

燃料消費量の推定モデル に関する一検討



電子航法研究所 航空交通管理領域

中村 陽一

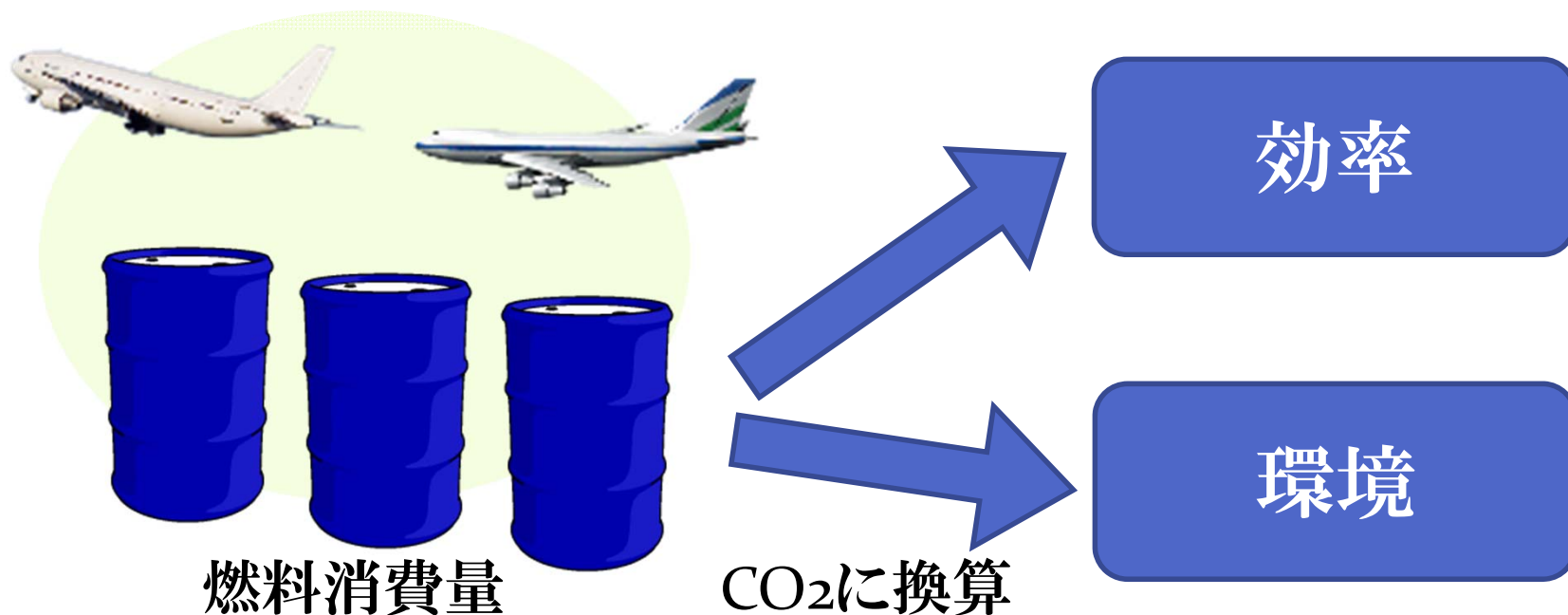
蔭山 康太

発表概要

燃料消費量の推定

- 研究背景
- 推定モデルの構築
 - BADA (Base of Aircraft Data*) に基づく
 - *航空機の性能等のデータベース
ユーロコントロールによって開発, 維持
- 検証結果

燃料消費量



- KPAにおける重要な指標の一つ
(Key Performance Area)

- 性能評価において重要な分野 (ICAOにより定義)



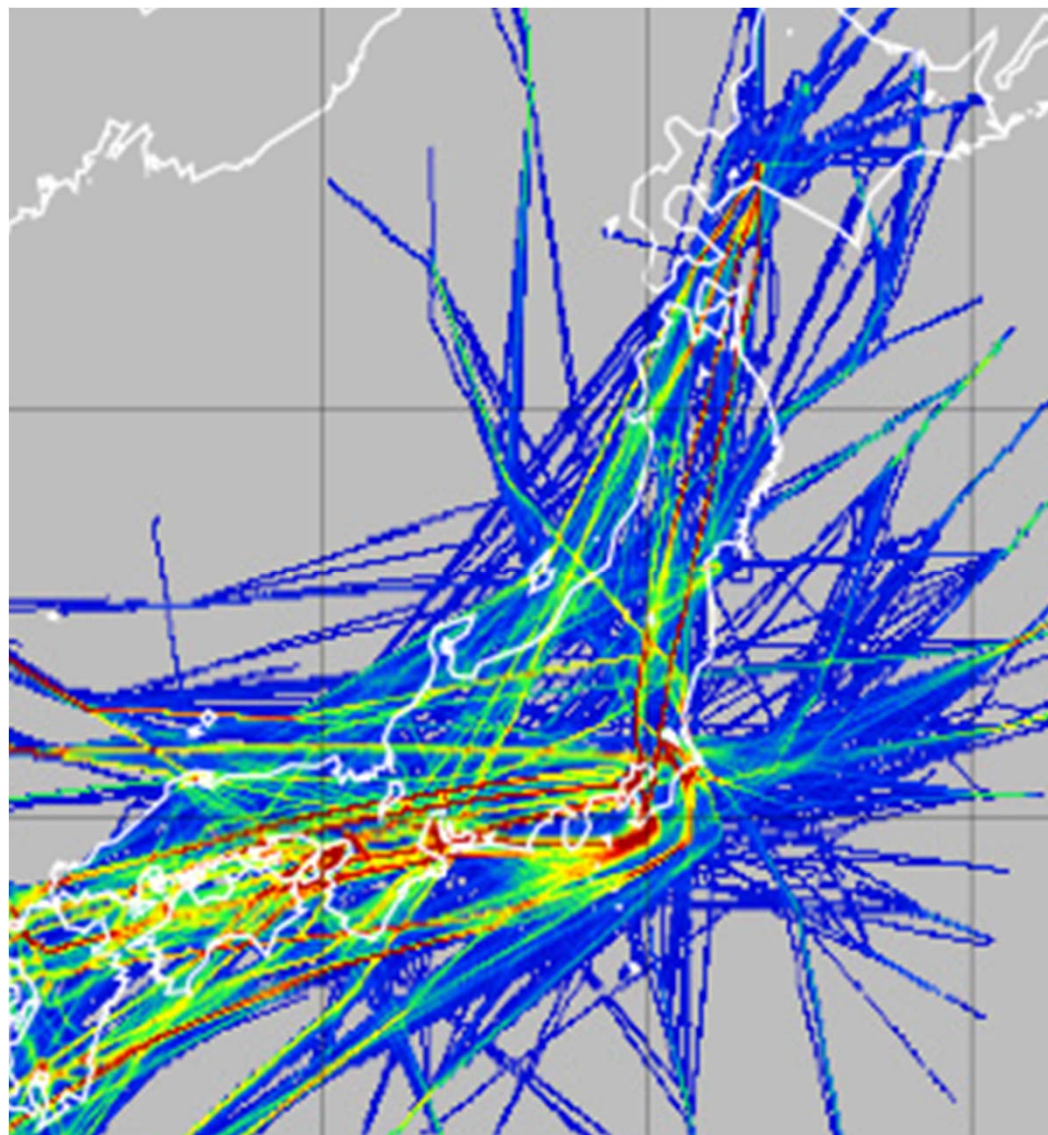
- すべての航空便のデータ取得は困難

レーダデータの航跡

- 有益な情報源

変換

燃料消費量
の推定値



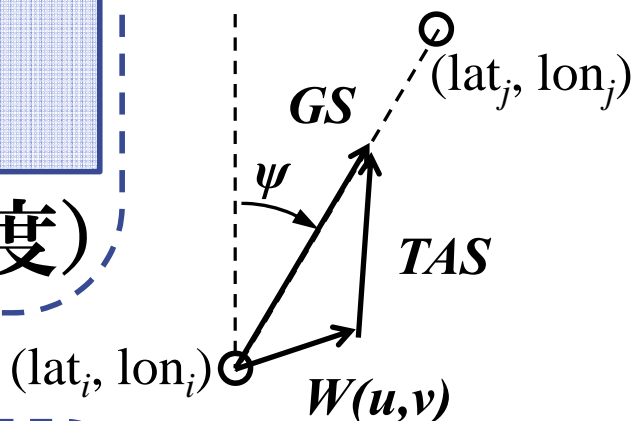
燃料消費量の推定モデル

レーダデータ

- ◆時刻
- ◆緯度/経度
- ◆高度
- ◆GS(対地速度)

+

- ### MSM (メソ数値予報モデル)
- ◆風向, 風速



燃料消費量 の推定値

- ✓ 各時刻の値
- ✓ BADA3.10
に基づく

- ◆TAS(真対気速度)
- $\alpha\beta$ フィルタの適用

消費燃料の計算

● 飛行の局面ごとの定義

● 上昇局面

$$f_{cl} = \eta \times Thr$$

$$\eta = C_{f1} \times \left(1 + \frac{V_{TAS}}{C_{f2}} \right)$$

TAS
↓
 V_{TAS}

● 巡航局面 推力

$$f_{cr} = \eta \times Thr \times C_{fcr}$$

● 降下局面

$$f_{des} = \max \left(C_{f3} \left(1 - \frac{H_p}{C_{f4}} \right), \eta \times Thr \right)$$

高度
↓
 H_p

高度, TAS ← レーダデータ + MSM
Thr → 推定の必要有

推力の計算

- TEM (Total Energy Model)

推力 重量 高度

↓ ↓ ↓

$$(Thr - D)V_{TAS} = mg \frac{dh}{dt} + mV_{TAS} \frac{dV_{TAS}}{dt}$$

↑ 抗力

$$D = \frac{C_D \rho V_{TAS}^2 S}{2}$$
$$C_D = C_{D0} + C_{D2} \times C_L^2$$
$$C_L = \frac{2mg}{\rho V_{TAS}^2 S}$$

BADAの係数を利用して算出

燃料消費量の実績値

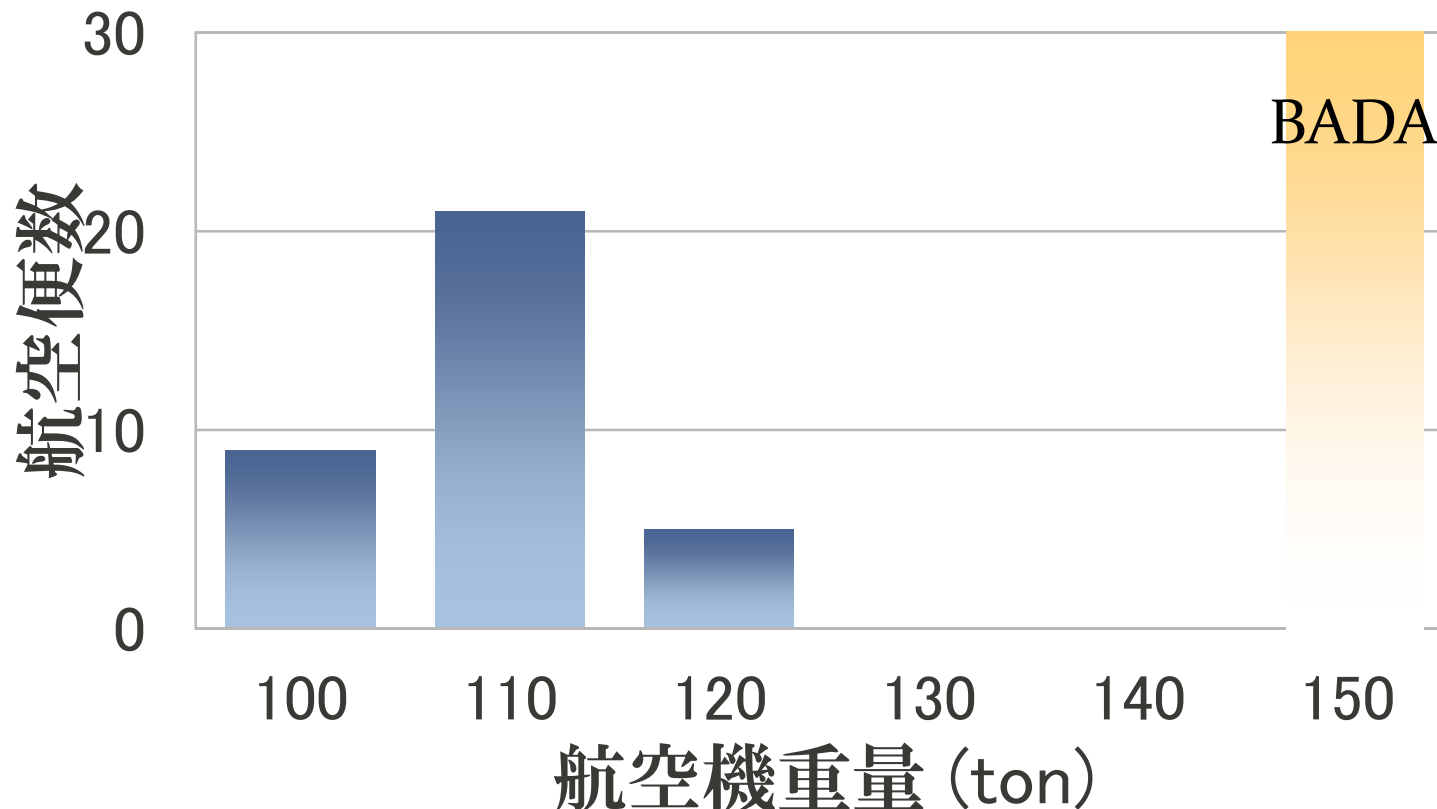
- 各時刻における実データ
 - 燃料消費量, 航空機重量, TAS等
- 国内線, 171便のデータ

航空機型式	B737-800 (B738)	B767-300 (B763)	B777-200 (B772)	B777-300 (B773)
便数	44	35	69	23



航空機重量の比較

●BADAの想定重量と実績値の比較 (B763)



国内線の実績値との大きな差異 ➡ 実績値の平均を適用

推定誤差の算出

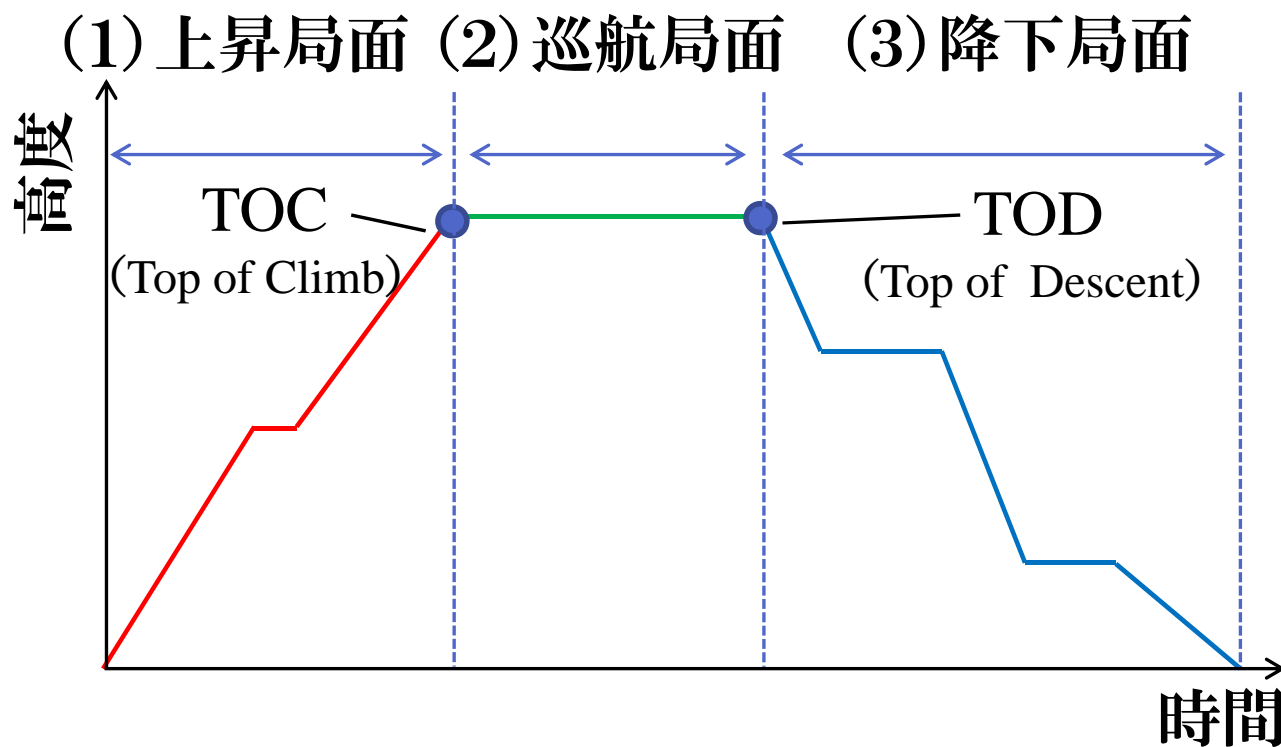
●推定誤差

$$E = \frac{F_{est} - F_{act}}{F_{act}}$$

F_{est} : 推定値

F_{act} : 実績値

●運航局面の分割



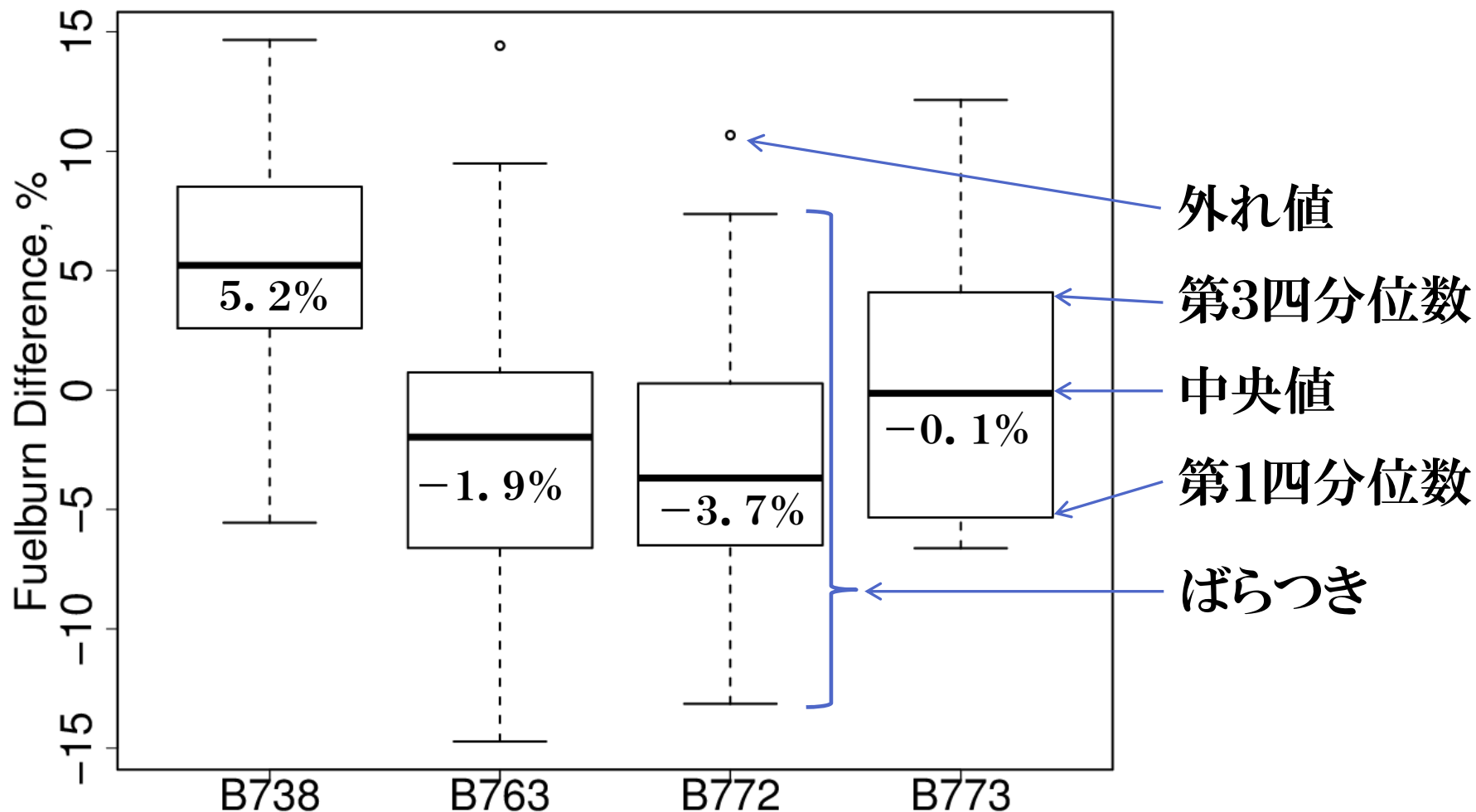
全局面

$$E = \frac{F_{est} - F_{act}}{F_{act}}$$

F_{est} : 推定値

F_{act} : 実績値

±5%の範囲で推定可能

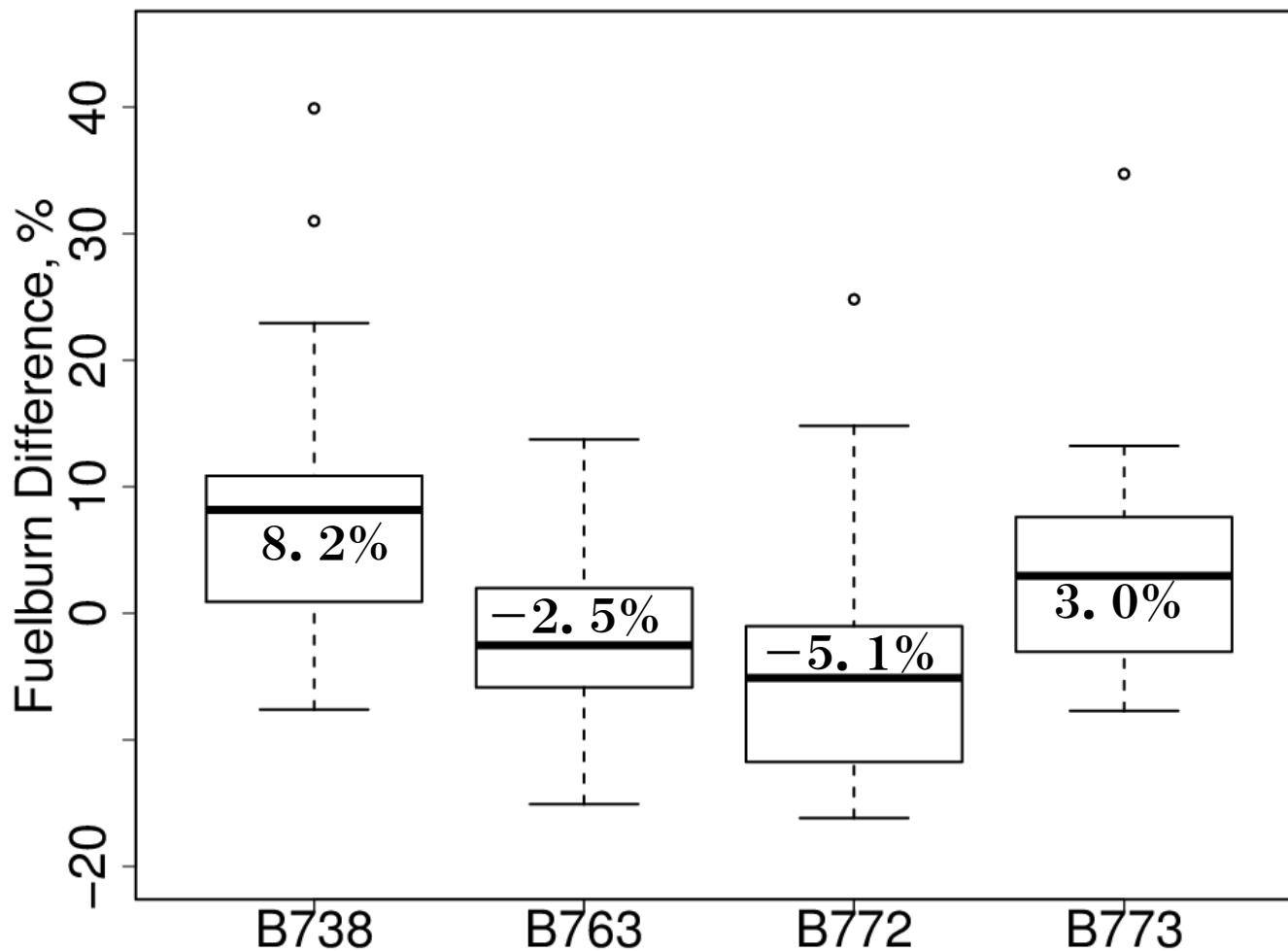


上昇局面

$$E = \frac{F_{est} - F_{act}}{F_{act}}$$

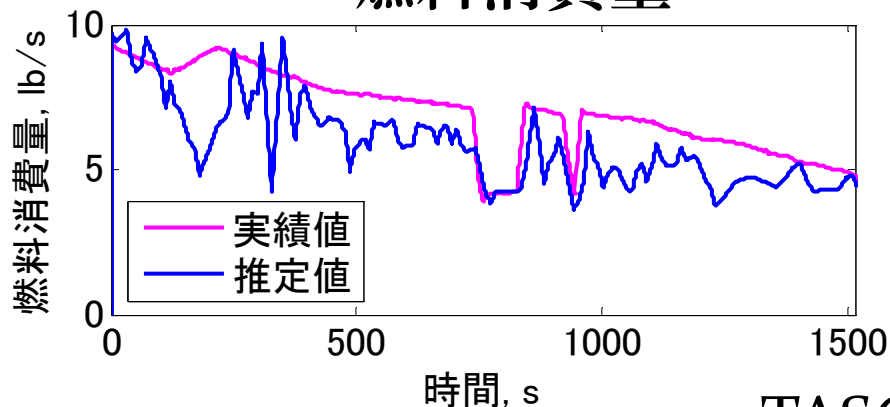
F_{est} : 推定値

F_{act} : 実績値

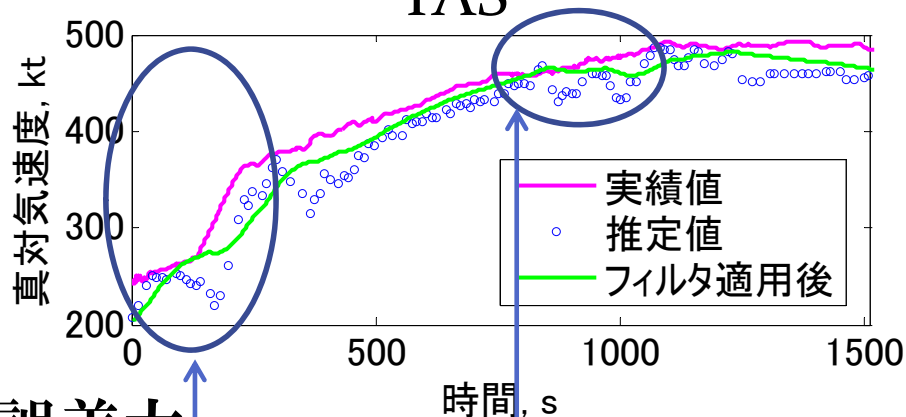


誤差要因

燃料消費量



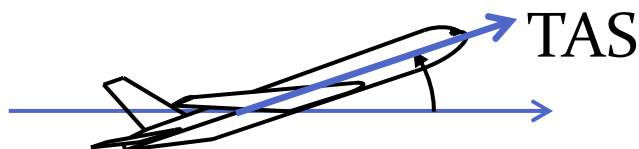
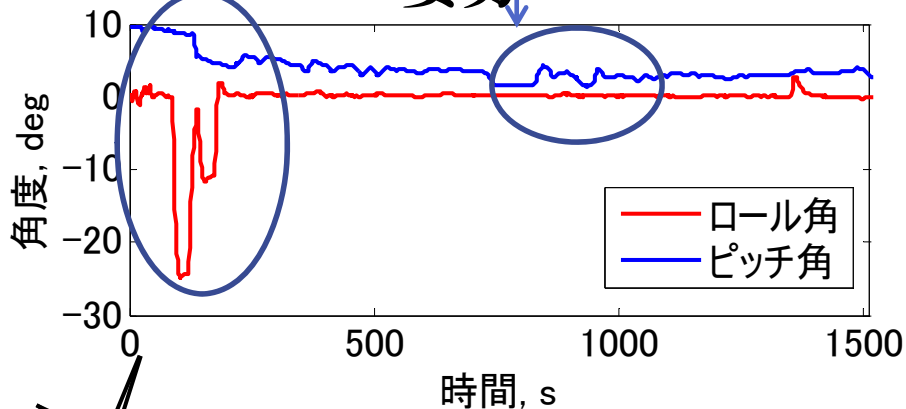
TAS



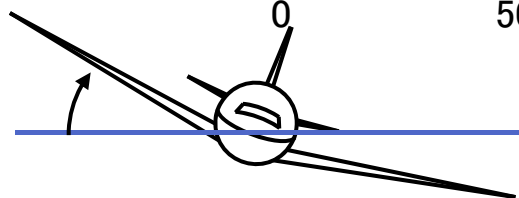
TASの誤差大

- TASの推定誤差
- GS: 水平成分のみ考慮
- 姿勢の変化

姿勢



ピッチ角: 高度の変化



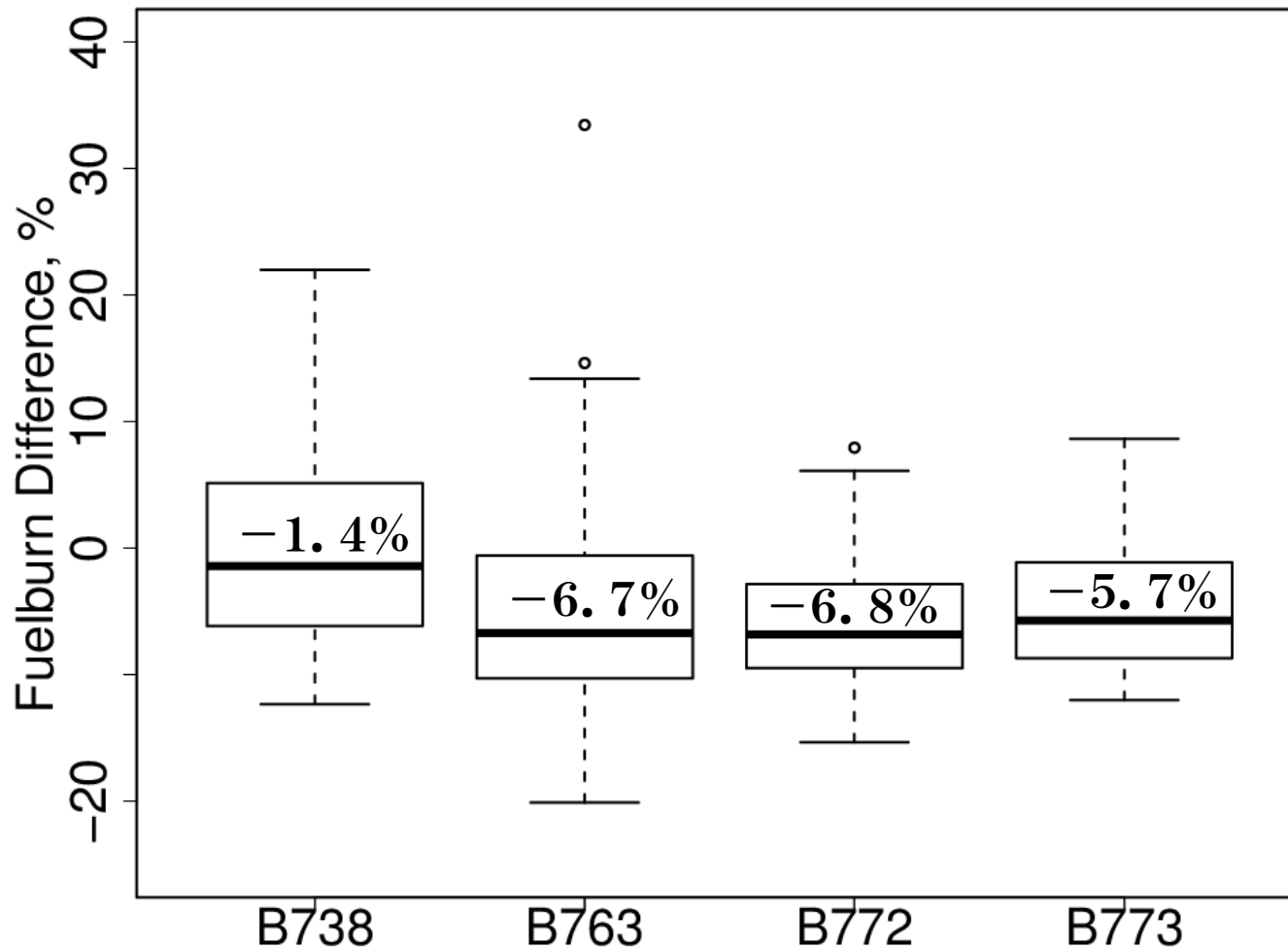
ロール角: 方位の変化

巡航局面

$$E = \frac{F_{est} - F_{act}}{F_{act}}$$

F_{est} : 推定値

F_{act} : 実績値



誤差要因

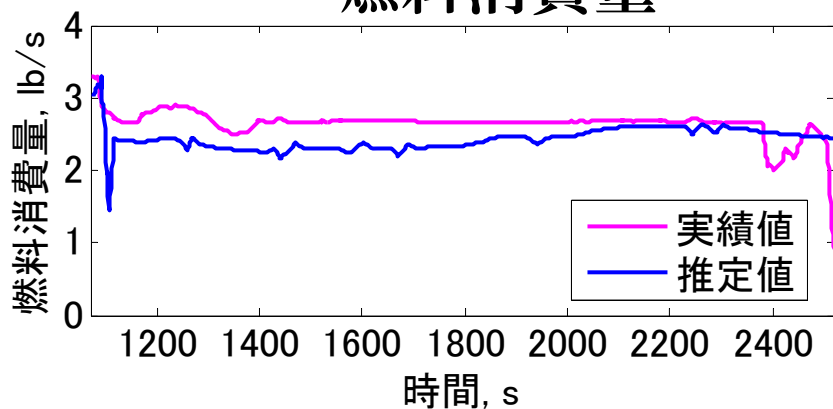
- 定常飛行

- 同一高度, 一定速度

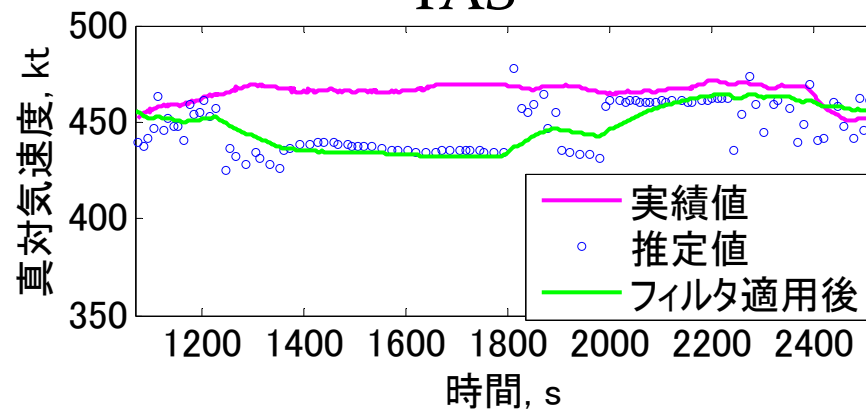
➡ 最も精度が高い

- GSの誤差 → TASの誤差

燃料消費量



TAS

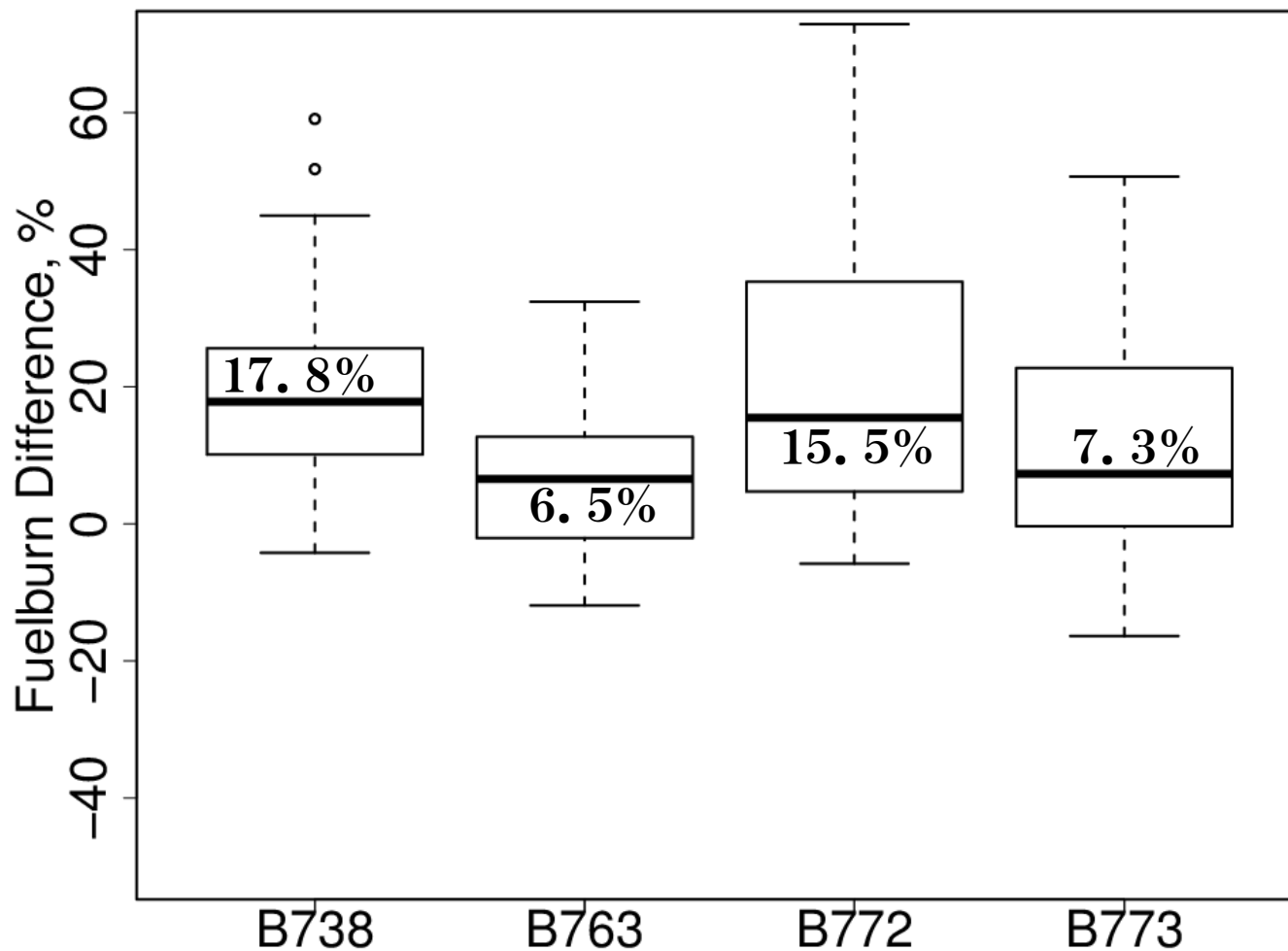


降下局面

$$E = \frac{F_{est} - F_{act}}{F_{act}}$$

F_{est} : 推定値

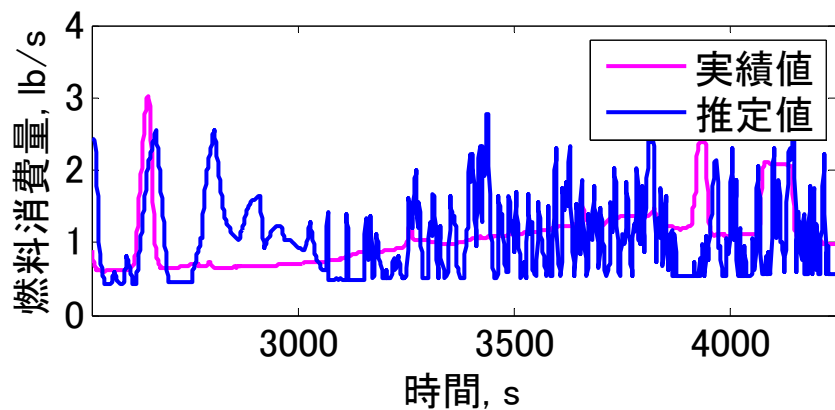
F_{act} : 実績値



誤差要因

- 最も精度が低い

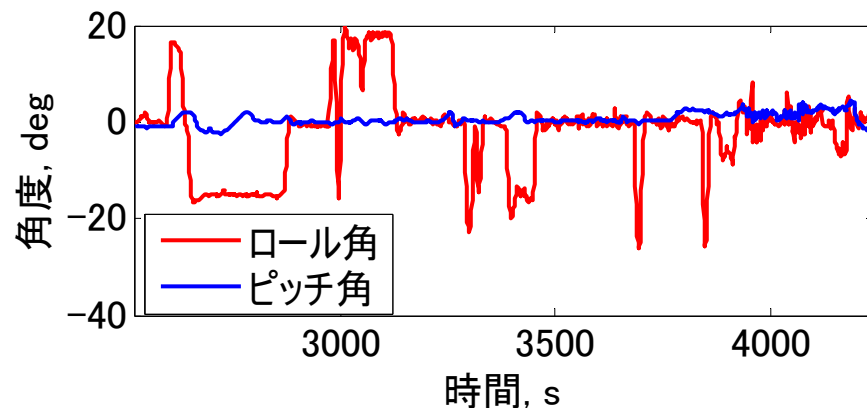
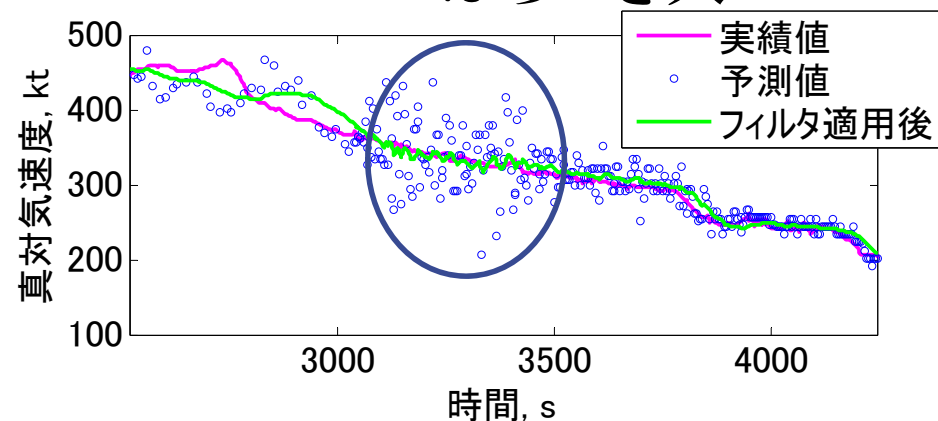
燃料消費量



- 姿勢の頻繁な変化

- TASの誤差が増加

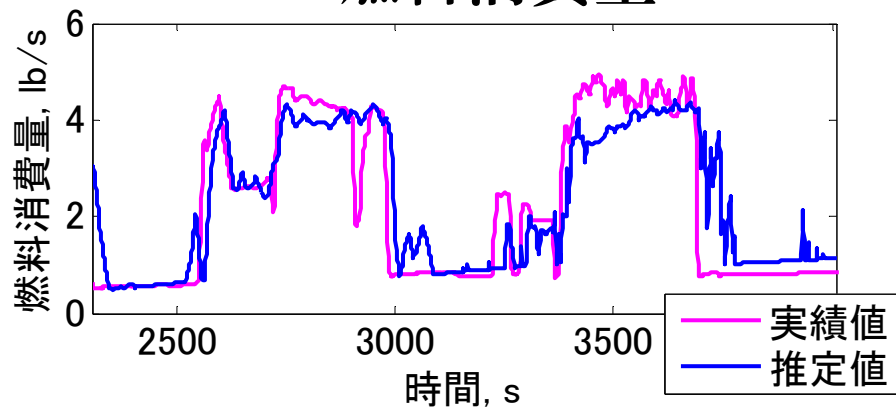
TASのばらつき大



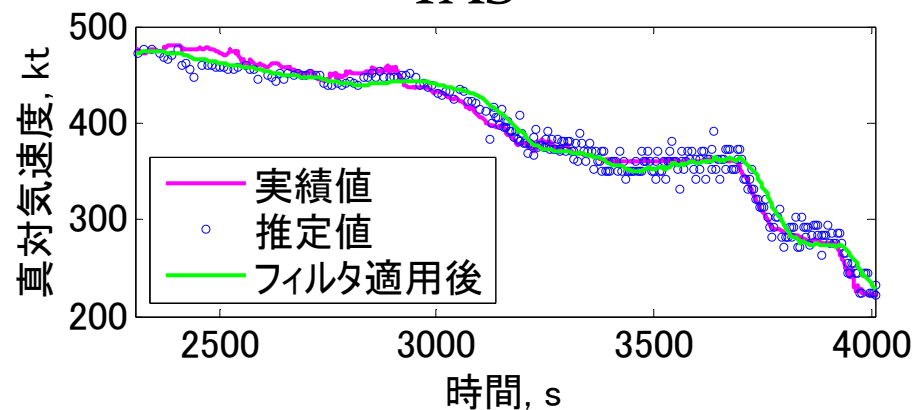
誤差要因

● 精度の高い推定例

燃料消費量



TAS



● 正確なTASの把握

➡ 高い精度で燃料消費量の推定が可能

まとめと今後の課題

●燃料消費量の推定

- 比較的高い精度で推定が可能
- 降下の局面が最も推定が困難
- TASの推定精度向上が必要

●我が国の交通流の評価

- 推定モデルにより燃料消費量の推定
- 効率, 環境の観点より評価