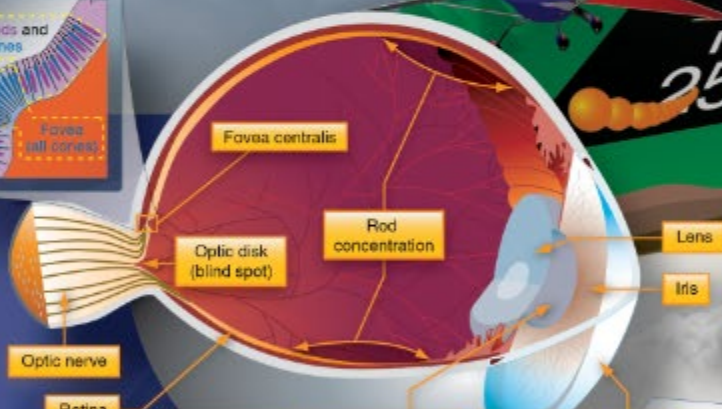
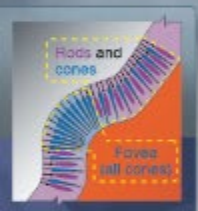


## 第17章

# 航空医学的要因

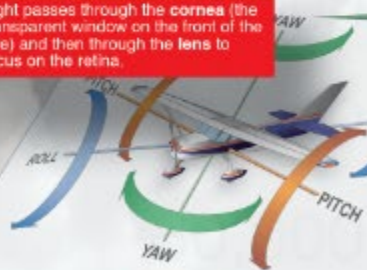
### 序論

パイロットは、実行される飛行の種類に必要な精神的および身体的な基準を認識することが重要である。この章では、航空身体検査証明および飛行活動に関連するさまざまな航空医学的要因に関する情報を提供する。

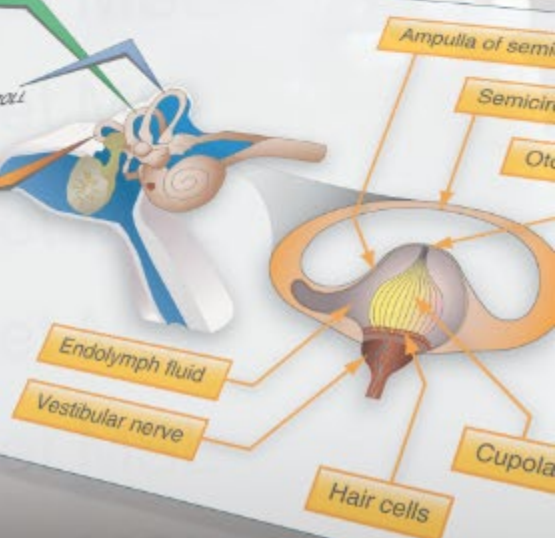


**PUPIL**  
The pupil (aperture) is the opening at the center of the iris. The size of the pupil is adjusted to control the amount of light entering the eye.

**CORNEA**  
Light passes through the cornea (the transparent window on the front of the eye) and then through the lens to focus on the retina.



The semicircular tubes are arranged at approximately right angles to each other in the roll, pitch, and yaw axes.



## 航空身体検査証明書の取得

ほとんどのパイロットは、技能証明書の権限を行使するために有効な航空身体検査証明書を持っている必要がある。グライダーと自由気球のパイロットは、航空身体検査証明書を携帯する必要はない。（訳注：日本ではグライダー操縦士も必要）スポーツパイロットは、航空身体検査証明書または有効な州の運転免許証を携帯すればよい。航空身体検査証明書または運転免許証が必要かどうかにかかわらず、14 CFR 61.53は、パイロットが安全な方法で航空機を操作できない医学的状态を知っている、または知る理由がある場合、すべてのパイロットが乗組員として行動しないことを要求している。

航空身体検査証明書の取得には、民間航空宇宙医学研究所（CAMI）によって指定された航空医学の訓練を受けた医師である指定航空身体検査医（AME）による検査が必要である。航空身体検査証明書には3つのクラスがある。必要な証明書のクラスは、パイロットが実行する飛行の種類によって異なる。（訳注：日本では操縦士の資格によって異なる。）

自家用またはレクリエーションの操縦士技能証明書には、サードクラスの航空身体検査証明書が必要である。40歳に達していない個人には5年間有効である。それ以外の場合は、2年間有効だ。事業用操縦士証明書には、少なくともセカンドクラスの航空身体検査証明書が必要である。これは1年間有効である。ファーストクラスの航空身体検査証明書は定期運送用操縦士に必要であり、操縦士が40歳以下であれば1年間有効である。40歳以上は6ヶ月間有効だ。

（訳注：日本では身体検査証明のクラスは第1種と第2種の2クラスに分かれており、資格別に必要なクラスが異なり、業務内容で下位クラスの身体検査証明でも良いとする規定はない。また、有効期限もFAAとは異なるので、注意すること。）

証明書の上位クラスについては、基準はより厳密である。上位クラスの航空身体検査証明書を持つパイロットは、下位クラスの要件も満たしている。必要な医療クラスは、それが必要とされるパイロット証明書の特権を行使する場合にのみ適用されるため、事業用証明書の特権を行使する場合、ファーストクラスの航空身体検査証明書は1年間有効であり、自家用の技能証明書またはレクリエーションの技能証明書の特権を行使するために、必要に応じて、2年または5年間有効である。同じことは、セカンドクラスの航空身体検査証明書にも当てはまる。航空身体検査証明書の基準は連邦規則集（14 CFR）パート67のタイトル14に含まれており、航空身体検査証明書の取得するための要件は14 CFRパート61に記載されている。

視力障害、手足の喪失、聴覚障害などの身体的制限がある訓練生には、飛行の学習中に「訓練生のパイロット特権のみ」に有効な航空身体検査証明書が発行される場合がある。障害のあるパイロットは、対麻痺のパイロ

ト用のハンドコントロールなど、航空機に特別な機器を設置する必要がある場合がある。一部の障害では、個人の証明書に制限が必要である。たとえば、聴覚障害には、「無線の使用を必要とする飛行には無効」という制限が必要になる。すべての知識、経験、および習熟度の要件が満たされ、生徒が通常の安全レベルで航空機を操作する能力を実証できる場合、「実証された能力のステートメント」（SODA）を発行できる。この免除、またはSODAは、身体的障害が悪化しない限り有効である。このテーマの詳細については、地元の飛行基準地区事務所（FSDO）に問い合わせること。（訳注：このパラグラフの記述はFAA独自のもので、日本には適用できない。日本では指定航空身体検査医で不合格とされた場合、国土交通大臣の判定により、条件をつけて合格とされる場合がある。）

FAAの医療基準、14 CFRパート67では、「病歴または臨床診断」によって失格とみなされる15の医学的状态を指定している。これらの状態の1つが診断および治療された時期に関係なく、14 CFRパート67、セクション67.401で説明されているように、「特別な発行承認」と呼ばれるプロセスを介さない限り、操縦士に航空身体検査証明書を発行することはできない。特別な発行とは、FAA連邦航空外科医による裁量的な発行であり、発行された航空身体検査証明書の期間中、操縦士が安全に飛行できることを証明するために、FAAが決定した特別なテストを十分に完了する必要がある。特定の失格条件には以下が含まれる：

- 経口血糖降下薬またはインスリンを必要とする糖尿病
- 狭心症
- 治療された、または治療されていない場合、症候性または臨床的に重大な冠動脈性心疾患
- 心筋梗塞
- 心臓弁の交換
- 永久心臓ペースメーカー
- 心臓の置換
- 精神病
- 双極性障害
- 明白な行為によって繰り返し現れるほど深刻な人格障害
- 物質依存（アルコールを含む）
- 薬物乱用
- てんかん
- 十分な原因の説明のない意識障害
- 原因の十分な説明のない神経系機能の一時的な制御の喪失

ただし、このリストには必須の失格条件のみが含まれている。FAAによって規制に記載されていない場合でも失格とみなされる規制の一般的な医学的条件のセク



ションに該当する他の多くの医学的条件がある。がん、腎臓結石、パーキンソン病や多発性硬化症などの神経および神経筋病状、特定の血液障害、および時間とともに進行する可能性があるその他の病状などは、航空身体検査証明書が発行される前にFAAによる確認が必要である。(訳注: 不合格になる条件は概ね日本と同じであるが、詳しくは「航空身体検査マニュアル」を参照のこと。)

覚えておくべき重要なことは、ごくわずかな例外はあるものの、不適格病状であってもすべては考慮され、飛行が特別に行われる可能性があるということである。病状は安定しているという満足のいく医療文書をFAAに提示できれば、認可を受ける資格を得られる可能性が高くなる。

## パイロットの能力に影響を与える健康要因 および生理学的要因

多数の健康要因と生理学的影響が飛行に関連している。軽微なものもあれば、飛行の安全を確保するために特別な注意を要するほど重要なものもある。場合によっては、生理学的要因が機内の緊急事態につながる可能性がある。パイロットが知っておくべき重要な医学的要因には、低酸素症、過呼吸、中耳および副鼻腔の問題、空間識失調、乗り物酔い、一酸化炭素(CO)中毒、ストレスと疲労、脱水、および熱中症が含まれる。他の問題には、スキューバダイビング後の血液中の過剰な窒素、アルコールや薬物の影響、不安が含まれる。

### 低酸素症

低酸素とは、「酸素の減少」または「酸素不足」を意味する。とても長い間酸素が失われると、どの組織も死ぬが、飛行中の低酸素に関する最大の懸念は、酸素欠乏に特に弱い脳の酸素不足である。飛行中に精神機能が低下すると、生命を脅かすエラーが発生する可能性がある。低酸素症は、酸素の不十分な供給、酸素の不十分な輸送、または体組織が酸素を使用できないことを含むいくつかの要因によって引き起こされる可能性がある。以下は原因に基づく低酸素症の形態である。

- 低酸素性低酸素症
- 低血性低酸素血症
- うっ滞性低酸素症 (停滞性低酸素症)
- 組織中毒性低酸素症

### 低酸素性低酸素症

低酸素性低酸素症は、身体全体が利用可能な酸素が不十分な結果起こる。気道の閉塞と溺死は、肺から酸素を奪う分かりやすい例だが、高高度での酸素分圧の減少はパイロットにとって典型的な例である。大気中の酸素の割

合は一定だが、大気圧が低下すると、その分圧は比例して低下する。航空機が飛行中に上昇するとき、大気中の各ガスの割合は同じままだが、呼吸器系の膜の間を通過するために必要な圧力で利用可能な分子はより少なくなる。十分な圧力での酸素分子の数のこの減少は、低酸素性低酸素症につながる可能性がある。

### ドライアイスの輸送の危険性

昇華は、物質が中間液体状態を通過することなく固体から気体状態に移行するプロセスである。ドライアイスは大量のCO<sub>2</sub>ガスに昇華し、酸素を含む空気を急速に置換し、二酸化炭素中毒を介して低酸素症を引き起こす可能性がある。ケーススタディでは、操縦室や飛行機などの狭い場所でドライアイスを輸送する場合、職業的暴露および/または意図しない暴露によって病気と死の両方が引き起こされることが示されている。高濃度のCO<sub>2</sub>ガスへの暴露は、呼吸の増加、頻脈、不整脈、および意識消失を引き起こす可能性がある。10パーセントを超える濃度のCO<sub>2</sub>ガスにさらされると、けいれん、昏睡、および/または死を引き起こす可能性がある。

ドライアイスが急速に昇華する傾向は、適切な換気がなければ急速に加圧できることも意味する。このため、ドライアイスは密閉された輸送容器(つまり、漏れ防止の二次容器)に入れてはならず、CO<sub>2</sub>ガスを放出して加圧を避けるために十分な換気を可能にする外側の輸送容器または保管容器に入れる必要がある。漏れのない容器内にドライアイスを密封すると、容器が爆発し、重傷または死亡につながる可能性がある。

### 低血性低酸素症

低血性低酸素症は、血液が体内の細胞に十分な量の酸素を取り込んで輸送できない場合に発生する。Hypemicは「血液が足りない」という意味である。このタイプの低酸素症は、吸入酸素の不足ではなく、血液中の酸素欠乏の結果であり、さまざまな要因によって引き起こされる。これは、血液量の減少(重度の出血による)、または貧血などの特定の血液疾患が原因である可能性がある。多くの場合、酸素を輸送する実際の血液分子であるヘモグロビンが化学的に酸素分子と結合できないため、低酸素血症が起こる。低酸素症の最も一般的な形態は、CO中毒である。これについては、この章の後半で詳しく説明する。低血性低酸素症は、献血による失血によっても引き起こされる可能性がある。献血後、血液量が正常に戻るまでに数週間かかる場合がある。失血の影響は地上レベルではわずかだが、この期間に飛行すると危険がある。

### 停滞性低酸素症

停滞とは「流れない」ことを意味し、肺の酸素が豊富な血液が何らかの理由でそれを必要とする組織に移動していないときに停滞性低酸素症または虚血が生じる。

血流が誤って遮断されたために腕や脚が痺れるのは、うっ滞性低酸素症の一形態である。この種の低酸素症は、ショック、心臓が効果的に血液を送り出せない、または狭窄した動脈からも発生する可能性がある。飛行中、うっ滞性低酸素症は重力の過度の加速 (Gs) で発生する可能性がある。気温が低い状態でも循環が低下し、四肢に供給される血液が減少する。

### 組織中毒性低酸素症

細胞が酸素を効果的に使用できないことは、組織中毒性低酸素症と定義されている。「Histo」とは組織または細胞を指し、「toxic」とは毒性を意味する。この場合、十分な酸素がそれを必要とする細胞に輸送されているが、それを利用することができない。この細胞呼吸の障害は、アルコールや麻薬や毒などの他の薬物によって引き起こされる可能性がある。調査によると、1オンス（約28グラム）のアルコールを飲むと、2,000フィートの生理学的高度に相当することが示されている。

### 低酸素症の症状

高高度飛行は、パイロットを低酸素状態にする危険性がある。酸素欠乏は、脳やその他の重要な臓器の機能障害を引き起こす。低酸素症の最初の症状には、多幸感と楽天的感じが含まれる。酸素欠乏が増加すると、四肢の反応が鈍くなり、飛行の円滑性が低下する。低酸素症の症状は個人によって異なるが、一般的な症状は次のとおりである：

- チアノーゼ（指の爪や唇が紫色になる）
- 頭痛
- 刺激に対する反応の減少と反応時間の増加
- 判断力の低下
- 多幸感
- 視力障害
- 眠気
- 立ちくらみまたはめまい感
- 指やつま先のうずき
- しびれ

低酸素状態が悪化すると、視野が狭くなり始め、機器の解釈が困難になる可能性がある。これらのすべての症状があっても、低酸素症の影響により、パイロットは誤った安心感を抱き、すべてが正常であると誤解される可能性がある。

### 低酸素症への対応

低酸素症への対応には、低酸素症の影響を受けない高度への降下および/または酸素補給が含まれる。すべてのパイロットは、物理的な耐久性や順応に関係なく、酸素欠乏の影響を受けやすいものである。

高高度を飛行する場合、低酸素の影響を避けるために酸素を使用することが最も重要である。「有効意識時間」という用語は、パイロットが所定の高度で酸素を補給せずに合理的に命を救う決定を下し、それらを実行できる最大時間を表す。高度が10,000フィートを超えると、低酸素症の症状は重症度が増し、有効意識時間は急速に減少する。[図 17-1] 低酸素症の症状は個人ごとに異なる可能性があるため、低圧チャンバーでの「飛行」中に低酸素症の影響を経験し、目撃することで、低酸素症を認識する能力を大幅に向上させることができる。連邦航空局 (FAA) は、オクラホマ州オクラホマシティの FAA CAMI および米国内の多くの軍事施設で実施される航空生理学トレーニングを通じてこの機会を提供している。高度試験室とめまいのデモンストレーションを含む FAA の 1 日の生理学的トレーニングコースについては、FAA の Web サイト ([www.faa.gov](http://www.faa.gov)) を参照。（訳注：残念ながら現在日本でこの施設を持っているのは、防衛省のみであり、一般の操縦士への公開はしていない。）

### 過呼吸

過呼吸は、血液からの二酸化炭素の異常な損失につながる過度の呼吸と深さである。この状態は、一般的に認識されているよりもパイロットの間で頻繁に発生する。完全に無力化することはめったにないが、これに関する知識のない操縦士を混乱させるような症状を起し、不安にさせる事がある。そのような場合、呼吸数の増加と不安が問題をさらに悪化させる。過呼吸は、呼吸の制御を取り戻すための呼吸器系の優先メカニズムにより、意識不明につながる可能性がある。

予期しないストレスの多い状況に遭遇したパイロットは、無意識のうちに呼吸数を増加させる可能性がある。酸素の有無にかかわらず、より高い高度で飛行する場合、パイロットは通常よりも速く呼吸する傾向があり、これはしばしば過呼吸につながる。

過呼吸の症状の多くは低酸素症の症状と類似しているため、適切な状態を正しく判断して対応することが重要である。酸素マスク等を使用する場合は、機器と流量をチェックして、症状が低酸素症に関連していないことを確認する。

高 度	有効意識時間
45,000 feet MSL	9 - 15 秒
40,000 feet MSL	15 - 20 秒
35,000 feet MSL	30 - 60 秒
30,000 feet MSL	1 - 2 分
28,000 feet MSL	2½ - 3 分
25,000 feet MSL	3 - 5 分
22,000 feet MSL	5 - 10 分
20,000 feet MSL	30 分以上

図 17-1. 有効意識時間。

過呼吸の一般的な症状は次のとおりである：

- ・ 視力障害
- ・ 無意識
- ・ 立ちくらみまたはめまい感
- ・ チクチクする感覚
- ・ 温冷感
- ・ 筋肉のけいれん

過呼吸への対応には、体内の適切な二酸化炭素レベルの回復が含まれる。呼吸は通常、過呼吸の最良の予防と最良の治療法の両方である。呼吸速度を遅くすることに加えて、紙袋を口にあてて呼吸するか声を出して話す、過呼吸を克服するのに役立つ。通常、呼吸数が正常に戻ると急速に回復する。

### 中耳および副鼻腔の問題

上昇および降下中に、以前はさまざまな体腔に存在していた遊離ガスは、体外の空気の圧力と体内の空気の圧力の差により膨張する。膨張したガスの放出が妨げられると、空洞内に圧力が蓄積し、痛みが生じる。閉じ込められたガスの膨張は、耳の痛みと副鼻腔の痛みのほか、聴力の一時的な低下を引き起こす。

中耳は、頭蓋骨の骨にある小さな空洞である。鼓膜によって外耳道から閉ざされる。通常、中耳と外界との間の圧力差は、耳の内側から両側の喉の背部に至る耳管と呼ばれるチューブによって均等化される。これらのチューブは通常閉じているが、咀嚼、あくび、または嚥下中に開いて圧力を均等にする。外圧と中耳圧のわずかな差でさえ、不快感を引き起こす可能性がある。[図 17-2]

上昇中、中耳の空気圧が外耳道の空気圧を超えて、鼓膜が外側に膨らむことがある。パイロットは、「充満」と「通常に戻る」という交互の感覚を経験すると、この圧力の変化に気付く。降下中には、逆のことが起こる。外耳道内の空気の圧力は増加するが、高度で低い圧力と等しくなった中耳腔は、外耳道よりも低い圧力になる。これにより、外圧が高くなり、鼓膜が内側に膨らむ。

この状態は、耳管内の部分的な真空が耳管の壁を収縮させる傾向がある、ため緩和するのがより困難になる可能性がある。一時的に聴力の低下を引き起こすこの痛みを伴う症状を改善するには、鼻孔を閉じて口と唇を閉じ、口と鼻にゆっくりと優しく息を吹き込む。

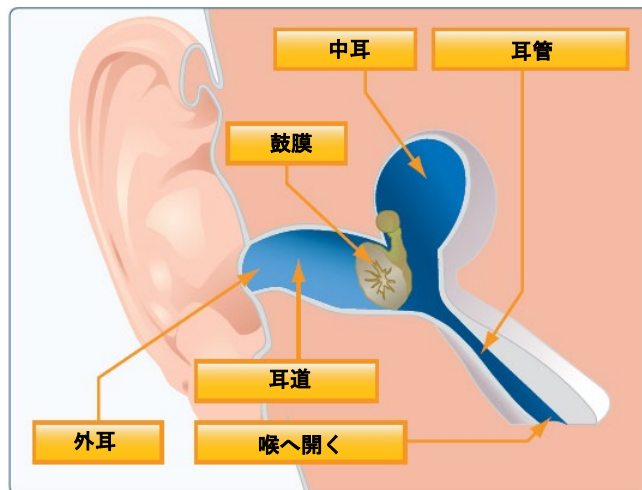


図 17-2. 耳管により、中耳の空気圧が均等になる。

この手順により、空気が耳管を通して中耳に押し込まれる。パイロットが風邪、耳の感染、喉の痛みがある場合、耳の圧力を均等化することは不可能である。この状態での飛行は、鼓膜に損傷を与えるだけでなく、非常に痛みを伴う場合がある。わずかなうっ血を経験する場合、点鼻薬または点鼻スプレーは痛みを伴う耳の閉塞のリスクを減らすことができる。薬を使用する前に、AMEで確認して、飛行能力に影響しないことを確認すること。（訳注：点鼻薬等は場合によっては航空業務中の使用を禁止されているものがあります。使用に際しては、航空身体検査医の指導を受けてください。）

同様に、副鼻腔内の空気圧は、副鼻腔を鼻腔に接続する小さな開口部を介して操縦室内の圧力と等しくなる。風邪や副鼻腔炎などの呼吸器感染症、または鼻のアレルギー症状は、開口部の周囲に鬱血を引き起こし、均等化を遅らせることがある。副鼻腔と操縦室の間の圧力差が大きくなると、鬱血が開口部を塞ぐ可能性がある。この「洞ブロック」は、降下中に最も頻繁に発生する。下降速度が遅いと、関連する痛みを軽減できる。洞ブロックは、各眉の上にある前頭洞、または各上頬にある上顎洞に発生する可能性がある。通常、副鼻腔領域に耐え難いほどの痛みをもたらす。上顎洞ブロックは、上歯が痛むこともある。血性粘液が鼻腔から排出されることがある。

副鼻腔ブロックは、上気道感染症や鼻アレルギーを持った状態で飛行しないことで回避できる。副鼻腔開口部の周囲の鬱血を軽減するための充血除去剤のスプレーまたはドロップによる通常の保護は十分ではない。口内充血除去剤には、パイロットの性能を損なう可能性のある副作用がある。着陸後しばらくしても洞ブロックが解消されない場合は、医師に相談する必要がある。



## 空間識失調と錯覚

空間識失調とは、具体的には、空間での飛行機の位置、姿勢、または動きに関する方向感覚の欠如を指す。身体は3つの統合されたシステムを使用しており、これらのシステムが連携して空間の方向と動きを確認している。

- 前庭器官—内耳にある器官で、バランスによって位置を感知する
- 体性感覚系—皮膚、筋肉、および関節の神経で、聴覚とともに、重力、感覚、および音に基づいて位置を感知する
- 視覚システム—目に見えるものに基づいて位置を感知する目

この情報はすべて脳内に集まっており、ほとんどの場合、3つの情報の流れは一致しており、身体がどこどのように動いているかの明確な思考を与える。飛行により、これらのシステムが矛盾した情報を脳に供給し、見当識障害を引き起こすことがある。有視界気象状態（VMC）での飛行中、目が主要な方向感覚の情報源であり、通常は他の感覚系からの誤検知よりも優先される。計器気象状態のように、これらの視覚的情報が途絶えると、誤った感覚によりパイロットがすぐに混乱する可能性がある。

内耳の前庭器官により、パイロットは動きを感知し、周囲の環境の中で方向を判断できる。左右の内耳の両方で、3つの半規管が互いにほぼ直角に配置されている。[図 17-3] 各管は液体で満たされ、細い毛でいっぱいの部分がある。内耳の任意の方向への加速により、小さな

毛がたわみ、神経インパルスが刺激され、脳にメッセージが送信される。前庭神経は、動きを理解するために、卵形囊、球形囊、半規管からのインパルスを脳に伝達する。

体性感覚系は、皮膚、関節、筋肉からの信号を脳に送り、これらの信号は地球の重力に関連して解釈される。これらの信号は姿勢を決定する。各動きからの入力により、脳に対する体の位置が常に更新される。「経験と勘による」飛行は、これらの信号に大きく依存している。視覚情報と前庭器官情報とを組み合わせると、これらの感覚はかなり信頼できる。しかし、身体は重力による加速度と航空機の操縦から生じる加速度を区別できず、感覚的な錯覚や航空機の姿勢と動きの誤った感覚につながる可能性がある。

通常の飛行状態では、地平線と地面を視覚的に参照すると、内耳の感覚システムが航空機のピッチ、ロール、ヨーの動きを識別しやすくなる。地平線との視覚的な情報が失われると、前庭器官は信頼できなくなる。航空機の外側に視覚的な情報がない場合、通常の動きと力の組み合わせが説得力のある錯覚を作り出し、それを克服するのは難しい状況が多くある。

通常、予防は空間識失調の最良の対策である。パイロットが計器飛行の訓練に何時間も費やしていない限り、視界が悪い場合や、地平線が見えない夜間は飛行を避ける必要がある。パイロットは、飛行計器に完全に依存するための訓練と認識と学習を通じて、見当識を失うような錯覚に対する感受性を減らすことができる。

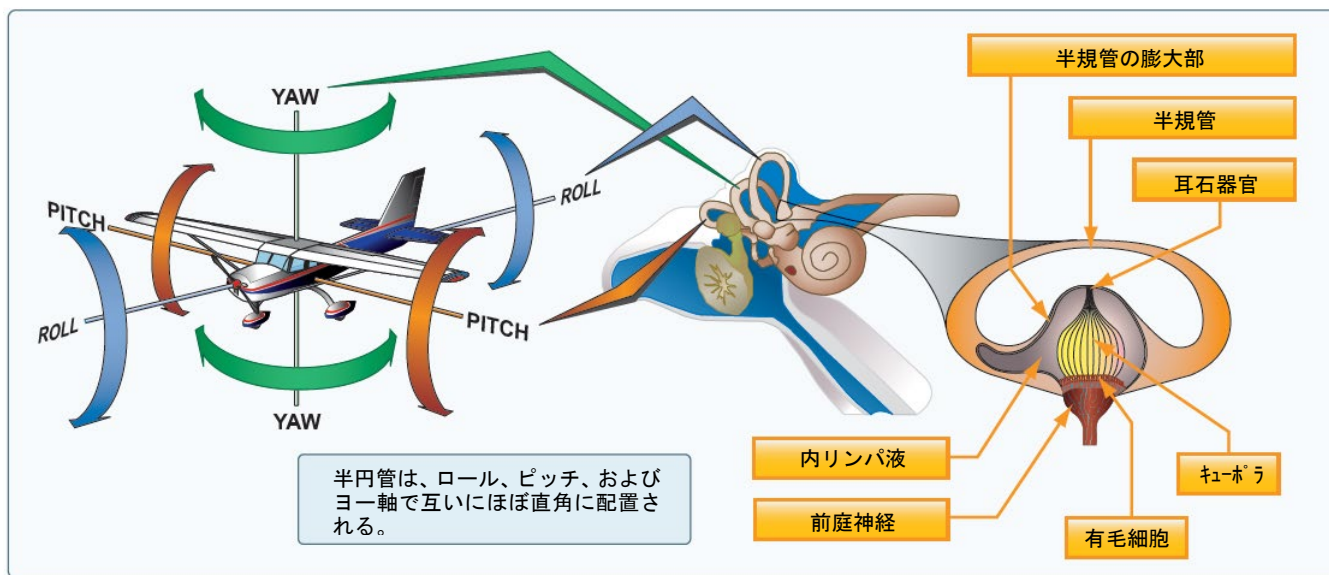


図 17-3. 半規管は3つの平面にあり、ロール、ピッチ、ヨーの動きを感知する。

## 前庭錯覚

### 傾き

傾きと呼ばれる状態は、飛行中の最も一般的な錯覚であり、パイロットが気付かなかつた緩やかで長時間の旋回の後、水平飛行に突然戻ることによって引き起こされる。パイロットがこのような緩やかな回転に気付かない理由は、人間が毎秒2度以下の回転加速度にさらされると、半規管の検出しきい値を下回るためである。[図 17-4] そのような方向転換後に翼を水平にすると、航空機が反対方向に傾いているように見える場合がある。このような錯覚に応じて、パイロットは正しい垂直姿勢の知覚を取り戻すための修正をしようとして、元の旋回の方に傾くことがある。

### コリオリ錯覚

「コリオリ錯覚」は、パイロットが外耳道内の液体が外耳道と同じ速度で移動するのに十分な長さの旋回を行ったときに発生する。操縦室の別の部分にあるものを見るなど、別の平面での頭の動きは、流体の動きを設定し、まったく異なる軸で回転または加速しているような錯覚を引き起こす可能性がある。この行動により、パイロットは機体が正しく操縦したように応答していないと判断する。頭が混乱したパイロットは、航空機の認識された姿勢を修正しようとして、航空機を危険な姿勢に操縦する場合がある。

このため、パイロットは最小限の頭の動きでクロスチェックまたはスキャンをすることが重要である。操縦室内のチャートやその他の物体を取ろうとするときは注意すること。何かは落とされた場合は、頭部の動きを最小限に抑えて拾い、コリオリの錯覚に注意する。

### 死の螺旋降下

他の錯視のように、調整された一定の速度で長時間旋回しているパイロットは、旋回していないという錯覚を経験する場合がある。水平飛行への回復中に、パイロットは逆方向に旋回する感覚を経験し、混乱したパイロットは航空機を元の方に戻す。航空機は、旋回に入ると、パイロットが揚力の損失を補償しない限り、航

空機は徐々に高度を失う傾向があるため、パイロットは高度の損失に気付く場合がある。この場合パイロットは旋回している感覚がないため、水平降下しているように錯覚する。パイロットは、降下を止めたり、上昇したりするために、操縦装置を引くことがあるだろう。この行動により、スパイラルが強められ、高度の損失が増加する。この錯覚は「死の螺旋降下」と呼ばれる。[図 17-5] これにより、航空機の制御が失われる可能性がある。

### 人体加速錯覚

離陸時に経験されるような急速な加速は、頭を後ろに傾けるのと同じ方法で耳石器官を刺激する。この行動は、特に視覚的参照の悪い条件で、機首を上に向けた姿勢の「人体加速錯覚」として知られるものを作り出す可能性がある。頭が混乱したパイロットは、機体の機首を低くしたり、急降下姿勢にすることがある。スロットルを急激に絞ることで急激に減速すると、逆の効果が得られ、操縦士は頭が混乱して機首を上にしたたり失速したりする。



図 17-5. 死の螺旋降下

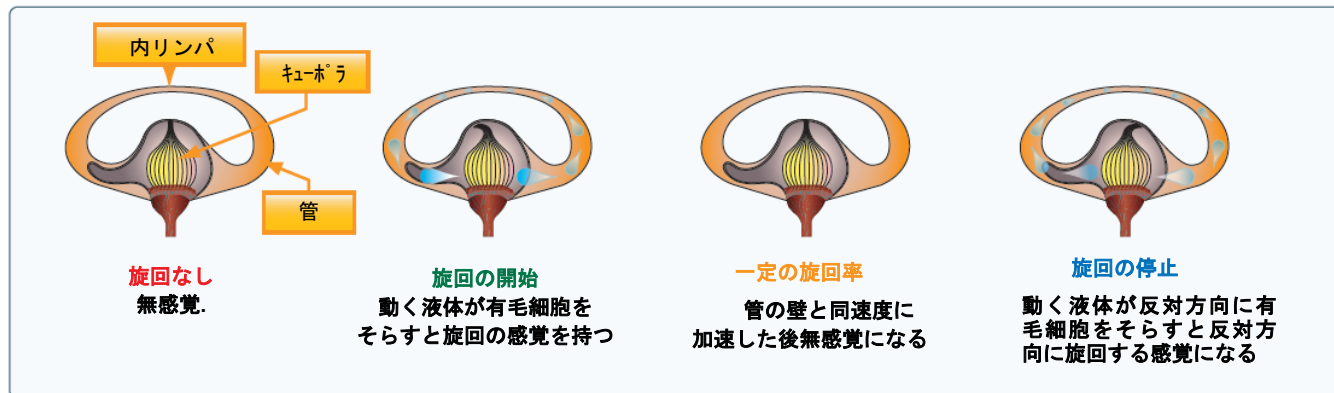


図 17-4. 角加速度の人間の感覚。

### 転向性錯覚

上昇から直線水平飛行への急激な変化は、耳石器官を刺激して、「転向性錯覚」として知られる後方への転倒の錯覚を作り出すことがある。頭が混乱したパイロットは機体を急激に機体の機首を低くする姿勢に押し下げ、この錯覚を強める可能性がある。

### 上下錯覚

上昇気流で発生する可能性のある急激な上向きの垂直加速度は、耳石器官を刺激して、上っているような錯覚を引き起こす可能性がある。これは「上昇錯視」として知られている。頭が混乱したパイロットは、機体の機首を低くするかもしれない。通常、下降気流での急激な下向きの垂直加速度は、頭が混乱したパイロットが航空機を機首上げ姿勢に引っ張るといった逆の効果をもたらす。

### 視覚的な錯覚

パイロットは正確な情報を得るにあたり目に頼っているため、視覚的な錯覚は特に危険である。空間的見当識障害につながる2つの錯覚、偽の地平線と自動運動は、視覚システムのみに影響する。

### 疑似水平線

傾斜した雲の形成、不明瞭な地平線、オーロラ、地上の光と星で広がる暗いシーン、および地上の光の特定の幾何学的パターンは、航空機を実際の水平線に合わせようとする時、不正確な視覚情報または「疑似水平線」を提供する。結果として頭が混乱したパイロットは、航空機を危険な姿勢にする可能性がある。

### 自動運動

暗闇の中で飛行している場合、固定されたライトを長時間凝視すると、動くように見える場合がある。その結果、パイロットは、知覚された移動光に航空機を合わせようとする可能性があり、潜在的に航空機の制御を失う。この錯覚は「自動運動」として知られている。

### 姿勢に関する考慮事項

(人体の) 姿勢システムは、皮膚、関節、筋肉からの信号を脳に送る。これらの信号は、地球の重力に関連して解釈される。これらの信号は姿勢を決定する。各動きからの入力により、脳に対する体の位置が常に更新される。「経験と勘による」飛行は、これらの信号に大きく依存している。視覚的および前庭器官の手がかりと組み合わせて使用すると、これらの感覚はかなり信頼できる。しかし、特定の飛行状況で身体に作用する力のために、重力に打ち勝つ加速力によって多くの誤った感覚が発生する可能性がある。[図 17-6] これらの状況には、調和されていない旋回、上昇旋回、乱気流が含まれる。

### 空間識失調のデモンストレーション

監督下での操作により、パイロットは多くの空間識失調を体験することができる。通常、各操作は特定の錯覚を生み出すが、誤った感覚は見当識障害のデモンストレーションである。したがって、これらの操作中に感覚がなくても、感覚の欠如は、傾斜またはロールを検出できないことを示すため、依然として効果的なデモンストレーションである。

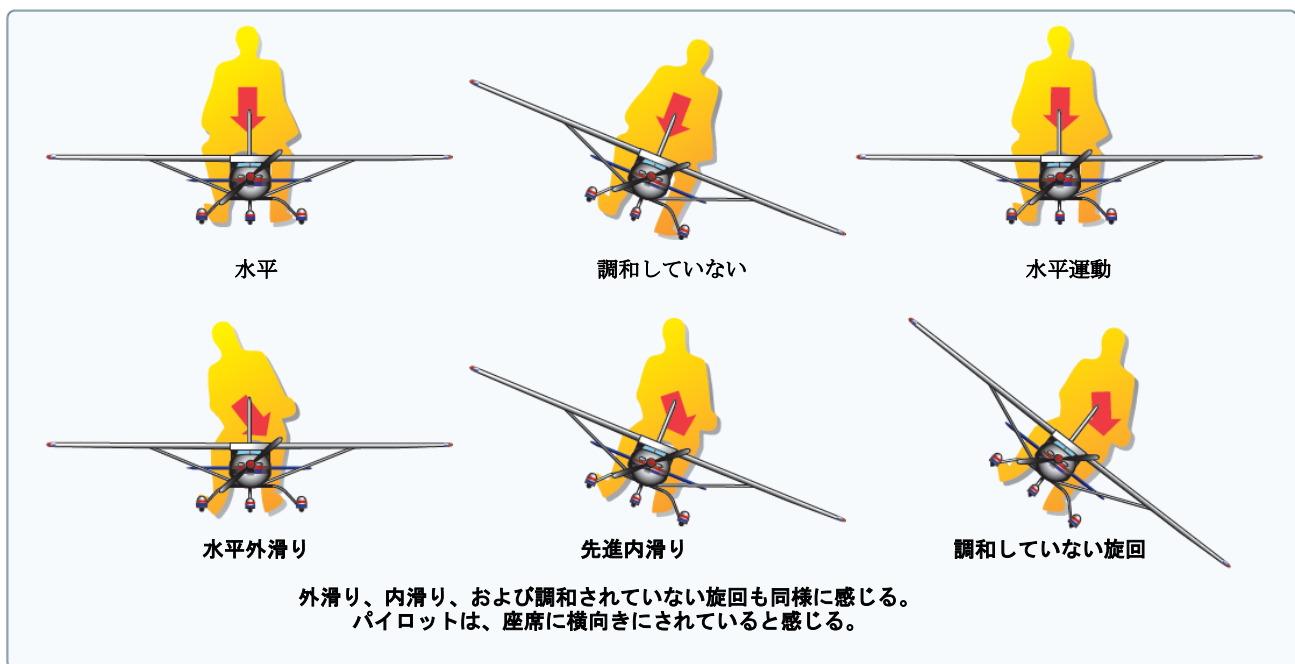


図 17-6. 遠心力による感覚。



これらのさまざまな操作を実証するために、いくつかの目的がある。

1. パイロットに、空間識失調に対する人間のシステムの感受性を理解するように教える。
2. 体の感覚に基づいた航空機の姿勢の判断がしばしば誤っていることを示す。
3. 航空機の動き、頭の動き、および結果として生じる見当識障害の関係をよりよく理解することにより、見当識障害の発生および程度を減らすのに役立つ。
4. 航空機の真の姿勢を評価するために、飛行計器に依存することはより大きな自信を植え付けるのに役立つ。

パイロットは、低高度で、または飛行教官や適切な安全指導パイロットがいない場合は、これらの操作を試みてはならない。

### **加速しながら上昇**

パイロットの目が閉じた状態で、インストラクターパイロットは数秒間、直線水平姿勢でアプローチ対気速度を維持し、その後、直線水平姿勢を維持しながら加速する。この操作中の通常の錯覚は、視覚的な参照なしで、航空機が上昇しているというものである。

### **旋回しながら上昇**

パイロットの目は閉じたままで、航空機は直線水平姿勢で、インストラクターパイロットは比較的遅いレートで、約1.5の正のG（約50°傾斜）のうまく調和された旋回に入れ、90度程度継続させる。旋回では、外部の視覚的参照がなく、わずかに正のGの影響下で、生成される通常の錯覚は上昇の錯覚である。上昇を感知したら、パイロットはすぐに目を開けて、ゆっくりと確立された調和的な旋回が上昇と同じ感覚を生み出すことを確認する必要がある。

### **回転しながら急降下**

前の手順を繰り返すが、旋回からの回復が約半分完了するまでパイロットの目を閉じたままにしておくと、旋回中に急降下の錯覚を引き起こす可能性がある。

### **右または左に傾く**

パイロットの目を閉じて、直線水平姿勢で、インストラクターパイロットは、翼レベルで左に中程度またはわずかな外滑りを実行する。これにより、体が右に傾いているように見える。

### **運動の反転**

この錯覚は、3つの運動面のいずれでも実証できる。パイロットの目を閉じて、まっすぐ水平になっている間、インストラクターパイロットは機首方位とピッチの姿勢

を維持しながら、機体を約45°バンクにスムーズかつ積極的に入れる。これにより、反対方向の強いロール感覚の錯覚が生まれる。この錯覚に気付いた後、パイロットは目を開き、航空機が傾いた姿勢にあることを観察する必要がある。

### **垂直面を超えた急降下またはローリング**

この操作は、極端な見当識障害を引き起こす可能性がある。水平飛行中、パイロットは目を閉じたり、視線を床に下ろしたりして、通常どおりに座っている必要がある。インストラクターパイロットは、傾斜30°または40°の角度に向かって正の調和したロールを開始する。このロールの最中に、パイロットは頭を前に傾けて右または左に目を向け、すぐに頭を直立位置に戻す。インストラクターパイロットは、パイロットが頭を垂直に戻すときにロールが停止するように、操縦のタイミングを計るべきである。通常、この操縦によって激しい見当識障害が生じ、パイロットはロールの方向に下向きに落ちる感覚を経験する。

これらの操作の説明では、インストラクターパイロットが飛行を行っているが、パイロットに飛行をさせることも非常に効果的なデモンストレーションである。パイロットは目を閉じて、頭を片側に傾ける。インストラクターパイロットは、実行する制御入力をパイロットに伝える。パイロットは、目を閉じて頭を傾けた状態で正しい姿勢を確立するか、入力を制御しようとする。パイロットが実際の姿勢を理解していないことは明らかだが、感覚が言っていることに反応する。しばらくすると、パイロットは混乱し、インストラクターパイロットはパイロットに上を向いて回復するよう指示する。この演習により、パイロットは航空機の飛行中に見当識障害を体験できる。

### **空間識失調への対処**

錯覚とその潜在的な悲惨な結果を防ぐために、パイロットは次のことができる：

1. これらの錯視の原因を理解し、常にそれらに注意を払う。バラニーの回転椅子、Vertigon、バーチャルリアリティ空間的見当識障害のデモンストレーターなどのデバイスで、空間的見当識の錯覚を体験する。
2. 飛行前の気象予報を常に入手して理解する。
3. IMC ぎりぎりの視程（3 マイル未満）で飛行、または夜間の外洋上の飛行など、目に見える水平線がはっきりしない場所での飛行に先立って、計器を参照して訓練を行い、航空機制御の習熟度を維持する。
4. 飛行計器の使用に習熟していない限り、悪天候や夕暮れや暗闇に飛び込まない。夜間に飛行する場合は、夜間飛行の最近の飛行経験と習熟度を維持する。（訳注：日本では一般の操縦士に対する最近の飛行経験に関する基準はない。）これにはさ

さまざまな飛行場でのクロスカントリーおよび現地での運用が含まれる。

5. 外部の視覚参照物を使用する場合、それらが地球の表面上の信頼できる固定点であることを確認する。
6. 特に離陸、旋回、着陸の際には、頭を突然動かさない。
7. 悪視程下での飛行に際しては、体調を万全にして臨む。適切な休息と十分な食事を確保し、夜間に飛行する場合は暗順応を考慮する。病気、投薬、アルコール、疲労、睡眠不足、軽度の低酸素症は、空間識失調に陥る可能性が高いことを忘れない。
8. 最も重要なことは、飛行計器の使用に習熟し、それらに依存することである。計器を信頼し、感覚的知覚を無視する。

計器気象状態中に錯覚を引き起こす感覚は、パイロットが経験する通常の知覚である。これらの望ましくない感覚を完全に防止することはできないが、訓練と認識を通じて、パイロットは飛行計器に絶対的に依存することでそれらを見放すまたは抑制することができる。パイロットが計器飛行に習熟するにつれて、パイロットはこれらの錯覚とその影響を受けにくくなる。

### 目の錯覚

感覚のうち、視覚は安全な飛行のために最も重要である。しかし、さまざまな地形の特徴と大気の状態によって、錯覚が生じる可能性がある。これらの錯覚は主に着陸に関連している。パイロットは、計器への依存から、計器進入の終了時において着陸するための操縦室外の視覚的参照物に移行する必要があるため、これらの錯覚に関連する潜在的な問題を認識し、適切な是正措置を講じることが不可欠である。着陸失敗につながる主要な錯覚は以下に説明されている。

#### 滑走路幅錯視

通常より狭い滑走路は、特に滑走路の長さとの関係が比較可能な場合に、航空機が実際よりも高い高度にあるという錯覚を引き起こす可能性がある。[図 17-7] この錯覚を認識しないパイロットは、より低い進入経路で飛行するため、進入経路に沿って物体にぶつかったり、定点より手前に接地する危険性がある。通常よりも幅の広い滑走路は、これとは逆の影響があり、パイロットが高起こしてハードランディングしたり、接地点を過ぎたりするリスクがある。

#### 滑走路と地形の傾斜錯視

上り坂の滑走路、上り坂の地形、またはその両方は、航空機が実際よりも高い高度にあるという錯覚を引き起こす可能性がある。[図 17-7] この錯覚を認識しないパイロットは、より低い進入経路で飛行する。滑走路の

下り勾配や地形下り勾配は、逆の影響がある。

#### 特徴のない地形錯視

周囲の地面の特徴が存在しない場合、暗い水上での進入や雪で覆われた特徴のない地形では、航空機が実際よりも高い高度にあるという錯覚を引き起こす可能性がある。「ブラックホール進入」と呼ばれることもあるこの錯覚により、パイロットは必要以上に低い進入経路で飛行することがある。

#### 水の屈折

風防に雨が降ると、地平線がより低く見えるため、より高い高度にいるような錯覚を引き起こす可能性がある。これにより、パイロットがより低い進入経路で飛行する可能性がある。

#### 霧

大気の霧は、滑走路からの距離と高さが大きいという錯覚を引き起こす可能性がある。その結果、パイロットの進入経路は低くなる傾向がある。逆に、非常に澄んだ空気（高度の高い空港の晴天状態）は、パイロットに実際よりも近くにいるような錯覚を与え、接地点を過ぎたり着陸復行となり得る高い進入経路となる。風防上の水の粒子による光の拡散は、深度知覚に悪影響を及ぼす可能性がある。着陸中に高さを目測するために通常使用されるライトと地形の特徴は、パイロットにとって効果が低くなる。

#### 霧

霧の中に飛び込むと、機首上げのような錯覚を起こすことがある。この錯覚を認識しないパイロットは、しばしば進入経路を突然深くする。

#### 地上照明の錯視

道路や動いている電車の照明など、まっすぐな道に沿った照明は、滑走路や進入灯と間違われる可能性がある。特に周囲の地形を照らす照明がほとんどない場合、明るい滑走路と進入灯システムは、滑走路までの距離が短いという錯覚を引き起こす可能性がある。この錯覚を認識しないパイロットは、しばしばより高い進入経路を使用する。

### 錯視による着陸エラーを防ぐ方法

これらの錯覚と潜在的に危険な結果を防ぐために、パイロットは次のことができる：

1. 特に夜間や悪天候下で、なじみのない空港への進入中に錯視の可能性を予測する。滑走路の傾斜、地形、照明に関する情報については空港の図と米国航空地図補足(旧空港/施設要覧)を参照。(訳注：日本では AIP を参照のこと。)

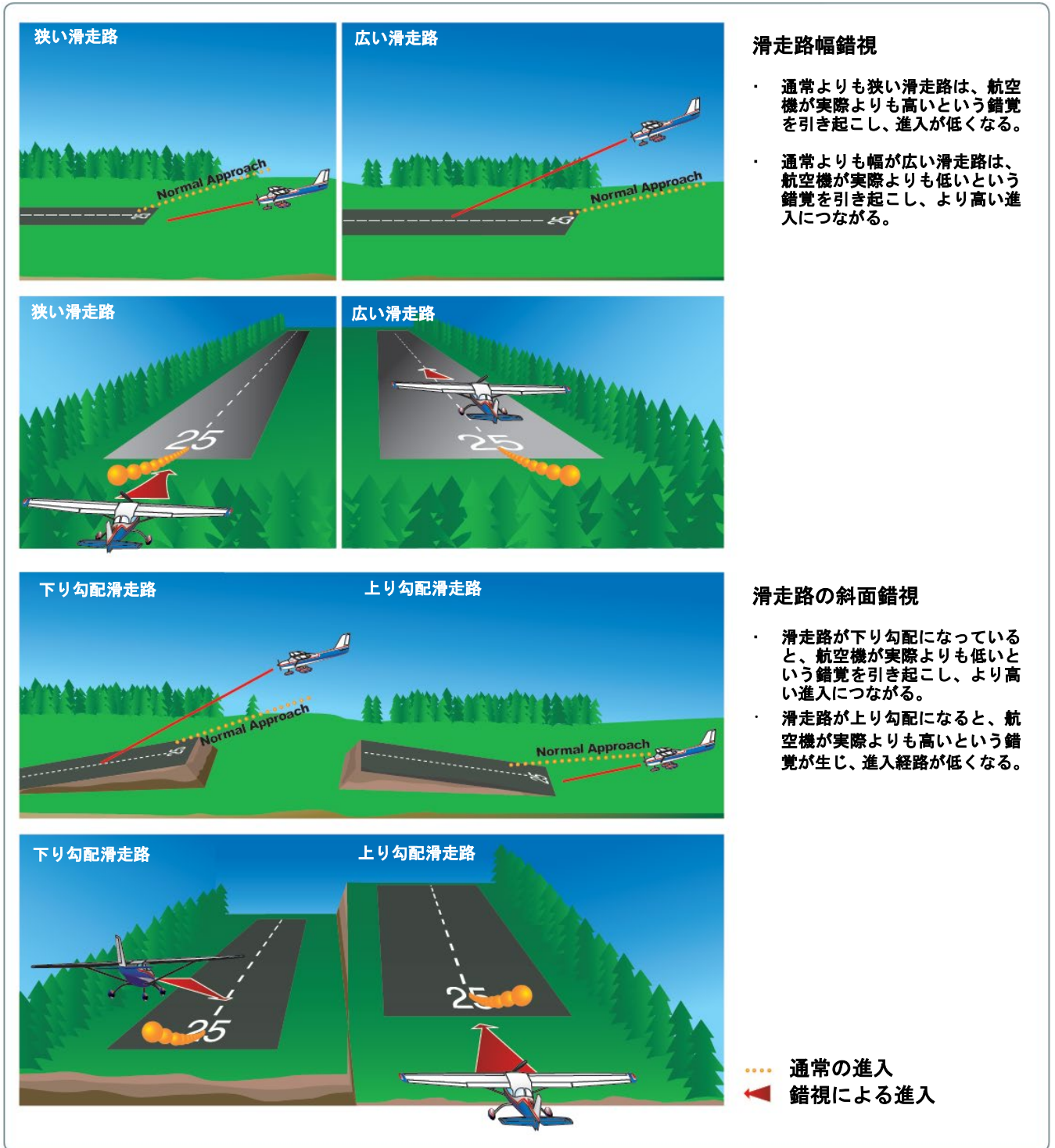


図 17-7. 滑走路の錯覚。

- 特に昼夜を問わず、すべての進入で高度計を頻繁に参照する。
- 可能であれば、着陸前に見慣れない空港の周辺を目視で確認を実施する。
- 視覚的参照物、または電子グライドスロープを利用できる場合は、入角指示灯 (PAPI) システムを使用する。
- 多くの非精密進入のアプローチチャートにある目視降下点 (VDP) を利用する。



6. 緊急事態やその他の操作等が通常の手順から注意をそらすと、進入中の事故につながる可能性が高まることを認識する。
7. 着陸手順の最適な習熟度を維持する。

前庭系への誤解を招く入力による感覚的な錯覚に加えて、パイロットは飛行中にさまざまな視覚的錯覚に遭遇することもある。錯覚は、致命的な航空事故の原因として挙げられる最も一般的な要因の1つである。

傾斜した雲の形成、不明瞭な地平線、地面の光と星が広がる暗いシーン、および地面の光の特定の幾何学的パターンは、実際の地平線と正しく整理していないような錯覚を引き起こす可能性がある。着陸時に遭遇するさまざまな表面の特徴と大気の状態は、間違った進入経路にいるような錯覚を引き起こす可能性がある。これらの錯覚による着陸エラーは、進入中にそれらを予測し、着陸前に慣れていない空港を調査し、利用可能な場合は電子グライドスロープまたはPAPIシステムを使用し、着陸手順の熟達度を維持することで防止できる。

### 乗り物酔い

乗り物酔い、または飛行機酔いは、脳が体の状態に関する矛盾するメッセージを受け取ることによって引き起こされる。パイロットは最初の飛行中に乗り物酔いを経験するかもしれないが、一般的に最初の数回のレッスンで消える。フライトトレーニングの開始時に経験される可能性のある不安やストレスは、乗り物酔いの一因となる。乗り物酔いの症状には、一般的な不快感、吐き気、めまい、蒼白、発汗、嘔吐が含まれる。

飛行機酔いを経験することは、パイロットとしての能力を反映するものではないことを覚えておくことが重要である。乗り物酔いしやすい場合は、フライトインストラクターに知らせること。この問題を克服するために使用できるテクニックがある。たとえば、乱流状態でのレッスンは、航空機に慣れるまで避けるか、短い飛行から始めて、指導時間を徐々に長くする。レッスン中に乗り物酔いの症状が発生した場合、外気孔を開け、飛行機の外の物体に焦点を合わせ、不必要な頭の動きを避けることで、不快感を軽減することができる。ドラミンなどの薬は乗客の酔いを防ぐことができるが、眠気やその他の問題を引き起こす可能性があるため、飛行中は推奨できない。（訳注：日本では使用禁止）

### 一酸化炭素（CO）中毒

COは、すべての内燃機関によって生成される無色で無臭のガスである。血液中のヘモグロビンに酸素よりも約200倍簡単に付着するCOは、ヘモグロビンが細胞に酸素を運ぶのを妨げ、低酸素血症を引き起こす。体はCOを処分するのに最大48時間かかる。重度の場合、CO中毒により死亡する可能性がある。特にエンジン排気シ

ステムに漏れがあるか損傷している場合、航空機のヒーターの通気孔と霜取り通気孔から、COがキャビン内に進入する。排気ガスの強い臭気を感じた場合、COが存在すると考える。しかし、排気臭が感じられない場合でも、COは危険な量で存在する可能性がある。使い捨ての安価なCO検出器が広く利用可能である。COが存在すると、これらの検出器の色が変わり、パイロットにCOの存在を警告する。CO中毒の影響には、頭痛、かすみ目、めまい、眠気、および/または筋力の低下がある。パイロットが排気臭を嗅いだとき、またはこれらの症状が発生したときはいつでも、ヒーターをオフにし、外気孔と窓を開け、利用可能な場合は補助酸素を使用するなど、直ちに是正措置を講じる必要がある。

たばこの煙はCO中毒の原因にもなる。海面での喫煙は、血液中のCO濃度を上昇させ、8,000フィートの飛行に似た生理学的効果をもたらす可能性がある。低酸素に加えて、タバコは、パイロットにとって医学的に失格となる可能性のある病気や生理学的衰弱を引き起こす。

### ストレス

ストレスとは、身体的および心理的な要求に対する身体の反応である。ストレスに対する身体の反応には、血液に化学ホルモン（アドレナリンなど）を放出し、新陳代謝を高めて筋肉により多くのエネルギーを供給することが含まれる。血糖、心拍数、呼吸、血圧、および発汗はすべて増加する。「ストレス」という用語は、個人にストレスを感じさせる要素を説明するために使用される。ストレッサーの例には、身体的ストレス（騒音または振動）、生理学的ストレス（疲労）、および心理的ストレス（困難な仕事または個人的な状況）が含まれる。

ストレスは、急性（短期）と慢性（長期）の2つの広いカテゴリに分類される。急性ストレスには、危険と見なされる差し迫った脅威が伴う。これは、脅威が現実であろうと想像であろうと、個人の「攻撃・逃避」反応を引き起こすストレスのタイプである。通常、健康な人は急性ストレスに対処し、ストレスの過負荷を防ぐことができる。ただし、進行中の急性ストレスは慢性ストレスに発展する可能性がある。

慢性ストレスは、耐えられない負担を示し、個人の対処能力を超え、個人の能力を急激に低下させるストレスのレベルとして定義できる。孤独感、経済的不安、人間関係や仕事の問題などの容赦ない心理的圧力は、その状況に対処する人の能力を超えるストレスの累積レベルを生み出す可能性がある。ストレスがこれらのレベルに達すると、能力が急速に低下する。このレベルのストレスを経験しているパイロットは安全ではないため、操縦士の業務を実施すべきではない。慢性的なストレスに苦しんでいると思われるパイロットは、医師に相談すること。

## 疲労

疲労はパイロットエラーに関連していることがよくある。疲労の影響には、注意力と集中力の低下、協調性運動障害、コミュニケーション能力の低下が含まれる。これらの要因は、効果的な意思決定を行う能力に深刻な影響を及ぼす。肉体的疲労は、睡眠不足、運動、または肉体労働から生じる。ストレスや認知作業の長期的な性能などの要因は、精神的疲労をもたらす。

ストレスのように、疲労は急性と慢性の2つの広いカテゴリに分類される。急性疲労は短期的であり、日常生活では普通に発生する。それは、激しい労働、興奮、または睡眠不足の期間の後に人々が感じる一種の疲労である。運動後の休息と8時間の健全な睡眠は、通常この状態を治す。

特別なタイプの急性疲労は、スキル疲労である。このタイプの疲労には、能力に2つの主な影響がある：

- タイミングの中断—通常どおりタスクを実行しているように見えるが、各構成要素のタイミングがわずかにずれている。これにより、パイロットは統合されたアクティビティの一部ではなく、個別の構成要素のように各構成要素を実行するため、操作のパターンがスムーズにならない。
- 知覚フィールドの破壊—視力の中心にある動きや物体に注意を集中し、周辺にあるものを無視する。これには、制御動作の精度と滑らかさが失われる。

急性疲労には多くの原因があるが、パイロットにとって次のことが最も重要である：

- 軽度の低酸素症（酸素欠乏症）
- 身体的ストレス
- 心理的ストレス
- 心理的ストレスによる身体的エネルギーの枯渇
- 持続的な心理的ストレス

持続的な心理的ストレスは、非常時の素早い反応のために体を準備する腺分泌物を加速する。これらの分泌物は、循環系と呼吸器系をより働きやすくし、肝臓は脳と筋肉の働きに必要な余分な燃料を提供するためにエネルギーを放出する。この予備エネルギーの供給が使い果たされると、身体は全般的な重度の疲労に陥る。

急性疲労は、適切な食事と適切な休息と睡眠によって防ぐことができる。バランスの取れた食事は、体がエネルギー源として自身の組織を消費するのを防ぐ。十分な休息は、体の重要なエネルギーの貯蔵を維持する。

根底にある病気が原因である場合もあるが、長期に及ぶ慢性疲労は通常、心理的なルーツを持っている。継続的な高ストレスレベルは慢性疲労を引き起こす。慢性疲労は、適切な食事と十分な休息と睡眠によって緩和されず、通常は医師による治療が必要である。個人は、この状態を脱力感、疲労感、心臓の動悸、息切れ、頭痛、またはいらいらの形で経験する場合がある。時には慢性疲労は、胃や腸の問題を引き起こし、全身の痛みや痛みを引き起こす。状態が十分に深刻になると、情緒障害につながる。

急性疲労に苦しんでいる場合は、地面にとどまる。操縦室で疲労が発生した場合、訓練や経験の量は有害な影響を克服することはできない。適切な休息をとることが、疲労の発生を防ぐ唯一の方法である。長時間仕事をした後、または特に疲れる日やストレスの多い日を過ごした後、一晩休まずに飛行することは避けること。慢性疲労に苦しんでいると思われるパイロットは、医師に相談する。

## 化学物質への暴露

飛行前および飛行後の検査を実施する場合、パイロットは、パイロットの操作ハンドブックに記載されているように、航空機内の液体レベルが安全な運用に指定されたレベルを満たしていることを確認する必要がある。これらの作動油には、油圧作動油、エンジンオイル、燃料が含まれるが、これらに限定されない。

これらの液体が目、皮膚、および/または呼吸器系に接触した場合、すべてのパイロットがこれらの液体で作業する潜在的な危険性と、推奨される応急処置を認識することが重要である。これらの化学物質への暴露に対処するための具体的な応急処置は化学物質の種類によって異なる可能性があるため、すべてのパイロットが遭遇する各化学物質の化学物質安全データシート（MSDS）の場所と使用方法に精通していることが重要である。

次のセクションで説明する手順は、示されている各シナリオの応急処置の最小ガイドラインである。最終的に、パイロットは、化学物質の種類と暴露シナリオに固有の応急処置手順についてMSDSを参照する必要がある。

## 油圧油

- 目に入った場合—すぐにきれいな水で目を洗い流し、刺激を感じた場合は医師の診察を受ける。
- 皮膚への接触—汚染された衣類をすべて取り除き、刺激の少ない石鹸と水または水を含まないハンドクリーナーで患部を徹底的に洗浄する。刺激や発赤が進行して持続する場合は、医師の診察を受ける。創傷の外観やサイズに関係な

く、油圧作動油が皮膚の中や下、または体の他の部分に侵入した場合は、直ちに医師の診察を受ける。

- 吸入—呼吸器症状が発現した場合、暴露源から離れて、呼吸に適した位置で新鮮な空気の中に移動する。症状が続く場合は、医師の診察を受ける。
- 摂取—応急処置は通常必要ない。ただし、飲み込んで症状が現れた場合は、医師の診察を受ける。

#### エンジンオイル

- 目に入った場合—すぐにきれいな水で目を洗い流し、刺激が生じた場合は医師の診察を受ける。
- 皮膚への接触—汚染された衣類をすべて取り除き、石鹼と水で患部を徹底的に洗浄する。汚染された衣類を再使用する前に洗濯する。
- 吸入—暴露源から離れて新鮮な空気の中に移動する。呼吸器への刺激、めまい、吐き気、または意識不明が生じた場合は、直ちに医師の診察を受ける。呼吸が止まった場合は、バッグバルブマスクまたは心肺蘇生法（CPR）による補助換気が必要である。
- 摂取—直ちに医師の診察を受ける。すぐに医師の診察を受けられない場合は、地域の毒物管理センターまたは嘔吐の誘発または活性炭の使用に関して救急医療専門家に連絡する。嘔吐は、むかつくか意識不明の人には決して誘発されるべきではない。

#### 燃料

- 目に入った場合—すぐに少なくとも15分間きれいな水で目を洗い、直ちに医師の診察を受ける。
- 皮膚への接触—汚染された衣類をすべて取り除き、中性石鹼と水または水を含まないハンドクリーナーで患部を徹底的に洗浄する。皮膚の表面が損傷している場合は、清潔な包帯を適用して、医師の診察を受ける。刺激や発赤が生じた場合は、医師の診察を受ける。汚染された衣類を再使用する前に洗濯する。
- 吸入—暴露源から離れて新鮮な空気の中に移動する。呼吸が止まった場合は、バッグバルブマスクまたは心肺蘇生法（CPR）による補助換気が必要である。呼吸が回復したら、追加の酸素の使用が必要になる場合がある。直ちに医師の診察を受ける。
- 摂取—直ちに医師の診察を受ける。嘔吐を誘発したり、口から何かを取り出したりしない。物

質が肺に入り、重度の肺損傷を引き起こす可能性がある。嘔吐が起こった場合、誤嚥のリスクを減らすために、頭を腰の下に保つ。呼吸困難を監視する。味が消えるまで、口に入った物質を洗い流す。

#### 脱水症と熱射病

脱水は、身体からの水の危険な損失に使われる用語である。脱水の原因は、暑い操縦室や格納庫、風、湿度、利尿剤（コーヒー、紅茶、アルコール、カフェイン入りの清涼飲料）である。脱水症状の一般的な兆候は、頭痛、疲労、けいれん、眠気、めまいである。

脱水の最初の顕著な影響は疲労であり、これは、高度な肉体的・精神的作業を不可能ではないにしても、能力低下を起こす。暑い夏の気温や高高度での長時間の飛行は、これらの条件が体からの水分損失の割合を増加させる傾向があるため、脱水の影響を受けやすくなる。

脱水症を防ぐために、24時間ごとに2~4クォート（2~4リットル程度）の水を飲む。各人は生理学的に異なるため、これはあくまでも目安である。ほとんどの人は、1日8杯の目安を知っている。水の1杯が8オンスの場合、これは64オンス、つまり2クォートに相当する。水を補充しないと、疲労はめまい、脱力感、吐き気、手足のうずき、腹部のけいれん、極端な渇きに進行する。

パイロットにとって重要なことは、パイロットの状態を継続的に認識することである。ほとんどの人は1.5クォートの欠如または総体重の2パーセントの欠如でのどが渇く。このレベルの脱水は、「渇きのメカニズム」を引き起こす。問題は、のどの渇きのメカニズムの感度が遅すぎ、簡単に調子が悪くなることである。口の中の少量の液体がこのメカニズムを切断し、必要な体液の交換が遅れる。

脱水を防ぐためのその他の手順は次のとおりである：

- 毎日の水の摂取量を測定するために容器を運ぶ。
- 喉の渇きをアラームとして利用することなく、先に行く。普通の水が好ましくない場合は、スポーツ飲料の風味料を追加して、より受け入れやすくする。
- カフェインとアルコールの毎日の摂取を制限する（両方とも利尿薬であり、尿の生産増加を刺激する）。

熱射病は、体が体温を制御できないことによって引き起こされる状態である。この状態の発症は脱水症状によって認識される場合があるが、完全に崩壊した場合にのみ認識されることも知られている。

これらの症状を防ぐために、のどが渇いているかどうか



かにかかわらず、長時間の飛行では頻りに十分な量の水を運んで使用することが勧められる。体は通常、1時間あたり1.2~1.5クォートの割合で水を吸収する。厳しい暑さの場合は1時間に1クォート、中程度のストレスの場合は1時間に1ポイント（570cc程度を飲むこと。航空機にキャノピーまたは屋根の窓がある場合、明るい色の多孔性の衣服と帽子を着用すると、日光からの保護に役立つ。操縦室を十分に換気することは、過剰な熱を放散するのに役立つ。

## アルコール

アルコールは人体の効率を損なう。[図 17-8] 研究では、アルコールの摂取は能力の低下と密接に関連していることが示されている。パイロットは飛行中に何百もの決定を下さなければならず、その中には緊急を要するものもある。飛行の安全は、異常な状況だけでなく、通常発生する状況に正しい決定を下し、適切な行動を取ることによって得られる。アルコールの影響により、安全にフライトを完了する可能性が大幅に減少する。

飲料の種類	典型的な量 (oz)	純粋なアルコール含有量(oz)
ワイン	4.0	.48
ビール	12.0	.48
食前酒	1.5	.38
シャンパン	4.0	.48
ウォッカ	1.0	.50
ウイスキー	1.25	.50
0.01-0.05% (10-50 mg)	平均的な個人は正常に見える	
0.03-0.12%* (30-120 mg)	軽度の多幸感、おしゃべり、抑制の減少、注意力の低下、判断力の低下、反応時間の増加	
0.09-0.25% (90-250 mg)	情緒不安定、批判的判断の喪失、記憶および理解の障害、感覚反応の低下、軽度の筋肉の協調不全	
0.18-0.30% (180-300 mg)	混乱、めまい、誇張された感情（怒り、恐怖、悲嘆）、視覚障害、疼痛感覚の低下、バランス障害、歩行のずれ、不明瞭な会話、中程度の筋肉の協調不全	
0.27-0.40% (270-400 mg)	無気力、意識障害、st迷、刺激に対する反応の著しい低下、重度の筋肉の協調運動障害、起立または歩行不能、嘔吐、尿失禁	
0.35-0.50% (350-500 mg)	無意識、抑うつまたは廃止された反射、異常な体温、昏睡、呼吸麻痺による死の可能性（450 mg以上）	
*ほとんどの州での動力車両の運転に対する法的制限は、0.08または0.10%（血液dLあたりアルコール80~100 mg）。		

図 17-8. アルコール使用に伴う減損スケール。

少量であっても、アルコールは判断力を低下させ、責任感を低下させ、協調性に影響を与え、視野を狭め、記憶力を低下させ、推論能力を低下させ、注意力を低下させる。わずか1オンス（30g弱）のアルコールは、筋肉反射の速度と強度を低下させ、読書中の眼球運動の効率を低下させ、エラーが発生する頻度を増加させる。視覚障害と聴覚障害は、1杯の飲料を摂取するだけで発生する可能性がある。

ビールや混合飲料で吸収されるアルコールは、中枢神経系の抑制薬であるエチルアルコールである。医療の観点から見ると、全身麻酔薬のように身体に作用する。アルコールの場合、「用量」は一般的にはるかに低く、ゆっくりと消費されるが、人体への基本的な影響は似ている。アルコールは消化管に簡単かつ迅速に吸収される。血流は、空の胃で摂取した場合、30分以内に飲み物のアルコールの約80~90%を吸収する。1杯の混合飲料または1杯のビールに含まれるすべてのアルコールを体が取り除くには、約3時間かかる。

二日酔いを感じている間、パイロットはまだアルコールの影響下にある。パイロットは自分が正常に機能していると思うかもしれないが、運動および精神反応障害はまだ存在している。かなりの量のアルコールが16時間以上体内に残る可能性があるため、パイロットは飲酒後すぐに飛行することに注意する必要がある。（訳注：日本では禁止されている。）

高度はアルコールの脳への影響を増加させる。高度と組み合わせると、2杯の飲み物のアルコールは3杯または4杯の飲み物と同じ効果がある。アルコールは、酸素を利用する脳の能力を妨げ、組織毒性の低酸素症を引き起こす。アルコールは血流にすばやく乗るため、効果は急速である。さらに、脳は血管の器官であり、血液の組成の変化にすぐに敏感である。パイロットの場合、高度での酸素の利用可能性が低くなり、利用可能な酸素を使用する脳の能力が低下すると、致命的な組み合わせになる。

中毒は、血流中のアルコールの量によって決まる。これは通常、血液中の重量パーセントとして測定される。14 CFRパート91では、血中アルコール濃度が.04パーセント未満であり、アルコールを飲んでから航空機を操縦するまでに8時間経過することが要求されている。8時間後の血中アルコール濃度が0.04%以上のパイロットは、血中アルコールがその量を下回るまで飛行できない。血中アルコールが0.04%を大きく下回っていても、パイロットはアルコールを飲んでから8時間より早く飛行することはできない。

（訳注：日本では通達国空航2278号（H31.1.31）に具体的な運用及び基準がある。）

規則は非常に具体的だが、規則よりも用心することが勧められる。

**薬物（訳注：この項目は日米で規定にかなり差があるので、参考に留めること。日本では薬品の使用については航空身体検査医の指導を受けること。）**

連邦航空規則には、薬物使用に関する特定の言及は含まれていない。しかし、2つの規制を念頭に置くことが重要である。CFRパート61、セクション61.53のタイトル14では、以下に該当する者が機長として、または必要なパイロット飛行乗務員としてのその他の立場で行動することを禁止している。

1. パイロットが操縦に必要な航空身体検査証明書の要件を満たすことができない病状があることを知っている、または知っている理由がある者
2. パイロットが操縦に必要な航空身体検査証明書の要件を満たすことができない病状のために、薬を服用している、または他の治療を受けている者。

さらに、14 CFRパート91、セクション91.17では、安全に反する方法で人の能力に影響を与える薬物の使用を禁止している。

現在、OTC（店頭）医薬品は含まれていないものの、米  
国食品医薬品局（FDA）によって承認されている数千の  
医薬品がある。事実上、すべての薬物には、一部の人々  
に有害な副作用の可能性がある。さらに、ハーブおよび  
栄養補助食品、スポーツ促進剤、活力促進剤、および  
その他の「自然な」製品は、医薬品によく見られる副作  
用を持つ可能性のある物質に由来している。特定の薬  
物や製品で副作用を経験しない人もいれば、顕著な影  
響を受ける人もいる。FAAは、FDAおよびその他のデー  
タを定期的にレビューして、航空業務に受け入れられ  
る医薬品が安全性に悪影響を及ぼさないことを確認し  
ている。地上では明らかな副作用を引き起こさない薬  
物であっても、比較的低い高度では深刻な問題を引  
き起こす可能性がある。典型的な一般航空高度でも、血  
液中の大気ガスの濃度の変化は、判断、意思決定、お  
よび性能の低下をもたらす可能性がある、一見無害な  
薬物の効果を高める可能性がある。さらに、疲労、スト  
レス、脱水症、および栄養不足は、過去にそれらに耐  
性があったように見えたとしても、さまざまな薬物に  
よる悪影響に対する航空隊員の感受性を高める可能  
性がある。複数の薬を同時に服用している場合、副  
作用はさらに顕著になる。

別の重要な考慮事項は、薬が処方される病状自体が  
不適格とされる可能性があることだ。FAAは、医学的  
無能力化のリスク、および認知機能障害の薬物療法  
の状況で状態を検討し、いずれかまたは両方が航空  
身体検査証明書を発行できないと判明する可能性  
がある。

最も一般的に使用されるOTC薬のいくつか、抗ヒスタ  
ミン薬、鬱血除去薬は、眠気や認知障害などの顕著な  
副作用を引き起こす可能性がある。風邪などの一般的  
な上気道感染症に関連する症状は、多くの場合、パイ  
ロットの飛行意欲を抑制し、副作用を引き起こす薬  
物で症状を軽減するだけで問題が悪化する。特に、ジ  
フェンヒドラミン（例、ベナドリル）を含む薬は眠  
気を引き起こし、半減期が長いことが知られている。  
つまり、薬が身体に長時間とどまり、副作用が現れ  
る時間が長くなる。

精神安定剤、鎮静剤、強力な鎮痛剤、咳抑制剤など  
の多くの薬物には、判断力、記憶力、覚醒、調整、  
視覚、計算能力を損なう可能性のある主要な効果  
がある。[図17-9] 抗ヒスタミン薬、血圧薬、筋弛緩  
薬、下痢や乗り物酔いを制御する薬剤などの他の薬  
には、同じ重要な機能を損なう可能性のある副作  
用がある。鎮静剤、精神安定剤、または抗ヒスタ  
ミン剤など、神経系を低下させる薬物は、パイ  
ロットを低酸素症の影響を受けやすくする。

鎮痛剤は、鎮痛薬と麻酔薬の2つの大きなカテ  
ゴリに分類される。鎮痛薬は痛みを和らげる薬  
であり、麻酔薬は痛みを和らげる、または意識  
を失う薬である。

アセチルサリチル酸（アスピリン）、アセトア  
ミノフェン（タイレノール）、イブプロフェン  
（アドビル）などの市販鎮痛薬は、正しい用  
量で摂取した場合、副作用がほとんどない。一  
部の人々は特定の鎮痛剤にアレルギーがある  
か、胃の炎症に苦しむかもしれないが、これ  
らの薬を服用する場合、飛行は通常制限され  
ない。ただし、プロポキシフェン（例、ダー  
ボン）、オキシコドン（例、ペルコダン）、  
メペリジン（例、デメロール）、コデイン  
を含む薬物などの処方鎮痛薬を使用してい  
る場合、これらの薬物は精神錯乱、めまい、  
頭痛、吐き気、視力障害などの副作用を引  
き起こすことが知られているため、飛行は  
ほとんど常に禁止されている。

麻酔薬は、一般的に歯科および外科手術に  
使用される。歯科および外来患者の小さな  
処置に使用されるほとんどの局所麻酔薬は、  
比較的短期間で効果を失う。麻酔薬自体は、  
実際の処置やその後の痛みほど飛行を制  
限しないかもしれない。

興奮剤は中枢神経系を興奮させ、覚醒と活動の増加をもたらす薬である。アンフェタミン、カフェイン、およびニコチンはすべて興奮剤の形態である。これらの薬の一般的な用途には、食欲抑制、疲労軽減、気分上昇が含まれる。これらの薬物の一部は、この反応が主要な機能ではない場合でも、刺激反応を引き起こす可能性がある。場合によっては、覚醒剤は不安や気分変動を引き起こす可能性があり、どちらも飛行中は危険である。

うつ薬は、多くの分野で身体の機能を低下させる薬である。これらの薬は血圧を下げ、精神的処理を減らし、運動と反応の反応を遅くする。精神安定剤、乗り物酔い薬、ある種の胃薬、充血除去剤、抗ヒスタミン薬など、体に抑うつ効果を引き起こす可能性のある薬にはいくつかの種類がある。最も一般的なうつ薬はアルコールである。

物質	ジェネリック名 またはブランド名	治療用途	考えられる副作用
アルコール	ビール リキュール ワイン	N/A	判断力と知覚障害 障害のある調整とモーター制御 反応時間の短縮 知覚障害 知的機能の低下 G フォースに対する耐性の低下 内耳障害と空間的見当識障害（最大 48 時間）中枢神経系の抑制
ニコチン	葉巻 タバコ パイプたばこ かみたばこ 嗅ぎタバコ	N/A	副鼻腔および呼吸器系の感染と刺激夜間視力障害 高血圧 一酸化炭素中毒（喫煙による）
アンフェタミン	リタリン オベトロール エスカトロール	肥満（ダイエット薬） 疲れ	長時間の覚醒 緊張感 視覚障害 食欲抑制 揺れ 過度の発汗 急速な心拍数 睡眠障害 深刻な判断力の低下
カフェイン	コーヒー お茶 チョコレート ノードズ	N/A	判断力の低下 反応時間の短縮 睡眠障害 運動活動と振戦の増加 高血圧 不規則な心拍数 急速な心拍数 体の脱水（尿量の増加による） 頭痛
制酸剤	アルカ-2 ディゲル マーロックス	胃酸	高度での二酸化炭素の解放（膨満は急性腹痛を引き起こし、他の医学的問題を隠す可能性がある）
抗ヒスタミン薬	コリシジン コンタック ドリスタン Dimetapp おまけ クロルトリメトン ジフェンヒドラミン	アレルギー 風邪	眠気とめまい（時々再発） 視覚障害（薬に鎮痙薬も含まれている場合）
アスピリン	バイエル バファリン アルカリセルツァー	頭痛 発熱 痛み 痛み	不規則な体温 呼吸の速度と深さの変動 低酸素症と過呼吸（2つのアスピリンが寄与する可能性がある） 吐き気、耳鳴り、難聴、下痢、および過剰な量で摂取した場合の幻覚 胃腸の問題を裏打ちする胃に対する腐食作用 血液の凝固能力の低下（凝固能力は、生存状況における生と死の違いである可能性がある）

図 17-9. さまざまな薬物の悪影響。

興奮剤でも抑うつ剤でもないものに分類される一部の薬は、飛行に悪影響を及ぼす。たとえば、一部の抗生物



質は、バランス障害、難聴、悪心、嘔吐などの危険な副作用を引き起こす可能性がある。多くの抗生物質は飛行中に使用しても安全だが、抗生物質を必要とする感染により飛行が禁止される場合がある。さらに、医師によって特に処方されていない限り、一度に複数の薬を服用しないこと。また、薬とアルコールを混ぜることは絶対に避けなければならない。

違法薬物の危険性も十分に文書化されている。特定の違法薬物は、薬物を服用してから数日または数週間後に幻覚効果を引き起こす可能性がある。明らかに、これらの薬は航空業界では認められない。

14 CFRは、安全に反する何らかの形で身体に影響を与える薬物を使用している間、パイロットが乗組員の職務を遂行することを禁止している。最も安全なルールは、FAAによって承認されていない限り、服薬中に乗組員として飛行しないことである。薬の効果に関して疑問がある場合は、飛行する前にAMEに相談すること。

すべてのフライトの前に、すべてのパイロットは安全を確保するために適切な物理的自己評価を行う必要がある。航空に関する意思決定についての第2章で説明されている素晴らしい記憶法は、病気、薬、ストレス、アルコール、疲労、感情を表すIMSAFEである。

IMSAFEの医薬品の構成要素については、パイロットは「判断に影響を与えたり、眠気を催す可能性のある薬を服用しているか？」と自問する必要がある。OTCや処方薬などの新しい医薬品については、最初の投与から少なくとも48時間待ってから飛行したのち、航空機の操作が危険になるような副作用がないことを確認する必要がある。投薬に関する質問に加えて、パイロットは次のことも考慮する必要がある-

- 不要な薬物や選択的な薬物を服用しない。
- 定期的にバランスの取れた食事を食べる。
- フライトでは自分と乗客の両方に軽食を用意する。
- 良好な水分補給を維持する—多量の水を用意する。
- フライト前夜に十分な睡眠を確保する。
- 体力を維持する。

さらに、副作用（例、鎮静またはめまい）が発生する可能性のある薬を服用してから飛行する前に、少なくとも5回の最大投与間隔、推奨投与間隔または処方投与の間隔（5～6時間の投与間隔では30時間待つ必要がある）を待つ必要がある。推奨投与間隔を守っても、薬物の代謝が異なるため、有害な副作用のリスクが排除されるわけではない。ただし、投与間隔の5倍が妥当な経験

則である。

## 高度に起因する減圧症 (DCS)

減圧症 (DCS) は、通常は体液や組織に溶解している不活性ガス（主に窒素）が物理的溶液から出て泡を形成する原因となる低気圧への暴露に起因するさまざまな症状を特徴とする状態を表す。窒素は通常、人体全体（組織および体液）に物理的溶液で保存される不活性ガスである。体が気圧の低下にさらされると（与圧されていない航空機を高度に飛行させる場合や急速に減圧する場合など）、体内に溶解した窒素が溶液から出てくる。窒素が溶液から急速に離れることを余儀なくされると、体のさまざまな領域に気泡が形成され、さまざまな兆候や症状が生じる。最も一般的な症状は関節の痛みである。これは「ベント」として知られている。

[図 17-10]

高度により起因するDCSが発生した場合の対処方法：

- 直ちに酸素マスクを装着し、レギュレーターを100%酸素に切り替える。
- 緊急降下を開始し、できるだけ早く着陸する。降下中に症状が消失した場合でも、酸素を吸い続けながら着陸し、医学的評価を求める。
- 症状の1つが関節痛である場合、患部を静止したままにする。関節を動かして痛みを解消しようとしな
- 着陸したら、FAAの医療役員、AME、軍の飛行外科医、または高圧医学の専門家に医療援助を求める。航空医学や低圧医学に特化していない医師は、この種の医学的問題に精通していない可能性があることに注意すること。
- 決定的な医療処置には、特別な訓練を受けた人員が操作する高圧室の使用が含まれる。
- 高度誘導 DCS の遅れた兆候と症状は、飛行中の存在に関係なく、地上に戻った後に発生する可能性がある。

## スキューバダイビング後のDCS

スキューバダイビングでは、体の圧力が上昇し、体組織および体液に多くの窒素が溶解する。[図 17-11] 飛行に伴う大気圧の低下は、スキューバダイバーに物理的な問題を引き起こす可能性がある。スキューバダイビング後に飛行しようとするパイロットまたは乗客は、ダイビング中に吸収された過剰な窒素を身体が取り除くのに十分な時間を身体に与える必要がある。そうでない場合、低高度にさらされている間に発生ガスによるDCSが発生し、重大な機内緊急事態を引き起こす可能性がある。

DCSタイプ	泡の場所	兆候と症状（臨床症状）
ベント	体の大部分の関節 (肘、肩、腰、手首、膝、足首)	<ul style="list-style-type: none"> <li>限局性の深い痛み。軽度の痛み（耐え難い痛み）から耐え難い痛みまでである。時には鈍痛だ、めったに激しい痛みはない</li> <li>痛みを悪化させる関節の能動的および受動的運動</li> <li>高度、降下中、または数時間後の痛み</li> </ul>
神経学 マニフェスト	脳	<ul style="list-style-type: none"> <li>混乱または記憶喪失</li> <li>頭痛</li> <li>視野のスポット(暗点)、トンネルビジョン、複視(複視)、またはぼやけたビジョン</li> <li>原因不明の極度の疲労または行動の変化</li> <li>発作、めまい、めまい、吐き気、嘔吐、意識不明</li> </ul>
	脊髄	<ul style="list-style-type: none"> <li>胸下部と背中周りの熱感、刺痛、刺痛などの異常な感覚</li> <li>足から上に広がり、上行性の衰弱または麻痺を伴う可能性のある症状</li> <li>腹痛または胸痛のガードリング</li> </ul>
	末梢神経	<ul style="list-style-type: none"> <li>尿失禁および直腸失禁</li> <li>しびれ、熱感、刺痛、刺痛などの異常な感覚（知覚異常）</li> <li>筋力低下またはけいれん</li> </ul>
チョーク	肺	<ul style="list-style-type: none"> <li>発熱する深い胸の痛み（胸骨の下）</li> <li>呼吸によって悪化する痛み</li> <li>息切れ（呼吸困難）</li> <li>乾いた咳</li> </ul>
皮膚のベント	皮膚	<ul style="list-style-type: none"> <li>耳、顔、首、腕、胴体上部のかゆみ</li> <li>皮膚の上を這う小さな虫の感覚</li> <li>かゆみを伴う肩、胸上部、腹部の周囲のまだらまたは霜降りの皮膚</li> <li>皮膚の腫れ、小さな傷跡のような皮膚のくぼみ（孔水腫）を伴う</li> </ul>

図 17-10. 高所減圧症の徴候と症状。

8,000フィートまでの飛行高度に行く前に推奨される待ち時間は、制御浮上を必要としないダイビング後であれば少なくとも12時間（非減圧停止ダイビング）、および制御浮上を必要とするダイビング（減圧停止ダイビング）後であれば少なくとも24時間である。8,000フィートを超える高度に飛行する前の待ち時間は、スキューバダイビングの少なくとも24時間後でなければならない。これらの推奨される高度は、平均海面（MSL）を超える実際の飛行高度であり、与圧されたキャビン高度ではない。これには飛行中の航空機の減圧のリスクが考慮される。

## 飛行中の視覚

すべての感覚の中で、視覚は安全な飛行のために最も重要である。飛行中に知覚されるもののほとんどは、視覚的なものであるか、視覚によって大きく補われている。視覚は驚くほど重要であるものの、錯視や盲点などの制限がある。パイロットが目とその機能方法を理解するほど、視覚を効果的に使用し、潜在的な問題を補うことが容易になる。目はカメラのように機能する。その構造には、絞り、レンズ、焦点合わせのメカニズム、および画像を投影するためのスクリーンが含まれる。光

は眼球前面の角膜から入り、レンズを通して網膜に当たる。網膜には、光エネルギーを電気インパルスに変換する光感受性細胞が含まれており、神経を介して脳に到達する。脳は電気信号を解釈して画像を形成する。目には2種類の光感受性細胞がある。桿体視細胞と錐体視細胞である。[図 17-12]



図 17-11. ベントを避けるために、スキューバダイバーは、ダイブ後は特定の期間飛行しないこと。

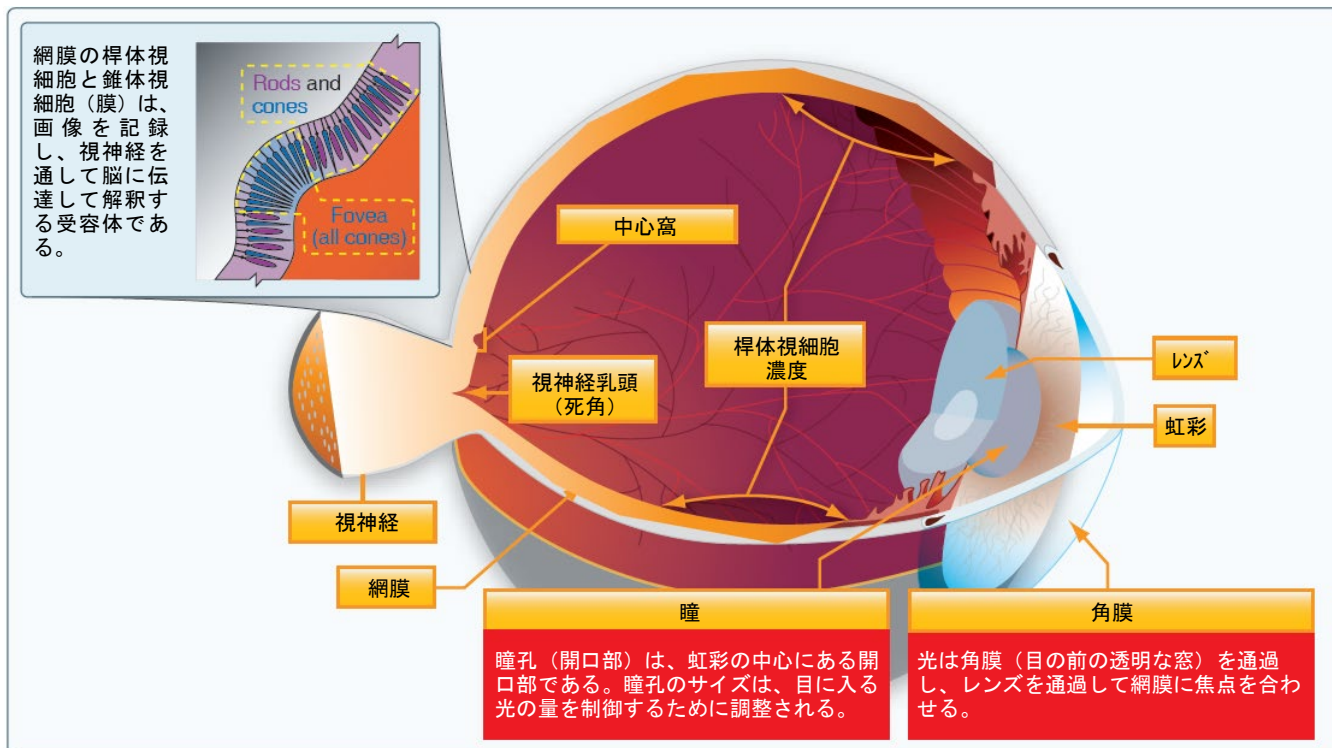


図 17-12. 人間の目。

細胞が含まれており、神経を介して脳に到達する。脳は電気信号を解釈して画像を形成する。目には2種類の光感受性細胞がある。桿体視細胞と錐体視細胞である。[図 17-12]

錐体視細胞は、素晴らしい夕日の鑑賞から、細かい絵の微妙な色合いの識別まで、すべての色覚に関与している。錐体視細胞は網膜全体に存在するが、網膜の後ろの視野の中心に向かって集中している。中心窩と呼ばれる小さな穴があり、ほとんどすべての光感知細胞が錐体視細胞である。これは、ほとんどの「見える」領域（ディテール、色の感度、解像度が最も高い視野の中心）が発生する領域である。

錐体視細胞とそれに関連する神経は、高い光レベルで細部と色を検出するのに適しているが、桿体視細胞は薄明かりの中で動きを検出して視覚を提供するのに適している。桿体視細胞は色を識別することができないが、暗い場所では非常に敏感である。桿体

視細胞の問題は、大量の光が桿体視細胞を圧倒し、「リセット」して再び暗闇に適応するのに時間がかかることである。中心窩には非常に多くの錐体視細胞があり、それらは視野のまさに中心にあるが、実質的には桿体視細胞がまったくない。そのため、暗い場所では、視野の中央はそれほど敏感ではないが、中心窩から離れると、桿体視細胞はより多くなり、暗視の大部分を提供する。

### 視覚の種類

視覚には、明所視、薄明視、暗所視の3種類がある。各タイプは、異なる感覚刺激または周囲光条件の下で機能する。[図 17-13]

#### 明所視

明所視は、色を表示し、細かい内容（20/20以上）を解決する機能を提供するが、良好な照明でのみ機能する。日光または高レベルの人工照明が存在する場合、明所視が発生する。（訳注：20/20は日本の視力で1.0 相当）

視覚の種類						
使用される視覚の種類	光レベル	視聴のテクニック	色知覚	使用される受容体	視力最高	死角
明所視	高い	中央	良い	錐体視細胞	20/20	昼
薄明視	中/低	両方	いくつか	錐体視細胞/桿体視細胞	不定	昼/夜
暗所視	低い	スキャニング	なし	桿体視細胞	20/200	昼/夜

図 17-13. 資格の種類。



目の中心窩に集中した錐体視細胞は、主に明るい光の中で視力に関与する。[図 17-12] 光レベルが高いため、視細胞の形成と光の知覚における最初の事象の両方に関与する網膜の生物学的色素であるロドプシンは脱色され、桿体視細胞の効果が低下する。

### 薄明視

薄明視は、桿体視細胞と錐体視細胞の組み合わせであり、夜明け、夕暮れ時、満月の光の下で用いられる。錐体視細胞の効果が低下するため、利用可能な光が減少し、色知覚が変化するにつれて、視力は着実に低下する。薄明視期間は、視覚にとって最も危険な期間と見なされる。錐体視細胞の感度が低下するにつれて、パイロットは、中心から外れた視界と適切なスキャン技術を使用して、暗い場所で物体を検出する必要がある。

### 暗所視

暗いところでは暗所視が用いられ、錐体視細胞は効果がなくなり、詳細の解像度が低下する。視力は20/200以下に低下し、20フィート先からの視力テストチャートで大きな「E」以上のサイズの物体のみを見ることができ。言い換えれば、日中の条件下で通常200フィートで見えるものを見るために、20フィートで立つ必要がある。暗所視を使用すると、色覚が失われ、錐体視細胞の感度が失われると、低照度で中心視野に夜間死角が現れる。（訳注：20/200は日本の視力で0.1 相当）

### 中央死角

視神経が各眼の後ろの網膜に接続する領域は、視神経乳頭として知られている。この領域には錐体視細胞と桿体視細胞がまったく存在しないため、このスポットでは各目が完全に見えなくなる。[図 17-14] 結果として、それは誰もがそれぞれの目に持っている死角と呼ばれる。

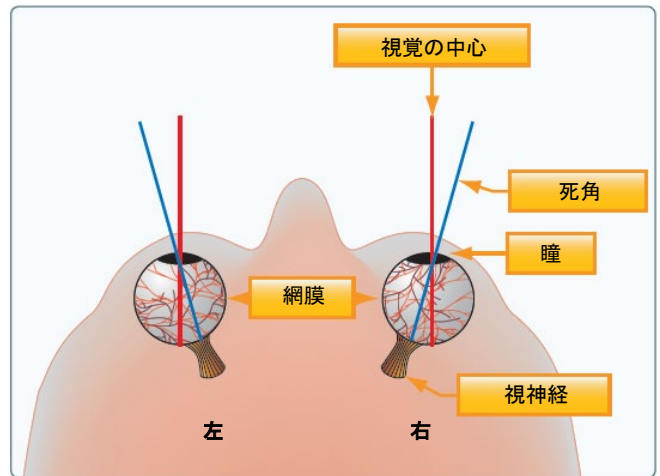


図 17-14. 中央死角。

通常の両眼視の状態（両方の目を一緒に使用する）では、これは問題ではない。対象物を両方の目の死角に同時に入れることはできないからである。一方、片方の目の視野が物体（風防の窓枠または別の航空機）によって遮られている場合、視標はもう一方の目の死角に落ち、検出されないままになる可能性がある。

図 17-15は、目の死角の分かりやすい例を示している。

1. このページを腕の長さで持つ。
2. 手または他の平らな物体を使用して、左目を完全に覆う（閉じたり押ししたりすることなく）。
3. 右目で、写真ページの左側にある飛行機をじっと見つめる。周辺では、写真の右側に黒いXがある。
4. 飛行機をじっと見つめながら、ページをゆっくりと自分に近づける。



図 17-15. 目の死角。



5. ページが約 16~18 インチ離れている場合、黒の X は右目の死角に画像化されているため、完全に消える。(黒の X が消えている間、またはそれが再び現れる間、あなたの右目を動かす誘惑に抵抗してほしい。飛行機を見つめ続けること。)
6. 飛行機を見続ける間、ページをさらに数インチ近づけると、黒い X が表示される。
7. ページを数インチ前後に移動できる間隔があり、黒い X は消える。これは、死角の範囲を示している。
8. 同じことをもう一度試すことができるが、今回は左目で黒い X を右目で見つめる。ページを近づけると、飛行機が消える。

死角を確認するもう1つの方法は、満月の夜に外で同様のテストを行うことである。左目を覆って、右目で満月を見る。右目を徐々に左に動かす(そして少し上下に動かす)。やがて、見ることができるのは、満月の周りの大きなハロー(光輪)だけである。月全体は消えたように見える。

### 空虚視野近視

空虚視野近視は、通常、雲の上を飛んでいる時、または航空機の外側に焦点を合わせるために特別なものを何も提供しない煙霧層の中で発生する状態である。これにより、目がリラックスし、10~30フィートの範囲の快適な焦点距離に合わせようとする。パイロットにとって、これは見ているようで見えていないことを意味し、これは危険である。どんなに暗くても、遠くの光源を探して焦点を合わせると、空虚視野近視の発症を防ぐのに役立つ。

### 夜間視力

夜に飛ぶことには多くの正当な理由があるが、パイロットは夜の飛行の危険性が日中とは異なり、多くの場合より高いことを覚えておく必要がある。[図 17-16] 夜間飛行技術に慎重で教育を受けたパイロットは、これらのリスクを軽減し、非常に快適で熟練した作業を行うことができる。

### 夜の死角

暗闇に完全に適応すると、桿体視細胞は錐体視細胞より10,000倍光に敏感であり、暗視の主要な受容体になると推定されている。錐体視細胞は中心窩付近に集中しているため、桿体視細胞は周辺視の大部分にも関与している。中心窩に錐体視細胞が集中すると、視野の中心に夜間死角ができる。夜に物体をはっきりと見るには、パイロットが桿体視細胞を画像にさらす必要がある。これは、表示される物体の中心から5°から10°離れたところを見て確認できる。



図 17-16. 夜間視力。

これは、暗い部屋の薄明かりの中で試すことができる。光を直接見ると、暗くなるか完全に消える。中心からわずかに外れると、より鮮明で明るくなる。

物体を直接見ると、画像は主に中心窩に焦点が合っており、細部が最もよく見える。夜になると、錐体視細胞の感度が大幅に低下し、桿体視細胞の感度が高くなるため、視野の中心にある物体を見る能力が低下する。夜のシャープネス(視力)と色の喪失に加えて、奥行き知覚とサイズの判断が失われる可能性がある。[図 17-17]

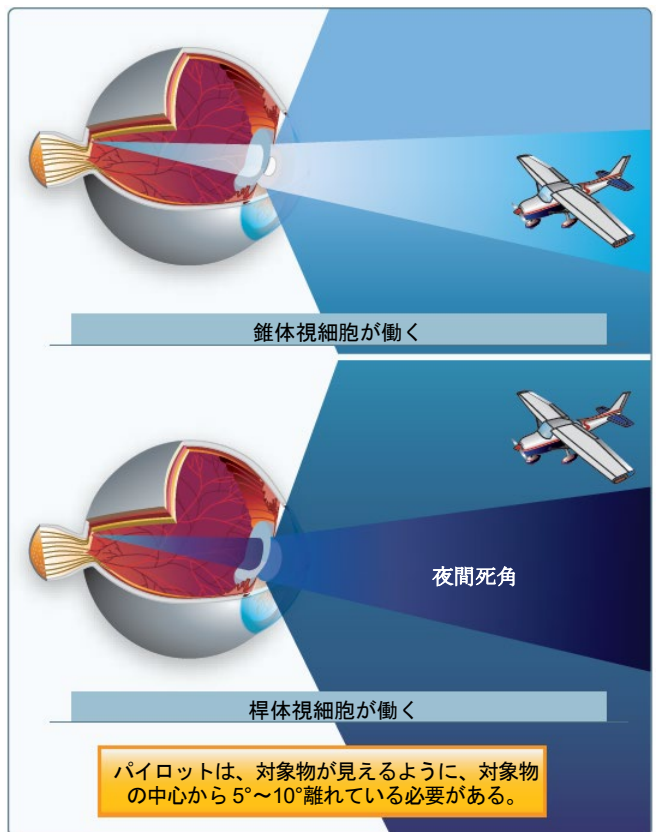


図 17-17. 夜の死角。

## 暗順応

暗順応とは、人間の目を暗い環境に調整することである。その調整は、直前まで居た環境の光の量によっては時間がかかる。明るい部屋から暗い部屋に移動するには、暗い部屋から暗い部屋に移動するよりも時間がかかる。

錐体視細胞は光の強さの変化に急速に適応するが、桿体視細胞ははるかに長くかかる。明るい日光から暗い映画館へ入ることは、この暗い順応期間の経験の例である。桿体視細胞が暗闇に完全に適応するには、約30分かかる。ただし、明るい光は夜間の順応を完全に破壊する可能性があり、順応プロセスが繰り返される間、暗視が著しく損なわれる。

## スキャン技術

スキャン技術は、夜間に物体を識別するのに非常に重要である。効果的にスキャンするには、パイロットは右から左または左から右を見なければならない。物体が知覚できる最大距離でスキャンを開始し（上）、航空機の位置に向かって内側に移動する必要がある（下）。各停止について、幅約30°の領域をスキャンする必要がある。各停止の所要時間は、必要な詳細度に基づいているが、停止は2〜3秒以上続くことはできない。

る時、パイロットは前の視野と10°オーバーラップする必要がある。[図 17-18]

オフセンター表示の見方は、夜間飛行中にパイロットが使用できる別のタイプのスキャンである。このテクニックでは、物体の10度上、下、または左右いずれかを見る必要がある。[図 17-19] このようにして、物体を周辺視野に含め続けることができる。

視界を中心からそらすと、2〜3秒以上長く見続けた物体は消える。これは、桿体視細胞が光化学平衡に達し、シーンが変化するまでそれ以上の応答ができなくなるために発生する。これにより、潜在的に安全でない動作状態が発生する。この暗視の制限を克服するには、パイロットは現象を認識し、2〜3秒以上物体を見ないようにする必要がある。周辺視野は、目が中心から外れた点から別の点に移動しても、物体を拾い続ける。

## 暗視保護

暗順応プロセスを助け、目を暗闇に順応させ続けるために、いくつかのことができる。パイロットと飛行乗務員が夜間視力を保護するために実行できる手順のいくつかについて、以下の段落で説明する。

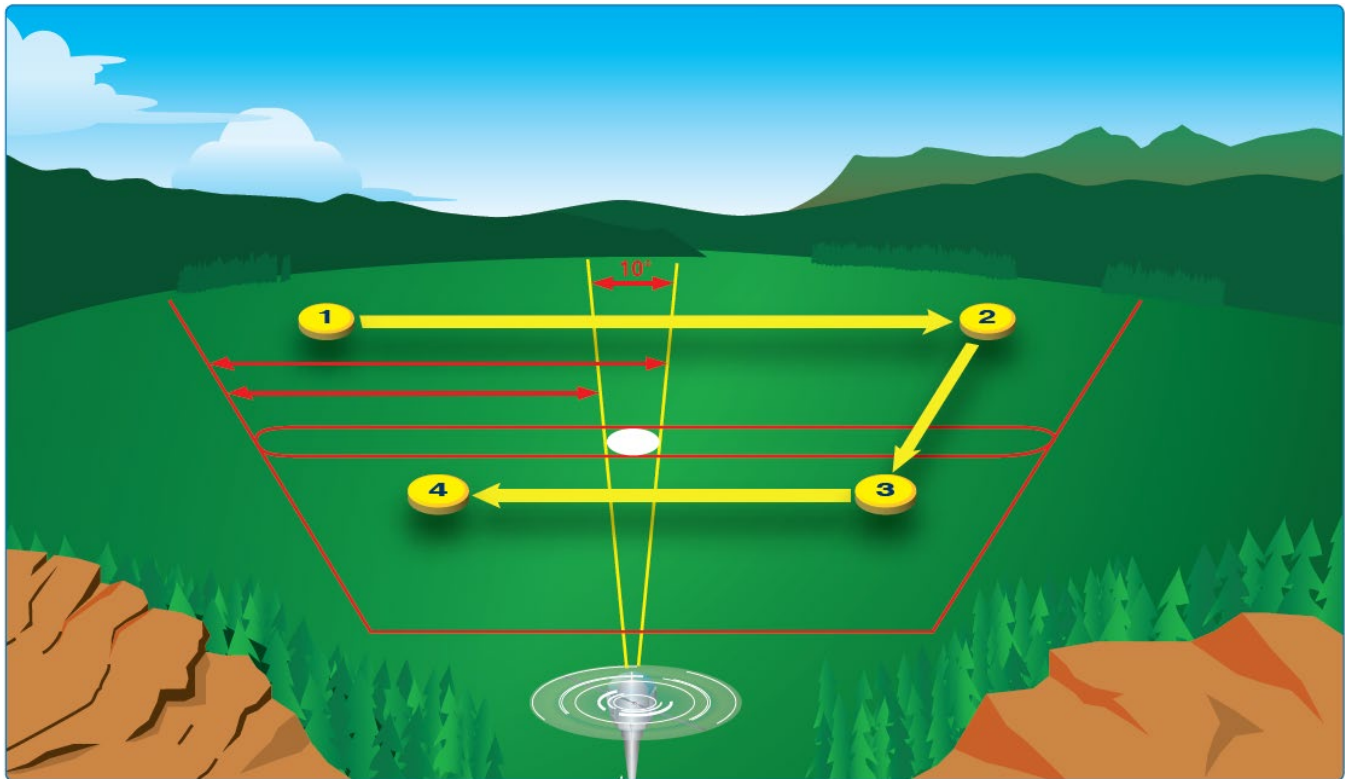


図 17-18. スキャン技術。

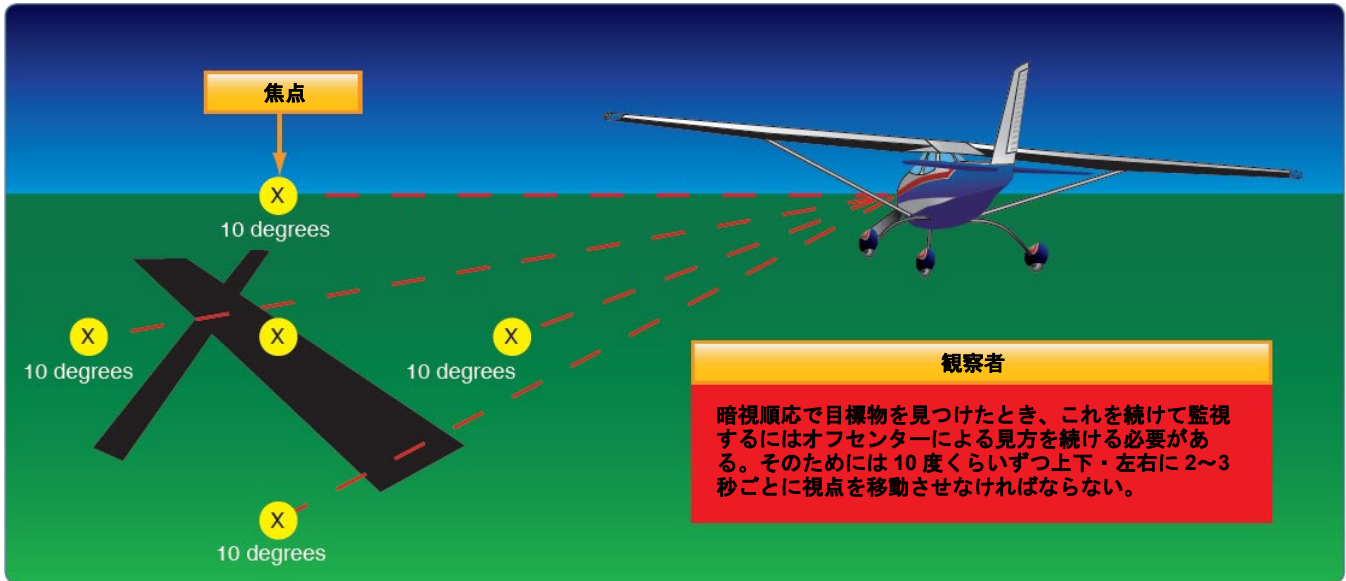


図 17-19. 中心から外れた表示。

### サングラス

夜間飛行が予定されている場合、パイロットと乗組員は、明るい日光にさらされたときに、中性濃度 (N-15) サングラスまたは同等のフィルターレンズを着用する必要があります。この予防措置により、夜間の暗順応率が向上し、夜間の視覚感度が向上する。

### 酸素供給

補助なしの夜間視力は、網膜の桿体視細胞の最適な機能と感度に依存する。桿体視細胞への酸素不足 (低酸素症) は、感受性を著しく低下させる。鋭く鮮明な視力 (最高の視力は20〜20に等しい) には、特に夜間に大量の酸素が必要である。酸素を補給しないと、4,000フィートを超える気圧高度では、個人の暗視力はかなり低下する。高度が上がると、利用可能な酸素が減り、暗視力が低下する。問題を悪化させるのは疲労であり、これは生理的健康を最小限に抑える。高度暴露に疲労が加わると、災害を作り出す。実際、12,000フィートの高度で夜間に飛行する場合、パイロットは実際には、通常の視界の要素が失われているか、焦点が合っていないことがわかる。失われた視覚要素はデジタル画像の失われたピクセルに似ているが、焦点の合っていない視覚は薄暗く、色あせている。

低酸素性低酸素症の影響を受けているパイロットの場合、視界を回復するには単純に低い高度まで降下するだけでは不十分な場合がある。たとえば、8,000フィートから12,000フィートまで30分間上昇した場合、8,000フィートまで降下すれば問題が解決するわけではない。1時間以上視力が回復しない場合がある。したがって、高度と疲労はパイロットの視認能力に大きな影響を与えることを覚えておくことが重要である。

### 高輝度照明

飛行中に高輝度の照明エリアに遭遇した場合、航空機を迂回させ、照明エリアの周辺の飛行を試みるとよい。こうすれば、目が一度に大量の光にさらされることはない。可能であれば、明るく照らされた市街地の直上を避けるルートを計画すること。

### 操縦室照明

操縦室の照明は、光が暗視を奪わないように、できるだけ暗く保つ必要がある。希望の飛行高度に達した後、パイロットは飛行条件に合わせるために時間を作る必要がある。これには、計器ライトの再調整と外部目標基準の確認が含まれる。調整期間中、最適な夜間順応が達成されるまで、夜間視力を改善し続ける必要がある。地図、区分図、チェックリストを読む必要がある場合は、薄暗い白色光の懐中電灯を使用し、自分や他の乗組員の目でそれを直視しないようにする。

### 飛行場の注意事項

多くの場合、パイロットは飛行場の運用方法については発言権を持たないが、夜間飛行をより安全にし、夜間視力を保護するために講じることができる注意事項を以下に示す。

- 飛行場の照明は、使用可能な最低の強度に減らす必要がある。
- 整備担当者は、ヘッドライトと懐中電灯を使用して照明のメンテナンスを行う必要がある。
- 飛行場の中で照明が最も少ない場所に航空機を駐機する。
- 夜間の視界を損なう可能性のある高速道路や住宅地を避ける進入と出発ルートを選択する。



### 自発的なストレス。

夜間飛行は昼間の飛行よりも疲労とストレスが多く、自発的なストレス要因の多くは夜間視力を制限する可能性がある。パイロットは、自発的なストレスを引き起こす可能性のある要因を知ることにより、このタイプのストレスを制御できる。これらの要因の一部を次の段落に挙げる。 [図 17-20]

#### 薬物

薬物は、日中、特に夜間に視力を著しく低下させる可能性がある。病気になったパイロットは、飛行中に服用するのが適切な薬物について、航空医学検査官 (AME) または飛行外科医に相談する必要がある。

#### 疲労

パイロットは夜間飛行中に疲労すると、精神的に注意を払わず、すぐに対処する必要がある状況にゆっくりと反応するようになる。疲労したパイロットは、全体の要件を考慮せずに、状況の1つの側面に集中する傾向がある。疲労の程度によっては、行動が安全上の問題になる場合があり、適切なスキャン技術を使用する代わりに、マルチタスクを行わず計器を見つめたり、遠くを見つめたりすることがある。

#### 体調不良

体調不良を克服するために、パイロットは定期的な運動プログラムに参加する必要がある。身体的に健康な人は、飛行中の疲労が少なくなり、夜間のスキャン効率が向上する。ただし、1日の運動量が多すぎると、クルーは夜間飛行に疲れやすくなる。

#### アルコール

アルコールは鎮静剤であり、その使用は調和と判断の両方を損なう。その結果、アルコールの影響を受けたパイロットは、暗視の適切なテクニックを適用できない。酒酔いしたパイロットは物体を見つめ、スキャン技術を見失う可能性がある。消費されたアルコールの量は、暗視が影響を受ける程度を決定する。アルコールの影響は長続きし、アルコールの残留効果も視覚的なスキャン効率を損なう可能性がある。

#### タバコ

すべての自発的なストレスの中で、喫煙は夜の視覚感度を最も低下させる。喫煙は、赤血球中のヘモグロビンによって運ばれる一酸化炭素の量を著しく増加させる。これにより、血液が酸素と結合する能力が低下するため、血液に含まれる酸素が少なくなる。一酸化炭素中毒によって引き起こされる低酸素症は、周辺視力と暗順応に影響する。結果は、高高度によって引き起こされる低酸素症の結果と同じである。

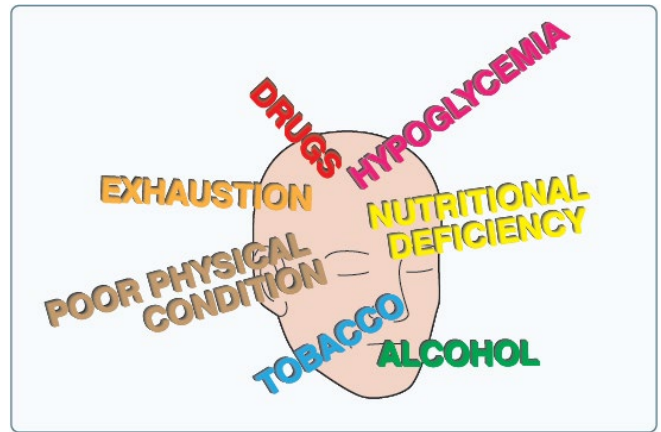


図 17-20. 自発的なストレス。

連続して3本のタバコを吸うか、24時間以内に20~30本のタバコを吸うと、ヘモグロビンの容量の8~10%が飽和する可能性がある。喫煙者は、海面での夜間視力の20%を失う。これは、5,000フィートの生理学的高度に相当する。

#### 低血糖症と栄養不足

食事を抜かしたり延期したりすると、血糖値が低下し、夜間飛行の能力が低下する。血糖値が低いと、胃の収縮、注意散漫、習慣パターンの崩壊、注意持続時間の短縮につながる可能性がある。同様に、ビタミンAの不十分な摂取も夜間視力を損なう可能性がある。ビタミンAを多く含む食品には、卵、バター、チーズ、レバー、アプリコット、桃、ニンジン、カボチャ、ほうれん草、エンドウ豆、ほとんどの種類の野菜が含まれる。多量にビタミンAを摂取しても夜間視力を向上させないが、ビタミンAの欠乏は確実に夜間視力を損なう。

#### 距離推定と深度知覚距離推定と深度

知覚に影響するメカニズムと手がかりの知識は、夜間の距離を判断する際にパイロットの手助けになる。これらの手がかりは、単眼または両眼の場合がある。距離推定と奥行き知覚を支援する単眼視の手がかりには、運動視差、幾何学的遠近法、網膜画像サイズ、および空中遠近法が含まれる。

#### 運動視差

運動視差とは、風景を横切って移動する観察者から見た静止物体の見かけ上の運動を指す。パイロットまたは乗組員が航空機の進行方向に対して直角方向の外を見ると、近くの物体が後方に過ぎ去り、または運動方向の反対側に移動しているように見える。遠くの物体は、動きと同じ方向に移動するか、固定されたままに見える。見かけの動きの速度は、観察者が物体から離れている距離に依存する。



### 幾何遠近法

さまざまな距離や角度から見ると、物体の形状が異なっているように見える場合がある。幾何学的な遠近法の手がかりには、線遠近法、見かけ上の短縮、および視野内の垂直位置が含まれる。

- 線遠近法—滑走路灯、送電線、線路などの平行線は、観測者からの距離が長くなるにつれて収束する傾向がある。 [図 17-21A]
- 見かけの短縮—物体または地形外観の実際の形状は、遠くから見ると楕円形に見える。 [図 17-21B]
- 視野内の垂直位置—観測者から遠い物体または地形外観は、観測者に近いものよりも地平線上に高く見える。 [図 17-21C]

### 大気遠近法

物体の透明度とそれによって投影される影は、脳で知覚され、距離を推定するための手がかりである。色や陰影の微妙な変化は、観察者が物体に近づくほど明確になる。ただし、距離が長くなると、これらの区別がぼやける場合がある。同じことが物体の詳細またはテクスチャにも当てはまる。人が物体から遠ざかるにつれて、その個別の詳細はあまりはっきりしなくなる。夜の飛行中に覚えておくべきもう1つの重要な事実は、すべての物体が光源から影を落とすことである。影を落とす方向は、光源の位置によって異なる。物体の影が観察者に向かっている場合、物体は観察者よりも光源の近くにある。

### 両眼手がかり

物体の両眼手がかりは、物体の各目のわずかに異なる視野角に依存している。両眼知覚は、物体が両目の視野角に明らかな違いをもたらすのに十分近い場合にのみ有用である。飛行環境では、コクピットの外側のほとんどの距離は非常に大きいため、両眼手がかりはほとんどない。さらに、両眼手がかりは単眼手がかりよりも潜在意識レベルで動作し、自動的に実行される。

### 暗視錯覚

夜間によく発生する視覚的な錯覚にはさまざまな種類がある。通常、それらを回避するための最良の方法は、それらを認識して予測しておくことである。

### 自動運動

自動運動は、数秒以上にわたって暗い背景に対して単一の光点を見つめることによって引き起こされる。しばらくすると、ライトは自然に動くように見える。光源の見かけの動きは、約8~10秒で始まる。この錯覚を防ぐには、さまざまな距離にある物体に目を合わせ、1つの光源を凝視しないようにする。この錯覚は、視覚的なスキャン、照明の数の増加、または照明の強度の変化によって除去または軽減できる。3つの解決策の中で最も重要なのは、視覚的なスキャンである。1つまたは複数のライトを10秒以上凝視しないこと。

### 偽水平

偽水平は、自然な地平線が不明瞭であるか、すぐに見えない場合に発生する可能性がある。明るい星と街の明かりを混同することで生成されることがある。また、海や大きな湖の岸に向かって飛んでいる時に発生する可能性がある。水は比較的暗いため、海岸線に沿った光は空の星と間違われる可能性がある。 [図 17-22]

### 逆遠近錯視

夜、航空機が他の航空機から遠ざかっているように見えるが、実際には近づいているということがある。この錯覚は、航空機が他の航空機のコースと平行に飛行している時によく発生する。飛行の方向を決定するには、パイロットは航空機のライトと水平線に対する相対的な位置を観察する必要がある。ライトの強度が増すと、航空機は近づいている。ライトが暗くなると、航空機は遠ざかっている。

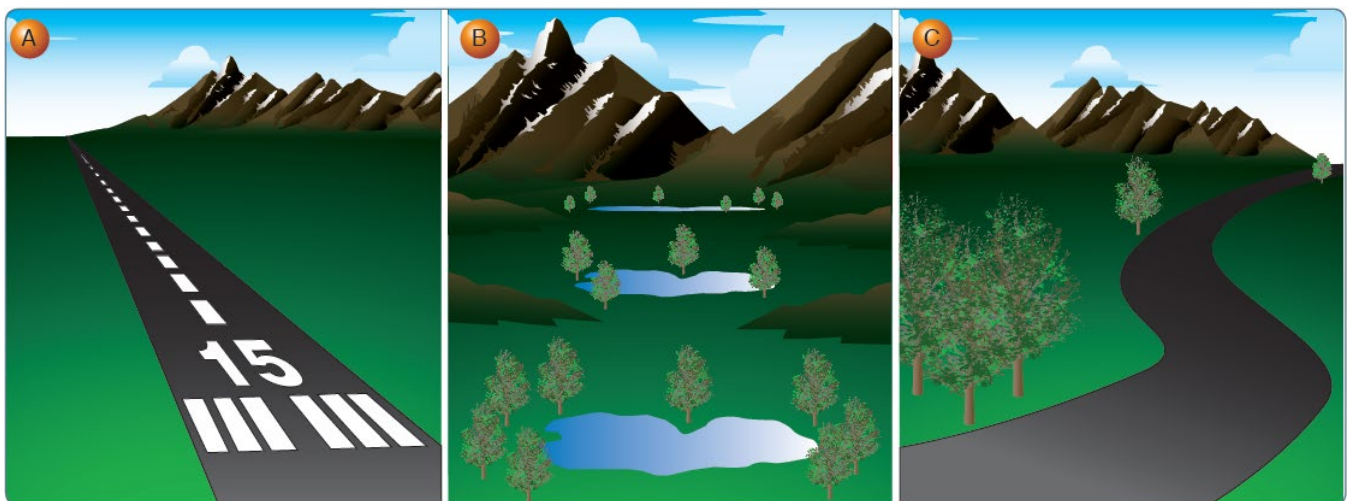


図 17-21. 幾何学的な視点。



図 17-22. 夜になると、地平線は暗い地形と地面上の誤解を招く光のパターンのために識別しにくい場合がある。

### 大きさと距離の錯視

この錯覚は、輝度（明るさ）が増加または減少している光源を見ることに起因する。パイロットは、光を接近または後退していると解釈する場合がある。

### 一点集中（凝視）

この錯覚は、パイロットが空間的位置関係を示す参照物を無視し、目標または物体に注意を向けたときに発生する。訓練生パイロットが航空機の計器に集中している時、または着陸しようとしている時に、これが起こる傾向がある。訓練生は1つのタスクに固執し、周囲で何が起きているかを見るのを忘れる。夜間には、航空機の対地接近率を判断するのが難しく、状況を修正する時間が最小限になるため、これは特に危険である。

### フリッカー（光の点滅による）めまい

1秒あたり4～20サイクルの速度で点滅する光は、不快で危険な反応を引き起こす可能性がある。吐き気、嘔吐、めまいなどの状態が発生する場合がある。まれに、けいれんや意識喪失も起こることがある。夜間の適切なスキャン技術は、パイロットがちらつきのめまいを起こすのを防ぐことができる。

### 夜間着陸錯視

着陸錯視はさまざまな形で発生する。夜の特徴のない地形の上では、通常より低いアプローチで飛行する自然な傾向がある。雨、かすみ、暗い滑走路環境など、あらゆる種類の視覚的不明瞭を引き起こす要素も、低いアプローチを引き起こす可能性がある。明るい光、急な周囲の地形、広い滑走路は、通常よりも高い進入経路で飛行する傾向があり、低すぎるという錯覚を引き起こす可能性がある。道路または高速道路に沿って一定間隔で配置されたライトのセットは、滑走路ライトのように見える場合がある。パイロットは、動いている電車

### 見かけの地平線

の灯を滑走路灯または進入灯と間違える。明るい滑走路または進入照明システムは、特に周囲の地形を照らす照明がほとんどない場合、航空機が滑走路に近いという錯覚を引き起こす可能性がある。

夜に飛行する前に、飛行している地域の課題を学び、知ることが最善である。地域を研究し、夜間に問題を引き起こす可能性のある地域をどのようにナビゲートするかを知ること。たとえば、水の近くにあるエリアは、低い雲や霧によって隠されていることが多い。このような状況に対処するには、地面を離れる前に計画を立てることが重要である。昼間は、夜間に飛行する空路を飛行し、夜間に使用する最低高度を決定する。気象によって計画した高度を維持できない場合は、早期に判断して180°向きを変え、より良い気象条件の代替空港に着陸する。チャンスをつかむことでうまくいくことを期待するのではなく、常により安全な代替案を検討すること。

夜間に飛行するパイロットは、特に重要な判断および手と目の調和が必要な夜間（IFRなど）、またはパイロットが喫煙者であるか健康に問題がある場合、FAAが規定していない高度と時間であっても酸素補給を考慮する必要がある。

### 強化された暗視システム

合成視覚システム（SVS）とエンハンスド・ビジョン・システム（EFVS）は、夜間の飛行の安全性を改善できる2つのシステムである。両方の技術は急速に進化しており、ますます使用されている。 [図 17-23]





図 17-23. 合成視覚システムおよびエンハンスト・ビジョン・システム。

### 合成視覚システム

合成視覚システム (SVS) は、外部の地形の合成ビジョン画像をフライトクルーに表示するための電子的な手段である。[図 17-24] EFVSによって生成されるようなリアルタイムのイメージではない。EFVSとは異なり、SVSには地形と障害物のデータベース、正確なナビゲーションソリューション、およびディスプレイが必要である。地形画像は、SVS内に保存されているデジタル標高モデル (DEM) のデータの使用に基づいている。SVSはあらゆる視程状態で地形や視覚イメージを強化してパイロットに重要な障害物や物体について相対的な空間における位置情報を提供することを目的としている。これは、地形、障害物、滑走路、ランドマークなどの重要な特徴がSVSディスプレイに表示される可能性のある離陸、進入、着陸などの飛行の重要な段階で特に役立つ。 [図 17-25]

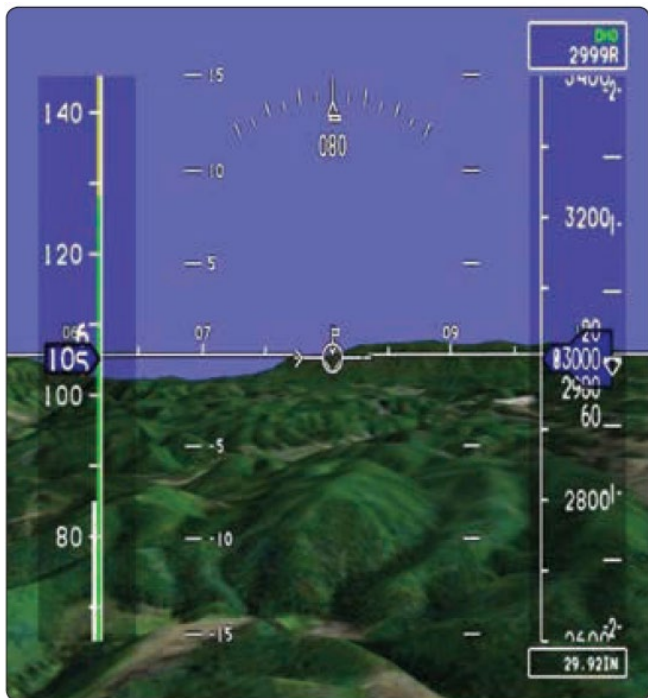


図 17-24. SVSシステム。

侵入操作中、SVSの明らかな利点は、外の視界がどれだけ劣っていても、デジタル地形画像がパイロットのディスプレイに残ることである。

SVS画像は、ヘッドダウンディスプレイまたはヘッドアップディスプレイ (HUD) に表示できる。ただし、これまでのところ、SVSはヘッドダウンディスプレイでのみ認定されている。HVSに合成画像を表示するための開発努力は、SVSとEFVSによって生成されたリアルタイムセンサー画像を組み合わせた取り組みと同様に現在進行中である。これらのシステムは、結合視覚システムとして知られている。現在、SVSは状況認識のみの補助として認定されているが、FAAと航空業界は、特定の低視程状態で運用クレジットにSVSを使用できるようにする運用コンセプトと耐空性基準の定義に取り組んでいる。SVSディスプレイの他の将来の機能強化には、ADS-Bを統合して交通情報を表示することが含まれる。

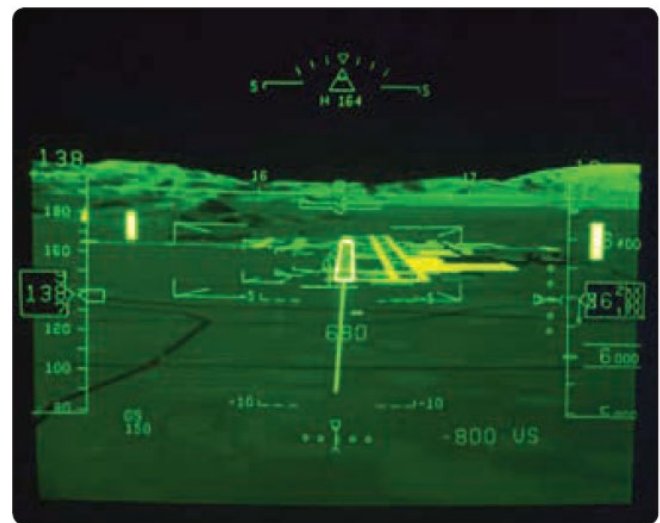


図 17-25. 夜間のSVSシステム。

### エンハンスト・ビジョン・システム

エンハンスト・ビジョン (EV) またはエンハンスト・ビジョン・システム (EFVS) は、前方監視型赤外線装置 (FLIR) やミリ波レーダー (MMWR) などのイメージングセンサーを使用して外部シーンを表示する電子的な手段である。

2004年、14 CFR パート91、セクション91.175が修正され、(カテゴリIIまたはカテゴリIIIの操作以外で) パイロットのHUDに表示される承認済みEFVSを使用する際に、計器進入における直線進入方式を実行するオペレーターが公開された決定高度 (DH) または最小降下高度 (MDA) 以下で操作できるようになった。この規則の変更により、EV装備の「運用上のクレジット」が提供される。SVにはそのようなクレジットは存在しない。

## 章のまとめ

この章では、飛行活動に関連する航空医学的要因の概要を説明する。この章で説明する主題の詳細情報は、航空情報マニュアル (AIM) およびオンラインの [www.faa.gov](http://www.faa.gov) で入手できる。



