

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 20 日現在

機関番号：32675

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24730165

研究課題名(和文) オープン・ソース・ソフトウェア供給インセンティブの解明：公共財供給理論による分析

研究課題名(英文) Analyzing the incentives of the voluntary development of Open Source Softwares: An approach from the theory of public good provision

研究代表者

篠原 隆介 (SHINOHARA, Ryusuke)

法政大学・経済学部・准教授

研究者番号：40402094

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：オープン・ソース・ソフトウェア(OSS)は、公共財であるにも関わらず、その開発には、多くの技術者が自発的に参加し、高い品質で供給が行われている。本研究の目的は、公共財であるOSSの供給に、なぜ、多くの技術者が自発的に参加するのかを、公共財供給モデルを用いて明らかにすることである。多くのOSSに共通する性質として、(1)コンピューター(私的財)とOSS(公共財)の間の機能面での補完性、(2)OSSに付加可能な機能の多様性、の二点に注目して、これらの性質がただ乗りインセンティブを打ち消す程に十分な自発的な公共財供給インセンティブを与える可能性について検証した。

研究成果の概要(英文)：In the real world, there are many voluntary projects to develop Open Source Softwares (OSS) in which many software developers participate and by the voluntary development activities, many high-quality OSS are provided. However, since OSS satisfy the properties of nonrivalry and nonexcludability of consumption, they are public goods. According to the standard theory of public goods, public good provision suffers from the free-rider problem and public goods are under-provided. The standard theory seemingly cannot explain the phenomena of OSS development. We address why many high-quality OSS are provided although they are public goods through the public good provision theory. We show that, to some extent, the strong complementarity between OSS and its applications and multifunctionality of OSS have a role to intensify the incentive of voluntary contribution to OSS.

研究分野：経済理論

キーワード：公共財 自発的供給 オープン・ソース・ソフトウェア

1. 研究開始当初の背景

(1) オープン・ソース・ソフトウェア(OSS)とは、パソコンのソフトウェアの一種であり、ソフトウェアとそのソース・コードは、インターネット上で「無償」で公開され、誰しものが「等しく」利用できる。近年、非常に多くの技術者による自発的な供給によって、高品質な OSS が、数多く提供されている。パソコンのオペレーティング・システムの Linux は、その一例である。

(2) 一方で、OSS は公共財としての性格を持つ。公共財とは「消費の非排除性」と「消費の非競争性」を満たす財であり、この二つの性質により、経済主体は、他者の公共財供給活動にただ乗りするインセンティブを持つ。経済主体の持つただ乗りインセンティブにより、公共財は十分な水準で供給されることはない。これは、公共財のただ乗り問題として知られている。

(3) しかしながら、(1)の事実から、OSS の供給においては、標準的な公共財供給理論が予測するようなただ乗り問題が起きているとは言いがたい状況にある。なぜ、OSS は公共財であるにも関わらず、多くの技術者は自発的に OSS 供給に参加するのか？

(4) この疑問は、多くの研究者によって検証されてきたが、Lerner and Tirole(2002)に代表されるような事例研究が主流であり、理論経済学的に、OSS の自発的な供給インセンティブを解明する研究は、非常に少ない。Johnson(2002)と Myatt and Wallace(2002)は、公共財供給モデルを用いて、OSS の自発的な供給行動を理論経済学的に説明しようと試みたが、他の公共財との違いを鮮明にする形で、OSS 供給において、どのような要因が、自発的な供給活動を誘導しているのか、については明らかにされてこなかった。

2. 研究の目的

本研究では、公共財供給モデルを応用し、「OSS の供給に、なぜ、多くのソフトウェア技術者が自発的に参加するのか」について明らかにする。多くの OSS に共通する性質として、次の二つの性質に注目する。

(性質 1)OSS(公共財)とそれを搭載するコンピューター(私的財)との間に観察される機能面での強い補完性。

(性質 2)OSS に付加可能な機能が多様であるがゆえに生じるであろう、個々のソフトウェア開発者の OSS の品質に対する選好の異質性。

(性質 1)について、通常、コンピューターとソフトウェアは、機能面において補完的な関係にある。コンピューターをより快適に利用するためには質の高いソフトウェアは必

要であるし、質の高いソフトウェアから恩恵を享受するためには、高機能なコンピューターは必要不可欠である。そのため、両財を「ある程度、同じ品質水準で」消費しなければ、OSS ユーザーは、十分な便益を享受することができない。ある程度、同水準で私的財と公共財を消費することを望む者は、私的財を一方的に消費するような行動をすることなく、公共財を自発的に供給することが予想される。

(性質 2)について、一般に、ソフトウェアが備える機能は多様であり、それゆえ、利用者が、ソフトウェアに対して要求する機能は、異なる。自らの要求を満たすことで、OSS からより大きな便益を享受することができる場合、自発的に OSS の開発活動に加わる可能性がある。

(性質 1)と(性質 2)の二要素に注目し、これらが、ただ乗りインセンティブを打ち消す程に十分に強い自発的な公共財供給インセンティブを与えるか否かについて明らかにする。

3. 研究の方法

(1) OSS(公共財)とそれを搭載するコンピューター(私的財)との間の機能面における強い補完性が、OSS の自発的な供給インセンティブに与える影響を測定するために、次のようなモデルを構築した。

公共財、私的財の二財間の強い補完性をモデル化するため、プレイヤーが、公共財、私的財の消費に関して、レオンチェフ型効用関数を持つことを仮定する。

公共財の自発的な貢献ゲームに基づきゲームを構築する。各プレイヤーは、ゲームの初期時点で保有する資源を、公共財の供給と私的財の購入に、それぞれ「何単位投じるか」を決定する。プレイヤー達によって公共財の供給に投じられた資源が大きければ大きいほど、公共財の水準は大きくなるものとする。各プレイヤーの消費する私的財の水準は、その購入に当てられた資源量の大きさに伴い、増加するものとする。

パレート効率的な資源配分と上記のゲームの均衡で実現する資源配分を求め、次に、これら二つの資源配分を比較し、ゲームの均衡で実現する資源配分が、パレート効率的になるための必要十分を提示する。

(2) 個々のソフトウェア開発者が、OSS の品質(公共財)に対して異なる選好を持つ状況を、次のようにモデル化し、分析を行った。

公共財は、非負の整数単位で供給可能であり、各プレイヤーは、公共財の供給水準に対して要求水準を持つ。各プレイヤーが公共財から享受する便益は、プレイヤーが持つ要求水準で公共財が供給される場合に最も大きくなる。公共財供給水準が、要求水準から離れれば離れるほど、プレイヤーの便益は減少する。

各プレイヤーが異なる要求水準を持つことを以て、プレイヤーが公共財に対して異なる選好を持つことをモデル化した。

公共財を0単位から1単位、1単位から2単位、2単位から3単位...というように、公共財の供給1単位毎に、限界貢献量を各プレイヤーが表明するゲームを分析し、ゲームの均衡で実現する公共財供給水準とパレート効率配分で実現する公共財供給水準とを比較し、プレイヤー間の公共財に対する選好の異質の程度と、資源配分の効率性の実現可能性の関係について、検証した。

4. 研究成果

(1) コンピューター(私的財)と OSS(公共財)の間の強い補完性に関する分析については、次の結果を得た。

プレイヤーの自発的貢献により実現する資源配分は、「個人実現可能配分集合」に対象を限定した場合、パレート効率的であり、ある種の次善解となる。その一方で、「社会的実現可能配分集合」に対象を拡張した場合、それは、必ずしもパレート効率的ではなく、この意味において、自発的な貢献行動が最適な資源配分を実現するわけではない。

しかし、プレイヤー達が、自発的に自らの持つ資源を、彼らの間で移転・交換することが可能である場合には、社会的実現可能配分の中においてもパレート効率性を実現する可能性がある。

上記のとおり結果は、ソフトウェアを公共財としてモデル化した場合の結果であるが、これが準公共財である場合、例えば、一部のコードのみをインターネット上に公開するようなソフトウェアの開発を考えた場合においても、同等の結果が成立することが明らかになった。

以上から、ソフトウェアとコンピューターの間に存在する機能面における強い補完関係は、次善の意味において望ましい資源配分を実現するが、一定条件下では、最善の資源配分をも実現するものと結論付けられる。本研究が対象とした、二財間の強い補完関係は、この意味において、強いインセンティブをソフトウェア利用・開発者に与えると言えよう。

本研究の成果は、ただ乗り問題が発生することを予想する標準的な公共財供給理論とは対照的である。Bergstrom et al.(1986)等によって分析された公共財の自発的貢献ゲームで実現する資源配分は、上記の次善解ではない。また、本研究成果は、部分的にはあるが、Bitzer and Geishecker(2010)による実証研究の成果と整合的である。

本研究の成果は、論文"Private provision of public goods that are complement to private goods: Application to open source software developments"(松島法明氏との共同研究)にまとめた。

(2) 個々のソフトウェア開発者が、OSSの品質(公共財)に対して異なる選好を持つ状況の分析に関しては、次の結果を得た。

まず、公共財水準の増加に対して、プレイヤーの公共財から得る便益が、減少しないケースを分析した。このケースでは、公共財水準の増加が、どのプレイヤーの便益も損なうことがないため、プレイヤー間の公共財に対する選好は、ある程度、同じであるとみなすことができる。このケースでは、公共財供給ゲームの均衡において、パレート効率的な公共財供給が実現することが明らかとなった。

次に、各プレイヤーが、公共財水準に対して、強く異なる選好を持ち、あるプレイヤーの要求水準を満たすことが、他のプレイヤーの公共財からの便益を損なうケースを考察した。上の意味において強く異なる選好を、プレイヤーが持つケースでは、パレート非効率的な公共財供給のみが、ゲームの均衡において実現する可能性があることが、明らかになった。また、このパレート非効率性は、公共財の過剰供給に由来することが明らかとなった。

これらの成果が、OSSの自発的開発動機解明の研究に与える意味は、ソフトウェアの開発者の間に、OSSに付与する機能について極度に異なる選好が存在する場合、さまざまな機能を備えた高品質なOSSが供給される可能性があるが、それは、社会全体から見て効率的な水準ではなく、過剰な水準で、供給される可能性があることである。本研究の結果は、現実世界において高品質なOSSが供給されているが、必ずしもそれは、社会的に効率的な水準で供給されているとは限らないことを示唆する。

本研究の成果は、論文"Public good provision through voluntary marginal contribution mechanisms and conflicts in benefits from the public good(仮題)"としてまとめ、現在、英文査読誌への投稿準備を行っている。

(3) 上記の(1)と(2)の分析に付随して、次の成果を得た。

上記(2)の分析では、公共財の過剰供給の可能性を指摘した。この過剰供給が発生する仕組みとは全く別に、公共財が独占的に1人の供給者によって供給される場合、ある一定条件下では、公共財が過剰に供給されることが明らかとなった。本研究の成果は、論文"The efficiency of monopolistic provision of public goods through simultaneous bilateral bargaining"(松島法明氏との共同研究)にまとめた。

(1)の分析で用いられた公共財の自発的貢献ゲームを含むような形で、「戦略代替性を伴う -インタラクティブ・ゲーム」と呼ばれる新たな非協力ゲームの集合を定義した。本研究の主たる成果は、本集合に属するゲー

ムでは、プレイヤー間の協調行動の有無に依存して、均衡で実現するゲームの帰結が変わることはないことを示したことである。本研究の成果は、論文"Coalition-proofness in a class of games with strategic substitutes"(Federico Quartieri 氏との共同研究)にまとめた。

引用文献

Bergstrom, T., Blume, L., Varian, H., 1986. On the private provision of public goods. *Journal of Public Economics* 29(1), 25-49.

Bitzer, J., Geishecker, I., 2010. Who contributes voluntarily to OSS? An investigation among German IT employees. *Research Policy* 39(1), 165-172.

Johnson, J.P., 2002. Open source software: private provision of a public good. *Journal of Economics and Management Strategy* 11(4), 637-662.

Lerner, J., Tirole, J., 2002. Some simple economics of open source. *Journal of Industrial Economics* 50(2), 197-234.

Myatt, D.P., Wallace, C., 2002. Equilibrium selection and public-good provision: The development of open-source software. *Oxford Review of Economic Policy* 18(4), 446-461.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Federico Quartieri and Ryusuke Shinohara (2015) "Coalition-proofness in a class of games with strategic substitutes," *International Journal of Game Theory* から近刊(査読有)
DOI: 10.1007/s00182-014-0452-8

Noriaki Matsushima and Ryusuke Shinohara (2014) "What factors determine the number of trading partners?" *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 106, pp. 428-441. (査読有)
DOI: 10.1016/j.jebo.2014.07.014

Ryusuke Shinohara (2014) "Participation and demand levels for a joint project," *Social Choice and Welfare*, vol. 43, pp. 925-952. (査読有)
DOI: 10.1007/s00355-014-0806-y

〔学会発表〕(計10件)

Ryusuke Shinohara, Noriaki Matsushima, "The efficiency of monopolistic provision of public goods through simultaneous bilateral bargaining," 日本財政学会第71回大会, 2014年10月25日, 中京大学名古屋キャンパス(愛知県名古屋市昭和区)

Ryusuke Shinohara, Noriaki Matsushima, "The efficiency of monopolistic provision of public goods through simultaneous bilateral bargaining," 日本経済学会2014年度秋季大会, 2014年10月12日, 西南学院大学(福岡県福岡市早良区)

Ryusuke Shinohara, Noriaki Matsushima, "The efficiency of monopolistic provision of public goods through simultaneous bilateral bargaining," The 68th European Meeting of the Econometric Society, 2014年8月26日, トゥールーズ大学, トゥールーズ市(フランス)

Ryusuke Shinohara, Noriaki Matsushima, "The efficiency of monopolistic provision of public goods through simultaneous bilateral bargaining," The 12th Meeting of the Society for Social Choice and Welfare, 2014年6月20日, ボストン・カレッジ, ボストン市(アメリカ合衆国)

Ryusuke Shinohara, Noriaki Matsushima, "Private provision of public goods that are complement to private goods: Application to open source software developments," The 67th European Meeting of the Econometric Society, 2013年8月29日, イェーテボリ大学, イェーテボリ市(スウェーデン)

Ryusuke Shinohara, Noriaki Matsushima, "Private provision of public goods that are complement to private goods: Application to open source software developments," The 10th Biennial Pacific Rim Conference of Western Economic Association International, 2013年3月15日, 慶応義塾大学三田キャンパス(東京都港区)

Ryusuke Shinohara, Federico Quartieri, "Coalition-Proofness in Aggregative Games with Strategic Substitutes and Externalities," 経済の数理解析研究会, 2012年12月8日, 法政大学市ヶ谷キャンパス(東京都千代田区)

Ryusuke Shinohara, Federico Quartieri, "Coalition-Proofness in Aggregative Games with Strategic Substitutes and Externalities," 第18回DCコンファレンス, 2012年9月16日, 関西大学千里山キャンパス(大阪府吹田市)

Ryusuke Shinohara, Noriaki Matsushima, "Private provision of public goods that are complement to private goods: Application to open source software developments," The 68st Congress of the International Institute of Public Finance, 2012年8月19日, TU ドレスデン, ドレスデン市(ドイツ)

篠原隆介, オープン・ソース・ソフトウェア供給インセンティブの解明: 公共財供給理論による分析, 法政大学経済学部学会研究会, 2012年6月9日, 法政大学市ヶ谷キャンパス(東京都千代田区),

〔その他〕

ホームページ等

研究成果をまとめた論文は、次のサイトから
閲覧可能です。

<http://ryusukeshinohara.ehoh.net/profilej.html>

6．研究組織

(1)研究代表者

篠原 隆介 (SHINOHARA, Ryusuke)

法政大学・経済学部・准教授

研究者番号：40402094