【原著論文】

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

吉村暢彦*・山中康裕**・田中大介***・上林宣夫***

A framework to analyze skier's behavior with GPS in a snow resort

Nobuhiko Yoshimura*, Yasuhiro Yamanaka**, Daisuke Tanaka***, Norio Kanbayashi***

Abstract: Understanding the skier's behavior (including snowboarders and other equipment users) in a snow area contributes not only to efficient management of safety and facilities but also improving services. However, a snow area manager only knows the number of skiers who use the lifts or gondolas in general. We proposed a framework to analyze skier's behavior with GPS in snow resorts, which consists of two standpoints such as inter- and inner-ski slopes. We clarified both a transition of skier's choice in relation to ski slopes, lifts/gondolas and rest places (inter-ski slopes), and a movement of skiers in each ski slope (inner-ski slope). We found that the characteristics of skier and ski slope had more variety than the technical levels: beginners', intermediate, and advanced. Even if ski slopes had the same level, they had different characteristics from each other. The framework contributes to understanding the detail of skier's behavior and improving services.

Keywords: 応用GPS (Applied GPS), スキー場管理 (Snow resort management), 観光行動 (Tourist behavior), ゲレンデ行動 (Skier's behavior)

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。

Global Positioning System (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

* 学生会員 北海道大学大学院環境科学院環境起学専攻 (Hokkaido University)
〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西5丁目 Tel: E-mail: ynobu14001@ees.hokudai.ac.jp

** 非会員 北海道大学大学院環境科学院環境起学専攻 (Hokkaido University)

*** 非会員 株式会社星野リゾート・トマム (Hoshino Resort Tomamu Inc.)

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, 2015, 2012; 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位置情報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.

2. 方法

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21.5km, 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

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2.5m2DRMS)(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れ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。

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(原ほか, 2012; 長尾ほか, 2005; 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等には、行動は、滑走とリフト・ Gondola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

図2 使用した91名分の行動記録

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・ Gondola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・ Gondola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、Gondola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・ Gondola乗車	上昇(+2m以上)	リフト・ Gondola架線から25m以内かつ施設エリア外	進行方向が、リフト・ Gondola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・ Gondola架線から25m外かつ施設エリア外	進行方向が、リフト・ Gondola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。

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。

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(選択の多様性) ・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(選択の多様性) ・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. 結果

3.1. サンプルの代表性および、スキ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)。

3.2. GPSデータによるスキヤーの行動把握

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名のスキヤーを例として、個人

図3 対象者全体のコース間行動

図4 スキヤーの一日の行動 (上: スキヤー A (スキー), 下: スキヤー B (スノーボード))

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、トマム山側、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)。

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、トマム山側では頻繁に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られると、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。

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。

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。

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

図6 スキーヤーの選択コース数と総コース利用回数の比較

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. 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．

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できる．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．

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	

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．

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．

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こりやすい場所は、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えてとれる。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共有しながらない初級者 (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。

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。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、調査に協力を頂いた星野リゾート・トマム、そして、GPS による行動記録と分析を快諾して下さったスキーヤーの皆さまに感謝する。

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. <<http://www.nikkei.com/article/DGXLZO03373840Y6A600C1L41000/>>.
- 日本政府観光局 (JNTO) (2017) 統計データ (訪日外国人・出国日本人). <http://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/visitor_trends/>.

- 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. <<https://www.snowtomamu.jp/winter/ski/guide/map.php>>.
- 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. <<http://www.transystem.com.tw/index.php>>.
- 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.
- (2017年4月6日原稿受理, 2017年11月6日採用決定, 2017年12月22日デジタルライブラリ掲載)