

ロールプレイングゲーム(RPG)のバランスとは何か: 分析およびその調整に関する提案

高木 幸一郎 雨宮 真人

九州大学大学院 システム情報科学研究科

福岡県春日市春日公園 6-1

本論文は、従来すべて手作業で行われていたRPGの戦闘のバランス調整を自動化することを最終目的とする研究における基礎段階の研究報告であり、RPGの戦闘のバランスとは何かを分析しそこから自動化のために必要な要素を考察、実験を行った。RPGの戦闘のバランスにとって重要な点はプレイヤーが感じる楽しさにあるが、このため心理学的な要素の考慮が必要である。そこで本研究では利用者の嗜好(UP)をテストプレイによって取得しバランス調整に利用する方法を提案する。実験では、戦闘を単純化したゲームにおいてUPを適用した強さの調整を行なう事例を示した。

What is the balance of Role-Playing Game(RPG)?

Analysis and proposal how to configure

Koichiro TAKAKI and Makoto AMAMIYA

Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

Kasuga-kouen 6-1, Kasuga-shi, Fukuoka-ken

This paper is the primal report of our effort aimed for developing automatic balance configuration program of battle part in role playing games (RPGs). This paper analyzes what the balance of RPG means, and concludes that psychological analysis is important in order to configure it. Aiming for the design and development of our system, we propose the way of extracting user preferences(UP) from their behaviour. In the experiment, we apply UP to simple game and inspected the utility of UP.

1 はじめに

RPG(ロールプレイングゲーム)は、家庭用ゲーム機のソフトウェア売り上げの中でも老若男女を問わず、群を抜いて人気があるジャンルである。しかし発売されたRPGのタイトル数は売り上げに比べるとそれほど多いとはいえない。これは、他のジャンルのゲームソフトに比べて開発が困難でコストがかさむためゲームメーカー側としても敬遠する傾向にあるからだが、その中でも特にバランス調整に関してはいずれの社でもほぼ手作業で行なわれている

のが現状であり、これが開発を困難にしている大きな原因の一つとなっている。そこで本研究はRPGの戦闘バランスの調整を自動化することを目的とする。

ところで一般に「ゲームバランス」といっても様々な種類のゲームがあり、それらの持つ意味合いが若干違う。例えば、チェスでいうところのゲームのバランスとRPGにおけるバランスは異なる。そこで本論文の前半ではRPGのバランスとは何かを分析するため、他のゲームとの比較を行なう。そし

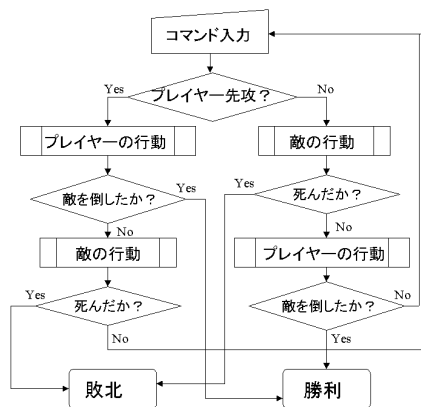


図 1: RPG の 1 対 1 戦闘の流れの例

比較項目	RPG	Chess
完全情報ゲームか	No	Yes
確定的ゲームか	No	Yes
キャラクタの成長	あり	なし
ストーリー	あり	なし

表 1: RPG とチェスライクゲームの比較

てそこで分かった特性をもとに、後半では RPG の戦闘バランス調整のために必要な要素を議論し、実験を行う。

2 チェスライクゲームと RPG

図 1 は、RPG における 1 回の戦闘の流れである。これは将棋のようなチェスライクゲームの先手後手と似ている。そこで、本節ではこれらを比較し、RPG の戦闘とチェスライクゲームにおける「バランス」や「面白さ」との違いを述べる。

RPG とチェスの要素を比較したのが表 1 である。RPG にはストーリーがあるという点、それに伴ってキャラクタが成長するという点に注目する。

2.1 RPG における成長

チェスライクゲームにおいて成長とは、プレイヤーが腕を磨くことである。成長によってプレイヤーはより賢くなる。このためバランスという言葉には、実力の均衡という意味合いがある。対戦は実力が近い者同士で行うべきであるし、実力に差がある者同士の場合は何らかのハンディキャップを付けられる。

一方で RPG ではプレイヤーの成長よりもむしろキャラクタの成長に重点が置かれることが多い (1

プレイが比較的短時間の Rogue 系 RPG のような例外はある)。プレイヤーが戦闘を繰り返すことによってキャラクタが成長し、より有利に戦えるようになる。この時、以前互角に戦っていた敵が相対的に弱くなってしまうため、この敵との戦いはむしろ単調なものになる。しかし、これは「努力の作用」であり、この「戦いが楽になる」というのはその努力に対する報酬であるから、たとえ「戦いを積みすぎて楽になり過ぎる」ということがあっても、プレイヤーはその状態を喜んで受け入れるだろう。すなわちプレイヤーが成長しないとしてもキャラクタが成長するから楽しいのである。

また、RPG には一連のストーリーが存在する。RPG は、その名の通り「主役を演じるゲーム」であるため、キャラクタはプレイヤーの分身である。

以上の理由により、RPG ではバランスとは勝敗よりもむしろこれらのことでプレイヤー自身が楽しむことが出来るかどうかで評価される。

2.2 成長がバランスに及ぼす影響

戦闘をエンカウントで行う方式の RPG の場合、RPG は戦闘の流れであるため、レベルに差が存在する。石橋を叩いて渡るプレイヤーと、そうでないプレイヤーの間に、キャラクタの成長の差が大きく存在する。よって、敵と戦ったときの成長のバランス、戦闘の頻度を考慮したバランス調整が重要となってくる。

2.3 チェスライクゲームとの比較のまとめ

チェスライクゲームのバランスとは、主に実力の均衡のことを指し、プレイヤーの技量に関係する。一方 RPG のバランスは、主にキャラクタの成長が中心である。また、ストーリーと連動した戦闘や、戦闘による成長を楽しんでいるのかどうかは RPG のバランスである。

よって、RPG の戦闘のバランスを考える場合は、戦闘の連続とそれによる成長を考えることが重要である。

3 RPG における開放性の有無

文献 [1] は、開放性による外部とやりとりすることでアルゴリズムでは計算不可能だったことが可能になると述べる。本節では、RPG においても開放性によってゲーム性が変化し、バランスの意味合いが変化する点について考察する。

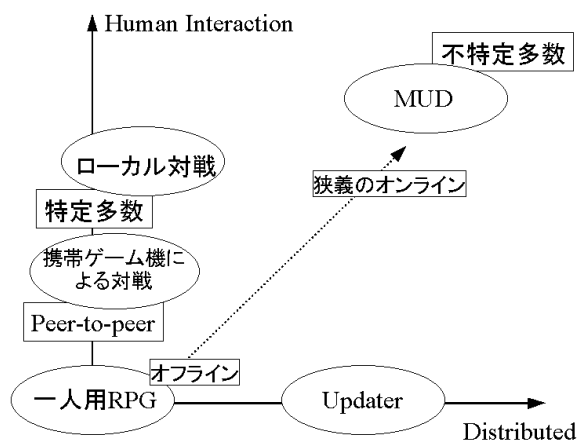


図 2: RPG の分散性、インタラクシオン性による分類

3.1 Closed RPG

最近ではネットワーク RPG が流行っており、これらは Open であるが、そのようなゲームも、この Closed RPG をベースにしている。(一般的 RPG のことを Open RPG と比較して特に Closed RPG と呼ぶ) このような RPG の特性は、2 節で分析したとおりである。

3.2 Open RPG

ネットワークや通信ケーブルでつながることによって、様々なゲーム性が生まれる。これらを Closed な RPG と比較する。

開放性を以下の 2 つの軸から検討する。

- Human Interaction
他の人間のプレイヤーと対戦やコミュニケーションなどの何らかのやり取りを行うこと
- Distributed
地理的に離れているコンピュータと通信が可能になる要素

これらの要素によって分類したのが図 2 である。開放性がもたらす拡張によって、楽しさやバランスがどのように変化するかを考察する。

3.3 Human Interaction がもたらす拡張

楽しさ バランスよりもむしろ対人のインタラクシオンに拠るところが大きい。よって、これらのゲームの楽しさについて研究する場合は、インターネット上のコミュニケーション、特に掲示板やチャット

による楽しさを心理的に研究することが重要になってくると考えられる。

バランスの要件 MUD(Multi-User Dungeon)[3] を例に挙げる。複数の利用者とコミュニケーションを行いながらゲームを進めるので、一人で解決できない問題はプレイヤー同士で力を合わせていくことによって可能になることもある。あるいはプレイヤーキラー (PK) のように、ネットワークでインタラクシオンがあることによって起こる問題も出てくる。このように自由度が高いため、多少バランスが問題あっても、インタラクシオンによって創発的に問題が解決されることが期待される。

3.4 Distributed がもたらす拡張

Online Update サーバにつながることによってアップデートプログラムを手に入れることが可能。

バランスの要件 多くの場合アップデートはバグフィックスが目的であるが、これによってバランス調整を行うことも可能であると考えられる。

3.4.1 注意すべき点

バランスは非常に多くのデリケートな要件をもっているため、Online Update の際にバランスを変化させた場合、既にプレイしている人に悪い印象を与える可能性がある。よって、非常に慎重に行うべきである。

3.5 Open RPG との比較のまとめ

Closed RPG は、Open RPG と違って、外部との接触によるバランスの調整といったことは期待できないため、あらかじめバランスを良くするか、バランスを調整するためのアルゴリズムを組み込んでおかなければならない。

4 バランス調整の方法論

2 節および 3 節では RPG のバランスを他のゲームと比較した。本節では、ここまでの議論をふまえた上でバランス調整をいかに行なうべきかを議論する。

4.1 関連研究

本研究の関連研究として、「ゲームバランス調整のために人工知能の理論を適用した」という例「アストロノーカ (Playstation, エニックス, 1998)」が挙げられる。このゲームは RPG ではなくシミュレー

ションゲーム (SLG) であるが、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて敵のバランスを動的に (プレイヤーがプレイ中にリアルタイムに) 調整することによって、開発においてバランス調整にかける時間を省くことができた例である [2]。

森川は、プレイヤーの強さや戦法から動的に敵が強くなるというルールを RPG に適用することによって、RPG 開発におけるバランス調整の作業を省力化出来る、と述べている。[2]

この方式において、従来のゲームのように開発時に敵の強さを決める方法と比較した場合の利点と欠点を述べる。

[利点]

- 開発においてバランス調整の工数を大幅削減することが期待される
- プレイヤーの技能を想定する必要がない
- それぞれのプレイヤーに最適なバランスを提供することが可能

[欠点]

- プレイヤーによって敵の強さが異なることになるので、プレイヤー同士で話題の共有が出来ない。
- 既存の RPG 開発環境に適用できない
- 最終的にどのような状態に成長するのか開発者側で予想ができないため、ルールによっては手詰まりになる可能性が出てくる

4.1.1 本研究との相違点

筆者は RPG の重要な点として、「プレイヤー間での攻略情報の話題共有」を重要な点であると考えている。これは、ゲームの楽しさの一つに、「同じゲームをやっている人と謎解きを相談しあう」という点が挙げられるからである。

また、「既存の開発環境への適用」も重要な点であると考えている。現在の多くのシステムでは、能力値の入力を直接行っているが、このように既存のシステムに適用できることは、非常に有益であると考えている。

以上の理由から本研究では、バランス調整を開発段階で終了させ実行時には値が決定されている、通常のシステムの RPG のための調整システムの開発を目的とする。

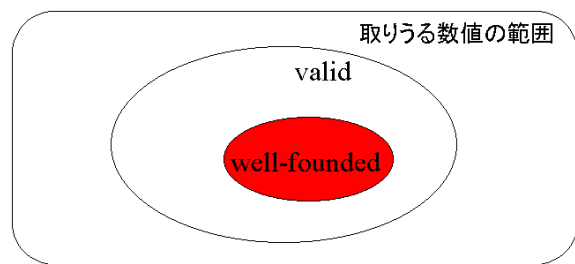


図 3: RPG のバランス指標

4.2 バランスの指標

バランス調整を行うためには、計算だけでは不十分で、心理的な解析を行なわなければならない。なぜなら、ゲームは人を相手にするものであり、「楽しい」というのは数式だけでは求めることができないからである。

この点をふまえて、バランスの2つのクラスを定義する。図3は、数値の組み合わせの結果、どのようなバランスになったかを表わしている。

valid 戦闘が数学的に成り立つ、プレイヤーが特定の確率以上で勝利を収めることが出来るバランスを valid と定義する。この部分は、ルールが既知の場合、数学的に計算が可能である。

well-founded 特定のプレイヤーが「プレイしていて面白い」と感じるバランスを well-founded と定義する。このレベルのバランス調整を行うためには、プレイヤーの感じ方や振る舞いを参考にしなければならない。

本研究では、well-founded なバランスを実現するために、利用者の嗜好 (user preference) を用いる。具体的には5節で述べる。

5 利用者の嗜好 (UP)

バランス調整を行うためにプレイヤーの心理的な要素の面の考察が必要であることを前述した。本節では、UP を用いてこれを実現する方法を提案する。

利用者の嗜好 (user preference, 以下 UP) とは利用者の趣味など個人的な特性を保存したものであり、user profile や user model とも呼ばれる。情報検索の分野では、UP をより精度の高い検索結果を返すために利用する研究が進められている。本研究では、プレイヤーを利用者に対応づけて UP の適用を考えていく。

テストプレイヤーの UP を用いる 一般的に UP は個人に合わせて調整するものである。しかし本研究ではソフトウェア開発時にバランスの調整を行うために UP を利用する。このため、テストプレイヤーの UP を取り、バランス調整に利用することを目的とする。

RPG における UP とは何か プレイヤーのプレイスタイルや好みであり「どのような状態で楽しいと感じるのか」を知る手がかりとなる。このような情報は、プレイヤーのゲーム内での行動の履歴を分析したりプレイヤーに直接アンケートをとることによって得られる。前者はプレイヤーの implicit response であり後者は explicit response である。

5.1 状態遷移ゲームを例として [4]

RPG の戦闘を単純化したゲームである状態遷移ゲームに対して UP を適用する例を挙げる。

5.1.1 nX_p ゲーム

状態遷移によって 1 回の 1 対 1 戦闘をモデル化したものである。「攻撃」と「回復 (完全回復。制限回数 C_{times} 回とする)」のコマンドが選択可能な戦闘を考える。

プレイヤー側の最大 HP のうち 1 回の攻撃で敵から受けるダメージの割合を α で表す。このとき、プレイヤーの HP をマルコフ決定過程 (MDP) の状態遷移で表す。 $n = 1/\alpha$ としたとき、 $n = 3$ および $n = 4$ における状態遷移を図 4 に示す。攻撃を一定回 (β 回) 行えば勝利、その前に状態 0 に到達すると敗北となる。

その他の変数の作用にもよるが、プレイヤーが先攻の確率 a が 0.5 の時、 $\alpha \leq 1/4$ すなわち $n \geq 4$ では最適戦略が存在する (状態 2 で回復) が、 $\alpha \geq 1/3$ すなわち $n \leq 3$ のときは戦略よりも運の作用が大きくなっていく。

なお、実際のゲームでは乱数が存在するため、プレイヤーは正確にはどの状態にいるのかが一つには確定できず、確率的な重みづけで表される。 nX_p ゲームでは、変動率 δ を定義し、実際のダメージ X^* は理論的なダメージ $\bar{X}$ をもとに以下の範囲を等確率に変動するとする。

$$(1 - \delta) \cdot \bar{X} \leq X^* < (1 + \delta) \cdot \bar{X}$$

この nX_p ゲームをもとに議論を進める。

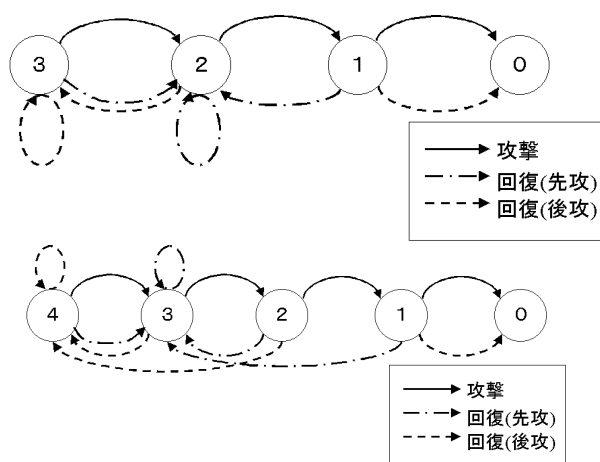


図 4: $n = 3$ (上), $n = 4$ (下) のときの状態遷移図

5.1.2 バランスのクラス

nX_p モデルにおける valid および well-founded の条件を考える。

valid の考察 計算によって求めることが可能。 α パラメータは理論的に $\alpha \geq 1/3$, β パラメータは回復制限回数 C_{times} との関連で適切な範囲が決まる。その他の条件によっても変動するが、数学的に解決可能であることには変わりがない。

well-founded の考察 valid な範囲のうち、UP によって well-found となる範囲を限定していく。具体的にどのような UP を取るかは 5.1.3 節で考察するが、ここでは valid な範囲のうち経験則あるいは常識的な考えによって well-founded から除外出来るものを議論する。

- 単調 (小さすぎる α)
 α の値が小さくなりすぎると、単調になる。これは、 nX_p ゲームの醍醐味である回復のタイミングを計る必要がなくなってしまうからである。
- 飽き (大きすぎる β)
 β の値が大きくなり過ぎると、 α の値にもよるが、プレイヤーを飽きさせてしまう。勝敗の決着という区切りが必要である。

しかし、 α の下限値および β の上限値の具体的な値については個人差もあるであろうし、実験が必要である。今後、実験を行なって特定する。

5.1.3 状態遷移ゲームにおける UP の例

最適戦略をとるか ここでは回復のタイミングをどうするかが問題である。[4] では、プレイヤーは最適戦略が存在する場合多くの場合それにしたがって行動を選択することが確認された。これは、ルールが単純であるため、最適戦略が理解しやすいことによると推定される。

よって、このゲームにおけるバランスはプレイヤーが最適戦略をとることを前提とする。

勝敗の心理的影響 勝敗のバランスは、ゲームを長く続けてもらえるかどうか非常に大きく関わってくると予想される。例えば、何度も負け続けて勝てない場合明らかに勝てないと思えばあきらめてしまうだろうが、それでもプレイヤーが勝ち目があると感じられるなら続けるだろう。逆に一度目で簡単に勝ててしまいそれ以降も危なげなく勝ててしまう場合は、それっきりでやめてしまうかもしれない。

このように、勝敗のバランスはプレイヤーに大きな影響を与えるという仮説が成り立つ。

6 実験

5.1.3 節で立てた、勝敗のバランスがプレイヤーの感じ方の影響に対する仮説の実証のための実験を行なう。

6.1 実験手順

まず被験者に nX_p ゲームをプレイしてもらう。プレイの際、後に implicit response による分析を行うために行動のログを取っておく。もう一度続けるかどうかを決める際にどのような心理的要件が左右したのかを推測するため、ログを解析し分析を行う。この傾向をもとに、強さを調整し、再びプレイしてもらう。この際、最初のゲームと同じバランスのものも混ぜてそれぞれを評価してもらう。ここで最初と同じバランスのゲームと、新たに作り出されたゲームの評価を比較する。

この一連の流れを図5に示す。以下、各プロセスに付いての説明を行う。

6.1.1 テストプレイ

20人の被験者に nX_p ゲームをプレイしてもらう。勝敗が決まった後もう1回プレイするかどうかプレイヤーに尋ね、好きだけ繰り返してもらう。敵には3種類があり、ランダムで戦う相手が決定されるしくみとなっている。表2に実験で使用した

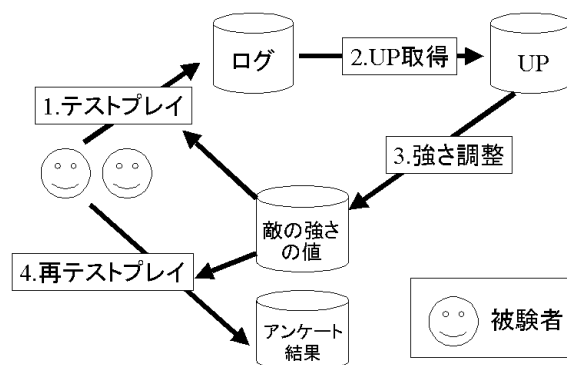


図 5: 実験手順の流れ

種類	α	β	C_{times}	a	δ
Type1	0.250	15	7	0.5	0.25
Type2	0.200	16	5	0.5	0.25
Type3	0.333	10	8	0.5	0.25

表 2: テストプレイに使用した数値

数値を載せる。Type1,Type2,Type3 は、それぞれ $4X_p, 5X_p, 3X_p$ ゲームに対応する。

6.1.2 UP 取得

実験で取得されたログを元に、分析を行う。本実験の目的は、勝敗がおよぼす心理的影響の検証であるため、各戦闘の勝敗の結果とそこで「もう一度やりますか」と聞かれたときのプレイヤーの選択の関連を調べる。この選択の際、プレイヤーはその戦闘での勝ち負けのみではなく、過去の勝敗の履歴にも影響することが予想される。そこで今回の実験では負ける回数が比較的多いため、被験者が直前に連続して負けた回数をもとに分析を行う。

その戦闘での勝敗と直前に連続して敗北した回数をもとに、そこで「もう一度やりますか」と尋ねられて「続ける」を選択した割合を求め、統計を取る。

なお、この実験では被験者がどの敵と戦っているかは分からないようにしているため、戦っている敵の種類は区別せず、勝負の結果だけを判断材料とする。

6.1.3 強さ調整

本実験では、 nX_p の n の値のみを変動させる。 n は α の逆数であるため、 α パラメータを変化させることに等しい。

自動プログラムで、テストプレイのシミュレー

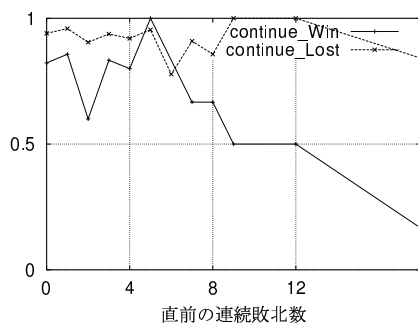


図 6: 連続敗北回数にもとづく続ける割合の分析結果

ションを行なう。このプログラムは戦闘を自動的に繰り返すもので、常に合理的な戦略をとる。勝敗が決まり、もう一度やるかどうかを尋ねられたとき、これまでの勝敗のログを参考に、前プロセスで得られた被験者の統計と照らし合わせた選択を行う。

ゲームを始めてから、何度か戦闘を行い、戦闘終了後に「やめる」を選択するまでを 1 シーケンスとし、5000 シーケンスを繰り返し、1 シーケンスあたりの平均戦闘回数を求める。

以上を、 n の値を細かく変化させ、勝敗の確率を変化させることによって行い、 n の変化と平均戦闘回数の関係を分析、 n の値を決定し、これを調整後の値とする。

6.1.4 再テストプレイ

被験者に、新たに調整したゲームをプレイしてもらう。敵の種類は、これまでの敵と調整後の敵を混ぜ、比較実験を行う。

被験者には、それぞれの敵の種類について「バランスがとれていて面白いと感じたかどうか」という質問に対して、5 段階 (1,2,3,4,5) で評価してもらう。

6.2 実験結果

6.2.1 UP 取得のための解析結果

解析結果を図 6 に示す。直前の連続敗北回数をもとに、「続ける」の選択率を表した。図中の continue-Lost はその戦闘でまた負けた場合、continue-Win はその戦闘でようやく勝てた場合の選択率である。

結果から読み取れる要素 「次勝ったらやめよう」と考えている人が多いためか、負ける回数を重ねると「続ける」を選ぶ人が多かった。同じ理由で何回も負けた後に勝つと、そこで終りにする人が多い。

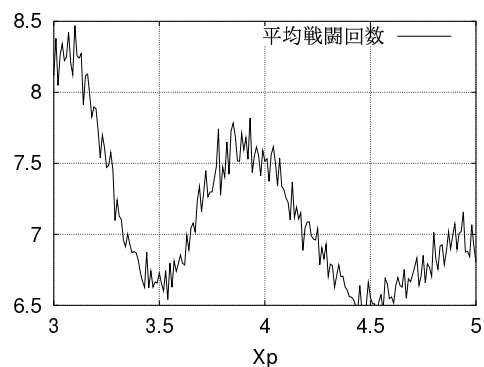


図 7: 強さ調整におけるシミュレーション結果

また、3つのゲームのうちでもっとも勝つのが難しいのは $3X_p$ ゲームであり、全戦闘回数のうちプレイヤーの勝率はわずか 12.40% ($4X_p$ ゲームは 37.23%, $5X_p$ ゲームは 83.72% であった) であるが、運によって勝てることもあるため、何度も繰り返しプレイを続ける人が多かった。

このことから、相手に「勝てそう」と思わせること、実際に勝てること、この二つが重要になると分かる。

6.2.2 強さ調整の結果

平均戦闘回数が大きい n の値が、プレイヤーにとって続けたいゲームであり、よいバランスであるという仮説をたてる。

$3.00 \leq n \leq 5.00$ の範囲で 0.01 刻みに n の値を変化させ、シミュレーションを行った結果を図 7 に示す。この図より、 $n = 3.0, 3.5, 4.0, 4.5$ 近傍でそれぞれ平均戦闘回数の変化が現れているのが分かる。

極大値を取るのは、最初の実験で行った Type1 ($n = 4.0$) および Type3 ($n = 3.0$) である。よって、これらのケースと極小値を取っている $n = 3.5$ および 4.5 を再テストプレイのデータとする。

6.2.3 再テストプレイ結果

被験者のうち 16 人にプレイしてもらった。この再テストプレイでは、最初のテストプレイと違い「タイプ 1」から「タイプ 4」まで被験者が戦っている敵の種類を明示する。自由な回数戦ってもらった後、バランスの評価をしてもらった。表 3 に 5 段階評価によるアンケート結果の点数の分布および平均点を示す。

評価	$3.0X_p$	$3.5X_p$	$4.0X_p$	$4.5X_p$
1	3	1	0	1
2	5	3	5	4
3	6	5	4	4
4	2	6	5	4
5	0	1	2	3
平均点	2.44	3.19	3.25	3.25

表 3: 5 段階方式アンケート結果による、各ゲームのバランスの評価

6.3 実験結果の考察

これより、被験者のアンケートから、 $3X_p$ と $4X_p$ の間で大きな差が出ていることが分かるが、これは数学的に大きなバランスの差が生じるため、それによるものと考えられる。

また、平均戦闘回数の長さとプレイヤーの感じ方には何らかの相関 (比例関係) があると仮定したが、今回の結果からはそのような傾向は見られない。これはプレイヤーが戦闘終了後「やめる」を選択する理由が様々であり、今回はその点の考察が十分になされなかったため、うまく調整を行うことが出来なかったと考察する。

プレイヤーが「やめる」を選択する理由は、様々である。これを調査するためには表面的な振る舞いだけではなく「なぜそのような選択をしたのか」をきちんと調査する必要がある。よって今後の課題としては explicit response に重点をおいて研究を進めたい。すなわち「やめなくなった、あるいは続けた理由」「各戦闘毎のバランスの感じ方の評価」などをダイアログで入力してもらい、これを分析に使用すればより深い考察が可能になることが期待される。

今回の再テストプレーで得た結果を元に、別の視点から検証することによって UP の有効性を確認していきたい。

7 おわりに

本論文では、RPG のバランスのために必要な要素を分析し、そこからバランス調整における UP の重要性を議論した。

2 節では、キャラクタの成長が RPG のバランスを考える上で重要になると述べた。成長という要素は、数学的な観点から見れば「攻略可能な強さになるために必要な条件」を求めることだけが必要であ

るように思える。しかし、実際には成長のスピードやその他多くの要素により、プレイヤーが楽しいと思うかどうかは数学的なものだけでは解決できない。このような点からも、「プレイヤーがどこを楽しいと感じるのか」という UP 取得の考え方は重要になってくると思われる。

また、3 節では、Closed RPG については外部との接触がないためバランス調整が特に重要であると述べた。Closed RPG は文字通り閉鎖系であるが、開発においてバランス調整を行う際には多くのテストプレイヤーが何度もテストプレーを行って調整する。すなわち系の外部との接触がない代わりに、開発時にテストプレイヤーという外部と接触をしていると考えることができる。本研究では、このプレイヤー (外部) のデータをあらかじめ UP として取得し、テストプレーを行う時に活用することによって、バランスのためにテストプレイヤーを拘束する時間を減少することを目指す。

このような UP の活用に向けて、今回は非常に単純なケースであるが実験を行い UP のバランス調整への適用を試みた。今後は、今回の実験結果を元に explicit response に重点をおいた実験を行い、さらなる検証を続ける。

参考文献

- [1] Wegner,P., Why interaction is more powerful than algorithms, pp80-91, Communications of the ACM, Volume 40, Issue 5, May 1997
- [2] 森川幸人『マッチ箱の脳 (AI) 使える人工知能のお話』(新紀元社,2000,ISBN4-88317-080-2)
- [3] 松原仁・竹内郁雄編『ゲームプログラミング』(共立出版,1998,ISBN4-320-02898-8) pp.118-127, 河合歩『マルチユーザーダンジョン (MUD)』
- [4] 高木幸一郎, 雨宮真人『ロールプレイングゲーム (RPG) の戦闘におけるバランス自動調整システム開発のための基礎的考察』(情報処理学会研究報告,2001-GI-5,pp31-38)