

<ユーティリティトークンを用いたトークンエコノミーに関するモデリングの調査>

1. Introduction

ユーティリティトークンの価値は、事業者・投資家・ユーザー・マイナーなどの相互作用によって創出されるトークンエコノミーの中で動的に決定される。そのため、サービスリリース後に想定したユーティリティトークンの価値を創出するためには、システムレベルでの事前のトークン設計が重要となる。しかしながら、現状では、個々のロジックを頭の中で積み重ねることで、システムレベルの挙動を想像するといったことに留まることが多い。一方、最近では、ユーティリティトークンの価値の算出やトークンエコノミーの設計という文脈の中で、トークンエコノミーに関するモデリングやシミュレーションが一部議論され始めている。そこで今回、現在用いられている理論自体が議論中であり、正確なモデリングは不可能であることは承知の上で、今後のモデリングによる可能性の調査を目的に、トークンエコノミーに関して単純化したモデルを簡易的に作成し、シミュレーションを試みた。

今回、モデルとしては、何らかのサービスに対してトークンが支払われるユーティリティトークンタイプのトークンエコノミーを想定し、ユーティリティトークンで支払われるサービス利用者の振舞いのみに着目した、極めてシンプルなモデルを設定した。モデル内部の個々の設定については、一般的に議論されることが多い「トークン流通速度の問題」を表現することを目的にしつつ、様々な振舞いや関係性を感覚的に式で表現することで、モデリングを行った。シミュレーションでは、「トークン流通速度の問題」の対策の1つである、トークン流通速度を抑制した場合を表現することを目的に、トークンの市場規模とトークン流通速度との関連度合いを変えた2つのケースを実施した。その結果、流通速度の抑制を模した、関連度合いが低いケースにおいて、トークンの市場規模の増加は緩やかになり、かつ、トークン価格はより高い価格で安定するといった、想定した挙動を示すことが出来た。

今回のモデリングは、極端な仮説や抽象化された相互作用、現実には存在しないパラメータやその値の設定、加えて、貨幣数量説についてはトークンエコノミーに適用すること自体が議論中であるなど、モデルの確からしさという点では多くの問題を含んでいるため、モデル自体の価値は低い。一方で、モデリングにより、定量性のある形式知としてトークンエコノミーを記述することで、チーム内での多面的な議論や検証を促すとともに、システムレベルでの挙動確認をサポートするものにはなり得るのではないかと考えている。将来的に、より実態に近いトークンエコノミーのシミュレーションが可能になり、トークンエコノミーを工学的に設計する「トークンエンジニアリング」に発展するかどうか注目していきたい。

2. Model development

モデリングを始めるにあたり、想定するトークンエコノミーと使用するモデリング手法を決定した。今回、トークンエコノミーとしては、Filecoinのような、何らかのサービスを利用する際にトークンが支払われるユーティリティトークンタイプのトークンエコノミーを想定した。モデリング手法としては、社会科学分野での使用が多く、最近ユーティリティトークンのモデリングとしても議論され始めているマルチ・エージェント・モデリングを用いることとした。

次に、マルチ・エージェント・モデリングの際に必要な、環境とエージェントの振舞いを決定した(図1)。まず、市場全体のユーザーは、inactiveユーザー(トークンを認識していないユーザー)とactiveユーザー(トークンを認識し、トークンを利用する可能性のあるユーザー)から構成されるものとした。inactiveユーザーは、確率 P_{active} でactiveユーザーに変化し、一度activeユーザーになった後はinactiveユーザーには戻らないものとした(そのため、activeユーザーが単調に増加するモデルとなっている)。activeユーザーになった後は、時間毎にトークンを利用する(トークン利用ユーザー)か、トークンを利用せずに保持するかを確率 P_{use} で選択するものとした。ここで、ユーザーの振舞いを決める P_{active} と P_{use} は、環境変数である、「市場全体のactiveユーザーの合計(n_{active})」、「トークン利用ユーザーの合計(n_{use})」、「トークン価格(t)」に依存して動的に変化するものとした。加えて、環境変数であるトークン価格は、activeユーザー数の合計に依存して変化するものとした。これにより、ユーザーの振舞いと環境が相互に依存するようなモデルとなっている。

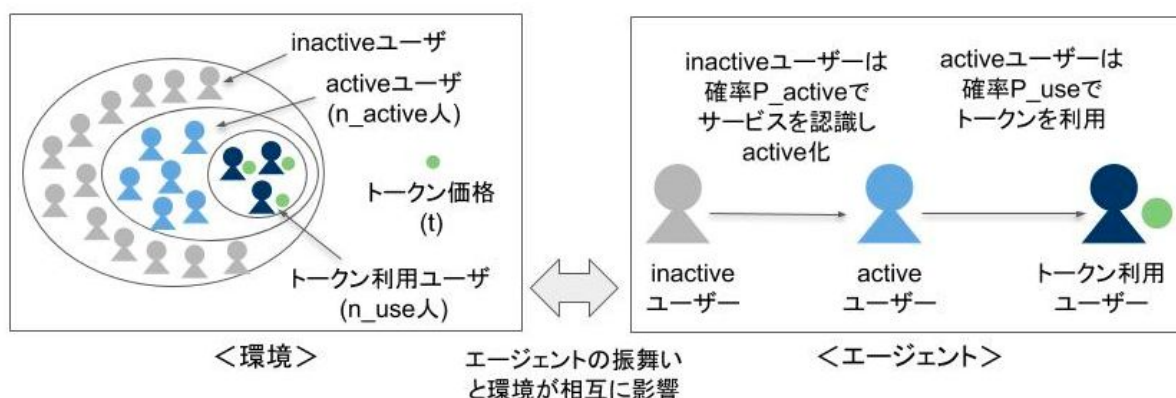


図1 モデルの概要

図1で示した、環境変数である n_{active} 、 n_{use} 、 t 、ユーザーの振舞いを決める確率 P_{active} と P_{use} は下記により求めることとした。

・ activeユーザー数、 n_{active} (環境変数)

タイムステップ毎の、activeユーザーの合計として算出した。

・ トークン利用ユーザー数、 n_{use} (環境変数)

タイムステップ毎の、トークン利用ユーザーの合計として算出した。

・ トークン価格、 t (環境変数)

トークン価格は、フィッシャーの交換式 ($M=PQ/V$) と発行されるトークン総数(T_{all})に基づき算出されるものとした。フィッシャーの交換式の分子 PQ は、市場規模 M と全ユーザーに対するactiveユーザーの割合 (n_{active}/N_{all}) から算出されるものとした。また、トークン流通速度である V は、 n_{active} が増えるほど対数関数的に増加するという仮説のもと、 $V=n_{active}^{\alpha}$ ($0 < \alpha < 1$) とした。以上をまとめ、トークン価格 t は下記とした。

$$t = \frac{PQ}{V} \times \frac{1}{T_{all}} = \frac{M \times (n_{active}/N_{all})}{n_{active}^{N_3}} \times \frac{1}{T_{all}}$$

- ・ n_active : activeユーザー数 (環境変数)
- ・ M : 市場規模 (定数)
- ・ N_all : 市場全体のユーザー数 (定数)
- ・ N3 : activeユーザー数に対するトークン流通速度の感度 (定数)
- ・ T_all : 発行されるトークン総数 (定数)

・ inactiveユーザーがactiveユーザーに変化する確率、P_active

inactiveユーザーは確率P_activeでサービスを認識しactiveユーザーへと変化する。イノベーションが普及するプロセスのモデル化を参考にしつつ、環境内でトークンを利用しているユーザー数n_useが多いほど、inactiveユーザーはactive化するという仮説のもと、確率P_activeを下記とした。n_useが0のときP_activeは最小の確率P、n_useがN_allのときP_activeは最大の確率P+Qをとる。

$$P_{active} = (P + \frac{n_{use}}{N_{all}}Q)$$

- ・ n_use : トークン利用ユーザー数 (環境変数)
- ・ P : 自然にactive化する確率 (定数)
- ・ Q : トークン利用ユーザー数に対してベースとなる確率 (定数)
- ・ N_all : 市場全体のユーザー数 (定数)

・ activeユーザーがトークンを利用する確率、P_use

トークンエコノミー内のactiveユーザーは確率P_useでトークンを利用するか保持するかを選択をする。トークン価格tが安く、activeユーザー数n_activeが多いほど、activeユーザーはトークンを利用するという仮説のもと、確率P_useを下記とした。式の前半は、トークン価格に依存しP_useがS字型に減少する応答、式の後半は、activeユーザー数に依存しP_useがS字型に増加する応答を示している。

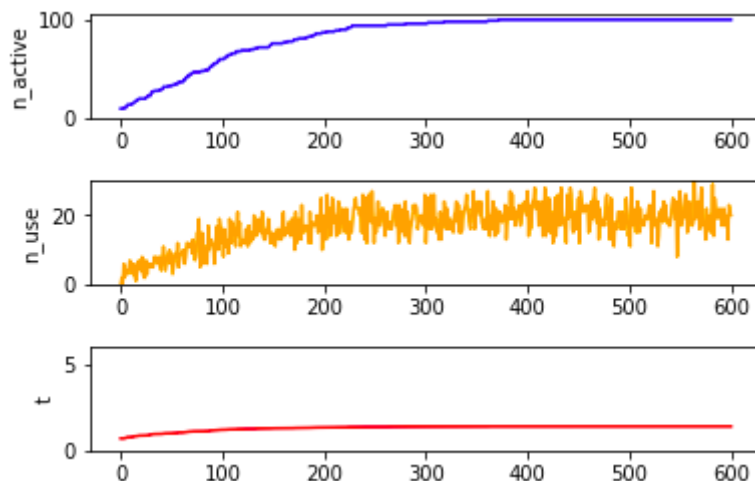
$$P_{use} = \frac{1}{1 + t^{N_1}} P_1 \times \frac{n_{active}^{N_2}}{1 + n_{active}^{N_2}} P_2$$

- ・ n_active : activeユーザー数 (環境変数)
- ・ n_use : トークン利用ユーザー数 (環境変数)
- ・ t : トークン価格 (環境変数)
- ・ P1 : トークン価格に対してベースとなる確率 (定数)
- ・ N1 : トークン価格に対するトークン利用の感度 (定数)
- ・ P2 : activeユーザー数に対してベースとなる確率 (定数)
- ・ N2 : activeユーザー数に対するトークン利用の感度 (定数)

3. Simulation Results and Discussion

今回のモデルは、一般的に議論されることが多い「トークン流通速度の問題」を表現することを目的にし、モデリングを実施した。シミュレーションでは、「トークン流通速度の問題」の対策の1つである、トークン流通速度を抑制した場合を表現することを目的に、トークンの市場規模とトークン流通速度との関連度合いを変えた2つのケースを実施した(図2 A, B)。その結果、トークン流通速度を抑制した場合を表した、関連度合いN3が低いケースにおいて、トークンの市場規模の増加は緩やかになり、トークン価格はより高い価格で安定するといった、モデルの中で想定した挙動を示した。

(A) activeユーザー数に対するトークン流通速度の感度, N3=0.7



(B) activeユーザー数に対するトークン流通速度の感度, N3=0.4

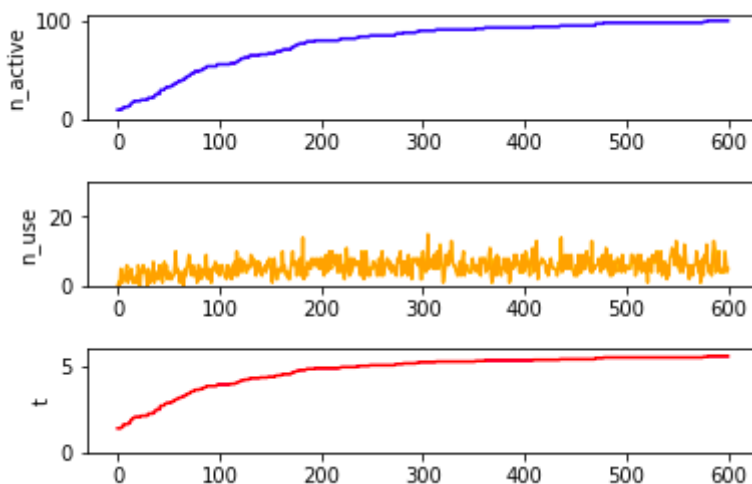


図2 activeユーザー数、トークン利用ユーザー数、トークン価格の時間変化

表1 N3以外の定数の値

N_all	M	T_all	P	Q	P1	P2	N1	N2
100	350	10	0.005	0.05	0.7	0.7	1.1	1.1

なお、n_activeの初期値は10としている。

一方で、今回のモデルは試験的な側面が強く、便宜的に設定した箇所が複数存在する。1つ目として、多くのパラメータ(定数)が、極度に抽象化されたものであったり、実数値として実質的な意味を持たず、他のパラメータとの相対的な関係のもとで意味をなすものであることがあげられる。例えば、N1、N2、N3は感度という抽象的な意味合いを表すパラメータとして導入している。また、トークン価格 t に対して重要な、発行されるトークンの総数 T_{all} は、絶対値としてではなく、市場規模 M との相対的な関係のもとで意味を持っている。2つ目として、モデル内で用いた式の多くは、理論的に証明されたものではなく、独自に作成した式であることがあげられる。例えば、トークンを利用する確率 P_{use} は、トークン価格に反比例し(価格が低いほど利用する確率が高い)、市場内のactiveユーザー数には比例する(ユーザー数が多いほど利用する確率が高い)という関数を独自に作成した。また、フィッシャーの交換式については、そもそもユーティリティトークンのトークン価格算出に用いてよいのか、交換式の各々の変数は独立なものとして存在し得るのか、といったことが議論の最中である。3つ目として、今回の環境変数は、設定したモデルの仕組み上、単調増加した後一定値で安定するといった挙動に限定されており、一方的に減少/増加したり、増減を繰り返して振動するといった挙動は取りえないといったことがあげられる。この点については、投資家などのエージェントを増やすことで、実際に近いモデルに改善するといったことが考えられる。

4. Reference

- ・ Utility tokens: discussion, economic model and simulation in R
<https://hackernoon.com/utility-tokens-discussion-economic-model-and-simulation-in-r-798c0f3d26c>
- ・ Simulating-an-Economy-ABM
<https://github.com/ShrutiAppiah/Simulating-an-Economy-ABM/>
- ・ Towards a Practice of Token Engineering
<https://blog.oceanprotocol.com/towards-a-practice-of-token-engineering-b02feeff7ca>
- ・ IS AGENT BASED MODELLING THE BEST TOOL FOR TOKENOMICS?
<http://thedata scientist.com/agent-based-modelling-tokenomics/>
- ・ Crypto Token Economy Design for Disruptive BM
http://sites.ieee.org/bcsummitkorea-2018/files/2018/06/D1_SKT_Crypto-Token-Economy-Design-for-Disruptive-BM_Jongseung-Kim.pdf
- ・ Introduction to agent-based modeling and simulation in token economics
<https://medium.com/token-simulation-model/introduction-to-agent-based-modeling-and-simulation-in-token-economics-9560e0812ced>
- ・ Cryptoasset Valuations
<https://medium.com/@cburniske/cryptoasset-valuations-ac83479ffca7>
- ・ INET Valuation Model
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ng4vv3TUE0DoB12diyc8nRfZuAN13k3aRR30gmuKM2Y/edit#gid=1912132017>
- ・ Blockchain at Berkeleyの記事を徹底解説！ トークン価値算定理論とその発展可能性
https://aposchlablog.com/token_valuation_model/4572
- ・ Token Velocity問題と5つの解決アプローチ,
<https://blockchain.gunosy.io/entry/token-velocity-problem-solution>
- ・ 貨幣数量説を応用したユーティリティトークンの理論価格算出
<https://blockchain.gunosy.io/entry/utility-token-valuation>
- ・ Agent-based simulation of innovation diffusion: a review, Central European Journal of Operations Research June 2012, Volume 20, Issue 2, pp 183–230