

高速道路利用データを活用した 個人の利用パターン抽出と需要構造の解析

中沢 航太¹・佐々木 邦明²

¹学生会員 山梨大学大学院 医学工学総合教育部人間システム工学専攻（〒400-0016 山梨県甲府市武田4丁目3-11）

E-mail:g10mh017@yamanashi.ac.jp

²正会員 山梨大学大学院教授 医学工学総合研究部（〒400-0016 山梨県甲府市武田4丁目3-11）

E-mail:sasaki@yamanashi.ac.jp

本研究は料金収受に用いられるETCの利用データを用いて、高速道路の需要構造の解析を行ったものである。日々大量に蓄積されているETCデータを個人毎のデータに縮約し、曜日、時間帯等の各断面での回数を指標とし、利用傾向毎のクラスタリングを行う。このクラスタリングによって生成されたクラスタ番号をETCデータに反映、集計することによって各路線、各曜日、各時間帯にどのような利用傾向の需要が発生しているのか推定可能である。今回は日本の大動脈であり、相互に補完し合う中央道、東名の2大路線の需要構造に着目し、それぞれ通常時と交通集中時の相違について検証した。大量かつ精確で有用なデータであるが、利用目的が欠落しているETCデータの特性に着目した研究である。

Key Words : highway, ETC, k-means, CHUO expressway, TOMEI expressway

1. はじめに

ETCはキャッシュレス化による利便性向上、料金所渋滞の解消、管理費の削減といった目的のもと、平成13年より運用が開始された。以降10年が経過し、現在では高速道路利用者の85%以上が利用している¹⁾。ETC搭載車が高速道路を利用すると、料金収受に必要な入出IC、利用開始、利用終了時間、車種等がETCデータとして時々刻々記録、蓄積されている。ETCデータはODがIC間と限定されるが大量のデータが詳細かつ、個人レベルで継続的に得ることが可能である。更にデータは自動的に蓄積し、将来的にはリアルタイムでの活用が可能と考えられる。このデータを適切に活用することで、短期的な需要構造、需要変動を考慮して、路線ごとの需要管理等が可能になる。しかしETCデータは「行動目的」、「個人属性」、「真のOD」等が欠落しているため、一般的なトリップベースの交通分析には適さないことが問題である。そこで、本研究ではETCデータを用いて利用パターンを抽出し、利用目的、利用傾向の推定を行い、そこから需要構造の解析を行うことを目的とする。特に今回は起終点が同地域であり、それゆえ相互に補完作用のある中央道、東名の2大路線の需要構造に着目し、その相違について検証した。

2. データ概要

本研究で用いるデータは、図-1に示すような山梨県周辺的高速道路を利用した、ETC搭載車の平成18年度一年間の利用データである。具体的には中央道本線（高井戸IC～諏訪IC）、中央道富士吉田線（都留IC、河口湖IC）、中部横断道（白根IC～増穂IC）、圏央道（八王子西IC～桶川北本IC）、東富士五湖道路（河口湖IC～須走IC）、東名高速（東京IC～清水IC）を出入している車両のETCデータである。また、平成18年度3月時におけるETC利用台数520万台、利用率は66%となっており、平成18年度一年間で利用台数は80万台、利用率は7.4%増加している。近年はETC車を対象とした様々な割引が導入され、複雑な料金収受体系となっている。しかし、平成18年度においては深夜割引、通勤割引、早朝夜間割引等の比較的明解な割引制度のみであり、現在に比べ料金体系は安定していたと言える。そこで料金体系が安定している本年度のデータを用いることで、今後、複数年データによる料金体系の改定、ETC利用率の増加に伴う需要構造の変化が分析可能であると考えられる。よって本研究では今後の研究の足がかりとして平成18年度一年分のデータを使用した。



図ー1 対象ネットワーク

全データ数は約1億7000万件となっている。ETCデータからは車種として普通車、大型車、特大車、中型車、軽自動車等が判別可能である。その内、大型車、特大車、中型車は利用傾向を推定せずともその用途からそのほとんどが業務目的であることが明らかである。それに対し、普通車、軽自動車等は個人毎に利用傾向は様々であり、またその個人も季節、曜日、時間帯等によって利用目的は変化する。そこで利用傾向を推定する上で分析データを全データの約70%に当たる1億2000万件の普通車、軽自動車等に絞り、個人毎の利用傾向の推定を行う。

3. 個人の利用特性パターン

(1)分類の考え方

利用傾向のパターン抽出には非階層クラスタリングである*k-means*法を用いる。パターン抽出の指標になるのは個人毎の各断面での利用回数である。ETCデータから得られる個人の利用指標としては表ー1に示すようなものが挙げられる。

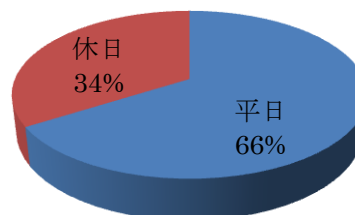
表ー1 個人の利用指標

指標	指標の概要
累計利用回数	今までの全高速道路利用回数
年間利用回数	年間を通じての対象区間の高速道路の利用回数
休平日別利用回数	祝日を含めた休日、それ以外の平日のそれぞれの利用回数
曜日別利用回数	日曜～土曜のそれぞれの利用回数
時間帯別利用回数	4つに分類した各時間帯の利用回数（表ー2参照）
路線別利用回数	東名、中央道等の各路線別の利用回数
区間別利用回数	ある特定の区間の利用回数
IC利用回数	IC毎の利用回数
OD別利用回数	OD毎の利用回数
季節別利用回数	四季、夏季休業、GW等、季節毎の利用回数

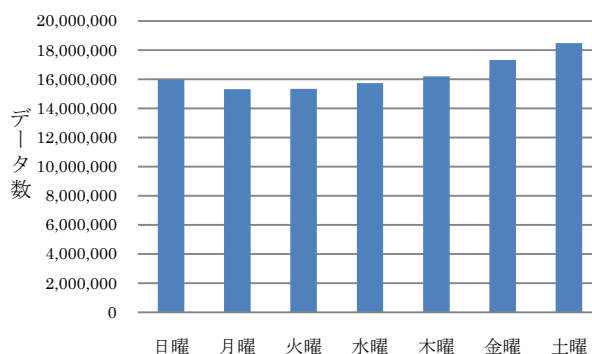
これらは個人の利用によって生成されるもので、これらを統合して用いることで年間を通した利用パターンの指標として活用が可能であると考えられる。また利用パターンは利用目的によって生成されると考えられるため、これらのパターンは利用目的と深く関係している。この無限に存在する利用パターンをベースに高速道路の需要変動を分析していく。今回は上記の中から「年間利用回数」「休平日別利用回数」「曜日別利用回数」「時間帯別利用回数」「路線別利用回数」を指標として用い、*k-means*法によって個人を利用傾向毎にパターンを抽出していく。パターン抽出に際し、用いる指標を変化させ、その中で利用傾向が最も明確に表れたものを、個人を利用傾向毎に分類したクラス番号として採用した。

(2)データの基礎的特性

利用特性パターンの抽出を行う前に、用いる指標毎の集計を行う。図ー2、図ー3はデータの休平日の割合、曜日別のデータ数を示したものになっている。休平日割合は平日が66%、休日が34%となっている。全体の曜日別データ数は土曜にピークで、週末に向けてデータ数は増加しているが、これは特に路線によって大きく異なる。



図ー2 休平日割合



図ー3 曜日別データ数

図ー4は路線別のデータ数の内わけを示したものである。東名高速41%、中央自動車道30%、関越自動車道18%となっており、3路線で90%を占めている。路線別利用回数を指標として用いることで、路線の特徴から利用傾向を把握するだけでなく、ある程度の居住範囲も特定

することができると考えられる。

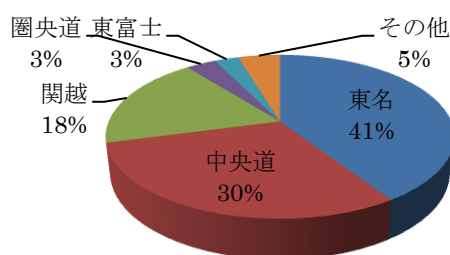


図-4 路線別データ割合

図-5は時間別のデータ数を示したものである。午前中と午後にそれぞれピークがあり、日中に減少し、深夜早朝は更に減少する分布となっている。しかしこれは各路線毎上下線で大きく異なる分布となっている。また指標として時間毎の利用回数を用いる上で、傾向を把握しやすいように24時間を表-2のように4つの時間帯に分割した。

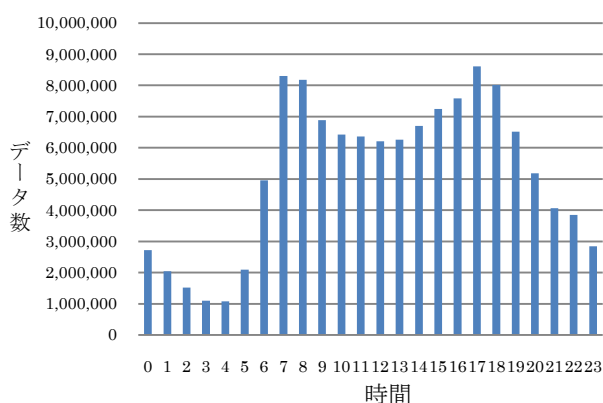


図-5 時間別データ数

表-2 時間の分割

時間帯	時間	時間帯の特徴
深夜早朝	21~23, 0~4時	活動者の減少に伴い、高速道路利用も減少
出勤出発	5~8時	平日であれば出勤時間、休日であれば観光、行楽等への出発時間に当たる
昼間	9~16時	目的地に到着している車両が多く、高速道路の利用は落ち着く
帰宅	17~20時	平休日共に帰宅ラッシュの時間に当たる

4つの時間帯にはそれぞれ表-2で示すような特徴が存在するため、この4つの時間帯毎の利用回数を抽出することで時間別の指標をより利用傾向を把握しやすい形で用いることができる。

(3)k-means法による分類

個人毎の利用指標を設けたID別データから、*k-means*法を用いて利用パターンを抽出していく。高速道路の利用目的にはそれぞれ利用の仕方の特徴が存在すると考えられる。例えば通勤目的であれば平日の出勤、帰宅時間帯に高頻度の利用が観測される。また観光目的であれば休日に観光地周辺路線の利用が観測される。この様な利用の特徴を分類結果から読み取り、各クラスタの利用目的、利用傾向を把握していく。また、指標である利用回数によっては分散が大きいものがあり、分類がその影響だけを受けないように各変数の値を平均0、標準偏差1とする標準化指数を用いた。

非階層のクラスタリングはあらかじめ分析者がそのクラスタ数を決定する必要がある。しかし利用者、利用目的が多岐に亘る高速道路利用者のクラスタ数をあらかじめ決定して分析を行うことは危険であると考え、今回は分析を繰り返す中でクラスタの特徴、ケース数等を考慮して決定していった。

a)路線ありクラスタリング

図-6はクラスタ数を休平日別利用割合、曜日別利用割合、時間帯別利用割合に加え、東名、中央道、東富士五湖道路の利用割合を変数として用いて分析を行った結果である。路線を変数として用いることで、東富士五湖道路に代表されるような、路線の特性から「観光」という利用目的を推測できることに加え、個人のある程度の居住範囲も推測可能であると考えられる。図-6の横軸が分類に用いた変数、縦軸が最終クラスタ中心となっており、横軸のZ得点とは上記の標準化指数であることを意味している。最終クラスタ中心の値からクラスタ1, 2は共に東富士五湖道路を中心に利用するクラスタであるが、クラスタ1は平日、クラスタ2は休日に東富士五湖道路を中心にそれぞれ利用している。そのためクラスタ2は典型的な観光目的のクラスタと言える。クラスタ3は平日利用傾向以外顕著な特徴は見えてこない。クラスタ4は休日に東名を利用するクラスタであるため、東名沿いの観光地への観光クラスタと言える。クラスタ5は休日に中央道を利用するクラスタであるため、こちらも中央道沿いの観光地への観光クラスタと言える。各クラスタともに休平日、曜日、路線の特徴は顕著に表れているが、時間帯の傾向が明確でない。そのため、平日の出勤、帰宅時間帯に利用が観測され、利用目的の核となる通勤目的のクラスタの抽出が行えていない。設定クラスタ数を増減し、通勤クラスタの抽出を図ったが、全体的に路線の影響を大きく受ける結果となり、望ましい結果を得ることは出来なかった。そこで、指標から路線利用回数を除去し、再度分析を行った。

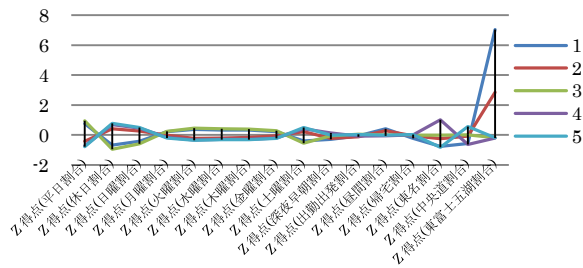


図-6 最終クラスタ中心（路線あり）

b) 路線なしクラスターリング

図-7はクラスタ数を5に設定し、路線利用回数を除いた年間利用回数、休平日別利用回数、曜日別利用回数、時間帯別利用回数を用いて分析を行った結果である。図-6同様、横軸が分類に用いた変数、縦軸が最終クラスタ中心、Z得点は標準化指数であることを意味している。図-7から各クラスタの特徴を把握していくと、クラスタ1は利用回数は多くなく、休日利用傾向があるため通常の観光クラスタであると言える。クラスタ2は平日、出勤出発時間帯、帰宅時間帯のクラスタ中心の値が大きくなっており、典型的な通勤利用者のクラスタであると言える。クラスタ3はクラスタ2同様平日に特化したクラスタであるが、利用時間帯が昼間時間帯であることがクラスタ2と異なる点である。よって営業等の業務目的の利用であると推察される。クラスタ4は金曜、土曜に深夜早朝時間帯に特化したクラスタであり、連休前日の深夜、連休初日の早朝から移動を開始する、クラスタ1とは利用傾向の異なる観光クラスタであると言える。分類した利用者の大部分を占めるクラスタ5は年数回の利用者であり、明確な利用傾向の推定が困難なクラスタである。路線ありの分類に比べ、通常の観光クラスタの特徴があまり顕著でないが、各指標の影響を適切に受け、抽出できなかった通勤クラスタと深夜早朝に移動を行う観光クラスタを抽出することができている。よって以下のクラスタによる需要構造の解析には路線なしの分類結果を用いることとする。

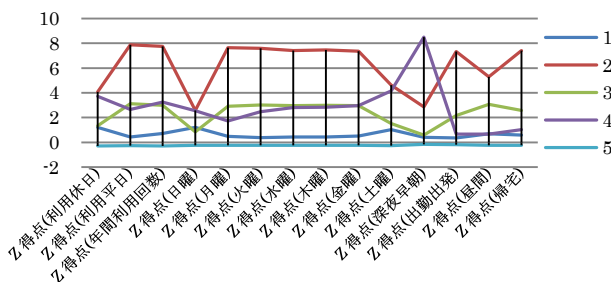


図-7 最終クラスタ中心（路線なし）

以上のクラスタの特徴と割合を表-3に示す。

表-3 クラスタの特徴と占有率

クラス	ID占有率 (%)	データ占有率 (%)	年間利用回数	休平日	曜日	時間帯
1	12	31	低頻度	休日	どちらかというと休日	どちらかというと昼間
2	1	14	高頻度	平日	平日コンスタント	出勤出発/帰宅
3	3	20	中頻度	平日	平日コンスタント	昼間
4	1	6	中頻度	休日	週末に向けて利用増加	深夜早朝
5	83	29	数回	傾向なし	傾向なし	傾向なし

4. 中央道、東名の需要構造の比較

k-meansにより分類され、個人の利用傾向を示すクラスタ番号をETCデータに反映させる。そして、そのクラスタの構成比を中央道、東名で比較、検証していく。図-8、図-9は祝日等を含まない4/3から一週間の中央道、東名全交通量の一時間毎の構成比を示したものである。交通量として東名は中央道の約1.5倍の交通量が観測される。特徴として東名は中央道に比べ、交通集中時において急激に交通量が増加する傾向があり、中央道は休日、東名は平日の方がそれぞれ交通量が増加していることが挙げられる。構成比を見ていくと、平日において通勤、業務クラスタであるクラスタ2、3、休日に観光クラスタであるクラスタ1が増加する傾向が双方に見て取れる。また双方の特に休日に多く存在している利用傾向のないクラスタ5は、利用回数が少なく、休日に多く存在していることから観光での利用であると推察される。しかし利用パターン抽出時に年間利用回数を指標として用いているため、顕著な特徴として分類出来ていない。図-8、図-9の比較から路線全体というマクロ的な視点から見ると、中央道、東名の双方の需要構造にはそれほど差がないことがわかる。そこで各路線の中から利用傾向が特徴的であるOD間のミクロな交通量に着目し、利用パターン抽出の妥当性も含め、検証していく。

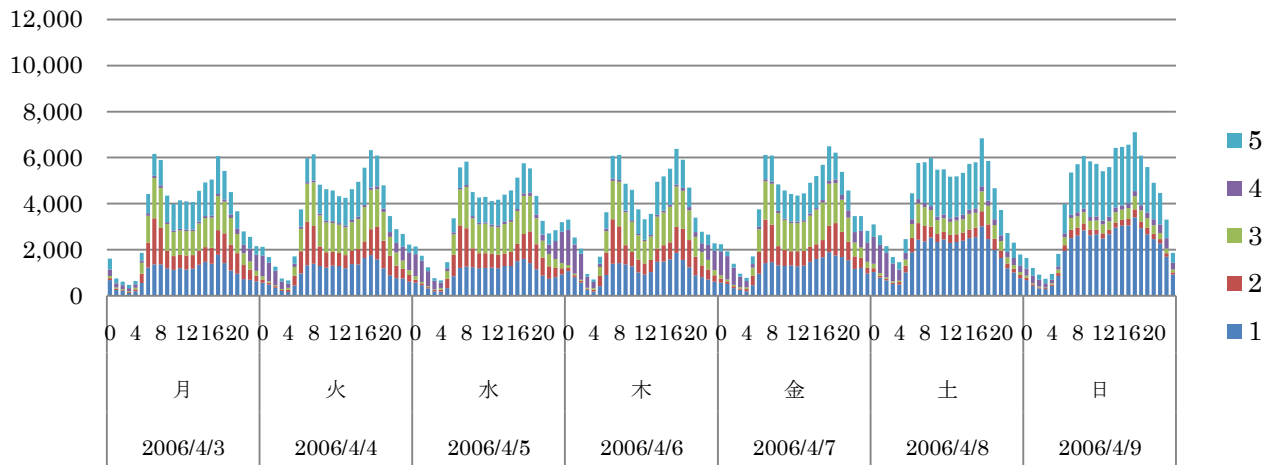


図-8 中央道構成比

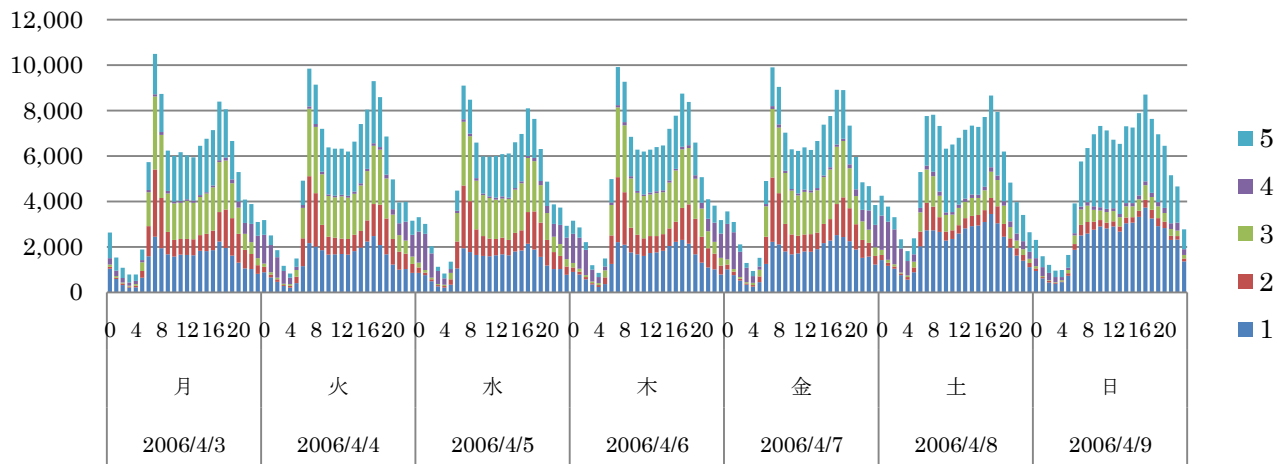


図-9 東名構成比

特徴的なODとして、中央道は東京エリアから富士五湖エリアに向かう八王子IC→河口湖IC、東名は神奈川県のはぼ中央に位置し、交通の集中する厚木エリアから東京エリアに向かう、厚木IC→東京ICをそれぞれ選択した。八王子IC→河口湖IC間は東京エリアから中央道本線、富士吉田線を経由し、山梨県有数の観光地である富士五湖エリアにアクセスする区間であるため、東京エリアからの観光客に利用されと考えられる。厚木IC→東京IC間は厚木ICが日本一の物流ICとして、厚木市エリアが東京、横浜の衛星都市としてそれぞれ機能しているため、同区間は観光目的の利用は少なく、通勤、業務目的の利用が多いと推測される。この利用傾向がある程度推測可能な両区間の需要構造を改めて本分析手法によって解析して

いく。

図-10、図-11は祝日等を含まない4/3から一週間の各OD間の一時間毎の構成比を示したものである。交通量としては差は約3倍、厚木IC→東京ICの交通量は中央道のそれに比べて休平日の差がないのが特徴である。またその構成比を見ていくと、平日において厚木IC→東京ICの通勤、業務目的と考えられるクラス2、3の占有率が大きくなっている。また深夜早朝の利用傾向であるクラス4も東名に多く存在している。それに対し八王子IC→河口湖ICの休日には観光目的と推定されるクラス1の存在が出勤出発時間を中心に存在している。それに加え、高速道路を常用しない利用者であるクラス5も休日において多く存在している。

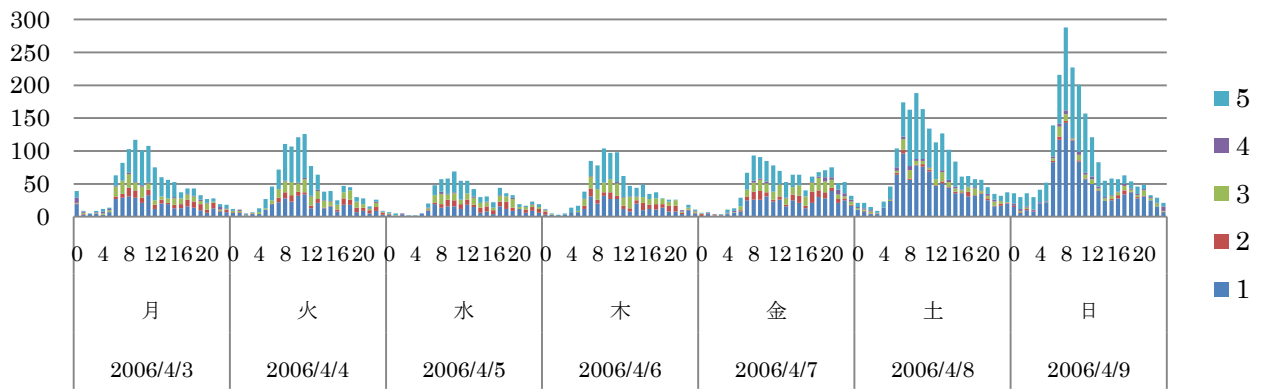


図-10 八王子IC→河口湖IC構成比 (4/3~4/9)

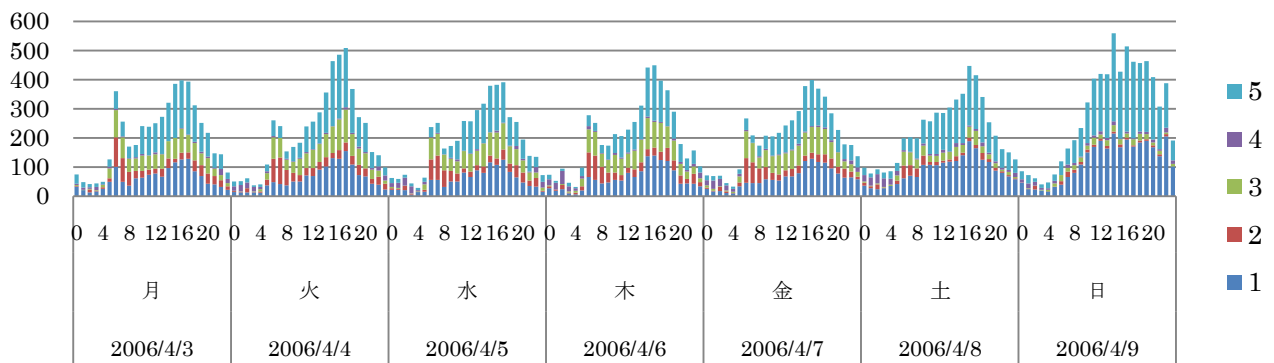


図-11 厚木IC→東京IC構成比 (4/3~4/9)

図-12、図-13は例年交通量が増大する5月のGWを含む5/1から一週間の各OD間の一時間毎の構成比を示したものである。平成18年度は5/3~5/5が祝日のため休日となり、土日を含み5連休となっている。祝日である5/3~5/5は図-11の厚木IC→東京IC間ように本来であれば通勤、業務目的のクラスターが多く存在する。しかし、図-12のように休日となるとこの2つのクラスターは減少し、代わりに年数回の利用者で構成されるクラスター5が増大する。

八王子IC→河口湖IC間もほぼ観光目的の利用者と年数回の利用者で構成されていることが分かる。更に年数回の利用者で構成されるクラスター5が各日の出勤出発のピーク時に集中するのに対し、クラスター5に比べ、年間の利用回数が多いクラスター1が本来交通量が減少する5/2の深夜帯に存在していることも確認できる。これは交通集中時間帯を避けての利用であると考えられる。

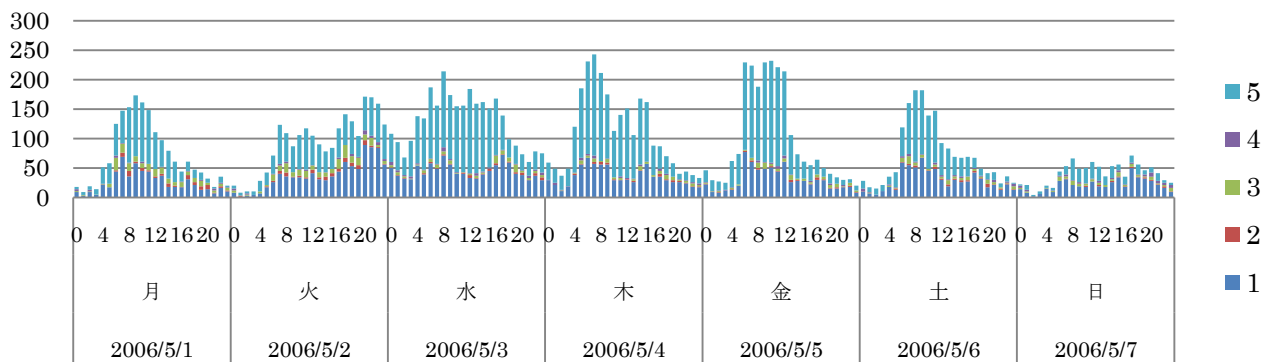


図-12 八王子IC→河口湖IC構成比 (5/1~5/7)

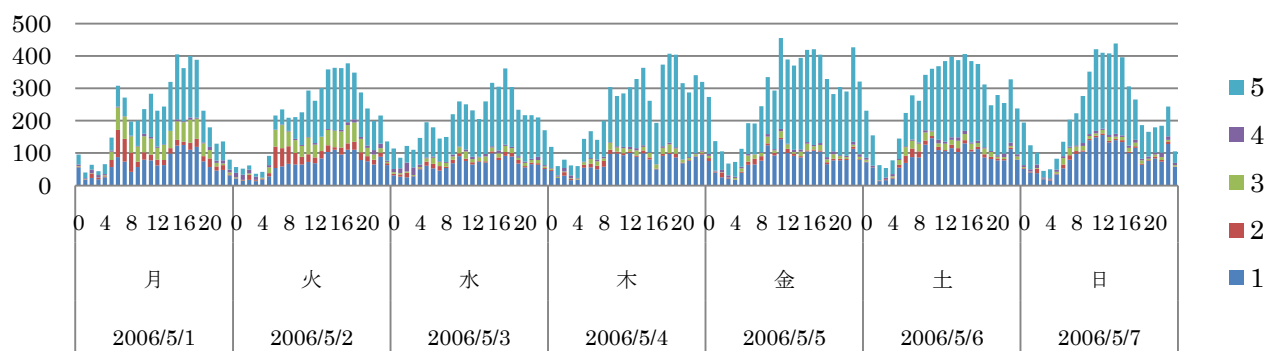


図-13 厚木IC→東京IC構成比 (5/1~5/7)

5. おわりに

本研究では蓄積された一年分の高速道路利用データをIDベースのデータに変換し、非階層クラスタリング*k-means*法を用いて利用パターンの抽出を行った。分類したクラスタ番号をETCデータに反映することによって中央道、東名の交通量、それぞれの特徴的なOD交通量に着目し、その需要構造の比較、また通常時と交通集中時の比較を行った。その結果、中央道における休日の観光、東名における平日の通勤、業務に特化した需要構造を抽出することができた。また通常時と交通集中時の比較から、交通が集中するGW等、更には交通集中時間帯の交通量増加は、高速道路の利用頻度が低い利用者の増加によるものであり、それ以外の利用者はピーク時間帯を避けている可能性も観測することができた。

今後の課題としては*k-means*法による利用パターン抽出精度の向上が挙げられる。変数として今回用いていないIC毎、季節毎等の新たな指標を用いることで、より的確で詳細な利用パターンの抽出を行うことができると考える。更に今回は平成18年度一年分のデータのみを用いたが、複数年データを用いることによって、より多くの個人の利用が観測され、精度の高い利用傾向の把握が行える。またここ数年の高速道路を取り巻く環境の変化に伴う交通量の増加においても、どのような需要が増加しているのか、時系列的な需要構造の変化も明らかにすることが可能であると考ええる。需要構造の分析データの選択においては、今回は周辺の地域環境から、ある程度需要構造が想定されるODデータを選択した。今後、分析精度の向上に伴い、需要構造が明確でない路線またはODの需要構造を本分析手法を用いて解明していくことが大きな課題と言える。

謝辞: 本研究は、株式会社高速道路総合技術研究所との共同研究の一環として実施したものである。NEXCO及

び高速道路総合技術研究所には、所要時間に関する貴重なデータ提供と共に有意義なコメントを頂いた。この場を借りてお礼の言葉を申し上げたい。

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ
<http://www.mlit.go.jp/road/yuryo/riyou.pdf>
- 2) 土屋香織, 佐々木邦明: ETCデータを活用した高速道路の需要マネジメントに関する研究—SAPAでの休憩行動とマクロ的需要予測—, 山梨大学大学院医学工学総合教育部自然機能開発工学専攻修士論文, 2009
- 3) 土屋香織, 中沢航太, 佐々木邦明: ベイズ型時系列モデルを用いた高速道路利用者の解析, 山梨大学, 第41回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2010
- 4) 中沢航太, 佐々木邦明: ETCデータを用いた個人の利用傾向の分類とその需要予測への適用可能性の検討, 第37回土木学会関東支部技術研究発表会, CD-ROM, 2010
- 5) 田中厚, 森地茂, 日比野直彦: 都市高速道路におけるETC-ODデータの経路交通量推計への適用に関する研究, 第29回交通工学研究発表会論文集, No.63, 249-252, 2009
- 6) 中山栄作, 宇野伸宏, 倉内文孝, 大藤武彦: 交通流シミュレーションにおけるETC統計データに基づくOD交通量の適用評価, 第29回交通工学研究発表会論文集, No.64, 253-256, 2009
- 7) 山崎浩気, 宇野伸宏, 倉内文孝, 塩見康博, 嶋本寛: 経時的交通行動把握のためのETCデータ活用法とその課題, 第43回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2011

(2011.8.5 受付)