

道の駅の魅力度を定量化するための 立ち寄りコスト推定モデルの構築

羽佐田 紘之^{1,2}・長谷川 大輔³・本間 裕大⁴

¹学生会員 東京大学大学院 工学系研究科 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)

E-mail:hasada-hiroyuki649@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

²一般財団法人 計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9)

E-mail:hhasada@ibs.or.jp

³非会員 東京大学特任助教 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)

E-mail:hasega60@iis.u-tokyo.ac.jp

⁴正会員 東京大学准教授 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)

E-mail:yudai@iis.u-tokyo.ac.jp

これまで整備されてきた道の駅は、地域の拠点としての機能を果たし、立ち寄りに値する魅力的な施設と捉えられている。多くの立ち寄り行動をもたらす道の駅の魅力度を定量化し、整備効果を多角的に検証することが望まれている。そこで本研究では、合成コストが最も小さくなるように移動すると仮定し、Inverse Shortest Paths Problem (逆最短経路問題) により各施設への立ち寄りコストを推定するモデルを構築する。この問題では、各移動者が施設に立ち寄ったルートが最短になるように各施設の立ち寄りコストを割り当てる。ETC2.0プローブデータのような実際のトリップデータを本モデルに入力することで、実際の立ち寄り行動に即した道の駅の魅力度の定量化が可能になる。さらに、推定された立ち寄りコストを道の駅の最適配置へ援用することもできる。

Key Words: 逆問題, 車両プローブデータ, 施設立ち寄り, 道の駅

1. はじめに

道の駅は、休憩機能、情報提供機能、地域連携機能の3つを併せ持ち、通過する道路利用者へサービスを提供する施設として全国各地に整備されてきた¹⁾。しかし近年は、道の駅自体が目的地となり、地方創生・観光を加速する拠点としての役割を果たすことも求められている。つまり、道路利用者がわざわざ迂回して訪問するだけの魅力を、道の駅が有することが期待されている。

本研究では、道の駅へ立ち寄る魅力度を定量的に算出するモデルを構築する。道の駅を訪れる前後の訪問地間の移動を、道の駅への立ち寄り移動として考える。注目すべきは、道の駅へ立ち寄らずにそのまま移動する場合よりも、立ち寄り移動は移動距離や移動時間が増大することである。本研究では、この増大する移動コスト以上に道の駅が魅力的であるがゆえに立ち寄り移動が発生すると仮定して、立ち寄りが発生するために必要な道の駅の魅力度を推定する。つまり、各道の駅の魅力度は、

立ち寄りに伴い増大する移動コストの許容値を表すと考えることができる。提案モデルは、道の駅の魅力度を表すコストと移動コストを合成したコストが最も小さくなるように移動するという制約のもとで、移動経路が最短コストとなるようなコストの割り当てを求める Inverse Shortest paths Problem を用いて、各道の駅のコストを推定する。

提案モデルを適用する実データとして、車両走行記録である ETC2.0 プローブデータから作成した茨城県内の道の駅への立ち寄りデータを用いる。推定されるコストは、接する道路を通過する移動者が単に休憩するのではなく、目的地として道の駅を訪れる際の魅力度を表すものである。この立ち寄り移動の魅力度は、道の駅の性能を評価する新たな指標として有用である。加えて、線形計画法で定式化された提案モデルを用いて推定されたコストは、同じく線形計画法で定式化されることの多い施設配置問題の設定値として入力することができる。つまり、道の駅を新たに整備する際の最適地の検討へと

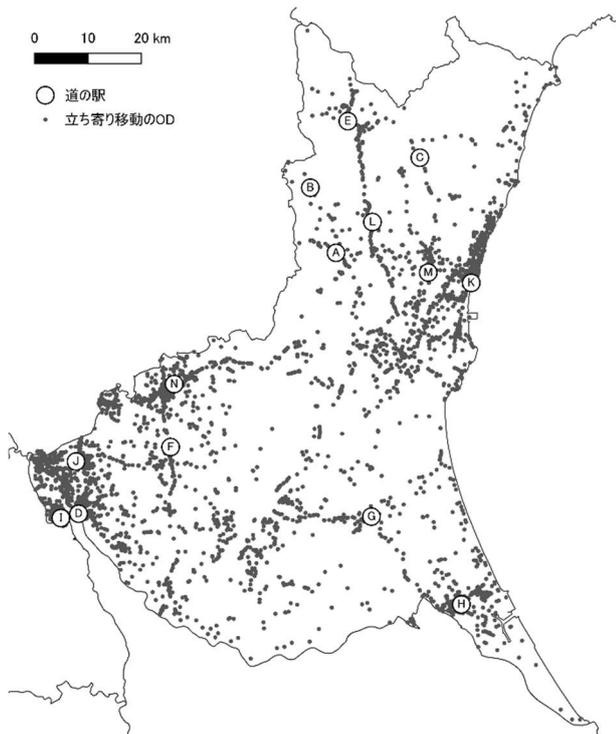


図-1 分析した道の駅の位置と立ち寄りデータの OD

援用できる可能性を有する。

2. 提案モデル

本章では、道の駅などの施設へ立ち寄る魅力度を表すコストを推定するモデルを提案する。提案モデルでは、立ち寄り施設のコストと移動コストの和が、立ち寄らない場合の移動コストよりも小さいために立ち寄り移動が発生すると仮定する。言い換えれば、道の駅へ立ち寄った移動者は、道の駅への立ち寄りコストを加味すると移動コストが最短になるように移動したと仮定する。つまり、立ち寄りコストは必ず負となる。立ち寄りコストが小さいほど、わざわざ大きく迂回してその施設を訪問したことになり、それだけその施設は魅力的であったと考えることができる。移動者のそれぞれが最短経路コストを選んだ場合に、経路上のリンクのコストを求める問題は、Inverse Shortest paths Problem (ISP; 逆最短経路問題) と呼ばれる。ISP は、Burton²⁾によって最初に研究された、移動経路を既知、リンクコストを未知とする問題である。そしてこの問題は、移動経路を未知、リンクコストを既知とする最短経路問題の逆問題に相当する。本研究では、ISP モデルを用いて、道の駅への立ち寄りデータを総合的に勘案して、道の駅に相当するリンクのコストを推定する。ここで道の駅は、ノードではなく、立ち寄り移動の移動経路上のリンクに相当すると考える。

提案モデルは、ETC2.0 プローブデータから得られる

経路情報データへ適用した ISP モデル³⁾を参考に、線形計画法として定式化した。次にその定式化を示す。

$$\min. \quad \sum_{k \in K} \sum_{s \in S} \delta_{ks} (d_{ks} + c_s - u_k) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad u_k \leq d_{ks} + c_s \quad \forall k \in K, s \in S \quad (2)$$

$$u_k \leq d_{kn} \quad \forall k \in K \quad (3)$$

k, K 立ち寄り移動の添字・集合

s, S 立ち寄り施設 (道の駅) の添字・集合

n 非立ち寄りを表す添字

δ_{ks} 立ち寄り移動 k において立ち寄り施設 s へ立ち寄ったとき 1, さもなくば 0

d_{ks} 立ち寄り移動 k の OD 間における立ち寄り施設 s へ立ち寄る場合の移動コスト

d_{kn} 立ち寄り移動 k の OD 間においていずれの立ち寄り施設へも立ち寄らない場合の移動コスト

c_s 立ち寄り施設 s の立ち寄りコスト

u_k 立ち寄り移動 k において移動コストと立ち寄りコストとを加味した最短経路コスト

目的関数(1)は、各立ち寄り移動について、実際に立ち寄った施設の立ち寄りコスト c_s と移動コスト d_{ks} の和ができる限り最短経路コスト u_k に近いことを表す。つまり、道の駅への実際の立ち寄り移動が、できる限り最短コストとなるように各道の駅の立ち寄りコストを求める。制約式(2)は、立ち寄り移動 k の起終点 OD 間において、任意の立ち寄り施設への立ち寄りコストを加味した移動コスト $d_{ks} + c_s$ が u_k 以上であることを定める。制約式(3)は、立ち寄り移動 k の OD 間において、いずれの施設へも立ち寄らないときの移動コスト d_{kn} が u_k 以上であることを定める。(2)と(3)を合わせて、 u_k が、立ち寄り移動 k の OD 間における立ち寄りコストを加味した移動コストに基づく最短経路コストであることを制約する。

3. 茨城県での分析例

本章では、前章で提案した ISP モデルへ実際の立ち寄りデータを入力する

本研究では、ETC2.0 プローブデータの出力様式 1-2 走行位置情報から道の駅への立ち寄りデータを作成した。2019 年 10 月のある平日 1 日の茨城県内の移動を対象トリップとし、図-1 に示す 14 箇所の道の駅への立ち寄り移動を抽出した。表-1 には、各道の駅の重点「道の駅」への選定状況と、各道の駅が有する情報提供機能や地域連携機能に関する主な施設を示している。本研究では、各道の駅を中心とする 500m バッファ内に起終点いずれかのフラグが付いた位置記録があることをもって道の駅への立ち寄ったと判定した。立ち寄り移動の OD も、起終点それぞれのフラグが付いた位置記録から決定した (図

表-1 分析した道の駅の概要と立ち寄りデータの基礎集計ならびにコスト推定値

	重点「道の駅」	主な施設	①立ち寄り回数	②立ち寄らない場合の移動コスト—実際の立ち寄りの移動コスト			コスト推定値 (分)	
			合計(回)	平均(分)	標準偏差(分)	最大(分)		最小(分)
道の駅A		観光案内所, 物産販売所	68	-23.5	32.6	-0.8	-146.7	-182.4
道の駅B		観光案内所, 物産販売所, 体験農場・工房	26	-51.7	64.0	0.0	-212.7	-199.4
道の駅C		物産販売所	10	-38.5	35.2	-1.4	-95.7	-168.8
道の駅D		観光案内所, 物産販売所	404	-15.4	22.3	0.0	-164.4	-184.8
道の駅E		観光案内所, 物産販売所, 温泉保養施設	135	-23.1	46.2	-0.3	-198.9	-193.9
道の駅F		物産販売所, 公園・広場	144	-17.6	25.8	0.0	-125.1	-167.5
道の駅G		観光案内所, 物産販売所, 公園・広場	152	-18.3	24.5	0.0	-123.0	-160.1
道の駅H	○	観光案内所, 物産販売所, 公園・広場	172	-12.5	19.5	0.0	-135.0	-160.1
道の駅I		観光案内所, 物産販売所, 公園・広場	180	-27.3	46.7	0.0	-286.1	-182.2
道の駅J		物産販売所	247	-17.6	20.1	0.0	-170.5	-182.1
道の駅K		観光案内所, 物産販売所, 公園・広場	406	-14.0	15.8	0.0	-87.8	-161.1
道の駅L	○	観光案内所, 物産販売所, 公園・広場, 体験農場・工房	123	-10.1	21.9	0.0	-112.1	-183.2
道の駅M	○	観光案内所, 物産販売所, 公園・広場, 体験農場・工房	154	-9.0	11.3	0.0	-65.1	-159.3
道の駅N		観光案内所, 物産販売所, 公園・広場	327	-16.0	24.5	0.0	-141.2	-170.8

1) . このようにして、2548 回の立ち寄り移動からなる立ち寄りデータを作成した。なお、この立ち寄りデータには、OD が一致する移動、すなわち道の駅と自宅のような他の地点を単に往復するような移動も含まれる。このような移動は、本研究が主に想定している立ち寄り移動とは呼べないが、目的地として道の駅を訪れる際の魅力度を測る上では欠かせない移動である。

各立ち寄り移動の OD や道の駅との間の移動コストは、デジタル道路地図データベースから作成した道路ネットワークに基づく最短所要時間とした。各道路リンクの所要時間は、最新の道路交通センサスである 2015 年度の一般交通量調査結果⁴⁾の旅行速度整理表（都道府県別道路種別別）を用いて計算した。

表-1 は、各道の駅の概要に加えて、立ち寄りデータから分かる各道の駅の立ち寄りに関する集計値と、提案モデルを用いて推定した立ち寄りコストを表す。立ち寄りデータからは、①各道の駅への立ち寄り回数の合計値と、②立ち寄り移動毎に算出できる（立ち寄らない場合の移動コスト）—（実際の立ち寄りの移動コスト）、すなわち立ち寄りに伴い増大した移動コストの正負反転値を各道の駅で集計した平均値、標準偏差、最大値、最小値を求めた。

これらの立ち寄りに関する集計値とコスト推定値を比較して、提案モデルの推定するコストの性質を議論する。表-1 は、①の合計値が大きいほど、および②の平均値が負に大きいほど、コスト推定値が負に大きいという関係がおおよそ成り立つことを示す。これより、提案モデルが推定する立ち寄りコストは、立ち寄りに関する集計値と相関しており、立ち寄りの魅力度を表現できているといえる。一方、道の駅 B, C, L のように、上記の関係が成り立たない道の駅もある。これは、①の合計値や②の平均値は、コスト推定値とは異なり、わざわざ大きく迂回して道の駅へ立ち寄る移動を評価するものではないからである。②の平均値については、大きな迂回をある程度反映するものの、小さな迂回にも影響を受け、立ち寄りに伴い増大する移動コストの許容値は表さない。実際、立ち寄りに伴い増大する移動コストの最大許容値

を表すといえる②の最小値が、コスト推定値と最も良く相関している。しかしこの最小値は、わずか1回の移動を評価したものであることに注意されたい。このように、立ち寄りに伴い増大する移動コストの許容値を表すコスト推定値は、①や②のような簡便な評価値とは異なった視点で道の駅の魅力度を表すことができる。

最後に、各道の駅のコスト推定値の大小の要因を議論する。表-1 が示す重点「道の駅」へ選定された道の駅や情報提供機能や地域連携機能に関する施設が充実した道の駅は、目的地としての魅力度が大きいと考えられる。これらコスト推定値と照らし合わせると、体験農場・工房や温泉保養施設といった特異な施設を有する道の駅のコスト推定値が負に大きく、魅力度が高い傾向にあることが分かる。しかし、それ以外には相関を認めがたいため、さらなる分析へ向けて現地調査やヒアリング・アンケート等が求められる。また、立ち寄りデータをより精緻に作成し、分析対象を茨城県から関東圏等へと広げることが今後の課題である。

謝辞：本研究は、新道路技術会議平成 31 年度道路政策の質の向上に資する技術研究開発（研究テーマ：交通・物流・交流・防災拠点としての道の駅のパフォーマンスと多目的最適配置に関する研究）の一部として実施されたものである。

参考文献

- 1) 国土交通省: 道の駅案内 Web サイト,
<https://www.mlit.go.jp/road/Michi-no-Eki/index.html>.
- 2) Burton, D., & Toint, P. L. (1992). On an instance of the inverse shortest paths problem. *Mathematical programming*, 53(1), 45-61.
- 3) 羽佐田紘之, 長谷川大輔, 本間裕大: 車両プローブデータを活用した道路移動嗜好の逆推定, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会, 2021.
- 4) 国土交通省: 平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査集計表,
<https://www.mlit.go.jp/road/census/h27/index.html>.

(2021. 10. 1 受付)