

# 都市水害時における道路交通障害に関する一考察\*

## On Traffic Difficulties Caused by Urban Flood Inundation\*

深草新\*\*・戸田圭一\*\*\*・宇野伸宏\*\*\*\*・中川真治\*\*\*\*\*

By Shin FUKAKUSA\*\*・Keiichi TODA\*\*\*・Nobuhiro UNO\*\*\*\*・Shinji NAKAGAWA\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

今日、浸水による道路交通への被害が数多く報告されている。大都市では、道路が網の目状に走っており、多くの人々が毎日利用しているため、そのような被害はより甚大になる。

加賀屋ら<sup>1)</sup>は、札幌市東北部を走る主要幹線を対象ネットワークとし、非浸水時と浸水時それぞれについて配分計算を行った上で、ネットワーク交通容量を比較することで水害の道路交通に及ぼす影響について議論している。また、交通対策を施すべき箇所についても解析結果をもとに考察している。浸水時の条件として、彼らは、豊平川流域の内水氾濫シミュレーション<sup>2,3)</sup>の結果から水深が20cm以上となるリンクを途絶させた状態のネットワークを用いている。

一方、京都市では、1935(昭和10)年に鴨川などの河川からの溢水による大洪水が起きており、戸田ら<sup>4)</sup>はこういった浸水状況をシミュレーションし、改めて市内の浸水の可能性を示した。

本研究では、京都市を対象とした浸水解析により市内の浸水深を求め、浸水深と走行速度・交通容量との関係を定義して配分計算を行うことにより、浸水時の道路交通障害について混雑度や所要時間の観点から考察した。ここで、浸水の道路交通への直接的な影響は走行速度と交通容量の低下のみであると仮定し、災害情報による外

出の見合わせ等、不確定要素の多い項目については考慮しないこととした。また、ある一時刻の浸水状況を静的なものとして仮定し、その浸水状況に応じた日交通量配分を行い、道路ネットワークの浸水に対する耐性について議論することとする。

### 2. 解析手法

#### (1) 浸水解析

京都市地上部の対象領域(面積:約59.2km<sup>2</sup>)を図-1に、地盤高図を図-2に示す。京都市は北から南にかけて地盤が低くなっている。本研究では、対象領域を、地上はおもに道路で、地下空間は壁などによって分割し、その分割した各小領域が連結管を通して三次元的に接続しているとするポンド(貯留槽)モデルを用いて解析した(図-3参照)<sup>5)</sup>。ポンド間の流量を定義するための基礎式は、連続式と、移流項を除いた開水路非定常式である。これ

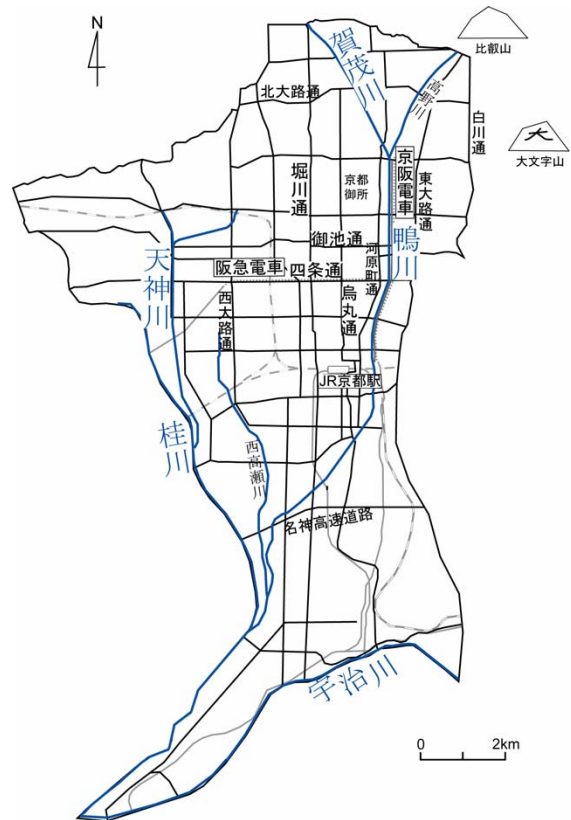


図-1 対象領域

\*キーワード: 配分交通, 氾濫解析, 防災計画

\*\*学生員, 京都大学大学院工学研究科

(京都府京都市西京区京都大学桂, TEL0774-38-4137

E-Mail: fukakusa@taisui5.dpri.kyoto-u.ac.jp)

\*\*\*正員, Ph.D., 京都大学防災研究所

(京都府宇治市五ヶ庄, TEL0774-38-4135

E-Mail: toda@taisui5.dpri.kyoto-u.ac.jp)

\*\*\*\*正員, 博(工学), 京都大学大学院工学研究科

(京都府京都市西京区京都大学桂, TEL075-383-3234

E-Mail: uno@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

\*\*\*\*正員, 工修, 株式会社地域未来研究所

(滋賀県大津市春日町5番11号 REC大津,

TEL077-522-6163, E-Mail: nakagawa@issr-kyoto.or.jp)

らの式は地上、地下街、地下鉄の区別なく、いずれの水の移動にも用いた。ただし階段部のように上層から下層へ氾濫水が流下するときは段落ち式を用いた。ここで得られた地上部の浸水深を浸水時の交通量解析に適用する。

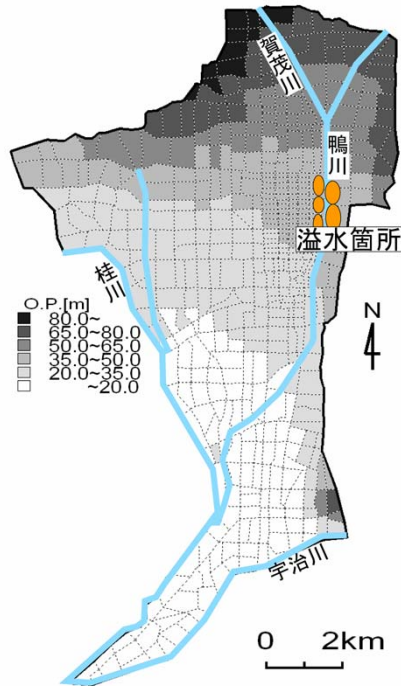


図-2 地盤高及び溢水箇所図

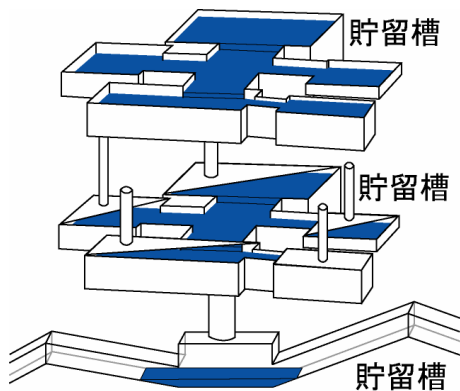


図-3 ポンドモデルの概念図

(2) 交通量解析

浸水解析の対象領域内を走る主要道路を対象とし(図-4 に模式図を示す), 日交通量配分を行った。走行速度・交通容量を現実に見合うよう定義し, 平成 11 年度道路交通センサス<sup>6)</sup>による実測 OD データを用いて, Frank-Wolfe 法により利用者均衡配分を行い, 平常時の交通量とした。

次に, 浸水解析の結果から各道路の浸水深を求め, 30cm まではそれに概ね比例する低減率(表-1 参照)を乗じるかたちで走行速度と交通容量を変化させた。また, 浸水深が 30cm 以上になるとそのリンクは道路としての機能を失い, 自由走行時間が無限大, 交通容量が 0 とな

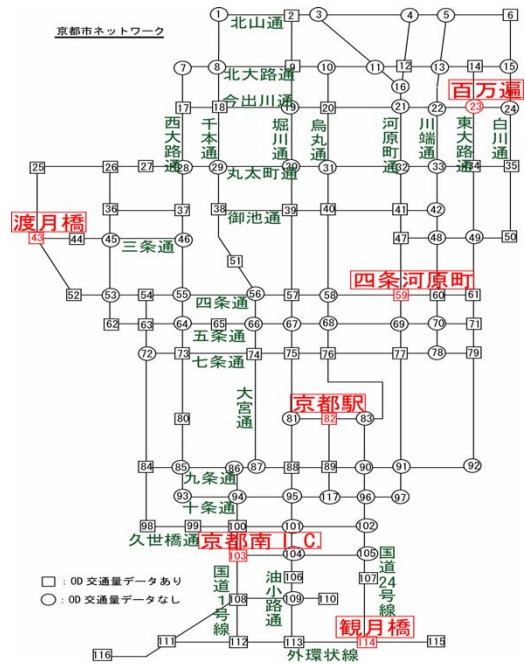


図-4 対象ネットワーク

表-1 速度・交通容量の低減率

浸水深(cm)	速度,交通容量の低減率(%)
0.00~3.75	0
3.75~7.50	12.5
7.50~11.25	25
11.25~15.00	37.5
15.00~18.75	50
18.75~22.50	62.5
22.50~26.25	75
26.25~30.00	87.5
30.00~	100

り, 実質上の途絶状態に陥ると仮定した。その上で平常時と同様の手法により交通量を算出し, これを浸水時の交通量とした。

交通量と交通容量の比を混雑度とし, 平常時および浸水時の各リンクの混雑度を比較した。また, 市内の代表的な地点間の所要時間を比較し, 浸水が道路ネットワークの機能に及ぼす影響について考察した。

3. 解析結果

(1) 平常時の解析結果

平常時の解析結果(混雑度)を図-5 に, 各地点間の所要時間を表-2 に示す。南部では国道 24 号や外環状線が,

表-2 平常時の所要時間

渡月橋	四条河原町	京都駅	京都南I.C.	観月橋	
29分	7分	14分	24分	53分	百万遍
	28分	30分	37分	1時間8分	渡月橋
		7分	17分	46分	四条河原町
			11分	40分	京都駅
				32分	京都南I.C.

西部でも一部区間が慢性的な混雑状態にあるという様子を見てとることができる。

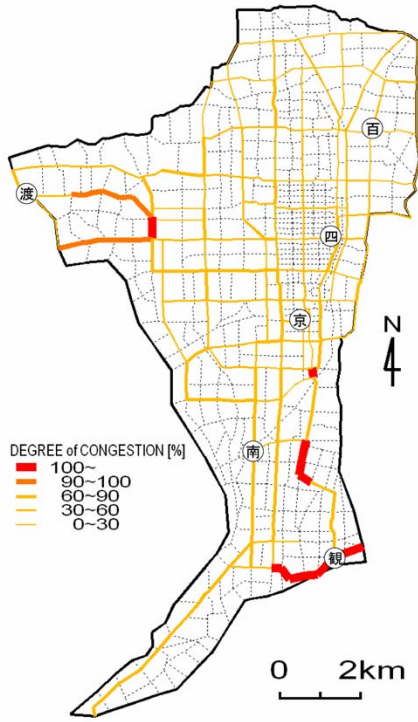


図-5 平常時の解析結果

(2) 浸水時(ケース1)の解析結果

次に、鴨川の溢水を想定し、総流量 100 m<sup>3</sup>/s を計算開始と同時に 180 分間、御池大橋～四条大橋兩岸の5つの格子(図-2 参照)に均等に流入させた。この溢水流量は、概ね 100 年に一度の豪雨により生じる洪水を想定したものである。図-6 は計算開始 180 分後の浸水深と道路の混雑度を、表-3 はそのときの各地点間の所要時間を示したものである。浸水域付近でリンクの途絶や渋滞が多数起きており、中心部を通る南北交通では所要時間が大幅に増加し、それ以外の場所でもほとんどの区間で所要時間の増加が見られる。

京都の地形特性の影響もあり、溢水より 180 分間で、京都市南部でも相当程度の浸水の発生が確認された。南北方向の主要幹線である、国道 1 号および国道 24 号については、その交通処理能力が大きく低下すると考えられる。このことも、南北間の移動に関わる所要時間が大きく増加することの一因となったと考えられる。

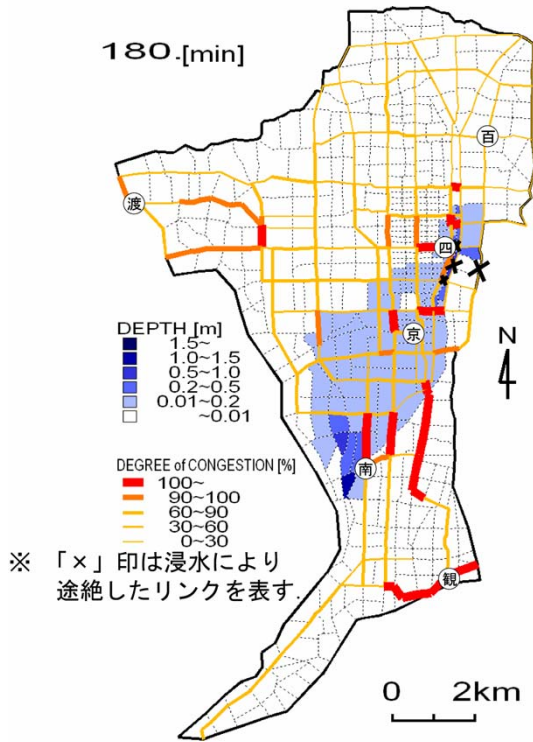


図-6 ケース1の解析結果

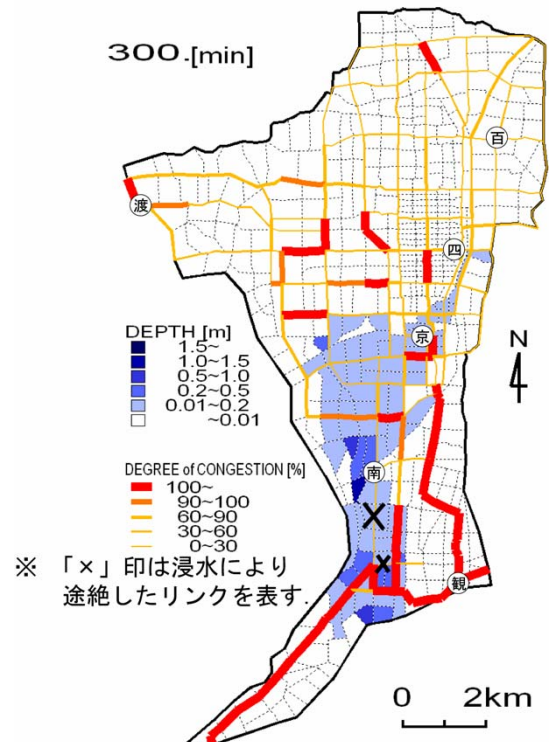


図-7 ケース2の解析結果

表-3 ケース1の所要時間

渡月橋	四条河原町	京都駅	京都南I.C.	観月橋	
30分	25分	29分	52分	1時間20分	百万遍
	41分	43分	1時間2分	1時間32分	渡月橋
		27分	50分	1時間19分	四条河原町
			28分	52分	京都駅
				32分	京都南I.C.

表-4 ケース2の所要時間

渡月橋	四条河原町	京都駅	京都南I.C.	観月橋	
33分	7分	14分	22分	5時間26分	百万遍
	31分	29分	33分	5時間39分	渡月橋
		7分	14分	5時間19分	四条河原町
			9分	5時間14分	京都駅
				5時間6分	京都南I.C.



### (3) 浸水時(ケース2)の解析結果

ケース1と同じ溢水条件で、今度は300分後の浸水深を用いて交通量解析を行った。図-7は計算開始300分後の浸水深と道路の混雑度を、表-4はそのときの各地点間の所要時間を示したものである。南部に大量の水が溜まり、南北を結ぶ大動脈と言える国道1号が通行不能となっている。浸水域を外れた区間でも多くの渋滞が発生しており、これは、大動脈である国道1号が途絶したため、多くの交通が東側の油小路通または国道24号へ迂回したことにより、ネットワーク内の交通のバランスが崩れた結果だと推察できる。表-4を見ても、南北交通は壊滅的なダメージを受けていることがわかる。

### (4) 浸水時(ケース3)の結果

最後に、鴨川からの大量の溢水を仮定し、総流量 $250\text{m}^3/\text{s}$ を計算開始と同時に180分間、前の2ケースと同じ箇所(御池大橋~四条大橋兩岸の5つの格子、図-2参照)に均等に流入させた。計算開始180分後の浸水深をもとにネットワークの状態を捉えた。このケースでは、多数の途絶リンクにより、ネットワークに対して孤立するノードが発生した。平常時のOD表をそのまま用いた交通量解析では、中止せざるを得ないトリップを表現できず、配分計算自体が不可能であった。このときの浸水深と途絶リンクを図-8に示す。

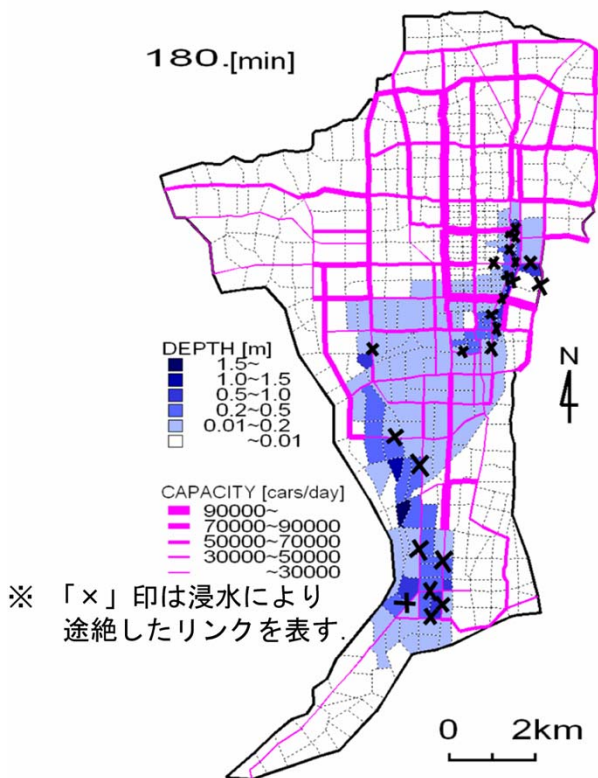


図-8 ケース3の結果

## 4. おわりに

市内中心部や国道1号が浸水すると京都市内のネットワークで大きな混乱が引き起こされることがわかった。特に、国道1号の浸水は壊滅的なダメージに繋がっている。これは代替経路の少なさが影響していると推察される。また、北東方向から南西方向に水が流れる傾向にあるため、溢水箇所のみならず、時間の経過とともに南部の地域で浸水が進み、その結果国道1号・24号などの南北の幹線に大きな支障が生じることが分かった。全体的な傾向としては、東西交通よりも南北交通の方が浸水に対して脆弱であることがわかった。

本研究では、浸水状況の時間変化までを考慮できなかったため、それを考慮した解析によって交通ネットワーク状態を算定する方法について、今後検討していきたい。また、浸水深と走行速度・交通容量との関係についても、より現実に近い形で設定ができるよう検討していきたい。鉄道をアンダーパスする部分への浸水を考慮することも今後の課題である。さらには、トリップの中止を表現できるようにすることも考えていきたい。

そして、本研究を発展させて、浸水時における交通障害の観点から、絶対に河川からの溢水を許してはならない箇所や交通対策を施すべき箇所を提示したいと考えている。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、幅広く御指導、御協力を頂きました株式会社地域未来研究所の宮島俊一氏に心より感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 加賀屋誠一・内田賢悦・萩原 亨：札幌市東北部における水災害時のネットワーク交通容量変化に関する研究，自然災害科学，21-4，pp.401-415，2003.
- 2) 中津川誠・山田孝治・橋本識秀：豊平川流域における洪水時危機管理のための氾濫シミュレーション，土木学会北海道支部論文報告集，第55号(B)，pp.414-419，1999.
- 3) 豊平川洪水危機管理検討委員会事務局：豊平川洪水危機管理検討委員会資料，2000.
- 4) 戸田圭一・井上和也・村瀬賢・市川温・横尾英男：豪雨による都市域の洪水氾濫解析，土木学会論文集，No.663/II-53，1-10，2000.
- 5) 間島真嗣・戸田圭一・大八木 亮・井上和也：都市域の地上・地下空間を統合した浸水解析，水工学論文集，第49巻，pp.601-606，2005.
- 6) 国土交通省：平成11年度 道路交通センサス，1999.