

自転車の最安全経路の可視化 および最短経路との比較分析

Visualizing the Safest Route for Cyclists and Weighing against the Shortest One

森田 有哉 (21N3100054I)／交通まちづくり研究室

Yuya MORITA / Mobility Planning Lab.

目次

キーワード	2
序論	3
緒言	3
本研究の背景と動機	3
人間社会における自転車の役割と位置付け	3
環境負荷の低減	3
地域活性化	6
自転車利用者らの健康増進	6
日本での自転車の有効活用に向けた取り組み	8
自転車利用者を巡る安全性に関する現状分析	8
経路検索サービスの在り方に対する問題提起	20
自転車の経路選択等に関する先行研究の調査	27
本研究の目的と新規性	36
研究デザイン	37
本研究の対象地とデータセット	37
北海道札幌市の自転車利用実態等について	40
シェアサイクル事業「札幌みんなのサイクル porocle」について	46
ネットワーク解析による 2 走行ルートの探索	50
解析手法	50
解析結果と考察	53
SP 調査に基づく二項ロジットモデルの構築	56
集計方法	56
集計結果と考察	61
推定手法	66
推定結果と考察	69
結論	73
本研究の総括	73
今後の展望	74
結語	74
謝辞	74
付録	75
参考文献	99

キーワード

自転車 (bicycle)、安全性 (safety)、経路選択 (route choice)、
選好意識 (stated preference)、二項ロジットモデル (binomial logit model)

序論

緒言

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) が世界的に猛威を振るいはじめた 2020 年 01 月、地球環境保全と人類の更なる繁栄に向けた「行動の 10 年 (Decade of Action)」が幕を開けた。これは、「持続可能な開発目標 (SDGs: Sustainable Development Goals)」の達成を目指す世界各国に対して、各取り組みの加速および事業規模の拡大を呼びかけるものである (国際連合広報センター [UNIC], n.d.-b)。SDGs とは、2015 年 09 月の国際連合総会にて採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」の中核をなす、2030 年までの行動計画である (外務省 [MOFA], n.d.-a, n.d.-b ; 環境省 [MOE], n.d.-a ; UNIC, n.d.-a, n.d.-b; United Nations [UN], n.d.-a, n.d.-c)。SDGs は「ミレニアム開発目標 (MDGs: Millennium Development Goals)」を前身とする、先進国を含む国際社会全体の共通認識であり、「誰一人取り残さない」持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現に向けた基本理念となる 17 の目標で構成される (持続可能な開発目標 (SDGs) 推進本部, 2016 ; MOE, n.d.-a; MOFA, n.d.-a, n.d.-b; UN, n.d.-c, n.d.-d; UNIC, n.d.-a, n.d.-b)。国際社会全体が未曾有の危機に直面した今般のコロナ禍こそ、より強靱な経済社会の構築に踏み切る時機であると国際連合 (UN, n.d.-b) が訴えるなど、SDGs の意義が再認識される機会を経た今、自転車が新時代を牽引する存在のひとつであり、特に SDG3「すべての人に健康と福祉を」、SDG11「住み続けられるまちづくりを」、SDG13「気候変動に具体的な対策を」の達成に寄与するポテンシャルを有すると考える。

本研究の背景と動機

人間社会における自転車の役割と位置付け

通勤・通学や買い物などといった日常生活の様々な場面で重宝される自転車は、運転免許要らずの交通手段として、子どもからお年寄りまで幅広い年齢層が手軽に利用できる。また、他の交通手段は経由地を同じくする他の車両やその場に居合わせた他の乗客などにおけるトラブルの余波を受けたり、運休や遅延などの交通障害に巻き込まれたりする恐れがある一方で、自転車は交通事故発生状況や混雑状況にあまり左右されない。このため、自転車の運転者や車体が直接的な損害を被らない限りは定時性や速達性の概念に囚われることなく、個人ごとの好きなタイミングで気軽に、かつ無数の走行ルートを自由気ままに選択できる。つまり、自転車は初期費用・維持費ともに手頃な価格でありつつ、0.5-5 km 程度の距離帯においては最も迅速に、かつ出発地から目的地までドア・ツー・ドアで最も柔軟に移動できる機動性の高さも兼ね備えた、いわばコストパフォーマンスの高い個別輸送機関である。

ただ、自転車は単にその快適性や利便性の高さを最大の特長に持つのではなく、公益性の高さにこそ特異性があると考えられる。ここでは、著者が本研究において自転車に着目した動機でもあるその特徴について、複数の観点から掘り下げる。

環境負荷の低減 まず、自転車はガソリンや電気などの二次エネルギーを動力源としないことから、定期的な出費である燃料費の捻出による家計への経済的な負担を軽減できるほか、環境負荷の低減にも役立つ。

18 世紀後半の産業革命以降、石炭や石油などの化石燃料が大量に燃焼され続けた結果、地球温暖化が深刻化した（西岡他，2015）。気候変動に関する政府間パネル（IPCC, 2021）が公表した第 6 次評価報告書によると、大気中二酸化炭素（CO₂）濃度が 280 ppm から 410 ppm へと、世界の年平均気温が + 0.95-1.2℃といずれも加速度的に急上昇しており、このまま歯止めが利かなくなれば、21 世紀末までに + 3.3-5.7℃上昇し得ると予測されている。

このことは、人間活動が限りあるエネルギー資源の枯渇と世界的な気候変動の駆動要因としての側面を併せ持つことを意味する（森田，2022, p.1）。昨今の危機的な状況に瀕する国際社会全体の動向として、地球温暖化対策の強化を図る機運が高まっている。その中でも特に、人為的な温室効果ガス（GHG）排出量に関する数値目標は軒並み上方修正されている。

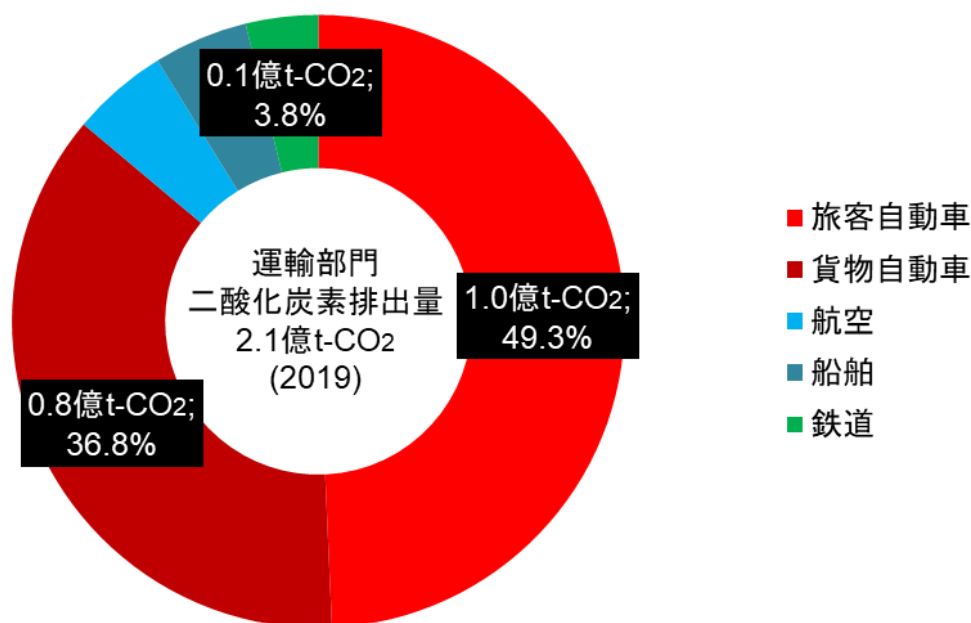
2020 年以降の気候変動緩和策に関する法的な枠組みとして京都議定書に取って代わったパリ協定では、2015 年 12 月の国際連合気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）にて採択された当初、昇温 2℃未満に留める「2℃目標」を満たしつつ、かつ「1.5℃目標」を保つ努力を追求するとしていた（MOE, 2021a, 2021c）。しかし、両者が地球環境に対して及ぼす影響の間に統計的有意差が確認され、前者では不十分であるとの合意の下、2021 年 11 月の COP26 では後者が新たな数値目標に位置付けられるに至った（川田・香取，2021）。そして、「1.5℃目標」を達成するには、GHG 排出量全体の約 65%をも占める CO₂排出量の実質的な収支を 2050 年までにゼロとしなければならないという（MOE, 2021a）。

日本では 2020 年 10 月、GHG 排出量の実質的な収支を 2050 年までにゼロとするカーボンニュートラルの実現を目指すことを表明した。さらに、2021 年 04 月には GHG 排出量を 2030 年度までに 2013 年度比 26%削減するとした COP21 での数値目標を全面的に見直し、2030 年度までに 2013 年度比 46%削減へと大幅に引き上げるとともに、50%削減もの高みを見据えた挑戦を継続するとの野心的な姿勢を示した。また、GHG 排出量の約 90%を占めるエネルギー起源 CO₂排出量を 2030 年度までに 2013 年度比 45%削減、運輸部門においては 2030 年度までに 2013 年度比 35%削減すると表明した（MOE, 2021a, 2021c）。

日本における CO₂排出量の実績値を振り返ると、最新の基準年次である 2013 年度よりも早い段階からほぼ全ての部門で減少傾向に転じており、このうちの 20%程度を占める運輸部門も低水準で推移している（p.75 図 A.A; p.75 図 A.B）（国立環境研究所 [NIES], 2021）。これは、自動車の燃費の向上や貨物輸送における輸送量の減少に起因する（MOE, 2021c）。西岡（2011）は人口減少や都市化の進行などといった今後の社会情勢の変化を考慮すると、運輸部門における省エネルギー化と脱炭素化が確実な成果を見込めると主張する。ここで、交通手段で層別すると、バス・タクシー・バイクを含む旅客自動車の占める割合が最も高く、2019 年度時点でのエネルギー起源 CO₂排出量全体の 9.2%、運輸部門の 49.3%に相当する（p.5 図 1.1）（国土交通省 [MLIT], 2021f）。

実際に、日本では脱炭素社会の構築に向けて、自動車に照準を合わせた様々な取り組みを緊密な官民連携の下で推進してきた。その筆頭が、環境省（2015b）が主導して地球温暖化対策に資するあらゆる「賢い選択」を呼びかける 2030 年までの国民運動“COOL CHOICE”に

において提示された、国民一人ひとりによる行動の具体例「ゼロカーボンアクション 30」のうちの「ゼロカーボン・ドライブ」「スマートムーブ」である (MOE, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-d, 2021b)。例えば、前者では輸送技術の革新の一端を担う電気自動車 (EV)・燃料電池自動車 (FCV)・プラグインハイブリッド自動車 (PHEV)等の次世代自動車の普及が急がれており、2021 年 01 月には電動車が乗用車の新車販売に占める割合を 2035 年までに 100%とすると表明した (MLIT, 2021h; MOE, n.d.-c, 2021a, 2021c)。また、後者では低燃費で安全な「エコドライブ」の実施やカーシェアリングの利用が例示されている (MOE, n.d.-c, 2021a, 2021c)。



Note. MLIT (2021f)・NIES (2021)を基に著者が作成した (森田, 2022, p.2)。

図 1.1. 日本における運輸部門の二酸化炭素排出量の内訳 (2019)

そして、自動車交通に過度に依存する交通社会からの脱却を図る上で双璧をなす両者に匹敵する交通施策がモーダルシフトである。先行研究の多くは、自家用車から公共交通機関への転換に言及している (中村他, 2001 ; 林他, 1995 ; 平山・本田, 2004 ; 矢野他, 2015)。確かに、バスや鉄道は自家用車よりも 1 人あたりの二酸化炭素排出量が少なく済むものの、環境負荷の低減においてはこれを全く排出しない自転車の方がなお優れている (p.5 図 1)。古倉 (2016)による試算に倣うと、片道 5 km 以下の移動において自家用車のみを用いている潜在的な自転車通勤・通学者約 1053.9 万人がモーダルシフトを実行すれば、1 人あたり年間約 297 kg-CO₂削減、燃料費に換算して 1 人あたり年間約 2 万円の節約となる。このとき、該当者全員を合算すると年間約 313 万 t-CO₂削減となり、2019 年度時点での旅客自動車由来 CO₂排出量全体の 3.1%と極めて微力である (p.5 図 1)。ただ、これを補填できるか否かはさておき、自家用車から自転車へのモーダルシフトは副次的効果を伴う (森田, 2022, p.3)。

地域活性化 サイクリングはまちの魅力を五感で満喫できるため、ツーリングやポタリングなどの用途にも供されることで観光振興を手助けし、地域活性化に貢献する。

まず、自転車はそれ単体としての優位性も然ることながら、公共交通との親和性も高く、バイク・アンド・ライドによって相乗効果を生むことが期待される。鉄道駅やバス停留所の一般的な徒歩 10 分間の誘致圏 800 m は、自転車を端末交通手段として利用することで約 4 倍に拡大でき、人口密度が一様であると仮定すると単純計算で約 16 倍もの顧客の確保に繋がるという（古倉, 2016, 2019）。

そして、莫大なリソースを割くタクシー乗降場・バス停留所・駐車場等を整備するよりも、駐輪場を整備する方が省コスト化・省スペース化でき、地方公共団体等への財政的な負担を軽減できることはもちろん、交通渋滞を緩和できることが大いに関係している。交通渋滞はまちの景観を著しく損なうだけでなく、1 人あたり年間約 30 時間、貨幣価値に換算して 1 人あたり年間約 9 万円の損失などの絶大な悪影響をもたらす（古倉, 2016 ; 西岡他, 2015）。モダルシフトの推進を通じて自動車交通量が徐々にでも減少すれば、悪臭・振動・騒音・大気汚染等の交通公害の温床である交通渋滞およびその遠因となる路上駐車も減少する。自転車はこれらを回避しながら走行できるため、発災時の円滑な避難活動に応用できる上、消火活動や人命救助活動などの災害応急対策に従事する緊急自動車の通行を妨害しない。2011 年 03 月の東日本大震災では交通機能の麻痺が生じ、自動車での避難を試みた被災者の過半数がライフラインの途絶に伴う信号制御装置の故障や交通渋滞に行く手を阻まれたり、その後のガソリンの供給不足等によって足止めを余儀なくされたりと甚大な被害を受けた（岩渕, 2013 ; 古倉, 2012）。このような過去の教訓を決して無駄にしてはならない。以上のことから、地域住民や観光客らの回遊性と防災行動力の向上に役立てるべく、交通渋滞の除去対策を講じることが急務である。

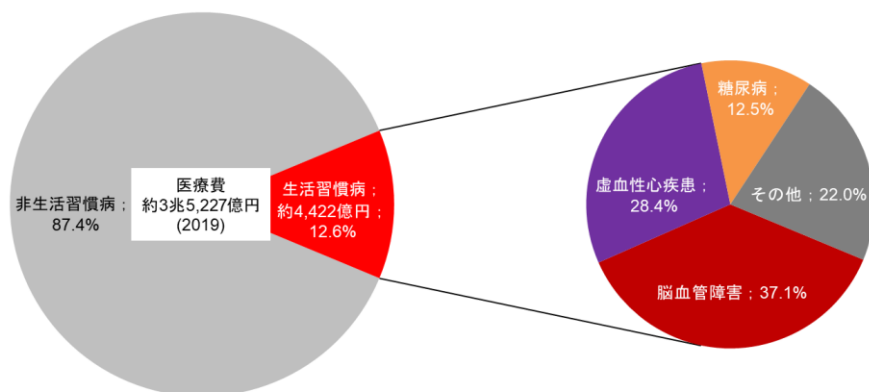
人間活動が世界的な気候変動を引き起こし、頻発化・激甚化する自然災害の引き金として地球環境を急激に脅かす緊迫した現状に、国際社会全体が警鐘を鳴らしている。と同時に、SDGs や地球温暖化対策計画に代表される各上位計画の目標年次が刻々と迫る今、自転車に主眼を置いたライフスタイルへの移行を視野に入れるべきである（森田, 2022, p.3）。

自転車利用者らの健康増進 そして、自転車は適度な運動強度を伴う身体活動を日常生活の一部として導入できる点で、心身の健全な発達に資する効率的な道具と言える。例えば、ほぼ平坦な道のりの通勤・通学において、自動車・バス・鉄道では 1.3-2.5 METs、徒歩では荷重等を考慮しても 2.0-7.0 METs であるのに対して、自転車ではこれらを上回る 3.0-7.5 METs となり、国が推奨する 1 日間のカロリー消費量 300 kcal 以上を片道 30 分間の運転のみで十分に賄うことができるという（国立健康・栄養研究所, 2012 ; 自転車協会, n.d.）。さらに、ガソリンではなく体脂肪を燃焼し、足腰への負担が少ない有酸素運動であるため、肥満者や高齢者でも継続しやすいことから、筋力増強によるメタボリックシンドロームやロコモティブシンドロームの予防に加えて、メンタルヘルスの改善にも非常に有用である（阿部, 2018, 2019 ; 池田, 2018 ; 古倉, 2012 ; 佐藤, 2019 ; 神保, 2018 ; スポーツ庁, 2020）。

日本は長年にわたり、世界屈指の長寿大国としての名を轟かせてきた。第二次世界大戦後、日本人の平均寿命は男女ともに漸増しており、2020 年時点で男性 81.64 歳、女性 87.74 歳といずれも過去最高記録を更新した。また、自立した日常生活を送ることができる期間を指す健康寿命も増加の一途を辿り、2019 年時点で男性 72.68 歳、女性 75.38 歳と僅差で他に明け渡していた王座を再び奪還した。しかし、平均寿命から健康寿命を差し引いた不健康期間は男性約 9 年間、女性約 12 年間からほとんど短縮できていない (p.76 図 B.A; p.76 図 B.B)

(厚生労働省 [MHLW], 2020, 2021b, 2022 ; 世界保健機関 [WHO], 2020)。かねがね問題視されてきた少子高齢化の深刻化に加えて、今般のコロナ禍による医療提供体制の慢性的な逼迫がますます懸念されており、社会保障制度の安定化に暗雲が立ち込めている。

さて、この健康寿命の延伸および医療費の削減における主な阻害要因となっているのが、死因別死亡確率の大部分を占める生活習慣病である (p.7 図 1.2) (健康保険組合連合会, 2021 ; MHLW, 2021b)。このうち、脳血管障害・虚血性心疾患・糖尿病Ⅱ型・悪性新生物の発症リスクは、自転車の利用によって大幅に低下することが実証されている (阿部, 2019 ; 古倉, 2012 ; 神保, 2018 ; 和賀, 2018)。また、Johansson *et al.* (2017) はストックホルムでのケーススタディとして、片道 7.5 km 以下の移動にですらも自家用車を用いている潜在的な自転車通勤者約 11.1 万人がモーダルシフトを実行すれば、排ガスに含まれる窒素酸化物 (NO_x) 等への曝露量が減少することでのべ 449 年相当もの平均寿命の延伸を見込むと試算し、環境負荷の低減が国民の健康増進に寄与する分野横断的な側面も論証されている。



Note. 健康保険組合連合会 (2021)を基に著者が作成した。

図 1.2. 日本における医療費の内訳 (2019)

これまで、日本では 2000 年 03 月に立ち上げられた国民運動「健康日本 21」を皮切りに、健康寿命の延伸を前面に押し出した数々の取り組みに着手してきた。厚生労働省 (2011) が国民運動“SMART LIFE PROJECT”の看板政策“Smart Walk”において早歩きでの通勤による身体活動の習慣化を提案していたことから、運動強度で勝る自転車通勤の有効性の高さは明らかである。現在、2019 年 05 月に始動した「健康寿命延伸プラン」において、日本人の健康寿命を 2040 年までに 2016 年比 3 年以上延伸することを目指している (MHLW, 2019)。

その一方で、国民の健康増進に対する逆風が吹いているのもまた事実である。2020 年 04-05 月に発令された初の全国的な緊急事態宣言の前後では身体活動時間の減少が顕著であり、幼稚園児・保育園児から高校生までの青少年に至っては約 90%にも及んだ (MHLW, 2021a)。医療現場に影を落とす COVID-19 の蔓延が、国民の運動不足にも拍車をかけている。

このように、様々な制約条件の下でいかに身体活動の機会を確保できるかが重視される社会的背景を鑑みても、いわゆるポスト・コロナの新しい生活様式に適した交通手段として今後より一層、自転車に焦点を当てた取り組みが求められる。

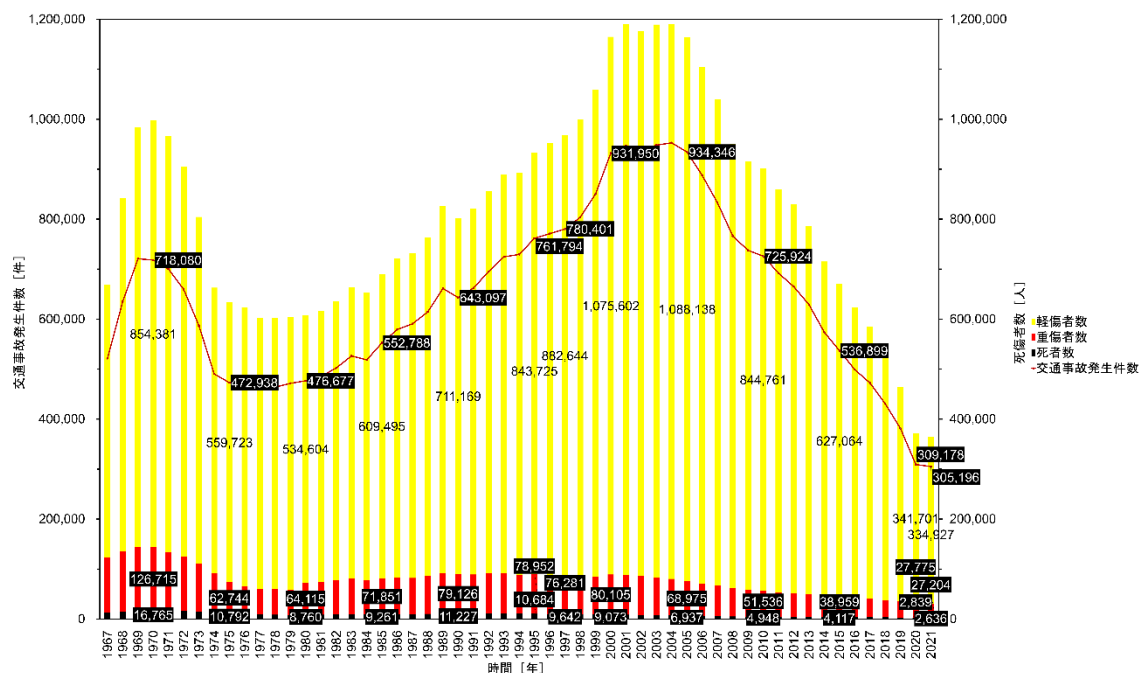
日本での自転車の有効活用に向けた取り組み

ここまで、自転車が運転者個人のみならず、人間社会全体に対しても多種多様な好影響を及ぼすことを踏まえて、その有効活用を積極的に促進すべきであると強調してきた。実際に、日本ではかねてより自転車に係る法整備を推進してきた。しかし、交通手段別分担率の経年変化を参照する限りでは、日本での自転車への誘引はむしろ難航しているとも解釈できる (p.78 図 E.A.A ; p.78 図 E.A.B) (国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室, 2018)。自転車利用実態については本研究の対象地である北海道札幌市と関連付けて後述するが、自転車指向の交通まちづくりに舵を切るにあたって克服すべき課題の全体像を把握したい。

自転車利用者を巡る安全性に関する現状分析 自転車特有の利点を最大限に獲得するには、自転車利用者らを取り巻く脅威との相互作用を最小限に抑制すべきである。

残念なことに自転車にも欠点があり、全てにおいて他を凌駕するほど万能な訳ではない。車体の軽さや小ささが故に荷物の運搬に適さないばかりか、盗難の難易度をも下げている。さらに悪いことには、開放的と無防備は紙一重であり、その構造が皮肉にも悪天候に対する脆弱性を助長している。気象条件が自転車への選好性を決定付けることが実証されており、阿部他 (2000)が岡山県岡山市にて実施したアンケート調査では、自家用車から自転車への転換に対して消極的な回答者の約 70%が冬季や雨天時・荒天時の利用に難色を示していた。元田他 (2010b)は岩手県盛岡市の事例を挙げ、とりわけ気温・降水量・積雪量・風速による影響が大きい状況下において自転車の利用が忌避されやすいと指摘する。ただし、これらは自転車の生得的な特性であるために、不可避であることを覚悟の上で利用せざるを得ない。したがって、交通事故を未然に防止するための重点的な対策を講じることこそが自転車にとっての最優先事項にして喫緊の課題であり、そこに改善の余地があると考ええる。

日本ではモータリゼーションに伴う 1970 年頃の第一次交通戦争、1990 年頃の第二次交通戦争を経て、自転車関連交通事故発生件数と死傷者数のいずれも直近 15 年間で単調減少したが、その構成比率は増加傾向にある (p.9 図 2.1;p.9 図 2.2;p.10 図 2.3;p.76 図 C.A)。目覚ましい進歩を遂げた先進安全自動車 (ASV)の後塵を拝したにすぎないとの見方もあり、一連の交通施策が効力を発揮できていないと一概には断定できない (古倉, 2019)。ただ、中央交通安全対策会議 (2021)が 1970 年発足以来 5 年ごとに策定する交通安全基本計画にて掲げ、2025 年までに死者数 2,000 人以下、重傷者数 22,000 人以下に抑えたいとした第 11 次数値目標の達成に向けた足並みは揃っておらず、暗礁に乗り上げつつある。



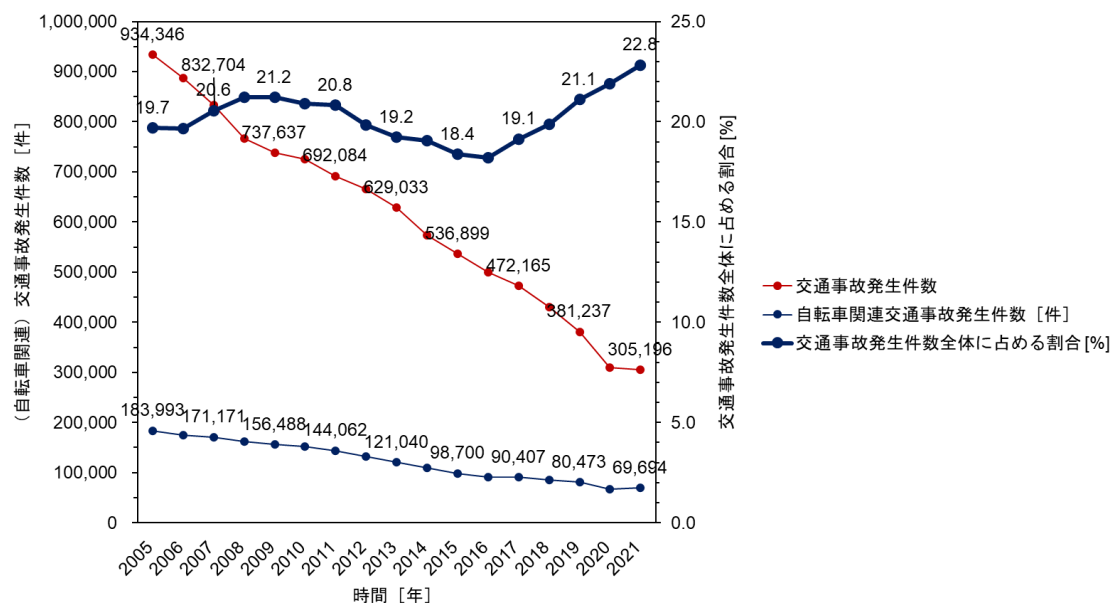
Notes. 軽傷：交通事故発生後 1 か月間未満の治療を要する場合；

重傷：交通事故発生後 1 か月間以上の治療を要する場合；

死亡：交通事故発生後 24 時間以内に死亡した場合；

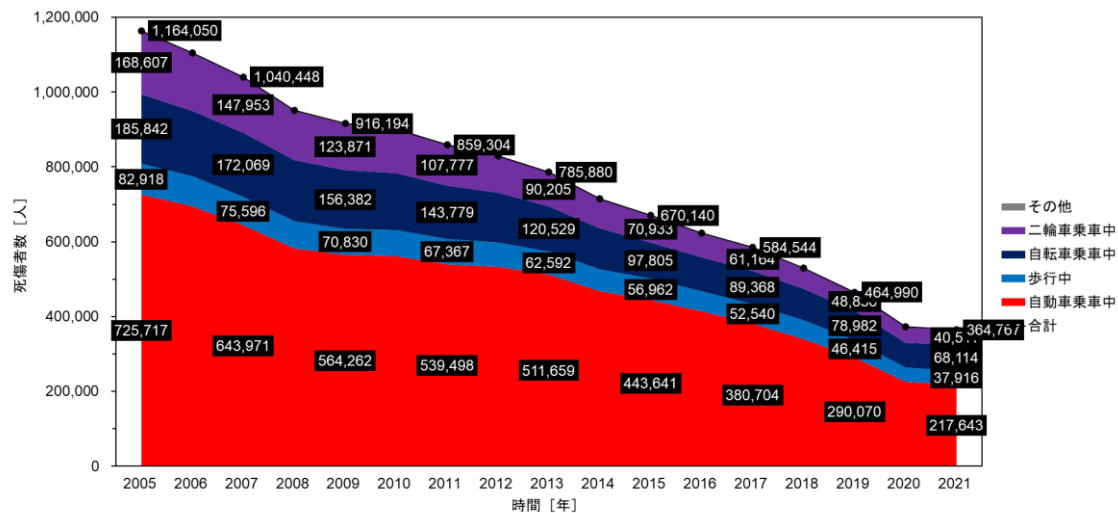
警察庁交通局 (2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020a, 2020c, 2021a, 2021b, 2021c, 2022a, 2022b, 2022c)を基に著者が作成した。

図 2.1. 日本における交通事故発生件数と死傷者数の推移 (1967-2021)



Note. 警察庁交通局 (2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020a, 2020c, 2021a, 2021b, 2021c, 2022a, 2022b, 2022c)を基に著者が作成した。

図 2.2. 日本における自転車関連交通事故発生件数とその構成比率の推移 (2005-2021)



Note. 警察庁交通局 (2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020a, 2020c, 2021a, 2021b, 2021c, 2022a, 2022b, 2022c)を基に著者が作成した。

図 2.3. 日本における状態別死傷者数の推移 (2005-2021)

自転車関連交通事故発生状況をより詳しく紐解くと、自転車にまつわる安全性の欠如が浮き彫りになってくる。自転車が安全に走行できる交通社会の実現を図るには、少なくとも次の2要件を満たすことが要求されると考える。

第一に、自転車の運転者による交通マナーの実践と交通ルールへの遵守が前提条件である。1960年06月に公布された道路交通法において、自転車は「軽車両」に位置付けられており、本来であれば自動車に準じた緊張感を常に持たなければならない（警察庁 [NPA], n.d.-b）。

道路交通秩序の維持に向けて、運転者の遵法精神に訴えかける取り組みは既に存在する。2007年07月に規定された自転車安全利用五則は、「1. 自転車は、車道が原則、歩道は例外」「2. 車道は左側を通行」「3. 歩道は歩行者優先で、車道寄りを徐行」「4. 安全ルールを守る」「5. 子どもはヘルメットを着用」で構成され、道端でも周知徹底されている (p.11 写真 1.1) (中央交通安全対策会議, 2007)。しかし、法的拘束力こそ弱いものの象徴的なこの指針がありながらも、反則行為が横行している。その最たるものが車道左側通行の形骸化であり、通行位置や進行方向の恣意的な選択を目の当たりにする機会は少なくない (p.11 写真 1.2)。自転車の歩道通行は、第一次交通戦争での緊急避難的措置としてこれを許可した 1978 年の道路交通法改正から常態化し、北海道札幌市の自転車利用のあり方検討会議 (2010)もこの規制緩和が元凶だと推察する。ただし、13歳未満と70歳以上ならびに身体の不自由な方々、自転車通行可の道路標識または普通自転車通行指定部分の道路標示が設置されている区間、車道幅員や自動車交通量、街路樹・電柱・路上駐車等の障害物などを総合的に勘案した上でやむを得ない場合には車道寄りを徐行することを条件として、歩道通行が容認されている (乗りものニュース編集部, 2017)。これらの点において、自転車安全利用五則は限定的な効力しか持たず、もはや普遍的な鉄則の体を成さない。それどころか、不明瞭な判断基準に基づく安全運転への協力の要請に終始し、運転者の裁量にすっかり委ねられているのだ。



写真 1.1. 自転車の交通ルールに関する道路標識

写真 1.2. 自転車の歩道通行

(撮影：2020.05.14@東京都武蔵野市)

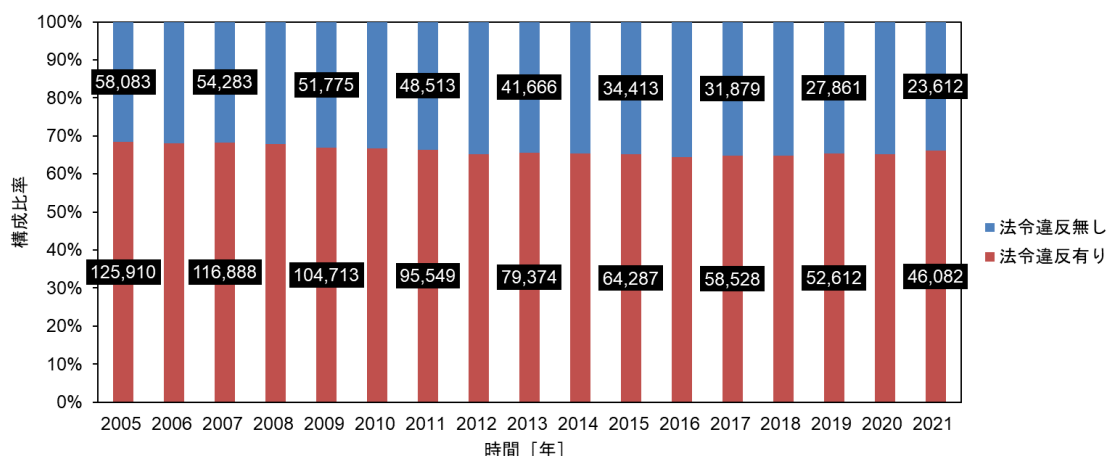
(撮影：2021.03.22@東京都武蔵野市)

自転車の運転に際して、これまでに次のような経験は無いだろうか？ 所構わず逆走や並走したり、小回りが利くばかりに法定速度をも超過したり、むやみに歩行者を至近距離で追い越したり、進路変更の際に後方確認や手信号を怠ったり、やたらと警音器を鳴らしたり、あるいは上記のような自転車を目撃することもしばしばあるはずだ。無論、全て法律や条例で禁じられている。自転車の反則行為はとにかく枚挙に暇が無く、安全不確認・動静不注視・一時不停止・前方不注意・信号無視等の安全運転義務違反はおろか、言うまでもなく無謀な煽り運転・飲酒運転・傘差し運転・二人乗り運転・無灯火運転・脇見運転等のれっきとした危険運転でさえも平然と犯す悪質な自転車が相次ぎ、最悪の結末に至った判例も続出した。2008 年 06 月には男子高校生が昼間に斜め横断をした結果、自転車を運転する男性会社員と衝突して言語機能の喪失等の後遺症を負わせ、損害賠償 9,266 万円の支払いを命じられた。2013 年 07 月には男子小学生が夜間に歩車道区分の無い下り坂にて、歩行者の高齢者女性と正面衝突して頭蓋骨骨折等で寝たきりにさせ、損害賠償 9,521 万円の支払いを命じられた。2020 年 07 月には男子高校生が夜間にイヤホンを装着しながらの無灯火運転の末に、警察官と衝突して頭蓋骨骨折等で死亡させ、損害賠償 9,330 万円の支払いを命じられた（日本損害保険協会, 2022）。2020 年 10 月には煽り運転の厳罰化が初めて自転車に適用されたことで、かの「ひょっこり男」が検挙された事件も記憶に新しい（乗りものニュース編集部, 2020）。

運転者の危機意識の希薄化は自転車関連交通事故発生状況にも如実に反映されており、その惨状を物語っている。自転車安全利用五則が発効した 2007 年からの 10 年間にかけて、自転車関連交通事故発生件数はほぼ半減した (p.9 図 2.2)。ところが、自転車対歩行者に絞り込むと 11.1%と停滞気味な上に、報告義務違反等によって明るみに出ていないものが倍近くあるという（奥田, 2018；古倉, 2019）。特筆すべきは、多くの場合で自転車側にも何らかの非があることである。2020 年は届出があったものだけでも自転車対歩行者で 100%、自転車対自動車でも 78%で法令違反が確認された (NPA, n.d.-b)。このような自転車関連交通事故がダブルスコアもの高水準で横ばいであることから、規則からの逸脱が依然として後を絶たず、交通事故にまで直結している様子が垣間見える (p.12 図 2.4; p.77 図 C.B)。

無責任な運転が散見される無秩序な現状の打破に向けた第一歩として、やはり運転者の規範意識の醸成が肝心だ。日本ではその一環として、運転者への啓発活動に注力しており、年間約 35,000 件もの自転車安全教室には約 346 万人が参加した実績を持つ（古倉，2016）。宮崎・久保田（2010）が埼玉県熊谷市にて産官学連携の下で開催したワークショップでは、地域住民の意識改革が見られた。佐藤他（2015）は交通ルールを認識しながらも法令違反に走る運転者の説得に用いる自転車シミュレータの再現性を検証し、かつての主流であった座学のための交通安全教育に一石を投じた。それでもなお、参加者が青少年に偏っているほか、自転車の魅力を伝承する取り組みが軽視されがちなことなどが典型的な失敗例として指摘されている（古倉，2019）。注意喚起のみではどうしても限界がある中で、反則行為を少しでも撲滅すべく、現行の啓発活動と並行して加速度的に強化されているのが取締りである。2015 年 06 月には警察庁（n.d.-b）が度重なる反則行為に対する自転車運転者講習を義務化し、2022 年 10 月には警視庁が数ある反則行為の中でも特に危険性が高いと見做した歩道通行・逆走・一時不停止・信号無視の一斉摘発を敢行し、過料等の行政罰を伴う青切符よりも重い懲役・禁錮・罰金・科料等の刑事罰を伴う赤切符を抜き打ちで交付した（Anonymous, 2022b）。2023 年 04 月の道路交通法改正では 13 歳未満の子どもから全ての年齢層へと対象を拡大し、ヘルメットの着用を努力義務化するが、不満も噴出している（松本，2022；Anonymous, 2022c）。

周囲に迷惑をかけてしまう自覚があるにもかかわらず、法令違反に及ぶことは言語道断であるが、運転技能を過信してか無意識のうちについ手を染めてしまうことも珍しくない。かく言う著者本人もまた、交通ルールの全貌を理解しきれない無知な運転者の一人である。いずれにせよ故意であるか否かにかかわらず、道路交通法に抵触する反則行為が跋扈する由々しき事態は一向に好転する気配が無い。取締りに対する反発の声も上がっているが、各々が交通社会を構成する立派な一員として適切な立ち居振る舞いを一任される事実上の自己責任の一面を受容し、粛々と法令遵守に努めるほかに抜本的な打開策は無いのである。



Note. 警察庁交通局（2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020a, 2020c, 2021a, 2021b, 2021c, 2022a, 2022b, 2022c）を基に著者が作成した。

図 2.4. 日本における法令違反別自転車関連交通事故発生件数の推移 (2005-2021)

第二に、安全運転や利用促進を後押しする自転車利用環境の整備が必要不可欠であろう。たとえ自転車側が法令遵守を徹底的に心掛けたとしても、設備や制度が不十分であっては、諸問題の根本的な解決には程遠い。なぜならば、安全性に係る客観的指標も主観的指標も、物的環境に少なからず依存することが示唆されたためである (p.13 表 1.1 ; p.14 表 1.2)。橋本他 (2013)は交通事故発生確率を予測する重回帰モデルの都市間での互換性の高さを、渡部・中村 (2015)は交通事故発生要因が当事者種別や事故類型別で異なることを実証した。

表 1.1. 自転車関連交通事故発生要因の定式化を試みた先行研究における推定結果

説明変数	目的変数 対象地	自転車関連人身事故発生件数 [件]：負の二項分布回帰モデル	自転車関連人身事故発生確率 [件/億台 km]：重回帰モデル
	出典	愛知県 (渡部・中村, 2015)	
一般国道ダミー変数		0.690 **	
主要県道ダミー変数		0.938 **	
一般県道ダミー変数		1.03 **	
主要指定市市道ダミー変数		0.742 **	
指定市市道ダミー変数			— 18.1 **
区間長 [km]		0.528 **	人身事故発生件数の標準化に
昼間 12 時間自動車交通量 [100 万台]		0.371 **	用いられたために除外された。
大型車混入率 [%]		— 0.0261**	— 0.705**
混雑時平均旅行速度 [km/h]		— 0.0528**	— 0.449**
指定最高速度 [km/h]		0.0172**	
歩道幅員 [m]		0.0599**	1.33 **
信号交差点密度 [箇所/km]			4.18 **
無信号交差点密度 [箇所/km]		0.0207**	0.943**
代表信号交差点右折専用車線ダミー変数		0.124 **	— 4.36 **
バス路線ダミー変数		0.268 **	
人口集中地区 (DID)以外の市街地ダミー変数		— 0.125 *	— 4.56 *
平地部ダミー変数		— 0.240 **	
山地部ダミー変数		— 0.814 **	— 6.76 **
出入制限ダミー変数		— 0.515 **	
定数項			27.3 **
データサイズ N		3,781	3,781
対数尤度 $\ln L$		— 8,889.83	
自由度調整済み決定係数 R_{adj}^2			0.147
Vuong 検定統計量		6.36	
赤池情報量 AIC		17,819.67	39,552.38

Notes. * $p < .05$; ** $p < .01$; 変数定義は割愛する。

表 1.2. 自転車利用者の安心感の定式化を試みた先行研究における推定結果

説明変数	目的変数 対象地 出典	満足度：重回帰モデル		安全感：順序ロジットモデル	
		茨城県水戸市 (金, 2009)	石川県金沢市 (鈴木他, 2013)	石川県金沢市 徳島県徳島市・阿波市 (山中・亀井, 2015)	東京都区部 (原澤他, 2016)
自転車通行帯幅員 [m]		2.670***			
第一車線幅員 [m]		2.958***			
路肩幅員 [m]			1.2859***	2.105*	
離隔幅／側方間隔 [m]				普通自動車： 1.306*** 大型自動車： 0.792*	小型自動車： 1.499*** 大型自動車： 0.829
自動車走行速度 [km/h]		－ 0.101***	－ 0.0229*	普通自動車：－ 0.028*** 大型自動車：－ 0.048***	小型自動車：－ 0.043*** 大型自動車：－ 0.008
自動車交通量 [台／h]		－ 0.002***			
車線数		－ 1.521***			
大型車混入率；大型車ダミー変数		－ 6.395			－ 2.140***
通行区分明示ダミー変数				0.555***	0.222
普通自転車専用通行帯ダミー変数					0.296
カラー舗装 1 m 以上ダミー変数					0.734*
矢羽根型路面表示ダミー変数					0.287*
ピクトグラムダミー変数					－ 0.568*
橋梁ダミー変数					－ 3.897***
駐停車ダミー変数					0.632**
定数項		1.573	2.5426		
データサイズ N		166	20	978	791
初期尤度 $L(0)$				2,800.9	2,364.7
最終尤度 $L(\hat{\beta})$				2,447.3	2,186.1
尤度比 ρ^2				0.126***	0.076***
決定係数 R^2		0.500	0.7055		

Notes. * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; 変数定義は割愛する。

安全感の順序ロジットモデルはリバースコーディングとなっていたため、

パラメータの符号を逆転させた上で、最も精度が高かった推定結果のみを抜粋した。

このとき、いくつかの説明変数が両者の共通項となっていることに注目されたい。例えば、自転車通行空間の幅員が広く、自動車交通量が少ないほど、自転車関連人身事故が少なく、自転車利用者も安心感を覚えやすい傾向にある (p.13 表 1.1 ; p.14 表 1.2)。法令違反等の人為的要因に起因する偶発的な交通事故が多数派であることは紛うことなき事実であるが、地理的要因もまた間違いなく交通事故発生機序や不安感の増大に加担しているのである。

物的環境の重要性について、自転車利用者の視点から深掘りしたところ、その走行挙動に心理的要因が介入すると判明した。歩道通行の黙認が取り沙汰されていると先述したが、轟・松村 (2004)や矢野他 (2014)が実施したアンケート調査では、車道幅員の狭さや自動車交通量の多さへの漠然とした抵抗感を理由に、車道通行が敬遠されていることが露呈した。このままでは、物的環境の劣悪さへの並々ならぬ不信感を口実に、反則行為として列挙した走行挙動ですらも正当化される風潮が強まり、法令違反を増長しかねない。やや大袈裟かもしれないが、免罪符が乱用されて無法地帯と化した交通社会の到来が現実味を帯びていると言っても過言でない。しかし、曖昧で煩雑な交通ルールに翻弄され、歩行者と自動車との狭間で肩身の狭い境遇を強いられつつも足掻く自転車が、あたかも諸悪の根源かのように情け容赦なく槍玉に挙げられ、厄介者ひいては邪魔者の烙印を押される構図の理不尽さは筆舌に尽くしがたく到底、看過できるものではない。

日本では自転車が他と共存共栄できる交通社会の基盤となる指針の策定に尽力してきた。2007 年 10 月に策定された「自転車利用環境整備ガイドブック」および 2012 年 03 月に策定された「みんなにやさしい自転車環境—安全で快適な自転車利用環境の創出に向けた提言」を踏襲する形で 2012 年 11 月に策定、2016 年 07 月に改定された「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」は、地域の実情に即した自転車利用環境の整備に関する基本方針を取りまとめた（国土交通省道路局・警察庁交通局，2016；国土交通省道路局地方道環境課・警察庁交通局交通規制課，2007）。

ここで、自転車通行空間は道路法における道路構造令および道路交通法の規定に基づき、次の 4 整備形態に大別される。第一・二が、縁石やガードレールによる構造的な歩車分離が特徴的な歩道両側通行の自転車道と自転車歩行者道であり、これらは主に自動車走行速度 50 km/h 超の道路で整備される完全形態である（p.16 写真 2.1；p.16 写真 2.2）。第三が、カラー舗装等による視覚的な歩車分離が特徴的な車道左側通行の普通自転車専用通行帯（p.16 写真 2.3）。第四が、矢羽根型路面表示とピクトグラムが描画された車道左側通行の車道混在であり、これは主に自動車走行速度 40 km/h 以下かつ自動車交通量 4,000 台／日以下の道路で整備される暫定形態である（p.16 写真 2.4）。2019 年 04 月の道路構造令改正では新たに自転車通行帯が、近年では Sundstrom *et al.* (2019)がその安全性の高さを実証した車道側へと自動車停車帯を退避させた PBLs も設置されている（p.17 写真 2.5）。具体的な数値については割愛するが、それぞれが厳格な規格の下で設計されている。古倉 (2016)は、排他的な自転車通行空間に固執しがちであるが、日本の限られた街路空間の再配分に適応できる車道混在が存在感を増すと予測した。また、自転車関連交通事故発生場所の大多数を占める交差点にこそ居場所が欲しいところである（p.17 写真 2.6；p.17 図 2.5）。

運転者らが抱く一抹の不安を払拭できなくては、セーフティネットとしての存在意義は無いも同然であり、自転車利用実態との乖離の縮小を図りつつ、適材適所の整備形態を供与しなければならない。このとき、全く無関係でない自転車関連交通事故発生状況について、これまでの学術論文を通じてどのような科学的知見が得られたのか？



写真 2.1. 自転車道

(撮影：2018.08.26@宮城県仙台市)



写真 2.2. 自転車歩行者道

(撮影：2018.08.30@宮城県仙台市)

完全形態：歩道両側通行←



写真 2.3. 普通自転車専用通行帯

(撮影：2018.10.15@東京都文京区)



写真 2.4. 車道混在

(撮影：2019.04.30@宮城県仙台市)

矢羽根型路面表示

- ・ 青色系
- ・ 幅員 0.75 m 以上
- ・ 長さ 1.50 m 以上
- ・ 設置間隔 10 m
- ・ 角度 1 : 1.6

ピクトグラム

- ・ 白系色
- ・ 幅員 0.75 m 以上

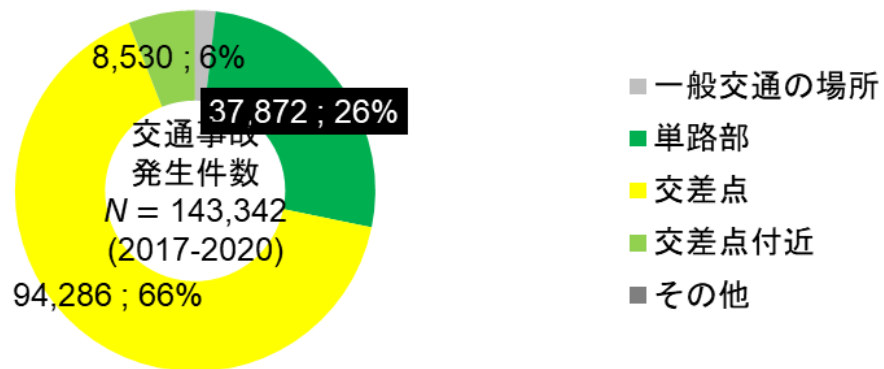
→暫定形態：車道左側通行



写真 2.5. PBLs: Protected Bicycle Lanes
(撮影：2020.09.17@東京都文京区)



写真 2.6. 交差点における自転車通行空間
(撮影：2019.08.27@ストックホルム県同市)

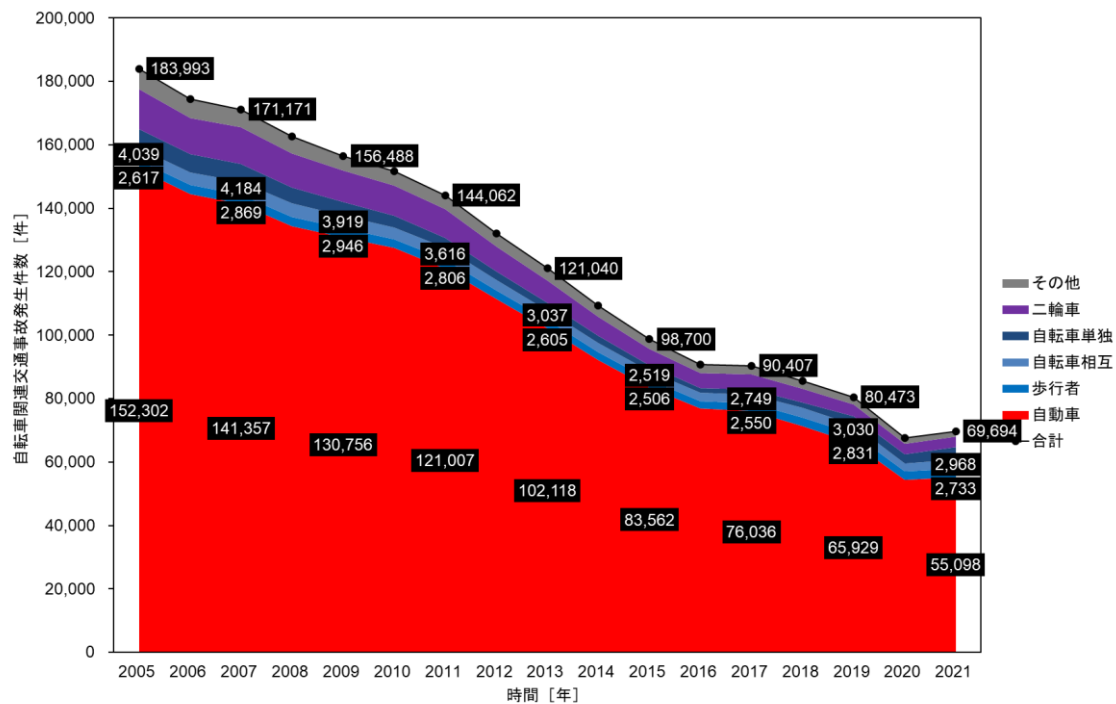


Note. 警察庁交通局 (2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020a, 2020c,

2021a, 2021b, 2021c, 2022a, 2022b, 2022c)を基に著者が作成した。

図 2.5. 日本における自転車関連交通事故発生場所の内訳 (2017-2020)

自転車関連交通事故発生状況を足掛かりとして危険性の検証を試みた基礎的研究のうち、通行位置と進行方向については自転車安全利用五則に則る形で車道左側通行を励行すべきであることが、既に数多くの事例を通じて裏付けられている。自転車は歩行者と自動車との板挟みであるが、相手当事者別では自動車の割合が約 80%と圧倒的に高く、2020 年はそのうちの約 55%が交差点での出会い頭事故であった (p.18 図 2.6) (NPA, n.d.-b)。2002 年から 2005 年までの 4 年間にかけて東京都内の幹線道路と細街路との交差点にて発生した、この自転車対自動車の出会い頭事故合計 79 件および左折時巻き込み事故合計 26 件については、車道左側通行の交通事故発生確率が格段に低く、その他の先行研究においても概ね同様の傾向にあった (佐々木他, 2014 ; 武田他, 2008 ; 沼田他, 2013 ; 萩田他, 2012, 2013, 2014)。歩道通行や右側通行が自動車からの視認性に欠けることを原因とする見方が有力であり、2013 年の道路交通法改正で自転車による路側帯の右側通行が禁止されたことから、その危険性の高さが窺える (小川, 2016 ; 小嶋・瀬下, 2021 ; 鈴木他, 2015 ; 萩田・横関, 2019)。



Note. 警察庁交通局 (2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020a, 2020c, 2021a, 2021b, 2021c, 2022a, 2022b, 2022c)を基に著者が作成した。

図 2.6. 日本における相手当事者別自転車関連交通事故発生件数の推移 (2005-2021)

ところが、交差点での交通事故発生確率の観点から実証された車道左側通行の安全性の高さも、起終点間全体での交通事故遭遇確率の観点からはこの限りでない。自転車利用者が車道左側通行を励行するにあたり、ほぼ必然的に車道横断回数 n が増加することで、むしろトリップを通して交通事故に巻き込まれる蓋然性 p まで高まってしまう (p.18 関係式(1); p.19 図 3) (小川, 2016; 小川他, 2021; 小川・北村, 2014; 小川・森本, 2012)。そして、走行距離が短いほど、横断する車道幅員の占める割合が高くなるため、車道左側通行よりも歩道両側通行の方が効果的であるが、その境界線は交差点密度や交差点形状に左右される (p.19 表 2.1; p.19 表 2.2)。さらに、金・本田 (2019)が茨城県水戸市にて実施したアンケート調査では、車道左側通行に伴う迂回や歩道押し歩きの許容範囲を定量的に評価した結果、起終点と最寄りの交差点との距離 50 m 以内であり、交差点の間隔が短いほど、歩道通行の選択確率が減少し、若年層は迂回、高齢層は歩道押し歩きへの選好性が高い傾向にあった。以上を踏まえて、車道左側通行を肯定する一方で、自転車利用者が普遍的な行動指針として鵜呑みにして闇雲に徹底すると却って危険に晒されかねないことから、政策立案者は行動特性や地理的特性に即した自転車通行空間を整備しなければならない。

$$\text{交通事故遭遇確率 } p \text{ [件/100 万台]} = 1 - (1 - p_1)^{n_1}(1 - p_2)^{n_2}(1 - p_3)^{n_3} \cdots \cdots (1)$$

p_1 : 幹線道路における 交通事故発生確率; n_1 [回] : 幹線道路における車道横断回数
 p_2 : 細街路における出会い頭事故発生確率; n_2 [回] : 細街路における車道横断回数
 p_3 : 細街路における 左折時事故発生確率; n_3 [回] : 細街路における車道横断回数

表 2.1. 交通事故遭遇確率の平均差の t 検定結果：横断可能箇所数

横断可能箇所数 [箇所/km ²]	5	10	15
走行距離 [km]			
0.5	歩道両側通行**	歩道両側通行**	歩道両側通行**
1.0	歩道両側通行**	歩道両側通行**	歩道両側通行**
1.5	歩道両側通行	歩道両側通行	車道左側通行
2.0	歩道両側通行	車道左側通行	車道左側通行*
2.5	車道左側通行	車道左側通行*	車道左側通行**
3.0	車道左側通行	車道左側通行	車道左側通行*
3.5	車道左側通行**	車道左側通行**	車道左側通行**

Note. * $p < .05$; ** $p < .01$; 小川他 (2021)を基に著者が作成した。

表 2.2. 交通事故遭遇確率の平均差の t 検定結果：交差点の比率

幹線道路同士：幹線道路と細街路	1:2	1:4	1:6	1:8	1:10
走行距離 [km]					
0.5	歩道両側通行**	歩道両側通行**	歩道両側通行**	歩道両側通行**	歩道両側通行**
1.0	歩道両側通行**	歩道両側通行**	歩道両側通行*	歩道両側通行	車道左側通行
1.5	歩道両側通行**	歩道両側通行	車道左側通行	車道左側通行*	車道左側通行**
2.0	歩道両側通行	車道左側通行	車道左側通行*	車道左側通行**	車道左側通行**
2.5	歩道両側通行	車道左側通行*	車道左側通行**	車道左側通行**	車道左側通行**
3.0	歩道両側通行	車道左側通行	車道左側通行**	車道左側通行**	車道左側通行**
3.5	車道左側通行	車道左側通行**	車道左側通行**	車道左側通行**	車道左側通行**

Note. * $p < .05$; ** $p < .01$; 小川他 (2021)を基に著者が作成した。

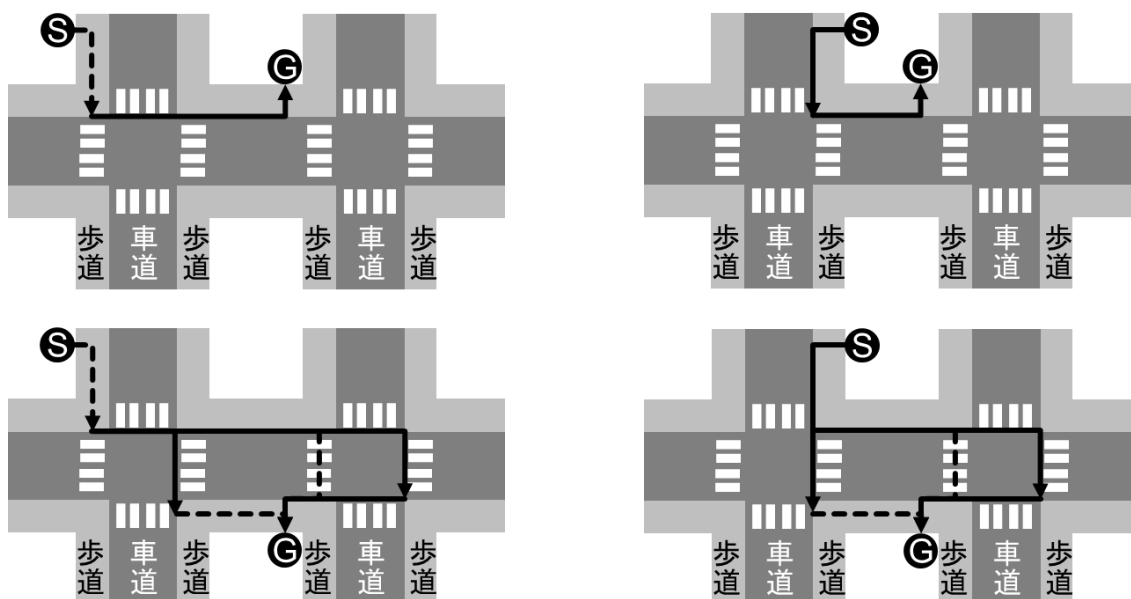


図 3. 起終点の位置関係に応じて異なる走行ルートの様式図

さて、「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」の他の指針も簡潔に紹介する。2012 年 11 月に策定、2016 年 09 月に改定された「自転車等駐車場の整備のあり方に関するガイドライン」は、放置自転車対策を目的とした駐輪場やサイクルポートの適正化に関する基本方針に言及した（国土交通省都市局, 2012; 国土交通省都市局街路交通施設課, 2016b）。2019 年 05 月に策定された「自転車通勤導入に関する手引き」は、主に労働生産性の向上を目的とした自転車通勤の導入に向けた具体的な支援に関するマニュアルに位置付けられる（自転車活用推進官民連携協議会, 2019）。駐輪場等に対する設備投資や自転車通勤手当の支給などといった金銭的な援助が推進された甲斐もあり、2020 年 04 月に立ち上げられた「自転車通勤推進企業」宣言プロジェクトには 2022 年 02 月時点でおおよそ 50 もの公的機関や民間企業が名を連ね、2022 年 04 月時点で 31 地方公共団体が自転車損害賠償責任保険等への加入を義務付けるまでに至った（自転車活用推進官民連携協議会, 2022）。このように、ハードとソフトの両面からの取り組みが着実に充実してきた今、モビリティ・マネジメント (MM: Mobility Management) が自転車の火付け役として脚光を浴びている。

科学的手法を用いた都市交通計画の起源は第二次世界大戦後間もない 1950 年代まで遡り、長い年月を経て都市が変貌を遂げる度に、その方法論も呼応するように展開を重ねてきた。第一次交通戦争が勃発した 1970 年代の交通システム管理 (TSM: Traffic System Management) から第二次交通戦争の真っ只中の 1990 年代の交通需要マネジメント (TDM: Traffic Demand Management) へと、重大な局面においてパラダイム・シフトを遂げている（新谷・原田, 2019）。その社会的背景には供給バランスから持続可能なモビリティへの政策目標の変化があり、環境的制約・空間的制約・財政的制約に順応できる方法論の確立が喫緊の課題とされていた。短期的な交通需要を予測して供給する需要追従型アプローチの TSM が頭打ちとなった結果、中長期的な交通需要を予測して予防する総合パッケージ型アプローチの TDM が台頭した。都市交通計画にも持続可能性が無くてはならなくなった中で登場した MM は、一般の人々および組織や地域ぐるみのコミュニケーションを図ることで公共交通や自転車を賢く利用する方向へと自発的に転換させる、言うなれば双方向型アプローチの草分け的存在であり、1990 年代後半からその実例が蓄積されてきた（日本モビリティ・マネジメント会議, n.d.; 藤井, 2007）。本研究では自転車利用者を巡る安全性に関する諸問題の解決の糸口を MM の双方向性に求め、経路検索サービスを介した対話による動機付けに勝機を見出した。

経路検索サービスの在り方に対する問題提起 ここまで、希薄化する規範意識の醸成およびその後ろ盾となる自転車利用環境の整備が両立されてはじめて安全性を十分に確保できるとの持論を、自転車関連交通事故発生状況を主軸として長々と繰り広げてきた。

現在、交通事故発生状況が積極的に開示されており、一般の人々が各々の用途で有効活用できる体制が強化されつつある。例えば、警察庁 (n.d.-a) は 2020 年 07 月に閣議決定された国家 IT 戦略「世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画」に応え、2019 年以降の事故原票を掲載した「交通事故統計情報のオープンデータ」を公開している。このデータベースには発生日時や衝突地点、死傷者数や当事者種別などが記載されており、

位置情報を加工して地図上に描画した「交通事故発生マップ」が全国各地で運用されている (p.21 図 4.1; p.21 図 4.2)。「事故危険箇所検索マップ」は交通施策にも反映されており、2021 年 05 月の第 5 次社会資本整備重点計画にて 2026 年 03 月末までに幹線道路の事故危険箇所における死傷事故発生件数を約 30%抑止するとの数値目標を掲げている (p.21 図 4.3) (国土交通省総合政策局社会資本整備政策課, 2021)。

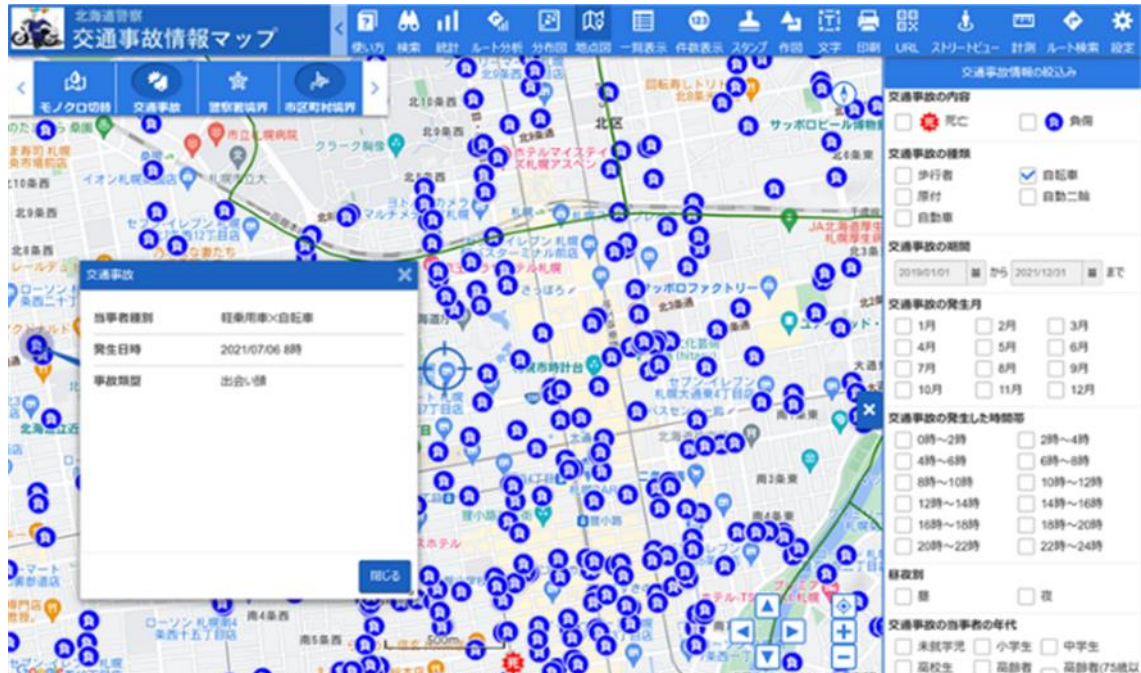


図 4.1. 交通事故情報マップ (2019-2021) (北海道警察本部, n.d.)



図 4.2. 交通事故オープンデータマップ



図 4.3. 事故危険箇所検索マップ

“KoKo JiKo Map” (2021) (三井住友海上火災保険, n.d.) (MLIT, n.d.-b)

このように、事故現場が一目で分かる仕組みは事前の情報収集に一役買い、交通事故多発地点のような警戒区域等を回避したい場面には適任である。しかし、自転車利用者の立場に立ち返ると、「いつどこで誰がなぜどのような自転車関連交通事故に遭遇したか?」という局地的な情報提供では事足りず、「したがって、どの走行ルートを選択すべきか?」という広域的な情報提供まで含めて漸く実用的であると考ええる。現行の交通事故発生マップ等は、後者を容易に把握できない点で有機的でなく、実用性に乏しい印象を受ける。

そこで、本研究では経路選択における意思決定支援システムとして大衆に定着している経路検索サービスに着想を得て、「最安全経路」検索機能を新たに搭載し、自転車利用者の選択肢のひとつとして提示することを提言したい。このとき、最短経路における走行距離、最速経路における所要時間、最安値経路における支払い料金と同様にして、自転車利用者にとって感覚的に分かりやすい客観的指標を安全性の尺度に用いることを尊重すべきであるとする。あくまでも候補のひとつにすぎないが、この条件を満たすのが交通事故発生件数であり、かつてフランスの保険会社が開発したカーナビゲーションシステムで実装されていたという前例もある（p.22 図 4.4）（今井，2017；山田，2018；Marcel, 2017）。国内でも経路検索結果に多様性を持たせる動向が次第に伝播している。例えば、経路検索サービス「自転車 NAVITIME」では「距離が短い」以外に、「坂道が少ない」「坂道が多い」「大通り優先」「裏通り優先」「サイクリングロード優先」で整列できる（ナビタイムジャパン，n.d.）。乗換案内サービス「駅すばあと」は所要時間の短さと支払い料金の安さ、乗換回数の少なさ以外に、CO₂排出量の少なさで並べ替える検索機能を追加した（ヴァル研究所，n.d.-a, 2022）。しかし、交通事故発生マップと経路検索サービスの「キメラ」は見渡す限り実在しておらず、そもそも需要があるか否かについても未知数である。



図 4.4. カーナビゲーションシステム“LE TRAJET LE PLUS SÛR.FR”（今井，2017）

最後に、日本での自転車の有効活用に向けた取り組みに関する基本方針を包括的に取りまとめた集大成とも言える自転車活用推進計画を要約し、経路検索サービスに白羽の矢を立てるに至った経緯を補足する。

2016 年 12 月に公布、2017 年 05 月に施行された自転車活用推進法は文字通り、自転車の有効活用を総合的にかつ計画的に推進するとの基本理念の下、各ステークホルダーが全うすべき責務を国として初めて取りまとめた（国土交通省自転車活用推進本部事務局，2017）。国は自転車の有効活用を総合的にかつ計画的に推進し、地方公共団体は適切な役割分担の下で地域の実情に即した交通施策を実施する。公共交通事業者は自転車と公共交通機関との連携に、国民は国や地方公共団体への協力に努めるとし、相互扶助の文脈が根底にある。また、毎年 05 月が「自転車月間」、毎年 05 月 05 日が「自転車の日」に制定されている。

表 3.1. 自転車活用推進法第 8 条に規定された交通施策に関する基本方針

基本方針 (2017.05.01-)	措置 (01-14, 16-21: 2018.06.08-; 15, 22: 2021.05.28-)
①自転車専用道路等の整備	01, 02, 07, 19.
②路外駐車場の整備等	03.
③シェアサイクル施設の整備	04.
④自転車競技施設の整備	08.
⑤高い安全性を備えた自転車の供給体制整備	14-15.
⑥自転車安全に寄与する人材の育成等	16.
⑦情報通信技術 (ICT)等の活用による管理の適正化	06.
⑧交通安全に係る教育及び啓発	17-18.
⑨国民の健康の保持増進	10-11.
⑩青少年の体力の向上	09.
⑪公共交通機関との連携の促進	04-05.
⑫災害時の有効活用体制の整備	21.
⑬自転車を活用した国際交流の促進	12.
⑭観光来訪の促進、地域活性化の支援	13.
⑮その他特に必要な施策	05, 07, 22.

Note. 大野 (2018)・奥田 (2018)・MLIT (2018b)を基に著者が作成した。

自転車活用推進法では、重点的に検討を重ねた上で実施すべき交通施策に関する 15 基本方針を規定している (p.23 表 3.1)。そして、長期的な展望を視野に入れつつ、それぞれに呼応する形で日本政府が達成すべき 4 目標と講じるべき 22 措置を体系的に整理したのが、2018 年 06 月に閣議決定された自転車活用推進計画である (p.24 表 3.2)(MLIT, 2018a, 2021g)。目標 1「自転車交通の役割拡大による良好な都市環境の形成」は低炭素社会の実現に向けた自動車交通に過度に依存する交通社会からの脱却、目標 2「サイクルスポーツの振興による活力ある健康長寿社会の実現」は地域住民の生活の質 (QoL: Quality of Life)の向上に向けたサイクルスポーツ等の奨励、目標 3「サイクルツーリズムの推進による観光立国の実現」はインバウンドまで見据えた観光振興に向けたホスピタリティの提供、目標 4「自転車事故のない安全で安心な社会の実現」は自転車がより安全に走行できる交通社会の実現に向けた規範意識の醸成および自転車利用環境の創出を目指すとの趣旨に基づいており、いずれも前項で羅列した自転車特有の長所や各種ガイドラインと密接な関係性にある。

自転車活用推進計画では、いくつかの措置について具体的な数値目標を掲げているが、2018 年 06 月に策定された 2020 年を目標年次とする第 1 次と、2021 年 05 月に改定された 2025 年を目標年次とする第 2 次とで一部の指標が変更された (p.25 表 3.3.1; p.25 表 3.3.2)。例えば、自転車活用推進法第 10, 11 条に規定された地方版自転車活用推進計画を策定した地方公共団体数とサイクルポートの設置数は、それぞれ自転車ネットワーク計画とシェアサイクル事業が位置付けられた市区町村数へと統合されている (MLIT, 2021d, 2021e, 2022)。

表 3.2. 自転車活用推進法第 9 条に規定された目標と措置

目標	措置 (01-14, 16-21: 2018.06.08-; 15, 22: 2021.05.28-)
目標 1「自転車交通の役割拡大による 良好な都市環境の形成」	01. 地方公共団体における計画策定・施策実施の促進
	02. 自転車通行空間の計画的な整備の促進
	03. 路外駐車場の整備や違法駐車取締りの推進等による自転車通行空間の確保
	04. シェアサイクルの普及促進
	05. 地域の駐輪ニーズに応じた駐輪場の整備推進
	06. 自転車の IoT (Internet of Things) 化の推進
目標 2「サイクルスポーツの振興による 活力ある健康長寿社会の実現」	07. 生活道路での通過交通の抑制や無電柱化と合わせた自転車通行空間の整備
	08. 国際規格に合致した自転車競技施設の整備促進
	09. 公道や公園等の活用による安全に自転車に乗れる環境の創出
	10. 自転車を利用した健康づくりに関する広報啓発の促進
目標 3「サイクルツーリズムの推進による 観光立国の実現」	11. 自転車通勤の促進
	12. 国際会議や国際的なサイクリング大会等の誘致
	13. 走行環境整備や受入環境整備等による世界に誇るサイクリング環境の創出
	14. 高い安全性を備えた自転車の普及促進
	15. 多様な自転車の開発・普及の促進
目標 4「自転車事故のない 安全で安心な社会の実現」	16. 自転車の点検整備を促進するための広報啓発等の促進
	17. 交通安全意識の向上に資する広報啓発活動や指導・取締りの重点的な実施
	18. 学校における交通安全教室の開催等の推進
	19. 地方公共団体における計画策定・施策実施の促進
	20. 自転車通行空間の計画的な整備の促進
	21. 災害時における自転車の活用の推進
	22. 損害賠償責任保険等への加入促進

Note. 大野 (2018)・MLIT (2018b, 2021a, 2021e, 2022)を基に著者が作成した。

自転車活用推進計画の段階的な進化は、時勢の成り行きへの適応を図ったものと言える。第 2 次で新設された措置 15 は少子高齢化の深刻化に伴う運転免許返納率の増加を見越して自転車乗車中の死者数全体の約 70%をも占める 65 歳以上の高齢者や身体障害者に対応した自転車の開発が求められることを、措置 22 は自転車対歩行者の高額賠償事案が増加傾向にあることを反映している (MLIT, 2020d, 2021a, 2021d, 2022)。グリーンスローモビリティの登場や COVID-19 を通じた通勤・配達目的の自転車利用者の増加もまた、自転車通行空間の安全性に対して影響を及ぼすと考えられている。そして、本題である経路検索サービスとの関連性を見出したのが、ICT の飛躍的な発展に伴う交通分野でのデジタル化の進展である。ICT は専らビッグデータ解析と関連付けられ、車両に搭載された全地球測位システム (GPS: Global Positioning System) 装置を用いて追跡した位置情報を連想するかもしれない。しかし、経路検索サービスは確実にその勢力を拡大してきている。

表 3.3.1. 第 1 次自転車活用推進計画 (2018-2020)における数値目標

措置	客観的指標	基準値と目標値	実績値：最新版
01.	自転車活用推進計画を策定した 地方公共団体数 [団体]	0 (2017)→200 (2020)	150 (2021.03)
02.	都市部における歩行者と分離された 自転車ネットワーク概成市町村数 [市町村]	1 (2016)→10 (2020)	10 (2020.03)
04.	サイクルポートの設置数 [箇所]	852 (2016)→1,700 (2020)	2,425 (2019.12)
11.	通勤目的の自転車分担率 [%]	15.2 (2015)→16.4 (2020)	15.2 (2016.03)
13.	先進的なサイクリング環境の整備を目指す モデルルートの数 [ルート]	0 (2017)→40 (2020)	56 (2020.03)
14.	自転車の安全基準に係るマークの普及率 [%]	29.2 (2016)→40 (2020)	39.8 (2020.03)
14, 16.	自転車技士の資格取得者数 [人]	80,185 (2017)→84,500 (2020)	81,972 (2020.03)
14-20.	自転車乗用中の交通事故死者数の減少率 [%] ：第 10 次交通安全基本計画 (2016-2020)	・ 自転車乗車中 572 (2015)→ ・ 交通事故全体 4,117 (2015)→	419 (2020) : 26.7 2,839 (2020) : 31.0
18.	交通安全について指導している学校の割合 [%]	36,325; 99.6 (2015)→36,487; 100 (2019)	35,590; 99.4 (2018)

表 3.3.2. 第 2 次自転車活用推進計画 (2021-2025)における数値目標

措置	客観的指標	実績値：最新版	目標値
01-02.	自転車ネットワークに関する計画が位置付けられた 自転車活用推進計画を策定した市区町村数 [市区町村]	89 (2021.03)	400 (2025); 825 (2030)
04.	シェアサイクル事業が位置付けられた 自転車活用推進計画を策定した市区町村数 [市区町村]	60 (2021.03)	240 (2025)
11.	通勤目的の自転車分担率 [%]	15.2 (2016.03)	18.2 (2025); 20.0 (2030)
13.	先進的なサイクリング環境の整備を目指す モデルルートの数 [ルート]	56 (2020.03)	100 (2025)
14.	自転車の安全基準に係るマークの普及率 [%]	39.8 (2020.03)	45 (2025)
14, 16.	自転車技士の資格取得者数 [人/年]	836 (2019)	4,900 (2021-2025)
14-20.	自転車乗用中の交通事故死者数の減少率 [%] ：第 11 次交通安全基本計画 (2021-2025)	・ 自転車乗車中 419 (2020) ・ 交通事故全体 2,839 (2020)	前者の減少率が、 後者のそれを上回る。
22.	自転車損害賠償責任保険等の加入率 [%]	59.7 (2021.03)	75 (2025); 100

Note. MLIT (2018a, 2018b, 2021a, 2021e, 2021g, 2022)を基に著者が作成した。

その社会的背景にあるのが、モビリティ・アズ・ア・サービス (MaaS: Mobility as a Service) である。MaaS とは、実質的に分割された多種多様な複数の交通手段の組み合わせを個人の需要に沿って最適化し、ひとつに統合したモビリティ・サービスとして提供する概念を指す (日高, 2020 ; Sochor *et al.*, 2018)。スマートフォン等を用いて一元的なプラットフォームにアクセスできさえすれば、あらゆるドア・ツー・ドアの目的トリップがリーズナブルにかつシームレスになる上、その先の予約・決済等のプロセスまで一括で完結できる場合もある

(石村他, 2018 ; 井上, 2019 ; 自転車のまちをデザインする研究会, 2018)。日本における MaaS の構想の初出は、2018 年 06 月に閣議決定された「未来投資戦略 2018—『Society 5.0』『データ駆動型社会への変革』—」における「次世代モビリティ・システムの構築」である (首相官邸, 2018)。2019 年 06 月に開始された「スマートモビリティチャレンジ」では、来るべき自動運転社会に先立って新しいモビリティ・サービスを実装すべく、地域と企業の協働を手厚く後援している (経済産業省・国土交通省, n.d.)。さらに、2020 年 03 月に策定、2021 年 04 月に改定された「MaaS 関連データの連携に関するガイドライン」は、公共交通事業者・地方自治体等が保有する各種データベースの連携による円滑な情報共有に関する基本方針に言及した (国土交通省総合政策局公共交通・物流政策審議官部門, 2020, 2021)。

表 4. MaaS の階層構造の一覧表

レベル	統合の次元	具体例
4	政策 (Integration of Societal Goals) : 官民連携 (Policies, incentives, etc.)	—
3	サービス提供 (Integration of the Service Offer) : 定期契約・申込等	UbiGo, whim
2	予約・決済 (Integration of Booking & Payment)	EMot, HANNOVERmobil, Izuko, Moovel,
	: 1 トリップの検索・予約・決済 (Single trip - find, book & pay)	my route, smile einfach mobil, WILLERS MaaS
1	情報 (Integration of Information)	駅すばあと、Google, Japan Transit Planner,
	: 複数の交通手段の経路案内等 (Multimodal travel planner, price info)	mixway, NAVITIME, Qixxit
0	無し (No Integration) : 個別のサービス提供 (Single, separate services)	TRANSPORT FOR LONDON, Hertz, lyft, sunfleet

Note. 自転車のまちをデザインする研究会 (2018)・Sochor *et al.* (2018)を基に著者が作成した。

MaaS は統合の次元に応じて上記の 5 段階に分類される (p.26 表 4) (Sochor *et al.*, 2018)。レベル 4 は、行政が都市計画に MaaS の概念を組み込むことで自動車から公共交通機関へのモーダルシフトによる交通渋滞の緩和や環境負荷の低減を図るものであるが、階層構造の頂点に到達するには法改正等の課題が山積しており、未だに前例は無い (Anonymous, 2022a)。レベル 3 は、MaaS の裾野を広げた先駆者でもあるフィンランドの公共交通とオンデマンド交通のサブスクリプションサービス“whim”のように、料金体系等のサービス提供が複数の交通手段で統一されている段階であるが、国内の事例は無い (石村他, 2018 ; 日高, 2020)。レベル 2 は、複数の交通手段に関する乗換案内や運行・運賃情報を検索できるレベル 1 の延長線上に位置付けられ、交通系 IC カード等を用いた予約・決済も内包する。ここまでは国内でも数多くの実証実験が実施されており、実用化された事例もいくつか存在している (ヴァル研究所, n.d.-a, n.d.-b ; 小田急電鉄, n.d. ; ジョルダン, n.d., 2019 ; 東急, 2019 ; トヨタファイナンシャルサービス, n.d. ; 西日本旅客鉄道・トヨタ, 2019 ; 日本ユニシス, 2019 ; 東日本旅客鉄道, n.d. ; 諸星, 2018 ; MLIT, 2020b; WILLER EXPRESS, 2019)。

MaaS の台頭により、複数のプラットフォームを駆使せずとも、交通手段の垣根を超えたトータルナビゲーションが実現した。マルチモーダルとインターモーダルの両面、すなわち交通手段の並列的な選択可能性と直列的な連続性の評価がデジタル化されるようになった今、意思決定支援システムとしての経路検索サービスの真価が問われていると考える。

自転車の経路選択等に関する先行研究の調査

ここまで、既に自転車利用者の安全性については先行研究を織り交ぜながら、自転車関連交通事故発生状況との関連性の高さが裏付けられていることを熱弁してきた。ここからは、自転車利用者の意思決定機構を構成する交通手段選択・経路選択・左右歩車道選択のうち、本研究で経路選択を題材とした所以について、自転車の安全運転と利用促進を基本理念とする膨大な数の学術論文から厳選して説明する。

先行研究の批評に先立ち、個人ごとの交通行動に係る意思決定機構の分析に用いられる非集計行動モデルについて説明する。従来の集計分析ではゾーン単位で集計した平均的な交通行動を対象とするのに対して、非集計分析ではゾーン単位で集計する前の個人ごとの交通行動そのものを対象として交通需要を予測する (p.28 表 5.1)。ゾーンごとの平均値を算出する 4 段階推定法ではサンプルサイズが大きくなるほか、分散も大きいために統計的有意性の高い交通需要予測モデルの構築が困難となる (新谷・原田, 2019)。非集計分析は上記の問題点を克服し、必要最低限のサンプルで適用可能性の高い交通需要予測モデルを構築できる上、多種多様な説明変数を投入できることを特長に持つ。

非集計行動モデルは、個人 n が利用可能な選択肢集合 J_n の中から最も望ましい選択肢 j を合理的に選択するとの仮定に基づく (交通工学研究会 [JSTE], 2017, p.4; 新谷・原田, 2019)。利用可能な選択肢集合 J_n は運転免許やマイカー保有の有無、利用距離の限界、営業時間などの制約条件によって限定される場合が多く、個人 n は選択の余地が無い「固定層」と複数の選択肢を持つ「選択層」に層別される (新谷・原田, 2019; 原田, 1986; JSTE, 2017, p.91)。選択肢の存在を認知した選択層 N に所属する個人 n が、その選択可能性等を基に選別した選択肢集合 J_n から、効用最大化基準の下で選択肢 j を選択する (JSTE, 2017, p.93)。ここで、選択肢 j の効用 U_{jn} は観測可能な確定項 V_{jn} と観測不可能な確率項 ε_{jn} の線形関数で表現される (p.27 関係式(2))。これは、全ての要因を観測できないため、効用 U_{jn} が確率的に変動すると仮定するランダム効用理論に基づいており、離散的な選択結果 $\delta_{jn} = 0, 1$ を基に推定する (新谷・原田, 2019, p.93; JSTE, 2017, pp.4-5)。効用の確定項 V_{jn} は選択肢 j の選択肢特性 X_j および個人 n の社会経済変数 S_n に依存し、説明変数 Z_{kj} のパラメータ β_k に関して線形である (p.27 関係式(3)) (新谷・原田, 2019, p.92; JSTE, 2017, pp.7-8)。効用の確率項 ε_j は複数の観測不可能な要因の同時分布であるため、正規分布と仮定するのが最も一般的とされるが、このときに導出されるプロビットモデルはパラメータ β_k の推定が複雑である。そこで、正規分布と類似した二重指数分布またの名をガンベル分布の下で導出されたロジットモデルが近似解として用いられ、選択確率 P_{in} は効用関数の差分に決定付けられる (p.27 関係式(4))。本研究でもパラメータ β_k の推定が容易なロジットモデルを採用する。

$$U_{jn} = V_{jn} + \varepsilon_{jn} \dots \dots \dots (2)$$

$$V_{jn} = \sum_k (\beta_k \cdot Z_{kj}) = \sum_k \{ \beta_k \cdot f(X_{kj}, S_n) \} = \beta_1 \cdot f(X_{1j}, S_n) + \beta_2 \cdot f(X_{2j}, S_n) + \dots \dots (3)$$

$$0 < P_{in} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j \in J_n} \exp(V_j)} < 1 \Rightarrow \frac{P_i}{P_j} = \exp(V_i - V_j) \dots \dots \dots (4)$$

表 5.1. 集計分析と非集計分析の比較対照表

解析手法	集計分析	非集計分析
目的	長期的な交通需要予測	短期的な交通需要予測
調査単位	各トリップ ゾーン	各トリップ 個人または世帯
分析単位	…かなりのサンプルサイズを要する上、 推定に用いたゾーンにしか適用できない。 回帰分析等…計算の負荷が小さい。	…わずかなサンプルサイズで間に合う上、 任意の個人にまで適用できる。 最尤推定法等…計算の負荷が大きい。
推定手法	・目的変数：ゾーンごとの集計結果の平均値 …信頼性の高い連続変数となる。 ・説明変数：ゾーンごとの代表値 …個人的属性を考慮に入れられない。	・目的変数：個人ごとの選択結果 …信頼性の高くない離散変数となる。 ・説明変数：個人ごとの数値 …個人的属性を考慮に入れられる。
交通行動の枠組み	①ゾーン別発生・集中 ②ゾーン別分布 ③モード別分担 ④ルート別配分	①トリップ頻度「そもそも行くか？」 ②目的地選択「いつどこへ行くか？」 ③交通手段選択「どれで行くか？」 ④経路選択「どこをどう行くか？」

Note. 新谷・原田 (2019, p.90)・JSTE (2017, p.2)を基に著者が作成した。

表 5.2. 行動実績データと選好意識データの比較対照表

種別	行動実績 (RP)：現実の非実験・自然実験データ	選好意識 (SP)：仮想の実験データ
長所	・実際の交通行動であり、信頼性が高い。 ：パーソントリップ (PT)調査・プローブパーソン (PP)調査 交通関連ビッグデータ“ETC 2.0”等	・実験者の匙加減で属性値を設定できる。 ・選択肢集合が明確である。 ・調査方法が多種多様である。
短所	・実験者の匙加減で属性値を設定できない。 ・選択肢集合が明確でない。	・架空の交通行動であり、信頼性が高くない。 …各種バイアスが含まれる恐れがある。

Note. 新谷・原田 (2019, pp.68-70)・JSTE (2017, pp.52-53, 109-112)を基に著者が作成した。

さて、非集計行動モデルを用いて分析する個人ごとの交通行動に関するデータベースは、行動実績 (RP: Revealed Preference)と選好意識 (SP: Stated Preference)の2種類に大別できる (p.28 表 5.2)。RP は直訳すると顕示選好であり、行動実績として顕在化した選択結果を指す。SP は直訳すると表明選好であり、仮想状況下における潜在的な意向を指す。SP は RP と対照的に、属性値の操作性の高さや選択肢集合の明確さを特長に持つため、説明変数間の多重共線性やパラメータの分散を最小限に抑制できるのに加えて、現存しないモビリティ・サービスの交通需要予測モデルを構築できる。また、質問形式がバリエーション豊富であり、最も望ましい選択肢のみを選択する「選択データ」、選択肢ごとの望ましさを順位付けする「順位付けデータ」、選択肢ごとの望ましさを点数等の比例尺度で以て回答する「評点付けデータ」、二項対立同士の相対的な望ましさを順序尺度で以て回答する「一対比較データ」、双方の望ましさが等しくなるように片方の属性値を穴埋めする「マッチングデータ」がある。

ただ、必ずしも全ての回答が将来の交通行動と合致するとは限らない点で一長一短である。具体的には、被験者本人の意思でなく実験者の意図に沿って回答してしまう肯定バイアス、被験者が自身の交通行動を正当化してしまう正当化バイアス、被験者本人にとって有利な政策を誘発しようとする政策操縦バイアス、多種多様な制約条件を考慮に入れることなく回答してしまう無制約バイアスなどが含まれる恐れがある（新谷・原田, 2019; JSTE, 2017）。本研究でも上記のバイアスを念頭に置きながら、選択データの SP 調査を実施する。

それでは、自転車利用者にとって身近な空間的規模の話題として、幾度となく引き合いに出してきた左右歩車道選択に関する既往研究から紹介する。

表 6.1.1. 自転車の車道選択要因の定式化を試みた先行研究での推定結果：RP・SP 調査

説明変数	目的変数 対象地 出典	路側帯歩道側 vs. 車道側		歩道 vs. 車道：二項ロジットモデル		
		滋賀県草津市：仮想歩車道 (小川他, 2005)	大阪府大阪市	仮想交差点	仮想単路部	
選択肢固有変数 ：歩道	歩道幅員	0.7417***	2.619 ***		0.179**	0.367***
	歩行者交通量	－ 0.5083***	－ 1.954 ***			－ 1.008***
	自転車交通量	－ 0.1945**	－ 0.7945***			
	車道横断回数	－ 0.3581***				0.424***
	自転車通行可の道路標識 ダミー変数					0.424***
	自転車通行帯ダミー変数					0.977***
	車道幅員					－ 0.036
選択肢固有変数 ：車道	自動車交通量		－ 0.2390***			－ 0.771**
	車線数				－ 0.179**	0.000
	カラー舗装ダミー変数				1.601***	1.866***
	ピクトグラムダミー変数				1.514***	1.796***
	車道視点ダミー変数				0.860***	0.538***
	普段歩道派ダミー変数			－ 2.318*	－ 0.108**	－ 0.367***
	普段車道派ダミー変数			1.336	0.671***	0.497***
社会経済変数	知識の少なさダミー変数			－ 1.449***	－ 0.058	－ 0.148***
	知識の多さダミー変数			0.506	0.136	0.098*
	男性ダミー変数			－ 0.079	0.084*	0.093*
選択肢定数：車道	定数項			－ 0.982	－ 0.377	－ 0.091
データサイズ N		198	198	112	3,510	3,510
的中率		67.51%	77.48%	66.7%	64.1%	79.3%
尤度比 ρ^2		0.1390	0.2807			
自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2				0.286	0.405	0.459

Notes. * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; 変数定義は割愛する。

表 6.1.2. 自転車の左右歩車道選択要因の定式化を試みた先行研究での推定結果：RP 調査

説明変数	目的変数 対象地 出典	歩道左側 vs. 歩道右側 vs. 車道左側 vs. 車道右側 ：多項ロジットモデル 愛知県豊橋市（鳥本他，2013）
選択肢固有変数：歩道左側	自転車通行可の道路標識	2.014***
選択肢固有変数：歩道右側	ダミー変数	1.757***
選択肢固有変数：車道左側	自動車交通量	－ 0.294***
選択肢固有変数：車道右側		－ 0.158***
	歩道幅員	1.294***
一部共通変数：歩道	歩行者交通量：対向	0.288**
	歩行者交通量：並行	0.362***
	路肩幅員	0.443**
一部共通変数：車道	車道幅員	0.871***
	歩行者交通量：並行	5.846***
一部共通変数：左側	時間帯	0.370***
社会経済変数：左側	高校生ダミー変数	－ 0.499***
選択肢定数：歩道左側	定数項	0.127
選択肢定数：車道左側	定数項	－ 1.594*
選択肢定数：車道右側	定数項	－ 2.955***
データサイズ N		3,565
的中率		60.5%
尤度比 ρ^2		0.310

Notes. * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; 変数定義は割愛する。

自転車の通行位置は歩道通行あるいは車道通行、進行方向は左側通行あるいは右側通行と二項対立が明確であるためか、左右歩車道選択要因の定式化を試みた事例がかなり多い。小川他 (2005)が滋賀県草津市にて実施したアンケート調査では、歩道幅員の広さに次いで、歩行者交通量・自転車交通量等の少なさが車道選択要因として重視された (p.29 表 6.1.1)。岡田・吉田 (2014)が大阪府大阪市にて実施したビデオ調査およびアンケート調査ならびに仮想空間画像実験では、歩道幅員の広さや歩行者交通量・自動車交通量・車線数の少なさ、自転車通行帯・カラー舗装・ピクトグラムの有無に加えて、日頃の通行位置や交通ルールの習熟度が意思決定機構に干渉していた (p.29 表 6.1.1)。鳥本他 (2013)が愛知県豊橋市にて実施したビデオ調査およびアンケート調査では、自動車交通量が少ないほど、通勤・通学の時間帯に学生以外の職業を中心に車道左側通行を励行する傾向にあった (p.30 表 6.1.2)。かなり簡略化した、通行位置も進行方向も道路環境の構造的特性および自転車利用者の個人的属性に決定付けられることが、数多くの先行研究を通じて実証されている (小川, 2011; 鈴木他, 2015; 轟・松村, 2004; 松葉・廣昌, 2010; 山中他, 2020; 横関他, 2015)。

さらに、上記以外で歩車道選択に対して影響を及ぼすのが、目的地との位置関係である。矢野他 (2014)が千葉県柏市・東京都文京区・東京都葛飾区の 5 地点にて自転車利用者 301 人を対象として実施したアンケート調査では、あらゆる場合の歩道通行が撤廃されてもなお車道通行を遠慮する回答者 232 人のうち、5 地点合計 41 人が経路上の都合を理由に挙げた。これは、車道通行への不安を吐露した 5 地点合計 166 人、自動車交通量の多さに言及した 5 地点合計 56 人に次ぐ第 3 位に食い込んでおり、目的地が走行ルートの上側に位置するとき、迂回や歩道押し歩きの手間を惜しんだ末に歩道通行を強行してしまう心情が汲み取れる (p.19 図 3 ; p.31 表 6.2)。全ての自転車利用者が一括りに糾弾される道理こそ無いが、起終点の立地を言い訳にして歩車道を自由自在に往来する独善的な走行挙動が生じており、歩行者との意思疎通を図ることの重要性も指摘されている (金, 2016 ; 門馬・金, 2015)。

表 6.2. 自転車の歩道選択要因の順位付けを試みた先行研究での集計結果

順位	尺度	回答者数：複数回答あり
	対象地 出典	千葉県柏市・東京都文京区・葛飾区 (矢野他, 2014)
01. 車道通行への不安 ; 07. 普通自転車専用通行帯 ; 12. 歩道幅員の広さ		166; 71.5% ; 25; 10.8% ; 9; 3.9%
02. 自動車交通量の多さ ; 08. 不明 ; 14. その他		56; 24.1% ; 15; 6.5% ; 7; 3.0%
03. 経路上の都合 ; 09. 車道の逃げ場の無さ ; 15. 大型車混入率		41; 17.7% ; 14; 6.0% ; 6; 2.6%
04. 乳児・幼児等の同乗 ; 10. 防護柵等の道路構造 ; 15. 対向車との対峙		32; 13.8% ; 13; 5.6% ; 6; 2.6%
04. 車道幅員の狭さ ; 11. 運転者本人の高齢化 ; 15. 習慣		32; 13.8% ; 12; 5.2% ; 6; 2.6%
06. 自動車との交錯 ; 12. 自動車走行速度の速さ ; 18. 路上駐車		29; 12.5% ; 9; 3.9% ; 3; 1.3%

Note. 回答者数 $N = 232$ [人].

以上を踏まえて、自転車利用者の安全性に直結する左右歩車道選択については既に多種多様なアプローチから分析されつくした印象を受け、活路を全く見出せなかった。そこで、左右歩車道選択と不可分一体な経路選択に、本研究の視座を定めることとした。

自転車の経路選択における価値判断には個人差がある上、状況次第で重要性が変動する。轟・松村 (2004)が岐阜県岐阜市にて実施したビデオ調査およびアンケート調査では、経路選択要因が「最短性」「快適性」「安全性」の 3 尺度に集約された。「最短性」については、最短経路であることに加えて、信号待ちの時間が少なく済むように臨機応変な進路変更が観測され、信号機の有無も重視された。「快適性」については、切り下げに伴う縦断勾配や縁石の段差を躲すべく、なるべく平坦で歩車共存の走行ルートが選択された。「安全性」については、自動車との交錯や夜間視認性の低さを恐れ、自動車交通量や街路灯の有無が経路選択要因となった。このうち、「最短性」「安全性」の 2 尺度は時間的制約に応じて重要性が逆転した。走行距離の短さを最も重要な経路選択要因とした回答者の割合は、時間の余裕が無いときには 68.0%を占めたのに対して、時間の余裕があるときにはたった 3.2%となった。逆に、自動車交通量の少なさを最も重要な経路選択要因とした回答者の割合は、時間の余裕が無いときには 13.5%であったのに対して、時間の余裕があるときには 46.2%をも占めた。

Kuiper (2021)がオランダ各都市にて実施したアンケート調査でも、轟・松村 (2004)の言葉を拝借すると「最短性」において最も優れていても、「安全性」を十分に確保できないならば、その走行ルートを回避する回答者の割合が合計 41.66%と半数近くであった (p.32 表 7.1.1)。Segadilha & Sanches (2014)がサンパウロ州サン・カルロス市にて実施したアンケート調査では、走行距離を差し置いて各種交通量・自動車走行速度が経路選択要因の上位を独占した (p.32 表 7.1.2)。van der Waerden & van der Waerden (2022)がオランダ各都市にて実施したアンケート調査では、所要時間・路面性状・自動車走行速度・自転車交通量・信号交差点に加えて、オランダ特有の新しい交差点の有無もまた経路選択要因として有意であった。

表 7.1.1. 自転車の経路選択要因の順位付けを試みた先行研究での集計結果

順位	尺度 対象地 出典	重要性：5 段階評価			
	設問	(Kuiper, 2021)			
		全く思う；思う；どちらでもない；思わない；全く思わない			
1.	私は構造的な歩車分離のある自転車道を走行したい。	20.00%; 48.33%;	20.00%;	10.00%;	1.67%
2.	たとえそれが最短経路であったとしても、私は安全でない走行ルートを回避する。	3.33%; 38.33%;	28.33%;	28.33%;	0.00%
3.	私は自動車法定速度 30 km/hの道路を走行したい。	1.67%; 20.00%;	40.00%;	36.67%;	1.67%
4.	私は交通量の多い道路環境を回避する。	6.67%; 15.00%;	36.67%;	38.33%;	3.67%

Note. 回答者数 $N = 61$ [人].

表 7.1.2. 自転車の経路選択要因の順位付けを試みた先行研究での集計結果：SP 調査

順位	尺度 対象地 出典	重要性：5 段階評価			
		サンパウロ州サン・カルロス市 (Segadilha & Sanches, 2014)			
01.	トラック交通量；07. 路面性状；13. 一方通行	4.59 ± 0.82；	4.24 ± 0.87；	3.52 ± 1.09	
02.	バス交通量；08. 走行距離；14. 環状交差点	4.59 ± 0.73；	3.93 ± 0.96；	3.52 ± 1.48	
03.	交通量；09. 車道幅員；15. 一時停止標識	4.55 ± 0.91；	3.93 ± 1.07；	3.48 ± 1.06	
04.	自動車走行速度；10. 道路舗装；16. 信号機	4.52 ± 0.83；	3.76 ± 1.09；	3.45 ± 1.18	
05.	街路灯；11. 交差点；17. 路上駐車	4.34 ± 0.77；	3.62 ± 1.27；	3.41 ± 0.94	
06.	治安；12. 街路樹；18. 勾配	4.28 ± 1.03；	3.52 ± 1.09；	3.34 ± 1.23	

Note. 回答者数 $N = 65$ [人].

ここで、何を以て「安全性」を定義付けるかという問題がある。上記のアンケート調査で登場した各種交通量・自動車走行速度・街路灯の有無だけでも、回答者によってそれぞれの重要性が異なり、「安全性」の解釈には個人差や地域差がある (p.32 表 7.1.1; p.32 表 7.1.2) (轟・松村, 2004；Kuiper, 2021; Segadilha & Sanches, 2014)。このことは、自転車利用者の主観的な安心感を定式化した先行研究にも共通しており、都市間での互換性の高さを検証すべきである (p.14 表 1.2) (金, 2009；鈴木他, 2013；原澤他, 2016；山中・亀井, 2015)。

先述した Kuiper (2021)がオランダ各都市にて実施した実走調査では、非常に多角的な視点から安全性を定義付けていたが、その客観的指標に位置付けた 2008 年から 2017 年までの 10 年間の交通事故発生件数は自転車の経路選択要因として有意でなかった (p.33 表 7.2.1)。このとき、起終点を同じくする現実的な走行ルートを選択肢集合はラベリング法を用いて生成されている。このうち、実際に選択された走行ルートの交通事故発生件数の主効果は、高齢者男性を中心にむしろ多い傾向にあった。RP 調査であることから、被験者が危険性を事前に承知した上であえて交通事故発生件数の多い経路選択に至ったとは考えにくい、現時点では交通事故発生件数に対して無頓着である様子を暗示している (p.33 表 7.2.1)。

Broach *et al.* (2012)がオレゴン州ポートランド市にて自転車利用者 164 人を対象として実施した実走調査では、車両に搭載された GPS 装置を用いて 3 秒間隔で追跡した合計 1,449 トリップの位置情報を、約 66,000 ノードと約 88,000 リンクで構成される格子型の道路網に高密度でマップマッチングし、ラベリング法を用いて走行ルートを選択肢集合を生成した。その結果、説明変数の大半を占める交差点での右左折・直進回数のパラメータが負で一致し、交差点通過回数の少ない走行ルートへの選好意識が裏付けられた (p.34 表 7.2.2)。さらに、年間平均日交通量 (AADT)がほぼ等しい無信号交差点での右左折・直進回数に着目すると、右側通行の際に車道横断を伴う左折回数の少なさの方が右折回数のそれよりも重視された。トリップ全体の約 30%を占めた通勤時における各説明変数の重要性は距離換算 $Eq.\% \Delta dist.$ でほぼ総じて下がり、走行距離の短さが通勤時で特に重視されることも実証された。

表 7.2.1. 自転車の経路選択要因の定式化を試みた先行研究での推定結果：RP 調査

説明変数	目的変数	走行ルート：多項ロジットモデル
	対象地 出典	北ホラント州アムステルダム市・ユトレヒト州ユトレヒト市 (Kuiper, 2021)
走行距離 [km]		− 0.55
パスサイズの自然対数		8.65***
都市部の割合 [%]		− 2.43*
地方部の割合 [%]		3.75***
街路灯の割合 [%]		1.80
自動車法定速度の割合 [%]		2.78**
車道混在の割合 [%]		8.57***
自転車道の割合 [%]		− 0.12
犯罪率 [件／年]		− 0.20
交通事故発生件数 [件／10 年]		1.22
データサイズ N		2,246
最終尤度 $L(\hat{\beta})$		− 552.96831
Wald 統計量		0.000

Notes. * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; 変数定義は割愛する。

表 7.2.2. 自転車の経路選択要因の定式化を試みた先行研究における推定結果：RP 調査

説明変数	目的変数	走行ルート：パスサイズロジットモデル			
	対象地 出典	オレゴン州ポートランド市 (Broach <i>et al.</i> , 2012)			
走行距離の自然対数				- 5.22	***
走行距離の自然対数：自転車通勤				- 3.76	***
右左折回数 [回/mile]	(Eq. % Δ dist. = NonC	7.4; C	4.2)	- 0.371	***
信号交差点での左折・直進回数 [回/mile]	(Eq. % Δ dist. = NonC	3.6; C	2.1)	- 0.186	***
一時停止標識での右左折・直進回数 [回/mile]	(Eq. % Δ dist. = NonC	0.9; C	0.5)	- 0.0483*	
AADT1-2 万台の無信号交差点での左折回数 [回/mile]	(Eq. % Δ dist. = NonC	16.2; C	9.1)	- 0.782	***
AADT2 万台-の無信号交差点での左折回数 [回/mile]	(Eq. % Δ dist. = NonC	43.1; C	23.1)	- 1.87	***
AADT1 万台-の無信号交差点での右折回数 [回/mile]	(Eq. % Δ dist. = NonC	6.7; C	3.8)	- 0.338	**
AADT0.5-1 万台の無信号交差点での左折・直進回数 [回/mile]	(Eq. % Δ dist. = NonC	7.2; C	4.1)	- 0.363	***
AADT1-2 万台の無信号交差点での左折・直進回数 [回/mile]	(Eq. % Δ dist. = NonC	10.4; C	5.9)	- 0.516	***
AADT2 万台-の無信号交差点での左折・直進回数 [回/mile]	(Eq. % Δ dist. = NonC	61.7; C	32.2)	- 2.51	***
車道混在すら擁さない AADT1-2 万台の車道の割合	(Eq. % Δ dist. = NonC	22.3	)	- 1.05	**
車道混在すら擁さない AADT1-2 万台の車道の割合：自転車通勤	(Eq. % Δ dist. =	C	36.8)	- 1.77	*
車道混在すら擁さない AADT2-3 万台の車道の割合	(Eq. % Δ dist. = NonC	137.3	)	- 4.51	***
車道混在すら擁さない AADT2-3 万台の車道の割合：自転車通勤	(Eq. % Δ dist. =	C	140.0)	- 3.37	*
車道混在すら擁さない AADT3 万台-の車道の割合	(Eq. % Δ dist. = NonC	619.4	)	- 10.3	***
車道混在すら擁さない AADT3 万台-の車道の割合：自転車通勤	(Eq. % Δ dist. =	C	715.7)	- 8.59	*
自転車道の割合	(Eq. % Δ dist. = NonC	- 26.0; C	- 16.0)	1.57	***
自転車ネットワークの割合	(Eq. % Δ dist. = NonC	- 17.9; C	- 10.8)	1.03	***
勾配 2-4%の上り坂の割合	(Eq. % Δ dist. = NonC	72.3; C	37.1)	- 2.85	***
勾配 4-6%の上り坂の割合	(Eq. % Δ dist. = NonC	290.4; C	120.3)	- 7.11	***
勾配 6%-の上り坂の割合	(Eq. % Δ dist. = NonC	1106.6; C	323.9)	- 13.0	***
自転車道を擁する橋梁ダミー変数	(Eq. % Δ dist. = NonC	- 29.3; C	- 18.2)	- 3.11	***
車道混在を擁する橋梁ダミー変数	(Eq. % Δ dist. = NonC	- 44.9; C	- 29.2)	- 1.81	***
パスサイズの自然対数				1.81	***
データサイズ N				1,449	
初期尤度 $L(0)$				- 4,058.7	
最終尤度 $L(\hat{\beta})$				- 3,020.0	
尤度比 ρ^2				0.256	

Notes. * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; $r_{\text{time, dist.}} = 0.93$; 所要時間は勾配等に左右される。

$$\text{Eq. \%}\Delta\text{dist.} = \left\{ \exp \left(\Delta\text{attr.} * \frac{\beta_{\text{attr.}}}{\beta_{\text{ln}(\text{dist.})}} \right) - 1 \right\} * 100 \text{ (C: 通勤)}; \text{変数定義は割愛する。}$$

必ずしも安全性を兼ね備えるとは限らない最短経路に対する代替案を具体的に提示した事例としては、Soni *et al.* (2019)がニューヨーク州ニューヨーク市における犯罪の悪質性と交通事故に伴う人的被害の重大性を定量化し、理論上の最安全経路を可視化している。まず、2010 年から 2019 年までの 10 年間にかけてニューヨーク市内にて発生した犯罪については刑罰の重さや刑期の長さを基に「犯罪スコア C_S 」を定義付けた (p.35 表 8)。続いて、交通事故については歩行者 P ・自転車 C ・自動車 M の死傷者数を一律で足し上げた死者数 K と負傷者数 I を 2 : 1 の比重で組み込んだ「事故スコア A_S 」を定義付けた (p.36 関係式(5))。その後、マンハッタンのみに対象地を絞り込み、k 平均法を用いて分割されたクラスターの「平均犯罪スコア C 」「平均事故スコア A 」を算出した。そして、犯罪と交通事故のデータベースを 7 : 3 の比重で読み込み、任意の走行ルート上に 2 km 間隔で描画した各地点 W における「犯罪スコア C_S 」「事故スコア A_S 」を、クラスターの平均値を基に k 近傍法を用いて予測した結果、前者は決定係数 $R^2 = 0.910$ 、後者は決定係数 $R^2 = 0.974$ と高精度であった。最後に、各地点 W における「犯罪スコア C_S 」「事故スコア A_S 」の合計「危険性スコア R_S 」が最小値となる最安全経路を探索し、最短経路と同じく地図上に投影した (p.36 関係式(6) ; p.36 図 5.1 ; p.36 図 5.2)。「危険性スコア R_S 」が最小値となる複数の候補がある場合は、その中でも走行距離がより短いものを最安全経路として出力した。当該の研究デザインは、「事故スコア A_S 」について歩行者 P ・自転車 C ・自動車 M を同じ、死者数 K を負傷者数 I の 2 倍の重みに設定した根拠を明記せず、人的被害を伴わない物損事故も考慮に入れていない。何よりも、最安全経路が無条件に有用性の高い選択肢でないことを鑑みて、エンドユーザーである地域住民等による選好意識を検討すべきであったと考察する。

表 8. 犯罪の悪質性の定量化を試みた先行研究における等級付け

罪状	犯罪スコア C_S	罪状	犯罪スコア C_S
性的暴行	15	身体的接触を伴う嫌がらせ	10
性犯罪	15	放火	9
殺人	14	器物損壊	8
過失運転致死	14	銃刀法違反	7
過失致死：未分類	14	傷害致死	6
対児童犯罪	13	脱獄	5
対人犯罪	13	強盗	5
公序良俗に反する犯罪	13	飲酒運転・過労運転	4
犯罪未遂	13	道路交通法違反	3
暴行	12	その他の交通違反	3
略取・誘拐	11	詐欺	2
誘拐まがいの犯罪	11	重窃盗	1
治安素行行為	10	軽窃盗	1

Note. Soni *et al.* (2019)を基に著者が作成した。

$$A_S = 2K + I = (P_k + C_k + M_k) \cdot 2 + (P_i + C_i + M_i) \cdots \cdots (5)$$

$$R_S = \sum_{i=1}^W C_S + \sum_{i=1}^W A_S \cdots \cdots (6)$$



図 5.1. 最短経路@マンハッタン



図 5.2. 最安全経路@マンハッタン

(Soni *et al.*, 2019)

本研究の目的と新規性

自転車は多種多様な用途で利用され、幅広い年齢層からの根強い人気を誇る。その魅力を発掘したところ、環境負荷の低減や地域活性化、自転車利用者らの健康増進と分野横断的な波及効果をもたらしながら、多方面で活躍する可能性を秘める交通手段であると判明した。しかし、その恩恵を享受するには、立ちはだかる安全性の課題を克服しなければならない。日本では自転車の有効活用に向けた取り組みとは裏腹に、自転車関連交通事故発生状況が足踏み状態になりつつあり、危険と隣り合わせである。交通事故の根絶は不可能であるが、自転車利用者に付きまとうリスクとの共存を図るべく、重点的なかつ戦略的な交通施策を早急に講じることが必須である。現在、事故現場の位置情報や属性情報は公開されており、自転車利用者による事前の情報収集に役立つ。その一方で、既存のプラットフォームとして世間に浸透し、情報提供の在り方が多様化する経路検索サービスでも、安全な走行ルートが一目で分かる仕組みまでは依然として実装されていないことに素朴な疑問を抱いた。

そこで、本研究では自転車がより安全に走行できる交通社会の実現を最終目標に掲げた上で、自転車の経路選択における意思決定支援システムの拡充を提言する。本研究の目的は、自転車利用者にとっての新たな選択肢のひとつとしての最安全経路を提示するのみならず、この提案自体の実効性を検証することまでとする。

なぜならば、最安全経路への選好意識は個人の状況に応じた価値判断に左右されるほか、最短経路との差異の程度にも依存するためだ。本研究と着眼点を同じくする先行研究ではどのような条件であれば最安全経路が選択されるかまでは言及しなかったが、本研究では多種多様な条件設定において、最短経路に対する具体的な代替案として最安全経路を提示したときの選択結果に着目することで差別化を図った。

最短性と安全性においてトレードオフの関係性にある 2 走行ルートを可視化した上で、自転車の経路選択要因としての 2 尺度の重みを定量的に比較検討する。本研究の新規性は、エンドユーザーである実際の自転車利用者の立場に立ち返り、フィードバックを頂戴する部分に見出した。

研究デザイン

はじめに、本研究での最安全経路を、通過する自転車関連交通事故発生場所が最も少ない「事故現場回避経路」と命名した。確かに、渡部・中村 (2015)曰く「顕在化した希少な事象」である自転車関連交通事故発生件数の多寡でなく、先述した「満足度」「安全感」のように道路環境でいて、走行ルート安全性を定義付ける方法もある (p.14 表 1.2) (金, 2009 ; 鈴木他, 2013 ; 原澤他, 2016 ; 山中・亀井, 2015)。しかし、本研究で用いたデジタル道路地図 (DRM: Digital Road Maps)の属性テーブルは、車道幅員や平日 12 時間交通量に関するフィールドを持ちながら、その属性値が格納されていないフィーチャが大半を占めたため、因果関係の構築は困難であると判断した。また、経路検索サービスでの情報提供を想定したときに、自転車利用者にとって感覚的に分かりやすい客観的指標を用いることを尊重した結果、交通事故発生件数に行き着いた (p.22 図 4.4) (今井, 2017 ; 山田, 2018 ; Marcel, 2017)。ここで、Kuiper (2021)が自転車の経路選択要因としての交通事故発生件数の統計的有意性が無いと実証したのも相まって、本研究の定義を安易とする懐疑的な見解もあると推察する。至極当然な疑念であるが、当該の事例が顕示選好 (RP)であり、表明選好 (SP)でないことに留意されたい。交通事故発生件数を意識下に置くことで、選択結果が異なる可能性はある。自転車関連交通事故のみとしたのは、交通事故発生要因が当事者ごとに異なるためである (渡部・中村, 2015)。最速経路でなく最短経路としたのは、自転車走行速度が混雑状況や信号現示や勾配によるだけでなく、性差や年齢差もあるためである (p.77 関係式(M) ; p.77 関係式(F)) (Schantz *et al.*, 2018)。以上のことから、本研究では走行距離が最も短い最短経路と、自転車関連交通事故発生件数が最も少ない事故現場回避経路の二項対立を成立させた。

本研究は最短経路と事故現場回避経路の可視化と、実際の自転車利用者による双方への選好意識の定式化の二部構成である。起終点を同じくする 2 走行ルートを探索したのちに、このうちの一部の区間についてのみ、SP 調査を通じて自転車利用者に図示する。その集計結果を基に経路選択モデルを構築するが、本研究では走行距離と自転車関連交通事故発生件数を説明変数に含み、2 走行ルートの効用を目的変数とする二項ロジットモデルとした。最後に、その推定結果を基に対象地全体における事故現場回避経路の選択確率を試算する。

本研究の対象地とデータセット

ここでは、本研究で用いたデータセットと起用の根拠をそれぞれ説明する (p.38 表 9)。

本研究は、シェアサイクル事業「札幌みんなのサイクル porocle」(ポロクル)を運営する認定 NPO 法人ポロクル様による多大なるご厚意を賜り、2020 年 10 月時点で北海道札幌市中央区・北区・東区内に点在した全 49 サイクルポートの位置情報と、1 か月間の利用履歴データをご提供いただいた (p.39 図 6.1)。空間的分布が比較的まばらなサイクルポートに起終点が固定されることで、走行ルートの走行距離および自転車関連交通事故発生件数が適度にばらつくと予想した。また、起終点を同じくするラウンドトリップは最短経路自体を定義できないために除外した。本研究の対象地は札幌都心部 3 行政区とし、全 49 サイクルポートのうちの異なる 2 箇所を起終点とする全 1,176 区間について取り扱う。

現地の道路網を構成する交差点と単路部は、それぞれ DRM 第 3.14 版の全道路ノードと全道路リンクで代用した (DRM, n.d.-b)。DRM はリンクが細かく分割されていることから、経路探索に適している。また、基本道路と全道路は情報量と地物数においてトレードオフの関係性にあり、後者は属性情報が少ない代わりに道路網をほぼ網羅している。先述した通り前者も属性値を持たないリンクが散見されたほか、自転車が走行し得る道路網をなるべく満遍なく表現したいとの観点から、本研究では全道路を取り扱うこととした。

事故現場については、「交通事故統計情報のオープンデータ」を基に 2019 年から 2021 年までの 3 年間にかけて北海道札幌市内の交差点と単路部にて発生した自転車関連交通事故 2,412 件を抽出した (p.39 図 6.2) (NPA, n.d.-a)。具体的な手順は後述するが、2018 年 03 月より着手された交通施策「札幌都心部 自転車通行位置の明確化の取り組み」を契機として、自転車利用者の行動変容が生じたとの推察に基づき、2018 年以前の自転車関連交通事故は取り扱わないこととした (札幌市建設局, 2018)。また、交差点と交差点付近を含む単路部のみとしたのは、公開空地・駐車場・私道等が該当する一般交通の場所における事故現場は DRM に紐付けられないためである (山田他, 2014)。

このほかにも、対象地の道路環境等をなるべく忠実に再現した地図を作成するにあたり、国土数値情報とオープンストリートマップ (OSM: OpenStreetMap) も併用した。

本研究で用いたデータセットのうち、交通事故統計情報については札幌市の自転車利用実態と、サイクルポートについてポロクルの沿革と関連付けて理解を深める。

表 9. 本研究で用いたデータセットの一覧表

データベース	データセット	年次	出典	備考
シェアサイクル事業 「札幌みんなの サイクル porocle」 (ポロクル)	サイクルポートの 位置情報と属性情報 利用履歴データ	2020.10	ポロクル (n.d.) 認定 NPO 法人 ポロクル様	全 49 サイクルポート 異なる 2 箇所を起終点とする 全 1,176 区間
全国デジタル道路地図 データベース標準 第 3.14 版 (DRM, n.d.-b)	基本道路ノード 基本道路リンク 全道路ノード 全道路リンク	2016.02	日本デジタル 道路地図協会 (DRM, n.d.-a)	幅員 5.5 m 以上の交差点 幅員 5.5 m 以上の単路部 幅員 3.0 m 以上の交差点 幅員 3.0 m 以上の単路部
交通事故統計情報の オープンデータ (NPA, n.d.-a)	本票_01-12 月	2019 2020 2021	NPA (n.d.-f) NPA (n.d.-g) NPA (n.d.-h)	過去 3 年間で北海道札幌市内 交差点と単路部にて発生した 自転車関連交通事故 2,412 件
国土数値情報 ダウンロードサービス (MLIT, n.d.-a)	バス停留所 (ポイント) バスルート (ライン) 鉄道 (ライン) 行政区域 (ポリゴン)	2010 2011 2020 2019	MLIT (2017a) MLIT (2017b) MLIT (2020e) MLIT (2019)	— 北海道札幌市
オープンストリートマップ (OSM)			OpenStreetMap Foundation (OSMF, n.d.)	

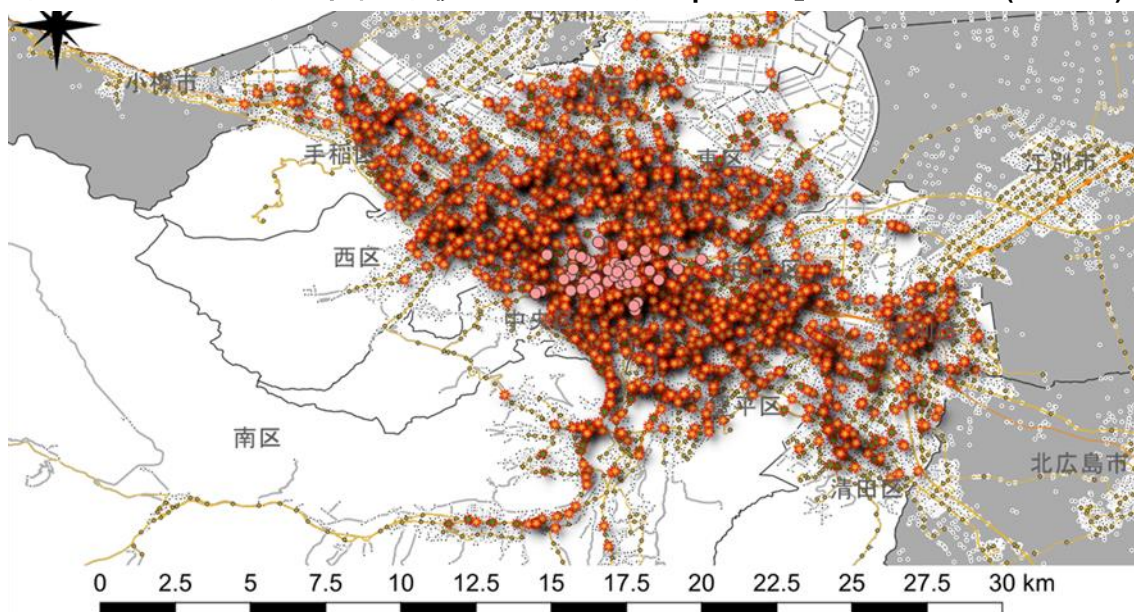


凡例

- サイクルポート (2020)
- バス停留所 (2010)
- 全道路リンク (2016)
- 鉄道駅 (2020)
- バスルート (2011)
- 北海道札幌市 (2019)
- 鉄道網 (2020)
- 全道路ノード (2016)

Notes. サイクルポート数 $N = 49$; ポロクル (n.d.)を基に著者が作成した。

図 6.1. シェアサイクル事業「札幌みんなのサイクル porocle」ポートマップ (2020.10)



凡例

- サイクルポート (2020)
- 自転車関連交通事故 交差点 (2019-2021)
- 自転車関連交通事故 単路部 (2019-2021)
- 鉄道駅 (2020)
- 鉄道網 (2020)
- バス停留所 (2010)
- バスルート (2011)
- 全道路リンク (2016)
- 北海道札幌市 (2019)
- 北海道札幌市他 (2019)
- 全道路ノード (2016)

Notes. 自転車関連交通事故発生件数 $N = 2,412$ [件];

NPA (n.d.-f, n.d.-g, n.d.-h)を基に著者が作成した。

図 6.2. 北海道札幌市における自転車関連交通事故発生マップ (2019.01.06-2021.12.16)

北海道札幌市の自転車利用実態等について

札幌市は北海道中西部に位置する日本最北端の政令指定都市にして、2022 年 01 月時点の人口 1,960,668 人と国内第 4 位を誇る 100 万人都市であり、中央区・北区・東区・白石区・豊平区・南区・西区・厚別区・手稲区・清田区の 10 行政区で構成されている (p.84 表 C.A) (総務省自治行政局住民制度課, 2022a)。

札幌市はかつてのグランドビジョンである「札幌市基本構想」「第 4 次長期総合計画」を引き継ぐ形で、2013 年 10 月に「札幌市まちづくり戦略ビジョン」を策定した (札幌市, 2000, 2013a, 2013b; 札幌市まちづくり政策局政策企画部企画課, 2022)。これは、「北海道の未来を創造し、世界が憧れるまち」「互いに手を携え、心豊かにつながる共生のまち」を将来の目指すべき都市像に掲げ、奇しくも 2023 年を目標年次とする最上位計画に位置付けられる。2004 年 03 月に策定、2016 年 03 月に改定された「札幌市都市計画マスタープラン」では、分野別個別計画との連動を図り、時代の潮流に沿った総合的なまちづくりを推進してきた (p.40 図 7)。2005 年には「環境文化都市さっぽろ」、2008 年には「環境首都・SAPPORO」と銘打ってきたが、2018 年には日本有数の「SDGs 未来都市」、2020 年には国内 72 番目の「ゼロカーボンシティ」として名を馳せるなど、地球環境保全への積極的な姿勢を見せ続け、気候変動緩和策・適応策に関するアクションプランを策定した (札幌市, 2005, 2011a, 2018, 2021; 札幌市環境局環境都市推進部環境政策課, 2021a, 2021b)。

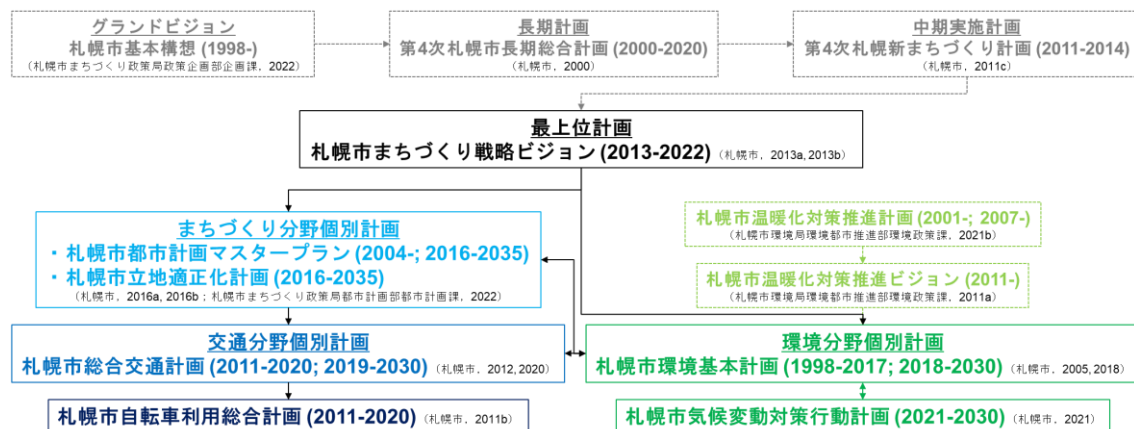


図 7. 札幌市が策定した各種計画の相関図

そして、2012 年 01 月に策定、2020 年 03 月に改定された「札幌市総合交通計画」では、「暮らし・活力・環境を重視する公共交通を軸とした交通体系の実現」との基本理念の下、SDGs と連動した 2030 年を目標年次とする数値目標を掲げ、交通計画に関する基本方針に言及した (札幌市, 2020)。札幌市は未だに地方版自転車活用推進計画を策定していないが、この中で安全運転や利用促進に係る交通施策をハード・ソフト両面から取りまとめた。

ハード面としては、交通施策「札幌都心部 自転車通行位置の明確化の取り組み」がある (札幌市建設局, 2018)。これは、運転者の規範意識を醸成すべく、矢羽根型路面表示等で進行方向を明示した車道混在を重点的に整備したものである (p.41 写真 3.1; p.42 図 8)。まず、北 1 西 3・4 交差点を中心とする半径約 1 km 以内の都心内路線と半径約 2 km 以内の

都心アクセス路線を対象地として、安全性と利便性を次の4項目合計10点満点で評価した(p.77 表 A.A ; p.77 表 A.B)。路肩幅員が広く、車線数あたりの12時間自動車交通量と路上駐車が少なく、バスルートが無いほど、車道左側通行に適する点で評価が高い。続いて、4項目合計5点以上の都心アクセス路線のうち、郊外との連続性がある15本を選定した。そして、都心アクセス路線15本から札幌都心部の駐輪場9エリアまでのアクセス性が高い都心内路線のうち、4項目合計2点未満のものを經由せず、最短経路で右左折回数が少ないものを選定した。最終的に、都心内路線15.9kmと都心アクセス路線17.0kmが選定された(p.42 図8)。伊藤(2019)は都心アクセス路線である国道230号線石山通を対象地として矢羽根型路面表示の導入効果を検証した。その結果、自転車利用者の76%、自動車利用者の80%が遵法精神の向上を実感し、実際に車道通行を遵守する自転車利用者の割合も増加した。さらに、当該の整備形態が他の路線へと拡大された場合の意向については、自転車利用者の65%が利用したい、25%が遠回りにならなければ利用したいと回答しており、今後の更なる行動変容の片鱗を覗かせている。

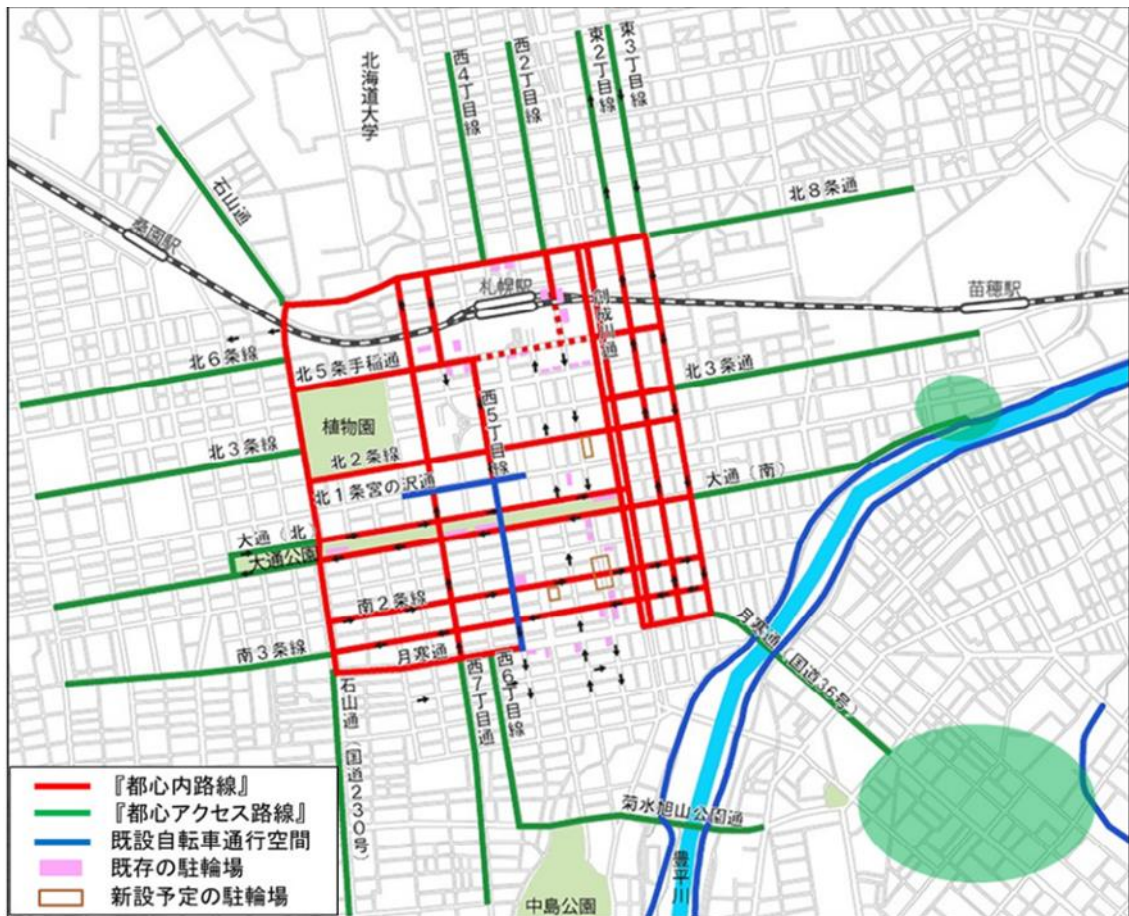
ソフト面としては、交通ルールや交通マナーの周知徹底に向けた啓発活動の一環として、「セーフティ自転車ライダーのススメ!」キャンペーンがある(p.41 写真3.2)。これも、運転者の規範意識を醸成すべく、札幌市が主導して自転車の正しい乗り方を直接的に呼びかけるものであり、歩道押し歩きの街頭指導が大々的に実施されていた。金・本田(2019)が茨城県水戸市にて実施したアンケート調査でも、歩道押し歩きは車道左側通行と対照的に同調圧力のみでは促進されないことが実証されており、その有効性が裏付けられている。



写真 3.1. ブルーレーンの案内標識
(撮影：2019.08.07@北海道札幌市)



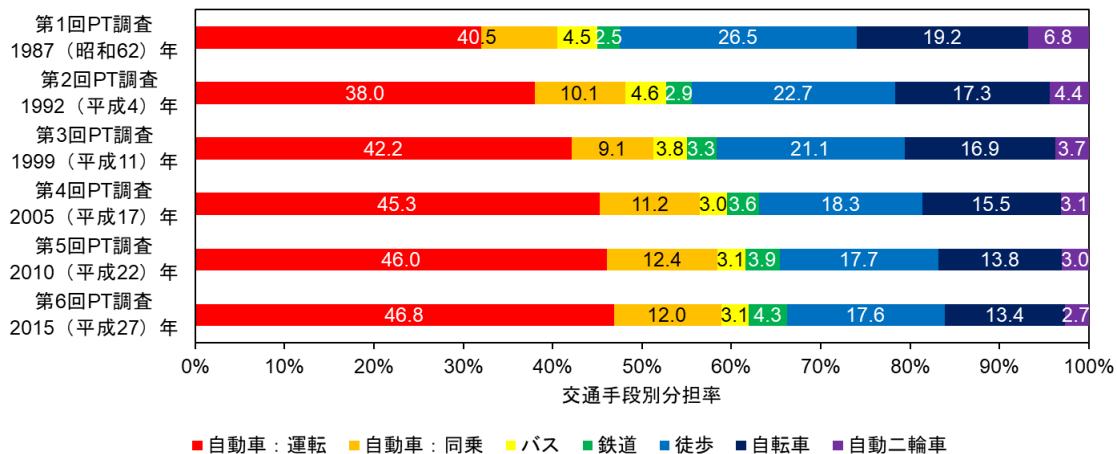
写真 3.2. 自転車への歩道押し歩きの街頭指導
(撮影：2019.08.07@北海道札幌市)



Note. 札幌市建設局 (2018)を基に著者が作成した。

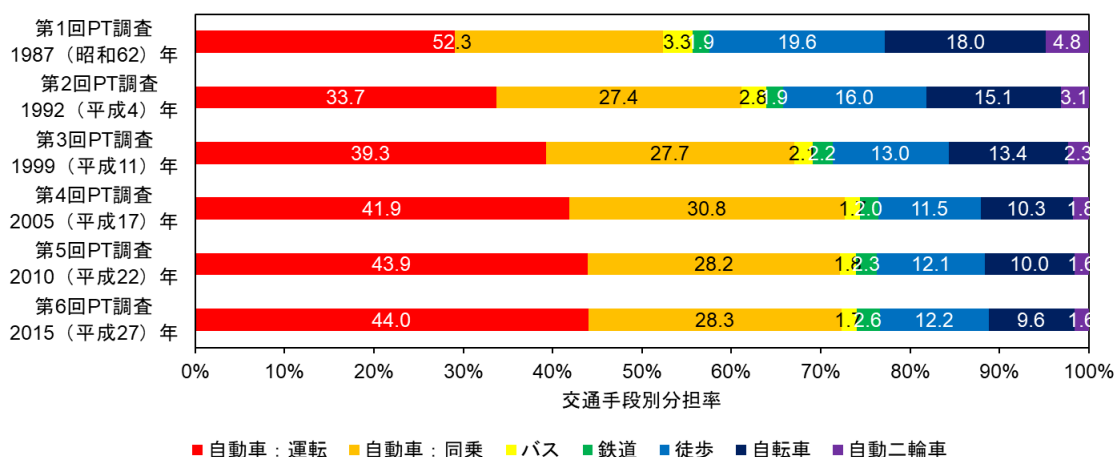
図 8. 交通施策「札幌都心部 自転車通行位置の明確化の取り組み」(2018.03-)の概略図

札幌市による自転車に係る交通施策を踏まえて、その自転車利用実態について説明する。札幌市・小樽市・江別市・石狩市・北広島市・千歳市・恵庭市・当別町・南幌町・長沼町の7市3町で構成される道央都市圏 PT 調査は 2006 年度の第 4 回を最後に実施されていない（札幌市まちづくり政策局総合交通計画部交通計画課，2023）。そこで、全国都市交通特性 (PT) 調査を参照したところ、札幌市を含む地方都市圏における自転車の交通手段別分担率は平日・休日ともに減少の一途を辿っていた (p.43 図 9.1.1 ; p.43 図 9.1.2) (MLIT, n.d.-c)。自転車が下火となり、自動車が高止まりする傾向は、日本全国や三大都市圏でも同じである (p.78 図 E.A.A ; p.78 図 E.A.B ; p.79 図 E.B.A ; p.79 図 E.B.B)。全国道路・街路交通情勢調査によると、自動車での移動全体の約 80% が同乗者を伴わず、約 40% が 5 km 以内であることから、公共交通機関や自転車へのモーダルシフトを推奨している (MLIT, n.d.-d)。ところが、地方都市圏は自動車での移動全体の 12.8% がたった 100 m 程度の短距離であり、自動車への依存度が突出して高い（国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室，2018）。あくまでも 2015 年 09-11 月時点の集計結果であり、その後の多種多様な交通施策を通じて改善された可能性は否定できないが、全国的に見ても自転車が主導権を掌握できていないことは明白である。



Notes. 地方中枢都市圏：札幌市・仙台市・広島市・北九州市・福岡市他 6 都市；
 地方中核都市圏：宇都宮市・金沢市・静岡市・松山市・熊本市・鹿児島市他 18 都市；
 地方中心都市圏：湯沢市・伊那市・上越市・長門市・今治市・人吉市；
 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室（2018）を基に著者が作成した。

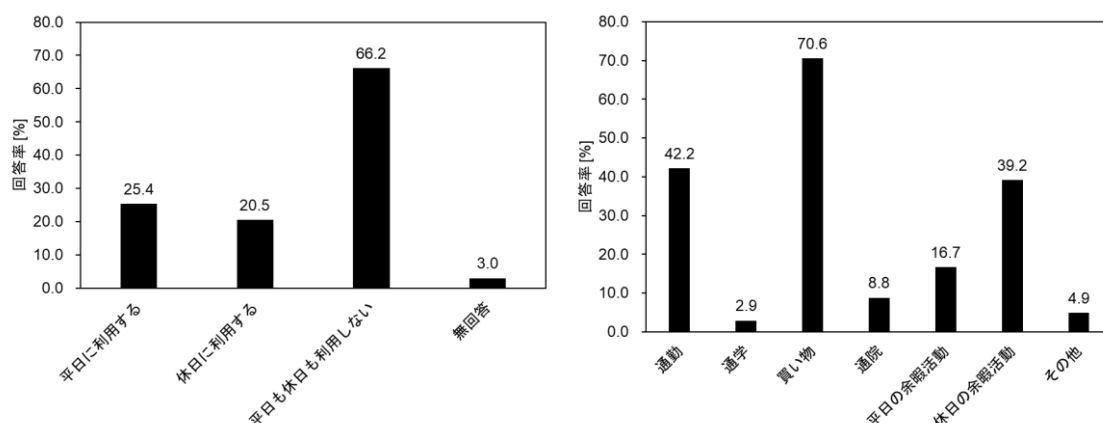
図 9.1.1. 日本の地方都市圏における平日の交通手段別分担率の推移（1987-2015）



Notes. 地方中枢都市圏：札幌市・仙台市・広島市・北九州市・福岡市他 6 都市；
 地方中核都市圏：宇都宮市・金沢市・静岡市・松山市・熊本市・鹿児島市他 18 都市；
 地方中心都市圏：湯沢市・伊那市・上越市・長門市・今治市・人吉市；
 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室（2018）を基に著者が作成した。

図 9.1.2. 日本の地方都市圏における休日の交通手段別分担率の推移（1987-2015）

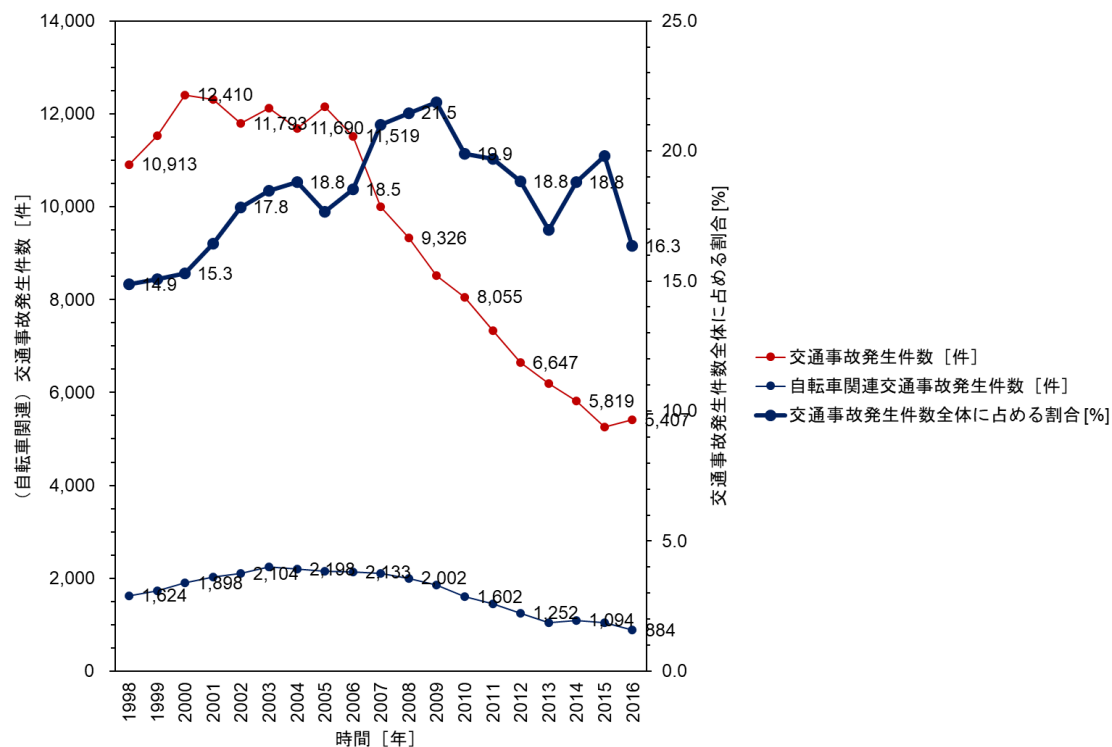
情報収集を重ねたところ、2020 年 09 月に満 18 歳以上の北海道民 1,500 人を対象として実施された「令和 2 年度（2020 年度）道民意識調査」の集計結果を入手した（北海道，n.d.）。有効回答者 848 人全体の 39.0%を占めた札幌市民 331 人によると、自転車利用者の割合は 30.8%に留まった（p.44 図 9.2）。該当者の自転車利用頻度は、平日は 1 週間あたり毎日の割合が 38.1%、休日は 1 か月あたり 1-2 日の割合が 51.5%とそれぞれ最も高く、自転車利用目的は買い物 70.6%と圧倒的に高かった（p.44 図 9.2）。



Notes. 有効回答者数 $n = 331$ [人]；有効回答率 39.0%；複数回答あり；

北海道総合政策部地域創生局地域政策課 (n.d.)を基に著者が作成した。

図 9.2. 札幌市民の自転車利用頻度および自転車利用目的 (2020.09)

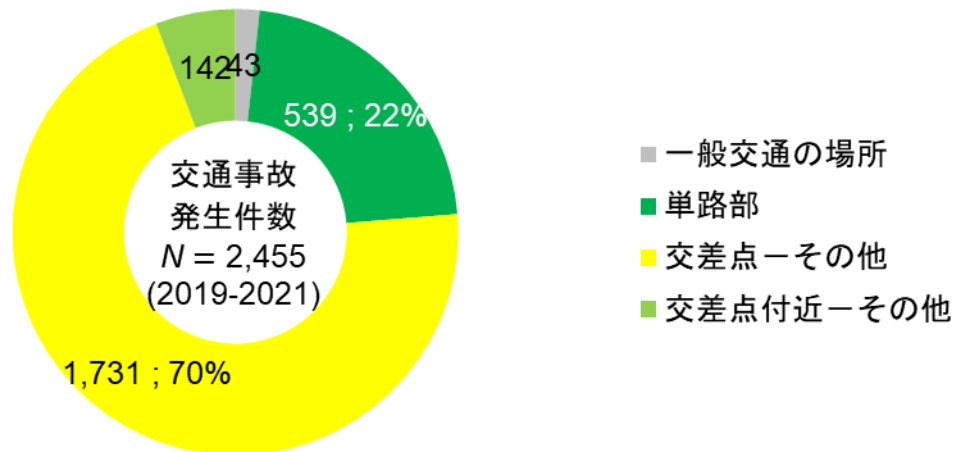


Note. 札幌市 (2011b)・札幌市建設局 (2018)を基に著者が作成した。

図 10.1. 札幌市における自転車関連交通事故発生件数とその構成比率の推移 (1998-2016)

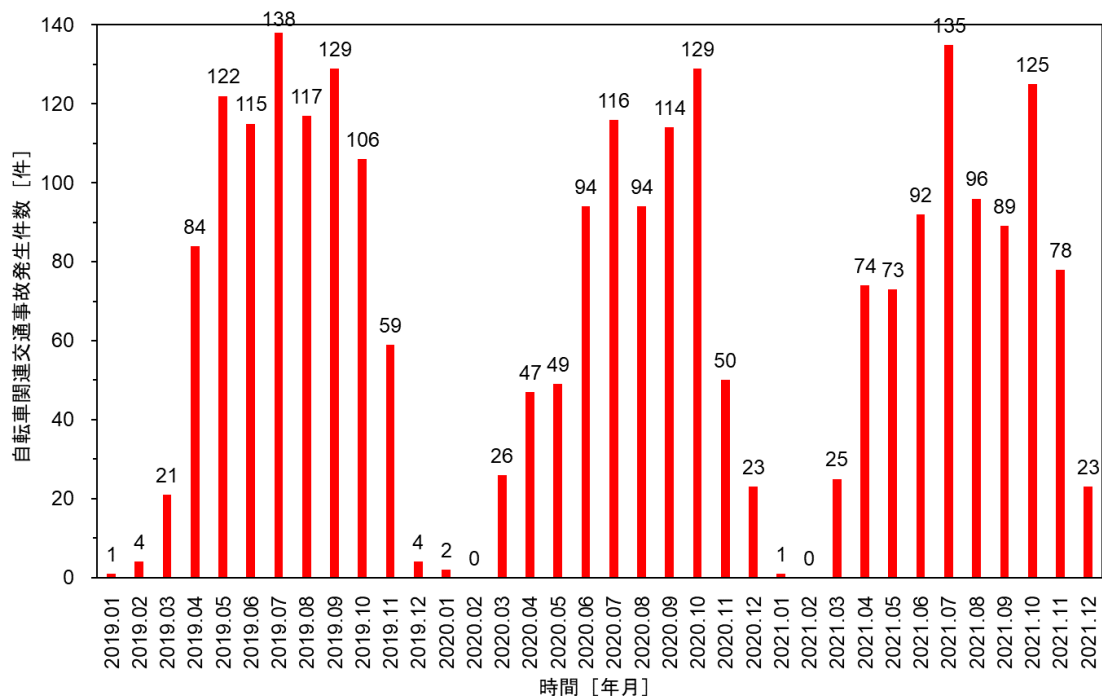
ここで、札幌市における自転車関連交通事故発生状況についても、要点を押さえておく。自転車関連交通事故発生件数も死傷者数ともに減少傾向にありながら、その構成比率はほぼ下げ止まっている (p.44 図 10.1；p.79 図 F.A)。また、交差点が自転車関連交通事故発生場所全体に占める割合は約 70%であった (p.45 図 10.2)。これらの傾向に関しては、日本全国における自転車関連交通事故発生状況にも見受けられた (p.9 図 2.2；p.10 図 2.3；p.17 図 2.5)。その一方で、札幌市特有の傾向と考えられるのが、自転車関連交通事故発生

件数の年間変動である。本研究で用いた 2019 年から 2021 年までの 36 か月間に着目すると、各年 12 月頃から翌年 03 月頃までは周期的に減少する法則性が見られた (p.45 図 10.3)。自転車利用者が冬季限定で公共交通機関等に移行することから、積雪量との関連性が指摘されている (札幌市まちづくり政策局総合交通計画部, 2019)。実際に、降雪時や積雪時の自転車関連交通事故発生件数も極端に少なかった (p.80 図 F.C)。



Note. NPA (n.d.-f, n.d.-g, n.d.-h)を基に著者が作成した。

図 10.2. 札幌市における自転車関連交通事故発生場所の内訳 (2019-2021)



Note. NPA (n.d.-f, n.d.-g, n.d.-h)を基に著者が作成した。

図 10.3. 北海道札幌市における自転車関連交通事故発生件数の推移 (2019.01-2021.12)

シェアサイクル事業「札幌みんなのサイクル porocle」について

シェアサイクルとは、高密度に配置された複数のサイクルポートを拠点とする自転車を不特定多数で共同利用する、主に短距離移動を想定したヨーロッパ発祥の新たな都市交通システムである。シェアサイクルはレンタサイクルの一種に位置付けられながらも、任意のサイクルポートで自転車を貸出・返却できる面的な交通手段としての特徴を有する点では、観光地等の特定の店舗での自転車の貸出・返却を前提とした線的な移動に特化する従来のレンタサイクルとは一線を画す(諏訪他, 2010; 藤坂, 2020; 日本シェアサイクル協会, n.d.)。

いくつかの先行研究ではシェアサイクルの系譜を世代別に解釈しており、その歴史的な変遷が体系的に整理されている (DeMaio, 2009; Martin & Shaheen, 2014; Shaheen *et al.*, 2010)。1965 年 07 月よりアムステルダムにて供用を開始した“Witte Fietsen (White Bikes)”をはじめとする第 1 世代では性善説に基づき、特定の場所に無造作に配置された無施錠の自転車を自由に貸出・返却できる無人管理体制であったが、盗難や破壊が多発したことで頓挫した。1995 年 01 月よりコペンハーゲンにて供用を開始した“Bycyklen (City Bikes)”をはじめとする第 2 世代ではコインデポジットを導入し、サイクルポートでの返却を促す有人管理体制であったが、相変わらず盗難や破壊が多発したことで再び頓挫した。2005 年よりリヨンにて供用を開始した“Velo’v”、2007 年 07 月よりパリにて供用を開始した“Vélib”をはじめとする第 3 世代では ICT 化を図り、会員登録者限定でサイクルポートを操作できる無人管理体制となり、ここから世界各国でシェアサイクルが急激に普及した。

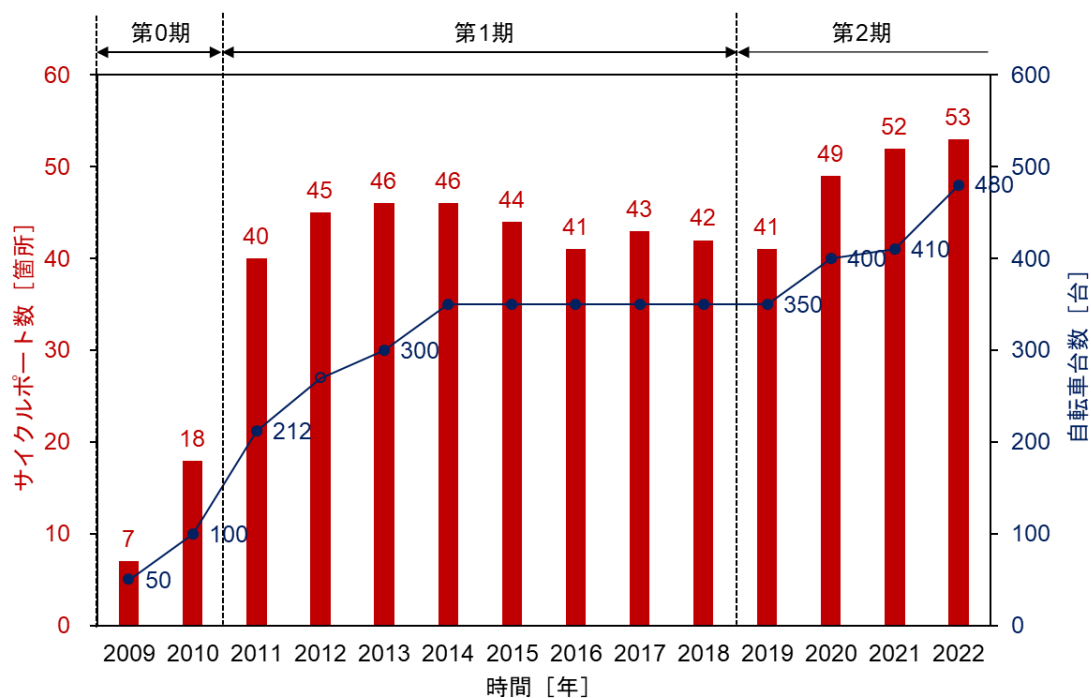
日本では 1981 年に宮城県仙台市、1992 年に東京都練馬区にてレンタサイクルが試験的に導入されたのちに、第 3 世代の 2000 年代から社会実験等を経てシェアサイクルを本格的に導入する都市数が右肩上がりとなっている (p.80 図 G.A) (有村, 2021; 菊池, 2011, 2012; MLIT, 2014, 2015, 2020a, 2020c, 2021c)。藤坂 (2020)は日本での急速な普及の三大要因としてシェアリングエコノミーの拡大と MaaS の台頭、COVID-19 による行動変容を挙げており、シェアサイクルに追い風が吹いている。また、自転車を繋留するサイクルポート数も急増し、シェアサイクル市場規模の拡大が加速している (p.81 図 G.B) (MLIT, 2020a, 2020c, 2021c)。ちなみに、サイクルポートは施錠機能を有するドックと有さないラックに大別されるほか、その設置場所もマクロ的な位置とミクロ的なレイアウトで定義される。神之門・中村 (2018)はレイアウトごとの特徴を定性的に比較検討し、特に路上の安全性が高いことを実証した。2005 年の道路法施行令改正では路上駐輪場の設置が可能となったが、その割合は少ない (p.81 図 G.C) (三條, 2018; MLIT, 2015, 2021b)。

日本におけるシェアサイクル事業の導入目的は、「観光戦略の推進」「公共交通の機能補完」「地域活性化」と回答した都市の割合が黎明期から一貫して圧倒的に高い (p.82 図 G.D) (MLIT, 2015, 2020a, 2020c, 2021c)。これらのほか、「放置自転車の削減」「自転車総量の抑制」は躊躇なく片道で乗り捨てるワンウェイトリップが可能なシェアサイクルならではの項目であり、自家用自転車よりも多岐にわたる特長を有する新進気鋭の交通手段として、日本の交通社会に根付いてきた様子が窺える。

ポロクルは、札幌都心部 3 行政区を本拠地とする民設民営のシェアサイクル事業である。日本でもシェアサイクルが普及しはじめた、2009 年度から 2010 年度までの 2 年間にかけて賑わいの創出・放置自転車の削減・CO₂排出量の削減・交通マナーの向上を目的とした社会実験を実施したのちに、2011 年 04 月よりシェアサイクル事業「札幌みんなのサイクル porocle」として本格的に始動した（澤，2011, 2012；熊谷，2019）。2014 年 11 月には新たな実施主体として NPO 法人ポロクルを設立し、当初の導入目的と関連する多種多様な社会貢献活動を推進してきた。例えば、CO₂排出量の削減については、環境省（2015a）によるプロジェクト“Fun to Share”に賛同し、北海道 COOL CHOICE 大作戦の車体広告を掲載した（熊谷，2016）。交通マナーの向上については、自転車利用者の行動変容を目的としたイベント「自転車 day」“SAPPORO LOVE BICYCLE DAYS”を開催したり、自転車と自動車が相互的に思いやる道路環境を目指すキャンペーン「フレンドリーロード北海道」のステッカーを車体に貼付したり、社会実験の段階から協働してきた NPO 法人 ezorock 等と連携して先述した街頭指導を実施したりと幅広い啓発活動を展開した（p.41 写真 3.2）（草野，2019；工藤，2019；熊谷，2016）。2016 年 09 月には献身的な取り組みを功績として認められ、札幌市長より認定 NPO 法人に指定された。2019 年 04 月には株式会社 NTT ドコモが参入し、24 時間営業の運営体制へと移行するとともに、白色のシティサイクルに代えて赤色の電動アシスト自転車を導入した（ヴァル研究所，2019；熊谷，2019；澤，2019；萩原，2019）。2021 年 10 月の大規模な通信障害では、発災時の有効活用に弊害を生じることが発覚したことを受け、札幌市と協定書を締結するに至った（ポロクル，2021c, 2022a；ANNnewsCH, 2021）。

ポロクルの事業規模は足掛け 14 年間で大幅に拡大し、自転車台数もサイクルポート数も依然として増加傾向にある（p.48 図 11.1）。サイクルポートについては、占用料の免除と借地料の軽減を図り、地方公共団体との官民連携の下で公有地や路上への設置を推進した（p.49 写真 4.1；p.49 写真 4.2）（熊谷，2016）。本研究で用いた 2020 年 10 月時点での 49 サイクルポートは、路上の割合が日本全国を遥かに上回った（p.49 図 11.3；p.81 図 G.C）。

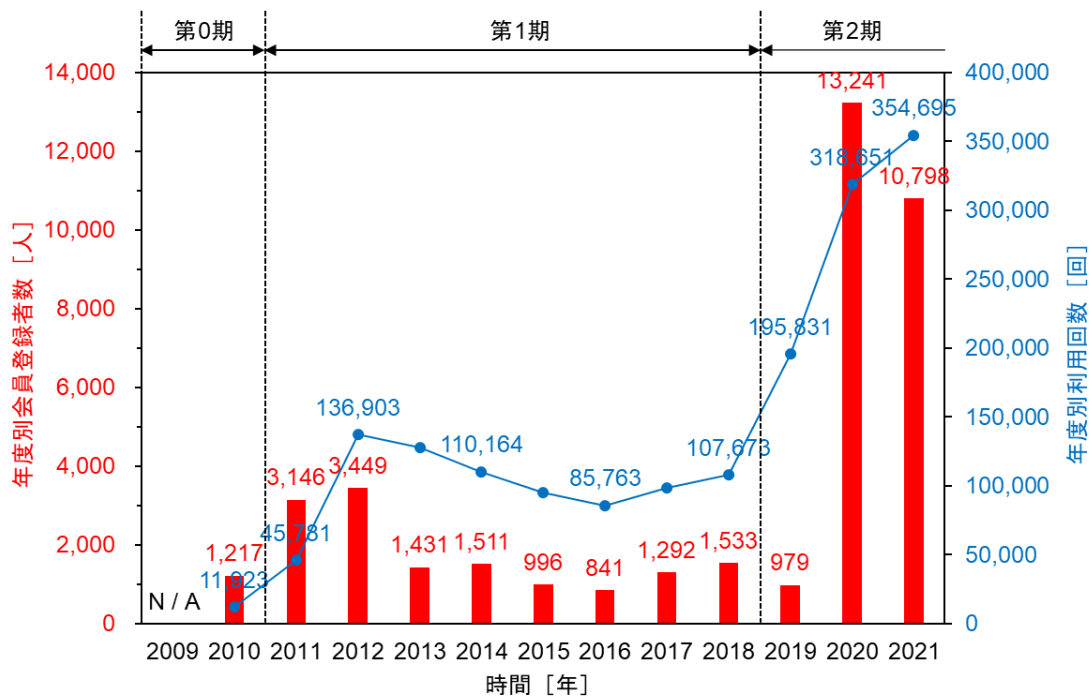
また、ポロクルは年々多くの顧客を獲得し、2020 年度以降は特に著しい急成長を遂げた（p.48 図 11.2）。先述した運営体制の改革や COVID-19 も然ることながら、MaaS の台頭も少なからず味方したと考える。2018 年 05 月より実証実験を開始した複合経路検索サービス“mixway”は、徒歩や公共交通機関とシェアサイクルを組み合わせた経路検索機能に加えて、各サイクルポートの空車状況をリアルタイムで把握できる機能まで有する（p.49 図 11.4）（ヴァル研究所，2018a）。諸星（2018）が実施したアンケート調査では、回答者の約 75.8%がその経路検索結果を交通手段選択における意思決定に反映することを示唆した上、516 名が拡張機能として所望した天気情報はのちに実用化された（ヴァル研究所，2018d）。このほか、シェアサイクルを有効活用した観光戦略の推進を図るなど、mixway はポロクルの利用促進において重要な役割を担っている（ヴァル研究所，2018b, 2018c）。なお、自転車走行速度を「ゆっくり」「普通」「速い」に指定でき、走行距離と所要時間よりそれぞれ時速 8, 10, 12 km と推定した。本研究ではこのうちの「普通」を用いて 2 走行ルートの所要時間を算出した。



Note. ポロクル (2012, 2013, 2014, 2015, 2016,

2017, 2018a, 2019, 2020, 2021b, 2022b)を基に著者が作成した。

図 11.1. シェアサイクル事業「札幌みんなのサイクル porocle」の事業規模 (2009-2022)



Note. ポロクル (2012, 2013, 2014, 2015, 2016,

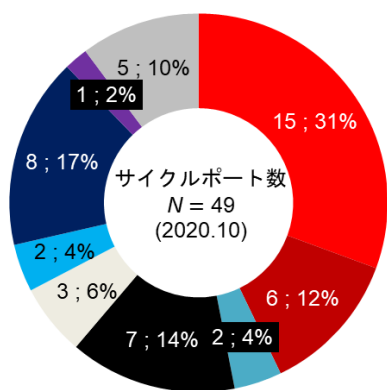
2017, 2018a, 2019, 2020, 2021b, 2022b)を基に著者が作成した。

図 11.2. シェアサイクル事業「札幌みんなのサイクル porocle」の利用実態 (2009-2021)



写真 4.1. 官公庁敷地内のサイクルポート
(撮影：2019.08.06@北海道札幌市)

写真 4.2. 車道側の路上サイクルポート
(撮影：2019.08.07@北海道札幌市)



- 路上
- 路外
- 公有地の駐輪場内
- その他の公有地：市役所・公民館・公営施設等
- 公開空地
- 私有地の駐輪場内
- 私有地の駐車場内
- ショッピングセンター敷地内
- その他の私有地：宿泊施設・借地等

図 11.3. ポロクルにおけるサイクルポートの設置場所の内訳 (2020.10)



図 11.4. 複合経路検索サービス“mixway” (ヴァル研究所, n.d.)

ネットワーク解析による 2 走行ルートの探索

本節は研究成果の前半に相当する。空間分析オープンソフトウェア QGIS 3.4.9 を用いて最短経路およびその代替案の一例である事故現場回避経路の 2 走行ルートを探索した。

解析手法

本項にて取り扱ったデータセットは、先述した通りである (p.38 表 9)。プロジェクトの地理参照系 (CRS: Coordinate Reference System) は、札幌市が含まれる地理座標系 EPSG:6697 - JGD 2011 を指定した (MapTiler Team, n.d.-a)。

はじめに、49 サイクルポートの位置情報を格納した CSV ファイルを QGIS に読み込んだ。ローデータでは住所の形で記載されていたため、あらかじめアドレスマッチングを通じて経度緯度へと修正した (東京大学空間情報科学研究センター, n.d.)。なお、今回は対象範囲「北海道 街区レベル (経緯度・世界測地系)」との設定の下、ジオコーディングを実行した。タブ「レイヤの追加」のメニュー「デリミテッドテキストレイヤの追加」を選択したのちに、エンコーディング“Shift_JIS”、ファイル形式「CSV (コンマで区切られた数値)」を指定した。ジオメトリ定義「ポイント座標」の項目「X/Y フィールド」は経度緯度として、チェックボックス「度分秒を使う」は外したままとした。このとき、CSV ファイルの各フィールドのデータフレーム“Date”, “DateTime”, “Double”, “Integer”, “String”等を記載した CSVT ファイルを作成し、CSV ファイルと同じフォルダに同じ名前を付けて保存した (ミサキ, 2019)。

次に、事故原票の各種コード表を参照しつつ、2019 年から 2021 年までの 3 年間にかけて札幌市内の交差点または単路部にて発生した自転車関連交通事故 2,412 件のみを抽出した (NPA, n.d.-c, n.d.-d, n.d.-e)。フィールド「都道府県コード」の属性値「北海道」、フィールド「市区町村コード」の属性値「北海道札幌市」以外のフィーチャを削除することで、北海道札幌市内で発生した交通事故のみとなった。フィールド「当事者種別」の属性値「軽車両ー自転車」以外のフィーチャを削除することで、札幌市内で発生した自転車関連交通事故 2,455 件のみとなった (p.45 図 10.2)。フィールド「衝突地点」の属性値「一般交通の場所」は、道路網と紐付けられないとした山田他 (2014) に倣い、当該のフィーチャを削除することで、冒頭の抽出条件を満たす事故現場のみとなった。このとき、フィールド「地点 緯度 (北緯)」 「地点 経度 (東経)」を度分秒“XXX.XX XX XXX”へと修正したのちに、先述したチェックボックス「度分秒を使う」に入力した上で CSV ファイルを QGIS に読み込んだ。ここでも、CSVT ファイルを作成した。

さらに、DRM の全道路ノードと全道路リンクのシェープファイルも QGIS に読み込んだ。タブ「レイヤの追加」のメニュー「ベクタレイヤの追加」を選択したのちに、項目「ソースタイプ」はファイル、項目「エンコーディング」は Shift_JIS を指定した。

以上のデータセットを全て正常に読み込んだ上で、全道路リンクに事故現場を紐付けた。全道路リンクのバッファ領域を作成することで幅を持たせ、そこに内包される事故現場を計上する。ここで、車道幅員を属性値に持たないリンクがほとんどであったため、バッファ距離を設定するためにこれを推定しなければならない。今回は道路構造令を参照し、都市部

「B 地域」における主要幹線道路の最大幅員 40 m で代用することとした（日本道路協会，2002, pp.162-164）。最大幅員を用いることで、広幅員道路における事故現場の取りこぼしを最小限に抑制することを図った。バッファリングに際して、全道路リンクのレイヤ CRS を地理座標系 EPSG:6697 - JGD 2011 から平面直角座標系 EPSG:6680 - JGD2011 / Japan Plane Rectangular CS XII へと変換した新たなレイヤをエクスポートした (MapTiler Team, n.d.-b)。タブ「ベクタ」の空間演算ツール「バッファ」を用いて 20 m バッファ領域を作成した結果、下記の地図を得た (p.51 図 12.1)。このとき、ある交差点を共有する全ての 20 m バッファ領域がその交差点を完全に内包していないと、事故現場を取りこぼしてしまう。したがって、項目「線端スタイル」は角型、項目「継ぎ目スタイル」は留め継ぎを指定した。最終的に、タブ「ベクタ」の解析ツール「ポリゴン内のポイント数」を用いて 20 m バッファ領域内の事故現場を計上し、変換先 CRS の属性テーブルを変換元 CRS の属性テーブルに結合した。

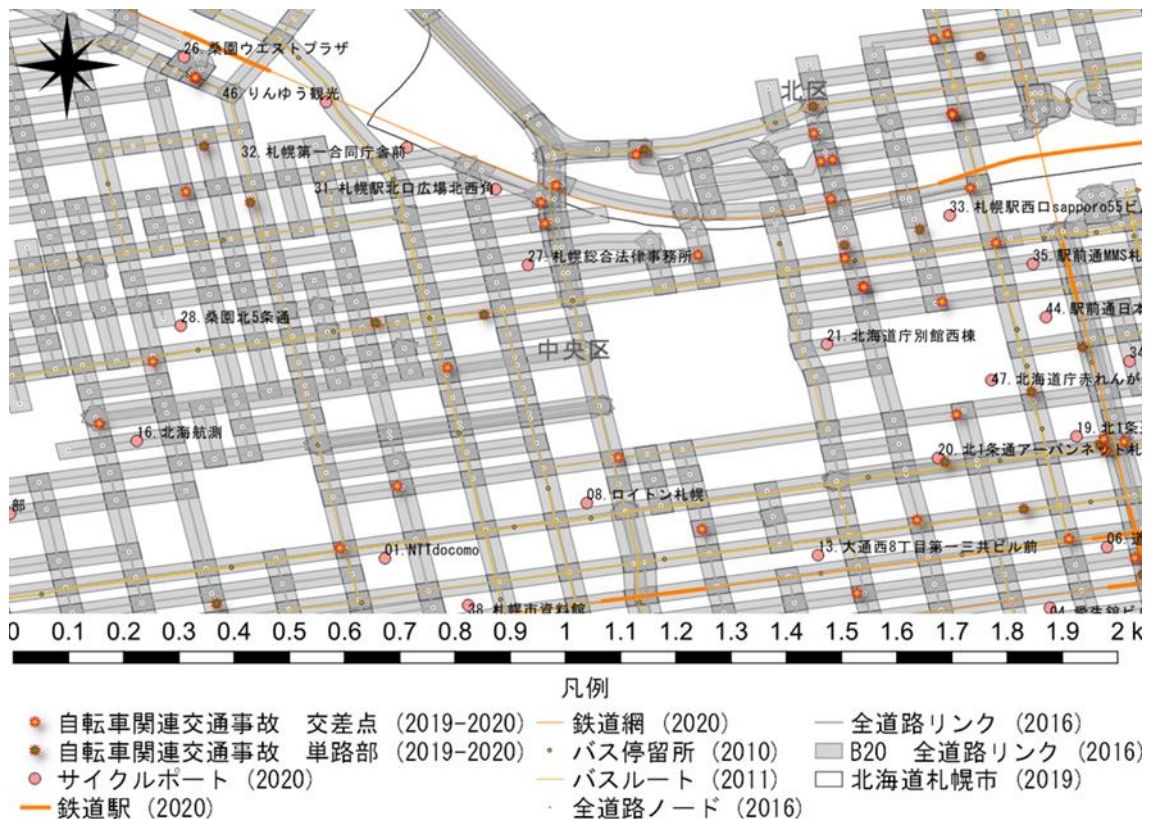


図 12.1. 全道路リンクの 20 m バッファ領域と自転車関連交通事故発生場所の包含関係

ここから、タブ「プロセッシング」のメニュー「プロセッシングツールボックス」のうち、ネットワーク解析「最短経路（ポイントからレイヤー）」を用いて最短経路と事故現場回避経路をそれぞれ探索するが、後者の手順のみを説明する。本来の機能である最短経路探索は、リンク長の合計が最小値となるネットワークを出力する。これを応用した最速経路探索は、リンク長を旅行速度で除した所要時間の合計が最小値となるネットワークを出力するため、オプション項目「スピードレイヤ [optional]」が設けられている。事故現場回避経路探索に際して、自転車関連交通事故発生件数の合計が最小値となるネットワークを出力したいが、

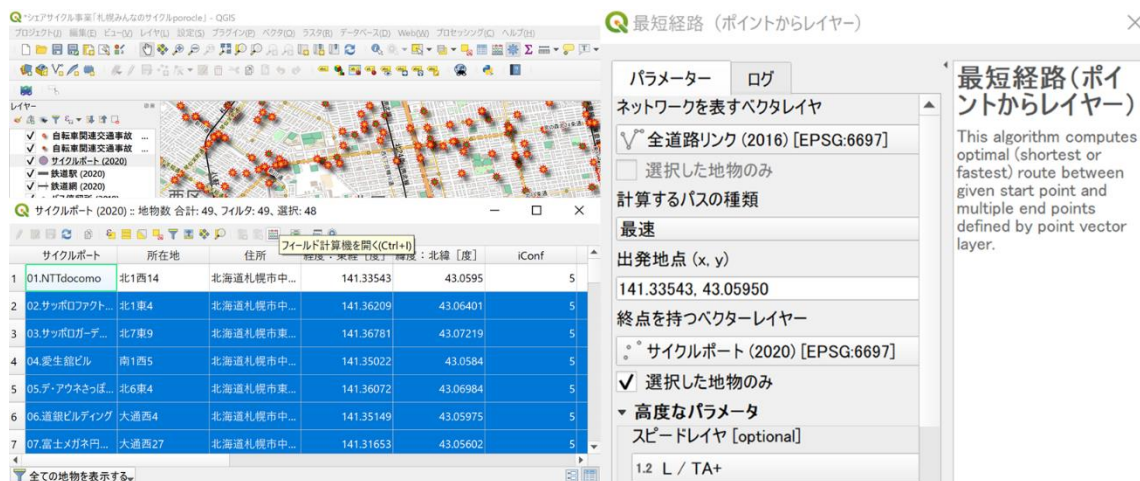
当該の機能においては最小化したいフィールドを任意に指定することができない。そこで、変換元 CRS の全道路リンクの属性テーブルに、リンク長を変数 $TA+$ で除したフィールドを新たに作成した上で、これをオプション項目「スピードレイヤ [optional]」に代入することで変数 $\sum_{\text{リンク}} TA+$ が最小値となるネットワークを出力した (p.52 関係式(7); p.53 図 12.2)。変数 $TA+$ は自転車関連交通事故発生件数の合計の近似値が最小値となるように定義付けた。交差点における自転車関連交通事故発生件数 $TA_{\text{交差点}}$ を 2 で除したのは、その交差点を共有する全ての全道路リンクに 0.5 件ずつ配分するためである。出力される事故現場回避経路はいずれか 2 方向の全道路リンクを経由するため、そのままでは 2 方向合計 $1 \times 2 = 2$ 件と誤って計上されてしまうという理屈である。補正項 C を加えたのは、自転車関連交通事故発生件数がゼロである全道路リンクが存在するためである。リンク長を変数 $TA+$ で除したフィールドを新たに作成する際、そのままでは分母ゼロとなってしまうという理屈である。

やむを得ず補正項 C を加えたが、結果的に功を奏した。補正項 C もまた自転車関連交通事故発生件数と同様にして、経由するリンク数に正比例して加算される。このことによって、自転車関連交通事故発生件数の合計が最小値となる候補が複数あるとき、その中でも経由するリンク数、すなわち交差点通過回数がより少ないものが、最終的な事故現場回避経路として出力されるようになった。今回、補正項 0.001 を加えたことで $\sum_{\text{リンク}} TA+$ の整数部分は自転車関連交通事故発生件数の合計、小数部分は経由するリンク数の 0.001 倍に相当する。例えば、 $\sum_{\text{リンク}} TA+ = 1.003$ は自転車関連交通事故発生件数 1 件、経由するリンク数 3 の走行ルートを意味する。ただし、経由するリンク数 1,000 以上の場合、 $\sum_{\text{リンク}} TA+$ の大小関係が逆転しかねないことに留意されたい。極論だが、自転車関連交通事故発生件数 2 件、経由するリンク数 100 の場合は $\sum_{\text{リンク}} TA+ = 2.100$ 、自転車関連交通事故発生件数 1 件、経由するリンク数 1,200 の場合は $\sum_{\text{リンク}} TA+ = 2.200$ となる。事故現場回避経路としては後者が相応しいものの、補正項 C の合計が 1 以上となることで前者が出力されてしまう。したがって、補正項 C は 1 よりも十分に小さい必要がある。今回、リンク長の中央値 57 m であることから、走行距離 57 km とならない限りは経由するリンク数 1,000 未満、すなわち補正項 C の合計が 1 未満であるとの見積もりの下、補正項 0.001 と設定した。

$$TA+ \equiv \frac{TA_{\text{交差点}}}{2} + TA_{\text{単路部}} + C > 0 ; C = 0.001 \ll 1 \cdots \cdots \cdots (7)$$

($TA_{\text{交差点}/\text{単路部}}$: 各リンクの交差点/単路部における自転車関連交通事故発生件数)

ネットワーク解析「最短経路 (ポイントからレイヤー)」の初期設定は下記の通りである (p.53 図 12.2)。項目「出発地点(x,y)」には各サイクルポートの緯度経度を順番に入力し、最短経路と事故現場回避経路の各 48 スクラッチレイヤをそれぞれマージした。データ管理ツール「ベクタレイヤの結合」の項目「変換先 CRS」は地理座標系 EPSG:6697 - JGD 2011、項目「エンコーディング」は Shift_JIS を指定した上で、マージした各スクラッチレイヤを保存した。ちなみに、項目「ネットワークを表すベクタレイヤ」のチェックボックス「選択した地物のみ」を入力すると、特定の交差点や単路部を除外した上で探索できる。



Note. 最短経路探索では項目「計算するパスの種類」が最短、

オプション項目「スピードレイヤ [optional]」が空欄となる。

図 12.2. 事故現場回避経路探索の画面表示

このようにして出力された最短経路と事故現場回避経路についても、DRM と同様にして事故現場を紐付けた。両者のレイヤ CRS を一時的に地理座標系 EPSG:6697 - JGD 2011 から平面直角座標系 EPSG:6680 - JGD2011 / Japan Plane Rectangular CS XII へと変換したのちに、項目「線端スタイル」が角型、項目「継ぎ目スタイル」が留め継ぎの 20 m バッファ領域を作成した上で、そこに内包される自転車関連交通事故発生件数 TA [件] を計上した。また、走行距離 L [km] は最短経路と事故現場回避経路の属性テーブルのフィールド計算機を開き、ジオメトリの関数“\$length” [m] を 1,000 で除したフィールドを作成することで計上した。

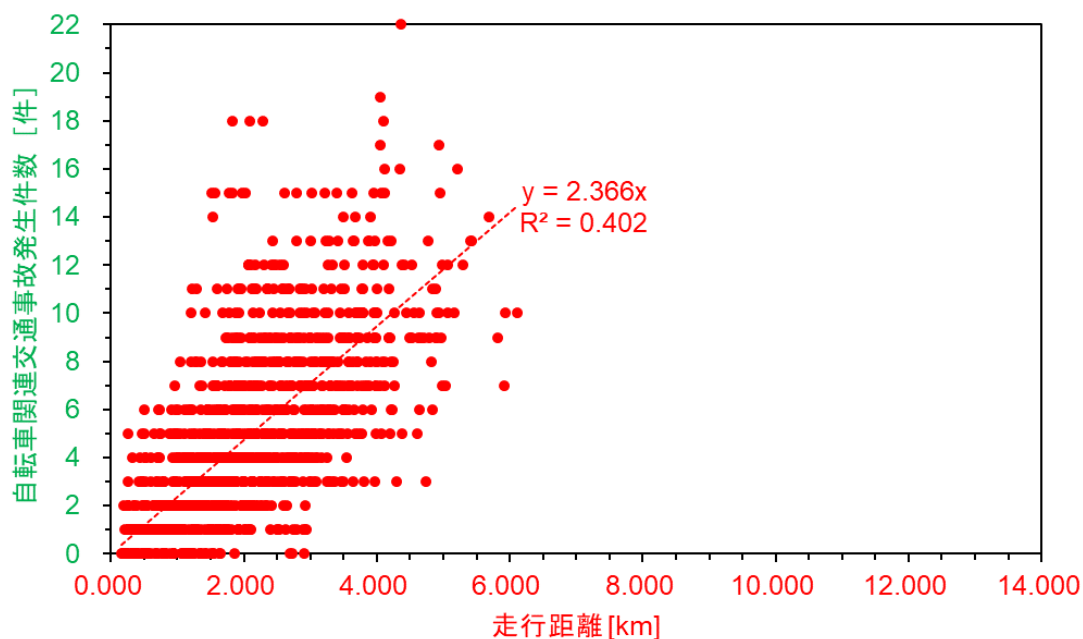
解析結果と考察

札幌都心部の全 1,176 区間を対象地としたネットワーク解析の結果、最短経路と事故現場回避経路は下記の通りであった (p.53 表 10; p.54 図 13.1; p.54 図 14.2; p.83 図 H.A)。事故現場回避経路は最短経路よりも約 1 km 遠回りの代わりに、2019 年から 2021 年までの自転車関連交通事故発生場所を約 5 件回避できる傾向にあった。2 走行ルートが完全に一致したのは 23 区間であった。また、 $TA = 0$ [件] の区間が最短経路で 66 区間であったのに対して、事故現場回避経路で 861 区間であった。なお、補正項 C を何通りか試行した結果、今回の補正項 0.001 が最も L の短さと TA の少なさを両立できていた (p.82 表 B.A)。

表 10. 最短経路と事故現場回避経路の記述統計

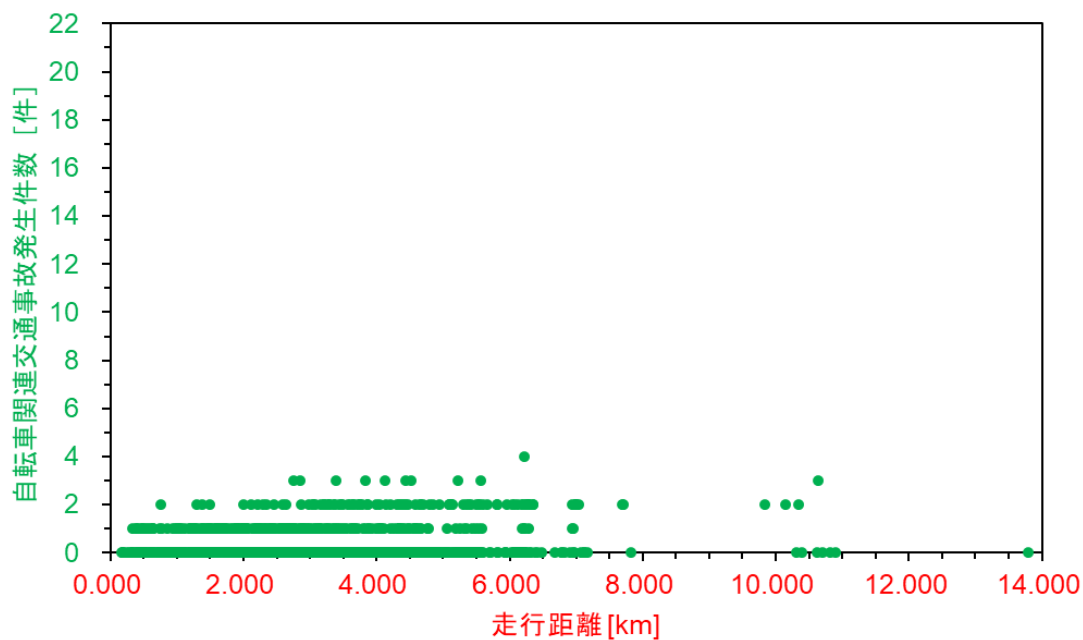
要約統計量	尺度	走行距離 L [km]		自転車関連交通事故発生件数 TA [件]	
		最短経路	事故現場回避経路	最短経路	事故現場回避経路
最小値		0.165	0.165	0	0
中央値		1.991	2.881	5	0
平均値 ± 標準偏差		2.141 ± 1.125	3.107 ± 1.733	5.218 ± 3.700	0.367 ± 0.673
最大値		6.108	13.792	22	4

Note. 区間数 $N = 1,176$.



Note. 区間数 $N = 1,176$.

図 13.1. 走行距離と自転車関連交通事故発生件数の散布図：最短経路



Note. 区間数 $N = 1,176$.

図 13.2. 走行距離と自転車関連交通事故発生件数の散布図：事故現場回避経路

自転車利用者が最短経路でなく事故現場回避経路を選択する際、回避件数を報酬として得るのと引き換えに、迂回距離を対価として支払わざるを得ない。トレードオフの関係性にある 2 走行ルートへの選好意識を問うにあたり、両者の差異である迂回距離と回避件数の程度が適度にばらついた一部の区間のみを次節にて選定する（新谷・原田，2019, p.97）。

迂回距離 dL [km]と回避件数 dTA [件] は、厳密には事故現場回避経路の走行距離 L [km]と自転車関連交通事故発生件数 TA [件]から最短経路のそれらを差し引いた尺度であるが、文中では簡単のために回避件数も絶対値として表記する (p.55 関係式(8); p.55 関係式(9); p.55 表 11.1; p.55 図 14.1; p.83 図 H.B)。y 軸 $dL = 0$ 上のプロットは 25 区間であった。これは最短経路と走行距離が等しい事故現場回避経路を指し、札幌都心部特有の格子型の道路網が作用したものと考察する。x 軸 $dTA = 0$ 上のプロットは 83 区間であったものの、このうちの 60 区間は $dL > 0$ であった。これは最短経路と自転車関連交通事故発生件数が等しいにもかかわらず、走行距離が長い事故現場回避経路を指す。最短経路の交差点間隔が走行距離と同様にして短く、交差点通過回数がより少ない迂回ルートがあったため、それが事故現場回避経路として出力されたものと考察する。

$$dL = L_2 - L_1 \cdots \cdots (8)$$

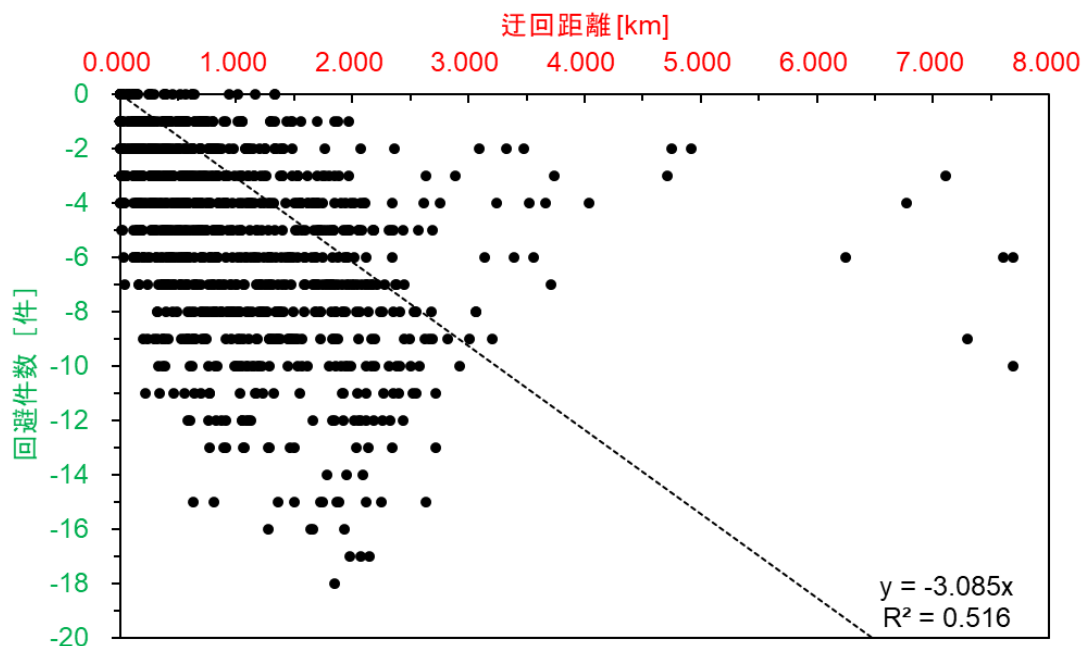
$$dTA = TA_2 - TA_1 \cdots \cdots (9)$$

(L_1/TA_1 : 最短経路の走行距離 [km]／自転車関連交通事故発生件数 [件] ;

L_2/TA_2 : 事故現場回避経路の走行距離 [km]／自転車関連交通事故発生件数 [件])

表 11.1. 最短経路と事故現場回避経路の記述統計：差異

要約統計量	尺度	迂回距離 dL [km]	回避件数 dTA [件]
最小値		0.000	- 18
中央値		0.697	- 4
平均値 ± 標準偏差		0.966 ± 1.007	- 4.850 ± 3.521
最大値		8.555	0



Note. 区間数 $N = 1,176$.

図 14.1. 迂回距離と回避件数の散布図

SP 調査に基づく二項ロジットモデルの構築

本節は研究成果の後半に相当する。空間解析オープンソフトウェア QGIS 3.4.9 を用いて代表例として選定された区間における最短経路と事故現場回避経路の表題図を作成した。多種多様な仮想状況下における選好意識を検証すべく、24 時間セルフ型アンケートツール Freeasy を用いて実際の自転車利用者を対象とした SP 調査を実施した(アイブリッジ, n.d.)。表題図を提示した際の二者択一の選択結果を基に、統計解析ソフトウェア R 4.2.1 を用いて二項ロジットモデルを構築した上で、対象地全体における事故現場回避経路の選択確率を試算することでその実効性を検証した。

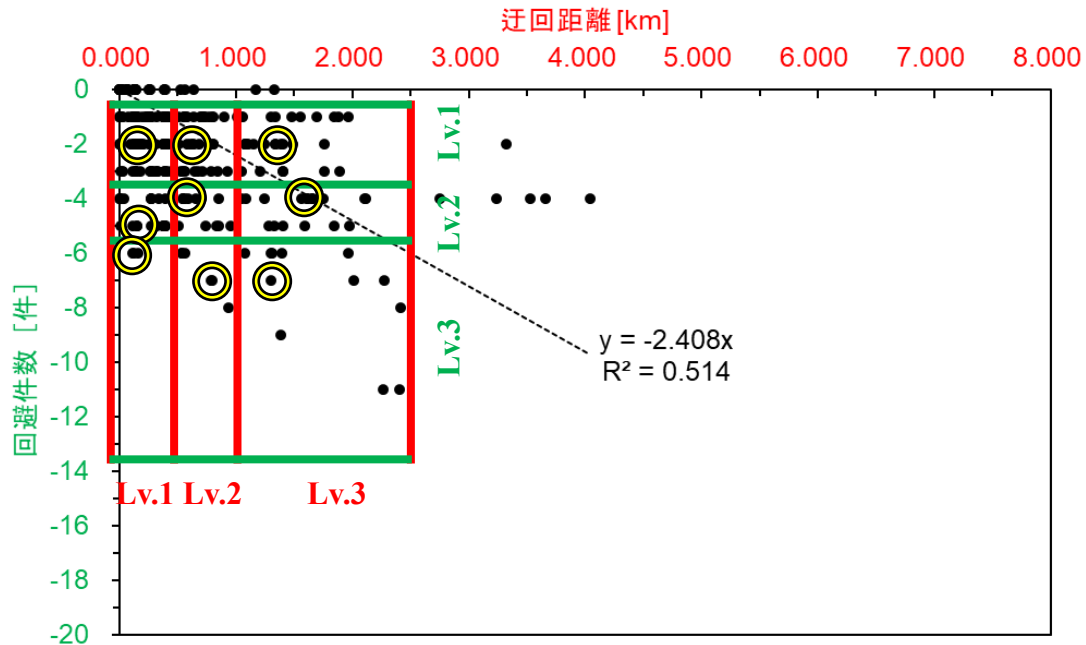
集計方法

本研究では実験計画法を用いて 2 因子 3 水準の SP 調査を設計した。迂回距離と回避件数をそれぞれ 3 レベルに分割し、回答者 1 人あたり $3^2 = 9$ 区間の地図を手掛かりとして最短経路と事故現場回避経路のいずれか一方を選択する。水準数 3 は、経路選択モデルの精度と回答者 1 人あたりの負担を天秤にかけて決定した。水準数が少なすぎるとサンプルとなる区間における迂回距離と回避件数のバラツキも少なくなるが、水準数を漫然と増やしても設問数が多くなってしまう。代表的な区間を選定するまでの過程は下記の通りである。

まず、自転車の経路選択における価値判断が個人の状況に応じて異なることを踏まえて、条件設定を回答者ごとの 2 自転車利用目的および区間ごとの 3 距離帯で場合分けし、 $2 \times 3 = 6$ パターンの質問票を作成した。自転車利用目的については、時間的制約が多い通勤時はそれ以外の場面よりも、走行距離の短さが経路選択要因として重視されることを実証した先行研究に倣った (p.34 表 7.2.2) (Broach *et al.*, 2012)。道民意識調査および全国 PT 調査を参照し、時間的制約が多い場面としては通勤・通学と勤務・業務、時間的制約が少ない場面としては買い物と外食を例示した (p.44 図 9.2 ; p.78 図 D) (北海道, n.d. ; MLIT, n.d.-c)。距離帯については、迂回距離が走行距離全体に占める割合に応じてその意味合いが異なる。例えば、同じ迂回距離 1 km でも、走行距離 4 km のときよりも走行距離 2 km のときの方が相対的に重い。距離帯の区分は短距離帯 0.5-1.5 km、中距離帯 1.5-2.5 km、長距離帯 2.5-5.5 km であり、距離帯ごとに区間数とポロクルでの発生集中量をなるべく均等に配分した (p.57 図 14.2.1 ; p.57 図 14.2.2 ; p.58 図 14.2.3 ; p.58 表 11.2.1 ; p.58 表 11.2.2 ; p.59 表 11.2.3)。また、回答者 1 人あたり 9 区間の選択データを集計するが、全ての距離帯をプールすればその負担を据え置いたままで 3 距離帯合計 27 区間の選択データを集計できたこととなる。なお、走行距離 0.5 km 未満の 61 区間は、自転車利用者の交通事故遭遇確率を距離帯ごとに算定した先行研究の区分に倣って除外した (p.19 表 2.1 ; p.19 表 2.2) (小川他, 2021)。走行距離 5.5 km 超の 5 区間は、最短経路の走行距離に関する箱ひげ図を参照したところ、外れ値に該当していたために除外した (p.83 図 H.A)。

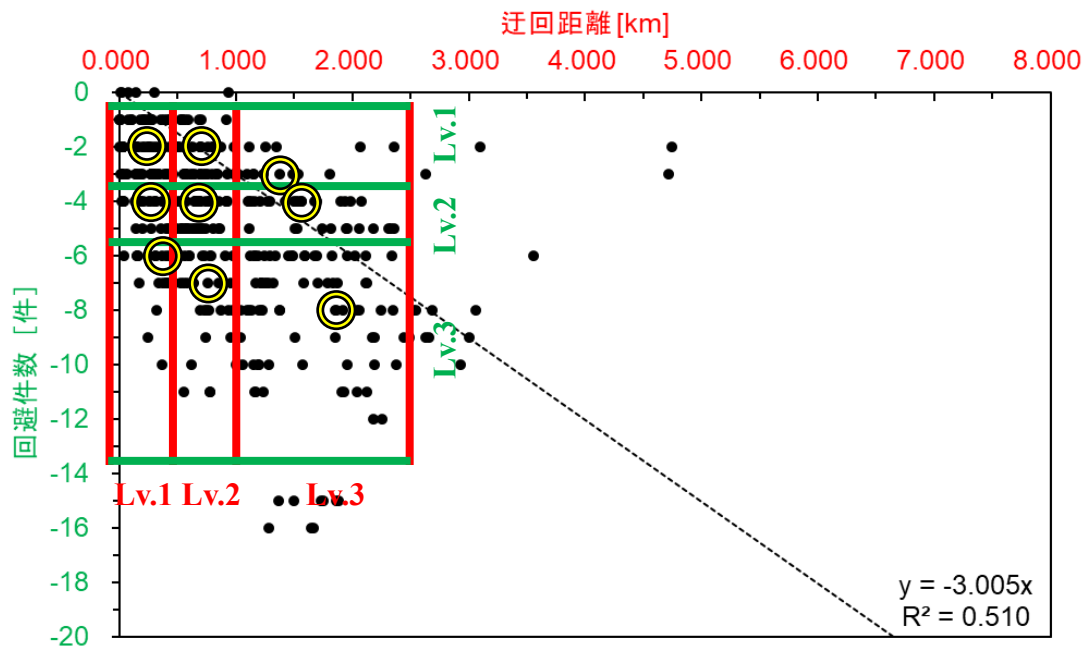
次に、迂回距離と回避件数をそれぞれ 3 レベルに分割し、距離帯別 9 ゾーンに区分した。迂回距離 dL の範囲はレベル 1 が 0.0-0.5 km、レベル 2 が 0.5-1.0 km、レベル 3 が 1.0-2.5 km、回避件数 dTA の範囲はレベル 1 が 1-3 件、レベル 2 が 4-5 件、レベル 3 が 6-13 件であり、1

区間たりとも含まれないゾーンが全ての距離帯で生じないように統一した(p.58 表 11.2.1; p.58 表 11.2.2 ; p.59 表 11.2.3)。このことによって、異なる距離帯における同じゾーンの選択結果を比較検討できる。なお、境界線の位置関係は散布図と対応する。迂回距離 2.5 km 超と回避件数 14 件以上の区間は、それぞれ箱ひげ図を参照した上で除外した(p.83 図 H.B)。



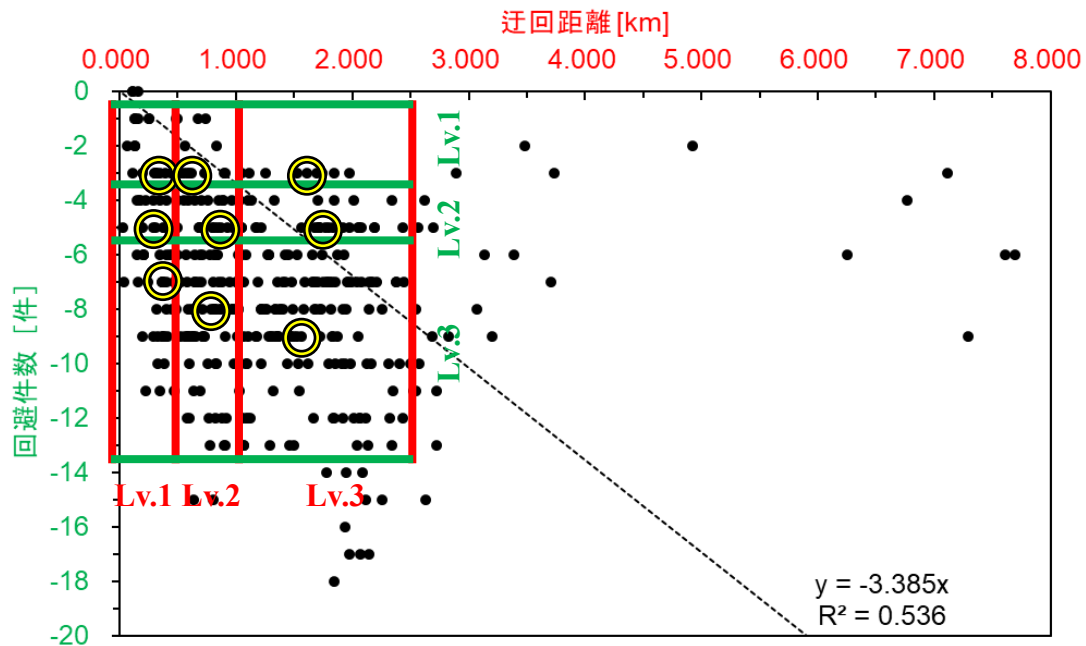
Note. 区間数 $n = 305$; 発生集中量 16,756 台/月.

図 14.2.1. 迂回距離と回避件数の散布図：短距離帯 0.5-1.5 km



Note. 区間数 $n = 410$; 発生集中量 21,160 台/月.

図 14.2.2. 迂回距離と回避件数の散布図：中距離帯 1.5-2.5 km



Note. 区間数 $n = 395$; 発生集中量 10,459 台/月.

図 14.2.3. 迂回距離と回避件数の散布図：長距離帯 2.5-5.5 km

表 11.2.1. 選定した 9 区間における迂回距離と回避件数の一覧表：短距離帯 0.5-1.5 km

迂回距離 dL [km]	レベル 1	レベル 2	レベル 3
回避件数 dTA [件]	0.0-0.5 ($n = 179$)	0.5-1.0 ($n = 58$)	1.0-2.5 ($n = 62$)
レベル 1	ゾーン 1	ゾーン 4	ゾーン 7
1- 3 ($n = 183$)	0.206; 2 ($n = 115$)	0.686; 2 ($n = 37$)	1.335; 2 ($n = 30$)
レベル 2	ゾーン 2	ゾーン 5	ゾーン 8
4- 5 ($n = 57$)	0.269; 5 ($n = 22$)	0.650; 4 ($n = 12$)	1.613; 4 ($n = 18$)
レベル 3	ゾーン 3	ゾーン 6	ゾーン 9
6-13 ($n = 179$)	0.117; 6 ($n = 3$)	0.790; 7 ($n = 6$)	1.297; 7 ($n = 12$)

Note. 区間数 $n = 305$; 発生集中量 16,756 台/月.

表 11.2.2. 選定した 9 区間における迂回距離と回避件数の一覧表：中距離帯 1.5-2.5 km

迂回距離 dL [km]	レベル 1	レベル 2	レベル 3
回避件数 dTA [件]	0.0-0.5 ($n = 151$)	0.5-1.0 ($n = 112$)	1.0-2.5 ($n = 131$)
レベル 1	ゾーン 1	ゾーン 4	ゾーン 7
1- 3 ($n = 153$)	0.253; 2 ($n = 90$)	0.696; 2 ($n = 42$)	1.379; 3 ($n = 15$)
レベル 2	ゾーン 2	ゾーン 5	ゾーン 8
4- 5 ($n = 101$)	0.264; 4 ($n = 32$)	0.661; 4 ($n = 37$)	1.561; 4 ($n = 31$)
レベル 3	ゾーン 3	ゾーン 6	ゾーン 9
6-13 ($n = 141$)	0.366; 6 ($n = 24$)	0.761; 7 ($n = 32$)	1.857; 8 ($n = 76$)

Note. 区間数 $n = 410$; 発生集中量 21,160 台/月.

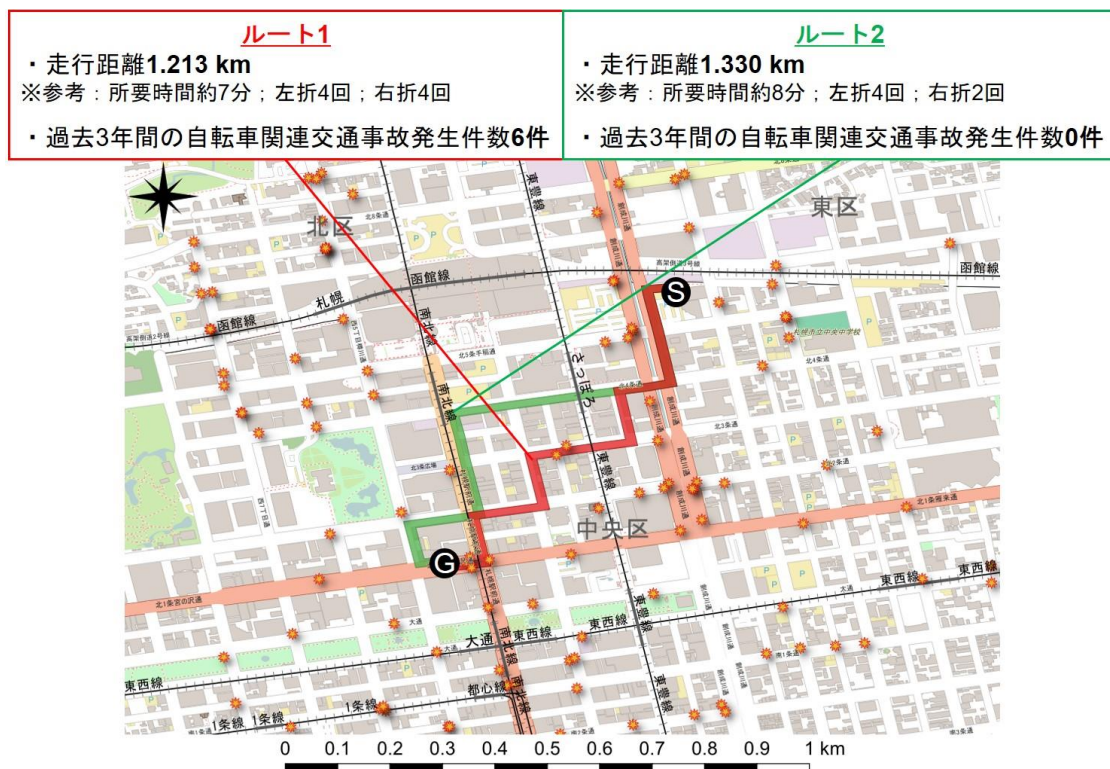
表 11.2.3. 選定した 9 区間における迂回距離と回避件数の一覧表：長距離帯 2.5-5.5 km

迂回距離 dL [km]	レベル 1	レベル 2	レベル 3
回避件数 dTA [件]	0.0-0.5 ($n = 80$)	0.5-1.0 ($n = 101$)	1.0-2.5 ($n = 186$)
レベル 1 1- 3 ($n = 48$)	ゾーン 1 0.303; 3 ($n = 22$)	ゾーン 4 0.615; 3 ($n = 12$)	ゾーン 7 1.612; 3 ($n = 9$)
レベル 2 4- 5 ($n = 75$)	ゾーン 2 0.287; 5 ($n = 21$)	ゾーン 5 0.817; 5 ($n = 18$)	ゾーン 8 1.712; 5 ($n = 31$)
レベル 3 6-13 ($n = 256$)	ゾーン 3 0.368; 7 ($n = 34$)	ゾーン 6 0.790; 8 ($n = 69$)	ゾーン 9 1.567; 9 ($n = 136$)

Note. 区間数 $n = 395$; 発生集中量 10,459 台／月。

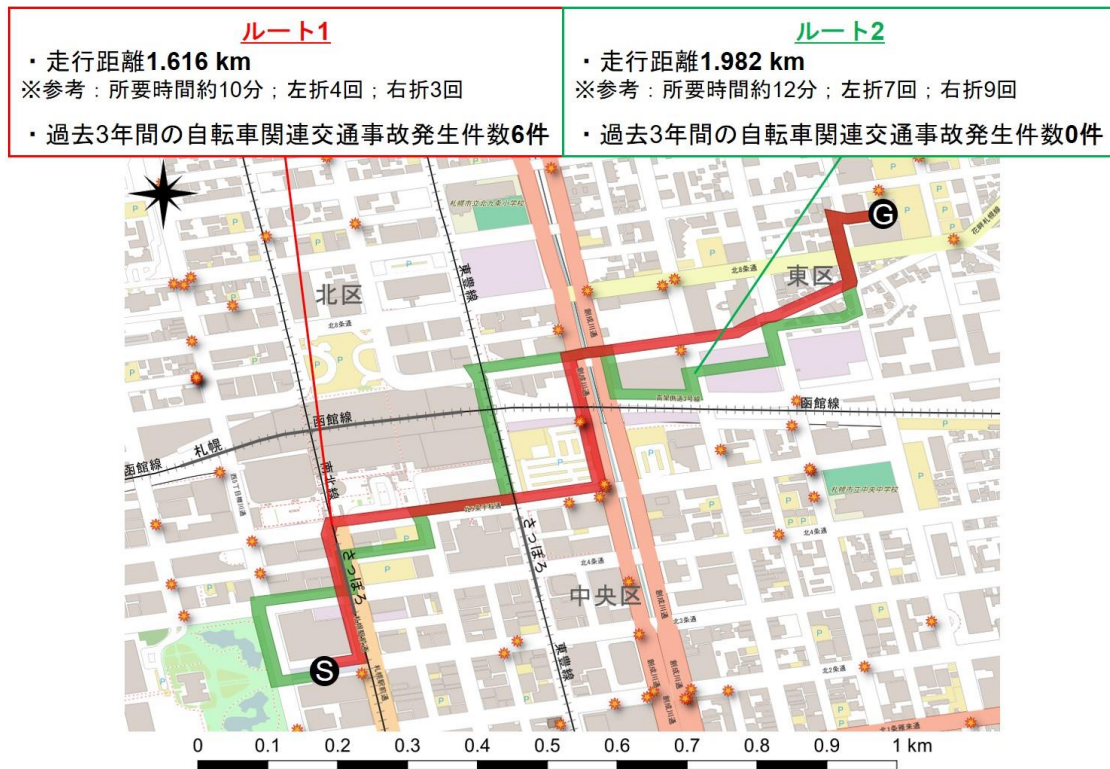
ここから、距離帯ごとに各ゾーンを代表する 9 区間、3 距離帯合計 27 区間を選定した。例えば、ゾーン 3 は迂回距離 0.0-0.5 km かつ回避件数 6-13 件である区間の集合体を指し、短距離帯は 3 区間、中距離帯は 24 区間、長距離帯は 34 区間が該当した (p.57 図 14.2.1 ; p.57 図 14.2.2 ; p.58 図 14.2.3 ; p.58 表 11.2.1 ; p.58 表 11.2.2 ; p.59 表 11.2.3)。これらの中から、迂回距離と回避件数それぞれの中央値に最も近い 1 区間のみを抽出したところ、短距離帯は迂回距離 0.117 km かつ回避件数 6 件、中距離帯は迂回距離 0.366 km かつ回避件数 6 件、長距離帯は迂回距離 0.368 km かつ回避件数 7 件である区間となった。

そして、選定した 3 距離帯合計 27 区間における最短経路と事故現場回避経路を掲載し、経路検索結果画面を模した表題図を作成した。ゾーン 3 における表題図を下記に例示する (p.60 図 15.1 ; p.60 図 15.2 ; p.61 図 15.3)。対象地の実情を忠実に再現すべく、QGIS のタブ「プラグイン」のメニュー“OSMDownloader”のうち、機能“Download OSM data by rectangle selection”を用いて対象地をドラッグし、OSM を背景地図として搭載した (WisteriaHill, 2019)。車道左側通行が原則であることをより際立たせるために、タブ「プロセッシング」のメニュー「プロセッシングツールボックス」のうち、ベクタジオメトリ「片側バッファ」を用いて項目「継ぎ目スタイル」が留め継ぎの 20 m バッファ領域を作成し、仏カーナビゲーションシステムに倣って着色した (p.22 図 4.4) (今井, 2017)。起終点となるサイクルポートが進行方向の右側に位置する場合、図示された走行ルートから脱線してでも迂回しなければならないと熟考したり、歩道押し歩きの街頭指導を想起したりしてしまう可能性がある (p.19 図 3 ; p.41 写真 3.2)。表題図に記載された走行距離や所要時間との齟齬が生じる恐れがあるため、起終点の位置関係を不問とした上で出発地 S から目的地 G まで滞りなく車道左側通行を励行できる場面を仮定した。所要時間は、複合経路検索サービス“mixway”の自転車走行速度を「普通」に指定したときの経路検索結果を基に、これが時速 10 km であると推定した上で走行距離から算出した (ヴァル研究所, n.d.)。また、左折回数と右折回数も自転車の経路選択要因であると裏付けた Broach *et al.* (2012) のケーススタディを踏まえて、これらを手動で計上して情報提供した。そして、事故現場を星印で描画し、自転車関連交通事故発生件数も新たな判断材料として情報提供した。



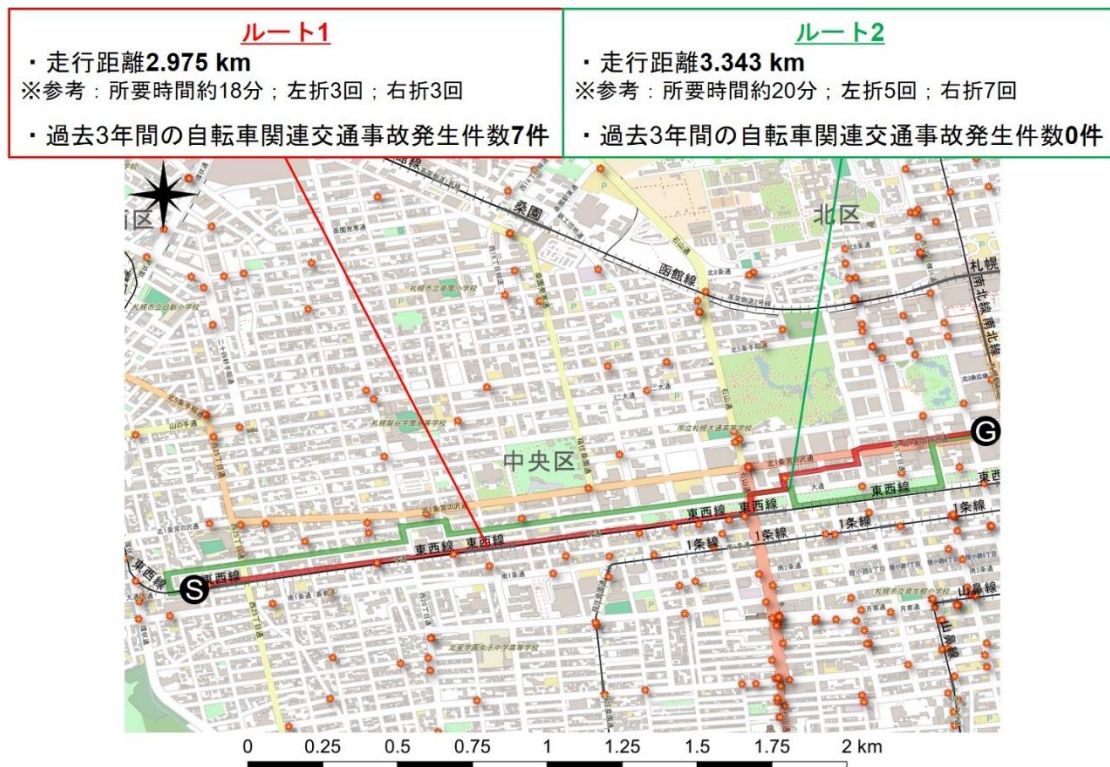
Note. 迂回距離 $dL = 0.117$ [km]；回避件数 $dTA = 6$ [件]；星印：事故現場。

図 15.1. 最短経路と事故現場回避経路の表題図：短距離帯 0.5-1.5 km



Note. 迂回距離 $dL = 0.366$ [km]；回避件数 $dTA = 6$ [件]；星印：事故現場。

図 15.2. 最短経路と事故現場回避経路の表題図：中距離帯 1.5-2.5 km



Note. 迂回距離 $dL = 0.368$ [km]；回避件数 $dTA = 7$ [件]；星印：事故現場。

図 15.3. 最短経路と事故現場回避経路の表題図：長距離帯 2.5-5.5 km

いよいよ、実際の自転車利用者を対象とした SP 調査を実施する。本研究で集計に用いた 24 時間セルフ型アンケートツール Freeasy の調査方法は 2 種類に大別され、実験者の目的に応じて回答者や質問形式をカスタマイズできる（アイブリッジ，n.d.）。

第一が、スクリーニングである。実験者が設定した任意の抽出条件に該当しない回答者を除外したり、都道府県単位の居住地・年齢・性別等の個人的属性や特定の設問に対する回答の内容に応じて回答者を分類したりできる。本研究では北海道在住 Freeasy 登録者の中から、札幌都心部に土地勘のある自転車利用者のみを抽出した。具体的には、札幌都心部来訪頻度年数日以上かつ自転車利用頻度月 1 日以上である回答者を指す。

第二が、本調査である。スクリーニングを通じて抽出した回答者のみを対象として当初の目的であったアンケート調査を実施できる。本研究では質問票の条件設定を 2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 パターンに場合分けしたため、札幌都心部に土地勘のある自転車利用者を「通勤群・短距離帯」「通勤群・中距離帯」「通勤群・長距離帯」「買い物群・短距離帯」「買い物群・中距離帯」「買い物群・長距離帯」の全 6 群へ割り付けた。回答者はそれぞれ 9 区間における最短経路と事故現場回避経路を図示され、札幌都心部における通勤時または買い物時を想定したときにより走行したい方を選択する。なお、SP 調査の目的はもちろん、車道左側通行を原則とする札幌都心部の整備形態や表題図上の地物の凡例も説明した。

集計結果と考察

本研究で実施した調査の概要は下記の通りであった（p.62 表 12）。

表 12. 自転車の経路選択に関する SP 調査の概要

項目	1 / 2. スクリーニング	2 / 2. 本調査
目的	札幌都心部に土地勘のある自転車利用者の抽出	多種多様な仮想状況下における経路選択の選好意識の検証
時期	2022 年 10 月 31 日 (月) -11 月 08 日 (火) : 9 日間	2022 年 11 月 11 日 (金) -11 月 24 日 (木) : 14 日間
回収数	北海道在住登録者先着 8,000 / 回収予測値 14,998 人	札幌都心部に土地勘のある自転車利用者先着 1,329 / 2,526 人
設問数	合計 4 問 / 人	合計 9 問 / 人

第一に、スクリーニングの集計結果から解説する。北海道在住 Freeasy 登録者全員による回答を募集したときの回収予測値 14,998 人の内訳は下記の通りであった (p.62 表 13.1)。このうちの先着 8,000 人による回答を募集した経緯と、6 年齢層 2 性別 12 区分それぞれで指定した希望回収数の根拠を説明する。各区分の札幌市在住 Freeasy 登録者数を推定すべく、北海道住民基本台帳人口に対する札幌市住民基本台帳人口の比率で按分した (p.84 表 C.A) (総務省自治行政局住民制度課, 2022a, 2022b)。このうちの自転車利用者数を推定すべく、道民意識調査で少なくとも月 1 日は自転車を利用すると回答した札幌市民の割合 30.8%を全 12 区分に乗じた (p.44 図 9.2) (北海道総合政策部地域創生局地域政策課, n.d.)。ただ、このうちの札幌都心部来訪者数については、札幌都心部 3 行政区への流入人口等に関する詳細な統計データを入手できなかったため、年数日程度でも来訪する札幌市外在住 Freeasy 登録者数と年数日程度も来訪しない札幌市在住 Freeasy 登録者数がほぼ等しいと仮定した。その結果、北海道在住 Freeasy 登録者 14,998 人全員による回答を募集した場合、札幌都心部来訪頻度年数日以上かつ自転車利用頻度月 1 日以上である回答者数は、2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群合計 1,440 人、1 群あたり 240 人となると推定された (p.84 表 C.B)。また、2 年齢層 2 性別の内訳を参照した結果、15-39 歳男性が 1 群あたり 30 人と特に少なかった。これを各区分の下限值と設定し、12 区分全てで 1 群あたり 30 人の該当者を得られるような希望回収数を指定した。例えば、40 歳-男性は 1 群あたり 80 人の該当者を得られると推定したことから、それぞれの回収予測値に $\frac{30}{80}$ を乗じた希望回収数を指定した (p.62 表 13.1)。このようにして、必要最低限のサンプルから十分なデータを入手することを試みた。

表 13.1. スクリーニングにおける回収実績値・希望回収数 / 回収予測値の内訳

年齢 [歳] 性別	男性	女性	合計
15-19	200 / 204	400 / 494	600 / 698
20-29	600 / 577	700 / 1,487	1,300 / 2,064
30-39	1,100 / 1,061	900 / 1,775	2,000 / 2,836
40-49	900 / 2,161	1,100 / 2,260	2,000 / 4,421
50-59	700 / 1,884	600 / 1,278	1,300 / 3,162
60-	500 / 1,300	300 / 517	800 / 1,817
合計	4,000 / 7,187	4,000 / 7,811	8,000 / 14,998

Note. 料金体系の都合上、各区分が 100 人刻みとなるように微調整した結果、20-39 歳男性は若干ながらも回収予測値に上乗せした希望回収数を設定した。

スクリーニングでの回答率は 100.0%であり、6 年齢層 2 性別 12 区分全てで希望回収数と回収実績値が一致した (p.62 表 13.1)。そして、北海道在住 Freeasy 登録者 8,000 人による設問ごとの回答は下記の通りであった (p.63 表 13.2.1)。まず、自転車利用頻度月 1 日以上であった回答者数は通勤・通学または勤務・業務が 2,166 人、買い物または外食が 2,764 人、いずれか一方でも満たしたのは 3,130 人であった。これが回答者数 8,000 人に全体に対して占める割合は 39.1%であり、道民意識調査に基づく期待値 30.8%を上回った (p.44 図 9.2) (北海道総合政策部地域創生局地域政策課, n.d.)。そして、札幌都心部来訪頻度年数日以上であった回答者数は 5,766 人であった。これが回答者数 8,000 人に全体に対して占める割合は 72.1%であり、北海道住民基本台帳人口に対する札幌市住民基本台帳人口の平均的な比率 37.8%を上回った (p.84 表 C.A) (総務省自治行政局住民制度課, 2022a, 2022b)。最終的に、以上の 2 抽出条件をいずれも満たした北海道在住 Freeasy 登録者 2,526 人のみを対象として本調査を実施することとなった (p.64 表 13.2.2)。

表 13.2.1. スクリーニングの集計結果

設問	回答
1. あなたがお住まいの地域を 次の中から選びください。	1. 札幌市内 : 3,689; 46.1% 2. 札幌市を除く道央都市圏 6 市 3 町 : 1,197; 15.0% 3. その他 : 3,114; 38.9%
	<通勤・通学または勤務・業務> <買い物または外食>
2. あなたが自転車を利用する頻度に 最も近いものを、次の目的ごとに それぞれ 1 つずつお選びください。	1. 全く利用しない : 5,352; 66.9% 4,448; 55.6% 2. 年数日程度 : 482; 6.0% 788; 9.9% 3. 月 1~3 日程度 : 280; 3.5% 955; 11.9% 4. 週 1~3 日程度 : 363; 4.5% 1,128; 14.1% 5. 週 4~5 日程度 : 466; 5.8% 269; 3.4% 6. ほぼ毎日利用する : 1,057; 13.2% 412; 5.2%
3. あなたが札幌都心部へ外出する頻度に 最も近いものをお選びください。 ※札幌都心部は概略図にある通り、 札幌駅周辺の東西 8 km × 南北 6 km 圏内の地域を指すものとお考えください。	1. 全く行かない : 2,234; 27.9% 2. 年数日程度 : 2,348; 29.4% 3. 月 1~3 日程度 : 1,647; 20.6% 4. 週 1~3 日程度 : 643; 8.0% 5. 週 4~5 日程度 : 453; 5.7% 6. ほぼ毎日行く : 675; 8.4%
4. アンケート調査の際に、 あなたが主にお使いになる電子機器を 次の中から選びください。 ※今後、追跡調査にご協力いただく場合の 参考にさせていただきます。	1. スマートフォン : 6,988; 87.4% 2. タブレット端末 : 157; 2.0% 3. ノート PC : 481; 6.0% 4. デスクトップ PC : 361; 4.5% 5. その他 : 13; 0.2%

Note. 回答者数 $N = 8,000$ [人].

表 13.2.2. 札幌都心部に土地勘のある自転車利用者数の内訳

2 自転車利用目的 年齢〔歳〕 性別	通勤群			買い物群			プール		合計
	男性	女性	小計	男性	女性	小計	男性	女性	
15-19	60	110	170	34	85	119	94	195	289
20-29	114	115	229	115	115	230	229	230	459
30-39	179	137	316	179	137	316	358	274	632
40-49	137	157	294	136	157	293	273	314	587
50-59	97	80	177	96	81	177	193	161	354
60-	66	28	94	67	44	111	133	72	205
合計	653	627	1,280	627	619	1,246	1,280	1,246	2,526

第二に、本調査の集計結果を解説する。その前に、スクリーニングを通じて抽出した札幌都心部に土地勘のある自転車利用者 2,526 人を、6 年齢層 2 性別 12 区分それぞれの偏りになるべく生じないように、2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群へ割り付けた (p.64 表 13.2.2)。このとき、通勤・通学または勤務・業務の自転車利用頻度がより高かった回答者を通勤群へ、買い物または外食の自転車利用頻度がより高かった回答者を買い物群へと振り分けた上で、両者が等しかった回答者を適宜、人数が少ない方へと補充した。通勤群 1,280 人と買い物群 1,246 人を、それぞれ図示する 9 区間の距離帯に応じて短距離帯・中距離帯・長距離帯へとほぼ 3 等分し、ゾーンの番号順に出題した (p.58 表 11.2.1; p.58 表 11.2.2; p.59 表 11.2.3)。

本調査では、2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群合計 1,329 人が回答した (p.85 表 D; p.85 図 I)。経路選択モデルの構築に際して、回答者の個人的属性による各区分のサンプルサイズは経験的に 20 とされているため、6 年齢層 2 性別 12 区分それぞれの回答者数が概ね 20 人に達した頃合いを見計らって、回答の募集を締め切った。15-19 歳男性や 60 歳-女性は札幌都心部に土地勘のある自転車利用者数自体が少なかったため、回答者数も少なかった。ここで、回答者 1,329 人のうちの 338 人が最短経路のみ、127 人が事故現場回避経路のみを、出題した 9 区間全てにおいて選択していた。2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群合計 465 人の内訳は、昇順に買い物群・短距離帯 55 人、通勤群・短距離帯 58 人、通勤群・中距離帯 78 人、買い物群・中距離帯 85 人、通勤群・長距離帯 91 人、買い物群・長距離帯 98 人であり、9 区間の距離帯が長いほど、該当者数が多い傾向にあった。該当者が 2 走行ルートの中のいずれか一方のみを機械的に選択したことを裏付ける確固たる根拠こそ無いが、表題図の縮尺の大きさに伴う情報量の多さや視認性の低さが回答意欲の低下を招いたと解釈できる。したがって、本人の意思で選択したであろう一部の該当者も含めて、合計 465 人を経路選択モデルのサンプルから除外した。なお、“1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1”, “2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2”以外に、“1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1”, “2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2”, “1, 1, 1, 2, 2, 2, 1, 1, 1”, “2, 2, 2, 1, 1, 1, 2, 2, 2”なども無効回答者として除外する選択肢があるが、そのパターンが無限に考えられるために線引きが難しい上、経路選択モデルのデータサイズがかなり少なくなってしまうことから、今回はいずれか一方のみを選択した回答者のみに留めた。

表 14. 本調査における自転車利用目的別距離帯別有効回答者数の内訳

2 自転車利用目的		3 距離帯 短距離帯 0.5-1.5 km			中距離帯 1.5-2.5 km			長距離帯 2.5-5.5 km			プール 0.5-5.5 km		
		男性	女性	小計	男性	女性	小計	男性	女性	小計	男性	女性	合計
勤務・業務 通勤・通学 通勤群	15-19	7	14	21	8	17	25	7	11	18	22	42	64
	20-29	14	16	30	12	13	25	15	12	27	41	41	82
	30-39	17	15	32	11	9	20	15	11	26	43	35	78
	40-49	14	17	31	11	16	27	12	9	21	37	42	79
	50-59	16	17	33	16	13	29	15	11	26	42	41	88
	60-	14	7	21	11	6	17	7	2	9	32	15	47
	小計	82	86	168	69	74	143	71	56	127	222	216	438
外食 買い物 買い物群	15-19	6	9	15	6	9	15	6	10	16	18	28	46
	20-29	16	13	29	12	13	25	11	11	22	39	37	76
	30-39	16	14	30	12	10	22	10	10	20	38	34	72
	40-49	14	16	30	12	13	25	14	11	25	40	40	80
	50-59	20	15	35	19	13	32	16	9	25	55	37	92
	60-	15	9	24	12	10	22	6	8	14	33	27	60
	小計	87	76	163	73	68	141	63	59	122	223	203	426

Note. 有効回答者数 $N = 864$ [人] ; 有効回答率 65.0%.

本調査での有効回答率は 65.0%であり、有効回答者 864 人の内訳は上記の通りであった (p.65 表 14)。そして、2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群合計 864 人による最短経路と事故現場回避経路の選択結果は下記の通りであった (p.66 図 16)。円グラフの位置関係は距離帯ごとに区分した 9 ゾーンと対応する (p.58 表 11.2.1;p.58 表 11.2.2;p.59 表 11.2.3)。例えば、短距離帯のゾーン 3 に該当する迂回距離 0.117km かつ回避件数 6 件である区間は、通勤群の有効回答者 168 人のうちの 118 人が、買い物群の有効回答者 163 人のうちの 110 人が事故現場回避経路を選択した。このとき、各ゾーンにおける迂回距離と回避件数の範囲を 3 距離帯間で統一したが、同じゾーン 3 の選択結果でも中・長距離帯は短距離帯と異なり、構成比率が拮抗していた。このことから、2 走行ルートの違いの意味合いが距離帯によって異なることが示唆された。また、2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群全てではないものの、迂回距離が短く、回避件数が多い左下の区間ほど、事故現場回避経路の選択結果がやや多い傾向にあった (p.66 図 16)。これは、走行距離が最短経路とあまり変わらず、自転車関連交通事故発生件数が最短経路よりも少ない、すなわち最短経路に対する費用対効果が高い事故現場回避経路が選択されやすいことを意味する。したがって、経路選択モデルにおける走行距離 L [km] と自転車関連交通事故発生件数 TA [件] のパラメータはいずれも負で一致すると予想する。ここに、左折回数 Lt [回] と右折回数 Rt [回]、年齢 A [歳] と性別 G を説明変数として加えた上で、それぞれのパラメータの符号および統計的有意性を次項にて明らかにする。

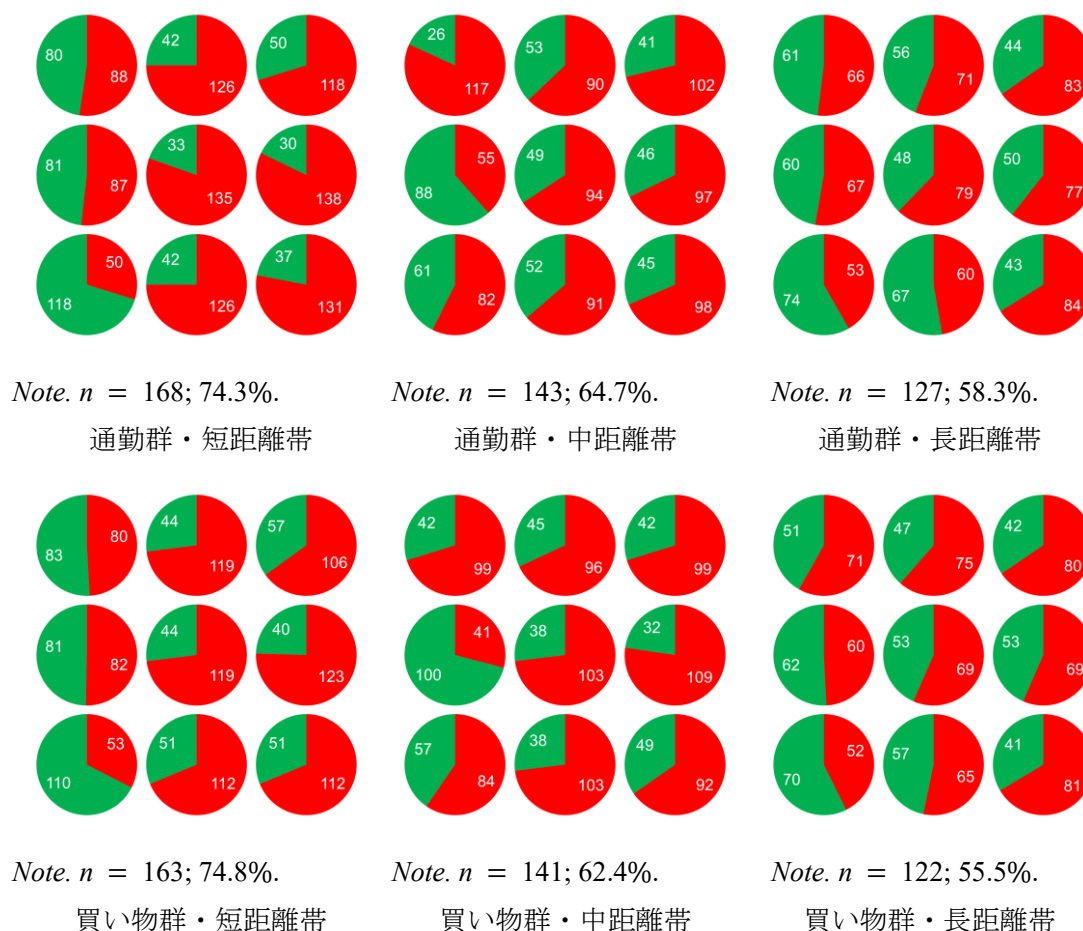


図 16. 本調査の有効回答者による集計結果：最短経路 vs. 事故現場回避経路

推定手法

本研究では最尤推定法を用いて経路選択モデルを構築した。個人 n が利用可能な選択肢集合 J_n の中から最も望ましい選択肢 j を合理的に選択するとき、非集計ロジットモデルではその効用の確定項 V_{jn} が説明変数 Z_{kj} のパラメータ β_k に関して線形である (p.27 関係式(3))。ここで、本研究と同じく二者択一の場合、個人 n による選択肢 2 の選択確率 P_{2n} は離散的な選択結果 $\delta_{1n} = 0$ かつ $\delta_{2n} = 1$ となる確率を指す。最尤推定法は、選択層 N が実際に選択した選択肢 j の選択確率 P_{jn} の積を指す、尤度関数 L^* を最大化するパラメータ β_k を推定する推定手法である (p.28 表 5.1; p.67 関係式(10)) (新谷・原田, 2019, p.99; JSTE, 2017, p.23)。このとき、尤度関数 L^* の最大化は対数尤度 $\ln L^*$ の最大化と同値である (p.67 関係式(11))。初期尤度 $L(0)$ は全てのパラメータ $\beta_k = 0$ であり、全ての選択肢の選択確率が等しいときの対数尤度 L を指す (p.67 関係式(12))。非集計ロジットモデルの説明力は、パラメータ β_k の推定による初期尤度 $L(0)$ から最終尤度 $L(\hat{\beta})$ までの最大化の程度を指す、尤度比 ρ^2 を用いて評価される (p.67 関係式(13))。尤度比 $\rho^2 \geq 0.3$ より決定係数 $R^2 \geq 0.6$ となり、一般的に説明力が高いと判断されるが、パラメータ数 K が増えると表面上の説明力が向上するため、自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2 で代用される (p.67 関係式(14)) (JSTE, 2017, pp.26-27, 38)。

$$L^* = \prod_{n \in N} \prod_{j \in J_n} P_{jn}^{\delta_{jn}} = \prod_{n \in N} (P_{1n}^{\delta_{1n}} \cdot P_{2n}^{\delta_{2n}}) \cdots \cdots (10)$$

$$L \equiv \ln L^* = \sum_{n \in N} \sum_{j \in J_n} (\delta_{jn} \cdot \ln P_{jn}) = \sum_{n \in N} (\delta_{1n} \cdot \ln P_{1n} + \delta_{2n} \cdot \ln P_{2n}) \cdots \cdots (11)$$

$$L(0) = -N \cdot \ln A_n \quad (A: \text{選択肢数}) \cdots \cdots (12)$$

$$0 < \rho^2 = 1 - \frac{L(\hat{\beta})}{L(0)} < 1 \cdots \cdots (13)$$

$$0 < \rho_{\text{adj}}^2 = 1 - \left\{ \frac{\sum_n (A_n - 1)}{\sum_n (A_n - 1) - K} \right\} \cdot \frac{L(\hat{\beta})}{L(0)} < 1 \cdots \cdots (14)$$

有効回答者 864 人による選択結果を基に、2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群それぞれの二項ロジットモデルを構築する (p.66 図 16)。最短経路と事故現場回避経路の効用関数 V_1 , V_2 は走行距離 L [km]、自転車関連交通事故発生件数 TA [件]、左折回数 Lt [回]、右折回数 Rt [回]、年齢 A [歳]、女性ダミー変数 G の 6 説明変数で構成される (p.67 関係式(15); p.67 関係式(16))。これらの説明変数は、前章にて引用した先行研究の経路選択モデルでも採用されていた (p.33 表 7.2.1; p.34 表 7.2.2)。対象地とデータセット、研究デザインが根本的に異なるため、本研究の仮説としてそのまま適用すべきでないが、先行研究における推定結果を日本仕様に立式すると下記の通りとなる (p.67 関係式(19); p.67 関係式(20); p.67 関係式(21); p.67 関係式(22)) (Broach *et al.*, 2012; Kuiper, 2021)。また、社会経済変数 S_n と定数項は少なくとも 1 つの選択肢から除外しなければならない (JSTE, 2017, pp.21-22)。そこで、年齢 A [歳] および女性ダミー変数 G ならびに定数項を、事故現場回避経路の効用関数 V_2 に導入した (p.67 関係式(16))。

$$V_1 = \beta_1 \cdot L_1 + \beta_2 \cdot TA_1 + \beta_3 \cdot Lt_1 + \beta_4 \cdot Rt_1 \cdots \cdots (15)$$

$$V_2 = \beta_1 \cdot L_2 + \beta_2 \cdot TA_2 + \beta_3 \cdot Lt_2 + \beta_4 \cdot Rt_2 + \beta_5 \cdot A + \beta_6 \cdot G + \beta_7 \cdots (16)$$

L_1/TA_1 : 最短経路の走行距離 [km]/自転車関連交通事故発生件数 [件];

L_2/TA_2 : 事故現場回避経路の走行距離 [km]/自転車関連交通事故発生件数 [件];

Lt_1/Rt_1 : 最短経路の左折/右折回数 [回];

Lt_2/Rt_2 : 事故現場回避経路の左折/右折回数 [回]; A : 年齢 [歳]; G : 女性ダミー変数)

$$dLt = Lt_2 - Lt_1 \cdots \cdots (17)$$

$$dRt = Rt_2 - Rt_1 \cdots \cdots (18)$$

$$\beta_1 < 0 \text{ (Broach et al., 2012; Kuiper, 2021)} \cdots \cdots (19)$$

$$\beta_4 < \beta_3 < 0 \text{ (Broach et al., 2012)} \cdots \cdots (20)$$

$$\text{買い物群} \left| \frac{\beta_1}{\beta_k} \right| < \text{通勤群} \left| \frac{\beta_1}{\beta_k} \right| \quad (k \neq 1) \text{ (Broach et al., 2012)} \cdots \cdots (21)$$

$$\beta_2 > 0; \beta_5 < 0; \beta_6 > 0 \text{ (Kuiper, 2021)} \cdots \cdots (22)$$

パラメータ β_k の推定に先立ち、個人 n による選択肢 j の選択結果 δ_{jn} および説明変数 Z_{kj} を格納した CSV ファイルを、2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群それぞれについて作成した (p.68 表 15)。例えば、3 行目は 15 歳男性の回答者 1 が全 9 問のうちの 3 問目に対して、

事故現場回避経路を選択したことを意味する。このとき、当該の区間の最短経路は走行距離 $L = 1.213$ [km]、自転車関連交通事故発生件数 $TA = 6$ [件]、左折回数 $Lt = 4$ [回]、右折回数 $Rt = 4$ [回]、事故現場回避経路は走行距離 $L = 1.330$ [km]、自転車関連交通事故発生件数 $TA = 0$ [件]、左折回数 $Lt = 4$ [回]、右折回数 $Rt = 2$ [回] であり、表題図に記載された通りである (p.60 図 15.1)。なお、2 走行ルートの走行距離 L [km] と自転車関連交通事故発生件数 TA [件] はそれぞれ QGIS の属性テーブルのフィールド計算機に内蔵された関数“\$length”[m] およびタブ「ベクタ」の解析ツール「ポリゴン内のポイント数」を用いて自動で計上できたが、左折回数 Lt [回] と右折回数 Rt [回] は全 1,176 区間について手動で計上せざるを得なかった。 Lt, Rt は進行方向が逆転しても数値が入れ替わるだけであるため、進行方向 2 パターンそれぞれについてわざわざ計上する必要は無い。

表 15. 選択結果および説明変数のデータセット

回答者 ID	設問 ID	選択 結果	選択 結果	選択肢特性 X_{1n} : 完全共通変数				選択肢特性 X_{2n} : 完全共通変数				社会経済 変数 S_n		選択肢定数
		δ_{1n}	δ_{2n}	最短経路				事故現場回避経路				A	G	事故現場 回避経路
				L_1	TA_1	Lt_1	Rt_1	L_2	TA_2	Lt_2	Rt_2			
1	1	0	1	1.421	3	3	3	1.627	1	4	4	15	0	1
1	2	0	1	1.183	5	3	4	1.452	0	4	5	15	0	1
1	3	0	1	1.213	6	4	4	1.330	0	4	2	15	0	1
1	4	0	1	0.707	3	1	0	1.393	1	4	5	15	0	1
1	5	0	1	1.360	4	2	3	2.010	0	7	6	15	0	1
1	6	0	1	1.042	8	1	1	1.832	1	2	6	15	0	1
1	7	1	0	1.469	3	4	4	2.804	1	5	7	15	0	1
1	8	1	0	0.507	6	0	0	2.120	2	5	5	15	0	1
1	9	1	0	1.266	8	2	2	2.563	1	4	8	15	0	1
2	1	1	0	1.421	3	3	3	1.627	1	4	4	15	0	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Notes. データサイズ N [行] = 有効回答者数 n [人] $\times$ 設問数 9 [問];

JSTE (2017, pp.20-21, 36) を基に著者が作成した。

当該の CSV ファイルを R に読み込み、相関分析を通じて多重共線性が確認されず、かつ統計的有意性が確認された説明変数 Z_k のみとなるまで、パラメータ β_k の推定を繰り返した。実際に入力したソースコードの流れに沿って、具体的な手順の一部を掻い摘んで説明する (pp.94-98 ソースコード) (JSTE, 2017, pp.149-151)。

はじめに、迂回距離 dL [km] と回避件数 dTA [件] と同様にして、左折回数差 dLt [回] と右折回数差 dRt [回] を算出した (p.55 関係式(8); p.55 関係式(9); p.67 関係式(17); p.67 関係式(18))。選定した 9 区間における 2 走行ルートの差異の程度が適度にばらついていることを確認すべく、相関分析を実行した。このとき、変数間の相関係数 $|r| \geq 0.70$ の場合、一般的に多重共線性が生じていると判断される。

続いて、多重共線性が確認された説明変数 Z_k を除外した上で、対数尤度 L を最大化する。 R に搭載された最適化関数 `optim` は 5 推定手法で構成されるが、本研究ではこのうちの Nelder-Mead 法を用いたときの推定結果を採用した。なお、BFGS 法と CG 法は t 値を算出する上で生成されるヘッセ行列が零行列となり、L-BFGS-B 法と SANN 法は対数尤度 L の最大化に係る計算が収束しなかった。

最終的に、2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群それぞれについて、選定した 9 区間以外も含めた説明変数 Z_k と、統計的有意性が確認されたパラメータ $\widehat{\beta}_k$ を効用関数 V_1, V_2 に代入し、対象地全体における最短経路と事故現場回避経路の選択確率 P_{1n}, P_{2n} をそれぞれ試算した (p.67 関係式(15) ; p.67 関係式(16) ; p.69 関係式(23) ; p.69 関係式(24))。

$$0 < P_{1n} = \frac{\exp(V_{1n})}{\exp(V_{1n}) + \exp(V_{2n})} < 1 \cdots \cdots (23)$$

$$0 < P_{2n} = \frac{\exp(V_{2n})}{\exp(V_{1n}) + \exp(V_{2n})} < 1 \cdots \cdots (24)$$

推定結果と考察

はじめに、変数間の相関係数は下記の通りであった (p.86 表 E.A.A.A ; p.86 表 E.A.A.B ; p.86 表 E.A.B.A ; p.86 表 E.A.B.B ; p.87 表 E.A.C.A ; p.87 表 E.A.C.B)。短距離帯では迂回距離 dL [km]と右折回数差 dRt [回]、長距離帯では迂回距離 dL [km]と左折回数差 dLt [回]と右折回数差 dRt [回]の間に強い正の相関があり、中距離帯ではいずれも無かった。本研究における最短経路と事故現場回避経路の二項対立や他の相関係数を総合的に勘案し、短距離帯では右折回数差 dRt [回]、長距離帯では左折回数差 dLt [回]と右折回数差 dRt [回]を説明変数 Z_k から除外した。これらの多重共線性を、9 区間を選定する段階で予見し損ねたのは痛恨の極みである。本研究では自転車の経路選択における判断材料として、表題図上に左折回数 Lt [回]と右折回数 Rt [回]をそのまま記載した (p.60 図 15.1 ; p.60 図 15.2 ; p.61 図 15.3)。これらを走行距離 L [km]で除した場合、長距離帯の標準化した左折回数差 $dzLt$ [回/km]と標準化した右折回数差 $dzRt$ [回/km]を除き、多重共線性は解消される (p.88 表 E.B.A.A ; p.88 表 E.B.A.B ; p.88 表 E.B.B.A ; p.88 表 E.B.B.B ; p.89 表 E.B.C.A ; p.89 表 E.B.C.B)。ただし、仮に標準化した右左折回数を記載したとしても、自転車利用者にとって感覚的に分かりにくい恐れがある。例えば、短距離帯のゾーン 3 に該当する区間の最短経路では標準化した右左折回数 $zLt = zRt = 3.298$ [回/km]、事故現場回避経路では標準化した左折回数 $zLt = 3.008$ [回/km]、標準化した右折回数 $zRt = 1.504$ [回/km]となってしまう、情報提供の仕方には検討の余地がある (p.60 図 15.1)。

続いて、2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群それぞれの推定結果は下記の通りであった (p.70 表 16.1 ; p.71 表 16.2 ; p.71 表 16.3)。自由度調整済み尤度比 0.3 未満と説明力は軒並み高くなかったものの、パラメータの符号が全て負で一致した点で論理性は高かった。各説明変数に着目してみると、年齢と性別は 6 群全てで統計的有意性が確認されなかった。逆に、走行距離は 6 群全てで有意であった。パラメータの符号は負で先行研究とも合致し、

走行距離の短さが経路選択要因として特に重視されることが実証された (p.67 関係式(19))。長距離帯に至っては唯一の有意なパラメータであり、走行距離が長い場合にはそれ以外の説明変数が自転車利用者の意思決定機構に対して及ぼす影響が非常に小さくなると考える。さらに、左折回数が短距離帯で、右折回数が中距離帯で負かつ有意であった。右左折回数の少なくとも一方は統計的有意性を確認できなかったため、その大小関係に関する先行研究との整合性まで検証できなかった (p.67 関係式(20))。ただ、いずれも走行距離に匹敵する t 値であったことから、より直線的な走行ルートへの選好意識の高さが示唆された。そして、自転車関連交通事故発生件数も中距離帯で負かつ有意であった。その統計的有意性は走行距離や右折回数に及ぼすとも、自転車関連交通事故発生件数が少ないに越したことはないとする自転車利用者の存在が裏付けられた。また、パラメータの比率を基に算出すると、通勤群では回避件数 1 件と迂回距離 183 m、買い物群では回避件数 1 件と迂回距離 122 m の重みがほぼ等しかった。通勤群よりも買い物群の方がむしろ距離価値が高かった点は先行研究と相反したとはいえ、自転車の経路選択要因としての走行距離と自転車関連交通事故発生件数の重みを定量的に比較検討することに成功した (p.67 関係式(21))。

以上のことから、既存の経路検索サービスでも記載されている走行距離に加えて、自転車関連交通事故発生件数および右左折回数もまた部分的ながら、経路選択における判断材料として機能した。したがって、自転車利用者に対してこれらの客観的指標を新たに情報提供することの意義はあると判明した。

表 16.1. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：短距離帯 0.5-1.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
完全共通変数	走行距離 L [km]	- 0.858	- 6.444***	- 0.604	- 4.761***
	自転車関連交通事故発生件数 TA [件]				
	左折回数 Lt [回]	- 0.231	- 5.628***	- 0.183	- 4.771***
	右折回数 Rt [回]				
社会経済変数	年齢 A [歳]				
	女性ダミー変数 G				
選択肢定数	定数項	0.401	3.838***	0.338	3.273**
: 事故現場回避経路					
データサイズ N		1,512		1,467	
初期尤度 $L(0)$		- 1,048.039		- 1,016.847	
最終尤度 $L(\hat{\beta})$		- 894.041		- 930.666	
尤度比 ρ^2		0.147		0.085	
自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.144		0.082	

Note. ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 16.2. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：中距離帯 1.5-2.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
完全共通変数	走行距離 L [km]	- 0.655	- 5.367***	- 0.834	- 6.623***
	自転車関連交通事故発生件数 TA [件]	- 0.120	- 3.711***	- 0.102	- 3.092**
	左折回数 Lt [回]				
	右折回数 Rt [回]	- 0.195	- 6.344***	- 0.209	- 6.733***
社会経済変数	年齢 A [歳]				
	女性ダミー変数 G				
選択肢定数	定数項	0.098	0.521	0.338	1.765
：事故現場回避経路					
データサイズ N		1,287		1,269	
初期尤度 $L(0)$		- 892.080		- 879.604	
最終尤度 $L(\hat{\beta})$		- 810.824		- 784.878	
尤度比 ρ^2		0.091		0.108	
自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.087		0.103	

Note. ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 16.3. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：長距離帯 2.5-5.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
完全共通変数	走行距離 L [km]	- 0.448	- 4.061***	- 0.345	- 3.083**
	自転車関連交通事故発生件数 TA [件]				
	左折回数 Lt [回]				
	右折回数 Rt [回]				
社会経済変数	年齢 A [歳]				
	女性ダミー変数 G				
選択肢定数	定数項	0.157	1.376	0.040	0.341
：事故現場回避経路					
データサイズ N		1,143		1,098	
初期尤度 $L(0)$		- 792.267		- 761.076	
最終尤度 $L(\hat{\beta})$		- 775.666		- 746.536	
尤度比 ρ^2		0.021		0.019	
自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.018		0.016	

Note. ** $p < .01$; *** $p < .001$.

$$\text{通勤群・短距離帯} \begin{cases} V_1 = -0.858 L_1 & - 0.231 Lt_1 \\ V_2 = -0.858 L_2 & - 0.231 Lt_2 \end{cases} + 0.401 \cdots (25)$$

$$\text{買い物群・短距離帯} \begin{cases} V_1 = -0.604 L_1 & - 0.183 Lt_1 \\ V_2 = -0.604 L_2 & - 0.183 Lt_2 \end{cases} + 0.338 \cdots (26)$$

$$\text{通勤群・中距離帯} \begin{cases} V_1 = -0.655 L_1 - 0.120 TA_1 & - 0.195 Rt_1 \\ V_2 = -0.655 L_2 - 0.120 TA_2 & - 0.195 Rt_2 \end{cases} + 0.098 \cdots (27)$$

$$\text{買い物群・中距離帯} \begin{cases} V_1 = -0.834 L_1 - 0.102 TA_1 & - 0.209 Rt_1 \\ V_2 = -0.834 L_2 - 0.102 TA_2 & - 0.209 Rt_2 \end{cases} + 0.338 \cdots (28)$$

$$\text{通勤群・長距離帯} \begin{cases} V_1 = -0.448 L_1 \\ V_2 = -0.448 L_2 \end{cases} + 0.157 \cdots (29)$$

$$\text{買い物群・長距離帯} \begin{cases} V_1 = -0.345 L_1 \\ V_2 = -0.345 L_2 \end{cases} + 0.040 \cdots (30)$$

最後に、以上の推定結果を踏まえて、対象地全体における事故現場回避経路の選択確率を試算した（p.68 関係式(24)；p.72 関係式(25)；p.72 関係式(26)；p.72 関係式(27)；p.72 関係式(28)；p.72 関係式(29)；p.72 関係式(30)）。なお、走行距離 0.5 km 未満の 61 区間は短距離帯、走行距離 5.5 km 超の 5 区間は長距離帯の推定結果を用いてそれぞれ外部補間し、進行方向によって右左折回数の数値を入れ替えたときの全 1,176 区間における選択確率の往復平均を算出した。その結果、わずか 1%にも満たない区間から 80%をも超す区間まで、その範囲はかなり広がったが、全体的に平均約 40%の自転車利用者が事故現場回避経路を選択し得ることが示唆された（p.72 表 17）。SP 調査の有効回答率や二項ロジットモデルの説明力が向上することで試算結果が変動する可能性はあるが、少なくとも自転車利用者の新たな選択肢として事故現場回避経路を提示することの意義は皆無でないと判明した。

無効回答者 465 人を除外しなかった場合と、左折回数 Lt [回] および右折回数 Rt [回] を走行距離 L [km]で除した場合の推定結果も別途、記載しておいた（p.90 表 F.A.A；p.90 表 F.A.B；p.91 表 F.A.C；p.92 表 F.C.A；p.92 表 F.C.B；p.93 表 F.C.C）。

表 17. 事故現場回避経路の選択確率の試算結果

		3 距離帯	短距離帯 0.5-1.5km	中距離帯 1.5-2.5 km	長距離帯 2.5-5.5 km	プール
2 自転車利用目的			($n = 305$)	($n = 410$)	($n = 395$)	($N = 1,176$)
勤務・通勤・業務・通学	通勤群	最小値	0.573%	1.08%	2.87%	1.08%
		中央値	40.4%	35.5%	42.1%	40.3%
		平均値 ± 標準偏差	38.3 ± 17.3%	36.2 ± 15.8%	40.2 ± 9.14%	38.6 ± 14.6%
		最大値	77.6%	76.9%	53.6%	77.6%
外食・買い物	買い物群	最小値	2.20%	0.0253%	5.77%	0.0253%
		中央値	43.5%	35.3%	41.9%	41.5%
		平均値 ± 標準偏差	41.2 ± 14.7%	35.8 ± 17.9%	40.3 ± 7.50%	39.3 ± 14.3%
		最大値	73.3%	80.8%	50.8%	80.8%

結論

本研究の総括

本研究では自転車がより安全に走行できる交通社会の実現を最終目標に掲げつつ、その達成に向けた数あるアプローチのひとつとして、自転車の経路選択における意思決定支援システムの拡充を提言した。本研究の目的は、自転車利用者の新たな選択肢のひとつとして最安全経路の提示を提案するとともに、この提案の実効性を検証することであった。まず、札幌都心部の全 49 サイクルポートのうちの異なる 2 箇所を起終点とする全 1,176 区間に、札幌市内の交差点と単路部にて発生した 2019 年から 2021 年までの自転車関連交通事故 2,412 件を紐付け、最短経路に対する具体的な代替案として事故現場回避経路を可視化した。続いて、札幌都心部に土地勘のある自転車利用者 1,329 人を対象として SP 調査を実施し、多種多様な条件設定の下で 9 区間における 2 走行ルートへの選好意識を検証した。そして、2 自転車利用目的別 3 距離帯別 6 群合計 864 人による選択結果を基に二項ロジットモデルを構築し、自転車の経路選択要因の重みを定量的に比較検討した。パラメータを推定した結果、年齢と性別は 6 群全てで統計的有意性が確認されなかった一方で、走行距離は 6 群全てで負かつ有意であった。さらに、自転車関連交通事故発生件数が中距離帯で、左折回数と右折回数がそれぞれ短・中距離帯で負かつ有意であった。したがって、走行距離の短さに加えて、距離帯によっては自転車関連交通事故発生件数や右左折回数の少なさも経路選択における判断材料として機能するため、自転車利用者への情報提供に値するとの知見を得た。そして、対象地全体における事故現場回避経路の選択確率は平均約 40%と試算され、一定数による利用を期待できることが示唆された。以上のことから、自転車利用者の新たな選択肢として事故現場回避経路を提示することの実効性はあると結論付ける。

今後の展望

最後に、本研究における反省点を振り返り、それぞれに対する改善策を挙げる。

まず、研究成果の前半に相当する、ネットワーク解析による 2 走行ルートの探索について振り返る。今回は「事故現場回避経路」を最安全経路に位置付けたが、果たして本当に安全であるか否かという根幹の部分に言及する。自転車利用者にとって感覚的に分かりやすい客観的指標を安全性の尺度に用いることを尊重した結果、自転車関連交通事故発生件数が最も少ない事故現場回避経路を提示したが、最安全経路の最適解であるという訳ではない。交通事故発生件数は渡部・中村 (2015) が「顕在化した希少な事象」と表現したように氷山の一角であり、いわば「潜在化した夥多な事象」たる水面下のヒヤリハットを度外視している。逆もまた然り、既に効果的な再発防止策が講じられ、交通事故の地理的要因がとっくに除去された事故現場もあると考えられる。要するに、自転車利用者を事故現場回避経路へと誘導することが、あらゆる場合で安全性の向上に直結するとは断言できない。したがって、交通事故発生要因でありながら、自転車利用者の安心感をも決定付ける幅員・交通量等を用いて走行ルートの安全性を定量的に評価し、情報提供に値する指標へと反映する方法に検討の余地があると考え (p.13 表 1.1 ; p.14 表 1.2) (金, 2009 ; 鈴木他, 2013 ; 原澤他, 2016 ;

山中・亀井, 2015; 渡部・中村, 2015)。今回の場合、交通施策「札幌都心部 自転車通行位置の明確化の取り組み」における 4 項目合計 10 点満点の評価手法を応用する手段もある (p.77 表 A.A; p.77 表 A.B)。また、交通事故発生件数を用いるにしても、その危険性の重みは当事者種別や人的被害によって異なる。Soni *et al.* (2019)の問題点を克服し、確固たる根拠に基づく危険性の定量化を試みる価値はある (p.36 関係式(5))。今後、機会があれば本研究にて可視化した事故現場回避経路を実際に走行し、最短経路との差異や幅員・交通量等の道路環境を体感することで、机上の空論から脱却した研究成果へと昇華させたい。

次に、研究成果の後半に相当する、SP 調査に基づく二項ロジットモデルの構築について振り返る。何と言ってもやはり SP 調査の有効回答率および二項ロジットモデルの説明力の向上を図るべきである。SP 調査では回答者に配慮した質問票を作成すべく、設問の文言や表題図のレイアウト、出題の順番などに細心の注意を払ったが、条件設定の分かりやすさと情報量の少なさとの塩梅に苦慮した。質問票を熟読しなかった有効回答者もいた可能性があるため、引き続き内容の精査に努める。また、今回は異なる距離帯の同じゾーンにおける選択結果を比較検討するために各ゾーンの範囲を統一したが、選定した 9 区間とは 2 走行ルートの差異の程度が全く異なる区間を図示しても良い。なお、3 距離帯をプールした場合、通勤群で尤度比 0.4 以上と説明力が大幅に向上したり、買い物群で自転車関連交通事故発生件数の統計的有意性が確認されたりしたことから、出題する区間数や募集する回答者数を増加することで、当てはまりの良さは改善される可能性がある (p.91 表 F.B)。このほか、本研究では結果的に一部の説明変数と定数項に集約されたが、幅員・交通量等の説明変数や、サンプルのセグメンテーションを伴う潜在クラスロジットモデル等の他の推定手法を採用することで、自転車利用者の意思決定機構に即した経路選択モデルの構築が見込まれる。

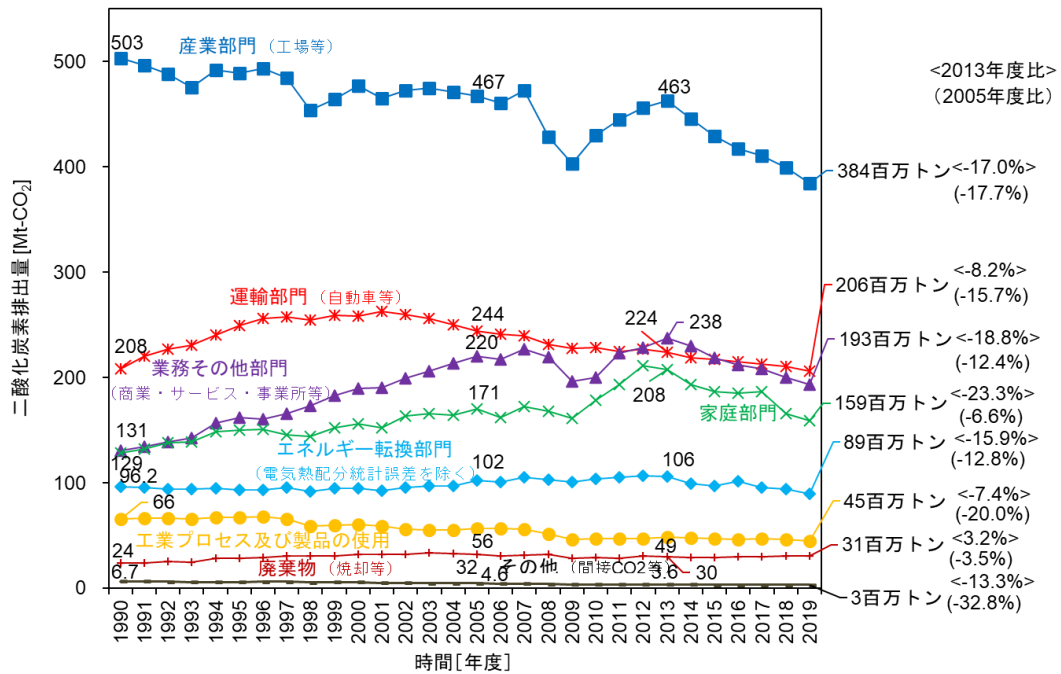
結語

本研究は自転車関連交通事故にまつわる個人的な実体験を端緒とするが、研究テーマの方向性を定めるまでは長らく手探り状態であった。自転車の安全性に係る参考文献を半ば手当たり次第に読み漁るも、群雄割拠の先行研究が犇めく中で独自の着眼点を見出すまで暗中模索は続いた。数々の紆余曲折を経て自転車利用者の意思決定機構の解明を試みたが、質問票の作成やソースコードの入力に悪戦苦闘するなど、一筋縄ではいかなかった。ただ、試行錯誤を重ねた末に事故現場回避経路が一定数から支持されたのは大きな収穫であった。自転車は安全性が十分に確保されてはじめてその真価を発揮できる。自転車がより安全に走行できる交通社会の実現に向けて、本研究が一助となれば幸甚である。

謝辞

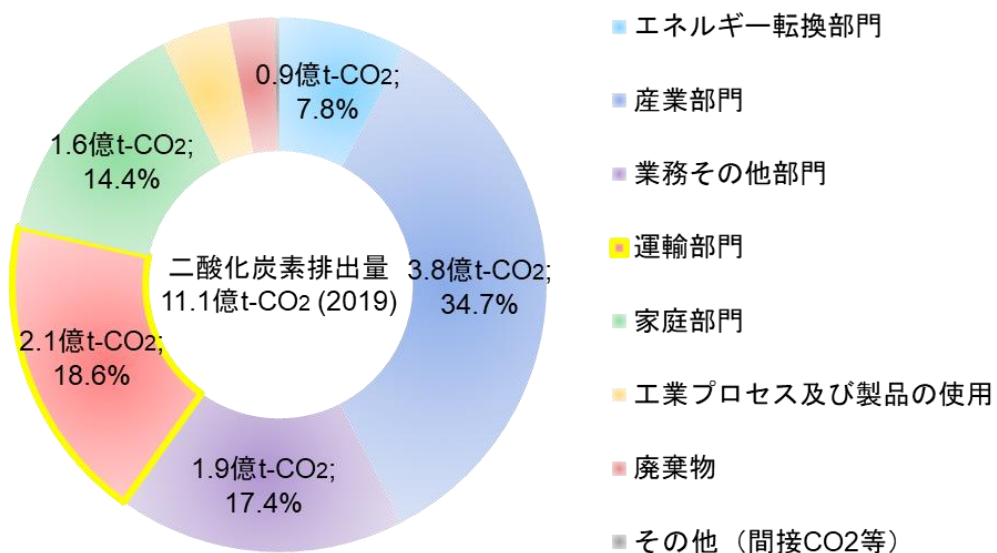
本研究を遂行するにあたり、データセットの提供と SP 調査の質問票に関する意見交換にご協力いただいた認定 NPO 法人ポロクルおよび株式会社ドーコンの関係者の皆様ならびに SP 調査の実施と回答にご協力いただいたアイブリッジ株式会社の関係者と登録者の皆様、2 年間ご指導ご鞭撻いただいた交通まちづくり研究室の原田 昇 先生と須永 大介 先生に、この場をお借りして心より深く御礼申し上げます。

付録



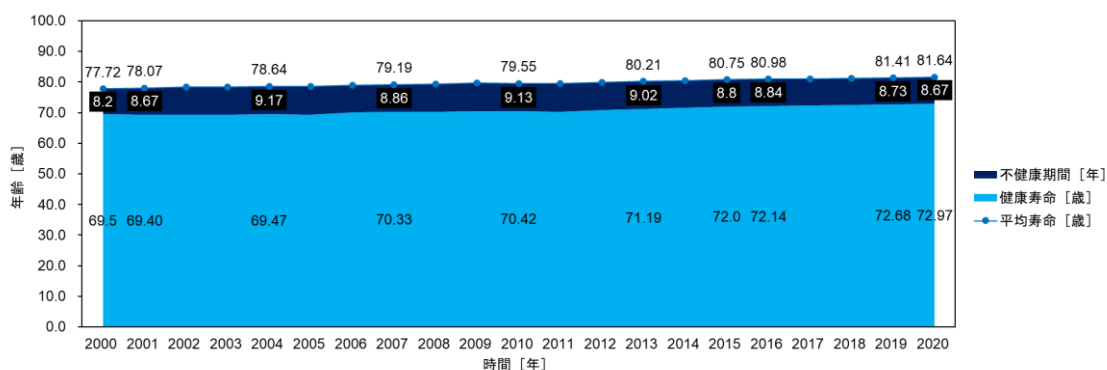
Note. NIES (2021)を基に著者が作成した (森田, 2022, p.2)。

図 A.A. 日本における部門別二酸化炭素排出量の経時変化 (1990-2019)



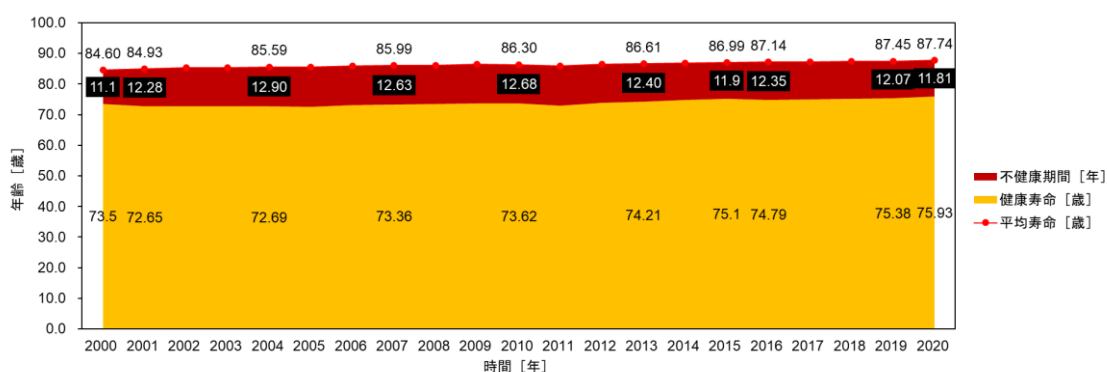
Note. NIES (2021)を基に著者が作成した (森田, 2022, p.2)。

図 A.B. 日本における二酸化炭素排出量の内訳 (2019)



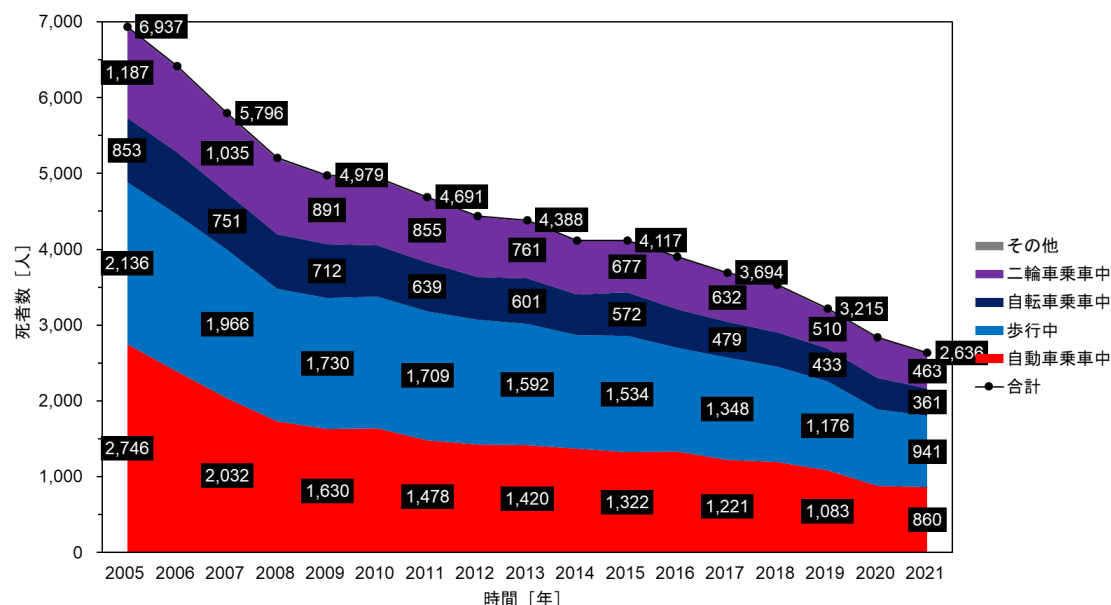
Note. MHLW (2020, 2021b), WHO (2020)を基に著者が作成した。

図 B.A. 日本における男性の平均寿命と健康寿命の推移 (2000-2020)



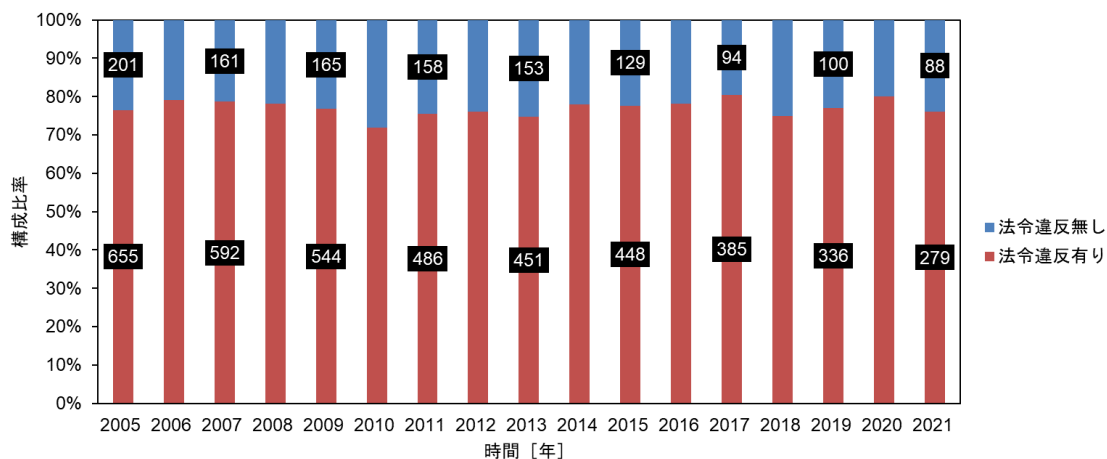
Note. MHLW (2020, 2021b), WHO (2020)を基に著者が作成した。

図 B.B. 日本における女性の平均寿命と健康寿命の推移 (2000-2020)



Note. 警察庁交通局 (2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020a, 2020c, 2021a, 2021b, 2021c, 2022a, 2022b, 2022c)を基に著者が作成した。

図 C.A. 日本における状態別死者数の推移 (2005-2021)



Note. 警察庁交通局 (2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020a, 2020c, 2021a, 2021b, 2021c, 2022a, 2022b, 2022c)を基に著者が作成した。

図 C.B. 日本における法令違反別自転車関連死亡事故発生件数の推移 (2005-2021)

男性： $D = T \cdot 20.76 \text{ [km/h]} \cdot 0.719 \cdot (1.676 - 0.0147 \cdot A) \dots\dots\dots (M)$

女性： $D = T \cdot 16.14 \text{ [km/h]} \cdot 0.763 \cdot (1.604 - 0.0129 \cdot A) \dots\dots\dots (F)$

(D ：走行距離； T ：所要時間 [分]； A ：年齢 [歳]) (Schantz *et al.*, 2018)

表 A.A. 都心内路線と都心アクセス路線の評価における配点

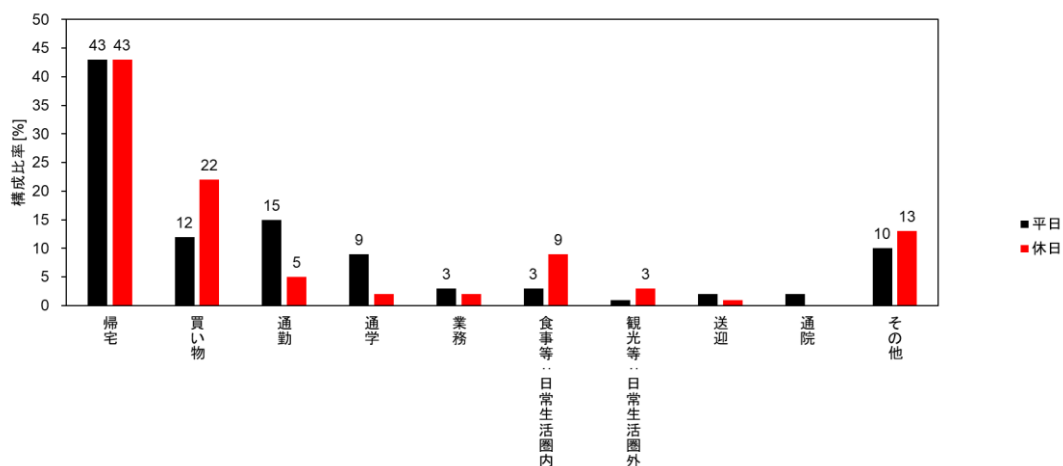
項目	段階	配点 [点]
路肩幅員 [m]	1.5-	4
	1.0-1.5	2
	-1.0	0
	-1,500	2
自動車交通量 [台／ (12 時間・車線)]	1,500-2,999	1
	3,000-	0
	1 街区に集中していない。	2
路上駐車	1 街区に集中している。	0
	無し	2
バスルート	あり	0

Note. 札幌市建設局 (2018)を基に著者が作成した。

表 A.B. 都心内路線と都心アクセス路線の4段階評価

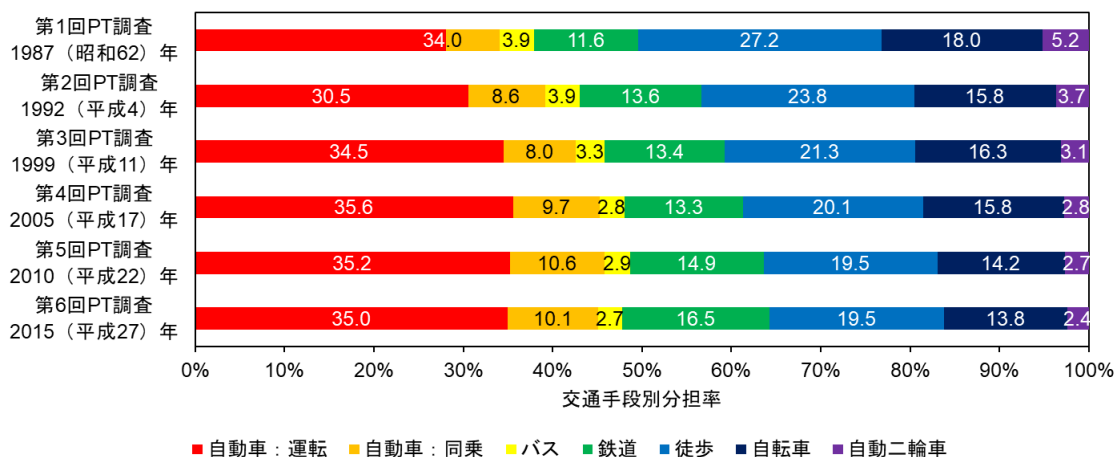
段階	得点 [点]
高い	7-10
やや高い	5- 6
やや低い	3- 4
低い	0- 2

Note. 札幌市建設局 (2018)を基に著者が作成した。



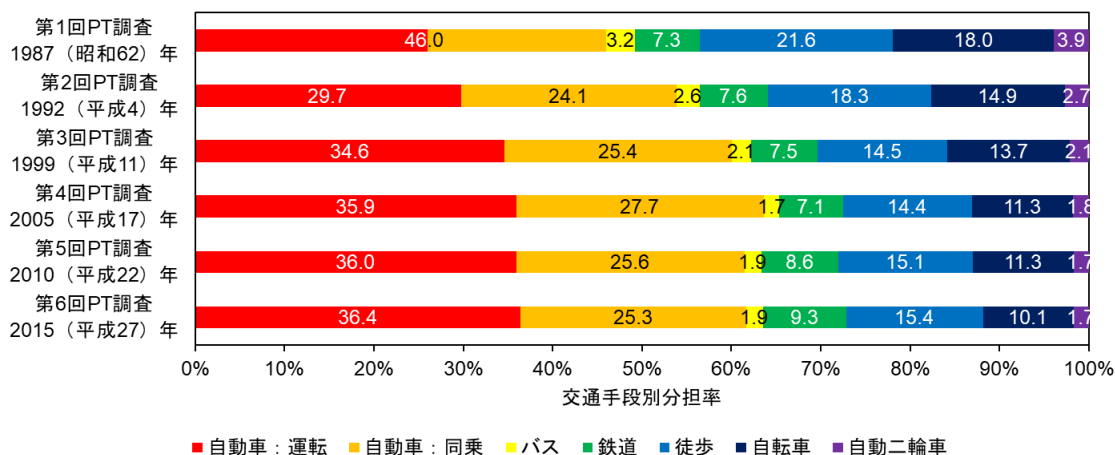
Note. 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室 (2018)を基に著者が作成した。

図 D. 日本全国における自転車利用目的 (2015)



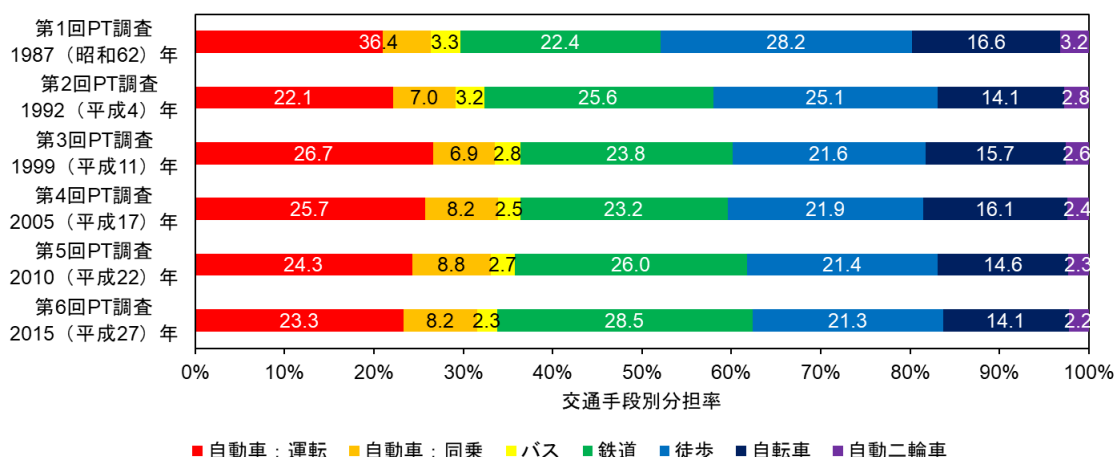
Note. 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室 (2018)を基に著者が作成した。

図 E.A.A. 日本全国における平日の交通手段別分担率の推移 (1987-2015)



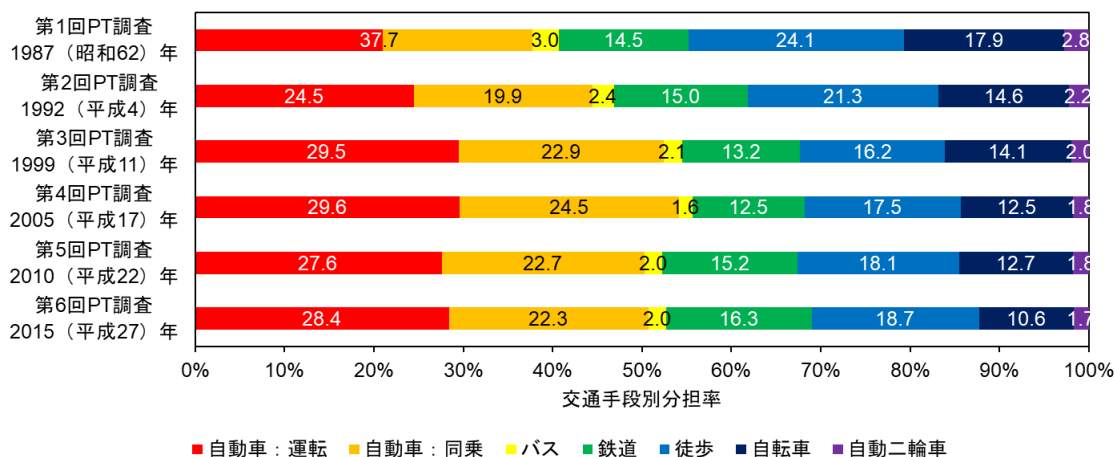
Note. 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室 (2018)を基に著者が作成した。

図 E.A.B. 日本全国における休日の交通手段別分担率の推移 (1987-2015)



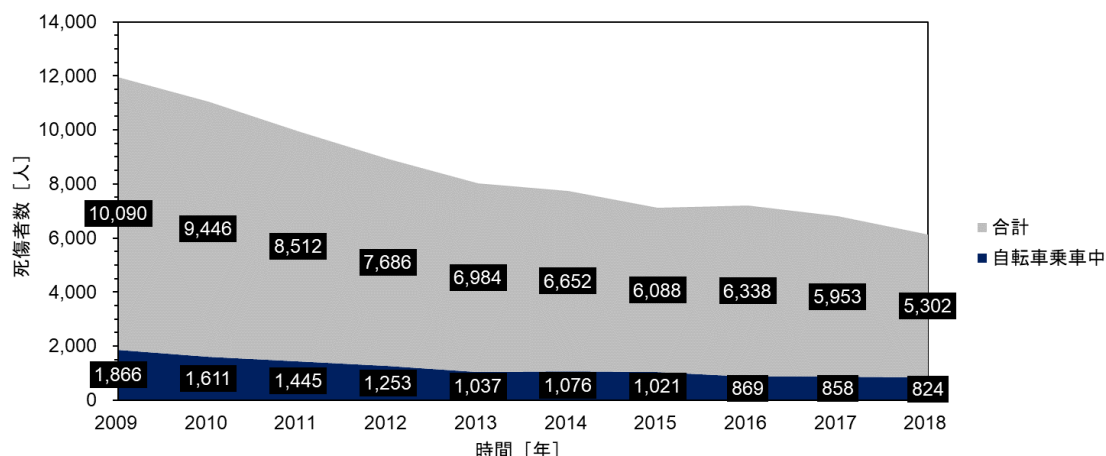
Note. 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室 (2018)を基に著者が作成した。

図 E.B.A. 日本の三大都市圏における平日の交通手段別分担率の推移 (1987-2015)



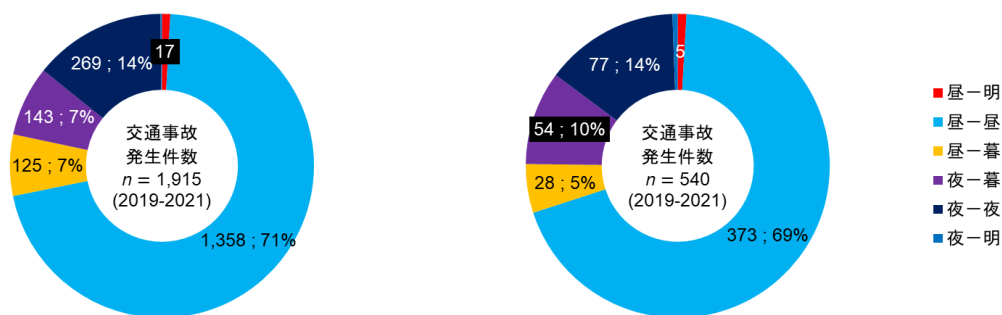
Note. 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室 (2018)を基に著者が作成した。

図 E.B.B. 日本の三大都市圏における休日の交通手段別分担率の推移 (1987-2015)



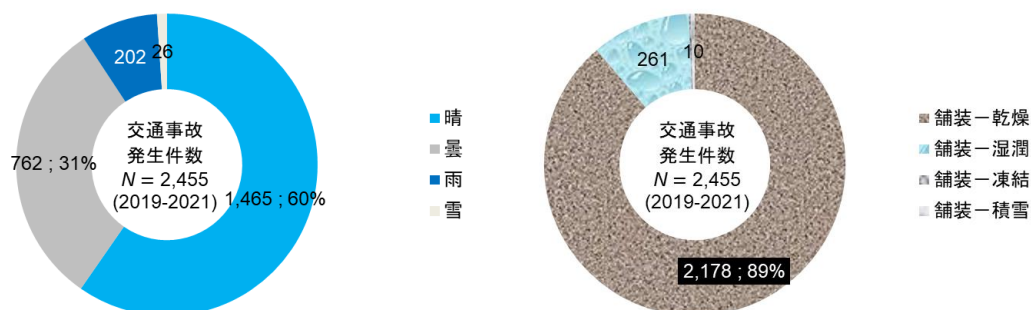
Note. 米原 (2019)を基に著者が作成した。

図 F.A. 札幌市における状態別死傷者数の推移 (2009-2018)



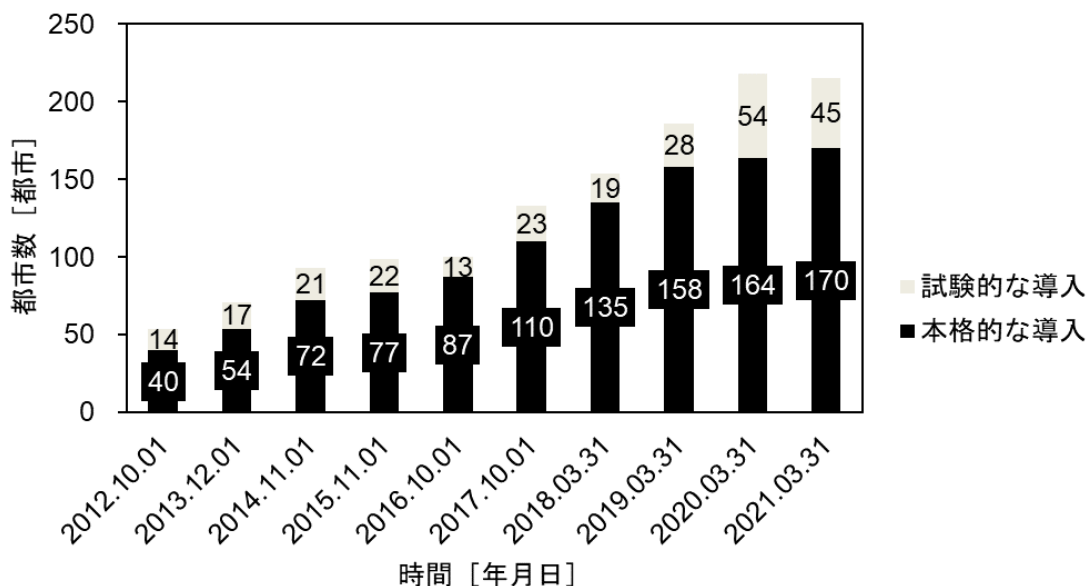
Note. 平日・休日；NPA (n.d.-f, n.d.-g, n.d.-h)を基に著者が作成した。

図 F.B. 札幌市における時間帯別自転車関連交通事故発生件数の内訳 (2019-2021)



Note. NPA (n.d.-f, n.d.-g, n.d.-h)を基に著者が作成した。

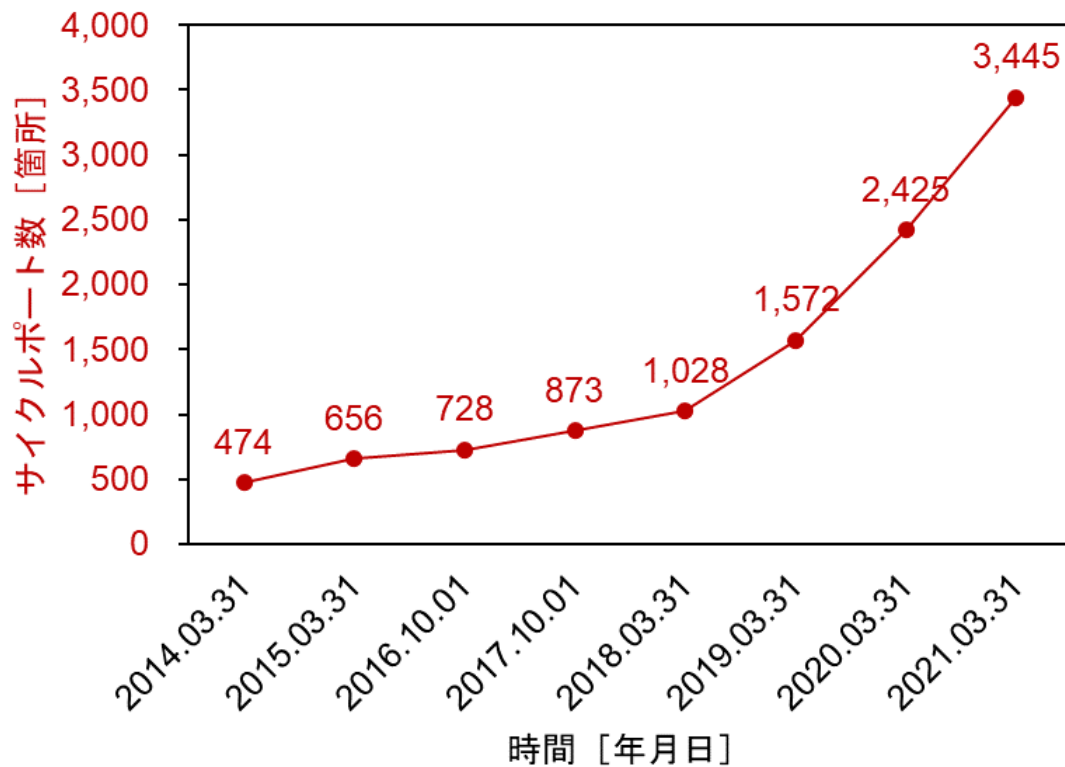
図 F.C. 札幌市における天候別自転車関連交通事故発生件数の内訳 (2019-2021)



Note. 国土交通省都市局街路交通施設課

(2013, 2014, 2015, 2016a, 2017, 2018a, 2018b, 2019, 2021, 2022)を基に著者が作成した。

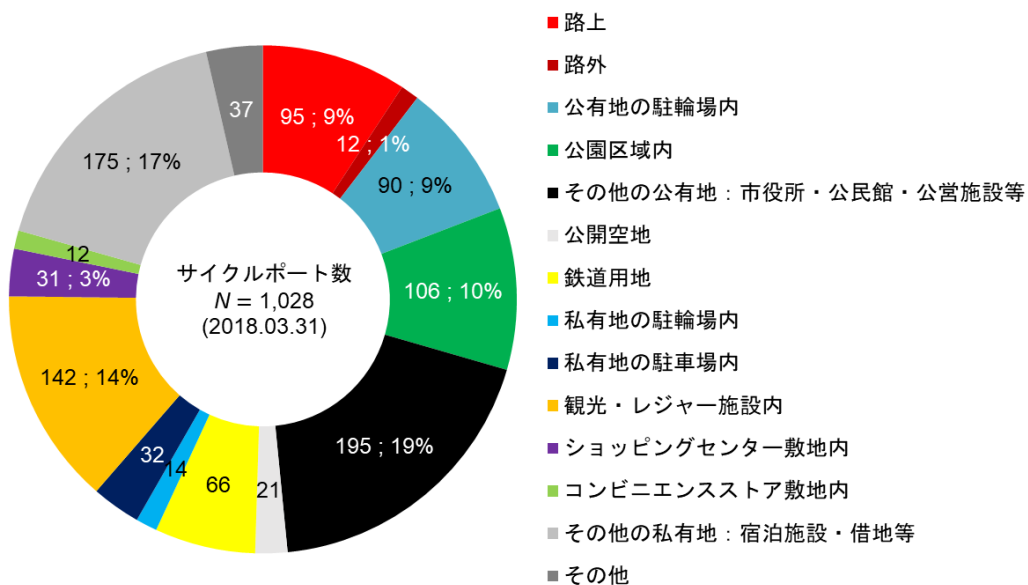
図 G.A. 日本におけるシェアサイクル事業を導入した都市数の推移 (2012-2021)



Note. 国土交通省都市局街路交通施設課

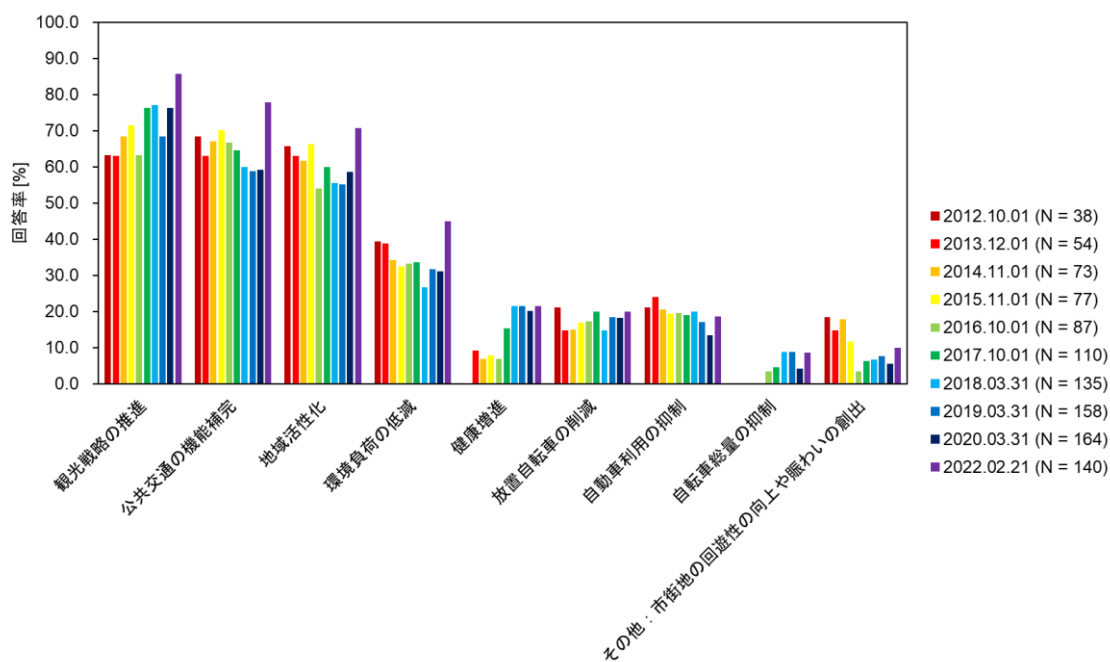
(2017, 2018a, 2018b, 2019, 2021, 2022)を基に著者が作成した。

図 G.B. 日本におけるサイクルポート数の推移 (2014-2021)



Note. 国土交通省都市局街路交通施設課 (2019)を基に著者が作成した。

図 G.C. 日本におけるサイクルポートの設置場所の内訳 (2018)



Note. 項目「健康増進」(2012)と項目「自転車総量の抑制」(2012-2015)の回答率は、それぞれ項目「その他」の回答率に含まれる。

複数回答あり；国土交通省都市局街路交通施設課

(2013, 2014, 2015, 2016a, 2017, 2018a, 2018b, 2019, 2021, 2022)を基に著者が作成した。

図 G.D. 日本におけるシェアサイクル事業の導入目的 (2012-2022)

表 B.A. 最短経路と事故現場回避経路の記述統計

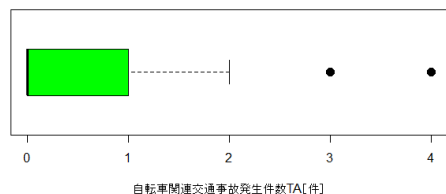
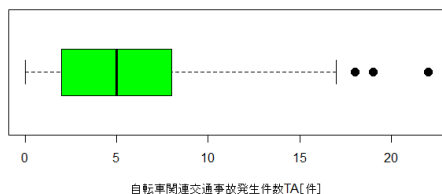
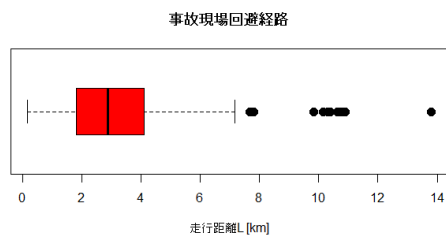
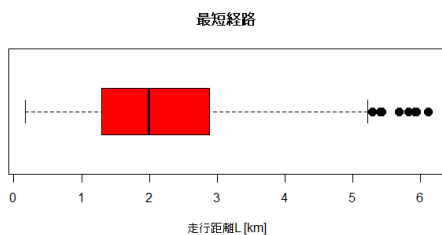
尺度	走行距離 L [km]				自転車関連交通事故発生件数 TA [件]			
	最短経路	事故現場回避経路			事故現場回避経路			最短経路
		補正項 0.1	補正項 0.001	補正項 0.0001	補正項 0.0001	補正項 0.001	補正項 0.1	
要約統計量								
最小値	0.165	0.165	0.165	0.165	0	0	0	0
中央値	1.991	2.811	2.881	2.881	0	0	0	5
平均値	2.141	3.007	3.107	3.110	0.367	0.367	0.414	5.218
最大値	6.108	13.792	13.792	13.792	4	4	4	22

Note. 区間数 $N = 1,176$.

表 B.B. 最短経路と事故現場回避経路と交差点通過経路の記述統計

尺度	自転車関連交通事故発生件数 TA [件]			交差点通過回数 TA [回]		
	事故現場回避経路	最短経路	交差点回避経路	交差点回避経路	最短経路	事故現場回避経路
要約統計量						
最小値	0	0	0	1	1	2
中央値	0	5	5	23	25	32
平均値	0.367	5.218	5.546	24.653	26.522	34.744
最大値	4	22	20	87	83	91

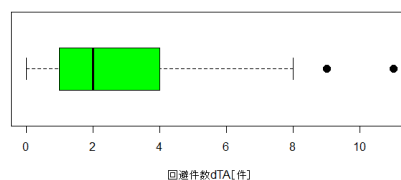
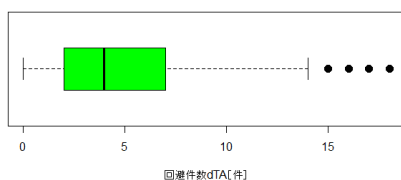
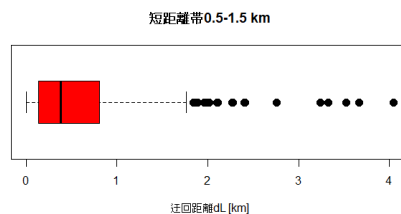
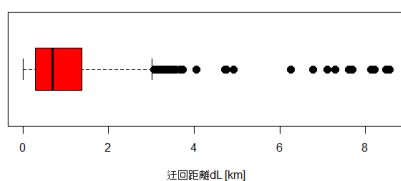
Note. 区間数 $N = 1,176$.



Note. 区間数 $N = 1,176$.

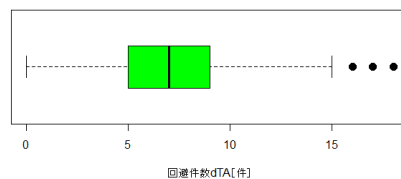
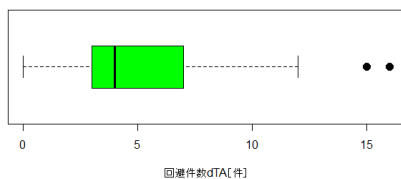
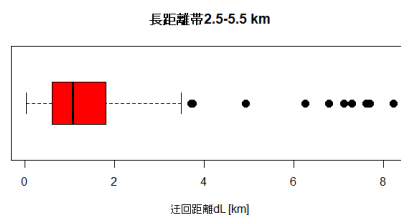
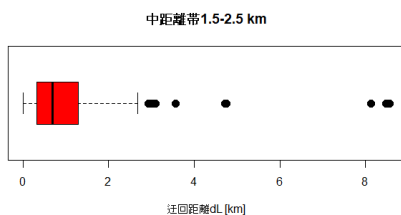
Note. 区間数 $N = 1,176$.

図 H.A. 走行距離と自転車関連交通事故発生件数の箱ひげ図



Note. 区間数 $N = 1,176$.

Note. 区間数 $n = 305$.



Note. 区間数 $n = 410$.

Note. 区間数 $n = 395$.

図 H.B. 迂回距離と回避件数の箱ひげ図

表 C.A. 札幌市／北海道住民基本台帳人口の内訳 (2022.01.01)

年齢 [歳] 性別	男性		女性		合計	
0-4	32,851 /	80,315	30,927 /	76,323	63,778 /	156,638
5-9	37,673 /	95,673	35,792 /	91,459	73,465 /	187,132
10-14	39,238 /	104,103	37,943 /	99,659	77,181 /	203,762
15-19	40,725 /	110,815	39,578 /	105,408	80,303 /	216,223
20-24	47,351 /	116,333	48,395 /	110,018	95,746 /	226,351
25-29	48,694 /	115,970	52,887 /	112,441	101,581 /	228,411
30-34	51,982 /	124,078	55,259 /	121,442	107,241 /	245,520
35-39	59,405 /	143,427	62,649 /	143,442	122,054 /	286,869
40-44	65,318 /	162,212	69,309 /	163,499	134,627 /	325,711
45-49	75,549 /	193,554	81,231 /	196,285	156,780 /	389,839
50-54	71,235 /	181,281	77,858 /	190,762	149,093 /	372,043
55-59	60,077 /	159,630	67,956 /	173,602	128,033 /	333,232
60-64	57,772 /	161,327	64,484 /	174,403	122,256 /	335,730
65-69	60,596 /	176,687	68,394 /	197,414	128,990 /	374,101
70-74	67,479 /	200,998	82,180 /	241,688	149,659 /	442,686
75-79	42,216 /	129,003	57,036 /	175,151	99,252 /	304,154
80-84	30,297 /	99,754	47,937 /	154,297	78,234 /	254,051
85-89	18,528 /	63,328	36,268 /	115,224	54,796 /	178,552
90-94	7,546 /	25,392	20,682 /	64,370	28,228 /	89,762
94-99	1,604 /	5,219	6,517 /	21,650	8,121 /	26,869
100-	153 /	532	1,097 /	3,579	1,250 /	4,111
合計	916,289 / 2,450,393		1,044,379 / 2,733,294		1,960,668 / 5,183,687	

Note. 総務省自治行政局住民制度課 (2022a, 2022b)を基に著者が作成した。

表 C.B. 札幌都心部に土地勘のある自転車利用者数の内訳：推定値

年齢 [歳] 性別	男性		女性		合計	
15-19 青壮年層	20		40		60	
20-29 15-39	60	180 = 30 × 6	160	390 = 65 × 6	220	570 = 95 × 6
30-39	100		190		290	
40-49	200		220		420	
50-59 中高年層	170		120		290	
60-69 40-	80	480 = 80 × 6	40	390 = 65 × 6	120	870 = 145 × 6
70-	30		10		40	
合計	660 = 110 × 6		780 = 130 × 6		1,440 = 240 × 6	

Note. 北海道総合政策部地域創生局地域政策課 (n.d.)を基に著者が作成した。

表 D. 本調査における自転車利用目的別距離帯別回答者数の内訳

2 自転車利用目的		3 距離帯			短距離帯 0.5-1.5 km			中距離帯 1.5-2.5 km			長距離帯 2.5-5.5 km			プール 0.5-5.5 km		
		男性	女性	小計	男性	女性	小計	男性	女性	小計	男性	女性	小計	男性	女性	合計
勤務・業務 通勤・通学 通勤群	15-19	12	20	32	10	20	30	11	20	31	33	60	93			
	20-29	20	20	40	20	20	40	20	20	40	60	60	120			
	30-39	20	20	40	20	20	40	20	20	40	60	60	120			
	40-49	20	20	40	20	20	40	20	20	40	60	60	120			
	50-59	24	21	45	24	19	43	24	19	43	72	59	131			
	60-	21	8	29	19	9	28	18	6	24	58	23	81			
	小計	117	109	226	113	108	221	113	105	218	343	322	665			
外食 買い物 買い物群	15-19	8	13	21	8	18	26	6	17	23	22	48	70			
	20-29	20	20	40	18	20	38	20	20	40	58	60	118			
	30-39	20	20	40	20	20	40	20	20	40	60	60	120			
	40-49	20	20	40	20	20	40	20	20	40	60	60	120			
	50-59	29	20	49	27	23	50	28	17	45	84	60	144			
	60-	16	12	28	19	13	32	19	13	32	54	38	92			
	小計	113	105	218	112	114	226	113	107	220	338	326	664			

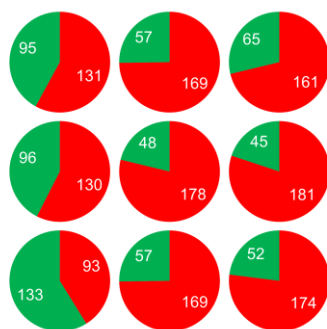
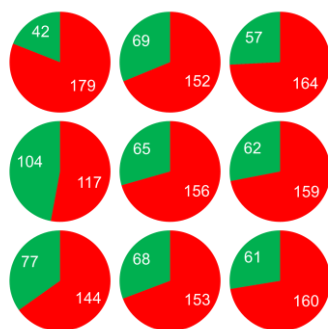
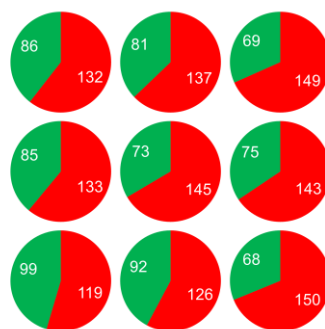
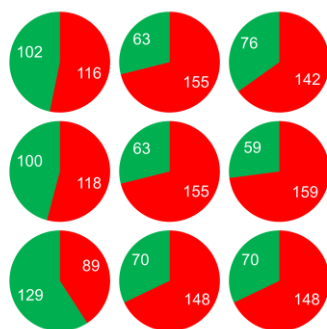
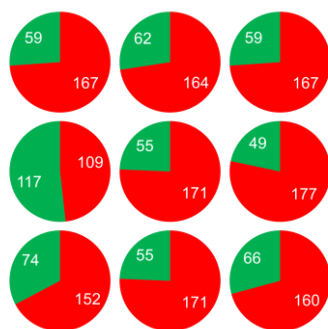
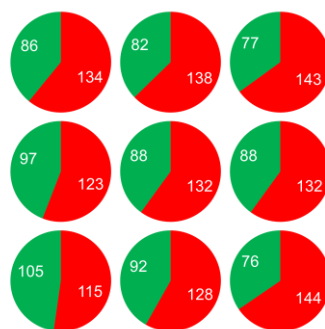
Note. $n = 226$.Note. $n = 221$.Note. $n = 218$.Note. $n = 218$.Note. $n = 226$.Note. $n = 220$.

図 I. 本調査の回答者による集計結果：最短経路 vs. 事故現場回避経路

表 E.A.A.A. 変数間の相関行列：通勤・短距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dLt</i>	<i>dRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.270***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.028	0.001				
左折回数差 <i>dLt</i> [回]	– 0.255***	0.489***	0.209***			
右折回数差 <i>dRt</i> [回]	– 0.327***	0.762***	– 0.070**	0.525***		
年齢 <i>A</i> [歳]	0.003	– 0.000	– 0.000	– 0.000	± 0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	– 0.013	± 0.000	0.000	0.000	± 0.000	– 0.135***

Note. $N = 1,512$; $|r| \geq .70$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.A.A.B. 変数間の相関行列：買い物・短距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dLt</i>	<i>dRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.211***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.038	0.001				
左折回数差 <i>dLt</i> [回]	– 0.210***	0.489***	0.209***			
右折回数差 <i>dRt</i> [回]	– 0.261***	0.762***	– 0.070**	0.525***		
年齢 <i>A</i> [歳]	0.006	– 0.000	0.000	0.000	± 0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	– 0.002	0.000	0.000	0.000	± 0.000	– 0.111***

Note. $N = 1,467$; $|r| \geq .70$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.A.B.A. 変数間の相関行列：通勤・中距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dLt</i>	<i>dRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.077**					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.044	– 0.368***				
左折回数差 <i>dLt</i> [回]	– 0.092***	– 0.152***	– 0.199***			
右折回数差 <i>dRt</i> [回]	– 0.138***	– 0.307***	– 0.006	0.503***		
年齢 <i>A</i> [歳]	– 0.044	– 0.000	0.000	± 0.000	– 0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	– 0.005	– 0.000	0.000	± 0.000	– 0.000	– 0.154***

Note. $N = 1,287$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.A.B.B. 変数間の相関行列：買い物・中距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dLt</i>	<i>dRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.124***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.009	– 0.368***				
左折回数差 <i>dLt</i> [回]	– 0.098***	– 0.152***	– 0.199***			
右折回数差 <i>dRt</i> [回]	– 0.141***	– 0.307***	– 0.006	0.503***		
年齢 <i>A</i> [歳]	– 0.044	– 0.000	0.000	± 0.000	– 0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	– 0.005	– 0.000	– 0.000	± 0.000	0.000	– 0.080**

Note. $N = 1,269$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.A.C.A. 変数間の相関行列：通勤・長距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dLt</i>	<i>dRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	— 0.121***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	— 0.026	— 0.155***				
左折回数差 <i>dLt</i> [回]	— 0.123***	0.973***	— 0.190***			
右折回数差 <i>dRt</i> [回]	— 0.094**	0.822***	— 0.462***	0.914***		
年齢 <i>A</i> [歳]	0.015	0.000	— 0.000	0.000	± 0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	0.058	0.000	— 0.000	0.000	± 0.000	— 0.147***

Note. $N = 1,143$; $|r| \geq .70$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.A.C.B. 変数間の相関行列：買い物・長距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dLt</i>	<i>dRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	— 0.093**					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	— 0.032	— 0.155***				
左折回数差 <i>dLt</i> [回]	— 0.102***	0.973***	— 0.190***			
右折回数差 <i>dRt</i> [回]	— 0.083**	0.822***	— 0.462***	0.914***		
年齢 <i>A</i> [歳]	0.010	— 0.000	0.000	— 0.000	± 0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	0.014	± 0.000	— 0.000	— 0.000	± 0.000	— 0.078*

Note. $N = 1,098$; $|r| \geq .70$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.A.D.A. 変数間の相関行列：通勤・プール

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dLt</i>	<i>dRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	— 0.185***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	0.047**	— 0.183***				
左折回数差 <i>dLt</i> [回]	— 0.254***	0.386***	— 0.167***			
右折回数差 <i>dRt</i> [回]	— 0.305***	0.442***	— 0.257***	0.714***		
年齢 <i>A</i> [歳]	0.024	— 0.005	0.012	— 0.026	— 0.026	
女性ダミー変数 <i>G</i>	0.008	— 0.004	0.014	— 0.028	— 0.031	— 0.141***

Note. $N = 3,942$; $|r| \geq .70$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.A.D.B. 変数間の相関行列：買い物・プール

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dLt</i>	<i>dRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	— 0.143***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	— 0.038*	— 0.184***				
左折回数差 <i>dLt</i> [回]	— 0.091***	0.381***	— 0.166***			
右折回数差 <i>dRt</i> [回]	— 0.122***	0.438***	— 0.255***	0.713***		
年齢 <i>A</i> [歳]	— 0.012	— 0.004	0.011	— 0.023	— 0.024	
女性ダミー変数 <i>G</i>	0.002	— 0.002	— 0.002	0.006	0.005	— 0.092***

Note. $N = 3,834$; $|r| \geq .70$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.B.A.A. 変数間の相関行列：通勤・短距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dzLt</i>	<i>dzRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.270***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.028	0.001				
標準化した左折回数差 <i>dzLt</i> [回／km]	– 0.178***	0.199***	0.192***			
標準化した右折回数差 <i>dzRt</i> [回／km]	– 0.273***	0.460***	0.088***	0.572***		
年齢 <i>A</i> [歳]	0.003	– 0.000	– 0.000	0.000	– 0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	– 0.013	± 0.000	0.000	0.000	0.000	– 0.135***

Note. $N = 1,512$; *** $p < .001$.

表 E.B.A.B. 変数間の相関行列：買い物・短距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dzLt</i>	<i>dzRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.211***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.038	0.001				
標準化した左折回数差 <i>dzLt</i> [回／km]	– 0.178***	0.199***	0.192***			
標準化した右折回数差 <i>dzRt</i> [回／km]	– 0.273***	0.460***	0.088***	0.572***		
年齢 <i>A</i> [歳]	0.006	– 0.000	0.000	0.000	0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	– 0.002	0.000	0.000	– 0.000	± 0.000	– 0.111***

Note. $N = 1,467$; *** $p < .001$.

表 E.B.B.A. 変数間の相関行列：通勤・中距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dzLt</i>	<i>dzRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.077**					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.044	– 0.368***				
標準化した左折回数差 <i>dzLt</i> [回／km]	– 0.037	– 0.600***	0.015			
標準化した右折回数差 <i>dzRt</i> [回／km]	– 0.057*	– 0.664***	0.076**	0.682***		
年齢 <i>A</i> [歳]	– 0.044	– 0.000	0.000	0.000	– 0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	– 0.005	– 0.000	0.000	– 0.000	– 0.000	– 0.154***

Note. $N = 1,287$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.B.B.B. 変数間の相関行列：買い物・中距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dzLt</i>	<i>dzRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.124***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.009	– 0.368***				
標準化した左折回数差 <i>dzLt</i> [回／km]	– 0.037	– 0.600***	0.015			
標準化した右折回数差 <i>dzRt</i> [回／km]	– 0.057*	– 0.664***	0.076**	0.682***		
年齢 <i>A</i> [歳]	– 0.044	– 0.000	0.000	0.000	0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	– 0.005	– 0.000	– 0.000	– 0.000	– 0.000	– 0.080**

Note. $N = 1,269$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.B.C.A. 変数間の相関行列：通勤・長距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dzLt</i>	<i>dzRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.121***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.026	– 0.155***				
標準化した左折回数差 <i>dzLt</i> [回/km]	– 0.101***	0.649***	– 0.492***			
標準化した右折回数差 <i>dzRt</i> [回/km]	– 0.045	0.317***	– 0.642***	0.880***		
年齢 <i>A</i> [歳]	0.015	0.000	– 0.000	– 0.000	0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	0.058	0.000	– 0.000	– 0.000	0.000	– 0.147***

Note. $N = 1,143$; $|r| \geq .70$; *** $p < .001$.

表 E.B.C.B. 変数間の相関行列：買い物・長距離帯

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dzLt</i>	<i>dzRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.093**					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.032	– 0.155***				
標準化した左折回数差 <i>dzLt</i> [回/km]	– 0.101***	0.649***	– 0.492***			
標準化した右折回数差 <i>dzRt</i> [回/km]	– 0.045	0.317***	– 0.642***	0.880***		
年齢 <i>A</i> [歳]	0.010	– 0.000	0.000	0.000	0.000	
女性ダミー変数 <i>G</i>	0.014	± 0.000	– 0.000	0.000	– 0.000	– 0.078*

Note. $N = 1,098$; $|r| \geq .70$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.B.D.A. 変数間の相関行列：通勤・プール

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dzLt</i>	<i>dzRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.185***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	0.047**	– 0.183***				
標準化した左折回数差 <i>dzLt</i> [回/km]	– 0.106***	– 0.100***	– 0.025			
標準化した右折回数差 <i>dzRt</i> [回/km]	– 0.180***	0.034*	– 0.046**	0.628***		
年齢 <i>A</i> [歳]	0.024	– 0.005	0.012	– 0.001	– 0.004	
女性ダミー変数 <i>G</i>	0.008	– 0.004	0.014	– 0.012	– 0.008	– 0.141***

Note. $N = 3,942$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 E.B.D.B. 変数間の相関行列：買い物・プール

変数	選択結果 <i>Ans2</i>	<i>dL</i>	<i>dTA</i>	<i>dzLt</i>	<i>dzRt</i>	<i>A</i>
迂回距離 <i>dL</i> [km]	– 0.143***					
回避件数 <i>dTA</i> [件]	– 0.038*	– 0.184***				
標準化した左折回数差 <i>dzLt</i> [回/km]	– 0.073***	– 0.105***	– 0.024			
標準化した右折回数差 <i>dzRt</i> [回/km]	– 0.126***	0.029	– 0.045**	0.628***		
年齢 <i>A</i> [歳]	– 0.012	– 0.004	0.011	– 0.009	– 0.006	
女性ダミー変数 <i>G</i>	0.002	0.002	– 0.002	0.001	– 0.000	– 0.092***

Note. $N = 3,834$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 F.A.A. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：短距離帯 0.5-1.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
	走行距離 L [km]	- 0.640	- 5.624***	- 0.449	- 4.135***
	自転車関連交通事故				
完全共通変数	発生件数 TA [件]				
	左折回数 Lt [回]	- 0.170	- 4.907***	- 0.134	- 4.112***
	右折回数 Rt [回]				
社会経済変数	年齢 A [歳]				
	女性ダミー変数 G	0.340	3.466***	0.313	3.285**
選択肢定数					
: 事故現場回避経路	定数項	- 0.127	- 1.258	- 0.063	- 0.632
データサイズ N		2,034		1,962	
初期尤度 $L(0)$		- 1,409.861		- 1,359.955	
最終尤度 $L(\hat{\beta})$		- 1,210.823		- 1,257.004	
尤度比 ρ^2		0.141		0.076	
自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.138		0.073	

Note. ** $p < .01$; *** $p < .001$; 無効回答者を除外しなかった場合.

表 F.A.B. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：中距離帯 1.5-2.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
	走行距離 L [km]	- 0.328	- 3.572***	- 0.454	- 4.902***
	自転車関連交通事故				
完全共通変数	発生件数 TA [件]				
	左折回数 Lt [回]				
	右折回数 Rt [回]	- 0.121	- 4.984***	- 0.129	- 5.330***
社会経済変数	年齢 A [歳]				
	女性ダミー変数 G				
選択肢定数					
: 事故現場回避経路	定数項	- 0.138	- 1.028	- 0.062	- 0.464
データサイズ N		1,989		2,034	
初期尤度 $L(0)$		- 1,378.670		- 1,409.861	
最終尤度 $L(\hat{\beta})$		- 1,206.735		- 1,209.129	
尤度比 ρ^2		0.125		0.142	
自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.123		0.140	

Note. *** $p < .001$; 無効回答者を除外しなかった場合.

表 F.A.C. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：長距離帯 2.5-5.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
	走行距離 L [km]	- 0.277	- 3.207**	- 0.197	- 2.342*
	自転車関連交通事故				
完全共通変数	発生件数 TA [件]				
	左折回数 Lt [回]				
	右折回数 Rt [回]				
社会経済変数	年齢 A [歳]			0.006	2.010*
	女性ダミー変数 G	0.356	3.782***	0.355	3.791***
選択肢定数	定数項	- 0.458	- 4.565***	- 0.656	- 3.984***
：事故現場回避経路					
	データサイズ N		1,962		1,980
	初期尤度 $L(0)$	- 1,359.955		- 1,372.431	
	最終尤度 $L(\hat{\beta})$	- 1,281.654		- 1,321.203	
	尤度比 ρ^2		0.058		0.037
	自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.055		0.034

Note. * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; 無効回答者を除外しなかった場合.

表 F.B. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：プール 0.5-5.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
	走行距離 L [km]	- 1.008	- 9.029***	- 0.538	- 7.764***
	自転車関連交通事故				
完全共通変数	発生件数 TA [件]			- 0.073	- 4.365***
	左折回数 Lt [回]	- 0.312	- 12.837***	- 0.041	- 2.937**
	右折回数 Rt [回]				
社会経済変数	年齢 A [歳]				
	女性ダミー変数 G				
選択肢定数	定数項	- 0.104	- 1.090	- 0.236	- 2.535*
：事故現場回避経路					
	データサイズ N		3,942		3,834
	初期尤度 $L(0)$	- 2,064.192		- 2,657.526	
	最終尤度 $L(\hat{\beta})$	- 1,195.971		- 2,504.479	
	尤度比 ρ^2		0.421		0.058
	自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.419		0.056

Note. * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 F.C.A. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：短距離帯 0.5-1.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
完全共通変数	走行距離 L [km]	- 1.037	- 8.664***	- 0.555	- 4.424***
	自転車関連交通事故				
	発生件数 TA [件]				
	標準化した左折回数 zLt [回/km]	- 0.249	- 4.009***		
	標準化した右折回数 zRt [回/km]	- 0.445	- 4.645***	- 0.233	- 5.601***
社会経済変数	年齢 A [歳]				
	女性ダミー変数 G				
選択肢定数	定数項	1.463	5.443***	0.152	1.536
: 事故現場回避経路					
	データサイズ N		1,512		1,467
	初期尤度 $L(0)$	- 1,048.039		- 1,016.847	
	最終尤度 $L(\hat{\beta})$	- 884.229		- 926.190	
	尤度比 ρ^2		0.156		0.089
	自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.152		0.086

Note. *** $p < .001$.

表 F.C.B. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：中距離帯 1.5-2.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
完全共通変数	走行距離 L [km]	- 0.747	- 5.398***	- 1.478	- 8.589***
	自転車関連交通事故				
	発生件数 TA [件]			- 0.146	- 4.214***
	標準化した左折回数 zLt [回/km]			- 0.190	- 2.955**
	標準化した右折回数 zRt [回/km]	- 0.325	- 5.059***	- 0.379	- 4.968***
社会経済変数	年齢 A [歳]				
	女性ダミー変数 G				
選択肢定数	定数項	0.304	1.853	0.351	1.839
: 事故現場回避経路					
	データサイズ N		1,287		1,269
	初期尤度 $L(0)$	- 892.080		- 879.604	
	最終尤度 $L(\hat{\beta})$	- 822.702		- 778.873	
	尤度比 ρ^2		0.078		0.115
	自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.074		0.109

Note. ** $p < .01$; *** $p < .001$.

表 F.C.C. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：長距離帯 2.5-5.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
完全共通変数	走行距離 L [km]	- 0.448	- 4.061***	- 0.304	- 2.570*
	自転車関連交通事故				
	発生件数 TA [件]			- 0.098	- 2.548*
	標準化した左折回数 zLt [回/km]				
	標準化した右折回数 zRt [回/km]			- 0.316	- 2.134*
社会経済変数	年齢 A [歳]				
	女性ダミー変数 G				
選択肢定数	定数項	0.157	1.376	- 0.142	- 0.771
: 事故現場回避経路					
	データサイズ N		1,143		1,098
	初期尤度 $L(0)$		- 792.267		- 761.076
	最終尤度 $L(\hat{\beta})$		- 775.666		- 743.029
	尤度比 ρ^2		0.021		0.024
	自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.018		0.018

Note. * $p < .05$; *** $p < .001$.

表 F.C.D. 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデルの推定結果：プール 0.5-5.5 km

6 説明変数	2 自転車利用目的	通勤群		買い物群	
		パラメータ $\hat{\beta}$	t 値	パラメータ $\hat{\beta}$	t 値
完全共通変数	走行距離 L [km]	- 1.063	- 10.192***	- 0.598	- 9.198***
	自転車関連交通事故				
	発生件数 TA [件]			- 0.075	- 4.445***
	標準化した左折回数 zLt [回/km]				
	標準化した右折回数 zRt [回/km]	- 0.359	- 8.897***	- 0.215	- 7.578***
社会経済変数	年齢 A [歳]				
	女性ダミー変数 G				
選択肢定数	定数項	- 0.496	- 5.863***	- 0.119	- 1.257
: 事故現場回避経路					
	データサイズ N		3,942		3,834
	初期尤度 $L(0)$		- 2,064.192		- 2,657.526
	最終尤度 $L(\hat{\beta})$		- 1,244.490		- 2,479.102
	尤度比 ρ^2		0.397		0.067
	自由度調整済み尤度比 ρ_{adj}^2		0.396		0.066

Note. *** $p < .001$.


```
統計解析ソフトウェア R 4.2.1 に下記のソースコードを入力した (JSTE, 2017, pp.149-151)。  
#### 自転車の経路選択に関する二項ロジットモデル (BNL: Binomial Logit Model) の構築  
### データセットの読み込み  
Data <- read.csv("名前.csv", header = TRUE)  
# データセットの名前を適宜、代入する。  
# フィールドの名称が 1 行目に記載されている。  
### データサイズ N の計上  
hh <- nrow(Data)  
attach(Data)  
# 以後、データセットの表記を省略する。  
  
### 記述統計  
## 迂回距離 dL  
dL <- L.2 - L.1  
## 回避件数 dTA  
dTA <- TA.2 - TA.1  
## 左折回数差 dLt  
dLt <- Lt.2 - Lt.1  
## 右折回数差 dRt  
dRt <- Rt.2 - Rt.1  
# 最短経路に対する事故現場回避経路へと乗り換えた場合の  
# 費用対効果に関する変数を定義付けた。  
## 箱ひげ図・ヒストグラム  
par(mfrow = c(2, 1))  
boxplot(dL, pch = 16, cex = 1.5, col = "red", xlab = "迂回距離 [km]", horizontal = TRUE, main =  
"")  
hist(dL, col = "red", xlab = "迂回距離 [km]", ylab = "度数", main = "")  
boxplot(dTA, pch = 16, cex = 1.5, col = "green", xlab = "回避件数 [件] ", horizontal = TRUE, main =  
"")  
hist(dTA, col = "green", xlab = "回避件数 [件] ", ylab = "度数", main = "")  
boxplot(dLt, pch = 16, cex = 1.5, col = "blue", xlab = "左折回数差 [回] ", horizontal = TRUE, main =  
"")  
hist(dLt, col = "blue", xlab = "左折回数差 [回] ", ylab = "度数", main = "")  
boxplot(dRt, pch = 16, cex = 1.5, col = "blue", xlab = "右折回数差 [回] ", horizontal = TRUE, main =  
"")  
hist(dRt, col = "blue", xlab = "右折回数差 [回] ", ylab = "度数", main = "")
```

```
## 散布図
```

```
par(mfrow = c(1, 1))
plot(dL~Ans2, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "選択結果", ylab = "迂回距離 [km]", main = "")
plot(dTA~Ans2, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "選択結果", ylab = "回避件数 [件] ", main = "")
plot(dLt~Ans2, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "選択結果", ylab = "左折回数差 [回] ", main = "")
plot(dRt~Ans2, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "選択結果", ylab = "右折回数差 [回] ", main = "")
plot(A~Ans2, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "選択結果", ylab = "年齢 [歳] ", main = "")
plot(G~Ans2, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "選択結果", ylab = "性別", main = "")
plot(dTA~dL, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "迂回距離 [km]", ylab = "回避件数 [件] ", main = "")
plot(dLt~dL, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "迂回距離 [km]", ylab = "左折回数差 [回] ", main = "")
plot(dRt~dL, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "迂回距離 [km]", ylab = "右折回数差 [回] ", main = "")
plot(A~dL, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "迂回距離 [km]", ylab = "年齢 [歳] ", main = "")
plot(G~dL, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "迂回距離 [km]", ylab = "性別", main = "")
plot(dLt~dTA, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "回避件数 [件] ", ylab = "左折回数差 [回] ", main = "")
plot(dRt~dTA, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "回避件数 [件] ", ylab = "右折回数差 [回] ", main = "")
plot(A~dTA, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "回避件数 [件] ", ylab = "年齢 [歳] ", main = "")
plot(G~dTA, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "回避件数 [件] ", ylab = "性別", main = "")
plot(dRt~dLt, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "左折回数差 [回] ", ylab = "右折回数差 [回] ", main = "")
plot(A~dLt, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "左折回数差 [回] ", ylab = "年齢 [歳] ", main = "")
plot(G~dLt, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "左折回数差 [回] ", ylab = "性別", main = "")
plot(A~dRt, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "右折回数差 [回] ", ylab = "年齢 [歳] ", main = "")
```

```
plot(G~dRt, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "右折回数差 [回] ", ylab = "性別", main =
"")
```

```
plot(G~A, col = "black", pch = 16, cex = 1.5, xlab = "年齢 [歳] ", ylab = "性別", main = "")
```

```
## 相関分析
```

```
cor.test(Ans2, dL)
```

```
cor.test(Ans2, dTA)
```

```
cor.test(Ans2, dLt)
```

```
cor.test(Ans2, dRt)
```

```
cor.test(Ans2, A)
```

```
cor.test(Ans2, G)
```

```
cor.test(dL, dTA)
```

```
cor.test(dL, dLt)
```

```
cor.test(dL, dRt)
```

```
cor.test(dL, A)
```

```
cor.test(dL, G)
```

```
cor.test(dTA, dLt)
```

```
cor.test(dTA, dRt)
```

```
cor.test(dTA, A)
```

```
cor.test(dTA, G)
```

```
cor.test(dLt, dRt)
```

```
cor.test(dLt, A)
```

```
cor.test(dLt, G)
```

```
cor.test(dRt, A)
```

```
cor.test(dRt, G)
```

```
cor.test(A, G)
```

```
#### パラメータ x の初期設定
```

```
b0 <- numeric(7)
```

```
#### 対数尤度関数の定義
```

```
fr <- function(x){
```

```
## 走行距離 L
```

```
b1 <- x[1]
```

```
## 自転車関連交通事故発生件数 TA
```

```
b2 <- x[2]
```

```
## 左折回数 Lt
```

```
b3 <- x[3]
## 右折回数 Rt
b4 <- x[4]
## 年齢 A
b5 <- x[5]
## 性別 G
b6 <- x[6]
# 男性 0、女性 1 とコーディングした。
## 定数項 SR
b7 <- x[7]
# 最短経路 0、事故現場回避経路 1 とコーディングした。

## 対数尤度の初期設定
LL = 0
## 効用の確定項の計算
v1 <- b1 * L.1 + b2 * TA.1 + b3 * Lt.1 + b4 * Rt.1
v2 <- b1 * L.2 + b2 * TA.2 + b3 * Lt.2 + b4 * Rt.2 + b5 * A + b6 * G + b7 * matrix(1, nrow = hh,
ncol = 1)
# 多重共線性が確認されず、かつ統計的有意性が確認された説明変数のみで再試行する。
# 行数がデータサイズ、列数が 1 である、要素が全て 1 の行列を作成した。
# 社会経済変数と定数項は全ての選択肢に含めると相殺されてしまう。

## 選択確率の計算
P1 <- exp(v1) / (exp(v1) + exp(v2))
P2 <- exp(v2) / (exp(v1) + exp(v2))
## 選択確率の補正
P1 <- (P1 != 0) * P1 + (P1 == 0)
P2 <- (P2 != 0) * P2 + (P2 == 0)
# 対数尤度を計算する上で選択確率がゼロでなければそのままの数値を、
# 選択確率がゼロであれば 1 を代入する。
## 対数尤度の計算
LL <- colSums(Ans1 * log(P1) + Ans2 * log(P2))
# 列の総和を表す。
}
# パラメータ x を代入すると、
# 実際の選択結果を参照して対数尤度 LL を計算する対数尤度関数 fr を作成した。
```

```
#### パラメータ x の最適化
res <- optim(b0, fr, method = "Nelder-Mead", hessian = TRUE, control = list(fnscale = - 1))
# t 値を計算する上でヘッセ行列が必要である。
# 最適化関数 optim は目的関数を最小化するため、
# 比例定数を-1 と指定したことで対数尤度関数を最大化する。

#### 推定結果の表示
print(res)
# 数値"function"は最適化における計算の反復回数、
# 数値"gradient"は計算における 1 階偏微分計算の回数を表す。
# 数値"convergence"がゼロならば収束しており、
# ゼロ以外ならば効用関数や尤度関数の設定に何らかの誤りがあると思われる。
## データサイズ N
print(hh)
## パラメータ  $\beta$ 
b <- res$par
print(b)
## t 値
hhh <- res$hessian
tval <- b / sqrt(- diag(solve(hhh)))
print(tval)
# ヘッセ行列の逆行列を作成した。
## 初期尤度  $L(0)$ 
L0 <- fr(b0)
print(L0)
# パラメータが全てゼロの場合を指す。
## 最終尤度  $L(\beta)$ 
LL <- res$value
print(LL)
## 尤度比  $\rho^2$  値
print((L0 - LL) / L0)
# パラメータを完全乱択から最尤推定法で求めたものへと変更したことで、
# どれだけ説明力が向上したか？
# 尤度比 0.3 程度で説明力が十分にある。
## 自由度調整済み尤度比  $\rho^2$  値
print((L0 - (LL - length(b))) / L0)
```

参考文献

- アイブリッジ株式会社. (n.d.). *Freeasy: 24 時間セルフ型アンケートツール*. Freeasy.
Retrieved November 11, 2022, from <https://freeasy24.research-plus.net>
- 浅野 健一郎. (2019, August 29-30). *健康経営における自転車通勤の効果* [Conference session].
第 8 回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.
<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/bunkakai5.pdf>
- 阿部 宏史・栗井 睦夫・山根 浩三・藤井 真紀子. (2000).
地方都市における自転車利用環境の整備が通勤交通に及ぼす影響.
土木計画学研究・論文集, 17, 789-795. <https://doi.org/10.2208/journalip.17.789>
- 阿部 竜士. (2018, October 26-27). *自転車と健康－運動効果と実践事例－* [Conference session].
第 7 回 自転車利用環境向上会議 in 堺, 堺, 大阪, 日本.
https://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/doro/jitensha/Cycling_Congress_in_Sakai.files/27_5_01.pdf
- 阿部 竜士. (2019, August 29-30).
自転車と健康～自転車利用による健康効果～ [Conference session].
第 8 回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.
<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/bunkakai5.pdf>
- 有村 幹治. (2021, January 18).
住みよい都市のためのシェアサイクルの可能性 [Conference session].
第 11 回 全国シェアサイクル会議, オンライン.
<https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001384897.pdf>
- 池田 丈太. (2018, October 26-27). *自転車を活用した健康づくり推進事業
～真庭市における自転車と健康の取組～* [Conference session].
第 7 回 自転車利用環境向上会議 in 堺, 堺, 大阪, 日本.
https://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/doro/jitensha/Cycling_Congress_in_Sakai.files/27_5_04.pdf
- 石村 尚也・高柿 松之介・大川 徹・吉田 奈々絵. (2018, November 15).
*MaaS (Mobility as a Service)の現状と展望
～デジタル技術と新たなビジネスモデルによる「移動」の再定義～*.
DBJ Monthly Overview 2018 年 12 月号.
https://www.dbj.jp/topics/report/2018/files/0000032052_file2.pdf
- 伊藤 典弘. (2019, August 29-30). *札幌市における自転車通行空間整備事例とその効果
～通行ルール見える化による整備効果等～* [Conference session].
第 8 回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.
<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/bunkakai4-1.pdf>
- 井上 岳一. (2019, September 13). *MaaS～その現状と今後～*.
<https://www.mof.go.jp/pri/research/seminar/fy2019/lm20190913.pdf>
- 今井 ゆかり. (2017, June 15). フランスの保険会社が開発した、

最も安全なルートを教えてくれるカーナビ「The Safest Route」.

IDEAS FOR GOOD. <https://ideasforgood.jp/2017/06/15/the-safest-route/>

岩渕 伸. (2013, February 05).

せんだいコミュニティサイクル本格導入に向けて [Conference session].

第3回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/000990576.pdf>

株式会社ヴァル研究所. (n.d.-a). 駅すばあと *for WEB*. 駅すばあと.

Retrieved February 22, 2023, from <https://roote.ekispert.net/ja/>

株式会社ヴァル研究所. (n.d.-b). 複合経路検索サービス「mixway (ミクスウェイ)」.

mixway. Retrieved February 22, 2023, from <https://mixway.ekispert.net/lp>

株式会社ヴァル研究所. (2018a, May 22).

複合経路検索サービス「mixway」ベータ版リリース！

実証実験へのご協力をお願いします. mixway blog.

Retrieved November 02, 2021, from <https://mixway-blog.ekispert.net/2018/05/2.html>

株式会社ヴァル研究所. (2018b, August 10).

シェアサイクル「ポロクル」を活用した札幌の観光ルートをご案内！ mixway blog.

Retrieved November 02, 2021, from <https://mixway-blog.ekispert.net/2018/08/10.html>

株式会社ヴァル研究所. (2018c, August 31).

シェアサイクル「ポロクル」を活用した札幌おでかけルートをご案内！ mixway blog.

Retrieved November 02, 2021, from <https://mixway-blog.ekispert.net/2018/08/31.html>

株式会社ヴァル研究所. (2018d, December 19). 新機能リリース&アップデート！

「到着時刻の指定」「天気表示」「地点間マップ拡大」を追加！ mixway blog.

Retrieved November 02, 2021, from <https://mixway-blog.ekispert.net/2018/12/19.html>

株式会社ヴァル研究所. (2019, April 24).

ポロクル×mixway 連携・対応再開！電動アシスト自転車でより快適に. mixway blog.

Retrieved March 19, 2022, from <https://mixway-blog.ekispert.net/2019/04/24.html>

株式会社ヴァル研究所. (2022, May 30). 駅すばあと、環境保全を促進する新機能リリース！

Retrieved June 01, 2022, from <https://www.val.co.jp/topics/2022/053001.html>

大野 昌仁. (2018, October 26-27). 自転車活用推進計画について [Conference session].

第7回 自転車利用環境向上会議 in 堺, 堺, 大阪, 日本.

https://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/doro/jitensha/Cycling_Congress_in_Sakai.files/26_01.pdf

岡田 卓也・吉田 長裕. (2014). 道路交通条件と個人の知識・経験を考慮した

自転車利用者の歩車道選択要因に関する分析.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 70(5), I_655-I_661.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.70.I_655

奥田 秀樹. (2018, March). 自転車活用推進について [Conference session].

令和 2 年度第 3 回自転車の活用推進に向けた有識者会議, オンライン.

<https://www.mlit.go.jp/common/001230120.pdf>

小田急電鉄株式会社. (n.d.). *EMot* [エモット] もっといい「いきかた」.

Retrieved February 04, 2023, from <https://www.emot.jp>

外務省 (MOFA). (n.d.-a). *持続可能な開発のための 2030 アジェンダ*.

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/000270935.pdf>

外務省 (MOFA). (n.d.-b). *SDGs とは? JAPAN SDGs Action Platform*.

Retrieved August 15, 2021, from <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>

神之門 はな子・中村 文彦. (2018).

ステーションレイアウトの違いによる自転車シェアリングコスト差異に関する研究.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 74(5), I_571-I_580.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.74.I_571

川田 俊男・香取 啓介. (2021, November 14).

世界目標「気温上昇 1.5 度」で合意 COP26、パリ協定見直し.

朝日新聞 DIGITAL. <https://www.asahi.com/articles/ASPCG23G8PCFULBJ008.html>

環境省 (MOE). (n.d.-a). *持続可能な開発のための 2030 アジェンダ / SDGs*.

Retrieved August 15, 2021, from <https://www.env.go.jp/earth/sdgs/index.html>

環境省 (MOE). (n.d.-b). *COOL CHOICE とは. COOL CHOICE*.

Retrieved February 15, 2022, from <https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/about/>

環境省 (MOE). (n.d.-c). *Let's ゼロドラ!!*

Retrieved February 15, 2022, from https://www.env.go.jp/air/zero_carbon_drive/

環境省 (MOE). (n.d.-d). *smart move. COOL CHOICE*.

Retrieved February 15, 2022, from <https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/smartmove/>

環境省 (MOE). (2015a, June 28). *Let's COOL CHOICE ! 北海道 COOL CHOICE 大作戦
～地球にやさしい移動 (スマートムーブ) を選ぼう!～*.

Retrieved February 23, 2022, from <https://www.env.go.jp/press/101290.html>

環境省 (MOE). (2015b, June 30).

2030 年まで継続する新国民運動「COOL CHOICE (クールチョイス)」を開始します.

Retrieved February 15, 2022, from <https://www.env.go.jp/press/101177.html>

環境省 (MOE). (2018, March). *サプライチェーンを通じた組織の*

温室効果ガス排出等の算定のための排出原単位データベース (Ver.2.5).

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/tools/DB_V2-5.pdf

環境省 (MOE). (2021a, June 08). *令和 3 年版 環境白書 循環型社会白書／生物多様性白書*.

<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r03/pdf/full.pdf>

環境省 (MOE). (2021b, August 26).

ゼロカーボンアクション 30－日常生活における脱炭素行動と暮らしにおけるメリット.

- COOL CHOICE. Retrieved February 15, 2022, from <https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/topics/20210826-01.html>
- 環境省 (MOE). (2021c, October 22). *地球温暖化対策計画*.
<http://www.env.go.jp/earth/211022/mat01.pdf>
- 菊池 雅彦. (2011, February 21).
コミュニティサイクル社会実験の成果と今後の展望 [Conference session].
第 1 回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 横浜, 神奈川, 日本.
<https://www.mlit.go.jp/common/000189498.pdf>
- 菊池 雅彦. (2012, January 24). コミュニティサイクル導入の現状と課題 [Conference session].
第 2 回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.
<https://www.mlit.go.jp/common/000189512.pdf>
- 金 利昭. (2009). 自転車利用者の満足度を用いた自転車レーンの評価とサービス水準の設定.
(社)日本都市計画学会 都市計画論文集, 44(3), 91-96.
<https://doi.org/10.11361/journalcpj.44.3.91>
- 金 利昭. (2016). 自転車歩行者間の追い越し・追い越され事象における
当事者意識 GAP と交通コミュニケーション方法に関する基礎的研究.
(社)日本都市計画学会 都市計画論文集, 51(3), 661-666.
<https://doi.org/10.11361/journalcpj.51.661>
- 金 利昭・本田 慎弥. (2019).
自転車の車道左側通行に伴う迂回・歩道押し歩き・歩道通行に関する研究.
土木学会論文集 D3 (土木計画学), 75(5), I_585-I_594.
https://doi.org/10.2208/jscejipm.75.I_585
- 草野 竹史. (2019, August 29-30). ポロクル運営と自転車のまちづくり [Conference session].
第 8 回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.
<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/bunkakai4-2.pdf>
- 工藤 公仁. (2019, August 29-30). 北海道の自転車利活用に向けた取組 [Conference session].
第 8 回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.
<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/panerudhisukassyon1.pdf>
- 熊谷 美香子. (2016, March 16).
ポロクルを通したまちづくり～あなたとつくるやさしいまち～ [Conference session].
第 6 回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.
<https://www.mlit.go.jp/common/001127273.pdf>
- 熊谷 美香子. (2019, August 29-30). ポロクルを通したまちづくり
～持続可能なシェアサイクルへの挑戦～ [Conference session].
第 8 回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.
<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/bunkakai3.pdf>

経済産業省 (METI)・国土交通省 (MLIT). (n.d.). スマートモビリティチャレンジとは.

Retrieved February 05, 2023, from <https://www.mobilitychallenge.go.jp/aboutsmc/>

警察庁 (NPA). (n.d.-a). 交通事故統計情報のオープンデータ. Retrieved August 19, 2022, from

https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/index_opendata.html

警察庁 (NPA). (n.d.-b). 自転車は車のなかま～自転車はルールを守って安全運転～.

Retrieved August 08, 2022, from <https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/bicycle/info.html>

警察庁 (NPA). (n.d.-c). 各種コード表.

https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/2019/codebook_2019.pdf

警察庁 (NPA). (n.d.-d). 各種コード表.

https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/2020/codebook_2020.pdf

警察庁 (NPA). (n.d.-e). 各種コード表.

https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/2021/codebook_2021.pdf

警察庁 (NPA). (n.d.-f). 本票_01-12 月 [Data set]. Retrieved March 12, 2022, from

https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/2019/honhyo_2019.csv

警察庁 (NPA). (n.d.-g). 本票_01-12 月 [Data set]. Retrieved March 12, 2022, from

https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/2020/honhyo_2020.csv

警察庁 (NPA). (n.d.-h). 本票_01-12 月 [Data set]. Retrieved August 19, 2022, from

https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/2021/honhyo_2021.csv

警察庁交通局. (2016a, March 03).

平成 27 年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況について.

e-Stat 政府統計の総合窓口.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031400408&fileKind=2>

警察庁交通局. (2016b, March 30).

平成 27 年における交通事故の発生状況. e-Stat 政府統計の総合窓口.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031400112&fileKind=2>

警察庁交通局. (2017a, February 23).

平成 28 年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について.

e-Stat 政府統計の総合窓口.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031546251&fileKind=2>

警察庁交通局. (2017b, March 17).

平成 28 年における交通事故の発生状況. e-Stat 政府統計の総合窓口.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031559551&fileKind=2>

警察庁交通局. (2018a, February 15).

平成 29 年中の交通事故の発生状況. e-Stat 政府統計の総合窓口.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031674175&fileKind=2>

警察庁交通局. (2018b, February 15).

平成 29 年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について。

e-Stat 政府統計の総合窓口。

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031674176&fileKind=2>

警察庁交通局。(2019a, February 14).

平成 30 年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について。

e-Stat 政府統計の総合窓口。

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031798000&fileKind=2>

警察庁交通局。(2019b, February 28).

平成 30 年中の交通事故の発生状況。e-Stat 政府統計の総合窓口。

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031800894&fileKind=2>

警察庁交通局。(2019c, April 25). 自転車関連事故に係る分析。

<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/bunseki/sonota/310425jitensha.pdf>

警察庁交通局。(2020a, February 13).

令和元年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について。

e-Stat 政府統計の総合窓口。

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031910507&fileKind=2>

警察庁交通局。(2020b, February 13). 令和元年における交通死亡事故の発生状況等について。

<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/bunseki/nenkan/020213R01nenkan.pdf>

警察庁交通局。(2020c, February 18).

令和元年中の交通事故の発生状況。e-Stat 政府統計の総合窓口。

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031911561&fileKind=2>

警察庁交通局。(2021a, February 18).

令和 2 年中の交通事故の発生状況。e-Stat 政府統計の総合窓口。

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032051870&fileKind=2>

警察庁交通局。(2021b, February 18).

令和 2 年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について。

e-Stat 政府統計の総合窓口。

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032051740&fileKind=2>

警察庁交通局。(2021c, February 18).

令和 2 年中の交通重傷事故の発生状況。e-Stat 政府統計の総合窓口。

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032051806&fileKind=2>

警察庁交通局。(2021d, February 18). 令和 2 年における交通事故の発生状況等について。

<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/bunseki/nenkan/030218R02nenkan.pdf>

警察庁交通局。(2021e, February 18). 令和 2 年における交通事故の発生状況等について。

<https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/jiko/R02bunseki.pdf>

警察庁交通局。(2022a, March 03).

令和3年中の交通事故の発生状況. e-Stat 政府統計の総合窓口.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032169263&fileKind=2>

警察庁交通局. (2022b, March 03).

令和3年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について.

e-Stat 政府統計の総合窓口.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032169135&fileKind=2>

警察庁交通局. (2022c, March 03).

令和3年中の交通重傷事故の発生状況. e-Stat 政府統計の総合窓口.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032169201&fileKind=2>

警察庁交通局. (2022d, March 03). 令和3年における交通事故の発生状況等について.

<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/bunseki/nenkan/040303R03nenkan.pdf>

警察庁交通局. (2022e, March 03). 令和3年における交通事故の発生状況等について.

<https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/jiko/R03bunseki.pdf>

健康保険組合連合会. (2021, June). 令和元年度 生活習慣関連疾患医療費に関する調査.

https://www.kenporen.com/toukei_data/pdf/chosa_r03_06_01.pdf

厚生労働省 (MHLW). (2011, February 01).

スマート・ライフ・プロジェクトで健康寿命をのばしましょう。

Retrieved February 17, 2022, from <https://www.mhlw.go.jp/seisaku/2011/02/01.html>

厚生労働省 (MHLW). (2019, May 29). 健康寿命延伸プラン.

<https://www.mhlw.go.jp/content/12601000/000514142.pdf>

厚生労働省 (MHLW). (2020, October).

令和2年版 厚生労働白書ー令和時代の社会保障と働き方を考えるー.

<https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/19/dl/all.pdf>

厚生労働省 (MHLW). (2021a, July).

令和3年版 厚生労働白書ー新型コロナウイルス感染症と社会保障ー.

<https://www.mhlw.go.jp/content/000810636.pdf>

厚生労働省 (MHLW). (2021b, July 30). 令和2年簡易生命表の概況.

<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life20/dl/life18-15.pdf>

厚生労働省 (MHLW). (2022, January 11). 平均寿命と健康寿命. e-ヘルスネット. Retrieved

February 18, 2022, from <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/hale/h-01-002.html>

一般社団法人 交通工学研究会 (JSTE). (2017).

やさしい非集計分析 [1st ed.]. 丸善出版株式会社.

小川 圭一. (2011). 自転車通行可の歩道上における自転車・歩行者の通行位置に関する分析.

交通工学研究発表会論文集, 31(76), 393-394.

<http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00035/2010/65-04/65-04-0197.pdf>

小川 圭一. (2016). 車道横断回数を考慮した

自転車の通行位置と通行方向による交通事故遭遇確率の比較分析.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 72(4), 288-303. <https://doi.org/10.2208/jscejipm.72.288>

小川 圭一・石田 信之・安 隆浩. (2021).

道路ネットワーク特性と出発地・目的地間の距離を考慮した

自転車の通行位置と通行方向による交通事故遭遇確率の比較分析.

交通科学, 51(1), 55-65. https://doi.org/10.34398/kokaken.51.1_55

小川 圭一・北村 優次. (2014). 道路ネットワーク特性を考慮した

自転車の通行位置と進行方向による交通事故遭遇確率の比較分析.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 49(80).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201406_no49/pdf/80.pdf

小川 圭一・松隈 矩之・押川 智亮. (2005).

歩道設置道路における自転車の歩車道選択行動に関する分析.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 31(122).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/200506_no31/pdf/122.pdf

小川 圭一・森本 一弘. (2012). 交差点通過回数を考慮した

自転車の通行位置と進行方向による交通事故遭遇確率の比較分析.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 46(206).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201211_no46/pdf/206.pdf

国際連合広報センター (UNIC). (n.d.-a). 持続可能な開発目標. Retrieved August 21, 2021, from https://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/sustainable_development_goals/

国際連合広報センター (UNIC). (n.d.-b). 2030 アジェンダ. Retrieved August 21, 2021, from https://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/

国土交通省 (MLIT). (n.d.-a). 国土数値情報ダウンロードサービス. GIS ホームページ.

Retrieved November 18, 2021, from <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>

国土交通省 (MLIT). (n.d.-b). 事故危険箇所検索マップ. Retrieved December 20, 2022, from <https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/danger-point-map/>

国土交通省 (MLIT). (n.d.-c). 全国都市交通特性調査. Retrieved February 13, 2022, from https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000033.html

国土交通省 (MLIT). (n.d.-d).

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.

Retrieved February 13, 2022, from <https://www.mlit.go.jp/road/census/h27/index.html>

国土交通省 (MLIT). (2014, December 19). 自転車施策の取組の状況

～多様な活用策と連携した自転車利用環境の創出について～ [Conference session].

第 1 回 安全で快適な自転車利用環境創出の促進に関する検討委員会,

- 千代田，東京，日本. https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/cyclists/pdf/01jitensha_09.pdf
国土交通省 (MLIT). (2015, August 27).
コミュニティサイクルの普及について [Conference session].
第 5 回 安全で快適な自転車利用環境創出の促進に関する検討委員会，
千代田，東京，日本.
https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/cyclists/pdf8/05jitensha_shiryou3.pdf
国土交通省 (MLIT). (2017a, July 12). バス停留所 (ポイント). GIS ホームページ.
Retrieved November 18, 2021, from <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N07.html>
国土交通省 (MLIT). (2017b, July 12). バスルート (ライン). GIS ホームページ.
Retrieved January 10, 2022, from <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P11.html>
国土交通省 (MLIT). (2018a, June). 自転車活用推進計画.
<https://www.mlit.go.jp/common/001237890.pdf>
国土交通省 (MLIT). (2018b, November 30).
自転車活用推進計画について [Conference session].
第 9 回 全国シェアサイクル会議，大田，東京，日本.
<https://www.mlit.go.jp/common/001267507.pdf>
国土交通省 (MLIT). (2019, January 01). 行政区域 (ポリゴン). GIS ホームページ. Retrieved
November 18, 2021, from https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03-v2_3.html
国土交通省 (MLIT). (2020a, March 31).
シェアサイクルに関する現状と課題 [Conference session].
第 1 回 シェアサイクルの在り方検討委員会，オンライン.
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/sharecycle/pdf01/03.pdf>
国土交通省 (MLIT). (2020b, June 30).
東日本旅客鉄道株式会社による MaaS の取組 [Conference session].
第 2 回 シェアサイクルの在り方検討委員会，オンライン.
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/sharecycle/pdf02/09.pdf>
国土交通省 (MLIT). (2020c, August 26).
シェアサイクルの公共的な交通としての在り方について [Conference session].
第 3 回 シェアサイクルの在り方検討委員会，オンライン.
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/sharecycle/pdf03/01.pdf>
国土交通省 (MLIT). (2020d, November 10). 目標及び施策体系について [Conference session].
令和 2 年度第 3 回自転車の活用推進に向けた有識者会議，オンライン.
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/bicycle-up/07pdf/03.pdf>
国土交通省 (MLIT). (2020e, December 31). 鉄道 (ライン). GIS ホームページ. Retrieved
November 18, 2021, from https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N02-v2_3.html
国土交通省 (MLIT). (2021a, January 18).

次期自転車活用推進計画の検討状況について [Conference session].

第 11 回 全国シェアサイクル会議, オンライン.

<https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001384899.pdf>

国土交通省 (MLIT). (2021b, January 21).

公共用地等へのサイクルポートの設置の在り方について [Conference session].

第 4 回 シェアサイクルの在り方検討委員会, オンライン.

<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/sharecycle/pdf04/04.pdf>

国土交通省 (MLIT). (2021c, January 21).

シェアサイクルの公共的な交通としての在り方について [Conference session].

第 4 回 シェアサイクルの在り方検討委員会, オンライン.

<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/sharecycle/pdf04/02.pdf>

国土交通省 (MLIT). (2021d, February 22).

現状・課題と主な強化措置 (「都市環境」「安全・安心」) [Conference session].

令和 2 年度第 5 回自転車の活用推進に向けた有識者会議, オンライン.

<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/bicycle-up/10pdf/03.pdf>

国土交通省 (MLIT). (2021e, March 23).

自転車の活用の推進に関する指標について [Conference session].

令和 2 年度第 6 回自転車の活用推進に向けた有識者会議, オンライン.

<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/bicycle-up/11pdf/04.pdf>

国土交通省 (MLIT). (2021f, April 27). 運輸部門における二酸化炭素排出量.

Retrieved September 11, 2021, from

https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html

国土交通省 (MLIT). (2021g, May). 自転車活用推進計画.

https://www.mlit.go.jp/road/bicycleuse/good-cycle-japan/assets/pdf/jitensha_katsuyo.pdf

国土交通省 (MLIT). (2021h, June 25). 令和 3 年版 国土交通白書.

<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r02/hakusho/r03/pdf/kokudo.pdf>

国土交通省 (MLIT). (2022, March 15).

第 2 次自転車活用推進計画の取組について [Conference session].

第 12 回 全国シェアサイクル会議, オンライン.

<https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001485268.pdf>

国土交通省自転車活用推進本部事務局. (2017, May).

自転車活用推進法の施行について. <https://www.mlit.go.jp/road/bicycleuse/pdf/about.pdf>

国土交通省総合政策局公共交通・物流政策審議官部門. (2020, March 19).

MaaS 関連データの連携に関するガイドライン Ver.1.0.

<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001335673.pdf>

国土交通省総合政策局公共交通・物流政策審議官部門. (2021, April 09).

MaaS 関連データの連携に関するガイドライン Ver.2.0.

<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001399363.pdf>

国土交通省総合政策局社会資本整備政策課. (2021). *社会資本整備重点計画*.

<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001406367.pdf>

国土交通省道路局・警察庁交通局. (2016, July).

安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン.

<https://www.mlit.go.jp/road/road/bicycle/pdf/guideline.pdf>

国土交通省道路局地方道環境課・警察庁交通局交通規制課. (2007, October).

自転車利用環境整備ガイドブック【抜粋版】.

<https://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/06/061005/03.pdf>

国土交通省都市局. (2012, November).

自転車等駐車場の整備のあり方に関するガイドライン (第1 版).

<https://www.mlit.go.jp/common/000231328.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2013, February 05).

コミュニティサイクルの取組状況等について [Conference session].

第3回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/000990570.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2014, February 06).

コミュニティサイクルの取組状況等について [Conference session].

第4回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/001030043.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2015, March 16).

コミュニティサイクルの取組等について [Conference session].

第5回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 江東, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/001087007.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2016a, March 16).

コミュニティサイクルの取組等について [Conference session].

第6回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/001134417.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2016b, September).

自転車等駐車場の整備のあり方に関するガイドライン (第2 版).

<https://www.mlit.go.jp/common/001179957.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2017, March 15).

コミュニティサイクルの取組等について [Conference session].

第7回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/001181682.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2018a, March 09).

コミュニティサイクルの取組等について [Conference session].

第 8 回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/001230123.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2018b, November 30).

シェアサイクルの取組等について [Conference session].

第 9 回 全国シェアサイクル会議, 大田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/001267508.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2019, November 06).

シェアサイクルの取組等について [Conference session].

第 10 回 全国シェアサイクル会議, 大阪, 大阪, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001384872.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2021, January 18).

シェアサイクルの取組等について [Conference session].

第 11 回 全国シェアサイクル会議, オンライン.

<https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001390576.pdf>

国土交通省都市局街路交通施設課. (2022, March 15).

都市交通の中でのシェアサイクルのこれから～速報版～ [Conference session].

第 12 回 全国シェアサイクル会議, オンライン.

国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室. (2018).

都市における人の動きとその変化～平成 27 年全国都市交通特性調査集計結果より～.

<https://www.mlit.go.jp/common/001223976.pdf>

古倉 宗治. (2012, January 24).

自転車施策の体系のあり方とコミュニティサイクル [Conference session].

第 2 回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/000189511.pdf>

古倉 宗治. (2016).

成功する自転車まちづくり～政策と計画のポイント～ [1st ed.]. 株式会社学芸出版社.

古倉 宗治. (2019). 進化する自転車まちづくり

～自転車活用推進計画を成功させるコツ～ [1st ed.]. 株式会社大成出版社.

国家公安委員会・警察庁. (2022). 令和 4 年度交通安全業務計画.

<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/keikaku/2022gyoumukeikaku.pdf>

国立研究開発法人 国立環境研究所 (NIES). (2021, April 13).

日本の温室効果ガス排出量データ (1990～2019 年度) 確報値 (Ver.1.0) [Data set].

Retrieved August 22, 2021, from https://www.nies.go.jp/gio/archive/ghgdata/jqjm1000000x37h1-att/L5-7gas_2021_gioweb_ver1.0.xlsx

小嶋 文・瀬下 希奈. (2021).

自転車の走行位置に着目した自転車と左折自動車の事故の特徴に関する研究.

交通科学, 51(2), 34-38. https://doi.org/10.34398/kokaken.51.2_34

坂本 邦宏・竹内 恭一・久保田 尚. (2000).

市街地道路における路上駐車対策効果のシミュレーション分析.

土木計画学研究・論文集, 17, 849-854. <https://doi.org/10.2208/journalip.17.849>

佐々木 諒・稲垣 具志・竹本 雅憲・大倉 元宏. (2014).

ヒヤリハット分析に基づいた自転車通行方法の安全性評価に関する研究

ードライブレコーダデータを活用した錯綜状況の定量化ー.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 70(5), I_859-I_868.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.70.I_859

札幌市. (2000, January). 第4次長期総合計画概要版.

https://www.city.sapporo.jp/kikaku/choso/documents/hp_pdf.pdf

札幌市. (2005, March).

世界に誇れる環境の街「環境文化都市さっぽろ」を実現するための計画

札幌市環境基本計画 1998-2017 計画の概要.

<https://www.city.sapporo.jp/kankyo/keikaku/documents/gaiyoban.pdf>

札幌市. (2011a, March). 札幌市温暖化対策推進ビジョン.

<https://www.city.sapporo.jp/kankyo/ondanka/vision/documents/vision.pdf>

札幌市. (2011b, May). 札幌市自転車利用総合計画.

<https://www.city.sapporo.jp/sogokotsu/shisaku/jitennsya/documents/scbmp-all.pdf>

札幌市. (2011c, December). 第3次札幌新まちづくり計画.

https://www.city.sapporo.jp/chosei/3-new-plan/documents/machi_honsyo.pdf

札幌市. (2012, January). 札幌市総合交通計画.

<https://www.city.sapporo.jp/sogokotsu/shisaku/sogokotsukeikaku/h24plan/documents/pamphlet261112edit.pdf>

札幌市. (2013a). 札幌市まちづくり戦略ビジョン<戦略編>.

https://www.city.sapporo.jp/kikaku/vision/vision1/senryaku/documents/senryaku_all.pdf

札幌市. (2013b). 札幌市まちづくり戦略ビジョン<ビジョン編>.

https://www.city.sapporo.jp/kikaku/vision/vision1/vision/documents/vision_all.pdf

札幌市. (2016a, March). 札幌市立地適正化計画【概要版】.

https://www.city.sapporo.jp/keikaku/rich/documents/rich_gaiyou.pdf

札幌市. (2016b, March). 第2次札幌市都市計画マスタープラン 概要版.

https://www.city.sapporo.jp/keikaku/master/documents/nijimas_gaiyo.pdf

札幌市. (2018, March).

次世代につなぐ環境首都・SAPPORO ビジョン 第2次札幌市環境基本計画 2018-2030.

https://www.city.sapporo.jp/kankyo/keikaku/newkeikaku/documents/00_dai2kankyokihonkeikaku-all.pdf

札幌市. (2020, March). 札幌市総合交通計画 改定版 (概要版).

<https://www.city.sapporo.jp/sogokotsu/shisaku/sogokotsukeikaku/documents/04gaiyou.pdf>

札幌市. (2021, March). 札幌市気候変動対策行動計画.

https://www.city.sapporo.jp/kankyo/ondanka/kikouhendou_plan2020/documents/all.pdf

札幌市環境局環境都市推進部環境政策課. (2021a, March 25).

札幌市ゼロカーボンシティ宣言. Retrieved October 08, 2022, from

https://www.city.sapporo.jp/kankyo/ondanka/zero_carbon/index.html

札幌市環境局環境都市推進部環境政策課. (2021b, December 21).

札幌市温暖化対策推進計画 (旧計画). Retrieved October 08, 2022, from

<https://www.city.sapporo.jp/kankyo/ondanka/newplan/index.html>

札幌市建設局. (2018, March). 札幌都心部 自転車通行位置の明確化の取り組み.

<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/honsyoikkatsu.pdf>

札幌市建設局総務部自転車対策担当課. (2019, August 29-30). 札幌市の自転車施策の取り組み～都心部における駐輪場整備について～ [Conference session].

第8回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.

<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/bunkakai3.pdf>

札幌市まちづくり政策局政策企画部企画課. (2022, September 12). 札幌市基本構想.

Retrieved October 08, 2022, from <https://www.city.sapporo.jp/kikaku/choso/koso.html>

札幌市まちづくり政策局総合交通計画部. (2019, August 29-30).

札幌市の実情と自転車施策について [Conference session].

第8回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.

<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/panerudhisukassyon2.pdf>

札幌市まちづくり政策局総合交通計画部交通計画課. (2023, January 27).

第4回道央都市圏パーソントリップ調査.

Retrieved February 12, 2023, from <https://www.city.sapporo.jp/sogokotsu/shisaku/pt/index.html>

札幌市まちづくり政策局都市計画部都市計画課. (2022, August 25).

都市計画マスタープラン (平成16年3月策定).

Retrieved October 08, 2022, from <https://www.city.sapporo.jp/keikaku/master/master1.html>

佐藤 恵大・鈴木 美緒・細谷 奎介・宮之上 慶・屋井 鉄雄. (2015).

自転車シミュレータを用いた安全教育手法に関する基礎的研究.

土木学会論文集D3 (土木計画学), 71(5), I_773-I_784.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.71.I_773

佐藤 洋一郎. (2019, August 29-30).

健康とまちづくりー石狩市の事例とともにー [Conference session].

第 8 回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.

<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/bunkakai5.pdf>

澤 充隆. (2011, February 21). ポロクル 2010 の結果と新しいポロクル [Conference session].

第 1 回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 横浜, 神奈川, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/000189504.pdf>

澤 充隆. (2012, January 24). 札幌みんなのサイクル ポロクル [Conference session].

第 2 回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/000189515.pdf>

澤 充隆. (2019, August 29-30).

ポロクルを通じたまちづくり～これまでとこれから～ [Conference session].

第 8 回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.

<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/panerudhisukassyon2.pdf>

三條 憲一. (2018, March 09).

国道上のシェアサイクルポート設置とその効果 [Conference session].

第 8 回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/001230127.pdf>

持続可能な開発目標 (SDGs)推進本部. (2016, September 12).

持続可能な開発目標 (SDGs)について [Conference session].

持続可能な開発目標 (SDGs)推進円卓会議 (第 1 回会合), 千代田, 東京, 日本.

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/sdgs/entakukaigi_dai1/siryou2-1.pdf

自転車活用推進官民連携協議会. (2019, May). 自転車通勤導入に関する手引き.

https://www.jitensha-kyogikai.jp/assets/pdf/jitensha_tsukin_manual.pdf

自転車活用推進官民連携協議会. (2022). 重点的な取組.

Retrieved September 16, 2022, from <https://www.jitensha-kyogikai.jp/project/>

一般社団法人 自転車協会 (BAA). (n.d.). 新しい自転車生活様式.

Retrieved September 02, 2021, from <https://new-cycle-life.jitensha-kyokai.jp>

自転車のまちをデザインする研究会. (2018).

自転車のまちをデザインする [1st ed.]. 有限会社サン・ネット.

自転車利用のあり方検討会議. (2010, April). 札幌市における自転車利用のあり方
～安全な自転車利用環境の実現による魅力的なまちづくりのために～.

<https://www.city.sapporo.jp/sogokotsu/shisaku/jitennsya/documents/bicycle-teigen-all.pdf>

首相官邸. (2018, June 15).

未来投資戦略 2018 – 「Society 5.0」 「データ駆動型社会への変革」 –.

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2018_zentai.pdf

ジョルダン株式会社. (n.d.). *Japan Transit Planner*.

Retrieved February 04, 2023, from <https://world.jorudan.co.jp/mln/en/>

ジョルダン株式会社. (2019, October 10).

MaaS 取り組みと関連データについて [Conference session].

第 2 回 MaaS 関連データ検討会, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001313613.pdf>

神保 正彦. (2018, October 26-27). *自転車でつくる健康的な暮らし* [Conference session].

第 7 回 自転車利用環境向上会議 in 堺, 堺, 大阪, 日本.

https://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/doro/jitensha/Cycling_Congress_in_Sakai.files/26_04.pdf

鈴木 邦夫・森本 励・高山 純一・片岸 将広・松矢 裕一郎. (2013a).

利用者評価からみた自転車通行空間の幅員と自転車走行速度の関係に関する考察
～金沢市内における自転車走行調査結果より～.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 69(5), I_197-I_204.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.69.I_197

鈴木 美緒・屋井 鉄雄. (2007).

自転車走行空間を考慮した大都市部における車道空間の利用法に関する研究.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 35(307).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/200706_no35/pdf/307.pdf

鈴木 美緒・岡田 紫恵奈・屋井 鉄雄. (2013b).

都市部の歩道を有する道路における自転車事故分析.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 69(5), I_715-I_724.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.69.I_715

鈴木 美緒・本田 知也・屋井 鉄雄. (2014).

都市部の歩道のない道路における自転車事故の基礎的分析.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 70(5), I_771-I_779.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.70.I_771

鈴木 雄・松橋 龍平・浜岡 秀勝. (2015).

自転車の車道走行台数に着目した自転車利用者の車道走行意識に関する研究.

交通工学論文集, 1(2), A_40-A_46. https://doi.org/10.14954/jste.1.2_A_40

スポーツ庁 (JSA). (2020, October 23). 「運動強度 (METs)」で見る、効果的な身体活動は？

スポーツ庁 Web 広報マガジン *DEPORTARE*. <https://sports.go.jp/tag/life/mets.html>

諏訪 嵩人・高見 淳史・大森 宣暁・原田 昇. (2010).

自転車共同利用システムの計画手法に関する基礎的研究

ーシステムの利用可能性を考慮した供給要素の検討ー.

土木計画学研究・論文集, 27(4), 863-870. <https://doi.org/10.2208/journalip.27.863>

総務省自治行政局住民制度課. (2022a, August 09).

【総計】市区町村別年齢階級別人口. e-Stat 政府統計の総合窓口.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032224637&fileKind=0>

総務省自治行政局住民制度課. (2022b, August 09).

【総計】都道府県別年齢階級別人口. e-Stat 政府統計の総合窓口.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032224635&fileKind=0>

武田 圭介・金子 正洋・松本 幸司. (2008).

自転車事故発生状況の分析と事故防止のための交差点設計方法の検討.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 38(94).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/200811_no38/pdf/94.pdf

中央交通安全対策会議. (2007, July 10). 自転車の安全利用の促進について.

https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/bicycle/bicycle_h19.pdf

中央交通安全対策会議. (2021, March 29).

交通安全基本計画 交通事故のない社会を目指して.

https://www8.cao.go.jp/koutu/kihon/keikaku11/pdf/kihon_keikaku.pdf

東急株式会社. (2019, September 19).

伊豆における観光型 MaaS 実証実験について [Conference session].

第 1 回 MaaS 関連データ検討会, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001309489.pdf>

東京大学空間情報科学研究センター (CSIS). (n.d.). CSV Geocoding Service. Retrieved July 21,

2022, from <https://geocode.csis.u-tokyo.ac.jp/geocode-cgi/geocode.cgi?action=start>

轟 修・松村 暢彦. (2004). 実走調査による自転車の経路選択等の傾向に関する分析.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 30(346).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/200411_no30/pdf/346.pdf

トヨタファイナンスサービス株式会社. (n.d.). my route.

Retrieved February 04, 2023, from <https://top.myroute.fun>

鳥本 敬介・廣畠 康裕・松尾 幸二郎. (2013).

自転車利用者の通行帯選択の実態とその要因分析ー左側通行か右側通行かに着目してー.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 48(242).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201311_no48/pdf/242.pdf

中野 雅弘・内山 善基・片桐 信. (2010).

GIS を用いた自転車交通の定量的安全性評価 (BCC 手法) に関する研究.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 41(365).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201006_no41/pdf/365.pdf

中村 英樹・平松 達仁・内海 泰輔. (2001).

微視的交通流シミュレーションと交通手段選択モデルを組合せた

パーク・アンド・ライド施策の評価システム.

土木計画学研究・論文集, 18(5), 795-802. <https://doi.org/10.2208/journalip.18.795>

株式会社ナビタイムジャパン. (n.d.). 自転車ルート検索. NAVITIME.

Retrieved July 13, 2022, from <https://www.navitime.co.jp/bicycle/>

新谷 洋二・原田 昇. (2019). *都市交通計画* [3rd ed.]. 技報堂出版株式会社.

西岡 秀三. (2011). *低炭素社会のデザインーゼロ排出は可能か*. 株式会社岩波書店.

西岡 秀三・宮崎 忠國・村野 健太郎. (2015).

地球環境がわかる [2nd ed.]. 株式会社技術評論社.

一般社団法人 日本シェアサイクル協会 (JSCA). (n.d.). *シェアサイクルとは*.

Retrieved September 18, 2021, from <https://www.gia-jsca.net/sharecycle.shtml>

一般社団法人 日本損害保険協会. (2022, August 08).

知っていますか？自転車の事故～安全な乗り方と事故への備え～.

Retrieved September 16, 2022, from https://www.sonpo.or.jp/report/publish/bousai/trf_0002.html

一般財団法人 日本デジタル道路地図協会 (DRM). (n.d.-a). *大学等研究機関*.

Retrieved November 19, 2021, from <https://www.drm.jp/use/university/>

一般財団法人 日本デジタル道路地図協会 (DRM). (n.d.-b). *デジタル道路地図の概要と役割*.

Retrieved November 19, 2021, from <https://www.drm.jp/database/roadmap1/>

公益社団法人 日本道路協会 (JARA). (2002).

道路構造令の解説と運用 [1st ed.]. 丸善出版株式会社.

日本モビリティ・マネジメント会議 (JCOMM). (n.d.).

モビリティ・マネジメント (略称MM とは).

Retrieved December 29, 2022, from <https://www.jcomm.or.jp/mm/>

日本ユニシス株式会社. (2019, October 10).

次世代公共交通事業への取組み [Conference session].

第2回 MaaS 関連データ検討会, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001313614.pdf>

沼田 仲穂・寺中 祐典・紫藤 聖也・北島 洋樹. (2013).

自動車の左折時における自転車との衝突危険性の考察.

自動車技術会論文集, 44(1), 111-118. <https://doi.org/10.11351/jsaeronbun.44.111>

乗りものニュース編集部. (2017, July 25).

自転車も歩道を走っていいの？ 通行が認められる 4 つのケースとは.

乗りものニュース. <https://trafficnews.jp/post/77050>

乗りものニュース編集部. (2020, October 26).

「自転車であおり運転」どんな罪に？ 全国初の逮捕 埼玉の「ひよっこり男」.

乗りものニュース. <https://trafficnews.jp/post/101223>

萩田 賢司・森 健二・横関 俊也・矢野 伸裕. (2014).

自転車の進行方向に着目した交差点自転車事故の分析.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 70(5), I_1023-I_1030.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.70.I_1023

- 萩田 賢司・森 健二・横関 俊也・矢野 伸裕・牧下 寛. (2012).
走行位置に着目した自転車事故の分析. *土木計画学研究・講演集 (CD-ROM)*, 45(300).
http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201206_no45/pdf/300.pdf
- 萩田 賢司・森 健二・横関 俊也・矢野 伸裕・牧下 寛. (2013).
通行方向に着目した自転車事故の分析.
土木学会論文集 D3 (土木計画学), 69(5), I_781-I_788.
https://doi.org/10.2208/jscejipm.69.I_781
- 萩田 賢司・横関 俊也. (2019).
自転車走行空間における自転車通行方向別の交通量と事故特性の比較.
土木学会論文集 D3 (土木計画学), 75(5), I_493-I_506.
https://doi.org/10.2208/jscejipm.75.I_493
- 萩原 亨. (2019, June 28). *都市交通と自転車について～ポロクルの事例より～*.
[https://h-sangakukan.jp/h-sangakukan/wp-content/uploads/2019/06/2019-06-28_講演1「都市交通と自転車について～ポロクルの事例より～」認定 NPO 法人ポロクル_萩原亨氏.pdf](https://h-sangakukan.jp/h-sangakukan/wp-content/uploads/2019/06/2019-06-28_講演1「都市交通と自転車について～ポロクルの事例より～」認定NPO法人ポロクル_萩原亨氏.pdf)
- 橋本 成仁・吉城 秀治・佐伯 亮子・三村 泰広・安藤 良輔. (2013).
交通事故データを用いた交通事故発生確率推定モデルの構築と適用可能性の検討
ー愛知県豊田市・岡山県岡山市を対象としてー.
土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 48(6).
http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201311_no48/pdf/161.pdf
- 服部 彰治. (2019, August 29-30).
大通のまちづくり「まち・ひと・自転車」[Conference session].
第 8 回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.
<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/panerudhisukassyon2.pdf>
- 林 良嗣・加藤 博和・木本 仁・菅原 敏文. (1995).
都市旅客交通のモダル・シフト政策に伴う CO₂ 排出量削減効果の推計.
土木計画学研究・論文集, 12, 277-282. <https://doi.org/10.2208/journalip.12.277>
- 原田 昇. (1986). 非集計行動モデルによる多次元選択行動の分析.
土木計画学研究・論文集, 4, 15-27. <https://doi.org/10.2208/journalip.4.15>
- 東日本旅客鉄道株式会社. (n.d.). *Ringo Pass*.
Retrieved February 04, 2023, from <https://ringopass.com>
- 日高 洋祐. (2020, November 09). *MaaS の現状と動向*
海外と日本の交通業界の違いから考えるデジタルプラットフォームのあり方について.
<https://www.jftc.go.jp/cprc/koukai/sympo/201106sympo-5.pdf>
- 平山 秀夫・本田 尚正. (2004).
モダルシフトの推進による CO₂ 排出削減目標達成の可能性.
地球環境シンポジウム講演論文集, 12, 331-336. <https://doi.org/10.2208/proge.12.331>

藤井 聡. (2007). 日本における「モビリティ・マネジメント」の展開について.

国際交通安全学会誌, 31(4), 278-285.

<https://www.iatss.or.jp/common/pdf/publication/iatss-review/31-4-05.pdf>

藤坂 浩司. (2020). 快走するシェアサイクル市場. *ぶぎんレポート*, 248, 8-14.

<https://www.bugin->

[eri.co.jp/research/research02/file/887024ac263fd73b67e315af654eb8f6fb4acb76.pdf](https://www.bugin-eri.co.jp/research/research02/file/887024ac263fd73b67e315af654eb8f6fb4acb76.pdf)

北海道. (n.d.). 令和2年度(2020年度)「道民意識調査」結果の概要.

[https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/4/8/5/2/7/8/8/_/R02_02_令和2年度\(2020年度\)道民意識調査結果概要について.pdf](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/4/8/5/2/7/8/8/_/R02_02_令和2年度(2020年度)道民意識調査結果概要について.pdf)

北海道警察本部. (n.d.). 交通事故情報マップ.

Retrieved January 03, 2023, from <https://hokkaido-ppm.geocloud.jp/public/map.html>

北海道総合政策部地域創生局地域政策課. (n.d.). 自転車の利活用について.

https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/4/7/9/6/9/1/8/_/02houkokusyokekka4-1.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (n.d.). ポートを探す.

Retrieved November 18, 2021, from <https://porocle.jp/portmap/>

特定非営利活動法人 ポロクル. (2012). 2011 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/pdf/porocle_report2011.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2013). 2012 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/pdf/porocle_report2012.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2014). 2013 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/pdf/porocle_report2013.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2015, April 15). 2014 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/pdf/porocle_report2014.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2016). 2015 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/pdf/porocle_report2015.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2017). 2016 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/pdf/porocle_report2016.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2018a). 2017 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/pdf/porocle_report2017.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2018b, December 20).

NTT ドコモとの共同運営試行実施について.

Retrieved October 02, 2021, from <https://porocle.jp/news/3010/>

特定非営利活動法人 ポロクル. (2019). 2018 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/pdf/porocle_report2018.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2020, June 10). 2019 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/pdf/porocle_report2019.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2021a). ポロクル サービスのご案内.

https://porocle.jp/link-data/porocle_service2021.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2021b, June 01). 2020 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/pdf/2020_poroclereport.pdf

特定非営利活動法人 ポロクル. (2021c, October 14).

一部自転車のご利用がしづらい状況につきまして.

Retrieved October 15, 2021, from <https://porocle.jp/news/4140/>

特定非営利活動法人 ポロクル. (2022a, March 17).

【お知らせ】札幌市とポロクルおよびドコモ・バイクシェアが

「災害時におけるシェアサイクルの利用等に関する協定書」を締結しました.

Retrieved March 19, 2022, from <https://porocle.jp/news/4212/>

特定非営利活動法人 ポロクル. (2022b, June 01). 2021 年度 事業レポート.

https://porocle.jp/npo_porocle/wpcont/wp-content/uploads/2022/05/poroclereport_2021.pdf

米原 良己. (2019, August 29-30).

北海道の自転車事故の実態と諸対策について [Conference session].

第 8 回 自転車利用環境向上会議 in 北海道・札幌, 札幌, 北海道, 日本.

<https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/dokan/jitensha/documents/panerudhisukassyon2.pdf>

松葉 直樹・廣島 康裕. (2010). 左側右側を区別した自転車利用者の通行帯選択行動の分析.

土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 465-466.

<http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00063/2010/2010-04-0077.pdf>

松本 惇. (2022, December 20).

自転車のヘルメット着用、23 年 4 月から義務化 全利用者に対象拡大.

毎日新聞デジタル. <https://mainichi.jp/articles/20221220/k00/00m/040/016000c>

ミサキ. (2019, June 19). データ結合のためのデータ読み込み (後編) / QGIS 3.4.8 LTR.

プログラマー&天文博士&占い師 ミサキのブログ.

Retrieved April 10, 2022, from <https://misaki-blog.com/190618-qgis-read-csv/>

三井住友海上火災保険株式会社. (n.d.). 事故データマップ_2021 年_北海道.

KoKo JiKo Map. Retrieved December 20, 2022, from https://pro.ms-ins.com/ristech/tableau/map_hokkaido_2021.html

宮崎 正典・久保田 尚. (2010). 高校生との連携による自転車通行環境整備に関する研究

—熊谷市中心市街地自転車道等社会実験を事例として.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 42(208).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201011_no42/pdf/208.pdf

元田 良孝・宇佐美 誠史・熊谷 秋絵. (2010a).

通行方向・赤信号に関する自転車の交通違反の原因に関する研究.

交通工学研究発表会論文集, 30. <http://p-www.iwate-pu.ac.jp/~motoda/ronbungenkou10.pdf>

元田 良孝・宇佐美 誠史・千葉 丈嗣. (2010b).

気象等が自転車交通需要に与える影響に関する研究－盛岡市の事例－.

土木計画学研究・論文集, 27, 523-530. <https://doi.org/10.2208/journalip.27.523>

森田 有哉. (2022, January 25). 中央大学大学院理工学研究科都市人間環境学専攻

2021 年度後期【所属専攻科目】「環境政策論」第2回課題レポート.

諸星 賢治. (2018, November 30).

mixway について－MaaS を視野に入れた事業展開－ [Conference session].

第9回 全国シェアサイクル会議, 大田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/001267510.pdf>

門馬 綾子・金 利昭. (2015). 自転車－歩行者間の追い越し・追い越され事象における

当事者意識 GAP と交通コミュニケーション方法に関する基礎的研究.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 51(35).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201506_no51/pdf/35.pdf

屋井 鉄雄. (2011, February 21).

これからのまちづくりと自転車を考える [Conference session].

第1回 全国コミュニティサイクル担当者会議, 横浜, 神奈川, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/common/000189497.pdf>

矢野 伸裕・横関 俊也・萩田 賢司・森 健二. (2014).

自転車利用者に対する歩道通行を行う理由についての聞き取り調査.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 50(40).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201411_no50/pdf/P40.pdf

矢野 浩仁・橋本 博文・福本 恭・寺野 隆雄. (2015).

交通の適応型モダルシフトに対するシステム評価. 情報処理学会論文誌, 56(1), 35-45.

山田 健介. (2018, January 12).

ナビアプリが「最短ルート」ではなく「最安全ルート」を提案？

仏保険会社の斬新な交通事故防止キャンペーン.

MarkeZine. <https://markezine.jp/article/detail/26814>

山田 晴利・Horanont, T.・田中 祥夫・柴崎 亮介. (2014).

交通事故発生場所の経度・緯度の精度検証と事故分析システムの開発.

土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 49(199).

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201406_no49/pdf/199.pdf

山中 英生・亀井 壤史. (2015).

プローブバイシクルを用いた車道走行自転車の安全感評価モデルの開発.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 71(5), I_623-I_628.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.71.I_623

山中 英生・中川 諒一郎・三国 成子・尾野 薫・岡野 玲奈. (2020).

細街路での自転車走行指導帯整備による通行整序化空間波及効果の分析.

交通工学論文集, 6(4), A_22-A_27. https://doi.org/10.14954/jste.6.4_A_22

横関 俊也・萩田 賢司・矢野 伸裕・森 健二. (2016).

自転車の通行方法と事故の危険性について一歩道のある単路部での検討一.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 72(5), I_1095-I_1104.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.72.I_1095

横関 俊也・森 健二・矢野 伸裕・萩田 賢司・牧下 寛. (2015).

観測調査からみた自転車利用者の通行位置・進行方向の選択傾向に関する分析.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 71(5), I_577-I_588.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.71.I_577

和賀 正光. (2018, October 26-27).

自転車の活用の推進に関する目標及び実施すべき施策 [Conference session].

第7回 自転車利用環境向上会議 in 堺, 堺, 大阪, 日本.

https://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/doro/jitensha/Cycling_Congress_in_Sakai.files/26_pd_05.pdf

渡部 数樹・中村 英樹. (2015).

道路交通環境に着目した交通事故発生要因に関する統計モデル分析.

土木学会論文集 D3 (土木計画学), 71(5), I_889-I_901.

https://doi.org/10.2208/jscejipm.71.I_889

ANNnewsCH. (2021, October 15).

「チャリ使えない」ドコモ通信障害“復旧後”も影響 (2021 年 10 月 15 日) [Video].

YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=M_3YISlhqsM

Anonymous. (2022a, January 25).

MaaS を日本で導入するメリットとは？今後の課題や事例を紹介.

DIGITAL SHIFT TIMES. https://digital-shift.jp/flash_news/s_201216_1

Anonymous. (2022b, November 09). 自転車に赤切符 正しい走り方の周知が必要だ.

読売新聞オンライン. <https://www.yomiuri.co.jp/editorial/20221108-OYT1T50232/>

Anonymous. (2022c, December 21).

自転車が「ヘルメット着用」義務化で“自転車乗りへの不満”噴出

「逆走、無灯火、信号無視をなんとかしろ」. Yahoo!ニュース.

<https://news.yahoo.co.jp/articles/a5d563e0bd79211db956a36a064eb048ab75fcbf>

Broach, J., Dill, J., & Gliebe, J. (2012).

Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data.

Transportation Research Part A, 46, 1730-1740. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.07.005>

DeMaio, P. (2009). Bike sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future.

Journal of Public Transportation, 12(4), 41-56. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.12.4.3>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021, August 09).

AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis.

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf

Johansson, C., Lövenheim, B., Schantz, P., Wahlgren, L.,

Almström, P., Markstedt, A., Strömgren, M., Forsberg, B., & Sommar, J. N. (2017).

Impacts on air pollution and health by changing commuting from car to bicycle.

Science of the Total Environment, 584-585, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.145>

Kuiper, M. D. (2021). The impact of safety on cycling route choice.

Geographical Information Management and Applications.

https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/1136/FinalThesis_MaaikeKuiper_5752507.pdf

MapTiler Team. (n.d.-a). *EPSG:6697 - JGD2011 + JGD2011 (vertical) height*. epsg.io.

Retrieved April 04, 2022, from <https://epsg.io/6697>

MapTiler Team. (n.d.-b). *JGD2011 / Japan Plane Rectangular CS XII - EPSG:6680*. epsg.io.

Retrieved April 04, 2022, from <https://epsg.io/6680>

Marcel. (2017, May 13). *Groupama “Safest Route”* [Video].

YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=_EHF5OnoVTY

Martin, E. W., & Shaheen, S. A. (2014).

Evaluating public transit modal shift dynamics in response to bikesharing: a tale of two U.S. cities.

Journal of Transport Geography, 41, 315-324. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.06.026>

OpenStreetMap Foundation (OSMF). (n.d.). *OpenStreetMap*.

Retrieved October 11, 2022, from <https://www.openstreetmap.org>

Schantz, P., Wahlgren, L., Eriksson, J. S., Sommar, J. N., & Rosdahl, H. (2018).

Estimating duration-distance relations in cycle commuting in the general population.

PLoS ONE, 13(1), Article e0207573. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207573>

Segadilha, A. B. P., & Sanches, S. P. (2014).

Identification of factors that influence cyclists' route choice.

Procedia – Social and Behavioral Sciences, 160, 372-380.

<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.149>

Shaheen, S. A., Guzman, S., & Zhang, H. (2010). Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia.

Transportation Research Record, 2143(1), 159-167. <https://doi.org/10.3141/2143-20>

Sochor, J., Arby, H., Karlsson, I. C. M. A., & Sarasini, S. (2018).

A topological approach to Mobility as a Service:

A proposed tool for understanding requirements and effects,

and for aiding the integration of societal goals.

Research in Transportation Business & Management, 27, 3-14.

<https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2018.12.003>

Soni, S., Shankar, V. G., & Chaurasia, S. (2019).

Route-The Safe: A Robust Model for Safest Route Prediction Using Crime and Accidental Data.

International Journal of Advanced Science and Technology, 28(16), 1415-1428.

https://www.researchgate.net/profile/Venkatesh-Gauri-Shankar/publication/338096313_Route-The_Safe_A_Robust_Model_for_Safest_Route_Prediction_Using_Crime_and_Accidental_Data/links/5dfddeb392851c83648deef2/Route-The-Safe-A-Robust-Model-for-Safest-Route-Prediction-Using-Crime-and-Accidental-Data.pdf

Sundstrom, C. A., Quinn, S. M., & Weld, R. (2019).

Bicyclist Crash Comparison of Mixing Zone and Fully Split Phase Signal Treatments

at Intersections with Protected Bicycle Lanes in New York City.

Transportation Research Record, 2673(12), 115-124. <https://doi.org/10.1177/0361198119859301>

United Nations (UN). (n.d.-a). *Post-2015 Development Agenda*.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS KNOWLEDGE PLATFORM.

Retrieved August 15, 2021, from <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015>

United Nations (UN). (n.d.-b).

The Sustainable Development Goals: Our Framework for COVID-19 Recovery.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS. Retrieved August 18, 2021, from

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sdgs-framework-for-covid-19-recovery/>

United Nations (UN). (n.d.-c). *THE 17 GOALS*.

Retrieved August 15, 2021, from <https://sdgs.un.org/goals>

United Nations (UN). (n.d.-d).

17 Goals to Transform Our World. SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS.

Retrieved August 21, 2021, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

van der Waerden, P., & van der Waerden, J. (2022, January 09-13). *Intersection based Innovations and Cyclists' Route Choice Decisions in Urban Areas* [Poster presentation].

TRB 101st Annual Meeting, Washington, D.C., the U.S.

WILLER EXPRESS 株式会社. (2019, September 19).

MaaS におけるデータ連携に関する論点 [Conference session].

第 1 回 MaaS 関連データ検討会, 千代田, 東京, 日本.

<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001309488.pdf>

WisteriaHill. (2019, June 22). *QGIS で OpenStreetMap のデータを使ってみる*. FRONT.

Retrieved October 11, 2022, from

<https://wisteriahill.sakura.ne.jp/CMS/WordPress/2019/06/22/qgis-openstreetmap-data/>

World Health Organization (WHO). (2020, December 04).

Life expectancy and Healthy life expectancy – Data by country.

Retrieved February 17, 2022, from <https://apps.who.int/gho/data/view.main.SDG2016LEXv>