

社会の平等性と豊かさの定量評価

新井 健太（芝浦工業大学）

1 はじめに

ある社会が幸福であるかを定量的に評価することは難しい。社会を評価するにあたって、考慮すべき要素は複数ある。それらすべての要素において評価が高い社会や逆にすべての評価が低い社会ならば、社会全体の評価をするのも容易い。しかし、ある要素は優れているが別の要素は劣っているという社会については評価することは困難といえる。例えば、社会に属する人々それぞれが豊かであり、その間の格差が小さい社会は、相対的に貧しく人々の間の格差が大きい社会よりも良い社会と言えるのは明らかである。しかし、全体としては豊かだが個々人の格差が大きい社会と、全体では貧しいが格差は小さい社会を比べた時にどちらが優良であると断言するのは難しい。本シミュレーションでは武藤 [1] の数理モデルを元に MAS を設計し、どのような社会が良い社会といえるのかを検証した。

2 社会の定量評価

社会の改善を行う際には定量的な評価基準が必要となる。しかし、現在は社会を真に定量的に評価する指標は存在しない。すなわち、社会を定量的に評価する指標を定めることができれば、社会の改善に貢献しうる。

武藤 [1] は、社会の平等性と豊かさについて数理モデルを用いて評価しようとしている。この中で武藤は 2 人状況、N 人状況、そして N 人状況の平均を社会の幸福を表す指標として定めた。式 (1) は武藤が社会を構成する個人から見た 2 人の社会に対して定義した社会的価値志向である。

$$V_i(x_i, x_j) = (1 - l)x_i + lx_j - e|x_i - x_j| \quad (1)$$

$$\begin{cases} x_i: \text{自身の利得} \\ x_j: \text{他者の利得} \\ l: \text{利他志向} \\ e: \text{平等志向} \end{cases}$$

x_i, x_j はそれぞれ自身の利得と他者の利得であり、 l は利他志向の強さを、 $1 - l$ は利己志向の強さを表している。これらの志向の強さはそれぞれ自身と他者の利得に対する重みである。利他志向が強いほど他者の利得を自身の利得よりも重視し、利己志向が

強いほど自身の利得を他者の利得よりも重視する。



図1 2人状況

さらに、武藤はこれを N 人状況に適用するために拡張する。しかし、この時に個人間の利他志向や平等志向をすべて同一である、すなわち社会を構成する個人全員が同一の利他志向や平等志向を有しているものとして扱う。

$$V_i(x_1, x_2, \dots, x_N) = \frac{1}{N-1} \sum_{j(\neq i)=1}^N V_i(x_i, x_j) \quad (2)$$

$$\begin{cases} x_i: \text{自身の利得} \\ x_j: \text{他者の利得} \\ N: \text{社会の構成員の総数} \end{cases}$$

だが現実的には、同じ社会に属していても個人の利他志向や平等志向は異なるはずである。数理モデルとしては同一として扱うしかないが、MAS の評価式として用いれば、個人の利他志向や平等志向を同一のものとして扱うことなく、個人ごとの社会の評価の違いを再現することができる。以上から、本研究は社会の平等性と豊かさの時間的な発展に関して理論研究を行う。

2.1 利得について

本研究で何を個人の利得として扱うかについて述べる。袖川、田邊 [2] が分析した幸福を構成する要素（因子）のうち、第 1 因子と第 2 因子を合わせたものとする。

幸福を構成する要素（因子）

- 第1因子 金にゆとりがあることで、洗練された物質的に豊かな生活ができること → (裕福な生活環境)
- 第2因子 経済の安定や景気が良いなど、社会のマクロ環境が良好なこと → (安定した社会環境)
- 第3因子 現在の生活で、仕事面でも生活面でも順調で、将来にも希望を持てること → (順調な生活の展開)
- 第4因子 活の安心、安全が保たれ、環境面でもサステナビリティに配慮すること → (生活の安全・安心)
- 第5因子 社会的な地位が満たされ、他人から承認されていること → (社会的承認)
- 第6因子 再チャレンジが容易で、社会に流動性があること → (チャンスのある社会)

正規分布に従って配布され、利得に関してはシミュレーション中の状況に応じて変化する。

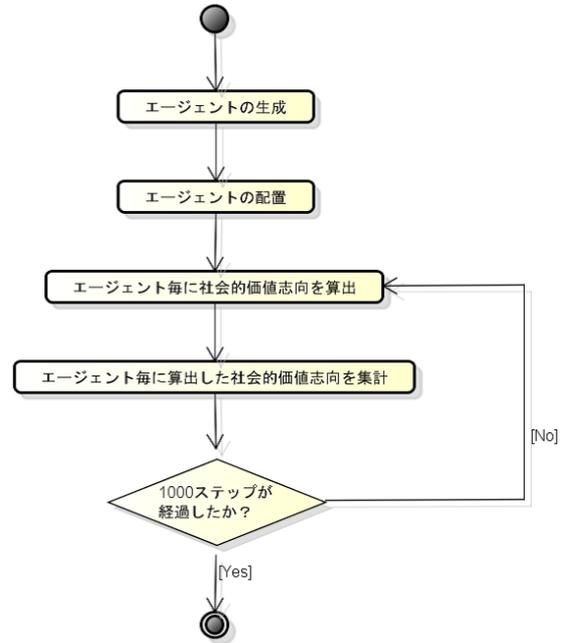


図2 シミュレーションのフローチャート

3 仮定

前述のとおり、格差が小さく社会全体の富が大きい社会は幸福であり、格差が大きく社会全体の富も小さい社会は不幸であることは自明である。したがって、このシミュレーションにおいても、この条件は満たされることが期待される。

- 格差が小さく、社会全体の富が大きい社会は評価が高い
- 格差が大きく、社会全体の富が小さい社会は評価が低い

式(1)は自身と他のエージェントの2人状況を評価したものであるから、さらに自身以外のすべてのエージェントそれぞれとの2人状況での評価を行ない、それらの値を集計し平均することで、そのエージェント自身から見た社会的価値志向の算出を行なう。さらにエージェントごとに行った評価を集計し、その平均を取ることで社会全体の社会的価値志向を算出する。

4 シミュレーションモデル

4.1 モデルの概要

Phase 1 50×50の格子モデル空間にエージェントをランダムに配置する。

Phase 2 それぞれのエージェントが自身から見た社会的価値志向を算出する。

Phase 3 エージェントの算出した社会的価値志向を集計し、その平均値をそのステップにおける社会全体の社会的価値志向として算出する。

4.2 モデルの詳細

50×50の格子モデルの空間に100人のエージェントをランダムに配置する。これらのエージェントは自身の利得と自身を除く他のエージェントそれぞれの利得を式(1)に従って評価する。なお、エージェント毎の利得と利他志向、平等志向については初期に

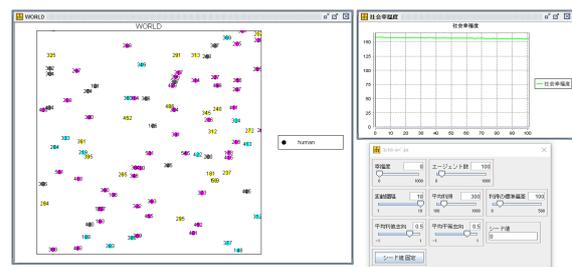


図3 動作中のシミュレーション

4.2.1 重みの追加

MASとしての特性を活かすために、エージェントから見た他のエージェントに対する重みを設定する。重みはエージェント間の距離と空間の対角線の長さから式(3)のように算出され、エージェントが比較の対象となるエージェントから受ける影響の程度を表すものである。遠い国の大富豪の利得よりも身近な友人の利得の方が自身の利得に対する影響が大き

いであろう。

$$W_{ij}(a_i, a_j) = 1 - d/D \quad (3)$$

$$\begin{cases} d: \text{エージェント間の距離} \\ D: \text{空間の対角線の長さ} \end{cases}$$

重みは他のエージェントそれぞれとの2人状況における社会的価値志向に対して適用される。

$$V_i(x_1, x_2, \dots, x_N) = \frac{1}{N-1} \sum_{j(\neq i)=1}^N (W_{ij} V_i(x_i, x_j)) \quad (4)$$

$$\begin{cases} x_i: \text{自身の利得} \\ x_j: \text{他者の利得} \\ l: \text{利他志向} \\ e: \text{平等志向} \end{cases}$$

4.2.2 個人による改善

一般に社会を構成する個人は自身が幸福でない状態を放置することはない。自身が不幸であるならば、その状況を改善するように行動するはずである。このシミュレーションではその行動をエージェントの移動という形で表現している。幸福水準については0以上を幸福とするものとした。

4.3 パラメータ

以下のようなパラメータを外部から設定できるように設計した。

幸福水準 エージェントが自身の幸福・不幸の判断する際に基準とする値。

変動間隔 エージェントの利得が増加するまでの時間。不幸を感じない状態で指定されたステップ数が経過すると、エージェントは自身の利得を増加させる。

エージェント数 エージェントの生成数。

利得平均 エージェントの利得の平均値。エージェントの利得の分布を調整するために用いる。

利得の標準偏差 エージェントの利得の標準偏差。エージェントの利得の分布を調整するために用いる。

平均利他志向 エージェントの利他志向の平均値。エージェントの利他志向の分布を調整するために用いる。

平均平等志向 エージェントの平等志向の平均値。エージェントの平等志向の分布を調整するために用いる。

4.4 エージェント

このシミュレーションに登場するエージェントは社会の構成員を表す human エージェントのみである。エージェントの利他志向（および利己志向）と平

等志向の傾向から4種類に分類・色分けし、シミュレーション上で区別できるようにしている。

利己的かつ平等志向（イエロー） 利他志向が0未満かつ平等志向が0.5以上のエージェント。シミュレーション上ではイエローで表示される。

利己的かつ非平等志向（シアン） 利他志向が0未満かつ平等志向が0未満のエージェント。シミュレーション上ではシアンで表示される。

利他的かつ平等志向（マゼンタ） 利他志向が0以上かつ平等志向が0.5以上のエージェント。シミュレーション上ではマゼンタで表示される。

利他的かつ非平等志向（ブラック） 利他志向が0以上かつ平等志向が0未満のエージェント。シミュレーション上ではブラックで表示される。

4.4.1 エージェントの行動

Phase 1 各エージェントは自身と自身以外のエージェントを式(1)に従って、自身とそのエージェントの2人状況における社会的価値志向を算出する。

Phase 2 各エージェントは自身と自身以外のエージェントの間の距離を元にそのエージェントに対する重みを算出する。エージェントは式(3)から比較対象のエージェントに対する重みを算出し、それを適用したうえで自身から見た社会的価値志向を求める。

Phase 3 各エージェントは算出した自分以外のエージェントそれぞれとの2人状況における社会的価値志向を合計し、その平均値を算出する。

Phase 4 各エージェントは社会的価値志向の平均と幸福水準から行動を選択する。

Phase 4-1 その平均値が外部で幸福水準を上回るとエージェントは自身が幸福であると判断し、その場に留まる。また一定時間（今回は10ステップ）が経過すると、自身の利得を1だけ上昇する。これは自身にとって都合の良い環境に身を置いたことによる利得を表したものである。

Phase 4-2 平均値が幸福水準を下回った場合には、エージェントは自身が不幸であると判断し、利得を1だけ減少させた。さらに、式(5)に従って自身を最も幸せにすると予測されるエージェントを発見し、そのエージェントに接近する。これは重みが付与された2人の社会に対する社会的価値志向の中から、最も高いものについて重みを増すように移動するということである。この移動は

個人が自身の周囲の環境を自身の利得が大きくなるように改善しようとする行動を再現したものである。

$$S_i(x_i, x_j) = W_{ij}V(x_i, x_j) \quad (5)$$

$\begin{cases} x_i : \text{自身の利得} \\ x_j : \text{他者の利得} \end{cases}$

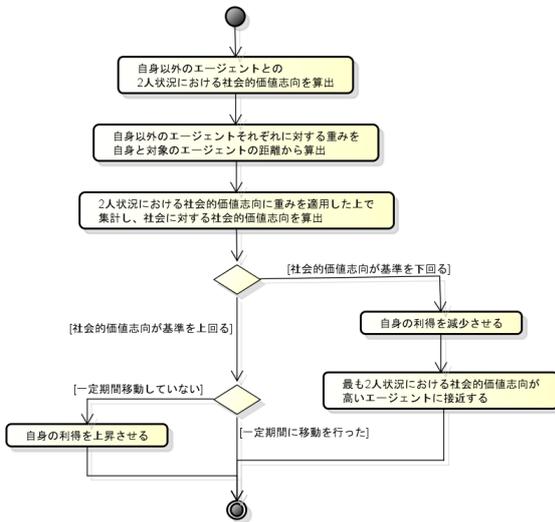


図4 エージェントの行動のフローチャート

4.5 シナリオ

今回は以下の4シナリオについて、シミュレーションを行った。いずれも利他(利己)志向、平等志向の分布については表(4.5)のように統一し、利得の初期分布について4種類の分布を用意した。

表1 利得の分布

| 志向 | 平均 | 標準偏差 |
|--------|-----|------|
| 利他(利己) | 0.5 | 1 |
| 平等 | 0.5 | 1 |

Scenario 1 格差が小さく、個々人が豊かな場合

- 利得の平均 = 800
- 利得の標準偏差 = 100

Scenario 2 格差が大きく、個々人が貧しい場合

- 利得の平均 = 300
- 利得の標準偏差 = 400

Scenario 3 格差が小さく、個々人が貧しい場合

- 利得の平均 = 300
- 利得の標準偏差 = 100

Scenario 4 格差が大きく、個々人が豊かな場合

- 利得の平均 = 800
- 利得の標準偏差 = 400

4.6 出力

シミュレーションは1000ステップが経過すると終了する。最終的な社会全体の評価とステップ毎の推移をシミュレーションの出力とする。

5 シミュレーション結果

いずれのシナリオにおいても、平等志向の高いエージェントほど周囲の環境に影響を受けやすかった。平等志向の高いエージェントは自身が不幸と感じて移動する頻度が多く、移動を行ったエージェントはほぼ平等志向の高いエージェントであった。また、同じ平等志向の高いエージェントでも、利他志向の高いエージェントの方がそうでないエージェントに比べて移動の頻度が多かった。

また、エージェントは自然にいくつかのグループを形成する。しかし、時間経過でそのグループから離脱したり、グループごと移動する例も見られた。

先述の通り、エージェントは自身が不幸であると判断すると移動を行う。これによって自身の不幸を解消しようとするわけだが、自身の利得が減少している(つまりは不幸であると判断し続けている)にも関わらず、移動しないエージェントも見受けられた。

Scenario 1 格差が小さく、個々人が豊かな場合

一定して、上昇傾向を見せる。変化量は微々たるものではあるものの、社会全体の利得は上昇を続け、マイナスに転じることはなかった。エージェントの移動の頻度は小さく、目に見えて人々の不満が少なかった。

Scenario 2 格差が大きく、個々人が貧しい場合

一定して、減少傾向が多く見られた。上昇傾向を見せることはなく、どんなに良くてもほぼ横ばいが限度であった。また、エージェントの移動が頻繁に発生し、集団の形成が多く行なわれた。

Scenario 3 格差が小さく、個々人が貧しい場合

「Scenario 2」と同様に、一定の減少傾向が多く見られた。上昇傾向を見せることもほとんどなかったが、「Scenario 2」に比べると変化量が小さかった。

Scenario 4 格差が大きく、個々人が豊かな場合

ほとんどの場合は減少傾向を見せるが、「Scenario 1」のような上昇傾向を見せる場合や、開始直後に上昇傾向を見せた後に減少傾向に転じる場合もあった。

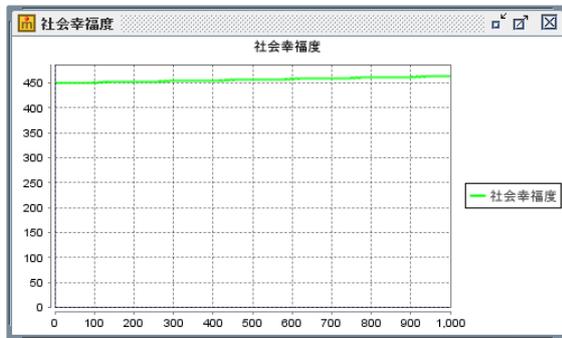


図5 「Scenario 1」の推移例

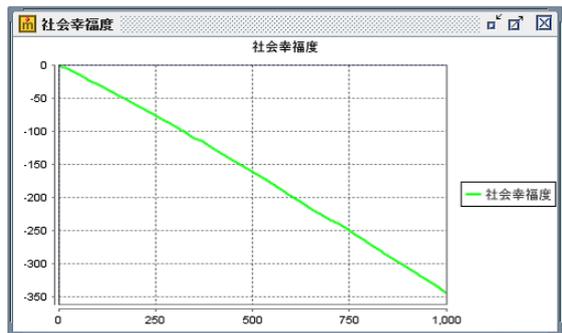


図6 「Scenario 2」の推移例

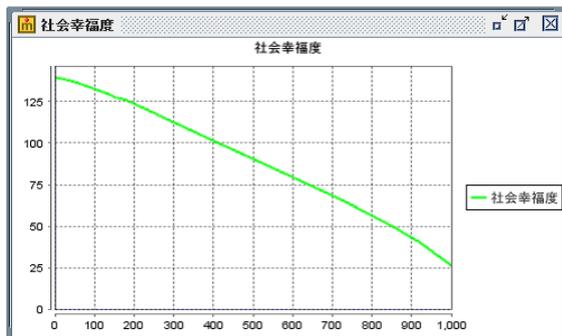


図7 「Scenario 3」の推移例

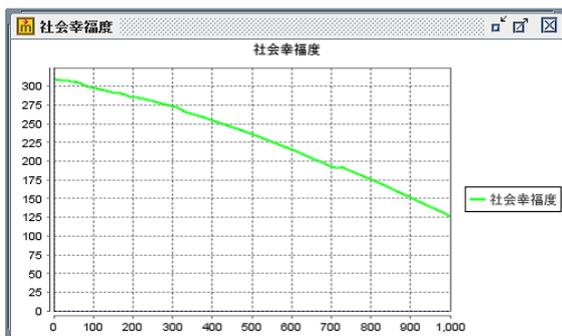


図8 「Scenario 4」の推移例

6 考察

現実でも、平等志向が高く格差に良心の呵責を覚える人物の方がそうでない人物に比べて、不幸になりやすいというのは明らかである。また、利他志向が高く周囲に注意を向けやすい人物が周囲からの影響を受けやすいというのも明らかだろう。よって、自身を不幸と判断して移動するエージェントの平等志向や利他志向が高いことは自然であると言える。

グループの形成はエージェントによる社会的価値志向の改善による結果と考える。自身が不幸であると判断した際に、エージェントは利得を増加させようとする。これは空間内の移動として表現されている。この際に、志向が似通ったエージェント同士は自身を幸福にしてくれると判断する対象も似通ってくる。結果として、志向が似通ったエージェントが同一のエージェントに接近し、自然と集団を形成するのだと考えられる。また、この接近されたエージェントが自身を不幸と判断して移動する場合、その周囲のエージェントが移動に追従する。グループごと移動するのは、この一連の行動が原因だろう。

自身を不幸だと判断しているにも関わらず移動しないエージェントも存在した。このエージェントは不幸と判断して移動しようとしている。しかし、最も2人状況の社会的価値志向の高いエージェントがその場に留まっているので、そのエージェントに接近しようとして結果的にその場に留まることを選択していると考えられる。

「Scenario 1」の安定した上昇傾向や「Scenario 2」の減少傾向は仮定と同様の結果として捉えられる。「Scenario 3」は上昇傾向を見せることもあったが、ほとんどの場合は減少傾向を示した。また、「Scenario 4」に比べると減少傾向の変化量が大きい。すなわち、社会の評価が悪化する際の速度が速いということである。このことから持続性という意味では格差が小さく、個々人が貧しい社会の方が格差が大きく、個々人が豊かな社会よりも優秀と言える。

参考文献

- [1] 森山和夫、浜田宏、武藤正義、瀧川裕貴、『社会を数理で読み解く——不平等とジレンマの構造』、有斐閣 (2015)
- [2] 袖川芳之、田邊健「幸福度に関する研究 ～経済的ゆたかさは幸福と関係があるのか～」(2007)