

# シミュレータによるログオンストーム 現象の解析

Electronic Navigation Research Institute



住谷泰人、石出明  
通信・航法・監視領域

# 講演概要

## \* 航空衛星通信システム

→ 通信手順

→ ログオン

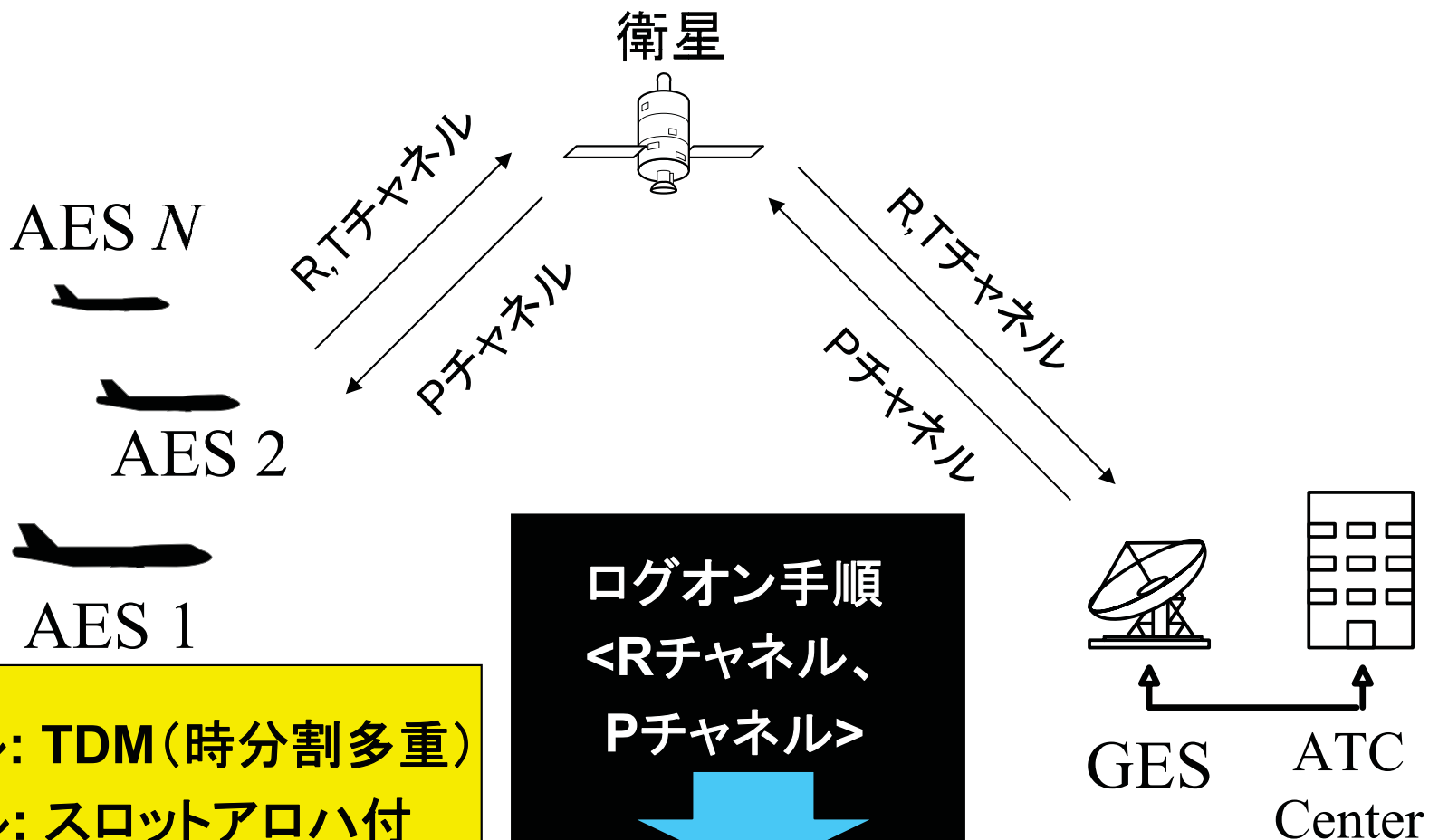
→ ログオンストーム現象

## \* 通信性能解析

→ 数値解析シミュレータによる検討

## \* シミュレータを用いた現象の再現と改善策

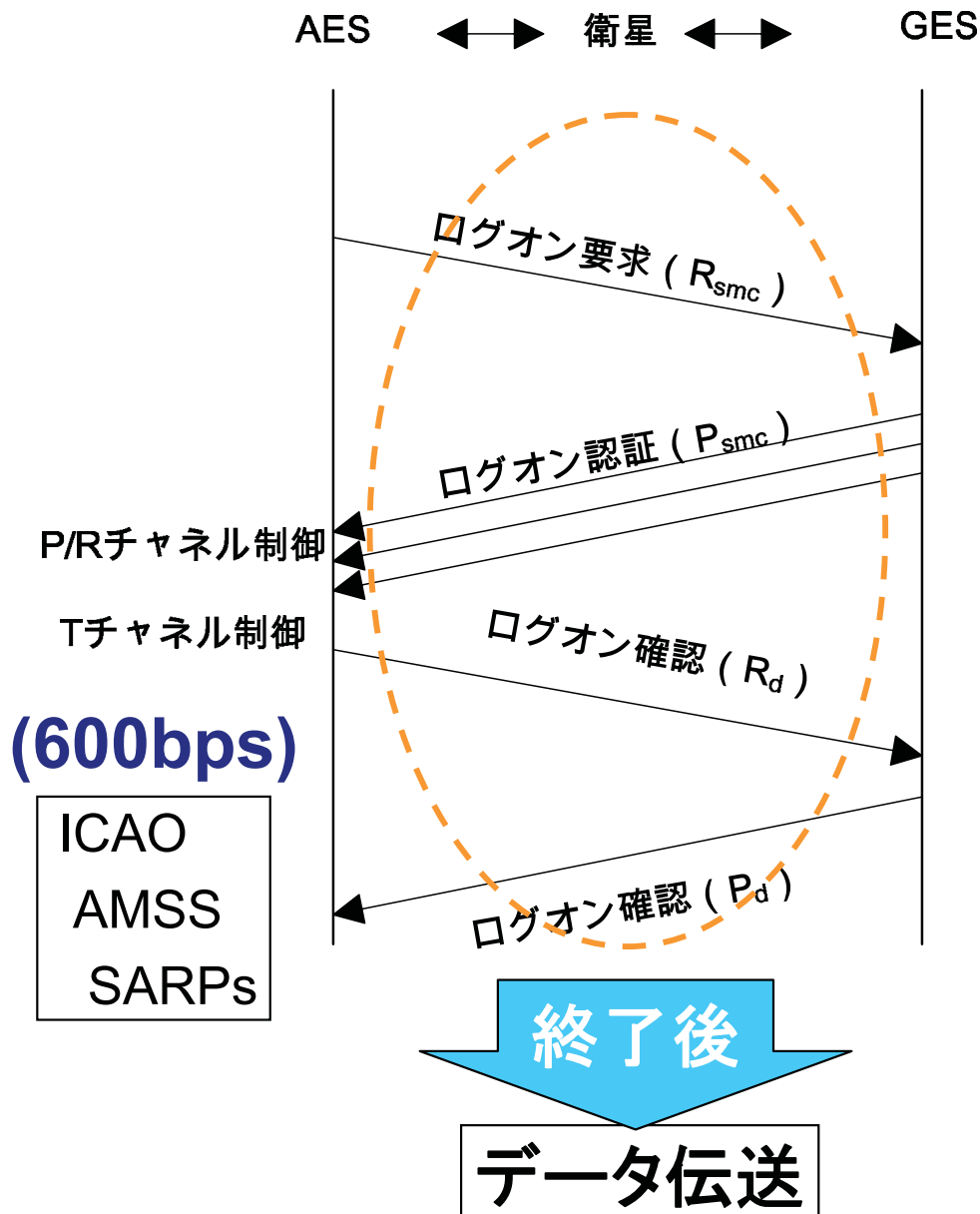
# 現在の航空衛星通信システム



**Pチャンネル: TDM (時分割多重)**  
**Rチャンネル: スロットアロハ付  
 ランダムアクセス**  
**Tチャンネル: TDMA  
 (予約時分割多元接続方式)**

**ログオン手順  
 <Rチャンネル、  
 Pチャンネル>**  
  
**データ伝送手順  
 <R/Tチャンネル、  
 Pチャンネル>**

# ログオン手順



AES~衛星/GES間で通信途絶



再度、ほぼ一斉に AESがログオン手順を開始



**ログオンストーム現象**  
・多くの航空機が長時間かけて ログオン手順を完了

# シミュレータによる解析

## 通信システム性能解析

- \* 単純なプロトコル      待ち行列モデル
- \* 複雑なプロトコル      シミュレーション

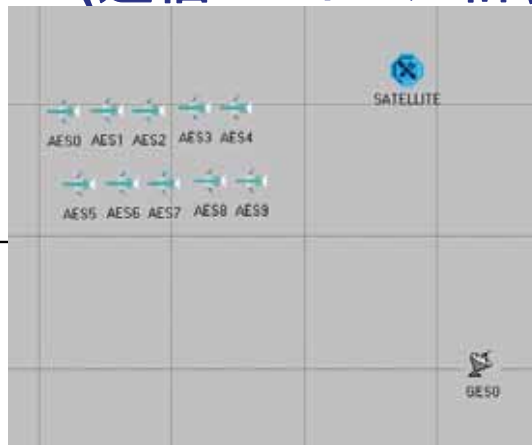
### 条件設定

Ex.

データ長  
伝送間隔  
伝送形態等



### OPNET(通信プロトコル計算ソフト)



### ASET(ICAO AMSS専用モデル)



### 通信性能

Ex.

遅延時間  
伝送効率

入力

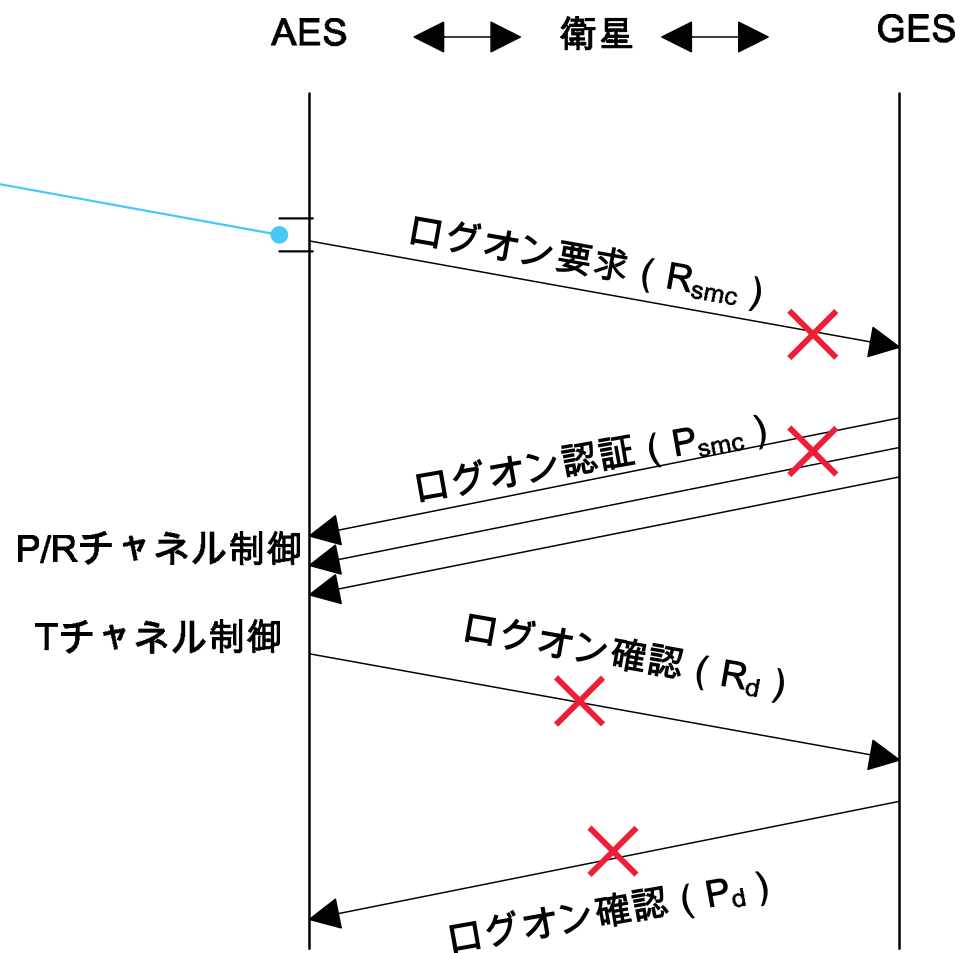
高速シミュレータ

出力

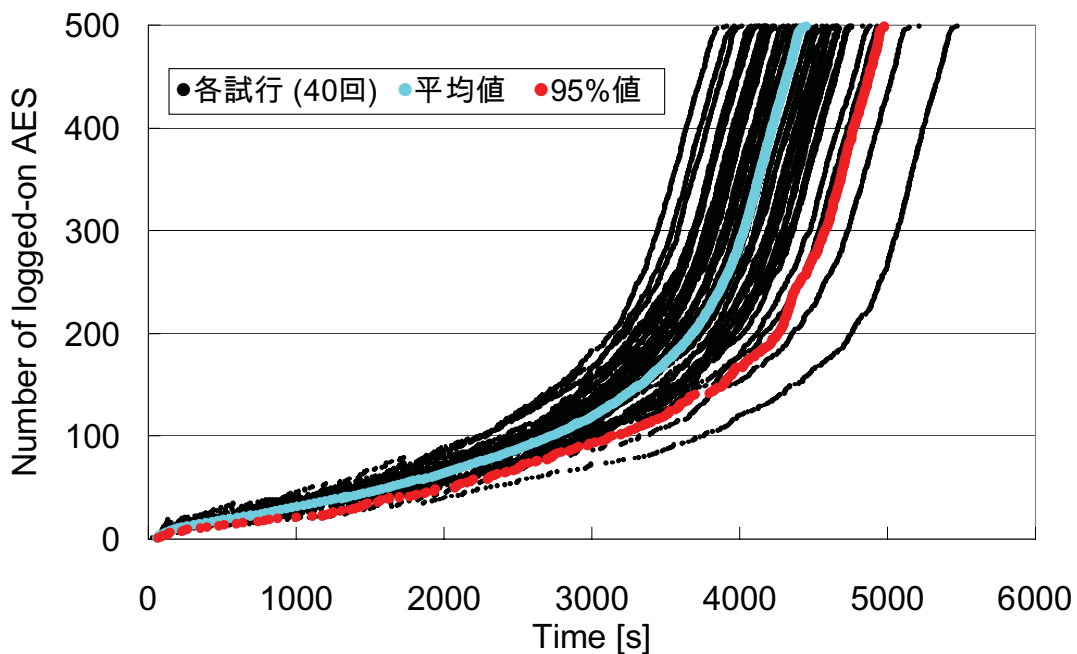
# ログオンストーム現象の再現

## 主要パラメータ

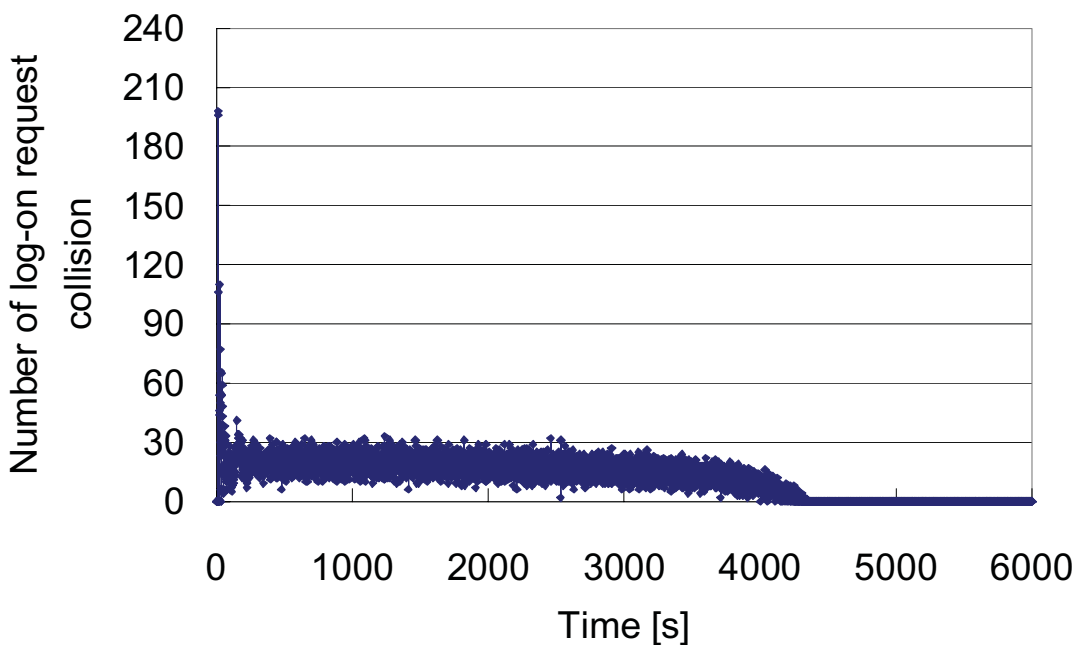
- \* ログオンウィンドウ: 5秒  
(ログオン開始時間幅)
- \* 伝送速度: 600bps
- \* チャンネル数:
  - 制御用Pチャンネル: 1
  - データ用Pチャンネル: 1
  - 制御用Rチャンネル: 3
  - データ用Rチャンネル: 3
- \* AES (航空機) 数: 500機
  - 太平洋上での航空衛星通信の同時利用数 +  $\alpha$
- \* 試行回数: 40



# シミュレーション結果 ～ログオンストーム現象



ログオン時間と  
航空機数の関係



ログオン時間と  
ログオン要求数の関係

# ログオンストーム現象の改善策

## \* 制御用Rチャンネルの非対称化

→ AESテーブル情報の選択確率の変更

構成	ログオンストーム状態	改善策
Channel #A	Channel #A	Channel #A
Channel #B	Channel #B	Channel #A
Channel #C	Channel #C	Channel #A
Channel #D	Unused Channel	Channel #A
Channel #E	Unused Channel	Channel #A
Channel #F	Unused Channel	Channel #B
Channel #G	Unused Channel	Channel #B
Channel #H	Unused Channel	Channel #C

## \* チャンネル数の増加

→ 制御用Rチャンネル: 3チャンネル      4チャンネル

## \* ログオン手順時に利用するチャンネルの伝送速度の増大

→ 600bps      10.5kbps



# チャンネル割当 ～制御用Rチャンネルの非対称化

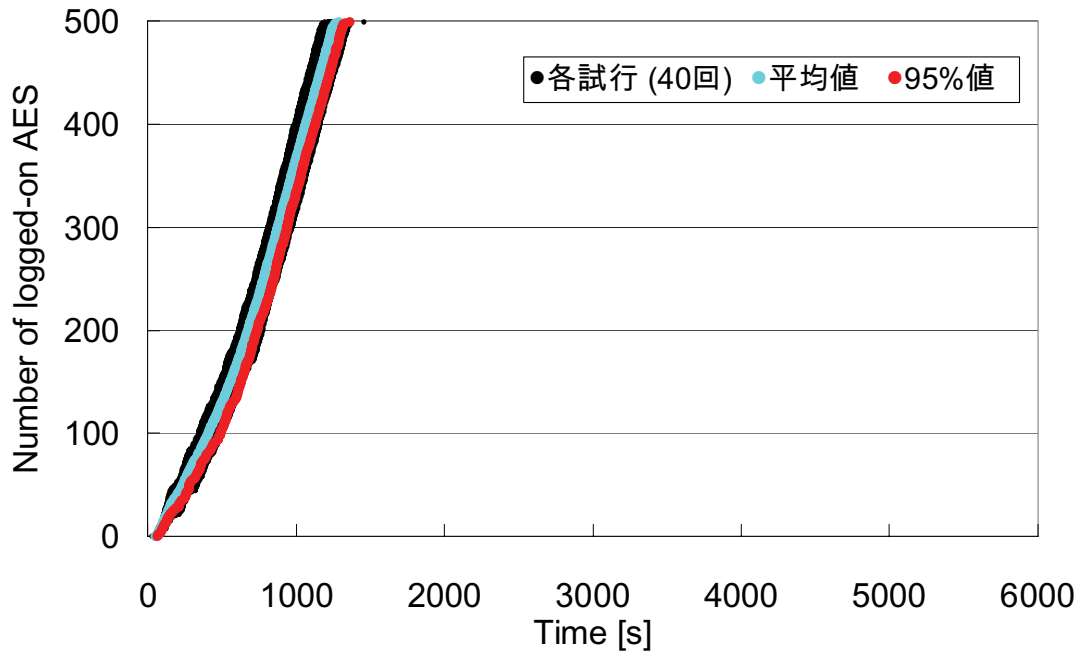
## \* チャンネル割当

条件				
#1	#2	#3	#4	#5
Channel #A	Channel #A	Channel #A	Channel #A	Channel #A
Channel #A	Channel #A	Channel #A	Channel #A	Channel #A
Channel #A	Channel #A	Channel #A	Channel #A	Channel #A
Channel #B	Channel #A	Channel #A	Channel #A	Channel #A
Channel #B	Channel #B	Channel #B	Channel #A	Channel #A
Channel #B	Channel #B	Channel #B	Channel #B	Channel #A
Channel #C	Channel #B	Channel #B	Channel #B	Channel #B
Channel #C	Channel #C	Channel #B	Channel #B	Channel #B
Channel #C	Channel #C	Channel #C	Channel #C	Channel #C
3:3:2	4:2:2	4:3:1	5:2:1	6:1:1

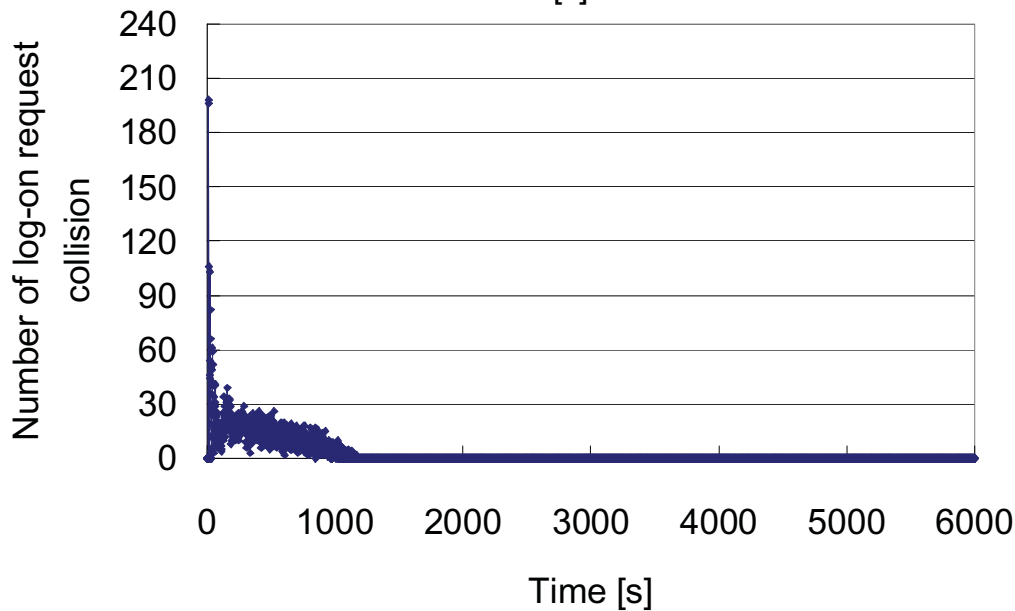
チャンネル  
A:B:C

# シミュレーション結果(改善策)

## ～制御用Rチャンネルの非対称化(条件 #4)



ログオン時間と  
航空機数の関係



ログオン時間と  
ログオン要求数の関係

## 全AESのログオン完了時間

No. 11

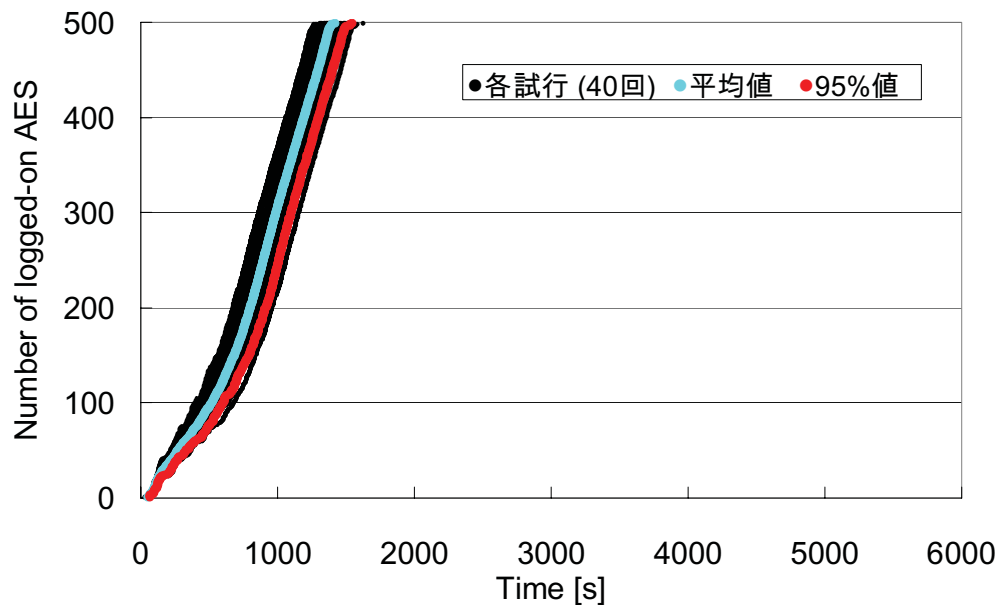
	条件					
	#1	#2	#3	#4	#5	#None
最小[sec]	2692	1972	1294	1186	1045	3907
最大[sec]	3537	2540	1538	1452	1165	5470
平均[sec]	3231	2294	1421	1284	1096	4459
95%値[sec]	3437	2439	1491	1356	1155	4977

改善策  
(制御用Rチャンネルの非対称化)

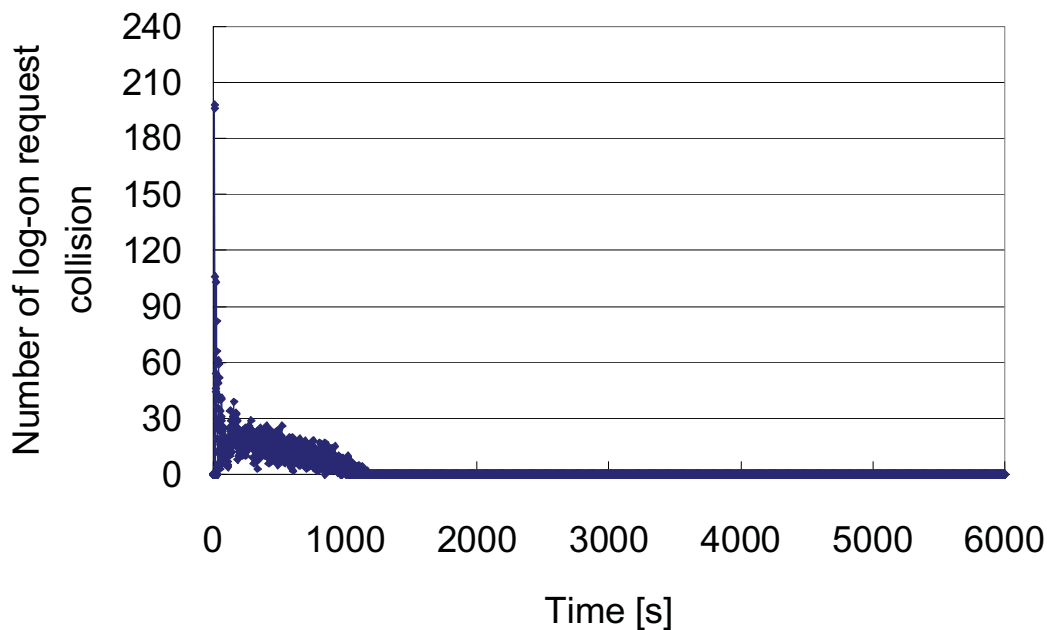
↑  
ログオン  
ストーム

# シミュレーション結果(改善策)

## ～制御用Rチャンネル数の増加



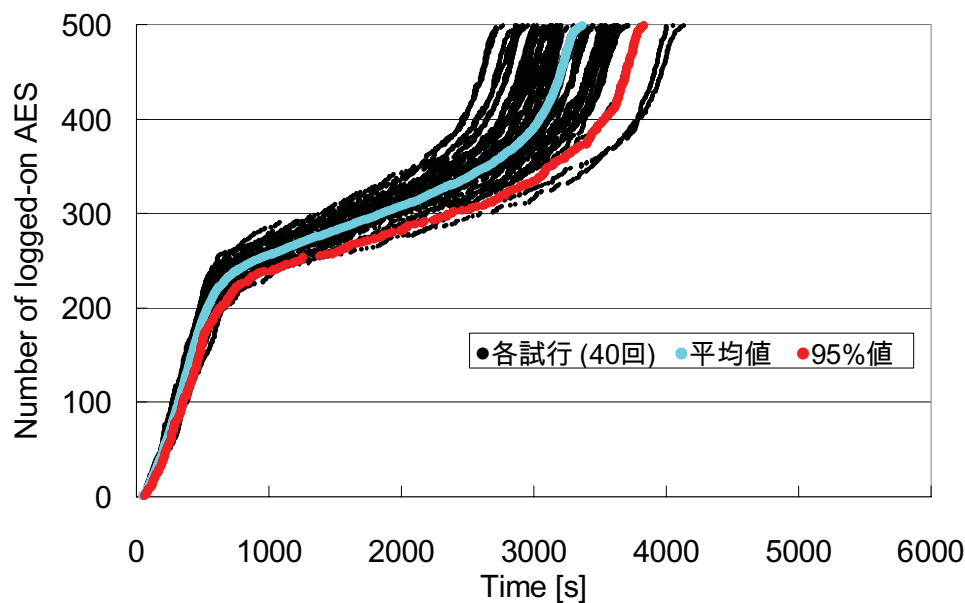
ログオン時間と  
航空機数の関係



ログオン時間と  
ログオン要求数の関係

# シミュレーション結果(改善策)

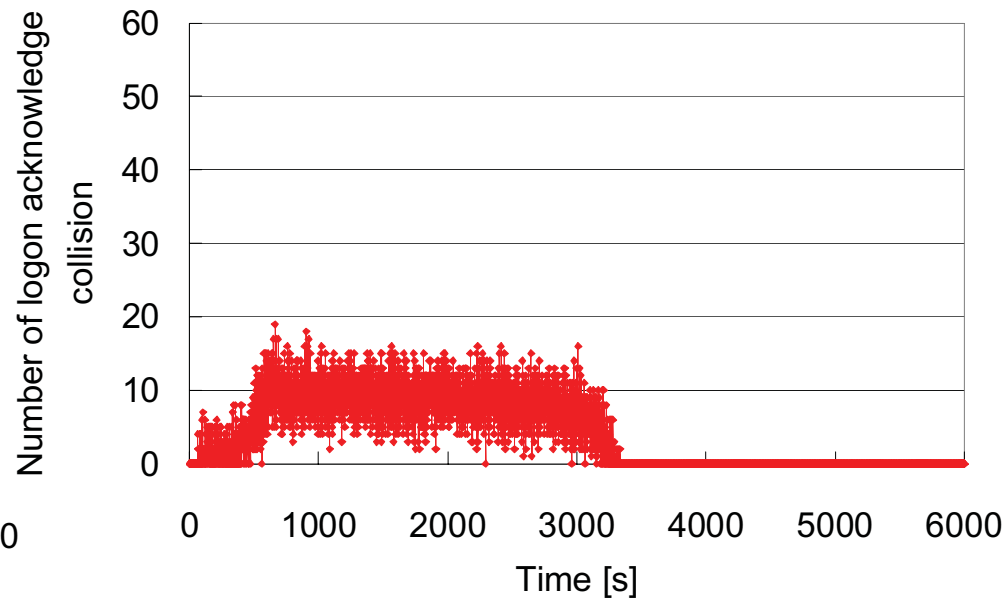
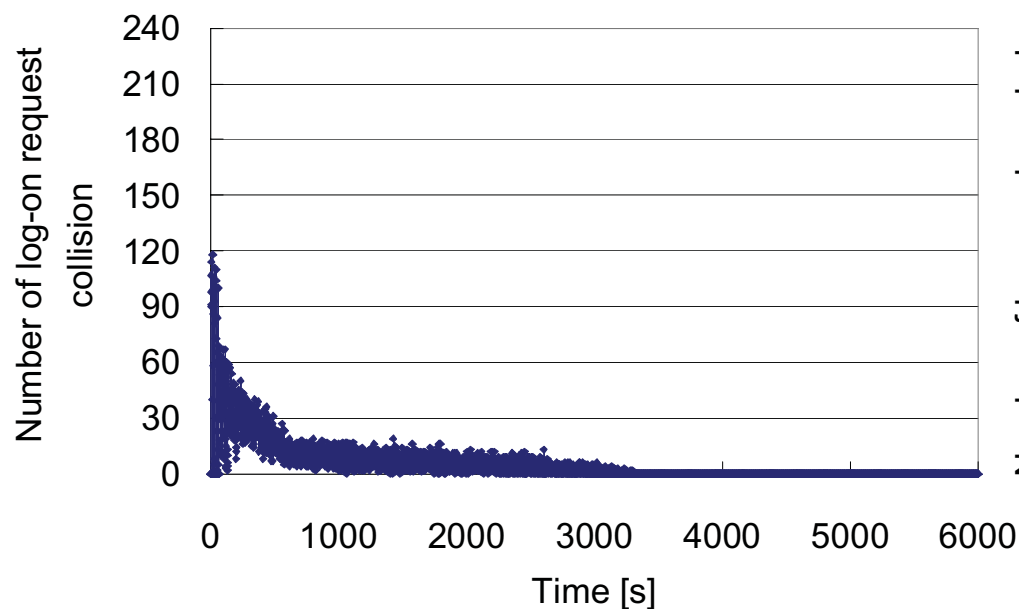
## ～制御用Rチャンネルの伝送速度の増大(1 Rd)



ログオン時間と  
航空機数の関係

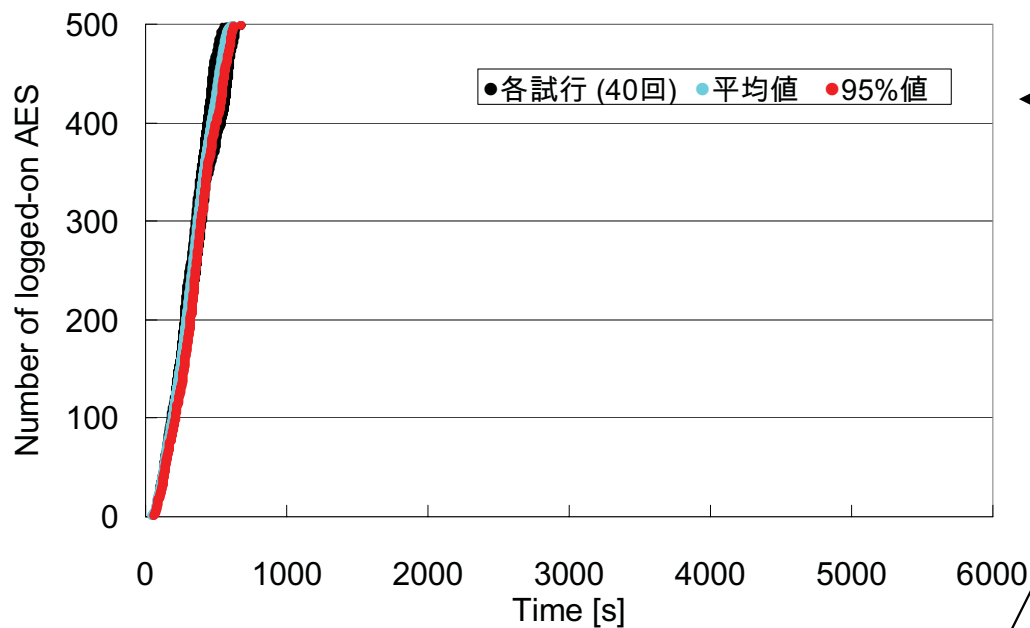
ログオン時間と  
ログオン要求数の関係

ログオン時間とログオン  
要求への応答数の関係



# シミュレーション結果(改善策)

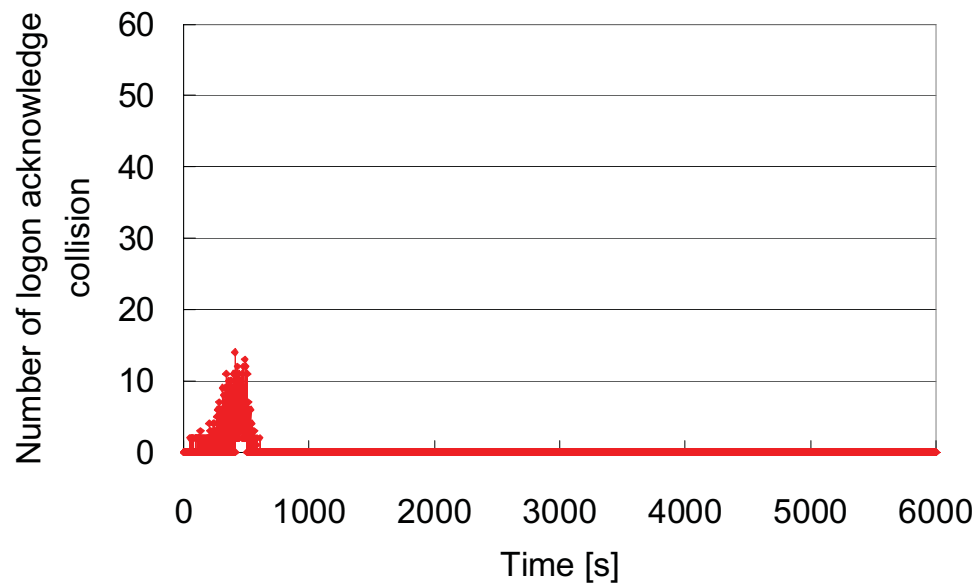
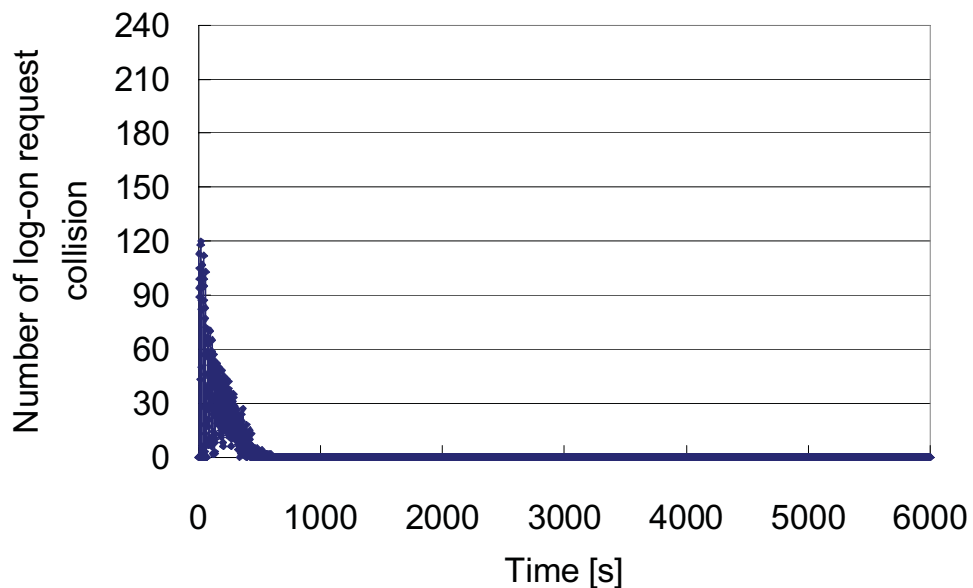
## ～制御用Rチャンネルの伝送速度の増大(2 Rd)



ログオン時間と  
航空機数の関係

ログオン時間と  
ログオン要求数の関係

ログオン時間とログオン  
要求への応答数の関係

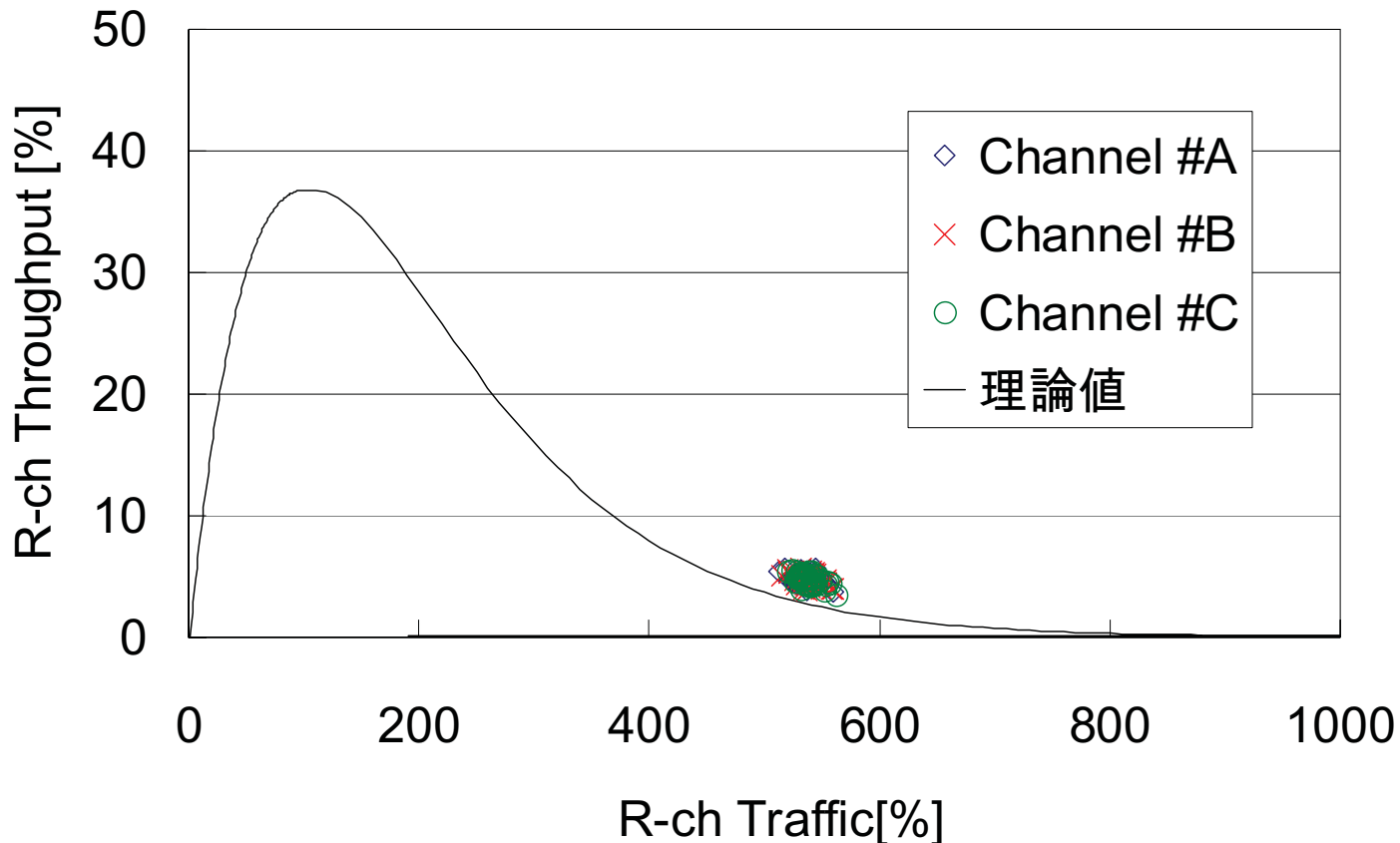


# トラフィックとスループットの関係

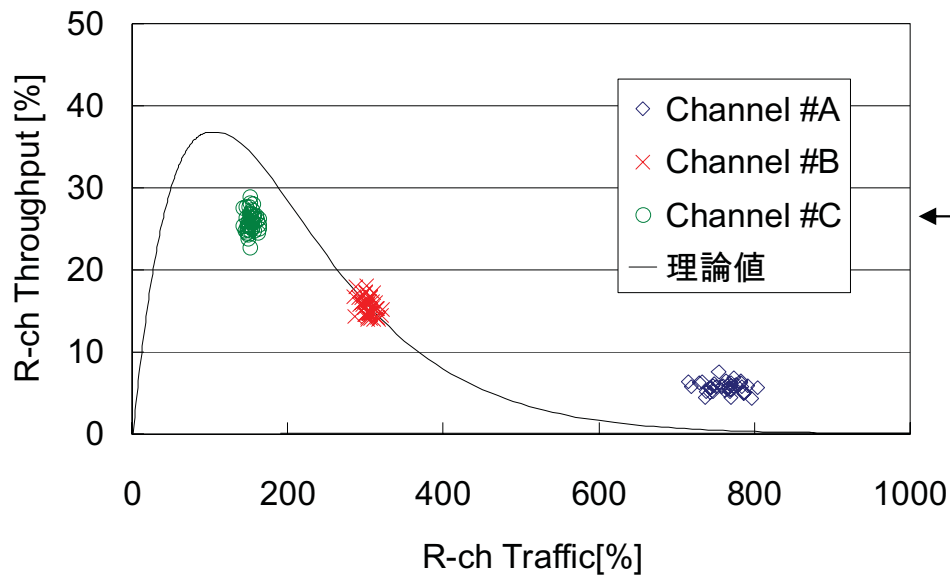
## ～制御用Rチャンネル(ログオンストーム)

理論値 (スロット付アロハ方式)

$$S = Ge^{-G} \quad (S: \text{スループット、} G: \text{トラフィック})$$



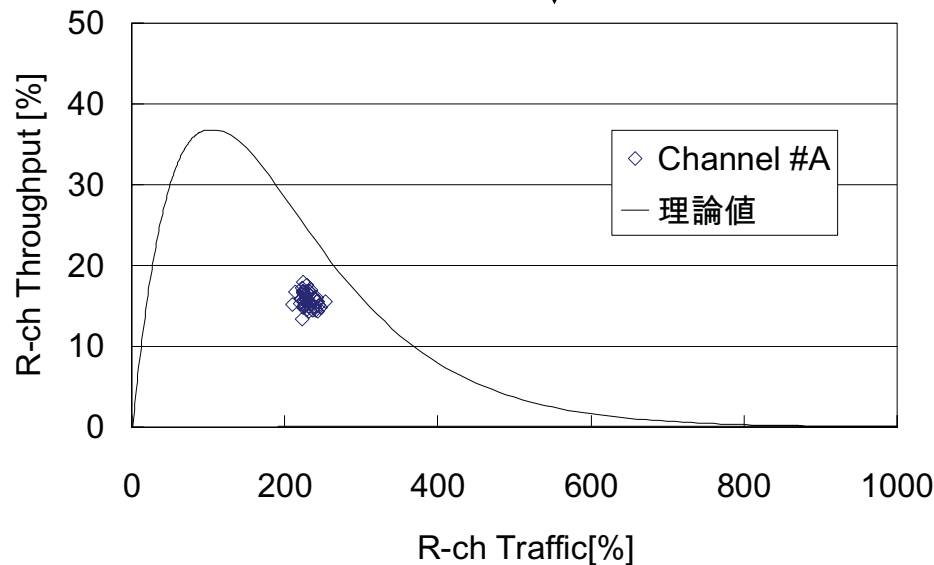
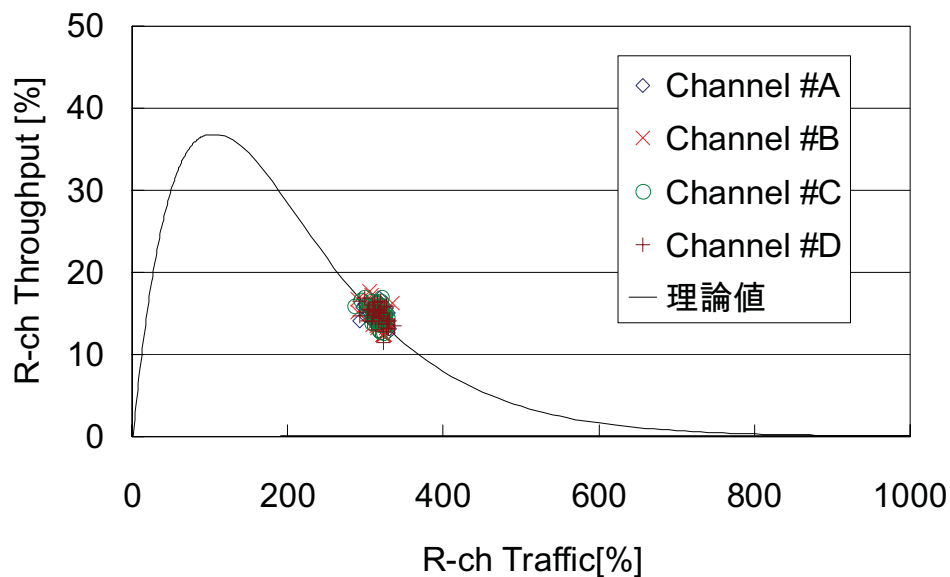
# トラフィックとスループットの関係 ～制御用Rチャンネル(改善策)



制御用Rチャンネルの非対称化  
(条件 #4)

制御用Rチャンネル数の増加

伝送速度の増大  
(10500bps( $R_{smc}$ ),  $2R_d$ )





# 各改善策の特徴

## \* 制御用Rチャンネルの非対称化

- チャンネル数・チャンネル伝送速度の変更不要
- 航空機材ソフトの変更不要、GESソフトの変更

## → チャンネル数の増加

- ◇ チャンネル伝送速度の変更不要
- ◇ チャンネル数増加には、周波数割当が必要

## \* 伝送速度の増大

- ◇ チャンネル数の減少
- ◇ ログオン時間が短縮
- ◇ 機材、ソフトの変更

## \* 航空衛星通信システム

### → 通信手順

#### ◇ ログオン      データ伝送

### → ログオンストーム現象

## \* ログオンストーム現象の再現と改善策

### → 数値解析シミュレータによる検討

ご静聴ありがとうございました

