

# 安全間隔を考慮したCCO(継続上昇運航)の研究

横浜国立大学 上野誠也

## 研究目的

不確定な干渉機の存在に対して  
最適なCCO経路を求める

### CCOの有効性

- ・燃料消費の低減
- ・環境負荷の軽減
- ・管制業務の削減

最適なCCO  
経路の形成

中断

干渉機から受ける制約  
・衝突回避 ・安全間隔

中断が少ないCCO開始  
基準の設定が必要

## 研究計画

研究期間:平成28~30年度

研究アプローチ

### 第1段階

不確定な条件下における  
単機CCO機の経路最適化

確率最適制御

### 第2段階

複数機の通過順序と飛行  
経路の同時最適化

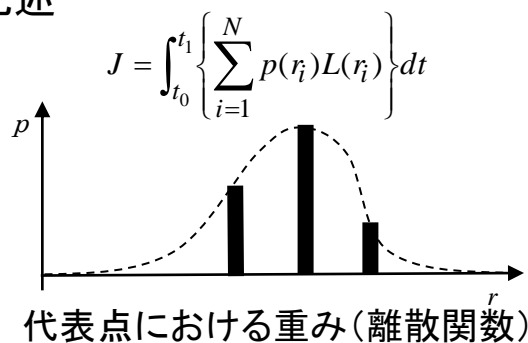
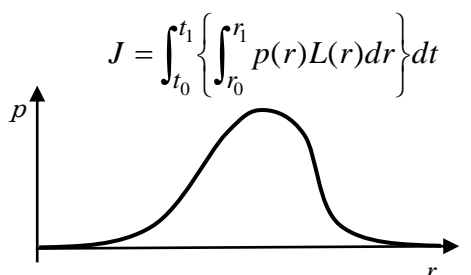
混合整数非線形  
計画法

### 第3段階

高速・確実な実時間運用  
アルゴリズムの開発

連続変形法

### 【研究アプローチの例】 不確定性の記述



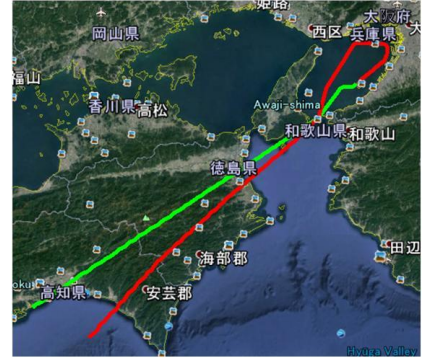
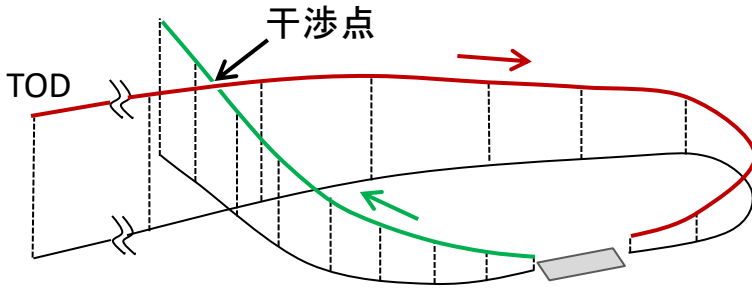
連続関数で与えられる干渉機の不確定性は代表点における  
離散関数として扱えば、従来の最適制御問題に帰着できる。

# 安全間隔を考慮したCCO(継続上昇運航)の研究

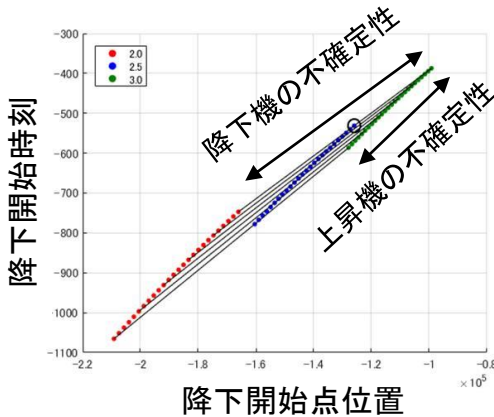
横浜国立大学 上野誠也

平成28年度 研究成果

## (1) 実データによる干渉機の条件



関空における干渉例



上昇機の離陸時における干渉する降下機の降下開始位置(TOD)と時刻を示す図であり、干渉の有無を判定できる。両機の経路角に不確実性があるとして干渉する範囲が示されている。

## (2) 不確実性を考慮した最適経路

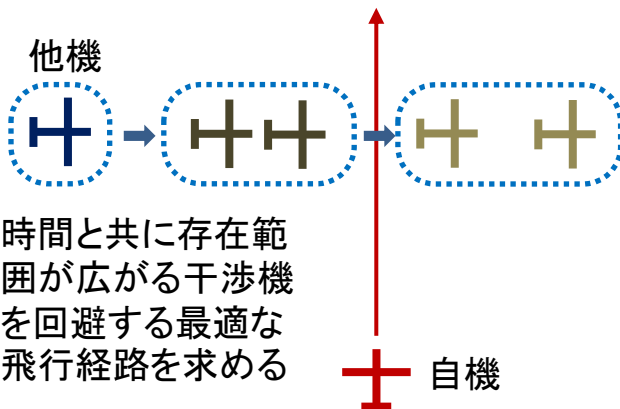
干渉機の分布をN個の代表点で置き換えた評価関数

$$J = \int_0^T \left( \frac{1}{2} \left( \frac{\omega}{\omega_{\max}} \right)^2 + \sum_{i=1}^N \rho_i \frac{R^2}{R^2 + r_i^2} \right) dt$$

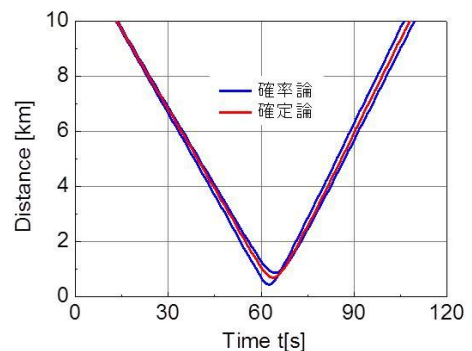
回避操舵の評価

接近距離の評価

$\omega$ : 自機角速度  $r_i$ : 相対距離  
 $N$ : 干渉機の数  $\rho_i$ : 代表点の重み



問題設定: 2次元平面運動



干渉機との相対距離 (N=2)  
 確率論では2機の干渉機を回避する

課題: 代表点の個数と重みの選択