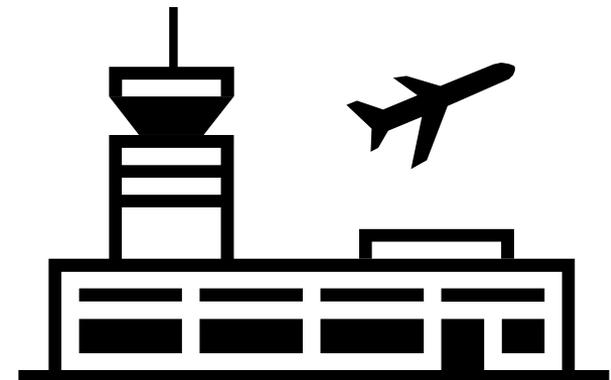
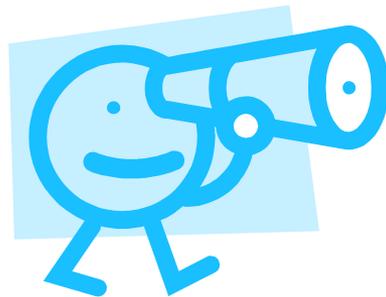


航空交通管制分野における定性的 安全性評価について

(独)電子航法研究所 天井 治



内容

1. 安全性評価の必要性
2. 定量的評価と定性的評価
3. ハザード解析
4. 事例紹介
5. 電子航法研究所における取り組み
6. まとめ

安全性評価の必要性

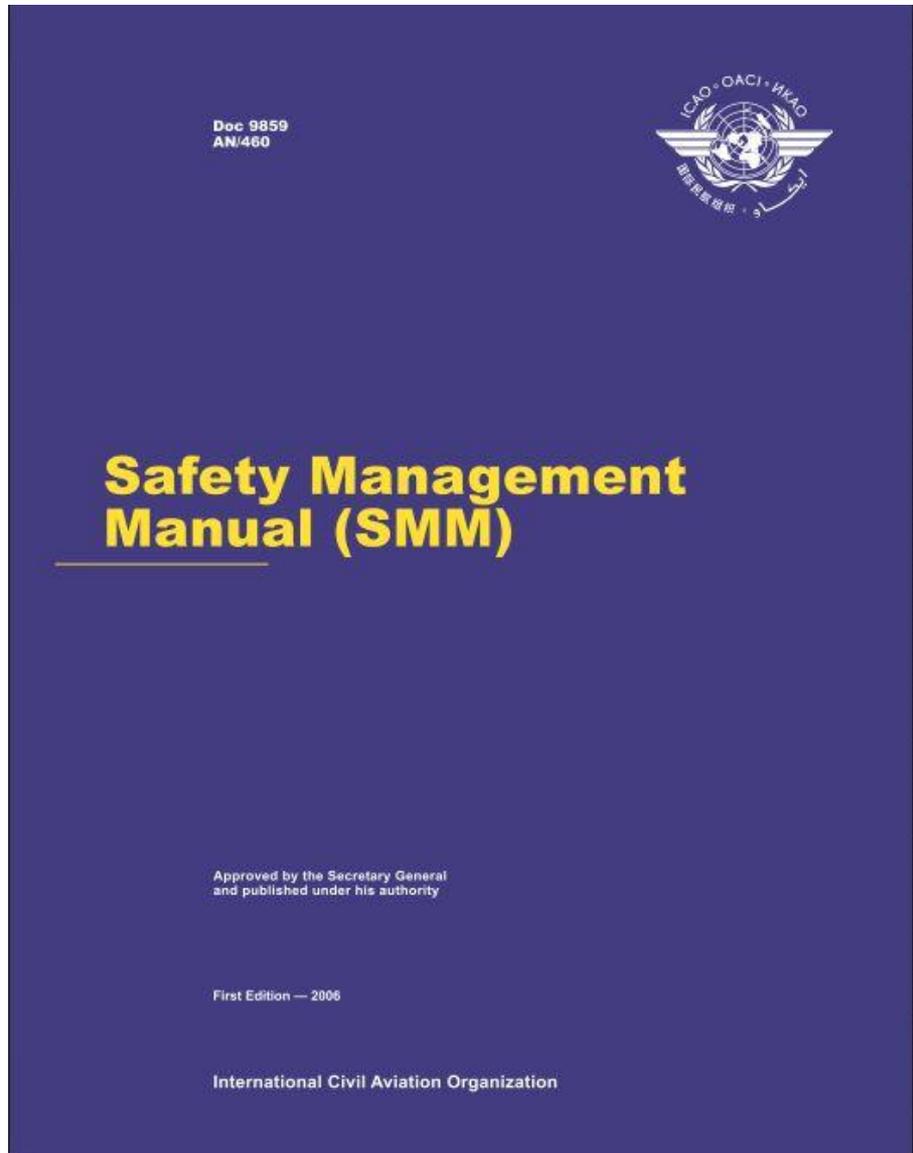
国際民間航空条約 第11付属書
(Annex11)「航空交通サービス」

ATCシステムの安全性に関わる重要な変更は、安全性の評価により安全性の許容レベルが満たされることが示され、そして、利用者の意見を聴いた後で行われるべきである。

更に、適当な時期にその安全性のレベルが満たされ続けているかを確認するべきである。

國際民間航空機關 (ICAO) Doc 9859 Safety Management Manual

第1版 2006
第2版 2009
第3版 2012



安全とは:

ハザード同定と安全リスク管理の継続的プロセスによって、人への危害あるいは所有物への損害の可能性が減少して許容レベル以下に維持されている状態。

広辞苑:

1. 安らかで危険のないこと。平穩無事。
2. 物事が損傷したり、危害を受けたりするおそれのないこと。

定量的安全性評価と 定性的安全性評価

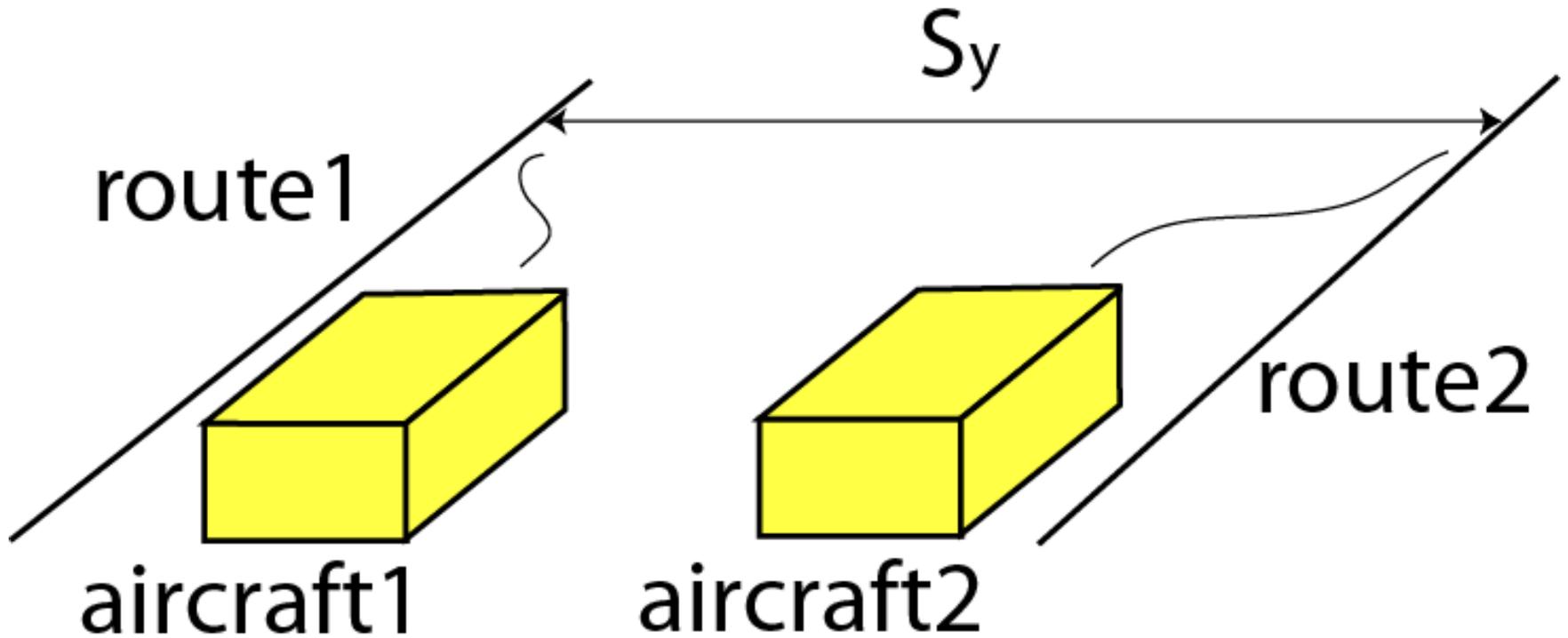
定量的安全性評価

対象・状況を数学的にモデル化出来る場合に使える手法

モデル化出来ない、もしくはどういう危険があるのかも分からない場合には使用不可

航空管制の分野では、1960年代にReichにより提案された「衝突リスクモデル」が、しばしば使用されている。

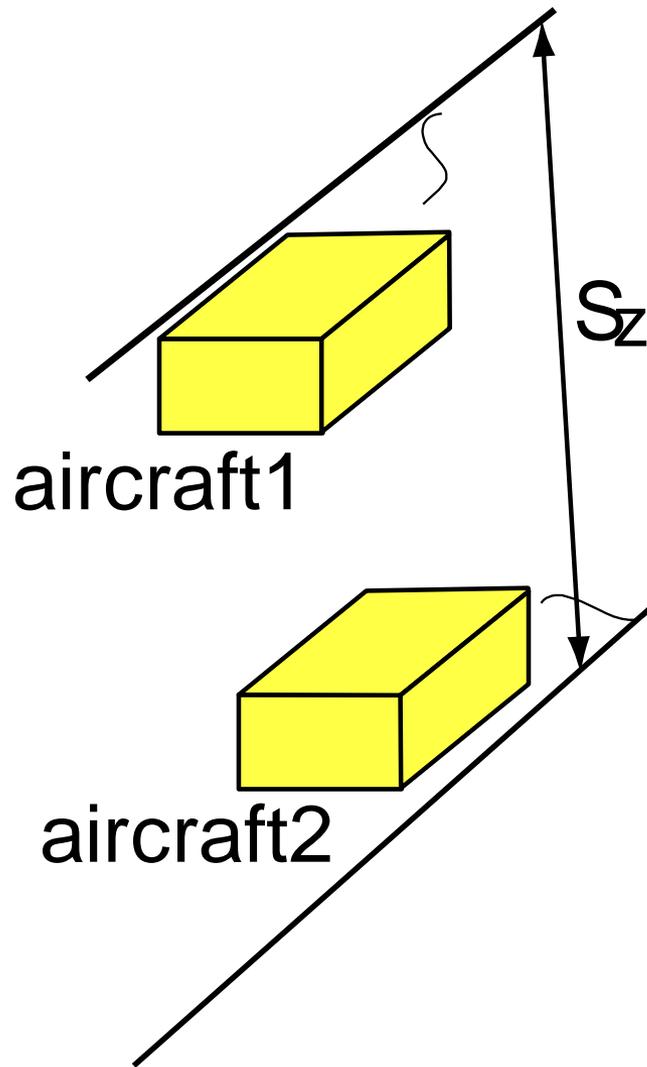
衝突リスクモデルの概念



横方向で重なる & 垂直方向で重なる
& 進行方向で重なる



衝突

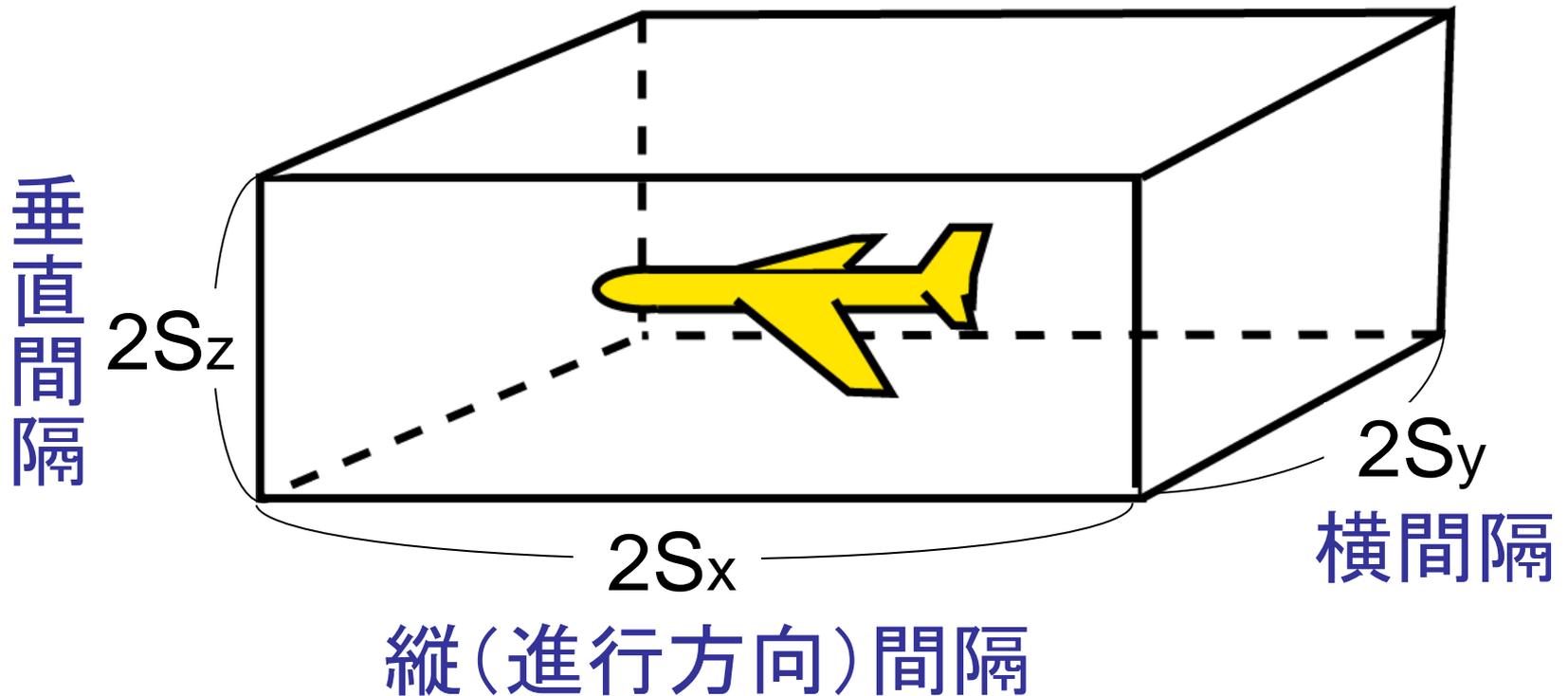


衝突リスクモデルの概念図

管制間隔

安全で効率的な航空機の運航

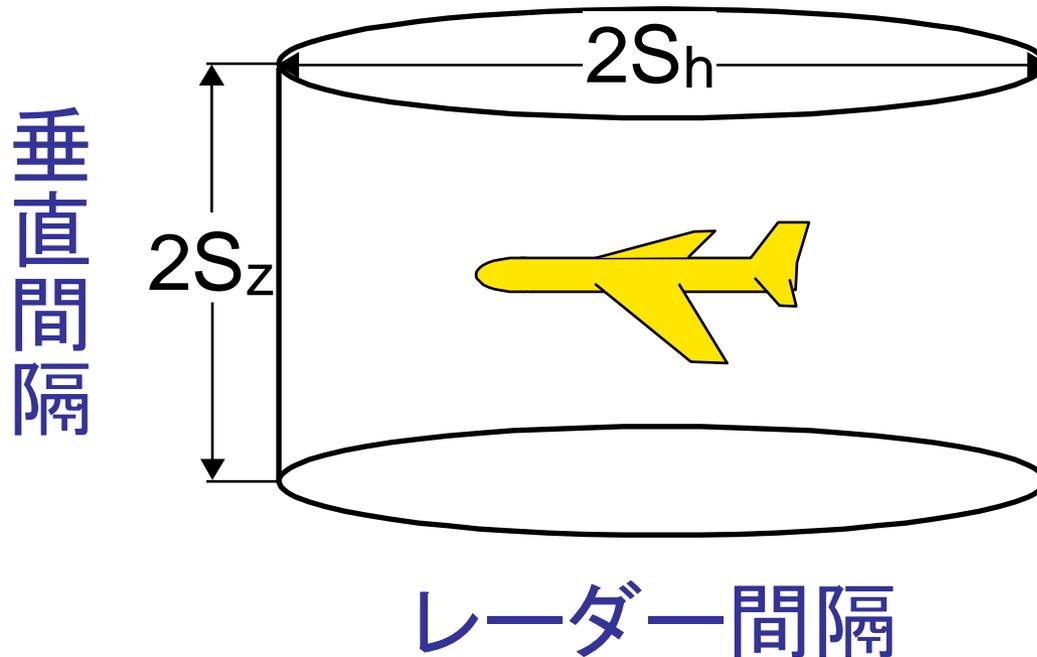
管制間隔の基準



管制間隔

安全で効率的な航空機の運航

管制間隔の基準



垂直方向衝突リスク

垂直間隔の喪失により起こる航空機衝突事故件数の単位飛行時間あたりの期待値(1衝突=2事故)

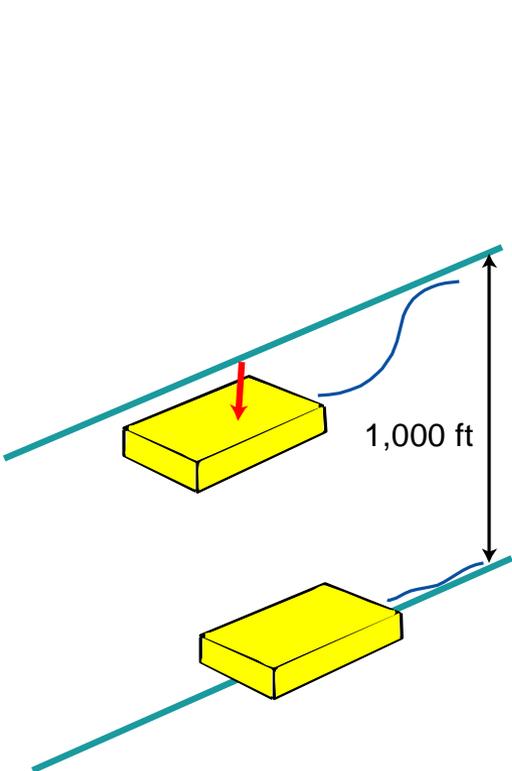
[件/飛行時間]

$$N_{ay}(o+s) = P_z(1,000) P_y(0) N_x^y(e) K$$

進行方向
近接通過頻度

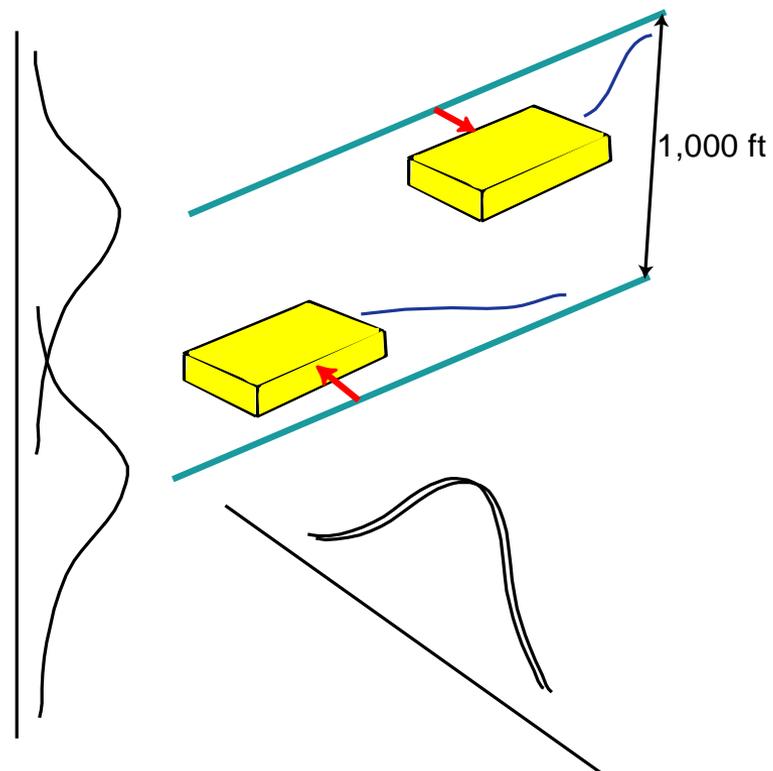
横方向重畳確率 横方向

垂直方向重畳確率
高さ方向



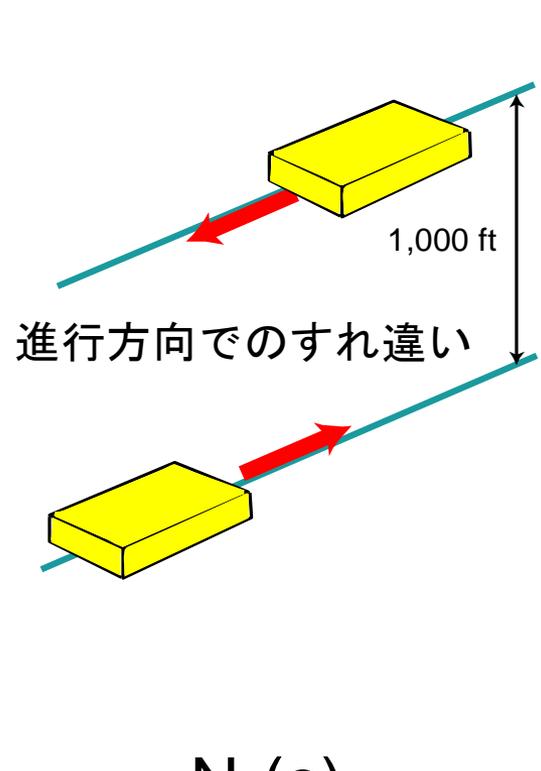
$P_z(1,000)$

垂直方向
重畳確率



$P_y(0)$

横方向重畳確率



$N_x(0)$

近接通過頻度

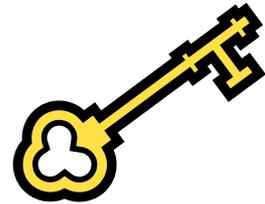
目標安全度

(Target Level of Safety: TLS)

衝突リスクの最大許容値

垂直方向衝突リスクに対するTLS

5×10^{-9} [件／飛行時間]



衝突リスクの推定値 < TLS



安全と見なす



定性的安全性評価

モデル化が出来ない場合やモデル化を行うための危険状況の把握等のために用いる手法

羽田空港で導入された新方式などの場合は、モデル化しようにも、どのようなリスクがあるのかも分からない状態



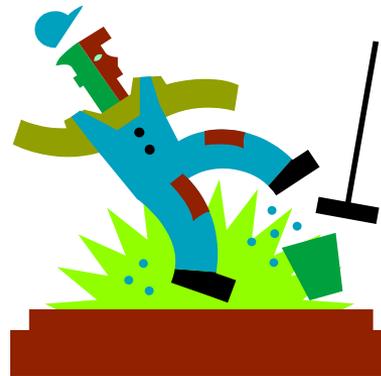
定性的安全性評価が必要

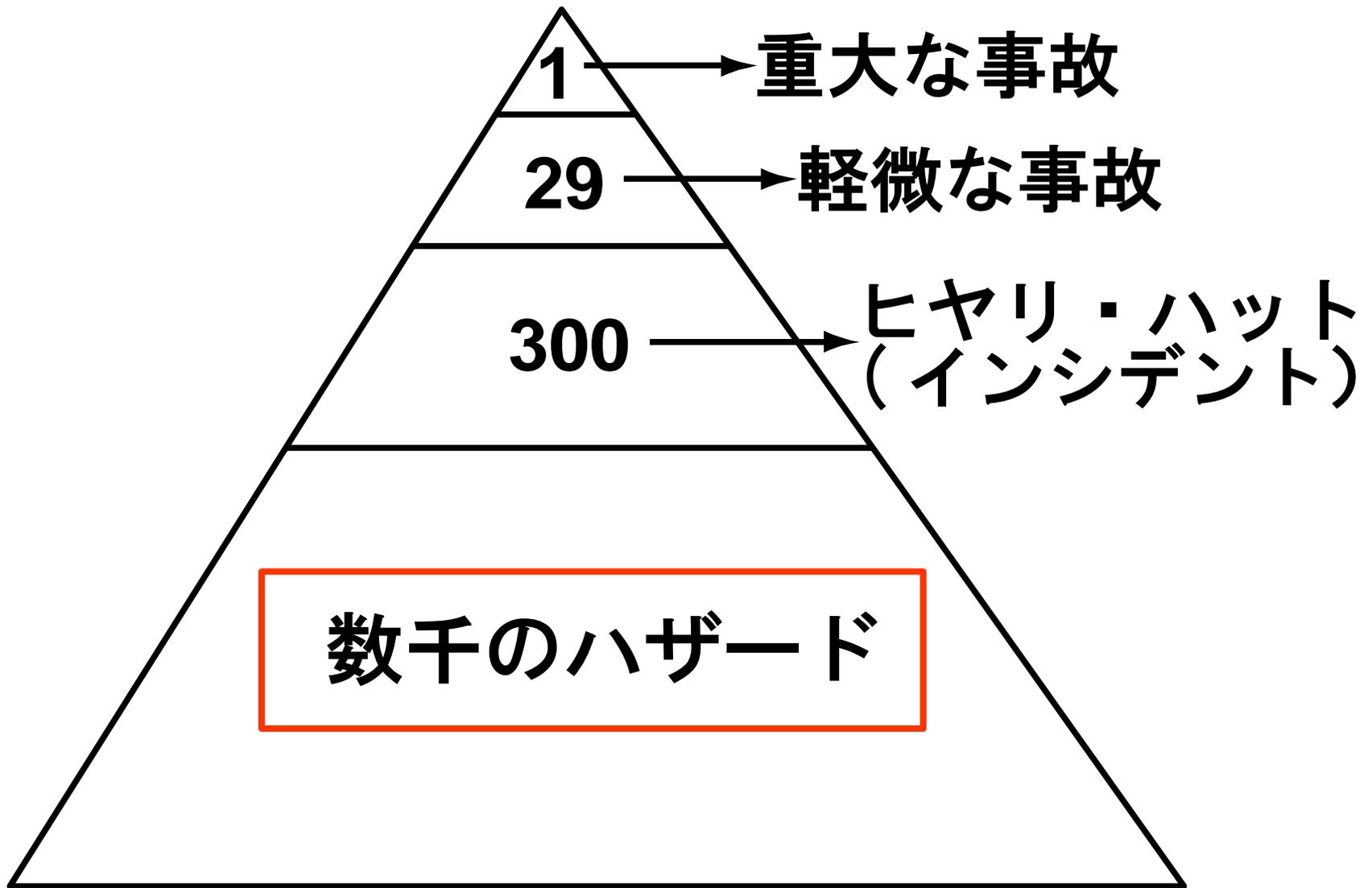
ハザード解析

ハザードとは？

「予期しない、または期待しない出来事を導いたり、その原因となったりする状態、事象、状況」(FAA ORDER 8040.4)

事故の原因となる状態、事象、状況

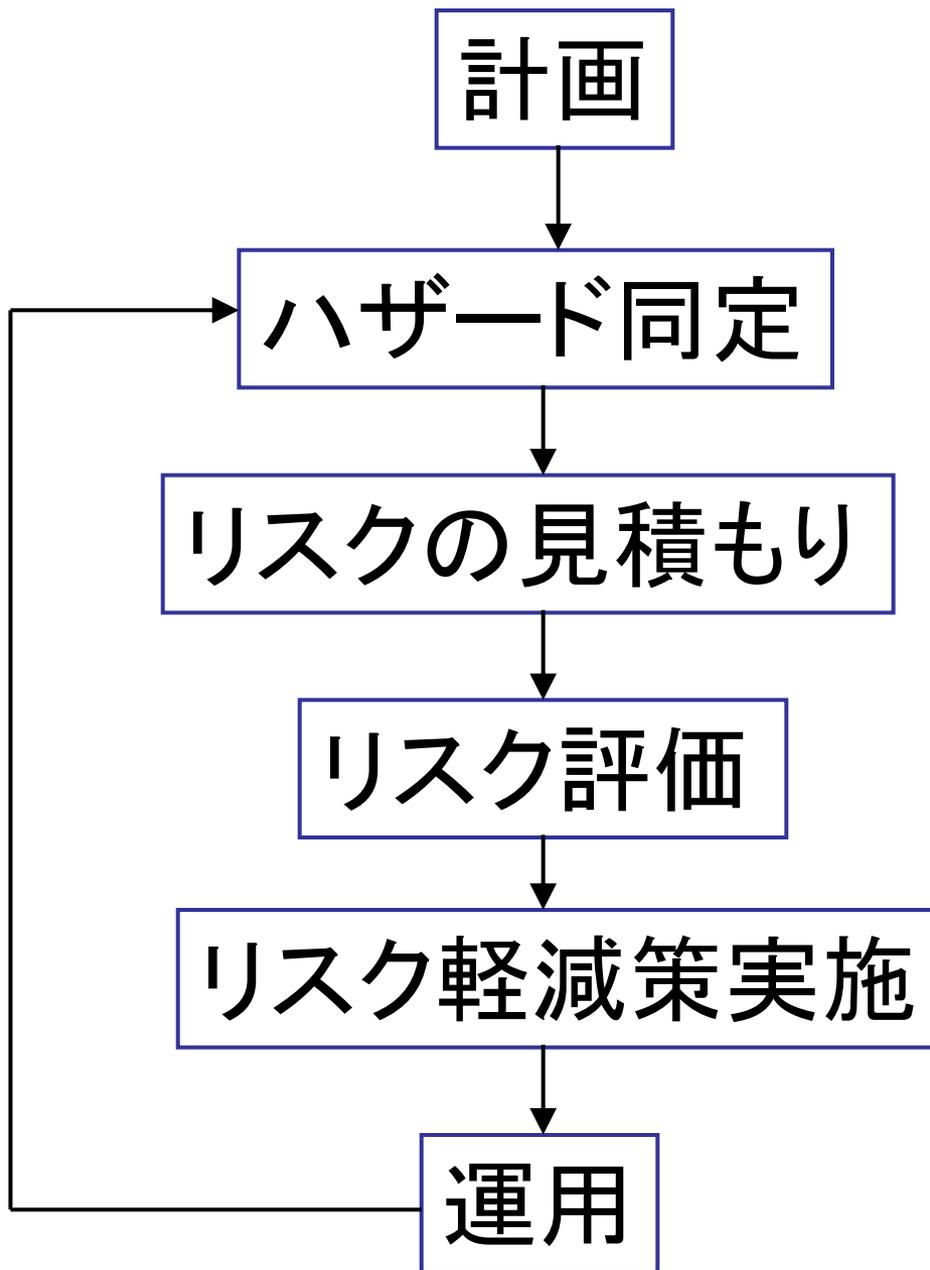


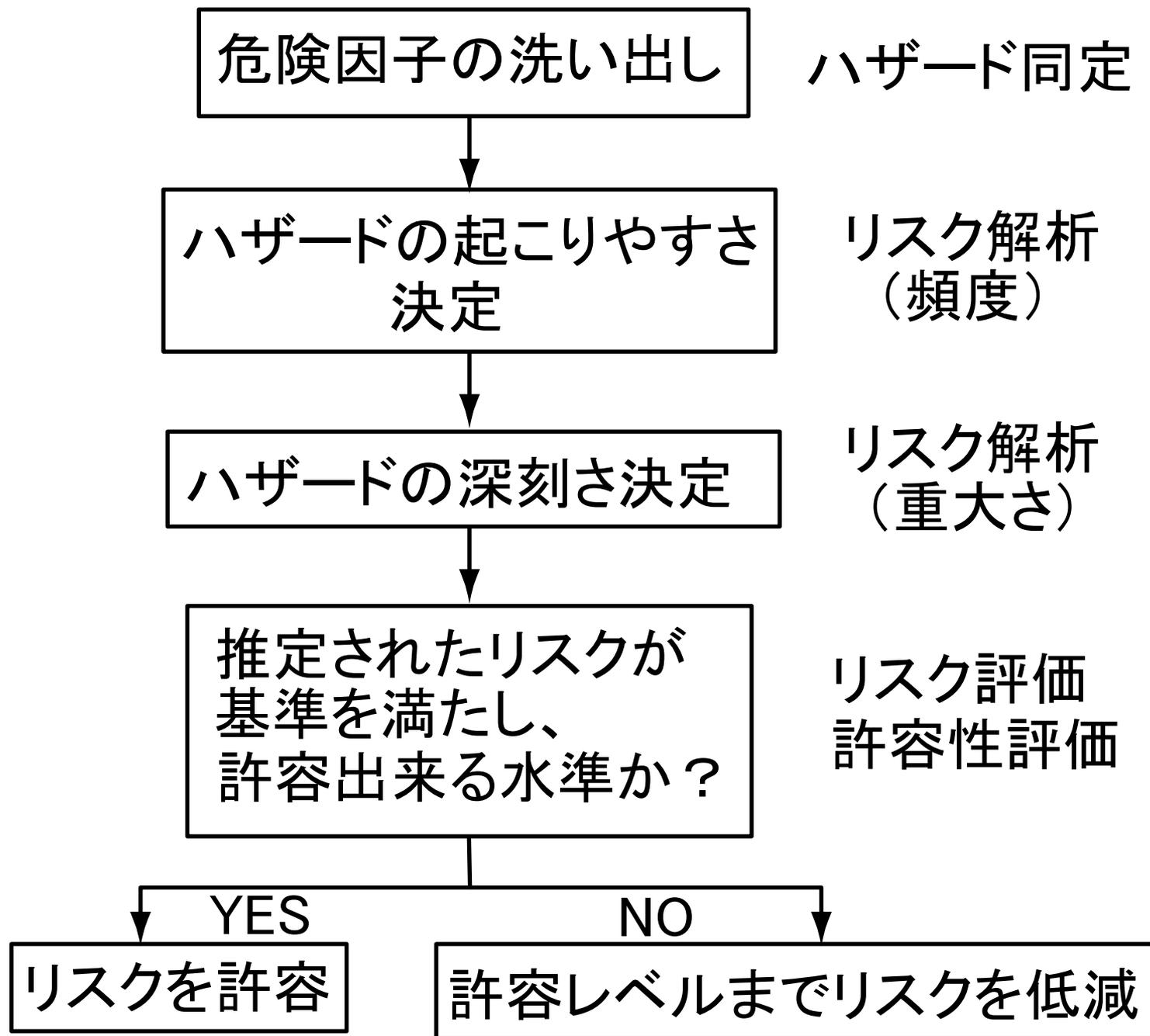


ハインリッヒの法則

ハザード同定は安全リスク管理のプロセスで
欠くことのできないものである。(SMM)







あるハザードによるリスクRは、
 $R=f(P,S)$ (1)

で表せるものとする。

ここで、

P:ハザードの発生頻度

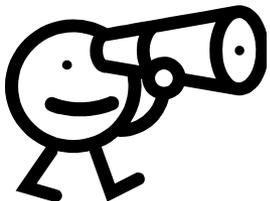
S:ハザードの重大さ(危険の度合い)

f(): P, Sを引数とする関数



あるハザードに起因するリスクの推定

- (i) ハザードの洗い出し(ハザード同定)
[PHL(予備的ハザードリスト)
HAZOPなど]
- (ii) そのハザードの発生頻度Pを決定
[FTA(故障木分析)など]
- (iii) そのハザードの重大さSを決定
[ETA(事象木分析)など]
- (iv) (1)式によりリスクRを計算



リスクマトリクスの例

頻度 \ 重大さ	機器に軽微な障害	機器に重大な障害	死亡事故のおそれ
非常に希	無視できる	無視できる	許容できる
ときどき	無視できる	許容できる	要対策
しばしば	許容できる	要対策	要対策

要対策になったハザードに対し
リスクの軽減策を立てて実施

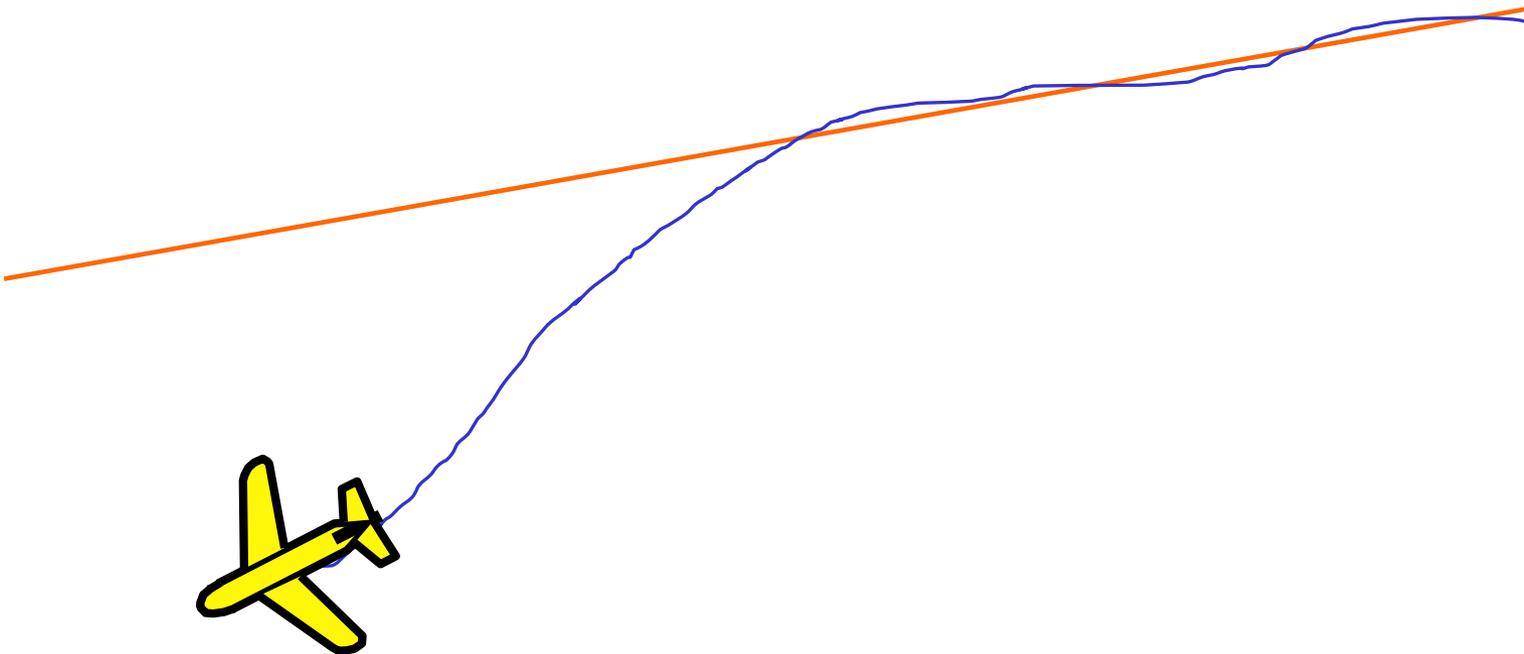
定性的安全性評価の事例

海外の事例

欧州: RNAV (広域航法) 平行経路における安全な横間隔の検証

Hazard Analysis of Route Separation Standards
(EUROCONTROL 1994)

経路からの逸脱頻度をハザード解析により推定。

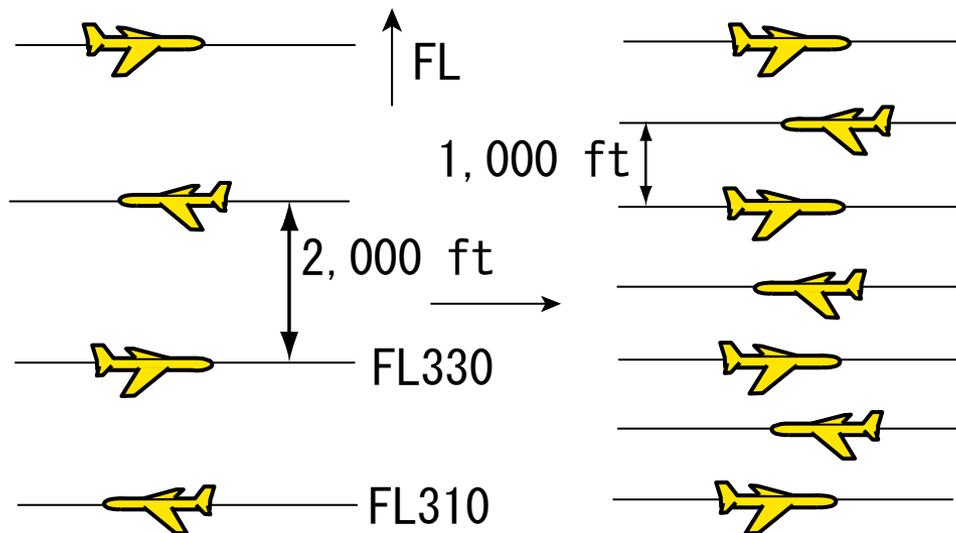


欧州RVSM(短縮垂直間隔)導入前

Functional Hazard Assessment(2001)

73件のハザード中、2件が許容出来ないもの。

- ACAS(航空機衝突防止装置)での不快なTA(接近情報)やRA(回避指示)の発生。
- 承認高度と異なる高度での飛行。



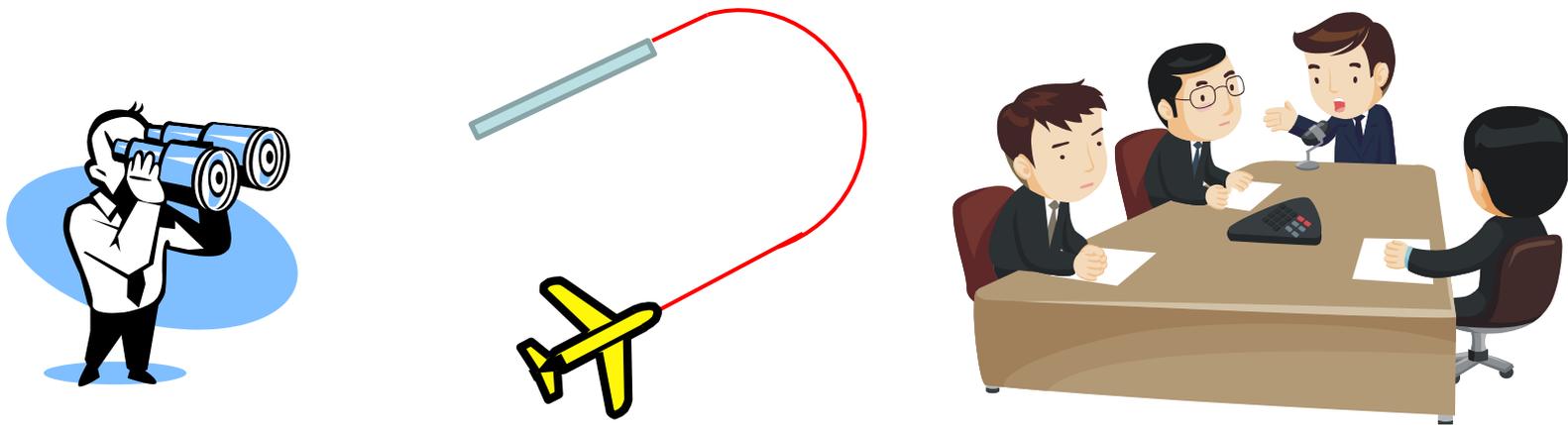
1 ft = 0.3048 m

RVSM適用後

日本での事例

東京国際(羽田)空港におけるRNP(航法性能要件)-AR(要特別許可)進入方式導入に対するFOSA(飛行運用安全性評価)の実施 (2010年 DNV)

霞ヶ関にて2009年11月、2010年2月にブレインストーミング会議を実施。



東京国際(羽田)空港におけるLDA(Localizer type Directional Aids)進入方式の導入に対するアンケート調査等の実施

(2010年 航空局・電子航法研究所)

アンケート調査によるハザードの同定および対応策の策定を実施。



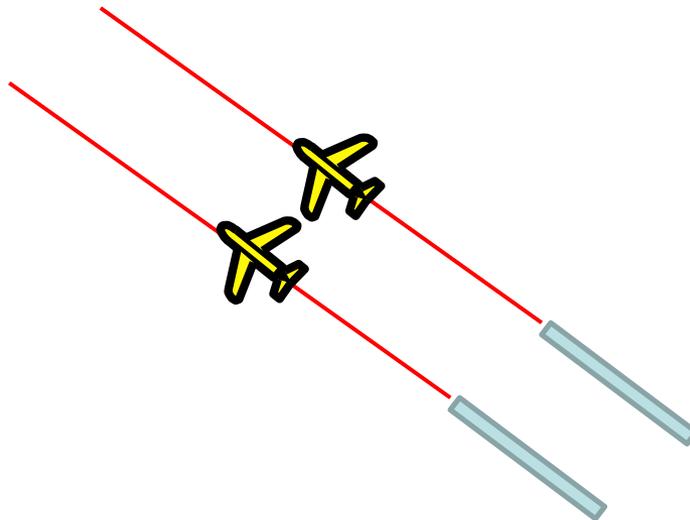
成田空港における同時平行離陸方式の導入に 対する安全性検証の実施

(2010年 MITRE)

ハザード解析

管制官の応答速度の実測

航空機同士の接近監視の条件付きで運用中



電子航法研究所 における取り組み

新しい管制方式の導入等

危険因子分析等、事前の安全性評価

危険因子の洗い出し等のための会議

参加者は交通費や移動時間等を浪費

インターネット上でも議論が盛んな時代

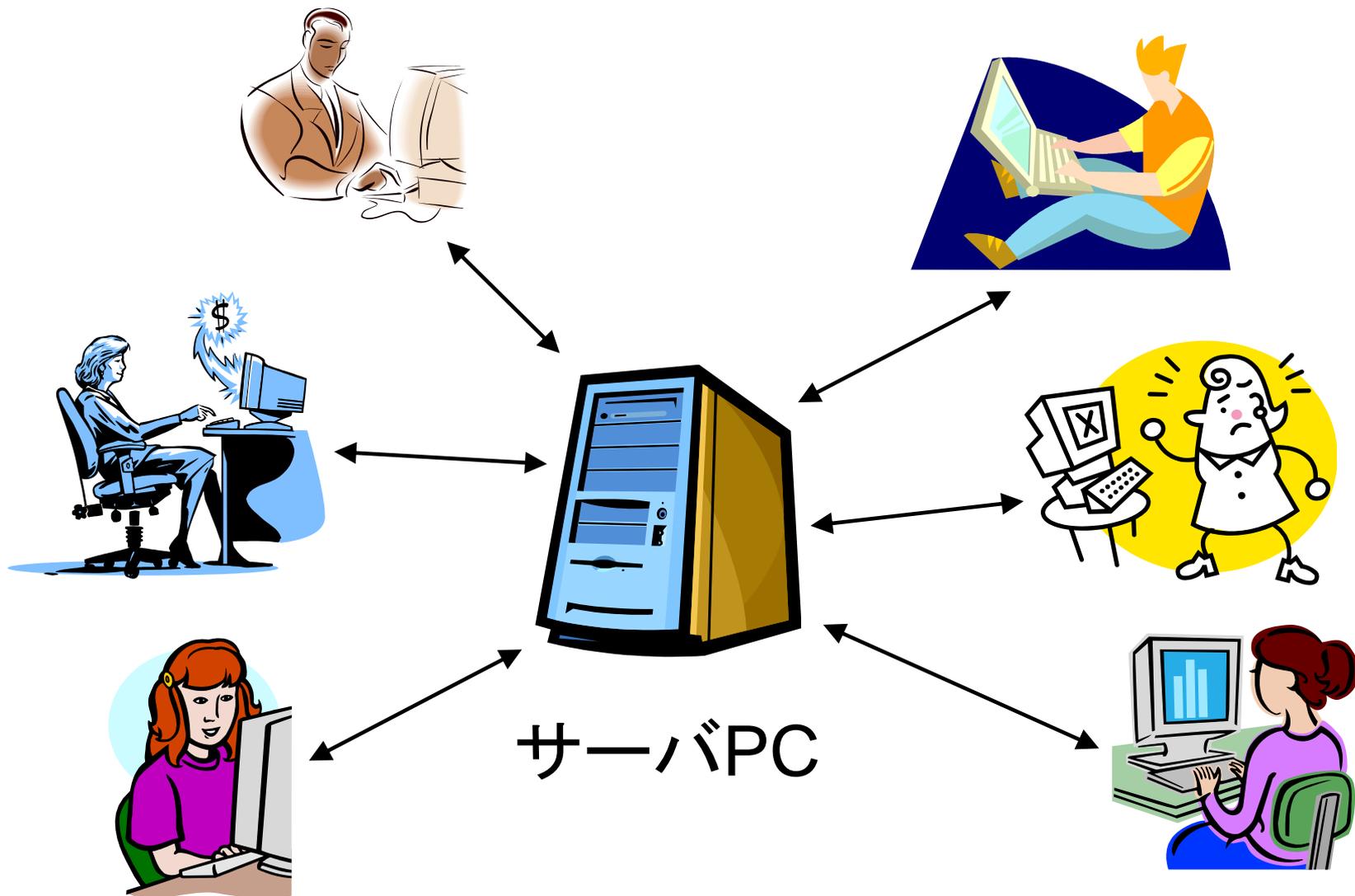
ハザード同定...ブレインストーミングによる会議などで決めることが多い。

参加者は、様々な方面の立場の異なる人達であることが望ましい。

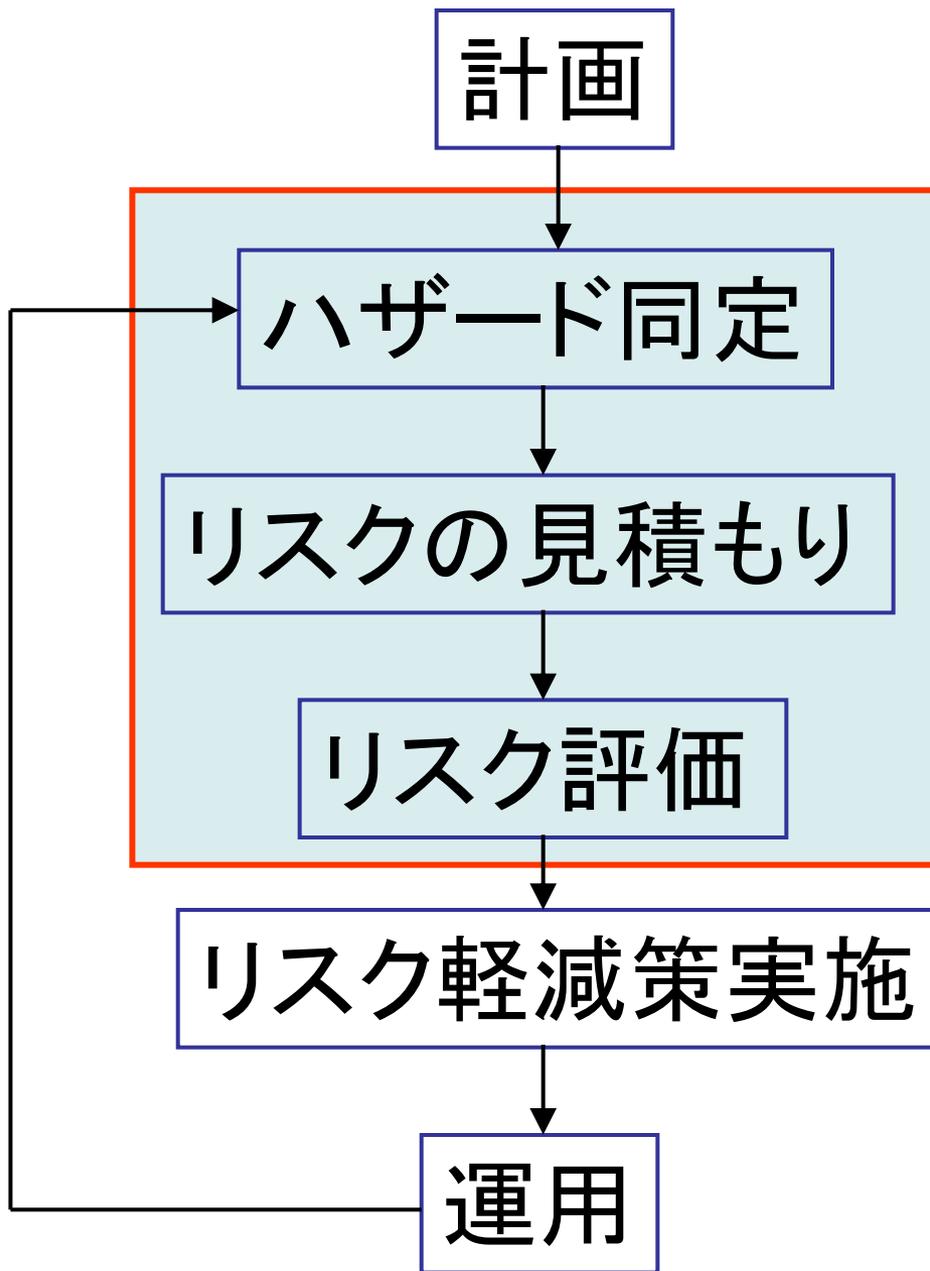
事務局の日程調整の労、参加者の交通費、移動時間の浪費などを軽減したい。



情報共有システムを利用したハザード同定・リスク評価システムを提案



情報共有システムの概要



提案システムの
の機能

ハザードリスク評価(評価者用)

ハザード名	旋回遅れ
ハザードの詳細	パイロットによる目視旋回の遅れ

種別:

コメント

ハザードに対する過去議論は登録されていません。

重大さ、頻度の詳細

重大さ <input type="text" value="重大さ3"/>	1	2	3	4	5
	無視できる	重大でない	考慮すべき	重大	壊滅的
頻度 <input type="text" value="頻度3"/>	1	2	3	4	5
	非常に希	希	ときどき	しばしば	とても頻繁

ハザードの発生頻度・重大さの評価画面

頻度、重大さの詳細設定

頻度1	名前 非常に希	詳細 very rare
頻度2	名前 希	詳細 rare
頻度3	名前 ときどき	詳細 sometimes
頻度4	名前 しばしば	詳細 often
頻度5	名前 とても頻繁	詳細 very often
重大さ1	名前 無視できる	詳細 Negligible
重大さ2	名前 重大でない	詳細 not critical
重大さ3	名前 考慮すべき	詳細 considerable
重大さ4	名前 重大	詳細 critical
重大さ5	名前 壊滅的	詳細 catastrophic

頻度、重大さの詳細決定

リスクマトリックス設定

	頻度1	頻度2	頻度3	頻度4	頻度5
重大さ1	無視できる	無視できる	無視できる	無視できる	無視できる
重大さ2	無視できる	無視できる	無視できる	許容できる	許容できる
重大さ3	許容できる	許容できる	許容できる	看過できない	看過できない
重大さ4	許容できる	看過できない	看過できない	看過できない	看過できない
重大さ5	看過できない	看過できない	看過できない	看過できない	看過できない

リスクマトリックス設定画面

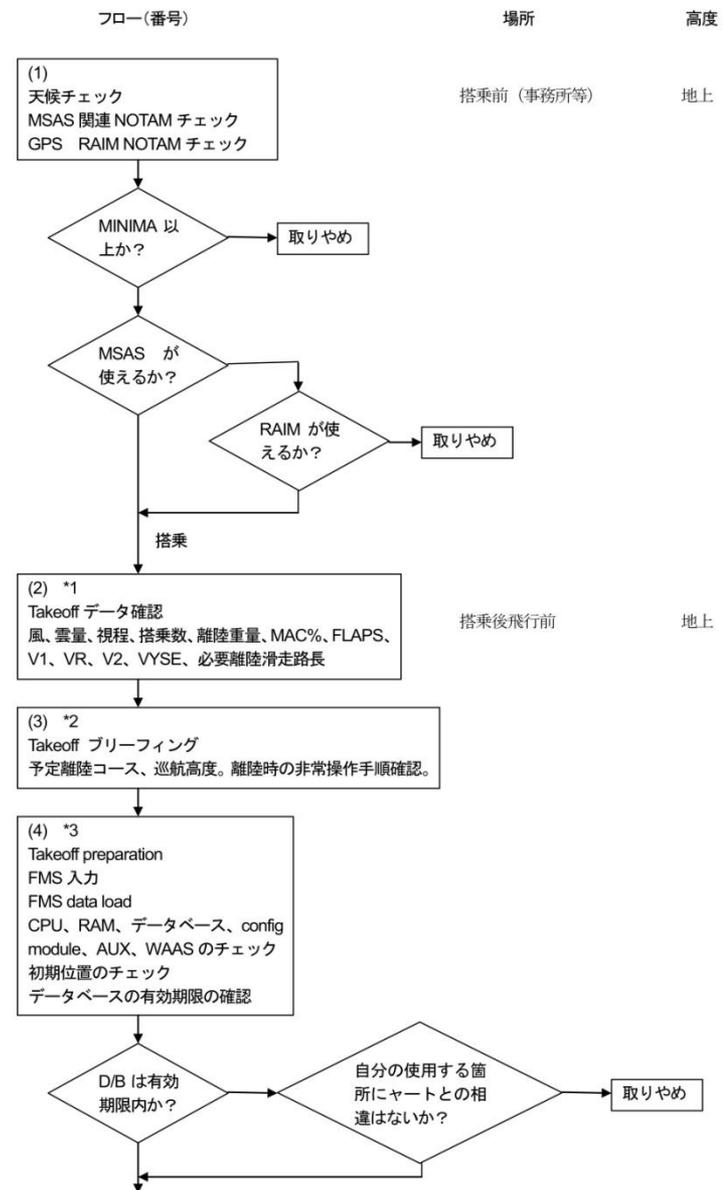
定性的安全性評価を実施する際の注意点

航空交通管制分野で定性的安全性評価（ハザード同定・リスク評価）を行う場合、**航空管制官、操縦士、気象の専門家等**、様々な異なる視点の方々の協力が必要となる。



シナリオの作成のため、操縦士の模擬操縦をビデオに撮影し、テープ起こしをしてフローチャートを作成。

現在、提案システムを用いた準備的ハザード同定・リスク評価の実施に向けて準備中。



最後に

安全性評価、特に**定性的安全性評価**について**航空交通管制分野**に的を絞り報告した。

Safety Management Manualでは、ハザード同定の重要性が指摘されている。

今後も新しい飛行方式の導入が計画されている。**効率的なハザード同定手法の確立**は、今後の航空の発展の一助になると考える。