

ダブルネットワークに着目した道路ネットワークの評価

2018SS007 福嶋友紀

指導教員：三浦英俊

1 はじめに

ダブルネットワークとは主要な都市同士を繋ぐ道路に、あらかじめ並行する道路をつくっておくことで、経路の選択を増やして冗長性など様々な効果をもたらすことである。ダブルネットワークの目的は、恒常的な渋滞の解消、迂回ルートの増加による日常的な交通サービス水準の改善、災害や事故、メンテナンス時の代替ルートの確保により、道路の信頼性の向上などがある。近年、日本では地震や豪雨による自然災害が頻発化しているため、特に災害時のダブルネットワークによる道路の信頼性の向上に注目している。

本研究では、現状の道路ネットワークの信頼性を評価するために、ダイクストラ法を利用する。通常のネットワークでの平均経路長と、緊急時にリンクが切れた場合のネットワークでの平均経路長との差が大きいものを重要度が高いリンクとして見つける。

2 記号の定義

本研究で使用する記号を以下のように定義する。

V : 頂点集合

E : 枝集合

$G = (V, E)$: グラフ

P : すべての頂点間のペア数

$e_{kl} \in E$: 頂点 $v_k \in V$ から頂点 $v_l \in V$ への枝 (リンク) ($v_k, v_l \in V$)

d_{ij}^G : あるグラフ G の頂点 $v_i \in V$ から頂点 $v_j \in V$ への最短経路長

T : すべてのノード間の最短経路長の合計

\bar{t} : 平均経路長

W_{kl} : 頂点 $v_k \in V$ から頂点 $v_l \in V$ へ平均経路長の増加距離

3 道路ネットワークの評価方法

道路ネットワークの評価方法について述べる。初めに、元のグラフ G のすべてのノード間の最短経路長の合計を T_0 とし、 T_0 をペア数 P で割ったものを \bar{t}_0 とする。

$$T_0 = \sum_{i,j \in V} d_{ij}^G \quad (1)$$

$$\bar{t}_0 = \frac{T_0}{P} \quad (2)$$

次にあるリンク e_{kl} を取り除いた場合のグラフを $G^{-e_{kl}} = G(V, E \setminus e_{kl})$ として、グラフ $G^{-e_{kl}}$ の最短経路長の合計を $T_{-e_{kl}}$ とし、 $T_{-e_{kl}}$ をペア数 P で割ったものを

$\bar{t}_{-e_{kl}}$ とする。

$$T_{-e_{kl}} = \sum_{i,j \in V} d_{ij}^{G^{-e_{kl}}} \quad (3)$$

$$\bar{t}_{-e_{kl}} = \frac{T_{-e_{kl}}}{P} \quad (4)$$

$\bar{t}_{-e_{kl}}$ から \bar{t}_0 を引いたものを平均経路長の増加距離 W_{kl} とする。

$$W_{kl} = \bar{t}_{-e_{kl}} - \bar{t}_0 \quad (5)$$

これをネットワーク上でのすべてのリンクで調べる。

4 対象とする道路ネットワーク

ダブルネットワークに着目した道路ネットワークの評価を東海環状自動車道について行う。東海環状自動車道は中京圏の発展を支える環状ネットワークで愛知県、岐阜県、三重県の3県に跨る延長約153kmの高規格幹線道路(高速や国道などの自動車専用道路)である。東名、名神高速道路、中央自動車道、東海北陸自動車道、新東名高速道路、新名神高速道路、東名阪自動車道の6本の高速道路(放射線道路)を連結している。対象とする東海環状自動車道の概要を図1に示す。

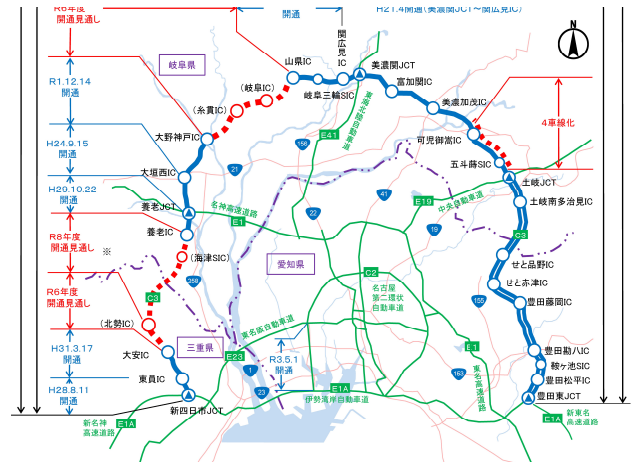


図1 [2] 東海環状自動車道

5 環状道路の機能

環状道路に期待される機能は通過交通の排除、アクセス交通の分散、周辺地域の連絡、非常時の迂回がある [3]。通過交通は都心に起終点を持たない通過が目的の交通のことである。通過車両が都心部まで流入することによる渋滞の悪化が考えられるため、通過交通の流入を抑制し、場内交通と分離して都心の渋滞を緩和する。アクセス交通の分散とは郊外から都心部あるいは、都心部から郊外への交通を複数のルートで分散して、交通の円滑化を図ることである。

る。周辺地域の連絡とは地域間の移動を環状道路をすることによって、都心を通らずに早く移動ができ、それにより人口が密集する都心内での交通量を減少させることができる。また非常時の迂回機能とは高速道路が災害や事故、大規模な工事による交通規制、あるいは交通混雑があった場合などに迂回誘導を可能にすることである。

6 道路ネットワークの評価

東海環状自動車道とそれに連結した高速道路のインターチェンジとジャンクションをノードとして、ノード数 156、リンク数 171 のネットワークで計算を行った。元のネットワークの平均経路長は 27.29km となった。表 1 でまとめた 3 つのリンクは、図 2 で示した通り、盲腸線となっているので計算した平均経路長の値が意味のないものとなった。

表 1 盲腸線のリンク

リンク名	ノード情報
56_57	一宮 IC から一宮東 IC
57_58	一宮東 IC から一宮中 IC
113_114	日進 JCT から長久手 IC

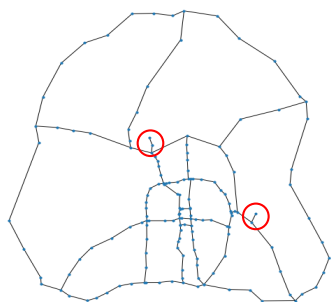


図 2 盲腸線のリンク

次に平均経路長の増加距離が大きい順に 5 つのリンクを表 2 でまとめ、図 3 で示した。上から 3 つのリンクは名古屋高速道路、名神高速道路、東海北陸自動車道の 3 つの高速道路が連結している周辺のリンクとなっている。関西や北陸からの交通の流入と名古屋都心部からの交通とが合流しているリンクなので、リンクが切れた場合の迂回が大きくなっている。また 4 番目のリンクは新名神高速道路と東名阪自動車道とのジャンクション間を繋ぐリンクで、5 番目のリンクは東名高速道路と新東名高速道路とのジャンクション間を繋ぐリンクとなっている。どちらも関西、関東からの交通と東海圏との交通との合流地点になっているので、重要なリンクとなっている。

表 2 平均経路長の値が大きいリンク

平均経路長の増加距離 [km]	ノード情報
5.78	一宮 IC から一宮 JCT
3.40	一宮西 IC から一宮 JCT
2.72	一宮西 IC から尾西 IC
2.58	新四日市 JCT から四日市 JCT
2.11	豊田東 IC から豊田 JCT

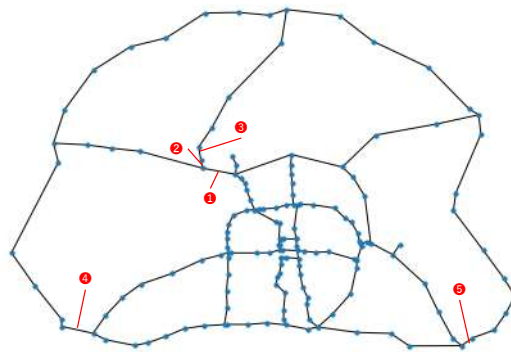


図 3 平均経路長の値が大きいリンク

7 おわりに

本研究ではダブルネットワークに着目して、リンクが切れた場合のネットワークの平均経路長でネットワークの評価を行った。結果から、都心部から郊外あるいは、郊外から都心部へのアクセス交通である東海北陸自動車道、名神高速道路と名古屋高速道路が繋がっている周辺のリンクや、関東と関西からの交通で大きな役割を果たしている、東名、新東名高速道路と新名神高速道路、東名阪自動車道とのジャンクション間を繋ぐリンクが重要なリンクとなった。つまり、これらのリンクは緊急時にリンクが切れたときの影響が大きく、ダブルネットワークとしての機能が少し弱いことが分かった。しかし、本研究では高速道路のみのネットワークでの評価なので、実際には下道などを利用すればより迂回距離を小さくすることができると考えられる。今後として、現在のネットワークの信頼性を向上させるための代替経路を考える必要がある。

参考文献

- [1] 伊理正夫, 古林隆:『ネットワーク理論』. 日科技連出版社, 東京, 1981.
- [2] 岐阜国道事務所:『東海環状自動車道』. <https://www.cbr.mlit.go.jp/gifu/works/tokaikanjo.html>, 2022-7-21 閲覧
- [3] 後藤梓, 小木曾俊夫, 牧野浩志, 池田裕二, 榎真, 牧佑奈:『地方中核都市における環状道路の機能と通過交通の実態分析』. 土木学会論文集, 第 75 巻 5 号 (2019), pp. 681-691.