



# 飛行の安全に向けて —スピン—

V2.4

- データ編
  - インシデントの傾向
  - 統計データ
- 実践編
  - 映像による疑似体験
- 解説編
  - 失速/スピン
  - 安全対策
- 補足説明

2023/5/12

公益財団法人日本学生航空連盟

井上善雄



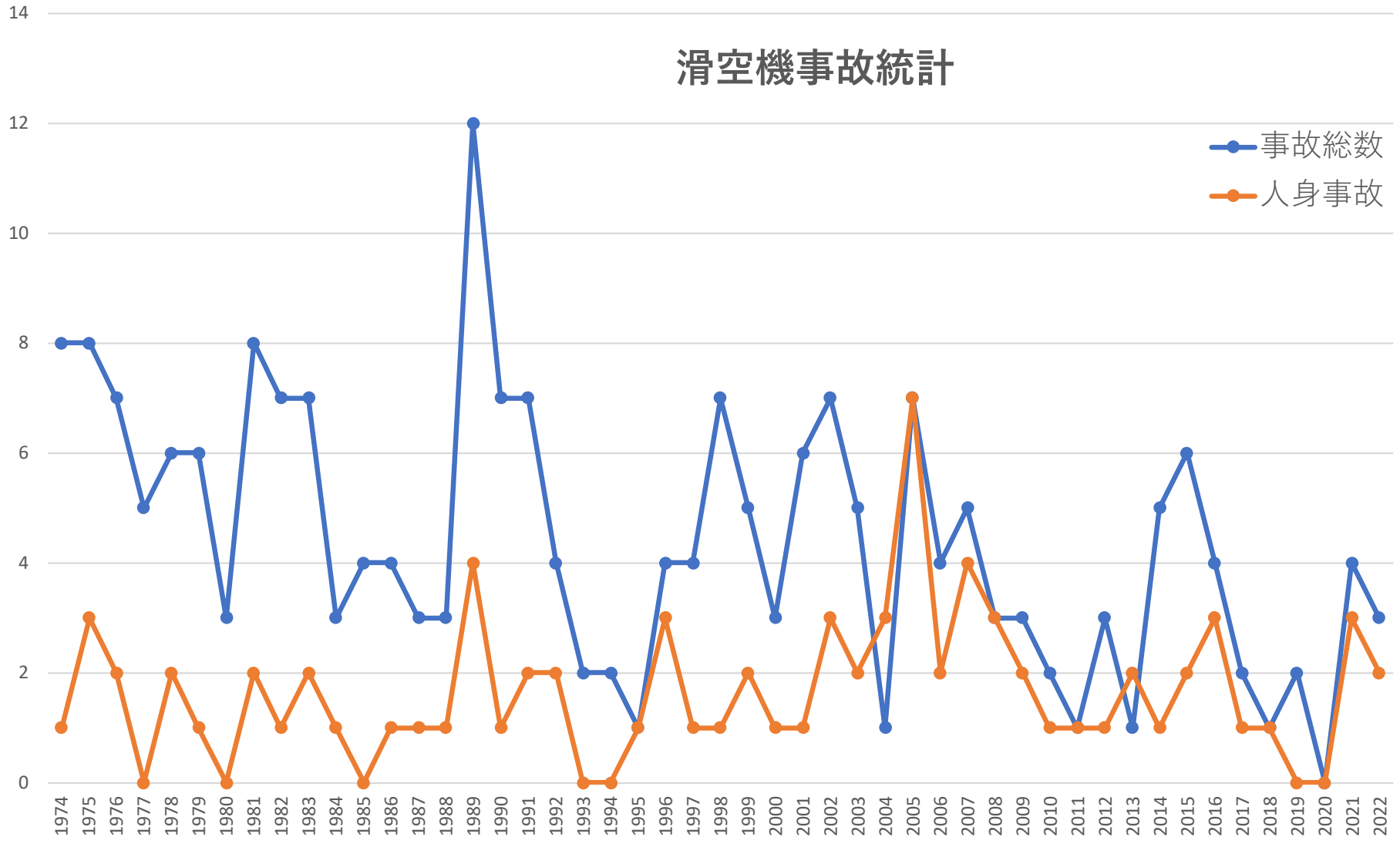
# データ編

---

- インシデントの傾向
- 統計データ
  - 日本のグライダー事故統計（1974年-2022年）
  - インシデント一覧（2014年～2019年）
  - スピン・失速 事故一覧（2005年～2023年）



## 滑空機事故統計



# 国内インシデント（最近の5年間）



## ● 約半数が複座

離陸

アプローチ

空中操作

	日付	記号	型式	場所	概要	状況
1	2014/6/14	JA25CH	SF25C	鬼怒川	曳航索と滑空機との接触	中破
2	2014/6/15	JA2523	プハッチ	北見	単独、アプローチが低くショート	中破
3	2014/8/17	JA2549	ジュニア	富士川	慣熟飛行。アンダーシュート	中破
4	2015/4/26	JA2446	SF34B	韭崎	着陸後グランドループ	2軽傷
5	2015/5/30	JA07KD	DuoDiscus	霧ヶ峰	60mで索断。低空旋回で翼端接地	2重傷
6	2015/5/30	JA20TD	Discus-bT	滝川	クロカン練習中。滝川郊外に墜落	1死亡
7	2016/3/17	JA50KM	プハッチ	千葉	複座練習中に民家に墜落	2死亡
8	2016/4/10	JA2437	SN 101B	熊本	ウィンチ停止、林に不時着	大破
9	2016/5/5	JA21BB	304CZ17	福島	クロスカントリ中空分解、墜落	1死亡
10	2016/10/10	JA22WP	LS4-b	大泉町	失速による墜落	1死亡
11	2017/8/27	JA2405	H36Dimona	福島	失速による墜落	1死亡
12	2017/11/10	JA05KG	Discus-CS	大野	曳航中断による着陸時の機体損傷	大破
13	2018/12/9	JA2152	ASK13	妻沼	発航中止後のハードランディング	重症
14	2019/7/7	JA2288	ASK21	北見	曳航索が意図せず落下	なし
15	2019/9/16	JA2471	ASK21	小松	曳航索が破断し落下	なし



# スピン・失速 事故一覧 (2005年～2022年)

- 10件がスピン、2件が失速、1件不明(サブG?) <推定を含む>
  - ウィンチ曳航中(離陸上昇を含む)が8件(6割)
  - スピントレーニング開始(講習2016年5月、実技2016年12月)以降スピン事故ゼロ

	日付	記号	型式	場所	概要	状況
1	2005/5/17	JA21KK	プハッチ	久住	背風でウィンチ曳航中にスピン	死亡2
2	2005/7/24	JA2201	Libelle205	浜北	ウィンチ曳航中スピン、背面で墜落	死亡
3	2005/8/20	JA00HY	ASW24	関宿	200m以下でのサーマル旋回、スピン	死亡
4	2007/7/28	JA2463	ASK23	霞目	ウィンチ70m索断、サブG	死亡
5	2009/7/20	JA2130	ASK13	大利根	ウィンチ曳航トラブル、10m離脱、失速	重症1
6	2009/10/30	JA2312	ASK13	妻沼	ウィンチ高度5-10m自然離脱、失速	重症2
7	2015/5/30	JA20TD	Discus-bT	滝川	クロカン帰投中。郊外に墜落 (MG)	死亡
8	2015/5/30	JA07KD	DuoDiscus	霧ヶ峰	60mで索断。低空旋回で翼端から接地	重症2
9	2016/3/17	JA50KM	プハッチ	千葉	複座練習中に民家に墜落	2死亡
10	2016/4/10	JA2437	SN 101B	熊本	ウィンチ停止、低高度旋回、不時着	大破
11	2016/10/10	JA22WP	LS-4	妻沼	学連・関東大会で群馬県側に墜落	死亡
12	2021/10/12	JA11AM	Arcus	美瑛	離陸直後にエンジンが停止し、墜落	死亡2
13	2023/4/9	JA2502	SZD-55-1	長野	クロカン中、湖畔に墜落	死亡



# インシデントの傾向

- 「経験」は安全の担保にはならない
  - 重大事故インシデントは未熟なパイロットよりも教官クラスの方が多く起こしているという統計がある。(この数年を見ていると、特に高齢者に多い)
  - 練習生には指導者のリミッターが付くが、教官までなってしまうとチェックされる機会も減る一方で行動範囲も広がるので、リスクは増大する。
  - 過去の経験の積み重ね(成功体験)で、『自分だけは大丈夫』と過信する。
  - 加齢につれて、過去の経験通りの行動ができなくなる ↓
- 非日常の条件下での判断力の低下
  - ちょっと無理をする
  - カッコ良く見せたい
  - 本来の作業以外に囚われる(注意が他に向いている)
- 権威の傾斜
  - 組織の上級者が今の現場に強いわけではない(環境は変化する)
  - 年長者といえども特定の状況において常にベテランとは限らない

⇒全能者ではない

- ◆ 加齢による能力低下を認識する
  - ✓ 視力、視野
  - ✓ 聴力、帯域
  - ✓ 反射能力、筋力



# 実践編

---

- 疑似体験⇒解説と映像
  - Accidental Spin
    - ✓ ASK13ファイナル・ターン（シミュレーション）
    - ✓ 複座機のファイナル・ターン
    - ✓ ウィンチ曳航初期の索断（ASW15）
    - ✓ ガグル中の単座機（LS8）
  - Spin training
    - ✓ 単座機（ASK23）＜米国の事例＞
    - ✓ 複座機（ASK21）＜妻沼滑空場＞
- 実践⇒ 単座機で試合に参加する場合の必須体験（学連）
  - 各校で機体特性の再確認
  - 各地区・各校で実施
  - 実施報告 ⇒学連 ⇒日本滑空協会



## ● Condorによるシミュレーション

### ➤ ASK13

### ➤ 低空でのファイナル旋回

- ✓ 地平線が高く見えるので、速度抜けに気付きにくい
- ✓ 第4旋回がオーバーシュートぎみで、はやく回りたい
- ✓ 低いのでバンクは付けたくない
- ✓ ラダー操作が過大となる

### ➤ スピンに入っても回復できない





Stall/Spin  
Base to Final



- 複座機、ショートカットのファイナルターン
  - 背風
  - 最終旋回でふくらむ
  - ラダーで軸線合わせ
  - 低空スピンの回復できず





## ● ASW15 ウィンチ曳航初期の索切れ

- 初期上昇、30m程度で索断
  - 切れた直後にすみやかに機首を下げていない
  - 水平姿勢あたりで失速しているものの、まだ機首を下げていない
  - 速度回復がないまま落着
- ⇒ この間、飛んでいるというより落ちている、という状態





## ● LS8 サーマル旋回中

- ガグルで他機と同期をとって
- 緩バンクでの旋回
- 少し機首上げ、ヨーイングでSpin
  
- 同一サーマルでは必ず角速度を合わせて飛行すること  
⇒お互いに相手の見え方が変わらないようにすること





# Spin training (1a)

- ASK23 アクシデンタルスピン
- スピンに入る前の映像をよく確認
  - ノーズはそれほどアップしない
  - スピンに入るまで、外滑りはほとんどしていない
- では、なにがきっかけでスピンに入っていくか
  - エルロンでバンクを付けて内滑り
  - 内滑りをラダーで補正 ⇒ 旋回の内側の翼が減速⇒揚力が減少
  - バンクが付いてくる ⇒ 機首が下がる
  - スピンに移行
  - バンクを直そうとエルロンを使うとスピンを悪化させる
  - ここで、旋回による機首下げと思ってエレベータを引くとスピンは止まらず、さらに悪化する
- ASK23飛行規程 抜粋<3章 2. スピンの予防と回復>
  - ✓ スピンの特徴は重心位置によって決まる。許容重心位置の最後方でのみスピンに入る
  - ✓ 回復は、エレベータとエルロンを中立にし、ラダーをスピン方向と反対に踏むことで即座に回復させることができる







# Spin training (1b)

- ASK21 アクシデンタルスピン
- 重心位置は390mm(305-435mm)
- 映像確認
  - ノーズはそれほどアップしない
  - サーマル旋回を意図して低速での旋回
  - バンクが付いて機首が下がる
  - スピンに移行
- ASK21 飛行規程
  - 重心位置が320mmから385mmの間にある場合には、スピンの初動が起こる可能性はあるが、最大4.5回転で自然に回復する。  
⇒前席の搭乗者が軽量の場合にこの重心位置となることがある。





# 解説編

---

- 失速
  - 失速の要因
  - 失速からの回復操作
- きりもみ (SPIN)
  - 現象
  - 兆候・移行
  - 回避・回復
  - スピンのきっかけ
- 安全対策
  - リスク回避の具体策
  - 未然防止への取組み



## ● 失速速度の増加要因

### ➤ 翼面荷重の増加

- ✓ パイロット重量、垂直加速度(旋回、引き起こしなど)、ウィンチ曳航(下記補足)
- ✓ 翼面の汚れ:雨、氷、虫の付着

### ➤ ウィンチ曳航

- ✓ 上昇中は大きな揚力を使い、索の重量も加わるので、同一速度で水平飛行している場合より揚力係数が高い(迎角が大きい)状態になっている。
- ✓ 失速角までのマージンが小さく、高い速度で失速する。

### ➤ ダイブブレーキの使用

## ● 索断

- 対地的に大きく上を向いている処から通常姿勢に戻るまで、しっかりと揚力を得るのに時間がかかる ⇒ その間は沈下大きい

⇒ 普段から低空での上昇角管理を徹底する

- ウィンチトラブルやウィンチに近い側での索断の場合、索の荷重分だけ余分な揚力を必要とするので、速やかに離脱することが肝要。

⇒ 普段から速やかな離脱操作を習慣付けること



# 失速からの回復操作

## ● 回復処置

- 機種により操作順序が異なるので、飛行規程で確認すること
  - ✓ Ex. ラダーはニュートラル**または**トップラダーをしっかりと踏む
  - ✓ Ex. エレベータはニュートラル**または**しっかりと機首下げ
- 『最小限の失高』での回復
  - ✓ 過度に反応し、必要かどうかに関わりなくスティックを前に強く押すことがよくある。  
⇒これにより過剰に加速し、かなりの高度を失う。
  - ✓ 通常の飛行姿勢に戻す訓練が大切  
⇒タイミングと姿勢角の記憶

## ● サブGの体験が重要

- 失速時のG減少といわゆるサブGとの違いを理解すること
- 感覚的にサブGの理解ができるまで失速の体験と学習には気をつけること
  - ✓ 索断時のサブGを失速と誤認して、練習生が咄嗟に押さえすぎることがある  
⇒テイクオーバーが間に合わない
  - ✓ ソロに出るまでに、サブGと失速の違いについて体で覚えさせること



# きりもみ (Spin) (1) 現象の解説

## ● 現象

- 左右主翼が異なる失速状態になった場合の機体の挙動がきりもみ。
  - ✓ 失速状態のひどい側の翼が地面側に落ちてロールし、機首が下がる(ピッチ)。
    - ロール時には、旋回のヨーイングより早い速度でのヨーイングが連動する
  - ✓ 落ちた側の翼の迎え角はますます大きくなり、自然には回復しない状況になる。
- きりもみの時の姿勢や入り方は機種や状態、つまり機体の空力的特性や重心位置で異なる。
  - ✓ 自分の乗る機種でのスピン特性を知っておくことが重要

## ● スピンについての簡潔な説明

- 乱気流、機体のヨー、エルロンの操作などで発生する非対称な失速
- 片方の翼が先行して失速し下がる。
  - ✓ 同時に、上がった方の翼の迎角は減少し、失速する可能性が低くなり、抵抗が減少する
- 失速から回復しない限り、自動的に回転(3軸とも)が始まる。
  - ✓ ローリング、ヨーイング、ピッチングが同時に起き、急速な螺旋降下軌道を描く



# きりもみ (Spin) (2) 兆候・移行

## ● 失速の兆候

- ノーズ位置が通常より高い、気流の音が変わる、舵の効きが悪くなる、沈下率の増加、バフェットなどの現象

## ● SPINの兆候

- 「失速」の現象(上記)はほとんど見られない
- 低速飛行から「スピンの初動」への挙動を体得することが大切
  - ✓ 舵が効いていたのにスカスカになる感覚。
  - ✓ 前進エネルギーが失せて、体の周りで機体が回転するような感覚。

## ● きりもみに入るパターン

- ① 第三旋回あるいは第四旋回で、着陸操作に気を取られ、かつ低空のため景色の流れに惑わされて速度が抜けたのに気付かず、片翼が落ちた際に無意識にエルロンで修正
- ② サーマルで旋回中センタリングに気を取られ、速度が抜けている状態で不意に片翼が落ち、無意識にエルロンで修正
- ③ サーマル旋回中にラダーだけで旋回半径を小さくしようとする
- ④ ウィンチ上昇中に索切れして、処置が遅れる





# きりもみ (Spin) (3) 回避・回復手順

- SPINに移行しないために
  - 低速飛行から「スピンの初動」への挙動を体得することが大切
    - ✓ 前ページの「兆候」に気けるようになるまで訓練
- SPINからの回復操作
  - トップラダー(回転上側の方向舵)を踏んで回転を止める。
    - ✓ 回転方向が分からない場合もあるので、ラダー中立でも十分。
  - 操縦桿を前にもどし、失速状態から回復させる。
    - ✓ 速度が過大にならないためには、エレベーターを押さえすぎないこと。
    - ✓ 失速からの回復には、エレベーター中立で十分
      - \* サーマル旋回中にトリム位置をUPにしている場合にはしっかり戻すこと
  - 大きな荷重を掛けないように機体を引き起こす。
    - ✓ 機種や状況によっては二次失速を起こし再度スピンも！



# きりもみ (Spin) (4) スピンのきっかけ

- 大きな迎角での飛行中に内翼の翼端失速
  - 小さなバンク角での旋回中に内側ラダーをさらに踏み込む
    - ✓ 旋回内側の速度低下で迎角が限界を超える
      - ⇒内側の翼だけ失速
  - ラダーを踏むとバンクが増加するが、これをエルロンで戻そうとする
    - ✓ エルロン操作で旋回内側のキャンバが増加し迎角が限界を超える
      - ⇒内側の翼だけ失速
- ラダーを踏みたくなる要因
  - 低空旋回
    - ✓ 急旋回への恐怖(下側の翼と地面とのクリアランス)
  - 背風からの旋回(ベースレグでのテール・ウインド)
    - ✓ 軸線へのふくらみ防止 ← 思わず踏みたくなる
- 大きな迎角になる要因
  - ピッチ角誤認による速度低下
    - ✓ 低空でのファイナル旋回 ← 地平線の見え方では気付かない
    - ✓ 背風へのファイナル旋回



# リスク回避の具体策

- 機体の特性を知る
  - 飛行規程の確認
- 入りにくくする
  - 重量・重心の確認
    - ✓ 許容範囲の中心付近であること
- 前段階に近づかせない
  - 注意力の維持
    - ✓ 同時に複数の処理・判断をしない
  - 速度管理の徹底 ⇒
  - 低空旋回を回避
- 速やかな回復のための準備
  - 重心位置 ⇒ 後方にあるとスピンからの回復特性も悪くなる
  - 座席設定
    - ✓ 姿勢、操舵ストローク(特に左前方)、ラダー・ストローク
  - 縛帯(肩、腰:水平加速、垂直G対応)
- 回復操作
  - 疑似体験
  - 訓練による体感の獲得

## 低空旋回の典型

1. Baseで低くなった(チェックポイントが低い)
2. 地面が近いので無意識に機首上げ(速度抜け)
3. 地面が近いのでバンクをつけるのを嫌ってラダーで曲げようとする
4. ラダーに連動してバンクがついてくるので、これを抑えようとエルロンを使う

## 運用ルール改訂(妻沼滑空場)

- 対地250m以下でのサーマル旋回禁止
- CP通過後、5km/h 増速を厳守

一般には、最低推奨進入速度+5Km/h  
低翼面荷重の機体(ASK13、K8など)は常用のクルーズ速度+5Km/h



## ● 未然に防ぐ方策の継続的な取り組み

- 効果的な仕組みの創造
- 知識の共有
  - ✓ 共有すべき知識の選択
  - ✓ 正しく伝える表現形式⇒ 図・写真・動画

## ● 安全へのプロセス

- 健康管理
  - ✓ 睡眠時間の確保
  - ✓ 食事、給水
    - 血糖値低下による判断力低下の防止
- 準備プロセス
  - ✓ マニュアルチェック
- 行動前プロセス
  - ✓ 指さし確認
  - ✓ 定型化(ルーティン化)

出発前チェックリスト:CHAOTIC  
離脱後チェックリスト:STUF  
着陸前チェックリスト:FUST

### 基本的行動の励行

- 飛行前点検
- 着陸後点検



# 補足説明

- 事前確認
  - 座席・パラシュート
  - チェックリスト
- 事例
  - <図説> 第4旋回時のスピン① 注意散漫
  - <図説> 第4旋回時のスピン② きっかけ
  - <図説> 第4旋回時のスピン③ スピンへの移行
- 理論
  - 重心位置と操縦性
  - 機体の安定性
- 訓練としてのスピン
  - 課目としてのスピン



## ● 座席設定

- 全ての舵がフル・ストロークできる位置  
(ウインチの初期加速やゼロGに対応できるように)
- クッション、パラシュートの変形にも注意
- ガストで体が浮かないように縛帯を締める
- バラストが前後(加減速)のGで移動しないように

## ● パラシュート

- ベルトはしっかり締めておく。ベルトがゆるいと開傘時の衝撃で股関節や足を痛め、着地のショックも加わって、歩けなくなる
- 回転の内側に飛び出すほうが回転する機体と空中でぶつかるリスクが減る。
- 機体から離れ、衝突のリスクがなくなったら、リップ・コードを引く。両手で大きく引き続けること。
- 地上でコックピットからいかに素早く脱出するかを練習しておくことが有効。



## 出発前チェックリスト:CHAOTIC

### 搭乗前自己ヘルスチェックリスト: I'm safe

I'm safe	確認事項
I Illness	風邪などの病気に罹っていないか
M Medicine	薬の服用をしていないか
S Stress	精神的な緊張やプレッシャはないか
A Alcohol	飲酒後12時間以上経過しているか
F Fatigue	長時間の仕事や運転で疲れていないか
E Emotion (Eating)	喧嘩や悩み事はないか (食事は摂ったか)

ユニバーサルCHAOTIC	Check	学連用語
C Controls	Full & Free	操縦装置よし
H Harness	Secure	縛帯よし、座席内部よし
A Airbrake&Flaps	Checked & Locked	ダイブよし、フラップよし
O Outside	Wind, Ground Crew checked	風向・風速確認、 他機警戒(クルーによる周囲確認)
T Trim	Set, Ballast checked	トリムセット バラスト確認
I Instruments	Master ON, QNH Set, Radio checked	計器よし、 無線よし
C Canopy&Cable	Locked	キャンピローロック確認、索装着

### 離脱後チェックリスト:STUF

ユニバーサル STUF	確認事項	学連用語
S Scan	Lookout	目標、目安よし
T Trim	Set	トリムセット
U Undercarriage	Retract	ギアアップ確認
F Flaps	Set	フラップセット

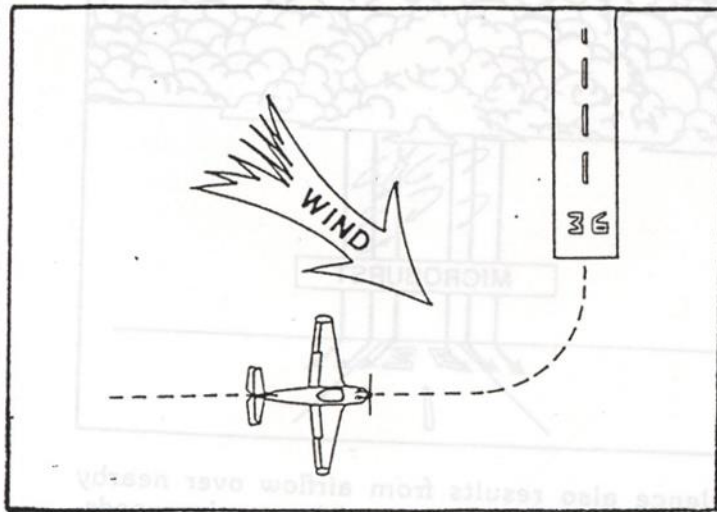
### 着陸前チェックリスト:FUST

ユニバーサル FUST	確認事項	学連用語
Dump Water Ballast		水バラスト放出
F Flaps	Set	フラップセット
U Undercarriage	Down & Locked	ギヤダウン&ロック確認
S Speed	Cruise + Wind Safety	速度チェック(巡航+風速 X50%)
T Trim	Set	トリムセット



## 注意力散漫要因①

ソアリングに集中していて、風で流されていたのに気が付かず、低くなってベースに直接向かった。さらにピストから横風が強くなる旨の無線が入る。



## 注意力散漫要因②

「ピスト:あなたの方が低いからNo.1で降りてください！他機インサイトしていますか？」

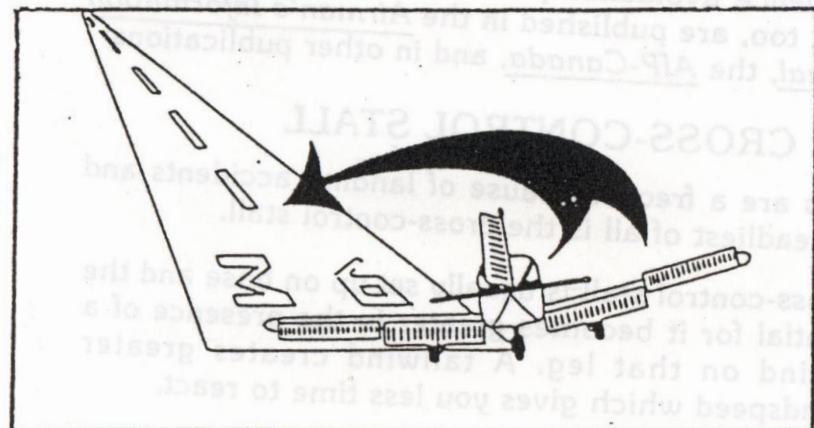




# <図説> 第4旋回時のスピン② きっかけ



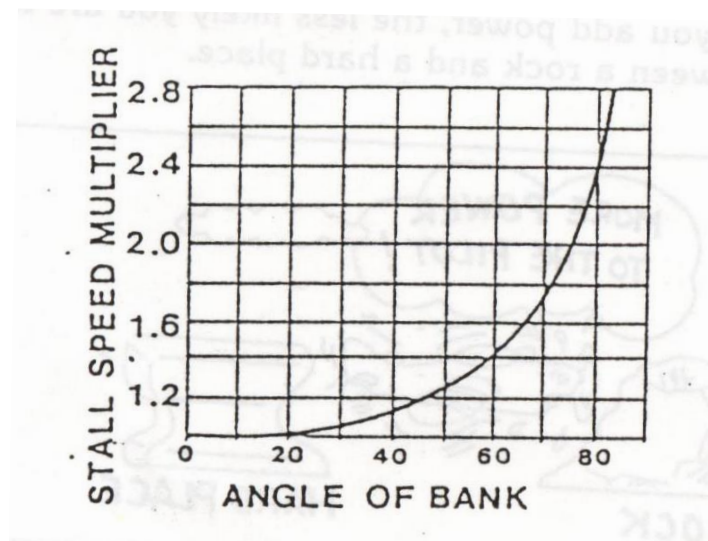
(横風で流されて第4旋回オーバーシュート)



教科書で習った知識

「バンクの増加とともに、失速速度は増加する。」

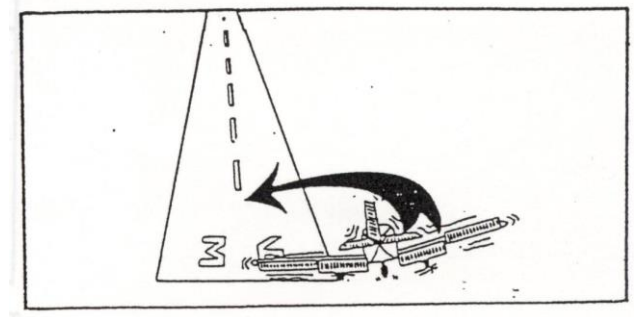
パイロット : バンクをつけたら危ない！  
バンクをつけるのをやめて、無意識のうちにラダーを操作



# <図説> 第4旋回時のスピン③ スピンへの移行

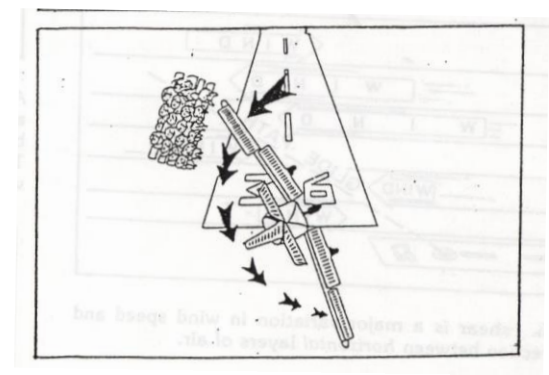


ラダー操舵により、バンクがつき、機首が下がる。



傾きをエルロンで直そうとすると、下側の翼端の迎角が増える。  
機首を上げようとして、エレベーターを引くとさらに迎角が増える。

失速に近い迎角時にエルロンを使うと片翼が先に臨界迎角に達する。



パイロットは地面近くで、スピンを行うつもりはまったくなかったにもかかわらず、スピンに必要な操作を繰り返していた。



# 重心位置と操縦性

## ● 図の記号説明

- 主翼の揚力:  $L1$ 、尾翼の揚力  $L2$ 、重力  $W$ 
  - ✓  $L2$ は通常下向き
- 重心から風圧中心までの距離:  $X$
- 風圧中心から尾翼の揚力点までの距離:  $Y$

## ● 釣り合い

- 重量と揚力  $W = L1 - L2$
- ピッチモーメント  $W \cdot X = L2 \cdot Y$

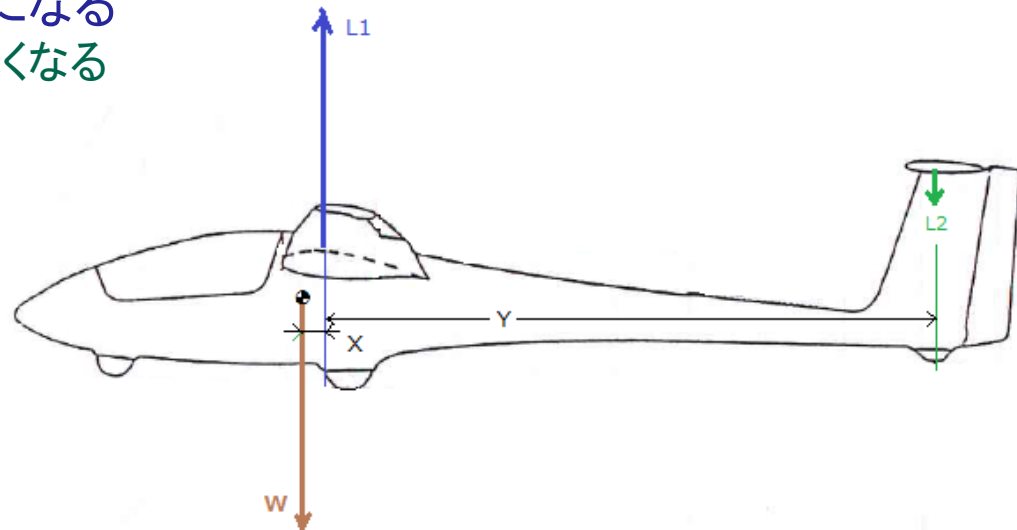
## ● 重心が後方にあると、

- $L2$ が小さくなり、 $L1 \doteq W$ となり、主翼の性能がそのまま使える <利点>
- $X$ が小さくなり、縦安定が悪くなる<リスク>
- $X$ が小さくなり、エレベーターが敏感になる
  - ✓ 反応は早くなるが、適切な操作は難しくなる
  - ⇒ ベテランでも疲れる<リスク>



### 運用ルール改訂

- 許容範囲の中心とする  
<単座の場合は特に注意すること>
- バラスト1枚(5Kg)分の前後は可





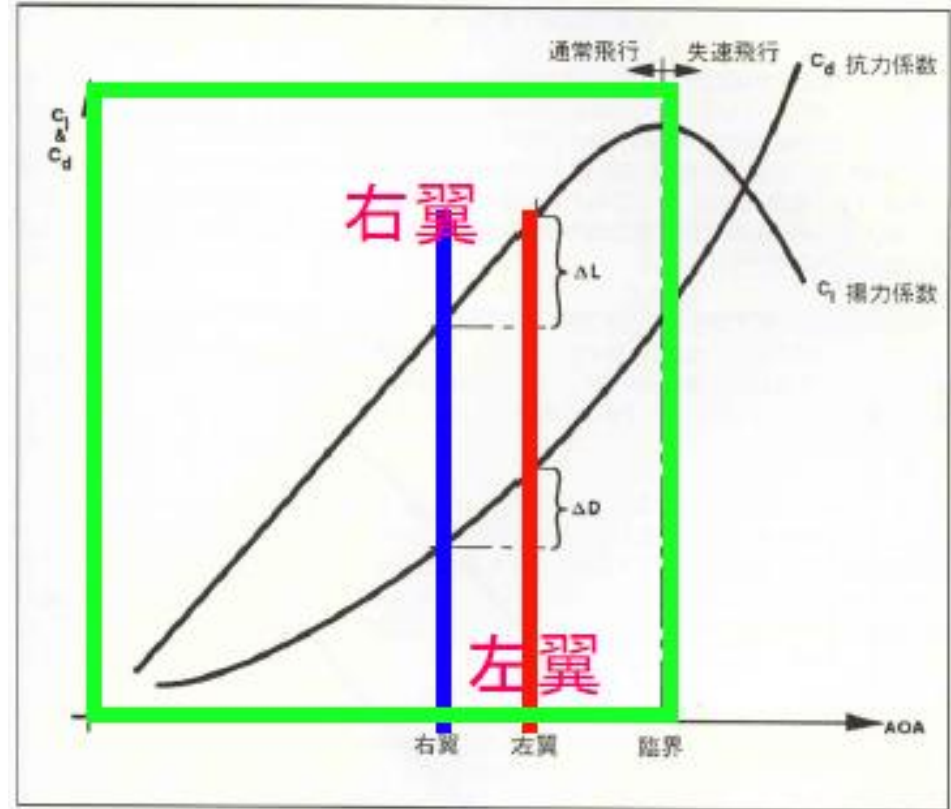
# 機体の安定性(1) 通常時の右旋回

## ● 通常の飛行での機体の安定性(静安定: 舵は中立)

- ピッチは釣り合う
- ロールは水平に戻る
  - ✓ 上反角による主翼投影面積の違い
- ヨーは止まる
  - ✓ 右の図にあるように、揚力が大きくなった翼の抗力が大きくなるので、首振り(ヨー)が止まり、ロールも戻る

## ● 動安定

- ピッチは収束する
  - ✓ 安定するまでには時間がかかる
- ロールは水平に戻る
  - ✓ 上がる側の翼の迎角は減少
- ヨーは止まる
  - ✓ 垂直尾翼の抵抗で安定



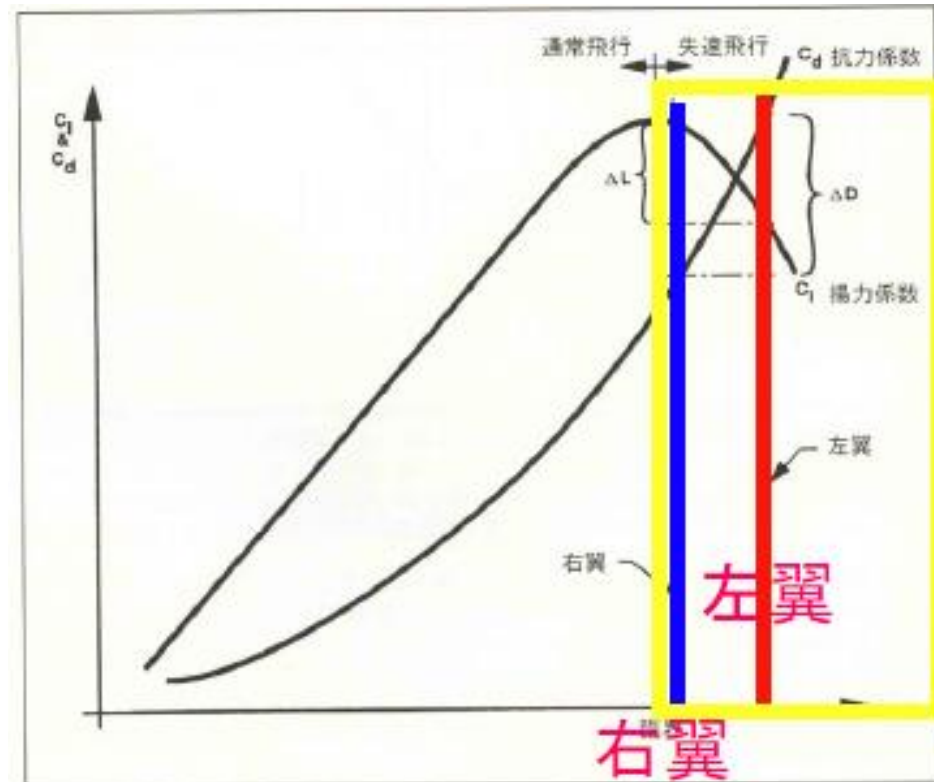


# 機体の安定性(2) 失速の近傍での左旋回

## ● 片翼失速以降は安定性を失う

＜図では、左翼が失速領域にある＞

- ピッチは、主翼の揚力低下に応じて機首下げ
- ロールは戻らない
  - ✓ 旋回の内翼は外翼より低速なので、揚力低下が激しい
- ヨーは止まらない
  - ✓ 右の図にあるように、失速して揚力が減少した翼(左翼)の抗力はさらに大きくなるので、首振り(ヨー)が止まらない





# 課目としてのスピン

- スピン科目の目的
  - 安全に飛行する習慣を身に付け、不注意によるスピンを避けること
    - ✓ スピンは起き得るものと認識すること
    - ✓ スピンへの移行(初期失速)を体得し、そのような状態には入れないことを肝に銘じる
    - ✓ 最小の高度損失となる正しい回復操作を学習し、適用できるようにすること
- 高性能機での注意点
  - 失速時の迎角を超えた後の揚力低下が激しい
  - スパンが大きいと、旋回の内側翼と外側翼の速度差が大きい
    - ✓ 片翼失速しやすい
  - 舵が軽い
    - ✓ オーバーコントロールになりやすい
- 重心が後方時の注意点
  - スピンからの回復が難しくなる
  - スピンからの回復に時間がかかる
  - エレベータが軽くなる(敏感で縦の制御が難しくなる)