

持続可能な発展の経済分析

Economic Research of the Sustainable Development

論文では、持続可能な発展を考察する上で、特に時間的視点と空間的視点の重要性を確認しながら、経済学的に分析する方法について議論する。時間的視点として重要な要素は、技術進歩、人口成長、資源ストックの動学などがある。また空間的視点として重要な要素は、貿易を通じた資本移動、国際的相互依存関係、環境の公共財的性質などがある。これら各要素に個別に深く分析すると同時に、総合することも政策立案には必要となる。

This paper discusses the economic research framework for analyzing sustainable development with special reference to temporal and spatial points of view. On temporal viewpoints, technological progress, population growth and resource stock dynamics are highlighted. On spatial viewpoints, natural capital trade, international dependency and nature of public goods are focused. In policy discussion, each factor should be analyzed enough, and syntheses of all factors are important as well.

1. はじめに

これからの経済発展を考えるうえで持続可能性は必ず考慮されなければならない概念である。この概念は、環境や資源の有限性が強く意識され始めた1970年代から議論が次第に盛んになり、ローカルにもグローバルにも危機の萌芽を誰しも見出すようになった今日では、広く人口に膾炙するようになった。

ただし、その指し示す内容は、必ずしも統一されたものではない。そのなかで、もっとも広く知られているのは、ブルントラント委員会の定義である。すなわち、「将来世代が自らのニーズを満たす能力を損なうことなく、現在世代のニーズを満たすような発展」(World Commission (1987)の邦訳(大来佐武郎監訳)を一部改訳)である。そして、この定義に沿いながら経済分析を行うときにはしばしば、持続可能な発展とは、「福祉(定義は後述)が減少しない発展経路(通時的に非減少的な福祉)」と定式化される(例えば、Arrow et al. 2003)⁽¹⁾。

本研究が拠って立つ視点は、資本の蓄積動向から判

断する、いわゆるキャピタル・アプローチである。これは、GDPなどのフローの指標ではなく、そうしたアウトプットの源泉であるストックに着目し、ストックが減少していなければフローを生み出す能力も損なわれていないと考えるものである。ただし、ここでは「ストック」の捉え方がポイントとなる。経済・社会・環境と広範にわたる持続可能性の領域を議論するためには、狭義の人工資本ストックだけでなく、環境・資源といった自然資本や、教育・健康を含む人的資本など、社会的なストックを包括的に考慮する必要がある。その一つのステップとして、「ジェニユイン・セイビング」という考え方がある。本稿は、この考え方を採用したときに現れてくる政策的知見ならびに諸課題について考察する。

2. 持続可能な発展の捉え方

持続可能性は、その問題領域の広さのため、これまでの研究では大枠として「経済」、「環境」、「社会」という3つの評価軸で語られることが多かった(古沢2003)。そこでは経済学だけでなく、さまざまな学問領域を総動員した議論が展開されて

佐藤 真行

京都大学フィールド科学教育研究センター 特定准教授

SATO, Masayuki

Associate Professor,
Field Science Education and Research Center,
Kyoto University

いる。このように「経済」「社会」「環境」という広がり意識した議論ももちろん重要なのであるが、本研究では分析対象の広がり自体ではなく、その対象への分析的アプローチについて提案したい。

発展の持続可能性を考える際、もつべき視点は二つあると考える。一つは空間的な視点であり、もうひとつは時間的な視点である。

一つ目は、持続可能性を議論する際の空間的ひろがりについてである。ある地域あるいは国の経済発展が持続可能か否かを知りたいときに、さしあたり当該地域/国の諸データを収集し、さまざまな「指標」を構築する。そして、その指標を何らかの基準に照らし合わせて、その国の持続可能性を判断する。しかしながらこれだけでは不十分である。今日のグローバル化によって、他国との結びつきが非常に強くなっているためである。こうした状況においては、ある国の持続可能性を判断するとき、その国だけ注目して判断することができなくなる。なぜならば、その国が結びついている他の国の持続可能性が、その国の持続可能性に強く関わってくるからである。たとえば日本は他国から天然資源を輸入し、工業製品を輸出し、また海外に投資を行っているという意味で、外国と深いかわりを持っている。このとき、その依存先の国や地域が持続不可能である場合、かりに日本のデータが持続可能な発展の様相を示しているとしても、日本は持続可能とはいえないわけである。それにもかかわらず、多くの指標は国民国家単位で集計され判断されることが常であり、これまでの研究でもそうした単位で議論される傾向にある。これに対して、この諸単位同士のつながり意識した分析を行うことによって、より妥当性のある持続可能な発展の議論を行うことを目指す必要がある。

二つ目は、どの程度の時間視野をもって発展を構築していくかという点である。持続可能な発展といったときに、地球温暖化への対応といった100年を超えるスパンの問題もあれば、貧困からの脱却や自由で平等な市民社会の構築といったような急を要する問題もある。そうした時間の流れの中で、持続可能な発展に必須の環境政策や技術開発を、どのタイミングで実施するかというのはクリティカルである。こうした問題に対応するためには、動学的分析モデルを組み立て、様々な時点におけるアクションが後の時点に与える影響を与えていくかを包括的に分析していくことが求められる。また、超長期の将来展望を見出すためには、大胆にシナリオを切って、計量分析モデルを用いた推計も必要となってくる。

こうした視点を含めて、環境～社会～経済という広がりをもつ持続可能な発展について考える方法に

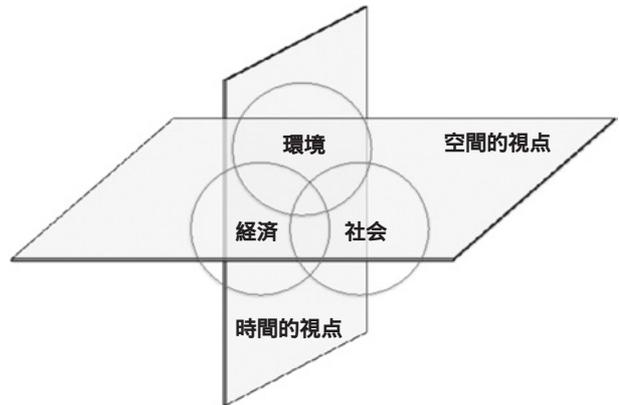


図1 持続可能性の分析視点

はいかなるものがあるだろうか。以下では、空間的ならびに時間的視点を意識しながら、持続可能な発展について議論する枠組みについて、とくに経済分析の方法論に焦点を当てて提示する。

3. 持続可能性の経済分析

持続可能な発展を分析する際に、「ジェニユイン・セイビング」という指標がしばしば参照される。ここで、現在世代から無限の将来世代までの人々の効用を足し合わせた現在価値を「福祉」と定義し、その水準は様々な資本によって決まると仮定する。ジェニユイン・セイビングは、福祉を生み出す源泉たる生産基盤の動向を描写するものもあり、その値が正ならば生産基盤は拡大しており負ならば縮小していることを示す。より形式的に表現するならば、生産基盤の価値を W とし、それらの構成要素が人工資本 K_M 、人的資本 K_H 、自然資本 K_N であるとすると⁽²⁾、

$$W_t = p_M K_{Mt} + p_H K_{Ht} + p_N K_{Nt} \quad (1)$$

であり、この動向は時間微分により得られ、ジェニユイン・セイビングは次のように定義される。

$$GS_t = \frac{dW_t}{dt} = p_M \frac{dK_{Mt}}{dt} + p_H \frac{dK_{Ht}}{dt} + p_N \frac{dK_{Nt}}{dt} \quad (2)$$

ここで p_M 、 p_H 、 p_N は、各資本のシャドウプライスである。

すでに述べたとおり、この指標は国ごとに集計されることが常であり⁽³⁾、そして過去数十年の平均あるいは各年の値をもって持続可能性が判断されてきた⁽⁴⁾。しかしながら、前節で述べたような空間的ならびに時間的ひろがりはいくつかの分析で不十分であった視点を含んでいる。そのため、この指標で国を表すサフィックス i についてその相互依存関係を見ていくこと(空間的ひろがり)、そして時間を表すサフィックス t について異時点間の影響を見ていくこと(時間的ひろがり)、この2つが本研究の焦

点となる。

3.1 空間的視点

持続可能性の空間的な相互依存関係について、ここでは日本を例にとって考察しよう。GSによるこれまでの持続可能性研究によれば、日本は常にプラスの値を維持していることから、持続可能と判断されている。しかしながら、周知のように、日本は他国に資源面を中心に非常に強く依存している。そしてその依存先は、同じくGSという基準でもって持続不可能（GSが負）と判断されている諸国も多く含まれている。こうした状況を考えれば、日本の持続可能性は万全であるとは言いがたいのである。この観点から、Sato *et al.* (2010) は共和分分析により次のような計量モデルを推計した。

$$GS_{Japan,t} = 470.79^{**} + 2.67^{*} G_{Japan,t} - 0.50 I_{Low,t}^M + 90.14^{**} I_{Low,t}^H + 1.81^{**} I_{Low,t}^N$$

ここで、Gは経済成長率、Iは投資（資本の変分）であり、添え字M、H、Nはそれぞれ人工資本、人的資本、自然資本を表わす。ここから、日本の持続可能性は他国の自然資本の劣化とともに得られていることがわかる。そして日本が資源を輸入する国々の非持続性は、自然資本の劣化に起因している。さらに、日本のGSは資源依存先の持続不可能性の原因になっていることも確認された。衝撃・応答関係から、日本の持続可能性を改善させたときに他国に与える影響は次図のようである。これは、日本のGSを1標準偏差だけ増加させたとき、他国の自然資本の劣化をどれだけ引き起こすかを表しており、この結果はただちに1.8倍程度の資源劣化を起こし、そのあと影響が引き続くことを予測している。

ここから、日本のGSを一時的に改善するものであっても、他国に与えるその影響は長期にわたるこ

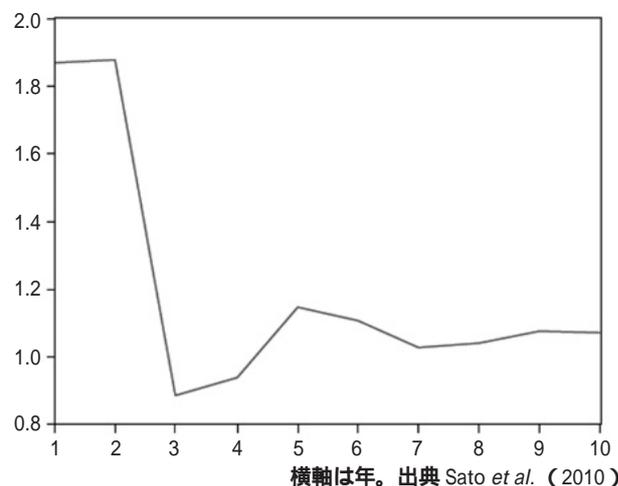


図2 日本のGS1 単位の増加に対する途上国の資源の影響

とが示唆されている。さらに日本の持続可能性を常に高めていこうとしたとき、加速的・累積的に影響は大きくなることが予測され、日本の持続可能性の改善は他国に対して短期的のみならず長期的な影響を及ぼすことが分かる。他国への存続なしに日本の現在の社会・経済は成立し得ないため、依存先の持続が途絶えたとき、日本の被るダメージは計り知れない。

この結果からも分かるとおり、GSを含め国家単位で計算される持続可能性指標は、他国との関係を踏まえて解釈する必要がある。日本の持続可能性も、GSが正であるものの、それは持続不可能な国に依存した値であることは重要であり、こうした問題に対して、従来の自然資本依存体質（例えば石油依存）からの脱却戦略が求められることになる。

一方で、自然資本の中には国民国家の単位に帰属しにくい性質のものが存在する。たとえば、CO₂のストックである。CO₂排出は国ごとにモニターされるが、そのダメージは一種のグローバルな公共財としての全体総量から規定される。このことを念頭においた場合、発展のパターンはどのように考察されるだろうか。この点につき、Nakagawa *et al.* (2010) は公共財を導入した世代間重複モデルに基づいて分析し、国家枠組みを超える公共財的性質をもつCO₂などの越境型汚染を考慮した場合、最適削減努力は国によって異なることが示した。

またYamaguchi and Sato (2010) は、やはり一つの国民国家に帰属しにくい再生可能資源を念頭に、資源に対する財産権が明確でないときに各国のGSの和が地域全体のGSに等しくならない可能性を示している。ここでは、資源を持つ国（輸出国）と持たざる国（輸入国）という2国を想定し、通常の輸出入以外に、輸出国から輸入国に資源ストックの一定割合が漏れ出すときのGSを分析している。そしてこれは公共財の性質を持たない資源でも、資源に対する財産権が不明確だったり、漁業資源のように移動性の資源だったりする場合にもあてはまる。各国がGSを持続可能性の政策的指標として用いると、地域全体の持続可能性につながらない可能性があり、GSも域内協力が伴って初めて有益な政策指標になるといえる。なお同論文では、GSを計算する上で、将来的な再生可能資源の価格変化（いわゆるキャピタル・ゲイン）の現在価値も含めるべきであることを示している。今後、希少性により資源価格が上昇していくと予想される場合、枯渇性資源だけでなく、再生可能資源の価格上昇も含めた持続可能性の議論が求められる。

一般に、経済政策や環境政策を実施するのは各国政府であり、各国政府は国内の有限資源で国民の福

祉を最大化するように資源配分を促していると考えられる。このとき、ここまでの議論が意味することは、他国の汚染削減努力にフリー・ライドするインセンティブを排除できず、全体としての自然資本と人工資本の望ましいバランスに到達されない危険があるということである。この含意は、各国政府が持続可能な発展を目指してGSを参照したとき、一国だけでとりうる政策は限りのあるものであり、非負のGSを追求するには、国家間の相互依存を踏まえ、資源貿易政策や地球規模の取り決めを通じた取り組みが必要である。グローバル化時代においては、持続可能な発展を遂げるためには、国内政策だけでなく、資本動向を総体として捉える国際的な協調政策が非常に重要になっているのである。

3.2 時間的視点

持続可能な発展は、いうまでもなく時間軸が重要な論点である。こうした問題においては、データを動的に分析する視点がとりわけ重要となる。とくにGSは、すでに述べたとおり通時的に正であることを判断基準としている。したがって、ある年においてのみ正值であることは必要ではあるが十分でなく、通時的に安定的に正值であることこそが求められるのである。しかるにこれまでの多くの研究においては、過去数十年の平均の値や特定の年の値に焦点が当てられており、時系列による分析が求められている。ここでは、同一の平均値を持っている国であっても、減少傾向にある国/増加傾向にある国、安定的な国/不安定な国など、それぞれのもつ発展経路の形状は大きく異なることが無視されている。この点について、Sato *et al.* (2009) は、経路の形状を考慮したときに持続可能性の判断がいかに異なってくるかを定量的に提供した。

GSに限らず、指標を参照する際には、特に将来見通しを考える上で傾向(トレンド)や安定性(ポリティリティ)も重要なチェック項目である。これらは、期間平均や単年ごとの値だけでは見逃してしまう経路の形状に関する情報を含んでいる。例えば、米国と英国を見比べてみると単年度(1993年)で見えた場合、前者が6.6で後者は9.6であり(Hamilton and Clemens 1999)、平均(1970 - 2001年)で見えた場合、前者が7.4で後者は8.9である(Arrow *et al.* 2004)。しかし、過去の形状を考慮して将来50年以内に持続可能性条件を破綻せしめる可能性は、米国は28.8%であるのに対して英国は0.6%である(Sato *et al.* 2009)。平均や単年度でのみ指標を解釈するとこうしたリスクは見落とされてしまうのである。

こうした発展の形状は、ガバナンスの質や制度、ならびに技術水準によって規定されていると考えら

れる。経済活動により、通常は自然資本が減耗し、人工資本や人的資本が蓄積される。弱い持続可能性の観点では、このとき減耗した自然資本分を補って余りある他資本の蓄積があれば、持続可能性は損なわれない、と考える。GSも弱い持続可能性に基づく指標であり、(2)式から容易に分かるとおり、自然資本の減少分($p_N \frac{dK_N}{dt}$)を他の資本の増分

($p_M \frac{dK_M}{dt} + p_H \frac{dK_H}{dt}$)が上回れば、GSは正值を維持することになる。しかし、自然資本からのレントを適切に他の資本への投資に回さなければ、他資本の蓄積が不十分となりGSは負値に陥るだろう。

自然資本からの十分なレントがあるにもかかわらず、なぜGSが負になったり不安定になったりするのだろうか。第一に、ガバナンスの質や制度など、資源配分メカニズムが劣悪であるために、多すぎる消費や、非効率的な投資が行われていることがあげられる。たとえばvan der Ploeg (2010) は、資源をめぐるレント・シーキングが負のGSをもたらす可能性を理論的に示している。資源で豊かになっても、汚職が後を絶たず貧困削減や教育や健康に投資が向かないことを考えればイメージしやすいであろう。資源配分メカニズムが健全であるとは、資本の蓄積/減耗を持続的なかたちで制御できているということであり、そのためにはガバナンス機構や制度が整っていることが前提となるのである。

次に、技術は、ある財(要素資本)から別の財(資本)への変形過程を記述するものであるとすると、それは自然資本(資源)から別の資本への変換過程を意味する。良好な資源配分メカニズムを前提にしても、自然資本の多くは枯渇していくものであるから、自然資本から人工資本その他への変換は永続的であるとは限らない。この可能性は技術水準によって規定され、現状の技術水準によるこの変換過程が行き詰まる時期から、GSは負値を示し始める。また、こうした状況が見込まれるときに、新技術への期待が生まれる。長屋・前田(2010)は、新技術への切り替えを、現状の技術を維持することの最適停止点問題として捉え、技術変化を内生的に分析し、環境(自然資本)を改善する技術変化の最適な時期を分析した。環境問題の解決のために新技術を導入するためには、研究開発費や導入費、そして別の生産性を高める投資の逸失収益などの大きなコストがかかることはよく知られている。それでもなお環境技術が導入されるには、なによりも社会の環境に対する選好が重要となる。そのとき、新技術を導入するために資本を蓄積していき、ある時点で導入するケースと、過去の資本蓄積を頼りに新技術を導入するケースでは、最適なタイミングが異なることが

示されている。この分析結果を踏まえると、資本蓄積の進んだ先進国と、そうでない途上国で対応が異なることは明らかである。重要なことは、持続可能な発展は、人工資本だけでなく、人的資本・自然資本とのバランスに依存して達成されるということである。新技術の導入は、各資本のトレードオフ関係が改められることを意味する。今日の社会では、すでに自然資本の稀少性を危惧して新技術への期待が高まっている。今後自然資本の取り崩しが進み、自然資本と人工資本との代替率が高まっていけば、自ずとGSは減少に向かい始めることになるため、新技術は持続可能な発展経路を維持するためにも必要となることが予想される。持続可能な発展経路は環境政策に影響を受ける。逆に言えば、政策策定にはそうした将来の発展経路を考慮する必要があり、そのためには計量経済モデルの援用も有用となるであろう。時間的ひろがりやを考慮した持続可能な発展の検討は今後、そうした政策支援への展開も期待される。

4. まとめ

持続可能な発展は、非常に幅広い問題領域を包含する概念であるため、学術的なアプローチも様々な分野を包含することになる。多くの場合は、環境・経済・社会のそれぞれの側面、およびそれらの総合的側面を分析する挑戦が続いている。

こうした問題領域の広がりがあるのに加え、本研究では、持続可能な発展を考察する上で、特に時間的視点と空間的視点の重要性を確認しながら、経済学的に分析する方法について議論した。時間的視点として重要な要素は、技術進歩、人口成長、資源ストックの動学などを考察した。また空間的視点として重要な要素は、貿易を通じた資本移動、国際的相互依存関係、環境の公共財的性質などを考察した。

空間的ならびに時間的視点は、経済分析に限らず多くの分析でも必要な視点である。あるいは、この視点を軸として、異なる分野の統合的研究が可能になるのかも知れない。その一つの試みとして、様々なデータを集約し、科学的知見に基づいた将来シナリオに沿った計量分析が一つの可能性として期待される。

持続可能な発展は、繰り返し述べているように非常に幅広い領域に関わるがゆえに、ともすれば抽象的になりがちである。その一方で、持続可能な発展の実現は現在社会が直面する最大の問題であり、政策的解決が期待される現代社会の懸念事項でもある。持続可能性はたしかに抽象的な概念であるのだが、政策立案を議論するときには土台となりうる何

らかの指標ないし現状記述が必要である。「富」の動向（ジェニユイン・セイビング）はそのひとつを提供するものとして期待される。

《参考文献》

- ・長屋真季子、前田章（2010）「経済発展に伴う環境新技術の最適導入時期」『経済政策ジャーナル』第7巻、第2号、pp.10-13.
- ・古沢広祐（2003）「持続可能な発展 - 統合的視野とトータルビジョンを求めて」植田和弘・森田恒幸（編）『環境政策の基礎』、pp.129-160.
- ・森田恒幸、川島康子（1993）「『持続可能な発展論』の現状と課題」『三田学会雑誌』、第85巻、第4号、pp.4-33.
- ・Arrow, K. J., P. Dasgupta, and K-G. Mäler (2003), "Evaluating Projects and Assessing Sustainable Development in Imperfect Economies," *Environmental and Resource Economics*, 26, pp.647-685.
- ・Arrow, K., Dasgupta, P., Goulder, L., Daily, G., Ehrlich, P., Heal, G., Levin, S., Mäler, K-G., Schneider, S., Starrett, D. and Walker, B. (2004) "Are we consuming too much?," *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 18, No. 3, pp. 147-172.
- ・Bolt, K., M. Matete and M. Clemens (2002) "Manual for Calculating Adjusted Net Savings", World Bank. (以下のアドレスより入手可能: <http://siteresources.worldbank.org/INTEEI/1105643-1115814965717/20486606/Savingsmanual2002.pdf>)
- ・Dasgupta, P. (2004) *Human Well-Being and the Natural Environment*, Oxford University Press 邦訳: 植田和弘(監訳)『サステナビリティの経済学』岩波書店。
- ・Hamilton, K. and Clemens, M. (1999) "Genuine Savings Rates in Developing Countries", *World Bank Economic Review*, Vol. 13, No. 2, pp. 333-356.
- ・Nakagawa, S., M. Sato and R. Yamaguchi (2010), "Growth and Voluntary Abatement of Transboundary Pollution in an Overlapping Generations Model" *KSI Communications*, 003.
- ・Sato, M., S. Samreth and K. Yamada (2009), "A simple numerical study on sustainable development with Genuine Saving", ISER Discussion Papers, Osaka University, No. 728.
- ・Sato, M. S. Samreth and R. Yamaguchi (2010), "Sustainability Dependency under International Relationships: Evidence from Genuine Savings Indicator of Japan" *KSI Communications*, 006.
- ・van der Ploeg, F. (2010) "Why do many resource-rich countries have negative genuine saving?: Anticipation of better times or rapacious rent seeking", *Resource and Energy Economics*, 32: 1, 28-44.
- ・World Commission (1987), *Our Common Future* (Brundtland Report), Oxford University Press.
- ・Yamaguchi, R. and M. Sato (2010), "Genuine savings of open economies with renewable resources", mimeo.

《注》

- (1) もちろん、経済分析にも様々な立場・視点があり、多様な定義と分析が存在する。森田・川島(1993)によれば、その数は40を超えるという。
- (2) Dasgupta (2004)では知識資本も加えている。しかし後のデータ分析との統一のため、3つの資本とする。
- (3) 計測方法については、Bolt et al. (2002)を参照。
- (4) 代表的な研究としてHamilton and Clemens (1999), Arrow et al. (2004)を始め、多数挙げられる。