

GIS 環境下における移動データの地理的視覚化

——立命館大学衣笠キャンパスへの通学移動を事例に——

花岡 和聖*・中谷 友樹*・矢野 桂司*

I. はじめに

地理学において、地図は、地理的事象の最も基礎的な表現方法である。浮田・森¹⁾は、地図には「正確さ」と「美しさ」が求められると指摘する。「正確さ」とは、地形図のようなデフォルメの少ない客観性の高さであり、「美しさ」とは図の主題を明瞭に伝達するための表現方法を指す。地図による効果的な情報伝達には、これら二つの要素の両立が欠かせない。地図は、作図者と読図者との視覚的な情報伝達手段の様式である。

これまでの地図は紙媒体であり、一度製図した地図を容易に変更することはできなかった。しかし、近年における地理情報技術の発展によって、地図を用いた情報伝達の柔軟性や自由度が飛躍的に高まりつつある。例えば、コンピュータ画面上で地図の拡大縮小や凡例の変更、透過処理、さらにはヒストグラムや数値情報の表示が瞬時に可能であり、データと対話的に地図を作成することが可能になった²⁾。また三次元地図³⁾やカルトグラム⁴⁾、カーネル密度⁵⁾をはじめ統計分析や空間処理を適用することで、大規模な地理情報から、

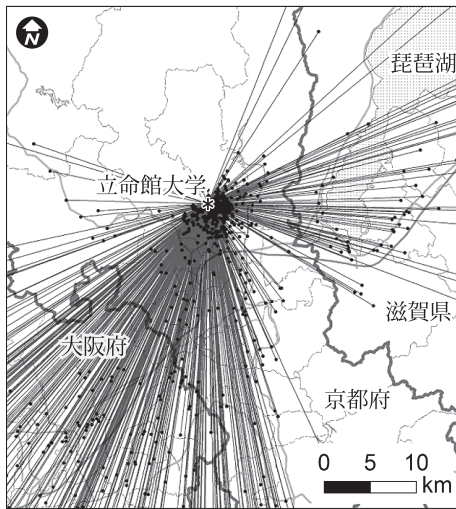
その主要な特性をより効果的に視覚化できる。ここでの地図利用は、他者への情報伝達というよりも、分析者の内部的な読図行為の支援に主眼が置かれる。地理的視覚化とは、こうした地理情報技術を駆使した新しい地図表現やデータ対話的な環境を介して、地理情報を解釈する行為であるとされる⁶⁾。

人や物資の空間的移動は、地域間の相互作用関係を規定する地理学の主要な研究対象の一つである。例えば、マクロな空間スケールで展開される国際・国内人口移動から、よりミクロな空間スケールとして、都市圏や一都市市内での交通流動や購買行動そして、通勤・通学の流動を挙げられよう。移動データのもっとも直感的な視覚化方法としては、発地と着地の二点間を結んだ線で移動を表現する。しかし、データ数が多い場合、単純にすべての発着を直線で地図にすると、第1図のように対象地域が直線で埋め尽くされてしまう。そこで、こうした地理的視覚化の方法として、発着地や移動方向が類似し、かつ地理的に近接する複数の線を一つの線に集約する処理が加えられる⁷⁾。これにより交差する複数の線を一つにまとめ、地域全体の移動パ

* 立命館大学文学部

キーワード：地理的視覚化、移動、内挿、ネットワーク分析、通学

Key words：Geo-Visualization, Movement, Interpolation, Network Analysis, Student Commuting



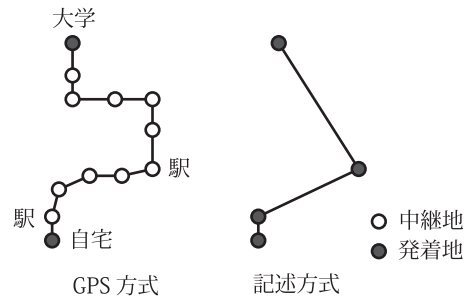
第1図 立命館大学衣笠キャンパスまでの通学移動

回答者の自宅（・）から衣笠キャンパスまでを直線で結んだ。

Web アンケート調査より作成

ターンをある程度判読しやすくなる。

ところで、ミクロな空間スケールにおける人の移動は、そもそも地理的制約が大きく、通常は道路や鉄道などのネットワーク上でしか展開されない。直線による移動データの表現方法は、視覚的にも分かりづらいためだけでなく、現実の地理空間との対応関係も希薄になる。したがって、ネットワーク上の移動経路に変換することで、その集中や分散、変化を効果的に把握できると考えられる。ただし、その実現には、GPS 受信機や Wi-Fi 通信網、携帯電話を利用した位置情報の連続的な捕捉が必要であるが、現段階でもそのような地理的な位置情報の把握はプライバシー保護の問題や機材の確保等の問題もあり一般化したわけではない。他方、移動経路を把握するより一般的な方法として、比較的簡単な調査フォームに主要な地名や駅名等を回答してもらい、移動経路を把握する記述方式による調



第2図 GPS方式と記述方式による移動経路表現の違い

査方法がある。こうした情報は、比較的情報の入手は容易だが、第2図に示すように、GPS方式と比較して、発地と着地から成る断片的な移動情報であり、実際の移動経路を推定(内挿)する必要がある。

こうした発着地ベースの断片的な移動データから移動経路を生成する手法として、関本ほか⁸⁾や薄井ほか⁹⁾による時空間内挿法が参考になる。これらの研究では、パーソントリップ調査を用いた都市圏内での数十万人規模の個人の移動経路が推定されてきた。時空間内挿法を用いて直線を移動経路に変換することで、現実のネットワークと移動の対応付けが容易になる。特に、一日の通勤・通学移動の把握において、移動経路に基づいた地理的視覚化は有効な手段であると考えられる。こうした時空間内挿法による移動経路に基づく地理的視覚化について、実際の交通問題の事例と関連付けて、その有効性を議論する必要性があると考えられる。

そこで、本研究では、京都市北区に立地する立命館大学衣笠キャンパスに通う学部生及び院生（以下、学生）を対象に、Web アンケート調査により得られた発着地ベースの断片的な移動データから学生の移動経路を推定

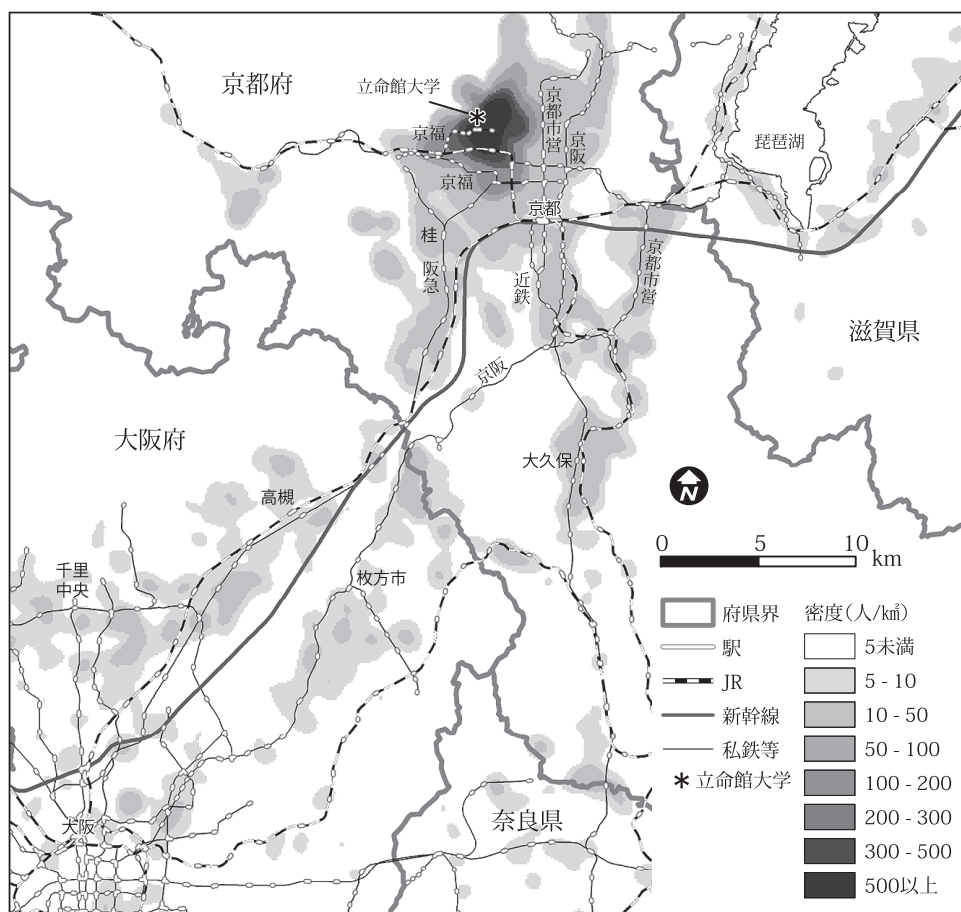
する。そして、その地理的視覚化を通じて、通学移動の実態を具体的に把握する事例を提示する。立命館大学衣笠キャンパス周辺では通学者による慢性的な自転車やバス待ちの混雑が生じており、この問題解決のための通学移動の実態把握が必要とされている。この問題に対して、立命館大学では京都市による「スローライフ京都」プロジェクト¹⁰⁾の一環として、混雑緩和を図るための施策の企画を検討

し、その実施をはかってきた。本研究では、この立命館大学での取り組みの一部として実施された調査資料を利用する。

II. 立命館大学学生の通学移動

1. 「立命館大学衣笠キャンパスへの交通アクセス改善プロジェクト」

京都市内の学生の居住地は、2000 年以降、



第3図 立命館大学衣笠キャンパスに通学する学生の居住地分布（2010年）

京都市営：京都市営地下鉄、近鉄：近畿日本鉄道、京阪：京阪電気鉄道、京福：京福電気鉄道（嵐電）、阪急：阪急電鉄

駅名はゴシック体で示す。

学生の住所郵便番号からカーネル密度法で密度分布を求めた。



西ノ京円町バス停前
(2011年4月19日午前8時41分)

西大路四条バス停前
(2011年6月15日8時22分)

第4図 円町駅及び西院駅前のバス停での混雑

学期を通じて立命館大学行きのバスを待つ学生の列が発生する。

学生の居住地選好の変化によって、都心部で学生人口が増加し、外縁部に立地する大学と学生の居住地の対応関係は弱まりつつある¹¹⁾。その結果、こうした外縁部に立地する大学への通学流動は全体的に規模を増してきたと推定される。

立命館大学衣笠キャンパスに通学する学生は、2010年時点で17,788人である。第3図に示すように通学圏は、鉄道に沿って滋賀県や大阪府、奈良県にまで広がる。京都市外からの通学者は全体の約38%、徒歩以外の自転車や公共交通の利用が想定される、居住地から大学までの距離が2km以上の通学者は、全体の約69%に上る。

そのため大学周辺では、通学時に鉄道の乗換駅でのバス待ちや、大学周辺での自転車の混雑が問題となる。例えば、1時限目（午前9時開始）前の西院駅や円町駅では、立命館大学行きのバスを待つ学生の長蛇の列が生じる（第4図）。またキャンパスに通じる道路の幅員は狭く、歩行者と自転車や自動車が接触する危険性も高い。このような状況は、学生の通学利便性を大きく下げるとともに、大学キャンパス周辺居住者にとっては、騒音や交

通の利便性の低下などの生活環境の悪化、さらには交通事故リスクの上昇をも誘発する。

そこで、立命館大学では、2009年～2011年にかけて、京都市の「スローライフ京都」プロジェクトの一環として「立命館大学衣笠キャンパスへの交通アクセス改善プロジェクト」を実施した。このプロジェクトは、京都市が実施するモビリティ・マネジメントの一環であり、徒歩と公共交通機関を優先したまちづくりを目指すプロジェクトである。大学と学生、行政、交通事業者等が協働して衣笠キャンパス周辺の自転車やバス待ちの混雑緩和に向けた取り組みを検討し、これを実施した。具体的には、学生の通学及び一日の移動調査を踏まえ、主要駅から大学までの直通バスの増便、公共交通機関利用の案内を行った。その詳細な実施成果に関しては立命館大学で公開している報告書¹²⁾を参照されたい。

2. 通学移動に関する Web アンケート調査

学生の通学及び一日の移動調査に関して、立命館大学衣笠キャンパスに通学する学生を対象に、2010年10月13日～19日まで Web によるアンケート調査を実施した。立命館大学の衣笠キャンパスにある学部に所属する学

生全員に依頼の電子メールを、大学が発行する学生個人のアドレスに送るとともに、大学ホームページ上で学生に回答を呼び掛けた。

調査項目は、学生の個人属性（学年、性別、学部、自宅住所）と定期券の保有状況、衣笠キャンパスまでの通学方法（交通手段、利用回数）、一日の移動（日時、移動手段、交通事業者名、移動目的）などである。7 日間の調査期間での回答者数のうち、本分析に利用する回答者サンプルは計 1,105 人である。これは、衣笠キャンパスの全学生数の約 6.2% に相当する。調査項目に関しては、あらかじめ住所や駅名、施設名等の経緯度を特定しデータに追加した。

3. 通学移動の把握

本節では、Web アンケート調査結果を整理し、立命館大学学生の通学時の交通手段及びその空間的分布を把握する。

まず、通学時の交通手段を Web アンケート調査の一日の移動に関する調査項目から把握

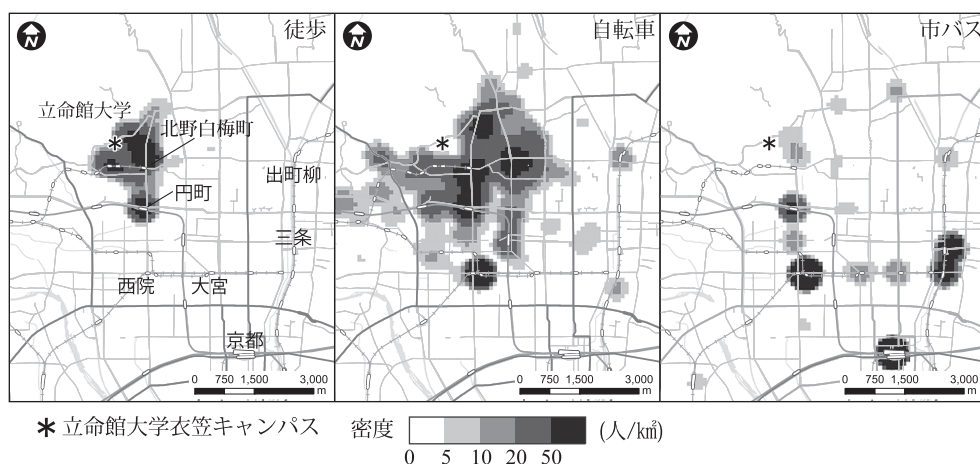
した（第 1 表）。徒歩のみ及び電車・徒歩が計 11.9% に対して、自転車のみ及び電車・自転車は計 44.3% となる。バス利用者は計 35.8% であった。ここから学生の約半数近くが自転車を利用して通学している現状がわかる。単

第 1 表 通学時の交通手段

交通手段	人数	割合 (%)
バス	94	8.9
電車・バス	285	26.9
電車・徒歩	50	4.7
電車・自転車	98	9.2
電車・バイク	7	0.7
徒歩	76	7.2
自転車	372	35.1
バイク	51	4.8
その他	27	2.5
計	1,060	100.0

電車に関してのみ駅からの交通手段も合わせて示す。

Web アンケート調査の一日の移動に関する調査のうち第 1 番目の移動を集計した。残り 45 人は通学目的以外が無回答。



第 5 図 通学時の交通手段別密度分布
交通手段別に、カーネル密度法を用いて発地の密度分布を推定した。
徒歩及び自転車については着地が大学となる通学移動に限定した。

駅名はゴシック体で示す。
Web アンケート調査から作成

純に回答者数を全学生数に一致するよう拡大した場合、自転車による通学者の総数は7,900人近くにもなる。

次に、上記と同じデータを用いて、通学時の交通手段別の密度分布を求めた（第5図）。徒歩での通学は、北野白梅町以北の範囲及び円町駅で密度が高い。一方、自転車は、大学から半径3km圏内で高いことがわかる。また西院駅や二条駅などの鉄道駅周辺で自転車利用の密度が飛び地的に高い。これらの駅で自転車に乗り換えて通学する学生が多いためであろう。次に、市バスの利用者は、立命館大学行きのバスに乗り換えてできる鉄道駅で高く、円町駅や西院駅、京都駅、三条駅、祇園四条駅で高い密度分布が確認できる。

以上、通学時の交通手段は、大学からの距離に強く制約を受けることがわかる。徒歩による通学者は約1km圏内、自転車による通学者は3km圏内ではほぼ完結していた。それに加えて、鉄道の乗換駅と大学との距離も交通手段を規定する要因である。大学から2～3km以上離れた円町駅や西院駅で徒歩や自転車が飛び地的に高い傾向がみられた。

III. 通学移動経路の推定

1. ネットワーク・アナリストと前提条件

学生の通学時の移動経路の推定には、ESRI社が開発したArcGIS10のエクステンションの一つであるネットワーク・アナリスト（Network Analyst）を用いる。ネットワーク・アナリストは、道路や鉄道などのネットワークデータから、複数地点間の最短経路検索や、ネットワーク・パuffaの作成を行うためのGIS分析ツールである。

本研究では、通学移動経路を、自宅から大学までのネットワーク上での移動時間（時間距離）が最短になる経路と定義する。つまり、前提条件として、学生は自宅から大学まで、遠回りすることなく最短経路を選択して通学すると想定する。ただし、Webアンケート調査において、学生がどの交通手段を利用してゐるかを把握できるため、経路検索で利用する交通手段を制約に加えた。なお本分析では、通学時の交通手段及び自宅住所を把握できた回答者1,092人のデータを用いる。

使用するデータは、京都市内の市バスとJRバスのバス路線とバス停、京阪神地区の鉄道と鉄道駅、道路のGISデータである¹³⁾。ネットワーク・アナリストでは、時間距離の算出に際して、移動手段別の移動速度を設定しなければならない¹⁴⁾。ここでは、京都市内での移動を想定し、時刻表や石田ほか¹⁵⁾を参考に、鉄道（京福除く）の速度は611.7m/分、バス・京福は231.7m/分、徒歩・自転車は67.7m/分、鉄道駅での鉄道の停車時間は20秒、バス停でのバス停車時間は10秒と設定した。

通学時のバス利用は、立命館大学行きのバスの運行本数に強く影響を受けるためWebアンケート調査結果から、通学者が多いバス停順にバスの待ち時間を3分、5分、10分、15分と設定した¹⁶⁾。加えて、ネットワーク・アナリストでは、京都市のようにバス路線網が密な地域ではバスの系統単位での路線網データの作成及び移動経路の推定が複雑になる。そのため、立命館大周辺で通学に主に利用されるバス停に停車する系統¹⁷⁾以外は、系統単位での移動経路ではなくバス路線上に自由に移動できるものと仮定した。

2. 分析手順

自宅から大学までの最短経路の探索は、ネットワーク・アナリストに搭載されるダイクストラ法 (Dijkstra's Algorithm) を用いる。このアルゴリズムは、総探索のアルゴリズムよりも効率的に最短経路を探索でき、多様なアプリケーションに実装されてきた。

ネットワーク・アナリストを用いた通学移動経路の分析手順は次の通りである。

(1) 交通手段の推定 : Web アンケート調査の回答結果に示された学生の通学時の交通手段を、ネットワーク上での移動の制約を考慮して、鉄道 (JR と阪急、京阪、京福、京都市営、その他)、バス (市バス、JR バス)、徒歩・自転車 (徒歩、自転車、バイク) に整理した。なお、バイクに関しては、道路上を自由に移動できる交通手段として徒歩・自転車に含めた¹⁸⁾。

(2) 最短経路の推定 : ネットワーク・アナリストを用いて、上記で整理した交通手段のみを利用した場合における、学生の自宅から大学までの最短経路を検索する。この作業は、ArcGIS のモデル・ビルダーを使用し、繰り返し処理を行った。

(3) 移動経路密度の推定 : 交通手段別に通学移動経路の密度を推定し、地図化した。さらに、通学移動経路から主要な乗換駅での通行量やネットワーク上での通学時の移動距離を求めた。

3. 分析結果

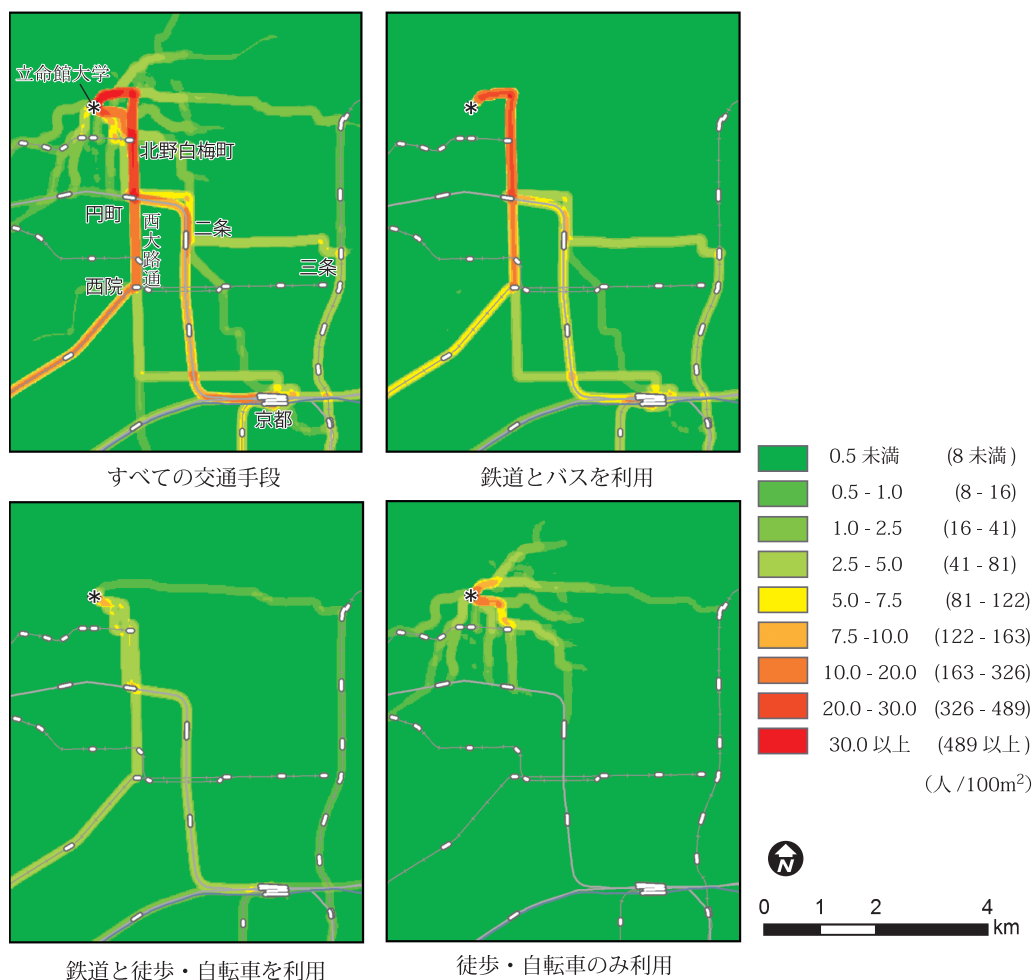
利用交通手段別にみた通行量 (第 6 図) : 学生の通学移動経路の密度分布は、一日の通学移動の累積的な通行量に該当する。その全体的な傾向は、立命館大学に向かって学生が集中することを反映して、大学周辺ほど密度が

高く、通学者の人口密度 (拡大推定値) は、200 人/100 m² を超える。こうした高密度の分布は、大学から離れた地域では、鉄道やバス路線に沿った移動となるため、線状の分布を呈する。特に、西院駅や円町駅からのバス路線に当たる西大路で顕著に密度が高い。一方、大学周辺では、自転車や徒歩による街路上の移動が主であるため、放射状に高密度の分布が広がる。さらに、この地図からは、大学の北側に位置する正門と東側の東門に向うアクセスで、高い密度分布を確認できる。これらの通学移動経路は、実際に多くの学生が利用しており、通学時の混雑が著しい。

利用交通手段別に通学移動経路の密度を地図化すると、北側からのアクセスは主に鉄道とバスを利用する通学者が大半を占める。一方、東側からのアクセスは、自宅から直接、徒歩や自転車で通学する学生が相対的に多い。「鉄道と徒歩・自転車を利用」において、鉄道と重複していない高密度の部分は、徒歩・自転車による移動である。東側からのアクセスは、西院駅や円町から徒歩・自転車で移動する場合にも、最短経路となる。

第 1 図と第 6 図を比較すると、通学移動データをネットワーク上に投影させるように内挿することで、現実の移動経路を反映した形式で通学移動経路の地理的視覚化が可能となり、大学周辺における学生の通学移動経路や混雑をより明瞭に把握できるようになった。ただし、これらの結果は、最短経路選択に基づく結果である点に留意する必要がある。

鉄道駅別にみた通行量 (第 7 図) : 「立命館大学衣笠キャンパスへの交通アクセス改善プロジェクト」の課題として、鉄道駅周辺での



第6図 交通手段別通学移動経路の密度分布
凡例の括弧内の数値は全学生数に一致するように回答者数を拡大した推定値

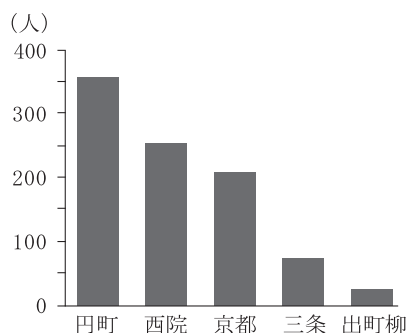
駅名はゴシック体で示す。

バス停でのバス待ちや自転車の混雑が問題視される。そこで、主要な乗換駅周辺を通過する移動を集計し通行量を推定する。駅周辺に半径 100 m のバッファを発生させ、それと交差する移動経路数を求めた。

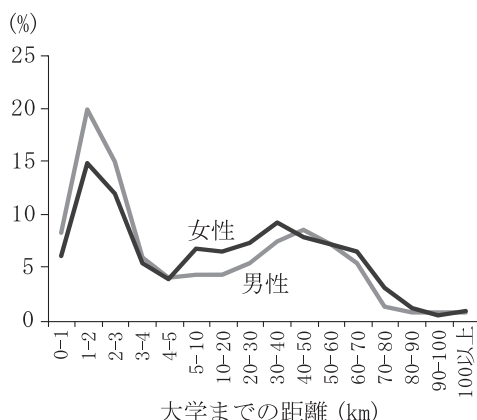
第7図をみると、大学に近い駅ほど通行量は増加する。回答者の移動経路数と括弧内に回答者数を全学生数と一致するように拡大した推定値を同時に示すと、円町駅 359 人

(約 5,827 人)、西院駅 255 人(約 4,139 人)、京都駅 208 人(約 3,376 人)、三条駅 74 人(約 1,201 人)、出町柳駅で 27 人(約 438 人)となる。大学報告書¹⁹⁾によると、午前9時開始の1時限目の受講生は全学生の約1/3にのぼる。つまり、単純な推定でも午前8時台に、円町駅周辺で約 1,942 人、西院駅周辺で約 1,380 人の通行量があると推定できる。

男女別にみた通学移動距離(第8図):ネッ



第7図 鉄道駅別の通行量
駅から半径 100 m 圏内を通過する通学者数を示す。



第8図 男女別の通学移動距離帯別通学者割合

トワーク距離を求めることで、より正確に通学時の移動距離が計測できる。男女別の通学移動距離帯別通学者割合をみると、まず男女とも、大学周辺と京都市外からの通学者と考えられる 30 ～ 50 km の範囲の二か所でピークを確認できる。大学周辺では、男女間の下宿率の差²⁰⁾を反映して女性よりも男性で割合が高い。逆に大学から 5 km 以上の範囲では、女性割合が高い。特に京都や大阪の郊外圏に該当する、大学から 10 ～ 40 km の範囲、さらには 70 km 以上の遠方からの通学者で女性割合が高いことがわかった。この背景には、女性は、親の実家から通学できる範囲で大学

を選択し、さらに大学周辺に下宿するような遠距離の場合においても、実家から通学する実態が推測される。

IV. おわりに

本研究で得られた知見は以下のように整理できる。

第一に、通学者の交通手段は大学からの距離に応じて、徒歩、自転車、バス、鉄道の順に主要な手段となっている。全体としてみると、Web アンケート調査の回答者の半数近くの学生が、大学までの通学に自転車を利用していた。そのうち円町駅や西院駅から自転車を利用する学生も1割に上ることがわかった。

第二に、Web アンケート調査で得られた移動データから移動経路を内挿しネットワーク上に投影することで、直線による移動データの表現ではわからない通学行動の地理的な集中・分散をより効果的に視覚化できるようになった。学生の通学移動の密度分布は、大学周辺では放射状に、それ以外の地域では鉄道やバス路線に沿って線状に広がる。とりわけ西大路通りや大学の北側及び東側で顕著な交通混雑が生じていると推定された。

第三に、内挿により得られた通学移動経路は、通学行動の理解に効果的な地理的視覚化を実現できるばかりでなく、通学移動に関する空間分析も適用可能になる。本研究では、乗換駅周辺の通行量やネットワーク距離に基づく通学移動の男女差を把握できた。

以上の研究結果をもとに、「立命館大学衣笠キャンパスへの交通アクセス改善プロジェクト」に関連して、次のような点を指摘できる。立命館大学周辺の混雑は、第6図の地図に示

されるように、主に大学の東側で発生している可能性が高い。それ故、西大路通りの集中した通学移動経路の分散化が有効であると考えられる。大学の西側からの通学者は相対的に少なく、現在でも実施されている嵐電や花園駅の利用を促すような施策をより一層充実させることが考えられる。また通学・帰宅時間が集中しないような時間割編成も必要となる。

今後の課題点として、第一に、より精度の高いネットワークデータの構築があげられる。例えば、系統別に路線バスのネットワークを構築することは、京都市のようなバス交通が発達した地域においては不可欠である。第二に、最短経路だけに依存しない経路選択モデルをネットワーク分析に組み込む必要がある。バスの乗車においても、学生によって移動時間や快適性に対する重要度が異なる。こうした学生の選好の差異をモデル化する必要がある。とりわけ帰宅時にも立命館大学前でバス待ちの混雑が生じており、往復の移動を前提にした経路選択のモデル化が求められる。第三に、本研究では目的地が大学の一か所のみであったが、実際は多数の目的地があり移動方向も異なる。ネットワーク上で移動量と移動方向を同時に提示する方法も必要となる。第四に、既存バス路線での増発や新規バス路線の設定による混雑緩和効果を検証するためには、今後、シミュレーションを用いた分析も有効であろう。

以上のような研究課題が残るものの、発着地ベースの断片的な通学移動データを内挿し、ネットワーク上の通学移動経路として通学移動を表現することは、地理的視覚化の観点からも、通学行動の分析的な観点からも有

益であり、作成した地図は交通混雑の軽減等に向けたまちづくりの意思決定の判断材料に活用できる。

注

- 1) 浮田典良・森 三紀『地図表現入門—主題図作成の原理と実際—』、大明堂、1988、5-17 頁。
- 2) Kitchin, R., Perkins, C. and Dodge, M.: Thinking about Maps, in Dodge, M., Kitchin, R. and Perkins, C. eds.: *Rethinking Maps: New Frontiers in Cartographic Theory*, Routledge, 2009, pp. 1-25.
- 3) Shepherd, I. D. H.: Travails in the Third Dimension: A Critical Evaluation of Three-Dimensional Geographical Visualization, in Dodge, M., McDermby, M. and Turner, M. eds.: *Geographic Visualization*, Wiley, 2008, pp. 199-222.
- 4) Dorling, D., Newman, M. and Barford, A.: *The Atlas of the Real World: Mapping the Way We Live*, Thames & Hudson, 2008, 400 p.
- 5) Nakaya, T. and Yano, K.: Visualising Crime Clusters in a Space-Time Cube: An Exploratory Data-Analysis Approach Using Space-Time Kernel Density Estimation and Scan Statistics, *Transactions in GIS* 14-3, 2010, pp. 219-377.
- 6) 塩出徳成「ビジュアライゼーション」、(村山 祐司・柴崎亮介編『GIS の理論』、朝倉書店、2008、所収)、102-121 頁。
- 7) ① Andrienko, G., Andrienko, N., Kopanakis, I., Ligtenberg, A. and Wrobel, S.: Visual Analytics Methods for Movement Data, in Giannotti, F. and Pedreschi, D. eds.: *Mobility, Data Mining and Privacy*, Springer, 2008, pp. 375-410. ② Guo, D.: Flow Mapping and Multivariate Visualization of Large Spatial Interaction Data, *Journal IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 15-6, 2009, pp. 1041-1048. ③ Boyandin, I., Bertini, E. and Lalanne, D.: Visualizing the World's Refugee Data with JFlowMap, *Proceedings of Eurographics/IEEE-VGTC Symposium on Visualization*, 2010, URL: <http://diuf.unifr.ch/people/lalanne/Articles/Eurovis10-poster.pdf> (閲覧日: 2011 年 7 月 3 日)。
- 8) 関本義秀・菊池英一・佐藤圭一・秋山祐樹「パーソントリップデータを活用した人の流れの時空間的な詳細化」、交通工学研究発表会論文報告集 28、2009、197-200 頁。
- 9) 薄井智貴・金杉 洋・関本義秀・南 佳孝・柴崎亮介・中野 敦「動線解析プラットフォームによる東京都市圏パーソントリップ調査データの時空間内挿の実現とその利用」、地理情報シ

- システム学会講演論文集 18、2009、541-545 頁。
- 10) 京都市による「スローライフ京都」プロジェクトの詳細はホームページ (URL: <http://www.city.kyoto.lg.jp/tokei/page/0000089929.html>) を参照されたい。
 - 11) 桐村 喬・近藤暁夫「1960 年以降の京都市における学生の居住地の時空間的パターンの変化に関する一考察」、立命館地理学 (京都地域研究) 22、89-107 頁。
 - 12) 立命館大学『立命館大学衣笠キャンパスへの交通アクセス改善プロジェクト報告書』、立命館大学、2011、59 頁。
 - 13) ESRI ジャパン株式会社が作成した『ArcGIS データコレクション スタンダードパック』に収録される道路及び鉄道、鉄道駅等の GIS データを用いた。
 - 14) ただし、バス路線の GIS データは京都市内の市バスと JR バスのみである。さらに、鉄道は、列車種別に応じて所要時間や停車駅が異なり、利用者によって使い分けがなされる。こうした現状があるため、京都市外の通学移動の正確な時間距離を算出することは難しい。それ故、本研究では、京都市内での通学移動に主眼を置く。
 - 15) 石田東生・谷口 守・鈴木 勉・古屋秀樹「交通手段の成立可能領域と有利地域に着目した交通政策の有効性の分析」、運輸政策研究 2-1、1999、14-25 頁。
 - 16) 立命館大学行きのバスが運行されていない場合、他のバスへの乗換が必要であると想定し、待ち時間の最大を 15 分と設定した。
 - 17) 立命館大学周辺の主要なバス停は、立命館大学前、衣笠校前、小松原児童公園前、等持院南町とした。市バスの 10、15、26、50、55、59、202、205、M1 系統及び JR バスが上記のいずれかのバス停に停車する。
 - 18) 学生が利用する交通手段は、Web アンケート調査に基づき選択される。バイク通学者の大半は自宅からバイクを利用するため、バイクと徒歩・自転車が同時に選択されることは稀である。よって、経路選択に影響はないものと判断した。
 - 19) 前掲 12)。
 - 20) 木下・伊藤・沼沢の論文に掲載される全国大学生協連主催「学生の消費生活実態調査」の 1998 年から 2004 年の累積データを基にすると、立命館大学学生の下宿率は男子学生で 56.2%、女子学生で 49.2% である。木下高志・伊藤昭・沼沢明夫「立命館大学生の食の現状と課題」、大学行政研究 1、2006、153-165 頁。