

垂直短縮間隔運用後の 航空機衝突防止装置の動作への影響

通信・航法・監視領域
機上等技術領域
研究企画統括

住谷 泰人
小瀬木 滋
白川 昌之

* 背景・目的

→ 航空機衝突防止装置: ACAS (TCAS)

◇ トラフィックアドバイザリ: TA

◇ 回避アドバイザリ: RA

→ 垂直短縮間隔: RVSM

* 運用モニタリング

→ RAレポート

→ 運用モニタリングに基づくRVSM導入前後の解析

* まとめ

背景・目的

ACAS
TA・RA
RVSM

航空機衝突防止装置 ~ ACAS

No. 4

Airborne Collision Avoidance System ~ ICAO規格

製品版: Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS)

- 異常接近・空中衝突の可能性のある航空機をパイロットに知らせるシステム
 - ◇ 位置・回避動作の **アドバイザリ** < 音声・表示 > 回避操作はパイロット
- 多くの大型航空機に「TA+垂直方向のRA」機能の **ACASII(TCASII)** が搭載

* アドバイザリの種類

→ **TA** (Traffic Advisory)

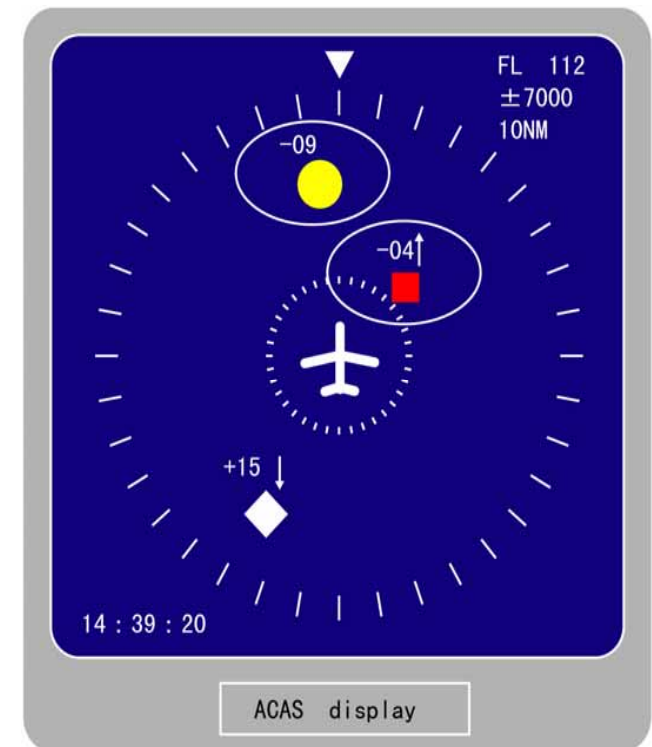
◇ 相対位置情報

➤ **相手機: 約40秒以内に接近**

→ **RA** (Resolution Advisory)

◇ 上昇・降下方向、回避速度(目安)

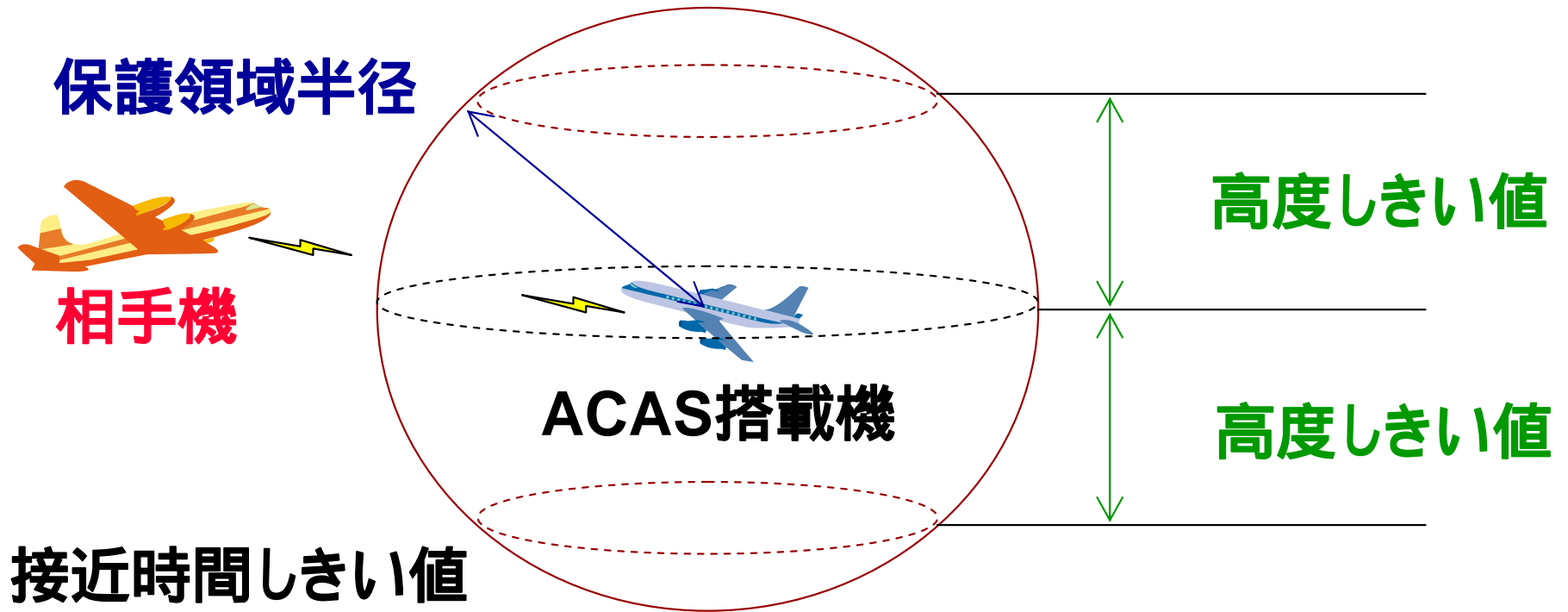
➤ **相手機: 約25秒以内に接近**



表示例

* 航空機搭載の「小型レーダ + 計算機」

- 地上機材の援助なしに動作
- 航空機の応答装置(ATCトランスポンダ)を利用
 - ◇ 二次監視レーダ(SSRモードS)の質問応答機能の一部



しきい値・保護領域半径: ACAS搭載機の飛行高度等で決定

ACAS運用と現状

No. 6

* TCAS II: 現在、世界で主に利用

- 1996年1月 正式運用
- 2001年1月 装備義務化
- 2005年1月 装備義務対象の拡大
- 2005年9月 - - - - - RVSM (垂直短縮間隔) の導入

座席数が19席または最大離陸重量が5.7トンを超え、かつタービン発動機を装備した航空運送事業用航空機

* ACASアルゴリズムバージョン 現在、全てVer.7

- 2000年～: 新規機材・アルゴリズム改訂済機材の搭載

* ACASアルゴリズムの改訂 (Ver.6.04A Ver7)

→ 目的:

- ◇ 空域利用方法の対応 ex. RVSM空域への対応
- ◇ 不要警報低減 レベルオフ時、すれ違い時等
- ◇ パイロットへのよりの確な情報提供方法への変更

垂直短縮間隔 ~ RVSM

No. 7

* Reduced Vertical Separation Minimum

→ 29000ft以上の航空機の高度間隔の短縮: 2005年9月30日





* ACAS動作への影響は？

- RVSM導入地域での運用状況の変化は？
- RVSM対応のためのアルゴリズム改訂の効果は？

運用状況を解析しなければわからない！！

運用モニタリング

RA発生時の対応
RAレポート

RA発生時の対応と運用モニタリング

No. 10

* RA発生時のパイロットの対応

- 国土交通省航空局に、RAレポートを提出
 - ◇ RAレポート:パイロットがRA発生状況を記入

* 運用モニタリング

- 目的:
 - ◇ ACAS運用時の効果や影響の調査
 - ◇ 国際レベルでの運用調査 諸外国のデータと比較
 - ◇ 運用上の取得情報をアルゴリズムや規定の改訂に反映
- 電子航法研究所における実施状況:
 - ◇ 航空振興財団の委員会活動の一環として1990年頃開始
 - ◇ 現在、ICAO・国土交通省航空局との協力のもと、継続実施中
- 電子航法研究所報告No.116にてVer.7の改訂効果を報告済
<http://www.enri.go.jp/report/kenichi/pdf/116.pdf>

RAレポート ~ 一例

No. 11

十数か所のチェック項目・
記述欄から構成

- * 発生年月日、便名
- * 位置、高度
- * 飛行フェーズ
- * RAの種類
- * RAに従ったか
- * RAの必要性
- * 気象状況

etc.

異常接近報告書(ニアミス
レポート)とは異なる

PILOT REPORT
(Fill in blanks/Circle correct answers)

Aircraft operator: _____
Name: _____ Telephone: _____
(Information requested on this line is optional)

Aircraft Call Sign: _____ Registration: _____ Type: _____
Aerodrome of departure: _____ Destination: _____
Date of event: _____ Time(UTC): _____
Own altitude: _____ ft/FL Cleared altitude: _____ ft/FL
Own aircraft position :FIR: _____ VOR: _____ Radial: _____ DME: _____
or
LAT: _____ LONG: _____
or
TMA: _____ SID/STAR Procedure: _____

Radar vectoring?: YES / NO
ATC unit: _____ Frequency: _____ SSR code: _____
Phase of flight : Take off / Climb / Cruise / Initial Descent / Hold / Approach / Final / Missed Approach
TA information (before RA) TA issued?: YES / NO Visual contact as a result of TA?: YES / NO
RA information
Intruder information bearing: _____ o'clock range: _____ NM
Relative altitude: _____ ft above / below Climbing / Level / Descending
Original RA: Climb / Crossing Climb / Descend / Crossing Descend
Reduce Climb / Reduce Descent / Monitor Vertical Speed
Subsequent advisory(jes) : Climb Now / Descend Now / Increase Climb / Increase Descent
/ Monitor Vertical Speed
Did you follow the RA?: YES / NO If appropriate, estimated deviation from clearance: _____ ft
RA was : Necessary / Useful / Nuisance
ATC information : ATC traffic information issued?: YES / NO
ATC avoiding action issued?: YES / NO If YES, consistent with RA?: YES / NO
Flight conditions : IMC / VMC Day / Night Visibility: _____ NM
ACAS software version : 7/ 6.04A / other / unknown
Remarks (if necessary, continue over leaf) :

国土交通省航空局 AIPより

運用モニタリングに基づく解析

RVSM前後のモニタリング結果の違い
ACAS動作の変化

RAレポートの統計分析

No. 13

* 2004年1月～2006年12月(3年間)を調査

* RVSM導入前(約21ヶ月間)

→ 2004年1月1日～12月31日:213件

→ 2005年1月1日～9月30日AM4:00:204件

19.9件/月



* RVSM導入後(約15ヶ月間)

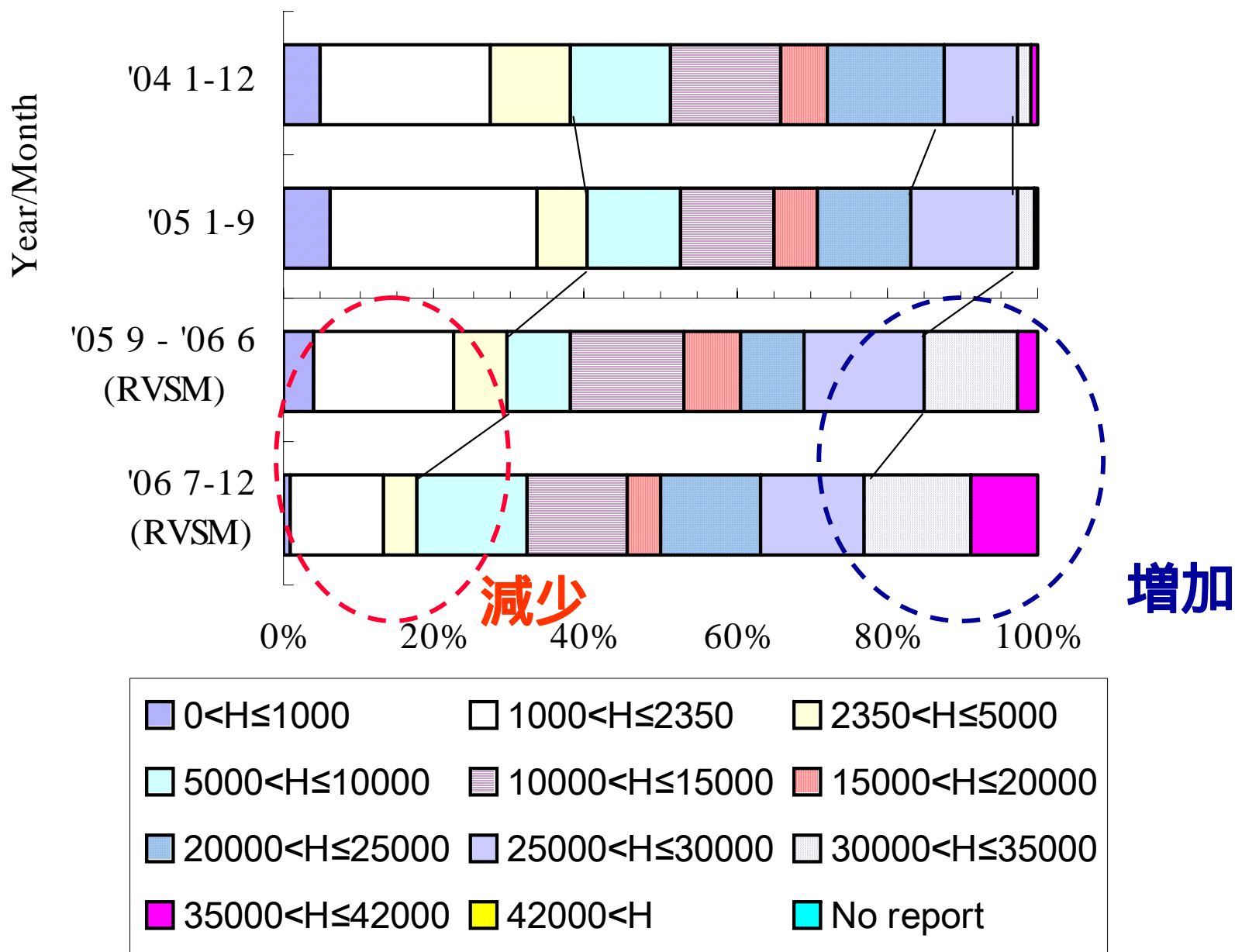
→ 2005年9月30日AM4:00～12月31日:66件

→ 2006年1月1日～12月31日:264件

22件/月

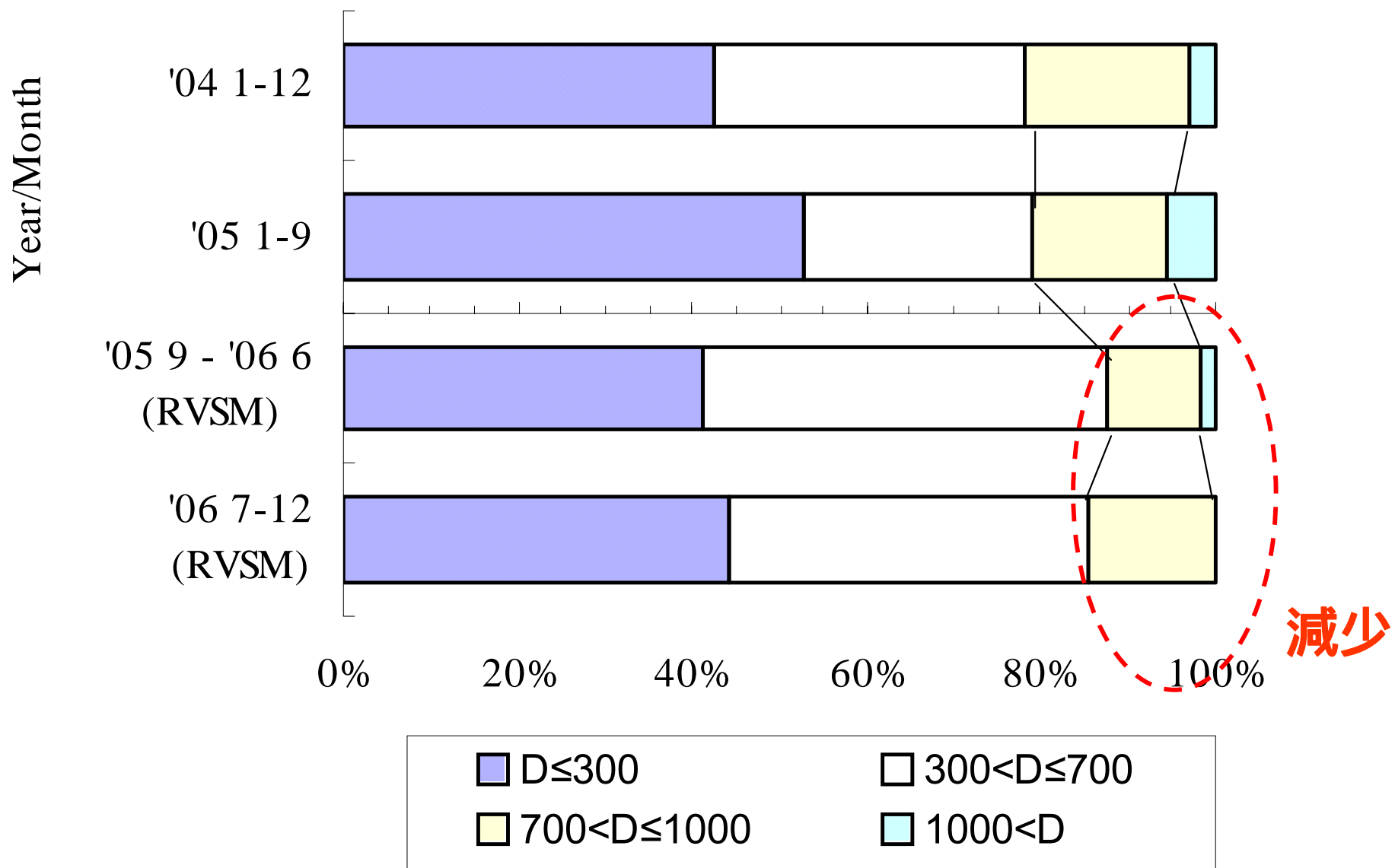
高度別

No. 14



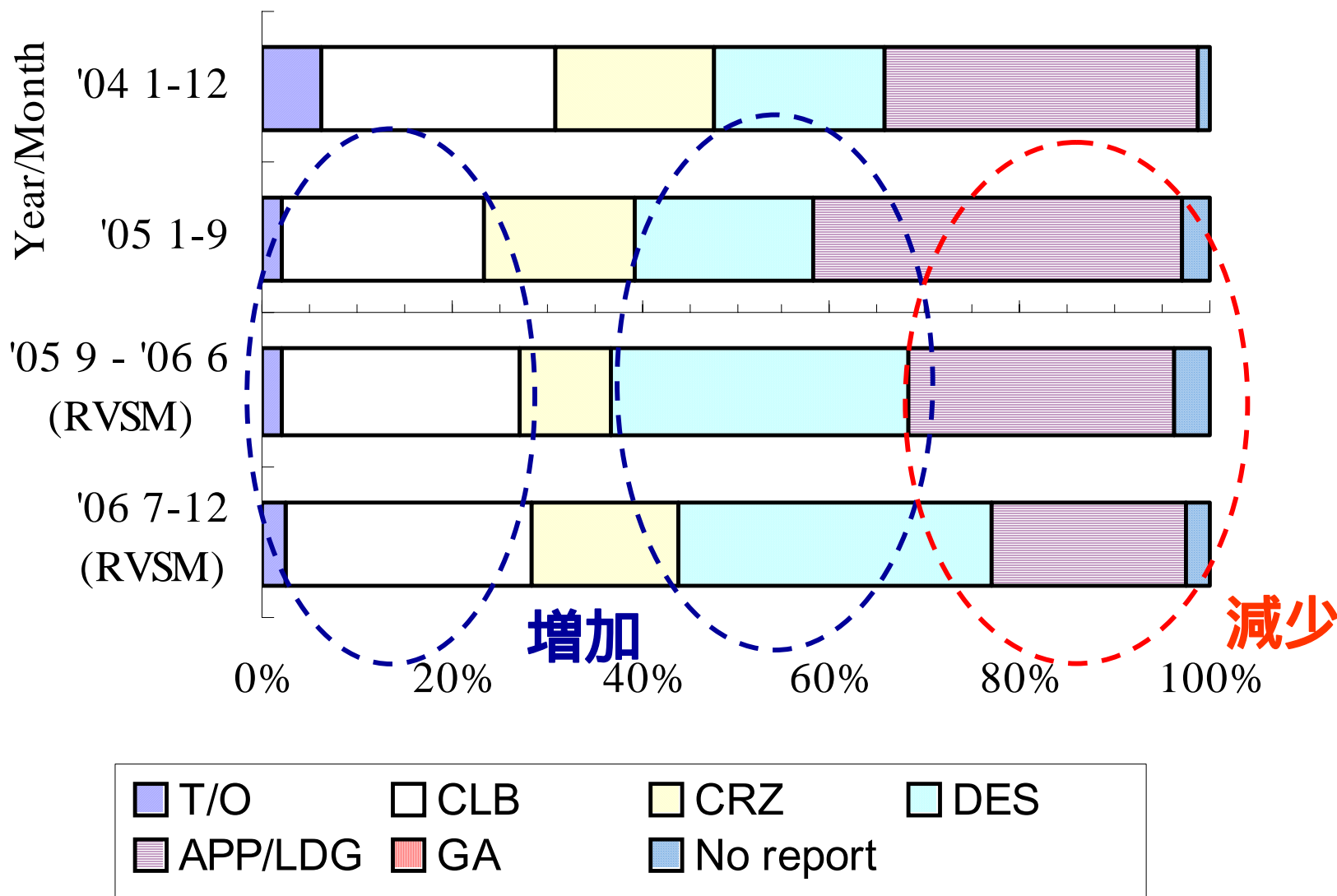
高度変移量別

No. 15



飛行フェーズ別

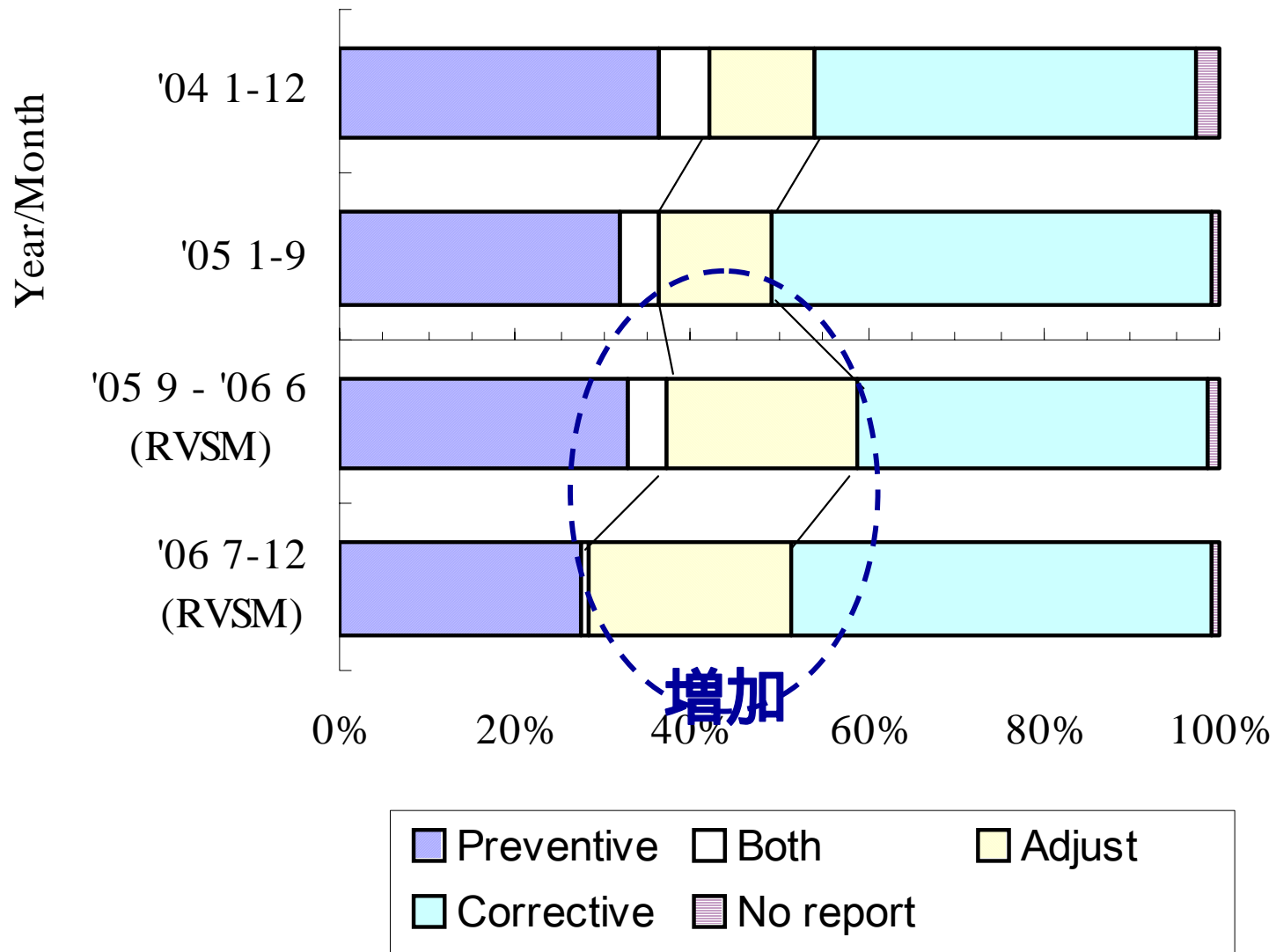
No. 16



高度変更、レベルオフ時等のRAレポートの割合の増加

RAタイプ別

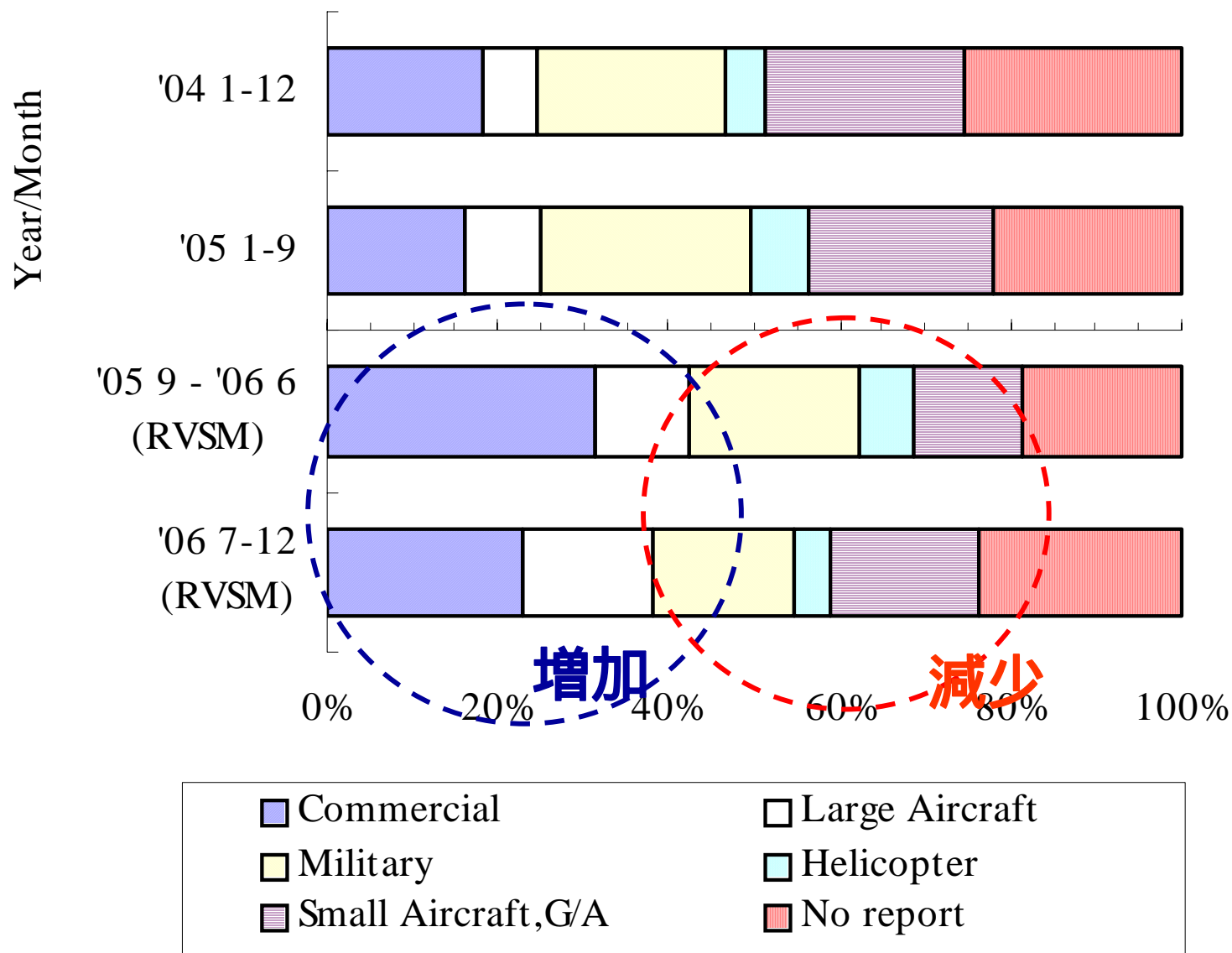
No. 17



上昇・降下時の増加との関連 高度変更時の可能性

相手機種類別

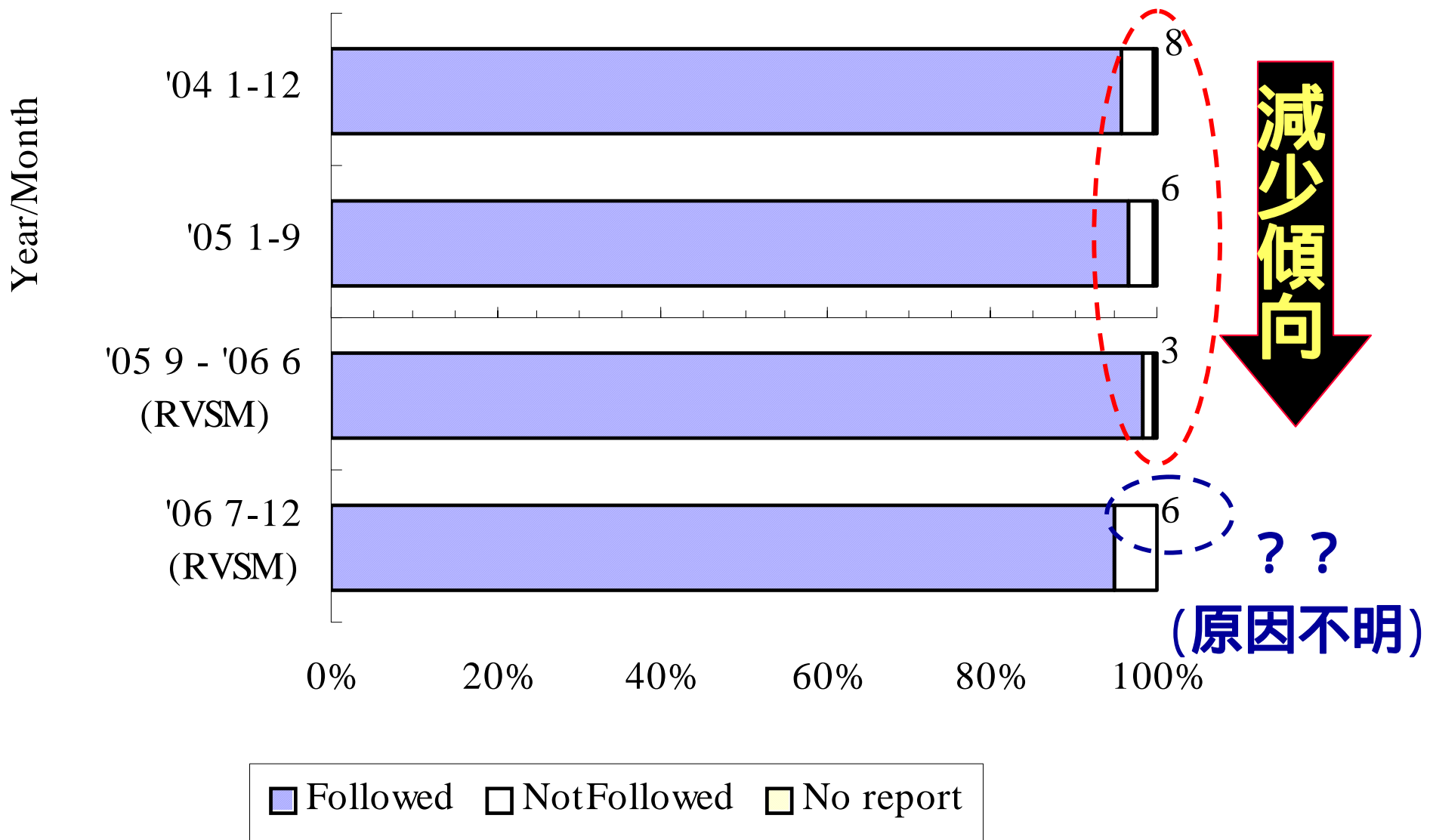
No. 18



30000ftよりも高い高度を飛行する代表的な航空機の割合の変動

RAへの追従別

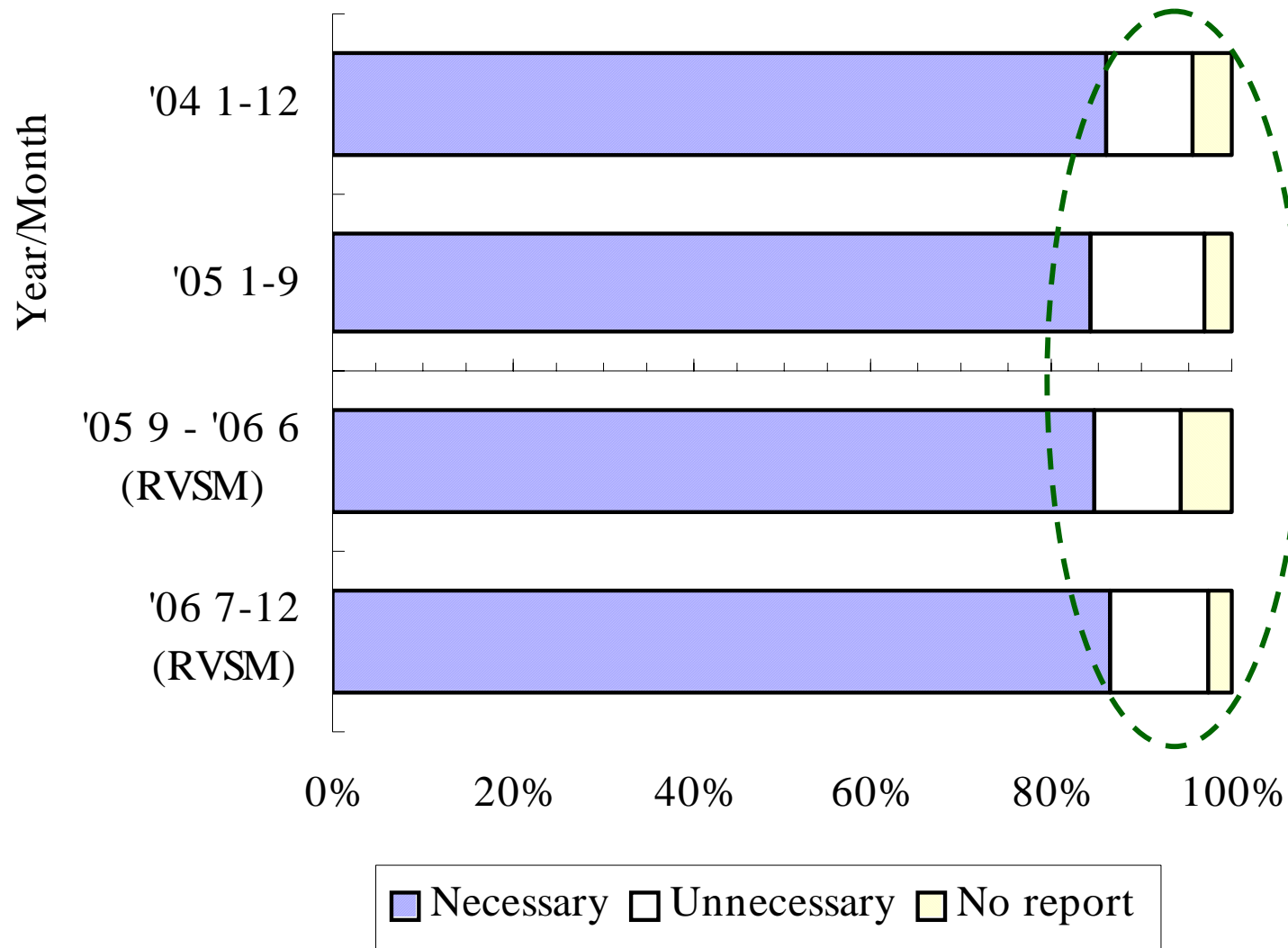
No. 19



従っていない場合 : 着陸時、瞬間的なRA、横方向で回避

RAの必要性別

No. 20



ほぼ不変

必ずしもRAを必要としない状況：
レベルオフ時、急激な高度変動時、離着陸時のRA

* RVSM導入によるACASへの影響の検討

→ 3年間(2004年1月～2006年12月)のRAレポートに基づく

* 結果:RVSM導入によるACASへの影響はあった

→ RAレポート数:1割程度増加

→ 空域利用の変化

◇ 高度分布、相手機の種類の变化

➤ 30000ftよりも高い高度の増加、5000ft以下の高度の減少

➤ 商用・大型機の増加、軍用・小型機の減少

→ RA発出状況の変化

◇ 飛行フェーズ、RAタイプの変化

➤ 上昇・降下時のRAの増加、上昇降下の調節のRAの増加

* パイロットの対応:RAが発出した状況次第

今後の課題

No. 22

- * 調査期間を延長した詳細な動向調査
- * 主成分分析等に基づく傾向分析の実施
- * バージョン改訂による運用状況の変化

Thank you !
Question?