

# ソーシャルゲームのランキング戦における努力投入量最大化の実現

## ～ゲーム理論による解法とシミュレーション～

1160470 前川 和也

高知工科大学マネジメント学部

### 1. 概要

近年急成長を続けているソーシャルゲームのランキング戦に焦点を当て、努力投入量<sup>1</sup>の最大化を目指した。

シミュレーションによって再現されたソーシャルゲームのランキング戦において、同一の報酬量の元、プレイヤーのランキング戦への参加形態のみを変化させたところ、努力投入量に差異が見られた。ランキング戦の参加人数を少なくする程、努力投入量は大きくなると推測したが、結果は、プレイヤーの所属する集団の規模が大きい程プレイヤーは高い努力投入量を示すということが観察された。

本稿では、ランキング戦のプレイヤーが取る戦略を数理モデルによって導き、シミュレーションをする事で、努力投入量の最大化を実現する為の条件を導き、その考察を示す。

### 2. 国内のゲーム業界が置かれている状況

近年、国内のゲーム業界は、ソーシャルゲームを始めとする、オンラインプラットフォームゲーム<sup>2</sup>が支えているといえる<sup>3</sup>[1]。

今までの国内のゲーム業界は、一般にテレビゲームともよばれるコンソールゲームが支えてきた。その市場規模は、1997年に記録業界最高値の約7600億円を見せた[2]。しかしその後、一時的な増減はあるものの、コンソールゲームの市場規模は徐々に衰退の傾向を見せた。2014年地点でのコ

ンソールゲームの市場規模は、最高時の約1/3程度の3734億円にまで減少している。

一方、その市場規模を成長させ、牽引しているのがオンラインプラットフォームゲームである。2010年、オンラインプラットフォーム市場規模は約1000億円だった。ところが、2014年迄のわずか4年の間で約7倍の成長を見せた<sup>4</sup>。

その中でも、特に成長を見せているのがソーシャルゲームである。その背景にはスマートフォンの普及や趣味の多様化があると考えられる。ゲームをすること自体を目的として時間を割くのではなく、移動時間や休憩時間を利用してゲームをするという「空き時間プレイ」が主流になったからだ<sup>5</sup>と考

える。ここまで、コンソールゲームとソーシャルゲームの国内市場規模の盛衰を比較して見てきたが、そもそも、販売の戦略には大きな違いが見られる。コンソールゲームの販売戦略はいうならば「初期売り切り型」である。まず初めに、プラットフォームとなるハードウェアや、ソフトウェアを購入する必要がある。しかしその後追加で料金が発生することは無い<sup>5</sup>。これに対し、ソーシャルゲームの販売戦略は、「基本無料追加課金型」だといえる。基本的に、ゲームを始める為、継続して遊ぶ為に料金を支払う事はない。しかし、より強くなりたい、より長く遊びたいなど、必要に応じて料金を払うシステムである。

コンソールゲームはプレイヤー人口が直接売り上げに比例する。仮に、1000人がプレイしたとすると、単純に1000\*

<sup>1</sup> 課金やプレイ時間など

<sup>2</sup> 家庭にプラットフォームとなる機体が存在するコンソールゲームとは違い、オンライン上にプラットフォームが存在するゲームのこと。

<sup>3</sup> 付録 図A『国内 家庭用 / オンラインプラットフォーム ゲーム市場規模推移』参照

<sup>4</sup> 付録 図B『ゲームアプリ 市場規模推移(国内) 参照』

<sup>5</sup> 現代のコンソールゲームでは追加料金が発生する場合もある。

販売額の安定した収入が見込める。しかし、ソーシャルゲームの収入は一見して安定しているとはいえない。何故なら、プレイヤー人口が売りに直接比例するとはいえないからだ。仮に、1000人がプレイしたとしても、全員が定額を支払う事は無い。それは、プレイヤーによって、支払う金額(支払わないという選択)を決定出来るからである。さらに、継続して課金するプレイヤーは全体の3割にも満たない。その為、ソーシャルゲームの販売戦略で重要なのは、いかにプレイヤーの課金欲を向上させるかという点にある。

プレイヤーの課金欲を向上させるための一つの戦略として、ランキング戦イベント(以下ランキング戦とする)がある。プレイヤー達を競わせてランク付けをし、報酬を与える事により課金欲を向上させる戦略が考えられる。本稿では、ランキング戦を行った際、各プレイヤーがソーシャルゲームに投入する課金額やプレイ時間を努力投入量と置き、プレイヤー全体の努力投入量の総和を最大化する事を目指す。

### 3. 研究背景

実際にランキング戦を取り入れているソーシャルゲームも多い。しかし、そのランキング戦のリーグ形態はさまざま、どの形態が適切かは明らかにされていないのではないかと考えた。

ランキング戦の報酬割り当て方法は簡潔な形にすると、以下の3パターンに分けられる。

- (1)全体ランキング制度<sup>6</sup>…プレイヤー全員を1つのリーグとして競わせ、任意の上位数人に報酬を与える設定。
- (2)リーグランキング制度<sup>7</sup>…プレイヤーを複数のリーグに分けて競わせ、それぞれのリーグの任意の上位数人に報酬を与える設定。
- (3)段階報酬ランキング制度<sup>8</sup>…プレイヤー全員を1つのリーグとして競わせ、任意の上位数人に報酬大を与え、任意の人数に報酬小を与える設定。

本稿では、各プレイヤーがソーシャルゲームに投入する努力投入量の総和を最大化する為に、上のような(1)全体ランキング制度、(2)リーグランキング制度、(3)段階報酬ランキング制度の中から、どの形態のランキング制度を設定するのが良いかを検討する。

これに際し、自身の体験から、以下の仮説を立てた。

《仮説A》(1)全体ランキング制度よりも(2)リーグランキング制度の方が、努力投入量の総和を高くする事が出来る。

《仮説B》(1)全体ランキング制度よりも(3)段階報酬ランキング制度の方が、努力投入量の総和を高くする事が出来る。

《仮説A》では、(2)リーグランキング制度を取ることで、各リーグのプレイヤー分母を少なくする事が出来る。そのため、上位が近くなる事で、より多くのプレイヤーに上位を目指すインセンティブが生まれるようになると考えた。

《仮説B》では、(3)段階報酬ランキング制度のように、報酬をもらえるラインを複数設定する事で、競争が激化する部分を増やす事が出来る。多くのプレイヤーが努力投入競争に参加する事で努力投入量の総和が高くなると考えた。

### 3.1 先行研究

ランキング戦の結果に応じて報酬や罰を割り当てる際、努力投入量の総和を最大化する方法は Moldovanu et al. (2012) [3] によって既に示されていた。『同じ人数、報酬量が用意されたランキング戦を行う際、より少ない人数に多くの報酬を用意した方が良く、常にトップ1人にのみ報酬を全て与えた時が努力投入量の総和が最大化される』。つまり、多くの人数に努力投入させるのではなく、上位数人にのみ高い努力投入をさせた方が努力投入量の総和は高くなる<sup>9</sup>、という事である。

この先行研究に従うと私の考えた仮説は以下のように考える事が出来る。

《仮説A》努力投入量を最大化するために、(1)全体ランキング制度、(2)リーグランキング制度のそれぞれのトップ1人だ

<sup>6</sup> 付録 図 C『全体ランキング制度例』 参照

<sup>7</sup> 付録 図 D『リーグランキング制度例』 参照

<sup>8</sup> 付録 図 E『段階報酬ランキング制度例』 参照

<sup>9</sup> 付録 図 F『報酬最大化度例』 参照

けに報酬を与えるとする。(1)全体ランキング制度では1人へのみ報酬を用意する事が出来るのに対し、(2)リーグランキング制度では最低でも2人に報酬を用意する必要がある。先行研究の努力投入量最大化の条件『常にトップ1人のみに報酬を全て与える』に反する。そのため、(1)全体ランキング制度の方が(2)リーグランキング制度の方がプレイヤーの努力投入量の総和を高くする事ができると推測される。よって《仮説A》は間違っている。

《仮説B》努力投入量を最大化するために、(1)全体ランキング、(2)リーグランキング、(3)段階報酬ランキングのそれぞれのトップ1人だけに報酬を与えるとすると、そもそも、段階的に報酬を用意するという考え方自体が間違っている事になる。そのため、(3)段階報酬ランキングは考えるまでもなく、《仮説B》は間違っている。

この先行研究によって私の立てた仮説は概ね間違っている事が示された。

### 3.3 仮説

先行研究に目を通した際、同じ人数、報酬量が用意されたランキング戦を行った場合、『報酬を貰える人数をトップ一人のみでなく、任意の人数(本稿では上位10%と置く)で固定した場合、(1)全体ランキング制度、(2)リーグランキング制度ではどちらの方が努力投入量の総和を高くする事が出来るのか』という疑問が生まれた。先行研究では、用意した報酬全てを上位1人へのみ与える事を条件としていた。そこで、貰える報酬量、貰える人数を一定とした場合、プレイヤーはこういった動きを見せるのかということである。

試行をシンプルにするためにプレイヤーを100人と仮定する。また、(1)全体ランキング制度、(2)リーグランキング制度をそれぞれ以下の様に設定する。

(1)全体ランキング制度…プレイヤー100人に対して報酬10個が用意され、上位10人に報酬が1個渡される。

(2)リーグランキング制度…プレイヤー100人を2分割し、二つのリーグを作る。それぞれのリーグに報酬が5個用意され、各リーグの上位5人に報酬が1個渡される。

この2つの制度では、用意する報酬の数、報酬を貰える人数、貰える報酬の数は同じである。異なる点は、全プレイヤーを1つの固まりと見るか、複数の固まりに分けるかという点のみである。

この2つの制度を試した際に起こりうる努力投入量の総和の差異は以下の3点で示される。

《仮説1》(1)全体ランキング > (2)リーグランキング制度

《仮説2》(1)全体ランキング < (2)リーグランキング制度

《仮説3》(1)全体ランキング = (2)リーグランキング制度

この2つの制度を実際に試した際、《仮説1》、《仮説2》のように、どちらかの制度の方がプレイヤーの努力投入量の総和が高くなれば、実際に採用する価値のある制度であるといえる。

## 4. 基本モデル

### 4.1 一般設定

一般設定は Kamijo(2015)[4]によるコンテスト理論モデルに従う。 $n$ 人のプレイヤー間での努力選択ゲームを考える。プレイヤーの集合を  $N$  ( $N = \{1, 2, \dots, n\}, n \geq 2$ ) と置く。各プレイヤーにはそれぞれ能力  $\theta$  ( $\theta_H > \theta_L \geq 0$ ) が存在する。能力とは、そのプレイヤーの好みや財産、ゲームが上手いかどうか、良いキャラクターを持っているか<sup>10</sup>等の持ち合わせた成分を示す。各プレイヤー  $i$  は自分の  $\theta$  を確認した後に、努力  $x_i$  ( $0 \leq x_i \leq \infty$ ) を同時選択する。 $x_i$  の値が大きい程、ゲームに対して、課金やプレイ時間等の対価(努力)を多く支払う事を意味する。 $x$  の集合体  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in X^n$  は各プレイヤーが示す努力の意思決定を表す。

努力投入量の関数は、個々の持ち合わせた能力と、個々の示す努力によって作られる  $(\frac{x_i}{\theta_i})$ 。努力は不効用を招くため、コストが発生する  $(-\frac{x_i}{\theta_i})$ 。高い  $\theta$  を持つプレイヤーは小さな努力で高い成果を得ることができ、かかるコストも少なくなる。

<sup>10</sup> ソーシャルゲームでは、キャラクターによって強弱がある事が多い。より強いキャラクターを沢山所持している人の方が有利にランキングを進められる。

## 4.2 均衡分析

個人の能力 $\theta$ は、密度関数  $f$ 、分布関数  $F$  の確率分布に従う。能力 $\theta$ は必ず( $0 \leq \theta \leq 1$ )の範囲に収まるとする。上記の確率分布に従う  $n$  個の確率変数の実現値に対して、【 $r$  番目に小さな値】を考える。これ自体が確率変数であると考えられる。この確率変数が従う確率分布の分布関数を  $F_{n,r}$ 、密度関数を  $f_{n,r}$  と表す。密度関数は、以下のような公式で求められる事が知られている<sup>11</sup>。

$$f_{n,r}(\theta) = \frac{n!}{(r-1)!(n-r)!} [F(\theta)]^{r-1} [1-F(\theta)]^{n-r} f(\theta)$$

これを用いると、【 $n-1$  の中で  $r$  番目に大きな値】 = 【 $n-1$  の中で  $n-r$  番目に小さな値】の密度関数は、以下のようにあらわすことができる。

$$f_{n-1,n-r}(\theta) = \frac{(n-1)!}{(n-r-1)!(r-1)!} [F(\theta)]^{n-r-1} [1-F(\theta)]^{r-1} f(\theta)$$

$n$  人の中で上位  $r$  人に報酬  $R$  (ランキング戦の結果に対して、ゲーム側がプレイヤーに支払う報酬アイテム)が与えられるようなランキングを考える。全員が戦略  $\beta$  に従っているという想定のもと、能力  $\theta$  を持つプレイヤーが努力量  $x$  を選択した際の期待利得は以下のように示すことができる。<sup>12</sup>

$$\Pi(x, \theta) = -\frac{x}{\theta} + R \times f_{n-1,n-r}(\beta^{-1}(x))$$

ここから、対称ベイジアンナッシュ均衡を導くと、以下の数式が得られる。

$$\beta'(\theta) = R \times \theta \times f_{n-1,n-r}(\theta)$$

$$\beta^*(\theta) = R \times \int_0^\theta z \times f_{n-1,n-r}(z) dz$$

ここで、 $\beta^*(\theta)$  は、 $\theta_i$  の時の  $x_i$  を示す。

これを元に、一人当たりの期待努力投入量を計算すると期待努力投入量 ( $E^*$ ) を得ることが出来る。

$$E^* = \int_0^1 \beta^*(\theta) f(\theta) d\theta$$

本稿では、 $n, r$  の値を変動させながらシミュレーションを行い、 $\beta^*$  を求め、 $E^*$  を計算、比較する。期待努力投入量が大きい程、努力投入量の総和も高くなるといえるため、 $E^*$  の値が大きくなる条件を考える。

## 4.3 セッティング

試行をシンプルにするためにプレイヤーを 100 人と想定したランキング戦を基準に考える。まず、先行研究と同じく、『同じ人数、報酬量が用意されたランキング戦を行う際、より少ない人数に多くの報酬を用意した方が良くなる』事を確認する。(1)全体ランキング制度を元に、報酬量を 50 用意し、(a)100 人上位 50%、報酬 1 ランキングと、(b)100 人上位 10%、報酬 5 ランキングを比較する。

次に、本稿の目的である、リーグ形態による努力投入量の差異を観察する。100 人を 6 条件<sup>13</sup>に分割し、リーグ分割の形態を変更して行く事で、どの分割条件下で期待努力投入量を最大化出来るかをシミュレーションで導く。また、報酬を受け取れる人数、並びに報酬量を 3 条件<sup>14</sup>検討する事で、報酬量が変わっても同様の状況を再現出来るかを確かめる。

<sup>11</sup> 付録 数式 A.2.1 数式分布関数を  $F_{n,r}(\theta)$  に対する、密度関数  $f_{n,r}(\theta)$  の公式証明 参照

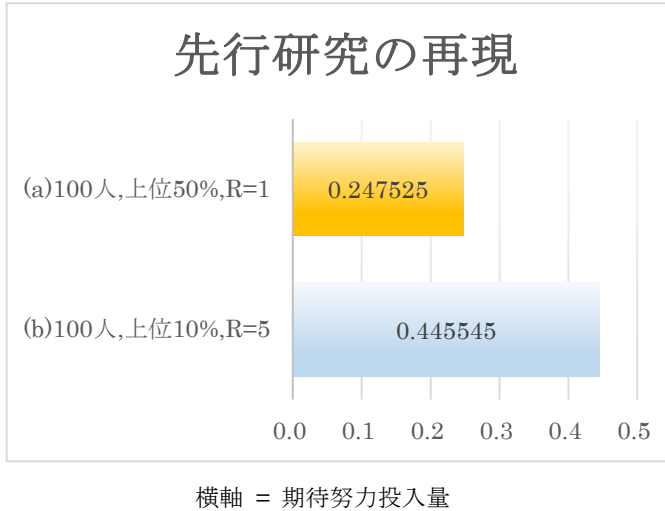
<sup>12</sup> 数式 A.2.2 数式  $\Pi(x, \theta) = -\frac{x}{\theta} + R \times f_{n-1,n-r}(\beta^{-1}(x))$  の展開と解法 参照

<sup>13</sup> 分割無し、2 分割、4 分割、5 分割、10 分割、20 分割

<sup>14</sup> 上位 10%報酬 10 個、20%報酬 20 個、50%報酬 50 個

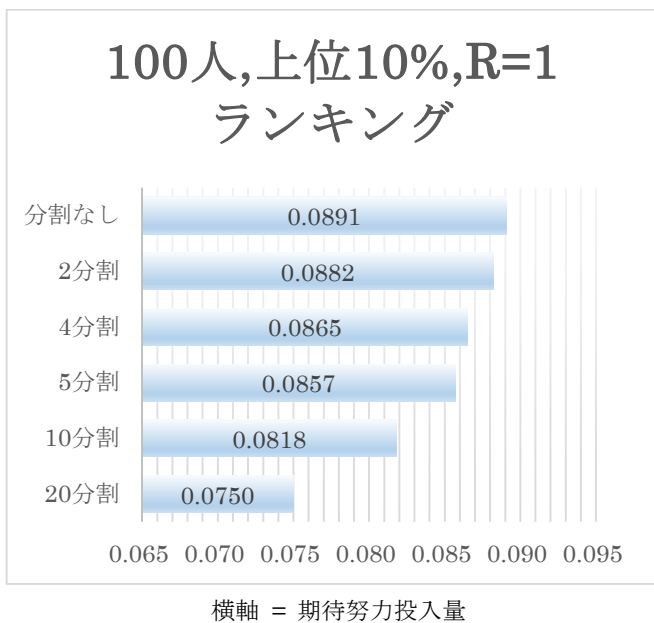
## 5. シミュレーション

### 5.1 先行研究の再現



上のグラフが先行研究の再現である。この結果より、この数理モデルでも、先行研究と同じく、『同じ人数、報酬量が用意されたランキング戦を行う際、より少ない人数に多くの報酬を用意した方が良くなる』という事がいえる。

### 5.2 リーグ形態による差異

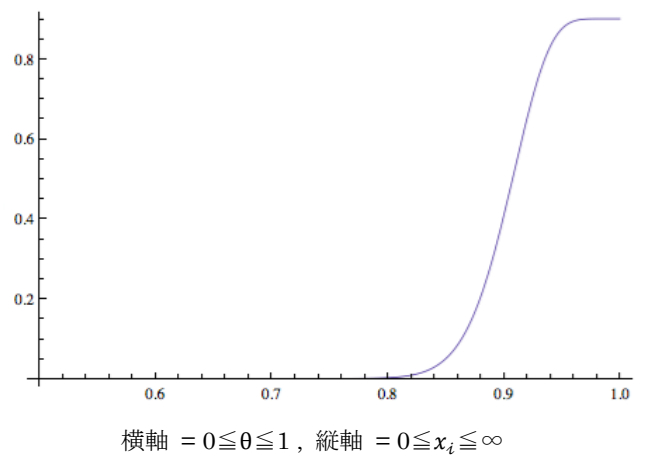


左下段のグラフが 100 人, 上位 10%, R = 1 ランキングの各分割条件下での期待努力投入量である。

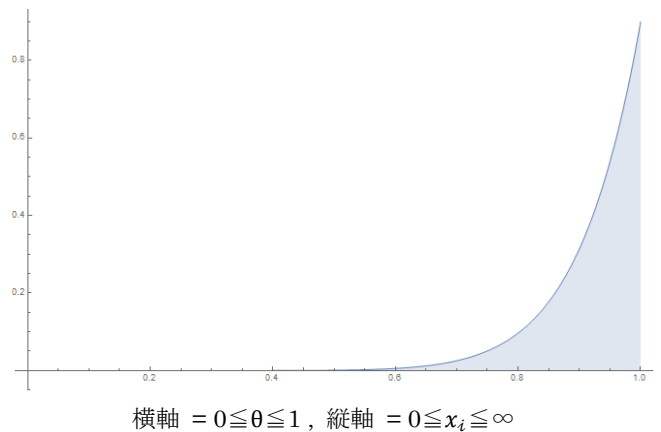
結果として、分割なし条件の時に期待努力投入量が高く、今回検証した 6 条件の中では最も高いパフォーマンスを見た。並びに、分割数が多い条件程、期待努力投入量は小さくなった。

また、分割なし条件(100 人, 10%報酬条件)と、10 分割条件(10 人, 10%報酬条件)での  $\beta^*$  の推移を抜粋し、グラフに描画することにより、以下のような結果が得られた。

グラフ i 『分割なし条件(100 人, 10%報酬条件)』



グラフ ii 『10 分割条件(10 人, 10%報酬条件)』

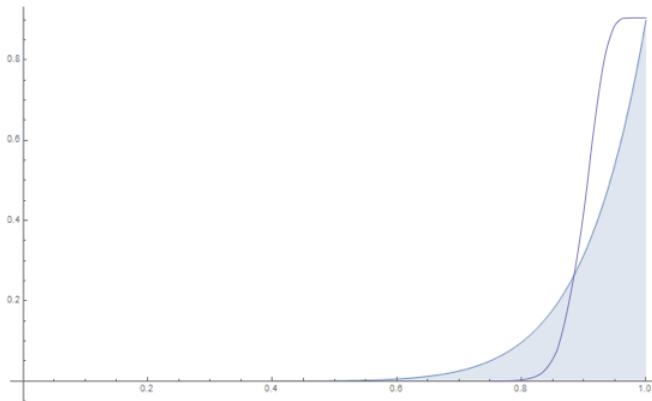


グラフ i 『分割なし条件(100 人, 10%報酬条件)』では、ある点  $\theta$  から努力投入量が急激に増加した。

グラフ ii 『10 分割条件(10 人, 10%報酬条件)』では、ある点  $\theta$  から努力投入量が緩やかに増加した。

分割なし条件(100人,10%報酬条件)と、10分割条件(10人,10%報酬条件)比較する為、グラフ i, ii を合成した。すると以下のような結果が得られた。

グラフ iii 『グラフ i, グラフ ii 比較』



横軸 =  $0 \leq \theta \leq 1$ , 縦軸 =  $0 \leq x_i \leq \infty$

グラフ iii 『グラフ i, グラフ ii 比較』より、大きく 4 つの状況を読み取ることが出来る。

**1)ある能力の値より低い能力を持つ人は努力しない。**

分割なし条件(100人,10%報酬条件)では $\theta=0.8$ 付近、10分割条件(10人,10%報酬条件)では、 $\theta=0.4$ より低い能力を持つプレイヤーは、努力投入を殆ど、又は全くしていない事が観察される。この範囲のプレイヤーは自分の $\theta$ を見て、どれだけ努力を投入しても、報酬を貰う事が出来ないため、コストを下げる戦略を取ると推測される。

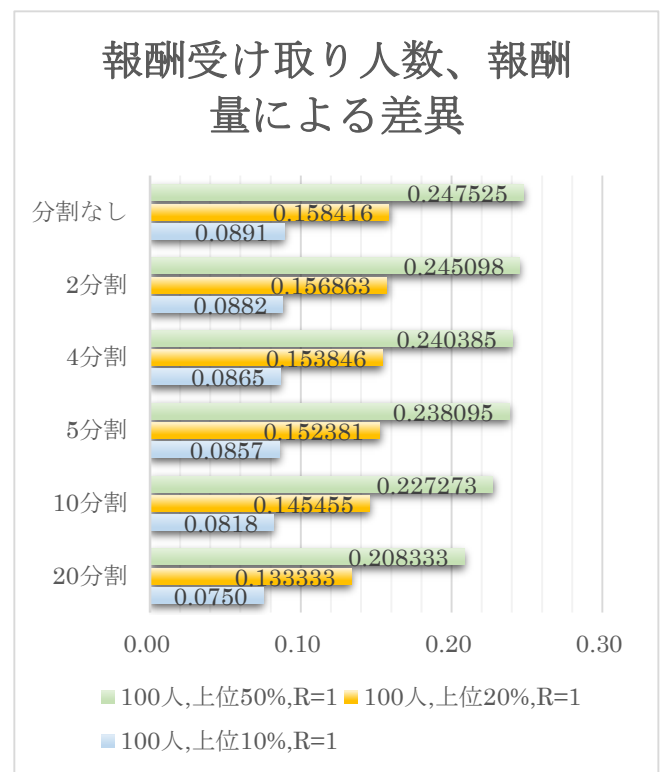
**2)努力投入に参加する人数は 10 分割条件(10人,10%報酬条件)の方が多い。**

1)より、10分割条件(10人,10%報酬条件)では、 $\theta=0.4$ を超える能力を持つプレイヤーは努力を見せるといえる。分割なし条件(100人,10%報酬条件)では $\theta=0.8$ 付近のプレイヤーまで努力投入をしないので、努力投入に参加するプレイヤー総数では分割なし条件(100人,10%報酬条件)より、10分割条件(10人,10%報酬条件)の方が多いといえる。

4)分割なし条件(100人,10%報酬条件)では、 $\theta \approx 1$  付近のプレイヤーが、周りのプレイヤーより低い努力投入を見せる事がある。

分割なし条件(100人,10%報酬条件)の中で、 $\theta \approx 1$ の高い能力を持つプレイヤーの一部が $\theta=0.9$ 付近のプレイヤーと同じ水準の努力投入量を見せた。10分割条件(10人,10%報酬条件)では $\theta$ の値が高くなる程努力投入量も増えたため、ここに、分割なし条件(100人,10%報酬条件)と10分割条件(10人,10%報酬条件)の意図の違いを観察する事が出来る。

**5.3 報酬受け取り人数、報酬数による差異**



前ページ右段下部のグラフが、100人、上位10%、R=1(水色)条件と、100人、上位20%、R=1(オレンジ)条件と、100人、上位50%、R=1(緑)での期待努力投入量である。どの受け取り人数、報酬量条件においても、5章2項リーグ形態による差異に示した結果と同様の傾向を示した。よって、報酬量が変わっても同様の状況が再現出来るといえる。

## 6. 結論

本研究結果より、『報酬を同じ割合のプレイヤーに分配する際、プレイヤーの所属する集団の規模は大きいほうがプレイヤーは努力投入量を増やす』といえる。

5章2項より、(1)全体ランキング制度、(2)リーグランキング制度では(1)全体ランキングの方が努力投入量の総和を大きくする事示された。つまり、報酬を貰える人数をトップ一人のみでなく、任意の人数で固定した場合、ソーシャルゲームのランキング戦における努力投入量最大化を実現する為には、プレイヤー全体を一つのランキングの中で戦わせた方が良いと結論付ける。

### 6.1 考察

5章2項、分割なし条件(100人,10%報酬条件と、10分割条件(10人,10%報酬条件)の比較より、上位数%のプレイヤーによってそのランキングの努力投入量の総和が賄われている事が分かる。つまり、より多くのプレイヤーに努力投入に参加させるのでは無く、一部の高い能力を持つプレイヤーに高い努力投入をさせた方が、ランキングの努力投入量の総和は大きくなるということが分かった。

また、報酬を上位10%のプレイヤーに分配するという条件の元、分割なし条件(100人,10%報酬条件)と、10分割条件(10人,10%報酬条件)を比較すると、プレイヤー総数の増加に比例してランキングの努力投入量の総和も大きくなる事が分かる。10分割条件(10人,10%報酬条件)より分割なし条件(100人,10%報酬条件)の方が、より報酬争いが過激になるということは、当然、分割なし条件(100人,10%報酬条件)より1000人10%報酬条件の方が報酬争いが過激になり、努力投入量の総和もより大きくなるはずである。ここから、『より、多くのプレイヤーが参加すればするほど、プレイヤーの努力投入量の総和は増加する』と推測出来る。この事から、現代のソーシャルゲーム業界が基本参加無料と称してゲームの参加者を増やす戦略は、一時的には収益が入らないものの、結果としては大きな収益を生むことに繋がると考える。

つまり、ランキング戦における努力投入量の最大化という観点においては、「基本無料追加課金型」戦略は正しい戦略であるといえる。

## 7. 今後の課題

### I. 連続するランキング戦

本稿では1度限りのランキング戦での努力投入量最大化を検討、実現した。しかし、連続するランキング戦を想定する場合は異なる結果が出る可能性がある。

分割なし条件(100人,10%報酬条件)のようなランキング戦が連続するゲームを想定した場合、 $\theta$ の値が低いプレイヤーは常にランキング戦で報酬を得ることが出来ない。報酬を得ることが出来ないということは、 $\theta$ の値は低いままなので、また、次のランキング戦でも勝てなくなる。結果的に、低い $\theta$ でも勝てるような別のゲームに移住してしまい、ランキング戦の参加プレイヤー数が少なくなる危険性がある。プレイヤー数が減るという事は、プレイヤーが所属する集団の規模が小さくなる事を意味し、結果的に努力投入量が低下してしまう原因となると推測する。

そのため、連続するランキング戦を考える場合には、低い $\theta$ を持つプレイヤーにも利得があるようなランキング戦を考えなくては行けないだろう。

### II. 実力によるリーグ分配

本稿では、(2)リーグランキング制度を考える際、プレイヤーを無作為に選択し、リーグを組んだ。しかし、なんらかの意図(例えば $\theta$ の値が高い順など)を持ってリーグを組んだ場合、《仮説2》のように、(1)全体ランキング < (2)リーグランキング制度という状況が生まれる可能性がある。

### III. 推測の証明

本研究を進めている際に、シミュレーション結果を眺めているうちに、期待努力投入量 =  $E^*$ を一般化出来るのではないか、と考えた。以下はその推測である。

R = 報酬量,

$R_o$  = 報酬を手に入れられる人数の割合,

$R_M$  = 報酬を手に入れられない人数の割合

L = リーグ数

とした時、 $E^*$ の一般化式は以下の様に表す事が出来る。

$$E^* = \frac{R * R_g * R_n * N}{N + L}$$

例1. 分割なし条件(100人,10%報酬条件), $R = 1$

$$\begin{aligned} E^* &= \frac{1 * 0.1 * 0.9 * 100}{100 + 1} \\ &= \frac{9}{101} \end{aligned}$$

これは、シミュレーション結果と等しい。

例2. 5分割条件(100人,20%報酬条件), $R = 1$

$$\begin{aligned} E^* &= \frac{1 * 0.2 * 0.8 * 100}{100 + 5} \\ &= \frac{16}{105} \end{aligned}$$

これは、シミュレーション結果と等しい。

例3. 分割なし条件(1000人,10%報酬条件), $R = 1$

$$\begin{aligned} E^* &= \frac{1 * 0.1 * 0.9 * 1000}{1000 + 1} \\ &= \frac{90}{1001} \end{aligned}$$

これは、シミュレーション結果と等しい。

以上の様に、今回私が出したシミュレーション結果全てにおいて示す事が出来る。数式による証明には至らなかったが、シミュレーション結果全てと同値を取る事から、概ね正しい一般化式なのではないかと推測する。

今後の課題としては、論理的に証明を示したい。

## 8. 参考文献

[1] ファミ通.com ファミ通ゲーム白書

<https://www.enterbrain.co.jp/files/pdf/release150612.pdf>

[2]CESA (コンピュータエンターテインメント協会) 「CESAのゲーム関連調査報告書 - 2015CESA ゲーム白書>書籍詳細 >INTRODUCTION」 <http://report.cesa.or.jp> 2016年1月28日

[3]Moldovanu,B., Sela, A., Shi, X., 2012. Carrots and sticks: prizes and punishments in contests. Economic Inquiry. Vol 50, Issue 2, pages 453-462

[4]上條良夫, 2016, Rewards versus punishments in additive, weakest-link, and best-shot contests, Journal of Economic Behavior & Organization, Volume 122 pages17-30