

離散型選択モデルを用いた航空機挙動モデルの構築

Development of Aircraft Behavioral Model Using Discrete Choice Model

指導教授 轟 朝幸

2080 竹田 伊知甫

1. はじめに

国土交通省航空局の発表¹⁾によると、航空管制業務は、激増する旅客機による航空管制官の負担軽減として、将来自動化技術の導入が必要とされている。管制業務の自動化により、機械で管制業務を行うことから、管制官がどのような条件下で、どのように安全性を確保しているのかを検討する必要がある。

そこで本研究では、航空機を対象に離散選択型の航空機挙動モデル構築を行うことで、成田空港周辺の航空軌跡データを用いた離散選択モデルの構築を行う。

2. 航空機挙動のモデル分析手順

2. 1 使用データ

本研究では、国土交通省航空局が公表しているフライト状況のデータである CARATS Open Data を用いる。このデータには、時刻、仮想便名、緯度、経度、高度が記載されており、緯度経度を座標変換したうえで、前方を飛行する航空機との距離、飛行速度をそれぞれ計算する。対象とする空域を図-1に示す。

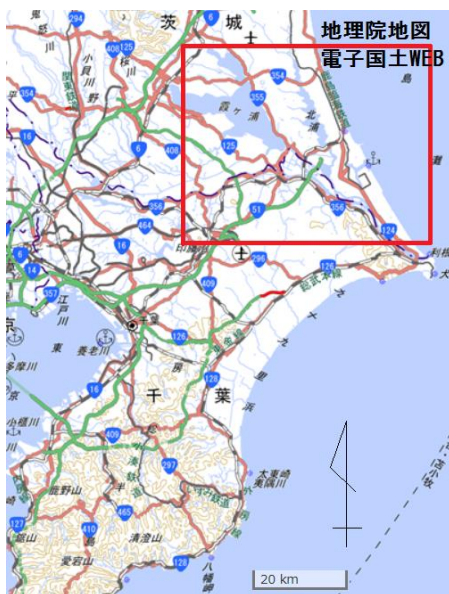


図-1 研究対象地域

2. 2 分析の流れ

まず、管制官の意思決定について CARATS Open Data を解析して検証を行う。

航空運行データ、CARATS Open Data データを用いて成田空港に着陸する航空機を抽出する。

成田空港への着陸は、滑走路に北側から侵入する南風運用時と、滑走路に南側から侵入する南風運用時の2パターンがあるが、今回は北風運用時のみを対象として研究を行う。

参考とするモデルは、航空機の挙動分析モデルを用いた研究がまだ行われていないため、二輪車やセグウェイで実証されたモデルを参考にする。

3. 航空機挙動モデルの構築

3. 1 効用関数の設定

移動体の軌跡をモデル化した研究としては、花守²⁾がネスト構造を仮定した Cross Nested Logit (CNL) モデルを援用して東南アジアの二輪車交通の離散選択型挙動をモデル化している。その中で、速度を等速、加速、減速の3パターンに、方向を右旋回、左旋回、直進の3パターンにネスティングしている。また金田³⁾はセグウェイの離散選択モデルを構築し、速度が上昇すると等速の選択確率が高くなり、加減速をする選択確率が低くなることを明らかにした。そこで、本研究では、金田らのモデル式を参考に、説明変数を直進する性質、目的地に向かって進む性質、加減速に関する性質の3つに設定する。

設定したモデルの効用関数を以下に示す。

$$V_i = I_L \beta_{dir} L \theta_{dir} L + I_R \beta_{dir} R \theta_{dir} R \quad (1)$$

$$+ I_L L \beta_{dir} L \theta_{dir} L + I_N N \beta_{dir} N \theta_{dir} N \quad (2)$$

$$+ I_R R \beta_{dir} R \theta_{dir} R \quad (3)$$

$$+ I_a \beta_v a (V / V_{max}) + I_d \beta_v d (V / V_{max})$$

項(1)は現在の進行方向を維持する性質を示す。 I_L 、 I_R は左旋回、右旋回にそれぞれ帰属する場合に1、違う場合に0となるダミー変数を示す。変数 θ_{dir} は現在の進行方向と各選択空間の中心座標との偏角(rad)である。大きな方向転換を避けるため β_1 、 β_2 のパラメータは負であると予想される。

項(2)は目的地を目指して進行する性質を示す。 I_N は直進に帰属する場合に1、そうでない場合0となるダミー変数である。変数 θ_{des} は目的地方向と各選択肢空間の中心座標との偏角を示す。

項(3)は加減速に関する性質である。Vは現在の速度、 V_{max} は観測された速度の最高速度を示しており、 V/V_{max} は現時点での相対速度を示す。次に I_a は加速に帰属する場合1、そうでない場合0を示すダミー変数である。

選択肢集合は、ある時点において航空機がとる進路を図-2に示す9個の選択肢で表すこととする。速度は、加速、等速、減速の3つで表す。方向に関しては、直進、右折、左折の3つで表す。航空機の場合上下方向にも選択肢が存在するが、基礎集計より、航空機は一樣に高度を下げるため、今回は2次元の選択空間を設定した。

3. 2 選択肢空間の設定

設定した選択肢空間を以下に示す。

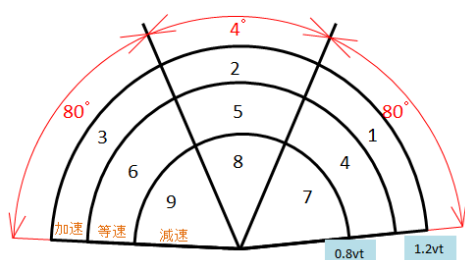


図-2 速度集計結果

方向は、 10° 未満の旋回を直進、左右それぞれ 10° 以上の旋回の3つで表す。航空機は定められた航路の中を通航するため、航路から外れる方向は選択されにくいと考えられる。

3. 3 パラメータ推定結果

本研究では1年分のデータのうち、2012年9月3日分の成田空港着陸機のデータを用いてパラメータ推定を行った。分析の結果、自由度調整済み尤度比が0.16と低い値を示しておりこのモデルだけでは航空機の挙動を表しきれていないことになるこの要因として、風の影響や空港の混雑状況、航空機の性能など航空機の挙動に影響を及ぼすパラメータがほかにも存在する事が考えられ、今後それらの推定値を増やす必要がある。

直進の性質

右に性質、左に行く性質ともに正の値となった。正の値は左に行くことを示しているのやや左へ行く傾向がみられるが、概ね直進の性質が示された。

目的地に進む性質

推定値が-1前後であることから、速度が上がればその分下げ、速度が下がればその分上げるとい様に直進の性質が強いことがわかる。また、加速のパラメー

タの推定値が減速のパラメータの推定値に比べて高くなっているが、これは着陸に際して速度を下げていく挙動が示されていると考えられる。

表-1 パラメータ推定結果

	パラメータ	推定値	t値
直進の性質	$\beta_{del,L}$	0.166	7.56
	$\beta_{del,R}$	0.2	11.6
目的地に進む性質	$\beta_{des,L}$	0.0559	7.51
	$\beta_{des,N}$	0.0699	8.7
	$\beta_{des,R}$	0.0145	2.64
加減速の性質	β_{va}	-1.56	-14.11
	β_{vd}	-0.809	-13.92
前方の航空機と距離をとる性質	β_L	-7.79E-06	-1.78
	サンプル数	870	
	最終尤度比	0.15	
	尤度比	0.16	

4. おわりに

今回の研究で、航空機特有の挙動をふまえた離散選択型モデルを構築した。本研究では1年分のデータのうち、2012年9月3日分の成田空港着陸機のデータを用いてパラメータ推定を行った。分析の結果、自由度調整済み尤度比が0.16と低い値を示しておりこのモデルのパラメータだけでは、航空機の挙動を表しきれていないことになる。この要因として、風の影響や、空港の混雑状況、航空機の性能など航空機のきよどに影響を及ぼすパラメータがほかにも存在することが考えられ、今後これらを追加する必要がある。

今後の課題として、混雑、非混雑時間帯や離陸機、気象などの変数を取り入れ、離散選択モデルが航空機に適用できるか詳しく見ていく必要がある。

今後の課題として、混雑、非混雑時間帯や離陸機、気象などの変数を取り入れ、離散選択モデルが航空機に適用できるか詳しく見ていく必要がある。

参考文献

- 1) 花守輝明：混合交通流における二輪車離散選択型モデルの構築，第32回交通工学研究発表会論文報告集，p65-72, 2012.
- 2) 金田志優：離散選択モデルを用いたセグウェイ挙動のモデルの構築，日本大学理工学部社会交通工学科卒業論文概要集 pp91-92, 2016.
- 3) 青山久枝，高橋信，飯田裕康，狩川大輔：航空管制官の思考・判断プロセスの分析，人間工学 51(Supplement), pp.152-153, 2015.