



モビリティ未来像(理想編) ～社会が本当に求めている理想のモビリティとは～

人はモビリティを動かしているようで、実は動かされている。

提供されているモビリティの仕様によって、私たちの価値観や都市構造は形成されており、本質的には歪なものも少なくはない。

本稿では、自動車・鉄道・航空・船舶といった主要モビリティを横断的に捉え、現在のモビリティに内在する歪みを明らかにすることで、本当に未来に求められる理想のモビリティ構成を考察する。

手段と価値観の関係から紐解く 理想のモビリティ

■手段によって定められる人々の価値観

突然だが、皆さんは理想の商品との出会いを求め、百貨店のフロアを回遊した経験はあるだろうか。また、特定の記事を読むという意図はなく、雑誌を定期購読している人はどれくらいいるだろうか。

もちろん、いずれも、全くないということはないだろうが、頻度や人数は、ここ数十年で圧倒的に減ったのではないだろうか。これらは、百貨店であればECサイト、雑誌であればスマホや動画・AIの様に、既存手段が代替手段に移行し衰退した例である。

この、代替手段への移行だが、注目すべきは移行そのものではない。移行の裏にある、手段が築き上げてきた価値観の変容にこそ注目をしたい。

例えば、ECの登場前は、欲しい商品を探すために人々は百貨店のフロアを回遊することを強いられていた。現在では非合理に感じるが、それしか手段がなかったため、当然のこととして受け入れられていた。

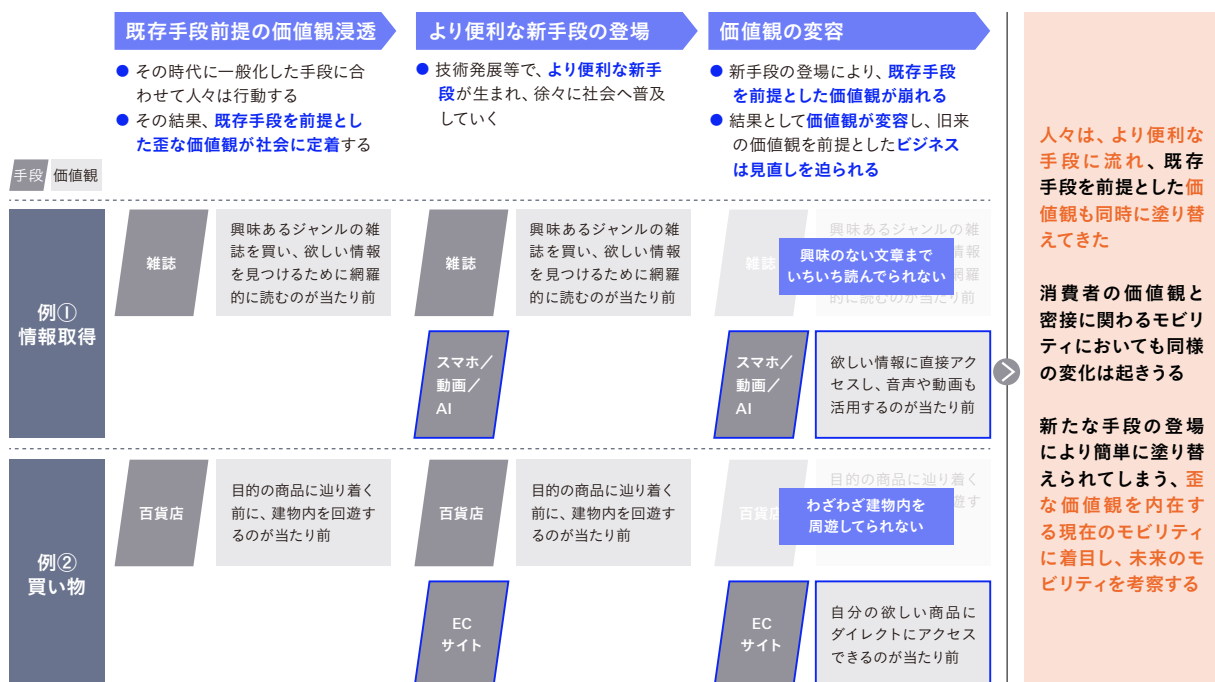
当時は、理想の商品と出会うためには、セレンディビティ的な偶然性が必要であるという価値観が植え付けられていたのである。

しかし、ECの登場により、人々は自分の欲しい商品を自宅から直接アクセスできるようになり、百貨店のフロアを回遊する人は少なくなった。商品探しはWebで効率的に行えるものだという価値観が形成され、フロアの回遊は面倒なことであり、偶然性に委ねて苦労するという価値観も消失してしまった。つまり、手段の移行により価値観も大きく変容してしまったのである。

冒頭で触れた情報取得の手法が、雑誌からスマホや動画・AIに移行したことの裏にも同様の価値観変容を感じることができる。好ましい情報を獲得するために、興味のない記事も含まれる雑誌のページをめくるという価値観は消失し、現在は動画やAIからダイレクトに情報を取得するのが当然になった。

つまり、我々が当たり前と思っている価値観は、手段によって定義付けられたものなのである。そして、手段によって定義付けられた価値観は、また、新たな手段によって塗り替えられていくのである。(図1)

図1 人々の価値観変容とモビリティの未来予測手法



■ 歪な価値観に着目した理想のモビリティの特定

見方を変えると、今後、新たに生まれる手段は価値観を改めていくものであると捉えることもできる。その前提で考えると、改められるべき既存の歪な価値観に着目することで、来るべき新たな手段は何かを考えることができるのではないだろうか。

我々は、この考えをモビリティに当てはめ、将来のモビリティを考えるために、現在のモビリティに蔓延る歪な価値観を見つけることにした。つまり、人々が既存のモビリティに対して何に不満を抱いており、それを改善する理想のモビリティとは何なのかを考えることとしたのである。

結論を先取りすると、PRT (Personal Rapid Transit の略称)こそが、理想のモビリティであるという結果に至ったのだが、以降で、その結論に至る過程を論じていこう。

なお、今回は自動車と鉄道に絞って考えることとした。

その他の代表的なモビリティとして、航空や船舶があり、いずれも歪な価値観がないとは言い切れない。例えば、後に鉄道の歪な価値観として挙げている「特定の場所に行かないと乗れない」という点は、両者にも該当する。ただ、両者共、長距離移動に特化し限られた用途で利用されるモビリティであり、実際、旅客数も自動車と鉄道と比較しても多くない。(年間のべ旅客者数は、自動車が約680億人、鉄道が約225億人、航空が約2億人、船舶が約7.5千万人と、航空・船舶は圧倒的に少ない)

そのため、改善インパクトが大きいことから、今回は自動車と鉄道に絞ることとした。

なお、自動車・鉄道の歪な価値観を特定するために、様々な観点でモビリティ間の比較を行ったが、その際はあえて絞ることなく、4つ全てのモビリティを対象とした。

欠点を補いあっている、自動車と鉄道

■ 自由や快適のためなら、金と時間を払わせるのが自動車

まずは、自動車について考えてみよう。

直接的に歪な価値観を特定することは困難なため、まず、自動車産業の特徴を捉えることを目的に、他モビリティとの構造的な違いを確認した。具体的には、各モビリティに関わる事業領域を、3つのフェーズ(初期投資、利用、廃棄・再利用)と2つのレイヤー(モビリティ、インフラ)の2軸で整理し、そこでビジネスを行うプレイヤーをマッピングした。(図2)

その結果、自動車だけ、産業のメインプレイヤーが、人やモノを実際に運ぶ「利用」フェーズではなく、車両を製造・販売する「初期投資」フェーズを主戦場としていることが明らかになった。確かに、自動車産業と聞くと、多くの人がトヨタ自動車や本田技研といった「初期投資」フェーズの自動車メーカー(以下:OEM)を思い浮かべると思われるが、他のモビリティではJRやJAL・ANAなど、「利用」フェーズのプレイヤーを思い浮かべることが多いはずだ。実際、各モビリティの関連産業売上を、「初期投資」と「利用」フェーズに分けて集計した所、やはり自動車だけが「初期投資」フェーズの売上比率が高い結果となった。(図3)

この違いは、自動車だけがモビリティの所有を前提とした利用形態を一般化させてきたことに起因している。鉄道・航空・船舶は、モビリティを個人が所有することは稀で、事業者がモビリティを所有し、輸送サービスを提供することが一般的だ。一方、自動車では、まず車両を購入・所有した上で移動に用いることが定着している。その結果、自動車産業では、輸送サービスの提供者ではなく、車両の製造・販売を行うOEMが産業の中核を担ってきたのである。

しかし、この個人にモビリティを所有させることは、本当に合理的なのだろうか。

移動需要に対するモビリティの供給量の観点で各モビリティを比較すると、その非合理性が鮮明になる。我々は、政府が発出する統計情報を元に、モビリティ毎に当該比率の試算を行った。具体的には、旅客や貨物の輸送距離実績(キロ)を必要時間に変換したものを移動需要、国内の各モビリティの台数に24時間365日をかけて算出した時間を供給量として、その比率を比較した。

図2 モビリティのプレイヤーマップ比較

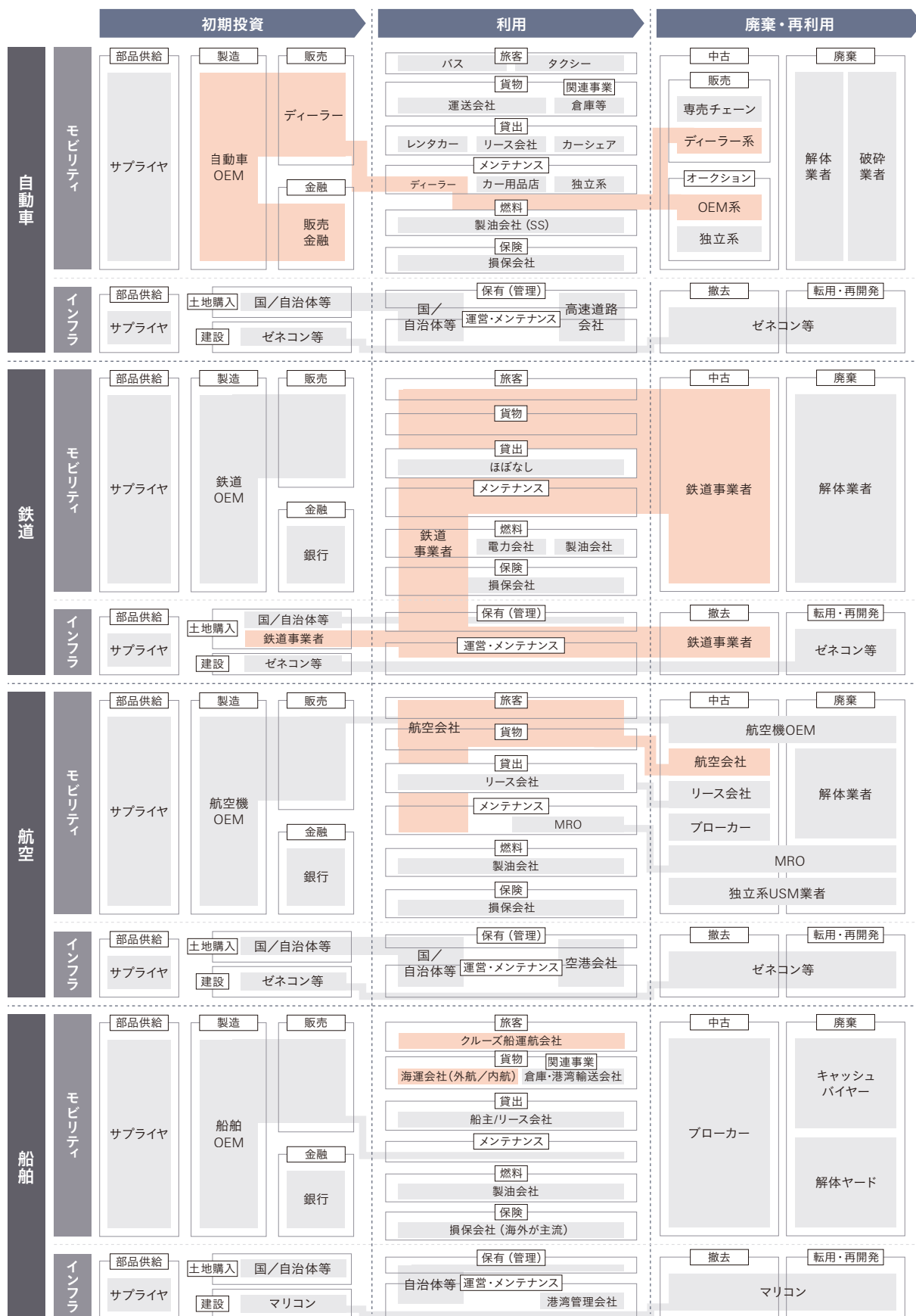
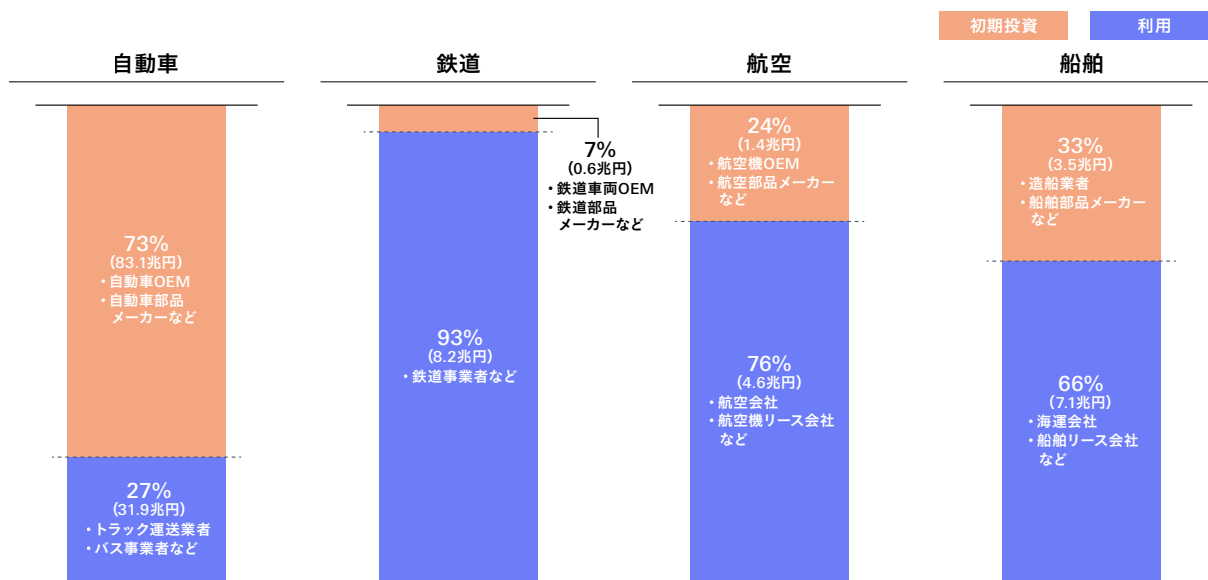


図3 国内モビリティ産業のフェーズ別市場規模比較



出所：経済産業省「経済構造実態調査」を基にBC作成

その結果、自動車は移動需要と供給量の比率が1:35となっており、他モビリティよりも圧倒的に供給過多となっていた。自動車以外の「利用」フェーズを主戦場とする事業者は、ビジネスとして収支を向上させるため、必要な移動需要を効率的に輸送できる必要最低限の台数のモビリティを所有している。一方で、個人所有の自動車は、個人の趣向で所有される場合が多いため、そうした市場の原理に左右されず、需要と供給の比率が崩れているのである。つまり、自動車は、所有を中心としたことで、使われない時間が圧倒的に長い、言い換えれば無駄な社会コストを要する、非合理的なモビリティであると言える。(図4)

更に、無駄な社会コストを要するという点から、ある一つのことが想起される。自動車は社会だけでなく、利用者に対しても無駄なコストを強いているのではないかという点である。つまり、自家用車所有者は、本来自動車を所有するのではなく利用した方が安価に済ませることができるのではないだろうか。

そこで、我々は、現在の横浜市の統計情報を用いて、1か月の利用距離を鑑みると、レンタカーの方が経済的な人はどれだけいるのかを検証した。巷でよく耳に

する、マイカーを持つべきか、レンタカーで十分かという議論を想像してもらいたいだろう。具体的には、自家用車所有時の月間TCO (TCOはTotal Cost of Ownershipの略称。今回は自動車を所有した場合に要する月次の実質的負担金額として設定)を算出の上、1km当たりのTCOと1k当たりのレンタカー利用料を比較する分析を行った。

その結果、毎日通勤で利用する所有者は若干数値が低くなるものの、6割以上の方がレンタカーを利用した方が経済的であるという結果となった。地域によって、駐車場代金等でTCOに差は出るものの、多くの自家用車所有者が無駄なコスト負担を強いられていることは感じていただけるだろう。(図5)

同じように負担を強いていることといえば、渋滞による待ち時間が思い浮かぶ。

鉄道、航空、船舶といった他の主要モビリティは、輸送サービスであるが故に中央管制が取られ、多少の遅延はあっても、基本的には定時に目的地へ到着する。これに対し、自動車だけは、個人がモビリティを所有することから、個人の自由意思による運転が行われるため、規定の走行スピードやルート等はなく、更に

図4 移動需要に対するモビリティの供給量比較

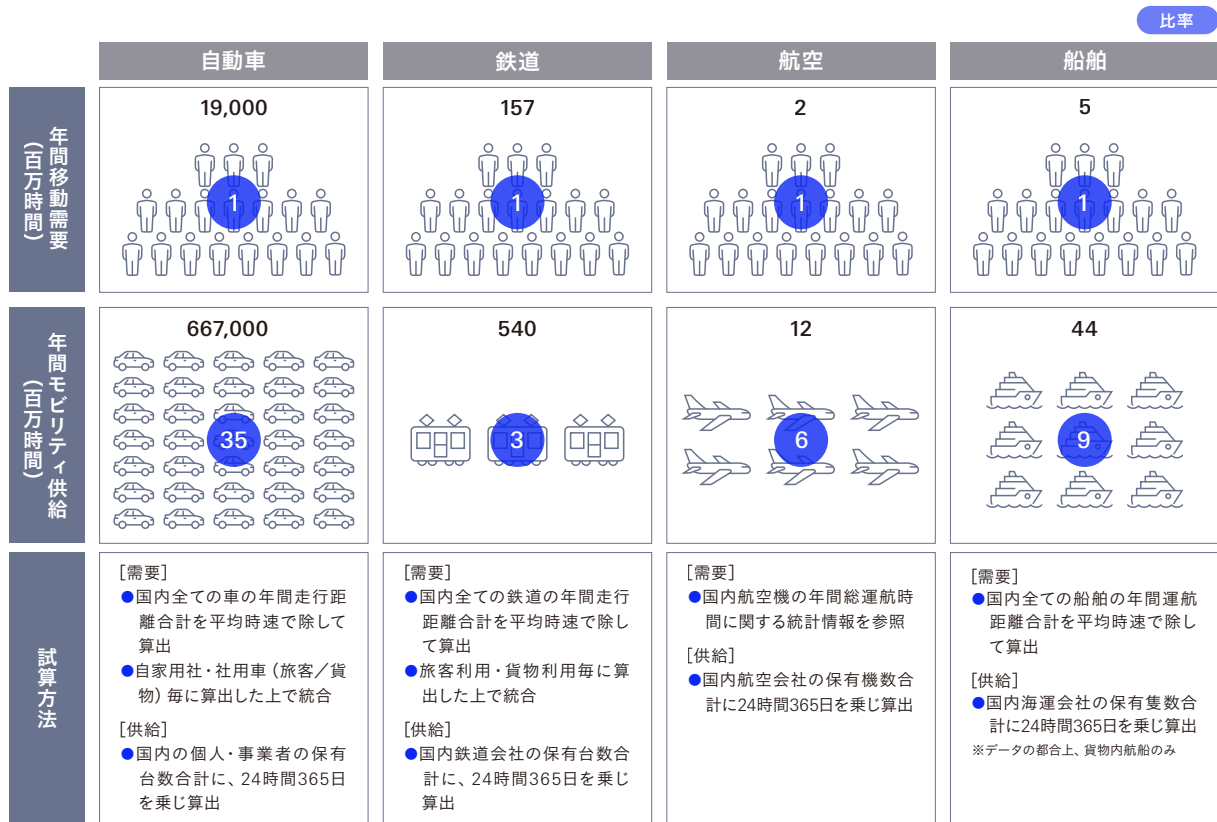
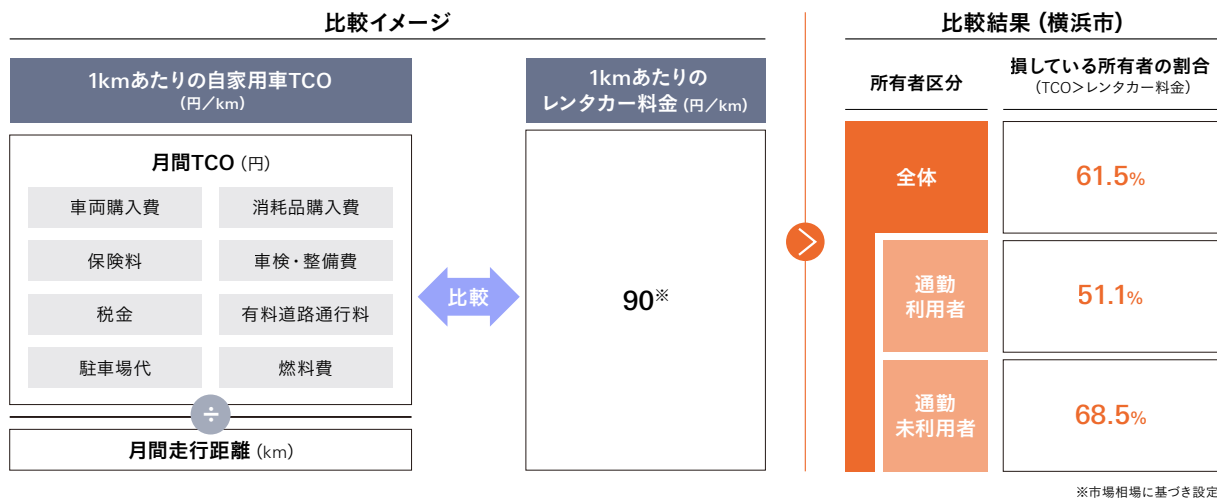


図5 自家用車のTCO・レンタカー使用料の比較イメージ・結果



は他自動車の影響もあり、目的地への走行時間は一定ではない。加えて、特定の道路の利用が集中すると渋滞が発生するため、求める到着時刻に目的地にたどり

着けないということは、日常茶飯事だ。これほどまでに、多くの負担が強られるにも関わらず、何故、自動車は所有をされ続けるのだろうか。

代替手段となり得る自動車の輸送サービスへの移行障壁を考えると、その点は明らかになるだろう。

先ほどコストの比較でも取り上げた、レンタカー、それに類似するカーシェア事業に対しては、利用と返却のために貸出拠点まで移動しなくてはならない、手続きの手間、他人と共用することによる衛生的な懸念などが移行の障壁として考えられる。タクシーは、そもそもコスト的に優位とならないケースが多いが、迎車の待ち時間に加え、運転手の存在により完全にプライベート空間でない点などが移行の障壁と考えられる。この点はバスでは更に顕著である。他者も共同利用することから、この非プライベート性に加えて、混雑や不衛生さなども移行を阻む。また、他のモビリティと同様に、停留所まで歩く手間や迎車の待ち時間など、障壁だらけである。(図6)

このように、自動車は様々な理由から利用ではなく所有の方が優位な状況となっている。具体的には、プライベート性や清潔さ等といった「快適性」、利用拠点までの移動や待機時間などを要しない「利用時間・場所の自由」が該当し、そのためには、多少のお金や時間を負担してまで、所有されているのである。

まさにこの点こそが、自動車が人々に与えていた価値観ではないだろうか。つまり、人々は「快適性や利用時間・場所の自由のためには、お金や定時性を奪われても仕方がない」という価値観を、自動車によって植え付けられているのである。この価値観こそ、新たなモビリティによって変わるべきではないだろうか。

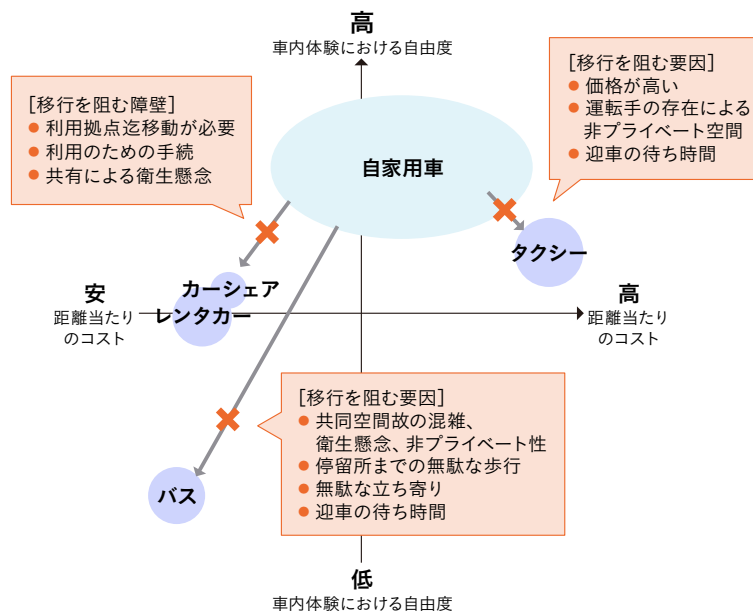
■ 金と時間のためなら、不自由と不快を妥協させる鉄道

続いて鉄道についても、同様に考えてみよう。

自動車産業の特徴を掴むために整理した、プレイヤーマップを再度見てみると、各モビリティのメインプレイヤーの中で唯一、鉄道事業者だけがインフラレイヤーに進展していることに気が付く。(図2参照) 自動車であれば道路、鉄道は線路、航空は空港、船舶は港湾と、モビリティを動かすためにはインフラが必要となる。通常、その所有は国や自治体が担っているが、鉄道だけ「利用」フェーズで輸送サービスを提供する鉄道事業者が担っているのである。この輸送サービスの提供主体がインフラを所有する構造は、鉄道産業にとってどのような意味を与えるのだろうか。

そこでまず、各モビリティのインフラ維持更新費用

図6 現行輸送サービスへの移行を阻む障壁



※円の大きさは市場規模目安

の負担者比率を明らかにしてみた。各モビリティの年間インフラ維持更新費用を統計等から集計した上で、その費用の負担内訳を明確にし、モビリティ毎にどのようなプレイヤーがどの程度の割合でインフラを負担しているのかを確認するということである。集計の詳細な内容は本稿末尾に参考として記載しているため、是非ご覧いただきたい。

その結果、各モビリティ産業のメインプレイヤーで、最も費用負担が大きかったのは、やはり鉄道事業者(90%)であった。インフラを所有することは、そのままインフラの費用を負担することを意味するわけではないが、鉄道事業者についてはインフラの所有者でありつつ、費用負担も担っているのである。(図7)

この、輸送サービスの提供者がインフラ維持更新の重荷を背負うという鉄道特有のビジネス構造が、鉄道事業の収支悪化の主因となっている。

実は、鉄道事業者は鉄道事業単体では赤字となっているケースが多い。国土交通省「鉄道統計年報」や各社の公表データを基にした我々の試算では、2019年時点で在来線525本のうち328本、つまり6割以上

が鉄道事業単体では赤字であるという結果となった。

この赤字の主要因となっているのが、インフラ維持更新費用なのである。インフラ維持更新費用は、極めて大きく、かつ恒久的に重くのしかかるため、収支への影響が大きい。2019年度の鉄道事業者全体の費用内訳を見ると、線路保存費・電路保存費・保守管理費・減価償却費といった、インフラ関連の費目が全体の4割以上を占めている。更新に係る工事費はここに含まれないため、鉄道事業者が実際に負担しているインフラ負担は計り知れない。

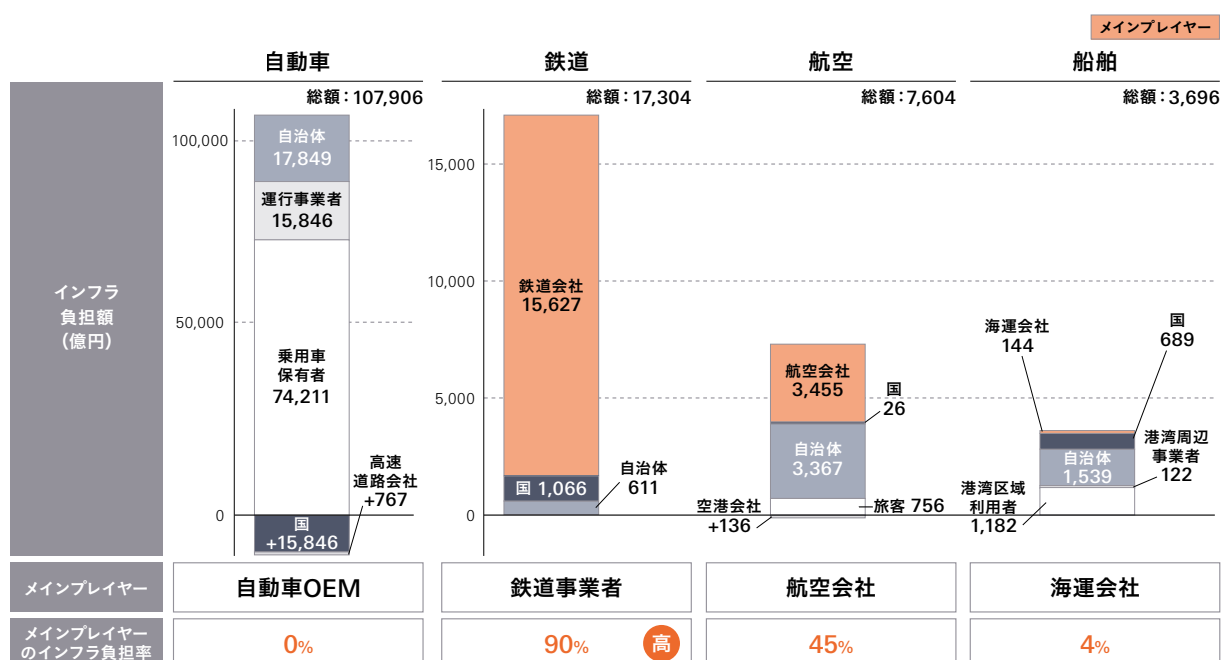
ではなぜ鉄道事業者だけが、輸送サービスの提供者としてインフラの保有・費用負担を強いられているのか。

鉄道事業者が重いインフラの負担を許容してきた背景には、二つの理由がある。

一つは、インフレによる実質負担の軽減を期待していたことである。

かつては、物価上昇が進む中でインフラ投資の実質負担が相対的に軽くなっていくことが想定されていた。しかし、消費者物価指数(CPI)の2020年基準時系列データを見ると、1994年から2021年までの約

図7 インフラ負担率の比較



30年間にわたり、CPIは96～100の範囲で推移しており、十分な物価上昇は起きていない。結果として、想定していた実質負担の軽減が生じず、インフラは鉄道事業者の財務を圧迫し続ける存在となってしまった。

もう一つは、沿線ビジネスの収益で鉄道事業の赤字を補填できることである。

鉄道事業者は、駅を中心としたビル運営や観光業などの沿線ビジネスを展開し、その収益によって鉄道事業の赤字を補ってきた。つまり、インフラを負担する代わりに駅周辺のビジネスを独占できる権利を得たのである。実際に、2023年度の鉄道事業が赤字の事業者126社のうち、約半数は鉄道事業以外で収支を改善しており、23社は全社ベースで黒字化している。例えば、伊豆箱根鉄道は、鉄道事業単体の2023年度営業収支は2億円の赤字だが、沿線事業での補填により全体収支は黒字となっている。また、東急株式会社は2024年度営業利益の約3割を鉄道事業、約7割を非鉄道事業が占めており、利益の大部分を沿線事業が支えている。

このように、鉄道事業者は、鉄道単体だけでなく、沿線ビジネスも含めて成立させるような構造を取ってきた。

インフレによる実質負担軽減については、直近様相が変わってきているため先が見通せない部分もあるが、二つ目の沿線ビジネスによる収益補填は、今後人口減少が進行すると崩壊する可能性が高い。将来の人口減少は、当然沿線ビジネスだけでなく、赤字傾向の鉄道事業にも影響を与えることは間違いない。そのため、国内の鉄道事業は、今後縮小することは多分にあり得るが、拡大することは考えにくい。言い換えれば、インフラを移動サービスの提供主体に負担させている鉄道事業は、その負担の厳しさから、今後の発展を期待することは難しいのである。

なお、念のため補足しておくが、インフラの負担そのものが変わらずとも、それを上回る売上が立てば赤字を脱却することは可能である。つまり、インフラ負担を鑑みた運賃の改定を行うことができれば良い。また、ユニバーサルサービスであるため、国や自治体がインフラ負担率を上げるということも解決策としてはあり得る。しかし、いずれの方向でも、現状のサービ

ス水準を維持するのが限界と考えられ、やはり、鉄道網が発展していくようなことは想定しづらい。

では、拡大が見込めない、現状が提供できるサービス水準の限界であることは、鉄道にとってどのような影響を与えるのだろうか。

まず、満員電車が思い浮かぶ。通勤・通学の時間帯は席数以上の人が乗車し、立ったまま移動せざるを得ないということは鉄道だと日常茶飯事だ。実際、国土交通省の統計を基にした我々の試算では、三大都市圏において、ピーク1時間に立席者が発生している路線は約100% (235 / 236) という結果となっている。(当該試算の対象路線は、乗客数ベースで全国の約93%をカバーしている) この満員電車の解消のためには、座席の供給量が増える必要があるが、鉄道事業の拡大が見込めないとなると解決は難しい可能性が高い。

我々は、解消が本当に難しいのかを確かめるため、座席の供給量を増やすための2つの方向性(1編成あたりの両数を増やす方法と、運行本数を増やす方法)を検証したが、コスト面だけでなく、オペレーション面でも難しいことが分かった。

まず、両数を増やす方法について見ていこう。単純に、車両を増結することで座席数を増やし、改善するという考え方である。ただ、この方法を行う場合、駅ホームの延伸をはじめとしたインフラ改修費用や、維持管理すべき車両数が増加することによる、車両の維持管理に要する費用といった、コスト的課題が発生してしまう。実際に、都営三田線で全利用者が着席できる水準まで両数を増やした場合のランニングコストを試算すると、収支は約74億円の黒字から約6億円の赤字へと大幅に悪化する結果となってしまった。

次に、運行本数を増やす方法である。この方法でも、必要な編成数そのものが増えるため、車両の保有・維持管理費用が増大し、コスト的課題が発生する。さらに、ダイヤ設定の観点からも制約は大きい。前述の都営三田線では、全利用者が座れるだけの座席数を確保しようとすると、44秒間隔で列車を運行する必要がある。これは、駅に44秒毎に1回、鉄道が到着するようなイメージだが、乗り降りの時間などを考えると、オペレーション面から非現実的であると言わざるを得ない。

つまり、今後も満員電車が解消されることは、ほとんど想定できない。それどころか、オペレーション面のことも考慮すると、将来の話ではなく、そもそも鉄道事業は、立席者が出ることを前提に事業を行なっているとも考えられる。言い換えるならば、鉄道とは、乗客に快適性の低さを許容させる前提で、提供されている移動サービスなのである。

拡大が見込めない弊害としてもう一つ想像されるのが、鉄道網の網羅性の低さである。

鉄道は拠点間輸送を前提とするモビリティであるため、出発地から駅まで、あるいは駅から目的地までの移動を避けることはできない。しかし、駅までの距離が遠く、利用のために長距離移動が必要となっている人は、都市部を離れば離れるほど多くなっている。実際、国土交通省「住生活総合調査」では、駅勢圏1km以内に居住している人口は約42%にとどまる。不動産各社による消費者調査結果を平均すると、最寄り駅までの理想的な徒歩時間は、約85%が徒歩10分以内、すなわち駅勢圏約1km以内を望む結果となっているため、現在の鉄道網は、利用者が求めるアクセス水準を十分に満たしきれていないことがうかがえる。

この問題は、単純に鉄道路線が地方部を中心に増加すれば解決する。しかし、前述した、2019年時点での赤字路線329本のほとんどが地方部の路線なのである。既存路線ですら、乗客不足で赤字となってしまっているため、更に需要が少ないことが想定される未開拓地域にまで路線を増やすことは現実的でないだろう。

なお、逆に都市部については、既に面的な整備が相当程度進んでいる。GIS（位置に紐づくデータを電子的な地図上で扱う情報システム）を用いて駅勢圏1kmの面積を集計したところ、東京23区では区域全体の85%、大阪市では86%が既にカバーされていた。残り15%程度への拡大は、コスト面の課題もあるが、都心の場合だと、必要な用地が獲得できないといった課題から困難さを極める。

以上のことを鑑みると、鉄道は特定のエリアの人にとっては、今後も利用のために大きな移動を必要とするモビリティであり続けると考えられる。言い換えると、鉄道は、乗客に対して利用場所の不自由さを許容させ

る前提で、提供されている移動サービスなのである。

この、移動場所の不自由さや、前述した快適性の低さといった、鉄道が乗客に許容させている前提に触れた時、類似の内容が思い出される。

それは、自動車が与えている価値観である。自動車は、「快適性や利用時間・場所の自由のためには、お金や定時性を奪われても仕方がない」という価値観を人々に植え付けさせていた。鉄道は、この自動車の価値観には該当しないように思われる。それどころか完全に真逆になるのかもしれない。

鉄道は、ユニバーサルサービスであるが故に、インフラ負担の赤字分を補填するような高額な運賃を利用者から取ることができていない。いわば、安いモビリティだ。また、事故などによる遅延はあるものの、中央管制を敷き特定の駅間を運行するため、基本的にはダイヤに従って時間通りに走行する。つまり、お金や定時制のメリットがある。

しかし、その運行のオペレーションや、高額インフラ負担などのコスト面の制約から、満員電車などを強いるなど、決して快適性は高くない。また、鉄道網が到達していないエリアも多く、利用場所の自由は限定的である。更に、今回は特筆しなかったが、ダイヤ運行であるが故に、自家用車のようにいつでも乗れるわけではなく、時間的な不自由さも存在している。つまり、快適性や利用時間・場所の自由は乏しいのである。

以上をまとめると、鉄道は、自動車とは完全に真逆で「お金や定時制のためには、快適性や利用時間・場所の自由を奪われても仕方がない」という価値観を人々に植え付けさせているということになる。更に、両者を総合すると、「お金や定時制と快適性や利用時間・場所の自由は、いずれかを優先するといずれかを失うのは仕方がない」という価値観が見えてくる。

我々はモビリティによって、こうしたトレードオフな価値観を根付かされているのである。

価値観と社会コストが導く、自動車・鉄道の収束点のPRTという理想

歪な価値観を改めるPRTという理想のモビリティ

自動車・鉄道を分析することで、現在我々がモビリティに抱いている「お金や定時性と快適性や利用時間・場所の自由は、いずれかを優先するといずれかを失うのは仕方がない」という価値観にたどり着いた。この価値観を塗り替えるモビリティこそが、人々に本当に求められているモビリティである。つまり、安く、時間通りに到着し、いつでもどこでも利用でき、快適なモビリティ。これこそが、多くの人が求めている理想のモビリティなのである。

では、そんな理想のモビリティとは何なのか。

この問いに答えるため、我々は、既存モビリティと未来モビリティの比較を行った。比較対象には、既存モビリティでは鉄道と自家用車、未来モビリティでは自動運転カーシェア、電動キックボード、自動運転BRT、PRTを選定した。

自動運転カーシェアとは、レベル4以上の完全自動運転車を利用したカーシェアであり、利用者の依頼に応じて無人車両が配車され、目的地まで移動を提供するモビリティのことを指す。また、電動キックボードとは、キックボードに電動モーターを付けた小型の移動手段で、短距離移動に使われるパーソナルモビリティのことを指す。こちらもシェアリング形式で提供されることを想定している。そして、自動運転BRTとは、BRT (Bus Rapid Transitの略称) という専用レーンや優先信号を用いることで定時性を兼ね備えたバスが、完全自動運転化したもので、無人の輸送サービスとして提供される想定だ。さらにPRT (Personal Rapid Transitの略称) とは、統合制御型の自動運転小型車両がレール上を短い間隔で運行するモビリティのことを指し、こちらも無人の輸送サービスとして提供される想定だ。

比較の項目は、既存モビリティがもたらす価値観でトレードオフとされている、「料金」「定時性」「快適性」「利用時間・場所の自由」の4観点とした。

この比較の結果、PRTが、4観点をバランスよく兼ね備えた理想のモビリティであるという結論に至った。

PRTは統合制御型であることから、車体で制御を行う自動運転車に比べて、車両自体の投資コストが低

く、安価に提供される可能性が高い。また、統合制御であることから、自動車のような渋滞はなく、鉄道同様に定時制を担保しやすい。更に、小型車両であるため、プライベート性を担保しやすく、自家用車に近い快適性を持つことができる。利用時間・場所の自由については、流石に自家用車のように好きな時に自宅から目的地までノンストップで、とはいかない。ただ、実用化を考えると、少なくとも現在の幹線道路網に相当するレベルまでのカバーや、活動時間帯の自由な利用は想定できるため、十分理想的な水準であると思われる。以上の内容を鑑みた時、PRTよりも上記4観点が秀でたモビリティはおらず、PRTこそが理想のモビリティであると結論付けた。(図8)

なお、この比較では、既存インフラの制約はあえて考慮していない。既存の価値観を改善する理想のモビリティをフラットに考えるに際して、現実の制約を踏まえた導入可能性を考慮することは非合理であると考えたためである。また、モビリティが出せる速度という観点もあえて外している。当然、各モビリティで最高速度の差はあるが、利用者として重要なのは目的地までに要する所要時間である。所要時間はシチュエーションにも左右される上、既に比較項目としている、定時性や利用時間・場所の自由などの観点からも影響を受ける。そのため、翻って速度についても除外することとした。とはいえ、圧倒的なスピードから特定の需要に応えている、新幹線などの高速鉄道も無視できないため、これらに関する考慮事項は後述している。

■ 社会コスト面でも PRT は理想的

既存価値観に基づいた利用者視点の比較では、PRTが優れたモビリティであることが分かった。しかし、社会コストの観点ではどうか。例えば、自動車は、利用者所有が前提となっていることから、移動需要に対して車両の供給量が圧倒的に多く、無駄な社会コストを要していることが確認された。また、自動車は車体で制御を行うため、統合制御型の鉄道と比較して車体コストが上がりやすい。また、詳細は後述するが、インフラの視点で見た時は、自動車も鉄道も改善余地がある。こうした社会コストの観点を考慮した時、それ

図8 モビリティ比較による理想のモビリティ特定

		既存の価値観を改善できるモビリティは？				既存の価値観を改善できるモビリティは？			
		料金 ^{※1}	定時性	快適性	利用時間・場所の自由 ^{※2}	車両供給比率 ^{※3}	車両コスト ^{※1}	インフラ効率	インフラコスト ^{※4}
既存	鉄道	○	○	×	×	△	○	△	対象外 ^{※5}
	自家用車	△	△	○	○	×	×	△	
未来	自動運転カーシェア	△	△	○	○	○	×	△	
	電動キックボード	○	×	×	△	△	○	×	
	自動運転BRT	○	△	×	×	○	×	△	
	PRT	○	○	○	△	○	○	○	

※1: 料金/コストが低いものを○、高いものを×で評価
 ※2: 出発地/目的地に近い場所で自由に乗降できる度合いで評価
 ※3: 自動運転の場合、遊休時間の有効活用が可能ため高く評価
 ※4: 合理性をフラットに評価するため、既存インフラ制約を除外した設定で評価
 ※5: 敷設距離に影響することに加え、既存の道路と線路の比較としても1km当たりの費用を単純比較することが困難なため

でも PRT が優れたモビリティと言えるのか。これらの状況を踏まえて、換算的に、利用者視点での比較に加えて、社会コスト面での比較も実施した。

今回の比較も、既存モビリティと未来モビリティの6種類で行った。評価項目は車両とインフラ、それぞれで取り上げている。車両は、移動需要に対する車両供給量の多寡を意味する「車両供給比率」と車両製造に要する費用の「車両コスト」を、インフラについては、インフラ面積当たりの輸送量を意味する「インフラ効率」を設定した。車両同様にインフラに対してもコスト項目を設定することを検討したが、「インフラコスト」は敷設距離に影響することに加え、既存の道路と線路の比較としても1km当たりの費用を単純比較することが困難で条件によって優劣が異なることから、今回は対象外とした。

比較の結果、改めて社会コストの面でも PRT が最も理想のモビリティであるという結論となった。まず、車両供給比率は、自家用車のような所有型ではないことから供給量を抑えやすい。更に、自動運転であることから、夜間も含めて継続的に稼働しやすく遊休時間を抑えやすい。さらに車体コストについては、鉄道と

同様に集中制御を前提とすることで、車体側に高度な判断機能を過度に持たせる必要がなく、安価に生産することができる。インフラ効率も自動車と鉄道の課題を共に解決できるため、優れた評価となっている。

このインフラ効率については補足をおきたい。まず、既存の4モビリティ（自動車・鉄道・航空・船舶）で行った比較から説明していこう。(図9)

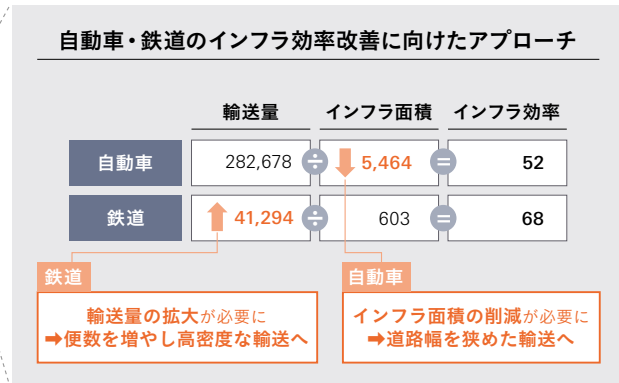
インフラ効率とは、同面積のインフラでどれだけの輸送効果が果たされたかを、モビリティ間で比較するために設定した数値である。分母をそのモビリティで必要とするインフラ面積とし、分子はそのモビリティで輸送した人や貨物の総量（トンキロベース）としている。このインフラ効率を4つのモビリティで算出した結果、自動車・鉄道は著しく低い結果となり、いずれも航空の約4分の1、船舶の約200分の1の水準となっている。この結果は、自動車と鉄道が陸上を走行するため軌道となるインフラを多く作る必要がある一方で、航空と船舶は必要なインフラは主に離発着の拠点だけであるという、モビリティ毎の特性による影響も大きい。ただ、その一方で陸路故に利用量が多いといった特徴もあり、投資対効果という観点から、

図9 インフラ効率の比較

	輸送量 ^{※1} (百万t・km)	インフラ面積 (km)	インフラ効率 (百万t・km/km)
自動車	282,678	5,464 ^{※2}	52
鉄道	41,294	603 ^{※3}	68
航空	43,906	162 ^{※4}	271
船舶	9,666,967	636 ^{※5}	15,188

→ 自動車・鉄道のインフラ効率は低い

※1: 旅客・貨物両方の合算値(旅客は1人当たり60kgとして重量換算)
 ※2: 高速道路、国道、都道府県道、市町村道の面積を合算
 ※3: 線路用地と駅用地の面積を合算
 ※4: 空港の敷地面積を合算し、敷地面積が公表されていない空港は滑走路面積を基に推計
 ※5: 臨港地区の面積を合算。漁港区は人やモノの移動を支えるインフラではないと考え、対象外



決して高くない、自動車と鉄道のインフラ効率は改善すべきである。

まず、自動車のインフラ効率の改善には、道路面積を縮減する方向性が求められる。自動車は、輸送量は大きいものの、インフラ面積が突出して大きいことから、結果的にインフラ効率が低くなっているためだ。面積を減らすことにより、利便性が低くなつては本末転倒であるため、縮減の手法としては、道路幅を狭めても走行可能な状況を作り出すことが必要である。

鉄道の改善はその逆で、インフラをより高頻度に活用し、輸送量を拡大する方向性が求められる。鉄道は、インフラ面積自体はそれほど大きくないため、あくまでインフラ効率を改善するという観点だけでいえば、便数を増やし高密度な輸送とすることで輸送量を増やすことが必要である。

PRTは、この自動車と鉄道のインフラ効率の改善がいずれもなされたモビリティである。自動車で挙げられた道路幅を狭める点でいえば、PRTは鉄道同様にレール上を走行するため、自動車のように不要な道路幅を有する必要はない。また、PRTは小型車両であることから、一定の輸送量を運ぶためには、自動車のように間隔を狭めて高頻度に運行せざるを得ず、鉄道で挙げられていた高密度な輸送は自ずと実現されているのである。

以上を踏まえると、PRTは、インフラ面でも車体面でも、社会負担を相対的に小さく抑えながら運用できるモビリティであることが分かった。つまり、PRTは全ての観点で突出しているわけではないものの、利用者視点でも社会コスト面でも、高い水準でバランスのいいモビリティであり、理想のモビリティであると言ってしまう問題はなさそうだ。

■ 現実化する自動車・鉄道の収束

さて、ここまでのモビリティ比較の内容を鑑みると、理想のモビリティであるPRTは、自動車と鉄道の間中に位置するモビリティであるように思えてこないだろうか。例えば、両者が定着させた価値観は完全に真逆であり、PRTは両者の良い面を実現するものであった。また、インフラ効率の観点でも、PRTは両者の良い要素を採用する形で改善を成しえていた。そもそも、PRTの特徴である、小型車両の走行は自動車的で、決まった経路を走行する面では鉄道的である。つまり、結果論ではあるものの、自動車と鉄道の収束地点にあるモビリティこそが理想のモビリティなのである。

そのように考えた時、実はこの収束は、近年の技術発展により既に現実化しつつあることに気がつく。

まず、自動車側については、自動運転・電動化・統合管制の3つの技術発展が挙げられる。

まず、自動運転は、人が都度判断しながら運転する形態から、システムが車両の挙動を管理する形態への移行である。鉄道では、以前から列車同士の間隔や速度をシステム側で管理し、加減速や停止位置も機械的に制御する等、自動運転を実施してきた。自動車の自動運転化は、鉄道に近づいていく動きとして捉えることもできるのである。

続いて、電動化は、動力源をガソリンから電気へと移行することだ。鉄道では、電線により電気を動力源とした運行がすでに当然のものとして定着している。こうしてみると電動化も、自動車の鉄道化のように思えてこないだろうか。

最後に、統合管制は、個々の車両がそれぞれに動く分散的な制御から、全体を一体的に管理する集中的な制御への転換することだ。渋滞解消の観点から、自動車でも検討がなされている。この統合管制についても、もちろん以前から鉄道で実施されてきたものだ。

このように自動車の技術発展は、鉄道への接近を感じざるを得ない。

一方、鉄道側も、自動車的な運行に近づいていく動きが見られる。

その代表例の一つが、三菱重工の Prismo である。Prismo は、蓄電池駆動型の鉄道であり、駅停車中の急速充電と減速時の再生電力の活用によって運行する。架線という電力供給の固定インフラに依存しないばかりか、駅間の給電設備を不要にし、軌道構造の大幅な簡素化も可能にしている。蓄電池駆動は EV 的であり、鉄道側からの自動車への接近を感じることができる。

他にも、過疎地を中心に行われている鉄道の 1 両運行の例も挙げられる。例えば、JR 西日本の 125 系は、両運転台付きの単行電車として開発されており、1 両だけで折り返し運転やワンマン運転に対応することができる。すなわち、鉄道においても長編成・大量輸送だけでなく、小回りの利く自動車的な運行が行われ始めているのである。

このように、自動車側では鉄道的な運行を可能にする技術が、鉄道側では自動車的な運行を可能にする技術が発展してきている。両者の収束は、ただの理想論ではなく、技術進化の延長線上にある現実的な可能性

として捉えることができるのである。

理想モビリティに対する、現実的な考察

■ PRT の課題を他モビリティで補う、理想のモビリティ構成

PRT は利用者視点でも社会コスト面でも有力だが、PRT 単独でモビリティ社会を完結できるわけではない。例えば、比較ではあえて項目から外した「速度」について、現在新幹線などの高速鉄道が担っている移動を PRT で代替することは難しい。また、価値観の比較で項目に取り入れた、「利用時間・場所の自由」は自家用車の実現していた水準まで PRT で満たすことは困難である。これらの課題は、他のモビリティでどのように補完するかまで含めて検討する必要がある。

まず「速度」について、PRT の最高速度は 40 ～ 50km / h 程度とされており、都市内や中距離の移動には適しているが、高速かつ長距離の移動を担うには限界がある。一方で、こうした高速長距離の移動需要は、未来においても継続的に存在するだろう。そのため、非常にシンプルな解決策ではあるが、現代でいう新幹線のような高速鉄道は今後も持ち続けることが必要だ。また、一定距離以上であれば、航空機での移動が有効となることも現在と同一であろう。

続いて「利用時間・場所の自由」である。PRT はあくまでレール上を走行するため、自家用車のような完全な End to End の移動を実現するためには、全ての家までレールを引く必要があり、現実的ではない。そのため、自家用車で実現できていた、「いつでもどこでも自由な移動」の内、「どこでも」という場所の観点には一定の制約が発生してしまう。とはいえ、実用化される PRT は、少なくとも現在の幹線道路網に相当するレベルまではカバーしうると考えられるため、PRT が届かない末端部分のみを別のモビリティで補完する必要がある。ここで現実的な候補となるのが、短距離特化型モビリティである。具体的には、電動キックボード、簡易的な自動運転シェアカー、自転車等が想定される。これらは、PRT の乗降拠点から最

終目的地までの短距離移動、すなわちラストワンマイルを担う存在として位置づけられる。PRT が幹線を担い、短距離特化型モビリティが末端をつなぐことで、End to End に近い移動を実現できるはずである。

以上を踏まえると、理想のモビリティ構成は、PRT を基幹とし、高速鉄道が長距離高速移動を、短距離特化型モビリティが末端移動を補完する多層的な構造になると我々は考えている。

■ 現実的な 2050 年のモビリティ構成

では、PRT を中心としたモビリティ社会は本当に到来するのだろうか。

結論から言えば、その方向性そのものは変わらないものの、一足飛びに移行することは難しいと考えられる。

最大の理由は、既存インフラの制約である。先の比較では、合理性をフラットに評価するため、既存の道路や線路といったインフラ制約をあえて捨象して比較を行った。しかし現実には、現在のモビリティ社会は、膨大な道路網と鉄道網の上に成り立っている。これらを全て PRT のルールに短期間で置き換えることは現実的ではなく、既存インフラは理想的なモビリティ構成への移行を阻む強い制約条件として作用するはずである。

加えて、人々の価値観変容に要する時間も制約となりうる。モビリティは、単に新しい技術や手段が存在するだけでは普及しない。人々がその移動手段を自然なものとして受け入れ、利用の仕方に慣れ、価値を感じるまでには時間がかかる。仮に既存インフラの制約がなく、PRT 網が爆発的に整備されるのであれば分からないが、既存インフラが大きく残る現状では、新たな手段そのものが急速に普及しにくい。結果として、既存の価値観の変容もまた加速しにくい。結果として、既存の価値観は未来の変化を促す要因である以前に、当面は変化を遅らせる要因として機能する可能性が高い。

それでは、現実的な未来のモビリティ構成はどのようなものなのだろうか。

既存の価値観を鑑みると、人々が本質的には PRT 的なモビリティを求めていることには間違いはないため、自動車と鉄道が歩み寄る方向性そのものは変わら

ないと考えられる。そのため、例えば 2050 年という時間軸を設定するならば、自動車では自動運転カーシェアの普及、鉄道では一部の赤字路線の自動運転 BRT への転換などが、現実的な到達点ではないかと思われる。

まず自動車側では、自動運転技術により輸送サービスが拡大し、自家用車所有から利用へのシフトが進むと考えられる。また、先進国を中心に人口減少とそれによる販売減少も予見されるため、OEM は製造・販売だけでなく、輸送サービス事業への参入も求められるだろう。なお、本予測の詳細については、本稿を含むモビリティ産業の未来を探る連作論考の自動車編に記載している。

一方、鉄道側では、赤字路線の維持という課題を自動運転 BRT で解決していくと考える。PRT とも同様だが End to End の移動のために、短距離特化型モビリティも含めた導入が想定される。その際、鉄道事業者の沿線ビジネスも沿線から生活圏へとシフトしていくことも予見される。本予測の詳細については、本稿を含むモビリティ産業の未来を探る連作論考の鉄道編に記載している。

以上の通り、2050 年に想定される現実的なモビリティ構成は、自動車では鉄道的な自動運転サービスの普及、鉄道では一部の路線が自動運転 BRT に転換するという、収束過渡期の姿である。この収束傾向を鑑みると、その延長線上の未来には PRT を中心とした理想のモビリティ構成が位置する可能性もあるかもしれない。

おわりに

本稿では、現在のモビリティが内在する歪な価値観を起点に、モビリティの未来を考察してきた。まず、モビリティ横断の分析から、お金や定時性と快適性や利用時間・場所の自由はトレードオフである、という現状の価値観を特定した。そして、その価値観を覆す理想のモビリティとして、PRT にたどり着いた。さらに、価値観やインフラの面から見た時に、PRT は

自動車と鉄道の収束点に位置し、その収束は既に兆候が見えていること、また 2050 年時点では自動運転カーシェアや自動運転 BRT 等を通じてその方向へ近づいていく可能性を提示してきた。

本文でも触れた通り、PRT を中心としたモビリティ社会をすぐに実現することは困難である。既存インフラの制約もあれば、人々の価値観の変化にも時間を要する。しかし、既存の価値観を鑑みた、自動車と鉄道の歩み寄りという大きな方向性そのものは、今後も変わらないだろう。我々は、今回擱んだこの兆候に注視していきながら、モビリティ各社・行政とともに、次世代のモビリティ社会の実装に向けた議論をさらに深めていきたい。

参考：インフラ負担率の集計内容の詳細

鉄道の分析の際に行った、各モビリティのインフラ維持更新費用の負担者比率に関する集計について、その集計方法とモビリティ毎の特徴を詳細に説明する。

集計は、①集計単位の検討、②集計単位毎のプレイヤー整理、③プレイヤー毎の負担額／率の集計の 3 工程で行った。

①集計単位の検討

まず、運営形態を元に、モビリティ毎にどの単位でインフラ費用を集計すべきかを検討した。これは、同じモビリティで利用するインフラでも、利用用途などが異なることによって、運営形態が異なり、費用負担の割合やそもそも登場するプレイヤーにも相違があるためである。具体的には、自動車では、国・自治体が保有する一般道路と、高速道路会社が保有する高速道路に分類するといった具合である。なお、船舶については、国際戦略港湾、国際拠点港湾、重要港湾、地方港湾といった区分が存在するものの、いずれも自治体が保有し、コスト構造にも大きな差が見られないことから、分類せず全体を一つの集計単位にする方針とした。

②集計単位毎のプレイヤー整理

次に、集計単位毎にインフラを負担しているプレイヤーの整理を行った。当該整理は、インフラの新設・更新工事費や維持管理費を直接的に負担するプレイヤーと、当該プレイヤーへの利用料等の支払いを通じて間接的に負担するプレイヤー毎に行った。具体的には、自動車の高速道路は、直接的な負担は高速道路会社である一方、利用者が通行料として間接的な負担を行っているといった具合である。(利用者はタクシーやバスなどの運行事業者と自家用車保有者に分けて集計している) なお、鉄道については、インフラ名目として考えられる間接的な負担が存在しなかったため、集計は行っていない。

③プレイヤー毎の負担額／率の集計

最後に、各プレイヤーのインフラ負担額と負担率を算出した。基本的にはプレイヤーが負担した金額の積み上げとなるが、直接的な負担と間接的な負担が共存する部分は、直接負担額から間接負担額を差し引くことで、実質的なインフラ負担額を算出した。具体的には、前述の高速道路の例でいうと、高速道路会社の負担額を算出するために、高速道路会社が直接負担する費用から、利用者が間接的に負担している通行料分を控除するといった具合である。

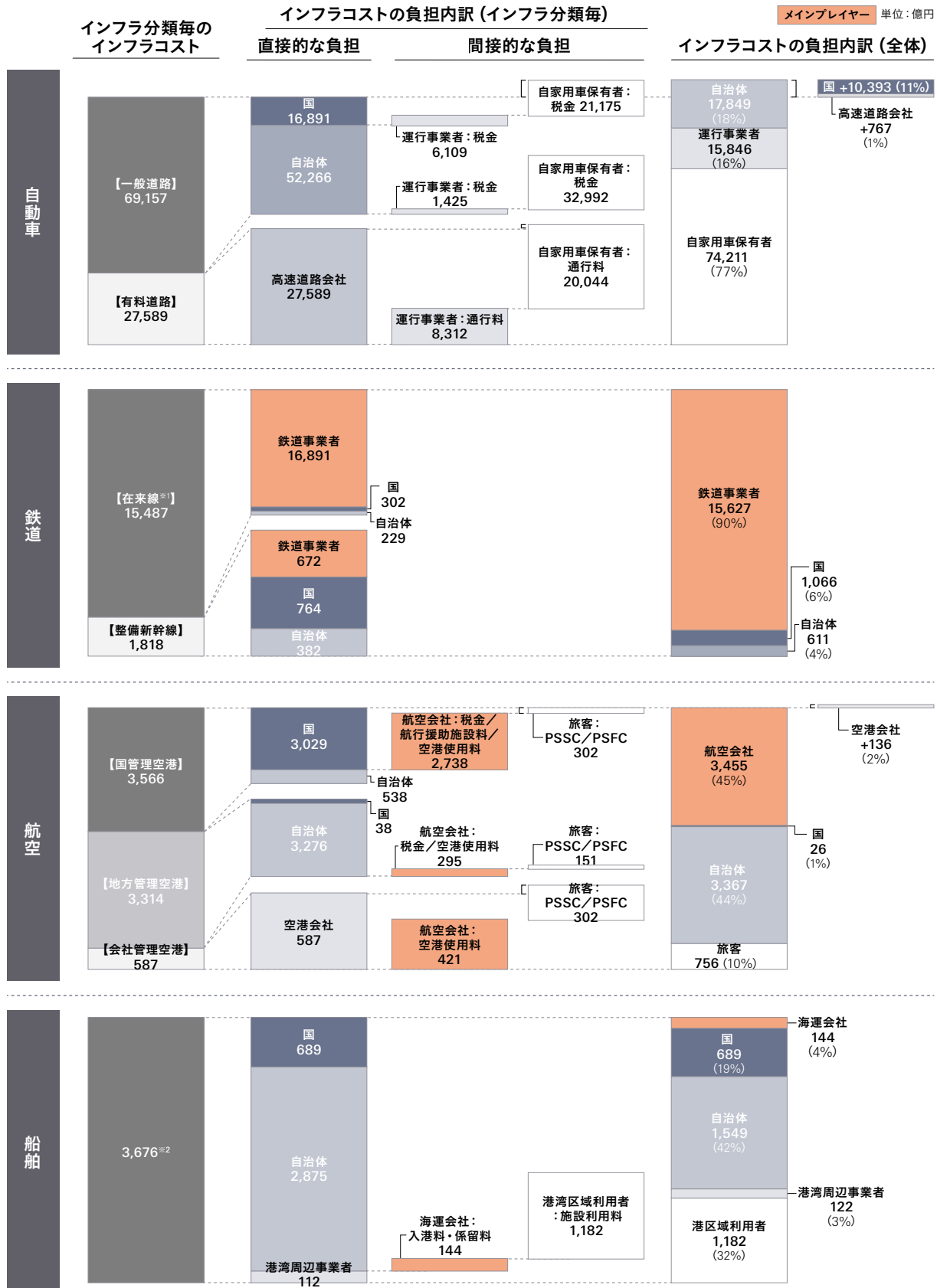
なお、負担額の算出にあたっては、主に政府統計を用い、船舶以外は 2017～2019 年、船舶は 2018～2020 年の平均値を採用した。平均期間については、各モビリティに関するインフラ投資額の大局的な推移と統計データの取得可能性を踏まえ、総合的に設定した。

また、各プレイヤーのインフラ負担率は、算出したプレイヤー毎のインフラ負担額を総インフラコストで除することで算出している。

インフラ負担額もインフラ負担率も、①で設定した集計単位での集計に加えて、モビリティ単位での集計も行っている。

以上の工程を経て算出したモビリティ毎の集計結果を見ると、インフラ負担の構造はモビリティごとに大きく異なっている。そのため、各モビリティの特徴と集計における補足事項を、以下で説明する。(図 10)

図10 モビリティのインフラ負担率比較



※1：整備新幹線以外の新幹線も含む

※2：国際戦略港湾、国際拠点港湾、重要港湾、地方港湾を対象としたインフラ総コスト

自動車は、自家用車保有者や運行事業者といった間接的なインフラ負担者の負担率が高い傾向にある。国や自治体、高速道路会社といったプレイヤーが直接的な負担をしているものの、前述した高速道路の通行料や、一般道路についても各種税金等によって大部分を賄われている状況だ。また、産業のメインプレイヤーである OEM は、インフラ負担主体に含まれておらず、インフラ負担率は実質的にゼロとなっているのも特徴的だ。

なお、一般道路を賄う税金については、自動車重量税、自動車税、軽自動車税、自動車取得税、揮発油税、軽油引取税を指す。全てが、地方税に該当しており、自動車重量税と揮発油税については、国税にも該当する。また、自動車税と軽自動車税は、財産的性格と道路損傷負担金的性格を併せ持つため、50%繰り入れとしているが、その他の税金は道路特定財源として設立されているため、100%繰り入れとした。

鉄道は、鉄道事業者がインフラ負担の約9割を担っており、各モビリティ産業のメインプレイヤーの中でも最も高い負担率となっている。ただ、整備新幹線に限っては、建設費は鉄道会社からの貸付料を充てた後、国が3分の2、自治外が3分の1を負担する整理となっており、鉄道会社負担は少ない傾向にある。

なお、整備新幹線については、実際には国交省管轄の JR TT がインフラを保有し、鉄道会社が貸付料を支払うという構造となっている。ただ、保有のみで、費用負担は国と自治体にあるため JR TT の記載は除外した。

航空は、航空会社と自治体がインフラ負担の約9割を担っており、両者がほぼ並ぶ構図となっている。産業のメインプレイヤーである航空会社のインフラ負担率は約45%であり、鉄道事業者ほどではないものの、高い水準にある。

なお、航空会社は、税金・航行援助施設料・空港使用料の3つの費用負担をしている。税金は国税である航空機燃料税であり、この内13分の2は空港が所在する自治体に分配される制度のため、そのように集計している。航行援助施設料は、レーダーや誘導灯等の管制・航行援助施設の利用対価として国土交通省に支払う料金である。空港使用料は、着陸料・停留料・保安料といった滑走路や空港施設の利用時に支払う料金であり、機体重量と騒音レベルに基づいて定められている。

また、旅客が、PSSC・PSFCを負担している。PSSCは空港の保安対策のために徴収する料金を、PSFCは空港の施設維持のために徴収する料金であり、航空券購入時に支払われる。

船舶は、自治体が約42%、港湾区域利用者が約32%、国が約19%の負担となっており、海運会社の負担は約4%にとどまる。海運会社は、船舶が入港する際に自治体に支払う地方税の入港料や船舶が停泊する際に支払う係留料などの負担はあるが、産業のメインプレイヤーとしては、かなり限定的な負担である。

なお、港湾周辺事業者とは、港湾周辺の工場や事業場を保有し、港湾整備によって直接的な利益や恩恵を受ける事業者であり、受益者負担金としてインフラ費用を負担している。

また、港湾区域利用者とは、荷主や物流事業者等の、港湾施設や水域を利用する事業者や個人であり、施設利用料として、荷さばき地使用料やコンテナ保管料等を支払っている。

ベйкаレント・インスティテュート 若林 哲
ベйкаレント・インスティテュート 齋藤 弘樹
ベйкаレント・インスティテュート 谷川 倫太郎