

河川によって分断される道路網の脆弱性に関する研究

M2008MM017 木下龍一

指導教員：腰塚武志

1 はじめに

GIS(地理情報システム)ソフトなどを使って名古屋市の地図の中から道路網だけを取り出した時(図1),非常に特徴的な場所が何箇所か浮かび上がってくる. その中でも川が目立つのがよく分かる. このように川は道路を分断するものの一つであり,川を渡るのに大きく迂回しなければいけないことがよくある. 一般的に幅が広い川ほど橋が架かる間隔が開き,そのような状況に陥る. このように橋は川を渡るためには不可欠であり,道路だけでなく鉄道を横断する時にも利用されている.

そこで本研究では名古屋市の道路網に対し,橋の重要度を定量的に評価して道路網の脆弱性を分析することを目的とする. 具体的には,名古屋市とその周辺を流れる川(図2)に架かっている橋に焦点をあて道路網の断絶を分析する. また河川と同じように道路を分断する鉄道も研究対象とする.

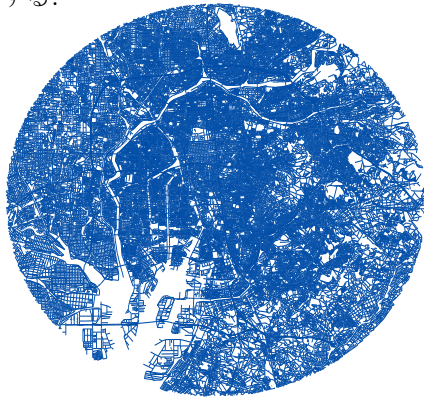


図1 名古屋市の道路網(中心から15km圏内)



図2 名古屋市内の河川 [1]

2 橋の相対的密度

2.1 道路に見合った橋の数

本研究では橋の重要度を評価する手法として橋の相対的密度を用いる [2]. 相対的密度とは,両岸の道路に見合った橋の本数と現実の橋の本数の比を表わしていて,周囲の道路に対してどれくらい橋が架かっているかを表わすものである. 実際に橋の配置を考えたとき,川にどれだけ橋

が架かっているかということも重要ではあるが,橋の周りにどれだけ道路があるかということも重要である. 例えば同じ川でも,両岸にほとんど道路がない場所に架かっている橋と,道路が密集している場所に架かっている橋とでは重要度が違う. このような考えの下,OD交通量の配分とは違った視点から橋の重要度についてアプローチをすることが出来る.

ここで,現実の橋の本数を M , 両岸の道路に見合った仮想的な橋の本数を N とし,橋の相対的密度を R とすれば,

$$R = M / N \quad (1)$$

となり,この R は一種の実現率ともみなすことができる.

本研究では,1本(あるいは数本)の橋に対して何本分の負荷がかかっているかという表現を用いるため,以下は実現率の逆数である N / M を用い議論を進めることとする.

2.2 仮想的な橋の本数の推定

仮想的な橋の本数とは,もし川がなかったらその場所を道路が何本横断していたかということである. そこで道路網の密度と川の長さによってこの本数を以下のように求める.

道路網の長さ Λ は流域面積を S , 交差点数を n とすると,

$$\hat{\Lambda} = \sqrt{n\pi S} \quad (2)$$

で推定することができる [3]. また交差点の平均間隔は,道路網の長さ Λ を交差点数の2倍の $2n$ で割って, $\frac{\Lambda}{2n}$ と表すことができる. 交差点数が $2n$ となるのは,次のような理由のためである.

図3のような道路網を例にとると,図のように2つの道路が交われば,各々の道路によってその交差点は2回数えられる. よって,交差点の平均間隔は道路網の長さを交差点数の2倍の $2n$ で割れば良いことが分かる.

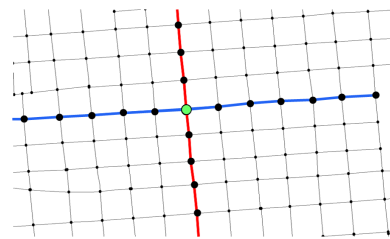


図3 交差点の間隔

また道路網上での交差点の平均間隔 $\frac{\Lambda}{2n}$ の逆数 $\frac{2n}{\Lambda}$ は,道路網の長さに対する交差点数の平均密度となる. これに流域内の川の長さ L を乗ずればその流域内の仮想的な橋の数 N が推定できる. 以上をまとめると以下の式になる.

$$\hat{N} = L * \frac{2n}{\Lambda}$$

$$(\Lambda = \sqrt{n\pi S} \Rightarrow n = \frac{\Lambda^2}{\pi S} \text{を代入して})$$

$$= \frac{2 \Lambda L}{\pi S} \quad (3)$$

2.3 流域の設定

橋の相対的密度を求める際に重要なのが、流域の設定である。流域を定めるにあたり、川の流に平行な方向を流域の長さ、垂直な方向を流域の幅と定義する。本研究では任意の橋にどれだけの道路が負荷されているかを求めるため、一つの橋を中心に流域を設定する。まず橋の間隔を区切るため、任意の橋とその両隣の橋それぞれを結ぶ線分(川の中心線)に対し、川の流に垂直な方向に垂直二等分線で区切る。その区切られた長さを、その橋の流域の長さとする。つまり、河川の上端と下端と流域の幅で作られる領域に対して、橋を母点とするポロノイ図で分割することと同じになる。また、流域の幅を短くしすぎると周辺の道路はほとんどなくなる一方で、幅を取りすぎれば、川周辺の特性が薄まり道路網全体の平均値に近づくことになる。そこで本研究では、細街路を含む全道路を対象とする場合は流域幅を1kmとし、幹線道路のみを対象とする場合は、流域幅を5kmとすることにした。また、流域幅は川幅を除く長さである。流域幅1kmの設定例を図4に示す。

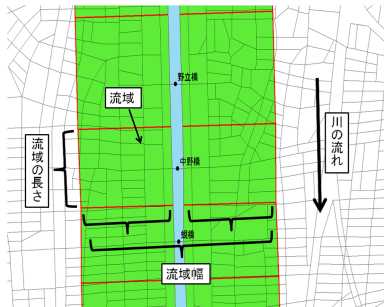


図4 流域設定図

3 橋の負荷計算結果

この章では名古屋市市の橋について、細街路を含む全道路による計算結果と、幹線道路による計算結果を示す。結果の図は、ESRI社のArcGISを用いて可視化している。また道路網のデータは国土地理院の数値地図25000(空間データ基盤)を使用した。

3.1 対象となる川と橋

本研究では主に一級河川および二級河川を対象とし、その他の部類の中川運河なども含め、28本を対象とする(表1)。対象となる橋は574本で、幹線道路上にあるか、その他の細街路を含む一般道路上にあるかを区別して可視化したものが、図5である。本研究の幹線道路の定義は、高速道路を除く名古屋市内の全ての国道と4車線以上の道路である。橋の名前について調べられなかったものは住所および郵便番号で表してある。

表1 対象の河川

id	河川名	橋の個数(本)	対象流域延長(km)	平均川幅(m)	id	河川名	橋の個数(本)	対象流域延長(km)	平均川幅(m)
1	庄内川	18	27.4	96.5	16	合瀬川	13	4.2	12.5
2	中川運河	14	7.1	72.3	17	大山川	7	3.3	12.5
3	堀川	44	14.2	28.7	18	扇川	36	8.0	14.6
4	矢田川	15	14.5	25.8	19	大高川	9	2.6	12.5
5	天白川	26	18.4	52.4	20	植田川	21	6.1	12.5
6	新堀川	23	5.5	29.3	21	瀬木川	8	1.6	12.5
7	八田川	19	5.9	13.2	22	手越川	4	1.1	12.5
8	山崎川	45	10.8	18.1	23	藤川	17	2.0	12.5
9	新川	27	18.8	51.9	24	繁盛川	6	1.6	12.5
10	新地蔵川	16	3.6	12.5	25	戸田川	15	5.6	35.0
11	守山川	21	3.2	12.5	26	日光川	12	10.8	147.9
12	香流川	24	7.7	12.5	27	福田川	33	13.2	16.3
13	隅除川	15	3.6	12.5	28	荒子川	33	6.7	19.3
14	天神川	18	3.6	12.5					
15	水場川	30	5.2	12.5					

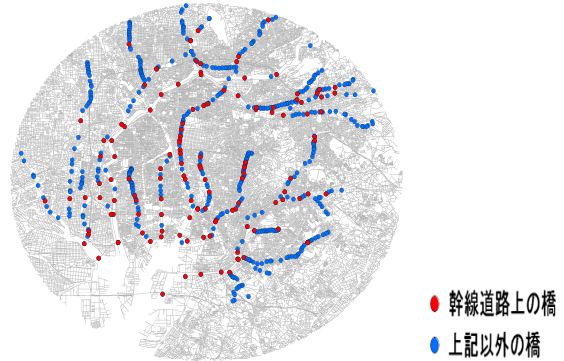


図5 幹線道路と一般道にある橋

3.2 細街路を含む全道路による橋の結果

個々の橋について、細街路を含む全道路に対して負荷を計算した結果を可視化したものが図6である。負荷が5本未満の橋は全体の74%であり(図7)、細街路のレベルで橋を架けることは現実に困難であることから5本以上の負荷が架かっている橋を区別した。計算結果の表2からも見て分かるように、庄内川に架かる橋の負荷が大きいという結果になった。1本の橋にかかる負荷は最大約20本という結果である。また、天白川や矢田川も負荷が高い川という結果になっており、同じ川で負荷が高いという結果になった。負荷の平均は3.6、標準偏差は3.7である。

表2 細街路を含む全道路による橋の負荷(ワースト10)

順位	id	橋名	河川名	橋の種別	橋の建設年	川幅(m)	流域内の道路長さ(km)	流域の長さ(km)	橋の負荷(本)
1	7	庄内川橋	庄内川	幹線	1971	150	32.9	1.8	21
2	9	枇杷島	庄内川	幹線	1956	125	32.8	2.0	21
3	6	新川中橋	庄内川	国道41号線	1964	75	32.3	2.1	21
4	90	三階橋	矢田川	一般道	1927	37.5	31.8	1.7	20
5	1	吉根橋	庄内川	一般道		62.5	29.2	1.8	19
6	8	新名西橋	庄内川	国道22号線	1961	62.5	28.1	1.5	18
7	10	豊公橋	庄内川	幹線	1972	100	28.0	2.0	18
8	17	明德橋	庄内川	幹線	1983	87.5	27.1	1.8	17
9	5	水分橋	庄内川	一般道	1943	75	26.9	1.7	17
10	507	飛鳥大橋	日光川	国道302号線		425	26.2	2.3	17

3.3 幹線道路による橋の結果

次に、幹線道路による個々の橋の負荷を計算した結果を示す(表3, 図8)。全体の84%の橋の負荷が1.5本未満であったから、1.5本未満とそれ以外を区別した。負荷は最大で2.2本であり、1つの橋に対して約2倍の負荷がかかっていることになる。特に国道1号線、東海通など名古屋南部の橋の負荷が高い。全体の傾向としては、約3割の橋

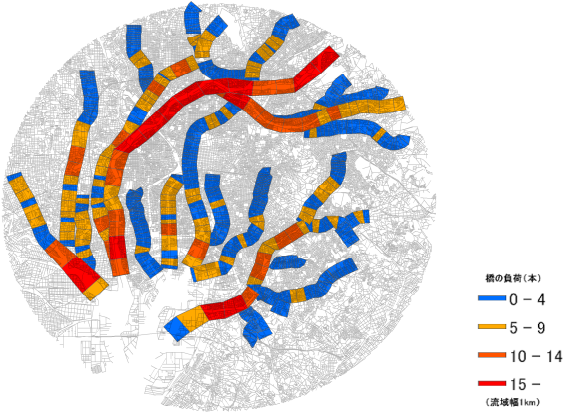


図 6 細街路を含む全ての道路による橋の負荷

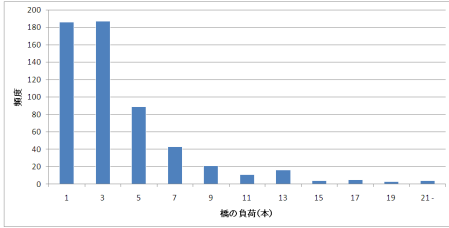


図 7 負荷本数の分布 (全道路, 流域幅 1km)

が 1.0~1.4 本の間には属しているということになり, 細街路を含む結果と比べ比較的ピラミッド型の分布になった (図 9). 負荷の平均は 1.0, 標準偏差は 0.5 である.

表 3 幹線道路による橋の負荷 (ワースト 10)

順位	id	橋名	河川名	橋の種類	橋の種別	川幅 (m)	流域内の幹線道路長さ (km)	流域の長さ (km)	幹線道路による橋の負荷 (本)
1	73	白鳥橋	堀川	国道1号線	1978	37.5	17.3	1.6	2.2
2	109	野北橋	天白川	幹線	1967	12.5	15.8	2.6	2.0
3	89	天神橋	矢田川	国道19号線	1993	37.5	15.1	2.6	1.9
4	288	名古屋市中東区香前1丁目101	香流川	国道302号線		12.5	14.7	1.5	1.9
5	231	白の出橋	新川	幹線		100	14.6	2.0	1.9
6	9	枇杷島	庄内川	幹線	1956	125	14.6	2.0	1.9
7	28	昭和橋	中川運河	国道1号線	1935	62.5	14.4	1.5	1.8
8	538	福島橋	福田川	国道1号線		25	14.2	4.0	1.8
9	529	大宝橋	福田川	幹線		12.5	14.1	5.7	1.8
10	66	山王橋	堀川	幹線	1981	25	14.1	0.9	1.8

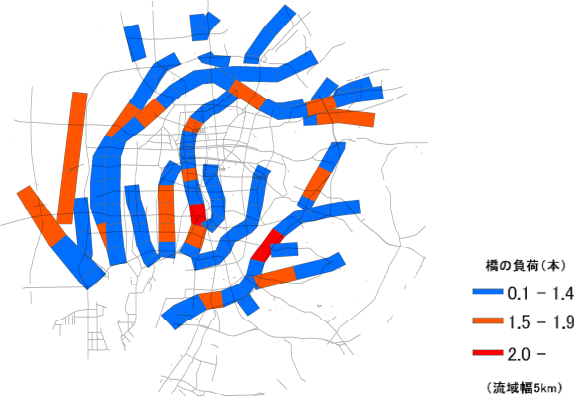


図 8 幹線道路による橋の負荷

4 線路の負荷計算結果

現実には鉄道も河川と同じように道路を分断している. そこで鉄道についても河川と同じように負荷を計算した. 本研究では, JR の東海道新幹線, 東海道本線, 中央本線, 関西本線を対象とした. 河川の橋と同じように計算するため, 線路と道路が交差し通行可能な場所を橋と仮定した.

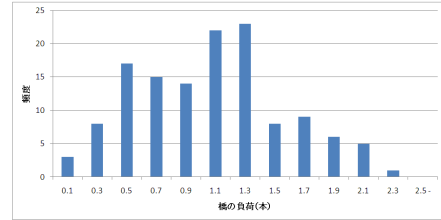


図 9 負荷本数の分布 (幹線道路, 流域幅 5km)

4.1 細街路を含む全道路による線路の結果

細街路を含む全道路によって計算した線路の結果を示す (表 4, 図 10). 図から見て分かるように, 関西本線の線路の負荷が高いという結果になった. また, 橋の結果よりも 15 本以上の負荷を持つものが少ないことが分かる (表 4). 特に東海道新幹線は全て高架になっており, 道路の断絶が少ない. 全体の傾向としては, 線路の結果は平均は 3, 標準偏差は 2.9 である (図 11).

表 4 細街路を含む全道路による線路の負荷 (ワースト 10)

順位	id	住所	路線名	交差する道路の種類	流域内の道路長さ (km)	流域の長さ (km)	線路の負荷 (本)
1	256	海部郡雲江町今(大字)市之坪27	JR関西本線	一般道	32.1	1.7	20
2	272	名古屋市中村区黄金通7丁目1	JR関西本線	幹線	22.7	1.2	14
3	200	春日井市弥生町5264	JR中央本線	幹線	18.6	0.9	12
4	269	千454-0877	JR関西本線	一般道	16.4	0.7	10
5	255	愛西市大井町弥八6	JR関西本線	一般道	16.3	1.4	10
6	286	千454-0916	JR関西本線	一般道	15.0	0.8	10
7	42	名古屋市中村区名駅南1丁目26?34	JR東海道新幹線	幹線	14.7	0.9	9
8	194	大府市共和町2丁目14?1	JR東海道本線	一般道	14.7	0.8	9
9	253	名古屋市中村区太閤1丁目1216	JR中央本線	幹線	14.5	0.9	9
10	273	名古屋市中村区名駅南1丁目26?34	JR関西本線	幹線	13.9	1.2	9

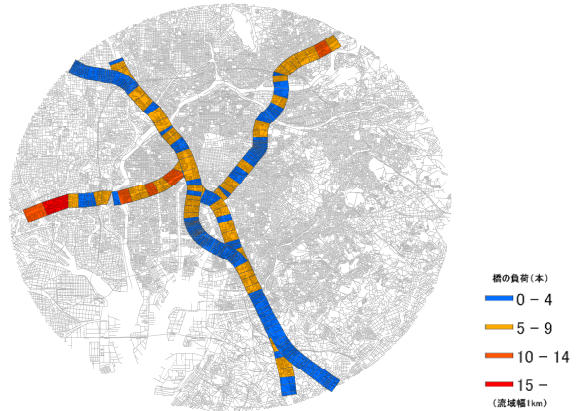


図 10 細街路を含む全ての道路による線路の負荷

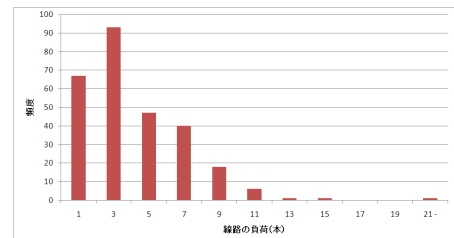


図 11 線路の負荷本数の分布 (全道路, 流域幅 1km)

4.2 幹線道路による線路の結果

最後に, 幹線道路による線路の結果を示す (表 5, 図 12). 結果から, 名古屋駅周辺の線路の負荷が高く, 駅周辺で幹線道路が分断されているというのが分かる. また, 東海道新幹線および東海道本線の南部も負荷がやや高いことが

読み取れる。さらに橋の結果で、負荷が2.0以上である橋の割合は全体の約2%であるのに対し、線路の場合全体の約16%が2.0以上という結果になった。幹線道路による線路の結果の平均は1.4、標準偏差は0.6である(図13)。

表5 幹線道路による線路の負荷(ワースト10)

順位	id	住所	路線名	交差する道路の種別	流域内の幹線道路長(km)	流域の長さ(km)	線路の負荷(本)
1	272	名古屋市中村区黄金通7丁目1	JR関西本線	幹線	23.6	3.4	3.0
2	273	名古屋市中村区名駅南1丁目26734	JR関西本線	幹線	21.1	1.2	2.7
3	43	名古屋市中川区運河通1丁目102	JR東海道新幹線	幹線	19.0	1.3	2.4
4	42	名古屋市中村区名駅南1丁目26734	JR東海道新幹線	幹線	17.6	1.1	2.2
5	159	名古屋市中川区運河通1丁目102	JR東海道本線	幹線	17.1	1.3	2.2
6	37	名古屋西区則武新町4丁目471	JR東海道新幹線	幹線	16.9	3.0	2.2
7	262	名古屋市中川区春田3丁目5	JR関西本線	国道302号線	16.1	5.1	2.0
8	152	名古屋市中村区栄生町122	JR東海道本線	幹線	16.0	2.9	2.0
9	39	名古屋西区牛島町129	JR東海道新幹線	幹線	15.9	1.0	2.0
10	170	名古屋熱田区森後町2丁目502	JR東海道本線	幹線	14.9	1.4	1.9

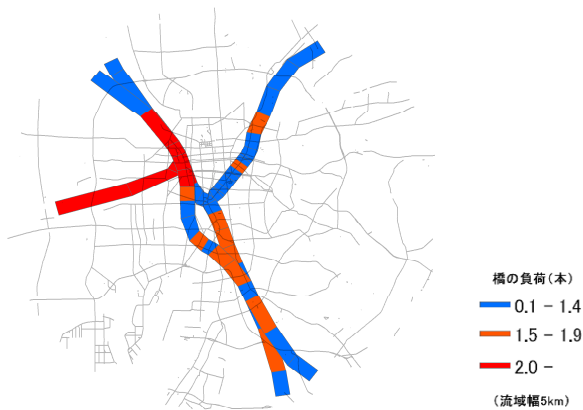


図12 幹線道路による線路の負荷

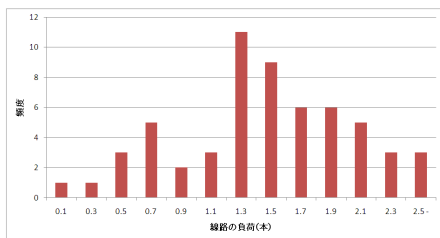


図13 線路の負荷本数の分布(幹線道路, 流域幅5km)

5 考察

上記の結果のように細街路まで考慮に入れた周辺の道路に対して、庄内川や矢田川に橋はほとんど架かっていないということになる。庄内川については、幅が百メートル近くになる川に対して、細街路のレベルまで橋を架けることは困難であるという現実を反映していることになる。鉄道については、細街路を含む全道路による計算で、関西本線の線路の負荷が高いという結果になっている。

幹線道路による橋の結果では、川ごとの違いよりも幹線道路網の形状による影響が大きい。例えば国道1号線や東海通の橋は負荷が高いという結果になった。しかし、幹線道路の河川による断絶については、負荷の平均値(=1.0)からも、河川がそれほど道路網を分断しているとは考えにくい。特に負荷が2本を越える橋(あるいは流域)はほと

んど存在しないので、細街路のように幹線道路が河川によって分断されているとは断言できない。一方鉄道では、線路の細街路を含む全ての道路による結果(図10)と比べ、幹線道路の結果(図12)は名古屋駅付近の負荷が高い。

以上をまとめると、名古屋市の道路網の脆弱性について以下のことが言える。

- 庄内川や矢田川の細街路レベルでの断絶
- 名古屋駅付近での幹線道路の断絶
- 細街路・幹線道路ともにやや脆弱な場所
 - － 名古屋市南部の国道1号線や東海通の方向
 - － 名古屋駅の北西部、北東部、西部(関西本線)

名古屋市の道路網の脆弱な方向は図14のようになる。

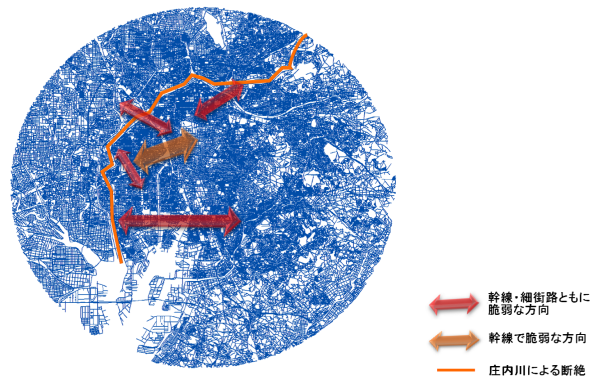


図14 名古屋市道路網の脆弱性

6 おわりに

本研究では、河川や線路を通じて道路網の脆弱性を示した。今回の結果のように、道路網は河川によって大きく分断され、川幅が広い川の橋は重要な役割を担っているということが分かる。別の見方をすれば、自然に存在する河川に対して、道路が断絶しないように十分な数の橋を架けることができていないといえる。また、鉄道に関しては、主要な駅付近で幹線道路の断絶が起きていることが示された。

課題として、橋の交通量や耐震性を考慮して重要度を評価することができると考えている。また、木曾川のようなより幅が広い川も研究対象に入れ、川幅の違いによる詳細な分析をすることが考えられる。また線路による結果はJRに限定したが、他の鉄道も考慮すべきである。共通して言えることとして、道路のレベルや流域幅をより細分化して分析することも重要である。

参考文献

- [1] 緑政土木局河川部河川計画課: なごやの川, <http://www.city.nagoya.jp/kurashi/shoubou/bousai/kaze/nagoyanokawa/>.
- [2] 腰塚武志, 大木豊: 橋の相対的密度に関する考察, 第17回日本都市計画学会学術研究発表論文集, pp. 91-96, 1982.
- [3] 腰塚武志: 道路網と交差点, 都市計画, 103, pp. 36-41, 1978.