

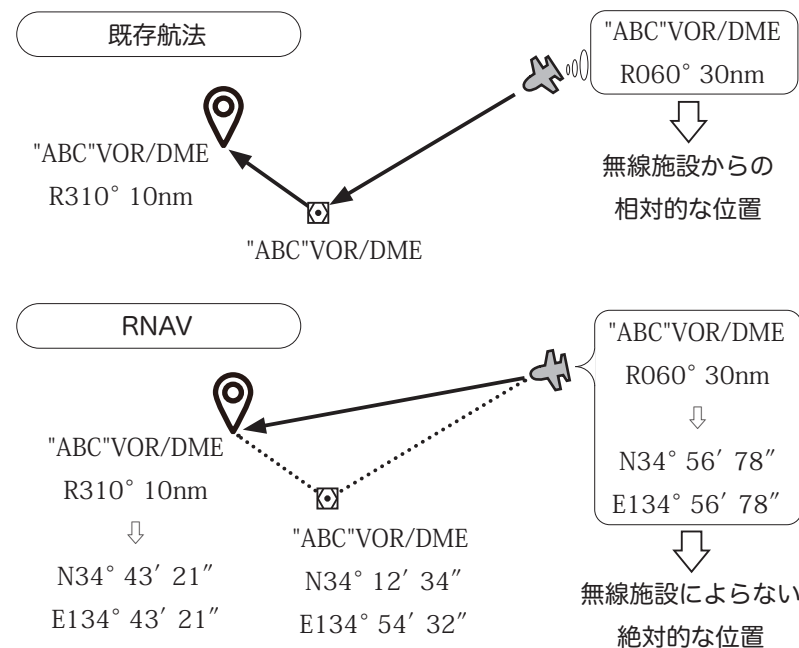
2. RNAV / area navigation / 広域航法

RNAV / area navigation / 広域航法は、AIP では「航行援助施設の覆域内若しくは自蔵航法の能力の限界内又はこれらの組み合わせにより、任意の飛行経路を航行する航法」と定義されています。ここで定義で用いられている「任意の飛行経路を航行する航法」と「航行援助施設の覆域内若しくは自蔵航法の能力の限界内又はこれらの組み合わせ」について、それぞれの意味することを具体的にみてみましょう。

任意の飛行経路を航行する航法

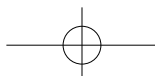
既存航法 (VOR 経路の飛行や ILS 進入など従来型の航法) では VOR/DME などの地上無線施設からの電波を受信して電波発信源からの方位や距離を知ること自機の無線施設からの相対的な位置を知り、無線施設に向けて飛行するなどして目的地へ到達していました。一方で、RNAV では航空機は緯度・経度が明らかな VOR/DME からの電波により得られる方位及び距離情報を用いて自機の位置を緯度・経度により把握します。そして、同じく緯度・経度により示される目的地へと直接向かうことができます。このように RNAV の場合には航空機は緯度・経度を用いることで特定の VOR/DME などに対する相対的な位置ではなく絶対的な位置を把握し、任意の飛行経路を航行することが可能となります。

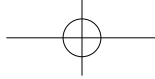
こうした任意の飛行経路を航行する RNAV は、1970 年代には巡航フェーズにおいて Pilot が任意の地点を入力する形で行われていましたが、現在では RNAV による航法の多くは機上の航法装置となる RNAV System 内の NAV DB / Navigation Database に登録された地点 "Waypoint" や各飛行場に設定されている方式などの情報を基にして、離陸から着陸まで全ての飛行フェーズで行われています。



【 Reference Page 】

RNAV System • NAV DB / Navigation Database P58 Waypoint p67

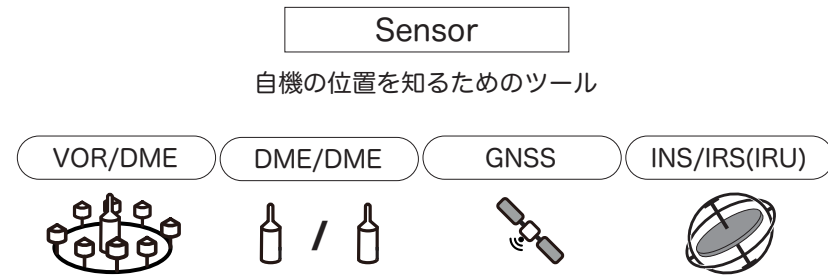




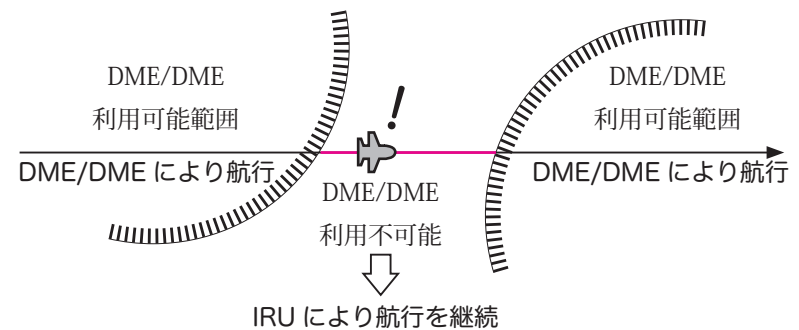
航行援助施設の覆域内若しくは自蔵航法の能力の限界内又はこれらの組み合わせ

RNAV では位置の明らかな VOR/DME 局からの方位及び距離の情報をもとに自機の位置を緯度・経度により把握していましたが、VOR/DME などの地上の無線施設以外にも衛星などを用いることでも同様に機位を把握することができます。このように RNAV において自機の位置を知るためのツールを Sensor といい、RNAV において用いられる Sensor には緯度・経度により位置の明らかな「VOR/DME」、2つの位置の明らかな DME 局を用いる「DME/DME」、複数の人工衛星を用いた「GNSS」、航空機に搭載された自蔵航法装置を用いる「INS」または「IRS (IRU)」があります。

これら Sensor は電波特性などにより利用できる範囲や精度が異なるため、例えば DME/DME が利用可能な範囲では DME/DME により測位し、利用できなくなると IRU による測位を行うなど、航空機は必要に応じて Sensor を組み合わせながら自機の位置を緯度・経度により把握し目的地へ飛行します。



Sensor を組み合わせた航行例：DME/DME/IRU



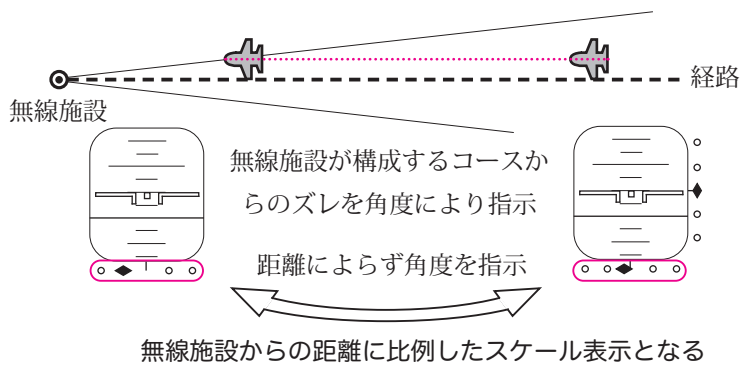
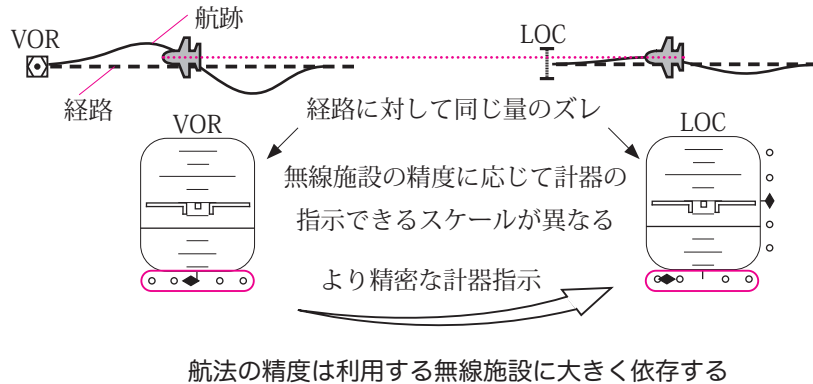
【 Reference Page 】

Sensor	P28	GNSS	P36
VOR/DME	P34	INS / IRS (IRU)	P35
DME/DME	P32		

3. PBN / Performance-based Navigation / 性能準拠型航法

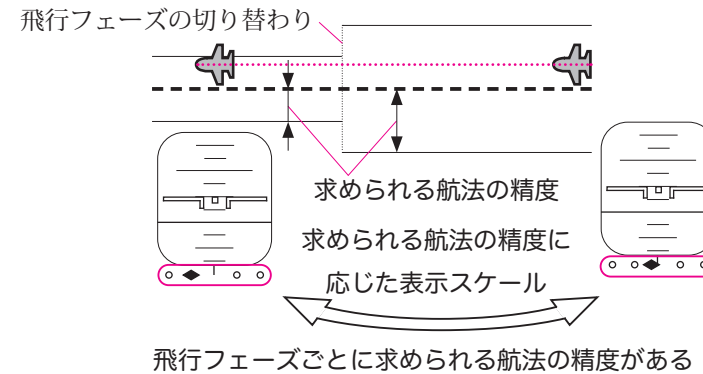
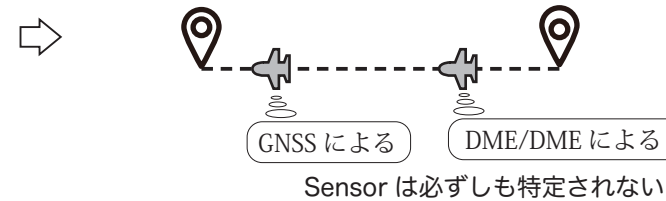
既存航法

VOR 経路の飛行や ILS 進入など従来型の既存航法では、航行に必要となる航行無線施設が特定されるため、航法の精度は用いられる航行無線施設に大きく依存しています。また、航行無線施設は通常、施設から離れるに伴い誤差が大きくなりその精度が低下していました。



RNAV

RNAV では航空機は利用可能な Sensor、またはこれらの Sensor を組み合わせて航法を行うため、同じ空域や経路、方式を飛行している航空機であっても同一の Sensor を用いるとは限りません。このように RNAV の場合には既存方式のように特定の Sensor に依存した航法とはなりません。一方で、巡航や進入といった飛行フェーズで考えた場合、例えば計器進入において安全を確保しつつ運航効率を落とさないような進入限界高度を設定するためにはより精度の高い航法が必要とされます。このように、RNAV においては出発や巡航、進入といった航空機が飛行するフェーズや方式ごとに求められる航法の精度があります。



PBN

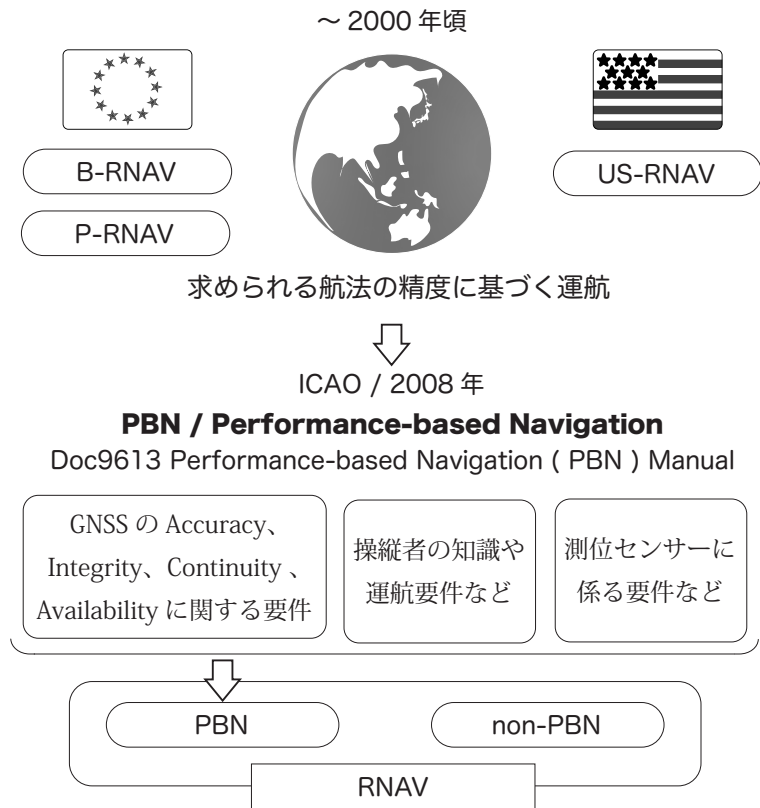
1970年代に入ると航空機の航法機器に手動で登録した任意の地点へ航行する機能を持った航空機が飛行するようになりました。そして、2000年頃にはヨーロッパで Waypoint 間を±5nmのパフォーマンスで飛行する能力が求められる運航となる B-RNAV / Basic-Area Navigation が行われるようになり、その後、ターミナルエリアでより高い精度が求められる P-RNAV / Precision-Area Navigation が行われるようになりました。また、アメリカにおいても独自の RNAV 運航に係る整備が進んでいきました。このように RNAV による運航が欧州やアメリカを中心に広がり、各国の協調と共通のルールを整備が求められる中で PBN の枠組みが生まれ、2008年に ICAO の PBN Manual で PBN の Concept が示されました。

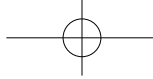
PBN Manual では、それまで RNAV による航法で求められていた「Accuracy / 精度」に加えて、GNSS において求められる、「Integrity / 完全性」、「Continuity / 継続性」、「Availability / 利用可能性」について示され、また、航空機の System に関する要件や操縦者の知識や運航に係る要件、測位に用いる Sensor に係る事項について定められました。

このように PBN は RNAV にとって変わるものではなく RNAV の中に作られたルールに基づく航法であり、PBN は RNAV の一種になります。したがって、PBN に基づかない RNAV もあります。具体的には、航法精度が指定されない進入方式（本書では、「RNAV APCH」という）などがあります。

【 Reference Page 】

PBN Manual / Performance-based Navigation Manual (ICAO Doc9613)	P60
GNSS	P36
Accuracy / 精度	P44
Integrity / 完全性	P42
Continuity / 継続性	P44
Availability / 利用可能性	P45
RNAV APCH (RNAV による進入方式の種類)	P100





31. GBAS / Ground-Based Augmentation System / 地上型補強システム

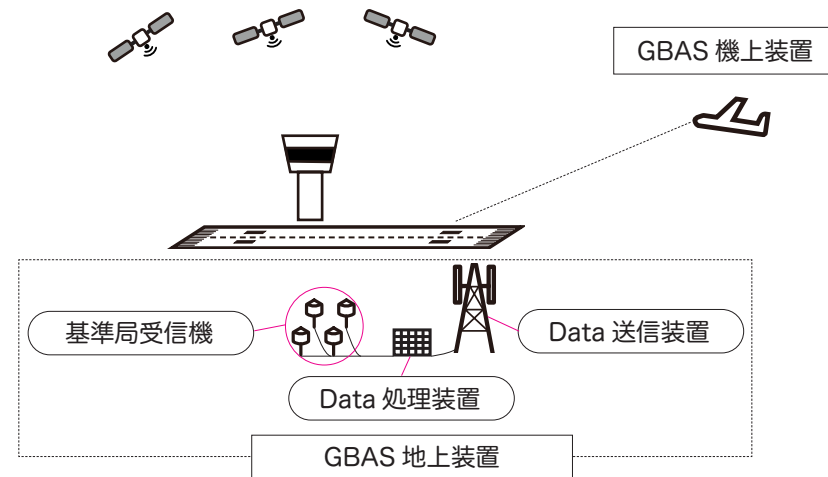
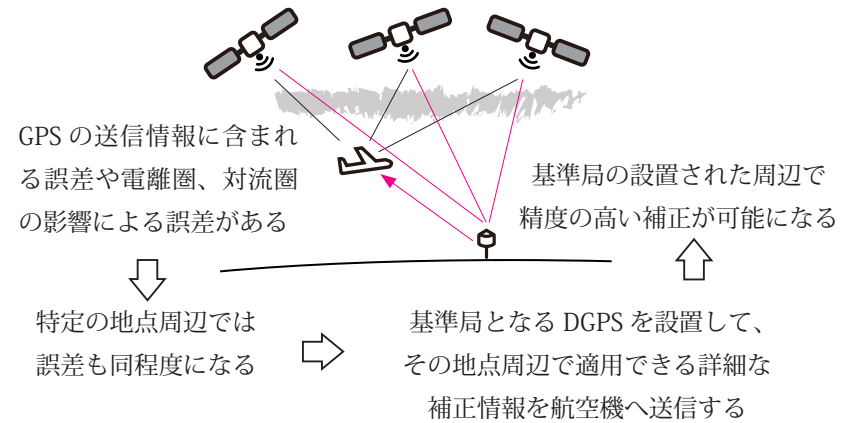
GBAS / Ground-Based Augmentation System は、GBAS 用の地上施設から送信される信号により補強する System であり、今後、高カテゴリー精密進入が可能となる GLS 進入方式を行うための System として導入が進められています。

GBAS の特徴

GPS 等のコア衛星のみによる測位では、各衛星が発する情報には衛星自体の時計の誤差や衛星の位置情報の誤差が含まれており、また、電波が受信されるまでに電離層、対流圏の影響などにより誤差が加わってしまいます。これらの誤差は航空機が飛行場へ計器進入を行う際、特に精密進入を行う場合には無視することはできません。これらの誤差は飛行場周辺など特定の地点から一定の範囲であれば同程度となる特徴を利用して、GBAS による補強は飛行場またはその周辺の特定の地点に基準局となる DGPS / Differential GPS を設置して得られた補正情報や Integrity 情報を航空機へ送信することで、航空機側で誤差を補正して精度を向上することができるのと同時に、高カテゴリー精密進入に必要な条件を満たすことができます。

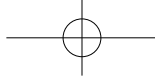
GBAS の構成

飛行場に設置される GBAS 地上装置は、GPS 衛星からの電波を受信する基準局受信機 (通常 4 式)、航空機に送信する補強情報を生成するデータ処理装置、デジタル信号を送信するデータ送信装置から構成され、航空機には、GBAS 機上装置が搭載されます。



【 Reference Page 】

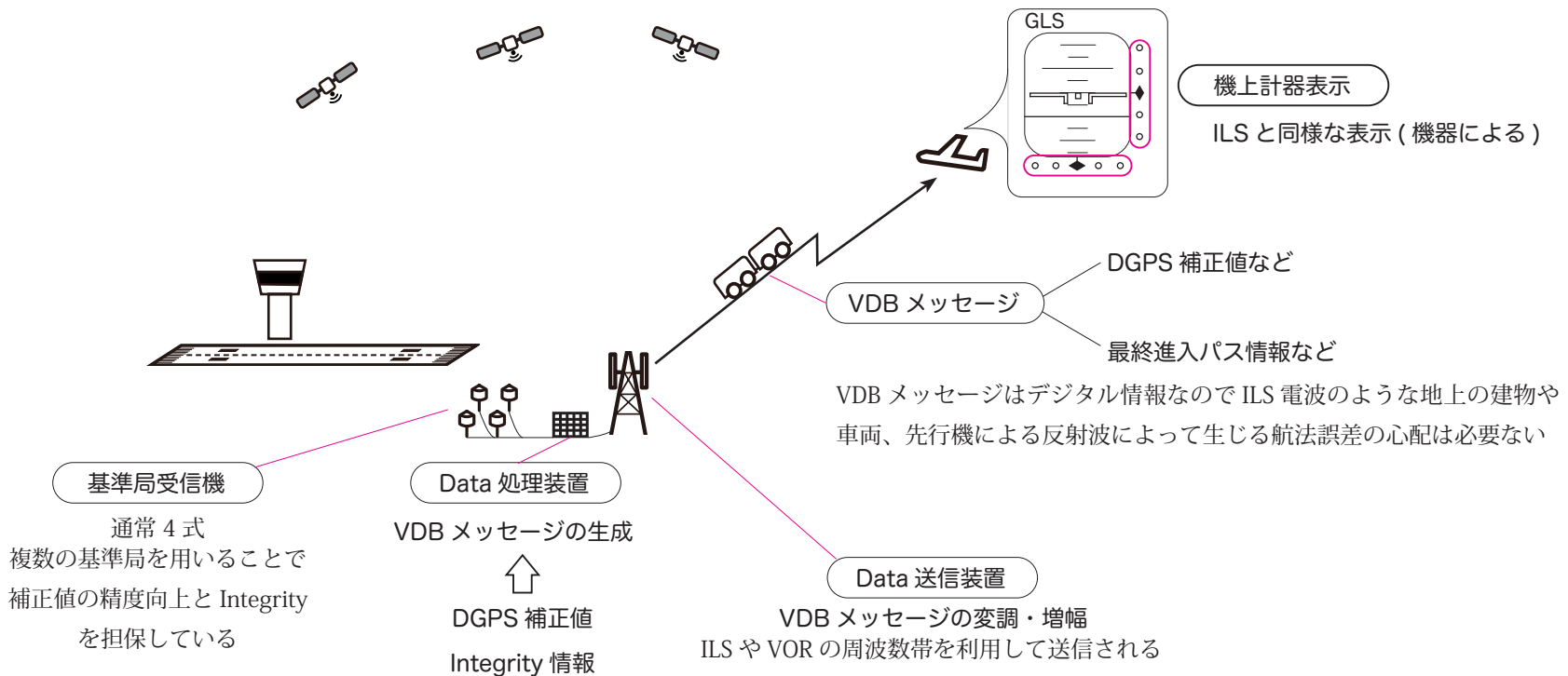
GLS / GBAS Landing System	P136
Integrity	P42



GBAS の仕組みとメリット

飛行場またはその付近に設置された GBAS 地上装置の基準局 (Reference Station) は通常 4 式が設置されています。各基準局で受信した情報は計算処理部へ送られます。この計算処理部では受信情報から DGPS 補正値を生成するとともに Integrity の担保のための処理が行われて VDB メッセージが生成されます。生成された VDB メッセージはデータ送信装置で変調・増幅されて ILS や VOR の周波数帯を利用して航空機へ送信されます。この VDB メッセージには処理された DGPS 補正値などに加えて、最終進入パスの情報などが含まれています。

航空機側では受信した VDB メッセージに含まれる DGPS 補正値や進入パス情報などを用いて、機上で受信される GPS 衛星からの信号情報に含まれる誤差を補正し、DGPS 測位値からパス偏差を求めて計器上に表示します。B787 や A380 では ILS 受信機能と共に GBAS の VDB 受信機能を有する MMR/ Multi Mode Receiver unit により測位結果から求めたパス偏差が ILS と同様、横方向及び垂直方向のポインターにより表示されます。

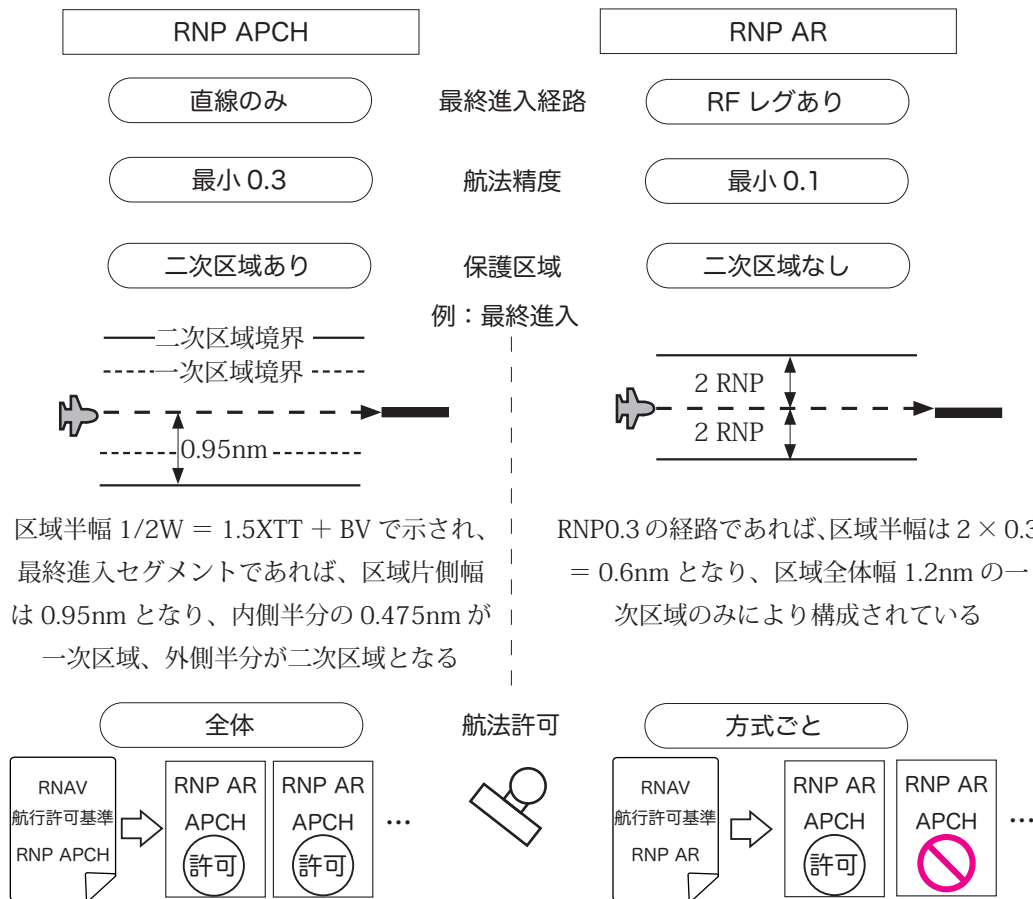


55. RNP AR / Required Navigation Performance Authorization Required

RNP AR 進入の特徴

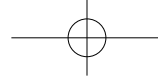
RNP AR 進入の大きな特徴は、RNP APCH 進入では設定できなかった最終進入セグメントにおいて定められた旋回半径の旋回経路となる RF leg / Radius to Fix leg が用いられること、経路に航法精度 0.3 未満の RNP 値が指定されることがある点です。ただし、RNP 値 0.3 未満の方式は運航上の便益がある場合にのみ設定されることとされています。また、保護区域の形状も RNP APCH とは大きく異なっています。RNP APCH の場合には XTT と BV に基づく区域半幅 ($1/2W = 1.5XTT + BV$) を有する区域となっています。このうち区域外側半分が二次区域となり、二次区域の一般原則が適用されています。一方、RNP AR の場合には基本的に $2 \times$ RNP 値の区域半幅を有する一次区域のみにより構成されており、二次区域の一般原則は適用されません。また、RNP AR 進入は RNP APCH の Baro-VNAV 進入と同じく APV に位置付けられており最低気象条件等の設定条件に関しても Baro-VNAV 進入と共通です。

航法仕様 RNP APCH では航行許可を得ることで各空港に設定された RNP APCH が実施できますが、航法仕様 RNP AR の場合には航行しようとする方式に応じた許可を取得する必要があります。

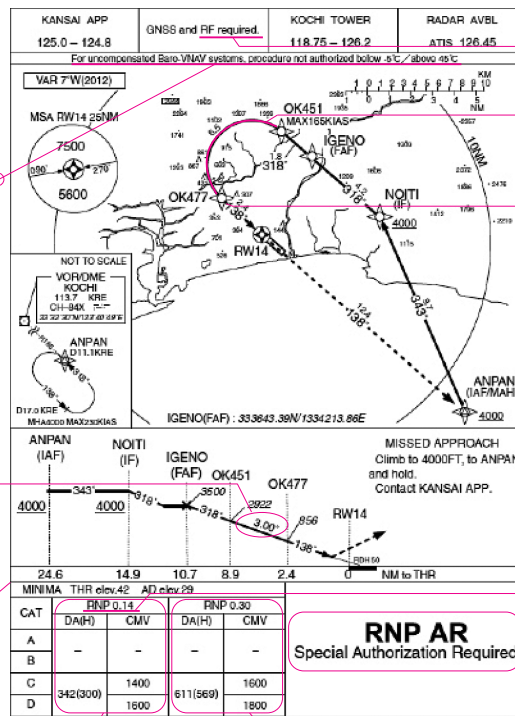


【 Reference Page 】

区域半幅・XTT・BV P70 二次区域の一般原則 P72



RNP AR 進入方式図例



VPA / Vertical Path Angle / 垂直方向パス角
VPA は気圧高度に基づいたパスであるため
気温により実際のパス角は変化する

高温時の飛行パス
降下率が 1000ft/min を超えることがない
よう最高気温が示される

VPA : 原則 3°

低温時の飛行パス
想定される最低気温時にパスが
2.5° を下回らないよう最低気温
が示される

進入復行上昇勾配

進入復行勾配が標準 2.5% の場合、この方式例のよ
うに方式図に上昇勾配に係る記述はないが、2.5% を
超える上昇勾配が設定されている場合には方式図中
に「Missed APCH climb gradient MNM ○○%」の
記述により進入復行上昇勾配が示される

RNP0.14 に対応する
最低気象条件

RNP 0.3 に対応する
最低気象条件

RF が必要となることを示している

RF leg
最終進入セグメントに RF が用いられている

FROP / Final Approach Roll-Out Point
滑走路中心線にアラインするロールアウトポ
イント
→ 着陸前に直線経路を確保するため、滑走路
末端標高上 500ft 以上の地点までにロールア
ウトできる地点、かつ、ロールアウト後背風
15kt を想定し、DA 到達地点までに飛行時間
15 秒または 50 秒の飛行距離が確保される地
点である

RNP 値が最小 0.1 となる場合がある

RNP AR 進入であることを示している

最低気象条件

最低気象条件は RNP APCH の Baro-VNAV と
同じ設定方法により設定される。ただし、最
終進入において、RNP0.3 未満の RNP 値が指
定される場合には 0.3 未満で指定される RNP
値に対応する最低気象条件に加えて、RNP0.3
に対応する最低気象条件が公示される

【 Reference Page 】

RNP APCH P112
APV P104

RF leg P84