



Title	空間情報を用いた人の行動分析に関する研究
Author(s)	吉村, 暢彦
Citation	北海道大学. 博士(環境科学) 甲第13307号
Issue Date	2018-09-25
DOI	10.14943/doctoral.k13307
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/71942
Type	theses (doctoral)
File Information	Nobuhiko_YOSHIMURA.pdf



[Instructions for use](#)

博士論文

空間情報を用いた人の行動分析に関する研究

(A study of analysis of human behavior using geospatial information)

北海道大学 大学院環境科学学院

環境起学専攻 実践環境科学コース

博士後期課程

吉村 暢彦

要旨

社会の問題の多くは、その存在に気付かれているわけではない。問題の発見は、解決への起点であり、もっと注視されるべきであろう。私たちの社会は人の行動から成り立っている。そのため、人の行動は、私たちの社会の問題に密接に関係する。人の行動を理解することは、問題の発見と、その本質的な理解に貢献する。最近、Global Positioning System(GPS)機能搭載のスマートフォンの普及や、公共交通乗車券のICカード化によって、人の行動が記録されるようになってきた。そのデータを利用し、防災や交通管理、観光、ビジネス分野等において、行動が理解されるようになってきた。従来行われてきたアンケートやインタビューも、GPS等と全く異なる手法であるが、人の行動を理解するという、共通の目的を持っている。これらを組み合わせることで、行動のより深い理解を目指すことができる。

人の行動に関する空間情報(以後、行動情報)の研究は、2000年以降、増加した。行動情報の分析については、観光客等の訪問地の傾向や移動経路のパターン化といった対象者の行動を理解する研究や、移動導線の確認、景観の審美的価値といった対象地の理解に関する研究が行われてきた。さらに、これらを基にして、国立公園での不適切なレクリエーション利用の発見、防犯対策の妥当性の確認等の問題の発見を試行する研究もあった。問題の発見に関する研究は、解決への起点となるものであり、様々なテーマで試行していく必要がある。

本研究では、問題の発見についての研究の充実を目指し、管理者と受益者間のミスマッチによる問題の発見の試行を目的とした。ミスマッチとは、組み合わせがうまくいっていないこと。適合していないことであり、管理者と受益者間でしばしば問題となる。気づかれていない場合も多い。

本研究で扱った行動は、景観写真の撮影およびスキー場におけるスキー滑走である。それぞれについて、これらの行動を理解する技術的な手法も開発した。景観写真の撮影については、写真共有サービスFlickrに投稿された位置情報付き写真を用いて、どこが被写地として好まれたのか(需要地)、さらに、需要地と同様の環境条件を持つ場所はどこか(供給ポテンシャル地)を推定する手法を開発した。需要地の推定には、撮影地点からの可視領域に基づくスコアを用いた。供給ポテンシャル地には、生物の分布推定に用いられるMaxentモデルを用いた。開発した手法は、アンケートやインタビューよりもコスト効率がよく、被写地を直接的に推定しており、ロバストな結果を得られるものであった。これを、北海道を対象地として適用した結果、土地利用区分に基づくと、森林、河川・湖沼、湿地・荒地と、農地や都市が好まれていた。特に、河川・湖沼が被写地として好まれていた。森林、河川・湖沼、湿地・荒地については、アンケートやインタビューによる既存の研究と整合性があった。農地については、日本人の好みを反映していたと考えられる。景観の需要地や供給ポテンシャル地の分布は、自然公園、特に国立公園に集中していたことがわかった。ただし、国立公園毎に、需要地や供給ポテンシャル地の面積や割合は異なっていた。自然公園法では、「すぐれた自然の風景地を保護するとともに、その利用の増進を図ることにより、国民の保健、休養及び教化に資するとともに、生物の多様性の確保に寄与することを目的」としている。「すぐれた自然の風景地」は、景観価値の高い場所であり、日本において、景観価値は自然公園域の設定に密接に関係するものである。これに対して、設定された自然公園と、景観価値がマッチしているか、そうでないかを確認した。需要地の自然公園への集中から、自然公園が、「すぐれた自然の風景地の利用の増進を図る」という目的に調和的であることが分かった。また、供給ポテンシ

ル地の自然公園への集中は、需要地と同様の環境が、自然公園区域として保護されていることを示すものであり、自然公園が、すぐれた自然の風景地を保護するという目的にも調和的であることがわかった。今回は、自然公園法の目的と、設定された自然公園の間に、ミスマッチがあるとは言えなかった。

スキー場におけるスキー滑走（ゲレンデ行動）を理解するために、コース間の選択行動（コース間行動）と、コース内の滑走の様子（コース内行動）の2つの視点から理解するフレームワークを提案した。ゲレンデ行動はGPS ロガーを用いて記録した。対象地は、星野リゾート・トマムスキー場であった。コース間行動として、スキーヤーの、スキーコース、リフト・ゴンドラ、休息に関する選択行動や、コース内行動として、スキーコース内における滑走の様子を明らかにすることができた。さらに、スキーヤーの技術レベルやコースレベルの情報を加えることで、技術レベルによるスキーヤーの行動の違いや、コースレベルに基づく利用状況を確認することができた。星野リゾート・トマムスキー場では、初、中、上級といった技術レベル以上に、多様な行動を行うスキーヤーが存在することがわかった。また、同じ設定レベルでも、異なる特徴を持つコースがあることがわかった。一般的に、スキーヤーの技術レベルに合わせた、初級・中級・上級というコース区分をしており、初級(中級・上級)者は初級(中級・上級)コースを滑走しているはずという暗黙の了解がある。スキーヤーの行動に、技術レベル以上の多様さが存在したことから、好みに基づくスキーヤーの行動は、技術レベルによるコース管理とミスマッチを起こしていることがわかった。これは、結果として、スキー場は、スキーヤーそのものを技術レベルのみで把握し、スキーヤーの好みを把握していなかったことを示すものである。

今回は、2つの事例(景観写真とスキーヤーの行動)をつくることができた。景観写真の撮影とゲレンデ行動の理解を進めることで、自然公園が景観の価値の高い場所を多く有していることや多様な行動をするスキーヤーが存在することが明らかになり、ミスマッチの有無を確認することができた。特に、ゲレンデ行動からは、問題となるミスマッチを発見し、問題解決につながる糸口を示すことができた。今回、問題の発見を始めから、意図していたわけではなく、2つの行動を、より理解しようとしたときに問題が見えてきた。ミスマッチは、今回の問題発見のヒントとなった。

目次

1章 はじめに	1
1.1. 研究背景	1
1.2. 行動情報の特徴.....	1
1.2.1. 調査行動情報	1
1.2.2. ユーザー行動情報.....	2
1.3. 行動情報の分析	2
1.3.1. 行動の基礎情報の推定.....	3
1.3.2. 対象者の理解	4
1.3.3. 対象地の理解	4
1.3.4. 問題の発見.....	5
1.4. 本研究の目的.....	6
1.5. 参考文献	7
第2章 ジオタグ付き写真を用いた北海道の景観価値の地図化 文化的サービスの需要と供給	12
2.1. はじめに	12
2.2. 材料と方法	13
2.2.1. 対象地の概要.....	13
2.2.2. 地図化方法.....	14
2.2.3. 写真データセットの作成.....	15
2.2.4. 景観需要地の地図化手法.....	16
2.2.5. 供給ポテンシャル地の地図化手法	17
2.3. 結果	19
2.3.1. 需要マップ.....	19
2.3.2. 供給ポテンシャル地マップ	23
2.4. 考察	27
2.5. 結論	29
2.6. 参考論文	30
第3章 スキーヤーの行動把握のための GPS データの分析フレームワーク	38
3.1. はじめに.....	38
3.2. 方法	39
3.2.1. 対象地の概要.....	39
3.2.2. GPS データの取得と処理.....	40
3.2.3. アンケート調査	42
3.2.4. 分析方法	42
3.3. 結果	43
3.3.1. サンプルの代表性および、スキーヤーとスノーボーダーの違いの確認.....	43

3.3.2. GPSデータによるスキーヤーの行動把握	43
3.3.3. スキーヤーの行動の詳細分析.....	47
3.3.4. スキー場の利用状況の詳細分析.....	49
3.3.5. コース内行動と事故発生場所.....	50
3.4. 考察	51
3.5. 結論	52
3.6. 参考文献.....	54
第4章 総括.....	55
4.1. まとめ.....	55
4.2. 参考文献.....	58
謝辞	59

1 章 はじめに

1.1. 研究背景

社会の問題の多くは、その存在に気付かれているわけではない。問題の発見は、解決への起点であり、もっと注視されるべきであろう。私たちの社会は人の行動から成り立っている。そのため、人の行動は、私たちの社会の問題に密接に関係する。人の行動を理解することは、問題の発見と、その本質的な理解に貢献する。人の行動を理解するために、アンケートやインタビューといった手法が多く用いられている。最近、Global Positioning System(GPS)機能搭載のスマートフォンの普及や、公共交通乗車券のICカード化によって、人の行動が記録されるようになってきた。防災や交通管理、観光、ビジネス分野等(例えば、田島ほか., 2018; 矢部と倉田, 2013; Li et al., 2018)において、そのデータを利用し、行動が理解されるようになってきた。

人の行動に関する空間情報(以後、行動情報)の研究は、2000年に、米国防総省によるGPSの精度劣化措置が解除され、民生利用における位置精度が向上して以降、増加した(矢部ほか, 2010; Shen and Stopher, 2014)。現在では、GPSを含め、様々なセンサーデバイスで得られる行動情報の分析の研究が進んでいる(Hashem et al., 2015; Li et al., 2018)。従来行われてきたアンケートやインタビューも、GPS等と全く異なる手法であるが、人の行動を理解するという、共通の目的を持っている。これらを組み合わせることで、行動のより深い理解を目指すことができる。

1.2. 行動情報の特徴

研究者や事業管理者が、対象者の行動把握に関して収集した行動情報を、ここでは調査行動情報とする。逆に、ソーシャルネットワークサービス(SNS)等を用いて、ユーザーが自発的に共有した行動情報を、ここではユーザー行動情報とする

1.2.1. 調査行動情報

2000年以降、小型、軽量かつ安価なハンディGPS端末が開発されると、それらを観光客等に配布して行動情報を取得する手法が用いられるようになった(有馬, 2010; 奥野ほか, 2012; 長尾ほか, 2005; Gong et al., 2012; Shoval and Isaacson, 2007;)。その後、位置確認や操作のためのスクリーンがなく、位置情報の記録機能に特化したGPSロガーが登場した。これは、長時間の動作が可能であり、調査対象者の行動に影響を与えないといった利点から、行動情報の取得に用いられるようになった(矢部ほか, 2010; Shoval et al., 2011)。この手法では、位置情報の取得間隔等の設定を調査者が目的に応じて決定できる。GPS端末は、位置情報の取得間隔を1秒程度から設定できるため、等時間間隔の詳細な行動軌跡を得ることができる。また、GPS端末配布時に、アンケートやヒアリング調査を併用することによって、調査対象者の属性を把握することもできる。ただし、調査対象者の数に応じて、GPS端末の購入や配布・回収のための人的・金銭的コストがかかる。近年は、GPS端末を配布する代わりに、カーナビゲーションシステムやスマートフォンの専用アプリケーションを用いて大量の行動情報を収集する手法も用いられている(須藤ほか, 2012; 松原, 2017)。さらに、この行動情

報の提供も始まっている(一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会, 2016; ESRIジャパン株式会社, 2018; パイオニア株式会社, 2016)。ただし、個人情報保護の観点から、対象者の特定ができないように、位置情報を要約する等の処理がなされている。上記を、以降、GPS調査行動情報とする。

公共交通機関のICカードや高速道路のETCカードといった交通系ICカードを利用した行動情報の取得も行われている(矢部と倉田, 2013; 山崎ほか., 2010; Li et al., 2018)。駅やインターチェンジのゲート通過時に記録された施設名(位置)と時間を利用するものである。例えば、JR東日本が運用しているSuicaの発行枚数は、2017年3月31日現在で6398万枚(東日本旅客鉄道株式会社, 2018)であり、対象者数は非常に多い。ただし、2018年7月1日現在、この行動情報の有償提供等の一般への提供は確認されていない。

1.2.2. ユーザー行動情報

スマートフォンとSNSが普及して以降、ユーザーが自発的にSNSで共有する情報が増加してきた。その中には、位置情報をもったテキスト(Twitter)や写真(InstagramやFlickr等)等のユーザー行動情報が存在する。SNSのプラットフォームが、Application Programming Interface(API)を公開している場合、これを用いて、共有されたユーザー行動情報を取得することができる(ユーザーによって許可されたものに限る)。ただし、Facebookのように、直接、ユーザー行動情報を取得することが難しいプラットフォームもある(Facebook, 2018)。近年、このような仕組みを利用したユーザー行動情報の取得が行われている(相, 2014; Levin et al., 2017; Li et al., 2018; Nguyen et al., 2016; Walden-Schreiner et al., 2018)。APIの利用は無料であり、人的・金銭的成本をあまりかけずに、大量、広域の行動情報が得られることが利点である。ただし、SNSのプラットフォームによってユーザー層が異なること、高齢者や子どものようにインターネット利用が少なく、SNSの利用が少ない世代が存在すること(相, 2014; Ruths and Pfeffer, 2014; Tenerelli et al., 2016; van Zanten et al., 2016a)、個人情報の保護の観点から、対象者の属性情報を得ることが難しいこと(Wang et al., 2016)等、サンプルとしての代表性についての課題が報告されている。これに対して、Wood et al.(2013)が、Flickrのジオタグ付き写真のサンプル代表性について、観光客数と投稿したユーザー数に正の相関があることを報告する等、ユーザーの属性に関する研究が行われている(Tenkanen et al., 2017)。ユーザー行動情報には、自動プログラムによってコピーされたテキストメッセージや、投稿内容と投稿場所のズレといったノイズの存在も報告されている(Bojic et al., 2016; Crampton et al., 2013; Levin et al., 2017)。

1.3. 行動情報の分析

行動情報の分析に関する研究をここでは、行動の基礎情報の推定、対象者の理解、対象地の理解、問題の発見の4点から整理する。

1.3.1. 行動の基礎情報の推定

行動の基礎情報として、個人や集団の訪問地（滞在時間）や移動経路、移動手段の推定が行われている。訪問地の推定は、GPS調査行動情報については、停止または低速状態が一定時間以上連続するといった条件を用いて行うのが一般的である。例えば、Wolf (2000)の条件は、広く利用されている(Shen and Stopher, 2014)。速度3mph以下（DGPSモードでは1mph以下）の状態が、60秒以上継続した場合に61秒目から記録を停止し、速度が上記を超えた場合に記録を再開することとしたうえで、記録停止から再開までに120秒以上の間隔が存在した場合を滞在したと判定するものである。ただし、条件を用いた推定では、同乗者の送り迎え等による短い停止を、正確に判定することは難しい。そのため、訪問地の推定には、道路図等の他の空間情報を利用することが有用であるとも言われている(Jankowska et al., 2015)。一方で、交通系ICカードの記録は、地点に基づいた記録であり、同一の駅での降車から乗車までの時間間隔といった条件を設定して推定する(矢部と倉田, 2013)。

集団の訪問地の推定には、密度が頻繁に用いられる(矢部ほか, 2010)。GPSによる調査行動情報は、計測点が集中する場所は、滞在傾向があると考えられる。カーネル密度は、計算の中心点からの距離を重みとすることで高密度地点を強調する手法であり、訪問地の推定に頻繁に用いられる(奥野ほか, 2012; 杉本ほか, 2013; East et al., 2017; Stamberger et al., 2018)。ただし、密度を用いた手法は、1人が長時間滞在した場合と、多数の人が短時間滞在した場合の区別が難しいため、標準偏差を用いて人数を考慮することも提案されている(矢部ほか, 2010)。ユーザー行動情報は、ユーザーが任意の場所と時間に投稿するため、訪問地や関心地の推定に用いられている。その際にもカーネル密度等の密度が頻繁に用いられる(Richards and Friess, 2015; van Zanten et al., 2016a)。交通系ICカードの記録は、地点が明確であり、訪問地と判定された回数や時間を集計することで推定される(矢部と倉田, 2013)。

個人の移動経路の推定は、上記の訪問地の推定を前提として、それらを時系列に接続することで行われる。その可視化には、X、Y座標空間に、時間をZ軸として加えた時空間パスや、対象地をゾーンに区切り、ゾーンに割り振られた文字を用いて文字列化する手法等が提案されている(矢部ほか, 2010; Shoval and Isaacson, 2007)。前者は、集団の移動経路の目視推定にも用いられる(杉本ほか, 2013)。後者は、ネットワーク分析やデータマイニングの手法のデータソースとして、集団の移動経路の抽象化(笠原ほか, 2013)や頻出パターンの把握に用いられている(Orellana et al., 2012; Vu et al., 2015)。

移動手段は、交通系ICカードの記録については既知である。GPS調査行動情報については推定が必要であるが、行動情報だけでは推定が難しい(Bohte and Maat, 2009)。そのため、加速度センサー等の他のセンサーデータや、公共交通の路線図といった他の空間情報と組み合わせて判定することが多い。小林ほか(2008)は、携帯電話に搭載されているGPS、加速度センサー、マイクを用いて、電車、自動車、バス、自転車といった移動手段を判定した。Gong et al. (2012)、Tsui and Shalaby (2006)は、他の空間情報を組み合わせることで、移動手段の判定精度が向上することを示した。

1.3.2. 対象者の理解

行動の基礎情報に基づいて、対象者の理解を深める研究が行われている。時空間データである行動情報の可視化手法の検討として、矢部ほか(2010)は、動物園の来園者のGPS調査行動情報から、カーネル密度、時空間パス、文字列化等の手法を用いて来園者の行動を可視化し、それぞれの手法の特徴を整理した。訪問地の分析には、カーネル密度が頻繁に用いられる。しかし、この計算は、時系列を考慮しないため、訪問地の時間変化は示されない。そこで、奥野ほか(2012)は、時間帯を定め、観光客のGPS調査行動情報を分割し、時間帯別のカーネル密度を計算することで、観光地内の観光客の滞在地の時間変化を把握した。Newton et al.(2017)は、訪問地の時間変化についてより詳細に分析するために、3次元キューブ(ESRI Inc., 2016)を用いて、国立公園内の自動車の利用のGPS調査行動情報から、空間と時間を考慮したホットスポットとコールドスポットの分析を行った。ユーザー行動情報も、訪問地の分析に用いられている。Lee et al.(2014)は、位置情報付き写真(ジオタグ付き写真)を用いて、クラスター分析による観光客の訪問地の抽出を行い、相関ルール分析によって、関連の深い訪問地の組み合わせを示した。ICカードの情報も用いられており、矢部と倉田(2013)は、東日本旅客鉄道株式会社が発行するSuicaの記録データを用いて、東京都市圏の訪日外国人の訪問地の選択について分析した。

訪問地だけでなく、移動経路を加えた対象者の理解も行われている。杉本ほか(2013)は、サイクリストのGPS調査行動情報を用いて、移動速度を考慮したカーネル密度を提案し、訪問地における徒歩移動と訪問地間の自転車移動を可視化した。また、時空間パスを用いて、サイクリストの行動を目視で類型化した。このような対象者の類型化も行われている。笠原ほか(2013)は、観光客を、GPS調査行動情報を用いて客観的に類型化することを目的とし、訪問地と移動経路を遷移ネットワークとして抽象化し、分析した。De Cantis et al.(2016)は、クルーズ船の乗船客を、寄港地における訪問地や移動距離やスピードを用いて類型化し、年齢や収入等を加えて、特徴を把握した。

行動に影響を与える要因についても分析が行われている。Shoval et al.(2011)は、ホテルの宿泊客の訪問地を、対象地を分割したグリッド内における滞在時間(ポイント数に比例)で推定し、ホテルの位置が、主要な観光名所以外の訪問に影響を与えていることを示した。Walden-Schreiner et al.(2018)は、ジオタグ付き写真を用いて、国立公園内の施設や環境が利用者の行動の時空間パターンに与える影響を、季節別に分析した。Theall et al.(2018)は、HIV患者の外出時の行動を、GPS調査行動情報と患者の日誌から調べ、外出ルートが、治療場所やアルコール店に強く影響されていることを示した。Yang et al.(2018)は、タクシーの乗降地点を分析し、他の公共交通への接続性や土地利用の混在具合がタクシー利用に影響していることを示した。

1.3.3. 対象地の理解

対象者の行動の理解から、対象地の状況を理解することも行われている。Orellana et al.(2012)は、国立公園における来訪者のGPS調査行動情報を用いて、公園内の移動経路の始点と終点の組み合わせを分析し、頻出の組み合わせを抽出することで、施設

の導線の確認を行った。有馬(2010)は、動物園の来園者を、アンケートから得られた属性を用いて類型化し、それぞれの訪問地（動物や休憩施設等）を、GPS調査行動情報からカーネル密度を用いて可視化した。訪問地における滞在時間の把握も行った。これらから、来場者の行動からみた動物園の役割を考察し、2ヶ所の動物園でを比較した結果、ひとつは動物の観覧重視、もうひとつはレクレーション重視であることが分かり、同じ動物園であっても、来場者の求める役割が異なることを示した。Garcia-Palomares et al.(2015)は、ユーザー行動情報のジオタグ付き写真に記録された撮影地点の密度を用いて、ヨーロッパの主要8都市における観光資源の分布の特徴を示した。また、住民と観光客それぞれに関する観光資源の分布を示した。生態系サービス（文化的サービス）の価値の可視化も行われている。Casalegno et al.(2013)は、ユーザー行動情報のジオタグ付き写真が多く撮影された場所は、審美的価値が高いという前提を置き、審美的価値の可視化を行った。さらに、炭素蓄積や農業生産といった他の生態系サービスとの比較を行った。

1.3.4. 問題の発見

行動情報の基礎情報の推定や対象者・対象地の理解に基づいて、問題の発見も行われている。Stamberger et al.(2018)は、デナリ国立公園において、行動情報からカーネル密度を計算し、利用場所のホットスポットを求めた。これを、公園内の道路図や土地被覆図と重ね合わせることで、バックカントリーエリアへの非公式なアクセス道路が存在していることや、生態学的に脆弱な場所に多くのキャンプサイトが設置されていることを示した。これは、空間利用の問題を示したものである。潜在的な空間利用の問題を示した研究もある。Olson et al.(2017)は、冬のバックカントリーエリアにおいて、スキーヤー、スノーモービル、スノーモービルでスキーを楽しむスキーヤーの行動情報を用いて、それぞれが利用する可能性が高い場所を推定した。さらに、それらを重ね合わせることで、利用が混在しやすい、つまり、トラブルの発生しやすい場所を推定した。

機能の問題を示した研究もある。奥野と橋本(2015)は、北海道釧路市において、災害時の避難経路における移動のスムーズさを、カーネル密度を用いて表現した。これを積雪期および非積雪期で比較することで、積雪期には、雪だまりといった避難の障害があることを明らかにした。

対策の問題を示した研究もある。島田ほか(2010)は、小学生の行動情報から、下校時よりも帰宅後の外出の方が、移動距離が長いことを示した。また、ヒアリング調査から、帰宅後の外出の多くは、大人が同伴していないことも示した。現行の防犯対策は、下校時に主眼をおいており、帰宅後の外出への対策が少ないことから、防犯対策の力点が実状と合致していない可能性を示した。Haworth et al.(2013)は、GPSで記録された市街地の落書きの場所（落書き者の関心地点）の集中地点を空間的かつ時系列に可視化し、その位置が変化しないことを示した。行政は、「落書きを即時消す」という方針を持っており、いわゆる「イタチごっこ」が発生していることを明らかにした。これは、行政施策が、効果的でないことを示したものである。

1.4. 本研究の目的

前節では、行動の基礎情報の推定、対象者の理解、対象地の理解、問題の発見という4つの面から既存の研究を整理した。行動の基礎情報の推定、対象者の理解、対象地の理解に関する研究は、行動情報から、どのような情報が得られるかという探索的なものであった。一方で、問題の発見に関する研究については、対象者や対象地の理解から、どのような問題を発見ができるかという応用的なものであった。行動情報の分析は、探索的なものが多く、応用的なものは充実していなかった。しかし、後者の研究は、社会を変える起点をつくるために重要であり、様々なテーマで試行していく必要がある。

ここで、ミスマッチに注目する。ミスマッチとは、組み合わせがうまくいっていないこと。適合していないことであり、管理者と受益者の間でしばしば問題となる。前述の研究例でも、Stamberger et al. (2018) が示した空間利用の問題には、管理者が提供したアクセス道路と利用者の行動のミスマッチが、島田ほか (2010) が示した対策の問題では、管理者による防犯対策と小学生の行動のミスマッチが、みられた。他にも、観光客のニーズに合致していない商品やツアーの提供、ニーズに合致する観光資源が存在するにも関わらず提供されない、使用された税金が用途に合致していない等、多くのミスマッチがある。また、それらは、しばしば、気づかれていない。本研究では、問題の発見についての研究の充実を目指し、管理者と受益者の間のミスマッチの問題を発見する試行を目的とした。

2章では、まず、ユーザー行動情報のジオタグ付き写真を用いた景観価値の地図化手法の提案を行った(Yoshimura and Hiura, 2017)。これは、対象地の理解に関する新たな手法の提案である。北海道全域の景観価値は地図化されていなかった。景観価値の地図化には、①アンケートやインタビューから対象者の好みを理解する、②好みと近い環境を他の空間情報を用いて外挿し、対象地の景観価値を推定するといった手法が用いられてきた(Casado-Arzuaga et al., 2013; Peña et al., 2015; van Zanten et al., 2016b)。ただし、①には、金銭的、時間的コストがかかることから、①と②を、ジオタグ付き写真の撮影地点の密度等で代用し、対象地の景観価値を直接、推定する手法が用いられるようになってきた(Richards and Friess, 2015; van Zanten et al., 2016a)。しかし、この手法は、写真に撮影された場所(被写地)を反映していないことが欠点であり、提案した新たな手法で、これを克服した。4章では、提案した手法を用いて、北海道の景観価値を地図化し、設定された自然公園と、景観価値がマッチしているかどうかを確認した。なお、自然公園法では、「すぐれた自然の風景地を保護するとともに、その利用の増進を図ることにより、国民の保健、休養及び教化に資するとともに、生物の多様性の確保に寄与することを目的」としているように、「すぐれた自然の風景地」は、景観価値の高い場所であり、日本において、景観価値は自然公園域の設定に密接に関係するものである。

3章では、スキー場におけるスキーヤーの行動把握のフレームワークの提案を行った(吉村ほか, 2017)。スキーヤーの行動を詳細に分析するために、時間・空間的に詳細なGPS調査行動情報を用いた。これは、対象者の理解に関する手法の提案である。スキーヤーの行動情報のスキー場管理への応用は殆どなく、今回は、行動の基礎情報の推定

手法から始めた。提案したスキーヤーの行動把握のフレームワークは、スキーヤー個人もしくは集団の行動を、コース間の移動とコース内の滑走の様子から理解するものであり、これを用いて、スキーヤーの行動の理解を行った。また、技術レベルやコースレベルといった情報を加えて、行動の詳細とコースの特徴の理解も行った。また、スキー場が、スキーヤーやコースの理解に、上、中、初級といった技術レベルを慣例的に用いていることに対して、スキーヤーの行動やコースに、それ以上の多様性があるかを確認した。4章で述べるように、スキーヤーの行動やコースの特徴には、技術レベル以上の多様性が存在し、一般的に用いられている技術レベルでは、多様なスキーヤーの行動やコースの特徴を、把握できていないという問題があることがわかった。

1.5. 参考文献

- 相尚寿, 2014. 観光研究への位置情報ビッグデータ展開の可能性. 観光科学研究 11-19.
- 有馬貴之, 2010. 動物園来園者の空間利用とその特性. 地理学評論 83, 353-374.
<https://doi.org/10.4157/grj.83.353>
- 一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会, 2016. G空間情報センター [WWW Document]. URL https://www.geospatial.jp/gp_front/ (accessed 7.1.18).
- 奥野祐介, 橋本雄一, 2015. 積雪寒冷地における疑似的津波避難に関する移動軌跡データ分析. GIS-理論と応用 23, 11-20.
- 奥野祐介, 深田秀実, 大津晶, 2012. GISを用いたカーネル密度推定による観光歩行行動分析手法の提案と実践からの知見. デジタルプラクティス 3, 297-304.
- 笠原秀一, 森幹彦, 椋木雅之, 美濃導彦, 2013. 遷移ネットワークを用いた大規模観光地の旅行者行動分析. 人工知能学会「社会におけるAI」研究会 第17回研究会.
- 小林亜令, 岩本健嗣, 西山智, 2008. 釈迦: 携帯電話を用いたユーザ移動状態推定・共有方式. 情報処理学会研究報告 44, 115-120.
- 島田貴仁, 齋藤知範, 雨宮護, 菊池城治, 畑倫子, 原田豊, 2010. GPSによる小学生児童の日常行動の測定-兵庫県神戸市の公立小学校を例にして-. GIS-理論と応用 18, 85-91.
- 杉本興運, 岡野祐弥, 菊地俊夫, 2013. レンタサイクル利用による観光回遊行動の実態: 長野県安曇野市におけるGPS・GIS支援による調査とデータ解析. 観光研究 24, 15-27. https://doi.org/10.18979/jitr.24.2_15
- 須藤三十三, 浦川豪, 福重新一郎, 濱本両太, 林春男, 2012. 広域的な災害発生後のプローブ情報の活用-東日本大震災での事例を通して-. 情報システム学会誌 8, 30.
https://doi.org/10.19014/jissj.8.1_30
- 田島祥, 村上祐治, 内田理, 梶田佳孝, 2018. スマートフォンを活用した防災マップ作成支援システムの開発と授業実践の評価. 日本教育工学会論文誌 41, 085-088.
<https://doi.org/10.15077/jjet.s41048>
- 長尾光悦, 川村秀憲, 山本雅人, 大内東, 2005. GPSログからの周遊型観光行動情報の抽出. 情報処理学会研究報告知能と複雑系 (ICS) 78, 23-28.
- パイオニア株式会社, 2016. 急減速多発地点データ [WWW Document]. URL <https://jpn.pioneer/ja/biz/probedata/kyugensoku/> (accessed 7.1.18).

- 東日本旅客鉄道株式会社, 2018. JR東日本会社要覧 2017-2018 [WWW Document].
URL <https://www.jreast.co.jp/youran/> (accessed 7.1.18).
- 松原徳和, 2017. モバイル空間統計による動態人口把握：観光防災，帰宅困難者対策の観点から. *情報管理* 60, 493–501. <https://doi.org/10.1241/johokanri.60.493>
- 矢部直人, 有馬貴之, 岡村祐, 角野貴信, 2010. GPSを用いた観光行動調査の課題と分析手法の検討. *観光科学研究* 17–30.
- 矢部直人, 倉田陽平, 2013. 東京大都市圏における IC 乗車券を用いた訪日外国人の観光行動分析. *GIS—理論と応用* 21, 35–46.
- 山崎浩気, 宇野伸宏, 塩見康博, 倉内文孝, 2010. ETCデータに基づく利用者行動変化に着目した高速道路供用効果把握に関する研究. *土木計画学・論文集* 27, 961–972. <https://doi.org/10.2208/journalip.27.961>
- 吉村暢彦, 山中康裕, 田中大介, 上林宣夫, 2017. スキーヤーの行動把握のための GPS データの分析フレームワーク. *GIS Theory Appl.* GIS 25, 45–55.
- Bohte, W., Maat, K., 2009. Deriving and validating trip purposes and travel modes for multi-day GPS-based travel surveys: A large-scale application in the Netherlands. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 17, 285–297. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2008.11.004>
- Bojic, I., Belyi, A., Ratti, C., Sobolevsky, S., 2016. Scaling of foreign attractiveness for countries and states. *Appl. Geogr.* 73, 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.06.006>
- Casado-Arzuaga, I., Onaindia, M., Madariaga, I., Verburg, P.H., 2013. Mapping recreation and aesthetic value of ecosystems in the Bilbao Metropolitan Greenbelt (northern Spain) to support landscape planning. *Landsc. Ecol.* 29, 1393–1405. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9945-2>
- Casalegno, S., Inger, R., DeSilvey, C., Gaston, K.J., 2013. Spatial Covariance between Aesthetic Value & Other Ecosystem Services. *PLoS One* 8, 6–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068437>
- Crampton, J.W., Graham, M., Poorthuis, A., Shelton, T., Stephens, M., Wilson, M.W., Zook, M., 2013. Beyond the geotag: situating ‘big data’ and leveraging the potential of the geoweb. *Cartogr. Geogr. Inf. Sci.* 40, 130–139. <https://doi.org/10.1080/15230406.2013.777137>
- De Cantis, S., Ferrante, M., Kahani, A., Shoval, N., 2016. Cruise passengers’ behavior at the destination: Investigation using GPS technology. *Tour. Manag.* 52, 133–150. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.06.018>
- East, D., Osborne, P., Kemp, S., Woodfine, T., 2017. Combining GPS & survey data improves understanding of visitor behaviour. *Tour. Manag.* 61, 307–320. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.02.021>
- ESRI Inc., 2016. How Emerging Hot Spot Analysis works—Help | ArcGIS for Desktop [WWW Document]. URL <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/space-time-pattern-mining-toolbox/learnmoreemerging.htm> (accessed 7.1.18).

- ESRIジャパン株式会社, 2018. esriジャパン GISデータストア [WWW Document]. URL <http://www.gisdata-store.biz/genre/statistics/> (accessed 7.1.18).
- Facebook, 2018. グラフAPI facebook for developer [WWW Document]. URL https://developers.facebook.com/docs/graph-api?locale=ja_JP (accessed 7.1.18).
- Garcia-Palomares, J.C., Gutierrez, J., Minnguez, C., 2015. Identification of tourist hot spots based on social networks: A comparative analysis of European metropolises using photo-sharing services and GIS. *Appl. Geogr.* 63, 408–417.
- Gong, H., Chen, C., Bialostozky, E., Lawson, C.T., 2012. A GPS/GIS method for travel mode detection in New York City. *Comput. Environ. Urban Syst.* 36, 131–139. <https://doi.org/10.1016/J.COMPENVURBSYS.2011.05.003>
- Hashem, I.A.T., Yaqoob, I., Anuar, N.B., Mokhtar, S., Gani, A., Ullah Khan, S., 2015. The rise of “big data” on cloud computing: Review and open research issues. *Inf. Syst.* <https://doi.org/10.1016/j.is.2014.07.006>
- Haworth, B., Bruce, E., Iveson, K., 2013. Spatio-temporal analysis of graffiti occurrence in an inner-city urban environment. *Appl. Geogr.* 38, 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.10.002>
- Jankowska, M.M., Schipperijn, J., Kerr, J., 2015. A framework for using GPS data in physical activity and sedentary behavior studies. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 43, 48–56. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000035>
- Lee, I., Cai, G., Lee, K., 2014. Exploration of geo-tagged photos through data mining approaches. *Expert Syst. Appl.* 41, 397–405. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.065>
- Levin, N., Lechner, A.M., Brown, G., 2017. An evaluation of crowdsourced information for assessing the visitation and perceived importance of protected areas. *Appl. Geogr.* 79, 115–126. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.12.009>
- Li, J., Xu, L., Tang, L., Wang, S., Li, L., 2018. Big data in tourism research: A literature review. *Tour. Manag.* 68, 301–323. <https://doi.org/10.1016/J.TOURMAN.2018.03.009>
- Newton, J.N., Newman, P., Taff, B.D., D’Antonio, A., Monz, C., 2017. Spatial temporal dynamics of vehicle stopping behavior along a rustic park road. *Appl. Geogr.* <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.08.007>
- Nguyen, Q.C., Kath, S., Meng, H.W., Li, D., Smith, K.R., VanDerslice, J.A., Wen, M., Li, F., 2016. Leveraging geotagged Twitter data to examine neighborhood happiness, diet, and physical activity. *Appl. Geogr.* 73, 77–88. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.06.003>
- Olson, L.E., Squires, J.R., Roberts, E.K., Miller, A.D., Ivan, J.S., Hebblewhite, M., 2017. Modeling large-scale winter recreation terrain selection with implications for recreation management and wildlife. *Appl. Geogr.* <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.023>
- Orellana, D., Bregt, A.K., Ligtenberg, A., Wachowicz, M., 2012. Exploring visitor movement patterns in natural recreational areas. *Tour. Manag.* 33, 672–682. <https://doi.org/10.1016/J.TOURMAN.2011.07.010>

- Peña, L., Casado-Arzuaga, I., Onaindia, M., 2015. Mapping recreation supply and demand using an ecological and a social evaluation approach. *Ecosyst. Serv.* 13, 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.008>
- Richards, D.R., Friess, D.A., 2015. A rapid indicator of cultural ecosystem service usage at a fine spatial scale: Content analysis of social media photographs. *Ecol. Indic.* 53, 187–195. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.034>
- Ruths, D., Pfeffer, J., 2014. Social sciences. Social media for large studies of behavior. *Science* 346, 1063–4. <https://doi.org/10.1126/science.346.6213.1063>
- Shen, L., Stopher, P.R., 2014. Review of GPS Travel Survey and GPS Data-Processing Methods. *Transp. Rev.* 34, 316–334. <https://doi.org/10.1080/01441647.2014.903530>
- Shoval, N., Isaacson, M., 2007. Sequence Alignment as a Method for Human Activity Analysis in Space and Time. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 97, 282–297. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2007.00536.x>
- Shoval, N., McKercher, B., Ng, E., Birenboim, A., 2011. Hotel location and tourist activity in cities. *Ann. Tour. Res.* 38, 1594–1612. <https://doi.org/10.1016/J.ANNALS.2011.02.007>
- Stamberger, L., Van Riper, C.J., Keller, R., Brownlee, M., Rose, J., 2018. A GPS tracking study of recreationists in an Alaskan protected area. *Appl. Geogr.* 93, 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.02.011>
- Tenerelli, P., Demšar, U., Luque, S., 2016. Crowdsourcing indicators for cultural ecosystem services: A geographically weighted approach for mountain landscapes. *Ecol. Indic.* 64, 237–248. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.042>
- Tenkanen, H., Di Minin, E., Heikinheimo, V., Hausmann, A., Herbst, M., Kajala, L., Toivonen, T., 2017. Instagram, Flickr, or Twitter: Assessing the usability of social media data for visitor monitoring in protected areas. *Sci. Rep.* 7, 17615. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18007-4>
- Theall, K.P., Felker-Kantor, E., Wallace, M., Zhang, X., Morrison, C.N., Wiebe, D.J., 2018. Considering high alcohol and violence neighborhood context using daily diaries and GPS: A pilot study among people living with HIV. *Drug Alcohol Depend.* 187, 236–241. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2018.03.005>
- Tsui, S., Shalaby, A., 2006. Enhanced System for Link and Mode Identification for Personal Travel Surveys Based on Global Positioning Systems. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 1972, 38–45. <https://doi.org/10.3141/1972-07>
- van Zanten, B.T., van Berkel, D.B., Meetemeyer, R.K., Smith, J.W., Tieskens, K.F., Vergurg, P.H., 2016a. Continental scale quantification of landscape values using social media data. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113, 1–7. <https://doi.org/10.1073/pnas.1614158113>
- van Zanten, B.T., Vergurg, P.H., Scholte, S.S.K., Tieskens, K.F., 2016b. Using choice modeling to map aesthetic values at a landscape scale: Lessons from a

- Dutch case study. *Ecol. Econ.* 130, 221–231.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.07.008>
- Vu, H.Q., Li, G., Law, R., Ye, B.H., 2015. Exploring the travel behaviors of inbound tourists to Hong Kong using geotagged photos. *Tour. Manag.*
<https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.07.003>
- Walden-Schreiner, C., Leung, Y.F., Tateosian, L., 2018. Digital footprints: Incorporating crowdsourced geographic information for protected area management. *Appl. Geogr.* 90, 44–54.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.11.004>
- Wang, Z., He, S.Y., Leung, Y., 2016. Applying mobile phone data to travel behaviour research: A literature review. *Travel Behav. Soc.* 11, 141–155.
<https://doi.org/10.1016/j.tbs.2017.02.005>
- Wolf, J., 2000. Using GPS data loggers to replace travel diaries in the collection of travel data (Ph.D. thesis).
- Wood, S. a, Guerry, A.D., Silver, J.M., Lacayo, M., 2013. Using social media to quantify nature-based tourism and recreation. *Sci. Rep.* 3, 2976.
<https://doi.org/10.1038/srep02976>
- Yang, Z., Franz, M.L., Zhu, S., Mahmoudi, J., Nasri, A., Zhang, L., 2018. Analysis of Washington, DC taxi demand using GPS and land-use data. *J. Transp. Geogr.* 66, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.021>
- Yoshimura, N., Hiura, T., 2017. Demand and supply of cultural ecosystem services: Use of geotagged photos to map the aesthetic value of landscapes in Hokkaido. *Ecosyst. Serv.* 24, 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.02.009>

第2章 ジオタグ付き写真を用いた北海道の景観価値の地図化 文化的サービスの需要と供給

2.1. はじめに

様々なスケールでの意思決定において、市場で評価されていない生態系サービスの価値評価と可視化が求められている(MEA, 2005; TEEB, 2010; WBCSD, 2010)。特に、文化的サービス (CES) は、実体がなく、主観的であり、物理的評価や金銭的評価が難しいとされている(MEA, 2005)。しかし、少なくともいくつかの CES は、人間の幸福 (Human well-being) に貢献するものであることが、実務者、研究者の間で知られている(Milcu et al., 2013)。CES は、他の生態系サービスに比べて、環境行動を動機づけるものでもある(Hirons et al., 2016)。CES の研究は、ヨーロッパや北中米で多く行われてきており、アジアでは、中国で多く、日本では少ない(Hernández-Morcillo et al., 2013; Wolff et al., 2015a)。経済との関連が強く、評価しやすいことから、レクリエーションやエコツーリズム、景観の審美的価値 (以降、景観価値とする) に関する研究が多い (Hernández-Morcillo et al., 2013; Milcu et al., 2013)。

2015年の世界の GDP における観光産業の占める割合は 9.8% (72 億ドル) であったものが、2026年には 10.8% (110 億ドル) になると試算された (WTTC, 2016)。その成長に大きく貢献するのは、自然を基盤とした観光であるといわれており (Balmford et al., 2009)、その潜在的な価値は高い。景観価値は、自然の美しさから人々が受ける快楽である (TEEB, 2010)。景観価値は、レクリエーションに特に重要な要素であり (Daniel et al., 2012)、また、市場経済にも強く関係する。例えば、海や湖の見える度合いは、住宅価格に影響を与える (Benson et al., 1998; Crossman et al., 2013a)。CES を地図化することは、保全計画の策定や土地利用管理に対して、重要な視点を与える。TEEB の中間報告では (TEEB, 2008)、生態系サービスの定量化と地図化が求められた。しかし、生態系サービスの地図化の研究のうち CES に関するものは 18% となっており、調整サービス (46%)、供給サービス (30%) に比べて少ない (Crossman et al., 2013b)。愛知ターゲットの中では、生態系サービスの地図化手法の重要性が言及された (CBD Secretariat, 2011)。CES の地図化の多くは、人々の選好性を反映したものであり、経験的手法、参加型アプローチ、金銭評価を含む手法が用いられてきた (Wolff et al., 2015)。経験的手法では、CES を人々の選好性や場所の価値を評価するためのアンケートやインタビューに基づいて評価する (Casado-Arzuaga et al., 2013; de Vries et al., 2007; Sherrouse et al., 2011; van Zanten et al., 2016b)。参加型手法では、専門家の知識や特定の利用者の選好性に基づいて評価するため (Kenter, 2016; Palomo et al., 2013; Scolozzi et al., 2014)、特定の場所について、空間明示性が高く、評価精度も高い (Wolff et al., 2015)。広域の CES 評価については、参加型アプローチよりも、経験的手法が適切である (Wolff et al., 2015)。金銭的評価手法は、CES の金銭評価に対して、支払い意思額といった考え方をを用いる (Häyhä et al., 2015; Kenter, 2016; Nahuelhual et al., 2014)。多くの研究において、経験的手法、参加型手法、金銭的評価手法は、組み合わせて用いられている (Kenter, 2016)。

景観価値の地図化は、他の CES と同様に、人々の選好性に関する情報に基づくもの

である。これは主に、自然性(Crossman et al., 2013a; Vries et al., 2007)等の環境要因と関連付けて、経験的手法や参加型手法におけるアンケート(Casado-Arzuaga et al., 2013; Peña et al., 2015)やインタビュー(van Zanten et al., 2016b)によって取得される。ただし、このような調査には、時間と労力がかかる。インターネットを用いてアンケート調査の効率をあげた研究もあるが(Peña et al., 2015)、アンケート作成の労力は省けていない。

一方で、近年、モバイル端末が普及し、SNSが発達するにしたがって、景観、食事、人物等様々な写真がインターネット上に投稿され共有されるようになった。その中には、ジオタグ付き写真も存在し、広域かつ多数のデータを入手することができるようになってきた。SNSデータは、ユーザー自身が好みや経験を共有したものであることから、経験的手法の改善に役立つ。景観価値の研究として、Casalegno et al. (2013)は、地域スケールの景観価値の推定にジオタグ付き写真が有効性であることを示し、van Zanten et al. (2016a)は、それを大陸スケールで試行した。Richards and Friess (2015)は、ジオタグ付き写真を使用することによる迅速さとコスト効率を示した。Martínez Pastur et al. (2016)は、ジオタグ付き写真の分類タグと位置情報が、景観価値やレクリエーション等の文化的サービスの価値の地図化に利用できることを示した。ただし、多くの研究が、SNSデータの欠点について指摘している。ユーザーの偏りは、大きな懸念事項である(Guerrero et al., 2016; Tenerelli et al., 2016)。そのため、SNSの対象者がどのような人々なのかについても、研究が行われてきた(Garcia-Palomares et al., 2015; Wood et al., 2013)。

生態系サービスの地図化を、政策や実務に応用した研究は、ほとんど報告されておらず、ロバストで信頼性の高い指標と、それを用いた生態系サービスの価値の共有が求められている(Wolff et al., 2015b)。ジオタグ付き写真を用いた景観価値の地図化手法の多くは、写真の撮影地点の密度や、撮影地点を用いた一般化線形モデル等のモデルが、地図化に用いてきた。しかし、写真に撮影された場所(被写地)を用いる方が、手法としてより直接的であり、ロバストな結果を得ることができる。

本研究では、政策や実務における利用に向けて、ジオタグ付き写真を用いた景観価値の推定手法(経験的手法)を改良した。生態系サービスに対する需要と供給ポテンシャルの両面を地図化することは、現況把握を助けるものである。本研究では、ロバスト性の向上を目指して、まず、可視領域を用いた景観需要地の推定手法と、MaxEntモデルを用いた供給ポテンシャル地の推定手法を開発した。次に、アジアにおける研究事例として、開発した手法を、北海道の景観価値の現況把握に適用した。

2.2. 材料と方法

2.2.1. 対象地の概要

北方領土を除く北海道全域を対象地とした。中心の位置は43°31'N、142°40'Eであり、日本の北端に位置する。対象地の面積は約7,800,000 ha、人口は550万人

(Statistics Bureau Ministry of Internal Affairs and Communications, 2016)である。平均気温は、およそ9.8度(Statistics Bureau Ministry of Internal Affairs and

Communications, 2016) で、23 の自然公園が存在し、湿原、湖等の豊かな自然環境と冬季の雪によるリゾート等に、毎年多数の観光客が訪れる観光産業が盛んな地域である(図 1)。さらに、北海道は農業も盛んであり、コメ、トウモロコシ、小麦、畜産が行われている。2014 年の観光入込数は 720 万人であり、その内訳は、海外 21.3%、国内 78.7%である(Hokkaido Bureau of Tourism, 2015, Depart of Economic Affairs, 2015)。

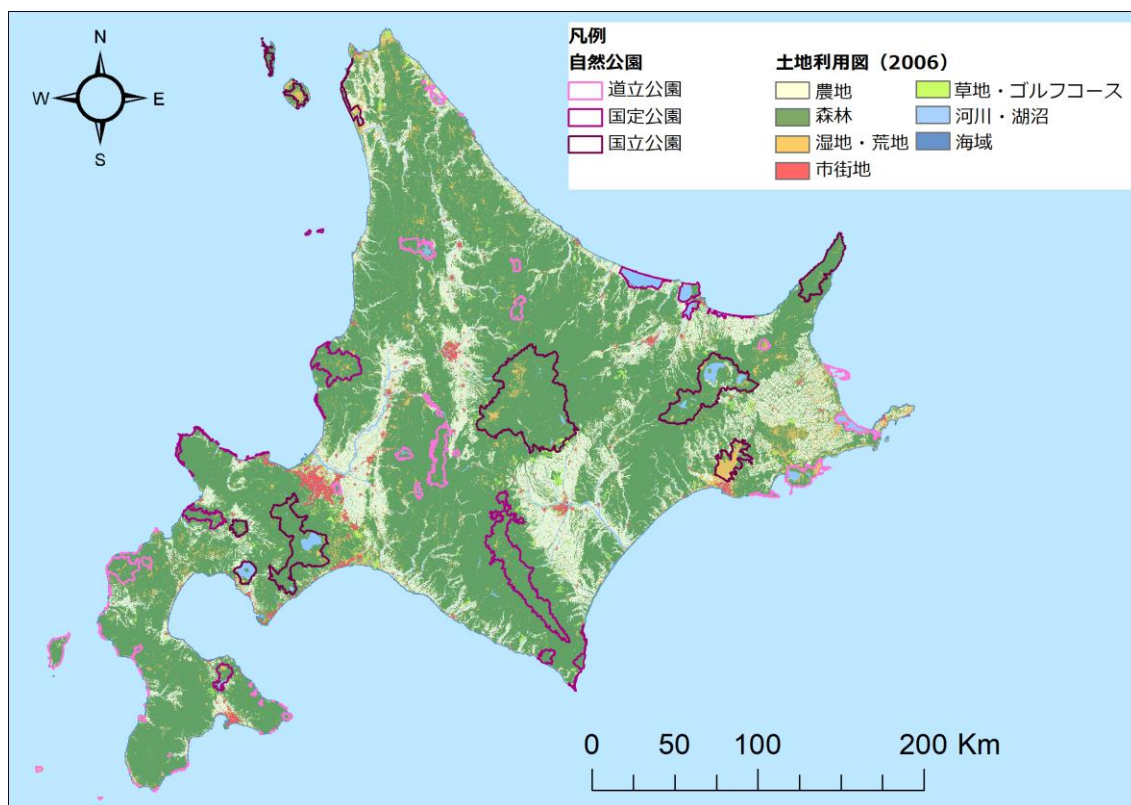


図 1 対象地の土地利用

2.2.2. 地図化方法

景観価値の需要と供給ポテンシャルを地図化する手法を開発した。人々の景観に対する選好性の情報として、写真共有サービス Flickr にアップロードされたジオタグ付き写真を用いた。Flickr は、2004 年にサービスを開始し、2005 年以降は、yahoo 社により運用されている。2011 年 8 月の写真登録枚数は約 60 億枚であった(Flickr, 2011)。Flickr に写真をアップロードしたユーザー数と年間の来訪者数には正の相関があり、観光地における来訪者数の指標として利用できることが報告されている(Wood et al., 2013)。本研究でも、対象地における Flickr データの特徴を確認するため、2010～2014 年の 5 年間の市町村別の観光入込数(Hokkaido Bureau of Tourism, Depart of Economic Affairs, 2015)と、同期間の市町村別の Flickr ユーザー数を比較した。その結果、両対数の観光入込数と Flickr ユーザー数に正の相関がみられた ($R^2=0.61, p < 0.001$)。

2.2.3. 写真データセットの作成

Flickr (<https://www.flickr.com/>) は、API を公開しており (Flickr, 2016)、メタデータ (写真 ID、ユーザー ID、位置を特定するための Where On Earth Identifier (WOEID)、座標、タイトル、タグ、撮影日時、閲覧数、位置精度等) から、写真を検索し、取得することができる。

この機能を利用し、3つのデータセットを作成した(表 1)。近年、Flickr には、スマートフォンで撮影された写真が多くアップロードされている (Flickr, 2015)。スマートフォンの GPS の位置精度は、おおよそ 10m 以内であり (Zandbergen and Barbeau, 2011)、位置精度を考慮し、スマートフォンが普及し始めた 2010 年から、観光入込数との関係が確認できる 2014 年までを写真の収集期間とした。まず、この期間にアップロードされたジオタグ付き写真から、Flickr によって付与された位置精度が、12 以上 (Street level) であり、北海道の陸域(WOEID=7153351)および、その沿岸から 500m 以内で撮影された写真を抽出した (フィルタ 1 データセット)。ここで、抽出された写真の枚数は、136,023 枚であった。フィルタ 1 データセットには、景観写真以外の写真 (食べ物や記念碑を含んだ人物写真等) も含まれるため、Flickr の検索機能を用いて、“landscape”をキーワードとして持つ写真を、景観写真として抽出した (図 2)。この処理によって、景観写真であるが人物を含んでいる写真を除いた。

表 1 Flickr データベースから作成した写真のデータセット

フィルタ 2 データセットは、フィルタ 1 データセットから、フィルタ 3 データセットは、フィルタ 2 データセットから、フィルタリングを行った。 WOEID 7153351 は、北海道を表す。

フィルタ	条件	写真数	ユーザー数
1	北海道で撮影された写真 (WOEID = 7153351) 位置精度 ≥ 12 北海道の海岸線から、500 m 以内	136,023	2620
2	Filter 1+ “landscape” をキーワードとして持つ写真	13,202	1156
3	Filter 2 + 市町村に 1 ユーザー 1 枚	2982	1156

フィルタ 2 データセットの枚数は、13,202 枚であった。フィルタ 2 データセットには、同じ場所を連続して撮影した写真や、1人で特定の地域内で数十枚登録しているヘビーユーザーの写真が含まれていた。このような偏りを取り除くため、1市町村に、1ユーザーあたりの写真が、1枚になるように写真をランダムに抽出した。枚数

は、2,982 枚であった。今回これを景観需要の評価用のデータとして使用した(フィルタ 3 データセット)。



図 2 Flickr のデータベースから、抽出したジオタグ付き写真のサンプル

左写真の撮影者：Kzarat. “Kushiro Marsh, Kushiro”, 2014, URL:

<https://www.flickr.com/photos/32811347@N08/14963096953>, License: CC by 2.0., detail: <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>.

右写真の撮影者：Ryuichi Ikeda. “Biei no oka”, 2010, URL:

<https://www.flickr.com/photos/8205548@N08/5007769687>, License: CC by 2.0., detail: <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>.

2.2.4. 景観需要地の地図化手法

Flickr ユーザーによって、景観写真の被写地となった可能性が高い場所を景観需要地とした。Flickr にアップロードされた写真には、撮影地点の経緯度が記録されているが、被写地がどこであったかは記録されていない。また、撮影方向もほとんど記録されていないため (Shirai et al., 2013)、どこが実際に撮影されたかを特定することは困難である。本研究では、写真の撮影地点から可視領域を計算し、被写地である可能性を指標化した。可視領域は、ある撮影地点から見えるすべての領域であり被写地を含んでいる。複数の撮影地点の可視領域が重なる場所は、被写地である可能性も高いと考えた。ただし、訪問者数が多い場所は、撮影される景観写真の枚数も多くなる可能性が高く、アクセス性が良い場所の景観価値が、高く見積もられることが想定された。そこで、これを補正するために、撮影地点周辺で撮影されたすべての写真の枚数に対する景観写真の枚数の割合を、それぞれの可視領域のスコアとし、可視領域が重なる地点のスコアを合計して景観需要を地図化した(図 3)。景観写真が撮影される割合の計算は、同じような景観を撮影できる範囲と撮影地点の分布および密度を考慮し、それぞれの撮影地点から半径 3km 以内とした。

可視領域は、50m メッシュ標高データを用いて、170cm の高さから最大半径 10km 以内で視認できる範囲とした。Flickr の写真の撮影地点から、被写地までの距離についての参考文献がなかったので、視認の最大半径については、風車の視認距離に関する研究を参考にした (Bishop and Miller, 2007; Sullivan et al., 2013, 2012)。景観需要地の評価は、50m×50m の空間解像度で行い、スコアを最終的に 0~1 の値に正規化して、5 段階で地図化した。正規化の手法は、平均値と標準偏差に基づく Fuzzy MS function (ESRI Inc. 2014) を用いた。

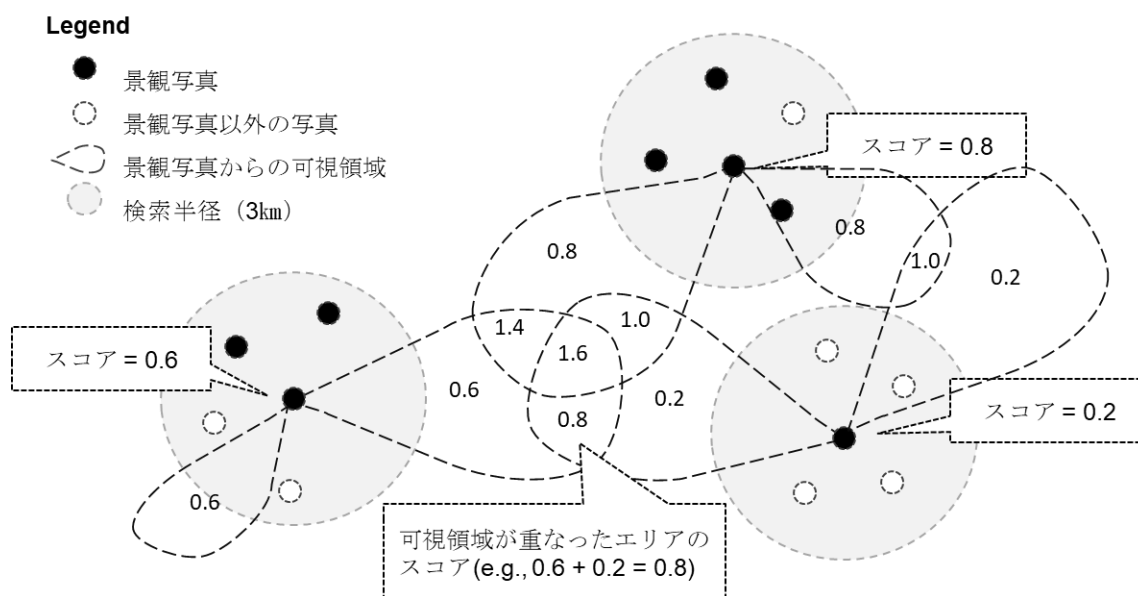


図3 景観需要地の地図化の概念図

可視領域のスコアは、景観写真の数÷全写真数。景観写真の数は、フィルタ2データセットの写真の数であり、全写真数は、フィルタ1データセットの写真の数である。スコアは、フィルタ1データセットの写真に対して、それぞれの撮影地点から半径3kmの範囲で計算した。

2.2.5. 供給ポテンシャル地の地図化手法

需要地は、人々の景観に対する選好性を反映したものであり、需要地の環境要因を分析することで、供給ポテンシャル地を地図化できる。好まれる景観要素は、一般的に、開放性、不均一性、水の存在であると言われている(Uuemaa et al., 2013)。日本人については、自然性、統一感、開放感、複雑さ、多様さ等が挙げられており(Kojima et al., 1994)、Uuemaa et al.(2013)と調和的である。

本研究では、上記を参考にして、自然性、水域の影響、地形に関する空間情報を収集し、需要地の環境要因を分析した(表2)。これらは、政府等により公開され、誰でも無料でダウンロードできるものである(Biodiversity Center of Japan, 1998; Japanese Ministry of Land Infrastructure Transport and Tourism, 2016)。環境要因の選定には、景観価値等の文化的サービスの地図化に関する先行研究も参考にした(Casado-Arzuaga et al., 2013; de Vries et al., 2007; Howley, 2011; Peña et al., 2015)。自然性は、人為の影響の度合いにより植生を10段階に区分した植生自然度を用いた。水域の影響は、河川・湖沼、海岸線からの距離を用いた。蛇行河川等、水域として特徴的な景観からの距離も用いた。地形については、尾根、谷、平野等の10クラスに分類したもの(Dilts, 2015)と、カルデラやカール等の山地における特徴的な景観からの距離を用いた。地形の多様度として、シャノンの多様度指数を用いた(Frank et al., 2013; Jenness et al., 2013)。これらのデータ間には顕著な相関はなかった(すべて $r < 0.4$)。供給ポテンシャル地の地図化は、50m×50mの空間解像度で行った。

表2 環境要因のデータセット

区分	データ	詳細	出典
自然性	植生自然度	人の影響を考慮した 10 段階。水域は対象外（例：市街地 = 1, 高山植生 = 10 等）	自然環境情報 GIS (生物多様性センター, 1998)
	水域	河川 湖沼 海岸線 特徴ある河川景観	1、2 級河川からの距離 湖からの距離 海岸線からの距離 特徴ある河川景観からの距離 (蛇行河川、滝等)
地形	地形タイプ	10 段階の地形指標	50-m DEM から、Topography tool を用いて計算(Dilts, 2015)
	地形の多様性	シャノンの多様度指数 (1 km 範囲)	Land Facet Corridor Designer (Jenness et al., 2013) を用いて計算
	火山性地形 非火山性地形	火山性地形からの距離 (火山, カルデラ等) 非火山性地形からの距離 (山脈, シルク, モレーンなど)	国土数値情報ダウンロードサービス(国土交通省国土政策局国土情報課, 2016)

供給ポテンシャルの地図化には、maximum entropy modeling software, MaxEnt version 3.3(<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>)を用いた(Phillips et al., 2004, 2006)。MaxEnt は、観測された生物種や植物の観測地点と環境要因を入力とし、機械学習のアルゴリズムを用いて最大エントロピーを計算し、分布の可能性を推定する。観測地点は、在データと呼ばれる。MaxEnt の利点は、在データのみで分布を推定することができることであり、種の分布推定に広く用いられている(Elith et al., 2011)。さらに、自然の持つ社会的価値の評価にも用いられている(Richards and Friess, 2015; Sherrouse et al., 2011, 2014)。Flickr のユーザーが写真を投稿していない場所は、SNS の他のプラットフォームのユーザー等が、写真を撮影していない場所とは限らない。そのため、Flickr のデータは、撮影された地点の在データであり、MaxEnt は、分析に適している。

需要地は、在データに基づく、需要の分布可能性を示すものであった。需要地は、5 段階で評価されているが、MaxEnt の在データとして、ランク情報は使用できない。そのため、今回は、需要地全体 (ランク 1~5) から、1,000 点の在データをランダムに取得した。これは、おおよそ 1100ha に 1 点程度の密度である。MaxEnt のモデル

の検証には、一般的に Receiver Operating Characteristic(ROC) プロットにおける Area Under the ROC Curve(AUC)が指標として用いられる。ROC は、感度と 1 - 特異性の関係を示すものである。感度とは、分割表における真陽性率（推定値が真かつ実測値も真）である。1 - 特異性は、偽陽性率（推定値が真かつ実測値は偽）である。感度と 1 - 特異性は、MaxEnt における発生可能性に関する閾値に基づいて計算される。ROC は、MaxEnt のようなバイナリ分類機の効率性を計測する。AUC は、感度の確率を表す。AUC が 0.5 である場合、ランダムモデルを意味し、1 である場合は、与えられた在データを完全に分類できるモデルであることを意味する。AUC の値が、0.50-0.70 の場合、ある程度正確なモデルとされ、0.7-0.9 の場合、正確なモデルとされる。0.9 を超える場合は、非常に正確なモデルとされる(Swets, 1988)。予備的な分析において、最大可視領域の半径を 10km に設定したときの AUC は、20km のそれに比べて高かったため、10 kmを用いることとした。今回、供給ポテンシャルのモデルを、在データの 80%を用いて作成し、残りの 20%を用いて検証した。この過程は、交差検証のため 10 回繰り返され、最終的なモデルの AUC は、これらの平均を用いた。

2つの閾値を用いて、供給ポテンシャル地が、需要地と同様の環境を持つ場所かどうかを判定した。ひとつは、10 percentile training presence（以降 10%閾値）であり、これは在データの 90%を含む範囲である。もうひとつは、Equal training sensitivity and specificity（以降 Equal 閾値）であり、ROC カーブと Sensitivity が 1 になる点との距離が最短になる地点を閾値とするものである。後者はより厳しい閾値である。

2.3. 結果

2.3.1. 需要マップ

フィルタ 3 データセットを基にした景観需要マップを図 4 に示す。このマップは、対象地の景観需要の概観と詳細を示すものである。例えば、最も需要の高い場所が集中している中央部を拡大すると(図 5)、大雪山国立公園や十勝連山の西側、山麓の農地に高需要地が位置していた。高需要地の近くの都市部も、高需要地となっていた。撮影位置の地形から、可視領域に基づいた需要地であることを確認することができた。

需要地となったのは、約 1,092,266ha であり、対象地の 13.7%であった。ランク 4 や 5 といった高需要地の面積は、森林、農地、河川・湖沼、湿地・荒地に位置していた(図 6)。土地利用タイプ毎の需要地の割合は、順に、河川・湖沼、都市、海域、草地・ゴルフコースであった。需要地は、観光資源の場所とよく一致していた。表 3 に、自然公園における需要地の面積を示す。需要地の 24.4%は、自然公園に位置していた。ランク 4 や 5 の需要地に注目すると、40.8%であった。自然公園の面積は、対象地全体の 10.9%であり、需要地全体およびランク 4 や 5 の高需要地は、自然公園内に、有意に多かった($\chi^2 = 190375.4, 160381.2$, 両者とも、d.f.=1, $p < 0.001$)。

需要地は、国定公園や道立公園よりも国立公園に位置していた。ランク 4 や 5 の高需要地は、特に顕著であった。ただし、国立公園における需要地の割合に注目する

と、大雪山国立公園では、需要地の面積は広いが、総面積に対する需要地の割合は低く、エリアの多くは需要地とはなっていない。全ての国立公園で、需要地となっていない場所が存在したが、その割合は、公園毎に異なっていた。

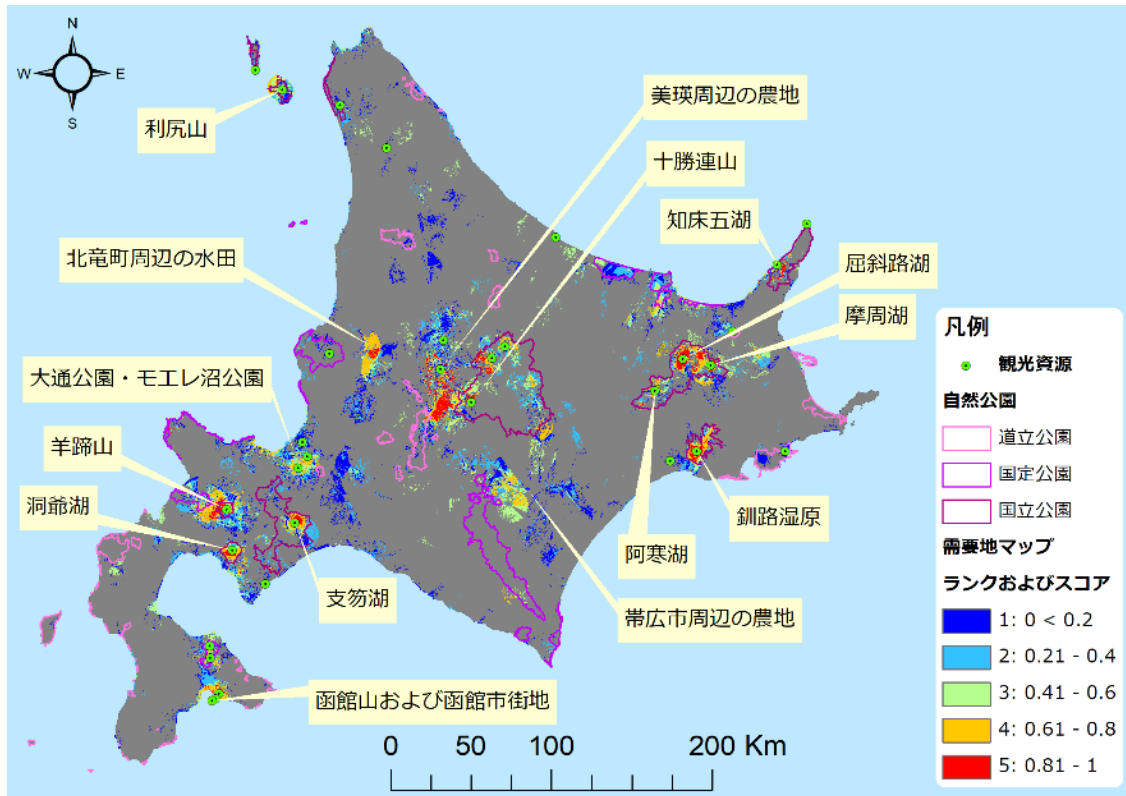


図4 景観価値の需要地マップ

スコアは、Fuzzy MS Large function(ArcGIS10.3.1, ESRI inc.)を用いて、0-1に正規化し、5段階にした。最も、需要が高いのはランク5(赤)、最も低いものはランク1(青)である。観光資源は、「観光資源評価委員会」が検討・選定し作成した「観光資源台帳」に掲載されている観光資源のうち評価ランクがB級以上のものを表示した。評価ランクは、専門家の判断に基づき、4段階(特A級、A級、B級、C級)である。特A級：日本を代表する資源でかつ世界にも誇示しうるもの。日本のイメージ構成の基調となりうるもの。A級：特A級に準じ、その誘致力は全国的で観光重点地域の原動力として重要な役割をもつもの。B級：地方スケールの誘致力を持ち地方のイメージ構成の基調となりうるもの。C級：主として県民および周辺地域住民の観光利用に供するもの。

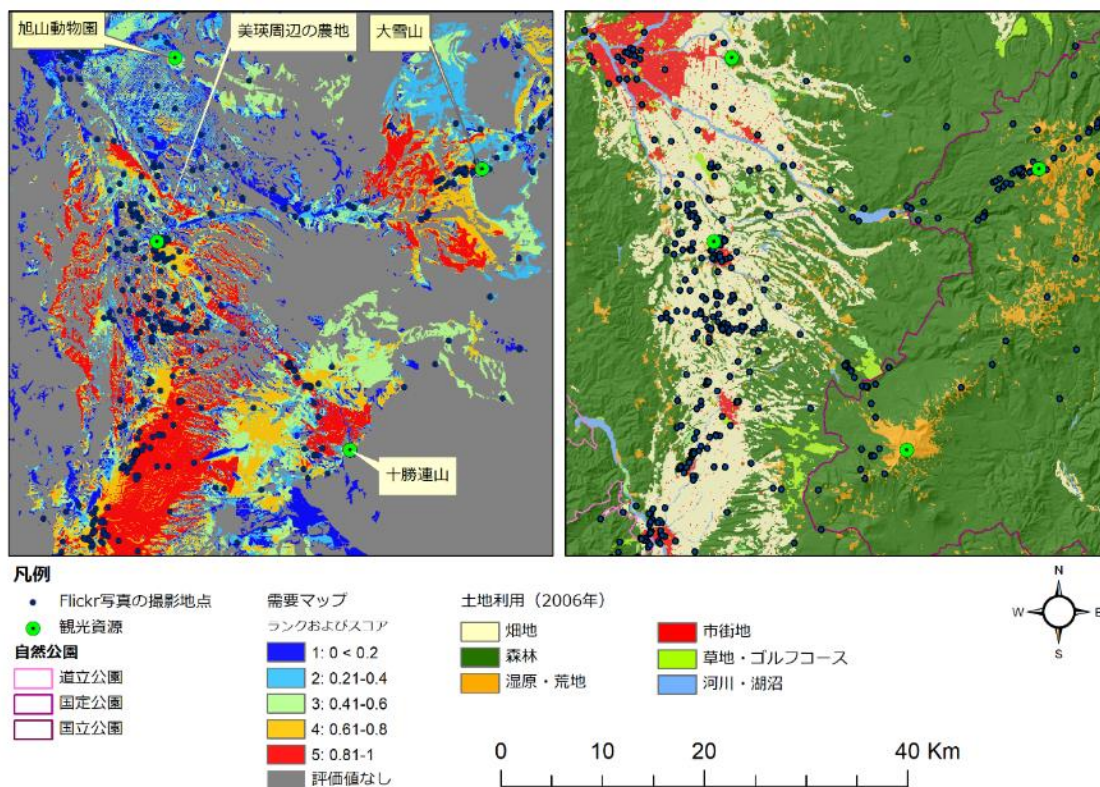


図5 十勝岳、大雪山周辺の需要地マップ（左）と土地利用（右）

両図は、同じエリアを示している。観光資源は、「観光資源評価委員会」が検討・選定し作成した「観光資源台帳」に掲載されている観光資源のうち評価ランクがB級以上のものを表示した。評価ランクは、専門家の判断に基づき、4段階（特A級、A級、B級、C級）である。特A級：日本を代表する資源でかつ世界にも誇示しうるもの。日本のイメージ構成の基調となりうるもの。A級：特A級に準じ、その誘致力は全国的で観光重点地域の原動力として重要な役割をもつもの。B級：地方スケールの誘致力を持ち地方のイメージ構成の基調となりうるもの。C級：主として県民および周辺地域住民の観光利用に供するもの。

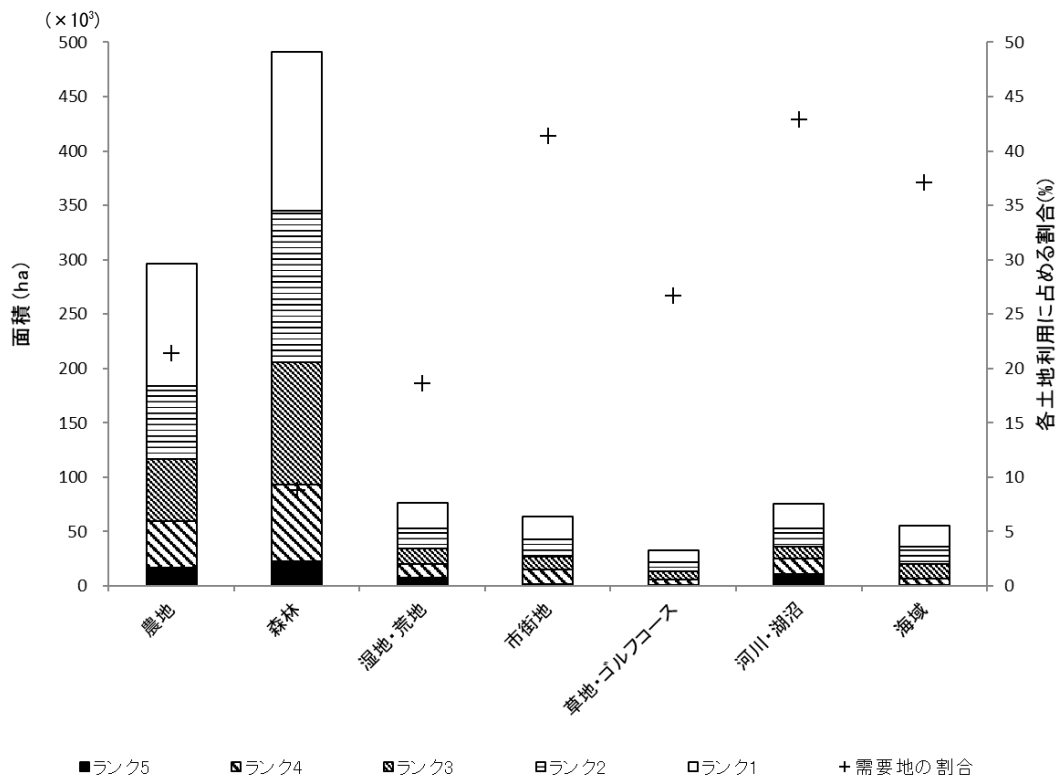


図6 土地利用毎の需要地

積上グラフは、需要ランク別の需要地面積である。+は、各土地利用に対する需要地の面積割合を示す。

表3 自然公園における需要地と供給ポテンシャル地の比較

()内は、パーセンテージ

種別	名前	面積 ($\times 10^3$ ha)	需要地 ($\times 10^3$ ha)		供給ポテンシャル地 ($\times 10^3$ ha)	
			ランク 4, 5	全ランク	Equal threshold	10% threshold
国立公園	阿寒・摩周	94.1	28.3 (30.1)	50.0 (53.1)	45.6 (48.4)	70.5 (74.9)
	釧路湿原	26.6	12.8 (48.2)	18.7 (70.4)	13.8 (51.9)	19.1 (71.8)
	利尻・礼文・サロベツ	21.4	0.6 (2.6)	10.8 (50.5)	14.1 (65.8)	17.5 (82.0)
	支笏・洞爺	99.7	20.9 (20.9)	43.4 (43.5)	68.4 (68.7)	90.4 (90.7)
	知床	38.6	4.4 (11.3)	10.6 (27.4)	8.3 (21.6)	19.4 (50.2)
	大雪山	227.5	17.2 (7.6)	62.8 (27.6)	102.3 (44.9)	161.5 (71.0)
小計		508	84.2 (16.6)	196.3 (38.6)	252.5 (49.7)	378.4 (74.5)
国定公園	網走	37	1.6 (4.4)	28.6 (77.4)	28.9 (78.4)	33.3 (90.2)
	日高山脈・襟裳	104	0.5 (0.5)	4.3 (4.1)	0.7 (0.7)	1.3 (1.2)
	ニセコ・積丹・小樽海岸	19	1.9 (9.6)	7.5 (39.1)	11.8 (61.7)	15.9 (82.7)
	大沼	9	2.8 (30.0)	7.1 (76.4)	7.3 (77.9)	8.7 (93.2)
	暑寒別・天売・焼尻	44	0.0 (0.0)	3.8 (8.7)	3.1 (7.2)	12.5 (28.7)
小計		213	6.8 (3.2)	51.2 (24.1)	51.9 (24.4)	71.6 (33.6)
道立公園	厚岸	23	0.0 (0.0)	7.4 (32.0)	1.8 (7.8)	3.2 (13.8)
	恵山	3	0.0 (0.0)	0.4 (12.4)	0.5 (18.5)	1.5 (51.8)
	富良野・芦別	36	1.1 (3.0)	5.8 (16.1)	2.0 (5.5)	8.4 (23.2)
	檜山	17	0.0 (0.0)	1.2 (6.7)	0.9 (5.2)	1.8 (10.4)
	狩場茂津多	24	0.0 (0.0)	0.3 (1.5)	7.2 (30.6)	16.0 (68.2)
	松前矢越	2	0.0 (0.0)	0.1 (5.0)	0.1 (6.0)	0.3 (15.3)
	野幌森林公園	2	0.0 (1.3)	0.3 (16.9)	1.4 (66.7)	2.0 (95.6)
	野付風連	13	0.4 (2.8)	1.7 (13.7)	7.6 (60.2)	9.0 (71.3)
	北オホーツク	4	0.0 (0.0)	0.2 (5.7)	0.2 (5.6)	0.9 (20.8)
	斜里岳	3	0.0 (0.0)	0.3 (8.9)	0.5 (16.6)	1.7 (58.5)
	朱鞠内	14	0.0 (0.0)	1.6 (11.3)	0.0 (0.0)	0.8 (6.0)
	天塩岳	9	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.7 (7.2)
小計		150	1.5 (1.0)	19.3 (12.9)	22.3 (14.9)	46.3 (30.9)
自然公園の合計		871	92.5 (10.6)	266.8 (30.6)	326.7 (37.5)	496.3 (57.0)
(北海道に対する割合%)		(10.9)	(40.8)	- (24.4)	- (19.0)	(16.6)
北海道の合計		7984	227 (2.8)	1092 (13.7)	1723 (21.6)	2986 (37.4)

2.3.2. 供給ポテンシャル地マップ

供給ポテンシャル地マップを図7に、環境要因の貢献度を、表4に示す。環境要因として、モデルへの貢献が大きかったのは、火山性景観からの距離(23.2%)と地形タイプ(23.2%)、地形の多様度(19.6%)、自然性(13.3%)、湖沼からの距離(8.0%)であった。特徴ある河川景観については、貢献が小さかった(0.8%)。地形タイプでは、平地、U字谷、山頂、尾根の貢献が大きかった。地形の多様度は、中程度の場所(1.3)よりも、低い場所(0.0)と、高い場所(1.7)の貢献が大きかった(図S4)。自然度では、1(都市部)、2(田畑、緑の多い住宅地等)、4(二次草原)、8(自然林に近い2次林)、10(自

然草原)の貢献が大きかった。水域も貢献要因であった。火山景観(23.2%)は、非火山性景観(6.2%)よりも貢献が高かった。火山景観は、距離が近い場所と遠い場所の貢献が高かった。AUCは、0.802であった。

表4 環境要因の貢献度と重要度

環境要因	貢献度 (%)	重要度 (%)
火山地形からの距離	23.2	30.2
地形タイプ	23.2	11.0
地形の多様性	19.6	12.3
自然性	13.3	7.0
湖沼からの距離	8.0	9.7
非火山性地形からの距離	6.2	10.2
河川からの距離	2.9	7.0
海岸線からの距離	2.8	9.7
特徴ある河川からの距離	0.8	3.6

対象地全体で供給ポテンシャル地は、1,723,345ha(Equal 閾値)から2,985,729ha(10%閾値)と推定された。これは、対象地の21.6~37.4%に該当する。供給ポテンシャル地は、需要地(13.7%)よりも広がった。土地利用区分を用いて、需要地と供給ポテンシャル地(10%閾値)を比較した(図8)。土地利用区別の、供給ポテンシャル地の分布傾向は、需要地のそれと類似していた。しかし、それぞれの土地利用の供給ポテンシャル地の面積は、需要地のそれより広がった。供給ポテンシャルは存在するが、需要地ではない場所(供給ギャップ地)の多くは、森林や農地に多かった。自然公園内では、湿地・荒地、河川・湖沼における供給ギャップ地は少なく、森林に多かった。自然公園外では、森林と農地に、供給ギャップ地が多かった。供給ポテンシャルの16.6~19.0%(496,320~326,696ha)は、自然公園に位置していた。供給ポテンシャル地は、自然公園に有意に多かった($\chi^2=10\%$ 閾値: 49620.5、equal 閾値: 63482.6、両者とも d.f.=1、 $p<0.001$)。

自然公園について、供給ポテンシャル地と需要地を比較した(表3)。国立公園では、10%閾値、equal 閾値ともに、供給ポテンシャル地は、需要地よりも広がった。供給ポテンシャル地は、国立公園や道立公園より、国立公園に多く位置していた。需要地の割合が低かった大雪山国立公園、支笏洞爺国立公園では、供給ポテンシャル地(10%閾値)の面積は、需要地より大きかった。釧路湿原国立公園では、需要地は、供給ポテンシャル地と同程度であった。

図9に、森林と農地における需要地と供給ポテンシャル地(10%閾値)の分布を示す。森林の70.6%に、景観の価値が示されなかった。需要地かつ供給ポテンシャル地である場所(バランス地)は、85,615.3haであり、森林の6.2%であった。供給ギャップ地は、287,205.8ha(20.6%)であった。供給ギャップ地の多くは、大雪山国立公園や支笏洞爺国立公園といった国立公園付近に位置していた。農地の34.5%に、景観の価値が示されなかった。バランス地は、66,321haであり、農地の19.1%であった。供給ギャップ地は、153,257ha(44.2%)であった。農地では、供給ギャップ地が最も多かった。北海道における主要な農地に注目すると、バランス地の多くは、上川、空知、十勝支庁に位置していた。網走、根室、釧路支庁には少なかった。

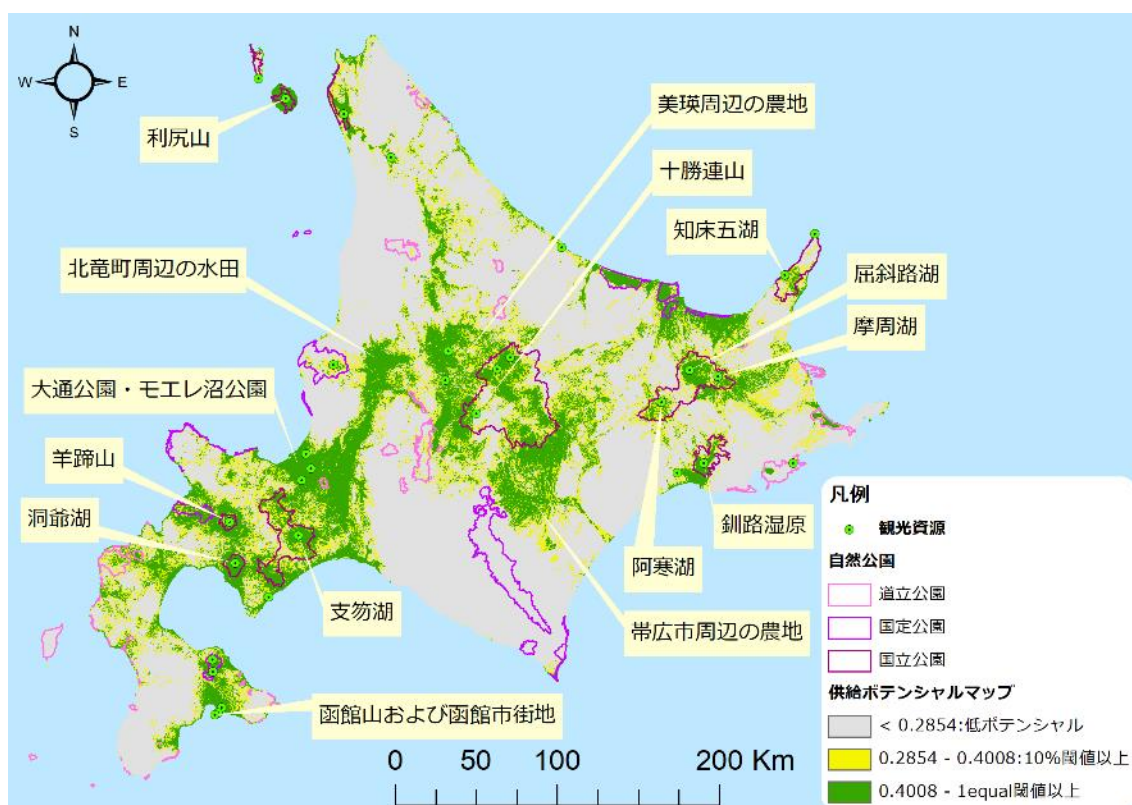


図7 供給ポテンシャル地マップ

供給ポテンシャル地は、10%閾値と equal 閾値で分類されている。観光資源は、「観光資源評価委員会」が検討・選定し作成した「観光資源台帳」に掲載されている観光資源のうち評価ランクがB級以上のものを表示した。評価ランクは、専門家の判断に基づき、4段階(特A級、A級、B級、C級)である。特A級：日本を代表する資源でかつ世界にも誇示しうるもの。日本のイメージ構成の基調となりうるもの。A級：特A級に準じ、その誘致力は全国的で観光重点地域の原動力として重要な役割をもつもの。B級：地方スケールの誘致力をもち地方のイメージ構成の基調となりうるもの。C級：主として県民および周辺地域住民の観光利用に供するもの。

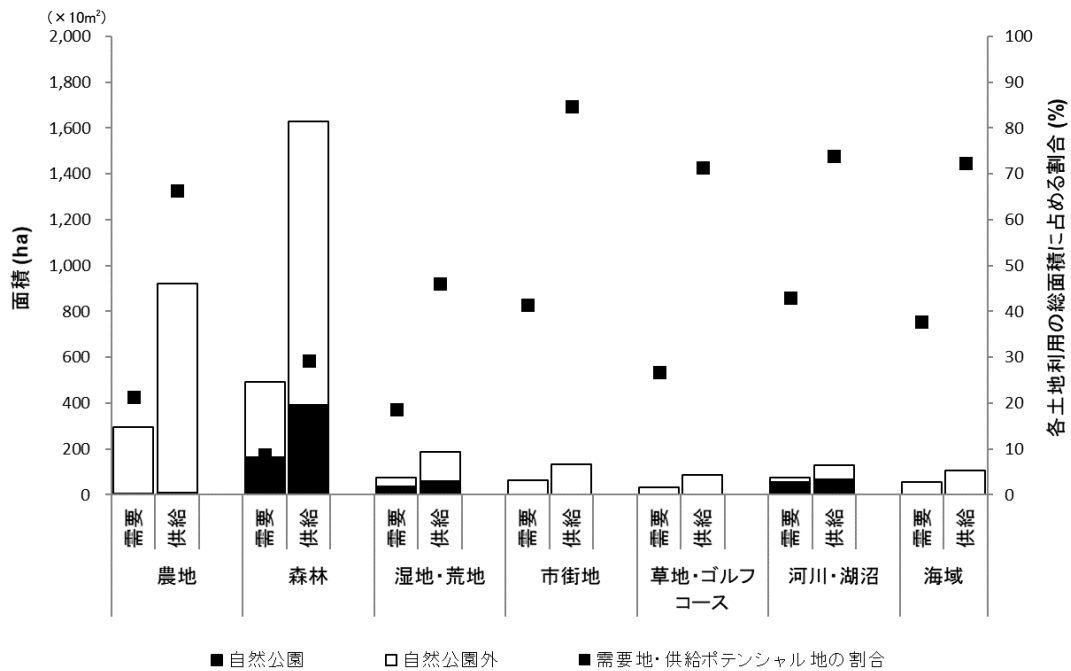


図8 土地利用別の需要地と供給ポテンシャル地の面積

積み上げグラフは、自然公園内外における需要地と供給ポテンシャル地の面積を示す。■は、各土地利用の面積に対する需要地または供給ポテンシャル地の割合を示す。

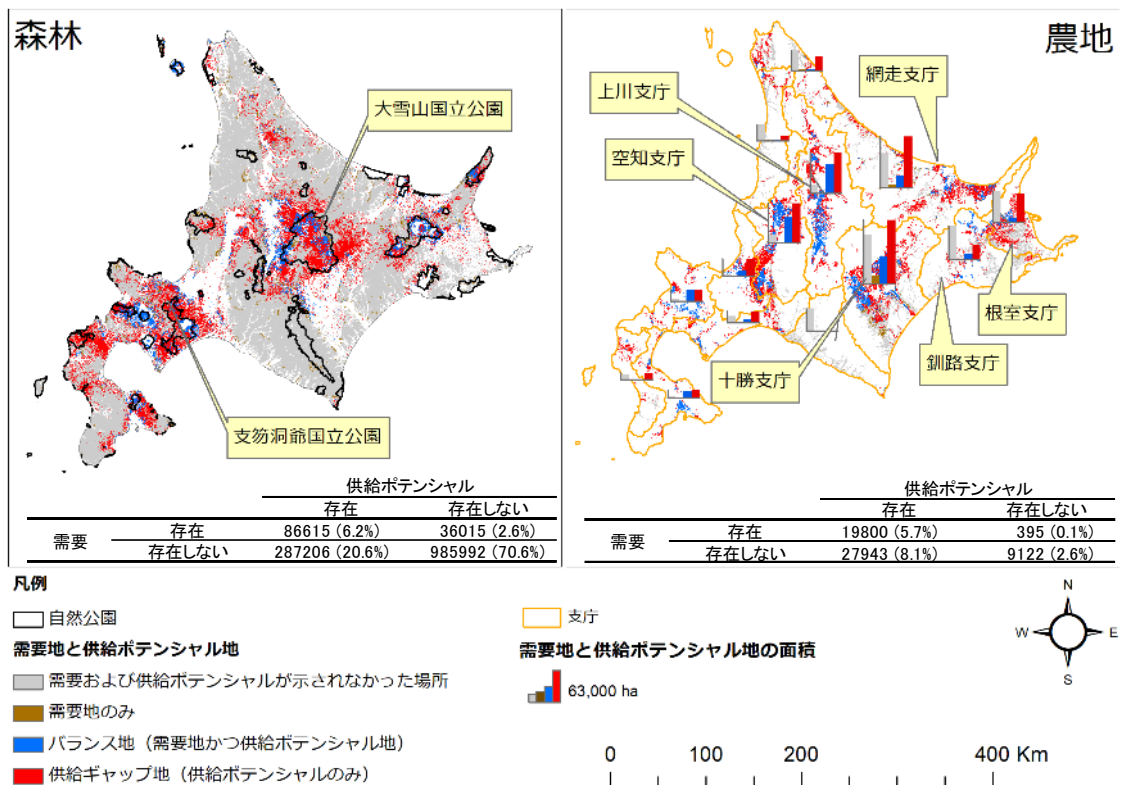


図9 森林および農地における需要地と供給ポテンシャル地の分布

2.4. 考察

本研究では、ジオタグ付き写真の撮影位置からの可視領域を用いて、景観の需要地と供給ポテンシャル地の評価手法を提案した。需要地の推定には、線形モデル等のモデルやアンケートを使用しなかった。可視領域を用いることによって、より直接的で、ロバストな結果を提供するものと考えられる。生物種の分布推定によく用いられる MaxEnt を、供給ポテンシャル地の推定に用いた。MaxEnt もまた、人間の側面の空間的な問題に対して、ロバストな結果を提供するものである (Sherrouse et al., 2014)。Flickr のジオタグ付き写真の撮影位置は在データであり、これに基づく需要地も、在データとしての特徴を持つ。そのため、MaxEnt は、需要地から、供給ポテンシャル地を推定することに適していたと考える。SNS ユーザーによって共有されたデータには、コピーや、一人のユーザーによる大量の投稿等が含まれるため、そのサンプルサイズは、フィルタリング後に小さくなる (Crampton et al., 2013)。MaxEnt は、サンプルサイズが小さくても、推定精度を保つことができるため (Wisiz et al., 2008)、この面でも、SNS データを用いた CES の地図化に適すると考える。

北海道では、森林や河川・湖沼、湿地・荒地といった自然地と、農地や市街地に、多くの高需要地が存在した。特に、河川・湖沼の多くは需要地となっており、特に、最高需要地であるランク 5 が多かった。この結果は、森林や湖、湿地といった自然地が好まれるとしたこれまでの研究とも調和的である (de Vries et al., 2007; Howley, 2011; Peña et al., 2015)。農地については、景観要素として好まれるとした研究 (Casado-Arzuaga et al., 2013; Peña et al., 2015) や、好まれないとする研究があった (Lindemann-Matthies et al., 2010; Van Berkel and Verburg, 2014; van Zanten et al., 2016c)。日本人は、単一種や人為的な自然 (Kellert, 1991)、均一な景観要素 (Kojima et al., 1994) を好むと言われている。北海道では、観光客の 79% が国内からの旅行者であり、本研究で、農地が好まれた結果は、日本人の選好性を反映していると考えられる。市街地にも、高需要地が多かったが、これは、都市景観を楽しむ展望台、または、都市公園の付近で撮影された写真によるものであろう (Guerrero et al., 2016)。

需要地と供給ポテンシャル地は、主に自然公園に位置し、特に、規制区域である国立公園に集中していた。日本の国立公園は、自然公園法によって、景観や生物多様性の保護と伴に、レクリエーション利用も促進されている (Japanese Ministry of Environment, 2016, 2014)。自然公園では、森林に、供給ギャップ地が多く、河川・湖沼や湿地・荒地には少なかった。国立公園別には、大雪山国立公園や支笏洞爺国立公園で供給ポテンシャル地が多く、釧路湿原国立公園には少なかった。供給ギャップ地の多かった大雪山国立公園や支笏洞爺国立公園は、森林域へのアクセス性が低いと考えられる。一方で、釧路湿原国立公園は、湿地が中心であり、展望台から十分に視認できたと考えられる。このような情報は、公園管理者が、景観の側面から、公園利用の現状を理解することを助けるものと考えられる。

自然公園外では、多くの需要地と供給ポテンシャル地が、森林や農地に位置していた (図 9)。森林における供給ギャップ地の多くは、大雪山国立公園や支笏洞爺国立公園の周辺に位置していた。森林は、木材生産や水質浄化、炭素蓄積、生物多様性の維持

等、多くの生態系サービスの発揮が期待される場所である。生物多様性保全に関する愛知目標の 11 では、2020 年までに少なくとも、生物多様性や生態系サービスの発揮に特に重要な 17%の陸域や内水面、10%の海岸や海域が、広域の陸域および海域景観として統合され、保全される必要があると述べている(CBD Secretariat, 2011)。そのため、保全地域の優先度についての研究が行われてきた(Kadoya et al., 2014)。生物多様性に対する市民理解は充分ではないが(CBD Secretariat, 2011)、景観価値等の CES は、広く認識されており、また、環境意識の向上を促進するものである(Hirons et al., 2016)。本研究で用いた環境要因のうち、地形の多様性、自然性、河川・湖沼、海岸線からの距離の貢献度や重要度の割合の合計は、約 50%であった(表 2)。このような環境要因は、景観の複雑性や連続性に関連し、しばしば、生物多様性の豊かさに強く関連するものである(Amici et al., 2015; Chisholm et al., 2011; Ishii et al., 2004; Loreau et al., 2003; Rösch et al., 2013; Takafumi and Hiura, 2009)。したがって、本研究で示した需要地や供給ポテンシャル地は、生物多様性の豊かさにも関係すると考えられる。保全地域の優先順位の検討する際に、需要地と供給ポテンシャル地の重ね合わせることで、保全に重要かつ景観の楽しみが存在する場所を探し易くなる。また、ステークホルダーの保全に対する理解の向上にも貢献すると考える。農地における、供給ポテンシャル地は、CES と供給サービスの両方が発揮される可能性のある場所である。本研究では、供給ギャップ地が多く、バランス地の少ない支庁を示した。このような場所は、農地における観光ポテンシャルを持つ場所と考えられる。このような情報は、土地利用管理者や観光業者に対して、隠れた観光資源の発見を助けるものである。ただし、CES の分布や価値は、季節性がある(Tenerelli et al., 2016; Wolff et al., 2015a)。景観価値の季節性に関しては、さらなる研究が必要である。

最後に、提案した手法の制限要因について述べる。提案した手法では、被写地の推定誤差を考慮する必要がある。推定された被写地は、実際の被写地より広い可能性が高い。今回、可視領域の最大範囲を 10km に固定し、被写地までの距離の分布は、考慮しなかった。さらに、被写地の方向も、特定できなかった。これらは、被写地の推定精度の向上に資する情報である。需要の高かった農地付近に位置する都市域の需要も高かった。これは、使用した標高データに、ビルや家屋の高さ情報が含まれていなかったため、過大評価されたと考えられる。

写真の位置精度も考慮する必要がある。本研究では、ジオタグ付き写真の撮影位置からの可視領域を、被写地の推定に用いた。そのため、被写地の推定は、撮影位置の位置精度に影響を受ける。この影響を少なくするために、本研究では、Flickr から提供された位置精度の情報を用いて、ストリートレベルの位置情報を持つ写真のみを抽出した。さらに、写真の収集期間にも考慮した(スマートフォンの普及が進んだ 2010 年以降)。Wang et al. (2013) は、Flickr の写真の位置精度に、数十メートルから数百メートルの誤差があることを示した。これは、スマートフォンによって撮影されたジオタグ付き写真が増加することで改善されると考える。位置精度は、スマートフォンが普及する前後等、収集期間にも依存するだろう。

2012 年までに、200 万枚のジオタグ付き写真が Flickr のデータベースに登録されてきた。その 40%はヨーロッパ、39%は北米、13%はアジアで撮影されたものであり、

アジアの中で、日本は、北米やヨーロッパのようにジオタグ付き写真の投稿が多い国であった(Wood et al., 2013)。ただし、サンプルの代表性の問題は残っている。Flickr のユーザー数は、観光客数に正の相関がある(Wood et al., 2013)。本研究でも、この関係を確認できたが、全ての観光客が、SNS を利用しているわけではない(Garcia-Palomares et al., 2015)。ヘビーユーザーは多数の写真を撮影するため、その多数の写真からランダムに1枚選んだものに代表性が担保されているかどうかは問題となるかもしれない。しかし、撮影者数に占めるヘビーユーザーの数は限られているため、解析結果に与える影響は少ないだろう。本研究で使用したフィルタ2データセットでは、投稿枚数30枚以上のユーザーは、全体の8.5%、100枚以上のユーザーは、1.7%であった。代表性は、その地域のインターネットやGPSカメラ、スマートフォンの利用率に影響を受ける(Martínez Pastur et al., 2016)。これは、年齢や教育レベル、SNS利用能力や動機の有無による(Tenerelli et al., 2016)。さらに、ユーザー層は、SNSのプラットフォームによって異なり、これも代表性に影響を与えるものである(van Zanten et al., 2016a)。しかし、インタビューやアンケートに基づく調査も、代表性には課題がある(Tenerelli et al., 2016)。SNSデータを用いたCESの地図化は、空間の網羅性と明示性が高く、コスト効率が良い。その活用のために、SNSユーザーに関するさらなる研究が必要である。

2.5. 結論

本研究では、可視領域を用いた景観の需要地と供給ポテンシャル地を地図化する手法を提案した。これは、より直接的な手法であり、ロバストな結果を提供するものであった。さらに、アジアにおける事例として、北海道を対象地として、景観価値の空間分布を明確にした。

景観に対する需要地と供給ポテンシャル地を地図化することは、土地の価値と自然保全の両方に対する意識の向上に資するものである。本研究の結果が、景観価値の評価をはじめとするCES評価研究の促進と、政策および実務者における、人の利用と自然保全のバランスに関する意思決定に貢献することを望むものである。

2.6. 參考論文

- Amici, V., Rocchini, D., Filibeck, G., Bacaro, G., Santi, E., Geri, F., Landi, S., Scoppola, A., Chiarucci, A., 2015. Landscape structure effects on forest plant diversity at local scale: Exploring the role of spatial extent. *Ecol. Complex.* 21, 44–52. doi:10.1016/j.ecocom.2014.12.004
- Balmford, A., Beresford, J., Green, J., Naidoo, R., Walpole, M., Manica, A., 2009. A global perspective on trends in nature-based tourism. *PLoS Biol.* 7, 1–6. doi:10.1371/journal.pbio.1000144
- Benson, E.D., Hansen, J.L., Schwartz, A.L., Smersh, G.T., 1998. Pricing residential amenities: the value of a view. *J. Real Estate Financ. Econ.* 16, 55–73. doi:10.1023/A:1007785315925
- Biodiversity Center of Japan, 1998. Natural Environmental Information GIS [WWW Document]. URL http://www.biodic.go.jp/trialSystem/top_en.html (accessed 4.29.16).
- Bishop, I.D., Miller, D.R., 2007. Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables. *Renew. Energy* 32, 814–831. doi:10.1016/j.renene.2006.03.009
- Casado-Arzuaga, I., Onaindia, M., Madariaga, I., Verburg, P.H., 2013. Mapping recreation and aesthetic value of ecosystems in the Bilbao Metropolitan Greenbelt (northern Spain) to support landscape planning. *Landsc. Ecol.* 29, 1393–1405. doi:10.1007/s10980-013-9945-2
- Casalegno, S., Inger, R., DeSilvey, C., Gaston, K.J., 2013. Spatial Covariance between Aesthetic Value & Other Ecosystem Services. *PLoS One* 8, 6–10. doi:10.1371/journal.pone.0068437
- CBD Secretariat, 2011. Convention on Biological Diversity [WWW Document]. URL <https://www.cbd.int/sp/targets/> (accessed 1.12.17).
- Chisholm, C., Lindo, Z., Gonzalez, A., 2011. Metacommunity diversity depends on connectivity and patch arrangement in heterogeneous habitat networks. *Ecography.* 34, 415–424. doi:10.1111/j.1600-0587.2010.06588.x
- Crampton, J.W., Graham, M., Poorthuis, A., Shelton, T., Stephens, M., Wilson, M.W., Zook, M., 2013. Beyond the geotag: situating “big data” and leveraging the potential of the geoweb. *Cartogr. Geogr. Inf. Sci.* 40, 130–139. doi:10.1080/15230406.2013.777137
- Crossman, N.D., Bryan, B.A., de Groot, R.S., Lin, Y.P., Minang, P.A., 2013a. Land science contributions to ecosystem services. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 5, 509–514. doi:10.1016/j.cosust.2013.06.003
- Crossman, N.D., Burkhard, B., Nedkov, S., Willemen, L., Petz, K., Palomo, I., Drakou, E.G., Martin-Lopez, B., McPhearson, T., Boyanova, K., Alkemade, R., Egoh, B., Dunbar, M.B., Maes, J., 2013b. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosyst. Serv.* 4, 4–14. doi:10.1016/j.ecoser.2013.02.001
- Daniel, T.C., Muhar, A., Arnberger, A., Aznar, O., Boyd, J.W., Chan, K.M. a., Costanza, R., Elmqvist, T., Flint, C.G., Gobster, P.H., Gret-Regamey, A., Lave,

- R., Muhar, S., Penker, M., Ribe, R.G., Schauppenlehner, T., Sikor, T., Soloviy, I., Spierenburg, M., Taczanowska, K., Tam, J., von der Dunk, A., 2012. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109, 8812–8819. doi:10.1073/pnas.1114773109
- de Vries, S., Klein-Lankhorst, J.R., Buijs, A.E., 2007. Mapping the attractiveness of the Dutch countryside: a GIS-based landscape appreciation model. *For. Snow Landsc. Res.* 81, 43–58.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., Yates, C.J., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers. Distrib.* 17, 43–57. doi:10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x
- ESRI Inc., 2014. How Fuzzy Membership works—Help | ArcGIS for Desktop [WWW Document]. URL <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-fuzzy-membership-works.htm> (accessed 1.15.17).
- Flickr, 2011. 6,000,000,000 | Flickr Blog [WWW Document]. URL <http://blog.flickr.net/en/2011/08/04/6000000000/> (accessed 1.12.17).
- Flickr, 2015. Flickr year review 2015 [WWW Document]. URL <http://blog.flickr.net/en/2015/12/01/flickr-year-in-review-2015/> (accessed 4.29.16).
- Flickr, 2016. API Documentation [WWW Document]. URL <https://www.flickr.com/services/api/flickr.photos.search.html> (accessed 4.29.16).
- Frank, S., Fürst, C., Koschke, L., Witt, A., Makeschin, F., 2013. Assessment of landscape aesthetics - Validation of a landscape metrics-based assessment by visual estimation of the scenic beauty. *Ecol. Indic.* 32, 222–231. doi:10.1016/j.ecolind.2013.03.026
- Garcia-Palomares, J.C., Gutierrez, J., Minnguez, C., 2015. Identification of tourist hot spots based on social networks: A comparative analysis of European metropolises using photo-sharing services and GIS. *Appl. Geogr.* 63, 408–417.
- Guerrero, P., Møller, M.S., Olafsson, A.S., Snizek, B., 2016. Revealing Cultural Ecosystem Services through Instagram Images: The Potential of Social Media Volunteered Geographic Information for Urban Green Infrastructure Planning and Governance. *Urban Plan.* 1, 1. doi:10.17645/up.v1i2.609
- Häyhä, T., Franzese, P.P., Paletto, A., Fath, B.D., 2015. Assessing, valuing, and mapping ecosystem services in Alpine forests. *Ecosyst. Serv.* 14, 12–23. doi:10.1016/j.ecoser.2015.03.001
- Hernández-Morcillo, M., Plieninger, T., Bieling, C., 2013. An empirical review of cultural ecosystem service indicators. *Ecol. Indic.* 29, 434–444. doi:10.1016/j.ecolind.2013.01.013
- Hirons, M., Comberti, C., Dunford, R., 2016. Valuing Cultural Ecosystem Services. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 41, 545–574. doi:10.1146/annurev-environ-110615-085831

- Hokkaido Bureau of Tourism Depart of Economic Affairs, 2015. Tourism Statistics reports for Hokkaido [WWW Document]. URL <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kkd/irikomi.htm> (accessed 4.29.16).
- Howley, P., 2011. Landscape aesthetics: Assessing the general publics' preferences towards rural landscapes. *Ecol. Econ.* 72, 161–169. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.09.026
- Ishii, H.T., Tanabe, S., Hiura, T., 2004. Exploring the relationships among canopy structure, stand productivity, and biodiversity of temperate forest ecosystems. *For. Sci.* 50, 342–355.
- Japanese Ministry of the Environment, 2016. Project to Fully Enjoy National Parks [WWW Document]. URL <https://www.env.go.jp/en/nature/enjoy-project/index.html> (accessed 1.12.17).
- Japanese Ministry of the Environment, 2014. Natural Parks Act [WWW Document]. URL <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S32/S32HO161.html> (accessed 4.29.16).
- Japanese Ministry of Land Infrastructure Transport and Tourism, 2016. National Land Numerical Information download service [WWW Document]. URL <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj-e/index.html> (accessed 4.29.16).
- Jenness, J., Brost, B., Beier, P., 2013. Land Facet Corridor Designer: Extension for ArcGIS. *Jenness Enterp.* 110.
- Kadoya, T., Takenaka, A., Ishihama, F., Fujita, T., Ogawa, M., Katsuyama, T., Kadono, Y., Kawakubo, N., Serizawa, S., Takahashi, H., Takamiya, M., Fujii, S., Matsuda, H., Muneda, K., Yokota, M., Yonekura, K., Yahara, T., 2014. Crisis of Japanese vascular flora shown by quantifying extinction risks for 1618 taxa. *PLoS One* 9. doi:10.1371/journal.pone.0098954
- Kellert, S.R., 1991. Japanese Perceptions of Wildlife. *Conserv. Biol.* 5, 297–308. doi:10.1111/j.1523-1739.1991.tb00141.x
- Kenter, J.O., 2016. Integrating deliberative monetary valuation, systems modelling and participatory mapping to assess shared values of ecosystem services. *Ecosyst. Serv.* 21, 291–307. doi:10.1016/j.ecoser.2016.06.010
- Kojima, T., Furuya, K., Yui, M., 1994. A Study on the Evaluation Structure of Favorability in Natural Landscape. *J. Japanese Inst. Landsc. Archit.* 58, 177–180.
- Lindemann-Matthies, P., Briegel, R., Schüpbach, B., Junge, X., 2010. Aesthetic preference for a Swiss alpine landscape: The impact of different agricultural land-use with different biodiversity. *Landsc. Urban Plan.* 98, 99–109. doi:10.1016/j.landurbplan.2010.07.015
- Loreau, M., Mouquet, N., Holt, R.D., 2003. Meta-ecosystems: a theoretical framework for a spatial ecosystem ecology. *Ecol. Lett.* 6, 673–679. doi:10.1046/j.1461-0248.2003.00483.x
- Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Lencinas, M. V., García-Llorente, M., Martín-López, B., 2016. Spatial patterns of cultural ecosystem services provision in Southern Patagonia. *Landsc. Ecol.* 31, 383–399. doi:10.1007/s10980-015-0254-9

- MEA, 2005. Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being Synthesis [WWW Document]. URL <http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html> (accessed 4.29.16).
- Milcu, A.I., Hanspach, J., Abson, D., Fischer, J., 2013. Cultural ecosystem services: A literature review and prospects for future research. *Ecol. Soc.* 18, 44–88. doi:10.5751/ES-05790-180344
- Nahuelhual, L., Carmona, A., Laterra, P., Barrena, J., Aguayo, M., 2014. A mapping approach to assess intangible cultural ecosystem services: The case of agriculture heritage in Southern Chile. *Ecol. Indic.* 40, 90–101. doi:10.1016/j.ecolind.2014.01.005
- Palomo, I., Martín-López, B., Potschin, M., Haines-Young, R., Montes, C., 2013. National Parks, buffer zones and surrounding lands: Mapping ecosystem service flows. *Ecosyst. Serv.* 4, 104–116. doi:10.1016/j.ecoser.2012.09.001
- Peña, L., Casado-Arzuaga, I., Onaindia, M., 2015. Mapping recreation supply and demand using an ecological and a social evaluation approach. *Ecosyst. Serv.* 13, 108–118. doi:10.1016/j.ecoser.2014.12.008
- Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E., 2004. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *Twenty-first Int. Conf. Mach. Learn. - ICML '04* 83–. doi:10.1145/1015330.1015412
- Phillips, S.B., Aneja, V.P., Kang, D., Arya, S.P., 2006. Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *Int. J. Glob. Environ. Issues* 6, 231–252. doi:10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
- Richards, D.R., Friess, D.A., 2015. A rapid indicator of cultural ecosystem service usage at a fine spatial scale: Content analysis of social media photographs. *Ecol. Indic.* 53, 187–195. doi:10.1016/j.ecolind.2015.01.034
- Rösch, V., Tschardtke, T., Scherber, C., Batáry, P., 2013. Landscape composition, connectivity and fragment size drive effects of grassland fragmentation on insect communities. *J. Appl. Ecol.* 50, 387–394. doi:10.1111/1365-2664.12056
- Scolozzi, R., Schirpke, U., Detassia, C., Abdullah, S., Gretter, A., 2014. Mapping Alpine Landscape Values and Related Threats as Perceived by Tourists. *Landsc. Res. Online* (Ju, 1–17. doi:10.1080/01426397.2014.902921
- Sherrouse, B.C., Clement, J.M., Semmens, D.J., 2011. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services. *Appl. Geogr.* 31, 748–760. doi:10.1016/j.apgeog.2010.08.002
- Sherrouse, B.C., Semmens, D.J., Clement, J.M., 2014. An application of Social Values for Ecosystem Services (SolVES) to three national forests in Colorado and Wyoming. *Ecol. Indic.* 36, 68–79. doi:10.1016/j.ecolind.2013.07.008
- Shirai, M., Hirota, M., Ishikawa, H., 2013. A method of Area of Interest and shooting Spot Detection using Geo-tagged photographs. *ACM*.
- Statistics Bureau Ministry of Internal Affairs and Communications, 2016. Social Indicators by Prefecture 2016 [WWW Document]. URL <http://www.stat.go.jp/english/data/shihyou/index.htm> (accessed 12.19.16).

- Sullivan, R.G., Kirchler, L.B., Lahti, T., Roche, S., Beckman, K., Cantwell, B., Richmond, P., 2012. Wind Turbine Visibility and Visual Impact Threshold Distances in Western Landscapes. *Argonne Natl. Lab.* 1–47.
- Sullivan, R.G., Kirchler, L.B., Cothren, J., Winters, S.L., 2013. Offshore Wind Turbine Visibility and Visual Impact Threshold Distance. *Environmental Pract.* 15, 33–49.
- Swets, J.A., 1988. Measuring the accuracy of diagnostic system. *Science* (80-). 240, 1285–93. doi:10.1126/science.3287615
- T.E.Dilts, 2015. Topography Tools for ArcGIS 10.3.
- Takafumi, H., Hiura, T., 2009. Effects of disturbance history and environmental factors on the diversity and productivity of understory vegetation in a cool-temperate forest in Japan. *For. Ecol. Manage.* 257, 843–857. doi:10.1016/j.foreco.2008.10.020
- TEEB, 2008. An Interim Report. European Communities.
- TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature provides a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.
- Tenerelli, P., Demšar, U., Luque, S., 2016. Crowdsourcing indicators for cultural ecosystem services: A geographically weighted approach for mountain landscapes. *Ecol. Indic.* 64, 237–248. doi:10.1016/j.ecolind.2015.12.042
- Uuemaa, E., Mander, Ü., Marja, R., 2013. Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: A review. *Ecol. Indic.* 28, 100–106. doi:10.1016/j.ecolind.2012.07.018
- Van Berkel, D.B., Verburg, P.H., 2014. Spatial quantification and valuation of cultural ecosystem services in an agricultural landscape. *Ecol. Indic.* 37. doi:10.1016/j.ecolind.2012.06.025
- van Zanten, B.T., van Berkel, D.B., Meetemeyer, R.K., Smith, J.W., Tieskens, K.F., Vergurg, P.H., 2016a. Continental scale quantification of landscape values using social media data. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113, 1–7. doi:10.1073/10.1073/pnas.1614158113
- van Zanten, B.T., Verburg, P.H., Scholte, S.S.K., Tieskens, K.F., 2016b. Using choice modeling to map aesthetic values at a landscape scale: Lessons from a Dutch case study. *Ecol. Econ.* 130, 221–231. doi:10.1016/j.ecolecon.2016.07.008
- van Zanten, B.T., Zasada, I., Koetse, M.J., Ungaro, F., Häfner, K., Verburg, P.H., 2016c. A comparative approach to assess the contribution of landscape features to aesthetic and recreational values in agricultural landscapes. *Ecosyst. Serv.* 17, 87–98. doi:10.1016/j.ecoser.2015.11.011
- Wang, C.-P., Wilson, K., Snavely, N., 2013. Accurate georegistration of point clouds using geographic data. *3DTV-Conference, 2013 Int. Conf.* 33–40. doi:10.1109/3DV.2013.13
- WBCSD, 2010. Vision 2050: The new agenda for business, WBCSD. doi:10.1111/j.1530-9290.2009.00117.x

- Wisz, M.S., Hijmans, R.J., Li, J., Peterson, A.T., Graham, C.H., Guisan, A., Elith, J., Dudík, M., Ferrier, S., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Lohmann, L., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M., Phillips, S.J., Richardson, K.S., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberón, J., Williams, S.E., Zimmermann, N.E., 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Divers. Distrib.* 14, 763–773. doi:10.1111/j.1472-4642.2008.00482.x
- Wolff, S., Schulp, C.J.E., Verburg, P.H., 2015a. Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. *Ecol. Indic.* 55, 159–171. doi:10.1016/j.ecolind.2015.03.016
- Wood, S. A, Guerry, A.D., Silver, J.M., Lacayo, M., 2013. Using social media to quantify nature-based tourism and recreation. *Sci. Rep.* 3, 2976. doi:10.1038/srep02976
- WTTC, 2016. *Travel & Tourism Economic Impact 2016 World*.
- Zandbergen, P. a., Barbeau, S.J., 2011. Positional Accuracy of Assisted GPS Data from High-Sensitivity GPS-enabled Mobile Phones. *J. Navig.* 64, 381–399. doi:10.1017/S0373463311000051

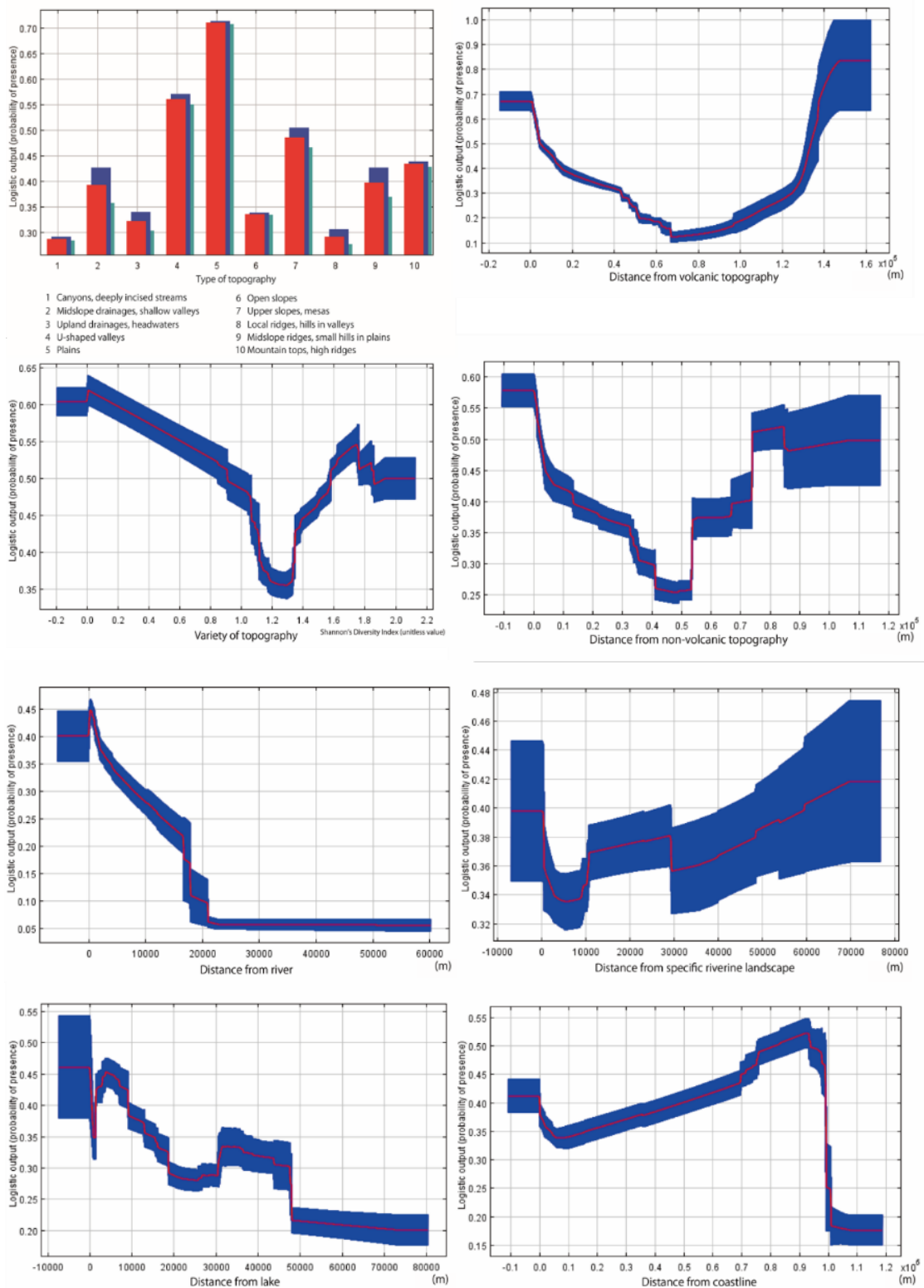


図 S1 使用した環境要因のレスポンスカーブ
 赤線は、10回の試行における平均値を示し、青色の範囲は標準偏差を示す。

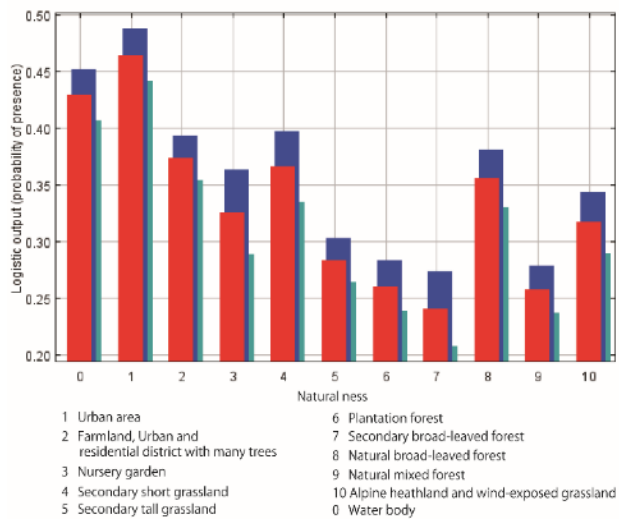


図 S1 使用した環境要因のレスポンスカーブ (続き)

赤線は、10回の試行における平均値を示し、青色の範囲は標準偏差を示す。

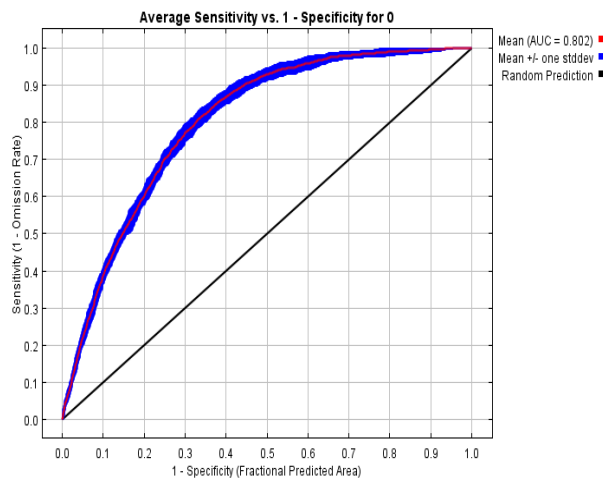


図 S2 ROC カーブ

ここで示されたモデルの AUC 値は、0.802 であった。

第3章 スキーヤーの行動把握のためのGPSデータの分析フレームワーク

3.1. はじめに

日本におけるスキー場開発は、1980～1990年代初頭に急増した。しかし、バブル経済が崩壊した1993年以降は、スキー人口の減少に伴って開発は停滞した(呉羽, 1999)。しかし近年、中国などアジアからの観光客が増加していること(日本政府観光局(JNTO), 2017)や、コース外の新雪を滑走するバックカントリースキーへの関心の高まりにより、スキー場への再投資も活発になってきている(日本経済新聞, 2016)。これにより、宿泊施設の改修に加え、リフトの新設やICゲートの設置、コースの改変も行われるようになってきた。

スキー場におけるスキーヤー(以降スノーボーダーも含むものとする)は、通常、コースマップ等で示されたコースの中から、上、中、初級の表示を参考にして任意のコースを選択し、リフト・ゴンドラ(もしくは、他コースの滑走)で、そこへ移動して、滑走する。休憩は適時行われる(これらの行動を以降ゲレンデ行動とする)。スキー場管理者による、ゲレンデ行動の把握は、一般的に、スキーパトロールによる確認とリフト乗降口でカウントされたリフト・ゴンドラの乗車客数の集計を用いて行われている。集計結果は、各リフト・ゴンドラから利用可能なコースの入込客数の大まかな把握に用いられているが、それら以上の定量的な把握は行われていない。

GPSは、移動体の位置情報を秒単位程度から把握が可能である。観光行動を把握するためのGPSの利用は、1990年代後半に始まり(Shen and Stopher, 2014)、日本においては、2005年頃から始まった(矢部ほか, 2010)。GPSを用いたスキーヤーの行動把握に関する研究は、行動時間や移動距離、スピードに関する情報をコスト効率良く取得でき、有用であるという報告(Dickson et al, 2011)以降、主に事故防止の観点から、スピードの把握を中心として行われてきた(Dickson et al, 2012, 2015; Waddington et al, 2012)。移動経路に基づき、バックカントリースキーガイドが選択したコースの雪崩危険性の評価(Hendrikx et al, 2016)や、スキー等とスノーモービルの利用場所の対立状況の把握(Miller et al, 2016)といったリスク管理やレジャーエリアのゾーニングを目的とした研究も近年行われている。スキーヤーの行動の概要と詳細を網羅的に把握することは、今後のスキーコースの改変や提供サービスの向上、安全管理等の面から重要である(Dickson et al, 2011)。しかし、GPSを用いたスキーヤーの行動把握に関する研究は少なく、ゲレンデ行動の詳細把握は、行われていない。

観光周遊行動に関する研究においては、レンタカー(長尾ほか, 2005)や、歩行者(奥野ほか, 2012; 野村と岸本, 2006; 矢部ほか, 2010)の行動を、GPSを用いて計測することによって、動物園等の観光地における観光客の目的地や経路を明らかにしてきた。これまで、ゲレンデ行動に関する研究は行われていない。スキーヤーは滑走を楽しむものである。そのようなスキーヤーの行動を理解するためには、どのコースがよく利用されたかや、どの経路を用いて移動したかだけでなく(コース間行動と呼ぶ)、そ

こをどのように滑走したか、つまり移動そのもの（コース内行動と呼ぶ）を把握する必要がある。

近年、スマートフォンに付属する GPS を用いた位置情報サービスが普及してきている。ソーシャルメディアを介して共有されたジオタグ付き写真やショートメッセージなどを用いた観光周遊行動の把握に関する研究も進んでいる(相, 2014)。今後、GPS による行動データの増加が期待されるが、可視化手法を含め、取得された位置情報から価値ある情報を取り出す方法については、まだ研究の余地がある(矢部ほか, 2010)。

本研究では、スキー場におけるスキーヤーの行動把握への GPS の応用を目的とし、ゲレンデ行動を、コース間行動・コース内行動の 2 点から分析する枠組みを提示し、試行した。

3.2. 方法

3.2.1. 対象地の概要

北海道の中央部に位置する星野リゾート・トマム（北緯 43.0678 度、東経 142.6188 度）を対象地とした（図 1）。トマムスキー場は全 29 コース、総滑走距離 21.5 km、コース総面積は 145ha であり、国内の大規模スキー場のひとつである(星野リゾート・トマム, 2017)。2004～05 年のシーズンには、バックカントリースキーへの市場ニーズをいち早くとらえ上級者にコース外滑走を許可するサービス「冬山解放宣言」を開始した。調査を行った 2012 年には、全 15 コース(上級 4、中級 7、初級 4 コース)、コース総滑走距離は 19.1km であった。2013 年後半にはコースやリフトを改修した。スキー場は、トマム山（以降、トマム山側）および、その東側の山頂（以降、ホテル側）を中心に設計されている。スキー場内のスキーヤーの行動把握はリフト係によるリフト乗車数のカウントだけである。コースには、それぞれ上、中、初級といった表示がされている。

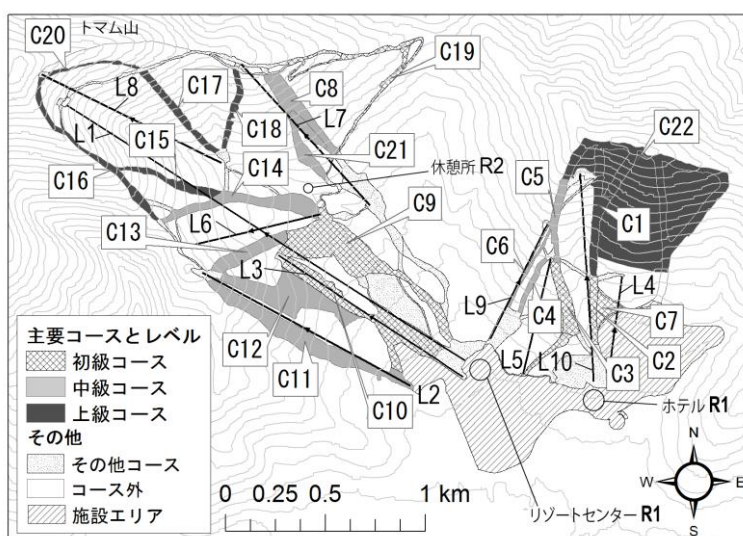


図 1 対象地の概要

主要コース、リフト・ゴンドラは番号で表示

3.2.2. GPS データの取得と処理

本研究では GPS ロガーを用いてスキーヤーの行動を記録した。GPS ロガーは、高速から低速まで幅があるスキーヤーの移動に対応した高頻度計測や、低温環境のもとでのバッテリーの持続性に利点がある(原ほか, 2012)。また、小型、軽量なので調査対象者への負担が小さく、また、液晶スクリーンがなく行動記録を閲覧することができないことから、行動に影響を与えることが少ない(矢部ほか, 2010)。配布した GPS ロガーは回収が必要であり、入口と出口が明確な場所での利用に適している(矢部ほか, 2010)。スキー場は入口と出口が決まっており、その条件に合致している。本研究で用いた GPS ロガーは、Transystem 社の 747pro および pros であり (DGPS 測位時水平誤差 2.5mDRMS) (Transystem Inc., 2010)、測位間隔は 1 秒とした。

2012 年 1 月～3 月のうち 14 日間 (1 月 5 日間、2 月 6 日間、3 月 3 日間)、トマムスキー場に訪れたスキーヤーに対して GPS ロガーを無作為に配布し、合計 109 名から行動ログを取得した。できるだけ GPS 衛星の受信環境が良くなるように腕のポケット等にいらしてもらうように依頼した。

トマムスキー場には主にホテル、リゾートセンターの 2 か所の入口兼出口があり、両方で GPS ロガーの配布と回収を行った。配布時に、スキーヤーから終了のおおよその時間と場所を聞き、それに従って回収したが、行動を制限しないように、ホテルカウンターやチケット売り場でも回収し、自由に継続、終了できるようにした。

行動ログは回収後、地図化して目視で確認した。スキー滑走やリフト乗車時に衛星の未捕捉による著しい位置精度の低下や欠損が認められたものは除外した。最終的に 91 名分のデータを使用した(図 2)。対象者の年齢は、10～80 歳代までの範囲であり、20 (23 名)、30 (24 名)、40 歳代 (14 名) が多く、次いで 60 歳代 (12 名) が多かった。性別は、男性が 65 名、女性が 26 名、スキー、スノーボードはそれぞれ 54 名、37 名だった。

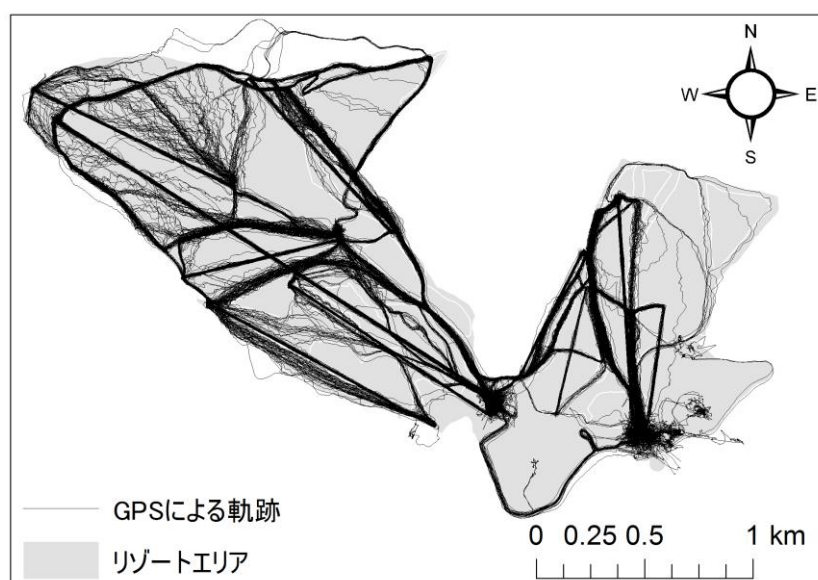


図 2 使用した 91 名分の行動記録

移動場所や行動の遷移を把握する手法として GPS で取得された行動ログに対して場所でラベリングする手法が多く用いられている(長尾ほか, 2005; 原ほか, 2012; 矢部ほか, 2010)。スキー場はコース名やリフト番号等によって場所が管理されていることから本研究でもこの手法を用いた。ただし、スキーヤーがリフト下を滑走する際には、行動は、滑走とリフト・ゴンドラ乗車で異なるが、行われる位置は同じになってしまう。そのため、場所だけでなく、行動についてもラベリングを行った(表 1)。スキー場における行動は、主に滑走、リフト・ゴンドラ乗車、休憩、登坂に大別でき、それぞれ標高の変化や場所、進行方向が異なる。滑走はコース内での停止や下降行動であり、基本的に経過時間に伴い標高は減少する。リフト・ゴンドラ乗車はその逆となる。休憩は基本的に同一地点での行動であり標高の変化は少ない(水平行動)。登坂は、上昇行動であるが、ゴンドラやリフトとは異なる場所で行われる。本研究ではこのような違いに注目して行動をラベリングした。

表 1 行動ラベリングの条件

種類	条件		
	変化点間の標高差	場所	進行方向
滑走	下降(-2m 以下)または水平移動(±2m 以内)	施設エリア外	
リフト ゴンドラ 乗車	上昇(+2m 以上)	リフト・ゴンドラ架線から 25m 以内かつ施設エリア外	進行方向が、リフト・ゴンドラの進行方向から±60° 以内
休憩	上昇または下降または水平移動	休憩施設内	
登坂	上昇(+2m 以上)	リフト・ゴンドラ架線から 25m 外かつ施設エリア外	進行方向が、リフト・ゴンドラの進行方向から±60° 外

標高の変化は、経過時間に伴う標高の変化点を自動抽出して把握した。一般的に知られているように GPS の高さ精度は、水平精度と比較すると低いため、本研究では、国土地理院が公開している基盤地図情報数値標高モデル 10m メッシュの標高値を、GPS の計測点に対して新たに付与して用いた。変化点間の高低差が+2m 以上であれば上昇、-2m 以下であれば下降、±2m 以内を水平行動とした。変化点の抽出には、統計ソフト R (<https://www.r-project.org/>) の quantmod、change point パッケージを用いた。上昇行動については、リフト・ゴンドラ乗車と登坂行動を区別するために、リフト・ゴンドラの架線から 25m 以内の範囲に含まれ、かつ進行方向がリフト・ゴンドラの進行方向から±60 度以内に含まれる上昇行動点をリフト・ゴンドラ乗車とし、それ以外を登坂行動とした。前者にはリフト・ゴンドラ乗車を表す ID とリフト・ゴンドラ番号を付与し、後者には登坂を表す ID とコース等を示す場所番号を付与した。下降行動については、休憩所等の施設エリア以外については滑走していたとみなし、滑走を表す ID と場所番号を付与した。水平行動は、休憩施設内と休憩施設外に大別して行動を判断した。前者については、施設内での休憩を表す ID と場所番号を付与した。休憩施設外については滑走の一部とみなし、滑走を表す ID と場所の番号を付与した。休憩施設内での行動は、基本的に水平行動であるが、建物内で電波の受信状態が

悪いことや階段等による上昇、下降行動もあることから、休憩施設内での行動は上昇、下降も含めて休憩とした。

3.2.3. アンケート調査

GPS ロガー配布時に、対象者にアンケートを行い、年齢、性別等の基本属性と滑走用具の種類、技術レベル等を調査した。対象者の技術レベルを正確に把握するために、どのような斜面を滑ることができるかを6段階の基準で自己判断してもらい、一般的に用いられている上級、中級、初級の3段階にまとめた。分析対象者91名は、初級者(15名)中級者(37名)、上級者(39名)となった。

3.2.4. 分析方法

分析に際し、コース間行動を、リフト・ゴンドラ、コース、休憩施設等の選択行動とし、コース内行動を、始点から終点までの最大傾斜線方向の滑走の様子として単純化した。

最初に、コース間とコース内の2点から、スキーヤー個人および集団(スキー場全体)の選択行動や滑走の特徴を分析した。次に、集団に注目し、スキーヤーの技術レベルおよびスキー場が設定したコースレベルを加えて、技術レベル別スキーヤーの行動の特徴や、スキー場のコースの利用状況を分析した(表2)。

対象者の代表性を確認するために、GPSで計測されたリフト乗車数と、調査日と同日に星野リゾート・トマムが集計したリフト・ゴンドラの輸送実績と比較した。また、スキーヤーとスノーボーダーのコース選択の違いを確認するために、スキーヤーとスノーボーダーの各コースの利用回数、平均スピード、平均停止時間割合(コース滞在時間に対する割合)を比較した。2km/hより速い点を滑走とし、それ以下を停止とした。対象者毎の平均スピード、平均停止時間割合は、それぞれの利用したコース毎に集計して平均した。

コース間行動については、付与したラベリング情報に基づいて対象者全体および個人の行動遷移を、地図上に選択頻度で示した。個人については上記に加え、リフト・ゴンドラ乗車、スキー滑走、休憩の選択履歴を時系列で示した。コース内行動については、対象とするコースの中心線に沿った移動距離とそこまでの経過時間の関係で示した。また、星野リゾート・トマムが作成した同年の事故位置図から事故の位置をプロットし比較した。

スキーヤーの技術レベル毎の行動の特徴を分析するために、選択コース数と総コース利用回数の比較と、平均スピードと平均停止時間割合の比較を行った。また、コースの利用状況を分析するために、コースレベルとそこを利用したスキーヤーの技術レベルを比較した。最後に、同じレベルの2つのコースを例として、コース内行動の比較を行った。

表 2 分析のフレームワーク

	個人		集団	
	行動要素	データ	行動要素	データ
コース間 行動	個人の選択行動の特徴 ・選択数(選択の多様さ) ・選択順(時系列変化) ・滞在時間(コース、リフト・ゴンドラ、休憩)	GPS ログ	スキー場全体の選択行動 ・選択数(選択の多様さ) ・合流と分流の様子	GPS ログ
			分岐点における次コースの選択確率 ・ルート(コースのつながり)	GPS ログ
			技術レベル別スキーヤーの行動の特徴	GPS ログ+ 技術レベル
			技術レベル別スキーヤーと 該当コースレベルの利用状況	GPS ログ+ 技術レベル、 コースレベル
コース内 行動	個人の滑走の特徴 ・スピードと変化 ・停止箇所と時間 ・終了場所とコース通過時間	GPS ログ	コースの利用状況(滑走と停止) ・通過のスムーズさ(混雑具合) ・上記と傾斜や合流・分流地点の関係	GPS ログ+ 事故位置(検証用)
			コース利用状況からみるコースレベル	GPS ログ+ コースレベル

3.3. 結果

3.3.1. サンプルの代表性および、スキーヤーとスノーボーダーの違いの確認

GPS によるリフト乗車数の集計結果と、星野リゾート・トマムが集計した輸送実績を比較した結果、輸送実績は GPS 計測で説明できており ($R^2=0.87$)、本研究の分析対象者は概ね、代表性のあるサンプルであると確認された。

スキーヤーとスノーボーダーの各コースの利用回数には強い正の相関 ($R^2=0.88$) があった。また、平均滑走スピードおよび平均停止時間割合についても、両者に有意な差は見られなかった (P 値は、それぞれ 0.10、0.16)。

3.3.2. GPS データによるスキーヤーの行動把握

分析対象者のコース間行動を可視化することにより、ある地点におけるスキーヤーのコースの選択確率を明らかにできる (図 3)。以降、具体的なコースやリフトについては、コースを C+コース番号、リフトを L+リフト番号として記載する。なお、リフトは乗降場を明示的にする場合には、さらに乗(降)を付ける。例えば、リフト・ゴンドラ乗車数がトマムで最も多かった L10 からは、ほとんどが C5 を利用し、C1 や C22 を利用は少なかった。また、2 番目に利用が多かった L1 からは、主に C16、C17、C18、C19 を利用し、中でも C16 を利用するスキーヤーが多かった。このような選択確率の高いコースをつなげることによって、スキーヤーによってよく利用されるルートを把握できる。

例えば、山頂から山麓までのルートを見てみると、L10 降→C5→C3(C2)→L10 乗や L1 降→C16→C14→C9→L1 乗がよく利用されているルートであった。スキーヤーは

分岐点に差し掛かると次のコースやリフトを選択する。その結果起こる合流や分流についても明らかにできる。例えば、C14には、C16やL6降、C17、C18等からの合流があり、特に、C16やL6降からの合流がC14への主な流れであった。その上流となるC16では、L8乗やC15、C17への分流があり、C14への移動が少なくなっていた。なお、C16→C17は「冬山解放宣言」の利用を示すコース外滑走である。

上級レベルの2名のスキーヤーを例として、個人の詳細なコース間行動を時系列および空間遷移の形で可視化した(図4)。時系列より、ある時点からのリフト・ゴンドラ、コース、休憩場について、選択の順番とそれぞれの行動の経過時間が把握できる。スキーヤーAは、9:40頃にL10からスキーを開始し、多くのスキーヤーが利用していたC5ではなく、C1を最初に選択し、2回目のL10降車後はC1を繰り返さずC5を選択していた。C1→L10乗は5分間程度を要していたが、次のC5→L5乗までの滑走は、前の移動よりも標高差は大きかったにもかかわらず3分間程度と短く、C1の滑走がC5よりも時間がかかっていたことが把握できた。

このような情報から、スキーヤー毎の行動の違いも把握できる。スキーヤーA、Bについて、リフト・ゴンドラの総乗車回数はともに16回、ゲレンデ滞在時間は、それぞれ4.1時間、5.2時間だった。スキーヤーAは、スキーヤーBよりもゲレンデ滞在時間は短かったが、行動範囲は、トナム山側、ホテル側の両方を滑走する等、スキーヤーBより広がった。スキーヤーBは、スキーヤーAよりも、休憩時間(それぞれ0.7、1.1時間)は短く、滑走(それぞれ2.1、1.3時間)に時間を使っていた(図4)。

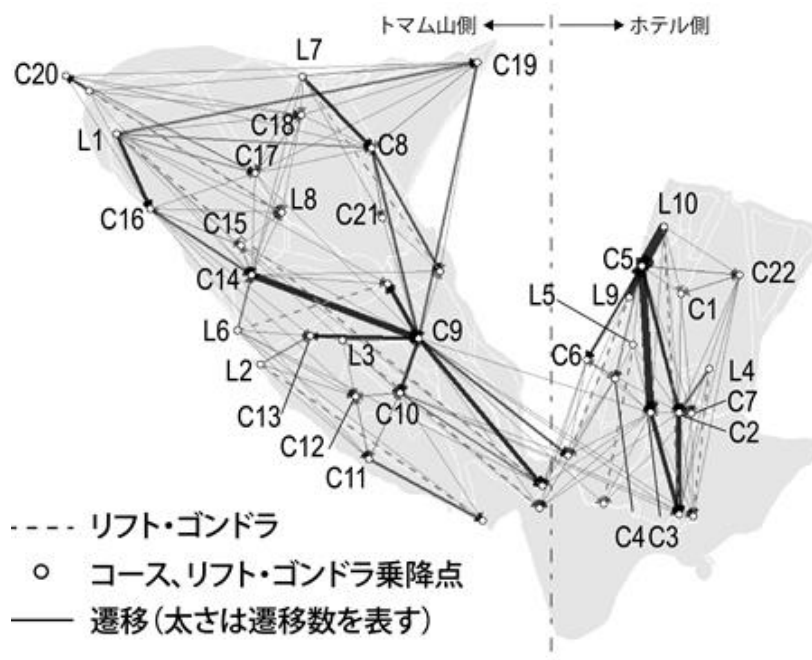


図3 対象者全体のコース間行動

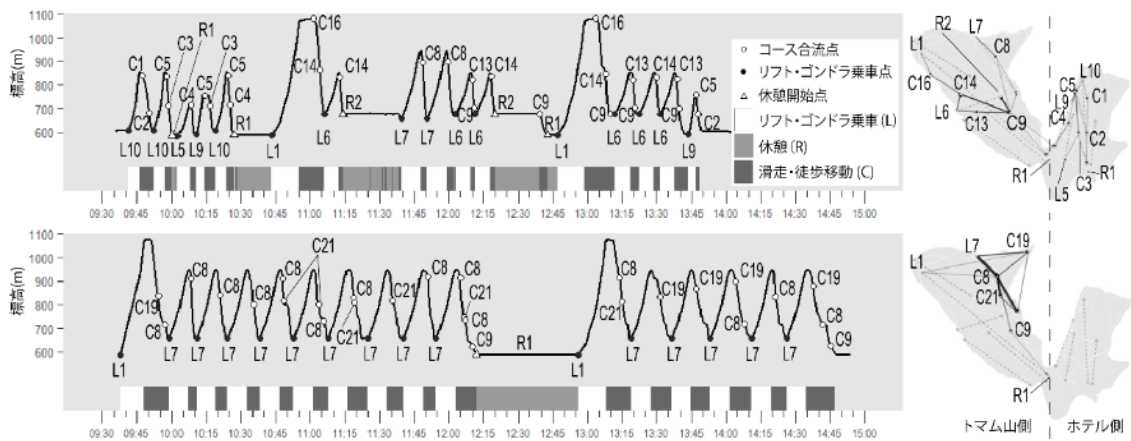


図 4 スキーヤーの一日の行動

(上：スキーヤーA (スキー)、下：スキーヤーB (スノーボード))

スキーヤー毎の行動の特徴を把握し比較した。例えば、スキーヤーAは、トマム山側では頻りにL6からC13、C14を滑走していた。R2での2回の休憩後には、L7 (11:40頃)、L1 (12:45頃)から他のコースを滑走し、行動の変化がみられた。ホテル側では網羅的なコース選択をしていたことを考慮すると、スキーヤーAは探索的な行動をしつつ、気に入ったコース(C13、C14)を繰り返し楽しむ行動をとっていたと推測できた。また、休憩は、新しい行動への転換点となっていたとも考えられる。スキーヤーAと対照的に、スキーヤーBの選択はL7やC8、C19、C21に集中していた。さらにその様子を見つと、C8を14回滑走したうち、L7降やC19、C21の他に、4回(10:20、10:35、11:20、14:20)、L7降からコース外を滑走し、830m付近で合流していた。このように、スキーヤーBは、同じリフトを繰り返し利用しコース選択数も少ないが、実際はコース外滑走を含め多様な行動をしたことが示された。スキーヤーAにはこのような行動はみられなかった。

次に、コース内行動を、多くのスキーヤーが利用していたC5について可視化した。個々のスキーヤーのコース始点からの距離と経過時間の関係によって、このコースを利用したスキーヤーの行動を俯瞰的に見ることができる(図5)。一本一本は、各スキーヤーが、C5に入って時点(経過時間0秒)から、出るまで(●で示された時間)を示しており、コース内で滑走したり(左下から右上の線)、停止したり(垂直の線)する様子が示されている。

例えば、通過に809秒かかったスキーヤーは、途中240m付近まで低速で滑走し、約200秒(525~725秒付近)停止後、速度を上げて滑走した。ほとんどのスキーヤーのこのコースの通過時間は200秒以内であった。線毎の傾きは、それぞれの滑走速度を表し、様々な値をとっていた。25~50m付近や225~250m付近等では停止が多く見られた。さらに、傾斜角や合流地点等の情報を加えることで、行動の理由を推測できる。25~50m付近は、L10からの合流地点かつC5のスタート地点であり、225~250m付近はL9の降車地点である。分流地点は線分の最後に点で示されており、250、350、425m地点付近において、C6やC2~4への分流がみられた。停止はコー

ス始点から 250m までに比較的多く見られ、この区間は傾斜が急であったためと推測できる。

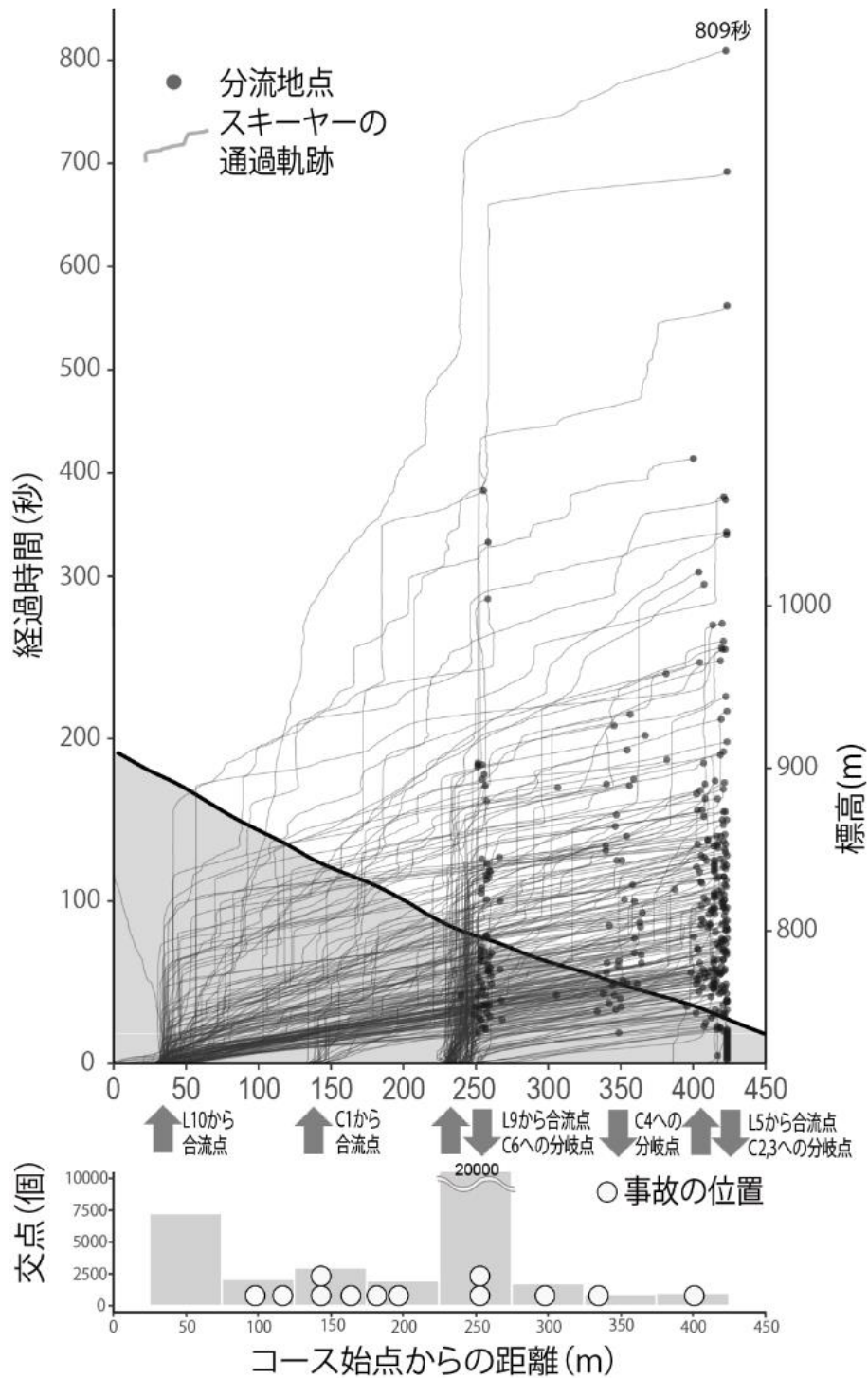


図5 C5におけるコース内行動の可視化
標高は、コース中心線の標高。

3.3.3. スキーヤーの行動の詳細分析

GPS データと、スキーヤーの技術レベル情報を用いて、スキーヤーの技術レベル毎の行動の特徴を示した。個々のスキーヤーについては、総滑走回数が多いが、選択したコースは少なく、選択したコースを繰り返し利用したと考えられるスキーヤーや、総滑走回数は選択したコース数程度であり、コースをあまり繰り返すことなく滑走したスキーヤー等が見られた（図 6）。しかし、全体として、技術レベルによる明確な差は分布に見られず、特に中級と上級者は混在していた。各技術レベル内でも、分布は分散していた。また、平均スピードと平均休憩時間割合を比較すると、平均スピードは速いが、平均停止時間割合が大きいスキーヤーや、逆に、平均スピードは遅いが、平均停止時間割合は小さいスキーヤー等が見られた（図 7）。しかし、全体として、技術レベルによる明確な差は分布に見られず、特に中級と上級者は混在していた。各技術レベル内でも、分布は分散していた。休憩時間に注目して対象者全体の滞在時間の使い方の特徴を示した。滞在時間に対する休憩時間の割合は、中級者が比較的高かった（20～30%）が、概ね 15 から 30% 程度の間でバラつきがあった（図 8）。このバラつきに、技術レベルによる差は見られなかった（P 値=0.47）。

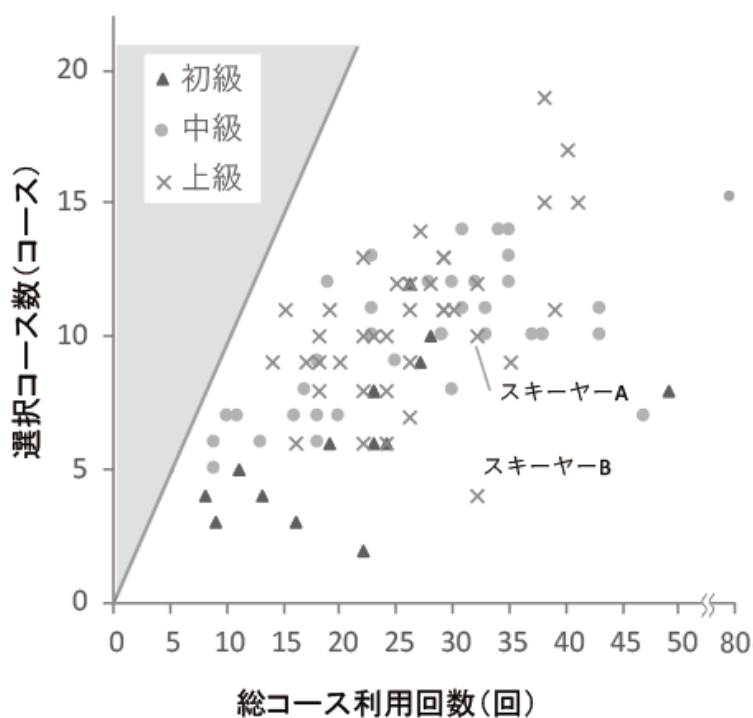


図 6 スキーヤーの選好コース数と総コース利用回数の比較

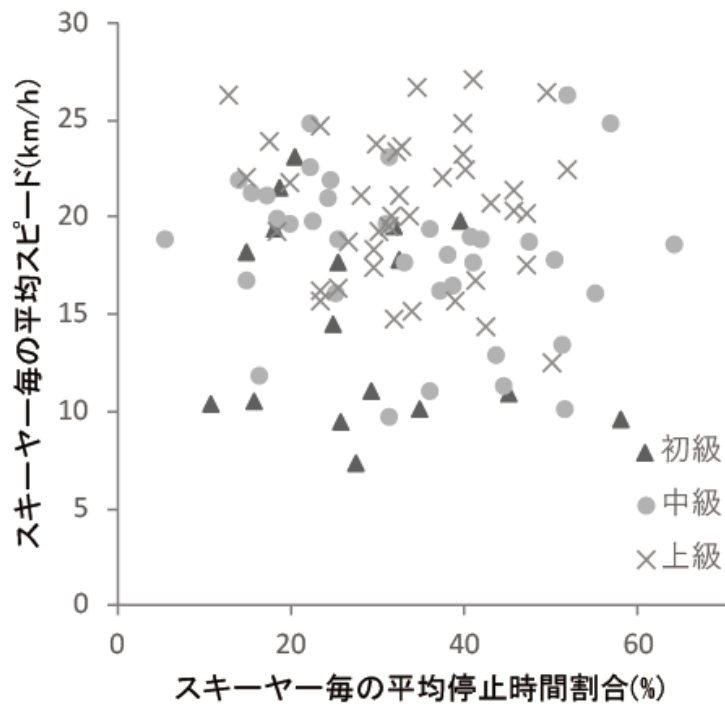


図 7 スキーヤー毎の平均スピードと平均停止時間割合の比較

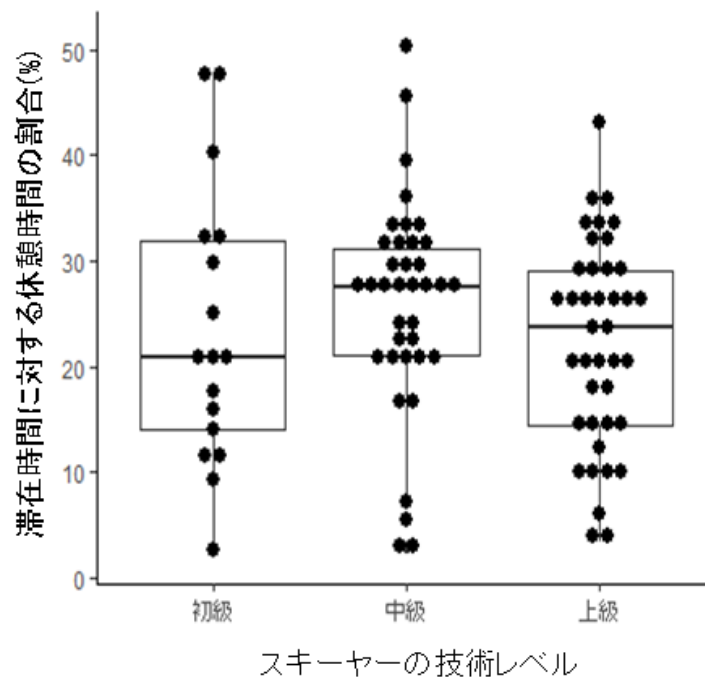


図 8 滞在時間に対する休憩時間の割合

3.3.4. スキー場の利用状況の詳細分析

GPS データと、スキー場によって設定されたコースレベルおよび、そのコースを利用したスキーヤーの技術レベルの情報を用いて、利用状況を示した（表 3）。技術レベルによって、選択するコースレベルは異なっていた（ $\chi^2=155.4402$ 、自由度=4、P 値<0.001）。コース毎の初級者・中級者・上級者の利用割合(%)を見ると、上級者は上級コース・中級コース・初級コースの順に利用しており(初級者はその逆)、技術レベルとコースレベルの選択傾向はある程度一致していた。しかし、それぞれの技術レベル以上のコースの利用も確認された。例えば、中級者の利用回数が多い上級コースは C1 と C16、初級者の利用回数の多い中級コースは C5 であった。初級者による上級コースの利用は少なかった。すべての技術レベルで多く用いられていたのは、C5（中級コース）と C9（初級コース）であった。また、いくつかのコースでは、コースレベルと、技術レベルに基づくスキーヤーの利用割合に差異がみられた。例えば、C1(上級コース)では、中級者（52.5%）の利用割合が上級者（47.5%）よりも高く、C8 や C21(ともに中級コース)は、上級者（それぞれ 56.9、77.8%）の利用割合が中級者（同 35.9、16.7%）よりも高かった。コース毎の平均停止時間割合は、初級、中級、上級コースとなるにつれて、高くなったが、中級コースでは、C4 や C14 等初級コースの平均と同程度のコースや、逆に、C5 や C8 のように上級コースの平均と同程度のコースもあった。特に C21 は、上級コースである C22 と並び、平均停止時間の割合が最も高いコースであった。

表 3 コースレベルと利用したスキーヤー

コース レベル	コース 番号	斜度(度)		平均停止 時間割合 (%)	スキーヤーの技術レベル			回数(%)	合計
		平均	最大		初級	中級	上級		
初級	C2	7	9	21.1	43 (23.2)	93 (50.3)	49 (26.5)	185	
	C3	13	17	25.0	30 (17.4)	105 (61.0)	37 (21.5)	172	
	C9	5	7	29.1	69 (16.7)	173 (42.0)	170 (41.3)	412	
	C7	12	15	28.8	0 (0.0)	12 (75.0)	4 (25.0)	16	
	C10	4	20	23.5	19 (15.1)	55 (43.7)	52 (41.3)	126	
	C19	4	10	22.0	38 (40.9)	21 (22.6)	34 (36.6)	93	
全初級コース				24.9	199 (19.8)	459 (45.7)	346 (34.5)	1,004	
中級	C4	15	23	25.9	13 (23.2)	19 (33.9)	24 (42.9)	56	
	C5	18	26	39.6	59 (16.5)	191 (53.5)	107 (30.0)	357	
	C6	15	23	31.9	11 (15.1)	35 (47.9)	27 (37.0)	73	
	C8	15	28	45.6	11 (7.2)	55 (35.9)	87 (56.9)	153	
	C11	18	28	27.3	6 (8.6)	34 (48.6)	30 (42.9)	70	
	C12	18	28	28.9	1 (3.6)	17 (60.7)	10 (35.7)	28	
	C13	12	25	28.8	12 (14.1)	38 (44.7)	35 (41.2)	85	
	C14	15	25	26.2	4 (2.2)	80 (43.7)	99 (54.1)	183	
	C21	15	21	57.5	1 (5.6)	3 (16.7)	14 (77.8)	18	
全中級コース				34.6	118 (11.5)	472 (46.1)	433 (42.3)	1,023	
上級	C1	16	20	28.6	0 (0.0)	21 (52.5)	19 (47.5)	40	
	C15	20	25	38.6	0 (0.0)	6 (20.7)	23 (79.3)	29	
	C16	20	32	35.9	2 (1.8)	51 (46.4)	57 (51.8)	110	
	C17	26	35	41.1	1 (1.5)	12 (17.6)	55 (80.9)	68	
	C18	22	30	42.5	0 (0.0)	4 (13.8)	25 (86.2)	29	
	C20	10	18	36.2	1 (1.5)	13 (20.0)	51 (78.5)	65	
	C22	21	26	57.5	0 (0.0)	6 (33.3)	12 (66.7)	18	
全上級コース				40.1	4 (1.1)	113 (31.5)	242 (67.4)	359	
全コース				33.2	321 (13.5)	1,044 (43.8)	1,021 (42.8)	2,386	

コース内行動を見ることにより、既存の平均斜度・最大斜度（表 3）よりも詳細なコース毎の特徴を見ることが出来る。例えば、同じ中級コースとして、上級者の利用割合が中級者よりも高かった C8 とそうでない C11 を比較する(図 9)。C8 では随所に停止がみられる一方、C11 ではあまりみられなかった(傾斜が異なることによる)。平均停止時間割合も C8 は大きかった。これらのことから、C8 の方が難易度の高いコースであり、上級者の利用の割合が高くなっていると推測できた。

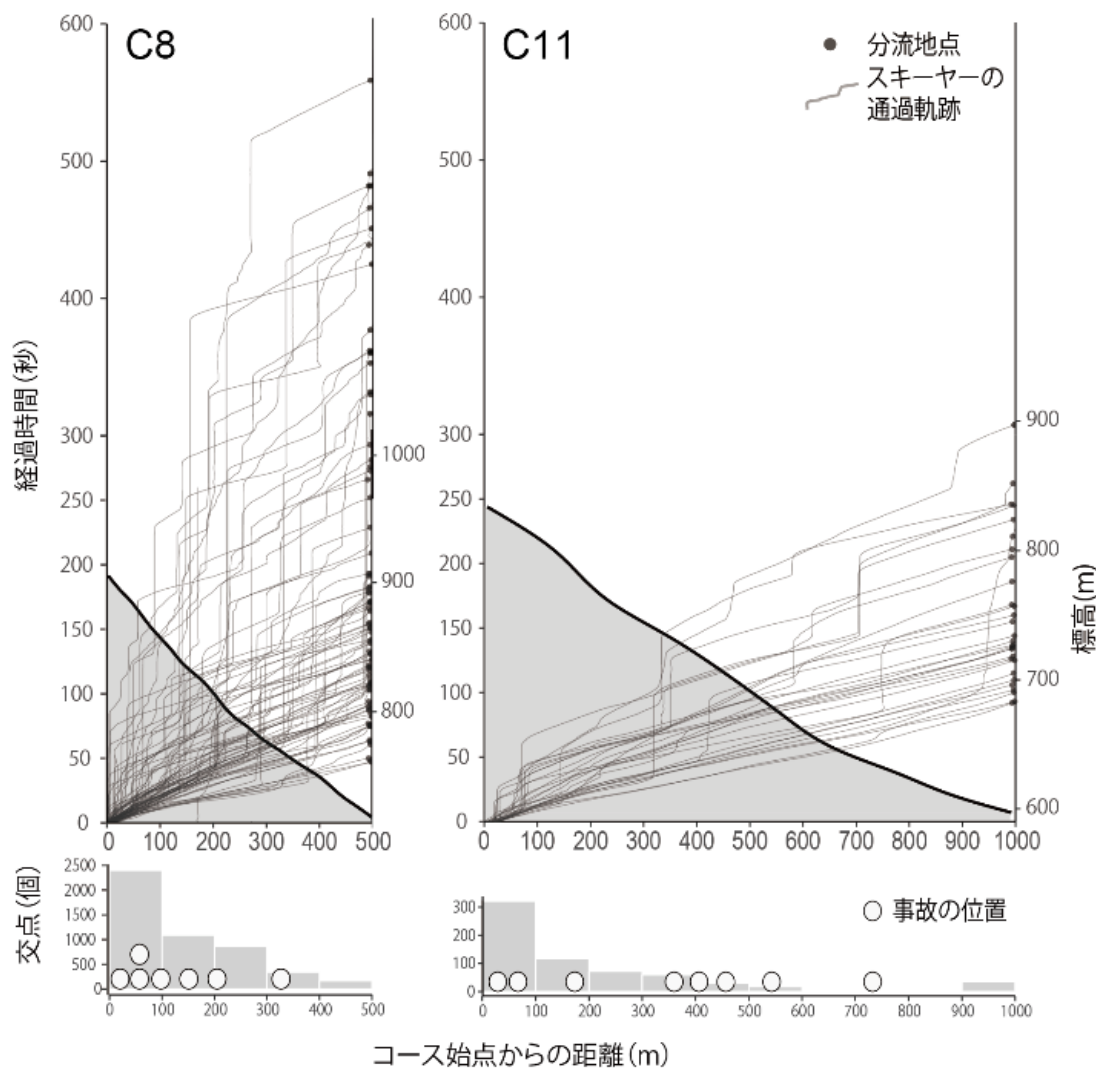


図 9 コース内行動のコース間比較
標高は、コース中心線の標高

3.3.5. コース内行動と事故発生場所

コース内行動において、線分の交差数と、事故位置を比較する（図 5、図 9）。C5、C8、C10 において、コーススタート地点付近では、交差数が多く、C5 では、合

流地点付近でも交差数が多くなっていた。C5では、コーススタート地点付近では、事故が起きていなかったが、C8、C11では発生していた。また、C5においては、合流地点での事故が確認された。これらのコースにおいて、交差数と事故件数は、明らかな関係はみられなかったが、調和的であった。

3.4. 考察

スキー場では、一般的に初級、中級、上級といった技術レベルに基づいてコースを管理しており、これはスキーヤーを技術レベルに基づいて把握していることと同義である。しかし、同じ技術レベルでも、多くのコースを滑るスキーヤーもいれば、いくつかのコースを集中して滑るスキーヤーもいた(図4)。3.2で示したスキーヤーBのように、コースへの進入地点の標高にも注目すると、少ないコースの中でも、コース外滑走によって多様な行動をしていることも見てとれた。さらに、コース内行動では、停止することなく一気に滑り降りるスキーヤーや何度も停止をしながら滑り降りるスキーヤー、速度の速いスキーヤーや遅いスキーヤーも見られた(図5、9)。スキーヤーの技術レベル毎の行動の特徴を確認したところ、一般的な技術レベル以上に多様であることがわかった(図6、7)。もちろん、滑走方法だけではない。休憩は、1回だけか複数回か、時間は長いのか短いのか、その目的は何か等を含めると、滞在する時間をどのように使っていくのかという滞在スタイルについても、一般的な技術レベル以上に多様さがあると考えられる(図8)。

スキーヤーの集団の行動に注目してコースを見てみる。コース内行動においては、平行な線が多い場所は、同じようなスピードで滑走するスキーヤーが多いことを意味し、コース内の流れはスムーズであると考えられる。逆に、停止を表す垂直な線も含め、傾きの違う2本の線が交差することが多い場所はスピードの速いスキーヤーがスピードの遅い、もしくは停止しているスキーヤーを追い越す可能性が高いと考えられる。すなわち、スムーズに流れやすい場所や追い越しが起りやすい場所は、ひとつのコース中に点在し(図5)、その様子は、同じレベルのコースでも大きく異なることがあることがわかった(図9)。

交差数については、コーススタート地点においては、停止が多く交差数が多くなったと考えられる。C5では、スタート地点において事故が発生していなかったが、C8、C11では発生していた。これは、C5のスタート地点が、L10からしかアクセスがなく、全員がほぼ停止した状態から滑走を開始することに対して、C8、C11は他のコースからの合流地点となっているためと考えられる。C5においても交差が多くなる合流地点で事故が発生していた。今回、用いた事故の発生記録は、件数が少なかったため、交差数と事故発生場所の関係を明らかにできなかった。しかし、両者は、調和的な関係を示していたことから、例えば、事故の可能性の高い場所の抽出といった既存の事故記録を補足するような使用に向けて、今後、検討する余地がある。

コース間行動において、利用頻度が高いコースを結んでいくことにより、一連のルートが見えてくる(図3)。特に、特定のコース(C5、C9)は、スキーヤーにとって、中級コースや初級コースとして滑ることだけでなく、ルートの一部として、他のコース

やリフト・ゴンドラへの移動にも利用されており、技術レベルに関わらず多くのスキーヤーが利用することになったと考えられる(表 3)。

スキーヤーの行動からコースをみると、そのコースにおいてスキーヤーがどのような滑走をする可能性があるのか、また、滑走そのもの以外にも、他の場所への移動といったコースの役割も見てとれる。コースにおいても、平均斜度や最大斜度といった地形要因を主とした既存の初級、中級、上級のレベル設定以上の多様さがあることを示すものである。

ここまで、対象としたスキーヤーの行動に基づく考察をしてきた。対象としたスキーヤーのリフト・ゴンドラ乗車数と、星野リゾート・トマムによって記録されたリフト・ゴンドラの乗車数はほぼ一致するため、この考察はスキーヤー全体にも当てはまるものと思われる。本研究では、コース内行動として、最大傾斜方向の移動を対象にしたが、コース水平方向の移動を含めたコース内行動の特徴把握は、課題として残っている。

スマートフォンの GPS を用いた行動記録アプリケーションの利用は、主に個人レベルで進んでおり、スキーヤーの行動記録のアプリケーションも公開されている。スマートフォンにより、スキーヤーの行動記録をより簡単に取得できるようになるが、高齢者や子どもなど、スマートフォンの利用が少ない層や、上級者や中級者に比べて行動の記録を積極的には共有したがるしない初級者(Dickson ほか、2011)のような存在にも留意せねばならない。分析する際には、スキー場によって記録されたリフト・ゴンドラの乗車数を用いて、代表性を確かめることが望ましい。

冬季は、広葉樹は落葉し、コース外でも開けた場所を多く滑走するため、針葉樹林で樹冠が閉じている場所を除き、スキー場内の衛星の取得状況は良い。ただし、スキーヤーによる GPS の付帯場所やゴンドラ等屋根がある場所、衛星の少ない時間帯は位置精度が低下する。その際は、GPS の水平精度の誤差を考慮してラベリングする必要がある。また、異なる行動である滑走とリフト・ゴンドラ乗車が、同じ水平位置になることがある。位置とともに行動の区分を加えたラベリングにより、ラベリングのロバスト性が向上することが示せた。

なお、この方法でも、位置精度が著しく低い場合にはラベリングが難しく、本研究でも 18 名分のデータが使用できなかった。この点については、今後の準天頂衛星の運用拡大による位置精度の向上が望まれる。

3.5. 結論

スキーヤーの GPS データに対して、場所と行動をラベリングし、コース間行動およびコース内行動の 2 つの視点から、ゲレンデ行動を分析する枠組みを提示した。この枠組みを用いることによって、IC タグシステムも含めたリフト乗車数のカウントでは明らかにできなかった詳細な行動が把握できるようになった。スキーヤーの行動やコースは、一般的に用いられている初級、中級、上級という技術レベルに基づいた区分以上に、多様なものであることが明らかになった。

多様なスキーヤーの行動に対応するためには、多様なコースを活用したサービスを提供することがスキー場には望まれる。例えば、注目するコースに対して、一連のル

ートに対する役割の把握や、快適ではない箇所の改善を行ったり、個々のスキーヤーの滑走の好みにあったコース整備を行ったりするなど、きめ細やかさが求められる。本研究で示したスキーヤーの行動分析の枠組みは、スキーヤーの行動の多様性を把握し、それに基づいたサービスを提供していくことに貢献する。

冒頭で示したように、外国人観光客の増加や投資の増加等により、スキー場運営には変化が求められている。また、スマートフォンの普及により、GPSの利用が身近なものとなり、様々な分野でビッグデータとしての活用が期待されている。今回用いたスキーヤーの技術レベル以外に、例えば、雪に馴染みがある地域に住んでいるかどうかや、好みの斜面等、スキーヤーから得られる属性は様々あり、多様なスキーヤーの行動に対する洞察を深める余地がある。今回示したスキーヤーの行動分析の枠組みが、スノーリゾート管理へのGPSの応用研究に貢献し、データに基づいてスキーヤーのニーズを的確にとらえたスノーリゾート管理に貢献することを期待する。

3.6. 参考文献

- 相尚寿, 2014. 観光研究への位置情報ビッグデータ展開の可能性. 観光科学研究, 7, 11–19.
- 奥野祐介・深田秀実・大津晶, 2012. GIS を用いたカーネル密度推定による観光歩行行動分析手法の提案と実践からの知見. デジタルプラクティス, 3, 297–304.
- 呉羽正昭, 1999. 日本におけるスキー場開発の進展と農山村地域の変容. 日本生態学会誌, 49, 269–275.
- 長尾光悦・川村秀憲・山本雅人・大内東, 2005. GPS ログからの周遊型観光行動情報の抽出. 情報処理学会研究報告知能と複雑系(ICS), 78, 23–28.
- 日本経済新聞, 2016. 道内スキー場, リフトや飲食店に積極投資 訪日客増加が追い風. [WWW Document]. URL <http://www.nikkei.com/article/DGXLZO03373840Y6A600C1L41000/>(accessed 2.9.17)
- 日本政府観光局 (JNTO) , 2017. 統計データ (訪日外国人・出国日本人) . [WWW Document]. URL http://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/visitor_trends/(accessed 2.9.17).
- 野村幸子・岸本達也, 2006. GPS・GIS を用いた鎌倉市における観光客の歩行行動調査とアクティビティの分析(第4部 学術論文, 情報化の視点からみた建築・都市のフロンティア). 総合論文誌, 4, 72–77.
- 原辰徳, 矢部直人, 青山和浩, 倉田陽平, 村山慶太, 大泉和也, 嶋田敏, 2012. サービス工学は観光立国に貢献できるか? -GPS ロガーを用いた訪日旅行者の行動調査とその活かし方-. デジタルプラクティス, 3, 262–271.
- 星野リゾート・トマム, 2017. 星野リゾート・トマム スキー場概要. [WWW Document]. URL <https://www.snowtomamu.jp/winter/ski/guide/map.php>(accessed 2.10.17).
- 矢部直人・有馬貴之・岡村祐・角野貴信, 2010. GPS を用いた観光行動調査の課題と分析手法の検討. 観光科学研究, 3, 17–30.
- Dickson, T.J., Terwiel, F.A., Waddington, G., Trathen, S.D., 2011. Evaluation of the use of a GPS data-logging device in a snowsport environment. Procedia Engineering, 13, 470-475.
- Dickson, T.J., Terwiel, F.A., Waddington, G.S., Trathen, S.D., 2012. Easiest routes and slow zones: How fast do I go?: Speeds and distances of recreational and expert snowsport participants. ASTM International, 9(4), 1-9.
- Dickson, T.J., Trathen, S.D., Waddington, G., 2015. Speeds of pediatric snowsport participants: insights for injury prevention strategies. Skiing Trauma and Safety, 20, 141–149.
- Hendrikx, J., Johnson, J., Shelly, C., 2016. Using GPS tracking to explore terrain preferences of heli-ski guides. Outdoor Recreation and Tourism, 13, 34-43.
- Miller, A.D., Vaske, J.J., Squires, J.R., Olson, L.E., Roberts, E.K., 2016. Does Zoning Winter Recreationists Reduce Recreation Conflict?. Environmental Management, 59(1), 50-67.
- Shen, L., Stopher, P.R., 2014. Review of GPS Travel Survey and GPS Data-Processing Methods. Transport Reviews, 34, 316-334.
- Transystem Inc., 2010. Transystem website. [WWW Document]. URL <http://www.transystem.com.tw/index.php>(accessed 3.3.17).
- Waddington, G., Dickson, T.J., Terwiel, F.A., Trathen, S.D., 2012. Self-perception of speed versus GPS recorded speeds in snow sports participants. Science and Medicine in Sport, 15, S157.

第4章 総括

4.1. まとめ

本研究では、2章で、対象地の理解として景観の価値評価を、3章で、対象者の行動の理解としてスキーヤーの行動把握を行った。

2章では、北海道の景観価値の分布を、ユーザー行動情報であるジオタグ付き写真を用いて、需要地、供給ポテンシャル地の2つの視点から可視化し、自然公園と重ね合わせて分析した。結果、需要地、供給ポテンシャル地ともに、自然公園に集中しており、特に国立公園に多いことがわかった。需要地の自然公園への集中から、自然公園が、「すぐれた自然の風景地の利用の増進を図る」という目的に調和的であることが分かった。また、供給ポテンシャル地の自然公園への集中は、需要地と同様の環境が、自然公園区域（特に、国立公園）として登録されていることを示すものであり、自然公園が、すぐれた自然の風景地を保護するという目的にも調和的であったと考えられる。また、供給ポテンシャル地の推定のため、需要地の環境要因を分析した結果、生物多様性の豊かさに関係する景観の複雑性や連続性に関する要因（地形の多様性、自然性等）の貢献度が50%程であった。このことから、需要地および供給ポテンシャル地は、生物多様性の豊かさにも関係すると考えられ、自然公園が、その目的に含まれる生物の多様性の確保についても、寄与していると考えられる。今回は、自然公園法の目的と、設定された自然公園の間に、ミスマッチがあるとは言えなかった。これは、管理に税金が用いられる自然公園について、説明責任を果たすことに資するものである。ただし、その集中の度合いは、国立公園が大きく、国定公園、道立公園は小さかった。また、自然公園毎に需要地および供給ポテンシャル地の割合は異なっており、自然公園における景観価値には、多様さがみられた。例えば、日高山脈・襟裳国定公園における需要地、供給ポテンシャル地の面積はともに、多くの道立公園のそれと同程度に小さかった。また、網走国定公園は、知床国立公園と同程度の面積であるが、需要地（全ランク）や供給ポテンシャル地の割合は、知床国立公園以上に高いといった自然公園の種別を超えた多様さもみられた。自然公園は、その目的に社会的な側面を含んでいる。生物多様性等の自然の保全と利用の両面から、それぞれの自然公園の特徴をさらに理解し、役割を考察する必要がある。

3章では、ゲレンデ行動の分析フレームワークを作成し、トマムスキー場でのスキーヤーの行動を分析した。GPS調査行動情報を用いて、コース内・コース間行動の可視化を行った後、スキーヤーの技術レベル・コースレベルの情報を加えて分析を行った結果、一般的に用いられている初級、中級、上級といった技術レベル以上に多様な滑走や滞在スタイルのスキーヤーが存在することがわかった。また、コースについても、連絡通路としての役割を持つコースや、同じレベルでもスキーヤーの滑走の特徴が異なるコースが存在し、平均傾斜や最大傾斜といった地形要因を主としたコースレベル以上の多様さがあることがわかった。技術レベル以上に多様な行動を行うスキーヤーが存在したことは、スキーヤーには、技術レベルだけでなく好みが存在し、技術レベルによるコース管理とミスマッチを起こしていたことを示すものである。つま

り、結果として、スキー場は、スキーヤーそのものを技術レベルのみで把握し、スキーヤーの好みを把握していなかったと言えるだろう。また、多様なコースが見られたことは、顧客に提供しているコースというサービスも、技術レベルでは十分に説明できていなかったことを示すものである。このことは、顧客に提供するサービスの理解が不十分であることを示しており、適切なサービス提供の検討の障壁となっていると考える。

上記の問題発見については、2章では自然公園法の目的（自然公園域）、3章ではスキー場管理における技術レベルに基づくコースやスキーヤーの管理（コースレベルおよび技術レベル）が、ミスマッチの有無の確認対象となった。（）内は問題の確認に用いられた情報である。1章で示した問題発見に関する研究事例においても、規制区域の順守（道路図と土地被覆図）、利用エリアのゾーニング（スキーヤーやスノーモービル等の利用適地）、あるべき機能（避難路における移動速度）、施策の目的（防犯対策や行動方針）という確認対象があった(奥野 and 橋本, 2015; 島田 et al., 2010; Haworth et al., 2013; Olson et al., 2017; Stamberger et al., 2018)。対象者や対象地の理解に関する研究では、明確な確認対象は存在しなかった。このような確認対象を定めることが、ミスマッチ等の問題発見の要点であったと考えられる。これは必ずしも、規制区域のような空間情報である必要はなく、2章の自然公園法の目的や、3章で示したようなスキー場管理の慣例のような非空間的情報であってもよかった。ただし、空間情報である自然公園区域を用いたり（2章）、対象者や対象地の属性としたり（3章）するなど、問題との関連付けを検討する必要がある。このような知見は、さらなる実証研究によって、今後も充実させる必要がある。

対象者や対象地の理解を深めることで、問題の発見と、その本質的な理解に貢献する。これには、探索的な分析が必要となることもあるだろう。矢部ほか（2010）は、有益な知見の発見に、探索的な分析手法が有効であるとした。探索的な分析には、探索を支える行動情報の可視化が必要となる。2章では、景観価値の可視化手法に地図化を選択した。これは、自然公園のような空間情報と、需要地および供給ポテンシャル地の重ね合わせを可能にするものである。そのため、例えば、太陽光パネル等の施設位置等、景観に関連する他の空間情報と重ね合わせることができ、対象地の理解を深めていくことに貢献する。3章では、集団として対象者の行動を要約する際に、個人の行動情報を保持し、集団の行動傾向と関連付けて可視化した。個人のコース間行動は、あるスキーヤーのスキー場での過ごし方を示すものであり、コース間の遷移図によって、集団のコース間行動と関連付けていた。コース内行動は、コース侵入時からの経過時間と滑走距離を用いることで、個人と集団の滑走の様子を同時に示した。このような可視化は、「この人はどんな気持ちで滑っていたのか」、「この人の滑走は、一般的なのか」等、顧客を探索的に理解することに貢献する。例えば、このような理解から顧客の詳細分類を行い、コース間・コース内行動を再確認することで、特定の顧客に対する問題点を発見できるかもしれない。すべての顧客に十分なサービスが提供されているのかという問いは、顧客の詳細分類に基づく問題発見の一例であろう。探索の視点を増やす可視化手法は、問題発見を支えるため、さらに充実させる必要がある。

行動情報の可視化は、視覚に直感的に訴えることで、関係者間のコミュニケーションを促すツールともなる(矢部ほか, 2010)。3章で対象としたスキーヤーの行動は、コース滑走経験の多いスキーパトロールやスタッフであれば、スキー場全域について、その特徴を把握できていた可能性は高い。また、何度も、そのスキー場に来場し、コース滑走経験が多いスキーヤーであれば、前述のスキーパトロールやスタッフと同様に把握できる可能性は高い。ただし、スキーヤーの行動については、リフト・ゴンドラの乗車実績以上の客観的なデータが存在せず、客観的に伝えることが困難な行動であった。通常、スキー場管理者には、コース滑走経験の豊富な者もいれば、浅い者も存在するため、スキーヤーの行動理解は人により異なる。一方で、スキーヤーの行動は、彼らが関心を払うべき顧客の行動であり、サービスと顧客満足度を向上させるために、網羅的かつ客観的な理解を共有する必要がある。3章で行った可視化は、経験の浅い者によるスキーヤーの行動理解や経験豊富な者による経験知の確認を助け、コミュニケーションの前提となる両者の知識差を埋めることに貢献すると考える。また、提案したフレームワークは、網羅的かつ客観的に理解するための基本的な枠組みであり、スタッフ間の知識の偏りの確認に貢献すると考える。

自然環境の保全や生態系サービスについては、誰しもが関心を持っているものではない。しかし、自然景観について、美しいと思ったり、癒されたりといった体験は多くの人々が持つものである。近年、多くの人々が SNS を利用している。2章で行った可視化は、多数者意見への関心を反映して、コミュニケーションの前提となる人々の関心を高めることに貢献できると考える。問題の解決には、関係者のコミュニケーションが重要であり、このような可視化が、コミュニケーションにどのような貢献をするのかについても今後研究を要する。

2章、3章のテーマについての課題も残されている。2章では、ユーザー行動情報のジオタグ付き写真から、観光客という集団の需要地を把握した。一方で、用いたジオタグ付き写真には、ユーザーIDが存在し、個々のユーザーを区別することができる。需要地は、個々のユーザーの景観に対する好みを集約したものである。3章で行ったように、個人と集団の行動を関連付けた可視化手法、特に、個人が撮影した写真の内容と集団としての需要地や供給ポテンシャル地を関連付けることは、探索的な理解を助けるものと考えられる。また、撮影の時間情報を活用することで、3章で示したような、個人の行動を追体験するような可視化も可能であると考えられる。もちろん、集団としての需要地や供給ポテンシャル地の評価にも課題がある。景観の需要地や供給ポテンシャル地は、季節や時間によって変化することから、その理解を進める必要がある。3章では、スキーヤーの行動把握と分析を行った。一方で、スキー場管理者の行動把握と分析は行われていない。例えば、圧雪作業は、顧客に対するサービスである。これが、スキーヤーの行動にどのような影響を与えているのかを評価することは、効率的な管理とサービスの魅力向上の両面から重要である。

本研究では、行動情報を用いた問題発見の実証研究として、2つの事例(景観写真とスキーヤーの行動)をつくることができた。景観写真の撮影とゲレンデ行動の理解を進めることで、自然公園が景観の価値の高い場所を多く有していることや多様な行動を

するスキーヤーの存在が明らかになり、ミスマッチの有無を確認することができた。ミスマッチは、今回の問題発見のヒントであった。

問題発見は、研究者だけが行うことではない。社会に、より良い変化を促していくために、様々な分野で、問題の発見を行う必要がある。行動情報は、単に対象者や対象地を詳細に理解するためだけでなく、問題発見のツールともなった。社会の様々な分野で、このような問題発見ツールが用いられ、社会変化の起点となることを期待する。

4.2. 参考文献

- 奥野祐介, 橋本雄一, 2015. 積雪寒冷地における疑似的津波避難に関する移動軌跡データ分析. *GIS—理論と応用* 23, 11–20.
- 島田貴仁, 齋藤知範, 雨宮護, 菊池城治, 畑倫子, 原田豊, 2010. GPS による小学生児童の日常行動の測定-兵庫県神戸市の公立小学校を例にして-. *GIS—理論と応用* 18, 85–91.
- 矢部直人, 有馬貴之, 岡村祐, 角野貴信, 2010. GPS を用いた観光行動調査の課題と分析手法の検討. *観光科学研究* 17–30.
- Haworth, B., Bruce, E., Iveson, K., 2013. Spatio-temporal analysis of graffiti occurrence in an inner-city urban environment. *Appl. Geogr.* 38, 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.10.002>
- Olson, L.E., Squires, J.R., Roberts, E.K., Miller, A.D., Ivan, J.S., Hebblewhite, M., 2017. Modeling large-scale winter recreation terrain selection with implications for recreation management and wildlife. *Appl. Geogr.* <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.023>
- Stamberger, L., Van Riper, C.J., Keller, R., Brownlee, M., Rose, J., 2018. A GPS tracking study of recreationists in an Alaskan protected area. *Appl. Geogr.* 93, 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.02.011>

謝辞

本研究を行うにあたり、北海道大学大学院環境科学院環境起学専攻、山中康裕教授には指導教官として終始、ご指導を戴いた。特に、分析の視点や表現方法等の指導を通して、教えて頂いた考え方は本研究だけでなく、今後の人生の大きな財産となるものであった。ここに深謝の意を表す。同専攻の渡辺悌二教授、白岩孝行准教授、生物圏科学専攻の日浦勉教授には、副査としてご助言、ご指導を戴いた。ここに深謝の意を表す。特に、日浦勉教授には、2章について、研究の機会を与えて頂くとともにご指導戴いた。

同専攻の樋口ゆかり博士、京都大学フィールド科学教育研究センター石原雅恵准教授には、要所において、非常に有益なご助言を戴いた。ここに感謝の意を表す。3章の研究について、株式会社星野リゾート・トマムの田中大介氏、上林宣夫氏（当時）には、調査へのご協力や有益なご討論ご助言を戴いた。ここに感謝の意を表す。なにより、GPSによる行動調査にご協力頂いたスキーマー・スノーボーダーの皆様には、深く感謝する。

本研究の期間中に、JICA 研修で来日した世界各国の研修員の皆様には、研修中、帰国後ともに、励ましの言葉を戴いたこと感謝する。特に、Dr. SHINE Renu 氏には、博士課程への進学を強く後押し戴いた。また、酪農学園大学農食環境学群の金子正美教授、特定非営利活動法人 EnVision 環境保全事務所の赤松里香理事長には、JICA 研修のスケジュールの調整等、本研究を行うために時間調整にご協力頂いたこと、深謝する。最後に、妻の貴子と子どもたちには、研究活動を支えてもらった。深く感謝する。