東京工業大学　環境・社会理工学院　土木・環境工学系　朝倉研究室

教授 朝倉 康夫
・東京工業大学　環境・社会理工学院　教授

主な研究領域と内容
・交通ネットワークの分析と計画
・ヒトやクルマの軌跡データの収集と解析
・共有化された交通システム（カーシェア、ライドシェア）

活動プロジェクト

1981年に京都大学大学院の修士課程を修了し、佐佐木綱教授の下で助手の修行を始めてから40年、愛媛大学、神戸大学にもお世話になって、2022年3月に東工大を退職することとなりました。このタイミングで「最もホットな研究活動領域」を紹介するようにとの依頼を受け、やや躊躇しつつも研究領域の一部をご紹介することにしました。もともとは利用者均衡分析や信頼性解析といった交通ネットワークの分析と計画が主要テーマであったのですが、位置特定が可能な移動体通信機器の登場ともに、ヒトやクルマの行動追跡手法の開発や移動履歴データの解析にも研究対象を広げ取り組んできました。これらはいずれも今なお自身が関心を持っているテーマなのですが、本稿ではこれまであまり発信してこなかった（研究しているとは思われていないかもしれない？）「共有化された交通システム（Shared Transport Systems）」に関する研究について紹介したいと考えます。

交通分野の共有は、移動手段の共有vs移動空間（またはサービス）の共有という軸と、不特定多数による共有vs社会的関係性の中での共有という軸の2軸をクロスさせて分類できます。たとえば、レンタカーは不特定多数によるクルマの共有、バス等の乗り合い交通は不特定多数によるサービスの共有、クルマの借用は個人の関係性の中での手段の共有、便乗は個人同士のサービスの共有です。

これらの共有化された伝統的な交通システムは情報化社会の中で新たな展開を見せています。2010年代以降、GPS等の位置特定システム、シェアリングの要請を発信・受信する通信システム、乗客同士、ドライバーと乗客、貸し手と借り手の素性を相互に確認できる社会的ネットワークシステムが発展してきたことを受け、交通分野の多様なシェアリングサービスが展開されるようになりました。とりわけPeer-to-Peer（P-to-P）のカーシェアは、クルマを貸したい個人とクルマの借り手をマッチングさせる仕組みで、システムの提供者はクルマを保有せずにマッチング手数料（または広告料）で稼ぐビジネスです。一方、P-to-Pのライドシェアは、移動の際に同乗者を乗せて移動コストを削減したいドライバーと同乗希望者をマッチングさせるシステムです。これらのシェアリングサービスを交通行動研究の対象として見ると、個人と個人（借り手と貸し手、ドライバーと同乗者）の選択行動をどのようにモデル化するかが興味深いテーマです、さらに、経済的に持続可能でかつ社会的にも望ましいサービスの設計も重要な課題であると考えます。研究室で進めている関連研究のいくつかを紹介します。

Thaithatkulら（2019）[1] は、相乗り交通の利用者同士の相互選好を反映したマッチングプロセスの数理モデルを開発し、その特性を数値解析により明らかにすることによって、ライドシェアシステムの安定性や持続可能性を分析したものです。利用者個人の経験とシステムからの情報によって相乗りに関する利用者の効用が日々更新されると仮定した時の、相乗りの選択行動とマッチング相手の選択行動を期待効用理論によりモデル化し、需要の空間分布と情報に対する利用者の受容性が相乗りシステムの持続可能性に及ぼす影響を分析しています。

2022年時点では、都市内の短距離交通を対象としたP-to-Pのライドシェアはわが国では制度的に認められていませんが、長距離移動の場合は高速道路料金と燃料代をドライバーと同乗者が折半することを前提とした相乗りマッチングサービスは存在します。Nakanishiら（2021）[2] では、Notteco利用者のドライブログデータを用いてODペアごとの利用特性を分類し、マッチングが成功した場合の要因（たとえば出発時刻や曜日、ドライブ登録から出発までの日数、ページ閲覧回数、ドライバーの経験等）を2項プロビットモデルにより分析しています。

今後のシェアリングサービスを考える上で重要な要素は自動運転です。自動運転によるシェア型輸送（Shared Autonomous Transport）は公共交通として地域の交通システムに組み込まれるものと予想しています。共有の形態は、地域コミュニティや地域の交通事業者が自動運転車を保有し、その車を共有型の輸送に提供するケースも考えられますし、自動運転車を所有する個人が、車を使わない時間帯に自分の車を共有型輸送に提供することもあるでしょう。複数の乗客が相乗りしているライドシェア車にはHigh Occupancy Vehicles（HOV）車線の利用や都心部への進入、駐車料金の減免などのインセンティブを与えてもよいので、その設計・運用問題はネットワーク計画問題としても興味深い内容です。交通システムが適切に設計されて運用されれば、交通に要するエネルギーの節約とモビリティの向上が期待できますが、制御に失敗すると無駄に多くの空車が走行しエネルギーを浪費するだけでなく、共有・相乗り自体の魅力が低下しシステムが持続しない可能性もあります。

シェア型輸送の最適化に関しても研究を進めていますが、その一例として、Aikoら（2018）[3] は、は、時空間ネットワークを用いてシェア型の輸送システムの最適運行計画問題を定式化し、同乗する利用者同士の選好が最適運行に及ぼす影響を分析しています。また、永井ら（2022）[4] では、事前予約が不要で運行可能な路線が限定されているという条件下で自動運転車を最適に運行させる交通システムの一種として平面エレベータ（図1）を提唱しています。その中でも、1次元ネットワークで表される1本の路線に1台の車が稼働するという最も基本的な運行に着目し、最適運行計画問題を定式化しました。その解法には通常のエレベータの運行計画を求めるためのヒューリスティクスであるSelective Collective（SC）を採用し、SCによる運行の特性を運行シミュレーションにより調べた結果、SCは計算の即時性、最適性などにおいて優れた解法であることと、乗り換えが可能な複数路線から成る平面エレベータにも拡張可能であることが示されました。2次元ネットワークへの拡張や複数車両を運行する場合への拡張については、現在進行形で研究を進めています。

ここまでに紹介してきたシェア型交通システムに関する研究を俯瞰すると図2のように描くことができます。短期的でより戦術的な研究事例は少なくないと思われますが、長期的視点に立った戦略的なシェア型交通システムに関する研究の蓄積は十分とは言えず、多くの課題が残されていると考えます。自動運転が都市に導入された際の戦略的なシステム設計問題は交通だけにとどまらず都市そのもののありようを考慮に入れる必要があり、より多面的で包括的な扱いが必要になると考えます。交通行動分析とネットワーク分析を統合した「交通ネットワーク上の行動分析」の枠組みで共有化された交通システムを考えると、一層おもしろい展開が期待されるのではないでしょうか。

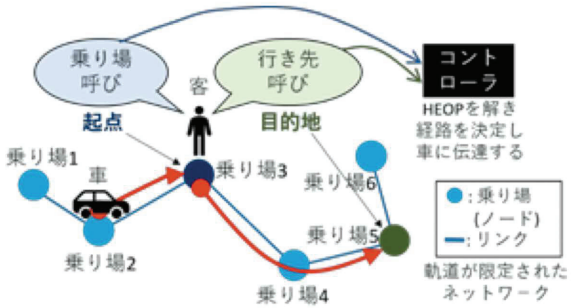

図1　平面エレベータの概念

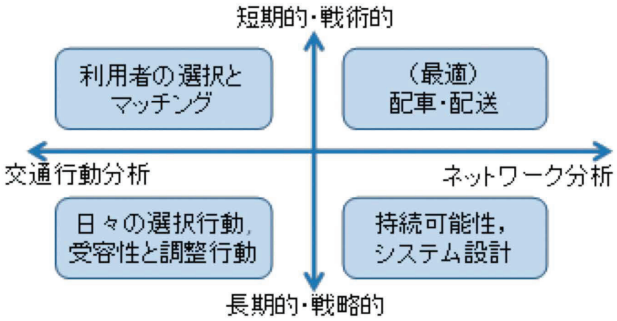

図2　シェア型交通システムに関する研究テーマ

参考文献

1. Thaithatkul, P., Seo, T., Kusakabe, T., Asakura Y.（2019）Evolution of a dynamic ridesharing system based on rational behavior of users, International Journal of Sustainable Transportation, 13（8）, 614-626.
2. Nakanishi, W., Yamashita, Y., Asakura, Y　（2021）. Empirical Analysis on Long-Distance Peer-to-Peer Ridesharing Service in Japan, International Journal of Sustainable Transportation, 15（8）, 653-658.
3. Aiko, S., Thaithatkul, P., Asakura. Y.（2018）Incorporating User Preference into Optimal Vehicle Routing Problem of Integrated Sharing Transport System, Asian Transport Studies, vol.5（1）, 98-116.
4. 永井一輝，中西航，朝倉康夫（2022）エレベータの呼びを導入したオンデマンド型の車両運行計画問題．交通工学論文集，8（1），1-10.

連絡先　〒152-8552　東京都目黒区大岡山2-12-1, M1-20
東京工業大学　環境・社会理工学院　土木・環境工学系　朝倉研究室
e-mail: asakura@plan.cv.titech.ac.jp / URL: http://asakura.cv.ens.titech.ac.jp/