

# 城下町の空間評価指標の検討とその適応に関する研究

## 街路網の広がりと変遷を対象として

### Study on the Spatial Evaluation Index of Castle Town and its Adaptation

#### On the expansion and transition of the street network

○宮下 開成\*<sup>1</sup>, 渡辺 俊\*<sup>2</sup>

Kaisei MIYASHITA \*<sup>1</sup>, Shun WATANABE \*<sup>2</sup>

\*1 筑波大学 理工学群

School of Science and Engineering, University of Tsukuba

\*2 筑波大学システム情報系 教授 博士(工学)

Professor, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba, Ph.D.

キーワード：城下町；街路網；GIS

Keywords: castle town; street network; GIS

## 1. はじめに

日本における主な地方都市は近世に建設された城下町を基盤としている。そして城下町には、「山当て」と呼ばれる街路の正面に山の頂を眺望できる手法が多くみられるなど、自然環境と都市構成を一体で構築した構成原理が存在したことが言及されており、その秩序の解明は城下町の空間構成を読み解く上での課題の一つであり、今日の地方都市において地域特性を踏まえた都市計画を行っていく上でも重要な課題となっている。本研究では、城下町時代の街路網の広がりから、当時の町割りプランといった都市の空間構成原理を考察するとともに、現代にいたるまでの街路網の変遷を複数の城下町間で比較することで、城下町時代の基盤の上にもどのような展開をしていったのかを分析する事を目的とする。

既往研究として、近世城下町を基盤とする 47 都市を対象に最初の都市計画街路網の類型化と踏襲性に関する研究<sup>1)</sup>や四国 8 都市を対象に街路網の変遷を存存度と占有度をそれぞれ都市間で比較した研究<sup>2)</sup>などが挙がるが、いずれの研究においても類型化は定性的なものであることや、街路網実態を総延長という視点のみで評価しており、街路の伸びる方位角に着目して城下町の街路網の変遷を捉えようとした研究はみられない。

## 2. 研究方法とデータ

### 2.1. 研究方法

城下町時代の街路網を復元するために、城下町絵図の画像データを GIS 上で読み込み、座標情報を付加し、アフィン変換による幾何補正を行う。その後、現在の街路データと重ね合わせ、現代に至るまで残存している街路の抽出と消失した街路を作成する。復元した街路から方位角と街路長を収集し、城下町の変遷について定量的に評価し、それ

ぞれの比較を行う。

### 2.2. 使用するデータ

本研究で分析に用いる城下町絵図は、おおむね 3 万石より多い石高を有した都市の中で大小規模の異なる都市の街路が詳細に描かれている比較的幕末に近い絵図を用いる(表 1)。重ね合わせる街路網データは街路ネットワークにはゼンリンの地図データを加工したものをを用い、復元する城下町街路の対象範囲は城を中心として武家屋敷や町屋の区画が連続的に描かれている範囲とした。また、城下町時代の街路幅員に関して文献や絵図などに記録されている情報に偏りがあるため、幅員に関しては考慮しないものとする。分析には、ArcGISpro2.9 を用い、GIS 上に投影する際に用いる座標系に関しては、それぞれ対応する平面直角座標系<sup>3)</sup>とした。

表 1 使用する城下町絵図

県	城下町	石高(万石)	利用した絵図	絵図の作成年代(推定)
石川	金沢	102	金府大絵図	弘化・嘉永期(1844~1853)
宮城	仙台	62	仙台城下絵図	寛政元年 (1789)
愛媛	松山	15	松山城下図	嘉永六年 (1853年)

### 2.3. 城下町絵図の幾何補正

城下町絵図が作成された当時の測量技術の点などから歪みがあるため、そのまま重ね合わせて用いる事は難しい。任意の基準点に座標情報を付加し、アフィン変換によって幾何的歪みを補正することが一般的であるが、広い範囲でのアフィン変換にはズレが生じるという問題がある。TIN モデルとアフィン変換を統合した幾何補正手法を提案している清水らの研究<sup>4)</sup>などを参考に本研究では、画像編集ソフトの Photoshop と GIS のジオリファレンス機能を組み合わせて城下町絵図の補正を施した。

### 3. 街路網の分析

#### 3.1. 街路網の復元

城下町絵図をもとに作成した、対象範囲内の街路網を以下の3つに分けて図1に示す。

- a) 城下町時代から現代まで残存している街路(残存街路)
  - b) 城下町時代から現代までに消失した街路(消失街路)
  - c) 城下町時代から現代までに新設された街路(新設街路)
- 復元した街路網から、いずれの都市においても多くの街路が残存していることが確認でき、城下町時代に築かれた基盤をもとに拡幅工事などを行いながら、現代まで発展してきたことが読み取れる。

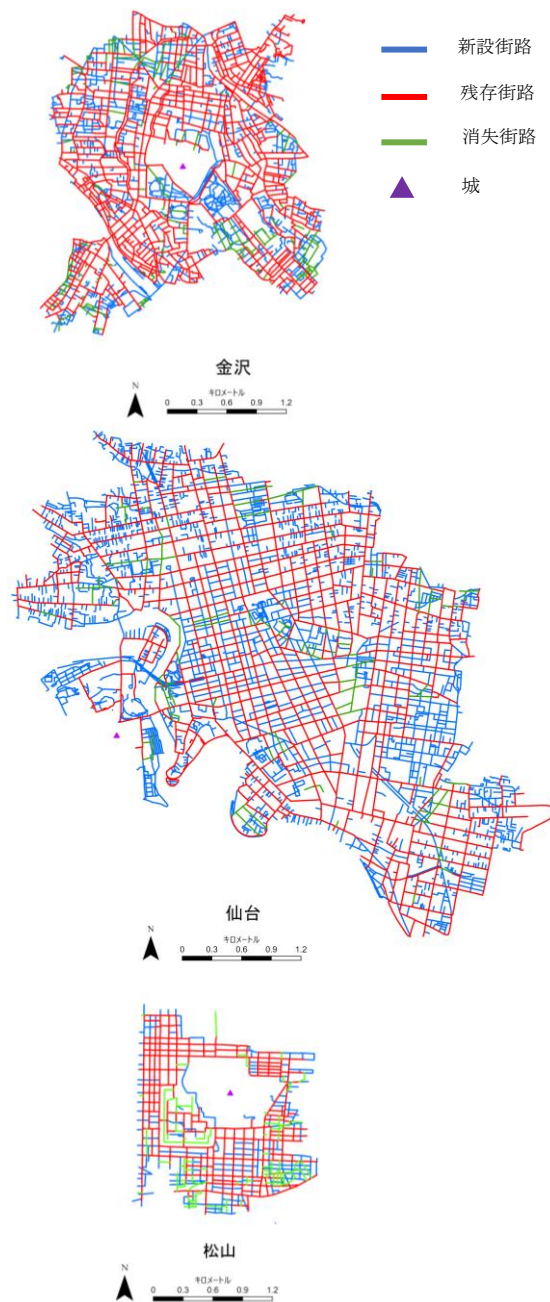


図1 復元した街路網

#### 3.2. 街路の方位角分析

Boeing の研究<sup>5)</sup>では、街路の方位角を集計し、その極座標ヒストグラムによって街路網の広がりを見視化するとともに、街路網がどれだけ格子状に広がっているかをヒストグラムから定量的に評価する格子度という指標を提案している。この手法は、方位角のエントロピーをもとに計算しているため、ヒストグラムの階級幅によって値が左右されるが、本研究では360度を10度ずつの36階級として分析を行った。そして、格子度 $\phi$ は次のような式で定義されている。

$$H_o = -\sum_{i=1}^n P(o_i) [\log_e P(o_i)]$$

$$H_g = 1.386 \text{ (nats)}$$

$$H_{max} = 3.584 \text{ (nats)}$$

$$\phi = 1 - \left( \frac{H_o - H_g}{H_{max} - H_g} \right)^2$$

$n$ :階級の総数(ここでは36)  
 $i$ :階級番号  
 $P(o_i)$ : $i$ 番目の階級の度数が全体に対する割合  
 $H_g$ :完全な格子状の理論値  
 $H_{max}$ :最大エントロピーの理論値  
 $\phi$ :格子度

格子度 $\phi$ の値が1に近いほど、街路網が、完全な格子状の広がりを持ち、0に近い程多方向への広がりを持つ事を意味している。方位角の集計に関して、GISのジオメトリ演算機能によって街路リンク毎の方位角を集計すると、図2のように街路リンク $uv$ のみの方角が算出されるため、リンク $vu$ の方角の演算も行った上でヒストグラムにする。そのため、ヒストグラムの度数の全ての和は、街路リンクの総数の倍となる。

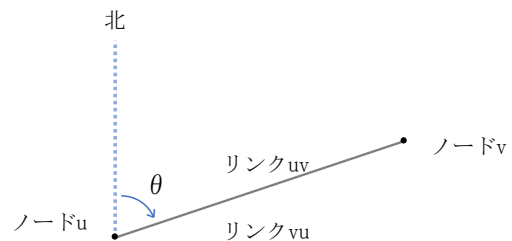


図2 街路リンクの方位角

まず、金沢の復元した城下町街路網から方位角を集計し、作成したヒストグラムと算出した格子度を図3に示す。金沢の城下町街路網の格子度は0.072と非常に小さい値をとり、ヒストグラムからも放射状に広がる街路網を形成していた事が考えられる。

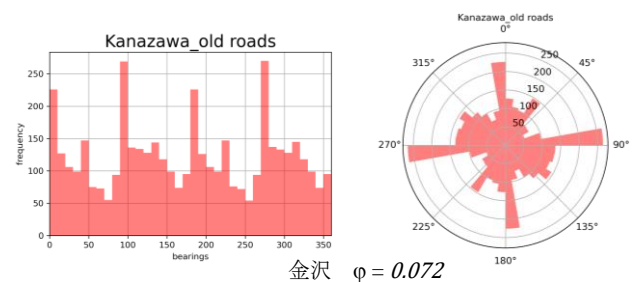


図3 金沢の城下町街路網の広がり格子度

次に、仙台の復元した城下町街路網から方位角を集計し、作成したヒストグラムと算出した格子度を図4に示す。仙台の城下町街路網の格子度は0.279と小さい値をとり、ヒストグラムから2つの軸をもった街路網を形成していた事が考えられる。

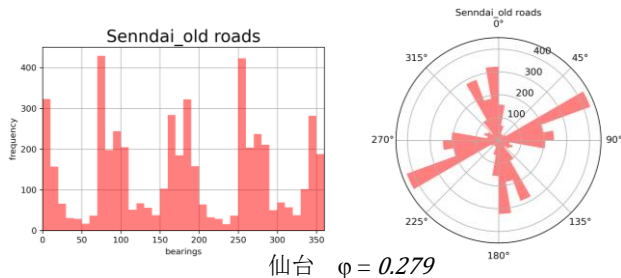


図4 仙台の城下町街路網の広がりと格子度

最後に、松山の復元した城下町街路網から方位角を集計し、作成したヒストグラムと算出した格子度を図5に示す。松山の城下町街路網の格子度は0.867と高い値をとり、ヒストグラムからも格子状に広がる街路網を形成していた事が考えられる。

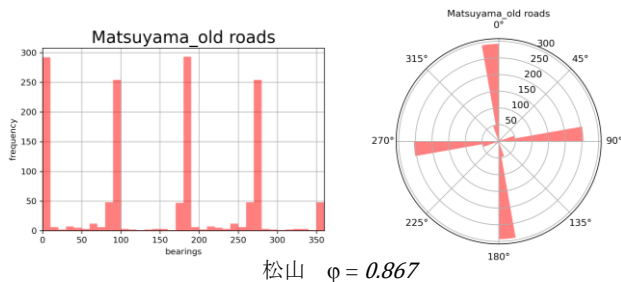


図5 松山の城下町街路網の広がりと格子度

### 3.3. 街路網の変遷

城下町時代の街路網が現代に至るまでにどのような変遷を辿ったのかを定量的に捉えるために、既往研究<sup>2)</sup>を参考に城下町時代の街路がどれだけ残存しているかを評価する残存度、現在の街路網のうちの城下町時代から存在する街路網がどれだけを占めているかを評価する占有度を用いる。本研究では、ここに街路長だけでなく、街路方向に着目して、格子度がどれだけ変化したかを評価する格子度変化率を加えて、比較を行っていく。残存度、占有度、格子度変化率の定義を次に示す。

$$\text{残存度} = \frac{\text{残存街路長}}{\text{残存街路長} + \text{消失街路長}}$$

$$\text{占有度} = \frac{\text{残存街路長}}{\text{新設街路長} + \text{残存街路長}}$$

$$\text{格子度変化率} = \frac{\text{現在の街路の格子度}}{\text{城下町街路の格子度}}$$

街路網の残存度と占有度の関係を図6、残存度と格子度変化率の関係を図7、占有度と格子度変化率の関係を図8にそれぞれ示す。

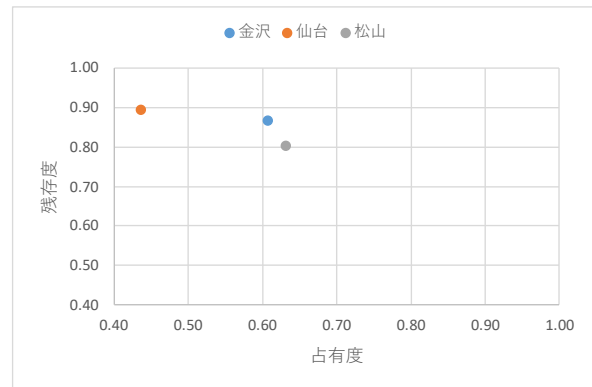


図6 街路網の残存度と占有度

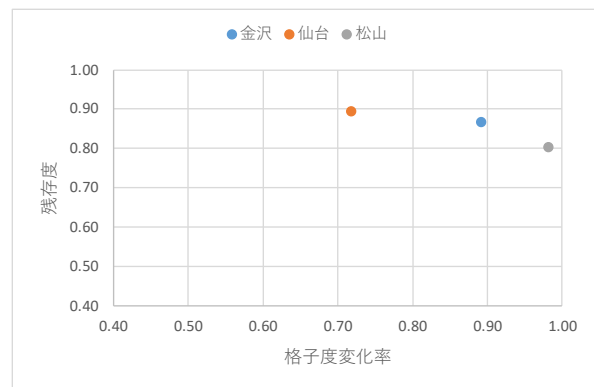


図7 街路網の残存度と格子度変化率

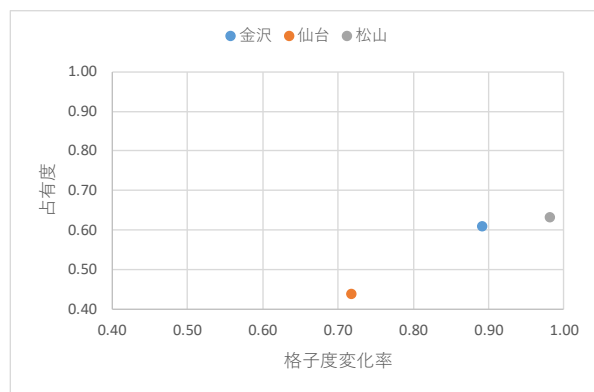


図8 街路網の占有度と格子度変化率

残存度に関して、仙台、金沢、松山の順番で城下町街路が現代に残存している結果となり、どの都市も8割以上の値を示したことから、城下町時代に築かれた都市基盤の上に現在の街路網の広がりがあることが分かる。占有度に関しては、残存度とは逆に、松山、金沢、仙台の順番で城下町街路が対象範囲内の街路を占めている結果となった。こ

これは、城下町時代と比較して都市の発展によって街路網の密度は高くなってきているため、対象範囲が大きい城下町程度、占有度は低くなる傾向がある事が考えられる。格子度変化率に関しては、占有度と同様に、松山、金沢、仙台の順番で城下町時代の街路網の広がり方が変わっていないという結果となった。これは、城下町時代から現代の間に新設された街路がどれだけ当時の町割りプランを踏襲しているかを示していると考えられる。また、どの都市も1よりも小さい値をとったため、街路網が格子状に近づいた都市は存在しなかった。

格子度では、ヒストグラムの階級毎の頻度の割合をもとに算出しているため、どの方向に街路網の広がり方が変化したのかを把握する事はできない。より詳細な城下町街路の広がり方を捉えるために、城下町時代の街路の方位角ヒストグラムと現在の街路の方位角ヒストグラムを重ね合わせ、都市毎の街路網の広がりの変化について把握していく。まず、図9に金沢の城下町時代と現代の街路網を比較したものを示す。範囲内の街路総数が増加したことにより、全方位の頻度が上昇していることが分かる。直行する二方向の頻度が特に大きくなっているが、格子度変化率が1に近いこと、占有度が比較的に小さいことから、放射状に広がる城下町時代の町割りプランをしっかりと踏襲していることが考えられる。

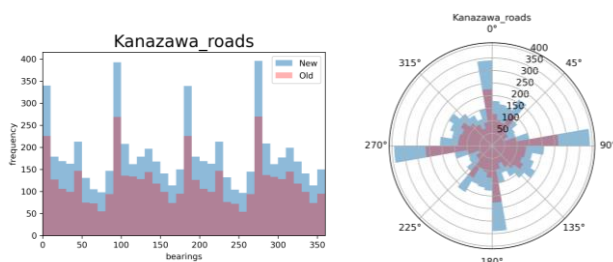


図9 金沢街路網の広がりの変化

次に、仙台の城下町時代と現代の街路網を比較したものを図10に示す。範囲内の街路総数が増加したことにより、全方位の頻度が上昇していることが分かる。格子度変化率が小さく、占有度が低い事から、範囲内に新設された街路の広がる方向は、城下町時代の広がる方向を無視したものが多い傾向にあることが考えられる。

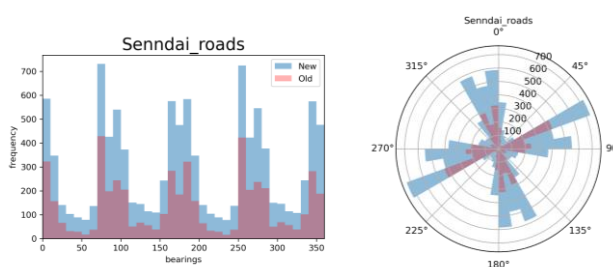


図10 仙台街路網の広がりの変化

最後に、松山の城下町時代と現代の街路網を比較したものを図11に示す。範囲内の街路総数が増加したにもかかわらず、一定方向の頻度のみが高くなっている事が分かる。加えて、格子度変化率が小さく、占有度が低い事から、範囲内に新設された街路の広がる方向は、城下町時代の格子状に広がる町割りプランを踏襲していることが考えられる。

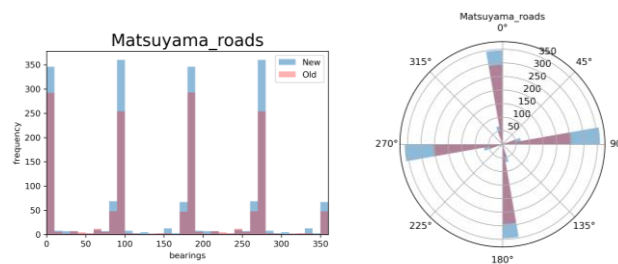


図11 松山街路網の広がりの変化

#### 4. まとめ

本研究では、城下町都市の街路網の広がりとその変遷を定量的に評価し、比較分析をおこなった。従来の街路長による城下町街路網の分析に、街路の方位角に着目した分析を加える事によって、街路網が発展の過程で当時の町割りプランを踏襲しているかどうかの考察を可能にした。今回は街路網の規模、広がり方がそれぞれ異なる3都市を対象に分析を進めたため、街路網の全体的な変遷傾向に関しては、対象範囲の大きさの影響のみしか、考察することができなかった。今後は、3都市のみならずサンプル数を増やし、定量的に街路網の広がり方を捉え、その広がりから城下町の類型化を行い、金沢のような放射状街路網の都市や松山のような格子状街路網の都市といった同類型の都市間で見られる残存度、占有度、格子度変化率といった指標の変遷傾向を明らかにできるように進めていく予定である。また、震災や自然災害といった都市に影響を及ぼす出来事の有無等についても考慮していく。

#### [参考文献]

- 1) 野中勝ら: 城下町都市の戦前の街路計画に関する研究 (1992年度〔日本都市計画学会〕学術研究論文集). 都市計画論文集. 日本都市計画学会. (1992) p.61-66.
- 2) 田中耕市: 城下町起源都市における道路網の変化と城下町街路の残存度—四国8都市を事例として—, 地理情報システム学会講演論文集
- 3) 国土交通省: 平成14年国土交通省告示第9号
- 4) 清水英範・布施孝志・森地茂(1999): 古地図の幾何補正に関する研究, 土木学会論文集, 625, 89-98.
- 5) Boeing, G.: Urban Spatial Order: Street Network Orientation, Configuration, and Entropy, Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3224723>, February 1, 2019