

## 第8章

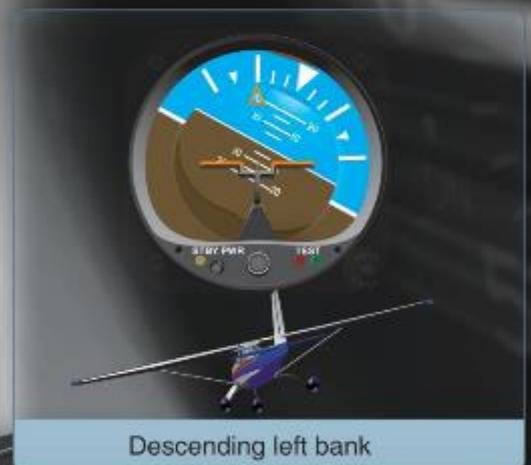
# 飛行計器

### 序論

航空機を安全に飛行させるために、パイロットは飛行計器の解釈および操作方法を理解しなければならない。パイロットは、これらの機器に関連するエラーや誤動作も認識できる必要がある。この章では、ピトー静圧システムと関連機器、真空システムと関連機器、ジャイロスコープ機器、および磁気コンパスについて説明する。パイロットが各機器の動作を理解し、機器が故障していることを認識すると、パイロットは安全に機器を最大限に活用できる。

### ピトー静圧的飛行計器

ピトー静圧システムは、空中の航空機の動きによる静圧と動圧を利用する複合システムである。これらの組み合わせた圧力は、対気速度計（ASI）、高度計、および垂直速度計（VSI）の操作に利用される。 [図 8-1]



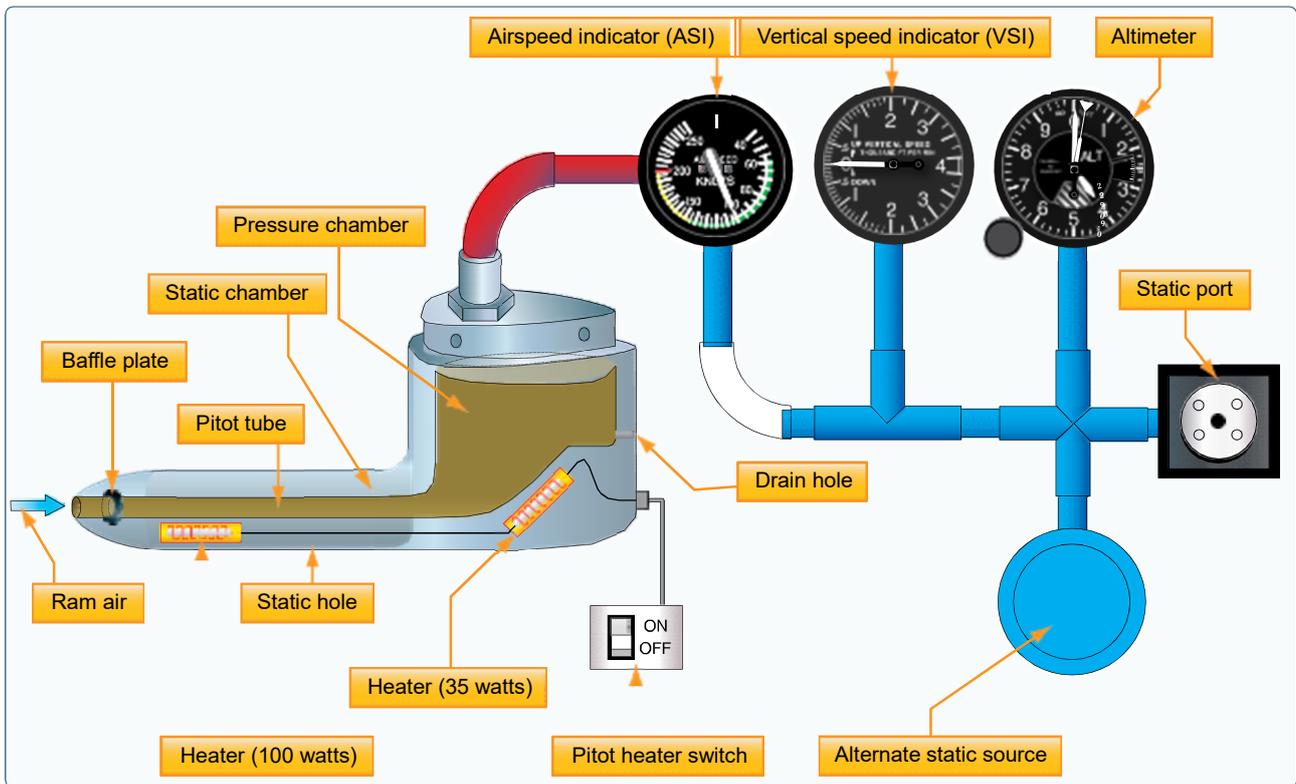


図 8-1. ピトー静的システムと計器

### 衝撃圧チャンバーとライン

ピトー管は、航空機が空中を移動するときに存在する合計圧力の測定に使用される。静圧は、周囲圧力とも呼ばれ、航空機が動いていても静止していても常に存在する。それは単にローカルエリアの気圧である。動圧は、航空機が動いているときにのみ存在する。したがって、これは動きによる圧力と考えることができる。風も動的圧力を生成する。航空機が70ノットの静止空気を移動している場合でも、速度が70ノットの風に直面している場合でも、同じ動的圧力が生成される。

航空機の機首から90°未満の角度から風が吹くと、ASIに動的圧力が表示される。20ノットで翼型を横切って移動する風は、20ノットで穏やかな空気の中を移動する航空機と同じである。ピトー管は、常に存在する静圧だけでなく、動圧も取り込む。

ピトー管の前面には小さな開口部があり、全圧が圧力室に入ることができる。全圧は、動圧と静圧で構成される。ピトー管の前部にある大きな穴に加えて、チャンバーの後ろに小さな穴があり、航空機が雨を受けた場合に水分をシステムから排出することができる。飛行前にピトー管の両方の開口部をチェックして、どちらもふさがれていないことを確認しなければならない。多くの航空機には、長時間の駐機時にピトー管カバー

が取り付けられている。これは、バグやその他の物体がピトー管の開口部に引っかかるのを防ぐのに役立つ。

ピトー管を利用する1つの機器はASIである。全圧は、ピトー管の圧力室から小さな管を介してASIに伝達される。静圧はASIの反対側にも供給され、2つの静圧を相殺する働きをする。これにより、機器に動圧が表示される。動圧が変化すると、ASIは変化の方向に応じて増加または減少を示す。残りの2つの機器（高度計とVSI）は、静的ポートから得られる静圧のみを利用する。

### 静圧室とライン

静的チャンバーは、小さな穴から航空機の側面にある自由な空気に通気される。大気圧が変化すると、圧力は、機器を静的システムに接続する細い線を通して、機器の内外を自由に移動できる。一部の航空機には、主な静的ソースがブロックされた場合に静圧を提供するための代替静的ソースが用意されている。通常、代替静的ソースは操縦室内にある。機体の周りを流れる空気のベンチュリ効果により、操縦室内の空気圧は外圧よりも低くなる。

代替静的ソース圧力が使用される場合、以下の機器表示が見られる:

1. 高度計は、実際よりわずかに高い高度を示す。
2. ASI は、実際の対気速度よりも大きな対気速度を示す。
3. VSI は瞬間的な上昇を示し、高度が一定に保たれると安定する。

各パイロットは、航空機の飛行マニュアル (AFM) またはパイロットの操作ハンドブック (POH) を参照して、代替静的ソースを使用するときシステムに導入されるエラーの量を判断する責任がある。代替静的ソースが装備されていない航空機では、障害が発生した場合にシステムに静的圧力を導入する代替方法は、VSIのガラス面を破壊することである。これにより、VSIが動作不能になる可能性が最も高くなる。破壊する機器としてVSIを選択する理由は、VSIが飛行にとって最も重要でない静的ソース機器であることである。

### 高度計

高度計は、特定の圧力レベルを超える航空機の高さを測定する機器である。圧力レベルについては、後で詳しく説明する。高度計は高度を示すことができる唯一の機器であるため、これは航空機に設置されている最も重要な機器の1つである。高度計を効果的に使用するには、パイロットは計器の操作、高度計に関連するエラー、およびそれぞれが計器の表示に与える影響を理解しなければならない。

密閉されたアネロイドウェーハのセットは、高度計の主要構成要素を構成する。アネロイドウェーハは、水銀柱29.92インチ ("Hg") の内部圧力まで排気された密閉ウェーハである。これらのウェーハは、静圧の変化に応じて自由に伸縮する。静圧が低いと (29.92 "Hg未満)、ウェーハは膨張する。機械的リンク機構は、ウェーハの動きをインジケータ面の針に接続する。これにより、ウェーハの圧縮が高度の低下に、ウェーハの膨張が高度の上昇に変換される。 [図 8-2]

密閉された高度計ケースの背面に静圧がどのように導入されるかに注目してみよう。高度計の外側のチャンバーは密閉されているため、静圧でアネロイドウェーハを囲むことができる。静圧がアネロイドウェーハの圧力 (29.92 "Hg) よりも高い場合、ウェーハ内部の圧力が周囲の静圧に等しくなるまでウェーハは圧縮される。逆に、静圧が内部の圧力よりも低い場合、ウェーハの膨張と収縮は、高度計の面にある針を駆動する機械的リンク機構を動かす。

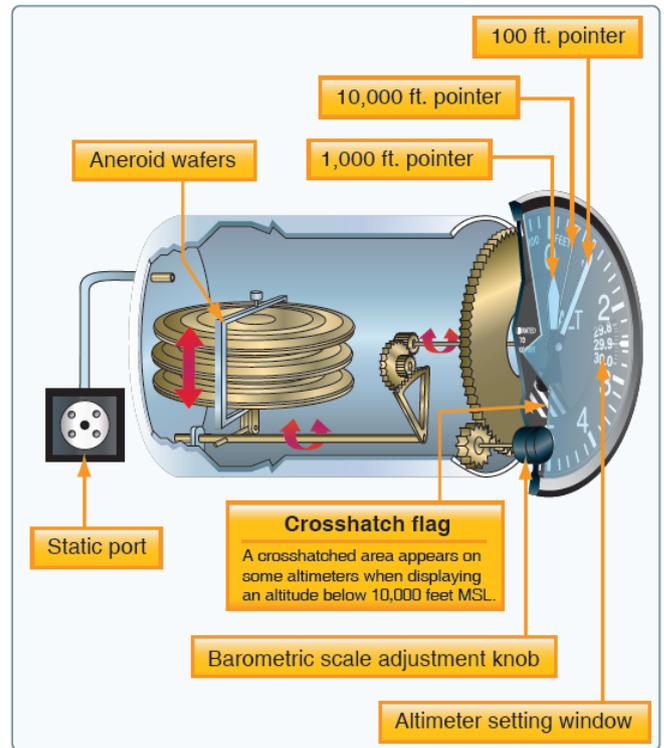


図 8-2. 高度計.

### 動作原理

気圧高度計は、高度計が設置されているレベルで大気の圧力を測定し、フィート単位で高度を示すアネロイド気圧計である。高度計は、動作のソースとして静圧を使用する。空気は、海面では高所よりも密度が高く、高度が高くなると気圧が低下する。さまざまなレベルでのこの圧力差により、高度計は高度の変化を示す。

高度の表示は、高度計の種類によって大きく異なる。ポインターが1つあるものと、2つ以上あるものがある。このハンドブックでは、マルチポインタータイプについてのみ説明する。典型的な高度計のダイヤルには、0から9まで時計回りに数字が並べられている。アネロイド要素の動きは、ギアを介して高度を示す3本の針に伝達される。図8-2では、端に逆三角形の付いた長く細い針は数万フィートを示している。短く幅の広い針は数千フィートを示す。上部の長い針は数百フィートを示している。

ただし、この標高は正しいが、海面気圧が標準（29.92 "Hg）である場合にのみ、海面自由大気温度が標準（摂氏+15度（°C）または華氏59度（°F））となり、高度が高くなると、標準的な速度で圧力と温度が低下する。非標準圧力の調整は、補正された圧力を高度計の表面にある気圧計に設定することでできる。気圧ウィンドウは、コールズマンウィンドウと呼ばれることもある。高度計が設定された後にのみ、正しい高度を示す。「正しい」という言葉は、高度の種類を参照する際に、より適切に説明する必要があるが、この場合、海拔高度を示すために一般的に使用される。言い換えると、示された高度は、気圧設定がコールズマンウィンドウにダイヤルされた後、修正されていない高度から読み取られた高度を指す。他の高度については、後で詳しく説明する。

### 非標準の圧力と温度の影響

気圧と温度が一定である場合、地上の一貫した高さを維持するのは簡単だが、これはめったにない。圧力と温度は、ローカルフライトでも離陸と着陸の間で変化する可能性がある。これらの変更が考慮されない場合、飛行は危険になる。

高度計を標準外の圧力に調整できない場合、危険な状況が発生する可能性がある。たとえば、高度計を調整せずに航空機が高圧エリアから低圧エリアに飛行した場合、一定の高度が表示されるが、地上の航空機の実際の高さは指定された高度より低くなる。

「高圧エリアから、低圧エリアに飛ぶときは、下をよく

確認。」という古い航空の公理がある。逆に、高度計を調整せずに航空機が低圧エリアから高圧エリアに飛行する場合、航空機の実際の高度は指示された高度よりも高くなる。飛行中は、地形と障害物のクリアランスを確保するために、現在の高度計設定を頻繁に取得することが重要である。

多くの高度計には、31.00 "Hgを超える気圧を調整するための正確な手段がない。高度計をより高い圧力設定に設定できない場合、航空機の実際の高度は高度計が示す値よりも高くなり（28.00以下）、実際の高度計設定を設定できない航空機による飛行操作は推奨されない。

非標準圧力を補正する調整では、非標準温度は補正されない。冷たい空気は暖かい空気よりも密度が高いため、標準よりも低い温度で動作する場合、高度は高度計の表示より低くなる。[図 8-3] 誤差の大きさを決定するのは、この「差」の大きさである。これはパイロットが懸念するのが低い気温であるためである。指示された一定の高度を維持しながら、より低い気団に飛行する場合、真の高度は低くなる。地形または障害物のクリアランスが巡航高度を選択する要因である場合、特に山岳地帯では、標準より低い温度では高度計が示すよりも真の高度が低くなることを忘れてはいけない。したがって、十分な地形のクリアランスを確保するには、標高を高くする必要がある場合がある。圧力に使用される記憶補助装置のバリエーションを使用できる。

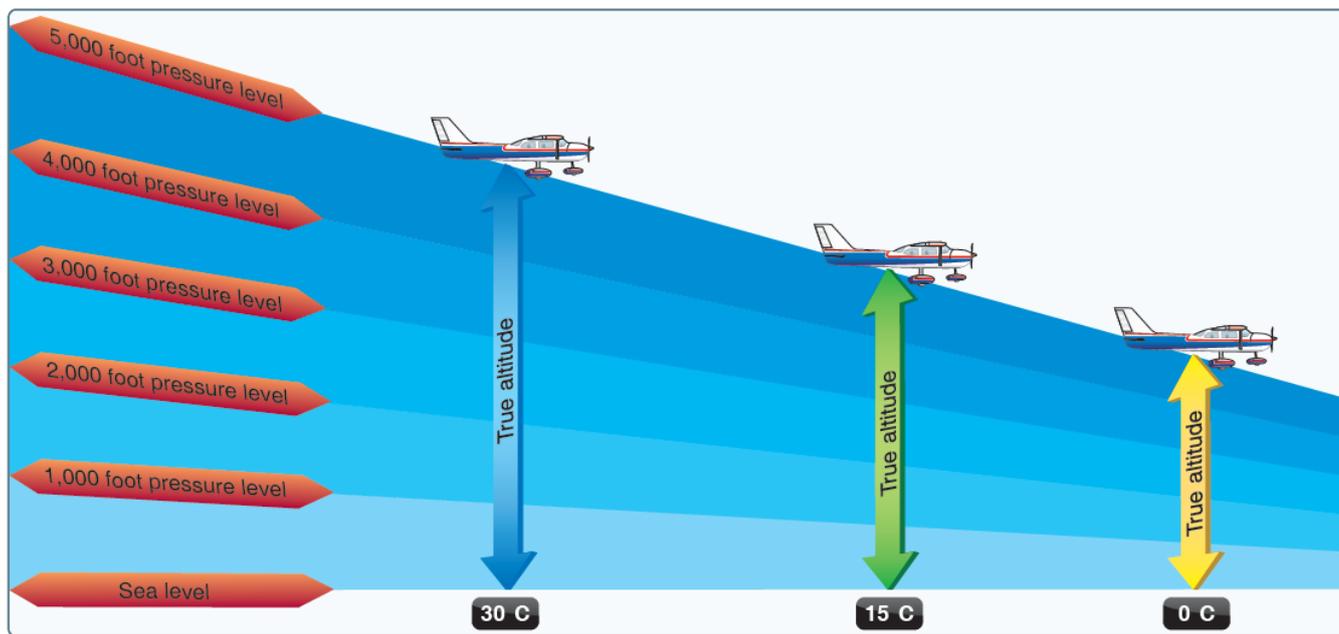


図 8-3. 高度計に対する非標準温度の影響

「高温エリアから、低温エリアに飛ぶときは、下をよく確認」空気が標準よりも暖かい場合、航空機は高度計が示すよりも高くなる。温度の高度補正は、ナビゲーションコンピュータで計算できる。

極端に低い温度も高度計の表示に影響を与える。図8-4は、ICAOの式から導き出されたもので、温度が極端に低いときにどれだけの誤差が存在するかを示している。

### 高度計の設定

ほとんどの高度計には、高度計を調整する手段を提供する気圧設定ウィンドウ（またはコルスマンウィンドウ）が装備されている。この調整のために、機器の下部にノブがある。

気圧の変動に合わせて高度計を調整するには、高度計設定ウィンドウの水銀柱 ("Hg) および/またはミリバール (mb) で較正された圧力スケールを、指定された高度計設定に一致するように調整する。ステーションの圧力は海面まで低下するが、高度計の設定はレポートステーションの近くでのみ正確であるため、あるステーションから次のステーションへの飛行の進行に合わせて高度計を調整しなければならない。航空交通管制 (ATC) は、更新された高度計設定が利用可能になると通知する。パイロットがATC支援を利用していない場合、ローカル自動気象観測システム/自動表面観測システム (AWOS / ASOS) または自動端末情報サービス (ATIS) ブロードキャストを監視することにより、ローカル高度計設定を取得できる。

多くのパイロットは、現在の高度計の設定がすべての高度での気圧の不規則性を補うと確信しているが、これは必ずしも真実ではない。地上局が送信する高度計の設定は、平均海水面に修正された局圧である。より高いレベルでの不規則性、特に非標準温度の影響は考慮されていない。

Reported Temp 0 °C	Height Above Airport in Feet														
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
+10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	30	40	60	80	90	
0	20	20	30	30	40	40	50	50	60	90	120	170	230	280	
-10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	290	390	490	
-20	30	50	60	70	90	100	120	130	140	210	280	420	570	710	
-30	40	60	80	100	120	140	150	170	190	280	380	570	760	950	
-40	50	80	100	120	150	170	190	220	240	360	480	720	970	1210	
-50	60	90	120	150	180	210	240	270	300	450	590	890	1,190	1,500	

図 8-4. -10°Cの温度と空港の標高から1,000フィートの航空機高度を使用したチャートを見てみよう。チャートは、報告された現在の高度計の設定により、高度計が示す高度から100フィート下まで航空機を配置できることを示している。

使用している場合、各高度計は温度と圧力の変動誤差の影響を均等に受ける必要がある。これにより、航空機間の望ましい垂直距離を維持できる。ただし、これは垂直方向の分離を保証するものではない。航空交通の侵入については、視覚スキャンを管理し続けることが依然として不可欠である。

高い山岳地帯を飛行する場合、特定の気象条件により、高度計は実際の高度よりも1,000フィート以上高い高度を示す。このため、高度計の誤差の可能性だけでなく、強風に関連する可能性のある下降気流の場合にも、十分な高度のマージンを設ける必要がある。

高度計設定システムの使用方法を説明するために、テキサス州ダラス・ラブフィールド空港からミネラル・ウェルズ市を經由してテキサス州アビリーン市営空港までの飛行を見ていく。ラブフィールドから離陸する前に、パイロットは管制塔またはATISから現在の高度計設定29.85 "Hgを受け取り、この値を高度計設定ウィンドウで設定する。高度計の表示は、既知の空港高度487フィートと比較する必要がある。ほとんどの高度計は完全に較正されていないため、エラーが存在する可能性がある。

ミネラル・ウェルズの上空飛行時、パイロットが現在の高度計設定29.94 "Hgを受け取り、これを高度計ウィンドウに設定すると仮定する。アビリーン市営空港での場周経路に入る前に、アビリーン管制塔から29.69" Hg 高度計設定を受け取ってウィンドウで設定する。パイロットが地面の約800フィート上で場周経路を飛行することを希望し、アビリーンのフィールド標高が1,791フィートである場合、2,600フィートの標高を維持する必要がある(1,791フィート+ 800フィート= 2,591フィート、2,600フィートに丸められる)。

高度計を適切に設定することの重要性は、どんなに強調してもしすぎることはない。パイロットがアビリーンの高度計を現在の設定に調整せず、29.94 "Hgのミネラル・ウェルズ設定を使用し続けたと仮定する。指示された高度2,600フィートでアビリーンの場周経路に入ると、航空機は適切な高度より約250フィート下になる。着陸時、高度計はフィールドの標高より約250フィート高いことを示す。

ミネラル・ウェルズの高度計設定	29.94
アビリーンの高度計設定	29.69
差	0.25

(1インチの圧力は約1,000フィートの高度に等しいため、0.25×1,000フィート= 250フィートである。)

高度計誤差の量を加算するか減算するかを決定する時、実際の圧力が高度計ウィンドウで設定された値よりも低い場合、航空機の実際の高度は高度計に示されている値よりも低いことに注意する。

以下は、高度偏差を計算するもう1つの方法である。現在の高度計設定を29.94 "Hgから減算することから始める。常に元の設定を最上位の数字として配置することを忘れないこと。次に、現在の高度計設定を減算する。

ミネラル・ウェルズの高度計設定	29.94
アビリーンの高度計設定	29.69
29.94 - 29.69 =差	0.25

(1インチの圧力は約1,000フィートの高度に等しいため、 $0.25 \times 1,000$  フィート = 250 フィートである。) 指定された高度から常に数値を引く。

$$2,600 - 250 = 2,350$$

ここで、より低い圧力設定を試してみる。高度計設定を29.94から30.56 "Hgに調整する。

ミネラル・ウェルズの高度計設定	29.94
高度計設定	30.56
29.94 - 30.56 =差	-0.62

(1インチの圧力は約1,000フィートの高度に等しいため、 $0.62 \times 1,000$  フィート = 620 フィートである。) 指定された高度から常に数値を引く。

$$2,600 - (-620) = 3,220$$

パイロットは620フィートの高さを飛行していることになる。

違いは負の数であることに注意する。現在の標高2,600フィートから開始して、負の数を引くことは、2つの数を加算することと同じである。この方法を利用することにより、パイロットは現在の高度計設定を使用することの重要性をよりよく理解できる。(エラーの位置と方向を誤ると、安全性に影響する可能性がある。標高が指示された高度より低い場合、航空機が障害物と衝突する危険性がある)。

## 高度計の動作

高度計のポインターを移動するには、2つの方法がある。1つは気圧の変化、もう1つは気圧の調整である。航空機が上昇または下降する時、高度計ケース内の圧力が変化すると、アネロイド気圧計が伸縮する。この動きは、ポインターを回転させるための機械的リンクを介して伝達される。

気圧が低下すると高度計は高度の上昇を示し、気圧が上昇すると高度計は高度の低下を示す。したがって、航空機の地上での圧力レベルが29.98 "Hgで、圧力レベルが29.68" Hgに変化した場合、高度計の高度は約300フィート増加する。この圧力変化は、航空機が一晩駐機したままになっているときに最も顕著になる。圧力が低下すると、高度計はこれを上昇と解釈する。高度計は、実際のフィールドの高度を超える高度を示す。気圧設定が現在の高度計の設定29.68 "Hgにリセットされると、高度計に再び高度が表示される。

航空機は特定の高度を飛行するため、飛行中、この圧力変化にはなかなか気づかない。前のセクションで説明したように、パイロットの動作によって高度計が一定に保たれている間、航空機は着実に真の高度を低下させる。

航空機の高度を知ることは、パイロットにとって非常に重要である。パイロットは、意図したルートに沿って最も高い地形または障害物を避けられるだけ十分な高さで航空機が飛行していることを確認しなければならない。視界が制限されている場合、正確な高度情報を取得することが特に重要である。障害物を避けるには、パイロットは常に航空機の高度と周囲の地形の高度に注意しなければならない。空中衝突の可能性を減らすには、航空交通規則に従って高度を維持することが不可欠である。

## 高度の種類

高度自体は、パイロットが参照している高度のタイプに特に言及されている場合にのみ関連する用語である。通常、「高度」という用語が使用される場合、これは海拔高度を指す。これは、これが障害物や空域を図示し、航空交通を区別するために使用される高度だからである。

高度は、基準として使用される特定のポイントまたはレベルからの垂直距離である。標高には、標高を測定する基準レベルと同数の種類があり、それぞれが特定の理由で使用される場合がある。パイロットは、主に5種類の高度に関心がある。:

1. 標高—現在の高度計設定に設定されている場合、高度計から直接読み取られる(補正なし)。
2. 真の高度—海拔からの航空機の垂直距離(実際の高度)。多くの場合、平均海拔(MSL)フィートとして表される。航空チャート上の空港、地形、障害物の標高は真の高度である。
3. 絶対高度—地形または地上(AGL)からの航空機の垂直距離。

4. 気圧高度—高度計設定ウィンドウ（気圧スケール）が 29.92 "Hg に調整されたときに表示される高度。これは標準データム平面より上の高度であり、空気圧（15°C に補正）が 29.92 "Hg に等しい理論上の平面である。圧力高度は、密度高度、真の高度、真の対気速度（TAS）、およびその他の性能データの計算に使用される。
5. 密度高度—標準温度からの変動に対して補正された圧力高度。条件が標準の場合、圧力高度と密度高度は同じである。温度が標準を超えている場合、密度高度は圧力高度よりも高くなる。温度が標準より低い場合、密度高度は圧力高度より低くなる。これは航空機の性能に直接関係するため、重要な高度である。

パイロットは、航空機の性能が空気の密度に直接関係する方法を理解しなければならない。空気の密度は、自然吸気エンジンが生成する出力の量、および翼の効率に影響する。プロペラを介して加速する空気分子が少ない（圧力が低い）場合、回転速度への加速が長くなり、離陸ロールが長くなり、性能が低下する。

例として、標高が5,048フィートMSLで、標準温度が5°Cの空港を考えてみる。これらの条件下では、気圧高度と密度高度は同じで、5,048フィートである。温度が30°Cに変化すると、密度高度は7,855フィートに増加する。これは、航空機が離陸時に、標高が標準温度で7,855フィートであるかのように機能することを意味する。逆に、-25°Cの温度では、1,232フィートの密度高度になる。これらの条件下では、航空機の性能がはるかに向上する。

### 計器チェック

各フライトの前に、パイロットはその有効性を検証するために適切な兆候がないか高度計を調べる必要がある。高度計の状態を判断するには、気圧計を、地元の航空交通管制塔、飛行情報局(FSS)、またはATIS、AWOS、ASOSなどの他の信頼できるソースから送信された現在報告されている高度計設定に設定する。高度計のポインターは、測量された空港の標高を示す必要がある。指示が測量された野外標高から75フィート以上離れている場合、機器は再校正のために認定された計器修理ステーションに照会する必要がある。

### 垂直速度計 (VSI)

VSI (Vertical Speed Indicator) は、VVI (Vertical Velocity Indicator) と呼ばれることもあり、航空機が上昇中、下降中、または水平飛行中であるかどうかを示す。上昇または下降の速度は、フィート/分 (fpm) で示される。適切に校正された場合、VSIは水平飛行でゼロを示す。  
[図 8-5]

### 動作原理

VSIは静圧のみで動作するが、差圧計である。リンケージとギアリングを気密ケース内のインジケータポインターに接続するダイヤフラムが含まれている。ダイヤフラムの内側は、ピトー静圧システムの静線に直接接続されている。ダイヤフラムの外側の領域（計器ケースの内側）も静的ラインに接続されているが、制限された開口部（校正されたリーク）を介している。

ダイヤフラムとケースの両方が、既存の大気圧で静的ラインから空気を受け取る。ダイヤフラムは無制限の空気を受け取り、ケースは計量リークを介して静圧を受け取る。航空機が地上または水平飛行している場合、ダイヤフラムと計器ケース内の圧力は等しく、ポインターはゼロ表示にある。航空機が上昇または下降すると、ダイヤフラム内の圧力はすぐに変化するが、制限された通路の計量動作により、ケースの圧力は短時間高くまたは低くなり、ダイヤフラムが収縮または膨張する。これにより、機器の針に上昇または下降として示される圧力差が生じる

圧力差が一定の比率で安定すると、針は高度の変化率を示す。

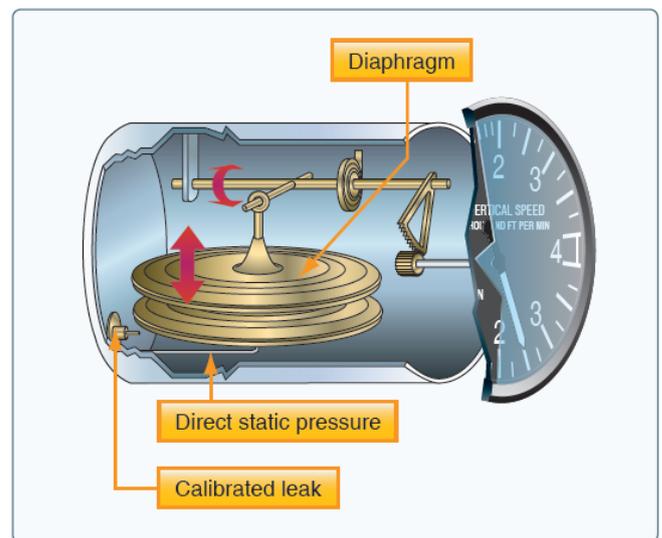


図 8-5. 垂直速度インジケータ (VSI)

VSIは、2種類の情報を表示する:

- トレンド情報は、航空機の上昇率または下降率の増加または減少を即座に示す。
- レート情報は、高度の安定した変化率を示す。

トレンド情報は、VSI針の動きの方向である。たとえば、航空機が水平飛行を維持しており、パイロットが制御操縦桿を引き戻して航空機の機首を上げた場合、VSI針が上がり上昇を示す。ピッチ姿勢が一定に保たれている場合、針は短時間（6～9秒）後に安定し、上昇速度を数百fpmで示す。上昇率の最初の変化からVSIが新しい率の正確な表示を表示するまでの期間は、ラグと呼ばれる。大雑把な制御技術と乱流は、遅延時間を延ばし、不規則で不安定なレート表示を引き起こす可能性がある。一部の航空機には瞬間垂直速度指示装置（IVSI）が装備されており、これには一般的なVSIの遅れを補正する加速度計が組み込まれている。[図 8-6]

### 計器チェック

飛行前チェックでは、VSIの動作が適切であることを確認しなければならない。空港施設エリアを出る前と離陸直前に、VSIがほぼゼロの読み取り値を示していることを確認すること。VSIがゼロ以外の何かを示す場合、その表示はゼロマークとして参照できる。通常、針が正確にゼロでない場合、ゼロ線のわずかに上または下のみある。離陸後、VSIは上昇傾向を示すために上昇傾向にあり、その後、安定した上昇が確立されると、上昇速度を参照できる。

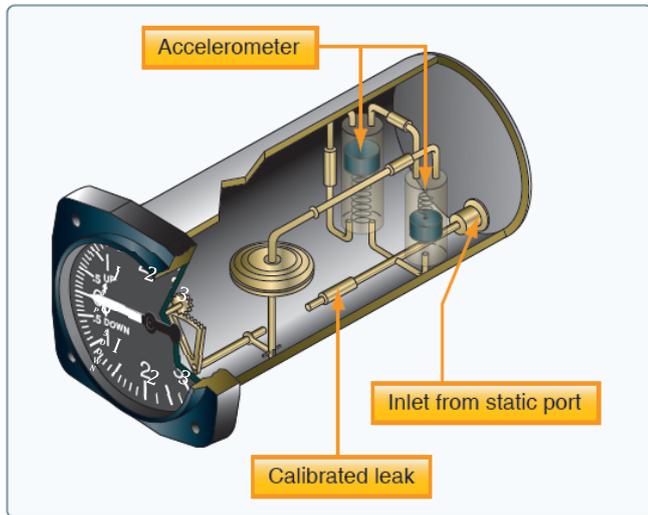


図 8-6. IVSIには加速度計が組み込まれており、機器が垂直速度の変化を即座に示すのに役立つ。

### 対気速度計 (ASI)

ASIは、ピトー（衝撃圧/動圧）と静圧の差を測定し、即座に示す高感度の差圧ゲージである。これらの2つの圧力は、航空機が無風の気象条件下で地上に駐機されているときに等しくなる。航空機が飛行すると、ピトー線の圧力は静止線の圧力よりも大きくなる。この圧力の差は、機器の表面にある対気速度ポインターによって記録され、時速マイル、ノット（時速海里）、またはその両方で較正される。[図 8-7]

ASIは、ピトーと静的システムの両方を利用する計器の1つである。ASIは対気速度ケースに静圧を導入し、ピトー圧（動的）はダイヤフラムに導入される。動圧は、表示システムに取り付けられたダイヤフラムの片側を拡大または縮小する。システムは、機械的リンクと対気速度針を駆動する。

高度と同様に、対気速度には複数のタイプがある。パイロットは各タイプに精通している必要がある。

- 指示対気速度 (IAS) — ASI から取得した直接的な機器の読み取り値。大気密度、設置エラー、または機器エラーの変動については補正されていない。製造業者はこの対気速度を航空機の性能を決定するための基礎として使用する。AFM/POHに記載されている離陸、着陸、失速の速度はIASであり、通常は高度や温度によって変化しない。

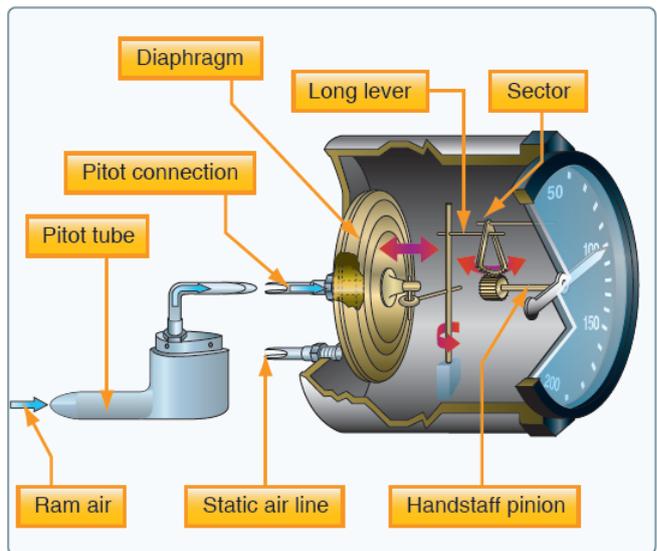


図 8-7. 対気速度計 (ASI)

- 較正対気速度 (CAS) — 設置エラーと機器エラーを修正した IAS。製造業者は対気速度エラーを最小限に抑えようとするが、対気速度の動作範囲全体からすべてのエラーを排除することはできない。特定の対気速度および特定のフラップ設定では、設置および機器のエラーが合計数ノットになる場合がある。このエラーは、通常、低対気速度で最大になる。巡航および高対気速度の範囲では、IAS と CAS はほぼ同じである。対気速度の誤差を修正するには、対気速度較正表を参照。
- 真対気速度(TAS)—高度と標準外温度を修正した CAS。高度が高くなると空気密度が低下するため、高高度では航空機をより速く飛行させて、ピトー衝撃圧と静圧の圧力差を同じにしなければならない。したがって、特定の CAS に対して、高度が高くなると TAS は増加する。または、特定の TAS については、高度が上がると CAS は減少する。パイロットは2つの方法で TAS を把握することができる。最も正確な方法は、フライトコンピュータを使用することである。この方法では、コンピュータの対気速度補正スケールを使用して、CAS の温度と圧力の変動を補正する。非常に正確な電子飛行コンピュータも利用できる。CAS、気圧高度、および温度を入力するだけで、コンピュータが TAS を計算する。もう1つの方法は、経験則であり、おおよその TAS を判断できる。高度 1,000 フィートごとに 2 パーセントを CAS に追加するだけである。TAS は、飛行計画に使用される速度であり、飛行計画を提出するときに使用される。
- 対地速度(GS)— 地上の飛行機の実際速度。風速に応じて補正した TAS である。GS は向かい風で減少し、追い風で増加する。

### 対気速度計表示

1945年以降に製造され、FAAによって認証された重量 12,500ポンド以下の航空機には、標準の色分けされた表示システムに従ってASIを表示する必要がある。この色分けされた表示システムにより、パイロットは航空機の安全な運航に重要な特定の対気速度制限を一目で判断できる。たとえば、機動の実行中に、対気速度針が黄色の弧にあり、赤線に急速に接近していることに気づいた場合、緊急の対応策は対気速度を下げることである。

図8-8に示すように、単発機の小型航空機のASIには、次の標準の色分けされた表示が含まれている:

- 白い弧—一般にフラップの動作範囲と呼ばれる。これは、下限がフラップの完全失速を表し、上限がフラップの最大速度を表す。進入と着陸時は通常、白い弧内の速度で飛行する。



図 8-8. 単発機の対気速度計 (ASI)

- 白い弧の下限 ( $V_{S0}$ )—着陸構成での失速速度または最小定常飛行速度。小型航空機の場合、これは着陸構成での最大着陸重量でのパワーオフ失速速度 (ギアとフラップが下がった状態) である。
- 白い弧の上限( $V_{FE}$ )—フラップを伸ばしたときの最大速度。
- 緑の弧—航空機の通常の動作範囲。ほとんどの飛行はこの範囲内で行われる。
- 緑の弧の下限( $V_{S1}$ )—指定された構成で得られたストール速度または最小定常飛行速度。ほとんどの航空機の場合、これはクリーンな構成での最大離陸重量でのパワーオフ失速速度である (格納式の場合はギアアップ、フラップはアップ)。
- 緑の弧の上限( $V_{N0}$ )—最大構造巡航速度。乱気流のない空気中の飛行を除いて、この速度を超えないこと。
- 黄の弧—注意範囲。乱気流のない空気中でのみこの範囲内を飛行し、それ以外は注意して飛行すること。
- 赤い線( $V_{NE}$ )—速度を超えてはならない。この速度を超える速度での動作は、損傷または構造的故障を引き起こす可能性があるため禁止されている。

### その他の対気速度の制限

いくつかの重要な対気速度の制限は、ASIの表面には表示されていないが、プラカードとAFM / POHに記載されている。これらの対気速度は次のとおりである:

- 設計運動速度( $V_A$ )—構造上の損傷を引き起こすことなく、構造設計の制限荷重が（突風または操縦翼面の完全なたわみによって）課せられる最大速度。この速度を参照するときは、重量を考慮することが重要である。たとえば、飛行機の負荷が大きい場合、 $V_A$ は100ノットだが、負荷が軽い場合は90ノットになる。
- 着陸装置操作速度( $V_{LO}$ )—格納式着陸装置を備えた航空機を飛行させる場合の着陸装置の伸縮の最大速度。
- 着陸装置下げ速度 ( $V_{LE}$ )— 着陸装置を下げた状態で航空機が安全に飛行できる最大速度。
- 最良上昇角速度( $V_X$ )— 一定の距離で航空機が最大の高度を獲得する対気速度。短距離離陸時に障害物を避けるために使用される。
- 最良上昇率速度( $V_Y$ )— 一定の時間内で最も高度を上げる対気速度。
- シングルエンジンの最良上昇率( $V_{YSE}$ )— 1台のエンジンが動作していない軽量の双発航空機の最高上昇速度または最低沈下速度。ASIには青い線で表示されている。 $V_{YSE}$ は一般に「ブルーライン」と呼ばれる。
- 最小操縦速度( $V_{MC}$ )— エンジンが突然動作不能になり、残りのエンジンが離陸出力になったときに、軽量のツインエンジン航空機を十分に制御できる最小飛行速度。

## 計器チェック

離陸前に、ASIはゼロを読み取る必要がある。ただし、ピトー管に直接強い風があたっている場合は、ASIがゼロよりも高くなることがある。離陸を開始するとき、対気速度が適切な速度で増加していることを確認すること。

### ピトー静的システムの閉塞

エラーはほとんどの場合、ピトー管、静的ポート、またはその両方の閉塞の発生を示している。閉塞は、水分（氷を含む）、汚れ、または昆虫が原因で発生する場合もある。飛行前に、ピトー管カバーが取り外されていることを確認すること。次に、ピトーと静的ポートの開口部を確認する。ピトー管の閉塞はASIの精度に影響するが、静的ポートの詰まりはASIに影響するだけでなく、高度計とVSIのエラーも引き起こす。

### 閉塞したピトーシステム

ピトー管の排水穴が開いたままの場合、ピトーシステムは完全に、または部分的に閉塞する可能性がある。ピトー管が詰まり、関連する排水穴が空いたままになると、ラム空気がピトーシステムに流入できなくなる。すでにシステム内にある空気は排水穴から排出され、残りの圧力は周囲の（外部の）空気圧まで低下する。このような状況では、ASIはラムと静的空気圧の差を感知し

ないため、ASIの読み取り値はゼロに減少する。動圧がピトー管の開口部に入ることができないため、ASIは動作しなくなる。ピトードレイン穴がまだ開いているため、静圧は両側で均等化できる。対気速度の見かけ上の損失は通常瞬間的ではないが、非常に急速に発生する。  
[図 8-9]

ピトー管の開口部と排水穴の両方が同時に詰まると、ピトー管内の圧力が閉じ込められる。対気速度が増加または減少しても、対気速度の表示に変化はない。静的ポートの詰まりが解消され、航空機の高度が変更された場合、ASIに変更が記録される。この変化は、対気速度の変化ではなく、静圧の変化に関連している。ピトー管内の全圧は、閉塞によっては変化しないが、静圧は変化する。

対気速度の表示は、静的圧力と動的圧力の両方に左右されるため、これらのシステムのいずれかの閉塞は、ASIの読み取りに影響する。ASIにはダイヤフラムがあり、動的空気圧が入力されることに注意すること。このダイヤフラムの背後には、静圧ポートと呼ばれる静圧と呼ばれる基準圧力がある。ダイヤフラムはこの静圧に対して加圧し、その結果、レバーとインジケータを介して対気速度の表示を変更する。[図 8-10]

たとえば、航空機を、指定された高度でゼロノットまで減速し、静的ポート（静圧を提供する）とピトー管（動圧を提供する）の両方が閉塞していない場合、以下を主張できる：

1. ASIはゼロになる。
2. 動圧と静圧は等しい。
3. 速度を上げても速度がゼロの場合、動的空気圧と静的空気圧の両方が等しくなるため、動的圧力には静的圧力と動的圧力の2つの要素を含めなければならない。

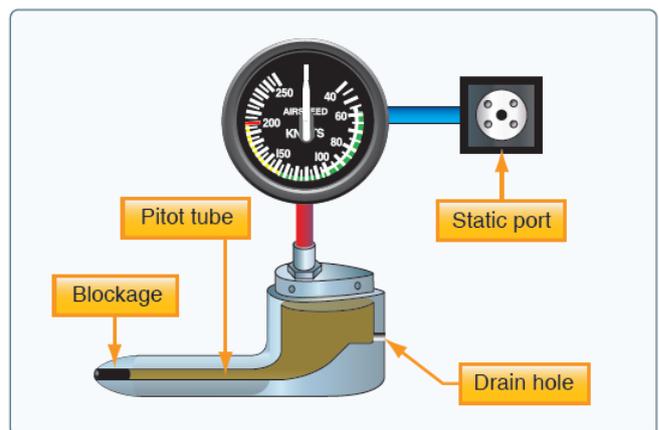


図 8-9. ピトー管は詰まっているが、排水穴が空いている。

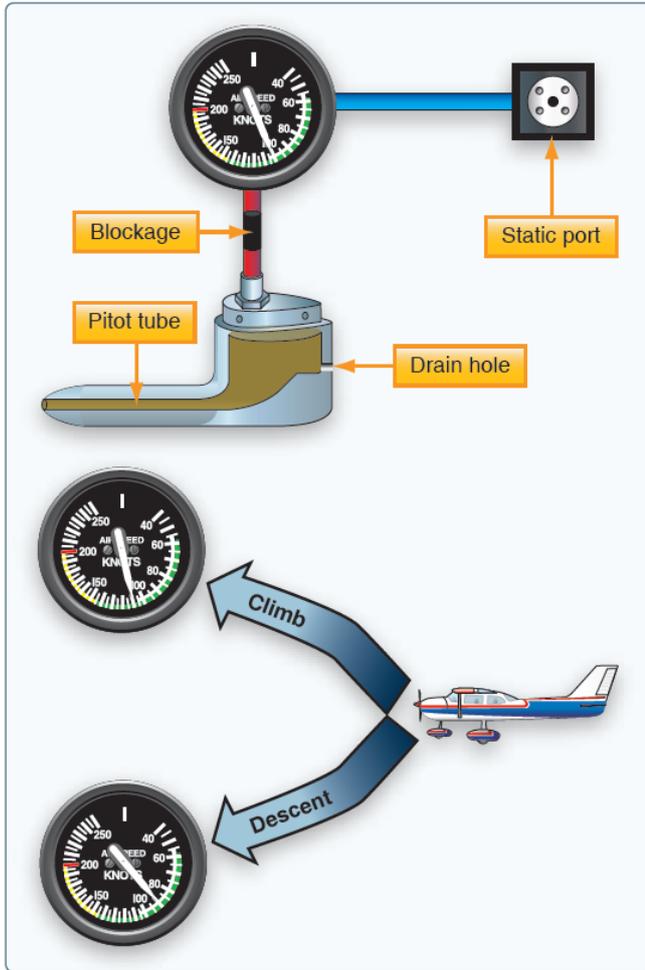


図 8-10. 明確な静的システムを備えたブロックされたピトーシステム

対気速度表示は、これら2つの圧力の関係に基づいていなければならないことが推測でき、実際にそうである。ASIは基準圧力として静圧を使用するため、ASIのケースはダイヤフラムの背後でこの圧力に保たれる。一方、ピトー管を通る動圧は、ASIケース内の高感度ダイヤフラムに接続される。(高度に関係なく)動きのない航空機は対気速度がゼロになるため、ピトー管は常に動圧に加えて静圧を提供する。

したがって、対気速度の表示は、ASIの場合の静圧に対して測定されたダイヤフラム内のピトー管の静圧と動圧の2つの圧力の結果である。

ピトー管が閉塞している状態に航空機が降下する場合、ダイヤフラムを含むピトーシステムの圧力は一定のままである。しかし、降下が行われると、静圧がダイヤフラムに対して増加し、ダイヤフラムが圧縮されるため、対気速度の低下が示される。逆に、航空機

が上昇する場合、静圧が低下し、ダイヤフラムが膨張するため、対気速度が大きくなる。 [図 8-10]

ピトー管は、視認できるほどの水分が原因で飛行中に詰まる可能性がある。一部の航空機には、視認できる水分が生じている中で飛行するためのピトー熱が装備されている場合がある。ピトー熱の使用に関する特定の手順については、AFM / POHを参照。

### 閉塞した静的システム

静的システムが閉塞してもピトー管が閉塞していない場合、ASIは動作し続けるが、不正確である。対気速度は、捕捉された静圧がその高度で通常よりも高いため、静的ポートが閉塞時の高度より高い高度で航空機が操作された場合、実際の対気速度よりも低いことを示す。より低い高度で動作している場合、システムに閉じ込められた比較的低い静圧のために、実際の対気速度よりも速い速度が表示される。

閉塞したピトー管を説明するために使用する比率を再検討すると、同じ原理が閉塞した静的ポートにも適用できる。航空機が降下すると、ピトー側の静圧が増加し、ASIが増加する。これは、航空機が実際に速度を上げないことを前提としている。ピトー側の静圧の増加は、静圧側では圧力が変化できないため、動圧の増加に相当する。

静的ポートが閉塞した後に航空機が上昇し始めると、航空機が上昇し続けるにつれて対気速度が低下し始める。これは、ピトー側の静圧が低下する一方で、静側の圧力が一定に保たれるためである。

静的システムの詰まりは、高度計とVSIにも影響する。閉じ込められた静圧により、高度計は詰まりが発生した高度で凍結する。VSIの場合、ブロックされた静的システムは連続的にゼロを表示する。 [図 8-11]

一部の航空機には、操縦室に代替の静的ソースが装備されている。閉塞した静的ソースの場合、代替静的ソースを利用すると、操縦室からシステムに静圧がかかる。操縦室の静圧は、外部静圧よりも低くなっている。代替静圧を利用する場合は、航空機のAOM / POHで対気速度の補正を確認すること。

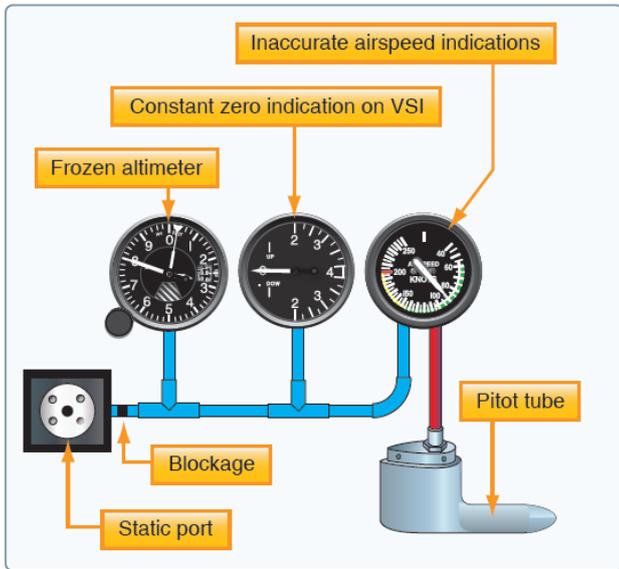


図 8-11. 閉塞した静的システム

## 電子フライトディスプレイ (EFD)

技術の進歩により、あらゆる種類の航空機搭載機器は変化している。たとえば、一般に「グラスコックピット」と呼ばれる電子フライトディスプレイ (EFD) である。EFDには、プライマリフライトディスプレイ (PFD) や多機能ディスプレイ (MFD) などのフライトディスプレイが含まれる。これにより、パイロットが利用できる情報だけでなく、情報の表示方法も変わった。EFDは、

全体的な安全性を高めるシステムの信頼性を向上させただけでなく、航空機に最先端の機器を装備する全体的な費用を削減した。主要な電子計装パッケージは、アナログ対応のパッケージよりも故障しにくい傾向がある。航空機の設計者は、必要なすべての飛行計器を装備するために、乱雑なパネルレイアウトを作成する必要がなくなった。現在は、マルチパネルのデジタルフライトディスプレイによって、プライマリフライトディスプレイ (PFD) と呼ばれる単一の画面にすべてのフライト計器を組み合わせることができるようになり、従来の「6パック」の計器が1つの液晶ディスプレイ (LCD) 画面に表示されるようになった。

### 対気速度テープ

従来のパネルレイアウトで構成されたASIは、画面の左側にあり、垂直速度のテープとして表示される。航空機の速度が上がると、テープの上部から数字が大きくなる。TASは、外気温プローブから大気データコンピュータ (ADC) への入力を介して、テープの下部に表示される。VX、VY、および回転速度 (VR) の対気速度表示は、パイロットの参照用に表示される。追加のパイロット制御対気速度バグを使用して、任意の基準速度に設定できる。従来のアナログASIと同様に、電子対気速度テープには、フラップ操作範囲、通常範囲、および注意範囲の色分けされた範囲が表示される。[図 8-12] 対気速度がVNEを超えると、数値が赤に変わり、パイロットに最大速度制限を超えたことを警告する。



図 8-12. プライマリ・フライト・ディスプレイ (PFD)。表示の実際場所はメーカーによって異なることに注意すること。

## 姿勢指示器

アナログ計器に対する改善点の1つは、EFDの姿勢指示器が大きくなったことである。人工水平儀(姿勢指示器)の長さはPFDの幅全体に広がる。[図 8-12] この拡張された計装は、飛行のすべての段階とすべての飛行操作を通してより優れた参照となる。姿勢指示器は、姿勢・方位参照システム (AHRS) から情報を受け取る。

## 高度計

高度計はPFDの右側にある。[図 8-12] 高度が上がると、ディスプレイテープの上部から大きな数字が下がり、ディスプレイテープの中央の黒いボックスに現在の高度が表示される。高度は20フィート単位で表示される。

## 垂直速度計(VSI)

VSIは、高度計テープの右側に表示され、円弧インジケータまたは垂直速度テープの形式をとることができる。[図 8-12] 両方に垂直速度のバグがある。

## 飛行方位計

飛行方位計は、人工水平線の下にあり、通常、水平状態指示計 (HSI) をモデルにしている。[図 8-12] 姿勢指示器の場合と同様に、飛行方位計は磁力計から情報を受け取り、磁力計はAHRSユニットに情報を送り、次にPFDに送る。

## 旋回計

旋回計の形式は、従来の計器とはわずかに異なる。スライディングバーが三角形の下を左右に移動して、調和飛行からの偏向を示す。[図 8-12] 調和飛行の基準は、

AHRSユニットに含まれる加速度計から得られる。

## タコメーター

通常「6パック」パッケージに関連付けられている6番目の計器は、タコメーターである。これは、PFDにない唯一の機器である。タコメーターは通常、多機能ディスプレイ (MFD) にある。ディスプレイ画面に障害が発生すると、PFDフライト計装とともに残りの画面に表示される。[図 8-13]

## 内滑り/外滑り指示器

内滑り/外滑り指示器は、ロールポインターの下の水平線である。[図 8-12] 旋回傾斜計のボールのように、中心から外れたバーの幅は、1つのボールの幅の変位に等しくなる。

## 回転率計

図8-12に示す回転率計は、通常、回転するコンパスカードのすぐ上にある。ラバーラインの左右にある目盛りは、旋回を示す(標準レートと標準レートの半分)。通常、傾向線で示される。傾向ベクトルが2番目の目盛りまで拡張されている場合、航空機は標準旋回している。

さまざまなソフトウェアパッケージをインストールすることにより、さまざまな航空機で個々のパネルディスプレイを構成できる。[図 8-14] メーカーは、同様の方法で既存の計器ディスプレイをアップグレードすることもでき、アップグレードするために個々のゲージを交換する必要もない。



図 8-13. 多機能ディスプレイ (MFD)

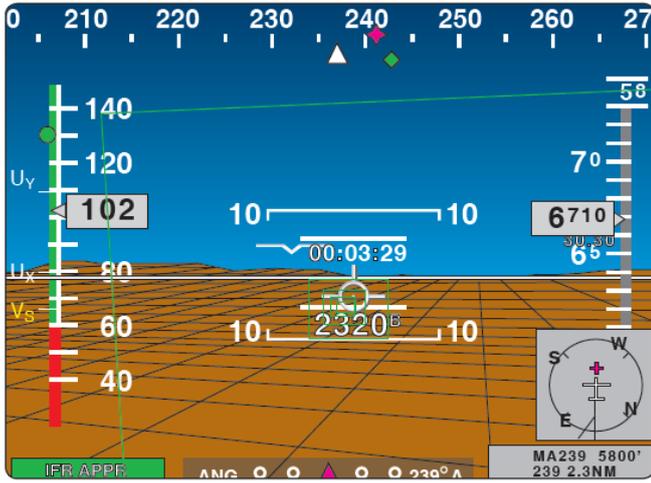


図 8-14. Chelton's FlightLogic (上) と Avidyne Entegra (下) は、構成可能なパネル表示の例である。

### エアデータコンピューター (ADC)

EFDは、従来のアナログゲージと同じタイプの機器入力を利用するが、処理システムは異なる。ピトー静的入力はADCによって受信される。ADCは、全圧と静圧の差を計算し、PFDに対気速度を表示するために必要な情報を生成する。外気温も監視され、システム内のさまざまな構成要素に導入され、PFD画面に表示される。[図 8-15]

ADCは、PFDにデータを提供することに加えて、自動操縦制御システムにデータを提供することができる独立した半導体デバイスである。システムが故障した場合、ダウンタイムを短縮し、メンテナンスの所要時間を短縮するために、ADCをすばやく取り外して交換することができる。

高度情報は、アナログシステムと同様に静圧ポートから取得されるが、静圧はダイヤフラムにかからない。



図 8-15. Teledyne's 90004 TAS/Plus Air Data Computer (ADC) は、ピトー静圧空気システム、航空機温度プローブ、気圧補正デバイスからの空気データ情報を計算して、飛行特性の明確な画像を作成する。

ADCは受信した気圧を計算し、PFDにデジタル信号を送信して、適切な高度の読み取り値を表示する。EFDは、高度と対気速度がどのように進行しているかをパイロットに示すトレンドベクトルも表示する。

### トレンドベクトル

トレンドベクトルは、ASIと高度計の両方を上下に移動するマゼンタの線である。[図 8-16 および 8-17] ADCは変化率を計算し、6秒間の航空機の位置を表示する。パイロットはトレンドベクトルを利用して、航空機の姿勢をより適切に制御できる。機器のスクリーンにトレンドベクトルを含めることにより、パイロットは対気速度と高度を正確に制御できる。追加情報は、計器飛行ハンドブックまたは特定の航空電子機器メーカーのトレーニング資料を参照することにより取得できる。

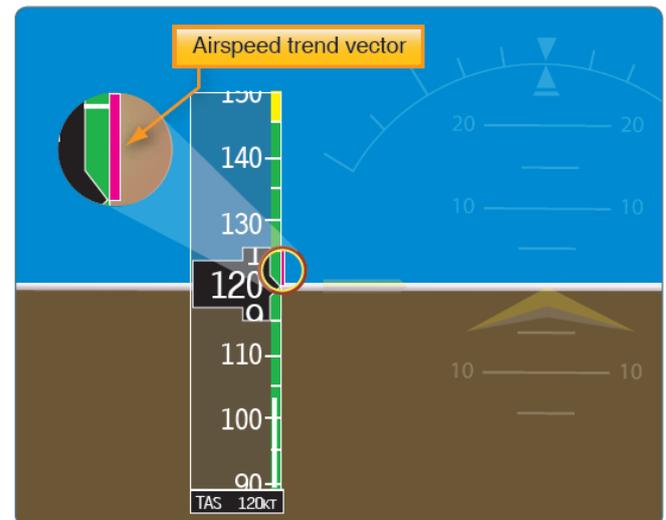


図 8-16. 対気速度トレンドベクトル

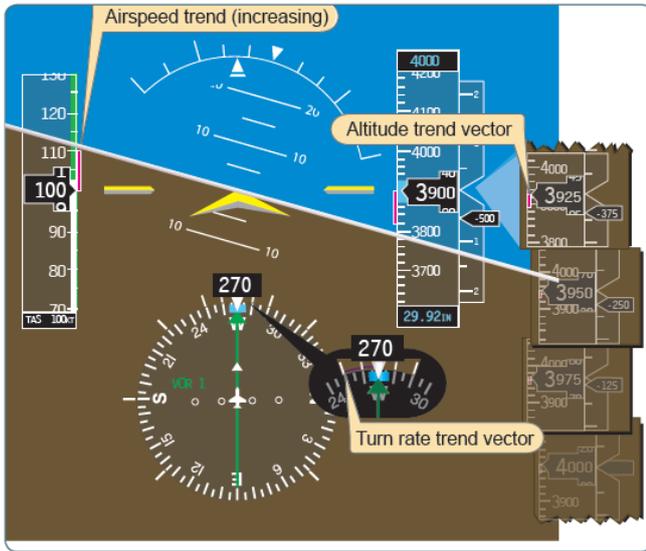


図 8-17. 高度計トレンドベクトル

## ジャイロ飛行計器

一部の飛行計器は、その動作にジャイロ스코プの特性を利用している。ジャイロ스코プを含む最も一般的な機器は、旋回釣合計、飛行方位計、および姿勢指示器である。これらの機器の動作を理解するには、機器の電源システム、ジャイロの原理、および各機器の動作原理に関する知識が必要である。

### ジャイロ스코プの原理

回転する物体は、ジャイロ特性を示す。これらの特性を利用するように設計および取り付けられたホイールまたはローターは、ジャイロ스코プと呼ばれる。ジャイロの2つの重要な設計特性は、サイズに対して重量剛性の例は、自転車の車輪の剛性である。

自転車の車輪の速度が上がると、車輪は回転面でより安定する。これが、自転車が低速で不安定で操縦可能であり、高速で安定で操縦性が低い理由である。剛性の例は、自転車の車輪の剛性である。自転車の車輪の速度が上がると、車輪は回転面でより安定する。これが、自転車が低速で不安定で操縦可能であり、高速で安定で操縦性が低い理由である。

このホイール、またはジャイロ스코プをジンバルリングのセットに取り込むことにより、ジャイロを任意の方向に自由に回転させられる。したがって、ジンバルリングが傾いている、ねじれている、または移動している場合、ジャイロは元々回転していた平面に留まる。[図 8-18]

### 歳差運動

歳差運動は、偏向力に応じてジャイロを傾けたり回転させたりすることである。この力に対する反応は、力が加えられた時点では発生せず、回転方向の90°以上で発生する。この原理により、ジャイロは方向の変化によって生じる圧力の大きさを感知することで回転速度を決定できる。ジャイロが歳差運動する速度は、ローターの速度に反比例し、偏向力に比例する。

自転車の例を挙げると、歳差運動は車輪に作用して自転車を動かすことができる。通常で走行している間は、ハンドルバーを目的の方向に回す必要はない。乗手は単に自分が行きたい方向にハンドルを曲げるだけである。自転車の右側から見ると車輪は時計回りに回転しているため、乗手が左にハンドルを曲げると、車輪の上部に左の力がかかる。この力は実際に回転方向に90°作用する。これにより、タイヤの前部に力がかかり、自転車が左に移動する。ゆっくり回転するジャイロが不安定であるため、ハンドルバーを低速で回す必要があり、また回転速度を上げる必要がある。

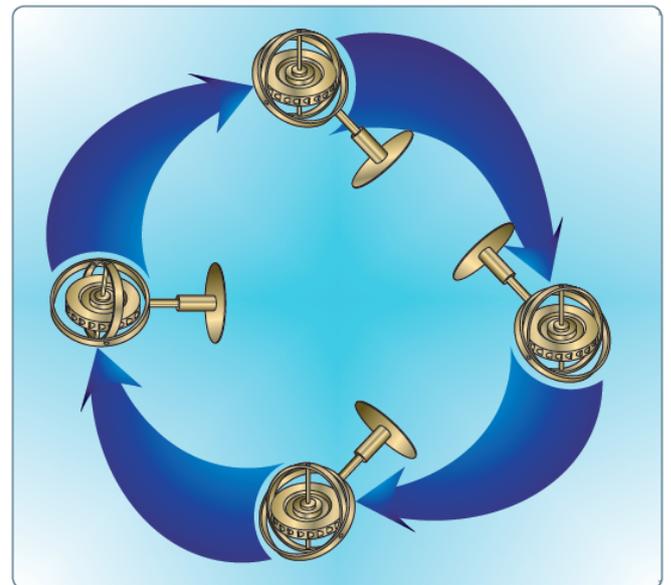


図 8-18. ベースの位置に関係なく、ジャイロは空間内で剛性を維持する傾向があり、その回転軸は一定の方向を向いている。

歳差運動は、いくつかの計器でいくつかの小さなエラーを生じさせる可能性がある。[図 8-19] 歳差運動は、自由に回転するジャイロを、ベアリングの摩擦などにより、意図した回転面から変位させる可能性がある。飛行方位計など、特定の計器は飛行中に修正再調整を必要とする場合がある。

## 動力源

航空機には、すべてのジャイロが真空、圧力、または電動である航空機もあれば、真空または圧力システムが方位と姿勢のインジケータに電力を供給し、電気システムが旋回釣合計に電力を供給する航空機もある。ほとんどの航空機には、少なくとも2つの電源があり、1つの電源に障害が発生した場合に少なくとも1つのバンク情報が利用できるようになっている。真空または圧力システムは、水車やタービンの動作のように、ローターの羽根に空気の流れを引き寄せてローターを高速で回転させることにより、ジャイロを回転させる。機器の操作に必要な真空または圧力の量はさまざまだが、通常は4.5 "Hg~5.5" Hgである。

ジャイロの真空源の1つは、エンジンのアクセサリケースに取り付けられたベーンタイプのエンジン駆動ポンプである。ポンプの容量は、ジャイロの数に応じて、航空機によって異なる。

典型的な真空システムは、エンジン駆動の真空ポンプ、リリースバルブ、エアフィルター、ゲージ、および接続を完了するために必要なチューブで構成されている。ゲージは航空機の計器盤に取り付けられシステム内の圧力の大きさを示す（真空は周囲の圧力より水銀柱インチで測定される）。

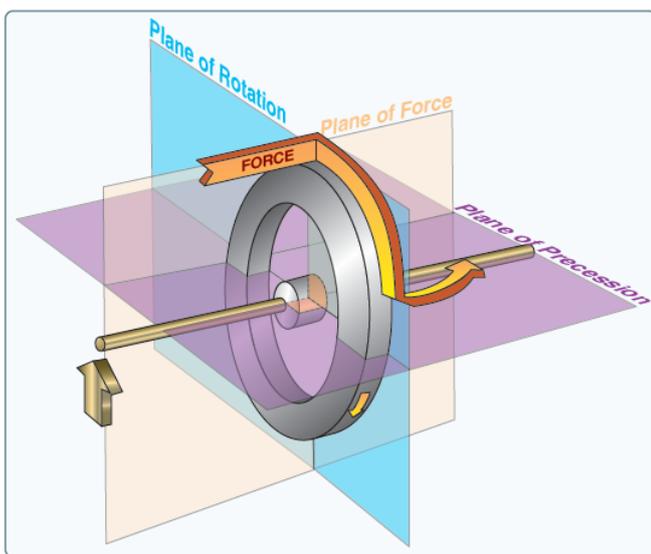


図 8-19. 適用された偏向力から生じるジャイロスコープの歳差運動

図8-20に示すように、エンジン駆動の真空ポンプによって真空システムに空気が引き込まれる。最初にフィルターを通過し、異物が真空システムまたは圧力システムに入るのを防ぐ。その後、空気は姿勢と方向指示器を通り、ジャイロを回転させる。リリースバルブは、真空圧または吸引が規定の制限を超えないようにする。その後、空気は船外に排出されるか、空気除氷ブーツの膨張など、他のシステムで使用される。

吸引圧が低い場合、姿勢と機首方位のインジケータは信頼できる情報を提供しない可能性があるため、飛行中の真空圧を監視することは重要である。真空または吸引ゲージは、通常、正常範囲を示すために表示されている。一部の航空機には、真空圧が許容レベルを下回ると点灯する警告灯が装備されている。

真空圧が通常の動作範囲を下回ると、ジャイロスコープの計器が不安定になり、不正確になる場合がある。定期的に計器をクロスチェックすることは、広めるべき良い習慣である。

## 旋回計

航空機は、旋回傾斜計と旋回釣合計の2種類の旋回計を使用する。ジャイロの取り付け方法により、旋回傾斜計は1秒あたりの回転数のみを示す。旋回釣合計は斜めに取り付けられているため、最初はロールレートを表示する。ロールが安定すると、回転率を示す。両方の計器は、旋回方向と性質（調整）を示し、姿勢指示器が表示できなかった場合の傾斜情報のバックアップソースとしても機能する。傾斜計を参照することで調整が可能である。傾斜計は、ボールが内部にある液体で満たされた湾曲したチューブで構成されている。[図 8-21]

## 旋回傾斜計

旋回傾斜計のジャイロは、航空機の縦軸に対応する垂直面内で回転する。単一のジンバルは、ジャイロが傾くことができる平面を制限し、バネは中心位置を維持するように機能する。歳差運動のため、ヨーイング力により、パイロットシートから見てジャイロが左または右に傾斜する。旋回傾斜計は、ターン針と呼ばれるポインターを使用して、旋回方向と速度を示す。旋回傾斜計は、拘束スプリングのために、回転軸から「タンブリング」できない。ジャイロに極端な力が加わると、ジャイロは通常の回転面から変位し、その表示が無効になる。特定の計器には、ジャイロのタンブルを引き起こす特定のピッチと傾斜の制限がある。

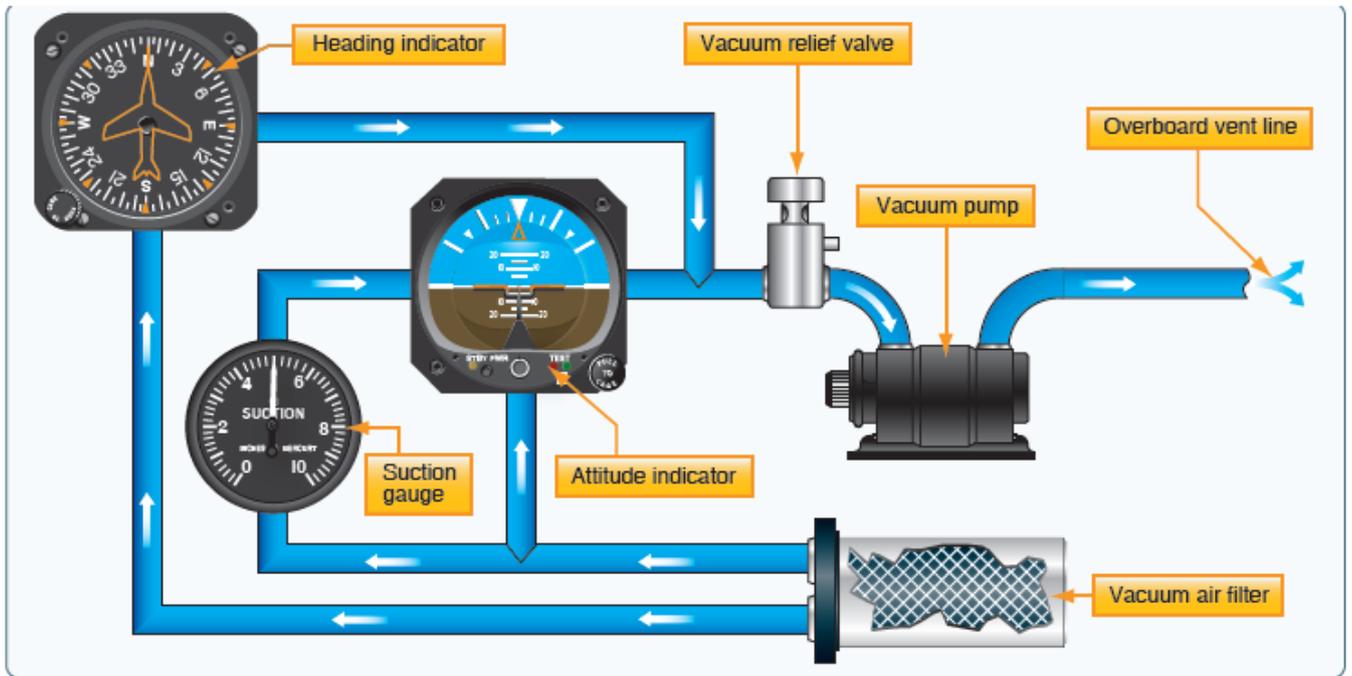


図 8-20. 典型的な真空システム。

### 旋回釣合計

旋回釣合計のジンバルは傾いている。したがって、そのジャイロはロール速度と回転速度の両方を感知できる。旋回釣合計は航空機の訓練でより一般的であるため、この議論はこの計器に焦点を当てている。旋回する際、小型航空機は旋回する方向に傾斜する。ロール速度が速いと、小型飛行機はロール速度が遅い場合よりも急傾斜になる。

旋回釣合計を使用して、小型航空機の翼をターンインデックスに揃えることで、標準速度の旋回を確立および維持できる。図 8-22 は、旋回釣合計を示している。計器の面の両側（左右）に2つの表示がある。1つ目の表示は、翼レベルの回転率ゼロを参照するために使用される。計器の左側と右側にある2つ目の表示は、標準の回転速度を示している。標準速度の回転は、1秒あたり3°の回転速度として定義される。旋回釣合計は、旋回速度と方向のみを示す。傾斜の特定の角度は表示されない。

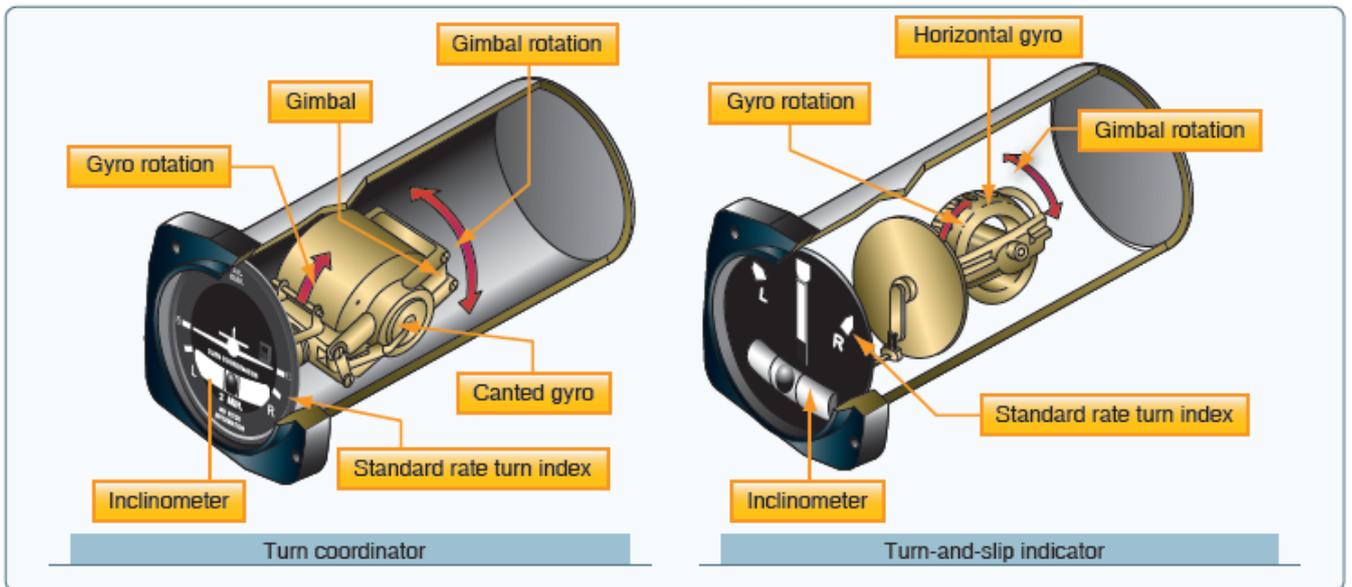


図 8-21. 旋回計は、操作のために制御された歳差運動に依存している。

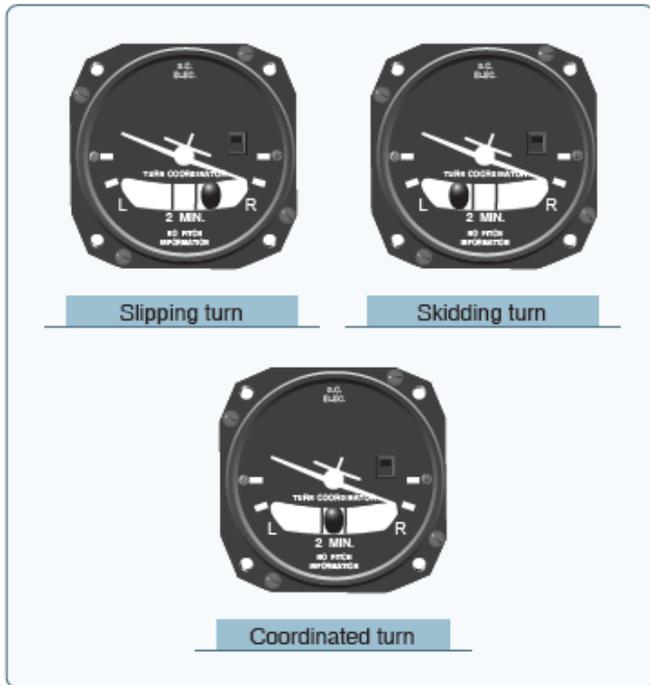


図 8-22. 不適切に右に舵を取ると、スリップが発生する。右に舵を取りすぎると、航空機は旋回中に横滑りする。ボールをセンターリングすると、釣り合い旋回が行える。

### 傾斜計

傾斜計は、航空機のヨーの描写に使用される。これは、航空機の機首の左右の動きである。調整された直線水平な飛行中、重力により、ボールは基準線の中央にあるチューブの最下部に留まる。調和飛行は、ボールを中心に保つことで維持される。ボールがセンターリングされていない場合は、方向舵を使用してセンターリングできる。

ボールを中央に寄せるには、ボールがたわむ側に方向舵圧力をかける。「ボールを踏む」という単純なルールから、どの方向舵ペダルを踏むかを覚えておくこと。旋回中に補助翼と方向舵が調整されている場合、ボールはチューブの中央に残る。空力が不均衡な場合、ボールはチューブの中心から離れる。図8-22に示すように、内滑りでは、旋回速度が傾斜の角度に対して遅すぎて、ボールが旋回の内側に移動する。外滑りでは、旋回速度が傾斜の角度に対して大きすぎるため、ボールは旋回の外側に移動する。これらの条件を修正し、旋回の質を向上させるには、「ボールを踏む」ことを忘れないことである。傾斜の角度を変えることで、内滑りや外滑りからの調和飛行を回復することもできる。内滑りを修正するには、傾斜を減らすか、旋回率を上げる。外滑りを修正するには、傾斜を増やすか、旋回率を下げる。

### ヨーストリング

航空機に追加できるツールの1つにヨーストリングがある。ヨーストリングは、ウィンドスクリーンの中央に

取り付けられた単純なストリングまたは糸である。調和飛行中、ストリングはウィンドスクリーンの上部をまっすぐ後ろにたどる。航空機が内滑り、または外滑りしている場合、ヨーストリングは内滑りまたは外滑りの方向に応じて右または左に移動する。

### 計器チェック

飛行前に、傾斜計が液体で満たされ、気泡がないことを確認する。また、ボールは最低点で静止している必要がある。タキシングの際、旋回釣合計は正しい方向の旋回を示す必要があるが、ボールは旋回方向と反対に動く。

### 姿勢指示器

小型の航空機と水平線を備えた姿勢指示器は、航空機の姿勢の写真を表示する。ミニチュア航空機と水平線の関係は、実際の航空機と実際の水平線の関係と同じである。この計器は、姿勢のわずかな変化でも瞬時に表示する。

姿勢指示器のジャイロは水平面に取り付けられており、その動作は空間の剛性に左右される。水平線は真の水平線を表す。このバーはジャイロに固定されており、航空機がその横軸または縦軸を中心にピッチングまたは傾斜されている間、水平面にとどまり、真の水平線に対する航空機の姿勢を示す。[図 8-23]

ジャイロは水平面内で回転し、回転経路の偏向に抵抗する。ジャイロは空間の剛性に依存しているため、航空機は実際に回転するジャイロを中心に回転する。

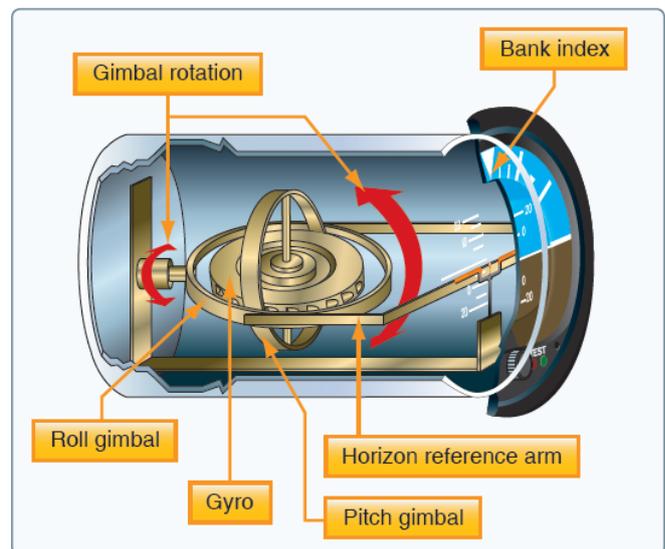


図 8-23. 姿勢指示器

パイロットが視線に合うように水平線に小型航空機を合わせるために、パイロットが小型航空機を上下に動かすことができる調整ノブが提供される。通常、小型航空機は、航空機がまっすぐ水平に飛行しているときに翼が水平線に重なるように調整される。

ピッチと傾斜の制限は、計器のメーカーとモデルによって異なる。バンクングプレーンの制限は通常100°~110°で、ピッチの制限は通常60°~70°である。いずれかの制限を超えると、計器は乱れ、再調整されるまで誤った指示を出す。多くの現代の姿勢指示器は乱れない。

すべてのパイロットは、図8-24に示す傾斜規模を解釈できる必要がある。計器の上部にあるほとんどの傾斜インジケータは、航空機が実際に傾斜されている方向と同じ方向に移動する。他の一部のモデルは、航空機が実際に傾斜されている方向とは反対方向に移動する。

これは、傾斜の方向を決定するためにインジケータを使用する場合、パイロットが混乱する可能性がある。このスケールは、目的の傾斜の程度を制御するためにのみ使用するべきである。傾斜の方向を示すために、小型航空機と水平線の関係を使用する必要がある。姿勢指示器は信頼性が高く、計器パネルで最もリアルな飛行計器である。その表示は、航空機の実際の姿勢に非常に近い近似値である。

### 飛行方位計

飛行方位計は基本的に、磁気コンパスの使用を容易にするために設計された機械的な計器である。磁気コンパスの誤差は多数あり、特に乱気流では、直線飛行と方位の正確な旋回を行うのが困難である。しかし、飛行方位計は、磁気コンパスの解釈を困難にするような作用の影響を受けない。 [図 8-25]

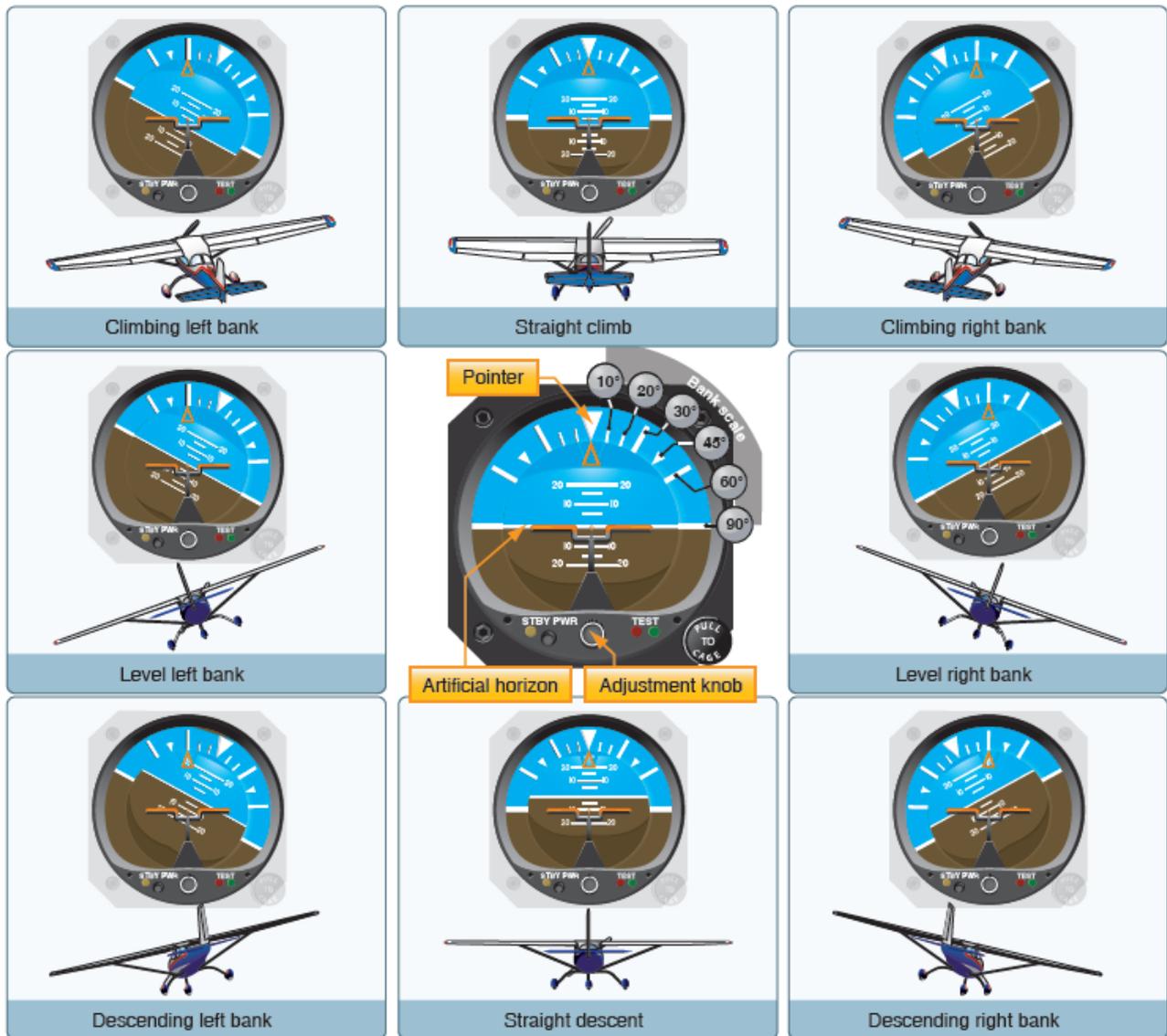


図 8-24. 姿勢指示器による姿勢表示は、航空機と実際の地平線との関係に対応する。

飛行方位計の動作は、空間の剛性の原理によって決まる。ローターは垂直面で回転し、コンパスカードがローターに固定される。ローターは空間内で剛性を維持するため、カード上のポイントは、ジャイロの垂直面に対して空間内で同じ位置を保持する。航空機は実際に、その逆ではなく回転ジャイロの周りを回転する。計器ケースと航空機がジャイロの垂直軸を中心に回転する時、カードは明確で正確な機首方位情報を提供する。

摩擦による歳差運動のため、飛行方位計は設定位置からクリープまたはドリフトする。他の要因の中でも、ドリフトの量は機器の状態に大きく左右される。ベアリングが磨耗している、汚れている、または潤滑が不適切な場合、ドリフトが過剰になることがある。飛行方位計のもう1つの誤差は、ジャイロが宇宙の影響を受け、地球が1時間で15°の速度で自転しているという事実から生じる。したがって、摩擦によって引き起こされる歳差運動を割り引くと、飛行方位計は1時間ごとに最大15°の誤差を示す場合がある。

水平位置指示計 (HSI) と呼ばれるいくつかの飛行方位計は、磁気スレーブ送信機から磁北基準を受信し、通常は調整する必要がない。磁気スレーブ送信機は磁力計と呼ばれる。

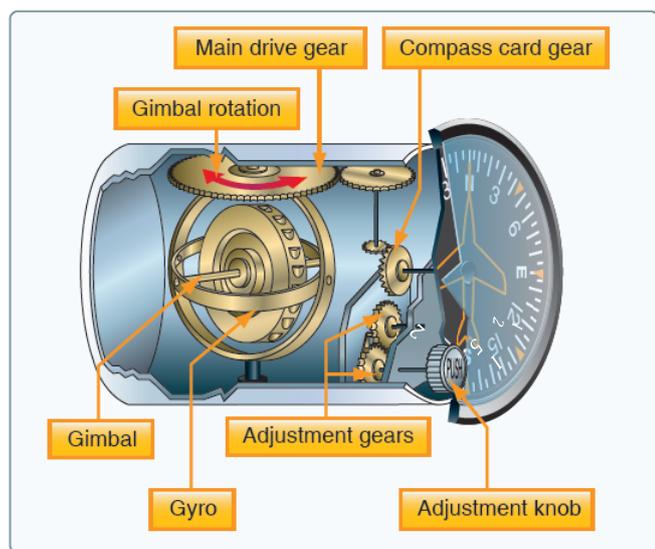


図 8-25. 飛行方位計は、360度の方位に基づいて方位を表示し、最後のゼロは省略される。たとえば、「6」は060°を表し、「21」は210°を表す。調整ノブは、飛行方位計を磁気コンパスに合わせるために使用される。

### 姿勢方位照合装置 (AHRs)

電子飛行ディスプレイでは、自由に回転するジャイロから回転せずにあらゆる姿勢で飛行できる固体レーザーシステムに置き換えられた。この機能は、姿勢・方位参照システム (AHRs) の開発の結果である。

AHRsは、姿勢指示器のピッチと傾斜情報を生成するために、姿勢情報をPFDに送信する。方位情報は、地球の磁束線を検知する磁力計から得られる。次に、この情報が処理されてPFDに送信され、方位表示が生成される。  
[図 8-26]

### フラックスゲートコンパスシステム

前述のように、地球の磁場内の磁束線には2つの基本的な特性がある。磁石がそれらと整列し、電流がそれらを横切るワイヤに誘導または生成される。

スレーブジャイロを駆動するフラックスゲートコンパスは、電流誘導の特性を使用する。磁束バルブは、図8-27のような小さなセグメント化されたリングで、磁束線を受け入れ易い軟鉄製である。地球の磁場によってこのリングに誘導される電流を受け入れるために、3本の脚のそれぞれに電気コイルが巻かれている。フレームの中央にある鉄のスペーサーに巻かれたコイルには、400 Hzの交流 (AC) が流れている。この電流がピークに達する時間中、各サイクル中に2回、このコイルによって生成される磁気が非常に大きいため、フレームは地球の磁場からの磁束線を受け入れることができない。



図 8-26. 姿勢・方位参照システム(AHRs).

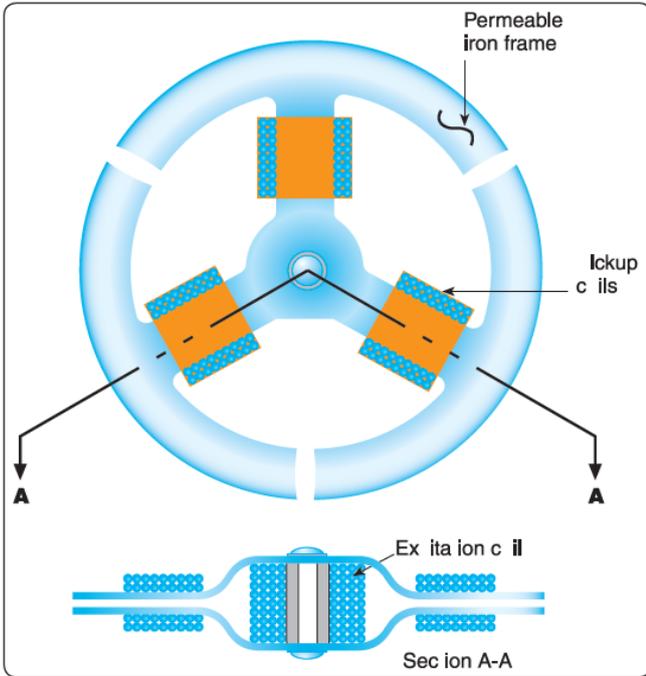


図 8-27. フラックスバルブの柔らかい鉄のフレームは、センターコイルの電流が反転するたびに地球の磁場からのフラックスを受け入れる。この磁束により、3つのピックアップコイルに電流が流れる。

ピーク間で電流が反転すると、フレームが消磁されるため、地球の磁場からの磁束を受け入れることができる。この磁束が3つのコイルの巻線を横切ると、電流が流れる。これらの3つのコイルは、機首が変わると流れる電流が変わるように接続されている。 [図 8-28]

3つのコイルは、計器ケース内のシンクロ内の3つの小さいコイルに接続されている。シンクロは、無線磁気インジケータ (RMI) またはHSIのダイヤルを回転させる。

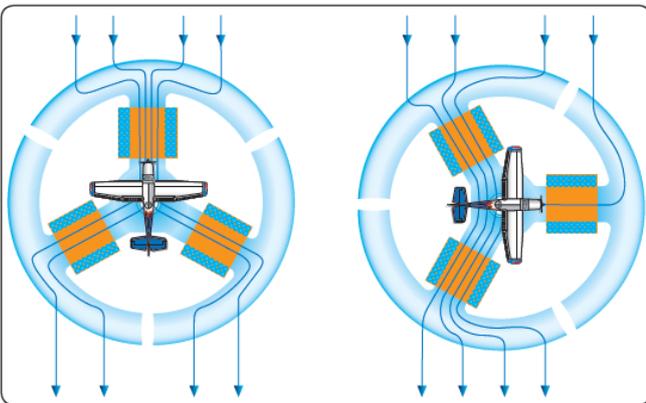


図 8-28. 3つのピックアップコイルのそれぞれの電流は、航空機の方向によって変化する。

## リモートインジケータコンパス

リモートインジケータコンパスは、古いタイプの方向指示器の誤差と制限を補正するために開発された。典型的なシステムの2つのパネルに取り付けられた構成要素は、画像ナビゲーションインジケータと、スレーブ制御および補正ユニットである。[図 8-29] 画像ナビゲーションインジケータは、一般にHSIと呼ばれる。

スレーブ制御および補正ユニットには、「スレーブジャイロ」モードまたは「フリージャイロ」モードのいずれかを選択できるプッシュボタンがある。このユニットには、スレービングメーターと2つの手動ヘディングドライブボタンもある。スレーブメーターは、表示された方位と磁気方位の違いを示す。右のたわみは、コンパスカードの時計回りの誤差を示す。左のたわみは反時計回りの誤差を示す。航空機が旋回してカードが回転するたびに、スレーブメーターは一方または他方への完全なたわみを示す。システムが「フリージャイロ」モードの場合、コンパスカードは、適切な方位ドライブボタンを押すことで調整できる。

磁気干渉の可能性を排除するために、通常は翼端に別のユニットである磁気スレーブ送信機がリモートで取り付けられている。これにはシステムの方向検知デバイスであるフラックスバルブが含まれている。磁力線の集中は、増幅された後、飛行方位計ユニットに中継される信号になる。この信号は、ジャイロユニットを送信機信号と整合するまで処理する飛行方位計ユニットのトルクモーターを動作させる。磁気スレーブ送信機は、HSIに電気的に接続されている。



図 8-29. 画像ナビゲーションインジケータ (HSI、上部)、スレービングメーター (右下)、およびスレーブ制御補正ユニット (左下)。

リモート表示コンパスのデザインは多数ある。したがって、ここではシステムの基本機能のみを説明する。計器パイロットは、航空機の機器の特性に精通していなければならない。

計器盤が混雑し、パイロットの使用可能なスキャン時間が、操縦室の作業負荷が重くなることで減少するため、計器メーカーは計器の組み合わせに取り組んでいる。この良い例の1つが、図8-30のRMIだ。コンパスカードはフラックスバルブからの信号によって駆動され、2つのポインターは自動方向探知機 (ADF) および超高周波 (VHF) 全方向無線範囲 (VOR) によって駆動される。

この自動ノースシーキング機能を持たない飛行方位計は「フリー」ジャイロと呼ばれ、定期的な調整が必要である。指示を頻繁に (約15分ごとに) チェックし、必要に応じて飛行方位計をリセットして磁気コンパスに合わせる必要がある。コンパスの誤差を無くすために、航空機が真っ直ぐで一定の速度で水平になったら、飛行方位計を磁気コンパスの方向に調整する。

飛行方位計の傾斜とピッチの制限は、特定の設計と計器の種類によって異なる。軽飛行機に見られるいくつかの飛行方位計では、制限は約55°のピッチと55°の傾斜である。これらの姿勢制限のいずれかを超えると、機器は「動き回る」または「乱れ」、リセットされるまで正しい指示を出さない。乱れた後、ケージノブでリセットできる。使用される現代の計器の多くは、乱れないように設計されている。



図 8-30. フラックスバルブからの信号によって駆動されるこのRMIのコンパスカードは、上部中央インデックスマークの反対側の航空機の機首方位を示す。緑のポインターはADFによって駆動される。

ジャイロが照準を維持するのに十分な速度で回転しないため、追加の歳差運動エラーが発生する可能性がある。真空システムがジャイロの速度を維持するために十分な吸引を停止すると、飛行方位計と姿勢指示器ジャイロの速度が低下し始める。減速すると、回転面からのたわみの影響を受けやすくなる。一部の航空機には、低真空状態が発生したことを示す警告灯が付いている。他の航空機は、吸引を示す真空計しか持っていない場合がある。

### 計器チェック

ジャイロが巻き込まれたら、異常な音がないことを確認すること。タキシング中、計器は正しい方向の旋回を示す必要があり、歳差運動は正常である必要がある。アイドル電力設定では、真空システムを使用するジャイロスコブ機器が動作速度に達していない可能性があり、歳差運動は飛行中よりも速く発生する可能性がある。

### 仰角指示計

AOA指示計の目的は、翼の航空力学的健全性に関するパイロットの状況認識を向上させることである。これは、失速マージン認識とも呼ばれる。より簡単に説明すると、翼が動作している現在のAOAと翼が失速するAOA (臨界AOA) の間に存在するマージンである。

速度自体は、失速を回避するための信頼できるパラメータではない。飛行機はどんな速度でも失速することがある。迎え角は、失速を避けるために使用するより良いパラメータである。特定の構成では、飛行機は常に同じAOAで失速する。これは臨界AOAと呼ばれる。この臨界AOAは次の場合には変わらない:

- 重量
- 傾斜角
- 温度
- 密度高度
- 重心位置

AOA指示計は、一般的な航空機に搭載するといくつかの利点があるが、その多くは状況認識の向上である。AOA指示計がない場合、AOAはパイロットには「見えない」。これらの装置は、いくつかのパラメータを同時に測定し、現在のAOAを決定する。これにより、現在のAOAのパイロットに、臨界AOAへの近接度の表示とともに視覚画像が提供される。[図 8-31] これらの装置は、飛行機のエネルギー管理状態を視覚的に表現できる。飛行機のエネルギー状態は、対気速度、高度、抗力、および推力のバランスであり、翼がどれだけ効率的に動作しているかを表している。



図 8-31. 仰角指示計

## コンパスシステム

地球は巨大な磁石であり、宇宙で自転し、目に見えない磁束線で構成される磁場に囲まれている。これらの線は、磁気北極で地表から出て、磁気南極で再入する。

磁束線には2つの重要な特性がある。自由に回転する磁石はそれらと整列し、それらを横切る導体に電流が誘導される。航空機に設置されているほとんどの方向指示器は、これらの2つの特性のいずれかを利用する。

### 方位磁針

方向を示すための最も古くて単純な道具の1つは、磁気コンパスである。また、VFR と IFR の両方のフライトについて、連邦規則集 (14 CFR) パート 91 のタイトル 14 で要求される基本的な手段の1つでもある。

磁石は、通常は鉄を含む金属でできており、磁束線を引き付けて保持する材料である。サイズに関係なく、すべての磁石には2つの極(北と南)がある。ある磁石が別の磁石の磁場に配置されると、異なる極が互いに引き付け合い、同様の極が反発する。

図8-32のような航空機用磁気コンパスには、灯油に似た透明なコンパス流体のボウル内に密封された金属製フロートに取り付けられた2つの小さな磁石がある。カードと呼ばれる目盛り付きスケールは、フロートの周りに巻き付けられ、ガラス窓から基線が見える。カードには、北、東、南、および西の基本的な方向を表す文字と、これらの文字間の30°ごとの数字が付いている。最後の「0」はこれらの指示から省略される。たとえば、3 = 30°、6 = 60°、33 = 330°文字と数字の間には長い目盛りと短い目盛りがあり、長い目盛りはそれぞれ10°、短い目盛りは5°を表す。

フロートとカードのアセンブリの中心には、特殊なバネ仕掛けの硬質ガラス製ジュエルカップの内側にある硬化スチールピボットがある。フロートの浮力により、ピボットからほとんどの重量が取り除かれ、液体がフ

ロートとカードの振動を減衰させる。このジュエルとピボットタイプの取り付けにより、フロートの自由度が最大約18°の傾斜の角度で回転および傾斜できる。急な傾斜角では、コンパスの表示は不安定で予測不能である。

コンパスのハウジングは、コンパスの液体で完全に満杯である。温度が変化すると液体が膨張および収縮する際の損傷または漏れを防ぐため、コンパスケースの背面は、柔軟なダイヤフラムまたは一部のコンパスの金属ベローズで密閉されている。

磁石は地球の磁場と整列し、パイロットは基線の反対側のスケールの方向を読み取る。図8-32では、パイロットはコンパスカードを裏面から見る



図 8-32. 磁気コンパス。垂直線は、ラバーラインと呼ばれる。

ことに注意すること。コンパスが示すように、パイロットが北を飛んでいるとき、東はパイロットの右側にある。カードでは、330°（北西）を表す「33」が北の右側にある。この明らかな後方目盛りの理由は、カードが静止したままであり、コンパスハウジングとパイロットがその周りを回転するためである。この設定のため、磁気コンパスは読みにくい場合がある。

### 磁気コンパスに起因する誤差

磁気コンパスはパネル内で最もシンプルな計器だが、考慮しなければならないいくつかのエラーがある。

#### 偏角

地球はその地理的軸を中心に回転する。地図とチャートは、地理的な極を通る経度の経線を使用して描画される。地理的な極から測定される方向は、真の方向と呼ばれる。磁気コンパスが指す磁気北極は、地理的な北極と同じ場所にはないが、約1,300マイル離れている。磁極から測定される方向は、磁気方向と呼ばれる。空中航法では、真の方向と磁気方向の違いを偏角と呼ぶ。測量と土地ナビゲーションのこの同じ角度の違いは、赤緯と呼ばれる。

図8-33は、面積の偏角度を特定する等角線を示している。シカゴ付近を通るラインは、アゴニックラインと呼ばれる。この線に沿った場所はどこでも、2つの極は揃っており、偏角はない。

この線の東にある磁気北極は、地理的な北極の西にあり、正しい方向を取得するには、コンパス表示に補正を適用しなければならない。

たとえば、ワシントンD.C.エリアを飛行する場合、偏角は西に10度である。パイロットが真の南（180°）のコースを飛行したい場合、これに偏角を追加しなければならない。それにより、190°の磁気コースを飛行することになる。カリフォルニア州ロサンゼルス地域で飛行する場合、偏角は東に14度である。そこでパイロットが180°の真のコースを飛行するには、偏角を差し引いて166°の磁気コースを飛行しなければならない。航空機の機首方位によって偏角誤差は変化しない。等値線に沿ったどこでも同じである。

#### 偏差

コンパスの磁石は、あらゆる磁場に整列する。航空機の磁場の原因には、流れる電流、磁化された部品、地球の磁場との衝突などがある。これらの航空機の磁場は、偏差と呼ばれるコンパス誤差を生成する。

偏角とは異なり、偏差は航空機の機首方位に左右される。また、偏角とは異なり、航空機の地理的位置は偏差に影響しない。誰も偏角誤差を減らすことも変更することもできないが、航空整備士（AMT）は、「磁石の誤差を修正記録すること」として知られる整備作業を実行することで偏差誤差を最小限に抑える手段を提供できる。

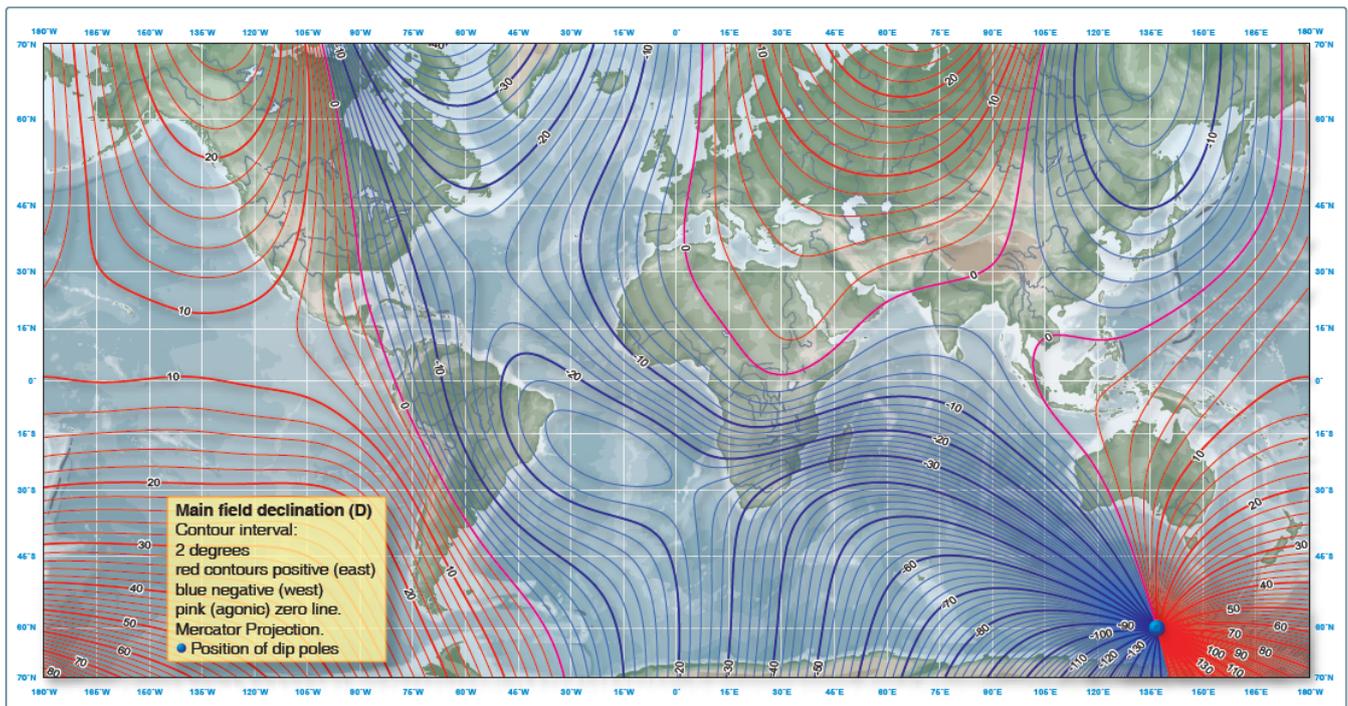


図 8-33. 等辺線は、偏角が等しい線である。

磁石の誤差を修正記録するために、AMTが通常はコンパスローズ上で、一連の既知の方位に航空機を配置する。[図 8-34] コンパスローズは、空港ランプの30度ごとに表示された一連の線で構成され、磁北に向けられている。コンパスローズでの磁気干渉は最小限である。パイロットまたはAMT (承認されている場合) は、航空機をコンパスローズまで地上走行させ、AMTによって規定された方位まで航空機を操縦できる。

航空機を「スウィングする」か、各コンパスローズ方位に揃えると、AMTはコンパスの上部または下部にある補償器アセンブリを調整する。コンペンセータアセンブリには2つのシャフトがあり、その両端にはコンパスの前面からアクセスできるドライバースロットがある。各シャフトは、1つまたは2つの小さな補償磁石を回転させる。1つのシャフトの端にはE-Wのマークが付いており、航空機が東または西に向けられている場合、その磁石はコンパスに影響する。もう一方のシャフトはN-Sと表示されており、航空機が北または南に向けられている場合、磁石がコンパスに影響を与える。

調整することで、補正磁石が配置され、コンパス表示と実際の航空機の磁気方位の差が最小限に抑えられる。AMTは、図8-35のようなコンパス修正カードに残りの誤差を記録し、コンパスの近くのホルダーに置く。AMTのみがコンパスを調整したり、コンパス修正カードを完成させたりできる。パイロットは、カードに記載されている偏差誤差からコンパスの方位を決定し、飛行する。パイロットは、無線、除氷装置、ピトー熱、レーダー、磁気貨物など、運用上の磁気干渉を引き起こす機器の使用にも注意しなければならない。

偏角と偏差の補正は、以下に示す正しい順序で、必要な実際のコースから始めて適用しなければならない。

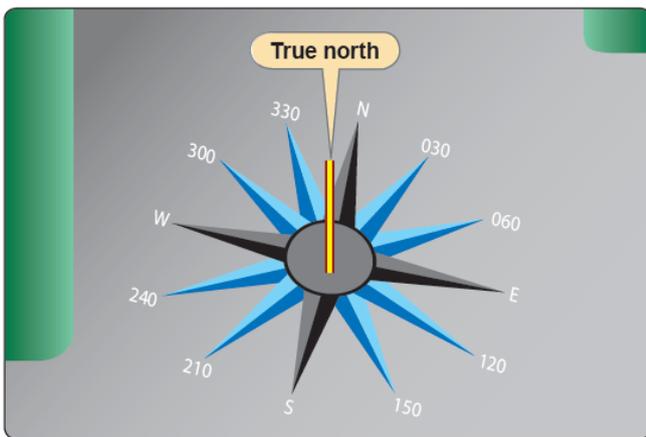


図 8-34. コンパスローズの使用は、偏差エラーの補正を支援する。

FOR	000	030	060	090	120	150
STEER						
RDO. ON	001	032	062	095	123	155
RDO. OFF	002	031	064	094	125	157

FOR	180	210	240	270	300	330
STEER						
RDO. ON	176	210	243	271	296	325
RDO. OFF	174	210	240	273	298	327

図 8-35. コンパス補正カードには、方位の偏差補正が表示される。

ステップ1: 磁気コースを決定する  
 真のコース (180°) ± 変動(+10°) = 磁気コース (190°)

適用する偏差誤差がない場合、磁気コース (190°) がステアリングされる。コンパスカードは、190°のコンパスコースで考慮しなければならない。

ステップ2: コンパスコースを決定する  
 磁気コース (190°, ステップ1から) ± 偏差(-2°, 補正カードから) = コンパスカード (188°)

注: コンパスカードに記載されているコース間の中間の磁気コースを解釈する必要がある。したがって、180°の真のコースを操縦するには、パイロットは188°のコンパスコースに従う。

コンパスコースがわかっているときに飛行している真のコースを見つける:  
 コンパスコース ± 偏差 = 磁気コース ± 変動 = 真のコース

#### ディップエラー (俯角誤差)

地球の磁場は、北極と南極の中間点である磁気赤道でのみ地表に平行に走っている。磁気赤道から離れて磁極に向かって移動すると、地球の表面に対する地球の磁場の垂直方向の引っ張りによって生じる角度が徐々に増加する。この角度は、ディップ角として知られている。傾斜角は、磁気北極に向かって移動すると下方方向に増加し、磁気南極に向かって移動すると上方方向に増加する。

コンパスの針が3次元で自由に回転できるように取り付けられている場合、ローカルの磁北の方向に傾斜角で上向きまたは下向きになり、磁場と位置合わせされる。傾斜角はナビゲーションに関係ないため、水平面内でのみ回転できるようにコンパスが設定される。これは、重心をピボット点より下に下げ、磁力の垂直成分が弱すぎて水平面から大きく傾けることができないほどアセンブリを重くすることによって行われる。コンパスは、特定のディップ補正なしで、すべての緯度で効果的に機能する。ただし、磁極の近くでは、地球の磁場の水平成分が小さすぎてコンパスを調整することができず、コンパスをナビゲーションに使用できなくなる。この制約のため、コンパスはカードが水平であるかどうかのみを正しく示す。水平面から傾くと、地球の磁場の

垂直成分の影響を受ける。これは、北および南の方向転換誤差に関する次の議論につながる。

#### 北向きの旋回誤差

フロートアセンブリの重心位置は、ピボットポイントよりも低い位置にある。航空機が旋回すると、磁気ディップから生じる力により、フロートアセンブリは、フロートが回転するのと同じ方向にスイングする。その結果は、誤った北向きの方向指示となる。コンパスカード、またはフロートアセンブリのこのリードのため、北向きの旋回は、目的の方位に到達する前に停止する必要がある。このコンパス誤差は、どちらかの磁極に近づくとも増幅される。この主要な誤差を修正するための経験則の1つは、15度に緯度の半分を加えた旋回を停止することである（つまり、航空機が緯度40度に近い位置で運用されている場合、目的の方向に進む前に $15 + 20 = 35$ 度で旋回を停止する必要がある）。[図 8-36A]

#### 南向きの旋回誤差

南向きに旋回すると、その力はコンパスフロートアセンブリがリードよりも遅れるような力になる。そのため、誤った南向きの方向指示となる。コンパスカードまたはフロートアセンブリは、旋回を停止する前に目的

の方位を通過できるようにする必要がある。北極誤差と同様に、この誤差はいずれかの磁極に近接すると増幅される。この遅れのエラーを修正するには、航空機が旋回を停止する前に目的の機首を通過できるようにする必要がある。15度に緯度の半分を加えた同じ規則がここに適用される（つまり、航空機が緯度30度に近い位置で操作されている場合、目的の機首方位を通過した後、 $15 + 15 + 30$ 度で旋回を停止する必要がある）。[図 8-36B]

#### 加速誤差

磁気の低下と慣性力は、東西の方位を加速および減速するときに磁気コンパス誤差を引き起こす。吊り下げ式の取り付けのため、コンパスカードの後端は、加速時には上向きに、対気速度の変化中に減速時には下向きに傾けられる。東または西のいずれかの方向に加速すると、誤差は北への方向指示として表示される。これらの方位のいずれかで減速すると、コンパスは南に向かう方向を示す。加速度誤差の影響を示すニーモニック、またはメモリジョガーは、「ANDS」（加速-北/減速-南）という単語が加速度誤差に注意するのに役立つ場合がある。[図 8-37] 加速すると北に向かって表示される。減速すると、南に向かって表示される。

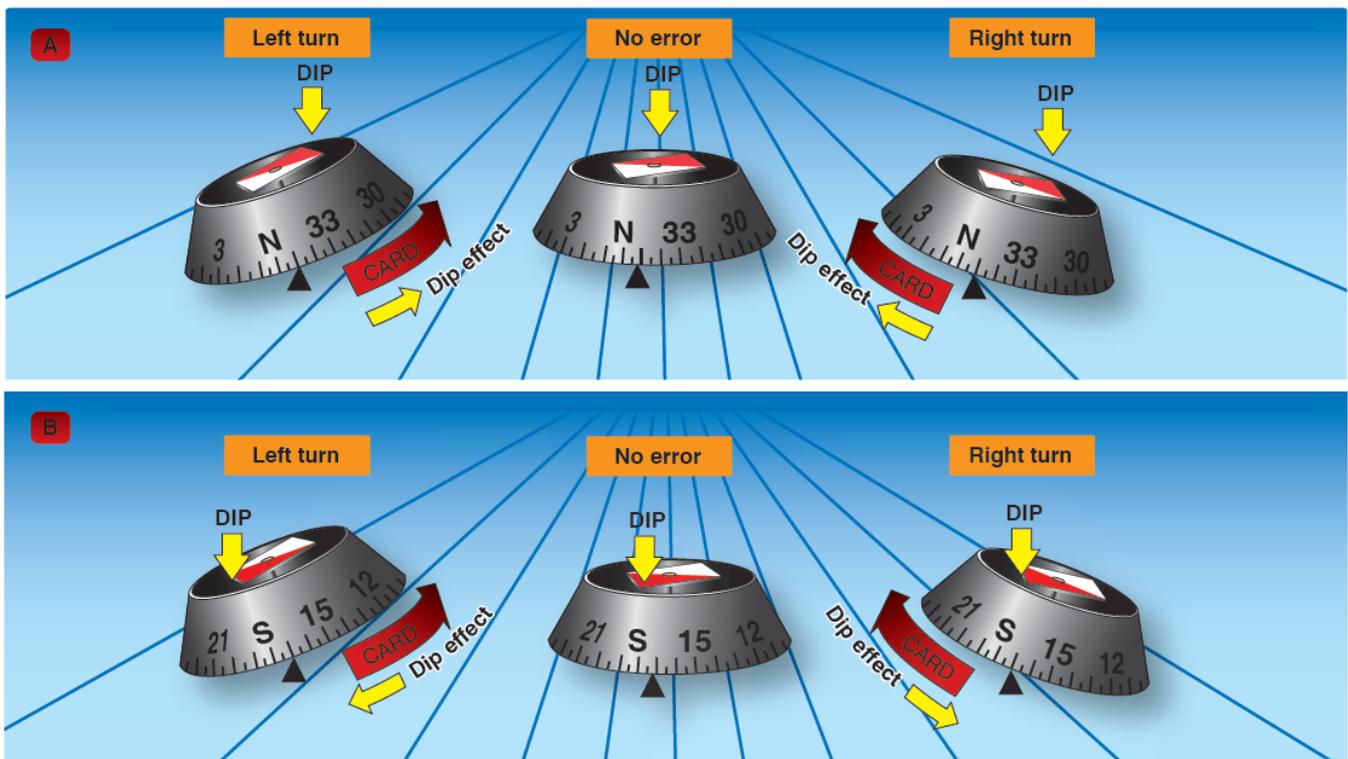


図 8-36. 北向きおよび南向きの旋回エラー



図 8-37. 加速誤差の影響

#### 揺動誤差

振動は、前述のすべての誤差の組み合わせであり、航空機の実際の機首方位に対するコンパスカードの変動をもたらす。ジャイロ方位計を磁気コンパスに一致するように設定する場合は、スイング間の平均表示を使用する。

#### 垂直カード磁気コンパス

垂直カードの磁気コンパスは、磁気コンパスで発生する誤差と混乱を部分的に除去する。このコンパスのダイヤルには、基本的な方向を表す文字、30°ごとの数字、および5°ごとの目盛りが付いている。ダイヤルは、シャフトに取り付けられた磁石からのギアのセットによって回転し、計器ガラス上の象徴的な航空機のノーズは、ダイヤルから航空機の機首方位を読み取るための基線を表す。 [図 8-38]

#### ラグまたはリード

北向きの方向から旋回を開始すると、コンパスは旋回より遅れる。南向きの方向から旋回を開始すると、コンパスは旋回より早まる。



図 8-38. 垂直カード磁気コンパス。

#### 渦電流減衰

垂直カード磁気コンパスの場合、振動する永久磁石からの磁束がダンピングディスクまたはカップに渦電流を生成する。渦電流によって生成される磁束は、永久磁石からの磁束に対抗し、振動を減少させる。

## 外気温度(OAT) ゲージ

外気温度 (OAT) ゲージは、検出素子が外気にさらされるように取り付けられたシンプルで効果的な装置である。検知素子はバイメタル型温度計で構成されており、2つの異種材料が単一のストリップに溶接され、螺旋状にねじれている。一方の端は保護チューブに固定され、もう一方の端はポインターに固定されており、円形の面での較正を読み取る。OATゲージは、°C、°F、またはその両方で較正されている。正確な気温は、パイロットにとって高度の変化に伴う温度経過率に関する有用な情報となる。[図 8-39]



図 8-39. 外気温 (OAT) ゲージ

## 章のまとめ

飛行計器を使用すると、特に長距離を飛行する場合に、航空機の性能と操作の安全性を最大限にできる。製造業者は必要な飛行計器を提供するが、それらを効果的に使用するためには、パイロットはその動作を理解する必要がある。パイロットとして、ピトー静的システムと関連機器、真空システムと関連機器、ジャイロスコープ機器、磁気コンパスの操作面に精通することが重要である。