

属性を考慮した相乗りタクシーにおける 送迎距離を制限した定式化の効果について

安彦 久志^{1,a)} 松浦 隆文^{1,b)}

概要: 相乗りタクシーの実用化に向け、2018年、国土交通省による実証実験が実施したが、相乗りをした人は申込者の約1割程度であった。相乗りをしなかった主な理由は、目的地への到着時間の遅れ、同乗者に対する不安であることが明らかになった。相乗りタクシーに対する動的な最適化モデルとして Dynamic Taxi Ridesharing Problem (DTRP) が提案されている。DTRP は、時々刻々と発生する顧客に対して、タクシーの送迎経路を決定する問題であり、乗降車の時間枠制約を設けることで目的地への到着遅れを解消している。一方、我々は同乗者への不安を解消するために、顧客に属性を与え、希望する属性の顧客とのみ相乗りをすることで、同乗者への不安を解消した DTRP with attribute (DTRP-A) を提案している。本発表では、まず、DTRP-A におけるタクシーへの顧客割当てと経路決定に用いる混合整数計画問題を提案する。次に、相乗り顧客の不公平さを軽減するために、相乗りによって生じる遠回り距離に制限を加えたモデルを提案する。計算機実験の結果、遠回り距離を制限することで、運搬率や売上げは僅かに低下したが、通常のタクシー運賃に対し、運賃が約13%安くなることを確認した。

1. 研究背景

近年、物・サービス・場所などをインターネットを介して個人の資産を安価に共有する、シェアリングエコノミーが急速に発展している。移動をシェアするサービスの一つであるライドシェアにおいては、米国の Uber Pool [1] や中国の DiDi Hitch [2] などのサービスが注目を集めている。一方、日本では、許可なくタクシー事業を行うことや、乗降車地点の異なる複数の顧客を運送することが道路運送法および国土交通省令により禁止されていたため、ライドシェアは運用されていない。しかし、通勤時間帯における通勤ラッシュの緩和、タクシーの利便性を向上させるために、日本政府は将来的に相乗りタクシーを許可する方針を打ち出している [3]。

相乗りタクシーの導入に向け、国土交通省はタクシークループと協力し、相乗りタクシーの実証実験およびインターネットアンケートを行った [4], [5]。実証実験は、乗車地点が同一で、降車地点のみ自由に選択できる「この指と

まれ方式」、乗降車地点を自由に選択できる「フリーマッチング方式」の2種類の方法で行われた。「この指とまれ方式」では、相乗り成功率が60%と高い成功率を示した。一方、「フリーマッチング方式」では相乗り成功率が5%となり、成功率が低い理由は同時に行われたインターネットアンケートにより「時間」と「同乗者」であることが明らかになった。相乗りをする場合、直接自分の目的地に向かわない、相乗り相手が決まるまで時間がかかるため、回答者の3割が予定時間に遅れることを心配していた。また、回答者の5割は同乗者とのトラブルを心配しており、相乗りタクシーを利用したくないと回答した人のうち、6割以上は「どういう人と相乗りするかわからないから」とその理由を述べている。従って、日本において相乗りタクシーを普及させるためには以下のような課題を解決する必要がある。

- (1) フリーマッチング方式のマッチング率の向上
- (2) 目的地への到着時刻に間に合うような顧客割当てと走行経路の決定すること
- (3) 利用者が不安に感じないような、相乗り相手の決定すること

相乗りタクシーの車両割当てと経路決定に対する研究として、顧客の時間枠を考慮した動的相乗りタクシー問題

¹ 日本工業大学
Nippon Institute of Technology
a) 2198002@stu.nit.ac.jp
b) matsuura@nit.ac.jp

(Dynamic Taxi Ridesharing Problem (以下, DTRP)) が提案されている [7]. DTRP は, 顧客が乗降車地点を自由に選択できるため, 「フリーマッチング方式」に対応している. また, 乗車と降車の時間枠を制約条件とすることで, 到着時間に対する不安を軽減している. さらに, 文献 [7] では, 顧客割当てを検討するタクシーを事前に絞り込む手法を提案し, 探索時間の短縮に成功している. 数値実験では, 北京のタクシー運用データによるシミュレーションを行い, 相乗りタクシーにより利益増加が期待できることを明らかにしている.

しかし, DTRP では, 相乗り相手を選択することができないため, 同乗者に対する不安が解消されていない. 同乗者への不安解消のために, 我々は顧客に属性を与え, 異なる属性と相乗りできない人, できる人という相性を設定したモデルである DTRP with attribute (以下, DTRP-A) 提案している [9]. 数値実験の結果, 属性を与えたことで相乗り可能な同乗者の組合せは減ったものの, 通常のタクシーよりは利益が向上し, より多くの顧客を送迎できることが確認できた. 本研究では, 相乗り利用者を増加させるために相乗り顧客の不公平さを考慮した割当て方法を提案する. 例えば, すでに顧客 A が乗車しているタクシーに新たに発生した顧客 B を割当て, その経路が [タクシーの現在地] → [B の乗車地点] → [B の降車地点] → [A の降車地点] となる場合, A だけが遠回りをするため, 移動距離が長くなる. そこで, 顧客 A の遠回り距離を制限するために, 現在地から顧客 B の乗車地点へ向かう経路長と, 顧客 B の降車地点から顧客 A の降車地点へ向かう経路長に対して制限を加えたモデルを提案する.

2. Dynamic Taxi Ridesharing Problem [7]

顧客の時間枠を考慮した動的相乗りタクシー問題である Dynamic Taxi Ridesharing Problem (DTRP) について説明する. DTRP では, まず交通網と車両の集合が与えられる. 与えられた交通網内に時々刻々と顧客が発生し, 発生する顧客リストを $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ とする. DTRP では, 顧客は道路網の交差点で発生し, その顧客に対するタクシーの割当てを行う. DTRP の出力は, 各タクシーの顧客訪問順とその経路であり, これを各タクシーのスケジュールと呼ぶ.

顧客 Q_i は, 時刻 Q_{it} に乗車地点 Q_{io} にて発生し, 降車地点 Q_{id} で降車する. 各顧客は乗車時間枠と降車時間枠を持ち, それぞれ $Q_{iwp} = [Q_{io}, Q_{io} + t_i^{wait}]$ と $Q_{iwd} = [Q_{io}, Q_{io} + t_i^{wait} + t_i^{short}]$ である. ここで, t_i^{short} は Q_{io}, Q_{id} 間の最短経路の移動にかかる時間を示し, t_i^{wait} は顧客 Q_i が相乗りのために費やしてもよい時間を示す. 通常, タクシーはグループでの利用が可能だが, DTRP では簡単のため, 各顧客は 1 人でタクシーを利用することとする. また, 本報告ではタクシーの座席数を 2 顧客分と

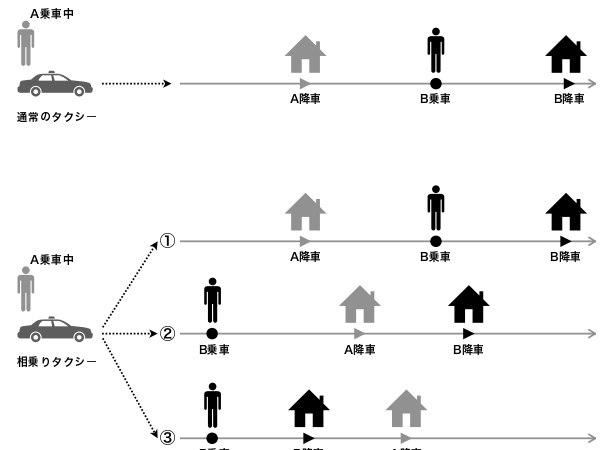


図 1: 通常のタクシーと相乗りタクシーのスケジュール

する.

各タクシーのスケジュールは, ①時刻 t に発生した顧客 Q_i をタクシーに割当てる問題と②各タクシーに割当てられた顧客の訪問順を決定する問題に分けられる. 顧客をタクシーに割当てる問題は, 発生した顧客がどのタクシーに乗車するかを決定する問題である. 顧客の訪問順を決定する問題は, タクシーに割当てられた全ての顧客の乗車と降車の順番を決定する問題である. 顧客 A が乗車中のタクシーに顧客 B を割当ての際の全てのスケジュール例を図 1 に示す. 座席数 1 の通常のタクシーでは [A 乗車 → B 乗車] という訪問順は不可能なため, 実行可能なスケジュールは 1 通りとなる. 一方, 座席数 2 の相乗りタクシーでは, [A 乗車 → B 乗車] という訪問順が可能なため, [A 乗車 → B 乗車 → B 降車 → A 降車] という訪問順も選択候補となる. DTRP では, タクシーの割当てと訪問順は, 新規発生顧客の移動距離が最小となるように決定される.

3. DTRP with attribute [9]

我々は同乗者への不安を解消するために, 顧客に属性と相性を与え, 希望する属性の顧客としか相乗りを行わないことで, 同乗者への不安を解消したモデル (DTRP with attribute, 以下, DTRP-A) を提案している [9]. 属性は男性, 女性の 2 種類, 相性は, 同性との相乗りのみ可能と, 異性との相乗りも可能な人の 2 種類に分けられる. 表 1 に性別, 相乗り条件における乗合いの可否を示す. 同性同士や, 異性との同乗が可能男女については相乗りが可能となり, それ以外の組合せは相乗り不可能となる. DTRP-A では, 男性のうち異性との相乗りを拒否する人の割合を p^m , 女性のうち異性との相乗りを拒否する人の割合を p^f とする.

DTRP-A において顧客が発生した際に, タクシーの経路をどのように決定するかを説明する. まず, N を新規顧客の乗車地点と降車地点を加えた, タクシーが訪問しなければならない頂点リストとする. タクシーが空車の場合, 頂

表 1: 提案モデルにおける, 性別と相性による相乗り可能性

		男性		女性	
		同性のみ	異性可能	同性のみ	異性可能
男性	同性のみ			×	×
	異性可能	○		×	○
女性	同性のみ	×	×		○
	異性可能	×	○		○

点リスト集合は $\mathbf{N} = (n_1, n_2, n_3)$ となり, n_1 は車両の現在地, n_2, n_3 は新規顧客の乗車地点と降車地点を示す. タクシーに顧客が乗車している場合, $\mathbf{N} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ となり, n_4 は既存顧客の降車地点を示す. c_{ij} ($i, j \in \mathbf{N}$) を点 i, j 間の移動時間とし, L は新規顧客を割り当てる前のタクシーの移動時間を示す. w_i^e, w_i^l は頂点リスト $i \in \mathbf{N}$ の最早訪問時刻と最遅訪問時刻を示す. f_i^1 は頂点 i での男性顧客数の変化量, 同様に f_i^2, f_i^3 は, 女性顧客数, 異性と相乗りできない顧客数の変化量を示す.

経路を決定するために5つの決定変数を用いる. この定式化において, x_{ij} は, 頂点 i, j 間を移動する場合に1, それ以外は0となる0-1変数である. y_i は, 頂点 i を終点とするとき1, それ以外は0となる0-1変数である. u_i は, ポテンシャルと呼ばれる非負の整数であり, 頂点 $i \in \mathbf{N}$ の訪問順を示す変数である. t_i は, 頂点 $i \in \mathbf{N}$ への到着時刻を示す変数である. p_i^k は, 頂点 i における属性 k の顧客数を示す変数である. 上記の定数と決定変数を用いて, DTRP-A におけるタクシーの経路決定問題は以下のように定式化できる.

$$\min. \sum_{i \in \mathbf{N}} \sum_{ij \in \mathbf{N}, i \neq j} c_{ij} x_{ij} - L \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i \in \mathbf{N}} y_i = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i \in \mathbf{N}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in \mathbf{N} \setminus \{1\} \quad (3)$$

$$\sum_{i \in \mathbf{N}} x_{i1} = 0 \quad (4)$$

$$\sum_{j \in \mathbf{N}} x_{ij} + y_i = 1 \quad \forall i \in \mathbf{N} \quad (5)$$

$$u_i - u_j + (n-1)x_{ij} \leq n-2 \quad \forall j, i \in V \setminus \{1\}, i \neq j \quad (6)$$

$$u_1 = 0 \quad (7)$$

$$u_j - u_i \geq 1 \quad \forall (i, j) \in \mathbf{S} \quad (8)$$

$$t_j - t_i - Mx_{ij} \geq c_{ij} - M \quad \forall i, j \in \mathbf{N}, j \neq 1, i \neq j \quad (9)$$

$$t_1 = t_{now} \quad (10)$$

$$w_i^e \leq t_i \leq w_i^l \quad i = 2, \dots, |\mathbf{N}| \quad (11)$$

$$p_i^k - \sum_{j \in \mathbf{N}, i \neq j} p_j^k x_{ji} = f_i^k \quad \forall i \in \mathbf{N}, k \in \{1, 2, 3\} \quad (12)$$

$$0 \leq p_i^1 + p_i^2 \leq 2 \quad \forall i \in \mathbf{N} \quad (13)$$

$$\min(p_i^1, p_i^2, p_i^3) = 0 \quad \forall i \in \mathbf{N} \quad (14)$$

式 (1) は, タクシーの移動時間を最小化する目的関数である. 式 (2)~(14) は制約条件である. 式 (2)~(5) は, 全ての顧客の乗降車地点を必ず1回ずつ訪問することを保証す

る制約である. 式 (6) と (7) は, 巡回セールスマン問題における Miller-Tucker-Zemlin (MTZ) 制約の変形であり, この制約により, 部分経路を禁止しており, 車両は n_1 を出発し, 任意の終点まで移動すること示す. 式 (8) は, 顧客が乗車してから降車することを示す. 式 (9) と (10) は, 各頂点の到着時刻を定義する. 式 (11) は, 各頂点の訪問時刻が時間枠を厳守することを保証する. 式 (12) は, 各頂点での属性ごとの顧客数を定義する. 式 (13) は, 全ての頂点において, 乗客数が0から2人であることを保証する. 式 (14) は, 男性と女性が相乗りしているとき, 異性と同乗できない顧客は乗車していないことを保証する. また, MTZ 制約式 (6),(7) と訪問時刻制約 (9),(10) は, 類似した制約だが, 複数の顧客の乗降車地点が同一のとき両制約が必要となる.

以上の定式化は, 各タクシーに新規顧客を割当てた際の, 最短経路を決定するための問題である. DTRP-A では, 全てのタクシーについて最短経路をもとめ, 移動時間が最小のタクシーに新規顧客を割当てる.

4. 送迎距離制約

顧客 A が乗車中の車両に対して新規顧客 B を割当てるとき, 顧客 A と B が相乗りする経路は図 2(a), (b) の2通りである. 図 2(a) の経路では, 顧客 B は一人乗りタクシーと同じ移動経路 (最短経路) で移動しており, 顧客 A のみが遠回りすることになり, 移動距離の負担が不公平である. 一方, 図 2(b) の経路では, 顧客 A も顧客 B も遠回りしており, 移動距離の負担が公平である.

本報告では, 不公平な相乗り経路を軽減するために, 現在地から新規顧客の乗車地点へ向かう経路長と, 新規顧客の降車地点から, 乗車中の顧客の降車地点へ向かう経路長に制限を加える. この制約を実現するために, 以下の制約式を追加する.

$$\sum_{i \in \mathbf{N}, i \neq 2} c_{i2} x_{i2} \leq \delta_1 / 500 \quad (15)$$

$$\sum_{i \in \mathbf{N}, i \neq 3} c_{3i} x_{3i} \leq \delta_2 / 500 \quad (16)$$

制約式 (15), (16) において, δ_1 と δ_2 は, それぞれ移動距離を制限するパラメータであり, 車両の分速 (500[m/分]) で割ることで移動時間とした. また, この制約は顧客が乗車している車両に新規顧客を割り当てる場合のみ用いることとする.

5. 実験条件

5.1 問題設定

送迎距離制約の有効性を評価するため, 数値実験を行う. 121 × 121 頂点の正方格子状の道路網 (6 × 6[km]) を構築し, 1 辺の長さを 50 メートルとする. 顧客の乗っていない

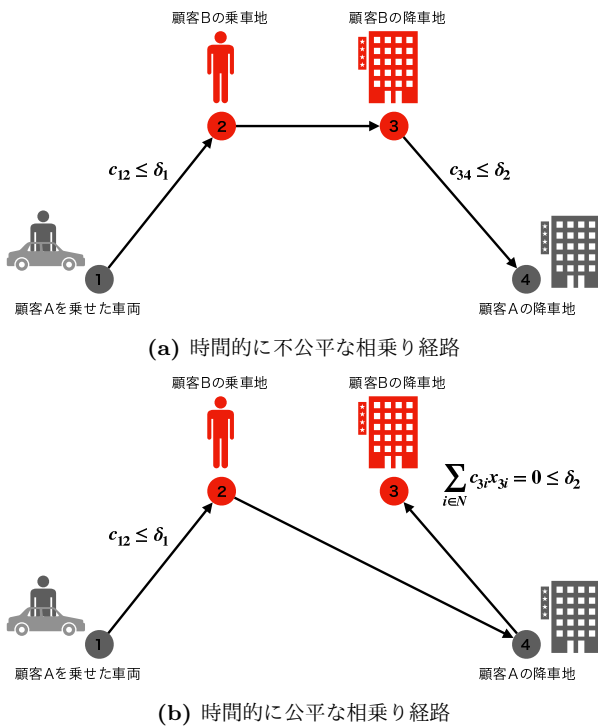


図 2: 顧客割当て時の相乗り経路例

50 台のタクシーをランダムに配置する. タクシー業務の時間は 3 時間とし, 5 分ごとに各頂点 $v_i = (x_i, y_i)$ から, 顧客発生確率 p_i に従って発生する. 頂点 i の顧客発生確率 p_i を, 以下の式で定義する.

$$p(v_i) = \alpha e^{-\frac{d(v_i)}{500}} \times 19.356 \quad (17)$$

$$d(v_i) = \min(|1475 - x_i| + |1475 - y_i|, |4525 - x_i| + |4525 - y_i|) \quad (18)$$

ここで, α は道路網全体の顧客発生確率を調整するパラメータであり, 本実験では $\alpha = 0.0046$ と設定した. 数値実験に用いた仮想地域には, 駅に見立てた 2 つの地点があり, その地点 (駅) からの距離にしたがって, 指数関数的に顧客発生確率が減少していく. 図 3 に, 各頂点に 24 時間で発生した顧客数の分布を示す ($\alpha = 0.0012$).

頂点から発生した顧客の目的地点はランダムに決定し, 顧客の時間枠 t_i^{wait} [分] は, 以下の式で決定する.

$$t_i^{wait} = 0.2 \max((t_i^{short} - 5), 0) + 5 \quad (19)$$

顧客の割当てがない車両は, 交通網上をランダムに移動し続ける. 車両の移動速度は 30[km/h] とし, 渋滞は考慮しない. 割当てられた全ての顧客が降車するまで続ける. 顧客の男女比は 6:4 とし, 男女の異性拒否率はそれぞれ $p^m = 0.6$, $p^f = 0.7$ とする.

新たな顧客が発生するたびに, 全タクシーについて式 (1)~(16) で表されるタクシーの経路決定問題を解き最適解を求める. 求めた最適解の中で, 目的関数値が最小となるタクシーを新規顧客に対するスケジュールとして採用す

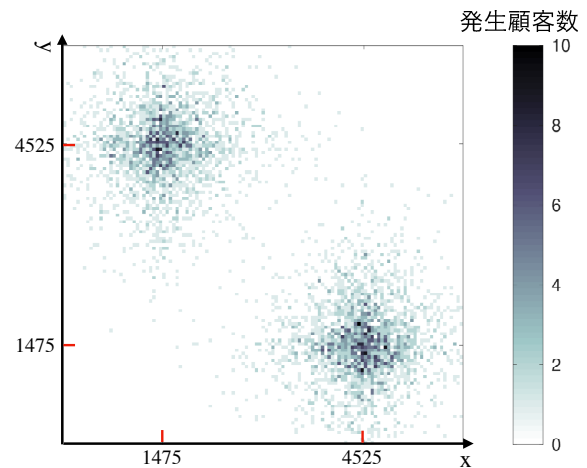


図 3: 各頂点の発生顧客数分布 ($\alpha = 0.0012$)

る. なお, 各タクシーの最適経路は, 数理最適化ソルバー Gurobi[10] を用いた求めた.

5.2 評価指標

顧客の通常運賃 (一人乗り) と相乗り運賃は, それぞれ, 式 (20), (21) に従い決定する. 式 (20), (21) において, 初乗り運賃 410 円と加算運賃 0.33755 [円/m] は, 東京都特別区のタクシー運賃を基に決定した [6]. 乗車から降車までの移動距離が 1[km] に満たない場合, 相乗りの有無に関わらず運賃は 410 円となる. パラメータ ρ は, 相乗り乗車したときは 0.9, 乗車地点から降車地点まで相乗りが発生しなかったときは 1.0 となる.

$$\text{通常運賃 [円/m]} = 410 + 0.33755 \text{ 最短経路長} \quad (20)$$

$$\text{相乗り運賃 [円/m]} = 410 + 0.33755\rho(\text{最短経路長} - \text{遠回りした距離}) \quad (21)$$

以上の環境で, 顧客の発生場所を変えて 21 回試行し性能を評価する.

評価指標として, ①~⑦の 7 つを用いた.

運搬率 [%]

発生した顧客のうち, 運搬できた顧客の割合

相乗り率 [%]

運搬した顧客のうち, 相乗り乗車した顧客の割合

売上げ [万円]

全車両の総売上げ

利得 [円]

運搬した顧客の利得の平均であり, 利得は通常運賃から相乗り運賃を引いた金額

実車率 [%]

全車両が移動した距離のうち, 顧客を乗せて移動していた距離の割合を示し, 運送業務の効率性を測る指標

遠回り距離 [m]

相乗りした顧客の遠回り距離の平均値であり, 遠回り距離とは, 顧客が相乗りタクシーで移動した距離から, 顧客の乗車地点と降車地点の間の最短経路移動距離を引いたものである

運搬顧客距離 [m]

表 2: 各評価指標を最大化する移動距離制約の結果

	δ_1	δ_2	運搬率 [%]	相乗り率 [%]	売上げ [万円]	利得 [円]	実車率 [%]	遠回り距離 [m]	運搬顧客距離 [m]
送迎距離制約なし	∞	∞	47.25	84.04	147.31	176.27	71.27	284.01	4100.5
遠回り距離 (最小)	5	4	46.88	82.46	148.08	175.18	71.00	278.21	4146.6
制約なしとの比率			0.992	0.981	1.005	0.994	0.996	0.980	1.011
運搬率 (最大)	2	7	47.47	84.19	143.46	181.73	70.41	313.22	3998.1
制約なしとの比率			1.005	1.002	0.974	1.031	0.988	1.103	0.975
利得 (最大)	1	0	37.48	72.13	120.00	199.22	62.99	401.14	4280.9
制約なしとの比率			0.793	0.858	0.815	1.130	0.884	1.412	1.044

運搬した顧客の乗車地点から目的地点までの平均最短経路移動距離

6. 実験結果

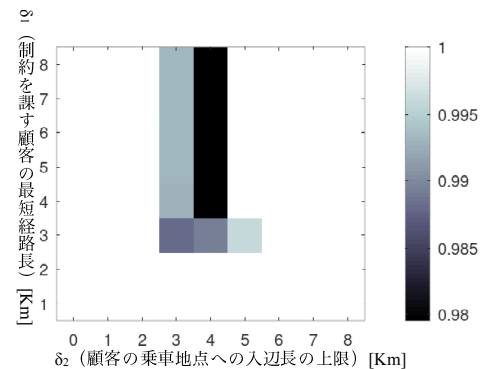
送迎距離制約のパラメータは $\delta_1 = 1, 2, \dots, 8$ [km], $\delta_2 = 0, 1, \dots, 8$ [km] の範囲で変えて数値実験を行い各評価指標が最大となる値の組合せ (δ_1, δ_2) を求めた。表 2 は、送迎距離制約を用いない場合、各評価指標が最大となった場合の結果を示す。

図 4(a) に、 δ_1 と δ_2 を様々な範囲に設定した場合における、制約なしの遠回り距離との比率を示す。図 4(a) より、 $(\delta_1, \delta_2) = (4 \text{ 以上}, 4)$ のとき、相乗り距離が短くなるのが分かる。遠回り距離が最小となったのは $(\delta_1, \delta_2) = (5, 4)$ の場合であり、送迎距離制約を課していない場合に比べ 2% 減少している。また、 $(\delta_1, \delta_2) = (5, 4)$ のとき、タクシー会社の売り上げも最大となった。

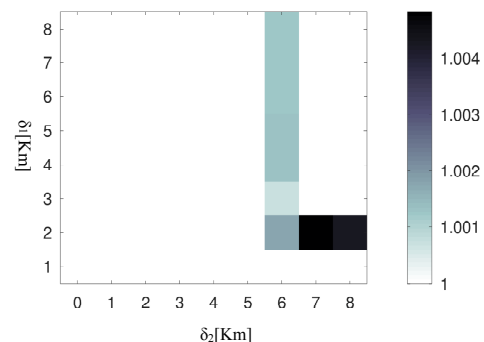
送迎制約距離 (δ_1, δ_2) を $(2, 7)$ と設定したとき、運搬率と相乗り率が最大となり、送迎距離制約を課していない場合に比べ 0.5% 向上している (表 2)。相乗りの乗車が増えたことで、多くの顧客を送迎できたためだと考えられる。また、制約を加えたことで運搬顧客距離が約 100m 減少していることから、移動距離が短い顧客をより多く送迎したため、運搬率が向上したことが分かる。

図 4(b) に、 δ_1 と δ_2 を様々な範囲に設定した場合における、制約なしの運搬率との比率を示す。図 4(b) より、 $(\delta_1, \delta_2) = (2, 6 \text{ 以上})$ $(\delta_1, \delta_2) = (2 \text{ 以上}, 6)$ のとき、運搬率が高くなっている。顧客が頻繁に発生する 2 つの駅間の距離が 6.1 [km] であるため、この距離が 6km を境に運搬率が高くなったことと関係しているのではと考えられるが、明確な理由はまだ明らかにできていない。

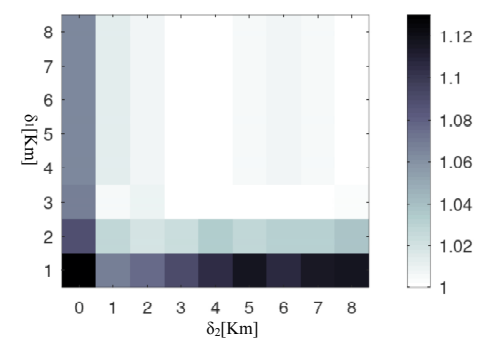
図 4(c) に、送迎制約が無い場合と、送迎距離を加えた場合の顧客の利得の増加率を示す。図 4(c) より、 δ_1 と δ_2 が小さいとき、利得が高くなるのがわかる。利得が最大となったのは $(\delta_1, \delta_2) = (1, 0)$ [km] の場合であり、約 13% 向上したが、運搬率、相乗り率、売上、実車率は悪化している (表 2)。 $(\delta_1, \delta_2) = (1, 0)$ [km] のとき、遠回り距離も最大となっていることから、遠回りによる割引額が増加するた



(a) 制約なしとの遠回り距離の比率



(b) 制約なしとの運搬率の比率



(c) 制約なしとの利得の比率

図 4: 送迎制限距離 δ_1 と δ_2 と評価指標の関係

め、利得が最大になったと考えられる。

数値実験の結果から、遠回り制限距離 δ_1 と δ_2 の長さによって、運搬率の傾向および、利得の傾向は異なることが

明らかになった。また、パラメータ δ_2 の値が、仮想的に配置した 2 駅間の最短距離 6[Km] 以上になると、運搬率が向上する結果が得られた。このことから、仮想地域の大きさ、顧客発生分布を変更し、遠回り制限距離 (δ_1, δ_2) の与える影響を調査する必要がある。

7. 結論

本報告では、まず、DTRP-A において、顧客をどの車両に割当て、どのような順番で送迎を行うかを決定する問題を混合整数計画問題として定式化した。この定式化では、車両の現在地と顧客の乗降車地点を TSP の頂点と考え、TSP の定式化に時間枠制約、乗客数制約、乗客の相性制約、および任意の 1 頂点を終点とする制約を加えた。

次に、相乗り顧客のうち、一方だけが遠回りするにも関わらず、両顧客が割引料金を得られるという不公平さを解消することを目的として、提案した定式化に、新規顧客の送迎距離上限制約を加えたモデルを提案した。計算機実験の結果、遠回り距離を厳しく制限することで、運搬率、売上げが低下したが、通常のタクシーに対する割引金額が約 13% 向上することを確認した。

また、遠回り制限距離 δ_1 と δ_2 の長さを細かく変えて数値実験を行なった結果、パラメータ δ_2 の値が、仮想的に配置した 2 駅間の最短距離 6[Km] 以上になると、運搬率が向上する結果が得られた。このことから、仮想地域の大きさ、顧客発生分布を変更し、遠回り制限距離 (δ_1, δ_2) の与える影響を調査する必要がある。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19K04907 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Uber Pool: <https://www.uber.com/jp/ja/ride/uberpool/>
- [2] DiDi Hitch: <https://www.didiglobal.com/travel-service/hitch>
- [3] 成長戦略実行計画案 令和元年 6 月 21 日, <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/dai29/siryoul.pdf>
- [4] 相乗りタクシー実証実験がいよいよ 22 日から始まります! ~相乗りで、タクシー利用を割安に~, https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha03_hh_000276.html
- [5] “相乗りタクシー実証実験の結果”, 国土交通省ホームページ 平成 30 年 9 月 28 日, http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha03_hh_000288.html
- [6] “来月 30 日から東京で 410 円タクシーが走ります~東京のタクシー初乗り運賃の引下げ等について~”, 国土交通省ホームページ 平成 28 年 12 月 20 日, https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha03_hh_000255.html
- [7] Ma, Shuo, Yu Zheng, and Ouri Wolfson. “T-share: A large-scale dynamic taxi ridesharing service.” *2013 IEEE 29th International Conference on Data Engineering (ICDE). IEEE, 2013.*
- [8] Ma, Shuo, Yu Zheng, and Ouri Wolfson. “Real-Time City-Scale Taxi Ridesharing.” *2015 IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 27, No. 7, pp. 1782–95.
- [9] 安彦 久志, 木村 貴幸, 松浦 隆文. “相乗りタクシーにおける乗客の乗車拒否を考慮した顧客割当てのシミュレーション.” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 119, No. 381, NLP2019-84, pp. 1-6, 2020 年 1 月.
- [10] ©Gurobi Optimization, LLC. <https://www.gurobi.com/>