は生理的にスティックを押してしまう場合もある

索切れ/ウィンチ不調時の処置 事故例 (インシデントを含む)

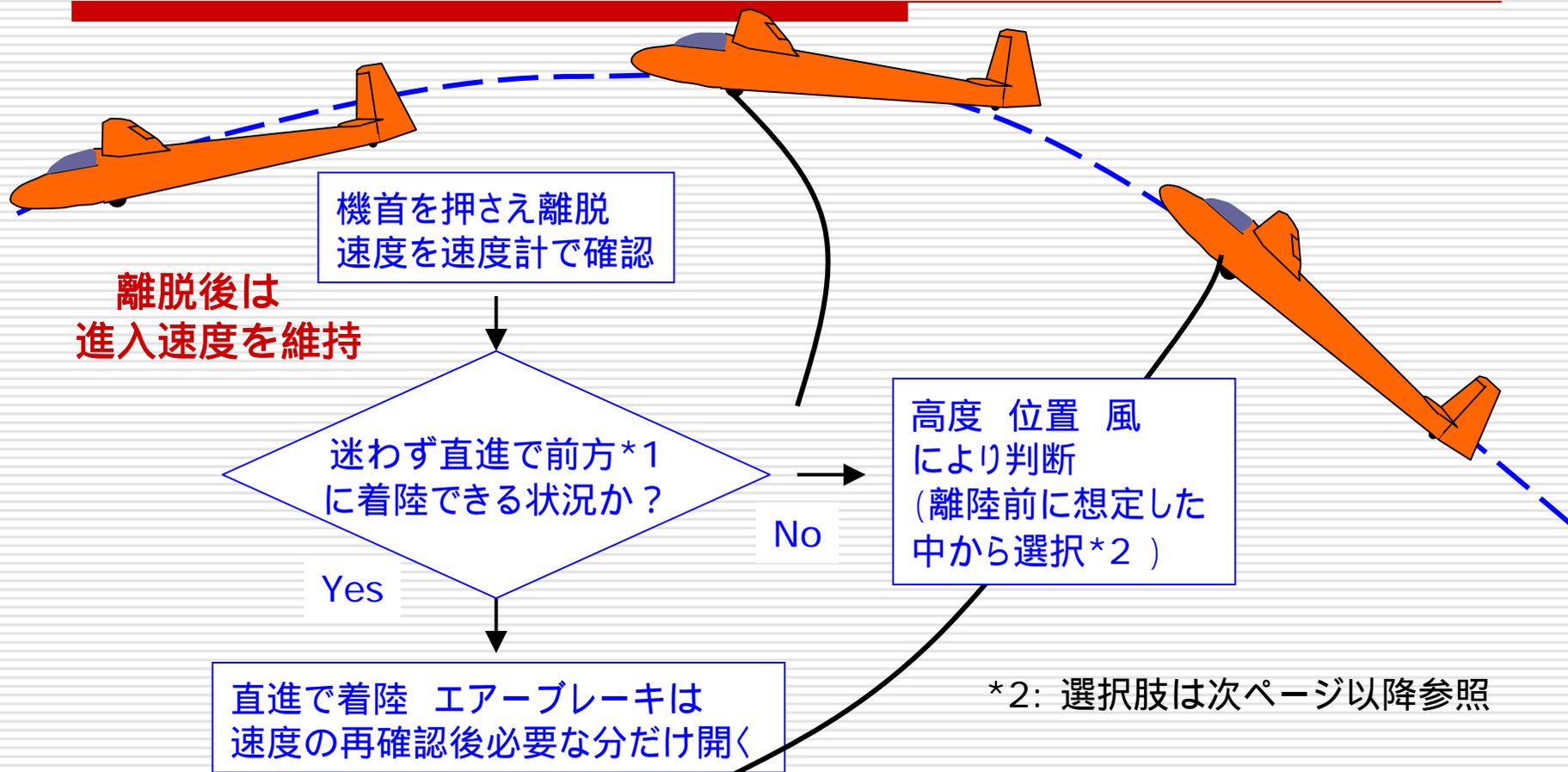
事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
<p>ASK23B *2</p> <p>曳航途中に索離脱後、左翼と索が接触。策を引きずったまま急な上下動の後、落下着陸。死傷なし。</p>	<p>曳航速度が遅くなったため索切れまたはウィンチ不良と判断し離脱。失速と思い急な機首下げを行った結果、離脱した索に接触。索を引きずり操縦困難となり落下着陸。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇失速と勘違いしエレベーターを一杯に押した ◇急な降下による索との接触 ◇サブGと失速との区別の認識不足

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2: 参考文献F)

索切れ/ウィンチ不調時の処置

上昇中期



*1: ウィンチより手前か ウィンチのむこうに不時着適地があればそこも可

索切れ/ウィンチ不調時の処置

上昇中期

直進で着陸できるかどうかは高度だけでは決まらない

離脱後は
進入速度を維持

*1: エアブレーキ全開でL/D=7
として(Ex. 100km/h ÷ 4m/s)

ウィンチ手前に着陸できず
(Ex. 対地滑空比 = 7 *1)

向い風10m/s
ウィンチまで
800m 高度150m
で索切れ

無風 ウィンチまで
600m 高度100mで
索切れ

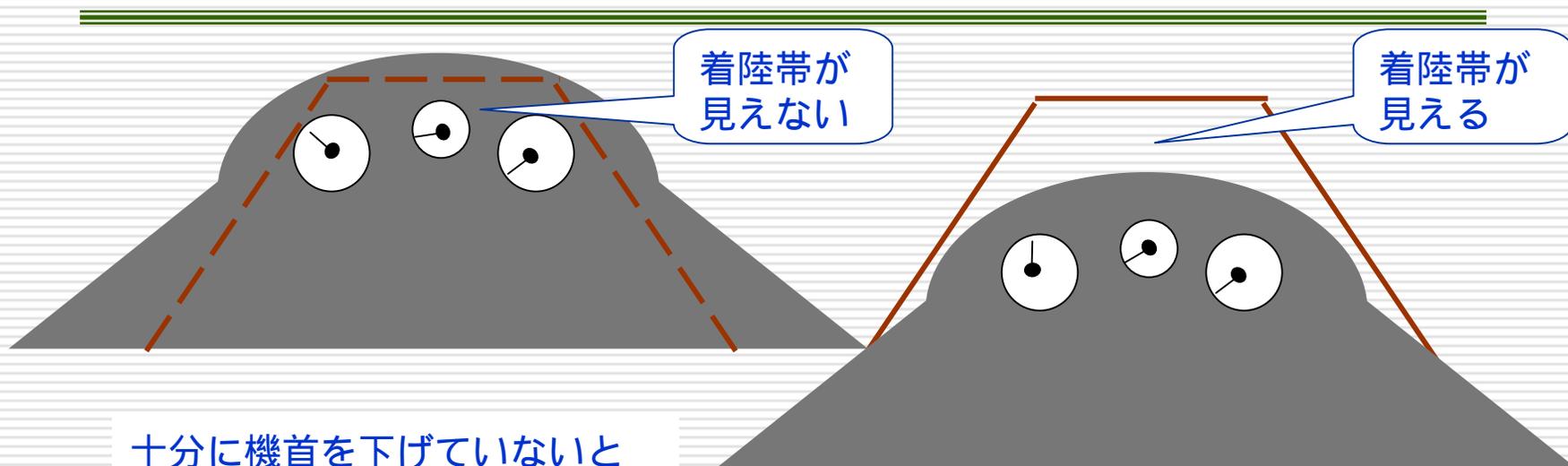
ウィンチ手前に着陸
(Ex. 対地滑空比=4 *2)

*2: 対地滑空比 = 対地速度 ÷ 沈下率
(Ex. 対地速度64km/h ÷ 4m/s)

索切れ/ウィンチ不調時の処置

上昇中期

直進で滑走路内に着陸できるかを判断する時に



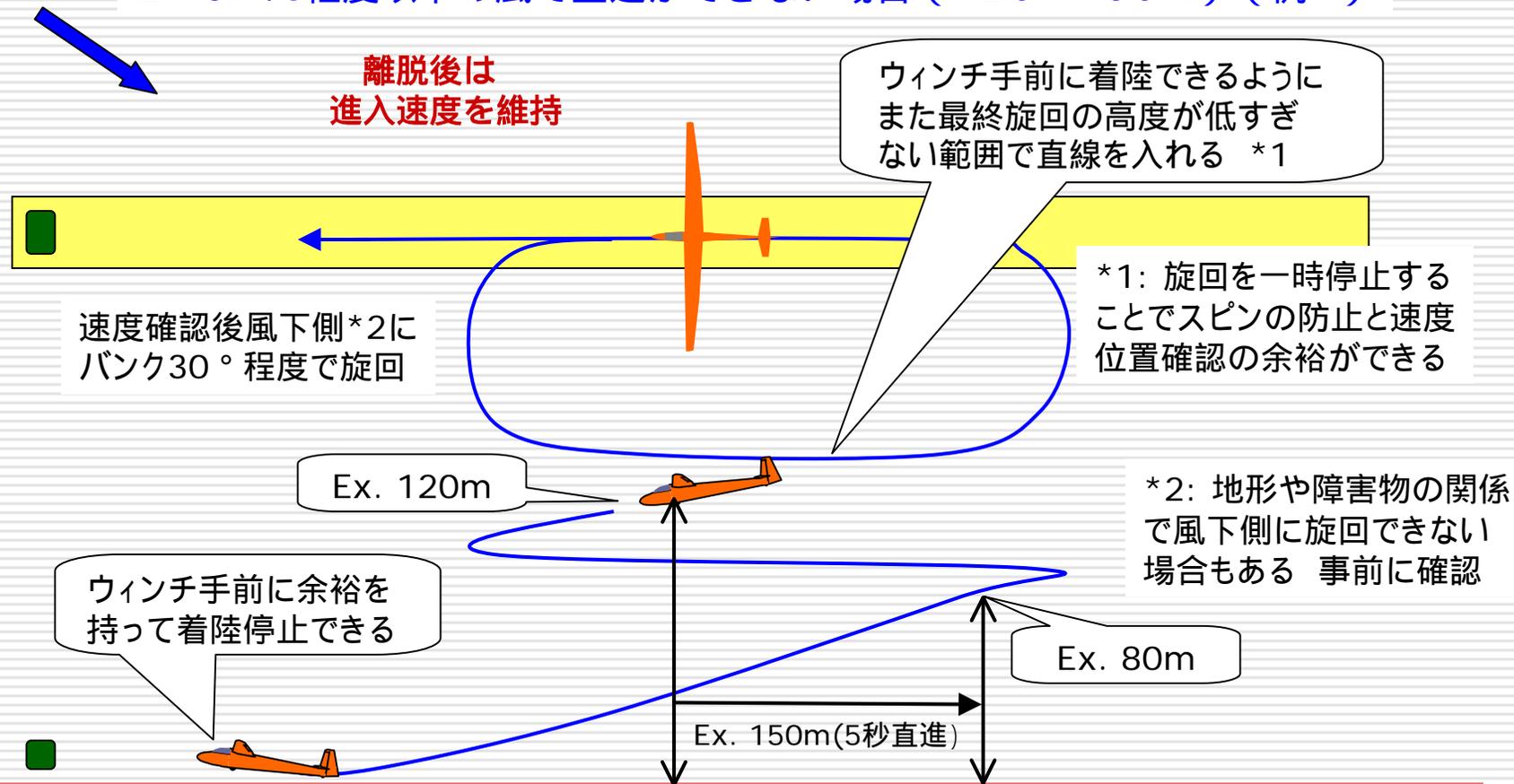
十分に機首を下げていないと
着陸帯が見えず直進できないと
判断し 旋回するとスピンの
リスクも高い

進入速度まで機首を下げてから判断する

索切れ/ウィンチ不調時の処置

上昇中期 中程度の風

2 ~ 3m/s程度以下の風で直進ができない場合 (120 ~ 150m) (例1)



索切れ/ウィンチ不調時の処置

上昇中期 中程度の風

2 ~ 3m/s程度以下の風で直進ができない場合 (120 ~ 150m) (例2)

離脱後は
進入速度を維持

*3: 例えば15°バンクで360°旋回すると
旋回直径は400m 失高は60m

速度確認後風下側*2に
バンク30° *3程度で旋回

360°旋回も可能だが
ウィンチとの位置関係が
あまり変わらず手前に着陸
できるか判断しにくい*1

*1: 360°旋回を低高度で
行くと風の勾配や心理的影響
でスピンの確率は増える
150m以下では180°旋回
までが原則

*2: 地形や障害物の関係
で風下側に旋回できない
場合もある 事前に確認

ウィンチ手前に着陸
停止できるか?

Ex. 120m

Ex. 90m

事故例参照

索切れ/ウィンチ不調時の処置 事故例 (インシデントを含む)

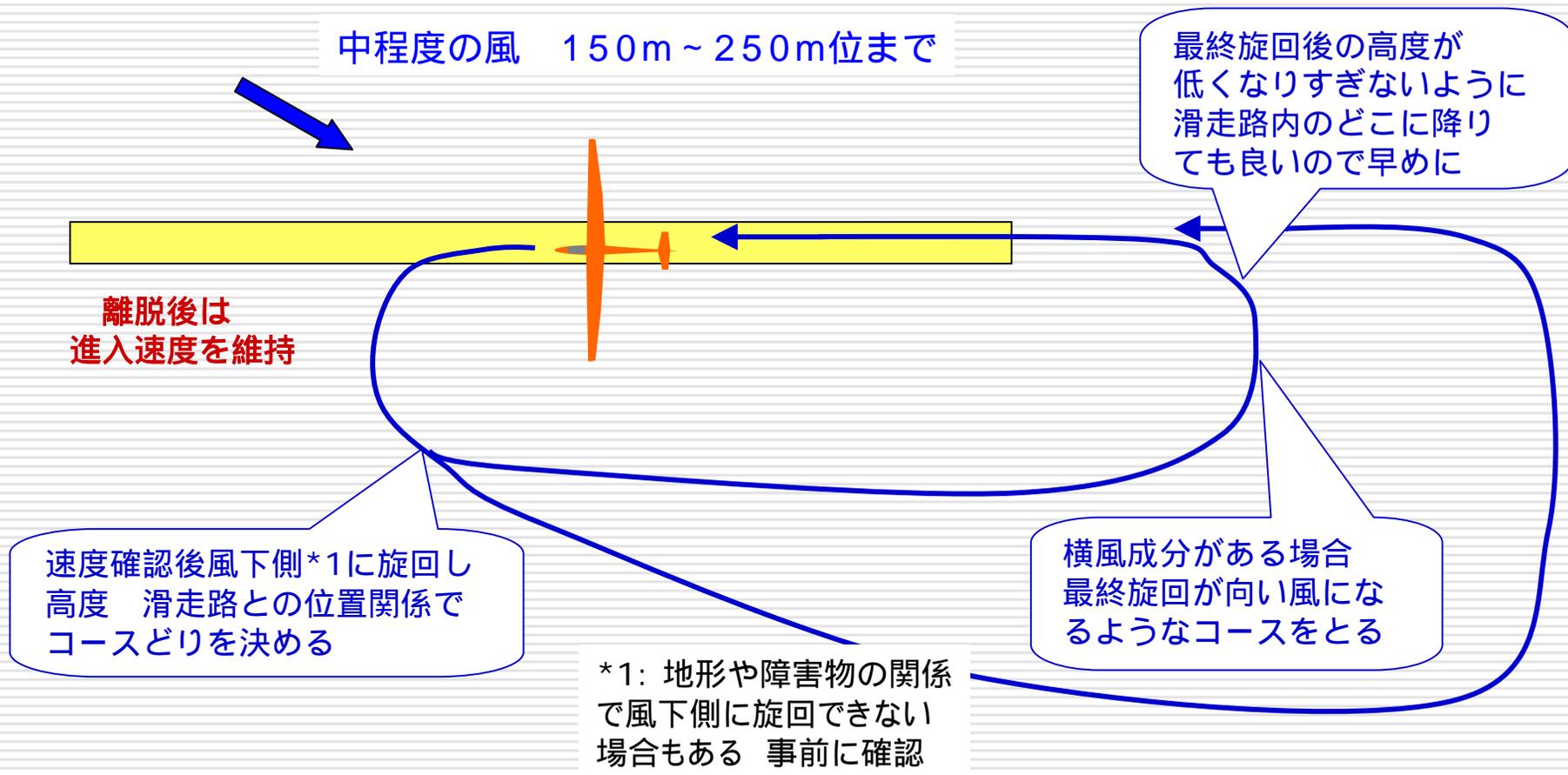
事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
<p>三田式3型 *2 上昇中高度80m~100mで曳航索が自然離脱した。その後右に約270°回転した時に機首が下がりスピんで墜落。1名死亡、1名重傷。</p>	<p>上昇中に曳航索が(自然)離脱し、すぐに低高度で旋回し失速(スピ)ンし回復できなかった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇離脱後の処置ミス: 直進で着陸できた可能性 ◇不十分な速度で旋回しスピ)ンに入った ◇クリチカルな高度での異常曳航に対する事前の決心を行う
<p>三田式3型 *2 上昇中、ウィンチの不具合により高度約30mで離脱、旋回中に墜落。1名死亡、1名重傷。</p>	<p>ウィンチの出力低下により、曳航索から自然離脱し旋回中にスピ)ンに入り、低高度のため回復できず墜落。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇短い滑走路のため直進しなかった? ◇滑空機のライセンスなし(陸単のライセンサー)

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2: 参考文献F)

索切れ/ウィンチ不調時の処置

上昇中期 小さな場周



雲に突入

全面を覆う層雲の下の断片運は見つけにくい

雲に入ったら離脱 通常以上にスティックを押さずに速度をチェックし雲から出るのを待つ

雲中では姿勢が判らなくなりGの影響で空間識失調になり易い

失速と思いスティックを押し続けるとサブGまたはネガティブGになり急降下になる スティックはニュートラルにしておけば滑空姿勢に戻る

雲に突入

事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
H-23C *2 初単独飛行で上昇中、高度約200mで雲に入り、地上から見ていたら垂直降下姿勢でそのまま墜落。死亡。	流れてきた断片雲に遭遇したため雲中での姿勢保持が困難となり異常姿勢から回復できなかった。	<ul style="list-style-type: none">◇ 気象条件の確認不十分◇ 垂直降下は操縦桿をほぼ一杯前方に保持しないかぎりあり得ない◇ 雲中で失速を防ぐための機首下げとそれによるサブGによる錯覚◇ サブGに対するトレーニング

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

*2: 参考文献F)

落雷 (空中放電)

直上に雷雲がなく 空電現象が見られなくても滞電した大気からの放電がありえる

グライダーに落雷があるとあたり一面が白く光ったり衝撃音がするようである
(目撃者談)

雷鳴が聞こえたら飛行を終了するのが賢明

稲光が見えてから10秒後に雷鳴が聞こえたら落雷地点まで わずか3.4km
(音速は340m/s)

グライダーに落雷しリリースを経てウィンチに電流が走る
リリース等のスパークやウィンチドライバーへの電撃などがある

R3

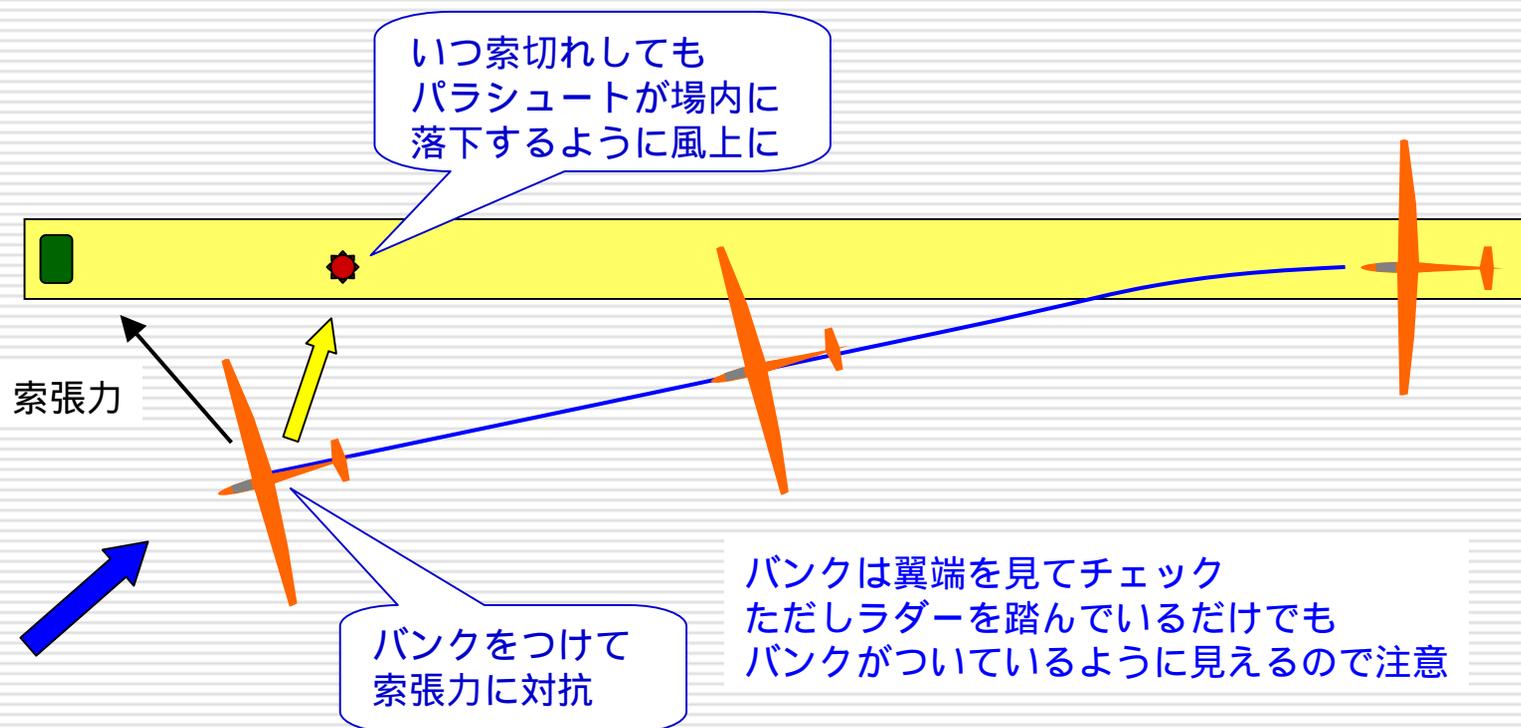
落 雷 (空中放電)

事故例 (インシデントを含む)

事 例	原因(事故調査報告書等)	要因と対策*1
ASK21 上昇中、放電を受け、機首からリリースにかけての金属部分に電流が流れた。金属の一部分にスパーク痕。ウィンチドライバー、パイロットともに死傷なし。	報告書なし	◇雷や放電現象の観測、予測 ◇ラジオに入る雑音、遠方の雷鳴などで早めに撤収 ◇上空に雷雲がなくても放電現象があることの認識
不明(鋼管羽布張り胴体?) 上昇中、放電を受けウィンチドライバーが(一時)意識消失。	報告書なし	◇同上

*1: 事例から考えられる事項を示した 必ずしも事例にそのままあてはまるとは限らない

横風時の曳航



背風時の曳航

- 背風での曳航は避けるのが原則だが 滑走路の関係あるいは風向の変わり目に行くことがある
- 許容される背風成分は2m/s以下が基本 またグライダーの飛行規定および滑空場のルールも遵守
- 背風時のウィンチ曳航には様々な注意が必要である ガイドブックJSAL-G-K003「背風時のウィンチ曳航について」を参照
- 他のパイロットが今 背風で発航したからと言って あなたの飛行に支障がないという保証はない ウィンチ側・上空の風と変化の予測をあなた自身が行うこと

パイロットの心構え-1

- 硬めの背当て 着座姿勢/位置がしっかり固定されているか 離陸の加速で後ろにずれないか 持ち込み荷物（カメラ、GPS）の移動にも注意
- トリムは進入速度位置に スティックはニュートラルまたは少し前へ
- 左手はリリースノブ（の近く）におき 離陸時のトラブルにそなえる
- 地上滑走中 大きなエレベーター操作は避け自然な姿勢で滑走
- 翼端接地 索たるみがあれば即離脱
- 離陸後は 最小速度（ $1.3V_{S1}$ ）を確保し 3～4秒で安全速度（ $1.5V_{S1}$ 以上）に達するのを確認しつつ上昇姿勢に移行する（6秒で 40° ピッチアップが目安）

パイロットの心構え-2

- 上昇姿勢をチェック 速度計は補助的に見る 速度に対応した姿勢を保持 風の乱れ ウィンチ操作等により速度の変化はある 必要によりいつでも離脱することを意識する
- 上昇中の判断 操作は素早く積極的に 風の状況も考慮
- 曳航の初期より後期が失速とヒューズ切れに対するマージンは小さい
- どの段階でも曳航速度が不足したら上昇姿勢をゆるめ 離脱を考慮
- 曳航初期の速度過大は 負荷・失速・ヒューズ切れのリスクは少ない 姿勢を維持するか 上昇角が浅すぎて速度が出ている場合は滑らかに機首をあげて合図する あわてて押さえるほうが危険

パイロットの心構え-3

- 曳航後期の速度過大は負荷・失速（高速失速）・ヒューズ切れのいずれにも不利なので バックプレッシャーをゆるめる
- 速度の過不足は速度を伝え合図する V_w をこえそうなら 曳航初期は安全な高度まで待つ 後期には離脱 速度不足の場合は離脱を躊躇しない
- 速度過大時には索を張ったまま離脱する その後なめらかに滑空姿勢にする
- 曳航の中断後 機首下げではサブG状態になるが これはある程度避けられない 急激な機首下げは過度なサブG（ネガティブG）状態になる
- スティックを“押し続ける”とサブG状態が継続され過度な機首下げとなる 地平線を見て通常より少し機首下げにしてスティックを保持し速度の回復を待てば良い

ウィンチ曳航および飛行全般の心構え

- 飛行中の非常事態において緊急の措置を講ずる必要のある場合 機長はいかなる規定からも その非常事態に応じたデビエーション（逸脱）を行ってもよい

In an in-flight emergency requiring immediate action, the pilot in command may deviate from any rule of this part to the extent required to meet that emergency.
[FAR Part 91 “General Operating and Flight Rules” Subpart A-General Sec. 91.3]

日本国航空法にはこのような明確な記述はない

最善を尽くす権利（および義務）

非常時には機体を損傷してでも人員（他人 自分）を守る・・・

参考文献

- A) BGA: “Winch Operators’ Manual”
 - “Flight on the Winch” P.J.Goulthorp
 - “The Mechanics of the Winch Launch” John Gibson
 - “The First Few Seconds” P.J.Goulthorp
 - “Ground Launches” Derek Piggott上記他を基にした「ウィンチ曳航について」植田展生 東北大学航空部部報
- B) “A Look at Winch Launching” John Gibson, Sailplane & Gliding 1985.8/9 とその訳文 SATA/津久井潤
- C) BGA: Instructors’ Manual
JSA曲技委員会資料W-1「ウィンチ曳航訓練」
- D) “Accidental Spins Off Winch Launches” Bill Scull, Sailplane & Gliding 1991.12/1992.1とその訳文 日口裕二/津久井潤
- E) DAeC: “Startwindenfahrer-Bestimmungen”(ウィンチオペレーター規則)
“Segelflugsport-Betriebs-Ordnung”(グライダー運航規則)
上記訳文 日口裕二
- F) 航空事故調査報告書 航空・鉄道事故調査委員会
- G) BGA: “SAFE WINCH LAUNCHING”, 2005

あとがき

- このガイドブックは多くの海外文献およびその訳文を参考に作成しました。また学連関東支部の安全対策ワーキンググループメンバーが収集/作成した資料や情報もとり入れてあります。これらの資料を提供してくださった多くの方々に感謝いたします。
- ウィンチ曳航のからくりは複雑で、実に様々な要素がグライダーの挙動に絡んできます。経験深いパイロットでも、自分または他人の経験だけでは、正確にその事象を把握することはできません。
- ここに記した参考文献を見ると、英国でウィンチ曳航の力学的分析や曳航中のスピン等に対する分析と啓蒙が行われたのは、この20年位のことです。遅きに失した感はありますが、安全なウィンチ曳航のために、ここにガイドブックを作成しました。多くの方がこのガイドブックのみならず関連資料等により研鑽されることを望みます。

改訂履歴

- 2005.12.3 issue 1: 制定 発行(相島)
- 2006. 1. 3 issue 2: 2005.12.3の学連講習会での意見反映 増ページ(相島)
- 2006. 3. 5 issue 3: 2006. 2. 4のJSA安全セミナーでの意見反映(相島)

欄外右端の棒線は改訂部分であるが
必ずしもすべてに表示していない