

# 人工知能 最終レポート課題

工学部電子情報工学科3年

学籍番号:03230420

小林莉久

## はじめに

今回の課題では、課題番号11の「アリのフェロモンによる効率的なエサの探索」を取り上げ、Pythonを用いてシミュレーションを実行した。具体的には、試行の過程で働きアリの閾値やフェロモンの特性を調整することで、エサの位置や数、障害物の有無の変化に対して頑強性のある探索方法を模索した。このレポートでは、今回の課題で使用したプログラムの概要と、シミュレーション結果及びその考察を記述する。

## プログラムの概要

今回のシミュレーションは、以下のリンク先のファイル”nants.py”をベースに、一部を書き換えて条件を変更していく形式でおこなった。

- <https://github.com/Nikorasu/PyNants>

実際に、変更を加えたプログラムは”nants.py”というファイル名のまま同封している。ここでは、主な変更である以下の5つの項目について、簡単に説明する。

1. Environmentクラスの追加
2. ネガティブフェロモンへの応答を追加
3. 30秒経ったら疲れて巣で休む挙動を追加
4. 揮発性の調整
5. アリの状態の更新

## 1. Environmentクラスの追加

ソースコードの259～271行目にかけて、**Environment**という名前のクラスを追加した。ここでは、巣に持ち帰ったエサの累積数や、アリの稼働状態を監視するリストを定義している。このクラスのインスタンスを各**Ant**インスタンスに引数として渡すことで、各**Ant**が環境の情報を確認できると同時に各**Ant**が自分の情報を環境に伝えることができる。アリの稼働状態を監視するリストは、以下に示す263行目のコードが該当する。

```
self.ants_condition = [[100, 1, 0, 0] for _ in range(ANTS)]
```

このリストは各要素が一匹の**Ant**の情報を持っており、それぞれ4つの成分がある。各成分は順に、稼働を始めるまでの待機時間、休憩or待機or出勤のモード、モード変更からの経過時間、最後に確認した時のエサの総数、となっている。待機時間については、その時間内にエサの累積数の増加が全くなかったら稼働を始めるという、基準の時間を示している。

## 2. ネガティブフェロモンへの応答を追加

109～117行目にかけて、探索中のアリが出すフェロモンをネガティブフェロモンとして、これを避ける処理を追加した。

## 3. 30秒経ったら疲れて巣で休む挙動を追加

150～157行目にかけて、エサを獲得したアリが巣に帰った時、もし稼働開始から30秒経過していたら巣で休息状態に入るという処理を追加した。このような条件下で、働きアリの割合をどのようにすれば、巣に待機しているアリの割合を一定数確保できるのかを調べた。

## 4. 揮発性の調整

232～235行目にかけて、フェロモンの種類によって揮発速度を変動させるようなコードを追加した。具体的にはエサを保有しているアリの出すフェロモンの方が、探索中のアリの出すフェロモンよりも揮発しやすく設定することにより、効率的な探索が可能になるかどうかを調べた。

## 5. アリの状態の更新

364～400行目にかけて、Environmentクラスの変数に格納されている各Antの状態を各ループごとに逐一更新する処理を追加した。これにより、環境状態を考慮した各Antの状態のコントロールが可能になる。

## 結果

今回は、全15通りの条件で一つあたり2分間のシミュレーションをおこなった。それぞれの条件の詳細を以下の表1に示す。

表1 各シミュレーションの条件

ファイル名	働き始めの閾値(エサの増加の計測時間)	ネガティブフェロモンへの応答	フェロモンの揮発性の差異	揮発速度	エサの位置	壁の有無	エサの数	エサの位置変化
ant_1.csv	0.1s	無視	なし	普通	右	なし	1	固定
ant_2.csv	0.1s	忌避	なし	普通	右	なし	1	固定
ant_3.csv	0.1s	忌避	あり	普通	右	なし	1	固定
ant_4.csv	0.1~10sのランダム	無視	なし	普通	右	なし	1	固定
ant_5.csv	0.1~10sのランダム	忌避	なし	普通	右	なし	1	固定
ant_6.csv	0.1~10sのランダム	忌避	あり	普通	右	なし	1	固定
ant_7.csv	2割0.1s 6割3s 2割10s	無視	なし	普通	右	なし	1	固定

ant_8.csv	2割0.1s 6割3s 2割10s	忌避	なし	普通	右	なし	1	固定
ant_9.csv	2割0.1s 6割3s 2割10s	忌避	あり	普通	右	なし	1	固定
ant_10.csv	2割0.1s 6割3s 2割10s	無視	なし	普通	下	なし	1	固定
ant_11.csv	2割0.1s 6割3s 2割10s	無視	なし	普通	右上	なし	1	固定
ant_12.csv	2割0.1s 6割3s 2割10s	無視	なし	普通	右	あり	1	固定
ant_12_2.csv	2割0.1s 6割3s 2割10s	無視	なし	ゆっくり	右	あり	1	固定
ant_13.csv	2割0.1s 6割3s 2割10s	無視	なし	普通	右+下	なし	2	固定
ant_14.csv	2割0.1s 6割3s 2割10s	無視	なし	普通	右 →左下	なし	1 → 1	変化

ここで、働きアリの閾値を2:6:2の比率でグループに分割したのは、参考ページ(<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%83%8D%E3%81%8D%E3%82%A2%E3%83%AA%E3%81%AE%E6%B3%95%E5%89%87>)の記載に基づいている。

また、今回のシミュレーションの趣旨は、アリのエサ探索効率を高める方法とその頑強性の確保を模索するとともに、参考ページ([https://costep.open-ed.hokudai.ac.jp/like\\_hokudai/article/1150](https://costep.open-ed.hokudai.ac.jp/like_hokudai/article/1150))に基づいて、巣に待機するアリの一定数確保することができるか、を調べることでもあるので、エサの累積獲得数とともに、待機状態で巣にいるアリの個体数も追跡した。

次に、これらのシミュレーションの結果を示す。ここで示す結果のグラフは同封しているプログラム”**visualize.ipynb**”を実行することにより再現できる。

まず初めに、全部のアリの閾値が**0.1s**計測である場合の、フェロモンの特性と探索効率の関係を示したグラフを図1に示す。左のグラフが**1秒**ごとに観測した巣で待機中のアリの個体数、右のグラフが**1秒**ごとの巣に集まったエサの累積数を示している。

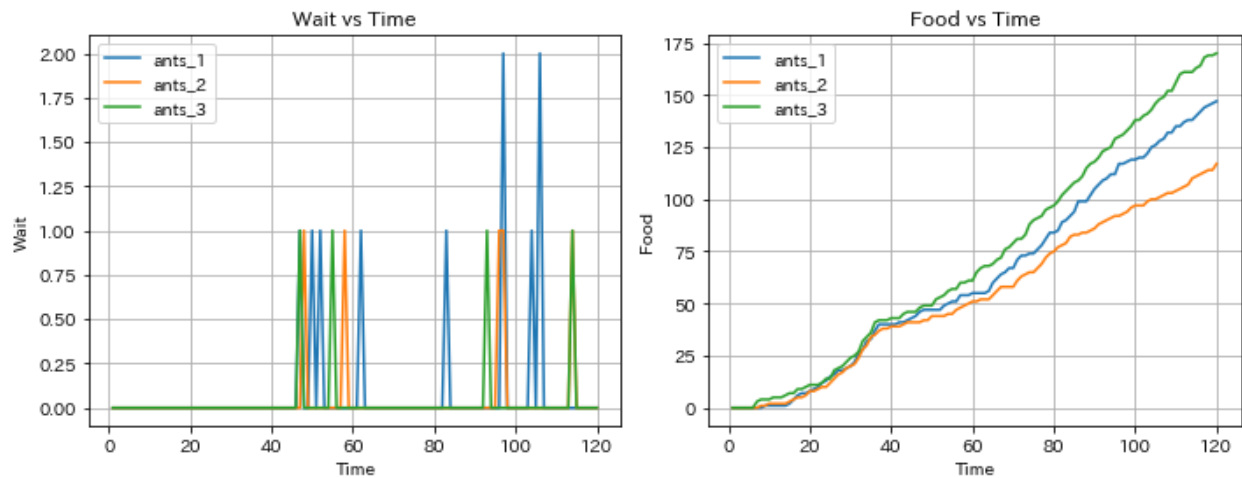


図1 フェロモンの特性と探索効率(全部が働きアリの場合)

このグラフから、アリの待機数については、フェロモンの特性による差が少なく、エサの獲得総数については、フェロモンの揮発性に差を持たせた方が効率が上がることが確認できる。

続いて、働きアリの閾値が個体ごとにランダムである場合の、フェロモンの特性と探索効率の関係を示したグラフを図2に示す。

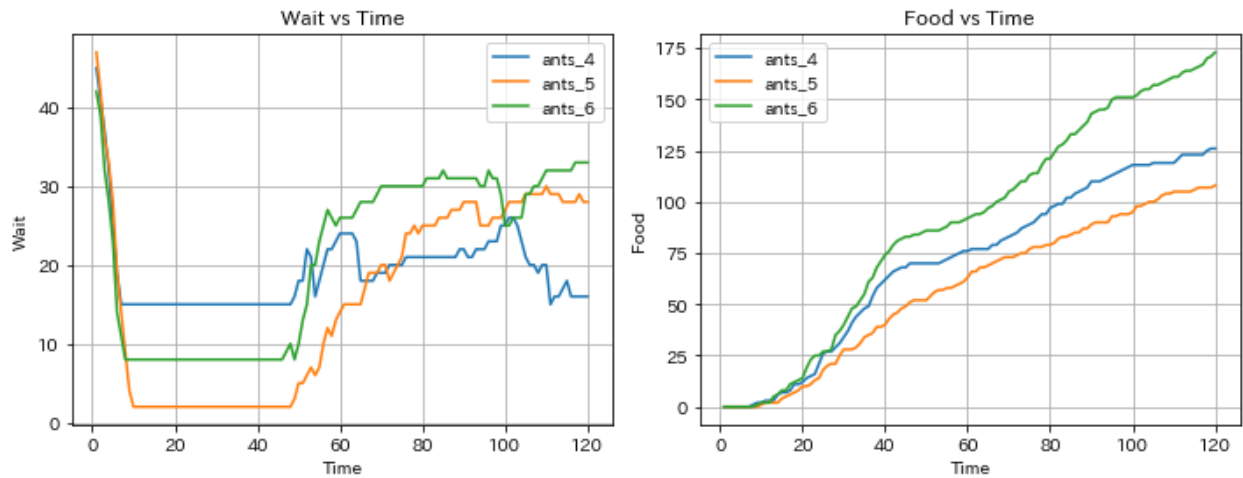


図2 フェロモンの特性と探索効率 (働きアリの閾値がランダムな場合)

このグラフから、働きアリの閾値がランダムの場合もフェロモンの揮発性に差がある時が最も効率的に探索でき、巣に待機しているアリの個数は、時間が経過するにつれて安定し、10匹を超えることがわかる。

続いて、働きアリの閾値が2:6:2の比率で3通りに分かれている場合の、フェロモンの特性と探索効率の関係を示したグラフを図3に示す。

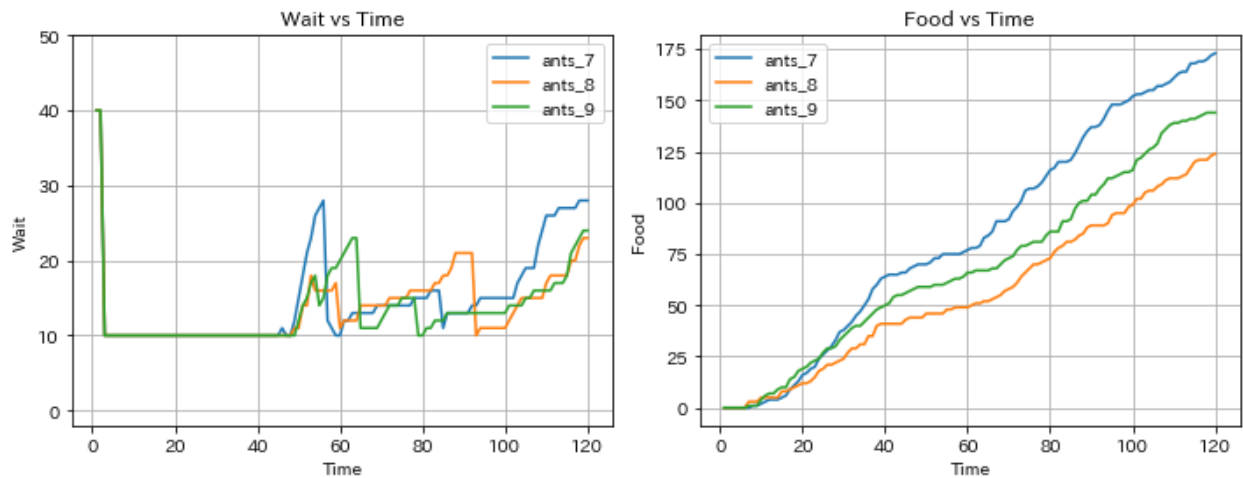


図3 フェロモンの特性と探索効率 (働きアリの閾値が2:6:2の比率で異なる場合)

このグラフから、働きアリの閾値が2:6:2で分かれている場合については、どのようなフェロモン特性であったとしても、巣に10匹以上の待機アリを置くことができ、エサを保有しているアリのフェロモンだけをたどる時が最も効率的に探索できることがわかる。

続いて、働き初めの閾値の割り振りパターンと、探索効率の関係についてまとめたグラフを図4に示す。

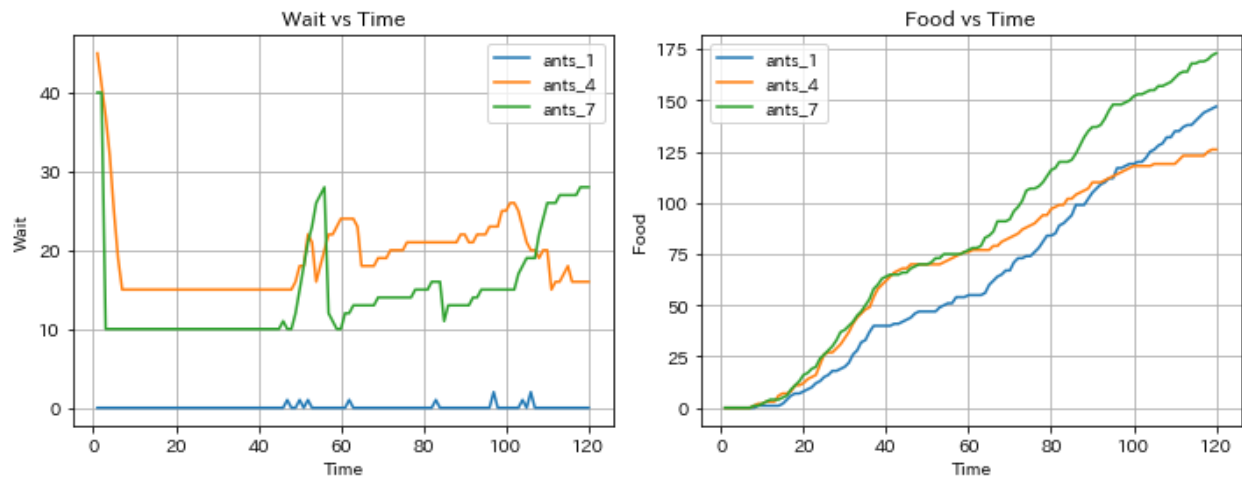


図4 働き初めの閾値のパターンと探索効率

このグラフから、フェロモンを1種類だけに限定した場合、働きアリの閾値が2:6:2の割合で段階分けして割り振られている時が最も効率よくエサを探索できると同時に、常に10匹以上のアリを巣に待機状態で残すことができることが確認できる。

以上の結果を踏まえて、働きアリの閾値を2:6:2の比率でグループ分けし、フェロモンを1種類にするという条件を固定した上で、エサの位置や個数、障害物の有無に対する頑強性を調べたシミュレーション結果を次に示す。

まず、エサの位置に対する頑強性を調べたシミュレーション結果のグラフを図5に示す。

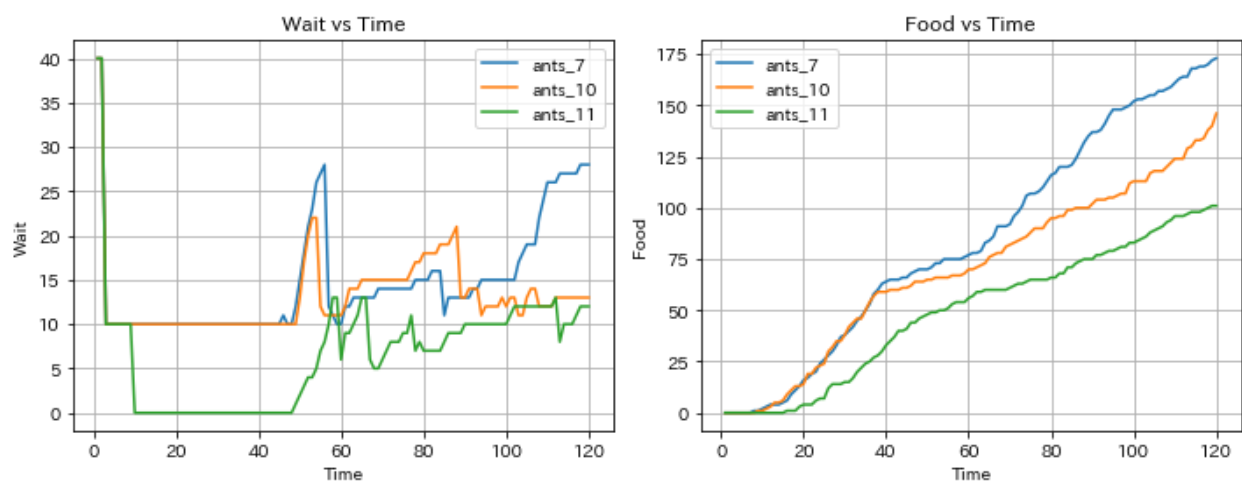


図5 エサの位置と探索効率

この結果から、エサの探索効率は距離に依存しており、遠くなればその分だけ効率が下がることがわかる。また、エサの位置が巣から遠すぎると、巣におけるアリの待機数が0になってしまう瞬間があることが確認できる。

続いて、エサと巣の間に障害物として壁がある場合の、エサの探索効率について調べた結果のグラフを図6に示す。

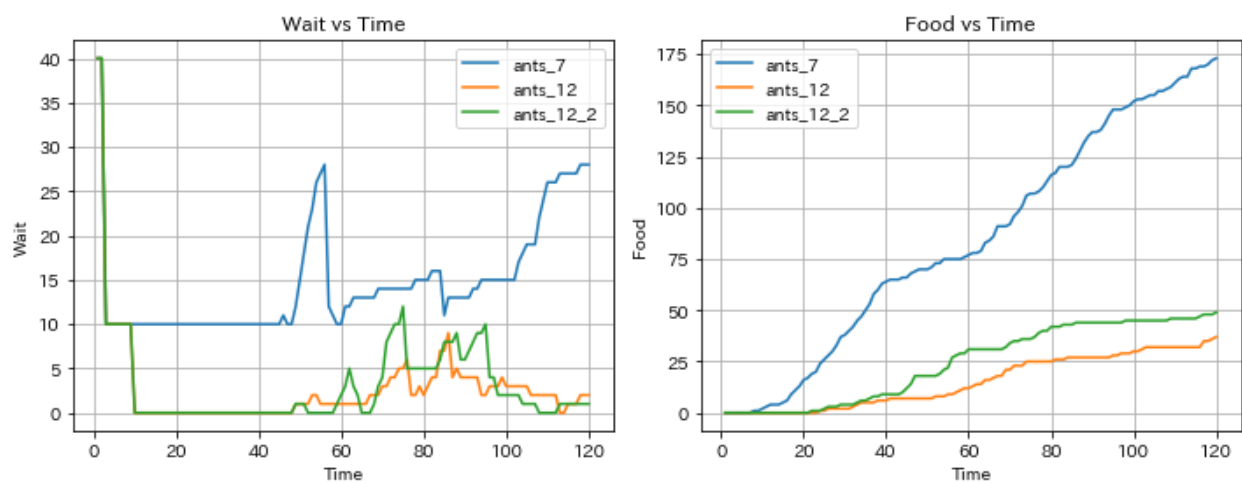


図6 障害物の有無と探索効率



この結果から、巣とエサの間に壁がある場合、探索効率が大幅に下がってしまうことがわかる。

続いて、エサの個数と頑強性の関係をシミュレーションによって調べた結果のグラフを図7に示す。

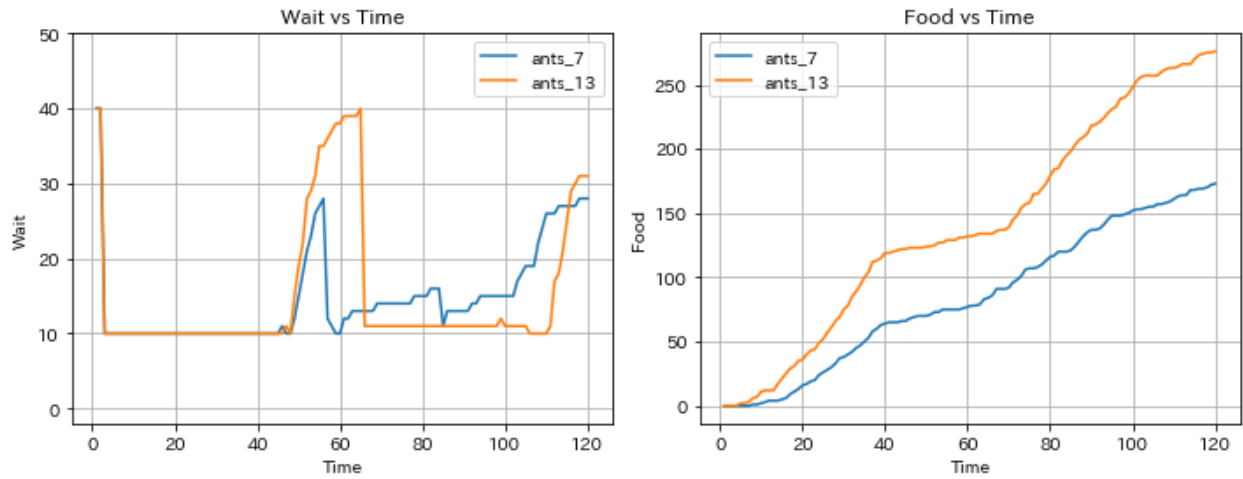


図7 エサの個数と探索効率

このグラフから、エサの個数が多くても、錯乱されことなくエサの探索効率が上がり、巣に待機するアリの個体数も安定して10以上を保ち続けていることが確認できる。

最後に、エサの位置変化と頑強性の関係をシミュレーションによって調べた結果のグラフを図8に示す。

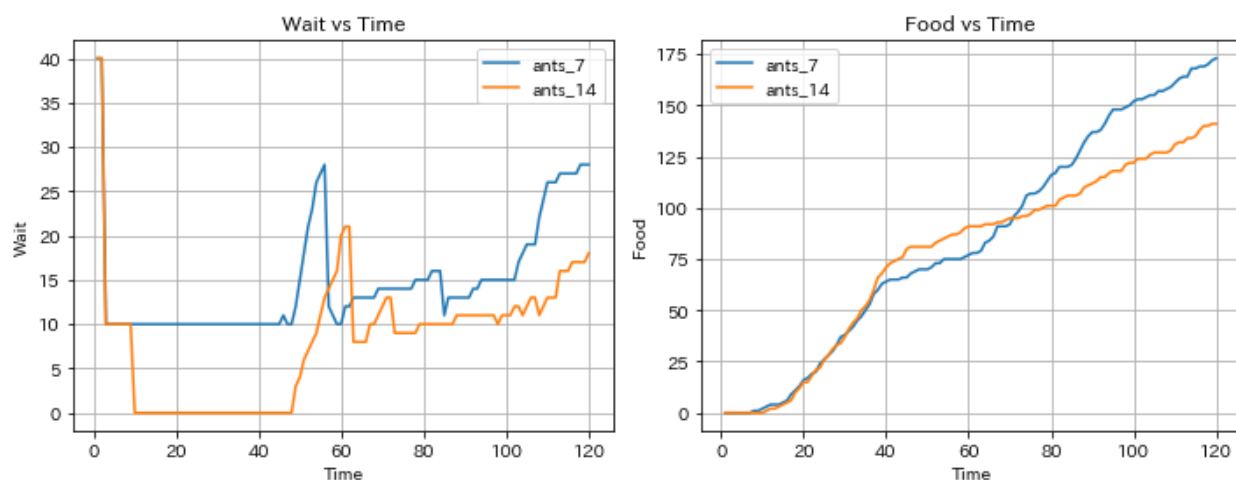


図8 エサの位置変化と探索効率

この結果から、エサの位置変化が起こる時刻60秒頃に探索効率がわずかに下がる一方で、巣に待機しているアリの個体数に関しては、エサの位置変化が起こらない場合と比べて、60秒以降、大きな差がないことが確認できる。

## 考察

ここでは、今回のシミュレーション結果について、4つの観点から考察する。

### 1. 閾値の割り振りパターンが全て0.1秒、もしくはランダムの場合について

この2つの条件下では、エサ保有時と探索時のフェロモンの揮発性に差があり、前者のフェロモンに対しては追従し、後者に対しては忌避するという選択をするときに最も探索効率がよかった。これは単純に、よりエサがありそうな方向に進路をとった方がエサに辿り着く可能性が上がったためであると考えられる。

### 2. 閾値を2:6:2の比率で3段階に割り振った場合について

この条件下では、エサ保有時にのみフェロモンをおとし、それを道標として追従するという選択をとった時が最も探索効率が良かった。これは、ネガティブフェロモンが存在する場合、一度エサを巣に持ち帰った後、再び巣からエサ位置に戻る時に出すネガティブフェロモンによって逆に錯乱され、エサの場所に戻れなくなってしまうケースが生じたためであると考えられる。

### 3. 最適な閾値割り振りについて

今回のシミュレーションでは、3通りの閾値割り振りパターンを試したが、その内最も探索効率が良かったのは、2:6:2の比率で、働き始めの閾値を3段階に分けた場合であった。これは、全部のアリが働きアリであった場合や、閾値をランダムに割り振った場合、全員が一斉に休んでしまう確率が上がり、結果として一度見つけたエサまでのフェロモンの道標が途絶えてしまい、効率の低下につながったためであると考えられる。

### 4. 環境条件変化への頑強性について

今回のシミュレーションでは、いくつかの環境条件変化に対するアリの探索の頑強性について調べたが、エサの位置や個数と、エサの位置の変化に対しては探索効率が大きく変わることはなく、安定してエサを集められることが示された。一方で、巣とエサの間に障害物として壁が存在するときは、探索効率が大幅に下がってしまうことが確認できた。これはフェロモンの揮発速度を下げることで多少の改善が見られたが、壁がない場合との大差をなくすることはできなかった。これは、壁が置かれたことによって単純に巣からエサまでの道のりが長くなったということも要因の一つとして考えられるが、もう一つ要因が考えられる。それは、壁の設置によって、巣からエサまでのルートが2つに分離されてしまい、それが時間経過とともに、巣から始まり壁をまわって戻ってくるだけの閉ループになってしまったため、エサに辿り着けずは無駄足を分でしまうケースが多発したということである。今回のシミュレーションでは、この問題を小さなコストで解決することはできなかったが、解決策としては、エサがある場所からの距離に応じてフェロモンの強さや種類を変えることで、近くにエサがあることだけでなく、どの方向にエサがあるのかまで探知できるようにするという方法が考えられる。また、より強力な方法としては、動員する働きアリの個体数を増やし、巣からエサまでの道のりを全てアリで埋め尽くす程度の行列を形成させることなどが考えられる。

## まとめ

今回のシミュレーションでは、環境条件として、エサの分布や障害物の有無を調整するとともに、アリの稼働数やフェロモンの特性を複数のパターンについて試すことで、どれだけの探索効率が実現できるか実験した。その結果、2:6:2の比率で働き始めの閾値を割り振ることにより、環境の変化に対して、ある程度の頑強性が達成されることが確認できた。一方で、実際には、死滅するアリや誕生するアリ、エサ探し以外の仕事、外敵の存在、エサの分布パターンの多様性など、考えるべき条件が多岐にわたって存在するため、より正確なシミュレーションをするためにはより多くの条件を考慮する必要があると実感した。人工生命についてシミュレーションを行うときは、特定の条件下である一つの特性の効力を確認するときは、今回のような単純な条件で満足する一方で、より複雑な、実世界の環境における特性の効力を高精度でシミュレーションしたいときは、多種多様な条件を組み込んでシミュレーションする必要がある

と言える。

## 参考文献

- [https://costep.open-ed.hokudai.ac.jp/like\\_hokudai/article/1150](https://costep.open-ed.hokudai.ac.jp/like_hokudai/article/1150)
- <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%83%8D%E3%81%8D%E3%82%A2%E3%83%AA%E3%81%AE%E6%B3%95%E5%89%87>