

第11章 ネットワーク効果と消費者・企業行動

ウェブ付録(補論)

11A-1 製品のアップグレードの問題と非効率性

パソコンやスマートフォンのOSやアプリケーションなど、ネットワーク効果が働く財はたびたびアップグレードされる。ここでは、本文第11章2節の「逐次的な意思決定と予想」の項の議論で用いたモデルを少し変形し、ネットワーク効果が働く財のアップグレード版が提供された際に、消費者がアップグレードするかどうかについての問題を考えてみよう。逐次的な意思決定の議論では、消費者が携帯電話を購入しない場合にネットワーク効果が働く余地はなかったが、アップグレードの選択においては消費者の「アップグレードしない」という選択にも、ネットワーク効果が働くことに注意して見ていこう。

アップグレードについての意思決定

先に意思決定する消費者1は基本的にアップグレードを好み(先進的タイプ)、次に意思決定する消費者2はアップグレードを好むタイプと、アップグレードを好まないタイプ(保守的タイプ)の2種類であるとする。消費者がともにアップグレードしないという選択をしたときにも互いに古いバージョンを使うことに対するネットワーク効果が働き、それぞれプラスの利得を得られる。すると、各消費者の利得は表11A.1のように表せる。

表 11A.1 アップグレードの意思決定の利得表

(1) 消費者1と先進的な消費者2の場合

消費者1\2	アップグレードする	アップグレードしない
アップグレードする	1, 1	-1, 0
アップグレードしない	0, -1	<u>0.5</u> , <u>0.5</u>

(2) 消費者1と保守的な消費者2の場合

消費者1\2	アップグレードする	アップグレードしない
アップグレードする	1, $a (< 0)$	-1, <u>0</u>
アップグレードしない	0, -1	<u>0.5</u> , <u>0.5</u>

消費者2が先進的タイプである割合を p として、各消費者の最適な行動を導こう。簡単に確かめられるように、先進的な消費者2は消費者1がアップグレードするときのみアップグレードするが、保守的な消費者2は消費者1の行動にかかわらずアップグレードしない。したがって、消費者1がアップグレードするときを得る利得の期待値は、

$$p \times 1 + (1 - p) \times (-1) = 2p - 1$$

である。消費者1がアップグレードしなければ、タイプにかかわらず消費者2もアップグレードせず、消費者1は0.5の利得を得る。消費者1にとって、アップグレードする利得がアップグレードしない利得を上回る条件は

$$2p - 1 > 0.5 \quad \Leftrightarrow \quad p > \frac{3}{4}$$

である。すなわち、 $p > 3/4$ のときに限って消費者1がアップグレードすることは合理的である。

アップグレードの効率性

さて、OSやアプリケーションのアップグレード版が販売された後、利用者の多くが古いバージョンをしばらくの間使い続けるという状況が見られるが、このような状況は利用者にとって望ましいものだろうか。もしかすると、本来は迅速に新しいバージョンに移行することが社会的に見て効率的であるにもかかわらず、何らかの理由でそれが阻まれているといった可能性はないだろうか。前項のモデルを応用して、分析してみよう。

ここで、上記の消費者1と消費者2からなる社会における効率的な状況とは、消費者の期待利得の総和が最大化されている状況である。そこで、消費者1がアップグレードする場合としない場合のどちらが、利得の総和をより高めるのかを見てみよう。消費者1がアップグレードしない場合、消費者2はタイプにかかわらずアップグレードせず、結果として消費者1も消費者2も0.5の利得を得るので、利得の総和は1である。一方、消費者1がアップグレードする場合については、消費者2の反応はタイプによって異なる。消費者2は確率 p で先進的であるためアップグレードし、両方の消費者は1の利得を得る。また、消費者2は確率 $1 - p$ で保守的であるためアップグレードせず、消費者1は1の利得、消費者2は0の利得を得る。したがって、消費者1がアップグレードする場合の、消費者1の期待利得は

$$p \times 1 + (1 - p) \times (-1) = 2p - 1$$

となる。また、消費者2の期待利得は

$$p \times 1 + (1 - p) \times 0 = p$$

となり、期待利得の総和は $3p - 1$ であることがわかる。このことから、消費者1がアップグレードするときの期待利得の総和が、アップグレードしないときを上回るのは

$$3p - 1 > 1 \Leftrightarrow p > \frac{2}{3}$$

であることがわかる。つまり、消費者1と消費者2からなる社会において、 $p > 2/3$ のときに限って消費者1がアップグレードすることが効率的となる。

図 11A.1 アップグレードの合理性と効率性

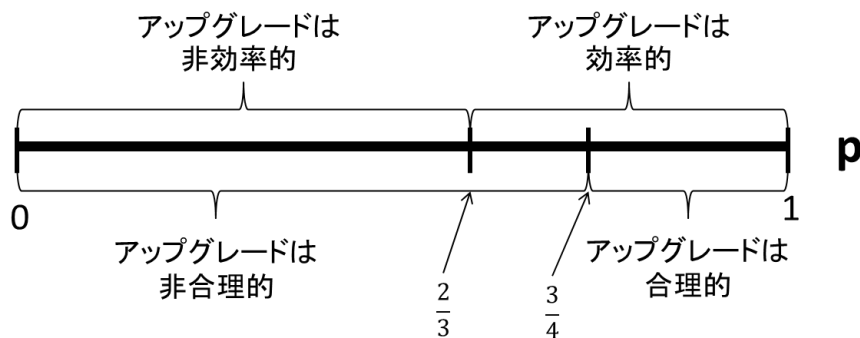


図 11A.1 からわかるように、消費者2が先進的である確率が小さいとき ($p < 2/3$) や大きいとき ($p > 3/4$) には、消費者1の合理的な意思決定は社会的に見て効率的な意思決定と同一となる。しかし、中間的な場合 ($2/3 < p < 3/4$) では、合理的な意思決定（アップグレードしない）は非効率的となる。すなわち、社会的に見て消費者1はアップグレードすべきであるにもかかわらず、個人の合理的な意思決定に従うと、アップグレードが行われないことになるのである。このような状況を指して、**過度の停滞 (excess inertia)** が起きているという。

過度の停滞が起きる理由を説明しよう。消費者1のアップグレードという行動が消費者2の利得に与える影響に着目する。アップグレードしない場合と比較すると、アップグレードする場合に先進的な消費者2の利得が0.5だけ上昇し、保守的な消費者2の利得は0.5だけ低下する。消費者2の割合を考慮すると、効果の合計は

$$0.5p - 0.5(1 - p) = p - 0.5$$

となる。よって、先進的な消費者 2 の割合 p が $1/2$ 以上であれば、消費者 1 がアップグレードするという行動は消費者 2 にプラスの効果（すなわち、正の外部効果）を与える。しかしながら、消費者 1 の合理的な意思決定において、消費者 2 の利得は考慮されない。このため、消費者 2 の利得を含めて社会的に考えればアップグレードをするほうがのぞましい場合でも、消費者 1 がアップグレードをしないという選択が合理的になされるケースが起きることがわかる。

非効率な状況は過度の停滞のみとは限らない。消費者の利得が変化すると、過度の停滞の逆のケース、すなわち、アップグレードが社会的に見て非効率的であるにもかかわらず、アップグレードされてしまうというケースも起こりうることを見てみよう。いま、消費者 1 と消費者 2 のどちらもアップグレードしない場合において、消費者 2 が得るネットワーク効果が、タイプにかかわらず $d > 0$ だけ大きくなるとしてみよう（その他の利得は前と同じである）。このとき、保守的なタイプの消費者 2 の場合の利得表は、表 11A.2 のようになる（先進的タイプについても同様）。

表 11A.2 社会的に非効率なアップグレードが起こる場合の利得表

消費者 1 \ 2	アップグレードする	アップグレードしない
アップグレードする	<u>1</u> , <u>a</u>	-1, <u>0</u>
アップグレードしない	0, -1	<u>0.5</u> , <u>0.5+d</u>

このように利得が変化しても、消費者 2 の最適反応には変化がないため、消費者 2 の意思決定には影響しないことに注意する。消費者 1 についても、利得および消費者 2 の最適反応が変化しないため意思決定は影響を受けず、 $p > 3/4$ のときアップグレードすることが合理的になる。

この状況における効率的な意思決定について考えてみよう。過度の停滞のケースから変わった点は、ともにアップグレードしないときの消費者 2 の利得が増えている、という点のみであることに着目する。したがって、消費者 1 と 2 からなる社会において、アップグレードしない場合の利得の総和が大きくなっている。したがって、アップグレードすることが効率的となるためには、先進的タイプの割合が大きい必要がある。これは、アップグレードすることが効率的か非効率的かを分ける境界となる確率 p が、数直線上の右側に移動することを意味する。利得の変化分 d が十分大きくなると、その境界となる確率 p が $3/4$ を超え、アップグレードすることが非効率的なのに、消費者 1 がアップグレードすることを合理的に選択するケースが起こりうる。このような状況を、過度の停滞と対比して**過度の移**

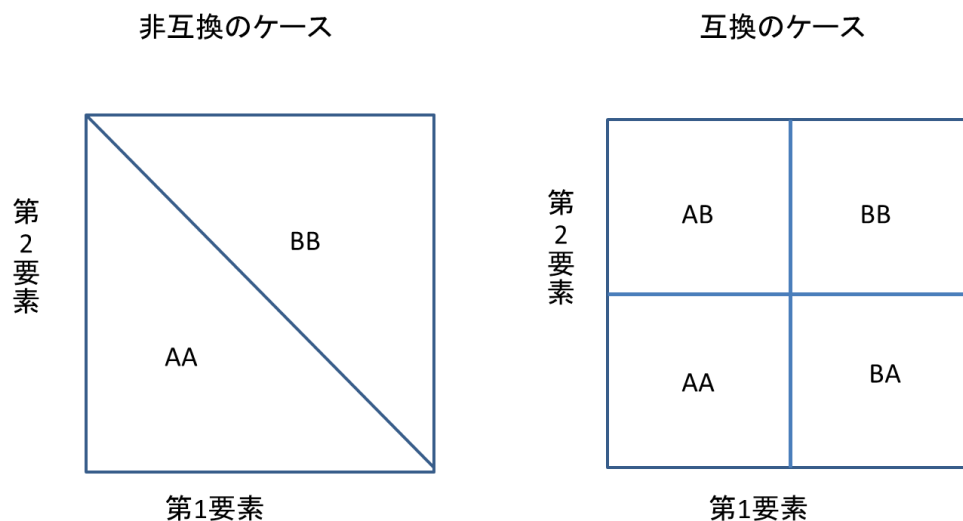
行 (excess momentum) が起きているという。

ここでは、アップグレードの機会に直面している消費者が、アップグレードするかどうか、また、アップグレードすることが社会的に見て望ましいかどうかを議論した。そして、ネットワーク効果はアップグレードする場合にもしない場合にも働くために、必ずしもアップグレードすることが社会的にみて望ましいとは限らない可能性が示唆された。

11A-2 システム構成要素の互換性による価格競争の緩和

まずは各消費者のシステム構成要素に対する好みを、図 11A.2 のように正方形の領域の 1 点を用いて表現することから始めよう。各点の座標は、それぞれの構成要素について A 社のものを好むか、B 社のものを好むかを表している。横軸の座標はシステムの第 1 要素の好みを表し、その値が小さい場合 A 社がより好ましく、値が大きくなるにつれ B 社の好ましさが高まる。同様に、縦軸の座標はシステムの第 2 要素の好みを表し、その値が小さい場合、A 社がより好ましい。したがって、左下の隅の点で表されるような好みを持つ消費者は、A 社のシステム AA の価値が最大となっていて、この点から離れるにつれてそれぞれの要素の A 社の好ましさが下がる。同様に、右上の隅の点で表されるような好みを持つ消費者は、B 社のシステム BB の価値が最大となっていることがわかる。

図 11A.2 非互換、互換の場合の消費者の構成要素に対する好みと選択



互換性がない場合、システム AA または BB のどちらを購入するかは、各システムの価値と価格の関係で決定される。ある好みを持つ消費者について

$$\text{【AA の価値】} - \text{【AA の価格】} \geq \text{【BB の価値】} - \text{【BB の価格】}$$

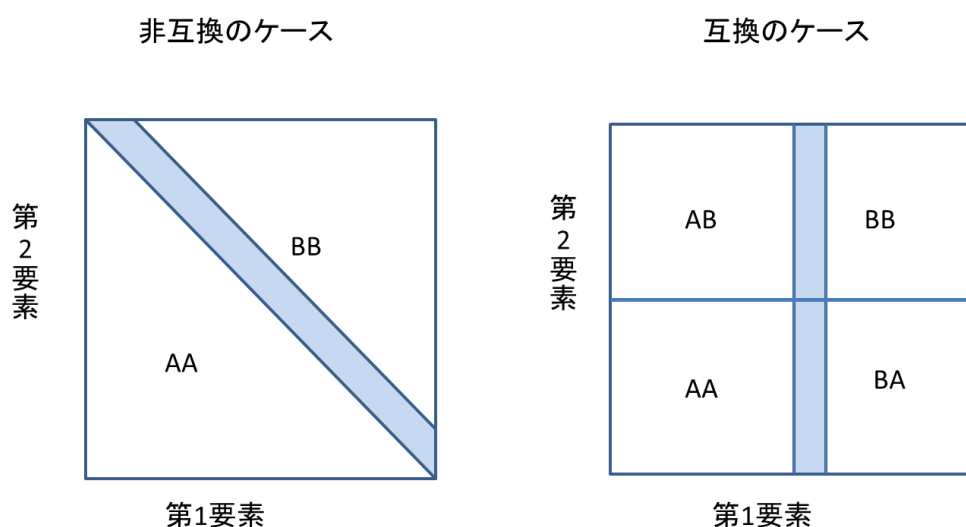
ならば AA を購入, 逆の関係が成立するなら BB を購入する。図 11A.2 左側の「非互換のケース」では, システムの価格が企業間で同じ場合に各消費者がどのような意思決定を行うかを表している。ちょうど対角線上にある点で表される好みを持つ消費者にとって, システム AA もシステム BB も価値が同じであるので, 価格が同じならどちらを購入することも無差別である。一方, 互換性がある場合, 消費者はどちらの企業から購入するかについて, 構成要素ごとに検討することができる。したがって第 1, 第 2 それぞれの構成要素について,

$$\text{【A 社要素の価値】} - \text{【A 社要素の価格】} \geq \text{【B 社要素の価値】} - \text{【B 社要素の価格】}$$

ならば A 社から購入し, 逆の関係が成立するなら B 社から購入する。図 11A.2 右側の「互換のケース」では, 各要素の価格が企業間で同じ場合の需要行動を表している。第 1 要素については, 横軸の midpoint を通る垂直線上で, A 社と B 社が無差別である。同様に, 第 2 要素については, 縦軸の midpoint を通る水平線上で, A 社と B 社が無差別である。なお, 互換性がある場合でもない場合でも「購入しない」という選択肢も考えるべきだが, 議論の本質には影響しないため, ここでは互換性のある・なしにかかわらず消費者は全員, システムを購入すると想定している。

ここで, A 社が第 1 要素の価格を 10 円下げる効果を考えてみよう。互換性がない場合は AA というシステムの価格が 10 円下がり, BB から AA に購入手動を変える消費者が現れる。ここで重要なのは, 第 1 要素の価格を下げたときに, 第 1 要素の需要が増えるだけでなく, 互換性がないことによって同社の第 2 要素も一緒に購入され, 第 2 要素の販売量が増えるという点である。一方, 互換性がある場合には, 第 1 要素の価格の下落は第 1 要素の需要を増やすが, 第 2 要素については影響しない。図 11A.3 では, 第 1 要素の価格下落によって引き起こされる需要の変化を, 影をつけた領域で表している。

図 11A.3 第1要素の価格下落による需要の変化



第1要素の価格を下げることは、第1要素の新規顧客からの収入増と、既存の第1要素顧客からの収入減という2つの効果を生じさせる。これは互換性がある場合もない場合も同様である。しかし、互換性のない場合には、この2つの効果に加えて、上で見たように同社の第2要素に対する需要が増え、そこからの収入増も生じることになる。すなわち、互換性がある場合とない場合を比較すると、前者の場合に価格低下のメリットがより小さく、企業の価格競争のインセンティブが弱まることから、互換性をもたせることで価格競争が緩和されると考えることができる。

11A-3 独占のプラットフォーム企業のモデル分析例

簡単な例を用いて、独占プラットフォームの価格付けについてモデル分析してみよう。いま、グループA, Bの実質的な利用料金に対する需要(利用者数)を

$$n_A = D^A(P^A) = 1 - P^A, \quad n_B = D^B(P^B) = 1 - P^B$$

とする。表記の単純化のために、各グループの利用者1人につき、限界費用はそれぞれ0としよう。グループA, Bが受けるネットワーク効果をそれぞれ $\alpha_A n_B$, $\alpha_B n_A$ とする。このとき実質的な利用料金は

$$P^A = p_A - \alpha_A n_B$$

$$P^B = p_B - \alpha_B n_A$$

と表されるのであった。需要関数にこの関係を代入すると、利用者数と利用料金の関係が

$$\begin{aligned} n_A &= 1 - p_A + \alpha_A n_B \Leftrightarrow p_A = 1 - n_A + \alpha_A n_B \\ n_B &= 1 - p_B - \alpha_B n_A \Leftrightarrow p_B = 1 - n_B + \alpha_B n_A \end{aligned}$$

と表されることがわかる。ここから、利用者数が増えた際の利用料金の変化を捉えると

$$\frac{\Delta p_A}{\Delta n_A} = -1, \quad \frac{\Delta p_B}{\Delta n_B} = -1$$

であることがわかる。また、利用者数と利用料金の関係式を n_A , n_B についての連立方程式とみなせば、

$$n_A = \frac{(1 - p_A) + \alpha_A(1 - p_B)}{1 - \alpha_A \alpha_B}, \quad n_B = \frac{(1 - p_B) + \alpha_B(1 - p_A)}{1 - \alpha_A \alpha_B}$$

というふうに、利用料金と外部効果によって表すことができる。各グループの対する需要は、そのグループの利用者に課せられる利用料金だけでなく、ネットワーク効果を通じて他のグループの利用料金にも影響を受けていることに注意する。

さて、プラットフォームの利潤最大化問題は

$$\max_{p_A, p_B} p_A n_A + p_B n_B = \max_{n_A, n_B} (1 - n_A + \alpha_A n_B) n_A + (1 - n_B + \alpha_B n_A) n_B$$

である。利潤最大化条件は第11章5節(283ページ)で導いたように ($MC=0$ に注意して)

$$p_A + n_A \frac{\Delta p_A}{\Delta n_A} + \alpha_B n_B = 0, \quad p_B + n_B \frac{\Delta p_B}{\Delta n_B} + \alpha_A n_A = 0$$

であった(もちろん、これらの条件は最大化する利潤の式を価格または利用者数のどちらかについて偏微分することによっても得ることができるものである)。これらの式に、上で導いた関係を代入して利用料金だけの式にすると

$$p_A - \frac{(1 - p_A) + \alpha_A(1 - p_B)}{1 - \alpha_A \alpha_B} + \alpha_B \frac{(1 - p_B) + \alpha_B(1 - p_A)}{1 - \alpha_A \alpha_B} = 0$$

$$p_B - \frac{(1-p_B) + \alpha_B(1-p_A)}{1-\alpha_A\alpha_B} + \alpha_A \frac{(1-p_A) + \alpha_A(1-p_B)}{1-\alpha_A\alpha_B} = 0$$

と変形でき, これを解くと

$$p_A = \frac{1-\alpha_B}{2-(\alpha_A+\alpha_B)}, \quad p_B = \frac{1-\alpha_A}{2-(\alpha_A+\alpha_B)}$$

となることがわかる(なお, $2-(\alpha_A+\alpha_B) > 0$ は追加して満たされなければならない条件である)。ここから, たとえばグループ A が与える外部効果 α_B が1を超えると, 利潤最大化の下で利用料金は限界費用を下回ることも直ちにわかる。ただし, $\alpha_A + \alpha_B < 2$ であるために, α_A, α_B がともに1を超えることはありえないので, 両方の価格が限界費用を下回ることはない点には注意してほしい。

11A-4 複占のプラットフォーム競争

第7章で解説したホテリング・モデルを拡張して, プラットフォームの価格競争を考えてみよう。線分 $[0,1]$ 上にグループ A と B の利用者がそれぞれ, 一様に満遍なく居住しているとする(数学的には, それぞれのグループの利用者が一様分布しているという)。プラットフォームは2つ存在し, 線分の端点に立地しているとする。地点0(地点1)に立地するプラットフォームをプラットフォーム0(プラットフォーム1)と呼ぶことにしよう。

プラットフォームの需要

各グループの利用者の効用は, ホテリング・モデルにおける効用(すなわち, 差別化された財に対する移動費用を考慮した効用)に間接的ネットワーク効果を加えたものである。たとえば, 地点 x にいるグループ A の利用者がプラットフォーム0を利用する場合の効用は

$$u - p_A^0 - t_A x^2 + \alpha_A n_B^0$$

である。ここで, u はプラットフォームを利用ことで得られる(価格, 移動費用, ネットワーク効果を除いた)価値, p_A^0 はプラットフォーム0がグループ A の利用者に課す利用料金, t_A はグループ A の利用者の移動費用の係数, n_B^0 はプラットフォーム0を利用するグループ B の利用者数を表す。したがって, 各プラットフォームの利用料金とグループ B の利用者数を固定すると, グループ A の利用者のなかでプラットフォーム0, 1が無差別になる地点が次の式で求められる。

$$u - p_A^0 - t_A \bar{x}^2 + \alpha_A n_B^0 = u - p_A^1 - t_A (1 - \bar{x})^2 + \alpha_A n_B^1$$

$$\Leftrightarrow \bar{x} = \frac{1}{2} + \frac{(p_A^1 - p_A^0) - \alpha_A (n_B^1 - n_B^0)}{2t_A}$$

同様にして, グループ B の利用者のなかでプラットフォーム 0, 1 が無差別になる地点は

$$u - p_B^0 - t_B \bar{y}^2 + \alpha_B n_A^0 = u - p_B^1 - t_B (1 - \bar{y})^2 + \alpha_B n_A^1$$

$$\Leftrightarrow \bar{y} = \frac{1}{2} + \frac{(p_B^1 - p_B^0) - \alpha_B (n_A^1 - n_A^0)}{2t_B}$$

である。さてここで, 利用者が線分 $[0, 1]$ 上に一様に満遍なく居住していることから, \bar{x} はプラットフォーム 0 を利用するグループ A の利用者数 n_A^0 , \bar{y} はプラットフォーム 0 を利用するグループ B の利用者数 n_B^0 であることに注意しよう。また, 各グループの利用者数の総数が 1 であり, すべての利用者がどちらかのプラットフォームを利用する場合には (このためには, u が十分に大きければよい),

$$n_B^1 + n_B^0 = n_A^1 + n_A^0 = 1$$

であるので, これらの関係を上で求めた無差別になる地点を決める式に代入すると

$$n_A^0 = \frac{1}{2} + \frac{(p_A^1 - p_A^0) - \alpha_A (1 - 2n_B^0)}{2t_A}$$

$$n_B^0 = \frac{1}{2} + \frac{(p_B^1 - p_B^0) - \alpha_B (1 - 2n_A^0)}{2t_B}$$

となる。この式から

$$\frac{\Delta p_A^0}{\Delta n_A^0} = -2t_A, \frac{\Delta p_B^0}{\Delta n_B^0} = -2t_B$$

となることに注意しておこう。また, 利用者数を利用料金について解くと,

$$n_A^0 = \frac{1}{2} + \frac{t_B (p_A^1 - p_A^0) + \alpha_A (p_B^1 - p_B^0)}{2(t_A t_B - \alpha_A \alpha_B)}$$

$$n_B^0 = \frac{1}{2} + \frac{t_A(p_B^1 - p_B^0) + \alpha_B(p_A^1 - p_A^0)}{2(t_A t_B - \alpha_A \alpha_B)}$$

が得られる(やや複雑な構造だが、以下の均衡分析ではこの式を使わなくても議論できるので導出については気にしなくてもよい)。これがプラットフォーム0に対する需要である。すなわち、プラットフォームがつける利用料金によって、プラットフォーム0がそれぞれのグループからどのくらいの利用者が得られるかを表すものである。独占の場合と同様に、プラットフォーム0を利用するグループAの利用者は、グループAに対する利用料金だけでなくグループBに対する利用料金にも影響を受けていることに注意する。

なお、プラットフォーム1に対する需要であるが、利用者の合計は各グループともに1であるため、プラットフォーム0の需要の右辺を1から引いたものとして直ちに定義できる。

プラットフォームの利潤最大化とナッシュ均衡

各プラットフォームの利潤は独占の場合と同じように定義できるが、他のプラットフォームの課す利用料金がわからなければ自社の需要を決定することができない。そこでこれまでと同様のナッシュ均衡の考え方をを用いることにしよう。すなわち、各プラットフォームとも相手の課す利用料金を予想して利潤最大化するのだが、互いに予想と実現する行動が一致するような状況を見ることにするのである。

利潤最大化の条件は独占の場合と原理的には変わらないが、需要の構造が異なるのでその点を考慮する必要がある。独占の場合の利潤最大化条件($MR = MC$)は

$$p_A + n_A \frac{\Delta p_A}{\Delta n_A} + \alpha_B n_B = MC_A, \quad p_B + n_B \frac{\Delta p_B}{\Delta n_B} + \alpha_A n_A = MC_B$$

となるのであった。複占の場合のプラットフォーム0の利潤最大化条件($MR = MC$)は

$$p_A^0 + n_A^0 \frac{\Delta p_A^0}{\Delta n_A^0} + 2\alpha_B n_B^0 = MC_A^0, \quad p_B^0 + n_B^0 \frac{\Delta p_B^0}{\Delta n_B^0} + 2\alpha_A n_A^0 = MC_B^0$$

というように、各式の左辺MRの第3項が2倍になる点を除いて等しい。

このように利潤最大化条件が変化する理由を説明しよう。プラットフォームがグループAの利用者を増やすと、ネットワーク効果を通じてグループBの利用者の効用が高まるのであった。MRの第3項はそのことによる追加収入で、グループBの利用者数を不変にするために、高まった効用の分だけグループBの利用料金を上げることから得られる。ただし、複占の場合にグループBの利用者数を不変であるということは、競争相手のプラットフォーム

ームと無差別であるということに注意する。独占の場合と異なり、プラットフォーム 0 がグループ A の利用者を Δn_A^0 増やすということは、プラットフォーム 1 の利用者を同じ分だけ減らしていることになるため、プラットフォーム 0 のグループ A の利用者はプラットフォーム 1 と比べて $2\Delta n_A^0$ 増えることになる。つまり、ネットワーク効果をみると、プラットフォーム 0 のグループ B の利用者の効用は $\alpha_B \Delta n_A^0$ 増え、プラットフォーム 1 のグループ B の利用者の効用は $\alpha_B \Delta n_A^0$ 減ることになる。したがって、グループ B の利用者数を不変にするためには、利用料金を $2\alpha_B \Delta n_A^0$ 上げることになり、結果として、独占と比較してネットワークによる収入増の効果が倍になることがわかる。

各プラットフォームの各グループについての限界費用が等しい場合には、それぞれのグループに対して同じ価格をつける対称なナッシュ均衡がある（実はそれ以外にはない）。その時の各プラットフォームの利用者数はそれぞれ $1/2$ ずつになることに注意し、かつ $\Delta p_A^0 / \Delta n_A^0 = -2t_A$ などを代入することによって利潤最大化条件を整理すると

$$\begin{aligned} p_A^0 - t_A + \alpha_B &= MC_A^0 \Leftrightarrow p_A^0 = MC_A^0 + t_A - \alpha_B \\ p_B^0 - t_B + \alpha_A &= MC_B^0 \Leftrightarrow p_B^0 = MC_B^0 + t_B - \alpha_A \end{aligned}$$

という形でナッシュ均衡における利用料金を求めることができる（★1）。

ナッシュ均衡における利用料金は限界費用、移動費用の係数、および外部効果の係数で構成されている。まずわかることは、ネットワーク効果によって価格競争が激しくなり、価格が低下することである。また、ネットワーク効果が移動費用の係数よりも大きくなると、ナッシュ均衡において限界費用を下回る価格が付けられることもわかる。

以上、プラットフォームによる価格競争のモデルを考察した。複数のプラットフォームが戦略的な意思決定をすることによって多少複雑な分析になるものの、おおむね独占の場合と同様の分析ができることがわかった。ここでは取り上げないが、ホテリング・モデルを用いた企業競争の導入によって、プラットフォームに関する差別化の競争や参入阻止行動など、独占のケースのみでは扱うことができない興味深い議論ができるだろう。

★1 ただし、利潤を最大化する価格があるためには $4t_A t_B > (\alpha_A + \alpha_B)^2$ という追加的な条件が必要である。