

パーソナルデータを活用した個人レベルでの移動快適性に関する研究

A Study on Individual Quality of Transportation by Using Personal Data

学籍番号 47-186766
氏名 種村 京介 (Tanemura, Kyosuke)
指導教員 柴崎 亮介 教授

1. 研究の背景と目的

国土交通省が 2018 年に公表した「鉄道輸送統計調査」によると、年間鉄道利用客数は増加傾向にあり、平成 29 年度における全国の鉄道における利用客数はおよそ 250 億人であった。また、首都圏における一日の鉄道利用（通勤・通学）時間は一人当たりおよそ 74 分という調査結果が出おり、鉄道移動は我々の生活に必要不可欠であることが伺える。その一方で慢性的な車内の混雑や、鉄道各社による相互乗り入れ、路線拡張の影響による乗車時間の長時間化は社会問題となっており、鉄道乗車時の快適性の損失やストレスの大きな要因となっている。

この現状から、行政や鉄道事業者はハード・ソフトの両面から鉄道移動の質そのものを高めることでストレスフリーな鉄道移動を目指している。しかし、鉄道利用時に利用者が感じる快適度やストレスを定量的に表す指標は確立されていない。そのため、上述したような快適性を確保するための施策の効果を、直接的に快適度合いという観点から定量的に検証することは難しい。

鉄道利用に関する快適性を測る従来の判断基準として、「地域別鉄道利用発生集中交通量」や「地域別通勤時間構成比」などの地域統計が用いられてきたが、これらは地域レベルかつ輸送の効率性という観点で快適

度を推測することしかできず、必ずしも鉄道乗車時の個々人の快適性の実態を表しているとは言えない。

また利用者は、現在リリースされている路線案内アプリの金額、乗り換え回数、乗車時刻のみの評価基準によって、鉄道経路を選択している。しかし、これらの指標では、利用者を問わず全ての人に対して同様の結果を表示しており、提示された経路は一部の利用者にとって快適と感じる可能性がある一方で、必ずしもすべての利用者にとって快適とは限らない。加えて、不快的と感じる要素やその比重は個々人間で異なることから、路線案内はそれらを考慮した個人レベルで提案することが今後一人一人の QOL を向上させるうえで望ましいと考えられる。

これらの背景から本研究では、パーソナルデータで、生理心理学においてストレスと有意な関係があるとされている心拍数について、移動の快適性を定量的に把握する指標としての有効性検討する。さらに、位置情報やバイタルデータをはじめとする多様なパーソナルデータから、個々人にとって最適で快適な移動の傾向を分析し、そこから鉄道利用時の快適性を定量的に評価する指標の構築、および、その指標を用いて最も快適な鉄道経路の個々人レベルで推定する手法の検討を行うことを目的とした。

2. 使用するデータと研究手法

2.1. パーソナルデータ

本研究では、スマートフォンの測位機能から得られる移動データ (Google Takeout より取得), ヘルスケアデバイスである Fitbit Charge2 によって測定された心拍数と歩数をパーソナルデータとして用いた。

2.2. 鉄道利用時の快適性の記録

被験者は、実験期間内で鉄道に乗車した際に、実績データとして、アンケートを通じて「乗車駅」、「乗換駅」、「降車駅」を記録した。

さらに同一のアンケート内で、乗車状況データとして任意の駅区間における「車内の混雑度」、「車内の快適度」、「着席の有無」、「駅までの移動手段 (徒歩, 自転車, 自動者)」、「乗車目的」、「車内での活動」を記録・回答している。車内の混雑度は, NAVITIME が予測している混雑度と, 被験者が 100% 以下, 100%, 125%, 150%, 175%, 200% の六段階で申告してもらった混雑度の平均値をその時間帯の混雑度とした。また, 車内の快適度は, 1 (非常に不快) から 5 (非常に快適) の 5 段階評価で回答している。

2.3. 環境データ

これらのデータの他に、鉄道利用時に考えるストレス要因をデータ化した。本研究では、乗車時の「時間帯」、「気温」、「直近 10 日間の平均気温との気温差」、「天候」、「飲酒の有無」、「遅延の有無」、データ取得時までの「累計乗車時間」、「累計乗換回数」を用いた。

2.4. データの統合

次に、全てのデータをそれぞれが測定されたタイムスタンプによって統合した。しかし統合されたデータには鉄道による移動

をはじめ、徒歩、車による移動、滞留などの場合も含まれている。そこで、図 1 のプロセスによって、鉄道移動時のデータのみを抽出した。

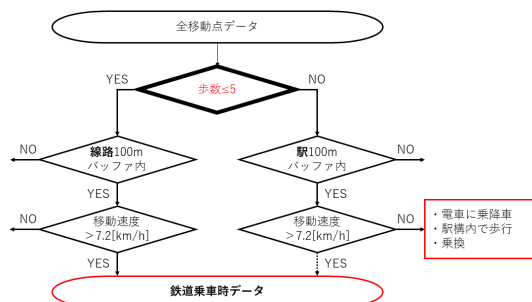


図 1 鉄道移動データ抽出フロー

これまでの鉄道移動時データの抽出方法では線路との位置関係と移動速度によって鉄道による移動モードと推定されていた。しかし、この手法では鉄道に乗車しているにも関わらず駅に近づく際の減速を歩行と捉えられてしまう可能性があるなど、乗降車時や乗換時の精度に課題があった。しかし本フローでは歩数を活用したことで、駅構内での活動と車内での活動を分単位で判別することができ、鉄道移動データの抽出と同時に、駅構内の移動 (乗降車, 乗換等) も抽出することができた。

2.5. 快適性指標として心拍数の可能性検証

既往研究では、ストレスを感じると心拍数は有意に増加することが示されている。そこで被験者が記録した車内の快適度と、同時刻の心拍数を比較し、両者の関連性について調べた。また, Koslowsky, et al

(1995) によると、鉄道利用時のストレスサーとして、混雑度などの車内環境を挙げている。このことから、車内環境の変化と心拍数の推移に有意な関係性があるか検証した。

2.6. 予測モデル

上述の統合データを用いて、多変量解析の一つである重回帰分析から、任意の鉄道乗車時の心拍数を数学モデルで予測した。重回帰分析では、被説明変数に心拍数、説明変数にアンケートの回答結果、環境データそして乗換回数や乗車時間などの鉄道乗車に関連するデータとして分析を行った。

3. 結果と考察

3.1. 鉄道乗車時データの抽出結果

本研究では健康男性成人5名、健康女性成人1名の2018年8月から2019年6月までの間のデータを用いて分析を行った(図2)。その結果、被験者6人のデータで抽出処理を行ったところ、正解率は84.62%、乗換回数の正解率は93.12%と高い精度で抽出することができた。

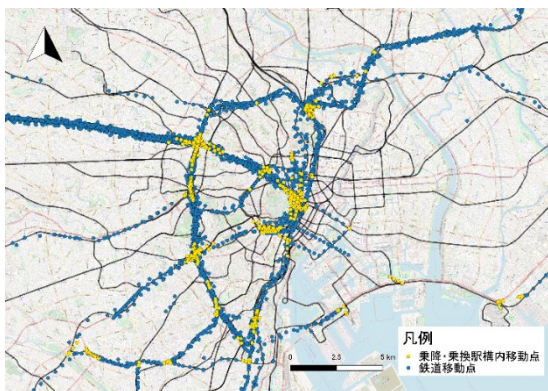


図2 抽出された鉄道および駅構内移動点

3.2. 快適度と心拍数の関係

上で述べた操作によって抽出された各被験者の鉄道乗車時データ(以下乗車データ)から心拍数とアンケートで回答された快適度の関係について分析し、グラフで表すと図3のようになった。

回答された快適度が「低い」とは、何らかのストレッサーによって鉄道乗車中の快適

度が損なわれたと同義であると言える。

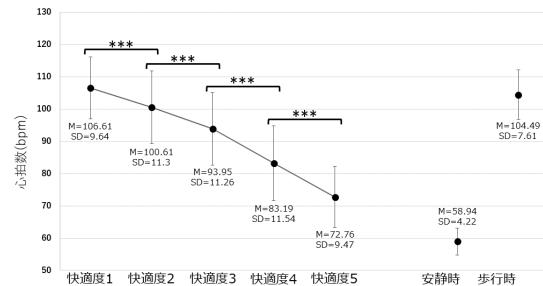


図3 心拍数と快適度の関係

よってそのような場合、交感神経が有意となり心拍数は上昇するとされている。一方で快適度が高いと回答された場合、副交感神経が誘発されており心拍数は有意に低くなると予想される。

今回各被験者の心拍数と快適度の関係について分析してみると、全ての被験者において快適度が高くなるにつれて心拍数は有意に低くなっている($p < 0.001$, 一部 $p < 0.01$)ことがわかった。このことは上述した予想と同じ傾向であることから、心拍数の大小によって鉄道乗車時の快適度を表すことができるといえる。

図4は、あるトリップで生じた車内環境の変化と心拍数の推移を表したものである。図4からは、混雑度や着席の有無といったストレッサーの変化によって、心拍数も変動していることが確認できる。このことから、鉄道利用時の快適性指標として心拍数の有効性が言える。



図4 車内環境と心拍数

3.3. 予測モデルの検証

心拍数を被説明変数とした重回帰分析を行い、4人の被験者ごとの予測モデルをそれぞれ構築した。各被験者の重回帰モデルの予測能は、調整済み決定係数(R^2)によって表すとそれぞれ0.72, 0.85, 0.36, 0.43となり、回帰式の当てはまり度合いは個人によって様々であった。

これらの重回帰モデルを検証すべく、同一人物の学習データとは異なる新規データ約1か月分をそれぞれのモデルにあてはめ、心拍数を予測した。その結果、実測値と予測値の重相関係数および平均絶対誤差(MAE)はそれぞれ、(0.80, 4.69bpm), (0.69, 2.61bpm), (0.25, 7.10bpm), (0.52, 3.75bpm)となった。

図5は被験者Aの7月下旬(時間帯: オフピーク, 通学時)のある平日の鉄道利用時の実測値および予測モデルによって推定された心拍数を表したものである。一日を通してMAEは2.51(bpm)と精度は非常に高い。一方で実測値は突発的に上下しており、予測値から大きく乖離している点も見られた。この日の最大絶対誤差は7.85(bpm)であり、その要因として車内での揺れや騒音などの外的要因だと考えられ、今後それらを特定し、より精度の高いモデルに改良する必要があるだろう。

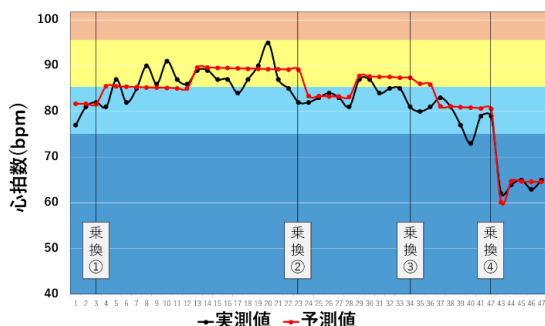


図5 心拍数の実測・測定値の比較

4. おわりに

本研究では、心拍数と他のパーソナルデータを組み合わせることで、個々人の移動快適性について分析し、移動快適性指標としてその可能性について検討した。その結果、快適性が損なわれると心拍数は上昇し、さらに、ストレスサーとして挙げられている車内の環境変化と共に心拍数が変動することがわかった。このことから心拍数の大小によって鉄道乗車時の快適度を表すことができるかと結論付けられる。また、本研究では心拍数と混雑率や温度などの環境データを組み合わせ、心拍数の予測モデル化の検討を行った。その結果、ある程度の精度を以て個人の心拍数の変動が予測可能となった。パーソナルデータを活用することで将来の鉄道利用時の快適度を把握することができ、個人レベルでより快適な鉄道移動を提案することに繋がると考える。図6は7時台に被験者Aが高田馬場駅から東京駅までの4経路(全て起立)で移動した場合の予測心拍数を表している。路線によって心拍数の取りうる範囲が異なることが確認され、将来の最も快適な路線選択に活用できるだろう。

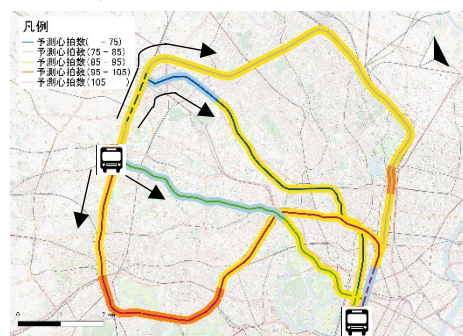


図6 各路線での予測心拍数

参考文献

Meni Koslowsky(1995), *Commuting Stress: Causes, Effects, and Methods of Coping*, Plenum Press