

# CARATSオープンデータの活用 と今後への期待

CARATSオープンデータ活用促進フォーラム  
平成29年12月4日(月)  
早稲田大学大隈記念講堂小講堂

東京工業大学 副学長  
環境・社会理工学院 教授  
屋井鉄雄

# 本日の発表内容

- CARATSの取り組み
- データ公開に関わる経緯や議論
- データ活用で徐々に進む分析
- 当時からの米国等における検討
- 空域・航空路の更なる有効活用に向けて
- 今後への期待

# CARATSの取り組み

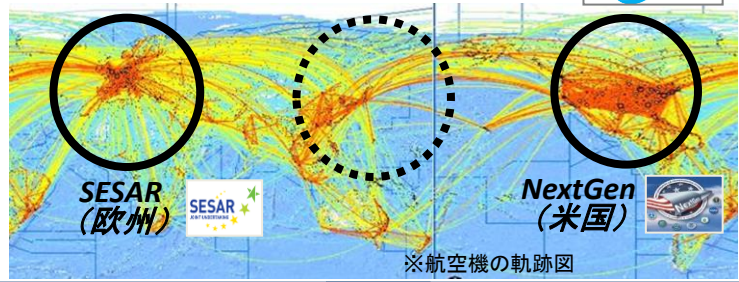
# CARATSとは

- ✦ 航空交通量の増大や運航者、利用者のニーズの多様化に対応し、我が国の経済成長に寄与するとともに、地球温暖化対策等の世界共通の課題にも対応するため、「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)」を策定しました。
- ✦ 2025年を見据えた目標や施策の導入ロードマップに基づき、産学官で連携しながら、その実現に向けた取り組みを行っています。



## 背景

- ・ICAOが2025年を目指した航空交通管理に関する指針を策定
- ・欧米で上記指針に基づいた長期計画を策定  
(米:NextGen、欧:SESAR)
- ・アジア・太平洋地域における急速な需要増 ⇒



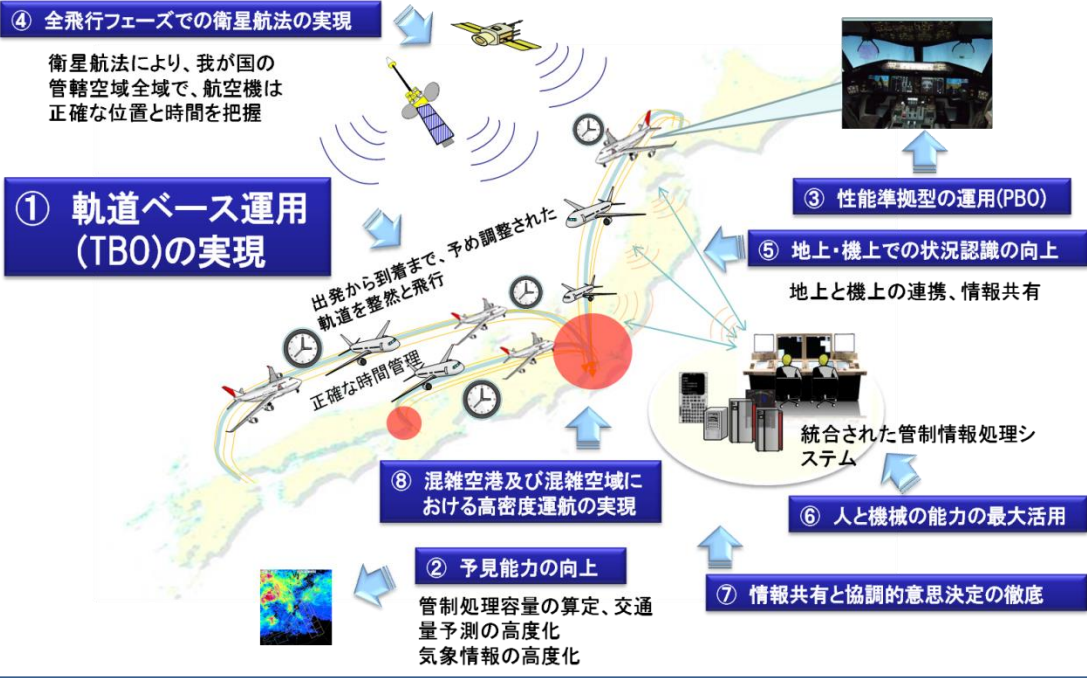
航空交通量の増大や多様化するニーズに的確に対応するとともに、効率的なサービスの実現を通じ我が国の成長戦略に寄与するためには、**航空交通システムの大胆な改革が必要**

## 2025年を想定した目標設定(数値目標を明確化)

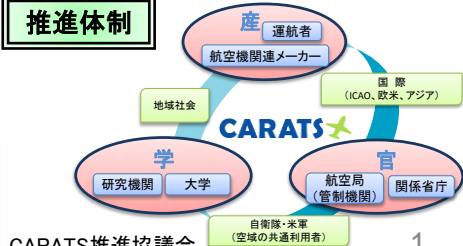
- ①安全性の向上 : 安全性を**5倍**に向上
- ②航空交通量増大への対応 : 混雑空域における管制の処理容量を**2倍**に向上
- ③利便性の向上 : サービスレベル(定時性、就航率、速達性)を**10%**向上
- ④運航の効率性向上 : 1フライト当たりの燃料消費量を**10%**削減
- ⑤航空保安業務の効率性向上 : 業務の効率性を**50%**向上
- ⑥環境への配慮 : 1フライト当たりのCO2排出量を**10%**削減
- ⑦航空交通分野における我が国の国際プレゼンスの向上(定性的目標)

## 変革の方向性

出発から到着までの軌道を最適化する**軌道ベース運用(TBO: Trajectory Based Operation)**への移行を中核とする**8つの変革の方向性**を記述



将来の航空交通システムの構築にあたっては、**様々な関係者の協調が必要**



**CARATS(キャラッツ):**  
Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems:  
航空交通システムの変革に向けた協調的行動



目標達成のための変革の方向性



**予見能力の向上**

- 管制処理容量の算定、交通流予測の高度化
- 航空利用に特化した気象予測情報の作成、機上の気象データの活用等、気象情報の高度化

**地上・機上での状況認識能力の向上**

- 地上と機上で情報を共有し、航空機の位置や交通状況の把握等の状況認識能力を向上
- 空対空監視による航空機同士の間隔保持

**性能準拠型の運用(PBO: Performance Based Operation)の促進**

- 航空機に求める運航上の性能要件を規定
- これにより、要件に応じた高度な管制運用を促進

**全飛行フェーズでの衛星航法の実現**

- 衛星航法により全飛行フェーズで航空機の正確な位置・時間を把握
- 精度、信頼性及び自由度の高い航法を実現

**④SBAS性能の検討(EN-7関連)**  
**⑤GBASを活用した精密進入の検討(OI-9, EN-8関連)**  
～衛星を活用した柔軟な経路設定及び進入方式の設定～

**人と機械の能力の最大活用**

- 定型的通信の自動化等の機械による支援
- パイロットと管制官の能力をより付加価値の高い業務に集中可能とする環境を構築

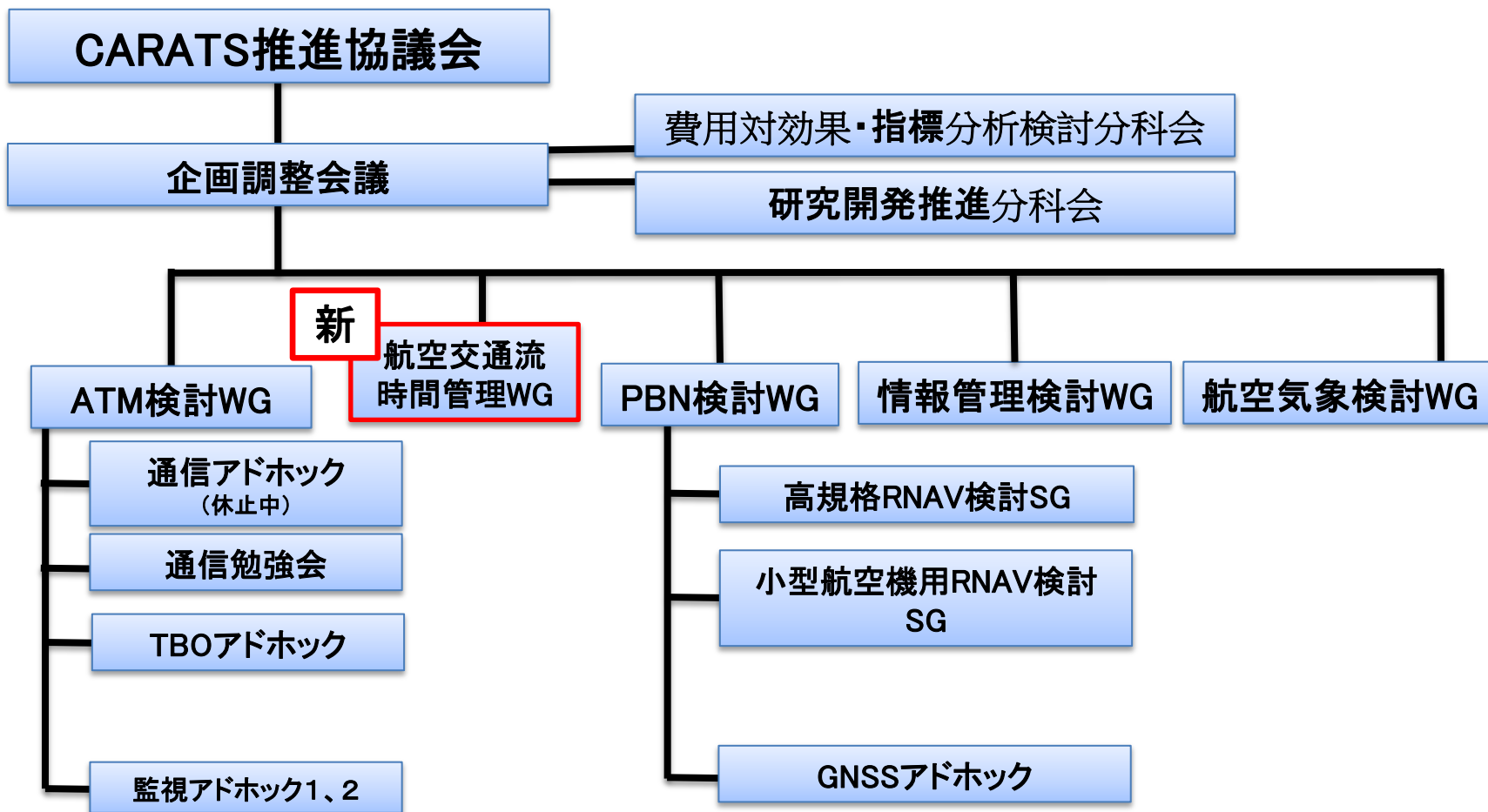
**情報共有と協調的意思決定の徹底**

- 運航に係る全ての情報を包括的に管理
- 関係者の誰もが必要ときに必要な情報にアクセスできるネットワークを構築
- 国際間の情報共有、協調的な運用を実現

**軌道ベース運用(TBO: Trajectory Based Operation)の実現**

- 全ての航空機の出発から到着までを一体的に管理
- 全飛行フェーズで時間管理を導入した4次元軌道(4DT: Trajectory)に沿ったATM運用への移行

**⑦SWIM実現に向けた取り組み強化(EN-3関連)**  
～4DTを支える情報基盤の構築～



# CARATSデータ公開後の利用状況

# CARATSオープンデータアンケート調査実施概要

- 目的
  - CARATSオープンデータ(以後、オープンデータ)利用者に対して、アンケート調査を実施することにより、現在の利用動向や改善要望等を把握し、今後のオープンデータの拡充の方向性検討に活用する。
- 調査事項
  - 回答者属性情報、オープンデータの認知チャネル、オープンデータの利用状況、現状のオープンデータへの不満点、今後の研究の方向性及びそれに必要となるデータ等
- 調査対象
  - 2017年9月時点でのデータ利用者(計64機関、うち海外4機関)
- 回答機関数
  - 24機関(うち海外2機関)
- 実施期間
  - 2017年9月下旬から10月中旬

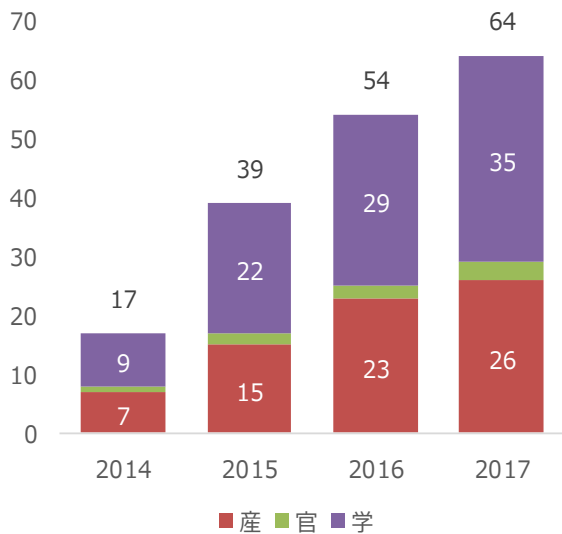




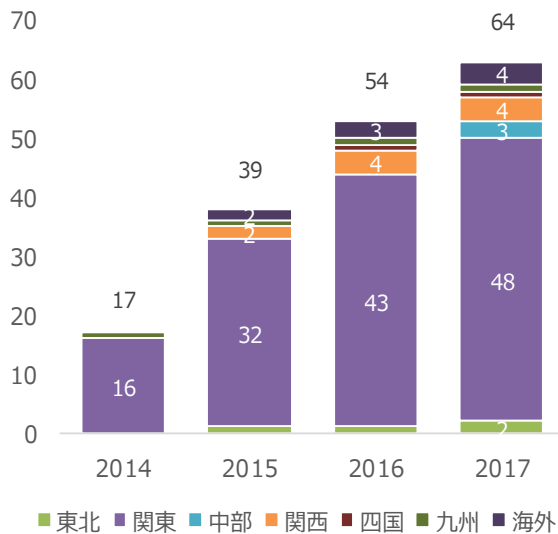
# CARATSオープンデータ提供機関数(全体推移)

- CARATSオープンデータ提供機関数は毎年増加しており、メーカーやシステム開発会社等の「産」の利用者が40%程度、大学や研究機関等の「学」の利用者が50%程度を占める。
- 地域別では、大学や企業が集積している関東地方のユーザーが多数を占める。

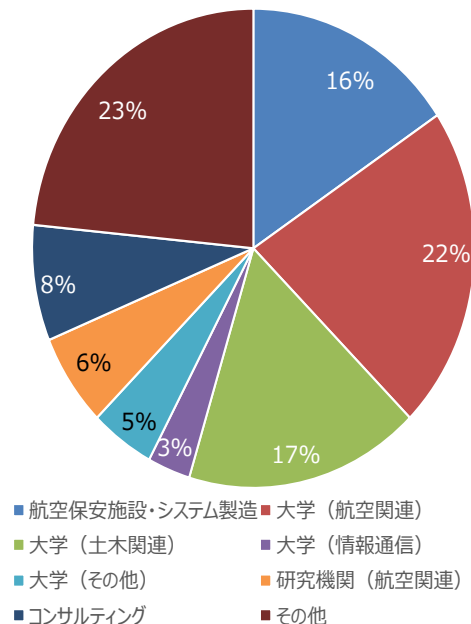
産官学別提供機関数推移



地域別提供機関数



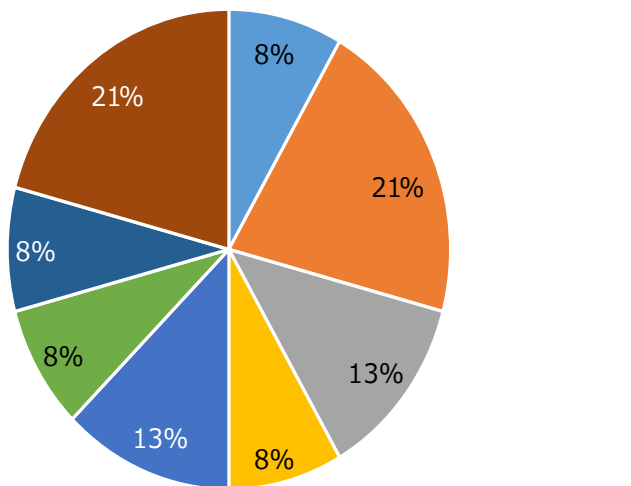
データ提供先機関の構成 (2017年9月末時点)



# アンケート回答者の属性

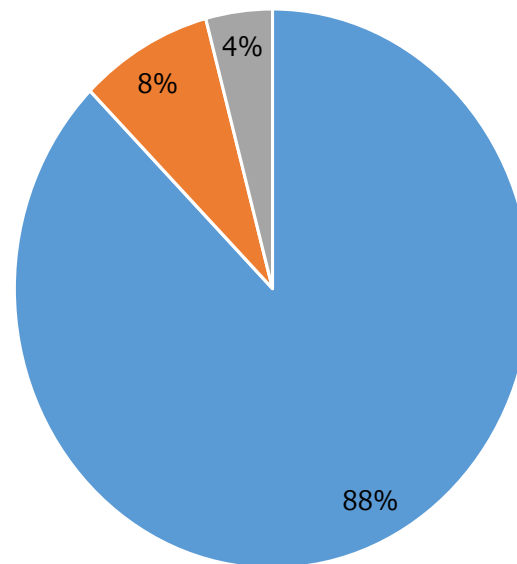
- 回答者は大学・研究機関等が多数を占めており、専攻は航空工学や土木工学、情報工学となっている。その他にも空港会社や航空保安施設の製造者等から回答を得ている。

## ■ 業種



- 情報通信業
- 大学（航空関連）
- 大学（土木関連）
- 大学（情報通信）
- 研究機関（航空関連）
- 研究機関（土木関連）
- 航空関連団体
- その他

## ■ 担当業務



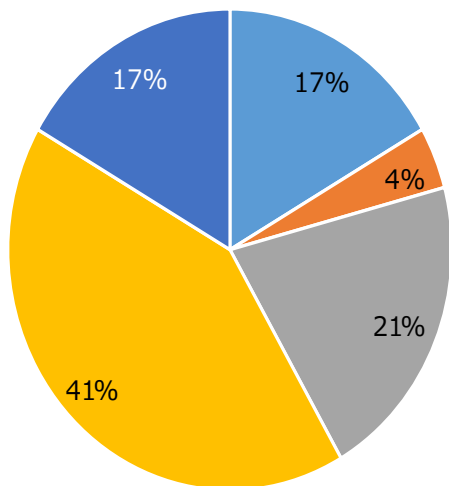
- 研究
- 開発
- 現業



# CARATSやオープンデータの認知状況

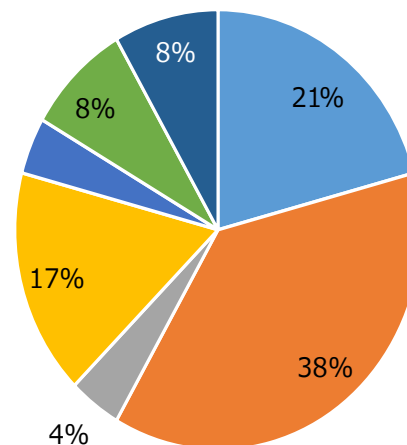
- CARATSについて何も知らないという回答者はいなかったものの、CARATSメンバーを除くと施策までフォローできているのは1/3程度となった。CARATSの描くビジョンの実現に向けた技術課題を克服するために、研究開発活動との連携をより密に行っていく必要がある。
- オープンデータを知ったきっかけでは知人からの紹介が多数を占めている。しかしながら、各研究者の方々の成果も着実に増えているため、今後は研究発表や論文等から知る機会も増加すると考えられる。

## ■ CARATSへの理解



- 自身がCARATSメンバーである
- ほぼ全ての施策を把握している
- 一部施策のみ把握している
- 目標や方向性は把握している
- 名前は知っている

## ■ オープンデータを知ったきっかけ



- 自身がCARATSメンバー
- 知人からの紹介
- 航空局webページ
- 研究発表、論文等より
- オープンデータフォーラムへの参加
- 一般的なweb検索
- その他

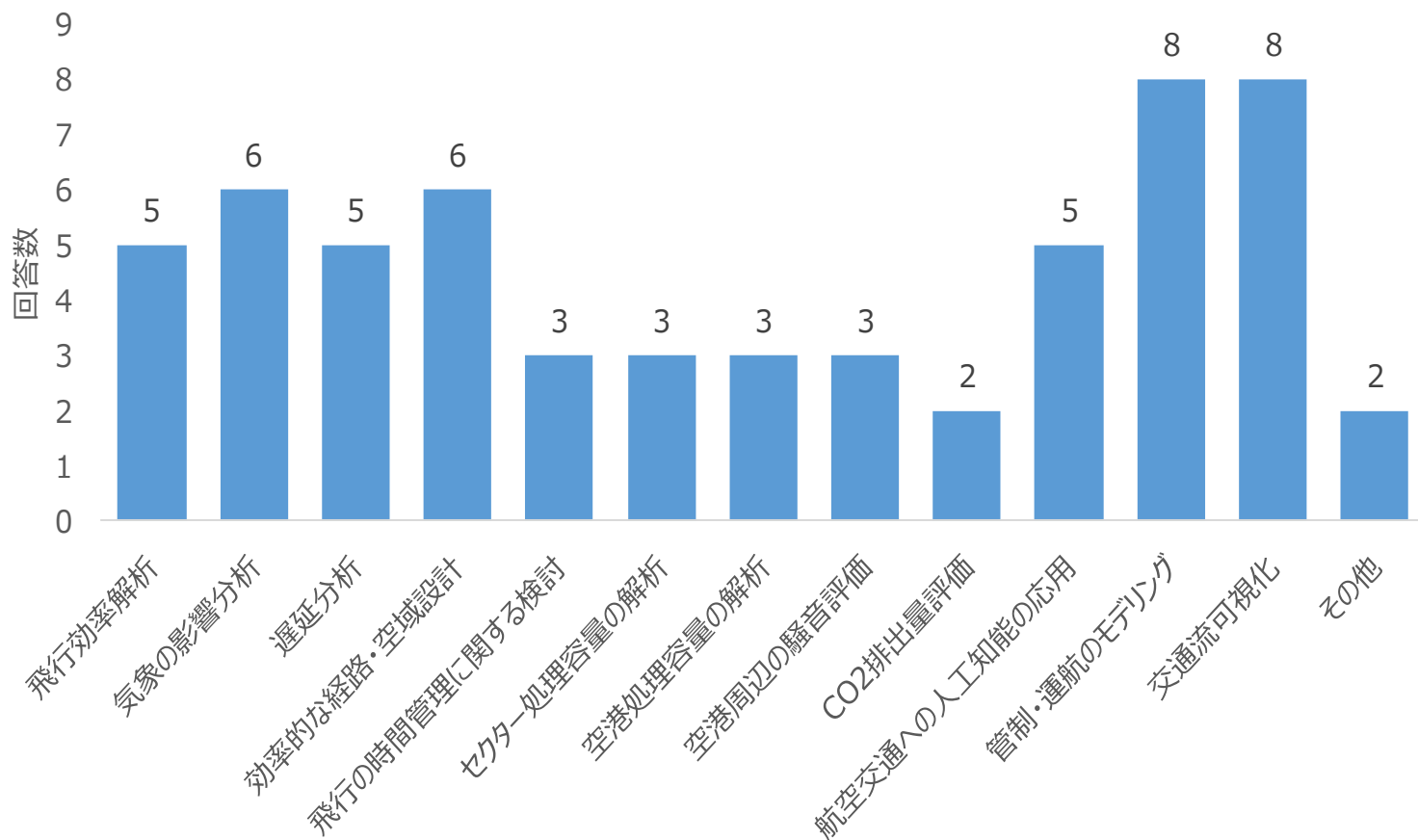
(その他：経産省からの紹介、国交省新着情報メール)



# オープンデータの利用用途

- モデリングや可視化といった汎用的なものを除くと、気象の影響や効率性に着目した研究に活用されている。

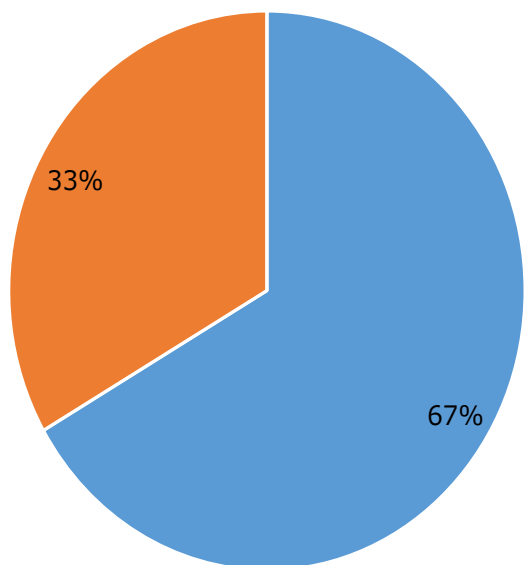
## ■ オープンデータの利用用途（複数選択可）



# オープンデータの利用状況

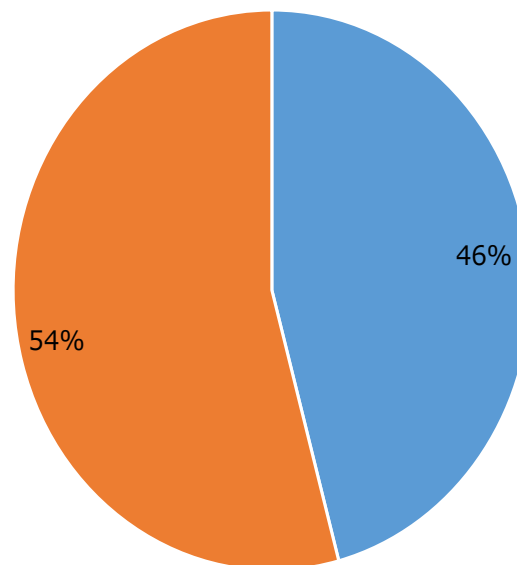
- オープンデータ利用者の約2/3が現在も継続的にデータを利用している。
- データ利用者の半数がオープンデータに関連する研究成果を公表している。

## ■ オープンデータの利用状況



■ 継続的に利用している。 ■ 以前は利用していたが、現在は利用していない。

## ■ オープンデータを利用した研究の公表実績



■ あり ■ なし

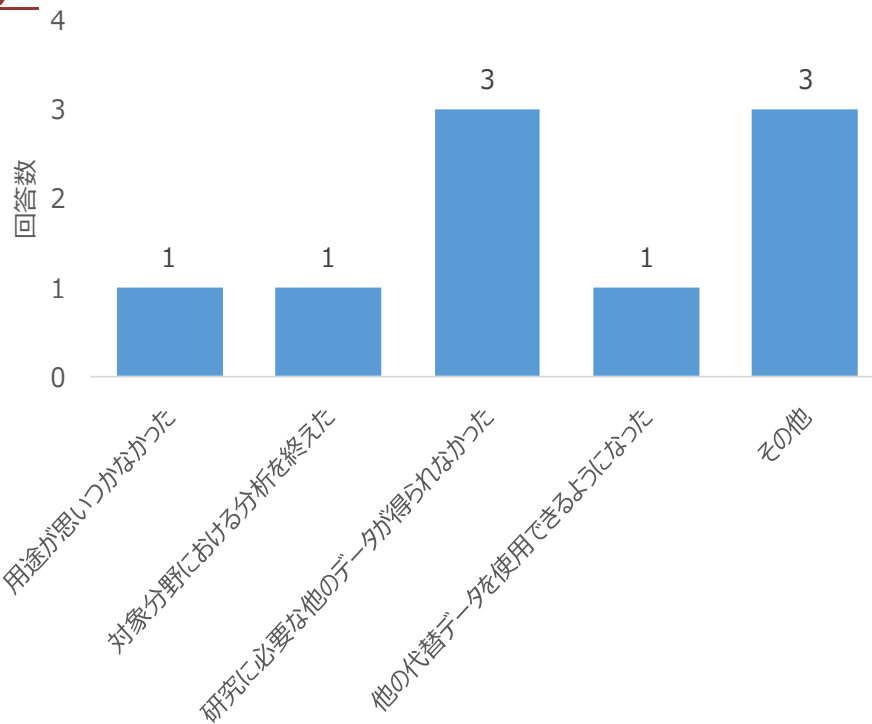




# オープンデータの利用中止理由

- オープンデータだけでは研究を進めることができなかつたため、利用を中止したとの声が最多であった。
- その他には卒業やプロジェクトの終了に伴い、利用を終了したとの回答を得ている。

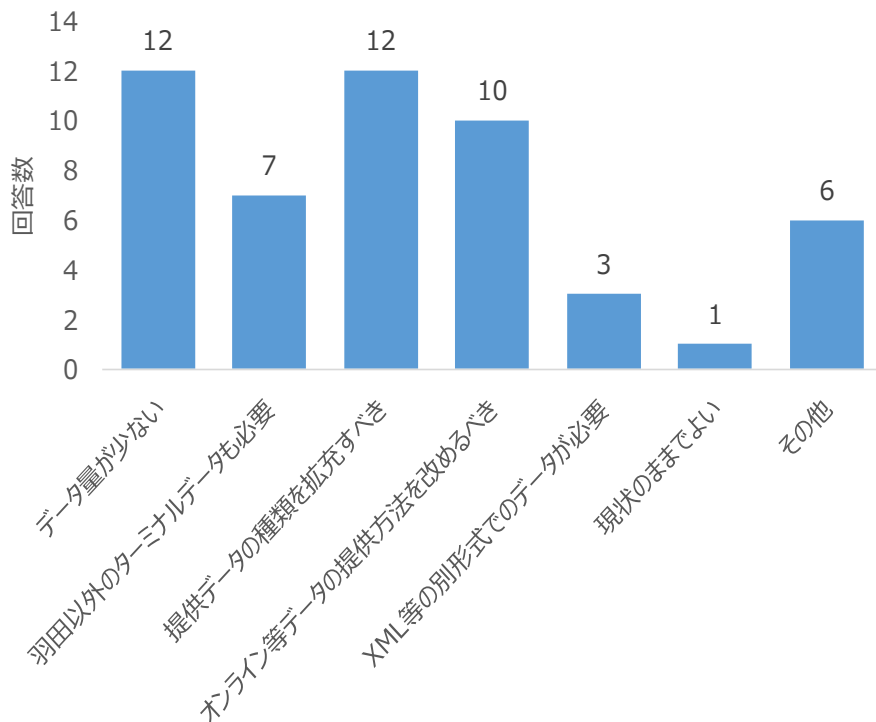
## ■ オープンデータの利用をやめた理由（複数回答可）



# オープンデータへの改善要望

- データの拡充(量および種類)に対する要望が多く、次いで提供方法に対する改善要望が多く挙げられている。

## ■ オープンデータに対する不満点・改善点 (複数回答可)



## (自由記述部分)

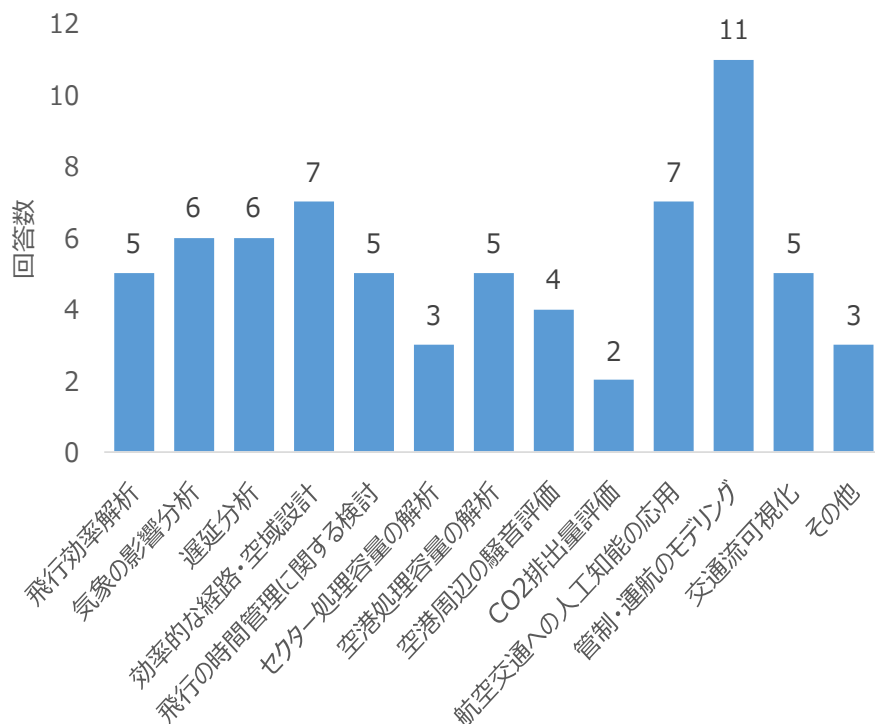
- データ追加要望
  - 出発・目的空港 (利便性向上)
  - 対地速度、対気速度
  - 飛行計画情報
  - データと同時期のウェイポイントデータ等のAIPデータ
- 管制処理上の手順や規則等の提供要望
  - 並び替えの優先度や離陸時刻の調整方法等についての具体的な情報を提供いただければ、実績データから推定し、モデリングをする必要がなくなる。
- データの外れ値等の正確性向上に関する要望
- 提供者・利用者の双方にとって負担の少ない方法の検討要望



# 今後予定している研究

- 先に示した実際の用途と比較して、さほど大きな傾向の違いは見られなかった。

## ■ 今後予定している研究（複数回答可）



（その他：大気汚染物質排出量の評価、フリーフライトの課題検討、空港周辺の実態解析）

Civil Aviation Bureau Japan

## （左記の研究を実施するに当り必要なデータ）

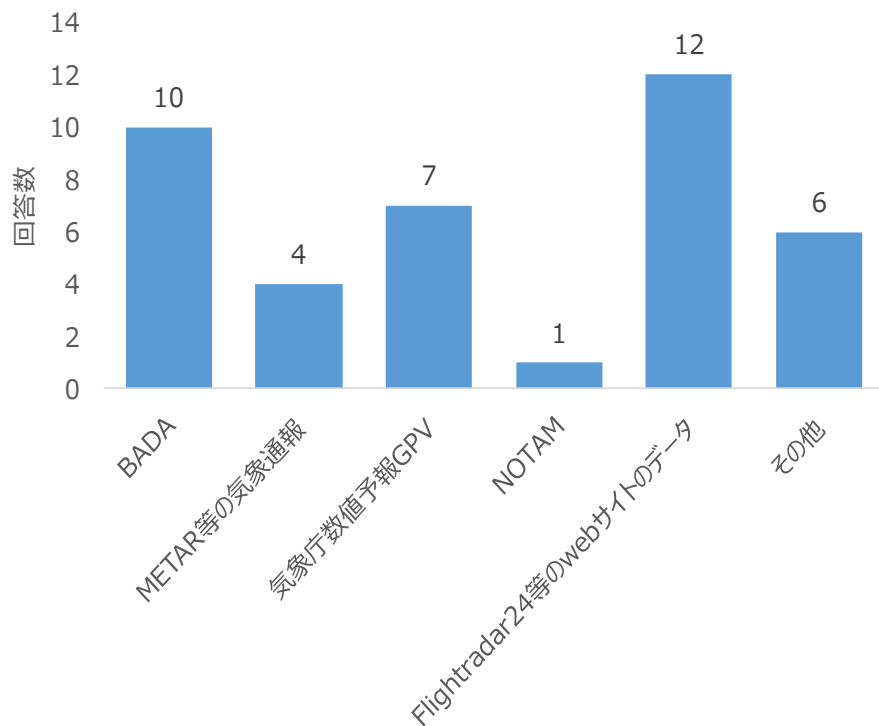
- 新規のデータ
  - 地上面のデータ
  - 離着陸やスポットイン・アウトの時刻
  - 関西圏のARTS、MLAT情報
  - JAXAとJMAが開発したALWINのデータ
  - 飛行計画
  - 遅れ時間の情報
  - 空港の騒音コンターと騒音データ
  - 現在開発中の高層風や着氷、乱気流等の発生に関する気象予測の確率情報
  - 気象庁の予報風・気温データ
- 位置情報の正確化
- データ量増加（深層学習の適用等）



# 今後予定している研究

- オープンデータと異なる性質を持つデータとしてはBADAや気象データが多く利用されている。
- 回答者の半数以上が、Flightradar24等のwebサイトや利用者自身が取得したADS-Bデータをオープンデータと併用している。

## ■ オープンデータ以外の利用データ（複数回答可）



## （その他）

- 航空機監視データ、気象観測データ
- 航空会社からのデータ
- 直接受信したADS-Bデータ
- CARATSオープンデータと同時期のAIP
- CARATSオープンデータと同様の航跡データ（世界の他地域）



# その他自由記述等

- その他に自由記述として、以下のような回答が得られている。

- 今後の研究開発にあたってはデータ整備の重要性が増加すると考えられ、**予算やリソースの確保**が必要。データ量や種類の拡張のみならず、**データの完全性等の質の向上**も重要。
- 商用のファストタイムシミュレータが高いため、**シミュレータの共同利用**のための枠組みを検討いただけるとよい。
- 飛行計画等の予測データを提供いただけるとありがたい。
- **研究資金を提供するような仕組み**があるとよい。
- DVDによる提供形態は、海外のユーザーにとってハードルが高い。**オンラインでのアクセスが可能**となるとよい。
- 第一弾のデータを入手していたが、第二弾以降のデータが出ていることを把握していなかった。データの更新を行った際には、データ利用者に対してその旨を連絡するとよいのではないか。



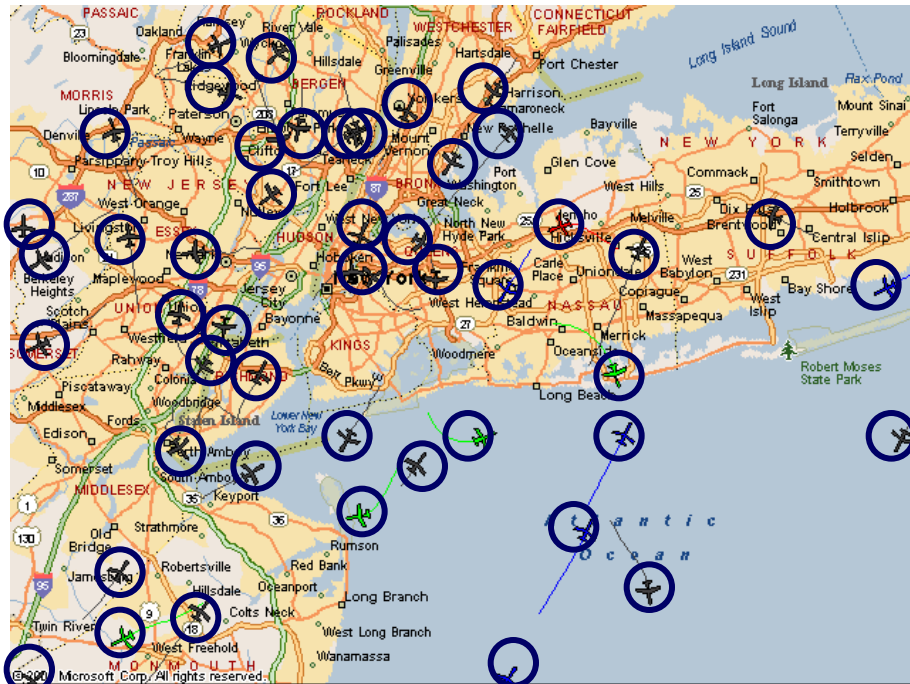


**データ活用で徐々に進む分析**

# 米国の航空管制データの公開状況

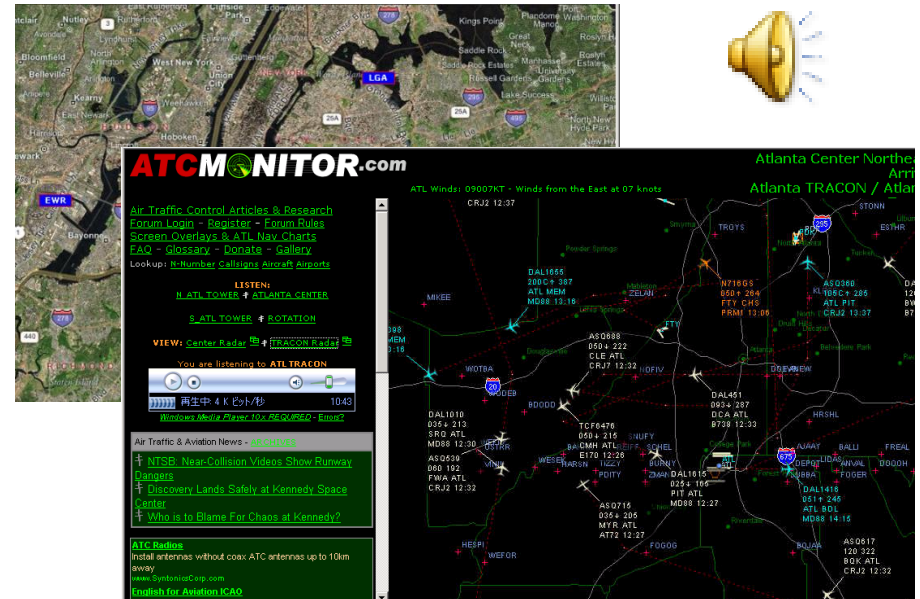
- たとえば, NY都市圏では, 現地時間朝9:00に,  
左下画面の範囲(約150x100km)に50機が飛行している
- この種の管制情報が広く公開されるようになり, 研究が急速に進展している
- 日本の情報公開レベルは未だ低い⇔研究者の拡大・理解と支援の増進・技術発展

米国の航空機の航行状態モニター



(表示情報は, AL名, 高度, 離着陸, 出発目的地)

世界の航空・空港管制の発信モニター



衛星, ターミナル, タワーのそれぞれの管制官とパイロットとの発信をリアルタイムに聞くことができる  
→管制の重要性を広く理解させるための公開でもあろう

## 既往研究で行われている管制指示特性の抽出方法と本分析の違い

	取得データ数	取得データ精度
飛行軌跡ログデータからの抽出	◎ 飛行軌跡ログデータ自体が既にデータベース化されたものなので、取得データ数は多い	△ ・ADS-Bを搭載した機のデータしか取得できない ・飛行軌跡データから管制指示の有無や内容を推測することに限界がある
管制音声データからの抽出	○ 管制音声データをテキスト化する作業が必要であり、取得できるデータ数には限界がある	◎ ・全数調査が可能 ・現実の運航で行われている管制指示を抽出するため、より実態に近いデータが得られる
管制官参加型のリアルタイムシミュレーションによる抽出	△ 管制官に直接実験に参加してもらうため、取得できるデータ数は限られる	○ 現実とは異なる環境での管制指示であるため、現実の管制指示とは異なる可能性がある



管制音声データを使用することにより、全数調査が可能だけでなく  
実際の運航下での管制指示を抽出できる

将来的に...

管制音声データの自動テキスト化ができれば、大量の管制指示データ取得が可能

# ダブリン空港における到着機管制 の運用実態分析（東工大 阪本真）

●管制指示音声データと航跡データを取得し、データセットを構築した。

日にち：2017年11月7日, 8日, 13日

時間帯：各8:57~11:00 (UTC+0)

対象：DUBLIN Approachが上記の時間帯に管制した機体

※音声データはリアルタイムで取得したが、LiveATC.netの都合により各日で2~3回程度の通信不具合によるデータ取得漏れ時間帯がある。

表1 取得データの概要とADS-B搭載率

	管制指示音声データ <sup>1)</sup>			航跡データ <sup>2)</sup>	ADS-B 搭載機 (機)	ADS-B 搭載率 (%)
	発信された メッセージの 回数(回)※	やり取り の回数 (回)	記録され ている便 数(機)	記録されて いる便数 (機)		
2017. 11. 7	626	262	36	35	31	86. 11
2017. 11. 8	624	244	43	39	37	86. 05
2017. 11. 13	559	231	44	38	36	81. 82
<b>全日合計</b>	<b>1809</b>	<b>737</b>	<b>123</b>	<b>112</b>	<b>104</b>	<b>84. 55</b>

※7日は7回, 8日は6回, 13日は2回の便名不明データが存在する。

- ADS-B搭載率は85%程度であった。
- ADS-Bを搭載していなくても、MLATなどによる航跡データが入手できる便も存在した。



# ダブリン空港「DUBLIN Approachで行われる管制」

## 到着機に発出される基本的な指示の流れ

- 管制開始時
  - (1) 入域したパイロットが管制官に自機の情報を出出.
  - (2) 管制官が指示を出出.
  - (3) パイロット復唱



- 途中
  - (1) 管制官が指示を出出.
  - (2) パイロット復唱 (必要に応じて繰り返す)

高度, 速度, 方位, FIX, QNH (高度計補正情報) など



- 管制終了時
  - (1) パイロット管制官に交信 (established)
  - (2) 管制官がDUBLIN Towerに移管. 必要に応じて速度指示出出.
  - (3) パイロット復唱

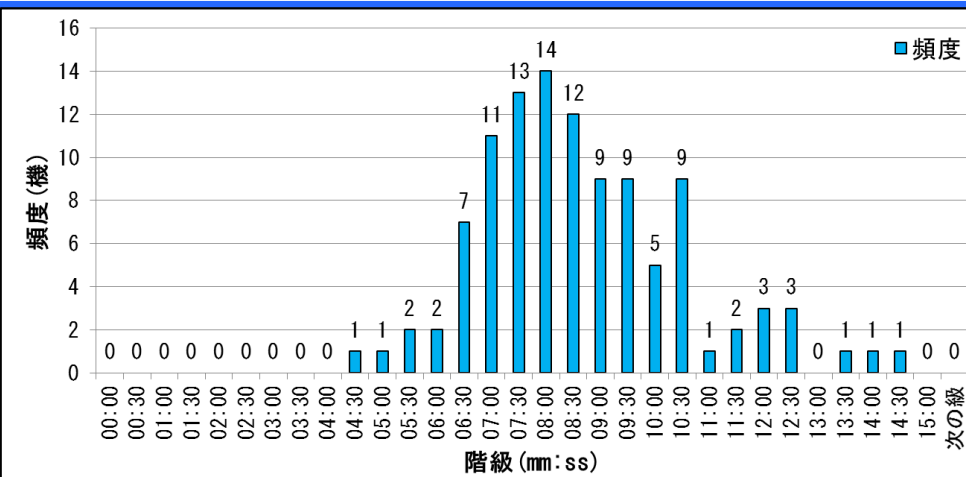
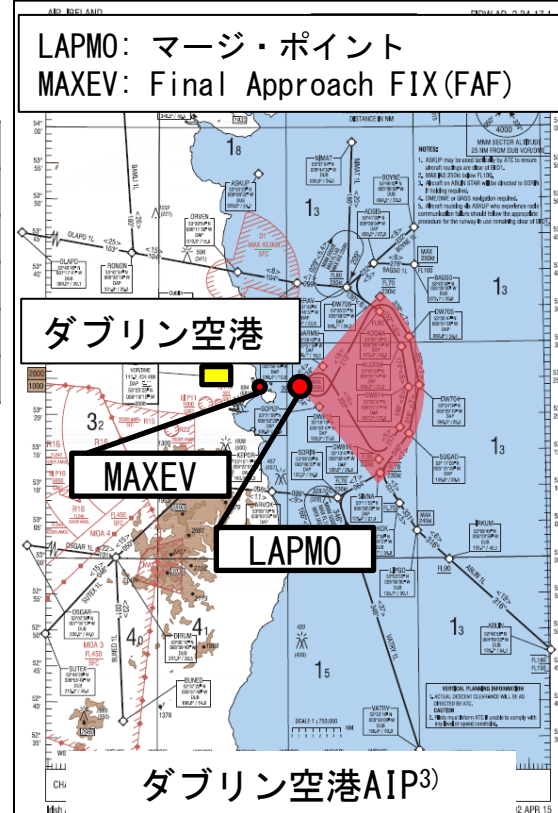
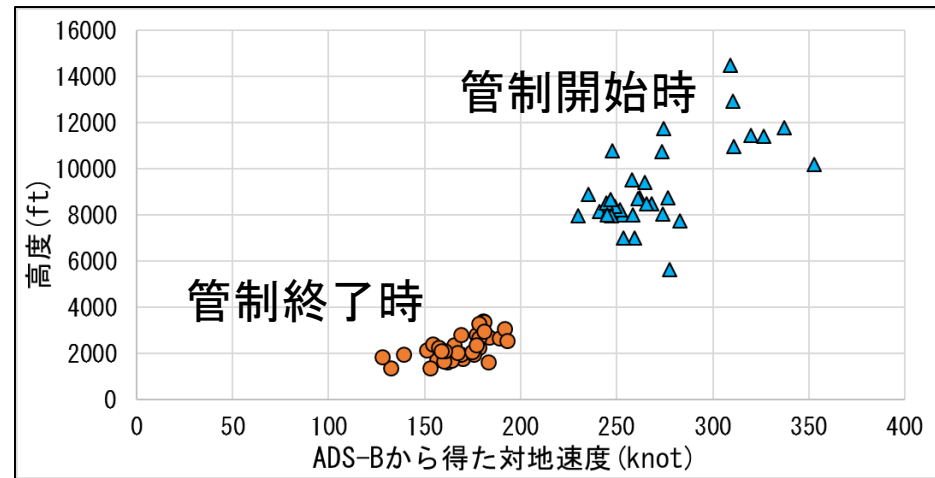
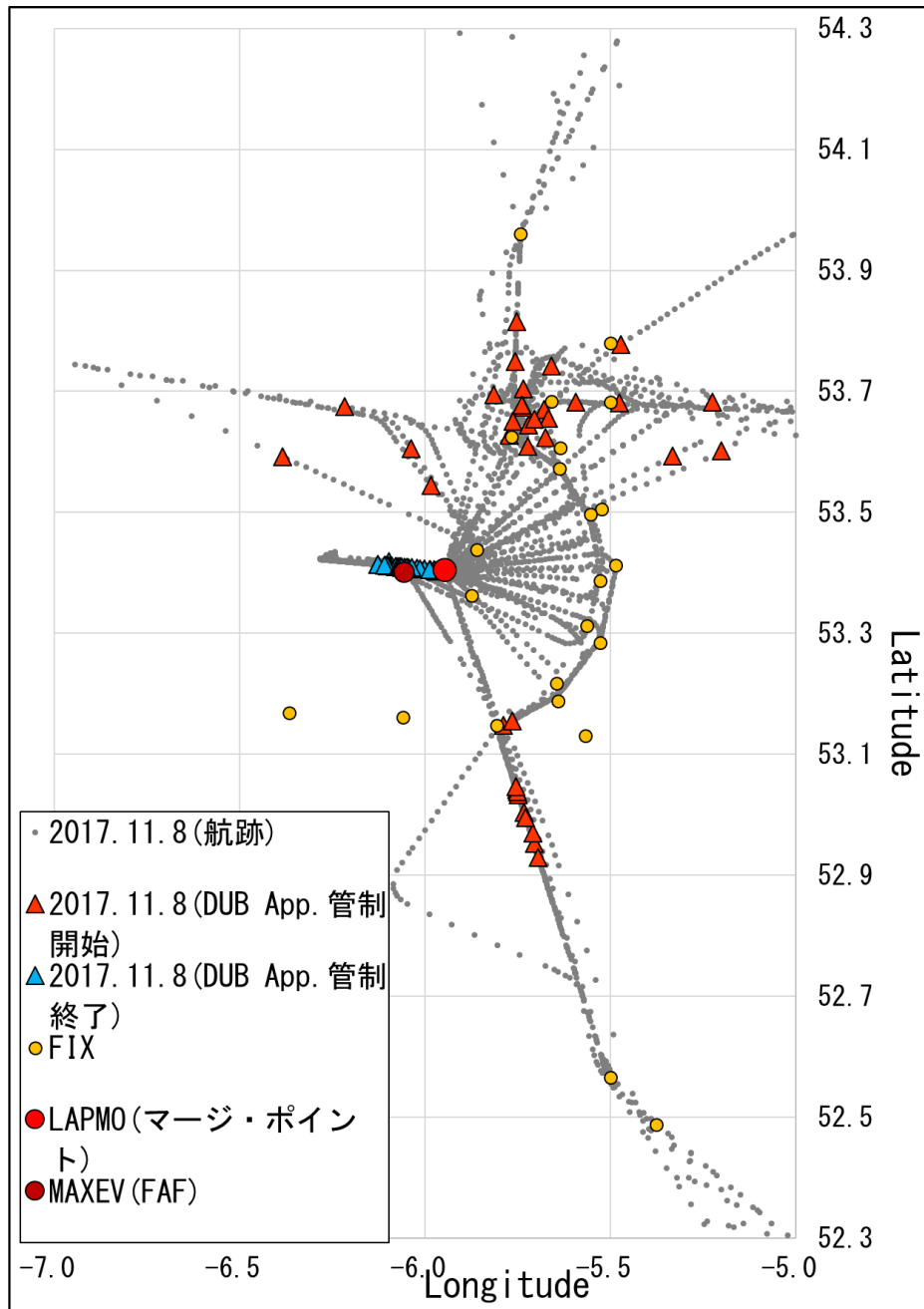


図1 管制されてきた時間の分布

表2 管制されてきた時間

サンプル数	108
平均	0:08:25
最大値	0:14:05
最小値	0:04:19
分散	1.691E-06
標準偏差	0:01:52





↑ 図2 管制開始から終了までの高度・対地速度の変化(11月8日の例)

← 図3 管制開始時と終了時の位置と航跡(11月8日の例)

- 高度・対地速度共にバラつきが小さくなっていることがわかる.
- ポイント・マージ手前でDUBLIN Appの管制が始まっていることがわかる.
- Towerへの移管はLAPMO以降で行われている.

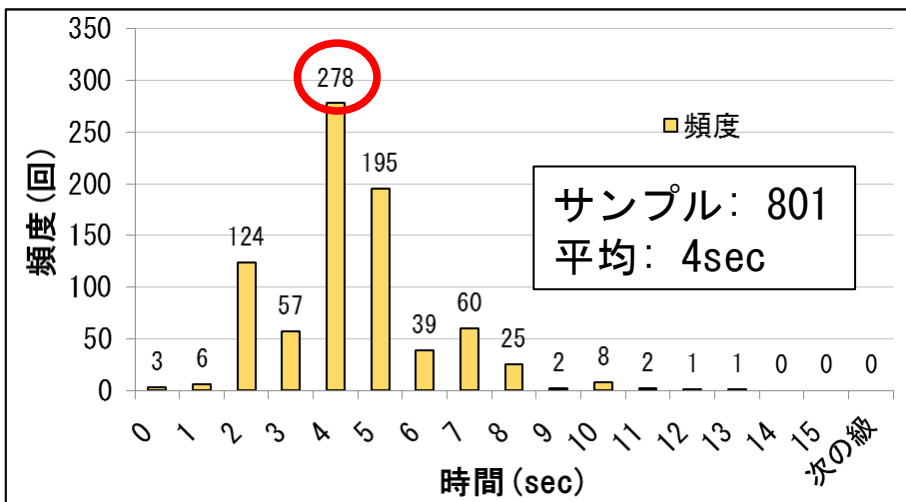


図4 管制官によって発信されたメッセージの長さ

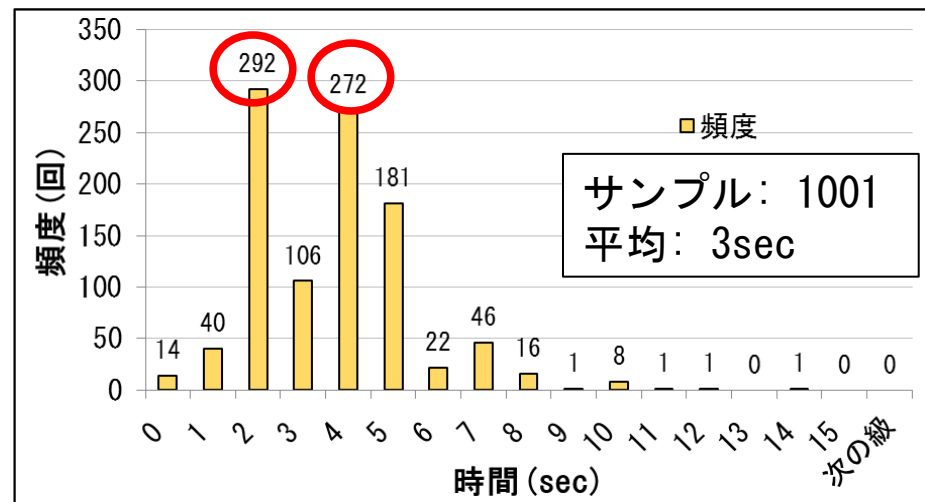


図5 パイロットによって発信されたメッセージの長さ

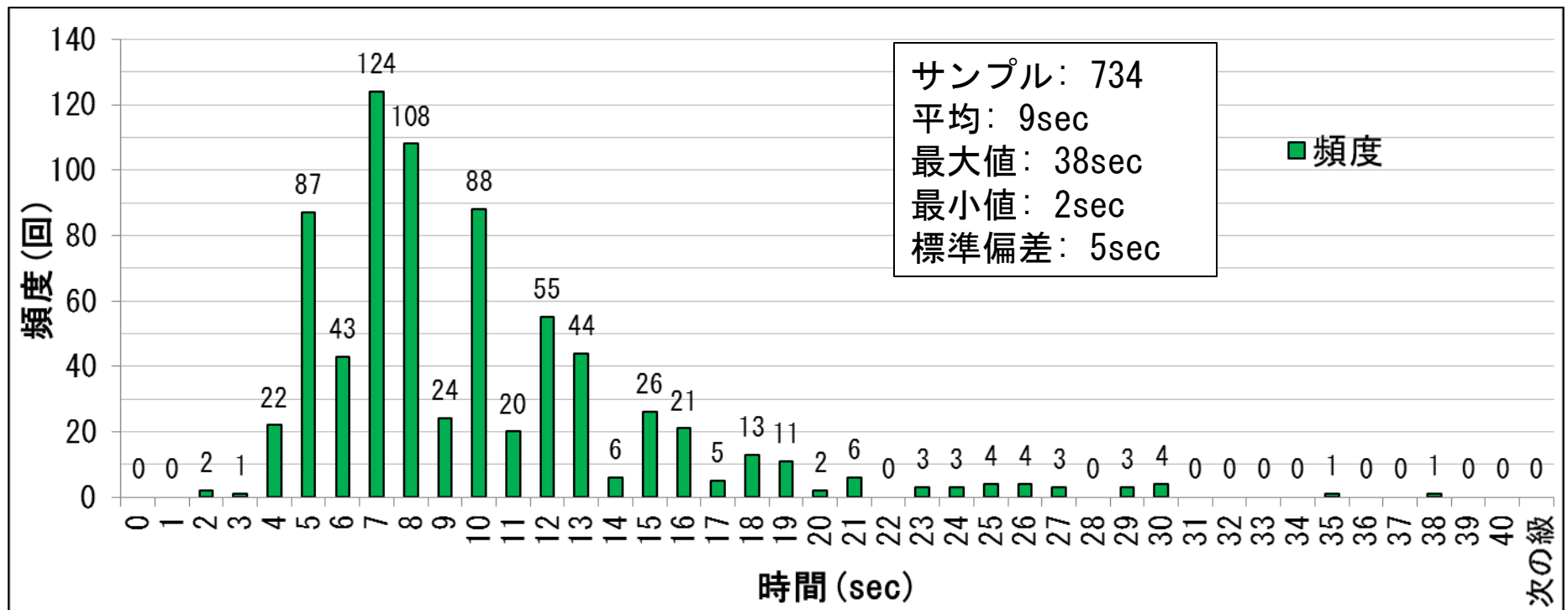
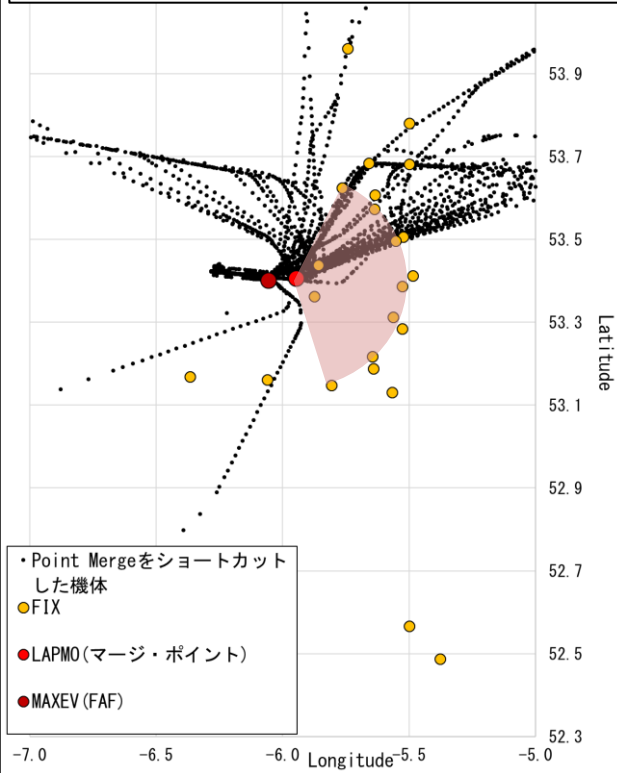


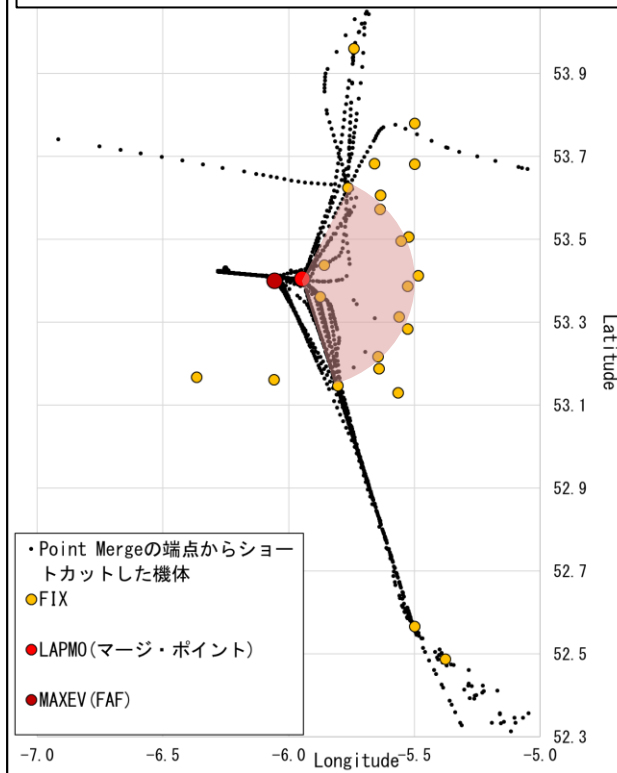
図6 管制官とパイロットのやり取り(会話)の長さ

# ダブリン空港「航跡の分類」

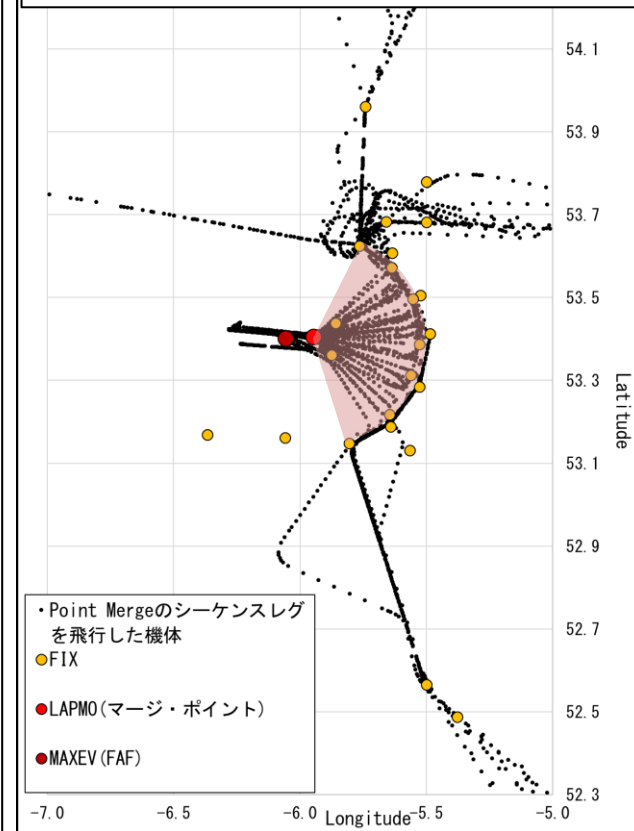
ポイント・マージを通過せず  
にショートカットした便→**53**便



ポイント・マージの進入  
点からショートカットした便→**21**便



ポイント・マージを通過した便→**38**便



- ポイント・マージを無視してLAPMOやMAXEVまでショートカットしている便が半数ほど存在した.
- ポイント・マージの進入地点を通過してからショートカットしている便も一定数存在した.
- これらのルートを選択とその時の先行機との位置関係は今後調べる.

# ダブリン空港「域内管制機数と管制指示の関係」

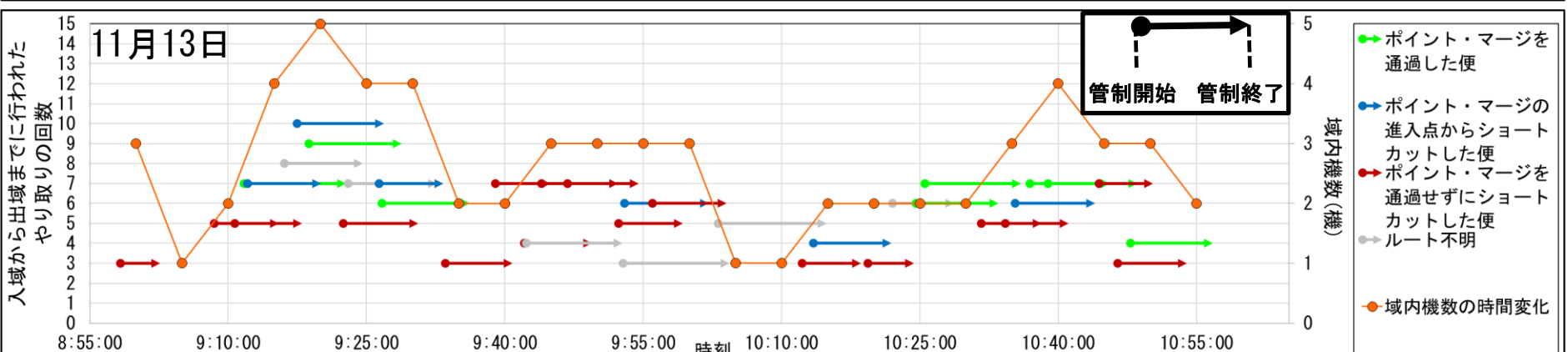
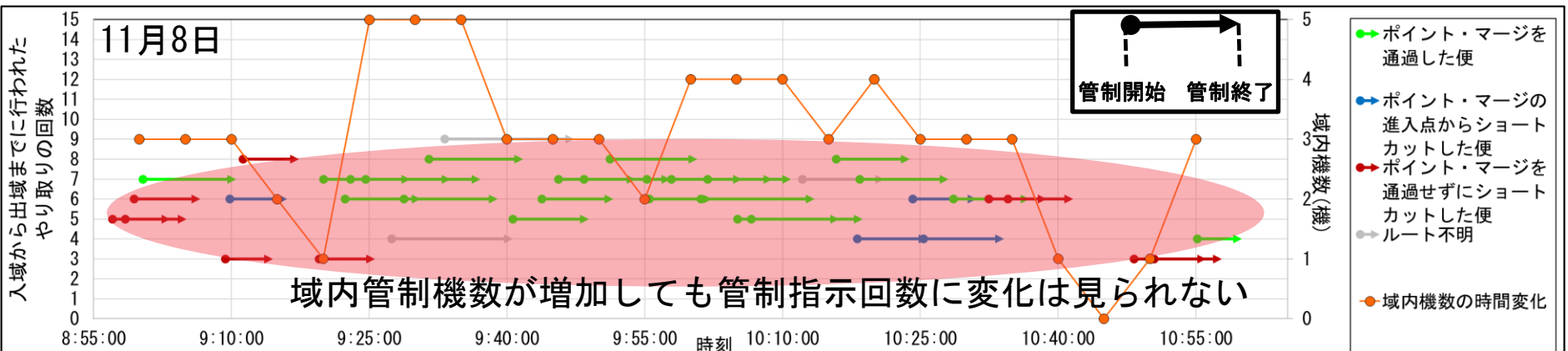
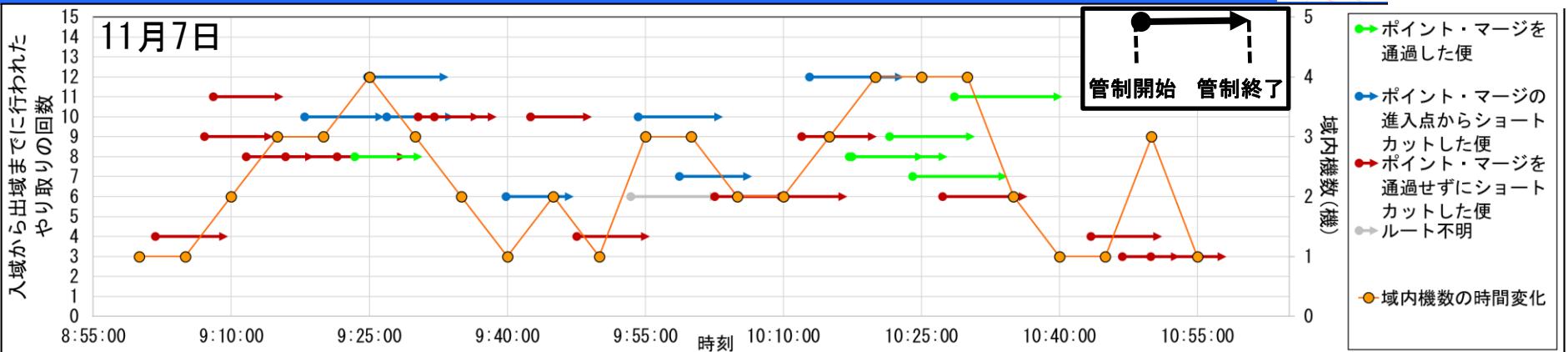


図7 域内管制機数と管制指示回数・管制時間の関係(11月7, 8, 13日)



- 各指示が航空機挙動に反映されるまでのタイムラグ.
- 降下プロファイル(通過高度や進入高度のばらつき, 降下率, 降下パス).
- ポイント・マージをショートカットした便の降下プロファイル.
- シーケンスレグ→マージ・ポイントにおける間隔・高度・速度の変化.
- ポイント・マージにおけるシーケンスレグ離脱の条件(先行機との距離間隔・時間間隔, 速度).
- 到着機数や到着間隔のばらつきとシーケンスレグ飛行距離・時間の関係.

**空域・航空路の更なる有効活用に向けて**

# 首都圏空港活用に関わる諸論点

- 空港容量拡大の徹底的な可能性分析  
市街地上空利用の必要性と限界の見極め  
都心上空と都市開発(制限表面問題)  
横田空域活用の効果検証(航空路の自由度)  
羽田現施設の容量限界の見極め(機材小型化)  
騒音軽減の将来像と限界(機材、GNSS等)
- 地域の合意形成、国民的議論の試み  
羽田の容量拡大、あるいは限界の国民的理解  
成田活用の国民的理解(環境的公正)
- 空港アクセスの強化(容量拡大とのセット)  
アジアの都市間競争(虹橋、インチョンの新幹線)
- オリンピック(2020年)の活用とその後の展開

# 空港周辺における環境問題



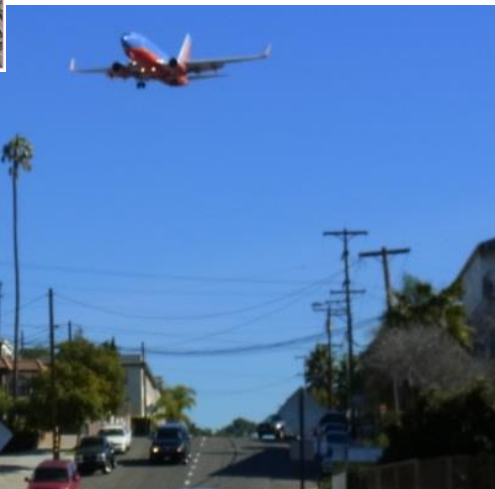
ヒースロー空港

Historical Sipson Community just on 3<sup>rd</sup> runway



現空港敷地内で構想された様々な将来の計画(新幹線駅、空港アクセス鉄道駅、駐車場等々) なお、地方小空港では現有施設の利活用が中心の将来計画内容になる(米国の空港例)

ほぼ2分間隔で住宅地の上を降下して着陸する航空機(写真はLCCサウスウエスト)



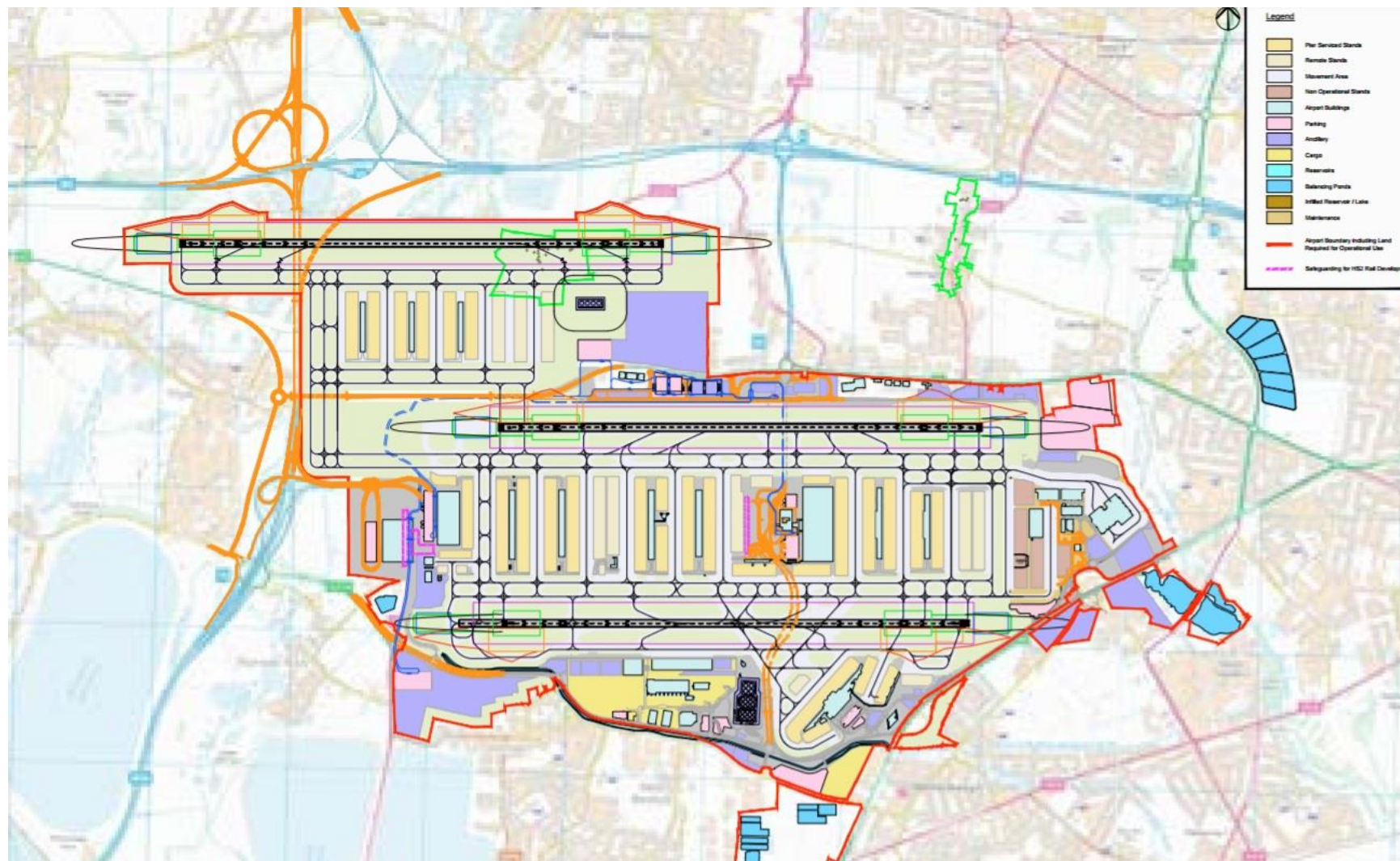
サンディエゴ空港

Community near the existing runway



# 英国政府による滑走路増設の決定

ヒースローの第3滑走路 2016.10.25



# ヒースロー空港等を取り巻く状況

## 経緯:

2003年: 英国政府の白書「航空交通の将来」で将来容量拡大示す

2005年: BBAが暫定将来計画(MP)を公表

2006年: 英国政府が白書後のプログレスレポート公表

2007年: 11月に政府が容量増加政策のPC実施

2008年: 計画法の制定(独立決定機関の設置)

2009年: 1月に政府が第3滑走路整備の政策決定

2010年: 5月に新政権が第3滑走路の政策方針を撤回

2011年: 計画法の改正(計画検査庁の設置)

2012年: 首相がテムズ河口新空港を含む

今後の容量拡大策の再検討を表明

2013年: 7月にヒースロー空港会社が将来構想を公表

2013年: 12月に空港コミッション(AC)が中間報告

2015年: 7月にACが最終報告, 政府が決定を延期

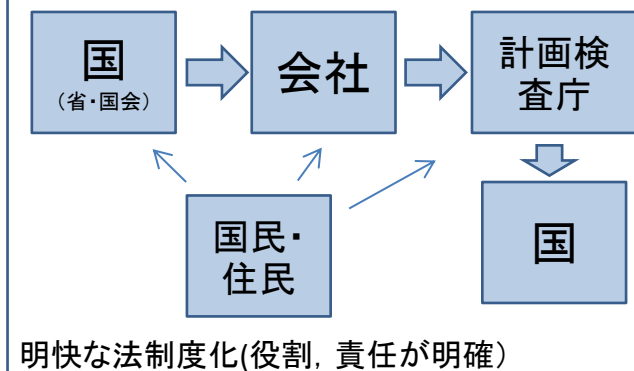
2016年: 6月に英国EU離脱の国民投票

2016年: 10月に政府決定(第3滑走路建設)

2017年: 2-5月に空港NPSに対するPC

2017年: 10月に修正NPSに対するPC

2018年: 国会における決議(予定)



Open consultation  
**Heathrow expansion: draft Airports National Policy Statement**

From: Department for Transport  
Part of: Heathrow Airport expansion and Aviation and airports  
Published: 2 February 2017  
Last updated: 8 May 2017, see all updates

This consultation closes at 11:45pm on 25 May 2017

**Summary**  
Seeking views on the planning policy framework which the applicant for a north-west runway at Heathrow Airport would have to comply with.

Documents

Consultation on Draft Airports National Policy Statement: new runway capacity and infrastructure at airports in the south-east of England



# サンノゼ中心部 滑走路端から4-5km





# 成田空港会社のHP

## 第3滑走路の整備案を示す



成田空港の  
現状と将来

新滑走路の  
整備等

夜間飛行制限  
の緩和

地域への影響

環境対策・  
地域共生策

検討経緯と  
今後の進め方

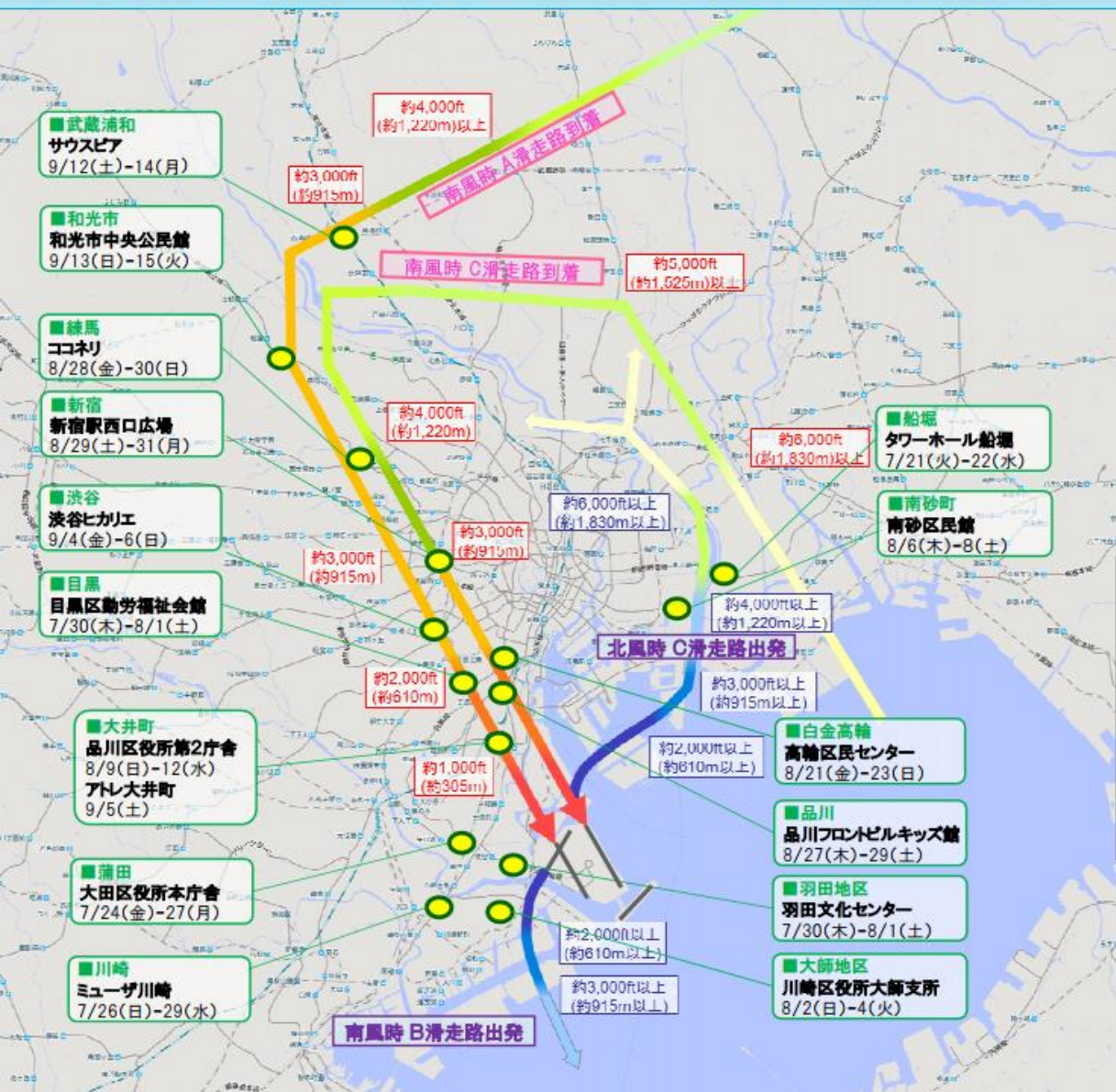
ギャラリー

用語集

環境  
アセスメント



# 新たな飛行経路案(模式図)と説明会の開催場所



○南風運用の割合  
運用全体の約4割(年間平均)

○南風時新経路の運用時間帯  
15:00~19:00(切替時間を含む)

○北風運用の割合  
運用全体の約6割(年間平均)

○北風時新経路の運用時間帯  
6:00~10:30及び  
15:00~19:00(切替時間を含む)

上記以外の時間帯については、現行の飛行経路で運用



※1 到着経路の高度は、計器着陸装置(ILS)を利用した進入により、国際基準で決められた一定の角度で滑走路に向かって降下する場合を前提とした想定高度を記載。

※2 出発経路の高度は、長距離国際線の大型機が通過する際の想定高度を記載(実際には大半の飛行機がより高い高度を飛行)。

# オープンデータ公開の促進 今後への期待

- 研究のすそ野を広げ、理解者を増す
  - ⇒ タブーを恐れず、社会における理解形成  
(当該分野の重要性認知の促進)
  - ⇒ 若手の参入、当該分野への人材確保
- 研究の深度化を図り、新たなアイデアを生み出す
  - ⇒ セカンドオピニオン、合意形成の促進
  - ⇒ 新たなビジネス・産業の創出につながる(GPS気象学)
  - ⇒ 行政対住民の単一構図からの脱却
- データ(情報)公開の促進による信頼の維持向上
  - ⇒ 実際は同等なデータを他から入手可能な社会
  - ⇒ プロアクティブにすることで、行政の消極性  
(根拠なき疑い等)を払拭

ご清聴ありがとうございました