令和２年度　環境経済の政策研究

環境・経済・社会の持続可能性の総合的な評価

及び豊かさの評価に関する研究

研究報告書

令和３年３月

国立大学法人　九州大学
学校法人南山学園　南山大学

目次

サマリー 4

Ⅰ　研究計画・成果の概要等 13

1. 研究の背景と目的 14

2. 3年間の研究計画及び実施方法 15

3. 3年間の研究実施体制 18

4. 本研究で目指す成果 19

5. 研究成果による環境政策への貢献 19

Ⅱ. 令和2年度の研究計画及び研究状況と成果 20

1. 令和2年度の研究計画 21

2-（1）令和2年度の研究状況及び成果（概要） 23

2-（2）　3年間の研究を通じて得られた成果（概要） 30

3. 対外発表等の実施状況 45

4. 令和2年度の研究状況と成果（詳細） 54

５. 今後の研究計画 140

Ⅲ　添付資料（参考文献、略語表、調査票、付録　等） 155

第1章の付録 156

第 4 章の付録 164

掲載図表一覧 171

サマリー

国際社会では近年、環境・経済・社会の持続可能性を総合的に評価する研究や、GDP に代わって人々の福祉（Well-being）や幸福度を評価する研究が進められており、国連環境計画（UNEP）の「Inclusive Wealth Index（IWI、包括的な富指数（新国富指標））」など、様々な指標が公表されている。また日本においては、中央環境審議会「第五次環境基本計画」において、地域における自然資本・人工資本・人的資本を持続可能な形で最大限に活用し、地域内における環境配慮型の投資・消費を活発化させていくことを目指すとしている。こうしたことから、市町村単位だけでなく更に詳細なレベルでの基礎的データの整備と自治体政策での活用が必要となっている。

人工資本・人的資本・自然資本を集計した価値である IWI については、国際機関や国内都道府県・市町村レベルでの計測が進んでいる。 そこで本研究では、(1)持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標の評価・分析、(2)日本そして比較対象としての先進国や中国等近隣諸国の持続可能性や豊かさや幸福度データについての精緻化、(3)日本全国および地域対象の、自然資本等の政策提言そして複数自治体での環境政策活用を行う。

(1) 持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標の関係分析について

初年度は、新国富を測定する際の自然資本の役割と重要性に焦点を当て、140 か国の新国富を 25 年間（1990 年から 2014 年）分析した。自然資本を構成する(1)再生可能資源と(2)非再生可能資源という 2 つの主要なカテゴリーの項目について変化の検討を行った。まず、再生可能資源では、1%以上の成長を達成した国は 3 カ国であり、成長を実現できた国はかなり限られている。

非再生可能資源については、化石燃料資源の豊富な国々は、時間の経過とともにその価値を大幅に低下させており、鉱物資源は 1990 年から 2014 年の間すべての国で一貫し減少している。

1992 年から 2014 年のアジア太平洋地域全体における自然資本の変化を見ても、自然資本総額が 10%の減少、一人当たりでは 35%の減少となっている。アジア太平洋地域は、都市化と人口増加が最も急速に進んでおり、環境問題に重大な影響を与えている（UNEP2016）。持続可能な開発のためには、強力な機関、良好な統治、厳格な監視が重要である。

次年度は、新国富指標と持続可能性の位置付けについて整理したうえで、新国富指標の各資本の関係について分析し、国内外で議論や構築が進められている持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標と新国富指標との関係について、国や自治体等の行政区域レベルでの関係を明らかにした。2015 年における日本の市町村別の各資本のデータを用いて自然資本と人工資本・人的資本の関係を見ると、自然資本は人工資本と人的資本の和に対して負の相関を示しており、日本の市町村レベルでは両者の代替関係が示唆される。また、各資本と新国富全体の関係について、世界 140 カ国の各資本を集計し， 1992 年を参照年として 1 人当たりの各資本の成長率を比べると、 人工資本の伸びが新国富全体の伸びをけん引し、自然資本については減少の一途をたどっていることが確認された。新国富全体ではプラスの成長が続いており、世界平均では生産的基盤が損なわれておらず、弱い持続可能性を満たしていると言える。しかしながら、自然資本の中でも、クリティカル自然資本と呼ばれる、人々の豊かさを維持するうえで不可欠な役割を果たし、他の種類の

資本で代替できないものが存在することについては留意する必要がある。新国富指標と、豊かさや幸福度に関する指標との関係について、GDP, HDI, 幸福度等の指標と新国富指標の間には世界レベルのデータを用いた分析からは、明確な相関関係は見られなかったが、日本全国 30 万人を対象に実施した幸福度についてのアンケート結果と新国富指標の関係について分析した結果、自然資本の水準の差が幸福度に差を生むわけではないが、所得が低く自然資本の水準が高い自治体は、自然資本の水準が低く所得が高い自治体と同程度の幸福度が得られていることが確認された。

本年度は、複数の出所からのデータ、地理的手法、新国富のフレームワークを総合的に活用し、複数年にわたる精度の高い各種資本のデータセットを初めて作成した。当該データセットを用いた分析により、地域の持続可能性の評価が空間的スケールに依存することを示したことに加え、人口の減少と地方からの流出が持続可能性に影響を与える大きな課題であることも明らかにした。更には、詳細レベルでの分析から、1) 国全体としては持続可能性を維持しているものの、特定の地域では、2000～2015 年の間に新国富が減少している。2) 全国レベルで見ると、教育の向上が富の成長の主因になっているということを示した。

また、地域詳細レベルでの資本変化の分析の一環として、大きな社会課題である高齢化率、教育、所得など人的資本の格差と地域の価値の関係を、番地単位という詳細なレベルで分析・検証を行なった。主要な結果として、対象とした居住地域においては高齢化と地価に負の相関があることを明らかにしたことに加え、所得と地域の利便性が地価に与える影響も大きいことが分かった。

(2) 日本そして比較対象としての先進国や中国等近隣諸国の持続可能性や豊かさや幸福度データについての精緻化

初年度は、日本と中国における、約１km 四方のグリッドごとの資本の推計を行った。続いて、この推計結果について、簡単に議論を行った。中国については、中国の人口分布の偏りを示す線として知られる黒河・騰衝線（Hu Huanyong Line）の東西で新国富の意味での資本蓄積水準が異なることが観察された。これは人的資本・人工資本の偏りによるものである。自然資本は東西でほぼ同水準である。日本においては、沿岸部に資本の集中が観察され、特に東海道・山陽新幹線あるいは太平洋ベルトに沿って水準が高い。自然資本は都市において低くなる傾向にある。面積当たりの新国富を両国で比較すると、国全体では日本は中国に比べ 10 倍以上高い水準であるが、最も発展している地域（それぞれ東京、上海の中心部）で比較するとほぼ同水準である。

グリッドレベルでの新国富の偏在の度合いをジニ係数によって推計すると、人的資本は 0.8 以上、人工資本は 0.9 以上の値となり、かなりの程度で偏って分布していることを示している。一方で、自然資本はそれぞれ日本で 0.24、中国で 0.48 となり、偏在の度合いはそれほどの高水準でない。

次年度は、人工資本・人的資本・自然資本、GDP の地域詳細レベルでのデータベース化を行い、日本と中国の新国富指標データベースの拡張を完了し 2017 年のデータベースを作成し、比較対象としてのインドについても同様に 2017 年のデータベースを作成した。

地域詳細レベルでの資本変化は、2010 年と 2017 年のデータベースを用いて、日本、そして比較対象として中国について分析した。日本と中国の比較から、2010 年から 2017 年にかけて中国

と日本の富の差は縮小していることが確認された。2010 年には、日本の新国富指標、人的資本、人工資本の密度は、それぞれ中国の 6.9 倍、7.4 倍、13.9 倍であったが、2017 年には、この比率がそれぞれ 5.9 倍、6.0 倍、7.4 倍に縮まっている。また、日本における自然資本の密度は、2010 年には中国の 60%に過ぎなかったが、2017 年には中国を僅かに上回っていることが確認された。

また、地域詳細レベルでの資本変化の分析の一環として、持続可能性の要因となる社会経済変数のさらに精緻な分析を行うために、日本全国の市の予算（歳出／総務費、土木費、教育費）と新国富指標の変化の関係について分析を行った。結果として、土木費用を増やすと人工資本が増加し自然資本が減少するが、人工資本の増加率の方が自然資本の減少率よりも大きいため、土木費用の増額は新国富指標の増加に繋がることが確認された。また、教育費については人的資本には統計的に有意な影響を与えていないことが示された。加えて、地域詳細レベルでの資本変化が地価に与える影響について明らかにする試みとして、福岡県福岡市の九州大学六本松キャンパス跡地の再開発事業を対象にケーススタディを実施した。結果として、六本松キャンパス跡地の再開発事業による地価上昇率の推計値と実際の地価上昇率の乖離が他の開発事業と比較して大きいことが確認され、開発時に意図されていた住環境に配慮した設計等が影響を与えている可能性が確認された。

本年度は前述したように、初めて作成した複数年にわたる精度の高い富のデータセットから、日本の富の時空的動向の多重スケール分析を実施し、富の分布、成長、そして格差を解明した。富の成長率と密度の関係を中国と比較すると、中国は都市の発展が国策でコントロールされているため日本とは異なる結果となった。

また、新型コロナウィルス（COVID-19）対策によるロックダウンの大気への排出物への影響について、健康資本への影響という観点から NO_2 と CO_2 について、2020 年 1～4 月のデータを用いて分析した。NO_2 については、全般的に世界規模の健康利益の増加が確認されたことにより、早期のロックダウンとその強化により、世界規模の健康利益は増加することを明らかにした。本研究において、ロックダウンが開始された時期は国によって異なるが、世界規模の健康利益が、1 月に 4 兆 1400 億米ドル、4 月に 5 兆 3400 億米ドル、そして 7 月に 8 兆 7300 億米ドルであることを示している。利益の伸びが大きいということは大きな利益を得たことと同じであり、早期封鎖の重要性が再確認された。CO_2 については、2019 年 1～４月の CO_2 増加量は 216,293.18 トン/km^2 であるのに対し、2020 年は 165,747.7 トン/ km^2 となり、50,545.51 トン/ km^2 の減少となった。算出された利益は 1 兆 7000 億米ドルであり、これは本研究が対象とする 2020 年 1～4 月の 4 か月間の GDP の 5.8%であることが分かった。

(3)日本全国および地域対象の自然資本等の政策提言そして複数自治体での環境政策活用

初年度は、福岡県の筑豊・宗像地方に位置する宮若市を対象にアンケート調査を行なった。本アンケート調査の目的は、地域の自然・伝統などの資源や行政サービス、または人や地域のつながり等、いわゆる社会関係資本を市民がどのように評価しているかを調査することである。社会関係資本項目の総額は約 7.7 億円であった。また、自然や社会環境にかかわる資本整備への支払意志額が特に高いことが判明した。

本アンケートの分析は、自然資本を含む社会関係資本を市民がどのように評価しているかをよ

り詳細に明らかにし、「第 2 次宮若市総合計画」に掲げられている施策実施への活用を始めとした、政策形成への活用に資するものとなった。

次年度は、全国自然資本アンケートと、地方自治体との共同研究プロジェクトとして福岡県久山町において ICT を活用した社会関係資本の向上に資するサービス導入の事前・事後アンケートに基づく経済実験を行った。日本全国で行ったアンケートデータを用いて、国内の自然資本の維持に対する人々の支払い意志額（WTP）を網羅的に推計し、各種の自然資本の WTP の決定要因およびその地域差を分析し何が人々の豊かさを維持するうえで不可欠で他の種類の資本で代替できないクリティカル自然資本なのかを明らかにした。主たる結果として、調査した 13 項目間では WTP 推定値に大きな違いがみられ、天然林の 1%の減少を防ぐことに対する WTP が最も高く、一方で藻場の 1%の減少を防ぐことに対する WTP が最も低くなっていた。海域の項目では、サンゴ礁の維持への WTP が最も高くなっていることが確認された。また、久山町でのプロジェクトでは、ICT を活用した、小学生や高齢者の見守りサービスの社会的価値が 9,811,368 円と試算された。市民から高い評価を受けたことが明らかとなり、本サービスには久山町から補助金が導入された。地域の社会関係資本の向上に資する行政サービスやプロジェクトについて、価値評価を行うことによってエビデンスベースドの政策形成に繋がった事例である。

本年度は、新たに直方市（福岡県）でアンケート調査を行った。アンケート調査結果から推計される各社会関係資本に対する支払意思額に基づいて、社会関係資本総額を推計すると、直方市における社会関係資本の総額は 2,579,609,159 円であり、その中でも、道路維持に対する支払意思額が 586,835,934 円と突出して高い。本アンケート調査の目的は、自治体内における富の数値化であり、これにより、自治体の総合計画には「新国富指標」を導入することが明示された。直方市においては、第 6 次直方市総合計画で、新国富指標が明記され、自治体の総合計画で新国富指標が生かされる全国初の試みとなった。

また、自然資本の中で再生可能資源として位置付けられる再生可能エネルギーの社会的受容性への影響要因について、既存研究でこれまでその影響を見ることができていなかった発電所、自然資本、人工資本、再生可能エネルギーの導入ポテンシャルの空間情報を全国自然資本アンケートデータとつきあわせ分析に統合した結果、発電所の近接性、居住地周辺の自然の豊富さが、再生可能エネルギーに対する支払意思に影響することが示された。加えて、視認しやすい近接の太陽光発電所が社会的受容性にマイナスの影響を与える一方で、視認しにくいもの(建物屋上など)は社会的受容性に影響を与えないことが示された。本分析によって既存の再生可能・非再生可能エネルギー発電所への近接性、自然資本の豊富さなどが、再生可能エネルギーに対する社会的受容性に大きく影響することを明らかにした。

Summary

In recent years, research that comprehensively evaluates not only gross domestic product (GDP) but also environmental, economic, and social sustainability and the degree of people's well-being and happiness has been advancing on a global scale. Various indices are being used to estimate the economic prosperity of a country, one of them being the UN economic program's (UNEP) inclusive wealth index (IWI, an index for overall wealth). In Japan, the Central Environment Council's draft for the Fifth Basic Environment Plan calls for maximum utilization of each region's natural capital, artificial capital, and human capital in a sustainable manner and focus on environmentally-conscious investments and consumption within communities. This requires the collection of basic data on local entities, and at an even more detailed level, policy initiatives adopted by local governments.

IWI, which is a metric to determine the comprehensive value of artificial, human, and natural capital, is in the process of being utilized by international institutions, as well as prefectural governments and local municipalities in Japan. The current fiscal year is the final year, and local governments are incorporating this new national wealth index into their policies. Accordingly, this study will (1) evaluate and analyze indices for sustainability, wealth, and happiness, (2) conduct a detailed discussion on sustainability, wealth, and happiness data for Japan compared with other advanced nations, such as China, and other neighboring countries, and (3) make some policy proposals regarding natural and other types of capital for Japan on a nationwide and local basis and use them in environmental programs by several local governments.

(1) Comparative analysis of sustainability, wealth, and happiness indices

In Year 1, we focused on the importance of the role played by natural capital when measuring inclusive wealth and analyzed the inclusive wealth of 140 countries over a 25-year period (1990–2014). We examined changes in two main categories of natural capital: (1) renewable resources and (2) nonrenewable resources. First, for renewable resources, three countries achieved growth of 1% or more, so countries that were able to grow were quite limited.

For nonrenewable resources, among those countries rich in fossil fuel resources, the value of these resources has been declining dramatically over time; moreover, mineral resources declined in all countries during the 1990–2014 period.

By examining the change in natural capital in the entire Asia-Pacific region from 1992 to 2014, we witness that the total amount of natural capital declined by 10% and amount per capita reduced by 35%. The Asia-Pacific region has the most rapid urbanization and population growth, which is having a serious effect on environmental problems (UNEP 2016). Sustainable development requires strong institutions, good governance, and strict oversight.

In Year 2, we ranked the inclusive wealth indices and sustainability indices and analyzed the relation among various types of capital in the inclusive wealth indices. With respect to the relationship between sustainability, wealth, and happiness indices and inclusive wealth indices that are being discussed in Japan and elsewhere, we identified relationships that exist on the national, local, and other levels of government. In viewing the relationship between natural capital and artificial and human capital using basic data for

2015 for each of Japan's municipalities, we observed a negative correlation between natural capital and the sum of artificial and human capital, which, in turn, indicates that both are substitutable at the local level in Japan. In addition, with respect to the relationship between each type of capital and inclusive wealth overall, we aggregated each type of capital for all 140 countries and compared the growth rates of each type of capital per capita, considering 1992 as the base year. The growth of artificial capital drove the growth of inclusive wealth overall, confirming the ongoing decline of natural capital. We could say that growth continues to be positive for inclusive wealth overall, the production base is not declining, and sustainability is being maintained at a low level for countries worldwide. Nevertheless, we need to remember that even natural capital plays an indispensable part in maintaining a population's wealth, which can be regarded as a critical form of natural capital, and that some things cannot be substituted with other types of capital. As for the relationship between the IWI and affluence or happiness, we did not observe any definitive correlation from analyses employing global data on inclusive wealth indices, such as GDP and HDI. A Japanese survey of happiness conducted on 300,000 people nationwide found that although differences in the level of natural capital did not give rise to differences in happiness, communities in areas with low income and high levels of natural capital were just as happy as communities with high income and low levels of natural capital.

During the current fiscal year, we used data and geographical methodologies from various sources to formulate our first basic data set covering several years and having a high degree of accuracy and to develop a framework for inclusive wealth. Using this data set in our analysis, we determined that the assessment of a region's sustainability depends on its spatial scale. We further verified that depopulation and outmigration are major issues affecting a region's sustainability. A detailed analysis shows the following:

(1) While sustainability is being maintained for the country as a whole, in certain regions, inclusive wealth declined during the 2000–2015 period.

(2) On the national level, better education was the primary factor propelling the growth of wealth.

Moreover, as part of the analysis of changes in capital on a detailed local level, we descended to the street address level to analyze and study the relationship between an area's value and disparities in human capital affected by major social issues, such as lack of education, low income, and aging population. Our key findings were that a negative correlation exists between population aging and land prices in residential areas surveyed, and income and the area's convenience have a major impact on land prices.

(2) Detailed discussion of sustainability, wealth, and happiness data for Japan compared with other advanced nations, such as China, and other neighboring countries

In Year 1, we divided Japan and China into grids of 1-km squares of land and estimated the capital of each square.

We then briefly discussed our estimation findings. In China, we observed that capital accumulation levels differ in terms of inclusive wealth, east and west of the Hu Huanyong Line, which is a line that shows the lopsidedness of China's population distribution. This is due to differences in human and artificial capital.

Natural capital is at about the same level, east and west of this line. In Japan, we observed a concentration of capital in the coastal areas, especially along the Pacific Belt near the Tokkaido and Sanyo Shinkansen Line. Natural capital is on a decline in urban areas in Japan. Comparing inclusive wealth by area in both countries, on a nationwide basis, Japan's inclusive wealth is about 10 times higher than China's; however, in the most developed areas (central Tokyo and central Shanghai, respectively), it is about the same.

When we estimate the degree of uneven distribution of inclusive wealth at the grid level, we see that the distribution is quite uneven, with human capital having values of 0.8 and artificial capital having values of 0.9. At the same time, natural capital is 0.24 for Japan and 0.48 for China, so here the degree of uneven distribution is not very high.

In the following year, we built a database of the detailed local levels of artificial capital, human capital, natural capital, and GDP; we completed expanding the IWI database for Japan and China, producing a database for 2017. We also made a similar database for 2017 with India as the object of comparison.

The changes in capital at a detailed local level were analyzed using the 2010 and 2017 databases and comparing Japan and China, wherein, it was confirmed that the gap in wealth between these two countries narrowed during this time period. In 2010, the densities of Japan's IWI, human capital, and artificial capital, were 6.9 times, 7.4 times, and 13.9 times the respective figures for China, but by 2017, these had narrowed to 5.9 times, 6.0 times, and 7.4 times, respectively. In addition, we found that while the density of natural capital in Japan was only 60% that of China in 2010, it was slightly higher than that of China in 2017.

In addition, as part of analyzing the changes in capital at a detailed local level, we conducted an analysis of the relationship between changes in cities' budgets throughout Japan (expenditures/administrative expenses, civil engineering expenses, and educational expenses) and the IWI so that we could do a more detailed analysis of the socioeconomic variables that comprise sustainability. We deduced that when civil engineering costs rise, artificial capital increases and natural capital declines; however, as the rate of increase in artificial capital is greater than the rate of decline in natural capital, an increase in civil engineering expenses leads to an increase in the IWI. We also saw that educational expenses do not have a statistically significant effect on human capital. In addition, in an attempt to identify how changes in capital at a detailed local level affect land prices, we performed a case study on the redevelopment project for the former site of Kyushu University's Ropponmatsu Campus in Fukuoka City, Fukuoka Prefecture. We found that the differential between the estimated rate of increase in land prices and the actual rate of increase in land prices is greater at the Ropponmatsu Campus redevelopment project than other redevelopment projects, and that this may be influenced by the project's design, which intentionally took the living environment into consideration in the development plan.

As stated previously, in the current fiscal year, we formulated a very precise dataset on wealth extending over several years and conducted a multiple scale analysis of the spatial trends in Japan's wealth. This analysis helped in the identification of distribution, growth rate, and disparities in wealth. Comparing the relationship between the growth rate and density of wealth with that of China, we found that the situation in China is very different from that of Japan because China's national policy has been to control the growth of cities.

With regard to the impact of emissions on air quality during the COVID-19 lockdowns, we analyzed

NO_2 and CO_2 from the standpoint of the so-called health capital using data from January 2020 through April 2020. Regarding NO_2, it was clear that earlier and stricter lockdowns led to better health benefits on a global scale. This study shows that the global health benefit was US$4.14 trillion in January 2020, US$5.34 trillion in April 2020, and US$8.73 trillion in July 2020. The exponential increase in health benefit is paramount in reconfirming the importance of early lockdowns. Regarding CO_2, while CO_2 volumes rose by 216,293.18 ton/km^2 in the period between January 2019 and April 2019, the corresponding figure was 165,747.7 ton/km^2 in 2020, a decline of 50,545.51 ton/km^2. The computed benefit is US$1.7 trillion, which is equivalent to 5.8% of GDP for the four-month period of January 2020 to April 2020 in our study.

(3) Policy proposals regarding natural and other types of capital for Japan on a nationwide and local basis and use in environmental programs by several local governments

In Year 1, we conducted a questionnaire survey in Miyawaka City, which is located in the Chikuho–Munakata area of Fukuoka Prefecture. The purpose of this questionnaire survey was to determine what residents think of the area's so-called social capital (such resources as nature and traditions, government services, people's ties to the community, etc.). Social-related capital items in the city's budget totaled about 770 million yen. We also ascertained that the willingness to pay (WTP) for capital infrastructure for the natural and social environments was especially high.

The survey analysis shed further light on the particulars of how residents look at social-related capital, including natural capital, and the survey data were used to formulate policies, starting with programs included in the city's Second Miyawaka Comprehensive Plan.

The following year, we conducted an economic experiment based on a nationwide questionnaire on natural capital; questionnaires were administered before and after the launch of services to improve social-related capital through information and communication technology (ICT) in the town of Hisayama, Fukuoka Prefecture, which was a joint research project with the local government. Using the data from the nationwide questionnaire, we did a comprehensive estimation of people's WTP for maintaining domestic natural capital and analyzed the regional differences and determining factors in WTP for various types of natural capital. This enabled us to identify what is needed for maintaining people's sense of wealth and to identify the critical natural capital that cannot be substituted with another form of capital. Our key finding was that estimated values for WTP varied widely among 13 items in our survey, with WTP being the highest for preventing a 1% decline in natural forests and the lowest for preventing a 1% decline in seaweed beds. In questions regarding the sea, we found that WTP was the highest for maintaining coral reefs. In addition, for projects in Hisayama, we calculated that the social value of services that use ICT to protect primary school students and seniors is 9,811,368 yen. We further deduced that residents rate the parameter of social value of services as high, and the town of Hisayama has already started subsidizing these services. With respect to government services and projects for the improvement of local social-related capital, conducting a value assessment shed light on a case of evidence-based policy formulation.

In the current fiscal year, we conducted another questionnaire survey in the city of Nogata (Fukuoka Prefecture). Based on the WTP for various social-related capital as estimated from the questionnaire

findings, the total amount of social-related capital in Nogata is 2,579,609,159 yen, of which the largest share by far is WTP of 586,835,934 yen for road maintenance. The purpose of this questionnaire survey was to quantify wealth in a local community, and in doing so, incorporate the IWI into the local government's comprehensive plan. The city of Nogata has specified the IWI in its Sixth Nogata Comprehensive Plan, making it the first local government in Japan to use the IWI in its comprehensive plan.

Moreover, regarding factors influencing social acceptance of renewable energy, which makes renewable resources a part of natural capital, we complied analyses of data from national questionnaires on natural capital with spatial information on the potential for introducing power plants, natural capital, artificial capital, and renewable energies, the impact of which had not been examined in prior research. We found that the proximity of power plants and the abundance of nature near residential areas have an impact on WTP with respect to renewable energies. In addition, we saw that easily visible solar power plants in the vicinity have a negative impact on social acceptance, but things that are not easily visible (building roofs, etc.) do not affect social acceptance. This analysis identified how factors such as the proximity of existing power plants generating renewable and nonrenewable energy and the wealth of natural capital have a major effect on the social acceptance of renewable energy.

Ⅰ　研究計画・成果の概要等

1. 研究の背景と目的

国際社会では近年、環境・経済・社会の持続可能性を総合的に評価する研究や、GDP に代わって人々の福祉（Well-being）や幸福度を評価する研究が進められており、国連環境計画（UNEP）の「Inclusive Wealth Index（IWI、包括的な富指数（新国富指標））」、OECD の「Green Growth Indicators（グリーン成長指標）」や「Better Life Index（より良い暮らし指数）」、国連 SDSN の「世界幸福度（World Happiness）」、国連開発計画（UNDP）の「人間開発指数（Human Development Index）」など、様々な指標が公表されている。将来の豊かさにつながる指標としてジェニュイン・セイビング（Genuine Saving）は人的資本への投資や自然資源の収奪、公害による損害などを考慮に入れた経済の貯蓄率によって国の富の変化を表す指標だが、更新頻度が少なく、かつ新国富指標より対象項目が少ないなど問題点が指摘されている。また、SAM(Social accounting matrix)では、社会的に重要な指標のフローを含むように拡張することができるが、政策評価にはつながらないため、現在、その拡張版である新国富指標へ以下のように視点が移っている。



指標の開発

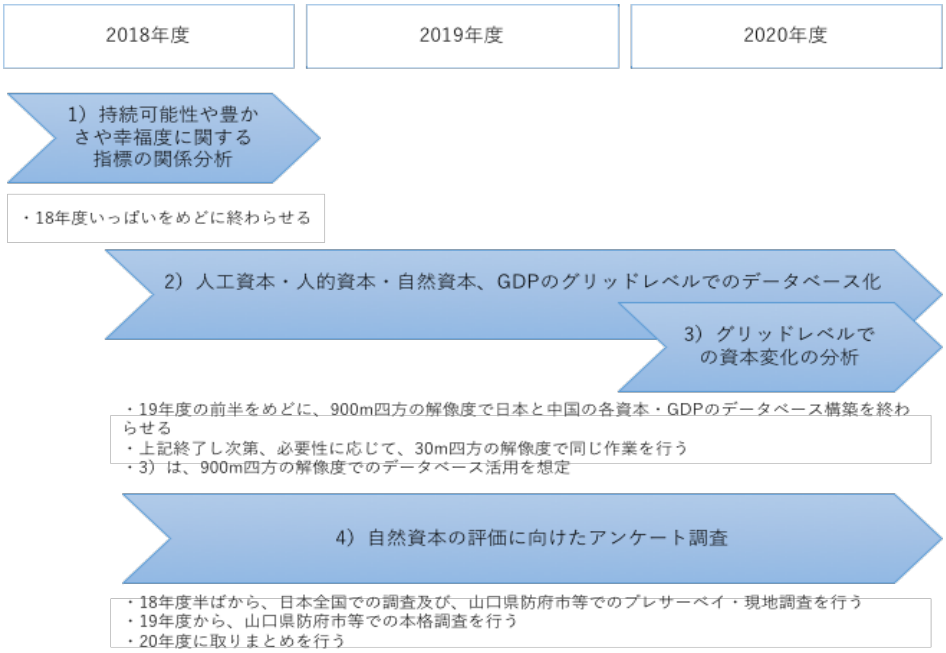
また日本においては、中央環境審議会「第五次環境基本計画」において、地域における自然資本・人工資本・人的資本を持続可能な形で最大限に活用し、地域内における環境配慮型の投資・消費を活発化させていくことを目指すとしている。こうしたことから、市町村単位だけでなく更に詳細なレベルでの基礎的データの整備と自治体政策での活用が必要となっている。

人工資本・人的資本・自然資本を包括的に集計した価値である IWI については、国際機関や国内都道府県・市町村レベルでの計測が進んでいる。そこで本研究ではまず、国際機関等における持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標の評価・分析を行う。次に、日本そして比較対象としての先進国や中国等近隣諸国の持続可能性や豊かさや幸福度データについても精緻化を行う。とりわけ近年では社会経済変数が衛星データ等を用いて細かい空間単位で利用可能であり、本研究でも国内全地域、他国主要地域を主な対象に、IWI の構成要素である人工・人的・自然資本、GDP データを水平方向 30m の解像度で収集し、データベースを構築する。これをもとに、各資本の増

減をもたらす社会経済変数との相関関係や因果関係を分析し、将来予測シミュレーションに向けた準備を行う。さらに、日本全国および地域を対象に、自然資本等の政策提言そして複数自治体での環境政策活用まで行う。

2. 3年間の研究計画及び実施方法

実施スケジュールは以下の図の通りである。



(1) 持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標の関係分析
まず、本研究の背景・理由にあるような、国内外で議論や構築が進められている持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標をレビューする。そのうえで、必要に応じて、国や自治体等の行政区域レベルでの関係を、クラスター分析や回帰分析等により明らかにする。本項目は、(2) (3) のグリッドレベルでの議論や (4) の価値づけの議論への導入とする。

(2) 人工資本・人的資本・自然資本、GDP の地域詳細レベルでのデータベース化
研究代表者の研究室では、中国と日本を対象に、先行的にデータベースの構築を行っている。具体的には、地理情報システム (GIS) の最も汎用的なソフトウェアである ArcGIS を用いて、人工資本・人的資本・自然資本、GDP のデータベースを 900m (約 1 km) 四方の解像度で構築する作業に着手している。本研究ではこれをまず完成させ、データ利用可能性や優先順位に応じて、順次解像度を 30m 四方に精緻化する。各資本と GDP の算出方法は、下記の通りである。

＜人工資本＞

IWI の方法論に従い（Arrow et al. 2012)、恒久棚卸法（PIM）によって算出する。具体的には、まず行政単位（日本の都道府県、中国の省、米国の州など）で各年の投資額から減耗分を差し引いた価値を算出する。次に、人工資本は GDP との相関が大きいと考えられるため、NOAA 衛星データに記録された夜光（NTL）の明るさにより、各行政単位の人工資本を各グリッドに案分する。

＜人的資本＞

人的資本は、IWI の方法論に従い、まず下記の式により行政単位ごとに算出する。人口は NASA の GPW を、その他の年齢、性別、教育達成度、労働年数等のデータは、各国のマクロデータからできるだけ細かいものを使う。

$$p_H \times H = \int_t^T (wL/H)e^{-\delta(\tau-t)}d\tau \times Pe^{rA}$$

次に、人的資本を人口比に応じて各グリッドに案分する（図 1 参照)。したがって、各行政単位内では、人工資本と同様に、シャドー価格と資本の量を一体的に扱うことになる。

＜自然資本＞

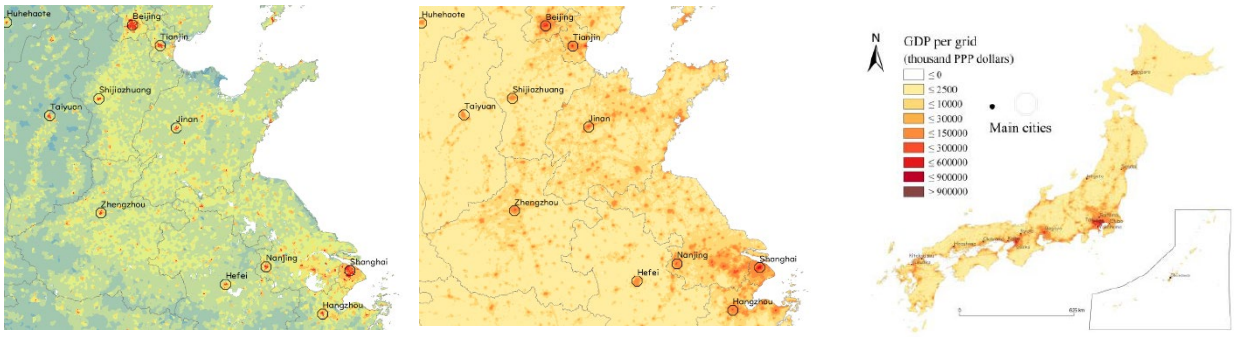


図 1 例としての中国沿海部における人的資本(左図)と GDP(中図)、日本の GDP(右図)のデータイメージ

利用を検討しているデータセット GlobeLand30 では、土地利用は 10 種（湖水、湿地、人工地、ツンドラ、永久凍土、草地、荒地、耕作地、灌木地、森林）に分類されている。そこでまず、IWI において自然資本のうち再生可能資源とされている農地と森林を、Li et al. (2016)を参考にしながらグリッドレベルで把握する。森林については、Hansen et al. (2013)の 30m 解像度によるランドサットデータも参考に用いる。

次に、各再生可能資源のシャドー価格については、やはり IWI に従い、農地や森林が生み出す供給サービスの割引現在価値と、調整・基盤・文化サービスの割引現在価値の和とする。利用可能なデータ制約上､シャドー価格の構成要素によって解像度が異なると予想される｡具体的には、供給サービスについては、木材や農作物のレンタル価格（＝市場価格－レント）に数量を乗じて算出するので、各行政単位レベルで異なるデータが得られる可能性がある。一方、その他のサービスについては、国レベルでも差別化が難しいと思われ、生態系サービス価値づけデータベース（ESVD）の平均値を使うことを予定している。

また、自然資本のうち再生不能資源である石油・ガス・石炭、鉱物資源については、現時点で利用可能な分布図の解像度が明らかでないため、またそもそも自然資本のうち市場で自由に取引が行われている供給サービスの立地はあまり重要でないこともあり、データと必要性に応じて解像度を決定する。

＜GDP＞

上記三つの資本と並んで、衛星データを用いたGDP情報を同じ解像度で収集する（図1参照）。所得の変数は国民経済計算体系(SNA)における国もしくはその下の行政区域の経済の総付加価値や、所得調査を通じたデータが使われてきた。これはボトムアップデータとして依然として最も信頼できるが、行政区域に縛られるため域内の異質性や不平等を反映しづらい、また特に発展途上国では統計の信頼性が低いといった弱点がある。そこで最近、衛星写真に写された土地区画の光度から福祉の指数を構築する研究が増えている。分析には、夜光の測定誤差は国民経済計算や所得調査の測定誤差とは無関係であるという前提が必要である（Pinkovskiy and Sala-i-Martin 2016)。データセットは、NASAのDMSP-OLS Global Radiance Calibrated Nighttime Lightsの衛星データと、GlobeLand30の土地利用データを合わせ、各国のセクター別GDP割合から算出する。

＜最適な分析スケールについて＞

GISにおいて、ベクターデータとは、対象物をポイント（点)、ライン（線)、ポリゴン（面）の3要素で表現したデータであり、はっきりとした境界を持つ対象物の表現に適している。これに対しラスターデータとは、格子状（グリッド状）に並んだセル（ピクセル）で構成されるデータであり、気温や降水量など、はっきりとした境界を持たない連続データの表現に適している。既存研究は、国や州や都道府県など行政区域を単位として、ベクターデータに相当する資本の測定を行ったのに対し、本研究はラスターデータにより資本の数量やGDPを指数として表現するものといえる。いずれのデータが望ましいか、より一般にどの空間的範囲でIWI分析を行うべきかは、分析の目的や資源配分の制度による（Yamaguchi et al. 2016)。たとえば地方自治体政府が域内の所得再分配を行っている制度の下では、空間的な資本と構成員の福祉との間に乖離が生じやすいと考えられるため、ラスターデータよりもベクターデータを使った行政区域内での資本変化に注目すべきである。一方、域内の異質性が大きい場合は、ラスターデータによる資本変化も有益な情報となるだろう。環境政策のニーズによっては、900m×900mの解像度による資本データでも十分であることが考えられる。

なお、持続可能性分析で最終的に重要なのは人々の福祉（の増加）である。一部の資本は移動可能であるし（人的資本、自然資本の供給サービス)、また資本が移動できない場合でも人が動くことによって資本のサービスを享受できる（人工資本、自然資本のアメニティ)。したがって、グリッドレベルでの資本変化がそのままグリッドレベルでの持続可能性を表すとは限らず、本データベースを解釈する際には注意が必要である。

(3) 地域詳細レベルでの資本変化の分析

上記で把握した資本やGDPデータを用いて、資本変化やGDPと他の社会経済変数（幸福度、所得、教育等）との相関関係や因果関係を、必要に応じて空間計量経済学モデルも用いながら分析する。ただし、本項目は他の変数の利用可能性に制約されるため、地域のケーススタディとする

ことを想定している。さらに、上記で得られたモデルのフィットが高い場合、今後の資本の将来予測シミュレーションに向けた分析を行う。具体的には、人工・人的・自然資本の変化を GDP や他の社会経済変数に回帰させるモデルによる予測の準備を行う。

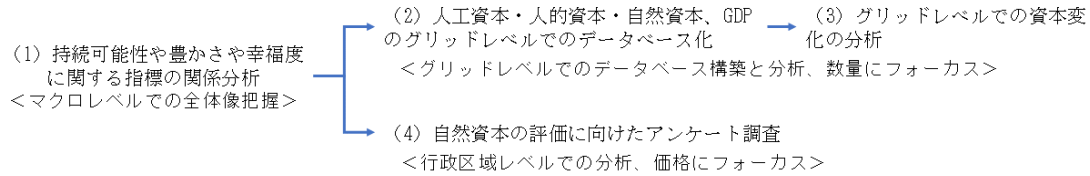
（4）自然資本等の評価に向けたアンケート調査

国内の自然資本に関する調査を定点観測的に実施するため、全国と地域ケーススタディをウェブもしくはインタビューにより行う。ケーススタディは、複数の地域を対象とする： 例えば山口県の瀬戸内側の中央部に位置する防府市を対象とする。同市は、広島市と下関市との中間に位置し、製造業を中心に人工資本の蓄積が進んでいるが、観光資本や自然資本（鱧をはじめとする漁業資源、森林資源）の潜在性を活かしきれていないと思われる。そこで、防府市民の自然資本に対する評価に向けたアンケート調査を行う。選択実験や仮想評価法（ CVM）を用いる。更に継続して福井県や福岡県久山町、宮若市など新規の地域でも対象を広げていく。

具体的な調査項目は下記の通りである。

・性別　・家族構成　・所得　・教育水準　・自宅郵便番号

・「防府市では、市内の漁業資源の整備事業を検討しています。これにより漁業資源が持続可能になり、市の認知度上昇と観光収入増加が期待されます。事業のために、あなたは毎年いくら支払ってもよいと思いますか？」



最後に、各項目の全体における位置づけは上図の通りである。まず指標そのものの関係性を把握したうえで、グリッドレベルでのデータベース構築を行い、続いて同じレベルで要因分析を行う。並行して、国内自然資本を対象にアンケート調査を行い、グリッドレベルでは分析しにくい自然資本のシャドー価格の参考とする。

過去のデータを元に更に新国富指標と各資本データの整備を行い、今後の総合基本計画や環境政策実施目標の設定や評価のために、アンケート手法や詳細な土地利用データ活用での合意形成の支援や効果的な自然資本推進を行う。詳細な区分がある場合が故に地域レベルでの合意形成に役立ち、政策目標設定に使えるからである。久山町のように予算配分利用まで行かなくても総合基本計計画を実際に政策に使えるようにするためのシステム化、そして実際への利用を推進する。

3. 3年間の研究実施体制

［研究代表者］

馬奈木俊介　九州大学大学院　工学研究院　主幹教授

[研究参画者]
鶴見哲也　南山大学　総合政策学部　准教授
藤井秀道　九州大学　経済学部　准教授

4. 本研究で目指す成果

世界や日本の持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標について、定量的に関係性を分析する。日本国内と他国を対象に、国や自治体レベルより詳細空間（30m 四方の解像度）における各資本や GDP の増減を定量的に示し、マクロ的な IWI では把握しきれない持続可能性について丁寧に定義及び比較し土地利用政策まで踏み込んで分析及び提案する。データベースを研究者や国・自治体担当者らと共有することで、国際的にも分析できるようになる。また、このように把握した細かい解像度における資本の増減に影響する社会経済的要因や、他の福祉指標（GDP や生活満足度、幸福度）との相関や因果関係の分析、各資本の将来予測シミュレーションに向けた準備にもつながることが期待される。さらに、アンケート調査により、日本国内の事情を勘案した自然資本の精度向上を目指す。

5. 研究成果による環境政策への貢献

国際、国内、地方の三段階で記載する。まず国際的には、国連、OECD など国際機関における持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標の議論の場において、実際の個別政策に落とすには高い解像度での資本データベースに加えて、学会報告等を通じて資本変化の分析結果を提供する。国内環境行政においては、中央環境審議会での「第五次環境基本計画」の進捗状況の把握、及び次期環境基本計画の指標等に関する検討に貢献する。持続可能性や豊かさや幸福度は、Stiglitz et al. (2009)が提案したようにダッシュボード的モニタリングを行うことも考えられ、その代表的指標として IWI を盛り込むことを提案する。また、地方自治体の環境政策への貢献として、研究代表者が代表を務める九州大学都市研究センターは、既に複数自治体と新国富政策活用のために連携協定を結んでおり、この動きを横展開することが考えられる。例えば福岡県久山町ではすでに新国富の増加を目指した政策を目指すことを宣言し、実際の予算配分を含めて今年度予算を確定している。

Ⅱ．令和2年度の研究計画及び研究状況と成果

1. 令和 2 年度の研究計画

(1) 人工資本・人的資本・自然資本、GDP のグリッドレベルでのデータベース化

地理情報システム（GIS）の最も汎用的なソフトウェアである ArcGIS を用いて、人工資本・人的資本・自然資本、GDP のデータベースを 900m（約 1 km）四方の解像度で構築する作業を進める。データ利用可能性や優先順位に応じて、順次解像度を 30m 四方に精緻化する。また、主要都市や重要地域に絞って分析を行う。

30 年度と令和元年に引き続き、主要都市や重要地域を中心にデータベース化を進め、各資本変化の把握を可能にする作業を進める。

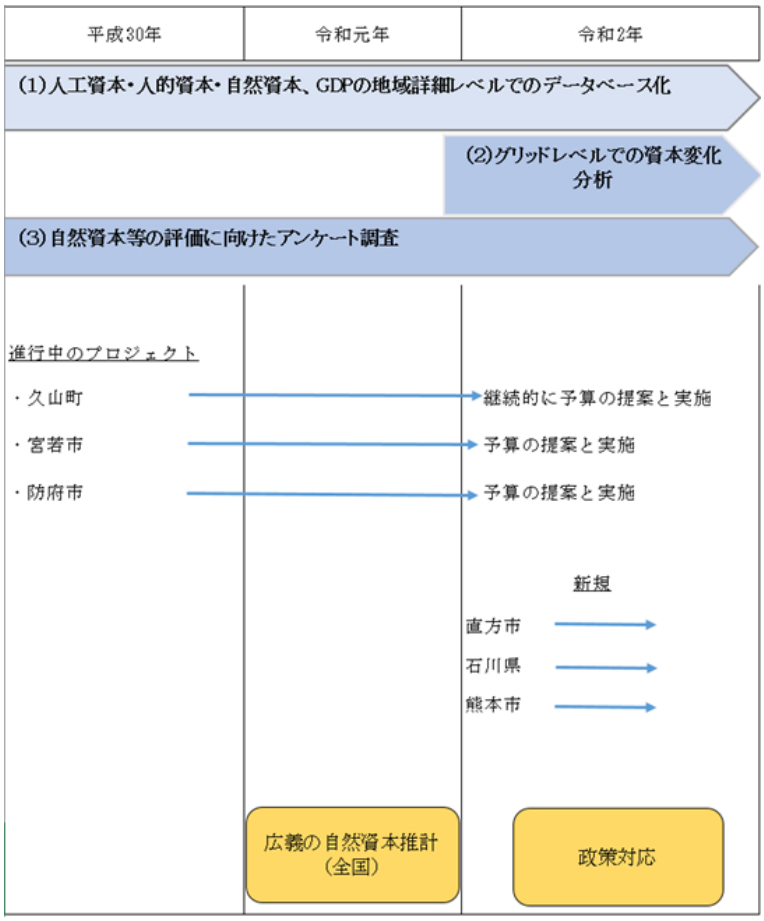
(2) グリッドレベルでの資本変化分析

（１）で把握した資本や GDP データを用いて、資本変化や GDP と他の社会経済変数（幸福度、所得、教育等）との相関関係や因果関係を、必要に応じて空間計量経済学モデルも用いながら分析する。ただし、本項目は他の変数の利用可能性に制約されるため、地域のケーススタディとすることを想定している。さらに、上記で得られたモデルのフィットが高い場合、今後の資本の将来予測シミュレーションに向けた分析を行う。具体的には、人口・人的・自然資本の変化を GDP や他の社会経済変数に回帰させるモデルによる予測の準備を行う。

(3) 自然資本等の評価に向けたアンケート調査

過去のデータを元に更に新国富指標と各資本データの整備を行い、今後の総合基本計画や環境政策実施目標の設定や評価のために、アンケート手法や詳細な土地利用データ活用での合意形成の支援や効果的な自然資本の推計を行う。詳細な区分がある場合が故に地域レベルでの合意形成に役立ち、政策目標設定に使えるからである。久山町のように予算配分利用まで行かなくても総合基本計計画を実際に政策に使えるようにするためのシステム化、そして実際への利用を推進する。

具体的には、福岡県久山町、福岡県宮若市、山口県防府市でのアンケート調査を実施し、各自治体の政策への活用を進める。久山町では継続的に予算の検討と策定に貢献し、防府市では総合計画の策定に新国富指標を活用する。


平成30年
令和元年
令和2年
(1)人工資本・人的資本・自然資本、GDPの地域詳細レベルでのデータベース化
(2)グリッドレベルでの資本変化分析
(3)自然資本等の評価に向けたアンケート調査
進行中のプロジェクト
・久山町
・宮若市
・防府市
継続的に予算の提案と実施
予算の提案と実施
予算の提案と実施
新規
直方市
石川県
熊本市
広義の自然資本推計（全国）
政策対応

2-(1)令和2年度の研究状況及び成果(概要)

(1) 人工資本・人的資本・自然資本、GDP のグリッドレベルでのデータベース化

新国富（または包括的富、Inclusive Wealth：IW）資本は 3 要素から成る。それぞれ人的資本（HC)、人工資本（PC)、自然資本（NC）であり、人的資本は、教育、スキル、健康状態などが関わる。人工資本は、インフラや構築物、機械装置などである。自然資本（NC）は、再生不能資源（化石燃料、鉱物）と再生可能資源（エコシステムがもたらすサービスや製品）から構成される。

本年度は、HC と NC について利用可能な統計データを用い、最も詳細な行政単位レベルで各資本の富を算出し、地理的副次データで空間的にグリッドセル・レベルに分解した。「持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標の関係分析」に関わる、日本の新国富の分布と関連性についての理解を深め、人口の減少と地方からの流出で持続可能性に課題があることも明らかにした。また PC について、2017 年の県単位の PC の富を夜間の照明（nighttime light images：NTL）の輝度に応じたピクセルに振り分けた。

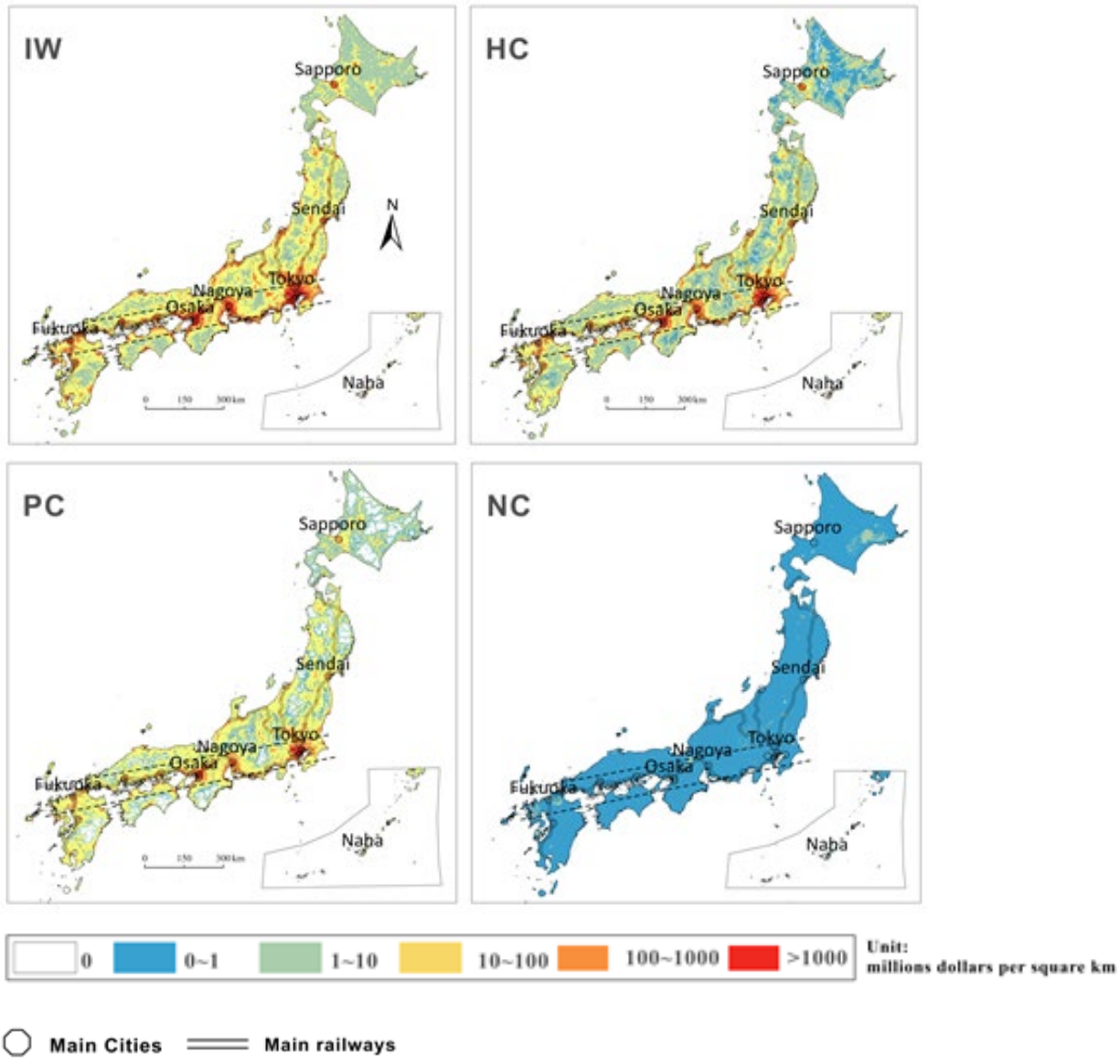


図 2 平均グリッド IW および各資本の富（2000、2005、2010、2015 年）：破線は太平洋ベルトを示す。

(2)グリッドレベルでの資本変化分析

2000、2005、2010、2015 年の 3 つの各資本の新国富を推計した。これは 30 秒角（赤道地点で約 1km）刻みとし、富の金額の単位は、2010 年の米ドル為替レートで換算した。加えて、マルチ・スカラ分析を行うために富を行政単位（市区町村、県、国）のグリッド・レベルで合計した。取得した IW は、47 都道府県/1,896 市区町村である。2000～2015 年の間における平方キロメートルあたりの IW 密度（百万ドル）は、140.47 から 152.5 に高まっている。

同期間の IW の変化率を 3 つの空間的スケールで示した（図 2）。同期間中、47 県のうち 6 県の IW が減少している。これらはすべて太平洋ベルト地帯（PIB）を外れる地域である（図 2）。

過去 5 年間（2010～15 年）に限ると、持続不可能な県の数は 20 にのぼる。

市区町村レベルでは、1,896 市区町村のうち 833 カ所で IW が持続不能となる一方、東京を中心とする大都市部の IW は成長が続いている（図 3d)。

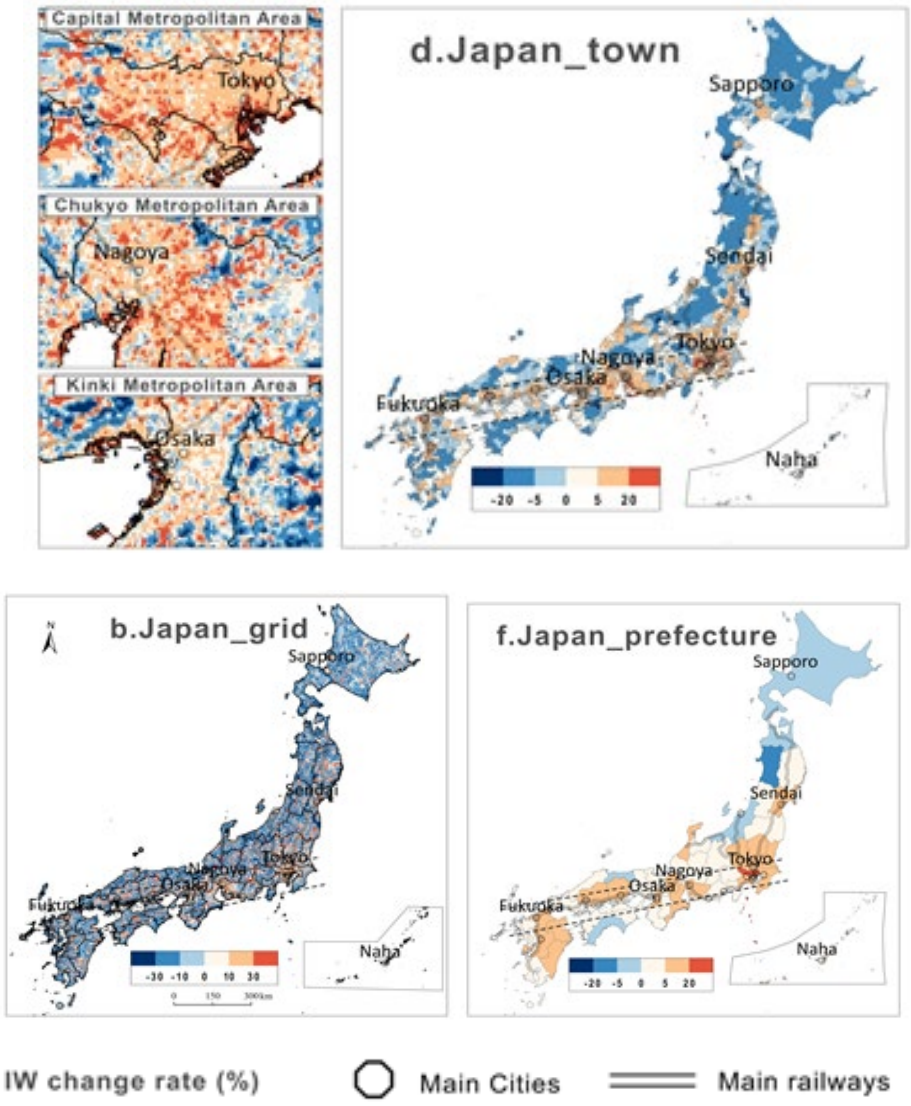


図 3 異なる空間的スケールで見た IW の変化率(2015 年/2000 年):b:グリッド、d:市町村、f:県別のサイズで見た 2015 年の 2000 年比の変化。青が濃いほど減少、赤が濃いほど増加を示す。

また、新型コロナウィルス(COVID-19)の感染予防のためのロックダウンによる大気への排出物質減少と利益について NO2、及び CO2 において、衛星データを用い分析した。

NO2 においては、季節性による減少も考慮し、大気汚染関連疾患の死亡率については、世界保健機関（WHO）の「Probability of dying between age 30 and exact age 70 from any cardiovascular disease, cancer, diabetes, or chronic respiratory disease(心血管疾患、癌、糖尿病、または慢性呼吸器疾患による 30 歳から 70 歳までの間の死亡率)」のデータを使用した。CO2 においては、「炭素の社会的費用」(SCC)から推計した。その結果、ロックダウンによって

NO2 減少による健康に関する便益の増加、CO2 の排出量減少による利益は 1 兆 7000 億米ドルであり、これは本研究が対象とする 4 か月間の GDP の 5.8%である。

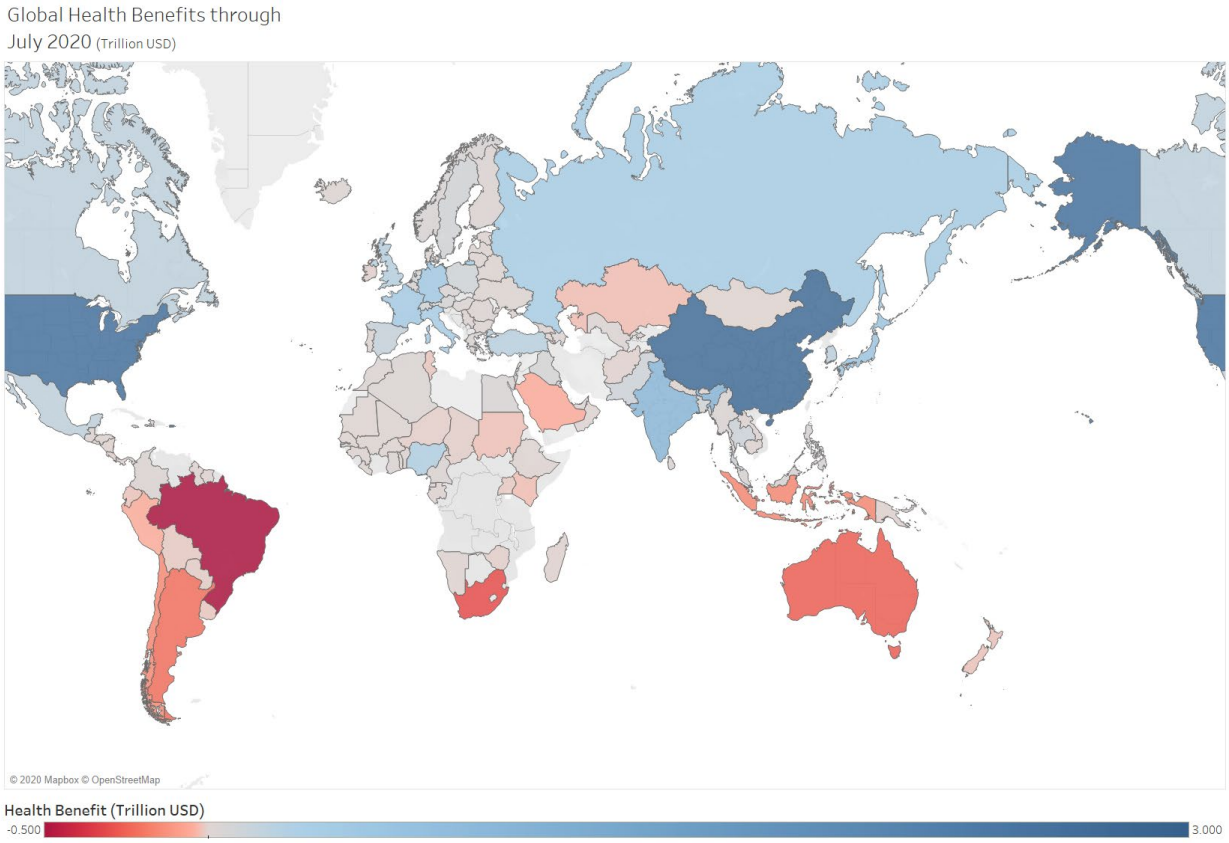


図 4　NO_2 の量から推定した世界健康利益(兆米ドル)の 2020 年 7 月の世界分布

高い数値(青色)は、利益のレベルが高いことを示している。より低い値(緑色)は、推定死亡利益がより低いことを示唆する。

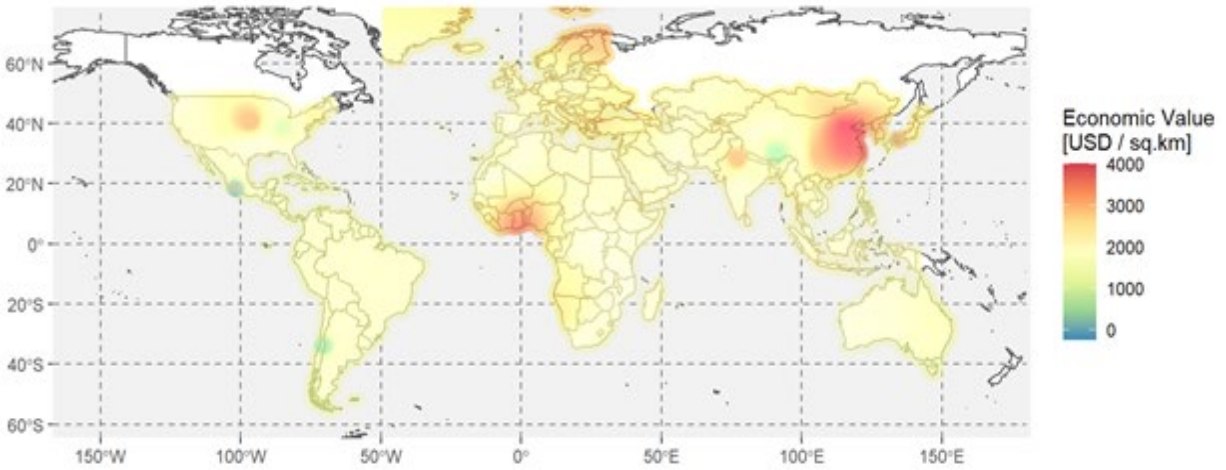


図 5　CO_2 の世界的便益

数値が大きいほど(赤の領域)、推定単位便益が高いことを示す。 低い値(青色の領域)は、推定単位便益が低いことを示す。

また、社会課題である高齢化率、教育、所得など人的資本の格差と地域の価値の関係について、従来研究されてきた国や州単位での分析では明かされていない差異を、番地単位という詳細なレベルで分析した。2000 年から 2015 年、東京 23 区を対象に分析・検証した。その結果、高齢化が進展している地域ほど地価が下落する傾向にあることが分かった。さらに本研究ではその要因として、都心へのアクセスの良さといった若年層が高く評価する項目に対して、高齢者が魅力を感じなくなることで利便性が高い物件に割高な家賃を払うことや、高い金額を支払って購入することへの誘因低下することが地価の下落につながっている可能性を示した。一方で東京 23 区においては、高齢化による所得の低下が地価の低下につながるという可能性は低いということも判明した。

(3)自然資本等の評価に向けたアンケート調査

特色ある地域の現状に即した新国富指標の評価も重要である。そのため、地方自治体との共同研究プロジェクトを更に発展させ、新国富資本の詳細な測定を行ってきた。具体的には、これまで新国富指標の基本要素（自然資本、人工資本、人的資本）のシャドウ・プライスに理論的に内包されてしまい、明示的に価値化されていなかった社会関係資本に着目し、福岡県直方市においてアンケート調査を実施した。本調査の目的は、行政サービスや地域の自然・伝統などの資源、または人や地域のつながり等、いわゆる社会関係資本を市民がどのように評価しているかを調査することである。特に、社会関係資本の金銭価値化を行うために、本アンケートでは仮想評価法に基づいて市民に各社会関係資本に対する支払意思額の質問を行った。社会関係資本には地域固有の伝統文化などが深く関係するため、小さな自治体ほどその価値が大きいと想定される。そのため新国富指標の自治体での活用を進めるうえで重要な視点と言えるだろう。福岡県直方市においてアンケート調査を行い、約 2,500 世帯に配布し、合計 907 世帯から調査票を回収した。その結果得られた直方市の社会関係資本額を図 6 に示す。

ここで、社会関係資本額とは、以下のように算出されるものであり、市内に存在する社会関係資本を市民の嗜好に基づいて金銭価値化したものである。

社会関係資本総額＝世帯当たりの支払意志額平均値×世帯数×全資本量/仮想的に変化する資本量

今回のアンケートにおいては、「○○が半減してしまう場合、どのくらい支払ってもいいですか」といったように、全体に対するある一定数が失われた場合を想定して支払意志額を聞いている質問が多数を占める。このような場合、仮想的に変化する資本量に対する全資本量（例：半減する場合×２、1 割減の場合×10）を乗ずることで総支払意志額を計算できる。すべての社会関係資本項目を足し合わせた総額は 2,579,609,159 円であった。これらの分析は自治体の要望があり社会関係資本と捉えているが、この中でも自然資本とされる公園などは価値が高い。今後、公園の活用の取り組みが他の部署と連携する議論に発展することも期待される。

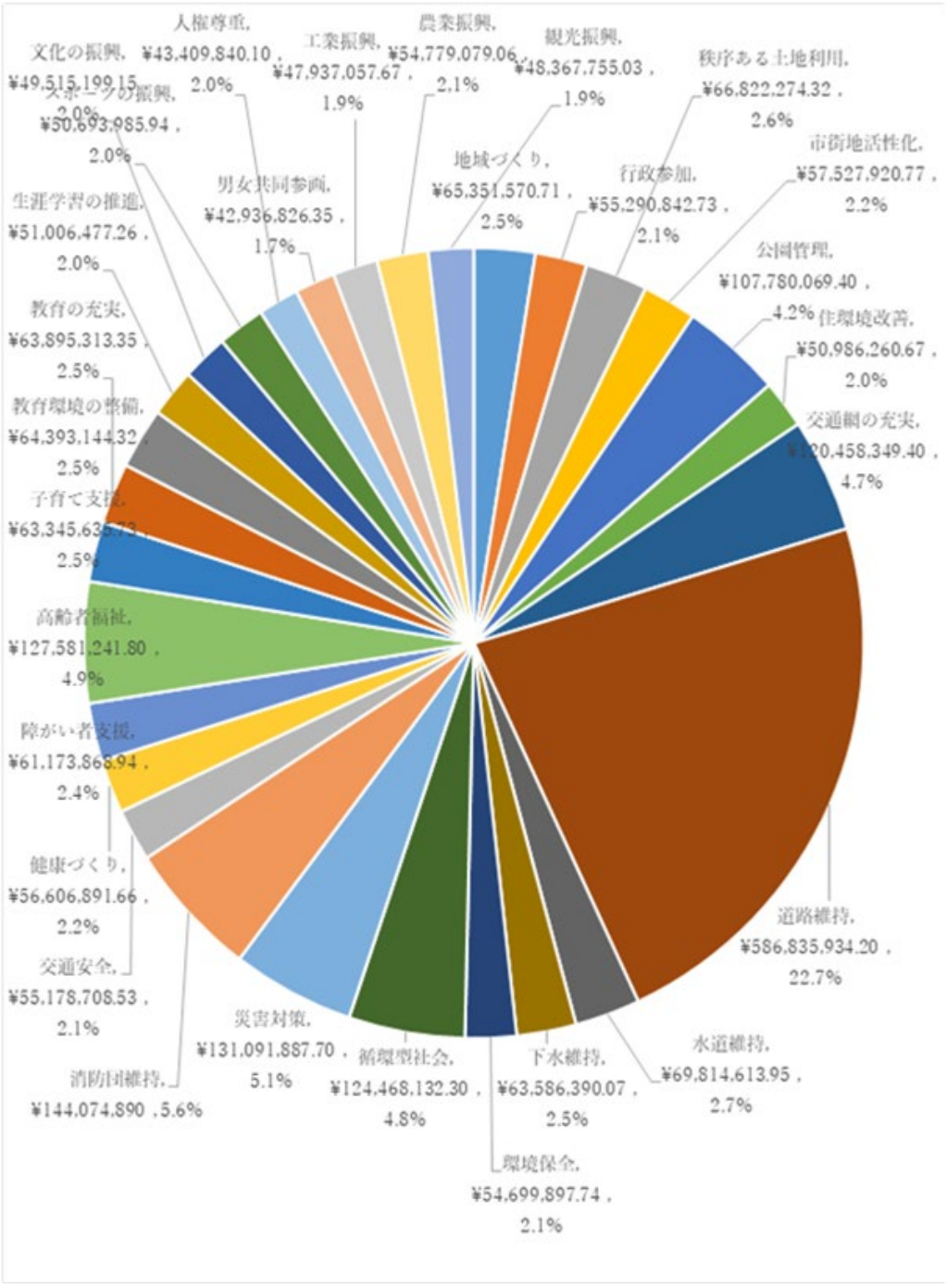


図 6 直方市の社会資本総額(全体平均値をもとに計算)

また本年度は、再生可能エネルギーの社会的受容の決定要因に関する先行研究で用いられてきた分析の枠組みを、地理情報システム(GIS)データを用いたアプローチで拡張し、日本における再生可能エネルギー(本研究では太陽光発電、風力発電、中小水力発電に焦点を当てている)の社会的受容の構成要素を明らかにするために、再生可能エネルギーごとの支払い意思額について WEB アンケート調査を実施し 7、556 サンプルを収集した。その結果、既存の再生可能・非再生可能エネルギー発電所への近接性、自然資本の豊富さなどが、再生可能エネルギーに対する社会的受容

性に大きく影響することを明らかにした。たとえば、周辺の NC が社会的受容性に有意な正の影響を与え、NC が 1 百万ドル増加すると、太陽光発電の WTP は 75 円、風力発電は 56 円、中小水力発電は 55 円増加する。また、既存の再生可能エネルギー発電所の視認性にも注目し、回答者の居住地から 3km 圏内の視認性の高い太陽光発電所(例：地上設置型)は支払意思にマイナスの影響を与える一方、視認性の低い太陽光発電所(例：高層ビルの屋上に設置)は支払意思にマイナスの影響を与えないことが示された。

2-(2) 3年間の研究を通じて得られた成果(概要)

(1)持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標の関係分析

初年度は、新国富を測定する際の自然資本の役割と重要性に焦点を当て、140 か国の新国富を 25 年間 (1990 年から 2014 年) 分析した。自然資本を(1)再生可能資源と(2)非再生可能資源という 2 つの主要なカテゴリーに分類している。再生可能資源は(a)木材と非木材の森林便益からなる森林資源、(b)漁獲量によって代表される漁業、(c)農作地と牧草地からなる農地に分解することができ、非再生可能資源は、(d)化石燃料、(e)鉱物に分解することができる。自然資本の合計は、利用可能な物理量と対応する資源の反映価格 (家賃) を計算することによって推定している。

図 7 は 1990 年から 2014 年の期間における一人当たり再生可能資源の成長率を示している。140 か国中 25 か国において、自然資本と再生可能資源の両方が成長している。3 か国が 1990 年から 2014 年の期間で、自然資本と再生可能資源を 1%以上成長させた。漁業においては、たった 6 か国しか 1%の成長を達成できなかった一方で、森林においては、15 の国がこの期間に 1%あるいはそれ以上の成長を達成している。全体としては、1990 年から 2014 年の期間において、自然資本の 1%を超える成長を報告したのはわずか 7 か国であった。

資源別に見ると、49 か国が農耕地のプラス成長を経験しているのに対し、一人当たりの成長率はわずか 15 か国にとどまっている。牧草地では、36 か国がプラス成長を示し、7 か国が 1 人当たりプラス成長を示している。これらの変化が自然資本にどのような影響を与えるかは、自然資本の全シェアに対するこれらの変化の重要性に懸かっている。世界的に重要視される食料安全保障の持続可能性を考える上で、自然資本の全シェアに対するこれらの変化を把握することは有用である。

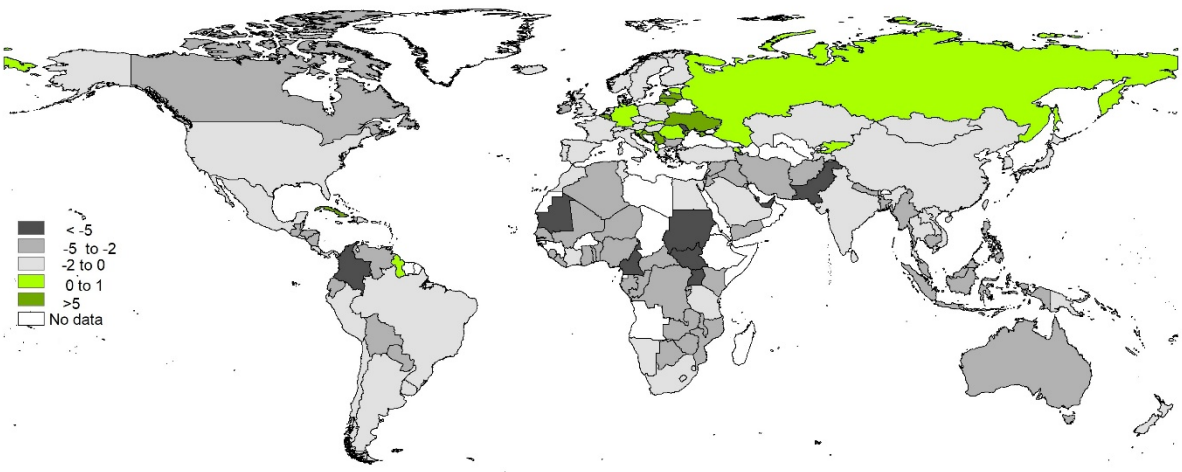


図 7　一人当たり再生可能資源の年間成長率の平均(1990～2014)

1990 年から 2014 年の期間における非再生可能資源の一人当たり年間平均成長率は図 8 のようになっている。資源別に見ると、化石燃料資源の豊富な国々は、時間の経過とともにその株式価値を大幅に低下させており、1990 年から 2014 年の期間で石油とガスの一人当たりの成長率はマイナスとなっていた。鉱

物資源の減少は 1990 年から 2014 年の間すべての国で一貫しており、これは主として鉱物資源の減少傾向が原因である。我々の分析では、44 か国が 1990 年から 2014 年の期間の鉱物富のマイナス成長を報告しており、特に、いくつかの国は 5%以上の鉱物の枯渇を報告している。

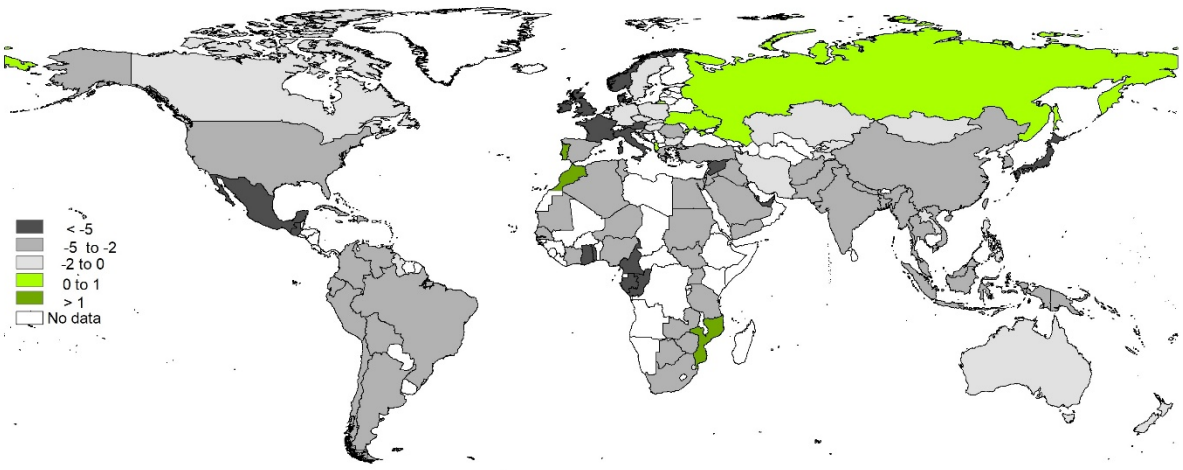


図 8 非再生可能資源の一人当たり年間平均成長率(1990～2014)

図 9 は、1992 年から 2014 年のアジア太平洋地域における自然資本の変化率を示す。アジア太平洋地域は、都市化と人口増加が最も急速に進んでおり、環境問題に重大な影響を与えている(UNEP2016)。持続可能な開発のためには、強力な機関、良好な統治、厳格な監視が重要である。

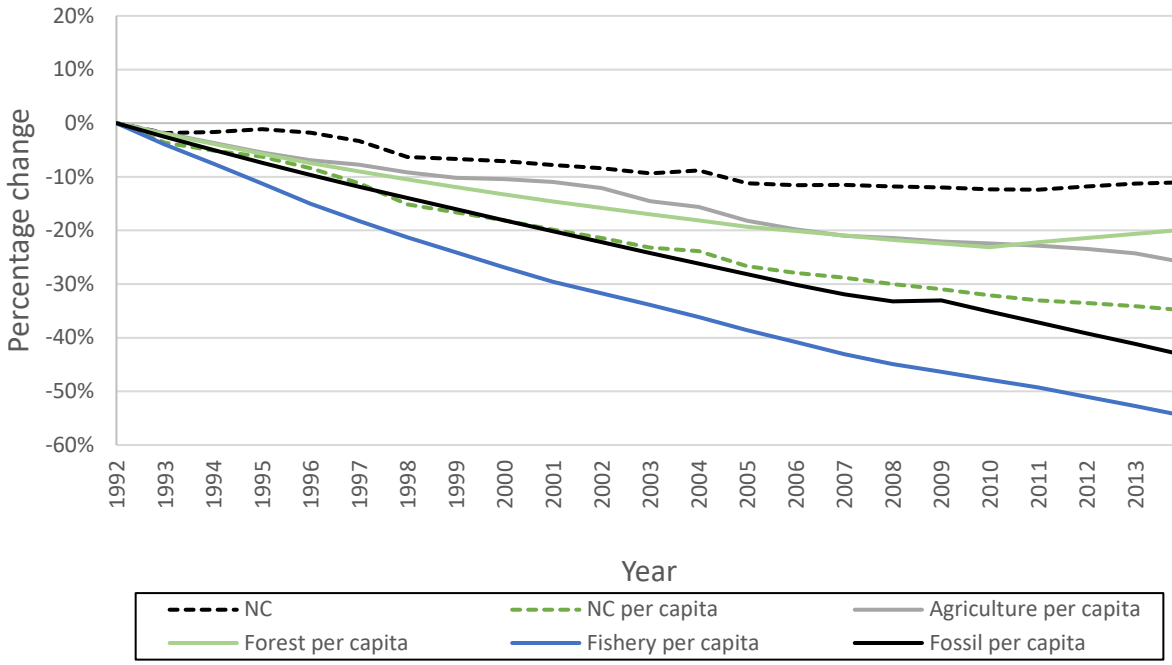


図 9 1992 年から 2014 年のアジア太平洋地域における自然資本の変化率

次年度は、新国富指標と持続可能性の位置付けについて整理したうえで、新国富指標の各資本の関係について分析した。そして、国内外で議論や構築が進められている持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標と新国富指標との関係について、国や自治体等の行政区域レベルでの関係を明らかにした。

持続可能性とは、1987 年にブルントラント委員会が公表した最終報告書 ″Our Common Future″ において定義されている通り、「将来の世代のニーズを満たす能力を損なうことなく、今日の世代のニーズを満たすような発展」である。また、持続可能性は、ある一定の期間に自然資本が増加すれば、強い持続可能性が満たされていると言い、一方で自然資本が減少しても、その減少分が人工資本や人的資本といった他の資本の増加によって十分に埋め合わせされた場合、弱い持続可能性が満たされていると言い、自然資本についての仮定に応じて 2 つの異なる概念が存在する。弱い持続可能性の概念の根底には、自然資本を他の種類の資本に置き換えられるという仮定が置かれており、強い持続可能性の概念は、自然資本と他の種類の資本との間の代替可能性がきわめて制限されていると仮定している。新国富指標は人工資本、人的資本、自然資本から構成され、経済成長に関係する全ての資本ストックを織り込んだ人々の幸福度に関する指標であり、「将来の世代のニーズを満たす能力を損なうことなく」という持続可能性の考え方にも合致しており、持続可能な発展の必要条件を満たす指標である（Polasky et al., 2019)。そして、新国富指標は、自然資本と人工資本が代替可能であることを仮定する代替可能性パラダイムを認め、持続可能性の分類においては､弱い持続可能性の立場に基づく指標であると言える｡この前提を踏まえ、新国富指標と、国内外で議論や構築が進められている豊かさや幸福度に関する指標との関係について、新国富（または包括的富、Inclusive Wealth：IW）資本は 3 要素から成る。それぞれ人的資本（HC)、人工資本（PC)、自然資本（NC）であり、人的資本は、教育、スキル、健康状態などが関わる。人工資本は、インフラや構築物、機械装置などである。自然資本（NC）は、再生不能資源（化石燃料、鉱物）と再生可能資源（エコシステムがもたらすサービスや製品）から構成される。

本年度は、HC と NC について利用可能な統計データを用い、最も詳細な行政単位レベルで各資本の富を算出し、地理的副次データで空間的にグリッドセル・レベルに分解した。「持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標の関係分析」に関わる、日本の新国富の分布と関連性についての理解を深め、人口の減少と地方からの流出で持続可能性に課題があることも明らかにした。また PC について、2017 年の県単位の PC の富を夜間の照明（nighttime light images：NTL）の輝度に応じたピクセルに振り分けた。新国富（または包括的富、Inclusive Wealth：IW）資本は 3 要素から成る。それぞれ人的資本（HC)、人工資本（PC)、自然資本（NC）であり、人的資本は、教育、スキル、健康状態などが関わる。人工資本は、インフラや構築物、機械装置などである。自然資本（NC）は、再生不能資源（化石燃料、鉱物）と再生可能資源（エコシステムがもたらすサービスや製品）から構成される。

本年度は、HC と NC について利用可能な統計データを用い、最も詳細な行政単位レベルで各資本の富を算出し、地理的副次データで空間的にグリッドセル・レベルに分解した。「持続可能性や豊かさや幸福度に関する指標の関係分析」に関わる、日本の新国富の分布と関連性についての理解を深め、人口の減少と地方からの流出で持続可能性に課題があることも明らかにした。また PC について、2017 年の県単位の PC の富を夜間の照明（nighttime light images：NTL）の輝度に応

じたピクセルに振り分けた。

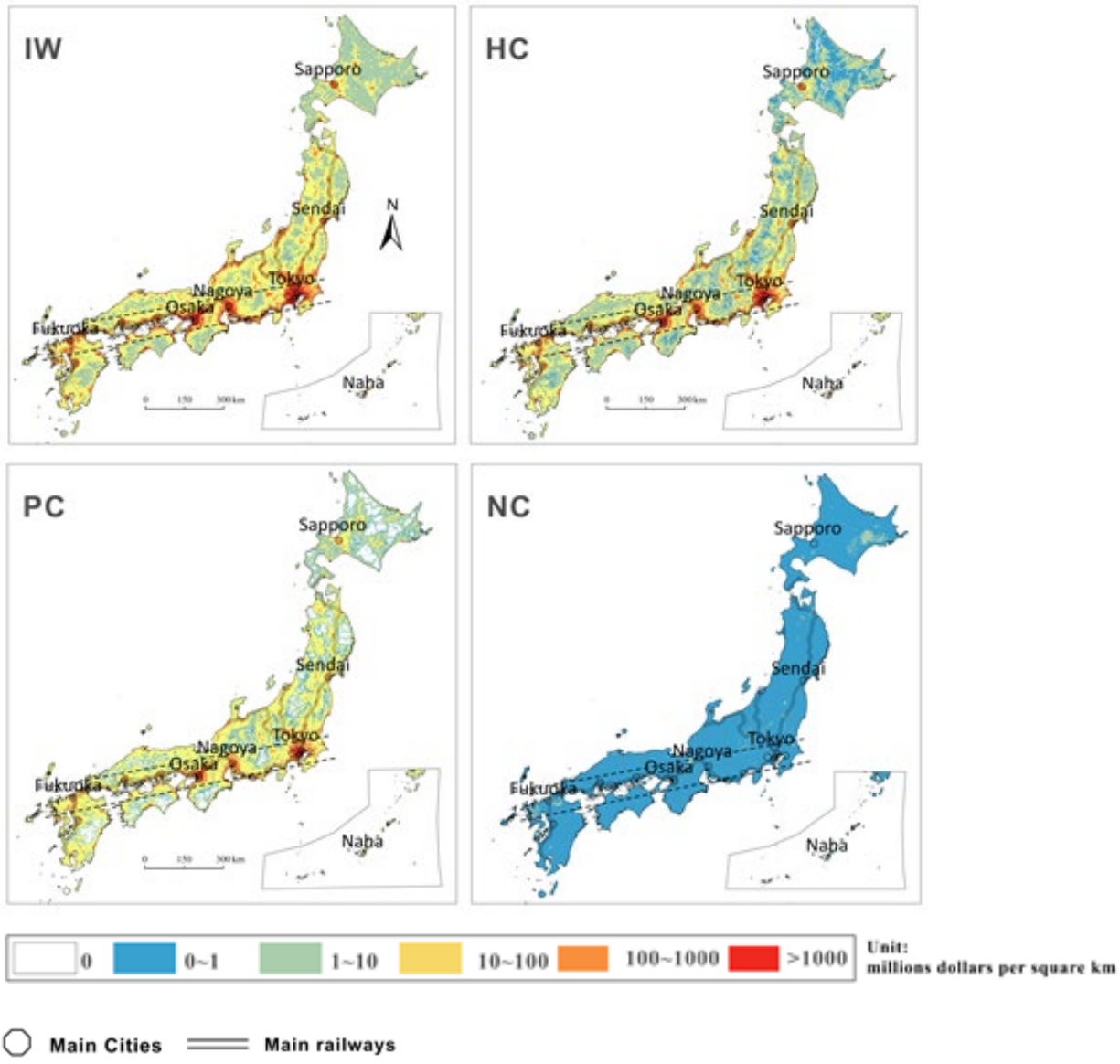


図 2 平均グリッド IW および各資本の富(2000、2005、2010、2015 年):破線は太平洋ベルトを示す。

表 1 に示されている各種指標を対象に分析し、簡単な議論を行った。GDP per capita, HDI, 幸福度等の指標と新国富指標の間には世界レベルのデータを用いた分析からは、明確な相関関係は見られなかったが、日本全国 30 万人を対象に実施した幸福度についてのアンケート結果と新国富指標の関係について分析した結果、特に自然資本と幸福度の関係について新たな関係性が明らかになった。

アンケートにより得られた幸福度のデータを市町村毎にまとめ、2015 年の各市町村の一人当たり新国富との関係を見ると、国レベルでの比較と同様に両者に明確な相関は見られない。しかし、

自然資本に着目し、2015 年の各市町村の一人当たり自然資本と幸福度の関係（図 10）を見ると、自然資本の水準の差が幸福度に差を生むわけではないが、一人当たり市町村所得の上位 50%と下位 50%を比較すると、所得が低く自然資本の水準が高い自治体は、自然資本の水準が低く所得が高い自治体と同程度の幸福度が得られていると言える。

表 1 各種指標の概要とデータ出所

指標名	概要	データ出所
GDP per capita	一人当たりの国内で生産された財とサービスの付加価値の合計額	国際通貨基金（IMF）
Human Development Index: HDI	各国の保健、教育、所得における達成度	国際連合（UN）
World Happiness Report	世論調査をベースとした主観的幸福度	国際連合（UN）
Green Growth Indicators	土地利用や CO2 生産性、イノベーション等を考慮し経済成長と環境圧力のバランスについて各国をランク付けした環境成長指標	経済協力開発機構（OECD）
Embodied Emission	貿易や消費に体化した CO2 の排出量を推計したもの	イオーラ（Eora）
日本全国幸福度調査	日本全国 30 万人を対象に実施したアンケート調査（2015）による主観的幸福度	九州大学

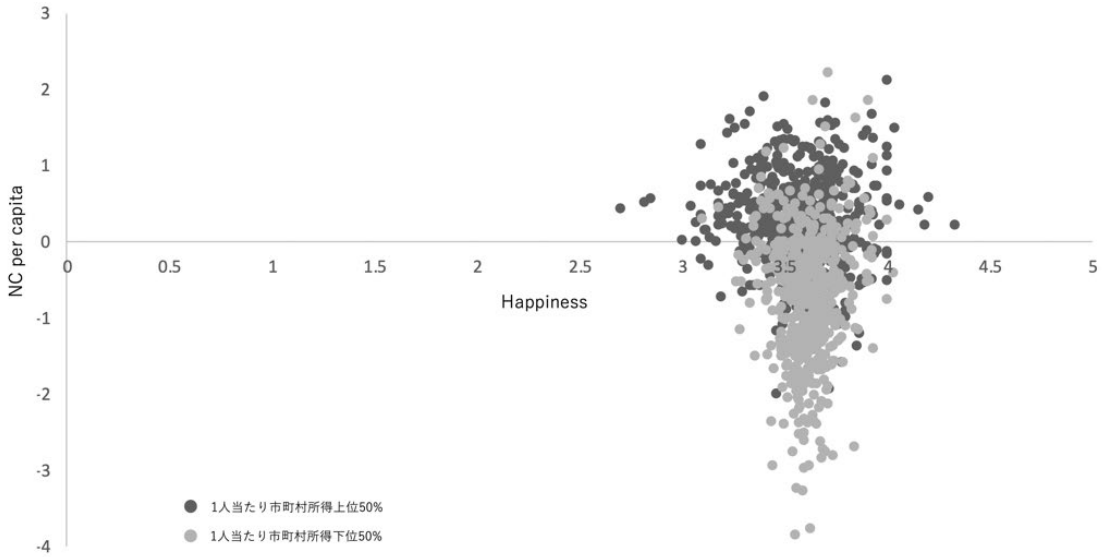


図 10 市町村レベルでの一人当たり自然資本(2015)と幸福度

また、各資本と新国富全体の関係について、世界 140 カ国の各資本を集計し、1992 年を参照年として 1 人当たりの各資本の成長率を比べると(図 11)、人工資本の伸びが新国富全体の伸びをけん引し、自然資本については減少の一途をたどっていることが確認できる。新国富全体ではプラスの成長が続いており、世界平均では生産的基盤が損なわれておらず、弱い持続可能性を満たしていると言える。



図 11 新国富, 1 人当たり新国富, 各資本, GDP, 人口の累積成長率(世界, 1992 年比)

しかしながら、自然資本の中でも、クリティカル自然資本と呼ばれる、人々の豊かさを維持するうえで不可欠な役割を果たし、他の種類の資本で代替できないものが存在することについては留意する必要がある。そのため、弱い持続可能性の立場に基づく新国富指標を用いて、国や市町村等の持続可能性について観測を行うだけでなく、補完的に何がクリティカル自然資本なのかを明らかにし、優先してクリティカル自然資本を維持していく必要がある。この点について、後述する「(4) 自然資本等の評価に向けたアンケート調査」で詳細に分析を行った。

本年度は、HC と NC について利用可能な統計データを用い、最も詳細な行政単位レベルで各資本の富を算出し、地理的副次データで空間的にグリッドセル・レベルに分解し、日本の新国富の分布と関連性についての理解を深め、人口の減少と地方からの流出で持続可能性に課題があることも明らかにした。

(2)人工資本・人的資本・自然資本、GDP の地域詳細レベルでのデータベース化

初年度は、日本と中国の新国富指標データベースの構築をほぼ完了した。図 12 は、グリッドごとの新国富指標の計算枠組みの概要を図示したものである。概要として、国単位などより粗い区分で得られているデータはダシンメトリック法により按分を行い 900m 四方のグリッドに変換し、より細かい区分で得られているデータはゾーナルスタティスティクス法により変換を行った。自然資本のうち、農地と森林についてはより細かいグリッドである 30m 四方のレベルで得られている。

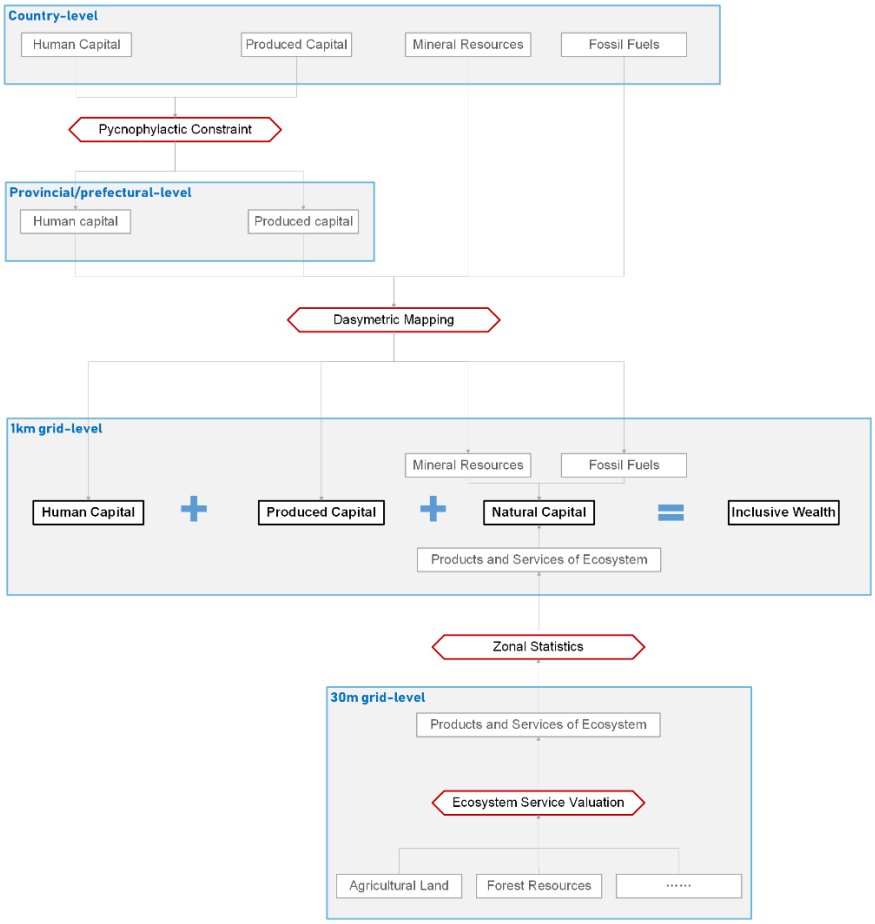


図 12　新国富データベースの推計方法

人的資本・人工資本・自然資本についてそれぞれ推計を行い、集計した新国富指標が図 13 の通りである。

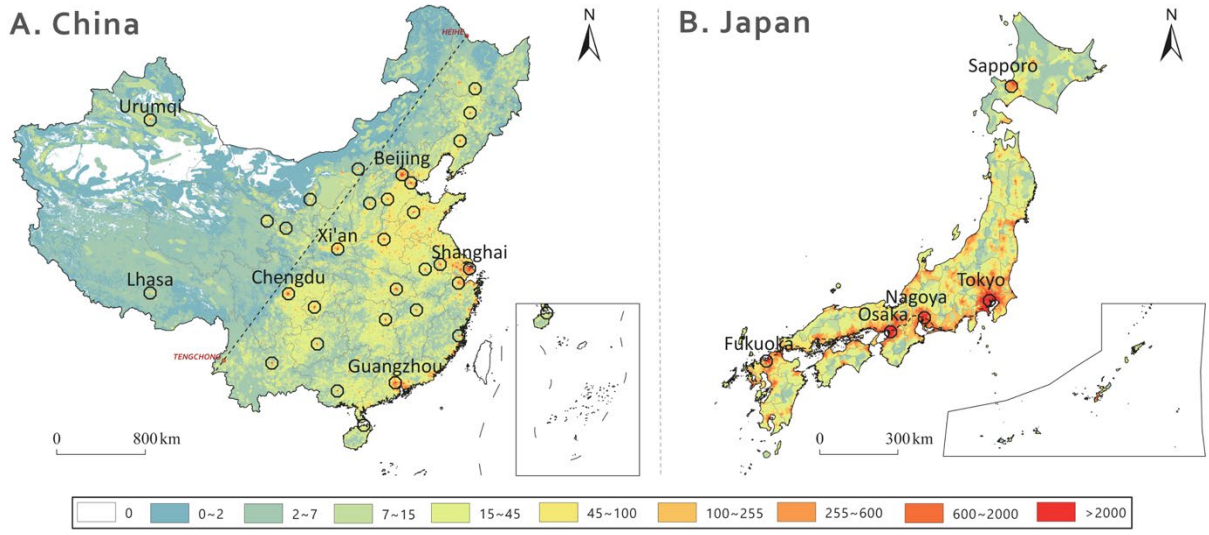


図 13　日本と中国のグリッドレベルの新国富指標

この推計結果について、簡単に議論を行った。中国については、中国の人口分布の偏りを示す線として知られる黒河・騰衝線(Hu Huanyong Line)の東西で新国富の意味での資本蓄積水準が異なることが見て取れる。内訳をみると、これは人的資本・人工資本の偏りによるものであることがわかる。自然資本は東西でほぼ同水準である。日本においては、沿岸部に資本の集中が観察され、特に東海道・山陽新幹線あるいは太平洋ベルトに沿って水準が高い。自然資本は都市において低くなる傾向にある。

面積当たりの新国富水準を両国で比較すると、国全体では日本は中国に比べ 10 倍以上高い水準であるが、最も発展している地域(それぞれ東京、上海の中心部)で比較するとほぼ同水準である。中国の、黒河・騰衝線の西部に未発展の地域が広がっていることと整合的である。その他に主要都市・地域ごとの比較を行った。

グリッドレベルでの新国富の偏在の度合いをジニ係数によって推計したものが下の表である。

表 2 グリッドレベルの新国富指標のジニ係数

	新国富	人的資本	人工資本	自然資本
日本	0.82	0.81	0.91	0.24
中国	0.76	0.83	0.95	0.48

両国とも、人的資本は 0.8 以上、人工資本は 0.9 以上の値となり、かなりの程度で偏って分布していることを示している。一方で、自然資本はそれぞれ日本で 0.24、中国で 0.48 となり、偏在の度合いはそれほどの高水準でない。新国富全体では、日本で 0.82、中国で 0.76 となっており、自然資本のより豊かな中国では人的資本・人工資本の偏在の度合いに比べある程度引き下げられている。

次年度も、　計画以上の進行があり、日本と中国の新国富指標データベースの拡張を完了し 2017 年のデータベースを作成し、インドについても同様に 2017 年のデータベース作成をほぼ完了した。

日本、中国、インドの人的資本・人工資本・自然資本についてそれぞれ 2017 年のデータで推計を行い、集計した新国富指標が図 14 の通りである。日本、中国の両国において、2010 年のデータと同じく新国冨の分布には、地域間の違いが見られる。中国においては、中国の人口分布の偏りを示す線として知られる東北部国境の黒竜江省黒河市と西南部国境の雲南省保山市騰衝市を結んだ線を境に東西間の格差が明確に確認できる。日本においては、海岸部と内陸部において新国富の分布の差が顕著であり、特に東京、大阪、名古屋を中心とする大都市地域を結ぶ太平洋ベルト地帯において分布密度が最も高くなっている。また、インドにおいては、沿岸部と内陸部において南北間での新国富の分布の差が顕著で、沿岸部に行けば行くほど新国富が高い水準で分布されていることを示す。加えて、国境近辺の北部でも新国富の高さを示す結果となっている。

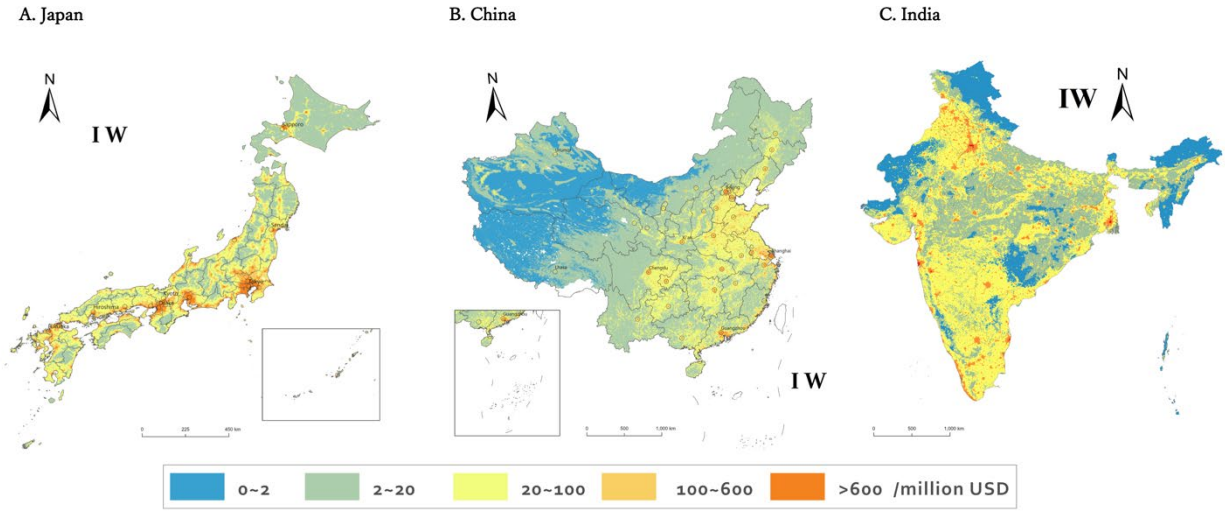


図 14 日本，中国，インドのグリッドレベルの新国富指標(2017)

本年度は、HC と NC について利用可能な統計データを用い、最も詳細な行政単位レベルで各資本の富を算出した。また、PC について、2017 年の県単位の PC の富を夜間の照明（nighttime light images：NTL）の輝度に応じたピクセルに振り分けた。

(3)地域詳細レベルでの資本変化の分析

日本と中国の人工資本・人的資本・自然資本の地域詳細レベルでのデータベースを拡張し、2010 年と 2017年のデータベースを用いて、日本、そして比較対象として中国の資本変化について分析を行った。図 15 は日本の新国富及び各資本の変化率を示したものである。日本と中国の比較から、2010 年から 2017 年にかけて中国と日本の富の差は縮小している。2010 年には、日本の新国富指標、人的資本、人工資本の密度は、それぞれ中国の 6.9 倍、7.4 倍、13.9 倍であった。2017 年には、この比率がそれぞれ 5.9 倍、6.0 倍、7.4 倍に縮まった。日本における自然資本の密度は、2010 年には中国の 60%に過ぎなかったが、2017 年には中国を僅かに上回っていることが確認された。

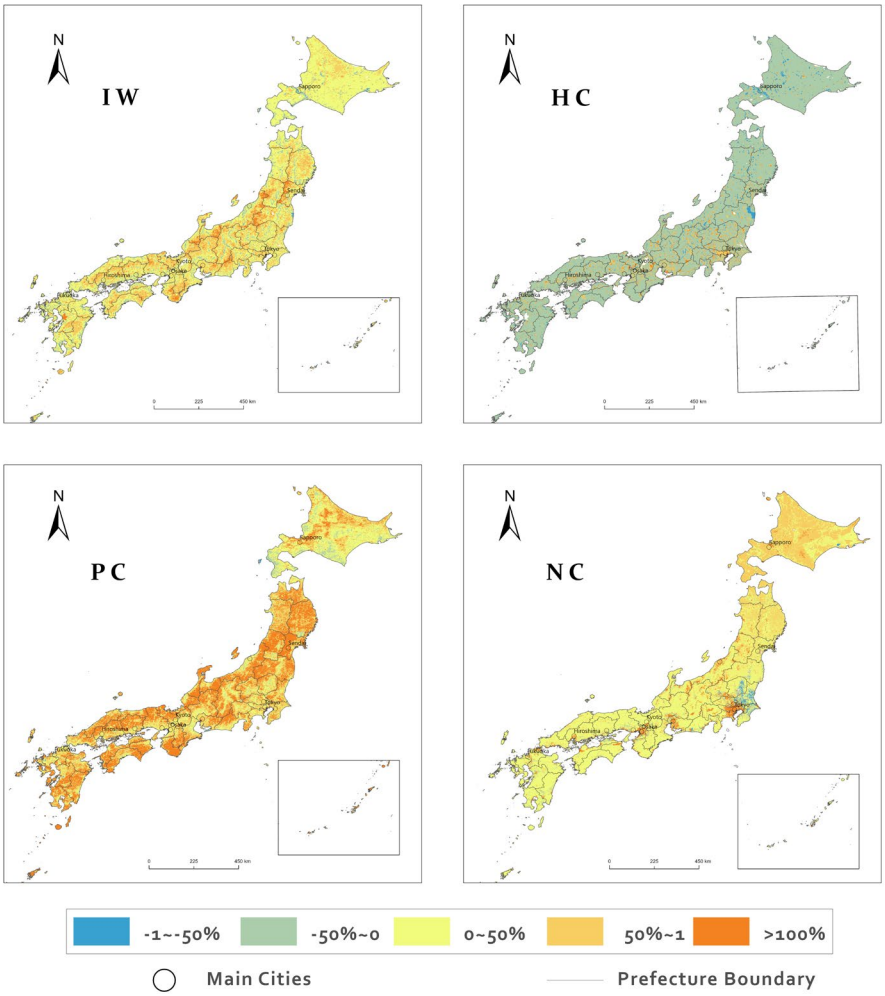


図 15　2010 年から 2017 年にかけての日本の新国富指標と各資本の変化

また、持続可能性の要因となる社会経済変数のさらに精緻な分析を行うために、地方自治体の財政支出が新国富指標及び各構成資本の伸びに与える効果について検討を行った。結果として、基礎自治体レベルでの教育投資が人的資本に与える影響はない可能性があることが分かった。さらに、土木費に代表される公共投資は人工資本を増加させる一方で自然資本を棄損するが、総じて新国富指標を増加させていることが示された。

加えて、地域詳細レベルでの資本変化が地価に与える影響について明らかにする試みとして、平成 27 年から平成 30 年に開発された福岡市内の共同住宅の開発効果を分析した。環境配慮効果を新国富指標で捉え、新国富指標の代理変数を用いて分析を試みた結果、自然資本と人的資本の代理変数は地価を説明しているが、人工資本の代理変数はあまり説明できていなかった。これらに加えて、最寄りの駅までの距離も地価の上昇を説明していたようだが、一方でそれだけでは捉えられない住環境の効果があることが示唆された。サンプルの中の一つである九州大学六本松キャンパス跡地開発地区の地価の上昇率は、モデルから推計される以上の値を示していることが判明した。九大六本松キャンパス跡地では、当初より住環境への配慮をコンセプトに開発が進められており、このような住環境への配慮を十分に捉えきれていない

ことが原因にあると考えられる。そのため、今後新国富指標の推計をより精緻化し全物件について導出したうえで、さらに比較検討を進めることで地域詳細レベルでの資本変化が地価に与える影響について明らかにしていくことができると考えられる。

本年度は、2000、2005、2010、2015 年の 3 つの各資本の新国富を推計した。また、2020 年度の特筆すべきことである、新型コロナウイルス感染予防のためのロックダウンの大気への影響と便益についても、分析している。

(4) 自然資本等の評価に向けたアンケート調査

初年度は、本アンケート調査の目的は、行政サービスや地域の自然・伝統などの資源、または人や地域のつながり等、いわゆる社会関係資本を市民がどのように評価しているかを調査することである。特に、社会関係資本の金銭価値化を行うために、本アンケートでは仮想評価法に基づいて市民に各社会関係資本に対する支払意思額の質問を行った。本アンケートは、福岡県の筑豊・宗像地方に位置する宮若市を対象として実施された。

アンケート中の支払意志額に関する回答結果を用いて計算した宮若市の社会関係資本額を図16 に示す。ここで、社会関係資本額とは、以下のように算出されるものであり、市内に存在する社会関係資本を市民の嗜好に基づいて金銭価値化したものである。

これについては、2-(1)でも述べたように、以下で算出している。

社会関係資本総額＝世帯当たりの支払意志額平均値×世帯数×全資本量/仮想的に変化する資本量

このアンケートにおいては、「○○が半減してしまう場合、どのくらい支払ってもいいですか」といったように、全体に対するある一定数が失われた場合を想定して支払意志額を聞いている質問が多数を占める。このような場合、仮想的に変化する資本量に対する全資本量(例:半減する場合×2、1 割減の場合×10)を乗ずることで総支払意志額を計算できる。 以下、図を用いて市全体の社会関係資本総額の項目別内訳を示す。すべての社会関係資本項目を足し合わせた総額は 777,898,201 円であった。

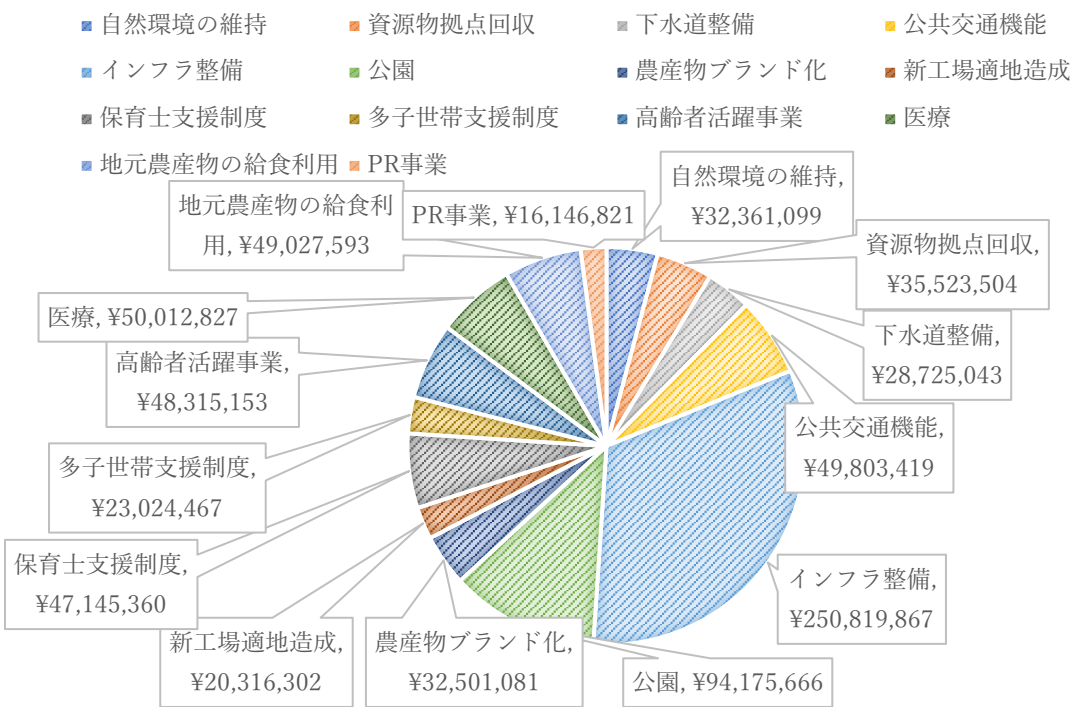


図 16 宮若市の社会関係資本総額（全体平均値を基に計算）

最も大きな割合を占めたのが、インフラ整備であり、250,819,867 円の価値があることが示された。これは市内の社会資本総額の約 32%を占めることになる。次いで、12%と大きな割合を占めたのが公園であり、現在の市全体の公園 44 個が、94,175,666 円の価値を持つことが示された。

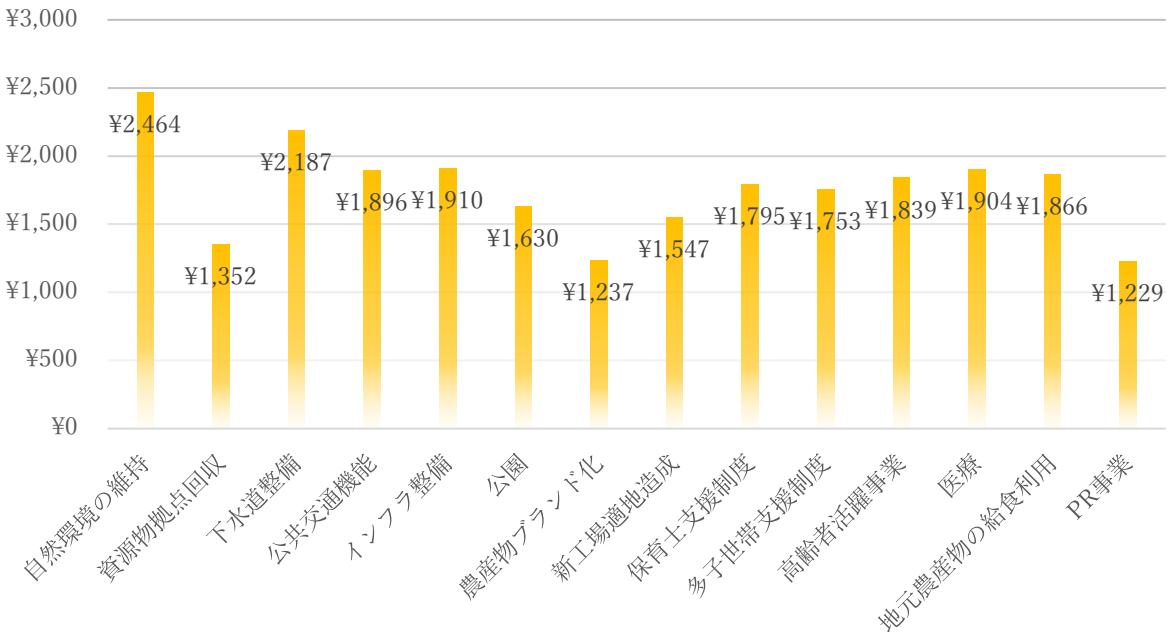


図 17 各資本の一人当たり支払意志額回答平均値

図 17 からわかるように、自然環境の維持に対する支払意志額が 2,464 円と高い。次いで高かったのが下水道整備で 2,187 円だった。このことから自然や社会環境にかかわる資本整備への支払意志額が特に高いことが判明した。

本アンケートの分析においては、特に重要な項目については、年代別の分析、居住地区別の分析も行い、自然資本を含む社会関係資本を市民がどのように評価しているかをより詳細に明らかとし、「第 2 次宮若市総合計画」に掲げられている施策実施への活用を始めとした、政策形成への活用に資するものとなるよう分析結果を整理した。

次年度は、新国富指標を用いて国や市町村等の持続可能性について観測を行うだけでなく、補完的に何がクリティカル自然資本なのかを明らかにし、優先してクリティカル自然資本を維持していく必要がある。そのため、日本全国で行ったアンケートデータを用いて、国内の自然資本の維持に対する人々の支払い意志額(WTP)を網羅的に推計し、各種の自然資本の WTP の決定要因およびその地域差を分析した。主たる結果として、表 3 に示されている通り、調査を行った 13 項目間では、WTP 推定値に大きな違いがみられる。中でも、天然林の 1%の減少を防ぐことに対する WTP が最も高く、一方で藻場の 1%の減少を防ぐことに対する WTP が最も低くなっており、海域の項目では、サンゴ礁の維持への WTP が最も高くなっている。

表 3 各種自然資本に対する平均 WTP 推定値

	平均 WTP (円/%/年)	
	Turnbull LBM	Kristrom mean
水田	1545.6	1655.5
畑	1524.2	1630.7
果樹園	491.1	532.0
牧草地	4037.2	4409.6
人工林	5115.3	5566.5
天然林	11774.6	12811.8
海岸防災林	5562.2	6057.4
サンゴ礁	5424.7	5898.7
マングローブ林	4699.2	5153.0
藻場	487.5	535.7
干潟	4981.6	5466.9
砂浜	5002.3	5465.4
漁場	5395.0	5883.8

また、地方自治体との共同研究プロジェクトとして福岡県久山町において ICT を活用した社会関係資本の向上に資する安全安心サービスを対象にサービス導入の事前・事後アンケートに基づく経済実験を行った。本プロジェクトにより、ICT を活用した見守りサービス(小学生や高齢者の位置情報を保護者や家族に届ける見守りサービス)の生活満足度アプローチで計算した社会的価値は 9,811,368 円と試算され、市民から高い評価を受けた本サービスについて、久山町政府から補助金が導入されることに繋がった。

本年度は、新たに直方市(福岡県)においてアンケート調査を行い、直方市における社会関係資本は総額 2,579,609,159 円の価値があるとした。直方市の第 6 次直方市総合計画には「地域の豊かさを評価する新たな指標として、「新国富指標」を導入します」と記された。

このように、地域の社会関係資本の向上に資する行政サービスやプロジェクトについて、価値評価を行うことによってエビデンスベースドの政策形成に繋がり、福岡県久山町、宮若市、直方市の新国富指標に基づいたエビデンスベースドの政策形成には大きな期待が寄せられている。

3. 対外発表等の実施状況

本年度の対外発表の実施状況は以下の通りである。

＜ミーティング＞
本年度はオンラインにて、環境省、各自治体等とのミーティングを数百回行った。

＜メディア等公表＞(23 件)

第 6 次総合計画構想基本構想答申 直方市審議会，毎日新聞　令和 2 年 10 月 31 日.

まちづくり指針に SDGs 直方市審議会 基本構想案を答申，読売新聞　令和 2 年 10 月 25 日.

新総合計画案を答申 第 6 次総計 新国富指標掲げる，　西日本新聞　令和 2 年 10 月 22 日.

『新国富指標』活用 総合計画構想案直方市長に答申，　朝日新聞　令和 2 年 10 月 21 日.

寄付募る力　動画は弱い？　発信方法で金額に変化，　福井新聞　令和 2 年 9 月 30 日.

国連のＳＤＧｓ、分かりやすく説く 糸島ＪＣが絵本、制作 「わたしだけがいいなんて」 学校などに寄贈，　毎日新聞　令和 2 年 9 月 29 日.
https://mainichi.jp/articles/20200928/ddl/k40/040/309000c

ＳＤＧｓ達成度 検証へ　能美市が協定 ２大学と結ぶ，　中日新聞　令和 2 年 8 月 4 日.
https://www.chunichi.co.jp/article/99231?rct=k_ishikawa

ＳＤＧｓ推進へ連携　能美市が先端大、九州大と協定，　北國新聞　令和 2 年 8 月 4 日.

The world’s wealth is looking increasingly unnatural: As natural wealth is used up, economies will rely more on human capital, The Economist, July 18th, 2020.
https://www.economist.com/graphic-detail/2020/07/18/the-worlds-wealth-is-looking-increasingly-unnatural

ベクトルと九州大学が共同で、ESG スコアに関するグローバル調査-日本企業の ESG 運用は EU 諸国の水準に満たない結果に。ガバナンス領域のスコアが企業利益・株価の上昇に影響　令和 2 年 7 月 3 日.
https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000265.000000204.html

地球観測衛星を使って新型コロナの影響を解析 - JAXA と NASA、ESA が公開　マイナビニュース 令和 2 年 6 月 30 日.
https://news.nicovideo.jp/watch/nw7542629

オーガニックコスメブランドが取り組む環境対策　CO2 排出削減に向けてグリーンエネルギーへの転換進む, WWD, 令和 2 年 6 月 10 日.
https://www.wwdjapan.com/articles/1085557

環境経営の進むべき方向性とは, WWD Beauty Vol. 598. 未来変える環境経営　オーガニック・ナチュラル特集, p.16　令和 2 年 5 月 28 日.

命を守り、経済を守るために採るべき政策とは 統計的な「生命価値」が指し示すコロナ対策, 朝日新聞 論座, 令和 2 年 4 月 26 日.
https://webronza.asahi.com/business/articles/2020042500005.html

SDGs の視点で見る大学の学び 全体概観 数値目標にとらわれすぎず、一歩でも前進させる取り組みを, 『VIEW21』高校版　2020 年度 4 月号　令和 2 年 4 月 1 日.

実社会の課題に取り組む自治体と連携した研究で、持続可能なまちづくりを目指す, 『VIEW21』高校版　2020 年度 4 月号　令和 2 年 4 月 1 日.

市総合計画の策定推進で連携　九大都市研究センターが直方市と協定, 文教速報　令和 2 年 2 月 14 日.

新国富指標提唱者 直方市役所で講演 馬奈木・九大都市研究センター長, 朝日新聞　令和 2 年 2 月 11 日.

「SDGs」理解深めよう, 朝日新聞　令和 2 年 1 月 21 日.

直方市「新国富指標」活用 6 次総合計画 九大センターと連携, 読売新聞　令和 2 年 1 月 18 日.

「新国富指標」活用し市総合計画策定へ　福岡・直方市、九州大と連携, 毎日新聞　令和 2 年 1 月 11 日.

自然・教育など含め豊かさ数値化 新国富指標関係を活用 直方市の次期総合計画, 西日本新聞 令和 2 年 1 月 10 日.

直方市 2021 年度からの総合計画 「新国富指標」活用へ 九大研究センターと連携協定へ, 西日本新聞 令和 2 年 1 月 8 日.

中間市,「新国富指標」で健康で豊かなまちへ　～九州大学都市研究センターと連携共栄を締結～, 広報なかま, No.1062, 令和 3 年 1 月号

＜論文等発表＞

論文（62 件）

Journal Special Issue Publications (guest editor)

Massarutto, A., A. D'Amato and S. Managi. 2021. “Waste and the Circular Economy: transition, policies and law”, ***Waste Management*** (In progress).

Managi, S. and A. Chen. 2020. “Social-Economic Impacts of Epidemic Diseases”, ***Technological Forecasting and Social Change*** (In progress).

Managi, S., and D. Broadstock. 2020. “Competition in the Electricity Sector”, ***The Energy Journal*** (In progress).

Managi, S., R. Lindner, and C. Stevens. 2020. “Technology Policy for the Sustainable Development Goals: From the Global to the Local Level”, ***Technological Forecasting and Social Change*** (In progress).

Managi, S., D. Broadstock, and J. Wurgler. 2020. “Green Finance – Closing the Gap”, ***International Review of Financial Analysis*** (In progress).

Managi, S., D. Broadstock, and J. Wurgler. 2020. “Mobilizing Climate Finance”, ***Finance Research Letters*** (In progress).

Managi, S., M. Islam, O. Saito, M. Stenseke, L. Dziba, S. Lavorel, U. Pascual, and S. Hashimoto. 2020. “Valuation of Nature and Nature’s Contributions to People”, ***Sustainability Science*** (In progress).

Managi, S., and G. Halkos. 2020. “Natural Capital and Ecosystem Service: Sustainable Forest Management and Climate Change”, ***Journal of Forest Economics*** 35.

Löschel, A., and S. Managi. 2019. “Economic Analysis of Energy Demand: Insights for Industries and Households”, ***Resource and Energy Economics*** 56.

Saito, O., S. Hashimoto, Managi, M. Aiba, T. Yamakita, R. DasGupta, K. Takeuchi. 2019. “Future Scenarios for Socio-Ecological Production Landscape and Seascape”, ***Sustainability Science*** 14 (1).

Halkos, G., and S. Managi. 2017. “Recent Advances in Empirical Analysis on Growth and Environment: Introduction”, ***Environment and Development Economics*** 22.

Halkos, G., and S. Managi. 2017. “Land Use, Forest Preservation and Biodiversity in Asia”, ***Journal of Forest Economics*** 29.

Saito, O., S. Managi, N. Kanie, J. Kauffman, and K. Takeuchi. 2017. "Sustainability Science and Implementing the Sustainable Development Goals", ***Sustainability Science*** 12(6).

Managi, S. and Sharma, S. 2016. “Economics of Crises and Disasters”, ***Singapore Economic Review*** 61 (1).

Journal Publications (including forthcoming papers)

Konishi, Y., and S. Managi. 2020. "Do Regulatory Loopholes Distort Technical Change? Evidence from New Vehicle Launches under the Japanese Fuel Economy Regulation", ***Journal of Environmental Economics and Management*** (forthcoming).

Morita, T., and S. Managi. 2020. "Autonomous Vehicles: Willingness to Pay and the Social Dilemma", ***Transportation Research Part C*** (forthcoming).

Kumagai, J., M. Wakamatsu, and S. Managi. 2020. "Do commuters adapt to in-vehicle crowding on trains?", ***Transportation*** (forthcoming).

Yagi, M., S. Kagawa, S. Managi, H. Fujii, and D. Guan. 2020. "Supply Constraint from Earthquakes in Japan in Input-Output Analysis", ***Risk Analysis: An International Journal*** (forthcoming). DOI: 10.1111/risa.13525

Keeley, A. R., K. Tanaka, K. Matsumoto, Y. Sugiawan, and Managi. 2020. "The Impact of Renewable Energy Generation on the Spot Market Price in Germany: Ex-Post Analysis using Boosting Method", ***The Energy Journal*** (forthcoming).

Imamura K, Takano T., Kumagai N.H., Yoshida Y., Yamano H., Fujii M., Nakashizuka T., and S. Managi. 2020. "Valuation of coral reefs in Japan: Willingness to pay for conservation and the effect of information", ***Ecosystem Services*** (forthcoming).

Yoo, S., and S. Managi. 2020. "Global Mortality Benefits of COVID-19 Action", ***Technological Forecasting & Social Change*** (forthcoming) https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120231.

Managi, S., R. Lindner, and C. Stevens. 2020. "Technology Policy for the Sustainable Development Goals: From the Global to the Local Level", ***Technological Forecasting & Social Change*** (forthcoming)

Kumar, S., S. Managi, R. K. Jain. 2020. "CO_2 Mitigation Policy for Indian Thermal Power Sector: Potential Gains from Emission Trading", ***Energy Economics*** 86 (forthcoming).

Tsurumi, T., R. Yamaguchi, K. Kagohashi, and S. Managi. 2020. "Are cognitive, affective, and eudaimonic dimensions of subjective well-being differently related to consumption? Evidence from Japan", ***Journal of Happiness Studies*** (forthcoming).

Nguyen, T., T. Nguyen, V. Le, S. Managi, and U. Grote. 2020. "Reported Weather Shocks and Rural Household Welfare: Evidence from Panel Data in Northeast Thailand and Central Vietnam", ***Weather and Climate Extremes*** (forthcoming)

Kumagaya, J., and S. Managi. 2020. "Environmental Behaviour and Choice of Sustainable Travel Mode in Urban Areas: Comparative Evidence from Commuters in Asian Cities", ***Production Planning & Control*** (forthcoming).

Kurniawan, R., Y. Sugiawan, and S. Managi. 2020. "Economic growth - environment nexus: An analysis based on natural capital in inclusive wealth", ***Ecological Indicators*** (forthcoming).

Coulibaly, T., M. Wakamatsu, M. Islam, H. Fukai, S. Managi, B., Zhang. 2020. “Differences in Water Policy Efficacy across South African Water Management Areas”, ***Ecological Economics*** 175 (forthcoming).

Zhang, B., W. Nozawa and S. Managi. 2020. "Sustainability measurements in China and Japan: an application of the inclusive wealth concept from a geographical perspective", ***Regional Environmental Change*** (forthcoming).

Jingyu, W., B. Yuping, W. Yihzong, L. Zhihui, D. Xiangzheng, M. Islam, and S. Managi. 2020. "Measuring Inclusive Wealth of China: Advances in Sustainable use of Resources", ***Journal of Environmental Management*** 264 (forthcoming).

Nakamura, H., and S. Managi. 2020. “Airport risk of importation and exportation of the COVID-19 pandemic”, ***Transport Policy*** 96: 40-47.

Nakamura, H., and S. Managi. 2020. “Effects of subjective and objective city evaluation on life satisfaction in Japan”, ***Journal of Cleaner Production*** 256 (forthcoming).

Tolliver, C., A. R. Keeley, and S. Managi. 2020. "Policy targets behind green bonds for renewable energy:

Do climate commitments matter?", ***Technological Forecasting & Social Change*** 157 (forthcoming).

Tolliver, C., A. R. Keeley, and S. Managi. 2020. "Drivers of green bond market growth: The importance of Nationally Determined Contributions to the Paris Agreement and implications for sustainability", ***Journal of Cleaner Production*** 244 (forthcoming).

Xie, J., W. Nozawa, and S. Managi. 2020. "The Role of Women on Boards in Corporate Environmental Strategy and Financial Performance: A Global Outlook", ***Corporate Social Responsibility and Environmental Management*** (forthcoming).

Rajapaksa, D., M. Gono, C. Wilson, S. Managi, B. Lee, V. Hoang. 2020. "The demand for education: The impacts of good schools on property values in Brisbane, Australia", ***Land Use Policy*** 97 (forthcoming).

Wilson, C., W. Athukorala, B. Torgler, R. Gifford, M. A. Garcia-Valiñas, and S. Managi. 2020. "Willingness to pay to ensure a continuous water supply with minimum restrictions", ***Empirical Economics*** (forthcoming).

Kariyawasam, S., C. Wilson, R. L. I. Madhubhashini, K. G. Sooriyagoda, and S. Managi. 2020. "Conservation versus socio-economic sustainability: A case study of the Udawalawe National Park, Sri Lanka", ***Environmental Development*** (forthcoming).

Wei, C., A. Löschel, and S. Managi. 2020. "Recent advances in energy demand research in China", ***China Economic Review*** (forthcoming).

Tanaka, K., I. Matsukawa, and S. Managi. 2020. "An Experimental Investigation of Bilateral Oligopoly in Emissions Trading Markets", ***China Economic Review*** (forthcoming).

Managi, S., and G. Halkos. 2020. "Natural Capital and Ecosystem Service: Sustainable Forest Management and Climate Change", ***Journal of Forest Economics*** 35 (2-3) 103-106.

Athukorala, W., M. Karunarathna, C. Wilson, and S. Managi. 2020. "Conservation of Genetic Resources of Crops: Farmer Preferences for Banana Diversity in Sri Lanka", ***Journal of Forest Economics*** 35 (2) 177–206.

Shahen, M., K. Kotani, M. Kakinaka, and S. Managi. 2020. “Wage and labor mobility between public, formal private and informal private sectors in a developing country”, ***Economic Analysis and Policy*** (forthcoming).

Dong, J., W. Liang, W. Liu, J. Liu, and S. Managi. 2020. “Does forestland possession enhance households’ access to credit?—Examining China’s forestland mortgage policy”, ***Economic Analysis and Policy*** 68: 78-87.

Le, M., V. Hoang, C. Wilson, and S. Managi. 2020. “Net stable funding ratio and profit efficiency of commercial banks in the US”, ***Economic Analysis and Policy*** 67: 55-66.

Tsurumi, T., and S. Managi. 2020. “Health-related and non-health-related effects of PM2.5 on life satisfaction: Evidence from India, China and Japan”, ***Economic Analysis and Policy*** 67: 114-123.

Zhang, D., and S. Managi. 2020. “Financial Development, Natural Disasters, and Economics of the Pacific Small Island States”, ***Economic Analysis and Policy*** 66: 168-181.

Chi, Z., and S. Managi. 2020. “Functional social support and maternal stress: a study on the 2017 paid parental leave reform in Japan”, ***Economic Analysis and Policy*** 65: 153-172.

Nakamura, H., and S. Managi. 2020. “Entrepreneurship and marginal cost of CO_2 emissions in economic development”, ***Economic Analysis and Policy*** 65: 153-172.

Nakamura, H. and Managi, S. (2020), "Why does perceive safety endure in crime hotspots? Case of Delhi", ***Safer Communities*** (forthcoming).

Obara, T., S. Tsugawa, and S. Managi. 2020. “ λ Envy-free Pricing for Impure Public Good”, ***Economic Theory Bulletin*** (forthcoming).

Jumbri, I. A, and S. Managi. 2020. “Inclusive Wealth with Total Factor Productivity: Global Sustainability Measurement”, ***Global Sustainability*** 3 e5 (DOI: https://doi.org/10.1017/sus.2020.1).

Piao, X., X. Ma, C. Zhang, and S. Managi. 2020. “Impact of Gaps in the Educational Levels between Married Partners on Health and a Sustainable Lifestyle: Evidence from 32 Countries”, ***Sustainability***

12(11), 4623.

Noy, I., and S. Managi. 2020. “It’s Awful, Why Did Nobody See it Coming?”, ***Economics of Disasters and Climate Change*** (forthcoming).

Katafuchi, Y., K. Kurita, and S. Managi. 2020. “COVID-19 with stigma: Theory and evidence from mobility data”, ***Economics of Disasters and Climate Change*** (forthcoming).

Kumar, S., and S. Managi. 2020. “Does stringency of lockdown affect air quality? Evidence from Indian cities”, ***Economics of Disasters and Climate Change*** (forthcoming).

Onuma, H., K.J. Shin, and S. Managi. 2020. “Short-, Medium-, and Long-Term Growth Impacts of Catastrophic and Non-catastrophic Natural Disasters”, ***Economics of Disasters and Climate Change*** (forthcoming).

Maruta, S., A. Kitsuki, and S. Managi. 2020. “Perceived Arrival Time of Disaster Relief Supplies Matters for Household Preparedness for Natural Disasters”, ***Economics of Disasters and Climate Change*** 4 (2): 365–384.

Coulibaly, T., M. Islam, and S. Managi. 2020. “The Impacts of Climate Change and Natural Disasters on Agriculture in African Countries”, ***Economics of Disasters and Climate Change*** 4 (2): 347-364.

Tolliver, C., H. Fujii, A. R. Keeley, and S. Managi. 2020. “Green Innovation and Finance in Asia”, ***Asian Economic Policy Review*** (forthcoming).

Managi, S. 2020. “Interview with Sir Partha Dasgupta”, ***Environmental Economics and Policy Studies*** 22 (3): 339-356.

Winkler, W., Behling, N., T., Behling., and S. Managi, and M.C. Williams. 2020. "Options for Natural Gas and Methane Including Fuel Cell Utilization in a Sustainable Energy Infrastructure”, ***ECS Transactions*** 96(1): 81-105.

海外発表　（6 件）

Plenary Speech, “Solutions at the climate-biodiversity nexus, IPBES and IPCC, December 14, London (virtual), 2020.

Invited Speech, “Measuring sustainable progress: global outlook”, The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (Progress, Challenges, and Opportunities for Sustainability Science: A Workshop: Panel I: Measuring Progress Toward Sustainable Development), November 30-December 2, Washington DC, 2020.

Keynote Speech, “Energy and environment resilience facing COVID-19”, 12th International Conference of Applied Energy (ICAC): Energy System and Climate Governance in the Post COVID 19 Pandemic Era, December 2, Bangkok (virtual), 2020.

Invited Speech, “COVID-19 from a Japanese policy and economic perspective”, COVID-19 Policy and management perspectives from Sweden and Japan, MIRAI 2.0 COVID-19 webinar, October 8, 2020.

Invited Speech, “Autonomous Driving & Society: Inclusive Growth for SDGs”, JAPANESE-GERMAN CENTER BERLIN (JDZB) in cooperation with ECOLE DES HAUTES ETUDES EN SCIENCES SOCIALES (EHESS), Autonomous Driving: Perspectives on Japan, France, and Germany on October 8, 2020.

Opening Speech, “Inclusive Growth for SDGs”, KYUSHU UNIVERSITY ASIA WEEK 2020 OPENING CEREMONY, Fukuoka, Japan September 1st, 2020.

書籍（1件）

糸島市地域振興課・州大学, わたしだけがいいなんて, 一般社団法人糸島青年会議所, 2020 年 8 月 1 日.

4. 令和 2 年度の研究状況と成果(詳細)

第1章　自治体の総合計画に組み込まれる新国富指標について

第1節　はじめに

中央環境審議会「第五次環境基本計画」において、地域における自然資本・人工資本・人的資本を持続可能な形で最大限に活用し、地域内における環境配慮型の投資・消費を活発化させていくことが重要とされている。その中で、市町村単位、あるいはより詳細な地理的区分レベルでの状況把握を行うことを目的として、本研究では過去に約 900m 四方の解像度での新国富データの構築が行われた。新国富指標はデータベースとしての整備も重要ながら、それを自治体の政策立案過程に応用できる形で提供することが重要である。

その一方で、特色ある地域の現状に即した新国富指標の評価も重要である。そのため、地方自治体との共同研究プロジェクトを更に発展させ、新国富資本の詳細な測定を行ってきた。具体的には、これまで新国富指標の基本要素(自然資本、人工資本、人的資本)のシャドウ・プライスに理論的に内包されてしまい、明示的に価値化されていなかった社会関係資本に着目し、福岡県直方市においてアンケート調査を実施した。本調査の目的は、行政サービスや地域の自然・伝統などの資源、または人や地域のつながり等、いわゆる社会関係資本を市民がどのように評価しているかを調査することである。特に、社会関係資本の金銭価値化を行うために、本アンケートでは仮想評価法に基づいて市民に各社会関係資本に対する支払意思額の質問を行った。社会関係資本には地域固有の伝統文化などが深く関係するため、小さな自治体ほどその価値が大きいと想定される。そのため新国富指標の自治体での活用を進めるうえで重要な視点と言えるだろう。そこで、福岡県直方市においてアンケート調査を行い、自然資本をはじめとした新国富の状況を調査した。

第2節　方法

直方市は福岡県の北部、筑豊地方に位置する。面積は約 62 万平方km、人口は約 5 万 5000 人で、市民の 15%が北九州市へ通勤・通学し都市圏に属する。

本調査ではアンケート調査票を直方市内の約 2,500 世帯に配布し、合計 907 世帯から調査票を回収した。以下、配布したアンケート調査票の内容を(1)回答者属性に関する質問、(2)行政機能に関する質問、(3)その他に分けて説明する。

(1)回答者属性に関する質問(設問数 13)

回答者属性について、以下の項目を尋ねた。

居住地域(小学校区)、市内在住年数、年齢、本人と家族の最終学歴、職業およびその業種、 配偶者・子供の有無、個人・世帯の年収、世帯の資産・負債総額、 1 年以内のボランティア経験有無

(2)市の具体的な取り組みに関する質問(設問数 31 内 1 つは自由記述)

市の取り組みについて、支払意思額を問うよう設問した。支払意思額とは、ある行政サービスを追加するという仮想的な状態を想定したうえで、そのために世帯が収入の中から支払ってもよい額を尋ねている。回答は選択式形式で行い、11 の選択肢(1,000 円未満、1,000 円、2,000 円、3,000 円、4,000 円、5,000 円、6,000 円、7,000 円、8,000 円、9,000 円、10,000 円以上)から最も近い金額の選択肢の回答を求めた。

下表にて、5 つの行政機能それぞれの設問項目をまとめる。

問	サービス分類	説明
1	行政サービス	地域づくりや開かれた行政の実現についての支払い意思額
2	土地利用	土地利用や市街地活性化、住環境についての支払い意思額
3	交通	交通網や道路の維持・整備についての支払い意思額
4	水道	上下水道の整備についての支払い意思額
5	環境	CO_2 削減やごみリサイクル推進などへの支払意思額
6	災害・防犯	避難場所、消防設備、防犯取り組みなどへの支払意思額
7	福祉	健康づくり、障がい者・高齢者福祉、子育て支援への支払い意思額
8	教育	教育の充実・環境整備、生涯学習や文化・スポーツ振興のための支払意思額
9	人権	人権尊重社会、男女共同参画社会実現への支払意思額
10	産業	農工商や観光の振興への支払意思額

(3)その他(設問数 1)

本アンケート調査の内容等に関する意見を自由記述式で尋ねた。

第3節　結果

本章では、アンケート設問項目の単純集計結果を図を用いて示す。なお、今回のアンケートは2500 件の配布に対し 907 件の回答が得られ、回収率は 36.3% であった。回収率は、配布した件数に対して回答を得られた件数の割合である。

回答者の年齢構成は 60 歳以上が 48%と約半数を占めている。回答者の学歴は高校卒業が約半数となっている。職業の構成は会社員が全体のおよそ 3 割の 32.11%、無職、学生、主婦など定職に就いていない人が全体の半数の 49.61%となっている。業種の内訳は製造業が 17.07%、流通・販売業が 12.13%となっている。既婚者の割合は全体のおよそ３分の２の 68.04%となっている。子どもがいる世帯も同様の結果となった。個人年収は 200 万円以下が 45.98%とおよそ半分を占めていて、600 万円以下で回答者全体のおよそ 92.08%となっている。一方、世帯年収 200 万円以下は回答者の 19.51% 、600 万円以下は 78.74%となり、高齢者が多い年齢構成や、主婦や学生など定職に就いていない人の割合が多いことを反映している可能性がある。世帯資産については全体の半数に当たる 49.59%が 500 万円以下となっている。

市の具体的な取り組みへの支払い意思額に関する質問を行い、その結果を以下に示す。

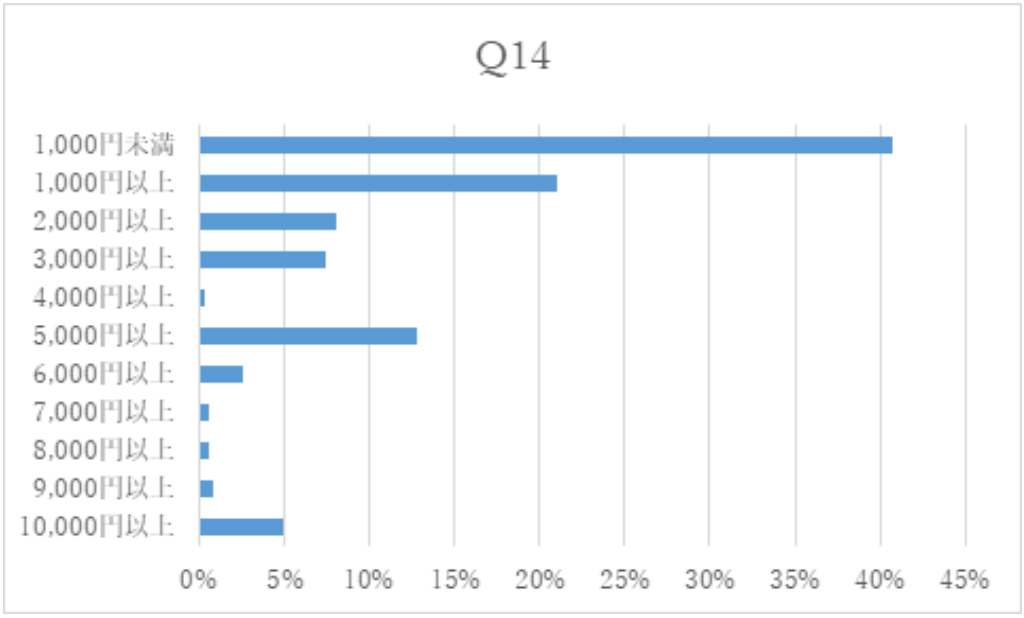


図 18【Q14】市民主体の地域づくりに対する支払意思額 （N=857）

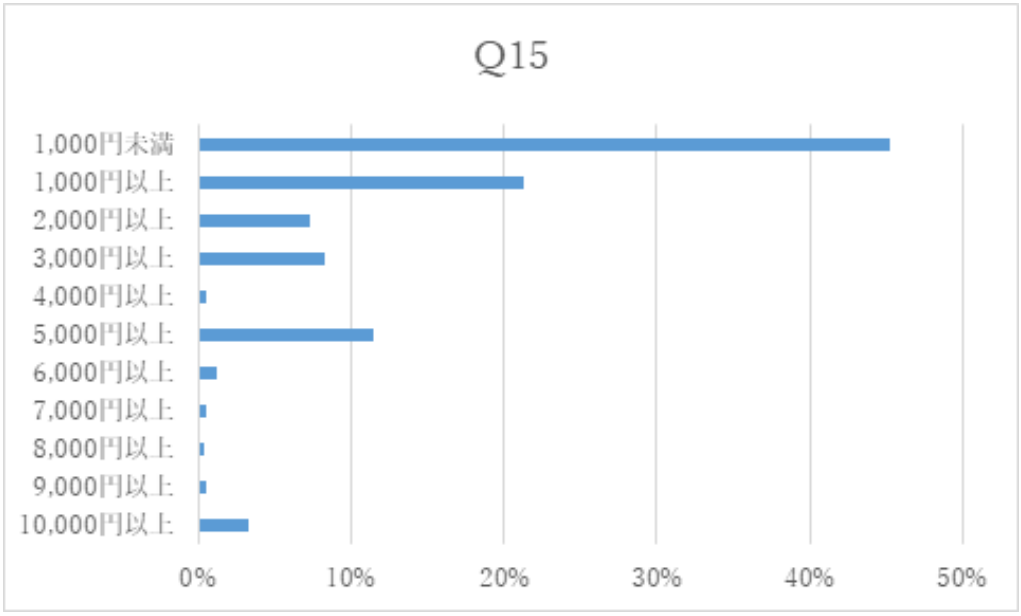


図 19【Q15】市民に開かれた行政に対する支払意思額（N=854）

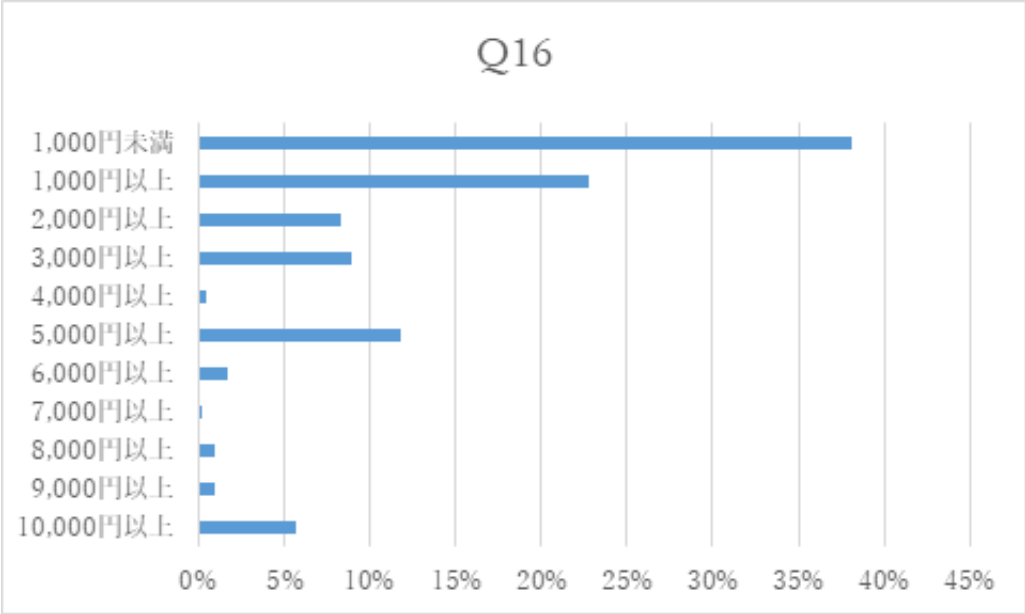


図 20【Q16】秩序ある土地利用に対する支払意思額（N=849）

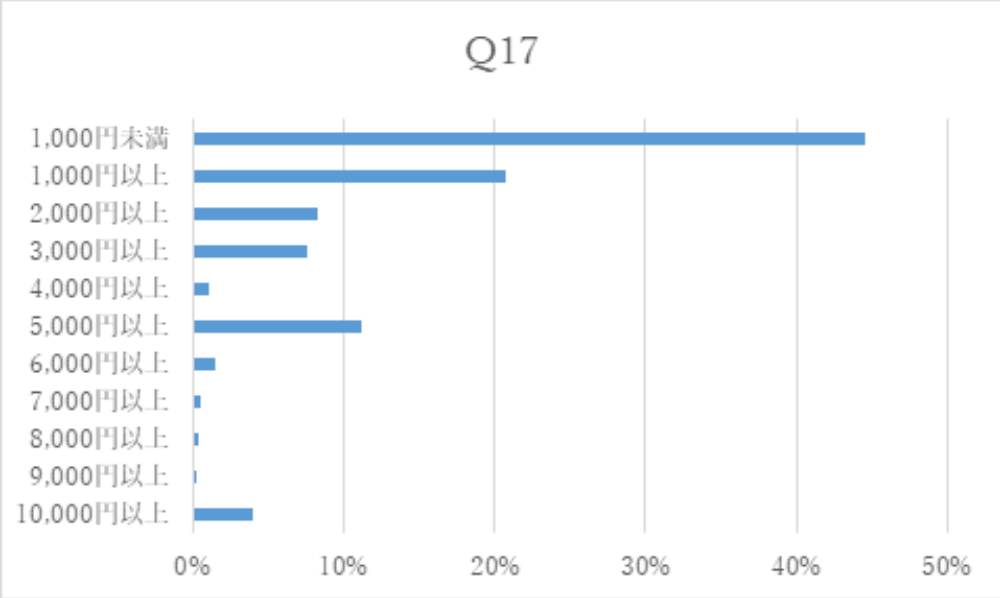


図 21【Q17】中心街の活性化に対する支払意思額（N=845）

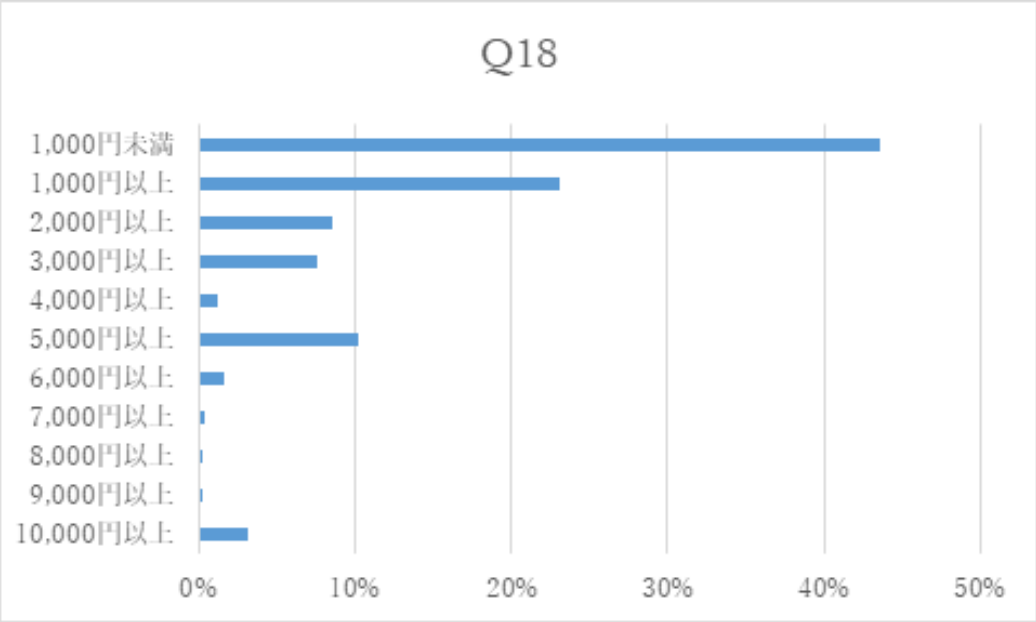


図 22【Q18】公園の適正配置と管理に対する支払意思額（N=840）

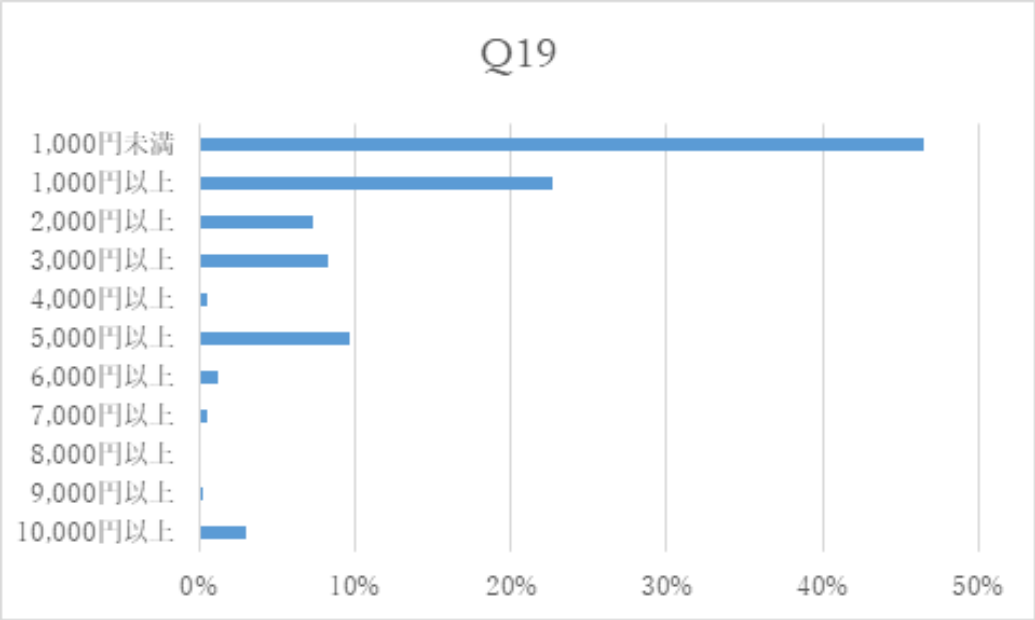


図 23【Q19】住環境の改善に対する支払意思額（N=844）

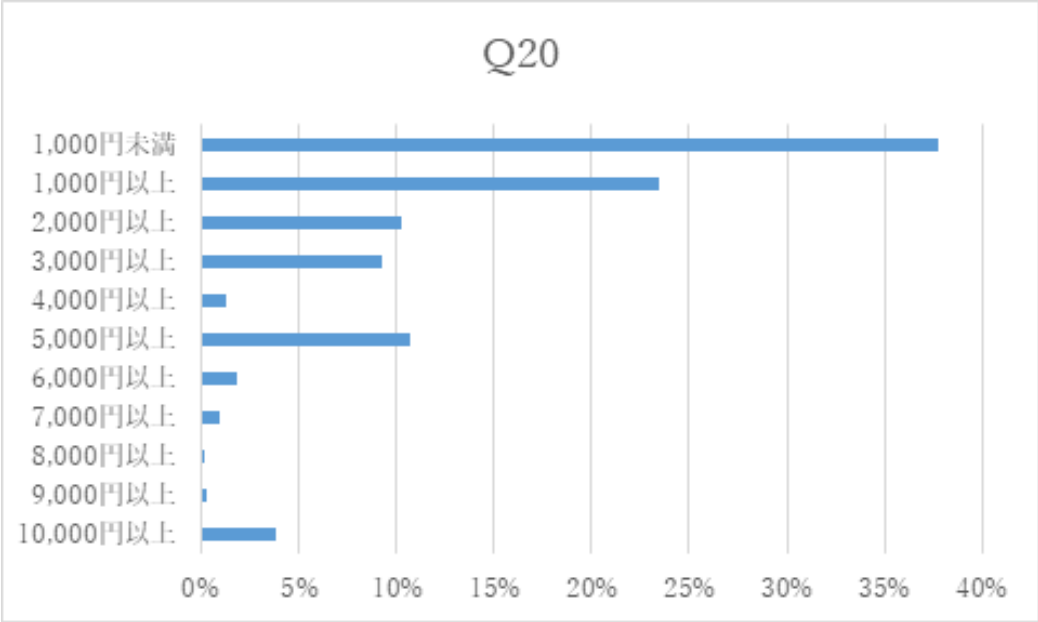


図 24【Q20】交通網の充実に対する支払意思額（N=850）

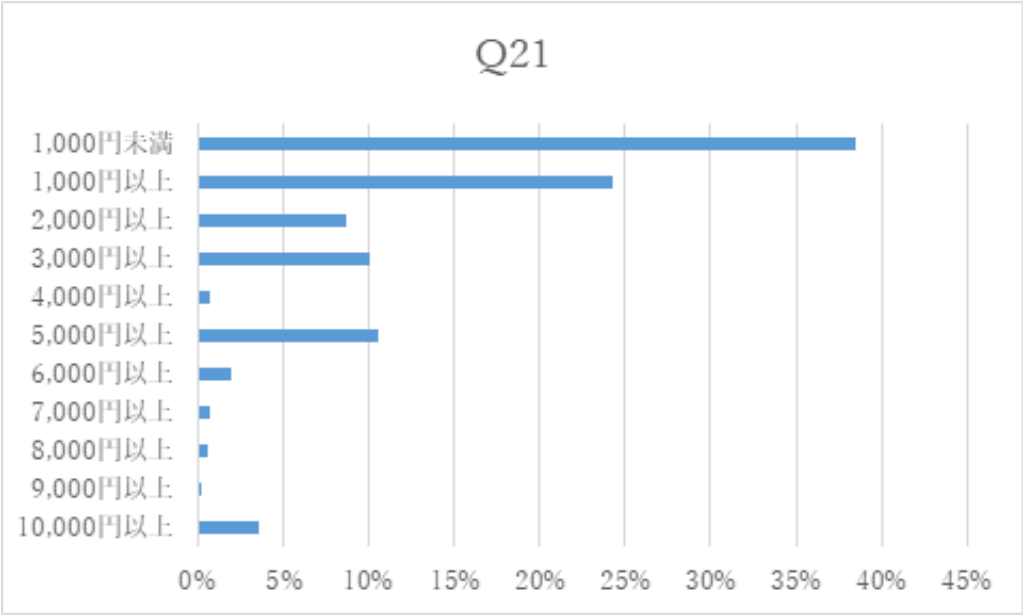


図 25【Q21】道路の維持・整備に対する支払意思額（N=849）

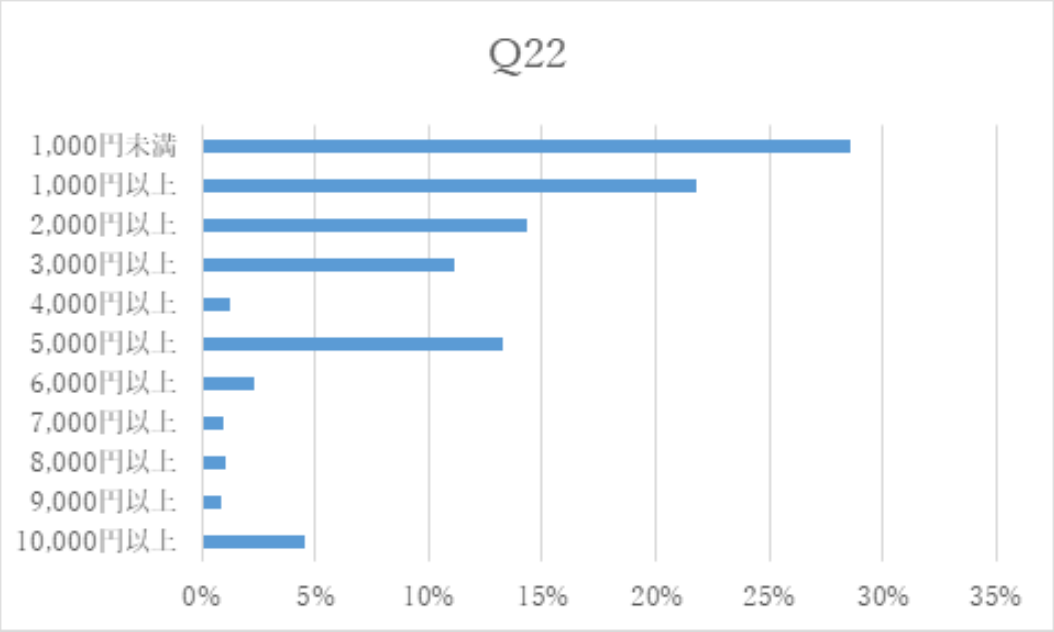


図 26【Q22】水道水の安定供給に対する支払意思額（N=860）

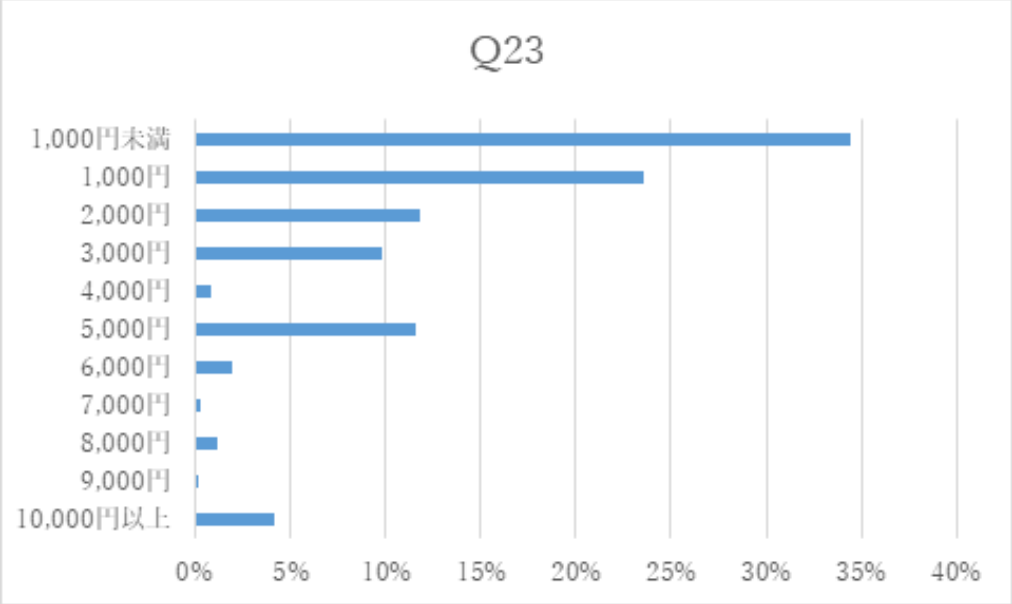


図 27【Q23】下水道の整備に対する支払意思額（N=845）

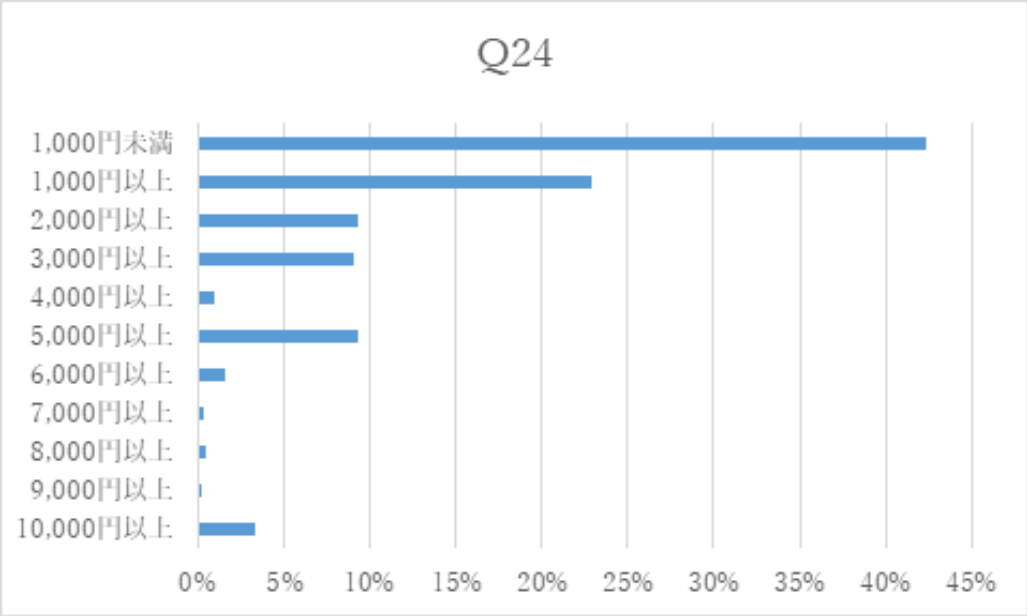


図 28【Q24】環境保全に対する支払意思額（N=844）

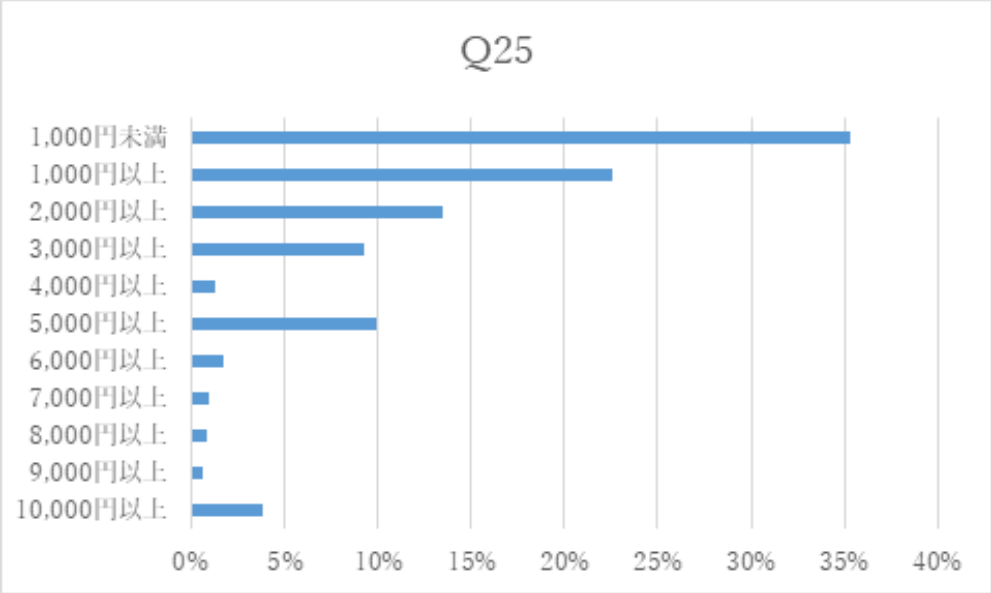


図 29【Q25】循環型社会に対する支払意思額（N=854）

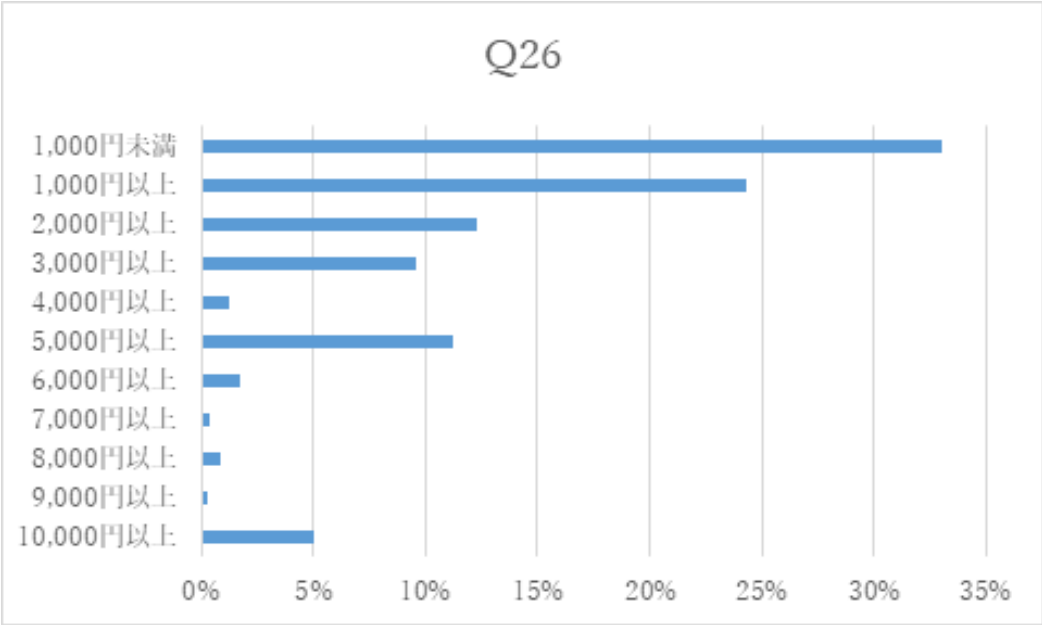


図 30【Q26】災害対策に対する支払意思額（N=853）

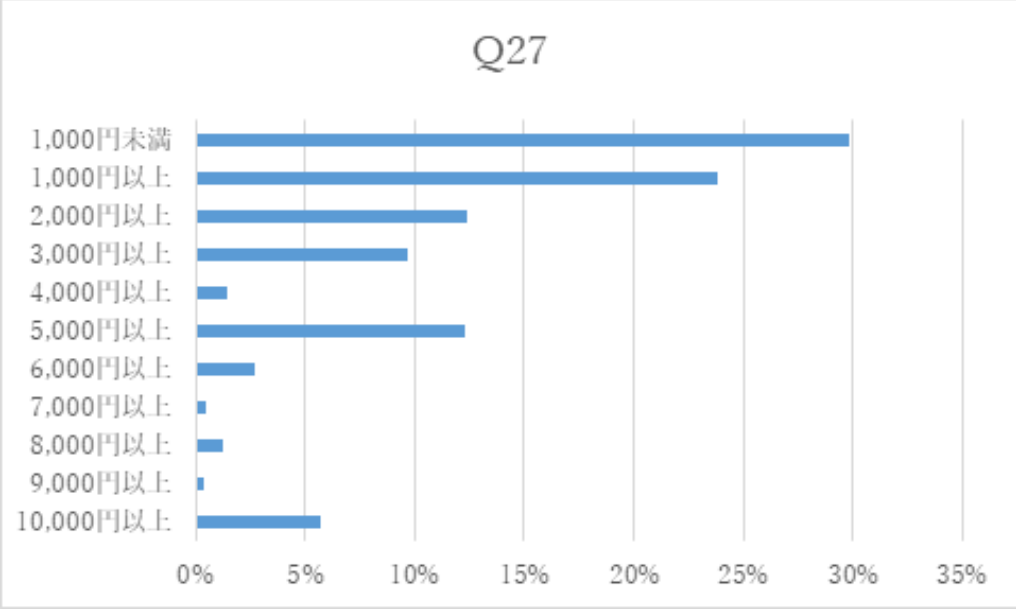


図 31【Q27】消防・救急対応に対する支払意思額（N=855）

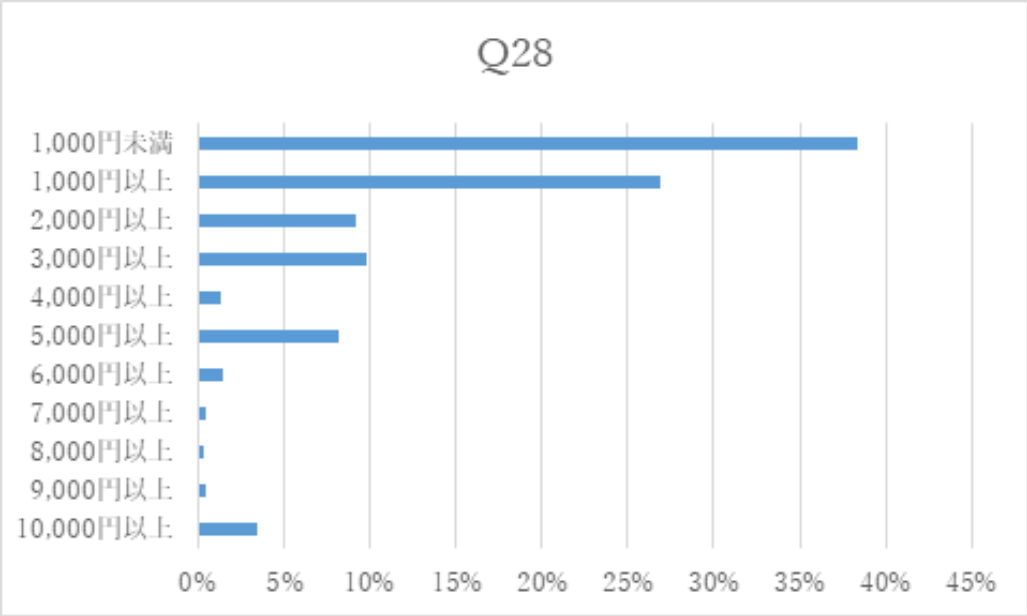


図 32【Q28】交通安全・防犯に対する支払意思額（N=850）

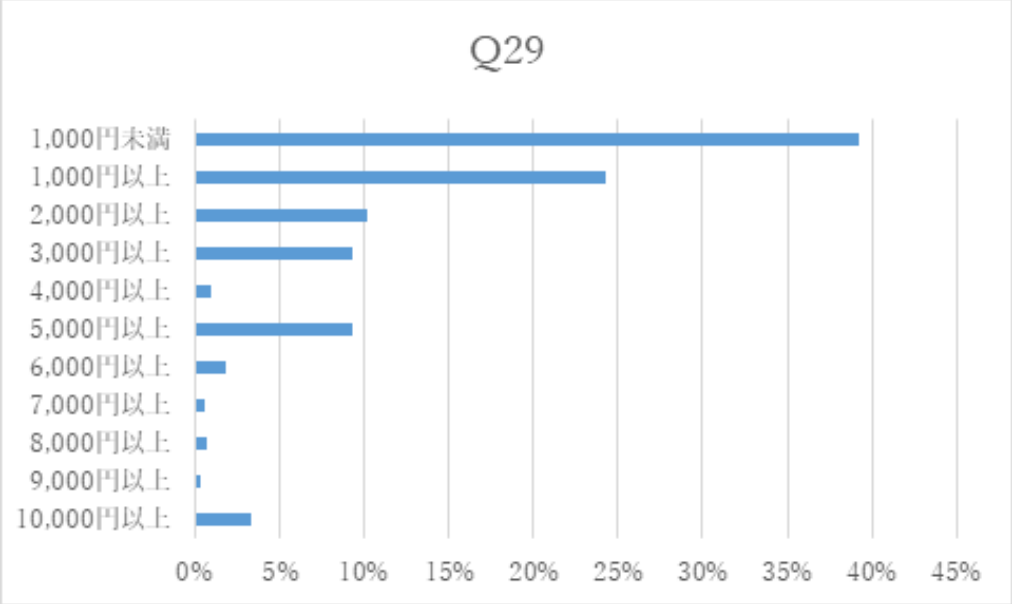


図 33【Q29】健康づくりに対する支払意思額（N=852）

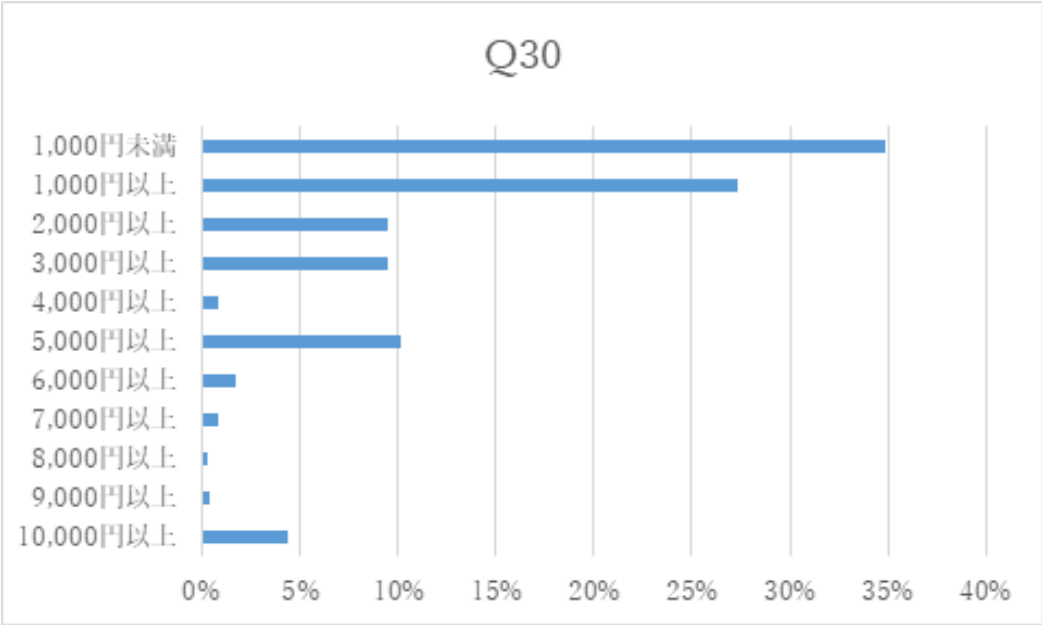


図 34【Q30】障がい者福祉に対する支払意思額（N=849）

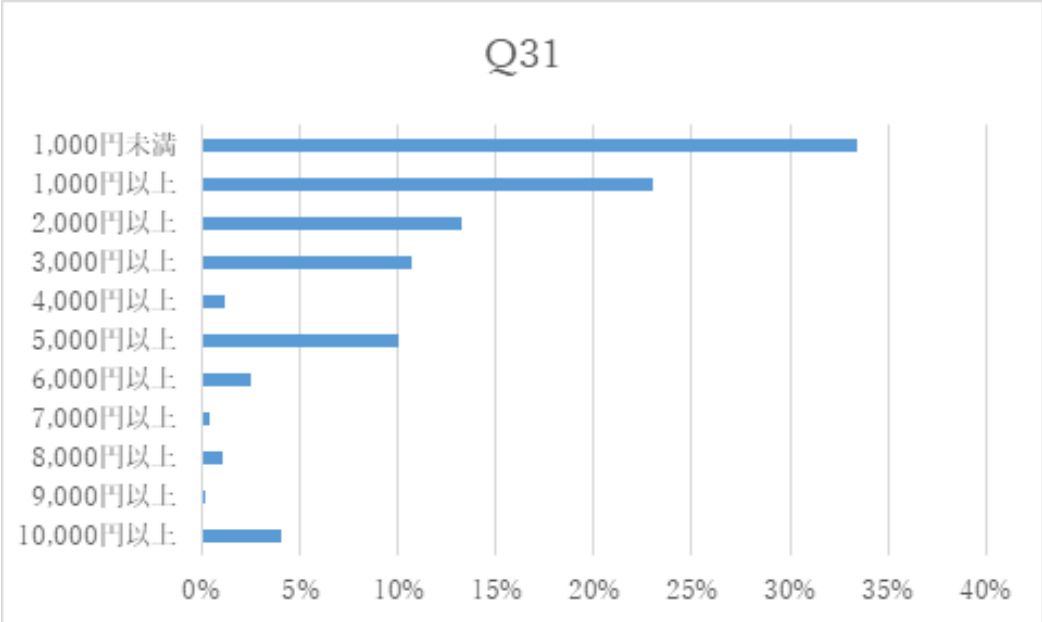


図 35【Q31】高齢者福祉に対する支払意思額（N=853）

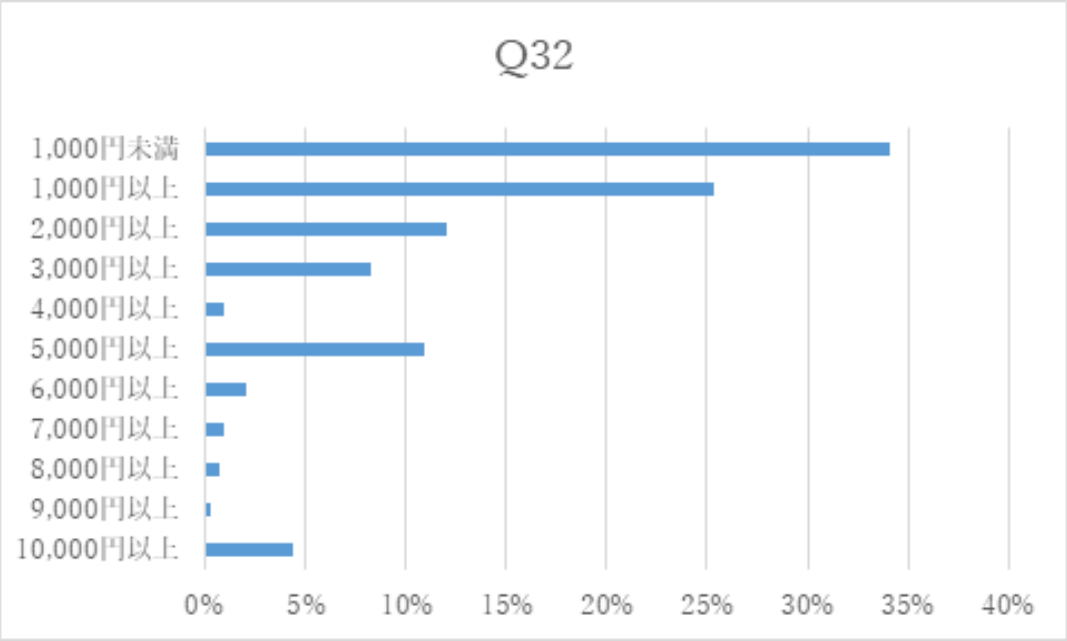


図 36【Q32】子育て支援に対する支払意思額（N=849）

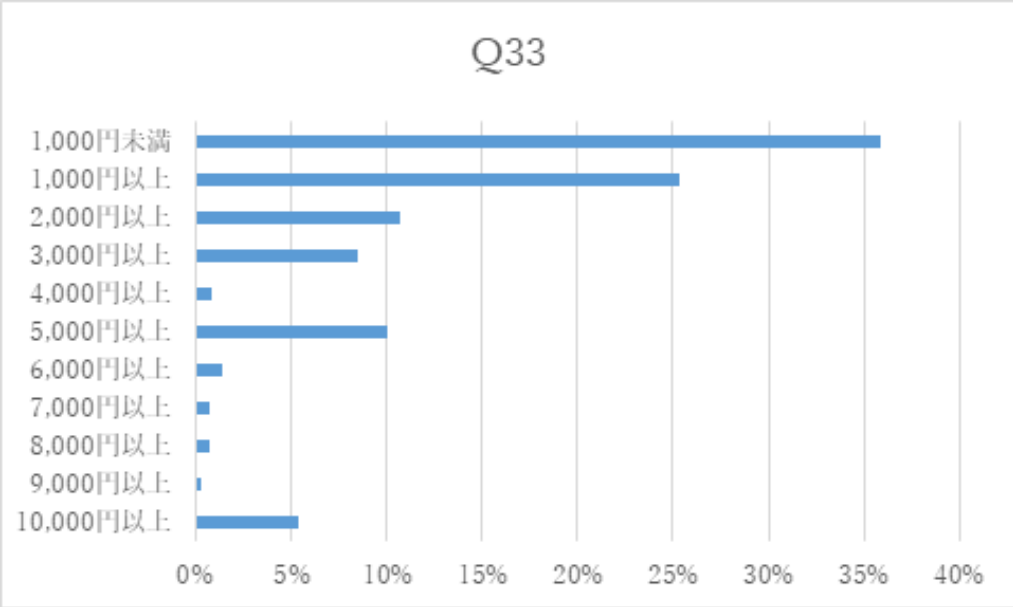


図 37【Q33】教育の充実に対する支払意思額（N=845）

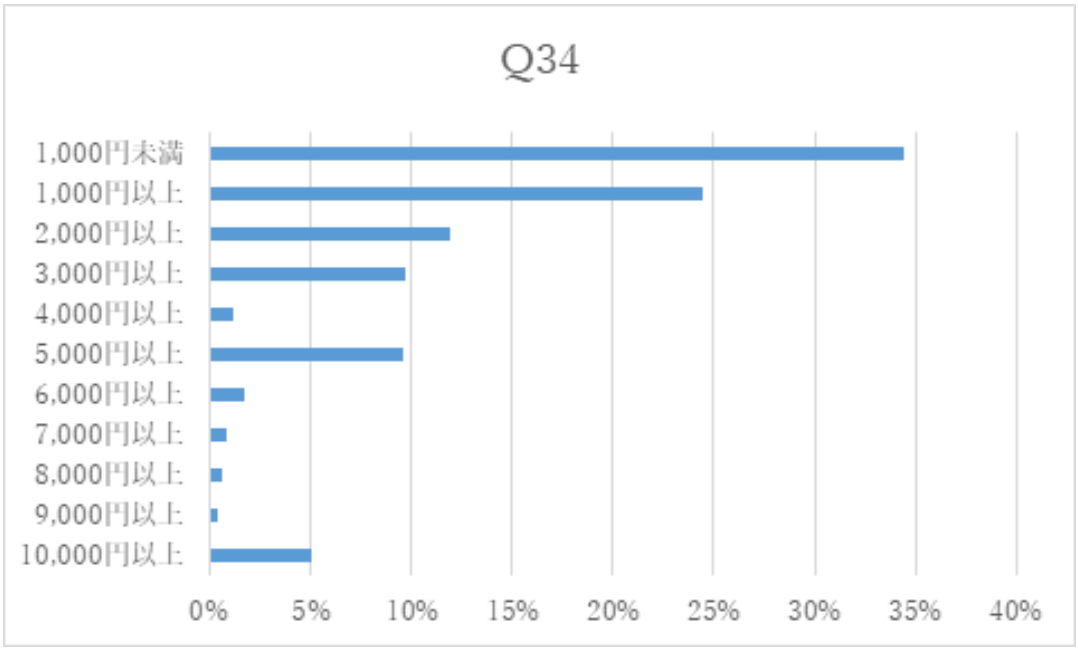


図 38【Q34】教育環境の整備に対する支払意思額（N=846）

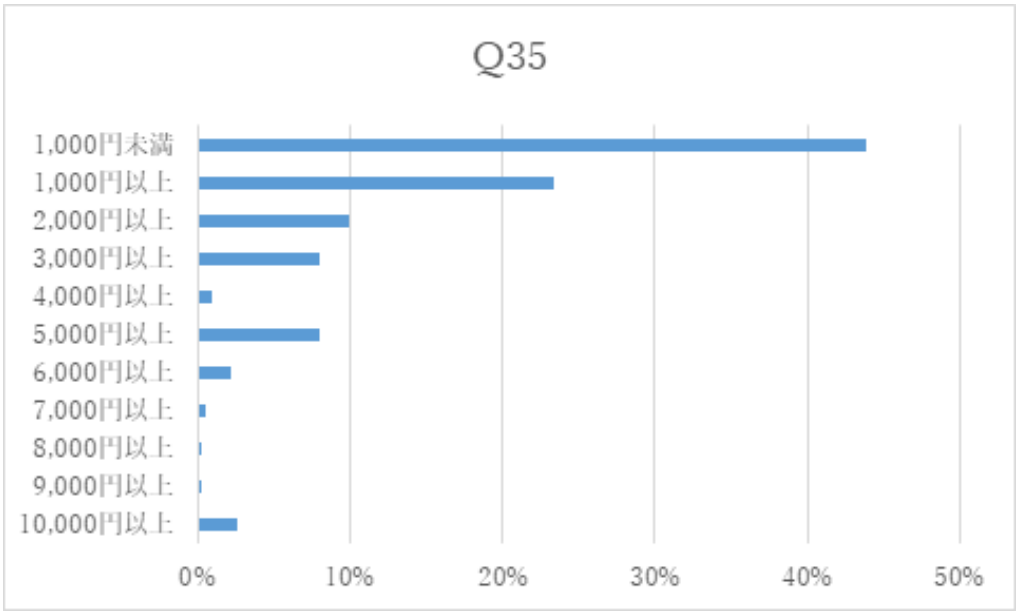


図 39【Q35】生涯学習の推進に対する支払意思額（N=843）

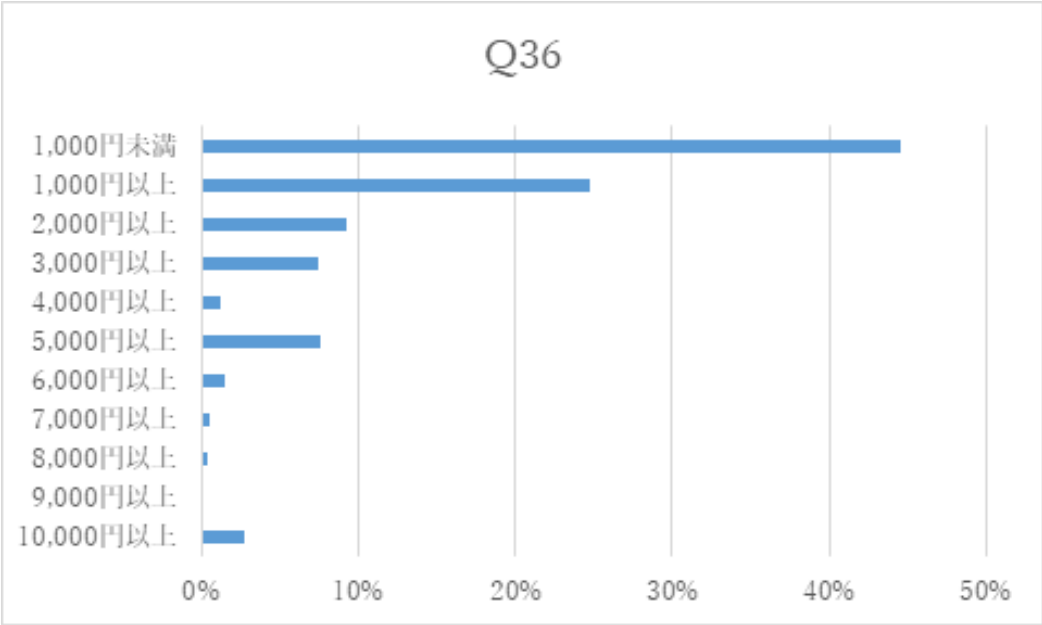


図 40【Q36】文化の振興に対する支払意思額（N=838）

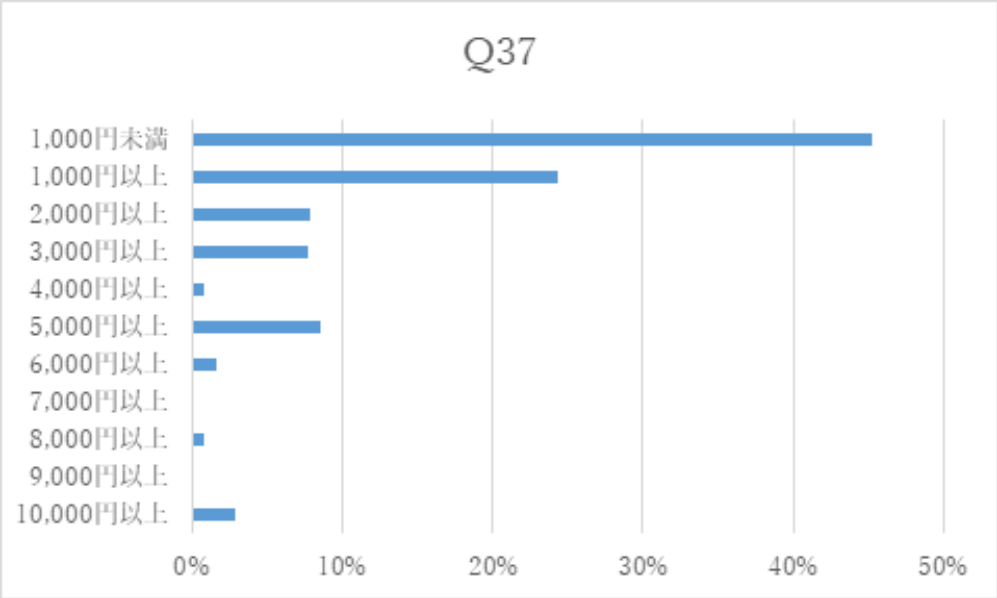


図 41【Q37】スポーツの振興に対する支払意思額（N=843）

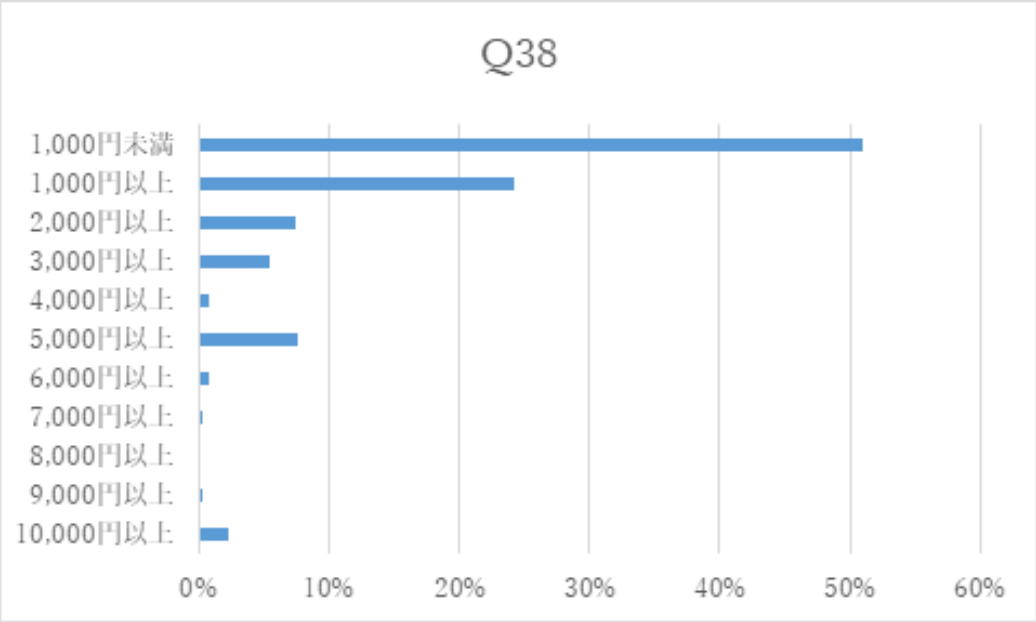


図　42【Q38】人権尊重社会に対する支払意思額（N=834）

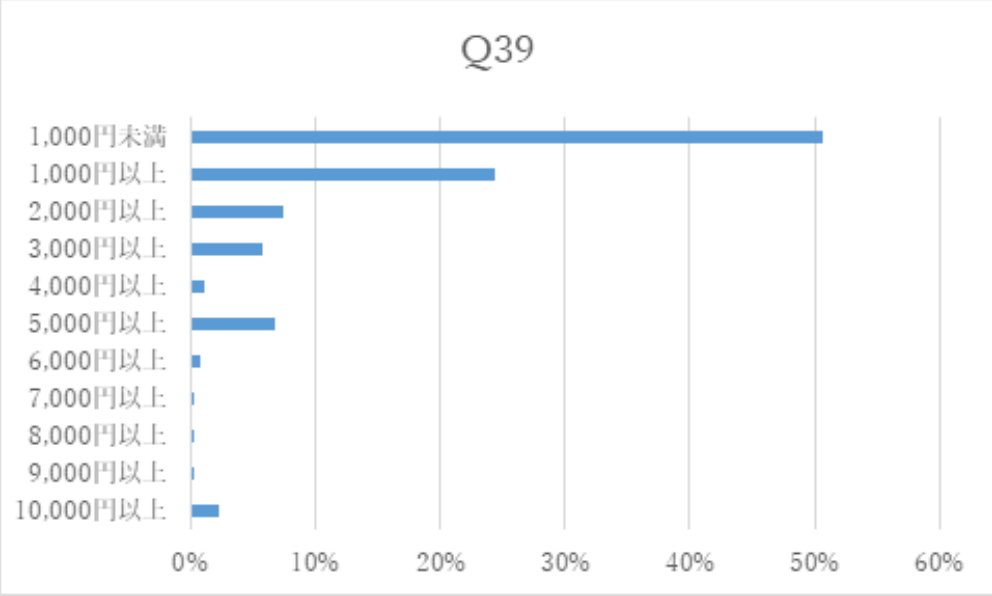


図　43【Q39】男女共同参画社会に対する支払意思額（N=835）

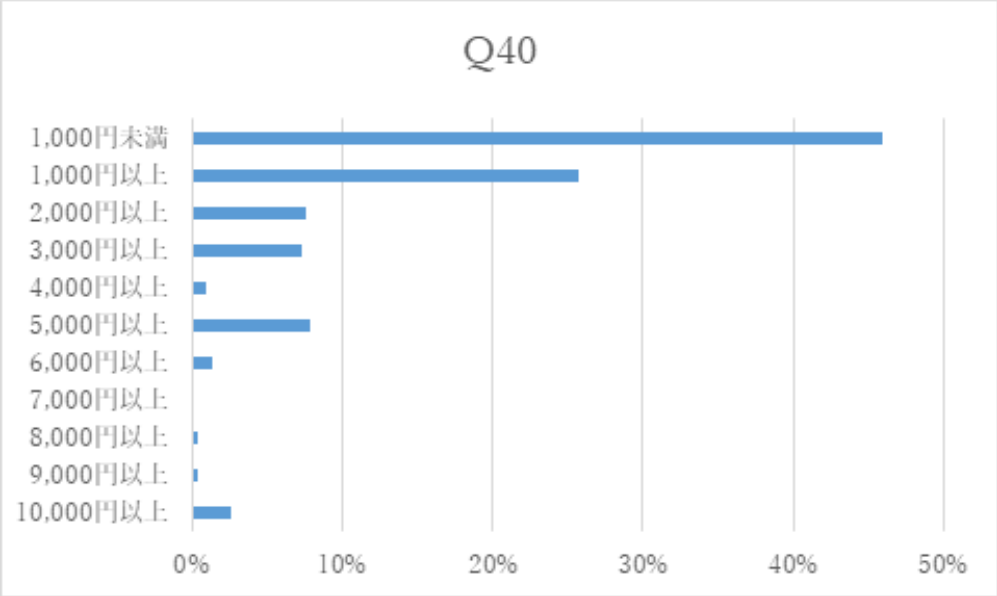


図　44【Q40】工業の振興に対する支払意思額（N=838）

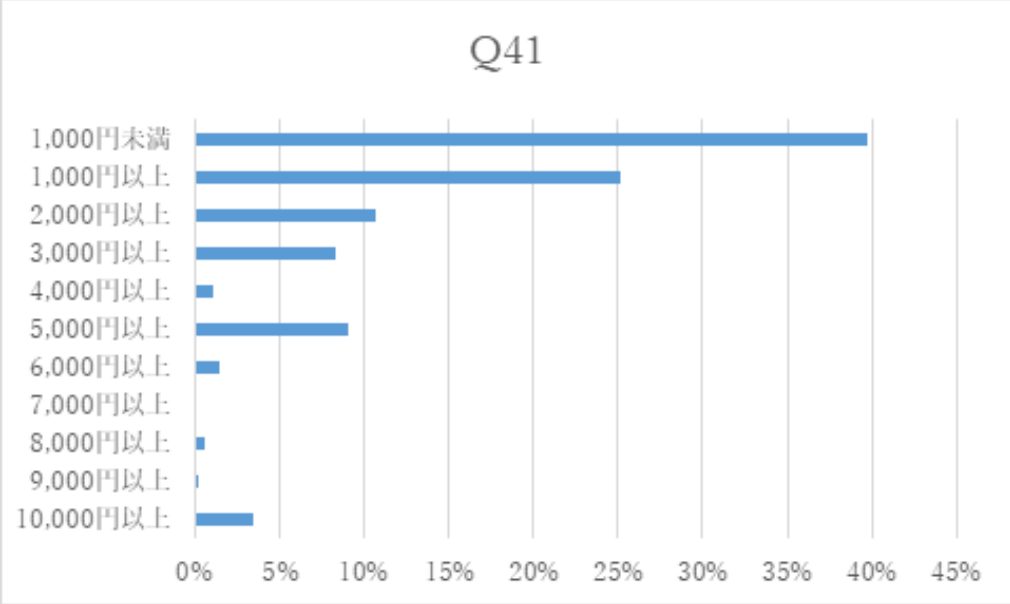


図　45【Q41】農業の振興に対する支払意思額（N=838）

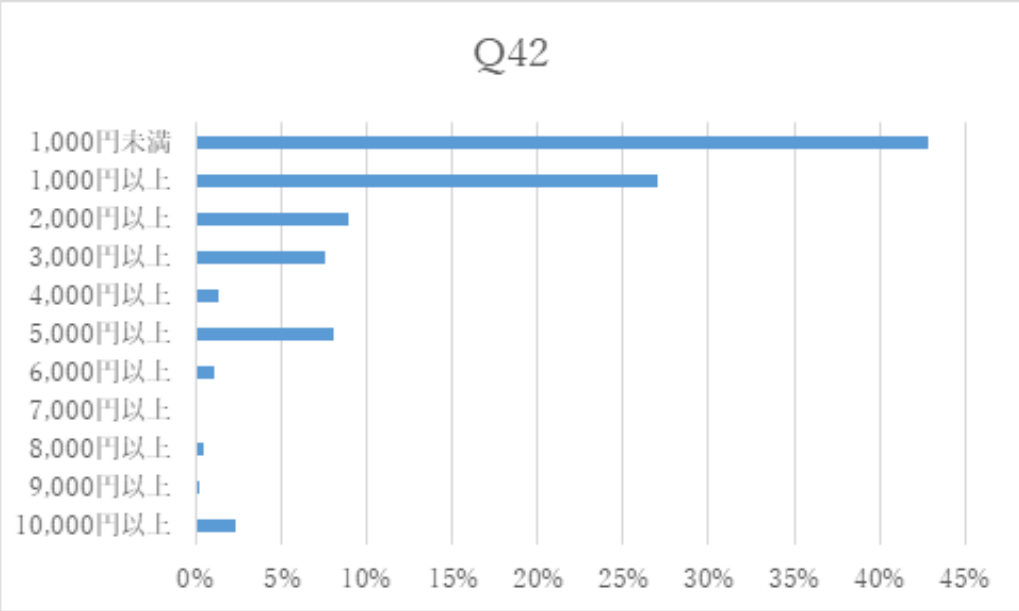


図 46【Q42】観光に対する支払意思額（N=836）

支払意思額を用いた新国富の計算結果

本節では、アンケート中の支払意思額に関する回答結果を用いて計算された直方市の社会関係資本額を示す。ここで、社会関係資本額とは、以下のように算出されるものであり、市内に存在する社会関係資本を市民の嗜好に基づいて金銭価値化したものと理解できる。

社会関係資本総額=一人あたり支払意思額平均値×世帯数×町内に存在する資本数

ここで、市内に存在する資本数とは、各資本で異なることに注意されたい。また、今回のアンケートにおいては、「〇〇が一割失われたら、どのぐらい支払っても良いですか」といったように、全体に対するある一定比率が失われた場合を想定して支払意思額を聞いている質問が多くある。このような場合においては、資本数をそのままかける必要はなく、たとえばこの例のように「一割失われたら」と聞いている場合は、回答者が答えた支払意思額は一割あたりの金銭価値に等しいということだから、資本全体の価値を計算する際には10 をかけることになる。

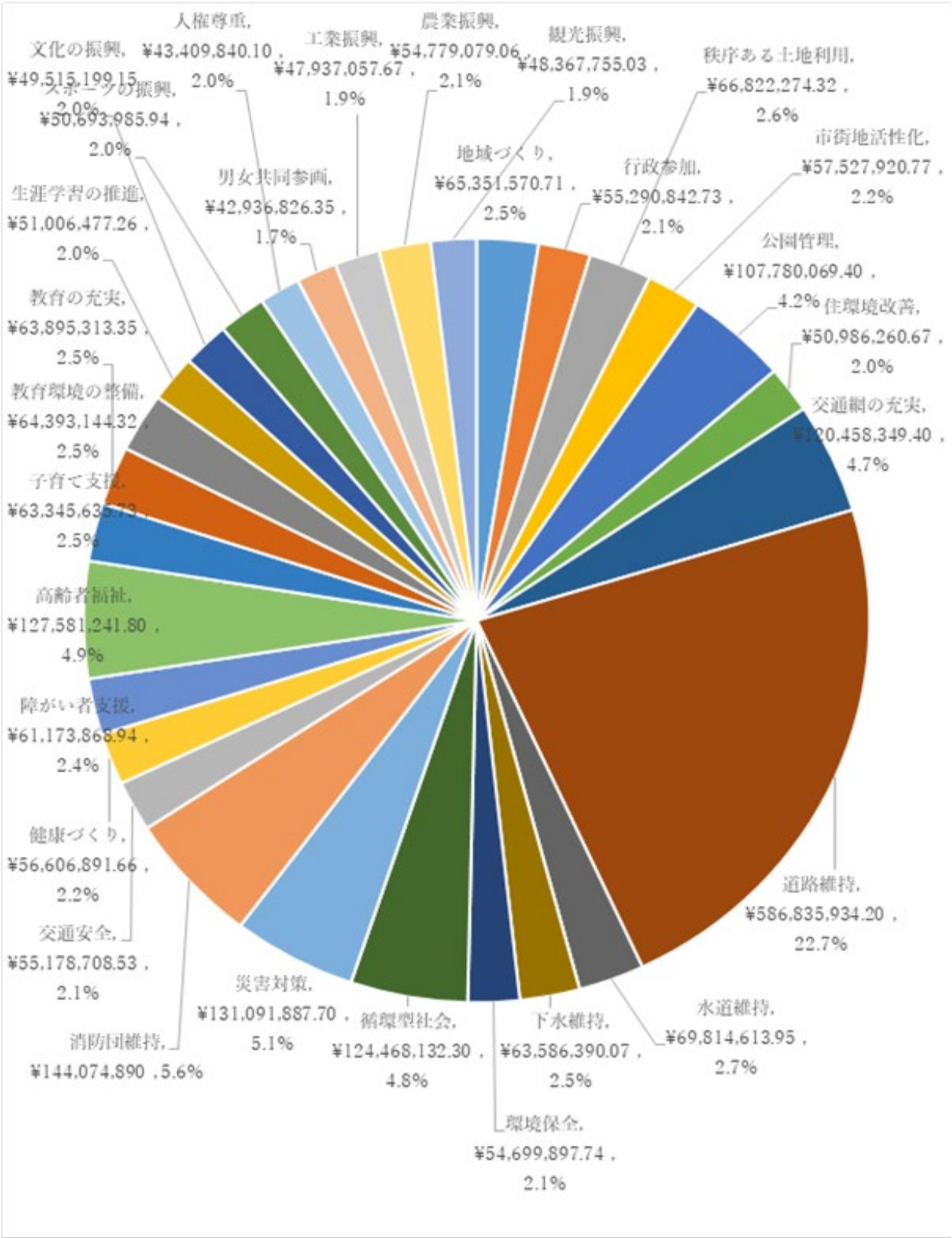


図 47 直方市の社会資本総額（全体平均値をもとに計算）

なお、属性ごとの集計結果は付表に示す。

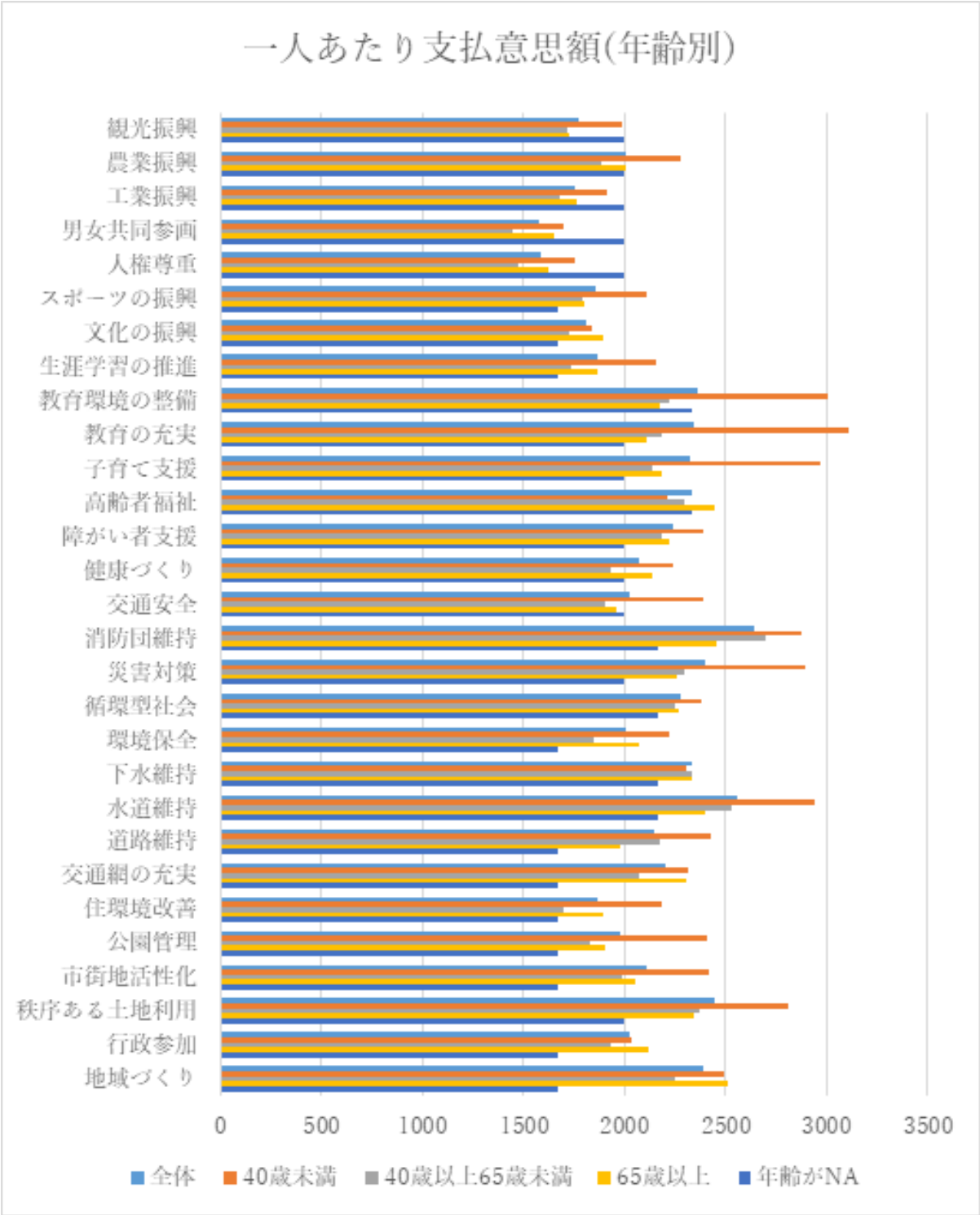


図 48 各資本の一人あたり支払意思額額(年齢別)

以下は、各社会関係資本の総額を示したものである。

表 4 項目ごとの社会関係資本の総額

資本項目	社会関係資本総額
地域づくり	65,351,571円
行政参加	55,290,843円
秩序ある土地利用	66,822,274円
市街地活性化	57,527,921円
公園管理	107,780,069円
住環境改善	50,986,261円
交通網の充実	120,458,349円
道路維持	586,835,934円
水道維持	69,814,614円
下水維持	63,586,390円
環境保全	54,699,898円
循環型社会	124,468,132円
災害対策	131,091,888円
消防団維持	144,074,890円
交通安全	55,178,709円
健康づくり	56,606,892円
障がい者支援	61,173,869円
高齢者福祉	127,581,242円
子育て支援	63,345,636円
教育の充実	63,895,313円
教育環境の整備	64,393,144円
生涯学習の推進	51,006,477円
文化の振興	49,515,199円
スポーツの振興	50,693,086円
人権尊重	43,409,840円
男女共同参画	42,936,826円
工業振興	47,937,058円
農業振興	54,779,079円
観光振興	48,367,755円
合計	2,579,609,159円

道路維持に対する支払意思額が 586,835,934 円と突出して高い。次いで消防団維持や災害対策といった防災・減災関係の項目への支払意思額が高くなっていた。続いて高齢者福祉、循環型社会、交通網の充実への支払意思額が高いことがわかった。

以下は、各社会関係資本に対する一人当たりの支払意思額の平均値をまとめたものである。

表 5 各社会関係資本に対する一人当たりの支払意思額の平均額

資本項目	1人あたり支払意思額				
	全体	40歳未満	40歳以上65歳未満	65歳以上	年齢がNA
地域づくり	2,392円	2,491円	2,250円	2,506円	1,667円
行政参加	2,024円	2,035円	1,934円	2,121円	1,667円
秩序ある土地利用	2,446円	2,813円	2,374円	2,338円	2,000円
市街地活性化	2,106円	2,413円	1,990円	2,052円	1,667円
公園管理	1,973円	2,405円	1,830円	1,905円	1,667円
住環境改善	1,867円	2,186円	1,695円	1,892円	1,667円
交通網の充実	2,205円	2,311円	2,068円	2,305円	1,667円
道路維持	2,148円	2,422円	2,176円	1,977円	1,667円
水道維持	2,556円	2,938円	2,527円	2,395円	2,167円
下水維持	2,328円	2,309円	2,335円	2,332円	2,167円
環境保全	2,002円	2,218円	1,845円	2,068円	1,667円
循環型社会	2,278円	2,375円	2,245円	2,265円	2,167円
災害対策	2,400円	2,892円	2,297円	2,261円	2,000円
消防団維持	2,637円	2,873円	2,692円	2,457円	2,167円
交通安全	2,020円	2,389円	1,904円	1,955円	2,000円
健康づくり	2,072円	2,243円	1,935円	2,136円	2,000円
障がい者支援	2,239円	2,393円	2,187円	2,219円	2,000円
高齢者福祉	2,335円	2,208円	2,297円	2,445円	2,333円
子育て支援	2,319円	2,969円	2,137円	2,182円	2,000円
教育の充実	2,339円	3,108円	2,182円	2,108円	2,000円
教育環境の整備	2,357円	3,003円	2,222円	2,169円	2,333円
生涯学習の推進	1,867円	2,155円	1,735円	1,864円	1,667円
文化の振興	1,813円	1,837円	1,729円	1,896円	1,667円
スポーツの振興	1,856円	2,109円	1,789円	1,797円	1,667円
人権尊重	1,589円	1,755円	1,475円	1,626円	2,000円
男女共同参画	1,572円	1,701円	1,441円	1,647円	2,000円
工業振興	1,755円	1,910円	1,676円	1,760円	2,000円
農業振興	2,005円	2,272円	1,883円	2,003円	2,000円
観光振興	1,771円	1,988円	1,711円	1,722円	2,000円
合計	61,273円	68,718円	58,559円	60,403円	55,667円

ある程度まとまった傾向がみられる 40 歳未満、40 歳以上 65 歳未満、65 歳以上で集計した結果、40 歳未満であれば教育の充実や教育環境の整備に、40 歳以上 65 歳未満は消防団の維持、水道の維持に、65 歳以上は地域づくり、上下水道維持、交通網の充実に対する支払意思額が高いことがわかった。

支払意思額の回答結果をもとに各社会資本の価値を計算した。一番価値が大きなものは「道路の維持・整備」でおよそ５億８千万円となり、全社会資本のうち 22.7%を占めていることが分かった。次に大きなものは「消防・救急対応」で１億４千万円と「災害対策」の１億３千万円で、近年増加する自然災害への対応の重要性が意識されている可能性がある。人口の高齢化を反映して「高齢者福祉」の価値は１億２千万という結果が得られた。

次に、年齢別の一人当たり支払意思額を示す.「子育て支援」、「教育の充実」、「教育環境の整備」では、40 歳未満の一人当たりの支払意思額がおよそ３千円と他の年齢層よりも大きくなっている。出産、育児を担っている世代であることが反映されていると言える。そのほかの項目についても、「災害対策」「水道水の安定供給」「秩序ある土地利用」「公園の適性配置と管理、「住環境の改善」などで 40 歳未満の支払意思額が他の世代よりも大きくなっている。一方、「高齢者福祉」や「市民主体の地域づくり」では 65 歳以上の支払意思額が大きくなっている。

直方市社会関係資本総額に関して

全体的な傾向として、地方公共団体の標準的な視点から勘案すると全体的にバランスのとれた構成となっていることから、これまでのまちづくりの取組と市民ニーズがマッチしている結果といえる。以上を踏まえ、分析結果をまとめる。

総額の約 27%を占めている道路や交通網などの交通インフラ整備については、生活するうえで身近で必要あるものであり、また、市内の就業者は市外へ通勤する福岡市と北九州市という福岡県における２つの中心都市から鉄道や自動車によるアクセスがよいが、特に自動車においては道路の混雑などもあり、市内勤労者の半数近くが市外へ通勤する同市としては市民からの交通インフラの整備が望まれるだろう。

災害対策についてみると、「消防団維持」「災害対策」はどの年代でも支払意思額は高く、まとめると 10.7%となり、災害に対する備えが必要とされていることがうかがえる。「教育環境の整備」「教育の充実」「生涯学習の推進」の教育分野をまとめると 9.5%となり、こちらも大きな関心が寄せられている。

「秩序ある土地利用」「市街地活性化」は合わせて 4.8%であり、社会資本としてはまだ少ないといえる。

上下水道の維持にどの年代も支払意思額が高く、重要なインフラの一つであると認められている。教育に関してもその質を担保する資本は求められている。今後の資本配分を考えるに当たり、直方市総合戦略の成果となる「子どもが産める環境を整えて出生率の緩やかな向上」「市外のファミリー世代をターゲットに絞り、移住の相談窓口を通じて、人生設計を支援することにより、移住を促進」につながる可能性はあるだろう。

直方市の地域総合計画への導入について

直方市においては、企画経営課と連携した結果 SDGs や新国富指標を活用し、第 6 次直方市総合計画の期間をとおし市の持続可能性の推移を評価することを前面に押し出した。自治体の総合計画で、新国富指標が生かされるのは全国初の試みとなった。



図 49 直方市における施策の大綱 （馬奈木が会長を務めた直方市総合計画審議会 資料から）

同市は、成果指標（KPI）と SDGs のインディケーターを紐づけることで、各施策での成果指標達成が、SDGs の達成（持続可能性の向上）に繋がるとみなす。また、持続可能性（SDGs インディケーター）が向上することで、持続可能性の評価指標である新国富指標（KGI）も向上するとみなすとしている。

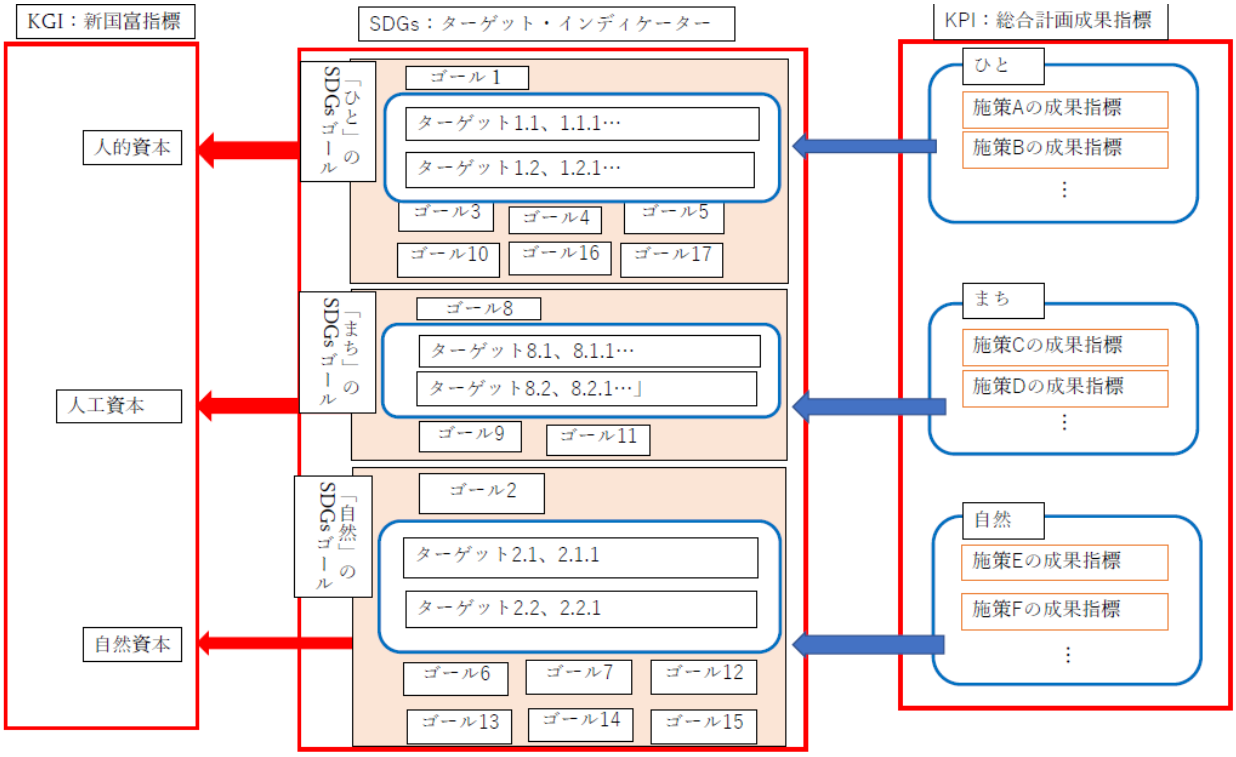


図 50 成果指標と新国富の関係性 （馬奈木が会長を務めた直方市総合計画審議会 資料から）

第 6 次直方市総合計画の基本構想「序文」には、

「３．新国富指標

第 6 次直方市総合計画では、地域の豊かさを評価する新たな指標として、「新国富指標」を導入します。「新国富指標」とは、平成 24（2012）年 6 月に開催された「国連持続可能な開発会議（リオ＋20）」において提示された、持続可能性の判断基準となる新たな経済指標であり、ひとに関する地域の豊かさを表す『人的資本』（教育、健康など）、まちに関する地域の豊かさを表す『人工資本』（建物・道路、設備、機械など）、自然に関する地域の豊かさを表す『自然資本』（森林・漁業資源、農地、鉱物資源、生態系サービスなど）で構成されています。令和 12（2030）年に向けた持続可能なまちづくりに新国富指標を活用することで、総合計画の対象期間を通して、本市の多様な豊かさがどの様に推移したかを評価することができます」

と記載される。

この第 6 次直方市総合計画は、2021 年 1 月にパブリックコメントを募集し、2020 年度内に完予定である。

先行している、久山町では豊かな自然環境をできるだけ壊さないまちづくりを念頭に、「第 2 期久山町まち・ひと・しごと創生　人口ビジョン・総合戦略」では施策「SDGs を原動力とした地方創生を推進する」ための具体的なアクションプランとして新国富を活用し、「SDG s の取り組みへの効果を数値化するツールとして新国富指標を活用し、自然、健康、教育等の資本向上に向けた取り組みの選択と集中を行う手段の一つとして活用します」とうたっている。そして新国富指標の向上を基準値（2020 年）2825.3 億円から目標値（2024 年）3%増加を設定した。また、宮若市でも「第 2 期　宮若市まち・ひと・しごと創生総合戦略」で「持続可能で元気な

地域社会の形成」という基本目標に対する数値目標として、「新国富指標における市民1人あたりの資産額：3,100万円（H27年度）→3,255万円（R6年度）と設定した。

加えて、能美市（石川県）や中間市（福岡県）でも自然資本はじめとした包括的な富の向上を目指し、新国富が導入される。能美市は「令和2年度SDGs未来都市」に選定され、その中の取組みの一つとして、能美市のまちづくりの持続可能を測る指標として「新国富指標」を活用することとしている。本年8月にSDGｓの理念に基づいた地域社会の発展に向け相互連携協定を締結した。また、中間市とは本年12月に「新国富指標」を活用したまちづくりに関する連携協定を締結し、環境の保全、福祉の充実、経済の振興等に寄与することを目指す。これらの分析は自治体の要望があり社会関係資本と捉えているが、この中でも自然資本とされる公園などは価値が高い。今後、公園の活用の取り組みが他の部署と連携する議論に発展することも期待される。

特色ある地域の現状に即し、行政サービスや地域の自然・伝統などの資源、または人や地域のつながり等、いわゆる社会関係資本も考慮した新国富指標の評価を行う予定である。

表 6 各自治体の新国富指標の活用一覧

自治体	協定締結年	取り組み内容	
久山町（福岡県）	2017年（2020年更新）	新国富指標の活用による新規予算策定、総合戦略策定、民間企業との包括連携協定（2018年）のもとでの地域・社会の課題解決に向けた取り組み	第2期総合戦略
宮若市（福岡県）	2018年	新国富指標の活用による新規事業実施、総合戦略策定	第2期総合戦略
直方市（福岡県）	2019年	新国富指標の活用による総合計画の策定。自然資本においても上昇目標を設定	第6次総合計画
能美市（石川県）	2020年	SDGｓ未来都市の選定のまちづくりにおける新国富指標の活用	2020年度SDGｓ未来都市
中間市（福岡県）	2020年	新国富指標の活用による環境の保全、福祉の充実、経済の振興等への寄与	まちづくり連携協定(廃棄物等)

第 2 章　日本における人工資本・人的資本・自然資本のデータベース化及び変化分析について

第1節　はじめに

持続可能な発展のためには、経済の生産基盤の成長と共に、包括的な富が低減しないことが不可欠である。富かさと持続可能性を評価するために新国富（または包括的富、Inclusive Wealth：IW）の概念を用いる。本章では、出所の異なるデータと地理情報システム（GIS）技術を使って、ピクセル・レベルの IW データベースについて述べる。この高解像データを利用して、2000、2005、2010、2015 年にわたり、最初に IW の時空パターンのマルチ・スカラ（multi-scalar）分析を行い、IW の変化に対する各構成資本の寄与を調べた。次に、富の空間的格差とこれを生む要因を解明するためにタイル指数とジニ係数を分解する手法を採用した。このマルチ・スカラ分析では、IW に関する持続可能性評価は地理的尺度の影響を受け、IW の伸びに対する各資本の寄与は空間的に多元的であることが明らかになった。IW は、2000 年から 2015 年にかけて増加し、特定の地域は自国内の富を喪失している。そしてこれら持続可能でない地域の割合は、分析単位を小さくするにつれ高まっていく。格差の分析によると、富の空間的分布は都市－地方や沿岸－内陸部の大きな格差により、いずれの国でも大きくバランスが崩れ、全体の富の不均衡と格差は 2000 年から 2015 年にかけて拡大している。国内の国富は、構造的に安定する一方、地方の人口減少と都市部への人的資本の集中が富の空間的格差を広げている。

第 2 節　方法

2.1 グリッド IW の算出

IW は資本の 3 要素から成る。それぞれ人的資本（HC）、人工資本（PC）、自然資本（NC）であり、人的資本は、教育、スキル、健康状態などが関わる。人工資本は、インフラや構築物、機械装置などである。自然資本（NC）は、再生不能資源（化石燃料、鉱物）と再生可能資源（エコシステムがもたらすサービスや製品）から構成される。本研究では、初めに利用可能な統計データを用い、最も詳細な行政単位レベルで各資本の富を算出し、地理的副次データで空間的にグリッドセル・レベルに分解した。これは、HC と NC で行っている。PC の分解では、2017 年の県単位の PC の富を夜間の照明（nighttime light images：NTL）の輝度に応じたピクセルに振り分けた。作成したグリッド PC の時系列 NTL データには一貫性がないため年次比較はできない。 そこで、グリッド IW の計算を複数年に拡張するために、初めに複数のセンサーでデータを較正して 1996～2015 年の一貫したデータを作成し、2 段階のダシンメトリック（dasymetric）・マッピングモデルを開発して、安定した PC の富のグリッド・データを抽出した。

最後に、日本における 2000、2005、2010、2015 年の 3 つの各資本の IW と富を推計した。これは 30 秒角（赤道地点で約 1km）刻みとしている。富の金額の単位は、2010 年の米ドル為替レートで換算している。加えて、マルチ・スカラ分析を行うために富を行政単位（市区町村、県、国）のグリッド・レベルで合計した。取得した IW は、47 都道府県/1,896 市区町村となった。

2.2　空間的格差とその分解

格差に関する最も一般的な指標であるジニ係数とタイル指数で、日本における IW 全体の空間的格差を計測する。地域格差の尺度の基本単位は、市区町村、あるいはグリッド・セルなどである。本研究では、30 秒角の各グリッドを 3 秒角のセルにまとめ、3 秒角のピクセルを基本ユニットとして選択した。このスケール

は、グリッド・データに見られる詳細な内訳と粗いセルを計算する便宜の折り合いをつけるものである。結果、国内では 6,879 の基本ユニットが得られた。

また、1 つの国の格差の度合いとともに、格差の指標を分解することでその決定因子も測定した。格差の分解には、サブグループによる分解と各因子による分解の2つがある。前者は、基本ユニットをいくつかのサブグループに分割し、その格差をグループ内とグループ間の因子に分ける。これがよく用いられるのは、全体の格差に対する都市－地方間や地域間の違いの寄与度を調べる場合である。後者は、着目する指標の各因子に全体の格差の一部を割り当てるものである。例えば、個人の所得格差における所得の源泉（賃金、資産収入など）の割合や、地域の所得格差における農業、工業、サービス業の寄与度を算出することができる。本研究では、それぞれの指標の相対的な利点と弱点を考慮し、最初のタイプの分解にはタイル指数を、2 つ目のタイプではジニ係数を採用した。

タイル指数とその分解は以下の式で表される：

$$T = T_{inter} + \sum_k \left(\frac{W_k}{W}\right) \cdot T_{intra\,k}$$

$$T_{inter} = \sum_k \left(\frac{W_k}{W}\right) \cdot log\left(\frac{W_k/W}{S_k/S}\right)$$

$$T_{intra\,k} = \sum_i \left(\frac{W_{ki}}{W_k}\right) \cdot log\left(\frac{W_{ki}/W_k}{S_{ki}/S_k}\right)$$

T_{inter}はサブグループ間の格差、$T_{intra\,k}$はサブグループ k 内の格差と定義される。 W、W_k、W_{ki}は、いずれも新国富であり、それぞれ、国、サブグループ k、サブグループ k 内のユニット i の新国富である。S、S_k、S_iは、いずれも面積を示し、それぞれ、国、サブグループ k、サブグループ k 内のユニット i の面積である。従って、地域 k における偏差と格差の格差全体に対する寄与率は、それぞれT_{inter}/T 及び $[(W_k/W)\cdot T_{intra\,k}]/T$で得られる。

一国の IW のジニ係数GIWはマトリクスの簡単な操作によって得ることができる：

$$G_{IW} = P_{IW} \cdot Q \cdot I_{IW}$$

PIWは基本ユニットの面積割合の行ベクトル、I_{IW}は富の割合の列ベクトルである。いずれも、富の密度（＝富/km²）の増分でランク付けされている。Q は正方行列で、その次元は基本ユニットの数と同じである。その因子q_{ij}は以下の式で導かれる：

$$q_{ij} = \begin{cases} 1, & i < j \\ 0, & i = j \\ -1, & i > j \end{cases} \qquad (5)$$

IW 格差を 3 つの資本で分解するために、G_{IW}はこの 3 因子の集中指数（concentration index）の加重平均で表すこともできる：

$$G_{IW} = \sum_{k=1}^{3} \omega_k \cdot C_k \tag{6}$$

ω_kは資本 k の富の割合、C_kは資本 k の疑似ジニ係数でこれは集中指数と呼ばれ、以下のように定義される：

$$C_k = P_k^* \cdot Q \cdot I_k^* \tag{7}$$

P_k^*は資本 k のユニットの面積割合の行ベクトル、I_k^*は同じくユニットの富の割合の列ベクトルである。資本 k の集中指数は、数式で導く真のジニ係数G_kの推計値である。しかし両者には、次の点で大きな違いがある。集中指数では、その面積および富の割合は新国富の密度の増分でランク付けされる。一方、真のジニ係数では、資本 k の富の密度でランク付けされる。最後に、資本 k の格差全体への寄与は（$\omega_k . C_k$)/ G_{IW}で算出される。

格差全体を支配する因子は、必ずしも格差全体の変化に最も大きく寄与するものではない。富の格差の変化の源泉をさらに見極めるため、私たちは、ジニ係数の動的分解手順も採用している。t 年から $t+1$ 年にかけての IW のジニ係数は以下のように表される：

$$\begin{aligned} \Delta G_{IW} &= \sum_{k=1}^{3} \omega_{k\,t+1} \cdot C_{k\,t+1} - \sum_{k=1}^{3} \omega_{k\,t} \cdot C_{k\,t} \\ &= \sum_{k=1}^{3} [\,(\omega_{k\,t} + \Delta\omega_k) \cdot (C_{k\,t} + \Delta C_k) - \omega_k \cdot C_k\,] \\ &= \sum_{k=1}^{3} \Delta\omega_k \cdot C_{k\,t} + \sum_{k=1}^{3} \Delta C_k \cdot \omega_{k\,t} + \sum_{k=1}^{3} \Delta C_k \cdot \Delta\omega_k \end{aligned} \tag{8}$$

$\Delta\omega_k = \omega_{k\,t+1} - \omega_{k\,t}$ 及び $\Delta C_k = C_{k\,t+1} - C_{k\,t}$等式 8 の第 3 行は格差の変化の源泉は、3 の異なる効果に分類できることを示す：(I) 構造的効果。これは、各資本の変化から得られる：$\sum_{k=1}^{3} \Delta\,\omega k \cdot C_{kt}$; II）真の格差効果。これは、集中指数の変化から得られる：$\sum_{k=1}^{3} \Delta C_k \cdot \omega_{k\,t}$ ；(III)
複合効果：$\sum_{k=1}^{3} \Delta C_k \cdot \Delta\omega_k$。$\Delta G_{IW}$は等式 8 第 2 行により、3 つの資本で分解することもできる。そして、こうした 3 つの効果は 3 つの資本でさらに分解することもできる。

第3節　結論

空間分布

図 51 は、2000、2005、2010、2015 年の各年のグリッド IW の平均と各資本の富を示している。いずれの国でも、地域間および都市－地方間で IW の分布の格差が存在することを明確に表している。IW が高いのは、総じて太平洋ベルト（PIB、茨城県から大分県に至る一連の工業地帯/地域）に沿う地域である。また、都市部に IW が集中している。

各資本別に見ると、HC は IW と同様の空間的パターンを示している。PC はほぼ都市部に集中するが、これは工業資本の集積と都市化の相乗効果によるものと思われる。NC に関しては少なく、かつほぼ均等に分布している。

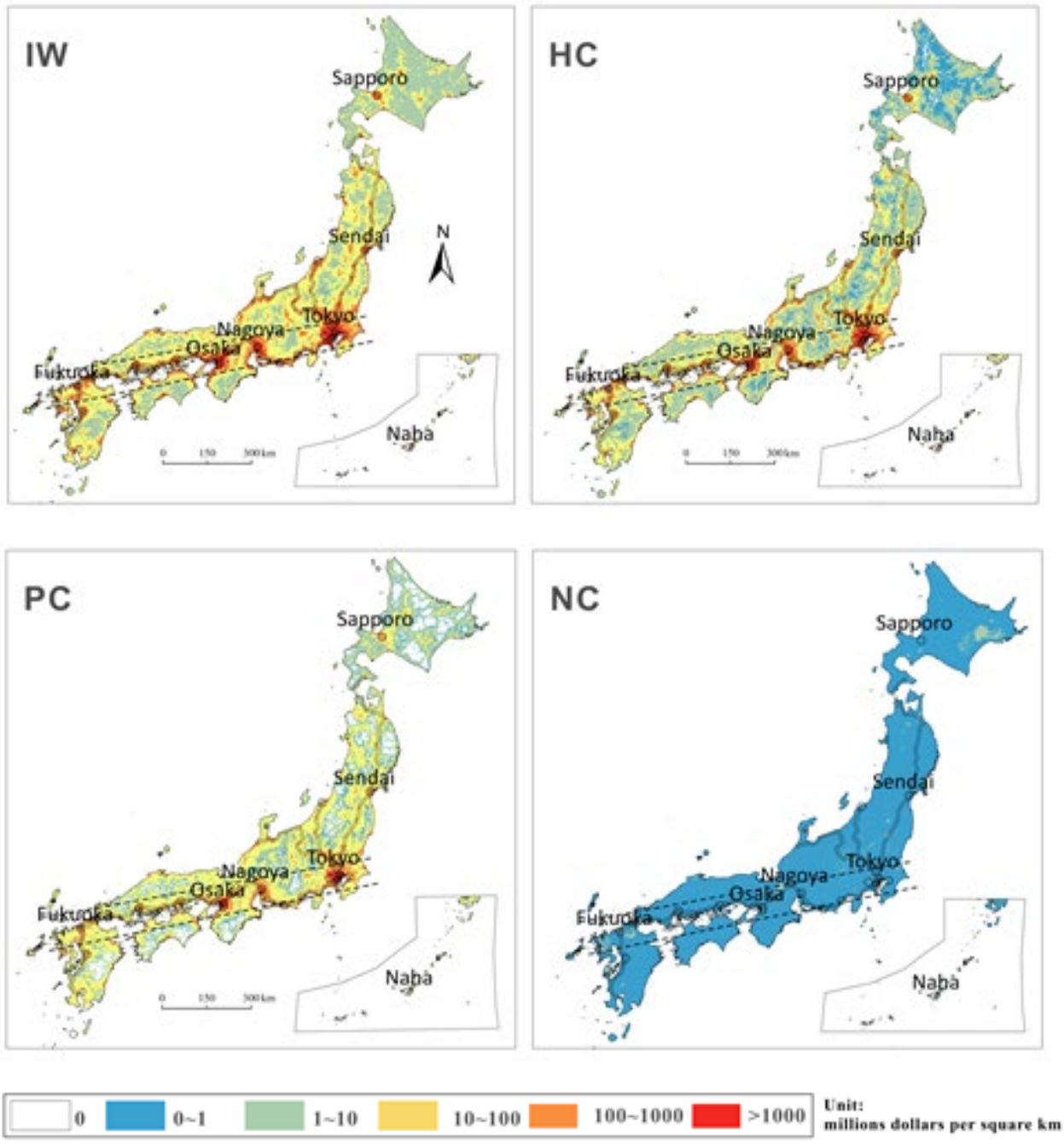


図 51 平均グリッド IW および各資本の富（2000、2005、2010、2015 年の 4 年の平均）：破線は太平洋ベルトを示し、赤色が濃いほど富が集中している。

時間的変化

2000～2015 年の間における平方キロメートルあたりの IW 密度（百万ドル）[3]は、140.47 から 152.5 に高まっている。

同期間の IW の変化率を 3 つの空間的スケールで示した（図 52）。同期間中、47 県のうち 6 県の IW が減少している。これらはすべて PIB を外れる地域である（図 52 f）。過去 5 年間（2010～15 年）に限ると、持続不可能な県の数は 20 にのぼる。

市区町村レベルでは、1,896 市区町村のうち 833 カ所で IW が持続不能となる一方、東京を中心とする大都市部の IW は成長が続いている（図 52 d）。

行政単位レベルの地図を見ると、発展の遅れた地方より発展の進んだ都市部ほど成長率が高いことがわかる。このパターンは、ピクセル・レベルで一層鮮明になる。図 52 がかなり「青み」を帯びて見えるのは、IW の減少するグリッド・セルが全体の 66.25%を占めるからである。参考までに、市区町村レベルにおける割合は、44%に達している。またピクセル・レベルでは、各都市における IW のダイナミクスの不均質性と複雑さも見て取れる。

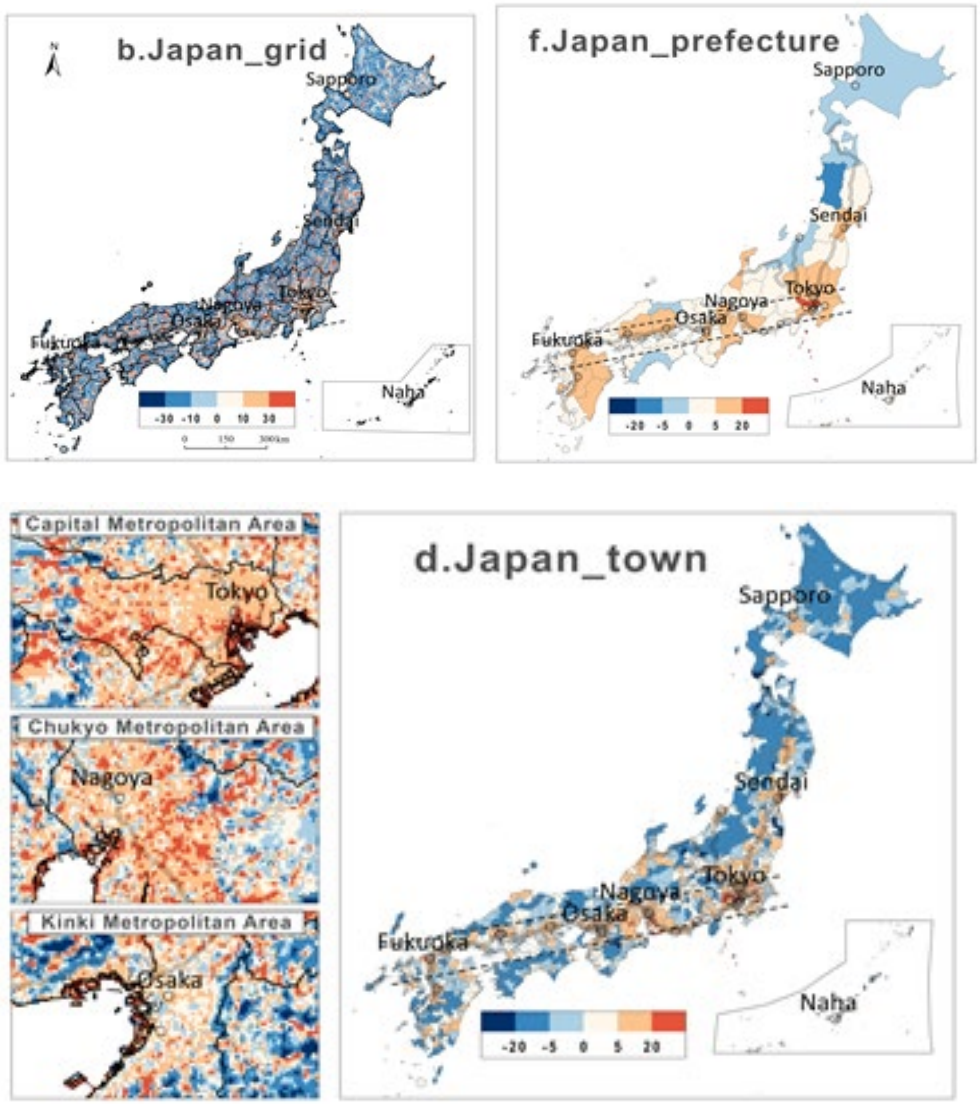


図 52 異なる空間的スケールで見た IW の変化率(2015 年/2000 年)　ｂ：グリッド、ｄ：市町村、ｆ：県別のサイズで見た 2015 年の 2000 年比の変化。青が濃いほど減少、赤が濃いほど増加を示す。

新国富の成長に対する資本の寄与

それぞれの資本が IW とその変化にどう寄与するか。 IW は伸びているが、中国と日本では、3 つの資本の振る舞いがかなり異なる。図 53 が示すように、IW の支配的因子は HC で、PC はこれに続き、NC はほとんど寄与していない。HC と PC はわずかに増加し、NC はほぼ変わっていない。

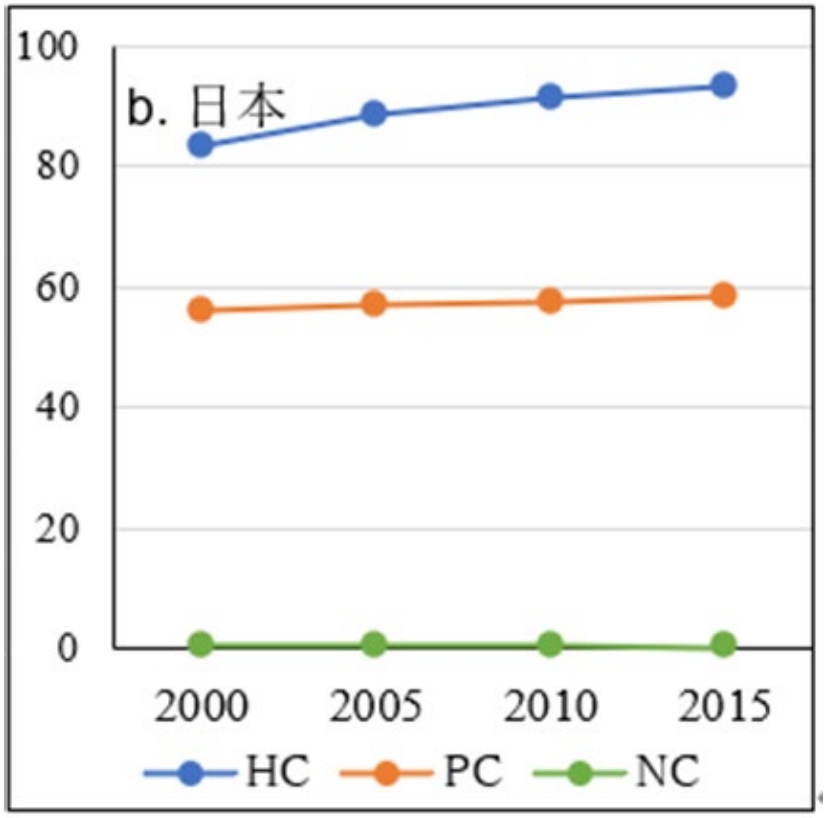
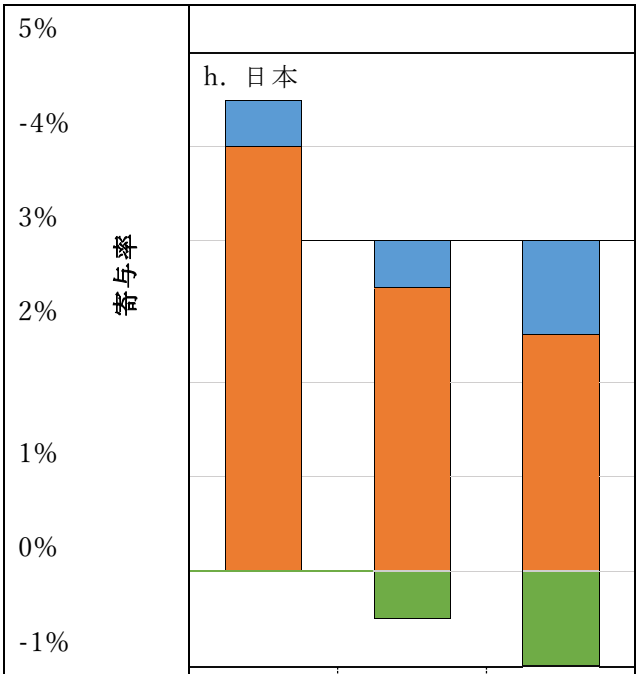


図 53 資本ごとの富密度（2000～2015 年）：縦軸は富密度（100 万ドル/km²）

IW の成長要因をさらに明らかにするため、初年度における全体の富に対する各因子の寄与率を算出した。HC の変化要因は、純粋な人口増減と教育のリターン向上（賃金、学歴など）と見られるため、HC への寄与を人口と教育の効果に分解した。さらに、NC の中の再生不能/可能資源の寄与も区別した。図 54 は、中国と日本におけるこの 5 因子の寄与率を示している。教育は IW の成長を主導してきたが、その度合いは縮小傾向にある。人口要因はわずかで、しかも逓減しているが、中国では人口増が依然プラスに働いている。他方、日本では、人口減が IW の成長を妨げている。PC は、いずれの国でも IW の成長で 2 番目に寄与している。特に中国では、物的資本の急速な蓄積により、寄与率が HC のそれに近づいている。日本における NC の効果は、HC や PC に比べ軽視できる水準である（0.001%未満）。中国では、再生不能な天然資源の寄与率縮小が IW 全体を約 0.4%ポイント押し下げている。



	2001~2005	2006~2010	2011~2015
PC	0.483%	0.508%	0.655%
再生不能	-0.001%	-0.001%	0.000%
再生可能	-0.001%	-0.003%	-0.003%
教育	3.819%	2.588%	2.203%
人口	-0.223%	-0.744%	-0.940%

図 54 IW の変化に対する各因子の寄与率：「再生不能」「再生可能」は資源の寄与率

IW の変動要因となる主な各資本の空間的不均一性について調査を行った。グリッド・セルは 2 つの基準で、図 55 にある 6 種類に分類した：2000～2015 年の間に IW が増えたか減ったか、この増減にどの資本が最も寄与したかを、その度合いと符号の両方で分類した。本研究の推計では、教育因子は IW の成長に常にプラスに働くため、図 55 の「HC による減少」は「人口減による減少」と同義になる。図 55 から分かるように、富全体の増減の主因は HC である。多くの地域は、IW の減少に苦しんでおり、教育因子の向上は人口減のマイナス影響を補えていない。概していえば、地方の人口減少と大都市への HC 集中が相まって都市部と地方の IW のトレンドを逆向きにしている。これにより、日本の IW の分布の不均衡がさらに拡大する可能性がある。

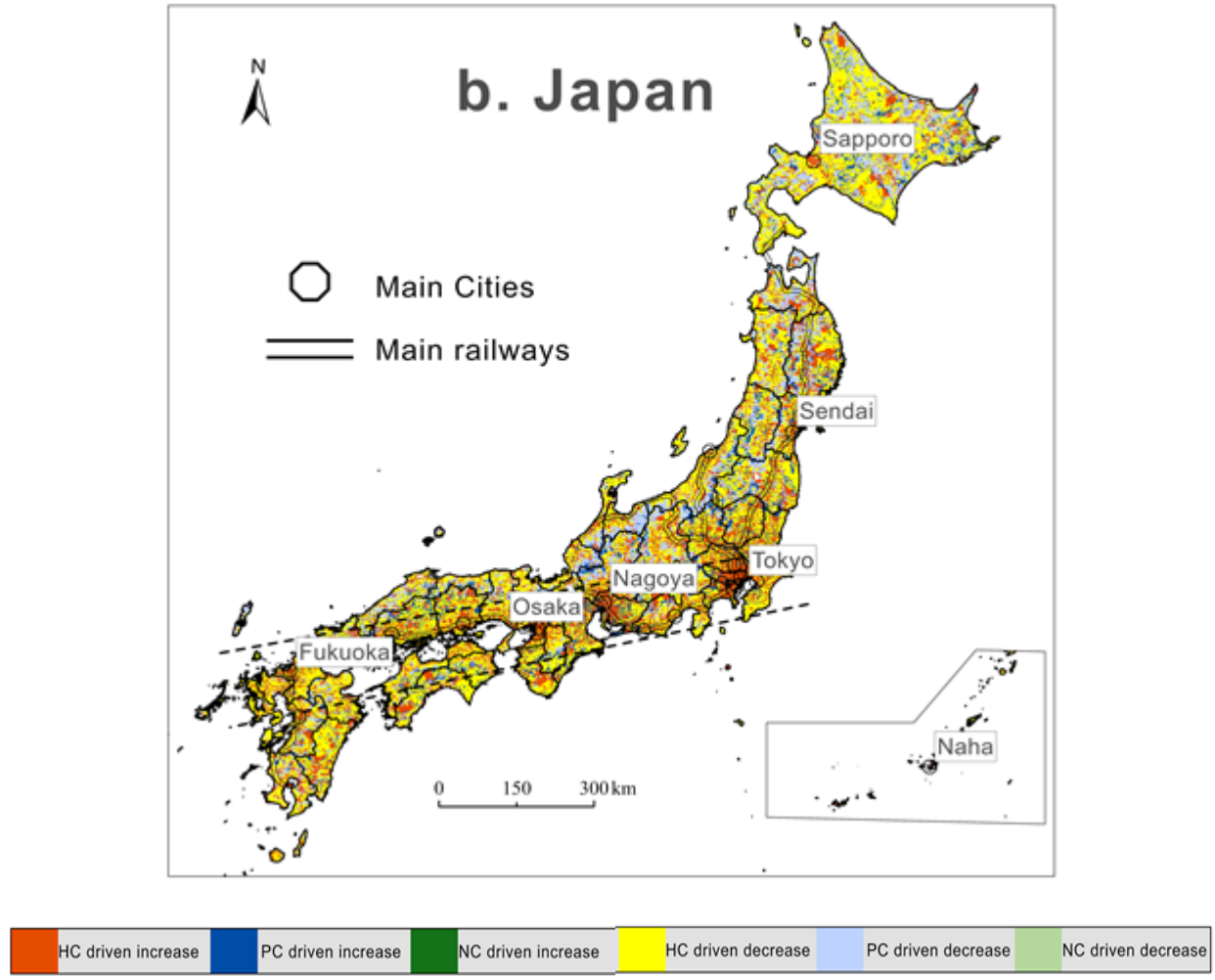


図 55 グリッド・セルのレベルで IW 増減を支配する各資本

空間的な富の格差

日本における富の格差のレベルをタイル指標とジニ係数を使って計測した。また、着目するサブグループを考慮し、各サブグループを俯瞰して全体の格差も計測し、この 2 つの格差指標の整合性が高いことを示している（図 56・57）。ジニ係数は、0.75 を超えており、富の空間的分布が大きく偏っていることを示している。本研究の推計では、国富の約 80%が上位 20%の面積（またはそれ以下）に集中している。日本では、この 15 年間に国全体の格差が広がっており、このことは各地域でも同様である。他方、地方では、豊かな地域の成長が貧しい地域より高く、当然ながら格差は広がっている。

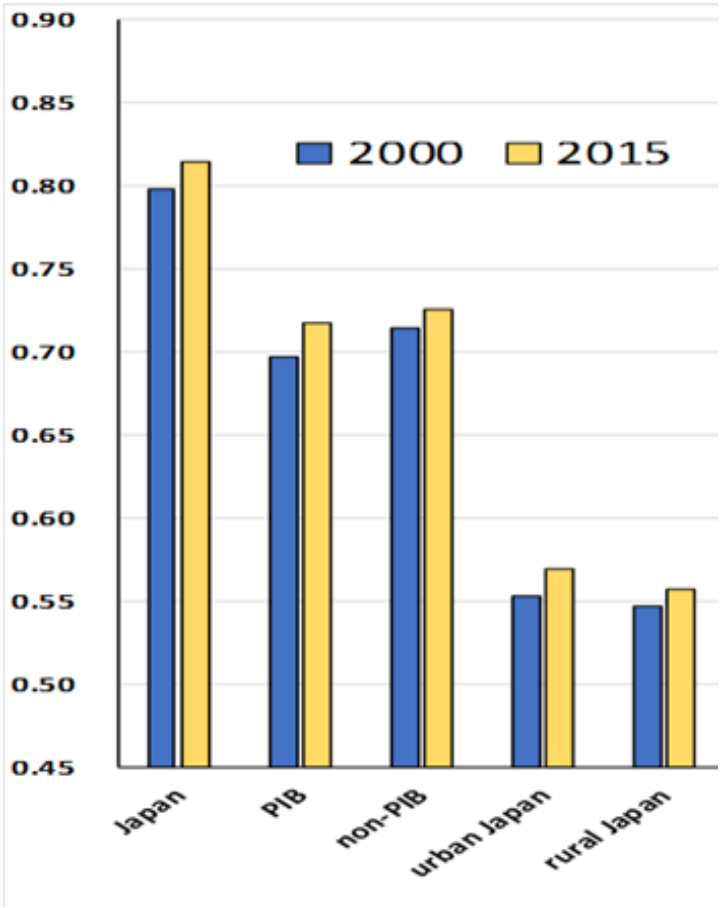


図 56　日本の 2000 年（青）、2015 年（黄）のジニ係数
「PIB」とは太平洋ベルト地帯を指す。

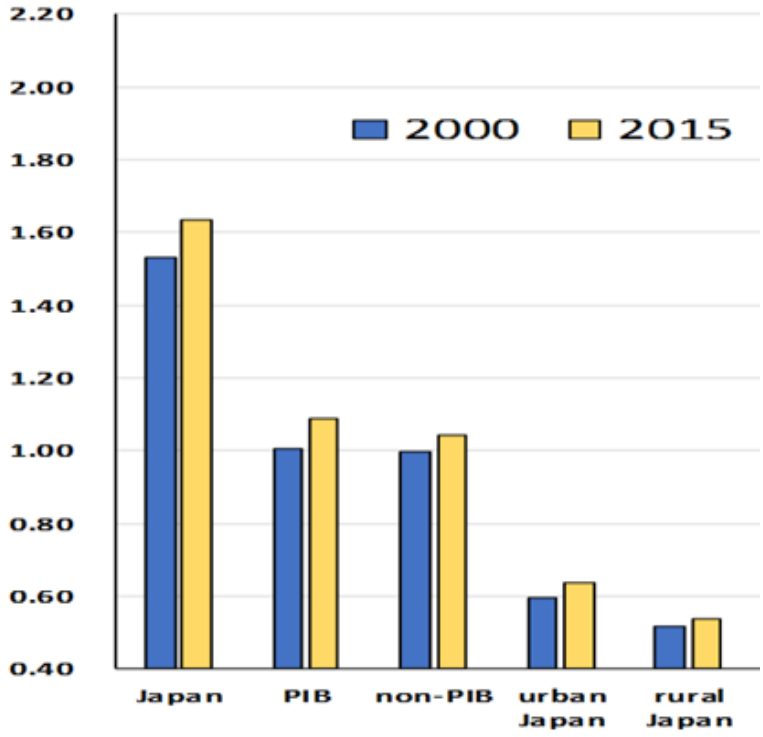


図 57 日本の 2000 年（青）、2015 年（黄）のタイル指数
「PIB」とは太平洋ベルト地帯を指す。

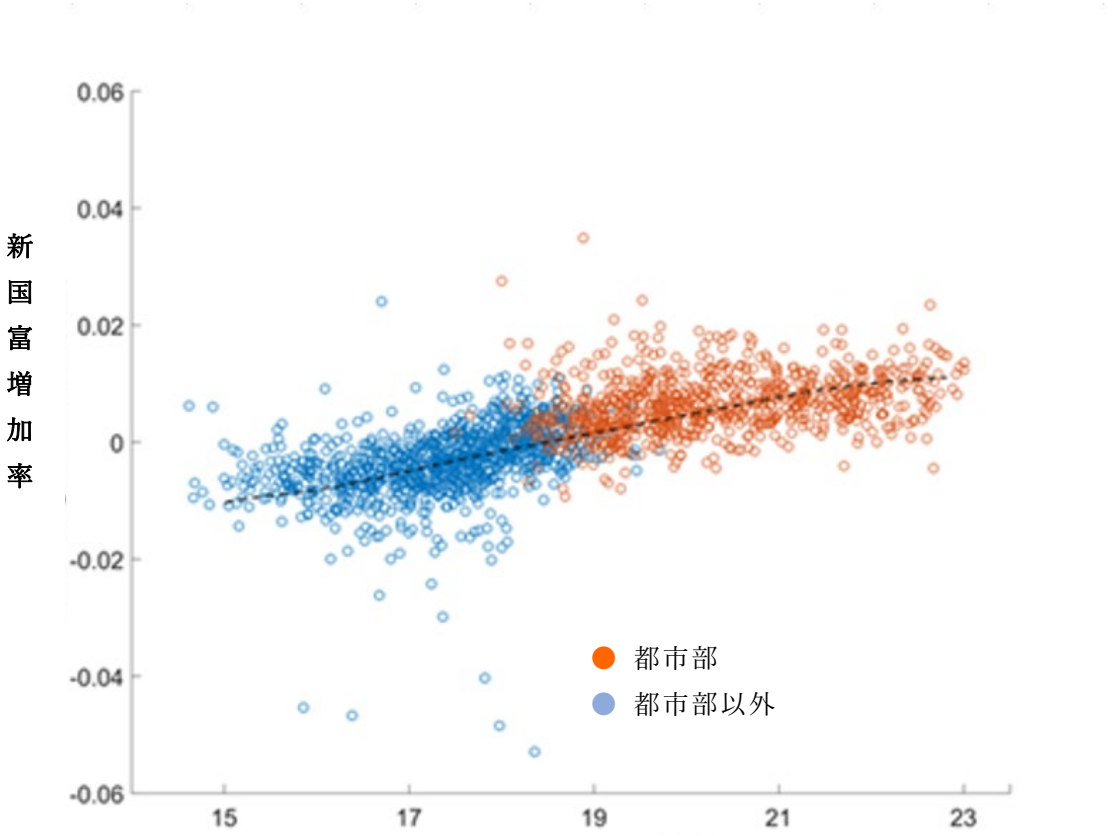


図 58 IW の成長率と密度との関係

地域の二元性

発展の進んだ地域と遅い地域に関しては、全体のタイル指数は、表 7 で示すように地域間および地域内の格差に分解している。両国は、いずれも大きな地域間格差を抱えている

PIB は、日本の全面積の 17%に過ぎないが、2015 年の富全体の約 65%を占める。さらに、地域間格差は 2000～2015 年の間に拡大している。このことは、富の蓄積の度合いが発展の進んだ地域と遅い地域で異なっていたと見なすことができる。この間、日本の IW 密度の年平均成長率は、PIB 地域が 0.76%だったのに対し、それ以外では 0.17%にとどまっている。これがこうした地域間の富の分布の不均衡につながった。

表 7 地域間格差とタイル指数の内訳

国	年	タイル指数				IWの割合		IW密度		格差の割合		
		合計	地域間	未発展内[a]	発展内[b]	未発展[a]	発展[b]	未発展[a]	発展[b]	地域間	未発展内[a]	発展内[b]
日本	2000	1.531	0.532	1.003	0.996	36.96%	63.04%	62.447	525.992	34.77%	24.22%	41.02%
	2003	1.566	0.547	1.029	1.013	36.28%	63.72%	63.795	553.353	34.93%	23.85%	41.22%
	2010	1.585	0.561	1.041	1.015	35.63%	64.37%	64.116	572.170	35.39%	23.40%	41.21%
	2015	1.633	0.576	1.087	1.040	34.94%	65.06%	64.082	589.370	35.29%	23.26%	41.45%

a.「未発展」は発展の遅い地域で、PIB 以外の地域を指す。

b.「発展」は発展の進んだ地域を意味し、PIB 地域を指す。

c.IW 密度の単位は 100 万ドル/km^2。

IW への寄与という点では、地域間の格差は、地域内よりタイル指数が低いため、国全体で見れば支配的な要因でない。全体の格差に対して最も寄与が大きいのは、発展した地域内の格差で、これに続くのが各地域間の格差で、発展の遅れた地域内の格差は寄与が最も小さい。日本では、3 つの要素のバランスが取れており、地域内格差の割合は 35%程度である。発展の進んだ地域内の格差の影響は比較的小さい。PIB に属する地域内の格差は、国全体の格差の 41%を占める。加えて、地域間格差の寄与がわずかに高まる一方、発展の遅い地域内の寄与は若干低下している。

都市－地方間ギャップ

表 8 は、都市部と地方のサブグループの格差を分解した結果を示している。都市－地方間の格差は、このサブグループ間のタイル指数と IW 密度の違いのいずれで見てもかなり大きい。これは、人口と資本が都市部に集中しがちであることを踏まえれば当然と言えよう。とはいえ日本の場合、都市部は面積で 20%未満であるにもかかわらず、全体の富の 80%以上を占めている。また、都市－地方間のギャップも広がっている。日本の都市部の IW 密度は、年平均 0.72%で伸びていたが、国全体では同－0.20%のマイナス成長だった。

表 8 都市－地方間格差とそのタイル分解

国	年	タイル指数				IWの割合		IW密度[a]		格差の割合		
		合計	都市－地方間	地方内	都市部内	地方	都市部	地方	都市部	都市－地方間	地方内	都市部内
日本	2000	1.5314	0.9521	0.5164	0.5946	19.47%	80.53%	33.1151	649.8150	62.17%	6.56%	31.27%
	2005	1.5663	0.9731	0.5280	0.6081	18.76%	81.24%	33.2203	682.2110	62.13%	6.33%	31.54%
	2010	1.5859	0.9849	0.5385	0.6151	18.38%	81.62%	33.3006	701.5575	62.10%	6.24%	31.66%
	2015	1.6336	1.0153	0.5361	0.6357	17.39%	82.61%	32.1164	723.6483	62.15%	5.71%	32.14%

a. IW 密度の単位は 100 万ドル/km^2。

地域の二元性とは異なり、都市－地方間のギャップは、全体の格差を生む主因となっている。とりわけ、国内の都市部が富の 62%を占めることがそれを物語る。グループ内の格差で見ると、日本では都市部の内部格差が地方のそれより大きい。日本の富の分布は都市部に大きく偏っている。加えて、地方が IW に占める割合は 20%未満にとどまっている。このため、日本全体の格差に対する地方内部の寄与は 5.71%と都市部の約 32%より小さくなっている。

全体の格差に対する各資本の寄与

2000～2015 年の 5 年ごとのジニ係数と集中指数を表 9 に示す。この表では、国富とジニ格差に占める 3 つの資本の割合も挙げている。

日本は変化が小さいものの、IW と 3 つの資本の分布で偏りが増している。集中指数では、資産部分の度合いにわずかに上昇傾向が見られる。ただ NC はマイナスになっている。これは、IW 密度と NC の密度に負の相関があることを意味し、このため、HC と PC に起因する格差を NC が一部相殺する場合がある。富の割合に関しては、HC が富とその格差の大部分を占めるものの、その割合は縮小している。ただし、各資本の構造は比較的安定しており、いずれの変化も 2%ポイント未満にとどまっている。

表 9 ジニ係数の各資本への静的分解

国		日本			
年		2000	2005	2010	2015
ジニ係数	IW	0.7977	0.8037	0.8071	0.8145
	HC	0.8239	0.8310	0.8358	0.8428
	PC	0.7749	0.7771	0.7780	0.7854
	NC	0.1342	0.1350	0.1407	0.1453
集中指数	HC	0.8222	0.8294	0.8341	0.8412
	PC	0.7720	0.7743	0.7749	0.7826
	NC	-0.0995	-0.1016	-0.1081	-0.1135
新国富の分布	HC	59.44%	60.57%	60.98%	61.07%
	PC	40.08%	38.98%	38.58%	38.50%
	NC	0.48%	0.46%	0.44%	0.43%
富の格差への寄与率	HC	61.27%	62.51%	63.02%	63.07%
	PC	38.79%	37.55%	37.04%	36.99%
	NC	-0.06%	-0.06%	-0.06%	-0.06%

格差全体の変化の要因を調べるためにこの変化をさらに分解した。表 10 は、この動的分解の結果である。全体の格差を広げているのは真の格差効果であり、その主因は HC である。構造的効果もプラスに寄与しているが、0.15%という数値は十分に有意とは言えない。

格差の変化に対する各資本の寄与を合計するために、それぞれの資本による 3 つの効果を足し合わせた。その結果を示すのが表 9 の「各資本の寄与率」の部分である。HC が格差拡大の主因で、構造的効果と真の格差効果の寄与は総じてバランスが取れている。PC が格差縮小の方向に働いているのは、資産の割合が低下しているためである。格差の変化に対する NC の役割は HC や PC に比べほぼ無視できる。

表 10 ジニ係数の 2000 年から 2015 年にかけての動的分解

国名		日本
ジニ係数の変化		0.0168
ジニ係数の変化率		2.11%
構造的効果[a]	HC	1.68%
	PC	-1.53%
	NC	0.01%
真の格差効果	HC	1.42%
	PC	0.53%
	NC	-0.01%
複合効果	HC	0.04%
	PC	-0.02%
	NC	0.00%
各資本の寄与率	HC	3.13%
	PC	-1.02%
	NC	0.00%
各効果の寄与率	構造的	0.15%
	真の格差	1.94%
	複合	0.02%

a.行 3 より下の%数値は等式 8 の効果の項を 2000 年の IW のジニ係数で除した結果に等しい。

考察と結論

本研究では複数の出所からのデータ、地理的手法、新国富のフレームワークを総合的に活用することで、複数年にわたる精度の高い富のデータセットを初めて作成した。本章では、このグリッド型の富のデータセットに支えられ、日本の富の時空的動向の多重スケール分析を実施し、富の空間的格差とその分解因子を調べている。その結果は、地域の持続可能性の評価が空間的スケールに依存することを示し、富の分布、成長、そして格差を解明している。

一方で、本研究は、グリッド・セルのレベルの推計により、日本の新国富の分布とダイナミクスの理解を深め、人口の減少と地方からの流出で持続可能性に課題があることも明らかにした。他方、これらの結果は、より粗いスケールの計測では検知できない興味深いパターンをいくつか浮き彫りにした。

1) 国全体としては持続可能性を維持しているものの、特定の地域では、2000～2015 年の間に IW が減少している。そして、基本ユニットが小さいほど持続不能な地域の割合が増えていた。
2) 全国レベルで見ると、教育の向上が富の成長の主因になっている。支配的な成長要因は空間的に多様である。都市部からの遠隔地における IW の減少は、持続不可能を示唆するが、これは天然資源の枯渇と人口減が要因である。

IW による持続可能性の計測では、スケールの大小の影響があることを示している。例えば、人口が少ないなどの理由で富が少ない地域へも他の都市部の富にほって補完されるという空間的な富の補填は、国全体のレベルになるまで行われず、約 1/8 の県で IW が減少している。地域の問題を認識するうえで、政府では、国全体や県レベルの持続可能性の有無が重要である一方、地方自治体では、より細かいスケールで見たそれが意味を持つ。したがって、本研究における多重スケール分析では、持続可能な発展のそれぞれのレベルに着目することで政府／自治体のいずれもが豊かな洞察を得られる。

地域間の富の格差の計量の結果、豊かな地域が貧しい地域より高い成長を遂げている。この結果は、東京への一極集中を裏付けたが、これは 2000 年以降、国富に占める東京のシェア上昇が続いたためである。これは、東京への一方的な集積という日本の重要な政策課題を浮き彫りにする。富の成長率と密度の関係は、右肩上がりで、IW 密度の高い地域ほど、富の成長率が高まる。比較として、中国では、これが逆 U 字型となり、それは中国の都市の発展が国策でコントロールされるためと考えられる。

このような中国と日本との違いは、政策に異なる示唆をもたらすだろう。日本では、東京への資本集中が続くとともに、遠隔県の人口の減少や流出が富の格差を広げている。このトレンドを抑えることが日本の地域間格差を縮小させるための政策が最優先課題と考えるべきだろう。

国内の富の構造は比較的安定しており、格差の拡大はわずかにとどまっているが、地方の衰退などいくつかの問題に苦しんでいる。今後の研究で考えられる 1 つの方向性は、富の格差の変化に逆 U 字パターンが存在するかを見極めることである。経済成長と所得格差の関係を紐解くこれまでの取り組み同様、より長期の時系列データベースを駆使し、あるいは様々な発展段階のより小規模な地域の富の格差を測定することで、持続可能な発展と富の格差の関係をさらに追求する必要があるだろう。

第 3 章　新型コロナウィルス感染予防のための都市封鎖による大気への排出物の状況について

大気汚染緩和について

第1節　はじめに

新型コロナウィルス(COVID-19)への恐れから、各国は社会的距離、学校閉鎖、自己検疫を含むロックダウンを実施し、経済活動を停止させた。これらの封鎖は経済的損失を及ぼした一方で、窒素酸化物(NOx)の減少など大気の著しい改善も見られた。NO_2 は人体の健康や環境に悪影響を及ぼすため、その低減により、心血管疾患、脳卒中、喘息および呼吸器系疾患を含む、大気汚染関連疾患に苦しむ人々の数が減少すると考えられる。

先行研究から、新型コロナウィルスの感染が拡大している期間に、NOx または NO_2 汚染(TVCD(単位は molec./cm^2)あるいは排出量のいずれか)がロックダウンにより減少したことが示された。また、人工衛星は高度約 10km までのカラム量を測定し、死亡率のわずかな変化を利益として貨幣換算する「健康利益」は地表の汚染物質濃度とリンクしている。

そこで、そこで本章の研究では、新型コロナウィルスのパンデミック時の大気汚染の減少との世界的健康利益の関連を算出した。まず、NO_2 TVCD と大気汚染関連疾患の死亡率データとの関係を検証した。新型コロナウィルスのパンデミック期間中に大気汚染関連疾患の死亡率が低下したかどうかに焦点を当てる。次に、各国の世界規模の健康利益を計算し、それを世界規模で集計する。貨幣換算した生命価値は、グローバルな文脈での政策評価を行う上で重要なパラメータであるNO_2と新型コロナウィルス、およびNO_2と大気汚染関連疾患との関連を研究したものは数多いが、新型コロナウィルス期間中の NO_2 減少が人間の大気汚染関連疾患を軽減させたかどうかについての研究はほとんど存在しない。新型コロナウィルスが世界規模のパンデミックであることを考慮し、中国などに限って行われた先行研究から地球規模で拡張していく。

世界保健機関(WHO)から提供されている心血管疾患、癌、糖尿病、慢性呼吸器疾患などの大気汚染関連疾患の死亡率データと NO_2 との関係を調べ、世界規模の健康利益を算出する。係数の算出には統計解析を用いる。次に、推計した係数を用いて年齢群に基づく大気汚染関連疾患の変化した死亡率を計算し、世界銀行のデータを参照して各国の年齢分布を調整する。次に、時間の経過と共に変化する様々な国のロックダウンの影響を明らかにするため、Murphy and Topel (2006)の研究を参照し、統計的生命価値(VSL)の年齢別・国別推定値を用いて世界的健康利益を算出する。2020 年 1 月、2020 年 4 月、2020 年 7 月の世界規模の健康利益を計算した。

ロックダウンの対応や時期や期間は国によってさまざまであるため、ロックダウンによる NO_2 削減の健康利益は、ロックダウンの実施国、時期および厳格度により異なる。そこで、本研究は、パンデミック時のロックダウンによる経済的利益に焦点を当てる。これまでの研究では、主に社会的距離がもたらす死亡率への効果に焦点が当てられていた。多くの研究は、「非介入」の一形態である集団免疫が感染を増加させると指摘し、社会的距離が多くの人命を救うことがすでに言われている。

第 2 節　方法

日々の NO_2 TVCD に関する NASA TROPOMI データから、2015 年 1 月 1 日から 2020 年 7 月 30 日までの衛星データを採用した。TROPOMI は、欧州連合コペルニクス計画(European Copernicus)で

2017年に打ち上げられたSentinel-5 Precursor 衛星に搭載されたUV-VIS-近赤外(IR)短波IRシステムであり、このデータは、地球放射と太陽放射を約0.5 nmのスペクトル分解能で表示する。400～496 nmの波長に対する放射輝度の比率は、NO_2 TVCDの回収に使用される。TROPOMIがデータ採取可能な地表面積は、それぞれ 3.5 km × 5.5 km (2019年8月以前は3.5 km × 7 km)である。TROPOMIデータは、1日に1回または2回計測される。本研究では、品質保証値が0.9より大きな観測値のみを使用した。

TVCDの単位は、平方センチメートル毎の分子量、molec./cm^2で表される。または、単位面積あたりのモル数で表すことができる。NASAは、後方散乱された太陽放射からNO_2 TVCDを採取している。データセットによると、NO_2 TVCDは全球平均と比較して約16.5% 減少している。図59はNO_2 TVCDの全球的推移を示すが、参考として、GDPが最も高い中国と米国を選んだ。図59の上側の列は、2015年から2019年の1月から7月までの月平均のNO_2 TVCD(molec./cm^2)を示す。 図 59の下側の列は、2020年1月から7月のNO_2 TVCD (molec./cm^2)の月平均を示す。

まず、1月から7月にかけては、減少傾向が見られるが、これは季節サイクルによる可能性が高い。Peters et al(2006)が指摘するように、NO_2 TVCDには、冬季にピークを迎え、夏季に最低となる強い季節性サイクルがある。このサイクルは、夏季の大気中でより活発に起きる化学変化に関連しており、NO_2の滞留時間がより短く、より低い濃度となることにつながる。従って、2020年7月から2019年12月(感染症発生開始時)に焦点を当てると、この季節的な影響が反映されることになる。つまり、減少傾向は主に季節変動に由来する。新型コロナウィルス関連の影響はより微妙であり、2月の中国の曲線の有意な急落と、3月から4月にかけての他の国のより微妙なカーブで最も顕著となっている。その意味では、中国のNO_2 TVCDは、湖北都市部のロックダウンが開始された 2019 年12月から2020 年2月までに大きな減少が見られ、その後は、徐々にレベルが低下していることを確認した。米国を含む他の国では、図59のようにNO_2の減少が見られるが、2015～2019年に比較してその減少量は小さい。しかし、世界的な数値を見ると、アルゼンチン(2019年12月と比較して、2020年7月は45.92%増)、ボリビア(56.39%増)、ブラジル(36.83%増)など一部の国では増加しているため、NO_2 TVCDの有意な減少は見られなかった。

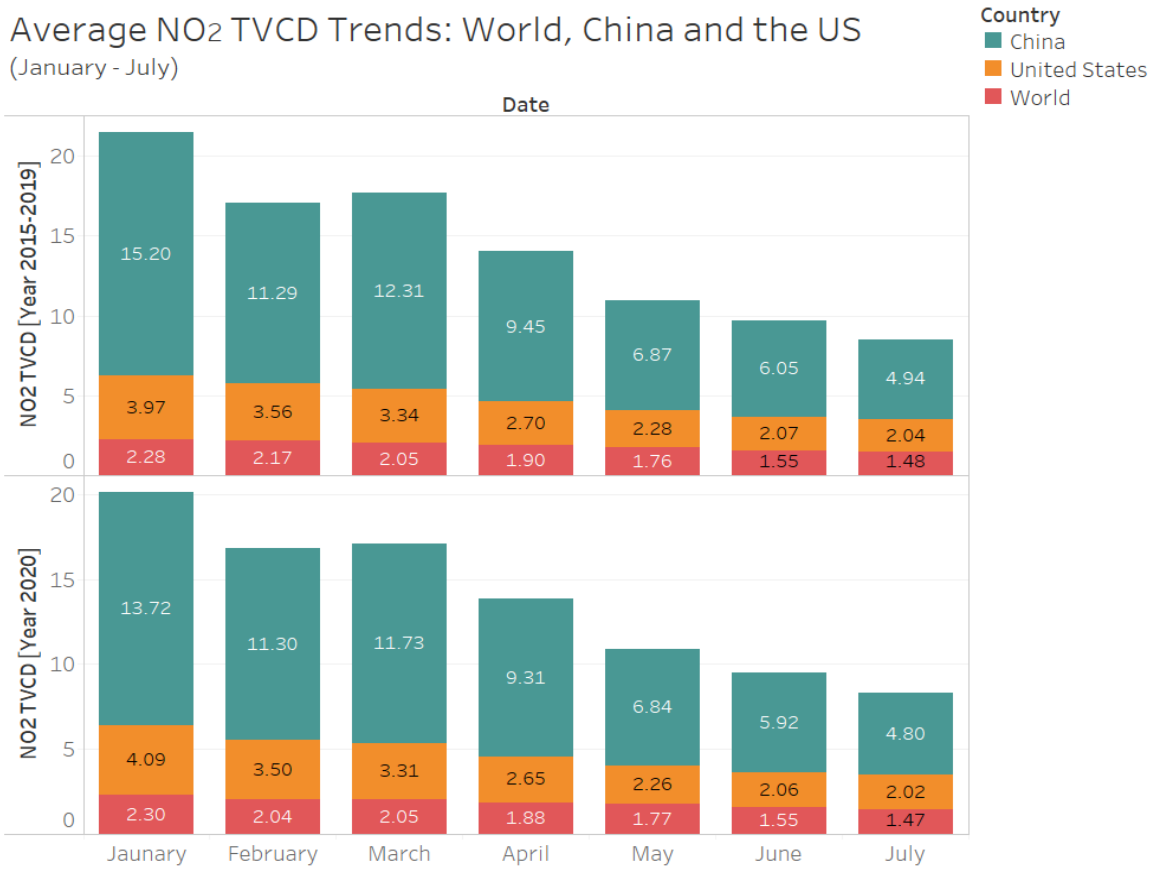


図 59 GDP に関連して、中国、米国、および世界における NO_2 TVCD(molec./cm²)トレンドの変化、ならびに 2019 年 12 月から 2020 年 2 月の世界のデータ

大気汚染関連疾患の死亡率については、世界保健機関（WHO）の「Probability of dying between age 30 and exact age 70 from any cardiovascular disease, cancer, diabetes, or chronic respiratory disease(心血管疾患、癌、糖尿病、または慢性呼吸器疾患による 30 歳から 70 歳までの間の死亡率)」のデータを使用した。このデータセットでは、各年齢群の原因別死亡率と標準的生命表法を使用して、正確に 30 歳から 70 歳までに死亡する確率を 5 歳毎に算出しており、データは 2016 年発表の最新のものを使用している。

これらの推定値は、各国間の比較可能性を確保するために標準的なカテゴリー、定義および方法を用いて算出された WHO の最良の推定値であり、公式の国別推計値とは異なる場合がある。最後に、GDP を含むマクロ経済変数については、世界銀行のデータセットを参照している。表 11 に、データの要約統計を示す。

統計解析

まず、t の時点における i 国の大気汚染関連疾患死亡率と NO_2 TVCD の関連を調査する：

$$\text{死亡率}_{it} = \alpha_1 NO_{2_{it}} + \boldsymbol{\alpha_2 X_{it}} + \xi_t + \epsilon_{it} \qquad (1)$$

死亡率は大気汚染関連疾患の死亡率であり、$NO_{2_{it}}$は、NO_2 TVCD、$\boldsymbol{X_{it}}$は GDP、平均余命、人口、および GNI の国固有の変数を含む制御ベクトルである。ξ_t 月と年の季節変動を含む時間固定効果を指す。時間的傾向と季節性が、NO_2 TVCD トレンドに影響することに留意すべきである。その意味で、式(1)のモデルは単純ではあるが、このような季節性に起因する問題(すなわち、誤解を招く結果や影響)を解決できる。推定結果を表 12 に示す。従属変数は大気汚染関連疾患による死亡率である。モデル(1)は、マクロ経済変数(国民 1 人当たりの GDP、人口(百万)、平均寿命および GNI 指数)を制御変数として除外しているが、モデル(2)ではそれらが含まれている。最後に、モデル(3)は、時間トレンドと年と月の季節性を制御した場合の結果を示す。マクロ経済変数を含めることで、国別の違いをコントロールできるため、モデル(3)に焦点を当てた。モデル(3)によれば、NO_2 が 1%増加すると死亡率が 0.006%上昇することが示されている。

表 11 記述的統計

変数	観察	平均値	標準偏差	最小値	最大値
NO_2 TVCD	625,057	2.92	3.08	-2.66	26.78
(%) 大気汚染関連疾患による死亡率	584,896	0.19	0.06	0.08	0.39
国民1人当たり GDP (1,000 USD)	560,595	5.03	7.59	0.00	85.91
人口 (百万)	560,491	262.92	430.85	0.10	1392.73
平均寿命	540,208	75	6.74	53	84
GNI 指数	540,209	23.00	22.64	0.33	93.74

表 12: 推計結果

	モデル (1)	モデル (2)	モデル (3)
(log) NO_2 TVCD	-0.013***	0.005***	0.006***
	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)
定数	0.197***	0.426***	0.422***
	(0.0001)	(0.010)	(0.010)
マクロ経済制御変数	X	O	O
時間制御 (年、月)	X	X	O
N	526,068	484,087	484,087
R-sq	0.046	0.572	0.573

第 3 節　結果

世界規模の健康利益

1 月から 4 月、および 4 月から 7 月において全般的に世界規模の健康利益の増加が確認されたことにより、大抵、早期のロックダウンとその強化により、世界規模の健康利益は増加すると言える。本研究において、世界規模の健康利益が、1 月に 4 兆 1400 億米ドル、4 月に 5 兆 3400 億米ドル、そして 7 月に 8 兆 7300 億米ドルであることを示している。利益の伸びが大きいということは大きな利益を得たことと同じであり、早期封鎖の重要性が再確認された。2019 年の世界 GDP が 87 兆 7000 億ドル(世界銀行)であることから、7 月の利益は世界の GDP の約 10%を占めると推定できる。

図 60 は、2020 年 7 月の世界地図に示された世界規模の健康利益を示したものであるが、各国別にみると、最も高い利益を示した中国が 2 兆 6900 億ドルで、続いて米国(2 兆 5200 億ドル)、インド(8400 億ドル)、日本(4600 億ドル)、ドイツ(4100 億ドル)となる。一方、一部の国では「世界規模の健康損失」が生じている。これは長期のロックダウンを実施していない国や、他の国に遅れてロックダウンを実施した国が多い。例えば、ブラジル(-5000 億ドル)、南アフリカ(-3000 億ドル)、オーストラリア(-2600 億ドル)は、世界規模の健康利益のマイナス値を示している。

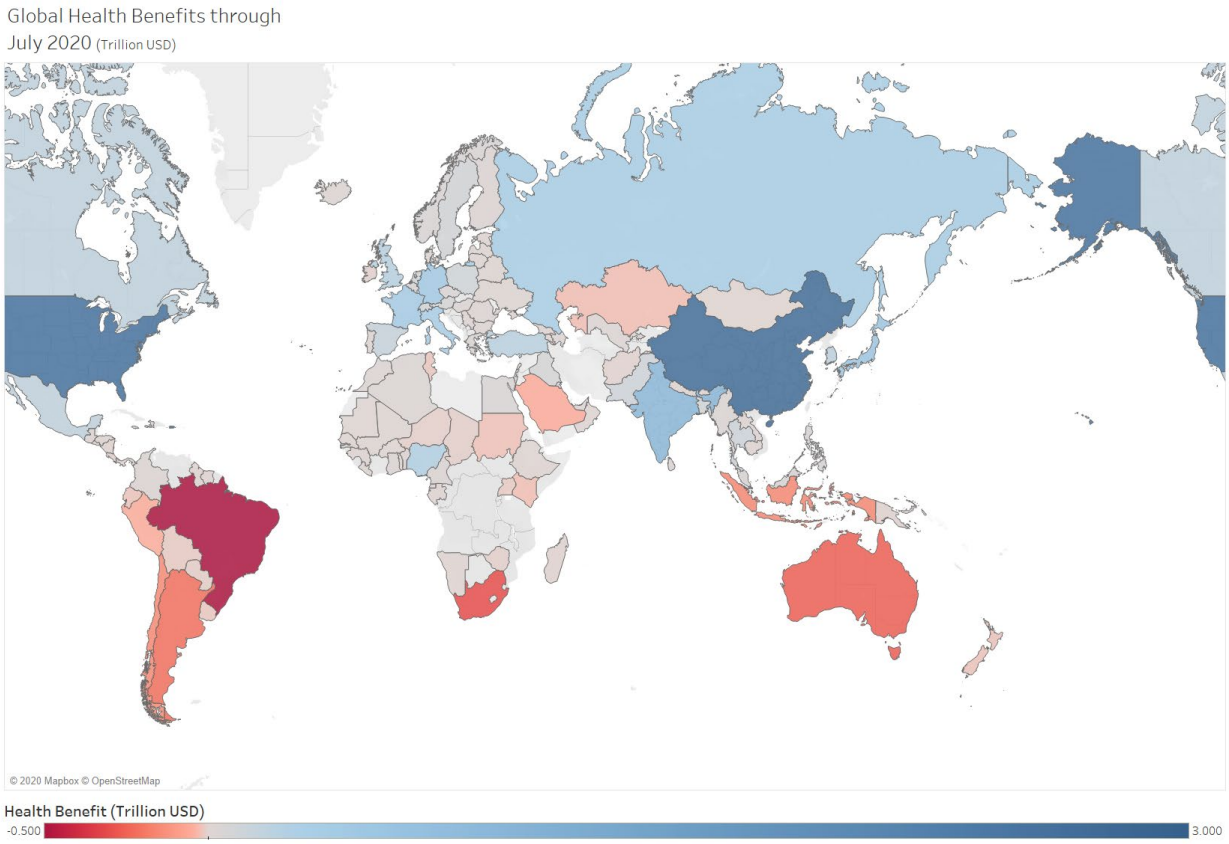


図 60 世界健康利益(兆米ドル)の 2020 年 7 月の世界分布
高い数値(青色)は、利益のレベルが高いことを示している。より低い値(緑色)は、推定死亡利益がより低

いことを示唆する。

考察と結論

日々の NO_2 TVCD トレンドを使用して世界規模の健康利益を推定した。その結果、以下についてのエビデンスを得た：(i) NO_2 TVCD が新型コロナウィルスのパンデミック期間中に 16.5%減少した、(ii) NO_2 TVCD の低下により、大気汚染関連死亡率が低下した、(iii) 世界規模の健康利益が 8 兆 7300 億米ドルであり、世界 GDP の約 10%となる、(iv) 早期に、またより強力にロックダウンを実施する国ほど効果が大きい。

このような莫大な利益は、ロックダウンには有意な経済的利益があることが示唆される。不利な立場にある人々に影響を及ぼす新型コロナウィルスとは対照的に、ロックダウンによる世界規模の健康利益は、国や地域、民族によって不均衡に分配される訳ではない。結果から推定される世界規模の健康利益は均等に分布しており、早期に開始された厳格な封鎖が存在するかどうかにのみ依存している。従って、NO_2 減少は、主に行動の変化に由来する。すなわち、確定症例が最初に増加したにもかかわらず、流行と封じ込めに対応した国民の行動変化が奏功したのである。従って、ロックダウン、社会的距離の確保、石鹸での手洗い奨励などの行動変化の重要性について、特に不衛生な環境に住まざるを得ない人々に周知することは、コレラや下痢、赤痢、腸チフス、土壌伝染性蠕虫感染症と共に新型コロナウィルスを予防できるため、世界規模の健康利益はさらに増大する。そうした意味で、ロックダウンは新型コロナウィルスの発症を防ぐと共に大気汚染や死亡率を軽減するため、我々の推定は下限値となる可能性が高い。

新型コロナウィルス（COVID-19）対策は交通、航空、産業などの特定のセクターにおける制限を促し NO_2 排出量への影響が大きいことから、本研究では NO_2 に焦点を当て、単純なモデルが使用された。NO_2 が減少した一方でオゾンは国・期間により増加(たとえば中国・2 月)したことが報告されている。NO_2 は汚染物質全体の指標である。エアロゾル(PM10、地表の PM2.5)、オゾン、有機化合物のような他の汚染物質を含めることで、より実りある示唆が得られるだろう。

本研究には 2 つの主な限界がある。第 1 に、NO_2 TVCD と NOx 排出量の関係は、厳密は線形ではなく、NO_2 TVCD 解析は、NOx 排出量変化の定性的な記述にとどまる。NOx 排出量の変化を正確に定量化することは今後の研究課題である。第 2 に、新型コロナウィルス発生から数か月以内の死亡率の予測は、不確実性が伴う。しかし本研究は、研究者や政策立案者に政策の指針や洞察を提供するものであると考える。今後、より多くのデータ、長期、よりロバストな推定値が得ることで、数値的精度を向上させることが可能だろう。

短期的な CO2 排出量削減について

第 1 節　背景

新型コロナウィルス(COVID-19)への恐れから、各国は社会的距離、学校閉鎖、自己検疫を含むロックダウンを実施し、経済活動を停止させた。これらの封鎖は経済的損失を及ぼした一方で、窒素酸化物(NOx)の減少など大気の著しい改善も見られた。NO2 は人体の健康や環境に悪影響を及ぼすため、

その低減により、心血管疾患、脳卒中、喘息および呼吸器系疾患を含む、大気汚染関連疾患に苦しむ人々の数が減少すると考えられる。

新型コロナウィルスのパンデミックは、21 世紀はじめから一貫して増加し続ける世界の CO_2 排出量の転換点となる可能性がある。そのため気候変動に対する影響を理解するためには、パンデミック後の CO_2 排出量がどのように変化するかを知ることが重要である。

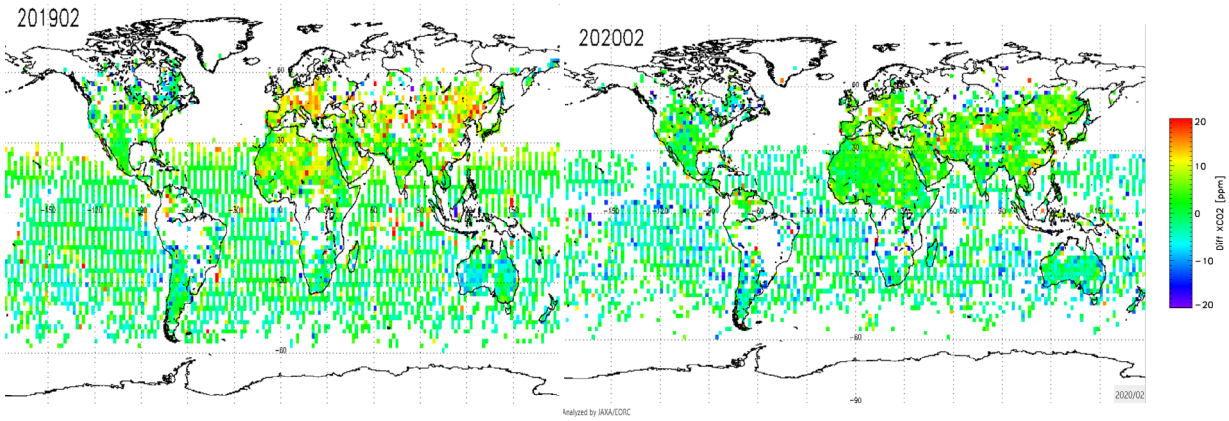


図 61 GOSAT-2 による 2020 年 2 月と 2019 年 2 月の下層対流圏 CO_2 濃度増加量の全球分布
(出典: https://earth.jaxa.jp/covid19/ghg-global/index.html)

そこで本章の研究では、新型コロナウィルスのパンデミックによる CO_2 排出量の減少について調査した。次に、CO_2 削減に伴う金銭的利益に換算する。金銭的利益、すなわち気候変動の潜在的費用は、しばしば「炭素の社会的費用」(SCC)または CO_2 排出量 1 トンによってもたらされる被害に対する追加費用として表現される。ここで金銭に換算された費用は、相応する 1 単位の CO_2 排出量削減の費用が削減されることとなるため、他の条件が同じであれば、同等の排出量を削減するためにより多くの投資を行うことが最適であると結論付けられる。CO_2 の経済的利益を理解することで、政策立案者はパンデミックが環境に及ぼす影響を考慮し、政策の立案過程で市場以外の結果を考慮することができるようになる。

CO_2 排出量と新型コロナウィルスとの関係を理解することは重要であるにもかかわらず、リアルタイムの CO_2 排出量を追跡するデータやシステムが不足しているため、関係を研究するには制約があり、ほとんどの研究は、国レベルの CO_2 データと政策シナリオを用いて新型コロナウィルス後の CO_2 変化を追跡している。しかし、国レベルの年間 CO_2 排出量のデータは、急速に変化することと、計測の複雑さから、過去のデータで推定することでは不十分である。

年間および国レベルのデータの弱点を補うため、シナリオ分析による予測排出量データを使用せず、リアルタイムの衛星観測を使用した。

また、新型コロナウィルス後の CO_2 排出量を追跡するために衛星データを採用した文献にも寄与している。Zheng et al(2020)は、衛星観測を用いて、新型コロナウィルスのパンデミック後に中国の CO_2 排出量が 11%減少したことを発見した。Liu et al(2020)は、世界的な CO_2 排出量がお

よそ7%であることを突き止めた。これらの研究では、直接観測データが用いられているが、著者らが都市の地表付近の CO_2 濃度変化の代理値である CO_2 の増加量を使用することがさらに貢献度を高めている。CO_2 増加量は、季節で変化するバックグラウンド濃度を表す上層の CO_2 濃度(地表から上空4～12 km まで)と、都市内の濃度変化を示す下層の CO_2 濃度(地表から上空4km まで)の差で算出できる。CO_2 の増加量を用いることで、地理的要因、天候、季節性などを含む都市の特性によって希釈される、排出用の「カバーされていない」部分を調べることが可能となる。

分析手法

まず、新型コロナウィルスが世界の CO_2 排出量に与える影響について、都市の特性を理解した上で検証を行う。データは37か国123 都市をカバーし、研究対象地域のGDPは世界GDPの約26%をカバーする。なお本研究のGDPの部分の算出にはNASAの夜間光データ(Night Time Lights Data)を参照する。差分の差分法（DID）を使用し、新型コロナウィルスの CO_2 排出に対する因果効果を捕捉した。時刻 j における都市 i について、以下のように推定した：

$$\Delta CO_{2_{ij}} = \beta_1 * COVID + \boldsymbol{\beta_2 x_i} + \zeta_i + \xi_j + \epsilon_i \quad (1)$$

ここで、ΔCO_{2_i} は CO_2 増加量、$COVID$ は、観測年が2020年であれば1に等しいダミー変数、$\boldsymbol{x_{ij}}$ は位置情報、都市の気象情報、CH_4 やエアロゾル濃度等の大気汚染指標を含む制御変数のベクトルである。ζ_i は都市レベルの固定効果、ξ_j は時間固定効果、そして、ϵ_i は都市 i の誤差項である。試算結果によれば、新型コロナウィルスは、おおよそ-0.381～-0.385のすべての仕様で統計的に負の係数を示しており、都市特性を調整した後の世界全体の CO_2 排出量は、2016～2019年の平均排出量と比較して、38.1～38.5%減少していることが示されている。次いで、CO_2 による利益算出を行う。等式(1)から推定されるパラメータ β_1 を用いて、削減費用を以下のように計算する：

$$RC_i = \beta_1 * \Delta CO_{2_i} * A \quad (2)$$

RC_i は都市 i の削減費用を表し、A は Inclusive Wealth Report(UNEP、2018年)により算出した削減コスト要因を表すため、RC_i は1 km^2 あたり1トンの CO_2 削減費用を示している。

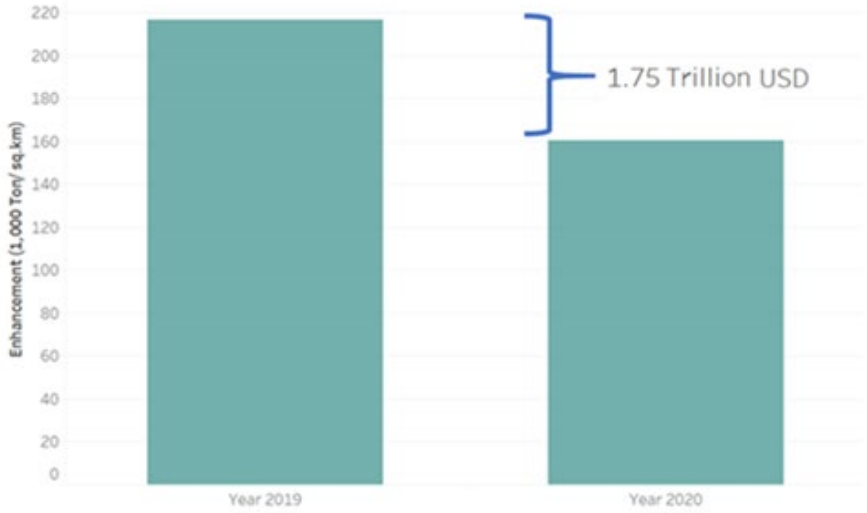


図 62 CO_2 増加量(1,000 ton/km2)と 2019 年(1 月から 4 月)から 2020 年(1 月から 4 月)までの利益の比較
2019 年と比較して、2020 年の CO2 増加量は減少しており、4 か月間の相対的利益は 1 兆 7 千億 US ドルである。

結果

推計結果によると、2019 年の CO_2 増加量は 216,293.18 トン/km^2 であるのに対し、2020 年は 165,747.7 トン/km^2 となり、50,545.51 トン/km^2 の減少となった。算出された利益は 1 兆 7000 億米ドルであり、これは本研究が対象とする 4 か月間の GDP の 5.8%である。この量が 1～4 月の 4 か月間であることを考えると、CO_2 の減少トレンドが続けば、その利益は時間の経過とともに増加する可能性が高い。

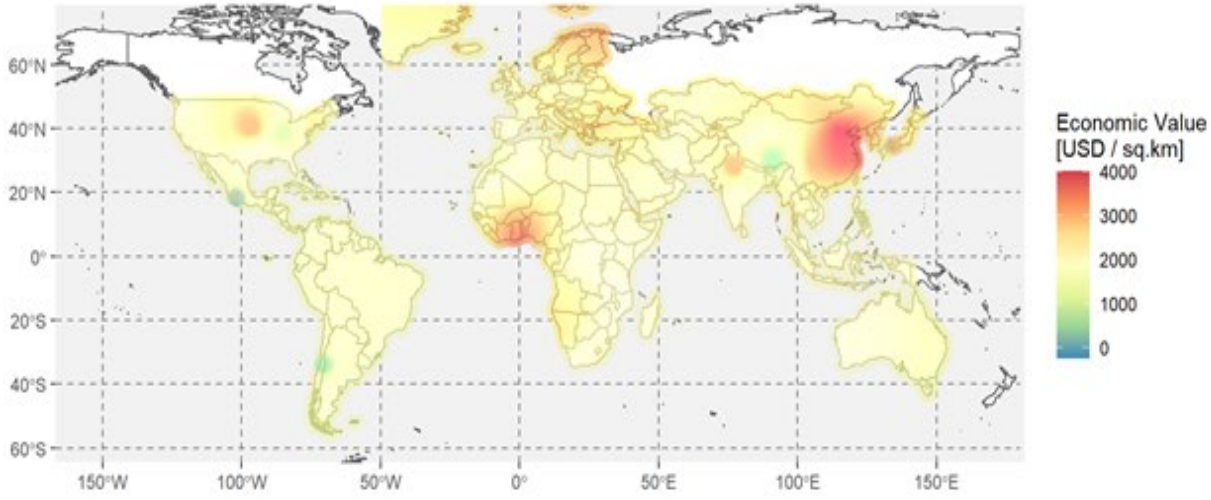


図 63　Global Benefits of CO2.

数値が大きいほど(赤の領域)、推定単位便益が高いことを示す。 低い値(青色の領域)は、推定単位便益が低いことを示す。

さらに、欧州諸国やアジア諸国、とりわけ中国は、他の国よりも高い削減率を示す可能性が高いことが示唆される。例えば、世界平均の削減量が約 14.92 トン/km^2 であるのに対し、北京は 24.49 トン/km^2、ベルリンは 20.75 トン/km^2、イスタンブールは 20.19 トン/km^2 となっている一方、最も効果が少ない都市はアフリカ、オーストラリア、中南米が中心で、例えばナイロビ(4.39 トン/km^2) 、アディスアベバ(7.69 トン/km^2) 、サンパウロ(6.50 トン/km^2)およびクイーンズランド(7.40 ton/km^2)などとなっている。

本研究では、各都市の増加量がロックダウンのタイミングに依存していると仮定した。その結果、北京が、例えば東京(16.51 トン/km^2)のような他の都市よりも利益が高くなっていることが示された。この現象は、ロックダウンの開始日とその厳格さに密接に関係している。著者らの入手可能なデータは、2020 年の 4 月までであることに留意されたい。例えば、東京の封鎖は、2020 年 4 月まで開始されなかったが、北京のロックダウンはそれよりもかなり早期(2020 年 1 月ごろ)に開始され、新型コロナウィルスの発生が始まった武漢を含む大都市(省)に適用された。

また、米国東部は西部に比べて増加量が多く、この現象はロックダウンのタイミングと密接に関連していることがわかった。例えば、アラスカ州(24.14 トン/km^2)やカリフォルニア州(13.73 トン//km^2)などの西部は、東部(例:テキサス州 (12.31 トン/km^2)に比べてかなり早くロックダウンを開始している。最後に、欧州諸国は、アフリカ、オセアニア、北米の都市よりも全般的に、早期の厳重なロックダウンを開始しており、アジアや米国と比較して、他の大陸よりも高い利益(オーストラリアなど)を示している。

考察と結論

新型コロナウィルスのパンデミックによって引き起こされた前例のない経済活動の縮減は、世界の CO_2 排出量の記録上最も大幅な、単年度での削減につながる可能性が高い。従って、このような削減を算出することは、早期のロックダウン実施がより高い CO_2 削減をもたらし、結果として、より高い利益をもたらすという仮説を支持している。本研究は、CO_2 の増加分に着目しているため、都市の特性を考慮した上での排出量の推移を確認することができている。

その結果、新型コロナウィルスのパンデミック期間中の CO_2 排出量削減率は約 38%となり、他の研究での観測より高いことが確認された。本研究のデータからは排出量の「カバーされていない」部分を確認することができるため、これは下限値である可能性が高いと考えられる。したがって、この減少が一時的なものであることに同意する。この減少は、構造的な変化や政策とは別に実施されたものであり、エネルギー需要の減少が主な原因であると認識する。フォローアップ政策としては、排出削減を維持し続けることが望まれる。例えば、テレワークを促進するなどの行動変

化を利用することで、輸送や電力需要による排出を削減できる。政府は、化石燃料から低炭素技術への移行を効果的に監視し、緩和するための直接的な資金提供を検討できる。

次に考えられる戦略としては、人々がロックダウンに従う意思を高める目的で、公衆に対してロックダウンのポジティブな側面の周知を続けることである。社会的距離、自宅隔離、学校閉鎖、症例隔離などの行動は、世界的な死亡率を下げるだけでなく、GDP の損失を防ぎ(Yoo and Managi, 2020)、CO_2 排出量を削減するためにも不可欠である。この場合、利益を最大化し、症例数や死亡数を緩和するためには、社会的距離の維持の遵守をさらに強化することが必要である。

また、本研究の調査期間は、各国のロックダウンが開始されたばかりの 1 月から 4 月であること、データが世界の GDP の約 26%をカバーしていることを踏まえ、今回の結果は下限値となる可能性が高く、「第 2 波」が到来した場合、エネルギー需要の回復には時間がかかるであろう。本研究から得られた知見によれば、症例や死亡を防止し、排出量を削減する上で早期のロックダウン実施が望ましいことは明確に理解できる。しかし、ロックダウンを開始すれば経済的ダメージを受けることになる。したがって政府は、費用と利益を慎重に検討した上で、ロックダウンの時期と強度を決定すべきである。

残念ながら、新型コロナウィルスの発生から数か月後の排出量を予測することには不確実性が伴う。しかし、本研究は、研究者や政策立案者に対して、謙虚な政策アドバイスを提供することにより、指針や洞察を提供するものと考える。より多くのデータとさらに長い期間を用いていっそうロバストな推定値を推定することで、本研究の数値精度は高まり、将来の研究はより容易なものとなるであろう。

本研究を行ったことにより、NASA や JAXA、ESA と共に地球規模のモニタリングデータを活用する仕組みを提案できた。雲などの天候の影響を受けにくく、更新も早い大気データを用いることで、災害対策への応用も期待される。

第4章　人的資本と地域の価値について

第 1 章　高齢化と地域の価値 - 番地レベルのデータによる検証

1－1. 研究背景と課題

少子高齢化は多くの先進国が直面する課題である。我が国においても 2008 年を機に総人口が減少に転じており、2019 年における総人口に占める 65 歳以上人口の割合は 28.4%となっている。高齢化の進展は社会保障をはじめとする、あらゆる経済財政分野における課題となっている。

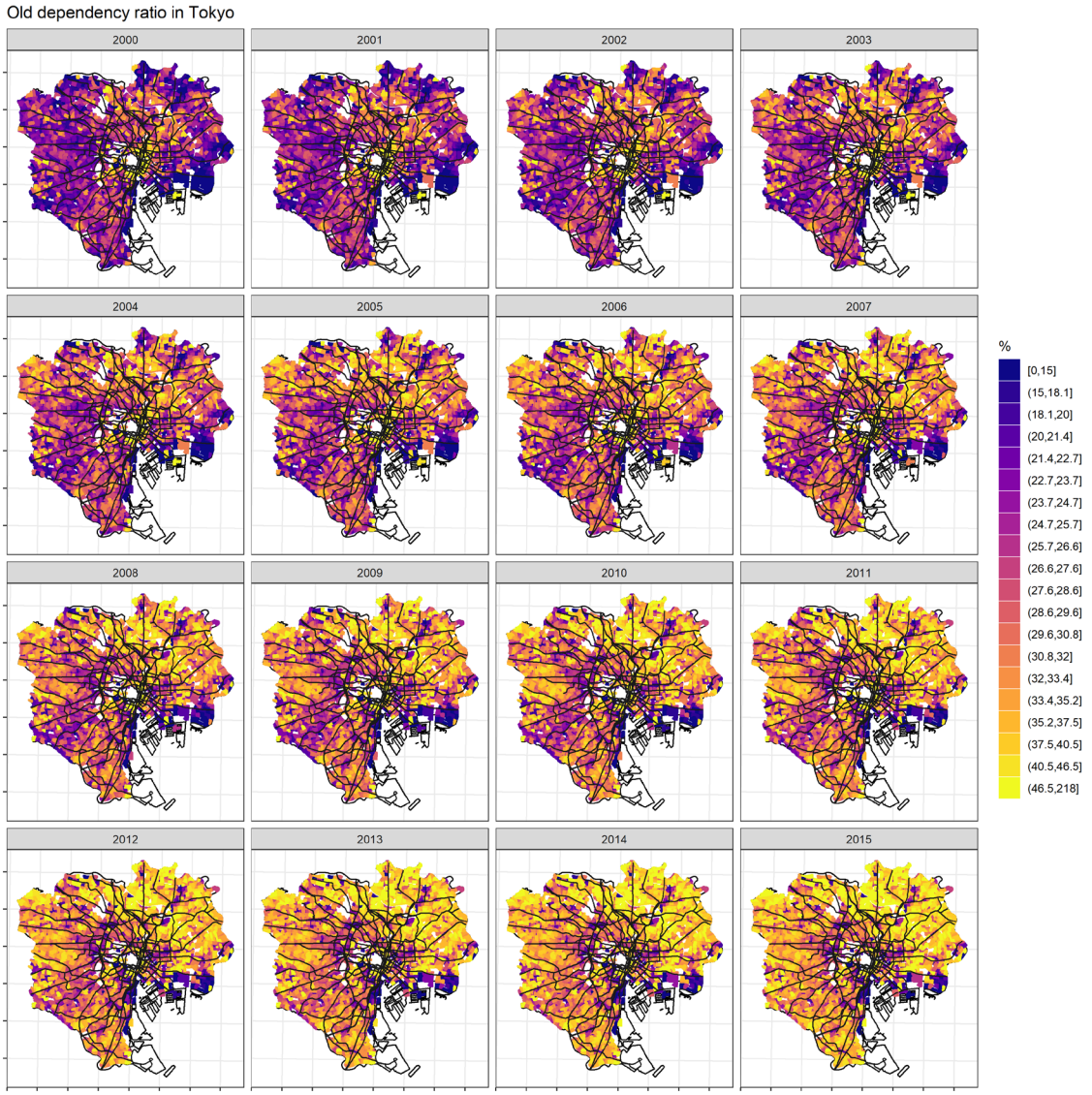


図 64 東京 23 区における老年従属人口指数分布

図 64 は 2000 年から 2015 年にかけての東京 23 区における老年従属人口指数の分布を示している。老年従属人口指数とは 65 歳以上人口の 15 歳から 64 歳人口に対する比率で、100m×100m のメッシュ単位で算出したものである。点の色が紫から黄色になるにつれて高齢者の地域に占める比率が増加し

ていることになり、ここ16年にかけて東京23区全体で高齢化が進展していることが確認できる。一方で、23 区の中においても高齢化の進展に違いがあることが分かる。23 区のうち世田谷区や渋谷区がある南西部のほうが、葛飾区や足立区がある東北部よりも高齢化の進展が比較的緩やかであることもうかがえる。

このような地域社会における年齢構成の変化は、それぞれの地域の経済活動や活力といった地域の価値とどのように関係するのだろうか。本研究では、これまで検証が進んでいなかった字や丁目といった地番レベルでの所得や年齢構成といった人的資本と地域の経済的価値の関係について分析を行う。地域の価値を示す変数として本研究では地価を用いる。地域社会の活力を示す指標は店舗の売り上げや、人の往来などが挙げられるが、今回は年齢構成が与える影響を検討するため住宅地が分析の中心となる。地価を決定する要因は都心部へのアクセスの良さ、良好な住環境などあらゆるものがあるが、何らかの理由で魅力や活力がある地区は地価が上昇すると考えられる。そのため、高齢化がもたらす地域社会の変化を示す指標として地価に着目する。

先行研究では高齢化と住宅価格には負の相関があることを指摘したものが多いが、高齢者の増加が地価の下落につながるメカニズムとは何であろうか。まず考えられるのは、所得の低下によって地価が高い地域の物件を購入できなくなるということである。この仮説は新しい物件を買う場合だけでなく、収入が低下した高齢者が現在住んでいる家の家賃を払えなくなるという場合にも当てはまる。一方で例えば、若年時で収入があるうちに比較的地価が高い地域の物件を購入し、高齢になったときもその地域の地価が低下していない場合は、地価と高齢化が正の相関を示すことになり、この仮説は当てはまりにくい。仮に高齢者が、減少した所得を補うために割高になっている現在の住居を売却して転居した場合は、高齢化と地価の負の相関を説明できるが、本研究で利用するデータではそこまで確認することはできないので今後の検討課題となる。

次の仮説として考えられるのは選好の変化である。若年期では通勤のために駅の近くにある物件を高く評価し、子どもが通う学校が近くにあればそのような土地の価格も上昇する可能性がある。しかしながら年齢を重ねると、このような若年期に魅力を感じた土地から得られる利便性が低下することになる。そのため、若年層の利便性が高い土地に高い家賃を払い続ける誘因が低下し、その土地の価値も低下することが予想される。この議論は若年層が魅力を感じる土地は高齢者が惹きつけられないことはあっても、その逆はないという想定に依存している。この点についても今後の検証が必要であろう。

これらの仮説にはいくつかの仮定に依存している。一つ目として、高齢者は自分が死んだあとに自宅がどのようになるかは関心がないという点である。例えば、死後に自宅を子供に遺産として譲る場合は、自分の子供の利便性も考えるので二つ目の仮説は当てはまりづらくなる。また一つ目の仮説についても、住宅購入に伴う負担を複数世代で分担できるので当てはまらなくなる。二つ目の仮定は高齢者が高齢になるとともに家を買い替えているということだ。賃貸物件に住んでいる場合は家賃を払っているが、持ち家の場合は家を買い替えているとは考えづらい。この点については後ほど検証をする。

人口構成の変化と住宅価格の関係を分析した研究としては Mankiw and Weil (1989)が挙げられる。第一次ベビーブーム世代の引退に伴う住宅需要の減退が引き起こす住宅価格の下落を指摘し、1987年から2007年にかけて4%ほど住宅価格が下落すると予測している。Ohtake and Shintani (1996)は日本の不動産市場を分析対象としており、短期的には年齢構成が住宅価格に影響を与えると指摘している。しかしながら、Engelhardt and Poterba (1991)や Takats (2012)など多くの先行研究では国レベルでの分析が中心で、Hiller and Lerbs (2016)も市レベルの検証にとどまっている。図64が示すように年齢構成は同じ市や区の中でも変化しており、市レベルや国レベルで集計されたデータを使うことで年

齢に関する地域特性の効果が失われてしまう可能性がある。

1－2. データ

このような先行研究における課題を克服するために本研究では番地や字という地番レベルでの地価公示価格と所得構成、年齢構成のデータをもとに 2000 年から 2015 年を対象にパネルデータを構築する。パネルデータを用いることで、利便性やブランドなど物件が持つ有形無形の様々な異質性を制御したうえで、年齢構成と所得が地価にもたらす影響を分析することが出来る。地価公示価格は鑑定価格であるため、不動産市場における実際の取引価格を反映できないという欠点がある。一方で取引価格を用いる場合、取引が発生していない地域のデータが取得できない、情報の非対称性などの住宅市場における障壁によって住宅価格が本来の物件価値から乖離している可能性などのデメリットが考えられる。そこで本研究では地価公示価格がその地域の物件価値を反映していると想定して分析を進める。地価公示価格の調査地点から外れている地番については、クリギングと呼ばれる手法（章末の補論で解説）を用いて内挿した価格を用いた。図 65 は算出した地価公示価格の 2000 年から 2015 年にかけての分布を示している。23 区の北東地域においては地価が停滞しており、逆に南西部においては地価が上昇している傾向が読み取れる。これは高齢化の進行が速い地域とそこまで進んでいない地域に対応していると言える。

高齢者の所得と選好が与える影響を把握するために、分析には国勢調査と住宅土地統計調査をもとに作成された地番別の所得データと、各地番から中心市街地への距離をもとに作成した CBD という指標を用意した。図 66 は地番別の平均所得をプロットしたものである。所得についても地価が高い地域で所得も高くなっているという傾向が見られる。中心市街地へのアクセスを示す CBD は、23 区内のすべての駅について、それぞれの駅の利用者数を各地番からそれらの駅までの距離で割り、すべての駅について和をとることによって定義した。この指標は東京駅や新宿駅など利用者が多い中心市街地に近いほど大きな値をとることになる。最後に人口構成であるが、5 年ごとに実施される国勢調査の結果を線形近似することで導出した。

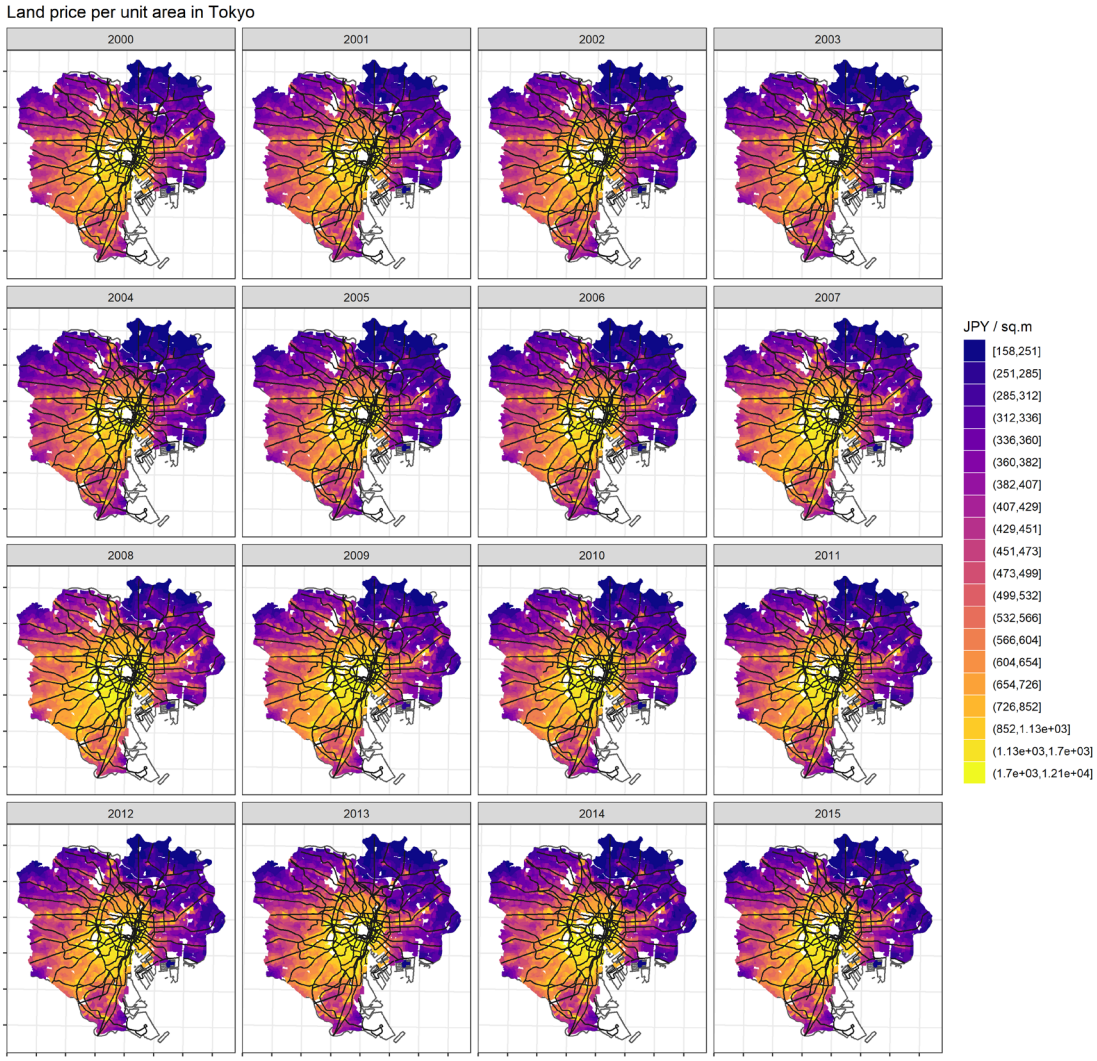


図 65 東京 23 区内における地価公示価格の分布

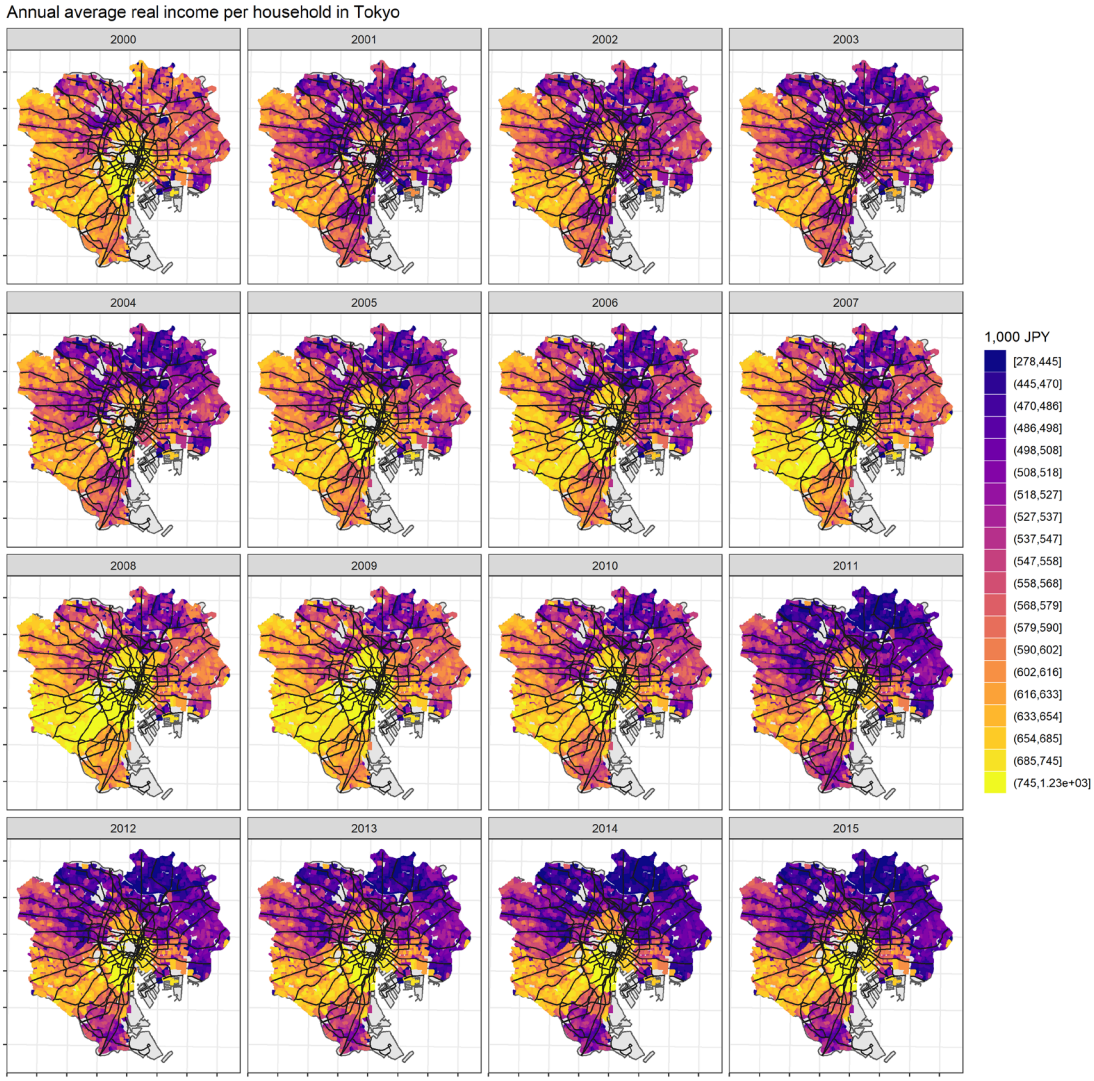


図 66 東京 23 区内における地番別平均所得の分布

1－3. 分析モデルと結果

本研究では空間パネル分析を用いて地価と年齢構成の関係を検証する。一般に、地価や所得、人口などのデータは、ある観測地点の観測値が周辺の観測値に影響を受けるとされており、これを空間的相関という。ある地区の地価は周辺の地区の地価と連動している可能性が高いため、(cross-sectional dependence) CD が生じ回帰分析でバイアスのない予測値を得ることができる前提が崩れてしまう。この影響を制御する手法の一つが空間計量分析である。分析モデルは以下のように定められる。

$$\Delta p_{it} = \lambda \sum_{j=1}^{N} w_{ij} \Delta p_{jt} + \beta_1 \Delta pop_{it} + \beta_2 \Delta CDR_{it} + \beta_3 \Delta ODR_{it} + \beta_4 \Delta y_{it} + \boldsymbol{x}'_{it}\boldsymbol{\gamma}_k + \mu_i + \varphi_t + u_{it} \quad (1)$$

$$with \quad u_{it} = \rho \sum_{j=1}^{N} w_{ij} u_{jt} + \varepsilon_{it}, \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_i^2) \quad (2)$$

$$\text{where } \boldsymbol{x}'_{it} = (\Delta HOR_{it}, \Delta CBD_{it}, \Delta F5\text{-}9_{it}, \Delta F10\text{-}14_{it}, \Delta F15_{it})$$

ただし、式(1)のΔp_{it} は地点 i における t 期の地価増加分、Δpop_{it} は人口増加分、ΔCDR_{it} は 14 歳以下人口が 15 歳から 64 歳人口に占める比率の増加分、ΔODR_{it} は老年従属人口指数の増加分、Δy_{it} は所得の増加分、x'_{it} はコントロール変数、μ_i は地番ダミー、φ_t は年ダミー、w_{ij} は空間ウェイト、λ は空間自己相関係数、u_{it} は誤差項である。誤差項は自己相関係数 ρ およびかく乱項 ε_{it} の式(2)に従う。また、かく乱項 ε_{it} は平均0, 分散 σ_i^2 の正規分布に従い、空間計量経済学ではかく乱項がこのような分布に従うように w_{ij} を用いてコントロールする。また、コントロール変数 x'_{it} には、持ち家比率を示す ΔMHR_{it}、中心市街地へのアクセスを示す ΔCBD、前年度の地区 i におけるマンション建設数を示すΔs が含まれる。さらに Δs は 5 階建てから 9 階建て(F5-9)、10 階建てから 14 階建て(F10-14)、15 階建て以上(F15+)で分類した。ちなみに差分を取る前のデータについては、地価は国土交通省発表の公示地価を物価変動の要因を調整したのちに対数値を取ったもので、総人口及び人口構成については国勢調査の同項目についてのデータについて対数値を取ったものである。所得と CBD についても対数値を使用した。以下の表 13 は使用変数の記述統計である。さらに表 14 では主要変数間の相関係数を示している。高齢化率(ΔODR)と所得(Δy)と地価(Δp)の間の相関係数はそれぞれ負と正になっており、高齢化は地価に下落圧力を、所得の上昇は地価に増加圧力をかける可能性を示唆している。以下では、その他の変数の影響を制御したうえで、なおも高齢化が地価に影響を与えているかを確認する。

表 13 記述統計

Descriptive statistics.

	Mean	St. dev.	Min	Max	CD test	CIPS test	N×T
Δp	-0.0015	0.0553	-0.2215	0.3225	7171.66***	-1.90***	2,785×15
Δpop	0.0094	0.0385	-0.8635	2.7248	111.13***	-0.94	2,785×15
ΔCDR	0.0039	0.0535	-2.202	2.5576	274.71***	-1.10	2,785×15
ΔODR	0.0220	0.0407	-0.9045	1.0304	261.07***	-0.79	2,785×15
Δy	-0.0068	0.0591	-0.6318	0.5654	4986.77***	-2.47***	2,785×15
ΔHOR	0.0034	0.0584	-2.3979	4.6092	1165.82***	-0.98	2,785×15
ΔCBD	0.0132	0.0168	-0.0272	0.2215	7395.45***	-1.63**	2,785×15

表 14 変数間の相関

Correlation between variables.

	Δp	Δpop	ΔCDR	ΔODR	Δy	ΔHOR	ΔCBD
Δp	–	–	–	–	–	–	–
Δpop	0.0090	–	–	–	–	–	–
ΔCDR	0.0477	0.2976	–	–	–	–	–
ΔODR	-0.0520	-0.3840	0.0367	–	–	–	–
Δy	0.3771	-0.0164	0.0032	-0.0070	–	–	–
ΔHOR	-0.0464	0.0927	0.2042	0.1850	0.0615	–	–
ΔCBD	0.5449	0.0335	0.0447	-0.0265	0.2652	-0.0219	–

表 15：回帰分析結果

	all	resi	resi (low)	resi (mid)	resi (others)	com
Total effects						
Δpop	-0.0532***	-0.0507	0.0134	-0.0908***	-0.0514*	-0.0185
	(0.0148)	(0.0350)	(0.0540)	(0.0349)	(0.0274)	(0.0205)
ΔCDR	0.0209**	0.0639***	-0.0508	0.0826***	0.0058	0.0136*
	(0.0099)	(0.0207)	(0.0314)	(0.0232)	(0.0147)	(0.0082)
ΔODR	0.0085	-0.1486***	-0.0777***	-0.1534***	-0.0624**	-0.0084
	(0.0133)	(0.0275)	(0.0307)	(0.0277)	(0.0278)	(0.0186)
Δy	0.0740***	0.0662***	0.0911***	0.0504***	0.0556***	0.0502***
	(0.0125)	(0.0151)	(0.0175)	(0.0162)	(0.0153)	(0.0111)
ΔMHR	-0.0140	-0.0684***	-0.0578*	-0.0271	-0.0222	0.0077
	(0.0090)	(0.0211)	(0.0328)	(0.0179)	(0.0173)	(0.0129)
ΔCBD	0.5625***	1.5816***	2.7471***	1.9680***	1.2229***	0.3634***
	(0.1320)	(0.2330)	(0.3428)	(0.2969)	(0.1725)	(0.0965)
Δs (F 5-9)	-0.0004	0.0026	-0.0033	0.0022	0.0005	-0.0032
	(0.0014)	(0.0020)	(0.0020)	(0.0023)	(0.0020)	(0.0021)
Δs (F 10-14)	0.0051***	0.0053*	-0.0064	-0.0007	0.0036	0.0034*
	(0.0017)	(0.0031)	(0.0043)	(0.0032)	(0.0025)	(0.0018)
Δs (F 15+)	0.0033	0.0137**	0.0226	0.0126*	-0.0126***	0.0015
	(0.0032)	(0.0063)	(0.0162)	(0.0072)	(0.0050)	(0.0037)
Regression diagnostisc						
R-squared	0.9635	0.9800	0.9890	0.9839	0.9640	0.9474
N	2784	1773	577	460	338	515
T	15	15	15	15	15	15
lambda	0.8728***	0.9378***	0.9115***	0.8818***	0.7579***	0.7012***
rho	0.254***	-0.2544***	-0.2708***	-0.1711***	-0.2014***	-0.0058
cutoff	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m
PCD	-1.614	-1.802*	-0.167	-1.436	-0.769	-1.969**
IPS	-147.078***	-131.056***	-73.551***	-63.433***	-53.417***	-58.815***
CIPS	-2.354***	-2.510***	-2.687***	-2.552***	-2.593***	-2.514***

表 15 は分析結果を示している。表 15 の 21 行目の all は全サンプル、resi は第 1 種及び第 2 種住居地域、resi(low)は第 1 種及び第 2 種低層住居専用地域、resi(mid)は第 1 種及び第 2 種中高層住居専用地域、resi(others)は準住居地域および田園住居地域、com は商業地域を示している。高齢者の比率を示すΔODR が居住地域においては有意に負となっていることから、居住地域においては高齢化が進んでいる地域ほど地価が低下している傾向にあることが明らかになった。さらに、地区の利便性を意味するΔCBD と所得を示すΔy は有意に正であることから、所得と地域の利便性が地価に与える影響も大きいことが分かる。また、PCD は Pesaran's cross-sectional dependence test の略で、検定結果は CD があることを意味しており、空間計量分析の必要性を示唆している。IPS(Im-Pesaran-Shin panel unit root test)および CIPS(Cross-sectional dependence augmented IPS test)は空間的相関を考慮したモデルにおいて単位根が存在するか、変数間に共和分関係があるかを確認する検定となる。今回の分析のような長期の時系列データではある時点の変数が、それよりも前の期の同じ変数に影響を受けている可能性があり、このような状態を単位根があると言う。この場合、通常の回帰分析を行う前提が崩れるため、これらの検定によって単位根の存在の有無を確認する必要がある。表 14 と表 15 から地価増加分、所得増加分、CBD 増加分については単位根を持つとは言えないという結果が得られたが、人口増加分については単位根を持つという仮説を棄却できないという結果を示した。

では高齢化はどのようなメカニズムで地価を引き下げているのだろうか。まずは、高齢者が所得の制約によって高額の物件を購入できない、あるいは高い家賃を支払えないため地価が低下するという仮説を検証する。検証のために(1)の基本モデルに、所得と老年従属人口指数の交差項を加えた以下のモデルを推計する。

$$\Delta p_{it} = \lambda \sum_{j=1}^{N} w_{ij} \Delta p_{jt} + \beta_{POP} \Delta pop_{it} + \beta_{CDR} \Delta CDR_{it} + \beta_{ODR} \Delta ODR_{it}$$

$$+ \beta_y \Delta y_{it} + \beta_{ODR \times y} (\Delta y_{it} \times \Delta ODR_{it}) + \boldsymbol{x}'_{it} \boldsymbol{\gamma}_k + \mu_i + \varphi_t + u_{it} \quad (3)$$

$$with \;\; u_{it} = \rho \sum_{j=1}^{N} w_{ij} u_{jt} + \varepsilon_{it}, \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_i^2) \quad (4)$$

where $\boldsymbol{x}'_{it} = (\Delta HOR_{it}, \Delta CBD_{it}, \Delta F5\text{-}9_{it}, \Delta F10\text{-}14_{it}, \Delta F15_{it})$

仮に交差項の符号が正となれば高齢者は所得制約に直面していることになる。図 68 を使って簡単に説明をする。これまでの分析から $\beta_{ODR} < 0$ であることがわかるので、地価と高齢化率の関係は所得の影響がない場合では直線(0)で表される。所得が増加すると地価も増加する関係にあることから、本来であれば所得の効果が加わることで直線(0)から直線(1)に平行移動したものが、地価と高齢化の関係であるはずである。しかしながら、仮に $\beta_{ODR \times y} > 0$ とすると、実際は(1')で示されるように高齢であるほど、所得がわずかに増えることで地価が高い地域に住んでいるという関係があることになる。つまり、高齢者になるほど所得の制約がなければ本来購入できる住宅が、所得の制約があるために購入できないことを示している。

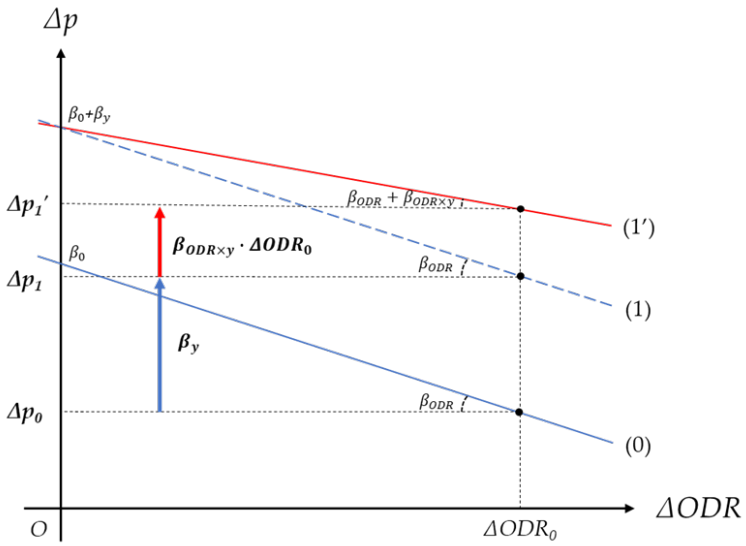
次に二つ目の仮説にあたる、高齢化によって選好が変化するため若年層に評価されるような利便性の高い土地に住むことに対する支払い意思が低下するため、地価が低下するという点を検証する。仮説 2 の検証にあたっては、高齢化率と CBD スコアの交差項である$\Delta CBD_{it} \times \Delta ODR_{it}$ を加えた以下のモデルを検討する。

$$\Delta p_{it} = \lambda \sum_{j=1}^{N} w_{ij} \Delta p_{jt} + \beta_{POP} \Delta pop_{it} + \beta_{CDR} \Delta CDR_{it} + \beta_{ODR} \Delta ODR_{it}$$

$$+ \beta_y \Delta y_{it} + \beta_{ODR \times CBD} (\Delta CBD_{it} \times \Delta ODR_{it}) + \boldsymbol{x}'_{it} \boldsymbol{\gamma}_k + \mu_i + \varphi_t + u_{it} \quad (5)$$

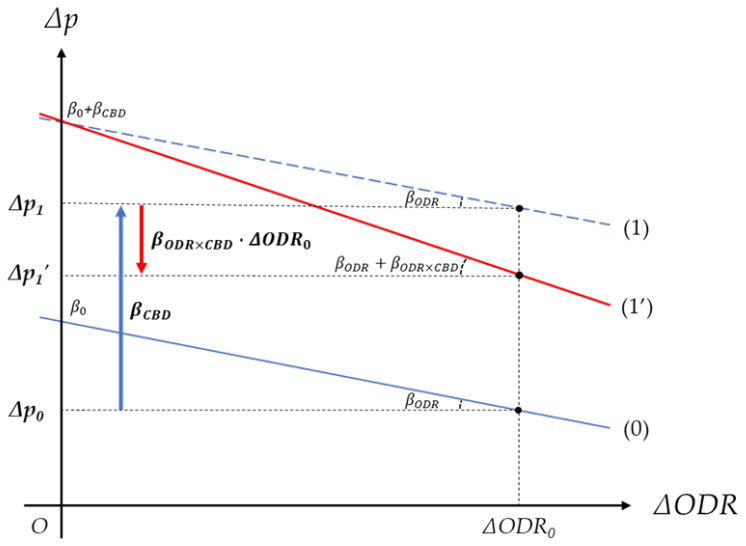
$$with \;\; u_{it} = \rho \sum_{j=1}^{N} w_{ij} u_{jt} + \varepsilon_{it}, \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_i^2) \quad (6)$$

where $\boldsymbol{x}'_{it} = (\Delta HOR_{it}, \Delta CBD_{it}, \Delta F5\text{-}9_{it}, \Delta F10\text{-}14_{it}, \Delta F15_{it})$



$$\Delta p = \beta_0 + \beta_{ODR}\Delta ODR + \beta_y \Delta y + \beta_{ODR\times y}(\Delta ODR \times \Delta y) + \boldsymbol{X'\beta_x} + \varepsilon$$
(+) (−) (+) (+)

図 67 仮説1概念図



$$\Delta p = \beta_0 + \beta_{ODR}\Delta ODR + \beta_{CBD}\Delta CBD + \beta_{ODR\times CBD}(\Delta ODR \times \Delta CBD) + \boldsymbol{X'\beta_x} + \varepsilon$$
(+) (−) (+) (−)

図 68 仮説 2 概念図

ここでは、交差項の符号が負となれば高齢化が選好の変化を通じて地価を引き下げていることになる。図 68 は仮説 2 の概念を示している。仮説 1 と同様に$\beta_{ODR} < 0$ であることがわかるので、地価と高齢化率の関係は所得の影響がない場合では直線(0)で表される。CBD が増加すると地価も増加する関係にあることから、本来であれば CBD の効果が加わることで直線(0)から直線(1)に平行移動するはずであるが、高齢化率が高い地域であるほど利便性が向上してもその地域の地価は期待するほど上昇しないと

いうことになる。このことから、高齢者が中心市街地に近いという利便性を評価しないことから地価が下がっていると捉えることが出来る。

これら二つの仮説の分析結果を表 16 から表 18 に示す。

表 16 仮説検証結果①

	income						CBD						the nearest station					
	high			low			high			low			close			far		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
Total effects																		
Δpop	-0.1467***	-0.1500***	-0.1475***	0.1563***	0.1585***	0.1563***	-0.0924**	-0.0961**	-0.0943**	0.1067**	0.1025**	0.1060**	-0.0821***	-0.0799***	-0.0825***	-0.0653*	-0.0727*	-0.0659*
	(0.0388)	(0.0377)	(0.0374)	(0.0361)	(0.0401)	(0.0360)	(0.0455)	(0.0412)	(0.0427)	(0.0431)	(0.0476)	(0.0453)	(0.0310)	(0.0307)	(0.0313)	(0.0390)	(0.0379)	(0.0383)
ΔCDR	0.0925***	0.0935***	0.0926***	-0.0658**	-0.0690**	-0.0688***	0.0747***	0.0756***	0.0752***	-0.0609*	-0.0633*	-0.0641*	0.0755***	0.0749***	0.0758***	0.0058	0.0031	0.0008
	(0.0217)	(0.0224)	(0.0216)	(0.0269)	(0.0270)	(0.0242)	(0.0238)	(0.0211)	(0.0241)	(0.0344)	(0.0334)	(0.0341)	(0.0198)	(0.0187)	(0.0194)	(0.0267)	(0.0272)	(0.0276)
ΔODR	-0.1061***	-0.1094***	-0.1084***	-0.0862***	-0.0852***	-0.0865***	-0.1806***	-0.1877***	-0.1870***	-0.0402	-0.0424	-0.0397	-0.1560***	-0.1601***	-0.1613***	-0.0937***	-0.1008***	-0.0951***
	(0.0306)	(0.0308)	(0.0282)	(0.0286)	(0.0286)	(0.0294)	(0.0366)	(0.0375)	(0.0342)	(0.0296)	(0.0271)	(0.0304)	(0.0251)	(0.0275)	(0.0258)	(0.0248)	(0.0247)	(0.0243)
Δy	0.0726***	0.0720***	0.0737***	0.0218	0.0172	0.0192	0.0603***	0.0612***	0.0621***	0.0629**	0.0614**	0.0591**	0.0586***	0.0622***	0.0608***	0.1023***	0.1017***	0.1012***
	(0.0164)	(0.0156)	(0.0166)	(0.0220)	(0.0198)	(0.0224)	(0.0159)	(0.0161)	(0.0171)	(0.0259)	(0.0272)	(0.0266)	(0.0128)	(0.0135)	(0.0132)	(0.0148)	(0.0157)	(0.0164)
ΔCBD	2.1580***	2.1406***	2.1375***	0.6034***	0.7557***	0.7448***	1.4773***	1.4529***	1.4504***	1.5974***	1.8307***	1.8513***	1.6299***	1.6064***	1.6102***	2.0068***	2.0839***	2.1351***
	(0.3129)	(0.2900)	(0.3228)	(0.2129)	(0.2121)	(0.2255)	(0.2693)	(0.2713)	(0.2646)	(0.3637)	(0.4091)	(0.3993)	(0.1927)	(0.1889)	(0.1963)	(0.2536)	(0.2722)	(0.2622)
ΔODR × Δy	0.0650		0.1303	-0.7429**		-0.3031	-0.0637		0.0953	-0.0266		0.4098	-0.2549		-0.1166	1.0421***		1.5495***
	(0.2654)		(0.2791)	(0.3889)		(0.3705)	(0.3014)		(0.2941)	(0.3504)		(0.3819)	(0.2149)		(0.2177)	(0.3335)		(0.3728)
ΔODR × ΔCBD		-0.9458	-1.1289		-4.4763***	-4.2090***		-2.7378**	-2.8530*		-4.3842***	-4.8142***		-2.7458**	-2.5976**		-3.0757***	-4.6006***
		(1.2293)	(1.4265)		(1.0791)	(1.0784)		(1.3292)	(1.4925)		(1.2581)	(1.2508)		(1.0971)	(1.0170)		(1.0612)	(1.0331)
control vari.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Regression diagnostics																		
lambda	0.9076***	0.9075***	0.9076***	0.907***	0.9064***	0.9065***	0.9076***	0.9074***	0.9074***	0.9372***	0.9372***	0.937***	0.8688***	0.8686***	0.8686***	0.9358***	0.9357***	0.9353***
rho	-0.1537***	-0.1539***	-0.154***	-0.441***	-0.4393***	-0.4392***	-0.1635***	-0.1647***	-0.1646***	-0.3447***	-0.3428***	-0.343***	-0.2591***	-0.2598***	-0.2599***	-0.4637***	-0.4624***	-0.4621***
R^2	0.9802	0.9802	0.9802	0.9777	0.9778	0.9778	0.9773	0.9773	0.9773	0.9837	0.9838	0.9838	0.9742	0.9742	0.9742	0.9872	0.9872	0.9872
N	868	868	868	873	873	873	883	883	883	889	889	889	881	881	881	872	872	872
T	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
cutoff	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m
PCD	0.964	0.988	1.000	-2.179**	-2.188**	-2.185**	-1.147	-1.202	-1.177	-1.885*	-1.864*	-1.885*	0.663	0.626	0.640	1.029	1.165	1.089
IPS	-88.454***	-88.483***	-88.481***	-94.471***	-94.412***	-94.413***	-93.343***	-93.363***	-93.372***	-98.155***	-98.125***	-98.158***	-90.287***	-90.391***	-90.398***	-100.828***	-100.920***	-100.856***
CIPS	-2.408***	-2.409***	-2.411***	-2.880***	-2.915***	-2.904***	-2.420***	-2.416***	-2.423***	-2.629***	-2.622***	-2.625***	-2.422***	-2.417***	-2.418***	-2.795***	-2.780***	-2.793***

表 17 仮説検証結果②

	high CBD						low CBD					
	high income			low income			high income			low income		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Total effects												
Δpop	-0.1425***	-0.1443***	-0.1424***	0.0798*	0.0931**	0.0794*	-0.0364	-0.0379	-0.0368	0.1268***	0.1263***	0.1264***
	(0.0448)	(0.0443)	(0.0473)	(0.0466)	(0.0464)	(0.0468)	(0.0451)	(0.0447)	(0.0460)	(0.0411)	(0.0426)	(0.0427)
ΔCDR	0.0867***	0.0873***	0.0867***	-0.0185	-0.0199	-0.0185	-0.0223	-0.0243	-0.0248	-0.0757**	-0.0759**	-0.0759**
	(0.0233)	(0.0242)	(0.0226)	(0.0293)	(0.0295)	(0.0260)	(0.0322)	(0.0339)	(0.0334)	(0.0306)	(0.0315)	(0.0317)
ΔODR	-0.1203***	-0.1209***	-0.1202***	-0.1231***	-0.1224***	-0.1250***	-0.0946***	-0.0957***	-0.0952***	0.0142	0.0142	0.0150
	(0.0383)	(0.0384)	(0.0418)	(0.0367)	(0.0384)	(0.0382)	(0.0308)	(0.0282)	(0.0307)	(0.0302)	(0.0300)	(0.0305)
Δy	0.0549***	0.0538***	0.0549***	0.0204	0.0193	0.0199	0.0100	0.0120	0.0128	0.0615**	0.0532*	0.0503*
	(0.0180)	(0.0180)	(0.0203)	(0.0181)	(0.0201)	(0.0182)	(0.0285)	(0.0262)	(0.0269)	(0.0320)	(0.0303)	(0.0306)
ΔCBD	1.7833***	1.7900***	1.7847***	0.3076	0.3689*	0.3350	1.5590***	1.6637***	1.6736***	1.4040***	1.6175***	1.6163***
	(0.3265)	(0.3856)	(0.3583)	(0.2068)	(0.2023)	(0.2065)	(0.4368)	(0.4667)	(0.4535)	(0.3058)	(0.3665)	(0.3665)
ΔODR × Δy	0.1003		0.0973	-1.2378***		-1.0336**	-0.1042		0.0620	-0.3457		0.1247
	(0.3221)		(0.3203)	(0.4121)		(0.4804)	(0.3120)		(0.3249)	(0.4355)		(0.4357)
ΔODR × ΔCBD		0.2015	0.0582		-3.2231***	-2.3834*		-1.8484	-1.9315		-4.2191***	-4.3230***
		(1.4650)	(1.7578)		(1.1824)	(1.3053)		(1.2608)	(1.2928)		(1.2959)	(1.3541)
control variables	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Regression diagnostics												
lambda	0.8844***	0.8844***	0.8844***	0.8518***	0.8517***	0.8515***	0.9034***	0.9037***	0.9037***	0.8762***	0.8764***	0.8764***
rho	-0.1671***	-0.1671***	-0.1671***	-0.2962***	-0.294***	-0.2951***	-0.2875***	-0.2886***	-0.2886***	-0.3164***	-0.3152***	-0.3154***
R^2	0.9769	0.9769	0.9769	0.9751	0.9751	0.9751	0.9868	0.9868	0.9868	0.9793	0.9793	0.9793
N	437	437	437	433	433	433	435	435	435	438	438	438
T	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
cutoff	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m
PCD	0.393	0.355	0.367	2.074**	2.072**	2.074**	-1.522	-1.504	-1.510	-1.678*	-1.643	-1.652*
IPS	-62.056***	-62.110***	-62.110***	-69.529***	-69.443***	-69.463***	-69.888***	-69.929***	-69.947***	-64.939***	-64.923***	-64.892***
CIPS	-2.240***	-2.238***	-2.238***	-2.822***	-2.830***	-2.831***	-2.883***	-2.893***	-2.889***	-2.653***	-2.743***	-2.727***

表 18 仮説検証結果③

	close to the nearest station						far to the nearest station					
	high income			low income			high income			low income		
	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)
Total effects												
Δpop	-0.1589***	-0.1569***	-0.1593***	0.1520***	0.1611***	0.1526***	-0.1351***	-0.1453***	-0.1400***	0.0507	0.0482	0.0506
	(0.0420)	(0.0381)	(0.0386)	(0.0360)	(0.0336)	(0.0334)	(0.0485)	(0.0488)	(0.0448)	(0.0349)	(0.0392)	(0.0369)
ΔCDR	0.1023***	0.1016***	0.1026***	-0.0430	-0.0454*	-0.0436*	0.0984***	0.0998***	0.0962***	-0.0514**	-0.0530*	-0.0518**
	(0.0243)	(0.0238)	(0.0239)	(0.0270)	(0.0240)	(0.0249)	(0.0334)	(0.0349)	(0.0295)	(0.0268)	(0.0283)	(0.0257)
ΔODR	-0.1214***	-0.1227***	-0.1237***	-0.0210	-0.0200	-0.0222	-0.0708**	-0.0768**	-0.0757**	-0.1097***	-0.1166***	-0.1098***
	(0.0292)	(0.0318)	(0.0304)	(0.0294)	(0.0265)	(0.0264)	(0.0332)	(0.0299)	(0.0349)	(0.0251)	(0.0273)	(0.0262)
Δy	0.0600***	0.0619***	0.0606***	0.0050	0.0032	0.0051	0.0841***	0.0820***	0.0876***	0.0099	0.0347	0.0091
	(0.0150)	(0.0151)	(0.0152)	(0.0182)	(0.0184)	(0.0182)	(0.0181)	(0.0168)	(0.0181)	(0.0230)	(0.0224)	(0.0232)
ΔCBD	1.6350***	1.6127***	1.6162***	0.6530***	0.6972***	0.6851***	2.5177***	2.5059***	2.5437***	1.0128***	0.9767***	1.0337***
	(0.2588)	(0.2841)	(0.2917)	(0.1892)	(0.1987)	(0.1940)	(0.4299)	(0.3937)	(0.4336)	(0.2889)	(0.2466)	(0.2753)
ΔODR × Δy	-0.1204		-0.0822	-0.9279**		-0.7306*	0.6183		1.0374**	1.3332***		1.3749***
	(0.2359)		(0.2349)	(0.3772)		(0.3864)	(0.4524)		(0.5126)	(0.3534)		(0.3914)
ΔODR × ΔCBD		-0.9581	-0.8320		-2.5389**	-1.8770*		-2.0618	-3.2967**		0.8690	-0.3903
		(1.2989)	(1.2825)		(1.0847)	(1.1580)		(1.4570)	(1.4610)		(1.0097)	(1.1352)
control variables	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Regression diagnostics												
lambda	0.8373***	0.8372***	0.8372***	0.8234***	0.8233***	0.8233***	0.9138***	0.9138***	0.9137***	0.8898***	0.8905***	0.8898***
rho	-0.1491***	-0.1496***	-0.1498***	-0.3907***	-0.392***	-0.3903***	-0.2861***	-0.2855***	-0.284***	-0.4647***	-0.4636***	-0.4645***
R^2	0.9733	0.9733	0.9733	0.9733	0.9733	0.9733	0.9887	0.9887	0.9887	0.9843	0.9843	0.9843
N	429	429	429	428	428	428	423	423	423	423	423	423
T	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
cutoff	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m
PCD	-1.354	-1.356	-1.353	0.628	0.594	0.644	-1.674*	-1.726*	-1.739*	-2.073**	-2.124**	-2.071**
IPS	-60.978***	-61.025***	-61.028***	-64.377***	-64.346***	-64.331***	-64.576***	-64.671***	-64.556***	-73.802***	-73.799***	-73.808***
CIPS	-2.621***	-2.618***	-2.620***	-2.353***	-2.353***	-2.352***	-2.295***	-2.285***	-2.294***	-2.590***	-2.585***	-2.592***

表 16 から表 18 は各地番の属性別にサンプルを分割したうえで検証を行ったものである。表 16 では所得が高い地域と低い地域、CBD スコアが高い地域と低い地域、駅から近い地域と遠い地域について分析をした結果である。表 17 は CBD スコアが高い地域と低い地域の中でさらに所得が高い地域と低い地域にグループ分けした結果で、表 18 は駅から近い地域と遠い地域の中で所得が高いエリアと低いエリアに分割をした結果である。なお、high と low は対象期間内の各値の平均値をとり、平均より大きいグループを high、小さい値をとったグループを low としている。

これらのサブサンプルでの検証の結果、$\beta_{ODR\times y}$ の符号が負となるケースは少ないことが分かった。その中で符号が負になるエリアは最寄駅から遠いか所得が低いエリアである傾向がある。次に、$\beta_{ODR\times CBD}$ の符号については多くのケースで正となった。特に所得が低い地域で顕著であることも分かる。これらの検証結果から、高齢化と地価の負の相関関係は所得の制約によるものというよりもむしろ、選好の変化による可能性があることが分かった。高齢者は中心市街地へのアクセスが良いという利便性を享受する必要がないため、地価の低い地域を選択した、あるいは逆に若年層が利便性の良い地域に高いコストを払って居住を選択していると考えることが出来る。

最後に遺産動機がある場合に高齢化が地価に与える影響が小さくなるという点について検証する。地番別の持ち家比率によって場合分けをし、持ち家比率が高い地域の β_{ODR} が低い地域の係数よりも高くなるか否かを検証する。つまり、持ち家比率が高い場合は遺産として子供に家を残すため、高齢化率が高くなっても地価があまり低下しないということを確認することになる。

結果は表 19 で示している通り、持ち家比率が高い地域において高齢化が地価に与える影響が緩和されているということが伺われた。

表 19 遺産動機の検証

	all income level						high income level						low income level					
	high MHR			low MHR			high MHR			low MHR			high MHR			low MHR		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
Total effects																		
Δpop	-0.0588	-0.0640	-0.0584	-0.0651**	-0.0561*	-0.0659**	-0.1739***	-0.1769***	-0.1760***	-0.1720***	-0.1662***	-0.1738***	0.3137***	0.3194***	0.3211***	0.1022***	0.1099***	0.1006***
	(0.0410)	(0.0425)	(0.0439)	(0.0315)	(0.0327)	(0.0301)	(0.0520)	(0.0578)	(0.0542)	(0.0342)	(0.0346)	(0.0341)	(0.0553)	(0.0566)	(0.0498)	(0.0385)	(0.0404)	(0.0367)
ΔCDR	0.0235	0.0283	0.0240	0.0455*	0.0383	0.0402*	0.0741***	0.0770***	0.0761***	0.1268***	0.1220***	0.1244***	-0.1623***	-0.1682***	-0.1684***	-0.0754***	-0.0768***	-0.0767***
	(0.0232)	(0.0221)	(0.0215)	(0.0228)	(0.0241)	(0.0232)	(0.0246)	(0.0249)	(0.0240)	(0.0276)	(0.0242)	(0.0254)	(0.0360)	(0.0336)	(0.0319)	(0.0249)	(0.0270)	(0.0277)
ΔODR	-0.0624**	-0.0673*	-0.0690**	-0.1772***	-0.1757***	-0.1834***	-0.0846**	-0.0883**	-0.0897**	-0.1489***	-0.1464***	-0.1542***	0.0590	0.0566*	0.0640*	-0.1144***	-0.1185***	-0.1196***
	(0.0312)	(0.0349)	(0.0325)	(0.0224)	(0.0252)	(0.0251)	(0.0404)	(0.0447)	(0.0400)	(0.0271)	(0.0259)	(0.0247)	(0.0354)	(0.0354)	(0.0350)	(0.0316)	(0.0335)	(0.0296)
Δy	0.0974***	0.0972***	0.1008***	0.0584***	0.0707***	0.0634***	0.0803***	0.0813***	0.0820***	0.0637***	0.0760***	0.0676***	0.0496*	0.0554**	0.0515**	-0.0065	-0.0128	-0.0096
	(0.0148)	(0.0150)	(0.0153)	(0.0136)	(0.0144)	(0.0152)	(0.0172)	(0.0174)	(0.0193)	(0.0133)	(0.0144)	(0.0147)	(0.0257)	(0.0262)	(0.0254)	(0.0204)	(0.0210)	(0.0211)
ΔCBD	2.4579***	2.4925***	2.4814***	1.2541***	1.2293***	1.2389***	2.6214***	2.6130***	2.6140***	1.6006***	1.4804***	1.5049***	1.5578***	1.6686***	1.6552***	0.2860	0.5117**	0.4770*
	(0.2814)	(0.2737)	(0.2476)	(0.1877)	(0.1991)	(0.1971)	(0.4220)	(0.3805)	(0.3940)	(0.2326)	(0.2344)	(0.2449)	(0.2437)	(0.2628)	(0.2224)	(0.2436)	(0.2481)	(0.2426)
ΔODR × Δy	0.3321		0.7092*	-0.9166***		-0.5533**	-0.0131		0.1210	-0.6440***		-0.4516*	0.5138		1.0152**	-1.0953***		-0.6703
	(0.3540)		(0.3470)	(0.2489)		(0.2380)	(0.3847)		(0.3605)	(0.2288)		(0.2340)	(0.4703)		(0.4636)	(0.3692)		(0.4130)
ΔODR × ΔCBD		-5.0280***	-5.7305***		-5.9285***	-5.3082***		-2.4366	-2.5723		-3.5860***	-2.9313***		-4.4894***	-5.3007***		-4.9233***	-4.3497***
		(1.4557)	(1.3350)		(0.9855)	(1.0291)		(1.8488)	(1.9400)		(1.0216)	(1.1461)		(1.3503)	(1.3026)		(1.1681)	(1.2221)
control vari.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Regression diagnostics																		
Lambda	0.9204***	0.9198***	0.9197***	0.8934***	0.8923***	0.8924***	0.8979***	0.8979***	0.8979***	0.853***	0.8525***	0.8526***	0.8996***	0.8995***	0.8988***	0.8443***	0.843***	0.8429***
rho	-0.3841***	-0.3826***	-0.383***	-0.451***	-0.4503***	-0.4519***	-0.2622***	-0.2626***	-0.2625***	-0.4616***	-0.4621***	-0.464***	-0.5704***	-0.5688***	-0.5686***	-0.3128***	-0.3083***	-0.3076***
R^2	0.9814	0.9814	0.9814	0.9739	0.9739	0.9739	0.9811	0.9811	0.9811	0.9716	0.9716	0.9716	0.9794	0.9795	0.9795	0.9744	0.9744	0.9745
N	876	876	876	875	875	875	431	431	431	436	436	436	421	421	421	423	423	423
T	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
cutoff	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m	1000 m
PCD	-0.886	-0.904	-0.905	1.195	1.241	1.147	0.336	0.337	0.337	-2.033**	-2.042**	-2.042**	-0.023	0.091	0.021	-1.238	-1.184	-1.179
IPS	-88.762***	-88.798***	-88.795***	-98.092***	-98.120***	-98.126***	-61.609***	-61.611***	-61.608***	-67.259***	-67.278***	-67.281***	-60.432***	-60.385***	-60.420***	-68.780***	-68.778***	-68.783***
CIPS	-2.502***	-2.507***	-2.507***	-2.712***	-2.710***	-2.711***	-2.447***	-2.448***	-2.447***	-2.322***	-2.662***	-2.737***	-2.790***	-2.786***	-2.787***	-2.566***	-2.564***	-2.563***

1－4. まとめと展望

第 4 章では高齢化と地域の発展について検証をした。本研究においては、サンプル数が多いため東京都を対象とし、23 区の地番レベルの地価、所得、年齢構成データを用いた。分析の結果、高齢化が進展している地域ほど地価が下落する傾向にあることが分かった。さらに本研究ではその要因として、都心へのアクセスの良さといった若年層が高く評価する項目に対して、高齢者が魅力を感じなくなることで利便性が高い物件に割高な家賃を払うことや、高い金額を支払って購入することへの誘因低下することが地価の下落につながっている可能性を示した。一方で東京 23 区においては、高齢化による所得の低下が地価の低下につながるという可能性は低いということも判明した。この議論を構成する前提の一つとして、高齢者は自分の死後における自宅の価値を考慮していないということが挙げられる。持ち家比率が多い地域では遺産として自宅子供に残す可能性が高いと仮定して検証をした結果、持ち家比率が高い地域では高齢化が地価の下落に与える影響がそうでない地域よりも低いことが判明した。

本研究では、所得や地価、利便性といった経済社会的特性を示すデータを地番レベルで構築した。図 64 から図 66 が示すように、同じ特別区内においても所得や年齢構成の分布は特色がある。これは、自治体が政策課題を把握するにあたって地理的に詳細なレベルのデータを整備することの必要性も示唆している。本研究では主に人的資本についてのデータ整備を進めたが、今後は航空写真をはじめとする画像データを利用した地域社会における自然資本や人工資本のデータ整備を進める予定である。さらに人的資本についても、人流データを利用することによってより精緻な所得動態、人口動態の把握と地域の活性化度合いを計測していく計画である。これによって、経済社会活動のより詳細な把握、地域に根差した政策課題の抽出と政策立案にも資することになると期待される。

なお、本研究の分析結果を参照し、高齢化が進んだ宮若市（福岡県）では自動運転による公共交通の効果検証など、高齢化対策による地域コミュニティの保護へとつながっている。

第5章　再生可能エネルギー導入に影響を与える要因について

第 1 節　研究の背景

再生可能エネルギーへの投資は、気候変動に対応したエネルギー供給の確保とエネルギーの自給を実現するために望ましい方法であることが示されている一方で、再生可能エネルギー施設による景観破壊、近隣の生態系への影響、騒音公害、設置コストの高さなどが挙げられている。これらの欠点は、一般の人々が再生可能エネルギー事業に否定的な意見を持つことにつながる可能性がある。地域社会からの再生可能エネルギー事業に対する抵抗は、NIMBY(Not in My Back Yard の頭文字をとったもの)現象として広く知られており、社会的対立や経済的損失につながる可能性がある。

再生可能エネルギー、炭素回収・貯蔵(CCS)、水素自動車などの持続可能なエネルギー技術を社会にうまく導入するためには、これらの技術が一般の人々に受け入れられる必要があり、技術の受容に影響を与える要因の決定に関する論文や調査は着実に増加している。地域住民の受容性は、再生可能エネルギー事業の実施可能性を左右する重要な要素であり、再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因についての理解を深めるための研究が増えてきている。しかし、先行研究の多くはアンケートデータのみを用いているため、社会的受容の構成要素が十分に理解されておらず、地理空間情報を考慮した詳細な分析が必要である。

本研究では、これまでの再生可能エネルギーの社会的受容の決定要因に関する先行研究で用いられてきた分析の枠組みを、地理情報システム(GIS)データを用いたアプローチで拡張した。日本における再生可能エネルギー(本研究では太陽光発電、風力発電、中小水力発電に焦点を当てている)の社会的受容の構成要素を、発電施設と周辺の人工物・自然環境などの空間情報を考慮して示した。本研究で提示された分析フレームワークにより、再生可能エネルギーの社会的受容性と各空間情報データとの関係の詳細を明らかにすることができ、科学的証拠に基づいた政策形成やプロジェクトの実施、地域福祉の向上につながることが期待される。

第 2 節　方法

データ

本研究では、既存の発電所(再生可能・非再生可能を問わず)データ、再生可能エネルギーのポテンシャルデータ、人的資本(HC)データ、自然資本(NC)データ、人工資本(PC)データの 2 つの大規模アンケートデータと様々な空間情報データを利用している。これらの空間情報を再生可能エネルギーの社会的受容性の分析に取り入れることで、先行研究で用いられてきた分析の枠組みを拡張し、より高解像度での社会的受容性を構成する要素の影響度を明らかにした。

WTP 調査データ

住民の再生可能エネルギーに対する WTP を評価し、WTP に影響を与える決定要因を明らかにするために、2019 年 2 月に Web アンケートを用いた全国調査を実施した。アンケートでは、回答者の居住地の近隣における太陽光発電、風力発電、中小水力発電の導入に対する WTP に加え、年齢、性別、世帯年収、教育年数、主観的幸福度などの個人属性を尋ねた。調査は 18 歳から 69 歳までの人を対象

に実施し、回答者の居住地は図 69 に示すように全国に分散している。合計 7、556 サンプルを収集した。世帯年収、教育年数、再生可能エネルギーごとの WTP に関する質問について、「その他」、「わからない」、「回答したくない」と回答した調査データを除外し、分析に使用したサンプル数は 3,813 となった。表 20 に、本調査で使用した調査から得られた変数の記述統計量を示す。世帯年収、教育年数、年齢のデータは、3。(1)で説明するように、回答者の HC を算出するために使用した。

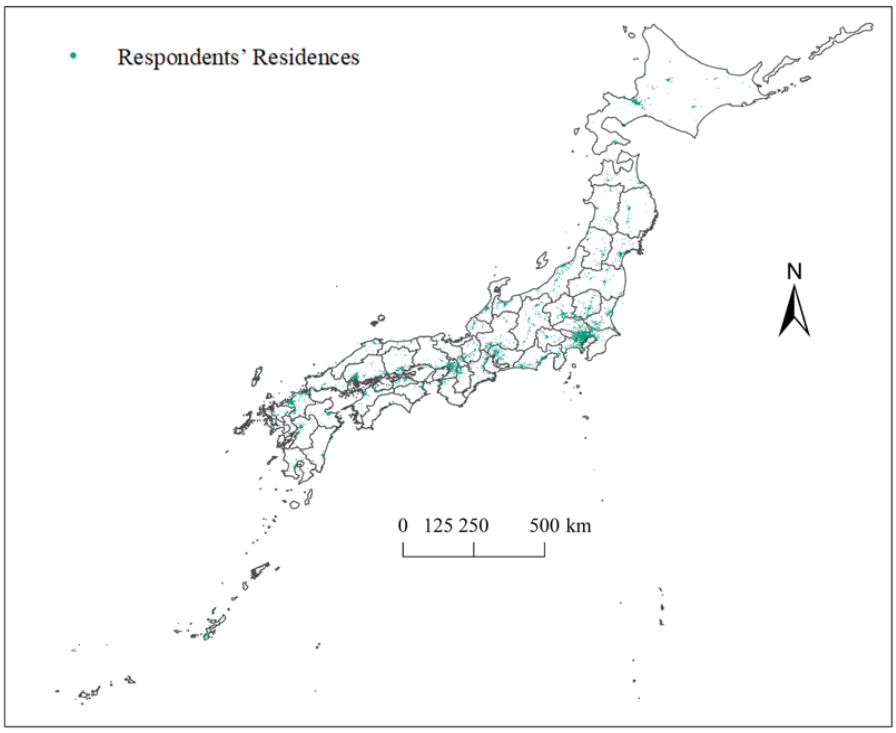


図 69 WTP 調査の回答者分布

表 20 WTP 調査から得られたデータの記述統計量

WTP 調査データ (N = 3813)

変数	平均	標準偏差	最小値	最大値
世帯収入	616.73	388.82	100	2500
教育年数	14.74	2.16	0	21
年齢	43.73	11.31	19	64
性別	0.56	0.50	0	1
主観的幸福度	3.57	0.98	1	5
WTP(太陽光発電)	786.01	1804.19	0	19500
WTP(風力発電)	754.69	1708.76	0	19500
WTP(中小水力発電)	768.45	1738.47	0	19500

国内既存発電所のデータ

住民の居住地に近い場所にある既存発電所の存在と視認性は、再生可能エネルギーに対する認識を交互に変化させる可能性がある。本研究では、既存発電所が各再生可能エネルギーの社会的受容性に与える影響を調べるため、2019 年 1 月までに日本国内に設置された再生可能・非再生可能エネルギー発電所を含む発電所の空間情報データを用いた。再生可能エネルギーについては、太陽光発電所(1MW 以上)、風力発電所(80kW 以上)、中小水力発電所(10MW 未満)のデータを用い、非再生可能エネルギーについては、火力発電所(1MW 以上、バイオマス混焼を含む、100%バイオマス専焼を除く)、原子力発電所、大規模水力発電所(10MW 以上)のデータを用いた。

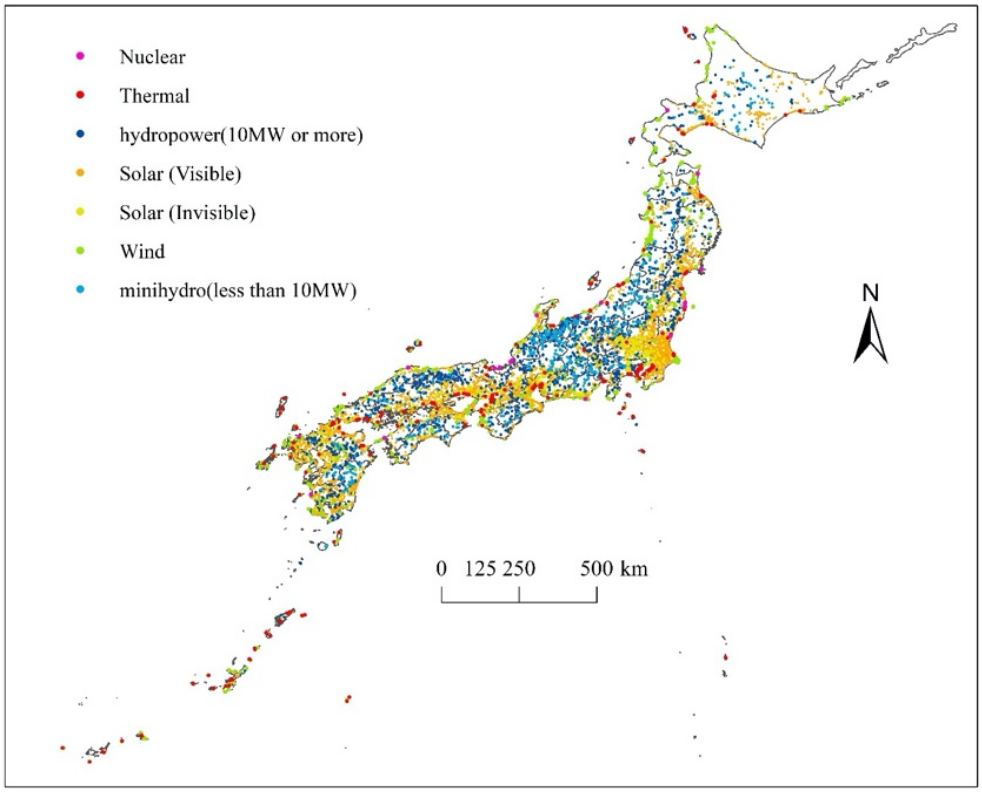


図 70 分析に用いた発電所の分布（提供：国立情報学研究所）

分析に使用した風力発電所数は 421 基、中小水力発電所数は 1、838 基、火力発電所数は 334 基、原子力発電所数は 17 基、中小水力発電所数は 550 基となっている。日本で最も多く設置されている太陽光発電所については、「視認性の高い太陽光発電所」と「視認性の低い(ビルや公共施設の屋上に設置されているものを含む)太陽光発電所」の 2 つに分類されている。この分類に基づき、低視認性太陽光発電所 758 基、高視認性太陽光発電所 6386 基を分析に使用した。これにより、第 2 節で述べた発電所の視認性の影響を調査することが可能となった。なお、家庭に設置されている小規模太陽光発電システムについては、その空間情報に関するデータの制限があるため、分析には含めていない。

人的資本、自然資本、人工資本に関するグリッドレベルのデータ

本研究では、 住民の HC(知識、適性、教育、技能など)、周辺の NC(森林、農地、河川・河口、

大気、海洋、土壌資源など)、PC(道路、建物、機械、設備など)の影響を調べるために、筆者らが構築した日本の HC、NC、PC データを用いる。HC、NC、PC データは、Inclusive Wealth Report 2018(Managi and Kumar、 2018)で提示された方法に準じて、NASA の衛星データを用いて 30m メッシュレベルで算出している(Bingqi et al.,2020) 図 71 は、本研究で使用した HC、NC、PC データの分布図である。

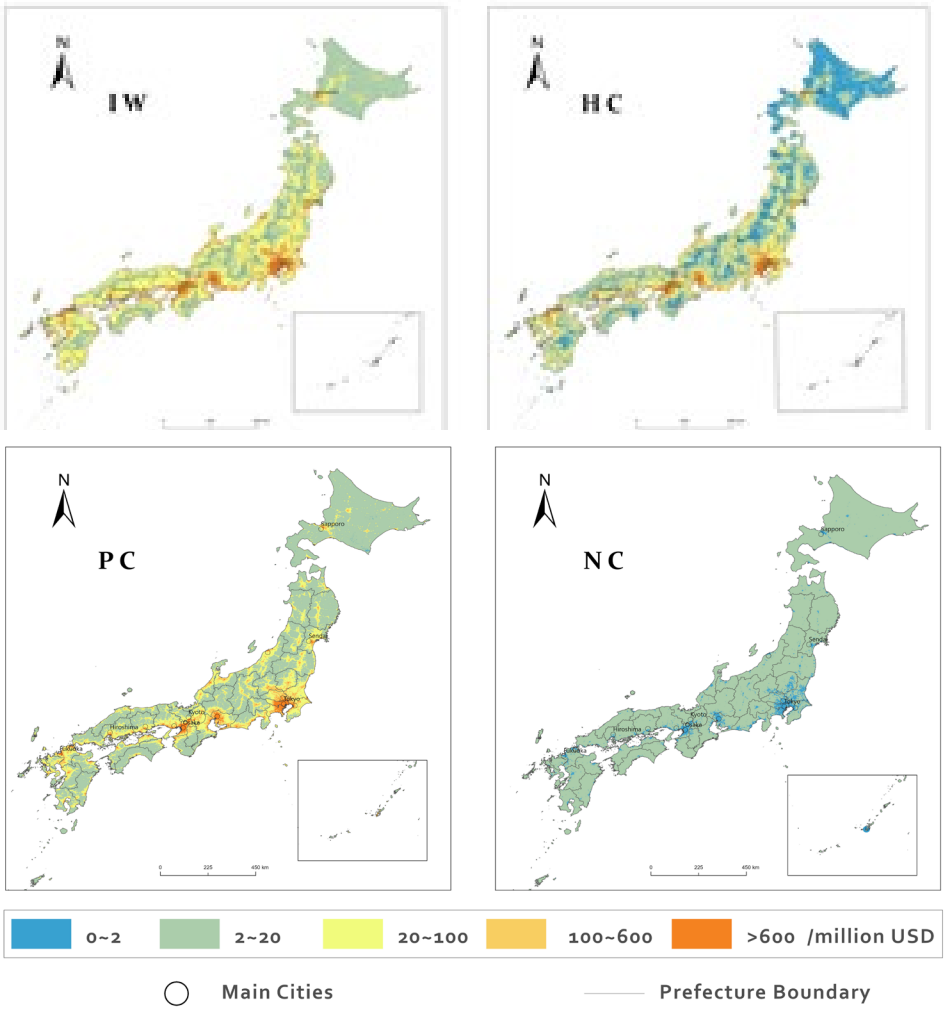


図 71 IW(左)、HC(上左)、PC(上右)、NC(右)のマップ

再生可能エネルギーポテンシャルデータ

各再生可能エネルギー資源の導入ポテンシャルのレベルが各資源の WTP にどのような影響を与えるかを調べるために、環境省(2017)の導入ポテンシャルデータを用いた。導入ポテンシャルの評価は、太陽光は 500m グリッドレベル、風力は 100m グリッドレベルで行った。中小水力については、全河川と灌漑システムを対象に評価を行った。いずれも自然条件(標高、最大傾斜など)と社会条件(自然公園、住宅からの距離など)を考慮した評価となっている。

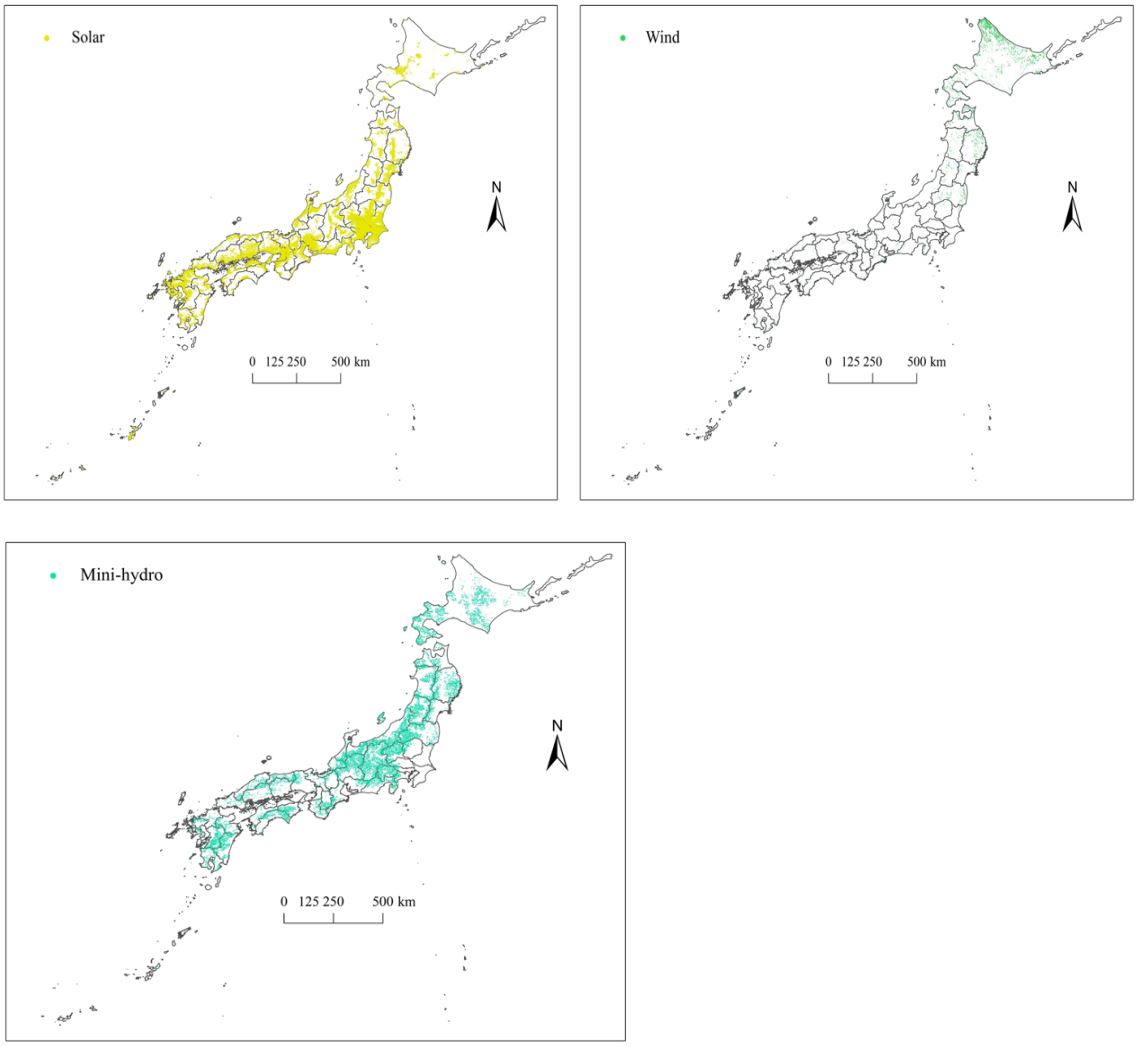


図 72 太陽光発電(左上)風力発電(右上)中小水力発電(下)の導入ポテンシャル

方法

再生可能エネルギーに対する WTP を社会的受容性の指標とした。まず、日本における再生可能エネルギーに対する WTP を評価するアンケート調査から得られたデータを用いて、既存発電所(再生可能・非再生可能を問わず)、再生可能エネルギーのポテンシャルデータ、人的資本データ、自然資本データ、人工資本データなどの空間情報データを ArcGIS ジオプロセシングを用いて 1km 四方グリッドに格納し、再生可能エネルギーに対する社会的受容性の決定要因の分析を行った。アンケートで得られた位置情報やその他のデータ(WTP、世帯年収、年齢、教育年数、主観的幸福度など)を空間情報と照合し、7,556 名の回答者のデータを合計 4,673 個の 1km 方形グリッドに格納した。

(1) 回答者人的資本の計算

C、NC、PC の空間情報を用いて、回答者 HC とその周辺の PC、NC の影響を調査した。アンケート回答者 HC の算出については、Arrow et al。(2012)が提案した方法に従う。(1)、 (2)、 (3)式に従って回答者 HC を算出した。

$$Hp = e^{(\rho * A)} \qquad (1)$$

ここで、Hp は回答者人的資本量、 ρ は金利＝0。085、A は教育年数である。

$$SPp = \int (0、T(t1))\ w(t1) * e^{(-\delta * t)}\ dt \quad (2)$$

ここで、SPp は回答者 HC の反映価格、T(t1)は現在(t1)から退職予定年までの年数、W(t1)は(t1)の世帯年収、δは割引率=0。085 である。回答者 HC は、回答者人的資本量に反映価格を乗じて、以下のように算出される。

$$HCp = Hp * SPp \qquad (3)$$

ここで、HCp は各回答者 HC である。

(2) 再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因

本研究では、まず、日本における再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因とその影響を明らかにするため、既存発電所、再生可能エネルギーポテンシャルデータ、HC データ、NC データ、PC データなどの各種空間情報データと、再生可能エネルギーに対する WTP、年齢、性別、教育年数、世帯年収などのアンケートデータを用いて、日本における再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因とその影響を分析した。太陽光発電、風力発電、中小水力発電の社会的受容性の決定要因とその影響を、以下のモデルを用いて分析した。

$$y = \alpha + \beta g * G + \beta h * H + \beta hc * HC + \beta pc * PC + \beta nc * NC + \beta t5 * T5 + \beta t10 * T10 + \beta n5 * N5 + \beta n30 * N30 + \beta w20 * W20 + \beta re * RE + \beta rp * RP + \mu + \varepsilon \quad (4)$$

ここで、G は性別を表す説明変数であり、女性であれば 0、男性であれば 1 である。つまり、(4)式の G の係数 βg は、性別による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。H は主観的幸福度を表す説明変数であり、5 を最高、1 を最低とし、 つまり、(4)式の H の係数 βh は、主観的幸福度による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。HC は回答者人的資本である。PC、NC は、各回答者居住地 1km 圏内の周辺人工資本、自然資本を表す説明変数である。HC、PC、NC は量的変数であり、 (4)式のこれらの変数の係数 βhc、βpc、βnc は、回答者 HC 、各回答者居住地周辺の PC、NC の大小による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。T5、T10 は、それぞれ各回答者居住地 5km 圏内、5km～10km 圏の火力発電所の存在を表す説明変数である。これらの変数の各圏内において、 1 は発電所があることを、0 は発電所がないことを意味する。つまり、(4)式の T5、T10 の係数βt5、βt10 は、火力発電所の存在による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。同様に、N5、N30 は、それぞれ 5km 圏内、5km～30km 圏の原子力発電所の存在を表す説明変数である。各圏内において、1 は発電所があることを、0 は発電所がないことを意味する。つまり、(4)式の N5、N30 の係数βn5、βn30 は、原子力発電所の存在による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。 W20 は、20km 圏内の大規模水力発電所の存在を表す説明変数である。1 は発電所があることを、0 は発電所がないことを意味する。つまり、(4)式の W20 の係数βw20 は、大規模水力発電所の存在による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。RE は、再生可能エネルギー発電所の存在を表す説明変数である。太陽光、風力、中小水力の各発電方式について、各回答者の既存発電所への近接度は、各再生可能エネルギー発電所の視覚的インパクトの違いを考慮して、太陽光は 3km 圏内と 3km～5km 圏、風力は 5km 圏内と 5km～10km 圏、中小水力は 5km 圏内と 5km～10km 圏の 2 つに分けている。各圏内において、1 は発電所があることを、0 は発電所がないことを意味する。つまり、(4)式の RE の係数βre は、既存再生可能エネルギー発電所の存在による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。同様に、RP は、各回答者の周辺地域における各再生可能エネルギーの導入ポテンシャル(P)の存在を表す説明変数である。環境省の評価データに基づき、1 は導入 P があることを、0 は導入 P がないことを意味する。 つまり、(4)式の RP の係数βrp は、各再生可能エネルギー発電所の導入 P の存在による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。

(3) 太陽光発電所の視認性が太陽光発電の WTP に与える影響

本研究では、太陽光発電所の視認性が太陽光発電の WTP に与える影響を調べるために、視認性の高い発電所と視認性の低い発電所に分類した太陽光発電データセットを用いて追加分析を行った。解析には以下のモデルを用いた。

$$y = \alpha + \beta g * G + \beta h * H + \beta hc * HC + \beta pc * PC + \beta nc * NC + \beta t5 * T5 + \beta t10 * T10 + \beta n5 * N5 + \beta n30 * N30 + \beta w20 * W20 + \beta vi * VI + \beta in * IN + \beta rpsolar * RPsolar + \mu + \varepsilon \quad (5)$$

ここで、G、H、HC、PC、NC、T5、T10、N5、N30、W20 は、(4)式で定義したものと同様であり、βg、βh、βhc、βpc、βnc、βt5、βt10、βn5、βn30、βw20 はそれぞれ係数である。VI は、3km 圏内に視認性の高い太陽光発電所の存在を表す説明変数である。1 は発電所があることを、0 は発電所がないことを意味する。βvi は VI の係数である。同様に、IN は、3km 圏内に視認性

の低い太陽光発電所の存在を表す説明変数である。 1は発電所があることを、0は発電所がないことを意味する。βin は IN の係数である。RPsolar は、(4)式で定義したのと同様に太陽光発電所の導入Pの存在を表し、βrpsolar は RPsolar の係数である。

表21 に、各再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因の分析に用いた変数の記述統計量を示す。

表 21 決定要因の分析に使用した変数の記述統計量

変数	平均	標準偏差	最小値	最大値
性別(男性=1, 女性=0)	0.56	0.50	0	1
主観的幸福度 (最大=5, 最小=1)	3.57	0.98	1	5
回答者 HC(M$)	1.85	1.44	0.0090	14.66
PC(B$)	1.55	2.24	0	14.23
NC(M$)	1.44	1.18	0	8.57
火力発電所(5km 圏内)	0.21	0.40	0	1
火力発電所(5km～10km)	0.26	0.44	0	1
原子力発電所(5km 圏内)	0.0018	0.043	0	1
原子力発電所(5km～30km)	0.034	0.18	0	1
大規模水力発電所 (10MW 以上)(20km 圏内)	0.35	0.48	0	1
太陽光発電所(視認)(3km)	0.38	0.49	0	1
太陽光発電所(視認) (3km～5km)	0.21	0.41	0	1
太陽光発電所 (非視認)(3km)	0.20	0.40	0	1
風力発電所(5km 圏内)	0.035	0.18	0	1
風力発電所(5km～10km)	0.15	0.36	0	1
中小水力発電所(5km 圏内)	0.35	0.48	0	1
中小水力発電所 (5km～10km)	0.32	0.47	0	1
太陽光発電導入 P (各グリッド)	0.99	0.076	0	1
風力発電導入 P(5km 圏内)	0.20	0.40	0	1
風力発電導入 P (5km～10km)	0.27	0.44	0	1
中小水力発電導入 P(5km 圏内)	0.34	0.47	0	1
中小水力発電導入 P(5～10km)	0.27	0.45	0	1
WTP(太陽光発電)(円)	786.01	1804.19	0	19500
WTP(風力発電)(円)	754.69	1708.76	0	19500
WTP(中小水力発電)(円)	768.45	1738.47	0	19500
N = 3,813				

結果

(1) 日本における再生可能エネルギーに対する社会的受容性の決定要因と視認性の影響

表 22 は、太陽光発電(視認のみ、視認と不視認)、風力発電、中小水力発電の社会的受容性の決定要因を分析した結果である。分析結果から導き出された議論は、(2)以降で提供する。

表 22 社会的受容性の決定要因の分析結果

変数	太陽光発電		風力発電	中小水力発電
	視認のみ	視認と非視認		
性別	85.87 (57.48)	85.73 (57.49)	77.51 (54.32)	68.51 (55.11)
主観的幸福度	131.32*** (28.10)	131.14*** (28.07)	123.95*** (26.43)	137.23*** (26.97)
回答者 HC(M$)	90.30*** (21.05)	90.34*** (21.04)	80.01*** (20.60)	80.14*** (20.83)
PC(B$)	-2.79 (18.29)	-1.79 (17.78)	11.66 (17.68)	-0.79 (18.26)
NC(M$)	74.60*** (27.78)	74.61*** (27.93)	56.05** (25.51)	55.14** (25.69)
火力発電所(5km 圏内)	-62.04 (69.13)	-63.24 (71.06)	-53.92 (62.61)	-63.28 (6667)
火力発電所(5km～10km)	164.04* (85.25)	163.95* (85.59)	175.91** (82.59)	118.81 (82.00)
原子力発電所(5km 圏内)	-580.07*** (217.82)	-579.82*** (218.49)	-541.77** (217.80)	-522.45** (208.84)
原子力発電所(5km～30km)	137.56 (177.24)	137.88 (177.33)	176.93 (177.35)	203.11 (186.52)
大規模水力発電所(20km 圏内)	82.11 (66.03)	81.62 (65.71)	108.38* (64.86)	84.79 (70.63)
太陽光発電所(視認)(3km 圏内)	-145.50** (73.10)	-138.48** (64.61)		
太陽光発電所(視認)(3km～5km)	-16.67 (86.39)			

太陽光発電所(非視認)(3km 圏内)		5.25 (72.62)		
太陽光発電導入P(各グリッド)	-43.94 (321.80)	-51.79 (320.81)		
風力発電所(5km圏内)			10.66 (156.63)	
風力発電所(5km～10km)			-63.40 (75.70)	
風力発電導入P(5km 圏内)			21.28 (81.82)	
風力発電導入P(5km～10km)			-36.23 (67.89)	
中小水力発電所(5km 圏内)				102.48 (75.88)
中小水力発電所(5～10km)				50.48 (71.65)
中小水力発電導入P(5km 圏内)				-56.40 (85.06)
中小水力発電導入P5km～10km)				-93.03 (74.50)
定数項	39.08 (344.48)	39.11 (344.40)	-41.53 (13025)	-47.74 (139.60)
F 値	F(13,3799)	F(13,3799)	F(14,3798)	F(14,3798)
Ho:β=0	4.09	4.09	4.03	4.07
P 値	0.00	0.00	0.00	0.00
N	3,813	3,813	3,813	3,813
決定係数	0.018	0.018	0.017	0.017

注：標準偏差は括弧内に示す.***p<0.01,**p<0.05,*p<0.1

(2) 人的資本、自然資本、人工資本の影響

周辺の PC(道路、建物、機械、設備など)、NC(森林、農地、河川・河口、大気、海洋、土壌下層資源など)、回答者 HC(知識、適性、教育、技能など)の影響を分析した結果、2 つの興味深い特徴が見られた。第一に、回答者の HC は、いずれの分析においても有意な正の影響を与えている。その結果、回答者 HC が 100 万ドル増加することで、太陽光発電の WTP が 90 円、風力発電が 80 円、中小水力発電が 80 円増加することが示された。(1)で示すように、HC は年齢が若く、教育年数が

長く、年収が高いほど増加し、先行研究の結果と一致する。また、いずれの分析においても、周辺の NC が社会的受容性に有意な正の影響を与えることを示している。NC が 1 百万ドル増加すると、太陽光発電の WTP は 75 円、風力発電は 56 円、中小水力発電は 55 円増加する。PC については、統計的に有意な影響は見られなかった。各再生可能エネルギーに対する WTP に NC がプラスの影響を与えていることから、豊かな NC に囲まれた住民は、自然環境の維持を全般的に好む傾向があり、持続可能なエネルギー資源を利用した発電所の開発にポジティブ な感情を持っていることが示唆される。

(3) 太陽光発電に対する NIMBY 現象

居住地の近く(3km 圏内)に太陽光発電所が存在することが、太陽光発電に対する社会的受容性にネガティブな影響を与えていることがわかった。しかし、居住地から 3～5km 圏にある 1MW 以上の太陽光発電所の存在は、WTP に統計的に有意な影響を及ぼさなかった。また、風力発電所と中小水力発電所は、それぞれ居住地の近くに設置されていても、風力発電と中小水力発電に対する社会的受容性には統計的に有意な影響を与えなかった。これらの結果は、再生可能技術の種類の違いが再生可能エネルギーの社会的受容性に影響を与えることを示している。3km 圏内にある太陽光発電所のみが太陽光発電に対する WTP に強く統計的に有意な影響を与えていることから、日本における太陽光発電に対する NIMBY 現象の存在を示唆していると考えられる。日本では、2012 年の FIT 政策導入以降、再生可能エネルギーの導入が急速に広まり、その大部分が太陽光発電所であった。日本は太陽光発電の導入容量でトップ 3 ヶ国の一つとなった。一方、風力発電や中小水力発電所の導入状況は太陽光発電に比べて低い。太陽光発電所の急速な普及は、良いニュースばかりではなかった。地域性を無視した太陽光発電所の建設、違法な開発、景観破壊、火災リスクの増大などが取り上げられ、太陽光発電に対するネガティブなイメージが日本人に根付いた可能性がある。

(4) 非視認性の価値

視認性の低い(ビルや公共施設の屋上などに設置されている)太陽光発電所(容量 1MW 以上)の存在は、太陽光発電の社会的受容性に影響を与えない一方で、視認性の高い発電所は太陽光発電の社会的受容性に強くネガティブな影響を与えていることがわかった。この結果から、ビルや公共施設の屋上などの高い場所に設置するなど、太陽光発電所を目につかないように設置することが、事業地域の住民の社会福祉の向上に適していることが示唆された。この結果は、NIMBY 現象や再生可能エネルギー電源の社会的受容性への視覚的影響に焦点を当てた更なる研究の重要性を浮き彫りにしている。

(5) 原子力発電と再生可能エネルギー

原発から 5km 圏内の住民は、すべての分析において再生可能エネルギーの WTP の有意な低下を示した。一方、原発から 5～30km 圏内の地域では、統計的に有意な影響は見られなかった。原発周辺の住民は、原発による雇用創出や公的補助金による地域経済の活性化などのプラスの影響を

受けている可能性が高い。一方で、原発に近いことによる災害リスクなどのマイナスの影響も受けている。原発から 5km 圏内の住民の判断は、これらのプラスの影響を再生可能エネルギーの WTP に反映させている可能性がある。原発から 5～30km 圏内の住民は、ポジティブな影響を受けず、災害リスクの増加などのネガティブな影響を受ける可能性が高い。

(6) 火力発電と再生可能エネルギー

住まいから 5～10km 圏内にある 1MW 以上の火力発電所は、再生可能エネルギーの WTP に有意な正の影響を示した。一方、火力発電所から 5km 圏内にある発電所は、再生可能エネルギーの WTP に統計的に有意な影響を与えなかった。これは、火力発電所周辺の住民は雇用の創出や地域の活性化にプラスの影響を与えている一方で、火力発電所は大気汚染や景観の阻害などにマイナスの影響を与えている可能性があることが考えられる。火力発電所から 5～10km 圏内の地域では、マイナスの影響がプラスの影響を大きく上回り、再生可能エネルギーの WTP に反映されている一方、火力発電所から 5km 圏内の住民では、火力発電所のプラスの影響とマイナスの影響が相殺されていると考察される。

まとめ

本研究では、再生可能エネルギーに対する社会的受容性の理解を深め、日本における再生可能エネルギーに対する社会的受容性の状況を推定することを目的としている。日本における太陽光・風力・中小水力に対する社会的受容性の決定要因の分析及び太陽光発電に対する社会的受容性に及ぼす発電所の視認性の影響の分析を、大規模調査データと様々な空間情報を用いて実施した。本研究では、既存の再生可能・非再生可能エネルギー発電所の系統情報、自然資本、人工資本、再生可能エネルギーの導入ポテンシャルなどの空間情報を統合することで、年齢、性別、教育年数、世帯収入などの回答者の属性に加え、既存の再生可能・非再生可能エネルギー発電所への近接性、自然資本の豊富さなどが、再生可能エネルギーに対する社会的受容性に大きく影響することを明らかにした。また、既存の再生可能エネルギー発電所の視認性にも注目し、回答者の居住地から 3km 圏内の視認性の高い太陽光発電所(例：地上設置型)は支払意思にマイナスの影響を与える一方、視認性の低い太陽光発電所(例：高層ビルの屋上に設置)は支払意思にマイナスの影響を与えないことが示された。

本研究の結果は、日本における太陽光発電に対する NIMBY 現象の潜在的な存在を浮き彫りにし、再生可能エネルギー発電所の開発における地域の社会福祉を高めるための方向性を示唆するものである。

第 6 章　まとめと環境政策への貢献

第 1 章では、自治体における新国富指標の調査結果と、それが自治体の施策に反映された事例について報告した。一昨年度、社会関係資本に着目した調査が実施された宮若市においても、調査結果を踏まえ、今後ふるさと納税を用いた行政機能の強化、新事業の実施を行う方針が示されている。また、これまでに調査を行ってきた福岡県久山町では新国富の増加を目指した政策を目指すことを宣言した。本調査・分析で実施された社会関係資本の金銭価値化は、新国富指標の自治体での活用を進めるうえで重要な視角となる。

本年度は直方市（福岡県）において、新国富のアンケート調査・分析を行い、それに基づき同市では総合計画基本構想を策定した。第6次直方市総合計画には「地域の豊かさを評価する新たな指標として、「新国富指標」を導入します」と記された。このように、社会関係資本など各自治体の特色に合わせた詳細な調査を実施し、その地域に存在する自然資本・人的資本・人工資本を柱とした富を新国富指標として正確に計測することは自治体関係者にとっても有益な情報であり参考となる。これに基づき自治体におけるSDGｓの達成に向けた施策を立案し、さらにその計画が適切に運用されているか否かの経過を継続的にモニタリング・評価することで、より良い環境政策の形成に反映していくための明確なステップを築くことができる。

また、能美市（石川県）や中間市（福岡県）でも自然資本はじめとした包括的な富の向上を目指し、新国富が導入される。能美市は「令和2年度SDGs未来都市」に選定され、その中の取組みの一つとして、能美市のまちづくりの持続可能を測る指標として「新国富指標」を活用することとしている。本年8月にSDGｓの理念に基づいた地域社会の発展に向け相互連携協定を締結した。また、中間市とは本年12月に「新国富指標」を活用したまちづくりに関する連携協定を締結し、環境の保全、福祉の充実、経済の振興等に寄与することを目指す。同市には国内最大の家庭向けディスポーザーなど環境配慮に資する企業があり、令和３年度に実証実験を行うこととなった。

特色ある地域の現状に即し、行政サービスや地域の自然・伝統などの資源、または人や地域のつながり等、いわゆる社会関係資本も考慮した新国富指標の評価を行う予定である。

第 2 章では、複数の出所からのデータ、地理的手法、新国富のフレームワークを総合的に活用し、複数年にわたる精度の高い富のデータセットを初めて作成した。本章では、このグリッド型の富のデータセットに支えられ、日本の富の時空的動向の多重スケール分析を実施し、富の空間的格差とその分解因子を調べている。その結果は、地域の持続可能性の評価が空間的スケールに依存することを示し、富の分布、成長、そして格差を解明している。

一方で、本研究は、グリッド・セルのレベルの推計により、日本の新国富の分布と関連性の理解を深め、人口の減少と地方からの流出で持続可能性に課題があることも明らかにした。他方、より粗いスケールの計測では検知できない興味深いパターンをいくつか浮き彫りにした。それは以下である。

1)　　国全体としては持続可能性を維持しているものの、特定の地域では、2000～2015 年の間に新国富が減少している。そして、基本ユニットが小さいほど持続不能な地域の割合が増えていた。

2)　　全国レベルで見ると、教育の向上が富の成長の主因になっている。支配的な成長要因

は空間的に多様である。都市部からの遠隔地における新国富の減少は、持続不可能を示唆するが、これは天然資源の枯渇と人口減が要因である。

こういった結果は新国富による持続可能性の計測では、スケールの大小の影響があることを示している。例えば、人口が少ないなどの理由で富が少ない地域へも他の都市部の富によって補完されるといった空間的な富の補填は、国のレベルになるまで行われず、約 1/8 の県で新国富が減少している。

また、地域間の富の格差の計量の結果、豊かな地域が貧しい地域より高い成長を遂げていることが分かった。この結果は、東京への一極集中を裏付けたが、これは 2000 年以降、国富に占める東京のシェア上昇が続いたためである。これは、東京への一方的な集積という日本の重要な政策課題を浮き彫りにする。富の成長率と密度の関係は、右肩上がりで、新国富密度の高い地域ほど、富の成長率が高まる。これに比べ中国では、富の成長率と密度の関係が逆 U 字型となり、これは中国の都市の発展が国策でコントロールされるためと考えられる。

第 3 章では、新型コロナウィルス（COVID-19）対策によるロックダウンの大気への排出物の影響について、NO2 と CO2 で、2020 年 1～4 月のデータを用いて分析した。

NO2 については、NASA TROPOMI データ、世界保健機関、世界銀行のデータから、ロックダウンによる NO2 削減の健康の経済的利益に焦点を当てた。

その結果、世界規模の健康利益の増加が確認され、多くの場合、早期のロックダウンとその強化により、世界規模の健康利益は増加すると言える。本研究において、世界規模の健康利益が、1 月に 4 兆 1400 億米ドル、4 月に 5 兆 3400 億米ドル、そして 7 月に 8 兆 7300 億米ドルであることを示している。利益の伸びが大きいということは大きな利益を得たことと同じであり、早期封鎖の重要性が再確認された。2019 年の世界 GDP が 87 兆 7000 億ドル(世界銀行)であることから、7 月の利益は世界の GDP の約 10%を占めると推定できる。NO_2 が減少した一方でオゾンは国・期間により増加(たとえば中国・2 月)したことが報告されている。NO_2 は汚染物質全体の指標である。エアロゾル(PM10、地表の PM2.5)、オゾン、有機化合物のような他の汚染物質を含めることで、より実りある示唆が得られるだろう。

CO_2 については、CO_2 排出量の減少について調査した。次に、CO_2 削減に伴う金銭的利益に換算した。気候変動の潜在的費用と同様に CO_2 の経済的利益を理解することで、政策立案者はパンデミックが環境に及ぼす影響を考慮し、政策の立案過程で市場以外の結果を考慮することができるようになる。CO_2 排出量のデータは、急速に変化することと、計測の複雑さから、過去のデータで推定することでは不十分である。そこで、年間および国レベルのデータの弱点を補うため、シナリオ分析による予測排出量データを使用せず、リアルタイムの衛星観測を使用した。推計結果によると、2019 年の CO_2 増加量は 216,293.18 トン/km^2 であるのに対し、2020 年は 165,747.7 トン/km^2 となり、50,545.51 トン/km^2 の減少となった。これから算出された利益は 1 兆 7000 億米ドルであり、これは本研究が対象とする 2020 年 1～4 月の 4 か月間の GDP の 5.8%である。本研究では、各都市の増加量がロックダウンのタイミングに依存していると仮定した。その結果、北京が、例えば東京(16.51 トン/km^2)のような他の都市よりも利益が高くなっていることが示された。この現

象は、ロックダウンの開始日とその厳格さに密接に関係している。北京のロックダウンは東京よりもかなり早期(2020 年 1 月ごろ)に開始され、新型コロナウィルスの発生が始まった武漢を含む大都市(省)に適用された。欧州諸国は、アフリカ、オセアニア、北米の都市よりも全般的に、早期の厳重なロックダウンを開始しており、アジアや米国と比較して、他の大陸よりも高い利益(オーストラリアなど)を示している。前例のない経済活動の縮減は、世界の CO_2 排出量の記録上最も大幅な、単年度での削減につながる可能性が高い。従って、このような削減を算出することは、早期のロックダウン実施がより高い CO_2 削減をもたらし、結果として、より高い利益をもたらすという仮説を支持している。新型コロナウィルスのパンデミック期間中の CO_2 排出量削減率は約 38%となり、他の研究での観測より高いことが確認された。症例や死亡を防止し、排出量を削減する上で早期のロックダウン実施が望ましいことは明確に理解できる。しかし、ロックダウンを開始すれば経済的ダメージを受けることになる。したがって政府は、費用と利益を慎重に検討した上で、ロックダウンの時期と強度を決定すべきであるといえる。

第 4 章では、社会課題である高齢化率、教育、所得など人的資本の格差と地域の価値の関係について、国や州単位での分析では明かされていない差異を、番地単位という詳細なレベルで分析・検証した。地域社会における年齢構成の変化は、それぞれの地域の経済活動や活力といった地域の価値とどのように関係するのかについての分析である。

高齢者における住宅との関係について「所得の低下によって地価が高い地域の物件を購入できなくなる」「選好の変化」といった仮説をたてた。1 つ目の仮説については、東京 23 区の地番レベルでの地価公示価格と所得構成、年齢構成のデータをもとにパネルデータを構築し、2 つ目の仮説については勢調査と住宅土地統計調査をもとに作成された地番別の所得データと、各地番から中心市街地への距離をもとに作成した CBD という指標を用いた。分析の結果、居住地域においては高齢化と地価に負の相関があることが明らかになった。また、回帰分析を行った結果、高齢化と地価に負の相関があることが明らかになった。さらに、所得と地域の利便性が地価に与える影響も大きいことが分かった。

高齢者は中心市街地へのアクセスが良いという利便性を享受する必要がないため、地価の低い地域を選択した、あるいは逆に若年層が利便性の良い地域に高いコストを払って居住を選択していると考えることが出来る。さらに、持ち家比率が高い地域において高齢化が地価に与える影響を検証した結果、持ち家比率が高い地域において高齢化が地価に与える影響が緩和されているということが伺われた。高齢化の進展は地価の下落と正の相関を示していることが分かった。さらに本研究ではその要因として、都心へのアクセスの良さといった若年層が高く評価する項目に対して、高齢者が魅力を感じなくなることで物件への支払い許容額が低下することが地価の低下につながっている可能性を示した。一方で東京 23 区においては、高齢化による所得の低下が地価の低下につながるという可能性は低いということも判明した。

第 5 章では、再生可能エネルギーの社会的受容性への影響要因を評価する既存研究の枠組を、分析に空間情報（地理情報システム(GIS)データを用いたアプローチ）を取り入れることによって拡張した。データとしては、既存の発電所(再生可能・非再生可能を問わず)データ、再生

可能エネルギーのポテンシャルデータ、人的資本(HC)データ、自然資本(NC)データ、人工資本(PC)データの 2 つの大規模アンケートデータと様々な空間情報データを用いた。

既存研究でこれまでその影響を見ることができていなかった発電所、自然資本、人工資本、再生可能エネルギーの導入ポテンシャルの空間情報を分析に統合した結果、発電所の近接性、居住地周辺の自然の豊富さが、再生可能エネルギーに対する支払意思に影響することが示された。また、視認しやすい近接の太陽光発電所が社会的受容性にマイナスの影響を与える一方で、視認しにくいもの(建物屋上など)は社会的受容性に影響を与えないことが示された。本研究は、空間情報を統合し、仮想評価法を用いて再生可能エネルギーの社会的受容性への影響要因を分析した始めての研究であり、特に発電施設の存在や発電所の視認性が社会的受容性にどのように影響を与えるかを示すことで、新たな知見を提供するものである。

環境政策への貢献

令和 2 年 12 月に行われた成長戦略会議にて決定された「実行計画」において「2050 年カーボンニュートラルに向けたグリーン成長戦略」では、情報公開について「環境要因を考慮した統計(グリーン GDP など)」が盛り込まれている。この「実行計画」で言われる「グリーン GDP」も新国富の一環であり、これは大きな貢献といえる。ちなみに、英国政府は本年 4 月に、生物多様性の価値について、新国富指標を用い今後数十年の経済成長の見通しに対する生物多様性の損失の影響を調査し、人間が自然とどのように関わるかの持続可能性を検討しようする報告書「ダスグプタ・レビュー：生物多様性の経済学 中間報告書」を発行している。

また令和 2 年 12 月にロンドンで行われた IPCC と IPBES の会合において、本研究代表者のプレナリースピーチにおいて、自然資本はじめとするこれまで経済的な価値として認められなかったものの重要性を指摘した。同月ワシントンで行われた The National Academies of Sciences の招待講演においても同様の指摘をし、持続可能性を測る唯一でありベストな手法として新国富指標があることに合意を得ている。

中央環境審議会「第五次環境基本計画」において、地域における自然資本・人工資本・人的資本を持続可能な形で最大限に活用し、地域内における環境配慮型の投資・消費を活発化させていくことが重要とされている中で、特色ある地域の現状に即した新国富指標の評価も重要であり、本調査・分析で実施された社会関係資本の金銭価値化は、新国富指標の自治体での活用を進めるうえで重要な視角となる。

自治体においては、本研究で調査・分析を行って得た、それぞれの自治体の特色を生かした新国富の増加を目指した施策が具体的に実施されている。

これまで、福岡県久山町では新国富の増加を目指した政策を目指すことを宣言し、「第 2 期久山町まち・ひと・しごと創生　人口ビジョン・総合戦略」では施策「SDGs を原動力とした地方創生を推進する」ための具体的なアクションプランとして新国富を活用し、「SDG s の取り組みへの効果を数値化するつうーるとして新国富指標を活用し、自然、健康、教育等の資本向上に向けた取り組みの選択と集中を行う手段の一つとして活用します」とうたっている。そして新国富指標の向上を基準値（2020 年）2825.3 億円から目標値（2024 年）3%増加を設定した。社会関係資本に着目した調査が実施された宮若市（福岡県）においても、調査結果を踏まえ、今後ふるさと納税

を用いた行政機能の強化、新事業の実施を行う方針が示されている。また、直方市（福岡県）においては、企画経営課と連携し、第 6 次直方市総合計画に「地域の豊かさを評価する新たな指標として、「新国富指標」を導入します」と記されている。具体的な施策における指標化も検討されているところである。

さらに、能美市（石川県）、中間市（福岡県）においても連携協定が締結された。今後、新国富の調査することが予定されている。

表 23 各自治体の新国富指標の活用一覧

自治体	協定締結年	取り組み内容
久山町（福岡県）	2017年（2020年更新）	新国富指標の活用による新規予算策定、総合戦略策定、九州電力との包括連携協定（2018年）のもとでの地域・社会の課題解決に向けた取り組み
宮若市（福岡県）	2018年	新国富指標の活用による新規事業実施、総合戦略策定
直方市（福岡県）	2019年	新国富指標の活用による総合計画の策定
能美市（石川県）	2020年	SDG s 未来都市の選定のまちづくりにおける新国富指標の活用
中間市（福岡県）	2020年	新国富指標の活用による環境の保全、福祉の充実、経済の振興等への寄与

このように、自然資本を含む社会関係資本など、各自治体の特色に合わせた詳細な調査を実施し、その地域の富を新国富指標として正確に計測することは自治体関係者にとっても参考になると考えられる。この指標はグローバルレベルから地域レベルまで、持続可能性を測るための手法として活用できる。

ただし、単純な新国富指標の増加だけを目指すのは一面的な指標の用い方であるため、環境面（自然資本、再生可能エネルギーなど）がどれだけ損なわれ、また適切に利用されているか否かという側面については、より良い環境政策の形成に向けて経過を継続的に評価・モニタリングし、政策形成に反映していくことが重要な課題の一つであると言える。

本研究において、日本国内の新国富指標を用い推計した結果、都市への富の偏りが示された。国内の地域間格差を縮小させるための政策が最優先課題となることが示唆された。

新国富の推計において、測量対象のスケールを変えることで、持続可能性が異なる。日本では新国富が偏在し国全体のレベルになるまで補填が行われず、約 1/8 の県で新国富が減少している。地域の問題を認識するうえで、政府では、国全体や県レベルの持続可能性の有無が重要である一方、地方自治体では、より細かいスケールが意味を持つ。持続可能性において、それぞれのレベ

ルに着目し施策に生かすための洞察を得ることができると考えられる。

また、新国富の豊かな地域が貧しい地域より高い成長を遂げている。本研究において東京への一極集中を裏付けたが、これは 2000 年以降、国富に占める東京のシェア上昇が続いたためである。東京への資本集中が続くとともに、遠隔県の人口の減少や流出が富の格差を広げている。このトレンドを抑えることが日本の地域間格差縮小政策の最優先課題と考えるべきだろう。

令和 2 年の特筆すべきことである COVID-19 の影響について、NO2、CO2 の推移から、その健康被害、気候変動対策についての便益の推計から、政策の指針や洞察を提供することに貢献した。いずれも低減されていることから、フォローアップ政策としては、排出削減を維持し続けることが望まれる。例えば、テレワークを促進するなどの行動変化を利用することで、輸送や電力需要による排出を削減できる。政府は、化石燃料から低炭素技術への移行を効果的に監視し、緩和するための直接的な資金提供を検討できる。また、人々がロックダウンに従う意思を高める目的で、公衆に対してロックダウンのポジティブな側面の周知を続けることである。社会的距離、自宅隔離、学校閉鎖、隔離などの行動は、世界的な死亡率を下げるだけでなく、GDP の損失を防ぎ(Yoo and Managi, 2020)、CO_2排出量を削減するためにも不可欠である。この場合、利益を最大化し、症例数や死亡数を緩和するためには、社会的距離の維持の遵守をさらに強化することが必要である。

また、本研究から得られた知見によれば、症例や死亡を防止し、排出量を削減する上で早期のロックダウン実施が望ましいことが理解できる。しかし、ロックダウンを開始すれば経済的ダメージを受けることになる。従って政府は、費用と利益を慎重に検討した上で、ロックダウンの時期と強度を決定すべきである。

社会課題である高齢化と地域の価値の関係について番地単位という詳細なレベルでの東京 23 区についての分析から、同じ区内においても所得や年齢構成の分布は特色があることが分かった。これは、自治体が政策課題を把握するにあたって地理的に詳細なレベルのデータを整備することの必要性も示唆している。本研究で使用したデータに加え、さらに自然資本や人工資本のデータ整備、さらに人の移動動態などの経時的変化のデータを加えることで、同じ特別区内においても所得や年齢構成の分布は特色をより精緻に把握が可能となる。政策課題を把握するにあたって地理的に詳細なレベルのデータを整備することが必要だろう。

日本における再生可能エネルギーに対する社会的受容性の状況を推定した研究からは、再生可能エネルギーの社会的受容性と各空間情報データとの関係の詳細を明らかにすることができ、科学的証拠に基づいた政策形成やプロジェクトの実施、地域福祉の向上につながることが期待される。また、日本における太陽光発電に対する NIMBY (Not in my backyard) 現象の潜在的な存在を浮き彫りにし、再生可能エネルギー発電所の開発における地域の社会福祉を高めるための方向性が示唆された。

5. 今後の研究計画

新国富指標（Inclusive Wealth Index）は、持続性の計測指標として広く採用されている。下記は、全米科学アカデミー（National Academy of Sciences ； NAS：1863 年設立)、全米技術アカデミー(National Academy of Engineering ； NAE:1964 年設立)、全米医学アカデミー(National Academy of Medicine ； NAM ： 1970 年設立）の持続可能性研究に関するワークショップのプログラムを示しており、これらの研究は新国富指標に基づいて分析されている。このように、持続可能性の計測は、新国富指標で統一されていることが分かる。

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (United States)
Progress, Challenges, and Opportunities for Sustainability Science: A Workshop
Monday, November 30, 2020 (8:00 - 11:45 am EST)

Welcome Remarks (8:00 - 8:05 am EST)
Marcia McNutt (President, National Academy of Sciences (NAS))

Framing Remarks (8:05 - 8:30 am EST)
Pamela Matson (NAS, Stanford University, workshop co-chair) and
William Clark (NAS, Harvard University, workshop co-chair)

Panel I: Measuring Progress Toward Sustainable Development
Moderator: Stephen Polasky (NAS), University of Minnesota
Panelists:
- Shunsuke Managi, Kyushu University Measuring sustainable progress: global outlook
- Eli Fenichel, Yale University What to measure, not how to measure it
- Marshall Burke, Stanford University Using satellite imagery to understand and promote sustainable development
- Elena Irwin, Ohio State University Downscaling sustainability theory and measurement to subnational regional scales: Conceptual and empirical challenges
Discussant: Catherine Kling (NAS), Cornell University

今後の研究においては、『新国富指標に様々な指標を追加し多角的に政策を評価可能なダッシュボードの構築』を目指す。これまで推計を行なってきた新国富指標に加えて、他者への思いやりや信頼、格差という指標を追加し、そのうえで、市町村レベルでのダッシュボードを構築する。具体的には、OECD の Better Life Index の市区町村版実現を目指す。まず、OECD の Better Life Index について説明する。

【背景】

GDPを経済的幸福の基準として利用するには問題がある。こうした問題意識から2008年にニコラ・サルコジ仏大統領が経済学者のジョセフ・E・スティグリッツ、アマルティア・セン（共にノーベル経済学賞受賞者)、ジャン-ポール・フィトゥシ三氏に呼びかけて設立したのが、「経済成果と社会進歩の計測に関する委員会（the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress、以下スティグリッツ委員会）である。

スティグリッツ委員会の問題意識、現在の我々の行動を変えるためには、経済実績を測定する方法そのものを変更しなければならないということである。「何を測るかということが，我々の行動を決める。測る対象を間違えれば、行動も誤る。また測定対象から外れたものは，問題として存在しないことになってしまう。」(Stiglitz et al. 2018a, p.13)GDPで測れないために無視されてきた問題の最たるものが，不平等の拡大と環境問題である。

スティグリッツ委員会は金融危機が始まる前に設立されたが、金融危機とその後の影響によって同委員会が提唱する尺度変更の必要性が浮き彫りになった。GDPは、金融危機が目前に迫っているという警告を与えることができなかった。また金融危機後にGDPに基づいた経済予測では、不景気はすぐに終わったと判断された。しかし、実際にはその後も不景気だけでなく様々な悪影響が長期にわたって続き、その間にGDPでは捉えられない「目に見えない資本(hidden capital)」が失われた。特に失業者の増加、特に若者が就職できなかったために人材育成の機会が失われたこと、社会経済システムに対する人々の信頼が失われたことが、その後の健全な社会の構築に深刻な影響を及ぼしている(Stiglitz et al. 2018a)。

スティグリッツ委員会が 2009 年に発表した報告書 (Stiglitz et al. 2009)は、複雑な社会の全体像を単一の指標で捉えることはできないとして、複数の指標を「ダッシュボード (指標群・計器盤)」にして示すことを提案した。 このダッシュボードに入れるべき指標を決める議論こそが、重要である。そして、実際に政府主導で統計尺度を検討し、幸福度指標を政策過程に取り入れるようになった他、多くの市民団体も尺度や測定システムの変更について意見を表明するようになった。

スティグリッツ委員会は、生活の質を測るアプローチとして次の三点を提示した。

1. 主観的幸福の測定：生活の質の様々な主観的次元とそれらを形成する客観的要素とを区別する。主観的諸次元には、大きく分けて自分の生活全般や家族、仕事、経済状況に対する評価という面と、喜び、苦痛、怒りといった感情の側面がある。主観的幸福を測ることで生活の質の決定要因を個人レベルで把握することができる。
2. ケイパビリティ・アプローチ：人々の生活を様々な行動とあり方と、その中からの選択との自由な組み合わせだとする考え方。自分の価値観に従って生きるために必要な人生の機会や選択肢を拡大する因子（健康、教育、所得など） を反映する測定方法を提案する。
3. 配分の公正さの測定：生活の質の様々な非金銭的側面に、人々の選好を尊重する方法で重み付けをする。人々の現状と選好をどのように把握するかという課題があるが、これによって一部の富裕者の好みだけが社会に反映されるのを避けることができる。

主観的幸福度は、人々の主観を測るのに対して、ケイパビリティ・アプローチと配分の公正さ

は人々の客観的条件と彼らが入手できる機会に注目している。客観的条件には、健康、教育、社会的つながり、環境、生活の安全性、経済的不安などが含まれる。これらのアプローチを踏まえて作られた枠組みが、OECD の Better Life Index である。

【OECD による幸福度測定アプローチ：Better Life Index】

OECD の“Better Life Initiative”は、スティグリッツ委員会の提言を受けて 2011 年に始まった。このイニシアチブによって開発された幸福度指標、Better Life Index には、「現在の幸福」を形成する側面と、「現在と未来の幸福を支える資源」が含まれ、現在の幸福を形成する側面は「生活の質」に関わる 8 項目と、「物質的な生活条件」に関わる 3 項目に分けられている（図 73)。

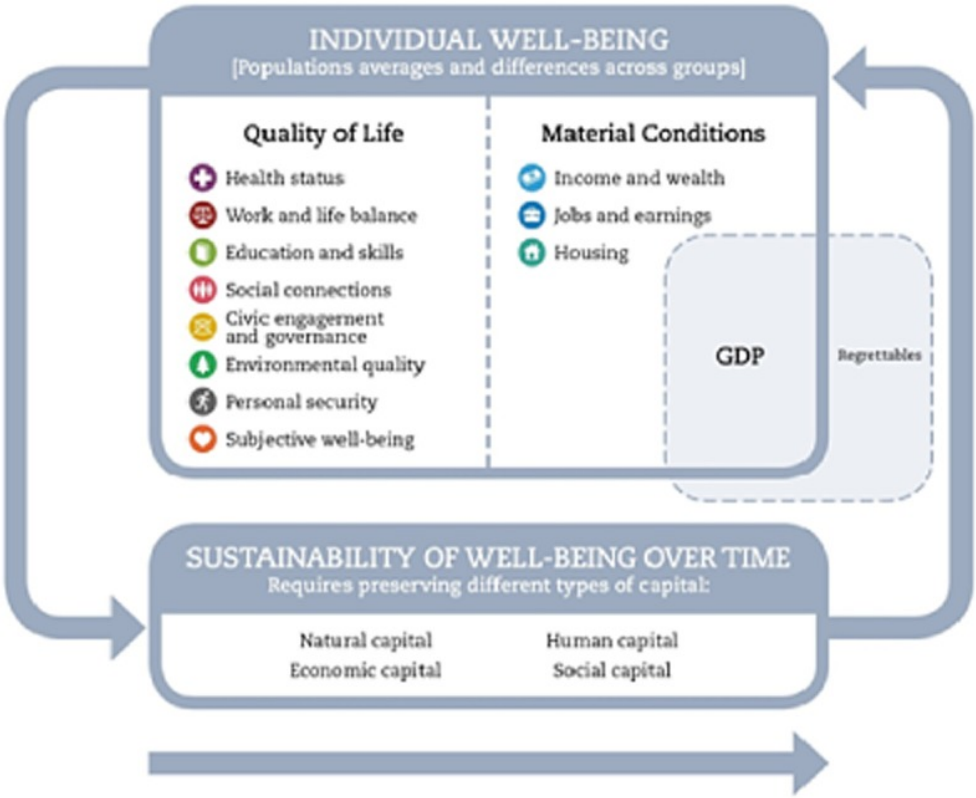


図 73 OECD の幸福の枠組み（OECD，2011）

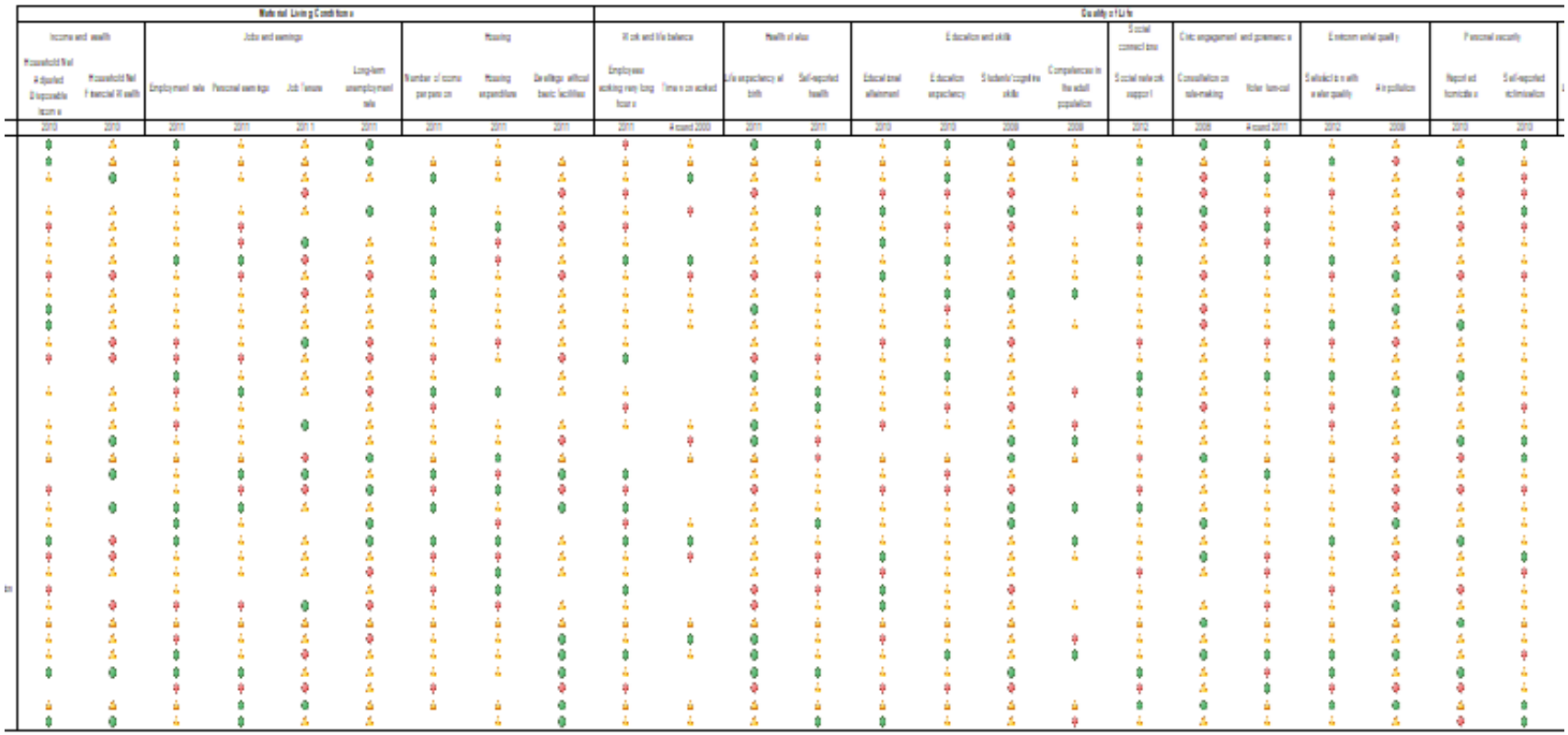
そして，それぞれの側面を測る現在の幸福のヘッドライン指標で、現在の幸福の平均水準を評価する。この指標は、統計学的進歩を受けて随時変更が加えられている。表 24 は、How’s Life? 2017 が出版された当時の一覧である。

現在と未来の幸福を支える資源としては、未来の幸福の持続可能性という観点から、自然系、経済系、人間系、社会系の 4 つの資本(資源)が含まれる(表 25)。

APPENDIX 2

An overview of headline well-being indicators in *How's Life?* 2013

"Circles" denotes countries in the top two deciles, "diamonds" those in the bottom two deciles, "triangles" those in the six intermediate deciles



: OECD calculations

表 24 現在の幸福のヘッドライン指標（OECD，2017a）

表 25 現在及び未来の幸福の資源指標（OECD 2017a）

資本のタイプ	資本ストックに関連する指標	フローに関連する指標（資本ストックへの投資，資本ストックの減耗）	リスク因子に関連する指標
自然資本	大気汚染への曝露（PM2.5） 森林面積 再生可能な淡水資源 絶滅危惧種（哺乳類，鳥類，植物）	国内生産による温室効果ガスの排出量 国内消費による二酸化炭素排出量 淡水取水量	
人的資本	若年成人の学歴（25～34 歳） 15 歳の生徒の認知技能 成人の技能 出生時平均余命	予想教育年数	長期失業率 喫煙率 肥満率
経済資本	固定資産生産 知的財産生産 家計の純資産 政府の純金融資産	総固定資本形成 研究開発投資	経済全体の純金融資産 銀行部門の債務比率 家計の負債
社会関係資本	他者への信頼 警察への信頼 中央政府への信頼	組織を介したボランティア活動 投票率 立法への利害関係者の関与	

このOECDの幸福度測定方法には以下のような重要な特徴がある(OECD, 2011)。

1. 国全体の経済状況ではなく、世帯や個人に焦点を当て、その経験に注目する。
2. 幸福の成果に焦点を当てる。インプットやアウトプットではなく、人々にとって直接的かつ本質的に重要な生活の側面に目を向ける。
3. 成果には客観的側面と主観的側面の双方を含む。客観的データを主観的データによって補うことができる。
4. 個人の間の幸福成果の分布に注目する。

これらの指標は必ずしも金銭的に価値を測定できるわけではない。市場価値で測れないものに対する新たな測定方法が、スティグリッツ委員会の任期終了後にOECDの中に設置された「経済実績と社会進歩の計測に関するハイレベル専門家グループ(the High-Level Expert Group on the Measurement of Economic Performance and Social Progress)」によって提案されている。主観的幸福と信頼については、OECD ガイドラインが公表されている。以下、その取り組みについて簡単に説明したい。

【主観的幸福】

主観的幸福には、単なる「幸せ(happiness)」以上の様々な意味合いが含まれている。OECDが提案している主観的幸福測定のためのガイドラインでは主観的幸福を次のように定義している。

「肯定的なものから否定的なものまで人々が自分の生活について行うあらゆる評価と人々が自身の経験に対して示す感情的反応を含む良好な精神状態」(OECD 2013)

つまり、人々が自分の生活をどのように経験・評価しているか、その中でどのような感情を抱き、自分の人生にどのような意義や目的意識を持っているかを測ろうとしているのである。この概念はかつては量的測定の範疇に入らないと考えられていたがここ20年の研究の結果、調査によって測ることができ、その尺度も妥当性があり信頼できるもので、政策策定に有益な情報になるという実証が蓄積された。

主観的幸福は、個人を対象とした調査によって得られる測定基準である。この調査は、個人の生活全般を把握、または彼らの日々の経験について尋ねる質問に回答者が答える形式で行われる。スティグリッツ委員会は、この主観的幸福のデータの収集と公表を各国統計局に提案しており、それを受けてイニシアチブを始動する統計機関が増加している。主観的幸福のデータ を政策当局にとって本当に有意義なものにするためには、各国で行われている世論調査や家計調査などに収録して、様々な人口グループを網羅した大規模な代表標本から長期的に一貫した方法でデータを集める必要がある。

【他者への信頼】

信頼とその欠如の問題は、金融危機以後各国のニュースで取り上げられるようになった。実際、公的機関に対する人々の信頼度は急速に低下し、経済の回復と比較して、信頼度は危機以前の水準に回復していない。信頼の構築には長い時間がかかるが、失墜するのは一瞬である。したがって、過去の行動が現在から将来まで、長期にわたって影響を及ぼす。人々が互いに協力し、共感を示す社会、そして公的機関がその任務を果たし、全ての市民がそれを利用できる社会でなければ、人々の生活の質を向上させることはできない。他者への信頼と制度や組織への信頼は、社会経済の進歩に不可欠の要素である。

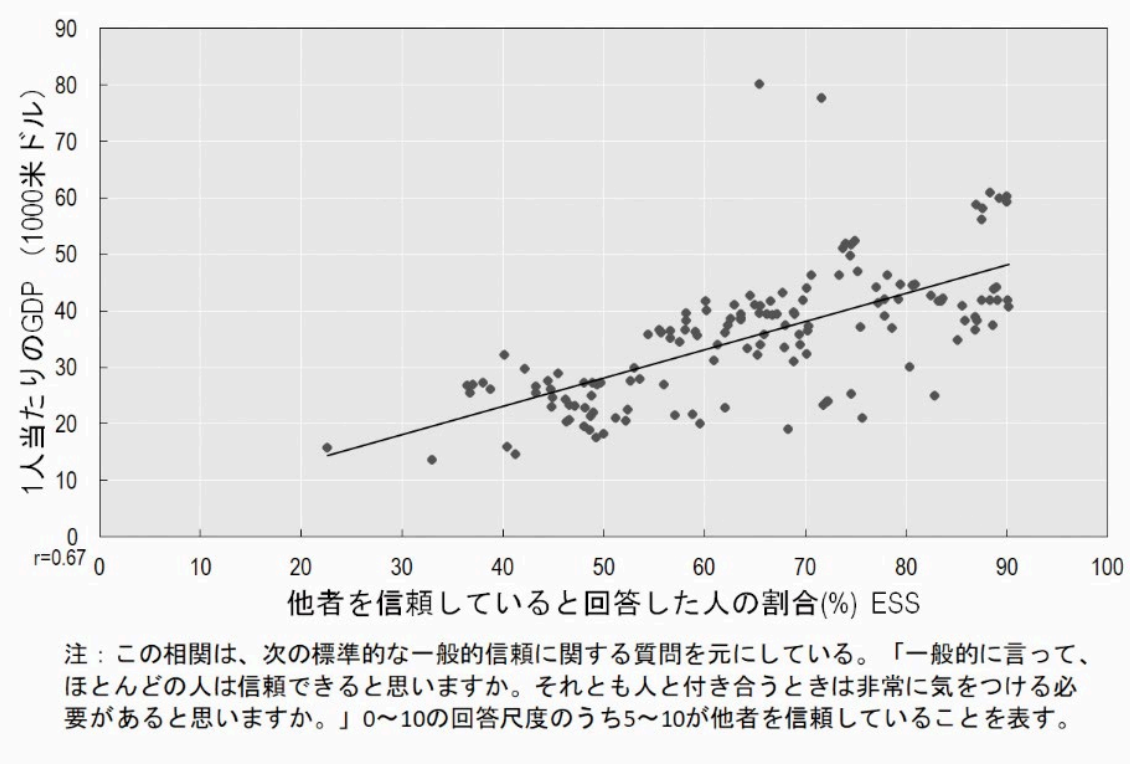


図 74　2002~2014 年 一般的信頼と 1 人当たり GDP（欧州諸国）

信頼は、それを測る一貫性のある方法がいくつか存在しており、信頼度は理論と常識で説明ができ、さらに経済実績や個人の幸福の尺度との関係を示すことができるため、測定基準として有益である。しかし、定期的かつタイムリーに、一貫した方法に基づいて信頼度を測定している国はまだ少数であり、今のところ最も比較可能な情報はギャラップなど民間機関が実施している調査である。OECDのBetter Life Indexでは、他者への信頼尺度が社会資本の尺度として用いられており、また制度・組織への信頼は市民参加とガバナンスという2側面の指標となっている(OECD 2017b)。図74は、欧米諸国における2002~2014年における一般的信頼と1人当たりGDPをプロットしている。この図より、1人当たりGDPと一般的信頼は正の相関があることが分かる。

【不平等】

スティグリッツ委員会は、GDPでは社会の中で富がどのように配分されているかを明らかにできないため、経済社会の実績を測る指標として不十分だと述べている。様々な研究によって、また長期にわたり不平 等の高まりを把握できる新しいデータが利用できるようになったおかげで、これまで以上に不平等に注目が集まっている。OECDのデータによると、1980年代か ら2013年までの間にOECD加盟23カ国中18カ国で所得不平等が大幅に高まった(図 75)。

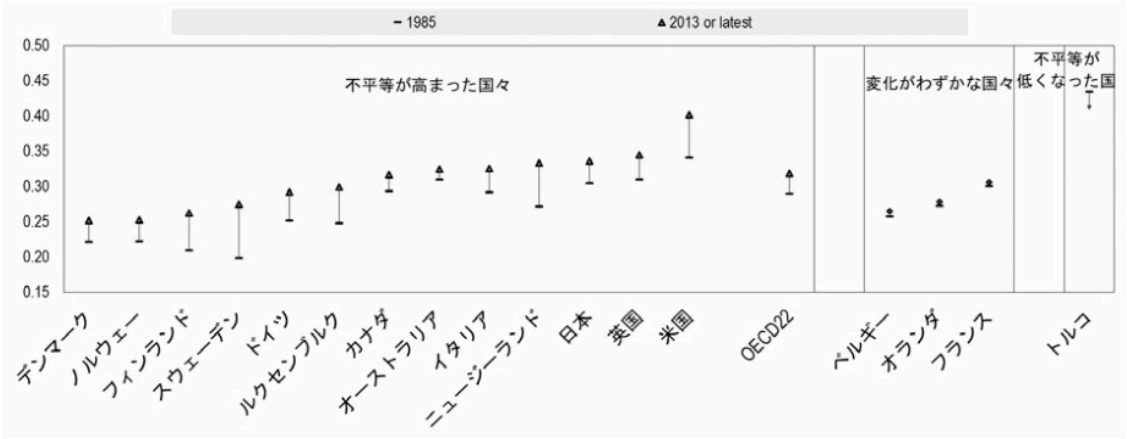


図 75 所得不平等の変化：1980 年代半ばと 2013 年のジニ係数の比較

不平等には様々な側面があり、何を測るかによって測定方法が異なる。「何の不平等か」ということでは、所得の不平等の分析は測定基準が確立されており、多くのデータが存在するが、最近では、健康状態、富、教育、技能などについて比較可能な新たなデータが利用できるようになったため、こうした新しいアプローチがBetter Life Indexにも反映されている。「誰の間の不平等か」を測るには、「垂直方向の不平等」と「水平方向の不平等」の指標がある。垂直方向の不平等は、全ての人々の間で幸福の成果がどの程度不均等に分布しているかを示す。例えば、分布の最下層と最上位層の間にある格差の大きさに注目する。水平方向の不平等は、例えば性別、年齢層、学歴などの違いがある人口集団の間の格差に注目する。また、「社会的流動性」の指標からは、不平等が世代間で固定するか、または最下層の人々が上位に移動する機会を捉えられるかどうかに注目する。

さらに、成果の不平等と機会の不平等の問題もある。機会の不平等とは、例えば、貧しい家庭に生まれた人でも一定の努力をすれば裕福な家庭に生まれて同程度の努力をした人と同程度の成果を得られるべきだという考え方である。機会の平等が問題となるのは、それによって社会が、人々の能力が最大限生かされない不公平で非効率なものになるからである。裕福な生まれの人が幸福の成果を独占していると考える人は努力しなくなり、経済システムは出自の良い人に有利に働いていると考える人は前向きな意欲を失う可能性がある。低所得層の人々は教育に投資しなくなるかも知れず、それが結果の不平等を世代間で継続させてしまう。

残念ながら、生まれながらの環境と努力を区別して測ることは非常に困難で、機会の不平等についてはデータの欠如や測定基準の未整備という問題があるが、最近では結果の不平等を世代間で比較できる長期データが入手できるようになり、新しい方法が試みられている。

【持続可能性】

持続可能性の重要性は，2015 年に国連総会で採択された「持続可能な開発目標(Sustainable

Development Goals, SDGs)」によってさらに明確になった。持続可能性の測定は、そこに将来の予測という要素が含まれているため非常に困難である。OECDは、未来の幸福の資源の指標として前述の自然資本、人的資本、経済資本、社会関係資本それぞれについていくつかの指標を呈示し、各国の相対的な強みと弱みを明らかにする方法を採っている。これはあくまでも一つの見方に過ぎず、今後より繊細に資本ストックを測れる指標の開発が求められる。

【日本のBetter Life Index】

最後に、How’s Life? 2017から日本の現在の幸福の平均水準の図を掲載する。これは、各国の現在の幸福の平均水準の相対的な強みと弱みがわかるようになっている。異なる単位による指標の結果を要約するために、0(最悪の結果、中央の白い丸)から100(最良の成果、外周の内部の白い円)の範囲で指標の元の値を数値に変換して表している。バーが長いほど成果が良いことを示している。いずれかの指標のデータが欠損している場合は、円グラフの該当部分が空白になっている。

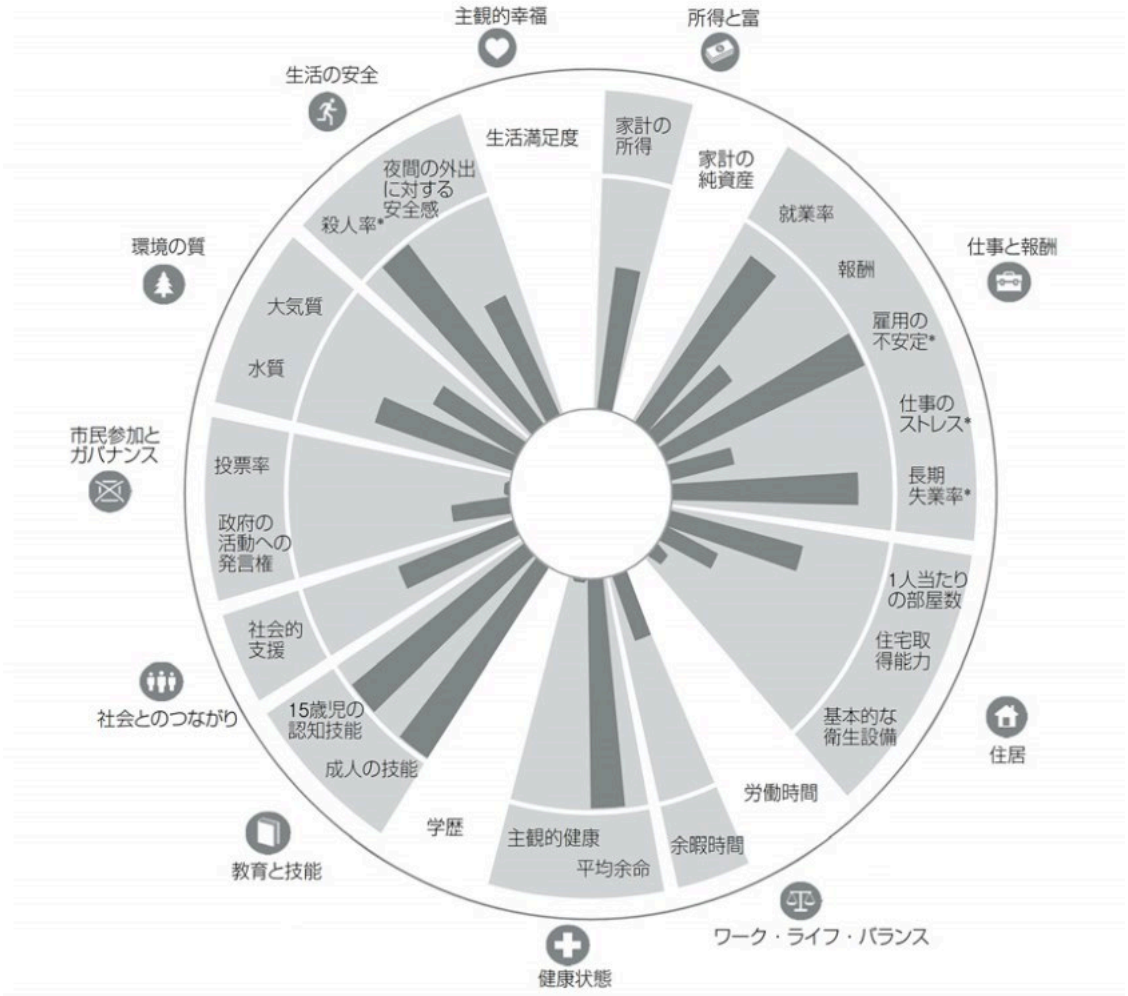
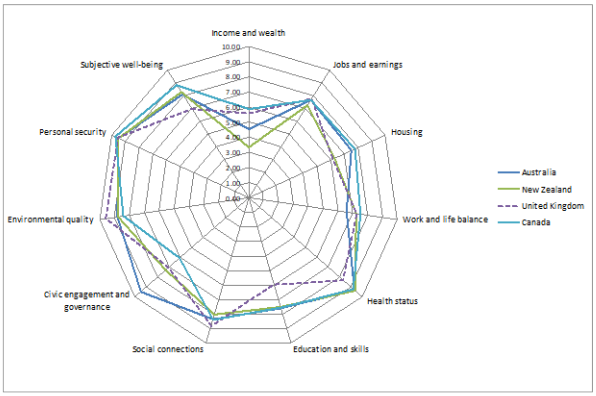


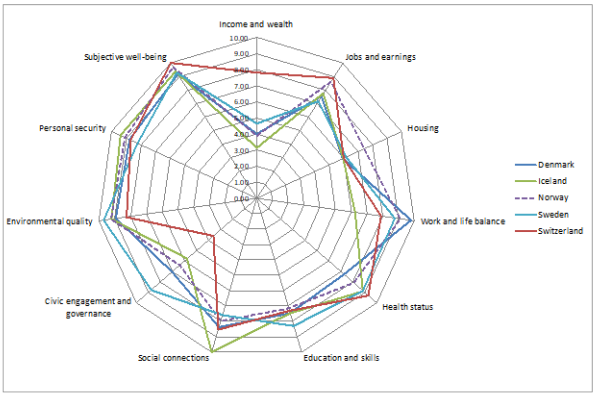
図 76 日本の平均幸福度（OECD，2017a）

日本の幸福の成果にはばらつきがあり、例えば「仕事と報酬」では就業率や雇用の安定性は他の国々と比べると良好だが、仕事のストレスや報酬ではOECD加盟国平均を下回っている(2015年と2016年の値)。平均寿命はOECD加盟国中最高だが、自覚的健康状態については「良い」または「非常に良い」と回答した人の割合がわずか35%である。こうした自己申告の結果の 評価には、民族的、国民的性質が表れることがあるので、その調整が必要になるかも知れない。図77は、高パフォーマンス、中パフォーマンス、低パフォーマンスでグループ分けした国家間比較を示している。日本は中パフォーマンスに分類されている。

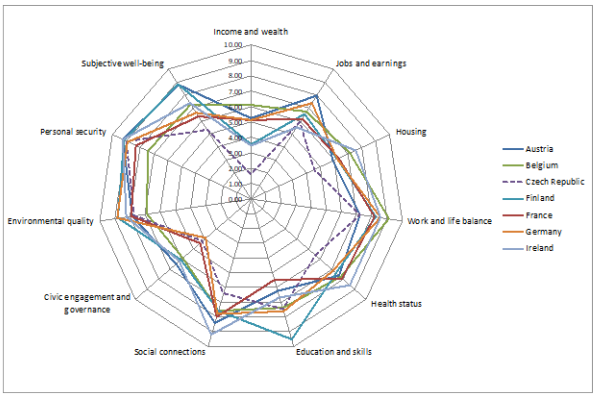
Strengths and weaknesses vary across countries

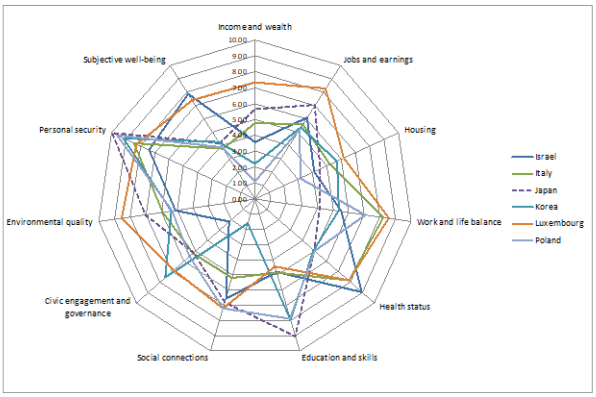
Countries with high overall well-being performance

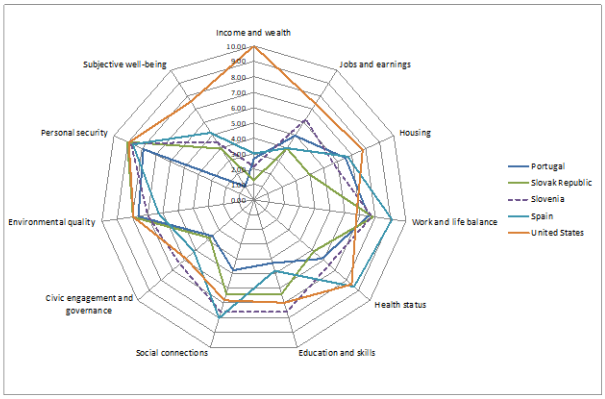




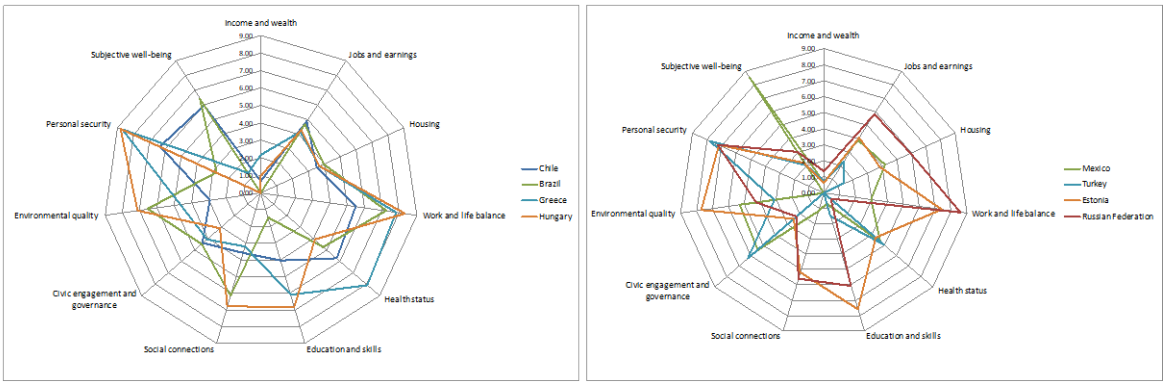
Countries with moderate overall well-being performance







Countries with low overall well-being performance



Note: The charts show normalised performance in the eleven well-being dimensions of *How's Life?*. Performance is calculated as the simple average of the headline indicators included in each dimension and shown in Appendix 2. These values are then normalised with the ratio-scale transformation to re-express all values in a scale between 0 and 10.

Source: OECD calculations

図 77 平均幸福度の各国間の比較

【今後の研究計画】

このように、OECDのBetter Life Indexは、物質的な豊さの指標であるGDPとは異なるアプローチを用いることで、より正確な幸福度測定を可能にしているという点で重要である。また、幸福を明確に定義したこと自体が極めて重要であり、我々にとっての幸福とは何か、どのような人生を送りたいか、どのような未来を子供たちに遺したいか、その目指すところが明確でなければ、そこに向かう道筋や手段も選択することは不可能である。

しかしながら、OECDのBetter Life Indexは、国家レベルの調査に留まっている。同じ国内でも、住む地域によって、環境は大いに異なり、幸福度も地域的な影響を受ける可能性がある。我々は、今後、新国富指標に、主観的幸福、温暖化ガス、大気汚染、格差、ワークライフバランス、健康状態、教育・スキル、社会とのつながり、市民参加とガバナンス、環境の質、生活の安全などの様々な指標を追加し、多角的に政策を評価可能なダッシュボードの構築を目指す。ダッシュボードは以下のように構成される。



上記の通り、新国富指標と他の指標を組み合わせることによって、持続可能性や生活の質、国民の幸福に関して、様々な視点からの評価を可能にする。温暖化ガスでは、二酸化炭素の排出量を指標とする。格差については、ジニ係数、男女間賃金格差（Gender Wage Gap）を用いる。

図78は、G7各国の2008年から2019年における男女間賃金格差の平均を並べている。これより、日本の男女間賃金格差は極めて高いことが分かる。OECD全体で比較しても、日本の男女間賃金格差は深刻である。

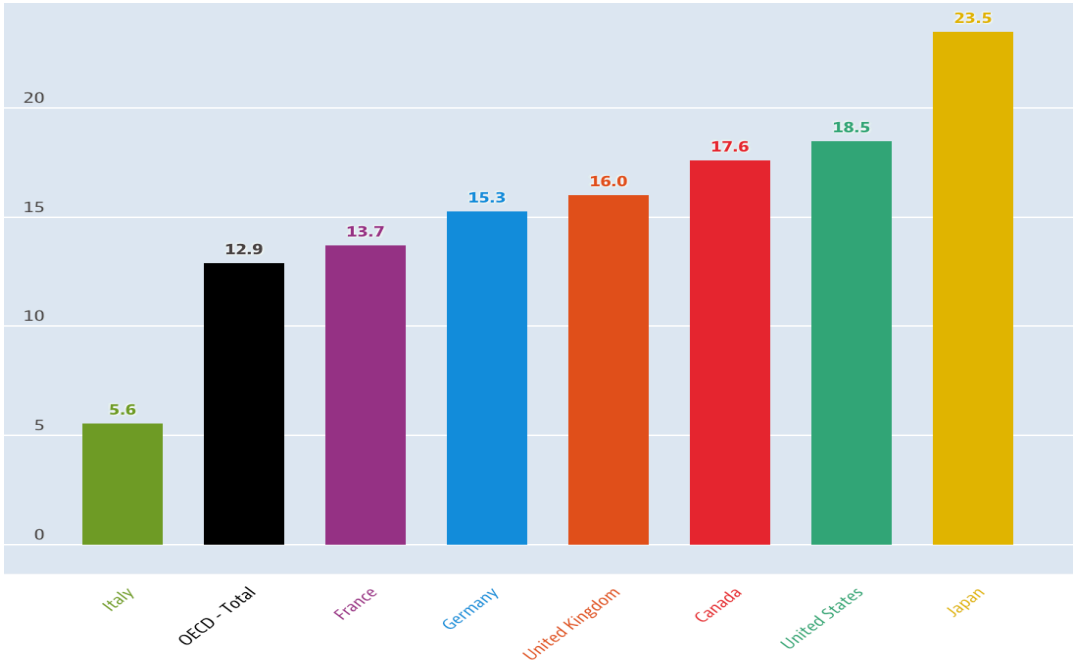


図 78 男女間賃金格差(Gender Wage Gap):G7 各国の 2008 年から 2019 年における平均
OECD(2020)のデータベースを用いて申請者が作成 (OECD (2020), Gender wage gap (indicator). doi: 10.1787/7cee77aa-en, Accessed on 11 December 2020)

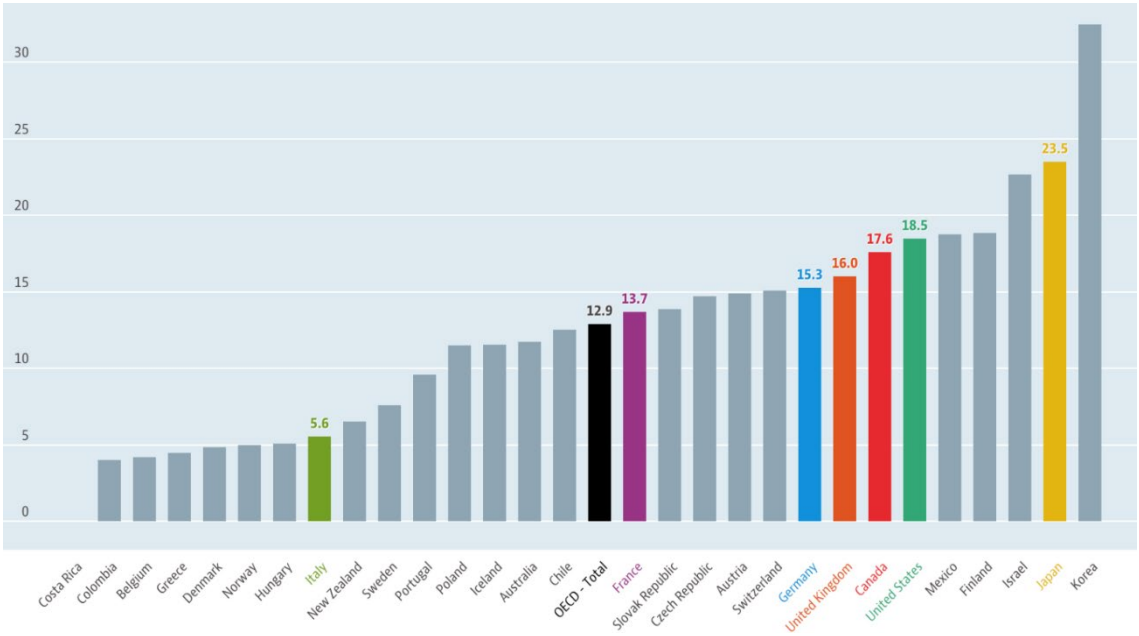


図 79 男女間賃金格差(Gender Wage Gap)OECD 各国の 2008 年から 2019 年における平均
OECD(2020)のデータベースを用いて申請者が作成（OECD (2020), Gender wage gap (indicator). doi: 10.1787/7cee77aa-en, Accessed on 11 December 2020）

主観的幸福には、生活満足度のようなサーベイデータを用いる。所得と富は、家計の所得や家計の純資産で計測する。仕事と報酬は、就業率、報酬、雇用の不安定、仕事のストレス、失業率で評価する。住居は、一人当たり部屋数、住宅取得能力、基本的な衛生設備で評価する。ワークライフバランスは、労働・余暇時間、健康状態は平均余命を用いる。教育と技能は、学歴、成人の技能、15歳児の認知技能で、社会とのつながりは社会的支援で評価する。市民参加とガバナンスは、政府の活動への発言権や投票率で評価する。環境の質は、水質や大気質で評価する。生活の安全については、殺人率と夜間の外出に対する安全感を用いる。

これらの指標より構成されるダッシュボードを、市区町村レベルで計測することによって、地域ごとの異質性を反映したより緻密な政策策定に貢献することが今後の研究計画の意義であり、大きな社会的インパクトが予想される。また、これまでの研究の拡張として、他者への思いやりや格差という視点を新国富指標の観点から議論を進める予定である。

Ⅲ　添付資料（参考文献、略語表、調査票、付録　等）

第1章の付録

直方市新国富アンケート回答者の属性

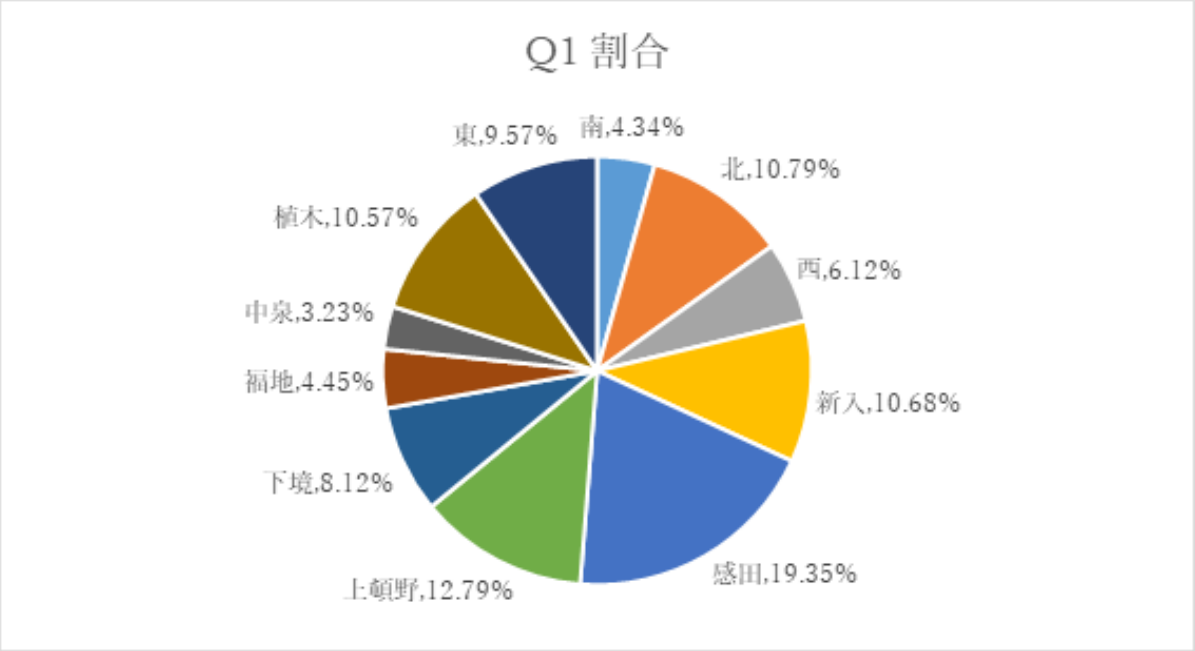


図 80【Q1】居住地域 （N=899）

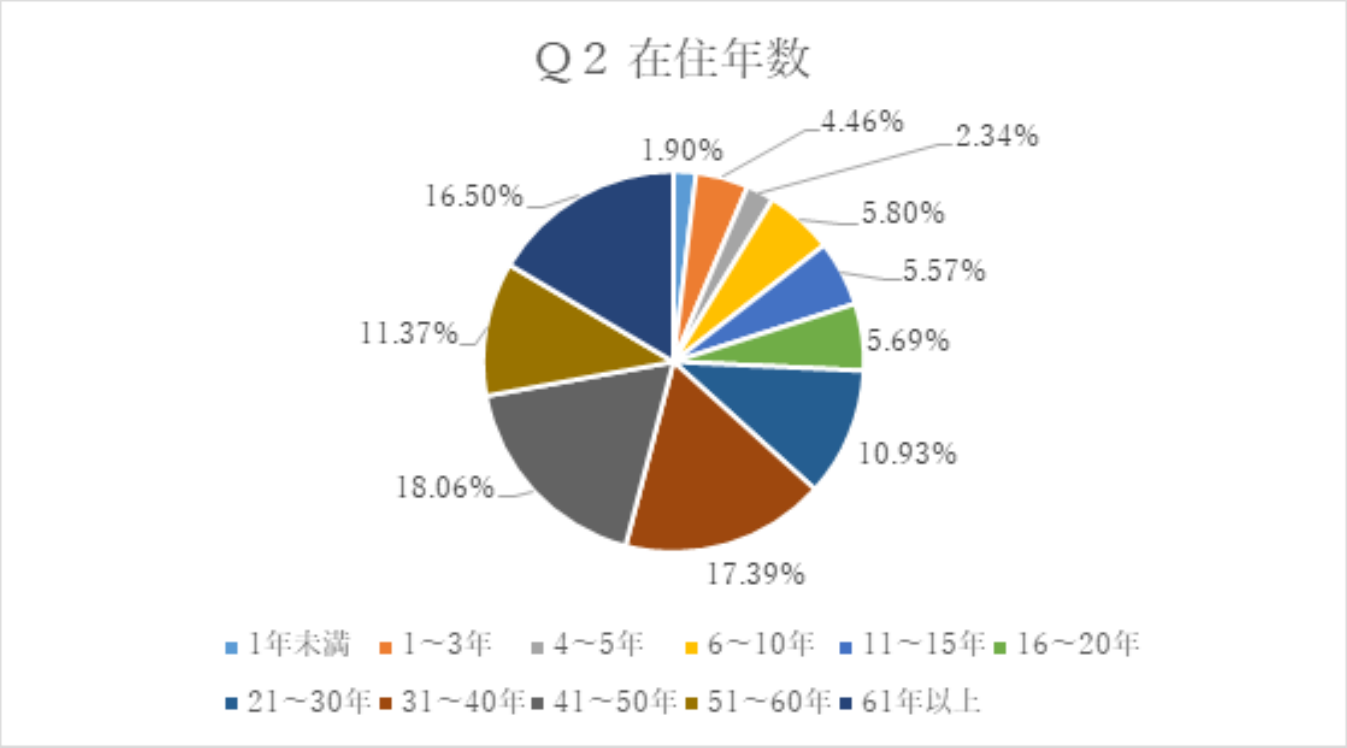


図 81【Q2】直方市の在住歴 （N=897）

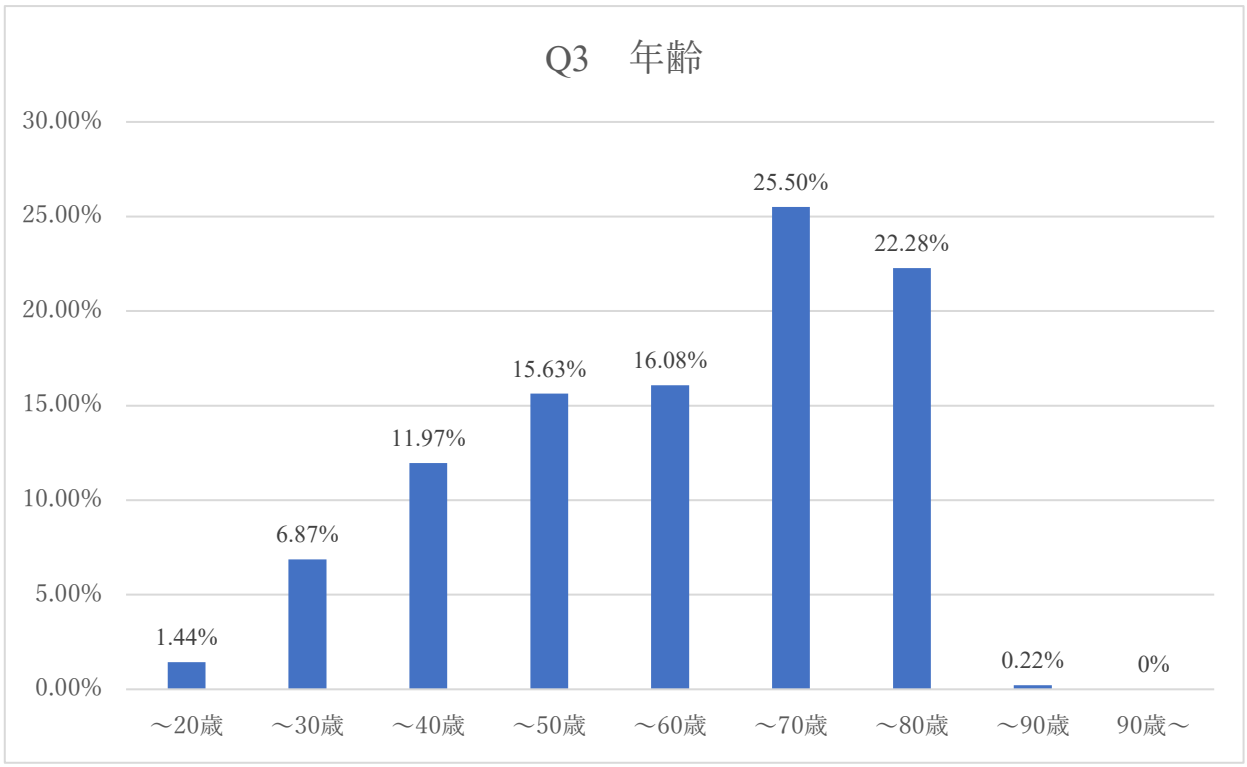


図 82【Q3】年齢 (N=902)

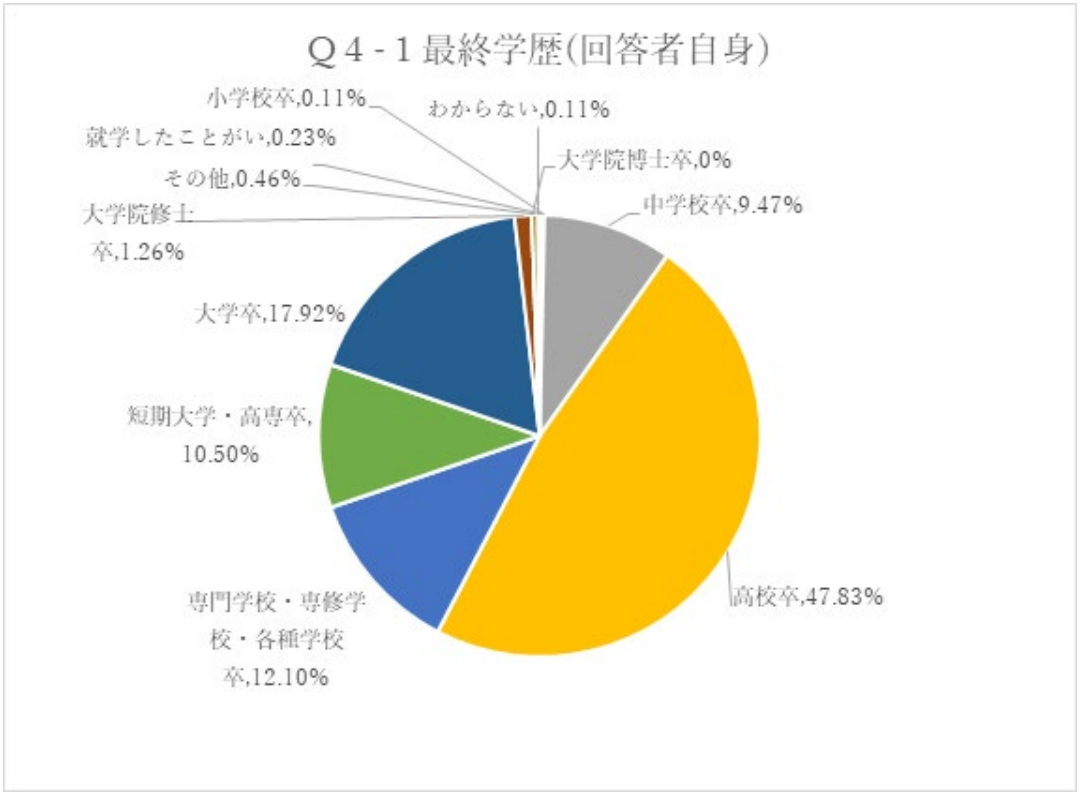


図 83【Q4-1】最終学歴(回答者自身)

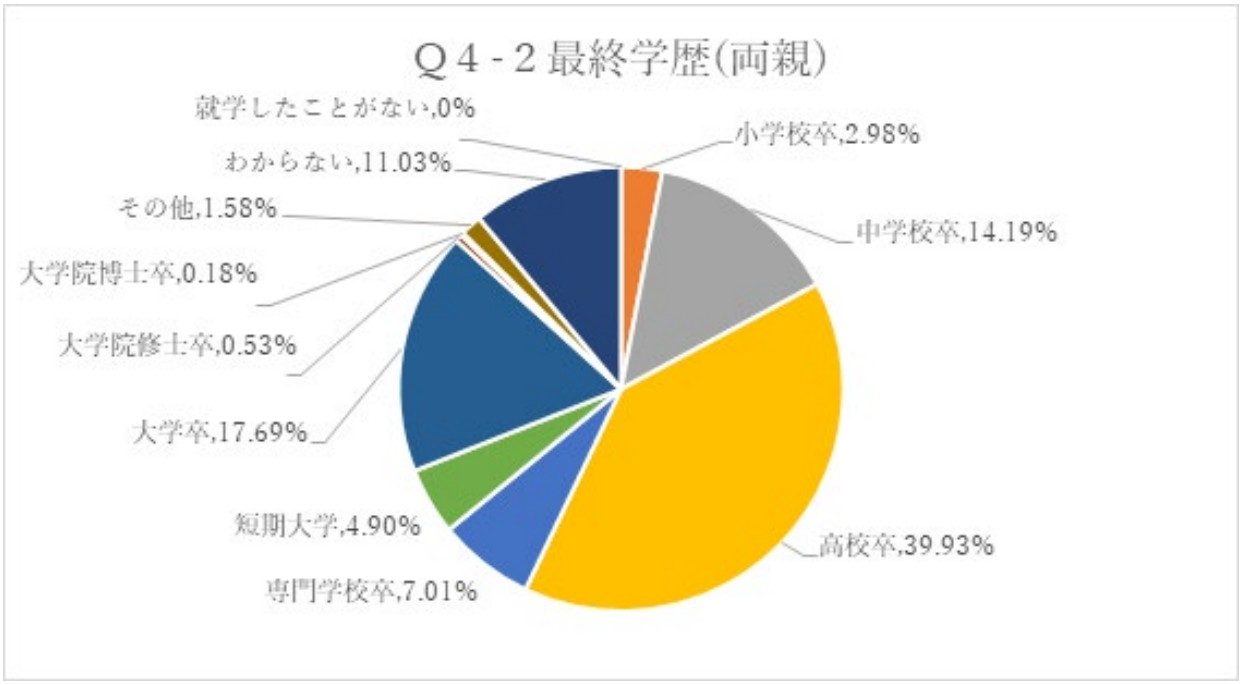


図 84【Q4-2】最終学歴(両親)(N=571)

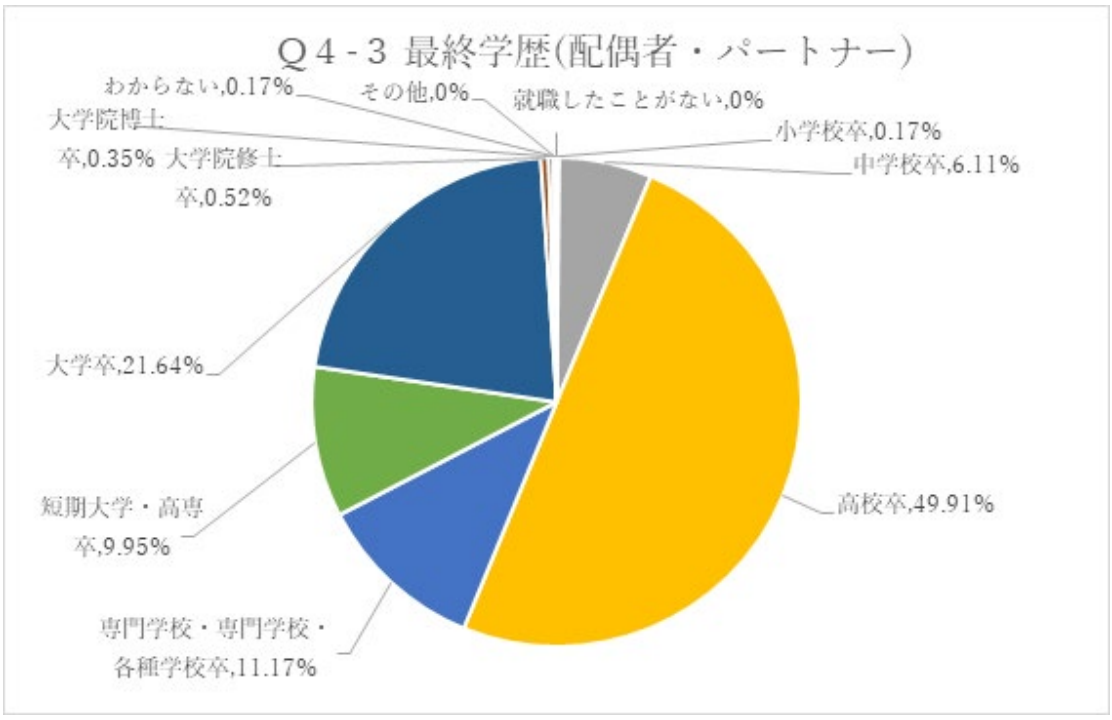


図 85【Q4-3】最終学歴(配偶者・パートナー)(N=573)

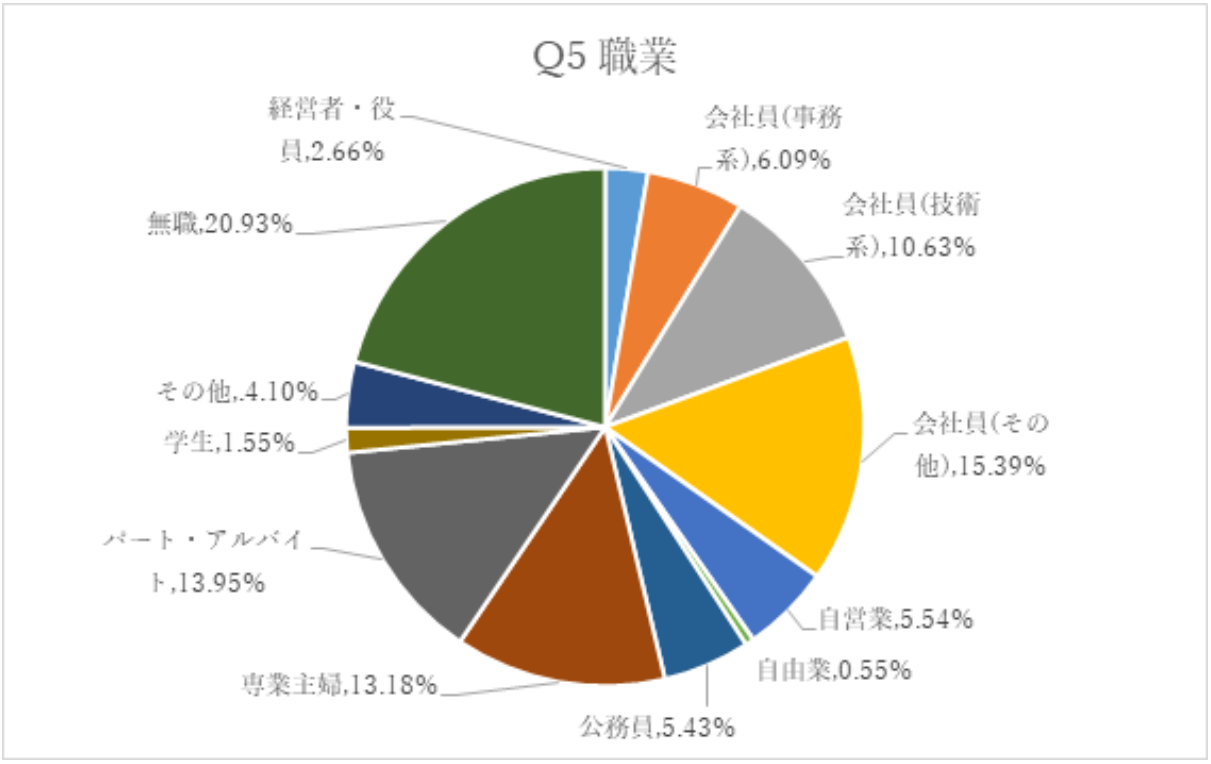


図 86【Q5】職業(N=903)

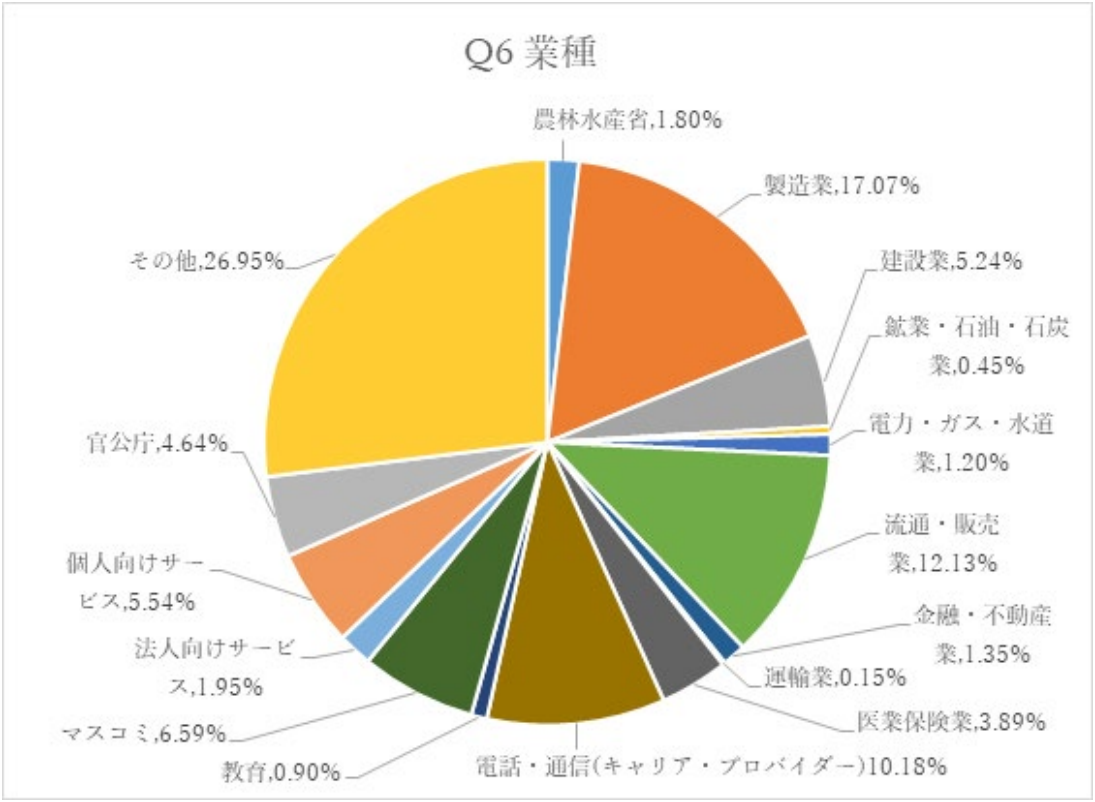


図 87【Q6】業種(N=668)

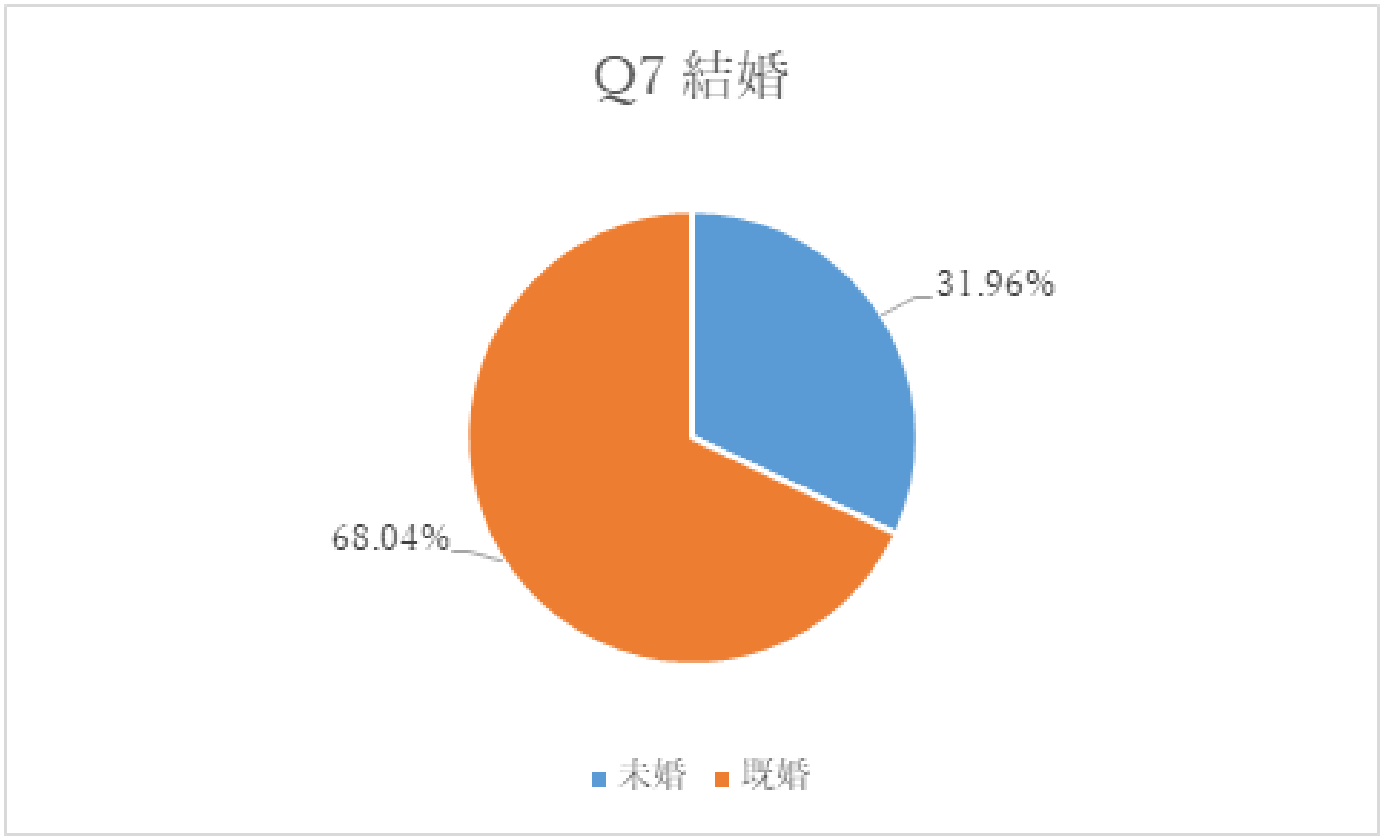


図 88【Q7】配偶者有無（N=901）

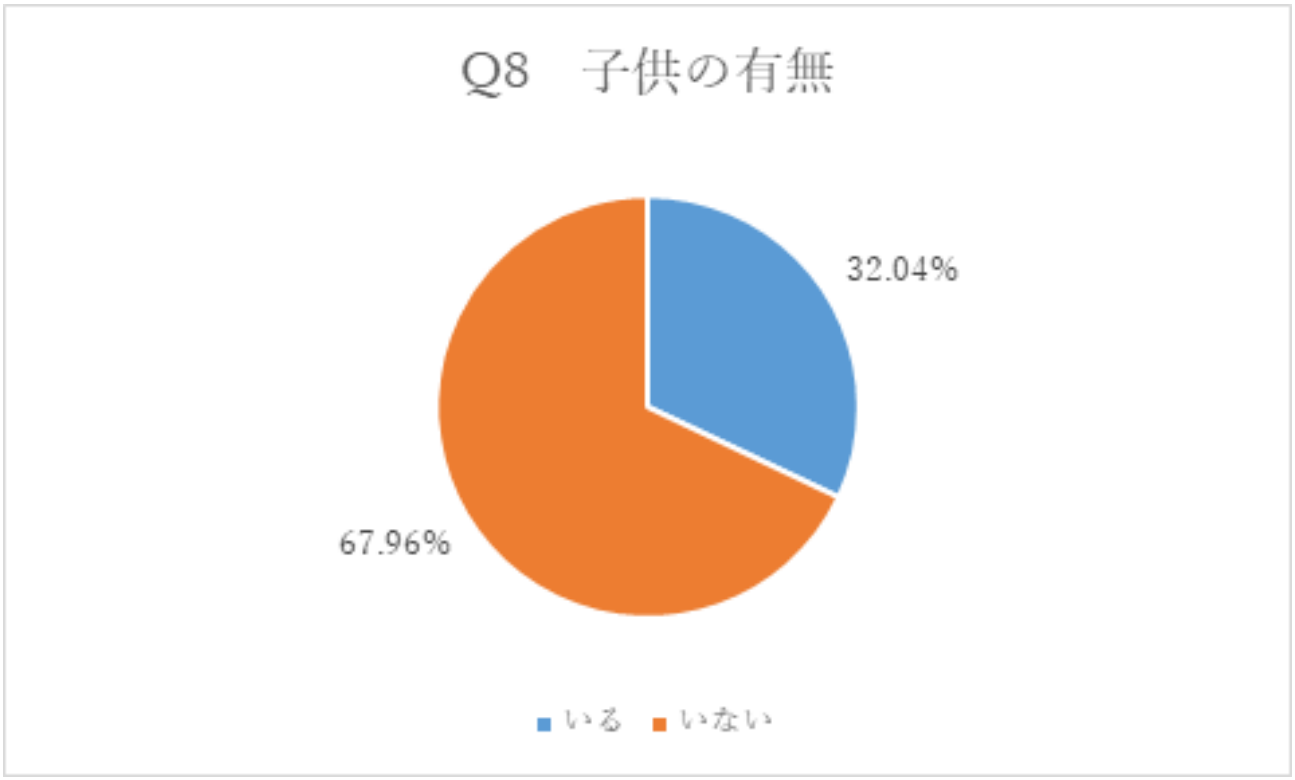


図 89【Q8】子供の有無（N=899）

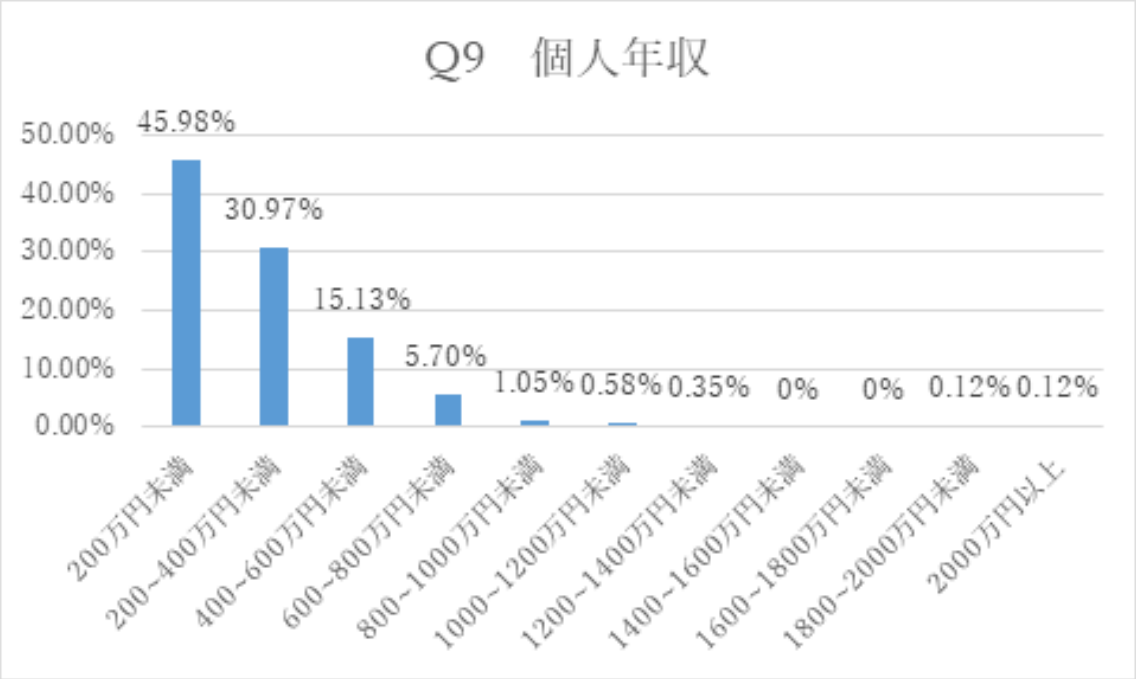


図 90【Q9】年収(N=859)

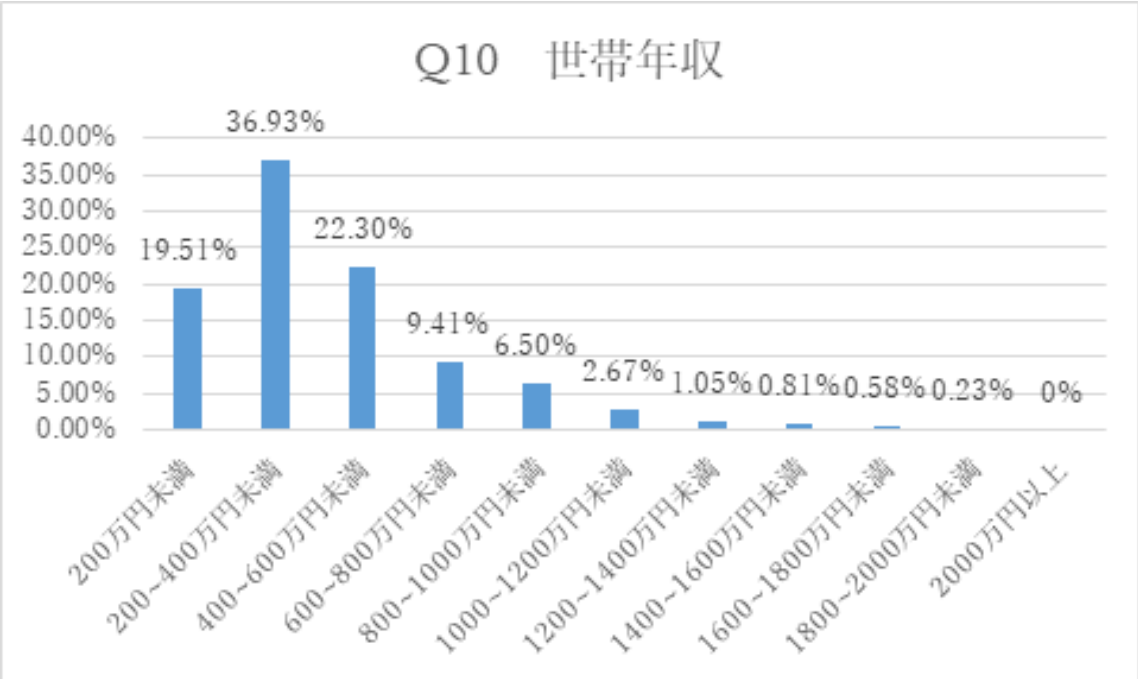


図 91【Q10】世帯年収(N=861)

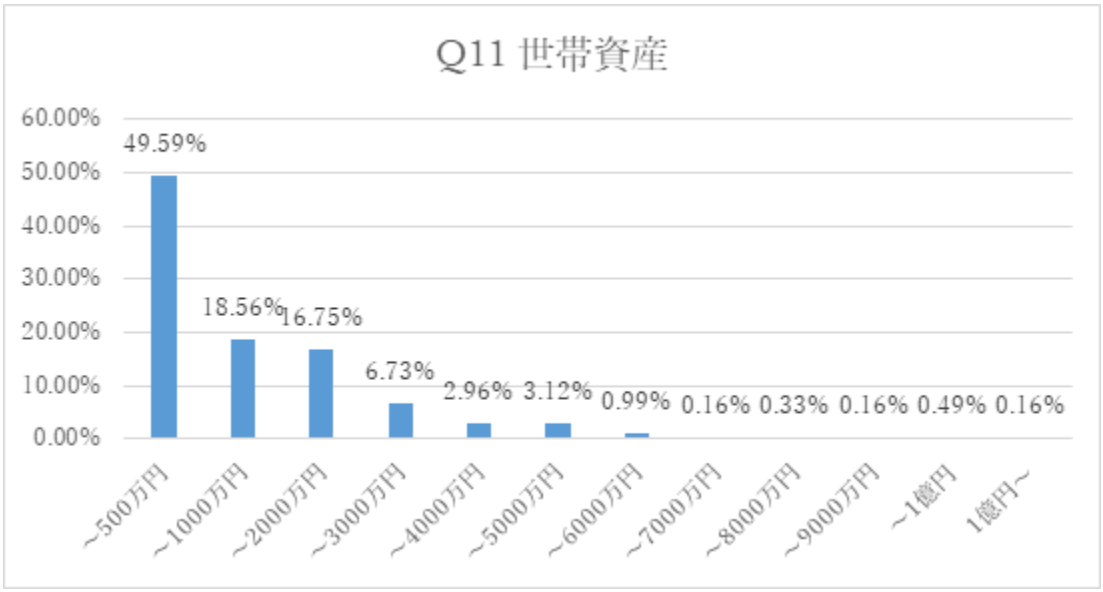


図 92【Q11】世帯資産(N=609)

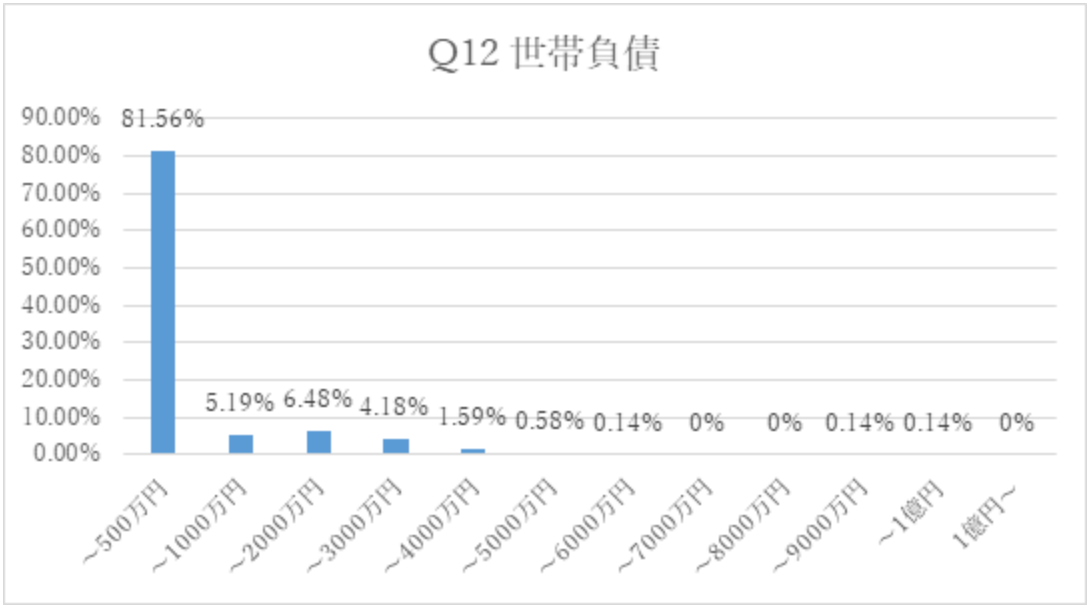


図 93【Q12】世帯負債(N=694)

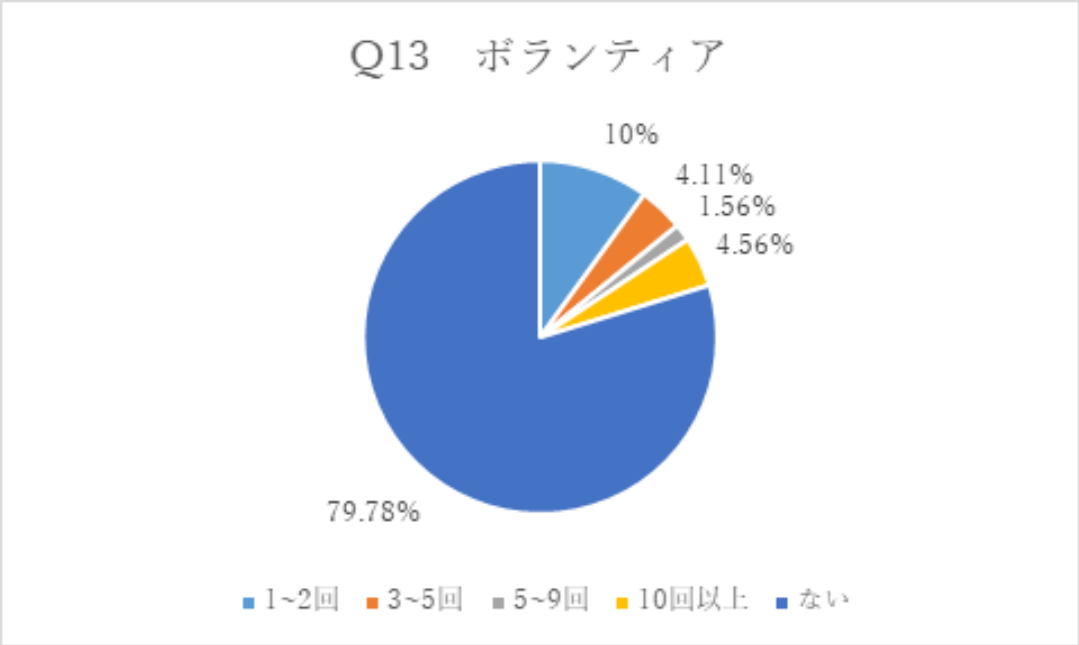


図 94【Q13】ボランティア経験の有無（N=900）

第4章の付録

使用データの地理的分布

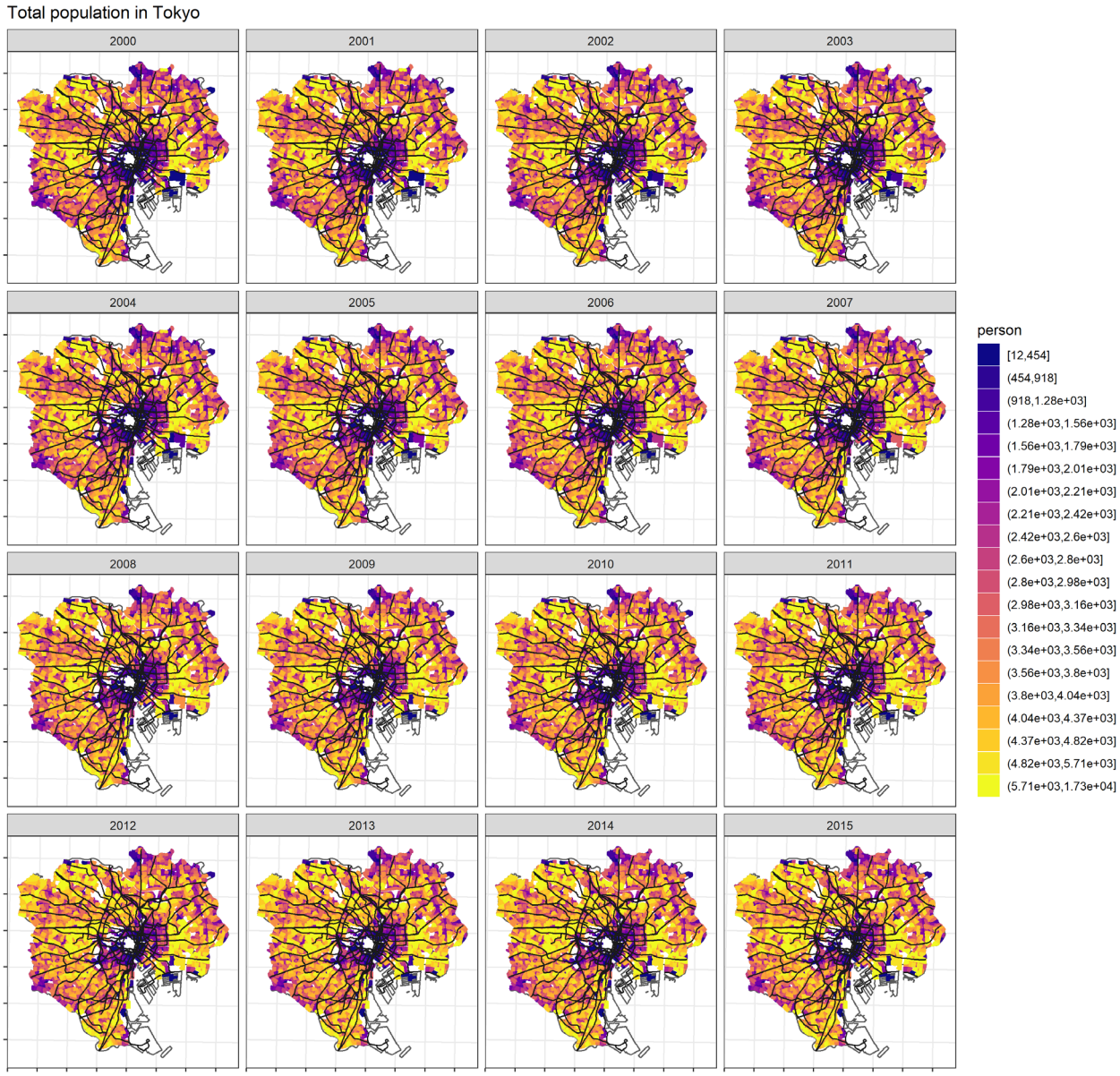


図 95 地番別総人口分布

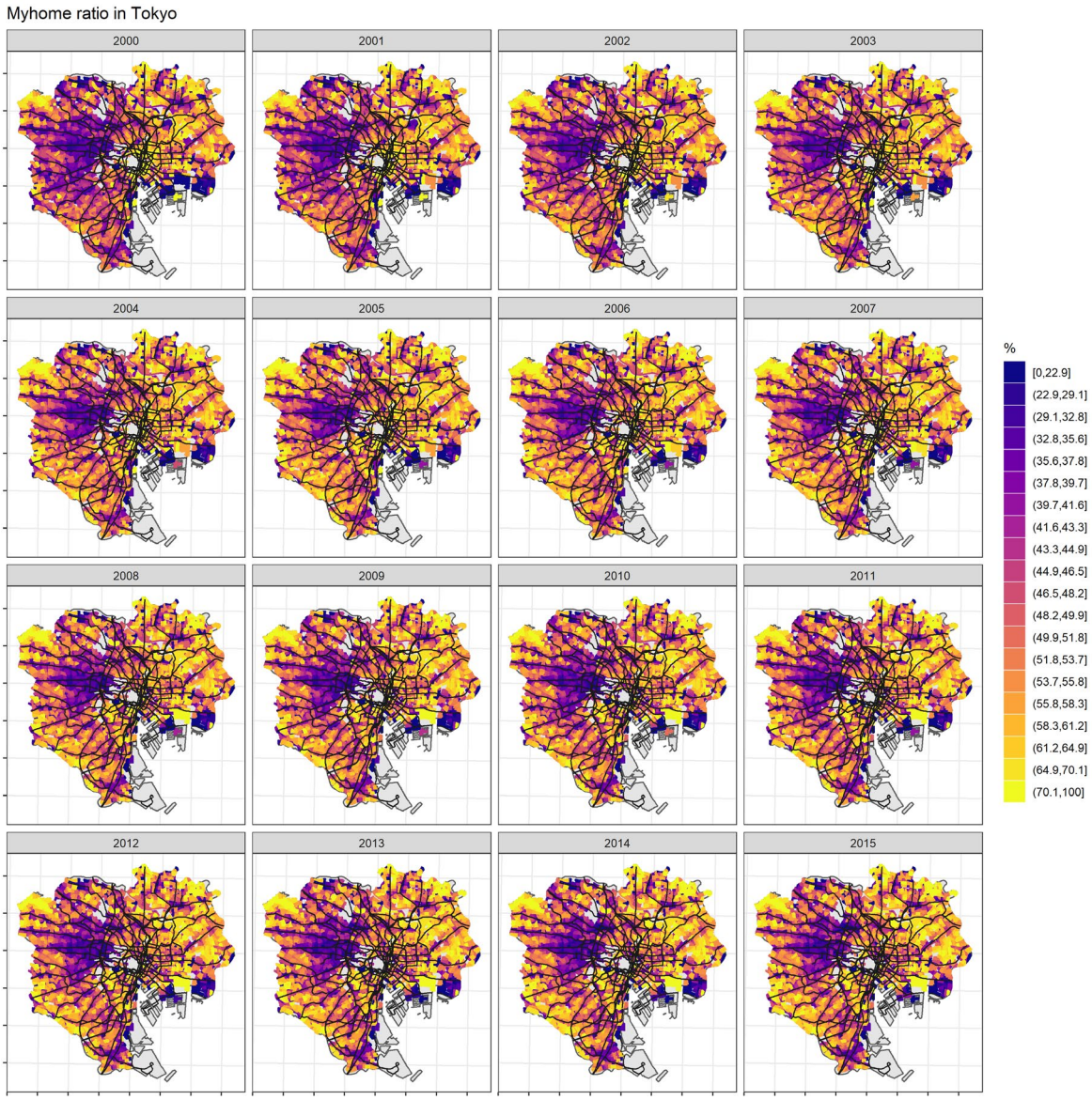

Myhome ratio in Tokyo
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
%
[0,22.9]
(22.9,29.1]
(29.1,32.8]
(32.8,35.6]
(35.6,37.8]
(37.8,39.7]
(39.7,41.6]
(41.6,43.3]
(43.3,44.9]
(44.9,46.5]
(46.5,48.2]
(48.2,49.9]
(49.9,51.8]
(51.8,53.7]
(53.7,55.8]
(55.8,58.3]
(58.3,61.2]
(61.2,64.9]
(64.9,70.1]
(70.1,100]

図 96 持ち家比率分布

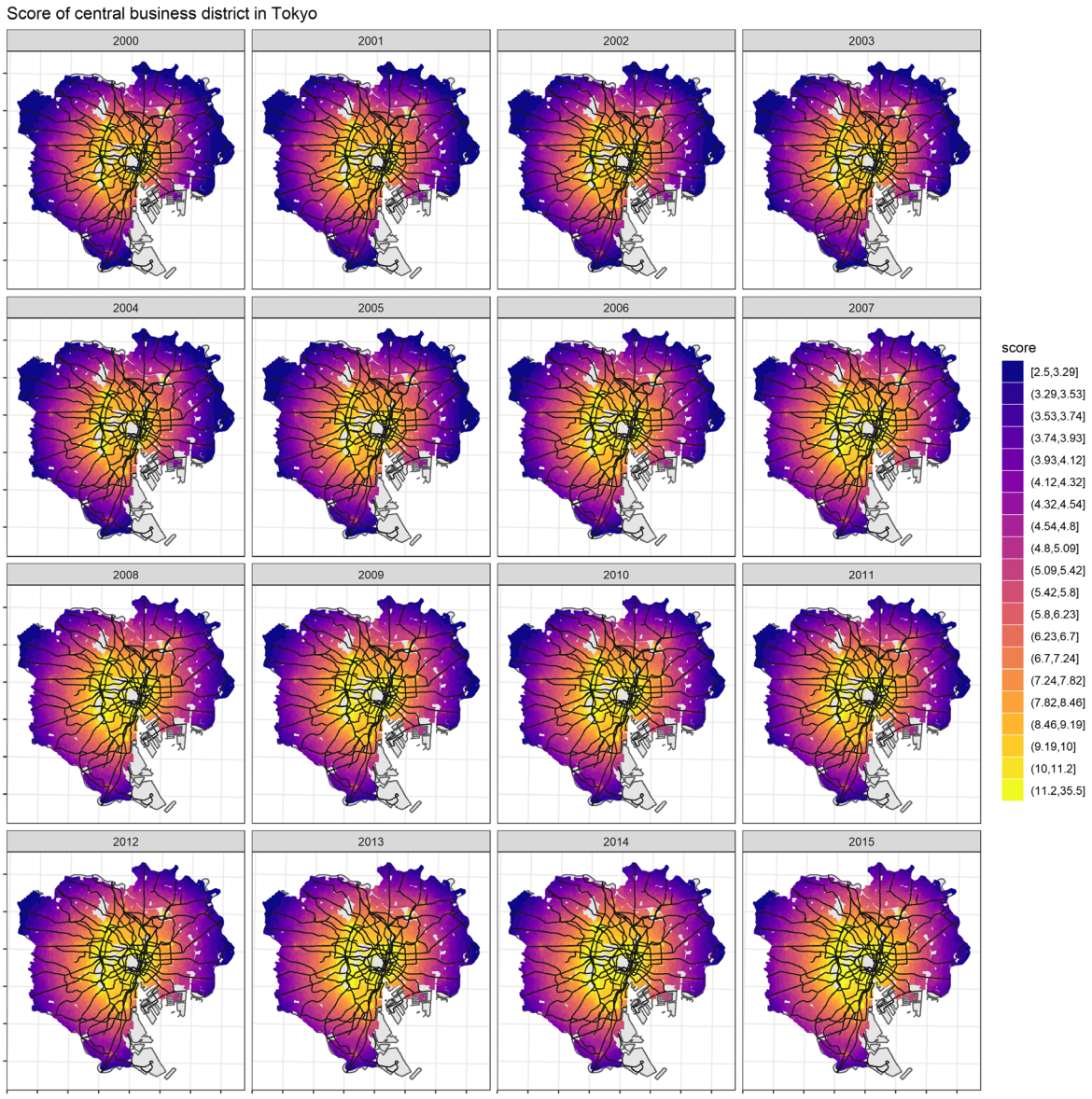


図 97 CBD スコア分布

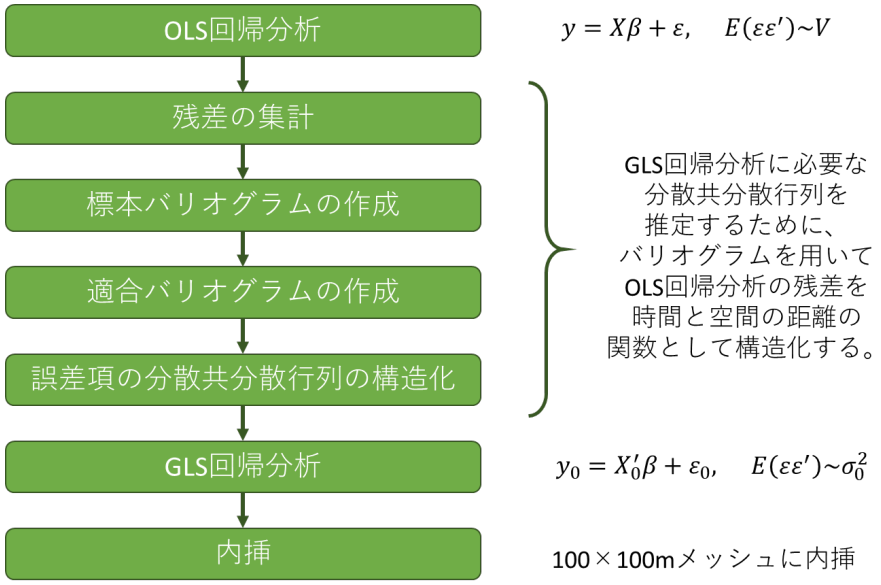
時空間クリギングによる公示地価の推計

本項では、公示地価の算出に用いた時空間クリギングと呼ばれる手法を説明する。クリギングは、空間的内挿を行う手法として、地球統計学と呼ばれる分野において確立されてきた。ある領域の確率場に 2 次定常性を仮定し、距離の近い観測点のデータは大きな類似性を持つという空間的データの特性を利用することによって、領域内の任意の点の値を予測する手法である(クリギングの理論は、(Wackernagel, 1995)に詳しい)。時空間クリギングは、従来、空間領域に限定されていたクリギングを時空間に拡張したものである。(Bilonick, 1988)(Cressie, 1993)(Cressie & Huang, 1999)(Gneiting, 2002)(Snepvangers et al., 2003). 観測データの時間軸と空間軸を構造化することにより、時系列データに対して、従来型のクリギングよりも精度の高い推定を行うことが可能である。

本研究では、公示地価を目的変数として用いる。クリギングは、一般に鉱物資源や大気汚染物質自然科学分野で用いられることの多い手法である。しかし、公示地価には、以下の 4 つの特徴により、クリギングに適しているといえる。1 つ目は「代表性」である。公示地価は、公示地価法によって計測される公式な鑑定地価である。鑑定地点は、その地域を代表するように選定される。また、取引時のみに価格が分かる取引価格と異なり、いかなる地域であっても定期的な観測データを取得することが可能である。2 つ目は「中庸性」である。地価の構成要素として、地積、幅員、用途地区、及び最寄り駅までの距離などが挙げられる。公示地価の鑑定地点は、地域の中で、それらの要素が平均的な物件の中から選定される。3 つ目は「安定性」である。長期にわたって地価を計測する際には、その土地の用途が安定していることが望ましい。そのため、公示地価の鑑定地点は、土地用途が安定している物件から選定される。4 つ目は「確定性」である。地価を鑑定する際に、その土地の区画が定められている必要がある。そのため、公示地価の鑑定地点は、土地の区画が明確な物件から選定される。以上の特徴により、公示地価は、時空間クリギングを適用するのにふさわしいと言える。

図に示すように、本研究では、以下の手順に従って、各マンションの公示地価をする。手順とは、(i) OLS による公示地価の回帰分析, (ii) OLS で得られた誤差項の集計, (iii) 標本バリオグラムの作成, (iv) 適合バリオグラムの推定, (v) 誤差項の分散共分散行列の構造化, (vi) GLS による回帰分析, and (vii) 公示地価の内挿 である。

図．時空間クリギングの方法



(i) OLS 回帰分析と誤差項の集計

OLS は誤差項に相関がないことを前提条件としている。しかし、地価のような空間データは、距離の近いデータほど互いの影響に与える大きいため、空間的な相関があると考えるのが自然である。その結果、OLS の仮定する前提条件が崩れるため、OLS は最良線形不偏推定量（best linear unbiased estimator: BLUE）とはならない。

この問題を解決するために GLS を用いることが考えられる。GLS は、誤差項の構造化することにより、最良線形不偏予測量（best linear unbiased predictor: BLUP）を推定することができる。しかし、GLS を用いるためには、誤差項の分散共分散行列が既知であることが前提である。時空間クリギングでは、セミバイオグラムと呼ばれる残差の分散共分散行列を時空間の関数として構造化することにより、GLS を実行する。

回帰分析に用いる説明変数は、(Inoue et al., 2009)(Tsutsumi et al., 2014)を参考に、5 つを抽出した。5 つとは、地積、幅員、容積率、最寄り駅までの距離、中心市街地までの距離、用途地区ダミー、及び前年の日経平均株価である。交通アクセスは、直線距離よりも移動時間の方が良いと考えられる。しかし、両者には統計的に大きな推定差がないことが法臆されている（Tsutsumi et al., 2014)。そのため、本研究では、計算負荷を軽減するため、直線距離を用いて交通アクセスの変数を作成する。OLS モデルは、以下の式で表される。:

$$\ln(PLP_{st}) = \beta_0 + \sum_i \beta_i \ln(x_{sti}) + \sum_{d-1} \beta_d D_{std} + \varepsilon_{st}, \qquad E(\varepsilon_{st}\varepsilon'_{st}) = V$$

PLP_{st} は地点 s における時間 t の公示地価、β_0 は切片、x_iと β_i は説明変数とその係数、D_d と β_d はダミー変数とその係数、ε は誤差項、V は誤差項の分散共分散行列を表す。ここで、誤差項 ε_{st} は、期待値がゼロ、共分散は距離と時間差に依存すると仮定される。

$$E[\varepsilon_{st}] = 0$$

$$V = Cov(\varepsilon_{st}, \varepsilon'_{st}) = C(h_s, h_t)$$

C は時空間共分散関数、h_s と h_t は誤差項の空間的距離と時間差である。一般的に、時空間共分散関数を直接観測することは困難である。そのため、時空間クリギングでは、セミバイオグラムを用いて、共分散関数ないしは、分散共分散行列を構造化する。

(iii) 標本バリオグラム と (iv) 適合バリオグラム

誤差項は、次式のセミバイオグラムによって構造化される。

$$\gamma_0(s_l, s_m, t_l, t_m) = \frac{1}{2} E\left[\left(\varepsilon(s_l, t_l) - \varepsilon(s_m, t_m)\right)^2\right]$$

$\gamma_0(s_l, s_m, t_l, t_m)$ は、理論セミバリオグラムである。

確率場に 2 次定常性を仮定することにより、標本バリオグラムを次式で表すことができる。

$$\hat{\gamma}(h_s, h_t) = \frac{1}{2|N(h_s, h_t)|} \sum_{k=1}^{N(h_s, h_t)} [\varepsilon(s_k, t_k) - \varepsilon(s_k + h_s, t_k + h_t)]^2$$

$\hat{\gamma}$ は時空間標本セミバリオグラム、$N(h_s, h_t)$ は時空間距離の集合の大きさである。

標本セミバリオグラムを構造化するために、本研究では、*sum metric model* と呼ばれるモデルを用いる。Sum metric model は、(Bilonick, 1988) によって開発され、(Snepvangers et al., 2003)によって改善されたモデルであり、いくつかのモデルの中で最も良い適合を示した。さらに、sum metric model は、空間的距離、時間的距離、及びその相互作用の項が独立しており、時空間構造の解釈が容易である (Heuvelink et al., 1996)。sum metric model は、次式により定義される。

$$\gamma(h_s, h_t) = \gamma_s(h_s) + \gamma_t(h_t) + \gamma_{st}\left(\sqrt{{h_s}^2 + (\alpha \cdot h_t)^2}\right)$$

γ_s は空間セミバリオグラム、γ_t は時間セミバリオグラム、γ_{st} は空間セミバリオグラムと時間セミバリオグラムの相互効果、α は時空間の異方性である。

(v) 共分散関数

共分散関数とセミバリオグラムの関係は次式で定義される。

$$V = C(h_s, h_t) = \gamma(\widetilde{h_s}, \widetilde{h_t}) - \gamma(h_s, h_t)$$

$\widetilde{h_s}$ と $\widetilde{h_t}$ は、空間的距離と時間的距離のレンジと呼ばれるセミバリオグラムが収束する値である。

(vi) GLS 回帰分析

セミバリオグラムによって共分散関数を構造化し分散共分散行列を推定したことにより、GSL モデルによって BLUP を得ることができる（Goldberger, 1962)。(Goldberger, 1962)に従い、GLS 推定量と BLUP は以下の式で定義される。

$$\beta_{GLS} = (\boldsymbol{X}^t \boldsymbol{V}^{-1} \boldsymbol{X})^{-1} \boldsymbol{X}^t \boldsymbol{V}^{-1} \boldsymbol{y_0}$$

$$y = \hat{\boldsymbol{X}}^t \beta_{GLS} + \boldsymbol{c}^t \boldsymbol{V}^{-1} (\boldsymbol{y_0} - \boldsymbol{X} \beta_{GLS})$$

y と y_0 は BLUP とその観測地、β_{GLS} は GLS 推定量、 V と c は分散共分散行列と共分散ベクトル、X と $\hat{X}$ 説明変数の観測地とその予測値である。本研究では、y は $\ln(PLP)$ に、X は $\ln(x)$ と D にそれぞれ相当する。

(vii) 内挿

GLS によって得られた推定量をもとに、公示地価を 200×200m 四方のグリッドに内挿する。

内挿の精度を検証するために、クリギングでは、交差検定(cross-validation)と呼ばれる手法が最適ある（Stone, 1974)(Geisser, 1975)。交差検定とは、サンプルサイズが n の標本から 1 つのサンプルを抽出し、残りの n-1 個のサンプルを用いてクリギングを行い、その内挿地と実際の観測地を比較することを n 回繰り返す方法である(Wackernagel, 1995)。しかし、この手法は、特にサンプルサイズが大きい場合、膨大な計算負荷を強いる。そこで、本研究では、k 分割交差検定(k-fold cross-validation)と呼ばれる簡素化した交差検定を用いる。k 分割交差検定では、全サンプルをサンプルの属性に従ってランダムに、k 分割し、1つのグループからクリギングを用いて内挿した値を残りの k-1 グループの観測地と比較することを k 回繰り返す手法である。(Burman, 1989)(Zhang, 1993)(Shao, 1993) は、k 分割交差検定を、精度と計算負荷の両面から考察し、k が 5 から 20 のとき、効率が良いという結論を出した。本研究では、膨大な計算負荷を考慮し、k を 5 と定め、5 分割交差検定を行う。

5 分割交差検定をもとに、地価の内挿精度は、平均二乗平方根誤差（root mean squared errors: RMSE）を用いて客観評価する。RMSE は以下の式で示されるように、内挿値と観測地の誤差の 2 乗を平均し、平方根を取った値である。また、RMSE を指数変換した値を eRMSE とする。

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{(\ln(\hat{y}_i) - \ln(y_i))^2}{N}}$$

$$eRMSE = e^{RNSE}$$

$\hat{y}$ と y は内挿値と観測値、i と N は観測地点と観測地点の総数である。$eRMSE = 1$ のとき観測誤差はゼロ、$eRMSE = 1.1$ のとき誤差は 10% である。本研究での観測誤差は、おおむね 3%以下であった。

掲載図表一覧

図

図 1 例としての中国沿海部における人的資本(左図)と GDP(中図)、日本の GDP(右図)のデータイメージ 16
図 2 平均グリッド IW および各資本の富(2000、2005、2010、2015 年) 24
図 3 異なる空間的スケールで見た IW の変化率(2015 年/2000 年) 25
図 4 NO_2 の量から推定した世界健康利益(兆米ドル)の 2020 年 7 月の世界分布 26
図 5 CO_2 の世界的便益 26
図 6 直方市の社会資本総額(全体平均値をもとに計算) 28
図 7 一人当たり再生可能資源の年間成長率の平均(1990～2014) 30
図 8 非再生可能資源の一人当たり年間平均成長率(1990～2014) 31
図 9 1992 年から 2014 年のアジア太平洋地域における自然資本の変化率 31
図 10 市町村レベルでの一人当たり自然資本(2015)と幸福度 35
図 11 新国富, 1 人当たり新国富, 各資本, GDP, 人口の累積成長率(世界, 1992 年比) 35
図 12 新国富データベースの推計方法 37
図 13 日本と中国のグリッドレベルの新国富指標 37
図 14 日本, 中国, インドのグリッドレベルの新国富指標(2017) 39
図 15 2010 年から 2017 年にかけての日本の新国富指標と各資本の変化 40
図 16 宮若市の社会関係資本総額(全体平均値を基に計算) 42
図 17 各資本の一人当たり支払意志額回答平均値 42
図 18【Q14】市民主体の地域づくりに対する支払意思額 (N=857) 57
図 19【Q15】市民に開かれた行政に対する支払意思額(N=854) 57
図 20【Q16】秩序ある土地利用に対する支払意思額(N=849) 58
図 21【Q17】中心街の活性化に対する支払意思額(N=845) 58
図 22【Q18】公園の適正配置と管理に対する支払意思額(N=840) 59
図 23【Q19】住環境の改善に対する支払意思額(N=844) 59
図 24【Q20】交通網の充実に対する支払意思額(N=850) 60
図 25【Q21】道路の維持・整備に対する支払意思額(N=849) 60
図 26【Q22】水道水の安定供給に対する支払意思額(N=860) 61
図 27【Q23】下水道の整備に対する支払意思額(N=845) 61
図 28【Q24】環境保全に対する支払意思額(N=844) 62
図 29【Q25】循環型社会に対する支払意思額(N=854) 62
図 30【Q26】災害対策に対する支払意思額(N=853) 63
図 31【Q27】消防・救急対応に対する支払意思額(N=855) 63
図 32【Q28】交通安全・防犯に対する支払意思額(N=850) 64
図 33【Q29】健康づくりに対する支払意思額(N=852) 64
図 34【Q30】障がい者福祉に対する支払意思額(N=849) 65

図 35【Q31】高齢者福祉に対する支払意思額(N=853) 65
図 36【Q32】子育て支援に対する支払意思額(N=849) 66
図 37【Q33】教育の充実に対する支払意思額(N=845) 66
図 38【Q34】教育環境の整備に対する支払意思額(N=846) 67
図 39【Q35】生涯学習の推進に対する支払意思額(N=843) 67
図 40【Q36】文化の振興に対する支払意思額(N=838) 68
図 41【Q37】スポーツの振興に対する支払意思額(N=843) 68
図 42【Q38】人権尊重社会に対する支払意思額(N=834) 69
図 43【Q39】男女共同参画社会に対する支払意思額(N=835) 69
図 44【Q40】工業の振興に対する支払意思額(N=838) 70
図 45【Q41】農業の振興に対する支払意思額(N=838) 70
図 46【Q42】観光に対する支払意思額(N=836) 71
図 47 直方市の社会資本総額(全体平均値をもとに計算) 73
図 48 各資本の一人あたり支払意思額額(年齢別) 74
図 49 直方市における施策の大綱 (馬奈木が会長を務めた直方市総合計画審議会 資料) 78
図 50 成果指標と新国富の関係性 (馬奈木が会長を務めた直方市総合計画審議会 資料) 79
図 51 平均グリッド IW および各資本の富(2000、2005、2010、2015 年) 84
図 52 異なる空間的スケールで見た IW の変化率(2015 年/2000 年) 86
図 53 資本ごとの富密度(2000～2015 年):縦軸は富密度(100 万ドル/km^2) 87
図 54 IW の変化に対す各因子の寄与率:「再生不能」「再生可能」は資源の寄与率 88
図 55 グリッド・セルのレベルで IW 増減を支配する各資本 89
図 56 日本の 2000 年(青)、2015 年(黄)のジニ係数 90
図 57 日本の 2000 年(青)、2015 年(黄)のタイル指数 91
図 58 IW の成長率と密度との関係 92
図 59 GDP に関連して、中国、米国、および世界における NO_2 TVCD(molec./cm^2)トレンドの変化、ならびに 2019 年 12 月から 2020 年 2 月の世界のデータ 100
図 60 世界健康利益(兆米ドル)の 2020 年 7 月の世界分布。 102
図 61 GOSAT-2 による 2020 年 2 月と 2019 年 2 月の下層対流圏 CO_2 濃度増加量の全球分布 104
図 62 CO_2 増加量(1,000 ton/km2)と 2019 年(1 月から 4 月)から 2020 年(1 月から 4 月)までの利益の比較 106
図 63 Global Benefits of CO2. 106
図 64 東京 23 区における老年従属人口指数分布 109
図 65 東京 23 区内における地価公示価格の分布 112
図 66 東京 23 区内における地番別平均所得の分布 113
図 67 仮説1概念図 117
図 68 仮説 2 概念図 117
図 69 WTP 調査の回答者分布 122
図 70 分析に用いた発電所の分布(提供:国立情報学研究所) 123
図 71 IW(左)、HC(上左)、PC(上右)、NC(右)のマップ 124

図 72 太陽光発電(左上)風力発電(右上)中小水力発電(下)の導入ポテンシャル..... 125
図 73 OECD の幸福の枠組み(OECD, 2011) 142
図 74 2002～2014 年 一般的信頼と 1 人当たり GDP(欧州諸国) 146
図 75 所得不平等の変化:1980 年代半ばと 2013 年のジニ係数の比較 147
図 76 日本の平均幸福度(OECD, 2017a) 149
図 77 平均幸福度の各国間の比較 151
図 78 男女間賃金格差(Gender Wage Gap):G7 各国の 2008 年から 2019 年における平均..... 153
図 79 男女間賃金格差(Gender Wage Gap)OECD 各国の 2008 年から 2019 年における平均.. 154
図 80【Q1】居住地域 (N=899) 156
図 81【Q2】直方市の在住歴 (N=897) 156
図 82【Q3】年齢 (N=902) 157
図 83【Q4-1】最終学歴(回答者自身) 157
図 84【Q4-2】最終学歴(両親)(N=571) 158
図 85【Q4-3】最終学歴(配偶者・パートナー)(N=573) 158
図 86【Q5】職業(N=903) 159
図 87【Q6】業種(N=668) 159
図 88【Q7】配偶者有無(N=901) 160
図 89【Q8】子供の有無(N=899) 160
図 90【Q9】年収(N=859) 161
図 91【Q10】世帯年収(N=861) 161
図 92【Q11】世帯資産(N=609) 162
図 93【Q12】世帯負債(N=694) 162
図 94【Q13】ボランティア経験の有無(N=900) 163
図 95 地番別総人口分布 164
図 96 持ち家比率分布 165
図 97 CBD スコア分布 166

表

表 1 各種指標の概要とデータ出所 34
表 2 グリッドレベルの新国富指標のジニ係数 38
表 3 各種自然資本に対する平均 WTP 推定値 43
表 4 項目ごとの社会関係資本の総額 75
表 5 各社会関係資本に対する一人当たりの支払意思額の平均額 76
表 6 各自治体の新国富指標の活用一覧 80
表 7 地域間格差とタイル指数の内訳 93
表 8 都市－地方間格差とそのタイル分解 94
表 9 ジニ係数の各資本への静的分解 95
表 10 ジニ係数の 2000 年から 2015 年にかけての動的分解 96

表 11 記述的統計 101
表 12: 推計結果 101
表 13　記述統計 114
表 14 変数間の相関 114
表 15：回帰分析結果 115
表 16 仮説検証結果① 118
表 17　仮説検証結果② 118
表 18 仮説検証結果③ 119
表 19　遺産動機の検証 120
表 20 WTP 調査から得られたデータの記述統計量 122
表 21 決定要因の分析に使用した変数の記述統計量 129
表 22 社会的受容性の決定要因の分析結果 130
表 23 各自治体の新国富指標の活用一覧 138
表 24 現在の幸福のヘッドライン指標（OECD, 2017a） 143
表 25 現在及び未来の幸福の資源指標（OECD 2017a） 144