

平成26年度
国土技術政策総合研究所
講演会

空港民営化における 地震リスクマネジメント手法の開発と インフラ管理効率化への取り組み



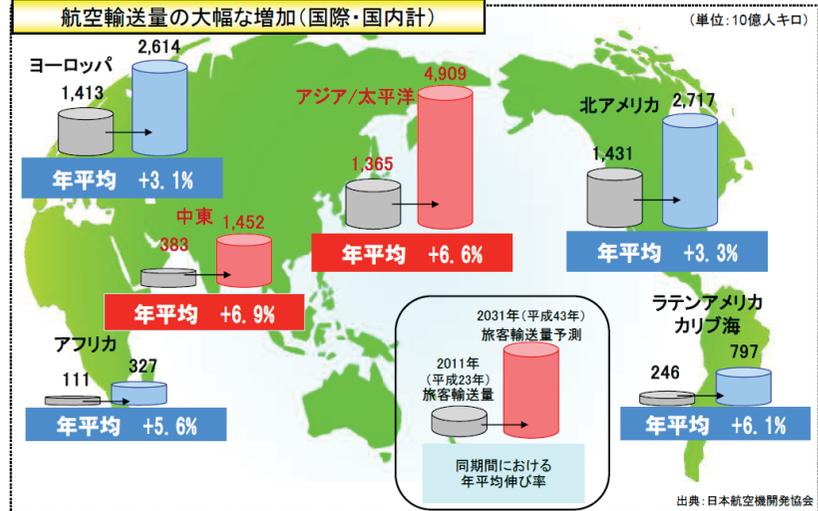
平成26年12月 空港研究部長 菅沼史典

1

アジアを中心とした国際航空旅客の増加



- アジア太平洋地域及び中東地域においては、航空需要の伸びが顕著。
- 特にアジア太平洋地域は、2025年までに世界最大の航空市場に成長。
(※過去10年間の航空旅客流動、航空貨物流動については、参考資料P11～12に記載)



2

首都圏空港の発着枠拡大



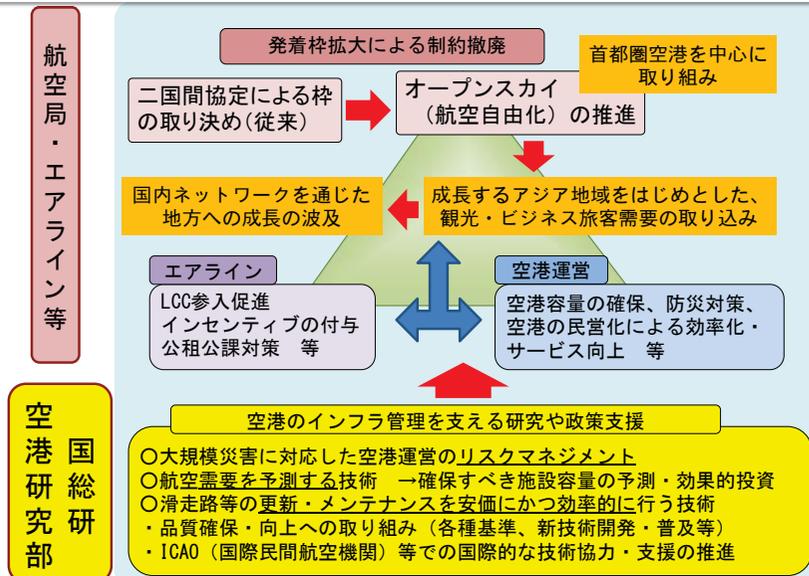
首都圏空港(羽田・成田)の年間発着枠の増加

	羽田空港 (うち国際線)	成田空港	首都圏空港全体
H22.10月まで (羽田D滑走路供用前)	30.3万回	22万回	52.3万回
H25.3.30まで	39万回 (6万回)	25万回	64万回
現在 (H25.3.31以降)	41万回 (6万回)	27万回	68万回
最終形 (羽田:H25年度末 成田:H26年度中)	44.7万回 (9万回)	30万回	74.7万回

以降、首都圏空港を含めたオープンスカイを実施

3

航空政策と国総研の役割



4



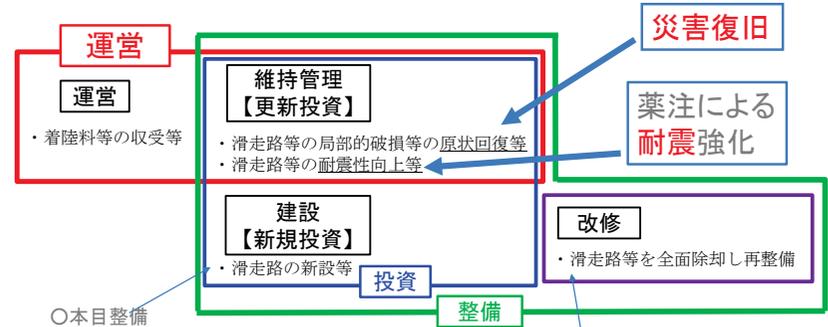
テーマ1 空港運営の民営化における 地震リスクマネジメント手法の開発

5

運営権での復旧・耐震の位置づけ



- ・25年11月民活空港運営法・方針、仙台空港27年7月契約予定
- ・仙台空港特定運営事業実施方針(本年4月、国土交通省航空局)
- ➡ **維持管理(更新投資)**として運営権者が担う



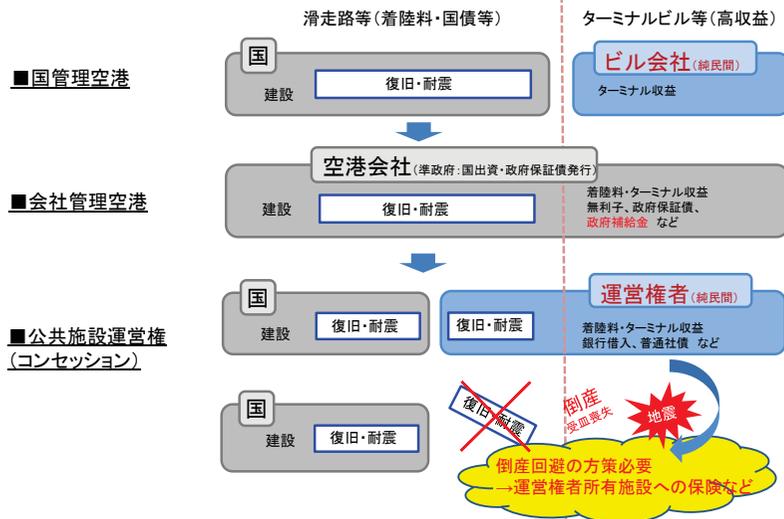
仙台空港特定運営事業実施方針(本年4月航空局)より作成

6

復旧・耐震の受皿



・倒産回避のため、適切な「**運営権者所有施設への保険**」等の提案

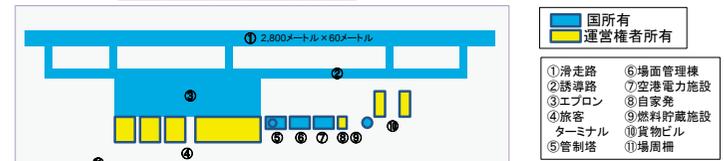


7

標本空港



施設・設備(国・運営権者別)



運営権者の財務2表

損益計算書		貸借対照表	
科目	金額	科目	金額
売上高	23,000	流動負債	8,670
売上原価	2,100	固定負債	2,700
減価償却費	3,600	負債合計	11,370
その他	17,300	資本剰余金	400
売上総利益	21,900	繰上利益剰余金	11,200
販売費及び一般管理費	4,200	繰上利益剰余金	11,200
人件費	4,700	繰上利益剰余金	11,200
外注費	3,900	繰上利益剰余金	11,200
その他	4,900	繰上利益剰余金	11,200
営業利益	850	繰上利益剰余金	11,200
営業外収入	2,000	繰上利益剰余金	11,200
営業外支出	60	繰上利益剰余金	11,200
支払利息	3,890	繰上利益剰余金	11,200
経常利益	0	繰上利益剰余金	11,200
特別利益	3,890	繰上利益剰余金	11,200
特別損失	0	繰上利益剰余金	11,200
税引前当期純利益	1,402	繰上利益剰余金	11,200
法人税等	2,289	繰上利益剰余金	11,200
当期純利益		繰上利益剰余金	11,200

・空港運営事業と空港ビル事業を合算、土地借料はゼロ、運営権1100億円(資本金330億円+長期借入770億円)

8

シナリオ地震群とイベント・ハザード曲線

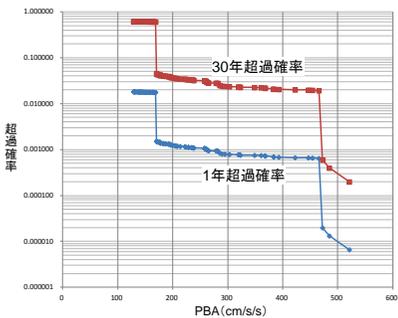


シナリオ地震群(粹: 上位25位/100位)

No.	震源名	M	PBA※ (cm/s/s)	発生確率/1年	1年超過確率 (累積確率)	発生確率/30年	30年超過確率 (累積確率)
1	(130.45, 33.55)	M7.0	520.8	0.00001	0.00001	0.00020	0.00020
2	(130.55, 33.55)	M7.0	484.5	0.00001	0.00001	0.00020	0.00040
3	(130.45, 33.65)	M7.0	472.1	0.00001	0.00001	0.00020	0.00060
4	黒部湖東部断層帯	M7.2	465.5	0.00002	0.00004	0.01885	0.01924
5	(130.45, 33.55)	M6.5	453.7	0.00001	0.00001	0.00041	0.01984
6	(130.55, 33.65)	M7.0	448.3	0.00001	0.00001	0.00020	0.01984
7	(130.35, 33.55)	M7.0	422.1	0.00001	0.00001	0.00020	0.02003
8	(130.55, 33.55)	M6.5	392.4	0.00001	0.00001	0.00041	0.02044
9	(130.45, 33.45)	M7.0	383.4	0.00001	0.00001	0.00020	0.02063
10	(130.35, 33.65)	M7.0	383.1	0.00001	0.00010	0.00020	0.02083
11	(130.45, 33.55)	M6.0	369.0	0.00003	0.00020	0.00096	0.02167
12	(130.45, 33.65)	M6.5	367.1	0.00001	0.00014	0.00041	0.02207
13	(130.55, 33.45)	M7.0	360.4	0.00001	0.00015	0.00020	0.02226
14	(130.65, 33.55)	M7.0	248.5	0.00001	0.00015	0.00020	0.02245
15	(130.65, 33.65)	M7.0	322.7	0.00001	0.0	0.0	0.0
16	(130.55, 33.65)	M6.5	321.8	0.00001	0.0	0.0	0.0
17	(130.35, 33.45)	M7.0	318.0	0.00001	0.0	0.0	0.0
18	(130.45, 33.75)	M7.0	302.8	0.00001	0.0	0.0	0.0
19	(130.35, 33.55)	M6.5	294.6	0.00001	0.0	0.0	0.0
20	(130.55, 33.75)	M7.0	289.4	0.00001	0.0	0.0	0.0
21	(130.55, 33.55)	M6.0	285.4	0.00003	0.0	0.0	0.0
22	黒山断層帯	M7.0	281.8	0.00010	0.0	0.0	0.0
23	(130.25, 33.55)	M7.0	270.6	0.00001	0.0	0.0	0.0
24	(130.65, 33.45)	M7.0	278.3	0.00001	0.0	0.0	0.0
25	(130.25, 33.65)	M7.0	264.9	0.00001	0.0	0.0	0.0

所在地別に「文部科学省地震調査研究推進本部」資料等から上位100を抽出

イベント・ハザード曲線



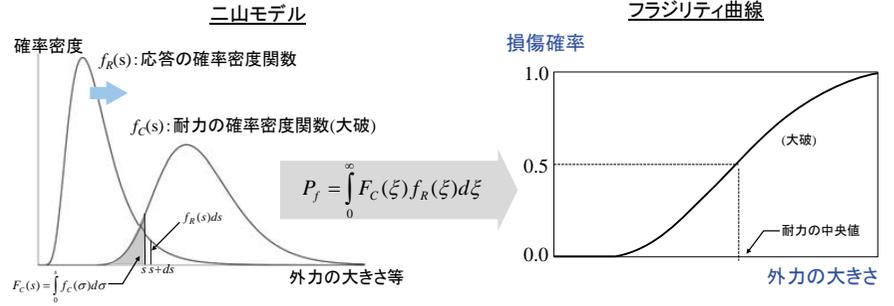
PBA=工学的基盤面での最大加速度

- シナリオ地震を特定・地震動強さは代表値
- 広域に散在する施設群の評価に拡張可能

損傷確率



- 外力の応答と構造物の耐力のそれぞれのバラツキについて、確率関数を仮定(二山モデル)
- 損傷確率を外力の大きさ(地震動強さ)に従い評価(フラジリティ曲線)



耐力が以下である確率

対数正規分布の累積分布関数(建物の例)

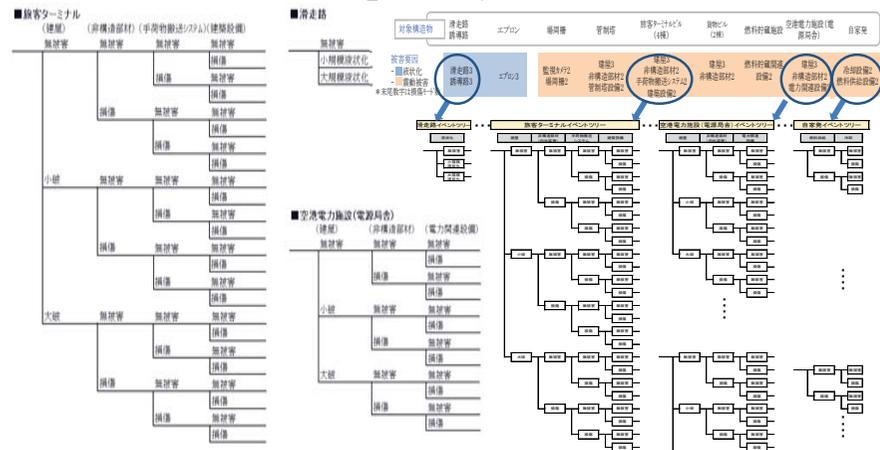
耐力中央値 (cm/s/s)	対数 標準偏差
小破以上 600	0.54
大破 1000	0.54

施設損傷の評価モデル(イベントツリー)



代表的な施設・設備のイベントツリー

全体的なイベントツリーのイメージ

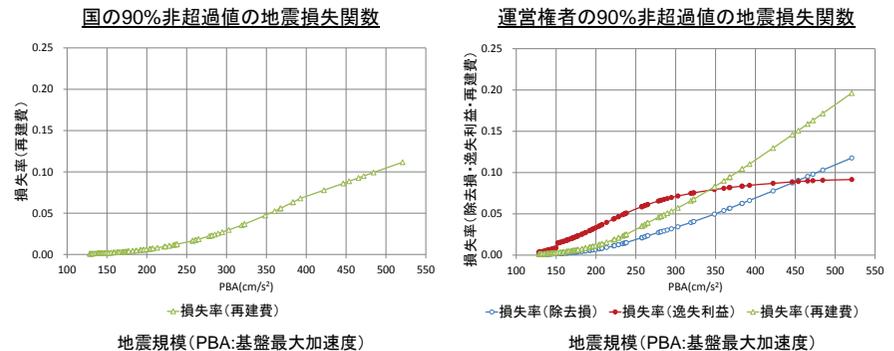


- イベントツリー分岐にシナリオ地震別にモード別の損傷確率を付与
- 38施設、3モード(無・小・大)13施設、2モード(無・損傷)25施設、計17.8兆通り

国と運営権者の地震損失関数



- シナリオ地震別に損傷確率を与え「イベントツリー解析」を実施
- コンセッション制度を踏まえ、「運営権者」と「国」の人格別に評価
- 財務2表に必要な除去損・逸失利益・再建費別に、「地震損失関数」算出

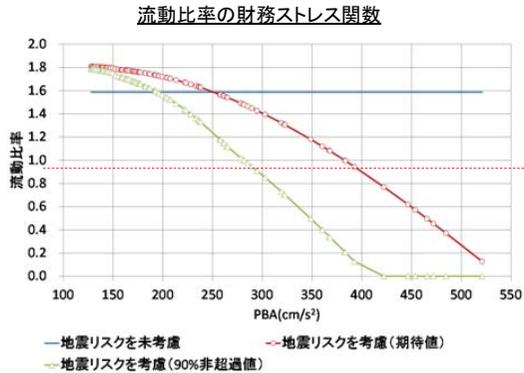


- 再建費は、国に比べて運営権者の方が相対的に大(よりグラフの上側に位置)

地震リスクによる流動比率の低下



- ・シナリオ地震別に、「損失額(率)」を財務2表に計上、「流動比率」を算出
- ・地震損失関数と同様に、PBA順に整理、財務へのストレス(流動比率の変化)を視覚化
- ・これを「財務ストレス関数」と定義



流動比率
= 流動資産 / 流動負債

- ・PBAが高くなるに従い、流動比率低下
- ・許容限界1.0~0.9を下回るより強い地震動のシナリオ地震の場合、債務不履行等可能性

保険の設計(上限/免責)



- ① 上限: 最悪地震(損失率0.16)
- ② 免責: 流動比率0.9超(必要資金8,623百万円をカバー) = 損失率0.05 → 保険料最小化
必要資金 = 最悪地震時の現金・現預金(-4,527百万円) - 流動比率0.9地震の現金・現預金(4,096百万円)

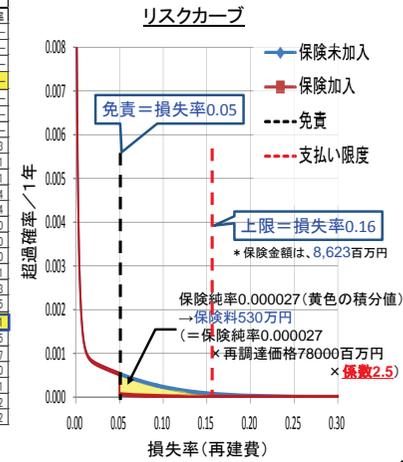
シナリオ地震群(上位100位)

No.	震源名	M	PBA (cm/s²)	発生確率 / 1年	超過確率 / 1年	損失率	90%非超過値	流動比率
1	(130.45, 33.55)	M7.0	521	0.00001	0.00001	0.20	-7,485	-
2	(130.55, 33.55)	M7.0	484	0.00001	0.00001	0.17	-5,548	-
3	(130.45, 33.65)	M7.0	472	0.00001	0.00002	0.16	-4,882	-
4	播磨新橋南東部	M7.2	465	0.00062	0.00064	0.16	-4,527	-
5	(130.45, 33.55)	M7.0	464	0.00001	0.00001	0.16	-3,998	-
6	(130.45, 33.55)	M7.0	422	0.00001	0.00067	0.13	-2,204	-
7	(130.35, 33.55)	M6.5	393	0.00001	0.00068	0.11	-642	0.13
8	(130.45, 32.45)	M7.0	383	0.00001	0.00069	0.10	-165	0.21
9	(130.35, 32.65)	M7.0	383	0.00001	0.00070	0.10	-149	0.21
10	(130.45, 32.65)	M6.0	368	0.00003	0.00072	0.09	625	0.34
11	(130.45, 32.65)	M6.5	387	0.00001	0.00074	0.09	669	0.34
12	(130.55, 32.45)	M7.0	349	0.00001	0.00075	0.08	1,601	0.50
13	(130.65, 32.45)	M7.0	323	0.00001	0.00076	0.07	2,843	0.70
14	(130.55, 32.65)	M6.5	322	0.00001	0.00077	0.07	2,883	0.71
15	(130.45, 32.65)	M7.0	323	0.00001	0.00077	0.07	3,014	0.73
16	(130.45, 32.65)	M7.0	323	0.00001	0.00077	0.07	3,746	0.85
17	(130.45, 32.65)	M6.5	295	0.00001	0.00080	0.05	4,096	0.91
18	(130.45, 32.65)	M7.0	295	0.00001	0.00081	0.05	4,314	0.95
19	(130.45, 32.65)	M6.5	295	0.00001	0.00081	0.05	4,314	0.95
20	(130.45, 32.65)	M7.0	295	0.00001	0.00081	0.05	4,481	0.97
21	(130.45, 32.65)	M7.0	276	0.00001	0.00084	0.05	4,623	1.00
22	(130.45, 32.65)	M7.0	276	0.00001	0.00084	0.05	4,673	1.01
23	(130.45, 32.65)	M7.0	276	0.00001	0.00084	0.05	4,763	1.02
24	(130.45, 32.65)	M7.0	265	0.00001	0.00085	0.04	5,246	1.12
25	(130.45, 32.65)	M7.0	265	0.00001	0.00085	0.04	5,246	1.12

No4地震(最悪地震)を、「上限」

No19以上発生 → 保険金支払

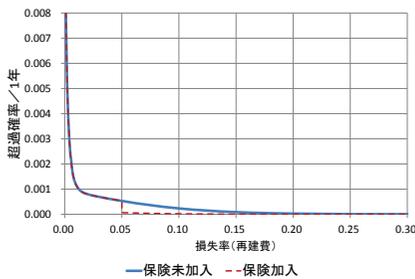
No19未満発生
現金・現預金充分、経営OK → 「免責」



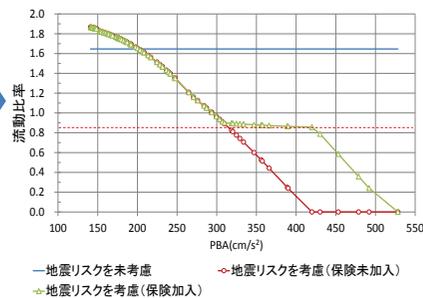
運営権者所有施設等への保険の効果



運営権者所有施設等に関するリスクカーブ



財務ストレス関数でみた保険の効果



- ・運営権者保険加入で、「流動比率」改善顕著
- ・「財務ストレス関数」により保険の効果とシナリオ地震を明確に関連付け
- ・今回、潤沢な流動資産がある場合
- ・潤沢で無い場合、保険金だけでは不足、代替的金融対策(キャットボンド等)必要

地震リスクマネジメントまとめ



- 運営権設定を踏まえ、国・運営権者の人格別に地震リスクを評価
- 運営権者の倒産の可否を、地震損失関数を用いて流動比率で評価、財務ストレス関数を求める方法を提案
- 保険純率の最小化を目標に、保険の設計方法(支払限度額・免責)を提案。財務ストレス関数で財務面での効果の評価方法も提案
- コンセッション当事者が実在空港で再現できるよう、地震リスクの評価を体系化

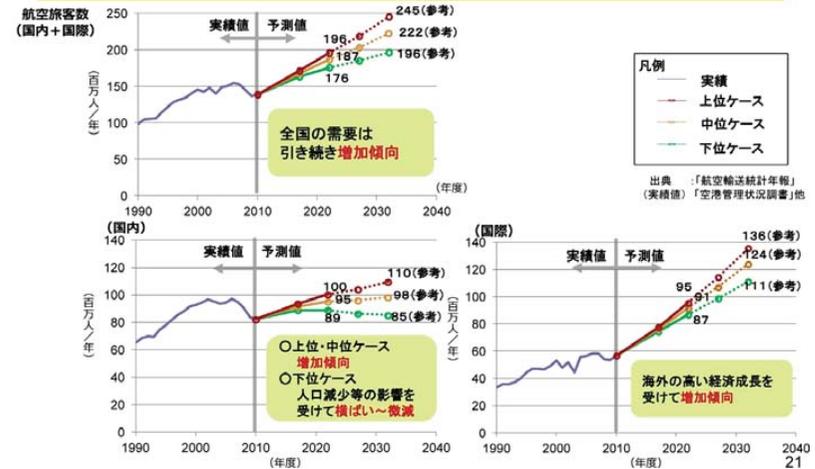


テーマ2 航空需要予測手法の開発

現状の政策立案での航空需要予測

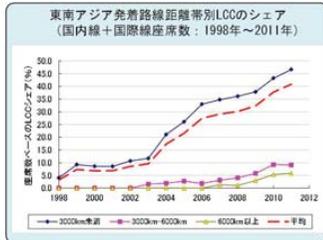


【全国の航空需要予測(旅客)】
 ○ 全国の航空旅客需要全体(国内線+国際線)は、2022年度には1.8億人~2.0億人と予測。
 ○ 国際線は大幅に増加。国内線はGDPの設定ケースによって傾向が異なる。



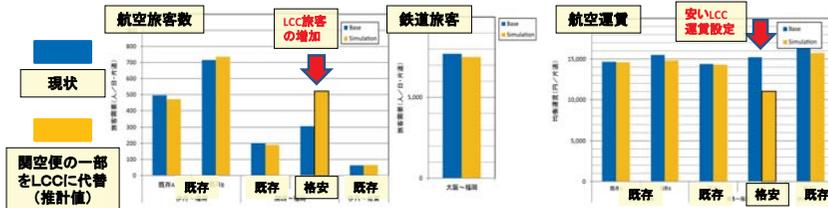
上記においてはLCC参入による運賃低減により需要全体が増加することや、査証免除等の渡航要件緩和などの政策効果も考慮した予測となっている。

LCC参入による需要変化に関する分析



- LCCの特徴
- ① 運航機材の統一
 - ② サービスコストダウン
 - ③ 機内の座席数の最大化
 - ④ 機材稼働率の最大化と自走式マヌーバー
 - ⑤ インターネットの最大活用
 - ⑥ 第二空港 (セカンダリー・エアポート) の利用

既存航空会社が運航する路線 (関西~福岡) をLCCに代替した場合における、航空・鉄道の旅客需要、航空運賃の影響をシミュレーション(運賃低下による転換需要を考慮)



国内線旅客需要においては、LCCやリニアなどの新たな交通サービスにともなう転換需要を適切に推計するため、交通機関・経路選択モデルの改善を進めている。



テーマ3 空港舗装の迅速な点検・補修技術

空港舗装の効率的な探査

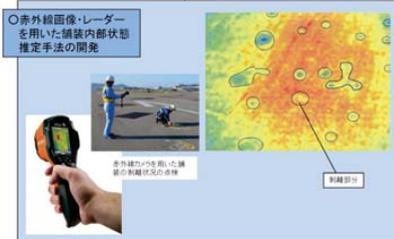
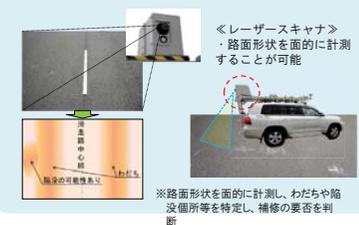
・舗装表面のはがれは、微小なものであっても、エンジンへの吸い込み等重大なトラブルにつながりかねないため、舗装全体の耐久性とは別に、ひび割れ等の日常点検を重視している。

【空港舗装の損傷事例】



通常は夜間の目視、打音検査が主体。効率化には限界。見落としもありうる。

【点検のイメージ（例：レーザースカナ）】



赤外線カメラによるスクリーニング

・舗装表面からは目視で確認できない層間剥離の面的で迅速な検知
・層間剥離の見落としの軽減、検出作業の効率化

標準的方法として補修要領に反映

主要空港にて赤外線カメラを導入済み

スマートフォンを活用した現場での点検・評価の効率化

・スマートフォンの機能により効率的に現場点検記録を作成。
・データを事務所サーバに転送し、事務所で熟練者らが一元的評価、判断等を行う。

→点検作業時間の短縮と導入経費も軽減できるよう配慮。
→現場担当者ひとりひとりの点検技量の経験の差をカバーしつつ、適正な判断ができる点検・評価体制の構築が可能。経験者の十分な配置が困難な地方管理空港等への普及も。



地震後の舗装下空洞の簡易探査技術

・大規模地震発生後の滑走路等の早期供用再開に向けて、舗装強度の迅速な点検/評価が必要。
・特別な機器を用いず、現地で比較的入手が容易と考えられる振動ローラを用いた舗装下の空洞探査、評価技術を検討。

→南海トラフ巨大地震等影響が想定される地方管理空港等においても有用な技術としていく。

○振動ローラを用いた舗装の健全性評価手法の開発

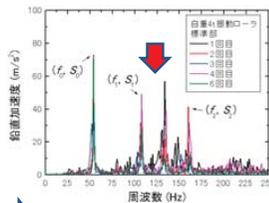
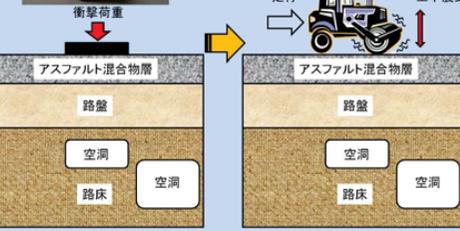
【従来】

FWD(支持力測定装置)による点での評価

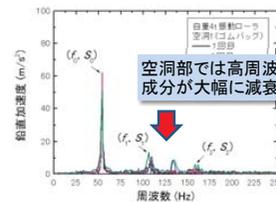


【開発中】

現地調達の比較的容易な振動ローラ等による面的且つ迅速な評価



(a) 標準部走行時



(b) 空洞部走行時

技術基準作成その他のとりくみ

技術基準作成へのとりくみ事例



空港アスファルト舗装の長寿命化

施工時間の制約が大きい現場条件から、舗装の補修や打ちかえを極力抑制できるよう、より一層の耐久性向上が求められている。

・表層と基層の層間剥離対策
→タックコートの養生時間等の検討

・基層内の「砂利化」等の抑止対策
→原因究明、雨水対策等

グルーピングの効率的施工

舗装表面のグルーピング(表面排水促進のための溝)切削のための舗装養生期間の短縮を図る。
→すでに改質アスファルトの場合は従来の2カ月を1カ月に短縮。さらなる短縮について検討中。



グルーピング

設計・施工基準等の改良へ

- 空港舗装設計要領
- 空港舗装補修要領
- 空港土木工事共通仕様書
- 空港土木施設施工要領 等

理論的設計法と経験的設計法の統合

性能規定化にともない設計法の選択肢が増えたが、反復作用回数の少ない領域での設計手法間の整合性に関する検討等を実施。

技術支援・相談への対応



研修の実施

- 空港計画コース
- 空港調査・設計コース
- 空港土木施設管理コース 等



技術相談・支援

• 技術相談. Ex. 滑走路, 誘導路, エプロン改修設計, 地中埋設管の設計, 舗装破損対応等.

• FWDデータの解析



技術相談・支援

- 各種委員会への参画
 - ✓ 九州空港耐震検討
 - ✓ 旭川空港エプロン検討
 - ✓ 伊丹空港舗装検討
 - ✓ 成田空港舗装検討 等