

自転車ネットワーク検討のための 自転車交通量及び走行特性の実践的把握方法

鈴木 清¹・土井健司²・松田和香³・神田佑亮⁴・土崎 伸⁵

¹正会員 国土交通省四国地方整備局香川河川国道事務所（〒760-8546 香川県高松市福岡町4-26-32）

E-mail: suzuki-k8814@skr.mlit.go.jp

²正会員 香川大学工学部安全システム工学科（〒761-0396 香川県高松市林町2217-20）

E-mail: doi@eng.kagawa-u.ac.jp

³正会員 国土交通省四国地方整備局（〒760-8554 香川県高松市サンポート3番33号）

E-mail: matsuda-w92gk@skr.mlit.go.jp

⁴正会員 （株）オリエンタルコンサルタンツ（〒532-0003 大阪市淀川区宮原4-1-14）

E-mail: kanda@oriconsul.com

⁵正会員 （株）オリエンタルコンサルタンツ（〒532-0003 大阪市淀川区宮原4-1-14）

E-mail: tsuchizazki@oriconsul.com

近年の自転車利用の拡がりを受けて、わが国においても全国各地でネットワーク整備計画が検討され、走行環境整備が進められている。自転車ネットワークの検討時には、需要の集まりやすい路線として自転車が発集する施設間を結ぶものを候補路線として抽出する事例が多いが、自転車は幹線道路から細街路まで多様な路線を通行し得るため、想定し得ない路線に自転車が集まる場合も少なくない。自転車ネットワークが、安全性や一貫性、直接性を備えるには、エリア全体の自転車交通需要及び走行特性など、自転車の需要特性を的確に把握することが不可欠である。そこで本研究では、これらを的確かつ簡便に把握する手法（OLIVE法）を試案し、香川県高松市の中心部をケーススタディとして実証的に分析を行い、本手法の有効性を検証した。

Key Words : *bicycle network plan , areal traffic volume , route choice behavior of cyclists , questionnaire survey*

1. はじめに

近年、環境意識の向上や健康志向の高まりから自転車の利用が急速に拡がると共に、端末の補助的な交通手段から都市交通の重要な担い手へと自転車の位置付けが見直されている。こうした動きを受けて、我が国においても安全確保等の観点から全国各地でネットワーク整備計画が検討され、また実際に自転車走行環境整備が進められてきている。

自転車ネットワークの検討においては、ネットワーク候補路線を抽出し、当該路線の安全性・走行性を診断し適用可能性を評価した上で整備手法や優先順位を決定するという手順がとられる。ネットワークのフレームを定めるネットワーク候補路線の抽出は、自転車の需要の集まりやすい路線に着目するが、既往の事例では、自転車利用の目的地となる駅や学校、商業施設や公共施設のなど、自転車の発着が集中する施設間を結ぶ路線を現状の道路網から抽出している事例が多い¹⁾。

自転車は小回りが利き、走行経路も幹線道路から細街路まで多様な路線を通行し得る。選択する経路も多様であり、商店街等歩行者優先の空間通過自転車交通が集中するなど、想定し得ない経路や望ましくない経路に過度に自転車が走行し、歩行者との錯綜を招いているケースも少なくない。利用者の視点を重視して持続可能な自転車交通を実現していくためには、ネットワークは安全性、一貫性、直接性、快適性、楽しさという5つの要件を備えるべきことをTolleyらは強調している²⁾³⁾。これらの要件のうち、とりわけ安全性および一貫性、直接性を確保するためには、自転車の走行特性および空間特定を的確に把握することが不可欠である⁴⁾。

一方で、ネットワーク検討の実務においては、自転車の交通需要を的確かつ効率的に把握する方法が求められているが、複雑な自転車の流動を量的・質的双方の観点から簡易に把握できる手法に関する知見がほとんどないのが現状である。

そこで本論文では、自転車ネットワーク検討対象路線

全体における自転車交通量（量）及び自転車の走行経路などの走行特性（質）の双方を、的確かつ簡便に把握する手法を提案し、ケーススタディとして実証的に分析を行い、手法の有効性を検証することを目的とする。

2. 既往研究のレビュー

自転車の交通需要特性の把握のためのアプローチは、自転車交通量および自転車走行特性の観点から分析が試みられている。

自転車交通量の把握については、佐藤ら⁷⁾は岡山市中心部を対象に、自転車の走行経路をアンケートの回答者に地図上に直接記入してもらうことで得られた走行経路情報を重ね合わせ、リンク毎の自転車の交通量を集計している。その結果、郊外部は幹線を通行し、都心部は多くの路線に分散していることを明らかにしている。また、鎮山⁸⁾らは、同様に地図への記入により得られたデータを用いて、経路・リンク選択モデルを構築し、自転車利用者は直進の効用が高いことや、距離が短く歩道を設置しているリンクを選択する傾向があることを明らかにしている。Senerら⁷⁾も経路選択モデルを構築しているが、Webアンケートにより走行経路情報を得ている点に特徴がある。

上記の分析では、それぞれ数百～千程度のサンプルを得た上で分析を行っており、容易に多サンプルのデータが取得できる面では優れている。しかしながら、取得したサンプル数がそのままデータに反映されるため、ネットワーク全体の交通量を直感的に把握しにくく、ネットワーク上におけるサービス水準との対比も難しい。また、自転車利用者の一般的な選択の傾向を明らかにしているものの、あるリンクを通る自転車はどこからどのリンクへ向かったのかといった自転車の一連のトリップの連続性が明らかではない。

自転車走行特性の観点では、藤井ら⁸⁾は松山市中心部を対象に、プローブパーソンデータを用いて自転車利用経路を把握している。この方法は自転車の走行経路を比較的正確に把握できるものの、被験者それぞれに専用機器を設置し、調査後に回収するなどの手間がかかることから、短期間で大量のデータを取得する面では課題がある。また、高層ビル等の近くでは、電波の受信障害により、走行経路が正確に記録されない場合が多いなどの課題もある。

一方で、自転車交通量および自転車走行特性の双方を総合的に把握する手法については、既往の研究では見られない。

3. 自転車利用状況の面的な再現方法

(1) 手法の構成

本研究では、自転車ネットワーク全体の自転車交通需要特性を、量・質の双方から把握する手法“OLIVE (Obvious Line Of Vélo) 法”を提案する。OLIVE法は、自転車走行経路を尋ねたアンケートデータと、それらを補完する断面交通量の計測結果を統合し、自転車ネットワーク検討範囲全体の自転車交通量及び自転車の走行特性を明らかにする手法である。

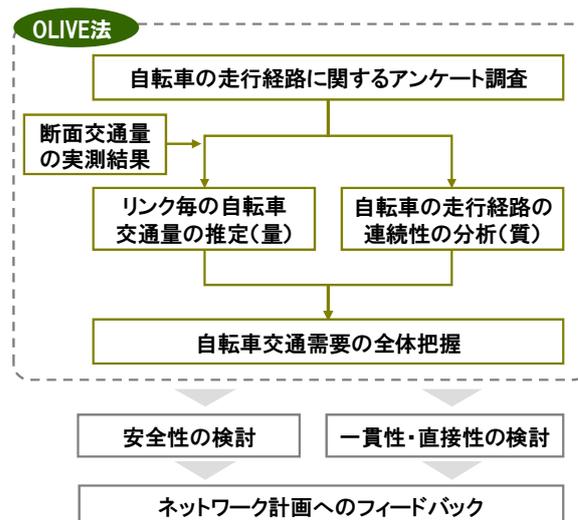


図-1 OLIVE法の概要

なお、ここで提案する手法は、必要とするデータがアンケートおよび交通量調査結果のみである点や、集計・分析は一般的なGISソフトを用いる点など、簡易に実施できる点で実用性が高いと考えられる。

(2) リンク毎の自転車交通量の推定—量の把握—

リンク毎の自転車交通量は、アンケートで取得した走行経路データを元に、主要断面で把握した自転車交通量を考慮して拡大することにより推定する。

具体的には、まず、従来の手法と同様にアンケートにより走行経路の分布状況を集計する。あわせて、複数の代表断面において、実際の自転車交通量を計測する。

次に、計測した複数の代表断面の自転車交通量データと、アンケートを集計した当該断面を通過するルート数が一致するように、アンケートによる走行経路データを、現在パターン法（フレーター法）を用いて（代表断面間の出入パターン毎に）拡大補正を行う。

これにより、対象エリア全体の自転車交通量をリンク単位で推計するものである。

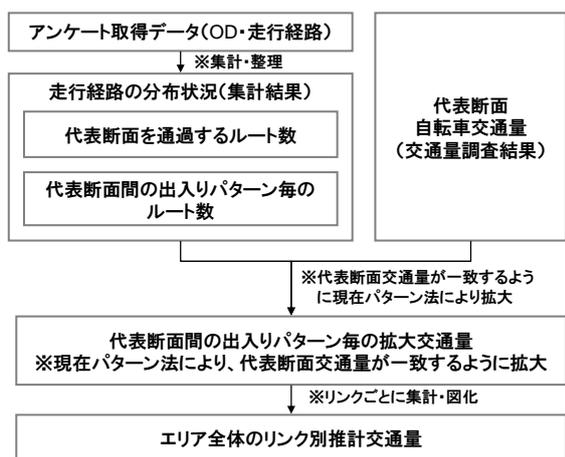


図-2 リンク毎の自転車交通需要の推定

(3) 自転車走行特性の明確化—質の把握—

自転車走行特性の明確化は、上記で用いた経路アンケート調査結果を用い、任意の断面を通行する自転車のみの走行経路の分布を抽出し、連続性や移動のODなどを明らかにするものである。

具体的には、自転車走行経路の特性を考察する任意の断面を選定し、全走行経路データの中から当該断面を通過する自転車のみの経路データを抽出する。それぞれの出発地から目的地までの走行経路をGISにより重ねて、地図上に図化する。

これにより、リンク毎の自転車交通量の推定では明らかとならない、特定の断面を通過する自転車トリップの出発地と目的地の分布状況、その走行経路として選択されている路線、また移動パターンが明確化する。前述の分析結果と併せて考察することにより、自転車利用者の安全性、一貫性、直接性を総合的に分析することが可能となる。

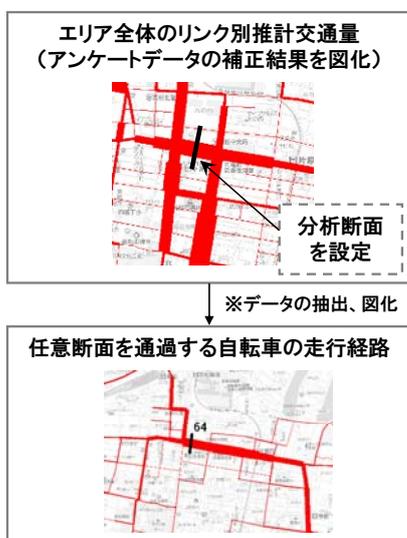


図-3 自転車交通特性分析のフロー

4. 面的再現方法の適用—実践的把握—

(1) 分析対象地域の特徴

提案した手法の有効性を検証するとともに、高松市をケーススタディとして分析し自転車需要特性を把握した。

高松市は気候が温暖で晴天が多く、また地形も平坦で起伏が少なく、自転車利用に適した環境である。通勤通学時の自転車分担率は全国平均の2倍（H12国勢調査）となっており、自転車利用が非常に多い。

自転車利用環境の整備は計画的に進められており、平成20年に「高松市中心部における自転車ネットワーク整備方針」が策定され、主に鉄道・海運との結節点であるJR高松駅と、高松市を代表する観光地「栗林公園」を結ぶ南北方向の主要感である「中央通り」や、東西方向の主要幹線道路を中心に整備が展開されてきた。これまでに自転車利用環境整備が実施された箇所については、整備の認知度や走行性の改善状況に対して概ね高い評価が得られている。

しかしながら、「中央通り」と並行する、全長2.7kmにも及ぶアーケード街への自転車への集中や、中央通りの複数の交差点で自転車が平面横断できないなどの問題があり、自転車がより安全でスムーズに走行できるネットワーク整備が望まれている。



図-4 高松市の自転車ネットワーク整備方針と整備状況



図-5 高松市中心部の自転車利用環境整備状況
(左：中央通り、右：観光通り)

(2) 分析対象データの取得

高松市中心部における自転車交通の状況や経路選択の特性を把握するため、高松市中心部での自転車利用者を対象に、走行経路等を尋ねるアンケートを実施した。アンケートで把握した項目は、表-1に示すような、自転車を利用した移動のトリップ特性や選択経路、現在のネットワークにおけるサービス水準を尋ねた。

表-1 アンケート調査項目

分類	主な質問項目
個人属性	・年代・性別
トリップ特性	・移動目的 ・出発地、経由地、目的地
経路選択特性	・走行経路 (詳細な地図上に直接記入) ・走行経路選択理由
サービス水準	・自転車利用目的 ・走行しにくい箇所、危険箇所 ・既整備箇所の評価

また、自転車は通勤・通学や平日や休日の私用等、様々な目的で利用され、また目的によってトリップ特性や経路選択特性が異なる可能性が考えられることを踏まえ、表-2に示す方法で実施した。通学目的で実施したアンケートは、自転車ネットワーク検討対象範囲に含まれるすべての高校に対し実施した。また、街頭ヒアリング調査は、空間的に均一なサンプルが得られるようネットワーク検討対象範囲を5つのブロックに分け、各ブロックの利用者より回答を得た。なお、街頭ヒアリング調査で通勤・通学目的として得られた回答は、集計の段階において、それぞれ通勤目的・通学目的の調査のサンプルとして取り扱い集計した。

調査の結果、事業所従業員107票、高校の生徒717票、ヒアリング595票(平日300票、休日295票)の回答が得られた。

表-2 調査対象と調査方法

対象	調査方法	備考
通勤目的	市内中心部の事業所従業員へのアンケート調査(郵送回収)	平成22年12月上旬～中旬に実施
通学目的	市内中心部の高校生徒へのアンケート調査(学校を通じ回収)	平成22年12月上旬～中旬に実施
私事・買物等	市内5箇所での街頭ヒアリング調査	平成22年12月5(日)・6(月)に実施

加えて、実際の交通量により通勤・通学ラッシュ時の自転車交通需要のリンク毎の推定(アンケートデータの補正)を行うため、中心部へ流入する幹線道路の各断面、15箇所(図-6)において自転車交通量調査を実施した。

交通量調査は、平日の通勤・通学時間帯(7:00~9:00の2時間)において実施した。



図-6 自転車交通量調査実施箇所

なお、これらの調査は国土交通省香川河川国道事務所が実施した。

(3) 調査結果の分析

1) 自転車交通需要のリンク毎の推定

図-2に示した考え方を基本として、まず、通学を対象としたアンケートによる走行経路データと通勤・通学時間帯の代表断面交通量調査結果から、通勤における代表断面自転車交通量を推計した。これを用いて通勤を対象としたアンケートによる走行経路データの拡大補正を行い、朝ラッシュ時の対象エリア全体の自転車交通量をリンク単位で推計した。具体的な手順を以下に示す。

まず、高校生を対象としたアンケート取得データ(通学)(図-7①)について、各校の自転車通学者数(②)を用いて、リンク別推計交通量(通学)(③)に換算した。

これに対し、中心部15断面において通勤・通学時間帯(7:00-9:00)に実施した調査による実測交通量(④)のうち、高校生による通学以外を事業所等への通勤目的と仮定し、15断面の交通量調査結果から、通学におけるリンク別推計交通量(15断面を通過するルート数)(③)を除くことで、通勤における15断面推計交通量(⑤)を算出した。

次に、事業所を対象としたアンケート取得データ(⑥)のうち15断面を通過するルート数(⑥a)が、15断面推計交通量(⑤)と一致するように、15断面間の出入りパターン毎のルート数(⑥b)を現在パターン法(フレーター法)により拡大補正した。この通勤における15断面間の出入りパターン毎の拡大交通量(⑦)を集計し、エリア全体のリンク別推計交通量(通勤)(⑧)を算出した。

その結果と、上記の通学における算出結果(③)を合計し、エリア全体のリンク別推計交通量(通勤・通学)(⑨)を推定した。

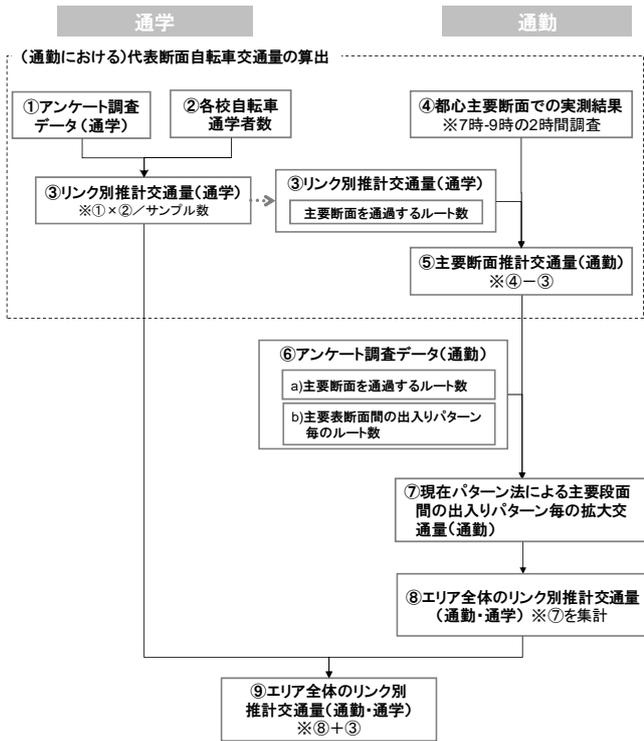


図-7 通勤・通学のリンク別自転車交通量の算出手順

まず、上記により整理した自転車利用トリップの出発地の分布状況を図-8に示す。なお、参考として交通量補正を実施していない平日（通勤通学目的以外）、休日についても示す。

出発地はいずれのパターンでも南側、東側の郊外エリアや高松駅が多くなっているが、通学目的では市内中心部発の移動はほとんどない。平日（通勤・通学目的以外）、休日は市内中心部にも万遍なく出発地が分布している傾向が見られる

次に、リンク毎の推計交通量を図-9に示す。

走行経路の集中状況は、主に南北・東西方向の幹線に集中しており、中心部では幹線以外の路線にも広く集中している。一方目的別に見ると、幹線等への集中状況の傾向が異なる。通勤目的では、南北方向の幹線となる「中央通り」には、北方向で自転車の量が多くなっているものの、南側に進むと低下し、幹線である中央通りより、「商店街（アーケード）」のほうが相対的に多くなっている。また、通学では特に目的地となる学校周辺において、幹線道路以外の街路への進入が多く見られる。一方、平日（通勤・通学目的以外）や休日については、中央通りの自転車の量は、通勤目的で見られたような北側・南側の格差はあまり見られない。

なお、主要路線の15断面の自転車交通量に対して高校生の占める割合が約15%となった。これに対し、統計データにより推計される高松市中心部の自転車利用者における高校生の割合は約22%となる。

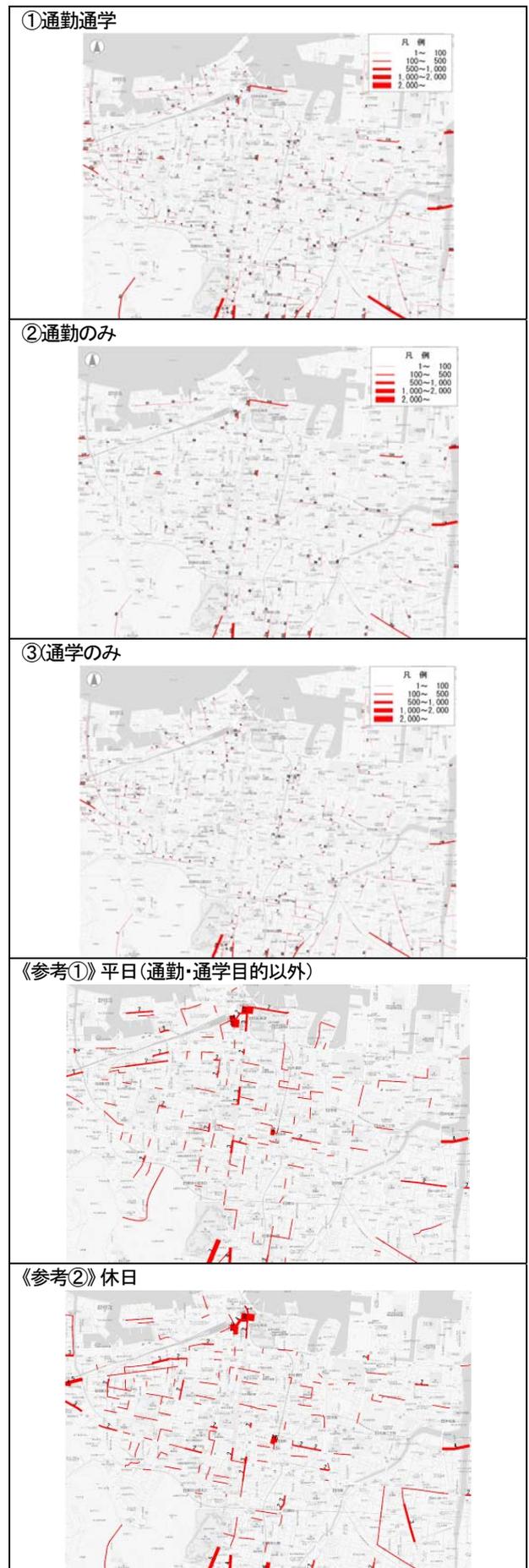


図-8 出発地の分布状況

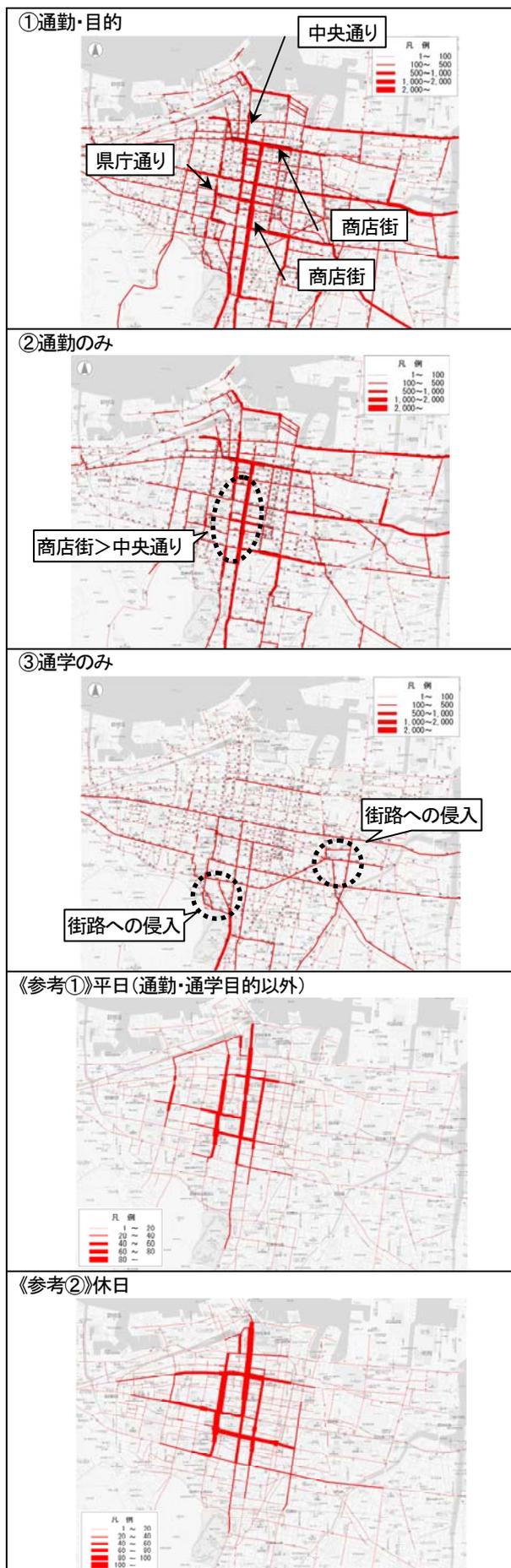


図-9 リンク別推計交通量

表-3 高松市中心部の自転車利用者における
高校生の割合（通勤・通学時）

項目	算出結果
15断面の高 校生割合	通学の15断面合計交通量（推計値）／15 断面合計交通量（実測） =1,220台／7,955台=15.3%
統計データ による高校 生の割合	①自転車通学者数（H22） ／{②高松市中心部の従業者数（H17） ×③通勤・通学時自転車利用割合 （H12）+自転車通学者数（H22）} =3,172人／（40,054人×28%+3,172人） =22% ※①は各校へのヒアリング結果 ※②はH17国勢調査データから中心部につい て集計 ※③はH12国勢調査データ

統計データに比べ、推計した15断面における高校生の割合が少し低いですが、図-9に示したとおり、通学では主要幹線以外の細街路を利用しやすい傾向があることや、15断面の内側のエリアに位置しない学校も存在していることを踏まえると、比較的信頼性は高いと考えられる。

2) 自転車の自転車走行経路の選択特性の明確化

a. 平面交差ができない交差点の影響

図-9に示した図では、南北方向や東西方向の幹線に比較的自転車が一定数集中しており、迂回をするような傾向が明確には見られないが、南部では幹線である「中央通り」の量が少なく、並行する商店街（アーケード）が相対的に多くなっていた。この原因として考えられることとして、中央通りに自転車が平面交差できず、地下道を通過する必要がある交差点があるためと考えられる。地下道の通過は自転車を下車した上で垂直方向の移動を伴うため、自転車利用者は体力的・心理的な要因から避ける可能性がある。

上記の要因による経路選択特性への影響を把握するため、「中央通り」を南側から流入する自転車の流動を分析した。

「中央通り」を通行し、地下道による交差が必要となる「中新町交差点」の南部を通勤目的で通行する自転車の流動を図-10に示す。南方向から中新町交差点まで「中央通り」を通過していた自転車は、中新町交差点で右折または左折し、「中央通り」と並行する「県庁通り」や「商店街」へ向かう自転車が多く存在している状況が確認できる。

また、「中央通り」では「番町交差点」も自転車は平面交差ができず、地下道を通過する必要がある。「番町交差点」の構造の影響を把握するため、「番町交差点」の東側に位置する「塩屋町交差点」の西側を通勤目的で

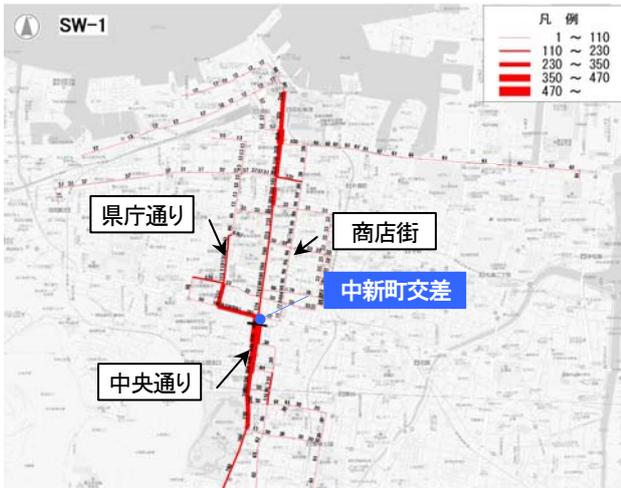


図-10 中央通り中新町交差点南側からの流動状況（通勤）

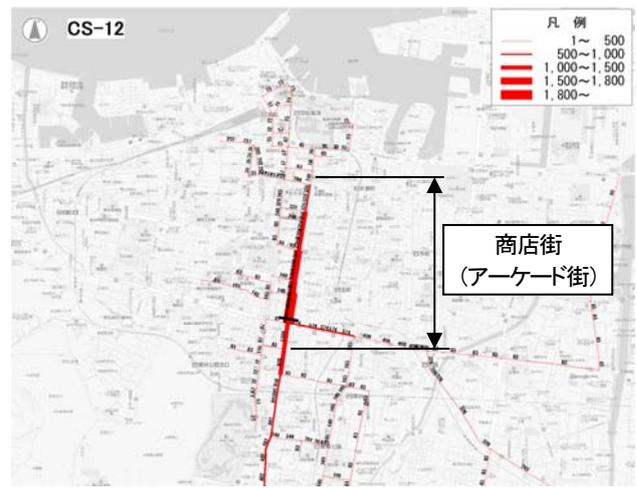


図-12 商店街南部から中心部への流動状況（通勤）

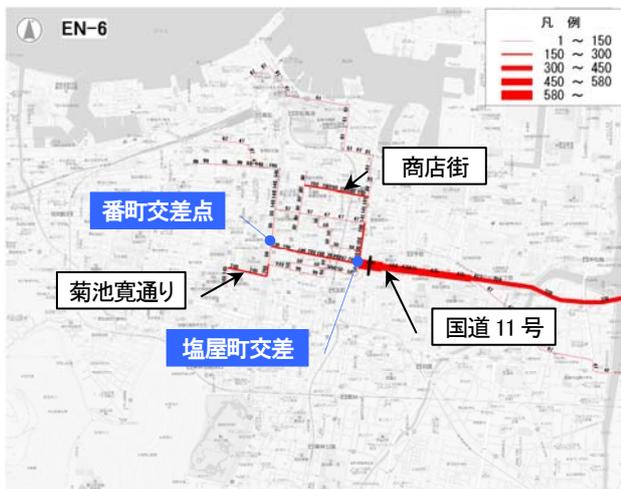


図-11 塩屋町交差点東側からの流動状況（通勤）

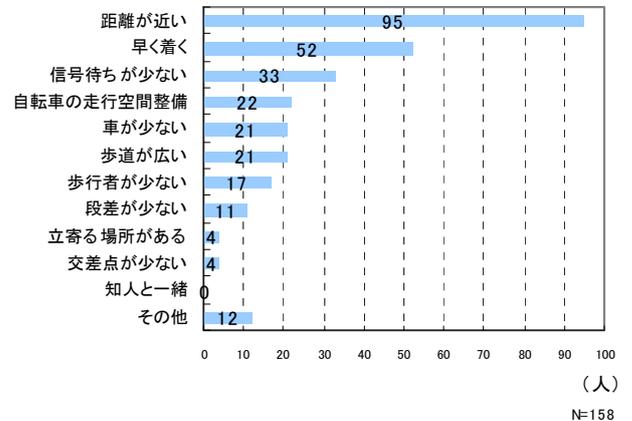


図-13 走行経路選択理由（通学）

通行する自転車の流動を分析した結果を図-11に示す。右左折の回数が増加するものの、「番町交差点」を避けて、商店街や菊池寛通りへ流入している自転車が多数存在している状況を確認できる。

なお、上記の傾向は、通勤・通学目的で顕著に見られ、平日（通勤・通学以外）や休日についてはこの傾向が小さかった。日常的に自転車を利用している移動では、時間的な制約や体力面での要因を繰り返し受けることから、感度が高くなっているものと推測される。

b. 商店街（アーケード）を通過する自転車の特性

前項の分析結果より、幹線での交差に障壁があることにより、並行する商店街（以下、アーケード）に回避する傾向が明らかとなった。しかしながら、アーケードは歩行者も多数通行しており、自転車の過度な集中は歩行者と自転車の錯綜により安全性が低下する恐れがある。

そこで、アーケードを通過する自転車の特性を把握するため、アーケード区間の断面を通過する自転車の流動

を分析した。その集計結果を図-12に示す。

アーケードを通過する自転車の量は、設定した断面の前後でも大きな変化は見られない。すなわち、アーケード区間を目的地近くまで直線的・連続的に走行しており、本来幹線が果たすべき機能を果たしていると考えられる。

c. 整備水準の低い短絡路線を通過する自転車の特性

自転車利用者の走行経路の選定要因は、距離の近さや時間の早さの優先度が高い（図-13）。高松市の道路ネットワークは格子状となっており、東西・南北方向の幹線道路の自転車・歩行者通行空間は比較的整備されている。斜め方向に短絡する路線は十分な自転車走行空間を有していない路線も少なくないにもかかわらず、自転車が集中するケースも見られる（図-14）。

図-14に示す集計結果より、短絡路線を通過する自転車は、回答の量より推測すると、北方向へ連続しているように見える。そこで、短絡路線を通過する自転車の流動を把握するために図-15に示す集計をしたところ、多くの利用は東西方向へと連続している。このように、本稿で構築した分析手法を用いる

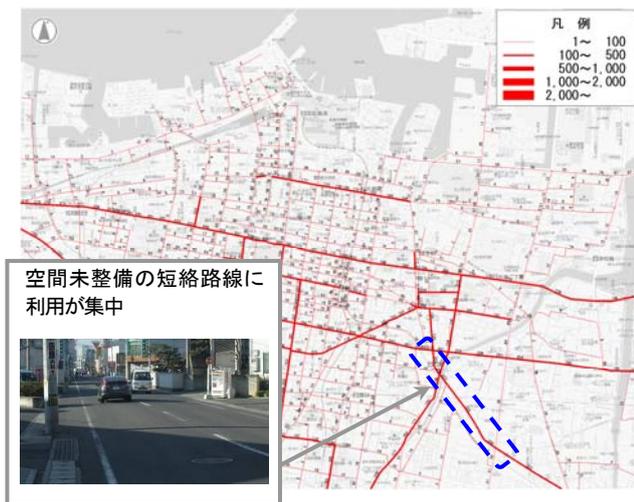


図-14 リンク別推計交通量（通学）



図-15 短絡路線からの流動状況（通学）

ことにより、自転車の流動をよりの確・性格に把握することが可能となる。

5. おわりに

本研究では、自転車ネットワーク検討に求められる「自転車交通量の面的な推計」と、「自転車の経路選択状況」を的確かつ簡便に把握するOLIVE法を試案し、高松市中心部をケーススタディとして実証分析を行った。

具体的には、アンケートで地図に直接記入してもらうことにより得られた走行経路情報を、実際の交通量調査結果を用いて、エリア全体の自転車交通需要をリンク毎に推定し明らかにするとともに、任意の断面を通過する移動をGISを用いて抽出・集計し図化することで、自転車の経路選択状況の分析を実施した。

その結果、従来の方法では把握できなかった、ネットワーク全体の自転車交通量を面的に把握することができ、郊

外から中心部へは主要幹線道路が主に利用される一方、中心部では街路を含めた各路線の利用が多くなること、国道11号以南では中央通りに比べ、商店街の利用が相対的に多くなることなどを把握した。

また、これらを踏まえた任意の断面からの経路選択状況の分析により、中央通りの地下道を回避し商店街等へ迂回する傾向や、本来幹線が果たすべき機能を「商店街」が担っていること、短絡路線を走行する自転車の正確な経路選択特性などを把握できた。

自転車は気軽な乗り物であり、また誰でも乗られることから、無秩序な移動を取りがちとなる。安全で円滑な自転車利用環境の実現に向けて、利用者のマナー向上も重要であるが、上記のようなエリア全体の自転車利用状況や経路選択状況を踏まえた上でネットワーク計画を策定、実行していくことも重要である。このような観点では、本稿で構築した自転車の流動特性を比較的簡易に把握できる手法は実用性も高く、実現可能性の高いネットワーク計画の策定に寄与するものと考えられる。

参考文献

- 1) 例えば、自転車を利用した香川の新しい都市づくりを進める協議会 高松地区委員会 安全空間確保部会：高松市中心部における自転車ネットワーク整備方針，2008。
- 2) Tolley, R.(ed): Sustainable Transport: Planning for Walking and Cycling in Urban Environments, Woodhead Publishing, 2003.
- 3) Hagemester, C., Schmidt, A., Seidel, T. and Schlag, B.: Criteria for Cyclists' Everyday Route Choice, Traffic and Transport Psychology: Theory and Application. Proceedings of the International Conference of Traffic and Transport Psychology, 2004.
- 4) SUSTRANS: Designing for Security on the National Cycle Network, Information Sheet FF21, Mrach 1999.
- 5) 佐藤，神田，北澗，阿部，橋本：岡山市内における自転車の交通需要と経路選択特性に関する考察，第41回土木計画学発表会・講演集，362，2010。
- 6) 鎮山，廣島，中西：自転車利用環境整備計画のための自転車利用者の経路選択分析，土木学会中部支部研究発表会，2007
- 7) Senar, I., Eluru, N., Bhat, C. : An Analysis of Bicycle Route Choice Preferences Using a Web-Based Survey to Examine Bicycle Facilities, Transportation, Vol. 36, No. 5, pp. 511-539, 2009.
- 8) 藤井，羽藤：移動軌跡データを用いた自転車利用の空間的特性の分析，第37回土木計画学発表会・講演集，147，2004。