

高速道路通行止めを発生させる気象条件 に関する基礎的研究

楠 恵輔¹・室町 泰徳²

¹非会員 東京工業大学人間環境システム専攻 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

E-mail: kusunoki.k.aa@m.titech.ac.jp

²正会員 東京工業大学人間環境システム専攻 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

E-mail: ymuro@enveng.titech.ac.jp

本研究では、気候変動問題に対して、温室効果ガス排出の削減を中心とする緩和策と並んで、近年その重要性が高まっている適応策を念頭に、高速道路において通行止めを発生させる気象条件を明らかにすることを目的としている。気象条件が特定されれば、将来にわたる長期的な気候変動により通行止めの発生がどのように変化するかについて検討することが可能となる。

まず、気候変動が交通に与える影響や適応策を対象とした研究例を複数示した。次に、気象の影響を受け通行止めが実施される条件について定量的に明らかにする目的から、通行止めの実施状態を被説明変数とするロジットモデルの推定を行った。その結果、雨、降雪視界不良もしくは路面積雪を原因とする通行止めについて、降水量が増加する、ないしは気温が低下することにより通行止めが発生する確率が高まることが示された。

Key Words : *Climate Change, Adaptation, Road Closure, Expressway*

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネルの報告書¹⁾によると、地球の気候システムの温暖化が進行していることは疑いの余地がない。また、温暖化により海面水位の上昇が起り、陸上の多くで極端な高温の頻度が増加し、極端な降雨がより強く高頻度となる可能性が非常に高いと予測されている。Kimoto et al.²⁾によると、日本付近においては 2100 年までに夏季の降水量が増加し、冬季は北海道を除き減少することが示された。また、無降雨日と 20mm/日以上以上の強雨は増加する一方で 0~20mm の弱雨は減少すると予測されている。このような気候変動により多様な交通システムが影響を受けることが懸念される。しかし、長期的にどのような影響が生じるのかを定量的に検討している研究はほとんど無い。

他方、天候や事故による高速道路の通行止めは、迂回による時間的損失や走行距離の増加による燃料費の増加など多大な経済的損失をもたらす。国土交通省関東地方整備局によると、2008年に首都高速道路5号線が事故により閉鎖された際の1日あたりの経済的損失は3億円にもなると推定されている³⁾。

本研究では、気候変動問題に対して、温室効果ガス排出の削減を中心とする緩和策と並んで、近年その重要性が高まっている適応策を念頭に、高速道路において通行止めを発生させる気象条件を明らかにすることを目的としている。気象条件が特定されれば、将来にわたる長期的な気候変動により通行止めの発生がどのように変化するかについて検討することが可能となる。

2. 既往の研究

Koetse et al.⁴⁾は、交通分野における適応策についてまとめており、その中で緩和策と適応策との関係に関しても触れている。図1は、特定の温室効果ガス(Greenhouse Gas: GHG)レベルに対する適応策レベルと費用との関係を表したものである。縦軸に費用をとった場合、特定のGHGレベルに対して、適応策を実施するのに必要となる費用と残存損害の和が最小となるレベル(図中の(A, B))まで適応策を実施することが望ましい。

図2はGHGレベルと限界費用との関係を表したものである。縦軸は限界費用、横軸はGHGレベルとなっている。緩和策は、GHGレベルを低くとれば限界費用が

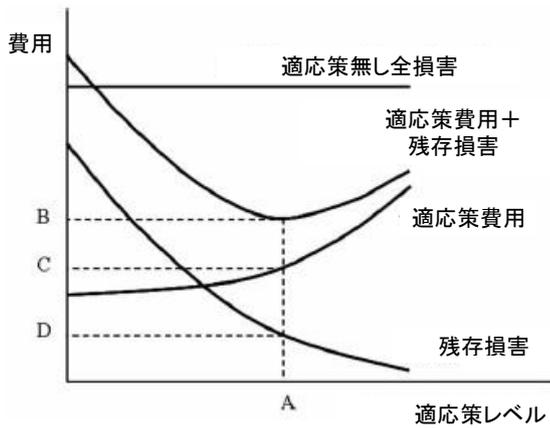


図1 適応策レベルと費用 (特定のGHGレベル)⁴⁾

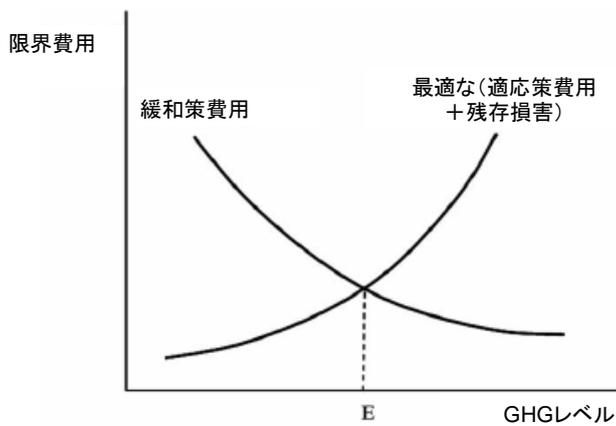


図2 GHGレベルと限界費用⁴⁾

高くなり、GHGレベルを高くすれば限界費用が低くなる、すなわち右肩下がりの曲線となる。最適な(適応策費用+残存損害)は、特定のGHGレベルに基づいて作成された図1を様々なGHGレベルに拡張したものである。GHGレベルを低くすれば限界費用が低くなり、GHGレベルを高くすれば限界費用が高くなる、すなわち右肩上がりの曲線となる。最も効率的な地球温暖化による気候変動対策は、緩和策費用と最適な(適応策費用+残存損害)の限界費用が一致する点(図中のE)で与えられる。すなわちこのGHGレベルに対して緩和策と適応策を組み合わせる実施することが最も効率的ということとなる。

さらに、Koetse et al.⁴⁾は、各施策の特徴についても整理している。緩和策はグローバルな側面を持ち、省エネ技術の模倣に代表されるようにフリーライダー問題が生じる可能性があるが、適応策はローカルに実施される側面があり、国や地域ごとに取り組みられる可能性が高い。また、適応策と緩和策を実施する上では、気候変動自体の不可逆性、および緩和策における技術開発や適応策におけるインフラ整備などの不可逆性という2つの不可逆性を考慮する必要がある。そして、緩和策と適応策のいず

れの実施も、地球温暖化による気候変動という不確実性の高い状況下のリスク問題であり、かつインフラ整備の場合、プロジェクトライフの後に気候変動問題が生じる可能性があるなど投資時期の選択に留意する必要がある。

また、緩和策と比較して、気候変動が交通に与える影響や適応策を対象とした研究は少ないとし、関連する研究をレビューしている。旅客輸送に関しては気温の変化が観光交通に影響を与え、貨物輸送に関しては農産物の世界的な輸送体系に影響を与えているとしているが、いずれにおいても不確実性が高く、定量的には不明な点が多い。交通機関別には、鉄道は、地域やネットワークによって異なるが、降雪や強風の影響を大きく受け、航空は、突風や濃霧の影響を大きく受ける。実際、アメリカにおける航空遅延の70%は天候によるものである。道路交通においては、降雨が最も大きな影響を与える要因であり、降水量と事故の頻度との間には正の関係が存在する、などの知見を整理している。

一方、Maze et al.⁵⁾は、既存の文献や調査の結果を元に、交通需要、安全、交通流と容量の3つの視点に着目して、交通流に対する天候の影響を定量化する研究を行っている。その結果、交通需要と交通安全は冬季の降雪を伴う嵐に大きく影響を受け、それぞれ需要は減少し、交通事故は増加することが明らかとなった。また、交通流や容量については、表1に示す通り、毎時5インチ以上の降雪や視程が0.25マイル以下の濃霧に最も影響される結果となった。調査データに含まれる気象データは、いずれの変数に関しても値の範囲が4クラスの段階にしか分かれておらず、定量的な検討を行う上では十分では無い。これらを改善することでより多くの知見が得られるものと考えられる。

表1 交通流・容量への気象の影響⁵⁾

天候変数	強度	交通容量	速度
雨 (inch/h)	降雨なし(基準)	0%	0%
	0.01以下	-2%	-2%
	0.01~0.25	-7%	-4%
	0.25以上	-14%	-6%
雪 (inch/h)	降雪なし(基準)	0%	0%
	0.05以下	-4%	-4%
	0.06~0.1	-9%	-8%
	0.11~0.5	-11%	-9%
気温 (°C)	10°C以上(基準)	0%	0%
	10~0°C	-1%	-1%
	0~-20°C	-1%	-1%
	-20°C以下	-8%	-2%
風速 (km/h)	16以下(基準)	0%	0%
	16-32	-1%	-1%
	32以上	-1%	-1%
視界不良 (mile)	1以上(基準)	0%	0%
	1~0.51	-10%	-7%
	0.5~0.25	-12%	-7%
	0.25以下	-11%	-12%

3. 分析に用いるデータ

本研究では、道路交通データとして、全国高速道路の通行止めデータ、気象データとして、気象庁のアメダスによる観測値を使用する。

通行止めデータは、高速道路管理会社毎に 2009-2011 年の 3 年分を分析対象としている。図 3 に原因別通行止め事例の集計結果をまとめた。気象を原因とする通行止めは、路面積雪や降雪視界不良によるものが最も多く、次に降雨が続き、降雪が最も影響を与えるとした海外の既存研究の結論に合致した結果となっている。通行止めの全発生件数に対する気象を原因とする発生件数の割合は概ね 30% である。また、通行止めによる道路の閉鎖時間をベースにすると、東日本大震災や海底トンネルのメンテナンスにより長期間の閉鎖も行われていることを考慮した場合、気象による通行止め時間は全通行止め時間の 40% 以上をほぼ毎年度占めており、高速道路にもたらされる影響は他の原因によるものより相対的に大きいと考えられる。

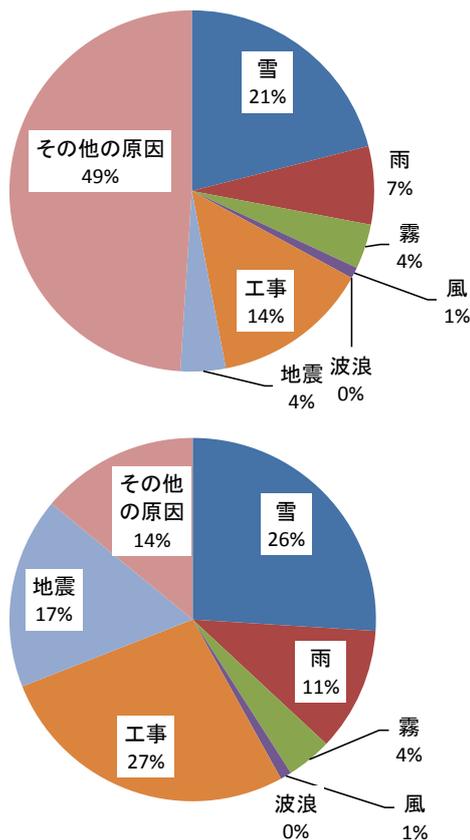


図 3 高速道路通行止め原因割合
(上：発生件数ベース、下：閉鎖時間ベース)

気象データは、全国のアメダス観測地点で記録された 1 時間毎の気象値であり気温、降水量、風向風速から構成される。観測地点は全国に約 1300 箇所存在し、上述の通行止めデータとリンクさせるために、通行止めの発

生地点に最も近い観測地点の値を使用することとした。

4. 通行止めの状態を被説明変数とするロジットモデルの推定結果

気象の影響を受け通行止めが実施される条件について定量的に明らかにする目的から、通行止めの実施状態を被説明変数とするロジットモデルの推定を行った。被説明変数は 2 種類存在し、道路閉鎖開始前後における通行止めの状態を表すダミー変数と道路閉鎖解除前後における同ダミー変数である。説明変数としては、降水量、風速、気温の 3 変数を与えた。通行止めの原因となる気象はサンプル数の多い順に路面積雪、降雪視界不良、雨を選択した。これらのモデルの推定結果を表 2 に表す。

各変数の t 値は路面積雪における風速を除き、有意な値を示している。降水量の増加はいずれの原因に対しても通行止めの発生する確率を高め、逆に減少は通行止め解除の可能性を高める。風速に関しても有意な値ではない路面積雪を除き、その強度は降水量と同様の働きをしている。気温については、低下するほど通行止めの発生する確率を高め、一方で上昇は通行止め解除の可能性を高める。気温が下がるほど積雪になりやすい、雨や風が強くなるほど通行止めが発生しやすい等、一般的な考えと変数の符号条件は合致していると判断できる。以上より各変数は概ね妥当性があると判断してよいが、モデルの妥当性を示す指標である尤度比は約 0.04~0.1 の範囲にある。尤度比は一般的に 0.2 以上ならば妥当なモデルであるといえるが、いずれのモデルもこれを満たしていない。与えた 3 変数以外にも、視程等の気象変数や道路形状や周辺環境等のその他の変数も通行止めの発生に関係しているとみられ、今回はアメダス気象値のみからモデルを構築したために、モデルの説明力が低くなっているものと考えられる。

5. 終わりに

本研究では、気候変動対策としての適応策を念頭に、高速道路通行止めに影響を与える気象条件を明らかにするため、まず、気候変動が交通に与える影響や適応策を対象とした研究例を複数示した。次に、気象の影響を受け通行止めが実施される条件について定量的に明らかにする目的から、通行止めの実施状態を被説明変数とするロジットモデルの推定を行った。その結果、雨、降雪視界不良もしくは路面積雪を原因とする通行止めについて、降水量が増加する、ないしは気温が低下することにより通行止めが発生する確率が高まることが示された。

気候変動が交通部門に与える影響に関する研究はまだ発展途上の分野である。気候変動は地球規模で起きてい

表2 通行止め状態に関するロジットモデルのパラメータ推定結果

	原因		降水量	風速	気温	サンプル数	初期尤度	最終尤度	尤度比
閉鎖開始	雨	係数	0.0788	0.0317	-0.0026	1868	-1294.7989	-1165.0449	0.1002
		t値	13.2890	1.9430	-2.0740				
	降雪視界不良	係数	0.4412	0.0860	-0.0034	2066	-1432.0421	-1375.9618	0.0392
		t値	8.9730	5.3020	-2.2950				
路面積雪	係数	0.4653	0.0120	-0.0108	3320	-2301.2486	-2119.9174	0.0788	
	t値	15.0330	0.8670	-8.7320					
閉鎖解除	雨	係数	-0.1280	-0.0596	0.0020	1848	-1280.9360	-1197.4072	0.0652
		t値	-8.9250	-2.9880	1.5880				
	降雪視界不良	係数	-0.7973	-0.0387	0.0057	2066	-1432.0421	-1337.4516	0.0661
		t値	-11.5620	-2.1330	3.8580				
	路面積雪	係数	-0.5715	0.0059	0.0095	3309	-2293.6240	-2160.9928	0.0578
		t値	-11.5720	0.4130	8.2240				

るが、適応策は地域ごとに検討する必要がある、気候変動が道路交通に与える影響を定量的に分析することには意義があると考えられる。

今後の課題としては、モデルの精度を上昇させることや、地域別に影響を分析することがあげられる。本研究では降雨量データとしてアメダス観測地点のデータを用いたが、今後増加すると予想される局地的で短時間の降雨に対応するため、アメダスによる点データとレーダー観測による面データを合わせることによってより詳細な雨量を反映することが可能となる解析雨量のデータを用いることが考えられる。また、不確実性を多く含む気候変動予測を利用するにあたり、将来の気象条件の適切な設定の仕方についてより深く検討を行う必要がある。

参考文献

1) 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書第1作業部会報告書(自然科学的根拠)、IPCC、

2013

2) Kimoto, et al., Projected Changes in Precipitation Characteristics around Japan under the Global Warming, SOLA, Vol. 1, pp.085-088, 2005
 3) 国土交通省関東地方整備局、記者発表資料、2008
 4) Koetse, et al., The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings, Transportation Research Part D, Vol. 14, Issue 3, pp.205-221, 2009
 5) Maze, et al., Whether weather matters to traffic demand, traffic safety, and traffic flow, "Integration of road weather information with traffic data" Aurora project, 2005

謝辞：本研究を進めるにあたって、各高速道路株式会社から貴重なデータをご提供頂きました。また、本研究は、科研基盤研究(B) (番号25281072) の補助を得ています。ここに謹んで謝意を表します。

0

A PRELIMINARY STUDY ON THE EFFECTS OF WEATHER CONDITIONS ON EXPRESSWAY ROAD CLOSURE

Keisuke KUSUNOKI and Yasunori MUROMACHI

For overcoming climate change problems in transport sector, while the combination of mitigation and adaptation measures might be effective if the measures are implemented simultaneously, past studies mostly focused on mitigation measures and the number of studies on adaptation measures was limited. In this study, after reviewing the past studies, we investigated the weather factors which resulted in road closure of national expressway. Over 40% of time out of total road closure time was found to be weather-related. We also estimated the model which classified road closure and non-closure cases, and estimated parameters for weather conditions were almost found to be significant.