

平成 25 年度 卒業論文

2014 年 2 月 3 日

様々な仮想道路ネットワークにおける 混雑度分布

法政大学 理工学部 経営システム工学科

学籍番号：10X4072

氏名：晝間 慎裕

指導教員：五島 洋行 教授

学科名	経営システム工	学籍番号	10X4072
申請者氏名	晝間 慎裕		
指導教員氏名	五島 洋行		

論文要旨

論文題目	様々な仮想道路ネットワークにおける混雑度分布
------	------------------------

本論文では、格子状の仮想道路ネットワークを用いて混雑度分布を作成し、道路ネットワーク構造の評価を行う。現在、日本全国の都市圏では、渋滞の問題が多く発生している。交通渋滞の対策として道路ネットワークの整備の施策があり、これは整備する道路によって渋滞軽減の良し悪しに関わってくる。そのため道路ネットワークを評価し、検討することは重要である。これまでも道路ネットワーク構造を評価する研究はあるが、検討対象モデルが特殊な形状のものや、格子状の道路ネットワーク構造の交差点間同士の距離を微小にずらしたものを検討対象にしている研究はまだない。格子状の交差点間同士の距離が同じ場合では、最短経路が非常に多く存在する。実在の道路ネットワークでは最短経路はそれ程多く存在しない。そこで本研究では最短経路が唯一に定まるように準正方格子を検討対象として行う。最短経路が唯一に定まるようになれば実際の道路ネットワークに近いと考えられる。また、評価には様々な検討対象モデルを用いて、検討対象モデルごとに混雑する地域が異なるかを検討する。また構造が正方格子か準正方格子によって、どの程度混雑する地域に違いが現れるかも検討する。準正方格子の検討対象モデルに対しては、複数回試行を行い、混雑度分布を平均したものを検討する。検討結果として、混雑する地域の検討では、正方格子の場合、混雑度が高いリンクは中心部に集中し、除去部分がある場合は、その境界線上に集中するという結果になった。準正方格子の場合は、混雑度が高いリンクは網目状に全域に拡がり、除去部分がある場合は、その境界線上にも集中するという結果になった。また、準正方格子の平均の場合は、混雑度が高いリンクは中心部に集中し、除去部分の位置によって混雑度が高いリンクの位置が変化するという結果が得られた。類似性の検討では、除去部分がない場合と除去部分が検討対象モデルの内部にある場合は、正方格子と準正方格子の平均の相関が高くなり、除去部分が検討対象モデルの周囲上を含む位置にある場合は、相関が低くなった。検討結果から、二つのことがいえる。一つ目は、検討対象モデルの形状や構造によって混雑度が

高くなる地域が異なることである。二つ目は、除去部分がない場合と除去部分が検討対象モデルの内部にある場合は、正方格子と準正方格子の平均の類似性が高くなり、除去部分が検討対象モデルの周囲上を含む位置にある場合は、類似性が低くなることである。本研究により、特殊形状の仮想道路ネットワークにおいて混雑が集中する地域が分かった。また、仮想道路ネットワークを用いて道路ネットワークを評価する場合は、除去部分がない場合と、除去部分が検討対象モデルの内部にある場合は正方格子の仮想道路ネットワークを用いることが妥当であることが分かった。一方、検討対象モデルの周囲上に除去部分がある場合は、正方格子と準正方格子どちらも考慮することが必要であることも分かった。これらのことから正方格子を用いて道路ネットワークを評価することは誤った判断を導く可能性があるので要検討が必要である。以上の事から、本研究は道路ネットワークを評価するための一助になると考えられる。

目次

第1章	序論.....	1
1.1	研究背景.....	1
1.2	研究目的.....	2
1.3	本論文の構成.....	3
第2章	関連研究と本研究の方向性.....	4
2.1	関連研究.....	4
2.2	関連研究の問題点と本研究の方向性.....	5
第3章	予備知識.....	7
3.1	ノードとリンク.....	7
3.2	ダイクストラ法.....	8
3.3	代表値.....	8
3.4	相関係数.....	9
第4章	提案手法.....	11
4.1	検討手順.....	11
4.2	混雑度の計算.....	12
4.3	混雑度の可視化.....	13
4.4	代表値による比較.....	13
4.5	相関係数の計算.....	14
第5章	検討対象モデル.....	15
5.1	正方形をしたネットワーク.....	15
5.2	中央部を除去したネットワーク.....	15
5.3	中央下部を除去したネットワーク.....	16
5.4	東京湾沿岸を模したネットワーク.....	16
第6章	混雑度分布と分布評価.....	18
6.1	混雑度の分布.....	18
6.2	混雑度の中央値の比較.....	28
6.3	相関係数の比較.....	30
第7章	まとめと結論.....	33
	参考文献.....	36
	謝辞.....	37

第1章 序論

1.1 研究背景

現在，日本全国の都市圏では渋滞の問題が多く発生している．交通渋滞が与える影響には，経済環境への影響はもちろん，生活環境にも影響を与えている．日本全国の都市圏における渋滞による時間損失は年間約 38.1 億時間発生している．これを費用便益検討に用いる時間価値原単位を用いて金額に換算すると約 11.6 兆円になる．これは，一人当たりになると，年間約 30 時間，金額にして約 9 万円が渋滞によって失われている．これは経済的に大きな損失になる[1]．表 1 より，道路 1km 当たりの渋滞損失の大きい都道府県では，上位には都市圏の都道府県が占めており，このことから都市における渋滞は重要な課題となっている．生活環境への影響としては，都市には幹線道路があり，その幹線道路が渋滞しているため，幹線道路を避ける車両が生活道路を抜け道として使用することにより，交通事故の増加につながっている．例として，渋滞がよく発生する場所に杉並区高井戸付近の環状 8 号線があるが，ここの抜け道として使用される生活道路では，交通事故発生率が東京都の市区町村の平均の約 5 倍も高くなっている．また渋滞の発生により，二酸化炭素の排出は増加し，これもまた生活環境に影響を与えているといえる．道路利用者に対する調査においては，約 6 割の人が渋滞に対して不満を感じているという回答もある．このように交通渋滞は現在の日本にとって解決すべき問題の一つであり，国民一人ひとりに影響を与えることから解決すべき問題のなかでも上位にあると考えられる．

表 1 道路 1km 当たりの渋滞損失の大きい都道府県

順位	都道府県名	道路 1km 当たりの渋滞損失額(円/年・km)
1	東京都	4 億 3500 万
2	大阪府	3 億 3800 万
3	神奈川県	2 億 3700 万
4	埼玉県	1 億 7100 万
5	愛知県	1 億 5200 万
6	千葉県	1 億 2800 万
7	沖縄県	1 億 1500 万
8	静岡県	1 億 800 万
9	宮城県	1 億 400 万
10	京都府	9500 万

1.2 研究目的

都市の交通渋滞の原因には、交通事故や工事による予測困難な原因や、道路の構造上の問題がある。道路の構造上の問題による交通渋滞の対策には、交通容量を拡大する方法や、交通需要を調整する方法がある。図 1 に交通渋滞の対策例を示す。

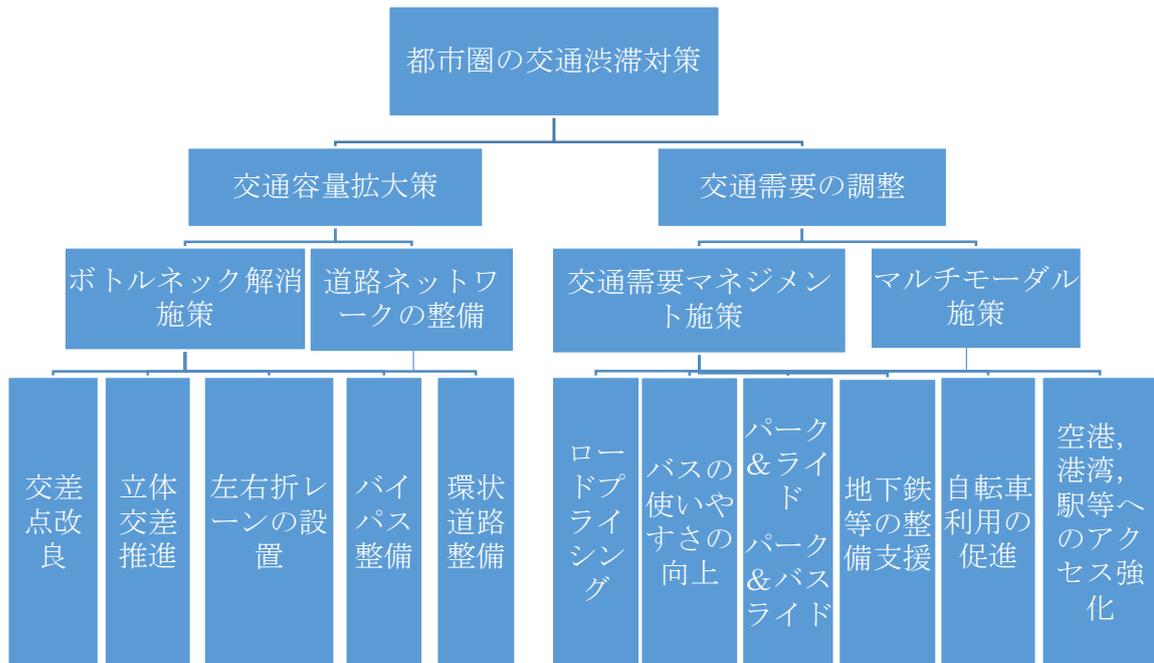


図 1 渋滞対策の主な施策例

交通容量拡大策には、ボトルネック解消施策があり、それはボトルネックが原因となって渋滞が発生する交差点や踏切、右折レーンにおいて、交差点の改良や連続立体交差事業、左右折レーンの設置等を推進する施策である。またバイパスや環状道路整備により、車のスムーズな流れを目指す道路ネットワークの整備もある。

交通需要の調整を目的とする施策には、交通混雑の緩和を図る交通需要マネジメント施策があり、道路利用者に自動車ではなく交通機関のバスや鉄道を使用するよう促したり、時間や経路を変更するよう促したりするものがある。また空港や港湾、駅等へのアクセスを強化し、都市への車の集中を緩和するマルチモーダル施策もある。

これらの施策は渋滞ポイントを見極めることが必要である。渋滞ポイントを見極めるためにも、道路ネットワーク構造を評価することは重要である。また、今後必要性が高い道路整備をしていくためには、渋滞が起こりやすい地域を特定し、どの道路を優先的に整備していくかが非常に重要である。

そこで本研究では、道路ネットワーク構造を効率よく検討、評価することを目的として、格子状の仮想道路ネットワークを用いて道路ネットワークの評価を行う。仮想道路ネットワークを用いることにより、実在する都市の形状を模した道路ネットワークを作成し、評価することが容易に行うことができる。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は、2章で関連研究の紹介と、その課題点と本研究の方向性を示し、3章では本研究で必要となる予備知識を説明する。4章では道路ネットワーク構造を評価するための提案手法を説明する。5章では本研究で扱う検討対象モデルの構造を説明し、6章では検討対象モデルに対しての混雑度分布の結果と評価を行い、正方格子と準正方格子とを中央値を用いて比較する。7章では本研究のまとめを行う。

第2章 関連研究と本研究の方向性

道路ネットワーク構造を評価する研究は、これまでに交通工学や都市計画、オペレーションズ・リサーチの分野で研究されてきた。その方法の一つに最短経路に着目した研究がある。本研究においても最短経路に着目するため、本章では最短経路に着目した研究を紹介し、問題点をあげた後に、本研究の方向性を示す。

2.1 関連研究

道路の重要度に着目した研究

田口, 大山ら[3]は, 道路の重要度に着目して構造評価を行っている。対象となる道路ネットワークのすべての交差点間の最短経路を求め, リンク毎に最短経路で使用される回数をカウントし, その回数を重要度としている。研究結果として, 格子状都市においては中心部の重要度が高くなり, 東京都内においては主要道路の重要度が高くなるという研究結果を出している。

最短経路の経路長分布の類似度に着目した研究

田中[4]では, 最短経路の経路長分布の類似度に着目して構造評価を行っている。対象となる都市の道路ネットワーク構造と, 理想的な道路ネットワーク構造をもった仮想都市がどの程度類似しているかを求めている。検討対象地域の最短距離に着目し, すべての起終点間の最短距離を求め, それらを移動距離長に対する頻度分布として求める。その頻度分布をベクトル空間上に射影し, ベクトルの方向が近いほど仮想都市と実在都市のネットワーク構造は類似しているとしている。この研究では理想的な道路ネットワーク構造は格子型であると仮定している。検討結果としては, 格子型の道路ネットワーク構造をもつ京都市のような道路ネットワーク構造は理想都市との類似度が高くなり, その一方で, 川によって地域が分断されているなどの特殊都市の道路ネットワーク構造は理想都市との類似度が低くなるという結果を出している。

交通負荷に着目した研究

栗原[5]は、特殊な道路ネットワーク構造に対して、各道路にかかる交通負荷に着目し、道路ネットワーク構造を評価している。格子型都市で地域間移動が困難な都市を想定した仮想的なモデルを構築し、地域間のリンクにかかる交通負荷の影響について検討している。具体的には、分断された地域間を繋ぐリンクの本数やリンクの間隔を変え、最大交通負荷の変化を求めている。また、実在都市に関しては、経路分析から得られる交通負荷とリンクの長さを用いて負荷 - 距離分布を作成し、四つに分類することによって各道路の優先度を評価している。研究結果としては、分断された地域間を繋ぐリンクの本数が多くあり、地域間を結ぶリンクは均等に空けて配置することが最大交通負荷を最も減衰させ、交通負荷を分散できるという結果を出している。

2.2 関連研究の問題点と本研究の方向性

重要度に着目した研究[3]では、検討対象地域における理想都市として全ての交差点間同士の距離が等しい格子状の仮想都市が選定されており、格子状の道路ネットワーク構造の場合、中心部の重要度が高くなるとされている。しかし実際の道路ネットワーク構造では、格子状であるにしても、全ての交差点間同士の距離が等しいとは限らない。従って研究結果である、中心部の重要度が高くなる結果は異なる可能性がある。中心部の重要度が高くない理由として、全ての交差点間同士の距離が等しい場合、最短経路が複数存在し、ランダムで選択されているからである。

最短経路の経路長分布の類似度に着目した研究[4]では、実在する道路ネットワーク構造と理想的な道路ネットワーク構造をもった都市とがどの程度類似しているかを求めているが、この研究においても理想的な都市が格子状の道路ネットワーク構造とされている。先で述べたように全ての交差点間同士の距離が等しい格子状の都市の場合、最短経路が複数存在し、ランダムで選択されているため、検討結果が異なる可能性もある。

交通負荷に着目した研究[5]では、地域間移動が困難な都市の地域間のリンクにかかる交通負荷の評価を格子状都市で行っているが、この研究においても、交差点間同士の距離が等しい格子状の道路ネットワーク構造を用いている。先で述べたように全ての交差点間同士の距離が等しい格子状の道路ネットワーク構造の場合、最短経路が複数存在し、ランダムで選択されているため、交通負荷がかかる地域が異なると考えられるので、検討結果が異なる可能性もある。

そこで本研究の方向性として、全ての交差点間同士の距離を微小にずらした仮想道路ネットワークにおける混雑度の評価を行う。交差点間同士の距離を微小に変えることで最短経路が唯一に定まるようになる。最短経路が唯一に定まれば、混雑度が高くなる地

域が一定の地域に集中するため、実際の道路ネットワーク構造に近い構造になると考えられる。これを用いて道路ネットワーク構造の混雑度を計算し、どの地域において混雑度が高くなるのかを求める。また、交差点間同士の距離が等しい場合と、微小に変えた場合とで、混雑度が高くなる地域にどの程度違いが現れるかも検討する。本研究における検討対象モデルの道路ネットワーク構造は格子状であり、検討対象モデルの形状においては4種類を選定する。これは検討対象モデルによって混雑度の違いが現れるかを検討するためである。

仮想道路ネットワークを用いることにより、実在する都市の形状を模した道路ネットワークを作成し、評価することが容易に行うことができる。また、正方格子と準正方格子における混雑度の違いを視覚的、数値的に比較し、格子状の仮想道路ネットワーク構造はどちらが望ましいかを判断する。

第3章 予備知識

本章では本論文において必要となる知識を説明する。3.1では道路ネットワークを構成するノードとリンクについて説明する。3.2では最短経路問題を解く上で用いるダイクストラ法について説明する。3.3と3.4では道路ネットワークの比較の際に用いる代表値と相関係数について説明する。

3.1 ノードとリンク

ノードとリンクは、GISにおけるベクタデータの種類で位相情報を持つデータであるトポロジーデータの構成要素である。ベクタデータとは、図形情報をXYZ座標値の集合として表現するデータで、点、線、面があり、道路や行政界など明確な境界を持つものを表現するのに適している。道路交通網のデータをトポロジーデータとして構築することにより、出発点から目的地までの最短経路を検索することができる。ノードとリンクについては以下の図2を用いて説明する[6]。

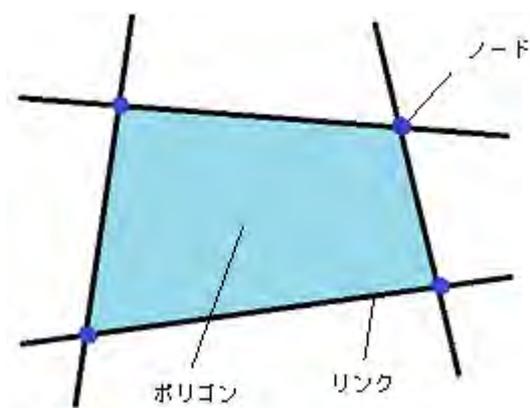


図2 ノードとリンクとポリゴン

ノード

点形のアイテムであり、リンクアイテムの接合部分、交差部分、すべてのリンクの両端に存在する。

リンク

線形のアイテムである。リンクの両端にはノードが存在する。

ポリゴン

複数のリンクから成る閉じた領域に存在する面形のアイテムである。

3.2 ダイクストラ法

ダイクストラ法とは、ネットワーク上の最短路を求めるためのアルゴリズムである。このアルゴリズムは、ノードにラベルを付ける貪欲解法である。ここではノード i とノード j の間の距離 c_{ij} はすべて非負であることを仮定する。ラベルは二つの成分 $\{d(i), p\}$ からなる。ここで $d(i)$ は、流入ノード s からノード i までの最短距離の上界を与えるものであり、一方の p は最短路上でノード i の直前に位置するノードを表す。ノード s から、他のすべてのノードへの最短路を求めるアルゴリズムのステップは、以下のとおりである [7].

ステップ 1

各ノード i に、 s から最短路の長さを表す数値 $d(i)$ を付与する。このとき仮中間ノードとしては、ラベルの付いたノードだけを使用するものとする。初期設定としては、 $d(s) = 0$ 、 $i \neq s$ に対しては $d(i) = \infty$ とする。 Y を最後にラベルのついたノードとする。ノード s にラベル $\{0, -\}$ を付与し $y = s$ とする。

ステップ 2

ラベルの付いていないすべてのノード i に対して、以下のとおり $d(i)$ を再定義する。 $D(i) = \min\{d(l), d(y) + c_{yi}\}$ もしくはラベルの付いていないすべての i に対して、 $d(i) = (\infty)$ となっていれば、 s からラベルの付いていないノードへの経路は存在しないので終了する。そうでないときには、ラベルの付いていないノードで、 $d(i)$ が最小のものにラベル付ける。ラベルのもう一方の成分 p としては、 $d(i)$ を決定するにあたって用いたリンクの始点を選ぶ。 $y = i$ とする。

ステップ 3

すべてのノードにラベルが付いたら終了する。このとき、 s から i へのユニークなラベル $\{d(i), p\}$ の経路が、 s からすべてのノードへの最短経路となる。それ以外の場合は、ステップ 2に戻る。

3.3 代表値

図やグラフのデータを、一つの数値によってデータ全体を代表させる数値を代表値という [8],[9]。代表値には平均値、中央値、最頻値などがあり、以下でそれぞれの特徴を説明する。

平均値

中央値は度数分布の重心を中心とした値である。特徴は度数分布が左右対称ならば、真ん中の階級に、対称に近い形でも真ん中の階級付近になる。しかし、極端な値(以下、外れ値)があると、平均値は外れ値に近づいてしまう。従って、平均値は外れ値がある場合、評価方法に適さない。

中央値

中央値はデータを高い順に並べたときに、順位が中央にあるデータのことである。データ数で値を決めているため、外れ値があつたとしても、外れ値の影響を受けにくい。

最頻値

最頻値は度数分布の中で最も多い値のことである。データ数が少ない場合や、同じ値がほとんど出ない場合、有効数字の桁数が多い場合は代表値として適さない。

3.4 相関係数

2変量のデータ x , y の関係性を測る指標として標本共分散がある。標本共分散は以下の式で定義される[8],[9]。

$$S_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (1)$$

式(1)の n はデータ数、 x_i と y_i は x と y の任意の値であり、 \bar{x} と \bar{y} は標本平均である。標本共分散は定義から見て、 (\bar{x}, \bar{y}) の右上および左下にデータが多く、右下および左上に少ない場合に大きくなる傾向がある。従って、 x が大きいときに y も大きくなる場合と、 x が小さいときに y も小さくなる場合には正で大きな値をとり、 x が大きいときに y は小さくなる傾向がある場合と、 x が小さいときに y は大きくなる傾向がある場合には負で絶対値の値が大きくなる。関係性が見られない場合には 0 に近くなる。ただし、外れ値がある場合は良い値が出ないことがある。

標本共分散の単位は x と y の積である。そこでデータの単位を無視する場合は相関係数を用いる。相関係数の式は以下のとおりである。

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (2)$$

ここの S_x と S_y はそれぞれ x と y の標準偏差である. $-1 \leq r_{xy} \leq 1$ であり, r_{xy} が ± 1 に近いほど相関の程度は強くなる. $r_{xy} = 1$ なら正の傾きを持つ直線上にデータがあり, $r_{xy} = -1$ なら負の傾きを持つ直線上にデータがある.

第4章 提案手法

本章では、ノードとリンクによって構成された格子状の仮想道路ネットワークを作成し、ダイクストラ法を適用後、混雑度を計算し比較するまでの流れを示す。4.1では、全体の検討手順を示す。4.2では、検討に必要となる各リンクにかかる混雑度の計算方法を説明する。4.3では、各リンクにかかる混雑度を色分けによって可視化する手順を示す。4.4では、各検討対象モデルにおける、正方格子と準正方格子、準正方格子の平均とを代表値によって比較する方法を説明する。

4.1 検討手順

本研究では仮想道路ネットワークの混雑度を評価、検討するための手法として、ダイクストラ法と中央値、相関係数を用いる。そこで本節では仮想道路ネットワークの混雑度を評価、検討するまでの検討手順を示す。図3に本研究における検討手順を示す。

検討対象モデルとなるネットワークを、正方格子の仮想道路ネットワーク構造と準正方格子の仮想道路ネットワーク構造で構成する。正方格子の場合の隣り合うノード間同士の距離は1kmとし、準正方格子の場合は全てのノードの位置 (x,y) を x, y 軸方向に微小にずらすことでノード間同士の距離を微小に変える。微小にずらす際は標準正規分布に従う一様乱数と0.1を乗じた値を (x,y) それぞれに加えて微小にずらす。仮想道路ネットワークの検討対象モデルは $100\text{km} \times 100\text{km}$ とする。双方に対してダイクストラ法を用いて、各リンクの混雑度を計算する。この時、格子状の仮想道路ネットワーク構造のノード i とノード j の間の距離は非負である。準正方格子に関しては、試行回数が10, 25, 50, 100回の各々の場合における平均の混雑度を求める。正方格子と準正方格子、準正方格子の平均の場合において、各々のリンクにかかる混雑度を色分けし、視覚的に比較する。数値を用いた比較を行うために、検討対象モデルごとに正方格子と準正方格子、準正方格子の平均の混雑度の中央値を求め、比較する。また正方格子と準正方格子、正方格子と準正方格子の平均の相関度を測る。これらの結果を踏まえ、正方格子と準正方格子、準正方格子の平均の混雑度の評価、考察を行う。

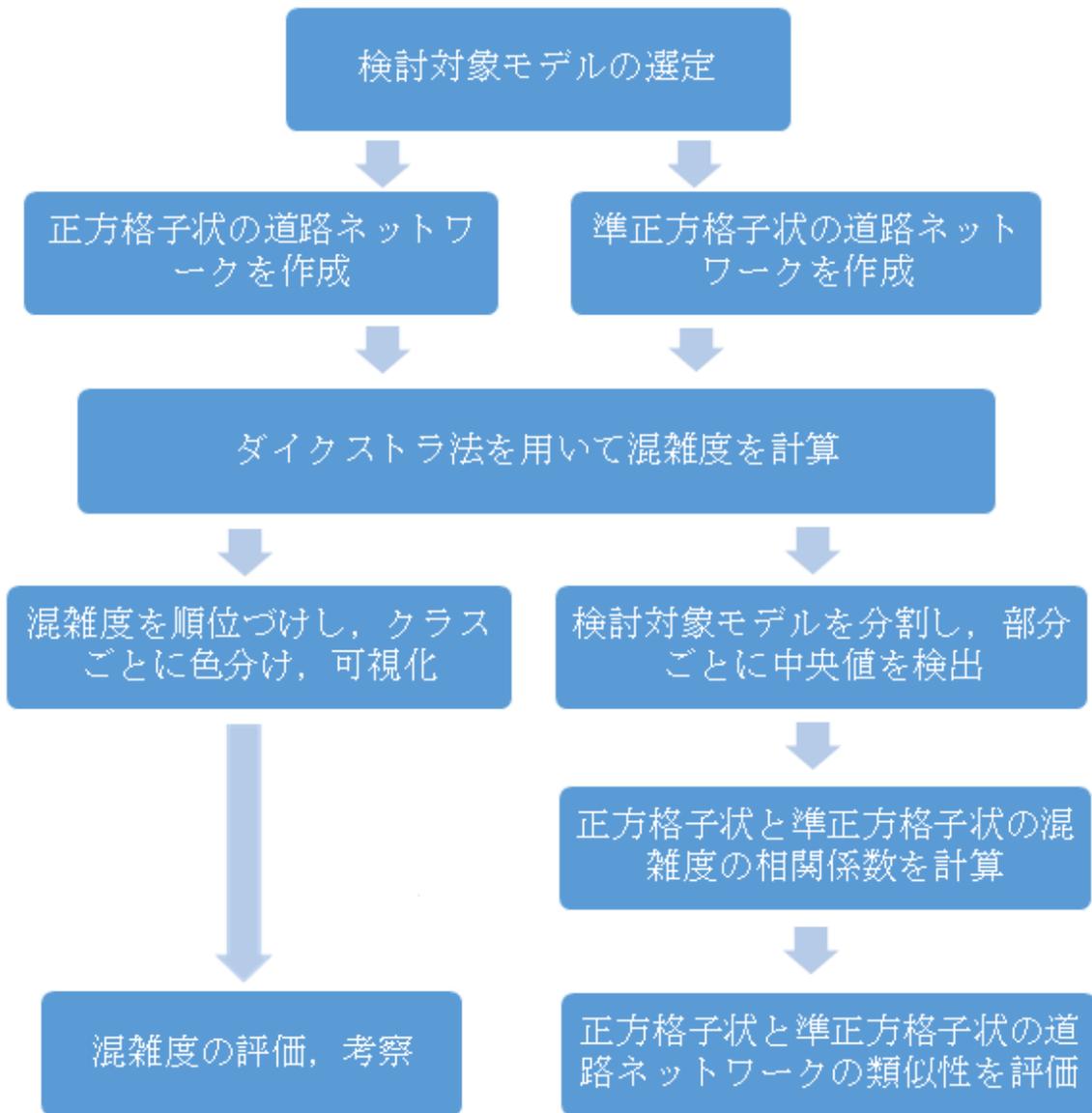


図 3 道路ネットワークの評価，考察までの検討手順

4.2 混雑度の計算

混雑度の計算には，田口，大山ら[3]の計算方法を用いる．格子状の道路ネットワークにおけるノード間同士の最短経路をダイクストラ法によって求め，最短経路に使用したリンク各々に通過回数をカウントする．全てのノード間同士の最短経路を求めて各リンクにカウントされた通過回数が混雑度となる．なお，すべてのリンクは一方通行ではなく，相互通行とする．

4.3 混雑度の可視化

混雑度に応じて各リンクを色付けし、混雑度の可視化を行う。対象モデルごとの正方格子と準正方格子、準正方格子の平均のそれぞれの混雑度に対して順位づけを行い、順位ごとに 55 段階で分類する。図 4 は 55 段階の分類を示している。赤色を最も混雑しているクラスのリンクとし、青色を最も空いているクラスのリンクとしている。

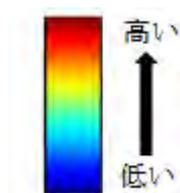


図 4 混雑度の分類

4.4 代表値による比較

本研究では道路ネットワークの比較に代表値を用いた比較を行う。本研究で扱う仮想道路ネットワーク構造の混雑度は、極端に高い値や低い値が存在することや、同じ混雑度の値が存在しにくいことが言える。そこで検討対象モデルを数値化し比較するにあたっては、外れ値などの影響を受けにくい代表値が適している。平均値は極端に高い値や低い値があると影響を受けやすい。一方、中央値においてはデータの数で決まるため、外れ値の影響を受けにくい。混雑度と同じ値は存在しにくいいため、最頻値は適さない。

従って、正方格子と準正方格子、準正方格子の平均の混雑度の比較には中央値を用いることが適している。中央値を求めることは、検討対象モデル一つに対して一つの中央値では正確性を欠くので、検討対象モデルを 9 分割し、その一つ一つの区分ごとに中央値を求める。正方格子と準正方格子、準正方格子の平均のそれぞれで中央値を求め、比較する。本研究では、中央値が近い場合に、道路ネットワーク構造における混雑度が類似していると判断する。

4.5 相関係数による比較

混雑度を計算した検討対象モデルを 10×10 で 100 分割する。正方格子と準正方格子、準正方格子の平均の検討対象モデルそれぞれで 100 分割した一つ一つの区分の混雑度の中央値を求める。その後、正方格子と準正方格子の混雑度に対して相関係数を計算する。同様に正方格子と準正方格子の試行回数が 10, 25, 50, 100 回の平均の混雑度の相関係数を計算する。平均する試行回数を増やすに従い、相関係数にどのような変化があるかを観察する。また、正方格子の混雑度の中央値と準正方格子の混雑度の中央値、正方格子の混雑度の中央値と準正方格子の試行回数が 100 回の平均の混雑度の中央値の相関係数を比較し、相関が高い方を道路ネットワーク構造が正方格子と類似していると判断する。図 5 は検討対象モデルを 10×10 で 100 分割した略図である。上図は道路ネットワークの形状の全体の図であり、赤枠は道路ネットワークを 10×10 で 100 分割したうちの 1 区分を表している。下図は道路ネットワークの全体を 10×10 で 100 分割したうちの 1 区分の道路ネットワークを表している。この 1 区分の中で一つ、混雑度の中央値を求める。

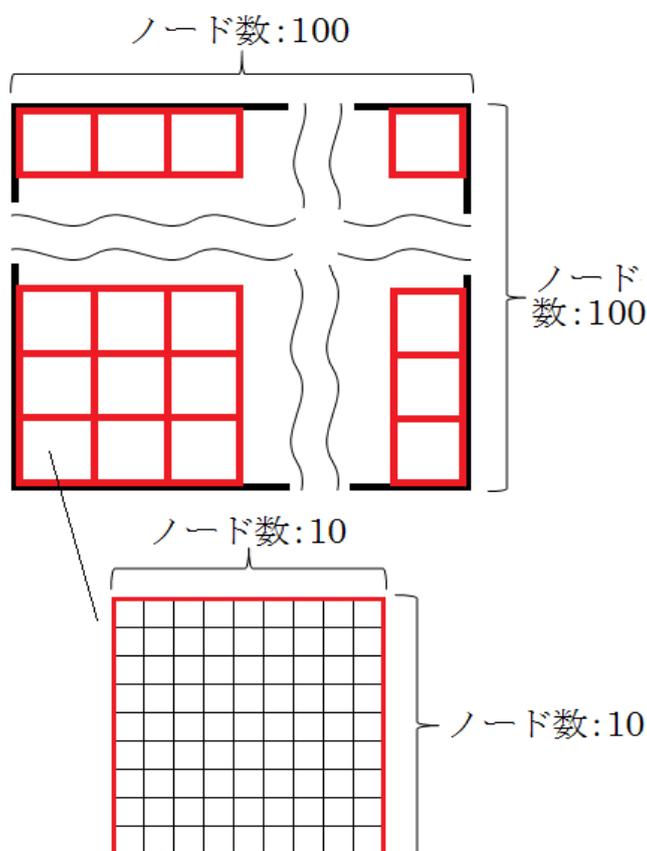


図 5 検討対象モデルを 10×10 で 100 分割した略図

第 5 章 検討対象モデル

本研究では検討対象モデルを 4 種類とする. 具体的には様々な都市の道路ネットワークの形状を網羅するために一部地域を除去した仮想都市と, 実在する都市の形状を模した仮想的な都市を検討対象モデルとする. なお, 都市圏によく見られる道路が密集した構造を模するために, 道路ネットワーク構造は格子状とする.

本章では, 検討対象モデルに選定した理由や検討する対象モデルの道路ネットワーク構造について説明する.

5.1 正方形をしたネットワーク

道路ネットワークに欠落部分がなく, 形状が正方形をしている道路ネットワーク(以下, 正方形)を検討対象モデルとする. 検討対象モデルとして正方形の道路ネットワークを選択した理由は, 都市圏によく見られる道路が密集し, 特に通行が出来ない地域がない道路ネットワーク構造を評価するためである.

道路ネットワーク構造は, ノードが x 軸方向に 100 個, y 軸方向に 100 個である格子状の道路ネットワークであり, 縦横の隣り合うノード同士がリンクによって繋がれている. 本研究では正方格子の道路ネットワーク構造と, 準正方格子の道路ネットワーク構造を検討する. 図 6 に道路ネットワーク構造の略図を示す. 図 7 には検討対象モデルの略図を示す.

5.2 中央部を除去したネットワーク

道路ネットワークに欠落部分がある, 形状が正方形の中央を除去した道路ネットワーク(以下, 中央下除去)を検討対象モデルとする. 検討対象モデルとして選択した理由は, 道路が密集し, 通行が出来ない地域が検討対象モデルの内部に一部あるような道路ネットワーク構造を評価するためである.

道路ネットワーク構造は, ノードが x 軸方向に 100 個, y 軸方向に 100 個である格子状の道路ネットワーク構造であり, 縦横の隣り合うノード同士がリンクによって繋が

れている。除去する範囲は(50,50)の座標にあるノードを中心とする半径 16 の円であり、その中に含まれるリンクも除去する。本研究では正方格子の道路ネットワーク構造と、準正方格子の道路ネットワーク構造を検討する。図 8 に検討対象モデルの略図を示す。

5.3 中央下部を除去したネットワーク

道路ネットワークに欠落部分がある、形状が正方形を 9 分割し中央下を除去した道路ネットワーク(以下、中央下除去)を検討対象モデルとする。検討対象モデルとして選択した理由は、道路が密集し、通行が出来ない地域が検討対象モデルの外周上を含む一部であるような道路ネットワーク構造を評価するためである。

道路ネットワーク構造は、ノードが x 軸方向に 100 個、 y 軸方向に 100 個である格子状の道路ネットワークであり、縦横の隣り合うノード同士がリンクによって繋がれている。除去する範囲は(34,1)と(67,34)の座標にあるノードによって構成される正方形であり、その中に含まれるリンクも除去する。本研究では正方格子の道路ネットワーク構造と、準正方格子の道路ネットワーク構造を検討する。図 9 に検討対象モデルの略図を示す。

5.4 東京湾沿岸を模したネットワーク

形状が東京湾沿岸の形を模した格子状の道路ネットワーク(以下、東京湾沿岸)を検討対象モデルとする。検討対象モデルとして選択した理由は、実在する都市において交通が集中する地域の道路ネットワーク構造を評価するためである。

道路ネットワーク構造は、ノードが x 軸方向に 100 個、 y 軸方向に 100 個である格子状の道路ネットワーク構造であり、縦横の隣り合うノード同士がリンクによって繋がれている。除去する範囲は(1,1)と(25,15)の座標にあるノードによって構成される長方形と、同様に(25,1)と(50,30)、(50,1)と(75,55)の座標にあるノードによって構成される長方形であり、その中に含まれるリンクも除去する。本研究では正方格子の道路ネットワーク構造と、準正方格子の道路ネットワーク構造を検討する。図 10 に検討対象モデルの略図を示す。

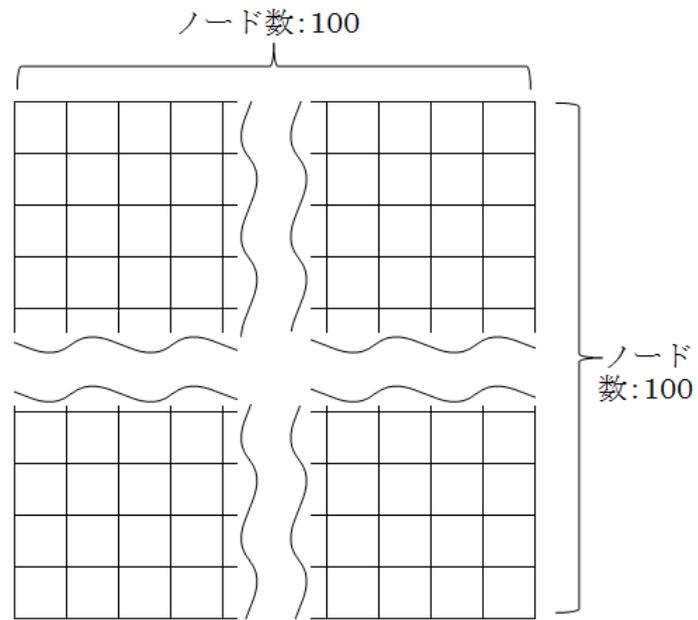


図 6 格子状の道路ネットワーク構造の略図

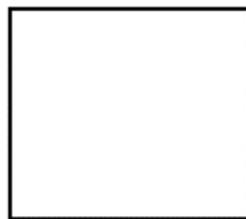


図 7 正方形

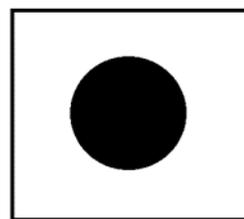


図 8 中央部除去



図 9 中央下部除去



図 10 東京湾沿岸

第 6 章 混雑度分布と分布評価

4 種類の検討対象モデルの混雑度を正方格子の場合と、準正方格子の場合とを示す。準正方格子のモデルにおいては、試行回数が 1 回のみでの混雑度分布と、試行回数が 10, 25, 50, 100 回の各々の場合における混雑度の平均を示す。また、正方格子の混雑度分布と準正方格子の混雑度分布を視覚的に比較する。さらに数値を用いて混雑度分布を比較する。数値を用いて混雑度を比較するために、混雑度の中央値を用いた比較と、相関係数による比較を行う。

6.1 混雑度の分布

①正方形, ②中央部除去, ③中央下部除去, ④東京湾沿岸を模したネットワークの各々に対して、正方格子と準正方格子、準正方格子の試行回数が 10, 25, 50, 100 回の各々の場合に混雑度の平均を示したうえで、視覚的比較を行う。準正方格子の混雑度を平均する理由として、準正方格子のネットワークはあくまでも一例に過ぎず、準正方格子のネットワークを複数回試行し混雑度分布を平均する方が、準正方格子のネットワークを正しく評価できるためである。4.3 で述べたように混雑度分布は、混雑度を順位づけし、順位を 55 段階に分類して色分けする。検討対象モデルごとに、どの部分に混雑が集中しているかを評価した後に、その原因についても考察する。また、正方格子と準正方格子の平均の混雑度分布から、ネットワークの形状によって混雑度分布がどのようなか予測する。

①正方形をしたネットワーク

図 11 は形状が正方形の正方格子の道路ネットワーク構造における混雑度分布である。混雑度が高い部分は中心部に集中し、中心部から外側に向かうに従い混雑度が低くなっている。中心部付近の混雑度が高くなる原因は 2 点あると考えられる。一つ目に、中心部付近のノード間同士の移動では、外側にあるリンクは最短経路として使用されず、中心部付近のリンクのみが最短経路として選択されるためであると考えられる。二つ目に、左上付近から右下付近へ方向の移動は、図 12 に示すように対角線を通るような経路 1 と、外側を通るような経路 2 があるが、どちらも距離は変わらない。そのためどちらの経路が選択されるかは実装に依存する。2 点の原因から、中心部付近のリンクは最短経路として多く選択されるので混雑度は高くなる。

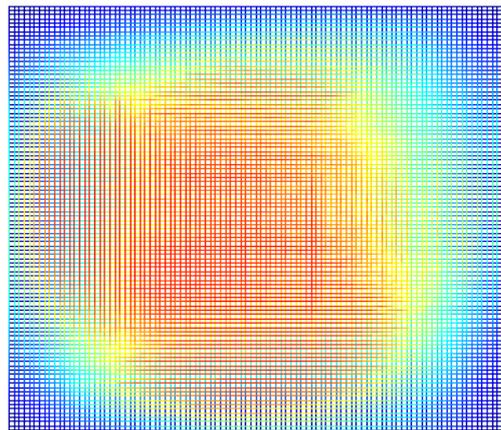


図 11 正方格子の混雑度分布（正方形モデル）

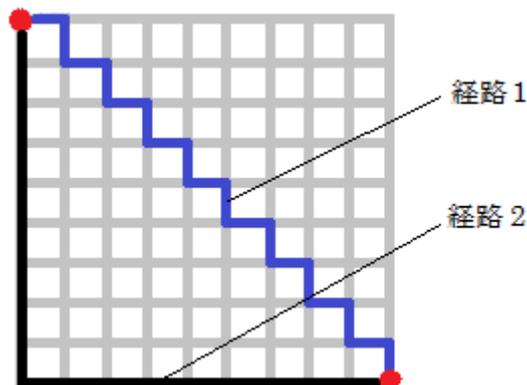


図 12 最短経路の例

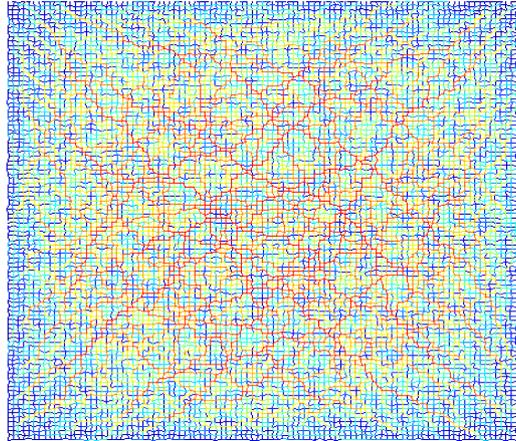


図 13 準正方格子の混雑度分布（正方形モデル）

図 13 は形状が正方形の準正方格子の道路ネットワーク構造における混雑度分布である。混雑度が高いリンクは検討対象モデルの全域に網目状に広がっている。正方格子の道路ネットワークの場合、最短経路が複数あり経路の選択がランダムであったのに対して、準正方格子の道路ネットワークの場合、最短経路が唯一に定まるため、特定のリンクに混雑が集中したと考えられる。そのため混雑度が高いリンクが網目状に全域に広がっている。

図 14 は形状が正方形の準正方格子の道路ネットワークの試行回数が 10 回の混雑度の平均の混雑度分布である。同様に図 15 は試行回数が 25 回、図 16 は試行回数が 50 回、図 17 は試行回数が 100 回の平均の混雑度分布である。準正方格子の道路ネットワーク構造の試行回数が 1 回の場合と比べ、試行回数が 10 回の平均の混雑度の高いリンクは中心部に集中している。しかし試行回数が 1 回の場合と同様に中心部には混雑度が低いリンクもある。視覚的には試行回数が 1 回よりも試行回数が 10 回の平均の方が正方格子の混雑度分布に類似している。準正方格子の試行回数が 1 回の場合には混雑度が高いリンクが全域に広がっていたが、複数回試行を行って平均すると、混雑度が高いリンクが中心部に集中する。平均する試行回数を 10, 25, 50, 100 回と増やしていくにつれて、混雑度が高いリンクがより中心部に集中していく。

正方格子と準正方格子の平均の混雑度分布の傾向から、正方形のネットワークのように除去部分がないネットワークの場合、混雑度が高いリンクは中心部に集中し、外側に向かうに従い混雑度が低くなることが予測できる。また、正方格子と準正方格子の試行回数が 100 回の平均の混雑度分布は視覚的には類似性が高くなることも分かる..

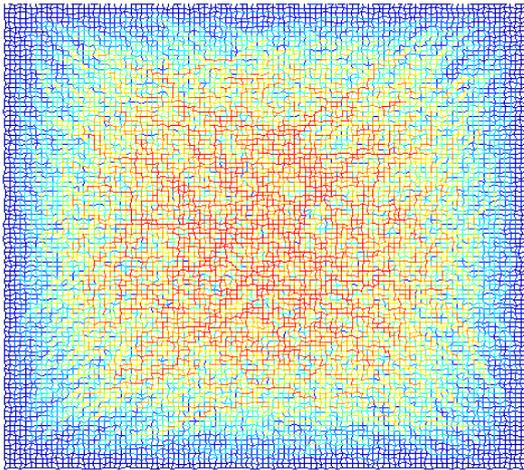


図 14 準正方格子の混雑度分布 平均
(正方形モデル 10 回)

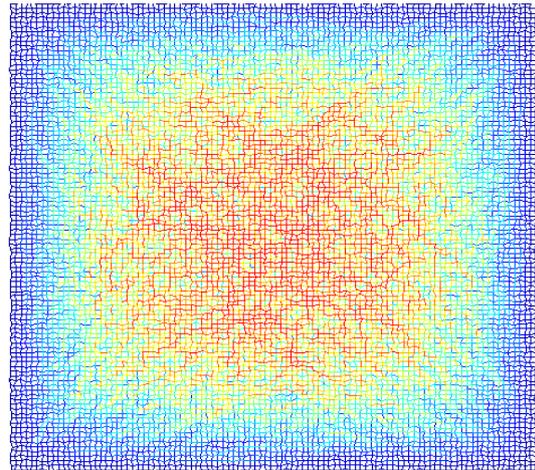


図 15 準正方格子の混雑度分布 平均
(正方形モデル 25 回)

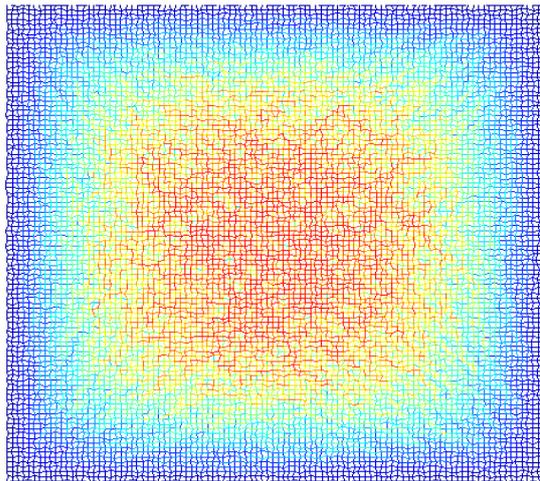


図 16 準正方格子の混雑度分布 平均
(正方形モデル 50 回)

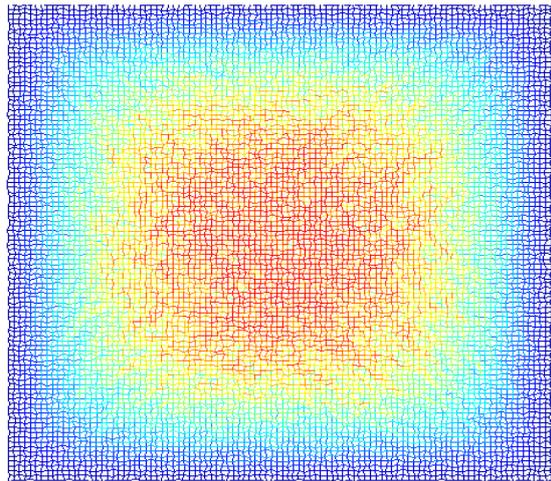


図 17 準正方格子の混雑度分布 平均
(正方形モデル 100 回)

②中央部を除去したネットワーク

図 18 は形状が中央部を除去した正方格子の道路ネットワーク構造における混雑度分布である。混雑度が高いリンクは除去部分の境界線上付近にある。除去部分の、上、左下、右下部分には混雑度が高いリンクが特に集中している。また、図 18 の①の部分には混雑度が高いリンクが連続してある。このリンクが高くなる原因として考えられるのは、除去部分を挟んだ反対側に終点ノードがある移動の際に、図 19 で示す経路 2 ではなく経路 1 のような経路が最短経路として選択されているためと考えられる。また、正方形の場合と同様に、中心部から外側に向かうに従い混雑度が低くなっている。

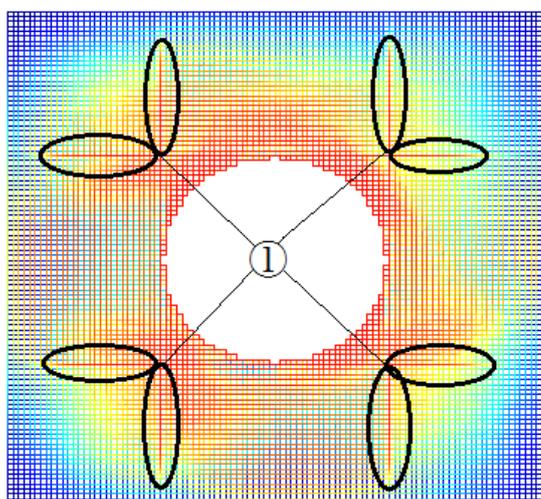


図 18 正方格子の混雑度分布
(中央部除去モデル)

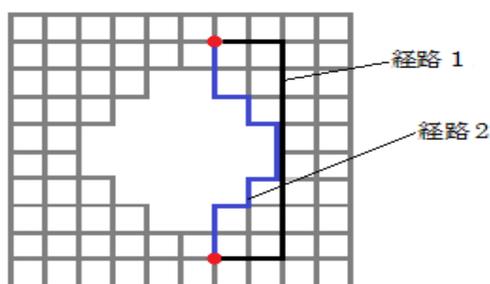


図 19 円周上の最短経路の概略図

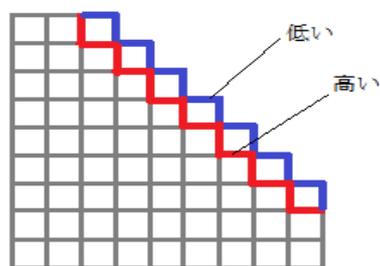


図 20 円周の周囲の混雑度の略図

図 21 は形状が中央部を除去した準正方格子の道路ネットワーク構造における混雑度分布である。混雑度が高いリンクは中心部から網目状に広がっている。除去部分の境界線上のリンクは混雑度が低くなっているが、境界線上の周囲に混雑度が高いリンクが集中している。図 20 はこの現象の概略図である。この現象の原因として考えられるのは、除去部分を挟んだ反対側に終点ノードがある移動の際に、最短経路として除去部分の境界線上を選択せずに、境界線上の周囲を選択されているためと考えられる。

図 22 は形状が中央部を除去した準正方格子の道路ネットワークの試行回数が 100 回の混雑度分布を平均した混雑度分布である。準正方格子の道路ネットワークの試行回数が 10, 25, 50 回の各々の場合の混雑度の平均の混雑度分布は形状が正方形のネットワークと同様の傾向のため省略する。正方格子と準正方格子の試行回数が 100 回の平均を比較すると、除去部分の境界付近のリンクの混雑度が高いことは同じであるが、図 18 の①の部分における混雑度は、正方格子の場合は高くなっているが、試行回数が 100 回の平均の場合は低くなっている。

正方格子と準正方格子の平均の混雑度分布の傾向から、中央部を除去したネットワークのように検討対象モデルの内部に除去部分が存在する場合、混雑度が高いリンクは除去部分の境界線上に集中し、外側に向かうに従い混雑度が低くなることが予測できる。また、正方格子と準正方格子の試行回数が 100 回の平均の混雑度分布は視覚的には類似性が高くなることも分かる。

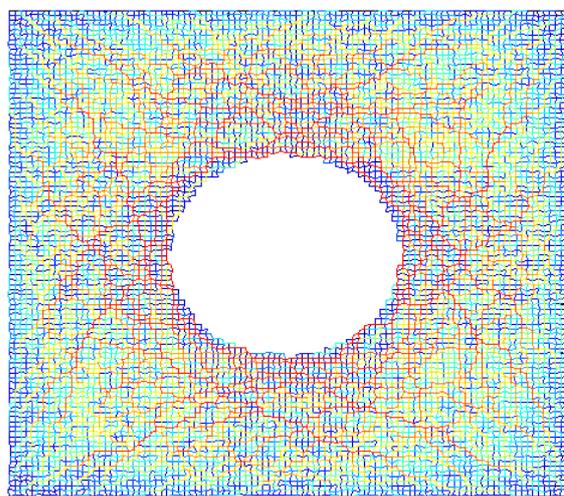


図 21 準正方格子の混雑度分布
(中央部除去モデル)

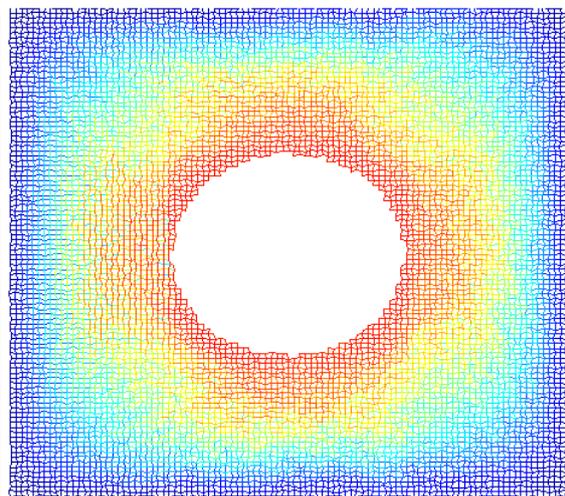


図 22 準正方格子の混雑度分布 平均
(中央部除去モデル 100 回)

③中央下部を除去したネットワーク

図 23 は形状が中央下部を除去した正方格子の道路ネットワーク構造における混雑度分布である。正方形の場合と同様に中心部から外側に向かうに従い混雑度が低くなっている。混雑度が高いリンクは中心部よりやや左寄りに集中しているが、さほど顕著ではない。中心部付近に混雑度が高いリンクが集中するのは、正方形の場合と同様に、中心部付近のノード間同士の移動において、中心部付近のリンクのみが最短経路として選択されるためであると考えられる。また、除去した部分の境界付近にも混雑度が高いリンクがあるが、それらは境界線上にある。図 23 の②の部分にある混雑度の高いリンクの周りのリンクは混雑度が低くなっている。図 23 の③の部分には混雑度が高いリンクと混雑度の低いリンクとがある。これらの現象の原因としては、左下の部分のノードと右下の部分のノードの移動の場合に、除去地域の境界線上の延長線上を移動することが最短経路であるからであると考えられる。以上の事から、中心部付近のリンクと除去部分の境界線上の混雑度は高くなり、外側に向かうに従い混雑度は低くなる。

図 24 は形状が中央下部を除去した準正方格子の道路ネットワーク構造における混雑度分布である。正方形の場合と同様、混雑度が高いリンクは検討対象モデルの全域に網目状に広がっているが、その原因は形状が正方形の準正方格子の場合と同様であると考えられる。除去部分の境界付近は正方格子の場合と同様に、除去した部分の境界線上にのみ混雑度が高いリンクがあり、その周りは混雑度が低いリンクになっている。この現象の原因は正方格子の場合と同様であると考えられる。

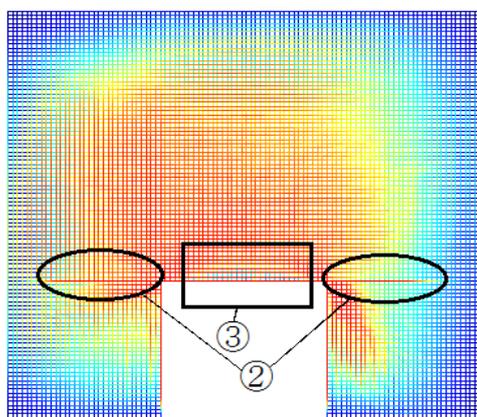


図 23 正方格子の混雑度分布
(中央下部除去モデル)

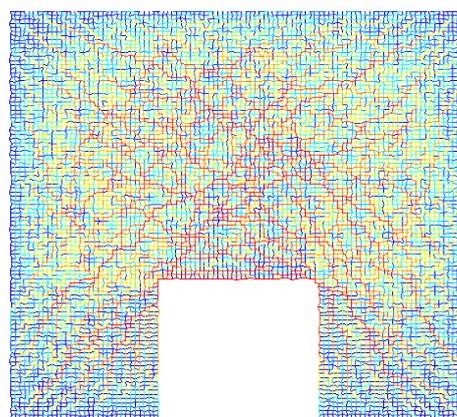


図 24 準正方格子の混雑度分布
(中央下部除去モデル)

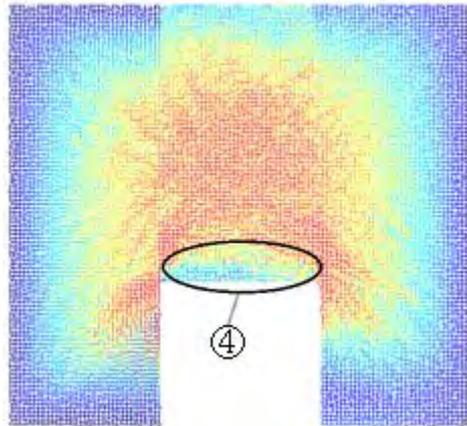


図 25 準正方格子の混雑度分布 平均
(中央下部除去モデル 100 回)

図 25 は形状が中央下部を除去した準正方格子の道路ネットワークの試行回数が 100 回の混雑度分布を平均した混雑度分布である。準正方格子の道路ネットワークの試行回数が 10, 25, 50 回の各々の場合の混雑度の平均の混雑度分布は形状が正方形のネットワークと同様の傾向のため省略する。中心部付近におけるリンクの混雑度は、試行回数を増やしていくにつれて、正方格子の混雑度分布に類似していく。しかし、除去部分の境界線上のリンクは正方格子の場合、混雑度が高くなっているが、準正方格子の平均の場合のリンクの混雑度は低くなっている。図 25 の④の部分が、混雑度が低くなっているリンクである。

正方格子と準正方格子の平均の混雑度分布の傾向から、中央下部を除去したネットワークのように検討対象モデルの外周上を含む位置に除去部分が存在する場合、混雑度が高いリンクは中心部付近に集中し、外側に向かうに従い混雑度が低くなることが予測できる。しかし、除去部分の境界線上のリンクは道路ネットワーク構造によって異なり、道路ネットワーク構造が正方格子の場合には混雑度が高く、準正方格子の平均の場合には混雑度が低くなることが予測できる。また、正方格子と準正方格子の試行回数が 100 回の平均の混雑度分布は視覚的には類似性が低くなることも分かる。

④東京湾沿岸を模したネットワーク

図 26 は形状が東京湾沿岸を模した正方格子の道路ネットワーク構造における混雑度分布である。図 27 は東京湾沿岸を模したネットワークの略図である。図 27 の①は(50,1)と(75,55)の座標にあるノードによって作られる長方形の除去部分であり、同様に②は(25,1)と(50,30)、③は(1,1)と(25,15)の座標にあるノードによって作られる長方形の除去部分である。混雑度が高いリンクは対象モデルの中心の上部分と左上部分、①の除去部分の境界線上、②の除去部分の境界線上の一部にある。形状が正方形で正方格子の道路ネットワークの場合と同様に、中心部分から外側に向かうに従い混雑度が低くなっている。また、図 26 の⑤の部分にあるリンクの混雑度が高い理由として、図 23 の形状が中央下部を除去した正方格子の道路ネットワークにある②の混雑度の高いリンクと同様の理由である。

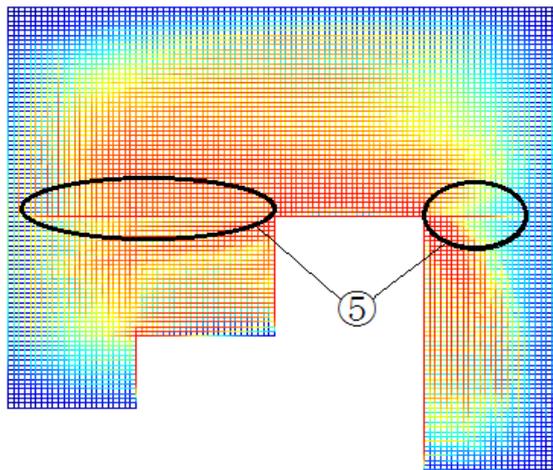


図 26 正方格子の混雑度分布
(東京湾沿岸モデル)

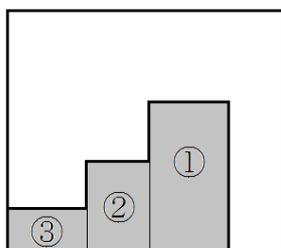


図 27 東京湾沿岸を模したネットワークの概略図

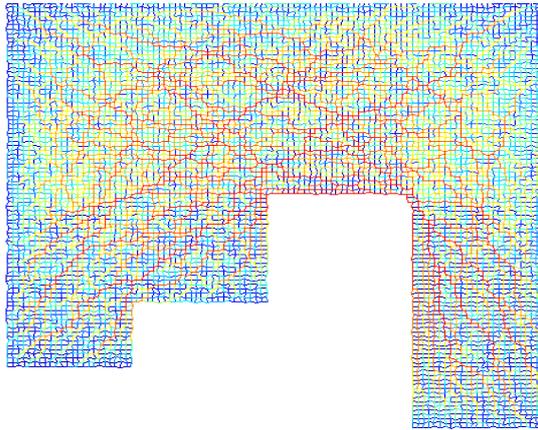


図 28 準正方格子の混雑度分布
(東京湾モデル)

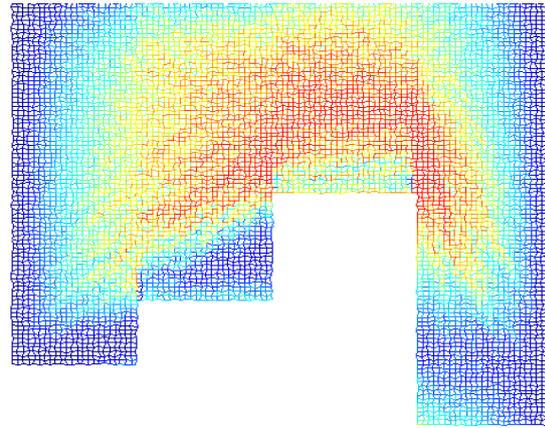


図 29 準正方格子の混雑度分布 平均
(東京湾モデル 100 回)

図 28 は形状が東京湾沿岸を模した準正方格子の道路ネットワーク構造における混雑度分布である。混雑度が高いリンクは検討対象モデルの全域に網目状に広がっている。また、図 27 における①の除去部分の境界線上の上辺と右辺に相当する部分も混雑度が高くなっている。しかし、除去部分の②、③の境界線上に相当する部分の混雑度は低くなっており、その周囲も混雑度は低くなっている。

図 29 は形状が東京湾沿岸を模した準正方格子の道路ネットワークの試行回数が 100 回の混雑度分布を平均した混雑度分布である。準正方格子の道路ネットワークの試行回数が 10, 25, 50 回の各々の場合の混雑度の平均の混雑度分布は形状が正方形のネットワークと同様の傾向のため省略する。混雑度が高いリンクは対象モデルの中央の上部分に集中する。また、正方格子の道路ネットワークと同様に、中心部分から外側に向かうに従い混雑度が低くなっている。図 27 における①の除去部分の境界線上のリンクの混雑度は低くなった。

正方格子と準正方格子の平均の混雑度分布の傾向から、東京湾沿岸を模したネットワークのように検討対象モデルの外周上を含む位置に除去部分が複数存在する場合、混雑度が高いリンクは中心部付近に集中し、外側に向かうに従い混雑度が低くなることが予測できる。しかし、除去部分の境界線上のリンクは道路ネットワーク構造によって異なり、道路ネットワーク構造が正方格子の場合は混雑度が高く、準正方格子の平均の場合は混雑度が低くなることが予測できる。また、正方格子と準正方格子の試行回数が 100 回の平均の混雑度分布は視覚的には類似性が低くなることも分かる。

6.2 混雑度の中央値の比較

6.1 では視覚的に正方格子と準正方格子の試行回数が 100 回の平均の混雑度分布の比較を行い、検討対象モデルごとに異なる結果が得られた。形状が正方形と中央部除去では正方格子と準正方格子の平均の類似性が高い結果となったが、中央下部除去と東京湾沿岸を模した形状では正方格子と準正方格子の平均の類似性が低い結果となった。そこで本章では数値的に類似性を検討する。

正方格子と準正方格子の混雑度分布の類似性を数値によって比較する方法として、代表値を用いた比較を行う。混雑度には外れ値があり、同じ混雑度の値が存在しにくいいため、平均値や最頻値は本研究には適さない。一方、中央値は外れ値の影響を受けにくく、データ数の中央の値のため、本研究に適している。そこで本研究では中央値を用いた比較を行う。一つの検討対象モデルに対して、一つの中央値を求めるのではなく、検討対象地域を 9 分割し、1 区分ごとに中央値を求める。その後、正方格子と準正方格子、準正方格子の試行回数が 100 回の平均の混雑度の中央値を比較し、評価をする。

表 2 は形状が正方形をしたネットワークの混雑度の中央値を区分ごとに示した表である。表の区分ごとの位置は検討対象モデルの区分ごとの位置と対応している。同様に表 3 は形状が中央部を除去したネットワーク、表 4 は形状が中央下部を除去したネットワーク、表 5 は形状が東京湾沿岸を模したネットワークである。表の区分ごとの数値は上から正方格子、準正方格子、準正方格子の試行回数が 100 回の平均の混雑度の中央値である。表 2, 3, 4, 5 から中央値の比較を行うと、正方格子と準正方格子よりも正方格子と準正方格子の試行回数が 100 回の平均の方が、混雑度の中央値に近い結果となった。形状が正方形や中央部除去においては 9 区分全てで混雑度の中央値に近い結果となったが、形状が中央下部除去や東京湾沿岸を模したネットワークにおいては、全区分が近い結果とはならなかった。このことから、検討対象モデルに除去部分がない場合や検討対象モデルの内部に除去部分がある場合は類似性が高いといえる。一方、除去部分が検討対象モデルの外周を含む位置に除去部分がある場合は類似性が低いといえる。

表 2 区分ごとの混雑度の中央値（正方形モデル）

正方形格子	115356.5	175181.0	97746.5
準正方形格子	45632.5	70091.0	45755.5
試行回数 100 回の平均	102916.0	191090.1	104310.0
正方形格子	215880.5	275620.0	172487.0
準正方形格子	76355.0	121859.0	71538.5
試行回数 100 回の平均	189789.0	335692.5	187963.0
正方形格子	134824.5	219642.5	114365.5
準正方形格子	47515.5	75838.5	44581.0
試行回数 100 回の平均	103631.1	184395.2	104190.6

表 3 区分ごとの混雑度の中央値（中央部除去モデル）

正方形格子	100850.5	132696.0	86628.0
準正方形格子	41991.5	56144.5	47411.0
試行回数 100 回の平均	91598.69	197639.8	103056.2
正方形格子	159872.0	685512.0	143078.5
準正方形格子	47186.0	10150.0	49987.5
試行回数 100 回の平均	169232.3	630150.3	180600.8
正方形格子	115904.0	149794.5	100164.5
準正方形格子	42967.0	45634.0	40271.5
試行回数 100 回の平均	91324.2	166363.2	79128.7

表 4 区分ごとの混雑度の中央値（中央下部除去モデル）

正方形格子	101173.5	153501.5	87167.5
準正方形格子	42830.5	81181	65823.5
試行回数 100 回の平均	93553.2	285584.8	162900.8
正方形格子	184216.0	242613.5	139707.0
準正方形格子	68601.0	54155.0	22959.0
試行回数 100 回の平均	161998.8	185454.9	63888.1
正方形格子	83140.5	NO DATA	84619.0
準正方形格子	27796.0	NO DATA	55943.0
試行回数 100 回の平均	82063.6	NO DATA	129384.7

表 5 区分ごとの混雑度の中央値 (東京湾沿岸モデル)

正方格子	85335.0	119185.0	72900.5
準正方格子	39700.5	61245.0	35553.5
試行回数 100 回の平均	103652.6	212025.8	98677.4
正方格子	112633.5	173700.0	97272.5
準正方格子	37467.0	35655.0	23989.0
試行回数 100 回の平均	99768.1	124865.7	69722.2
正方格子	42337.5	32307.5	58283.5
準正方格子	15564.0	43600.5	52271.0
試行回数 100 回の平均	36508.8	184142.1	131006.4

6.3 相関係数の比較

混雑度を計算した検討対象モデルを 10×10 で 100 分割し、正方格子と準正方格子、準正方格子の平均の検討対象モデルをそれぞれ 100 分割した一つ一つの区分の混雑度の中央値を求める。正方格子のその値と準正方格子のその値の相関係数を計算する。同様に正方格子と準正方格子の試行回数が 10, 25, 50, 100 回の平均の場合の相関係数を計算する。以上のことを検討対象モデルの形状が正方形, 中央部除去, 中央下部除去, 東京湾沿岸を模した場合とで行う。図 30 は形状が正方形のネットワークの場合, 図 31 は形状が中央部を除去したネットワーク, 図 32 は形状が中央下部を除去したネットワーク, 図 33 は形状が東京湾沿岸を模したネットワークにおける相関係数をそれぞれ示している。

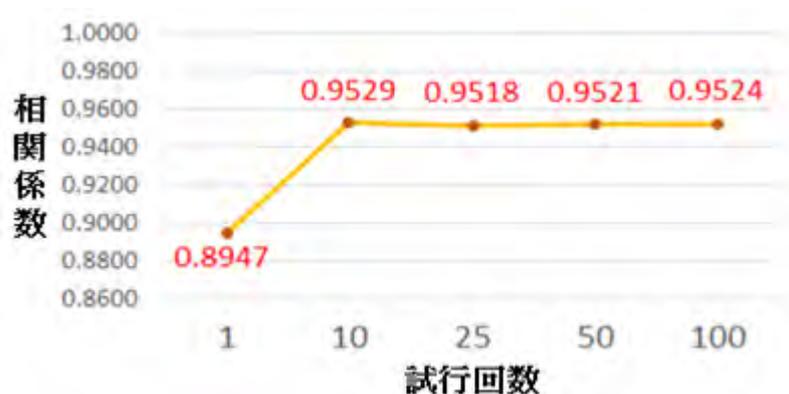


図 30 正方形のネットワークにおける正方格子の中央値と準正方格子の中央値の相関係数

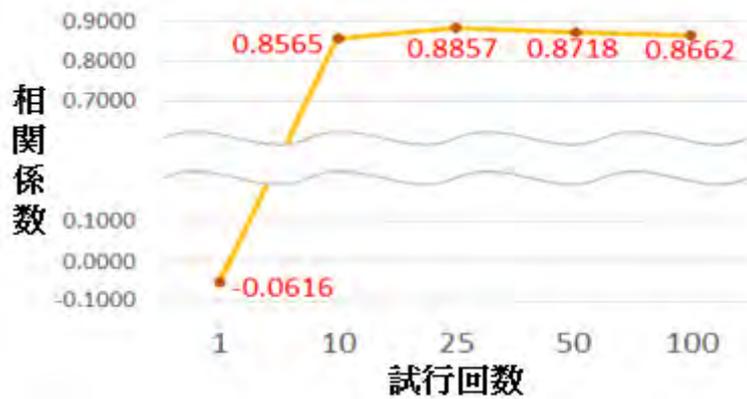


図 31 中央部を除去したネットワークにおける正方格子の中央値と準正方格子の中央値の相関係数

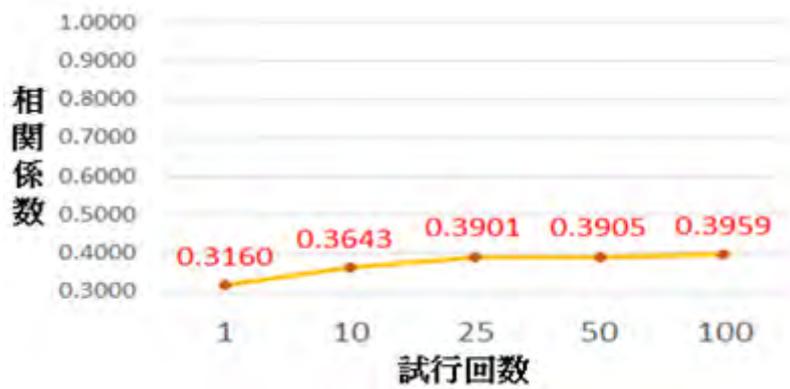


図 32 中央下部を除去したネットワークにおける正方格子の中央値と準正方格子の中央値の相関係数

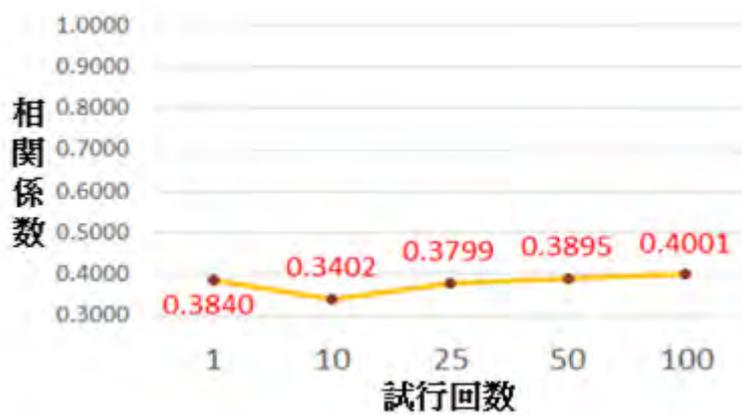


図 33 東京湾沿岸を模したネットワークにおける正方格子の中央値と準正方格子の中央値の相関係数

図 30, 31, 32, 33 より, 区分ごとの混雑度の中央値の相関は, 正方形のネットワークと中央部を除去したネットワークでは強く, 中央下部を除去したネットワークと東京湾沿岸を模したネットワークは低いことが分かる. このことから検討対象モデルの形状が正方形の場合のように除去部分がない場合や, 形状が中央部除去の場合のように検討対象モデルの内部に除去部分がある場合は, 正方格子と準正方格子の平均の道路ネットワークの混雑度は類似性が高いことになる. 一方, 形状が中央下部除去や東京湾沿岸の場合のように除去部分が検討対象モデルの外周を含む位置にある場合は相関が低く, 類似性が低いといえる.

第7章 まとめと結論

本研究では、仮想道路ネットワークを用いて道路ネットワークを評価した。評価には様々な検討対象モデルを用いて、検討対象モデルごとに混雑する地域が異なるかを検討した。また正方格子と準正方格子の道路ネットワークを使用し、双方の混雑する地域が類似するかも検討した。

道路ネットワーク構造を評価する研究には道路の重要度に着目した研究や、最短経路の経路長分布の類似度に着目した研究、交通負荷に着目した研究などがある。これらの研究ではいずれも正方格子の道路ネットワークを検討対象にしている。正方格子の場合では、最短経路が非常に多く存在する。実在の道路ネットワークでは最短経路はそれ程多く存在しない。そこで本研究では最短経路が唯一に定まるように準正方格子を検討対象として行う。最短経路が唯一に定まるようになれば実際の道路ネットワークに近いと考えられる。正方格子の混雑度分布と準正方格子の混雑度分布を平均した混雑度分布の類似性を検討し、類似性が高ければ正方格子を用いて道路ネットワークを評価するのは妥当であり、類似性が低ければ正方格子を用いて道路ネットワークを評価するのは要検討が必要であり、今までの研究も検討が必要であると考えられる。

検討手順は、まず検討対象モデルを正方格子の道路ネットワーク構造と準正方格子の道路ネットワーク構造で作成する。正方格子の場合の隣り合うノード間同士の距離は1kmとし、準正方格子の場合は全てのノードの位置 (x,y) を x 、 y 軸方向に微小にずらすことでノード間同士の距離を微小に変える。微小にずらす際は、標準正規分布に従う一様乱数に0.1を乗じた値を (x,y) に加えて微小にずらす。次に双方に対してダイクストラ法を用いて各リンクの混雑度を計算する。準正方格子に関しては試行回数を100回行い、10、25、50、100回の各々の場合における平均の混雑度を求める。正方格子と準正方格子、準正方格子の平均の場合において、各々のリンクにかかる混雑度を色分けし、視覚的に比較する。数値を用いた比較を行う際には、検討対象モデルごとに正方格子と準正方格子、準正方格子の平均値を求め、比較する。また正方格子と準正方格子、正方格子と準正方格子の平均の相関度を測る。

混雑度分布の検討では、検討対象モデルを形状が正方形と中央下部除去、中央部除去、東京湾沿岸を模したネットワークを選定した。またそれぞれの検討対象モデルで混雑度に応じて色分けし、混雑度分布を作成した。検討結果として、正方格子の場合、全ての検討対象モデルにおいて混雑度が高いリンクは、中心部に集中した。また、除去部分がある場合は除去部分との境界線上にも混雑度が高いリンクが集中した。準正方格子の場合は、全ての検討対象モデルにおいて混雑度が高いリンクは、網

目状に全域に拡がり、除去部分がある場合は、その周囲上にも混雑度が高いリンクが集中した。準正方格子の平均の場合は、全ての検討対象モデルにおいて混雑度が高いリンクは中心部に集中した。しかし除去部分を含む場合は、除去部分の位置によって異なる結果が得られた。検討対象モデルの周囲上を含む位置に除去部分がある場合は、混雑度が高いリンクは除去部分の周囲上にはあまりなく、検討対象モデルの内部に除去部分がある場合は、混雑度が高いリンクは除去部分の周囲上に集中した。まとめると、正方格子の場合、混雑度が高いリンクは中心部に集中し、除去部分がある場合は、その周囲上に集中するといえ、準正方格子の場合、混雑度が高いリンクは網目状に全域に拡がり、除去部分がある場合は、その周囲上にも集中するといえる。また、準正方格子の平均の場合、混雑度が高いリンクは中心部に集中し、除去部分の位置によって混雑度が高いリンクの位置が変化することもいえる。

類似性の検討では、混雑度を計算した検討対象モデルを9分割し、1区分ごとの中央値を求め比較することを行った。正方格子と準正方格子、準正方格子の平均において中央値を用いた比較を行うと、全ての検討対象モデルにおいて、正方格子と準正方格子よりも、正方格子と準正方格子の平均の方が、中央値に近い結果になった。また、混雑度を計算した検討対象モデルを 10×10 で100分割し、一つ一つの区分の混雑度の中央値も求めた。そして正方格子のその値と準正方格子のその値の相関係数を計算した。同様に正方格子と準正方格子の試行回数が10, 25, 50, 100回の平均の場合の相関係数を計算した。検討結果として、全ての検討対象モデルにおいて平均する試行回数を増やすと相関も高くなった。しかし、形状が中央下部除去と東京湾沿岸を模した検討対象モデルにおいては、全体的に相関が低かった。混雑度分布の検討と類似性の検討から、除去部分がない場合と除去部分が検討対象モデルの内部にある場合は、正方格子と準正方格子の平均の道路ネットワークの類似性が高く、除去部分が検討対象モデルの周囲上を含む位置にある場合は、正方格子と準正方格子の平均の道路ネットワークの類似性が低いことが分かった。以上のことから、実際の道路ネットワークに正方格子の道路ネットワークを当てはめて評価するのは要検討が必要であるという結果が得られた。

本研究により、特殊形状の仮想道路ネットワークにおいて混雑が集中する地域が分かった。また、仮想道路ネットワークを用いて道路ネットワークを評価する場合は、除去部分がない場合と、除去部分が検討対象モデルの内部にある場合は正方格子の仮想道路ネットワークを用いることが妥当であることが分かった。一方、検討対象モデルの周囲上に除去部分がある場合は、正方格子と準正方格子どちらも考慮することが必要であることも分かった。まとめると、混雑度分布は道路ネットワーク構造が正方格子か準正方格子によって異なるため、正方格子の道路ネットワークを実際の道路ネットワークに当てはめて評価するのは誤った判断を導く可能性があり、要検討が必要

である。以上の事から、本研究は道路ネットワークを評価するための一助になると考えられる。

参考文献

- [1]国土交通省道路局：“都市圏の交通渋滞対策－都市再生のための道路整備－”，平成 15 年
<http://www.mlit.go.jp/common/000043136.pdf>(2014 年 1 月 19 日確認)
- [2]東京都環境局：“東京都の自動車交通”，
<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/vehicle/management/tokyo/index.html>(2014 年 1 月 19 日確認)
- [3]田口東，大山達雄：“ネットワーク構造に基づく道路の重要度評価”，日本オペレーションズ・リサーチ学会誌，vol38，pp.465-470(1999)
- [4]田中正樹：“都市の道路ネットワーク構造評価に関する一提案”，長岡技術科学大学 修士論文(2009)
- [5]栗原宏昌：“地域内移動が困難な都市における道路ネットワークの構造評価”，長岡技術科学大学 課題研究論文(2011)
- [6]鍋島美奈子，石川愛：“SIS 入門－基礎から学ぶ GIS－”，pp.69,93,94，株式会社古今書院(2006)
- [7]森村英典，刀根薫，伊理正夫：“経営科学 OR 用語大事典” pp.216,368，朝倉書店(1999)
- [8]倉田博史，星野崇宏：“入門統計解析” pp.22-25,72-74，新世社(2009)
- [9]白旗慎吾：“統計学” pp.8-13,34-35，ミネルヴァ書房(2008)

付録

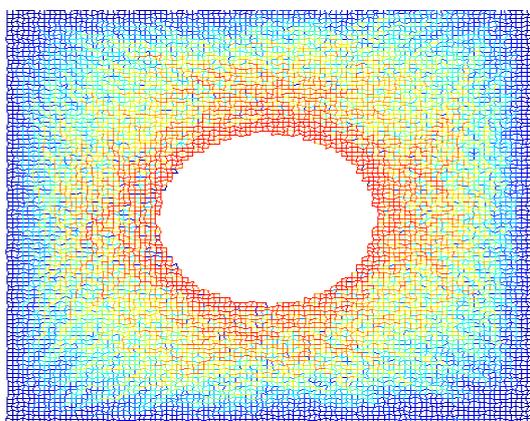


図 34 準正方格子の混雑度分布 平均
(中央部除去モデル 10 回)

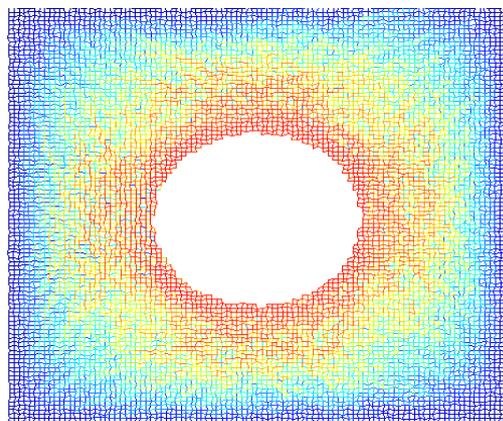


図 35 準正方格子の混雑度分布 平均
(中央部除去モデル 25 回)

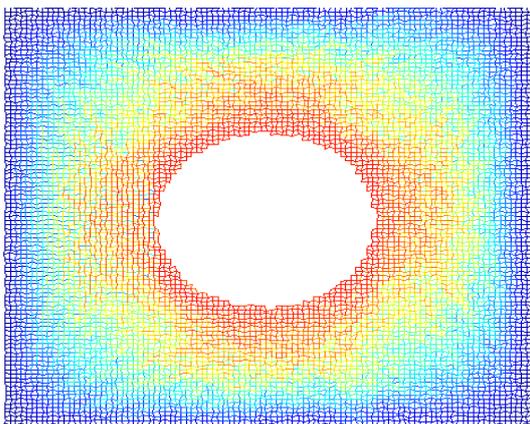


図 36 準正方格子の混雑度分布 平均
(中央部除去モデル 50 回)

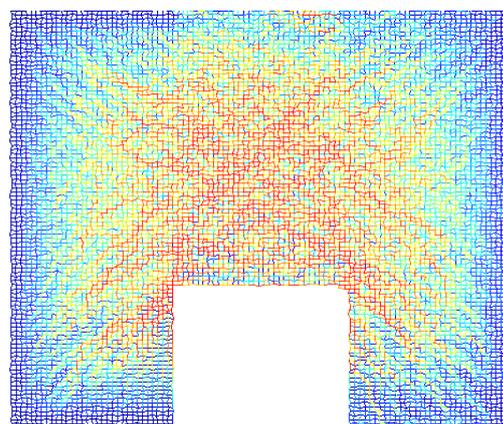


図 37 準正方格子の混雑度分布 平均
(中央下部除去モデル 10 回)

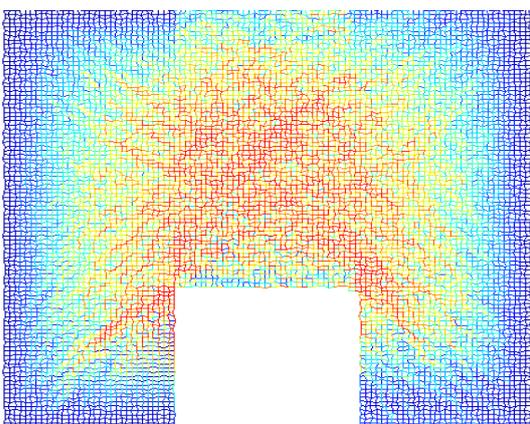


図 38 準正方格子の混雑度分布 平均
(中央下部除去モデル 25 回)

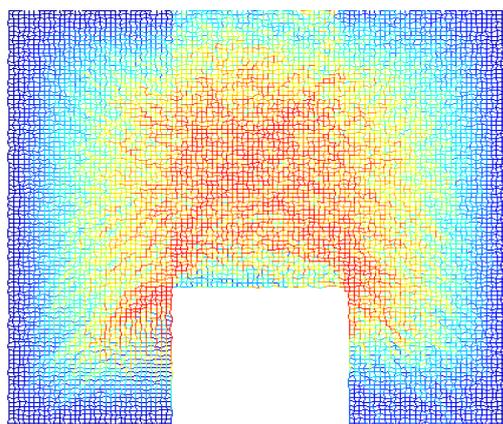


図 39 準正方格子の混雑度分布 平均
(中央下部除去モデル 50 回)

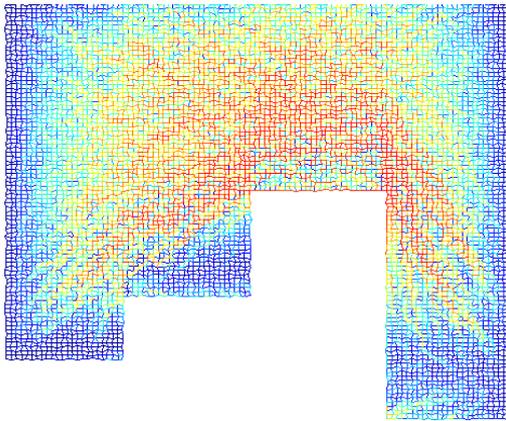


図 40 準正方格子の混雑度分布 平均
(東京湾沿岸モデル 10 回)

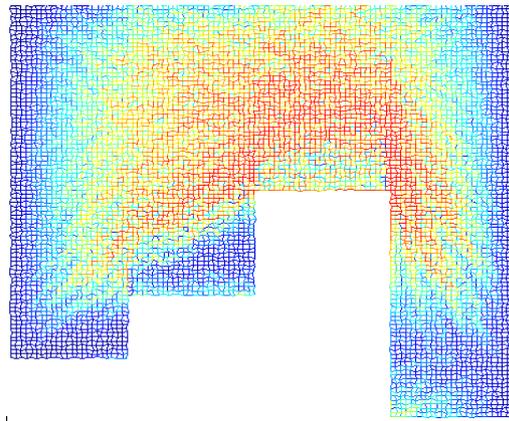


図 41 準正方格子の混雑度分布 平均
(東京湾沿岸モデル 25 回)

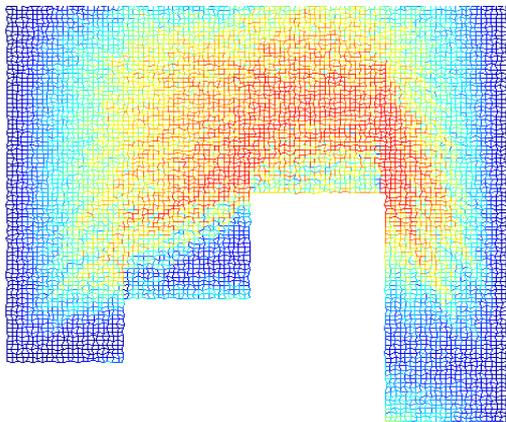


図 42 準正方格子の混雑度分布 平均
(東京湾沿岸モデル 50 回)