

## 空間識失調 その2

(財)航空医学研究センター 研究・指導部部長

医学博士 三浦 靖彦

今回は、空間識失調のなかでも、「視覚錯覚」によるものを中心にお話しましたが、今回は「内耳」機能に関連して起こる空間識失調について説明してみることにいたします。

もし、一度でも飛行中に空間識失調を経験したことがあるなら、この状態がいかに危険であるか理解されていることでしょうか。この状態は、動揺病、バーティゴ、操縦不能、そして、重大事故につながる前兆だからです。

### 内耳

空間識に関連したほとんどの問題点は、内耳（鉛筆についている消しゴム程度の大きさの感覚器）に由来したものととっても良いでしょう。内耳は頭蓋骨の中にあり、人体の中でも最も守られている器官のひとつです。そして、我々が地上にいるときだけでなく、飛行している際にも、体のバランスを保つための大切な働きをしています。

内耳にある三半規管は、3軸のジャイロと似たような働きをしています。つまり、パイロットの方なら良くご存知のピッチ、ロール、ヨーを感知する器官なのです。内耳からの情報が、視覚や体組織からの情報とうまく統合されている限り、空間識失調に陥ることは少ないといえるでしょう。

### 視覚と内耳

外界の視覚情報や、いわゆる seat-of-the-pants（深部知覚のうち、座面の臀部に対する圧迫の強さによる空間識の認識）による情報が不明瞭になり、内耳からの情報のみに頼るようになると、種々の問題が起こってきます。

内耳の中の液体（リンパ液）は「変化率」にしか反応せず、定常状態になると反応なくなってしまいます。例えば、左にバンクをかけたとき、最初は内耳もこの変化を察知しますが、全くの等速でバンクをかけたとしても、内耳は数秒後には「全く動いていない」という錯覚に陥ってしまいます。

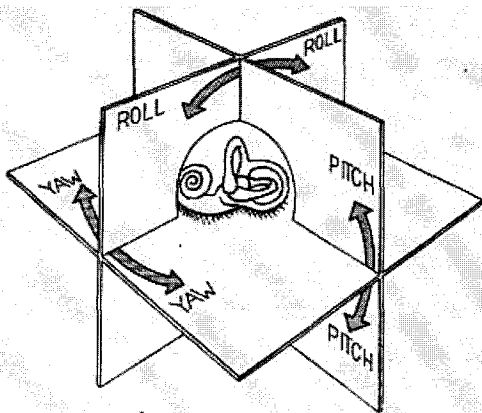


図1 三半規管は、あたかもジャイロのようにロール・ピッチ・ヨー方向への動きを感知する。

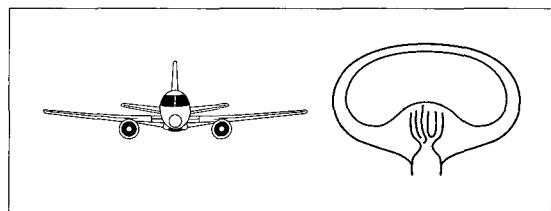


図2 水平状態にあるときは、内耳の中のリンパ液に動きが無いので、感覚毛は直立した状態であり、このことから自分が水平状態にあると認識する。

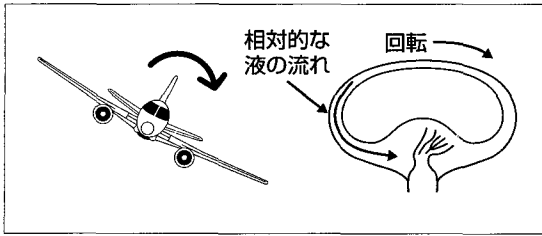


図3 左にバンクし始めると、リンパ液の動きが遅れることにより、感覚毛を左に傾けることになり、自分が左に傾いたことを認識する。

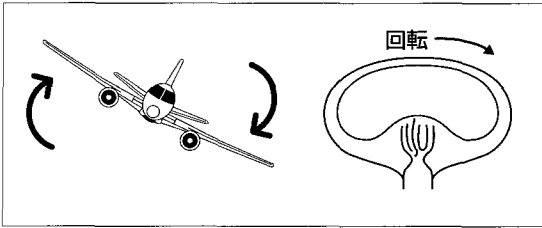


図4 しかし、等速で傾き続けていると、内耳の動きとリンパ液の動きが同じになるため、感覚毛は傾かなくなり、「バンクし続けている」という感覚は消失する。

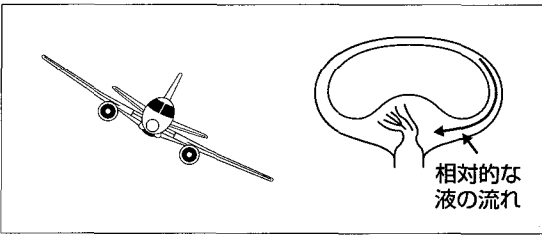


図5 図4で示したような等速の動きが止まると、リンパ液だけが慣性で流れるため、感覚毛を右に傾けることになり、本人は「右に傾き始めた」と錯覚してしまう。

## 錯覚

結果的に、この定常的なバンクが止まった時には、今度は反対側、つまり、右側にバンクがかり始めたという錯覚を感じてしまうのです(図5)。この現象が、悪天候の中(つまり視覚情報の乏しい状態)で、計器なしに飛行するときの最も恐ろしいところなのです。たとえどんなに経験のある優秀なパイロットであろうと、外界の視覚情報の得られない時に、計器なしに飛行すると、たちまち空間識失調に陥ります。というのも、我々が安定した状態にあるために、

視覚情報は有力な、しかも統合の取れた情報を与えてくれるからです。むしろ、このような状況下で最も当てにならないのは、内耳からの情報(右にバンクしている!)なのです。

飛行するという事は、我々地上生活者にとって普通でない状態であり、人間は視覚情報なしに三次元空間で空間識を認識することができない構造になっていることから、このような錯覚が起こってくるのです。したがって、空間識失調に陥る方が自然であると言っても過言ではありません。

## Seat-of-the-pants Flying

計器飛行が必要な天候の中で seat-of-the-pants flying (座面の臀部に対する圧迫の強さにより空間識を認識し飛行すること)は有効なのでしょうか? 例えば、地平線が見えない状況で、旋回をしている飛行機に座っているときに、機首上げになっていると認識できる人がいるのでしょうか? 同様に、座面に対する圧力に感知可能な変化を起こすことなく、緩やかに上昇下降をすることも可能はずです。また、マイナスGを生ずることなく宙返りのできる飛行機もありますから、視覚情報が無ければ、知らずに逆立ちしていることさえあり得るのです。つまり、三半規管に感知されない程度のわずかな変化であるときには、航空機が加速しているのか、減速しているのか、バンクしているのかもわからないということが生じ得るのです。

## 計器飛行

空間識失調を予防する方法は、計器飛行しかありません。しかし、計器飛行証明を持っているだけでは完全ではありません。その技術を以前から習得しているだけでなく、修練し続けなくてはなりません。したがって、もしあなたが計器飛行証明を持っていないのであれば、決して雲中や、視程の悪い状況で飛行しないことです。計器飛行証明を持たないパイロットにとって、視標を失うということは、突然目が見えな

くなるのと同じことなのです。精神的な重圧がかかると共に、20秒以内に空間識を失うことでしょう。そして、悪名高い「墓場へのスピン」(図6)に入ってゆくに違いありません。この墓場へのスピンによると思われる航空機事故は、数年前わが国でも起こっており、読者の方々の記憶にも新しいのではないかと思います。

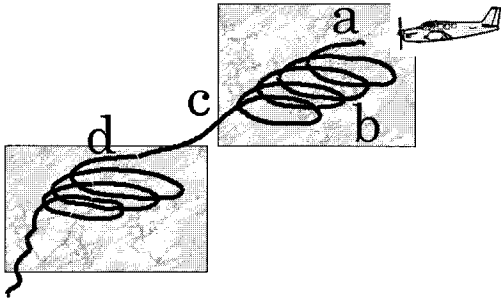


図6 墓場へのスピン

- a. 雲中でバンクがかかったとしても、数秒後にはバンクがかかっていることを知覚しなくなる(図4の状態)。
- b. バンクは徐々に深くなるとともに、機体は旋回・下降・加速を続けることになる。や

がて機体の限界速度を超え分解してしまうか、大地に激突するなどの重大事故となる。

- c. 一旦、雲の切れ間に出たとすると、その際は機体のバンクに気づき、機体を水平に戻すことはできるかもしれない。
- d. しかし、機体を水平に戻した直後に再び雲中に突入すると、図5に示した状態と同じになるため、操縦者は「反対側にバンクしている」という錯覚に陥り、再び機体に元のバンクをかけてしまう。結果的に、bに示す状態に戻ってしまい、事故を起こすことになる。

墓場へのスピンは、計器飛行証明を持たないパイロットだけでなく、これを所持するパイロットでも起こすことが知られています。これは、スピンの状態になった時に、いくつもの計器がめまぐるしく動いているのに反して、自分の感覚では水平飛行していると錯覚しているため、計器を信用できなくなることから来るのです。したがって、前号でも述べたように、計器を信用する以外この状態から脱出することは不可能なのです。

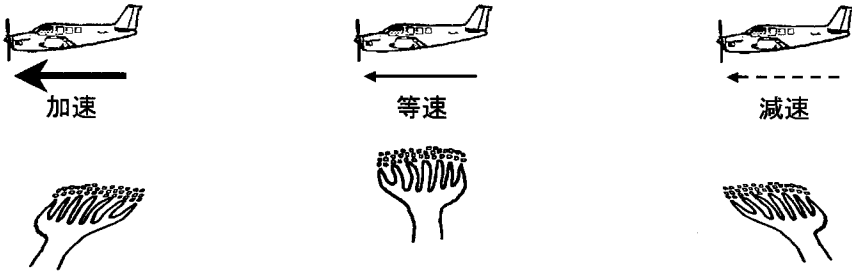


図7 耳石器は、加速時には感覚毛を後方に傾け、減速時には前方に傾けることにより、加・減速を認知します。

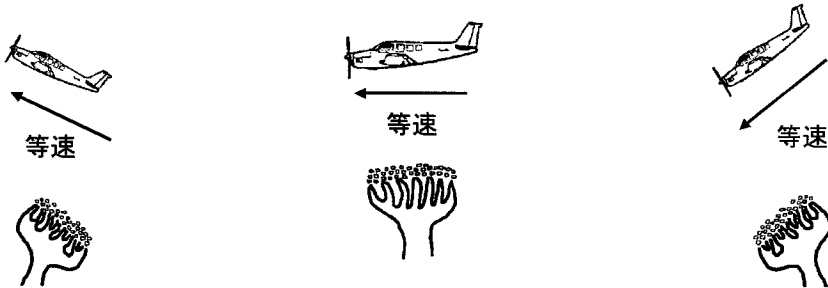


図8 しかし、機首上げ・機首下げの状態の際にも、感覚毛は重力によって傾けられるため、加速・減速と類似の信号を脳に送ってしまいます。

## 耳石器

自動車を勢いよく加速したときに、実際以上に自動車の前部が激しく持ち上がり、急減速したときに強く前のめりになったように感じた経験をもつ人は少なくないと思います。加速・減速を感知する感覚器は耳石器といわれています。耳石器は内耳の卵形嚢及び球形嚢に存在し、感覚毛の上にカルシウム結晶を乗せた構造になっています。主に加速・減速を認知する器官といわれていますが(図7)、上下方向の頭の向きによっても加速・減速と類似の反応をしてしまうことが知られています(図8)。この錯覚により、悪天候で視程の悪い状況でゴー・アラウンドする際に、必要以上に機首上げ状態になったと錯覚し、あわてて機首を下げ、事故に至ったケースが過去に報告されています。

以上、2回に分けて空間識失調について概説いたしました。説明の足りない部分は多々あると思いますが、代表的なものについては説明できたのではないかと思います。

最後になりますが、今回の内容からの勧告と、前回からの繰り返しにはなりますが、空間識失調の予防策を列挙いたします。

- ・IMCの状況で、計器なしに飛行してはいけません。
- ・視覚情報が無いとき、内耳はあなたに誤った情報を与えます。
- ・知らないうちに逆立ちして飛行していることもあり得るのです。
- ・雲中に入り、計器飛行していなければ、20秒以内で空間識失調に陥ります。

### 空間識失調の予防

1. 計器飛行証明を取得し、維持することは重要な予防策です。
2. 夜間または、視界不良な状況で飛行する際は、計器を信用して飛行することが重要です。
3. 飛行プランを作成する際に、地形に関する情報を詳細に知っておかなくてはなりません。
4. 天候の悪化が見込まれる際には、有視界飛行は断念するべきです。
5. もし、飛行中に空間識失調に陥ったなら(ほ

とんどのパイロットが経験していますが)、計器を信用し、自分の体感覚を無視しなくてはなりません。ほとんどの事故は、パイロットが計器を信用できなかったときに起こっています。

6. もし、隣席にもパイロットがおり、あなたが空間識失調に陥ったなら、操縦を隣席のパイロットと交代することです。というのも、二人のパイロットが同時に空間識失調に陥ることは少ないからです。
7. しっかりした知識を身につけ、体験を積み、計器を信用することにより、安全に飛行をすることができるのです。
8. 空間識失調による航空機事故の予防のための最良の方法は、空間識失調をシミュレーター等で実体験しておくことです。

### 参考資料

“DISORIENTATION” or whose gyros can you trust? Medical Facts for Pilots Publication AM-400-90/1, prepared by Aeromedical Education Division,

FSF Editorial Staff. Inadequate Visual References in Flight Pose Threat of Spatial Disorientation. Flight Safety Foundation HUMAN FACTORS & AVIATION MRDICINE 44, 6, 1-6, 1997

Aviation Medicine. Third ed. J. Ernsting et al. edit. BUTTERWORTH HEINEMANN 社

F・H・ホーキンス著 黒田勲 監修. ヒューマン・ファクター —航空の分野を中心として—. 成山堂書店

臨床航空医学：上田泰 監修, (財)航空医学研究センター発行 鳳鳴堂書店

航空医学と安全：東謙一・土屋正興 共著, 鳳文書林出版販売

航空生理訓練(一般訓練)：航空医学実験隊 航空生理訓練科

### 追記

(財)航空医学研究センターのホームページのアドレスが変更になりました。

[www.aeromedical.or.jp/](http://www.aeromedical.or.jp/)

また、ご意見・ご質問は、メールでお気軽にお寄せください。ymiura@aeromedical.or.jp