

都市水害時に発生する道路交通障害 の予測と対策に関する研究

京都大学大学院 工学研究科 都市社会工学専攻
都市耐水研究室(戸田研)



M2 深草 新
FUKAKUSA Shin



研究の背景(1)



- わが国の**主要都市**では、**道路**や**鉄道**が**網の目**のように張り巡らされており、多くの人が毎日当たり前のよう**に利用**している。

通勤・通学
買い物など



研究の背景(2)



■ 西宮市豪雨(1989.9)

- 時間雨量：最大112mm
- 国道171号で鉄道高架のアンダーパス部が浸水



研究の動機

☆どういった水害で

どの程度の道路交通障害が引き起こされるのか？

☆どのような対策が有効であるか？

(山梨・国土交通省 延蔵地方整備局 六甲国道事務所 資料)

- 昨今、集中豪雨の増加が指摘されており、このような被害が今後も相次ぐおそれがある。

これまでの研究 (修論以前)

1, 平常時の道路交通の状態を解析

- ・ OD 表 (日データ)
- ・ ネットワークデータ
- ・ 走行時間関数

日交通量配分
(静的配分)

- ・ 各リンクの混雑度
- ・ 2地点間の所要時間

2, 都市水害時の道路交通の状態を解析

対象領域での浸水シミュレーション

ポンドモデル

ある時刻の

各リンクの浸水深を考慮し,
走行速度・交通容量を変更する

平常時の OD データを用いて
1, と同様の解析を行う

比較

本研究の解析手順

1, **平常時**の道路交通の状態を解析

- ・ **時間帯別OD表**
- ・ ネットワークデータ
- ・ 走行時間関数

時間帯別交通量配分

- ・ 各リンクの混雑度
- ・ 2地点間の所要時間

の時間変化

2, **都市水害時**の道路交通の状態を解析

対象領域での**浸水シミュレーション**

非構造格子モデル

の時間変化

各リンクの浸水深を考慮し、
走行速度・交通容量を変更する

平常時のODデータを用いて
1, と同様の解析を行う

比較

浸水解析

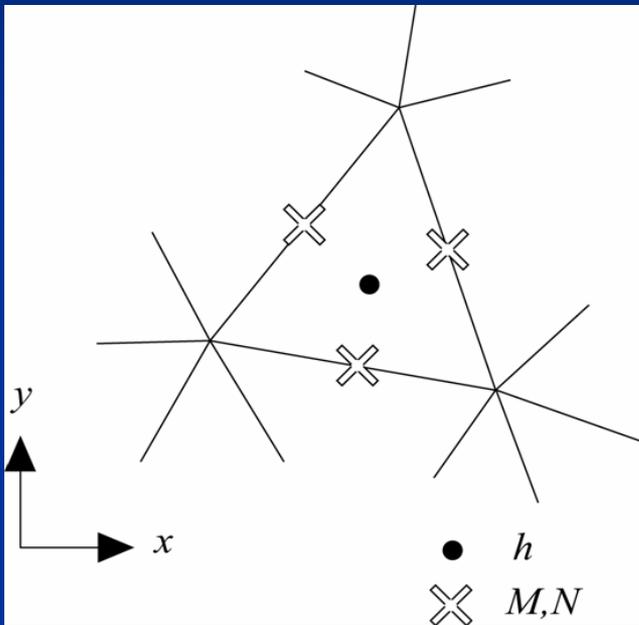
一 平面二次元解析

(非構造格子モデルを適用)

基礎式

地上部の水の移動

任意の形状の解析格子



<連続式>

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = r_e$$

<運動量式>

$$\frac{\partial M}{\partial t} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2 M \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2 N \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}$$

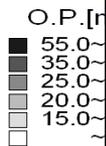
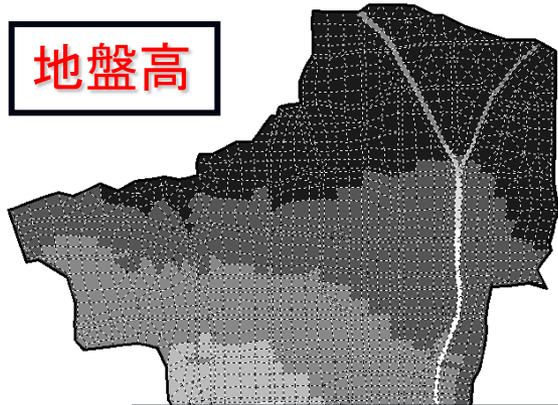
(※計算時間短縮のため移流項を省略)

M, N : 格子辺における x, y 方向の流量フラックス
 h : 格子の水深

対象領域

-京都市平地部

地盤高



領域内に存在する

- 中小河川(鴨川・賀茂川・高野川)
 - 地下空間(京都駅前地下街・京都御池地下街・阪急連絡通路)
 - 下水道(アンダーパス部では排水ポンプも考慮)
- への水の流入を計算中で考慮。

領域内の道路を『道路格子』とし、道路部の浸水深に注目。

交通量解析

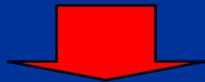
一 時間帶別利用者均衡配分

利用者均衡配分

あるネットワークに対して

前提

- 利用者は経路に関する**完全な情報**を得ている。
- 各利用者の私的費用（所要時間）を最小化する。
⇒全てのドライバーが**最短経路**を選択する。



Wardropの第一原則(**等時間原則**)

起終点ペア (ODペア) ごとに、**利用される経路の所要時間は全て等しく**、利用されないどの経路の所要時間よりも小さいかせいぜい等しい。

この原則に基づいて配分することを**利用者均衡配分**という。

時間帯別交通量配分

本研究では、
時間帯幅: 2時間

INPUT: 時間帯別OD表・ネットワークデータ (道路ネットワーク・リンクの自由走行時間・交通容量など)・走行時間関数

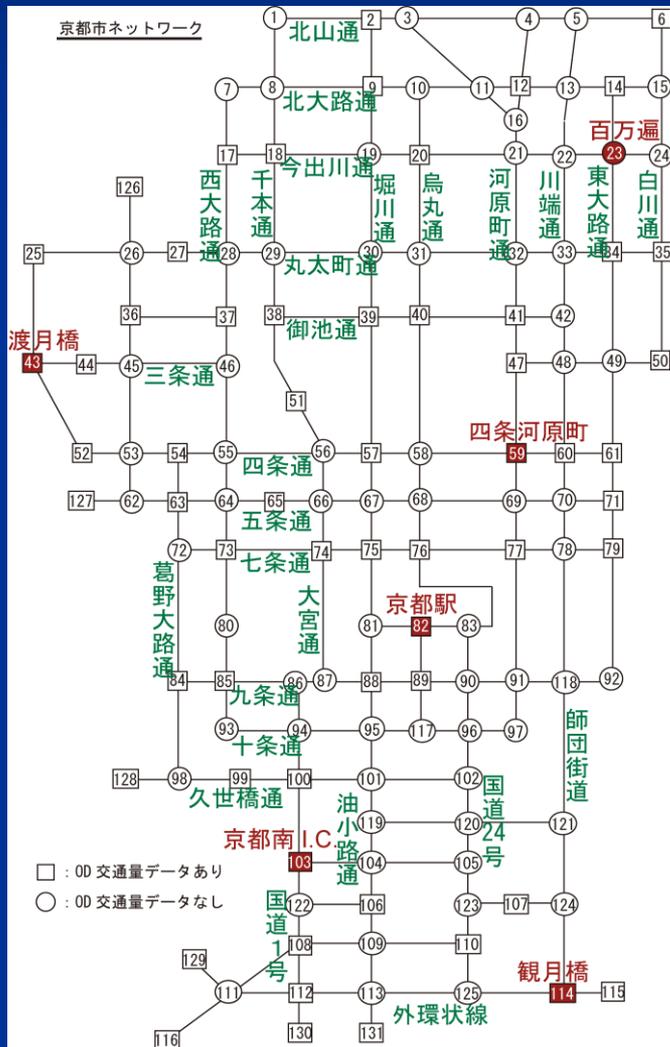
- ▶ 時間帯ごとに利用者均衡配分。
- ▶ 前の時間帯内で目的地に辿り着けなかった交通量(残留交通量)を次の時間帯の配分で考慮。

OD表中の**需要交通量**を対象ネットワークの**各道路リンク**に配分する。

OUTPUT: 時間帯ごとのリンク交通量

→ 混雑度・所要時間

対象 ネットワーク



模式図



インプットデータ

- 平成11年度道路交通センサス(国土交通省)による

OD表

- 各リンクの走行速度
→ 自由走行時間

種別	地域	往復1車線	片側1車線	片側2車線	片側3車線以上
一般国道	繁華街	(なし)	25km/h	30km/h	30km/h
	その他			40km/h	40km/h
府道・市道	繁華街	25km/h	25km/h	30km/h	30km/h
	その他				35km/h

- 各リンクの交通容量
→ 道路状況に応じた補正

2方向2車線道路	多車線道路
2500台/時/2車線	2200台/時/車線

- 走行時間関数
→ 修正BPR関数

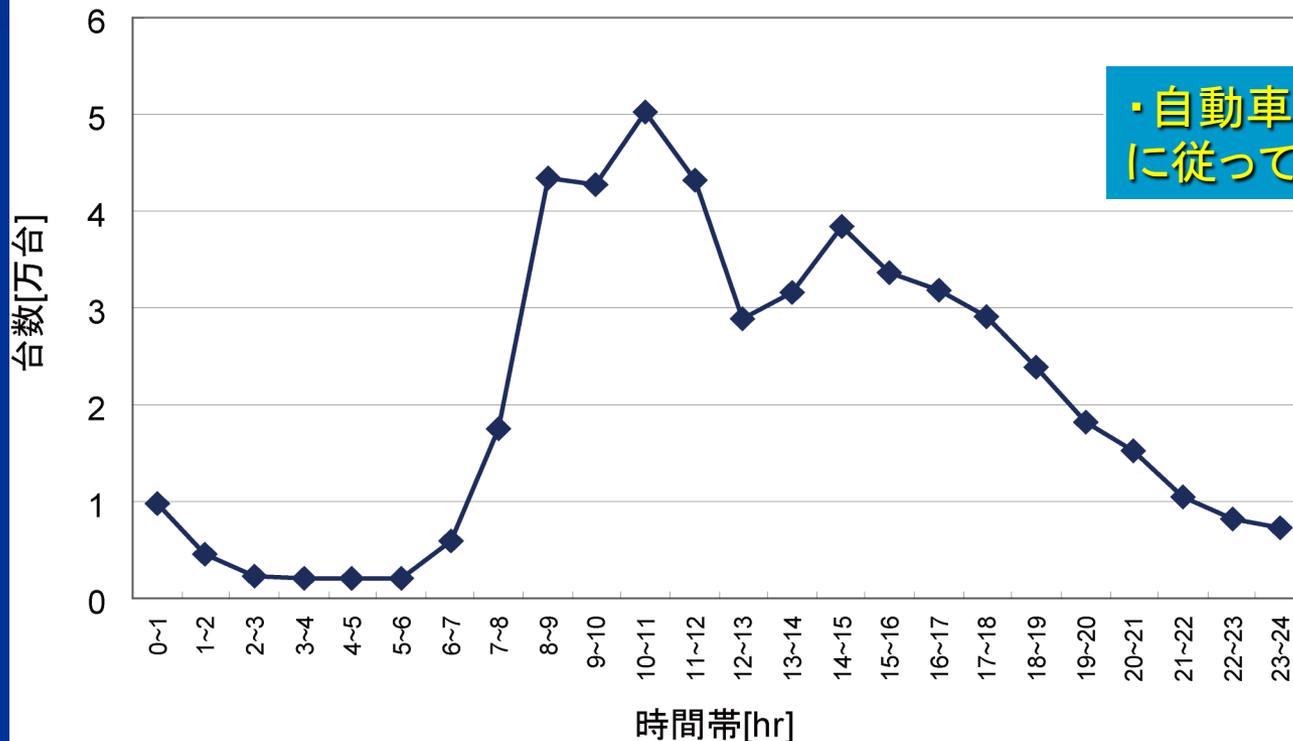
$$t_a(x_a) = t_{a0} \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\}$$

$$\alpha=2.62, \beta=5.00$$

OD表の時間帯別分割

日単位のOD表

時間帯別自動車存在台数 (京都市)



・自動車存在台数の時間分布に従って比例配分

時間帯別のOD表

(『「歩くまち・京都」交通まちづくりプラン』
[京都市都市計画局, 2003]より作成)

水害時の計算条件

一部でも30cm浸水しているリンクは途絶状態とみなす



各時間帯の速度・交通容量の低減率(%)

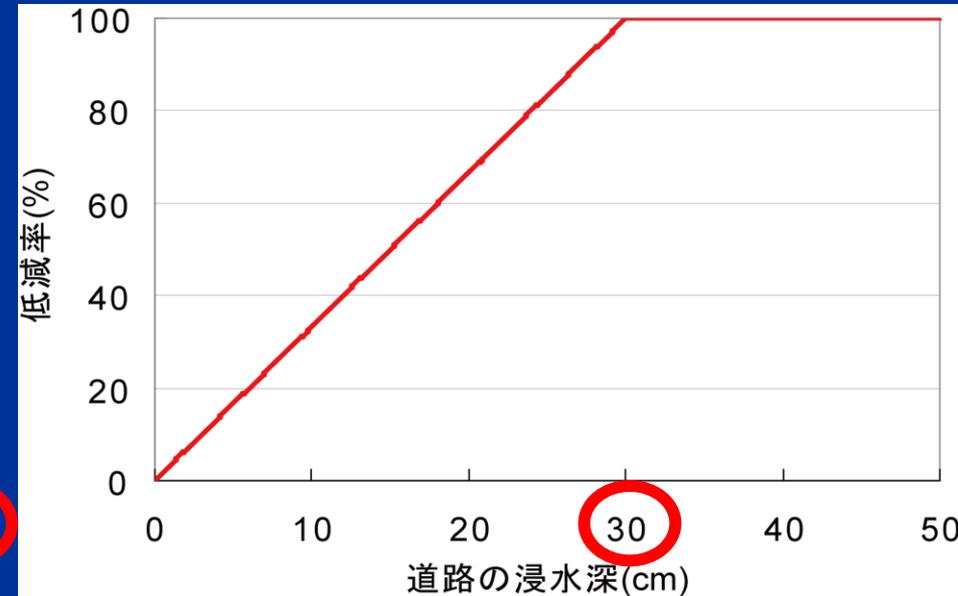
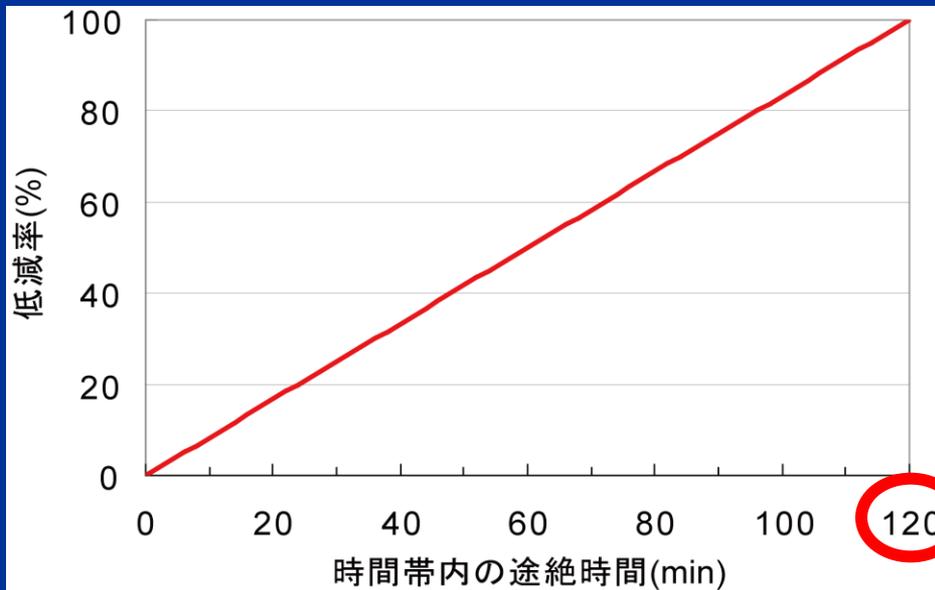
$$\left(1 - \frac{\text{各時間帯の速度・交通容量の低減率}(\%)}{100}\right) =$$

途絶時間による低減率(%)

$$\left(1 - \frac{\text{途絶時間による低減率}(\%)}{100}\right) \times$$

非途絶時の浸水深による低減率(%)

$$\left(1 - \frac{\text{非途絶時の浸水深による低減率}(\%)}{100}\right)$$



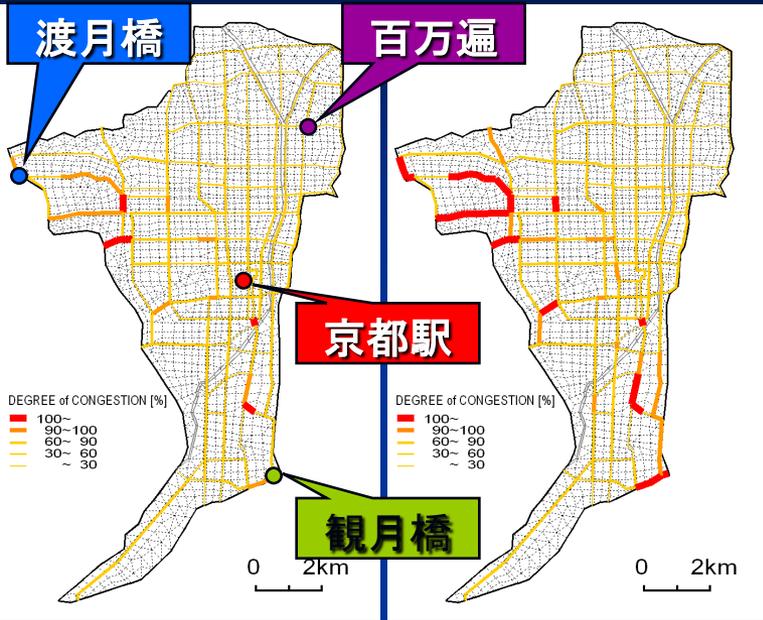
浸水の道路交通への直接的な影響は走行速度と交通容量の低下のみであると仮定し、平常時と同じOD表を用いて交通量配分を行う。

解析結果

- 平常時の解析結果
- 水害時の解析ケース
- 水害時の解析結果
- アンダーパス部の対策

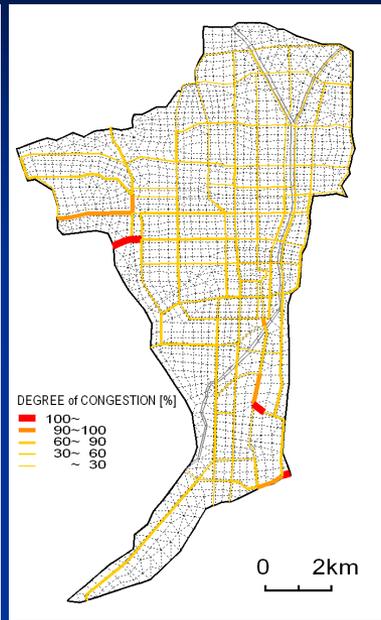
平常時の解析結果

注) 混雑度 = 交通量 / 交通容量

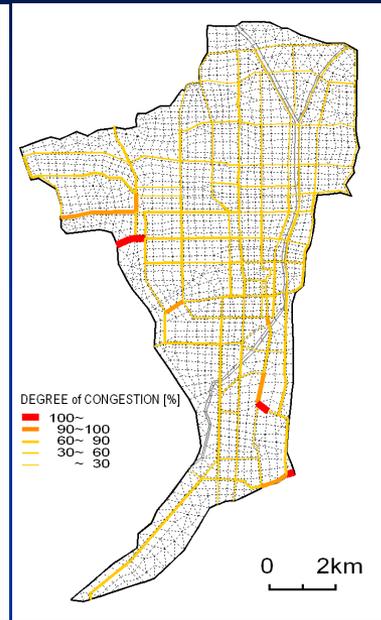


8:00~10:00

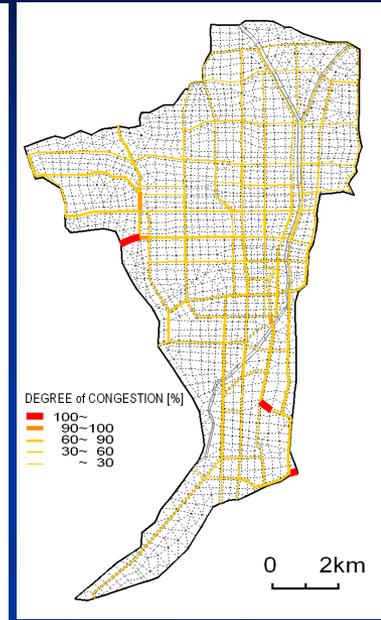
10:00~12:00



12:00~14:00

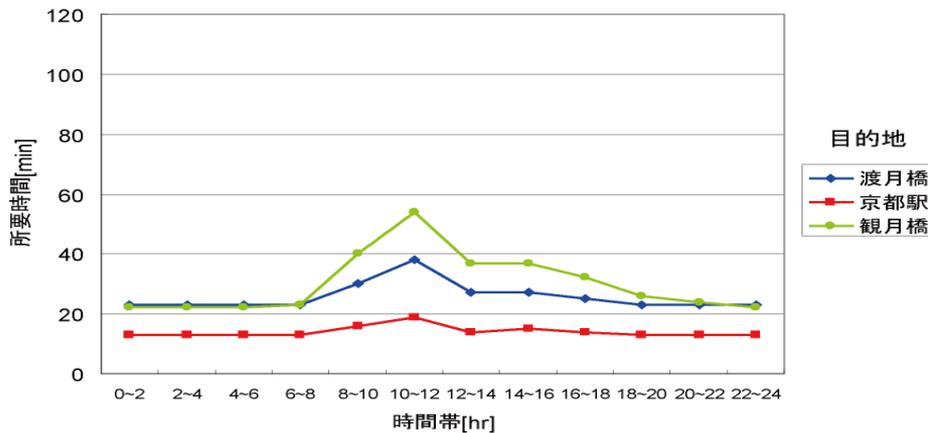


14:00~16:00

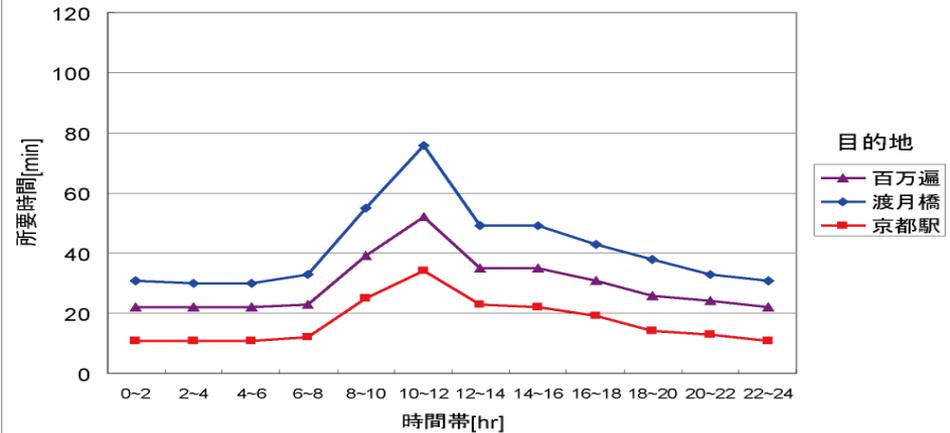


16:00~18:00

百万遍からの所要時間



観月橋からの所要時間



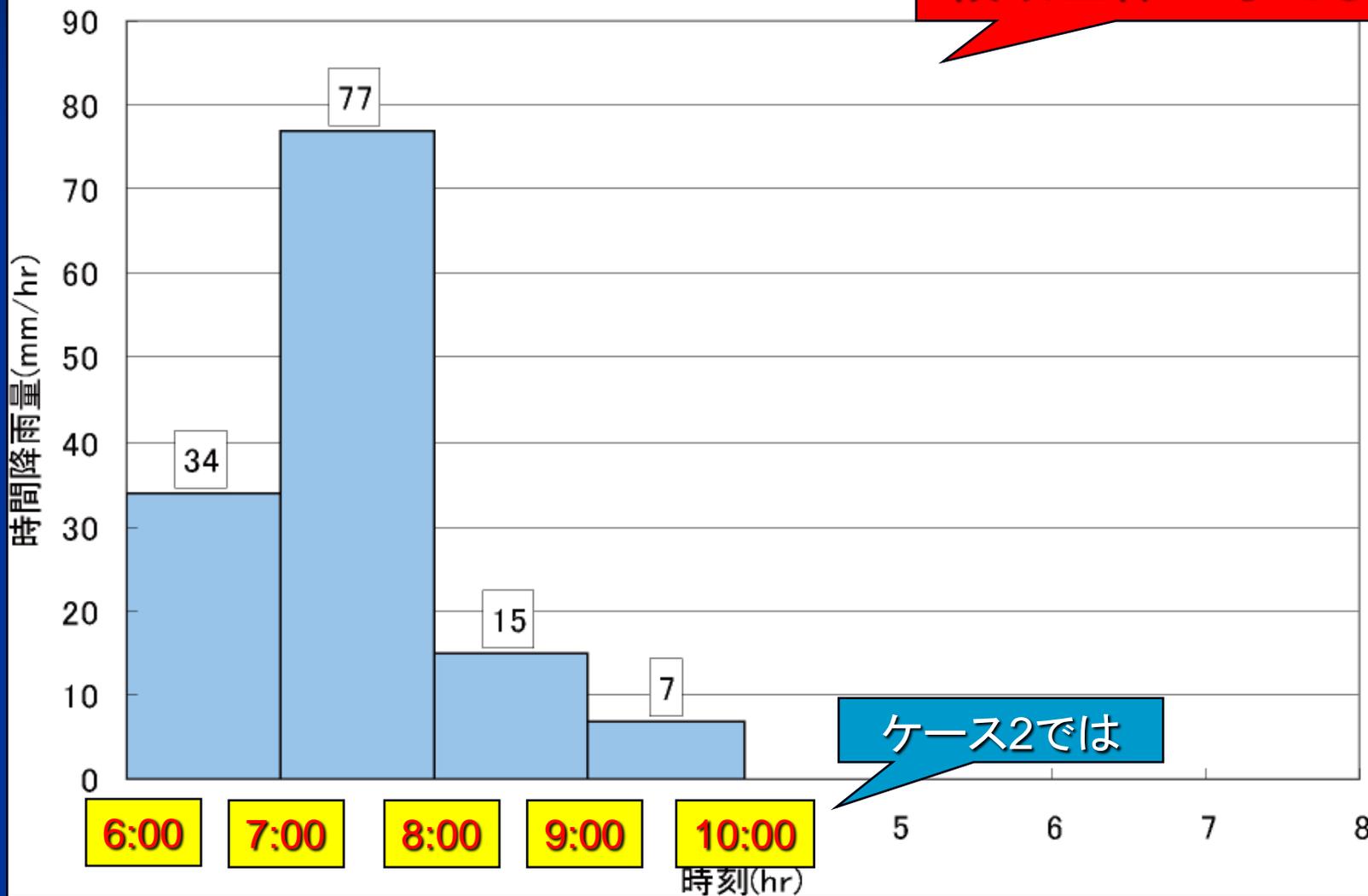
水害時の解析ケース

解析ケース	想定する水害	外力	時刻
ケース1			0:00降雨開始
ケース2	内水氾濫	福岡水害(99)時の降雨	6:00降雨開始
ケース3			12:00降雨開始
ケース4			18:00降雨開始
ケース5	外水氾濫		三条大橋～四条大橋付近からの 鴨川溢水(100m ³ /sec・3時間)

外力

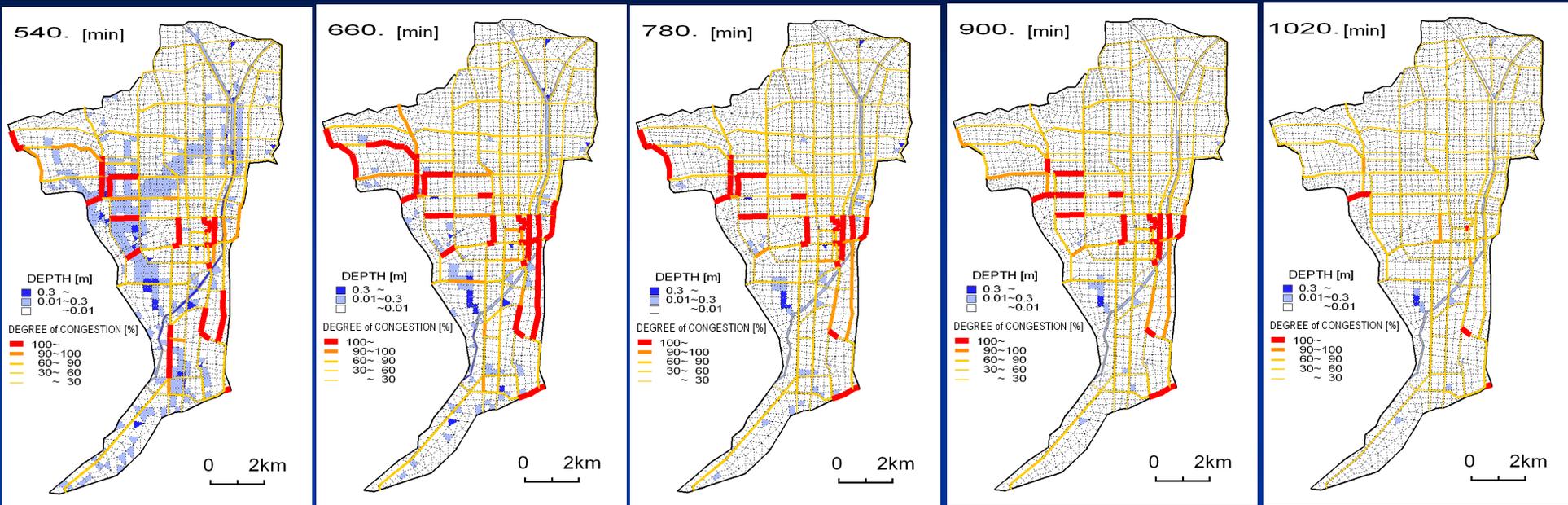
福岡水害('99)

85%の有効降雨を
領域全体に与える



ケース2では

水害時(ケース2)の解析結果【混雑度】



9:00

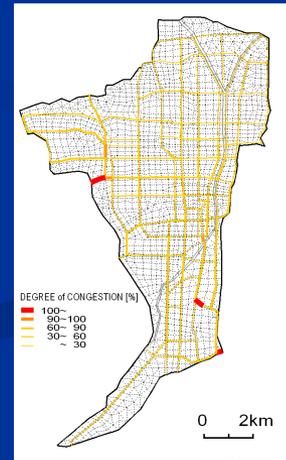
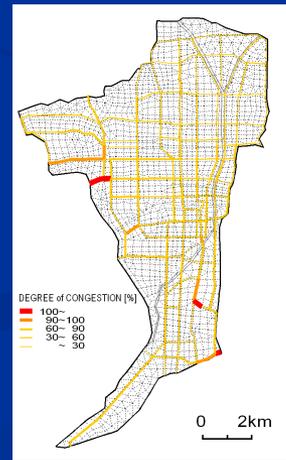
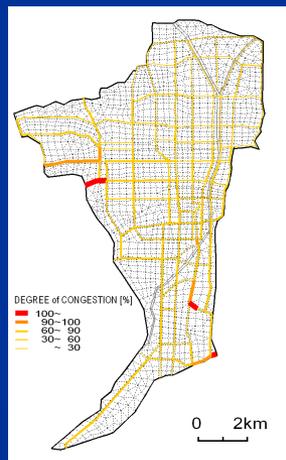
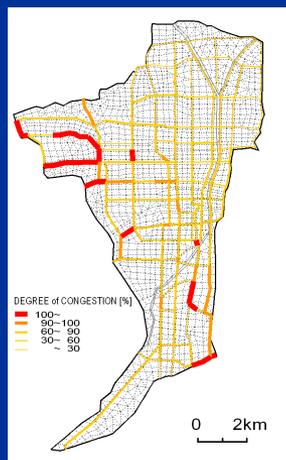
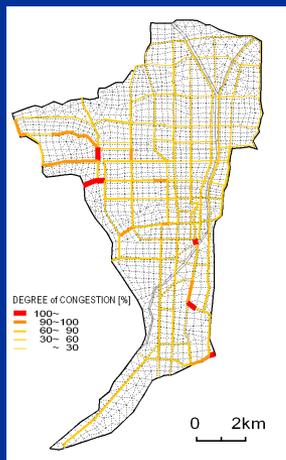
11:00

13:00

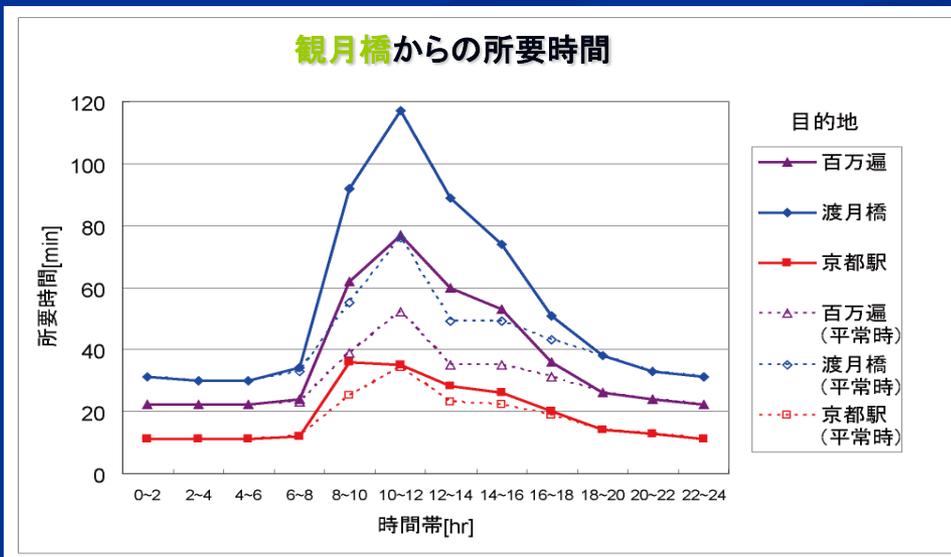
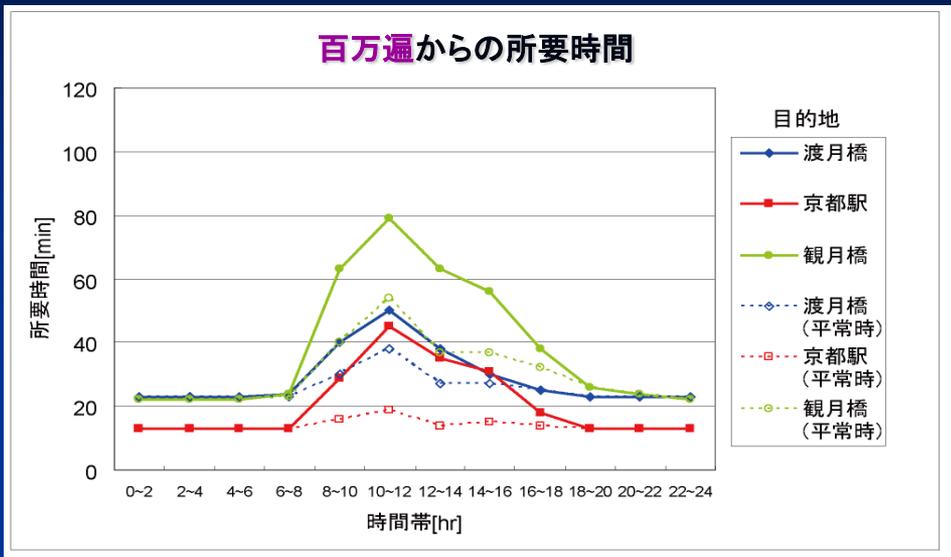
15:00

17:00

平常時



水害時(ケース2)の解析結果【所要時間】



水害時の所要時間の相互比較

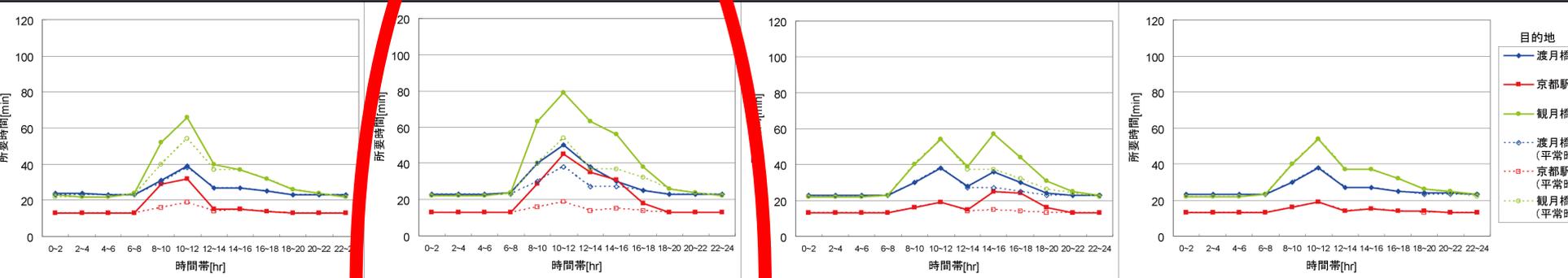
ケース1(0時～)

ケース2(6時～)

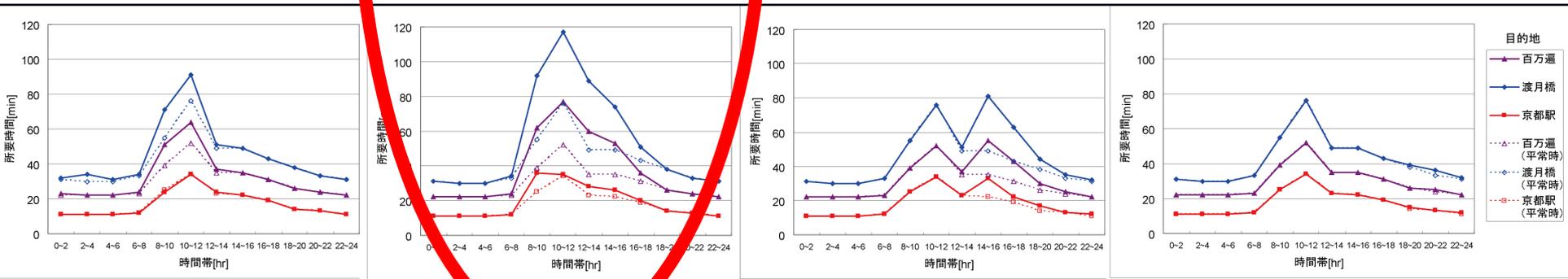
ケース3(12時～)

ケース4(18時～)

百万遍からの所要時間



観月橋からの所要時間



影響最大

水害時にボトルネックとなる アンダーパス部の探索(1)

探索対象

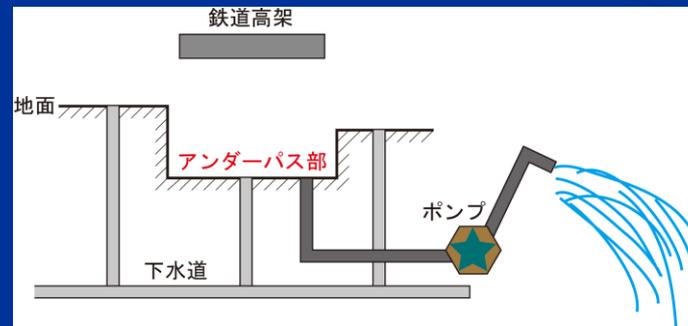
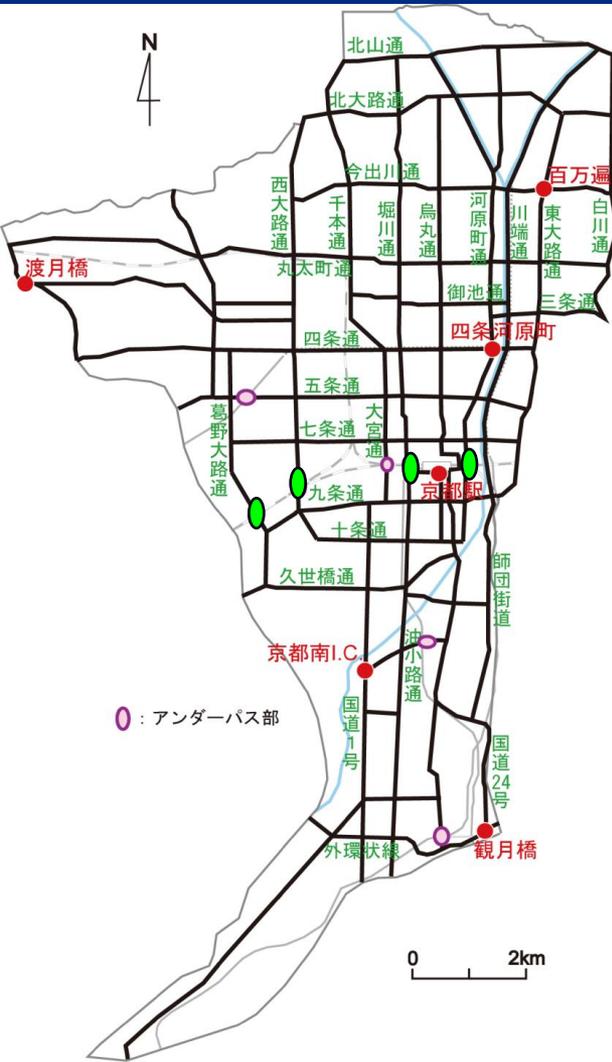
河原町通・堀川通・西大路通・葛野大路通のアンダーパス(○)

計算条件

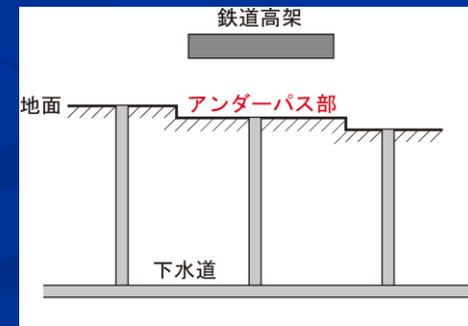
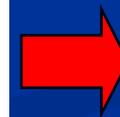
それぞれのアンダーパスを解消した場合の

- 混雑区間長・途絶区間長
 - 総走行時間
- を比較

⇒緩和度合の大きいアンダーパスがボトルネックである。



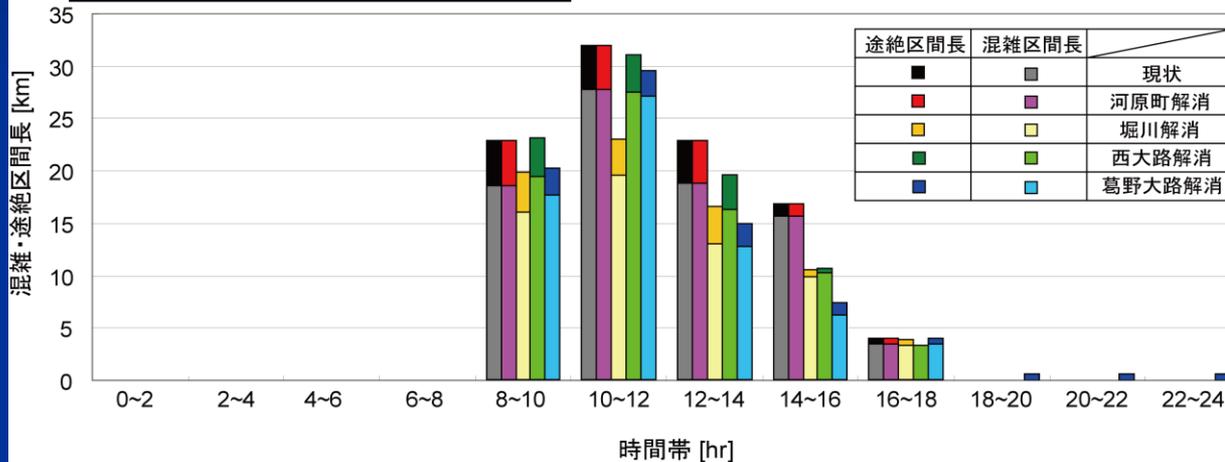
現状



解消

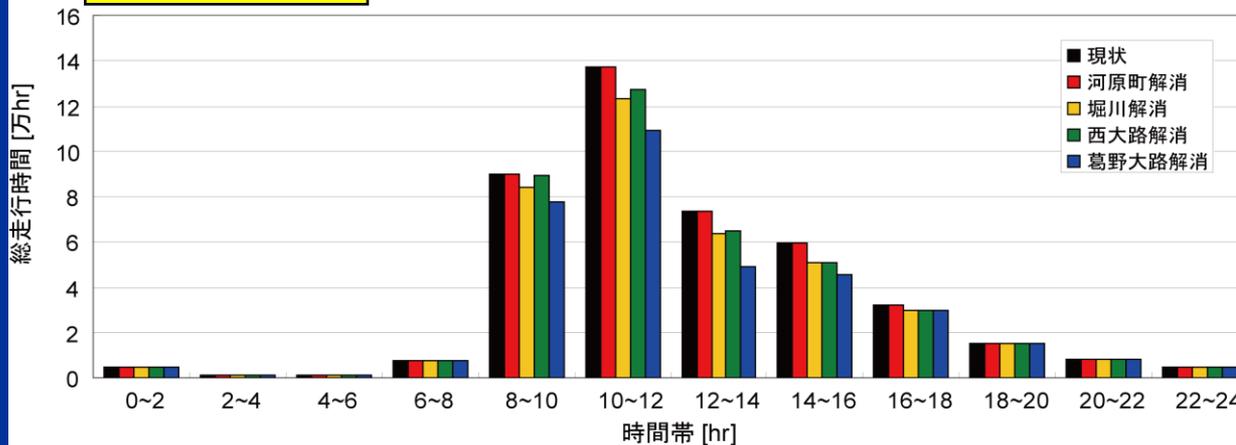
水害時にボトルネックとなる アンダーパス部の探索(2)

混雑区間・途絶区間長



⇒ボトルネックは葛野大路通

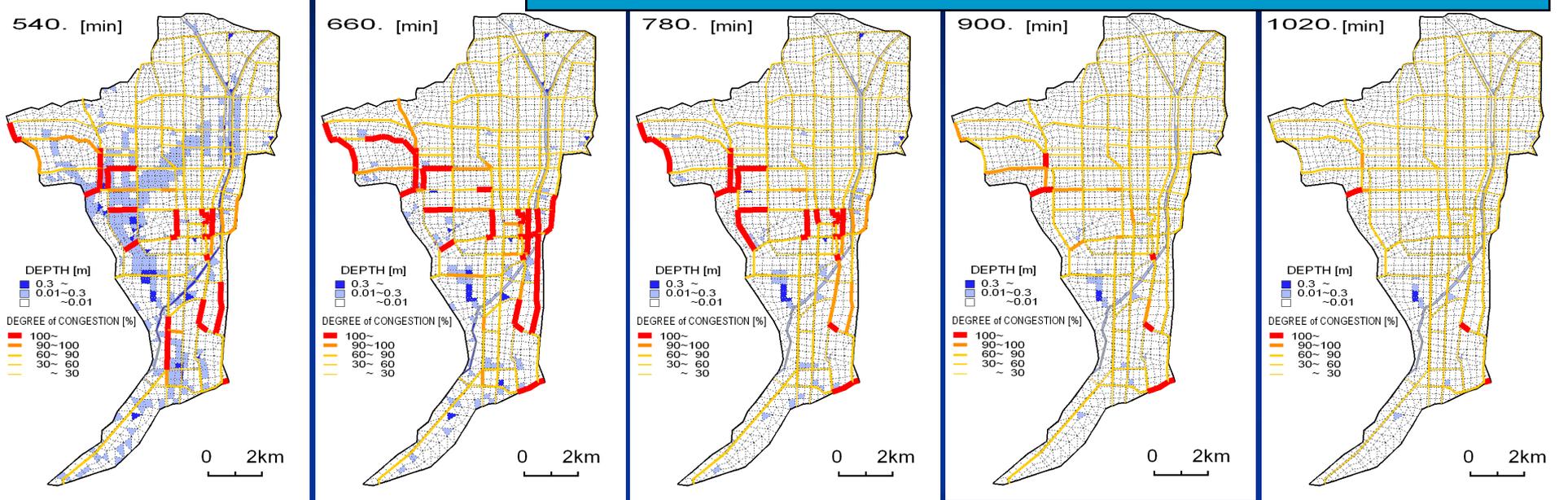
総走行時間



⇒ピーク時には堀川通の影響
が大きい

アンダーパス部の排水能力増強策【混雑度】

葛野大路通・堀川通のアンダーパス部 ⇒ 排水能力を倍に



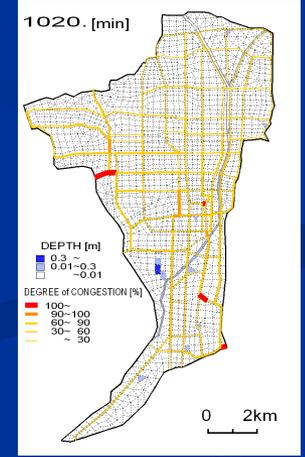
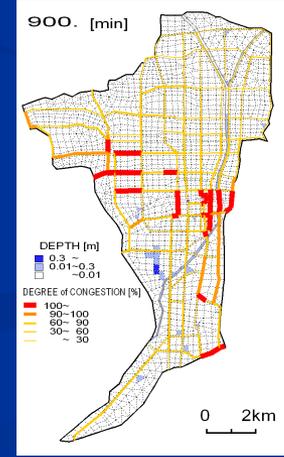
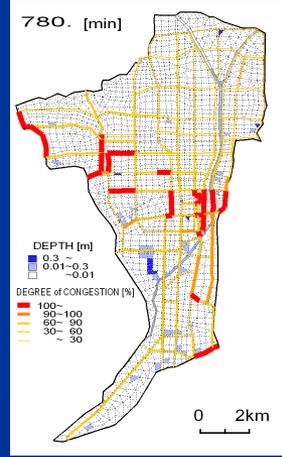
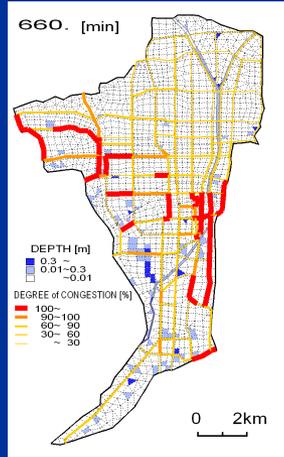
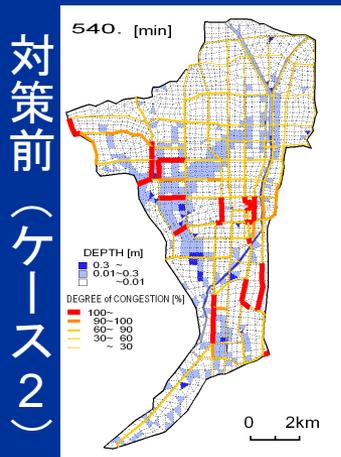
9:00

11:00

13:00

15:00

17:00

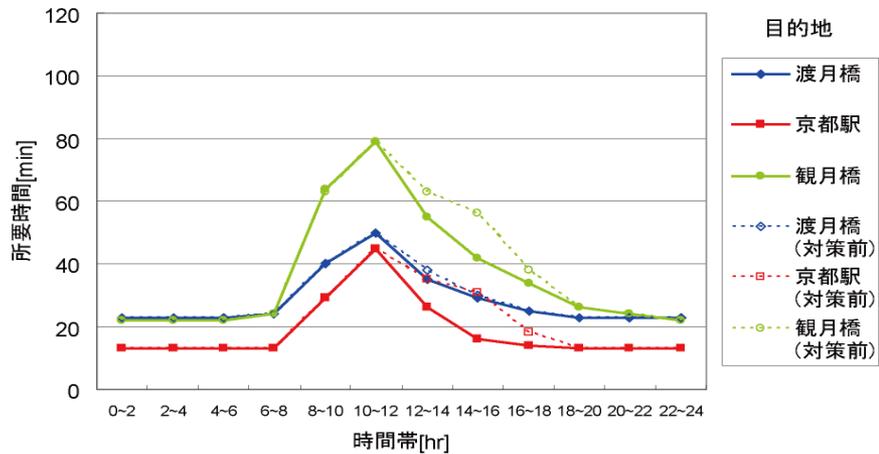


アンダーパス部の排水能力増強策【所要時間】

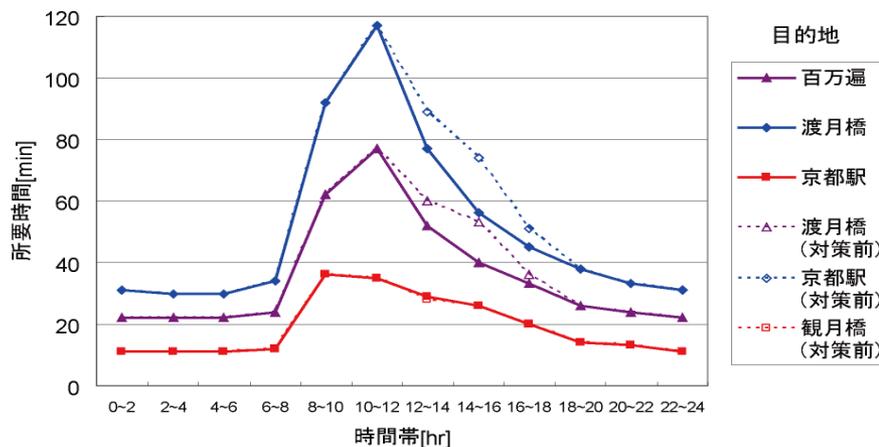
葛野大路通・堀川通のアンダーパス部 ⇒ 排水能力を倍に



百万遍からの所要時間



観月橋からの所要時間



結論

- 非構造格子モデルおよび時間帯別交通量配分を組み合わせることにより、都市水害時に発生する道路交通障害の程度を予測する解析モデルを構築した。
- 京都市では、1999年の福岡水害時と同様の降雨があった場合、地盤の低い地域や鉄道高架のアンダーパス部が長時間浸水し、広域にわたり混雑度や車両の移動時間が増加することが示された。
- 京都市では、午前中に水害が発生すると道路交通に特に大きな影響が及ぶことがわかった。
- アンダーパス部の排水増強策は、ピーク以降に継続する障害の軽減に有効であることがわかった。

今後の課題

- 水害時に完全に遮断されてしまったOD交通を配分対象のOD表から予め取り除いた上で交通量配分を行うことにより、外出・帰宅の見合わせ等の交通行動の中止を表現できるかどうか検討する。

- 水害時の緊急車両の経路を確保すること

- 交通規制や誘導

- 交通行動の中止に起因する社会的損失を捉えること

などをモデルに組み込むことができれば、より詳細な知見が得られると思われる。