

米国における高速 VTOL 導入による航空交通手段の選択確率の推定

日本大学 学生会員 ○筒井 悠太 日本大学 正会員 轟 朝幸  
(株) 日本空港コンサルタンツ 正会員 熊澤 将之 日本大学 正会員 兵頭 知

1. はじめに

VTOL 機（垂直離着陸機，以下 VTOL）の開発が日本を含む多くの国々で進められている。VTOL は，ヘリポートやバーティポートを使用して離着陸が可能であり，都市部や郊外を含めた移動の幅の拡大とともに，既存の航空手段よりも所要時間の短縮が期待される。中でも高速巡行が可能な高速 VTOL は，将来的にビジネス航空の代替として普及する可能性がある。

本研究は，ビジネス航空が先進的に普及している米国を対象として，高速 VTOL が導入された際に既存の航空手段と比較してどの程度利用選択されるのか，およびその選択に影響する要因が何かを明らかにすることを目的とする。なお，想定する VTOL は，スカイリンクテクノロジーズ株式会社<sup>2)</sup>（以下 SLT 社）が開発する，写真－1 に示す機体である。

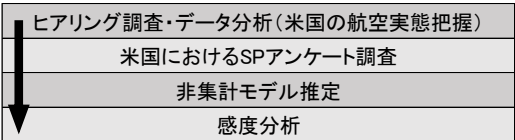


写真－1 想定する機体

2. 研究方法

2. 1 研究フロー

本研究のフローを図－1 に示す。



図－1 研究フロー

2. 2 調査方法

本研究では，VTOL が導入された際の仮想的な状況において，その利用選択可能性の程度を把握するため，SP アンケート（以下 SP 調査）を行った。被験者は，ビジネス航空の利用経験がある者に限定した。

対象地域は，平均年収が高い傾向にある都市およびビジネス航空の利用が多い都市である，ロサンゼルス，サンフランシスコ，ニューヨーク，ワシントン D.C.，ラスベガスの 5 都市 3 区間とした。それぞれの都市間移動で VTOL・定期便・ビジネス航空のいずれかを選択させた。SP 調査の概要を表－1 に示す。

表－1 SP 調査概要

| 項目    | 内容                                                             |
|-------|----------------------------------------------------------------|
| 目的    | 高速VTOLの利用選択可能性を計る                                              |
| 被験者   | ロサンゼルス、ニューヨーク、ワシントンD.C.のいずれかに在住し、かつビジネス航空の利用経験がある者             |
| 期間    | 2023年1月6日～1月17日                                                |
| 方法    | WEBアンケート                                                       |
| サンプル数 | 220                                                            |
| 対象地域  | ① ロサンゼルスーサンフランシスコ<br>② ニューヨークーワシントンD.C.<br>③ サンフランシスコーラスベガス    |
| 質問内容  | ① 個人属性<br>② VTOL、定期便、ビジネス航空の三者択一<br>③ 航空手段の利用状況やVTOLの認知などの個人特性 |

また，各条件の設定において，定期便の飛行時間は「Google Travel」を利用し，アクセス時間は「Google MAP」より算出した。VTOL やビジネス航空については，米国のビジネス航空機のパイロットや SLT 社へのヒアリング調査をもとにした。基本ケースとして定めた各航空手段の運賃，飛行時間，アクセス時間を表－2 に示す。なお，SP 調査票では，設定した各条件を実験計画法に基づき 8 パターンに変動させた。

表－2 基本ケース

| サンフランシスコーロサンゼルス間  |       |       |        |
|-------------------|-------|-------|--------|
| 各条件               | VTOL  | 定期便   | ビジネス航空 |
| 運賃[ドル]            | 1,430 | 930   | 1,640  |
| 飛行時間[分]           | 75    | 90    | 80     |
| アクセス時間[分]         | 10    | 90    | 30     |
| ニューヨークーワシントンD.C.間 |       |       |        |
| 各条件               | VTOL  | 定期便   | ビジネス航空 |
| 運賃[ドル]            | 1,070 | 715   | 1,290  |
| 飛行時間[分]           | 55    | 70    | 60     |
| アクセス時間[分]         | 10    | 90    | 30     |
| サンフランシスコーラスベガス間   |       |       |        |
| 各条件               | VTOL  | 定期便   | ビジネス航空 |
| 運賃[ドル]            | 1,640 | 1,140 | 1,790  |
| 飛行時間[分]           | 110   | 100   | 90     |
| アクセス時間[分]         | 10    | 90    | 30     |

キーワード VTOL，交通手段選択，都市間移動，SP アンケート調査，ロジットモデル

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 TEL：047-469-5219

2. 3 分析方法

VTOL が導入された際の航空手段の選択確率を推定するため、非集計ロジットモデルを用いた。使用した多項ロジットモデルを式(1)、(2)、ネスティッドロジットモデルを式(3)に示す。なお、最終モデルの選定については、統計的に良好なモデルを採用した。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_n \exp(V_n)}$$
 (1)

$$V_i = \sum_k \beta_k Z_{ik}$$
 (2)

ここで、

- $P_{in}$  : 航空手段  $n$  を選択する確率
- $V_i$  : 航空手段  $i$  の選択による効用
- $\beta_k$  :  $k$  番目の説明変数に関する未知パラメータ
- $Z_{ki}$  : 航空手段  $i$  に関する  $k$  番目の説明変数

$$P_{in} = \frac{\exp(V_i + V_m)}{\sum_m \exp(V_m) \sum_p \exp(V_p)}$$
 (3)

ここで、

- $V_m$  : 選択  $m$  の選択による効用の定数項 (上位)
- $V_p$  : 選択肢  $p$  の選択による効用の定数項 (下位)

3. 分析結果と考察

3. 1 モデル推定

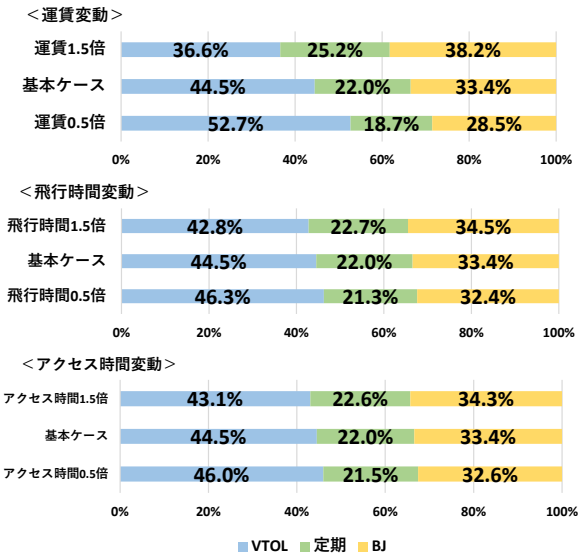
調査結果より得られた多項ロジットモデルの推定結果を表ー3に示す。変数の t 値は、飛行時間以外が 1.64 以上となり、90%の信頼度で選択確率に影響を与える。VTOL の選択に影響を与えるのは、運賃やアクセス時間であることが明らかになった。

表ー3 モデル推定結果

| 項目         | パラメータ値 | t値       |
|------------|--------|----------|
| 定数項 VTOL   | -1.072 | -11.546* |
| 定数項 ビジネス航空 | -0.722 | -5.490*  |
| 運賃         | -0.048 | -11.380* |
| 飛行時間       | -0.126 | -1.612*  |
| アクセス時間     | -1.191 | -8.430*  |
| 年齢         | 0.151  | 3.186*   |
| 性別         | -0.095 | -2.249*  |
| 年収         | 0.319  | 7.560*   |
| 航空利用頻度     | 0.143  | 2.327*   |
| 認知         | 0.258  | 5.344*   |
| 尤度比        | 0.012  |          |

3. 2 VTOL の条件変化に伴う感度分析

ここでは、運賃、飛行時間、アクセス時間に対する感度分析を行うために、0.5 倍、基本ケース、1.5 倍の 3 ケースを想定した。ビジネス利用時における 3 区間平均の分析結果を図ー2に示す。



図ー2 感度分析結果

基本ケースにおける VTOL の選択確率は 44.5% となり、3 つの手段で最も選択される結果となった。運賃を半額にすると VTOL が半数以上選択され、1.5 倍にすると 36.6% まで減少する結果となり、ビジネス航空とあまり差がないことが明らかになった。また、飛行時間とアクセス時間の変動では選択確率に大きな変化がない結果となった。

5. おわりに

本研究では、SP 調査結果からモデル分析により、VTOL の条件変化に伴う感度分析によって各航空手段の選択確率を推定した。また、モデル分析の結果から航空利用頻度や認知度などのダミー変数を加えることにより、VTOL が選択されやすい条件を分析した。その結果、運賃を半額にすると半数以上が VTOL を選択し、最も影響を与えることが明らかになった。一方、飛行時間やアクセス時間が選択に与える影響は比較的小さいことが明らかになった。今後の課題は、VTOL は現時点で実用化されていない航空手段であるため、実際に普及した際には機体のスペックや、離着陸場所に制約が生じる恐れなどを考慮する必要があることである。

**謝辞：**本研究にあたりご協力くださいました、ビジネス航空機パイロットの玉那覇尚也様、SLT 社長の森本高広様、アンケート調査の回答者の皆様には厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Elam, A., Jet and Set in Private Class: The Democratization of Luxury in the Private Aviation Industry
- 2) スカイリンクテクノロジー株式会社  
<https://www.skylink-tech.co.jp/>