

# データの共有と収益配分ルール

小 黒 一 正

## 要旨

本稿の主な目的は、各企業が生成あるいは保有するデータを自発的かつ互いに共有し合うことで新たな追加収益を獲得できる状況を想定に置きながら、データ生成を行う複数企業が存在する簡易モデルを構築し、社会厚生を最大化する収益配分ルールなどに関する理論的な分析を行うことにある。分析の結果、主に以下の3点が明らかとなる。第1は、企業数が十分に大きく、一定の前提が成立する場合、分権的な意思決定の下で社会厚生を最大化する収益配分ルールは、追加収益を生み出す貢献度に概ね一致させることであるということである。第2は、各企業がその利潤を分権的に最適化するとき、どのような収益配分ルールに対しても、政府が一括税・補助金政策を適切に実行するならば、集権的な意思決定の下で最大化する社会厚生と同水準を実現できるということである。第3は、データ共有の補助を行う財源を追加利潤に対する比例税で賄う場合、補助率や収益配分ルールにかかわらず、各企業はプラットフォームに参加する誘因を必ずもつということである。

Key words; データ共有, プラットフォーム, 収益配分ルール, 外部性, 社会厚生

JEL Classification; D21, D22, D83, H21, H23, L22, L50

## 1. はじめに

本稿の主な目的は、各企業が生成あるいは保有するデータを自発的かつ互いに共有し合うことで新たな追加収益を獲得できる状況を想定に置きながら、データ生成を行う複数企業が存在する簡易モデルを構築し、社会厚生を最大化する収益配分ルールなどに関する理論的な分析を行うことにある。

周知のとおり、いま世界ではデータ産業革命が進行中であり、企業や個人が生成したデータの共有が新たな価値を生み出す経済が生まれつつある。この現象はデータ資本主義とも呼ばれるが、この代表がアメリカの「GAFA」であり、インターネット検索のGoogle、スマホの「アイフォーン」で有名なApple、SNS大手のFacebook、ネット通販大手のAmazonがビッグデータの蓄積を含む情報市場を席卷している。また、中国の「BATH」、すなわち、Baidu（百度）、Alibaba（アリババ）、Tencent（騰訊）、Huawei（華為技術）も情報市場で急速に勢いを増している。

OECD（2015）は、2015年の世界で流通するデータ量は8兆ギガバイトに達しており、2020年までに40倍超に到達すると予測している。HM Treasury（2018）は、データは「非競合性（non-rivalrous）」「正の外部性（positive externalities）」「範囲の経済（economies of scope）」といった性質をもつと指摘する。データの非競合性とは、一定量のデータを同時にいくつもの計算や分析に利用できる性質をいい、データとデータの結合は新たな発見や洞察といった「正の外部性」を創出する。また、Akerlof（1970）が指摘する情報の非対称性に関する問題もあり、企業や個人が各々個別に保有・活用するよりも、できる限り単一の主体がデータを保有・活用する方が収益やコスト面などの効率性が増す「範囲の経済」の性質も存在する。

このようなデータ産業革命の行き着く先に見えるのは、次のような世界であろう。まず、一番上に人工知能（AI）という「脳」があり、その下にはハイテク機器にIoT等が組み込まれ、そこが人間でいうと「神経細

胞)のようになる。当然、この神経細胞には、インターネットで張り巡らされた既存の情報ネットワークやそこから生成される様々な情報なども含まれ、これらの情報(ビッグデータ)は特定の場所にプールされる。

ただ、ビッグデータも頭脳がなければ意味がないが、人工知能の第3次ブームが世界で起っており、深層学習(Deep learning)に関する研究が急速に発展しつつある。深層学習の幕開けはHinton and Salakhutdinov(2006)のオートエンコーダ(AutoEncoder)の提案に始まったと言われているが、流通するデータ量の増加に伴い、人間が目指す目的を設定・制御しつつ、人工知能が解析しながら深層学習等でデータの価値を見出していく動きが世界で広がっている。この意味で、ビッグデータは人工知能が進化するために必要不可欠な「食糧」に相当し、経済学的には「資産」でもあり、様々なデータを融合することで莫大な価値を創造できる。

このような状況の中、個人情報の保護にも留意しながら、総務省(2018)が示すとおり、日本では「情報銀行」構想が動き出している。銀行に対する我々のイメージは、我々のマネーを安全に預かり、預けたマネーは企業への融資などで運用し、マネーを預けることで利子も付く仕組みだが、情報銀行も基本的な仕組みは同じであり、膨大なデータを世界中から集めて、そのデータを必要とする企業に貸し出す。一種類のデータでは価値が低くても、いくつものデータを結合することで、経済的な価値は飛躍的に高まる。

そして、情報を活用した結果として生まれた利益をデータ提供元の企業や個人に還元するという仕組みである。しかしながら、各企業や各個人が生成あるいは保有するデータを互いに共有することで、追加収益を生み出すことができることが明らかであっても、データ共有で生み出した追加収益をどのようなルールで配分するのが適切かといった経済学的な基準は明確となっていない。

追加収益の配分ルールは、データの「正の外部性」との関係でも重要となる。この「正の外部性」は、Jackson and Wolinsky(1996)の先駆的研究

に始まり理論的な発展が進んでいるネットワーク外部性の議論（Jackson (2008), Ioannides (2012)）と似た性質をもち、本稿の分析でも似た現象が発生する。すなわち、データ共有の枠組みに参加する企業が増加するほど、各企業が受け取ることができる追加収益はより大きくなると考えられるが、例えば追加収益の配分ルールが存在しないケースでは、各企業は他の企業に及ぼす「正の外部性」を考慮しないため、共有するデータ供給量が社会的に最適な水準よりも過小になる可能性がある。

この問題を解決する方法の一つが追加収益の配分ルールを適切に設定することだが、この問題は自発的な公共財供給は一般的に過少供給となる議論（山重 (2013), Slavov (2014)）とも似たメカニズムをもつ。Villanacci A. & Zenginobuz Ü. (2006) では、公共財の自発的供給に対してどのように政府が介入すべきかについて考察を行っており、例えば、Boadway, Pestieau and Wildasin (1989) は、自発的に公共財を供給するモデルにおいて、その供給に補助金を与えることによって、非協力的に公共財の供給が行われる場合においても最適な水準を達成することができる可能性を明らかにしている。データ共有を行うケースでも、その外部性を内部化するため、データ共有に一定の補助を行う政策の導入も考えられるが、筆者の知る限りそのような分析をしている先行研究は現在のところ存在しない。

そこで、本稿では、データ生成を行う複数企業が存在する簡単なモデルを構築し、データ共有で発生する追加収益の配分ルールのあり方などに関する理論的な分析を行うものとする。具体的に本稿の構成は次のとおりである。まず、第2節では、企業数が ( $N=2$ ) のケースにおいて、分権的な意思決定の下で各企業がデータ共有を行うときに社会厚生を最大化するための収益配分ルールを導出する。また、この収益配分ルールが集権的な意思決定の下でどう変わり、分権的な意思決定の下でも集権的な意思決定と同水準の社会厚生を実現するための政策について考察し、いくつかの命題を導く。第3節では、第2節の分析枠組みを拡張し、( $N>2$ ) のケースで考察する。具体的には、一定の前提を置くものの、分権的な意思決定の下で

社会厚生を最大化する収益配分ルールは、追加収益を生み出す貢献度に概ね一致させる必要があるといった命題を導く。その上で、第4節で、まとめと今後の課題を述べる。

## 2. モデルの設定と簡単な考察

まず、データを生成する企業の収益とコストをモデル化する。いま経済には  $N$  個の企業が存在し、企業  $j$  ( $j=1,2,3,\dots,N$ ) が新たに生成するデータ量を  $D_j$ 、そのデータ ( $D_j$ ) が生み出す収益を  $\theta_j D_j$ 、データ量 ( $D_j$ ) の生成コストを  $\frac{c_j}{2} D_j^2$  とする。また、企業  $j$  が保有するデータのうち共有するデータ量を  $d_j$ 、データ共有で発生するコストを  $\frac{m_j}{2} d_j^2$  とする。

次に、共有データの結合が生み出す追加収益をモデル化する。いま企業  $i_k$  ( $k=1,2,3,\dots,m$ ) の保有データのうち互いに共有するデータ量を  $d_{i_k}$  とするとき、その結合が生み出す追加収益は  $\gamma \prod_{k=1}^m d_{j_k}^{p_{i_k}}$  と表現できるものとする。ただし、各  $p_{i_k} \geq 0$  は、 $\sum_{k=1}^m p_{i_k} = 1$  という条件を満たし、互いに共有するデータの組み合わせで変わるものとする。

なお、共有データの結合が生み出す追加収益 ( $\gamma \prod_{k=1}^m d_{j_k}^{p_{i_k}}$ ) は、各企業  $i_k$  に分配率  $\zeta_{i_k}$  で配分し、 $\sum_{k=1}^m \zeta_{i_k} = 1$  が成立するものとする。

### <分権的な意思決定 ( $N=2$ )>

企業数が  $N=2$  のとき、上記のモデル設定から、データ共有の収益配分ルールを  $(\zeta_1, \zeta_2)$  として、企業  $j$  の利潤  $\pi_j$  ( $j=1,2$ ) は以下のように表現できる。

$$\pi_1 = \theta_1 D_1 + \zeta_1 \gamma d_1^{p_1} d_2^{p_2} - \frac{c_1}{2} D_1^2 - \frac{m_1}{2} d_1^2 \quad (1)$$

$$\pi_2 = \theta_2 D_2 + \zeta_2 \gamma d_1^{p_1} d_2^{p_2} - \frac{c_2}{2} D_2^2 - \frac{m_2}{2} d_2^2$$

まず、各企業は自らが生成するデータ量  $D_j$  を決定するが、各企業の利

潤最大化の条件は以下となる。

$$D_1 = \theta_1 / c_1 \quad (2)$$

$$D_2 = \theta_2 / c_2$$

次に、(2) 式を (1) 式に代入すると、各利潤は以下となる。

$$\pi_1 = \frac{\theta_1^2}{2c_1} + \zeta_1 \gamma d_1^{p_1} d_2^{p_2} - \frac{m_1}{2} d_1^2 \quad (3)$$

$$\pi_2 = \frac{\theta_2^2}{2c_2} + \zeta_2 \gamma d_1^{p_1} d_2^{p_2} - \frac{m_2}{2} d_2^2$$

データ共有の収益配分ルール ( $\zeta_1, \zeta_2$ ) の下、各企業は共有データ量  $d_j$  ( $j=1,2$ ) を決定するが、 $d_j \leq D_j$  かつ  $p_1 + p_2 = 1$  として、分権的な利潤最大化条件は以下となる。

$$\zeta_1 \gamma p_1 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^{p_2} = m_1 d_1 \quad \text{かつ} \quad \zeta_2 \gamma p_2 \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^{p_1} = m_2 d_2$$

この式から以下を得る。

$$d_1 = d_1 \equiv \sqrt{\frac{\zeta_1 p_1 \tau \zeta_1^{p_1} \zeta_2^{p_2}}{m_1}} \quad \text{かつ} \quad d_2 = d_2 \equiv \sqrt{\frac{\zeta_2 p_2 \tau \zeta_1^{p_1} \zeta_2^{p_2}}{m_2}} \quad (4)$$

$$\pi_1 = \frac{\theta_1^2}{2c_1} + \frac{1}{2} (2\zeta_1 - \zeta_1 p_1) \tau \zeta_1^{p_1} \zeta_2^{p_2} \quad (5)$$

$$\pi_2 = \frac{\theta_2^2}{2c_2} + \frac{1}{2} (2\zeta_2 - \zeta_2 p_2) \tau \zeta_1^{p_1} \zeta_2^{p_2}$$

ここで、 $\sqrt{\tau} = \gamma \sqrt{\frac{p_1 p_2}{m_1^{p_1} m_2^{p_2}}}$  である。

さて、本稿のモデルでは家計部門が存在しない。このため、社会厚生最大化の条件として、(5) 式の合計利潤 ( $\Pi = \pi_1 + \pi_2$ ) を最大化する収益配分ルール ( $\zeta_1, \zeta_2$ ) を求めてみよう。まず、 $\zeta_1 = \zeta$  かつ  $\zeta_2 = 1 - \zeta$  として、(5) 式の合計利潤は以下となる。

$$\Pi = \pi_1 + \pi_2$$

$$= \frac{\theta_1^2}{2c_1} + \frac{\theta_2^2}{2c_2} + \frac{1}{2}(2 - (\zeta p_1 + (1 - \zeta)p_2))\tau \zeta^{p_1}(1 - \zeta)^{p_2} \quad (6)$$

$p_1 = p$  かつ  $p_2 = 1 - p$  として、この合計利潤  $\Pi$  の最大化条件は以下となり、命題 1 を得ることができる。

$$\frac{p}{\zeta} - \frac{1-p}{1-\zeta} - \frac{2p-1}{2 - (\zeta p + (1-\zeta)(1-p))} = 0$$

**命題 1** 企業数が  $N=2$  で、各企業がその利潤を分権的に最適化するとき、社会厚生を最大化する収益分配ルール  $(\zeta_1, \zeta_2)$  は、 $\zeta_1 = \zeta$  かつ  $\zeta_2 = 1 - \zeta$  である。ただし、 $\zeta$  は以下の値である。

$$\zeta = \frac{\left(1+p+\frac{1+p}{2p-1}\right) - \sqrt{\left(1+p+\frac{1+p}{2p-1}\right)^2 - 8p\frac{1+p}{2p-1}}}{4}$$

#### <集権的な意思決定 ( $N=2$ )>

では、企業数が  $N=2$  のとき、集権的な意思決定を行うケースで、社会厚生を最大化する条件を求めてみよう。社会厚生  $W$  は各企業の利潤の合計に一致するため、以下が成立する。

$$\begin{aligned} W &= \pi_1 + \pi_2 \\ &= \frac{\theta_1^2}{2c_1} + \frac{\theta_2^2}{2c_2} + \gamma d_1^{p_1} d_2^{p_2} - \frac{m_1}{2} d_1^2 - \frac{m_2}{2} d_2^2 \end{aligned}$$

この最大化条件は以下となる。

$$\gamma p_1 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{p_2} = m_1 d_1 \quad \text{かつ} \quad \gamma p_2 \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^{p_1} = m_2 d_2$$

この式から以下を得る。

$$d_1^* = \sqrt{\frac{p_1}{m_1}} \tau \quad \text{かつ} \quad d_2^* = \sqrt{\frac{p_2}{m_2}} \tau \quad (7)$$

$$W = \frac{\theta_1^2}{2c_1} + \frac{\theta_2^2}{2c_2} + \frac{1}{2} \tau \left( \sqrt{\tau} = \gamma \sqrt{\frac{p_1^{p_1} p_2^{p_2}}{m_1^{p_1} m_2^{p_2}}} \right) \quad (8)$$

上記の (7) 式と (4) 式を比較すると、 $\bar{d}_j \leq d_j^*$  ( $j=1,2$ ) であるため、分権的な意思決定で実現する共有データ量は、集権的な意思決定で実現する共有データ量よりも過小となることが分かる。また、(8) 式と (6) 式を比較すると、 $\Pi < W$  であるため、分権的な意思決定で実現する (6) 式は、集権的な意思決定で実現する (8) 式の社会厚生よりも低い水準となっている。

### <一括税・補助金政策>

この問題を解決するため、企業  $j$  ( $j=1,2$ ) のデータ共有コストに対して一定割合の補助  $\beta_j$  を行うとともに、その財源を賄うために各企業に対して一括税  $\Phi$  を課す政策を導入する。このとき、(3) 式は以下に修正される。

$$\pi_1 = \frac{\theta_1^2}{2c_1} + \zeta_1 \gamma d_1^{p_1} d_2^{p_2} - \frac{m_1}{2} (1 - \beta_1) d_1^2 - \Phi \quad (9)$$

$$\pi_2 = \frac{\theta_2^2}{2c_2} + \zeta_2 \gamma d_1^{p_1} d_2^{p_2} - \frac{m_2}{2} (1 - \beta_2) d_2^2 - \Phi$$

データ共有の収益配分ルール ( $\zeta_1, \zeta_2$ ) の下、各企業は共有データ量  $d_j$  ( $j=1,2$ ) を決定すると、分権的な利潤最大化条件は以下となる。

$$\zeta_1 \gamma p_1 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^{p_2} = (1 - \beta_1) m_1 d_1 \quad \text{かつ} \quad \zeta_2 \gamma p_2 \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^{p_1} = (1 - \beta_2) m_2 d_2$$

この解が (7) 式と同じになる条件は以下で、命題2を得ることができる。

$$\zeta_1 = 1 - \beta_1 \quad \text{かつ} \quad \zeta_2 = 1 - \beta_2 \quad (10)$$

**命題2** 企業数が  $N=2$  で、各企業がその利潤を分権的に最適化するとき、どのような収益配分ルール ( $\zeta_1, \zeta_2$ ) に対しても、一括税・補助金政策を適切に実行するならば、集権的な意思決定で最大化する社会厚生を実現できる。

**証明** (10) 式を満たす補助金政策を実行するとき、共有データ量は (7)



式の  $(d_1^*, d_2^*)$  となるため、(9) 式の合計利潤は以下となる。

$$\begin{aligned} \pi_1 + \pi_2 &= \frac{\theta_1^2}{2c_1} + \frac{\theta_2^2}{2c_2} + \gamma d_1^{*p_1} d_2^{*p_2} - \frac{m_1}{2}(1-\beta_1)d_1^{*2} - \frac{m_2}{2}(1-\beta_2)d_2^{*2} - 2\Phi \\ &= \frac{\theta_1^2}{2c_1} + \frac{\theta_2^2}{2c_2} + \frac{1}{2}\tau + \frac{m_1}{2}\beta_1 d_1^{*2} + \frac{m_2}{2}\beta_2 d_2^{*2} - 2\Phi \end{aligned}$$

政府の予算制約式  $\left(\frac{m_1}{2}\beta_1 d_1^{*2} + \frac{m_2}{2}\beta_2 d_2^{*2} = 2\Phi\right)$  から、上記の合計利潤は(8)式に一致することが分かる。(Q.E.D)

なお、命題2から、補助金を一定割合  $(\beta \equiv \beta_1 = \beta_2)$  にするとき、収益配分ルール  $(\zeta_1, \zeta_2)$  は  $\zeta_1 = \zeta_2 = 1 - \beta$  となる。しかしながら、 $\zeta_1 + \zeta_2 = 1$  を満たす必要があるため、 $\beta = 1/2$  となり、 $\zeta_1 = \zeta_2 = 1/2$  となる。

### 3. モデルの拡張 ( $N > 2$ )

以上の議論を企業数  $N$  に拡張する。まず、データ共有の収益配分ルール  $(\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N)$  の下、 $\sum_{k=1}^N p_k = 1$  として、企業  $(j=1, 2, 3, \dots, N)$  の利潤は以下となる。

$$\pi_j = \theta_j + D_j + \zeta_j \gamma \prod_{k=1}^N d_k^{p_k} - \frac{c_j}{2} D_j^2 - \frac{m_j}{2} d_j^2 \quad (11)$$

この式の第2項の  $\gamma \prod_{k=1}^N d_k^{p_k}$  部分は、 $N$  個の企業による共有データの結合が生み出す追加収益を意味する。(11)式の利潤を最大にする生成データ量  $(D_j)$  は  $D_j = \theta_j / c_j$  であるから、これを(11)式に代入すると、以下を得る。

$$\pi_j = \frac{\theta_j^2}{2c_j} + \zeta_j \gamma \prod_{k=1}^N d_k^{p_k} - \frac{m_j}{2} d_j^2 \quad (12)$$

データ共有の収益配分ルール  $(\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N)$  の下、企業  $j$  は共有データ量  $(d_j)$  を決定するが、 $d_j \leq D_j$  として、分権的な利潤最大化条件は以下となる。

$$\zeta_j \gamma p_j \frac{\prod_{k=1}^N d_k^{p_k}}{d_j} = m_j d_j$$

この式から以下を得る。

$$d_j = \bar{d}_j \equiv \sqrt{\frac{\zeta_j p_j}{m_j} \sigma} = \gamma \prod_{k=1}^N \zeta_k^{p_k} \quad \left( \sqrt{\sigma} = \gamma \prod_{k=1}^N \sqrt{\frac{p_k}{m_k}}^{p_k} \right) \quad (13)$$

$$\pi_j = \frac{\theta_j^2}{2c_j} + \frac{\gamma}{2} \left( 2\zeta_j \gamma \prod_{k=1}^N \left( \frac{\zeta_k p_k}{m_k} \right)^{p_k} - \zeta_j p_j \gamma \prod_{k=1}^N \left( \frac{\zeta_k p_k}{m_k} \right)^{p_k} \right)$$

このとき、社会厚生 ( $W = \sum_{j=1}^N \pi_j$ ) は以下のように変形できる。

$$\begin{aligned} W &= \sum_{j=1}^N \frac{\theta_j^2}{2c_j} + \sum_{j=1}^N \frac{\gamma}{2} \left( 2\zeta_j \gamma \prod_{k=1}^N \left( \frac{\zeta_k p_k}{m_k} \right)^{p_k} - \zeta_j p_j \gamma \prod_{k=1}^N \left( \frac{\zeta_k p_k}{m_k} \right)^{p_k} \right) \\ &= \sum_{j=1}^N \frac{\theta_j^2}{2c_1} + \frac{\gamma^2}{2} \prod_{k=1}^N \left( \frac{\zeta_k p_k}{m_k} \right)^{p_k} \sum_{j=1}^N (2\zeta_j - \zeta_j p_j) \\ &= \sum_{j=1}^N \frac{\theta_j^2}{2c_1} + \frac{\gamma^2}{2} \prod_{k=1}^N \left( \frac{p_k}{m_k} \right)^{p_k} \prod_{k=1}^N \zeta_k^{p_k} (2 - \sum_{j=1}^N \zeta_j p_j) \end{aligned} \quad (14)$$

社会厚生  $W$  の最大化条件は  $\max[\log(\prod_{k=1}^N \zeta_k^{p_k} (2 - \sum_{j=1}^N \zeta_j p_j)) + \lambda(1 - \sum_{k=1}^N \zeta_k)]$  と同値となり、その条件は以下となる。なお、 $\lambda$  は  $\sum_{k=1}^N \zeta_k = 1$  の未定乗数を表す。

$$\frac{p_j}{\zeta_j} = \frac{p_j}{2 - \sum_{j=1}^N \zeta_j p_j} + \lambda \Leftrightarrow p_j (2 - \sum_{j=1}^N \zeta_j p_j) = \zeta_j p_j + \lambda \zeta_j (2 - \sum_{j=1}^N \zeta_j p_j) \quad (15)$$

この式と制約条件 ( $\sum_{k=1}^N \zeta_k = 1$  かつ  $\sum_{k=1}^N p_k = 1$ ) から  $\lambda$  は以下となる。

$$\lambda = \frac{2(1 - \sum_{j=1}^N \zeta_j p_j)}{2 - \sum_{j=1}^N \zeta_j p_j}$$

これを (15) 式に代入し、 $Z \equiv \sum_{j=1}^N \zeta_j p_j$  と定義すると、 $p_j (2 - Z) = \zeta_j p_j + 2\zeta_j (1 - Z)$  となり、以下を得る。

$$\zeta_j = \frac{p_j (2 - Z)}{p_j + 2(1 - Z)} \quad (16)$$

この式の  $\zeta_j$  を  $Z = \sum_{j=1}^N \zeta_j p_j$  に代入すると、 $Z = \sum_{j=1}^N (2 - Z) p_j^2 / [p_j + 2(1 - Z)]$  となるため、この式を満たす  $Z$  を解析的に計算できれば、(16) 式に代入

し、(14) 式の社会厚生を最大化する収益配分ルール  $(\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N)$  を求めることができる。

**命題 3** 企業数  $N$  が十分に大きく、 $\max(p_j) < s/N^\varepsilon$  ( $\varepsilon > 0$ ) が成立するならば、(16) 式は  $\zeta_1 \approx p_j$  となる。

**証明** まず、 $\max(p_j) < s/N^\varepsilon$  から  $Z = \sum_{j=1}^N \zeta_j p_j < \frac{s}{N^\varepsilon} \sum_{j=1}^N \zeta_j = \frac{s}{N^\varepsilon}$  が成立するが、 $Z \geq 0$  なので、 $\lim_{N \rightarrow \infty} Z = 0$  となる。よって、 $\zeta_j \approx 2p_j / (p_j + 2)$  であるが、 $p_j = o(1/N^\varepsilon)$  なので、 $2 / (p_j + 2) \approx 1$  であり、 $\zeta_1 \approx p_j$  となる。(Q.E.D)

$p_j$  は、共有データの結合が生み出す追加収益  $(\gamma \prod_{K=1}^N d_k^{p_k})$  の貢献度を表すパラメータである。このため、命題3の前提が成立する場合、分権的な意思決定の下で社会厚生を最大化する収益配分ルール  $\zeta_j$  は、追加収益  $(\gamma \prod_{K=1}^N d_k^{p_k})$  を生み出す貢献度  $p_j$  に概ね一致させる必要があることを意味する。

このとき、利潤最大化条件は  $\gamma p_j \prod_{K=1}^N d_k^{p_k} = m_j d_j^2$  となるため、(12) 式は以下に変形できる。

$$\pi_j \approx \frac{\theta_j^2}{2c_j} + (1 - \frac{1}{2} p_j) p_j \gamma \prod_{K=1}^N d_k^{p_k}$$

データ共有をしない場合の利潤は  $\theta_j^2 / 2c_j$  で、 $2 - p_j > 0$  であるから、企業  $j$  はデータを共有する誘因を有する。

では、企業数が  $N > 2$  のとき、集権的な意思決定の下で社会厚生を最大化する条件を求めてみよう。(12) 式より、社会厚生 ( $W = \sum_{j=1}^N \pi_j$ ) は以下となる。

$$W = \sum_{j=1}^N \frac{\theta_j^2}{2c_j} + \gamma \prod_{K=1}^N d_k^{p_k} - \sum_{j=1}^N \frac{m_j}{2} d_j^2 \quad (17)$$

この最大化条件は以下となる。

$$\gamma p_j \frac{\prod_{k=1}^N d_k^{p_k}}{d_j} = m_j d_j \quad (18)$$

この式から以下を得る。

$$d_j^* = \sqrt{\frac{p_j}{m_j}} \sigma \quad \left( \sqrt{\sigma} = \gamma \prod_{k=1}^N \sqrt{\frac{p_k}{m_k}}^{p_k} \right) \quad (19)$$

$$W^* = \sum_{j=1}^N \frac{\theta_j^2}{2c_j} + \frac{1}{2} \sigma \quad (20)$$

上記の (19) 式と (13) 式を比較すると、 $\bar{d}_j \leq d_j^*$  ( $j=1,2,\dots,N$ ) であるため、分権的な意思決定で実現する共有データ量は、集権的な意思決定で実現する共有データ量よりも過小となることが分かる。また、(20) 式と (14) 式を比較すると、 $W < W^*$  であるため、分権的な意思決定で実現する (14) 式は、集権的な意思決定で実現する (20) 式の社会厚生よりも低い水準となっている。この問題を解決するため、命題 2 と同様、分権的な意思決定の下でも、一括税・補助金政策を適切に実行するならば、集権的な意思決定の下で最大化する社会厚生を実現できる。すなわち、以下の命題 4 が成立する。

**命題 4** 企業数が  $N=2$  で、各企業がその利潤を分権的に最適化するとき、どのような収益配分ルール ( $\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N$ ) に対しても、一括税・補助金政策を適切に実行するならば、集権的な意思決定の下で最大化する社会厚生と同水準を実現できる。

**証明** 企業  $j$  のデータ共有コストに対して一定割合の補助  $\beta_j$  を行うとともに、その財源を賄うために各企業に対して一括税  $\Phi$  を課す政策を導入する。このとき、(12) 式は以下に修正される。

$$\pi_j = \frac{\theta_j^2}{2c_j} + \zeta_j \gamma \prod_{k=1}^N d_k^{p_k} - \frac{m_j}{2} (1 - \beta_j) d_j^2 - \Phi \quad (21)$$

データ共有の収益配分ルール ( $\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N$ ) の下、各企業は共有データ量

$d_j$  を決定すると、分権的な利潤最大化条件は以下となる。

$$\zeta_j \gamma p_j \frac{\prod_{k=1}^N d_k^{p_k}}{d_j} = (1 - \beta_j) m_j d_j \quad (22)$$

この解が (18) 式と同じになる条件は  $\beta_j = 1 - \zeta_j$  ( $j = 1, 2, \dots, N$ ) であり、政府の予算制約式 ( $\sum_{j=1}^N \beta_j \frac{m_j}{2} d_j^2 = N\Phi$ ) を満たすように一括税  $\Phi$  を定めれば、(21) 式の合計利潤と (20) 式の社会厚生は一致することが分かる。(Q.E.D)

命題 4 から、命題 2 と同様、補助金を一定割合  $\beta_j = \beta$  ( $j = 1, 2, \dots, N$ ) にするとき、収益配分ルールは  $\zeta_j = 1 - \beta$  ( $j = 1, 2, \dots, N$ ) となるが、 $\sum_{j=1}^N \zeta_j = 1$  を満たす必要があるため、 $\beta = 1 - 1/N$  となり、 $\zeta_j = 1/N$  ( $j = 1, 2, \dots, N$ ) となる。すなわち、企業数が  $N = 10$  のときは、 $\zeta_j = 0.1$  かつ  $\beta_j = 0.9$  となる。命題 4 では、補助  $\beta_j$  の財源確保のために一括税  $\Phi$  を課す政策を採用しているが、データ共有で獲得する企業  $j$  の追加利潤に比例税  $\mu$  を課す政策も考えられる。このとき、(21) 式は以下に修正される。

$$\pi_j = \frac{\theta_j^2}{2c_j} + (1 - \mu) \left[ \zeta_j \gamma \prod_{k=1}^N d_k^{p_k} - \frac{m_j}{2} (1 - \beta_j) d_j^2 \right] \quad (23)$$

このケースでも、企業  $j$  の分権的な利潤最大化条件は (22) 式となり、 $\beta_j = 1 - \zeta_j$  という制約を課しつつ、以下の政府の予算制約式を満たすように比例税  $\mu$  を定めれば、(23) 式の合計利潤と (20) 式の社会厚生は一致することが確認できる。

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^N \beta_j \frac{m_j}{2} d_j^2 &= \sum_{j=1}^N \mu \left[ \zeta_j \gamma \prod_{k=1}^N d_k^{p_k} - \frac{m_j}{2} (1 - \beta_j) d_j^2 \right] \\ \Leftrightarrow \mu &= \frac{\sum_{j=1}^N \beta_j \frac{1}{2(1 - \beta_j)} \zeta_j p_j}{\sum_{j=1}^N (\zeta_j - \frac{1}{2} \zeta_j p_j)} \Leftrightarrow \mu = \frac{\sum_{j=1}^N (1 - \zeta_j) p_j}{\sum_{j=1}^N (2 - p_j) \zeta_j} \end{aligned} \quad (24)$$

なお、各企業がデータの共有を行う「場」(フィールド)を「プラットフォーム」と呼ぶと、各企業がプラットフォームに参加するか否かは企業の

判断に依存する。また、政府が課税・補助金政策を行わず、各企業がデータを共有するプラットフォームを自発的に構築する場合、一括税  $\Phi$  や比例税  $\mu$  はデータ共有を行うプラットフォームへの参加料と解釈することもできる。

そこで、いま  $(N-1)$  個の企業が集まり、プラットフォームを形成しているとしよう。このとき、新たな企業  $j$  がプラットフォームに参加しない場合の利潤は  $\pi_j = \theta_j^2/2c_j$  であり、企業  $j$  がプラットフォームに参加する場合の利潤は (21) 式や (23) 式で表現できるため、以下の不等号が成立すれば、企業  $j$  はプラットフォームに参加する誘因をもつ。

$$\text{一括税 } \Phi \text{ の場合} : \zeta_j \gamma \prod_{k=1}^N d_k^{p_k} - \frac{m_j}{2} (1-\beta_j) d_j^2 - \Phi > 0 \quad (25)$$

$$\text{比例税 } \mu \text{ の場合} : (1-\mu) \left[ \zeta_j \gamma \prod_{k=1}^N d_k^{p_k} - \frac{m_j}{2} (1-\beta_j) d_j^2 \right] > 0 \quad (26)$$

この不等号が成立する条件は補助率 ( $\beta_j$ ) や収益分配ルール ( $\zeta_j$ )、追加収益の貢献度 ( $p_j$ ) 依存する可能性がある。例えば、補助率が  $\beta_j = 1 - 1/N$  かつ、収益分配ルールが  $\zeta_j = 1/N$  のとき、 $\Omega \equiv \prod_{k=1}^N d_k^{p_k}$  として、(22) 式は  $\frac{m_j}{2} d_j^2 = \frac{1}{2} p_j \Omega$  となる。一括税  $\Phi$  の場合、この式をプラットフォームの予算制約式 ( $\sum_{j=1}^N \beta_j \frac{m_j}{2} d_j^2 = N\Phi$ ) に代入すると、 $\Phi = \frac{1}{2N} \Omega (1 - \frac{1}{N})$  を得る。これらを (25) 式に代入すると、 $p_j < 1 + \frac{1}{N}$  になるが、 $p_j$  はこの条件を満たす。すなわち、補助率が  $\beta_j = 1 - 1/N$  かつ、収益分配ルールが  $\zeta_j = 1/N$  のとき、企業  $j$  はプラットフォームに参加する誘因をもつ。他方、プラットフォームを構成する  $(N-1)$  個の企業が、新たな企業  $j$  の当該プラットフォームへの参加を許すか否かは、企業  $j$  の参加で各々の企業の利潤がどう変化するか依存する。企業  $j$  の参加で  $(N-1)$  個の企業の利潤が増加するならば、企業  $j$  は必ず参加できるが、それ以外のケースではプラットフォームの運営ルールに依存する。

また、比例税  $\mu$  の場合、(22) 式を (26) 式に代入して整理すると、補助率 ( $\beta_j$ ) や収益分配ルール ( $\zeta_j$ ) にかかわらず、簡単な計算で、 $p_j < 2$  とい

う条件を得ることができる。 $p_j$ はこの条件を満たすため、以下の命題5を得る。

命題5 データ共有の補助を行う財源を追加利潤に対する比例税で賄う場合、補助率( $\beta_j$ )や収益配分ルール( $\zeta_j$ )にかかわらず、各企業はプラットフォームに参加する誘因を必ずもつ。

#### 4. まとめと今後の課題

本稿の主な目的は、各企業が生成あるいは保有するデータを自発的かつ互いに共有し合うことで新たな追加収益を獲得できる状況を想定に置きながら、データ生成を行う複数企業が存在する簡易モデルを構築し、社会厚生を最大化する収益配分ルールなどに関する理論的な分析を行うことであった。分析の結果、以下の3点が明らかとなった。

第1は、企業数( $N$ )が十分に大きく、一定の前提が成立する場合、分権的な意思決定の下で社会厚生を最大化する収益配分ルール( $\zeta_j$ )は、追加収益を生み出す貢献度( $p_j$ )に概ね一致させることであるということである。

第2は、各企業がその利潤を分権的に最適化するとき、どのような収益配分ルールに対しても、政府が一括税・補助金政策を適切に実行するならば、集権的な意思決定の下で最大化する社会厚生と同水準を実現できるということである。

第3は、データ共有の補助を行う財源を追加利潤に対する比例税で賄う場合、補助率( $\beta_j$ )や収益配分ルール( $\zeta_j$ )にかかわらず、各企業はプラットフォームに参加する誘因を必ずもつということである。

なお、本稿で残された今後の課題は以下の3点である。

第1は、追加収益を生み出す貢献度( $p_j$ )の実証分析である。本稿では、共有データの結合が生み出す追加収益が $\gamma \prod_{k=1}^m d_{i_k}^{p_{i_k}}$ という形式で表現できるとの前提で分析を行っているが、追加収益が本当にこのような形式で

表現できるのか否かについての実証分析を行うことは、命題3の頑健性を検証する上でも極めて重要である。追加収益を生み出す貢献度 ( $p_j$ ) の安定性を含め、その実証分析を行うことは重要であろう。

第2は、協力ゲームとの関係である。現実の世界では、各企業はそれぞれの利害を考慮しながら、連携してプラットフォームを構築する。データ共有のプラットフォームも同様であり、協力ゲームのコア概念が重要となる (Peleg and Sudhölter (2008))。コアに含まれる配分が満たす条件は連携合理性と呼ばれるが、複数の企業が全体連携以外の部分的な連携を組み、追加収益を配分する場合も考えられる。この場合、一つのプラットフォームでなく、いくつかのプラットフォームが出現する可能性がある。また、協力ゲームで議論されることが多いShapley (1953) のシャープレイ値やSchmeidler (1969) の仁といった概念との関係を考察することも重要だが、本稿ではそこまで踏み込んだ分析しておらず、この分析も重要であろう。

第3は、個人情報保護や情報セキュリティ対策との関係である。本稿のモデルでは、データの「負の外部性 (negative externalities)」を考慮していない。例えば、個々人が情報共有を選択していないデータでも、ネット上の様々なデータを結合し分析することで、個々人が知られたくない「プライバシー」を第3者が把握できる可能性がある。これは個々人の効用を最適水準よりも低下させ、社会厚生に損失をもたらす。Choi et al. (2019) は、データを売買するブローカーが存在する場合、Mankiw and Whinston (1986) が指摘する「顧客奪取効果 (business-stealing effect)」が機能し、ウェブサイトは顧客情報を含む過剰なデータを収集する可能性を明らかにしている。この問題を解決する手段の一つとして、個人情報保護ルールが議論されているが、この議論や情報セキュリティー対策のコストも組み込み、追加収益の配分ルール等を分析することも重要であろう。



## 参考文献

- Akerlof, G.(1970) "The market for lemons: quality uncertainty and the market mechanism", *Quarterly Journal of Economics*, 84 (3), pp.488-500.
- Boadway, R., Pestieau P. and Wildasin, D.E. (1989) "Non-cooperative Behavior and Efficient Provision of Public Goods," *Public Finance*, 44(1), pp.1-7.
- Choi, J.P., Jeon, D-S., and Kim, B-C.(2019) "Privacy and personal data collection with information externalities," *Journal of Public Economics*, 173, pp.113-124.
- Hinton, G. E., and Salakhutdinov, R. R. (2006) "Reducing the dimensionality of data with neural networks," *science* 313(5786), pp.504-507.
- HM Treasury(2018) "The economic value of data: discussion paper"  
<https://bit.ly/2Q3j1BU>
- Ioannides, Y. M. (2012) "Complexity and organizational architecture," *Mathematical Social Sciences*, 64(2), pp.193-202.
- Jackson, M.O. (2008), *Social and Economic Networks*, Princeton University Press.
- MacCarthy, M.(2011) "New Directions in Privacy: Disclosure, Unfairness and Externalities," *I/S: A Journal of Law and Policy for the Information Society*, 6(3), pp.425-512.
- Mankiw, N.G. and Whinston, M.D. (1986) "Free Entry and Social Inefficiency," *Rand Journal of Economics*, 17, pp.48-58.
- OECD(2015) "Data-driven Innovation: Big Data for Growth and Well-being"  
OECD Publishing
- Peleg, B. and Sudhölter, P. (2008) *Introduction to the Theory of Cooperative Games*, 2nd ed., Springer-Verlag.
- Shapley, L. S. (1953) "A value for n-person games," *Contributions to the Theory of Games II*, H. Kuhn and A. W. Tucker (eds.), Princeton University Press, pp.307- 317.
- Schmeidler, D. (1969) "The nucleolus of a characteristic function game," *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 17, pp.1163-1170.
- Slavov, S. N. (2014) "Public Versus Private Provision of Public Goods," *Journal of Public Economic Theory*, 16(2), pp.222-258.
- Villanacci, A., and Zenginobuz, Ü. (2006) "Pareto Improving Interventions in A General Equilibrium Model with Private Provision of Public Goods," *Review of Economic Design*, 10(3), pp.249-271.

総務省(2018)「情報銀行」の社会実装に向けた取組 <https://bit.ly/2MxTsHV>

山重 慎二(2013)「家族と社会の経済分析 日本社会の変容と政策的対応」東京大学出版会

## Data Sharing and Revenue Distribution Rule

Kazumasa OGURO

### 《Abstract》

The main purpose of this paper is to set a model in which there exist multiple firms producing data in a situation where each firm produces data and shares it voluntarily for new additional revenue. The model is used for theoretical examination of the revenue distribution rule and behaviors to maximize the social welfare. Consequently, the following three main results can be obtained. First, if the number of firms is sufficiently large and some conditions are assumed, the revenue distribution rule to maximize social welfare in a decentralized economy coincides with the elasticity of additional revenue with respect to the provided data. Second, if each firm maximizes profit in the decentralized economy, the firm can achieve allocations to maximize social welfare in a command optimum for any revenue distribution rule as long as the government provides the policy of lump-sum tax and subsidy appropriately. Third, if the subsidy for data sharing is financed by a flat rate tax for additional profit, each firm has an incentive to participate in the platform irrespective of the subsidy rate and revenue distribution rule.

