

運航のための航空機性能の 統計的モデル化

宇宙航空研究開発機構

松田治樹，松野賀宣

背景・目的・目標

● 背景

- ▶ 飛行効率向上のため、一部の空域では運航者が自ら飛行経路を設定する運航が実施されており、さらに広い範囲での実施が検討されている
- ▶ 飛行経路の計算には、正確な**航空機性能**情報と気象情報が重要
- ▶ 航空機性能は運用状況に応じて変化するため、型式が同じであっても機体ごとに異なる
- ▶ 現状の運航では、機体性能の個体差は十分には考慮されていない
- ▶ 脱炭素に向けた取り組みの中で、運航者が機体ごとの性能を正確に把握するニーズは高まると考えられる

● 目的

- ▶ 機体ごとの性能を反映した航空機性能モデルを構成する枠組みを考える

● 目標

- ▶ 消費燃料の予測誤差が平均的に1%未満となる

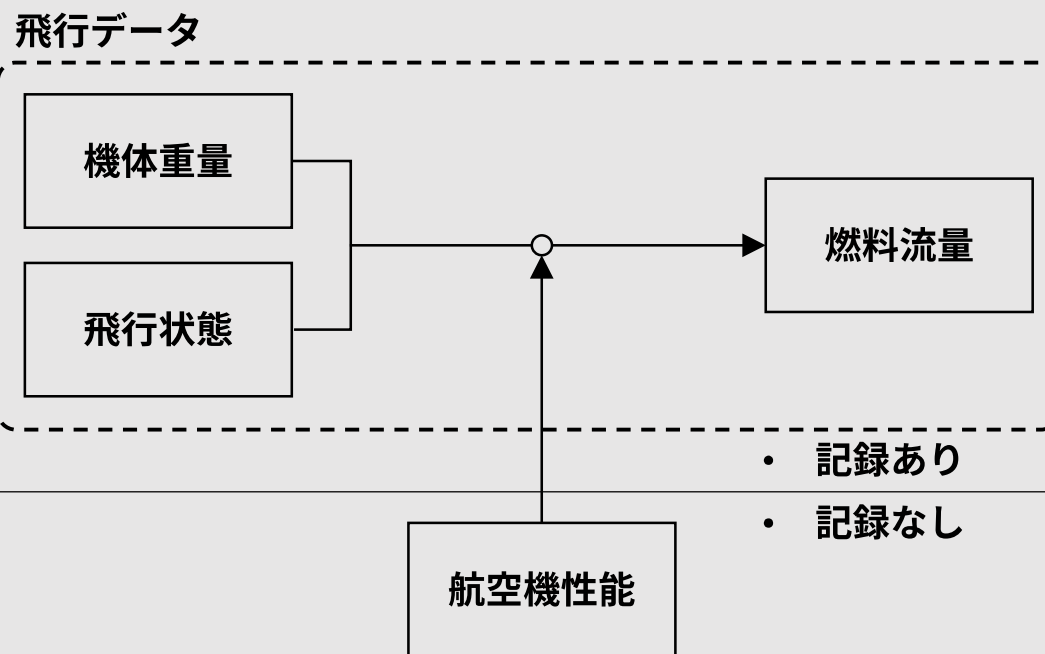
方針

● 飛行データの利用

- ▶ 運航者は日々の運用で得られる飛行データを蓄積している
- ▶ 飛行データには飛行状態（高度，速度，…），機体重量，燃料流量等が記録されている
- ▶ 飛行データは機体性能の個体差，運用による変化を反映している
→ 機体性能の個体差を反映できる

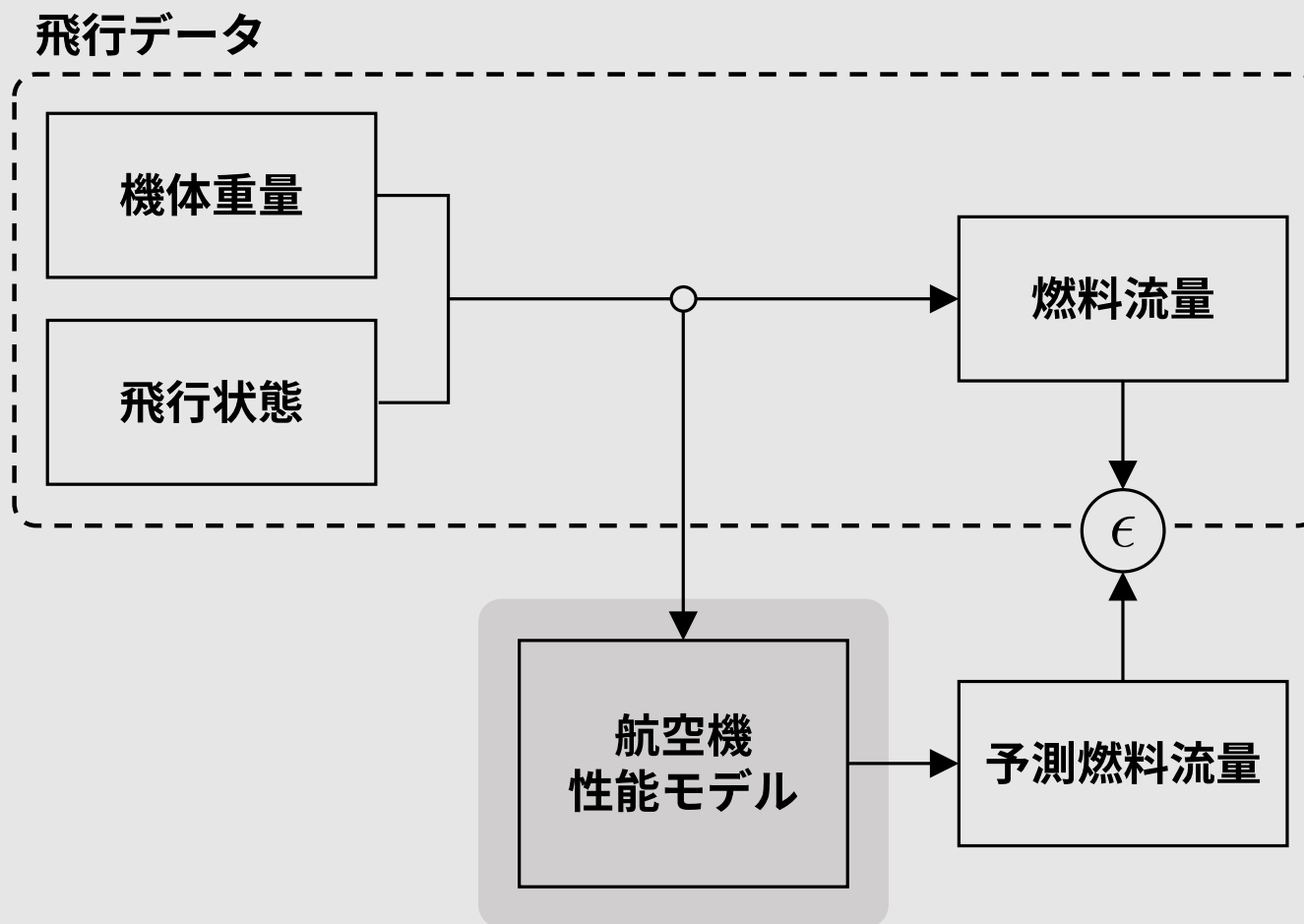
データの生成過程

ある機体重量で，ある飛行状態を実現するために必要な燃料流量が航空機性能に応じて決まる



方針

- 統計的手法の利用
 - ▶ 航空機性能を統計的にモデル化する



数値実験

- データ

- ▶ 国内旅客便（単一型式）の飛行データ（QARデータ）
- ▶ クリーン形態，1,000 ft以上
- ▶ 搭載しているエンジンが同じ飛行データを日付で分割し，時系列順に学習データ（50便）／テストデータ（50便）とした×5ケース

ケース	機体	エンジン
1	AC01	L11/R11
2	AC02	L21/R21
3	AC02	L22/R22
4	AC03	L31/R31
5	AC03	L32/R31

- 評価指標

- ▶ 平均誤差（ME）← 軌道全体に亘って積分したときの誤差を抑えたい

数値実験

- 結果

- ▶ すべてのケースで平均誤差（ME）が1%未満となった
- ▶ 平均誤差が負 → 実際より消費燃料を少なく予測している
 - ▷ 学習データ（時系列的に前）における燃費よりテストデータ（時系列的に後）における燃費が悪い；継続使用による燃費低下の影響と考えられる
 - ▷ モデルが学習データにおける航空機性能を精度良く捉えている

ケース	機体	エンジン	平均誤差（ME）
1	AC01	L11/R11	-1.9724×10^{-4} (-0.013%)
2	AC02	L21/R21	-8.3859×10^{-3} (-0.57%)
3	AC02	L22/R22	-4.8448×10^{-3} (-0.33%)
4	AC03	L31/R31	-8.2823×10^{-3} (-0.60%)
5	AC03	L32/R31	-4.1513×10^{-3} (-0.29%)

数値実験

- 追加実験

- ▶ ケース1の学習データで学習したモデルを，ケース2～5のテストデータを用いて評価する

- 結果

- ▶ すべてのケースで前ページの結果より平均誤差が大きい
- ▶ 3つのケースで平均誤差が1%を超えた

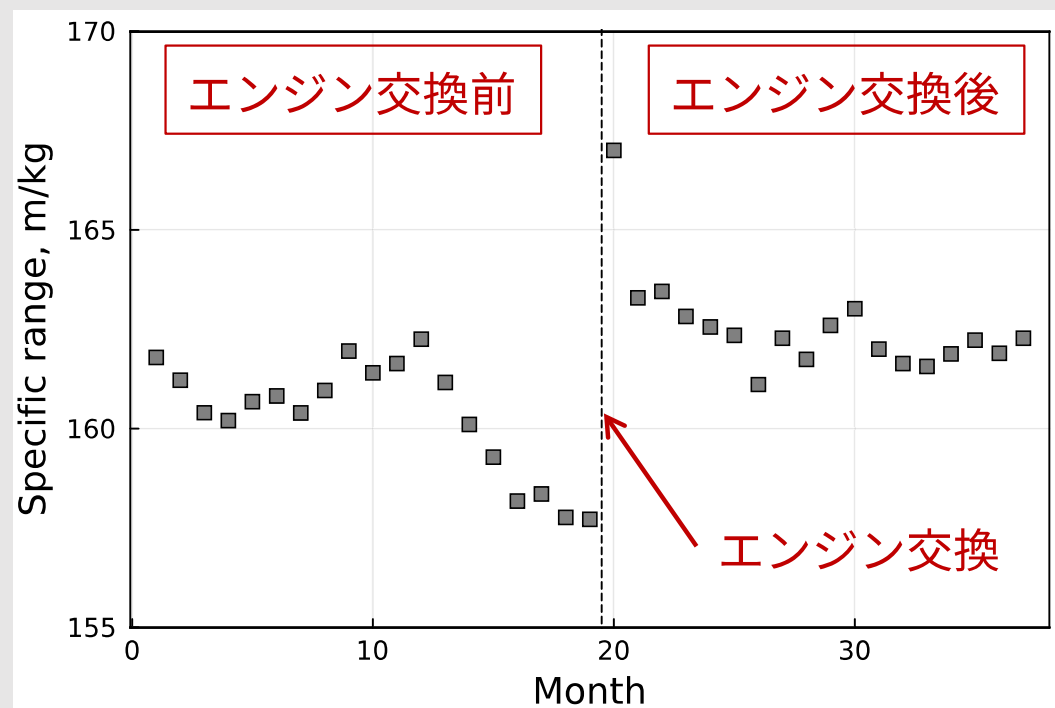
ケース	機体	エンジン	平均誤差 (ME)
1	AC01	L11/R11	-
2	AC02	L21/R21	1.8948×10^{-2} (1.28%)
3	AC02	L22/R22	2.7335×10^{-2} (1.85%)
4	AC03	L31/R31	1.1906×10^{-2} (0.86%)
5	AC03	L32/R31	2.0956×10^{-2} (1.44%)

機体ごとに性能が異なり，かつモデルが性能の個体差を捉えることができている可能性が高い

機体性能のモニタリング

- 比航続距離（Specific Range, SR）による性能の比較
 - ▶ SR：燃料当たりの飛行距離
 - ▶ 重量：155 ton / 速度：0.78 Mach / 高度：FL370 の条件で計算した
 - ▶ 同じ機体のエンジン交換の前後の飛行データを1か月ごとに分割した
 - ▷ ただし、エンジン交換以外の整備状況は未確認

- 結果
 - ▶ SRの値は時間とともに下降する傾向がある
 - ▶ エンジン交換によりSRの値が改善している



まとめ

- 成果

- ▶ 飛行データ（QARデータ）を用いて航空機性能を統計的にモデル化した
- ▶ 作成したモデルが機体ごとの性能を反映する能力を有し，消費燃料の予測誤差が平均的に1%未満となることを示した
- ▶ 本手法により，航空機の整備計画等に有用な情報を得られる可能性を示した

- 想定される運用シーン

- ▶ 機体ごとに調整された性能モデルを用いて，UPR / DARP等のための飛行経路計算を行う
- ▶ 飛行データを用いて航空機の性能を監視し，エンジン交換（洗浄）等の整備に関する計画を立てる

ご清聴ありがとうございました