

# API/マイクロサービスの連携を促進する デジタルエコシステムの構築に向けて

Toward an Understanding of Digital Ecosystem for a collaboration of APIs / microservices

荒川 伸一 杉浦 満美 村田 正幸  
Shin'ichi Arakawa Mami Sugiura Masayuki Murata

大阪大学 大学院情報科学研究科 情報ネットワーク学専攻  
Department of Information Networking, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University, Japan

## 1. まえがき

ネットワーク仮想化技術の進展を背景に、有無線インフラ上でネットワークスライスを切り出し、スライス上で（マイクロ）サービスを展開するネットワークシステムが注目されている [1]。最近では、企業等が抱える情報処理やデータ提供そのものを（マイクロ）サービスとして 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 エコシステム / デジタルエコシステムの概念も登場している。今後はネットワーク化されたサービスを連携させ、新たなサービスを創発するネットワークシステムの構築が期待される。本稿では、API 提供者らの連携形態に関するシンプルモデルを導入し、API エコシステムを発展させるための方策を述べる。次に、シンプルモデルでは捉えられない事項を今後の展開、および、今後の課題としてまとめる。

## 2. API エコシステムのマーケットモデル

API エコシステムでは、図 1 に示すように、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 エコシステムは市場経済であり、プラットフォームはマーケットとなる。

API エコシステムのマーケットモデルを導入するにあたり、想定する API の利用シナリオ（図 2）を説明する。API A の提供者 A は、API A の提供にあたって API 1 および API 2 を利用する。API 1 と API 2 の間には、提供機能の補完性が規定される。補完関係にある場合は提供者 API 1 と API 2 の双方を使って API A を提供する。一方、代替関係にある場合、API 1 と API 2 は代替可能であり、提供者 A は、価格に応じて API 1 もしくは API 2 を選択して API A を提供する。以降では、API 1 と API 2 の補完性を表すパラメーター  $c$  を導入し、API エコシステムのマーケットモデル、すなわち、各 API の需要と提供価格の関係を規定する。

### 2.1 マーケットモデル

**需要関数  $q$ :** API A の需要量  $q_A$  は、API 1 および API 2 の価格  $p_1$  と価格  $p_2$  に依存して定まり、価格が上昇するとともに需要は減少する。すなわち、

$$q_A(p_A, p_1, p_2) = a_A - b_A \cdot p_A - d_1 \cdot p_1 - d_2 \cdot p_2$$

である。 $d_1$  は、API 1 の価格上昇に伴う API A の需要量の減少率である。 $d_2$  も同様である。API 1 および API 2 の需要量  $q_1, q_2$  は、

$$q_1(p_A, p_1, p_2) = a_1 - b_1 \cdot p_1 - d_{A,1} \cdot p_A + c \cdot p_2$$

$$q_2(p_A, p_1, p_2) = a_2 - b_2 \cdot p_2 - d_{A,2} \cdot p_A + c \cdot p_1$$

で表される。 $a, b$  に関わる係数は、 $q_A$  に対して与えた  $a_A, b_A$  と同様に定義される。 $d_{A,1}$  は、API A の価格上昇に伴う API 1 の需要量の減少率であり、 $d_{A,2}$  は、API A の価格上昇

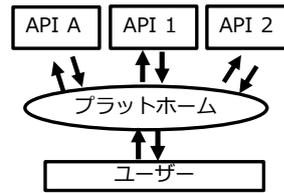


図 1 構成例

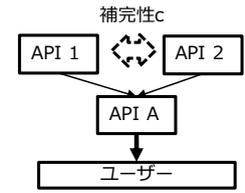


図 2 API 利用シナリオ

に伴う API 2 の需要量の減少率である。パラメーター  $c$  は、提供者 1 が提供する API 1 と、提供者 2 が提供する API 2 の補完性を表す。 $c$  が正の場合、価格  $p_2$  の上昇とともに需要  $q_1(p_A, p_1, p_2)$  が増す。すなわち、API 1 は API 2 の代用可能な API であることを示す。一方、 $c$  が負の場合、価格  $p_2$  の上昇とともに需要  $q_1(p_A, p_1, p_2)$  が減少し、価格  $p_2$  の下落とともに需要  $q_1(p_A, p_1, p_2)$  が増大する。すなわち、API 1 と API 2 は需要量に関する補完関係にある。

**価格関数  $p$ :** 次に、上記の需要関数  $q_A, q_1, q_2$  を用いて、価格関数  $p_A(q_A, q_1, q_2), p_1(q_A, q_1, q_2), p_2(q_A, q_1, q_2)$  を導く。単純化のため、ここでは  $a_1 = a_2 = a, d_1 = d_2 = d_{A,1} = d_{A,2} = d$  とする。また、係数  $b_A, b_1, b_2$  が 1 となるよう正規化が施されるものとする。その上で式を変形すると、以下の価格関数を得る。

$$(2d^2 + c - 1)p_1 = -dq_A + \frac{(1-d^2)q_1}{(1+c)} + \frac{(d^2+c)q_2}{(1+c)} + da_A - a_1$$

$$(2d^2 + c - 1)p_2 = -dq_A + \frac{(1-d^2)q_2}{(1+c)} + \frac{(d^2+c)q_1}{(1+c)} + da_A - a_2$$

$$(2d^2 + c - 1)p_A = (1-c)q_A - dq_1 - dq_2 + \{c-1\}a_A + 2d \cdot a$$

**API 提供者利益  $\pi$ :** API {A, 1, 2} の提供者の利益は、それぞれ、 $\pi_A = p_A \cdot q_A, \pi_1 = p_1 \cdot q_1, \pi_2 = p_2 \cdot q_2$  となる。

**プラットフォーム事業者利益  $M$ :** API エコシステムの場合を提供するプラットフォーム事業者（以降、事業者）も、マーケットの経済活動を通して収益を得る。収益の源泉の 1 つは、API の提供者利益  $\{\pi_A, \pi_1, \pi_2\}$  であり、例えば提供者利益の一定率を事業者の収益として得るなどが考えられる。一方で、API の利用者もプラットフォームに接続することで便益を得ており、例えば利用者接続料を徴収するなどの形で収益を得ることも考えられる。一般に事業者収益の形態は様々であり、具体化することは難しい。そこでマーケットを提供することによって得られる社会的厚生を、事業者利益  $M$  として定める。すなわち、 $M = \pi_A + \pi_1 + \pi_2 + CS_A + CS_1 + CS_2$  とする。 $CS_A, CS_1, CS_2$  は、消費者余剰 (Consumer Surplus) であり、 $CS_i = 1/2 \times q_i (p_i^{max} - p_i)$ ,  $i = \{A, 1, 2\}$  で与えられる。例えば API A の消費者余剰  $CS_A$  では、 $p_A^{max}$  は API A の最大価格であり、最大価格からの減少に応じて消

費者余剰が増大する。 $p_A^{max}$ はAPI Aの価格の最大値であり、その際には需要が0であることから $p_A^{max} = a_A$ となる。これより、 $CS_A = q_A(a_A - p_A)/2$ が得られる。 $CS_1, CS_2$ も同様に求まる。

式(1)で定める事業者利益 $M$ はマーケットの提供により得られる社会的厚生であり、社会的厚生の一部を事業者の収益とする前提をおくと、 $M$ を高めるマーケットの運用が事業者に求められる。例えばAPI提供にあたっての価格設定の戦略を提言したり、新たなAPIの創発を提供者に促すことが考えられる。

## 2.2 競争モデル

提供者A, 1, 2は、自身の提供者利益の最大化を目的としてマーケットに参入する。提供者利益は価格と需要の積で定まるため、API提供者は需要もしくは価格を操作することによって、提供者利益の最大化を図る。なお、操作の対象となる「需要」は、APIエコシステムにおいてはAPIの発行量 [volume/period]に相当する。例えばAPIの発行量を少なくすることで、利用したいユーザーが支払う価格を吊り上げ、提供者利益を高める操作がなされる。価格を操作する場合は、例えば価格を下げることで需要を増大させて提供者利益を高める。なお、提供者Aの価格減少に対して提供者1や提供者2も操作を行うため、自身の提供者利益が増加するとは限らない。

API提供者は経済学用語で言う生産者であり、一般に生産者が価格を操作して利益最大化を図る競争をベルトラン競争 (Bertrand competition) と呼ぶ。また、生産者が生産量を操作して利益最大化を図る競争をクールノー競争 (Cournot competition) と呼ぶ。ただし図2のAPI利用シナリオでは、提供者A, 1, 2はそれぞれが操作対象を定めることができる。従って、提供者が価格を操作する時はB、発行量を操作する時Cと書くと、提供者の競争戦略 $\phi$ は $\{\phi_A, \phi_1, \phi_2\}$ と表記される。例えばすべての提供者が価格を操作する場合 $\phi = \{B, B, B\}$ となる。

**ベルトラン競争:**  $\phi = \{B, B, B\}$ 、すなわち、提供者A, 1, 2すべてが価格を操作することによって利益を最大化する競争とし、価格および需要の均衡点を導出する。均衡点では、 $\partial\pi_A/\partial p_A=0, \partial\pi_1/\partial p_1=0, \partial\pi_2/\partial p_2=0$ を満たす。導出過程は省略するが、ベルトラン競争下における最適価格

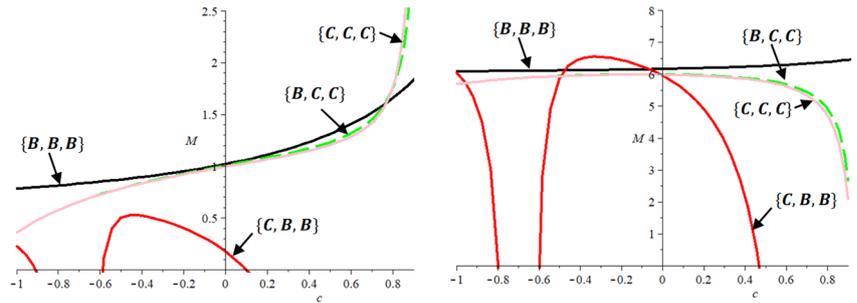
$$(4 - 2c - 2d^2)p_A = (2 - c)a_A - d \cdot 2a \quad (15)$$

$$p_1 = p_2 = \frac{-d \cdot a_A + 2a}{2(2 - c - d^2)} \quad (16)$$

が得られる。これらを需要関数 $q$ に代入すると最適価格時の需要が求まり、提供者利益 $\pi$ ならびに事業者利益 $M$ が算出される。

**ベルトラン・クールノー競争:**  $\phi = \{B, C, C\}$ 、すなわち、提供者Aは価格を操作し、提供者1, 2はAPI発行量 (需要)を操作することによって利益を最大化する競争を対象とし、価格および需要の均衡点を導出する。均衡点では、 $\partial\pi_A/\partial p_A=0, \partial\pi_1/\partial q_1=0, \partial\pi_2/\partial q_2=0$ を満たす。

**クールノー競争:**  $\phi = \{C, C, C\}$ の場合であり、 $\partial\pi_A/\partial q_A=0, \partial\pi_1/\partial q_1=0, \partial\pi_2/\partial q_2=0$ を満たす。



(a)  $a = 1.0, a_A = 1.1$

(b)  $a = 1.0, a_A = 4.0$

図3 事業者利益  $M: a = 1.0, d = 0.2$

**クールノー・ベルトラン競争:**  $\phi = \{C, B, B\}$ の場合であり、 $\partial\pi_A/\partial q_A=0, \partial\pi_1/\partial p_1=0, \partial\pi_2/\partial p_2=0$ を満たす。

## 2.3 数値例

競争モデルの違いによる事業者利益の差異を明らかにし、また、パラメーター $d$ やパラメーター $c$ が事業者利益にもたらす影響を明らかにする。

図3は、補完性を表すパラメーター $c$ に対する事業者利益 $M$ を、各競争戦略 $\phi$ に対して求めた結果である。図3(a)を見ると、競争戦略 $\{C, B, B\}$ では事業者利益が生じるパラメーター $c$ の領域が狭く、かつ、そのパラメーター領域においても事業者利益は少ないことがわかる。 $\{B, B, B\}$ や $\{B, C, C\}$ 、 $\{B, C, C\}$ は多くのパラメーター領域で概ね同じ事業者利益となるが、 $c > 0.8$ の場合はAPI1とAPI2がクールノー競争を採用することで、事業者利益は最適 (最大) となる。一方、図3(b)を見ると、 $a_A = 4.0$ であることからAPI Aの需要が多く、API Aの競争戦略に依存して事業者利益の振る舞いが変わることがわかる。事業者利益を最適にするのは競争戦略 $\{C, B, B\}$ かつ一部のパラメーター領域であるが、競争戦略 $\{B, B, B\}$ の方が、多くのパラメーター領域で高い事業者利益を得ることが可能となる。

## 3. 今後の展開、課題

前章では、図2に示すAPI利用例における価格と需要の均衡点を導出し、社会的厚生を求めた。しかし、現代のICT技術を活用するAPIエコシステムの構築に向けては、取り組むべき課題がいくつか残される。例えば、1) 多様性のあるAPI利用形態への対応 [2]、2) API提供者、プラットフォーム事業者以外のマーケットプレイヤーへの対応 [3]、3) ネットワーク化されたサービスの連携への対応 [4]が挙げられる。これらの課題に対する筆者らの取り組みの概要を、講演で述べる。

## 参考文献

- [1] M. Bonardi et al., "Fostering collaboration through API economy: The E015 digital ecosystem," in *Proc. of IEEE/ACM International Workshop on SER&IP*, pp. 32-38, May 2016.
- [2] 荒川, 今井, 片桐, 関屋, 村田, "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," 信学技報 (IN2017-137), 2018年3月.
- [3] 杉浦, "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," 大阪大学基礎工学部情報科学科特別研究報告, 2019年2月.
- [4] 荒川, 荻野, 北原, 長谷川, 村田, "証拠理論にもとづく相互接続ネットワークの構築手法の提案," 信学技報 (NS2018-255), 2019年3月.