

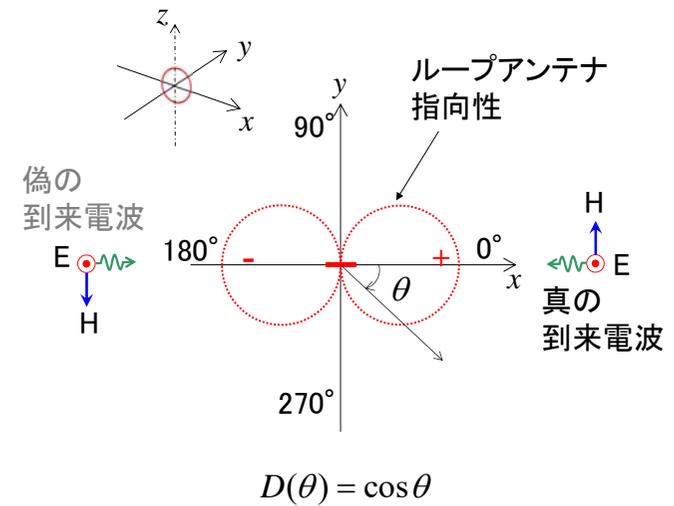
# 無線方位測定

## -無線機器の操作法習得-

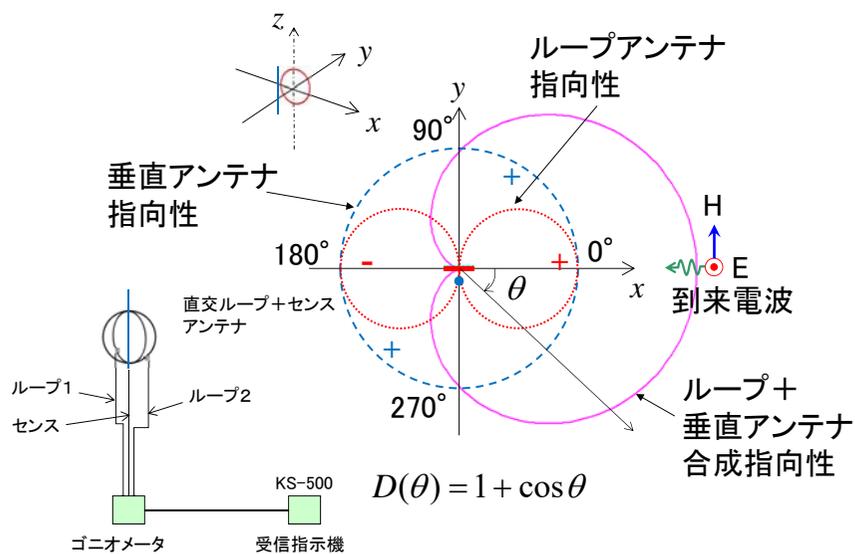
1<sup>st</sup> 2007/04/30L<sup>st</sup> 2017/08/29

通信ネットワーク工学科

# 方位測定の原理



# 方位測定の原理



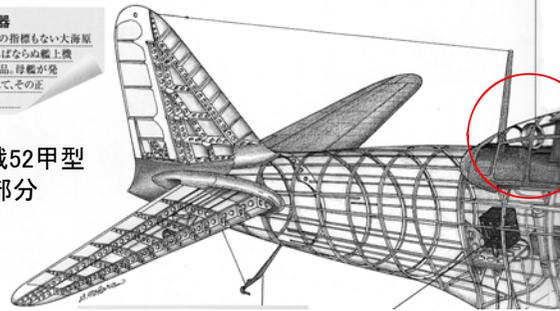
# 方位測定アンテナ



# ゼロ戦搭載の方位測定アンテナ

無線電方位測定器  
航空母艦から出撃し、何の指標もない大海原を飛行して帰ってこなければならぬ艦上機にとっては、不可欠の装備品。母艦が発する信号電波をキャッチして、その正しい方位を知る。

ゼロ戦52甲型後方部分



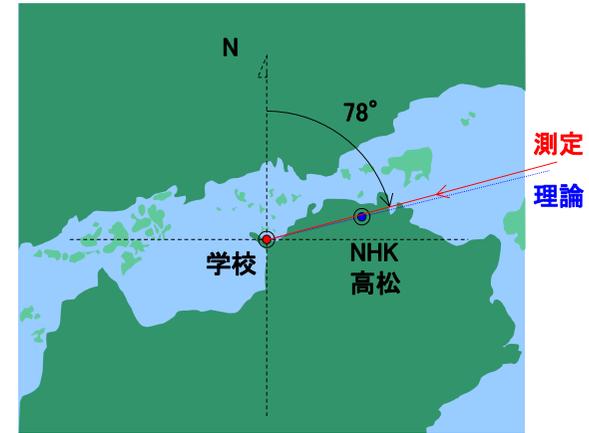
水平線しか見えない洋上で母艦への帰投目印に使う

野原茂, Jwings 戦闘機入門, pp.60-61, No.187, 2014.3 より引用



<http://www.yokohamaradiomuseum.com/navy3.html> より引用

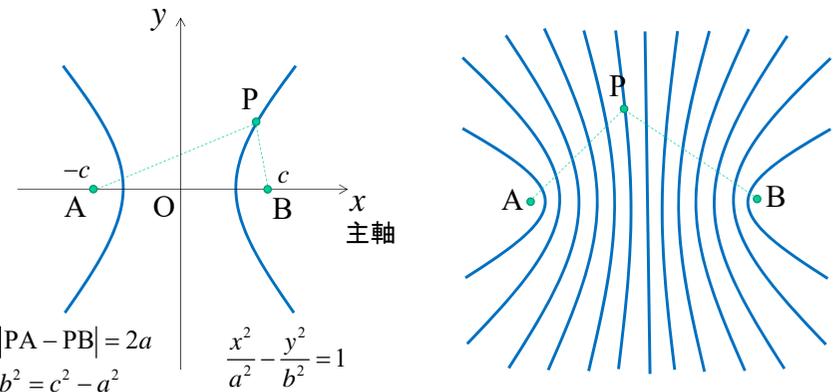
# 方位測定地図と表作成



# 方位測定地図と表作成



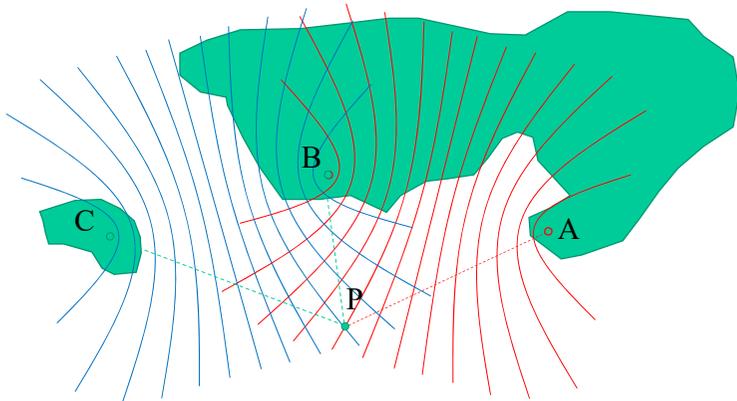
# 双曲線航法



線分APと線分BPの長さの差が常に一定となるような軌跡は双曲線と呼ばれる。

双曲線は線分の差の値によって複数の軌跡群になる。

# 双曲線航法



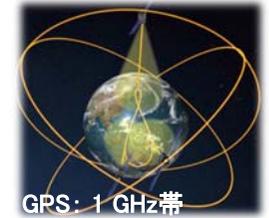
B局とC局からの電波の時間差で決まる双曲線

A,B,C各局からの時間差が分かれば交点が自分の座標Pになる

A局とB局からの電波の時間差で決まる双曲線

# 全地球測位システム (GPS)

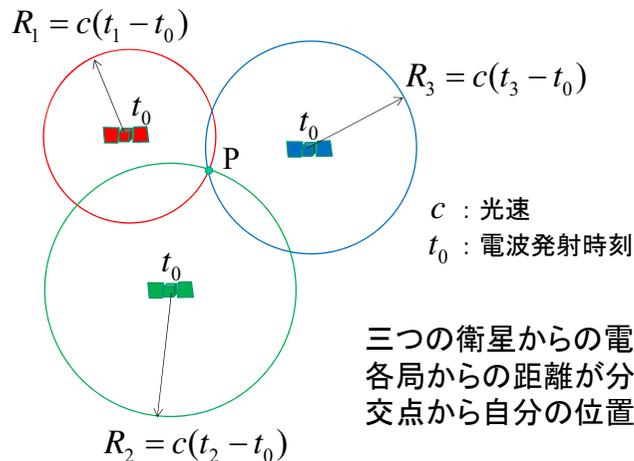
グローバル・ポジショニング・システム (Global Positioning System, GPS, 全地球測位システム) は、米国によって運用される衛星測位システム (地球上の現在位置を測定するためのシステムのこと) を指す。



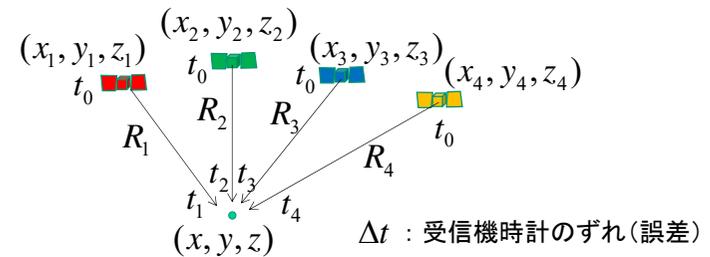
GPS衛星からの電波を受信し、発信-受信の時刻差に電波の伝播速度を掛けることによって、その衛星からの距離がわかる。3個のGPS衛星からの距離がわかれば、空間上の一点は決定できる。

GPS信号をそのまま航空航法に使用するには、測位の安全性・信頼性・精度等に問題がある。具体的には、低高度、特に精度がもっとも必要とされる着陸寸前の地形による遮蔽・マルチパス、機体の姿勢変更に伴いロックした衛星(測位に用いている衛星)が変化すること、一般にGPSによる測位では航空機にとって重要な高度方向の精度が緯度・経度方向の精度より低いこと(ただしこれは計算方法にもよる)、ジェット機などは高速移動するためドップラーシフト・衛星コンステレーションの時間的変化が無視できないこと、などである。

# 全地球測位システム (GPS)



# 全地球測位システム (GPS)



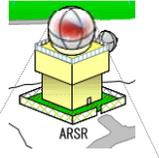
受信機(測位点)の位置座標を求めるための連立方程式 (未知数:  $x, y, z, \Delta t$  の4つ)

$$\begin{cases} \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2} + c\Delta t = c(t_1 - t_0) = R_1 \\ \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + (z-z_2)^2} + c\Delta t = c(t_2 - t_0) = R_2 \\ \sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 + (z-z_3)^2} + c\Delta t = c(t_3 - t_0) = R_3 \\ \sqrt{(x-x_4)^2 + (y-y_4)^2 + (z-z_4)^2} + c\Delta t = c(t_4 - t_0) = R_4 \end{cases}$$

# ATC※における航空保安無線施設 <sup>13</sup>

※Air Traffic Control 航空交通管制には次の3つがある。

- (1) 航空路監視レーダー (Air Route Surveillance Radar)
- (2) 洋上航空路監視レーダー (Oceanic Route Surveillance Rader)
- (3) 空港監視レーダー (Airport Surveillance Rader)



ASRは空港から約110 km以内の空域(進入管制区)にある航空機の位置を探知し、出発・進入機の誘導及び航空機相互間の間隔設定等ターミナルレーダー管制業務に使用している。



GCA (Ground Controlled Approach) は、管制官がレーダーを使って飛行機を滑走路まで誘導する方法を指す。PARアプローチ (Precision Approach Radar: 精測レーダー進入) は、GCAによる進入方式のひとつ。ASRでそのまま最終着陸まで誘導することもできるが、平面的な誘導しかできない。飛行機の高度に関する指示を出すためにはPARが必要である。PARは管制官がレーダーを見ながら、航空機を3次元的に滑走路の接地点へ誘導する着陸援助施設で、主にILSを備えていない航空機、戦闘機などに対して行われる。



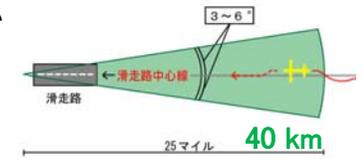
<http://www.005.upp.so-net.ne.jp/taicho/atc.htm>

[http://www.mlit.go.jp/koku/15\\_bf\\_000327.html](http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000327.html)

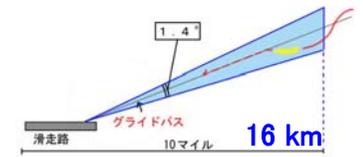
# 計器着陸装置 (ILS) その1 <sup>14</sup>

**計器着陸装置** (Instrument Landing System : ILS) とは、着陸進入する航空機に対して、空港・飛行場付近の地上施設から指向性誘導電波を放射し、視界が悪いときでも安全に滑走路上まで誘導する計器進入システム。電波法施行規則において「ILS」とは航空機に対し、その着陸降下直前又は着陸降下中に、水平及び垂直の誘導を与え、かつ、定点において着陸基準点までの距離を示すことにより、着陸のための進入経路を設定する無線航行方式をいう」と定義されている。カテゴリーの数字が大きくなるほど着陸決心高度 (Decision Altitude : DA、着陸するかゴーアラウンドするかを決定する高度) は低くなっており、悪天候・低視程での着陸が可能となる。

**ローカライザ** は、滑走路反対端 (滑走路中心線上) からややずれた左右異なる方向に150Hzおよび90Hzで変調された電波を放射する。ローカライザの周波数は108.10 MHz - 111.95 MHzが用いられる。



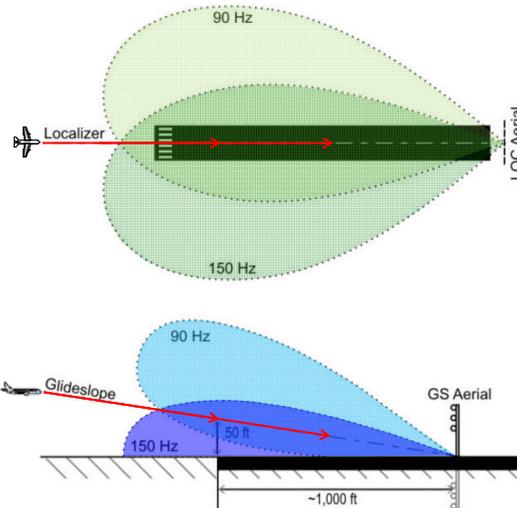
**グライドパス** は、滑走路手前の接地点横 (PAPIの横付近) から上下に異なる方向に150Hzおよび90Hzで変調された電波を放射する。グライドパスの周波数は329.30 MHz - 335.00 MHzが用いられる。



<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

<http://www.005.upp.so-net.ne.jp/taicho/atc2.htm>

# 計器着陸装置 (ILS) その2 <sup>15</sup>

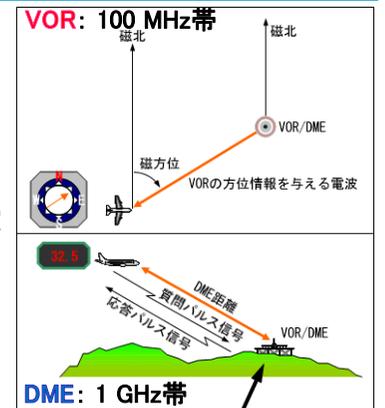


<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

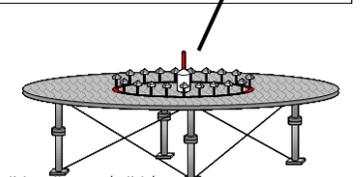
<http://www.005.upp.so-net.ne.jp/taicho/atc2.htm>

# VOR / DME <sup>16</sup>

**超短波全方向式無線標識施設** (VHF Omni directional Range: VOR) は、VHF帯の電波を用いる航空機用無線標識。標識局を中心として航空機がどの方向にいるかを知ることができる。多くの場合DMEと併設される。日本の電波法施行規則では「VORとは、108 - 118 MHz の周波数の電波を全方向に放射する回転式の無線標識業務設備」と定義されている。



**距離測定装置** (Distance Measuring Equipment : DME) は、無線通信により航空機と地上局との距離を航空機から測定する装置である。DMEは「デーエムイー」の他に「デメ」と発音されることがある。日本では、電波法施行規則第2条第1項第51号の2に「航空用DMEとは、960 - 1,215 MHz の周波数の電波を使用し、航空機において当該航空機から地表の定点までの見通し距離を測定するための無線航行業務設備」と定義している。

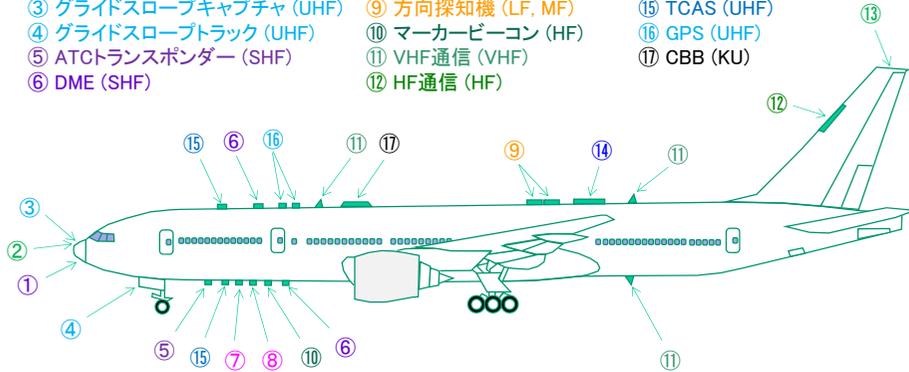


[http://www.mlit.go.jp/koku/15\\_bf\\_000327.html](http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000327.html)

<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

# 航空機アンテナの種類

- ① 気象レーダー (SHF)
- ⑦ 電波高度計送信用 (EHF)
- ⑬ VOR (VHF)
- ② ローカライザー (VHF)
- ⑧ 電波高度計受信用 (EHF)
- ⑭ SATCOM (UHF)
- ③ グライドスロープキャプチャ (UHF)
- ⑨ 方向探知機 (LF, MF)
- ⑮ TCAS (UHF)
- ④ グライドスロープトラック (UHF)
- ⑩ マーカービーコン (HF)
- ⑯ GPS (UHF)
- ⑤ ATCTランスポンダー (SHF)
- ⑪ VHF通信 (VHF)
- ⑰ CBB (KU)
- ⑥ DME (SHF)
- ⑫ HF通信 (HF)



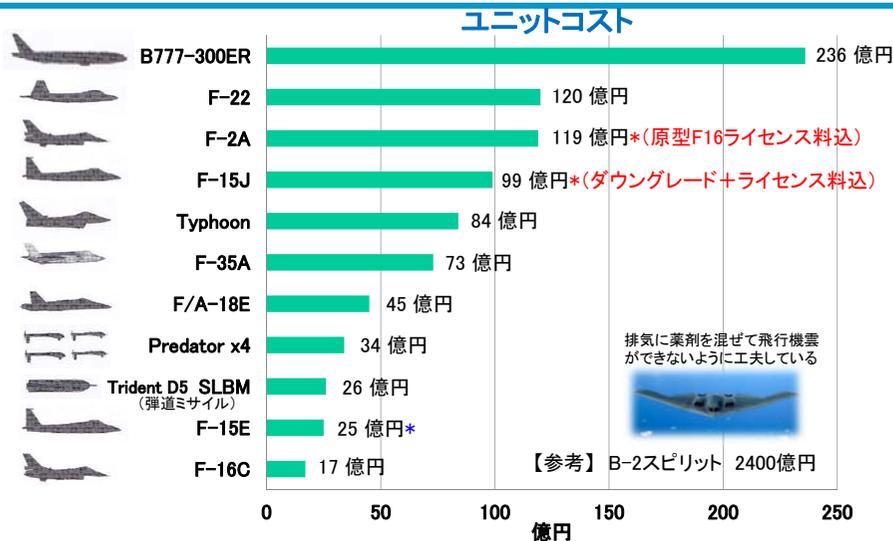
DME : Distance Measuring Equipment  
 VOR : VHF Omni directional Range  
 SATCOM: Satellite Communications  
 TCAS : Traffic alert and Collision Avoidance System  
 CBB : Connection by Boeing

日本航空広報部, 最新 航空実用ハンドブック, pp.181-182, 朝日新聞社 より引用

# 飛行機の豆知識

1. 大型旅客機は速度300 km/hで400 tの揚力を生む(離陸できる)
2. 上空1万メートルでは気温-56℃, 気圧1/4, 速度200-400 km/hの偏西風(ジェット・ストリーム)が吹く。この追風に乗ればニューヨーク-東京間は1時間以上短縮できる。
3. タイヤ交換は200-250回の着陸毎。通常なら1ヶ月-1ヶ月半で交換する。
4. 大型旅客機のエンジンは1基あたり90 kVAの発電機が付いている。100 V換算すると40 A契約の一般家庭20軒分の容量がある。
5. ゼロ戦は性能重視で防弾軽視であったが、アメリカはパイロットの安全面(操縦席の装甲)に重点を置いた。性能は劣っても落ちにくく、パイロット生存性を高めたため1944年頃からゼロ戦を圧倒した。
6. スペースシャトルの大気圏突入速度はマッハ10になる。
7. 機体表面温度はマッハ2で220℃、マッハ3で330℃、マッハ4で630℃、マッハ5で1000℃以上になる。
8. 旅客機の基本構想はまず胴体(座席数, 通路, 荷物スペース)から。赤ちゃんもまず腸からできる。
9. 翼と客室内は設計段階で手作りの実物大モデルを作って試す。操縦室の実物モデルもつくって信号通信テストする。
10. エンジンには鳥の死骸を投入したり、大量の水(1000L/min)を吸い込ませたり、500Lの氷の塊を吸い込ませても停止しないかテストする。
11. 例えばB777は約3百万個の部品から成る。主翼は片側だけで27 m, 13 tもある。組立順序と予定表に合わせて部品を計画的に工場内へ搬入しないと保管場所も人も確保できなくなる。
12. 風船と同じように機内に空気注入・吸引テストを12万回以上実施して、どのくらいで金属疲労を起こすかテストする。
13. 主翼を油圧ジャッキとワイヤーで引っ張り、どこで折れるか調べる。実際に壊して安全を確認する。
14. フライトテストは約1500回、3600時間以上(5か月間飛び続ける計算)実施。砂漠や極地、アクロバット、低速度、片方エンジンを止めた飛行、全エンジン停止テスト、脱出テスト、最大重量でのブレーキテストなど。考え付くあらゆる事態と条件で実際と同じテストをする。
15. 役目を終えた飛行機も人間と同じように最後に行き着く「飛行機の墓場(青山)」がある。  
紀尾井町飛行機研究会, "トコトンやさしい飛行機の本," 日刊工業新聞社, 2004.

# 航空機概算単価 (参考)



石塚, "F-35 lightning II," p.57, AIRVIEW SELECTION Vol.2, 酣燈社, 2011.  
 石塚, "F-22ラプター," p.55, AIRVIEW SELECTION Vol.1, 酣燈社, 2011.  
 坂本ほか, "最強 世界の軍用機図鑑," p.104, Gakken, 2013.

# レポートチェックリスト

- (1) 概要
- (2) 目的
- (3) 原理
- (4) 測定系
- (5) 結果と考察2-(13). 周波数・方位測定のと地図
- (6) 結果と考察2-(14). 無線方位測定アンテナの概形
- (7) 課題1. ゴニオメータの原理
- (8) 結論

※アンテナ(4h)、マイクロ波(8h)、レーダーと無線方位測定(4h)がすべて終了したら1週間以内に(表紙は一枚にまとめて)提出。