

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23530267

研究課題名(和文) ソフトウェア産業による日本経済成長への貢献に関する研究

研究課題名(英文) The Contribution of the Software Industry to Japanese Economic Growth

研究代表者

S. J. Turnbull (Turnbull, Stephen)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：90240621

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円、(間接経費) 450,000円

研究成果の概要(和文)：日本のソフトウェア産業へオープンソースソフトウェアライセンスと開発法(OSS)の応用の可能性を複数の場面から研究します。一、OSSを楽しむプログラマーが存在すると、専売専用ソフトウェアの財源的な優位に係らず、OSS部門のソフトウェア生産量の長期的シェアに最低値がある。二、ソフトウェア資産の日本経済成長への貢献を推計し、割と大きい数字であると示す。三、OSS開発者が呼ぶ「開発コミュニティ」とは、インターネットによるバーチャル産業クラスター(群れ)として分析すればよいという仮説を探る。つまり、アメリカのシリコンバレーのような地理的な産業クラスターに似ている集塊経済による成長が可能と考えられる。

研究成果の概要(英文)：We examine the possible application of open source software licensing and development methods (OSS) to the Japanese software industry from several points of view. First, we show that if programmers engage in OSS "just for fun" (as the creator of the Linux kernel title his autobiography), there is lower bound to the output share produced by the OSS sector, despite the great advantage in financing for the proprietary sector. Second, we examine the contribution of software assets to Japanese economic growth, and show that it is disproportionately large. Third, we make an initial foray in researching the possibility that what OSS developers themselves call "the development community" may be treated as a "virtual industrial cluster" mediated by the Internet. That is, it can access the "economies of agglomeration" that are believed to drive the success of geographical clusters, such as America's famous "Silicon Valley".

研究分野：経営学

科研費の分科・細目：経営組織

キーワード：economic growth open source software development communities industrial clusters software assets Japanese economy

## 1. 研究開始当初の背景

(1)日本の多くの産業はトップクラスの品質と国際競争力を誇るが、日本のソフトウェア産業はそうではない。日本人に聞いても自分の利用するソフトウェアはマイクロソフト、アップル、オラクル、IBMのものである。産業分野でも、自動車用内蔵ソフトウェアのような数少ない特化した分野を除けば、欧米のリードを認められる。本研究はこういった意識の環境と原因を分析し、長期的な産業の成長を促す方策を提案する。とくに、オープンソースによる開発とその流通・配布の支援に焦点を当てる。

(2) Kidder [1997] は「エンジニアは企業のエリートメンバーであると言われているが、研究の結果からは、エンジニアの大部分は仕事に満足していないことがしめされている。これに関して、一般に言われている理由は、仕事そのものの問題とマネジメントにある。これを説明する際に表れる言葉としては、技術的チャレンジの減少、ムダな仕事、行動の不自由さ、仕事に課されるタイトなルールである」と述べている。松本 [2014] も同じような言葉を使って、日本のソフトウェア産業の問題を表現している。ただし、アメリカの場合にはこうした不満の原因は経営陣によるものだが、日本の場合には、ソフトウェア開発の委託・受託関係にある。つまり、日本ではソフトウェア開発において委託・受託が繰り返されて、長い請負の連鎖が生じ、エンジニアはその中にいるため、ソフトウェア製品を自分のものと認め、自らの誇りと思えないのである。

(3) さらに、松本によると、現在の日本の大学では、古いCやJAVAといったプログラミング言語でのプログラミングを教え続けるか、もしくはプログラミングそのものを教えていない。いわゆるシステムインテグレート企業で働くシステムエンジニアの中に、プログラミングをまったく学んでいない人も含まれている。それは、システムインテグレートの実務の中でプログラミング業務が占める割合は小さくなく、プログラミングを含む詳細設計を請負会社に委託し、さらにシステムインテグレートから受託した請負企業もプログラミング業務を他社に再委託する機会が多いからである。結果として、実際にプログラミングを行うエンジニアは、ユーザーズに直面できない。むしろ、プログラミングの委託・受託関係の中で、請負契約に書かれた要項を最低レベルで満たす方が利益に繋がる。これでは、創造の楽しみもなく、職人の誇りもないし、生産性を上げるための工夫もない、と松本は主張する。

(4)もうひとつ考えられるソフトウェア開発の生産性向上の方策は、オープンソースコミュニティを持つクラスタ効果である。Minsky [1984]、Feigenbaum-McCorduck [1984]、Yourdon [1992] といった欧米の観察者から観れば、日本で実践されているグループワークは生産性を高める効果があり、それは特に「改善」と組み合わせた場合に顕著になるといえる。ただし、Chesborough [2011] などのハイテック産業に関する研究、Moore-Davis [2004] のようなハイテック・クラスタに関する研究は、日本企業を成功に導いた「グループ内知識

移転」よりも、幅広い「グループ外知識移転」の方がクラスタの効果を発揮するために不可欠であると主張する。欧米に限らず、企業間の人材移動こそが有益な知識交換をもたらすのであり、地理的クラスタが発生する理由はそうした人材移動を容易にする効果ゆえであると、彼らは主張する。しかしながら、そもそも競合企業間での人材移動は、日本のビジネス慣習、企業人事制度には合致していない。したがって、グループ外知識移転を実現するために、企業間人材移動とは異なる方法として、オープンソースプロジェクトに表れるインターネットを利用した「バーチャルクラスタ」の普及を考える必要がある。

Minsky, Marvin [1984]: “The Problems and the Promise,” in Winston and Prendergast [1984], chap. 18, 243–254.

Winston, P. H. and K. A. Prendergast, eds. [1984]: *The AI Business: Commercial Uses of Artificial Intelligence*, Cambridge, MA: MIT Press, 2d ed.

Feigenbaum, Edward and Pamela McCorduck [1984]: *The Fifth Generation: Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World*, New York: New American Library.

Yourdon, Edward (1992): *Decline & Fall of the American Programmer*, Yourdon Press Computing Series, Englewood Cliffs, NJ: Yourdon Press.

Chesbrough, Henry. [2011] *Open Services Innovation: Rethinking Your Business to Grow and Compete in a New Era*, San Francisco: Jossey-Bass.

Moore, Gordon and Kevin Davis [2004]: “Learning the Silicon Valley Way,” in Bresnahan and Gambardella [2004], chap. 2, 7–39.

Bresnahan, T. and A. Gambardella, eds. [2004]: *Building High-Tech Clusters: Silicon Valley and Beyond*, Cambridge: Cambridge University Press.

## 2. 研究の目的

(1)本研究ではソフトウェア産業の生産性を、他産業の「ものづくり」のように管理すべきではないことを主張する。もちろん、「ものづくり」は日本の生産に関する文化に染み込んでいる。それが内包する「職人意識」は、世界的に知られている「日本製の品質」の基礎になっているだろう。しかしながら、日本のソフトウェアは、ウェブページのようなものまで含めて、高い評価を受けていないし、それにも値しない。松本と一緒にオープンソースのモジュール利用、オープンソース的な開発手法の採用が、日本の技術者がもつ「職人意識」を活かし、日本のソフトウェア開発の生産性とソフトウェア品質を高めると主張していく。

## 3. 研究の方法

(1)経済成長論を用いて、オープンソース部門を含むソフトウェア産業の長期的な成長パターンとオープンソース部門の生存能力をモデル化して分析する。

(2)パイソンコンピュータ言語を中心に、オープンソースソフトウェアの開発者と利用者のインタビュー調査を行ってソフトウェア開発のバーチャルクラスタの特徴を調べる。

#### 4. 研究成果

##### (1) 私有ソフトウェアとの競争におけるオープンソースソフトウェア成長

本研究では、プロプライエタリなソフトウェアとオープンソースソフトウェアを対比し、プログラマーの行動に関する簡単なモデルを採用した。プログラマーの効用関数は、ソフトウェア自体とプログラミングの楽しみ、という2変数の相似拡大関数であると想定する。プロプライエタリなソフトウェアは消費財であり、プログラミングの楽しみ(正確にいうと仕事として行うプログラミングの楽しみ/苦労と、趣味としてのプログラミングの楽しみとの差)は一般消費者論の余暇に相当する。また、趣味で利用できるソフトウェアはオープンソースソフトウェアに限るものとする。

プログラマーはオープンソースソフトウェアのみから楽しみを得るとし、プロプライエタリなソフトウェアは消費財として扱われる(なお、オープンソースソフトウェアをプロプライエタリなソフトウェアに再利用できないとする「強いコピーレフト」の状況下では、両部門間にはスピルオーバー効果はないと想定できる)。この場合、消費するプロプライエタリなソフトウェアのセクターは、ソロー的な1部門経済成長モデルに相当する。両セクターでは同じCRTS生産関数を仮定する。生産要素は、同部門のソフトウェア、ソフトウェア以外の資本と労働である。この簡単なモデルでは、相似拡大的効用関数から、プログラマーは労働を消費用のプロプライエタリなソフトウェア部門に供給しつつ、趣味のオープンソース部門にも投入する。両部門において、ソローモデルと同じ様な長期的な定常状態が存在し、両部門の長期的成長率が同じ値に収束する。さらに定常状態では、消費部門であるプロプライエタリなソフトウェア部門の金銭的優位にかかわらず、オープンソース部門は一定の総生産のシェアを維持する。なお、部門間のスピルオーバー効果を組み入れた、延長モデルは分析途中の段階である。

##### (2) ソフトウェア財産と日本経済成長

ソフトウェア産業は現代経済の中で非常に重要な部門である。Futamura [2003] は情報通信産業(ICT)のソフトウェア部門の新規投資と資本ストックの時系列データを作成し、これに既存のICTハードウェア投資と資本ストック、一般資本ストック、そして労働供給に関する時系列データを組み合わせて、経済成長モデルを推計した。その結果は以下の表のようにまとめられる。

各経済成長要因のGDP成長率への貢献(%)

	GDP	$K_o$	$K_h$	$K_s$	L	TFP
1975-80	4.24	1.24	0.79	1.02	1.20	0.01
1975-85	3.50	0.72	1.53	0.71	1.06	-0.56
1975-90	5.06	1.02	1.71	1.06	1.22	0.09
1975-95	1.49	0.27	0.88	-0.10	0.15	0.28

1975-99 0.40 0.34 1.01 0.49 -0.79 -0.66

1975-99 3.09 0.75 1.18 0.65 0.65 -0.14

以上の表で  $K$  は非ICT資本ストック、 $K_o$  はICTハードウェア資本ストック、そして  $K_h$  はICTソフトウェア資本ストック。GDPは国内総付加価値、Lは総労働力(人)、TFP総要素生産性を表す。ソローのパラドクスとして知られる、ICT投資が経済成長に与える効果が推計されないという現象は、ソフトウェア資本の導入によって解消された。国連の1993会計基準でソフトウェア投資を「生産経費」から「投資」へ移した会計変更が重要である。日本の1975-1999年の統計では、ICTのハードウェア投資とソフトウェア投資を合わせてもGDPの数パーセントしか占めないが、それでも、一般資本の増加、および労働力の増加と同程度のレベルで、GDP成長率に貢献する。すなわち、ICTの両部門の戦略的重要性は明らかである。

Futamura [2003]は、少ないデータといくつかの前提に依存するので、本研究ではREIT Iによって延長された時系列データ(1970-2010)を用いて Futamura [2003]の研究を再現し、ほぼ同様の結果を確認した。現在、REIT Iの部門ごとのデータを用いて、部門別・部門間関係の推計と分析を進めているところである。

Futamura, Takeshi [2003]. *An Empirical Study of the Effect of IT Investment in Japan 1975-2000: Focus on Software Assets*. MBA Thesis, University of Tsukuba.

##### (3) オープンソースコミュニティにおけるクラスタ

コンピュータ言語Pythonのコミュニティに関するケーススタディの一環として、Pythonの開発プロジェクトのリーダーの面接調査を行った。現在は、Pythonの利用者(商用ソフトウェア開発企業と自家製ソフトウェアの利用者)の面接調査を計画している。

##### ガイド・ヴァン・ソスム

パイソン利用者の大会であるPyCon 2012において、Pythonの原作者のヴァン・ソスム氏に対するインタビュー調査を行った。ヴァン・ソスム氏によれば、自分自身の役割は重要ではなく、むしろ、NumPy(高速かつ正確な数値的計算モジュール)やTwisted(高速インターネットサーバーのモジュール)といった、多数のパイソンの特殊な追加パッケージの開発者の要求や彼らの提案が重要であるという。これらによって、Pythonの実用的な機能が実現されたからだ。スタンダードなライブラリに対する、こうした追加要素や新しいモジュールは、具体的な要求に答えるものであるため、テストも、追加の改善案も早く出てくる。結果的に、開発のペースが非常に早い。その上、パフォーマンスと品質の面でも優れたソフトウェアができあがった。さらに、関連の企業はしばしば、自家製モジュールをPythonプロジェクトに寄付するという。

ヴァン・ソスム氏の話をもとめると、開発者とユーザーの直接的な協力は、非常に効率的な形でプロ

ジェクトを押し進めた。さらに、Python のコミュニティは、単なる一プロジェクトとして成長しただけではなく、ハイテック・クラスタであることが明らかになった。

#### ジェシー・ノラー

ノラー氏は PyCon 2012 と PyCon 2013 の運営委員長でコミュニティの成長にはこのような大会が非常に大きな貢献を果たすと言う。Python 開発プロジェクトはバーチャルコミュニティで、基本的に、議論と新しいバージョンの配布はインターネット経由で行う。しかし、ノラー氏は「顔合わせ」がコミュニティの意識を持たせることに貢献するという。中心的な開発者は言語サミットで信頼関係を築き、スプリントでプログラマー同士が新しいアプリケーションの開発を話し合う。

ノラー氏が個人間な交わりを強調したことは、20 世紀後半に盛んだったシリコンバレーを想起させる (Moore-Davis [2004])、「バーチャルクラスタ」の形成は、ある程度、こうした個人的な「交わり」に依存するだろう。そうであるとすれば、バーチャルクラスタによって「国民的 (または、地域的な) イノベーションセンター」を築こうとする場合、PyCon のような大会での個人同士、企業間の意見交換と協力が重要である、という研究仮説が考えられるようになる。

#### スティーブン・ホルデン

ホルデン氏は Python の自営コンサルタントとして活躍している。ヴァン・ロサム氏とノラー氏のインタビューと同じく、ホルデン氏も、コミュニティ、個人と個人のコンタクトを重視している。ホルデン氏の活動の一つは地域や諸国に回って、PyCon ほどは大きくない、Python の大会を運営することである。ホルデン氏の活動は、インターネットとは異なる交流の場への需要が存在することの証拠だろう。

Noller, Jesse [2012]: インタビュー、サンタクララ市カリフォルニア州、3月23日。

van Rossum, Guido [2012]: インタビュー、サンタクララ市カリフォルニア州、3月21日。

Holden, S. [2012] インタビュー、サンタクララ市カリフォルニア州、3月22日。

## 5 . 主な発表論文等

無し

## 6 . 研究組織

### (1) 研究代表者

S.J Turnbull (Turnbull Stephen)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号 : 90240621