

# P2P 型企業間人材シェアリングの MAS による評価 : Stable Coin 再配分戦略

Evaluating P2P human resource sharing: stable coin re-allocation strategy

齋藤 美紀\*<sub>1</sub> 林 久志\*<sub>2</sub>

Miki Saito\*<sub>1</sub> and Hisashi Hayashi\*<sub>2</sub>

\*産業技術大学院大学

\*Advanced Institute of Industrial Technology

**Abstract:** Workloads fluctuate in many small and medium-sized enterprises (SMEs). Managing human resources in these conditions can be difficult for companies. In busy periods, workers struggle to complete all the work, but in idle periods, workers may not have enough to do. The two aims of this study are first proposing a new peer-to-peer (P2P) human resource sharing platform to level out employees' work hours, and second proposing new reallocation strategies of stable coins called sharing points. The former platform allows companies experiencing idle periods to offer their employees to companies in busy periods using an automated negotiation technology. The latter strategy eliminates the sharing point bias that prevents smooth circulation within the platform. The effectiveness of this new platform and new allocation will be evaluated and verified using multi-agent simulation. Our simulation results show that idle/busy periods decrease by approximately one third using our P2P sharing methods of employees. It can be reduced further to less than half by our new redistribution strategies of sharing points.

## 1 序論

カーシェアの Uber[1]や民泊サイトの Airbnb[2]など様々な分野で爆発的に認知されたシェアリング・エコノミー[3][4] (以下シェアエコ) という資源を無駄なく活用する経済活動が、たった 10 年ほどで世界の重要な礎となった。

有効活用すべき資源の一つに人材もあり、日本の人材不足は常に深刻である。一手段として外国人労働者の受け入れ拡大に向け入管難民法改正案が可決し、2019 年に導入された[5]。労働人口の不足はいずれ解消するかもしれないが、柔軟で新しい労働環境を推進しない限り、その人材の有効活用は難しい。中小企業庁の調査では、中小企業の長時間労働につながる商慣行として「繁忙期対応」と「短納期対応」が挙げられている。特に繁忙期は調査対象企業の 71.1% で発生し、主な理由の「季節的な要因」、「取引先の繁忙期対応」等から、働き手や受注側からでは、長時間労働の調整が難しい状況だと推測される[6]。

日本の多くの中小企業は仕事量の変動が大きく、繁忙期にはこなすべき仕事量が多いため社員

の時間労働につながり、閑散期は仕事量よりも人材が多い為、社員を十分に有効活用できない。

その解決手法として、企業間のシェアリング・プラットフォームで社員という資源を企業間で共有し合い、社員の労働時間を平準化し、評価指標として定めた「忙しさ・暇さの合計値」を減少させる。

その際、プラットフォーム内での効率的な人材共有の障害になりうるシェアリング・ポイント (仮想通貨 Stable coin[7]の一種と定義。以下、シェア P) の偏りが度々発生する。

本研究では、それを踏まえ、複数のシェアリング方法とシェア P の滞りを防ぐ為のシェア P 再配分方法を提案し、マルチエージェントシミュレーションで構築した P2P 型人材シェアリング・プラットフォームで、社員のシェアリングおよびそのシェア P 再配分の効果を評価検証することを目的とする。

本論文の残りは、以下のように構成する。2 章では、シェアエコやリソース配分、人材共有などの既存研究とその差分を言及する。3 章では、エージェントの定義や環境要因、行動・内部モデル、評価指標などの概念モデル、4 章では、状況や施策に区分けした評価

\* 連絡先：産業技術大学院大学 〒140-0011 東京都品川区東大井 1-10-40

1 E-mail: b17z6ms@aiit.ac.jp

2 E-mail: hayashi-hisashi@aiit.ac.jp

シナリオを定義する. 5章で結果, 6章で議論, 7章で結論と今後の展望についてまとめる.

## 2 既存研究

シェアエコは以下の三つ要素が相互に関連し組み合わさっている[8].

- ① サーキュラー・エコノミー
- ② アクセス・エコノミー
- ③ P2P エコノミー

サーキュラー・エコノミーとは, 永続的にリソースを再生・再利用し, 利益を生み出し続ける循環型の仕組みである[9].

P2P エコノミーは, P2P ファイル共有イノベーションの様にネットワーク (オンライン・プラットフォーム) で相手と繋がり, 最終的にユーザ個人がオフラインでリソースを共有する仕組みである[10].

リソースシェアリングはリソース配分の1種である. リソース配分は, リソースマネジメントで分類する以下の3項目の中の1つとされる[11].

- ① リソース配分
- ② リソース監視
- ③ リソースの発見 (リソースの準備)

林[11]によれば, タスク配分には, 以下の二種類のアルゴリズムがあり, リソース配分にも該当する.

- ① 集中アルゴリズム  
単一のマネージャ・エージェントがリソースを計算し, 子エージェントに配分をする.
- ② 分散アルゴリズム  
複数のマネージャ・エージェントがお互いに通信し合い, リソースの交渉をする.

自動交渉とは, 競合するAI群が互いの合理性に従い, 合意形成を行う事としている[13][14].

これらの事から, 本研究で展開しているリソース配分は, AI 群による自動交渉を用いた分散アルゴリズムで実行していると言える.

人材計画において, ロバストで適応可能な最適化手法が提案されている[15]. これは, 集中アルゴリズムとして分類される.

多目的ハイブリッド遺伝的アルゴリズムを使った多段階の組み合わせ最適化問題を解決する多基準人材配分方法[16]も集中アルゴリズムに分類される.

Fatima ら[17]のシミュレーション・シナリオでは, 企業エージェントは自動交渉アルゴリズムに基づく従業員の交換 (リソース配分) をしている. この分類は分散アルゴリズムと見なされる. 繁忙期の企業 (買い手) のニーズが, 閑散期の企業 (売り手) の従業員の貸出価格を決定する. この企業間の従業員の交換は, 多対多のオークション形式を採用しており,

価格の変動は免れない.

本研究では, 自律分散的に協調しリソースを交換し合う人的リソース配分にフォーカスしている. このP2P型人材シェアリング・プラットフォームにより, レートが常に一定 (一人あたり1P) である Stable Coin の特性を持つシェア P を使用し, 従業員を相互に交換交渉する (図1).

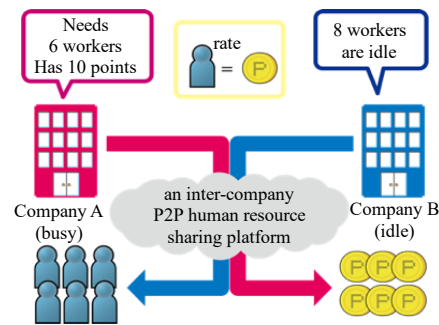


図1: 企業間 P2P 型人材シェアリング・プラットフォーム

この際, 価格の変動を避ける為, シェア P は実際の貨幣への交換を不可能としている. 従って, 繁忙期に関わらず, 手元にシェア P を蓄積したまま他企業から人材を借りないのは意味がない. サーキュラー・エコノミーの観点でも, 一時的に閑散期に蓄積されたシェア P は, 繁忙期に足りない働き手を借り, 素早く無駄のない還元を目指す方が望ましい.

しかし度々プラットフォーム内で円滑な循環を妨げるシェア P の偏りが発生する. これによって, 他社から社員を借りる多くの繁忙期企業がシェア P 不所持の場合, 社員を貸したい閑散期の企業が存在しても互いに社員をシェアすることが出来なくなり, スムーズなシェア P 循環が妨げられ, 結果的にどの企業にも不利益になる. それを解消する一つの手段がシェア P 再配分である.

## 3 概念モデル

### 3.1 エージェントの定義

メインのエージェントは, 企業エージェントである. 受注した仕事を完了する為に割り出した必要労働時間分をリソースである社員に効率よく労働させることを目的としている. その際, 他社エージェントと企業間で社員をシェアし合うことで, 通常生じている社員の過不足労働時間数をお互いに相殺することができる. 社員を借りた企業エージェントは, 貸し出した側に, 見返りとしてその分のシェア P を支払う. 社員を貸し出した企業エージェントは, その後社員を借りる必要ができた際に, そのシェア P

を使って、別の企業エージェントから社員を借りることが出来る。企業間での交渉の際は、P2P（1対1）なので特に交渉エージェントは必要としていない。一定の条件の合う相手（繁忙期 $\Leftrightarrow$ 閑散期で逆位相である等）と交渉し、もしも詳細条件が合致すればその相手と社員のシェアリングをする。合わなければ別の相手と交渉する。

### 3.2 環境要因

日によって変わる受注した仕事量の変動が、主に企業エージェントに影響を与える外部要因（環境）である。その変動する仕事量から全社員の一日の必要総労働時間（ $\alpha_{ct}$ ）が割り出される。

### 3.3 エージェント同士の影響

毎日変動する一日の必要総労働時間（ $\alpha_{ct}$ ）に応じて過不足労働時間（ $\beta_{ct}$ ）が生じる。そこからそれぞれの status（繁忙期・閑散期・平常期）が決まる。

- $\beta_{ct} \geq \gamma \rightarrow$  busy 繁忙期
- $\beta_{ct} \leq -\gamma \rightarrow$  idle 閑散期
- $|\beta_{ct}| < \gamma \rightarrow$  normal 平常期
- $\gamma =$  所定労働時間（1人あたり8時間・固定）

決定した status の逆位相で尚且つお互いに都合の良い企業エージェント間で交渉し、社員とシェア P の交換をすることで、 $\beta_{ct}$ を相殺し合う（図2）。

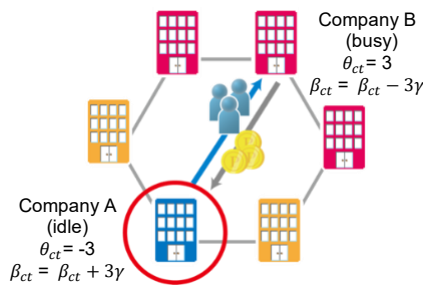


図 2: 企業エージェント同士のやりとり

### 3.4 行動モデル

とりうる行動は、次の①～⑤を毎日繰り返す。

- ① その日の $\alpha_{ct}$ を割り出す
- ②  $\alpha_{ct}$ やシェア P の量など考慮し、status が normal（平常期）でなかったら、逆の status（idle 閑散期  $\Leftrightarrow$  busy 繁忙期）で合理的な相手に P2P でシェア交渉をもちかけ、社員のシェアをする（交渉される場合も有）。
- ③ 必要労働時間を消化、足りなければ残業。

- ④ シェアリング・プラットフォーム内での各企業エージェントが所持するシェア P の偏りの有無を調べ、シェア P の再配分をする。
- ⑤ 労働不足時間は翌日に繰越。（1tick 増える。240ticks で終了）

### 3.5 内部モデル

各企業エージェントが持つ変数 $\beta_{ct}$ は、全社員の一日の必要総労働時間（ $\alpha_{ct}$ ）に前日から繰り越された不足時間を加算し、実際に処理可能な時間を差し引いた過不足労働時間（初期値 0）である。

$\beta_{ct}$ を導き出すためには、以下の数式で求める。

$$\beta_{ct} = (\alpha_{ct} + \max(0, \beta_{c(t-1)})) - [n_c (\gamma + \delta_{ct}) + \theta_{ct} \gamma]$$

$c =$  企業番号（この実験では 0~16）

$t =$  日数（年間 240 ticks・初期値 0）

$\alpha_{ct} =$  必要総労働時間（変動）

$\beta_{c(t-1)} =$  前日の不足労働時間（変動・初期値 0）

$n_c =$  従業員者数（固定・初期値 csv）

$\delta_{ct} =$  残業時間（1人最大30分・シェア交渉後に算出・初期値 0）

$\theta_{ct} =$  シェア人数（シェア交渉時に算出・初期値 0  
他社から社員を借りる時はプラスになり  
他社に社員を貸し出す時はマイナスになる）

$\gamma =$  所定労働時間（1人あたり8時間・固定）

$\theta_{ct}$ は、行動モデル②の時に求める。繁忙期と閑散期の企業エージェントが交渉する際に以下の三つの中の最小値を代入する。

- ・ 閑散期企業の余った社員の人数
- ・ 繁忙期企業で足りてない社員の人数
- ・ 繁忙期企業が持つシェア P 数

企業エージェントの残業処理 $\delta_{ct}$ は、行動モデル③の時に求める。閑散期の場合は、残業処理自体が発生しないので $\delta_{ct}=0$ となる。繁忙期や一部の平常期である $\delta_{ct}$ を求めるには、以下の数式で計算する。

$$\frac{\alpha_{ct} + \max(0, \beta_{c(t-1)}) - (n_c \gamma + \theta_{ct} \gamma)}{n_c}$$

最大残業時間を 30 分としているので、0.5 よりも多ければ 0.5、それ以下ならばその数値が $\delta_{ct}$ とする。0.5(30分)より超過した分は、翌日 $\beta_{c(t+1)}$ 算出時に不足労働時間として繰越処理する。

行動モデル②におけるシェア P（ $P_{ct}$ ）に関して言及する。初期値が csv に依存する $P_{ct}$ は、シェア交渉

毎に変動する。他社から社員を借りる時、 $\theta_{ct}$ 分差し引かれ、他社に社員を貸し出す時、 $\theta_{ct}$ 分加算される。

次に、必要労働時間関連の処理を説明する。

annual- $\alpha$  = 必要総労働時間 (年・固定・初期値 csv・ $n_c \times \gamma \times 240$  から算出)

monthly- $\alpha$  = 必要総労働時間 (月・変動)

weekly- $\alpha$  = 必要総労働時間 (週・変動)

$\alpha_{ct}$  = 必要総労働時間 (日・変動)

degree-of-variability = 変動率の三乗根 (固定)

必要な総労働時間を degree-of-variability によって変動させる。degree-of-variability を月・週・日それぞれにかけることで、年間の連続的な仕事量の変動を表している。ただし、以下の random(x)は、NetLogo で、0 から x までの乱数を表す関数である。

① monthly- $\alpha$  = annual- $\alpha$  / 12 + random ((degree-of-variability - 1.00)  $\times$  annual- $\alpha$  / 6) - (degree-of-variability - 1.00)  $\times$  annual- $\alpha$  / 12)

② weekly- $\alpha$  = monthly- $\alpha$  / 4 + random ((degree-of-variability - 1.00)  $\times$  monthly- $\alpha$  / 2) - (degree-of-variability - 1.00)  $\times$  monthly- $\alpha$  / 4)

③  $\alpha_{ct}$  = weekly- $\alpha$  / 5 + random ((degree-of-variability - 1.00)  $\times$  weekly- $\alpha$  / 2.5) - (degree-of-variability - 1.00)  $\times$  weekly- $\alpha$  / 5)

t = 日数 (年間 240 ticks・初期値 0)

1 週間が 5 日 (月曜～金曜)，一ヶ月が 4 週間，一年が 12 ヶ月という設定である。

### 3.6 評価指標

全企業・年間の過不足労働時間と従業員者数から導き出す「忙しさと暇さの合計値」を評価指標として設定している。数値は小さいほど良い。

$$\text{評価指標} = \sum_{c=0}^{17} \sum_{t=0}^{240} \left| \frac{\beta_{ct}}{n_c} \right|$$

c = 企業番号 (この実験では 0~16)

t = 日数 (年間 240 ticks・初期値 0)

$n_c$  = 企業 c の従業員者数

$\beta_{ct}$  = 企業 c の t 日目の過不足労働時間数

## 4 評価シナリオ

シナリオ分析を用いて、プラットフォーム内での企業エージェントにおける人材シェアの振る舞いの傾向を掲示する。

状況シナリオ 3 種類に、施策シナリオとしてシェ

ア相手の選択施策シナリオ (以下、シェア相手施策) を 5 種類とシェア P の再配分施策シナリオ (以下、シェア P 再配分施策) を 3 種類展開した。

### 4.1 状況シナリオ

[状況シナリオ (変動率別)]

変動率は、インターフェイス上で選択できる 3 つの degree-of-variability の値を三乗した値であり、状況シナリオは、この 3 つの変動率によって成り立つ。

#### 1. 変動率 1.00

必要総労働時間に対して全く変動をかけない。受注している仕事量に対して 1 日に必要な労働時間が年中一定で、就業している社員数で過不足なく仕事をこなせる

#### 2. 変動率 1.25

必要総労働時間に対して変動率を 1.25 としている。受注している仕事量に対して必要な労働時間に変動がある。場合によっては就業している社員数で過不足が出て仕事に支障が出てくる。

#### 3. 変動率 1.50

必要総労働時間に対して変動率を 1.50 としている。受注している仕事量に対して必要な労働時間に変動がある。変動率 1.25 以上に就業している社員数だけでは過不足時間が出て業務に支障が多数出てくる。

### 4.2 施策シナリオ

シェア相手施策をシェアリングなしも含め 5 種類構築した。

[シェア相手施策]

#### 0. シェアリングなし

1. 逆位相でランダム選択の 1 社と交渉
2. 逆位相でランダム選択の 1 社と交渉  $\times$  s 回
3. 逆位相で最大値の 1 社と交渉
4. 逆位相で最大値の 1 社と交渉  $\times$  s 回

交渉の結果、 $\theta_{ct}$ 人の社員と $\theta_{ct}$ 分のシェア P を交換する。2 と 4 の場合は、それを s 回繰返す (今回 s=3)。

シェア P 再配分施策は、3 種類構築した。

[シェア P 再配分施策]

#### 1. 1 対 1

0pt 企業数と同数の富豪企業が集まって、0pt 企業一社あたりスライダで選択した分配ポイント (以下、分配 P) が賄えるように課税し配分する。

#### 2. 2 対 1

0pt 企業数の 1/2 の数の富豪企業が集まって、0pt 企業一社あたりスライダで選択した分配 P が賄えるように課税し配分する。

### 3. 3対1

Opt 企業数の 1/3 の数の富豪企業が集まって、Opt 企業一社あたりスライダで選択した分配 P が賄えるように課税し配分する。

Opt 企業とは、閑散期・繁忙期に関わらず、 $P_{ct}$  が全くない企業エージェントの集合を指す。また、富豪企業とは、 $P_{ct}$  を多く所持し、Opt 企業が受け取る分配 P を支払う為の課税 P を賄う義務が発生した企業エージェントの集合のことである。富豪企業になる条件は、シェア P 再配分施策毎に異なる。分配 P はスライダによる (1pt~9pt)。

## 5 結果

シナリオを各 100 回 (random seed 0-99) シミュレートする。評価指標は、全企業・全社員の年間過不足労働時間から導き出す「忙しさと暇さの合計値」である。csv 入力値は、表 1 である。

- $c$  = 企業番号 (固定)
- $n_c$  = 企業  $c$  の従業員数 (固定)
- $P_{c0}$  = 企業  $c$  のシェア P 数初期値 (変動)
- annual- $\alpha$  of  $c$  = 企業  $c$  の年間必要総労働時間 (固定)

表 1 : 入力 csv データ

$c$	$n_c$	$P_{c0}$	Annual- $\alpha$ of $c$
0	50	300	96000
1	50	10	96000
2	20	120	38400
3	20	4	38400
4	80	16	153600
5	80	16	153600
6	30	6	57600
7	30	6	57600
8	50	300	96000
9	50	10	96000
10	20	120	38400
11	20	4	38400
12	80	16	153600
13	80	16	153600
14	30	6	57600
15	30	6	57600
16	300	16	576000

### 5.1 シェア相手施策のみの結果

シェア P 再配分なしの状態である。状況シナリオ (変動率別シナリオ) 3 種類 × 施策シナリオ (シェア相手の選択施策シナリオ) 5 種類の計 15 種類のシナリオを各 100 回 (random seed 0-99) シミュレートした。変動率別に評価指標である「忙しさと暇さの合計値」を箱ひげ図にあらわした。x 軸がそれぞれシェア相手の選択方法である。

### 1. 変動率 1.00

忙しくもなく暇でもない。シェアなし (図 3)。

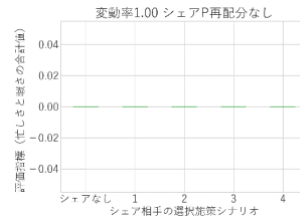


図 3: 評価指標の分布図-1

### 2. 変動率 1.25

日により必要労働時間に変動があるため、 $\beta_{tc}$  の絶対値から求めた評価指標にばらつきが出た。各施策共に、最大値と最小値の差が 3,000 程度である。シェアなし施策より、シェアした施策 (1~4) の方が、全体的に評価指標の平均値が約 1/3 下がる。(図 4)

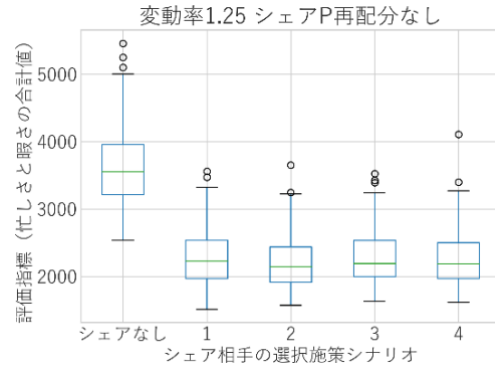


図 4: 評価指標の分布図-2

### 3. 変動率 1.50

変動率 1.25 よりも日によって必要労働時間に変動があるため、 $\beta_{tc}$  の絶対値から求めた評価指標によりばらつきが出た。各施策共に、最大値と最小値の差が 20,000 程度である。変動率 1.25 と同様、シェアなし施策よりも、シェアした施策 (1~4) の方が、全体的に評価指標の平均値が約 1/3 下がる (図 5)。

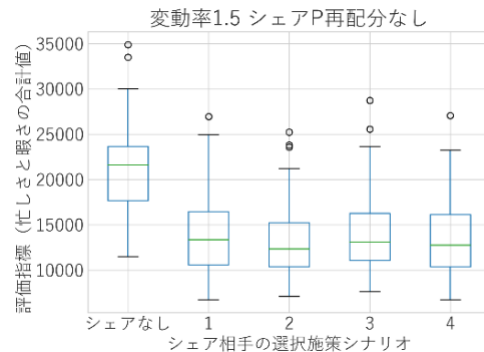


図 5: 評価指標の分布図-3

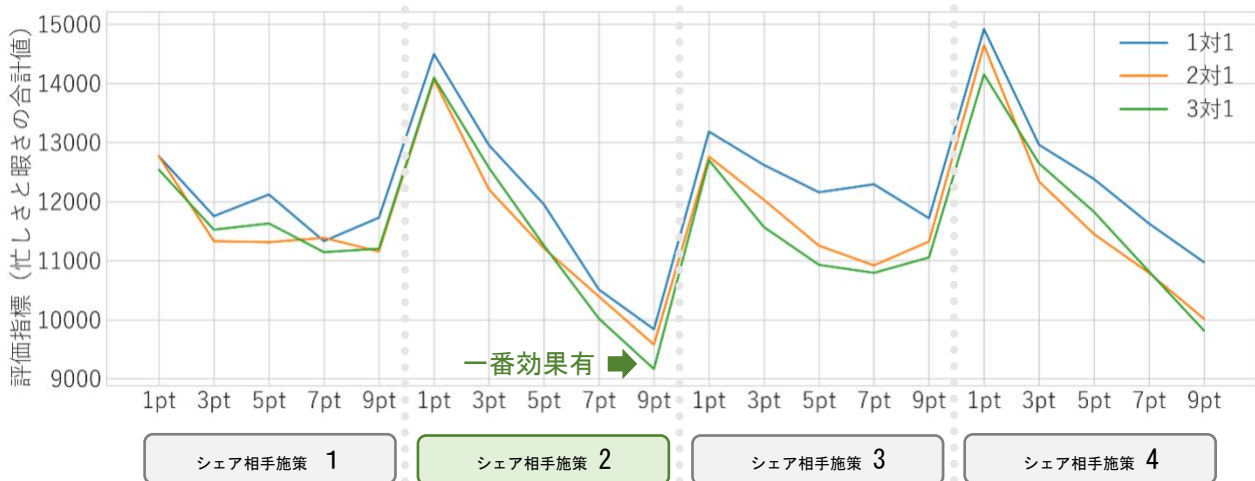


図 6: 変動率 1.5 におけるシエア P 再配分施策シナリオ別平均値比較

## 5.2 シエア P 再配分施策別結果

シエア相手施策の検証では、変動率 1.25 でも 1.5 でも、評価指標の平均値がいずれかのシエアをすることによって約 1/3 下がるという同様の結果を受けて、ここでは変動率を 1.5 に固定し、シエア相手施策 1~4 に対し、3 種のシエア P 再配分施策をシミュレーションで同時に実行した。

3 シナリオの効果を比較するために、3 つの平均値を割り出し、図 6 にて折れ線グラフで比較した。x 軸の目盛りは、シエア相手施策 1~4 に対し、分配 P (1pt~9pt) を 2pt ずつ加算した。

3 種のシエア P 再配分施策 (1 対 1, 2 対 1, 3 対 1) は、多少の上下を入れ替え交差させながらも、ほぼ同様に推移した。特徴的な形として、どのシエア相手施策の時でも、基本的に分配 P を増加させると数値が下がる傾向があり、シエアの効果が増している。また、シエア相手施策 1 および 3 よりも、2 および 4 の方が、分配 P の増加による数値の影響は大きい。これによって、分配 P を多く設定すれば、シエアリング回数が 1 回であるシエア相手施策よりも s 回繰

り返す方が、シエア P 再配分の効果が大きくなる。

なお、この検証の中で一番効果があったのが、“シエア P 再配分施策 3 対 1, シエア相手施策 2・分配 P・9pt” の設定だった。同じ“シエア P 再配分施策 3 対 1”で“シエア相手施策 4 の分配 P・9pt”が二番目だが、数値的に相手を選んでシエア交渉している割には、ランダム選択であるシエア相手施策 2 に勝らなかった点が予想に反していた。

効果が最も一番あった“シエア P 再配分施策 3 対 1, シエア相手施策 2”を、当初の“シエアリングなし”, および “シエア P 再配分なしのシエア相手施策 2” と合わせ表したのが図 7 である。評価指標の分布を箱ひげ図にし、その平均を折れ線グラフとして重ねた。また、その統計量が表 2 である。シエアなしからシエア相手施策 2 で 1/3 数値が減少した後、分配 P・1pt の時やや上昇し、その後 9pt に至るまで減少し続ける。シエア相手施策 2・分配 P・9pt の分配 P のシエア P 再配分をする場合、シエアを全くしない場合の数値の 1/2 以下まで減少した。

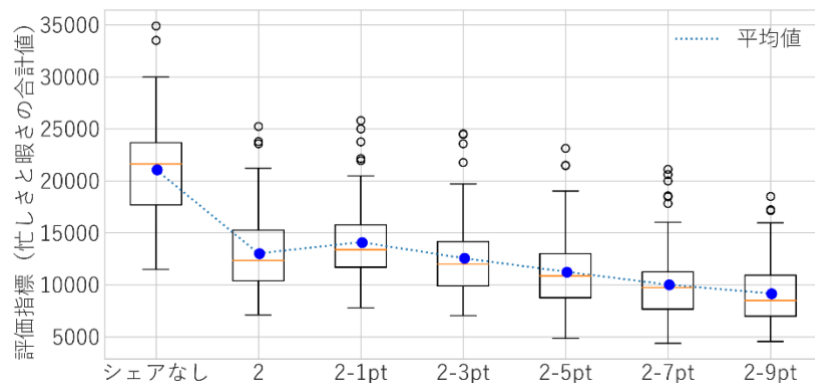


図 7: 変動率 1.5 におけるシエアなし/シエア相手施策 2/シエア相手施策 2・シエア P 再配分施策 3 対 1 分配 P 別 分布比較

表 2: 変動率 1.5 におけるシェアなし/シェア相手施策 2/シェア相手施策 2・再分配施策 3 対 1 分配 P 別分布比較統計量

	シェアなし	相手施策 2	相手施策 2・シェア P 再分配施策 3 対 1				
			2-1P	2-3P	2-5P	2-7P	2-9P
mean	21084	13023	14101	12571	11256	10017	9164
std	4523	3713	3776	3771	3411	3329	2907
min	11496	7086	7787	7025	4830	4371	4555
25%	17676	10402	11701	9888	8771	7666	6967
50%	21613	12344	13380	11991	10851	9742	8497
75%	23679	15244	15762	14148	12984	11262	10913
max	34896	25234	25797	24526	23149	21131	18497

全て小数点以下切り捨て表示

## 6 考察

これらの結果から、評価指標の増減は、以下の 3 項目の相互影響が大きいと考えられる。

1. 0pt 企業が受け取る分配 P 数
2. シェア P を課税する富豪企業数
3. シェア交渉を行う回数 (1 回か s 回)

1 について、分配 P 数についての最適な上限 (9P 以上) を探索する為、図 8 で 9pt 以上の分配 P も含めどれだけ評価指標とシェア人数合計値および課税 P 合計値の平均値の推移するかを折れ線グラフに著した (41pt まで・変動率 1.5 におけるシェア相手施策 2 シェア P 再分配施策 3 対 1 の場合)。分配 P を高く設定すればある程度評価指標が下がり、シェア人数は上昇するが、負担する側の課税 P が上がり一方的に損をしていると感じる企業がプラットフォーム内から脱退する可能性が高くなる等、最適な分配 P に関しては、様々な角度で評価する必要があると考えられる。また、分配 P 数が最低の 1pt の時に、再配分しない場合より数値が上昇する現象が起きている (図 7 の 2 および 2-1P を比較)。理由は、再配分された  $P_{ct}$  があまりにも低すぎる為、シェア交渉時に多くの社員を貸し出した閑散期企業が交渉する相手として不適当な繁忙期の企業が増加したと思われる。1pt 企業でも全く居ないよりは良い場合と、可能であれば 1pt 企業ではなく十分な  $P_{ct}$  所持企業とシェア交渉したい場合と両方あり、後者の方が勝っていると考えられる。

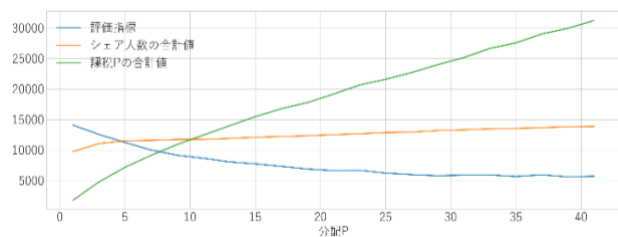


図 8: 分配 P 数の効果比較 (41pt まで)

2 つ目の富豪企業数に関しては、図 9 および図 10 の二つの参考グラフを使って考察する。変動率 1.5 シェア相手選択施策 4 でシェア P を再配分しない選択の seed が 200 の時のものである。x 軸はそれぞれ ticks 数である。図 9 では、0~240ticks 間で 0pt 企業数はだいたい 6~10 の間で存在し、図 10 では際立ってシェア P 数が多く見える富豪企業数が 2~3 である。このグラフの状態にシェア P 再配分を行うとすると、富豪企業 1 に対し 0pt 企業数が 2 ないしは 3 あたりになるバランスが丁度よく、検証結果を見ても全体のモデルにもそれが当てはまると思われる。

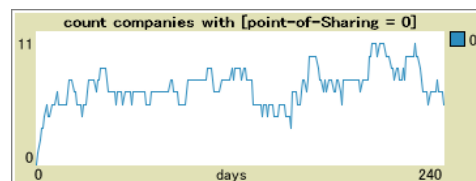


図 9: 0pt 企業エージェント数の推移 (seed:200)

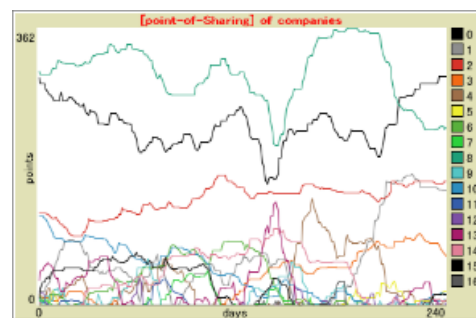


図 10: 企業エージェントの所得ポイントの推移 (seed:200)

相互影響が大きい 3 項目のうち 3 つ目の「交渉を行う回数 (1 回か s 回)」に関して言及する。一定の分配 P 以上を設定するのであれば、シェア交渉は複数回行った方がより良い結果がでた。逆に、分配 P が最低の 1pt ならば、シェア交渉回数は一回でないでと平均値が上昇し逆効果になる。

## 7 結論と今後の展望

本研究では、閑散期と繁忙期の企業エージェントが自律分散的に協調しながら互いの社員という資源を有効活用するために交渉・共有し合う P2P 型人材シェアリング・プラットフォームを構築した。

状況とアルゴリズムを掛け合わせ、シェア相手施策 15 通り×100 回検証した。評価指標は全企業・全社員の年間過不足労働時間から導き出す「忙しさと暇さの合計値」である。結果、提案手法の種類に関わらず、全て約 1/3 程度評価指標の平均値が下がった。

次に、シェアリング中に起こるプラットフォーム内でのシェア P の偏りを防ぐ為に 60 通りのシェア P 再配分シナリオを各 100 回シミュレーション評価した。結果、“逆位相でランダム選択の 1 社と交渉×s 回 (s=3)”というシェア相手施策を行い、尚且つ “0pt 企業数の 1/3 の数の富豪企業が 0pt 企業一社あたり 9pt の分配 P を賄う” シェア P 再配分施策を行うと一番効果があり、何も施策を行わない時の 1/2 以下に評価指標の平均値を下げる事が出来た。

今後の展望としては以下のことを考えている。

- 高額課税のデメリットを考慮。
- 企業ごとのシェア P 収支の集計。
- 分配 P および課税 P 等を自動的に決めるアルゴリズムの提案。

## 参考文献

- [1] Uber Technologies Inc., “世界で広がるライドシェア,” <https://www.uber.com/ja-JP/newsroom/5billion/> (visited on 2019)
- [2] Airbnb Inc., “Airbnb について,” <https://press.airbnb.com/ja/about-us/> (visited on 2019)
- [3] A. Sundararajan. “The Sharing Economy: The End of Employment and the Rise of Crowd-Based Capitalism.” The MIT Press.
- [4] K. Frenken, “Political economies and environmental futures for the sharing economy.” Journal of Philosophical Transactions A, The Royal Society. London, 2017.
- [5] The Mainichi Newspapers. “Japan ushers in major immigration policy change with revision to boost foreign workforce.” <https://mainichi.jp/english/articles/20181208/p2a/00m/0na/013000c> (visited on 2019)
- [6] 中小企業庁 “長時間労働に繋がる商慣行に関する WEB 調査” <https://www.meti.go.jp/press/2018/03/20190304006/20190304006.html> (visited on 2019)
- [7] Makiko Mita, Kensuke Ito, Shohei Ohsawa and Hideyuki Tanaka “What is Stablecoin?: A Survey on Price Stabilization Mechanisms for Decentralized Payment Systems” IIAI AAI 2019 accepted.
- [8] K. Frenken, “Political economies and environmental futures for the sharing economy.” Journal of Philosophical Transactions A, The Royal Society. London, 2017.
- [9] ピーター・レイシー, ヤコブ・ルトクヴィスト. “サーキュラー・エコノミー デジタル時代の成長戦略,” pp.223, 日本経済新聞出版社, 東京, 2016.
- [10] T. Vaskelainen and L. Piscicelli. 2018. “Online and offline communities in the sharing economy.” Journal of Sustainability 10(8), 2018.
- [11] F. Nzanywayingoma and Y. Yang. “Efficient resource management techniques in cloud computing environment: a review and discussion.” International Journal of Computers and Applications 41(3), pp.165-182, 2019.
- [12] H. Hayashi. “Evaluating Task-Allocation Strategies for Emergency Repair in MAS.” Transactions on Computational Collective Intelligence XXVIII, Lecture Notes in Computer Science 10780, pp.253-274, 2018.
- [13] 伊藤 孝行. “マルチエージェントの自動交渉モデルとその応用,” 情報処理学会学会誌, Vol.55, No.6, pp.563-571, 2014.
- [14] S. Fatima, Sarit Kraus, Israel, and Michael Wooldridge. “Principles of Automated Negotiation.” Cambridge University Press, London, 2014
- [15] L. Berk, D. Bertsimas, A. M. Weinstein, and J. Yan. “Prescriptive analytics for human resource planning in the professional services industry”, European Journal of Operational Research 272(2) pp.636–641, 2019.
- [16] C.-M. Lin and M. Gen. “Multi-criteria human resource allocation for solving multistage combinatorial optimization problems using multiobjective hybrid genetic algorithm.” Journal of Expert Systems with Applications 34(4), pp.2480–2490, 2008.
- [17] S. S. Fatima and M. Wooldridge. “Adaptive Task and Resource Allocation in Multi-Agent Systems.” AGENTS '01 Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents, pp.537-544, 2001.