

# 情報サービス産業における生産構造 —OSSの市場価値と経済効果の観点から—

A Study of the Productive Structure of Information Service Industry in  
Japan: Quantitative Evaluation of OSS and Economic Effect

谷花佳介・野田哲夫

TANIHANA Keisuke and NODA Tetsuo

キーワード：情報サービス産業、オープンソース・ソフトウェア、ビジネスモデル、生産性

## Abstract

In this paper we analyze productivity in Japanese information service industry. We calculate OSS market value to which few paid attention before specifically. Through this calculation we analyze the contribution of OSS to this industry. Although our study has methodological problem in calculation of OSS market value, OSS's economic effects are mostly positive for labor productivity in this industry. Therefore our study can lead to result that Japanese information service industry can increase its own productivity level through connection between "inner" resources and "outer" ones.

## 1. はじめに

情報サービス産業においてオープンソース・ソフトウェア（以下、OSS）を導入したビジネスモデルは欠かせないものになっている。

OSSの開発様式についてはRaymond (1998) 以来、企業組織に依存しない開発スタイルが唱えられ、同時に情報サービス産業、企業においてOSS開発が進

むのと併行して、OSS への情報サービス産業の関与が増大している。そもそも企業が OSS を導入する理由は新しい技術の採用とこれによる利潤ならびに生産性の上昇であるが、その技術は OSS の場合は企業外「組織」であるコミュニティにおいて開発される。企業はこの外部資源である OSS の開発の成果を活用、享受するとともに、この開発の過程にも関与することになる。

先の谷花・野田 (2011) では、こうした OSS の経済効果の可能性と視点について論じたものの、具体的な経済効果を実証するには至らなかった。この背景には、経済分析に不可欠であるストック額および市場価値をといた形で OSS が具体的、数量的に把握されていなかったことがある。

そこで本稿では、経済学的側面から日本情報サービス産業における OSS の経済効果の検証を念頭に置き、そのための一つの手法を提示することを通じ議論を進めることとしたい。

## 2. 分析における視点

谷花・野田 (2011) は、OSS の開発過程および活用携帯を「オープンイノベーション」の概念に基づき、内部資源と外部資源の「連結」の観点から考察している。本章ではそこでの議論を踏まえ、OSS の経済的背景に関する分析視点について簡単に確認しておこう。

### 2.1 内部資源と外部資源との連結

まず OSS は複製コストがほぼゼロであり、無償で開発成果が公開されるため、開発者自体の希少性を除外すれば、消費の非競合性と非排除性を備えたインフラ・公共財的性格を持つものとして考えることができる。すなわち Ghosh (1998) に依拠すれば、OSS は、各事業所  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) による活用がどの事業所の活用も妨げないという点で、すべての事業所が享受できる。したがって、この関係は (1) 式で定義することができる。

$$OSS = OSS_1 = OSS_2 = \dots = OSS_n \quad \dots (1)$$

この Ghosh (1998) の議論はソフトウェアの複製容易性に着目したものであり、OSS 拡大に関しては二つのオープン化、すなわち情報化進展に伴う企業形態の変化ならびに著作権の開放がこれを補強したものと理解できる。本稿は企業形態の変化の観点からオープン化を考察するが、その背景には Coase (1937) が議論する取引費用の低下、および宮澤 (1988a, b, 1988) において指摘される情報化を契機とした「規模の経済」から「連結の経済」への経済構造や経営戦略の移行がある。

「連結の経済」とは単独企業ではなく、複数の企業が「連結」され各々の技術やノウハウの活用、つまり内部資源と外部資源との相乗効果に着目したものである。他方、Raymond (1998) はソフトウェア開発方式を「伽藍方式」と「バザール方式」とに対比させ、開発過程が公開され開発参加者を限定しない OSS 開発を「バザール方式」と位置付けた。そこでは散在する開発者が情報通信ネットワークで文字通り「連結」され<sup>(1)</sup>、付加価値が生み出される。この点で、「組織」の枠を超えた OSS 開発ならびにそれをを用いたビジネスモデルは、「連結の経済」の存在を示唆するものであろう。

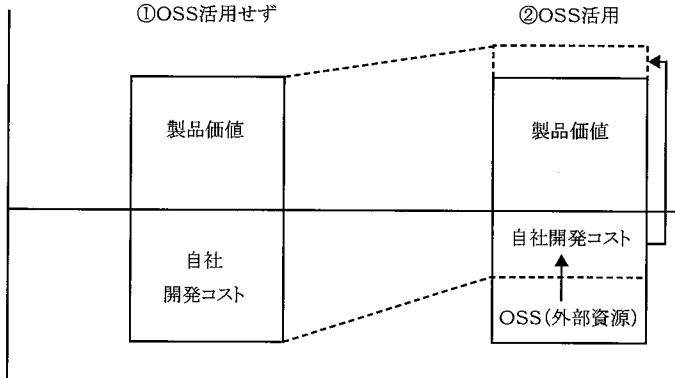
## 2.2 「オープンイノベーション」考

谷花・野田 (2011) での考察では、「連結」によって内部資源と外部資源が結合し付加価値が生じるとする視点を得られた。ここでは OSS 開発とそれに関連するビジネスモデルを Chesbrough が議論する「オープンイノベーション」の考えに基づいたものとして把握している。

研究開発活動は企業の競争力維持、強化を目的として行われ、一般的にその成果は秘匿および防衛される傾向にある。いわば國領 (1995) の概念に沿えば、ここでの研究開発活動は「自前主義」的性格を帯びることになる。しかしながら「オープンイノベーション」下では企業内外の境界が曖昧化し、外部の研究開発プロジェクトと内部のそれとが結合し、新たな付加価値が誕生する可能性

<sup>(1)</sup> Raymond (1998) は「目玉の数さえあれば、どんなバグも深刻でない」との表現を用いている。この表現は、各人の連結による相乗効果を比喩している点で興味深い。

図-1 コスト・収益構造と OSS 活用の概念図



が生じてくると考えられる。

言うなればこうした構造変化<sup>(2)</sup>の背景には、Coase (1937) の主張する取引費用低下による企業内外の区分のゆらぎ、同時に宮澤 (1986a,b, 1988) が指摘する内部資源と外部資源との結合いわば「連結の経済」が介在しているものと考えられる。ここに内部資源と外部資源との「連結」を重視したビジネスモデルが分析視野に入ってくるもの、と考えられる。

### 2.3 OSS 活用を視野に入れたビジネスモデル

本節では、OSS を活用したビジネスモデルを「連結」および「オープンイノベーション」の観点から考察し、実証分析への視点を確保しよう。

Linux Foundation (2008) は OSS 開発のうち、約 7 割の貢献が企業活動の一環として行われており、OSS が企業の収益獲得行動の一環に組み込まれている現状を明らかにしている。

先に述べたように企業が OSS を活用する背景には、競争力の獲得や有意義な経済効果への期待がある。こうした経済効果が生み出される構造について、工内

<sup>(2)</sup> 具体的な進展過程としては、國領 (1995) の分散的情報処理形態が考えられる。

(2010) は OSS 開発への貢献によって生じる便益の視点から、くわえて福安 (2011) は OSS 開発費用が開発コミュニティとの間でシェアされ、かつコミュニティによる開発成果がレバレッジされる視点から議論を行っている。

いわば費用と便益に関して福安 (2011) の見解に依拠すれば、OSS 活用は「組織」外のコミュニティとの「連結」により、費用あるいは便益の面で有意義な経済効果が生じることになる。すなわち企業内部に依存しない OSS を活用したビジネスモデルの要点は、「オープンイノベーション」の過程を通じ内部資源と外部資源との「連結」を図ることで、付加価値の形成を図るところにあると考えられる。

ここで OSS を活用したビジネスモデルを開発コストと製品価値創出の観点から検討しておこう。

図 1 は情報サービス産業における製品価値と開発コスト構造の関係を示したものである。図 1 において製品価値とは、製品・サービスの競争優位の源泉であり、消費者はこの部分に対して対価を支払う。企業にとっては売上あるいは利潤を反映するものである。他方、開発コストとは製品価値創造に不可欠な要素であり、製品価値の規模に左右される。したがって、企業は価値創造とコストとの間で最適な開発活動を模索することになる。

ここで図 1 における左方は、OSS を活用しない場合における製品価値とコストとの関係を示している。図 1 左方は國領 (1995) によれば自前主義的経営戦略、あるいは Chesbrough (2003) におけるクローズドイノベーションの状況を意味している。この場合、企業は製品価値を創出するための開発コストをすべて自前で賄うことになる。

他方、図 1 右方は OSS を活用した場合における製品価値と開発コストとの関係を示している。OSS はソースコードが公開された一種の標準技術である。したがって自社開発技術と OSS とを組み合わせることにより、開発を一からすべて自社で行う必要はなくなる。いわば、自社開発部分を企業内部に依存しない OSS へと置き換えることで開発コスト負担を抑えることが可能となる。さらに OSS を製品の周部分的に配置し、自社資源を製品価値にとって核的部分へ

と振り向ければ、さらなる製品価値、競争力向上が期待されうる。このように理論的には OSS 活用は情報サービス産業の製品価値形成能力を強化する可能性がある<sup>(3)</sup>。

### 2.3 OSS 活用を視野に入れた分析の枠組み

ところで、OSS は企業「組織」外におけるコミュニティを中心として開発される標準技術であり、消費の非排除性および非競争性を高度に備えた一種のインフラとして理解することができる。したがって、情報サービス産業における生産構造を探る際にも、内部資源と外部資源との「連結」効果を組み入れる必要があると考えられる。

インフラや外部資源を考慮に入れた分析モデルは浅子ほか (1994)、大河原・山野 (1995)、Ashauer (1989)、Ford and Porter (1991) をはじめ多く存在している。本稿はこれら先行研究に依拠し、内部資源と外部資源との「連結」を考慮に入れた分析の枠組みを構築することとした。

まず当該産業の生産構造は (2) 式で表すことが可能と考えられる。

$$V_{i,t} = AK_{i,t}^{\alpha} L_{i,t}^{(1-\alpha)} OSS_t^{\gamma} \quad \dots (2)$$

(2) 式は、企業  $i$  における実質付加価値  $V_{i,t}$  が技術水準  $A$  のもとで、実質資本投入  $K_{i,t}$ 、労働投入  $L_{i,t}$  をはじめとした「組織」内で形成される内部資源および、その形成が「組織」外で行われる OSS 資源  $OSS_t$  によって生み出されることを意味している。すなわち、コミュニティを基盤に開発され企業からみれば、与件である外部資源 OSS と企業内部資源との「連結」が (2) 式で表されている。

情報サービス産業のみならず、企業にとって生産性の向上は競争優位獲得に不可欠である。そこで外部資源である OSS を考慮し、(2) 式を対数化して若干の展開を加えると情報サービス産業における労働生産性決定要因を定義する (3)

<sup>(3)</sup> 濱野・鈴木 (2007) では、チューニングを加えることにより OSS の性能が向上することが明らかにされている。

式が与えられる。

$$\ln\left(\frac{V}{L}\right)_{i,t} = C + \alpha \ln\left(\frac{K}{L}\right)_{i,t} + \gamma \ln OSS_t \quad \dots (3)$$

(3) 式では情報サービス産業における労働生産性の水準 $(V/L)_{i,t}$ は、内部資源である資本装備率 $(K/L)_{i,t}$ と「組織」に依存しない与件である外部資源 OSS との「連結」により左右されることになる。ここで(3)式において $\gamma > 0$ である場合、OSSは日本における情報サービス産業の生産性に対して有意な効果を与えるものと判断できる。

### 3. 使用データの検討およびその導出について

本章において、われわれは分析に使用するデータの紹介、検討を行い、また独自に算出すべきデータについてはその導出方法について述べる。

#### 3.1 個別事業所に関する投入データ

$V_{i,t}$ ：実質付加価値

本稿における日本の情報サービス産業における業績指標として、付加価値をあげる。周知のとおり、情報サービス産業はIT技術革新を反映し、新たなサービスが日夜登場している。したがって当該産業の浮沈は、市場評価を得るだけの付加価値創造、いわば生産性の動向に左右されると考えられる。

使用データに関し、本稿は経済産業省『特定サービス産業実態調査報告書 情報サービス業編』（以下、『特サビ』）をもとに、「年間売上高」から「年間営業費」を引き、さらに「給与支給総額」と「貸借料」を加えたものを付加価値と定義した。そこで導出された額を、日本銀行公表の「企業向けサービス価格指数（情報サービス 2005年基準）」で実質化した。

$L_{i,t}$ ：労働投入

『特サビ』における「情報サービス業務に従事する就業者数」項目の従業者数

に、厚生労働省「毎月勤労統計調査」が公表する情報サービス産業における総労働時間を乗じ、さらにそれを12倍した値を年間の労働投入として定義した。

$K_{all,i,t}$ ：実質資本投入

### ①資本ストックの導出

『特サビ』では、資本ストックに相当するデータは存在しない。したがって分析にあたり、それに準ずるデータを構築する必要がある。そこで、(4)式により資本ストック $K_{i,t}$ を定義する。

$$K_{i,t} = K_{i,t-1}(1-\delta) + I_{i,t} \quad \dots (4)$$

(4)式に依拠すれば、『特サビ』公表の情報サービス産業における「年間営業用有形固定資産取得額」を資本投資 $I_{i,t}$ とすると、資本ストックはt-1期のストック $K_{i,t-1}$ が減価償却率 $\delta$ ほど剥落<sup>(4)</sup>したものに、資本投資を加えたものと考えることができる。

一方で、資本ストック額の時系列的推移を把握するためには、その起点となるストック額の推計が必要となる。そこでt期以前においてストックの変化 $g$ と減価償却が一定の率で行われたとすると、起点となるストック額は(5)式で推計される。

$$K_{i,t-1} = \frac{(1-\delta)^{t-1}I_{i,t}}{(1+g)^t} + \frac{(1-\delta)^{t-2}I_{i,t}}{(1+g)^{t-1}} + \dots + \frac{I_{i,t}}{(1+g)}$$

ここで $\varepsilon = \frac{(1-\delta)}{(1+g)}$ とすると、

$$= I_t (\varepsilon^t + \varepsilon^{t-1} + \dots + \varepsilon) \frac{1}{(1-\delta)}$$

<sup>(4)</sup> 減価償却率は谷花・野田(2011)に依拠し、年率3.6%とした。



$$= I_t \cdot \varepsilon \cdot \left[ \frac{(1-\varepsilon^t)}{(1-\varepsilon)} \right] \cdot \left[ \frac{1}{(1-\delta)} \right]$$

$\varepsilon^t = 0$ であるので、

$$K_{i,t-1} \doteq \frac{I_{i,t}}{g_i + \delta} \quad \dots (5)$$

(5) 式において  $g$  はストック成長率を意味し、本稿では1986～2000年における資本投資の平均変化率で代用することとした<sup>(5)</sup>。(4) および (5) 式の過程で求められた資本ストック額は名目値である。そこで本稿では、日本銀行が公表する「企業物価指数（総平均 2005年基準）」によりストック額を実質化した。

## ②リースにおける資本評価

企業活動において資本設備は投資、購入によってのみ配備されるのではなく、リースによっても取得される。すなわちストックのみでは資本投入に関して、過小評価となる可能性がある。したがってリース額を資本還元し、それをストックとして評価する必要がある。

資本還元によるストック評価は (6) 式で示される。

$$\begin{aligned} S_{i,t} &= \frac{R_{i,t}}{(1+r)} + \frac{R_{i,t}}{(1+r)^2} + \dots + \frac{R_{i,t}}{(1+r)^n} \\ &= \frac{R_{i,t}}{r} \quad \dots (6) \end{aligned}$$

(6) 式では、資本還元後のストック  $S_{i,t}$  はリース額  $R_{i,t}$  を利率  $r$  で割ったものとして定義される。本稿において、リース額は『特サビ』が公表する「賃貸料」、利率については内閣府『年次経済財政報告』公表の10年物国債流通利回りを

<sup>(5)</sup> (2) 式で示される起点ストック額は、起点時の選択によりバイアスが生じ、それは時系列的推移に伴い縮小すると考えられる。本稿では、2000年代の分析に際し1985年よりストック額を推計することでバイアス縮小に努めた。

それぞれ代理変数とした。また、ここで評価されたストック額について、本稿では日本銀行が公表する「企業物価指数（総平均 2005年基準）」により実質化を行っている。

本稿では以上の手順により資本ストック額の推計およびリースの資本評価を行い、両者を組み合わせることで資本投入を定義した。この関係は（6）式で示すことができる。

$$K_{all,i,t} = K_{i,t} + S_{i,t} \quad \dots (7)$$

ここで（7）式を（3）式へと反映させると、（3）式は（8）式へと書き換えることが可能である。

$$\ln\left(\frac{V}{L}\right)_{i,t} = C + \ln\left(\frac{K_{all}}{L}\right)_{i,t} + \gamma \ln OSS_i \quad \dots (8)$$

### 3.2 OSS の市場価値評価およびその手法

本稿冒頭で述べたように、経済学的分析を加えるためには市場を通じた価格など、数量的な価値評価が必要となる。

他方、ソフトウェア開発では人月が市場価値評価の上で基本的単位として用いられる場面が多い。一般的にソフトウェア開発においては、開発労力が労賃あるいは投資額の形で市場に濾過され、各種統計により数量的評価がなされている。

しかしながら、本稿が対象とする OSS には投資額あるいは市場評価額といった公式な数量的評価は存在しない<sup>6)</sup>。近年において、OSS は企業活動との接近が著しいものの谷花・野田（2011）が議論するように、当初より市場評価獲得を目的として開発されたものではなく、OSS と市場との距離が存在している。このことが OSS の市場価値評価が加えられていない一因と考えられる。したがっ

<sup>6)</sup> ただし、情報処理推進機構（2008、2009、2010）はソフトウェア、情報サービス産業を対象に OSS を活用した案件を抽出し、その金額を OSS 市場規模として公表している。

て、OSS 市場価値評価に際して、市場では明確ではない価値を市場価値へと変換する操作が必要となる。

OSS の市場評価をはじめとした金銭的評価については、少ないながらも先行する試算が存在している。まず MacPherson et al. (2008) は Red Hat Linux の基盤となる Fedora 9 を対象に開発コストの試算を行い、開発費を約107.8億ドルと評価している。他方、Glott and Haaland (2009) は OSS の一つ Debian の開発コストについて、2005年の時点で約120億ユーロとの試算を行っている。さらに Garcia-Garcia and Magdaleno (2010) は、リナックスカーネル (Ver2.6.30) の市場価値を約10億ユーロと試算している。

こうした OSS の開発コストおよび市場価値をはじめとした金銭的評価において、MacPherson et al. (2008) と Garcia-Garcia and Magdaleno (2010) では、ソフトウェア開発工数、期間見積もり手法の一つである Constructive Cost Model (以下、COCOMO) が活用されている。COCOMO は Boehm (1981) にて提唱され、プログラム行数に基づき人月単位の労力を算出する手法である<sup>(7)</sup>。例えば、MacPherson et al. (2008) と Garcia-Garcia and Magdaleno (2010) は COCOMO により導出される開発労力に人件費を乗じ、OSS を金銭的に評価している。本稿もこれら先行研究を参照し、COCOMO を活用することで OSS の市場評価を試算する。以下にその手順を示す。

$$EFFORT_i = a (KSLOC_i)^b \prod_{j=1}^m C_j \quad \dots (9)$$

(9) 式は基本的な COCOMO である。ここでは、まず OSS 開発に要する人月単位の労力  $EFFORT_i$  は、ソースコード数 (1000行単位)  $KSLOC_i$  およびコスト要因  $C_j$  に左右されることになる。また、開発規模・環境を示す係数  $a$ 、 $b$  は Boehm (1981) において、過去の開発プロジェクトの時系列回帰により定義されたもの

<sup>(7)</sup> COCOMO により算出される開発に要する労力は、プログラムの容量によって左右され言語の種類には影響を受けない。この点で客観性が確保されると考えられるが、プログラムの重要度あるいは価値を反映するものではない点に留意すべきである。

である<sup>(8)</sup>。両者について本稿は、MacPherson et al. (2008) に依拠しそれぞれ  $a=2.4$ 、 $b=1.05$  とした。

ソースコード数について本稿は、OSS に関するソースコード行数や参加人数をはじめとした各種統計情報を提供している Ohloh<sup>(9)(10)</sup> の公表する統計を用いる。ソフトウェアのソースコードは資本蓄積と同様に、新たなコードが追加される一方で不要なコードには廃棄、修正が加えられる。Ohloh の公表するソースコード行数データでは、こうした追加、変更が収録され、毎月集計される統計へと反映されている。ソフトウェアはソースコードで構成されている。したがって、ソースコードの改変、修正は、無形資本における蓄積—償却として把握することが可能と考えられる。そこで本稿では、Ohloh における毎年一月時点のソースコード行数を当該年のソースコード数として対応することとした。

コスト要因に関して COCOMO では開発、ハードウェア、人的資本、プロジェクト環境に関する15種類が想定され、それぞれに係数が設定されている。OSS 開発に関して本稿では、Wheeler (2004) に準拠しコスト係数を2.4とした。Wheeler (2004) はソフトウェア開発には労力のみならず、テスト、設備、会社運営費をはじめ諸経費が必要となる点を指摘している。いわばソフトウェア開発に占める労力の占める割合は一部に過ぎず、これにコスト係数2.4を乗じたものが開発コストとして把握されることになる。

OSS 開発コストおよび市場価値は MacPherson et al. (2008) および Garcia-Garcia and Magdaleno (2010) では、開発労力に労賃を乗じたものとして定義されている。本稿も両者に依拠しており、それは (10) 式で定義される。

<sup>(8)</sup> COCOMO では開発プロジェクトは規模、組織形態など所与の条件により、Organic、Semi-detached および Embedded に三分類されている。そこでの各係数は Organic ( $a=2.4$ ,  $b=1.05$ )、Semi-detached ( $a=3.0$ ,  $b=1.12$ ) および Embedded ( $a=3.6$ ,  $b=1.20$ ) と設定されている。

<sup>(9)</sup> Ohloh は OSS 開発プロジェクトの概略を把握するためのプラットフォームを提供するプロジェクトである。2012年4月時点で約550,000のプロジェクトの動向が公表されている。詳細については <http://www.ohloh.net> を参照されたい。

<sup>(10)</sup> ソースコード行数の取り扱いについて Ohloh では、ソースコード本体、空行およびコメントに分類されている。本稿ではソースコード本体を OSS のソースコード行数として対処することとした。

$$OSS_t = \left( \frac{EFFORT_t}{12} \right) w_t \quad \dots (10)$$

(10) 式では先に定義した人月単位の労力を12で割ることで人年単位とし、それに厚生労働省「賃金構造基本統計調査」が公表するプログラムの人件費<sup>(11)</sup>  $w_t$  を乗じ OSS 市場価値を試算することとした。

ところで (9) 式で定義される COCOMO ではソースコードの量により開発労力が算出され、これにより OSS 市場価値が試算されることになる。しかしながら、COCOMO を用いた OSS 市場価値の試算はソースコード量のみに依存しており、その質や OSS 自体の性格を考慮に入れていない。したがって COCOMO に依拠すると、例えば不要な部分の除去、煩雑なソースコードの一元化はソースコード量減少をもたらす。この場合、ソフトウェアの機能は上昇しているのにも関わらずソースコード量は減少しているため、それを反映する形での市場価値の低下には留意が必要である<sup>(12)</sup>。

以上の処理により算出される OSS 評価額は開発に要する原価、いわば「産業連関表」に依拠すれば生産者価格に準ずるものである。実証分析に用いる OSS

<sup>(11)</sup> 本稿におけるプログラマー人件費に関わる問題点を二点ほど指摘しておきたい。まず賃金水準である。本稿ではプログラマー人件費を「賃金構造基本統計調査」における「きまって支給する現金給与額」を12倍したものに「年間賞与その他特別給与額」を加えたものとした。その結果、2000年代におけるプログラマー人件費は300万円台後半を推移し、2010年時点で人件費は約420万円となった。一方で、他の先行研究において適用された人件費水準に目を向けると、為替レートの影響もあるが、MacPherson et al. (2008) における75,000ドル (2008年)、ならびに Garcia-Garcia and Magdaleno (2010) における31,000ユーロ (2006年) であり、それらと比較して日本におけるプログラマー人件費は低水準である。そのため OSS の市場価値を過小評価する可能性がある。第二に開発貢献についてである。Garcia-Garcia and Magdaleno (2010) が指摘しているように、OSS 開発は世界各地で行われており、単一通貨で評価することはいささか不具合である。本来ならば、開発者の国籍とその貢献比率を示す時系列的統計を用いることで、世界的観点からの人件費を算出すべきである。しかしながら、本稿執筆時それに該当する統計を見出すことはできなかったため、本稿では日本に限定し円単位で OSS 市場価値評価を行っている。

<sup>(12)</sup> ソースコードの質を考慮するにはファンクションポイント法が有効である。これはソースコードごとその重要度に応じウェイトづけることで、開発労力を算出する手法である。しかしながら、この手法ではソースコードの重要度に応じたウェイトづけにおいて、恣意性が介在することは免れない。したがって恣意性を排除する観点では、COCOMO は高い客観性を持つ手法と考えられる。

以外の変数は、市場取引で濾過されたものである。したがって、OSS 市場価値評価には、輸送コストやマージンを考慮に入れた市場における取引認識に近い購入者価格の採用が望ましいと考えられる。そこで本稿は、情報サービス産業における固定資本形成額の生産者、購入者双方の価格が公表されている総務省による「産業連関表」を用いることで双方の比率を算出し<sup>(13)</sup>、(10)式で算出される値へその比率を乗ずることにより、市場価値への転換をはかることとした。

以上の処理を通じて算出した OSS 市場価値であるが、本稿では日本銀行が公表する「企業物価指数（総平均 2005年基準）」により実質化を行った。

## 4. 実証結果

### 4.1 OSS の市場価値

まず OSS の市場価値と、若干ではあるがそれらの特色について検討しておく。

表 1 は (9) 式を用い試算した OSS の市場価値である<sup>(14)</sup>。本稿は試算対象として、Linux Distribution の基盤 Linux kernel、データベースサーバーの MySQL、PostgreSQL、代表的なウェブサーバーである Apache HTTP Server、プログラミング言語の Perl、Ruby、Python、PHP、開発フレームワークの Ruby on Rails およびオフィススイート Open Office 以上それぞれ異なった性格を持つ十種類の OSS を選択した。

まず周知のように Linux kernel は OSS のなかで代表的な存在といえるが、市場価値は2010年の時点で1735億円であり、対象期間中を通じ他の OSS と比較して抜きん出た存在となっていることがうかがえる<sup>(15)</sup>。この背景には1991年と他の OSS と比較して登場時期が早く、また知名度も高いことから多くの開発者に

<sup>(13)</sup> 総務省「平成17年 産業連関表」によると、ソフトウェア産業の固定資本形成額において、生産者価格に対する購入者価格の比率は1.0014であった。

<sup>(14)</sup> OSS 市場価値試算は Ohloh の集計しているソースコード行数に基づくため、OSS 登場年と市場価値を試算した年次は必ずしも一致するものではないことをこわっておく。

<sup>(15)</sup> Linux kernel の市場価値は2006年より急激に伸びているが、これはソースコードの拡張によるものである。

表－1 主な OSS 市場価値試算結果

(単位：百万円 (2005年価格))

	Linuxkernel	MySQL	PostgreSQL	Apache HTTPServer	Perl	Ruby	Python	PHP	RubyonRails	OpenOffice
登場年	1991	1995	1995	1995	1987	1995	1990	1995	2004	2000
2001	—	1,207	1,290	1,834	7,304	358	2,404	1,378	—	13,158
2002	18,126	2,812	1,503	2,136	9,177	427	2,531	2,173	—	16,266
2003	23,768	3,404	1,591	3,874	11,020	604	3,259	4,556	—	22,224
2004	25,828	3,526	1,813	4,840	12,064	1,252	3,754	5,374	—	31,930
2005	30,259	6,122	2,145	6,474	12,428	1,842	4,082	7,002	95	40,203
2006	106,910	6,288	2,169	6,349	13,136	1,886	4,147	7,956	242	39,585
2007	110,868	5,261	2,340	6,294	13,485	1,990	4,511	9,144	354	40,959
2008	118,928	5,393	2,541	6,347	14,081	2,347	3,712	10,410	384	47,888
2009	134,224	5,388	2,627	6,758	14,407	3,081	3,407	11,847	577	48,523
2010	173,518	6,415	3,069	8,408	—	4,012	3,599	13,679	532	50,079

よる貢献、利用者からのフィードバックを獲得したことが考えられる。

My SQLはオラクル社が提供するデータベースサーバーであり、OSSライセンスのGPLとともに商用ライセンスでも提供されている。他方、PostgreSQLはOSSコミュニティでの開発が中心となっており、一時はその機能が疑問視されたものの、商用ソフトウェアに匹敵する性能を実現している。両者の市場価値はそれぞれ2010年の時点でMy SQLが約64億円、PostgreSQLが約31億円と試算された。

現在、ウェブサーバーの多くはApache HTTP Serverで構築されている。Apache HTTP Serverは早くから豊富な機能を積極的に採用するなどインターネットの発展と共に成長してきたOSSである。Apache HTTP Serverの活用についてはNetcraftの調査<sup>(16)</sup>によると、2012年4月の時点でのApache HTTP Serverのシェアは約65%に達しており、ウェブサーバー分野では圧倒的な存在感を示している。Apache HTTP ServerはApache Software Foundationにおいて開発され、その開発はIBM、Microsoftをはじめとしたベンダーの資金援助の下で行われており、さらにIBM、オラクル、日立製作所などが提供するウェブサーバーはApache

(16) <<http://news.netcraft.com/>>を参照されたい。

HTTP Server が基盤となっているように、ビジネス分野との親和性が高い。この Apache HTTP Server の市場価値は、2010年の時点で約84億円と試算された。

つぎにプログラミング言語について検討しておこう。まず、プログラミング言語 Perl は1987年に登場して以来、改良が加えられウェブアプリケーション、テキスト処理およびシステム管理に適した言語となっている。当初は UNIX 上での活用が想定されていたが、現在では Windows をはじめとした様々なプラットフォームに移植されている。Perl の市場価値は2009年の時点で、144億円と試算された。

Ruby は松江市在住のプロプログラマまつもとゆきひろ氏により開発されたオープンプログラミング言語である。代表的な国産プログラミング言語であり、開発者が居住していることから松江市および島根県では「Ruby City Matsue」プロジェクトを推進することで Ruby を核とした経済振興策が進行中である。Ruby の2010年における市場価値は約40億円と試算された。

Python は1990年に登場した。Python は多くのソフトウェア開発に応用可能な大規模ライブラリが整備されており、プログラマの生産性を重視する点で先の Ruby と似通った性格を持っている。Python の市場価値は2010年の時点で約36億円と試算された。

PHP は1995年に登場している。PHP は主に動的なウェブページを構築することを目的としたプログラミング言語および言語処理系である。文法が比較的平易であるため習得が容易であり、くわえてフレームワークやライブラリが充実していることから大規模開発においても広く活用されている。PHP の市場価値試算結果は2010年時点で約137億円と試算されており、選択した他のプログラミング言語と比較して高い市場価値を示している。

現在、ソフトウェア開発において開発フレームワーク活用の頻度が高まっている。OSS の開発フレームワークは数多く存在しているものの、その中で特に注目を集めているのが Ruby on Rails であろう。これは Ruby を基に開発されており、従来と比較して圧倒的に少ないコード量でのアプリケーション開発が可能とした。Ruby on Rails の登場は2005年と OSS の中では比較的新しい部類にあ



り、開発途上にあるといえる。したがってコードに蓄積規模は小さく、このことが他の OSS と比較しての市場価値の低さ（2010年の時点で約5億円）に反映されている。

Open Office はサン・マイクロシステムズ社が保持していたオフィススイートを OSS として2000年に公開したものである。開発にはサン・マイクロシステムズ社の管理のもと、ノベル、IBM、Google、Intel、および Redhat をはじめとした企業が参加している。その後のオラクル社によるサン・マイクロシステムズ社の買収により、Apache Software Foundation にソースコードが譲渡されることになった。元来、Open Office は商用ソフトウェアとして開発が進められてきた経緯もあり、対象とした他の OSS と比較してソースコードの蓄積規模が大きく、このことが市場価値の動向に反映されているものと考えられる。

表1を検討する限りにおいて、OSSの市場価値の水準あるいは成長の経緯は多岐にわたっているが、Linux Kernel、Perl、Apache HTTP Server および Open Office の市場価値額が目立ったものとなっている。この背景には例えば Linux Kernel、および Perl の登場年は表2にあるようにそれぞれ1991、1987年と比較的早いいため、他の OSS と比較してソースコードの蓄積が進展したことが背景にあると考えられる。他方、Open Office および Apache HTTP Server に関しては、ビジネス用途に近い位置で開発されていたこともあり、コミュニティを中心とした開発様式と比較して製品完成度を高める上で集中的な開発が行われていたことが市場価値の動向の背景にあると考えられる。

## 4.2 OSS の生産性に対する影響

表2は、(8)式の推計結果をもとに日本の情報サービス産業における労働生産性決定要因を示したものである。推計期間は基本的に2000年代を対象としているが、OSSの種類により若干異なっている。

まず、表2上段第二列は OSS 活用を考慮に入れない場合における推計結果を示したものである。そこでは資本装備率の弾性値は0.292であり、日本の情報サービスにおいて内部資源の充実により労働生産性は高まると考えられる。

表-2 我が国の情報サービス産業における労働生産性決定要因

対象 OSS	OSS なし	Linuxkernel	MySQL	PostgreSQL	ApacheHTTPServer	Perl
推計期間	2001-2009	2002-2008	2001-2009	2001-2009	2001-2009	2001-2009
C	-4.860	-13.058	-12.821	-14.941	-11.000	-16.807
$\ln(K_{ait}/L)$	0.292(2.641)**	0.293(3.112)***	0.287(2.672)***	0.351(3.118)***	0.305(2.801)***	0.321(2.864)***
$\ln(OSS)$	—	0.307(5.271)***	0.357(3.212)***	0.486(2.395)**	0.278(2.772)***	0.521(2.011)**
推計期間× 推計対象	72	56	72	72	72	72
Hausman-test (p 値)	0.830	0.852	0.995	0.886	0.968	0.947
変量・固定	変量	変量	変量	変量	変量	変量
$\bar{R}^2$	0.086	0.347	0.203	0.148	0.172	0.126
対象 OSS	Ruby	Python	PHP	RubyonRails	OpenOffice	
推計期間	2001-2009	2001-2009	2001-2009	2005-2009	2001-2009	
C	-7.779	-24.60	-6.078	-2.667	-11.01	
$\ln(K_{ait}/L)$	0.333(2.996)***	0.263(2.538)**	0.330(2.953)***	0.495(3.007)***	0.324(2.934)***	
$\ln(OSS)$	0.150(2.423)**	0.890(4.215)***	0.163(2.215)**	-0.048(0.491)	0.261(2.477)**	
推計期間× 推計対象	72	72	72	40	72	
Hausman-test (p 値)	0.918	0.992	0.929	0.998	0.939	
変量・固定	変量	変量	変量	変量	変量	
$\bar{R}^2$	0.150	0.278	0.138	0.261	0.153	

(注) () 内の値は t 値。

つぎに内部資源と外部資源との「連結」、すなわち OSS による影響を検討してみよう。

まず Linux Kernel を対象とした推計結果は、上段第三列に示されている。ここでの弾性値は 0.307 であり、統計的にも有意である。したがって Linux Kernel の活用はその規模が拡大するほど労働生産性へ有意義な効果を与えられらる。

データベースサーバー向け OSS として、本稿は MySQL と PostgreSQL を分析対象とした。これらの推計結果は、それぞれ上段第四、五列に示されている。そこでは各 OSS の弾性値は 0.357、0.486 であり、かつ統計的にも有意といえる。したがって、両者の活用は日本における情報サービス産業の労働生産性にプラスの効果をもたらすものとして理解できる。

Apache HTTP Server を対象とした推計値は、上段第六列に示されている。ここでの弾性値は0.278と正の値、かつ統計的に有意である。したがって、Apache HTTP Server の採用は日本における情報サービス産業の労働生産性に有意義な寄与を与えるものと考えられる。

本稿はプログラミング言語として Perl、Ruby、Python ならびに PHP の四種類の言語を選択した。これらを考慮した推計結果は、上段第七列および下段第二～四列に示されている。後ほど若干の議論を行うが、ここで示された推計結果は対象により弾性値および統計的優位性は異なるものの、概してプログラミング言語は日本の情報サービス産業に対し積極的な効果を与えるものとして考えることができる。

本稿は開発フレームワークにおける分析対象として Ruby on Rails を選択している。この推計結果は下段第五列に示されている。ここで Ruby on Rails の弾性値は-0.048とわずかながら負の値を示しているものの、推計結果の統計的有意性は確認できなかった。Ruby on Rails はソフトウェアの開発現場でその高生産性が注目されつつあるが、本稿の分析結果からは、技術的な高生産性は必ずしも経済的なそれへと結びつくわけではないといえる。

本稿ではオフィススイート向け OSS として Open Office を分析対象としているが、その推計結果は下段第六列に示されている。そこからは日本における情報サービス産業での Open Office 採用は労働生産性に正の影響を与えていることが見てとれる。

以上の結果から、日本における情報サービス産業では OSS 活用による経済効果は概ね有意義であるものと考えられる。

### 4.3 OSS の市場価値と経済効果

表2からうかがえるように、OSS 活用は日本の情報サービス産業に対し有意義な影響を及ぼしているといえる。そこで分析対象とした十種類の OSS に限定されるものの、その市場価値と経済効果について考察しておこう。

まず表1に示された OSS の市場価値の多寡と、表2で推計された弾性値の大

小との間には正・逆相関をはじめ法則性は見出せない。しかしながら、表2にあるように Ruby on Rails の経済効果が認められない点からすれば、市場価値もといソースコードの蓄積が OSS の経済効果に影響を及ぼすものとも考えることもできる。すなわち、登場年が早く広く普及した OSS ほど経済効果をもたらす資産の蓄積が進展し、これが呼び水となり更なる貢献を惹きつけることでソースコードの蓄積が生じたものと考えられる。また COCOMO では把握しきれないものの、ソースコード拡張の中には新機能の付与、ライブラリ整備も含まれているため、こうした質の充実も経済効果を与えていることにも留意すべきであろう。

他方、OSS の市場価値の変動と経済効果について吟味すると、その変動が小さいほど高い経済効果を示すことが読み取れる。いわばソースコードの改変が小さく安定的に成長する OSS ほど、活用側にとってみれば導入しやすく高い経済効果をもたらすものといえる。

このように表1、2における検証結果を総括するならば、ソースコードの蓄積が進展し、その変動が小さく安定的に推移する OSS ほど高い経済効果を示しているものと考えられる。

## 5. 結論

本稿では、OSS 活用と日本における情報サービス産業との関係を検討し、その過程で OSS の市場価値およびその経済効果の分析に関する手法を提示した。

OSS へ経済の観点から分析を行ううえで、まず OSS のストック、いわば市場価値を把握する必要があった。本稿では各種先行研究で用いられている手法である COCOMO を援用し、OSS の市場価値の市場価値試算を行った。COCOMO を用いた市場価値試算は、基本的に対象とした OSS およびその労力により決定される。この中で Linux Kernel、Perl ならびに Open Office の市場価値額が目立ったものとなっている。その要因として、前者は登場年が比較的早いためにソースコードの蓄積が進んだこと、後者については商用ソフトウェアとして開発された、集中的開発によりソースコードの蓄積が進展したことが考えられる。

しかしながら本稿における OSS 市場価値試算について、開発労力を検討するにあたり統計の制約のため、日本のみの統計を用いざるを得なかった。開発が世界規模で行われている OSS の現状に鑑みて、このことは適切とは言えないと考えられる。さらに COCOMO を用いた手法では、開発労力がソースコードの量によってのみ規定されるため、OSS の質的側面を把握しきれていない可能性がある。これら OSS 市場価値試算における手法の改善は今後の課題としたい。

つぎに本稿は先の OSS 市場価値試算結果を用いることで、OSS 活用が日本における情報サービス産業の生産性へと及ぼす影響について検討を行った。OSS の経済効果については、概ね有意義な効果を及ぼしていることが明らかとなった。また各 OSS 間における経済効果の差異について市場価値との関連で考察してみると、本稿の分析結果からはソースコードが蓄積され、かつその蓄積過程の変動が小さい OSS が高い経済効果をもたらすと考えられる。

このように手法について課題は存在するものの、本稿の分析からは OSS が日本における情報サービス産業に有意義な効果を及ぼしていることが明らかとなった。

## 参考文献

- Ashauer, David Alan. (1989) "Is Public Expenditure Productive?", *Journal of Monetary Economics* 23, pp.177-200.
- Boehm, Barry. (1981) *Software Engineering Economics*, Englewood Cliff.
- Chesbrough, Henry. (2003) *OPEN INNOVATION*, Harvard Business School (大前恵一郎『OPEN INNOVATION』産業能率大学, 2004年).
- Coase, Ronald H. (1937) "The Nature of the Firm", *Economica*, Vol. 4, No. 6, pp. 386-405.
- Ford, Robert and Pierre Porter. (1991) "Infrastructure and Private-sector Productivity", *OECD Economic Studies*, No. 17, pp. 63-89.
- Garcia-Garcia-Jesus and M<sup>a</sup> Isabel Alonso de Magdaleno. (2010) Commons-based Innovation The Linux KernelCase, <<http://iri.jrc.ec.europa.eu/concord-2010/posters/Garcia-Garcia.ppt>>.
- Glott, Ruediger and Kirsten Haaland. (2009) "Open Source and Regional Promotion", This document is prepared for a lecture in Shimane University, July 17.
- Ghosh, Rishab Aiyer. (1998) "Cooking-pot Markets: An Economic Model for the Trade in Free Goods and Services on the Internet", *First Monday*, Vol. 3, issue. 3.

- MacPherson, Amanda, Brian Proffitt and Ron Hale-Evans. (2008) Estimating the Total Development Cost of a Linux Distribution,  
<<http://www.linuxfoundation.org/sites/main/files/publications/estimatinglinux.html>>.
- Raymond, Eric S. (1998) “The Cathedral and Bazaar, (山形浩生訳『伽藍とバザール』光  
芒社, 1999年).
- The Linux Foundation. (2008) 『Linux カーネル開発』  
<<http://www.linuxfoundation.org>>.
- Wheeler, David A. (2004) SLOccount User’s Guide,  
<<http://www.dweeler.com/sloccount/sloccount.html>>.
- 浅子和美・常木淳・福田慎一・照山博司・塚本隆・杉浦正典 (1994) 「社会資本の生産力  
効果と公共投資の経済厚生評価」『経済分析』第135号。
- 大河原透・山野紀彦 (1995) 「社会資本の生産力効果：地域経済への影響分析」『電力経済  
研究』No. 34, pp. 45-57.
- 工内隆 (2010) 「Linux 三段活用説」『よしっ, Linux で行こう』Vol. 2。
- 経済企画庁 (2000) 『平成12年 年次経済報告』。
- 國領二郎 (1995) 『オープンネットワーク経営』日本経済新聞社。
- 情報処理推進機構 (2008, 2009, 2010) 『オープンソースソフトウェア活用ビジネス実態調  
査』。
- 末松千尋 (2004) 『オープンソースと次世代 IT 戦略』日本経済新聞社。
- 谷花佳介・野田哲夫 (2011) 「オープンソース・ソフトウェアと情報サービス産業の生産性」  
『2011年日本社会情報学会 (JSIS & JASI) 合同研究大会研究発表論文集』, pp. 357-362,  
日本社会情報学会。
- 谷花佳介・野田哲夫 (2012) 「情報サービス産業における生産構造—階層的企業間関係と  
「連結」の視点から—」『経済科学論集』 pp. 93-119, 島根大学。
- 土志田征一・日本経済研究センター (2000) 『どうなる日本の IT 革命』日本経済新聞社。
- 蜂谷義昭 (2005) 「研究開発の循環性・収益の検討—設備投資との比較を中心に—」『調査』  
第81号, 日本開発銀行。
- 濱野賢一朗・鈴木友峰 (2007) 『オープンソースソフトウェアの本当の使い方』技術評論  
社。
- 福安德晃 (2011) 「オープンソース経済モデル」  
<[http://www.ospn.jp/osc2011-spring/pdf/osc2011spring\\_the\\_linux\\_foundation.pdf](http://www.ospn.jp/osc2011-spring/pdf/osc2011spring_the_linux_foundation.pdf)>。
- 宮澤健一 (1986a) 『高度情報社会の流通構造 ネットワーク型システムの展開』東洋経済  
新報社。
- 宮澤健一 (1986b) 「産業社会, 「連結の経済性追求・知識, 技術の相乗で」(経済教室) 日  
本経済新聞, 9月1日号。
- 宮澤健一 (1988) 『制度と情報の経済学』有斐閣。