

# Googleストリートビュー画像を用いた 道路景観の地域内分布特性の分析

浅田 拓海<sup>1</sup>・亀山 修一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 室蘭工業大学助教 大学院工学研究科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail:asada@mmm.muroran-it.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 北海道科学大学教授 工学部都市環境学科 (〒006-8585 札幌市手稲区前田7条15丁目4-1)

E-mail:kameyama@hus.ac.jp

本研究では、Googleのストリートビュー画像を用いて、その画像特徴量から地域内の道路景観分布を広域かつ網羅的に可視化する手法を開発した。富良野・美瑛観光圏を対象に、4つの視線方向のストリートビュー画像から算出したフラクタル次元、空の占有率、緑の占有率を用いてクラスター分析を行い、道路景観を5つのクラスターに類型化した。その道路景観クラスターの地域内分布を可視化し、道路景観クラスターの構成比較、多様性（情報量・エントロピー）の分布特性、土地利用面積との関係などについて分析を行い、対象地域の景観特性を明らかにした。

**Key Words :** Google streetview, land scape distribution, multi angle, diversity, image features

## 1. はじめに

我が国では、観光立国の実現に向けた施策が積極的に推進されている。最近では、成長著しいアジア諸国をはじめとする観光需要の取り込みにより、訪日外国人観光客数が著しく増加している状況にある。観光業は 21 世紀のリーディング産業として位置づけられるようになり、地域活性化や雇用機会増加への期待などから、今後も引き続き、内外観光客の獲得に向けて、精力的に施策が展開されると予想される。

このような急激な観光需要の増加の一方、供給側である地域においては、受け皿となる施設や人材の確保に加え、観光資源の創出や情報発信など、様々な課題が残されている。特に、観光情報提供は、地域への関心を獲得するための重要な戦略であり、最近では、スマートフォンの急激な普及などから、WEB サービスやアプリケーションなどによる動的なデジタルマップの採用が活発化している。このようなメディアの様変わりはあるものの、観光情報提供を効果的に行うためには、その前提としてまず地域の魅力や特長を網羅的かつ広域的な観点から把握することが重要となる。

北海道では、近年、レンタカーによるドライブ観光や自転車によるサイクルツアーなどの観光需要が高まっている。このような背景の下、平成 19 年には「シーニッ

クバイウェイルート（日本風景街道）」の取り組みがスタートし、沿道地域では、道路景観を活かした地域づくり、観光振興が進められている<sup>1)</sup>。さらに、平成 25 年、国土交通省は、観光圏整備法に基づいて、富良野周辺地域（富良野市、美瑛町、中富良野町、上富良野町、南富良野町、占冠村）を「富良野・美瑛観光圏」として認定し、各地域では、ドライブやサイクリングなどの周遊観光の促進を目標に掲げ、様々な取り組みが始められている<sup>2)</sup>。現在のところ、WEB などを活用した観光情報提供が積極的に行われているが、メインとなる情報は代表的な観光スポットに関するものであり、それらを結ぶルートに関する情報は少ない。周遊客の目的地や移動経路の選択性を考える上では、移動中に眺める道路景観がどのようなものかといった情報も重要となろう。このように、地域が有する道路景観を的確に可視化、提供するためには、道路景観の定量的な評価を行い、広域かつ網羅的な観点からその分布や地域特性を把握する必要がある。

道路景観の定量評価に関する研究では、対象ルート上で撮影した画像から種々の特徴量を算出し、その分布や構成割合<sup>3)4)</sup>、変動特性<sup>5)</sup>などからルートやエリアの景観を評価するアプローチが一般的である。これらの研究の中で、長距離に渡るルートについて検討した事例としては、著者らの一連の研究がある。その中では、広域的

に展開されるシーニックバイウェイ北海道ルートや日本風景街道を対象に、走行車両内から道路内部景観を 20m 間隔で撮影し、その画像から得られる画像特徴量（フラクタル次元、空の占有率、緑の占有率）から、ルート、エリアの道路景観特性を明らかにした<sup>89)</sup>。これらの研究のように、道路景観の定量評価には、景観画像から得られる画像特徴量を用いることが有効であると言えよう。しかしながら、景観画像自体に関しては、その撮影に手間や時間がかかることから、一定の区間やルート、すなわち「線」としての景観評価に留まっているのが現状である。ルートを「面」として広げ、広域かつ網羅的な観点から、道路景観の全体像やその特性を明らかにした事例は極めて少ない。

最近では、IT技術の急速な進展の下、Web上の膨大な情報、いわゆるビッグデータを個人が容易に利用できる仕組みが普及しつつある。Googleでは、APIによるGoogleMapのデータ提供が始まっており、道路ネットワーク上を網羅する全方位の道路景観画像で知られる「ストリートビュー」の画像データ（以下、ストリートビュー画像）を利用することが可能となっている。このストリートビュー画像を道路空間の評価に用いた事例としては、ストリートビュー画像から画像解析により天空率を算出し、その空間的な分布を可視化した西尾らの研究がある<sup>10)11)</sup>。このように、ストリートビュー画像の利用により、広域かつ網羅的な観点から道路景観を捉えることができ、地域景観の分析に役立つものと思われる。

そこで、本研究では、道路ネットワークを網羅するストリートビュー画像を用いて、その画像特徴量から地域内の景観分布を可視化する手法を開発する。さらに、富良野・美瑛観光圏を対象として、本手法による道路景観分布の可視化を行うとともに、地域間比較などの分析を通して各地域の景観特性を明らかにする。

## 2. ストリートビュー画像による道路景観分布の可視化手法

本研究では、国土交通省が「富良野・美瑛観光圏」として認定している、富良野市、中富良野町、上富良野町、南富良野町、美瑛町、占冠村の6つの市町村を対象とし、各地域の道路ネットワークを網羅するストリートビュー画像を用いて、道路景観の分析を行う。

道路景観の可視化の流れを図-1に示す。まず、対象地域の道路リンクデータを取得して前処理を行う。次に、そのリンクの座標情報を基に、対象地域内のストリートビュー画像を網羅的にダウンロードする。最後に、画像毎に画像特徴量を算出して、道路景観の分析を行い、その結果をデジタルマッピングする。

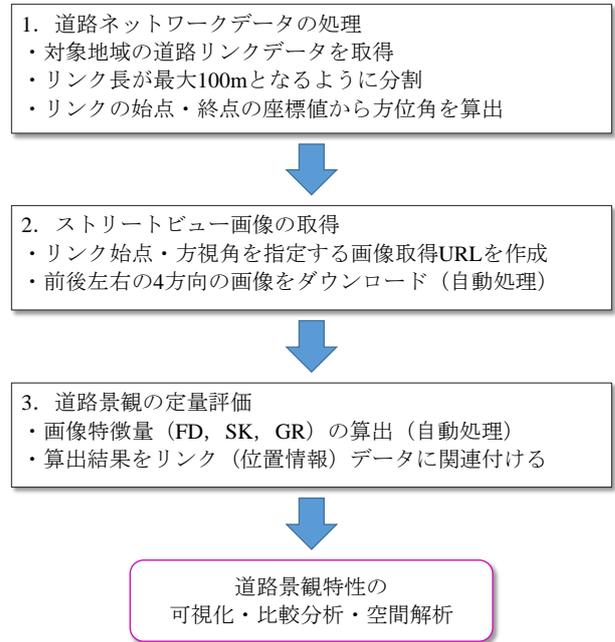


図-1 ストリートビュー画像を用いた道路景観の可視化手順

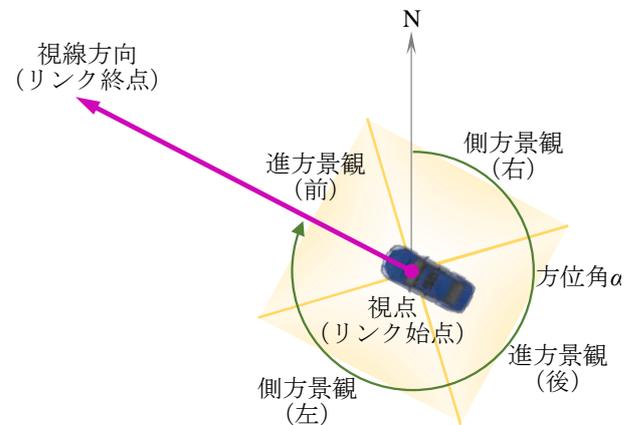


図-2 リンクと4方向の道路景観の関係

### (1) 道路リンクデータと景観の方向

ストリートビュー画像は、道路内部景観の画像であり、道路ネットワーク上の視点（座標）と視線の方向（方位）を設定することで、その景観画像を取得することができる。そこで、本研究では、まず、対象地域の道路ネットワークデータを100m間隔で分割し、図-2に示すように、それらの始点と終点の座標値からストリートビュー画像の視点座標と視線の方位角を求めることとした。さらに、ストリートビュー画像は、走行車両なら眺めることができる全方位の景観から得ることが可能であることから、本研究では、車両の走行軸方向の景観（以下、進方景観）と側方の景観（以下、側方景観）を分析の対象とし、「前」「後」「左」「右」の4つの方向のストリートビュー画像を用いることとした（図-2）。

(2) ストリートビュー画像の取得

近年、Google、AMAZON、Twitterなどが保有する各種ビッグデータの利活用を目的に、WEBサービスAPIによるデータの提供が活発化している。中でもGoogle Street View APIでは、道路ネットワーク上における任意の視点、視線方向の道路内部景観の画像（ストリートビュー画像）をダウンロードすることが可能となっている。本研究では、前節で得られたリンクデータを用いて、対象地域内を網羅するようにストリートビュー画像を取得する。

Google Street View API では、画像の画素サイズ、視点（リンクの始点）の緯度・経度、視線方向（リンクの方位角）、ピッチ（上下方向の視線角度）などを指定してURLにアクセスすることにより、対応するストリートビュー画像をダウンロードすることができる。本研究では、図-2に示したように、「前」「後」「左」「右」の4つの方向の景観画像を取得した。図-3に示すように、これらの画像は、水平画角が90°であるため、つなぎ合わせると連続的なパノラマ景観となる。また、「ピッチ」は、既往の研究で用いられている景観画像を参考して10とした。これらの情報を整理し、URLをリスト化することで、画像を一括ダウンロードできる。

なお、ストリートビューの撮影は、天候や日射を考慮して、可能な限り、晴れの日の影の影響が小さい時間帯に行われており、対象地域のストリートビューの撮影期間を確認したところ、平成23~26年の夏季であった。また、車両走行による撮影であるため、私有地や幅員の狭い道路などでは撮影が行われていない。したがって、そのような画像が得られないリンクは分析から除外した。画像が得られたリンクの概要を表-1に示す。

(3) 道路景観の定量評価

著者らは、道路内部景観の画像からフラクタル次元（以下、FD）、空の占有率（以下、SK）、緑の占有率（以下、GR）の3つの画像特徴量を算出し、これらを用いて、道内および道外（関東）との類型化・比較を行い、シーニックバイウェイ北海道ルートの道路景観の特長を明らかにした<sup>9)</sup>。そこで、本研究でも、これらの3つの画像特徴量をストリートビュー画像から算出し、対象地域の景観分析に用いることとした。これら以外にも色彩や心理的評価など様々な評価指標が考えられるが、それらについては、今後、必要に応じて追加していく予定である。

FDは、元画像にエッジ処理を適用して得られる輪郭線画像を用いて、ボックスカウント法<sup>12)</sup>により算出する。SKおよびGRは、元画像から空および緑（植生）の部分を2値化処理によって抽出し、その全画像に占める割合を算出する。なお、これらは、著者らが独自に開発した



図-3 4方向の景観画像（例）

表-1 各地域のリンクの概要

地域	画像が得られたリンク（最大延長100m）		
	リンク（視点）数	合計延長:km	平均延長:m
富良野市	5,183	432.4	83.4
美瑛町	6,341	555.9	87.7
上富良野町	2,524	221.4	87.7
中富良野町	2,492	213.5	85.7
南富良野町	2,119	186.6	88.1
占冠村	1,088	101.5	93.2
全エリア	19,747	1711.3	87.6

※交差点などではリンク長が不規則に分割されるため、全てが100mにはならない。

アプリケーションソフトにより、半自動的に算出可能である。最後に、これら画像特徴量を用いて景観分析を行い、その結果を当該リンクに関連付けることで、デジタルマッピングが可能となる。

3. 全方位を考慮した道路内部景観の類型化

道路内部景観の評価に関する既往の研究では、進行方向の景観のみを対象とするケースが多く<sup>13)14)15)</sup>、側方や後方を含めた全方位の景観を分析、評価し、その地域内分布について検討した事例は稀である。本章では、前章で構築したデータベースの4つの視線方向の景観特性値を用いて類型化を行い、対象地域においてどのようなタイプの道路景観があるのかを明らかにする。

(1) 視線方向と画像特徴量の関係

まず、前方と後方または左側と右側で景観が異なるのかを確認するため、それぞれの画像特徴量の関係を求めた。なお、リンク数（視点数が19,747と膨大なため、ここでは、各画像特徴量を5段階に分割したマトリックとして、各範囲に割り当てられるデータの割合を示した（図-4）。「前」と「後」では、FD、SK、GRともに、両値が異なるケースも見られるが、同等となる範囲（図中網掛け部）にデータが集中している。次に、「左」と

FD	進方景観 (前)					FD	側方景観 (右)					
	1.0-1.2	1.2-1.4	1.4-1.6	1.6-1.8	1.8-2.0		1.0-1.2	1.2-1.4	1.4-1.6	1.6-1.8	1.8-2.0	
進方景観(後)	1.0-1.2	2.8	5.7	1.1	0.2	0.0	1.0-1.2	0.6	1.6	1.6	1.0	0.2
	1.2-1.4	5.8	31.5	12.5	1.0	0.1	1.2-1.4	1.7	7.1	7.9	4.5	0.9
	1.4-1.6	1.3	11.8	18.3	2.7	0.2	1.4-1.6	1.7	8.3	16.1	9.6	2.2
	1.6-1.8	0.1	0.7	2.1	1.4	0.2	1.6-1.8	1.0	4.7	9.9	9.2	2.7
	1.8-2.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	1.8-2.0	0.3	0.9	1.9	2.8	1.6

SK:%	進方景観 (前)					SK:%	側方景観 (右)					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	
進方景観(後)	0-20	2.1	1.2	0.6	0.1	0.0	0-20	9.3	3.8	5.4	1.1	0.0
	20-40	1.4	7.4	5.7	0.4	0.0	20-40	3.3	3.0	6.5	1.4	0.0
	40-60	1.0	6.1	41.5	10.2	0.0	40-60	5.0	5.8	25.4	8.8	0.0
	60-80	0.2	0.6	9.9	11.3	0.0	60-80	1.2	1.4	9.0	9.2	0.1
	80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80-100	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0

GR:%	進方景観 (前)					GR:%	側方景観 (右)					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	
進方景観(後)	0-20	37.6	9.5	0.9	0.2	0.0	0-20	28.6	12.1	3.6	1.8	0.5
	20-40	9.9	25.7	4.5	0.6	0.1	20-40	11.9	10.8	4.0	2.0	0.6
	40-60	0.7	4.4	4.0	0.4	0.1	40-60	3.4	4.5	3.0	2.1	0.6
	60-80	0.2	0.4	0.5	0.2	0.0	60-80	1.6	2.1	2.3	1.9	0.4
	80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80-100	0.4	0.6	0.6	0.5	0.1

図-4 画像特徴量の視線方向比較

「右」においては、両値が同等となる範囲のデータの割合が5割を下回り、差が大きいケースが前と後の場合よりも多く生じていることが分かる。これらのことから、大半の視点では、前方と後方あるいは左側と右側で同じような景観が眺められるが、大きく異なる場合も少なくはない。これは、移動する際の進行方向や同乗者などが眺める視線の方向によって景観が大きく異なることを意味する。したがって、道路内部景観を分析するにはこのような視線方向を加味することが重要と言える。

## (2) 道路景観の類型化

以上のように、視線方向によって画像特徴量が異なるケースが見られたことから、本研究では、「前」「後」「左」「右」の4方向の画像特徴量のパターンにより道路景観の類型化を試みた。具体的には、4方向のFD, SK, GRの計12の変数を用いて、クラスター分析(Ward法)を行った。その結果、図-5に示すような6つのクラスターが得られた。各クラスターの典型的な景観画像を図-6に示す。

クラスターAは、特に進方景観のFDが大きく、GRが極めて小さい。画像を網羅的に確認したところ、図-6に示したように、建物などの人工物が多い市街地の景観であったことから当クラスターは「市街景観」とした。クラスターBは、左はSK, 右はGRが大きく、クラスターCは、その逆となっており、それ以外は同等である。両クラスターの画像を確認したところ、左右のいずれかは緑(植生)が豊富で、逆側には空が広がる景観であった。したがって、クラスターBとCを統合して「片側広大景観」とした。クラスターDは、他のクラスターより

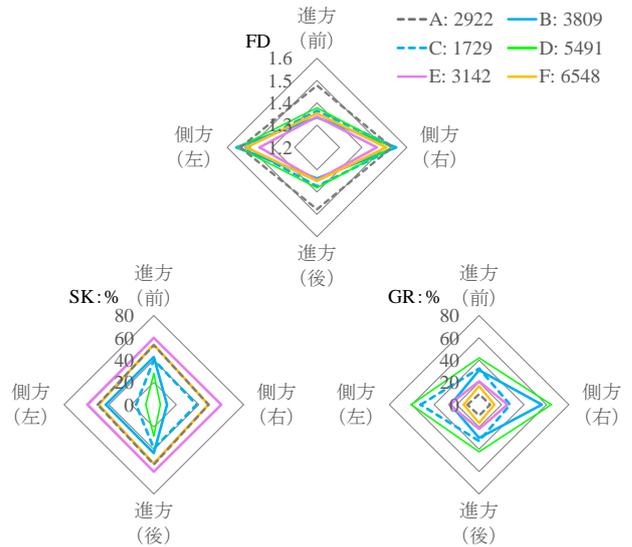


図-5 各景観クラスターの景観特性値 (平均値)



図-6 各景観クラスターの画像例

も全方向のSKが小さく、GRが大きい。画像によると、樹木で覆われるような景観であったことからクラスターCは「深緑景観」とした。クラスターEは、他のクラスターよりも全方向のSKが大きく、FDおよびGRは小さい。また、クラスターFは、クラスターEと比べると、FDとGRが若干大きく、SKが小さい。両クラスターの画像を比べたところ、クラスターEは全方向に渡って空

が開けているのに対し、クラスターF は空が建物や電線類などの人工物によって阻害されている郊外（平野部）の景観であった。これを踏まえて、クラスターE は「広大パノラマ景観」、クラスターF は「郊外景観」とした。

#### 4. 対象地域における道路景観分析

第 3 章では、4 つの視線方向の FD, SK, GR の類似度から、道路景観を 5 つのクラスターに類型化した。本章では、この道路景観クラスターの地域内分布を可視化するとともに、その地域間比較、多様性、土地利用との関係などの分析を通して各地域の景観特性を明らかにする。

##### (1) 道路景観クラスターの分布および構成比率

対象地域における 5 つの道路景観クラスターの分布を図-7 に示す。なお、同図には、国土地理院の「土地利用 3 次メッシュ」（1km メッシュ）を用いて、利用区分が「農地」と「森林」の面積が最大となるそれぞれのメッシュとして示してある。まず、全地域でみると、いずれの地域においても主要駅周辺の中心市街地では「市街景観」が密集していることが分かる。また、北部（美瑛町、上富良野町）や中部（中富良野町、富良野市）の区間は、ほとんどが農地メッシュであることが共通するが、北部は道路景観クラスターが混在し断続的に分布すること、中部は「広大パノラマ景観」が連続的に広がるのが分かる。南部（南富良野町、占冠村）になるとほとんどが森林メッシュとなり、「片側広大景観」や「深緑景観」が大部分を占めることが分かる。このように、本手法によって、地域内の道路景観の分布を可視化し、容易に対象地域の全体像を把握することが可能となる。

次に、地域毎に道路景観クラスターの構成割合を求めた。図-8 に示すように、富良野市と上富良野町は、「広大パノラマ景観」と「郊外景観」が全体の約 6 割を占めており、「市街景観」が約 2 割と他のエリアより大きい。美瑛町は「片側広大景観」と「郊外景観」が大半を占めている。中富良野町は、「広大パノラマ景観」の割合が約 6 割を占め、他のエリアよりも著しく大きい。南富良野町や占冠村では、「広大パノラマ景観」の割合が 1 割と他のエリアよりも小さいが、その分、「深緑景観」と「片側広大景観」の割合が大きくなり、全体の約 6 割を占める。

##### (2) 道路景観クラスターの多様性

道路景観は、移動しながら眺めるシークエンス景観であることから、その変動性や多様性、まとまりなどから評価されることが多い。そこで、本研究では、一定のエリア毎に道路景観の多様性を評価し、その地域内分布を

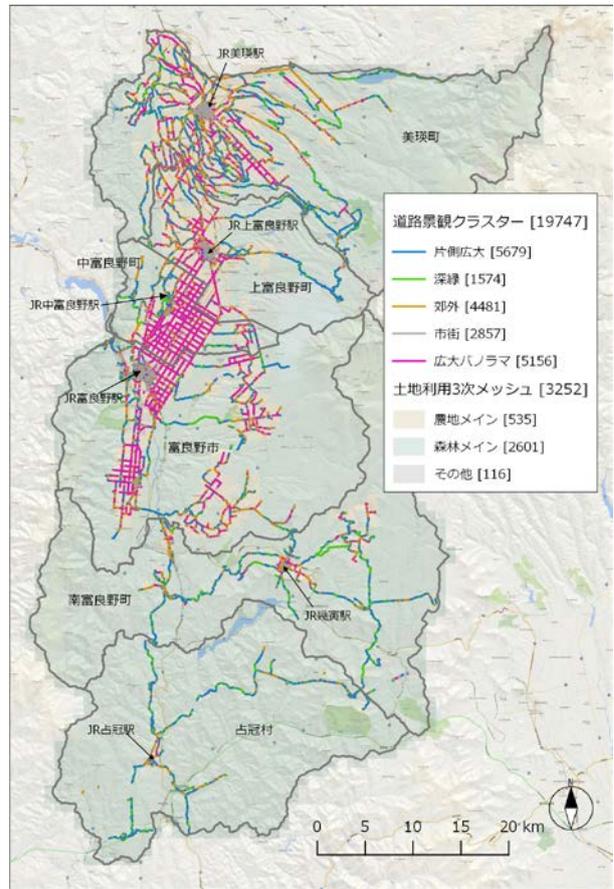


図-7 対象地域における道路景観クラスターの分布

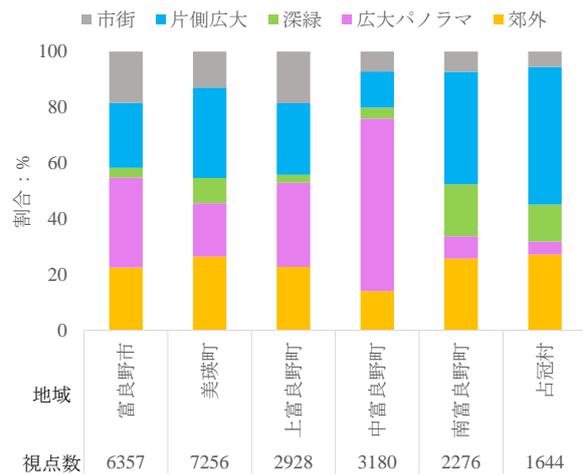


図-8 各地域の道路景観クラスターの構成割合

可視化することを試みた。多様性の指標としては、情報量・エントロピー<sup>10)</sup>を採用した。前節で用いた 1km メッシュからリンクを含むメッシュ（以下、評価メッシュ）を抽出し、そのメッシュ毎に道路景観クラスターの情報量・エントロピー $H^0$ を算出した。メッシュ内におけるクラスター*i*の確率を  $P_i$  とすれば、そのメッシュの  $H$  は式(1)により算出される。 $H$  は、値が大きいほど多種のクラスターが混在しているメッシュであり、小さいほど特定のクラスターに集中していることを示す。

$$H = - \sum_{i=1}^N P_i \log P_i \quad (1)$$

対象地域における情報量・エントロピー $H$ の分布を図-9に示す。各地域の中心市街地などでは、 $H$ が大きく、道路景観クラスターが多様であり、特に、美瑛町や富良野市の中心市街地では、その傾向が広範囲に渡っていることが分かる。一方、中富良野町の中部や美瑛町の東部にかけて、また南富良野-占冠駅-トマムなどでは、 $H$ が小さいメッシュが連続しており、道路景観クラスターが一様、すなわち変化の小さい箇所が広範囲あるいは長距離に渡って連続することが分かる。

次に、地域別の $H$ の相対度数分布を図-10に示す。富良野市や美瑛町は、同様な分布となっており、 $H$ が0.8以上の割合が大きいことから、景観の変化に富む地域と言える。占冠村と南富良野町では、 $H$ が0.4~0.8の間値付近に集中しているのに対し、上富良野町では扁平に分布している。上富良野町は、景観の変化が大きい箇所から小さい箇所が同程度に分布していると言える。中富良野町は、 $H$ が0.4以下と小さいメッシュの割合が他の地域よりも大きいことから、まとまりのある景観が特徴的と言える。

### (3) 道路景観クラスターと土地利用の関係

図-9で用いた評価メッシュに収録されている各土地利用区分の面積データを用いて、道路景観クラスターとの関係について検討した。本研究では、特徴的な景観である「広大パノラマ景観」および「深緑景観」に着目し、農地面積および森林面積との関係を求めた。

地域毎に算出した広大パノラマ景観の視点数と農地面積の関係を図-11に示す。農地面積の増加とともに広大パノラマ景観が増加する傾向が見られる。占冠村、南富良野町、上富良野町、美瑛町に関しては、同一直線上にあることから、これらの地域における農地面積当たりの広大パノラマ景観の視点数はほぼ同じである。これに対し、富良野市や中富良野町では、農地面積に対する広大パノラマ景観の視点数が著しく多い。したがって、この2つの地域の農地を通る区間では、四方が空で広がるパノラマ景観を眺める確率が極めて高い。

次に、深緑景観の視点数と森林面積の関係を図-12に示す。森林面積とともに深緑景観が増加し、直線的な関係性が見られる。その中で、上富良野町に関しては、森林面積は小さいものの、他の地域よりも森林面積当たりの深緑景観の視点数が多いことが分かる。上富良野町の森林部を通る区間では、緑の深い森林の景観を眺める確率が高いと言える。

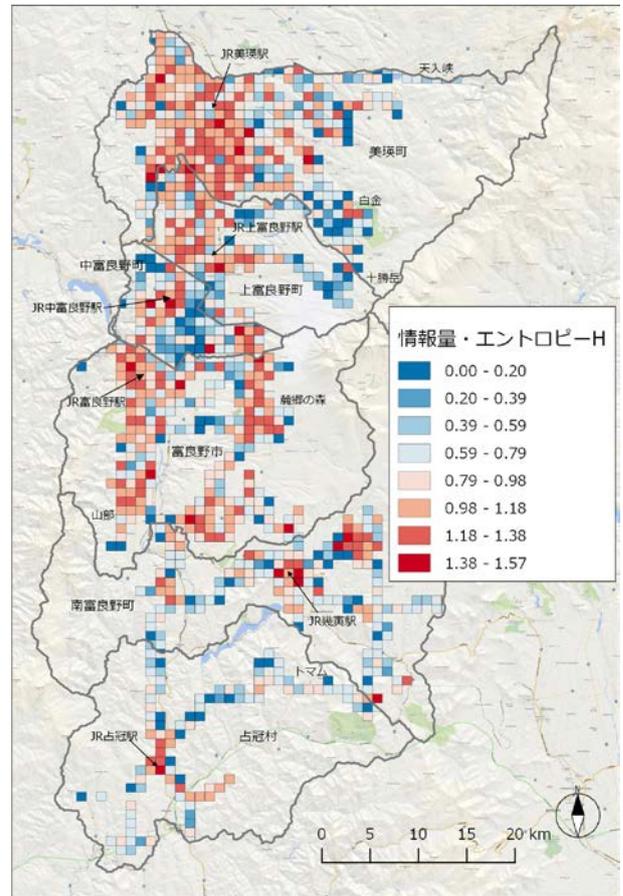


図-9 対象地域における情報量・エントロピー $H$ の分布

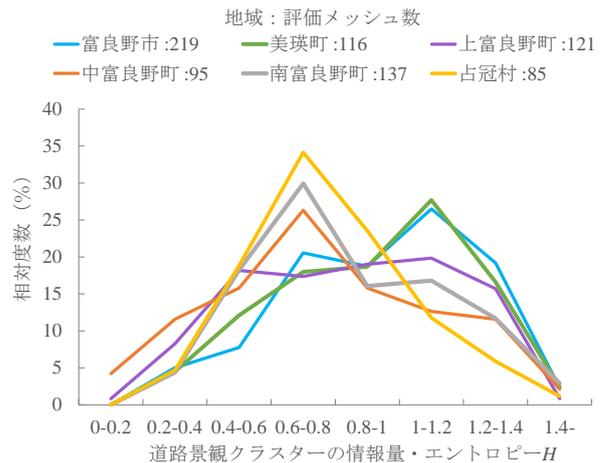


図-10 情報量・エントロピー $H$ の地域比較

## 5. 結論

本研究では、Googleのストリートビュー画像を用いて、その画像特徴量から地域内の道路景観分布を広域的かつ網羅的に可視化する手法を開発し、それを用いて、富良野・美瑛観光圏の地域景観特性について分析を行った。得られた結論を以下に示す。

- 対象地域のストリートビュー画像から4つの視線方向

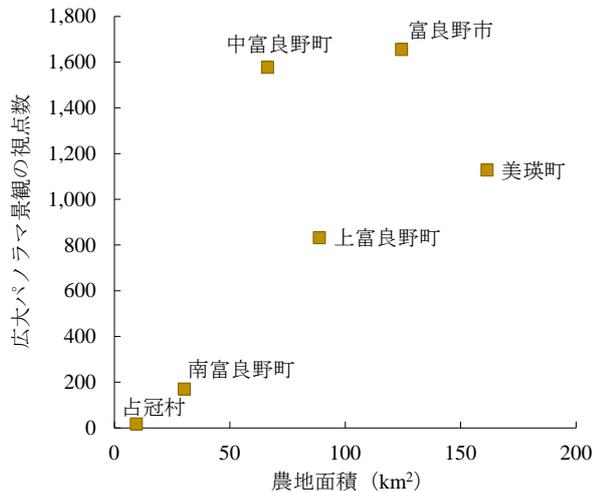


図-11 農地面積とパノラマ景観クラスター数の関係

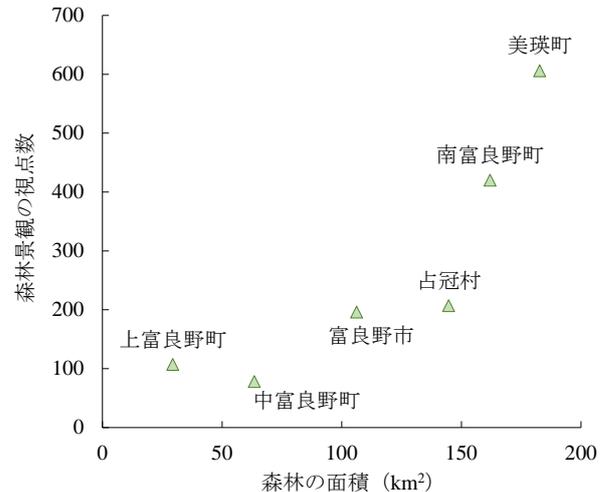


図-12 森林面積と深緑景観クラスター数の関係

の画像特徴量（フラクタル次元，空の占有率，緑の占有率）を算出し，視線方向との関係について分析した。その結果，前方と後方または左側と右側で，画像特徴量に差が生じるケースが3割程度見られた。したがって，道路景観を評価する際には，視線方向を加味することが重要である。

- 以上を踏まえて，4つの視線方向の画像特徴量を用いてクラスター分析を行い，対象地域の道路景観を「市街景観」「郊外景観」「深緑景観」「広大パノラマ景観」「片側広大景観」の5つのクラスターに類型化した。
- 道路景観クラスターをマッピングし，対象地域の景観分布を容易に把握できることを示した。また，その構成割合の地域比較から，各地域の景観構成を示した。
- 1kmメッシュ毎に道路景観クラスターの情報量・エントロピー $H$ を算出し，その地域内分布から景観が多様あるいは一様な箇所がどのように分布しているのかを明らかにした。
- 地域毎に求めた土地利用面積と道路景観クラスター視点数の関係について検討した。その結果，「広大パノラマ景観」と農地面積には比例関係が見られたが，その中で富良野市と中富良野町は，他の地域よりも農地面積当たりの「広大パノラマ景観」を眺める視点が多い著しく多いことが分かった。また，「深緑景観」と森林面積においても同様に比例関係が見られが，上富良野町においては，森林面積当たりの「深緑景観」の視点数が他より多いことが分かった。

本研究では，画像から算出される3つの特徴量から道路景観を評価したが，今後は，それ以外の特徴量を導入する予定である。例えば，人が感じる道路景観の「地域らしさ」など心理的評価を画像特徴量から推定することができれば，本手法をベースに「地域らしさ」の地域内

分布を可視化することが可能となる。これに関しては，現在，印象評価試験を行い道路景観の「北海道らしさ」の評価手法について分析を進めているところである。さらに，その「北海道らしさ」をリンク情報として与え，経路探索アルゴリズムによる「北海道らしい」ルートの探索システムを開発し，これらと合わせて総合的な周遊観光マップのWEBページを構築する予定である。

#### 参考文献

- 1) シーニックバイウェイ支援センター：シーニックバイウェイ北海道―「みち」から始まる地域自立―，ぎょうせい，2006。
- 2) 国土交通省観光庁：観光圏の整備による観光旅客の来訪及び滞在の促進に関する基本方針，2014。
- 3) 国土交通省観光庁：富良野・美瑛観光圏整備計画，2013。
- 4) 土佐道子，澤木昌典，柴田祐：神戸市市街地における山並み眺望景観とシークエンスからみた景観構造に関する研究，ランドスケープ研究，Vol.72，No.5，pp.855-858，2009。
- 5) 石田眞二，亀山修一：北海道における道路のシークエンス景観の定量的評価に関する研究，第41回日本市計画学会都市計画論文集，pp.463-468，2006。
- 6) 香川太郎，谷口綾子，藤井聡：街路景観についての簡易評価モデルを用いた景観改善施策の定量的評価，景観・デザイン研究論文集，No.6，pp.31-40，2009。
- 7) 速水研大，後藤春彦：街路シークエンス景観の定量記述方法に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第502号，pp.155-162，1992。
- 8) 浅田拓海，石田眞二，谷下雅義，原文宏，亀山修一：「シーニックバイウェイ北海道」指定ルートのシークエンス景観の評価に関する研究，土木学会論文集D，Vol.65，No.1，pp.77-87，2009。
- 9) 浅田拓海，石田眞二，松田泰明，亀山修一：北海道と関東

- における日本風景街道の道路シーケンス景観の地域特性に関する比較分析：ランドスケープ研究（オンライン論文集），Vol.5, pp.33-42, 2012.
- 10) 西尾尚子，伊藤史子：Google ストリートビューのパノラマ画像を利用した天空率算出システムの提案，地理情報システム学会講演論文集，Vol.122, C-64, 2013.
- 11) 西尾尚子，伊藤史子：Google ストリートビューのパノラマ画像を利用した天空率算出システムの提案その 2-システムの改善とその利用可能性，地理情報システム学会講演論文集，Vol.23, C-2-1, 2014.
- 12) 高安秀樹：フラクタル，朝倉書店，1986.
- 13) 内海志泉，浅川昭一郎，愛甲哲也：北海道美瑛町の農村地域におけるシーケンス景観の評価：ランドスケープ研究 Vol.63, No.5, pp.783-788, 2000.
- 14) 香川太郎，谷口綾子，藤井聡：街路景観についての簡易評価モデルを用いた景観改善施策の定量的評価，景観・デザイン研究論文集，No.6, pp.31-40, 2009.
- 15) 星子隆，齋藤潮，岡田一天：沖縄自動車道のシーケンス景観構造に関する研究，土木学会論文集，No.779, pp.83-94, 2005.
- 16) 高野裕作，佐々木葉：街路形態と土地利用の多様性に着目した地区景観の記述，景観・デザイン研究講演集，No.9, pp.215-223, 2013.