

空間情報に基づく交通行動表現と現象解析についての研究

君村 隆洋¹・秋山 孝正²・井ノ口 弘昭³

¹学生員 関西大学大学院 理工学研究科 都市システム工学分野
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3-35)
E-mail:k845113@kansai-u.ac.jp

²正会員 関西大学教授 環境都市工学部 都市システム工学科
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3-35)
E-mail:akiyama@ipcku.kansai-u.ac.jp

²正会員 関西大学助教 環境都市工学部 都市システム工学科
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3-35)
E-mail:hiroaki@inokuchi.jp

交通行動分析において人々の移動と移動した場所での活動が重要であり、交通行動を時空間的に表現するためには空間情報が必要である。パーソントリップ調査データは、都市圏の交通計画の基本資料であり、対象のトリップメーカーの一日の交通行動を全て把握することができるデータである。本研究では、様々な空間情報について加工・編集を行う機能を持つ地理情報システム (GIS) により、空間情報とパーソントリップ調査データを結合し、交通行動分析を行う。GISの有効利用により、個々のトリップの行動原理の明確化を図る。

Key Words : *person trip survey, geographical information system, travel behavior analysis*

1. はじめに

交通行動とは、人々の移動と移動した場所でのアクティビティを表し、交通行動を表現するには、空間情報が必要である。パーソントリップ調査データでは、都市圏全体の交通現象を把握することが可能である。しかし、広域的な調査であるパーソントリップ調査データでは、空間情報について十分な情報が記録されていない。一方、個々のトリップメーカーの交通現象から交通行動パターンを推計する方法として交通行動分析がある。交通行動分析により、よりマイクロレベルでの交通行動を把握することが可能となる。地理情報システム(GIS)は、多種多様な空間情報を重ね合わせ、表現することが可能である。

本研究では、交通行動分析のために、GISの機能より空間情報とパーソントリップ調査データを統合する。それにより、個々のトリップを視覚的に表現することが可能となり、交通行動分析において空間情報の利用が有用であると考えられる。それにより、個々のトリップメーカーの詳細な行動原理を示す。

2. 交通行動データと空間情報の利用について

(1) 空間情報利用の意義

ここでは、交通行動分析における空間情報利用の利点について説明する。

PT データには、世帯データ、個人データ、起点・終点や利用交通手段等がトリップデータとして、記されている。一方、GIS は、位置に関する様々な情報を加工し、管理することができる。また、複数の情報を地図上に重ね合わせて表現することができる。

ここで、空間情報利用の意義として、以下の3点が挙げられる。

- 1) PT 調査の利用価値：空間情報を捕捉することで、トリップエンドを地点とした交通行動の表現が可能となる。
- 2) 交通行動の視覚化：GIS の利用により、時空間的な制約が明確になり、トリップデータを視覚的に表現でき、交通行動の理解が容易に行える。
- 3) 交通行動モデルへの適用：詳細な交通行動分析が可能となり、交通行動モデルの推計精度の向上が望まれる。

また、GISの機能を用いることにより、PT調査データ

からでは、特定することのできない情報を付加することが可能である。さらに、交通現象の記述において多種多様な表現が可能であるため、個人のトリップパターンや都市圏全体の道路交通状況を表現することができる。

(2) 交通行動データとGISの関係

ここでは、本研究で利用した空間情報を明確にするために、交通行動データとGISの関係について説明する。具体的には、到着地の特定のために使用した交通行動データと空間情報について説明を行う。本研究では、岐阜市を対象地域として分析を行った。岐阜市は人口約40万人、面積約200km²で市の南部に位置する岐阜駅を中心に市街地が形成されている。また、移動手段としては、都市部に比べて公共交通の利用が少なく、典型的な地方の中核都市であるといえる。また、岐阜市内の北東から南西にかけ、長良川が流れている。このため、各橋梁では、朝夕のピーク時に交通集中による交通渋滞が観測される。岐阜市の概要図を図-1に示す。本研究では、交通行動データとして第4回中京都市圏パーソントリップ調査の岐阜市在住のトリップメーカーのデータを用いて、分析を行う。また、本研究では、交通行動の時空間的な表現のためにGIS上に空間情報として、次の3種類のデータを格納した。

①パーソントリップ調査の小ゾーン領域：PT調査の岐阜市の小ゾーン分類の合計62ゾーンの領域を作成した。パーソントリップ調査では、各トリップの出発地・到着地はゾーン単位で記録されている。図-2にゾーン面積別のゾーン数を示す。ここで、岐阜市内の小ゾーンではゾーン番号20106が面積0.37km²で最小である。さらに、半分近くのゾーンが2km²以上の面積であり、パーソントリップ調査のゾーン分類は面積が大きく、特定の起点・終点を決定することができない。

②公共施設などの施設分布：パーソントリップ調査では、施設分類として19種類に分類されているが、本研究では、施設情報として表-1に示す12種類の合計593施設をGIS上に表現している。ゾーン内に存在する施設数別のゾーン数を図-3に示す。トリップエンド特定においてトリップエンド施設が学校・教育・保育施設、文化・宗教施設である場合、トリップエンドの詳細な決定を行える可能性がある。一方、トリップエンドの施設が事務所・会社・銀行、飲食店などGIS上のデータとして存在しない施設についてはトリップエンドの決定は不可能である。

③道路ネットワークの構築：Zmap-AREA IIに格納されている道路ネットワークの内、一般国道、一般都道府県道、一般道路、主要一般道、主要地方道を対象とした道路ネ

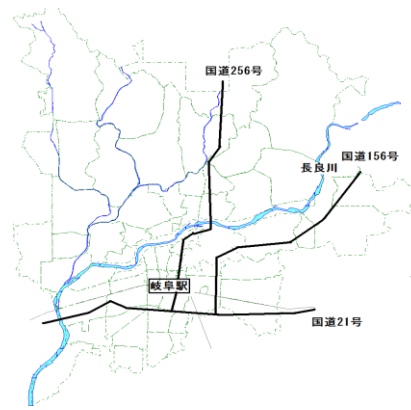


図-1 岐阜市の交通網概要図

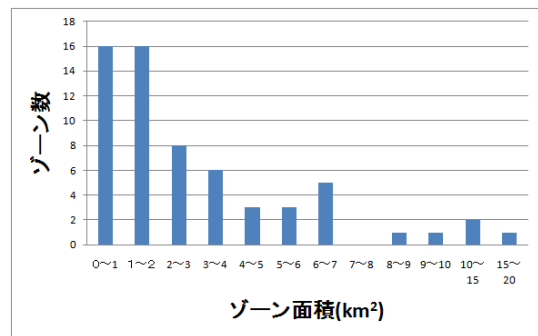


図-2 ゾーン面積別ゾーン数

表-1 施設分類と施設数

施設分類	施設数
学校・教育・保育施設	216
文化・宗教施設	113
官公庁	79
スーパー・デパート	71
公園・緑地	32
病院・医療施設	24
交通・運輸施設	18
体育・レクリエーション施設	17
供給・処理施設	14
宿泊・社交・娯楽施設	7
問屋・卸売市場	1
工場現場・その他	1

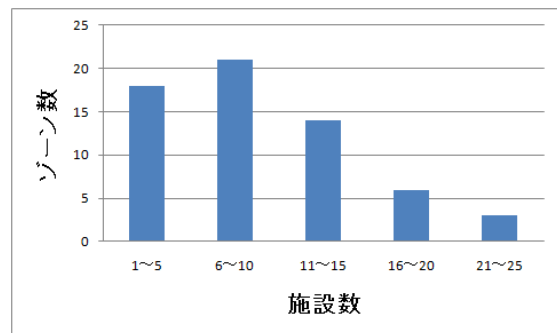


図-3 ゾーン内施設数

ットワークを作成した。ゾーン領域及び道路ネットワークを図-4に示す。

(3) GISの空間分析機能

ここでは、GISの機能の中で交通行動を表現するために重要であると考えられる機能について説明を行う。

GISには、空間データの処理と解析機能として①検索・計測②データ編集③データ変換④オーバレイの4つの機能がある。これらの機能を用いることで、交通行動の表現が可能となる。GISでは、複数のデータを同じ地図上で重ね合わせ表現することができ、最短経路探索や面積計測等の空間探索機能が備わっている。最短経路探索では、地図上で任意の2点を取得することで、道路ネットワークの中で最短経路を検索することができる機能である。図-5にこの機能で検索される最短経路を示す。この最短経路探索機能には、取得した点から最も近い道路ネットワークを検索するという機能も備わっている。最短経路探索機能により、任意の時刻におけるトリップの存在地点を表現することが可能となる。その他にも、任意の地点から等距離の範囲を検索する、等距離範囲検索や面積計測機能がある。等距離範囲検索では、任意の点からの同心円範囲ではなく、経路に沿って等距離範囲を作成することが可能である。図-6に任意の点、地点Cから5kmの範囲を示す。等距離範囲検索では、経路上だけでなく、経路からの幅を設定して表示することが可能である。図-6では、経路から100mの範囲に設定し、表示させたものである。図-5の最短経路探索機能や図-6の等距離範囲検索機能は図-4で構築したネットワークに対応させ表現したものである。

このようなGISの空間分析機能を用いることで、本研究では、個々のトリップのトリップエンドの詳細化を行った。

3. 空間情報利用による到着地の詳細化

(1) トリップエンド特定手順

ここでは、到着地を特定するために作成したトリップエンド特定手順について説明する。パーソントリップ調査は世帯単位での全てのトリップメーカーを対象に行われている。そこで、本研究ではトリップメーカーごとのトリップエンド特定及び世帯ごとの居住地範囲特定の2種類の地点特定アルゴリズムを提案した。この2種類のアルゴリズムの全体像を図-7にしたがって説明を行う。

本研究で用いたアルゴリズムはそれぞれのアルゴリズムで得られた結果についてお互いに反映させるというものである。サンプルNo.の個人番号によってそれぞれのトリップメーカーの識別を行い、それぞれのトリップメーカーの全てのトリップにおいてトリップエンドの地点及び範囲の特定を行う。サンプルNo.の個人番号によってそれぞれの世帯の構成人数を識別し、同世帯の居住者の居住地は同地点であるため、世帯ごとの居住地範囲を決

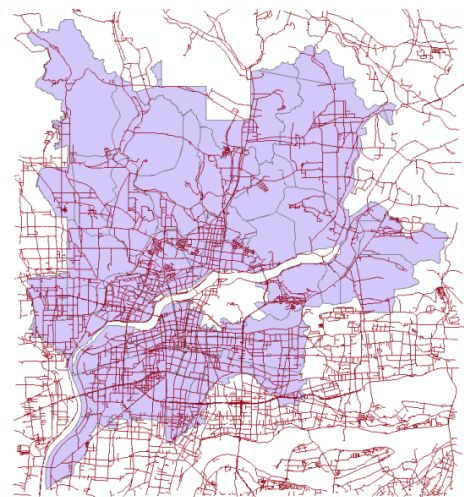


図-4 岐阜市のゾーン区分と道路ネットワーク

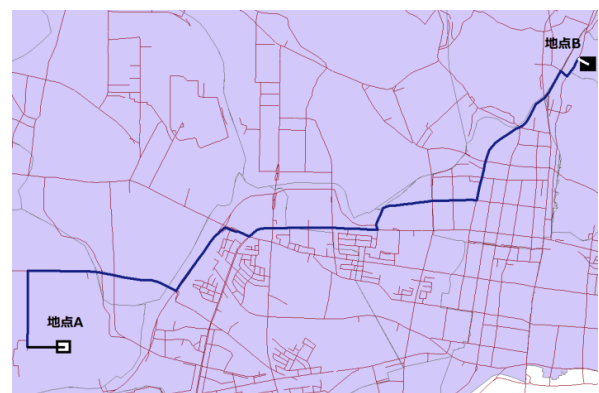


図-5 2点間の最短経路

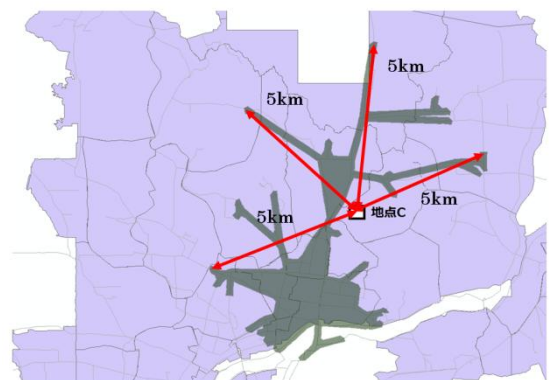


図-6 地点Cからの等距離範囲

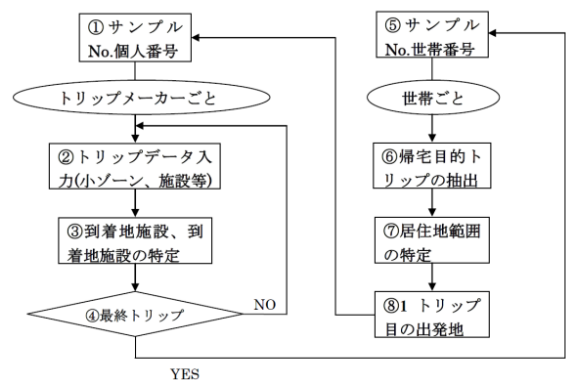


図-7 トリップエンド特定手順の全体像

定する。トリップメーカーごとの特定結果のうち、世帯ごとに全ての帰宅目的トリップを抽出し、重複した範囲を居住地範囲とする。この居住地範囲を1トリップ目の出発地とし、トリップメーカーごとの特定を行い、これを繰り返し計算するというものである。

a) トリップメーカーごとのトリップエンド特定手順

ここでは、トリップメーカーごとに全てのトリップにおいて到着地を特定するためのトリップエンド特定手順について詳しく説明する。トリップメーカーごとの特定手順を図-8に示す。PTデータの個人番号からトリップメーカーの区別を行い、トリップメーカーごとの総トリップ数を判断する。トリップメーカーごとに全てのトリップにおいて到着地の特定を行う。

①データインプット：到着地の特定のために必要なトリップデータ（出発地・到着地ゾーン、施設、交通手段、所要時間等）をトリップメーカーの総トリップ数入力する。ここで、最短所要時間や移動範囲を計算するために交通機関別で所要時間を設定した。交通機関別所要時間を表-2に示す。

表-2 交通手段別の移動速度

交通手段	移動速度(km ²)
鉄道	20
バス	25
自動車	30
二輪車	4
徒歩	4

②施設検索：トリップデータの到着地ゾーン、到着地施設が、到着地ゾーン内に対象施設が存在するか検索する。

③到着地施設特定：②でゾーン内に対象施設が存在する場合、到着地の施設特定を行う。

④所要時間計算：出発地から該当するそれぞれの施設までの所要時間を交通手段、GISの最短経路探索機能より計算する。

⑤所要時間差の比較：④で計算した各々の施設への所要時間と①のトリップデータの所要時間の差が最小のものを到着地施設として決定する。

⑥到着地範囲特定：②でゾーン内に対象施設が存在しない場合、到着地の範囲特定を行う。

⑦移動可能範囲の算出：トリップの出発地からの移動可能範囲を計算する。また、iトリップの到着地はiトリップ+1の出発地であることから、次のトリップのトリップデータの到着地からの移動可能範囲を計算する。それぞれの移動可能範囲は、交通手段、所要時間、GISの等距離範囲検索機能より計算する。

⑧小ゾーン範囲との重ね合わせ：⑦で求めた移動可能範囲と到着地の小ゾーン範囲が重複した範囲を到着地範囲と決定する。

⑨到着地座標の決定：⑤の到着地施設の座標あるいは、⑦の到着地範囲の中心点座標を到着地座標として決定する。

⑩最終トリップ：最終トリップまで①～⑨を繰り返す。最終トリップの場合、世帯ごとの特定に移る。最終トリ

ップでない場合、⑨で決定した到着地座標を次のトリップの出発地とする。

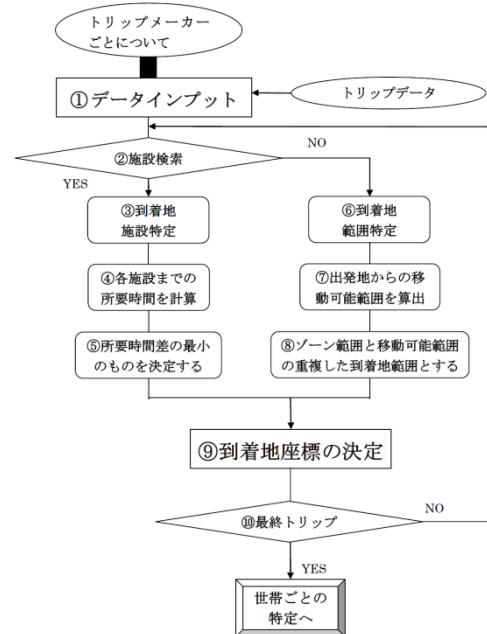


図-8 トリップメーカーごとのトリップエンド特定手順

b) 世帯ごとの居住地特定手順

ここでは、世帯ごとに居住地範囲を特定するための居住地特定手順について詳しく説明する。世帯ごとの特定手順を図-9に示す。PTデータの世帯番号から世帯の区別を行い、世帯ごとの総トリップ数を判断する。同世帯のトリップメーカーの居住地は同地点であるため、世帯ごとに居住地範囲の特定を行う。

[1]帰宅目的トリップの抽出:同世帯のトリップメーカーについて全ての帰宅目的のトリップを抽出する。

[2]特定範囲の重ね合わせ:帰宅目的のトリップの到着地範囲を重ね合わせ、重複した範囲を算出する。

[3]居住地範囲の決定:[2]で重複した範囲を居住地範囲に決定する。

[1]～[3]を世帯人数によって繰り返す。決定した範囲を1トリップ目の出発地としてトリップメーカーごとの特定に移る。

(2) トリップエンド特定例

ここでは、トリップメーカーごとのトリップエンド特定手順について実際のトリップ例を用い、具体的なトリップエンド特定手順を示す。あるトリップメーカーの一日

の交通行動を表-3に示す。

空間情報無しの場合、トリップエンドは、図-10のようにゾーン単位での範囲に決定される。例として1トリップ目を取り上げると、出発地ゾーンの中心点から到着地ゾーンの中心点までの距離は14.22kmである。また、この出発地ゾーンと到着地ゾーンの最短距離は5667km、最長距離は11030kmである。このように1つのトリップだけを見てもアクセス距離が2倍近く異なる場合もあり、トリップデータでは交通行動を正確に表現することは困難である。

次に、トリップエンド特定手順に従った、到着地の特定について説明する。1トリップ目については、

①データインプット

トリップ情報から到着地ゾーンや所要時間などが分かる

②施設検索

空間情報としてGIS上に到着施設の教育・文化施設が到着地ゾーン内にいくつ存在するかを検索する。この場合、図-11で示す5つの施設が存在する。

③到着地施設特定

②の5つの施設の中から到着地施設を選ぶ。

④所要時間計算

出発地ゾーン20905の中心点からの所要時間を各施設ごとに計算する。表-4に各施設までのアクセス距離、所要時間差を示す。

⑤所要時間差の比較

計算した所要時間とトリップデータの所要時間(35分)の差が最小の施設を到着地とする。この場合、藍川北中学校が到着地として決定する。

次に、2トリップ目については、

①データインプット

トリップ情報から到着地ゾーンや所要時間などが分かる

②施設検索

個人商店・コンビニは、到着地ゾーン内に空間情報としてGIS上に存在しない。

⑥到着地範囲特定

到着地ゾーン中での到着地範囲特定を行う。

⑦移動可能範囲の算出

1トリップ目で決定した藍川北中学校から自動車で15分の範囲、3トリップ目の到着地から自動車で25分の範囲を算出する。

⑧小ゾーン範囲との重ね合わせ

⑦で求めた移動可能範囲と到着地の小ゾーン20602の範囲が重複した範囲をトリップエンド範囲と決定する。図-12に移動可能範囲と決定した到着地範囲を示す。

3トリップ目の場合も到着施設の住居施設が到着地ゾー

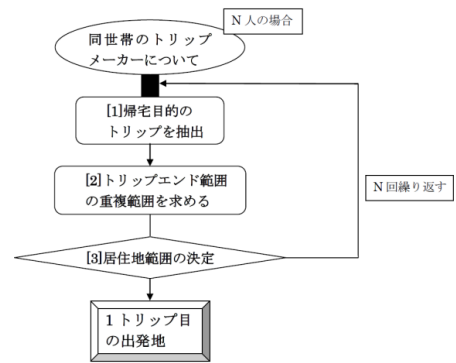


図-9 同世帯ごとの居住地特定手順

表-3 トリップメーカーの一日の交通行動

トリップ	出発地	到着地	交通手段	所要時間	出発施設	到着施設
1	20905	20706	自動車	35分	住居施設	教育・文化施設
2	20706	20602	自動車	15分	教育・文化施設	個人商店・コンビニ
3	20602	20905	自動車	25分	個人商店・コンビニ	住居施設

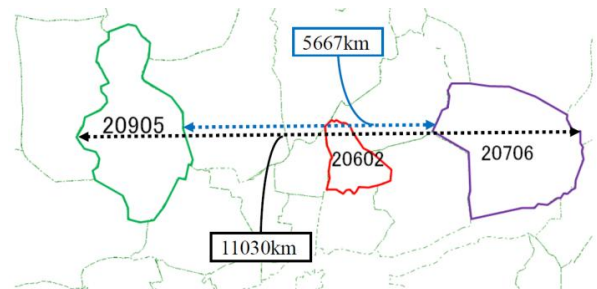


図-10 ゾーン単位でのトリップエンド

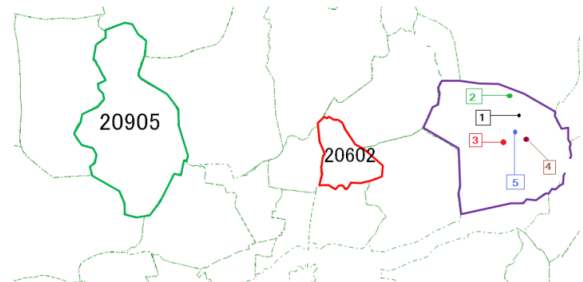


図-11 教育・文化施設の位置

表-4 教育・文化施設名称、アクセス時間

	施設名称	アクセス時間	所要時間差
1	あいかわ保育園	40分	5分
2	ながら第二幼稚園	44分	9分
3	芥見第二幼稚園	32分	3分
4	藍川小学校	39分	4分
5	藍川北中学校	36分	1分

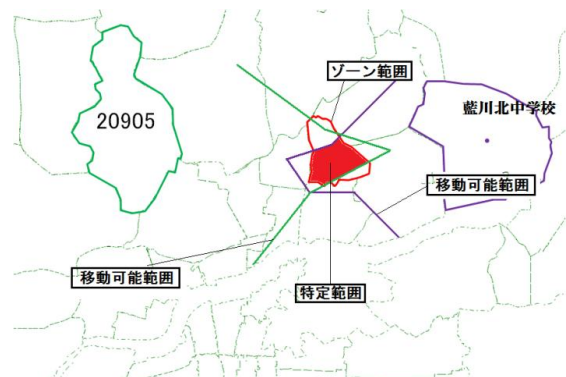


図-12 到着地範囲の決定

ン内に空間情報としてGIS上に存在しないので、2トリップ目と同様に到着地範囲の特定を行う。トリップエンド特定手順によるトリップエンド特定結果、各トリップの移動距離を図—13に示す。総移動距離は、ゾーン中心間の距離29439mからトリップエンド範囲の縮小によって27718mに変更された。

この結果から、次のことが分かる。トリップエンドの施設が地点特定のための空間情報としてGIS上に存在する場合、詳細な到着地の特定を行うことができる。また、トリップエンドの施設が地点特定のための空間情報としてGIS上に存在しない場合、移動可能範囲を算出し、小ゾーン面積の範囲との重複部分を到着地に決定する手法により、元のトリップデータに記載されている小ゾーンの範囲よりも小さい範囲に到着地の範囲を決定することが可能である。

4. おわりに

本研究では、パーソントリップ調査データと空間情報を用いて交通行動分析を行った。具体的には、個々のトリップにおける活動施設や移動経路の特定を行った。パーソントリップ調査と空間情報を結合する際、様々な種類の空間情報を重ね合わせ、表現することができるGISを用いた。GISを用いることで、トリップの移動経路や移動範囲を視覚的に表現することが可能となった。本研究の成果は以下のように整理される。

- ①GISの利用によって詳細なトリップの表現が可能となった。GISの機能を到着地特定において有効的に利用することが可能となった。
- ②到着地特定のアルゴリズムによって、詳細なトリップエンドの範囲を求めることが可能になった。特に、施設データの存在する到着地施設に関しては、具体的な施設をトリップエンドとして決定できることが示された。
- ③居住地範囲特定のアルゴリズムによって、同世帯の居住者ごとに居住地範囲を決定することができた。

また、今後の課題として、

- ①個人商店・コンビニや飲食店のようなゾーン内に複数存在する施設についての到着地特定の検討
 - ②特に現在の道路ネットワークにおいて道路密度が小さいゾーンでの道路ネットワークの検討
- が挙げられる。

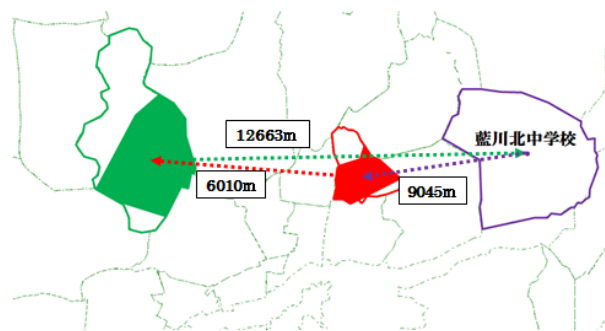


図-13 トリップエンド範囲の縮小

参考文献

- 1) 和泉範之, 奥嶋政嗣, 秋山孝正:交通行動分析における空間情報利用に関する検討: 第24回交通工学研究発表会論文報告集, pp.249-252, 2007.
- 2) 和泉範之, 奥嶋政嗣, 秋山孝正: 空間情報を利用した交通行動の時間的推移の表現, 土木計画学研究・論文集, Vol.22, pp.405-412, 2005.
- 3) 秋山孝正, 奥嶋政嗣: 都市交通計画のためのファジィ交通手段選択モデルの構築, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.19, No.2, pp.176-188, 2007.
- 4) 君村 隆洋, 秋山 孝正, 井ノ口 弘昭: 空間情報に基づく交通行動解析の精緻化に関する研究, 平成23年度土木学会関西支部年次学術講演会, IV- 5, 2011.
- 5) Takahiro KIMIMURA, Hiroaki INOKUCHI, Takamasa AKIYAMA : Travel Behaviour Analysis combining with Spatial Information of GIS, 6th International Symposium in Science and Technology at Kansai University 2011, 2011.
- 6) 佐土原聡, 吉田聡, 川崎昭如, 古屋貴司: 図解ArcGIS—身近な事例で学ぼう—, 2005.