

2021年度 卒業論文

TCGの限定戦における
NPCによるデッキ制作の実現に関する研究

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 M0118187
寺村 天樹

2022年2月

2021 年度 卒 業 論 文 概 要

論文題目

TCG の限定戦における
NPC によるデッキ制作の実現に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0118187

氏
名

寺村 天樹

指導
教員

渡辺 大地 教授

キーワード

TCG、限定戦、デッキ制作、NPC、マナカーブ

トレーディングカードゲームには、自分が持っているカードからデッキを作って戦う構築戦というルールに加え、その場で用意されたカードを使い、即席のデッキを作って戦う限定戦というルールが存在する。限定戦は、構築戦とは違う独特な楽しみ方から根強い人気がある。しかし、デッキ制作のルールが構築戦と異なるため、構築戦用のデッキを作る時とは違うテクニックやコツが必要となる。そのため、構築戦で長年遊んできたプレイヤーであっても、限定戦のデッキ制作は難易度が高いと言われている。また、勝てるように繰り返し練習したくても、そのための環境構築はとても難しい。その結果、勝てないため遊ばないというプレイヤーも多い。

本研究では限定戦に対応した NPC 戦があれば、初心者などが最低限のテクニックを身につけることができるのではないかと考えた。限定戦に対応した NPC 戦を実装するために、まずは NPC が限定戦に対応したデッキを構築できることを目標とした。そこで、あらかじめカードごとに評価値を設定しておき、その評価値を元にデッキを作成する NPC を考案した。さらに、実験用のデッキ制作ツールとカードゲームを制作し、「マナカーブを調整するコツ」「選択肢の評価が同じ時の判断基準」という 2 つの観点から検証を行った。結果として、「マナカーブを調整するコツ」に関しては提案手法により、若干ではあるもののマナカーブを調整することができた。「選択肢の評価が同じときの判断基準」の検証では、選択肢の最低評価が高いものを選択した方が、より勝率の高いデッキを作ることが出来るという結果となった。最後に、2 つの検証結果を踏まえた NPC を作成し、検証結果を取り入れず、ただ評価値が高い選択肢を選ぶ NPC が作ったデッキと対戦させた。結果として、検証結果を取り入れず、ただ評価が高い選択肢を選ぶ NPC が作ったデッキのほうが勝率が高かったため、本研究で提案した手法が勝率を高めるとは言い切れない結果となった。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景と目的	1
1.2	論文の構成	4
第2章	デッキ制作やゲームのルール	5
2.1	元にするゲーム	5
2.2	デッキ制作のルール	6
2.3	カードの種類	7
2.4	カードの使用について	8
2.5	カード同士の戦闘について	9
2.6	デッキ切れについて	9
2.7	ゲームの流れ	9
第3章	研究手法	10
3.1	NPCがデッキ制作中に行う判断基準	10
3.2	manaカーブを調整するコツの再現	10
3.3	2つの選択肢の評価が同じ状況での判断	15
第4章	検証と考察	16
4.1	manaカーブ調整手法の検証	16
4.2	manaカーブの調整手法に関する考察	17
4.3	2つの選択肢の合計評価値が同じ状況での判断に関する検証	17
4.4	2つの選択肢の合計評価値が同じ状況での判断についての考察	18
4.5	2つの実験結果を踏まえて制作したNPCの検証	19
4.6	2つの実験結果を踏まえて制作したNPCに関する考察	20
第5章	まとめ	21
	謝辞	23
	参考文献	25

目次

2.1	ゲーム実行画面：デッキ制作	7
2.2	ゲーム実行画面：対戦	8
3.1	manaカーブの例	11
3.2	2Pick のデッキ制作中におけるmanaカーブの例	13

表 目 次

3.1	各コストの理想の枚数範囲	12
3.2	設定した範囲内におさまったコストの数の平均	14
4.1	NPC-A が作ったデッキの勝率	17
4.2	NPC-C が作ったデッキの勝率	18
4.3	NPC-E が作ったデッキの勝率	19

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景と目的

トレーディングカードゲーム（以下 TCG とする）とは、トレーディングカードと呼ばれる専用のカードを用いてデッキと呼ばれるカードの束を作成し、2 人以上で対戦を行うゲームである。アメリカで生まれた「Magic: The Gathering」[1] が発祥とされており、日本でも「遊☆戯☆王オフィシャルカードゲーム」[2] や「ポケモンカードゲーム」[3]、「デュエルマスターズ」[4] など多くの TCG が生まれている。TCG には、デジタルカードゲーム（以下 DCG とする）と呼ばれるデジタルゲームも存在する。DCG には「遊戯王 デュエルリンクス」[5] や「デュエルマスターズ プレイス」[6] といった既存の TCG を再現した物や、「Shadowverse」[7] や「Hearthstone」[8] といったオリジナルのゲームも存在する。特に後者のようなオリジナルの DCG は、e-Sports のタイトルとしても採用されている。昨今の新型コロナウイルスの流行から、DCG の利点であるインターネットを用いて世界中のプレイヤーと対戦することができるという点は注目されており、公式・非公式ともに多くの大会が開催されるようになった。DCG にはプレイヤー同士で対戦するほか、コンピューターが操作するノンプレイヤーキャラ（以下 NPC とする）と対戦する機能も存在する。NPC との対戦は、初心者が最低限のコツを身につけるための練習相手、もしくはアニメなどのキャラクターと対戦できる機能として利用されている。

TCG は自分の所有しているカードからデッキを作り、対戦するのが基本ルールとなっている。これを構築戦と呼ぶが、構築戦とは別に限定戦と呼ばれるルールが TCG には存在している。限定戦の細かいルールはゲームによって異なるが、その場で用意されたカード群から即席のデッキ

を作って戦うというのが基本のルールとなっている。そのため、限定戦では自分が所有していなかったカードが使えたり、構築戦では弱いとされるカードが強くなったりと、独特の楽しみ方から根強い人気を誇っている。また、初心者のプレイヤーと長年遊んでいるプレイヤーではカードの所有枚数が異なるため、初心者プレイヤーのデッキの完成度が低くなってしまふことがある。デッキの完成度とは、TCGにおいてデッキの質の高さを示す言葉である。初心者のプレイヤーはカードの所有枚数が少ないため、作りたいデッキがあったとしても、必要なカードが足りず、本来デッキに入れたいカードよりも弱い間に合わせのカードを入れなければならない。TCGにおいて、デッキの完成度は勝敗の半分を決めていると言われている。そのため、構築戦においてデッキの完成度という面においてハンデを持つ初心者は、カードの所有枚数が増えるまで、長年遊んでいるプレイヤー相手には勝ちづらい。しかし、限定戦はその場で用意されたカードを使うため、それまでのカード所有状況は関係がなくなる。そのため、初心者と長年遊んできたプレイヤーとの間にあるカードの所有枚数の差に生じるハンデがなくなる。DCGではこの特性を活かし、ゲームを始めたばかりのプレイヤーは基本的なルールを覚えたら、まずは限定戦をやってほしいと進めるユーザーも多い。DCGでの限定戦の多くは遊ぶためにゲーム内アイテムや通貨を使う必要はあるものの、規定以上勝つと消費した以上のアイテムもらえる仕様になっており、初心者が所有カードを増やす1つの手段としても貢献している。一方で、構築戦とは異なるルールやカードで即席のデッキを作るという関係上、限定戦はどのTCGにおいてもデッキ制作の難易度が高いとされている。構築戦を長年遊んだプレイヤーであっても、限定戦で勝つことができるデッキを作ることは難しい。そのため、限定戦を遊んでみたが、難しくて勝てないため遊ばなくなったといったプレイヤーも数多く存在している。また、限定戦を上手くなりたいと思ったとしても、そのための練習環境を用意するのは容易ではない。例えば、DCGでは初心者のプレイヤーがルールやテクニックを覚えられるようなNPC戦が実装されているが、これは構築戦を対象としており、限定戦に対応したNPC戦の実装例は今のところ存在していない。さらに、限定戦を遊ぶためにはゲーム内アイテムや通貨などが必要な為、アイテムが無くなってしまつてはそもそも遊ぶこと

すら出来なくなってしまう。このように、上手くなるために練習環境を用意したくても、簡単には用意できないという問題も発生している。

近年、TCG は様々な視点から研究が行われている。多く研究が行われている視点として、デッキ制作や NPC などの実際の対戦に深く関わるものがある。山田ら [9] はデッキ内で 2 枚のカードが隣接していることが勝率にどの程度影響を与えるかを測定することで、カード間の相性を測定する方法を提案した。勢川 [10] は TCG における性格によって戦い方が変化する場面を定義し、その部分を調整することでキャラクターらしさを表現できる AI の設計手法を提案した。高橋ら [11] はゲーム開始時の初期手札の枚数の差がどのように勝率に関わるかを、サンプリング手法を用いて調査し、数値化した。小林 [12] は勝負が拮抗しているほど良い対戦であると仮定し、対戦中の優劣を測定し、拮抗した対戦を実現するアルゴリズムを提案した。野瀬ら [13] は対戦開始時のデッキシャッフルという点に注目し、シミュレーションプログラムを用いてシャッフルの各手法の比較、考察を行った。また、カメラからカードを認識し、その情報を用いて新しい楽しみを提供するという研究も多く行われている。本園ら [14] は SURF 特徴量を用いたカード認識システムを提案した。真崎ら [15] は現実のカードを画像で認識し、現実のカードを使ったオンライン対戦を実現するための実験を行った。鈴木ら [16] は拡張現実を使い、プレイヤーや観戦者が直感的に状況を理解し、TCG の対戦をより楽しむためのシステムを提案した。これまで上げた視点以外にも、新規 TCG を作成するための補助ツールや、近年話題となっている TCG の中古市場に注目した研究もある。隅田 [17] は新たな TCG を素人が作成するためのツールを開発することを目指し、既存 TCG の分類分けを行っている。穴戸ら [18] は TCG の中古市場に注目し、機械学習を用いて価格高騰要因の分析を行っている。しかし、これらの研究は主に構築戦を主眼にしているものが多く、限定戦に着目したものがない。そこで、本研究では限定戦に着目し、限定戦を遊ぶプレイヤーの支援に繋がる研究を行う。

本研究では、限定戦にも NPC 戦があれば最低限のコツを見につけるための練習相手となり、限定戦の練習をしたいプレイヤーの支援につながるのではないかと考えた。限定戦では、プレイ

ヤーがあらかじめデッキを作った状態から始まる構築戦とは違い、デッキ制作を行うところからゲームが始まる。また、デッキの完成度が対戦結果に出やすいため、限定戦でのプレイヤー支援を NPC 戦で行う場合、デッキ制作の過程から支援する必要がある。そのため、限定戦での NPC 戦には、デッキを作る NPC と、そのデッキを使って対戦する NPC という 2 つの NPC が必要であると考えた。本研究では NPC が限定戦に対応したデッキを制作することを目指し、そのための手法を提案する。TCG のカードには、プレイヤーがカードごとに個別に性能を評価し、数値化やランク付けすることが多い。本研究ではカードごとに 0.5 点単位で評価値を設定し、その評価値を元に NPC がデッキを制作するという手法を提案する。評価値が高いカードを選ぶだけでは、限定戦に適したデッキを作ることは難しい。そこで、デッキの作成途中でカードの評価値や選択基準を変えることで、より限定戦に適したデッキを制作できる NPC を作成することを目標とする。結果として、本研究で提案した手法では、「マナカーブの調整」という点は、若干ではあるものの実現することができた。また、「評価値が同じ場合の判断」という点においても、明確な基準を作ることが出来た。しかし、これら 2 つの要素を組み込んだ NPC と、組み込まなかった NPC がそれぞれ制作したデッキを対戦させたところ、組み込まなかった NPC のほうが勝率が高いという結果となった。検証用のゲームは簡易的なものであり、用意したカード群は、単純なピックアップ基準に基づいても限定戦に適したデッキが作成出来る確率が高いものであった。そのため、より複雑になっている実際のゲームに適応するためには、カード群選定の見直しや、カードの種類を増やした状態での検証が必要という結果になった。

1.2 論文の構成

本論文は、本性含めて全 5 章で構成する。2 章では本研究で使用するデッキ制作やゲームのルールについての説明を行う。3 章では本研究手法である限定戦に対応した NPC の、評価基準や判断基準についての説明を行う。4 章では 2 章で説明したゲームに 3 章で説明した NPC をつかって検証と考察を行う。最後に 5 章で本研究についてまとめる。

第 2 章

デッキ制作やゲームのルール

2.1 元にするゲーム

限定戦はゲームによって細かいルールが異なる。本研究では既存ゲームの内、Shadowverse での限定戦にあたる「2Pick」を元に一部簡略化したゲームを制作した。今回 Shadowverse を選んだ理由は 2 つある。1 つ目の理由は定期的に限定戦ルールの大会を開催しているからである。Shadowverse は 2016 年のリリース以降、オンライン・オフライン問わず、様々な大会を開催している。その中に毎週定期的に行われている公式大会として「JCG Shadowverse Open」[19] がある。この大会は株式会社 JCG が主催する Shadowverse の公式オンライン大会である。Shadowverse がリリースされてわずか 2 ヶ月後には第一回大会が開催されており、今も週に 4 回、定期的に大会を開催している。さらに、週に 4 回ある大会のうち、「2Pick」がルールとして適用された大会も、毎週 1 回開催されている。他の TCG でも限定戦の大会を開催しているが、Shadowverse ほど定期的に限定戦の公式大会を開催することはない。このことから、他の TCG の限定戦に比べ、Shadowverse の限定戦である「2Pick」は 1 つのゲームモードとして人気があることがわかる。2 つ目の理由はゲーム全体での競技人口の多いからである。先述の通り、Shadowverse は定期的に開催されている大会が多く存在するが、その参加者数もとても多い。例えば、2020 年 1 月に行われた「RAGE Shadowverse 2020 Spring バトルフェスティバル powered by SHARP」では、「オンライントレーディングカードゲームを同時に同一会場でプレイした最多人数 (6374 人)」と、「同一会場でプレイしたオンライントレーディングカードゲームの最多エントリー数 (1 万人越え)」という記録がギネス世界記録に認定された [20]。この大会のルールは構

築戦ではあるものの、大会参加者数でギネス記録に選ばれるほどの競技人口が Shadowverse には存在していると言える。さらに、Shadowverse は非公式の大会も盛んに行われている。中には非公式ながら数百人が参加した大会も存在しており、競技人口がとても多いことがわかる。これら 2 つの理由から、本研究では Shadowverse での限定戦である「2Pick」を元にしたゲームを制作し、実験に使用することにした。

2.2 デッキ制作のルール

本研究で使用するデッキ制作は以下の手順で行う。

1. あらかじめ用意したカードの中から、2 枚 1 組でランダムにカードが選出される
2. 2 つの組み合わせのうち 1 つを選択する
3. 1 と 2 を 15 回繰り返す、30 枚のデッキを構築する

なお、本来の 2Pick のデッキ制作では順番ごとにカードの選出基準が変わるが（1 回目は最高レアリティ確定等がある）、本実験ではすべてランダムで選出する。また、デッキ制作手順 1 にて選出する 4 枚のカードは、すべて違うカードになる。図 2.1 は、実際のデッキ制作中のゲーム画面である



図 2.1 ゲーム実行画面：デッキ制作

2.3 カードの種類

本研究で使用するゲームでは、モンスターカードというカードのみを使用する。モンスターカードは相手のモンスターカードや相手プレイヤーへ攻撃することが可能なカードで、コスト・攻撃力・HP の 3 つの数値をパラメーターとして持っている。コストはモンスターカードを使う際に参照する数値で、弱いカードほどコストが低く、強いカードほどコストが高い。攻撃力と HP は攻撃した際に参照する数値である。

本ゲームではカードの状態によって置かれる場所が決まっている。領域には「山札」「手札」「場」がある。「山札」はデッキを置く場所のことで、「山札」に置かれるデッキは裏向きに置かれ、次に引くことができるカードはわからなくなっている。「手札」はデッキから引いたカードを置く場所のことで、モンスターカードを出すという行動は手札にあるカードからのみ行うことができる。「場」は手札から出されたモンスターカードを置く場所のことで、場のモンスターカードは相手のモンスターカードや相手自身に攻撃することができる。本研究ではモンスターカードで攻撃することをアタック、モンスターカードにアタックをし、2 枚のモンスターカード同士で勝ち負け

を決める処理をバトルと呼ぶ。また、モンスターカードは場に出した手番にアタックすることは出来ない。以下の図 2.2 は、実際の対戦中のゲーム画面である。下半分が自分、上半分が対戦相手のフィールドとなっている。



図 2.2 ゲーム実行画面：対戦

2.4 カードの使用について

本ゲームでカードを使用する際、プレイヤーごとに設定したマナと呼ばれる数値を、カードに設定したコストの数と同じ数値だけ消費することで使用することができる。マナとは TCG によく用いられる要素のことで、カードを使用する際、カードごとに設定されたコストと同じ数だけのマナを消費する。本ゲームでは、開始時のマナの上限は 0 に設定しており、自分の手番が回ってくると同時に上限が 1 増え、その後上限分まで回復する。また、マナの最大値は 10 となっており、上限が 10 になった後に自分の手番が回って来ても、上限は増えず、マナが 10 回復するだけになる。

2.5 カード同士の戦闘について

プレイヤーが場にあるモンスターカードの攻撃対象を、相手の場にあるモンスターカードにした場合、2枚のモンスターカード同士でのバトルの処理が行われる。バトルの処理では、2枚のモンスターカードにそれぞれ設定している HP の数値を、もう片方のモンスターカードの攻撃力の数値分減らす。その後、HP が 0 になったモンスターカードは破壊とみなし、場から離れる。

2.6 デッキ切れについて

デッキの枚数が 0 枚になることを TCG や DCG ではデッキ切れと呼ぶ。この状態になったプレイヤーは敗北となるルールが多い。本ゲームでもデッキの枚数が 0 枚になった状態でカードを引こうとした時、そのプレイヤーの敗北としている。

2.7 ゲームの流れ

ゲームの流れは以下の通りである。

1. 先攻・後攻を決め、デッキをシャッフルした後、初期の手札としてカードを 3 枚引く
2. マナの上限を 1 増やした後上限分まで回復し、デッキからカードを 1 枚引く（後攻最初の手番は 2 枚）
3. 手札からモンスターカードを出したり、場のモンスターカードで相手プレイヤーや相手の場にあるモンスターカードにアタックしたりすることが出来る
4. 相手に手番を渡す

2~4 をどちらかのプレイヤーのライフが 0 になるまで繰り返す。本研究では、1 つの手番をターンと呼ぶ。また、ゲーム開始時のライフは 20 とする。

第 3 章

研究手法

3.1 NPC がデッキ制作中に行う判断基準

デッキ制作を NPC が行う場合、制作前にカードごとの評価が必要となる。本研究では、あらかじめカードごとに 0.5 点単位で評価値を設定し、その評価値を元にどちらのカードを選ぶのが良いかを判断する。本研究で制作したゲームは 2 枚 1 組の選択肢の中から選ぶ形式である為、本手法では、2 枚の評価を足して合計評価値を算出し、合計評価値の数値が高いものを選択する。また、今回制作したゲームのような、ランダムに選出したカードの中からデッキに加えるカードを選択するというルールの場合、デッキ制作工程の状況に応じて、プレイヤーはカードの評価を変えることがある。さらに、合計評価値が同じ場合、どちらの選択肢を選べば良いのかという点は、人がデッキを作る際にも非常に難しい問題である。本研究では「マナカーブを調整する」「両方の選択肢の評価が同じ場合どちらを取るのか」という 2 つの点を調整・判断できる NPC の実装を目指し、その手法を提案する。

3.2 マナカーブを調整するコツの再現

限定戦でのデッキ制作時に使われるテクニックやコツはプレイヤー同士で共有している。多くのプレイヤーが共有したテクニックやコツの中には、共通している部分も多くある。その中でも多くのプレイヤーが口をそろえて言うテクニックが「マナカーブを意識する」というものである。

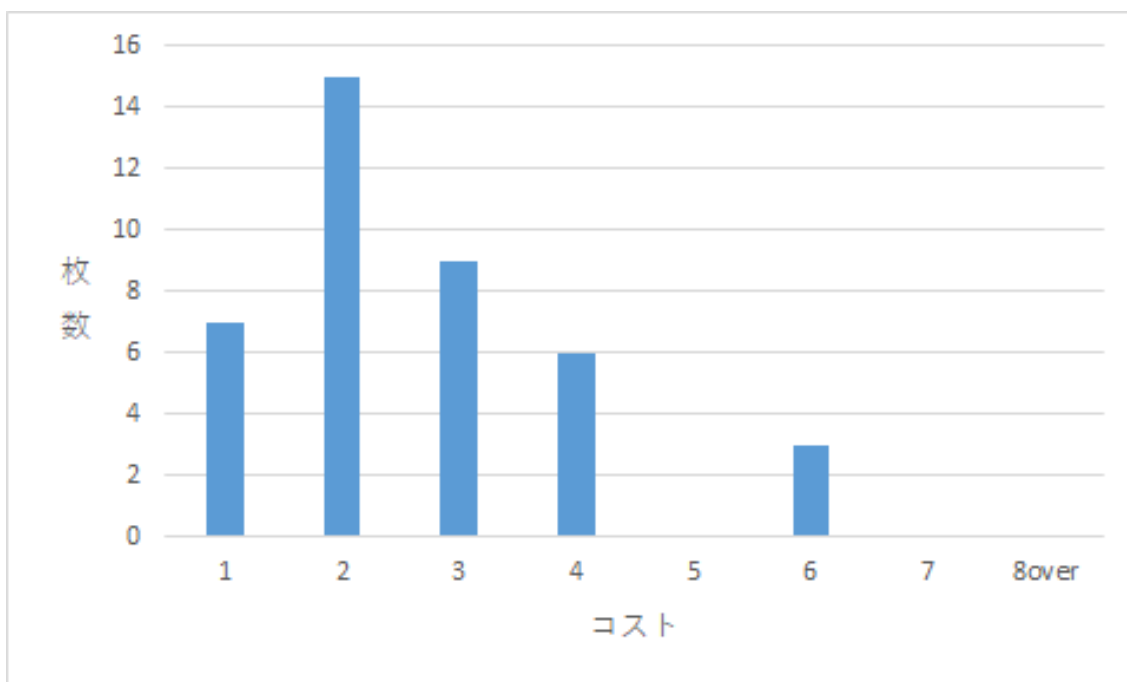


図 3.1 マナカーブの例

図 3.1 は、実際の TCG のデッキのコストごとのカードの枚数をグラフにしたものである。マナカーブとは、デッキ内のカードをコストが低い順に並べ、それぞれのコストの枚数をグラフにしたときにきれいなカーブを描くことからつけられた TCG 用語である。多くの TCG では、デッキ内のコストごとの枚数分布を示す言葉として使われている。TCG の多くはマナというリソースとコストが存在し、コストと同じ量のマナを使わなければカードを使用することはできない。基本的にはコストが高いカード程強いとされているが、マナが 1 ターンに増える数には限りがある。そのため、コストが高いカードばかりではマナが溜まるまでカードを使うことが出来なくなってしまう。逆に、コストが低いカードばかりでは、対戦が長引くほど相手の高コストカードに対応出来なくなってしまう。このように、TCG でデッキを作る場合はコンセプトに合わせたマナカーブを意識する必要がある。限定戦でのマナカーブはルールやデッキごとに細かい差異はあるものの、どのルールでも序盤に使えるカードがカーブの頂点、つまりデッキ内で最も枚数が多くなれば良いと言われている。

表 3.1 各コストの理想の枚数範囲

コスト	理想範囲
1	0~3
2	6~9
3	4~6
4	3~6
5	2~4
6	1~4
7	1~4
8以上	1~4

表 3.1 は、2Pick における各コストの理想枚数範囲を示したものである。実際は状況によって各コストの理想枚数範囲に多少の差は出るが、おおむね表 3.1 のようになる。特に 2 コストは、カードの能力がコストに対して比較的高くなる傾向にある。mana量が 2 になる 2 ターン目に、2 コストのカードが使えるかどうかというのは、2Pick では特に重要となる。そのため、2Pick では、2 コストを頂点とするmanaカーブが理想とされている。逆に、1 コストのカードはたとえコストに見合った能力を持っていたとしても、能力自体が弱いためあまり選ばない方が良いとされている。また、8 コスト以上のカードは 1 度の対戦で使える回数は多くないため、8 コスト以上のカードを合算した数値となっている。

本研究では、各コストごとに最低枚数と最高枚数を設定し、デッキ制作工程が一定数過ぎた時、設定した最低枚数と最高枚数を元に各カードの評価を上下させることで、manaカーブの調整を行う。

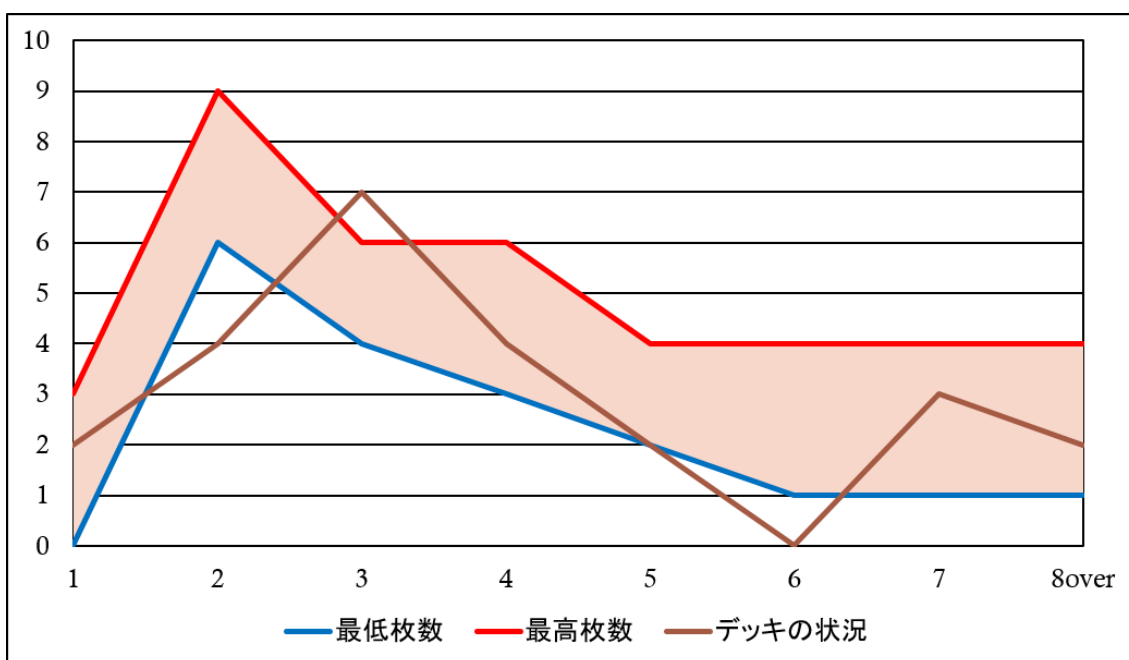


図 3.2 2Pick のデッキ制作中におけるmanaカーブの例

図 3.2 は、2Pick でのデッキ制作中におけるmanaカーブの状況と、コストごとに必要な最低枚数と最高枚数を示している。例えば、本手法を適用する際、制作中のデッキの状況が、2 コストと 6 コストのカードの枚数が最低枚数未満で、3 コストのカード枚数が最高枚数以上だったとする。その場合、2 コストか 6 コストのカードが掲示されれば、そのカードの評価値を上げる。逆に、3 コストのカードが掲示されれば、そのカードの評価値を下げる。評価値を変動させた後、それぞれの値を合算して選択肢の合計評価値を求める。1 つの選択肢でデッキに入れることができる 2 枚のカードの評価値をそれぞれ a_1 、 a_2 、manaカーブの状況に応じて評価を変動させる値を b 、評価を変動させた後の評価をそれぞれ a'_1 、 a'_2 と置いた時、本手法は a'_1 と a'_2 の評価値を、それぞれ以下の式 (3.1) と式 (3.2) によって変動させる。

$$a'_1 = a_1 \pm b \quad (3.1)$$

$$a'_2 = a_2 \pm b \quad (3.2)$$

なお、 b の値は、デッキ制作工程中には変えられないものとする。

その後、1つの選択肢の合計評価値を S としたとき、本手法は以下の式 (3.3) によってその選択肢の合計評価値を決める。

$$S = a'_1 + a'_2 \quad (3.3)$$

次に、 b の値の最適化を行う。2Pick では、15 回ある選択肢のうち最後の 5 回で特にマナカーブを意識する必要があると言われている。そこで本実験では、11 回目以降に提示された選択肢に対してマナカーブに応じたカード評価変動を適用する NPC を用意した。マナカーブに応じたカード評価変動を適用する NPC のコストごとの最低枚数と最高枚数は、表 3.1 の数値とした。まず、 b の値を 0~5 の間で変更しながら、20 回ずつデッキを制作させた。 b の値が 0 の場合は、マナカーブの調整を行わない NPC となる。デッキ制作後コスト帯ごとに、事前設定した最低枚数以上かつ最高枚数以下であれば 1 点と数え、最大 8 点で平均値を算出した。

表 3.2 設定した範囲内におさまったコストの数の平均

b の値	平均値
0	6.1
1	6.15
2	6.7
3	6.5
4	6.75
5	6.25

表 3.2 は、 b の値ごとの、最低枚数と最高枚数の間に収まっているコスト帯の数の平均値である。結果として、 b の値が 4 の場合が、最も最低枚数と最高枚数の間に収まっているコストの数の平均値が高かった。そのため、以降の検証で本手法を適用する場合 b の値は 4 に設定する。また、マナカーブの調整を行わない b の値が 0 の NPC より、マナカーブの調整を行う b の値が 1~5 の NPC のほうが、若干ではあるものの平均値が高かった。この結果により、マナカーブに応じてカード評価を変動させることで、マナカーブを整いやすくすることができたといえる。

3.3 2つの選択枝の評価が同じ状況での判断

限定戦でのデッキ制作時に使われるテクニックやコツはプレイヤー同士で共有している。しかし、中にはプレイヤーが感覚で選択しているため、明確に言語化されていないテクニックもある。その中の1つが「2つの選択枝の評価が同じ状況での判断」である。限定戦でデッキ制作をしている際、まれに提示された選択枝の評価がどちらも同じということがある。その際の判断基準は明確になっておらず、プレイヤー個人の感覚で選択されることが多い。しかし、NPCがデッキ制作をする場合は、何かしらの判断基準を設けなくてはならない。

本研究では、カードごとに設定した個別の評価値に着目し、2つの選択枝の合計評価点と同じ場合には、選択枝に含まれるそれぞれのカード単体が持つ評価値を判断基準として用いた、2通りの選択方針を新たに追加する。1つの選択枝に含まれる2枚のカードのうち、高い評価値を最高値、低い評価値を最低値とする。例えば、カードごとの評価値が {10.0,1.5} の選択枝 A と {6.5,5.0} の選択枝 B があったとする。2つの選択枝の合計評価値はそれぞれ 11.5 のため、合計評価値だけで判断をすることができない。そこで、2つの選択枝の最高値同士または最低値同士を比較する。1つ目の選択方針は最低値が高い方の選択枝を優先するものである。その場合、選択枝 A の最低値は 1.5、選択枝 B の最低値は 5.0 のため、選択枝 B を選択する。2つ目の方針は最大値が高い方の選択枝を優先するものである。その場合、選択枝 A の最高値は 10、選択枝 B の最高値は 6 のため、選択枝 A を選択する。

第 4 章

検証と考察

4.1 マナカーブ調整手法の検証

マナカーブを調整した方がより強いデッキになることを確認するため、2 章で説明したデッキ制作や対戦ゲームが行えるプログラムを作成し、本研究で提案するマナカーブを調整するための手法を適用して検証実験を行った。実験の対象として、2つの NPC を用意し、同時にデッキを制作させた。NPC-A は、11 回目以降に提示された選択肢に対してマナカーブ調整手法を適用し、マナカーブを調整する。NPC-B は、カードの評価を変動せず、ただ評価が高い選択肢を選ぶ。その後、それぞれの NPC が同時に作ったデッキ同士をそれぞれ 20 回（先行 10 回・後攻 10 回）戦わせ、その勝率を記録した。このデッキ制作と対戦を 3 回繰り返し、マナカーブを調整したほうが勝率が高いことを確認した。また、対戦では、全く同じ行動順番や基準で行動する NPC を 2 つ用意して対戦を行った。対戦で使う NPC の行動順番は以下の通りである。

1. 場のモンスターの攻撃力の合計値が相手 NPC の HP より高ければ、相手 NPC に攻撃して勝利する
2. 相手 NPC の HP を 0 にできない場合、自分のモンスター単体で相手 NPC のモンスターを倒せるかどうかを確認する
3. 倒せるモンスターがいればそのモンスターに攻撃、いなければ相手を攻撃
4. 2 と 3 を攻撃できるモンスターがいなくなるまで続ける
5. 手札の古い順番に確認し、場に出せるカードがあれば場に出す
6. 相手に手番を渡す

この順番で行動する NPC を 2 つ用意し、それぞれに NPC-A と NPC-B が作ったデッキを使わせて対戦させた。

表 4.1 NPC-A が作ったデッキの勝率

デッキ	勝率
1 デッキ目	60 %
2 デッキ目	25 %
3 デッキ目	60 %

表 4.1 は、NPC-A が制作したデッキの勝率を示した物である。1 回目と 3 回目に制作したデッキでは NPC-A が制作したデッキのほうが勝率が高かったが、2 回目に制作したデッキは NPC-B が制作したデッキのほうが勝率が高かった。

4.2 マナカーブの調整手法に関する考察

結果として、マナカーブを調整したほうが基本的には勝率が高いという結果になった。一般的に、2Pick ではマナカーブを整えた方が勝てると言われているため、この結果は順当な結果と言える。しかし、本検証では 2 デッキ目のみ、異常に低い勝率となっている。2 デッキ目の勝率が低くなってしまった原因はわからなかったため、今後さらなる検証が必要だと考える。

4.3 2 つの選択肢の合計評価値が同じ状況での判断に関する検証

それぞれの選択肢の合計評価値が同じ時に、カード単体での評価値から判断する場合、評価の最低値が高い選択肢と最高値が高い選択肢、どちらを優先したほうが良いのかというのは、明確になっていない。どちらを優先した方が良いかを明確にするため、検証実験を行った。実験の対象として、2 つの選択肢の合計評価値の差が 0.5 以下のときに、違う優先順位でカードを選択する NPC をそれぞれ用意し、同時にデッキを制作させた。提示される 2 つの選択肢の合計評価値が同値である確率は極めて低いため、本実験では合計評価値の差が 0.5 以下の場合も同値とみなした。

NPC-C は、2つの選択肢の評価の差が0.5以下のとき、カード単体での評価の最低値が高い選択肢を優先して選択し、最低値がどちらも同じ場合は最高値が高い方を選択する。NPC-D は、2つの選択肢の評価が差が0.5以下のとき、カード単体での評価の最高値が高い選択肢を優先して選択し、最高値がどちらも同じ場合は最低値が高い方を選択する。それぞれの NPC が作ったデッキを20回（先行10回・後攻10回）戦わせ、その勝率を記録した。このデッキ制作と対戦を3回繰り返し、評価の最低値と最高値、どちらを優先させれば良いのかの検証を行った。なお、対戦はNPC同士で行い、対戦用のNPCの行動順番などは4.1節で使用したNPCと同じものを使用する。

表 4.2 NPC-C が作ったデッキの勝率

デッキ	勝率
1 デッキ目	70 %
2 デッキ目	65 %
3 デッキ目	55 %

表 4.2 は、NPC-C が作ったデッキの勝率を示したものである。3回の実験すべてにおいて、NPC-C が作ったデッキのほうが勝率が高いという結果になった

4.4 2つの選択肢の合計評価値が同じ状況での判断についての考察

結果として、2つの選択肢の評価が近い場合、最低評価の値が高い方を優先した方が良いという結論となった。これは、TCGにおける各カードの評価のつけ方によるものが大きいと考える。Shadowverse はもちろん、他のTCGでも、カードを評価する際は支払うコストに対して、より強い能力を持っているかどうかで評価される。例えば、攻撃力体力ともに2のカードがあるとして、片方は2コストで片方は3コストの場合、2コストのカードの方が評価が高くなる。このように、コストに対してより強い能力を持ったカードほど、評価が高くなるのだ。特に2Pickは、2枚1組の組み合わせでカードを選んでいくという関係上、評価の低いカードを選びやすい。その

ため、強いカードを入れる代わりに支払うコストと見合っていないカードを選択する可能性が増える NPC-D が作るデッキよりも、コスト以上の働きをするカードが多い NPC-C のデッキのほうが、勝率が高いという結果が出たのだと考える。

4.5 2つの実験結果を踏まえて制作した NPC の検証

最後に、「manaカーブの調整手法」と「合計評価値が同じ場合の判断基準」の2つの検証結果を踏まえ、実験を行った。検証の対象として、検証結果を取り入れた NPC と取り入れない NPC をそれぞれ用意し、同時にデッキを制作させた。NPC-E は、「manaカーブ調整手法」と「合計評価値が同じ場合の判断基準」の検証結果を取り入れた NPC である。NPC-F はmanaカーブの調整を行わず、ただ評価が高い選択肢を選ぶ NPC である。なお、合計評価値が同じ場合は、デッキ制作画面の左側の選択肢を選択する。その後、それぞれの NPC が作ったデッキを20回（先行10回・後攻10回）戦わせ、その勝率を記録した。このデッキ制作と対戦を3回繰り返し、本研究で提案した2つの手法を取り入れた NPC と、そうでない NPC のどちらが勝率が高いかを検証した。なお、対戦は NPC 同士で行い、対戦用の NPC の行動順番などは4.1節で使用した NPC と同じものを使用する。

表 4.3 NPC-E が作ったデッキの勝率

デッキ	勝率
1 デッキ目	55 %
2 デッキ目	40 %
3 デッキ目	45 %

表 4.3 は、NPC-E が作ったデッキの勝率を示したものである。1 回目の実験では NPC-F が作ったデッキより NPC-E の作ったデッキのほうが勝率が高かったが、2, 3 回目の実験では、NPC-F が制作したデッキのほうが勝率が高かった。

4.6 2つの実験結果を踏まえて制作した NPC に関する考察

結果として、本研究で提案した2つの手法が有効であるとは言い切れない結果となった。このような結果になった理由として、2つ推測される。1つ目の理由は、本研究で元にしたカードによるものだ。今回検証用に用意したカード群は、2Pickにおいて最も必要な枚数が多い2、3コストの数が多く、高コストのカードの枚数は少なくなっている。これは、2Pickのデッキ制作にかなり適したコスト配分となっている。実際に、式(3.1)と式(3.2)における b の値の最適化を行った結果である図3.2を見ると、マナカーブを調整しない b の値が0の場合と、 b が他の値の場合で、平均値の差はあまり生まれなかった。このことから、マナカーブを調整しようとしなくても、ある程度マナカーブは整えられる状況だったといえる。また、2Pickではマナカーブが非常に重要な要素の一つであり、マナカーブが整っていれば、勝率はかなり高くなる。そのため、NPC-Eが制作したデッキと、NPC-Fが制作したデッキともに一定数マナカーブが整っていたため、勝敗にはあまり影響がなかったと考えられる。2つ目の理由は、本研究用に制作した対戦用 NPC だ。今回用意した対戦用 NPC は、実際のゲームに実装されている NPC よりかなり簡易的なものとなっている。また、なるべくプレイヤーが2Pickをプレイする時の思考順に合わせたが、まだまだ拙い部分も多い。そのため、NPC-Fが制作したデッキのほうが、対戦用 NPC が扱いやすいデッキになっていた可能性がある。結果的に、提案手法を取り入れない NPC が作ったデッキのほうが、勝率が高い結果となったと考えられる。

第 5 章

まとめ

本研究では TCG の限定戦に着目し、限定戦用のデッキ制作 NPC を作成することを目的に、Shadowverse での限定戦にあたる 2Pick を題材とし、3 つの検証を行った。1 つ目に行った「マナカーブを調整するコツの再現」では、各コストごとに最低限必要な枚数と最大限の枚数を設定し、デッキ制作工程の状況に応じてカードの評価を変更させる方法で再現を試みた。結果、若干ではあるものの、ただ合計評価が高い選択肢を選ぶ NPC より、マナカーブを調整することができた。また、マナカーブを調整する NPC と調整しない NPC がそれぞれ作ったデッキで対戦を行ったところ、マナカーブを調整する NPC する NPC が作ったデッキのほうが基本的に勝率が高かった。そのため、マナカーブを調整した方が勝率が高いデッキを作りやすいと言える。しかし、マナカーブを調整した NPC が作ったデッキのほうが勝率が異常に低くなる場合もあり、さらなる検証が必要であるという結論になった。2 つ目に行った「2 つの選択肢の評価が同じ状況での判断」では、カード単体の評価に着目した。選択肢ごとに最低評価のカードの値と、最大評価のカードの値を比較し、最低評価の値が高い選択肢を優先する NPC と、最大評価の値が高い NPC の 2 つの NPC を作成し、実際に戦わせることでどちらを優先すれば良いのかを検証した。結果、最低評価の値が高い選択肢を優先する NPC の作ったデッキのほうが勝率が高く、最低評価の値が高い選択肢を優先した方が良いという結論となった。3 つ目の検証では、上記 2 つの実験結果を踏まえ制作した NPC が作ったデッキと、提案手法を取り入れず、ただ合計評価値が高い選択肢を選ぶ NPC が作ったデッキを実際に戦わせることで、どちらが勝率が高くなるかを検証した。結果、ただ合計評価値が高い選択肢を選ぶ NPC のほうが、勝率が高くなった。そのため、「マナカーブを調整するコツの再現」と「2 つの選択肢の評価が同じ状況での判断」でそれぞれ取り上げた手法

が、勝率を上げるために有効とは言い切れない結果となった。しかし、本研究で用意した検証用のカード群は、単純なピックアップ基準でも比較的マナカーブを整え易かった為、提案手法を取り入れずともマナカーブが整ったデッキを作れてしまった。また、今回検証用に制作したデッキ制作の仕組みや対戦の仕組み、および対戦用 NPC は簡易的な物であった。実際のカードゲームには、より多くの種類のカードが存在し、効果なども複雑となっている。さらに、各種ルールに関しても、より複雑になっている。そのため、カード種類、カード群を更に実在するゲームに近づけた上で、本手法が有効かを検証する必要があると思われる。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、ご指導いただきました先生方に心より感謝申し上げます。

渡辺先生には TCG を普段プレイしない視点から意見をいただきました。自分では盲点となっていた部分を多く指摘していただけたことで、よりよい研究をすることが出来ました。本当にありがとうございました。

阿部先生には TCG を普段からプレイするという視点から様々なアドバイスをいただきました。TCG をプレイしていないとわからないようなことも汲み取ってくださり、また、それを TCG をプレイしていない人でもわかりやすいようにどうすればいいのかを助言してくださったおかげで、第一稿と比べるとかなりわかりやすい論文にすることが出来ました。本当にありがとうございました。

また、中間・最終発表では、他の先生方からも、様々な視点からアドバイス、意見などをいただきました。これらのアドバイスや意見のおかげで、より良い研究をすることが出来ました。本当にありがとうございました。

院生の先輩方や、学部の後輩は、普段の発表や中間・最終発表など、様々な場面で意見をしてくださり、本当にありがとうございました。特に第一稿の提出の際に論文を添削してくれた院生の吉田君には、お忙しい中ご迷惑をおかけしました。とても早い添削のおかげで、スムーズに執筆を進めることが出来ました。本当にありがとうございました。

研究室の同期のメンバーも、普段の発表から質問や意見をしてくれて、本当にありがとうございました。様々な要因からなかなか集まれず、全員が同じ空間に集まった回数は数えるくらいしかなかったですが、それでもオンラインで、お互いに助けあうことが出来て、とても助かりました。1年間本当にありがとう。

大学内外の友人達には、いろいろな話を聞いてくれたり、息抜きに付き合ってくれたり、本当

にありがとうございました。自分が論文で手一杯になったせいでなかなか動けず、ご迷惑をおかけした人も多かったと思いますが、おかげで無事終わることが出来ました。今まで動けなかった分も頑張るので、これからもよろしくお願いします。

また、自分を様々な面で支えてくれた家族に、深く感謝いたします。小さいころからやりたいことを出来る限りやらせてくれて、なおかつ応援してくれた両親。普段から息抜きに付き合ってくれて、今年度は受験と卒論という別々の舞台で一緒に戦い続けた弟。色々と迷惑をかけてきましたが、何とかやりきることが出来ました。本当にありがとう。これからもよろしく。

最後に、この研究を行うきっかけをくれた Shadowverse の制作・運営をしている方々に、心からの感謝を申し上げるとともに、今後も 1 人の競技プレイヤーとして精進していくことをここに誓います。

参考文献

- [1] Wizards of the Coast LLC. Magic: The Gathering — Official site for MTG news, sets, and events. <https://magic.wizards.com/en>. 参照: 2021.12.25.
- [2] Konami Digital Entertainment. 遊戯王 OCG デュエルモンスターズ. <https://www.yugioh-card.com/japan/>. 参照: 2021.12.25.
- [3] 株式会社ポケモン. ポケモンカードゲーム公式ホームページ「トレーナーズウェブサイト」. <https://www.pokemon-card.com/>. 参照: 2021.12.25.
- [4] 株式会社タカラトミー. デュエル・マスターズ. <https://dm.takaratomy.co.jp/>. 参照: 2021.12.25.
- [5] Konami Digital Entertainment. 遊戯王 デュエルリンクス. https://www.konami.com/yugioh/duel_links/ja/. 参照: 2021.12.25.
- [6] 株式会社タカラトミー. DUEL MASTERS PLAY'S (デュエル・マスターズプレイス) | タカラトミー. <https://dmpls.takaratomy.co.jp/>. 参照: 2021.12.25.
- [7] Cygames. Shadowverse 【シャドウバース — シャドバ】公式サイト — Cygames. <https://shadowverse.jp/>. 参照: 2021.12.25.
- [8] BLIZZARD ENTERTAINMENT. ハースストーン. <https://playhearthstone.com/ja-jp>. 参照: 2021.12.25.
- [9] 山田豊大, 阿原一志. トレーディングカードゲームにおけるバニラカードを用いたカード間の相性の計測. ゲームプログラミングワークショップ 2020 論文集, Vol. 2020, pp. 6–9, 2020.
- [10] 勢川航太. TCG におけるキャラクターの性格を反映した NPC の研究. 学部卒業論文, 東京工科大学メディア学部ゲームサイエンスプロジェクト, 2019.
- [11] 高橋昇太, 阿原一志. トレーディングカードゲームにおける初期手札枚数差による勝率変化調

- 査. ゲームプログラミングワークショップ 2021 論文集, Vol. 2021, pp. 46–48, 2021.
- [12] 小林周平. トレーディングカードゲームにおける勝負を拮抗に導くアルゴリズムの提案. 学部卒業論文, 東京工科大学メディア学部ゲームサイエンスプロジェクト, 2015.
- [13] 野瀬彰大, 深川大路. TCG におけるシャッフル手法に関する計算実験を用いた考察. 研究報告ゲーム情報学 (GI) , Vol. 2011-GI-25, pp. 1–8, 2011.
- [14] 本園遥, 栗原徹. TCG プレイ動画におけるカード特定のための SURF 特徴量を用いたカード認識. 第 79 回全国大会講演論文集, Vol. 2017, pp. 279–280, 2017.
- [15] 真崎拓哉, 築地立家. リアルカードを用いたオンラインカードゲーム対戦システムの開発. 第 78 回全国大会講演論文集, Vol. 2016, pp. 737–738, 2016.
- [16] 鈴木恵梨奈, 宮沢祐希, 流山優, 川合康央. 拡張現実を用いた TCG 対戦の活性化. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, Vol. 2021, pp. 214–216, 2021.
- [17] 隅田仁士. TCG のカードのデザインとテンプレート考案による制作支援. 学部卒業論文, 東京工科大学メディア学部ゲームサイエンスプロジェクト, 2015.
- [18] 穴戸建元, 新美礼彦. 決定木学習に基づいた新製品発売時に置ける中古価格高騰の要因分析. 研究報告データベースシステム (DBS) , Vol. 2021-DBS-174, pp. 1–6, 2021.
- [19] 株式会社 JCG. JCG Shadowverse Open. <https://sv.j-cg.com/>. 参照: 2022.1.14.
- [20] PR TIES. 国内最大級の e スポーツ大会「RAGE Shadowverse 2020 Autumn GRAND FINALS powered by AQUOS」ファイナリストの頂点に立ったのは Shimon 選手! <https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000710.000006792.html>. 参照: 2021.12.17.