

---

# 福岡FIRと隣接FIR間の交通流解析

## *An Analysis of Fukuoka FIR Cross-Boundary Traffic Flows*

マークブラウン & 平林 博子  
航空交通管理領域

1. Background  
研究の背景
2. Fukuoka FIR International Traffic Flow Analysis  
Fukuoka FIRにおける国際交通流の分析
3. Towards a “Free Routing” concept  
フリールーティングの概念に向けて
4. Conclusion

---

# 1. Background

## 研究の背景

# Background

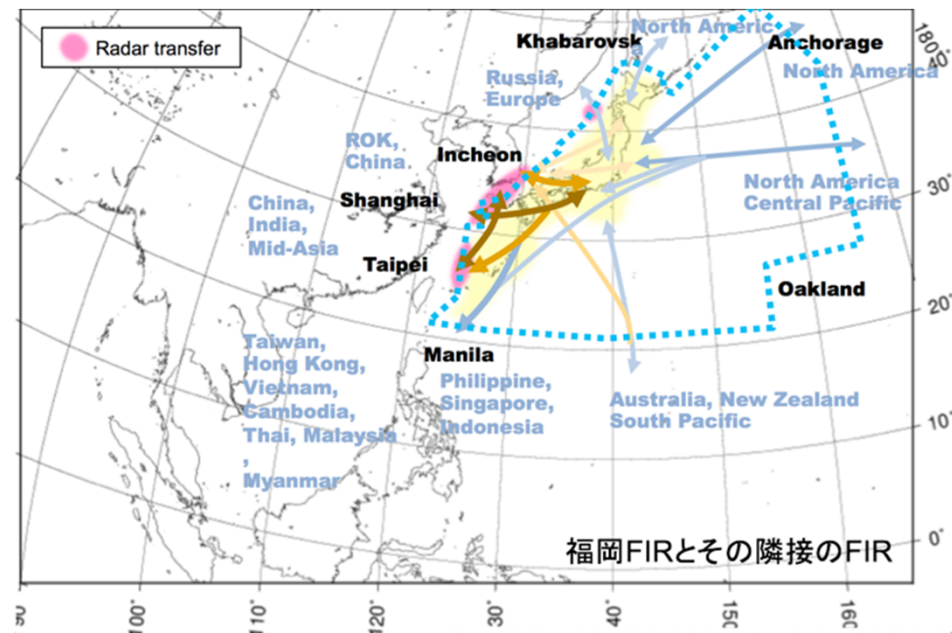
## 研究の背景③ 環境への影響を最小限にしながら

- Fukuoka FIR located between Asia and North America air transportation markets. International traffic in Fukuoka FIR set to increase by  $\sim 80\%$  between 2013 and 2030. 福岡FIRは、東北アジアと北米間の航空交通市場の一部で、この福岡FIRにおける国際交通量(外国と日本間の便+上空通過便)は2013年から2030年の間に約8割増加する見込み。
- Necessary to increase en route airspace capacity while offsetting environmental impact by improving flight efficiency. Trajectory-Based Operations (TBO) will be introduced to achieve this. この交通量の増加に対して、環境への影響を最小限にしながらフライトの運航効率を改良し、エンルート空域の容量を増やす必要がある。これを実現するため、軌道ベース運用(TBO)概念を適用する。

- As a first step towards TBO, we are investigating applying “Free Routing” for Fukuoka FIR international traffic. TBOへの最初の一歩として、福岡FIRにおける国際便に対する「フリールーティング」の概念を研究する。

First need to understand international traffic flows. (This analysis.)

そのために、国際交通流を解析し、課題洗い出しが必要(当発表)



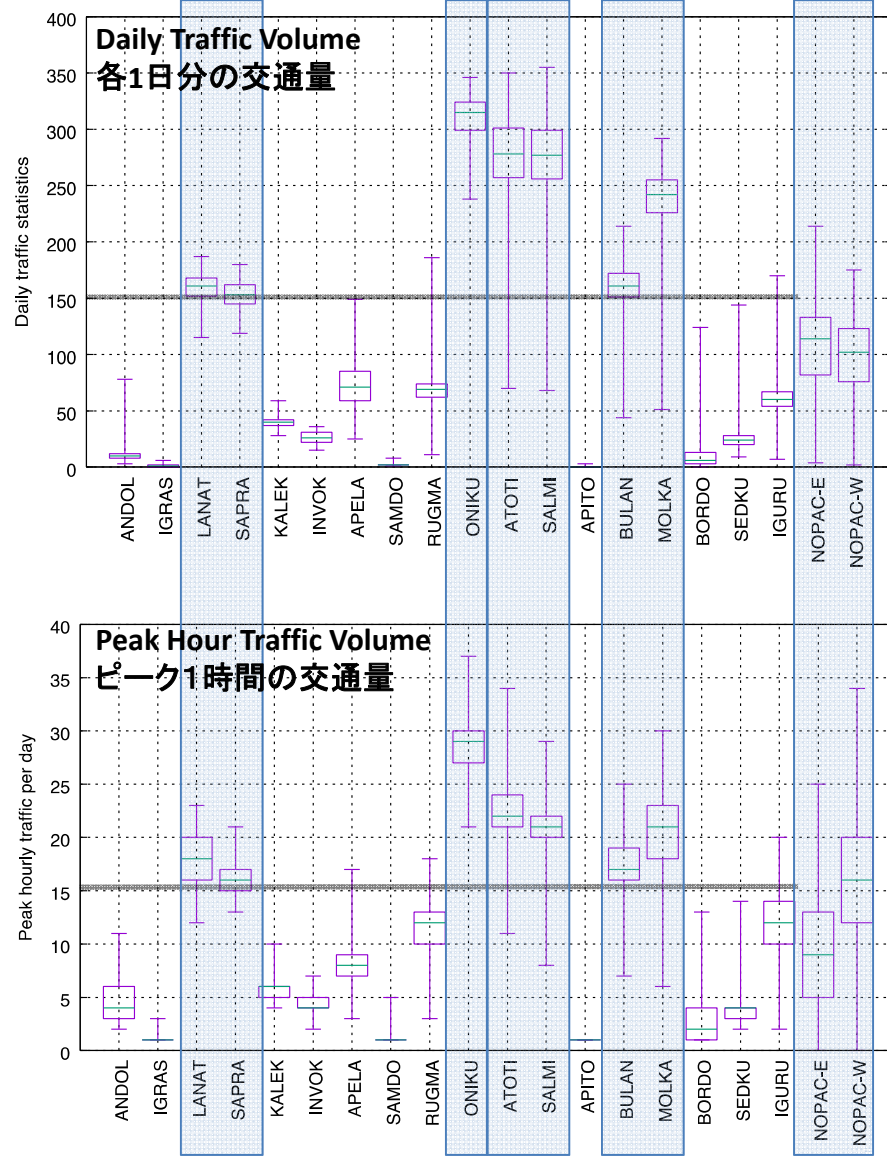
---

## 2. Fukuoka FIR International Traffic Flow Analysis

# Fukuoka FIRにおける国際交通流の 分析

# Cross-Boundary Traffic Flow Analysis

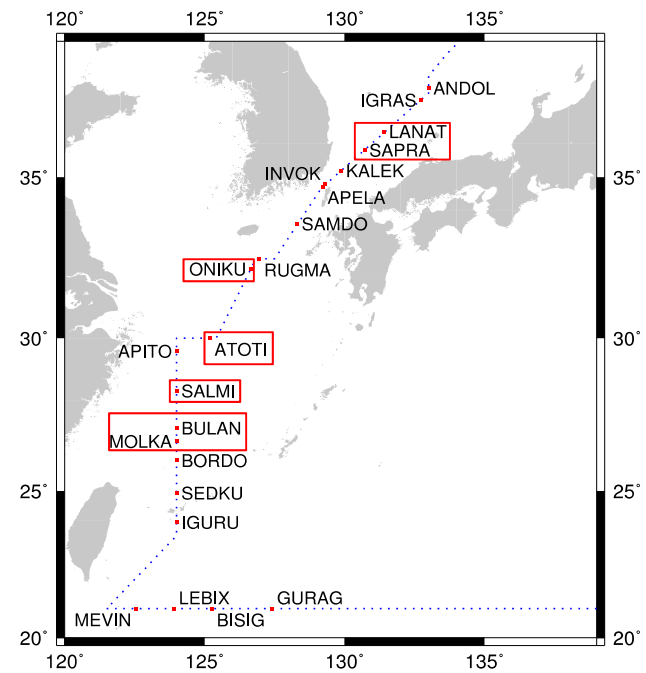
## FIR境界線を渡る交通分析



Analyse flows through main radar-controlled boundary points + NOPAC.  
レーダ管制空域にあるFIR境界線ウェイポイント + NOPAC経路の交通を解析した。

Data : 1 Apr 2016–31 Mar 2017 解析データ: 平成29年度  
NOPAC: 1 Jul 2016 – 30 Jun 2017 NOPAC 2016年7月～12ヶ月

- Select for further analysis:
- > 150 flights/day median traffic
  - > 15 flights/hour peak median traffic



# Main Cross-Boundary Flows

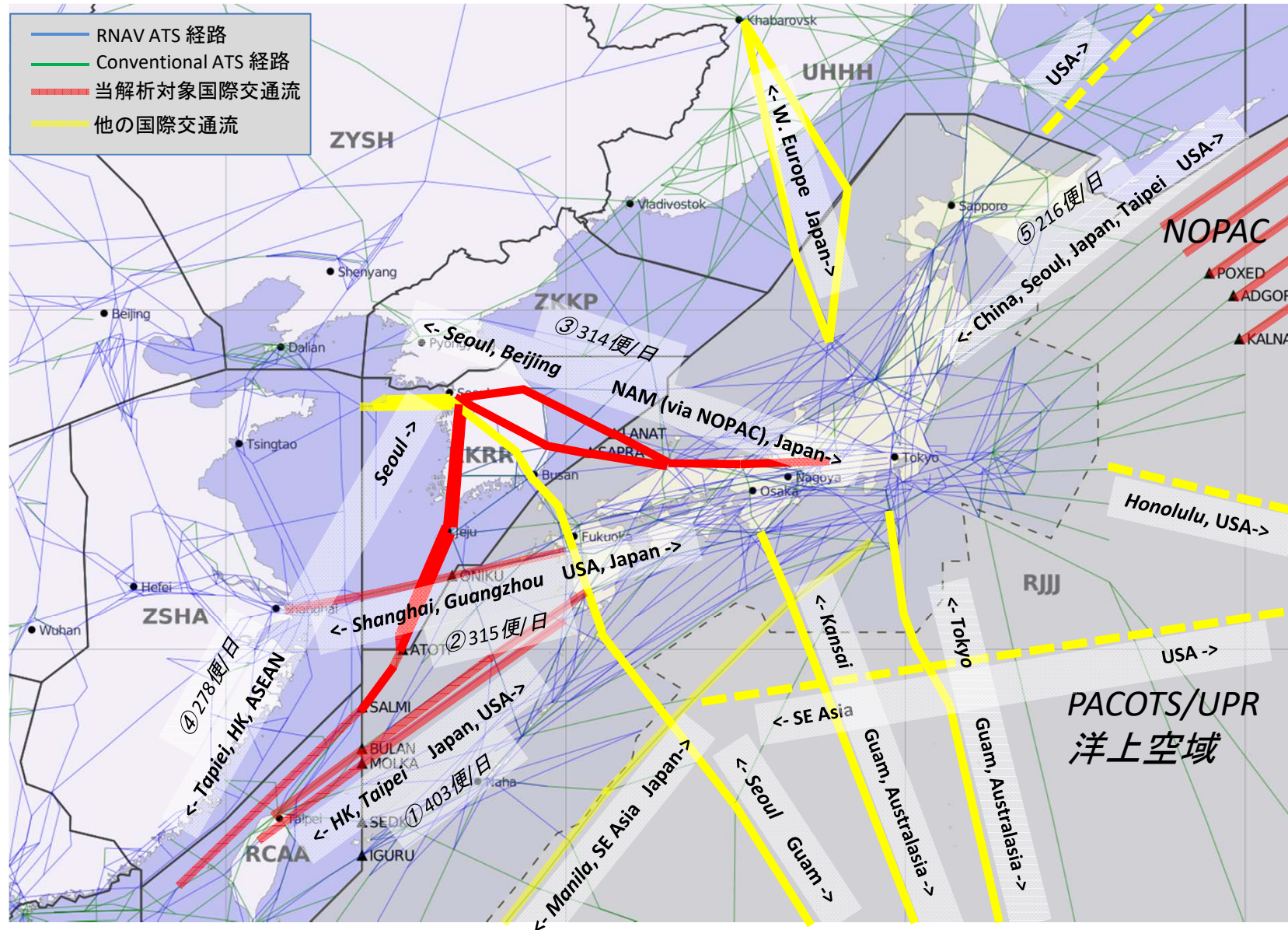
## 主な国際交通流

Flow	Region A->B	Flights/year (ave. /day)	Region B->A	Flight/year (ave. /day)	Traffic Ratio	Flights/day (median)	Notes
BULAN (Wbound)/ MOLKA (Ebound)	TW→JP	31,441 (86)	JP→TW	31,852 (87)	42%	<i>BULAN 161</i> <i>MOLKA 242</i> <u>TOTAL 403</u>	TW: Mostly Taipei CHN(1): Mostly HK NAM<>CHN asymmetric
	CHN(1)→JP	20,440 (56)	JP→CHN(1)	19,084 (52)	26%		
	CHN(1)→NAM	11,470 (31)	NAM→CHN(1)	5,257 (14)	11%		
ONIKU	CHN(2)→JP	42,367 (116)	JP→CHN(2)	42,951 (118)	74%	<u>315</u>	CHN(2): Mostly ZSPD NAM<>CHN asymmetric
	CHN(2)→NAM	13,049 (36)	NAM→CHN(2)	4,021 (11)	15%		
LANAT (Ebound) /SAPRA (Wbound)	KOR→JP	28,502 (78)	JP→KOR	30,097 (82)	51%	<i>LANAT 161</i> <i>SAPRA 153</i> <u>TOTAL 314</u>	E'bound: Mostly from RKSI, RKSS, ZBAA W'bound: Mostly to RKSI, RKSS, ZBAA CHN(3): Mostly Beijing, Dalian (2.8:1 ratio)
	CHN(3)→JP	16,030 (44)	JP→CHN(3)	16,317 (45)	28%		
	KOR→NAM	8,636 (23)	NAM→KOR	5,828 (16)	15%		
SALMI	ASEAN→KOR	23,428 (64)	KOR→ASEAN	28,586 (78)	52%	<u>278</u>	CHN(1): Mostly HK KOR: Mostly Seoul TW: Mostly Taipei
	CHN(1)→KOR	12,049 (33)	KOR→CHN(1)	13,576 (37)	25%		
	TW→KOR	10,080 (28)	KOR→TW	12,049 (33)	22%		
NOPAC	JP→NAM	11,367 (31)	NAM→JP	15,867 (43)	36%	<i>East 114</i> <i>West 102</i> <u>TOTAL 216</u>	E'bound: 55% from HK, 19% from Shanghai. 54% for PANC, 12% for KJFK. W'bound: Mostly for RJAA (31%), RKSI (15%), RCTP (12%), VHHH (10%) KOR: Mostly Seoul TW: Mostly Taipei NAM<>CHN asymmetric
	CHN→NAM	15,773 (42)	NAM→CHN	7,411 (20)	31%		
	KOR→NAM	8,071 (22)	NAM→KOR	6,201 (17)	19%		
	TW→NAM	4,187 (11)	NAM→TW	5,043 (14)	12%		



# Main Cross-Boundary Flows

## 主な国際交通流





# Inter-Regional Flow Asymmetry

## アジア～北米間の交通流バランス

Region	To NAM (A)	From NAM (B)	% diff*
CHN (all)	26,087 (71)	10,559 (30)	42%
JP	21,441 (59)	21,559 (59)	0%
KOR	12,495 (34)	7,717 (21)	24%
TW	8,126 (22)	7,042 (19)	7%
ASEAN	2,023 (6)	1,446 (4)	17%
Other	150 (<1)	75 (<1)	-
Total	70,442 (193)	48,758 (134)	18%

$$*\%diff = (A-B) / (A+B) * 100$$

例: AKARA コリドー のアジア～北米間交通:

東行き: To KLAX (7663) PANC (5877) CYVR(1291)

西行き: From KLAX (815) CYVR (798) PANC (619)

例: NOPAC (2016-4-1 ~ 2017-3-31):

西行き: To PANC 13,656 便

東行き: From PANC 7,799 便

Two reasons 二つの理由:

(1) Effect of wind (Polar Jet Stream)

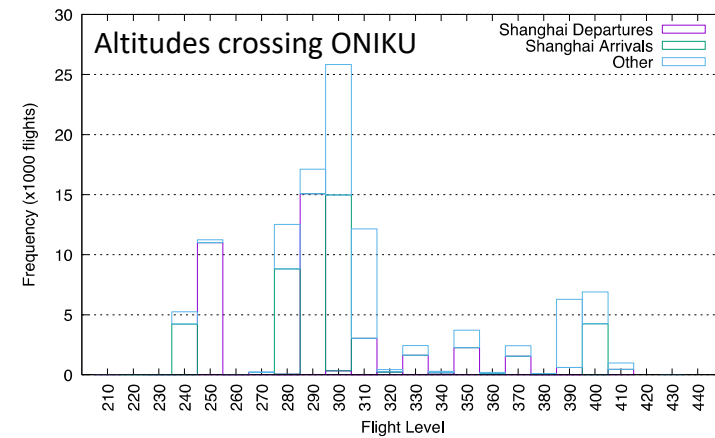
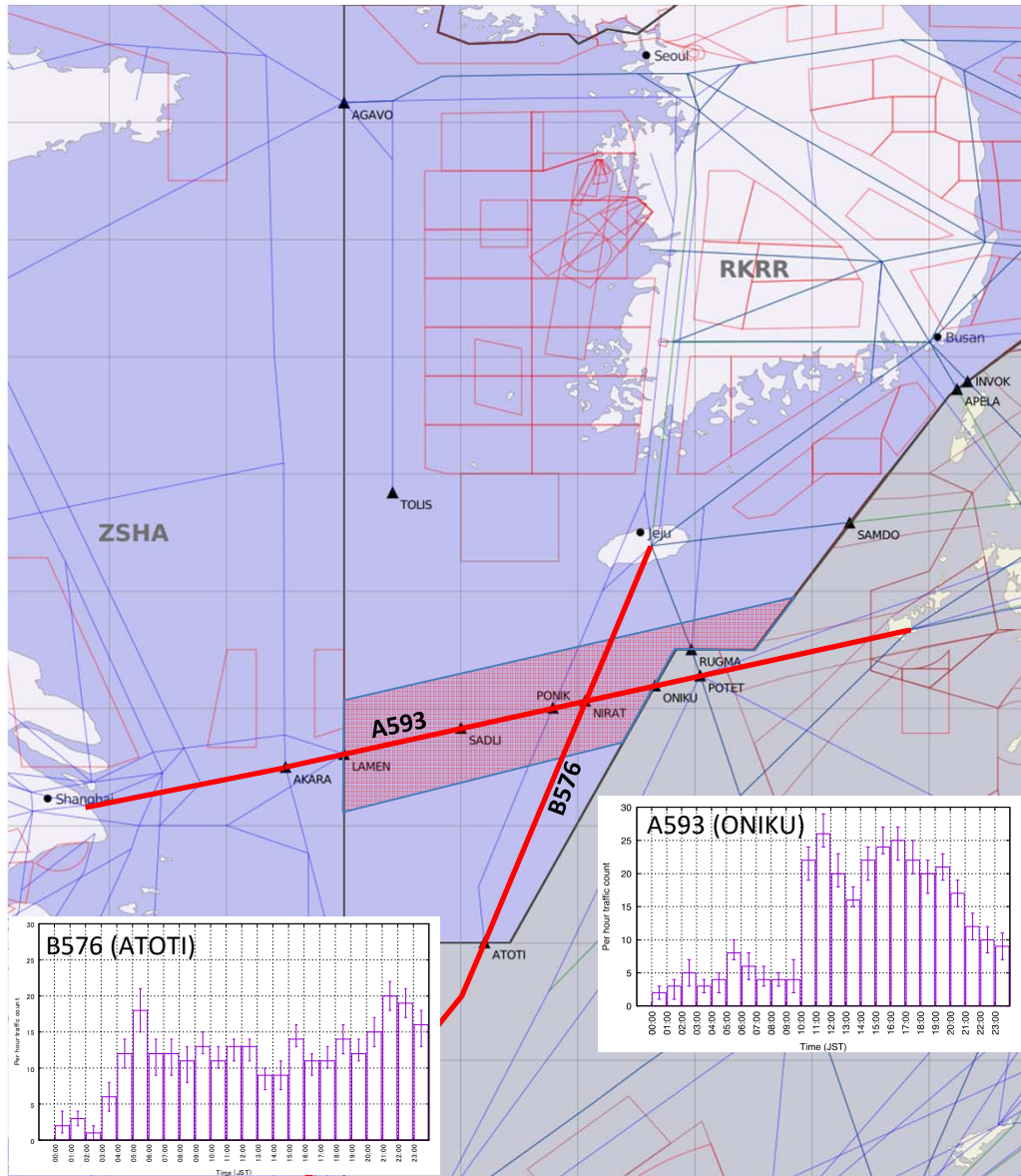
風の影響(ジェット気流)

(2) Type of operation (cargo, pax.)

運用の種類(貨物便、乗客便)

55% of eastbound traffic on NOPAC routes is cargo traffic to/from PANC, but only 20% of westbound NOPAC traffic. (Mostly VHHH, RKSI, RCTP, RJAA, ZSPD)

# Akara Corridor Akara コリドー



A593: ~315 flights/day (median)  
 B576: ~278 flights/day (median)  
 RKSI/RKSS<->ZSPD/ZSSS 43 flights/day  
 (average) (15,570 in FY2016)

- High traffic levels on crossing routes (B576 and A593) plus traffic between Shanghai and Seoul -> Level restrictions.
- Shanghai terminal congestion -> flow restrictions upstream of ONIKU.
- Beijing terminal congestion -> flow restrictions upstream of AGAVO.

---

### 3. Towards a “Free Routing” concept

フリールーティングの概念に向けて

# Free Routeing

## フリールーティング

---

- As a first step towards TBO, we are investigating “Free Routeing” for Fukuoka FIR international traffic.  
TBOへの最初の一步として、福岡FIRにおける国際便に対する「フリールーティング」の概念を研究する。
- Increase route efficiency  
「ルート効率」の改良を目指す
  - Reduce discrepancy between operator’s “optimal” route and flight planned route.  
運航者の要求する「最適」経路と飛行計画経路(と実際に飛ぶ経路)の相違を低減する。
- But, “Free routeing” may increase airspace complexity, impact ATCo workload and consequently reduce capacity.  
しかし、フリールーティングにより空域が複雑になり、航空管制官の業務負担、空域容量の制限になる恐れがある。

空域容量のために構造化された交通流が必要。  
ルート効率と空域容量のトレードオフ？

# Free Route Airspace (FRA) [EUROCONTROL]

EUROCONTROL Free Route Airspace (FRA) blocks.  
EUROCONTROL フリールート空域のブロック

•Route between defined entry and exit points, possibly via intermediate waypoint(s), without referring to ATS network.  
ATS経路と関係なく、FRAの定められた入域ポイントから出域ポイントの間にルートする。

•Operator benefits 運航者への便益

“Flying distances can be reduced by approximately 7.5 million NM (45,000 t fuel, 150,000 t emissions)”

•ANSP benefits 航空航法サービス提供者への便益

“Improved predictability thanks to more stable trajectories while ... enhancing the use of conflict detection tools.”

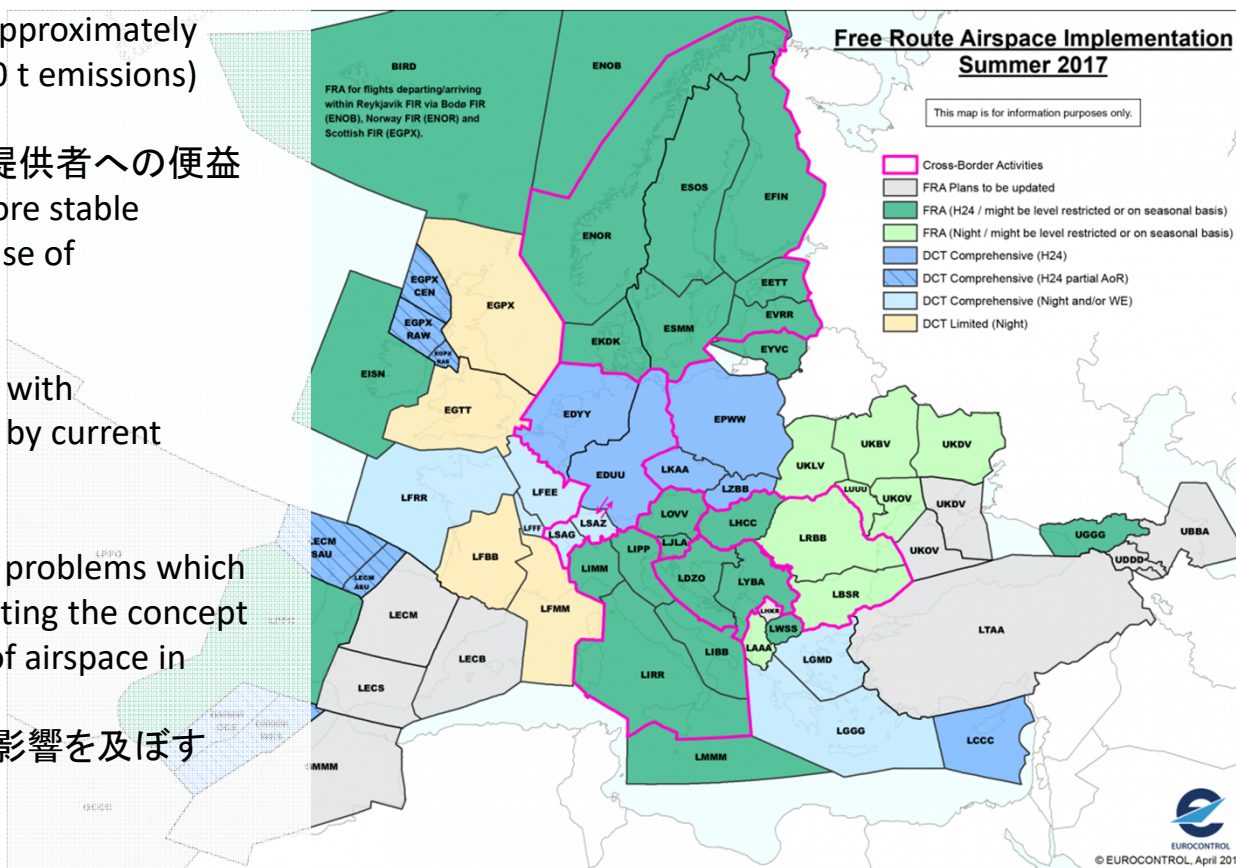
安定した軌道 → 予測可能性

“Better spread of conflicts compared with concentration of conflicts generated by current fixed route network.”

コンフリクト分散

“ANSPs have not identified any major problems which would prevent them from implementing the concept even in one of the busiest volumes of airspace in the world.”

最も混雑した空域でもFRAの実現に影響を及ぼす大きな問題がない。



## 1st Asia Pacific Ministerial Conference on Civil Aviation

(Beijing, 31 January – 1 February 2018)

### 第一アジア太平洋地域民間航空閣僚級会議

*Considering the Asia Pacific region is diverse, there is a compelling need for stronger regional cooperation, partnerships and engagement to continuously improve aviation safety and enhance safety and efficiency of air navigation services to cater for the projected air traffic growth in the region.*

アジア太平洋地域の多様性を考えると、航空安全の継続的な向上と、予測される航空交通量の増加に対応するために、航空航法サービスの安全性と効率性を高め、より強固な広域的協調、連携、関与が必要である。



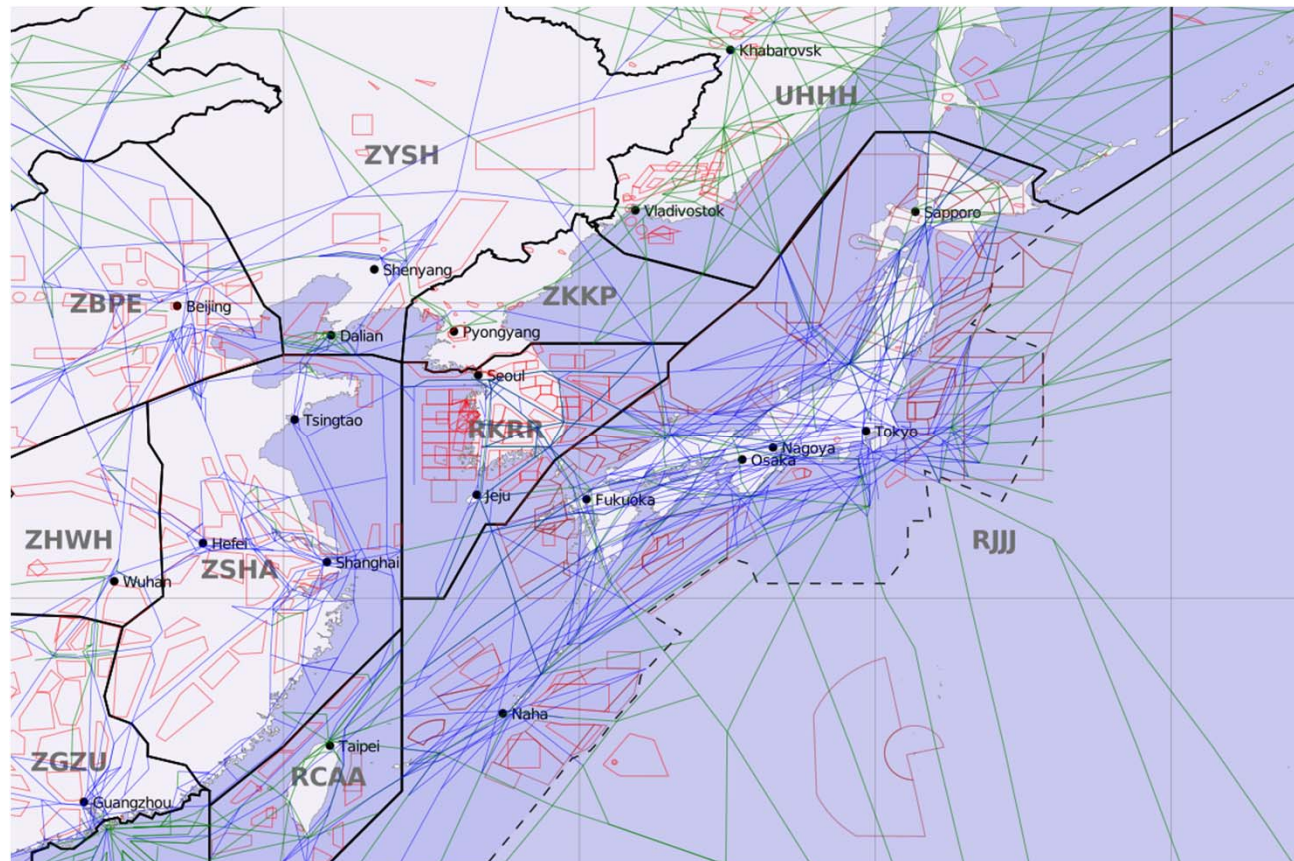
## APAC seamless ATM plan by 2022 including

- Performance-Based Navigation 実績に基づく航法
- An enhanced level of civil/military cooperation 民間/軍事協力レベルの高まり
- Common ground communication infrastructure to support ANS  
ANS支援のための共有通信基盤
- Air Traffic Flow Management/Collaborative Decision Making (CDM)  
implementation for high flow density airports  
高密度空港向けの航空交通流管理/協調的意思決定の実施
- Promote sharing of best practices in the provision of ANS through regional  
cooperation and enhanced coordination  
地域協力と調整の強化によるANS供給におけるベストプラクティスの共有を促進
- Enhanced surveillance including ADS-B ADS-Bを含む強化監視
- Include air navigation in National Development Plans.  
国家開発計画に航空航法を含める

# Towards an Free Routeing Concept for Fukuoka FIR

## 福岡FIRのフリールーティング概念へ

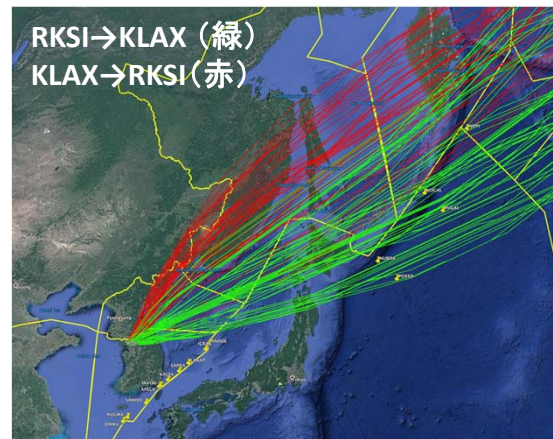
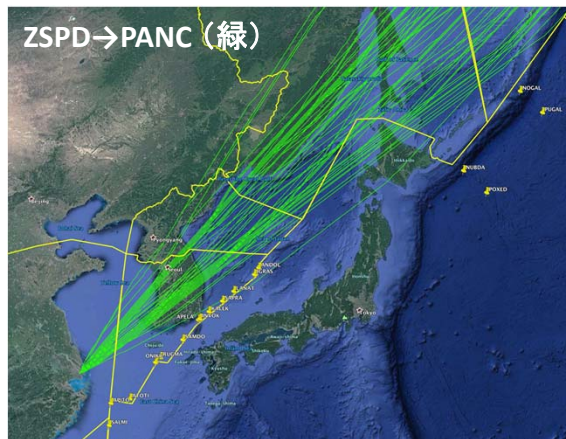
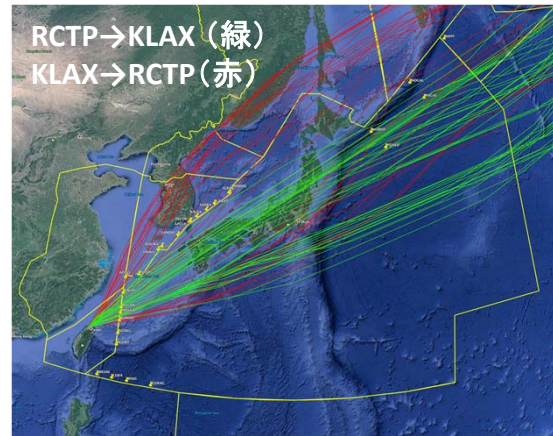
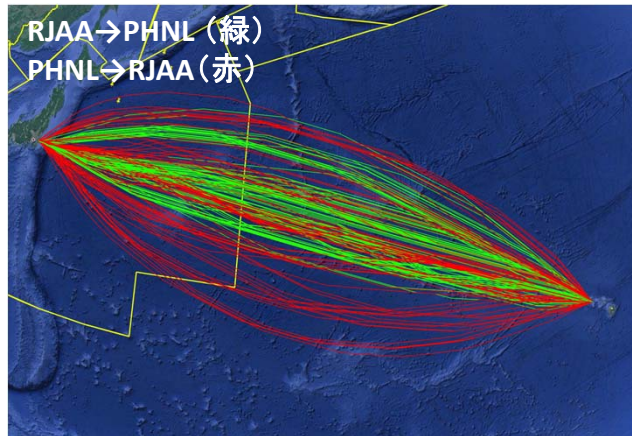
- Free routeing between FIRs & cross-border air traffic flow management (AFTM).  
FIR間のフリールーティングと航空交通流管理(AFTM)が要求されている。
- Separate airspaces with different CNS requirements. (Oceanic, domestic)  
CNS要件の異なる空域を分ける
- Accommodate military/training airspaces.  
訓練空域・制限空域を空域設計に含む
- Fukuoka FIR already has a meshed RNAV ATS route network for domestic airspace. Concentrate on international flights.  
福岡FIRにおいて国内便のためのRNAV ATS経路のメッシュが既にある。国際交通流を対象にする。





# Example wind-optimal international routes in Fukuoka FIR

## 風の影響を考慮した最適経路の例



- Central Pacific & North Pacific wind-optimal tracks greatly vary (mostly Polar Jet Stream influence).  
太平洋の風を考慮した最適経路は季節・気象状況によって大きく変わる(主にジェット気流の影響)
- Separate FRA blocks for oceanic and domestic airspaces.  
洋上と陸地域のフリールーティング空域を分ける
- Balance airspace complexity (ATCo workload) and route flexibility.  
ルーティング柔軟性と空域の複雑性(航空管制官の業務負担)をバランスよくする

- Wind-optimal trajectories computed for flights planned through Fukuoka FIR on second Friday of each month in 2017.  
2017年の毎月の第二金曜日の福岡FIRを通過した飛行計画に基づいた風を考慮した最適経路。
- Consider for airspace and track design.  
今後、フリールーティングのための空域設計、経路設計の検討を考慮する。

---

## 3. Conclusion

終わりに

## Conclusion

### 終わりに

---

- Need to improve airspace capacity and flight efficiency to meet growth in international air traffic → *Trajectory-Based Operations (TBO)*  
国際交通量の増加に対して空域容量、運航効率アップが必要 → 軌道ベース運用
- A first step towards TBO is “Free Routeing”  
TBOへの一歩として「フリールーティング」
- For greater benefit, have cross-border free routeing with international ATFM.  
最大の便益を得るため、国際間フリールーティングと交通流管理が必要
- EUROCONTROL FRA show it can be done.  
EUROCONTROL FRAはその実現の可能性を示す
- 1<sup>st</sup> Asia/Pacific Ministerial Meeting on Civil Aviation gives impetus in Asia/Pac.  
第一アジア太平洋地域民間航空閣僚級会議はアジア太平洋地域の民間航空の国際協力を推進する
- Identified major international traffic flows through Fukuoka FIR and some bottlenecks.  
福岡FIRにおける主な国際交通流を解析し、課題を洗い出した
- Now working to produce a concept for free routeing in the Fukuoka FIR.  
今後福岡FIRにおける「フリールーティング」概念に向かって検討を進める

# Acknowledgements

---

- Thanks to the Japan Civil Aviation Bureau for providing flight data, and Jeppesen Inc. for air navigation data.
- 飛行データ: 航空局
- 航法データ: Jeppesen

Thank you for your attention!