

# 灯火・標識といった視覚情報による 滑走路への誤進入対策について

自動車技術総合機構  
交通安全環境研究所 青木 義郎

# 現在の滑走路誤進入関連の灯火・標識

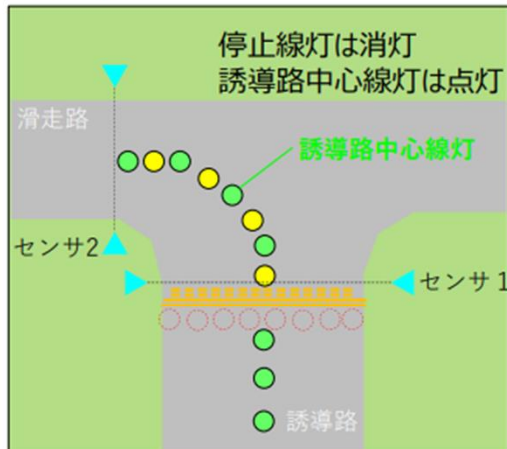
ICAO国際基準に基づき、様々な灯火・標識による滑走路誤進入対策として運用



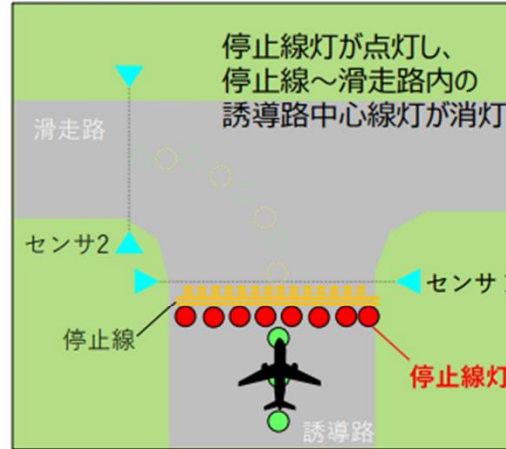
# 停止線灯(ストップバーライト)の効果

滑走路誤進入防止のため平成から国内空港でも運用開始

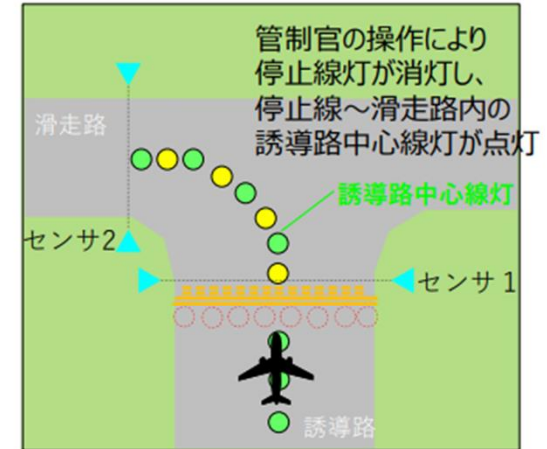
①運用前



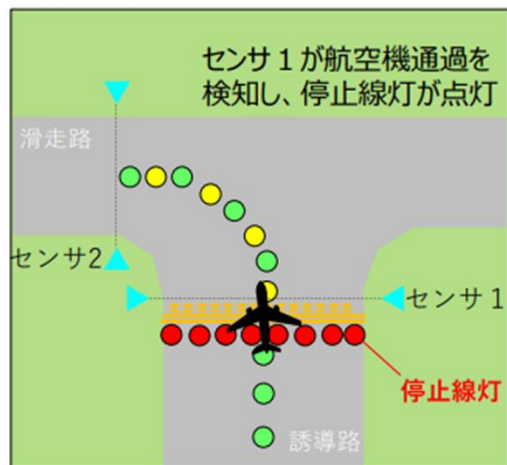
②運用開始



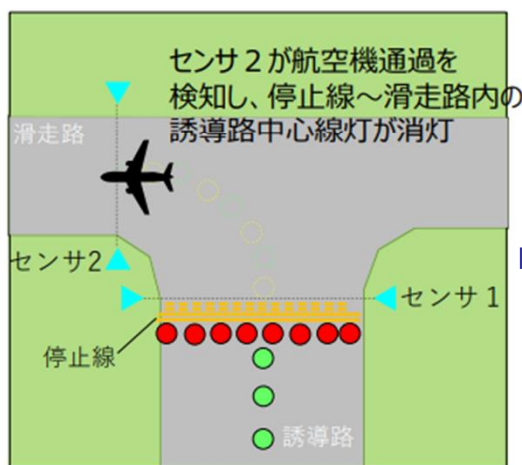
③進入許可



④停止線通過



⑤滑走路進入



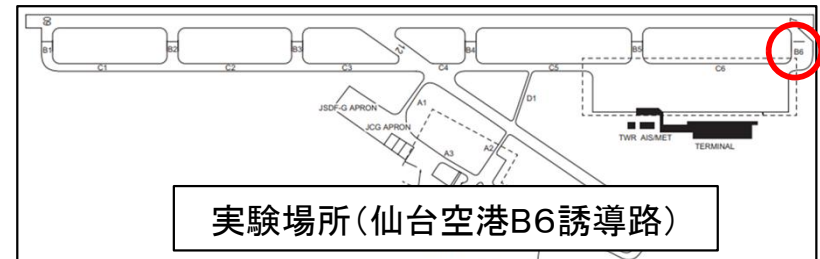
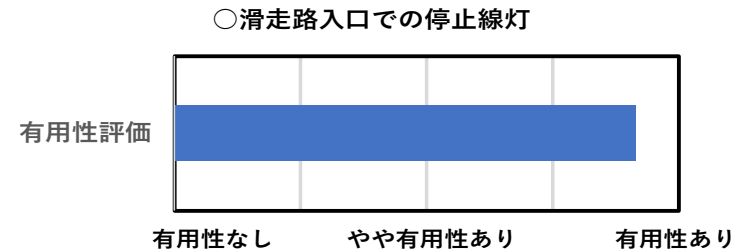
視覚情報により  
分かりやすく、  
確実に情報伝達

# 停止線灯(ストップバーライト)の効果

## 過去に実施した評価結果

### 交通研で実施した運用評価実験

- ・場所: 仙台空港(B6誘導路)
- ・時期: 平成元年10月～平成2年2月
- ※観測したパイロット(104名)によるアンケート評価



この結果などに基づき国内で運用開始  
※運用条件は視程600m以下(ICAO基準では550m未満)

### ○今後の課題

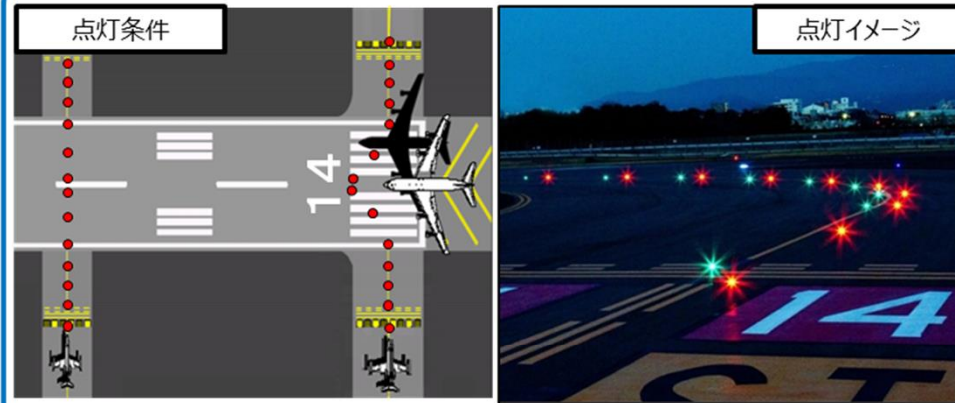
- ・安全性向上のため運用条件(低視程以外)の拡大?
- ⇒停止線灯の消灯は管制官の手動操作が必要なため作業負担増につながる恐れも

# 滑走路状態表示灯 (RWSL)

## 【滑走路状態表示灯 (RWSL : Runway Status Lights)】

➔ 滑走路状態表示灯とは、航空機または車両が滑走路を占有（使用）している場合、他の離陸しようとする航空機もしくは滑走路を横断しようとする航空機または車両に対して警告する灯火である。

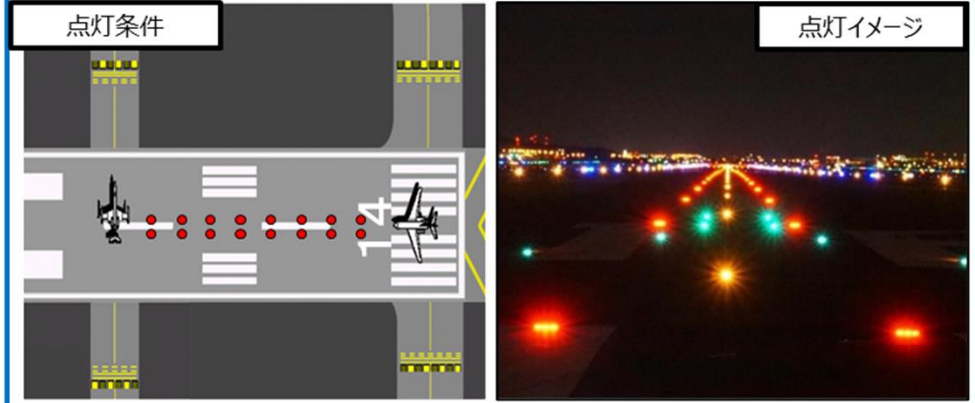
航空機接近警告灯 (REL : Runway Entrance Lights)  
滑走路誤進入の防止



離着陸する航空機がある場合に、滑走路を横断しようとする航空機のパイロットに進入が危険であることを警告するために点灯する。

【導入空港：新千歳空港、大阪国際空港、福岡空港、那覇空港】

離陸待機警告灯 (THL : Takeoff Hold Lights)  
誤出発の防止

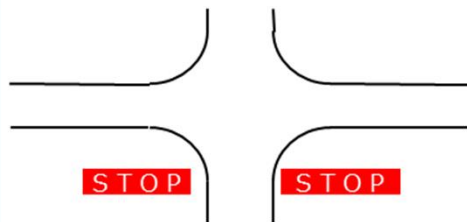


滑走路を横断する航空機がある場合に、離陸出発しようとする航空機のパイロットに進行が危険であることを警告するために点灯する。

【導入空港：新千歳空港、大阪国際空港、福岡空港、那覇空港】

可変表示型誘導案内灯 (VMS : Variable Message Signs)  
航空機接近警告灯の代替

状況に応じ表示を変化



可変表示型誘導案内灯 (VMS)



➤ 東京国際空港においては、埋込型灯器であるRELに代えて、滑走路と誘導路の交差部の緑地帯に可変表示型誘導案内灯を設置している。  
➤ 動作に関してはRELと同様に、離着陸する航空機がある場合に、滑走路を横断しようとする航空機のパイロットに進入が危険であることを警告するために点灯する。

【導入空港：東京国際空港】

# 滑走路状態表示灯(RWSL)の見え方

## 過去に実施した見え方評価(交通研)

各条件でほぼ十分な見え方の確保可能

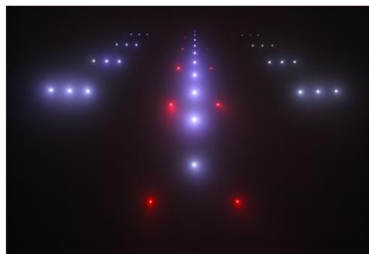
・実験時期:平成21年2月(交通研霧室、屋外)

○航空機接近警告灯REL  
(200cd以上)



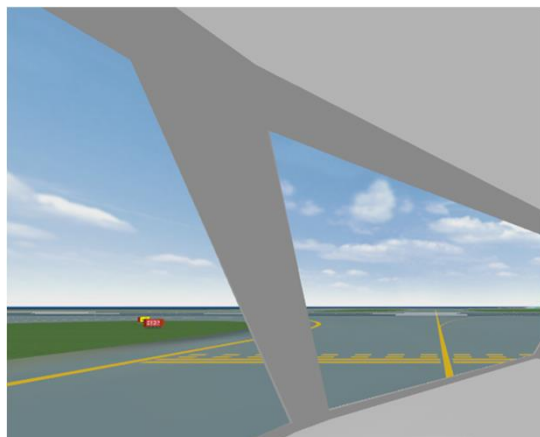
RVR(m)	運用下限光度タップー上限光度タップ値			
	夜	薄暮	暗い昼	眩しい昼
200	4-5+	4-5+	5-5+	
800	3-4	3-4	5-5+	
クリア	3-4	3-4	4-5+	4-5+

○離陸待機警告灯THL  
(1500cd以上)



RVR(m)	運用下限光度タップー上限光度タップ値			
	夜	薄暮	暗い昼	眩しい昼
200	4-5+	5-5+	5-5+	
800	3-4	3-5+	4-5+	
クリア	2-4	3-4	4-5+	4-5+

○VMS



・VMSは、以下を留意した角度調整が必要  
⇒滑走路上から視認させない  
⇒誘導路上から視認させる

・地上走行中にパイロットの視野範囲内でVMSが視覚認知可能な条件は空港・誘導路毎に検討要

# 滑走路状態表示灯(RWSL)

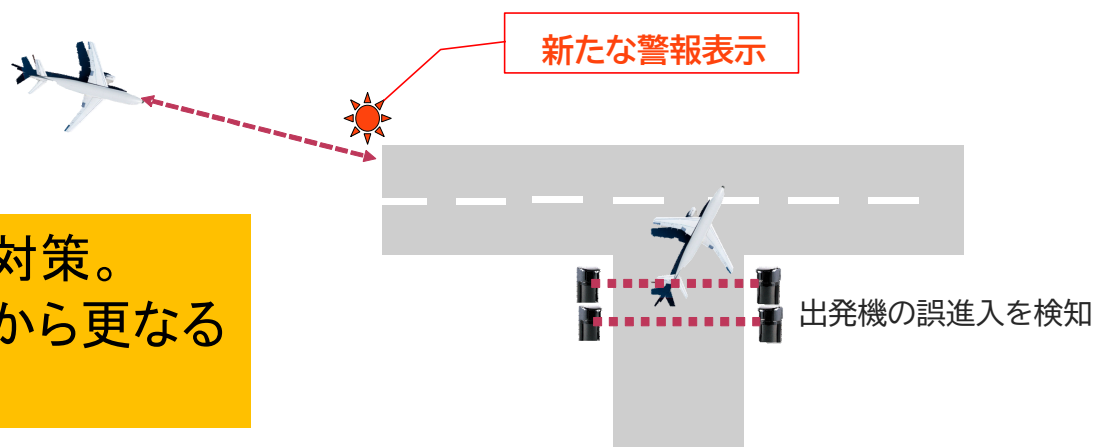
- ・RWSLはマルチラレーションといったセンサーにより自動制御が可能  
⇒管制官に負担を掛けずに安全向上が図れる
- ・RELの代わりにVMS(可変表示型誘導案内灯)を活用  
⇒誘導路脇に設置のためSTBLやRELと比べて整備上のメリットはあるものの、  
VMS通過後はパイロットが視認できない

## その他の課題

- ・ RWSLにより滑走路に進入する航空機や離陸機に対する停止信号は可能

⇒着陸機に対する警報表示は？

RWSLは、滑走路誤進入、誤出発の対策。  
着陸機に対する警報表示がないことから更なる  
安全対策が必要



# 滑走路誤進入対策灯火の視認性比較

項目	停止線灯(STBL)	滑走路状態表示灯(RWSL)	可変表示型誘導案内灯(VMS)
概要	滑走路待機位置の <u>赤色灯</u> を航空機の滑走路への進入許可等に対応して <u>管制官が手動操作</u> し消灯させる灯火	航空機等が滑走路を使用している場合に <u>赤色灯が自動点灯</u> し警告する灯火。RWSLはRELとTHLで構成。	航空機等が滑走路を使用している場合に <u>自動で「STOP」を表示</u> し警告する灯火。 ※RELの代替灯火
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・停止情報がわかりやすい</li> <li>・管制官の意思を反映できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・航空機進行方向に沿った<u>灯火配置(縦方向)</u>のため、<u>停止線通過後も灯火の視認が可能</u></li> <li>・<u>THL</u>により<u>誤出発防止対策</u>が可能</li> <li>・点消灯が自動化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・停止情報がわかりやすい</li> <li>・点消灯が自動化</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・停止線に沿った<u>灯火配置(横方向)</u>のため、<u>停止線通過後に灯火の視認ができない</u></li> <li>・<u>手動操作</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・視認性の観点では特になし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・停止位置付近の誘導路外側に<u>灯火配置(横方向)</u>されているため、<u>VMS通過後は灯火の視認ができない</u></li> </ul>

## まとめ

進行方向に沿った連続した灯火配置であるため、パイロットへの視覚情報の観点から誤進入対策灯火としては、RWSLの優位性が高い。



# A-SMGCS (先進型地上走行誘導管制システム)

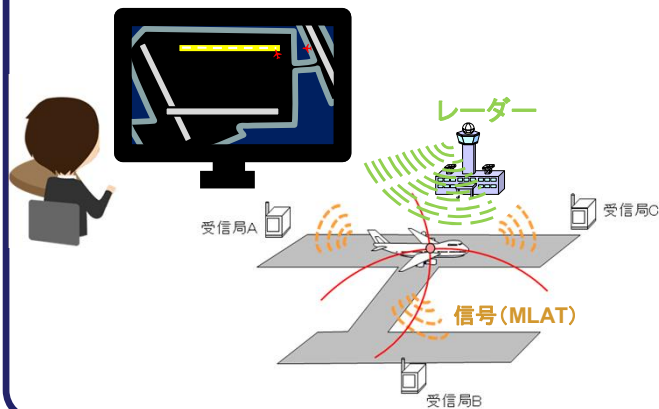
Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems

A-SMGCSは、全天候下において、安全性を確保しつつ、空港の処理能力を確保することを目的として、以下機能により構成されるシステム

- ① 空港面における航空機等の位置を特定する監視機能
- ② 駐機場から滑走路等まで航空機が走行する経路の作成機能
- ③ 航空機の走行を航空灯火の自動点消灯による誘導機能(フォローグリーン)

## A-SMGCSを構成する機能(イメージ)

### ① 監視機能

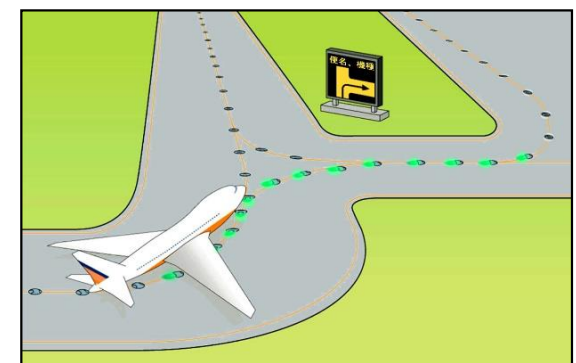


### ② 経路作成機能



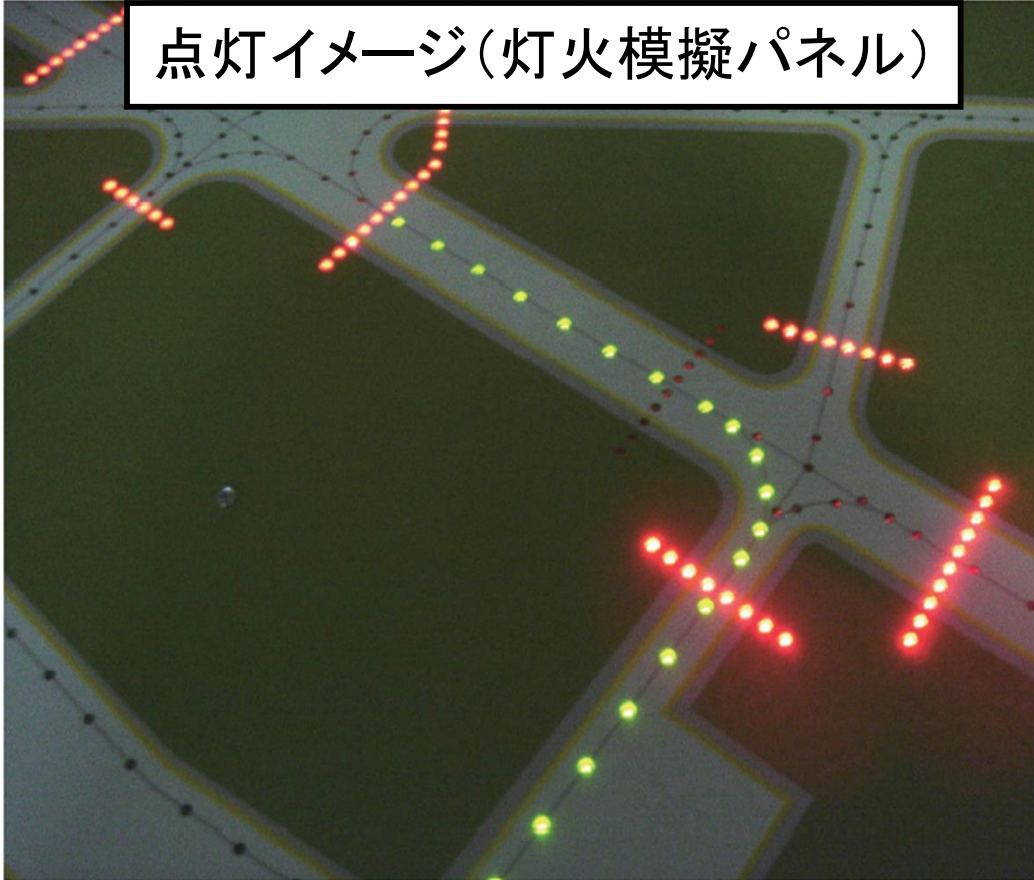
出典元: 欧州航空航法安全機構 (Eurocontrol)

### ③ 誘導機能

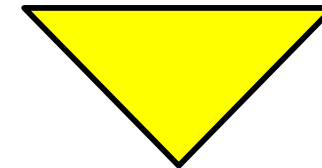


# A-SMGCSの誘導機能(フォローグリーン)

点灯イメージ(灯火模擬パネル)



誘導機能(フォローグリーン)は、監視機能と経路作成機能からの信号をもとに、誘導する航空機の前方の経路上の誘導路中心線灯(緑色)と停止線灯(赤色)を選択的に点灯制御する。



フォローグリーンは航空機の地上走行に曖昧さのない明瞭な誘導情報を提供する。

## まとめ

- 監視機能については導入済み。
- 経路作成機能及び誘導機能(フォローグリーン)については、関係研究機関との連携による研究の深化が必要。
- 導入にあたっては、他の誤進入対策との組み合わせ、空港ごとの特性、管制官の負担増などを踏まえた検討が必要。

羽田空港航空機衝突事故対策検討委員会 委員資料 2024.3.27

茨城大学大学院理工学研究科 平田輝満

(研究分野：空港計画, 航空交通管理, 滑走路容量評価)

## 1. 羽田空港の空港計画面の主な特徴 (前回以前の委員資料でも指摘済み)

- ✓ 4本の滑走路が井桁の配置 (騒音配慮).
- ✓ 一部の滑走路は地上で交差, 離着陸の飛行経路の交差→離着陸の相互従属運用
- ✓ 滑走路長は比較的短い→重い長距離便は使用滑走路が限定
- ✓ ターミナルやエプロンが井桁滑走路の外側にも配置→航空機の滑走路横断が必要
- ✓ 多くの滑走路運用方式があり方式によっては容量が異なる. 反方位出発など長距離便に制約も発生か.
- ✓ コンパクトだが狭隘→駐機スポット制約とエプロン・誘導路での混雑.
- ✓ 空港運営組織は一体ではなく, ステークホルダーも多い.
- ✓ そのような中, 管制運用の高度化と既存ストックの最大活用による容量の拡大を継続実施.

## 2. 検討課題 (案)

### (1)安全と安定を維持促進するための空港基本施設と組織づくり

- ✓ 騒音に配慮しつつ, 既存ストックで容量を拡大してきた一方で, 管制運用は従前よりも複雑化している. 安全上のリスクは許容可能なレベルではあるはずだが, より安全で, 管制や運航における負荷の少ない, 一定程度のゆとり・余裕のある空港や組織を志向したハードおよびソフトの対策検討の強化と投資が必要ではないか. それにより, 遅延軽減, イレギュラー・インシデント・自然災害等の発生時の冗長性, 管制の円滑化にもつながり, 職場環境・人材育成・人材確保の面の改善と生産性・持続可能性も向上するのではないか.
- ✓ 前回委員会で紹介頂いた ATM・TBO 視点での適正な交通量・交通状態のコントロールは重要で管制負荷軽減にも効果的だが, 空港基本施設の余裕や空港発着枠 (ファイヤーブレイク含む) としての適正な容量管理もそれ以前に必要.
- ✓ フローコントロール等によりボトルネックでの適正な交通量需給バランス管理で管制負荷を下げることは可能だが, 結局はどこかでコントロールのしわ寄せは一定程度生じる (出発空港など).
- ✓ 分かりやすく, 滑走路横断機会を最小化する誘導路デザイン, マーキング, サインとともに, 各種センサーとガイダンス支援機能の拡充の検討と実施.

## (2) 安全性の分析・評価・改善の体制づくり

- ✓ SMS (Safety Management System) の枠組みや実効性のレビュー及び継続改善
- ✓ 滑走路事案の発生を低減させるため滑走路安全に係る関係者それぞれを対象とした安全行動計画 (Runway Safety Action Plan<sup>i</sup>) の策定.
- ✓ 各空港ローカルでの安全性評価と改善実施の体制強化 (Runway Safety Team<sup>ii</sup>, <sup>iii</sup> など). ローカルの現場に精通した異なるステークホルダー・分野のプロが連携し、現場の声の収集, ハザード・Hotspot の特定, リスクの分析と評価, 改善提案, データ蓄積等を継続的に実施できる体制づくり (既存の各種安全推進組織との関係や重複を整理しつつ, 共通目標と改善実感を持って, 安全文化が醸成される体制づくり).

## (3) 中長期の空港マスタープラン, 持続可能性計画

- ✓ 上記のような安全性の評価結果や改善提案も活用し, 羽田空港やその他空港においても, 必要な空港インフラの改善投資を継続的に計画, 実施.
- ✓ これまでの羽田空港は個別・断片的・不連続な整備計画の検討 (首都圏空港機能強化技術検討小委員会など). 空港全体で一体運営されていないからこそ, むしろ海外や他空港のように中長期の空港整備のマスタープランや持続可能性に関する計画などの検討・策定・更新が必要 (空港法における設置及び管理の基本方針の更新も含めて). その際に, 空港の容量拡大や経営面だけでなく, 次の時代に向けた安全性向上 (事故, 自然災害 (ポスト A2-BCP), セキュリティ), 環境・気候変動対策, 人材育成等を含めた統合的な計画が必要 (脱炭素推進の法定計画が第一歩).

---

<sup>i</sup> ICAO: Global Runway Safety Action Plan, <https://www.icao.int/Aerodromes/RunwaySafety/Pages/default.aspx>

<sup>ii</sup> ICAO: Runway Safety Team Handbook, 2015,

<https://www.icao.int/safety/RunwaySafety/Documents%20and%20Toolkits/ICAO%20RST%20Handbook%202nd%20Edition%202015%20REV2.pdf>

<sup>iii</sup> ALPA Japan [https://alpajapan.org/cms\\_202306/wp-content/uploads/ALPAJAPANNEWS44-09.pdf](https://alpajapan.org/cms_202306/wp-content/uploads/ALPAJAPANNEWS44-09.pdf)

# 航空機の安全運航 のための機器

1

慶應義塾大学理工学部機械工学科  
松尾亜紀子

# 航空法施行規則第147条 1/2

- ▶ **第四百七条** 法第六十条の規定により、**航空運送事業の用に供する航空機に装備しなければならない装置**は、次の各号に掲げる装置であつて、当該各号に掲げる数量以上のものとする。
  - ▶ 一 航行中いかなるときにおいても航空交通管制機関と連絡することができる**無線電話**（最大離陸重量が五千七百キログラムを超える飛行機にあつては、二）
  - ▶ 二 **I L S受信装置**（I L Sが設置されている空港等に着陸する最大離陸重量が五千七百キログラムを超える飛行機に限る。）
  - ▶ 三 **気象レーダー**（雲の状況を探知するためのレーダーをいう。）（最大離陸重量が五千七百キログラムを超える飛行機に限る。）
  - ▶ 四 次に掲げる機能を有する**対地接近警報装置**（客席数が五を超え九以下及び最大離陸重量が五千七百キログラム以下であり、かつ、タービン発動機を装備した飛行機であつて、最初の法第十条第一項の規定による耐空証明又は国際民間航空条約の締約国たる外国による耐空性についての証明その他の行為（以下「耐空証明等」という。）が令和八年一月一日以後になされたもの並びに客席数が九又は最大離陸重量が五千七百キログラムを超え、かつ、ピストン発動機を装備した飛行機に限る。）

# 航空法施行規則第147条 2/2

- ▶ **四の二** 次に掲げる機能を有する**対地接近警報装置**（客席数が九又は最大離陸重量が五千七百キログラムを超え、かつ、タービン発動機を装備した飛行機に限る。）
  - ▶ **イ** 前号イから八までに掲げる機能
  - ▶ **ロ** 過大な対地接近率に対して警報を発する機能
  - ▶ **ハ** 脚が下がつておらず、かつ、フラップが着陸位置にない場合であつて地表との距離が十分でないときに警報を発する機能
  - ▶ **ニ** グライドパスからの過大な下方偏移に対して警報を発する機能
- ▶ **五** 国際民間航空条約の附属書六第一部第四十七改訂版に規定する**滑走路逸脱警報装置**（最大離陸重量が五千七百キログラムを超え、かつ、タービン発動機を装備した飛行機であつて、最初の耐空証明等が**令和八年一月一日以後**になされたものに限る。）
- ▶ **六** 国際民間航空条約の附属書十第四卷第八十五改訂版に定める基準に適合する**航空機衝突防止装置**（客席数が十九又は最大離陸重量が五千七百キログラムを超え、かつ、タービン発動機を装備した飛行機に限る。）
- ▶ **七** けん銃の弾丸及び手りゅう弾の破片の貫通並びに乗組員室への入室が認められていない者の入室を防止し、かつ、操縦者の定位置からの施錠及び解錠が可能な乗組員室ドア（客席数が六十又は最大離陸重量が四万五千五百キログラムを超え、かつ、旅客を運送する飛行機に限る。） 客室から乗組員室に通じる出入口の数

# 航空法施行規則第147条にある 航空機の安全運航のための機器

- 無線電話
- **ILS受信装置** : Instrument Landing System (計器着陸装置)
  - 着陸のため進入中の航空機に対し、指向性のある電波を発射し、滑走路への進入コースを指示する無線着陸援助装置
- 気象レーダー
- **対地接近警報装置** : **GPWS** (Ground Proximity Warning System)
- **滑走路逸脱警報装置** 令和八年一月一日以後
- **航空機衝突防止装置** :  
**TCAS** (traffic alert and collision avoidance system)



# TCAS: 航空機衝突防止装置

traffic alert and collision avoidance system

- ▶ 航空機同士が異常接近や空中衝突する危険を抑える目的で開発されたコンピュータ制御のアビオニクス装置(航空機搭載装備品)
- ▶ 互いに質問信号を送るとともにそれに対する回答信号を出すことで、周辺にいる他の航空機を把握できるようにしている。
- ▶ 地上設備とは完全に独立しATCトランスポンダーの応答電波から得られる情報をもとに、相手航空機の位置、必要な回避操作等をパイロットに示唆することにより航空機の衝突を防止する機上装置
- ▶ 客席数が19または最大離陸重量5,700kgを超えタービン発動機を装備した航空運送事業に供する航空機は装備しなければならない。(航空法施行規則第147条 参照)

# TCAS-RA (Resolution Advisory)

- ▶ 衝突のおそれの約15秒~35秒前、パイロットが取るべき回避指示 (RA) が発出される。
- ▶ 相手機の高度、方位及び上昇・下降などの情報がディスプレイ装置に表示される他に「クライム、クライム」や「ディセンド、ディセンド」という音声が鳴動する。
- ▶ **TCAS RAと航空交通管制(ATC) の指示が食い違う場合には、常にTCAS-RAが優先する**
  - ▶ 2001年1月31日に静岡県（駿河湾）上空で発生した日本航空機駿河湾上空ニアミス事故

# 新たな航空機安全運航用機器

- ▶ **ADS-B:** Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
- ▶ **SURF-A:** Surface Alerting

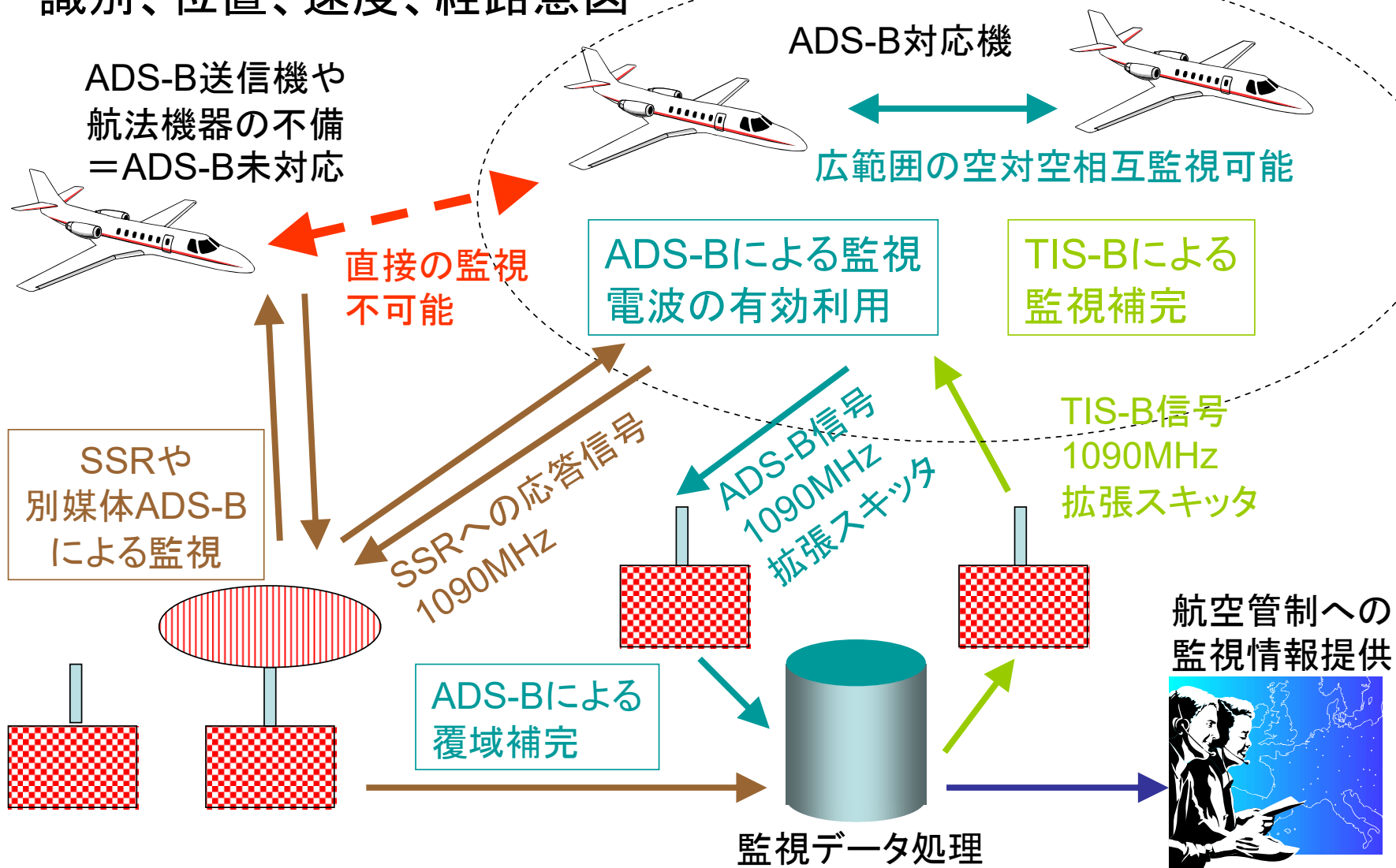
## ADS-B: Automatic Dependent Surveillance-Broadcast

- ▶ **自動位置情報伝送・監視装置 (ADS-B) : 航空機への搭載機器**
- ▶ 被監視側が自ら監視情報 (識別、位置、速度、経路意図等) を多数の監視者に一括送信。
- ▶ 監視者が多数になると、質問応答方式と比較して電波の利用効率が飛躍的に向上する。
  - ▶ 高性能の航法装置があれば高精度かつ高信頼性の監視情報が得られる。
  - ▶ 電波を有効利用できる。
- ▶ 監視情報の信頼性や精度は情報提供者である被監視側に依存
- ▶ 空中衝突防止装置 (TCAS) との統合による、より一層の安全性向上が期待される。
- ▶ ADS-B outは欧米において一部の場合を対象に装備が義務付けられているが、ADS-B inについては欧米においても義務付けられていない。

# 監視情報の交換

## 識別、位置、速度、経路意図

高性能の航法インフラが前提



# SURF-A: Surface Alerting

- ▶ 目的：滑走路での航空機の衝突を防止するため、追加の機上セーフティネットを提供する。滑走路状態表示灯などの地上安全装置を補完する。
- ▶ 原理：滑走路アラートゾーン内、またはこれから進入する航空機との滑走路衝突リスクをADS-B OUT/INの技術によりリアルタイムで計算する。
- ▶ 滑走路上で衝突を防ぐための最先端システムで、実用化に向けアメリカ企業等が開発を進めている。現在は、航空機同士が空中で接近した場合にしか、衝突の危険性は覚知できていないが『SURF-A』の開発が進み導入されれば、航空機同士の互いの位置情報やスピード等に基づき、滑走路上でも、表示と音声による警告がパイロットにくることで、衝突防止が期待される。

# 航空機の安全運航のための機器

- ▶ **TCAS:** traffic alert and collision avoidance system
- ▶ **ADS-B:** Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
- ▶ **SURF-A:** Surface Alerting
  
- ▶ 航空機の安全運航のために、空中及び滑走路上的での位置情報 (ADS-B) を取得することで、衝突リスクをリアルタイムに計算可能となる。
- ▶ 表示と音声による警告をパイロットにすることで、空中 (TCAS) 及び滑走路 (SURF-A) での衝突防止へ寄与する。
- ▶ 信頼性が高い機器の開発は、航空機の安全運航のためにも重要である。開発された機器は、国際民間航空機関 (ICAO) での新規装備要件になることで、国際標準において義務化される。