

2020年度 卒業論文

オートチェスにおけるコマ相乗効果シミュレーション
を用いたゲームバランス調整の研究

指導教員：渡辺 大地 教授

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト

学籍番号 M0117183

多原 聖生

2021年2月

2020年度 卒業論文概要

論文題目

オートチェスにおけるコマ相乗効果シミュレーション
を用いたゲームバランス調整の研究

メディア学部

学籍番号：M0117183

氏名

多原 聖生

**指導
教員**

渡辺 大地 教授

キーワード

オートチェス、タクティクス、ゲーム、
バランス調整、自動化

近年、スマートフォン向けアプリゲームで多数のオートチェスゲームが配信している。オートチェスのようなスマートフォン向けのアプリゲームでは、配信前にプロトタイプなどで確認と調整を行うのが一般的である。しかし、オートチェスは実際にプレイをしてデータを取るには多くの人と時間が必要となる。また、オートチェスではコマの性能や相乗効果の組み合わせによって、コマ自体の性能による強さや相乗効果によって強くなるコマに明確な差があるものが多く見てとれる。このことから、オートチェスのような昨今のゲームには複雑なものも多く、各パラメータを調整するバランス調整が難しくなっている。

本研究では、オートチェスにおけるコマのゲームバランスの調整をシミュレーターを使って行った。

手法として、様々なコマの組み合わせと配置を行い戦闘シミュレーションを行う。戦闘シミュレーションでは実際のオートチェスの戦闘に近づけるため、複数のコマの実装やスキルや相乗効果を実装した。シミュレーションからデータを収集し、いくつかの項目に評価基準を設け、基準値を超えるコマに対してそれぞれのコマの相乗効果に対応したパラメータを減らすことで調整を行う。調整後再度シミュレートを繰り返し、コマごとの強さの差を縮め、これらを自動化することを目標とする。

検証の結果から、シミュレートを使ってコマごとにパラメータの自動調整を行うことができたが、調整後も一部の項目においては基準値を超える結果となった。評価基準の再検討によってよりバランス調整の制度を高めることが期待できる。以上から簡易的ではあるがシミュレーションを用いてオートチェスのバランス調整の自動化を行うことができた。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景と目的	1
1.2	論文構成	3
第2章	オートチェスについて	4
2.1	オートチェスとは	4
2.2	オートチェスの流れ	4
2.3	オートチェスの共通ルール	5
2.3.1	プレイヤー	6
2.3.2	ゴールド	6
2.3.3	コマとアップグレード	6
2.3.4	相乗効果（シナジー）	7
2.3.5	戦闘	7
第3章	手法	9
3.1	提案手法	9
3.2	シミュレートに必要な条件	10
3.3	シミュレートで収集するデータ	11
3.4	コマの調整と評価基準	11
第4章	評価と分析	13
4.1	検証	13
4.2	シミュレーター	13
4.2.1	コマのステータス	14
4.2.2	種族と職業	14
4.2.3	相乗効果の内容	15
4.2.4	シミュレーターのフィールド	16

4.3	シミュレートにおけるコマの行動	17
4.3.1	移動	17
4.3.2	通常攻撃	17
4.3.3	スキルによる攻撃	17
4.3.4	コマのレベル	18
4.3.5	シミュレーターに実装しない要素	18
4.4	検証結果	19
4.5	考察	23
第5章	まとめと今後の展望	25
5.1	まとめ	25
5.2	今後の展望	25
	謝辞	27
	参考文献	28

目 次

4.1 コマのステータス画面	14
4.2 シミュレート画面	16
4.3 シミュレート上での相乗効果の表示	16

表目次

3.1	強いコマに対するステータスの調整値	12
4.1	相乗効果発動時の効果一覧	15
4.2	調整前の全体における勝率 (%)	20
4.3	調整後の全体における勝率 (%)	20
4.4	調整前の種族の相乗効果発動時における勝率 (%)	20
4.5	調整後の種族の相乗効果発動時における勝率 (%)	20
4.6	調整前の職業の相乗効果発動時における勝率 (%)	21
4.7	調整後の職業の相乗効果発動時における勝率 (%)	21
4.8	調整前の1回の攻撃あたりのダメージ	21
4.9	調整後の1回の攻撃あたりのダメージ	21
4.10	調整前の攻撃を受けた回数	22
4.11	調整後の攻撃を受けた回数	22
4.12	調整前の軽減したダメージと受けたダメージの和を最大体力で割った値	22
4.13	調整後の軽減したダメージと受けたダメージの和を最大体力で割った値	22
4.14	コマの種類ごとの最終的な調整内容	23

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景と目的

近年、スマートフォン向けアプリゲームで多数のオートチェスゲームが配信している。代表的な例を挙げると Auto chess[1]、Teamfight Tactics(TFT)[2]、Chess Rush[3]、 Might & Magic Chess Royale[4] などがある。オートチェスのようなスマートフォン向けアプリゲームでは、配信前にプロトタイプのようなもので確認と調整を行い、配信や実装を行うのが一般的である。しかし、オートチェスはゲームシステムの性質上、実際にプレイをしてデータを取るためには多くの人と時間が必要となる。そのため、データを十分に取るのが難しくなる。オートチェスについては 2 章で詳しく述べる。

オートチェスにおいてコマの性能や相乗効果によって組み合わせは多彩だが、コマ自体の性能による強さや相乗効果によるコマのステータス強化による強さに、明確な差があるものも多く見てとれる。また、オートチェスでは新規のコマが追加されることがあり、性能やステータスの設定によってはゲームバランスが簡単に崩壊することもある。しかし、新規のコマが持つ相乗効果を調整すると既存のコマの多くに影響を与えるため、より調整が困難となる。

オートチェスゲームの 1 つである TFT[2] は、ゲーム人口が世界一のオンラインゲーム League

of Legends (LoL) [5] を基に作られており、他のオートチェスゲームと異なり、ライブサーバーに実装する前にテストサーバーでデータを集めバランス調整を行っている。基となっている LoL も同じ方法でバランス調整を行っている。しかし、この TFT でも同様にバランス調整が難しいことから、ライブサーバーのデータを基に調整を行っているのが現状である。プレイヤーの代わりに戦闘でのデータを収集することが出来れば、人件費などの開発コスト削減にもつながる [6]。また、ゲーム開発者も様々な種類の組み合わせを実装したにも関わらず、ユーザーが強い組み合わせだけを使うというのは本意ではない。TFT の開発者はリリース最初期あらゆる状況に強い組み合わせや、ハードカウンター（相手の無力化に近い対策）を実装してしまいゲームバランスが崩れてしまっていたと述べている [7]。

ゲームバランス調整の先行研究には、RPG における 1 対 1 のコマンドバトルを被験者にプレイしてもらいデータと評価から調整する高木ら [8][9] のバランス調整の研究がある。また、逆転オセロニア [10] のようなスマートフォンゲームに多く存在する離散的なゲームの要素を際限なく扱える甲野 [11] の手法や、バランス調整のため戦術 AI を作成する中山 [12] の手法がある。AI はデジタルゲームにおいて、単純な動作から複雑な動作まで様々な役割を担うことができる [13]。バランス調整の延長として、難易度調整の研究にはゲームの特徴を抽出してクラスタリングする動的難易度調整 [14] や、ゲーム AI を協調行動を設計し簡易化させゲームの難易度調整の簡易化 [15] がある。戦闘などにおけるパーティ編成を探索する研究には、眞鍋ら [16] の遺伝的アルゴリズムを用いたバランス調整の研究があり、パーティ編成や戦闘に共通する様々なゲームに適用できる。対戦型格闘ゲームを題材としたバランス調整の研究には、観察用 AI を用いてゲームバランス分析を行う研究 [17] や Memetic アルゴリズムを用いてパラメータの最適化をしてバランス調整を行う研究 [18] がある。これらの研究はプレイヤーの戦術を学習させ、最適解を模索する手法であり、コマのパラメータを調整する目的の本研究とは趣旨が異なる。

本研究では、オートチェスのコマと相乗効果を実装した簡易的なシミュレーターを作成し、オー

トバトルによる戦闘シミュレーションを行い、戦闘を行ったコマから勝率や与えたダメージといった様々なデータをコマの種類ごとに収集し、評価基準を設け、特出したコマに対してパラメータの調整を行う。これを自動化し、戦闘におけるバランスの調整を行い、コマごとに適切な初期ステータスを設定することが本研究の目的である。この研究によって、データ収集と調整を自動化することで人の手による調整を必要とせず、同時に人件費などの開発のコストを削減することが出来ると考えた。

本検証では評価基準を勝率、1回の攻撃あたりのダメージ、攻撃を受けた回数、軽減したダメージと受けたダメージの和を最大体力で割った値の4項目を設定し、それぞれで基準値を超えるコマに対してパラメータを減らす方法で調整を行った。結果として、シミュレートを使ってコマごとのパラメータの自動調整を行うことは出来たが、攻撃を受けた回数と軽減したダメージと受けたダメージの和を最大体力で割った値の項目において調整後も基準値を超える結果となった。

1.2 論文構成

本論文は全5章で構成する。第2章でオートチェスについて述べ、第3章では提案手法について述べる。第4章では提案手法を用いた検証と考察について述べ、最後に第5章で本研究のまとめについて述べる。

第 2 章

オートチェスについて

2.1 オートチェスとは

オートチェスとは、元々は中国の開発会社 Dmodo Studio が Dota2[19] というゲームの MOD (modification の短縮形、主にパソコンゲーム用の改造データ) として作成した、カスタムマップ及びゲームモードである Dota Auto Chess[1] のことを指す。基となった本来の Dota2 は、5 対 5 の 2 つのチームに分かれて敵陣の本拠地を破壊するチームストラテジーゲームである。Dota Auto Chess 配信後、様々な種類の類似ゲームが配信したことから、それらの類似ゲームを総称して「オートチェス」と呼ばれている。

2.2 オートチェスの流れ

オートチェスでは、フリーフォーオール（自分以外のプレイヤー全員が敵の対戦形式）というゲーム形式を採用している。複数人のプレイヤーがラウンドごとにランダムで決まった 1 人の相手プレイヤーとの戦闘となりお互いに購入し配置したコマによるリアルタイムのオートバトルを行う。以下から本研究において、オートチェスの始まりから 1 人の勝者が決まる終わりまでのゲーム全体を「試合」、ラウンドごとのプレイヤー同士の戦いを「戦闘」、戦闘の中のコマ同士の戦いを「バトル」と呼称する。試合の基本的な流れは、

1. ラウンドごとにプレイヤーたちは一定のゴールドを貰う
2. ラウンドごとにショップでランダムに陳列するコマの購入やショップに並ぶコマの陳列の入れ替え、プレイヤーレベルの経験値の購入をゴールドを消費して行うことが出来る
3. 購入したコマは盤上の控えに移動し、盤上の自陣に配置することでそのコマは戦闘に参加出来るようになる
4. 購入したコマは売却することで購入に使用したゴールドの一部または全てが返ってくる
5. 戦闘に参加出来るコマの数はプレイヤーレベルと同じ数だけである
6. コマには個々の種族や職業があり、同じ種族や職業を持つ別々のコマを同時に出し、条件を満たすことで相乗効果が発動する
7. 相乗効果が発動すると、条件を満たしたコマ、または全てのコマのステータスが上昇する
8. コマの購入や売却、コマの配置や移動、これらすべての行動は一定時間内であれば何度でも行える
9. 既定の時間になると敵との戦闘となり、お互いのコマ同士で戦う
10. 相手プレイヤーとの戦闘に勝利すると相手プレイヤーの体力を減少させる
11. 対戦相手を替え、1 から 10 を繰り返し、体力がなくなったプレイヤーはその試合では敗退となる

上記を繰り返し最後のプレイヤーになるまで勝ち残るとというのが主な流れである。

2.3 オートチェスの共通ルール

ゲームタイトルによってルールは多少違うが、すべてのオートチェスゲームに共通するルールが存在する。

2.3.1 プレイヤー

プレイヤーとは、試合をプレイする自身と相手全員のことを指す。プレイヤーにはレベルが存在し、全てのプレイヤーは平等に試合ごとに初期レベルから始まる。プレイヤーのレベルは試合における一種のパラメータであり、自陣の戦闘に参加出来るコマの数を表している。ラウンドの終了時とゴールドで購入することで経験値を得ることが出来、経験値が規定値に達することでレベルが上昇する。

2.3.2 ゴールド

オートチェスにおいて、ゴールドやお金、あるいはそれに準ずるもの（以下ゴールドで統一）が必ず存在する。オートチェスではコマを購入することが出来るショップがあり、コマの値段に合わせたゴールドが必要となる。また、ショップに並ぶコマの陳列を入れ替えるためにもゴールドが必要となる。ショップに並ぶコマの数は1度に5体で同じコマが複数並ぶ場合もある。購入したコマは売却することで購入時のゴールドが一部または全て返ってくる。2.3.1項で述べたようにゴールドを使ってプレイヤー経験値を購入することが出来るというのは共通するが、ゲームタイトルによっては獲得経験値と必要なゴールド量が変わってくる。

2.3.3 コマとアップグレード

オートチェスのコマにはキャラクターのような個性があり、「コマの名前」、「種族」と「職業」、体力や攻撃といった「ステータス」、コマ固有の能力「スキル」が決まっている。ゲームごとに50種類以上の多種多様なコマが存在する。プレイヤーは複数のコマを購入し、自分のチームを編成して戦う。また、同じコマを3体購入することでコマをアップグレードすることが出来る。購入時のコマは全てレベル1のコマだが、3体のコマを1つにまとめ、アップグレードすることでコマをレベル2に強化することが出来る。コマをレベル3にするためにはレベル2のコマが3体必

要なため、レベル 1 が 9 体必要と言うことになる。レベルが上がったコマはステータスが上昇し、スキルの効果が上昇する。

2.3.4 相乗効果（シナジー）

オートチェスの醍醐味ともいえるのがコマ同士の相乗効果である。ゲームによってその名前は違うが、大別すると種族と職業があり、どのコマも必ず 1 種類以上の種族と 1 種類以上の職業を持つ（2 種類の種族や職業を持つコマも存在する）。同じ種族や職業を規定数（規定数は相乗効果によって異なる）盤上に配置することで相乗効果が発動する。種族の相乗効果の多くは味方全体に効果を与え、職業の相乗効果は味方のその職業のコマにのみ効果を与えるものが多い。相乗効果は種族と職業の数だけ存在し、同じ相乗効果でもコマの数が増えることでさらに高い効果を得ることが出来る。

2.3.5 戦闘

オートチェスにおける戦闘はラウンドごとに行い、プレイヤーが購入した味方のコマが自動で敵のコマを攻撃するリアルタイムオートバトルとなっている。

コマの戦闘では主に移動、攻撃、スキルの発動といった行動を行う。各コマには攻撃の届く距離が指定されており、その距離に敵のコマがないとき敵コマに近づくように移動する。攻撃の届く距離に近づいたコマは、敵のコマに対して攻撃を行う。スキルには自動効果と発動効果の 2 種類があり、自動効果のスキルは戦闘中常に効果のあるもので主にそのスキルを持ったコマのみに効果を与え、発動効果は MP を使用することで発動することのできる効果で敵または味方に効果を与える。MP は初期値から最大値まで溜める必要があり、攻撃を行うまたは攻撃を受けると溜まり、スキルを発動すると MP は 0 になる。

また、各ラウンドの戦闘終了後にコマの体力や戦闘中に変化したステータスは戦闘前の状態に

戻る。プレイヤーには持ち点が与えられており、戦闘に敗北すると、持ち点が減少する。つまり、ラウンドごとの戦闘による敗北は、試合全体においては敗北ではない。プレイヤーの持ち点がなくなるとその試合での敗北となる。ゲームによっては戦闘に勝利するで次のラウンドの初めに貰えるゴールドが増えるなどのボーナスがある。

第 3 章

手法

3.1 提案手法

本手法では、オートチェスの戦闘のシミュレートを繰り返し行うことで、どのコマを使ったのか、与えたダメージの量や受けたダメージ量、戦闘の勝敗などといった情報をデータとして収集した。様々な戦闘のシミュレーションを、コマと配置を変えて繰り返し、得たデータを読み取りバランス調整またその自動化を行った。また、提案手法として以下のような手順で行った。

1. 味方側と相手側のコマの数、コマの選択、配置を行う
2. オートバトルによる戦闘シミュレートを行う
3. シミュレート終了後、コマの種類ごとに勝敗や与えたダメージ、軽減したダメージなどをデータとして収集する
4. 1～3 を 100 回繰り返し収集したデータを基に、コマのステータスの調整を行う
5. 4 の調整後、1 に戻り再度シミュレートを行う
6. 調整を必要としなくなるまで 1～5 を続ける

3.2 シミュレートに必要な条件

シミュレートを行うための前提としてコマを実装する。コマには体力、攻撃、攻撃速度、防御の4つのステータスのパラメータを用意し、種族と職業を設定する。それぞれのステータスのパラメータの関係性については以下の通りである。攻撃によって受けるダメージの計算について、攻撃側のコマの攻撃 (AD) を A_a 、被攻撃側のコマの攻撃を受ける前の体力 (HP) を H_b 、攻撃を受けた後の体力を H'_b 、防御 (DF) を D_b とすると、式 (3.1) の計算式となる。

$$H'_b = H_b - A_a \frac{100}{(100 + D_b)}. \quad (3.1)$$

また、攻撃を行うための攻撃速度 (AS) は1秒間に攻撃できる回数を表したものであるため、攻撃をした後に次に攻撃をするまでにかかる時間 T_a は、攻撃を行うコマの攻撃速度を S_a とすると式 (3.2) の計算式となる。

$$T_a = \frac{1}{S_a}. \quad (3.2)$$

種族や職業が同じコマを複数戦闘に参加することで起こる相乗効果を設定する。相乗効果においても体力、攻撃、攻撃速度、防御の4種類を種族と職業で2つずつの合計8種類を用意する。また、敵味方のコマの数を同じにし、種族と職業の両方が一致する同じコマは戦闘に出すことは出来ないようにする。本来であれば同じコマを戦闘に出すことができるが、相乗効果とコマの性能のバランス調整を行う上で、正確なデータを得るのが困難になると判断したため、本研究では考慮しない。

3.3 シミュレートで収集するデータ

本シミュレート実行により、敵コマまたは味方コマのいずれかが全滅した時、全 16 種のコマごとに分けて、データを csv ファイルに書き込む。例えば、味方のコマが A, B, C で相手のコマが A, D, E で戦闘を行った場合、戦闘終了後に A, B, C, D, E の 5 種類のデータを収集する。この時、味方のコマ A と相手のコマ A は別々に 2 つのデータとして収集するが、同じ種類のデータとしてファイルにまとめる。ファイルデータは敵味方の区別をしない。また、以下のデータを戦闘を行ったすべてのコマから収集する。

- 戦闘の勝敗
- 攻撃回数
- 与えたダメージ
- 攻撃を受けた回数
- 軽減したダメージ
- 実際に攻撃を受けたダメージ
- 戦闘時の最大体力
- 味方のコマの種類
- 相乗効果の発動の有無

3.4 コマの調整と評価基準

3.3 節で収集したデータから勝率、戦闘におけるダメージ、被ダメージと軽減率を計算し、一定値を超える値を出したコマに対してステータスの調整を行った。以下 4 つの項目から強いコマを評価する。シミュレートを行い、それぞれのコマの 1 戦闘における勝敗から、コマの対応する種

族の相乗効果が2体以上発動した状況での勝率、コマの対応する職業が2体以上発動した状況での勝率、それらすべてを含めたすべての戦闘の勝率のいずれかで70%を超える、1戦闘あたりの1回の攻撃あたりのダメージが15を超える、1戦闘あたりの攻撃を受けた回数が20回以上、1戦闘あたりの軽減したダメージと受けたダメージの和を最大体力で割った値が1.7以上を基準に強いコマと評価する。そのコマの種類から種族がREDならば攻撃、BLUEなら防御、職業がHPなら体力、ASなら攻撃速度といったように、種族や職業に対応するステータスを体力は20、攻撃は2、攻撃速度は0.2、防御は5ずつ減らす。強いコマの評価基準に複数当てはまる場合、その数分だけ調整を行う。表3.1はそれぞれのコマの調整するステータスの値である。

表 3.1 強いコマに対するステータスの調整値

相乗効果の種類	相乗効果名	調整内容
種族	RED	攻撃-2
	BLUE	防御-5
	GREEN	体力-20
	YELLOW	速度-0.2
職業	AD	攻撃-2
	DF	防御-5
	HP	体力-20
	AS	速度-0.2

第 4 章

評価と分析

4.1 検証

本研究の提案手法を行うにあたって、オートチェスのシステムを簡易実装したシミュレーターを作成した。シミュレーターを使いオートチェスの戦闘のシミュレーションを行い、再現した戦闘結果のデータをコマごとに収集し、得たデータを基にコマの初期ステータスのバランスの調整を行った。

シミュレーターの作成には Unity[20] を用いた。このシミュレーターのコマには予め体力、攻撃、攻撃速度、防御といったステータスや攻撃範囲まで敵に近づくといった動き、種族と職業の情報などを導入しておく。種族や職業が一致したコマを盤上に配置すると相乗効果が発動する。また、コマにはそれぞれ固有のスキルをひとつ設定した。

4.2 シミュレーター

本シミュレーターで設定した内容をここでは述べる。

4.2.1 コマのステータス

本シミュレーターでは全てのコマは初期ステータスを統一し、体力:100、攻撃:10、速度:1.0、防御:30とした。また、ステータスの増減には別に増減ステータスを用意し、初期ステータスは不変とする。なお、調整の際のパラメータの減少は増減ステータスを減少させる。図 4.1 はシミュレーターでの初期ステータスと増減ステータスを表記した画面である。

HP	100
Add HP	0
AD	10
Add AD	-4
AS	1
Add AS	0
DF	30
Add DF	10

図 4.1 コマのステータス画面

全てのコマにはスキルを実装し、それに伴い発動に必要な MP を実装した。スキルに関しては 4.3.3 項で述べる。シミュレーション画面では体力と MP 量がわかるようコマにスライダーを付け、味方コマの体力を緑、敵コマの体力を橙と分け、視認できるようにした。また、コマが攻撃を行える距離を設定し、そのコマを中心とした 3 × 3 に統一する。

4.2.2 種族と職業

コマにはそれぞれ種族を 4 種類、種族ごとに職業を 4 種類の計 16 種類のコマを実装した。種族は RED、BLUE、GREEN、YELLOW の 4 種類と、職業は AD(Attack Damage)、DF(Defense)、HP(Hit Point)、AS(Attack Speed) の 4 種類である。シミュレーターではコマの色を分け、種族

は名前の色に、職業は桃が AD、紺が DF、橙が AS、深緑が HP、紺が DF を表している。同じ種族と職業のコマを戦闘に参加させることで相乗効果が発動する。シミュレーターに実装する相乗効果の内容は 4.2.3 項で述べる。

4.2.3 相乗効果の内容

シミュレーターには相乗効果を実装し、同じ相乗効果を持った別々のコマが 2 種類または 4 種類あるときに発動する。また、種族の相乗効果は味方の全てのコマに効果を与え、職業の相乗効果はその職業を持っている味方のコマ全てに効果を与える。表 4.1 はそれぞれの相乗効果発動時の効果である。本シミュレートで内では相乗効果のコマの数を画面上に表示し、左上には味方、右上には敵の相乗効果のコマの数を表示している。図 4.2 はシミュレート実行時の画面で、図 4.3 はシミュレートでの相乗効果の表示の様子である。

表 4.1 相乗効果発動時の効果一覧

相乗効果\コマの数	2 種類	4 種類
RED	攻撃 +5	攻撃 +10
BLUE	防御 +10	防御 +20
GREEN	体力 +50	体力 +100
YELLOW	速度 +0.25	速度 +0.5
AD	攻撃 +10	攻撃 +20
DF	防御 +20	防御 +40
HP	体力 +100	体力 +200
AS	速度 +0.5	速度 +1.0

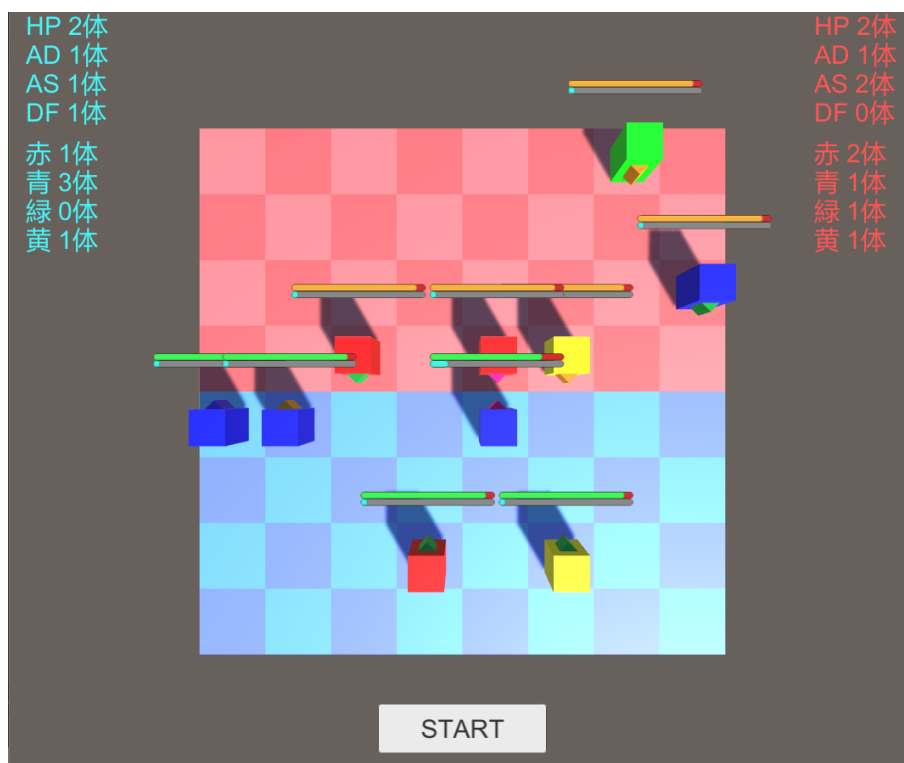


図 4.2 シミュレート画面

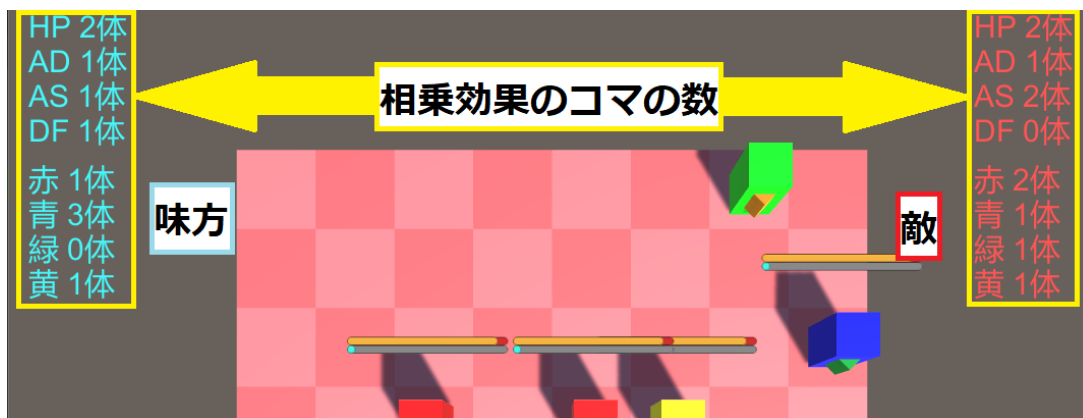


図 4.3 シミュレート上での相乗効果の表示

4.2.4 シミュレーターのフィールド

本シミュレーターでは 8×8 のチェス盤で戦闘のシミュレートを行った。また、手前の 4×8 のマスを目陣、奥の 4×8 のマスを目陣とし、味方のコマならば目陣、敵のコマならば目陣以外にコマの配置を行うことは出来ない。

4.3 シミュレートにおけるコマの行動

シミュレートにおいてコマの行動は

- 攻撃範囲内に敵コマがない時、一番近い敵コマに向かって移動
- 攻撃範囲内に敵コマがいる時、攻撃範囲内の一番近い敵コマを攻撃
- MP が最大値で敵コマを攻撃する時、敵コマをスキルで攻撃

以上の3つである。以降でそれぞれの行動について詳しく述べる。

4.3.1 移動

同じ距離に敵コマが複数いる場合、1体をランダムに選び移動または攻撃する。また、全てのコマは必ず1マスずつ移動し、斜めには移動できず4方向のみの移動が可能で、移動には1秒かかるように設定し統一した。

4.3.2 通常攻撃

コマの攻撃は3.2節の式(3.1)と式(3.2)で述べたように1秒間に攻撃できる回数を表す攻撃速度、相手にダメージを与える大きさの攻撃、相手から受けるダメージを軽減する防御によって計算されたダメージで、体力を減らしていく。

4.3.3 スキルによる攻撃

実装しているスキルは以下の通りである。

- 通常攻撃を行い、20の体力を回復する
- 相手の攻撃を30%下げ、自身には相手の低下した攻撃分を上昇し通常攻撃を行う（例えば

相手の攻撃が 10 の時、相手の攻撃を 3 低下し、自身の攻撃を 3 上昇する。その後通常攻撃を行う)

- 通常攻撃の 1.5 倍のダメージで攻撃を行う
- 通常攻撃を行った上で、相手のスキルの発動に必要な最大 MP を 1.3 倍する (最大 MP の増加は重複しない)

それぞれのスキルは上から種族 HP、AD、AS、DF のコマに割り当てる。スキルによって計算する値は全て小数点以下切り捨てとする。また、スキルの発動には MP を消費して通常攻撃の代わりに行う。全てのコマにおいて、初期 MP:0、最大 MP:50、攻撃する度に得る MP:10、攻撃を受ける度に得る MP:5 とした。MP が最大値の時の攻撃でスキルを発動し、発動後 MP は 0 となる。

4.3.4 コマのレベル

本シミュレーターにおいてコマのレベルは考慮しない。オートチェスでは、コマのレベルは 1 つ上がると 1 体のコマでレベル 1 のコマ 2 体以上の性能を持つものもあり、本研究のコマの性能差と相乗効果による差の判断をするのが困難になると考えたため、本シミュレーターでは排除した。

4.3.5 シミュレーターに実装しない要素

本研究においてオートチェスの要素であるゴールドやプレイヤーの体力、複数の敵プレイヤーといった要素は実装しない。本研究の目的はコマの強さを戦闘によるデータから検出し、コマの性能という面において大きな差ができないようにバランス調整をすることであるため、以上の要素は考慮せず排除した。

4.4 検証結果

まず提案手法を使わずシミュレーターを用いて戦闘シミュレーションを 100 回行った。表 4.2、表 4.4、表 4.6 は、調整前にシミュレーションを行った時のコマごとの全体の勝率、相乗効果発動時の勝率、表 4.8、表 4.10、表 4.12 は、1 回の攻撃あたりのダメージ、攻撃を受けた回数、軽減したダメージと受けたダメージの和を最大体力で割った値をそれぞれ表にまとめたものである (表 4.12 は小数第 3 位以下切り捨て、他小数第 2 位以下切り捨て)。

結果から、種族 GREEN 職業 AD のコマと種族 RED 職業 HP のコマの勝率が 70 %を超えていた。種族 AD のコマの多くも 1 回の攻撃あたりのダメージにおいて基準値を超えていた。また、職業 HP のコマは攻撃を受けた回数が 20 回以上、軽減したダメージと受けたダメージの和を最大体力で割った値が基準値を超えていた。上記の評価基準値を超えたコマのステータスの下げ、再度戦闘シミュレーションを 100 回ごとに行い、その都度ステータスを下げ、これを繰り返した。しかし、ステータスを最低限まで減らしても、勝率と 1 回の攻撃あたりのダメージ以外での規定値は超えてしまっていた。そのため、シミュレーション回数合計 700 回を最終的な結果として調整後のデータとした。

表 4.3、表 4.5、表 4.7 は、調整後にシミュレーションを行った時のコマごとの全体の勝率、相乗効果発動時の勝率、表 4.9、表 4.11、表 4.13 は、1 回の攻撃あたりのダメージ、攻撃を受けた回数、軽減したダメージと受けたダメージの和を最大体力で割った値をそれぞれ表にまとめたものである (表 4.13 は小数第 3 位以下切り捨て、他小数第 2 位以下切り捨て)。また、表 4.14 は最終的な調整内容をコマごとに表にまとめたものである。

表 4.2 調整前の全体における勝率 (%)

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	41.1	41.1	58.8	47.0
BLUE	47.0	52.9	58.8	23.5
GREEN	70.5	47.0	41.1	58.8
YELLOW	58.8	52.9	35.2	47.0

表 4.3 調整後の全体における勝率 (%)

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	54.4	49.0	62.3	51.8
BLUE	45.6	43.2	35.7	38.3
GREEN	57.0	48.4	50.0	55.2
YELLOW	60.0	42.5	52.6	53.2

表 4.4 調整前の種族の相乗効果発動時における勝率 (%)

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	42.8	42.8	54.5	53.8
BLUE	50.0	57.1	54.5	33.3
GREEN	64.2	60.0	50.0	61.5
YELLOW	57.1	61.5	35.7	50.0

表 4.5 調整後の種族の相乗効果発動時における勝率 (%)

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	61.2	63.2	67.9	60.5
BLUE	39.0	36.5	31.3	34.0
GREEN	60.0	54.7	53.2	63.2
YELLOW	60.6	47.3	56.3	55.0

表 4.6 調整前の職業の相乗効果発動時における勝率 (%)

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	36.3	36.3	76.9	46.1
BLUE	46.6	64.2	56.2	21.4
GREEN	75.0	61.5	46.6	53.8
YELLOW	58.3	55.5	30.0	46.6

表 4.7 調整後の職業の相乗効果発動時における勝率 (%)

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	55.1	49.2	59.2	51.2
BLUE	53.4	44.0	41.3	41.6
GREEN	63.1	47.7	51.1	56.1
YELLOW	61.4	39.5	58.0	53.8

表 4.8 調整前の 1 回の攻撃あたりのダメージ

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	9.4	9.2	9.4	9.8
BLUE	15.9	7.5	7.6	8.9
GREEN	16.3	9.2	7.3	8.7
YELLOW	14.0	8.7	7.0	8.6

表 4.9 調整後の 1 回の攻撃あたりのダメージ

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	13.8	7.8	7.0	10.4
BLUE	13.1	8.0	6.6	8.8
GREEN	12.9	7.7	4.9	8.9
YELLOW	13.0	7.7	8.0	8.8

表 4.10 調整前の攻撃を受けた回数

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	22.1	12.4	22.1	10.5
BLUE	10.0	12.5	25.9	10.4
GREEN	11.1	14.9	23.7	12.0
YELLOW	11.6	11.8	23.0	10.3

表 4.11 調整後の攻撃を受けた回数

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	13.1	13.9	20.7	10.8
BLUE	13.1	15.3	18.9	12.5
GREEN	14.3	16.6	20.6	13.8
YELLOW	13.0	13.8	20.7	13.0

表 4.12 調整前の軽減したダメージと受けたダメージの和を最大体力で割った値

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	1.76	1.53	1.76	1.24
BLUE	1.28	1.69	1.73	1.34
GREEN	1.27	1.37	1.75	1.46
YELLOW	1.33	1.59	1.76	1.39

表 4.13 調整後の軽減したダメージと受けたダメージの和を最大体力で割った値

相乗効果	AD	DF	HP	AS
RED	1.33	1.45	1.42	1.34
BLUE	1.33	1.60	1.75	1.37
GREEN	1.25	1.50	1.50	1.32
YELLOW	1.25	1.53	1.54	1.30

表 4.14 コマの種類ごとの最終的な調整内容

種族	職業	攻撃	防御	体力	速度
RED	AD	-4	0	0	0
	DF	-4	0	0	0
	HP	-8	-25	-20	0
	AS	0	0	-20	0
BLUE	AD	-4	0	0	0
	DF	0	0	0	0
	HP	-2	-15	-80	0
	AS	0	0	0	0
GREEN	AD	-4	0	0	0
	DF	0	0	0	0
	HP	-4	-25	-40	0
	AS	0	0	0	0
YELLOW	AD	-4	0	0	0
	DF	0	0	0	0
	HP	0	-25	-40	0
	AS	0	0	0	0

4.5 考察

4.4 節から、本手法を用いた結果、シミュレーションを用いてパラメータの調整の自動化を行うことができ、勝率と1回の攻撃あたりのダメージ量において、評価の基準値を下回る結果となり調整は成功していると考えられる。しかし、攻撃を受けた回数と軽減したダメージと受けたダメージを足して最大体力で割った値に関しては、HPの職業のコマに設定したスキルが体力を回復するスキルだったため、調整後も基準値を下回らなかったと考えられる。

本研究のシミュレーションでは基本的なデータのみを扱ったが、実際のオートチェスゲームの試合において、不平等な条件での戦闘が少なからず存在し、不確定要素も多数存在する。評価基準の再検討や、今回考慮しなかったコマの出現率やレベル、コマの価値など実際のオートチェス

にある要素を組み込むことで、より複雑化するがバランス調整をより正確に行えるのではないかと考える。

第 5 章

まとめと今後の展望

5.1 まとめ

オートチェスのような昨今のゲームは複雑なものが多く、各パラメータを調整するバランス調整が難しくなっている。オートチェスは、実際にプレイをしてデータを取るには多くの人と時間が必要とする。また、オートチェスでは新規のコマが実装されることがあり、その際に初期ステータスなどの設定によっては簡単にゲームバランスが崩れてしまう。新規のコマの相乗効果を調整するのは既存のコマの多くに影響を与えるため、調整はより困難となる。このことから、本研究ではシミュレーションによるデータ収集を基に、コマごとの適切なパラメータの自動調整を行うことを目的とした。結果として、本検証において設定した評価基準とコマのスキルによって完全なバランス調整を行うことができなかったが、シミュレートを使ってコマごとにパラメータの調整を繰り返し行うことができ、これを自動化することが出来た。

5.2 今後の展望

今回私の研究で作成し使用したシミュレーションは簡易的なものであり、実際のゲームの要素をすべて含んでいるわけではない。実際のゲームを利用してシミュレートを行いデータを収集するのが理想である。今後は、評価基準の再検討により精度を高め、実際のゲームシステムを導入

してシミュレーションを行えるよう発展させたいと考える。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、様々なご指導、ご鞭撻を賜りました、渡辺研究室教授渡辺先生、実験助手阿部先生に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Auto chess - official website. <https://ac.dragonest.com/en>. 参照: 2021.1.12.
- [2] チームファイト タクティクス—リーグ・オブ・レジェンド. <https://jp.leagueoflegends.com/ja/featured/events/teamfight-tactics>. 参照: 2021.1.12.
- [3] Chess rush — fast & fair auto battler. <https://www.chessrushgame.com/>. 参照: 2021.1.20.
- [4] Might & magic chess royale - 「might & magic:chess royale」. <https://www.epicgames.com/store/ja/product/might-and-magic-chess-royale/home>. 参照: 2021.1.20.
- [5] リーグ・オブ・レジェンド. <https://jp.leagueoflegends.com/ja-jp/>. 参照: 2021.1.12.
- [6] 眞鍋和子. 遺伝的アルゴリズムによる人工知能を用いたゲームバランス調整. *CEDEC*, No. 40, 2017.
- [7] /dev: Tft セット 1 から学んだ教訓—リーグ・オブ・レジェンド. <https://jp.leagueoflegends.com/ja-jp/news/dev/dev-tft-set-1-learnings/>. 参照: 2021.1.14.
- [8] 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. ゲームプログラミングワークショップ論文集, No. 14, pp. 183–186, 2001.

- [9] 高木幸一郎, 雨宮真人. 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. 情報処理学会研究報告ゲーム情報学 (GI) , No. 6-9, 2001.
- [10] 逆転オセロニア—ドラマチック逆転バトル. <https://othellonia.com/>. 参照: 2021.1.12.
- [11] 甲野佑, 田中一樹, 岡田健, 奥村 エルネスト純. '逆転オセロニア'における深層強化学習応用. デジタルプラクティス, Vol. 10, No. No.2, 2019.
- [12] 中山心太. 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. プログラミング・シンポジウム予稿集, No. 56, pp. 143–150, 2015.
- [13] 三宅陽一郎. デジタルゲームにおける人工知能技術の応用. 人工知能学会誌, Vol. 23, No. No.1, pp. 44–51, 2008.
- [14] 阿保達也, 松原仁. ゲームプレイ特徴のクラスタリングによるローグライクゲームの動的難易度調整. ゲームプログラミングワークショップ論文集, pp. 155–160, 2019.
- [15] 佐藤悠. 協調ユーティリティを用いたゲーム ai の調整の簡易化. 第 75 回全国大会講演論文集, pp. 105–106, 2013.
- [16] 眞鍋和子, 三宅陽一郎. 遺伝的アルゴリズムを用いたプレイヤーエージェントによるデジタルゲームのバランス調整. *SIG-SAI*, Vol. 30, No. 2, pp. 1–6, 2017.
- [17] 山本界人, Ruck Thawonmas. Stga を適用した観察用 ai を用いた自動ゲームバランス分析. 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, 2014.
- [18] 鴛海太一, 福田直樹. Memetic algorithm に基づくプレイヤーの習熟度を考慮したゲームバランス調整機構の試作. 第 79 回全国大会講演論文集, Vol. 1, pp. 477–478, 2017.
- [19] Dota 2. <https://blog.dota2.com>. 参照: 2021.1.14.
- [20] Unity real-time development platform—3d, 2d vr & ar engine. <https://unity.com/>. 参照: 2021.1.14.