

## 「大貧民」のゲーム情報力学

森近泰匡<sup>†1</sup> 飯田弘之<sup>†1</sup> 中川武夫<sup>†1</sup>

本論文は、「大貧民」のゲーム情報力学に関する内容であり、ここでの研究を通して以下の知見が得られた。1. 5人のプレーヤーより競われるゲームを2人の小ゲームに分解して解析することにより、元のゲームをより詳細に解釈することができることが明らかになった。2. 2人の小ゲームの時間推移を、Advantage, Winning Rate, Certainty of Game Outcome, Energyなどの力学やゲームに関する専門用語を用いて議論することの有効性が明らかになった。3. 小ゲームの解析結果を統合することにより、元のゲームにおける全プレーヤーのプレーを同時並列的に可視化することができた。

### 1. はじめに

2012年に著者らによって提唱されたゲーム情報力学モデル[1]は、これまでのゲーム理論に対して改良を加えたモデルであり、これによってゲームの開始から終了までの時間経過を可視化することが出来るようになった。このモデルを用いることで、ゲームの結果だけでなくその進行過程をも詳細に理解・解釈することが可能となったわけである。このモデルによるゲームの分析は多くのゲームに対して既に行われており、画期的な成果が報告されている。

これまでにこのモデルを用いて分析されたゲームは、全て1対1で行われるゲームが対象とされており、3人、あるいは3チーム以上で行われる多人数ゲームについては今のところ分析されていなかった。これに対し、著者らは5人で行われる大貧民ゲームに対して分析を行った[2]が、そこで用いた無次元ゲーム長 $\eta$ に関する定義では、実際のゲーム結果を正確に分析しているとは言い難かった。

本論文は、この結果の反省を踏まえ、より正確に大貧民ゲームを分析することを主な目的とする。特に大貧民は1回ゲームを行った後、次のゲーム開始前にカード交換を行うという、前のゲーム結果が次のゲームに影響するゲームであるため、連続で複数回行われたゲームについての分析手法を提示する。

### 2. ゲームの分析

ゲーム情報力学モデルは次のように表現されている。

$$\xi = \eta^m \quad (1)$$

ここで、 $\xi$ はゲーム結果の確かさ、 $\eta$ は無次元ゲーム長、 $m$ はゲームを特徴づける正の実数パラメータである。式(1)はパラメータ $m$ を変えることで、大部分のゲームを表現するポテンシャルを有している。また、パラメータ $m$ を用いて無次元情報力学エネルギー $E$ が次のように定義される。

$$E_k = \frac{1}{2} \left( \frac{d\xi}{d\eta} \right)^2 \quad (2)$$

$$E = E_k + E_p = \text{Constant} \quad (3)$$

$$E_p = \text{Constant} - \frac{1}{2} \left( \frac{d\xi}{d\eta} \right)^2 \quad (4)$$

ここで、 $E_k$ は情報運動エネルギー、 $E_p$ は情報位置エネルギーである。情報力学エネルギー $E$ が大きいほど、勝敗が早期に予想し難い、面白いゲームであると考えられている。

ゲーム情報力学モデルを用いて多人数ゲームを分析するにあたり、著者らは多人数ゲームを1対1で行われた小ゲームの集合であると捉え、小ゲーム1つ1つに対して分析を行うという手法を提案した。ここで、論文[2]ではゲーム終了時の状態をゲーム長 $\eta=1$ と定義したが、この定義では下記の問題が発生した。

- 両者の勝負が終わった後も他プレーヤーの対戦が続くため、 $\eta$ の途中で最終評価が決まってしまう
- 勝者が上がった後も敗者に点数が入ってしまうため、実際の結果に対して分析結果が正しくならない

このため、 $\eta$ は小ゲームの対戦において、勝者が勝利した瞬間を $\eta=1$ と定義した。

### 3. 分析結果

ここでは、人間1人、コンピュータ5人で1回行われた大貧民ゲームについての分析結果を示す。対戦プログラムはD貧民[3]を用いて行い、評価に使う得点についてもこのプログラム内で計算されているスコアを用いた。対戦結果については、1位 Human, 2位 Com.2, 3位 Com.1, 4位 Com.4, 5位 Com.3であった。なお、ここで取り上げた小ゲーム以外の分析結果は紙幅の都合により省略した。

#### 3.1 アドバンテージ

ここでは、Com.2とCom.4の小ゲームの分析結果を提示する。この小ゲームの勝者はCom.2であった。図1に無次元化アドバンテージ $\alpha$ と無次元ゲーム長 $\eta$ の関係を示す。

<sup>†1</sup> 北陸先端科学技術大学院大学

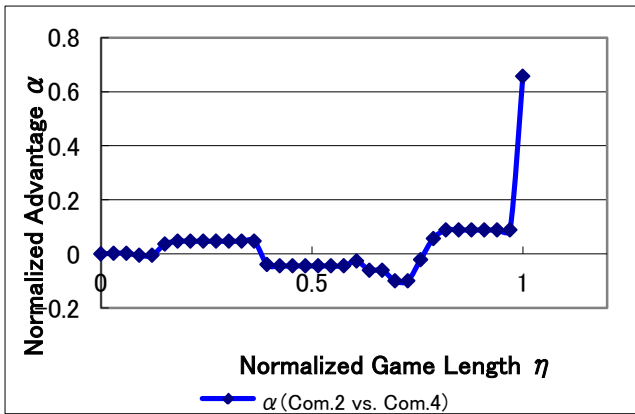


図1.無次元化アドバンテージ $\alpha$ と無次元ゲーム長 $\eta$ の関係(Com.2 vs. Com.4)

ここでは、勝者のアドバンテージを正とする。このゲームでは両者に明確に有利と言える状況がないままゲームが進み、最後に Com.2 が勝利したことが見てとれる。

### 3.2 ゲーム結果の確かさ $\xi$ とゲーム情報力学モデルの適用

図2にゲーム結果の確かさ $\xi$ と無次元ゲーム長 $\eta$ の関係、並びに式(1)を用いたゲーム情報力学モデルによる近似曲線を示す。

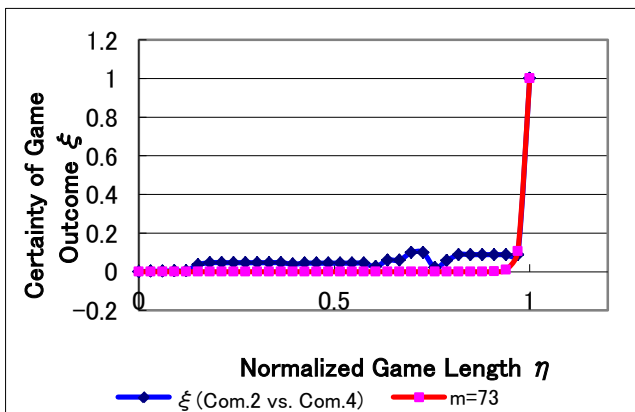


図2. ゲーム結果の確かさ $\xi$ と無次元ゲーム長 $\eta$ の関係及びゲーム情報力学モデルによる近似(Com.2 vs. Com.4)

このゲームにおいて、 $\xi$ に対して最小二乗法を用いた結果、式(1)において $m=73$ とした時が最も良い近似曲線となった。ここから、式(1)-(4)を用いることで、情報力学エネルギー $E=2664.5$ が求められた。

### 3.3 ゲーム全体の分析

今回行われた小ゲームの結果は、Human:4勝0敗、Com.2:3勝1敗、Com.1:2勝2敗、Com.4:1勝3敗、Com.3:0勝4敗となり、ゲーム全体の結果と一致している。よって、全体ゲームと結果が一致している小ゲームを分析することで、そのゲームに対し必要十分な情報が得られるといえる。

表1にこれ以外的小ゲームについて同様に分析を行い、得られた情報力学エネルギー $E$ の値を示す。

表1.各小ゲームにおける情報力学エネルギー $E$ の値の比較

Eの値	Human				
Human		Com.2			
Com.2	7080.5		Com.1		
Com.1	1200.5	144.5		Com.4	
Com.4	4608	2664.5	1800		Com.3
Com.3	6050	11401	2	3960.5	

この表から、ゲーム全体の傾向を推測できることを論文[4]にて示した。この表からは次のことが見てとれる。

- Com.3はCom.1を除いたゲームの $E$ の値が大きい
- Com.1は全てのゲームの $E$ の値が小さい

これらより、このゲームでは序盤はCom.3が有利であったが逆転されたこと、Com.1は序盤不利だったが、途中で一気に勝ち抜けたことが予測できる。なお、Com.1対Com.3の $E$ の値が小さくなったのは、この2つの条件が重なったために終始Com.3が優勢とみられた結果、逆転で勝利するまでアドバンテージが覆らなかつたためだと考えられる。

### 3.4 連続で複数回行われたゲームの考察

5回連続で行われたゲームの分析については、上記の方法でパラメータ $m$ 及び情報力学エネルギー $E$ を求め、それを列挙することで比較するという手法を用いた。この方法でHuman対Com.4の $E$ を求めると、1回目:4608、2回目:72、3回目:180.5、4回目:180.5、5回目:12.5という結果が得られた。なお、全てのゲームで勝者はHumanである。

2回目以降の $E$ の値が1回目に比べて小さいことから、Humanは1度ゲームに勝利し、強いカードを取得して以降常に有利にゲームを進めていたと考えられる。これは大貧民ゲームの特徴と一致しており、この分析手法がゲーム分析にふさわしいポテンシャルを有している証だといえよう。

## 4. おわりに

本研究を通して、多人数ゲームをゲーム情報力学モデルによって分析を行うことは可能であること、そしてその手法の1つとして1つのゲームを複数の小ゲームの集合として捉え、分析を行うことは有用であることが証明された。

今後、より信頼できるゲームスコアの取得方法や1対複数など別視点から分析する手法の提案、別のゲームでも同様に本手法で分析が可能かどうかの検証などが求められる。

## 参考文献

- 1) Iida H., Nakagawa T. and Spoerer K., Game Information dynamics models based of fluid mechanics. Entertainment Computing, 3, pp.89-99, 2012
- 2) 森近泰匡, 飯田弘之, 中川武夫, 情報力学に基づくコンピュータ・ゲーム「大貧民」に関する研究, 情報処理学会研究報告. GI, [ゲーム情報学]2013-GI-30(5), pp.1-8, 2013-06-21
- 3) D貧民, ::: tauSoft.net :::, <http://www.tausoft.net/>
- 4) 森近泰匡, 大貧民ゲームを題材としたゲーム情報力学モデルの調査研究, 北陸先端科学技術大学院大学修士論文, 2013