

交通シミュレーションを用いた 降雨浸水時の交通渋滞緩和に関する基礎的分析

松井 佑樹¹・奥嶋 政嗣²・安芸 浩資³・花住 陽一⁴

¹学生会員 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 知的力学システム工学専攻 博士前期課程
(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

²正会員 徳島大学准教授 大学院理工学研究部 (同上)

E-mail:okushima.masashi@tokushima-u.ac.jp

³正会員 ニタコンサルタント株式会社 (〒771-0122 徳島県徳島市川内町鈴江西38-2)

E-mail:akih@nita.co.jp

⁴正会員 ニタコンサルタント株式会社 (同上)

E-mail:hanazumiy@nita.co.jp

近年、短時間で局所的な集中降雨による内水氾濫が観測され、道路冠水による交通遮断が原因となる交通渋滞が発生する事例が増加している。そこで本研究では、降雨浸水による主要幹線道路の交通遮断時における交通渋滞状況に対して、迂回誘導情報提供による走行時間短縮効果を検証することを目的とする。具体的には、地方都市の道路網を対象として、汎用交通流シミュレーションシステムを用いて降雨浸水による主要幹線道路の通行止め規制時の交通渋滞状況を再現するとともに、迂回誘導情報による交通渋滞緩和効果を計測する。その結果として、広域的な迂回誘導情報が交通渋滞緩和に有効であること、および、交通制御よりも迂回誘導情報提供による効率的な交通運用の可能性が示唆された。

Key Words : traffic simulation, traffic congestion, information provision, traffic demand management

1. はじめに

近年、日本各地で都市の下水道計画を越える短時間に局所的な被害をもたらすゲリラ豪雨や台風といった局所的集中豪雨が問題となっている。気候変動の影響などの要因が考えられるが、集中豪雨の発生件数は増加傾向であることは明瞭である。気象庁のアメダス(AMeDAS)が観測した時間雨量50mmを越える集中豪雨の発生頻度は増加している。過去40年間(統計期間1976~2015年)の観測回数を10年単位の平均でみると40年で約1.4倍に増加している。このような集中豪雨により、市街地の道路網では冠水による交通遮断が問題となっている¹⁾。道路冠水による交通遮断に伴って、交通渋滞、迂回車両の錯綜による交通事故リスクの増加といった都市交通機能に甚大な影響を及ぼす事例がみられる。

道路利用者は、急激な降雨浸水時の交通遮断を想定することは困難であり、交通渋滞緩和のためには適切な交通誘導を促す交通管制が重要となる。本研究では、降雨浸水による交通遮断に伴う交通渋滞緩和のための情報提供について、その効果を把握することを目的とする。このため、ネットワーク交通流シミュレーションを適用し、

降雨浸水時の交通状況に対して、情報提供による走行時間短縮を検証する。

具体的には、平成21年の台風9号通過時に、浸水深30cm以上となり道路通行が不能となった箇所が多数観測された昭和地区を含む徳島市中心部を対象地区とする。また、交通状況の推計には、汎用道路交通流シミュレーションシステムAIMSUN²⁾を適用する。

2. 対象道路ネットワークと道路交通需要の設定

ここでは、本研究で対象とする道路ネットワークと道路交通需要の設定について整理する。

(1) 対象道路ネットワークの設定

対象地区内には主要な幹線道路があり、広域的な交通流動の影響が大きい。このため、対象道路網の範囲は、対象地区内に限定せず、徳島広域都市圏全体とした。そこで、GIS道路網データベースより、徳島広域都市圏内における主要幹線道路を抽出した。対象道路ネットワーク全体を図-1に示す。対象地区外については、道路交通

センサス調査のゾーン区分 (Bゾーン) に対応させて、38ゾーンに区分して、各ゾーンにセントロイドを設定している。

一方、対象地区である徳島市中心部は、道路交通センサス調査ゾーンの徳島市1区 (広域ゾーン番号1) および徳島市5区 (広域ゾーン番号5) に対応する。対象地区内では、幹線道路の冠水による迂回交通が通過する街路も含めて道路ネットワークを設定する必要がある。このため、図-2に示すように、対象地区内では道路幅員3.5m以上の街路も含めて道路ネットワークを設定した。また、対象地区内では町丁目を基本として、77ゾーンに区分して、各ゾーンにセントロイドを設定している。この結果として、道路網全体で10,360リンク、2,776ノードで道路ネットワークデータを構成した。

対象地区内の道路リンクについては、現地調査に基づいて、車線数などの道路条件を設定した。速度制限に関しては、GIS道路網データベースの設定値を適用した。一方、交通信号制御に関しては、主要交差点29箇所について信号周期の現地調査を実施して、その結果を反映させた。調査対象外の交差点については、隣接する交差点の信号周期に連動するものとして設定した。

つぎに、降雨浸水時における通行不能区間を検討する。対象地区内において、平成21年台風9号通過時の推定浸水深30cm以上となった区間を図-2に示す。本研究では、これらの道路区間7箇所を交通遮断区間として設定した。高架橋梁である末広大橋を除く対象地区内の主要な幹線道路が浸水により通行不能となる設定としている。さらに、それぞれの交通遮断区間における推定遮断時間により、交通遮断の開始時刻と終了時刻を、表-1のように設定した。平常時において交通遮断区間を通過する車両に関しては、降雨浸水時には交通遮断を回避するためには迂回経路を選択するなどの対応が必要となる。

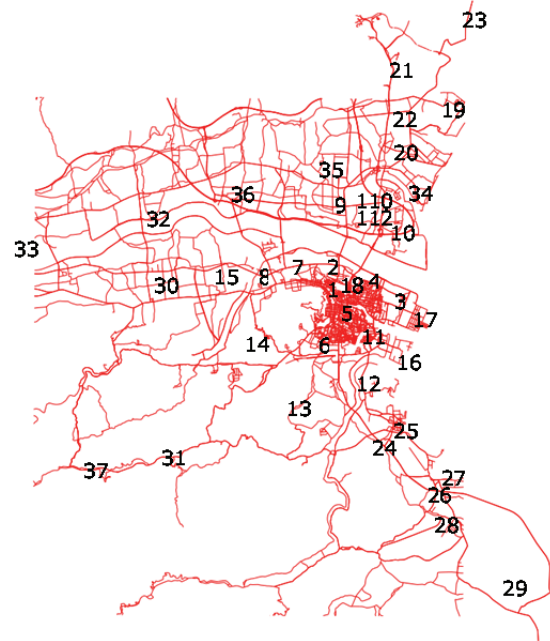


図-1 徳島広域都市圏の道路ネットワーク

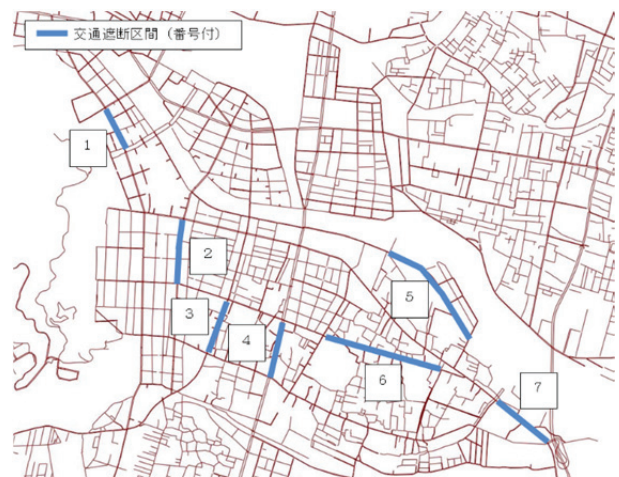


図-2 対象地区内の道路ネットワークと交通遮断区間

(2) 道路交通需要に関する設定

道路交通需要としては、平成22年道路交通センサス起終点調査データから、徳島市関連交通量および通過交通量を抽出した。通過交通量については、対象地区を通過する可能性のあるODペアを網羅的に抽出して、該当するODペアの交通量をすべて対象とした。ここで、交通遮断の影響時間帯を考慮して、対象時間帯は6:00-14:00の8時間とした。その結果、対象時間帯における対象地区関連の道路交通需要は393,443台となった。

つぎに、乗用車、小型貨物、大型貨物、バスの4車種に分類するとともに、車両の発生時刻により15分単位で区分した。対象となる車種別時間帯別発生交通量を図-3に示す。発生交通量は通勤時間帯となる7:00以降に顕著に増加し、7:30および8:00付近にピークとなる。その後減少するものの、一定程度の交通需要が維持されること

表-1 交通遮断地点での遮断時間帯と平常時交通量

遮断区間	開始時刻	終了時刻
1	7:29	10:39
2	8:09	9:49
3	9:05	10:36
4	8:21	10:09
5	8:42	14:00
6	8:56	10:25
7	7:44	9:28

がみてとれる。

対象地区の内々交通量および関連交通量については、町丁目を基本とした77ゾーンに対して、平成17年度国勢調査の居住人口に応じて分配した。

(3) 平常時の交通シミュレーションに関する設定

交通シミュレーションにおける運転者の経路選択については、旅行時間を基準とした多項ロジットモデルによる確率的経路探索とした。ここで経路選択モデルにおける分散パラメータの設定は、道路交通センサスの観測交通量と平常時の交通シミュレーションによる交通量推計値のRMSEが最小となる0.41とした。

本研究の交通シミュレーションでは、以下の4種類の仮定に基づいて交通状況を推計する。1) 降雨浸水箇所以外の道路・橋梁の遮断、および交通事故は一切発生しない。2) いずれの交通状況下でも車両は信号を遵守する。3) 自動車交通だけを考慮して、徒歩および自転車交通を考慮しない。4) 道路交通需要は降雨により変化しないものとする。

交通シミュレーションによる平常時の現況再現性について検証する。対象地区内の主要道路区間の交通量について、平成22年度道路交通センサス調査における時間帯別交通量観測値と、交通シミュレーションによる推計値を比較して図-4に示す。推計誤差は少なく、決定係数0.979となっており、平常時の交通量は概ね再現できているといえる。

3. 降雨浸水時における迂回情報提供効果の検証

(1) 降雨浸水時の交通状況推計

降雨浸水時の設定として、図-2に示した推定浸水深30cm以上の道路区間7箇所を通行不能とする。たとえば、国道55号上の通行不能区間では、冠水時間帯(8:21-10:09)において、平常時には147百台の通過交通量が推計されている。道路冠水により通行不能となる事象の発生時点において、当該区間への進行車両は直前交差点で迂回誘導されると仮定する。また、道路冠水箇所に侵入し、移動不可能となる車両はないとし、簡易的に交通遮断区間を設定している³⁾。また、運転手は浸水状況について冠水箇所付近に到達するまで認知できず、通行止めにより交通遮断されていることは把握していないものとする。

降雨浸水による交通遮断時のシミュレーション結果として、9:00時点の視覚的に見た交通渋滞状況を図-5に示す。国道55号では通行不能の発生直後より、北側交差点の南進方向で交通渋滞が発生する結果となっている。一方、南側交差点では、9:00時点において北進方向だけでなく、東進方向でも交通渋滞がみられる。

平常時と比較して、降雨浸水時の総旅行時間の推移を図-6に示す。降雨浸水による交通遮断の影響は、交通遮断が解消された後も11:00付近まで継続することがわかる。道路網全体では、総旅行時間で972時間の到着遅れとなっている。

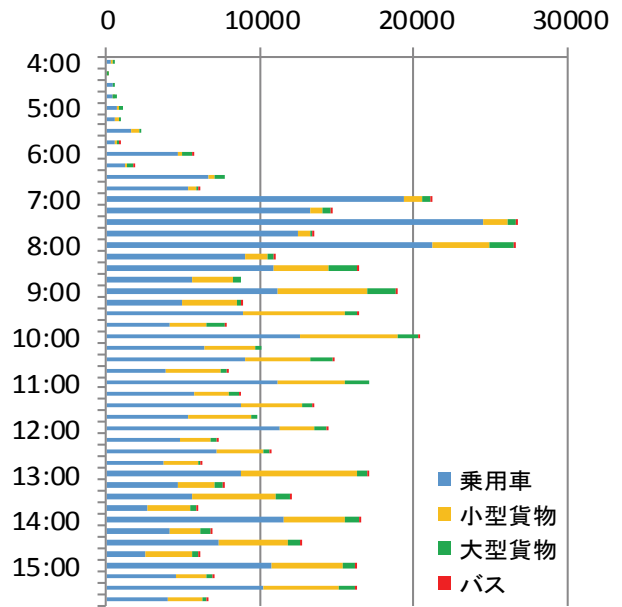


図-3 出発時間帯別交通量 (15分毎)

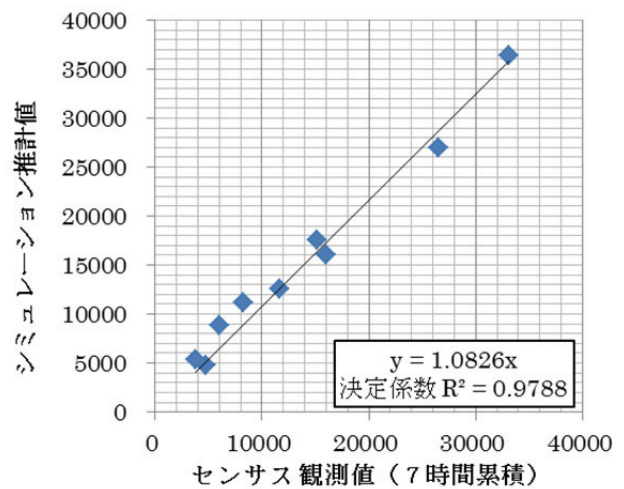


図-4 平常時の交通量推計結果の再現性



図-5 交通遮断時の交通渋滞状況

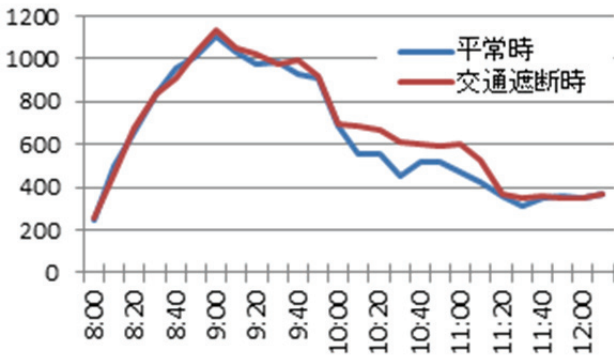


図-6 交通遮断時の総旅行時間の推移

(2) 迂回誘導による交通状況推計

交通渋滞緩和策として迂回情報提供を検討する。具体的には、図-7 に示すように国道 55 号上の交差点 4 箇所（北常三島町，本町，大野橋南詰および勝浦川橋南詰）において、当該区間の通過交通を対象に、8:30 から 10:30 までの 2 時間において、末広大橋経由の迂回誘導を行ったと想定する。

迂回誘導に対して、当該区間を迂回可能な車両のドライバーは、情報遵守または経路維持を判断するものとする。そこで情報遵守率（迂回経路の選択確率）により、ケース A：30%，ケース B：60%，ケース C：90%およびケース D：100%の 4 ケースを設定し、それぞれの交通渋滞状況を推計した。

迂回誘導時の交通状況推計結果として、各ケースでの総旅行時間と回復率を表-2 に示す。ここでの回復率とは、交通遮断時の総旅行時間増加分に対する迂回誘導時の減少割合である。この結果、すべての対象車両が迂回誘導により経路変更する場合（ケース D：100%）より、情報遵守率 9 割の場合（ケース C：90%）に 2 割程度の総旅行時間を低減できていることがわかる。

つぎに、迂回誘導効果の時間的推移をみるために、情報遵守率 9 割の場合（ケース C：90%）における総旅行時間の推移を図-8 に示す。迂回誘導の対象時間帯においては、迂回により総旅行時間は増加する傾向がみられる。一方で、主要幹線である国道 55 号の交通遮断区間の解消後となる 10:00 以降では、総旅行時間が減少す結果となる。したがって、迂回誘導により交通渋滞の早期回復が可能となることが示唆されている。

4. おわりに

本研究では、交通シミュレーションを用いて、降雨浸水時の交通状況を再現するとともに、迂回誘導による交通渋滞緩和の効果を計測した。本研究の成果は以下のように整理できる。



図-7 迂回情報提供における誘導経路

表-2 迂回誘導による総旅行時間の短縮効果

シナリオ	総旅行時間[hr]	回復率
平常時	20754	
交通遮断時	21725	
迂回誘導 A:30%	21662	6.5%
迂回誘導 B:60%	21647	8.0%
迂回誘導 C:90%	21519	21.2%
迂回誘導 D:100%	21574	15.6%

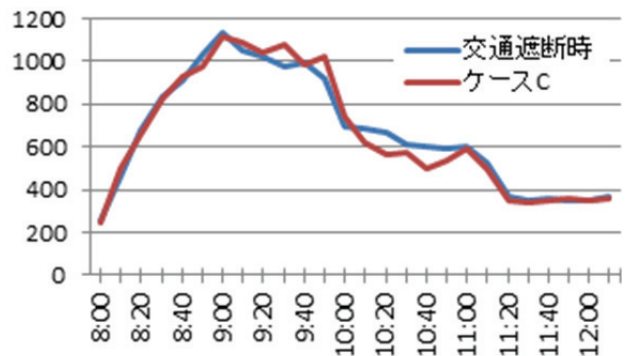


図-8 交通情報提供時の総旅行時間推移

- 1) 降雨浸水時における交通遮断による交通渋滞緩和のためには、広域的な迂回誘導が有効であることが検証された。
- 2) 降雨浸水時における交通遮断に対しても、完全な交通制御の遵守を強制するよりも、情報提供による効率的な交通運用の可能性が示された。

今後の課題としては、迂回誘導開始の現実的な遅延の表現、交通遮断区間付近での車両挙動の表現および出発前情報提供の効果検証が挙げられる。

参考文献

- 1) 坂本淳, 藤田素弘, 鈴木弘司, 山本幸司: 集中豪雨下における自動車帰宅交通行動と情報提供に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol. 24, No. 4, pp. 861-868, 2007.
- 2) Barcelo, J. and Casas, J.: Dynamic network simulation with AIMSUN, Proc. of International Symposium on Transport Simulation, 2002.
- 3) 桑沢敬行, 片田敏孝, 及川康, 児玉真: 洪水を対象とした災害総合シナリオ・シミュレータの開発とその防災教育への適用, 土木学会論文集 D, Vol. 64, No. 3, pp. 354-366, 2008.
- 4) 内田賢悦, 加賀屋誠一, 高橋直人, 萩原亨: 交通行動の中止を考慮した災害時における交通ネットワークモデルに関する研究, 土木学会論文集, No. 779, IV-66, pp. 1-10, 2005.

(2016. 7.31 受付)

FUNDAMENTAL ANALYSIS OF COUNTERMEASURE FOR TRAFFIC
CONGESTION ON FLOOD AT RAINFALL USING TRAFFIC SIMULATION

Yu-ki MATSUI, Masashi OKUSHIMA, Hiroshi AKI and Youichi HANAZUMI