

空間識失調 [視覚錯覚] について

(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

空間識とは、我々が安静時だけでなく運動中においても、周囲の環境に対して、どのような姿勢をとっているかを認識するために、生まれつき備わっている機能を指します。人間は地上において空間識を維持できるようにデザインされているため、三次元空間である空中を飛行している際には空間識が障害されやすく、時として空間識を維持することが不可能となる場合があります。

わが国における近年の航空機事故の中にも、空間識失調が原因とされているものが散見されます。米国の統計によると、民間航空機事故の5-10%が空間識失調に関係するといわれており、そのうち90%は致命的な事故になっているといわれています。したがって、空間識及び空間識失調について、正しい認識を持ち、空間識失調に陥った際の対処法を知ることは、重大な航空機事故の予防策のひとつと考えられます。

空間識失調は、視覚錯覚によるものと、体重力錯覚によるものに大別されますが、今回は、空間識失調のなかでも、視覚錯覚に焦点を当てて説明いたします。

地上における空間識

正確な空間識は、視覚・前庭機能（内耳にある平衡感覚器）および深部感覚（皮膚・筋肉・腱・関節に存在する受容体の動きによる）からの情報を認知・統合・推定することにより達成されます。つまり、直線加速度・角加速度・重力の変化は前庭器官や深部感覚によって認知され、脳で視覚情報と比較・対照されることによ

り、空間識を認知します。

飛行中の空間識

飛行中は、さまざまな感覚器（視覚・平衡感覚および深部感覚）からの、強さ・方向・頻度の異なる刺激があるため、空間識を維持することは困難となります。

これらの感覚のずれ（ミスマッチ）により、錯覚がおこり、空間識失調に陥りやすくなるのです。

視覚と空間識

地上にいる時だけでなく、飛行中など、特に周囲環境が動いている際に、空間識を維持するためには、視覚情報が最も重要な情報を提供します。たとえ鳥でも、雲や霧の中など、視覚が遮られた状況で空間識を維持しながら飛ぶことは難しいのです。コウモリの場合は、視覚を、超音波を利用した聴覚に置き換えることにより、視覚情報なしに飛ぶことができます。

したがって、我々人間が、視覚が限定される状況で、空間識を維持することが困難であるといっても、全く驚くべきことではないことが理解できると思います。

中心視野

中心視野は、物体を認識し、色調を理解する機能を有しています。計器飛行中（IFR）は中心視野を利用して、計器から情報を得て、脳で

処理することにより空間識に関する情報を認識しています。有視界飛行（VFR）においては（単眼であれ両眼であれ）、パイロットは中心視野により、距離や速度、深度などの情報を処理して外部環境を認識しています。

周辺視野

周辺視野は、自己および周囲の物体の動きを認識することにより、空間識を維持することに寄与しています。この機能は、中心視野とは独立して機能するため、我々は本を読みながら歩行することもできるのです。

周辺環境の動きにより、我々が立ったまま、もしくは座ったままで動かずにいるのに、自分が動いたように錯覚するのは、周辺視野の機能によるものです。

視標

視標があることにより我々は以下に示すように見えた物の距離や速度、深度に関する情報を得ることができます。

1. 異なる距離にある物体の大きさの比較
2. 異なる距離にある物体の形状の比較
3. 網膜を横切る動きにより、物体の速度を比較する（近くの物体のほうが遠くのものより早く動くように見える）
4. 既知の物体の位置を推定する（ある物体が他の物体の前に位置するとき、手前の物体のほうが自分の近くにある）
5. テクスチャーやコントラストの変化を認識する（距離が離れると物体のテクスチャーやコントラストが薄くなる）
6. 光や影を見て、物体の照度の違いを認識する
7. 遠くの物体のほうが、ぼんやりとぼやけて見えることにより、見えた物体の空間的な違いを認識する

パイロットは、一般的に、地平線を参照することにより、飛行中の機体の姿勢維持を行って

います。また、地平線がはっきりしない時には、真下の景色を参照しながら機体の姿勢維持をしています。地平線も、真下の景色も見えないときは、機体の姿勢維持のための情報は、姿勢表示計や、他の計器に頼るしかありません。

VFRの条件下においても、煙・霧・霞・埃・雹や他の気象現象によって、地表や地平線が不明瞭になることがあります。特に沼や湖、海の近くの空港や、周囲に何も無い孤立した空港においては、このような状況になりやすく、視覚情報を入手しがたいことがあります。

大地や地平線を確認できない状況は、海上飛行、夜間飛行や低視度飛行の時に、よく起こります。

視覚錯覚 (Visual Illusions)

視覚錯覚は、我々にとって、非常に身近なものです。子供の頃、私たちは、線路が地平線の向こうで交わらないことを学びます。視界が良好な場合でも、視覚錯覚は起こることを理解しなくてはなりません。

進入及び着陸時の錯視（Aerial Perspective Illusions）により、機体の最終アプローチの角度を変化（増加もしくは減少）させてしまうことがあります。これらは、滑走路の幅の違い、滑走路が上り傾斜か、下り傾斜か、また、最終アプローチの真下の大地が上り傾斜か、下り傾斜かによって、様々な錯覚が起こってきます。

パイロットは通常、図1に示すような正常な最終アプローチを学びます。

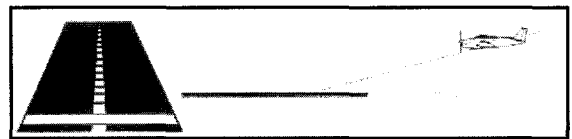


図1

しかし、手前の台地が平坦な、昇り勾配のある滑走路に進入する際は、高度が高いという視覚錯覚に陥ります。この錯覚を信じてしまうと、高度を下げ過ぎてしまい、事故に陥る可能性が出てきます。（図2）

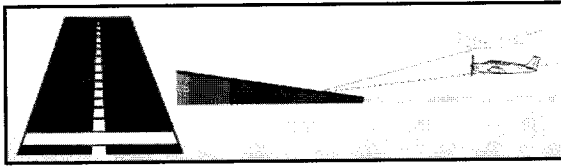


図 2

手前の台地が平坦な、下り勾配のある滑走路に進入する際は、高度が低いという視覚錯覚に陥ります。この錯覚を信じてしまうと、操縦機の高度を上げようとして機首を持ち上げ、ストールに陥ったり、進入を失敗する可能性が出てきます。(図 3)

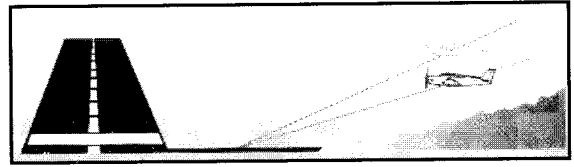


図 5

極端に狭く、長い滑走路に進入すると、高度が高いという視覚錯覚に陥ります。この錯覚を信じてしまうと、操縦機の高度を下げ過ぎてしまい、事故に陥る可能性が出てきます。(図 6)

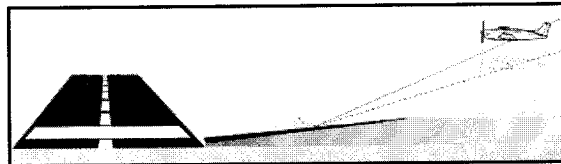


図 3

手前の台地に上り勾配のある、平坦な滑走路に進入する際は、高度が低いという視覚錯覚に陥ります。この錯覚を信じてしまうと、操縦機の高度を上げようとして機首を持ち上げ、ストールに陥ったり、進入を失敗する可能性が出てきます。(図 4)

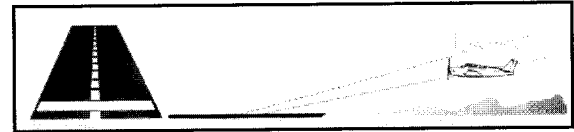


図 6

極端に太い滑走路に進入すると、高度が低いという視覚錯覚に陥ります。この錯覚を信じてしまうと、操縦機の高度を上げようとして機首を持ち上げ、ストールに陥ったり、進入を失敗する可能性が出てきます。(図 7)

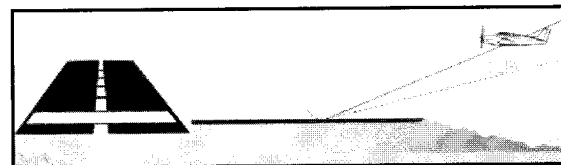


図 4

手前の台地に下り勾配のある、平坦な滑走路に進入する際は、高度が高いという視覚錯覚に陥ります。この錯覚を信じてしまうと、操縦機の高度を下げ過ぎてしまい、事故に陥る可能性が出てきます。(図 5)



図 7

ブラックホール現象 (Black-Hole Approach Illusion) は、特に星や月明かりの無い場合の水上や、地平線が見えない暗黒の大地に滑走路誘導灯のみが見えるような夜間の着陸時の起き易いといわれています。図 8 のように大地に対する認識を助けるような周辺視野が無効な場合、人間は機首上げ状態で、かつ左上がりの滑走路のように誤認しやすいものです。しかし、図 9 のように地平線が見えていれば、中心視野を利用して、自身の位置を正確に判断できます。

最も重大なブラックホール現象は、滑走路の前方には全く明かりが無く、滑走路の向こう側に町の明かりや盛り上った大地がある場合です。

この状況では、最終進入高度が高いという錯覚に陥り、高度を下げ過ぎてしまうことがあります(図10)。

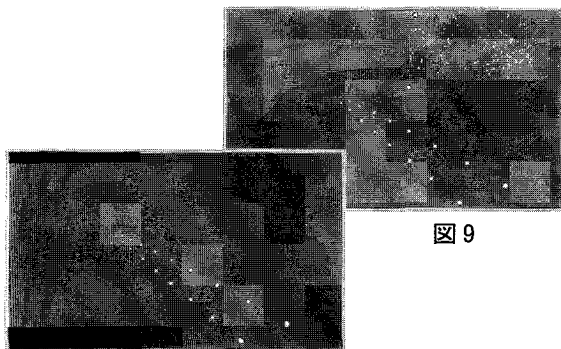


図9

図8

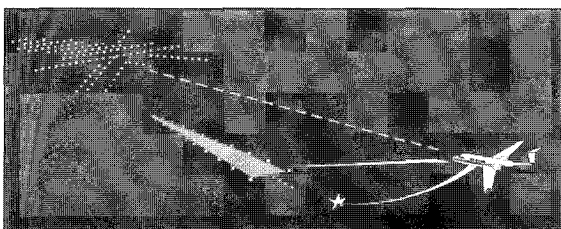


図10

自動運動錯覚 (Autokinetic Illusion) とは、本来動いていない物体が航空機の進路上を動いているように錯覚することです。これは、地上の明かりや星などの実際には動いていない一点の光が、暗黒の背景の中に見える時に起こります。この現象により、この光を発する物体が自機に衝突するコースにあると錯覚し、極端な回避行動を取ってしまうことがあります(図11)。しかし、実際は、視界の中で動かない場合の方が危険であることを覚えておかななくてはなりません (Collision course)。

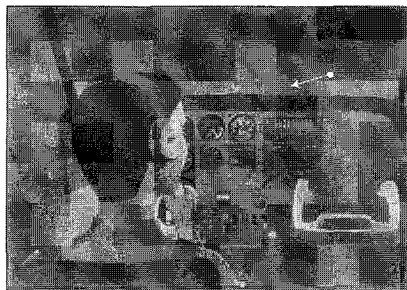


図11

間違った視標に基づく錯覚 (False Visual Reference Illusions) は、地平線を誤認することにより生じます。これは、傾いた雲の上を飛行する時、大地の輪郭が不鮮明で地上の光と星の区別がつかない時の夜間飛行、また、大地の輪郭が不鮮明で、空は星も無い全くの暗黒で、地上の光が鮮明な場合(図12)などに起こります。

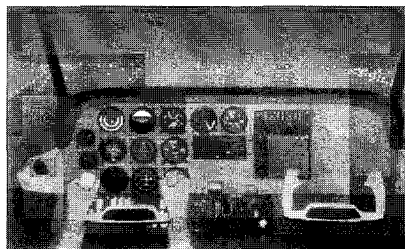


図12

相対運動による錯覚(Vection Illusion)は、自動車で信号待ちをしている時に、隣の車が前方にゆっくり進んだ際に、あたかも、自分の車が後退したと錯覚し、ブレーキに力を入れてしまうという錯覚として、多くの人を経験していることと思われます。このような現象は、タクシングの最中に起こることがあります(図13)。

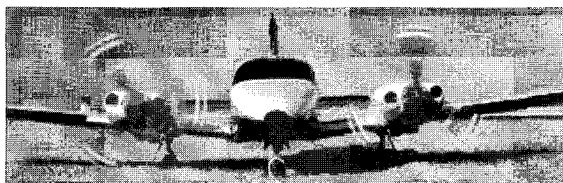


図13

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覚えておかな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、空間識失調を自ら実体験することです。しかし、実機で体験するには危険が伴いますので、バラニーチェア、空間識失調トレーナー（図14）、VRSDD（Virtual Reality Spatial Disorientation Demonstrator；図15）などが、模擬訓練装置として開発されています。空間識失調を実体験しておくことにより、パイロットは実際の飛行中に空間識失調に襲われても、的確に反応できるように

なります。残念ながら、わが国では、空間識失調を体験できる施設の整備が不十分なのが現状です。現在（財）航空医学研究センターでは、簡易型視覚錯覚シミュレーターを開発中です。近日中に試作機が出来上がる予定です。是非楽しみにしてください（図16）。

参考文献

Melchor J. Antunano. Spatial Disorientation – Visual illusions –. Medical Facts for Pilots; AM-400-00/1, FAA Civil Aeromedical Institute Aeromedical Education Division 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

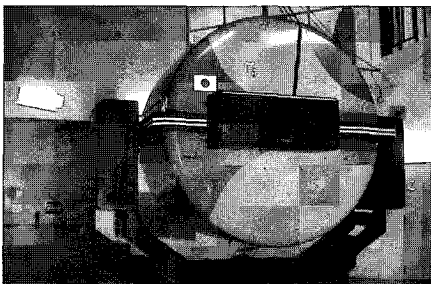


図14（写真提供 航空自衛隊）



図15 VRSDD (Virtual Reality Spatial Disorientation Demonstrator)

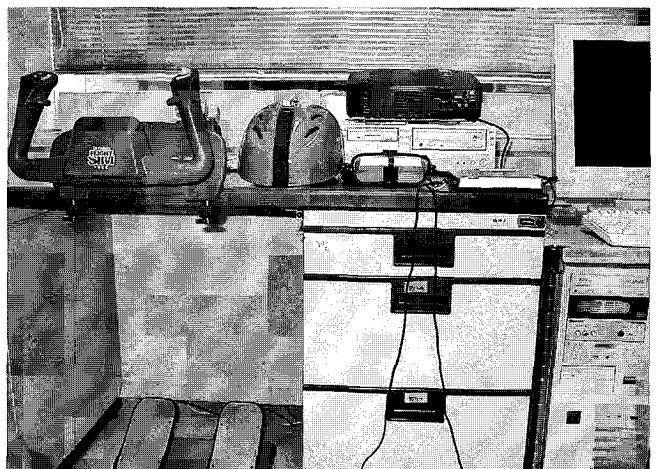


図16