

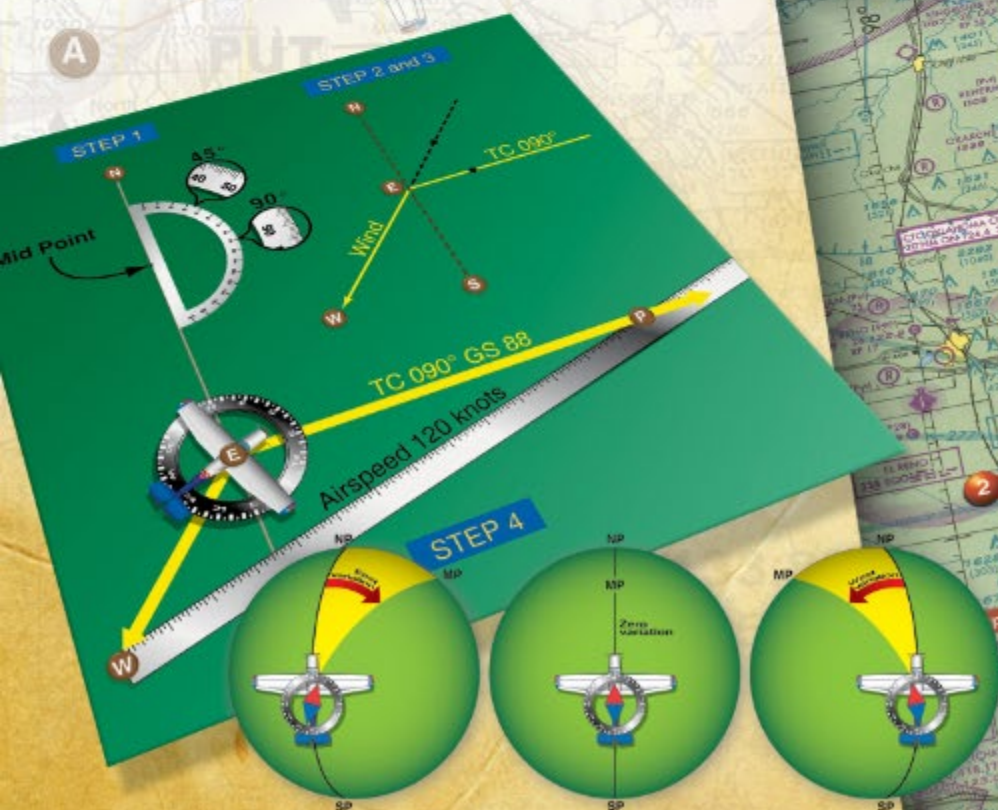
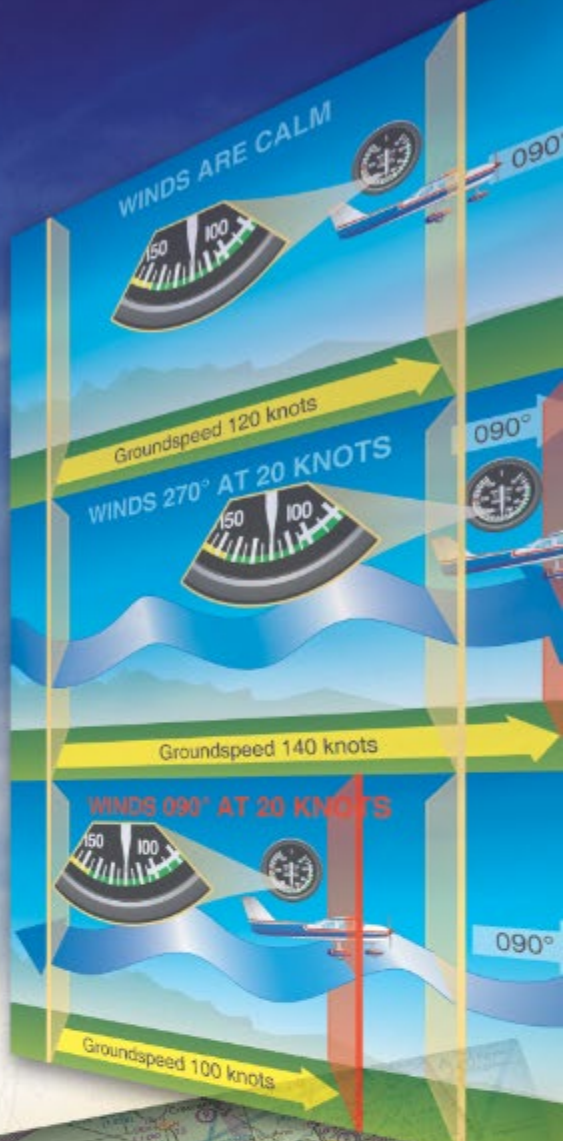
第16章

ナビゲーション

序論

この章では、有視界飛行方式 (VFR) の下でのクロスカントリー飛行の概要を説明する。これには、新米のパイロットのクロスカントリー飛行の計画と実行に関する実用的な情報が含まれている。

航空航法は、飛行の進行に応じて位置を監視しながら、ある地理的位置から別の地理的位置に航空機を操縦するプロセスである。航空図にコースをプロットする、チェックポイントを選択する、距離を測定する、適切な気象情報を取得する、飛行時間、機首方位、燃料要件を計算するなど、計画の必要性を紹介する。この章で使用する方法には、可視化されたランドマークへの参照によるナビゲーション、推測航法、既知の位置からの方向と距離の計算、および無線援助施設の使用による無線ナビゲーションが含まれる。



航空図

航空図は、VFRで飛行するパイロットのロードマップである。区分図は、パイロットが自分の位置を追跡できるようにする情報を提供し、安全性を高める利用可能な情報を提供する。VFRパイロットが使用する3つの航空区分図は次のとおりである：

- 区分
- VFR ターミナルエリア
- 国際民間航空

航空図および価格と注文手順を含む関連出版物をリストした無料のカタログは、Aeronautical Navigation Products Webサイト (www.aeronav.faa.gov) で入手できる。

区分図

区分図は、現在パイロットが使用している最も一般的な図である。区分図の縮尺は1:500,000 (1インチ=6.86海里 (NM) または約8法定マイル (SM)) で、より詳細な情報を区分図に含めることができる区分図は、空港データ、航法援助装置、空域、地形などの豊富な情報を提供する。図16-1は、区分図の凡例からの抜粋である。

区分図の凡例を参照することにより、パイロットは区分図上のほとんどの情報を解釈できる。パイロットは、航空交通管制 (ATC) の頻度や空域に関する情報など、その他の凡例情報についても区分図を確認する必要がある。これらの区分図は、毎年修正される米国本土以外の一部の地域を除き、半年ごとに修正される。

VFR ターミナルエリア区分図

VFRターミナルエリア区分図は、クラスB空域内またはその近くを飛行する場合に役立つ。縮尺は1:250,000 (1インチ=3.43 NMまたは約4 SM)。これらの区分図は、地形情報のより詳細な表示を提供し、いくつかのアラスカおよびカリブ海の区分図を除き、半年ごとに改訂される。[図 16-2]

国際民間航空図

国際民間航空図は、世界の陸地をカバーする標準的な一連の航空区分図を提供するように設計されており、中程度の速度の航空機によるナビゲーションに便利なサイズとスケールで提供される。



図 16-1. 区分図と凡例。

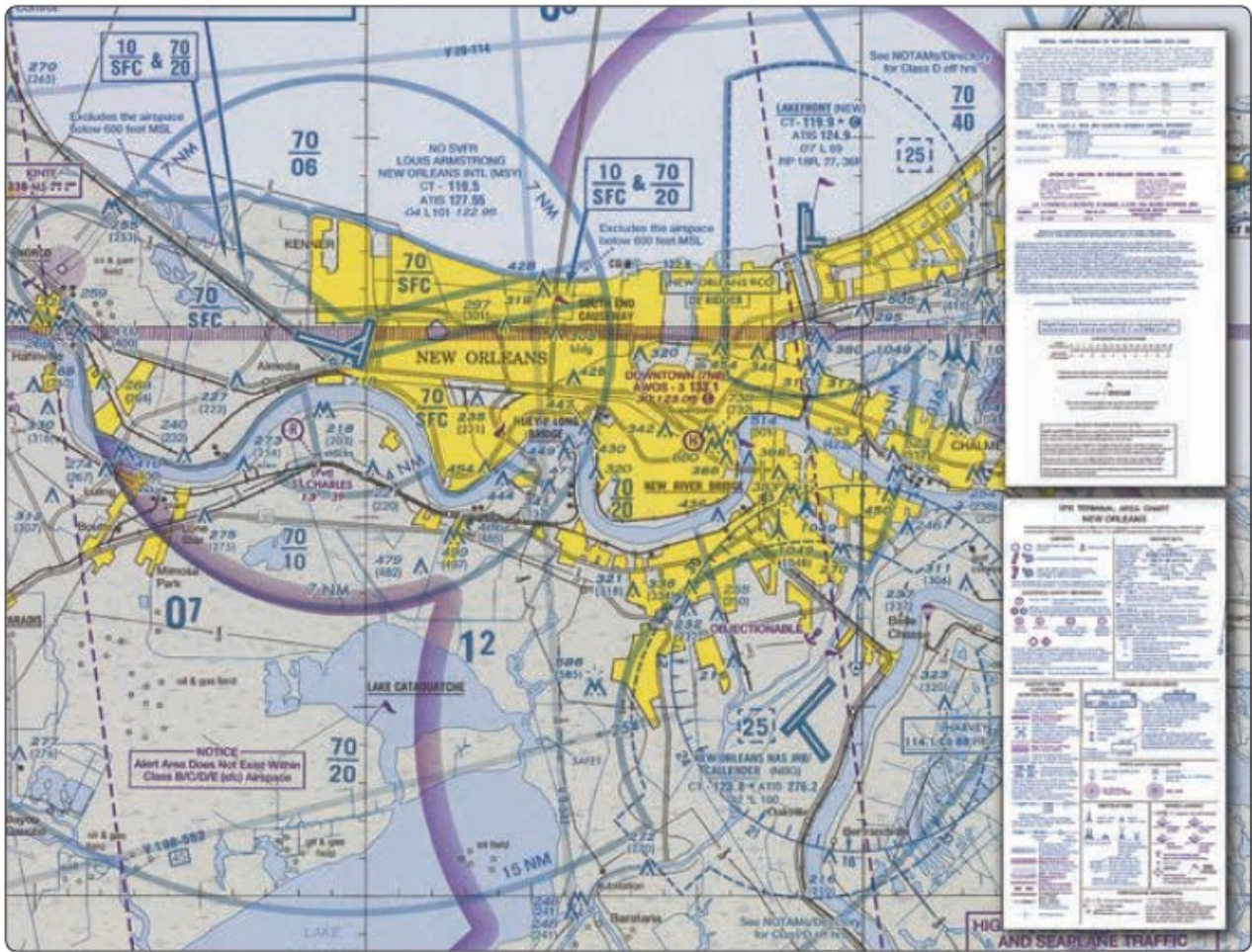


図 16-2. VFR ターミナルエリア区分図と凡例

それらは1 : 1,000,000の規模で作成される (1インチ= 13.7 NMまたは約16 SM)。区分図は区分図に似ており、シンボルはスケールが小さいため詳細が少ないことを除いて同じである。[図 16-3] これらの区分図は、2年ごとに改訂されるいくつかのアラスカの区分図とメキシコ/カリブ海の区分図を除き、毎年改訂される。

緯度と経度 (子午線と緯線)

赤道は、地球の極から等距離にある想像上の円である。赤道に平行な円 (東と西に走る線) は緯度線である。これらは、赤道の北 (N) または南 (S) の緯度を測定するために使用される。赤道から極までの角距離は、円の4分の1または90度である。アメリカ合衆国の48の州は、北緯25度から49度の間に位置している。図16-4の「Latitude【緯度】」のラベルが付いた矢印は、緯度線を指す。イギリスのグリニッジを通過する「本初子午線」

は、東経 (E) および西経 (W) から180度で測定が行われるゼロラインとして使用される。アメリカ合衆国の48の州は、経度67度~125度である。図16-4の「Longitude【経度】」と記された矢印は、経度線【子午線】を指している。

特定の地理的ポイントは、経度と緯度を参照して特定できる。たとえば、ワシントンD.C.は北緯39度、西経77度である。シカゴの緯度は北緯42度、西経88度である。

タイムゾーン

子午線は、タイムゾーンの指定にも役立つ。一日は、地球が360度の完全な1回転を行うのに必要な時間として定義される。一日は24時間に分割されているため、地球は1時間に15度の速度で公転している。正午は、太陽が子午線の真上にある時間である。その子午線の西は朝、東は午後である。

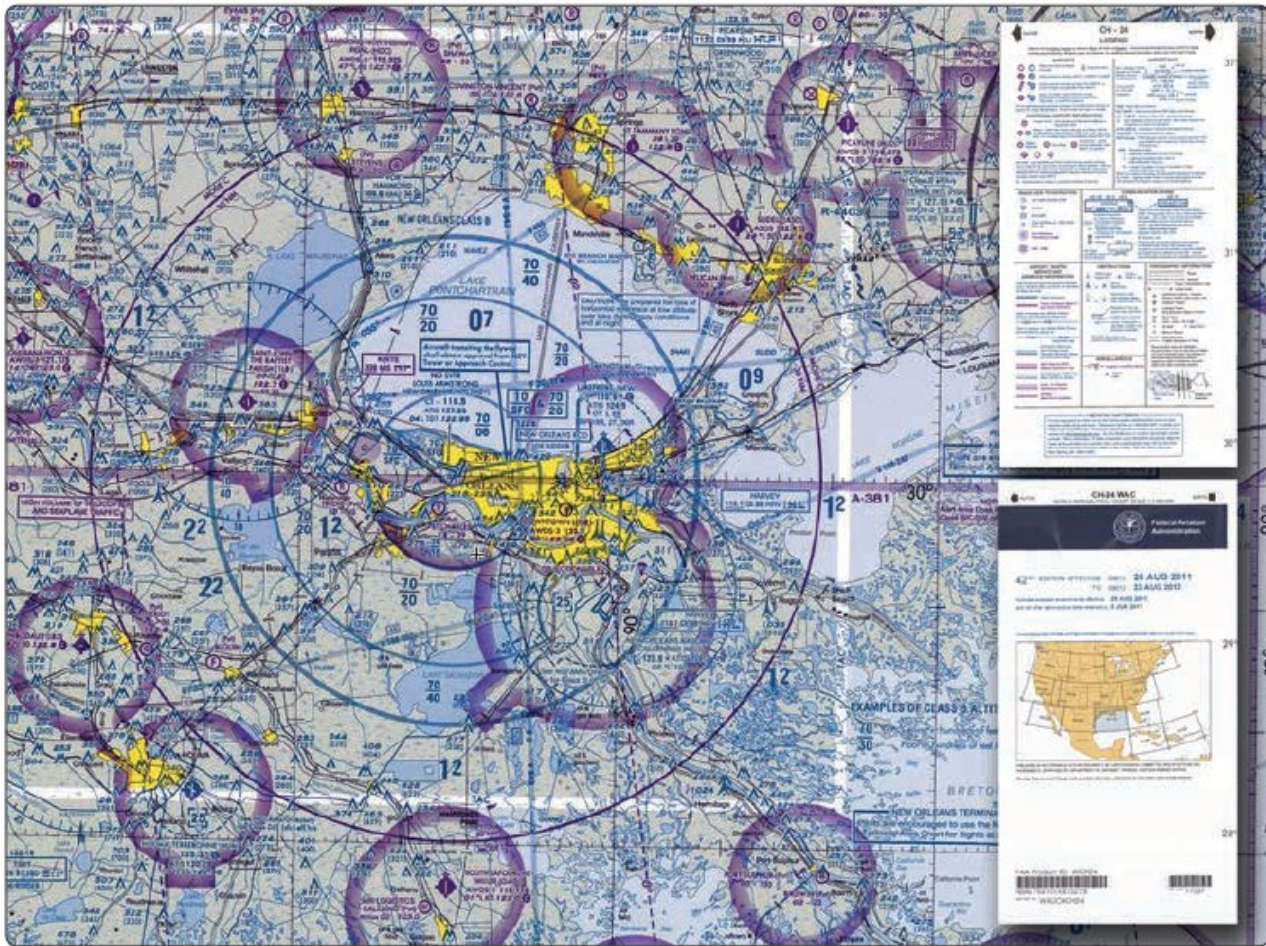


図 16-3. 国際民間航空図

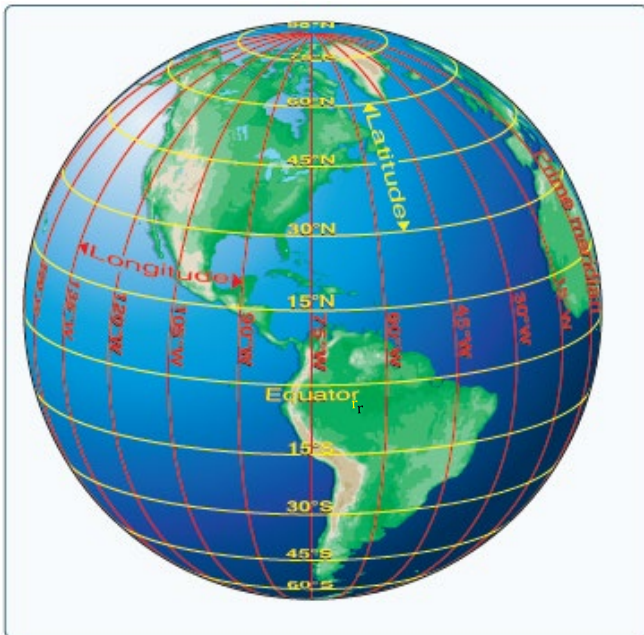


図 16-4. 子午線と緯線—時間、距離、方向の測定の基礎。

標準的な方法は、経度15度ごとにタイムゾーンを確立することである。これにより、各ゾーン間で正確に1時間の差が生じる。米国本土では、4つのタイムゾーンがある。タイムゾーンは、東部（75度）、中央（90度）、山岳部（105度）、および太平洋（120度）である。境界付近のコミュニティでは、近隣のコミュニティや貿易センターの時間指定を使用する方が便利な場合が多いため、分割線はやや不規則である。

図16-5は、米国本土のタイムゾーンを示している。太陽が第90子午線の真上にあるときは、中央標準時で正午である。同時に、東部標準時で午後1時、山岳部標準時で午前11時、および太平洋標準時で午前10時である。通常、3月の第2日曜日からは11月の第1日曜日までの夏時間が有効な場合、太陽は正午の中央夏時間の第75子午線の真上にある。

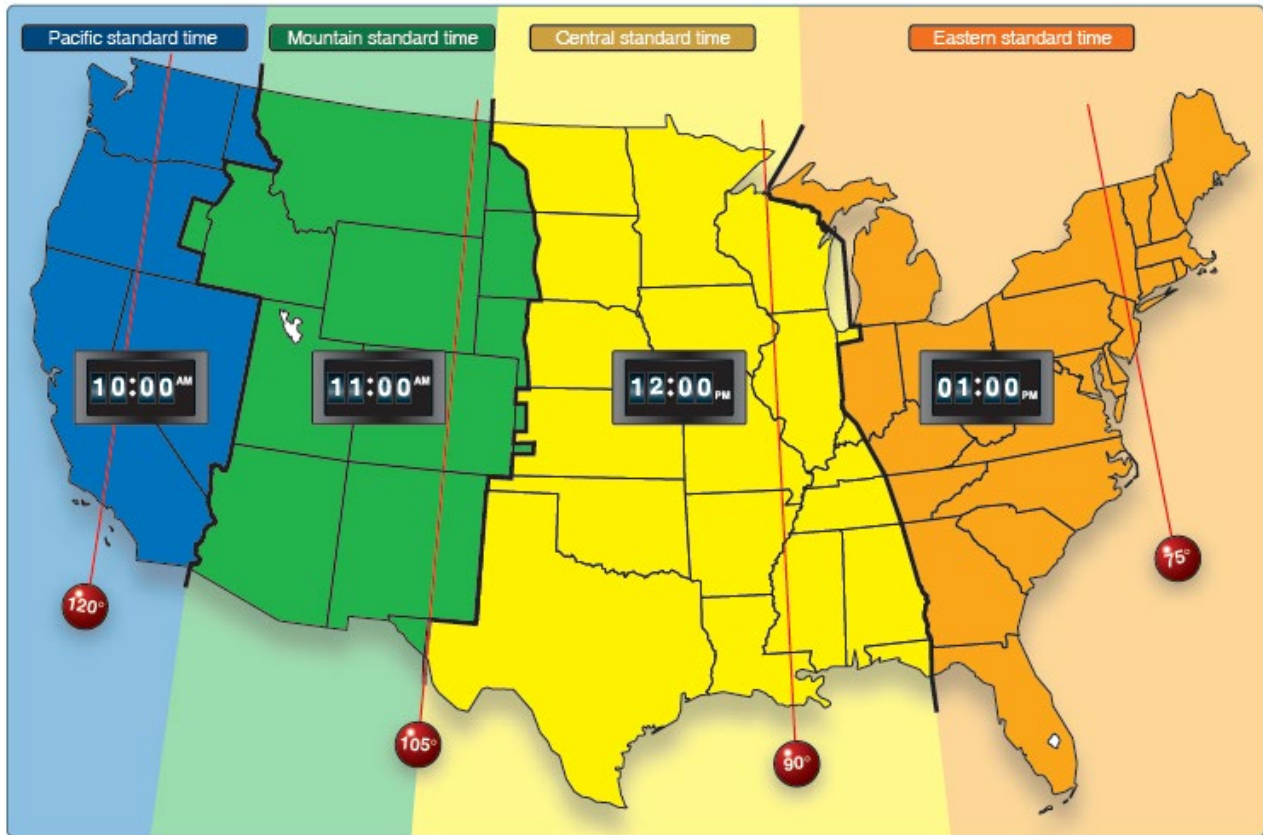


図 16-5. 米国本土のタイムゾーン。

これらのタイムゾーンの違いは、東への長いフライト中、特に、暗くなる前にフライトを完了しなければならない場合に考慮する必要がある。覚えておくべきことは、あるタイムゾーンから別のタイムゾーンに東向きに飛行する場合、またはおそらく同じタイムゾーンの西端から東端に飛行する場合でも、1時間が失われることだ。飛行情報局 (FSS) に相談して目的地の日没時刻を決定し、東行きのフライトを計画する際にこれを考慮する。

ほとんどの航空業務では、時間は24時間制で表される。ATCの指示、気象予報と放送、および到着予定時刻はすべてこのシステムに基づいている。たとえば、午前9時は0900、午後1時は1300、午後10時は2200と表現される。

パイロットは飛行中に複数のタイムゾーンを横断する必要があるため、標準のタイムシステムが採用されている。これは、協定世界時 (UTC) と呼ばれ、多くの場合、ズルー時間と呼ばれる。UTCは、英国のグリニッジを通過する経度0度の時刻である。世界中のすべてのタイムゾーンは、この参照に基づいている。この時間に変換するには、パイロットは次のことを行う必要がある：

- 東部標準時5 時間追加
- 中部標準時6 時間追加
- 山岳部標準時.....7 時間追加
- 太平洋標準時.....8 時間追加

夏時間の場合、計算された時間から1時間を差し引く必要がある。

方向の測定

子午線を使用することで、ある地点から別の地点への方向を度で、真北から時計回りに測定できる。飛行中に従うコースを示すには、出発地点から目的地まで区分図上に線を引き、この線が子午線と形成する角度を測定する。図16-6の羅針図で示すように、方向は度で表される。

子午線は極に向かって収束するため、コースの測定は、出発点ではなく、コースの中間点近くの子午線で行う必要がある。区分図で測定されるコースは、真のコース (TC) として知られている。これは、子午線または真北 (TN) を参照して測定される方向である。これは、TNから時計回りに度数で測定した、意図した飛行の方向である。

図16-7に示すように、AからBへの方向はTCが065°であるのに対して、帰路 (逆数と呼ばれる) は245°のTCである。



図 16-6. 羅針図

真の方位 (TH) は、飛行中に航空機の機首がTNから時計回りに度数で測ったときの方向である。通常、風の影響を相殺するには、航空機をTCとはわずかに異なる方向に向ける必要がある。したがって、THの数値はTCの数値と一致しない場合がある。これについては、この章の以降のセクションで詳しく説明する。この考察の目的のために、方向とコースが一致する無風状態が存在すると仮定する。したがって、TCが065°の場合、THは065°になる。ただし、コンパスを正確に使用するには、磁気の変動とコンパスの偏差を修正しなければならない。

偏差

偏差は、TNと磁北 (MN) の間の角度である。MNがTNの東または西にあるかどうかに応じて、東偏差または西偏差として表される。

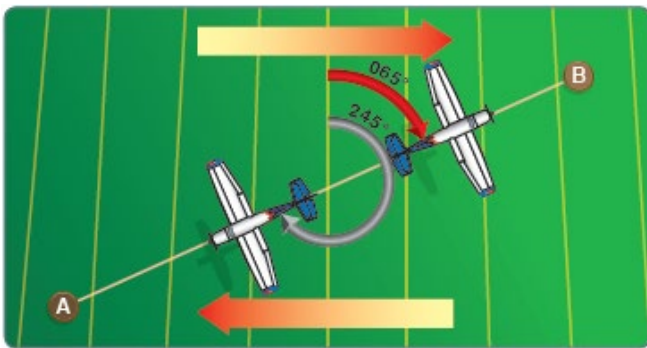


図 16-7. コースは、航空区分図上の子午線を参照して決定される。

北磁極は、図16-8に示すように、北緯71度、西経96度に近く、地理的または真の北極から約1,300マイルに位置している。地球が均一に磁化されている場合、コンパスの針は磁極に向けられる。その場合、TN (地理的子午線で示される) とMN (磁気子午線で示される) 間の偏差は子午線の交点で測定できる。

実際は、地球は一様に磁化されていない。米国では、針は通常、磁極の一般的な方向を指すが、特定の地理的な場所では度によって異なる場合がある。その結果、米国内の選択された数千の場所での正確な偏差量が慎重に決定された。時々変化する偏差量と方向は、ほとんどの航空区分図上で、等磁気線と呼ばれる赤紫色の破線で示され、偏差が等しい点を接続する。(TNとMNの間に変化がない点を結ぶ線は、無偏差線である。) 等角図を図16-9に示す。等方位角線と無偏差線の小さなカーブと転換は、これらの地域の磁力に影響する異常な地質条件によって引き起こされる。

米国の西海岸では、コンパスの針はTNの東を指す。東海岸では、コンパスの針はテネシー州の西を指す。

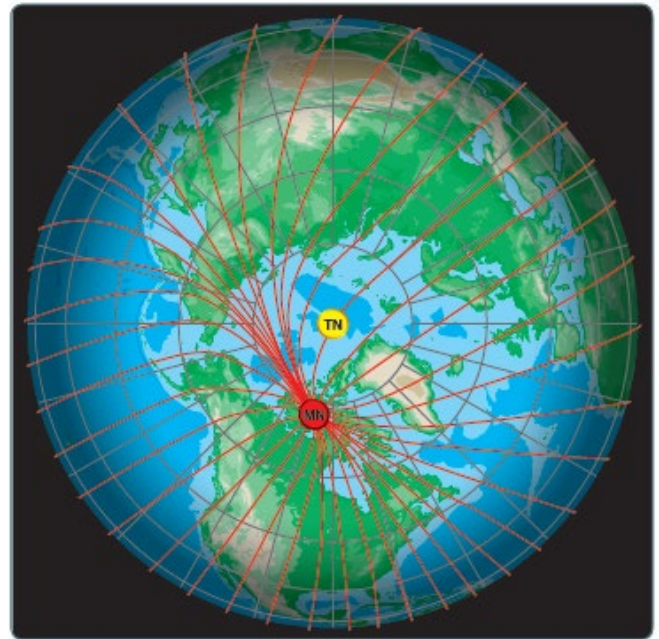


図 16-8. 磁気子午線は赤で、経度と緯度の線は青である。これらの偏差線 (磁気子午線) から、磁気コンパスに対する局所的な偏差の影響を判断できる。

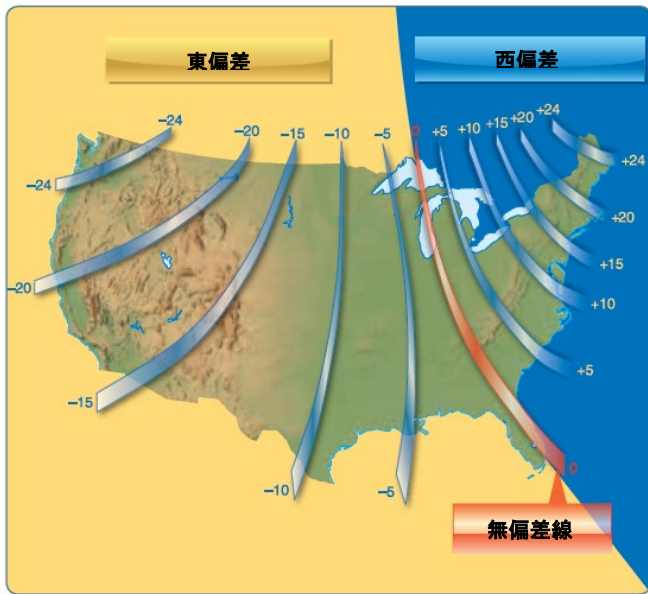


図 16-9. 偏差がゼロである無偏差線に注意。

MNとTNが一致する無偏差線にゼロ度の偏差が存在する。この路線は五大湖のほぼ西、ウィスコンシン州、イリノイ州、テネシー州西部を通り、ミシシッピ州とアラバマ州の国境に沿って走っている。図16-9と16-10を比較する。

コースはTNを指す地理的経線を基準にして測定され、これらのコースはMNの一般的な方向の磁気経線に沿って指すコンパスを参照して維持されるため、飛行のために、真の方向を磁気の方角に変換する必要がある。この変換は、区分図上の最も近い等値線によって示される偏差を加算または減算することにより行われる。

たとえば、区分図上の2点間に描かれた線は、TNから測定されるためTCと呼ばれる。しかし、このコースを磁気コンパスから離しても、3つの要素を考慮する必要が

あるため、2つのポイント間で正確なコースを提供できない。1つ目は偏差、2つ目は自差、3つ目は風補正である。正確なナビゲーションのためには、3つすべてを考慮する必要がある。

偏差

偏差について説明している段落で述べたように、フライトの地理的位置に対する適切な偏差を考慮し、必要に応じて追加または削除する必要がある。偏差が変化するエリアを飛行する場合、飛行経路に沿って適切に値を適用する必要がある。適用されると、この新しいコースは磁気コース (MC) と呼ばれる。

自差

各航空機は、独自の局在化された磁気特性から搭載コンパスシステムに固有の内部効果を持っているため、パイロットは飛行方向に基づいてこれらの特性を追加または削除する必要がある。自差の適用 (コンパス自差カードから取得) は、その航空機のコンパスシステムに固有の磁気コース (局所的な磁気特性の影響による) を補正すると、すぐにコンパスコースになる。したがって、コンパスコースは、(風がない状態で) 追跡されると、航空機の方角が区分図に描かれた元のコースラインと一致しない場合でも、ポイントAからポイントBに航空機を移動させる。

偏差が「9°E」として表示される場合、これはMNがTNの9°東にあることを意味する。360°のTCを飛行させる場合、360°から9°を差し引く必要がある。これにより、磁気方位が351°になる。東に飛行するには、081° (090°-9°) の磁気コースが飛行される。南に飛行する場合、磁気コースは171° (180°-9°) になる。西に飛ぶ場合、261° (270°-9°) になる。THを060°で飛行させるには、051° (060°-9°) の磁気コースが飛行される。

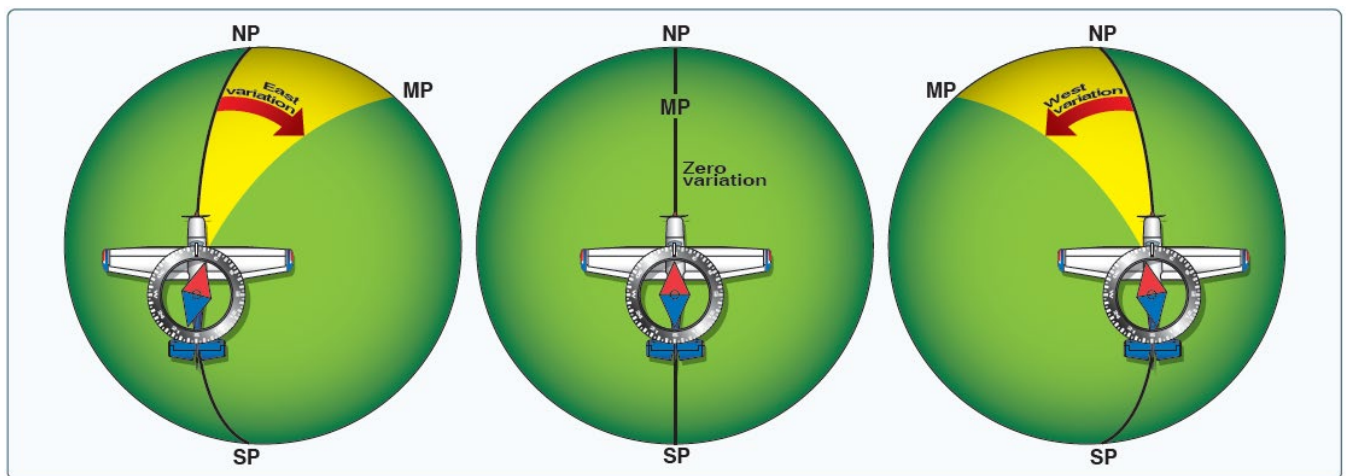


図 16-10. コンパスに対する偏差の影響

偏差が西の場合は追加し、東の場合は削除することを思い出す。偏差を追加するか削除するかを思い出す1つの方法は、「東が最小（削除）、西が最適（追加）」というフレーズである。

自差

磁気方位の決定は、フライトの正しいコンパス方位を取得するために必要な中間ステップである。コンパスの方位を決定するには、自差を修正する必要がある。電気回路、ラジオ、ライト、工具、エンジン、磁化された金属部品など、航空機内の磁気の影響により、コンパスの針は通常の読み取り値からしばしばふれる。このふれは自差と呼ばれる。自差は航空機ごとに異なり、同じ航空機内でも方位が異なれば異なってくる場合がある。たとえば、エンジンの磁力がコンパスの北端を引き付ける場合、飛行機がMNの方位にあるときは影響がない。しかし、東または西に向かうならば、図16-11に示すように、コンパス表示に誤りがある。磁力は航空機の他の多くの部分から発生する可能性がある。エンジンの磁力の仮定は、単に説明の目的で使用されている。

補正と呼ばれるコンパスの調整は、この誤差を減らすために行うことができるが、残りの修正はパイロットが行う必要がある。

コンパスの適切な補正は、有能な技術者が行うのが最適である。着陸時の衝撃、振動、機械的作業、または機器の変更により航空機内の磁力が変化するため、パイロットはコンパスの自差を確認しなければならない場合がある。自差を確認するために使用される手順は「コンパスの誤差を修正記録する」と呼ばれ、次のように簡単に概説される。

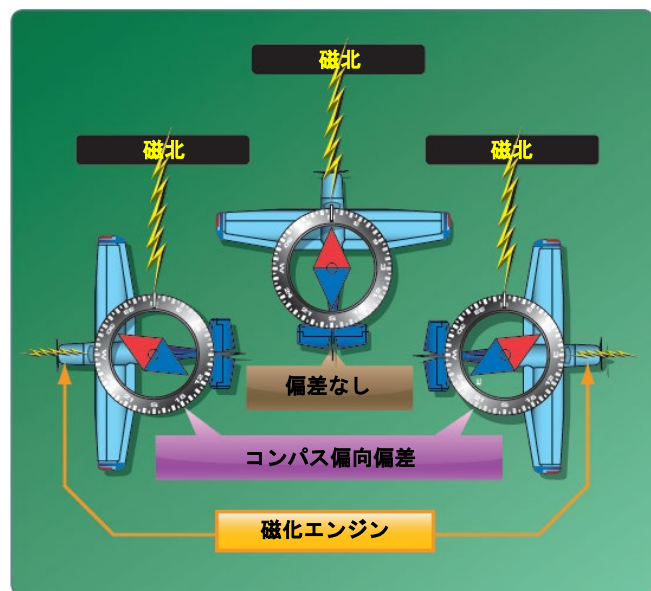


図 16-12. コンパス自差カード。

航空機は磁気コンパスの上に置かれ、エンジンが始動し、通常使用される電気機器（ラジオなど）がオンになる。尾輪型の航空機は、ジャッキアップして飛行位置にする必要がある。航空機は、羅針図に示されたMNと位置合わせされ、コンパスに示された測定値は自差カードに記録される。その後、航空機は30°間隔で調整され、各測定値が記録される。夜間に航空機を飛行させる場合、ライトが点灯し、測定値の大幅な変化が記録される。その場合、夜間に使用するために追加のエントリが作成される。コンパスの精度は、コンパスの読み取り値を既知の滑走路の方位と比較することでも確認できる。

図16-12のような自差カードがコンパスの近くに取り付けられ、さまざまな方位の自差を補正するために必要な加算または減算を示す。通常は30°間隔である。中間の測定値の場合、パイロットは十分な精度で意識的に補間する必要がある。たとえば、パイロットが195°の補正を必要とし、180°の補正が0°で、210°が+2°であることに気付いた場合、195°の補正は+1°になると想定できる。磁気方位は、偏差を修正すると、コンパス方位と呼ばれる。

風の影響

前の説明では、航空区分図でTCを測定する方法と、偏差と自差を修正する方法について説明したが、重要な要素の1つである風が考慮されていない。大気の研究で説明したように、風は、地球の表面上を一定の方向に移動する気団である。風が北から25 Ktで吹いている場合、それは空気が1時間に25 NMの割合で地球の表面を南に向かって移動していることを意味する。

これらの条件下では、地球との接触のない不活性物質は1時間で南方25 NMに運ばれる。この影響は、雲、ほこり、おもちゃの風船などが風に吹かれて観察されるときに明らかになる。明らかに、移動する気団の中を飛行する航空機も同様に影響を受ける。航空機は風に自由に浮かばなくても、空気が地面上を移動すると同時に空中を移動するため、風の影響を受ける。その結果、飛行の1時間の終わりに、航空機は次の2つの動きの組み合わせから生じる位置にある：

向き (磁気)	N	30	60	E	120	150
操縦 (コンパス)	0	28	57	86	117	148
向き (磁気)	S	210	240	W	300	330
操縦 (コンパス)	180	212	243	274	303	332

図 16-11. 飛行機の磁化部分により、コンパスは通常の表示から外れる。

- 地面を基準とした気団の動き
- 気団を通る航空機の前進

実際、これら2つの動きは独立している。航空機が飛行している空気の質量が動いていても静止していても違いはない。70 Kt強風で飛行しているパイロットは、地面が観察されない限り、風の可能性を完全に意識しない（乱気流の可能性を除く）。しかし、地上を基準にすると、航空機は追い風ではより速く、逆風ではより遅く、横風では左右にドリフトするように見える。

図16-13に示すように、静止空気中の対気速度120 Ktで東向きに飛行する航空機の対地速度（GS）はまったく同じで、120 Ktである。気団が20 Ktで東に移動している場合、航空機の対気速度は影響を受けないが、地上での航空機の進行は120プラス20またはGSの140 Ktである。一方、気団が20 Ktで西方向に移動している場合、航空機の対気速度は同じままだが、GSは120マイナス20または100 Ktになる。

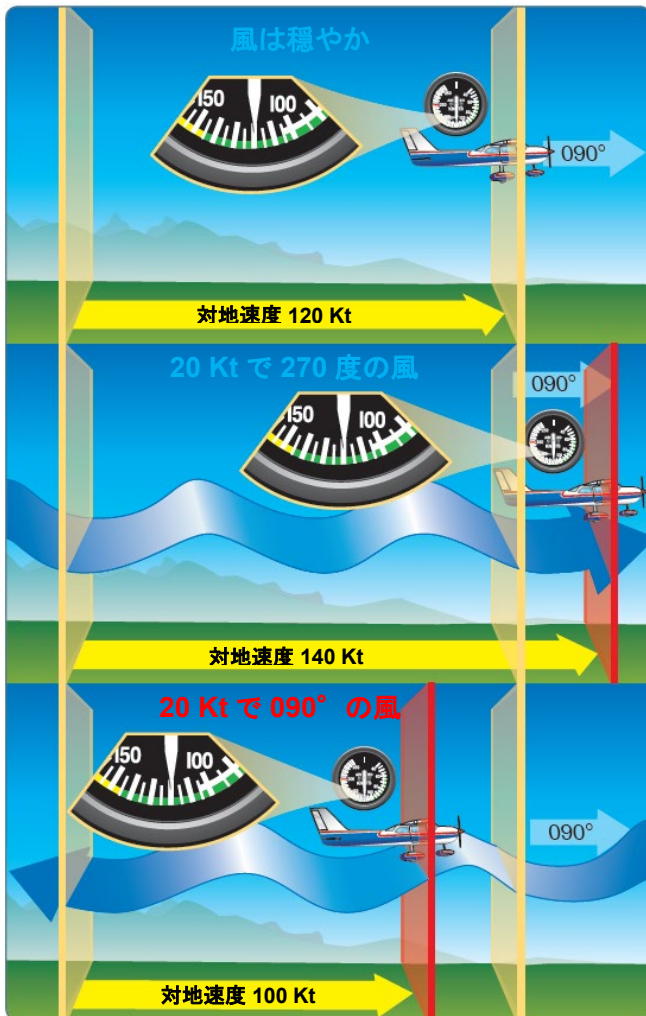


図 16-13. 空気の動きは、航空機が地球の表面を移動する速度に影響する。航空機が空中を移動する速度である対気速度は、空気の動きの影響を受けない。

風の影響は補正されていないと仮定すると、航空機が120 Ktで東に向かっていて、気団が20 Ktで南に移動している場合、1時間の終わりの航空機は、空中を進むために出発点からほぼ120マイル東にある。空気の動きのために南に20マイルである。このような状況では、対気速度は120 Ktのままだが、GSは航空機の動きと気団の動きを組み合わせで決定される。GSは、出発地から1時間後の航空機の位置までの距離として測定できる。GSは、既知の距離離れた2つのポイント間を飛行するのに必要な時間によって計算できる。この章の後半で説明する風の三角形を作成することにより、飛行前に決定することもできる。[図 16-14]

飛行中に航空機が指している方向は、方位と呼ばれる。航空機の動きと空気の動きの組み合わせである地面上の実際の経路は、航跡と呼ばれる。方位と航跡間の角度はドリフト角と呼ばれる。航空機の方向がTCと一致し、風が左から吹いている場合、航跡はTCと一致しない。風により航空機は右にドリフトするため、航跡は目的のコースまたはTCの右にドリフトする。[図 16-15]

次の方法は、多くのパイロットがコンパスの方位を決定するために使用される：TCが測定され、風の補正が適用されてTHが発生した後、シーケンス $TH \pm \text{偏差} (V) = \text{磁気方位} (MH) \pm \text{自差} (D) = \text{コンパス方位} (CH)$ に従ってコンパスの方位に到達する。[図 16-16]

ドリフト量を決定することにより、パイロットは風の影響を打ち消し、航空機の航跡を希望のコースに一致させることができる。気団が左からコースを横切って移動している場合、航空機は右にドリフトし、このドリフトを相殺するために航空機を十分に左に向けることで修正を行う必要がある。言い換えれば、風が左からの場合、航空機を左に一定の角度で向けることによって補正が行われ、したがって風のドリフトが補正される。これは風補正角度（WCA）であり、TCの右または左の角度で表される。[図 16-17]

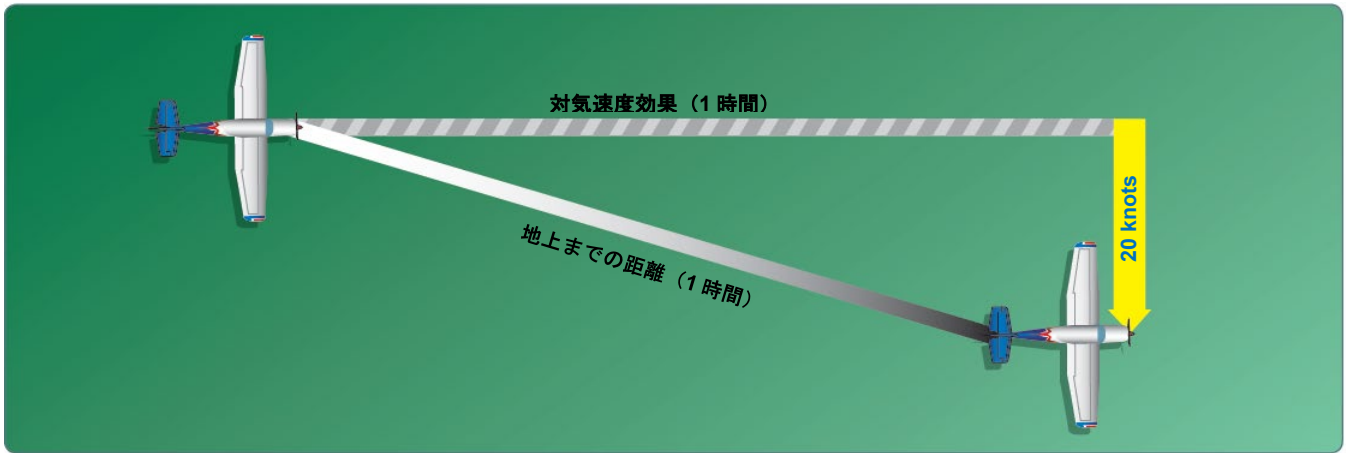


図 16-14. 対気速度と方向、風速と方向から生じる航空機の飛行経路。

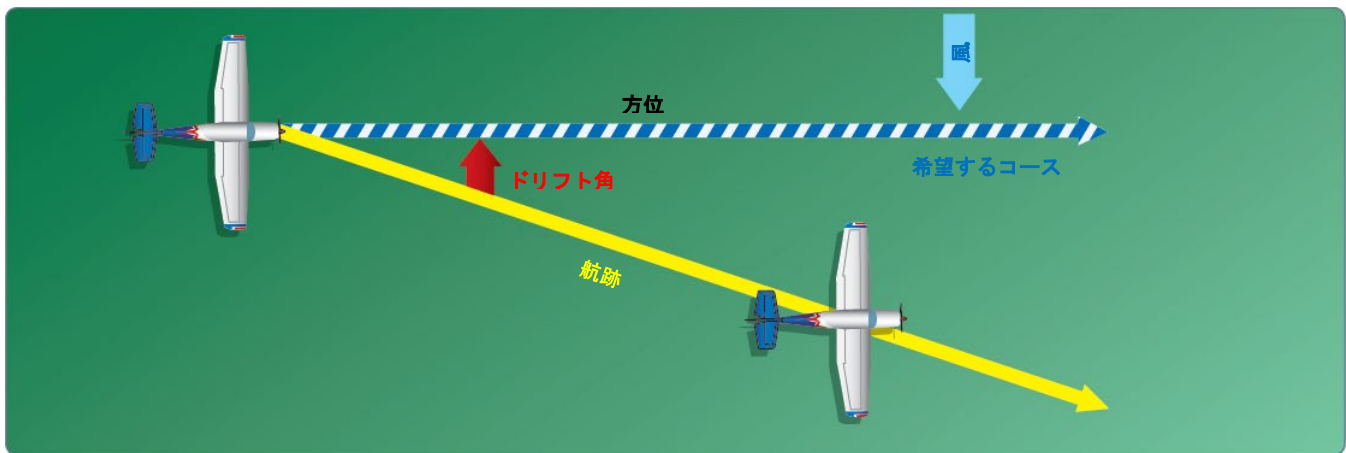


図 16-15. 希望のコースを維持するための風のドリフトの影響

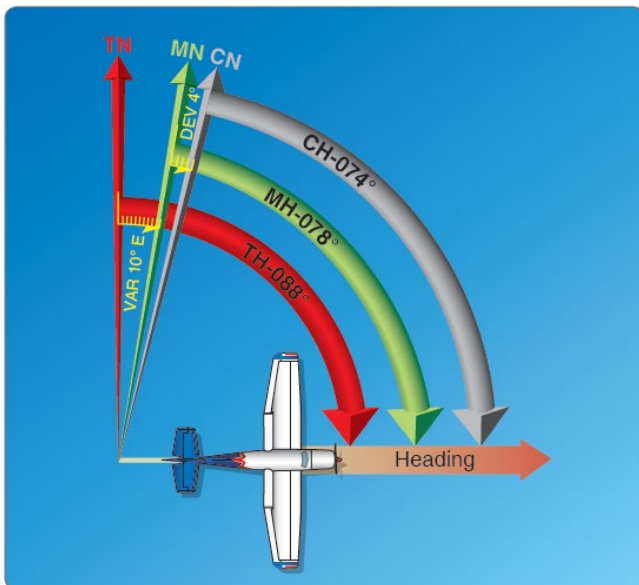


図 16-16. 特定の場合の真、磁気、およびコンパスの方位間関係。

要約すると:

- コース (TC) —地上での航空機の意図された経路、または目的の航空機の経路を表す区分図に描かれた線の方法。特定の基準データから時計回りに0°から360°まで測定された角度として表される。
- 方位 (TH) —飛行中に航空機の機首が指す方向。(風、航跡、コースが適切に修正されている場合は同じ。)
- 航跡 (TR) —飛行中に地上を通る実際の経路。(風、航跡、コースが適切に修正されている場合は同じ。)
- 偏流角 (DA) —方位と航跡間の角度。
- 修正角 (WCA) —航跡がコースと一致するように、コースに適用される修正。
- 真対気速度 (TAS) —航空機が空中を進む速度。
- 対地速度 (GS) —地上での航空機の機内進行速度。

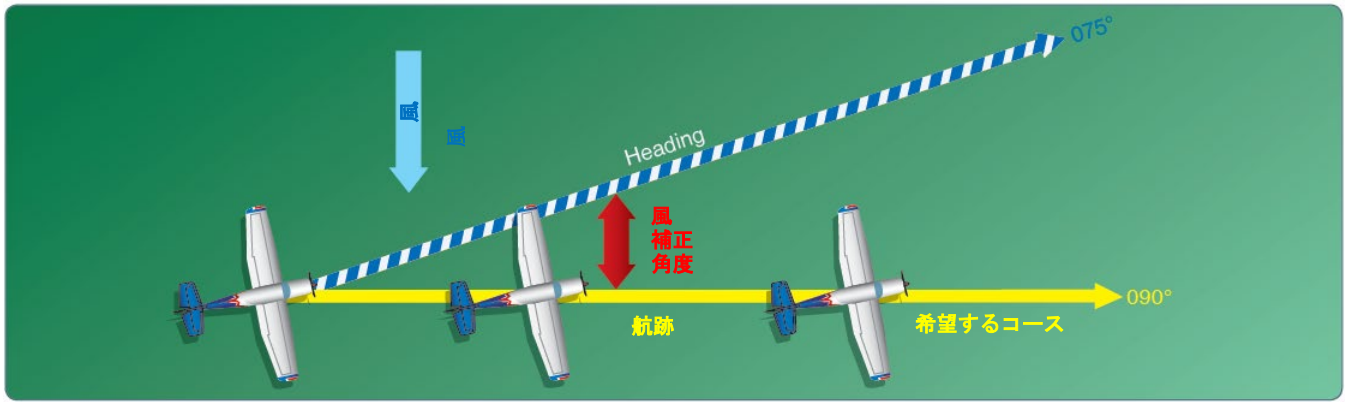


図 16-17. 風のドリフトを打ち消し、望ましいコースを維持する風補正角度を確立する。

基本的な計算

クロスカントリー飛行の前に、パイロットは時間、速度、距離、および必要な燃料量について一般的な計算を行う必要がある。

分を同等の時間に変換する

多くの場合、速度、時間、距離の問題を解決するときは、分を同等の時間に変換する必要がある。分を時間に変換するには、60で割る（60分=1時間）。したがって、30分は $30/60 = 0.5$ 時間である。時間を分に変換するには、60を掛ける。したがって、0.75時間は $0.75 \times 60 = 45$ 分に等しくなる。

時間 $T = D/GS$

飛行中の時間 (T) を出すには、距離 (D) をGSで割る。140 KtのGSで210 NMを飛行する時間は、 $210 \div 140$ または1.5時間である。（0.5時間に60分を掛けると30分になる。）
回答：1:30

距離 $D = GS \times T$

特定の時間に飛行した距離を出すには、GSに時間を掛ける。120 KtのGSで1時間45分飛ぶ距離は 120×1.75 または210 NMである。

GS = D/T

GSを出すには、飛行距離を必要な時間で割る。航空機が3時間で270 NMを飛行する場合、GSは $270 \div 3 = 90$ Ktである。

Kt を 1 時間あたりのマイルに変換する

もう1つの変換は、Ktをマイル/時 (mph) に変更することだ。航空業界ではmphよりも頻繁にKtを使用しているが、速度の問題を処理する際にmphを使用する場合の変換を理解することが重要である。NWS（アメリカ国立気象局）は、地表風と上空の風の両方をKtで報告する。ただし、一部の航空機の対気速度計はmphで較正されている（現在、多くはmphとKtの両方で較正されている）。

したがって、パイロットは、Ktで報告される風速をmphに変換することを学ぶ必要がある。

1 Ktは、1時間あたり1海里（NMPH）である。1 NMに6,076.1フィート、1 SMに5,280フィートがあるため、換算係数は1.15である。Ktをmphに変換するには、Ktの速度に1.15を掛ける。たとえば、20 Ktの風速は23 mphに相当する。

ほとんどのフライトコンピュータまたは電子計算機には、この変換を行う手段がある。変換の別の簡単な方法は、航空図の下部にあるNMとSMのスケールを使用することである。

燃料消費量

目的のフライトに十分な燃料が利用できるようにするには、飛行前計画時に航空機の燃料消費量を正確に計算できる必要がある。通常、ガソリンを燃料とする航空機の燃料消費量は1時間あたりのガロンで測定される。タービンエンジンはレシプロエンジンよりもはるかに多くの燃料を消費するため、タービン駆動の航空機ははるかに多くの燃料を必要とし、したがってはるかに大きな燃料タンクを必要とする。これらの大量の燃料量を決定する場合、ガロンなどの体積測定を使用すると、燃料の体積が温度に応じて大きく変化するため、問題が発生する。対照的に、密度（重量）は温度の影響を受けにくいいため、より均一で再現性のある測定が可能である。このため、ジェット燃料は一般にその密度と体積によって定量化される。

この標準的な業界の慣習では、1時間あたりの燃料量の値が得られ、これを1時間あたりの海里 (NM) 値 (TAS±風) に置き換えると、航続率が得られる。航続率の一般的な表示は、燃料1ポンドあたりNM、または多くの場合燃料1,000ポンドあたりNMである。飛行前の計画は、過去の燃料消費量を適切にモニターし、飛行中の特定の燃料管理と混合物調整手順を使用することでサポートする必要がある。

レシプロエンジンを搭載した単純な航空機の場合、航空機メーカーが提供する航空機飛行マニュアル/パイロットの操作ハンドブック (AFM/POH) には、飛行前の計画を支援する1時間あたりのガロン値が記載されている。

フライトを計画する時は、予想される対地速度(GS)に対して既知の燃料消費率 (gal/hrまたはlbs/hr) で航空機が(風を考慮して)移動できる距離を計算することにより、目的地に到達するために必要な燃料量を決定し、この量と十分な予備燃料が機内で利用できることを確認する必要がある。GSはフライトにかかる時間を決定する。特定の飛行に必要な燃料の量は、推定飛行時間に消費率を掛けることで計算できる。たとえば、GS 100 Ktで400 NMの飛行を完了するには4時間かかる。航空機が1時間あたり5ガロンの燃料を消費する場合、総燃料消費量は20ガロン(4時間×5ガロン)である。この例では、風はない。したがって、真対気速度(TAS)もGSと同じ100 Ktである。燃料消費率は特定のTASで比較的一定のままなので、風が存在する場合のGSを使用して燃料消費を計算する必要がある。航続率(NM/lbまたはNM/gal)は、風が要因である場合の燃料消費量の計算にも役立つ。

次のいずれかが発生する前に、常に地上に戻ることを計画する必要がある:

- 飛行時間が、飛行前の燃料の消費量として計算した飛行時間を超えている
- 燃料計が低燃料レベルを示している

燃料消費率は、エンジンの状態、プロペラ/ローターピッチ、プロペラ/ローターの1分あたりの回転数 (rpm)、混合物の豊富さ、および巡航速度での飛行に使用される馬力の割合に依存する。パイロットは、巡航性能区分図または経験からおおよその消費率を知る必要がある。フライトに必要な燃料の量に加えて、予備用の十分な燃料が必要である。消費量を見積もる時は、巡航飛行だけでなく、スタートアップとタクシング、および上昇中の燃料消費量を増やす必要がある。上昇中の対地速度は、同じ対気速度での巡航飛行中よりも遅いことに注意すること。適切な予備用の追加燃料も安全対策として追加する必要がある。

フライトコンピュータ

これまで、時間、距離、速度、燃料消費などの項目を決定するために数式のみが使用されてきた。実際には、ほとんどのパイロットはE6Bまたはフライトコンピュータと呼ばれる機械式飛行コンピュータを使用している。これらのデバイスは、飛行計画とナビゲーションに関連する多くの問題を計算できる。機械式または電子式のコンピュータには取扱説明書がついており、サンプル問題が含まれていることが多い。パイロットはサンプル問題を解き、コンピュータの機能と操作に慣れることができる。[図 16-18]

航法定規

飛行計画でもう1つ役に立つのは、分度器および定規である航法定規である。パイロットは、TCを決定して距離を測定する時にこれを使用できる。ほとんどの航法定規には、NMとSMの両方で測定する定規があり、片側に断面図、もう一方に国際民間航空図のスケールがある。[図 16-18]

地文航法

地文航法は、ランドマークまたはチェックポイントへの参照によるナビゲーションである。これは、適切なチェックポイントがあるコースで使用できるナビゲーションの方法だが、推測航法およびVFR無線ナビゲーションと組み合わせてより一般的に使用される。

選択するチェックポイントは、飛行エリアに共通する顕著な特徴である必要がある。道路、川、鉄道線路、湖、送電線など、他の機能によって容易に識別できるチェックポイントを選択する。可能であれば、高速道路、川、鉄道、山など、コースの両側に有用な境界またはグループを形成する目標物を選択する。パイロットは、選択されたグループを参照し、交差しないことで、コースから離れすぎてドリフトしないようにすることができる。単一のチェックポイントに完全に依存しないこと。十分にチェックポイントを選択する。見つからない場合は、方位を維持したまま次のものを探す。チェックポイントから位置を決定するとき、区分図のスケールは1インチ=8 SMまたは6.86 NMであることを忘れてはいけない。たとえば、選択したチェックポイントが区分図上のコースラインから約0.5インチの場合、地上のコースから4 SMまたは3.43 NMである。混雑しているエリアでは、小さな地物の一部が区分図に含まれていない。混乱している場合は、方位を保持する。現在の方角から方向転換した場合、迷子になりやすい。

区分図に表示される道路は、主によく走行する道路、または空から見たときに最もはっきり見える道路である。新しい道路や構造物は絶えず建設されており、次の区分図が発行されるまで区分図に表示されない場合がある。アンテナなどの一部の構造は、見にくい場合がある。テレビアンテナは、町の近くのエリアでグループ化される場合がある。アンテナはほとんど目に見えない支線によってささえられている。最も高いアンテナから500フィート未満のアンテナの領域には近づかないこと。背の高い構造のほとんどには、パイロットが見やすいようにストロボライトが付いている。ただし、気象条件や背景の照明によっては、見にくくなる場合がある。航空区分図には、印刷時に利用可能な最高の情報が表示されるが、パイロットは、図の印刷以降に発生した新しい構造や変更に注意する必要がある。

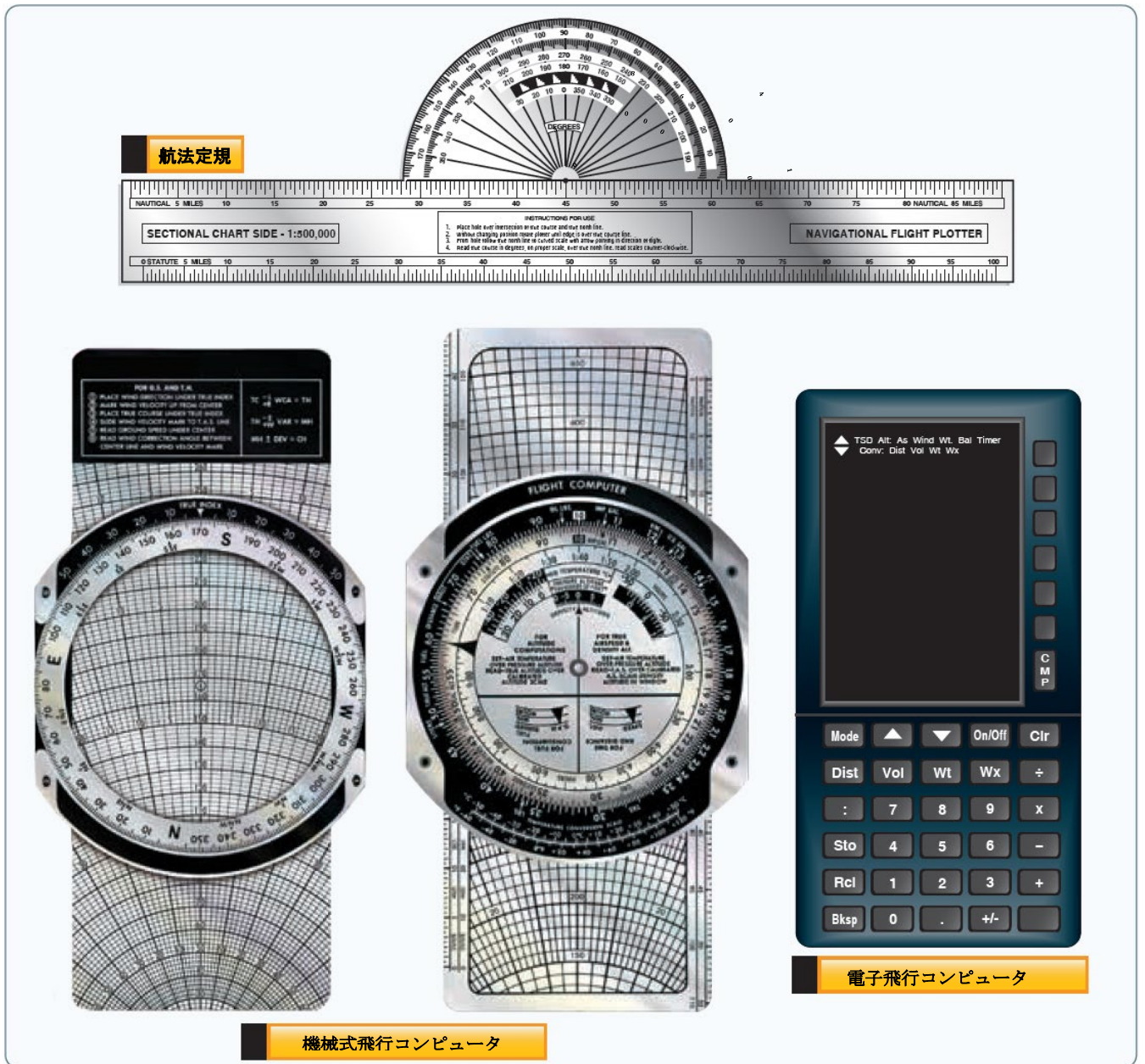


図 16-18. 航法定規 (A)、機械式飛行コンピュータ (E6B) の計算面と風面 (B)、電子飛行コンピュータ (C)。

推測航法

推測航法は、時間、対気速度、距離、および方向に基づいた計算のみによるナビゲーションである。これらの変数から導出される算出結果は、風速と速度によって調整されると、方位とGSである。予測された機首方位は航空機を目的の経路に沿って移動させ、GSは各チェックポイントと目的地に到着する時間を確立する。水上を飛行する場合を除き、推測航法は通常、クロスカントリー飛行の地文航法を伴って使用される。計算された方位とGSは、チェックポイントから観察される地文航法によって常に監視され、修正される。

風の三角形またはベクトル分析

風がない場合、航空機の地上航跡は機首方位と同じであり、GSは真の対気速度と同じである。この状態はめったに存在しない。ベクトル分析のパイロット版である風の三角形は、推測航法の基礎である。

風の三角形は、風が飛行に与える影響を図で説明したものである。GS、方位、飛行の時間は、風の三角形を使用して決定できる。最も単純な種類のクロスカントリー飛行、および最も複雑な計器飛行に適用できる。経験豊富なパイロットは、基本的な原理に精通しているため、実際に図を描くことなく視覚飛行に適した推定を行うことができる。しかし、初心者の訓練生は、風の

影響を完全に理解するための補助として、これらの図を作成するスキルを開発する必要がある。意識的または無意識的に、すべての優れたパイロットは、風の三角形の観点から飛行を考える。

北東から風が吹いて東への飛行を行う場合、航空機は偏流を防ぐためにいくぶん北東へ向かわなければならない。これは、図16-19に示すような図で表すことができる。各線は方向と速度を表す。青と白の長い破線は、航空機が向かう方向を示し、その長さは指定された対気速度で1時間移動した距離を表す。右の短い青い矢印は風の方向を示し、その長さは1時間の風速を表す。黄色の実線は、地球上で測定された航跡の方向または航空機の進路を示し、その長さは1時間またはGSで移動した距離を表す。

実際には、図16-19に示されている三角形は描かれていない。代わりに、図16-20の青、黄、および黒の線で示されているように、次の例で説明するような三角形を作成する。

フライトがEからPに飛行することを想定する。これらの2点を結ぶ航空図に線を引く。子午線を基準にして、分度器または航法定規でその方向を測定する。これはTCであり、この例では090°(東)と想定されている。NWS(アメリカ国立気象局)から、目的の飛行の高度での風は北東から40Kt(045°)であることがわかる。NWSは風速をKtで報告するため、航空機の実際の対気速度が120Ktである場合、Ktからmphに速度を変換する必要はない。

まずは、普通の紙に北から南を表す垂直線を引く。(図16-21にさまざまな手順を示す。)

ステップ 1

ベースを垂直線に置き、湾曲したエッジを東に向けて、分度器を配置する。ベースの中心点で、「E」(出発点)というラベルの付いた点を作成し、湾曲したエッジで、90°(真のコースの方向を示す)と45°(風の方向を示す)で点を作成する。



図 16-19. 風の三角形の原理。

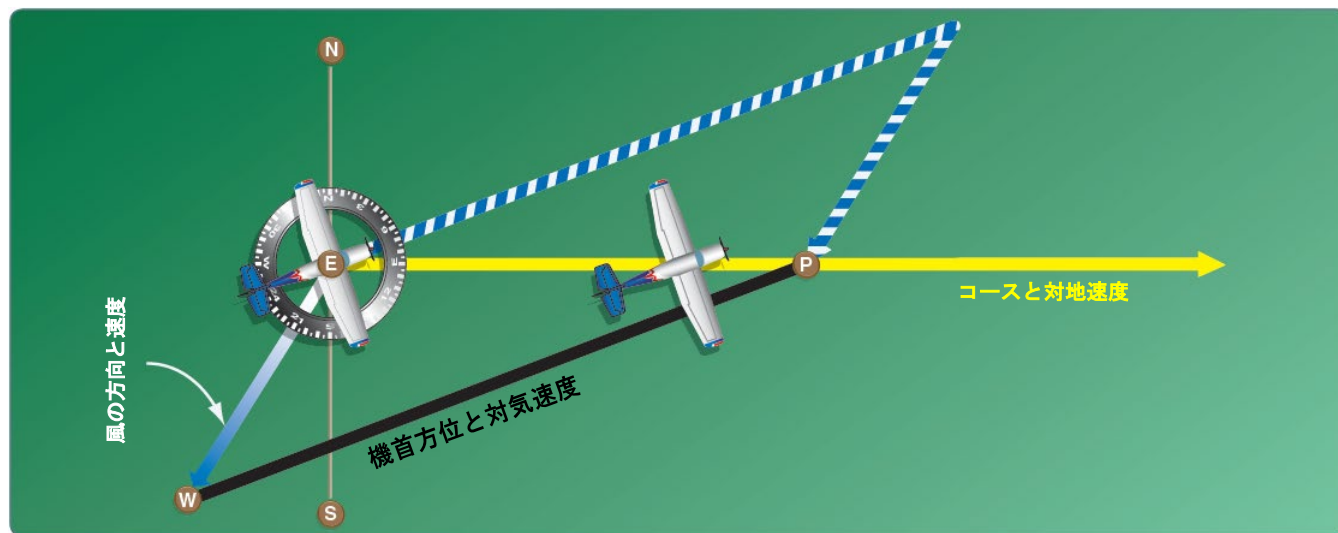


図 16-20. ナビゲーションの練習で描かれている風の三角形。

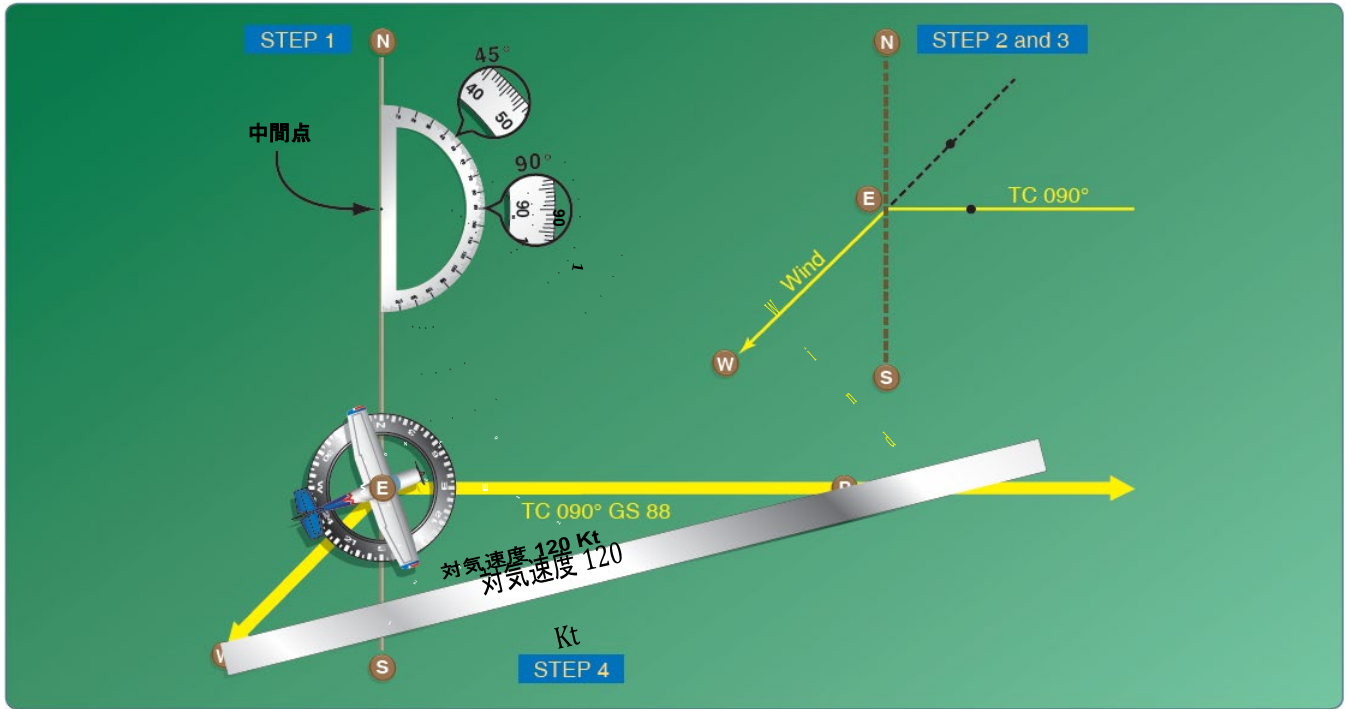


図 16-21. 風の三角形を描く手順。

ステップ 2

定規を使用して、Eから真のコースラインを描画し、点からやや90°延長して、「TC 090°」とラベル付ける。

ステップ 3

次に、定規をEと45°の点に合わせ、Eから045°の方向ではなく、風が吹く方向に風下矢印を描き、風速40 Ktに対応するように40単位の長さにする。風の方角を示す文字「W」を末尾に配置して、この線を風の線として識別する。

ステップ 4

最後に、定規で120単位を測定して対気速度を表し、この時点で定規に点を付ける。使用する単位は、任意の便利なスケールまたは値（1/4インチ= 10 Ktなど）にすることができ、一度選択すると、関連する各直線運動に同じスケールを使用する必要がある。次に、端が矢印（W）上にあり、120 KtのドットがTCラインを遮るように、定規を配置する。線を引き、「AS 120」というラベルを付ける。交差点に配置されたポイント「P」は、1時間の終了時の航空機の位置を表す。これで図が完成した。

1時間で飛行した距離（GS）は、TCライン上の単位数（88 NMPHまたは88 Kt）として測定される。偏流を相殺するために必要なTHは、対気速度線の方向によって示され、次の2つの方法のいずれかで決定できる：

- 分度器の直線側を南北線に沿って配置し、その中心点を対気速度線と南北線の交点に置き、THを度（076°）で直接読み取る。[図 16-22]
- 分度器の直線側を TC 線に沿って置き、その中心点を P にして、TC と対気速度線との角度を読み取る。これが WCA であり、TH を取得するために TC に適用する必要がある。TC の右側から風が吹くと、角度が追加される。左からの場合は、減算される。この例では、WCA は 14° で、風は左からである。したがって、090° の TC から 14° を引くと、TH 076° になる。[図 16-23]

THを取得した後、偏差の補正を適用して磁気方位を取得し、自差の補正を適用して方位を取得する。コンパスの方位は、推測航法により目的地まで飛行するために使用できる。

飛行に必要な時間と燃料を決定するには、まず、航空図に描かれたコースラインの長さを測定して、目的地までの距離を見つける（区分図の下部にある適切なスケールを使用）。距離が220 NMの場合、88 KtのGSで割ると、必要な時間として2.5時間、つまり2:30になる。燃料消費量が1時間あたり8ガロンの場合、8×2.5または約20ガロンが使用される。

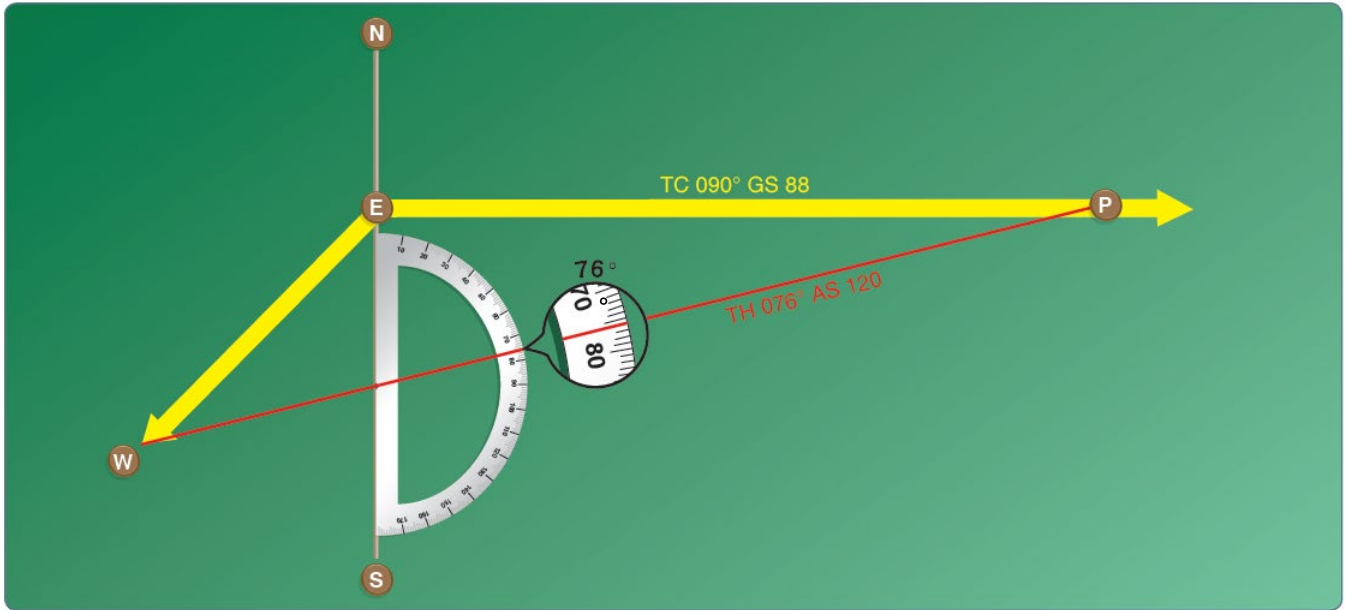


図 16-22. 風補正角度によって真の方位を見つける。

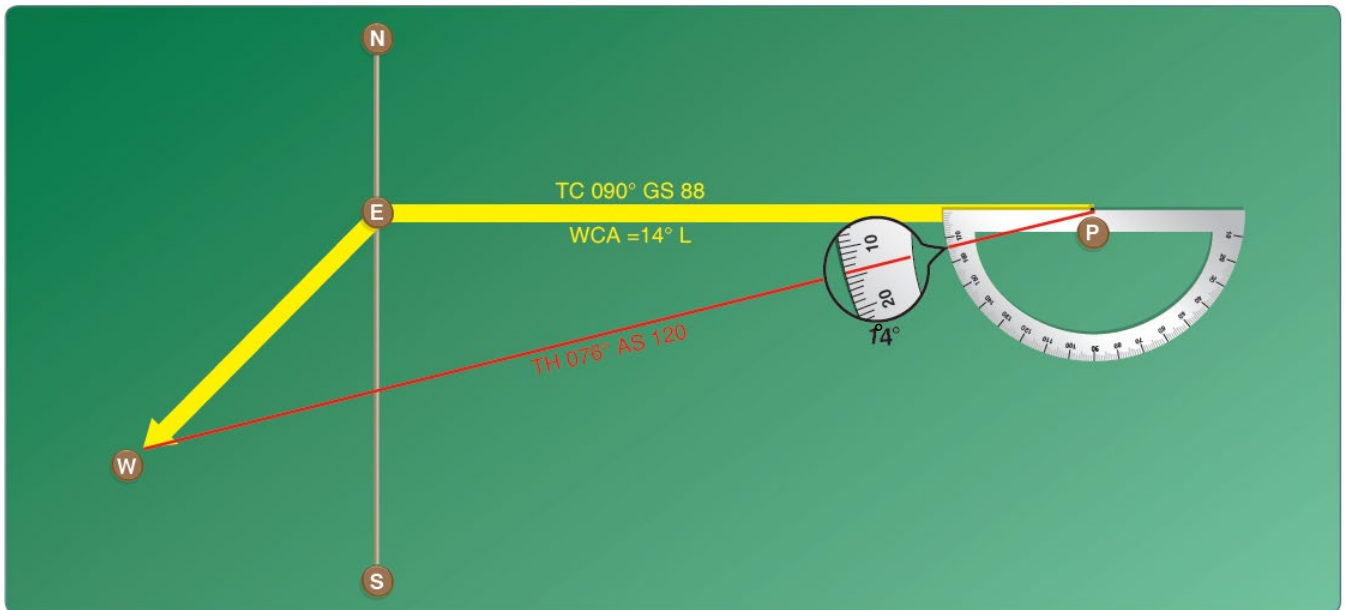


図 16-23. 直接測定により真の方位を見つける

簡単に要約すると、フライト情報を取得する手順は次のとおりである:

- TC—区分図に描かれ、中央子午線のTNから度数で時計回りに測定された、2つの目的の点を結ぶ線の方角
- WCA—風の三角形から決定される。(風が右からの場合はTCに追加され、風が左からの場合は減算される)
- TH—TNから時計回りに度数で測定した方向。飛行機の機首が目的のコースにとどまるように指す必要がある

- 偏差—区分図の等値線から取得(西の場合はTHに加算、東の場合は減算)
- MH—変換の中間ステップ(THに偏差を適用することにより取得)
- 自差—航空機の自差カードから取得(示されているようにMHに加算またはMHから減算)
- コンパスの方位—コンパスの読み取り(MHに自差を適用することで検出)、目的のコースにとどまる

- 合計距離-区分図上の TC 線の長さを測定することで取得（区分図の下部にあるスケールを使用）
- GS-風の三角形の TC 線の長さを測定することで得られる（図の描画に使用されるスケールを使用）
- 推定所要時間 (ETE)- 総距離を GS で割った値
- 燃料率-巡航速度で使用される 1 時間あたりの所定のガロン

注:安全対策として、適切な予備の燃料を追加する必要がある。

飛行計画

連邦規則集（14 CFR）パート91のタイトル14には、一部、航空機の飛行を開始する前に、機長（PIC）がその飛行に関するすべての入手可能な情報に精通する必要があると記載されている。空港の近くでフライトしない場合、利用可能な現在の天気予報と予報、燃料要件、計画されたフライトを完了できない場合に利用可能な代替手段、およびPICがATCから通知された既知の交通遅延に関する情報を含める必要がある。

必要な資料の収集

パイロットは、フライトを開始する前に必要な資料を収集しなければならない。飛行経路が区分図の境界付近にある場合、適切な現在の区分図と飛行ルートに隣接するエリアの区分図がこの資料に含まれている必要がある。

追加の機器には、フライトコンピュータまたは電子計算機、航法定規の他に、特定のフライトに適したアイテムを含める必要がある。たとえば、夜間飛行を行う場合は、懐中電灯を携帯する。砂漠地帯を飛行する場合は、水などの必需品を運ぶ。

気象チェック

飛行計画のその他の側面を続行する前に、最初に、飛行が可能かどうか、また可能であればどのルートが最適かを確認するのが賢明である。第12章「航空気象サービス」では、気象ブリーフィングの取得について説明している。

米国航空地図補足(旧空港/施設要覧)の使用

着陸が予定されている各空港に関する利用可能な情報を調べる。これには、操縦士への通知（NOTAM）と米国航空地図補足(旧空港/施設要覧)の調査を含める必要がある。[図 16-24]

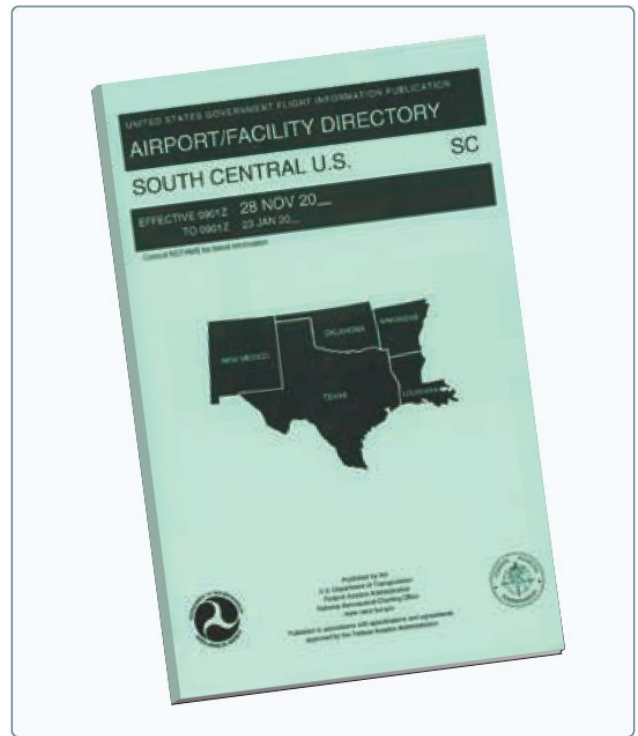


図 16-24. 米国航空地図補足(旧空港/施設要覧)

これには、場所、標高、滑走路、照明設備、利用可能なサービス、航空助言ステーション周波数（UNICOM）の可用性、利用可能な燃料の種類（給油停止の決定に使用）、空港にあるFSS、管制塔、地上管制周波数、交通情報、発言、その他の関連情報が含まれる。28日ごとに発行されるNOTAMについては、米国航空地図補足の発行以降に行われた危険な条件または変更に関する追加情報を確認する必要がある。

使用されている各セクション区分図の最終発行日以降に発生した主要な変更については、セクション区分図速報サブセクションを確認する必要がある。区分図は最大6か月前のものである可能性がある。区分図の発効日は、区分図の前面上部に表示される。米国航空地図補足には、通常、そのような問題に関する最新の情報が記載されており、違いがある場合は、区分図の裏側の情報よりも優先して使用する必要がある。

飛行機の飛行マニュアルまたはパイロットの操作ハンドブック (AFM/POH)

航空機の飛行マニュアルまたはパイロットの操作ハンドブック（AFM/POH）を確認して、航空機の適切な積載量（重量と重心位置のデータ）を決定する必要がある。使用可能な燃料と排出可能なオイルの重量を知っておく必要がある。また、乗客の重量、運ばれるすべての手荷物の重量、および航空機のゼロ燃料重量を調べて、総重量が最大許容重量を超えないようにする。結果として生じる重心（CG）が制限内にあるかどうかを判断するには、荷重の分布を知る必要がある。

ゼロ燃料重量と、ゼロ燃料重量のCG情報を取得するには、FAA承認のAFMまたはその他の恒久的な航空機の記録にある最新の重量と重心位置の情報を、必要に応じて使用する。

計算された負荷、空港の高度、および温度に基づいて、適切な区分図から離陸距離と着陸距離を決定する。次に、これらの距離を利用可能な滑走路の長さと比較する。負荷が重く、標高、温度、湿度が高いほど、テイクオフロールとランディングロールが長くなり、上昇率が低くなることを覚えておく。

燃料消費量区分図を確認して、推定飛行高度と出力設定での燃料消費率を決定する。燃料消費率を計算し、フライトの推定時間と比較して、ルートに沿った給油ポイントを計画に含めることができる。

コースの区分図化

気象が確認され、いくつかの予備計画が完了したら、コースを区分図化し、飛行を達成するために必要なデータを決定する。次のセクションでは、コースの区分図作成、フライトログの記入、飛行計画の提出を行うための論理的な順序を示す。次の例では、次のデータと図16-25の区分図の抜粋に基づいて飛行が計画されている。

飛行ルート: チカシャ空港からガスリー空港へ直行

真対気速度 (TAS).....	115 Kt
風上空.....	10 Ktで360°
使用可能な燃料.....	38 ガロン
燃料率.....	8 GPH
自差.....	+2°

コースの区分図作成の手順

以下は、飛行に関連する情報に到達するための推奨シーケンスである。情報が決定されると、図16-26のフライトログの例に示すように注意することができる。計算が必要な場合、パイロットは数式または手動もしくは電子飛行コンピュータを使用できる。手動または電子コンピュータの使用に慣れていない場合、この時点で操作マニュアルを読み、いくつかの練習問題を処理することが有利である。

まず、チカシャ空港 (ポイントA) からガスリー空港 (ポイントF) に直接線を引く。コースラインは出発空港の中心から始まり、目的空港の中心で終わる必要がある。ルートが直接の場合、コースラインは1本の直線で構成される。ルートが直接ではない場合、2つ以上の直線セグメントで構成される。たとえば、直接ルートから外れているがナビゲートしやすいVORステーションを選択できる (無線ナ

ビゲーションについては、この章で後述する)。

ルートに沿って適切なチェックポイントを選択し、何らかの方法で記録する必要がある。これらは、大きな町、大きな湖や川などの見つけやすい地点、または空港がある街、高速道路のネットワークがある町、出入りする鉄道などの認識可能な地点の組み合わせである必要がある。

通常、区分図上で黄色の斑点で示される町のみを選択する。小さな円で表される町を選択しないこと。これらの町は半ダースの家だけで構成されていることがある。(ただし、孤立した地域では、小さな円で表された町が顕著なチェックポイントになることがある。) この飛行では、4つのチェックポイントが選択されている。チェックポイント1は、コースの東に位置するタワーで構成され、この時点でコースにほぼ平行する高速道路と鉄道の線路によってさらに識別できる。チェックポイント2は、コースのすぐ西側の障害物であり、さらに東側にあるウィルロジャースワールド空港でさらに特定できる。チェックポイント3は、ワイリーポスト空港であり、航空機は直接上空を飛行する必要がある。チェックポイント4は、コースの西にある未舗装の私有空港であり、コースの東にある線路と高速道路によってさらに識別できる。

計画されたルートの両側のコースとエリアをチェックして、パイロットが注意する必要がある、または特別な運航要件がある空域のタイプがあるかどうかを判断する必要がある。この飛行では、コースはウィルロジャースワールド空港を囲むクラスC空域の一部を通過することに注意する必要があり、その空域の下限は海拔2,500フィート (MSL)、シーリングは5,300フィートMSL (ポイントB) である。また、管制塔の稼働中は、地表からワイリーポスト空港 (ポイントC) を囲む3,800フィートMSLまでのクラスD空域がある。

ルートに沿った地形と障害物を調べる。これは、14 CFR パート91に適合する適切な高度を選択できるように、最高高度と最低高度、および遭遇する最高の障害物を判断するために必要である。地形から3,000フィート以上の高度で飛行する場合、飛行方向に適した巡航高度への適が必要である。回避できるように、特に険しい地形のルートを確認すること。離陸または着陸が行われるエリアでは、背の高い障害物がないか注意深く確認する必要がある。テレビ送信塔は、周囲の地形から1,500フィート以上の高度まで伸びる場合がある。パイロットが自分の存在と場所を認識することが不可欠である。この飛行では、最も高い障害物がMSL 2,749フィート (ポイントD) の高さを持つ一連のアンテナの一部であることに注意する必要がある。最高標高は北東象限にあり、2,900フィートMSL (ポイントE) である。

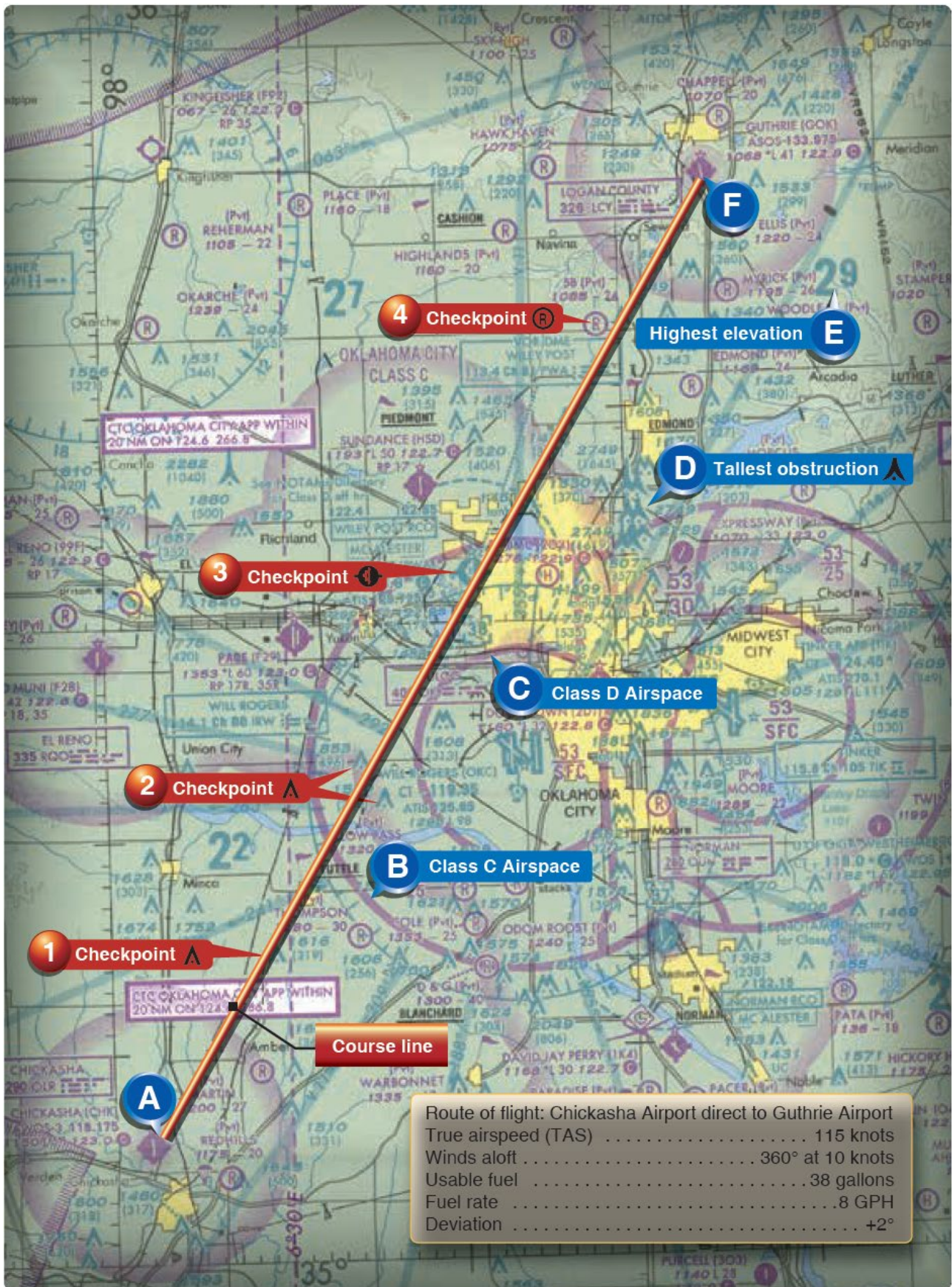


図 16-25. 区分図の抜粋。

パイロットの計画シート															
飛行機識別		N123DB										日付			
COURSE	TC	WIND		ALTITUDE	WCA R+ L-	TH	MAG VAR W+ E-	MH	DEV	CH	TOTAL MILES	GS	TOTAL TIME	FUEL RATE	TOTAL FUEL
		Knots	From												
From Chickasha	031°	10	360°	8000	3° L	28	7° E	21°	+2°	23	53	106 kts	35 min	8 GPH	38 gal
To Guthrie															
From															
To															

VISUAL FLIGHT LOG								
TIME OF DEPARTURE	NAVIGATION AIDS	COURSE	ALTITUDE	DISTANCE	ELAPSED TIME	GS	CH	REMARKS
POINT OF DEPARTURE	NAVAID IDENT. FREQ.	TO FROM	TO FROM	POINT TO POINT CUMULATIVE	ESTIMATED ACTUAL	ESTIMATED ACTUAL	ESTIMATED ACTUAL	WEATHER AIRSPACE ETC.
Chickasha Airport								
CHECKPOINT #1			8000 10000	11 NM	6 min +5	106 kts	023°	
CHECKPOINT #2			8000 10000	10 NM 21 NM	6 min	106 kts	023°	
CHECKPOINT #3			8000 10000	10.5 NM 31.5 NM	6 min	106 kts	023°	
CHECKPOINT #4			8000 10000	13 NM 44.5 NM	7 min	106 kts	023°	
DESTINATION Guthrie Airport				8.5 NM 53 NM	5 min			

図 16-26. パイロットの計画シートと視覚的な飛行ログ。

最も高い障害物がMSL 2,749フィート（ポイントD）の高さを持つ一連のアンテナの一部であることに注意する必要があります。最高標高は北東象限にあり、2,900フィートMSL（ポイントE）である。

風は要因ではなく、クラスCおよびDの空域上で遭遇する航空機の能力の範囲内であることが望ましいため、5,500フィートMSLの高度が選択される。また、この高度は、すべての障害物の適切なクリアランスを提供し、0~179°の磁気コースで残りの千プラス500フィートの高度で飛行する14 CFR パート91要件に準拠している。

次に、パイロットはコースの合計距離とチェックポイント間の距離を測定する必要があります。合計距離は53 NMで、チェックポイント間の距離は図16-26のフライトログに記載されているとおりである。

距離を決定したら、TCを測定する必要があります。航法定規を使用する場合は、航法定規が出した結果に従う。TCは031°である。THが確立されると、パイロットはコンパスの方向を決定できる。これは、この章で前述した式に従って行われる。

式は以下の通りである：

$$TC \pm WCA = TH \pm V = MH \pm D = CH$$

WCAは、手動または電子飛行コンピュータを使用して決定できる。10Ktで360°の風を使用して、WCAが左3°であると判断される。これはTCから差し引かれ、TH 28°になる。次に、パイロットは、飛行経路に最も近い等値線を見つけて、偏差を判断する必要があります。図16-25は、偏差が東経6.30°（東経7°に丸められる）であることを示している。つまり、THから差し引くと、MHが21°になる。次に、自差補正のためにMHに2°を追加する。これにより、パイロットの方位が23°になる。

これで、GSを決定できる。これは、手動または電子計算機を使用して行われる。GSは106Ktであると判断される。この情報に基づいて、合計飛行時間、チェックポイント間の時間、および燃焼燃料を決定できる。これらの数値は、手動または電子計算機を使用して計算できる。

この飛行の場合、GSは106 Ktで、合計時間は35分（30分+上昇の5分）で、燃料消費は4.7ガロンである。チェックポイント間の時間については、図16-26のフライトログを参照。

飛行が進むにつれて、パイロットは方位と時間を書き留め、方位、GS、および時間を調整できる。

VFR飛行計画の提出

飛行計画提出を義務づけている規則はないが、飛行計画に含まれる情報は緊急時に捜索や救助に使用できるため、適切な運航慣習である。

飛行計画は無線により空中で提出できるが、出発する直前に電話で飛行計画を提出することが勧められる。離陸後、無線でFSSに連絡し、離陸時間を伝えて、飛行計画をアクティブ化できるようにする。

VFR飛行計画が提出されると、提案された出発時刻の1時間後までFSSによって保留され、次の場合を除いて削除される。1. 実際の出発時刻が受領される。2. 改訂された出発予定時刻が受領される。3. FSSは、提出時に、

提案された出発時刻が受領されたことを知らされるが、不適切な通信のために実際の時刻は知らされない。ただし、飛行計画を受け入れるFSS担当職員は、この手順をパイロットに通知しない。

図16-27は、パイロットからFSSに提出された飛行計画フォームである。電話または無線で飛行計画を提出する時は、番号付き欄の順に情報を提供する。これにより、FSS担当職員はより効率的に情報をコピーできる。ほとんどの欄は、VFR飛行計画において説明を要しないまたは非該当のいずれかである（項目13など）。ただし、一部の欄には説明が必要な場合がある。

- 項目3は、航空機の種類と特別な機器である。例としては、航空機にトランスポンダーがないことを意味するC-150/Xがある。特別な機器コードのリストは、航空情報マニュアル（AIM）に記載されている。
- 項目6は、UTCで提案された出発時間である（「Z」で示される）。
- 項目7は巡航高度である。通常、パイロットはFAA規則に適合する巡航高度を選択するため、このブロックに「VFR」を入力するであろう。

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION FLIGHT PLAN		(FAA USE ONLY) <input type="checkbox"/> ILOT BRIEFING <input type="checkbox"/>		TIME STARTED	SPECIALIST INITIALS
<input checked="" type="checkbox"/> VFR <input type="checkbox"/> IFR <input type="checkbox"/> DVFR	AIRCRAFT IDENTIFICATION N123DB	AIRCRAFT TYPE/EQUIPMENT C150/X	TRUE AIRSPEED 115 KTS	INT CHK, CHICKASHA AIRPORT	CRUISING ALTITUDE 5500
			PROPOSED (Z) 1400	ACTUAL (Z)	
	LIGHT Chickasha direct Guthrie				
DESTINATION (Name of Airport and City) GOK, Guthrie Airport Guthrie, OK		TIME ENROUTE HOURS MINUTES 35			
1. INUTES 4	1. AIRPORT(S) 45	1. ILOT'S NAME, ADDRESS & TELEPHONE NUMBER & AIRCRAFT HOME BASE Jane Smith Aero Air, Oklahoma City, OK (405) 555-4149			1. NUMBER ABOARD 1
1. AIRCRAFT Red/White		CIVIL AIRCRAFT PILOT <input type="checkbox"/> IFR <input type="checkbox"/> IFR flight plan to operate under instrument flight rules in the airspace. Failure to file could result in a civil penalty not to exceed \$1,000 for each violation (Section 901 of the Federal Aviation Act of 1958, as amended). Filing of a VFR flight plan is recommended as a good operating practice. Also Part 99 for requirements concerning DVFR flight plan.			
CLOSE VFR FLIGHT PLAN WITH <u>McAlester</u> INITIAL					

図 16-27. 国内の飛行計画フォーム。

- 項目 8 は飛行ルートである。フライトが直行便の場合は、「direct;」という単語を入力し、そうでない場合は、特定の町やナビゲーションエイド経由など、実際にたどるルートを入力する。
- 項目 10 は、推定飛行時間である。サンプルの飛行計画では、上昇を考慮して合計時間に 5 分が追加された。
- 項目 12 は、時間および分で表示された搭載される燃料である。これは、使用可能な燃料の合計（ガロン）をガロン単位の推定燃料消費率で割ることによって決定される。

飛行計画の提出にはあらゆる利点がある。ただし、到着時に飛行計画をクローズすることを忘れないこと。これは、無線の混雑を避けるために電話で行う必要がある。

地上ナビゲーション

航空機に搭載されるナビゲーション無線受信機の進歩、地上送信局の正確な位置とその周波数を示す航空図の開発、および洗練された操縦室計装により、パイロットは希望するほぼすべての地点に正確に航行することができる。ナビゲーションの精度は、この機器を適切に使用することで得られるが、初心者のパイロットはこの機器を使用して、地上への視覚的参照（操縦）によってナビゲーションを補完する必要がある。この方法により、パイロットは無線の誤動作が発生した場合に方向障害に対する効果的な保護手段を提供する。

VFRナビゲーションに使用できる無線ナビゲーションシステムには以下の3つがある。

- VHF 全方向式無線標識施設 (VOR)
- 無指向性無線標識施設 (NDB)
- 全地球的測位システム (GPS)

超短波 (VHF) 全方向式無線標識施設 (VOR)

VORシステムは、VOR、VOR/距離測定装置 (DME) (後のセクションで説明)、およびVORTACの3つの航行支援装置 (NAVAID) に見られる。これらの違いはあまりない。それ自体はVORとして知られており、ステーションとの間で磁気方位情報を提供する。DMEがVORとともに設置される場合、NAVAIDはVOR / DMEと呼ばれる。軍事戦術航空航法 (TACAN) 機器にVORが取り付けられている場合、NAVAIDはVORTACとして知られている。DMEは常にVORTACの不可欠な部分である。使用されるNAVAIDのタイプ (VOR、VOR/DME、またはVORTAC) に関係なく、VORインジケータは同じように作動する。このセクションで特に断りのない限り、VOR、VOR/DME、およびVORTAC NAVAIIDはすべて、今後VORとする。

接頭辞である「omni- (全方向)」はすべてを意味し、全方向範囲はVHF無線送信地上局であり、地上局から全方向に直線コース (放射) を投影する。上面から見ると、車輪のハブのスポークに似ているように視覚化できる。VOR放射方位が投影される距離は、送信機の出力に依存する。

地上局から投影されるコースまたは放射線構造は、MNを基準としている。したがって、放射方位は、VORステーションから外側に延びる磁気軸受の線として定義される。放射方位は、MNの東1°である001で始まる番号で識別され、360度に達するまで円のすべての角度を順番に進む。方向付けを支援するために、磁北を示すコンパスが、地上局の場所の航空図に重ねられる。

VOR地上局は、108.0~117.95 MHzのVHF周波数帯域内で送信する。機器はVHFであるため、送信される信号は見通し距離内の制限を受ける。したがって、その範囲は受信機器の高度に正比例して変化する。一般に、地上1,000フィート (AGL) の高度での信号の受信範囲は約40~45マイルである。この距離は高度とともに増加する。[図 16-28]

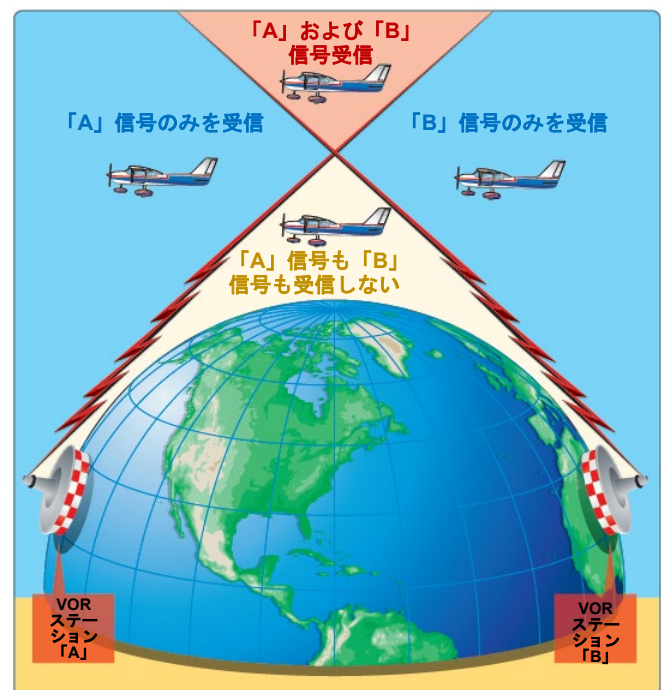


図 16-28. VHF伝送は、見通し距離内コースに従う。

VORおよびVORTACは、運用上の使用に従って分類される。次の3つのクラスがある：

- T (ターミナル)
- L (低高度)
- H (高高度)

さまざまなクラスの通常の有用な範囲を次の表に示す：

VOR/VORTAC NAVAIDS

通常の使用可能な高度と半径距離

クラス	高度	距離 (マイル)
T	12,000' 以下	25
L	18,000' 未満	40
H	14,500' 未満	40
H	連続した48州内のみ、 14,500~17,999'の間	100
H	18,000'—FL 450	130
H	FL 450—60,000'	100

特定の施設の有効範囲は50マイル未満である場合がある。これらの制限に関する詳細については、米国航空地図補足にある通信/NAVAIDの注釈を参照。

VOR放射方位のコースアライメントの精度は優れていると見なされる。通常、プラスまたはマイナス1°以内である。ただし、VOR受信機の特定の部分が劣化し、精度に影響する。これは、VOR地上局から遠く離れている場合に特に当てはまる。正確なVOR受信機を維持するための最善の保証は、定期的なチェックと較正である。VOR精度チェックは、VFRフライトの規制要件ではない。しかし、機器の精度を確保するには、これらのチェックを非常に頻繁に実行し、毎年完全な較正を実行する必要がある。パイロットがVORの精度を確認するために、次の手段が提供されている：

- FAA VOR テスト施設 (VOT)
- 認定された空中チェックポイント
- 空港の表面にある認定地上チェックポイント

航空機に2つのVOR受信機が設置されている場合、デュアルVOR受信機チェックを行うことができる。デュアル受信機チェックを行うには、パイロットは両方のVOR受信機を同じVOR地上設備に調整する必要がある。示された2つのベアリング間の最大許容変動は4°である。空中および地上のチェックポイントのリストは、米国航空地図補足に掲載されている。

基本的に、これらのチェックは、航空機機器が受信するVOR放射方位が、地上局が送信する放射方位と整合していることを確認することで構成される。VFRフライトに必要なVORチェックには特定の許容範囲はない。ただし、許容できる精度を確保するためのガイドとして、必要なIFR許容値を使用できる。地上チェックでは±4°、空中チェックでは±6°である。これらのチェックはパイロットが実行できる。

VOR送信局は、モールス符号IDまたは局名に「VOR」が続く録音済み音声IDによって明確に識別できる。多くのFSSは、VORが動作するのと同じ周波数で音声メッセージを送信する。多くのFSSは、送信側のFSSとは名前が異なる複数の全方位式無線標識を介してリモート送信するため、地上局を識別するために音声送信に依存しないこと。VORが整備のために使用できない場合、コード化されたIDは削除され、送信されない。これは、このステーションをナビゲーションに使用してはならないことをパイロットに警告するのに役立つ。VOR受信機には、信号強度がナビゲーション機器を操作するのに不十分な場合を示すアラームフラグが設定されている。これは、航空機がVORから離れすぎているか、航空機が低すぎて送信信号の見通し外にある場合に発生する。

VOR を使用する

検討すると、VOR無線ナビゲーションには、地上送信機と航空機受信機器の2つの構成要素が必要である。地上送信機は地上の特定の位置にあり、割り当てられた周波数で送信する。航空機機器には、チューニングデバイスとVORまたはオムニナビゲーション機器を備えた受信機が含まれている。航法計器は、コース偏差指示器 (CDI)、水平状況指示計 (HSI)、またはラジオ磁気指示計 (RMI) である可能性がある。これらの各計器は、調整されたVORのコースを示す。

コース偏差指示器(CDI)

CDIは、ほとんどの訓練機で使用されている。コースセクターと呼ばれることもあるオムニベアリングセクター (OBS)、CDI針 (左右針)、およびTO/FROMインジケータで構成される。

コースセクターは、目的の放射方位を選択したり、航空機が飛行している放射方位を決定するために回転できる方位角ダイヤルである。さらに、磁気コース「TO」または「FROM」ステーションを決定できる。

コースセクターを回転させると、CDIまたは針が動き、航空機に対する放射方位の位置を示す。偏差針が中央にくるまでコースセクターを回転させると、放射方位 (磁気コース「FROM」局) またはその往復 (磁気コース「TO」局) を決定できる。コースセクターで設定

された放射方位から航空機が飛行またはドリフトする場合、コース偏差針も右または左に移動する。針を中央に配置することにより、コースセクターは局の「FROM」コースまたは局の「TO」コースを示す。フラグに「TO」が表示されている場合は、コースセクターに表示されているコースで局まで飛行させる必要がある。[図 16-29] 「FROM」が表示され、示されているコースをたどると、航空機は局から飛び去る。

水平状況指示計

HSIは、フラックスバルブからの出力を使用してコンパスカードを駆動する方向インジケータである。HSI [図16-30]は、磁気コンパスと航法信号およびグライドスローブを組み合わせたものである。HSIは、選択したコースまたは放射方位に関連する航空機の位置をパイロットに示す。

図16-30では、コンパスカードのラバーラインの下に表示される航空機の磁気方位は184°である。表示されるコース選択ポイントは295°に設定されている。ポイントの尾は逆数、115°を示す。コース偏差バーは、VOR / ローカライザー (VOR / LOC) またはGPSナビゲーション受信機で動作し、コース選択ポイントで選択したコースからの左または右の偏差を示す。同じ方法で操作すると、従来のVOR / LOC針の角運動は、コースからの逸脱を示す。

コース選択ノブを使用して、コンパスカードに対してコース選択ポイントを回転させることにより、目的のコースを選択する。HSIには固定された航空機のシンボルがあり、コース偏差バーには選択されたコースに対する航空機の位置が表示される。



図 16-29. VORインジケータ

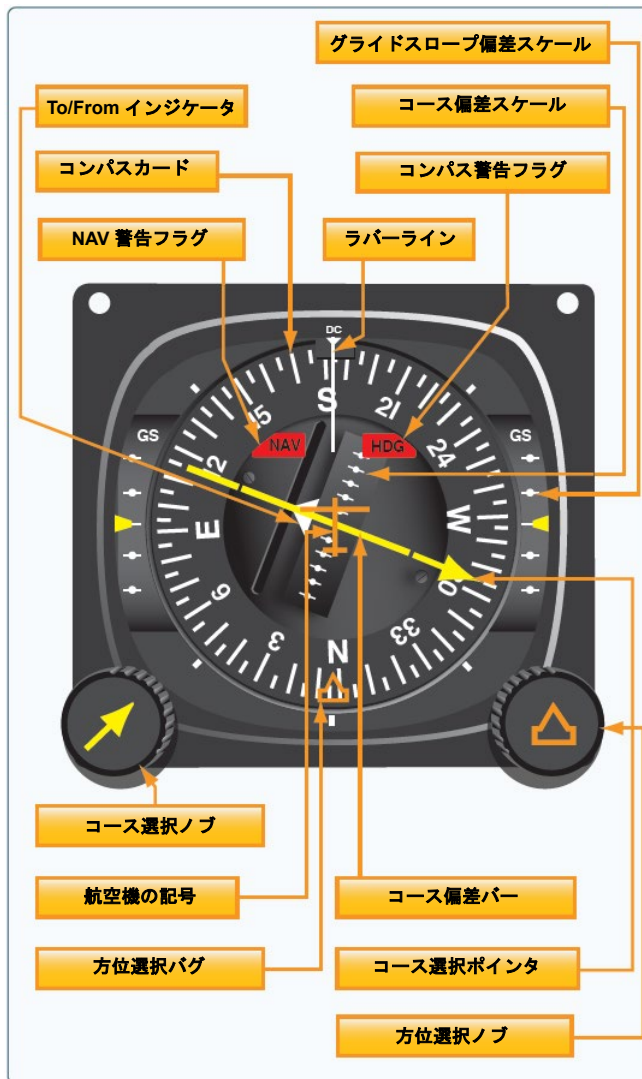


図 16-30. 水平状況指示計

TO / FROMインジケータは三角形のポイントである。インジケータがコース選択ポイントの頭を指すと、矢印は選択されたコースを示す。適切なコースに合流して飛行した場合、航空機は選択された施設へ向かう。インジケータがコースの尾を指すとき、適切なコースに合流し飛行した場合、矢印は、選択したコースにより航空機が選択した施設から直ちに遠ざかる離すことを示す。

NAV警告フラグが表示される場合、信頼できる信号が受信されていないことを示す。HDGフラグの表示は、コンパスカードが適切に機能していないことを示す。

Radio Magnetic Indicator (RMI)

RMIは、航空機の磁気または方向ジャイロの方位と、超短波全方向式無線標識施設 (VOR) 、GPS、および自動方向探知機 (ADF) の方位情報を提供するナビゲーション支援装置である。[図 16-31]



図 16-31. ラジオ磁気指示計

リモート表示コンパスは、古いタイプの方向指示器のエラーと制限を補正するために開発された。リモートコンパス送信機は、通常、磁気干渉の可能性を排除するために翼端に取り付けられた別個のユニットである。RMIは、コンパスカード、方位表示器、2つの方位ポイント、およびポイント機能スイッチで構成されている。2つのポイントは、GPS、ADF、VORの2つの組み合わせによって駆動される。パイロットは、表示するナビゲーション支援を選択することができる。ポイントは、選択したNAVAIDまたはウェイポイントへのコースを示す。図16-31では、緑色のポイントはADFで調整された局を示している。黄色のポイントは、VORまたはGPSウェイポイントへのコースを示している。パイロットがRMIを使用してコースを選択する必要はない。選択したナビゲーションソースのみが針によってポイントされる。

VOR を使用した追跡

以下は、CDIを使用してVORステーションとの間で追跡するための段階的な手順を説明している。図16-32に手順を示す。

最初に、選択したVOR局の周波数にVOR受信機を調整する。たとえば、115.0はBravo VORを受信する。次に、識別子をチェックして目的のVORが受信されていることを確認する。VORが適切に調整されるとすぐに、コース偏差針が左または右に偏向する。次に、コース偏差針が中心になり、TO-FROMインジケータが「TO」を示すまで、方位ダイヤルをコースセクターまで回す。針の中心が「FROM」表示の場合、方位角は180°回転する必要がある。この場合、局に「TO」で飛行することが望ましいからである。次に、VOR方位角ダイヤルまたはコースセクターに示されている方向に機首（この例では350°）を向ける。

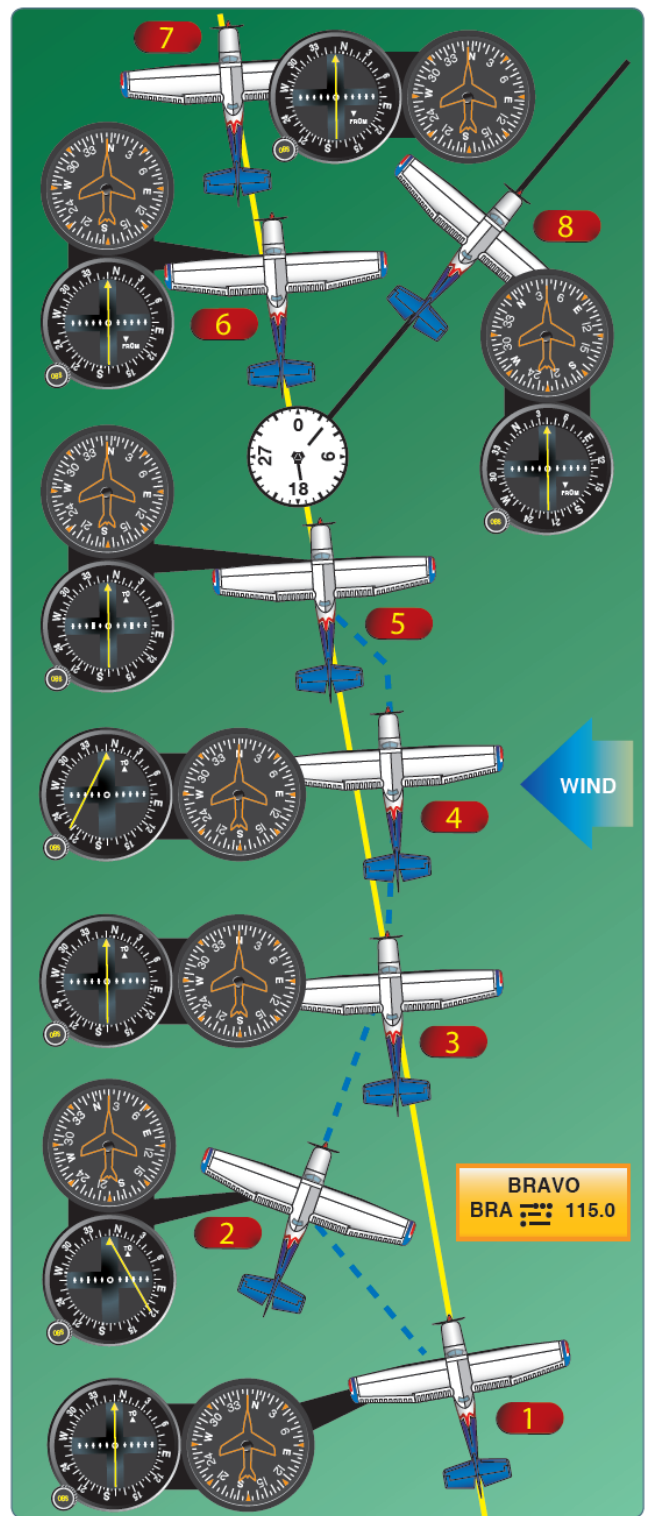


図 16-32. 横風で放射方位を追跡する

図のように右からの風で350°の方位が維持される場合、航空機は目的の軌道の左にドリフトする。航空機がコースを外れてドリフトすると、VORコース偏差針が徐々に中心の右に移動するか、目的の放射方位または軌道の方角を示す。

目的の放射方位に戻るには、航空機の機首を右に変更する必要がある。航空機が目的の軌道に戻ると、偏差針はゆっくりと中心に戻る。機体が中央にある場合、航空機は目的の放射方位上にあり、風向補正を確立する必要があるため、350°の元の方向に向かってではなく、左に曲がる必要がある。補正の量は、風の強さに依存する。風速が不明な場合は、試行錯誤法を使用して正しい方向を見つけることができる。この例では、360°の方位に対して10°の補正が維持されているとする。

360°の方位を維持しながら、コース偏差が左に移動し始めると仮定する。これは、10°の風の補正が大きすぎることを意味し、航空機はもちろん右に飛んでいる。航空機が目的の放射方位に戻ることができるように、わずかに左に曲がる必要がある。

偏差針が中心になったら、5°の小さな風編流補正または355°の方位補正を行う必要がある。この補正が適切な場合、航空機は放射方位のままである。そうでない場合は、針の中心を維持し、その結果、航空機を放射方位に維持するために、方位の小さな偏差を作成する必要がある。

VOR局を通過すると、コース偏差針が動き、その後落ち着き、「TO」表示が「FROM」に変わる。航空機が局の片側を通過すると、インジケータが「FROM」に変わり、針は局の方向に偏向する。

一般に、アウトバウンドを追跡する場合、インバウンドの追跡に使用されるものと同じ手法が適用される。目的が局上空を飛行し、インバウンド放射方位の逆数でアウトバウンドを追跡することである場合、コースセクターを変更しないこと。針の中心を保つために、同じ方法で修正が行われる。唯一の違いは、全方向範囲インジケータが「FROM」を示すことである。

インバウンド放射方位の逆数以外のコースでアウトバウンドを追跡する場合、この新しいコースまたは放射方位をコースセクターで設定し、このコースをインターセプトするように旋回する必要がある。このコースに到達すると、追跡手順は前述の手順と同じになる。

VORの使用に関するヒント

- コードまたは音声 ID でステーションを明確に識別する。
- VOR 信号は「見通し線」であることを忘れないこと。航空機が低すぎるか、局から遠すぎる場合、弱い信号が受信されるか、信号がまったく受信されない。
- 局に移動するとき、インバウンド放射方位を決定し、この放射方位を使用する。コースを維持する方位で飛ばす。航空機がドリフトした場合

は、方向を変更してコースに再度合流し、風による偏流を補正する修正を適用する。

- 針がわずかに動いても、すぐに方位を変更しないこと。針が中央に戻るかどうかを確認するために少し待つ。そうでない場合は、針にコースを正しく再センタリングする必要がある。
- 局を「TO」で飛行する場合、常に「TO」の表示で選択したコースを飛行する。局を「FROM」で飛行する場合、常に「FROM」の表示で選択したコースを飛行する。これが行われない場合、コース偏差針の動作が逆になる。この逆の動作をさらに説明するために、航空機が「FROM」表示のある曲に向かっていている場合、または「TO」表示のある曲から離れている場合、コース偏差針は示すべき方向とは反対の方向を示す。たとえば、航空機が飛行中の放射方位の右側にドリフトする場合、針は右に移動するか、放射方位から離れた方向に向けられる。航空機が飛行中の放射方位の左側にドリフトした場合、針は左または放射方位の反対方向に移動する。
- VOR を使用してナビゲートする時は、コースを維持または合流する方位を飛行させることが重要である。針に向かって回転するだけで、放射方位をオーバーシュートし、コースの左右に S 旋回で飛ぶ。

RMI を使用したステーションからの時間と距離のチェック

ステーションからの時間と距離を計算するには、まず機体を回して、RMIベアリングポイントを最も近い90°インデックスに配置する。時間を記録し、方位を維持する。RMIベアリングポイントが10°移動したら、経過時間を秒単位で記録し、次の例の式を適用して、特定の局からのおおよその時間と距離を決定する。 [図 16-33]

局からの時間は、10°の方位変化が行われた場合、上記の式に基づく簡単な方法を使用して計算することもできる。

時間距離チェックの例

$$\frac{\text{ベアリング間の秒単位の時間}}{\text{方位変化の度数}} = \text{ステーションまでの分数}$$

たとえば、10度の方位角の変更を飛行するのに2分（120秒）が必要な場合、航空機は—

$$\frac{120}{10} = \text{ステーションまで 12 分}$$

図 16-33. 時間距離チェックの例。
方位変更の経過時間が秒単位で記録され、10°方位変更

が行われた場合、局からの時間（分）は小数点を1桁上げることによって決定される。したがって、10°の方位角変化を飛行するために75秒が必要な場合、航空機は局から7.5分である。RMIベアリングポイントが急速に動いている場合、またはポイントを翼端の位置に配置するためにいくつかの修正が必要な場合、航空機は局を通過中である。

局からの距離は、TASまたはGS（1分あたりのマイル数）に以前に決定された分単位の時間を掛けることによって計算される。たとえば、航空機が局から7.5分で、120Ktまたは1分あたり2NMのTASで飛行している場合、局からの距離は15 NM（7.5×2 = 15）である。

時間と距離のチェックの精度は、既存の風、方位の変化の程度、およびタイミングの精度によって決まる。関係する変数の数により、結果は近似値のみになる。しかし、正確な機首方位を飛行し、時間と方位を厳密に確認することにより、パイロットは時間と局からの距離を合理的に見積もることができる。

CDI を使用した局からの時間と距離のチェック

CDIを使用して局からの時間と距離を計算するには、最初にVOR局を調整および識別し、自分が位置する放射方位を決定する。次に、必要に応じてインバウンドを回し、針の中心を合わせる。インバウンドコースの左または右に90°回転し、OBSを回転方向と反対の最も近い10°の増分まで回転させる。方位を維持し、CDIが中央に来たら、時間を記録する。同じ方位を維持し、OBSを以前と同じ方向に10°回転し、CDIが再び中央にくるまでの経過時間を記録する。局からの時間と距離は、図16-34に示す式から決定される。

コース合流

コースの合流は、機器のナビゲーションのほとんどの段階で実行される。使用する機器は異なるが、特定の問題を解決するのに十分な角度または合流の速度になる合流の方位を飛行する必要がある。

時間距離チェック式

A 局までの
分数 = $\frac{60 \times \text{ベアリング交換の間に飛行した分}}{\text{方位変化の度数}}$

B 局までの距離 = $\frac{\text{TAS} \times \text{飛行分数}}{\text{方位変化の度数}}$

図 16-34. CDI を使用した時間距離チェック式。

合流の速度

パイロットがベアリングポイントまたはHSIの動きとして見る合流の速度は、次の要因の結果である：

- 航空機が目的のコースに向かって飛行する角度（合流角度）
- 真の対気速度と風（GS）
- 局からの距離

合流角度

合流角度は、航空機の機首方位（合流方位）と目的のコースとの間の角度である。合流の方位を選択/調整してこの角度を制御することが、コースの合流を制御する最も簡単で効果的な方法である。合流角度はコースからの角度よりも大きくなければならないが、90°を超えてはならない。この制限内で、必要に応じて調整し、最も望ましい合流速度を実現する。

合流の方位を選択する際の重要な要素は、局からの距離とコースからの度数との関係である。角度、または放射方位は、局から60 NMの距離で1 NM幅である。幅は、60 NMの距離に比例して増減する。たとえば、1度は120 NMでは2 NMで、30 NMでは½NMである。指定されたGSと合流角度について、結果の合流角度は局からの距離に応じて変化する。合流角度を形成する合流の方位を選択する時は、次の要因を考慮すること：

- コースからの度数
- 局からの距離
- 真の対気速度と風(GS)

距離情報提供装置(DME)

距離情報提供装置（DME）は、VOR / DMEおよびVORTACを備えた極超短波（UHF）ナビゲーション補助装置で構成されている。NMでは、VOR / DMEまたはVORTAC（以降、両方ともVORTACと呼ぶ）からの航空機の傾斜距離を測定する。DME機器はとても一般的なものではあるが、すべての航空機にDMEが装備されているわけではない。

DMEを利用するには、前述のように、パイロットはVORTACを選択、調整、および識別する必要がある。「ペア周波数」概念と呼ばれる概念を利用するDME受信機は、パイロットが選択したVHF VORTAC周波数に関連付けられたUHF DME周波数を自動的に選択して調整する。このプロセスはパイロットに対して完全に透過的である。しばらくすると、DMEディスプレイにVORTACとの間の傾斜範囲の距離が表示される。傾斜範囲距離は、航空機とVORTAC間の直接距離であるため、航空機の高度の影響を受ける。（AGL 6,076フィートの高度からVORTACを直接通過する局通過は、DMEで約1.0 NMを示す。）

DMEは、VORナビゲーションの非常に有用な補助手段である。VOR放射方位のみでは、位置情報のラインが提供されるだけである。DMEを使用すると、パイロットは航空機を特定のライン（放射方位）に正確に配置できる。

ほとんどのDME受信機は、GSおよび局までの動作モードも提供する。GSはKt (NMPH) で表示される。ステーションまでの時間モードでは、現在のGSに基づいて、VORTAC局通過までの残り時間を表示する。GSおよびステーションまでの時間の情報は、VORTACと直接やり取りする場合にのみ正確である。DME受信機は通常、正確なGSまたは局までの時間情報を表示する前に、VORTACに直接、またはVORTACから直接1、2分安定した飛行を必要とする。

一部のDME設置には、1つのVORTACからDME信号を保持できる保留機能があり、コースインジケータにILSまたは別のVORTACからのコース偏差情報が表示される。

VOR/DME RNAV

エリアナビゲーション (RNAV) は、パイロットが設定したポイント間の直接ルートに関する電子コースガイダンスを許可する。RNAVはGPSなどのさまざまなNAVAIDSに適用される一般的な用語だが、このセクションではVOR / DMEベースのRNAVを扱う。VOR / DME RNAVは個別の地上ベースのNAVAIDではなく、航空機のRNAVコンピュータによって特別に処理されたVOR / DMEおよびVORTAC信号を使用したナビゲーション方法である。[図 16-35]

注：このセクションでは、「VORTAC」という用語にはVOR / DME NAVAIDも含まれる。

最も簡単な形式では、VOR / DME RNAVにより、パイロットはVORTACをより便利な場所に電子的に移動できる。電子的に移動すると、それらはウェイポイントと呼ばれる。これらのウェイポイントは、使用するVORTACのサービスボリューム内で選択された放射方位と距離の組み合わせとして記述される。これらのウェイポイントにより、VORTACの方向や航空路の存在に関係なく、ほぼすべての出発地と目的地間を直線コースで飛行できる。

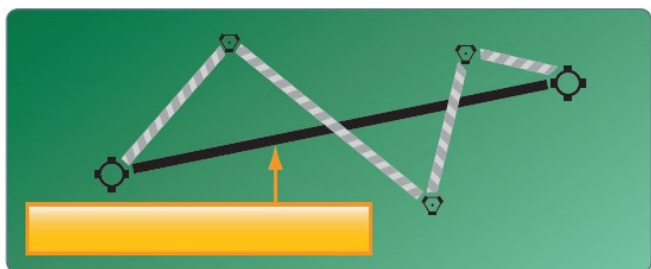


図 16-35. RNAVコースの飛行。

VOR / DME RNAVユニットの機能と操作方法は異なるが、すべてに共通する操作の基本原則がある。パイロットは、VOR / DME RNAVまたは馴染みのないナビゲーションシステムを使用する前に、製造元の操作ガイドを調べて指示を受けることが勧められる。操作情報と制限も、プラカードとAFM / POHの補足セクションから検索する必要がある。

VOR/DMEベースのRNAVユニットは、VOR、航路上、進入の少なくとも3つのモードで動作する。4番目のモードであるVOR Parallelは、一部のモデルにもある。ユニットがRNAVモードで動作するにはVORとDME信号の両方を必要とする。選択したNAVAIDがDMEなしのVORである場合、RNAVモードは機能しない。

VOR（または非RNAV）モードでは、ユニットは単にDME機能を備えたVOR受信機として機能する。[図 16-36] VORインジケータでのユニットの表示は、すべての点で従来のものである。確立された航空路または他の通常のVORナビゲーションでの操作には、VORモードが使用される。

ユニットのRNAV機能を利用するために、パイロットは1つまたは複数のウェイポイントを選択して設定し、コースを定義する。VORTAC（またはVOR/DME）は、NAVAIDとして選択する必要がある。これは、これらのステーションから放射状信号と距離信号の両方が利用できるためである。ウェイポイントを確立するために、VORTACのサービス範囲内のどこかが放射方位と距離に基づいて定義される。ユニットにウェイポイントが入力され、途中でRNAVモードが選択されると、CDIは元のVORTACではなく、ウェイポイントへのコースガイダンスを表示する。DMEは、ウェイポイントまでの距離も表示する。多くのユニットには、いくつかのウェイポイントを保存する機能があり、必要に応じて飛行前にプログラムして、飛行中に呼び出すことができる。

RNAVウェイポイントは、度と10分の1（すなわち、275.5°）の磁気方位（放射方位）とNMと10分の1（すなわち、25.2 NM）の距離でユニットに入力される。



図 16-36. RNAVコントロール。

航空区分図にRNAVウェイポイントをプロットすると

き、パイロットはそのレベルの精度で測定することは難しく、実際の用途ではほとんど必要ない。多くの飛行計画出版物がこの精度で空港の座標とウェイポイントを公開しており、ユニットはそれらの図を許容している。RNAIモードでのCDI操作と表示には、微妙ではあるが重要な違いがある。

RNAVモードでは、コース偏差は線形偏差で表示される。RNAV航路上モードでは、CDIの最大偏向は通常、ウェイポイントからの距離に関係なく、選択したコースの両側で5 NMを表す。RNAV進入モードでは、CDIの最大偏向は通常、選択したコースの両側で1/4NMを表す。航空機がRNAVモードで中間地点に近づくと、CDI感度は増加しない。

RNAV進入モードは、計器進入に使用される。狭いスケール幅（空路上モードの1/4）により、選択したウェイポイントとの間で非常に正確な追跡が可能である。VFRのクロスカントリーナビゲーションでは、進入モードでコースを追跡することは、多くの注意を必要とし、すぐに疲労してしまうため、望ましくない。

一部のユニットであまり使用されない4番目のモードは、VORパラレルモードである。これにより、航空機がVORTACを往復する際に、CDIが線形（角度ではなく）の偏差を表示できるようになる。必要に応じて、パイロットが選択した固定距離で選択したコースまたは航空路をパイロットがオフセット（または平行）できるようにすることから、その名前が付けられている。VORパラレルモードには、既存のVORTACにウェイポイントを直接配置するのと同じ効果がある。一部のパイロットは、自動操縦のナビゲーション（NAV）追跡機能を利用して、VORTACの近くをよりスムーズに追跡するためにVORパラレルモードを選択する。

VOR / DMEベースのRNAVで航空機を操縦するのは混乱を招く可能性があり、パイロットが設置された機器に精通することが不可欠である。パイロットがスイッチの位置またはアナンスエーターを見落とすことによって、操作が意図されていないときにRNAVモードの1つで不注意に操作しても意識されない。パイロットがスイッチ位置またはアナンスエーターを見落とすことにより、ユニットをRNAVモードの1つに入れることを怠った場合にも、逆のことが起こった。賢明なパイロットは常に、使用する機器に精通しているだけでなく、他のクロスチェックが利用可能な場合、ナビゲーションの1つの方法だけに完全に依存することはない。

自動方向探知機(ADF)

多くの一般的な航空機タイプの航空機には、ADF無線受信装置が装備されている。ADFを使用してナビゲートするために、パイロットは受信装置を無指向性無線標識施設（NDB）として知られる地上局に調整する。NDBステーションは通常、200～415 kHzの長または中波帯域で動作する。周波数は、航空区分図または米国航

空地図補足で簡単に入手できる。

コンパスマロケータを除くすべての無線ビーコンは、音声送信中を除き、コードで連続した3文字のIDを送信する。計器着陸システムに関連付けられているコンパスマロケータは、2文字のIDを送信する。

標準の放送局は、ADFと組み合わせて使用することもできる。すべての無線局を確実に識別することは非常に重要である。これは、ナビゲーションに標準の放送局を使用する場合に特に当てはまる。

NDBには、長波または中波が見通し線の影響を受けないという点で、VORと比較して1つの利点がある。信号は地球の曲率に従う。そのため、航空機がステーションの範囲内にある場合、高度に関係なく信号を受信できる。

次の表は、NDBステーションのクラス、出力、および使用可能な範囲を示している。

NONDIRECTIONAL RADIO BEACON (NDB) (すべての高度で使用可能な半径距離)

出力 クラス	距離 (ワット)	(マイル)
コンパスマロケータ	25未満	15
MH	50未満	25
H	50-1999	*50
HH	2000 以上	75

*個々の施設のサービス範囲は50マイル未満である場合がある。

ナビゲーションに長波（LF）を使用する場合に考慮すべき欠点の1つは、LF信号が雷などの電氣的妨害の影響を非常に受けやすいことである。これらの外乱は、過度の静的な針の偏差と信号のフェードを作成する。遠方の局からの干渉がある可能性がある。パイロットは、ADFを使用する際に干渉の可能性についてより注意を喚起できるように、これらの妨害が発生する可能性のある条件を知っている必要がある。

基本的に、ADFの航空機機器は、目的の局周波数の設定に使用されるチューナーとナビゲーションディスプレイで構成されている。

ナビゲーションディスプレイは、方位角が印刷されたダイヤルと、ダイヤルの周りを回転し、受信機がチューニングされている局を指す針で構成されている。

一部のADFダイヤルを回転させて、方位を航空機の方向に合わせることができる。その他は、航空機の機首を表す0°と尾翼を表す180°で固定される。このハンドブックでは、固定方位角ダイヤルについてのみ説明する。
[図 16-37]

図 16-38は、ADFで使用され、パイロットが理解する必要がある用語を示している。

局の機首磁方位「FROM」を決定するには、局への機首磁方位に180°を加算または減算する。これは逆方位であり、位置修正をプロットするときに使用される。

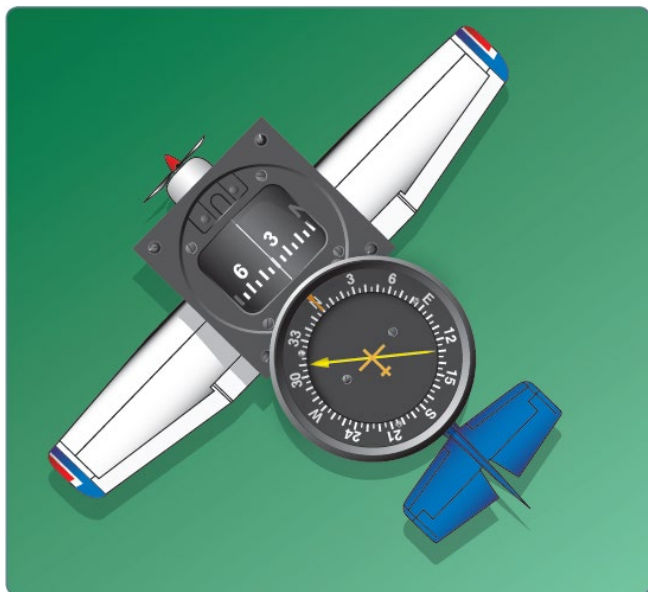


図 16-37. 固定方位角と磁気コンパスを備えたADF。

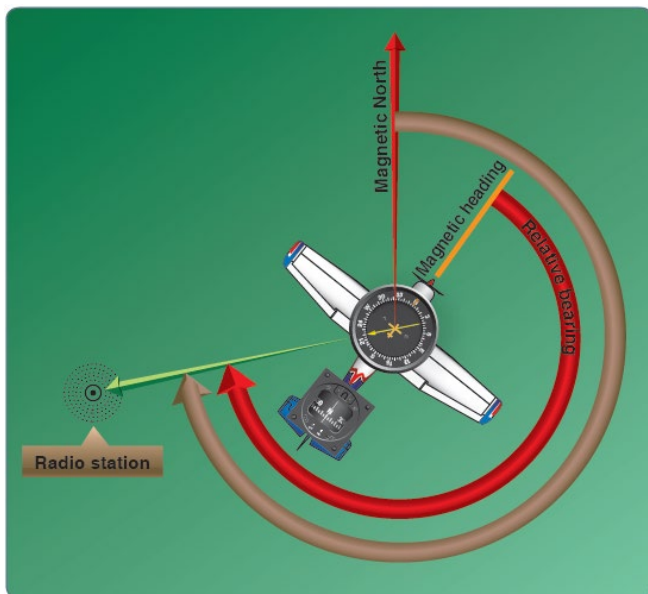


図 16-38. ADFの用語。

固定方位角の針は、航空機の機首に対して局を指していることに注意してほしい。針が330°の相対方位のために左に30°偏向した場合、これは局が左30°にあることを意味する。航空機が左に30°回転すると、針は右に30°移動し、0°の相対方位を示す。これは、航空機が局に向かっていていることを意味する。パイロットが針を0°に保ちながら局に向かって飛行を続ける場合、手順は局へのホームイングと呼ばれる。横風が存在する場合、ADF針はゼロからドリフトし続ける。針をゼロに保つには、航空機をわずかに回転させて、局への飛行経路を湾曲させる必要がある。局へのホームイングは一般的な手順だが、風下に漂流し、局までの距離が長くなる場合がある。

局に向かって移動する場合、風偏流を補正する必要があり、その結果、まっすぐな軌道に沿って飛行を維持するか、ステーションへの方位が決まる。風辺流補正が確立されると、ADF針は補正量を右または左に示す。たとえば、局への磁気方位が340°の場合、左横風の補正により機首磁方位は330°になり、ADF針は右に10°または010°の相対方位を示す。
[図 16-39]

局から離れて移動する場合、風の補正は局への移動と同様に行われるが、ADFの針は航空機の尾翼部または方位角ダイヤルの180°位置を指す。風がある際にADF針を180°の位置に維持しようとする、航空機は曲がりくねって飛行し、目的の航跡からさらに遠くに進む。アウトバウンドで移動する場合、風の補正は、針が指している方向とは逆の方向に行う必要がある。

ADFは無線航法用のVORほど一般的ではないが、適切な予防策とインテリジェントな使用があり、ADFは航法の貴重な助けとなる。

全地球的測位システム

GPSは、衛星ベースの無線ナビゲーションシステムである。そのRNAVガイダンスは世界中で適用される。GPSは地球規模のカバレッジを持つ宇宙ベースのシステムであるため、航空図にはGPSの記号はない。GPSが電子ナビゲーションの主要な手段を提供できるように、システムの開発が進行中である。航空機に恒久的に設置されているものに加えて、ポータブルでヨークに取り付けられたユニットが非常に一般的であることが証明されている。広範なナビゲーションデータベースは、航空機のGPS受信機の一般的な機能である。

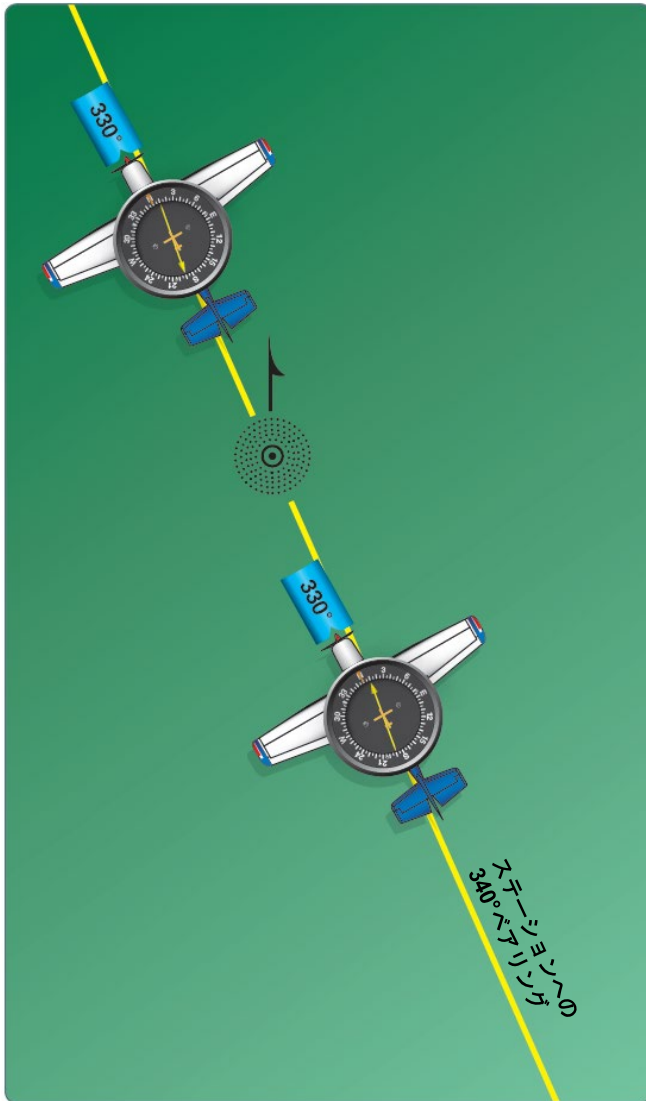


図16-39. ADF tracking.

GPSは、米国国防総省（DOD）によって開発および運用されている衛星ラジオナビゲーションおよび時間普及システムである。民間インターフェイスとGPSシステムのステータスは、米国沿岸警備隊から入手できる。

VFR / IFRナビゲーションで使用するためにGPS操作の技術的側面を理解する必要はない。従来の地上ベースの電子ナビゲーションとは大きく異なり、それらの違いを認識することが重要である。機器の承認と制限の認識は、飛行の安全にとって重要である。

GPSナビゲーションシステムは、世界中のどこでも正確な位置を決定するために受信機が使用する信号を放送する。受信機は複数の衛星を追跡し、ユーザーの位置を決定するために擬似距離測定値を決定する。正確な3次元位置を確立するには、最低4つの衛星が必要である。国防総省（DOD）は、GPS衛星群の運用を担当し、GPS衛星を監視して適切な運用を確保している。

GPS衛星のステータスは、衛星が送信するデータメッセージの一部として放送される。GPSステータス情報は、米国沿岸警備隊のナビゲーション情報サービス（703）313-5907またはオンラインwww. navcen.uscg.gov。さらに、衛星ステータスはNOTAMシステムを介して利用できる。

GPS受信機は、受信機自律整合性監視（RAIM）を介してGPSコンスタレーションから受信した信号の整合性（使用可能性）を検証し、衛星が間違いを含む情報を提供しているかどうかを判断する。受信機がRAIM機能を実行するには、ナビゲーションに必要な衛星に加えて、少なくとも1つの衛星が見えている必要がある。したがって、RAIMには、整合性の異常を検出するために、視野内に最低5つの衛星または4つの衛星と気圧高度計（気圧計による支援）が必要である。これが可能な受信機の場合、RAIMは間違いを含む衛星信号を分離してナビゲーションソリューションから削除するために、視野内に6つの衛星（または高度計からの情報を持つ5つの衛星）を必要とする。高度計からの情報は、非衛星入力ソースを使用してGPS整合性ソリューションを強化する方法である。垂直誤差は非常に大きくなる可能性があり、完全性は提供されないため、航空機の高度を決定するためにGPS由来の高度に依存しないこと。高度計からの情報を確実に利用するには、操作マニュアルの説明に従って、現在の高度計設定を受信機に入力しなければならない。

RAIMメッセージは受信機によって多少異なるが、一般に2つのタイプがある。1つのタイプは、RAIM整合性モニタリングを提供するのに十分な衛星がないことを示し、もう1つのタイプは、RAIM整合性モニターが現在の飛行段階の制限を超える潜在的なエラーを検出したことを示す。RAIM機能がないと、パイロットはGPS位置の精度を保証できない。

選択利用性

選択利用性（SA）は、GPSの精度を意図的に低下させる方法である。この機能は、正確なGPS測位データの悪意のある使用を拒否するように設計されている。SAは2000年5月1日に廃止されたが、多くのGPS受信機はSAがまだアクティブであると想定するように設計されている。

ベースラインGPS衛星配置は、6つの地球中心の軌道面に配置された24の衛星で構成され、各軌道面に4つの運用衛星と予備の衛星スロットがある。このシステムは、軌道上で最大30個の衛星の配置をサポートできる。GPS衛星の軌道周期は、恒星の1日の半分、つまり11時間58分である。軌道はほぼ円形であり、赤道に対して55度の傾きで60度の間隔で赤道の周りに等間隔で配置されている。軌道半径（つまり、地球の重心から衛星まで

の距離)は約26,600 kmである。

ベースライン衛星配置では、空がはっきり見えるユーザーには、最低4つの衛星が表示される。ユーザーは6～8個の衛星を見る可能性が高くなる。衛星は測距信号と航法データを放送するため、ユーザーは受動的なリスニングオンリーモードで位置、速度、時間を推定するために擬似距離を測定できる。受信機は、マスク角度(受信機が衛星を使用できる水平線より上の最小角度)を超える最低4つの衛星からのデータを使用する。特定の時間に動作する衛星の正確な数は、衛星の停止数と軌道上の運用スペアの数によって異なる。GPS配置の現在のステータスについては、<http://tycho.usno.navy.mil/gpscurr.html>を参照。[図 16-40]

VFR の GPS の使用

GPSナビゲーションはVFRパイロットにとって優れた資産となり、ナビゲーション機能の向上と状況認識の向上を実現すると同時に、直行便の飛行がより容易になるため運用コストを削減する。GPSにはVFRパイロットに多くの利点があるが、システムの能力を超えないように注意が必要である。

VFRでのGPSナビゲーションに使用される受信機の種類は、VFR飛行をサポートするために使用される完全なIFR設置から、VFRのみの設置(VFRまたはIFR対応航空機のいずれか)、携帯型受信機までさまざまである。



図 16-40. 衛星配置

パイロットは、ナビゲーション情報の誤用を防ぐために、各タイプの受信機の設置または使用の制限を理解する必要がある。すべての場合において、VFRパイロットは1つのナビゲーションシステムだけに頼るべきではない。GPSナビゲーションは、他の形式の電子ナビゲーション、および操縦と推測航法と統合する必要がある。これらの手法を統合することによってのみ、VFRパイロットはナビゲーションの精度を確保できる。GPSのVFR使用における重要な懸念事項には、RAIM機能、データベースの流通、アンテナの位置などがある。

RAIM 機能

多くのVFR GPS受信機とすべての携帯型受信機には、RAIMアラート機能が装備されていない。視界内の必要な数の衛星の損失、または位置誤差の検出は、そのような受信機によってパイロットに表示することはできない。RAIM機能のない受信機では、パイロットにナビゲーションソリューションが劣化し、未検出のナビゲーションエラーが発生する可能性があるという警告は提供されない。他のナビゲーション手法との体系的なクロスチェックにより、この障害を特定し、重大な逸脱を防ぐことができる。

多くの受信機では、ナビゲーション修正、空港、および計器手順に更新可能なデータベースが使用される。これらのデータベースは、IFR操作の現在の更新に合わせて維持する必要があるが、VFRの使用に関するそのような要件はない。ただし、多くの場合、データベースは、他の運航情報に加えて、特殊用途空域および空域のさまざまなクラスを示す移動マップ表示を駆動する。現在のデータベースがないと、移動マップの表示が古くなり、制限区域やクラスB空域セグメントなどの重要な空域区域を飛行したいVFRパイロットに誤った情報を提供する場合がある。多数のパイロットが、古いデータベースを使用して回避しようとしていた空域に進出した。受信機に現在のデータベースがない場合は、重要なナビゲーションの決定を行う際に、移動中のマップ表示を無視すること。

さらに、運用上のニーズを満たすために、必要に応じてウェイポイントが追加、削除、再配置、または名前変更される。GPSを使用して名前付き修正に関連してナビゲートする場合、現在のデータベースを使用して名前付きウェイポイントを適切に見つける必要がある。更新がなければ、米国航空地図補足、区分図、航路図などの公式の現在の情報源を参照するウェイポイントの位置を確認するのはパイロットの責任である。

GPS受信機の多くのVFR設備では、アンテナの位置は性能よりも利便性の問題である。IFR設備では、アンテナが衛星と通信するための十分な明確な視界が確保されるように注意が払われる。別の場所を使用すると、航空機の一部がアンテナの視界を遮り、航法信号が失われる可能性が高くなる。

これは、携帯型受信機の場合に特に当てはまる。特にレンタルパイロットの間では、VFR操作の携帯型受信機の使用が増加傾向にある。通常、吸着カップは、航空機の窓の内側にGPSアンテナを配置するために使用される。この方法は非常に有用だが、アンテナの位置は利用可能な衛星の最適な受信のために航空機の構造によって制限される。その結果、航空機と衛星のジオメトリが航法信号の損失を引き起こす特定の状況で信号損失が発生する可能性がある。これらの損失は、RAIM機能の欠如と相まって、パイロットへの警告なしに誤った位置および航法情報を提示する可能性がある。

VFR操作での携帯型GPS受信機の使用は規則によって制限されていないが、パネルまたはヨークに取り付けられたホルダーの設置など、航空機の改造は14 CFRパート43で規定されている。パイロットは整備士に相談して、規則の遵守と安全な設置を確保する必要がある。

VFR 操作に GPS を使用するためのヒント

ユニットにRAIM機能があるかどうかを常に確認すること。RAIM機能が存在しない場合、他の無線ナビゲーションシステム、地文航法、または推測航法から得られた位置との不一致が存在する場合、GPS表示位置に疑いを持つ。

データベースが通用するかを確認する（ある場合）。有効期限が切れている場合は、現在のリビジョンを使用してデータベースを更新する。有効期限が切れたデータベースの更新が不可能な場合、重要なナビゲーション決定のために空域の移動マップ表示を無視する。名前付きウェイポイントは存在しないか、データベースの有効期限が切れてから再配置されている可能性があることに注意する。少なくとも、使用するウェイポイントは、米国航空地図補足や航空区分図などの現在の公式ソースに対して検証する必要がある。

携帯型GPS受信機はVFRパイロットに優れたナビゲーション機能を提供できるが、パイロットへのRAIM警告がなくても、ナビゲーション信号の断続的な損失に備えておく。航空機に受信機を取り付ける場合は、14 CFRパート43に必ず準拠すること。

離陸前に慎重にフライトを計画すること。ユーザー定義のウェイポイントに移動する場合は、飛行中にはではなく、飛行前にそれらを入力する。現在の区分図など、現在のソースに対する計画飛行を確認する。あるパイロットが別のパイロットによって作成されたウェイポイントを使用している場合があるが、それはパイロットの飛行が予期していた場所ではなかった。これにより大抵ナビゲーションエラーが発生した。航空機のヘッドダウン時間を最小限に抑え、交通、地形、障害物に対する鋭い見張りを維持すること。地上での準備と計画のほんの数分が、飛行中に大きな違いをもたらす。

ヘッドダウン時間を最小限に抑えるもう1つの方法は、受信機の操作に精通することである。ほとんどの受信機は直感的ではない。パイロットは、受信機の操作で使用するさまざまなキーストローク、ノブ機能、およびディスプレイを習得するために時間をかける必要がある。一部のメーカーは、受信機のコンピューターベースのチュートリアルまたはシミュレーションを提供している。飛行中に使用する前に、特定のユニットについて時間をかけて学習すること。

要約すると、すべてのVFRナビゲーションの問題を解決するためにGPSに依存しないように注意すること。IFR受信機がIFR要件に従って設置されていない限り、正確性または完全性の標準は保証されない。GPSの実用性は説得力があるが、パイロットのみが航空機を操縦できるという事実は残り、GPSは仕事をするためのパイロットのツールの1つにすぎない。

VFR ウェイポイント

VFRウェイポイントは、エリアナビゲーション受信機を装備した航空機で視覚的にナビゲートしながら位置認識を支援する補助ツールをVFRパイロットに提供する。VFRウェイポイントは、現在のナビゲーション手順を補足するツールとして使用する必要がある。VFRウェイポイントの使用には、エリアに慣れていないパイロットへのナビゲーション支援の提供、既存のレポートポイントのウェイポイント定義、クラスBおよびクラスC空域内および周辺の強化されたナビゲーション、特殊用途空域周辺の強化されたナビゲーションが含まれる。VFRパイロットは、特に視覚航法用に公開された適切な最新の航空区分図に依存する必要がある。ターミナルエリアで運航している場合、そのエリアで利用可能なターミナルエリア区分図が公開されていれば、パイロットはその図を利用する必要がある。VFRウェイポイントを使用しても、パイロットは14 CFRパート91の運用要件を遵守する責任を免れない。

VFRウェイポイント名（コンピュータ入力および飛行計画用）は、「VP」という文字で始まる5文字で構成され、ナビゲーションデータベースから取得できる。VFRウェイポイント名は発音できるように意図されておらず、ATC通信で使用するものではない。VFR区分図では、スタンドアロンのVFRウェイポイントは、IFRウェイポイントに使用されるものと同じ4点星印を使用して描かれる。区分図上の視覚的チェックポイントと併置されたVFRウェイポイントは、小さな赤紫色の旗のシンボルで識別される。ビジュアルチェックポイントと併置されたVFRウェイポイントは、ビジュアルチェックポイントの名前に基づいて発音可能であり、ATC通信に使用できる。各VFRウェイポイント名は、区分図上の地理的位置に隣接する括弧内に表示される。確立されたすべてのVFRウェイポイントの緯度/経度データは、適切な地域の米国航空地図補足で見つけることができる。

VFR飛行計画を提出する際、その時点で意図したコース変更がある場合、またはフライトの計画ルートを記述するために使用する場合、フライトルートセクションのウェイポイントとして5文字の識別子を使用する。このVFRファイリングは、飛行ルートでのVORの使用に似ている。パイロットは、VFR条件下で操作する場合にのみVFRウェイポイントを使用する必要がある。

飛行中の使用を目的としたVFRウェイポイントは、地上で出発前に受信機に搭載する必要がある。飛行中のパイロットは、受信機へのルートやVFRウェイポイントチェーンのプログラミングを避けるべきだ。

パイロットは、VFRウェイポイントの近くで操作している間、他のトラフィックに特に注意する必要がある。VORやNDBの近くで操作する場合のように、VFRウェイポイントの近くで他の航空機を見て回避するための同じ努力が必要である。実際、GPSの使用によるナビゲーションの精度の向上には、異なるパイロットと受信機間のコース外の偏差が少ないため、さらに大きな警戒が必要である。VFRウェイポイントの近くで操作する場合は、通信が必要な空域のクラス外であっても、利用可能なすべてのATCサービスを使用すること。空域のクラスに関係なく、利用可能なATC周波数を注意深く監視して、付近で動作している他の航空機に関する情報を確認する。また、VFRウェイポイントの近くで操作する場合は、特に視程が低下している場合に、他のパイロットに対して航空機をより目立たせるために着陸灯をオンにすることが勧められる。

ロストポジション

飛行中の機位のそう失は、特に燃料不足の場合、潜在的に危険な状況である。パイロットが迷子になった場合は、従うべき常識的な手順がいくつかある。町や都市が見えない場合、最初にすべきことは、交通量と気象条件に注意しながら上昇することである。高度を上げると、無線とナビゲーションの受信範囲が広がり、レーダーの範囲も広がる。町や都市の近くを飛行している場合、給水塔で町の名前を読むことができるかもしれない。

航空機にVORまたはADF受信機などのナビゲーション無線がある場合、2つ以上のナビゲーション施設から方位角をプロットすることで位置を特定することができる。GPSが設置されている場合、またはパイロットが携帯用航空GPSを搭載している場合、それを使用して最寄りの空港の位置と場所を決定できる。

区分図に示されている周波数を使用して、利用可能な施設と通信する。管制官との接触が行われた場合、レーダーベクターが提供される場合がある。他の施設では、方向探知（DF）の支援を提供する場合がある。この手順を使用するには、管制官がパイロットに送信ボタンを数秒間押し続けてから離すように要求する。管制官は、パイロットに数回方向を変えて送信手順を繰り返す

ように依頼する場合がある。これにより、管制官は航空機の位置をプロットし、適切な着陸地点にベクターを提供するのに十分な情報を提供する。状況が脅かされるようになったら、緊急周波数121.5 MHzで状況を送信し、トランスポンダーを7700に設定する。ほとんどの施設、さらには旅客機でさえ、緊急周波数を監視する。

ダイバート

パイロットが計画された目的地に到達できない場合がある。これは、予想外の気象条件、システムの誤動作、または飛行前の計画不良の結果である可能性がある。いずれにせよ、パイロットは安全かつ効率的に代替目的地に迂回できるようにする必要がある。リスク管理手順は、あらゆるタイプのダイバート中に優先事項となり、パイロットはこれを使用すべきである。たとえば、意図せずVFRをIMCに変更すると危険があるが、パイロットはそのリスクを識別・評価し、危険な天候を避け、事前計画による、又は飛行中のダイバートを行い、危険を軽減することができる。クロスカントリーのフライトの前に、飛行ルートに沿って、またはその近くの空港または適切な着陸エリアの区分図を確認すること。また、迂回中に使用できるナビゲーション補助具を確認する。リスク管理については、第2章「航空に関する意思決定」で詳しく説明している。

飛行中のコース、時間、速度、距離の情報を計算するには、飛行前計画で使用したものと同一計算が必要である。しかし、操縦室のスペースが限られており、航空機の飛行、計算の実行、および他の航空機のスキャンに注意を払わなければならないため、可能なすべてのショートカットと経験則の計算を活用する。

飛行中は、実際に区分図でコースをプロットし、チェックポイントと距離をマークすることはほとんど実用的ではない。さらに、通常、代替空港は元のコースからそれほど遠くないため、実際のプロットはほとんど必要ない。

別の目的地へのコースは、分度器または航法定規で正確に測定できるが、VOR局の周囲に描かれた直定規と羅針図を使用して、妥当な精度で測定することもできる。この近似は、近くのVORからの放射状、または代替の目的地までのコースにほぼ平行なコースに基づいて行うことができる。ただし、VOR放射方位または印刷された航空路に関連付けられた磁気方位は、局から出て行くことに注意すること。局までのコースを見つけるには、その方位の逆数を決定する必要があるかもしれない。通常、フィールドにVORまたはNDB施設がある代替空港に移動する方が簡単である。

最も適切な代替目的地を選択した後、断面図の羅針図または航空路を使用して、磁気コースを代替に近づける。時間が許せば、目立つ物標の上に転用を開始してみたい。

ただし、緊急時には、すぐに別の目的地に迂回すること。代替目的地に迂回する前に、すべてのプロット、測定、および計算を完了しようとする、実際の緊急事態が悪化するだけある。

コース上で確立したら、時間を記録してから、転換点に最も近い高さの風を使用して、方位とGSを計算する。GSが計算されたら、新しい到着時間と燃料消費量を決定する。ナビゲーションと計画の間で注意を分配しながら、航空機の飛行を優先する。迂回中に使用する高度を決定するときは、雲の高さ、風、地形、および無線受信を考慮する。

章のまとめ

この章では、VFRナビゲーションの基本について説明した。GPSの技術的に高度な概念へのナビゲーションに使用できる区分図の紹介から始めたが、ナビゲーションには常に変わらない一つの側面が存在する—パイロットは、安全な飛行を確保するための適切な計画とその計画の実行に責任を負っている。

