

ブロックチェーンによる自律 AI のための遺伝的アルゴリズムの検討

Investigation of genetic algorithm for autonomous AI using blockchain

南里 敢太^{*1}
Kanta Nanri

森山 裕鷹^{*1}
Yutaka Moriyama

中山 功一^{*1}
Koichi Nakayama

^{*1} 佐賀大学
Saga University

This paper proposed "Self-Administered Genetic Algorithm (SA-GA)" as an evolutionary method that applies systems of intelligent autonomous agents. The intelligent autonomous agents were implemented as an autonomous program called a smart contract and executed by themselves according to pay the cryptocurrency to a node of the block chain. The intelligent autonomous agents' copies (children) were created by acquiring the cryptocurrency from their parents. In the examination of this paper, SA-GA was applied to a problem that resources which a large number of unspecified users provided were allocated to a large number of unspecified users. The result showed that SA-GA could obtain an adequate solution without a management for whole system. Moreover, it was shown that these solutions could be obtained in practical calculation time. Namely, SA-GA can be a method that optimizes the system consisting of a large number of autonomous agents.

1. はじめに

自然界の生命進化における自然選択には、特定の管理者がいない。例えば、単細胞生物が分裂するかどうかは、その生物自身の遺伝子に従う。一方、従来の進化的手法は、人の管理下でのみ進化的学習する。筆者らは、設計者から自律した人工知能(自律 AI)の作成を目指している。本論文では、特定の個人が設計製作/管理する AI ではなく、AI が個人から独立し、自分で自分のコードを成長させる“自律 AI”の実現に向けて、ブロックチェーン技術[1]を用いた自己管理型遺伝的アルゴリズム(SA-GA: Self-Administered Genetic Algorithm)[2]を提案する。SA-GA により、管理者のような特定の個人から自律した AI を、多数の一般ユーザ全体の求める方向に進化的学習させる手法を実現する。

2. 提案する SA-GA

2.1 SA-GA の概要

自律 AI を、スマートコントラクトと呼ばれるブロックチェーン上で実行される自律プログラムで実装する。自律 AI は、ブロックチェーン上のノード(マイナーとも呼ばれる)に仮想通貨を支払い、自分自身を実行する。すなわち、仮想通貨を、自然界におけるエネルギーに相当する存在として利用し、AI を自律させる。これらの仕組みにより、選択などの進化的オペレーションを自己管理する GA を実現する。SA-GA における自律 AI の概要を図 1 に示す。

2.2 自律 AI の実装

SA-GA では、遺伝子個体である自律 AI が、遺伝子と仮想通貨を持つ。自律 AI は、ブロックチェーンネットワーク上のノード(マイナーとも呼ばれる)に対して仮想通貨を支払い、自身のプログラムを実行させる。仮想通貨を使い切った自律 AI は、自身を実行できないため存続できない。

行動戦略遺伝子に従い、ユーザに任意のサービスを提供し、ユーザから仮想通貨を評価(対価)として受け取る。自身の所持する仮想通貨の量に従い、自らの子孫を作成するかを自分で判断する。自身の行動戦略および生存戦略を人に管理されないという意味で、AI を自律させる。SA-GA における遺伝子と仮想通貨の概要を図 2 に示す。

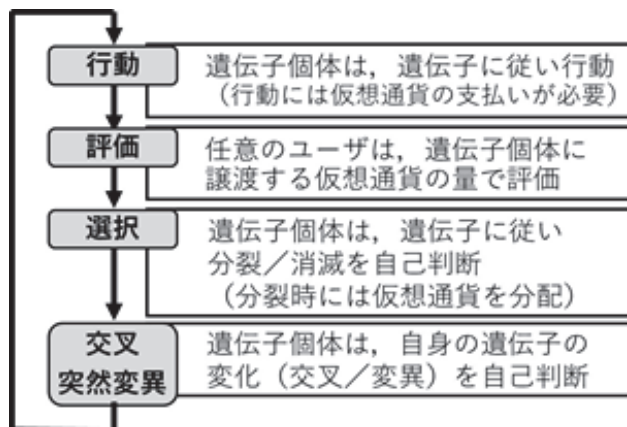


図 1: SA-GA における自律 AI の概要

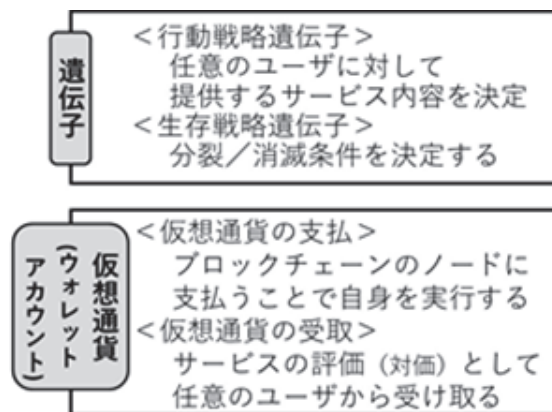


図 2: SA-GA における遺伝子と仮想通貨の概要

2.3 自律 AI の評価

自律 AI を利用したい一般ユーザは、自らの目的に合う自律 AI に対して仮想通貨を送金することで評価する。より多くの仮想通貨を受け取った自律 AI は、より多くの計算機資源を利用できる。自律 AI が進化的オペレーションを自己管理する手法とするために、自身が所持する仮想通貨の量に従って、子孫となる自律 AI (以下、子 AI と記す) を作成 (分裂) する[3]。この時、子 AI が動作するために、親となる自律 AI は、自身の仮想通貨を子 AI に分配する。また、この時、突然変異や他の自律 AI から遺伝子をコピーする交叉を実行しても良い。

SA-GA の設計者は、仮想通貨の総量や単位時間当たりの増加量などを初期設定で定める。一方、SA-GA の実行中には、SA-GA の設計者も、自律 AI を操作できない。

3. 実験

3.1 実験の概要

本実験では、自律 AI が稼働する独自のブロックチェーンを Python で作成する[4]。ある企業が発注した業務内容に対して、それを委託する外部組織の適切な組み合わせをブロックチェーン上で探索するアウトソーシングマッチングシステム (以下、マッチングシステムと記す) を想定する。従来のマッチングシステムにはシステムを運営する管理会社による情報の独占や契約内容の改ざんが可能という問題があった。しかし、本実験で想定するマッチングシステムは、ブロックチェーン上でマッチング探索を行うため、それらの問題が発生しない。

本実験では、自律 AI が動作するためのブロックチェーンおよびそれを実行するノード (以下、単にノードと記す) を Python で作成する。独自に作成したブロックチェーン上で進化的手法を実行し、発注者の業務内容に適した受注者のマッチングが可能か確認する。

3.2 実験設定

本実験のマッチングシステムの利用者には、業務内容を発注する 6 人の発注者 $N_S \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ と、その業務を委託する 18 人の受注者 $N_R \in \{1, 2, \dots, 18\}$ が存在する。発注者 N_X が発注する業務番号 $N_T (N_X = N_T)$ を表 1 に示す。各業務には、必要なスキルと 3 段階の報酬金額が含まれている。例えば、S1 の業務の場合、スキル A を所持する受注者には 50,000 円の報酬を支払い、スキル B を所持する受注者には 150,000 円の報酬を支払い、スキル C を所持する受注者には 300,000 円の報酬を支払う。

発注者	必要スキル：報酬金額
S1	A: ¥50,000, B: ¥150,000 C: ¥300,000
S2	A: ¥100,000, B: ¥50,000 C: ¥150,000
S3	A: ¥150,000, B: ¥300,000 C: ¥100,000
S4	A: ¥200,000, B: ¥200,000 C: ¥200,000
S5	A: ¥250,000, B: ¥100,000 C: ¥250,000
S6	A: ¥300,000, B: ¥250,000 C: ¥50,000

表 1: 発注業務の必要スキルと報酬金額

受注者 N_R のスキルと希望金額を表 2 に示す。受注者は、システム上に自律 AI を 60 体作成する。それぞれの自律 AI は、

累計数テーブルと推薦する発注者の情報を所持する。また、自律 AI は、初期仮想通貨を 10 所持する。

自律 AI は、発注者に対して受注者の組み合わせを推薦する。発注者は、業務内容に最も適した組み合わせの推薦をした自律 AI を評価し、自律 AI に仮想通貨を送金する。

3.3 自律 AI による推薦処理の流れ

本実験の推薦処理の流れを図 3 に示す。自律 AI は、スマートコントラクトで実装されており、過去に発注者から評価された回数の累計数テーブルを所持している。推薦処理を行う場合、自律 AI は、ノードに累計数テーブルを渡し、ノード (具体的には図 3 の受注者組み合わせ推薦部) がユーザに対して受注者の組み合わせを推薦する。また、ノードは、累計数テーブルを利用したルーレット選択に従って、受注者の組み合わせを決定する。すなわち、累計数が多い受注者ほど組み合わせとして選択されやすくなる。

なお、ブロックチェーンの性質上、通常は乱数を用いることができない。その理由は、ブロックチェーンは、すべてのノードが同じ動作を行うことでチェーンの整合性を保っており、乱数のような利用するたびに値が変動するものは整合性が保たれているかの確認が困難になるためである。本実験では、例えばイーサリアム[5]における Oraclize[6]というサービスのように、乱数を生成する外部サービスの利用を想定する。

受注者	所持スキル	希望金額
R1	A	¥50,000
R2	A	¥100,000
R3	A	¥150,000
R4	A	¥200,000
R5	A	¥250,000
R6	A	¥300,000
R7	B	¥50,000
R8	B	¥100,000
R9	B	¥150,000
R10	B	¥200,000
R11	B	¥250,000
R12	B	¥300,000
R13	C	¥50,000
R14	C	¥100,000
R15	C	¥150,000
R16	C	¥200,000
R17	C	¥250,000
R18	C	¥300,000

表 2: 受注者のスキルと希望金額

3.4 実験モデル

本実験のメインルーチンを NS チャートで図 4 に、詳細を以下に示す。

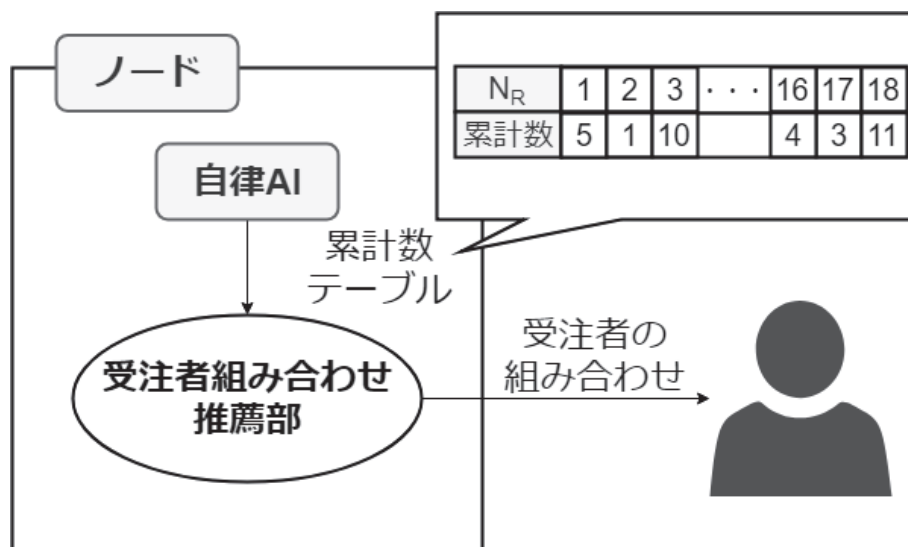


図 3: 推薦処理の流れ

<実験手順>

- (1) 初期設定: 3.2 節どおり自律 AI を作成する。
- (2) 推薦リクエスト: 発注者は、ノードに対して受注者の組み合わせの推薦をリクエストする。リクエストを受け取ったノードは、発注者へ推薦する自律 AI を 3 体ランダムで選択する。
- (3) 受注者組み合わせ選択: 自律 AI は、3 体受注者を選択する。選択手法は、累計数テーブルを利用したルーレット選択とする。
- (4) 推薦: 自律 AI は、発注者に対して仮想通貨を 1 送金して、受注者の組み合わせを推薦する。
- (5) 評価: 発注者は、自身の業務内容に最も適した組み合わせを行った自律 AI (以下、最良 AI と記す) に、それぞれの自律 AI から受け取ったすべての仮想通貨を送金する。この際、発注者は、自身設定した報酬金額と受注者の希望金額が近いほど適切な組み合わせと判断する。
- (6) 進化的オペレーション: 発注者から評価された自律 AI は、累計数テーブルのうち推薦した受注者の累計数を 10 増やす。対して、発注者から評価されなかった自律 AI は、推薦した受注者の累計数を 2 減らす。また、自律 AI は、所持する仮想通貨が 15 以上になったとき、新たに子 AI を作成し、子 AI に対して自分の所持する仮想通貨の半分を送金する。自律 AI は、所持する仮想通貨が 0 になったとき行動を停止し、消滅する。
- (7) 単位時間ループ: (2)~(6)を繰り返す。これを単位時間とする。

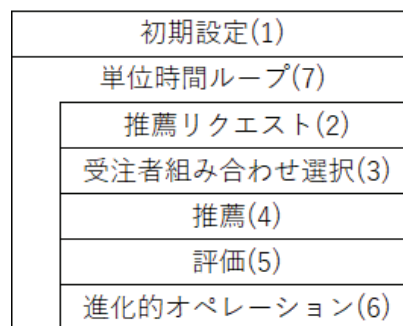


図 4: NS チャートで示す実験手順の概要

さらに、実験の結果として、図 5 に発注者 S1 に推薦を行う自律 AI の累計数テーブル内の比率の推移を示す。図 5 の縦軸は発注者 S1 に推薦を行う自律 AI の累計数テーブル内の比率を、横軸は単位時間変化を表す。図 5 の層は、受注者 R1～R18 ごとの累計評価回数の割合を表しており、下から受注者 R1, R2, …, R17, R18 と並んでいる。図 5 より、十分に時間が経つと、最も下に位置する青色の受注者 R1 と、真ん中に位置する灰色の受注者 R9、最も上に位置する緑色の受注者 R18 の割合がほとんどを占めることが分かる。このことから、十分な時間が経つと、発注者 S1 に推薦を行う自律 AI は、受注者 R1, R9, R18 の 3 体しか推薦しなくなることが示された。他の発注者でも同様の結果が得られた。

発注者	最終的に推薦された受注者
S1	R1, R9, R18
S2	R2, R7, R16
S3	R3, R12, R14
S4	R4, R10, R16
S5	R5, R8, R17
S6	R6, R11, R13

表 3: 発注者に最終的に推薦された受注者の組み合わせ

3.5 実験結果

実験の結果として、表 3 に発注者に対して最終的に推薦された受注者の組み合わせを示す。これより、すべての発注者に適切な組み合わせが推薦できていることが示された。

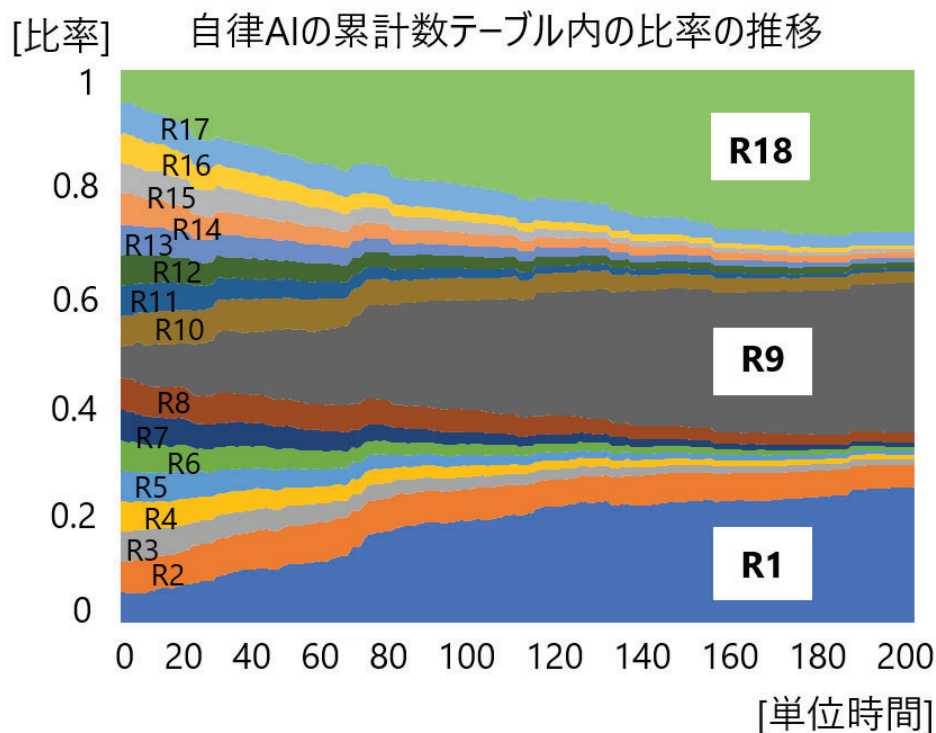


図5:発注者 S1 に推薦を行う自律 AI の累計数テーブル内の比率の推移

4. 考察

3章の結果から, SA-GA の自律 AI は, 発注者に対して適切な受注者の組み合わせを推薦できたことが示された. これは, 自律 AI が発注者から評価されることで発注者の発注内容に適した受注者の組み合わせを学習していることを表している. また, 3.4 節の結果から, 自律 AI は, 発注者が複数人であっても, 全発注者に対して適切な受注者の組み合わせを推薦できることが確認できた. これより, SA-GA は, 不特定多数のユーザがいる環境下でも適用できることが示された. 以上より, SA-GA を適用することで集中管理されていない自立分散的なシステムであっても, 進化的手法が可能であることが確認できた. ただ, 3.3 節では, 乱数に関する問題が解決していないため, 乱数が利用できるブロックチェーンを作成, または利用する必要がある.

5. まとめ

本論文では, 自分で自分のコードを成長させる“自律 AI”の実現に向けて, ブロックチェーン技術を用いた自己管理型遺伝的アルゴリズム(SA-GA)を提案した. 仮想通貨を評価値として利用することで, 選択などの進化的オペレーションを自己管理する GA を実現した. 従来の進化的手法と異なり, SA-GA により, 管理者のような特定の個人から自律した AI が, 多数の一般ユーザ全体の求める方向に進化的学習させられることを実験的に確認した. 今後は, 提案手法をイーサリアムのような既存のブロックチェーンで実装し, より本格的な実装に取り組む予定である.

参考文献

- [1] Yutaka Moriyama: An Algorithm that Prevents SPAM Attacks Using Blockchain, International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), Vol. 9, No. 7, pp.204–208, 2018
- [2] 南里敢太: 進化的オペレーションを自己管理する遺伝的アルゴリズム(SA-GA)の検討, 進化計算シンポジウム 2018
- [3] 中山功一: 動的離隔型 GA(DS-GA)の提案, 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用, 2002.
- [4] <https://qiita.com/hihiro98/items/841ece65d896aeaa8a2a>
- [5] G. J. Wood: Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger, Ethereum project yellow paper, 2014.
- [6] <https://docs.oracize.it/>