

Accidental Spins Off Winch Launches

- ウィンチ曳航中のアクシデンタルスピン -

Bill Scull 著

Sailplane&Gliding 1991.12月/1992.1月号

日口裕二 / 津久井潤 訳

BGA (イギリス滑空協会) の運航主任 Bill Scull 氏は、最近の2件のスピンによる死亡事故...スニッターフィールドでのクラブリベレとシャルボルンでのプハッチ...について、事故原因究明に専心して来た。ここに、彼が取り組み、そして導き出した結論を振り返ってみよう。

(事故例1)

1991年7月14日、ストラトフォードグライダークラブのクラブリベレがウィンチ曳航中に墜落した。翼端を数ft引きずった後離陸したグライダーは、地面を離れるとすぐに急激な上昇姿勢となり、曳航索をつけたまま約80ftの高さでスピンに入った。地面と衝突した際、ほぼ垂直な姿勢だった。

(事故例2)

同年7月28日、シャルボルン滑空協会のプハッチがスピンにより墜落した。練習生は即死、後席教官も数日後死亡した。目撃者によると、グライダーはウィンチ曳航により約1,000ftまで上昇、曳航索を切り離す前にスピンに入った。索は直ちに切り離されたが、グライダーは左に2回転し、一旦リカバリーした。その直後、今度は右にスピンして墜落した。地面に衝突する瞬間、回転は止まっていた。また、グライダーは駐車中の車の上に墜落したが、幸いにも第三者は事故に巻き込まれなかった。

まず、最も重要な点は、グライダーは曳航中であってもスピンに入るという事実だ。そういうケースは100万回の曳航に1回という稀なケースかもしれないが、一旦起こると死亡事故という重大な結果に帰結してしまう。

2件目のプハッチによる事故の後、BGAは「ウィンチ曳航中は失速速度が増大している」という事実を全てのインストラクターに文書で通知した。ウィークリンク(訳者注;ヒューズ)の強度やグライダーの重量を仮定し、さらに通常飛行の2倍の揚力がウィンチ曳航中に発生していると仮定すると、失速速度は41.4%増加すると見積もられたが、事はそう単純な話ではない。

プハッチは曳航の終盤で、クラブリベレは曳航の初期でそれぞれスピンに入った。クラブリベレの事故調査の一環として、私はBGA技術委員でありOSTIV(訳者注;1960年

代来、ウインチ曳航に関する技術的検討を行っている委員会)のメンバーでもある Cedric Vernon 氏に意見を求めた。彼は、曳航初期(上昇角 45° を仮定)には通常の 1G 状態よりも 25~30%程度荷重が増加すると仮定し、広範な条件下で失速速度が増大することを明らかにした論文をまとめあげた。

Cedric 氏は、まさにこのテーマについてのコンピュータプログラムを考案した Frank Irving 氏に協力を要請した。3 日以内に Frank は本文のベースとなる、典型的なスタンダードクラスのグライダーに関する論文を、計算結果に基づいて草稿した。さらに 3~4 日の後には、配布用の論文や図表などが出来上がってきた。でも、ここではたとえ込んでもしまった。一体これらを誰に対して配ればよいのか? 技術的な論文には少なくとも、幾つか数式が含まれることは避けられない。これらは一般的グライダーパイロットの理解を容易にはしない。それどころか、数式は彼らを混乱させ、その結果、そこに示されているメッセージを受け取りそこなうかも知れない。

にもかかわらず、「ウインチ曳航中には失速速度は増大している」ということを正確に理解することは全てのパイロットやインストラクターにとって根幹に関わる知識である。そこで以下に Frank が述べていることを解りやすく整理した形で紹介することとする。それでもなお、理解が難しい場合は、技術的な基礎理論を紐解いていただきたい。

機体に働く力の釣り合いを考えることが、理解の第一歩である。つまり、揚力の鉛直成分は、グライダーの重量、索荷重の下向き成分、そして抵抗の鉛直(下向き)成分と釣り合う事を理解して欲しい。揚力を求めるには、力の分解が必要なので、コンピュータプログラムを用いると都合が良い。

最も重要な点は、曳航中には揚力が相当量増大するという点だ。この時、失速速度の増加率は揚力の増加率の平方根で表わされる。すなわち、揚力が 2 倍になると失速速度は 1.4 倍になるということだ。この揚力の増大分はパイロットが索の張力に対抗させるために操縦桿を引いて曳航を安定させることで得られる。このことから、曳航中は操縦桿を引いたり急旋回をしている時と同じように、あらゆる速度で失速速度までのマージンが少なくなっているのだが、パイロットは G を感じない。そのために通常パイロットは、上昇角と舵の感覚からしか状況を認識できない。

例えば、図 1 は曳航中のケーブル角が 5° の時(曳航の初期段階)にグライダーに働く力を示している。もしパイロットが 50° の上昇経路(上昇角)をとったとすると、そのときに必要な揚力は、49kt で発生できる揚力を上回る。したがって、失速速度はこの場合 49kt となる。これらの数値はクラブリベレの事故に当てはまる。

曳航中の失速速度(必要な揚力が発生可能な揚力を上回る速度)は、ケーブル角とグライダーの上昇経路角(上昇角)に密接に関連していることが、コンピュータによる解析から明らかになった。図 2 の情報から、様々な結論を導きだすことができる。例えば、同じケーブル角 5° に対し、上昇角 47° では失速速度は 47kt になる、といったことだ。上昇経

路角とはどの瞬間においてもグライダーが進んでいこうとする方向のことであり、迎角とかその他の角度と混同しないよう注意を促しておく。

さらに重要な点として、49kt 以上では、もし上昇角が 50° かそれ以上になるとウィークリンクが切れてしまうことだ(これは別のやっかいな問題を生み出すことになる)。しかし、明らかに言えることは、ウインチ曳航中の失速/スピンはウィークリンクが切れることよりも危険だという事実であり、それゆえ最低ウインチ曳航速度の設定が必要になってくる。

この図の意図を理解することは、そこからさらに教訓を得るために、極めて重要である。まず第一に、強度過剰なウィークリンクを使用した場合、例えば 500kp が適正なところ、もう一段階上の 600kp を使用してしまった場合、 55° の上昇角(あなたは考えられない角度だと思われるかもしれないけど)では安全な最小曳航速度は 53kt まで上がってしまうということだ。参考までに、興味ある人のために表 1 にコンピュータの解析例を掲載しておこう。(これらの数値は曳航速度 49kt に対して求められている)

表 1

ウインチ曳航

Frank Irving による、ウインチ曳航中にグライダーにかかる荷重倍数、索張力、主翼付け根の曲げモーメント、抵抗を求めるためのプログラムより得た結果を示す。静的釣り合い状態を仮定している。

以下の表中、荷重倍数は揚力/重量で求められる。索張力はグライダーの重量の倍数で表わされ、主翼根の曲げモーメントは 1G 飛行状態での値の倍数で表わされる。無次元速度は 1G 飛行状態での最大滑空比速度と実際の飛行速度との比で表わされる。

最大滑空比 39

全備重量に対する主翼重量比 0.4

主翼の CG の位置(片翼のスパンに対する比) 0.35

無次元速度 0.961

ケーブル角 5°

最大滑空比 39

全備重量に対する主翼重量比 0.4

主翼の CG の位置(片翼のスパンに対する比) 0.35

無次元速度 1.275

ケーブル角 5°

実際問題として、初期の加速時(エアポーンから安定したスピードが得られるまでの間)、曳航索の巻上げにより顕著な機首上げの傾向が見られる。それに対処するには操縦桿を前方に倒すことが必要になる。さらに、あるグライダーでは操縦桿を最前方にしてもなお機首上げの傾向を示すものもある！ そのようなグライダーが存在しているという事態は急速に改善しているようだが、ウインチ曳航に起因する事故は相変わらず多数を占めているように思える。

1975年にグラスフリーゲル社から出された通達は興味深い。クラブリベレのウインチ曳航速度は54kt~最大65ktで行い、もし曳航速度が46ktを切ったら直ちに曳航を諦めるよう推奨している。また、これらの数値は最近の多くのプラスチック機にも当てはまる。

理論に戻ろう。他のケーブル角でも考察が必要で注目すべきケースが幾つかあることは明らかであろう。図3は、45°と80°のケーブル角についての例を示している。後者の角度は設計要求であるJAR22の値よりも5°大きい値であることを明記すべきであろう。ここでもう一度、最低安全曳航速度を確立しておこう。

- ・45°のケーブル角ではグライダーは50ktでも失速し、その際の上昇角は20°を僅かに超えるくらいの値である。最低安全曳航速度は55ktである。

- ・80°のケーブル角、すなわち曳航の最終段階(上昇角5°以下)でもグライダーは失速する。

この2番目のケーブル角はプハッチ事故の状況に当てはまりそうだ。プハッチとクラブリベレは互いに興味深いスピン特性を持っているので、実際のスピnEnterieに即して考えてみよう。

大抵のパイロットはスピンの初動に入れる時はバンク角の小さい、外滑り旋回で通常の機首姿勢で行うだろう。45°程度の深いバンクによるスピnEnterieを行ってみたことがあるかもしれない。これは標準的なトレーニングのデモとして使われている。次に、あなたはほとんど垂直降下の姿勢でスピンに入れたことがあるだろうか？ 恐らくないだろう。この状況はスピンの回復操作後の急降下姿勢時に操縦桿を急激に引いた時に起こる。結果はどうなるか？ 反対方向にスピンに入ってしまう！ これがプハッチに起こったに違いない。

さらに、急激な機首上げの姿勢でスピンに入れたことはあるだろうか？ もちろんないだろう。なぜなら、あなたは今この文章を読んでいる(つまり生きている)からだ。

理解すべきことは、スピンは潜在的に自分の姿勢をわからなくさせてしまうものであり、特に急激な機首上げ/下げの姿勢、あるいは曲技飛行時に見られるような急激な動きによる異常姿勢下で、その傾向は顕著に表れる。ウインチ曳航では失速は曳航索の張力により、高速になってしまう。基本的にはリカバリーには高度が必要であり、ウインチ曳航ではそれは十分ではないということを肝に銘じておく必要がある。

【まとめ】

多くのパイロットにとって、上記の詳細な情報は恐らく目新しく、2件の事故に関連性があることは明らかだ。

1. ウインチ曳航における初期の急激な上昇姿勢は、失速/スピンの危険性をはらんでおり、一旦失速/スピンに入ってしまうと素早い反応をもってしてもリカバリーは不可能であろう。
2. ウインチ曳航中の失速速度は通常の1.25~1.3倍になるということ。低高度での最善策は、典型的なスタンダードクラスのグライダーで50ktを切らないこと。また、翼面荷重の大きいグライダーではそれ以上の曳航速度が必要になる。
3. 規定以上の強度のウィークリンクを使用することは、より早い速度での失速を引き起こす可能性がある。さらに翼の曲げ荷重も増大するため、最悪の状況を引き起こす。

参考文献：

1. "Stalling speed during a winch launch" by C.O.Vernon(未刊)
2. "Variation of stalling speed on the winch launch" by F.G.Irving(OSTIV 論文として既刊)
3. グラスフリューゲル社の通達(1975年6月3日)