

ツリーの概念を用いた都市道路網の多重性の考察

九州大学工学部 地球環境工学科 学生会員 黒瀬 隆之
九州大学大学院 工学研究院 正会員 外井 哲志
九州大学大学院 工学研究院 正会員 大枝 良直

1. 目的

災害発生時に道路が被災・寸断・通行不可になった場合、道路網には代替経路による緊急輸送路の確保が求められる。ここで緊急輸送とは、災害発生時に人命の安全や被害拡大防止等の対策を円滑に行うための救助・医療・消火活動及び緊急物資の供給等に必要となる人員や物資の輸送のことをいう。2011年の東日本大震災では、太平洋側の高速道路の利用が制限され、その代替路として日本海側の幹線道路網が緊急輸送ルートとして機能した経緯がある。したがって、災害発生時における道路網の多重性の評価は重要であり、過去にも多くの研究が行われてきた。一方、道路網の基本パターンである放射・環状型道路網に関する研究も多く行われているが、放射・環状型道路網の多重性に関する研究は少ない。以上より、本研究では放射・環状型道路網の形成が都市道路網の多重性に対してもたらす影響について分析し、評価することを目的とする。

2. 評価の方法

2-1. 防災拠点

災害発生直後には、指令拠点（県庁や市町村役場等の災害対策本部）、広域交通拠点（空港、駅、港湾等）、実働的拠点（病院、消防署、警察署等）、地域拠点（避難場所等）といった防災拠点がつながっていることが求められる。災害の発生場所や規模によって必要な拠点の組合せは異なるので、必ずしもこれらの拠点全てが同時に機能する必要はないが、短期間のうちに効率的に拠点が機能する体制を整えるには防災拠点相互が繋がっていることが必要である。本研究では連結性が求められる災害発生直後を想定し、都市内の主要拠点間が繋がっている状態を、都市機能を維持するための必要最低限の道路網と考えた。

2-2. ツリーの構造

道路網上の任意の拠点をつなぐためには、それらを結ぶ木構造が最低限必要である。ネットワーク内

の全てのノードをつなぐ木を全域木といい、図1のようにノードの部分集合を全てつなぐ木はシュタイナー木という。本研究では、道路網の接続性の変化をシュタイナー木に着目して評価を行った。

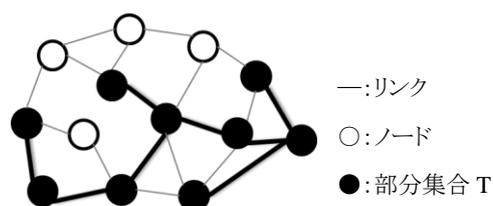


図1 シュタイナー木¹⁾

3. 使用データ

本研究では図2に示す福岡市の指定する幹線市道以上の道路から成る道路網（赤線は福岡都市高速）を対象に評価を行った。この道路網のノード数は1012、リンク数は1730である。

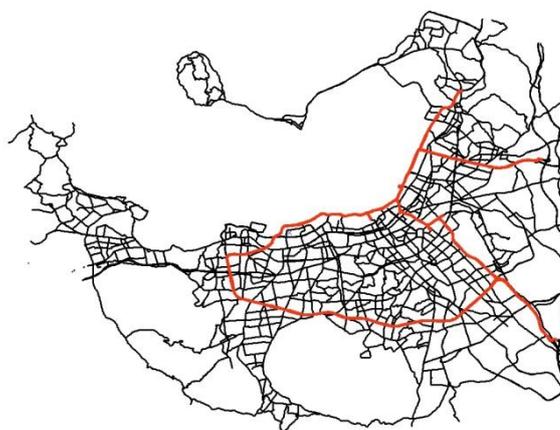


図2 対象道路網（福岡市）²⁾

4. 分析の方法

4-1. シュタイナー木

平成17年北部九州圏パーソントリップ調査におけるCゾーンベースのOD交通量を基礎データとし、容量制限付き分割配分法によって交通量を推計した。次に対象道路網のノードのうち行政の中心地などから主要拠点を24か所設定し、拠点相互の最短経路をダイクストラ法で計算し、実距離と所要時間の2通りについて拠点間最短経路データを作成した。この拠点間最短

経路データを用いて、プリム法³⁾で最小全域木を求め
る。この方法によってシュタイナー木の近似解⁴⁾を求
めた。

4-2.想定する状況

(1)通常時、(2)福岡市の「浸水ハザードマップ」を参
考に浸水想定区域に含まれるリンクを削除した場合の
2パターンにおいて分析を行った。図3に浸水によっ
て通行不可となったリンク(青線)を示す。

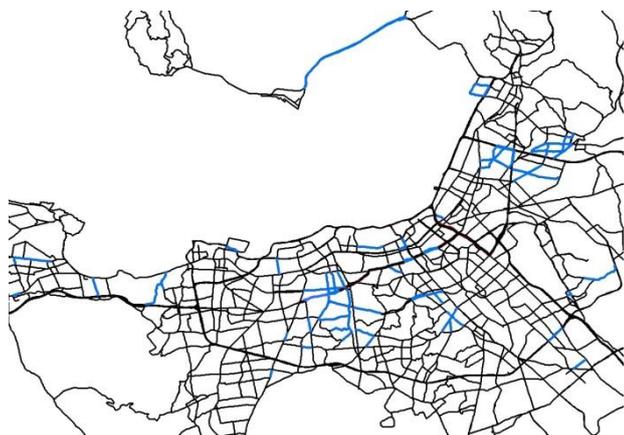


図3 通行不可リンク⁵⁾

5.分析の結果

対象道路網において設定した24か所のノードを含
むシュタイナー木の近似解を(1)通常時、(2)浸水発生時
の場合の道路網において求めた。表1は(1)、(2)の最小
全域木の合計所要時間と合計距離と使用されたリンク
数を表したものである。(2)は(1)に比べ合計所要時間と
合計距離両方が長くなっており、緊急輸送路としての
機能が低下することが分かる。図4、図5はそれぞれ
(1)、(2)における拠点24か所(赤点)を含む最小全域
木(緑線または青線)である。ここで拠点24か所全て
をつなぐために通行不可のリンクを実距離よりも非常
に長いリンクとすることで通行が困難であるとみなす
ことにした。図4と図5を比較すると、浸水発生時
には一部区域で代替経路が用いられており、部分的に多
重性が確保されている。しかし実際には浸水によって
孤立する拠点が発生してしまうため、都市道路網全体
からみると多重性が確保されているとは言えない。

表1 計算結果

	合計所要時間(分)	合計距離(km)	使用リンク数
(1)通常時	178.95	112.07	252
(2)浸水発生時	183.30	114.29	247

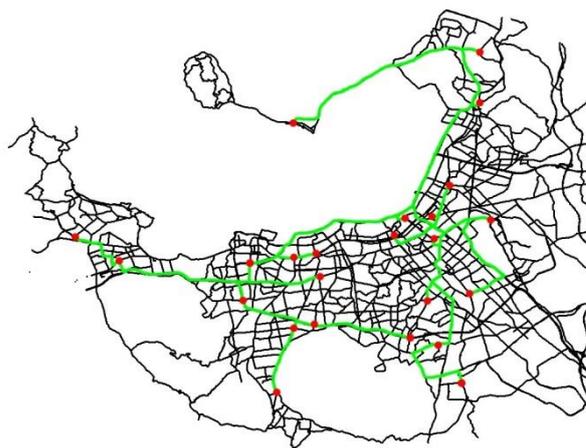


図4 最小全域木(通常時)

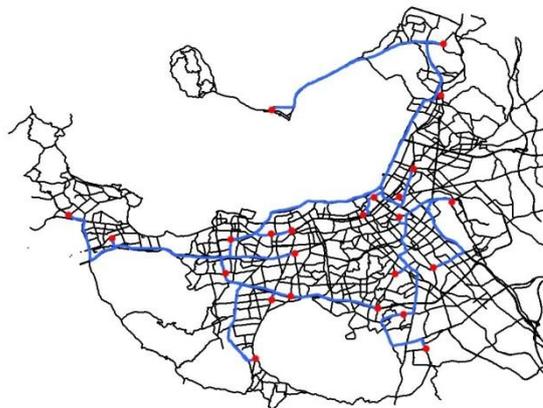


図5 最小全域木(浸水発生時)

6.今後の予定

福岡都市高速が環状化する前後でそれぞれ(1)通常
時、(2)浸水発生時、(3)渋滞発生時の道路網の多重性を
比較する。その際の拠点の設定についても防災の意味
合いを持つよう見直す予定である。またプリム法で最
小全域木を求める際、重複回数の多いリンクほどシュ
タイナー木に採用される可能性が高いので、リンクの
重複回数を重みとして用いる。交通量配分についても
見直しをする予定である。

参考文献

- 1)横江れんげ：ツリー概念を用いた道路網の多重性の評価
に関する研究，土木学会西部支部研究発表会概要集，2015
- 2)福岡市：『福岡市路線情報』
- 3)グラフ理論の基礎と応用(5章)：内田智之 他，共立出
版，2012
- 4)B.コルテ、J.フィーゲン：組合せ最適化 理論とアルゴ
リズム Springer，シュプリンガー・フェアラーク東京，2005
- 5)伊賀元春：都市高速道路の環状化が都市道路網のロバ
ストネスに及ぼす影響，土木学会西部支部研究発表会概要集，
2014