

リスク工学特別演習

震災時における
医療施設への不到達率評価

平成14年10月21日

025205 窪田順次 025206 田中愛子 025214 水谷清隆

指導教官 鈴木 勉



発表の手順

- 1 阪神淡路大震災の概要
- 2 東灘区内の被害状況
- 3 研究の目的
- 4 不到達率の推定方法
- 5 結果と考察
- 6 今後の課題

1 阪神淡路大震災の概要

- ・発生日時 平成7年1月17日（火）5時46分
- ・震源 兵庫県淡路島北部
- ・規模 マグニチュード7.2
- ・震源の深さ 16km
- ・死者 6 , 4 3 2 人
- ・行方不明者 3 人
- ・負傷者 重傷 1 0 , 6 8 3 人
軽傷 3 3 , 1 0 9 人
計 4 3 , 7 9 2 人



（平成12年12月27日自治省消防庁災害対策本部調べ）



被害の特徴

- ・既成市街地域を中心とした木造家屋の倒壊による多数の死亡者の発生
 - ・複数箇所が発生した火災による家屋等の焼失
 - ・鉄道等ライフラインの破壊
 - ・都心を中心とした中枢管理機能、商業、業務機能の停滞
- といった様々な被害をもたらした

被害状況



東灘区深江付近の高速道路



炎上する神戸市の長田区付近 1995年1月17日

阪神淡路大震災写真

http://www.kinzei.or.jp/info/quak_photo.htmlより



交通被害の概要

道路施設の被害

- ・ 阪神高速道路をはじめとする幹線道路の機能の麻痺により、市民生活や復旧・復興工事に大きな影響を与えた。
- ・ 高速自動車国道、阪神高速道路の27路線36区間について通行止め

港湾関係

- ・ 埠頭の沈下

鉄 道

- ・ 山陽新幹線の高架橋の倒壊・落橋
- ・ JR西日本等合計13社において不通

2 東灘区内の被害状況

神戸市内における人的被害

地震により発生した重傷者は神戸市合計で6,300人であり、そのうち東灘区内で発生した重傷者は2,717人と全体の約40%を占めている。

市区町村名	死者	重傷者	軽傷者	負傷者計
神戸市合計	4,571	6,300	8,378	14,678
東灘区	1,471	2,717	467	3,184
灘区	933	816	1,077	1,893
兵庫区	555	532	1,114	1,646
長田区	919	816	626	1,442
須磨区	401	424	2,215	2,639
垂水区	25	205	982	1,187
北区	12	93	623	716
中央区	244	478	956	1,434
西区	11	219	318	537
神戸市外	1,836	3,700	21,714	25,414
合計	6,407	10,000	30,092	40,092

(単位:人)

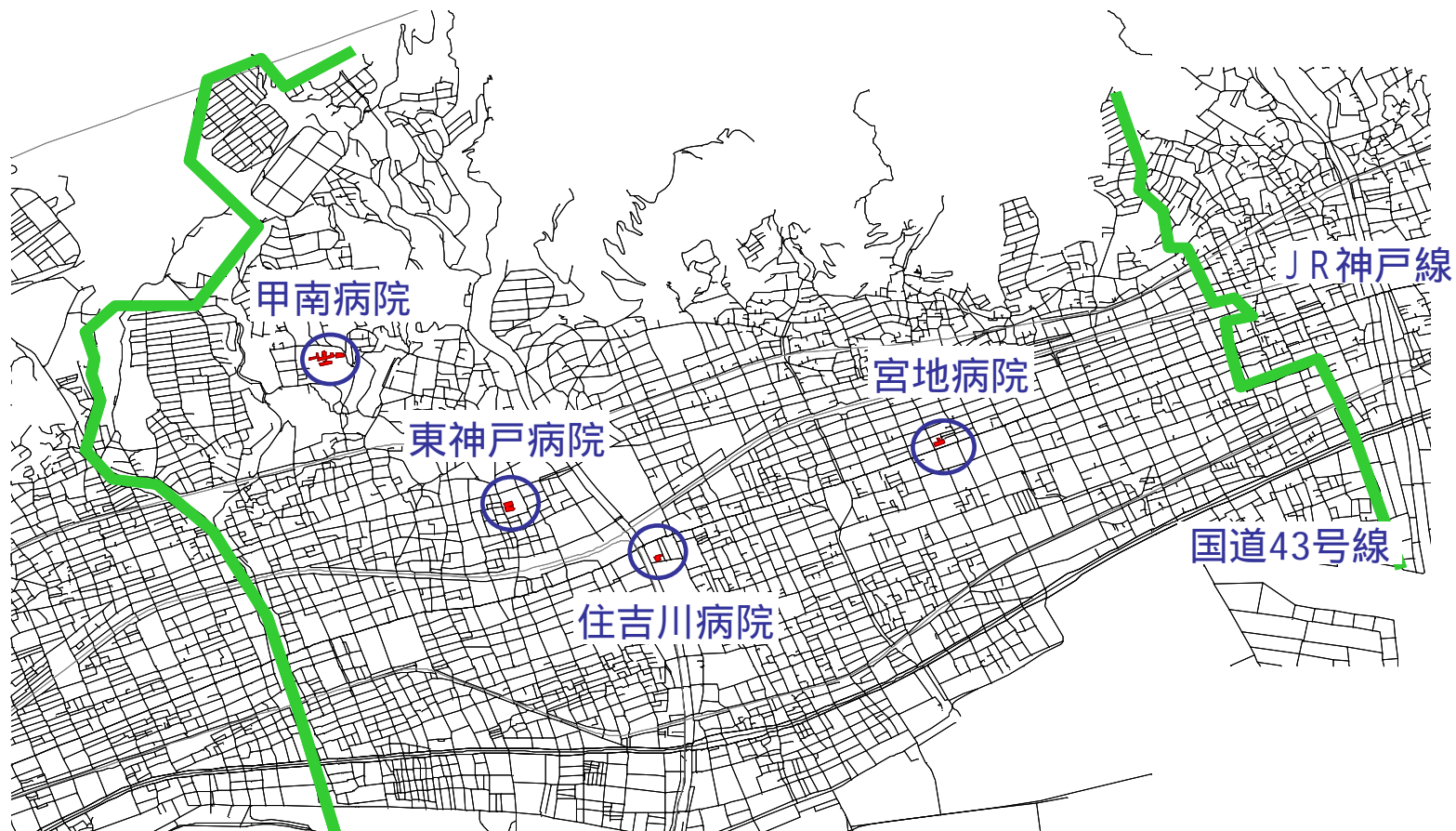
(倉林亜利砂:「大震災時における重傷者の搬送に関する研究」より)

東灘区における医療施設

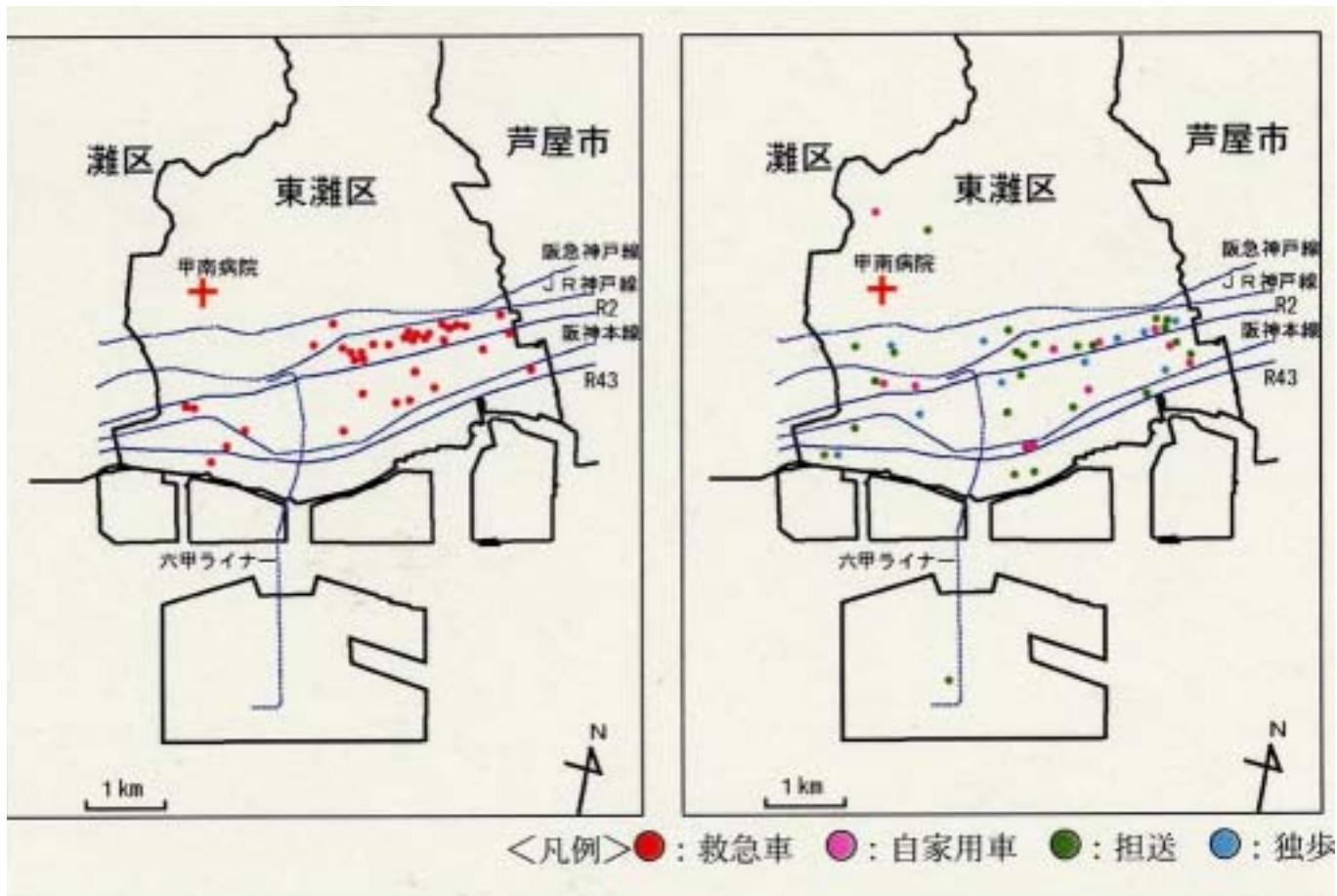
病院名	病床数	兵庫県病院名簿指定	震災後診察状況	震災当日救急外来	震災当日勤務できた医師数
甲南病院	400	総合病院	診察可能	約1000人	38人
宮地病院	199	救急指定病院	倒壊により診察不可能		
東神戸病院	150		診察可能	約540人	20人
住吉川病院	41	透析専門病院	透析専門により診察不可		
六甲アイランド病院	307	総合・救急指定病院	診察可能	157人	25人

(倉林亜利砂:「大震災における重傷者の搬送に関する研究」より)

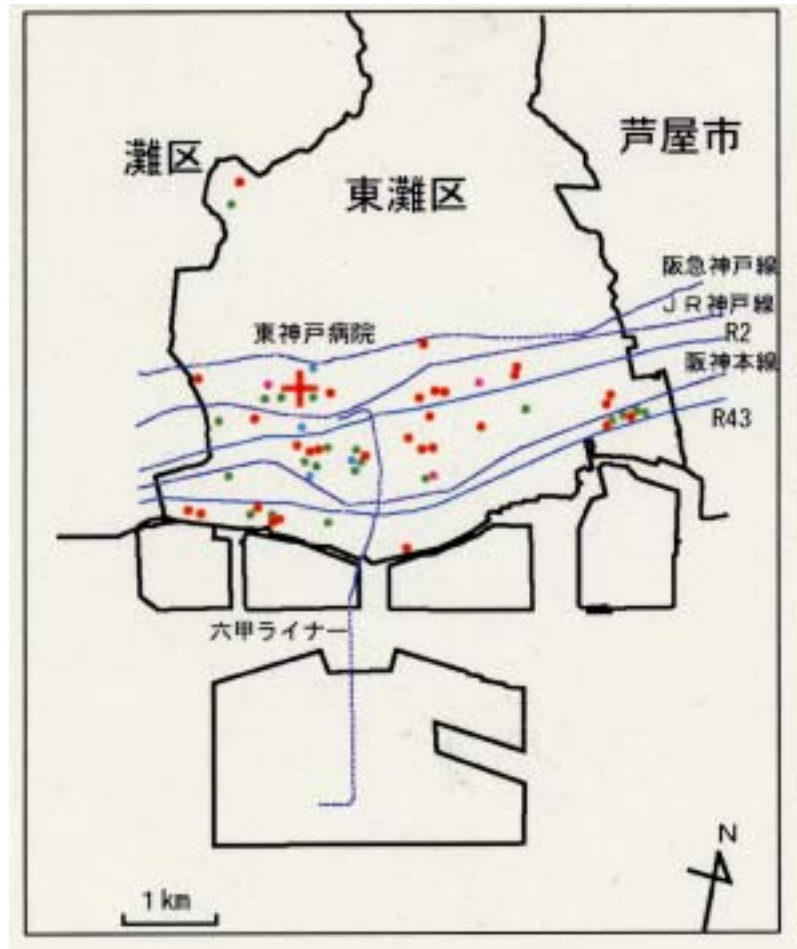
対象地域(東灘区)の医療施設



甲南病院



東神戸病院



東灘区内の道路閉塞状況



(今泉恭一, 浅見泰司:「震災時の道路閉塞推定に関する研究」より)



3 研究の目的

神戸市東灘区を対象地域とし、震災時における医療施設への到達のしやすさを道路幅員と病院の規模を用いて評価する。

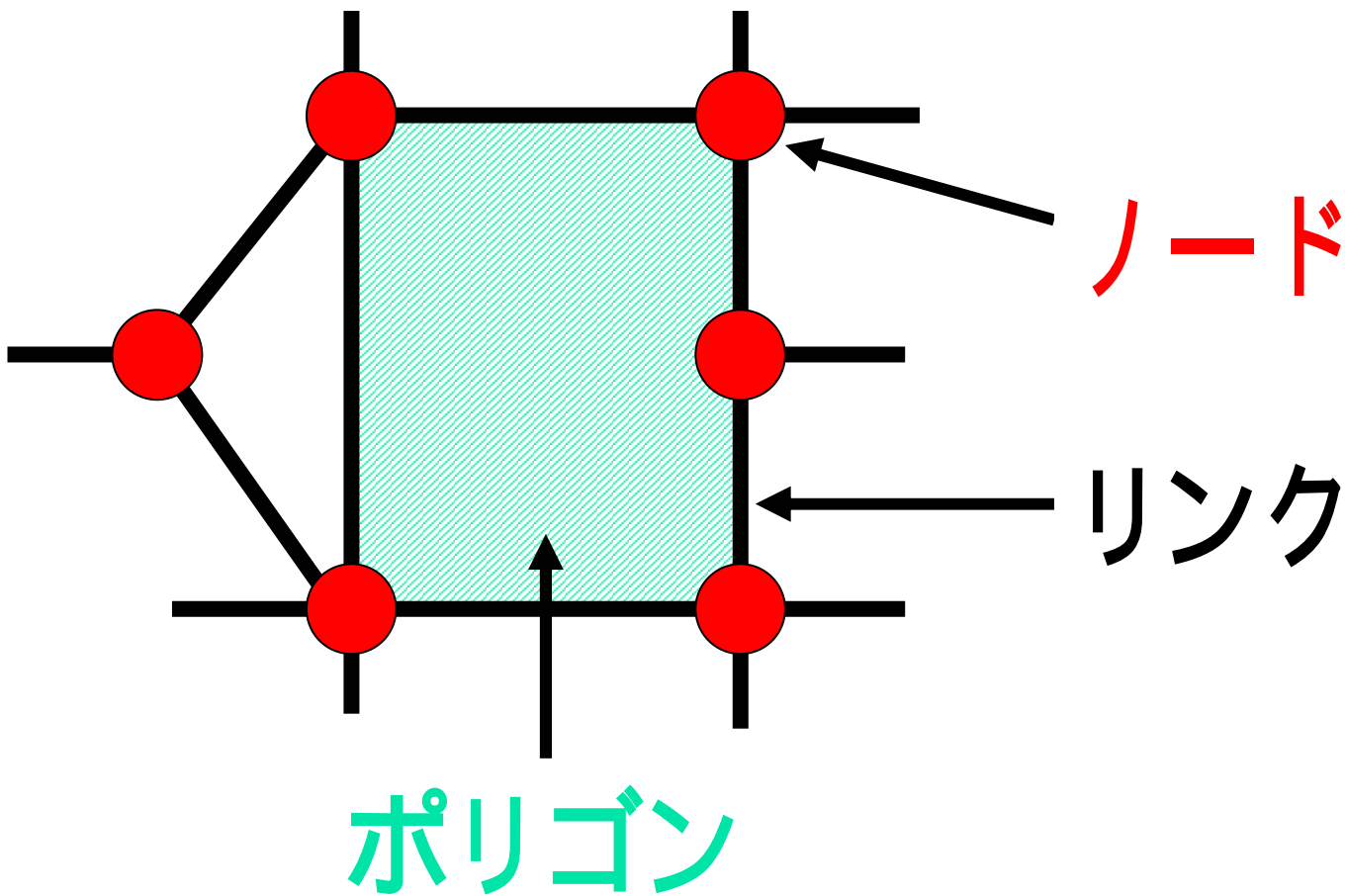
また、震災後の道路整備の有効性を、震災前後で比較することによって評価する。



4 不到達率の推定方法

- 1 前提条件
- 2 道路閉塞率の算出方法
- 3 不到達率の算出方法

用語説明





4.1 前提条件

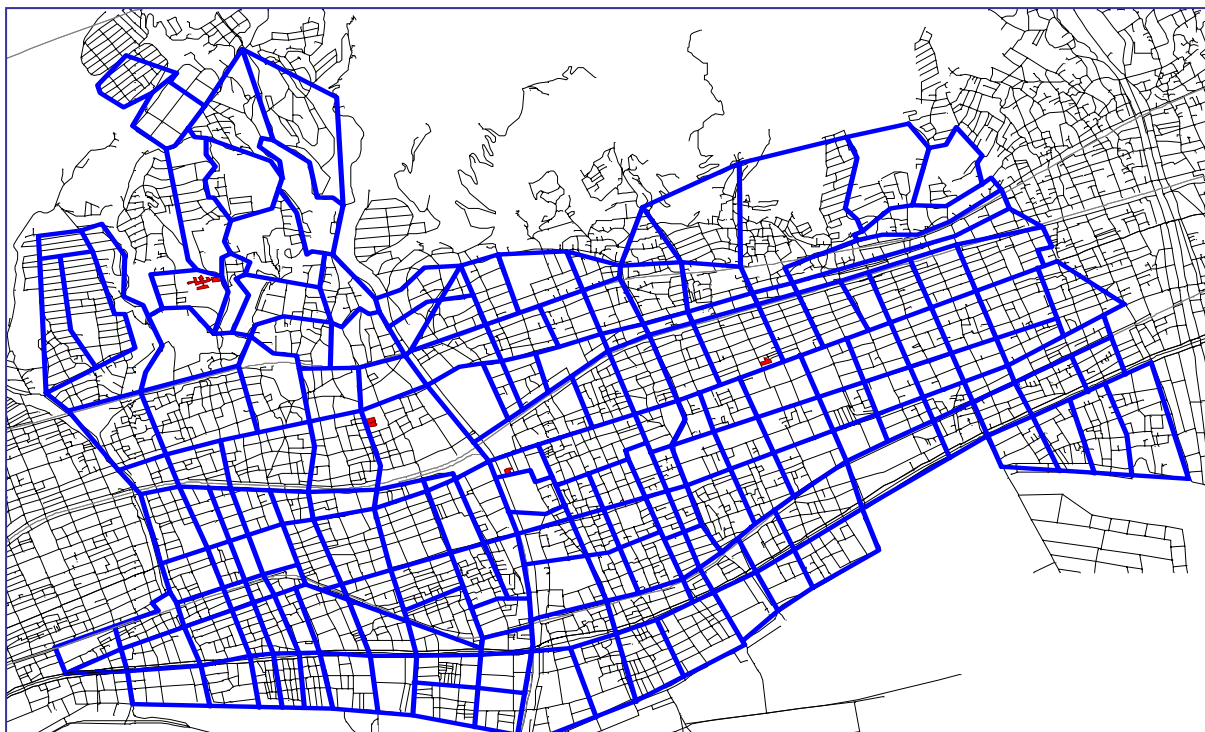
- 条件A : 道路の抽出
- 条件B : 病院までの経路
- 条件C : 病院の選択方法
- 条件D : 重み
- 条件E : その他

4.1 前提条件

条件A : 道路の抽出

町丁目を囲む道路を抽出

抽出した道路ネットワーク (神戸市東灘区)



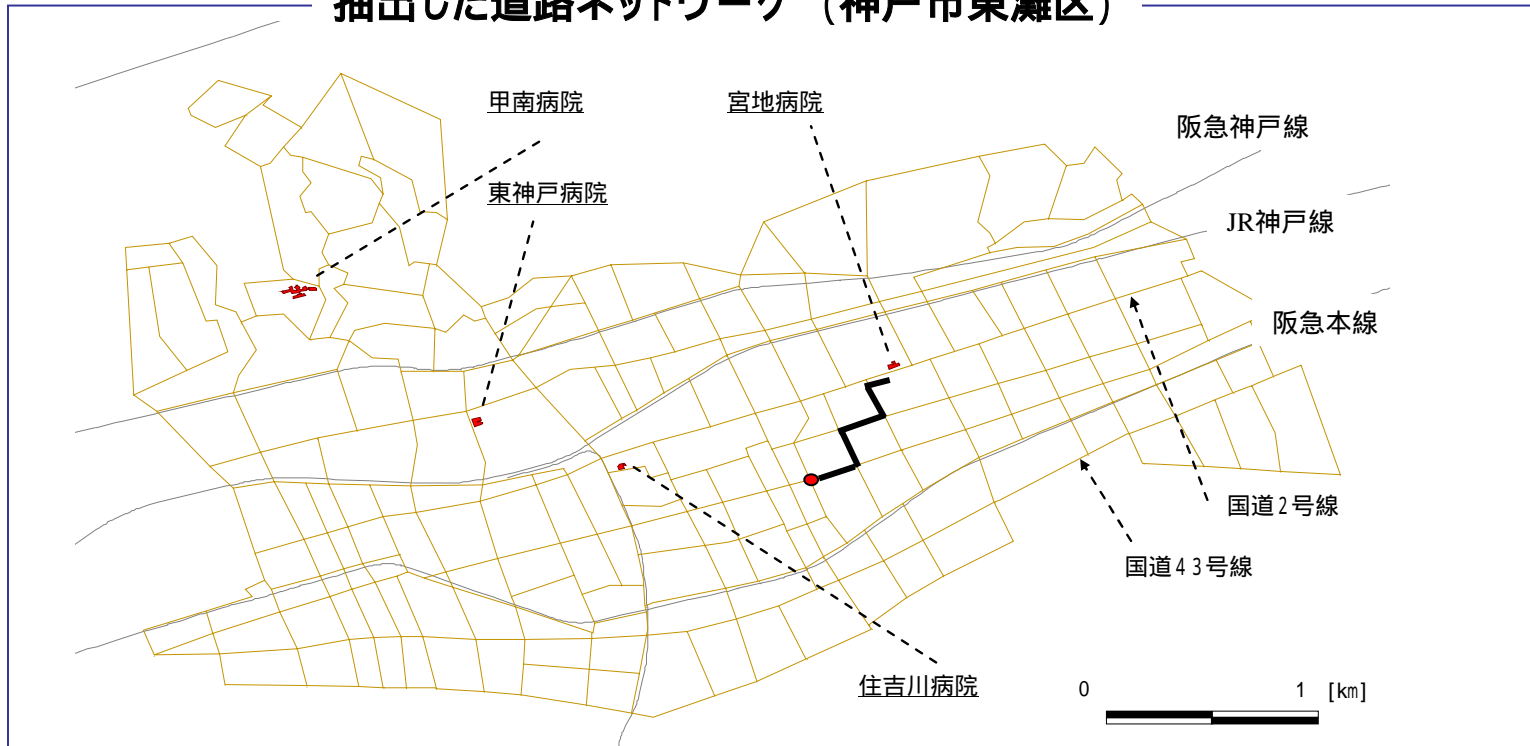
(国土地理院 数値地図2500からSISにより読み取り)

4.1 前提条件

条件B : 病院までの経路

各ノードから各病院までの経路は
*Dijkstra*法により最短経路を選択

抽出した道路ネットワーク (神戸市東灘区)



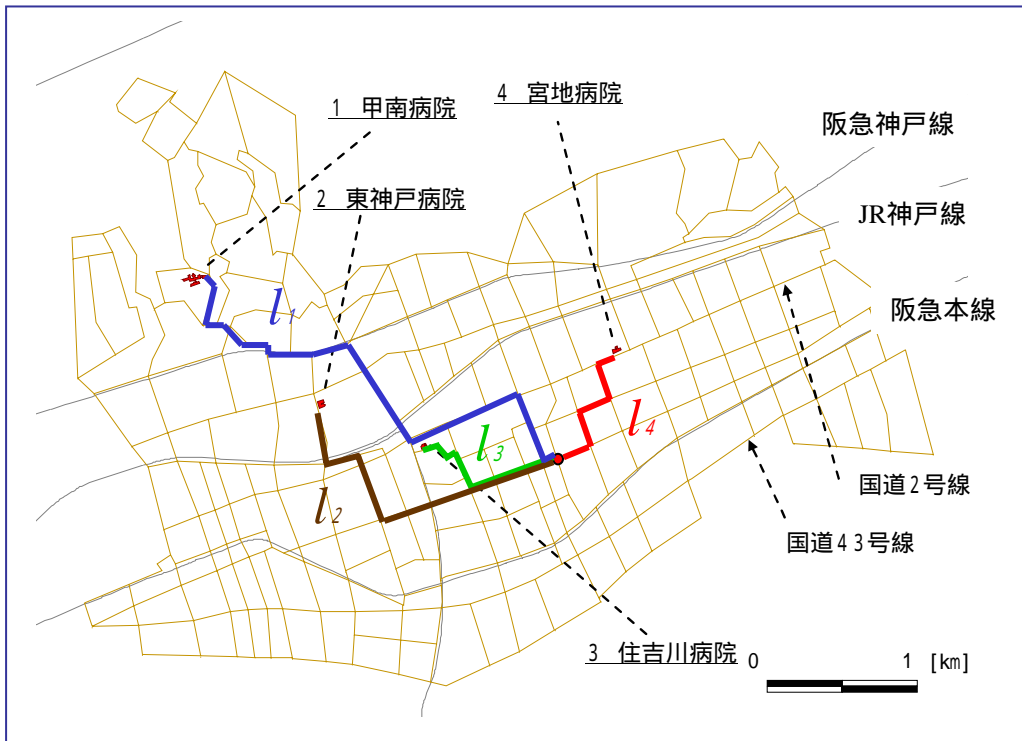
(国土地理院 数値地図2500からSISにより読み取り)

4.1 前提条件

条件C : 病院の選択方法

各ノードから最も近い病院を選択

各病院までの最短経路 (最短距離 l_i)



l_1 から l_4 を比較



最も短い l_4 を選択

4.1 前提条件

条件D : 重み

「病院の選択のしやすさ」



重み



各病院の病床数

甲南病院	...	400床
宮地病院	...	199床
東神戸病院	...	150床
住吉川病院	...	41床

(倉林亜利砂:「大震災時における重傷者の搬送に関する研究」より)

4.1 前提条件

条件E : その他

- a 道路幅員から閉塞率を算出
- b 医療施設へのアクセス手段として自動車を使用



4.1 前提条件

条件A : 道路の抽出

条件B : 病院までの経路

条件C : 病院の選択方法

条件D : 重み

条件E : その他



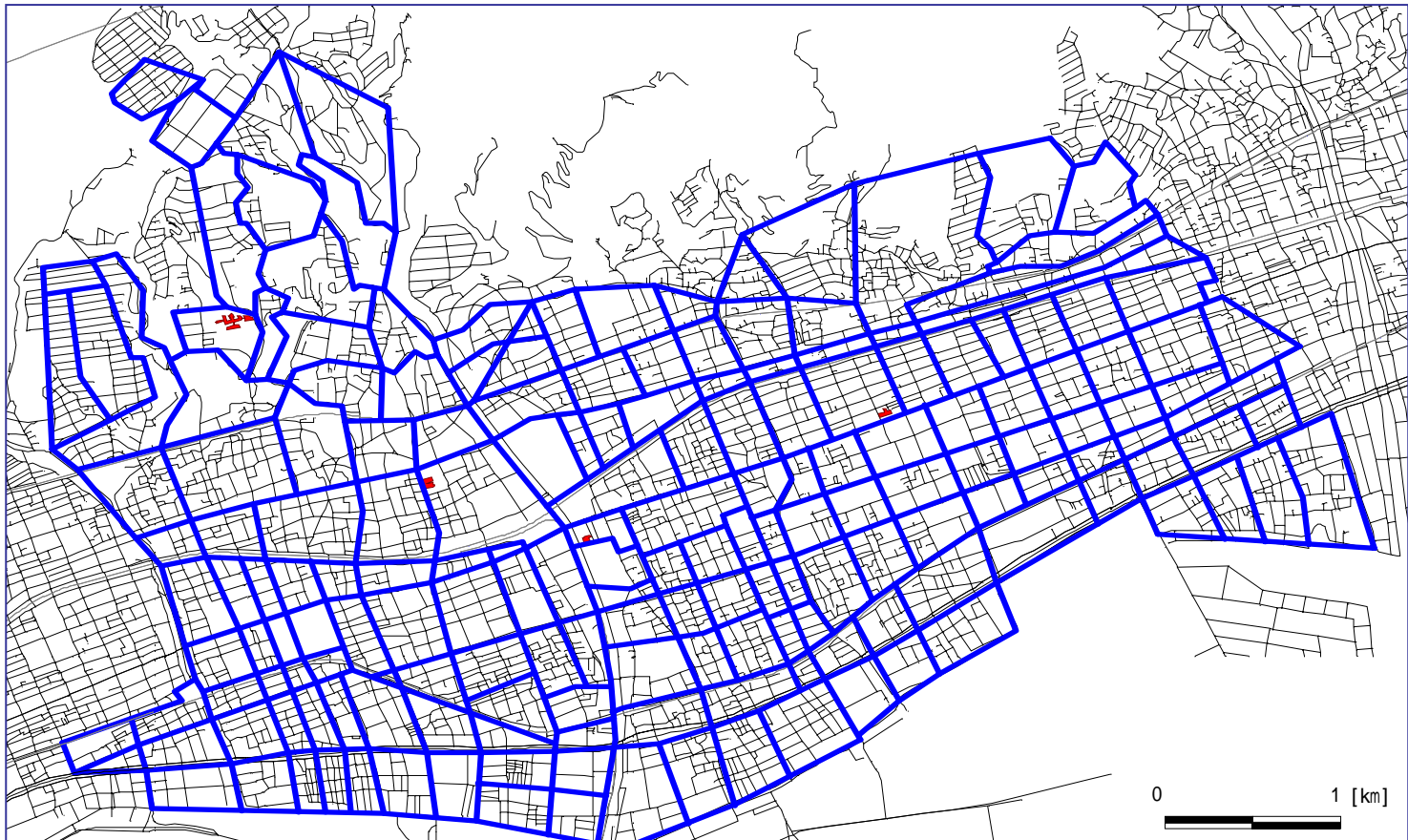
4.2 道路閉塞率の算出方法

- 1 抽出した道路の幅員をすべて計測

4.2 道路閉塞率の算出方法

抽出した道路幅員別ネットワーク

抽出した道路ネットワーク(神戸市東灘区)

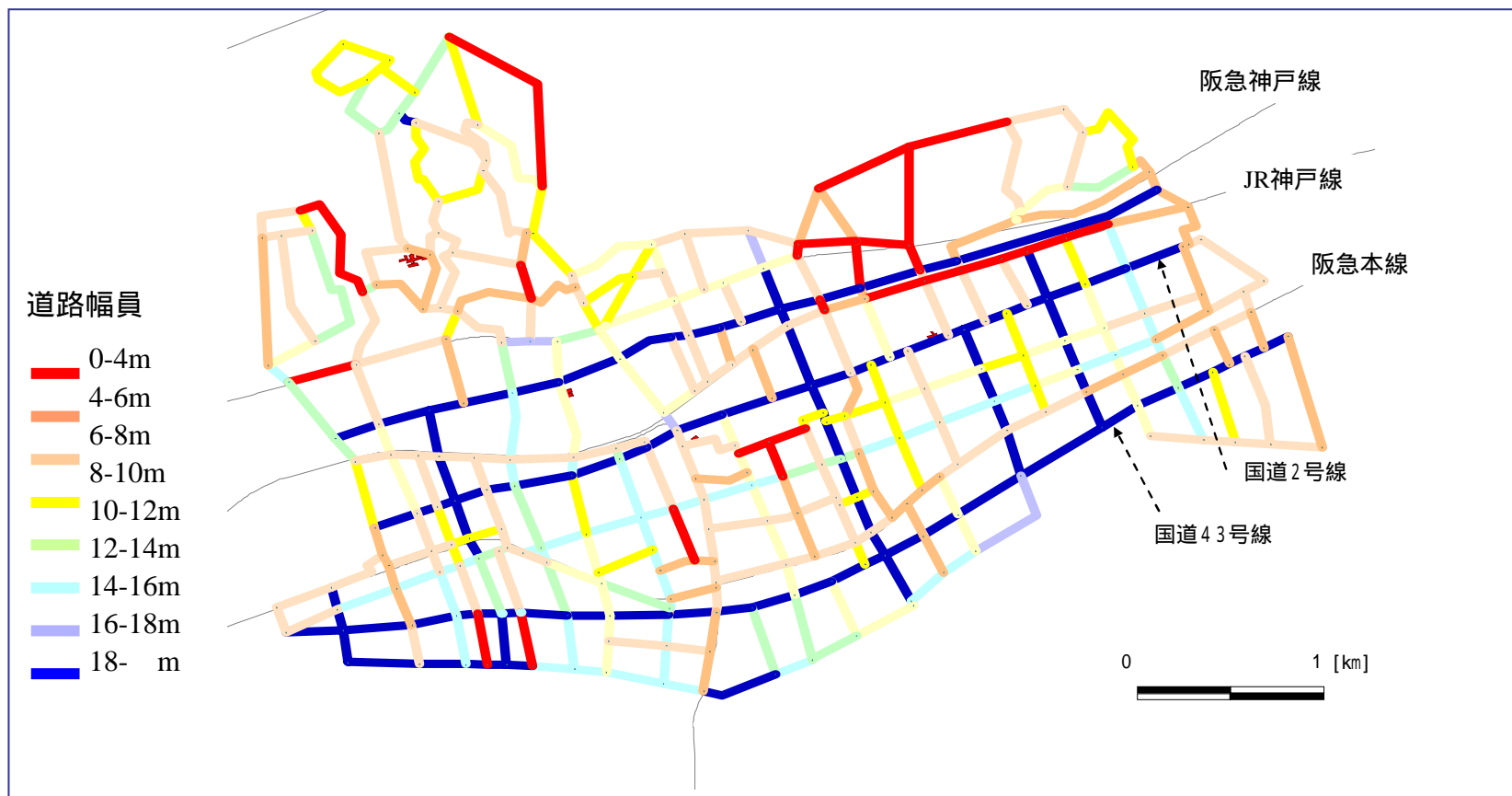


(国土地理院 数値地図2500をSISにより加工)

4.2 道路閉塞率の算出方法

抽出した道路幅員別ネットワーク

道路ネットワークの幅員別色分け





4.2 道路閉塞率の算出方法

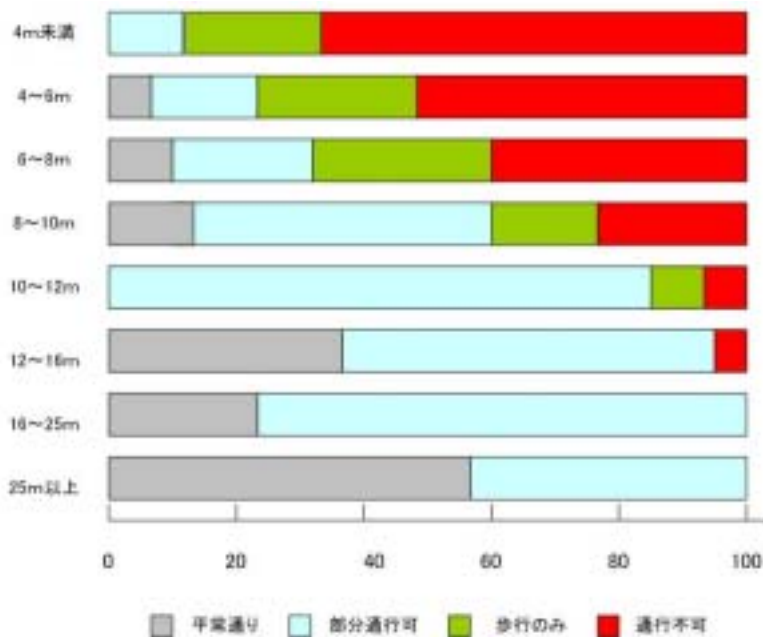
- 1 抽出した道路の幅員をすべて計測
- 2 幅員別の道路閉塞率を算出
- 3 各リンクごとの道路閉塞率を算出

4.2 道路閉塞率の算出方法

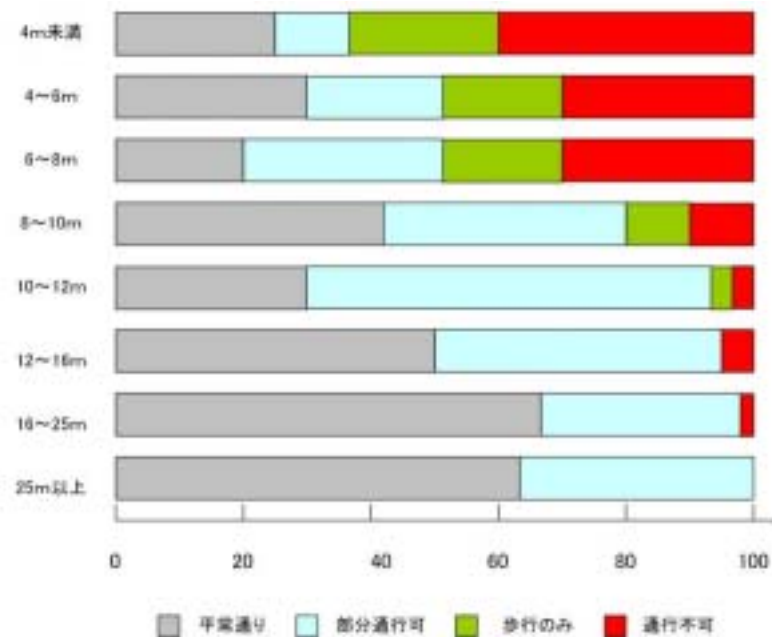
幅員別道路閉塞率の算出

阪神・淡路大震災における幅員別道路閉塞状況

JR神戸線以南



JR神戸線以北



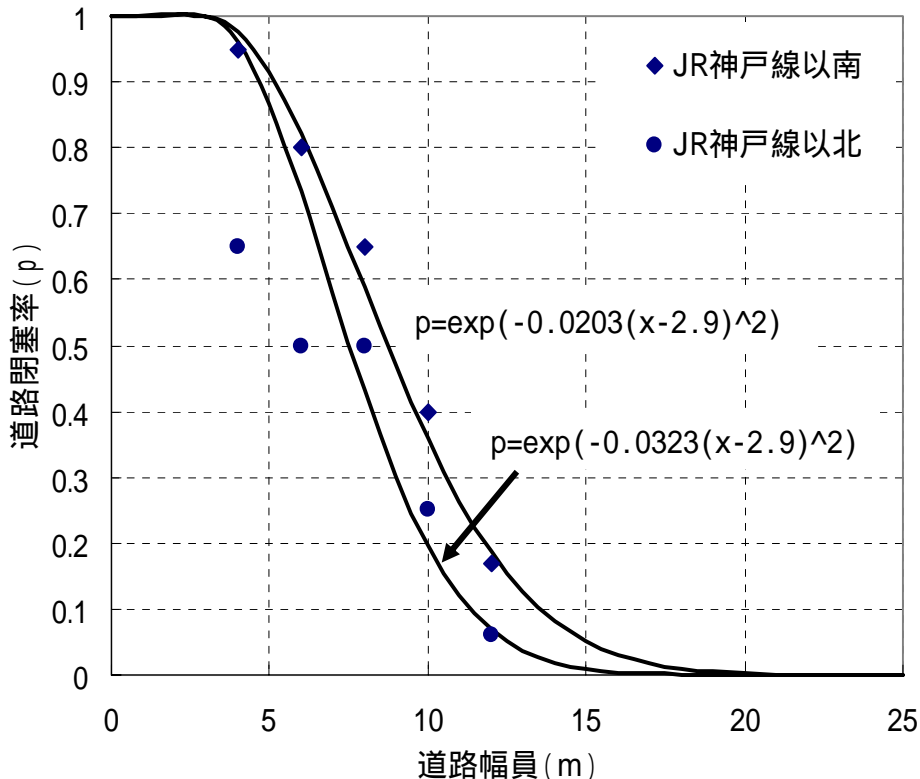
(塚口博司:「道路幅員について」より)

4.2 道路閉塞率の算出方法

幅員別道路閉塞率の算出

道路幅員と道路閉塞率(車両通行不能)の関係

道路幅員と道路閉塞率



$$p = \exp(-\alpha(x - 2.9)^2)$$

p : 道路閉塞率

x : 道路幅員

α : パラメータ

< パラメータの設定 >

JR神戸線以南... =0.0203

JR神戸線以北... =0.0323



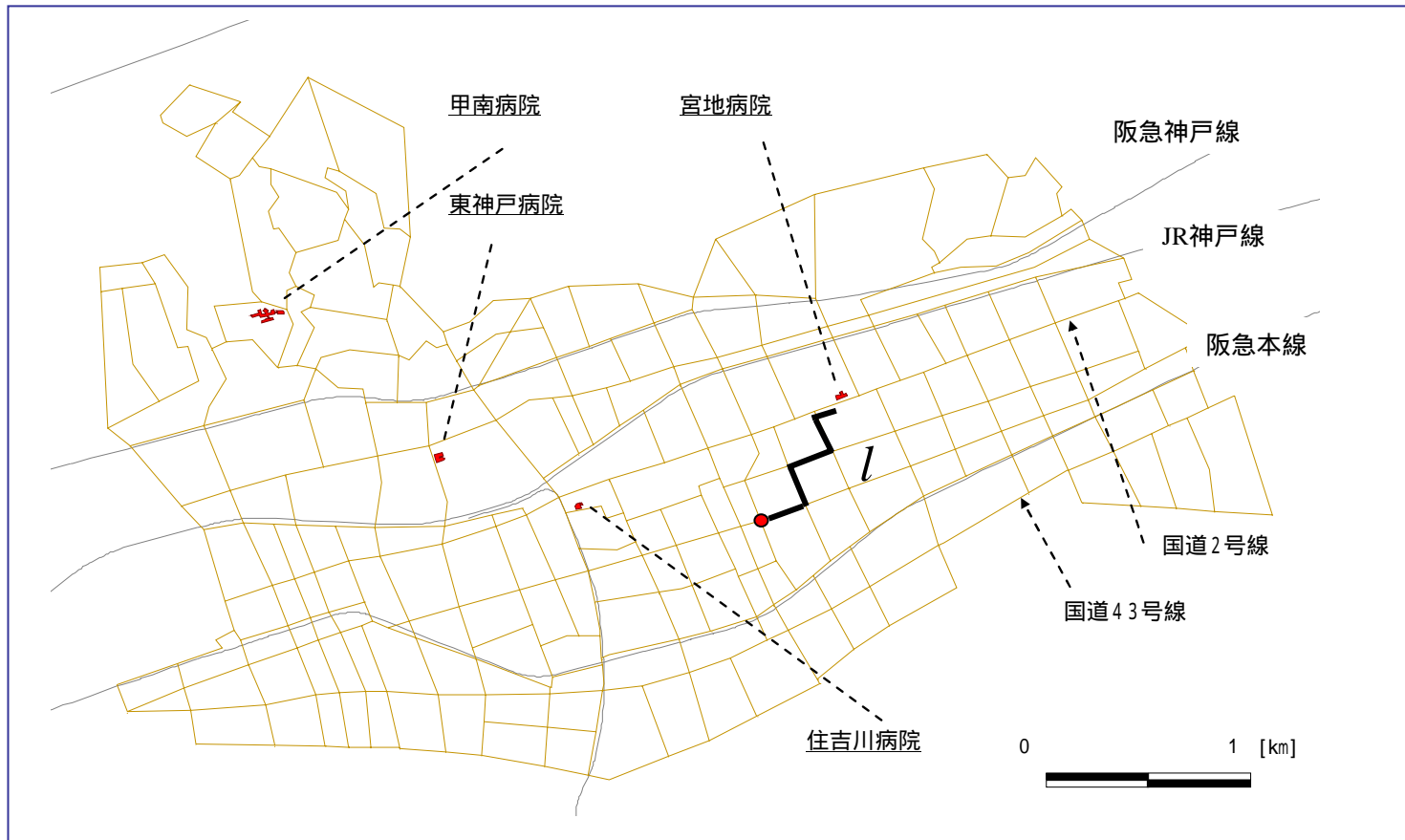
4.3 不到達率の算出方法

各ノードから各病院までの最短経路 (=最短距離 l) を選定

4.3 不到達率の算出方法

各ノードから各病院までの最短経路を選定

宮地病院までの最短経路



4.3 不到達率の算出方法

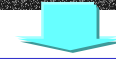
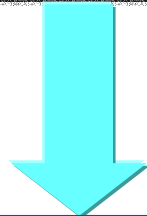
各ノードから各病院までの最短経路(=最短距離 l)を選定

重み付け

各病院の
病床数で割る

各ノードごとに病院までの最短距離を比較

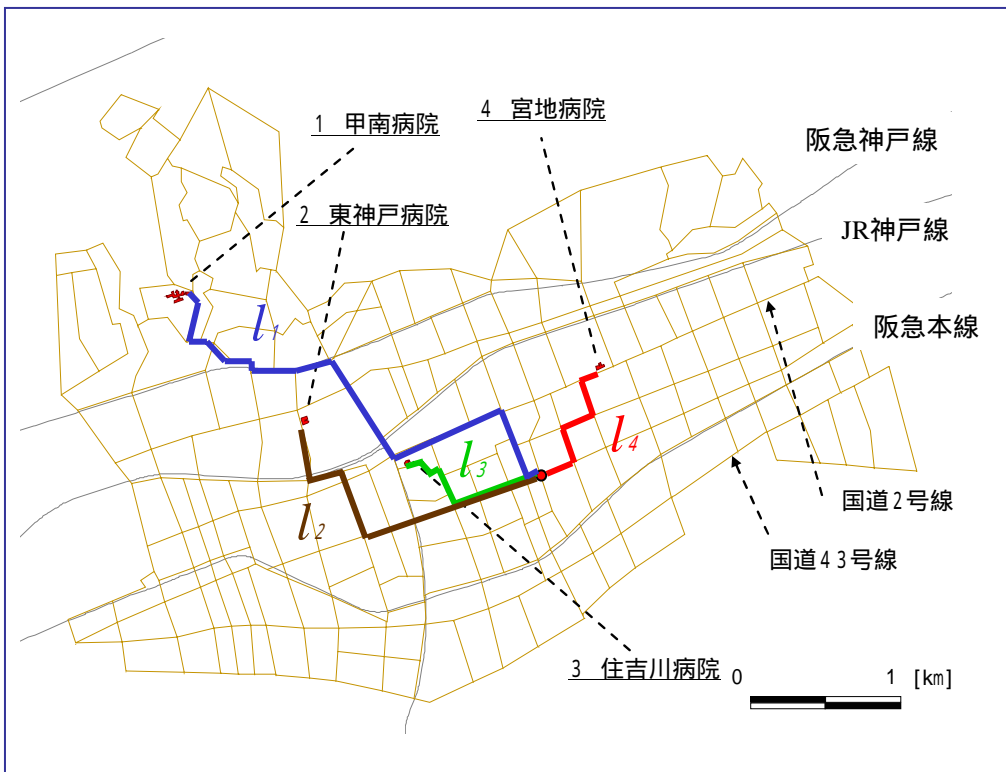
最も距離が短い病院を選択



4.3 不到達率の算出方法

各ノードごとに病院までの最短距離を比較

各病院までの最短経路 (最短距離 l_i)



1 l_1 から l_4 を比較

2 最も短い l_i を選択

重み付け

1 l_1 から l_4 を病床数で割る。

$$l_1' = l_1 / 400 \cdots \text{甲南病院}$$

$$l_2' = l_2 / 150 \cdots \text{東神戸病院}$$

$$l_3' = l_3 / 41 \cdots \text{住吉川病院}$$

$$l_4' = l_4 / 199 \cdots \text{宮地病院}$$

2 l_1' から l_4' を比較

3 最も短い l_i' を選択

4.3 不到達率の算出方法

各ノードから各病院までの最短経路(=最短距離 l)を選定

重み付け

各病院の
病床数で割る

各ノードごとに病院までの最短距離を比較

最も距離が短い病院を選択

ノードから病院までの不到達率を算出

4.3 不到達率の算出方法

ノードから病院までの不到達率を算出

ノードから病院までの不到達率算出式

$$P = \frac{\sum_i p_i l_i}{\sum_i l_i}$$

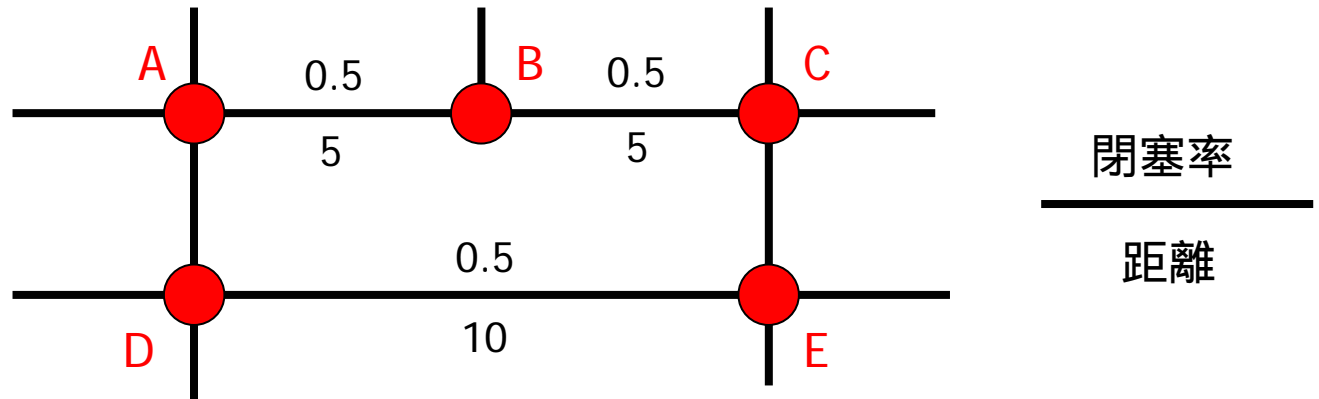
P : 不到達率

p_i : リンク i の閉塞率

l_i : リンク i の長さ

4.3 不到達率の算出方法

ノードから病院までの不到達率を算出



$$A \quad C : 1 - 0.5 \times 0.5 = 0.75$$

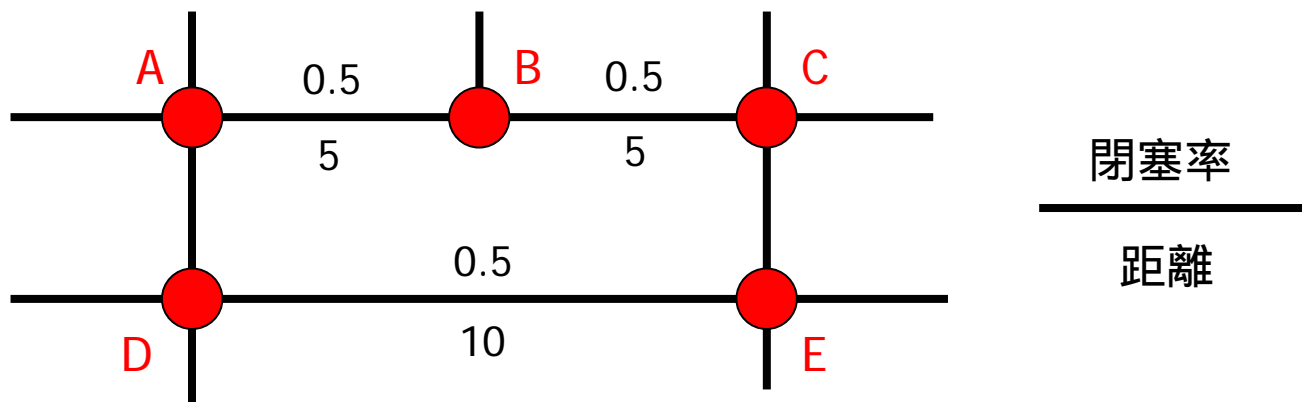
↑ ↓ 違いがでるのはおかしい!?

$$D \quad E : 0.5$$

4.3 不到達率の算出方法

ノードから病院までの不到達率を算出

$$P = \frac{\sum_i p_i l_i}{\sum_i l_i}$$

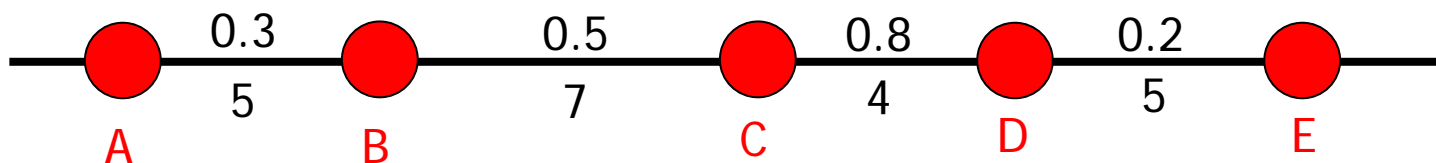


$$A \quad C : P = \frac{0.5 \times 5 + 0.5 \times 5}{5 + 5} = 0.5$$

$$D \quad E : P = \frac{0.5 \times 5}{5} = 0.5$$

4.3 不到達率の算出方法

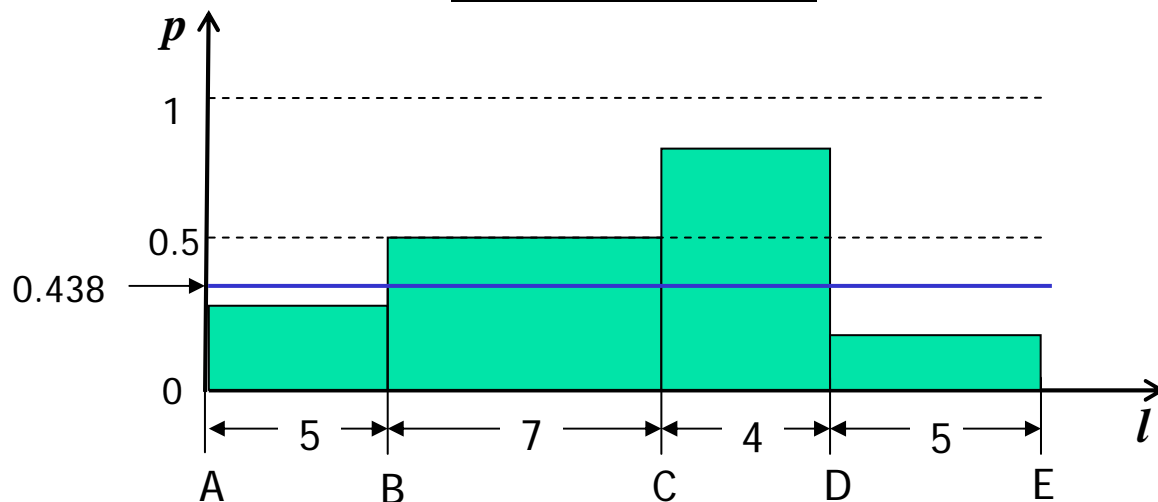
ノードから病院までの不到達率を算出



$$P = \frac{\sum_i p_i l_i}{\sum_i l_i}$$

$$P = \frac{0.3 \cdot 5 + 0.5 \cdot 7 + 0.8 \cdot 4 + 0.2 \cdot 5}{5 + 7 + 4 + 5}$$
$$= 0.438$$

不到達率 P の算出



4.3 不到達率の算出方法

各ノードから各病院までの最短経路(=最短距離 l)を選定

重み付け

各病院の
病床数で割る

各ノードごとに病院までの最短距離を比較

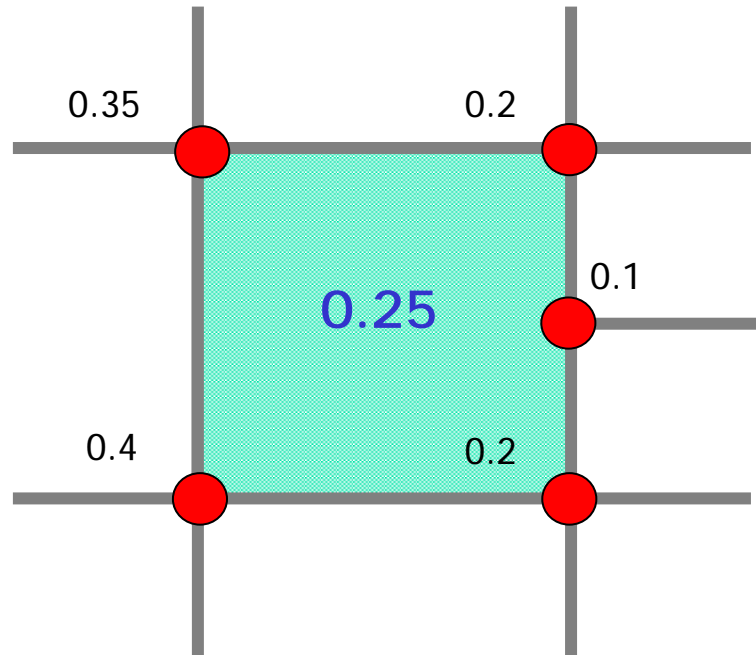
最も距離が短い病院を選択

ノードから病院までの不到達率を算出

各町丁目ごとに不到達率を算出

4.3 不到達率の算出方法

各町丁目ごとに不到達率を算出



$$\frac{(0.35+0.2+0.1+0.2+0.4)}{5} = 0.25$$

5 結果と考察

震災前の道路幅員

4つの病院が
機能した場合



ケース1a 病床数重みなし
ケース1b 病床数重みあり

2つの病院のみ
(甲南・東神戸)が
機能した場合



ケース2a 病床数重みなし
ケース2b 病床数重みあり

震災後の道路幅員

4つの病院が
機能した場合



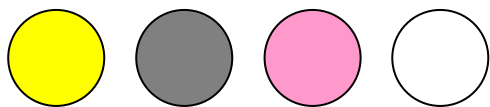
ケース3a 病床数重みなし
ケース3b 病床数重みあり

5 結果と考察

不到達率の表示方法について

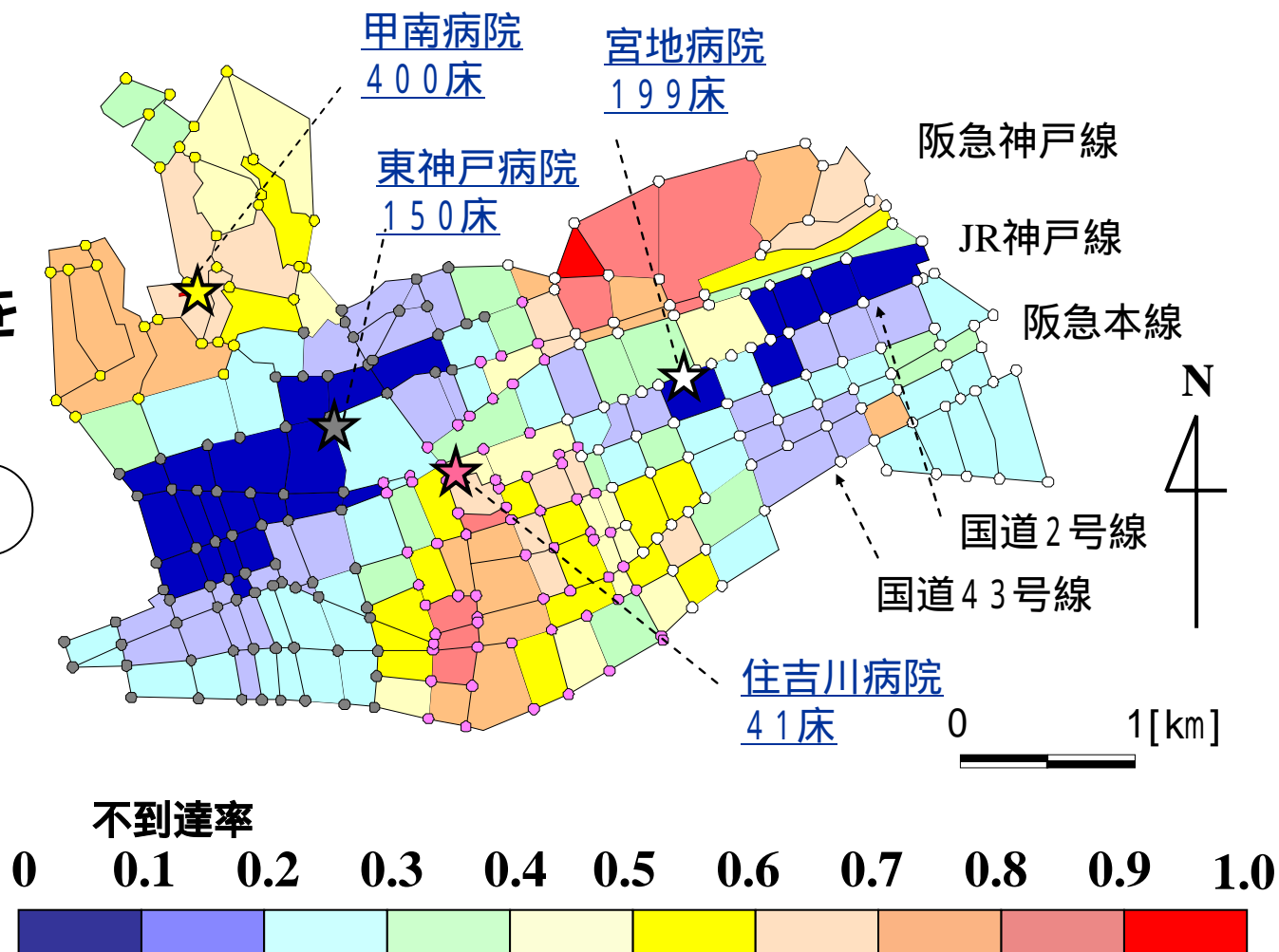
ノード

病院への割当てを
色分けして表示



ポリゴン

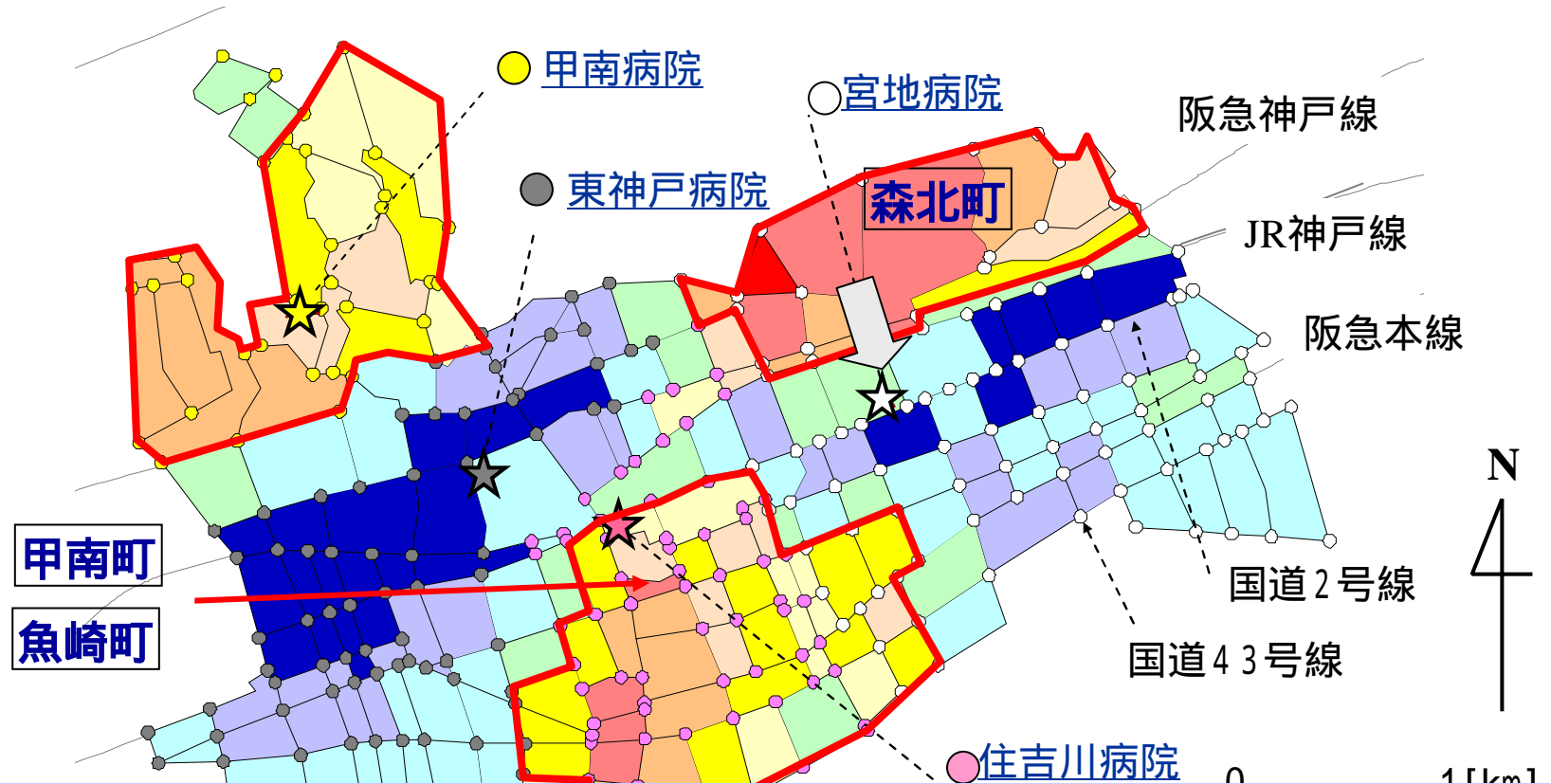
不到達率を
色分けして表示





震災前の道路幅員

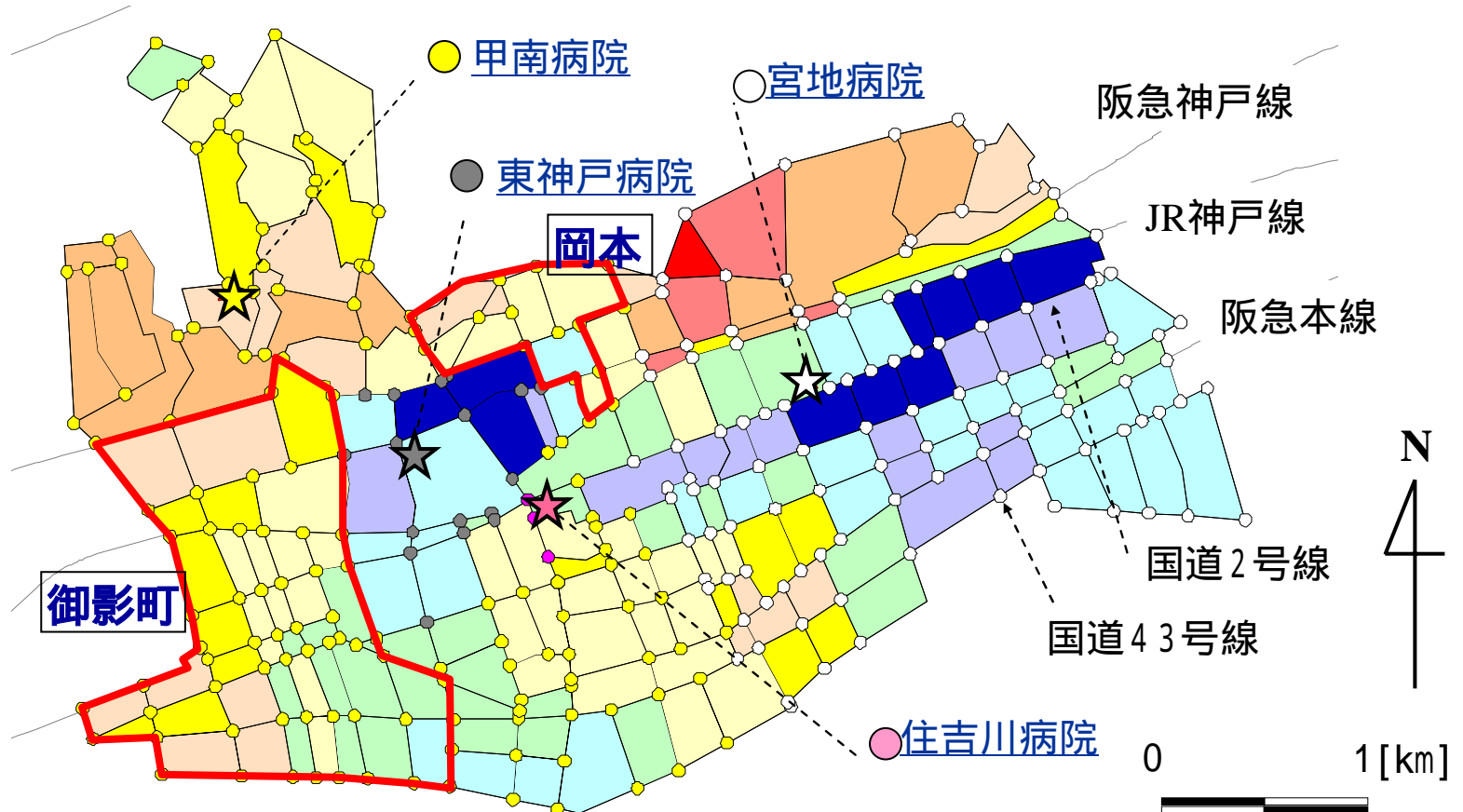
4つの病院が機能した場合 重みなし



- a. 甲南病院周辺および甲南町・魚崎町での不到達率が高い
- b. 甲南町・魚崎町は木造家屋の密集市街地であるため実際の不到達率はより高い
- c. 森北町から宮地病院への不到達率の高さは森北町内とJR神戸線を横断するような道路の幅員の狭さによるものである

震災前の道路幅員

4つの病院が機能した場合 重みあり



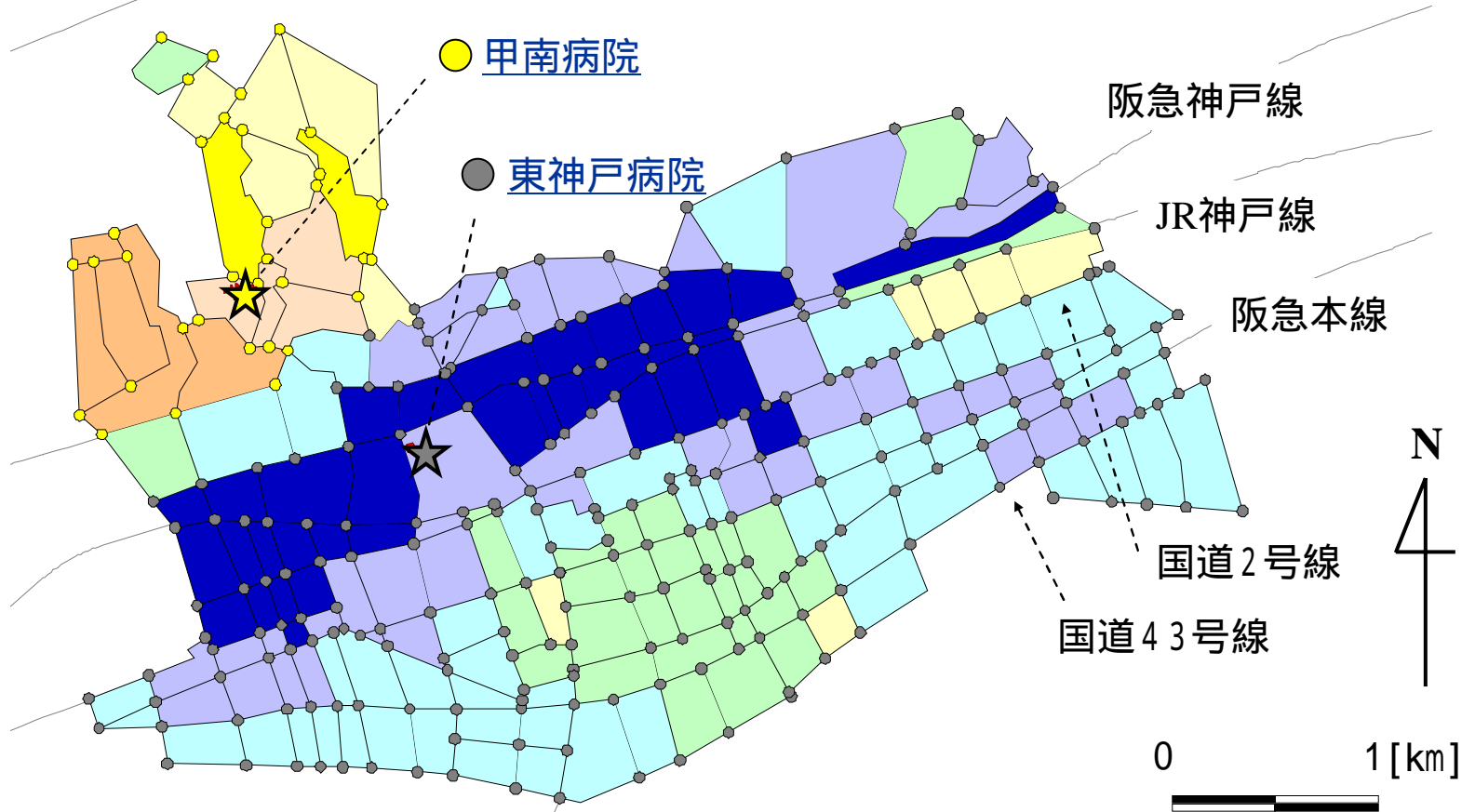
a. 甲南病院の圏域が拡大

b. 御影町・岡本では割当ての変更により不到達率が上昇

甲南病院周辺の道路幅員の小ささが広域に影響している

震災前の道路幅員

2つの病院が機能した場合 重みなし

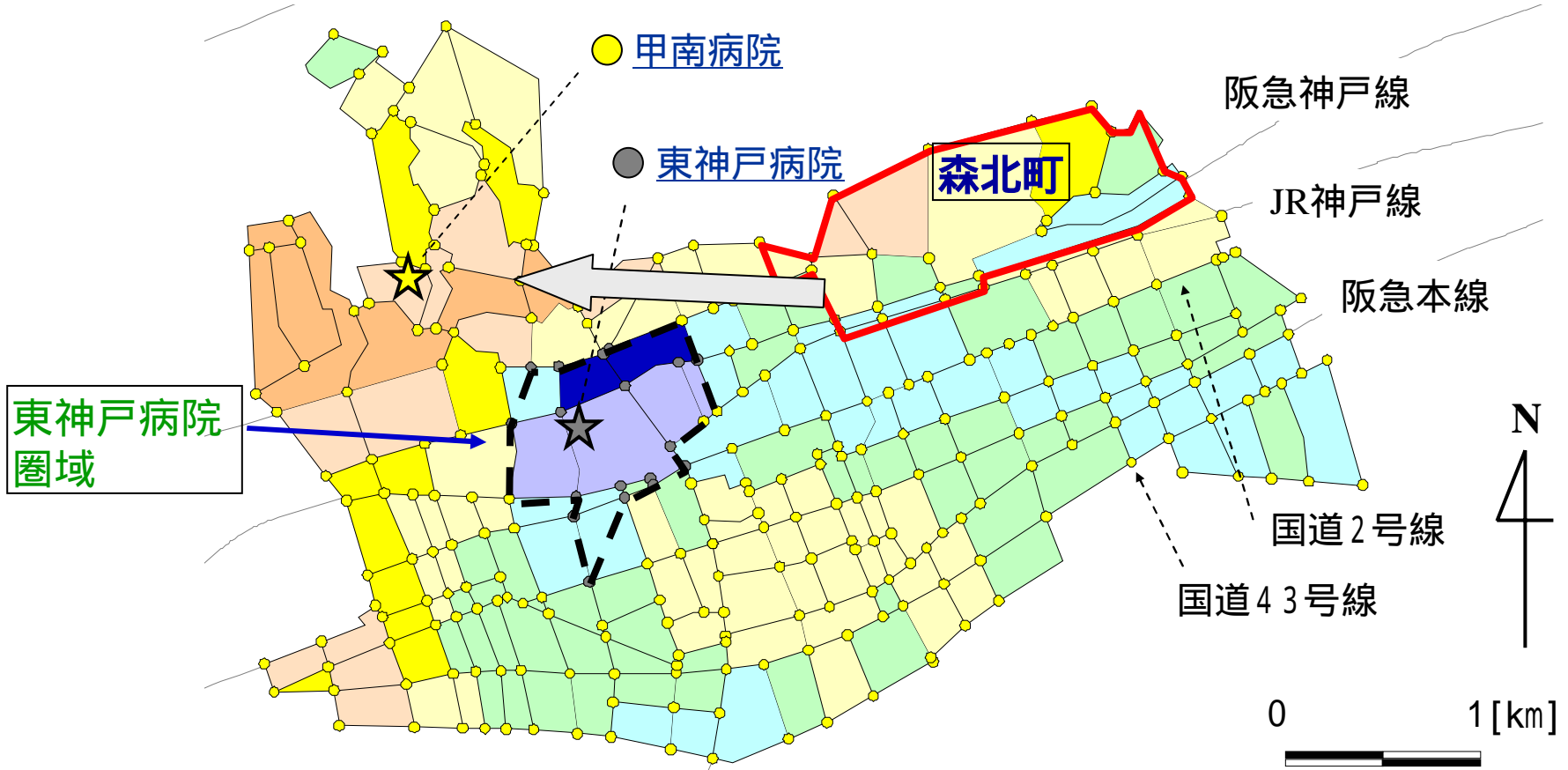


- a. 東神戸病院の圏域が大きい。全体的にみて不到達率が最も低い
- b. 東神戸病院の規模拡大が不到達率低下につながることを示唆している



震災前の道路幅員

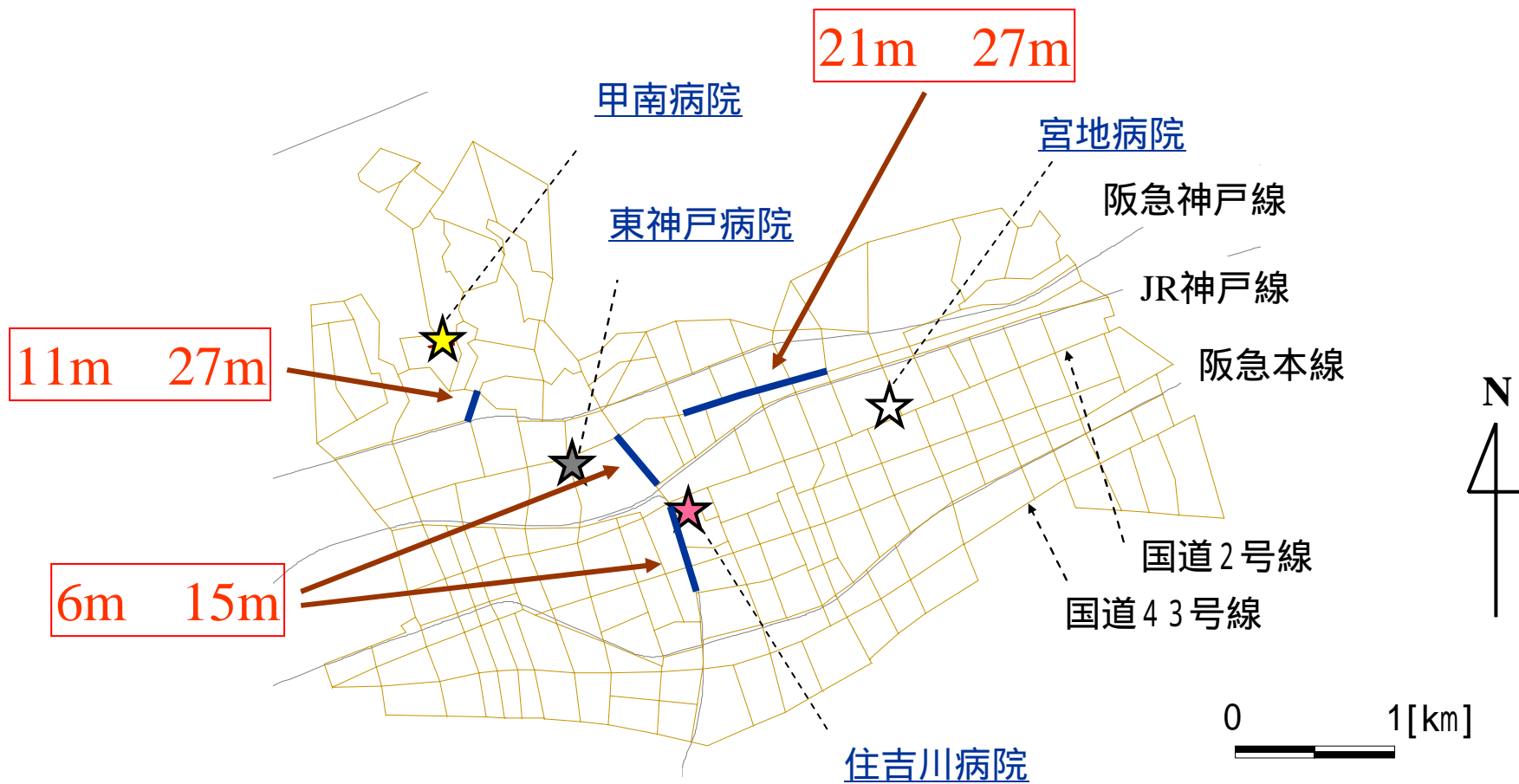
2つの病院が機能した場合 重みあり



- a. 甲南病院の圏域が圧倒的に大きく、全体的にみて不到達率が高い
- b. 森北町での不到達率が低下しており、JR神戸線をまったく南北方向の道路がボトルネックになっていたことを顕著に表した

5 結果と考察

震災後の拡幅が行われた道路について



期待される効果

- 甲南町・魚崎町での不到達率が低下？
- 甲南病院周辺での不到達率低下？

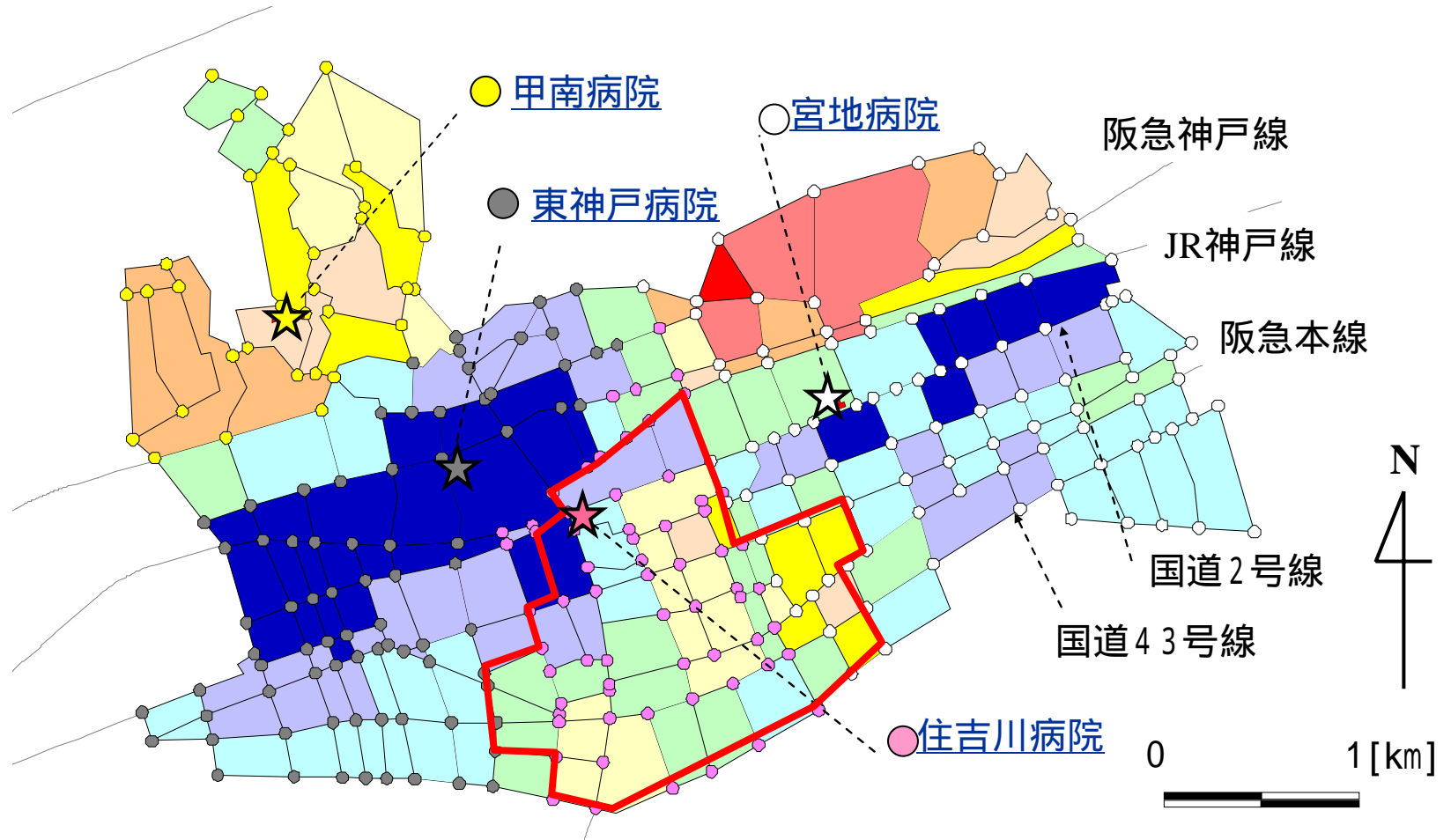
不到達率

0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0



震災後の道路幅員

4つの病院が機能した場合 重みなし

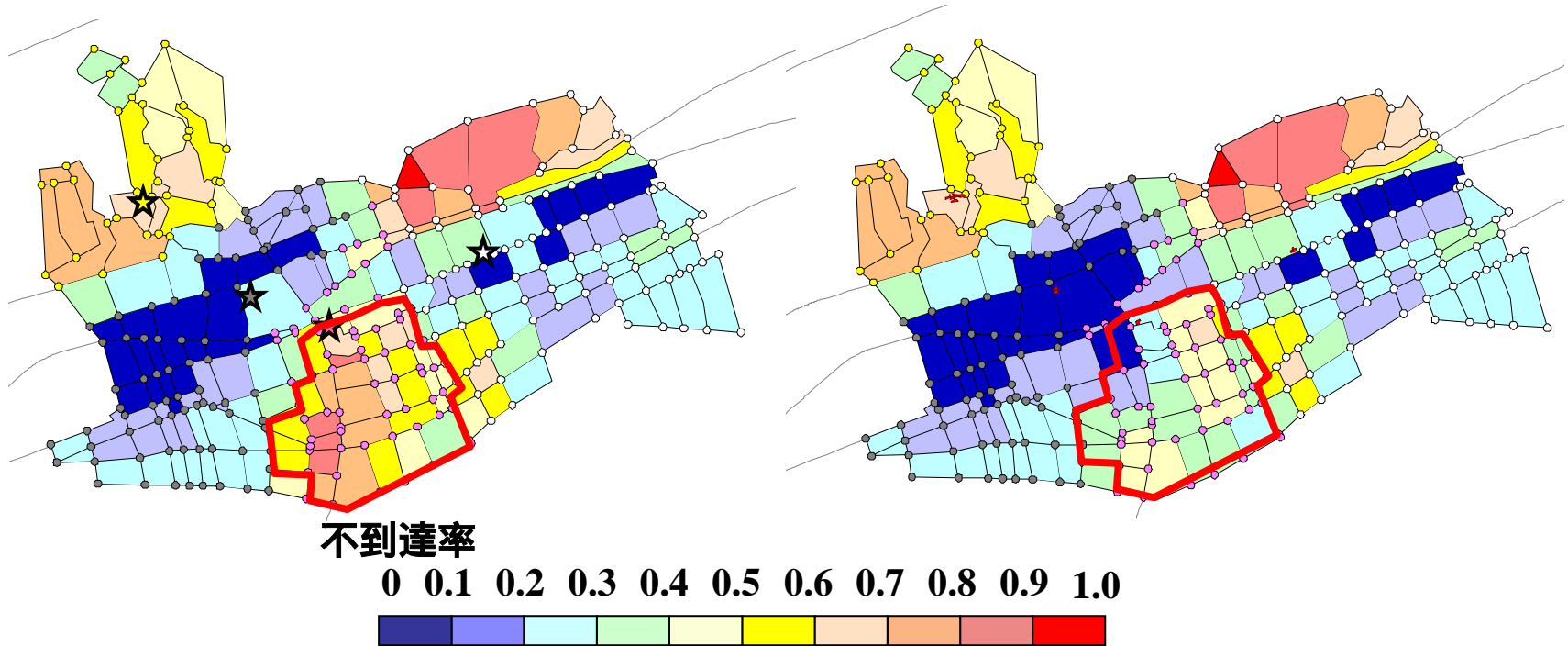


震災前後での不到達率の比較

4つの病院が機能した場合 重みなし

震災前(ケース1a)

震災後(ケース3a)



a. 甲南町・魚崎町での不到達率が大幅に減少した

b. 甲南病院周辺での不到達率には大きな変化が見られなかった

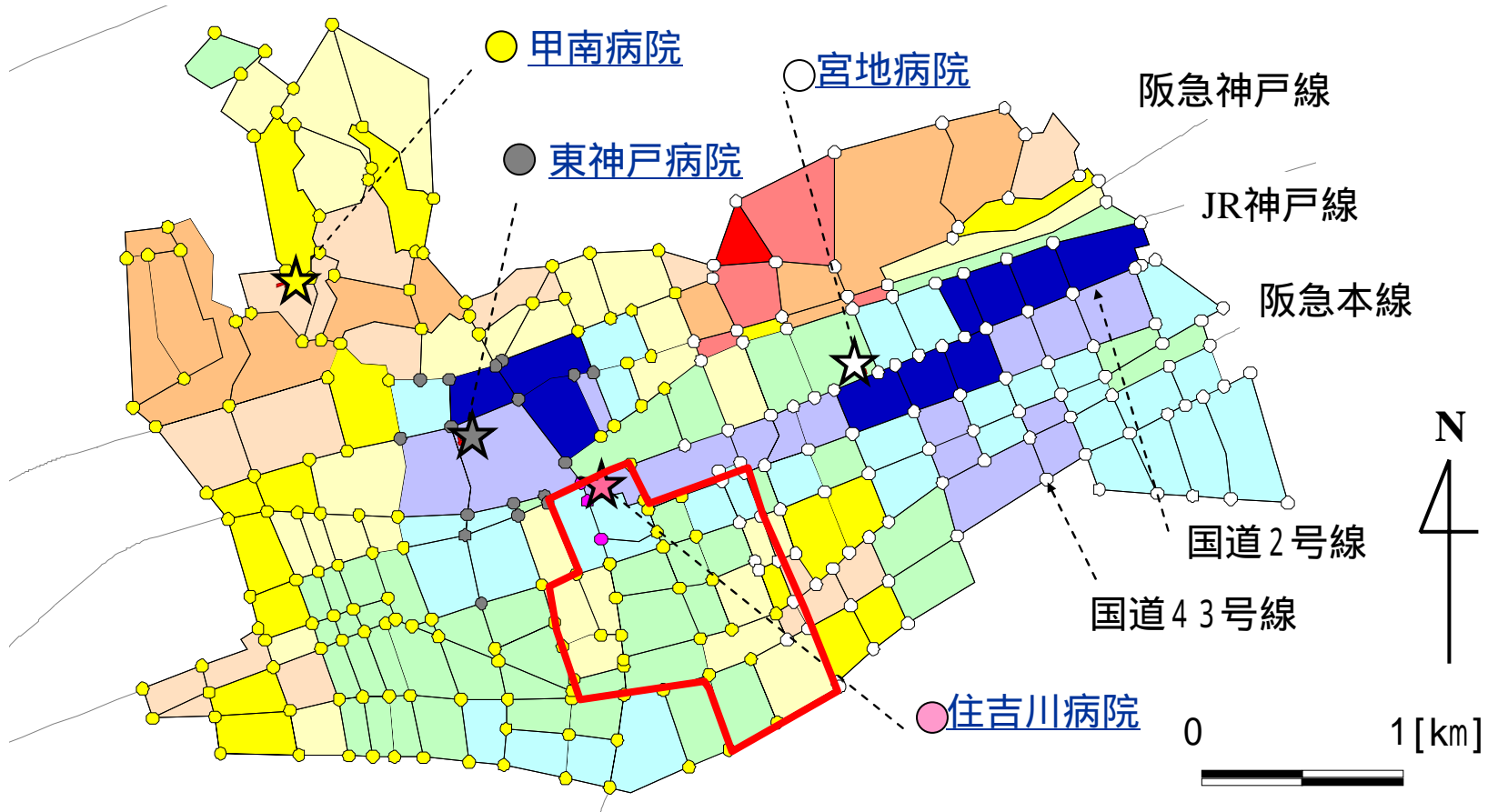
不到達率

0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0



震災後の道路幅員

4つの病院が機能した場合 重みあり

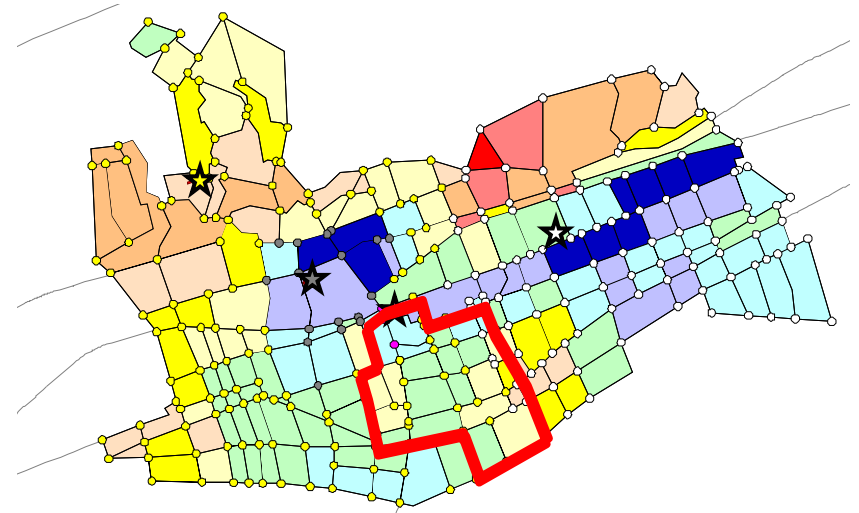
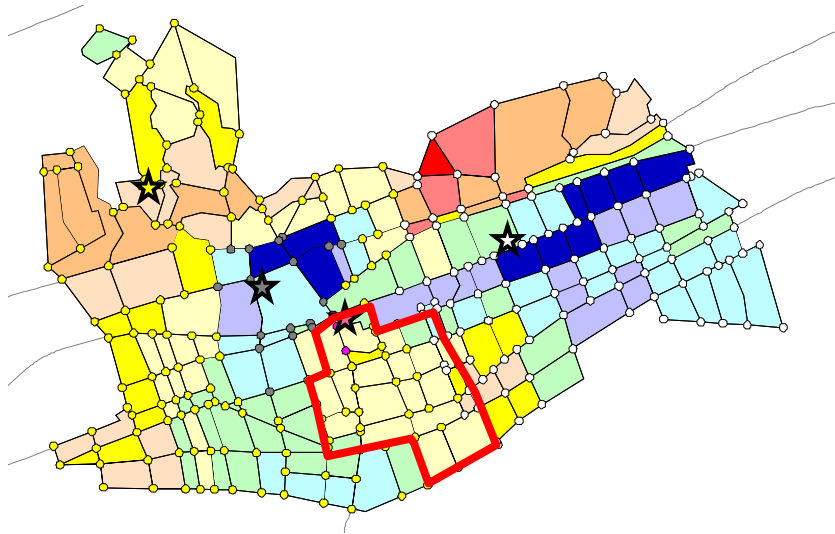


震災前後での不到達率の比較

4つの病院が機能した場合 重みあり

震災前(ケース1b)

震災後(ケース3b)



不到達率

0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0



- a. 甲南町・魚崎町での不到達率が減少。
- b. しかし、重みなしよりは不到達率減少の地区が小さい
- c. 甲南病院周辺での不到達率には大きな変化が見られなかった

まとめ

神戸市東灘区を対象地域として、道路幅員と病院の規模を用いて病院への到達のしやすさを以下の6つのケースにおいて求めた。

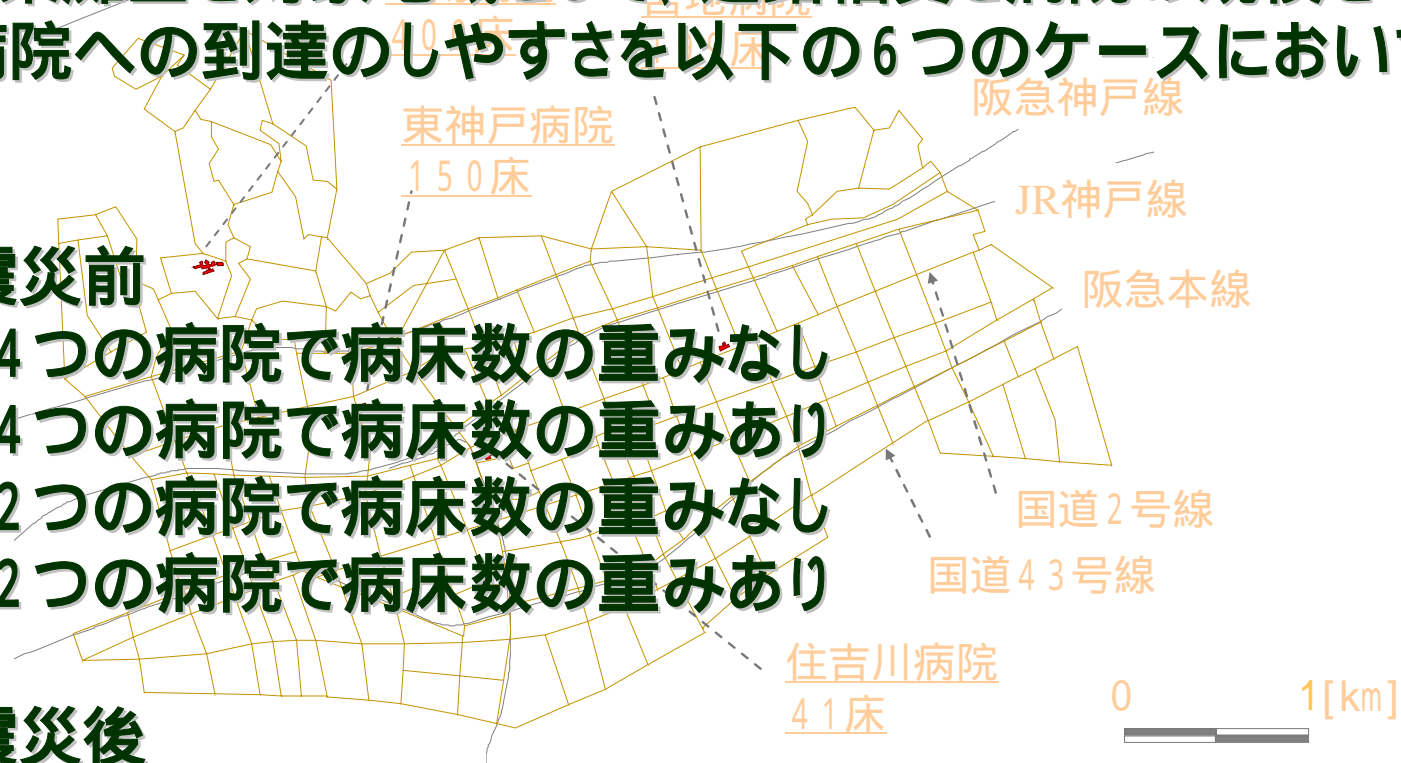
震災前

- ・4つの病院で病床数の重みなし
- ・4つの病院で病床数の重みあり
- ・2つの病院で病床数の重みなし
- ・2つの病院で病床数の重みあり

震災後

- ・4つの病院で病床数の重みなし
- ・4つの病院で病床数の重みあり

その結果・・・



5 結果と考察

まとめ

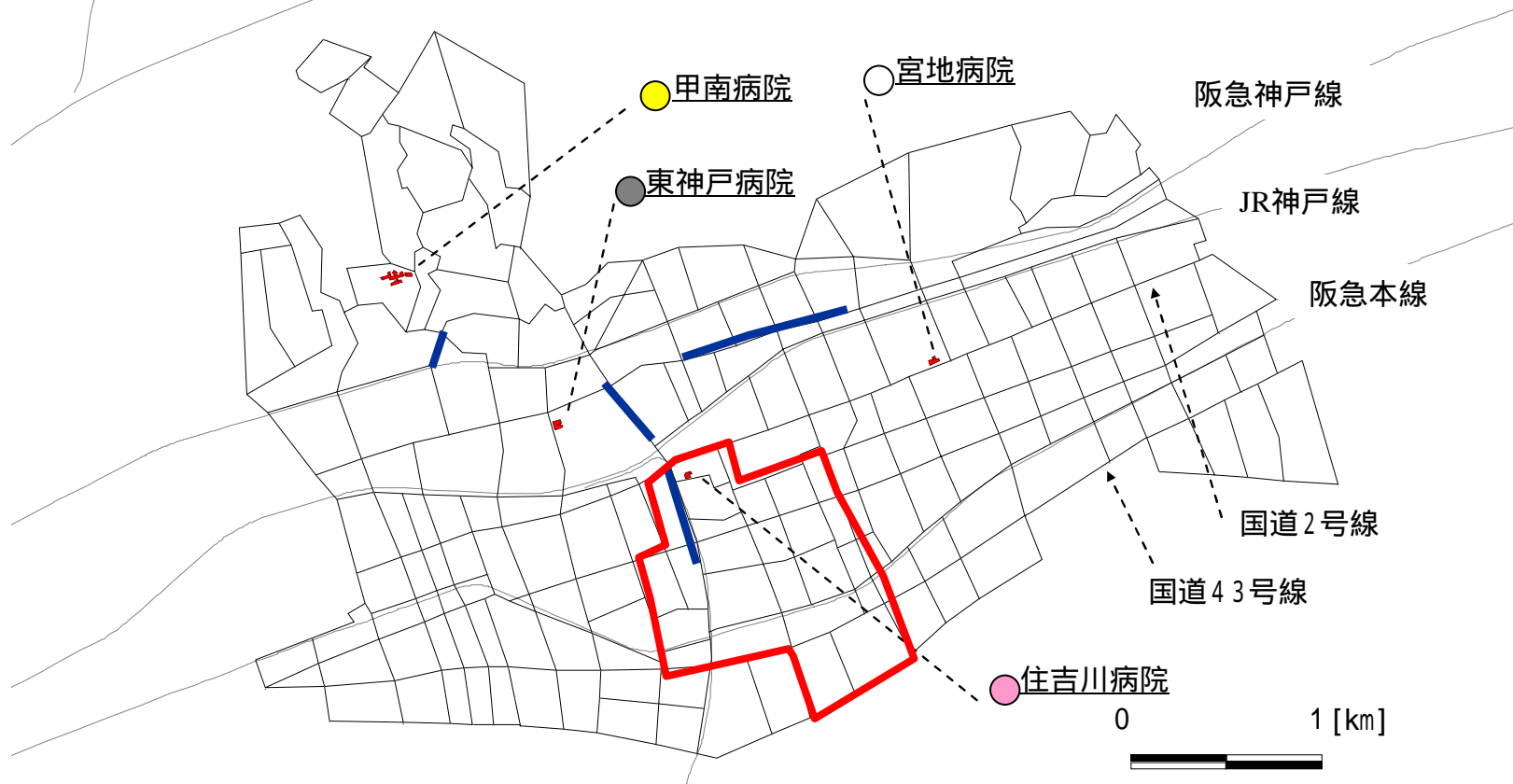
- a. 甲南町・魚崎町などの密集市街地での不到達率大、甲南病院の圏域大など現実的な結果を得ることができた



5 結果と考察

まとめ

- b. 震災後の道路拡幅によって、甲南町・魚崎町での不到達率減少が現われた一方で、甲南病院付近での効果はあまりみられなかった。



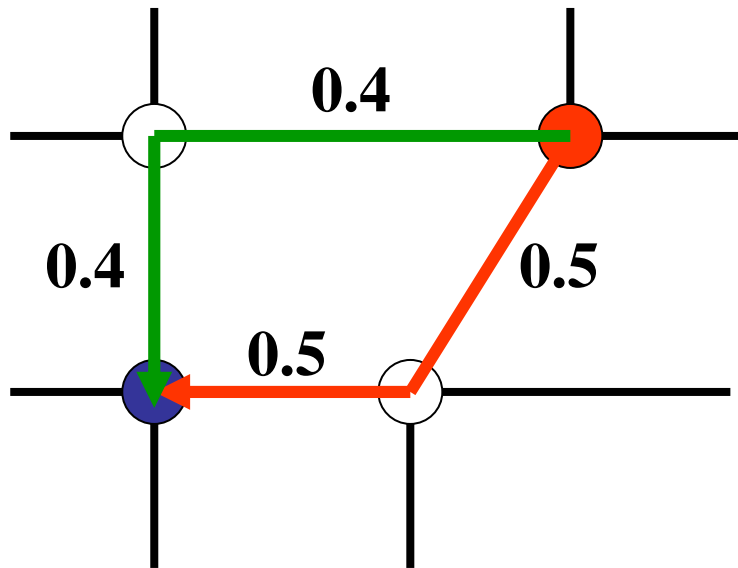
5 結果と考察

まとめ

- c. 森北町にとってJR神戸線を横断する道路がボトルネックとなっていた。東神戸病院の規模の拡大によって不到達率減少の可能性がみられた。今後さらなる施設整備を進める上で重要な示唆を得ることができた



6 今後の課題

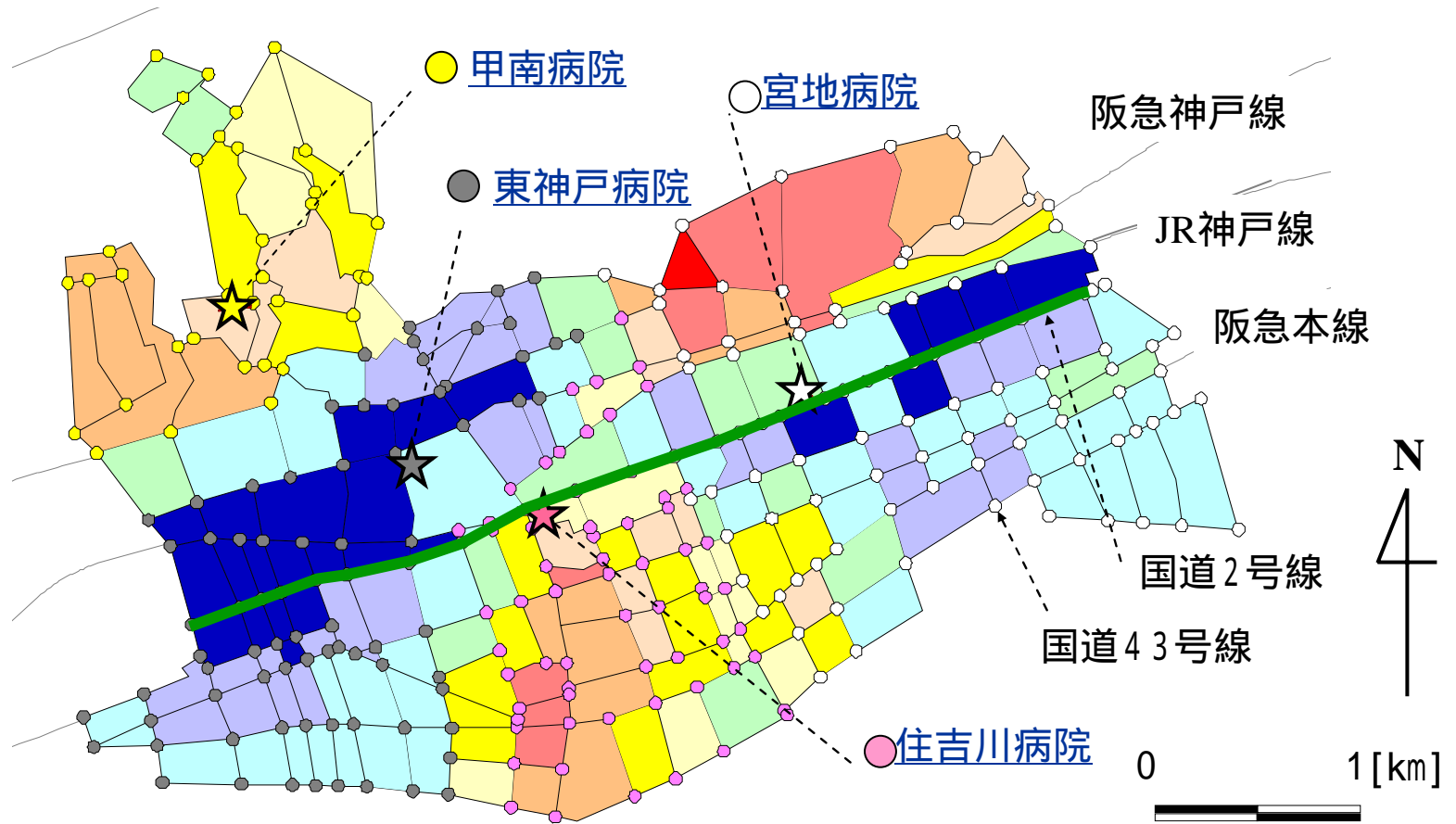


経路 1 の不到達率=0.5
(最短経路)

経路 2 の不到達率=0.4

必ずしも最短経路を選択するとは限らない
迂回距離・閉塞率などを考慮する必要がある

6 今後の課題



交通混雑などを含めた道路ネットワークの信頼性を評価する必要がある