

夜間光画像を用いた詳細な地域経済分析の可能性

大友 翔一^{1,†1,a)}

受付日 2021年5月29日, 採録日 2021年12月3日

概要: 近年, 人工衛星やビッグデータ, リモートセンシング技術の発達が目覚ましく, これら技術の経済分野への応用も急速に拡大している. 特に, 人工衛星が撮像した夜間光の強度と, 国内総生産, 雇用, 人口, 教育などの様々な経済・社会指標と相関関係にあることが明らかになってきた. そこで本稿では, まず初めに夜間光画像にラスター処理を行い, センシングの際の夜間光画像の特徴に関して述べる. 次に, 観光地としての新潟県魚沼郡湯沢町スキー場および周辺エリアを事例に, 経済・社会データを確認する. そして, 夜間光と湯沢町における観光客数や各種統計データとの関連性について時間・地理空間の両面から論述する. また既存のマクロ経済指標だけでは, 同一市区町村内の地域経済に関して読み取ることは難しいが, 夜間光を使用することで, これらをより詳細に検討できる可能に関して言及する.

キーワード: 夜間光, 経済指標, 観光, 湯沢町, 地域経済

Possibility of Detailed Local Economic Analysis Using Night Light Images

SHOICHI OTOMO^{1,†1,a)}

Received: May 29, 2021, Accepted: December 3, 2021

Abstract: In recent years, the development of satellites, big data and remote sensing technologies has been remarkable. The application of these technologies to the economic field is expanding rapidly. In particular, the intensity of night light images by satellites has been found to be correlated with various economic and social indicators such as gross domestic product, employment, population, and education. In this paper, I firstly describe the way of applied to the raster processing those. Next, the economic and social data of the ski resort in Yuzawa-machi, Uonuma-gun, Niigata Prefecture, and the surrounding area as a tourist attraction are examined. In this paper says the relationship between the number of tourists and various statistical data in Yuzawa town and those from both the perspective of time and geography. In addition, the possibility of examining the regional economy in the same municipality in more detail by using night light, which is hard to read from existing macroeconomic indicators, will be mentioned.

Keywords: nightlight, indicators, tourism, Yuzawa-machi, local economy

1. はじめに

1.1 背景

情報通信技術の発達やデータ解析技術の発達により, 宇宙情報科学をはじめとする大容量のデータ (ビッグデータ) を扱えるようになり, データの新しい利用価値を生み出す

基盤が整えられつつある. さらに近年では, 二次利用の可能なルールで公開された公共データ (オープンデータ) の利用促進を目的とした様々な取り組みが, 国をあげて進められている.

しかし, 途上国や一部地域においてはいまだに地域別各種統計データの整備が遅れていることや, その入手・利用が困難であること, および既存の統計資料には信憑性のないものも多くある. またデータ品質のほかに, そもそもGDPの国際比較などの際に, 宗教的背景に基づく対象とする財の品質が考慮されないこと, あるいは為替の影響を

¹ 慶應義塾大学
Keio University, Minato, Tokyo 108-8345, Japan

^{†1} 現在, 慶應義塾大学大学院経済学研究科・産業研究所
Presently with Keio University

^{a)} shoichi-otomo@keio.jp

受けることなどは、マクロ経済指標が潜在的に内包する問題であるとして以前から多数の指摘がある。

そこで近年では、人工衛星の取得するデータが大規模かつ、高頻度にデータを取得可能になったこともあり、これを経済、社会活動を表徴する指標として用いられることが増えてきた。その中でも汎用性が高いデータとして注目されているのが、夜間光 (Night Light) のデータである。これは、単一指標で複数国家にまたがる経済活動の比較が行えるため、研究だけでなく日常の多くの場面でも利用されるようになった。

一方、日本国内の経済に目を向けると、地方創生を錦の御旗に、内閣官房 まち・ひと・しごと創生本部事務局 [1] では「地方が成長する活力を取り戻し、人口減少を克服する」として、地方創生の柱の1つに観光をあげている。

しかし観光の需要は、その目的やオンシーズン・オフシーズンといった季節性だけでなく、観光客の居住地や居住地の季節性、盆や正月といった社会制度的な季節性の影響も受ける。

さらに河村 [2] によれば、観光商品は一般商品と異なり、将来のために前もって作り溜め、在庫としてとっておくことができない。それゆえ、観光需要の予測把握は、観光産業が営業規模と利益の目標を立てたり、政府観光部門が観光開発計画を策定したりする際、一般の消費以上に重要となるとしている。

そこで、人工衛星データを活用して既存のマクロ経済指標を補完することや、より詳細に地域経済を把握する手法の構築、およびそれらを用いた観光需要予測などに関して社会的なニーズも高まりつつある。

1.2 関連研究

人工衛星のデータに関する利用拡大に関しては、Donaldson ら [3] が、急速な技術の進歩とともに、高解像度かつ高精細なビッグデータが取得可能になった。それは、ペタバイト級の衛星画像が公開され、経済学を含め、工学、地理学などの関連分野で利用されるようになったことであるとしている。

Henderson ら [4] は、夜間光を用いた分析を行い、アジア通貨危機前後のインドネシアにおける GDP、ルワンダ虐殺、マダガスカル鉱山の発掘など、様々な社会的・経済的なショックの前後で GDP と夜間光が連動して推移していたことを指摘した。

また、同論文では、GDP の算出には、比較対象となる商品の品質や為替レートなどの様々な要素を含むことや、特に途上国における政府公表のデータの正確性に問題があり、解析結果の不確実性につながると指摘している。これらをつまみ、一国の内部や国境をまたぐ複数の国家間の比較を行う場合に、夜間光を利用する統計的枠組みの方が、既存の指標よりも経済水準・社会活動の代理変数として不

確実性を取り除ける可能性に言及している。

同様に一ノ瀬ら [5] も、場所を問わずアジア (あるいは世界) の各都市に適用可能な都市の発展段階の定量化手法の開発が必要であるとしている。また、リモートセンシングから得られる情報を GIS 上で行政界単位に集計し、既存統計資料の代替とする手法は、その代表例であると報告している。

さらに、倉田 [6] は低所得国における夜間光と様々な社会・経済指標との関係を明らかにするため、バングラディッシュ国内の行政区レベルの分析を行った。結果、夜間光は人口、雇用、インフラなどの基礎的な社会・経済状況に加え、貧困や成人の教育水準、児童の健康状態などの人的資本に関連する指標とも有意な相関関係にあると報告している。

Li ら [7] は、中国国内の6つの省における地域の経済指標などに基づく持続的な発展の可能性の指標 (SDIs: Sustainable Development Indicators) に関して、夜間光との関係性を確認している。また、一部地域でのデータ欠損に対して夜間光で補完可能であることおよび地域的な影響による経済波及効果を吸収する形での、単一かつ一意の指標として夜間光を用いる有用性に言及している。

Chalkias ら [8] は、都市開発に関連する計画、政策分析、意思決定、資源利用および保全のために、時空間的な人口動態や社会経済情報を調査することが重要であり、それらの推定に夜間光が有用であることを EU を事例に報告している。

特に EU は世界有数の観光立国のため、観光業は経済資源、雇用の源泉として重要であり、これらの季節単位、年単位での変化を、連続的かつ比較的正確かつ安価に把握するために夜間光が有用であるとしている。

また同論文では、夜間の衛星画像、発光量と観光活動に関する統計データに関して、線形回帰と地理的加重回帰を用いて分析し、高い相関があるとして報告している。

2. 新規性および有用性

本稿では初めに夜間光データをセンシングに用いる手法に関して述べる。次に、日本国内における夜間光と経済指標との相関や、代理変数として扱うことの可用性について確認する。さらに、夜間光データの空間的な差異や特性を論述する。そして、夜間光の時間的な変遷と経済時系列データとの関連性および既存のマクロ経済データと合わせ、より詳細な経済分析が可能であることを確認する。

また、日本でも観光業に関する論文や書籍は数多く出版されているが、国内の夜間光と観光産業に関する報告はまだない。そのため、観光産業における経済指標や代理変数として、夜間光を用いることの可用性を検討することに新規性があると推察される。

特に、既存の日本のマクロ経済データの場合は、最小単

位を市区町村としているものが多い。そのため、同一の市区町村内における町丁目・字界のような領域での地域経済の活発さをこれらのデータから読み取ることは難しくなる。あるいはV-RESASのように、時間・空間の粒度は詳細だが、特定の駅前などのデータのみが公開され、任意の地域分析には利用できないデータもある。

たとえば、湯沢町の場合、湯沢町の人口やGDP、宿泊施設数、観光客数などが集計されたデータとして公開されている。ただし、これら既存のマクロ経済指標のデータからは、湯沢町内に大きく2つのスノーリゾートがあることの把握や、それぞれのスノーリゾートや周辺地域の分析は難しい。

そこで、既存のマクロ経済指標に加え、夜間光データを用いることで、同一市区町村内において2つの大きなスノーリゾートがあること、またそれぞれのエリアの経済状況が把握可能であることが確認された。以て、夜間光を用いることで、任意の地域において、いわゆるマクロ経済学の指標より詳細な地域経済分析の可能性が示唆されたことが、本稿における新規性・有用性であるといえる。

3. 夜間光データに関して

3.1 使用した夜間光データ

夜間光に関しては、既述の先行研究同様に米国空軍防衛気象衛星である、Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) が取得するデータをもとにする。データの公開元であるアメリカ海洋大気庁 (NOAA) [9] では、一般に夜間光として用いられるデータを放射輝度補正を行ったもの [10]、雲の除去を行ったもの、1年ごとの平均データなどの複数パターンのデータ [11] を配布している。

今回はその中から、1992年から2013年までの毎年の平均に関して配布されている夜間光データを主に用いる。測定エリアは、経度-180度から180度、緯度-65度から75度の範囲で1グリッドの粒度は30秒角であるとされている。また本稿で用いたデータの期間は1992年から2013年までで、このデータを取得したDMSPの衛星番号は10から18となる [11]。

3.2 ラスタ解析に関して

取得した夜間光画像に対して、GISソフトウェアを用いてラスタ演算・空間解析を行う。その際に、ベクタレイヤに国土交通省国土数値情報ダウンロードサイトから行政区域データ全国令和2年 [12]、あるいは政府統計の総合窓口 (e-Stat) [13] からダウンロードし各種統計データを結合した、地図で見る統計 (統計GIS) 国勢調査2015年小地域 [14] を使用する。ラスタレイヤには取得した毎年の夜間光画像を用いる。これにより、各行政区域に対しての夜間光の明るさデータが結合され、各種統計データと同様に数量として比較可能にしたものが図1*1である。夜間光の、



図1 日本の夜間光
Fig. 1 Night light at Japan.



図2 市区町村別夜間光強度平均
Fig. 2 Night light at Japan by city.

各行政区域ごとの明るさの平均値を算出し可視化したものが図2*2である。

4. データで見る湯沢町

本章では、いわゆるマクロ経済データを用いて、スノーリゾートとしての湯沢町の観光客数や経済時系列的な変遷を確認する。

4.1 バブル景気とリゾートブーム

日本のスキー観光は1980年代から1990年代初頭にかけてのリゾートブームに大きく発展した。呉羽 [16], [17] はこの現象に大きく注目し、スキー場、その周囲のスキー集落お

*1 大友 [15] より引用

*2 大友 [15] より引用

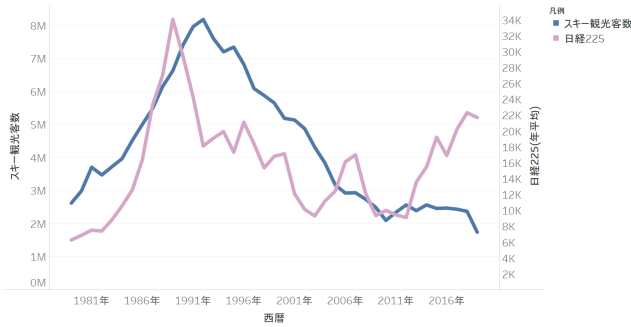


図 3 スキー観光客数と日経平均株価の時系列グラフ

Fig. 3 Time series graph of the number of ski tourists and the Nikkei225.

よびスキー観光客の3要素からなるスキー観光地域という概念を導入し、その発展プロセスと発展に関する地域条件を考察した[18]. 湯沢町の公開する観光統計データ[19]によればスキー観光客数はバブル期に急速に増加し、日経平均株価の年間平均株価が最高値をつけた1989年*3あるいはバブル崩壊*4から少し遅れて1992年から急速に減少に転じていたことが図3から読み取れる.

4.2 バブル崩壊とリゾートマンション

米浪[21]によれば、バブル経済の膨張期に、リゾートマンション・ブームはピークに達した. とりわけ、湯沢町には、1988年に全国で販売されたリゾートマンション1万1,564戸のうち、3分の1以上の3,912戸が集中したとされている.

また、朝日新聞取材班[22]によれば、バブルのころ、リゾートマンションは金持ちの象徴だった. ところが、バブルが崩壊すると投げ売り状態になり、価格は大きく下がる. 所有者が来なくなり、管理費などを集められない部屋が増えているため、裁判所の「競売」で強制的に売却される物件も出てくる. また管理費を滞納している人は、固定資産税も滞納していることが多いとしている. そこで、湯沢町の公開する地方交付税資料[23]から、スキー観光客数との関連に関して可視化すると、スキー観光客数の減少から少し遅れて、税収も減少したことが図4からうかがえる.

4.3 観光の経済効果

河村[2]によれば、生産波及効果は経済学の中核にあるが、その実現過程で、付加価値を増加させる所得効果、雇用者数を増加させる雇用効果、税収を伸ばす税収効果をもたらすとしている.

また、日本型リゾートの開発戦略[24]には、対話形式で次のようなやりとりが記載されている. スキー以外にも温泉地として有名な湯沢町では、観光客やリゾートマンション

*3 引用元データ[20]より取得した日ごとのデータを、著者が年平均に加工し作成したもの.

*4 株価だけでなく、不況の実感なども含め「バブル崩壊」は一般的に1991年からとされる.

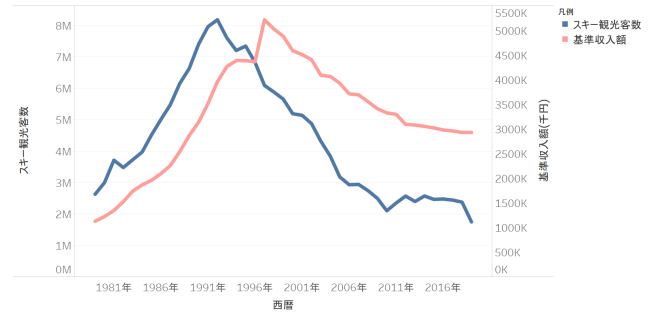


図 4 スキー観光客数と基準収入額の時系列グラフ

Fig. 4 Time series graph of the number of ski tourists and the tax income at Yuzawa town.

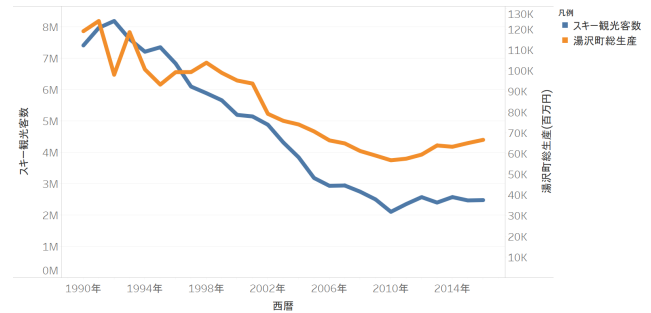


図 5 スキー観光客数と湯沢町総生産の時系列グラフ

Fig. 5 Time series graph of the number of ski tourists and the total production at Yuzawa.

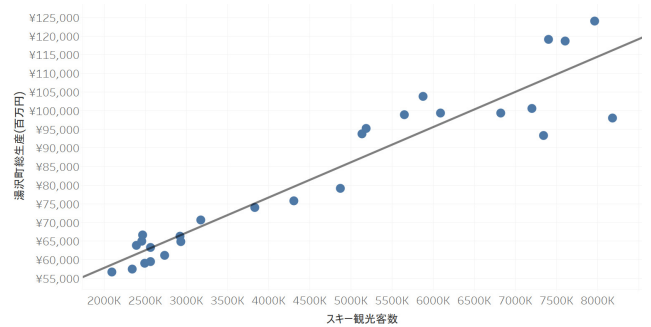


図 6 スキー観光客数と湯沢町総生産の相関図

Fig. 6 Scatter plot of Number of ski tourists and GDP at Yuzawa.

ンの所有者から入湯税を徴収し、その額が1年間あたり1億2,000万円に及んでいた. リゾートマンションができたことで、スーパーマーケット、商店、飲食店、土産物屋などがうるおった. 特にリゾートマンションの所有者は自炊しないため、飲食店などは日曜日には行列があったとしている. これらの記載内容からも、経済的な波及効果の様子があがえる.

4.4 スキー観光客数を変数とした湯沢町の経済

新潟県統計年鑑[25]の県民経済計算[26]から、湯沢町の市町村総生産を抽出し、スキー観光客数との関連性を確認したものが図5、図6である. このとき、1990年から

2016年*5までを、 $1990 \leq i \leq 2016$, i は整数として、湯沢町の総生産(百万円)を G_i スキー観光客数を S_i とおくと、下記の関係性が成り立つ。

$$G_i = 94.4459S_i + 38850 \quad (1)$$

上記式は $R^2 = 0.8916$, $p\text{-value} < 0.0001$ であり、スキー観光客数は、かなり強く湯沢町の総生産を説明することが可能である。

次に、1979年から2019年までを、 $1979 \leq j \leq 2019$, j は整数として、湯沢町の基準収入額(千円)を T_j , スキー観光客数を S_j とおき、1990年以前とそれ以降で分類すると下記の結果が得られる。

$$\begin{cases} (j \leq 1990), & T_j = 418.9S_j + 28180 \\ (1990 << j), & T_j = 237.2S_j + 2802000 \end{cases} \quad (2)$$

このときの (R^2 , $p\text{-value}$) は、バブル崩壊の前後において、それぞれ (0.9715, 4.683E-09), (0.5113, 1.306E-05) となる。

いずれの式も、湯沢町を説明する変数として、スキー観光客数がいかに代表的であったかを物語っているといえる。このことから、スキー観光客数は夜間光と直接関連しないが、その波及効果の範囲としてのリゾートマンションや、ホテル・飲食店などの店舗数が夜間光に影響するものとして考えられる。

5. 夜間光データを用いた解析と考察

本章では、まず初めに夜間光画像の特性に関して把握する。そこで、夜間光の特性を理解しやすくするために、大都市圏と湯沢町の夜間光の比較を行う。次にマクロ経済指標には表れない、湯沢町内における大きなスノーリゾートが2つあったことを確認する。そして、湯沢町の観光データと夜間光の関連性に関して言及する。

5.1 夜間光データの地理空間的な比較

夜間光のデータに関して、湯沢町といわゆる大都市圏との比較を行うために、東京都港区を用いる。図7が示すとおり、1992年から2013年の港区の夜間光は最大値(MAX)も最小値(MIN)も、ほぼつねに観測可能な最大値*6である。また、平均(Mean)も中央値(Median)に関しても同様となる。これはエリア内のすべての領域において、夜間光の取得された値は、毎年ほぼ観測可能な最大値であったということになる。そのため、標準偏差(STD)の値は、ほぼ毎年0となる。

図8を確認すると、港区の全域あるいは都心全体がほぼ

*5 公開元のデータでは、和暦の年次となっているが、筆者が西暦に変換し算出したもの。本稿で使用する文献 [19], [23], [25], [26] のデータについても同様の変換を行ったものとする。

*6 公開元の仕様によれば VIIRS の取得した時系列データの夜間光は0以上63以下とされている [11]。

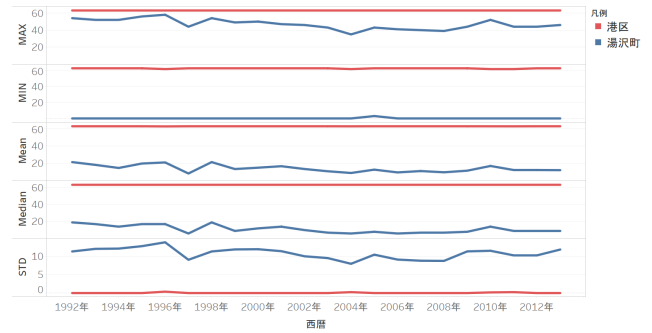


図7 夜間光に関する港区と湯沢町の時系列グラフ
Fig. 7 Time series graph of the nightlight Minato and Yuzawa.

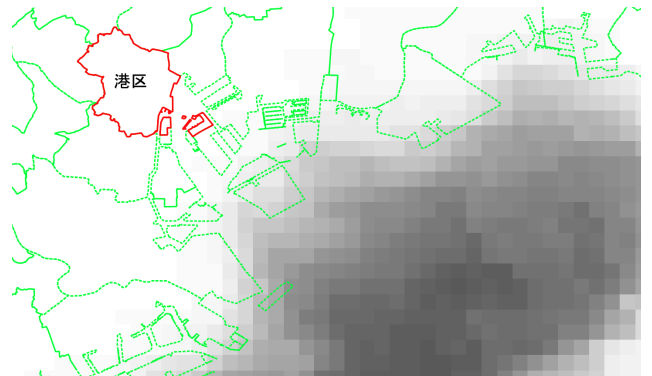


図8 港区の夜間光 1992年
Fig. 8 The nightlight at Minato in 1992.

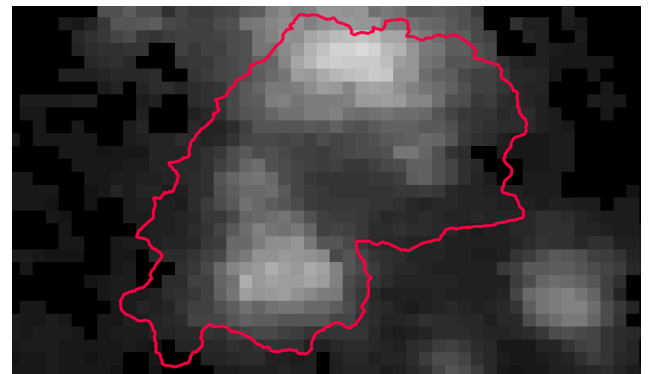


図9 湯沢町の夜間光 1992年
Fig. 9 The nightlight at Yuzawa in 1992.

白くなっており、東京湾内の夜間光が暗くなることが読み取れる。

湯沢町はというと、図7の示すとおり、最大値は年によってばらつきがあり、一方で最小値はほぼ毎年0である。そのため、平均も中央値も年によってばらつきがある。これはその年の湯沢町の経済的な活性度を反映すると考えられる。また、標準偏差の値も、毎年ばらつきがある。これはエリア内の領域の中で、明るいところと暗いところの差が激しいことを示すためである。

図9を確認すると、一部が明るく、一部が暗いことおよび、同じ湯沢町の中でも明るい場所が2つに大きく分かれることが読み取れる。

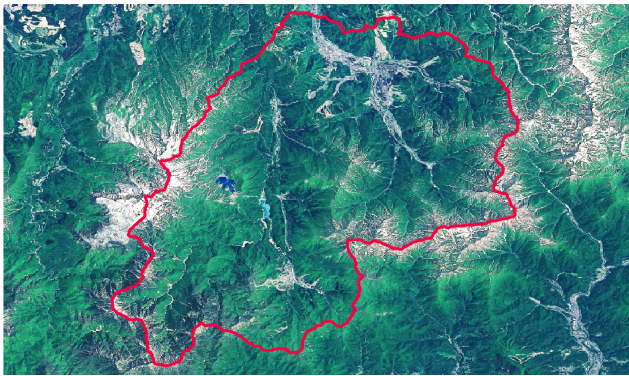


図 10 湯沢町の写真地図
Fig. 10 The satellite view at Yuzawa.

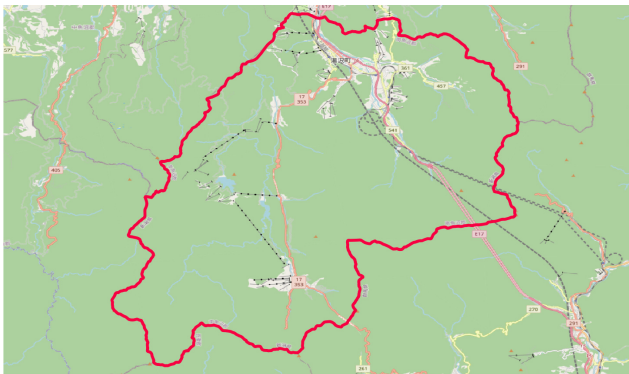


図 11 オープンストリートマップで見る湯沢町
Fig. 11 The openstreetmap at Yuzawa.

5.2 夜間光データから見る地域特性

夜間光画像は一般に、白いところは明るいところを意味するものであり、明るいところほど人間生活が活発であるといつてよい。そこで、湯沢町における明るい地域を確認する。

ここで、地理院地図 [27] 図 10*7で湯沢町を確認すると、明るい部分の1つは、上部の大きな平野を中心に拡大しており、もう1つは下部の小さな平野を中心としていること、および暗い部分が山であることが分かる。

次に、湯沢町の地理に関してオープンストリートマップ [28] を用いると、湯沢町で明るかったのは図 11 から、1つ目は、スノーリゾートの密集する、ガーラ湯沢から越後湯沢駅前に隣接するスノーリゾートと、もう1つは苗場スキー場からみつまた・かぐらスノーリゾートであったことが分かる。

つまり1992年のスキー観光客数のピーク時には、それぞれのスノーリゾートが、多くのスキーを目的とした観光客で賑わい、そこから波及効果のある観光関連事業の光が夜間光となり映し出されていたことが確認できたといえる。

5.3 夜間光データから見た湯沢町の時系列的な変遷

湯沢町におけるスキー観光客数は1992年を境に減少傾

*7 写真データ (国土地理院) をもとに筆者作成

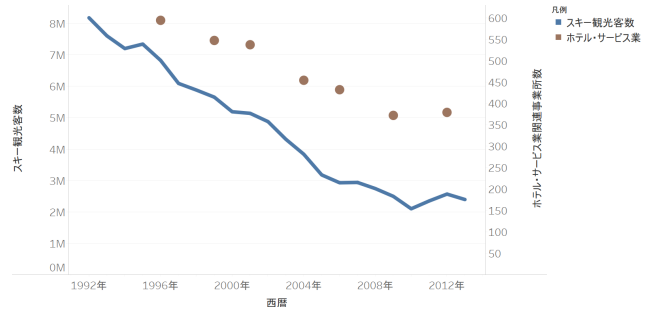


図 12 スキー観光客数とホテル・サービス事業者数時系列グラフ
Fig. 12 Time series graph of the ski tourists and hotels.

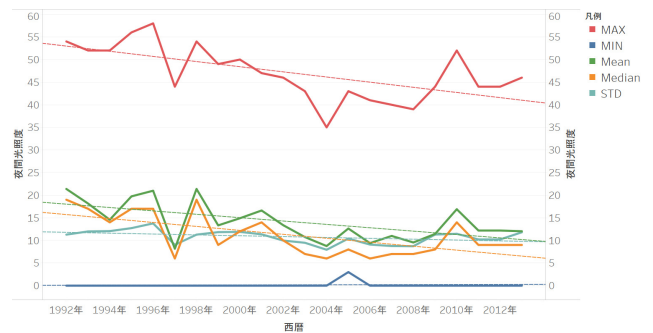


図 13 湯沢町夜間光時系列グラフ
Fig. 13 Time series graph of the nightlight at Yuzawa from 1992 to 2013.

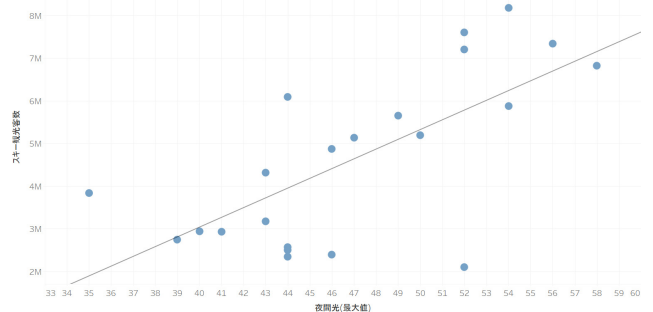


図 14 夜間光とスキー観光客数相関図
Fig. 14 Scatter plot of night light and number of ski tourists

向にある。そしてスキー観光客数の減少に合わせて、ホテルおよび観光サービス業の事業所数も減少している。e-Stat [13] および RESAS [29] から、ホテルおよび観光サービス業の関連事業所数を用いて時系列グラフを作成したものが図 12*8である。

このホテルおよび観光サービス業の関連事業所数減少にともない、夜間光が暗くなる。これを時系列グラフにしたものが図 13 である。夜間光の最大値、平均値、中央値のいずれもが減少傾向にあり、最小値はほぼ毎年 0 であることから、標準偏差も緩く減衰している。

*8 1996年から2006年までを事業所・企業統計調査 [13], それ以降を産業構造 [29] データを用いて、筆者作成。

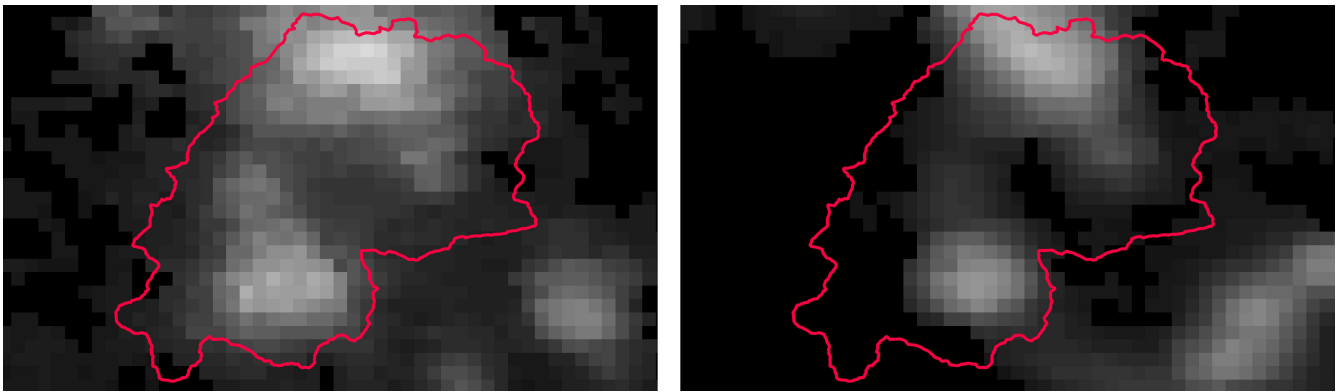


図 15 湯沢町夜間光 1992 年と 2013 年の比較

Fig. 15 The night light at Yuzawa 1992 and 2013.

5.4 湯沢町における夜間光データとマクロ経済指標の相関関係

スキー観光客数の減少にともない、夜間光がどれだけ減少したのかを、相関図で確認すると図 14 となる。このとき、1992 年から 2013 年までを、 $1992 \leq i \leq 2013$ 、 i は整数として、スキー観光客数を S_i とおき、夜間光を N_i とおくと、下記式で表現される。

$$S_i \cong 228791 \times N_i, R^2 \cong 0.472, p\text{-value} < 0.001 \quad (3)$$

このことから夜間光画像をラスタ解析した値と、湯沢町の事例ではスキー観光客数との間には取得したデータを用いて解析を行った範囲では一定の相関が確認され、定量的に評価可能であるといえる。

6. おわりに

倉田 [6] は、Henderson ら [4] の研究に対し、夜間光を経済水準の代理変数として使用した同研究の大きな成果は、国レベルの GDP と夜間光の関係を明らかにしたことだけでなく、一国の内部や複数国の国境をまたぐ領域における経済水準の代理変数として夜間光のデータが活用できることを示したことでありとしている。確かに、ある時点における複数の国家間の GDP などを比較する場合には、そうしたメリットもあるかと思われる。

しかし今回は、国境をまたぐ場合ではなく、むしろ逆に同一の行政区域内の中で、かつ既存のマクロ経済のデータからは読み取りにくい地域ごとの経済の活発度合いに関して、夜間光画像を用いることで、可視的に把握可能である事例が確認された。そのことは図 15 から読み取れる。また、2 枚の異なる年次の写真を比較することでスキー観光客数の減少という時系列的な湯沢町の観光業の盛衰に関して直感的に理解可能であろう。これによりたとえば明るさに応じて、ホテルおよび観光サービス業の関連事業所数の按分などを行うことで、既存の地域経済分析よりも、さらに詳細な経済分析の可能性が広がったといえる。

ただし、今回使用した NOAA [10] では 1992 年以前と

2013 年以降のデータについて無料公開を行っていない。

そのため、データの取得期間の全体では湯沢町における夜間光は緩く減衰する傾向にあるものの、2008 年以降に関して短期的に増加傾向にあるように思われる。これにはいくつか理由が考えられる。

たとえば、1997 年や 2004 年に関して突発的に低くなっているように、年間の平均データとはいえ、夜間光のデータ自体に多少ムラが出てしまうため必ず 100% の精度を保証するものではないということが要因の可能性もある。あるいは、2009 年と 2012 年ではホテル・サービス事業者数が増加しており、これに対して反応している可能性もある。

しかし、産業構造のデータ自体が毎年の年次データではないことや、現時点で公開されている事業者数データは 2016 年までであるものの、夜間光のデータは 2013 年までしか処理済みで公開されておらず、データの対応づけが難しいという問題がある。そのためこれに関しては、観光活動が一時的に活性化したのか、それとも外れ値であるのかを言及できない。

いずれの場合も、空間比較には長期的に集計単位である行政区画が変化しないことが条件となるが、NOAA から処理済みデータの公開を待つか購入し解析を行うか、あるいは NASA の公開する 2013 年以降の未処理の夜間光データに対して、NOAA の公開するデータと同様の処理をするなどして解析することでより詳細な言及が可能となるであろう。

あるいは、直近の人工衛星データの取得という観点からは、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) では、人工衛星のデータ利用拡大のためのポータルサイト (G-Portal) [30] を一般公開しており、観測された物理量のデータは、観測時点より 1 日から 1 カ月程度経過後に公開され、取得可能となる。

また、G-Portal には夜間光のデータはないが、気候変動観測衛星として「しきさい (GCOM-C)」がある。ここからは正規化植生指数、拡張植生指数といった植物の分布状況や活性度が取得できる。これらを使用して、リゾートマ

ンションや新規ホテルの開発計画の指針を作成することが可能であろう。これらは中・長期的な町づくりには欠かせないと思われる。

同様に、水循環変動観測衛星「しずく (GCOM-W1)」から、土壌水分量、降雨、降雪といったスノーレポートに必須のデータもある。さらに、夜間光のデータを使用することで週単位、月単位、そして年単位での観光客数の予測や経済状態の把握を行うことも可能となるであろう。

手法については、時間的に回帰係数が変化する場合の変化点および外れ値の検出方法、時間的に境界が変化する行政区域ではなく、集計単位が時間的に変化しないメッシュ統計を用いた分析方法の開発も必要であるといえる。

最後に 2019 年に発生したコロナ禍が、日本だけでなく世界中の経済・社会に大きな被害をもたらした。多くの地域で移動が制限された結果、日本国内でもホテルや旅館や飲食業関連の倒産は件数は多数にのぼる。こうした被害の削減に向け、観光が地域の主要産業である地域などを中心に、夜間光を用いて地域ごとの経済状態の下落幅の調査し、持続化給付金の支給などに関して迅速な対応を可能にすることなども考えられる。

夜間光はもちろんのこと、今後はこうした他の衛星データも活用して、さらに高精細・詳細な経済分析の展望を行える可能性がある。いわゆるオルタナティブデータとしての人口衛星データ、あるいはそれらの利用推進および社会実装に関しては今後の課題としたい。

謝辞 本稿を執筆するにあたり、様々なオープンデータの恩恵にあずかった。とりわけ、湯沢町役場および新潟県庁総務管理部統計課の公開するデータを使用させていただいた。重ねて、論文の改定にあたり複数の匿名査読者から大変有益なコメントを頂戴したことおよび博士課程指導教員の赤林教授の指導に対してここに感謝の意を示す。

参考文献

- [1] 内閣官房まち・ひと・しごと創生本部事務局：内閣官房まち・ひと・しごと創生本部事務局, Cabinet Office, Government Of Japan (オンライン), 入手先 (<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/sousei/>) (参照 2020-11-11).
- [2] 河村誠治：新版 観光経済学の原理と応用, (財)九州大学出版会 (2008).
- [3] Donaldson, D. and Storeygard, A.: The View from Above: Applications of Satellite Data in Economics, *Journal of Economic Perspectives*, Vol.30, No.4, pp.171-198 (online), DOI: 10.1257/jep.30.4.171 (2016).
- [4] Henderson, J.V., Storeygard, A. and Weil, D.N.: Measuring Economic Growth from Outer Space, *American Economic Review*, Vol.102, No.2, pp.994-1028 (online), DOI: 10.1257/aer.102.2.994 (2012).
- [5] 一ノ瀬俊明, 松村寛一郎, 中谷友樹, 中野泰臣, Elvidge, C.: 夜間光衛星画像データ DMSP によるアジアの地域別経済活動強度推定, 地球環境シンポジウム講演論文集, Vol.10, pp.299-303 (オンライン), DOI: 10.2208/proge.10.299 (2002).
- [6] 倉田正充：低所得国における夜間光と社会・経済指標の相関関係, 上智経済論集, Vol.62, pp.19-26 (2017).
- [7] Li, C., Li, G., Tao, G., Zhu, Y., Wu, Y., Li, X. and Liu, J.: DMSP/OLS night-time light intensity as an innovative indicator of regional sustainable development, *International Journal of Remote Sensing*, Vol.40, No.4, pp.1594-1613 (online), DOI: 10.1080/01431161.2018.1528022 (2019).
- [8] Chalkias, C., Krikigianni, E. and Tsiakos, C.: Estimating the relationship between touristic activities and night light emissions, *European Journal of Remote Sensing*, Vol.52 (online), DOI: 10.1080/22797254.2019.1582305 (2019).
- [9] NOAA: NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration (online), available from (<https://www.noaa.gov/>) (accessed 2020-11-10).
- [10] NOAA/NGDC: NOAA/NGDC, National Geophysical Data Center (online), available from (<https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>) (accessed 2020-11-10).
- [11] NOAA/NGDC: NOAA/NGDC, NOAA's National Geophysical Data Center (online), available from (<https://ngdc.noaa.gov/eog/download.html>) (accessed 2020-11-10).
- [12] 国土交通省：国土交通省国土数値情報ダウンロードサイト, 国土交通省 (オンライン), 入手先 (<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>) (参照 2020-11-11).
- [13] 総務省統計局：e-stat, 総務省統計局 (オンライン), 入手先 (<https://www.e-stat.go.jp/>) (参照 2020-11-11).
- [14] 総務省統計局：地図で見る統計 (統計 GIS), 総務省統計局 (オンライン), 入手先 (<https://www.e-stat.go.jp/gis/>) (参照 2020-11-11).
- [15] 大友翔一：日本における夜間光と各種統計指標との相関関係, GIS 理論と応用, Vol.29, No.1, pp.23-28 (2021).
- [16] 呉羽正昭：新潟県湯沢町におけるスキー場開発の進展, 愛媛大学法文学部論集文学科編, No.29, pp.131-155 (オンライン), 入手先 (<https://ci.nii.ac.jp/naid/110000116999/>) (1995).
- [17] 呉羽正昭：日本におけるスキー人口の地域的特徴, 筑波大学人文地理学研究, Vol.26, pp.103-123 (2002).
- [18] 川森博司, 江口信清, 呉羽正明ほか：観光研究レファレンスデータベース：日本編, ナカニシヤ出版 (2011).
- [19] 湯沢町役場産業観光部観光商工課：観光統計, 湯沢町役場産業観光部観光商工課 (オンライン), 入手先 (<https://www.town.yuzawa.lg.jp/soshikikarasagasu/sangyokankobu/kankoshokoka/2/1/1006.html>) (参照 2020-11-08).
- [20] MacrotrendsLLC: nikkei225, MacrotrendsLLC (online), available from (<https://www.macrotrends.net/2593/nikkei-225-index-historical-chart-data>) (accessed 2020-11-13).
- [21] 米浪信夫：観光と地域経済, ミネルヴァ書房 (2000).
- [22] 朝日新聞取材班：負資産時代 マイナス価格となる家と土地, 朝日新聞取材班 (2019).
- [23] 湯沢町役場総務部企画政策課：交付税と財政力指数, 湯沢町役場 産業観光部観光商工課 (オンライン), 入手先 (<https://www.town.yuzawa.lg.jp/material/files/group/4/kouhuzeisui30.pdf>) (参照 2020-11-08).
- [24] 高畑建三, 伴 裕爾, 戸谷英世：日本型レポートの開発 戦略本格的レポートが日本経済をリードする, 産能大学出版部 (1992).
- [25] 新潟県庁総務管理部統計課統計情報班：新潟県統計年鑑, 新潟県総務管理部統計課統計情報班 (オンライン), 入手先 (<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/tokei/1196871357582.html>) (参照 2020-11-13).
- [26] 新潟県庁総務管理部統計課調査解析班：県民経済計算, 新

- 潟県庁 総務管理部 統計課調査解析班 (オンライン), 入手先 (<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/tokei/1202403637837.html>) (参照 2020-11-13).
- [27] 国土交通省国土地理院: 地理院地図, 国土交通省国土地理院 (オンライン), 入手先 (<https://maps.gsi.go.jp/>) (参照 2020-11-14).
- [28] OpenStreetMapContributors: OpenStreetMap, OpenStreetMap (online), available from (<https://www.openstreetmap.org/>) (accessed 2020-11-14).
- [29] RESAS: RESAS, 経済産業省地域経済産業グループ地域経済産業調査室 (online), 入手先 (<https://resas.go.jp/>) (参照 2020-11-14).
- [30] JAXA: G-Portal, 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (オンライン), 入手先 (<https://gportal.jaxa.jp/gpr/?lang=ja>) (参照 2020-11-14).



大友 翔一 (正会員)

1983年生。青山学院大学大学院修士課程修了後、独立行政法人*1宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 勤務。後、SONY (株) および東京電力ホールディングス (株) にデータサイエンティストとして入社。2014年から慶應義塾

大学共同研究員。2018年から静岡大学客員准教授。2021年現在、株式会社 GEOJACKASS 代表取締役社長。慶應義塾大学大学院経済研究科博士課程在籍中。

*1 記載は勤務時のもの