

DRVSMの 概要

Domestic
Reduced
Vertical
Separation
Minimum

RVSM導入の歴史的背景

- 1958年 ICAO RAC/SARで垂直管制間隔を制定
 - FL290以下 1000 ft
 - FL290以上 2000 ft
- 1982年 RGCSP (Review of General Concept of Separation Panel)でRVSM導入可能性の検討開始
- 1988年 RVSM導入が技術的に可能と結論
- 1990年 RVSMガイダンス・マテリアル作成 Doc 9574
 - ANCでSARPS – Annex 2
- 1997年 北大西洋で導入開始
- 2000年 中/北部太平洋で導入開始

過去の安全性の議論

- 航空機は静圧を測定し、その値を高度に換算したものを高度計に表示する。
- 静圧の感知・測定エラー、換算エラー、高度計表示エラー、モードCデータへの変換エラー等のシステムエラーが存在する。しかしその実態は説明が困難。
- 誤差の測定、データ収集と分析等により安全性を確認する必要があるとの議論に年月を要した。
- 電子航法研究所は、独自に開発した航空機高さ計測レーダー (NAM S) によりデータ収集と分析を行い、ICAOのRVSM安全性検証作業に貢献した。

RVSM空域の飛行制限

- RVSM空域においては、航空機は ;
 - * IFRで飛行しなければならない。
 - * VFRフライトは認められない。

ICAO Annex 2, Chapter 4, 4.5:

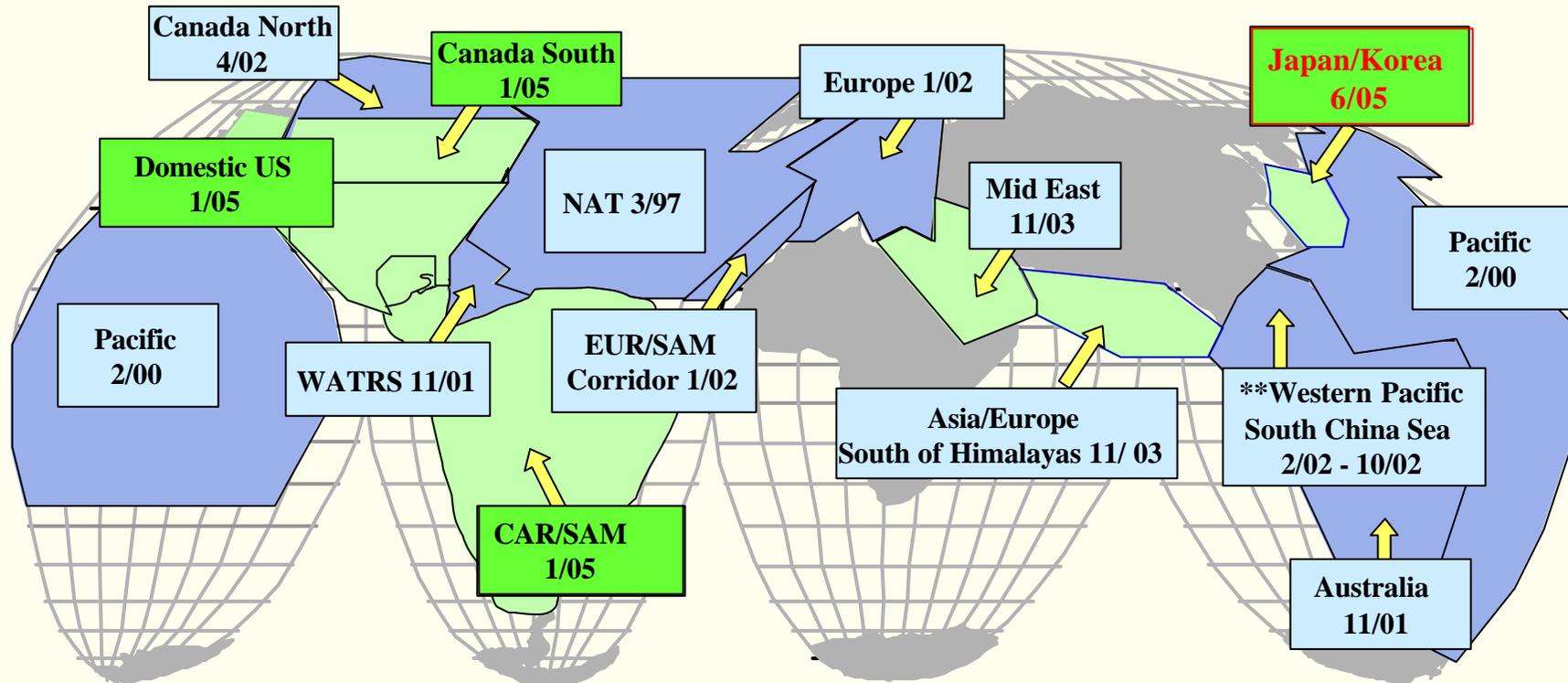
Authorization for VFR flights to operate above FL290 shall not be granted in areas where a vertical separation minimum of 300m (1000ft) is applied above FL290.

注 :RVSM空域においては、VFR高度が存在しない。

D RVSM (Domestic RVSM) の動向

- 米国のDRVSM
- 2005年1月20日実施予定 (適合機85-90 %)
米国(アラスカを含む)、カナダ全域、メキシコ湾
について、フライトレベル290からフライトレベ
ル410までの空域にRVSMを導入する。
2004年9月を目標としてAIRACを公示
詳しくはwww.faa.gov/ats/ato/rvsm1.htmを参照
- ? 台北FIRはすでに実施。
- ? 航空局は「インチョンFIR」(韓国)と同時実施について調整中
- ? 中国、ロシアの動向も調査中

RVSM Implemented & Planned As of October 2003



Implemented
 Planned

**** Western Pacific/South China Sea**

February 2002 Implementation

Bangkok, Ho Chi Minh, Kota Kinabalu, Kuala Lumpur, Manila, Phnom Penh, Sanya, Singapore, Taipei

October 2002 Implementation

Hanoi, Hong Kong, Jakarta, Ujung Pandang, Vientiane

RVSMプログラムの実施 RVSM実施に際して必要な要件」

1. **RVSM運航に必要な航空機装備**
2. 高度維持性能モニタリングの実施
3. 運航者及び航空機に対するRVSM承認の発行
4. 空域安全性評価・検証の実施（衝突リスクモデルによる検証）
5. 運航プロシジユア
6. 管制プロシジユア
7. 管制システムの性能向上

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
RVSM運航に必要な航空機装備

- 独立した二系統の高度測定システム
(Altimetry System)
- 自動高度制御システム
(Automatic Altitude Control System)
- 高度監視警報システム
(Altitude Alert System)
- モードCトランスポンダ(Transponder)

RVSMプログラムの実施

「RVSM実施に際して必要な要件」

1. RVSM運航に必要な航空機装備
- 2. 高度維持性能モニタリングの実施**
3. 運航者及び航空機に対するRVSM承認の発行
4. 空域安全性評価・検証の実施（衝突リスクモデルによる検証）
5. 運航プロシジユア
6. 管制プロシジユア
7. 管制システムの性能向上

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 航空機の高度維持性能モニタリングの実施

Aircraft Height Keeping Performance Monitoring

実際の飛行における高度システム・エラー (ASE: Altimetry System Error) を検証する

高度維持性能に影響を与える要因

- * ピトー静圧システム
- * AFCS (Autopilot Flight Control System) ・自動高度制御システム (Automatic Altitude Control Systems)
- * 機体のスキン及び塗装の状況
- * 高度計システム

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 航空機の高度維持性能モニタリングの方法

Aircraft Height Keeping Performance Monitoringは
実際に飛行中の航空機の高度(計)誤差を計測する作業

* GMU (GPS Monitoring Unit)

GPSの計測機器を搭載し、水平飛行時の30分間のデータを計測する。そのデータをディファレンシャル補正、気圧補正、データのスムージング処理等を行って飛行高度誤差 (ASE)を算出する。

* HMU (Height Monitoring Unit)

地上のトランスポンダ・レーダー装置により航空機の高さを測定し、計測データの気圧補正を行って飛行高度誤差 (ASE)を算出する。

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 高度維持性能モニタリング対象型式（1）

モニタリングが必要な航空機グループ (実施はRVSM運航開始後でもよい)

分類 1	型式	モニター必要機数
承認された型式でRVSM標準に性能が合致している	[A30B, A306], [A319, A320, A321], [A332, A333], [A342, A343], A344, A345, A346 [B733, B734, B735], B737(Cargo) [B736, B737/BBJ, B738/BBJ, B739], [B741, B742, B743], B74S, B744 (5" Probe), B744 (10" Probe), B752, B753, [B762, B763], B764, B772, B773 CL60(600/601), CL60(604), C560, [CRJ1, CRJ2], CRJ7, DC10, [E135, E145], F100, GLF4, GLF5, LJ60, L101, MD10, MD11, MD80 (All series), MD90 (一部省略)	型式毎 2機 RVSM運航承認取得後可能な限り早く、しかし遅くとも6ヶ月以内に実施 []は同グループとみなす 例えば、6機のA332と4機のA333を所有している場合 1機ずつのA332とA333でもよいし、いずれか 2機でもよい

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 高度維持性能モニタリング対象型式（2）

モニタリングが必要な航空機グループ（実施はRVSM運航開始後でもよい）

分類 2	型式	モニター必要機数
承認された型式であるが、分類 1には十分なデータがない	分類 1に含まれる航空機以外 A124, ASTR, B703, B731, B732, BE20, BE40, C500, C25A, C25B, C525, C550, C56X, C650, C750, CRJ9, [DC86, DC87], DC93, DC95, F2TH, [FA50 FA50EX], F70, [F900, F900EX], FA20, FA10, GLF2(II), GLF(IIB), GLF3, GALX, GLEX, H25B(700), H25B(800), H25C, IL62, IL76, IL86, IL96, J328, L29(2), L29(731), LJ31, [LJ35, LJ36], LJ45, LJ55, SBR1, T134, T154, T204, P180, PRM1, YK42	型式の60パーセントで切り上げ RVSM運航承認取得後可能な限り早くしかし遅くとも6ヶ月以内に実施

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」

高度維持性能モニタリング対象型式 (3)

モニタリングが必要な航空機グループ (実施はRVSM運航開始後でもよい)

分類 3	型式	モニター必要機数
ノン・グループ航空機	ノン・グループ航空機 MASPS適合機であるが、製造者が適合機の証明をしていない航空機	全機 RVSM運航承認取得後可能な限り早く、しかし遅くとも6ヶ月以内に実施

RVSMプログラムの実施

「RVSM実施に際して必要な要件」

1. RVSM運航に必要な航空機装備
2. 高度維持性能モニタリングの実施
3. **運航者及び航空機に対するRVSM承認の発行**
4. 空域安全性評価・検証の実施（衝突リスクモデルによる検証）
5. 運航プロシジユア
6. 管制プロシジユア
7. 管制システムの性能向上

RVSMプログラムの実施 航空機のRVSM承認」

RVSM空域を飛行する航空機は、
運航承認を取得していなければならない

- 除外される航空機： 国の航空機（軍、警察等）
(State Aircraft): ICAO Convention, Article 3, (b)
'aircraft used in military, customs and police services
shall be deemed to be state aircraft.'

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 航空機の RVSM適合」取得手順

1. 申請 申請書を技術部長へ 氏名、型式、機上装置、国籍記号及び登録記号、運航開始予定日
申請書に添付 適合性の書類、整備の方式、乗務員の訓練プログラム、運航方式、過去の実績
2. 承認 有効期限は2年
ただし、本邦航空運送事業者には期限を付さない
3. 承認書の交付 **承認は、航空機の型式及び搭載している機上装置型式並びに国籍記号、登録記号及び有効期限を指定して交付**

RVSMプログラムの実施

「RVSM実施に際して必要な要件」

1. RVSM運航に必要な航空機装備
2. 高度維持性能モニタリングの実施
3. 運航者及び航空機に対するRVSM承認の発行
4. **空域安全性評価・検証の実施（衝突リスクモデルによる検証）**
5. 運航プロシジユア
6. 管制プロシジユア
7. 管制システムの性能向上

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 空域安全性評価・検証

Airspace Safety Assessment

衝突危険度計算の数学モデル (Collision Risk Model) その他解析手段を使った空域安全性評価と検証

- * RVSM実施前の安全性検証 (Safety Assessment)
- * RVSM実施後の安全性評価 (Safety Oversight)

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
空域安全性の目標値 (TLS)

TLS: Target Level of Safetyの値

総安全性目標値 (Overall TLS) 5×10^{-9}

Overall Risk = Technical Risk + Operational Risk

* **Technical Risk (目標値): 2.5×10^{-9}**

10^9 飛行時間あたりに 2.5回の空中衝突による死亡事故

* **Operational Risk (目標値): 2.5×10^{-9}**

10^9 飛行時間あたりに 2.5回の空中衝突による死亡事故

(CAO Doc. 9574)

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 テクニカル・リスクのパラメター

Overall TLS (総安全性目標値) = 5×10^{-9}

Technical TLS = 2.5×10^{-9}

テクニカル・リスク計算モデルの概念

$N_{az} = P_z(1000) P_y(0) N_x(\text{opp+same+crossing})$

ここで、* N_{az} : 飛行時間当りの推定死亡事故数

* $P_z(1000)$: 垂直方向の重畳確率

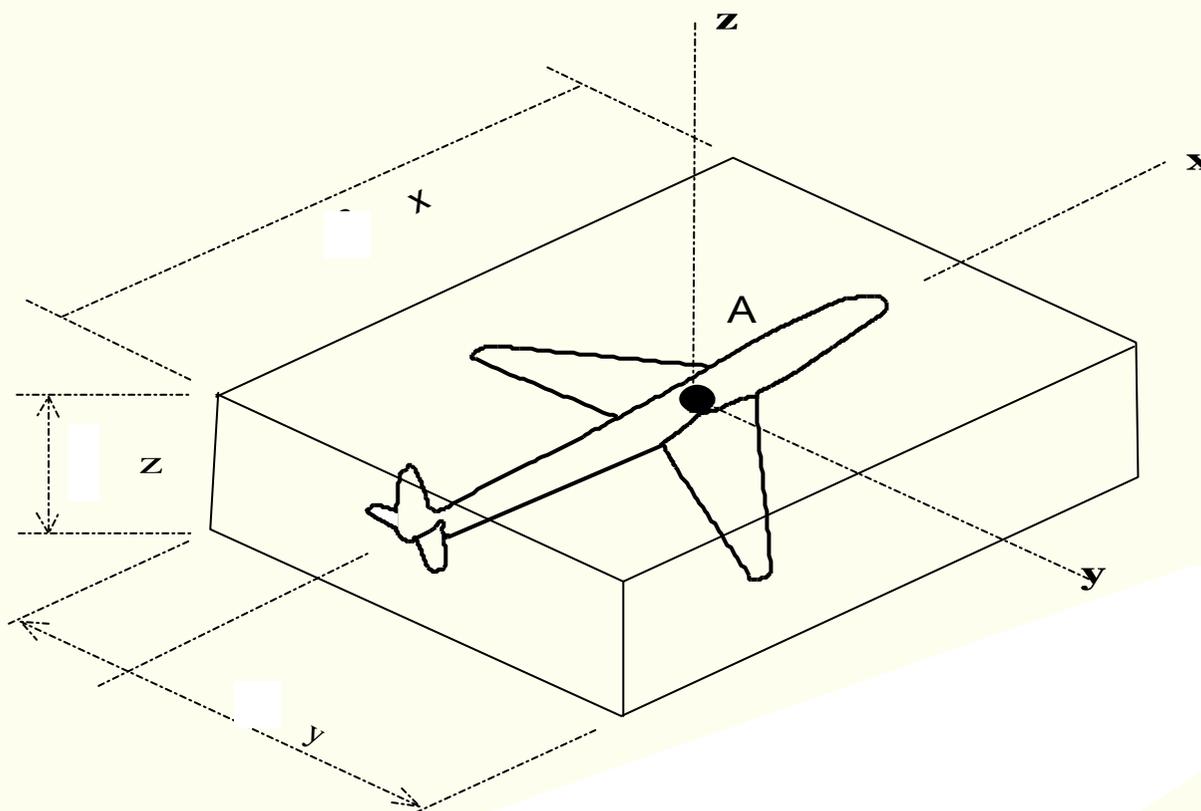
* 空域特性として；

§ $N_x(\text{opp+same+crossing})$: 接近通過頻度

§ $P_y(0)$: 横方向の重畳確率

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 テクニカル・リスクの計算モデル

衝突リスクの概念



RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 テクニカル・リスクの計算モデル

同一経路上におけるテクニカル・リスク計算モデル

$$\text{Naz}(\text{same-route, technical}) = \text{Naz}(\text{same, technical}) + \text{Naz}(\text{opp, technical})$$

$$\text{Naz}(\text{same, technical}) = P_z(1000) P_y(0) N_x(\text{same}) K(\text{same})$$

$$\text{Naz}(\text{opp, technical}) = P_z(1000) P_y(0) N_x(\text{opp}) K(\text{opp})$$

K ：占有率

$$K(\text{same}) = 1 + \frac{I_x}{V_{rx}(\text{same})} \left(\frac{V_{ry}}{I_y} + \frac{V_{rz}}{I_z} \right) \quad K(\text{opp}) = 1 + \frac{I_x}{V_{rx}(\text{opp})} \left(\frac{V_{ry}}{I_y} + \frac{V_{rz}}{I_z} \right)$$

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 オペレ-シヨナル・リスクの要因

Operational Risk目標値 (TLS) = 2.5×10^{-9}

Operational Riskの計算結果に影響を与える要因は、
運航上の理由による承認高度からの逸脱

- * TCAS RAに従った承認高度からの離脱
- * 隣接FR (またはセクター)への管制情報伝達エラーまたは欠落
- * 管制承認エラー (管制官/パイロット・ループ・エラー)
- * 管制承認伝達エラー (パイロット/管制官・ループエラー)
- * 気象によるタービュランス
- * ウェーク・タビュランス
- * 山岳波

ICAO RVSM TF/18資料から引用

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 オペレ-シヨナル・リスクの計算モデル

$$\text{Naz}(\text{operational}) = \text{Naz}(\text{same,operational}) + \text{Naz}(\text{opp,operational})$$

$$\text{Naz}(\text{same,operational}) = P_z(\text{nxSz}) P_y(0) N_x(\text{same}) K(\text{same})$$

$$\text{Naz}(\text{opp,operational}) = P_z(\text{nxSz}) P_y(0) N_x(\text{opp}) K(\text{opp})$$

$$P_z(\text{nxSz}) = P_z(0) \frac{T}{H}$$

$P_z(0)$: 同高度での重畳確率

T : 全航空機の高度逸脱時間の合計

H : 全航空機の総飛行時間

RVSMプログラムの実施

「RVSM実施に際して必要な要件」

1. RVSM運航に必要な航空機装備
2. 高度維持性能モニタリングの実施
3. 運航者及び航空機に対するRVSM承認の発行
4. 空域安全性評価・検証の実施（衝突リスクモデルによる検証）
- 5. 運航プロシジユア**
6. 管制プロシジユア
7. 管制システムの性能向上

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
運航プロシジユア

1. フライトプランニング
2. プリ・フライト・チェック
3. エンルートプロシジユア
4. RVSM運航に関する一般事項

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
運航プロシジュア 「ワライト プランニング」

- 1 .航空機のRVSM承認の確認
- 2 .フライトプランへの ‘W ’の記載
- 3 .タービュランス等、気象の確認
- 4 .MELの確認

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
運航プロシジュー 「プリ フライト」

- 1.整備記録の確認
- 2.MELの確認
- 3.ピトー周辺の機体状況
- 4.グラウンドエレベーションとアルティミターの確認

注 :MEL: Minimum Equipment List

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
運航プロシジユア 「エンルート」

1. 承認高度の維持
2. 高度変更時のオーバー・シュート・アンダー・シュート:150 ft以内
3. 自動高度制御装置エンゲージ：
(タービュランス時を除く)
4. 高度警報装置オン
5. アルティミタ・クロスチェック 200 ft以内

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
運航プロシジユア 「一般事項」

1. ウェザー・デビエーション
2. オフセット プロシジユア
3. コンテインジェンシ・プロシジユア (エンジン・フェール等)
4. タービュランス、山岳波
5. 飛行中、高度システムの故障の際の対応
6. フレゾロジー
7. TCAS Ver7.0の運用

RVSMプログラムの実施

「RVSM実施に際して必要な要件」

1. RVSM運航に必要な航空機装備
2. 高度維持性能モニタリングの実施
3. 運航者及び航空機に対するRVSM承認の発行
4. 空域安全性評価・検証の実施（衝突リスクモデルによる検証）
5. 運航プロシジユア
- 6. 管制プロシジユア**
7. 管制システムの性能向上

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 管制プロシジユア 必要な作業」(1)

1. (必要な場合)空域安全評価値改善のための方策
2. 航空路見直しと高度配分
3. 協定書の見直し
4. 交通流管理方式の変更 (システム変更を含む)
5. (必要な場合)セクター再編とセクター (またはFIR) 間のコーディネーション方式の見直し
6. トランジション方式 (非RVSM/非標準RVSM空域)

* 高度配分の違う外国FIRとの関係

* メートルの垂直間隔との関係

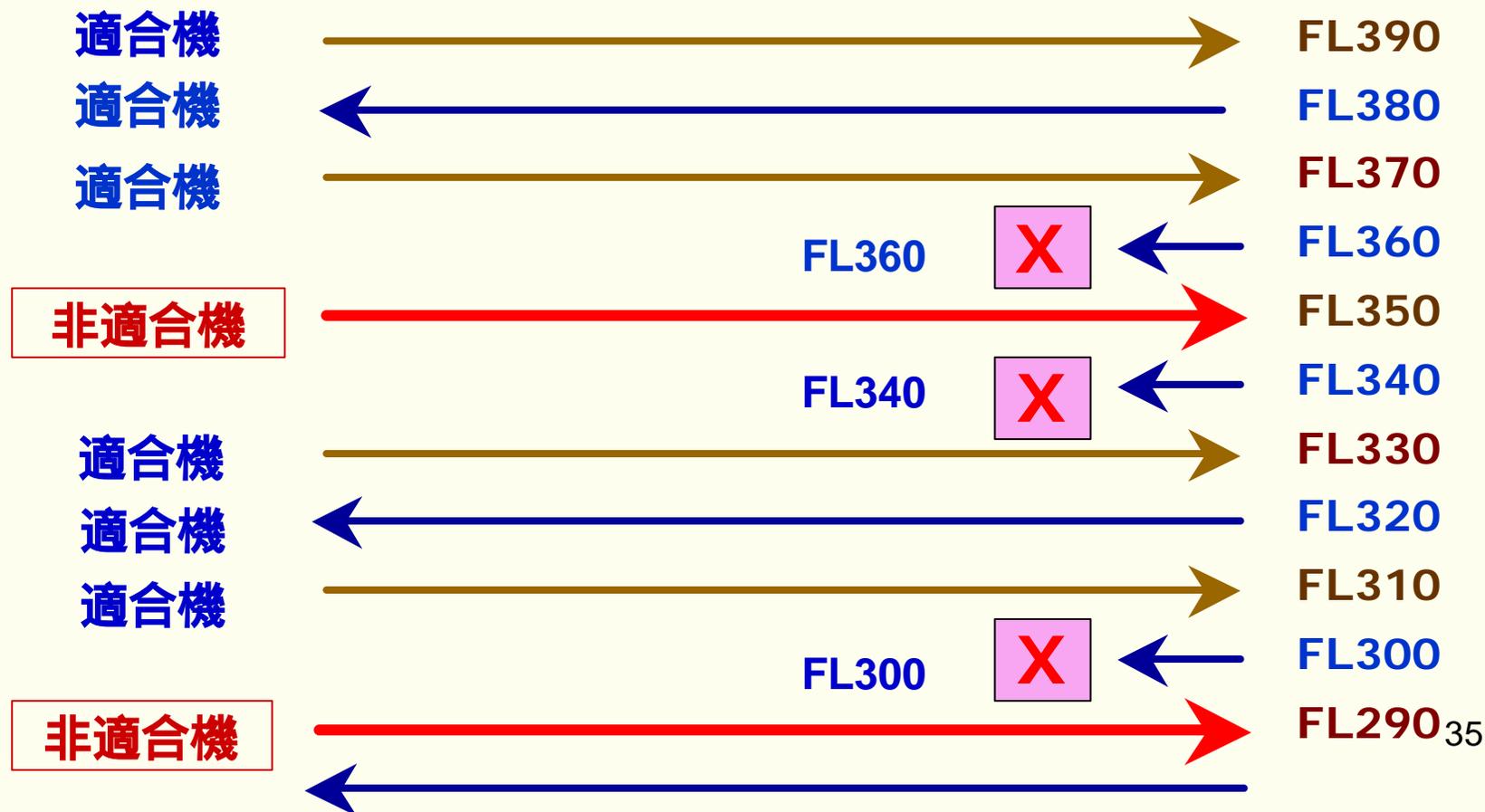
FAA DRVSMセミナー資料：
Memorandum of Understanding
FAA and DoD

- Memorandum of Understanding signed between FAA and DoD in December 2001.
- Agreement governs the use of DRVSM Airspace by DoD aircraft.
- Policy: The FAA will accommodate non-compliant DoD aircraft operation within DRVSM airspace.

Note: Large DoD transport and tanker fleets are already RVSM compliant

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
管制プロシジュア 「必要な作業」 (2)

7. 国の航空機および非適合機の扱い



RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
管制プロシジユア 必要な作業」(3)

8. コンティンジェンシ・プロシジユア

- * タービュランス遭遇時のセパレーション
- * 山岳波への対応
- * 悪天予想と対応
- * ウェーク・タービュランス対策
- * ウェザー・デビエーション時の方式
- * RVSM機能故障の航空機の扱い
- * 航空機の緊急降下とエンジン・フェール時の方式

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
管制プロシジュー **必要な作業」(4)**

9 .RVSM運用のフレゾロジー

10 .管制官の訓練プログラムの策定

(自衛隊管制官を含む)

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 運用プロシジユア 不測事態対応措置」

航空機が承認高度を正しく維持できない事態に対応する プロシジユアの設定

航空機不測事態発生の原因

- 気象または山岳波に伴うタービュランス
- ウェーク・タービュランス
- 航空機高度システム不調/故障
- エンジン故障に伴う高度の低下
- 減圧に伴う緊急降下措置
- その他、航空機に起因する高度維持性能の低下

(ICAO Doc. 9574およびDoc.7030参照))

RVSMプログラムの実施 「RVSM実施に際して必要な要件」

1. RVSM運航に必要な航空機装備
2. 高度維持性能モニタリングの実施
3. 運航者及び航空機に対するRVSM承認の発行
4. 空域安全性評価・検証の実施（衝突リスクモデルによる検証）
5. 運航プロシジユア
6. 管制プロシジユア
7. **管制システムの改修**

RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」
 管制システム 必要な改修」(1)

RDP

* 承認高度(RVSM高度)の追加

N4215Y
340A

* コンフリクトアラート機能改修

* 非適合機のレーダー画面への表示

図はFAAの案 (RVSM適合機の表示変更はなし)

N4215Y
350 □ 347
056 380



RVSMプログラムの実施：RVSM実施に際して必要な要件」 管制システム 必要な改修」(2)

FDP

- * 適合機のストリップへの表示 “W”
(米国では非適合機のみに表示を行い、適合機には表示をしない)
- * 承認高度(RVSM高度)の追加
- * 非適合機のRVSM高度要求に対する注意喚起
- * 非RVSM空域へのトランジションの注意喚起
- * 非標準RVSM高度空域の入出域機の注意喚起
- * コンフリクトアラート機能

RVSM導入の効果！

航空機運航への効果

－ FAA意見聴取記録から引用 －

- 使用フライトレベルが倍増して、空域容量が増加
- 航空機の使用高度および経路の選択枝が増え、燃料消費・飛行時間の節減に効果
- 出発遅延が減少
- 航空路交差地点で発生する高度変更クリアランスの減少
- コンフリクト状況解消のための高度変更クリアランスにおける高度変更量の減少

RVSM導入への疑問？

航空機運航者からの質問

－ FAA意見聴取記録から引用－

Q: RVSM適合機の割合は？

A: 2005年RVSM開始時に90%と推定

Q: RVSM承認改修費用は20～30万USドル？

A: FAA試算ではUS\$100～235,000USドル

Q: FL290以下の高度が混雑？

A: FAA試算ではRVSM実施により10%程度の交通量の増加

Q: 軍用機の扱いは？

A: 米軍輸送機・タンカーはRVSM取得済も、爆撃機・ファイターの割合は全体の1%程度。2000フィート管制間隔を適用

RVSM導入の効果！

航空管制業務への効果

－ FAA意見聴取記録から引用 －

- 使用できるフライトレベルが倍増
- 可能フライトレベルの増加で、困難な交通状況の減少
- 出発遅延の減少
- 交差航空路での高度変更のワークロード軽減
- コンフリクト状況解消のためのレーダー・ベクタリングの必要性が減少
- ストレスの軽減

RVSM導入への疑問？

航空管制業務への疑問

－ FAA意見聴取記録から引用 －

Q： **フライトレベルの増加で、交通量が増加？**

A： **洋上やヨーロッパでの過去のRVSM実施経験で、管制業務に大きな影響を及ぼすほどの交通量増加はなかった。**

Q： **航空管制官のワークロードが増加？**

A： **FAA管制官参加の事前のシミュレーションで、経路交差点での高度変更やレーダー・ベクタリング必要性の減少で、むしろ全体としてワークロードは軽減という結果がでた。**

Q： **到着機のホールドが増加？**

A： **過去の経験からエンルート空域容量増加によるターミナル空域への影響は顕著ではない。**