

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の開発

谷本 圭志¹・橋本 礼記²・長曾我部 まどか³

¹正会員 鳥取大学教授 工学部社会システム土木系学科 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)

E-mail: tanimoto@tottori-u.ac.jp (Corresponding Author)

²学生会員 鳥取大学大学院 持続性社会創生科学研究科工学専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)

E-mail: m22j6024b@edu.tottori-u.ac.jp

³正会員 鳥取大学准教授 工学部社会システム土木系学科 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)

E-mail: mchoso@tottori-u.ac.jp

タクシーは少ない需要に対応できる移動手段であるため、中山間地域などの人口が少ない地域における公共交通の役割が期待されている。しかし、旅客の数が少ないと自ずと利益も小さいため、タクシー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、買い物の代行や運転手の派遣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となる。ただし、兼業を実施すると本業での収入が減る可能性もあることから、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、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開発するとともに、実際のタクシーの日報データを用いて兼業の実行可能性の評価を試みる。

Key Words : taxi, side business, integer programming

1. はじめに

人々の生活を支える公共交通機関には鉄道や路線バスなどがあり、これらは地域における人口の規模や分布などを踏まえて導入されている。地方の小都市や中山間地域などのように人口が少ない地域では移動の需要が少ないことから、公共交通としてタクシーが重要な役割を担っている場合が少なくない。タクシーは、旅客のニーズに直接的に応じることができるとともに、乗降が容易である、運転手の目が旅客に届きやすいなど、特に高齢者や障害者などの交通弱者にとって有用な手段である。

しかし、これらの地域では人口の減少に伴ってタクシー事業の持続可能性が危ぶまれている。この背景には、旅客が少なくなっているということのみならず、朝夕のピーク時には旅客の数に対して運転手が不足する一方、オフピーク時には時間を持て余している運転手が多いというように、事業の生産性が低いことも持続可能性が不利になる要因である。

この課題を解決するためには、本業である旅客の運送のみならず、買い物の代行や運転手の派遣などの兼業を実施することで、本業の収入を補完し、事業の持続可能性を高めることが一つの対策として考えられる。ただし、

兼業を実施する場合には、本業の労働力の一部を兼業に割り当てるため、そもそも兼業に要する十分な労働力を捻出できるかが不透明である場合が考えられる。加えて、兼業を実施することで本業の収入が減少する可能性もある。このように、一般論的には兼業の実施はよいとの認識があっても、兼業することが自社にとって適当かの判断は必ずしも容易ではない。

そこで本研究では、兼業に従事可能な人数、兼業を実施することで減少する本業の収入（以下では、単に「損失」と言う）という観点から兼業の実行可能性を評価するための手法を整数計画法に基づいて開発する。また、構築したモデルを用いて、鳥取市における実際のタクシー事業者を対象として兼業の実行可能性の評価を試みる。

2. 本研究の基本的な考え方

(1) タクシー事業者による兼業の事例

タクシー事業者による兼業は救援事業として以前より取り組んでいる事業者がある一方、コロナ禍における外出自粛の中で取り組んだ事業者も見られる。以下では、そのいくつかの事例を述べる。なお、期間を限定した事

例もあるため、現在も継続しているのかは不明であることに留意を要する。

日の丸観光タクシー株式会社¹⁾は「べんりーユースフルサービス」と呼ばれる救援事業を実施し、病院の順番取り、薬の受け取り、忘れ物の受け取り、買い物代行、自動車のバッテリーチャージなどを行っている。つばめタクシー株式会社²⁾は、「便利屋タクシー」と呼ばれる救援事業を実施しており、買い物代行、病院の順番取り、薬の受け取り、忘れ物の受け取り、住民票の取得、鍵のかけ忘れの確認などを代行している。

茨城県つくば市³⁾は、小売事業者である株式会社カスミと市内のタクシー事業者が連携し、スマートフォンアプリを用いたタクシーによる買い物代行業の試行運用を実施している。デリバリー・テイクアウトアプリの menu を運営する menu 株式会社⁴⁾は熊本県と連携して、タクシー事業者と飲食店を支援するフードデリバリーサービスを期間限定で実施した。

福岡県北九州市に本社をおく第一交通産業株式会社⁵⁾は「お墓参りサポートタクシー」サービスを実施している。主なサービスとして、顧客に代わって希望するお墓に参拝する「お墓参り代行サービス」、個人でお墓に参拝することが困難な顧客の付き添いを行う「お墓参り同行サービス」がある。

貨客混載も兼業の代表的な例であり、タクシー事業者による取り組みの例としては、北海道の旭川中央ハイヤー⁶⁾や天塩ハイヤー⁷⁾、鳥取県大山町の日興タクシー⁸⁾などがある。

(2) 兼業の実行可能性に関する評価のアプローチ

事業者が兼業の実行可能性を簡易に診断しようとする場合、過去の日報データを用いて、どの時間帯にどれほどの運転手が暇を持て余しているのかを明らかにすればよいようにも考えられる。しかし、この理解は必ずしも正しくない。この点について、以下に説明する。

ある一日の日報データを図示した例を図-1に表す。この日には、4名の運転手が勤務しており、各々を運転手A,B,C,Dで表す。横軸は時刻であり、それぞれの運転手が運送した旅客を実線で表している。運転手A,B,C,Dが運送した旅客はそれぞれ赤色、黄色、緑色、青色で表している。実線の長さは運送に要した時間であり、その長さは料金の多さも表しているものとする。

以上のもとで、9～10時までの連続した1時間を対象として、兼業の実行可能性を検討する場面を想定する。ただし、兼業をしている最中には本業、すなわち、旅客の運送はできないものとする。図-1より、9～10時に運転手A,B,C,Dはそれぞれ旅客1,2,3,4を運送しており、この時間帯に連続して兼業に従事できる運転手はいないように考えられる。

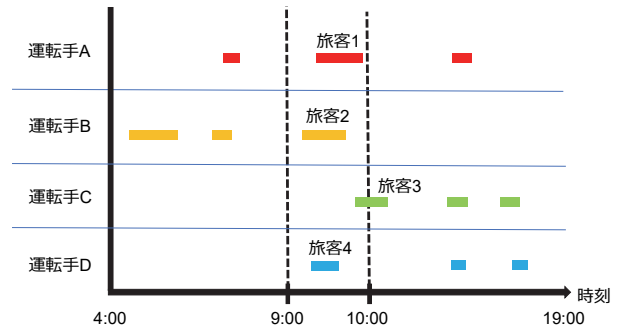


図-1 日報データの例

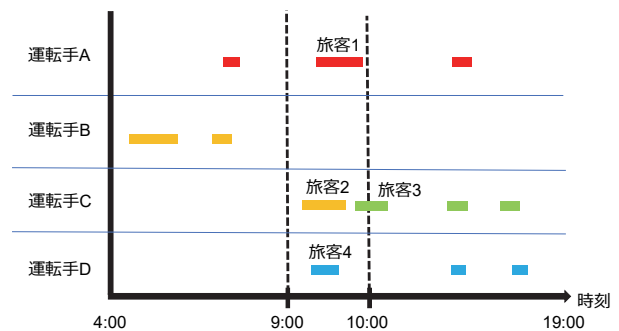


図-2 旅客と運転手の割り当てを変更した例 (その1)

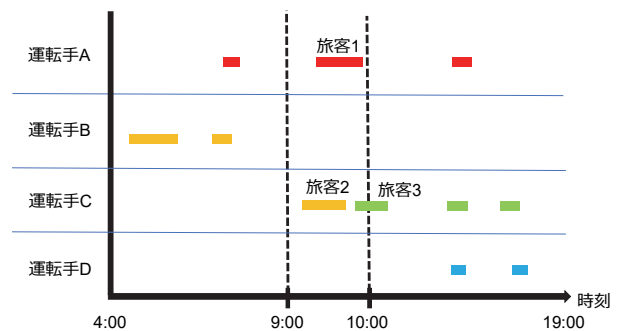


図-3 旅客と運転手の割り当てを変更した例 (その2)

しかし、この考え方は正しくない。兼業を前提にする場合、旅客と運転手の割り当ては図-1のままである必要はない。例えば図-2に示すように、図-1で運転手Bが運送していた旅客2を運転手Cに割り当てることにより、運転手Bは9～10時に兼業に従事可能となる。この場合、利用を断る旅客は一人もいないため、本業には何の損失も生じない。つまり、兼業に従事する運転手が1人の場合は、本業に損失を発生させることなく兼業が実行可能である。一方で、2人の運転手を兼業に従事させようとする場合、損失が生じない割り当てを見出すことはできない。この場合は、図-3に示すように、旅客の中で最も料金収入が小さい旅客4の利用を断ると、本業に生じる損失が最小化できる。よって、兼業に従事する運転手が2人の場合は、旅客4からの料金収入分の損失が本業に

発生する。

以上のように、データの見掛けで兼業の実行可能性を検討することはできない。兼業の実行可能性を評価するためには、兼業することを前提としつつ、旅客と運転手の割り当てを分析するための方法論が必要であり、本研究ではそのための数理モデルを構築する。

(3) 既往の研究

公共交通サービスに関する兼業を扱った研究は少なからず存在する。特に、貨客混載は配送を兼業としているケースであり、これを扱った研究が見られる。白石ら⁹⁾は、過疎地域における路線バスを活用した貨客混載に関して、実際の地域での実証実験を通じて事業者間の調整に関する課題を明らかにしている。原田ら¹⁰⁾は、買い物弱者問題への対策という観点から貨客混載の問題点を論じている。谷本ら¹¹⁾は、タクシーを活用した貨客混載システムを導入した場合の事業性を試算するための手法を混合整数計画法に基づいて開発し、システムの導入可能性について考察している。海外における従来の研究の全体像は Cavallaro *et al.*¹²⁾によるレビュー論文に詳しいが、タクシー事業者に焦点を当てた研究として、Li *et al.*¹³⁾はシェアライド問題(The share a ride problem: SARP)として貨客混載を定義し、静的な SARP モデルを混合整数計画法に基づいて開発している。Li *et al.*¹⁴⁾は上記のモデルを拡張し、配送時間や配送場所に関連する不確実性を取り入れたモデルを提案した。Nguyen *et al.*¹⁵⁾は運送の間は駐車場で待機することも考慮したモデルを構築した上で、タクシー事業者の運行データを用いて、貨客混載は利益、運行距離、利用台数の面で有効であることを実証的に示した。

また、土屋ら¹⁶⁾は地方のタクシー事業者に着目し、貨客混載に限定せず、タクシーの運転手が本業の傍ら集落を巡回して何らかの生活支援サービスを行うことを想定して、本業に付随した生活支援サービスがどの程度供給可能であるか時空間プリズムの概念を援用して分析する方法論を構築し、実際のタクシーの日報データの分析を行い、付随的な生活支援サービスの供給可能性を明らかにしている。

しかし、兼業を実施するに際して、どの程度本業の収入に影響が出るか、また、兼業に従事する運転手がどれだけ確保できるかといった点を扱った研究は見られない。そこで、以下ではこの視点に基づいて兼業の実行可能性を評価するための手法を開発するとともに、その可能性を実際の事業者を対象として明らかにする。

(4) モデルの前提

一般的なタクシーの日報のデータを用いることを想定したモデルを構築する。具体的には、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である。モデルの前提は以下の通りである。

- ・従事可能な運転手の数を所与とした上で、本業、すなわち、旅客の運送に生じる損失の最小値を求める。
- ・事業者は旅客の運送を断ることができる。断った旅客が支払うはずであった料金収入を損失とする。この損失が最小となるように断る。
- ・兼業を実施している最中に本業を行うことはできない。
- ・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。

3. モデル化

ある一日の本業における旅客の集合を N 、任意の旅客を $i(i \in N)$ で表す。運転手が特定の旅客の運送を担った場合、その旅客と移動時刻が近い別の旅客の運送ができなくなる場合がある。つまり、同一の運転手に対して、運送が両立できない旅客のペアが存在する。このような関係を次式の行列 $A = (a_{ij})$ で表す。ただし、運送が両立できないことを \Leftrightarrow で表す。

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

以下では、この行列を重複行列と呼ぶ。兼業を実施する時間帯を T 、この時間帯における旅客の集合を $S_T(S_T \subseteq N)$ で表す。以下では、時間帯 T を所与とした上で、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。この時間帯における運転手の人数を m で表す。この m 人の中から本業と兼業に従事する運転手を割り当てる。任意の運転手を k で表す。

運転手 k がどの旅客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 が旅客 i の運送を担うことを表す。

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

どの旅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

$k(h+1 \leq k \leq m)$ のみが本業に従事するとする。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旅客の運送を担当すると、その旅客と運送が両立できない旅客の運送を担うことができない。この条件は次式で定式化できる。

i) $x_{ik} = 1$ の場合

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

ii) $x_{ik} = 0$ の場合 制約なし

式(4)は、本業に従事する運転手 k が旅客 i の運送を担当する場合、すなわち、 $x_{ik} = 1$ の場合には、旅客 i と運送が両立できない旅客の運送を担当することができないことを表している。一方、 $x_{ik} = 0$ の場合には制約は不要である。i), ii)の場合分けごとに制約の有無が異なるが、これらの場合を踏まえて制約を一つの式で表すと、次式となる。

$$\sum_{j \in S_T} a_{ij} x_{jk} - |S_T|(1 - x_{ik}) \leq 1 \quad (\forall i \in S_T, h+1 \leq k \leq m) \quad (5)$$

この式は、以下を意味している。 $x_{ik} = 1$ である場合、式(5)は式(4)と同じであることは自明である。 $x_{ik} = 0$ の場合、式(5)は次式と等価である。

$$\sum_{j \in S_T} a_{ij} x_{jk} \leq 1 + |S_T| \quad (\forall i \in S_T, h+1 \leq k \leq m) \quad (6)$$

ここで、左辺の最大値は $|S_T|$ であるため、式(6)は必ず成立する。すなわち、実質的に何の制約も課さない式である。以上より、式(6)はi), ii)の場合分けがあるもとの制約を一つの制約式で表していることになる。

兼業を実施する h 人の運転手が担当する旅客は、運送を断る旅客である。したがって、損失の最小化は次式で表される。ただし、 c_i は旅客 i が支払う料金である。

$$\sum_{k=1}^h \sum_{i \in S_T} c_i x_{ik} \rightarrow \min \quad (7)$$

(3) 重複行列の作成方法

旅客 i の出発時刻と到着時刻をそれぞれ s_i, t_i で表す。

また、運転手が待機をする場所を拠点と呼ぶ。運転手は、旅客の出発地点へは拠点から向かい、また、旅客の到着地点からはいったん拠点にもどると仮定する。拠点から旅客 i の出発地点までの移動に要する時間を c_{0i} 、旅客 i の到着地点から拠点までの移動に要する時間を c_{i0} で表す。すると、旅客 i の運送に関するタクシーの拠点の出発時刻と到着時刻はそれぞれ次式の上段と下段で表される。

$$\begin{aligned} \hat{s}_i &= s_i - c_{0i} \\ \hat{t}_i &= t_i + c_{i0} \end{aligned} \quad (8)$$

すると、以下の式が成立する場合、旅客 i と旅客 j は時間的に重複する。なお、 $i = j$ の場合は以下の式が成立するため、旅客 i と旅客 $j(i = j)$ は重複するとの定義に自ずとなる。

$$\hat{s}_i \leq \hat{s}_j < \hat{t}_i \text{ or } \hat{s}_j \leq \hat{s}_i < \hat{t}_j \quad (9)$$

したがって、重複行列は以下のように表される。

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & (\hat{s}_i \leq \hat{s}_j < \hat{t}_i \text{ or } \hat{s}_j \leq \hat{s}_i < \hat{t}_j) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad (10)$$

この行列は、タクシーは旅客の出発地点へは拠点から向かい、また、旅客の到着地点からはいったん拠点に戻っていったん待機するとの仮定に基づいているが、実際には、旅客の出発地点へは拠点からではなく、別の旅客の到着地点から直接向かうことができる場合もある。したがってこの仮定は、最も重複しうる場面を想定したという意味で、悲観的なシナリオのもとの行列である。

4. 実証分析

(1) 対象地域の概要

対象地域を鳥取県鳥取市とする。鳥取市は鳥取県の東部に位置し、鳥取県の県庁所在地である。2021年11月30日現在、世帯数は81,108世帯、人口は184,611人、高齢化率は約30%であり、面積は約765km²である。

(2) 分析に用いるデータ

鳥取市における有限会社サービスタクシーの日報データを用いる。日報データは2021年5月10日から2021年5月14日であり、いずれの日も平日である。このデータには日付、乗務員名、乗車地、乗車時間、降車地、降車時間、料金等が記されている。検討の対象とする時間帯を4~19時とし、この時間帯に含まれる1,151件のデータを取り上げて分析する。

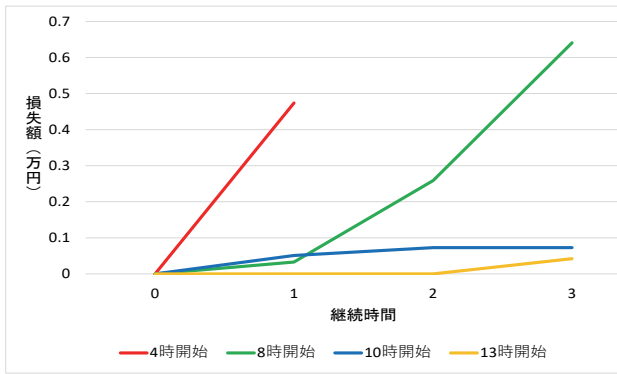


図4 開始時刻別の損失 (兼業の従事者：2人)

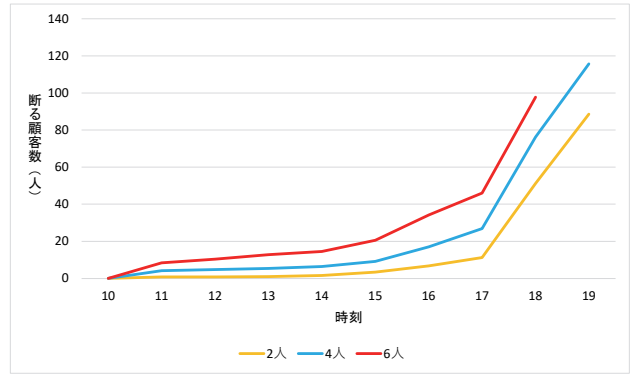


図7 運送を断る旅客数 (兼業の開始時刻：10時)

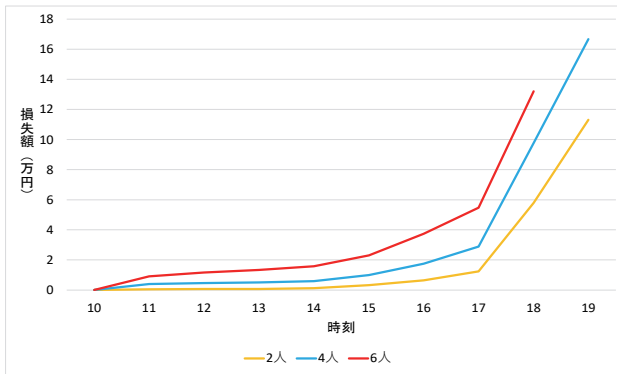


図5 損失額 (兼業の開始時刻：10時)

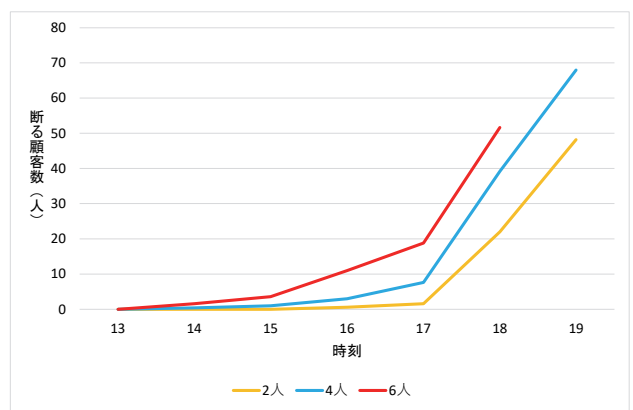


図8 運送を断る旅客数 (平日, 兼業の開始時刻：13時)

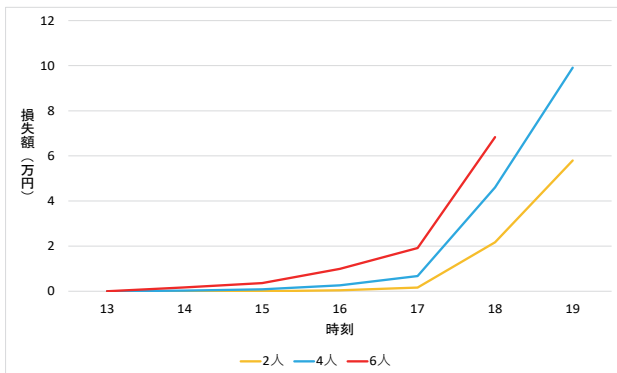


図6 損失額 (兼業の開始時刻：13時)

(3) 損失に関する結果

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、個々の日の損失を求めた上で、それらの平均値を算出した。その結果を図4～図6に表す。図4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。なお、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5、6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5に着目すると、2人であれば14時までであればほぼ損

重複行列の作成に際しては、拠点と乗降車地間の所要時間を要する。拠点については、このタクシー事業者は鳥取駅近辺に営業所があり、これらを含むエリアを中心に事業をしている。そこで、営業所を拠点とする。拠点から乗降車地間の所要時間はGISを用いて計測する。

運転手の数 m は、兼業を実施する時間帯 T に連続で従事する運転手を日誌でカウントして与える。早朝であれば運転手は2、3人と少ないが、それ以外の時間帯であれば最大で14人である。以上の設定のもと、gurobi 9.12を用いて計算する。

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1万円程度と小さい。次いで図-6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。

(4) 運送を断る旅客数に関する結果

損失が少ないとしても、運送を断る旅客の数が多ければ、タクシー事業者としての信頼を失うリスクがある。そこで以下では、損失に関する分析で兼業の実行可能性が高いとされたケース、すなわち、兼業の開始時刻が10,13時の場合を対象とし、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検討する。計算の結果を図-7,8に表す。図の見方は、損失に関する図と同様である。

いずれの図においても、ほぼ損失と同様の傾向が見られる。よって、損失が少ないとしても、運送を断る旅客の人数が多くなるということは起こりえないことが分かった。

5. おわりに

本研究では、地方の小都市や中山間地域を対象に、兼業に従事可能な人数や兼業を実施することで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ための手法を整数計画法に基づいて開発した。その上で、鳥取市における実際のタクシー事業者の日報データを用いて、兼業の実行可能性について実証的に評価した。

その結果、何人ほどの運転手をどの時間帯に兼業に従事させることができるかを判断するための有効な情報をこの手法が提供しうることが明らかとなった。

今回、重複行列の作成に際しては、タクシーは旅客の出発地点へは拠点から向かいあるいは旅客の到着地点からはいったん拠点に戻っていったん待機するとの仮定に基づいており、時間がタイトであるという意味で悲観的なシナリオのもとで重複行列を作成した。しかし、実際には、旅客の出発地点へは拠点からではなく、別の旅客の到着地点から直接向かうことができる場合もある。この想定も踏まえて、重複行列を再定義した上で兼業の実行可能性を評価し、ここでの結果との比較を行うことが必要である。

また、計算の対象としている時間帯の途中で運転手が終業時刻をむかえる場合もある。本研究では、そのような運転手を除外して計算したが、現実的な評価をするためにはそのような運転手がいるという前提でのモデル化も有効である。以上、今後の課題としたい。

謝辞：本研究はJSPS科研費JP20H02276の助成を受けた。タクシーの日報データについては有限会社サービスタクシーから提供していただいた。付して謝辞と致します。

REFERENCES

- 1) 日の丸観光タクシー株式会社：ふんばる日の丸救済事業「べんりーユースフルサービス」, https://www.hinoma-rukankou.co.jp/sp/travel_dtl.html?id=70, (参照：2022-09-14), [Hinomaru Kanko Taxi Co: Fumbaru Hinomaru Relief Project "Benri Youthful Service"] (reference：2022-09-14)
- 2) つばめタクシー株式会社：便利屋タクシー, <https://www.tsubame-taxi.net/service.html>, (参照：2022-09-14), [Tsubame Taxi Co: "handyman" taxi] (reference：2022-09-14)
- 3) つくば市：タクシー買物代行業業, <https://www.city.tsukuba.lg.jp/jigyosha/oshirase/1012984.html>, (参照：2022-09-14), [Tsukuba City: Taxi shopping service] (reference：2022-09-14)
- 4) PR TIMES：熊本県限定タクシーデリバリー概要, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000037.000046860.html>, (参照：2022-09-14), [PR TIMES: Supporting Taxi Businesses and Restaurants to Revitalize the Region! menu, "a delivery and takeout app to provide food delivery by cab in Kumamoto Prefecture] (reference：2022-09-14)
- 5) 第一交通産業グループ：お墓参りサポートタクシー, <https://www.daiichi-koutsu.co.jp/taxi/hakasapo/>, (参照：2022-09-14), [Daiichi Kotsu Sangyo Group: Support Service to Visit Grave by Taxi] (reference：2022-09-14)
- 6) 旭川中央ハイヤー：乗り合いタクシーに荷物も, http://www.chuuo-hire.com/common/pdf/news/2017_10.pdf, (参照：2022-09-14), [Asahikawa Chuuo-hire, Package Delivery Service by Shared Taxi] (reference：2022-09-14)
- 7) JR 北海道：News Release, https://www.jrhokkaido.co.jp/CM/Info/press/pdf/20191216_KO_SagawaJRTeshio.pdf, (参照：2022-09-14), [Hokkaido Railway Company: News Release] (reference：2022-09-14)
- 8) 佐川急便：デマンドバス「スマイル大山号」を活用した貨客混載事業試験運行の開始について, https://www2.sagawa-exp.co.jp/newsrelease/detail/2020/1130_1643.html, (参照：2022-09-14), [Sagawa Express Co.,Ltd: News Release] (reference：2022-09-14)
- 9) 白石悦二, 牧幸洋, 吉武哲信：過疎地域における自家用有償旅客運送車両を用いた人流・物流サービス統合化に向けた事業者間調整に関する事例研究～宮

- 崎県西米良村での貨客混載サービス「ホイホイ便」実証運行を対象として～, 交通工学論文集, 第 5 巻, 第 1 号, pp. 11-19, 2019. [Shiraishi, E., Maki, Y., and Yoshitake, T.: A Practical Report Consensus Building for a Consolidated Transportation of Passengers and Cargos by Municipal Bus in a Depopulated District based on an Experimental Operation in Nishimera Village, Miyazaki Prefecture, Journal of Traffic Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 11-19, 2019.]
- 10) 原田峻平, 宮武宏輔: 自家用有償旅客運送による貨客混載を利用した買物弱者問題対策, 日本物流学会誌, Vol. 30, pp. 273-280, 2022. [Harada, S. and Miyatake, K.: Support for People with Limited Access to Shopping by Integration of Passenger and Freight Transportation using the Private Vehicles, Journal of Japan Logistics Society, Vol. 30, pp. 273-280, 2022.]
 - 11) 谷本圭志, 小澤陽: タクシーを活用した貨客混載システムの導入可能性の評価に関する基礎的手法の構築, 都市計画論文集, Vol. 54, No. 3, pp. 665-671, 2019. [Tanimoto, K., Ozawa, Y.: A Method for Feasibility Analysis of Joint Transportation Services for Passengers and Packages by Taxi, Journal of the City Planning Institute of Japan, Vol. 54, No. 3, pp. 665-671, 2019.]
 - 12) Cavallaro, F., and Nocera, S.: Integration of passenger and freight transport: A conceptcentric literature review. Research in Transportation Business and Management 43, 100718, 2022.
 - 13) Li, B., Krushinsky, D., Reijers, H. A., and Van Woensel, T.: The Share-A-Ride Problem: People and parcels sharing taxis. European Journal of Operational Research 238(1), pp. 31-40, 2014.
 - 14) Li, B., Krushinsky, D., Van Woensel, T., and Reijers, H. A.: The Share-a-Ride problem with stochastic travel times and stochastic delivery locations. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 67, pp. 95-108, 2016.
 - 15) Nguyen, N. Q., Tuan, K. L. E., Nghiem, N. V. D., Nguyen, M. S., Thuan, P. D. O., and Mukai, N.: People and parcels sharing a taxi for Tokyo city. ACM International Conference Proceeding Series, 03-04-December-2015, pp. 90-97, 2015.
 - 16) 土屋哲, 谷本圭志: 過疎地域のタクシー事業者による付随的サービスの供給可能性に関する概略分析, 交通工学論文集, 第 3 巻, 第 2 号 (特集号 A), pp. A_280-A_286, 2017. [Tsuchiya, S. and Tanimoto, K.: An Elementary Analysis on Additional Services Supply Capacity by a Local Taxi Company in a Depopulated Area, Vol. 3, No. 2 (Special Edition A), pp. A_280-A_286, 2017.]

A METHOD FOR FEASIBILITY ANALYSIS OF SIDE BUSINESS BY TAXI OPERATOR

Keishi TANIMOTO, Raiki HASHIMOTO and Madoka CHOSOKABE

Taxi service is expected to play an important role of transportation in the areas with small population. However, taxi business sustainability is vulnerable because the profits are small when the number of customers is small in such areas. Therefore, it is an effective measure to carry out not only the transportation of passengers but also the side business such as food delivery. When the decision of the side business is made, it is necessary for the business operator to assess the feasibility of the side business from viewpoint of profit and manpower. In this study, we construct a method to evaluate the feasibility of side business using the integer programming method, and empirically assess the feasibility using the actual taxi operation history data.