

組織の冗長性とフリーライダーの存在について

日大生産工（院）○丁子谷 貴哉 日大生産工 柴直樹

1. はじめに

本研究は砂原知行のエージェントベースアプローチによる職場のフリーライダー問題の解析に関する研究の応用・発展を目指した研究である⁽¹⁾。組織で働く人々の相互関係を考察する事で、職場におけるフリーライダー問題解決のための指針を得る事が目的である。本研究でのフリーライダー（ただ乗りする人）とは、職場でまじめに働く人（以下：貢献者）の存在をみて、手抜きをしても全体に影響がないと勝手に判断し、実際そのように行動する者のことである。

職場で働く人々はお互い影響し合いながら業務を遂行している。職場で働く人々を、一緒に仕事をしている仲間との関係の観点から見ると、大きく 2 つのタイプに分けることができる。1 つは、周りの仲間の働きぶりに何らかの影響を受けて働くタイプで、もう 1 つは、周りの仲間の働きぶりの影響をほとんど受けないで働くタイプである⁽¹⁾。

それらをさらに細かく 2 つのタイプに分ける事ができ、以下の 4 タイプが存在する。

- 1) 臨機応変タイプ：周囲の仲間が働いているならば自分は働かない（フリーライダーになり）、周囲の仲間が働いていないなら働く（貢献者になる）タイプ。
- 2) 同調タイプ：周囲の仲間が働いているならば自分も働き、周囲の仲間が働いていないならば働かないタイプ
- 3) 協調タイプ：周囲の仲間が働く、働かないに関わらず働く（常に貢献者になる）タイプ。
- 4) 無気力タイプ：周囲の仲間が働く、働かないに関わらず働かないタイプ。

複数のタイプが存在する職場状況をモデルとして定式化し、職場における貢献者を主要なパラメーターとして複数のケースに分けてシミュレーションを行い、結果から砂原によるシミュレーションの再現度を考察する。本稿は応用のための予備的な研究報告である。

2. エージェントベースアプローチとセル・オートマトン

エージェントベースアプローチとは、ある環境空間に、エージェントとよばれる自律的な主体に、個々のアクターを配置し、そのエージェントに簡単な規則を与え、それぞれの相互作用による全体としての創発的な振る舞いを観察するシミュレーション技法である。

今回のシミュレーションでは砂原の研究環境を再現するためマルチエージェントシミュレータを利用する。マルチエージェントシミュレータを利用してセル・オートマトンによってエージェントを表現し、その振る舞い（主として貢献者の出現率の違い）を観察する⁽¹⁾。

セル・オートマトンとは単純な規則を用いて計算を繰り返す離散的モデルである。セルという単位が均一な格子状に複数個配置されている。各セルは有限個の状態のいずれか 1 つの状態を持っており、モデルにおける時間経過につれ、状態は変化していく。モデル内の時間は離散的で、時刻の事を時間ステップという。時間ステップ $t+1$ におけるあるセルの状態は、時間ステップ t の状態におけるそのセル自身の状態とその近傍セルの状態に依存して決まるというルールに従って変化する。全てのセルにこのルールが適用され、セルの状態が更新されると、時間ステップが 1 増える。

3. 実験の仕様 実験状況

3.1 エージェントのモデル化

以下のモデルの説明は砂原によるモデルの説明を大々的に参考にしている⁽¹⁾.

職場で働く人々を、一緒に仕事をしている仲間との関係の観点から、既述した 4 タイプの従業員(が混在した状況)をモデル化する.

職場の従業員の集合を N とする.⁽¹⁾

$$N = \{1, 2, \dots, n\}$$

N の各要素, すなわち職場の従業員をエージェントとして次のように定義する.

①職場空間

職場の空間は 10×10 セルの 2 次元トーラス格子状平面として, この空間に各エージェント $i \in N$ が隙間なく配置されるとする. トーラス型平面であるため画面の左端に位置するエージェントは右端にいるエージェントと隣接しているとみなされ, 上端と下端もまた同様である.

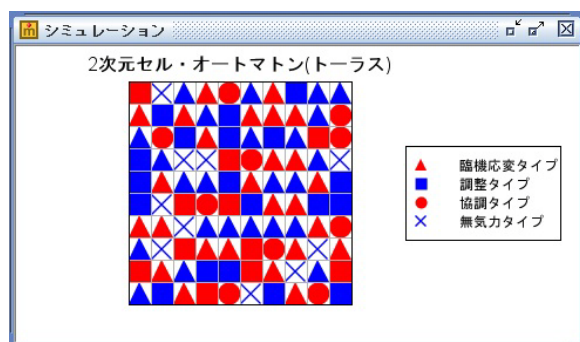


図 1. 空間上に 100 エージェントを配置した例

②エージェントの仲間

各エージェントは $i \in N$ は, 自身の上下左右に位置する 4 エージェントを仲間として認識する. また, 職場の全員を仲間とする場合は, 空間に配置された全てのエージェントが仲間として認識される. 以降仲間を近傍と呼ぶ.

③エージェントの属性と行動ルール

各エージェント $i \in N$ は, 次に述べる戦略と性格の 2 つの属性を持つ.

(a) 戦略

戦略は貢献者とフリーライダーの 2 つからな

る. 次のように表記する.

$$\text{戦略 } a_i \in A$$

ただし, $A = \{C, F\}$ で, C は貢献者, F はフリーライダーを表す. 戦略の変更は自身の性格と近傍にいるエージェントの性格に依存して決まる.

(b) 性格

性格はエージェントをプレイヤーとみなしたときのタイプのことで, 変化する事はない. 次のように表記する.

$$\text{性格 } j_i \in J$$

ただし, $J = \{c_k, d_k, sc, sd \mid k=1, 2, 3, 4, \}$ である.

(b1): c_k は臨機応変タイプを示し, k の値に応じて 4 つの変種をもつ. また, このタイプのエージェントは次のルールで戦略を変更する. 時刻 t ステップで近傍内の貢献者の数が k 人以上であれば次ステップでは戦略をフリーライダーに変更し, k 人未満であれば貢献者に戦略を変更する.

(b2): d_k は同調タイプを示し, k の値に応じて 4 つの変種をもつ. また, このタイプのエージェントは次のルールで戦略を変更する. 時刻 t ステップで近傍内の貢献者の数が k 人以上であれば次ステップでは戦略を貢献者に変更し, k 人未満であればフリーライダーに戦略を変更する.

(b3): sc は協調タイプを示し, 常に貢献者戦略を採る.

(b4): sd は無気力タイプを示し, 常にフリーライダー戦略を採る.

3.2 シミュレーション

職場におけるエージェントがすべて同じ性格を持つ場合と, 異なる性格を持つエージェントが混在する場合の 2 つのケースについてシミュレーションを実行し結果を分析する.

シミュレーションは以下の手順で実行する.

(1) シミュレーション開始時

エージェントの初期値として, 貢献者の割合

P_0 を 0.5 とする. すなわち実行前の貢献者とフリーライダーの数は同等とする. 各エージェントの性格, そしてシミュレーションの終了ステップ数を設定する. 時間ステップ t において, 貢献者戦略を取っているエージェントの割合を p_t で表す. エージェント数と終了ステップ数を 100 とする.

(2) 各時間ステップ t

各エージェント i が, 近傍の中の 4 エージェントと 5 人ゲームを行い, 自身の性格 j_i に従って, 時間ステップ $t+1$ での戦略を決め, 全員が戦略を決め終わったら, 各エージェント i が, 確率 $1/3$ で保存した戦略への変更を行う. 戦略変更の確率を $1/3$ に設定したのは, 現在取っている行動に対しての慣性が働くものと仮定し, 簡単には変えないとしたためである.

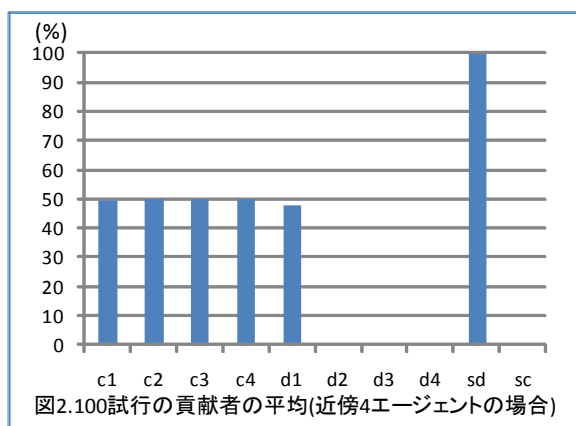
(3) 次ステップへ

終了ステップ数に達するまで(2)を繰り返す.

4 結果

4.1 全エージェントが同じ性格を持つ場合

性格は $c_1, c_2, c_3, c_4, d_1, d_2, d_3, d_4, sc, sd$ の 10 種類としたので全てのエージェントが同じ性格を持つ場合は 10 通りある.



(1-1) 全てのエージェントが性格 c_k の場合
振る舞いは最初貢献者とフリーライダーが 50, 50 ずつ無作為に配置されている. ルールに従い, エージェントは戦略の選択を繰り返す. しばらくすると貢献者とフリーライダーが互い違いになるような網目模様(格子状)に

なり, 貢献者とフリーライダー戦略を各ステップ入れ替える振る舞いに収束する. c_1, c_2, c_3, c_4 いずれの場合も貢献者 50, フリーライダー 50 に収束した.

(1-2) 全てのエージェントが性格 d_k の場合
 d_1 の場合まるでウェーブのように, エージェントは次から次に貢献者あるいはフリーライダーへの戦略変更を行い, 変更後は選択した戦略を保持し, 全てのエージェントが貢献者あるいはフリーライダーの状態に収束する. 戦略がどちらかになるかは初期状態の無作為な配置に依存する.

d_2, d_3, d_4 の場合はフリーライダーのみに収束し, 貢献者に収束する事はなかった.

(1-3) sd は周囲の仲間が働く, 働かないに関わらず常に貢献者になるため, 全体の貢献者の割合は 100%である.

(1-4) sc は周囲の仲間が働く, 働かないに関わらず常にフリーライダーになるため, 全体の貢献者の割合は 0%である.

4.2 異なる 4 つのタイプの性格を持つエージェントが混在する場合

性格を $c_1, c_2, c_3, c_4, d_1, d_2, d_3, d_4, sc, sd$ の 10 種類としたため, 以下の表の 16 通りの組み合わせがある.

表 1. 4 つの性格組み合わせ一覧

No	性格組み合わせ			
	c_k	d_k	sc	sd
1	c_1	d_1	sc	sd
2	c_1	d_2	sc	sd
3	c_1	d_3	sc	sd
4	c_1	d_4	sc	sd
5	c_2	d_1	sc	sd
6	c_2	d_2	sc	sd
7	c_2	d_3	sc	sd
8	c_2	d_4	sc	sd
9	c_3	d_1	sc	sd
10	c_3	d_2	sc	sd
11	c_3	d_3	sc	sd
12	c_3	d_4	sc	sd
13	c_4	d_1	sc	sd
14	c_4	d_2	sc	sd
15	c_4	d_3	sc	sd
16	c_4	d_4	sc	sd

砂原の研究では $c_1, c_2, c_3, c_4, d_1, d_2, d_3, d_4$ を 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% の 7 通り, sc, sd を 10%, 20%, 30%, 40% の 4 通りの構成比に設定し, 各 $c_k, d_k, sc, sd (k=1, 2, 3, 4)$ の合計が 100% となる組み合わせを実行していた. そのような組み合わせは 64 通りある. 合計すると 16 通り $\times$ 64 通り = 1024 通りである. 本稿ではその全てを行うことができなかったため, $\{(c_1, d_1, sc, sd), (c_1, d_2, sc, sd), (c_1, d_3, sc, sd), (c_1, d_4, sc, sd)\}$ の 4 組を, 近傍を 4 とし

表 2. 構成比の組み合わせ

構成比(%)																			
No	c_k	d_k	sc	sd	No	c_k	d_k	sc	sd	No	c_k	d_k	sc	sd	No	c_k	d_k	sc	sd
1	10	10	40	40	17	20	30	20	30	33	20	40	20	20	49	30	30	30	10
2	10	20	30	40	18	30	20	20	30	34	30	30	20	20	50	40	20	30	10
3	20	10	30	40	19	40	10	20	30	35	40	20	20	20	51	50	10	30	10
4	10	30	20	40	20	10	50	10	30	36	50	10	20	20	52	10	60	20	10
5	20	20	20	40	21	20	40	10	30	37	10	60	10	20	53	20	50	20	10
6	30	10	20	40	22	30	30	10	30	38	20	50	10	20	54	30	40	20	10
7	10	40	10	40	23	40	20	10	30	39	30	40	10	20	55	40	30	20	10
8	20	30	10	40	24	50	10	10	30	40	40	30	10	20	56	50	20	20	10
9	30	20	10	40	25	10	30	40	20	41	50	20	10	20	57	60	10	20	10
10	40	10	10	40	26	20	40	20	40	42	60	10	10	20	58	10	70	10	10
11	10	20	40	30	27	30	10	40	20	43	10	40	40	10	59	20	60	10	10
12	20	10	40	30	28	10	40	30	20	44	20	30	40	10	60	30	50	10	10
13	10	30	30	30	29	20	30	30	20	45	30	20	40	10	61	40	40	10	10
14	20	20	30	30	30	30	20	30	20	46	40	10	40	10	62	50	30	10	10
15	30	10	30	30	31	40	10	30	20	47	10	50	30	10	63	60	20	10	10
16	10	40	20	30	32	10	50	20	20	48	20	40	30	10	64	70	10	10	10

表 3. 構成比 64 通りの貢献者の割合の平均と標準偏差

性格の組み合わせ	平均	標準偏差
c_1, d_1, sc, sd	49.97438	1.334592
c_1, d_2, sc, sd	42.00766	0.670519
c_1, d_3, sc, sd	39.79688	10.08849
c_1, d_4, sc, sd	38.36141	0.306152

5. 分析と考察

近傍の大きさの違いによる結果の比較

これらの組み合わせの砂原の貢献者の割合の

各平均と各標準偏差((平均), (標準偏差))は

$(c_1, d_1, sc, sd) = (51.54\%), (13.44\%)$

$(c_1, d_2, sc, sd) = (44.69\%), (13.95\%)$

$(c_1, d_3, sc, sd) = (31.68\%), (9.22\%)$

$(c_1, d_4, sc, sd) = (30.25\%), (7.5\%)$

以上の値であった. 結果と比較すると標準偏差に大きな違いがある. (c_1, d_3, sc, sd) の標準

偏差のみ 10%前後で, 数値が安定していない, シミュレータの妥当性の検証が必要である.

6. おわりに

シミュレーションの実行によって得た結果と砂原による結果に大きな違いが生じた. 理由については検討を要する. モデルの再現の難しさが理解できた. 特にモデルの細かい部分の処理をどの方法で行っているかが判明できないため, 砂原によるモデルのソースを参照し, 精度の高いモデルを作成したい.

7. 今後の課題

全ての場合(1024 通り)のシミュレーションを行い, 妥当性を分析し, 精度の高いモデルの作成が当面の課題である. また, 今回はエージェントの行動タイプは変化しないとしたが, 現実には行動タイプが時間と共に変化すると思われるので, この行動特性を組み込んだモデルの構築を行いたい. その際どのような基準で行動を変化させるかを決めるのかが今後の課題の一つである. また, 冗長性の高い組織と冗長性の低い組織でのフリーライダーの出現率を比較し, 分析への応用を行いたい.

8. 参考文献

- [1] 砂原 知行, エージェントベースアプローチによる職場のフリーライダー問題の解析に関する研究, 2009 年度日本大学大学院生産工学研究科修士論文, 2010 年
- [2] 小林 盾, 職場のゲーム: フリーライダー問題のゲーム理論的予測と組織調査, 秩序問題への進化ゲーム理論的アプローチ, 2005, p287-298
- [3] 武藤 正義・小林 盾, フリーライダー問題と多人数ゲームの構造, 市民活動の活性化支援の調査研究: 秩序問題的アプローチ, 2008, p367-379
- [4] 山影 進, 人工社会構築指南 artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門, 有限会社書籍工房早山, 2007