

科学人工衛星データを用いたスポーツ施設の立地と体育教育の 地域間格差に関する解析

大友 翔一^{*1}

Analysis of Regional Disparities of Location of Sports Facilities and Sports Education Using Scientific Satellite Data

OTOMO Shoichi^{*1}

ABSTRACT

In recent years, the application of satellites and big data on the economic field has been rapidly expanding. In particular, it has become clear that the intensity of the night lights acquired by satellites correlates with social and economic indicators such as gross domestic product, employment, population, and education in each country. Developing countries and some regions are still lagging in terms of development of reliable statistical data by region as well as many of the existing statistical data being not credible. In addition, there has been several issues raised in the past, including potential problems of macroeconomic indicators when making global comparisons of Gross Domestic Product (GDP). In contrast, night lights are used to analyze GDP and the scale of the economy, a single indicator can be used to compare economic activity across multiple countries. Therefore, those are rapidly utilized in the field of economics among the satellites data. In this paper, an analysis of the location and distribution of sports facilities, transition of the fitness industry, and the environment surrounding sports participation will be made. Specifically, swimming will be used as an example to measure effects of the environmental factors - such that location and distribution of the sports facilities significantly affect the disparity of results in competitions.

Keywords: Night light, Satellites data, Sports Facilities, Disparity.

概 要

近年、人工衛星やビッグデータの経済分野への応用が急速に拡大している。特に、人工衛星が取得した夜間光の強度が、各国の国内総生産、雇用、人口、教育などの社会・経済指標と相関関係があることが明らかになってきた。

とりわけ、途上国や一部地域においては未だに地域別各種統計データの整備が遅れており、その入手・利用は困難であることや、既存の統計資料には信憑性のないものも多い。また国内総生産である Gross Domestic Product (GDP) の国際比較等の際に、マクロ経済指標が潜在的に内包する問題などは、以前から多数の指摘があった。

こうした点に対して、GDP や経済規模の分析などに夜間光画像を用いると、単一指標で複数国家に跨る経済活動の比較が行える。そのため、人工衛星が取得するデータの中でも夜間光画像は、経済学分野における利活用が急速に進んでいる。

本論文では人工衛星の取得するデータの中でも、特に夜間光データを用いた経済分析の一つの事例を報告する。具体的には、公共の体育施設と民営の体育施設の所在地がどういった場所に多くあるのか、その場所やその場所を含む市区町村の夜間光の強さと、体育施設数の関連について報告する。また、フィットネス産業の変遷及びそれらを含むスポーツを取り巻く環境に関しても解析事例を報告する。特に、水泳を事例として、これら施設の立地や分布が夜間光輝度の高いところに偏在するなどの環境的要因が、中学生や高校生の大会などのレースにおける結果の格差をもたらしている可能性に関して言及する。

* 2023年11月30日受付 (Received November 30, 2023)

^{*1} 株式会社 GEOJACKASS, 應義塾大学大学院経済研究科・産業研究所, 静岡大学情報学部・土木情報学研究所 (GEOJACKASS, Keio Economic Observatory, Keio University Institute of Civil Engineering and Informatics, Shizuoka University)

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、宇宙情報科学を始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さまざまな取り組みが、国を挙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未だに地域別各種統計データの整備が遅れており、その入手・利用は困難であることや、既存の統計資料には信憑性のないものも多い。また GDP の国際比較等の際に、マクロ経済指標が潜在的に内包する問題などは、以前から多数の指摘があった。

一方、近年では飛躍的な技術の進歩とともに、人工衛星の取得するデータは、大規模かつ、高頻度にデータを取得可能になった。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 Lights) のデータである。

一般的に、夜間光データを用いた放射輝度と都市化には相関関係があるとされている。大友 (2021)[20] によれば、人口が多く、商業的に発展している地域ほど放射輝度が高くなると言われている。一方で、公共性の高い下水道や医療機関、医療従事者数といったものは、夜間光とはさほど相関がないとされている。そこで本稿では、民営と公営それぞれの体育施設の立地と夜間光の関係性、及びフィットネス産業の変遷と、それらを含むスポーツを取り巻く環境格差に関する解析を行った結果を報告する。

解析の結果、スポーツ施設の立地状況は公共施設と民間施設とでは大きく異なることが確認された。

1.2 先行研究

人工衛星のデータの利用拡大に関してその流行の理由を、Donaldson et al.(2016)[3] は、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り、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。

特に夜間光を用いた研究を列举すると、Henderson et al.(2012)[6] 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。これらを踏まえ、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 (2002)[18] 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り、リモートセンシングから得られる情報を Geographic Information System (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、その代表例といえるとしている。

さらに、倉田 (2017)[21] 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 et al.(2019)[10] 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及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 et al.(2019)[2] は、都市開発に関連する計画、政策分析、意思決定、資源利用及び保全のために、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。Derek & Moncef (2018)[5] は、地理空間エネルギー分析の中でも、特に細分化された建物毎のエネルギー使用量の推計に夜間光画像を使用する手法を提唱している。

一方、スポーツ施設の分析に関しては、データ解析的なものが少ない。この点に関しては軽部 (2002)[20] は、これまでのスポーツ施設の立地分析のアプローチに関して、客観性または計量性を求めるよりも、ある事象に関する概念的整理に関心を集中させたり、研究対象施設に対して調査結果から一般化を図ったり、あるいは現実の計画に役立たせようといったことはあまり指向していないと分析している。また、従来の研究は広く有効性をもつ政策科学的・計画論的研究には結び付かず、結局、現実のスポーツ施設計画には役立っていないと指摘している。

1.3 本研究の意義及び新規性に関して

軽部 (2002)[20] によれば、茨城県を事例に解析を行っているが、データ解析的なアプローチのスポーツ施設分析に関する報告は少ないとしている。そこで、本研究では日本全国を調査及び解析の対象地域としていること及び、対象のスポーツ施設数も 155 箇所から、10,683 箇所と大幅に増加させた。さらに、ArcGIS[4] 及び QGIS[16] といった GIS ソフトウェアを用いることで、隣接するスポーツ施設同士の最短隣接距離の集計も、先行研究の 1km よりも細かい単位での集計が可能となった。本稿では 100m を単位として論述する。また、隣接距離以外にも夜間光データを用いることで、スポーツ施設の分布特徴に関して、特に民間のスポーツ施設は夜間光の高いところに多くあることが全国的にも明らかになった。このことに、本研究の意義及び新規性があると言える。

2 スポーツ産業のデータ解析

2.1 フィットネス産業の市場規模推移

e-Stat[19] にて公開されている特定サービス産業動態統計調査から、フィットネス産業に関するデータを参照すると、2001 年 1 月から月次ごとの会員数や売上高等が確認できる。これを描画すると下記図 1、図 2、図 3 のようになる。

調査開始の 2001 年から 2019 年のコロナ禍の影響を受けるまでの間、産業自体は成長を続け、月間の利用者数は 2001 年 1 月の約 900 万人から最大が 2019 年 7 月の 2200 万人以上に及んでいる。また、売上高は月間で約 160 億円から 280 億円以上にまで増加していた。これに伴い、従業員数も約 2 万人から最大で 4.5 万人以上に増加していることが確認できる。

このことから、フィットネス産業全体は大きく成長している過程であったと言える。

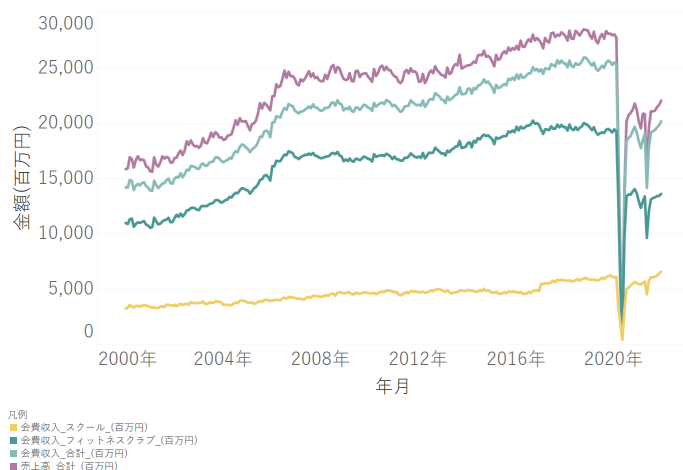


図 1 売上高・会費収入等推移

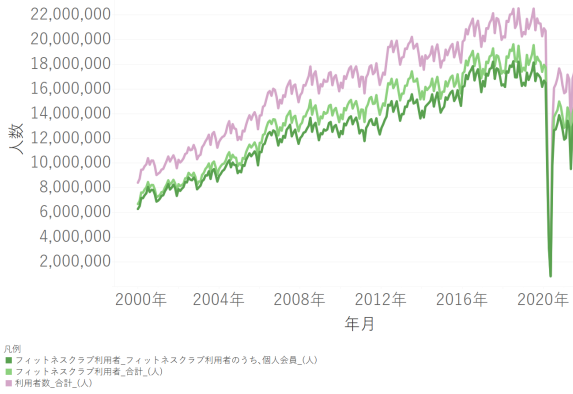


図2 利用者数・会員数等推移

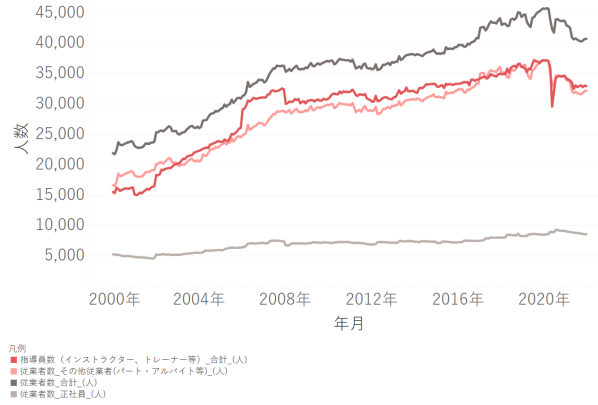


図3 従業員数等推移

2.2 スポーツ施設の立地場所

スポーツ施設の立地に関してスポーツの統計学 [1] 及び軽部 (2002)[20] によれば、図4 公共施設の方が各市区町村まんべんなく分布しているのに対して、民間施設では水戸市、日立市、つくば市など比較的人口の多い都市に集中して分布しているとしている。

これに倣い、本稿では2021年度の全国的な体育施設の立地に関する最短隣接距離の計算を行った。これを下記図5、図6に示す。ここから明らかなように、日本全国の体育施設でも、先行研究同様に、公共施設と比べて民間施設は最短隣接距離が短い。つまり特定の場所に密集して分布していることが分かる。

大友 (2021)[22] によれば特にサービス業や小売業などにおいては、夜間光強度の高いところに店舗が密集することが知られており、医療等の公共性の高いものは夜間光との相関は比較的低いと報告している。では体育施設は、こういったところに分布あるいは密集するのか、またそれは公共と民間でどの程度異なるのかを確認する。

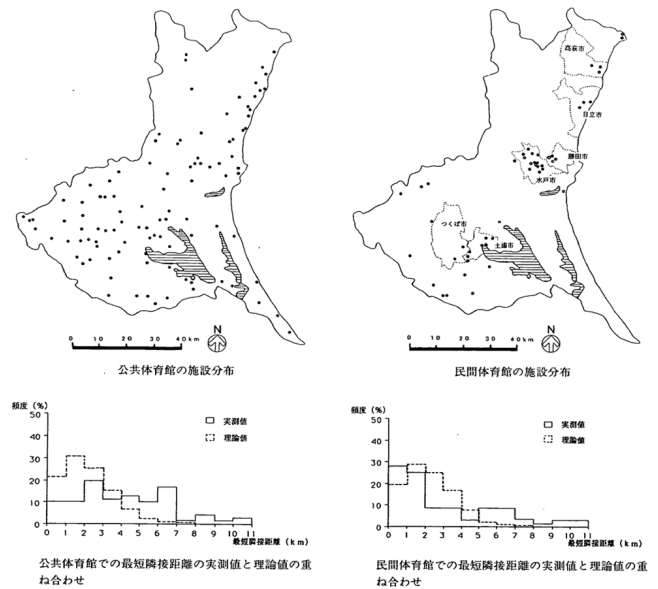


図4 スポーツ施設分布（公共・民間）**1

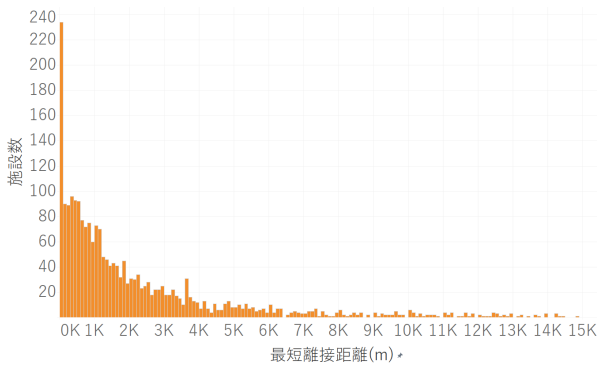


図5 公共体育施設最短隣接距離

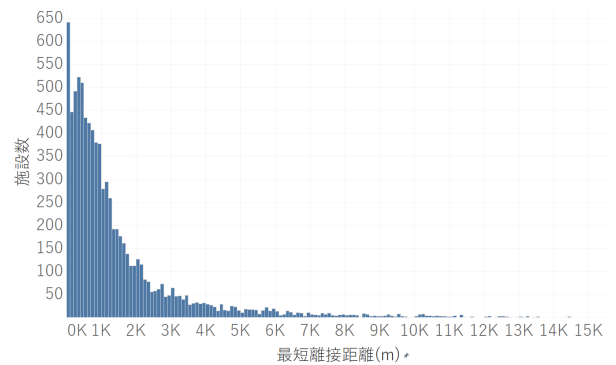


図6 民間体育施設最短隣接距離

2.3 使用する夜間光データ

米国空軍気象衛星である Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) が取得するデータを利用する。これはアメリカ海洋大気庁 (NOAA) が公開しており、年次毎の平均データの外、夜間光輝度調整済みのものなど複数種類ある。当該データは GeoTIFF 形式 [12] で配布されており、NOAA の公開するスペックシート [14] によれば、経度 -180 度から 180 度、緯度 -65 度から 75 度とほぼ全球を網羅しており、1 グリッドは 30 秒角とされている。ただし、一つの施設の中に陸上競技場、野球、サッカーなどの複数フィールドを併せ持つもの、水泳施設などを併設する大規模施設など、あるいは隣接する複数の異なる施設について、それぞれを夜間光から判別することはできない。



図 7 日本の夜間光強度^{**2}

2.4 夜間光強度に基づくスポーツ施設の分布

ここで、大友 (2021,2022)[22][23] から図 7^{**2} を参照し、日本全体の夜間光の特徴に関して簡単に述べると、いわゆる都心部は全域に於いて明るいことが分かる。都市化の進んでいない市区町村の夜間光の特徴は、単純に最小値が 0 になるわけではない。駅前などの繁華街が明るい、同一の市区町村内において最小値が 0 となる地域も多いため、結果として分散が大きくなる傾向にある。

体育施設の立地分布を調査するために NTT のインターネット版電話帳「i タウンページ」[15] を利用してデータを抽出した。次にこれら施設情報に緯度経度情報を付与するために、東京大学空間情報科学研究センターにて公開されているジオコーディングサービス[24]を使用した。

まず体育施設と水泳施設のそれぞれに関して、各市区町村内の平均夜間光強度ごとの施設数分布を確認すると図 8、図 9 となる。ここから、民間の施設は体育施設も水泳施設も、夜間光強度の高いところ、即ち商業的に発展した駅前や繁華街あるいは住宅地といった比較的明るい地域に多く密集していることが分かる。他方、公共の体育施設は夜間光強度の高いところに多く立地しているものの、民間の施設と比較すると密集の度合いが低いことが分かる。これは、公共施設の場合は、体育施設を建てること、あるいはその維持管理等の施設に関連する事業を地方に提供した結果、利用者の利便性以外のことも考慮したため、夜間光強度の高いところ以外にまんべんなく立地していると考えられる。

次に、子どもの生活と学びに関する親子調査 [25] によれば、水泳は小学生男子の習い事ランキングにおいて低学年男子、高学年男子の 1 位であった。そこでここでは、特に水泳施設にあるいは複合型施設で水泳設備を併設しているものを、体育施設同様に最短隣接距離を測定し掲載した。

結果、水泳施設は一般的な体育施設と比べてより顕著に、民間施設の方が夜間光強度の高いところに集中して立地していることが図 8、図 9 から読み取れる。この施設立地に関して地図的に確認すると図 10、図 11、図 12、図 13^{**3} となる。次章からは、水泳施設の立地が影響すると思われる、都道府県別の全国大会出場者数などを確認する。

^{**1} [1],[20] 掲載の図を筆者一部加工

^{**2} [22],[23] 一部改変して利用

^{**3} データ公開元 NOAA, [13], Data values range from 0-63

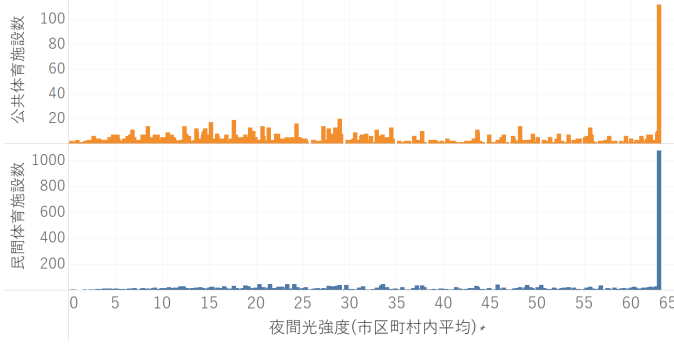


図8 体育施設の市区町村内平均夜間光強度ごとの施設数

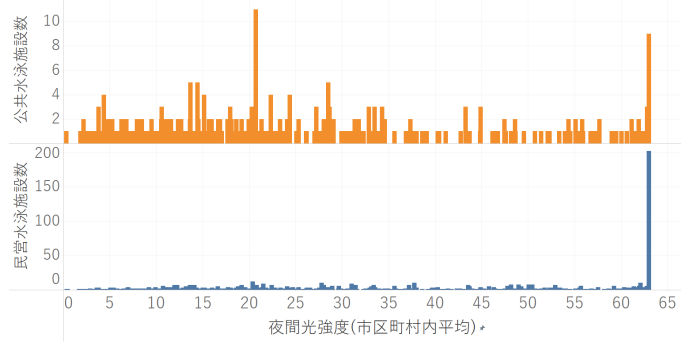


図9 水泳施設の市区町村内平均夜間光強度ごとの施設数

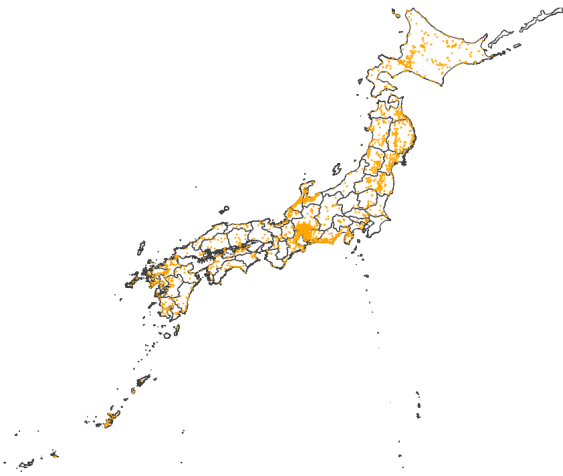


図10 国内の公共体育施設の分布



図11 国内の民間体育施設の分布

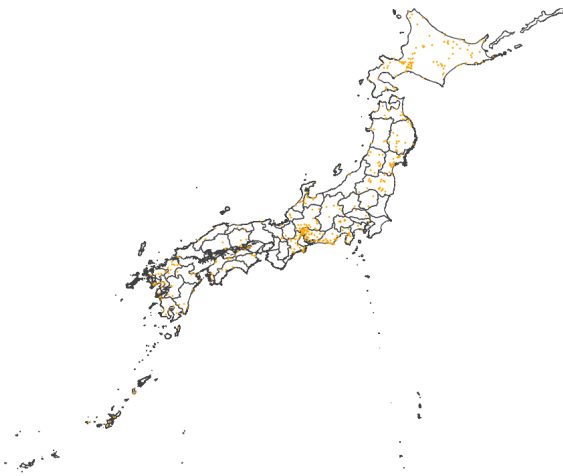


図12 国内の公共水泳施設の分布

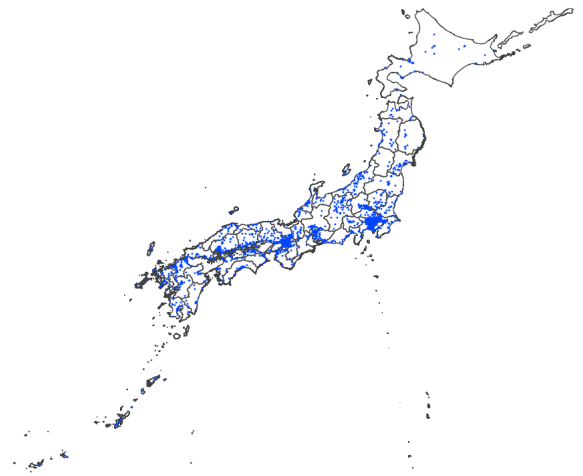


図13 国内の民間水泳施設の分布

3 水泳大会のデータ解析に基づく環境格差

3.1 全国中学校水泳競技大会

SEIKO 社から公開されているデータ [17] をもとに、全中水泳 2021 年度の大会結果を確認すると図 14 から、都道府県別の大会出場回数が多い順に、神奈川、東京、埼玉、愛知、大阪、千葉と続く。これらはいずれも都心であり、夜間光強度が高いこと、民間の水泳施設が多く密集していることが図 7 から明らかであろう。

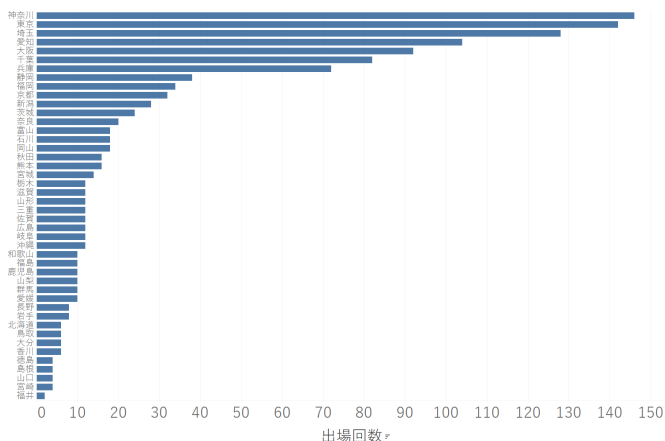


図 14 全中水泳 2021 都道府県別出場回数

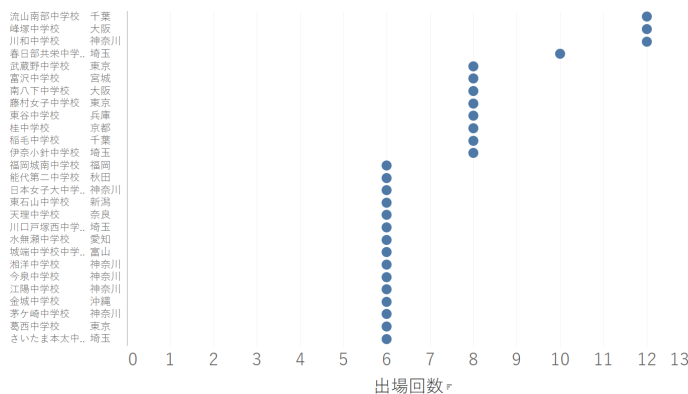


図 15 全中水泳 2021 中学校別出場回数

中学校の段階では、一般的にスポーツ推薦などは存在しないはずである。しかし、出場回数が多い中学校が存在することは図 15 から読み取れる。

また、中学生くらいまでは選手に専門種目というものはないことが多く、優秀な選手はメドレー（クロール、ブレスト、バタフライ、バックストローク）を全て練習させるそうである。結果的に図 16 を参照すると明らかなように、一人で複数の種目に出場することが多くある。そのため図 15, 図 16 において、出場回数としている。

では、これらの学校はいわゆる強豪校なのであろうか。

一部の私立中学校は、付属の高校や大学と連携を図っており、選手の育成を行うこともありえないではないであろう。しかし、公立中学校に関しても私立中学校同様の付属高校や大学と連携が図れるかは疑問符が付く。

いずれにせよ、学校自体は都心部に近いところにあるため、公立中学校に通う優秀な選手というのは、例えば民間の水泳施設で練習を行い、その施設に通う選手たちが、必然的に施設に近い学区の中学校に行く可能性を考慮することも出来るのではなかろうか。

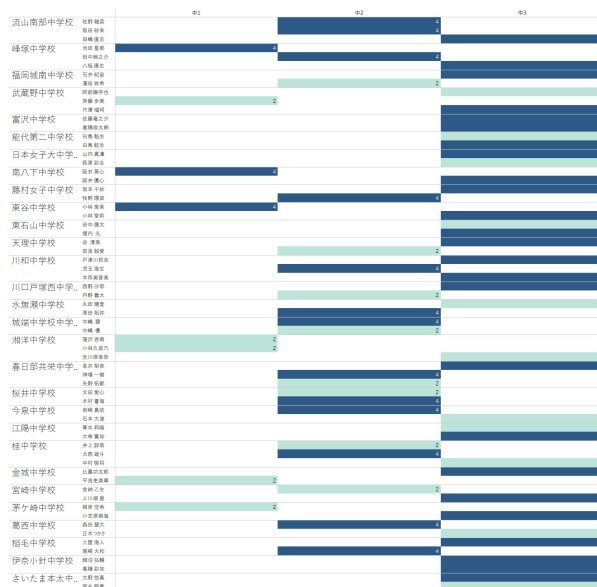


図 16 全中水泳 2021 中学校学年選手別出場回数

3.2 全国高校水泳選手権大会

全国高校水泳選手権大会 2021 年度の大会結果を確認すると図 17 から、都道府県別の大会出場回数が多い順に、大阪、東京、神奈川、愛知、埼玉と続く。順序は多少異なるが、全中水泳の都道府県別出場回数の上位都道府県とほぼ等しいことが分かる。

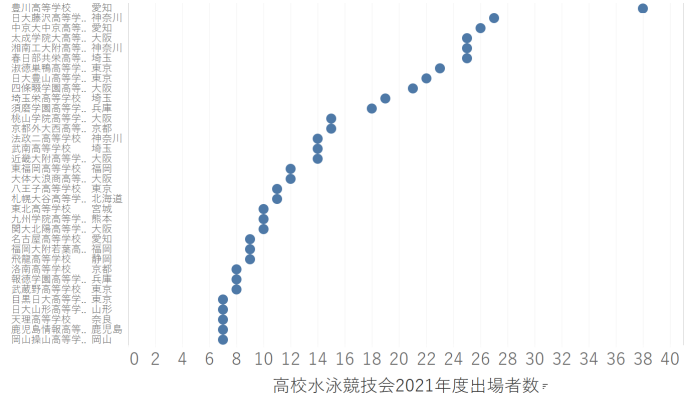
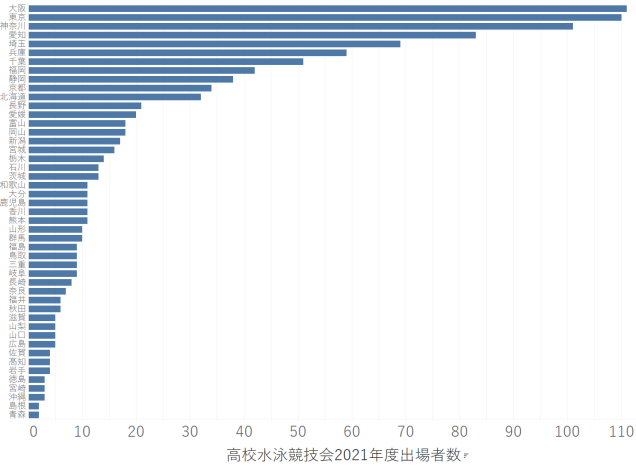


図 17 全国高校水泳選手権大会 2021 都道府県別出場回数

図 18 全国高校水泳選手権大会 2021 高校別出場回数

中学校と異なり、高校からは一般的にスポーツ推薦などがある。そのためか文部科学省学校コード [11] に従い、公立と私立を分類すると、中学校図 15 では上位 20 校 (同出場回数を含む 27 校) の内、私立は 5 校と 2 割以下である。しかし高校図 18 では、上位 20 校は全て私立となり、上位 30 校 (同出場回数を含む 34 校) の内、公立が 1 校と私立学校の割合が大きく増加してくる。

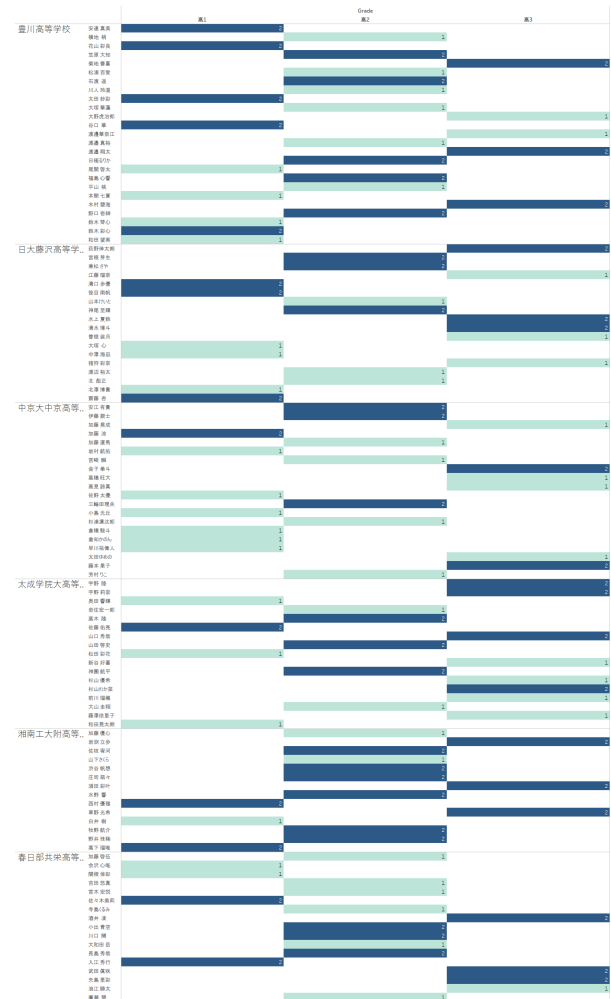


図 19 全国高校水泳選手権大会高校学年選手別出場回数

図 19 を参照すると明らかなように、一人で複数の種目に出場する場合もあるが、一つの学校からの出場者は中学校と比べて大きく増加する。これは、高校生くらいから専門種目が出来てくるためであると考えられる。

また、高校の水泳強豪校に推薦で入学するためには、中学校で好成績を残す必要がある。ここまでの分析から中学校で好成績を残すためには民間の水泳施設で練習を行っているものと考えられ、全中水泳で好成績を取るためにはそれ以前の小学校あるいはさらにそれ以前から、水泳を教育されていたと考えられる。そして、それは、いずれも民間の水泳施設であったと考えるのが妥当であろう。

4 おわりに

ここまでの結果をもとにすると、先行研究で指摘されていた体育施設の立地や密集に関して、全国的にも同様に民間の体育施設は人口の多いところに密集しやすく、公共の体育施設は空間的にまんべんなくなるように配置される傾向が明らかになった。また、それは夜間光強度との結びつきが強く、駅前や繁華街、住宅地といった明るいところに、民間の体育施設が多く密集すると言える。

選手の多さに関して、[図 14](#)、[図 17](#)を参照すると、夜間光輝度の高い、明るい都道府県から大会に出場する選手が多いことが分かる。そして、そうした選手が多く出場する都道府県というのは、民間の体育施設や水泳施設が多く立地する、夜間光輝度の高く、商業的に発展した人口の多い都道府県であることが多いということである。

また、一般的な体育施設の中でも、とりわけ水泳施設においてはこの夜間光輝度の高い地域に偏在する傾向が強くなる。これは施設維持にかかるコストが関係するものと思われる。結果的に、水泳の選手を多く輩出するのは東京、神奈川、埼玉、大阪、愛知といった都心部からの出場選手が多い。

また、水泳選手としてのキャリア形成の初期段階は遅くとも中学生くらいから始まり、その段階では民間の水泳施設で練習することが多いと考えられる。そして、将来的に社会人選手あるいはプロ、オリンピック代表選手などを目指すような場合にも、中学生あるいはそれ以前に、どこに住んでいたかが影響を及ぼす可能性を棄却できないと言えるであろう。

これらを一種の環境に伴うスポーツ教育の格差ととらえることも可能であろう。環境依存度が高いスポーツとしてはスキー・スノーボード、あるいはサーフィンなどが比較的直観的である。一方で、水泳のような施設種目は地域差が出にくい種目であると想定していたが、環境依存度はかなり高いと言えることも分かった。

今後は、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）の公開する、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 [7] から他の人工衛星データを利用したい。例えば、水循環変動観測衛星「しずく（GCOM-W1）」[9]には、土壌水分量、降雨、降雪といったスノーリゾートに必須のデータもある。これらを利用して、スノースポーツに関する調査研究や、水泳以外のスポーツにおける地域差や施設配置計画に関する考察を行いたい。

あるいは、気候変動観測衛星として「しきさい（GCOM-C）」がある [8]。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、スポーツ以外にも都市と文化資本に関連する格差に関する調査研究を行いたいと考えている。

参考文献

- [1] スポーツの統計学. シリーズ 社会現象の計量分析 ; 3. 朝倉書店, 東京, 2000.
- [2] CHALKIAS, C., KRIKIGIANNI, E., AND TSIAKOS, C. Estimating the relationship between touristic activities and night light emissions. *European Journal of Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1080/22797254.2019.1582305>. *European Journal of Remote Sensing* 52 (02 2019).
- [3] DONALDSON, D., AND STOREYGARD, A. The view from above: Applications of satellite data in economics. *Journal of Economic Perspectives* 30, 4 (November 2016), 171–98.
- [4] ESRI ジャパン. Arcgis. <https://www.esri.com/products/arcgis/>. (参照 2023 年 12 月 1 日).
- [5] FEHRER, D., AND KRARTI, M. Spatial distribution of building energy use in the united states through satellite imagery of the earth at night. *Building and Environment* 142 (2018), 252–264.
- [6] HENDERSON, J. V., STOREYGARD, A., AND WEIL, D. N. Measuring economic growth from outer space. *American Economic Review* 102, 2 (April 2012), 994–1028.
- [7] JAXA. G-portal. <https://gportal.jaxa.jp/gpr/?lang=ja>. (参照 2022 年 06 月 24 日).
- [8] JAXA. 気候変動観測衛星/gcom-c. https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/index-j.html. (参照 2022 年 06 月 24 日).
- [9] JAXA. 水循環変動観測衛星/gcom-w. https://www.jaxa.jp/projects/sat/gcom_w/. (参照 2022 年 06 月 24 日).
- [10] 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* 40, 4 (2019), 1594–1613.
- [11] MINISTRY OF EDUCATION, CULTURE, SPORTS, SCIENCE AND TECHNOLOGY. 文部科学省 学校コード. https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/mext_01087.html. (参照 2022 年 11 月 18 日).
- [12] NILES RITTER, MIKE RUTH, SPOT IMAGE CORP. Geotiff format specification. <http://geotiff.maptools.org/spec/geotiffhome.html>. (参照 2023 年 12 月 1 日)
- [13] NOAA. Noaa. <https://www.noaa.gov/>. (参照 2022 年 06 月 24 日).
- [14] NOAA/NGDC. Noaa/ngdc. https://ngdc.noaa.gov/eog/gcv4_readme.txt. (参照 2022 年 09 月 30 日).
- [15] NTT タウンページ株式会社. i タウンページ. <https://itp.ne.jp/>. (参照 2022 年 06 月 24 日).
- [16] QGIS コミュニティー. Qgis. <https://qgis.org/ja/site/index.html>. (参照 2023 年 12 月 1 日)
- [17] セイコータイムクリエーション株式会社. 競泳リザルト速報サービス. <http://swim.seiko.co.jp/>. (参照 2022 年 06 月 19 日).
- [18] 一ノ瀬俊明, 松村寛一郎, 中谷友樹, 中野泰臣, AND 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* 10 (2002), 299–303.
- [19] 経済産業省サービス動態統計室. 特定サービス産業動態統計調査. <https://www.e-stat.go.jp/>. (参照 2022 年 06 月 18 日).
- [20] 軽部光男. 新しいスポーツ施設はどこに建てるのが良いのだろう. *オペレーションズ・リサーチ : 経営の科学 = Operations research as a management science research* 47, 3 (03 2002), 155–160.
- [21] 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* 62 (3 2017), 19–26.
- [22] 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* 29, 1 (6 2021), 23–28.
- [23] 大友翔一. 夜間光画像を用いた詳細な地域経済分析の可能性. *情報処理学会論文誌* 63, 3 (mar 2022), 733–741.
- [24] 東京大学空間情報科学研究センター. アドレスマッチングサービス. <https://geocode.csis.u-tokyo.ac.jp/>.

(参照 2022 年 06 月 19 日).

- [25] 東京大学社会科学研究所センター, AND ベネッセ教育総合研究所. 子どもの生活と学びに関する親子調査 2015-2018. <https://csrda.iss.u-tokyo.ac.jp/oyakopanel.digest.pdf>. (参照 2022 年 06 月 24 日).