

自転車道ネットワーク評価に関わる行動分析手法について

東京商船大学 商船学部 助教授 兵藤 哲朗

Behavioral Analysis Models for Bicycle Lane Network Plan

Tokyo University of Mercantile Marine Tetsuro HYODO

Recent bicycle infrastructure plans have been chiefly focused on development of bicycle lanes or “Cycling Road” in urban areas. However, methodologies of evaluating bicycle lane networks have not been examined. Especially, route choice behavior of bicycle users involves several difficulties. In this article, the issues of the behavioral models are summarized and some new methods are introduced. Then we introduce BCI (Bicycle Compatibility Index) which was proposed by the U.S. government. BCI and the new behavioral model have some common features and the possibility of merging the two methods are discussed.

1. はじめに

ここ数年、まちづくりや環境面から自転車利用をプロモートする試みが活発に展開されている。国土交通省の「自転車施策先進都市（現時点で28都市）」（図-1）¹をみると、レンタサイクルや本格的な、ヨーロッパ風の自転車道整備計画まで見受けられ、駅前不法駐輪対策が中心的に議論されてきた時代とは大きく趣を異にしていることが確認できる。市街地の道路幅員構成が貧弱なわが国では、欧州流の、自転車を車両扱いとした自転車道ネットワークを構成することは困難を伴うことは明らかであるが、それでもこの風向きの変化を個人的には歓迎したいし、そのための各種交通計画方法論を多角的に検討する時期が到来したと思いたい。

本稿では筆者らが1990年代半ばより検討を重ねてきた、自転車道ネットワーク評価のための定量的手法を中心に、自転車道計画に資する調査・計画方法について幾つかの話題を提供したい。

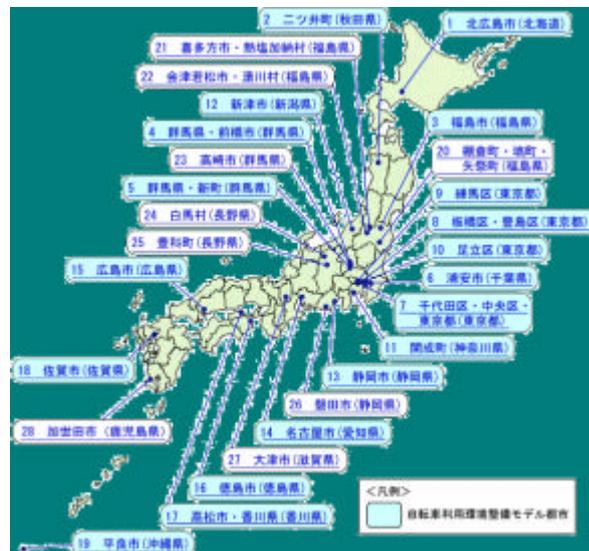


図-1 28の自転車利用環境整備モデル都市

2. 自転車利用者の経路選択行動

ここでは自転車道を新たに整備したときの利用者の行動変化や、自転車道の需要推計を中心に考察する。整備された自転車道について、どの程度の需要があるか。自転車道といえども需要予測は必要であるし、需要予測の方法論が準備されてい

¹ <http://www.mlit.go.jp/road/road/bicycle/> より

れば、都市内の空間的な自転車道ネットワーク配備計画も評価しやすいはずである。道路であれば、OD表とリンクパフォーマンス関数から、均衡配分手法により各リンク交通量が推計され、整備効果を測ることができるが、自転車道でも同様の手順を踏襲することはできないであろうか。道路を利用する自動車と自転車とのネットワーク評価からみた主な相違点は下記の通り想像される。

- 1) 自転車道では、交通量の関数であるリンクパフォーマンス関数を設定しにくい
- 2) Wardrop 原則で仮定される、「一般化所要時間(費用)最小経路を選択する」という行動規範も仮定しにくい
- 3) 道路ネットワーク以上に利用可能リンクが多く、経路選択行動を考えたときに選択肢集合を設定しづらい

上記 1)、2)については、「自転車は最短経路を選択する」という規範が適用できれば、特段の問題はないが、実際には自転車利用者は、迂回してでも広幅員の歩道を擁するリンクや、危険箇所の少ない安全なリンクを利用することが確認されている。図-2は、過去の自転車利用実態調査²から得られた「迂回率」の推計結果である。自転車利用経路アンケートから得られた個人の利用経路距離を、対象都市のGISデータから作成された道路最短経路距離で除した値を「迂回率」と定義している。結果より、迂回率は3都市で似通った傾向を示している³こと、および自転車利用者が必ずしも最短経路を選択していないことが確認できる⁴。このような、「迂回してでもアメニティの高いリンクを利用する」という結果は、自転車道整備効果を測る上でも根元的に考慮すべき行動である。

さて、前記 3)の選択肢集合の問題であるが、これは道路ネットワークの場合と本質的には同じ課題を抱えている。自動車でも、経路の選択肢集合を規定することは困難であり、それを回避する方

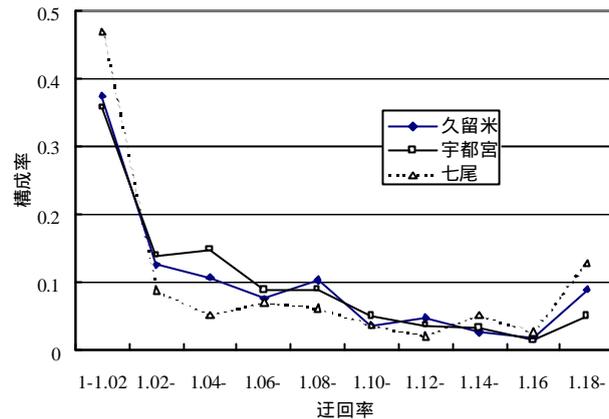


図-2 3都市の自転車利用経路の迂回率

法論が多く提案されている⁵。中でも、「最短距離経路」「最短所要時間経路」「通過交差点数最小経路」など、各特性別に選択肢を設定する Labeling Approach は自転車経路選択にも適用可能な有力な方法論と思われるが、選ばれる特性に特段のルールがある訳ではなく、結果は分析者に依存することになってしまし、そもそも自転車道リンクの取り込み方も不明確である。

このような課題への一つの方法として、筆者らは「重複率最大化モデル」を提案してきた。これは従来の経路選択モデルにおける「有限選択肢から最大の効用を持つ選択肢を選ぶ」という行動規範を離れ、「選択された経路は利用者が知覚する最短経路である」という前提を仮定している。つまり、離散選択モデルで必須となる「選択肢集合」を明示的には扱わないことになる。これは、例えば広幅員の歩道を有するリンクは、実際のリンク長より短く知覚されるという仮定をおいている。未知パラメータは、歩道の有無ダミー変数や道路幅員に乗ぜられることになり、その推定は、知覚距離最短経路と、実際の利用経路の「重複率」が最大になるように行えばよい⁶。下記は久留米調査および宇都宮調査データに、この重複率最大化モデルを適用した結果である。

² 久留米市調査(1995年、サンプル数302)、宇都宮市調査(1996年、サンプル数507)、七尾市調査(1999年、サンプル数196)より。

³ 距離で重みを取り、平均迂回率を算出すると、久留米=1.08、宇都宮=1.08、七尾=1.09とほぼ同じ値となる。

⁴ 目的別で迂回率を算出すると、通勤・通学で迂回率は小さく、買い物目的では大きな値となる。

⁵ 確率的均衡配分における Dial 配分など。

⁶ 実際にはパラメータ推定の目的関数は滑らかでなく、遺伝的アルゴリズムなどヒューリスティックな手法を採用せざるを得ない。

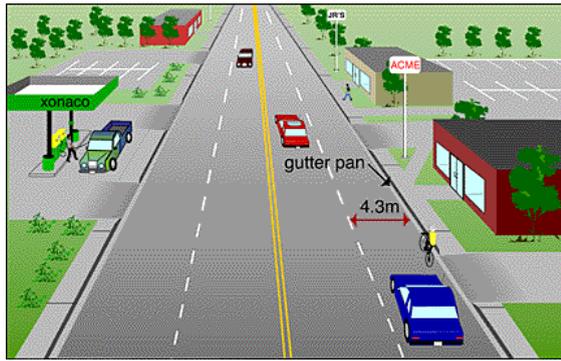


図 - 3 BCI=4.47 (LOS E: Very Low) の例

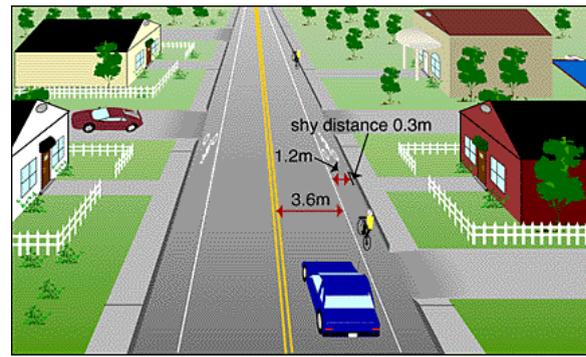


図 - 4 BCI=2.23 (LOS B: Very High) の例

久留米モデル：

$$l_a(q) = l_a \cdot \exp[-0.11 \cdot z_1 - 0.11 \cdot z_2] \quad \text{式(1)}^7$$

$l_a(q)$: 知覚リンク長、 l_a : 実リンク長、 z_1 : 歩道有無ダミー(有=1)、 z_2 : 道路幅員 25m 以上ダミー

宇都宮モデル：

$$l_a(q) = l_a \cdot \exp[-0.045 \cdot z_3 - 0.115 \cdot z_4] \quad \text{式(2)}$$

z_3 : 歩道 2.5m 以上ダミー、 z_4 : 道路幅員 10m 以上ダミー

この結果より、宇都宮の例では、歩道が 2.5m 以上で、かつ道路幅員も 10m 以上のリンクは、知覚されるリンク長は実距離の 85% 程度であることが示される。これまでの検討では、データ制約から、直接「自転車道の有無」を取り込んだモデルは構築されていないが、歩道幅員などでその代替変数の役はつとまると考えている。つまり、新たな自転車道を整備した場合、上記知覚リンク長式を用いて、知覚距離最短経路を算出し、利用者の経路変更の様子を定量的に判断可能と考えている。リンク利用量を推計する場合は、パーソントリップ調査などから得られるゾーン間の自転車利用 OD を用いればよい。無論、この方法が唯一の方法ではないし、パラメータ推定の統

計的妥当性や、現況再現性などに課題を孕んだ方法でもある。しかし、もとよりモデル化の困難な自転車経路選択行動を、比較的簡便な手続きでモデル化し得るため、実用性は高いと思われる。

3 . BCI と自転車道計画

1998 年にアメリカで自転車道の定量的評価を目的とした指標の算出案が出版された⁸。これは BCI (Bicycle Compatibility Index) と呼ばれるもので、

Known Information	Translation to Known Variables
Number of lanes in one direction is two No bicycle lane or paved shoulder Curb lane width is 4.3 m 85 th percentile speed = 75 km/h Roadside development is retail/commercial No on-street parking Large truck percentage is 5 percent Right-turn percentage is 10 percent Average annual daily traffic volume is 15,000 vehicles per day (vpd)	N = 2 BL = 0, BLW = 0.0 m CLW = 4.3 m SPD = 75 km/h AREA = 0 PKG = 0 HV = 0.05 R = 0.10 AADT = 15,000 vpd
Equations for Unknown Variables	Calculation of Unknown Variables
Peak-hour volume (vehicles per hour - vph) PHV = AADT x K x D	Assume K = 0.10, D = 0.55 (see Table 5) PHV = 15,000 x 0.10 x 0.55 = 825 vph
Curb lane volume CLV = PHV/N	CLV = 825/2 = 413 vph
Other lane volume OLV = PHV - CLV	OLV = 825 - 413 = 412
Curb lane truck volume CLTV = PHV x HV x T	Assume T = 0.80 (see Table 5) CLTV = 825 x 0.05 x 0.80 = 33
Right-turn volume RTV = PHV x R	RTV = 825 x 0.10 = 83
Adjustment Factor AF = f ₁ + f _p + f _r	f ₁ = 0.3 (based on CLTV = 33 - see Table 1) f _p = 0.0 (no on-street parking) f _r = 0.0 (based on RTV = 83 - see Table 1) AF = 0.3
BCI Equation and LOS Determination	Results
BCI = 3.67 - 0.966BL - 0.410BLW - 0.498CLW + 0.002CLV + 0.0004OLV + 0.022SPD + 0.506PKG - 0.264AREA + AF	BCI = 3.67 - 0.966(0) - 0.410(0.0) - 0.498(4.3) + 0.002(413) + 0.0004(412) + 0.022(75) + 0.506(0) - 0.264(0) + 0.3 = 4.47
Bicycle LOS and Compatibility Level [determined from Table 2]	Bicycle LOS = E Compatibility Level = Very Low

表 - 1 図-3の BCI 計算過程

⁷ ちなみに、この式において指数関数を使う積極的な意味はない。

⁸ URL は、<http://www.hsrc.unc.edu/research/pedbike/98095/index.html>

道路のサービスレベルを混雑度に応じて A~F の 6 段階で評価するアメリカ流の手法を自転車道に適用したものと解釈できる。もちろん、自転車道故に、混雑度ではなく、道路や自転車道の幅員、沿道の状況などを加味した下記の多変量で算出される指標である(表 - 1)

$$BCI=3.67-0.966BL-0.410BLW-0.498CLW+0.002CLV+0.0004OLV+0.022SPD+0.506PKG-0.264AREA+AF$$

BL: 自転車レーン有無ダミー、**BLW:** 自転車レーン幅、**CLW:** 路側部車線幅、**CLV:** 路側部車線交通量、**OLV:** 路側部以外車線交通量、**SPD:** 走行速度指標、**PKG:** 路側駐停車車両占有率指標、**AREA:** 沿道土地利用ダミー、**AF:** 道路交通量指標 (単位省略)

図 - 3 の例では、表 - 1 の手順で BCI の LOS は「非常に悪い」E レベルと判断されるし、自転車道を整備した図 - 4 では、同 LOS は B レベルに改善されることになる。自転車道を整備したり、道路幅員構成や交通量調整などにより、自転車利用者にとってサービスレベルがどの程度改善されるかを、ある値 (BCI) をもって判断可能な興味深い方法である。表 - 1 にも掲げられる、各変数に乗じられるパラメータ値は、現段階では小サンプルに対して詳細な意識調査を行った結果から推定されたため、統計的には課題も残っているが、使用方法が明確であるため、今後、適用場面が増えることが期待される。

さて、この BCI は 2. で述べた重複率最大化モデルの「知覚リンク距離」と密接な関わりを持っていることが分かる。すなわち、算出された BCI は、知覚されるリンクの望ましさに他ならず、式(1)、(2)の指数部に他ならない。逆に言えば、重複率最大化モデルで推定を試みた式は、実利用経路調査結果から、BCI 関数を求めたことになる。意識調査から詳細な変数を有する関数を推定した BCI と、実データから少ない変数を持つ関数を推定した重複率最大化モデル。当然のことながら、両者の特徴をハイブリッドした試みが期待される。

4. おわりに

図 - 1 でも示したとおり、全国各地で自転車道整備が計画されており、関連して様々な調査も実

施されていると思われる。自転車道ネットワークを定量的に評価するデータも拡充されつつあり、その正確な検討方法論を見定める時期が近い。本稿では定量評価の中でも、利用経路 (リンク) の推計問題に焦点を絞ったが、もちろん危険箇所の判別や、自転車駐車場の配置問題など、ノードに関わる定量評価も重要である。いずれはそれらも加味した、自転車関連施設整備に関わる調査および予測体系を構築したいと考えている。

また BCI の例が語るように、自転車道に関する研究・調査は欧米でも多くなされているし、わが国の自転車道整備の方向性が、欧米タイプの「片側通行自転車道」に傾いていることも併せて考えれば、欧米の知見をより積極的に取り込むことには意義がある。実務ベースで、種々の整備ツール (交差点処理、縁石形状、標識の設置など) の集成でもある自転車道整備を推進するためには、これら欧米の実務経験者らとの交流も、是非とも今以上に深めてもらいたいものである。

<参考文献>

- 1) 鈴木・高橋・兵藤(1998): 自転車走行環境に着目した鉄道端末自転車道需要予測方法の提案、交通工学、Vol.33, No.5, pp.13-21
- 2) Hyodo, T., Suzuki, N. and Takahashi, K. (2000): "Modeling of Bicycle Route and Destination Choice Behavior for Bicycle Road Network Plan", Transportation Research Record 1705, pp.70-76
- 3) 兵藤(2000): 自転車道の定量的評価手法について、都市交通