

同乗者の選好を考慮した ライドシェア車両の最適割り当て問題

愛甲 聡美¹・Phathinan THAITHATKUL²・朝倉 康夫³

¹学生会員 東京工業大学 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 土木工学コース (〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1-M1-20)

E-mail: s.aiko@plan.cv.titech.ac.jp

²非会員 東京工業大学 大学院理工学研究科 土木工学専攻 (〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1-M1-20)

³正会員 東京工業大学教授 環境・社会理工学院 (〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1-M1-20)

シェアリングエコノミーと自動運転技術は、交通の在り方を大きく変える可能性を秘めている。ライドシェアによる交通サービスの導入には、利用者の希望を集計し運行ルートおよびダイヤを決定する必要がある。本研究では利用者の同乗相手に対する選好を反映したうえで、すべての利用者のアクティビティが満たされるようライドシェア車両のみで移動するための車両および利用者の経路決定モデルを構築した。仮想のネットワークと利用者のアクティビティを用いて数値計算を行い、解の挙動を調べた。

Key Words : Ride Share Vehicle, User Preference, Routing Problem, Time-Space Network, Mixed-Integer Quadratic Programming

1. はじめに

(1) 背景

誰かと物やサービスを共有するシェアリングエコノミーは、さまざまな領域に浸透しようとしている。自動車に関するシェアリングには、車両を共有するカーシェアリング、相乗りをするライドシェアリングが挙げられる。

ライドシェアリングは海外ではビジネスとして浸透しつつあり、マッチングを提供するサービスがすでに存在する¹⁾。日本では他人と日常的に相乗りをする場面はまだ少なく、知人を自身の用事のついでに乗せる、といった便乗が一般的である。ライドシェアリングは地域コミュニティにおける移動手段としてもその有効性が注目されており、実現可能性の検討段階にある²⁾。

このようなシェアリングと開発が進む自動運転技術がともに実現した場合、自動車を用いた新たな交通の形態が誕生することが予想される。すなわち、自動運転の自動車を地域が保有し、利用者がその車両を共有し乗り合いをしながら利用する社会となれば、自動車は希望する場所から場所へ利用者を運ぶ、交通サービスともいべき移動手段となりえると考えられる。

(2) 既往研究の整理と本研究の位置づけ

このような交通サービスを地域に導入するためには、利用者の乗降の希望を集計し、必要な車両台数を見積もり、経路を決定することが必要となる。

利用者の移動の希望に対して車両を割り当てる問題は Dial-a-Ride Problem (DARP) と呼ばれ、多くの研究がなされている。Cordeau and Laporte³⁾ に DARP に関する既往研究がまとめられており、利用者の希望する出発地と到着地の組み合わせを集計し、与えた車両ですべての利用者を分担して運ぶ時の経路決定問題を定式化した研究などが挙げられている。このような研究では車両の経路を決定することが目的であり、利用者の経路は決定変数としていない。愛甲ら⁴⁾ はアクティビティパターンを与件とし、すべての利用者のアクティビティが満たされるよう車両で移動する経路を決定する最適化問題を定式化した。この研究で提案しているモデルでは、人と車の動きを一度に求めることができる。しかし、その定式化でも目的関数では車両の走行距離を最小とするにとどまり、ひとつの車両に同乗する利用者の組み合わせは考慮されていない。

一方、ライドシェアリングをサービスとして運営するに当たり、利用者の同乗相手に対する選好についても研究がなされている。Thaithatkul et al.⁵⁾ はサービスとしてのライドシェアリングには利用者の選好をマッチングに反映することが重要であるとし、同乗する相手に対する好みを反映したマッチングモデルを提案した。Yousaf et al.⁶⁾ は移動コストや運転手と利用者の社会的類似性を反映したマッチングアルゴリズムを提案している。

そこで、本研究では愛甲ら⁴⁾ の拡張として、ライド

シェア車両と利用者の経路決定問題に、利用者同士の嗜好を反映したモデルを提案する。個人の活動は与件とし、各個人について一日にどのような活動をどこで、いつからいつまで行うかが与件であるとする。各ライドシェア車両の経路に加えて各利用者の経路も同時に決定し、人と車の動きを一度に求めることのできるモデルを構築する。そして、仮想ネットワークと仮想のアクティビティを用いて数値計算を行う。

本論文の構成について述べる。第 1 章では本研究の背景と目的について述べた。第 2 章ではライドシェア車両での移動を想定した場合の経路を決定するモデルについて述べる。第 3 章では第 2 章で構築したモデルを用いて数値計算を行い、その結果について述べる。最後に、第 4 章にて本研究の成果と今後の課題を述べる。

2. モデル構築

(1) 車両の移動とアクティビティに関する仮定

本節ではモデルの定式化を行う上で前提とする問題設定や仮定の詳細について述べる。

a) 時間の離散化

時間の概念について、この問題では時間を離散化し、離散化した 1 タイムステップを最小単位として時刻を定める。

b) 車両の移動

本研究では利用者の移動をすべてライドシェア車両で賄うとする。導入する車両の台数はあらかじめ与え、いずれかの車両が利用者を乗せて移動し、車両一台に複数の利用者が同乗することを認める。車両の移動に関して、隣接ノードの移動にはあらかじめ与える移動時間を要するとし、混雑による遅れ時間は考慮しない。1 タイムステップごとに同一ノードに滞在することもできる。

車両の経路は車庫から始まり、車庫に戻って終わるとする。車庫から出ている間、各車両は利用者に乗せながら各ノード間を移動するか、またはノードに滞在しており、これを業務と呼ぶ。車両は一度車庫を出て業務を開始すると業務が終了するまで車庫には戻らない。

c) アクティビティとトリップ

利用者のアクティビティはすべて与件であるとする。各利用者のアクティビティの情報について、いつからいつまで、どこに滞在しなければならないかの情報が含まれているとし、各アクティビティの終了時刻から次のアクティビティの開始時刻までに移動を完了させなければならないとする。以下ではこの時間帯を移動可能時間帯と定義する。利用者はこの時間帯において出発地から到着地まで移動を行い、これを隣接ノードへの移動の繰り返しもしくは同一ノードでの滞在で表現

する。本研究では出発地から到着地までの一連の移動をトリップと呼ぶ。利用者はトリップのうち隣接ノードへの移動は車両に乗車して行うものとするが、車両に乗車しない状態で同一ノードに滞在することは認める。トリップ中にあるノードに滞在した場合はトリップ中の滞在と呼び、出発地で乗車する車両を待つ状態や到着地で降車し移動可能時間帯が終了するまでそのノードで待つ状態を単に利用者の滞在と呼ぶ。利用者の移動についても車両と同様、隣接ノードを移動するか、もしくは同一ノードに滞在する。

本節で述べた問題設定を以下にまとめる。

- 利用者のアクティビティをあらかじめ与え、それを満たすよう車両で移動する。
- 移動はアクティビティの開始前に完了していればよい。
- 車両はすべて車庫から出発し、一度業務を開始したら業務終了まで車庫には戻らない。
- 一つの車両に容量以下の複数人が同乗してもよい。
- 時間を離散化し、1 タイムステップを最小単位として時刻を定める。
- 隣接ノードの移動に要する時間はあらかじめ与える。
- 利用者間の嗜好はあらかじめ与えられているとし、それをある利用者が他の利用者と同乗する場合の不快感で表現する。

ここまで述べた問題設定の下での車両と利用者の動きを図-1 に例示する。図-1 の横軸はノードを表し、縦軸は時間を表す。実線は各車両の移動経路を、点線は利用者の移動経路を表し、▲と▼がそれぞれトリップの起終点および時刻を表す。垂直な線は同一ノードでの滞を表し、それ以外はノード間を移動していることを表す。すべての移動は隣接ノードの移動と同一ノードでの滞在で表現される。車両は車庫から出発し車庫に帰る軌跡を描き、業務中は利用者を移動可能時間帯

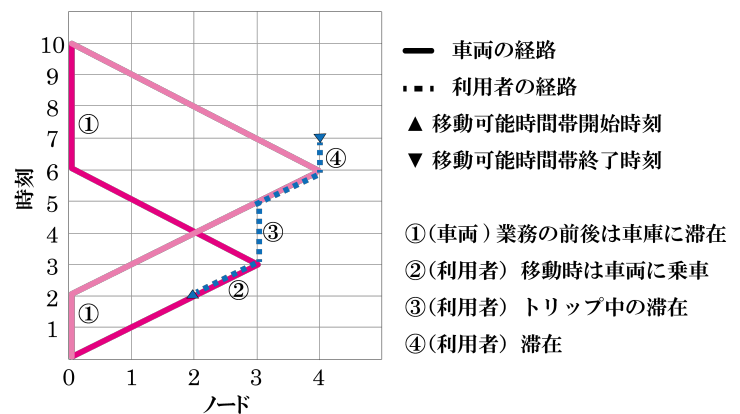


図-1 問題設定

の範囲内で出発地から到着地に運ぶ。利用者の移動を表す点線は、必ず同じ経路を同時に進む実線を伴っている。これは、利用者がノード間を移動するときには、同じ経路を同時に走行する車両が必ず存在することを意味する。すなわち、どの利用者も移動する際は車両に乗っていることを表す。

(2) 時空間ネットワーク

モデルの構築に際し、本研究では時空間ネットワークを用いる。時空間ネットワークとは、二次元の交通ネットワークに時間の軸を加えて三次元としたネットワークである。このネットワーク上では二次元ネットワークのみでは表現できない、車両の移動を時間の経過とともに表現することができる。二次元の交通ネットワークは都市空間の平面ネットワークであり、時空間ネットワークは二次元の交通ネットワークを時間軸方向に一定の間隔で並べ、その間を有向リンクで結んだ形状を有する。本研究では車両、利用者ともに同一のノードに滞在することや車両が同一ノードを複数回通過することを認めるため、時空間ネットワークを用いることでこれらの動きを表現することが容易となる。

なお、時刻 t は 0 から始まり、時刻の間隔は 1 とする。 t の最大値は利用者の移動可能時間帯の終了時刻からあらかじめ与える。

(3) 記号

以下では本研究で用いる記号の定義を示す。

モデルのインプットとして与える変数の記号は以下の通りである。

- K 車両の集合
- V 全ノードの集合
- T 時刻の集合
- R 利用者の集合
- b 車庫ノード

- c_{ij} リンク ij の所要時間
- w_{ru} 利用者 r が利用者 u と同乗する場合に感じる距離当たりの不快感をコストに変換した値で、同乗することに対する最大の不快感を 1、一切抵抗がない場合を 0 として表現する。 ($0 \leq w_{ru} \leq 1$)

- t_d^r 利用者 r の移動可能時間帯の開始時刻
- t_a^r 利用者 r の移動可能時間帯の終了時刻
- s_d^r 利用者 r の出発地
- s_a^r 利用者 r の到着地

- q_k 車両 k の容量
 - $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ 目的関数の各項の優先度を表すパラメータ
- 決定変数は以下の通りである。

- x_{ijtr}^k 車両 k が時刻 t にノード i を出発しノード j へ移動するとき 1、それ以外 0 (ただし、 $t' = t + c_{ij}$)

- y_{ijtr}^r 利用者 r が時刻 t にノード i を出発しノード j へ移動するとき 1、それ以外 0 (ただし、 $t' = t + c_{ij}$)

(4) 目的関数

目的関数を式 (1) のように定義する。

$$\begin{aligned} & \alpha_1 \sum_{u \in R} \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} \sum_{j \neq i | j \in V} \sum_{i \in V} c_{ij} w_{ru} y_{ijtr}^r y_{ijtr}^u \\ & + \alpha_2 \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} \sum_{j \neq i | j \in V} \sum_{i \in V} c_{ij} y_{ijtr}^r \\ & + \beta_1 \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \sum_{j \neq i | j \in V} \sum_{i \in V} c_{ij} x_{ijtr}^k \\ & + \beta_2 \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \sum_{i \neq b | i \in V} c_{ii} x_{iitr}^k \end{aligned} \quad (1)$$

各項はそれぞれ次の事柄を表す。

第 1 項 同乗に伴う利用者の不愉快さの総和

第 2 項 利用者の移動時間の総和

第 3 項 車両の走行時間の総和

第 4 項 車両の車庫以外のノード滞在時間の総和

第 1 項, 第 2 項は利用者に関する量を, 第 3 項, 第 4 項は車両についての量を表す。第 1 項では, 利用者 r と u が同時刻にノード ij を移動したときのみ, ij 間の所要時間 c_{ij} と不快感 w_{ru} の積がコストとして顕在化する。

最適な経路として求める条件の優先度が地域に導入されるライドシェアシステムによって異なることを反映するため, これを目的関数の各項に付すパラメータ $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ の大小関係で表現するものとした。

(5) 定式化

本モデルを定式化した混合整数二次計画問題は次のように記述される。

Minimize

$$\begin{aligned} & \alpha_1 \sum_{u \in R} \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} \sum_{j \neq i | j \in V} \sum_{i \in V} c_{ij} w_{ru} y_{ijtr}^r y_{ijtr}^u \\ & + \alpha_2 \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} \sum_{j \neq i | j \in V} \sum_{i \in V} c_{ij} y_{ijtr}^r \\ & + \beta_1 \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \sum_{j \neq i | j \in V} \sum_{i \in V} c_{ij} x_{ijtr}^k \\ & + \beta_2 \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \sum_{i \neq b | i \in V} c_{ii} x_{iitr}^k \end{aligned} \quad (2)$$

Subject to

$$\sum_{j \in V} x_{bj0r}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{i \neq b | i \in V} \sum_{j \in V} x_{ij0r}^k = 0 \quad \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{j \neq b | j \in V} \sum_{t \in T} x_{bjtr}^k = 1$$

$$\sum_{i \neq b | i \in V} \sum_{t \in T} x_{ibt}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{i \in V} x_{ijt}^k = \sum_{h \in V} x_{jht}^k \quad \forall k \in K \quad (6)$$

$$\forall j \in V, \forall t' \in T, \forall k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{j \in V} y_{ijt}^r = 1 \quad i = s_d^r, t = t_d^r, \forall r \in R \quad (8)$$

$$\sum_{i \in V} y_{ijt}^r = 1 \quad j = s_a^r, t' = t_a^r, \forall r \in R \quad (9)$$

$$\sum_{i \neq s_d^r | i \in V} \sum_{j \in V} y_{ijt}^r = 0 \quad t = t_d^r, \forall r \in R \quad (10)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \neq s_a^r | j \in V} y_{ijt}^r = 0 \quad t' = t_a^r, \forall r \in R \quad (11)$$

$$\sum_{i \in V} y_{ijt}^r = \sum_{h \in V} y_{jht}^r \quad \forall j \in V, \forall t' \in T (t' \neq t_d^r, t_a^r) \forall r \in R \quad (12)$$

$$\sum_{r \in R} y_{ijt}^r \leq \sum_{k \in K} x_{ijt}^k q_k \quad \forall t \in T, \forall i, j \in V (i \neq j) \quad (13)$$

$$x_{ijt}^k \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in V, \forall t \in T, \forall k \in K \quad (14)$$

$$y_{ijt}^r \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in V, \forall t \in T, \forall r \in R \quad (15)$$

式 (3) から式 (7) は車両の保存則を表す。式 (3) は時刻 0 に車両が車庫から出発するか車庫での滞在を始めることを表し、式 (4) は時刻 0 に車庫以外のノードから出発または滞在を開始する車両はないことを表す。式 (5) は車両 k が一度だけ車庫を出発することを表し、式 (6) は車両 k が一度だけ車庫に帰ることを表す。式 (7) は各ノードに到着した車両はすべて次のタイムステップで移動または滞在を行うことを表す。

式 (8) から式 (12) は利用者の保存則を表す。式 (8), (9) は利用者 r の移動可能時間帯の開始時刻に出発地から出発または滞在をはじめ、終了時刻に到着地に到着または滞在していることを表す。式 (10), (11) は利用者 r の移動可能時間帯の開始時刻に出発地以外から出発または滞在をはじめないこと、終了時刻に到着地以外に到着または滞在していないことを表す。式 (12) は利用者の移動可能時間帯の開始時刻と終了時刻以外の時刻について、各ノードに到着した利用者はすべて次

のタイムステップで移動または滞在を行うことを表す。式 (13) はトリップの移動は車両によってのみ行われることを表す。

式 (14), 式 (15) は各式に示した変数が 0 または 1 の値をとるダミー変数であることを表す。

同乗者に対する選好を反映する方法として、目的関数で考慮する方法と、制約条件で考慮する方法が考えられる。本研究では利用者の選好を目的関数に反映させる、全体としてより不快感が少なくなる解を最適解とする方針とした。これに対し選好を制約条件に反映する方法をとる場合、同乗したくない相手とのマッチングが絶対に起きないようにすることや、必ず同乗したい相手と組になるようにする制約を加えることが可能になる。その一方で、制約条件として加えることは、その条件を満たす場合のみ解として出力できるようにすることであるため、利用者の選好によって解の候補が少なくなることが懸念される。本研究ではこの点を考慮し、利用者の選好を目的関数に反映することとした。この方法であれば、必要な車両台数を与えれば、必ず解を出力することができる。その反面、最低限の車両数では利用者の不快感が増大することとなる。このトレードオフの関係については、数値計算例を用いて考察することとする。

また、本モデルでは利用者がどの車両に乗っているかについて区別していない。そのため車両数が多いとき、同時刻に同一経路を複数台の車両が走行する解に対して、利用者が分乗しているのか同乗しているのかを判別できない場合がある。目的関数の第 1 項の不快感の総和には利用者の不快感は加算されてしまうが、同乗していなければ加算されるべきではない。不快感の過大評価という問題の解決には利用者がどの車両に乗車するかを区別する必要がある、モデルの改良を要する。

3. 数値計算例

本節では構築したモデルを仮想ネットワークに適用し、解の挙動を調べる。モデルの数値計算には数理最適化ソルバーである Gurobi Optimizer⁷⁾を用いる。Gurobi Optimizer では整数最適化問題の解法に分岐限定法と実数の線形計画法を用いている。

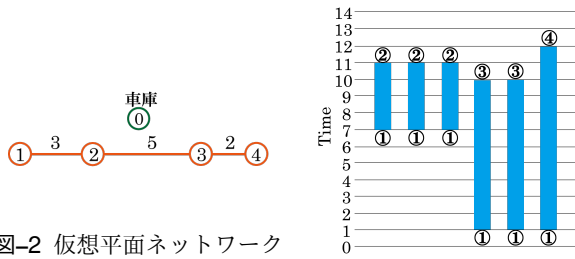


図-2 仮想平面ネットワーク

図-3 利用者の移動可能時間帯

(1) 仮想ネットワークとアクティビティ

本節で用いるネットワークと移動可能時間帯を図-2 から図-3 に示す。

図-2 内のノード上に示された数字はノード番号を、ノード間をつなぐリンクに添えた数字はリンク間の移動所要時間を表す。車庫の位置が走行経路に影響を与えないよう、車庫と各ノード間はいずれも 1 タイムステップで移動できるとする。図-3 に示す通り 6 人の移動可能時間帯を与え、この 6 人をライドシェア車両で運ばなければならない。図中の丸数字は起点および終点のノード番号を表し、縦軸は時間の経過を表す。利用者はそれぞれの移動可能時間帯に、起終点間の移動を完了させなければならない。時刻の上限は $t = 14$ とした。すべての車両の容量は、一般的な乗用車を想定し 4 人とする。

数値計算では同乗の選好に対する問題の特性を明らかにするため、選好を反映するパラメータに極端な値を用いることとする。同乗者に対する選好は、全利用者について誰と同乗する場合にも最大の不快感を感じると仮定し、 $r \neq u$ のとき $w_{ru} = 1$ とした。

(2) 結果

効率性を重視する社会と、利用者の選好を重視する社会を想定し、2つのパターンに分けて計算を実施する。

a) 効率性を重視するケース

車両の効率性を重視する社会を想定し、車両の総走行時間を優先して目的関数を最小化するパラメータの組み合わせで計算する。入力した目的関数の優先度のパラメータ値を表-1 に示す。

車両台数を 2 から 6 台としてそれぞれ計算を実行した。それぞれの目的関数値と総車両走行時間は表-2 に示すとおりである。車両と利用者の移動軌跡は車両 2 台のとき図-4 に示す通りとなった。なお、車両台数が 1 台では解を得られず、与えたネットワークとアクティビティに対する車両台数の最小値は 2 台である。利用者の人数が 6 人であることから、車両台数は 6 台までとした。

表-1 パラメータの組み合わせ

| パラメータ | 項の意味 | 入力値 |
|------------|---------|-------|
| α_1 | 同乗不快感 | 0 |
| α_2 | 利用者移動時間 | 0.01 |
| β_1 | 車両走行時間 | 100 |
| β_2 | 車両滞在時間 | 0.001 |

表-2 車両台数別経路決定モデル計算結果 ($\beta_1 = 100$)

| 車両数 | 目的関数値 | 総車両走行時間 | 総不快感 |
|-----|---------|---------|------|
| 2 | 1700.35 | 17 | 66 |
| 3 | 1900.35 | 19 | 66 |
| 4 | 2100.35 | 21 | 66 |
| 5 | 2300.35 | 23 | 66 |
| 6 | 2500.35 | 25 | 66 |

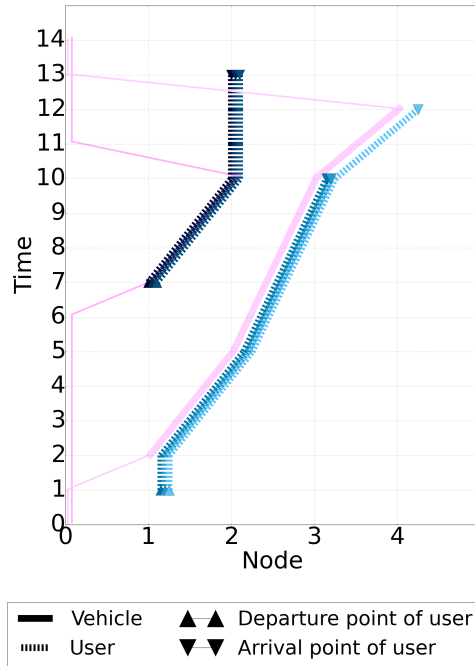


図-4 車両・利用者の経路 (車両 2 台, $\beta_1 = 100$)

車両台数を 2 台から 6 台に変化させても、そのうち 2 台のみが利用者の移動のために用いられる結果となった。車両の総走行時間を最小にするためには、できるだけ少ない台数で運ぶ解が最適解となったためである。ノード 1 から 2 に移動する 3 人の利用者が 1 台の車両に同乗し、ノード 1 から 3 に移動する 2 人とノード 1 から 4 に移動する 1 人の計 3 人が 1 台に同乗している。なお、表-2 のなかで、総車両走行時間が車両数とともに増加しているのは、車庫からの出入りが加算されて

表-3 パラメータの組み合わせ

| パラメータ | 項の意味 | 入力値 |
|------------|---------|-------|
| α_1 | 同乗不快感 | 100 |
| α_2 | 利用者移動時間 | 0.01 |
| β_1 | 車両走行時間 | 0 |
| β_2 | 車両滞在時間 | 0.001 |

表-4 車両台数別経路決定モデル計算結果 ($\alpha_1 = 100$)

| 車両数 | 目的関数値 | 総車両走行時間 | 総不快感 |
|-----|---------|---------|------|
| 2 | 5400.35 | 35 | 54 |
| 3 | 3400.35 | 34 | 34 |
| 4 | 2200.35 | 48 | 22 |
| 5 | 1600.35 | 54 | 16 |
| 6 | 1600.35 | 70 | 16 |

いるためである。車両数が増えたとしても別々に運ぶことはせず同乗させるので、不快感の総和は変化していないことが分かる。

b) 利用者の選好を重視するケース

利用者の選好を重視する社会を想定し、不快感の総和を優先して目的関数を最小化するパラメータの組み合わせで計算する。入力したパラメータ値を表-3 に示す。

第 a) 節と同様、車両台数を 2 から 6 台としてそれぞれ計算を実行した。それぞれの目的関数値と総車両走行時間は表-4 に示すとおりである。車両と利用者の移動軌跡は車両 2 台と 6 台のときそれぞれ図-5, 図-6 に示す通りとなった。

車両台数を 2 台から 6 台に変化させると、同乗の時間が短くなっている。表-4 より、車両台数の増加に伴い、車両の走行時間の和は増加する一方で、目的関数値と不快感の総和は減少している。図-5 と図-6 を比較すると、車両台数が増えると分乗が増え、車両のノード間移動が増加していることが分かる。不快感の和を最小にするためには、できるだけ分乗させて運ぶ解が最適解となるためである。同時刻に同一リンクをリンクを移動しているとき不快感が発生するようモデルを定式化しているため、移動可能時間帯に余裕があるノード 1 から 2 へ移動する利用者は、車両が増えるほど時間をずらして分乗したことで、目的関数が減少したと考えられる。

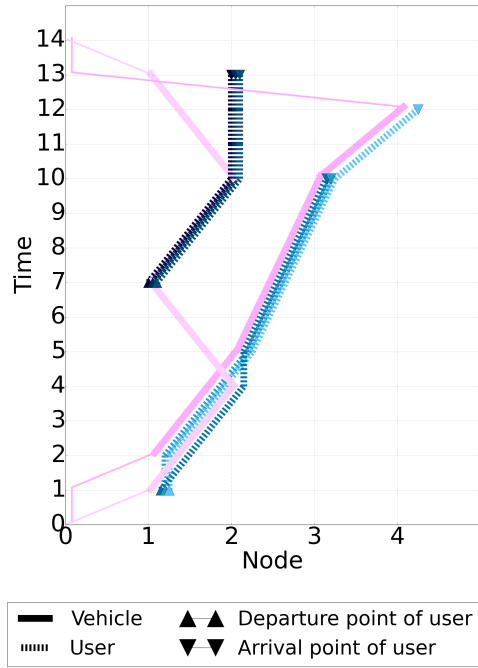


図-5 車両・利用者の経路 (車両 2 台, $\beta_1 = 100$)

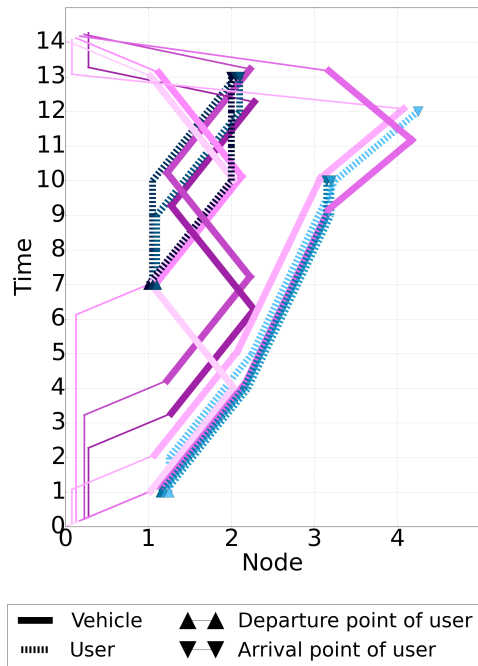


図-6 車両・利用者の経路 (車両 6 台, $\beta_1 = 100$)

4. おわりに

本研究では、利用者のアクティビティが所与であるとき、そのアクティビティを満たすよう車両をシェアしつつ移動する経路を決定するモデルを構築した。その際、利用者の選好を反映させるように定式化を行った。

利用者のアクティビティから移動可能時間帯が決まり、その時間内で利用者を移動させるという制約を考慮するため、移動と滞在を明確に表現できる時空間ネットワークを用いて混合整数二次計画問題として記述した。仮想ネットワークを用いた数値計算では、効率性を重視する社会と利用者の選好を重視する社会の双方を想定し、2つのパターンに分けて計算と考察を行った。その結果、車両数の増加に伴い、効率を重視する場合には利用者の不快感は低減しない一方、利用者の選好を重視する場合には車両の総走行時間という観点で効率性は低下することが確認できた。

本研究での同乗者の表現は、同一リンクを同時刻に移動する利用者の組み合わせであったため、同乗による不快感の増加を回避するには移動時刻をずらす必要があった。これは、どの利用者がどの車両に乗車しているのかを区別していないことによる。利用者がどの車両に乗るかを組み込むことで、同乗と分乗を明示的に区別できるようになると考えられるため、今後モデルの改良の方針として検討したい。第 2.(5) 節で述べた通り、同乗者に対する選好を不快感という形で表現し、同乗しない方向に働く選好のみを反映させた。しかし利用者の社会的関係性を考慮した場合、例えば親子など同乗することが望ましい組み合わせが発生することも考えられる。このような選好を考慮する場合の定式化についても、今後の課題としたい。

謝辞

本研究を進めるに当たり多くのご助言を頂きました、日下部貴彦講師（東京大学）、瀬尾亨博士（東京工業大学）、板橋遼氏（東京工業大学）に、心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Furuhata, M., Dessouky, M., Ordóñez, F., Brunet, M.-E., Wang, X., and Koenig, S.: Ridesharing: The state-of-the-art and future directions, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 57, pp. 28–46, 2013.
- 2) 佐々木邦明, 二五啓司, 山本理浩, 四辻裕文: 低密度居住地域における交通制約者の移動手段としてのライドシェアの可能性, *社会技術研究論文集*, Vol. 10, pp. 54–64, 2013.
- 3) Cordeau, J.-F. and Laporte, G.: The dial-a-ride problem: models and algorithms, *Annals of Operations Research*, Vol. 153, No. 1, pp. 29–46, 2007.
- 4) 愛甲聡美, 板橋遼, 瀬尾亨, 日下部貴彦, 朝倉康夫: アクティビティパターンを与件としたライドシェア車両の最適割り当て問題, *土木計画学研究・講演集*, Vol. 53, pp. 1335–1340, 2016.
- 5) Thaitatkul, P., Seo, T., Kusakabe, T., and Asakura, Y.: A passengers matching problem in ridesharing systems by considering user preference, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 11, pp. 1416–1432, 2015.
- 6) Yousaf, J., Li, J., Chen, L., Tang, J., and Dai, X.: Generalized multipath planning model for ride-sharing systems, *Frontiers of Computer Science*, Vol. 8, No. 1, pp. 100–118, 2014.
- 7) Gurobi Optimizarion Inc.: Gurobi Optimization Reference Manual, <http://www.gurobi.com>.

(2016. 7. 31 受付)

OPTIMUM ROUTING OF RIDE SHARE VEHICLES BY CONSIDERING PREFERENCE OF MATCHING ;EFFICIENCY VS. SATISFACTION

Satomi AIKO, Phathinan THAITHATKUL and Yasuo ASAKURA