

特別研究報告

題目

API評価者を導入した多面的市場モデルに基づく APIエコノミーの深化

指導教員

村田 正幸 教授

報告者

杉浦 満美

平成31年2月12日

大阪大学 基礎工学部 情報科学科

API 評価者を導入した多面的市場モデルに基づく API エコノミーの深化

杉浦 満美

内容梗概

企業の情報処理やデータ提供を API 化し、API を用いてサービス連結することにより、新たな価値を創造する API エコノミーが注目されている。API エコノミーでは、サービス提供者とそのサービスを享受するコンシューマーがプラットフォームを介して相互に接続され、API を財とする市場経済を形成する。このような市場経済の挙動を理解するモデルの 1 つに二面的市場があり、プラットフォームを中心としてサービス提供者グループとコンシューマーグループの二面を用意し、グループ間の相互作用がもたらすマーケットへの効果が論じられている。近年は、異なるグループを追加し、多面的市場として市場経済のダイナミクスを捉える研究がなされている。本報告では、API エコノミーにおけるプラットフォーム提供者の事業戦略の 1 つとして API の評価者の取り込みに着目し、サービス提供者・コンシューマー・API 評価者からなる多面的市場のモデル化に取り組み、モデルを用いてプラットフォーム提供者による API 評価者取り込みの効果が得られる成立条件とプラットフォーム提供者の最適戦略を明らかにする。プラットフォーム提供者・サービス提供者・コンシューマー・API 評価者の 3 グループ間の相互作用を規定し、API 評価者が API エコノミーにもたらす効用を分析した。その結果、API 評価者を取り込むことにより、市場の参画人数が 1.0～1.5% 増し、プラットフォーム効用が 1.0%～2.6% 増加することが分かった。さらに、参画人数増加の効用をプラットフォーム使用料に価格転嫁することで、プラットフォーム効用が約 4.8% 増加することも明らかとなった。

主な用語

API エコノミー、多面的市場モデル、API 評価者、プラットフォーム、GAFA

目次

1	はじめに	6
2	APIエコノミー	9
3	API評価者を含むAPIエコノミーの多面的市場モデル	11
3.1	API評価者	11
3.2	市場モデル	11
3.3	効用関数	11
3.3.1	プラットフォーム提供者	12
3.3.2	サービス提供者	12
3.3.3	コンシューマー	13
3.3.4	API評価者	13
4	API評価者を含むAPIエコノミーの均衡状態の導出法	14
4.1	部分均衡分析にもとづく均衡状態の導出法	14
4.2	API評価者がAPIエコノミーにもたらす直接的利益の導出法	15
4.3	評価方法	18
4.3.1	プラットフォームコスト $C(F)$ と開発コスト $K(F)$ の分類	18
4.3.2	報酬に対するAPI評価者数の変動 $E(y_e)$ の分類	18
5	API評価者の導入によるAPIエコノミーの深化の分析	20
5.1	均衡状態の変化	20
5.2	パラメーター値の感度分析	24
5.3	プラットフォーム提供者の最適戦略の考察	26
6	おわりに	31
	謝辞	32
	参考文献	33

目 次

1	API エコノミー	7
2	多面的市場の例: サービス提供者とコンシューマーの顧客グループが存在する市場	8
3	API 利用シナリオ	10
4	プラットフォームと 3 つの顧客グループの関係	12
5	API 評価者を含む API エコノミーの均衡状態の導出方法	15
6	API 評価者が API エコノミーにもたらす直接的利益の導出方法	16
7	プラットフォームコストと開発コスト: AWS タイプ	19
8	プラットフォームコストと開発コスト: IMS タイプ	19
9	API 評価者への報酬 y_e に対するコンシューマーの参画人数 x_c : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$	21
10	API 評価者への報酬 y_e に対するサービス提供者の参画人数 n_d : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$	21
11	API 評価者への報酬 y_e に対するコンシューマーのプラットフォーム使用料 p_c : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$	22
12	API 評価者への報酬 y_e に対するサービス提供者のプラットフォーム使用料 b_d : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$	22
13	API 評価者への報酬 y_e に対するプラットフォーム効用 U_p : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$	23
14	API 評価者への報酬 $y_e = 0.0$ から 0.09 に対するプラットフォーム効用 U_p : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$	23
15	プラットフォーム効用 U_p : AWS タイプ, $\omega, \gamma = 0.4, 0.8$	25
16	プラットフォーム効用 U_p : IMS タイプ, $\omega, \gamma = 0.4, 0.8$	26
17	API 評価者数の関数 $E(y_e)$ をに対するプラットフォーム効用 U_p : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$	27
18	API 評価者数の関数 $E(y_e)$ をに対するプラットフォーム効用 U_p : IMS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$	28
19	API 評価者数の関数 $E(y_e)$ におけるパラメータ C の影響	28
20	API 評価者数の関数 $E(y_e) = 10y_e$ の時のマーケット参画者数とプラットフォーム効用 U_P : IMS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$	29
21	API 評価者数の関数 $E(y_e) = 10y_e$ の時のマーケット参画者数とプラットフォーム効用 U_P : IMS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$	29

22 機能数 F に対するプラットフォーム効用 U_p : AWS タイプ 30

表 目 次

1	マーケットモデルに使用する変数	13
---	---------------------------	----

1 はじめに

ネットワークの高速化やクラウド技術の進展を背景に、ネットワークを利用する様々なアプリケーション・サービスが登場しており、最近では、企業等が抱える情報処理を API 化やデータ提供そのものを API 化し、API を用いてサービスを連結し新たな価値を生み出す API エコノミー (図 1) が注目されている [1]。API エコノミーでは、サービス提供者とユーザーがプラットフォームに接続し、API を介してサービスの供給と消費がなされる。サービスを「財」と見做せば、API エコノミーは市場経済 (Market Economy) であり、API はマーケットとなる。

市場経済に関連する研究は 19 世紀から始まり、市場のモデル化や市場経済で行われる競争のモデル化が広くなされている [2]。競争モデルを情報通信システムに導入した研究としては、文献 [3-5] がある。文献 [3] では、サービス提供者とサービスを配送するネットワーク事業者の競争モデルを導入し、設備投資によるサービス品質向上やネットワーク性能向上の効用を明らかにしている。文献 [4] では、サービス提供者が量および品質を決定できるものとして、価格と供給量の均衡点を導出している。文献 [5] では、ソフトウェアシステムを対象とし、OS 提供者と OS 上で動作するアプリケーション提供者の競争モデルの選択による社会的厚生 (Social Welfare) の差異を明らかにしている。古典的な競争モデルを情報通信システムに導入する研究がなされる一方で、経済学の分野でも現代のデジタル市場のダイナミクスを捉える研究も進められており、その一つに多面的市場 [6] がある。多面的市場モデルを用いた研究として、文献 [7] ではモバイルサービス事業における携帯電話事業者が果たすべき役割を論じている。文献 [8] では、Google を中心とした検索エンジン事業において、広告収入によるビジネスモデルについて解析を行い、コンシューマーのニーズに応じた広告表示がより高い収入獲得につながっていることを明らかにしている。最近では、GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon) がプラットフォーム事業を独占しているとの指摘もなされており、弊害や今後プラットフォーム事業者が果たすべき役割について、議論が深められている [9]。

多面的市場とは、サービス提供者とそのサービスを享受するコンシューマーや広告を提供する広告主といった複数の顧客グループがプラットフォームに参画するマーケットであり、複数の顧客グループの相互作用によって、マーケットが活性化され市場価値が高まることが期待される [10]。API エコノミーは、API を提供するサービス提供者とコンシューマーの 2 つの顧客グループがプラットフォームを介して相互に作用する二面的市場と解釈される (図 2)。図 2 では、プラットフォーム提供者は、アプリケーション開発に役立つ機能を備えたプラットフォームを開放する。サービス提供者はプラットフォーム使用料を払い、そのプラットフォーム上の機能を利用して API を開発する。コンシューマーはプラットフォームの使用

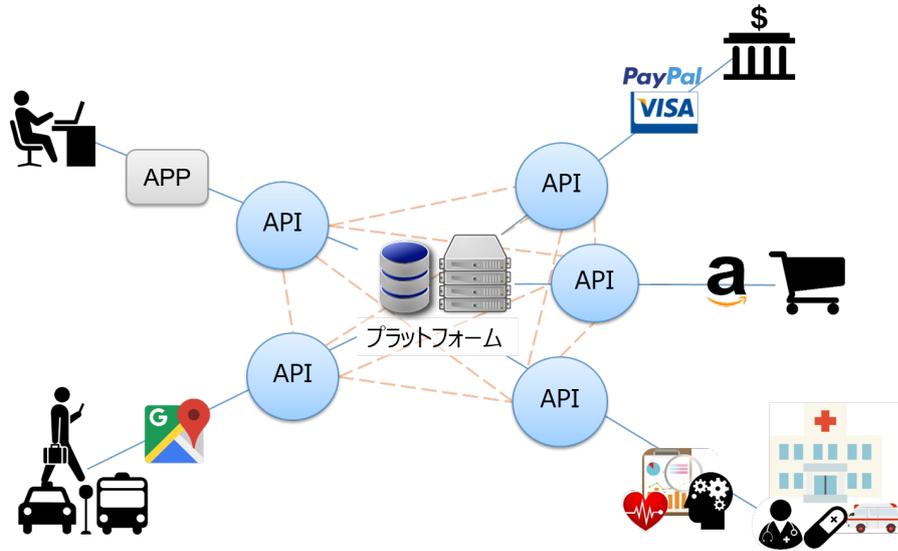


図 1: API エコノミー

料を払い、サービス提供者が開発した API を利用する。サービス提供者とコンシューマー間には相互作用、すなわち、コンシューマーの増加がサービス提供者の増加に作用し、そしてサービスの質が向上することでコンシューマーが増加する作用が働く。

プラットフォーム提供者はサービス提供者とコンシューマーから使用料を徴収することで利益を得るため、相互作用がもたらすマーケットの活性化を目指した事業戦略がプラットフォーム提供者にとって重要となる。文献 [11] では、API の売買がなされるマーケットを二面的市場としてモデル化し、いくつかのサービス提供者が採用する競争原理を変えつつ、プラットフォーム提供者が得られる利益を論じている。しかし、文献 [11] では、プラットフォーム提供者の事業戦略は考慮されておらず、マーケットがもたらす社会的厚生を最大化するサービス提供者の競争原理を明らかにしているのみである。文献 [12] では、プラットフォーム提供者の事業戦略としてプラットフォーム提供者が用意するアプリケーション開発に役立つ機能数を新たに導入し、機能提供に係るプラットフォーム提供者の導入コストやサービス提供者の開発コストを定義し、プラットフォーム提供者の利益を最大化する機能数を導出している。これらの研究では、サービス提供者とコンシューマーからなる二面的市場を対象としている。しかし、API エコノミーに参画するプレイヤーはこの 2 者だけではなく、API の利便性を評価する API 評価者の存在も無視できないものとなる。実際に、Amazon に代表される物流販売システムにおいてもカスタマーレビューの活性化が購入意欲や出品意欲を高めるとの指摘もなされている [13]。

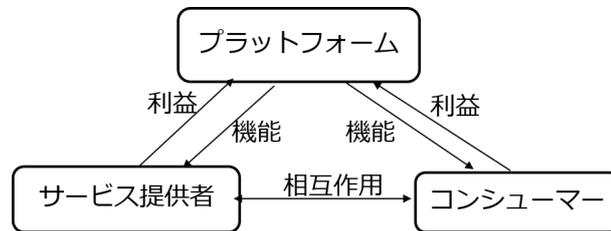


図 2: 多面的市場の例: サービス提供者とコンシューマーの顧客グループが存在する市場

そこで、本報告では、マーケットの活性化を目指したプラットフォーム提供者の事業戦略の1つとしてAPI評価者の取り込みに着目し、サービス提供者・コンシューマー・API評価者からなる多面的市場のモデル化を行い、プラットフォーム提供者らによるAPI評価者取り込みの最適戦略を明らかにする。なお、現在のECサイトにおける評価はボランティアベースであることが多いが、本報告ではプラットフォーム提供者が評価の労力に対する対価を支払うことを想定する。対価を支払うためプラットフォーム提供者の利益は直接的には減少するが、API評価者を取り込むことによってマーケットが活性化され、サービス提供者やコンシューマーから得られる利益が増加し、プラットフォーム提供者の利益は間接的に増加すると考えられる。プラットフォーム提供者にとっては間接的な利益の増加が直接的な利益の減少よりも大きいことが成立していることが必須であり、モデルを用いた評価によってその成立条件を明らかにする。

2 APIエコノミー

APIエコノミーとは、APIを利用することで、新たな価値を生み出す経済圏のことである。プラットフォーム上で、サービス提供者がコンシューマーにAPIを提供する活動が主軸となる。サービス提供者とコンシューマーは相互作用することでAPIの価値を高め、より多くのサービス提供者とコンシューマーが参入し、市場を発展させる。この相互作用をクロスサイドネットワーク効果という。本報告では、顧客グループへの影響として、クロスサイドネットワーク効果のみ考える。顧客グループとは、プラットフォームを利用する存在で、サービス提供者やコンシューマーのように、市場での役割により分類されたグループである。

プラットフォーム提供者とは、サービス提供者が提供したりコンシューマーが利用したりするAPIが動作する環境のプラットフォームを提供する存在である。各顧客グループからプラットフォーム使用料を徴収し、利益を得る。プラットフォーム上の機能はプラットフォーム提供者が開発し、プラットフォームのどの顧客グループも使用できる。サービス提供者はAPI開発に使用し、コンシューマーはそのAPIを利用することで間接的に使用している。

プラットフォームを使用する顧客グループとして、サービス提供者とコンシューマーが考えられる。サービス提供者とは、プラットフォーム状の機能を利用し、APIを作成し、コンシューマーに提供する顧客グループである。サービス提供者はコンシューマーからAPI利用料を徴収することも考えられるが、本報告ではサービス提供者は広告収入を想定する。また、どのサービス提供者も同じプラットフォームの機能のセットを使う事を想定する。コンシューマーが増加することで、より多くの利益が得られるため、サービス提供者は増加する。コンシューマーとは、サービス提供者が提供するAPIを利用する顧客グループである。サービス提供者が増え、サービスの質が向上することでコンシューマーは増加する。

以上のような顧客グループが存在する市場のとらえ方の1つとして、二面市場モデルがある。二面市場モデルとは、多面的市場モデルの1つで、図2のように、プラットフォームに二種類の独立する顧客グループが接続しているモデルのことである。二種類の顧客グループがプラットフォームを通して商品のやり取りを行うことで、プラットフォーム提供者はプラットフォーム使用料の徴収により利益を得る。市場には、二種類の顧客グループは相互作用することで市場を活性化させる、クロスサイドネットワーク効果がある。二面市場の研究として、サービス提供者がどのような競争モデルを選択するかによる社会厚生の違いを明らかにしている文献[11]を例に挙げる。文献[11]では、ユーザーがあるAPI(API A)とすることをし、そのAPI Aには2つのAPIが接続されている(API 1およびAPI 2が利用される)シナリオ(図3)が想定されている。API 1とAPI 2が補完関係にある場合は双方を使ってAPI Aが提供され、代替関係にある場合は一方を使ってAPI Aが提供される。この

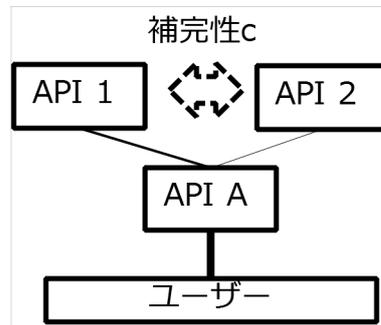


図 3: API 利用シナリオ

プラットフォームモデルに対し競争モデルを導入されている。競争モデルには、価格を操作し利益最大化を狙うベルトラン競争と生産量を操作し利益最大化を狙うクルーノー競争が挙げられる。API A、API 1、API 2 にベルトラン競争の戦略がとられる場合、API A にベルトラン競争、API 1 と API 2 にクルーノー競争の戦略がとられる場合、API A、API 1、API 2 にクルーノー競争の戦略がとられる場合の 3 つが分析されている。市場の状況を表すパラメーターとして、API 1 と API 2 補完性を表すものや各 API の需要量などが導入されている。結果は、API A、API 1、API 2 にベルトラン競争の戦略がとられる場合と API A にベルトラン競争、API 1 と API 2 にクルーノー競争の戦略がとられる場合は一部のパラメータ領域で社会厚生は最大化され、API A、API 1、API 2 にクルーノー競争の戦略がとられる場合は最大化は実現されないが、広いパラメータ領域で社会厚生を大きくすることが明らかとなっている。

3 API 評価者を含む API エコノミーの多面的市場モデル

API 評価者を取り込むことにより市場にどのような影響があるかを各顧客グループの利益を効用関数として表し、API 評価者の効用を分析する。

3.1 API 評価者

API 評価者とは、プラットフォーム提供者から報酬をもらい、サービス提供者が提供する API を評価する顧客グループである。サービス提供者は API を評価してもらうことで、API の改善点を認知でき、API の質を上げることでコンシューマーからの需要が増加し、コンシューマーは評価結果を見ることで API の質が確認でき、利用する意欲が高まる。

3.2 市場モデル

本報告で取り扱う市場モデルを図 4 に示す。使用している変数は表 1 に示す。プラットフォーム提供者はサービス提供者からプラットフォーム使用料 b_d の人数分 n_d を、コンシューマーからプラットフォーム使用料 p_c の人数分 x_c を徴収して、API 評価者全体に報酬 $y_e E(y_e)$ を支払う。プラットフォームの機能の開発にはコスト $C(F)$ がかかる。サービス提供者はプラットフォーム提供者にプラットフォーム使用料を b_d を支払い、コンシューマーに API を利用する利益 $\theta \beta n_d$ を提供し、API 評価者に市場に存在することで API 評価者を市場に引きつける影響 λn_d を与える。また、サービス提供者には、全サービス提供者に共通の開発コスト $K(F)$ と、各サービス提供者のスキルレベルの違いによる開発コストの増大分 ϕ がかかる。コンシューマーはプラットフォーム提供者にプラットフォーム使用料を x_c を支払い、サービス提供者にコンシューマーが市場に存在することでサービス提供者を市場に引きつける影響 αx_c を与え、API 評価者に市場に存在することで API 評価者を市場に引きつける影響 λx_c を与える。API 評価者はプラットフォーム提供者から報酬 $y_e E(y_e)$ を受け取る。また、サービス提供者に API を評価することでコンシューマーからの需要が増加するという魅力 $\gamma E(y_e)$ を感じさせ、コンシューマーに API 評価があることにより API 利用の需要 $\omega E(y_e)$ を増加させる。

3.3 効用関数

プラットフォーム提供者・サービス提供者・コンシューマー・API 評価者の効用関数を以下に示す。なお、効用関数を定義するにあたって表 1 に示す変数を用いる。

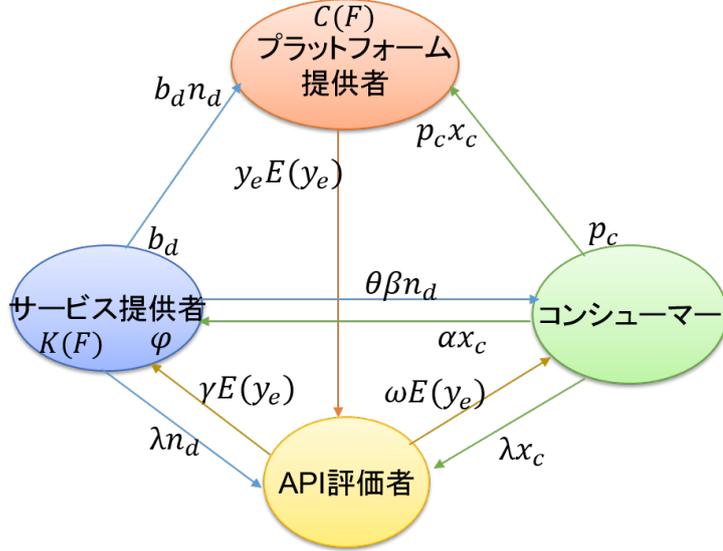


図 4: プラットフォームと3つの顧客グループの関係

3.3.1 プラットフォーム提供者

サービス提供者の効用関数 U_p は式 (1) である。 $p_c x_c$ は消費者から得る利益、 $b_d n_d$ はサービス提供者から得る利益、 $y_e E(y_e)$ は API 評価者への報酬を表す。 API 評価者への報酬 $y_e E(y_e)$ は、プラットフォーム提供者にとっては利益の減少となる。プラットフォームコスト $C(F)$ はプラットフォーム提供者がプラットフォームを設計する労力であり、これも利益の減少となる。

$$U_p = p_c x_c + b_d n_d - y_e E(y_e) - C(F) \quad (1)$$

3.3.2 サービス提供者

サービス提供者の効用関数 U_d は式 (2) である。 αx_c は消費者がいることによる市場への参入意欲、 $\gamma E(y_e)$ は API 評価者がいることによる市場への参入意欲を表す。プラットフォーム使用料 b_d は、サービス提供者にとっては利益の減少となる。開発コスト $K(F) + \phi$ は、API を開発するためにかかるコストであり、これも利益の減少となる。

$$U_d = \alpha x_c - b_d + \gamma E(y_e) - (K(F) + \phi) \quad (2)$$

表 1: マーケットモデルに使用する変数

変数	意味
p_c	コンシューマーに課されるプラットフォーム使用料
b_d	サービス提供者に課されるプラットフォーム使用料
y_e	プラットフォーム提供者から評価者への報酬
x_c	コンシューマーの参画人数
n_d	サービス提供者の参画人数
$E(y_e)$	API 評価者の参画人数
F	機能数
$C(F)$	機能を組み込む、累積的なコスト
$K(F)$	開発コスト。 $F, K(F)$ は全サービス提供者で同じものになる
α	限界価値。 e.g. サービス提供者の広告収入
ϕ	サービス提供者のスキルレベルの違いによる開発コストの増大分
β	各サービス提供者に関連する利益
θ	コンシューマーがサービス提供より得る利得のばらつき。 均一に $[0,1]$ が割り振られる
γ	API 評価者が存在することによるサービス提供者の参入意欲割合
ω	API 評価者が存在することによるコンシューマーの参入意欲割合
λ	他の顧客グループが存在することによる API 評価者の参入意欲割合

3.3.3 コンシューマー

サービス提供者の効用関数 U_c は式 (3) である。 $\theta\beta n_d$ はコンシューマーがプラットフォーム上でアプリケーションを使用することにより楽しむ利益、 $\omega E(y_e)$ は API 評価者がいることによる市場への参入意欲を表す。 プラットフォーム使用料 p_c は、サービス提供者にとっては利益の減少となる。

$$U_c = \theta\beta n_d + \omega E(y_e) - p_c \quad (3)$$

3.3.4 API 評価者

サービス提供者の効用関数 U_e は式 (4) である。 $y_e E(y_e)$ はプラットフォーム提供者からもらう報酬、 $\lambda(n_d + x_c)$ は評価結果を見る他の顧客グループがいることによる、市場への参入意欲を表す。

$$U_e = y_e E(y_e) + \lambda(n_d + x_c) \quad (4)$$

4 API評価者を含むAPIエコノミーの均衡状態の導出法

本章では、文献 [12] の手法に基づき、プラットフォーム提供者の・サービス提供者・コンシューマー・API 評価者が存在する多面的市場の均衡状態を求め方を述べる。なお、均衡状態のときの最適な機能数やプラットフォーム使用料は、その変数に*を付けて F^*, p_c^*, b_d^* などと表記する。

4.1 部分均衡分析にもとづく均衡状態の導出法

文献 [12] の手順にならって図5の手順で、最適な API 評価者の報酬 y_e を決定する。評価段階で、 y_e を 0.01 から 0.09 まで 0.01 ずつ増加させ、順次与える。 $E(y_e)$ は 4.3.2 節に従う。機能数 F を決定する設計段階、コンシューマーとサービス提供に課されるプラットフォーム使用料 p_c, b_d を決定する価格設定段階、コンシューマーとサービス提供者の参画人数 x_c, n_d が決定される採用段階から成る。機能数 F の値が収束するまで、3つの段階を繰り返す。

まず、図5の採用段階を説明する。限界コンシューマー人数は $U_c = 0$ より

$$\hat{\theta} = 1 - x_c = \frac{p_c - \omega E(y_e)}{\beta n_d^*} \quad (5)$$

限界サービス提供者数は $U_d = 0$ より

$$\hat{\phi} = n_d = \alpha x_c^* - b_d + \gamma E(y_e) - K(F) \quad (6)$$

式(5)(6)より、

$$p_c = (1 - x_c^*)\beta n_d^* + \omega E(y_e) \quad (7)$$

$$b_d = \alpha x_c^* - n_d^* - (K(F) - \gamma E(y_e)) \quad (8)$$

次に、図5の価格設定段階を説明する。 x_c, n_d を求める。 F が与えられ、 x_c, n_d を設定するとき、プラットフォーム提供者の効用関数は以下になる。

$$\max_{x_c^* n_d^*} U_p = p_c x_c^* + b_d n_d^* - C(F) \quad (9)$$

$$s.t. \ 0 \leq x_c^* \leq 1, 0 \leq n_d^* \leq 1 \quad (10)$$

利益を最大化するコンシューマーの参画人数は、 $\frac{\partial U_p}{\partial x_c^*} = 0$ より

$$\frac{\partial U_p}{\partial x_c^*} = (1 - 2x_c^*)\beta n_d^* + \alpha n_d^* = 0 \quad (11)$$

$$x_c^* = \frac{\alpha + \beta}{2\beta} \quad (12)$$

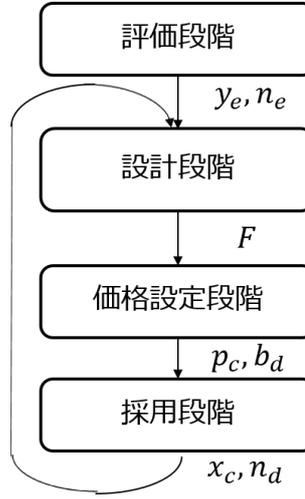


図 5: API 評価者を含む API エコノミーの均衡状態の導出方法

同様に、 $\frac{\partial U_p}{\partial n_d^*} = 0$ より

$$\frac{\partial U_p}{\partial n_d^*} = (1 - x_c^*)\beta x_c^* + \alpha x_c^* - 2n_d^* - K(F) = 0 \quad (13)$$

$$n_d^* = \frac{(\alpha + \beta)^2 - 4\beta K(F)}{8\beta} \quad (14)$$

式 (12) と式 (14) を式 (7) に代入し、均衡時のコンシューマーのプラットフォーム使用料 b_d^* を求めると以下の式になる。

$$p_c^* = \frac{(\beta - \alpha)((\alpha + \beta)^2 - 4\beta(K(F) + y_e E(y_e)))}{16\beta} \quad (15)$$

同様に、式 (12) と式 (14) を式 (8) に代入し、均衡時のサービス提供者のプラットフォーム使用料 p_c^* は以下になる。

$$b_d^* = \frac{(3\alpha - \beta)(\alpha + \beta) - 4\beta(K(F) - y_e E(y_e))}{8\beta} \quad (16)$$

ここで、 $\alpha, \beta, K(F)$ は、 $\alpha < \beta$ かつ $4\beta K(F) < (\alpha + \beta)^2 < 4\beta(2 - K(F))$ を満たすとする。

最後に、図 5 の III. 設計段階を説明する。均衡状態とき、式 (9) に、式 (12) および式 (14) ~ (16) を代入し、 $\frac{\partial U_p}{\partial F} = 0$ より以下の関係式を得る。

$$C'(F^*) - \left[-\frac{\beta^2 - \alpha^2}{8\beta} - \frac{(\alpha + \beta)^2}{16\beta} - \frac{(3\alpha - \beta)(\alpha + \beta)}{16\beta} \right] K'(F^*) + \frac{K(F^*)K'(F^*)}{2} = 0 \quad (17)$$

$$\frac{C'(F^*)}{K'(F^*)} = \frac{K(F^*)}{2} - \frac{(\alpha + \beta)^2}{8\beta} \quad (18)$$

4.2 API 評価者が API エコノミーにもたらす直接的利益の導出法

4.1 節で価格上昇に転換されていた、API エコノミーにもたらされた利益を求める。API 評価者が不在の場合の均衡状態を求め、API 評価者が存在する場合の均衡状態の差を直接的利益とみなす。

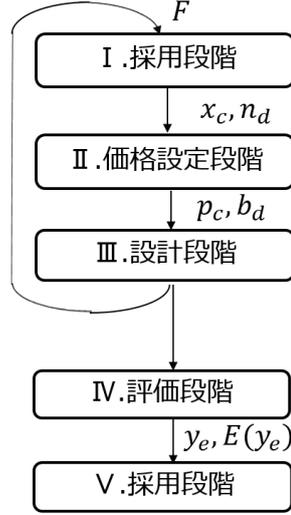


図 6: API 評価者が API エコノミーにもたらす直接的利益の導出方法

図 6 の手順で、最適な API 評価者の報酬 y_e を決定する。機能数 F を決定する設計段階、コンシューマーとサービス提供に課されるプラットフォーム使用料 p_c, b_d を決定する価格設定段階、コンシューマーとサービス提供者の参画人数 x_c, n_d が決定される採用段階、API 評価者の報酬と参画人数 $y_e, E(y_e)$ が決定される評価段階から成る。まず、採用段階・価格設定段階・設定段階を経て、最適な F を決定する [12]。その際、採用段階、価格設定段階により b_d, n_d, p_c, x_c も順次決定される。次に、決定された F, p_c, b_d, x_c, n_d を与え、最適な $y_e, E(y_e)$ を計算する。その y_e を与え、再び採用段階・設定段階を経て、 U_p を最大にする F, x_c, n_d を導き出す。 F が収束するまで、採用段階・設定段階と評価段階を繰り返す。

まず、図 6 の I. 採用段階を説明する。 $y_e = E(y_e) = 0$ とし、限界コンシューマー人数は $U_c = 0$ より

$$\hat{\theta} = 1 - x_c = \frac{p_c}{\beta n_d^*} \quad (19)$$

限界サービス提供者数は $U_d = 0$ より

$$\hat{\phi} = n_d = \alpha x_c^* - b_d - K(F) \quad (20)$$

式 (19)(6) より、

$$p_c = (1 - x_c^*)\beta n_d^* \quad (21)$$

$$b_d = \alpha x_c^* - n_d^* - K(F) \quad (22)$$

次に、図 6 の II. 価格設定段階を説明する。 $y_e = E(y_e) = 0$ とし、文献 [12] の手順にならって x_c, n_d を求める。 F が与えられ、 x_c, n_d を設定するとき、プラットフォーム提供者の

効用関数は以下になる。

$$\max_{x_c^* n_d^*} U_p = p_c x_c^* + b_d n_d^* - C(F) \quad (23)$$

$$s.t. 0 \leq x_c^* \leq 1, 0 \leq n_d^* \leq 1 \quad (24)$$

利益を最大化する消費者の参画人数は、 $\frac{\partial U_p}{\partial x_c^*} = 0$ より

$$\frac{\partial U_p}{\partial x_c^*} = (1 - 2x_c^*)\beta n_d^* + \alpha n_d^* = 0 \quad (25)$$

$$x_c^* = \frac{\alpha + \beta}{2\beta} \quad (26)$$

同様に、 $\frac{\partial U_p}{\partial n_d^*} = 0$ より

$$\frac{\partial U_p}{\partial n_d^*} = (1 - x_c^*)\beta x_c^* + \alpha x_c^* - 2n_d^* - K(F) = 0 \quad (27)$$

$$n_d^* = \frac{(\alpha + \beta)^2 - 4\beta K(F)}{8\beta} \quad (28)$$

式(26)と式(28)を式(21)に代入して、消費者のプラットフォーム使用料は以下になる。

$$p_c^* = \frac{(\beta - \alpha)((\alpha + \beta)^2 - 4\beta K(F))}{16\beta} \quad (29)$$

同様に、式(26)と式(28)を式(22)に代入して、サービス提供者のプラットフォーム使用料は以下になる。

$$b_d^* = \frac{(3\alpha - \beta)(\alpha + \beta) - 4\beta K(F)}{8\beta} \quad (30)$$

ただし $\alpha, \beta, K(F)$ は、 $\alpha < \beta$ かつ $4\beta K(F) < (\alpha + \beta)^2 < 4\beta(2 - K(F))$ を満たすとする。

最後に、図6のIII. 設計段階を説明する。均衡状態とき、式(23)に、式(26)および式(28)~(30)を代入し、 $\frac{\partial U_p}{\partial F} = 0$ より以下の関係式を得る。

$$C'(F^*) - \left[-\frac{\beta^2 - \alpha^2}{8\beta} - \frac{(\alpha + \beta)^2}{16\beta} - \frac{(3\alpha - \beta)(\alpha + \beta)}{16\beta} \right] K'(F^*) + \frac{K(F^*)K'(F^*)}{2} = 0 \quad (31)$$

$$\frac{C'(F^*)}{K'(F^*)} = \frac{K(F^*)}{2} - \frac{(\alpha + \beta)^2}{8\beta} \quad (32)$$

次に、図6のIV. 評価段階で、 $y_e, E(y_e)$ を与える。 y_e を0.01から0.09まで0.01ずつ増加させ、順次与える。 $E(y_e)$ は4.3.2節に従う。

図6のV. 採用段階を説明する。API評価者が不在の場合との差 Δx_c は、式(5)および式(19)より

$$\Delta x_c = \frac{\omega E(y_e)}{\beta n_d^*} \quad (33)$$

よって、API 評価者が介在すると、 x_c は $\frac{\omega E(y_e)}{\beta n_d^*}$ 増加する。同様に、API 評価者が不在の場合との差 Δn_d は、式 (6) および式 (20) より

$$\Delta n_d = \gamma E(y_e) \quad (34)$$

よって、API 評価者が介在すると、 n_d は $\gamma E(y_e)$ 増加する。

4.3 評価方法

上述の導出法では、プラットフォームコスト $C(F)$ 、開発コスト $K(F)$ 、報酬に対する API 評価者数の変動 $E(y_e)$ は事前に与えられるものとしている。以降の各節で、これらの関数の与え方を説明する。

4.3.1 プラットフォームコスト $C(F)$ と開発コスト $K(F)$ の分類

プラットフォームの追加機能が開発コストを大幅に削減する方法を探すために、基礎的な機能のプラットフォームコスト（導入コスト）に対する発展的な機能のプラットフォームコスト $C(F)$ と発展的な機能を用いたサービス提供者の開発コスト $K(F)$ の関数形状の組み合わせにより、以下の Amazon Web Service (AWS) タイプと IP Multimedia Subsystem (IMS) タイプが考えられる [12]。

AWS タイプ 機能数に対し、プラットフォームコスト $C(F)$ が凸型に増加、かつ、開発コスト $K(F)$ が凹型に減少 (図 7)。基礎的な機能は低コストだが、発展的な機能は高コストである。サービス提供者に役立つ機能程、高コストになる。本報告では、 $C(F) = 0.008F^{1.15}$, $K(F) = 0.4e^{0.194F}$, $\alpha = 0.65$, $\beta = 0.8$ として設定する。

IMS タイプ 機能数に対し、プラットフォームコスト $C(F)$ が凸型に増加、かつ、開発コスト $K(F)$ が凸型に減少 (図 8)。機能がモジュール化されモジュールを再利用しつつ機能を強化するソフトウェアに見られるコスト構造である。本報告では、 $C(F) = 0.001F^{0.5}$, $K(F) = 0.18 - 0.016e^{1.3F}$, $\alpha = 0.6$, $\beta = 0.8$ として設定する。

4.3.2 報酬に対する API 評価者数の変動 $E(y_e)$ の分類

API 評価者はプラットフォーム提供者から払われる報酬によって、参画人数が変わる。本報告では、線形増加と凹型増加の 2 タイプを想定する。

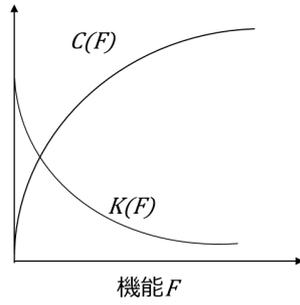


図 7: プラットフォームコストと開発コスト: AWS タイプ

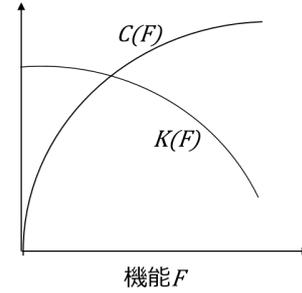


図 8: プラットフォームコストと開発コスト: IMS タイプ

線形増加

$$C \cdot y_e \tag{35}$$

C は定数。報酬の増加に伴い、API 評価者が参入する。

凹型増加

$$C \cdot y_e^P \tag{36}$$

C, P は定数。少額の報酬では少数の API 評価者しか参入しないが、多額の報酬になると多数の API 評価者が参入する。

5 API評価者の導入によるAPIエコノミーの深化の分析

5.1 均衡状態の変化

4.1節の方法と、4.2節の方法で、API評価者への報酬 y_e を0.0から1.0までに対する均衡状態の変化を以下に示す。なお、以降では、プラットフォームコスト $C(F)$ と開発コスト $K(F)$ はAWSタイプるとき $C(F) = 0.008F^{1.15}$, $K(F) = 0.4e^{0.194F}$, $E(y_e) = 0.8y_e^{1.8}$, $\alpha = 0.65$, $\beta = 0.8$ 、IMSタイプるとき $C(F) = 0.001F^{0.5}$, $K(F) = 0.18 - 0.016e^{1.3F}$, $\alpha = 0.6$, $\beta = 0.8$ を与えている。図9にコンシューマーの参画人数 x_c 、図10にサービス提供者の参画人数 n_d 、図11にコンシューマーのプラットフォーム使用料 p_c 、図12にサービス提供者のプラットフォーム使用料 b_d の y_e に対する変化を示す。4.1節の方法ではAPI評価者への報酬 y_e が0.0から1.0にすると、コンシューマーのプラットフォーム使用料 p_c が0.0144から0.6244と約43倍に、サービス提供者のプラットフォーム使用料 b_d が0.1238から1.1638と9倍に増加している。これは、API評価者が参入したことにより市場の魅力が増加し、コンシューマーとサービス提供者がプラットフォーム使用料が高くなったとしても市場に参画するため、作用によるものである。すなわち、プラットフォーム提供者はAPI評価者によるマーケット活性化の作用を価格転嫁により利益を得ている。コンシューマーの参画人数 x_c は0.90625で一定であるが、サービス提供者の参画人数 n_d は0.1917からAPI評価者への報酬 $y_e = 0.8$ から負の値になり、APIエコノミー市場が形成されない。図13に示したプラットフォーム効用 U_p を見ると、プラットフォーム効用の最大値を得るのは、 $y_e = 0.5$ のときであることが分かる。そのときのサービス提供者の参画人数 n_d は0.13423であるため、4.1節の方法ではプラットフォーム使用料を引き上げることによって、プラットフォーム効用をあげることに成功している。なお、プラットフォーム効用は $y_e = 0$ のときと比べると、0.0194から0.0925に、約4.8%増加している。

4.2節の方法では、プラットフォーム提供者・サービス提供者・コンシューマーが存在する市場で最適価格を設定し、その市場にAPI評価者が参入することによって得られる新たなコンシューマー、サービス提供者の参入者数を求めている。4.2節の方法により求めた図9の(Direct profit analysis)を見ると、API評価者への報酬 y_e を0.0から1.0にすると、コンシューマーの参画人数 x_c が0.9063から1.0596に増加し、また、サービス提供者の参画人数 n_d が0.1917から0.8317に増加している。しかし、図14より、プラットフォームコストと開発コストがAWSタイプの場合、プラットフォーム効用 U_p の最大値をとる値は $y_e = 0.07$ であることが分かる。このときの参画人数はコンシューマー x_c が0.9075、サービス提供者 n_d が0.1971、API評価者が0.0067であり、合計で1.111となる。つまり、API評価者が参入しAPI評価者への報酬を最適化することで、市場の参画人数は、 $y_e = 0$ のときの1.0980より、約1.0%増加する。

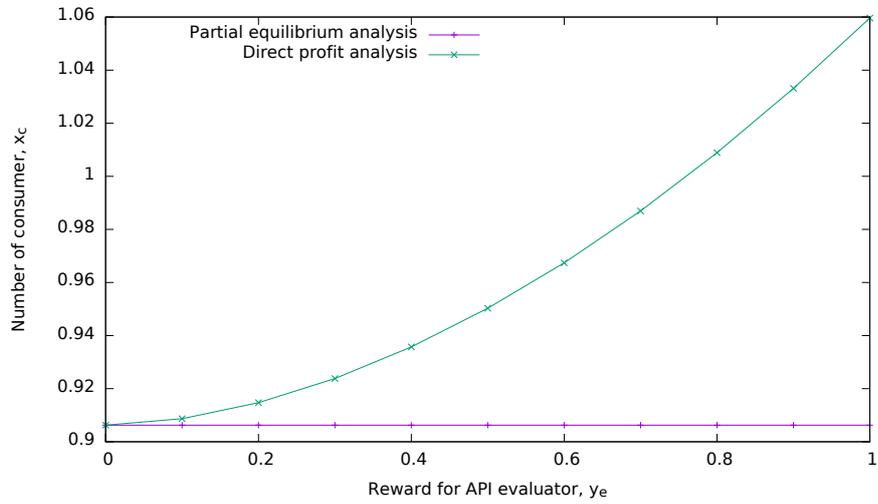


図 9: API 評価者への報酬 y_e に対するコンシューマーの参画人数 x_c : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$

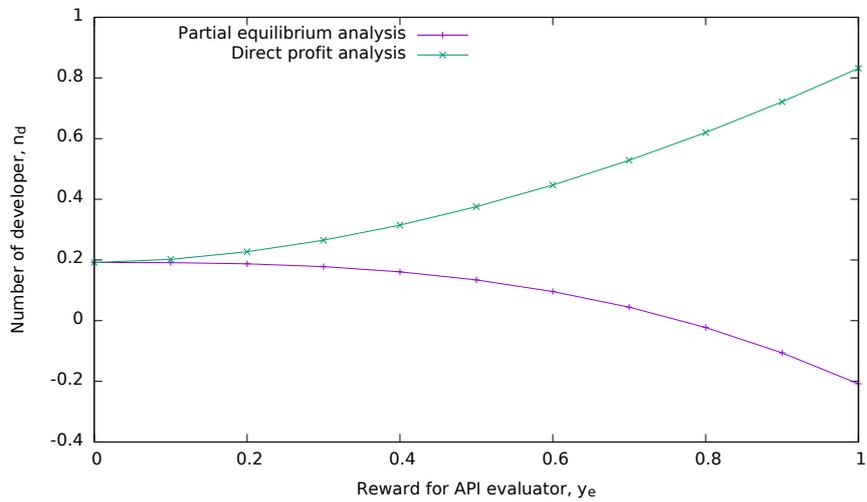


図 10: API 評価者への報酬 y_e に対するサービス提供者の参画人数 n_d : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$

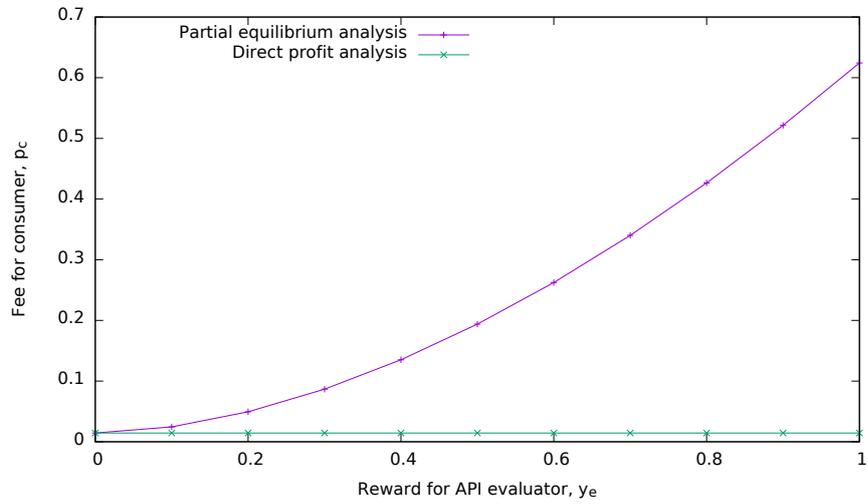


図 11: API 評価者への報酬 y_e に対するコンシューマーのプラットフォーム使用料 p_c : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$

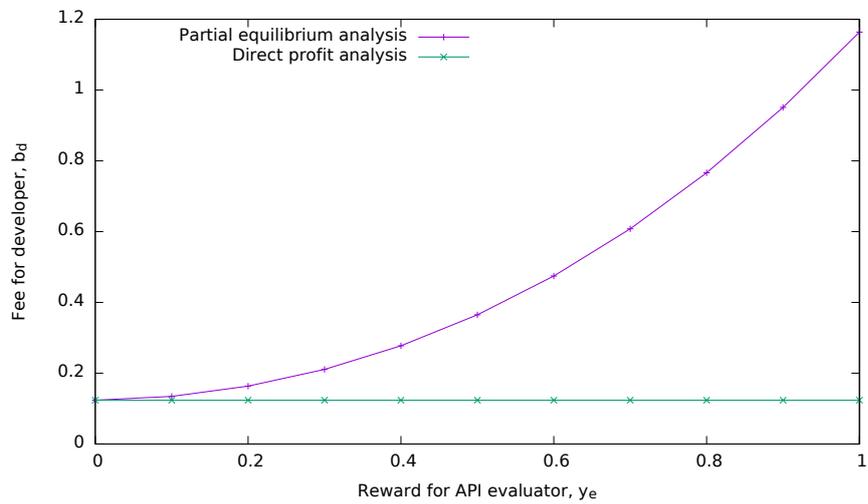


図 12: API 評価者への報酬 y_e に対するサービス提供者のプラットフォーム使用料 b_d : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$

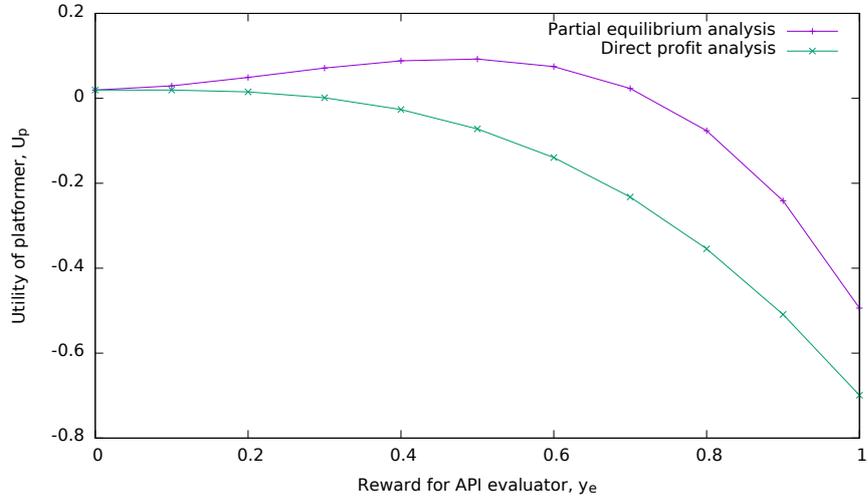


図 13: API 評価者への報酬 y_e に対するプラットフォーム効用 U_p : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$

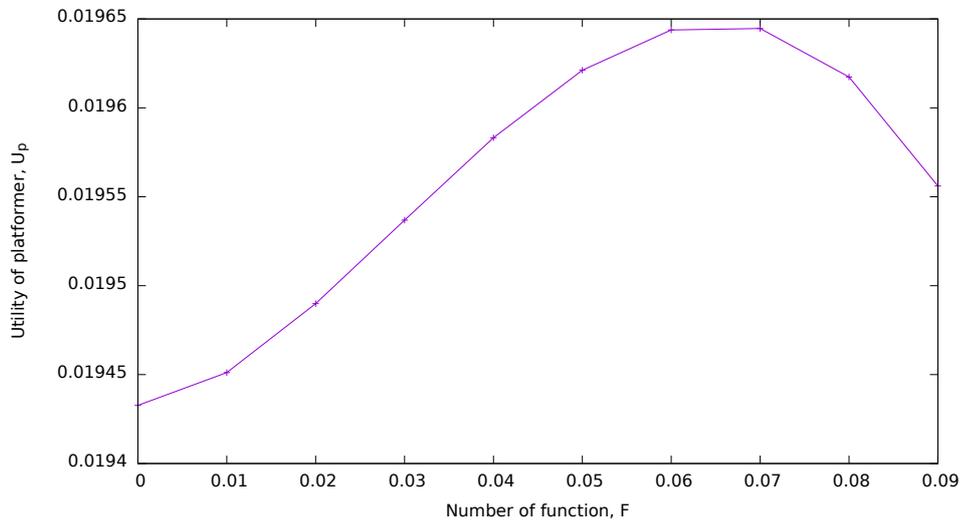


図 14: API 評価者への報酬 $y_e = 0.0$ から 0.09 に対するプラットフォーム効用 U_p : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$

5.2 パラメータ値の感度分析

本節では、API 評価者の他顧客グループへ影響度のパラメーター γ, ω と報酬に対する API 評価者数の変動 $E(y_e) = Cy_e^P$ のパラメーター C と P を変えた時のプラットフォーム効用を分析する。API 評価者への最適な報酬 y_e を求めるにあたっては、API 評価者への報酬 y_e を 0.0 から 0.09 に変えたときのプラットフォーム効用を算出し、その最大値を与える報酬を最適な報酬とする。

まず、API 評価者に関するパラメータ γ, ω を変えたときのプラットフォーム効用の変化を分析する。4.2 節の方法でプラットフォーム効用の変化を観測した。プラットフォームコスト $C(F)$ と開発コスト $K(F)$ が AWS タイプのときのプラットフォーム効用 U_p を図 15 のグラフに示す。 $y_e = 0$ のとき 0.0194 である。 $y_e = 0$ のときと比べると、 $\gamma, \omega = 0.8$ の場合 $y_e = 0.07$ で 0.0196 と約 1.0% 増加し、 $\gamma, \omega = 0.4$ の場合 $y_e = 0.04$ で 0.0195 と約 1.0% 増加し、 γ, ω が大きいほど、プラットフォーム効用 U_p の最大値は大きく、また、最大値をとる API 評価者への報酬 y_e の値も大きくなっている。つまり、API 評価者が存在することによるサービス提供者の参入意欲割合 γ 、API 評価者が存在することによるコンシューマーの参入意欲割合 ω が高いほど、API 評価者への報酬を大きくすることで、プラットフォーム効用はより大きくなる。

プラットフォームコスト $C(F)$ と開発コスト $K(F)$ が IMS タイプのとき、 $C(F) = 0.001F^{0.5}$ 、 $K(F) = 0.18 - 0.016e^{1.3F}$ 、 $E(y_e) = 0.8y_e^{1.8}\alpha = 0.6$ 、 $\beta = 0.8$ の場合のプラットフォーム効用 U_p を図 16 のグラフに示す。プラットフォームコスト $C(F)$ と開発コスト $K(F)$ が IMS タイプのときも AWS タイプのときと同じく、 γ, ω が大きいほど、プラットフォーム効用 U_p の最大値は大きく、また、最大値をとる API 評価者への報酬 y_e の値も大きくなっている。 $y_e = 0$ のとき 0.0501 であり、 $y_e = 0$ のときと比べると、 $\gamma, \omega = 0.8$ の場合 $y_e = 0.9$ で 0.0507 と約 1.0% 増加し、 $\gamma, \omega = 0.4$ の場合 $y_e = 0.05$ で 0.0502 と約 1.0% 増加している。

次に、報酬に対する API 評価者数の変動 $E(y_e)$ を変えたときのプラットフォーム効用の変化を分析する。プラットフォームコスト $C(F)$ と開発コスト $K(F)$ が AWS タイプであり、 $\gamma = \omega = 0.8$ の場合のプラットフォーム効用 U_p を図 17 のグラフに示す。プラットフォームコスト $C(F)$ と $K(F)$ が IMS タイプであり、 $\gamma = \omega = 0.8$ の場合のプラットフォーム効用 U_p を図 18 のグラフに示す。報酬に対する API 評価者数の変動 $E(y_e)$ が線形増加の方が、凹型増加よりもプラットフォーム効用の最大値は大きくなるが、API 評価者への報酬が少し高くなるとプラットフォーム効用 U_p は下がりやすい。線形増加の場合、最大値を $y_e = 0$ のときと比べると、 $y_e = 0.05$ で 0.0215 と、約 1.1% 増加している。一方、 $E(y_e) = 0.8y_e^{1.8}$ の場合 $y_e = 0.07$ で 0.0196 $E(y_e) = 0.8y_e^{2.5}$ の場合 $y_e = 0.07$ で 0.0195 に増加しており、凹型増加の指数の違いは、得られる効用にほとんど影響しないことが分かる。

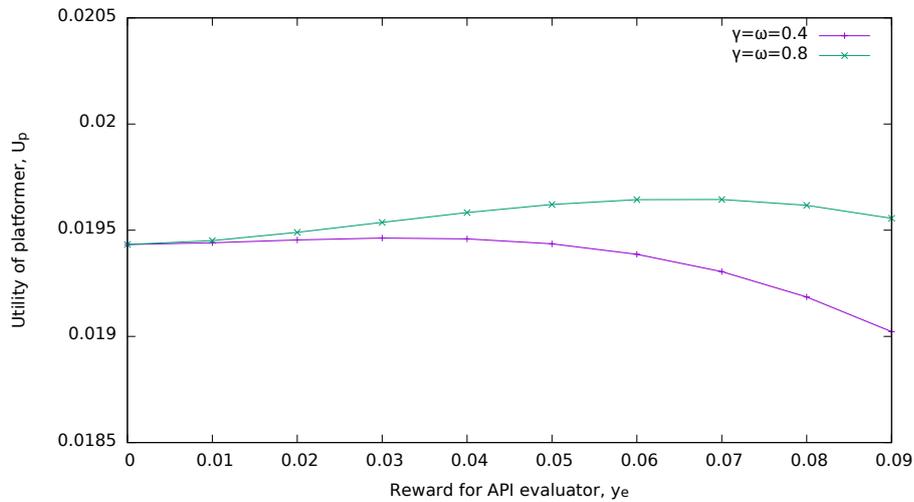


図 15: プラットフォーム効用 U_p : AWS タイプ, $\omega, \gamma = 0.4, 0.8$

プラットフォームコスト $C(F)$ と開発コスト $K(F)$ が IMS タイプのときも同様に、API 評価者数の変動 $E(y_e)$ が線形増加の方が、凹型増加よりもプラットフォーム効用の最大値は大きくなった。線形増加の場合、最大値を $y_e = 0$ のときと比べると、 $y_e = 0.07$ のとき 0.0545 と、約 1.1% 増加している。一方、 $E(y_e) = 0.8y_e^{1.8}$ の場合 $y_e = 0.1$ で 0.0507 と 1.0124% 増加し、 $E(y_e) = 0.8y_e^{2.5}$ の場合 $y_e = 0.11$ で 0.0502 と約 1.0% 増加している。

次に $E(y_e) = Cy_e^P$ の係数 C も変化させ、プラットフォーム効用を求めた。なお、ここでは $\gamma = \omega = 0.8$ としている。図 19 より、コンシューマーへのサービス提供によって、利益を得るマーケットが成立する条件は $C \leq 20$ である。 $C = 10$ のときのコンシューマー人数 x_c 、サービス提供者数 n_d 、API 評価者数 $E(y_e)$ とプラットフォーム効用 U_p を図 20 と図 21 に示す。図 19 はプラットフォームコスト $C(F)$ と開発コスト $K(F)$ は AWS タイプのとき、図 21 はプラットフォームコスト $C(F)$ と開発コスト $K(F)$ は IMS タイプのときの結果である。AWS タイプのとき、プラットフォーム効用は $y_e = 0.06$ で最大値 0.0607 をとり、 $y_e = 0$ の時の 0.0194 より 2.6% 増加している。このとき、コンシューマー人数 $x_c = 1.0021$ 、サービス提供者数 $n_d = 0.5917$ と市場の参画人数は、 $y_e = 0$ のときの 1.0980 より、約 1.5% 増加した。IMS タイプのときは、プラットフォーム効用は $y_e = 0.07$ で最大値 0.1053 をとり、 $y_e = 0$ の時の 0.0501 より 2.1% 増加している。このとき、コンシューマー人数 $x_c = 1.0021$ 、サービス提供者数 $n_d = 0.5917$ と市場の参画人数は、 $y_e = 0$ のときの 1.0980 より、約 1.5% 増加した。

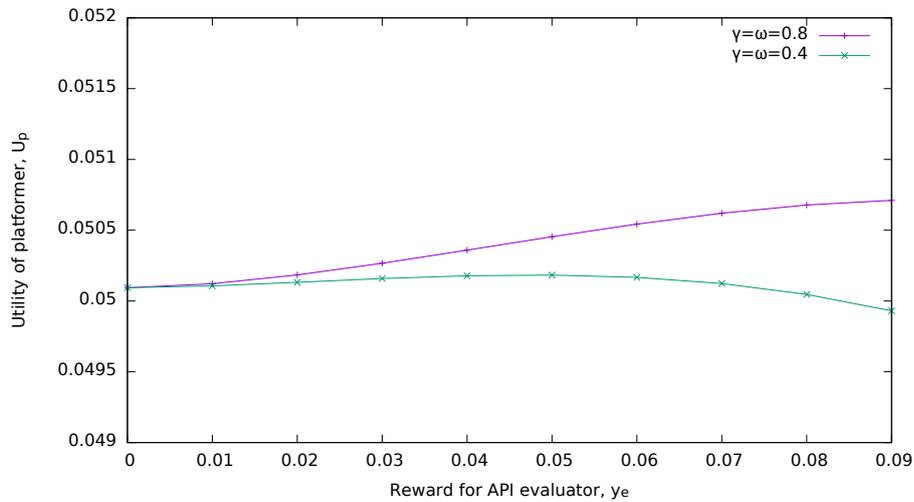


図 16: プラットフォーム効用 U_p : IMS タイプ, $\omega, \gamma = 0.4, 0.8$

5.3 プラットフォーム提供者の最適戦略の考察

パラメータ値の感度分析より、プラットフォーム提供者は、API 評価者が存在することによるサービス提供者・コンシューマーの参入意欲割合が低くなる場合 API 評価者への報酬 y_e を小さく、API 評価者が存在することによるサービス提供者・コンシューマーの参入意欲割合が高くなる場合は、API 評価者への報酬を大きくすればよい。報酬に対する API 評価者数の変動に関しては、報酬金額に対し API 評価者数が一定に増加する場合は、報酬金額を高くしすぎないように注意する必要がある。また、どのパラメータ設定でも $y_e = 0.04$ や $y_e = 0.07$ など、ある一定の額まではプラットフォーム効用が増加しているため、パラメータが不明なときでも、API 評価者への報酬を少額に設定していれば、プラットフォーム効用をあげることが可能である。

本報告による多面的市場モデルでは、プラットフォーム提供者の事業戦略として、プラットフォームに導入する機能数 F の最適設定と、プラットフォームから API 評価者への報酬 y_e の最適設定が考えられる。そこで、これらの事業戦略のどちらがプラットフォーム効用により大きく作用するかを比較する。プラットフォーム提供者が設定することのできる、機能数と API 評価者への報酬の、プラットフォーム効用への影響度を比較する。AWS タイプの場合に、機能数 F を 0 から 4 までに対するプラットフォーム効用 U_p の変化を図 22 に示す。 $F = 0$ のとき 0.0165 であり、最大で $F = 1.985$ のとき 0.0194 と、1.2% 増加している。5.2 節の、図 17 によれば、API 評価者への報酬を最適化することによって、1.1% のプラットフォーム効用の増大が見込まれる。機能数の最適化はソフトウェア開発期間を要するもの

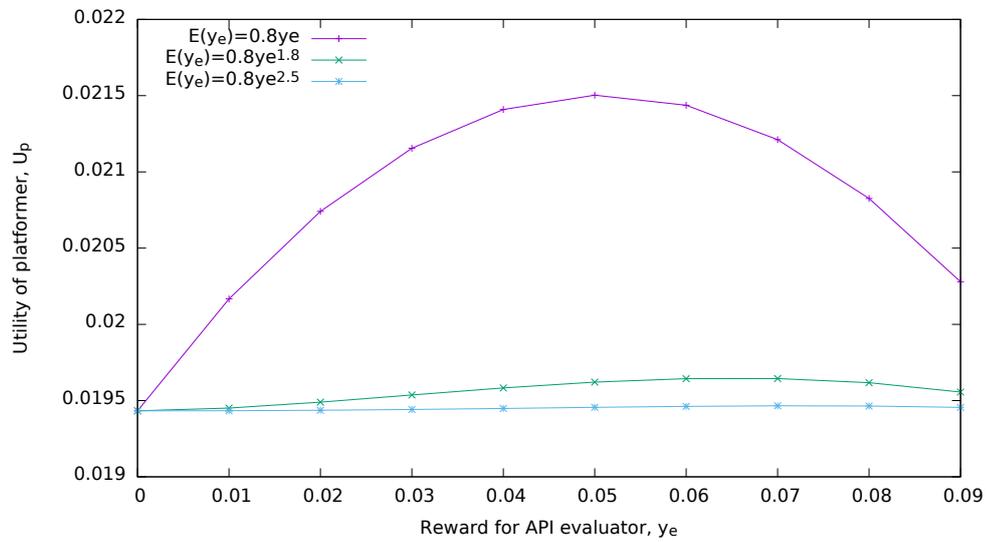


図 17: API 評価者数の関数 $E(y_e)$ をに対するプラットフォーム効用 U_p : AWS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$

であり、機能数の最適化の代用として API 評価者をマーケットに取り込む事業戦略は十分に成立するとの結論を得た。

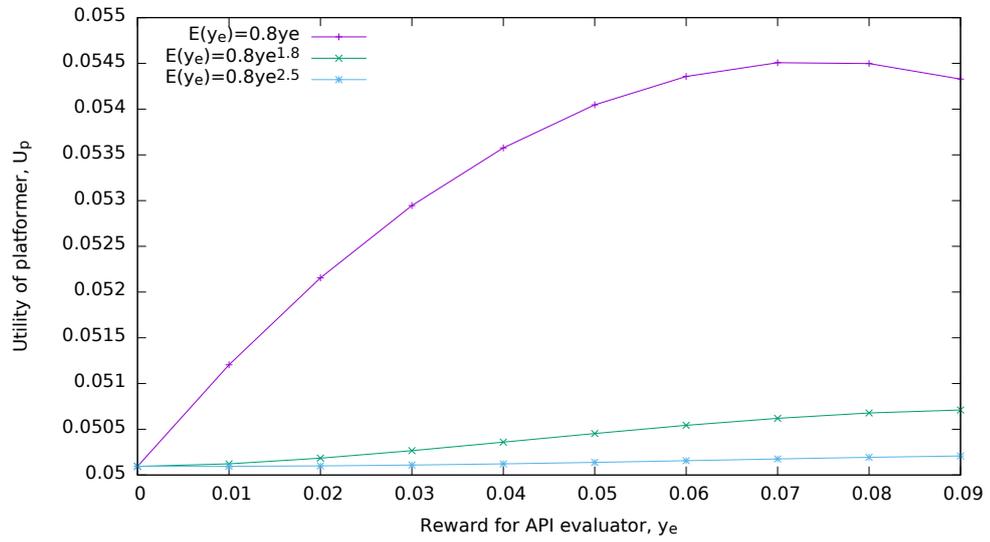


図 18: API 評価者数の関数 $E(y_e)$ をに対するプラットフォーム効用 U_p : IMS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$

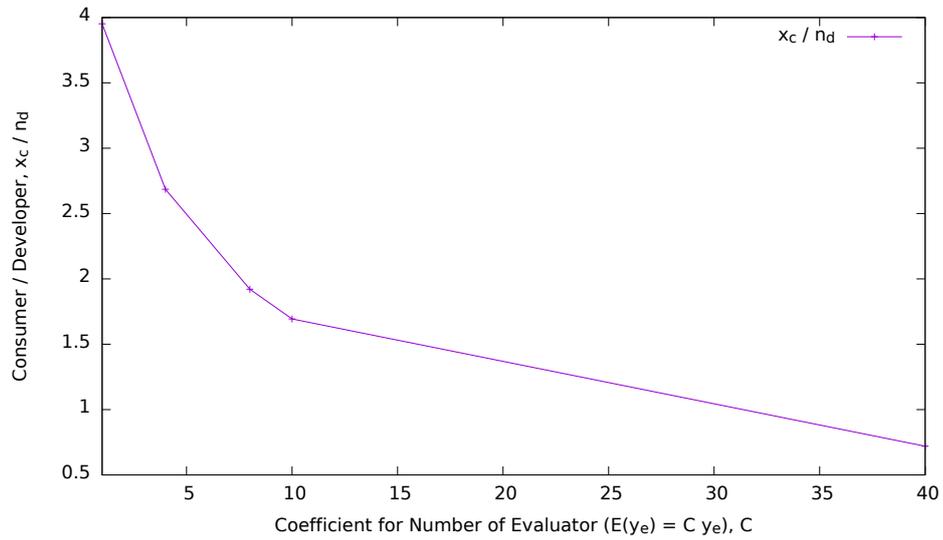


図 19: API 評価者数の関数 $E(y_e)$ におけるパラメータ C の影響

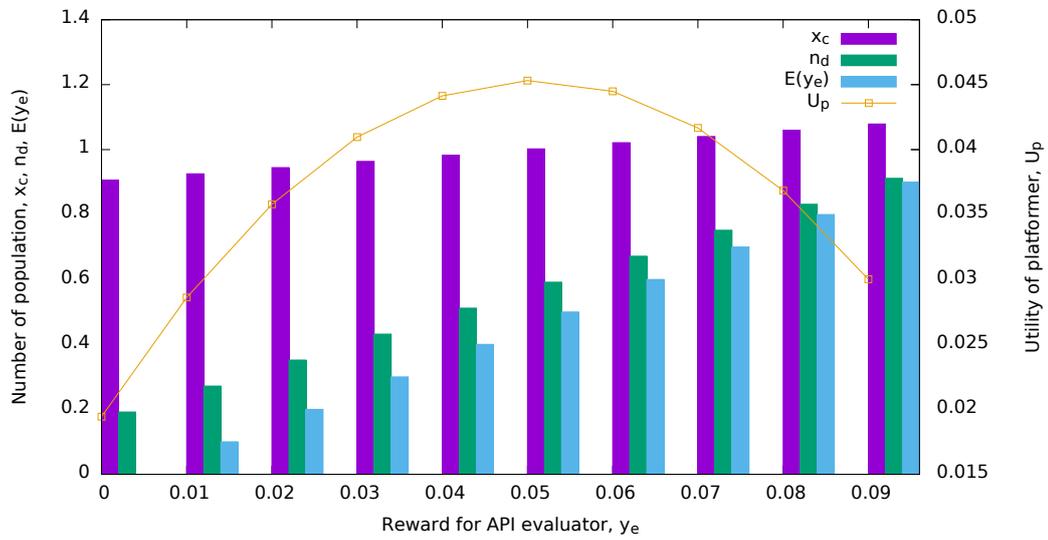


図 20: API 評価者数の関数 $E(y_e) = 10y_e$ の時のマーケット参画者数とプラットフォーム効用 U_P : IMS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$

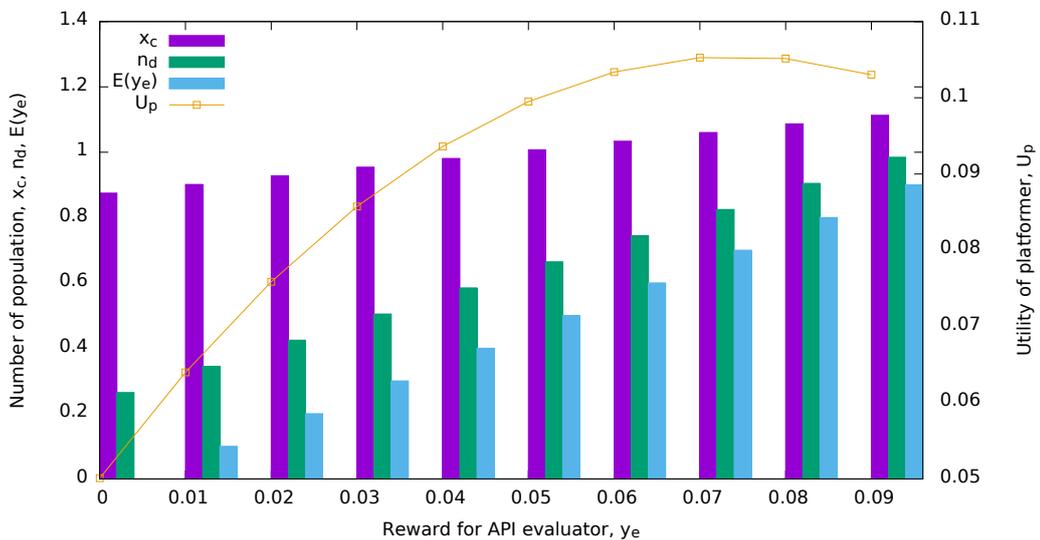


図 21: API 評価者数の関数 $E(y_e) = 10y_e$ の時のマーケット参画者数とプラットフォーム効用 U_P : IMS タイプ, $\gamma = \omega = 0.8$

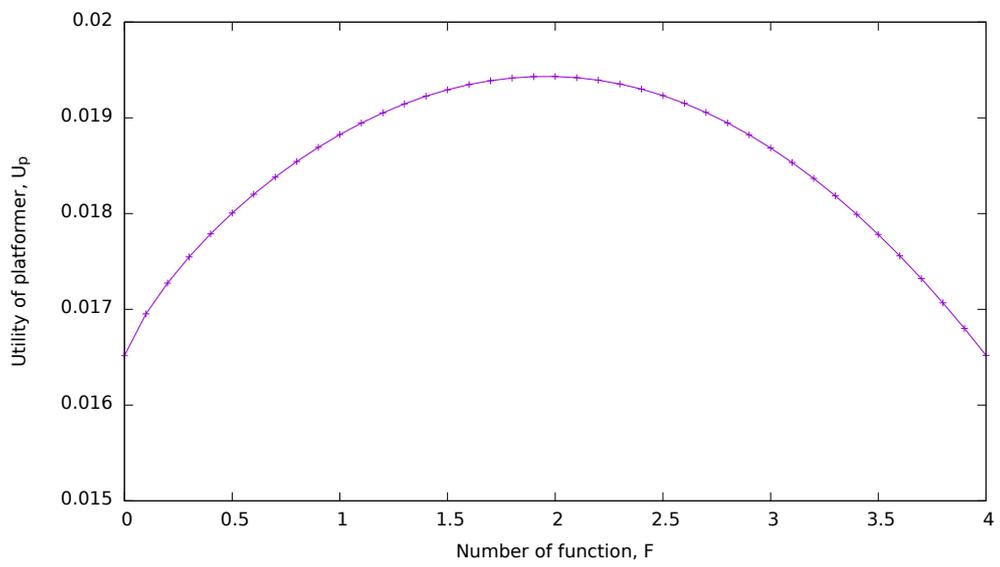


図 22: 機能数 F に対するプラットフォーム効用 U_p : AWS タイプ

6 おわりに

近年、企業の情報処理やデータ提供を API 化し、API を用いてサービス連結することにより、新たな価値を創造する API エコノミーが注目されている。API エコノミーにおける API 評価者の導入が、プラットフォーム提供者、サービス提供者、コンシューマーという 3 つのグループが存在する市場に与える影響について、多面的市場モデルを用いて議論した。部分均衡分析にもとづく API 評価者の存在する API エコノミーの均衡状態の導出と、API 評価者が API エコノミーにもたらす直接的利益の導出法の均衡状態の違いと、API 評価者に関するパラメータをに対するプラットフォーム効用の変化を分析を行った。部分均衡分析にもとづく API 評価者の存在する API エコノミーの均衡状態の導出では、API 評価者が参入することによって市場の魅力が増すため、プラットフォーム使用料の増加させることでプラットフォーム効用の増加を図った。のとき、API 評価者への報酬の最適化を行うとプラットフォーム効用が約 4.8% 増加した。API 評価者が API エコノミーにもたらす直接的利益の導出法の均衡状態では、API 評価者が参入することによって、新たなサービス提供者とコンシューマーが参入した。この導出法で、API 評価者が存在することによるサービス提供者・コンシューマーの参入意欲割合や、報酬に対する API 評価者数の変動に関するパラメータを変えて、プラットフォーム効用の比較を行った。プラットフォームコストと開発コストは、プラットフォームコストが凸型増加し開発コストが凹型減少する AWS タイプと、プラットフォームコストが凸型増加し開発コストが凸型減少する IMS タイプで行っている。プラットフォーム効用は、API 評価者への報酬を最適化することで約 1.0%~2.6% 増加した。また、機能数を最適化することで得られる増加分 1.2% であり、API 評価者への報酬を最適化することによって、機能数を最適化することと同等の効果が得られた。

今後の課題としては、数式による最適な API 評価者への報酬の決定方法や、API 評価者以外の顧客グループが参画する影響についての分析などが考えられる。本報告では、API 評価者への報酬を 0.0 か 0.09 や 1.0 まで変化させることによって、プラットフォーム効用を最適化する API 評価者への報酬を観測していたが、効用関数を解くことによって最適な API 評価者への報酬を決定する方法を考えることも必要であると考えられる。この解き方が分かることによって、コンシューマー・サービス提供者・評価者以外の顧客グループを追加したモデルを考案し、その追加された顧客グループに関するパラメータを変化させることで新たなプラットフォーム提供者の戦略が明らかになるだろう。

謝辞

本報告を終えるにあたり、お忙しい中ご指導くださいました大阪大学大学院情報科学研究科の村田正幸教授に深く感謝いたします。ならびに、多くの時間を割き方向性をご指導くださいました大阪大学大学院情報科学研究科の荒川伸一准教授にも心より感謝申し上げます。また、平素よりご指導くださいました大阪大学先導的学際研究機構の太下裕一准教授、大阪大学大学院経済学研究科の小南大智助教にも厚く御礼申し上げます。最後に、丁寧にご助言し、ご意見をくださった神田幸大氏、津久井佑樹氏をはじめとする研究室の皆様感謝の意を表して謝辞といたします。

参考文献

- [1] IBM, “IBM unveils matchmaking technology to navigate API economy,” Nov. 2015.
- [2] E. Helpman and P. Krugman, *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*. The MIT Press, Jan. 1987.
- [3] Z. Zhang, P. Nabipay, A. Odlyzko, and R. Guerin, “Interactions, competition and innovation in a service-oriented Internet: An economic model,” in *Proceedings of IEEE INFOCOM*, Mar. 2010, pp. 1–5.
- [4] A. Nagurney, D. Li, T. Wolf, and S. Saberi, “A network economic game theory model of a service-oriented Internet with choices and quality competition,” *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*, vol. 14, pp. 1–25, May 2013.
- [5] L. Fanti and D. Buccella, “Cournot and bertrand competition in the software industry,” *Economics Research International*, vol. 5, pp. 1–10, Nov. 2015.
- [6] Y. Raivio and S. Luukkainen, “Mobile networks as a two-sided platform-Case Open Telco,” *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, vol. 6, pp. 77–89, Aug. 2011.
- [7] K. Stanoevska-Slabeva and T. Wozniak, “Opportunities and threats by mobile platforms: The (new) role of mobile network operators,” in *Proceedings of Intelligence in Next Generation Networks (ICIN)*. IEEE, 2010, pp. 1–6.
- [8] V. Visco Comandini, “Google and multisided platform economics: what lessons for delivery services?” in *Proceedings of 8th bi-annual Postal Economics Conference on E-commerce, Digital Economy and Delivery services*, Apr. 2014, pp. 1–22.
- [9] 総務省, “プラットフォームサービスに関する研究会,” http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/platform_service/index.html.
- [10] D. S. Evans, “The antitrust economics of multi-sided platform markets,” *Yale Journal on Regulation*, vol. 20, no. 4, pp. 325–381, 2003.
- [11] 荒川伸一, 今井悟史, 片桐徹, 関屋元義, 村田正幸, “マーケットモデルにもとづく API エコノミーの社会的厚生分析,” *電子情報通信学会技術研究報告 (IN2017-137)*, vol. 117, pp. 285–290, Mar. 2018.

- [12] S. Sen, R. Guérin, and K. Hosanagar, “Functionality-rich versus minimalist platforms: A two-sided market analysis,” *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 41, pp. 36–43, Sep. 2011.
- [13] M. Trenz and B. Berger, “Analyzing online customer reviews-an interdisciplinary literature review and research agenda,” in *Proceedings of the 21st European Conference on Information Systems*, Jul. 2013, pp. 1–12.