

タクシー事業者による兼業の実行可能性に関する評価手法

鳥取大学	学生会員	○橋本 礼記
鳥取大学	正会員	谷本 圭志
鳥取大学	正会員	長曾我部 まどか

1. はじめに

人口減少が進む地域では、公共交通サービスとしてのタクシー事業の役割が期待されている。しかし、一般に顧客の数は少なく、事業の持続可能性は脆弱である。そこで、旅客の運送のみならず、買物代行や荷物の配送などの兼業を実施することで利益を補完することが有効な策になる。ただし、兼業を実施すると本業での収入が減る可能性がある。よって、事業者はこの点を踏まえて兼業の実行可能性を判断する必要がある。そこで本研究では、混合整数計画法を用いて兼業の実行可能性を評価する手法を構築するとともに、実際のタクシーの運行履歴データを用いて実行可能性を実証的に評価する。

2. モデルの考え方

一般的なタクシーの日報のデータ、すなわち、個々の日における乗車時間と場所、降車時間と場所ならびに収受した料金のみで分析ができるモデルを前提とする。具体的には、従事可能な運転手の数を所与とした上で、本業に生じる損失の最小値を求めるモデルを構築する。

その際、本業における顧客の運送を断ることがあるが、なるべく損失が最小となるように断るものとして定式化する。ただし、兼業を実施している最中に、本業を行うことはできず、兼業を開始した後から終了までは、連続して兼業に従事する。すなわち、途中で兼業以外に従事することはできないとする。

3. モデルの構築

ある一日における本業の顧客の集合を N 、任意の顧客を $i (\in N)$ で表す。「ある運転手がこの顧客を運送すると他の特定の顧客が運送できなくなる」という意味で、運送が両立できない顧客のペアが存在する。こ

の関係を次式の行列 $A (= \{a_{ij}\})$ で表す。ただし、運送が両立できないことを \nleftrightarrow で表す。

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & (i \nleftrightarrow j, i = j) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad (1)$$

兼業を実施する時間帯を T 、この時間帯における顧客の集合を $S_T (S_T \subseteq N)$ で表す。以下では、時間帯 T が所与とした上、この時間帯に関して兼業の実行可能性を検討する場面を想定する。

運転手の人数を m 人とし、任意の運転手を $k (1 \leq k \leq m)$ で表す。運転手 k が顧客 i を担当するか否かを表すバイナリ変数を x_{ik} で表し、以下のように定義する。ただし、 $k \rightarrow i$ は運転手 k が顧客 i を担当することを表す。

$$x_{ik} = \begin{cases} 1 & (k \rightarrow i) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad (2)$$

どの顧客も一人の運転手が担当する。この条件は次式で定式化できる。

$$\sum_{k=1}^m x_{ik} = 1 \quad (\forall i \in S_T) \quad (3)$$

兼業に従事する運転手の人数を h 人とし、運転手 $k (h+1 \leq k \leq m)$ のみが本業に従事とする。なお、 h の値は所与として与える。本業に従事する運転手がある顧客を担当すると、その顧客と運送が両立できない顧客を担当することができない。この条件は次式で定式化できる。

$$\sum_{j \in S_T} a_{ij} x_{jk} - |S_T| (1 - x_{ik}) \leq 1 \quad (\forall i \in S_T, h+1 \leq k \leq m) \quad (4)$$

キーワード タクシー、兼業、混合整数計画法

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学工学部社会システム土木系学科

TEL 0857-31-5310

兼業を実施する h 人の運転手が担当する顧客は、運送を断る顧客である。これらの顧客が支払うはずであった料金は、兼業の実施に伴う損失と考えることができる。したがって、損失の最小化は次式で表される。ただし、 c_i は顧客 i が支払う料金である。

$$\sum_{k=1}^h \sum_{i \in S_T} c_i x_{ik} \rightarrow \min \quad (5)$$

4. 実証分析

4.1. 分析用のデータ

鳥取市のあるタクシー事業者の2021年5月10日～5月14日のデータを用いる。ただし、この期間の日はいずれも平日である。検討の対象とする時間帯を4時～19時とし、この時間帯に含まれるデータを用いて分析する。

4.2 計算結果

兼業に従事する運転手が2人、4人、6人の3つの場合を想定して計算した。損失額は、個々の日の結果を求めた上で平均値を算出した。その結果を図1～3に表す。

図1は、兼業に従事する運転手が2人であるもとの、兼業を4時、8時、10時、13時から開始した場合の損失を表しており、横軸の「継続時間」は、兼業を開始時刻から何時間継続するかを表している。例えば4時から開始した場合の折れ線が5時で打ち切りとなっているのは、就業時間の関係で、2人の運転手が5時以降に兼業を継続することがそもそも不可能であることを表している。

4時及び8時から開始した場合に着目すると、前者は1時間しか兼業できないこと、後者は損失額が大きく増加していることから、これらの開始時刻は兼業に適していない。10時及び13時から開始した場合は適しており、特に13時に兼業を開始すると損失は最も少ない。

そこで、損失が少ない開始時刻である10時、13時に着目し、兼業に従事する人数についてもいくつかのケースを想定して計算した結果を図2、3に示す。これらの図の横軸は、何時まで兼業を実施するかを表している。図2に着目すると、2人であれば14時までであればほぼ損失が発生せず、また、4人であっても15時までであれば損失が1万円程度と

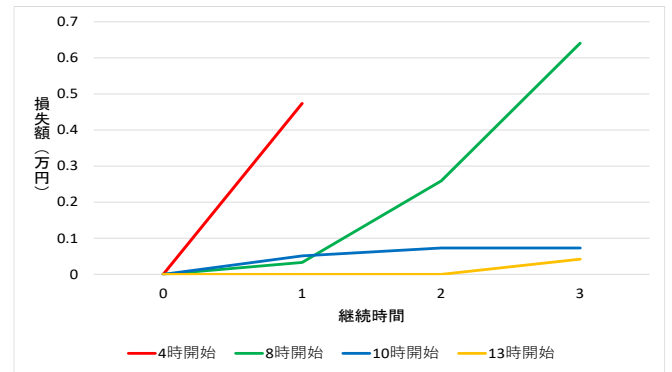


図1 開始時刻別の損失（兼業の従事者：2人）

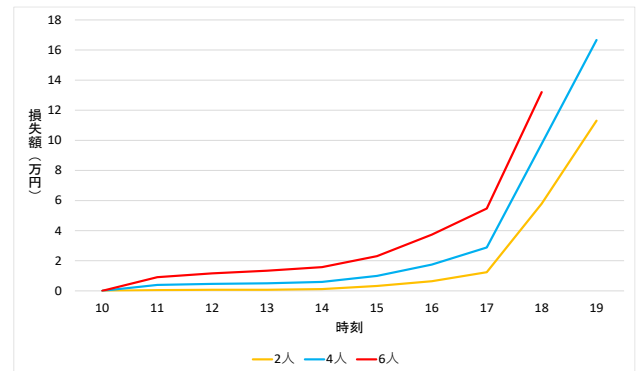


図2 損失額（兼業の開始時刻：10時）

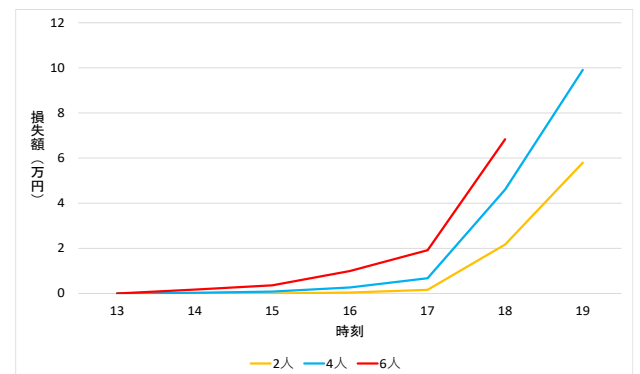


図3 損失額（兼業の開始時刻：13時）

小さい。次いで図3に着目する。2人であれば17時までであれば損失がほぼ発生せず、また、4人や6人であっても16時までであれば損失は1万円以下と小さい。以上のように、兼業に適した時間帯や、兼業に従事可能な人数を把握することができる。

5. おわりに

兼業によって生じる損失という観点から兼業の実行可能性を評価する手法を開発し、実際の地域に適用を試みた。今回は、顧客を運送した後に運転手はいったん営業所にもどるという前提で定式化したのが、その前提を外したモデル化が課題である。