

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14045

研究課題名(和文)次世代型相乗り輸送の数理

研究課題名(英文)Mathematical Models on Smart Ride Sharing

研究代表者

朝倉 康夫 (Asakura, Yasuo)

東京工業大学・環境・社会理工学院・教授

研究者番号：80144319

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：位置特定と通信・検索が容易に行える高機能な移動体通信機器を個人が携帯する社会では、乗客同士または乗客とドライバーが社会的ネットワークを通して直接お互いの素性を確認・了解したうえでマッチングが成立するような輸送サービスが登場しつつある。本研究の目的は、複数の乗客が交通サービスを共有する次世代型相乗り輸送を対象に、マッチング問題としての定式化と数理的解析を行うことにある。従来型の相乗り輸送やオンデマンド公共交通では想定されていなかった、乗客同士や乗客とドライバーの間の社会的ネットワークを介した相互確認を前提とする新たな輸送サービスに関する数理モデルを開発した。

研究成果の概要(英文)：We have been carrying advanced mobile communication instruments such as smart phones with the function of location identification, communication and search. New transport services appear in market in which passengers and drivers confirm each other by using social network services and then make matching among them. Matching problems of multiple passengers and/or passengers and drivers were not investigated in the studies on conventional sharing transport and on-demand public transport. This study challenges to investigate mathematical formulation of matching problems in smart ride sharing transport, and to develop analytical methods for those matching models. Based on the one-to-one roommate matching problem, this study has proposed a static matching model of two passengers considering their personal preference for sharing a ride. We have also proposed a social optimum ride share transport systems that would achieve effective transport services with smaller number of vehicles.

研究分野：土木計画学・交通工学

キーワード：交通工学 シェアリング 相乗り 交通行動分析

1. 研究開始当初の背景

Sharing Economy は異なるヒトや組織の間での製品やサービスの共有を前提とする社会・経済システムの総称である。交通システムに限定しても、バスに代表されるような交通サービスの共有(乗合, Ride Sharing), 交通手段である車の共同保有(Car Sharing)など、共有(Share)の概念を持つシステムは少なくない。スマートフォンのように、情報ネットワークに直接つながる端末を多くの人々が携帯する高度情報化社会では、共有者を探すための時間と費用が格段に小さくなったため、共有型の交通サービス(Smart Ride Sharing, SRS)がより広く受け入れられるようになってきている。

SRS は、交通ネットワークの複数の地点で発生する需要と供給を社会的ネットワークの上でマッチングさせることにより成立するといえる。しかしながら、現時点では SRS の成立メカニズムに関する学術研究は行われていない状況にある。社会的ネットワークを考慮しない場合の相乗りに関する研究はいくつかの事例があり、需要側と供給側が同時に選択行動を行う際の「マッチング理論」についても、Roth & Shapley らによって研究が行われ多くの成果が得られている。しかしながら、SRS のように、リアルタイムに変動する需要と供給のマッチングに関する理論研究は発展途上であるといえる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、交通ネットワークにおける次世代相乗りシステムの成立メカニズムを明らかにすることにある。具体的には、以下の2点である。

- (i) 乗客とドライバー、および乗客同士の社会的ネットワーク構造を前提にした、相乗り型の輸送サービスをマッチング問題として定式化すること、
- (ii) 定式化した問題の数理特性を交通ネットワーク分析や交通シミュレーションの知見を活用して解析し、次世代相乗りサービスの成立条件を明らかにすること。

本研究により、社会的ネットワークでの相互関係性を明示的に考慮した交通ネットワーク上のマッチング問題(図1)の構造が明らかとなり、高度情報化社会における次世代型の相乗り輸送に関する基礎理論が構築できる。

3. 研究の方法

社会的ネットワークで相互に相乗りを了解した複数の乗客が交通サービスを共有する次世代型相乗り輸送(Smart Ride Sharing, SRS)に、マッチング問題としてのモデルの定式化と数理的解析を行うため、東工大の朝倉(代表者)と日下部、および神戸大学の井科

が分担者となって研究組織を構成し、2年間にわたって研究を進めた。

2015年度は、既往研究と事例の体系的整理を踏まえて、SRSの数理モデルを構築した。社会的ネットワークで乗客同士が相互了解したうえで、1台の車両に2名の乗客を割り当てる one-to-one マッチングのモデルを構築し、その数理的特性を調べた。

2016年度は、初年度に構築した SRS の数理モデルの解析と、仮想データに対するシミュレーション実験、および現実ネットワークへの適用に向けた課題整理を行った。同時に、交通ネットワークと社会的ネットワーク上での最適なマッチングモデルについても研究し、組み合わせ最適化手法による定式化と数値計算手法を研究した。

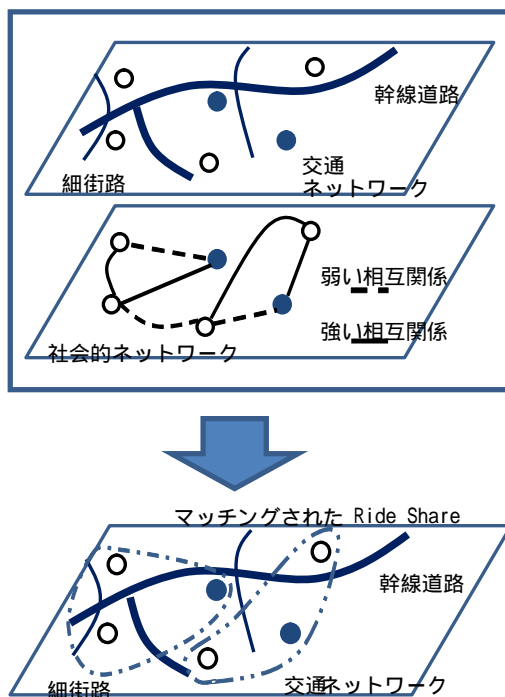


図 1 社会的ネットワークと交通ネットワーク上でのマッチングの概念

4. 研究成果

- (1) 乗客同士のマッチングを明示的にモデル化した動的な相乗りモデルに関する研究

動的な相乗りシステム (Dynamic Ridesharing System, DRS) とは、トリップの直前のタイミングでも相乗りの相手を見つけることのできるライドシェア交通サービスである。これまでの DRS 研究では、輸送サービスを共有する乗客同士のマッチングの際に、個々の乗客の選好を明示的に取り扱ってこなかったため、システムを長期間稼働させると次第に利用が低減するというような問題を発生させる可能性があった。利用者による DRS の受容といった動的な進化を研究するには、DRS 利用者の合理的な行動を交通手

段選択行動として捉え、利用者の学習メカニズムをモデル化する必要がある。本研究では、乗客同士の選択行動を期待効用の最大化としてモデル化し、日々の利用を通じた経験と、システムからの集合的情報を加味した効用を想定する。

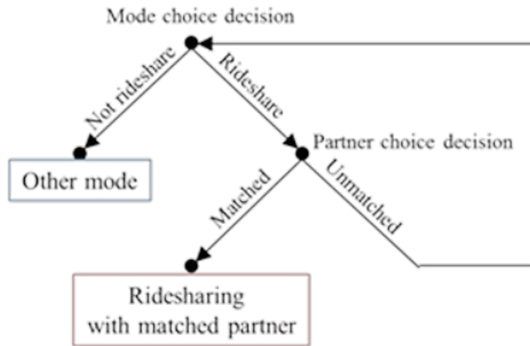


図 2 相乗りの構造

仮想ネットワークでの数値計算では、ODパターンや需要の大きさなどの社会的条件が長期的なDRSの安定性にどのような影響を及ぼすかを調べた。その結果、個々人の経験とシステムからの情報の利用の度合いを示すパラメータの値によっては、DRSへの需要が次第に縮小する場合もあることや、ODペア間の距離の分布が平均的に遠くなるにつれて利用者が増大する傾向にあることを確認した。

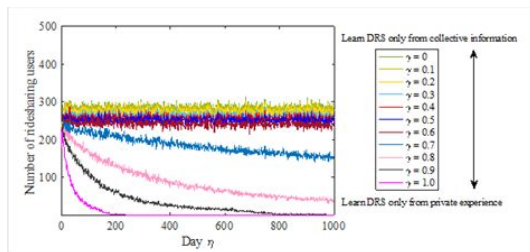


図 3 DRS 利用者数の動的変化

(2) アクティビティパターンを与件としたシェアリング車両の最適割り当て問題に関する研究

本研究は、利用者の活動が所与のもとすべてのアクティビティを満たすようシェアリング車両で移動するときの経路を決定する最適化モデルを構築した。すなわち、モデルの解ではすべての利用者の移動はアクティビティの予定通りの実施を阻害しない。利用者の活動が与件とは、各利用者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ことを意味する。

本研究では各シェアリング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最適

化モデルを定式化した。このモデルは、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整数線形計画問題として記述できる。さらに、本研究が想定するライドシェアサービスの効率に影響を及ぼすアクティビティの集合（以下アクティビティ群とよぶ）の性質を検証するため、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った。仮想アクティビティ群は、時間的・空間的な特徴によって4種類想定した。

この数値計算により、利用者のアクティビティの時間的、空間的分布の違いによって、サービス導入時のパフォーマンスにどのような差異を生じさせるかを明らかにした。利用者の移動時間の総和、利用者の乗合時間の総和、車両の走行時間の総和および業務にあたる車両台数の分布がどのように変化するか、利用者のアクティビティパターンの時間的・空間的分布を変化させて調べた。その結果、本研究で定式化したモデルがライドシェアサービスを導入した場合に想定される定性的傾向と一致していることが確かめられた。車両の走行時間と業務台数は乗り合いの発生によって低減し、これには移動方向の空間的な偏りが寄与していることが明らかになった。移動の時間的な偏りも、車両効率の向上に寄与するが、その度合いは空間的な分布の偏りよりも小さい。また、乗合が多く発生するほど車両効率は向上するが、同時に利用者の移動時間は長くなることを確認された。

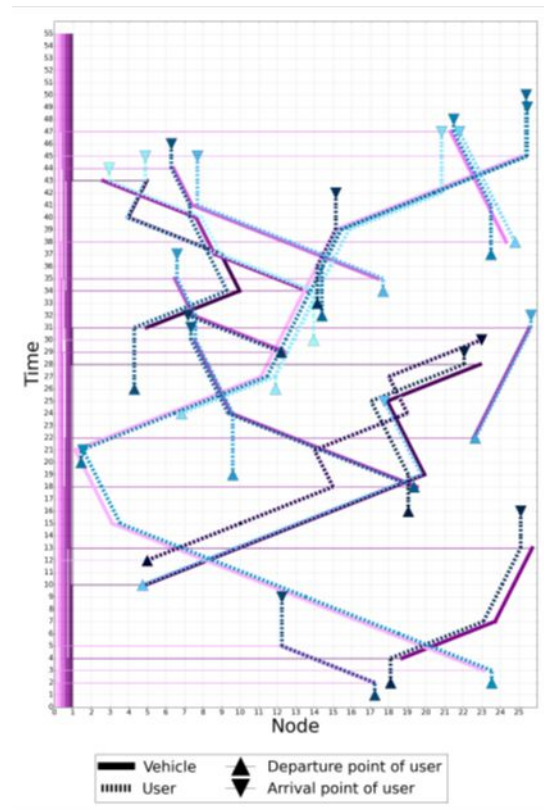


図 4 最適化モデルの出力例

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

Thaithatkul, P., Seo, T., Kusakabe, T., Asakura, Y.; A Passengers Matching Problem in Ridesharing Systems by Considering User Preference. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 11, 1416-1432, 2015. (査読有)

朝倉康夫; 次世代交通サービスに関する研究への期待～Smart Ride Sharingを例に～, 交通工学, 50(2), 15-19, 2015. (査読無)

[学会発表](計10件)

Thaithatkul, P., Seo, T., Kusakabe, T., Asakura, Y.; A Numerical Study on the Effect of Variety of User Preference to Ridesharing System's Performance, 20th International Conference of Hong Kong Society For Transportation Studies, Hong Kong, 2015.

Thaithatkul, P., Seo, T., Kusakabe, T., Asakura, Y.; Day-to-day dynamics of passenger matching problem in smart ridesharing systems, The 7th Regional Symposium on Infrastructure Development, Thailand, 2015.

Yasuo ASAKURA: Sharing Based Transport Systems for Given Activity Pattern, 1st Symposium on Management of Future motorway and urban Traffic Systems, Centre of Mediterranean Architecture, Chania (Greece), 2016

Thaithatkul, P., Seo, T., Kusakabe, T., Asakura, Y.; Field experiment on traveler's behavior in ridesharing system, 21st Hong Kong Society of Transportation Studies International Conference, InterContinental Grand Stanford Hong Kong (Hong Kong, China), 2016

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, 第53回土木計画学研究発表会, 北海道大学, 2016

愛甲聡美, Phathinan THAITHATKUL, 朝倉

康夫: 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, 第54回土木計画学研究発表会, 長崎大学 文教キャンパス, 2016

板橋遼, 朝倉康夫: ライドシェア津波避難における車両割り当て・経路決定モデル, 第54回土木計画学研究発表会, 長崎大学 文教キャンパス, 2016

6. 研究組織

(1) 研究代表者

朝倉 康夫 (ASAKURA, Yasuo)
東京工業大学・環境・社会理工学院・教授
研究者番号: 80144319

(2) 研究分担者

井料 隆雅 (IRYO, Takamasa)
神戸大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 10362758

日下部 貴彦 (KUSAKABE, Takahiko)
東京大学・空間情報科学研究センター・講師
研究者番号: 80604610