

研究の背景

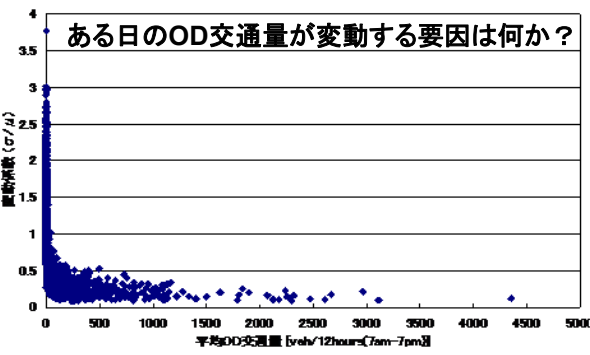
現在、首都高速道路では約80%の利用者がETCを利用している。その記録を集計することにより、OD交通量をETC-ODデータから計測することが可能である。それは、これまで知る事が困難であったOD交通量の変動特性の分析が可能であることを意味する。OD交通量変動を考慮した交通計画・運用策の立案・評価の必要性は高まっており、またそこから得られる知見は、将来のOD交通量を予測する上でも有用な知見とすることが考えられる。

目的

本研究では、ETC-ODデータから得られるOD交通量データを利用して、将来OD交通量予測モデルの構築し、例えば、リアルタイムシミュレーションでの交通流予測時における交通状況を加味したOD表を提供すること等を目的とする。
尚、本研究は、首都高速道路(株)が推進する「新しいリアルタイムネットワークシミュレーション研究WG」での検討の一環として実施されているものである。

方法

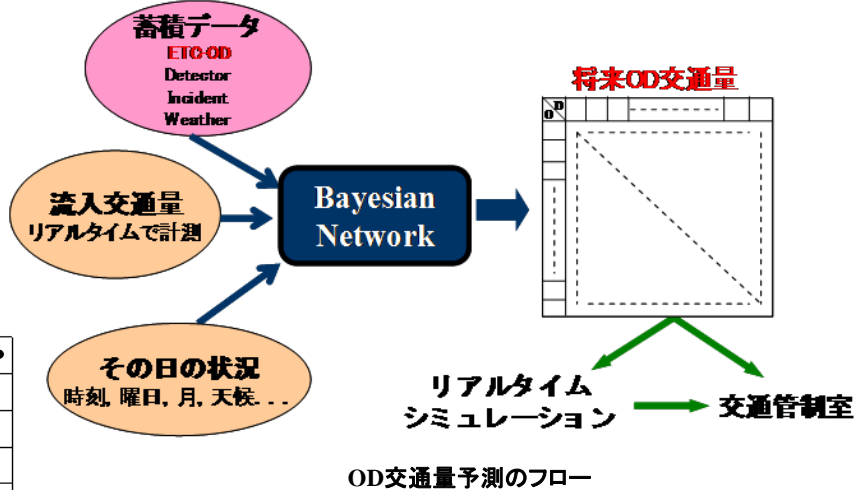
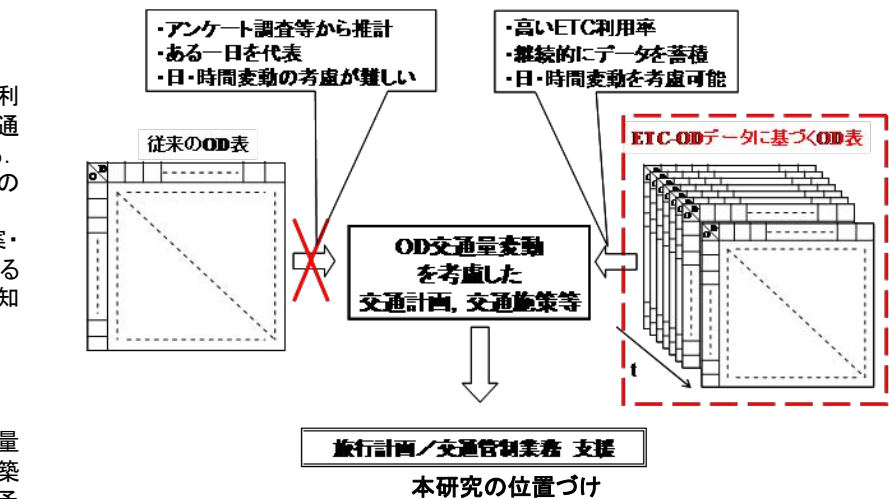
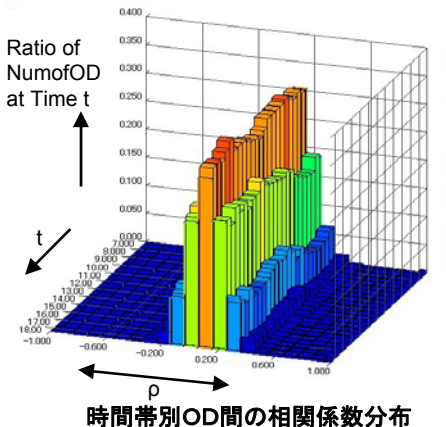
研究課題1: OD交通量日変動分析



12時間平均OD交通量と変動係数の関係

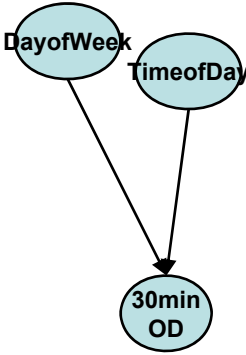
研究課題2: OD交通量時空間相関分析

前後の時間帯や他のODと相関があるか?
事故や突発事象が発生した時の変化は?



研究課題3: OD交通量推計手法

研究課題1, 2で抽出されたOD交通量に影響を与える要因ならびに因果関係の知識を基に、ベイジアンネットワークの構築を行う。
ベイジアンネットワークとは、複数の確率変数間の定性的な因果関係をグラフ構造によって表し、個々の変数間の定量的な関係を条件付確率で表す確率モデルである。



Time of Day	7am							
Day of Week	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday	Holiday
L	0.026	0.024	0.024	0.029	0.025	0.026	0.029	0.035
e	0.026	0.024	0.049	0.029	0.025	0.051	0.057	0.035
v	0.026	0.048	0.024	0.029	0.025	0.026	0.171	0.035
e	0.026	0.048	0.024	0.029	0.025	0.051	0.229	0.103
i	0.026	0.024	0.024	0.029	0.025	0.077	0.057	0.035
l	0.026	0.048	0.049	0.029	0.025	0.154	0.029	0.035
o	0.026	0.024	0.024	0.057	0.025	0.077	0.057	0.035
f	0.051	0.071	0.024	0.029	0.025	0.180	0.029	0.138
u	0.026	0.024	0.024	0.029	0.025	0.051	0.029	0.035
m	0.026	0.024	0.024	0.029	0.025	0.051	0.029	0.035
3	0.026	0.024	0.024	0.029	0.050	0.026	0.029	0.035
0	0.051	0.024	0.073	0.057	0.050	0.026	0.029	0.103
e	0.077	0.048	0.098	0.029	0.050	0.026	0.029	0.035
m	0.077	0.048	0.073	0.029	0.050	0.026	0.029	0.035
i	0.128	0.095	0.073	0.057	0.025	0.026	0.029	0.103
n	0.103	0.048	0.049	0.057	0.100	0.026	0.029	0.035
0	0.077	0.095	0.073	0.171	0.075	0.026	0.029	0.035
0	0.051	0.071	0.122	0.086	0.100	0.026	0.029	0.035
0	0.051	0.048	0.049	0.029	0.150	0.026	0.029	0.035
0	0.077	0.143	0.073	0.114	0.100	0.026	0.029	0.035

ベイジアンネットワークと条件付確率表(午前7時)の例

キーワード: 日変動要因, 分散分析, 多重比較

研究の背景・目的

首都高速道路上のOD交通量は日々変動しており、その要因について考察することは将来OD交通量予測だけでなく、交通計画や交通制御を考える際に、最も基礎的で重要な資料の一つとなる。そこで本研究では、日々のOD交通量の変動に大きく影響を与える要因が何なのかについて考察を行う。尚、本研究は、首都高速道路(株)が推進する「新しいリアルタイムネットワークシミュレーション研究WG」での検討の一環として実施されているものである。

OD交通量の変動特性とODのグループ分け

本研究では、日変動要因分析と時間帯別曜日変動分析を行った。日変動要因分析では12時間(7:00am-7pm)OD交通量データを、時間帯別曜日変動分析では1時間交通量を用いた。

右図は平日12時間平均交通量と変動係数の関係と累積ODペア数の関係である。図より、平均OD交通量が高い水準でも、その平均値に対して10%程度変動していることが分かる。また、以降の分析結果をODの特徴により考察するため、平日12時間交通量のレベルによって、次のように分類した。

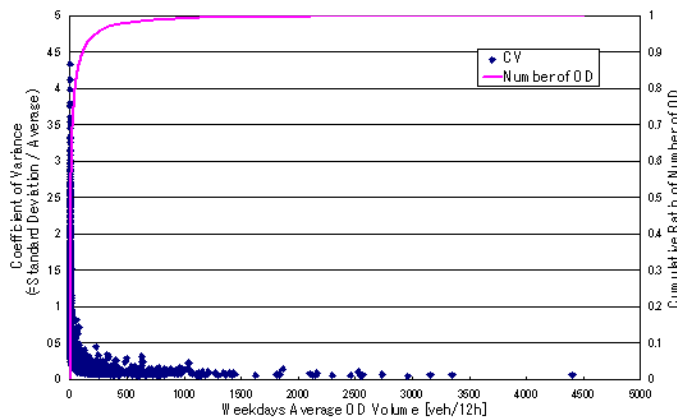
- 交通量小: Ave < 50 [veh/12hours] → 5532 [OD Pairs]
- 交通量中: 50 ≤ Ave < 500 [veh/12hours] → 1077 [OD Pairs]
- 交通量大: 500 ≤ Ave [veh/12hours] → 120 [OD Pairs]

日変動要因分析

日変動の要因は、分散分析により明らかにする。抽出した要因は、

「曜日」、「日首都高流入台数」、「日渋滞量」、「季節」、「日降水量」、「日事故件数」

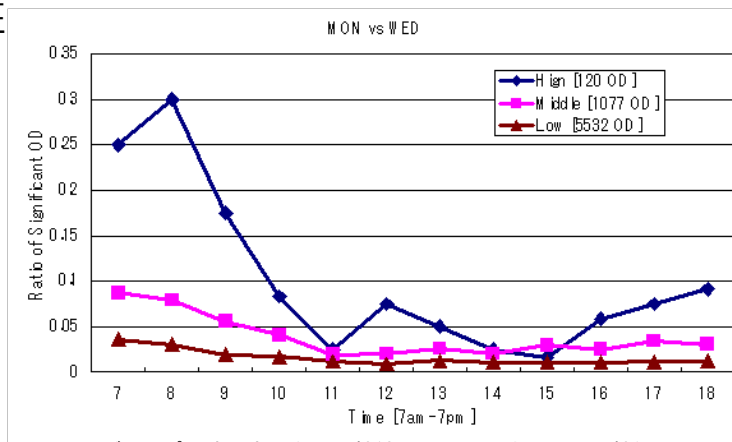
- で、ある日を代表する指標である。結果より、
- 平日間、休日間で多くのOD交通量に有意な差が認められる。
- 季節、降水量、事故件数は日交通量に対して有意な差が認められなかった。
- 平日間の違いを見るため多重比較を行った。その結果、金曜日は他の曜日に比べてOD交通量の分布が異なる傾向にあることが分かった。



▲平均OD交通量と変動係数/累積ODペア数の関係▲

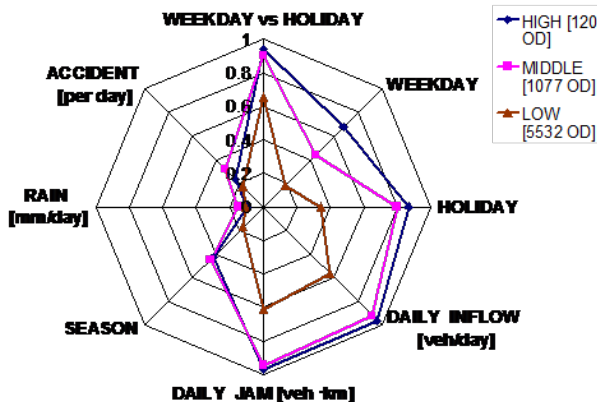
時間帯別曜日変動分析

日変動要因分析により、いくつかのOD交通量は、「曜日」により変動することが明らかになった。一方で曜日という要因は、その日の時刻によってOD交通量へ与える影響が異なる可能性がある。例えば、休み明けである月曜日の朝のOD交通量の傾向は、火曜日の朝のそれとは異なる。などと推察できる。そこでここでは、時間帯別(1時間刻み)の多重比較により、各時間帯において、曜日間に有意差があるかどうかを分析した。



▼グループ別時間帯別多重比較結果(月曜日と水曜日の比較例)▼

その結果、月曜日について、時間帯によっては他の曜日とOD交通量との有意な差があることが分かった。具体的には、月曜日と水曜日を比較した場合、日変動要因分析では、交通量大のグループの内約14%が有意差が認められたのに対して、時間帯別に見ると、午前8時には約30%のODに各曜日間で有意差が見られた。この傾向は、月曜日と火曜日を比べた際にも見られ、いくつかのODにおいて月曜日は、時間帯によって他の曜日のOD交通量分布と異なる傾向にあると言える。



▲グループ別分散分析結果▲

(各要因で有意差があったODの割合)

▼グループ別平日間多重比較結果▼

(曜日間で有意差があったODの割合、赤枠は有意差が顕著な曜日の組合せ)

	MON vs TUE	MON vs WED	MON vs THR	MON vs FRI	TUE vs WED	TUE vs THR	TUE vs FRI	WED vs THR	WED vs FRI	THR vs FRI
HIGH	0.10	0.14	0.23	0.59	0.04	0.06	0.43	0.03	0.35	0.13
MIDDLE	0.03	0.07	0.10	0.31	0.03	0.03	0.21	0.03	0.24	0.08
LOW	0.03	0.00	0.03	0.08	0.02	0.01	0.04	0.02	0.05	0.03

研究の背景

これまで、OD交通量の推計に関する研究は多岐に渡って行われてきた。そして、首都高速道路においては、ある日に全入口でアンケートを配布し、その回答結果に基づき、OD交通量データの作成を行っている。しかしながら、このOD表では、ある平均的な1日を代表する資料であり、近年ITSの進展によって議論される、リアルタイムでの交通制御を検討する場合には、その情報は、質・量ともに不十分であると言える。

一方で、首都高速道路のETC による料金支払いをする利用者は約80%に達している。その料金収受記録を集計することにより、首都高速道路内の時間帯別OD交通量も計測することが可能である。これは膨大なOD交通量の蓄積データを得ることを意味し、その過去の傾向に基づいて、将来のOD交通量を推計することが可能となる。すなわち、これは、今後のリアルタイムでの交通制御等を検討する際に重要な役割を果たすことが可能である。

目的

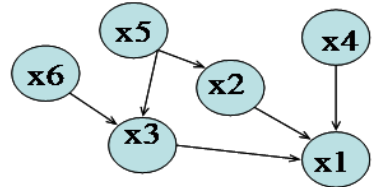
本研究では、ベイジアンネットワークを用いた将来OD交通量の推計手法を提案する。具体的には、これまで行ってきたOD交通量の分析から得られた変動要因を説明変数とし、ETC-ODデータの蓄積データに基づいてベイジアンネットワークを構築することで、短期的に将来OD交通量の予測を行うものである。尚、本研究は、首都高速道路(株)が推進する「新しいリアルタイムネットワークシミュレーション研究WG」での検討の一環として実施されているものである。

ベイジアンネットワーク

ベイジアンネットワークとは、複数の確率変数間の定性的な因果関係を下図のような非巡回な有向グラフ構造によって表し、個々の変数間の定量的な関係を条件付確率で表す確率モデルである。このモデルを使う利点としては一般に以下のようなことが挙げられる。

1. グラフ構造により確率変数間の関係が分かりやすい

これまでにニューラルネットワークなどのデータマイニング技術が発展し、精度の高いアウトプットを出しているものの、そのモデルの構造が不明確であり、アウトプットに対してインプット間の因果関係を把握することが難しかった。



CPT of $P(x1 | x2, x3, x4)$

		x2		x3		x4		x1	
		0	1	0	1	0	1	1	1
x1	0	0.2	0.3	0.1	0.15	0.6	0.65	0.7	0.8
	1	0.8	0.7	0.9	0.85	0.4	0.35	0.3	0.2

CPT: Conditional Probability Table

▲ベイジアンネットワークと条件付確率表(CPT)の例▲

2. 有識者・経験者の知識をモデルに容易に導入可能

ベイジアンネットワークを構築する際には、入力するデータによってグラフ構造を学習する方法も確立されている。一方で、分析者が主観的にノード間の関係を構築することも可能であり、柔軟なモデルの構築が可能である。

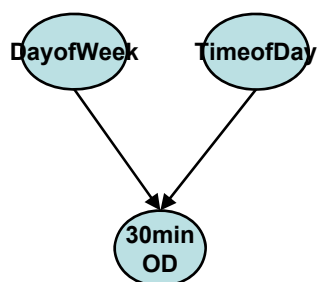
3. データに欠損が生じていても予測可能

完全データの場合は頻度によってその条件付確率を推定することができるが、欠損などがある不完全データの場合でも、事前確率分布を設定し、その分布に基づいて期待値の計算を行うことが可能である(EMアルゴリズム*)。*本村陽一、岩崎弘利:ベイジアンネットワーク技術(2006)、電気代出版局

適用例

ここでは、OD交通量の推計例を示す。対象ODは永福本線料金所から同一路線にある外苑に向かうODを評価する。構築したベイジアンネットワークは、日変動要因分析で明らかになった、曜日と時刻(30分刻み)を要因とするモデルである。推定値は、各OD交通量レベルに対して求められた確率を用いて、ある時刻の期待値を計算した。

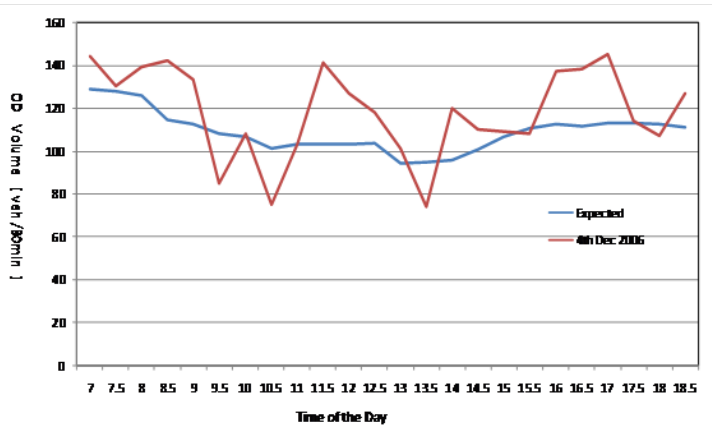
右のグラフより、推定値は実測値の平均的な値を推移していることが分かる。これは、構築したベイジアンネットワークの要因が曜日と時刻のみであり、実測値の日の交通状況を全く考慮していないためである。



▲構築したベイジアンネットワーク▲

よって、今後は、予測時点の直近の交通状況や、混雑度、事故の有無等を要因として取り込み、ある日のある時のOD交通量の推計を行う。

また、今回対象にした30分OD交通量は非常に高い水準の交通量である。実際にほとんどのOD交通量はさらに小さい水準で推移しており、さらに研究を進める際には注意すべき点である。



▲推定値と実測値(2006年12月4日月曜日)の比較
対象OD:永福本線料金所→外苑▲