第56回 プログラミング･シンポジウム 2015.1

オンラインゲームにおけるゲームバランスの調整手法の提案

中山 心太
EMail: shinta.nakayama@gmail.com

概要 近年、スマートフォン上で遊ぶことができるフリーミアム型のゲームが増えてきている。フリーミアム型のゲームの収益は広告収入や、コンテンツ課金に依存している。コンテンツ課金は、多くの人が遊ぶことにより生まれる競争心や、多くの人が遊んでいる信頼あるゲームという感覚に強く依存している。そのため、より多くのユーザが遊んでいるゲームが、より多くの収益を得る、というビジネス構造になっている。より多くのユーザに遊び続けてもらうには、常に面白い体験を提供し続けなくてはならない。そのため、ユーザに退屈を感じさせないようにリリース後のゲームバランスの調整が常に行われており、その手腕は差別化の一因となっている。そこで本稿では、心理学と統計的アプローチを利用した、リリース後のオンラインゲームにおけるゲームバランスの調整手法の提案を行う。

Online game’s game balance tuning method using statistics and psychology.

Shinta Nakayama
EMail: shinta.nakayama@gmail.com

1.はじめに

近年、スマートフォンの急激な普及に伴い、スマートフォン上で動作するゲームの市場が急速に拡大している。

スマートフォン上で動作するゲームの多くはフリーミアムというビジネスモデルを採用している。フリーミアムとは無料で製品のコア機能を提供することで、多くの利用者を獲得し、追加の機能を利用したい人から料金を課金するビジネスモデルである。

スマートフォン上のゲームにおいては、ダウンロードと基本的なプレイは無料であり、一日にプレイ可能な回数を増やす、コンティニューする、強いアイテムを手に入れる、広告を消す、といった要素に対して料金を課金することで収益をあげている。また、ゲーム中に広告を表示することで、無料でプレイしている人からも収益を上げることができる。したがって、フリーミアム型のゲームは、従来の買い切り型のゲームとは異なり、リリース後にいかに多くの人に遊び続けてもらうか、ということに収益の多くが依存している。そのため、リリース後の追加コンテンツやゲームバランス調整が頻繁に行われている。

オンラインゲームのゲームバランスの調整には、ユーザのログデータ分析、ゲームの現在状況の把握、修正方針の決定、修正結果の確認が必要であり、それぞれにおいて属人的な対応がなされており、効率化が求められている。そこで、本論分では、オンラインゲームにおけるゲームバランス調整手法に関して提案する。

なお本稿で分析対象とするゲームは、現在主流であるパズル＆ドラゴンズや、モンスターストライクといった、ステージクリア型で、ゲーム内に資産を持つものとする。

2.ゲームバランス調整の課題

フリーミアムモデルを採用したオンラインゲームは、ゲームバランスの調整において、従来の買い切り型のゲームとは異なり、さまざまな課題がある。

2.1 多様なユーザに対応したゲームバランス調整が困難

従来の買い切り型のゲームでは、ゲームの進度を元にユーザのゲームへの習熟と、装備品やレベルといったゲーム内の資産を予測することができるため、その時々に応じた、最適なゲームバランスを提供することができる。

しかし、フリーミアムモデルを採用したオンラインゲームは、まったく課金をせずに遊んでいるユー

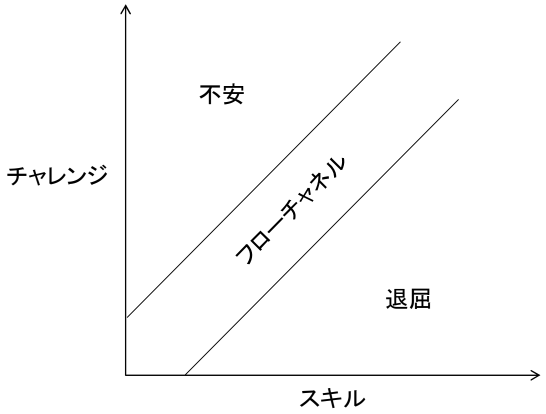

図 1:フロー理論のモデル図

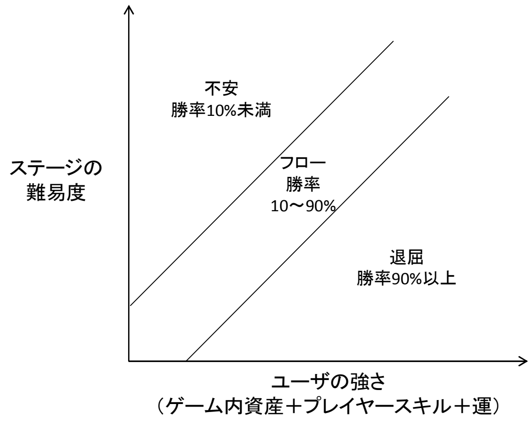

図 2:フロー理論のゲームへの適用

ザや、数十万円の課金を行ったユーザが入り混じっており、ゲームの進度を元にしたゲームバランス調整は困難である。また、まったく課金をしていないユーザを前提にゲームバランスを調整すると、課金しなくとも十分に面白くゲームが遊べてしまうため、ゲーム開発元は収益を得ることができなくなってしまう。一方、ゲームに課金するユーザを前提にバランス調整すると、課金しないと面白くないゲームができ上がってしまうため、多くのユーザを集めることはできなくなる。

そのため、フリーミアムモデルで収益を伸ばすためには、無料で十分に面白く、なおかつ課金することでより面白くなるという絶妙なバランス調整が求められる。

2.2 難易度把握の難しさ

ゲームの難易度の把握は非常に難しい。たとえば敵ひとつをとっても、体力や攻撃力や防御力、保持している攻撃パターン、スキルなど、多種多様なパラメータを持っている。さらに、敵同士の相性や出現順序、相互作用、出現箇所、タイミングなどにもよって、ユーザが体験する難易度は大きく変動しうる。

そのため、どのパラメータを操作すれば、どれくらい難易度が変化するのか、そもそも現在のステージと次のステージではどちらのほうがどれくらい難しいのか、ということが分からず、難易度を客観的に評価する指標が存在しない。

オンラインゲームでは上記の問題に加え、日々のアップデートで新しい機能が追加され、常に複雑性が増加していくため、ユーザが体感する難易度は常に変動し続ける。そのため、ステージの難易度を自動的に計測するためのアプローチが必要である。

3.フロー理論のゲームへの応用

本論分ではチクセントミハイの提唱するフロー理論[1]に基づき、ゲームの面白さを定義し、ゲームのログ分析から得られる統計情報と組み合わせることで、統計情報から面白いゲームバランスが実現できているかを判断する手法を提案する。

3.1 フロー理論に基づく「面白い」の定義

図 1 はチクセントミハイが提唱したフロー理論のモデルである。フロー理論では、当人のスキルと、行為の難易度が釣り合っている際にフロー状態と呼ばれる状態に入るとされている。フロー状態とは、自己の能力のすべてを投入して問題に没入しているおり、主観的な時間の流れが遅く感じ、自分自身が世界を支配しているように感じている状態であり、多くの人はこの状態に幸せを感じるとしている。

一方、スキルに対して問題の難易度が低い場合、学ぶことが無いため退屈と感じるとされている。また問題の難易度に対して、スキルが不足している場合、不安を感じるとされている。

3.2 フロー理論のゲームへの応用

ゲームには装備品やアイテムといったユーザの強さを左右するゲーム内資産が存在するため、フロー理論をそのまま適用することはできない。そこで、スキル軸をユーザの強さ軸に変換する。また、不安や、フロー、退屈といった人間の感情は直接計測することができないため、ゲームのログから計算することができる勝率に便宜的に対応させる。本稿では

不安は勝率 10%未満、10～90%をフロー状態、90%以上を退屈とした。

図 2 はフロー理論をゲームに適用した結果である。しかし、2.2 で述べたとおりステージの難易度を直接算出することは難しく、また、プレーヤースキル、運といったものは、ゲームのログから計算することが難しいため、図 2 は概念的に正しくとも、そのままゲームに適用することはできない。

4.ゲームの難易度計測手法の提案

4.1 難易度ボラタリティグラフの提案

図 2 の中でゲームのログから計測が容易な変数は、ユーザのゲーム内資産と勝率である。これら二つの変数に基づいて、図 2 を書き直したものが図 3 である。図 3 を難易度ボラタリティグラフと呼ぶ。

ただし、ユーザの強さはゲーム内資産とプレーヤースキル、運の線形結合であり、プレーヤースキル＋運は、正規分布様であることを仮定している。また、ユーザの強さがステージの難易度を越えれば勝利となると仮定する。これにより勝率曲線はシグモイド関数様の形状になる。

難易度ボラタリティグラフはあるステージに挑戦したユーザの、その瞬間のゲーム内資産と、挑戦した結果の勝率の二つで描くことができる。そのため、ゲーム固有の情報には依存せずに、さまざまなゲームに適用することができる。

4.2 難易度ボラタリティグラフの読み方

難易度ボラタリティグラフを用いることで、ゲームを直接見ることなく多くの情報を得ることができる。

従来計算ができなかったステージ難易度が、勝率が 50%の地点のゲーム内資産として換算可能になる。これにより、ステージ間の難易度の大小比較が可能になり、奥のステージのほうが手前のステージよりも簡単といった、ゲームバランスの調整ミスを容易に発見できる。

また、難易度ボラタリティグラフの傾斜角度から、運やプレーヤースキルの関与度合いが計測することができる。

傾斜が適切な角度である場合、プレーヤースキルの成長や、ゲーム内資産の成長によって勝率が改善することを体感できるため、ユーザがゲームを継続するインセンティブとして機能しうる。

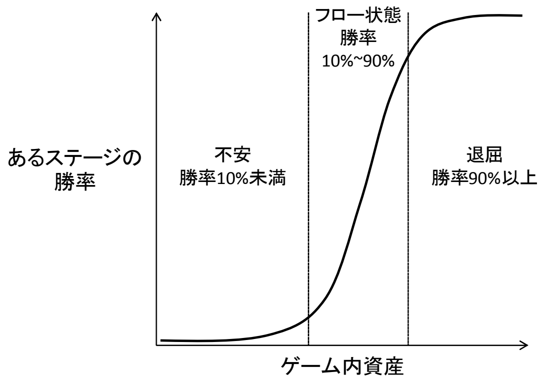

図 3:難易度ボラタリティグラフ

傾斜が急な場合、プレーヤースキルや運の要素が薄く、ゲーム内資産により結果が決まる状態である。そのため、フロー状態に入れるゲーム内資産の領域が狭く、面白いと感じる人が少ないステージであるといえる。すなわち、費用対効果が悪いステージであるといえる。

逆に傾斜が緩すぎる場合、運の要素が強すぎであったり、知っていれば勝てるといった知識的なプレーヤースキルに強く依存するため、このような状態ではフロー状態は発生しないと考えられる。また、ゲーム内資産に依存しないため、より強くなりたいというインセンティブが働かず、目標を持って継続的にプレイしてもらうことが難しくなる。

4.3 ステージ内の調整

敵を倒した際に低確率で得られるレアアイテムをステージに配置することで、同じステージを何度も遊ばせるインセンティブを作り、少ない製作コストで、多くのプレイ時間を確保する試みが行われている。

最新のステージでレアアイテム集めを行っている場合は特に問題にならないが、序盤にクリアしてしまったステージでレアアイテム集めを行う場合、勝率が常に 100%の退屈なプレイを強要されることになる。そのため、プレイ時間を確保するためのゲームシステムが、ユーザの離脱要因になってしまう。

たとえば、ユーザの現在の強さと、難易度ボラタリティ曲線の勝率をもとに、レアアイテムのドロップ確率を動的に調整し、強くなればなるほどレアアイテムのドロップ確率が上昇するという設計にする

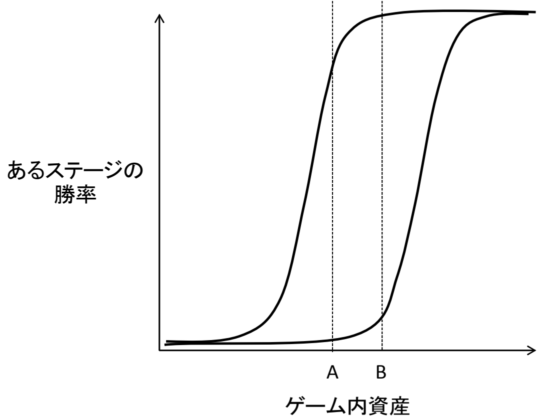

図 4:難易度ボラタリティグラフによる
ステージ間の難易度比較

と、勝率が 100%のつまらないステージを延々とプレイしなくてはならないゲームバランスから開放される。

4.4 ステージ間の調整

難易度ボラタリティグラフは、単一のステージの把握だけでなく、ステージ間の情報についても情報を得ることができる。図 4 は連続する二つのステージの難易度ボラタリティグラフをひとつのグラフの上に作図したものである。図 4 のケースでは、ゲーム内資産が A から B の間にいるユーザは、どちらのステージを遊んでも、絶対に勝てるか、絶対に負けるという状態であるため、フロー状態になることができず、面白くないと感じている状態であると考えられる。

このような場合、二つのステージの難易度差を小さくすることや、二つのステージの間に中間難易度の別のステージを差し込むことで、ギャップを解消することができる。

5.シミュレーションによる検証

提案を実証するために簡易的なモデルにおいてシミュレーションを行う。

5.1 ゲームの設定

ダイスと目標値を用いた TRPG 様の簡単なゲームを用いる。ゲーム内資産によるプレーヤーの強さを x とし、プレーヤースキルと運を 2 つの六面体ダイスの合計値すなわち、2D6[1]とする。そして、ステー

1 2D6 は六面体ダイスを 2 個振った際の出目の合計の意味

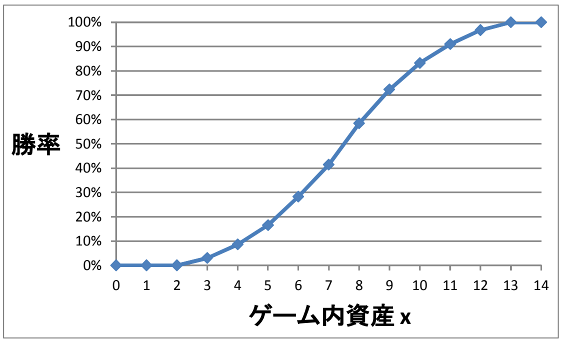

図 5:x+2D6≧15 である確率

ジの難易度を s とした際に、x+2D6≧s を満たした際に勝利とする。

s=15 とし、x を 0 から 14 まで変化させた際の難易度ボラタリティグラフ図 5 に示す。

5.2 プレーヤーのモデリング

同一のステージを遊び続けるプレーヤーを仮定する。ただし、フロー理論に基づき 10 回連続で勝利した場合は退屈なゲームとして、もしくは 10 回連続敗北した場合は不安なゲームとして、遊び続けることをやめてしまうと仮定する。

この架空のプレーヤーがゲーム内資産 x においてゲームを開始し、100 回連続で同じステージを遊んだ後にゲームをやめずに遊び続けている確率を図 6 に示す。ただし、各ゲーム内資産 x においてそれぞれ n=10000 でシミュレーションを行った。

図 6 から、このゲームはゲーム内資産 x が 6 から 9 の範囲でユーザを継続的に遊ばせ続けられることが分かる。特に x が 7 もしくは 8 のときには 100 回遊んだとしても、約 8 割のユーザが継続する。この実験条件では勝率が 30～70%の領域がゲームを継続するのに強く影響すると考えられる。

以上から、図 3 のボラタリティグラフをダイスと

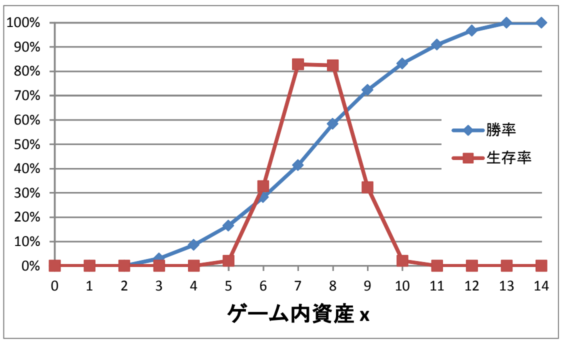

図 6:難易度ボラタリティグラフとゲーム継続率

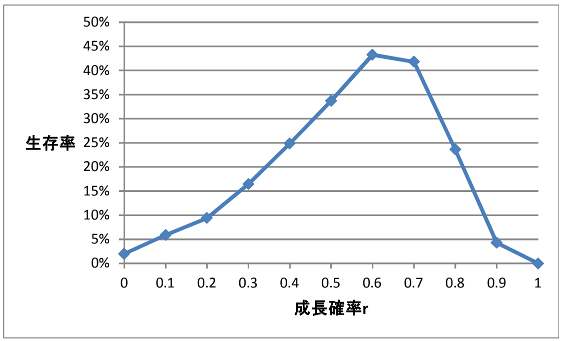

図 7:プレーヤーの成長速度と生存率の関係

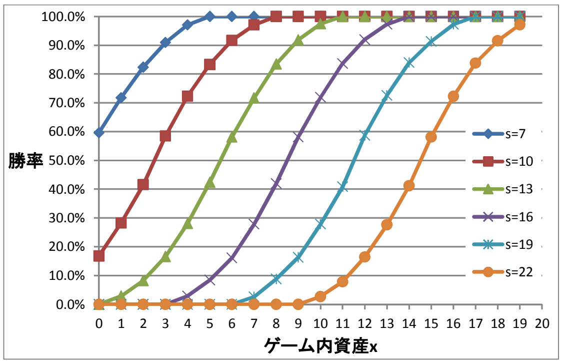

図 8:ステージ間の難易度ボラタリティグラフ

勝率の考えから簡易的に再現することができたといえる。

5.3 ステージと成長のモデリング

ゲームは単一のステージを延々と遊ぶものではなく、難易度が少しずつ上がっていくステージを、ゲーム内キャラクターが少しずつ成長しながらクリアしていくものである。

あるステージにおいて 3 回連続で勝利した場合、次のステージにチャレンジできるとする。s の初期値を 7 とし、ユーザが 3 回連続で成功するたびに、s が 3 ずつ上昇するケースを考える。

次にユーザのゲーム内資産の成長を考える。ユーザのゲーム内資産 x の初期値を 0 とし、ステージに勝利した際に確率 r で x が 1 成長するとする。

ユーザがゲームをやめる条件は、5.2 と同様に 10 回連続で勝利もしくは、10 回連続で敗北とする。

以上の条件において、r を 0 から 1 まで 0.1 刻みで振って、ゲームの難易度上昇と、ユーザのゲーム内資産の成長速度がかみ合い、より多くのユーザがゲームを継続して遊ぶ条件を探索した。r の探索は各 r において n=10000、ゲームプレイ回数 100 回においてでシミュレーションを行った。結果を図 7 に示す。成長確率 r が 0.6 の時にもっとも 100 回のゲームプレイ後でも三割弱のユーザが継続して遊んでいることが伺える。

以後のシミュレーションではこのパラメータを利用する。パラメータの詳細を表 1 にまとめた。

表 1:シミュレーション条件

ゲーム内資産 x	初期値 0
プレーヤースキルの乱数	2D6
ステージの難易度 s の初期値	7
勝利条件	x+2D6 ≧ s
s が増加する条件	3 回連続の勝利
s の増分	3
勝利時のゲーム内資産の成長確率	0.6
ユーザが遊ぶのをやめる条件	10 回連続の勝利、もしくは 10 回連続の敗北
ステージ挑戦回数	100 回
生存率（目的変数）	ステージ挑戦回数を経た後に生存しているユーザの割合
仮想ユーザ数（シミュレーション回数）	10000

5.4 難易度ボラタリティグラフを利用したステージ間の難易度把握

表 1 のパラメータにおけるステージ間の難易度ボラタリティグラフを図 8 に示す。各ステージにおいて、勝率が 30～70%のゲーム継続に必要な領域が、次のステージと重複しているため、ユーザの成長速度が適正状態であれば、ユーザは常に勝率が 30～70%のフロー状態で遊ぶことができているといえる。

ここで、s=16 のステージがなくなった場合の難易度ボラタリティグラフを考える。図 9 は図 8 から s=16 のステージを取り除いたものである。s=13 のステージをクリアしたユーザは、s=16 ではなく、s=19 のステージに挑まなければならない。実際の

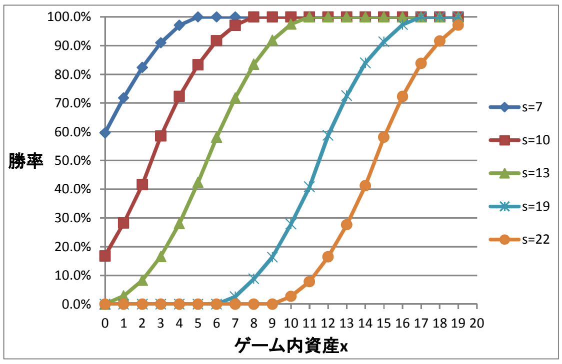

図 9：s=16 のステージを除外した難易度ボラタリティグラフ

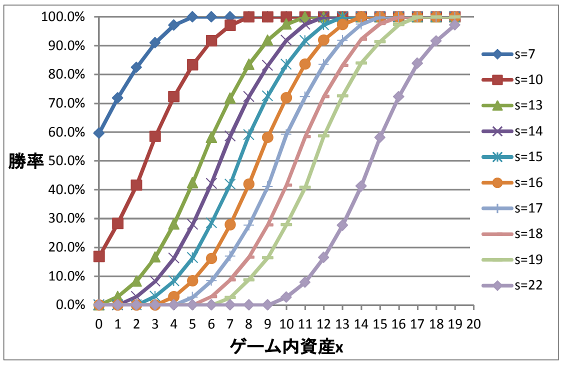

図 10：難易度上昇が遅い場合の難易度ボラタリティグラフ

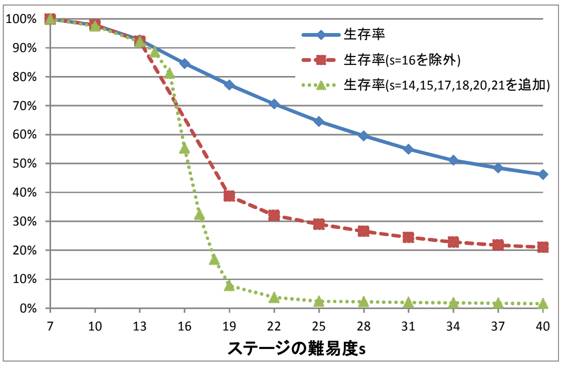

図 11：難易度上昇速度を変化させた場合のファネル分析

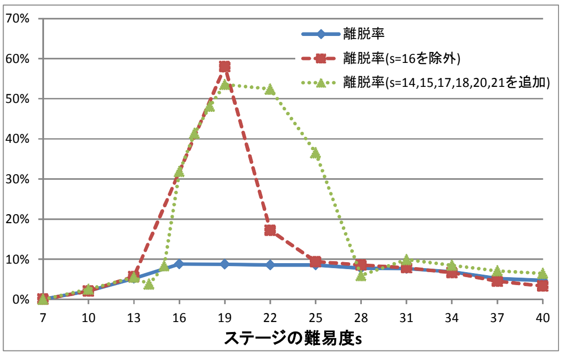

図 12：各ステージにおける離脱率

ゲームでは、ゲームの難易度が急激に上昇してしまい、確実にクリアできる過去のステージを何度もクリアしてゲーム内資産を成長させなくてはクリアができないバランス崩壊状態である。

実際に運用しているゲームでは、ステージの難易度 s は分からないが、難易度ボラタリティグラフを得ることはできる。図 4 や図 9 のような難易度ボラタリティグラフの空白地帯を探すことで、ユーザの離脱につながる急激な難易度上昇箇所を検出することができる。

また同様に難易度上昇が少ない場合のケースを考える。図 10 は図 8 に s=14, 15, 17, 18 を追加したものである。実際のゲームでは難易度上昇がゲーム内資産の成長よりも遅く、常に勝率が高く、フロー理論に照らし合わせると退屈なゲームが行われている状態である。

このようなケースは難易度ボラタリティグラフのグラフ間の密度や、そのステージに初めて訪れたユーザのゲーム内資産 x を計測することで、難易度上昇の緩さを検出することができる。

5.5 難易度ボラタリティグラフとファネル分析の連携

図 8 と図 9、図 10 の難易度ボラタリティグラフをもとに、ユーザの生存確率のシミュレーションを行った。シミュレーション結果のファネル分析を図 11 に示す。s=16 のステージが存在しない状態では、s=19 のステージで急激な難易度上昇により連敗が続き、ユーザが不安を感じてしまい、急速に離脱してしまっていることが分かる。また同様に s=14, 15, 17, 18 のステージを追加したケースでは、難易度上昇が遅く連勝が続いてしまうため、ユーザが退屈を感じてしまい、急速に離脱してしまっていることが分かる。

図 11 のファネル分析における各ステージの離脱率を図 12 に示す。s=16 を除外したケースでは、s=19 だけでなく s=22 でも離脱離脱率が上がっている。これは s=22 に到達したユーザであっても、ゲーム内資産 x の成長が、難易度 s の上昇に追いつかないためであると考えられる。また同様に

	x=0	x=1	x=2	x=3	x=4	x=5	x=6	x=7	x=8	x=9	x=10	x=11	x=12	x=13	x=14	x=15	x=16	x=17	x=18	x=19
s=7	59.6%	71.8%	82.4%	91.0%	97.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
s=10	16.8%	28.3%	41.6%	58.5%	72.3%	83.3%	91.7%	97.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
s=13	0.0%	2.9%	8.3%	16.6%	28.1%	42.4%	58.2%	71.7%	83.5%	91.9%	97.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
s=16	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	8.4%	16.2%	27.9%	41.9%	58.2%	71.9%	83.6%	92.0%	97.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
s=19	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	8.8%	16.4%	27.9%	40.8%	58.7%	72.6%	84.0%	91.4%	97.3%	100.0%	100.0%	100.0%
s=17	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	8.4%	17.0%	27.6%	41.1%	59.2%	72.2%	83.5%	91.8%	97.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
s=22	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	7.9%	16.5%	27.6%	41.2%	58.1%	72.2%	83.8%	97.2%	100.0%

図 13:難易度ボラタリティグラフのヒートマップによる可視化
(s=17 のステージを s=19 と s=22 の間に挿入)

s=14, 15, 17, 18 のステージを追加したケースでは、s=22, 25 においても離脱率が著しく高い。これは難易度上昇が遅かった s=14 から s=19 の領域においてゲーム内資産 x が過剰に成長してしまい、難易度上昇速度が戻った s=22, 25 であっても、勝率が高すぎるため離脱が起こってしまったものと考えられる。

難易度上昇速度に問題を抱えている場合、ファネル分析を利用した離脱率分析では、ゲームバランスに問題を抱えている箇所だけでなく、その後ろ側のステージでも悪影響が現れることが分かった。そのため、ファネル分析から難易度調整を行う場合、問題が無い箇所も調整してしまう可能性がある。しかしファネル分析と難易度ボラタリティグラフを組み合わせることで、ゲームバランスに問題を抱えている箇所を可視化することができるため、問題を抱えている箇所のみを修正することができる。

5.6 難易度ボラタリティグラフとヒートマップの連携

図 8 に示した難易度ボラタリティグラフは、シミュレーションによって求められた、理想的な形状をしている。しかし実際に稼働しているオンラインゲームのデータでは、ステージによって運やテクニックの寄与度が異なるため、グラフの傾きが異なっていることがある。またゲームデザイン上、意図的に難しいステージと簡単なステージを配置し、体感する難易度を変動させることで、難易度上昇の単調さを緩和するということが行われる。この場合、難易度ボラタリティグラフは必ずしもプレイ順には並ばない。

図 13 は難易度ボラタリティグラフを勝率に基づきヒートマップに変換したものである。ヒートマップを用いることで、ステージ間の難易度ボラタリティグラフの重複度合を視覚的に判断することができる。これにより大量のステージであっても、縦方向にステージを出現順にならべることにより、一瞥できるようになる。さらに図 13 中の s=17 のように、前のステージよりも簡単なステージが存在したとしても、一目で問題に気づくことができる。

6.まとめ

オンラインゲームにおけるゲームバランスの調整には、ユーザが継続して遊び続けたくなる絶妙な難易度が求められる。しかし、ゲームを構成するステージは様々な変数から成り立っており、難易度を客観的な数値として表すことが難しい。さらに、オンラインゲームでは日々のアップデートにより難易度が刻々と変化している。そのため、ゲームバランスを調整するには、ステージの難易度を把握する仕組みが必要である。

ステージの難易度を計測するため、チクセントミハイの提唱するフロー理論と、オンラインゲームのログの統計分析を用いた難易度ボラタリティグラフという手法を提案した。フロー理論とはユーザのスキルと問題の難易度がかみ合っているときに、フロー状態と呼ばれる状態になり、多幸感を感じるという理論である。

難易度ボラタリティグラフは横軸にゲーム内の資産、縦軸に統計によって得られたステージの勝率をとり、勝率が一定の範囲内であればユーザはフロー状態に陥っていると仮定する。複数の難易度ボラタリティグラフを重ねることで、ゲーム全体のステージ構成がユーザのフロー体験を維持し続けられるか、難易度上昇速度は適切であるか、といったことが視覚的に理解できるようになる。

難易度ボラタリティグラフはゲーム内資産を持ちステージクリア型のゲームであれば、ゲームジャンルにとらわれず、運用中のオンラインゲームのログから容易に描くことができる。そのため、特別な知

識なしに利用することができ、オンラインゲーム運用の省力化が期待できる。

7.今後の課題

本稿では難易度ボラタリティグラフの検証のために、シミュレーションを行い、有効性の検証を行った。しかし、実際のオンラインゲームのデータを利用した検証は行えていない。そのため、実データを用いた難易度ボラタリティグラフの有効性検証を今後行っていきたい。

難易度ボラタリティグラフは、ゲーム内資産の成長速度が適正であるという仮定をおいている。実際の運用ではゲーム内資産の成長速度が運用状況に応じて変動し、さらにコンテンツ追加の不足からくる成長限界などが存在する。そのため、難易度ボラタリティグラフとゲーム内資産の成長速度を組み合わせたゲームバランス分析手法の開発が必要である。

参考文献

[1] M.チクセントミハイ:フロー体験 喜びの現象学(1996).