特集 特殊車両 20264144

未来のモビリティ―移動の将来展望*

Future Mobility — Outlook for Transportation

須田 義大[1)]
Yoshihiro Suda

In recent years, progress in new technologies such as autonomous driving are expected to significantly advance the mobility society. This paper focuses mainly on human mobility, and looks ahead to future mobility that utilizes communication technologies premised on autonomous driving from the perspectives of sharing space and time on roads, and individual and shared vehicles.

KEY WORDS Social System, Traffic Stream Control, Autonomous Driving
Mobility F1

1 はじめに

移動ができない植物と違い，動物は生存のために移動行動が必要である．人間の移動は，他の動物と同じように歩行が基本である．しかし，歩行による移動ではスピードと移動距離に制限がかかる．それを打破するために，他の動物とは異なり，歩行の機能と性能向上を図るのではなく，工夫で解決した．まずは馬などの動物の利用である．そして，最も重要な発明は車輪であろう．馬１頭の動力を用いて，多人数が一度に利用でき，さらに多くのものを輸送できる車両が開発された．

本稿は未来のモビリティを展望しようという試みであるが，個別輸送とシェアの二つのコンセプトがモビリティの黎明期にすでにみられると思う．そして，重要な点はモビリティのビークルを走行させる空間のあり方である．こちらについても，専用とシェアの二つのコンセプトがある．

もう一つの視点は，人間の移動と物の輸送という二つのあり方である．物流は一見地味な立ち位置ではあるが，人間社会にとっては欠くことのできない存在である．人体における動脈流，静脈流のように，生活や活動に必要な物資の輸送と，生活や活動によって発生した廃棄物の輸送という二つの視点がある．本稿においてはあまり触れることはしないが，本来ならば大きく取り上げるべき課題である．

そして未来のモビリティを展望するうえで最も重要なテーマは，自動運転，自動化である．現在のモビリティは，自動車であれ鉄道であれ，発展の過程には大きな事故やトラブルを経験している．多くの犠牲の上に，その失敗の経験を真摯に学び，再発防止を図るということで技術は進化してきている．最近の道路交通における安全の問題を考えると，ヒューマンエラーが最も大きな原因として立ちはだかっている．

公共交通として発展してきた鉄道や航空機では，自動化の歴史は古い．自動運転，自動操縦，無人運転，無人機などは，色々な場面で世界的に実用化されている．ここからわかることは，自動化を進めることでヒューマンエラーは防止され，事故の激減，安全性の向上が図られるという事実である．そのため，モビリティの自動化は未来を語るうえで前提となると思われる．本稿では，自動化を一つのキーワードとしながら，自動化において考えるべきさまざま視点を紹介してみたいと思う．

2 自動化とモビリティ空間

2.1 モビリティの概念

人間は道路上で生活をする．よって，最も基本的なモビリティは徒歩と交通である．しかし，車輪と動力による機械，車両が登場されても，走行空間，走行路を整備しなければ物流等できない，表裏関係という動力が登場されて，それを実装するためには，走行路の確保，走行装置のかたい車輪，多くの車両を少ない動力で運搬できる方式が求められた．そこで登場されたのが鉄道である．本来，徒歩の機械化という観点からは自動車が最初に登場するのが妥当であるが，道路の整備と空気入りゴムタイヤがなければ実現性ではなかった．さらに，表裏関係よりもより手軽な内燃機関の発明によって自動車の時代が来たわけである．

一方，陸上での交通路の整備をするよりも，河川・水路や海をモビリティ空間として活用するという考えは，動力の登場以前から存在している．水流や風力という自然エネルギーを活用すれば，大量に低コストで輸送できる．未来のモビリティを想定しても，このアイデアは不滅であろう．

そして，最後に語るのが飛行である．鳥のように大空を自由に飛行することができればどれだけよいか，誰もが夢を抱いただろう．グライダーとして，動力がなくても空を飛べる方式は，いわゆる航空機の進化として試みられるライト兄弟の初飛行である1903年よりも前の1853年に初飛行に成功している．それ以来，航空機は短期間にたいへん発展した．

最近注目を集めているドローンの歴史も古く，1916年代とされる．ドローンは自律飛行が可能な無人航空機であるが，複数の回転翼をもつマルチコプターの形式が主流である．ドローンは航空機と異なり，離発着の場所の制限がかなり，電気動力を利用することが多いため，都市交通や，遠隔地，離島での活用にも期待されている．海洋では，海洋物質の採取，ペイロードのかるさで，飛行機のほうが大きいようにも見受けられるが，大量輸送でしか成り立たなかった航空輸送から脱却し，個別輸送の可能性を秘めていると思われる．

2.2 個別とシェア

モビリティを考えるとき，パーソナルで移動できる個別システムと，なんらかシェアをする公共システムとに区分される．理想的には個人の都合での移動が基本であるから，個別，すなわちパーソナルな移動が望ましいが，例えば，長距離の大量輸送を考えると，効率が悪いことになる．エネルギー消費，CO_2の排出，空間効率の向上を考慮すれば，同じ区間に同一時期等に移動したい人間や荷物が集まって，各自が所有する車両を自ら運転・操縦するのではなく，専門の交通事業者に任せたほうがよい．鉄道はこのような考えで登場され，歴史上，人類の発展に大きな貢献を果たしてきている．

動力が登場されたとき，高価な表裏関係は個人では占有することはできず，利用者が交通事業者のサービスに頼ることになる．多くの乗客と荷物を搭載した巨車や貨車を１台の機関車で牽引する仕組みである．空気入りゴムタイヤが登場されていない段階では，重量のたいへん大きな機関車や車両を動かす道路をかたくして，安全に走行させるには，鉄レールと鉄車輪の仕組みは大変な設備である．鉄道システムは優れた登場である．

一方，内燃機関と空気入りゴムタイヤの登場，そして生産技術の革新により，自動車が安価に製造され，個人に普及してくれば，自動車を利用して移動することのメリットは大きく，道路の発達とともに，自動車交通がたいへん活躍することになる．鉄道が発達したわが国においても，地方に行けば，旅客輸送においても自動車交通の分担率は非常に高く，貨物に至ってはトラック輸送がメインとなる．

道路空間のキャパシティを超えない範囲で自動車が移動するのであれば，エネルギー効率の課題，CO_2の排出量の課題があるものの，自動車交通は大変便利な移動方式である．しかし，道路容量を超える需要が発生すれば，基本的に自由に移動できることが基本であるから，需要を調整するような仕組みを用いないと渋滞してしまう．

鉄道では，通常運行であれば自動車のような渋滞での遅延は基本的にはないが，車内の混雑が発生し，乗車時間はかかっても，座席もできずにかなり過酷で移動を強いられる．満員に巻き込まれて乗車時間の必達性や信頼性がなくても，快適な移動空間が確保できる自家用車と対極の状況になる．これらの課題を解決していくのが新たな技術であり，未来の輸送システムである．

この個別とシェアの考えは，自動化技術によって従来の考えからたいへん変わっていくことになる．それをおしたのが「環境」である．手動から自動運転に変革することにより，所有からシェアに変革するという想定である．自動化されたシステムを利用するには，手動で動かすときとは異なり，所有する必要性が薄くなると思われる．

2.3 車両空間の機能と管理制御の未来

* 原稿受付 2026年2月6日
1) 東京工業大学 環境社会共生イノベーション研究センター
（152-8550 大岡山キャンパス）
E-mail: suda.y.ae@m.titech.ac