ベイズ推定の事前分布によるポケモン Non Player Character の熟慮性 - 衝動性の表現

Expression of Reflection-Impulsivity for Pokémon Non Player Character by Prior Information in Bayesian Estimation

土坂 恭斗
Yasuto TSUCHISAKA

京都工芸繊維大学
Kyoto Institute of Technology
tsucchy@ii.is.kit.ac.jp

尾関 基行
Motoyuki OZEKI

(同 上)
ozeki@kit.ac.jp

岡 夏樹
Natsuki OKA

(同 上)
nat@kit.ac.jp

keywords: Pokémon, human-like computer player, Bayesian estimation, reflection-impulsivity characteristics

Summary

Pokémon is one of the most famous video games, which has more than 3.4 million players around the world. The interesting part of this game is to guess invisible information and the character of the opponent. However, existing Non Player Character (NPC) of this game is not a good alternative opponent to a human player because the NPC does not have variety of characteristics. In this paper, we propose a novel method to represent reflection - impulsivity characteristics of NPC by differences of the first stage prior distribution in Bayesian estimation used for decision-making of the NPC. In the experiment, we ask human players to take on three types of the proposed NPC and to answer the impression of those NPCs. As the result, the players feel different impressions from the three types of NPCs although they cannot identify the three types of the character (reflection - intermediate - impulsivity).

1. ま え が き

ポケットモンスター® は、2013 年 3 月の時点で世界一売れているコンピュータゲームシリーズであり*1, 世界大会も開かれるなど非常に人気が高い。ポケットモンスターは、「ポケモン」と呼ばれるモンスターを捕獲して育成するロールプレイングゲームであるが、インターネットを介した他プレイヤーとの対戦機能が提供されたことから、その対戦ゲームの要素を楽しむユーザは 340 万人にのぼる。

我々は、このポケットモンスターの対戦ゲームを人工知能研究の課題として扱うことについて、ユーザ数が多いということ以外に、次のような面白みがあると考えている。まず、ポケットモンスターは、対戦中の情報の一部が観測可能ではない不完全情報ゲームである。例えば、最初に公開される相手チームのポケモン 6 匹の内、どの 3 匹が対戦に参加するかは隠されている。ポケモンが対戦場に登場した後も、その個体特有の属性値は知ること

ができない。また、ポケットモンスターは、お互いが相手の次の行動を知らない状態で意思決定する同時進行ゲームである。同時進行ゲームでは、囚人のジレンマに代表されるように、対戦相手との心理戦という趣きが色濃くなる。不完全情報ゲームでもあるポケットモンスターの場、相手がこちらの情報をどう推測しているかを読み取ることが意思決定の上で重要であり、そこには相手の性格や感情といった要因も深く関わってくる。

このような不完全情報・同時進行ゲームは、そうでないゲームに比べて、現実世界により近い問題設定といえる。相手や環境に関する一部の情報しか観測できない状況で、相手の次の行動を予測しつつ、限られた時間内に自分の次の行動を決定する。狭い通路での道の譲り合いから新商品の開発競争に至るまで、広く捉えれば、我々の日常のほとんどは「隠れた情報の推測」と「相手の次の行動の予測」の繰り返しである [横山 08]。ただし、現実世界の問題はノイズや例外だらけで、考慮すべき状態数が非常に多い。その点、ポケットモンスターは適度に単純化された仮想世界の問題であり、人工知能研究の課題として扱いやすい。

以上のような理由から、我々は、ポケットモンスター

*1 ポケットモンスターからポケットモンスター ブラック 2・ホワイト 2 までの売上数が 1 億 6585 万本。任天堂株式会社 決算説明会資料 (2007 年 3 月期 ~ 2013 年 3 月期) より算出。

の対戦ゲームにおけるコンピュータプレイヤー (NPC: Non Player Character) の開発を進めている。ポケットモンスターにはそもそも NPC が用意されているが、行動決定のアルゴリズムが単純過ぎて、初心者の方のルール習得程度にしか役立たない。人工知能研究の目指す方向性としては、世界大会で優勝できるような強い NPC を作る [藤田 05, 藤井 09] も考えられるが、本研究では、他の人間プレイヤーがいないときに代わりの練習相手となる Human-like な NPC を作ることを目的とする。

このような NPC に求められる要件として、一つには、人間プレイヤーに合わせた熟練度^{*2}を持たせることが考えられる。熟練度が一致していることはゲームを楽しむ上で大切な要因である。また別の要件として、NPC に性格や感情を持たせて、それらの特性^{*3}に合わせて振る舞いを変化させることも重要である。前述したとおり、ポケットモンスターは心理的な駆け引きを楽しむゲームでもあり、一定の熟練度に達したプレイヤー同士の対戦では、相手の性格や感情を如何に読み取るかが勝敗の大きな要因となってくる。

そこで本研究では、NPC に性格を与えて、その性格に応じて行動を変化させる手法を提案する。NPC に与える性格は熟慮性 - 衝動性の度合いとし、熟慮性が高いほど相手の個々の行動に影響されず、対戦開始当初の推測結果^{*4}を維持する。本手法では、観測できない情報を確率分布で表現し、相手の行動を観測する度にそれらをベイズ更新していく。NPC の性格は、最初に与える事前分布 (初期分布) のパラメータ設定の違いによって表現する。

以降、本論文では、2 章でポケットモンスターのルールを概説し、3 章で提案手法の詳細について述べ、4 章で評価実験の結果と考察をまとめる。

2. ポケットモンスターのルール

本研究では、ポケットモンスター ブラック 2・ホワイト 2 を対象としてシステムを構築している。ここでは本論文を読む上で最低限必要とされるポケットモンスターのルールを概説するが、技や持ち物、特性などの詳細については関連書籍 [宮本 12] を参照されたい。

本研究では、対戦場 (以降「場」と呼ぶ) にポケモンを 1 匹ずつ出して対戦するシングルバトルを対象とする。近年のポケットモンスターでは場に 2 匹もしくは 3 匹を同時に出して戦う機能も存在するが、我々の提案手法はいずれのタイプの対戦にも原理的には拡張可能である。

シングルバトルでは、まず 3~6 匹のポケモンでチームを構成し、それをお互いに見せ合う。その後、見せ合ったポケモンの中から、場に出す 1 匹と控えの 2 匹を選ぶ。場に出されたポケモンのみが戦うことができ、控えの 2 匹は場に登場させるまで相手には知られない。この控えの 2 匹を推測することが一つのポイントとなる。

対戦が開始されると、プレイヤーは、場に出ているポケモンの持つ 1~4 個の技のいずれを繰り出すか、もしくは、控えのポケモンのいずれと交代するかを選択する。両プレイヤーの行動が選択されるとゲームが進行し、その結果が場に反映される。ポケモンはヒットポイント (HP) と呼ばれる体力値を持ち、相手の攻撃によって HP がゼロになると倒される。場に出ているポケモンが倒されると、プレイヤーは控えのポケモンを選んで場に出し、次のターンを開始する。これを繰り返して、先に 3 匹のポケモンを倒されたほうが負けとなる。

各ポケモンは、HP 以外にも、攻撃、防御、特攻 (特殊攻撃の略)、特防 (特殊防御の略)、素早さという能力値を持ち、HP と合わせてステータスと呼ばれる。ステータスの各値はポケモンの種類毎に固定されているわけではなく、個体毎に異なった値を持つ。また、各ポケモンは、前述した 1~4 個の技のほかに、1 個の持ち物と 1 個の特性を持つ。これらの属性は相手の行動や各ターンの対戦結果に大きく影響するため、相手のポケモンの属性を推測することがもう一つのポイントとなる。

以上のように、ポケットモンスターでは、観測できる情報 (自分の情報、場の情報) だけでなく、観測できない相手の情報 (控えのポケモン、各ポケモンの属性値) も常に計算に入れておく必要がある。相手も当然こちらの情報を推測しているはずなので、それも計算に入れておく。このように推測すべき情報 (状態数) の多いゲームであるが、人間プレイヤーはこれら全ての組み合わせの可能性を思慮しているわけではない。これらの属性の組み合わせには典型的な「型」と呼べるようなものがあり、相手のポケモンがどの型に当てはまっているのか、相手はどちらがどの型に当てはまっていると考えているかを推測している。どのような型をいくつ想定しておくかは各プレイヤーの知識や経験に依存する。本手法で想定している型の具体例については付録ウェブページ [土坂 14] に掲載した。

3. 提案手法

提案手法の計算処理は、図 1 に示すように、「状態の更新」と「行動の決定」に大きく分けられる。以下、それぞれについて説明した後、提案手法の最大の特徴である NPC の性格付けについて述べる。

*2 ポケットモンスターのルールやポケモン、型、戦略などに関する知識量、一定時間に考えられる場合の数や先読みの深さなど、ゲームの経験に比例して増していく熟練の度合い。

*3 これらは熟練度とは独立した特性であり、同じ熟練度のプレイヤーが同じ状況下に置かれても、性格や感情が異なれば違った振る舞いを示すものとする。

*4 ポケットモンスターでは、対戦前に見せ合ったチーム構成から大体の戦略は決まってしまう。その定石をどう崩して相手を翻弄するかがゲームの醍醐味である。

図1 計算処理の流れ

3.1 状態の更新

状態は、「観測できる状態」と「推測すべき状態（観測できない状態）」で構成される。観測できる状態は「NPC（自分）の状態」と「場の状態」、推測すべき状態は「相手の状態」と「相手の推測している NPC の状態」とした。ここで状態と呼んでいるのは、「参戦している 3 匹のポケモン」と「各ポケモンの属性の型」である^{*5}。なお、ポケモンの属性とは、前章で述べた 1~4 個の技と 6 種類のステータス値、持ち物、特性を指す。これらの組み合わせの典型的なものを型としていくつか登録しておく。

推測すべき状態は、その状態空間の各成分の可能性を表す多変量確率分布として表現される。本研究では、その確率分布としてディリクレ分布を採用した。

$$Dir(\theta|\alpha) = \frac{\Gamma(A)}{\Gamma(\alpha_1) \cdots \Gamma(\alpha_k)} \prod_{k=1}^K \theta_k^{\alpha_k-1}$$

この確率分布は、同時に発生することのない K 個の事象について、事象 i が $\alpha_i - 1$ 回発生したとき、事象 i の起こる確率が θ_i であることを示す。本研究では、この θ_i を「 i 番目の状態値が真実である可能性（確率）」と読み替える。

参戦しているポケモンについては、いずれか一つの事象（ポケモンの参戦）が起こるわけではないので数学的に厳密ではないが、対戦前に見せ合った 3~6 匹のポケモンの参戦確率を $\theta_k^P (1 \leq k \leq K^P)$ とする（ K^P は 3~6 で変化）。なお、あるポケモンが場に登場した時点で参戦が確定するため、新しいポケモンが場に登場したら、そのポケモンを外して分布を再計算する。

ポケモンの属性の型については、参戦している可能性のある各ポケモン p について、ある型に当てはまっている確率を $\theta_k^{Tp} (1 \leq k \leq K^T)$ とする。今回の実験では想定する型の数は全ポケモン共通とし、 $K^T = 3$ とした。型の確率分布は参戦している可能性のある全ポケモンに対して用意されるので、総状態数は最大で $K^P \times K^T$ とな

る。ただし、各ターンでの型の推定や行動決定では、場に出ているポケモンの型のみを扱う。

両プレイヤーの行動が決定してゲームが 1 ターン進行すると、これらの状態は更新される。推測すべき状態（観測できない状態）の更新は、観測した状態を「推測すべき状態が観測された回数」に仮想的に変換し、そこから多項分布で表される尤度を求める。この変換は次のように行われる。例えば、相手ポケモンのある持ち物が観測されると、その持ち物を含む型が観測されたとする。更に、観測された型と関連の深い型についても観測されたとする。観測された持ち物との関連度は型によって異なるので、持ち物を 1 回観測することに対し、その関連度に応じて複数回観測したことにして加重配分する。

なお、ディリクレ分布を事前分布、多項分布を尤度とすると、事後分布 $p(\theta|\mathbf{n}, \alpha)$ は逐一積分計算することなく解析的に解ける。1 ターン毎に次の式によって（推測すべき）状態の分布を更新する。

$$p(\theta|\mathbf{n}, \alpha) \propto Multi(\mathbf{n}|\theta) Dir(\theta|\alpha) \\ = Dir(\theta|\mathbf{n} + \alpha)$$

ただし、 $\mathbf{n}$ は前述の方法で換算した観測回数 $(n_1, n_2, \dots)$ 、 α は更新前の分布（事前分布）における観測回数である。このとき、状態の各可能性 u_i は次の式で計算できる。

$$u_i = \frac{n_i + \alpha_i}{N + A} \quad (N = \sum_{i=1}^K n_i, A = \sum_{i=1}^K \alpha_i)$$

3.2 行動の決定

行動の決定処理では、前節の状態に基づき、まず「相手の推測する NPC の次の行動」を予測し、その行動に対して最も有効な「相手の次の行動」を求め、最後にその相手の行動に対して最も有効な「自分の次の行動」を決定する。

有効な行動の決定（行動評価）は、(1) ある状態 $S_k (1 \leq k \leq K^P \times K^T)$ において可能な行動の組み合わせの一つ (a_l^H, a_m^N) に対する次ターンの状態 S'_{klm} を求め、(2) その状態の価値を状態評価関数 $V(S'_{klm})$ によって算出する、という操作を繰り返すことで行う。このとき、全ての組み合わせについてこの操作を行うと計算量が膨大になるため、前述した各状態の可能性 u_i の値の大きなものについてのみ計算する。例えば、最も可能性の高いものだけに絞ると、考慮すべき場合の数は 25~54 個程度になる。このように本手法では、有効な行動を選択する前段階において、可能性に基づく絞り込みを行うことにより Human-like な思考を表現する。

状態評価関数 $V(S)$ は、相手のポケモンのチーム構成と属性が状態 S であると仮定したとき、その状態の（NPC にとっての）価値を返す。状態の価値は次のように計算される。まず、状態 S に含まれる相手のポケモン 1 匹について、NPC 側の戦闘可能なポケモンの戦略的価値の平均値を求める。これを状態 S に含まれる相手の全ポケモ

*5 行動決定に使用されるのは相手ポケモンの属性の具体的な値であるが、型が決まればそれまでの対戦データから具体的な属性値は計算できる。

図2 α の違いによる事後分布の形状の変化

ンに対して計算し、その平均を状態 S の価値とする。なお、戦略的価値とは、双方のポケモンの残り HP や状態異常（毒に侵されているなど）に基づいて計算される（例：相手のポケモンの攻撃を受けることなく、相手のポケモンを 1 回の攻撃で倒せる場合は価値が高い）。戦略的価値の計算は筆者の一人のノウハウをモデル化したものであり、詳細は付録ウェブページ [土坂 14] に掲載した。

3.3 事前分布による NPC の性格付け

NPC に持たせるべき性格として我々が着目したのは、相手がはたたりにも引っぱりやすいタイプか、慎重に判断するタイプかという違いである。この対極的な性格は、Kagan が提唱した認知的熟慮性 - 衝動性尺度という認知スタイルの概念に当てはめられる [Kagan 66]。本研究では、この熟慮性 - 衝動性に関する NPC の性格付けを、ベイズ推定の事前分布のパラメータ設定によって実現する方法を提案する。

ディリクレ分布のパラメータ $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_K)$ は事象 i の発生回数であるが、ベイズ推定で使用する場合、データを一度も観測していない初期分布の α は主観的に決められるハイパーパラメータである。通常、事前情報が何も無い場合は一様分布 ($\alpha = 1$) とするが、全事象の期待値を等しくした鐘形の分布を使うことも考えられる。期待値を等しくするには全ての α_k に同じ値を与えればよく、絶対値が大きくなるほど尖った分布となる。また、ポケットモンスターの場合、最初に見せ合った 3~6 匹のポケモンの構成から、各状態のおおよその期待値は予想できる。各状態の期待値は各 α_i の比率だけで決まるが、先ほどと同様、絶対値が大きくなるほど尖った分布となる。

このように各 α_i の比率が同じなら各状態の期待値は同じになるが、その絶対値の違いによって、データを観測した後の事後分布における各状態の期待値は変わってくる。図 2 に概念的な例を示すように、 α の絶対値が大きいほど観測したデータの影響を受けにくくなる。これを性格で言い換えると、 α の絶対値が大きいほど、観測

図3 人間プレイヤーの認知的熟慮性 - 衝動性尺度と相手ポケモンの技の絞り込みの傾向

したデータを慎重に判断する（熟慮性の高い）タイプといえる。逆に、 α の絶対値を小さくすると、状況に素早く対応できるがはたたりにも引っぱりやすい衝動性の高いタイプを表現できる。本実験では、 α の絶対値を三段階で設定し、衝動性の高いタイプ・中間的なタイプ・熟慮性の高いタイプの NPC を用意した。

4. 実験

4.1 人間プレイヤーの熟慮性 - 衝動性に関する調査

まず、熟慮性 - 衝動性という性格特性が、人間プレイヤーの推測傾向に関連しているか否かについて調べた。提案手法では、衝動性が高くなるよう性格付けすると、相手のポケモンの持っている技を少数に絞って思考する。一方、熟慮性が高くなるよう性格付けすると、相手ポケモンの技をあまり絞らない。本実験では、人間プレイヤーでもこれと同様の性格と思考パターンの関係がみられることを実験的に確かめた。

ポケットモンスターの対戦ゲーム経験が半年以上の実験協力者を 17 人集め、実験者（筆者の一人）と 1 回対戦した後、認知的熟慮性 - 衝動性尺度に関するアンケート [堀 01] に回答してもらった。実験協力者には使い慣れたポケモンチームを使用してもらい、実験者側のチームは 3 種類用意した中から適宜選んだ^{*6}。各実験協力者には、対戦中、相手のポケモンが持っている可能性のある技（この実験では 13~40 個）について、それを持つと思う度合いを 10 段階で回答してもらった。技の調査は相手ポケモンが初めて場に登場したターンに行い、1 回の対戦で 3 種類のポケモンに関するデータを得た。こうして得られたデータの平均値を実験協力者毎に求め、各技についてその平均値から最も値の離れたデータを外れ値として抽出した。この外れ値の偏差値は、少数の技だけに高い評点を与えた場合に高くなり、いずれの技にも同程度の評点を与えた場合に低くなる。

図 3 に結果を示す。横軸は、各実験協力者の認知的熟慮性 - 衝動性尺度であり、値が大きいほど熟慮性が高いことを示す。縦軸は、前述の外れ値の偏差値であり、値が

*6 ポケモンのレベルは全チーム Lv.50 で統一した。実験者側のチームの具体的な構成は付録ウェブページ [土坂 14] に示す。

表 1 アンケート項目

人間らしさに関する質問：
・相手は人間とコンピュータのどちらであったか
熟慮性に関する質問：
・相手は自身の行動を時間をかけて慎重に決定している
・相手は物事を深く考える（用心深い）ほうだ
・相手はこちらのポケモンの努力値構成や技構成をじっくり判断している
・相手はこちらの次の行動が何であるかをよく考えて予想している

大きいほど相手ポケモンが持っている技の候補を絞り込む傾向が強いことを示す。破線外の四つの例外を除けば、概ね、熟慮性が低い（衝動的である）ほど技を少数に絞り込む傾向がみられる（例外を除いたときの相関は-0.74）。この結果は技についてのみ調べたものであるが、その他の属性についても似通った傾向が見られると予想される。

4.2 提案手法の評価

次に、我々の提案する NPC と対戦した人間プレイヤーが、(1) NPC を人間らしいと感じるか、(2) NPC の性格の違いをその行動のみから感じとれるかについて、アンケートを用いて調査した。

本実験のために、ポケットモンスターの対戦ゲーム経験が半年以上の実験協力者 12 名（前節の実験とは別人）を集めた。実験協力者には、対戦相手は人間またはコンピュータであり、すべて人間の場合やすべてコンピュータの場合もあり得ること、及び、対戦相手は毎回ランダムに決定されることを伝えた。また、行動決定に要する時間から人間とコンピュータを区別できないよう、相手が人間の場合でも一定時間毎（15 秒毎）に行動選択を行うものとした。以上の教示を与えた上で、実際には、熟慮性を「弱」「中」「強」の三段階（ $\alpha = 1, 4, 7$ ）に設定した NPC との対戦を 3 回実施した^{*7}。実験協力者は 3 戦とも使い慣れたポケモンチームを使い、NPC 側は前節の実験と同じ 3 チームを用意して対戦毎に入れ替えた。対戦は非対面で行い、互いにポケットモンスターのゲーム画面のみを参照した。

対戦が 1 回終了する度に表 1 に挙げた対戦相手の印象に関するアンケートに回答してもらった。アンケートは、心理測定尺度集 I[堀 01] の「人間らしさに関する質問」と「熟慮性に関する質問」を参考に、ポケットモンスターの対戦に対する項目として不自然にならないよう一部を書き換えた。いずれの質問も 4 件法で回答してもらった。アンケート評価の結果を図 4 に示す。なお、1 回の対戦時間は 5～10 分であった。

まず、人間らしさに関しては、熟慮性が「中」と「強」の場合に中程度となり、「弱」の場合にはコンピュータら

図 4 アンケート評価の結果（全実験協力者の平均値）

図 5 各実験協力者のアンケート結果（横軸は NPC の熟慮性の強さ）

しい印象がより強くなるという結果になった。その判断理由を一部（7 名）の実験協力者に尋ねたところ、そのうちの 3 名が、明らかに不適切な行動が 1 度でもあった「相手はコンピュータである」と判断したようであった。本手法では、時折、明らかに不適切な行動を選択してしまうことがあるため、このような結果になったと考えられる。特に、熟慮性「弱」の場合には最も可能性の高い「型」だけを考慮するため、明らかに不適切な行動選択が多くなったと考えられる。

次に、NPC の性格の区別に関しては、三段階の熟慮性の設定間に明確な差が出ず、提案手法による性格付けの印象が正しく与えられていないという結果となった。しかし、アンケート評価の結果を実験協力者毎にみると、提案手法の狙いどおりの印象が得られた場合と、それとは全く逆の印象が得られた場合とに概ね二分されていることが分かった。図 5 に各実験協力者の結果を示す。結果が狙いとは逆になってしまった理由として、前述したように、熟慮性「高」の設定でも明らかに不適切な行動を選択することがあり、それが衝動的であると判断された例が 5 件あった。逆に、熟慮性「低」でも、推測がうまく当たって不適切な行動が出なかった場合、よく考慮された行動であると感じ取られた可能性がある。

以上のように、提案手法による性格付けは正しく受け取られなかったが、性格の違いはある程度伝えられたといえる。また、熟慮性の強弱に対して評価の並びが段階的になっている結果が多く、何かしらの基準で性格付けの強弱を受け取ってもらえたとも可能性もある。このような

^{*7} 既存の NPC を比較対象に含めると明らかにコンピュータであると判断されてしまい、提案手法に対するバイアスがかかる懸念があるため、本実験では提案手法の間での比較実験とした。

結果が 5~10 分程度の非対面対戦で得られたことは、提案手法の有効性も然ることながら、ポケットモンスターというゲームがその画面上のやりとりだけで相手の性格まで伝え得ることを示唆しているといえる。

最後に、対戦中に相手との駆け引きを感じたかについて一部(7名)の実験協力者に尋ねたところ、21 戦中 11 戦で「駆け引きを感じた」という回答が得られた。「人間らしさ」に関するアンケートに 3 または 4 と答えた対戦において「駆け引きを感じた」と答えたのは 8 戦中 7 戦であり、相手を人間らしいと感じることと駆け引きを感じることに間に相関がある可能性を示唆している。

5. む す び

本研究では、人間プレイヤーの代わりの練習相手となる Human-like な NPC の実現を目指して、ベイズ推定の初期分布のパラメータ設定によって NPC の熟慮性・衝動性を表現する手法を提案した。三段階に性格付けした NPC と対戦した人間プレイヤーへのアンケートの結果、NPC の性格は意図どおりには区別されなかったものの、性格が異なることは認識された。本手法はベイズ推定を用いた人工知能としてはオーソドックスなものであるが、人間プレイヤー相手に性格の違いを感じさせる NPC の一例として一定の成果は挙げられたものと考えられる。

今後の課題として、まず、NPC が明らかに不適切な行動を選択しないよう、戦略的価値の計算式を再設計する必要がある。これは筆者の一人のノウハウに基づいて設計したものだが、より一般的で破綻のない行動選択を実現するには多くの対戦データが必要となる。また、今回の調査では実験協力者数が 12 人と少なく、起こり得る対戦場面を十分に網羅しているとはいえない。これらの課題に対して、現在、マイコンを使ってゲーム端末を自動操作し、NPC をインターネット対戦に自動参加させる準備を進めている。

また、人間とコンピュータプログラムの対戦では事前の教示が大きな影響を持つことが知られているが[山本 94]、今回の実験では提案手法の効果(特に「人間らしさ」)が他の要因から明確に切り分けて示されたとは言い難い。例えば、対戦相手として表示される画像が「人間」か「コンピュータ(ロボット)」かで、その振る舞いが全く同じでも相手(人間)の受ける印象は異なる[Terada 12]。また、対戦相手が人間であるとわかっているときは、対戦相手がコンピュータであるとわかっているときに比べてゲームが面白いと感じること[玉越 06]や、コンピュータが人間らしい発話をすることによって楽しさが増す[塩入 06]といった知見もある。今後はこういった点も踏まえて「人間らしさ」に関する評価実験を再検討するとともに、人間らしいと感じさせる種々の文脈を効果的に取り入れて、総合的に Human-like なポケットモンスターの NPC を実現させていきたい。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [藤井 09] 藤井 叙人, 片寄 晴弘: 戦略型トレーディングカードゲームのための戦略獲得手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 12, pp. 2796-2806 (2009)
- [藤田 05] 藤田 肇, 石井 信: 部分観測カードゲームのためのモデル同定型強化学習, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J88-D-II, No. 11, pp. 2277-2287 (2005)
- [堀 01] 堀 洋道: 心理測定尺度集 I, サイエンス社 (2001)
- [Kagan 66] Kagan, J.: Impulsive and reflective children: significance of conceptual tempo, in Krumboltz, J. D. ed., *Learning and the Education Process*, Rand McNally (1966)
- [宮本 12] 宮本 秀介, ワンナップ: ポケットモンスターブラック 2・ホワイト 2 公式ガイドブック完全ポケモン全国ずかん, 株式会社オーバーラップ (2012)
- [塩入 06] 塩入 健太, 星野 准一: 仮想対戦プレイヤーの感情的発話生成, インタラクシオン 2006 論文集, pp. 157-164 (2006)
- [玉越 06] 玉越 勢治, 高橋 励, 寺尾 大樹, 今西 明, 森本 文人, 八木 昭宏, 片寄 春弘: fNIRS を用いた対戦型ゲームのエンタティメント性の初期検討 対人間とコンピュータにおける比較, 情報処理学会論文誌, Vol. 2006, No. 134, pp. 29-35 (2006)
- [Terada 12] Terada, K., Yamada, S., and Ito, A.: Experimental investigation of human adaptation to change in agent's strategy through a competitive two-player game, *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2807-2810 (2012)
- [土坂 14] 土坂 恭斗: [付録] ベイズ推定の事前分布によるポケモン Non Player Character の熟慮性・衝動性の表現 (2014), http://www.ii.is.kit.ac.jp/Pokemon_BW_NPC
- [山本 94] 山本 吉伸, 松井 孝雄, 関 一夫, 梅田 聡, 安西 祐一郎: 計算システムとのインタラクシオン: 楽しさを促進する要因に関する考察, 認知科学, Vol. 1, No. 1, pp. 107-120 (1994)
- [横山 08] 横山 純美, 大森 隆司, 岡田 浩之: 意図決定に基づく行動決定過程のモデル化とその評価, 電子情報通信学会技術研究報告, NC, ニューロコンピューティング, Vol. 108, pp. 35-40 (2008)

[担当委員: 服部 宏充]

2013 年 8 月 19 日 受理

著 者 紹 介

土坂 恭斗 (学生会員)

2013 年京都工芸繊維大学工芸科学部情報工学課程卒業。同年同大学院工芸科学研究科情報工学専攻進学。現在に至る。ポケットモンスターシリーズのプレイヤーとして延べ 7 年以上の経験を持つ。ポケモンを整理・管理するためのツールをインターネット上で公開している。ポケットモンスターを用いた Human-Like なコンピュータプレイヤーの研究に従事。

尾関 基行 (正会員)

2005 年筑波大学大学院システム情報工学研究科修了。京都大学学術情報メディアセンター特任助手、同助教を経て、2009 年より京都工芸繊維大学助教、現在に至る。人間の認知的特性を利用したインタラクシオンデザインやヒューマンエージェントインタラクシオンの研究に従事。博士(工学)。電子情報通信学会、日本認知科学会各会員。

岡 夏樹 (正会員)

1979 年東京大学工学部計数工学科卒業(株)島津製作所、東京大学(財)新世代コンピュータ技術開発機構、松下技研(株)、松下電器産業(株)を経て、2003 年より京都工芸繊維大学教授、現在に至る。自然な日常的インタラクシオンを通じた認知発達・計算モデルの構築を目指している。博士(工学)。FIT2007 論文賞他受賞。情報処理学会、日本認知科学会各会員。