

進化計算を用いた人間の感性理解のための遺伝子解析法

Method of Gene Analysis using Evolutionary Computing for Comprehension of Human Sensibility

野村俊太*¹ 荒井幸代*¹
Shunta Nomura Sachiyo Arai*¹千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻都市環境システムコース
Department of Urban Environmental Systems, Division of Earth and Environmental Sciences,
Graduate School of Science and Engineering, Chiba University.

Nowadays, studies of computational creation are receiving a lot of attention in the field of artificial intelligence. When we consider these studies, we need to know how we treat human sensibility quantitatively, but there has been no such method especially for creation like comic or novel compared with picture. We deal with 4-scene comics among creation, and propose quantitative method regarding human sensibility using interactive genetic algorithm and classifier system.

1. はじめに

機械による創作物の自動生成は、古くから人工知能研究の関心事である。創作の難しさは、評価者である人間の評価規範が形式化されていないことが理由の一つと考えられる。評価規範が形式化されれば、機械はそれに対応した創作ができるはずである。そこで、本研究では、評価者の評価規範を抽出することを目的とする。また、創作物のうち、時系列で展開される4コマ漫画を対象とする。評価者は、各コマごとに評価するのは難しいが、4コマ読み終えた後であれば、比較的评价を与えやすい点に着目する。具体的には、対話型GAを用いて、評価値が上位の個体群のスキーマから評価規範を抽出し、クラシファイアシステムを用いてコマとコマの遷移に関する評価を定量化する。

2. 対象問題のモデリング

本研究ではまず、4コマ漫画の一つの「コマ」を、「行動の主体（誰がそのコマに登場するか）」、「行動の内容（主体が、コマ内でどのような行動をとるか）」、「主体の表情（主体がどのような表情をしながら、行動をとるか）」の3種類の要素を組み合わせたものとして定義する。また、一つの4コマ漫画を、一つの「個体」として定義し、「コマ」を表す遺伝子配列を四つもった染色体として、{0,1}のビット列で表す。個体の染色体表現を、図1に示す。また、コマの表現例を、図2に示す。

具体的には、コマは8ビットからなり、「行動の主体」に1ビット（2種類）、「行動の内容」に4ビット（16種類）、「主体の表情」に3ビット（8種類）が与えられる。コマの表現型は、この3つの要素についてそれぞれ対応する絵を組み合わせる。また個体は、四つのコマを持ち、8×4の32ビットにより表現される。

図1に示す個体は、4コマからなるコマ遷移の系列を表しているといえる。このコマ遷移を、人間が持つものと同じ評価規範を基に学習させることで、機械は、現在のコマから次のコマを選択することで、4コマ漫画を生成することができると思われる。したがって、個体に対する「4コマ漫画として成立

しているか、または面白いかなど」の評価規範を抽出し、コマの遷移に対しての評価値を求めることを、本研究での目的とする。

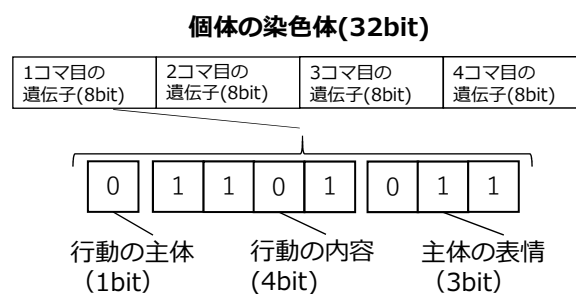
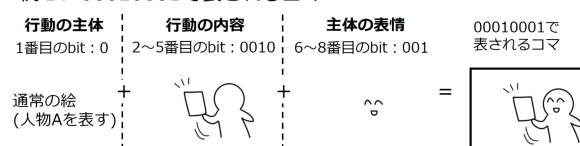


図1: 個体の染色体表現

例1. 00010001で表されるコマ



例2. 11111110で表されるコマ

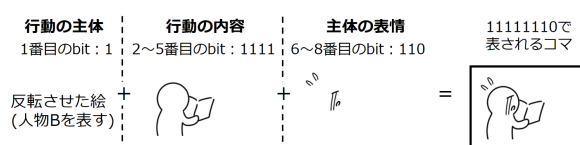


図2: コマの表現例

3. 提案手法

以下では、2章で述べたモデルを用いた、本提案手法における評価規範の抽出手順について説明する。本提案手法は、大きく分けて3つのStepからなる。

Step1. IGAによる評価個体の獲得

対話型遺伝的アルゴリズム(IGA)は、個体を人間の主観に基づいて評価するGAの一種であり、定量的な評価が困難とされる人間の感性を解析する手法としての利用が

連絡先: 野村俊太, 千葉大学 大学院融合理工学府地球環境科学専攻都市環境システムコース, 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33, 043-251-1111, adya2055@chiba-u.jp

期待できる。本研究ではまず、IGA を用いて、4 コマ漫画を表した個体を「面白さ」で評価し、評価者の評価規範を反映した個体を獲得する。

Step2. NN を用いた判別器の構築

ニューラルネットワーク (NN) は、人間の脳構造を模した学習アルゴリズムの一つであり、訓練データセットとして与えた入力ベクトルと出力値のペアを、学習によって再現することができる。本研究では、IGA により得られた個体を訓練データとして用い、入力として個体のビット列が与えられたとき、出力としてその評価値を返す NN を構築する。

Step2 までを行うことにより、評価者の評価規範に基づく「面白さ」により、個体を機械的に評価することが可能となる。更に Step3 で、個体のビット列からスキーマを獲得することで、評価者の評価規範を抽出することができ、さらに、全体に対する評価を、コマの遷移に対しての評価へと伝搬していく。

Step3-1. GA による個体群の進化

構築した判別器を適応度関数と定義し、GA による個体群の進化を行う。最終的に生き残った個体から、高い評価を得られる個体のスキーマを獲得する。

Step3-2. CS による評価値の伝播

クラシファイアシステム (CS) は、GA の考え方をを用いてエージェントの行動を学習する手法であり、クラシファイア (CF) と呼ばれる If-then ルール群を進化させていくことで学習を行う。本研究では、CF の条件部を現在のコマの状態、行動部を次のコマの状態と定義し、CF の信頼度をコマ遷移の価値と考えることで、個体に対する評価値を、コマ遷移に対して伝搬させていく。

4. 実験 1 : IGA による評価個体の獲得

ここでは、提案手法の Step1 において、IGA が評価者の感性を反映した個体を獲得することに有効であることを示す。

4.1 実験設定

実際に評価者が評価を行う画面を図 3 に示す。

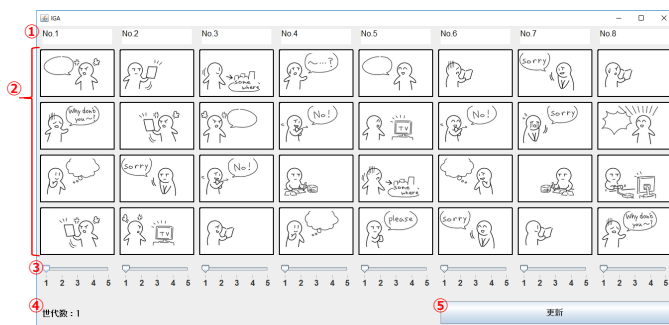


図 3: IGA の個体評価画面

図中 ① は個体番号を表し、1 世代の個体数は 8 個体である。図中 ② は No.1 から No.2 までの各個体の表現型を表し、評価者はこの表現型を見て、図中 ③ のスライダーを動かして、その「面白さ」を基に、各個体に 1~5 の評価値をつけていく。また、図中 ④ は現在の世代数を表す。全個体に評価値をつけた後、図中 ⑤ の更新ボタンを押すことで世代の更新が行われ、次の個体群が表示される。

進化計算を行う際は、評価値を個体の適応度とし、ルーレット選択により親個体を選択する。さらに二点交叉と、突然変異率を 0.05 とした突然変異により、次世代の子を生成する。また、エリート選択を併用し、評価値 5 をつけた個体は、次の世代にそのまま残すものとする。

4.2 実験結果と考察

実験結果として、ある 1 回の試行における、1, 5, 10 世代目の個体群とそれぞれの評価値を、図 4, 5, 6 に示す。

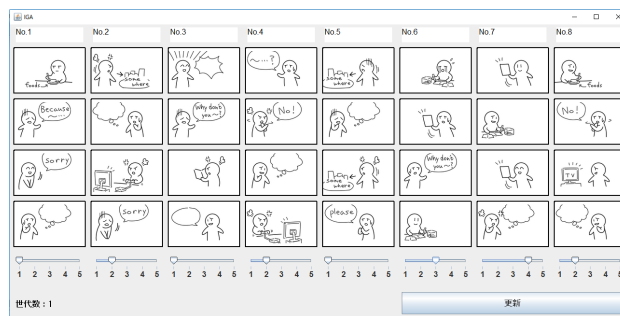


図 4: 1 世代目の個体群

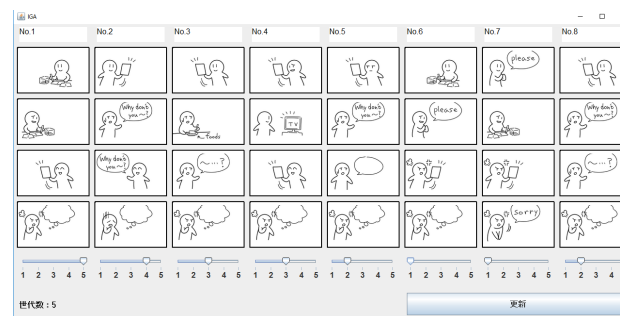


図 5: 5 世代目の個体群

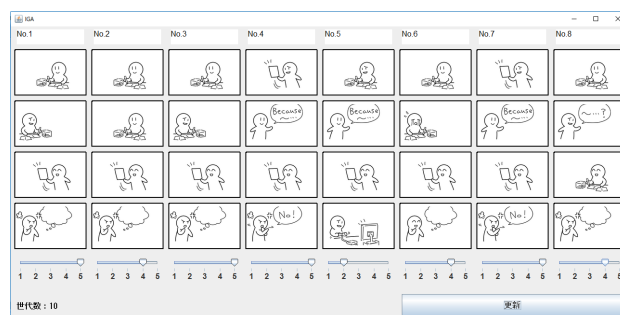


図 6: 10 世代目の個体群

図 4~6 から、個体の評価値 (= 適応度) が徐々に増加し、高い評価が得られる個体へと個体群が進化していくことがわかる。また個体の表現型を見ると、一世代目の個体群は 4 コマ漫画としてほとんど成立していない個体を多く含むが、世代を重ねるにつれ次第に解釈可能なものへと収束していくことがわかる。例として、1 世代目の No.3, No.5 の個体などは、二人の登場人物の行動が噛み合っておらず、4 コマ漫画として解釈し辛いのが、10 世代目の個体群は、各コマに登場人物が交互に現れる個体を多く含むなど、登場人物の対話が成り立っていると解釈できるものが増えている。また、1 世代目において高い評価をつけた個体の 4 コマ目の性質が、続く世代にも受け継がれていることから、IGA が評価者が持つ感性を反映しながら評価個体を生成するのに適していると考えられる。

5. 実験2: NNによる判別器の構築

IGAによる評価個体とその評価値を用いて、提案手法のStep2における、評価者の評価規範を反映した判別器を構築する実験を行う。

5.1 実験設定

訓練データ用として、IGAにおいて終了条件を5世代として個体の評価を行い、評価値をつけた個体を2000個体用意した。入力層に獲得した個体のビット列、出力層にその評価値を用いて、NNを学習させる。

実験では、中間層のユニット数を{25,50,75,100,125}としてそれぞれ学習を行わせ、訓練データに対する正答率を調べた。また、テストデータとして、1世代で評価を打ち切った個体を新たに200個体用意し、これに対する正答率と、更に、NNの出した評価値とテストデータの実際的评价値の差の絶対値をとり、その平均値を平均誤差として同様に調べ、比較する。

5.2 実験結果と考察

表1: NNの正答率と平均誤差

中間層のユニット数	訓練データに対する正答率	テストデータに対する正答率	平均誤差
50	0.927	0.39	0.80
75	0.946	0.46	0.70
100	0.950	0.44	0.76
125	0.961	0.48	0.73

結果として、テストデータに対する正答率は、訓練データに対する正答率ほど高いものが得られなかった。これに対する解決策として、訓練データを増やす、中間層の数を増やし深層学習に取り組むなどが考えられるが、主観評価でも評価にぶれがあることを考えると、NNによる評価値と実際的评价値を完全に一致させることは特に難しいと考えられるため、現段階では、この結果は妥当であるといえる。また、評価値の誤差は1から4の値をとることから、この結果における評価値の誤差は、次の実験において許容できる範囲と考え、したがって以降の実験については、もっとも正答率が高いと考えられる、ユニット数を125としたNNを使用して行う。

6. 実験3-1: GAによる個体群の進化

個体の32ビットのビット列に対しGAを適用し、終了世代の個体群からスキーマを獲得する実験を行う。

6.1 実験設定

実験2で構築したNNによる判別器を適応度関数と定義し、その解となるビット列をGAにより求める。ここで、個体の適応度は判別器により判定された1~5の値とする。実験においては、一世代の個体数を1000、終了世代数を1000とし、2個体から選ぶトーナメント選択により親個体を選択する。さらに一点交叉と、突然変異率を0.05とした突然変異により、次世代の子を生成する。

終了世代の個体群は、評価者にとって高い評価が得られるものに収束していると考えられる。この個体群から、以下の方法でスキーマを獲得する。まず、終了世代の個体群について、1から32までの各遺伝子座の0または1の個数をそれぞれ数える。各遺伝子座ごとの、0または1のいずれかのビットの合計数が、全体に対する一定の割合を超えていれば、同遺伝子座におけるその値は重要度が高いとし、そのビットの値をスキーマとして確定する。そうでなければ、そのビットの値は重要度が低いとし、*(don't care)をスキーマとして確定する。

6.2 実験結果

世代数による1000個体の平均適応度の変化を、図7に示す。

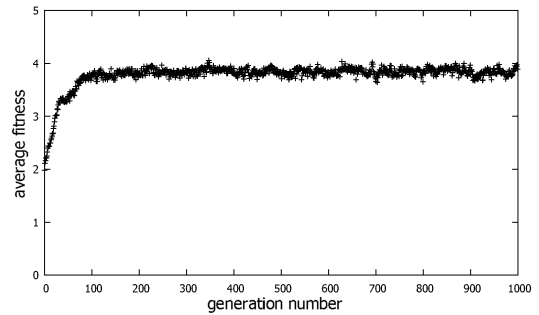


図7: 世代数による平均信頼度の変化

また、表2に、6.1項で述べた方法を用いて獲得されるスキーマを記す。なお便宜上、表中のビット列には8ビットごとに区切りを入れてある。

表2: 獲得されるスキーマ

全体に対する割合	得られるスキーマ
0.8	**0**1** ***101* 00*0010* **011**1
0.7	*10011*0 10**1010 00*00100 1*011011
0.6	*1001110 100*1010 00100100 1*011011

さらに、割合=0.6としたときに得られるスキーマが包含する8個体の表現型を、図8に示す。

スキーマ:*1001110|100*1010|00100100|1*011011

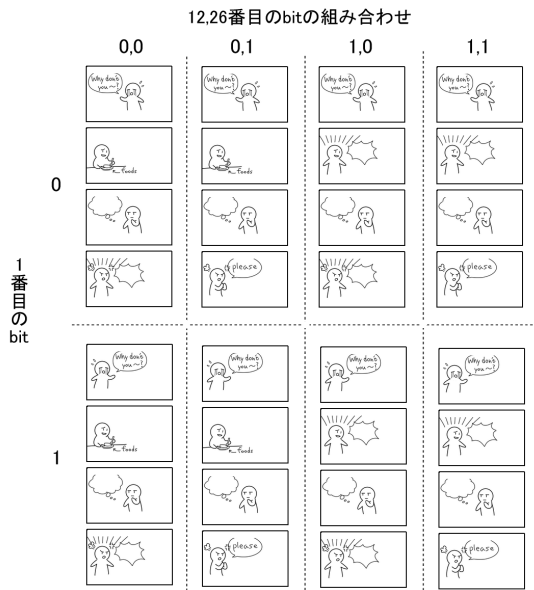


図8: スキーマが包含する8個体の表現型

6.3 考察

得られたスキーマから、個体のどの要素が重要であるか、または重要でないかを読み取ることができる。例えば、得られたスキーマに関して、全体的にスキーマの前半部分に*が多いことが読み取れるが、これは、4コマ漫画における、1~3コマ目の遷移に関しては、落ちに相当する3から4コマ目の遷移に対し、重要度が低いという基準が反映されているものと考えられることができる。したがって、評価者にとって重要である要素、重要でない要素をスキーマから読み取ることができ、これにより、評価者が持つ評価規範の抽出ができたといえる。

7. 実験 3-2 : CS による評価値の伝搬

7.1 実験設定

本研究で適用する CS は、バケツリレーアルゴリズムを用いて、コマを一状態とした状態遷移系列の学習を行う。バケツリレーアルゴリズムでは、式 1, 式 2 で、報酬獲得に至った CF_i, CF_j の信頼度 S_i, S_j を強化する。

$$S_i := S_i - C_{bid} \cdot S_i - C_{tax} \cdot S_i + R \quad (1)$$

$$S_j := S_j + C_{bid} \cdot S_i \quad (2)$$

システム内に用意するクラシファイア (CF) は、コマの状態遷移を表す。CF は、1 → 2 コマ目の遷移を表すもの、2 → 3 コマ目の遷移を表すもの、3 → 4 コマ目の遷移を表すものの 3 種類に分け、これらをそれぞれ CF1, CF2, CF3 の別の CF 群として扱う。各 CF はそれぞれ 16 ビットで、条件部が現在のコマのビット列、行動部が次のコマのビット列となる。CF1 から CF3 までを順番に発火させることで、個体としての評価が可能になるので、NN による判別器をもとに報酬を与え、発火した CF の信頼度を強化する。

また、マッチする CF が一つも存在しない場合については、最も信頼度の低い CF を、メッセージに沿う形で新しく生成した CF に置き換えて選択し、信頼度も初期化するという処理を行うこととした。

実験におけるパラメータ設定を、表 3 に示す。

表 3: パラメータ設定

掛け率 C_{bid}	0.20
税率 C_{tax}	0
報酬 R	NN の評価値の 2 乗 × 10
CF の個体数	1000
CF の初期信頼度	100
CS のエピソード数	100000
GA の繰り返し回数	300
親個体の選択方式	トーナメント選択 ($n = 2$)
交叉方式	一点交叉
突然変異率	0.05

7.2 実験結果

CF1~3 についてそれぞれ、1000 個体の平均値を平均信頼度とし、世代数による平均信頼度の変化を図 9 に示す。また、300 世代目の個体群について、CF3 (3 → 4 コマ目の遷移を表す CF) の中で、高い信頼度を得ていた CF の上位 5 個体を、ビット列とともに表 4 に示す。加えて、CF3 の中でもっとも高い信頼度を得ていた CF に関し、その表現型を図 10 に示す。

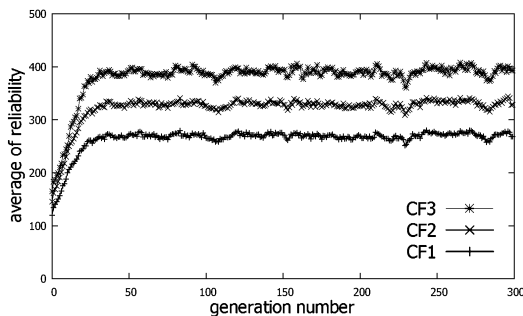


図 9: 世代数による平均信頼度の変化

表 4: CF3 の信頼度上位 5 個体

個体番号	遺伝子型	信頼度
CF3:512	101#0101 01011111	683
CF3:249	10100#0# 01011011	680
CF3:915	00100101 11011011	663
CF3:507	00100101 01011011	657
CF3: 93	0##00101 11011001	653

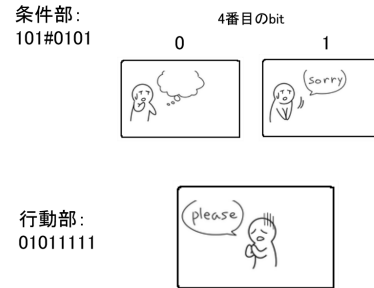


図 10: 最高信頼度個体の表現型 : CF3

7.3 考察

グラフと表から、CF の個体群が、高い評価値が得られるスキーマを含むものに収束していくことがわかる。例えば表 4 からは、3 コマ目のビット列が 10100101, 10110101 のどちらかであったとき、01011111 のビット列が表す 4 コマ目に遷移すれば、評価者にとって高い評価が得られることがいえる。この結果から、評価者の評価規範を基にして、4 コマ漫画中に登場したときに高い評価が得られるコマの遷移を得ることができたと考えられる。

8. まとめ

本研究では、創作物の自動生成に向け、時系列を持つ創作物に対する人間の評価規範を、進化計算を用いた手法により抽出する手法を提案した。具体的には、4 コマ漫画を表す染色体に進化計算を適用し、遺伝子のスキーマを獲得することで抽出を行った。

本研究で提案した手法では、4 コマ漫画全体に対する評価値を伝搬させることで、コマ遷移に対する評価値を獲得することができる。これにより、現在のコマからどのコマに遷移すれば、鑑賞者が満足するかという基準を得ることができ、機械的に創作を行う際に有意であると考えられる。

今後の展望として、深層学習等の導入により、ニューラルネットの正答率を向上させることなどが挙げられる。また、データセットとして実際の創作物を染色体表現し、それに対する評価規範の抽出を行うことができれば、今回用いたモデルよりも多様な表現が可能となり、創作物の自動生成に向け、より一層効果的であると考えられる。

参考文献

[古橋 95] 古橋武, 中岡謙, 森川幸治, 前田弘, 内川嘉樹: ファジクラシファイアシステムによる知識発見に関する一考察, 日本ファジィ学会誌, Vol.7, No.4, pp.839-848, (1995)

[伊庭 10] 伊庭斉志: 進化論的計算手法 知の科学, 人工知能学会, (2005)