

実時間シミュレーション における航空管制通信量の解析

航空交通管理領域

蔭山 康太

山本 哲士

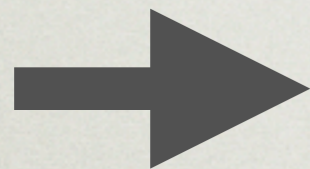
岡 恵

青山 久枝

発表内容

実時間シミュレーションより取得

航空管制通信データ（地対空）



データ通信技術の導入による
音声通信量の低減効果

- 発出用語の適正化
- 音声通信回線の使用率を基準

航空管制通信

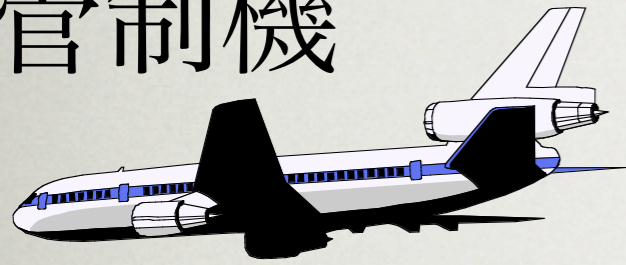


情報・意志などの伝達手段：

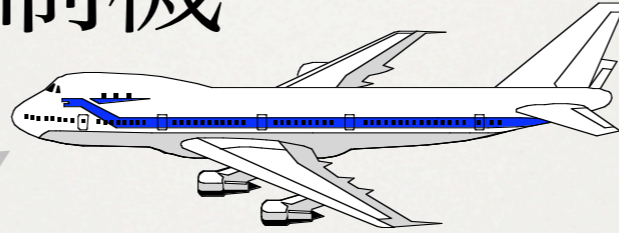
”航空管制作業において本質的な役割”

航空管制通信の仕組み

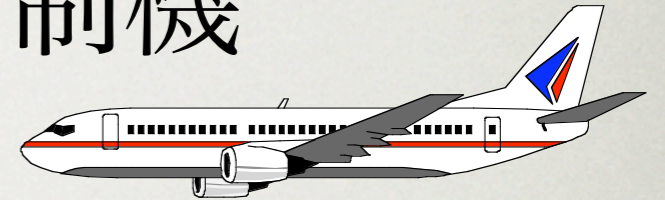
管制機



管制機



管制機



1本の共有



航空管制官

音声通信回線

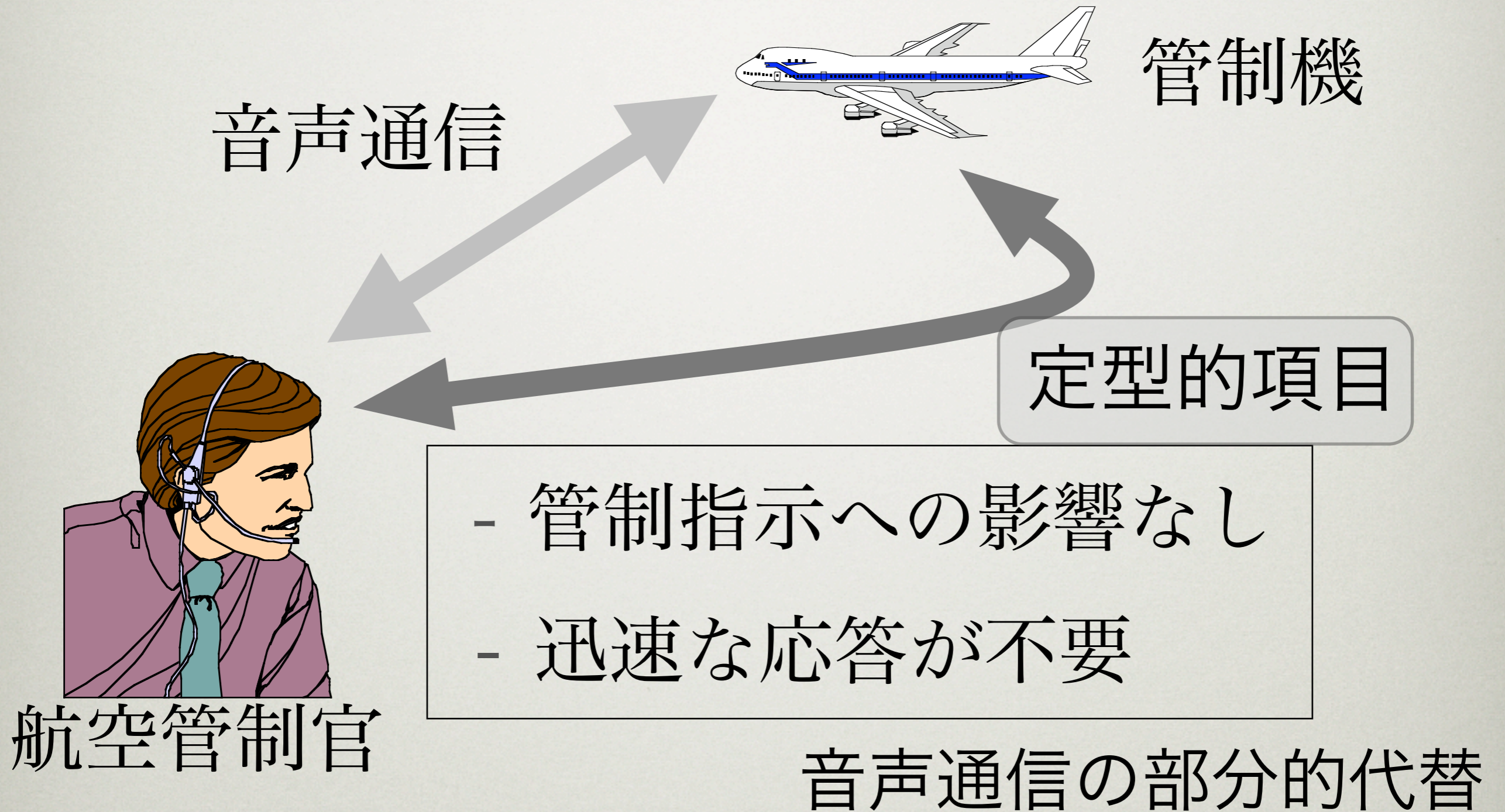


今後の交通量の増加

使用率の増加

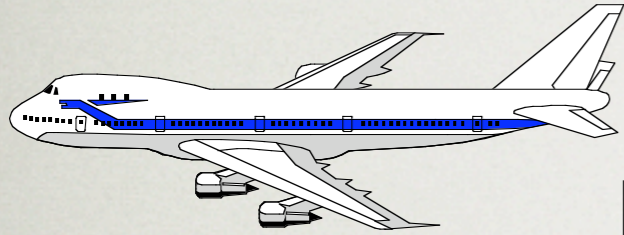
適切なタイミングの管制指示・要求が困難

データ通信技術の導入



音声通信量の低減の期待 → 事前の検討

導入の検討手順



音声通信データ取得



項目分類

- 代替可能項目の検討

理論的検討

使用率の基準値など



代替可能項目の除去

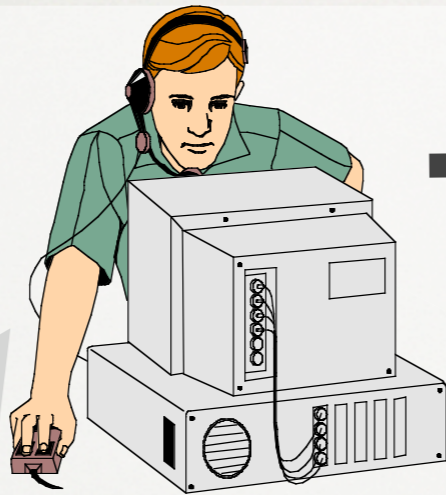
音声通信回線の使用率の予測

本検討の手順

実時間シミュレーション：同一条件下の多数データ

(模擬環境)

パイロット役



音声通信データ



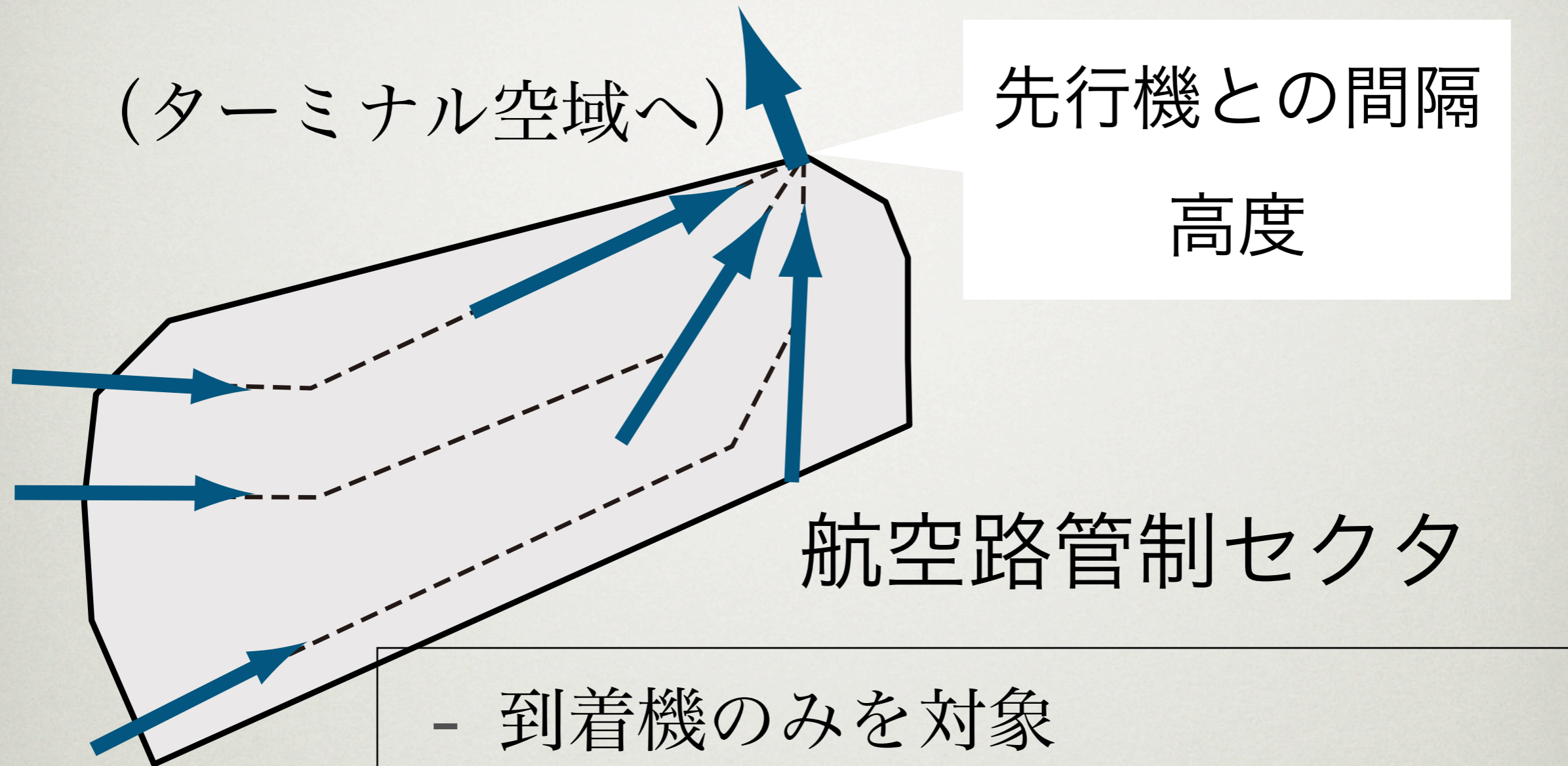
管制官役

発出用語の適正化
(通信時間の補正)

代替可能項目を除去

使用率の予測

シミュレーション対象空域



- 到着機のみを対象
- 同一条件の8つの試行 (試行1~8)
 - ✓ 異なる管制官役
 - ✓ 21分間に9機を管制

音声通信データの取得

磁気媒体

音声データ

管制官役 (対空通信)

パイロット役



書き取り

音声通信データ

(各件の通信)

開始時刻

終了時刻

通信内容



ボタン操作
(秒単位)



発出用語の適正化

通信中の発出（管制）用語

→ 個人差などによる変動

正確な意思伝達の支障



発出用語の適正化

各件の管制用語などの検討

→ 定められた形式に合わせる

管制官役・パイロット役

管制官役の発出用語

項目	適正化内容
降下の承認	高度計規正值“Area QNH 2992”の付与
経路変更指示 ”Cleared Direct”	“Cleared <u>via Present Position Direct</u> ” へ統一
承認高度へ降下中に速度指示	“Reduce Speed to..., <u>then Descend and Maintain...</u> ” (降下承認の再発出)
速度指示	“Maintain Speed 220kt”へ統一
レーダ誘導以外の指示	“for Spacing”を除去

パイロット役の発出用語

通信全体における大きな割合

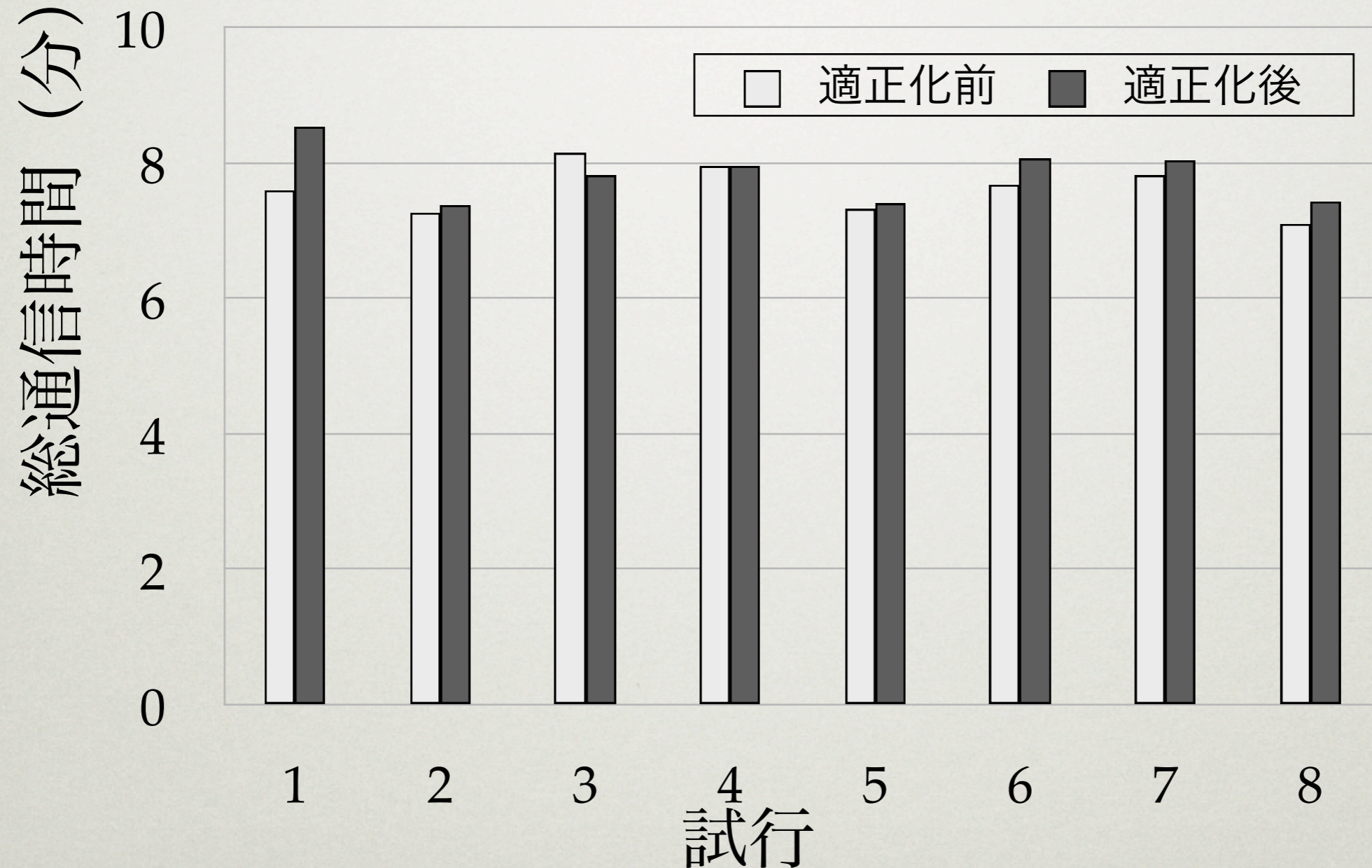
→ 用語の標準化が望ましい

“管制指示内容などへの簡素な回答”

項目	適正化内容
速度問い合わせへの回答	“ Speed 220kt”へ統一
復唱・針路指示	“ Turn Right (Left) 190”へ統一
復唱・経路変更指示 ”Cleared Direct”	“ Cleared Direct ...”へ統一

適正化前後の総通信時間の比較

語句の追加/除去に応じた通信時間の補正

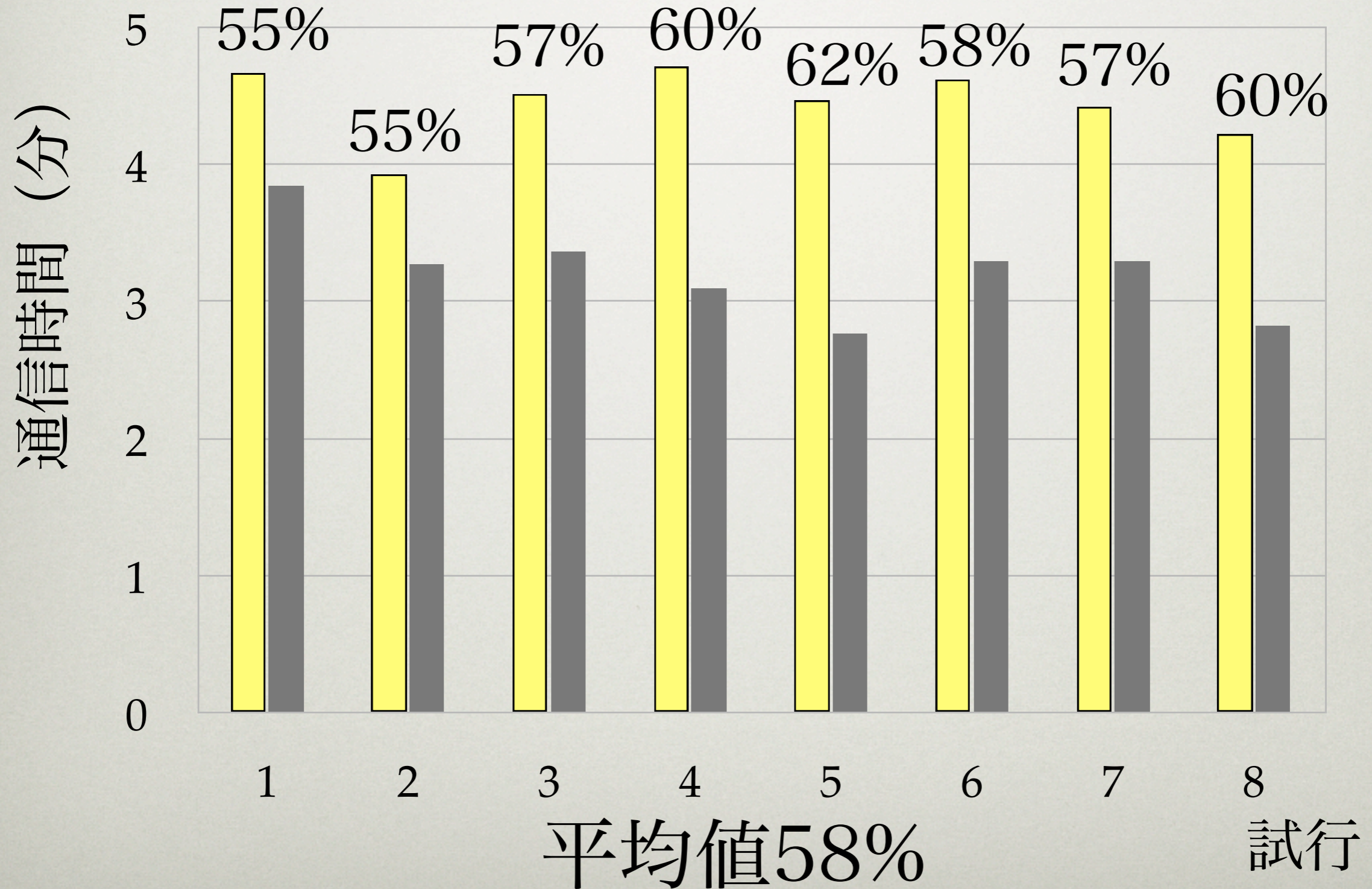


大きな違いは生じない

管制官役の通信時間の割合

適正化後

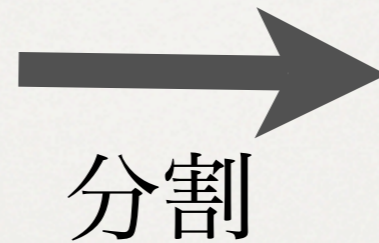
■ 管制官役 ■ パイロット役



通信回線の使用率の計算

各試行

試行時間：21分間



1分間

単位時間*i*

21×8試行=168

(各単位時間*i*)

“通信回線の使用率”

$$P_i = \frac{\sum_j N_i t_{i,j}}{60}$$

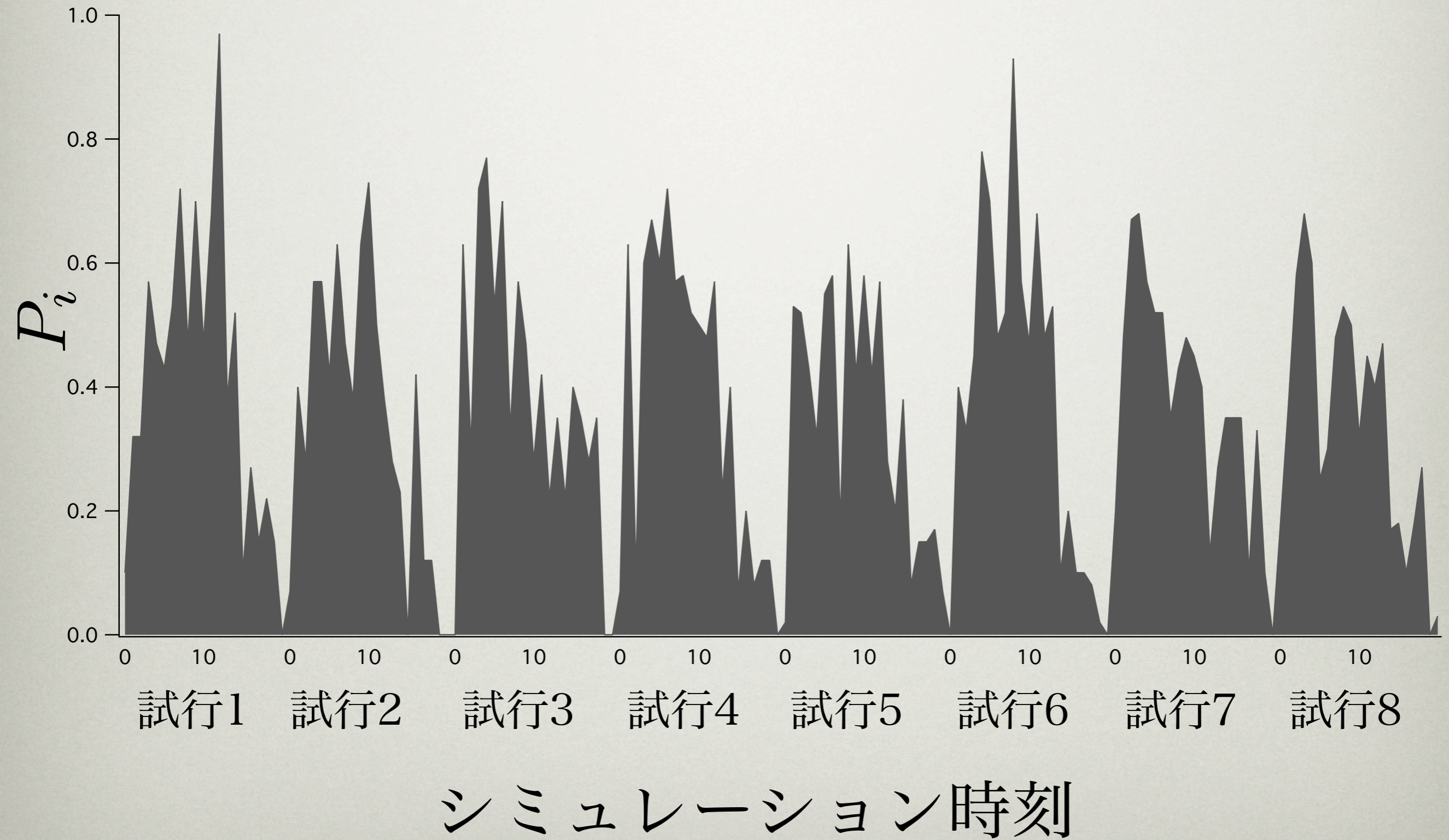
件数

1件の通信時間

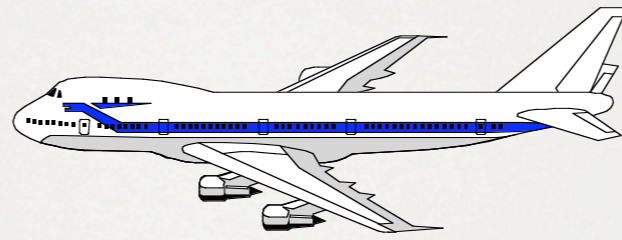
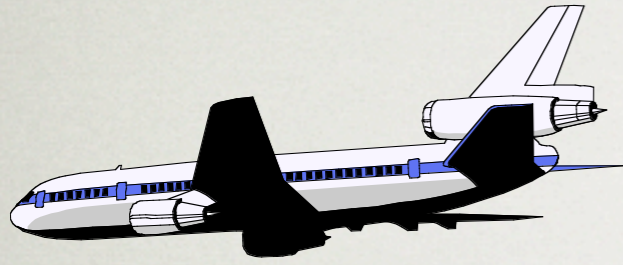
通信時間の総和 (秒)

単位時間長

各試行における P_i の推移



使用率の基準値



P_i : 適切なタイミングの
通信発出の指標
($0 \leq P_i \leq 1$)

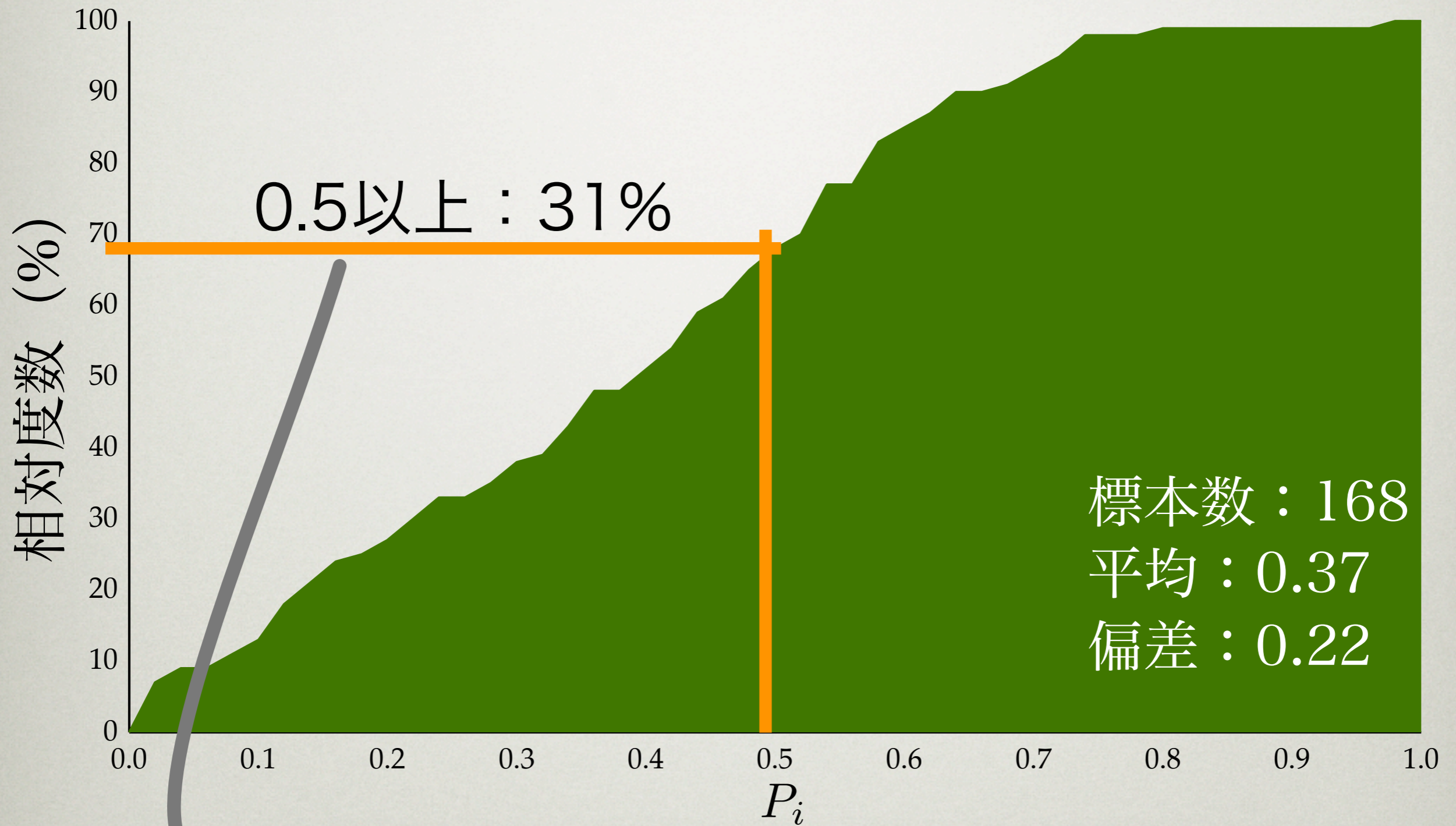


基準値 : 0.5 (仮の値)

$P_i \geq 0.5$ の頻度 検討の尺度

(基準値・単位時間長の理論的検討が必要)

P_i の累積度数分布



基準値以上の頻度 : 3割

項目の分類

- レーダ誘導指示
- 高度指示
- 速度調整指示
- 周波数移管
- 高度計規正值の提供
- 速度の問い合わせ

(パイロット役による復唱：対応項目に分類)

項目の分類

- レーダ誘導指示
- 高度指示
- 速度調整指示

- 周波数移管
- 高度計規正值の提供

- 速度の問い合わせ

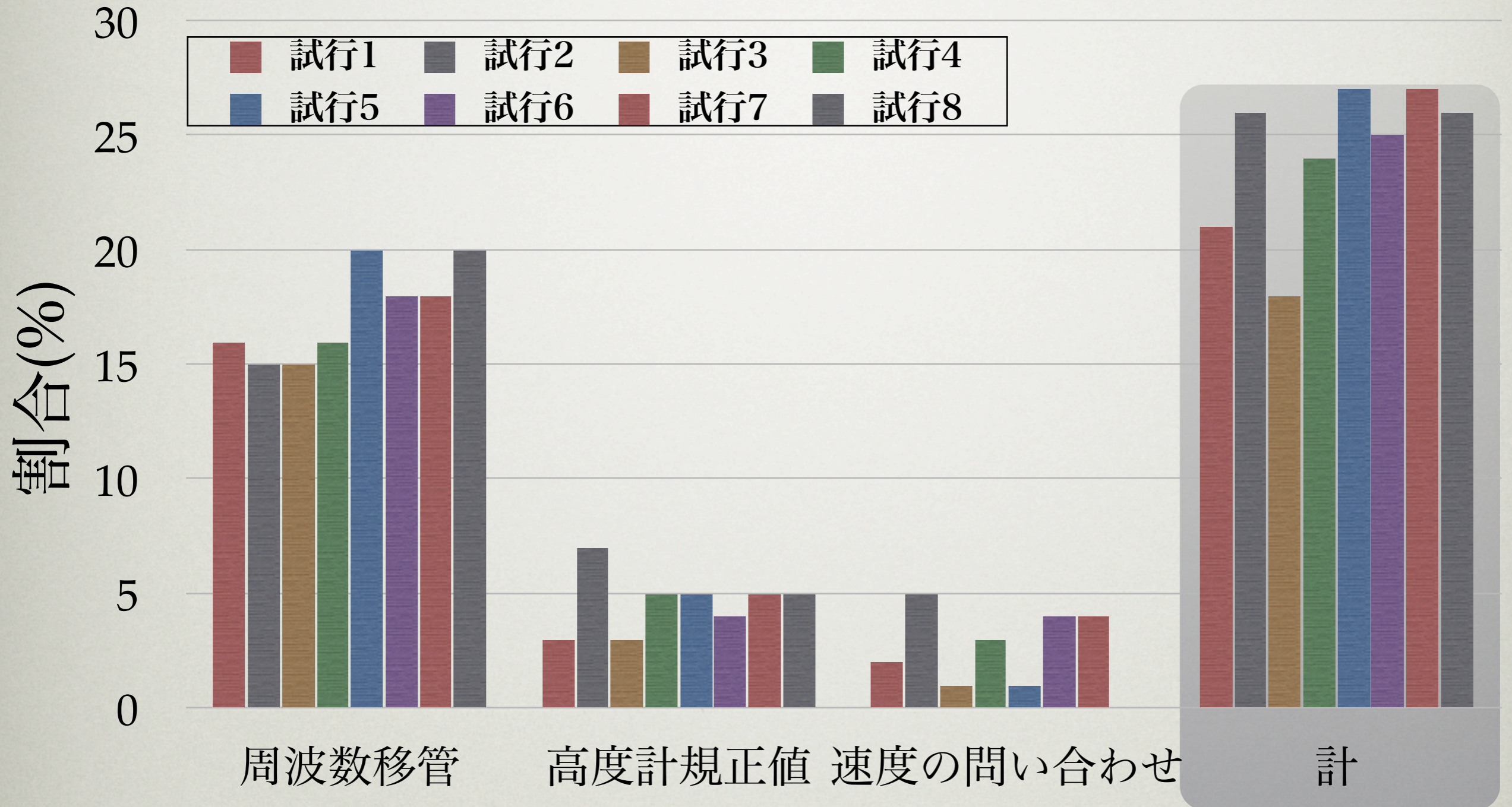
“定型的項目”



データ通信技術
導入による代替

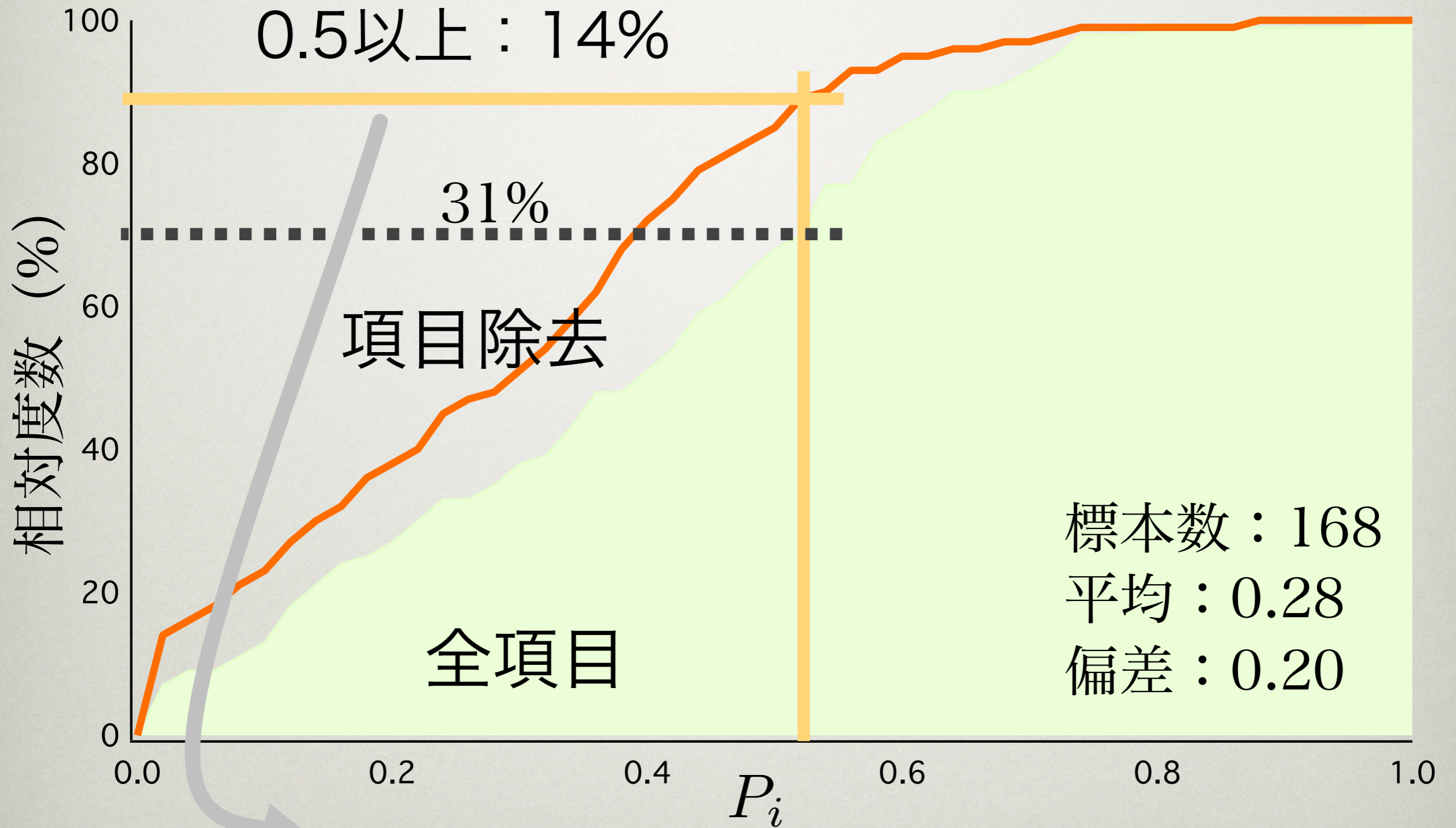
“対地データ送信による代替”

定型的項目の割合



18%~27% (平均24%)

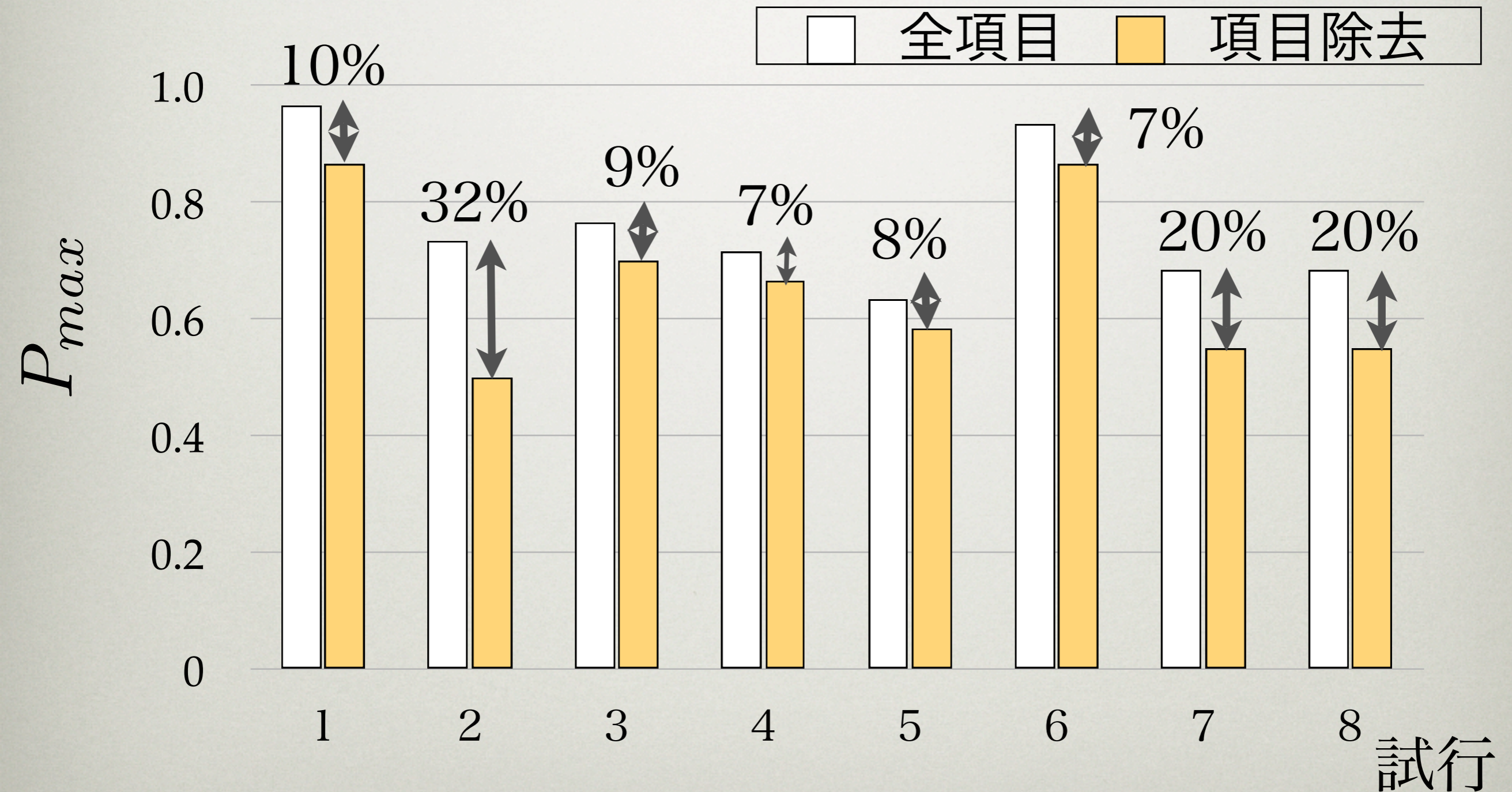
P_i の累積度数分布（項目除去）



基準値以上の頻度は54%減少

各試行の P_i の最大値の比較

通信量ピークの低減の検討



低減量：発出項目（交通状況）に依存

まとめ

- 📌 データ通信導入による通信量低減の検討
 - 発出用語の適正化
 - 単位時間における回線の使用率を基準
- 📌 定型的な項目の割合
 - 18%~27% (平均24%)
- 📌 項目の除去
 - 使用率が基準値以上の頻度：54%減少

今後の発展項目（データ取得）

📍 他の中域の通信

- 交通流の特性による差異（定型的項目の割合の変化）

📍 実運用データの取得

- さらに厳密な通信量の解析が可能

今後の発展項目（解析）

- 📍 データ通信による代替可能項目
 - レーダ誘導の経路変更指示への代替
- 📍 解析のパラメータ値（理論的検討）
 - 単位時間長
 - 音声通信回線の使用率の基準値

