

社会シミュレーション 中間レポート

地球温暖化の原因と作用

学籍番号：202020621

名前：田中 陸

1. はじめに

本レポートでは 20 世紀半ば以降からかつてないほどの速度と規模で推移し、世界的に問題となっている地球温暖化について、シミュレーションによって要因を調査する。

地球温暖化に関する議論は 1980 年代から取り上げられ始め、原因についての議論がなされてきた。2002 年の IPCC 地球温暖化第三次レポートでは、地球の温暖化は温室効果ガス、特に CO₂ を起因とするとされた。それによると、18 世紀後半から始まった産業革命以降、待機中の CO₂ 濃度は増加し、20 世紀初頭に 290ppmv であった濃度は、1958 年には 315ppmv まで上昇し、2000 年ごろには 360ppmv を超えた。そして現在も上昇を続けている。また、CO₂ の他に、太陽光度などの太陽活動の変化、気候変動も原因であるとされている[1]。

こうした地球温暖化についてそれぞれの要因がどのように気温の上昇に影響を与えているのか、Netlogo によるシミュレーションにより調査を行う。

2. 手法

2.1. モデル

本レポートでは、NetLogo[2]のモデルライブラリである Climate Change[3]によって地球の温度のシミュレーションを行う。

モデルのシミュレーションの様子を図 1 に示す。ここで階層が色分けされており上から宇宙、空、地面、地中となっている。黄色の矢印は太陽光エネルギーを表し宇宙から地面へと下に流れていく。太陽光の一部は雲、地表によって反射される。吸収された場合、熱エネルギーを表す地中の赤い点へと変化し、動き続ける。この熱エネルギーの総数が地球の温度に関係しており、増加するほど温度が高くなっていく。

また、熱エネルギーは宇宙に向かう IR 光へと変化し、地中から消えていくことがある。IR 光は図中赤色の矢印で表されている。この時、変化する確率は地球の温度によって異なり、地球の温度が高いほど変化が起きやすい。この IR 光は雲を通過するが、図中の緑点の CO₂ に跳ね返ることがあり、その場合は再び地中に向かう。

以上のように本モデルでは、熱エネルギーは地球に到達する太陽光と IR 光によって追加され、地球から放出される IR 光によって除去されることで、バランスを保ち地球の温度へ影響を与えている。

2.2. パラメーター

本モデルの設定可能パラメーターは以下である。

- sun-brightness: 太陽エネルギーの量
- albedo: 地球の太陽エネルギーの吸収量
- cloud amount: 雲の量
- CO₂ amount: CO₂ 分子の量

sun-brightness は地球の大気に入る太陽光エネルギーの量を制御する。デフォルトの値 1.0 では通常の太陽と等しい太陽エネルギーが入り、値を大きくすることで地球が太陽に近づいた場合や太陽が明るくなった場合の太陽エネルギーを再現することができる。

albedo は地球に当たる太陽光エネルギーがどれだけ吸収されるかを制御する。1.0 の場合全ての太陽光を

反射し、0 の場合全ての太陽光を吸収する。全てを反射する 1.0 は地球が凍結した場合を再現することができる。地球の albedo は 0.6 である。

cloud amount は前節で述べた雲の量であり、ボタンによる追加削除が可能である。

C02 amount は前節で述べた C02 分子の量であり、ボタンによって追加、削除が可能である。

2.3. シミュレーションの設定

本シミュレーションは繰り返し回数が一定を超えると温度の変化が少なくなる。そのため繰り返し回数は 5000 とする。

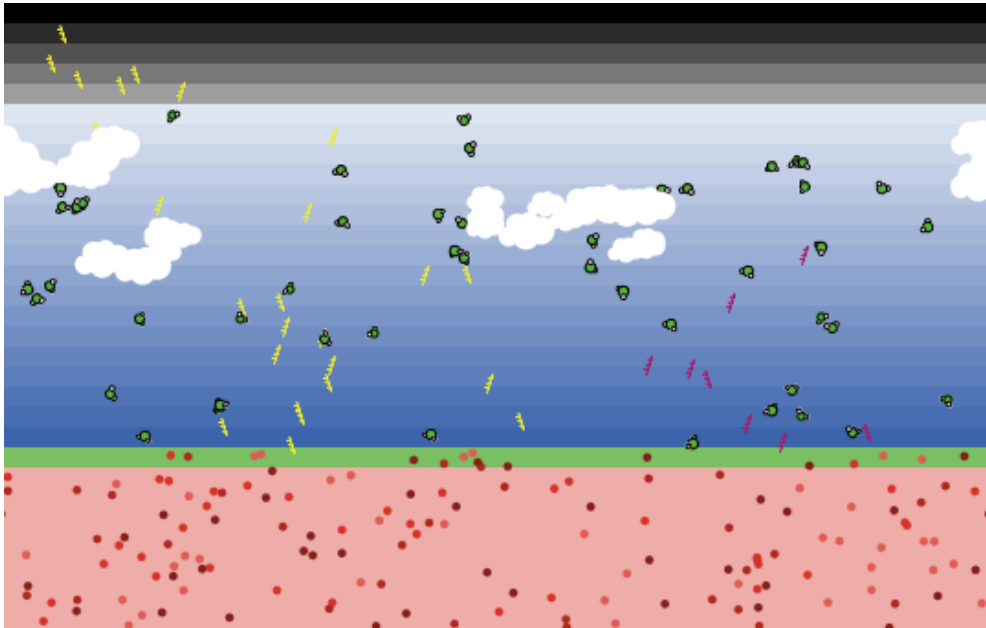


図 1:Climate Change によるシミュレーションの様子

3. 結果と考察

3.1. 空気中の C02、雲の影響

空気中に C02、雲を設定せずに何も無い状態でシミュレーションを行なった条件を条件 1、C02 amount を 100 に設定した条件を条件 2、雲を 10 回追加した条件を条件 3 とする。このシミュレーションの結果のグラフを図 2 に示す。

繰り返し回数 10000 以降から全ての条件で温度変化が少なくなっている。地球が吸収する太陽光、IR 光と放出する IR 光のバランスが取れるようになっていることがわかる。それぞれの条件における平均温度、最大温度を以下に示す。

条件	平均温度(℃)	最大温度(℃)
条件 1	24.8	26.7
条件 2	32.9	36.7
条件 3	21.5	24.0

条件 2 では C02 によって地球から放出された IR 光が反射し再び地球に吸収される。そのため吸収する IR 光が増加し、最終的な地中の熱エネルギーが最も多くなる。大量の熱エネルギーの影響で空気中に何も無い条件 1 と比較すると平均温度、最大温度ともに大きく高くなっていることがわかる。

一方、条件 3 では空気中に雲が設定してあるため、太陽光の一部が反射され、地球が吸収する太陽光エネルギーが減少する。また C02 は設定してないため、放出された IR 光は再び吸収されることはない。そして地中の熱エネルギー量は最も少なくなる。そのため、熱エネルギーが少ないことで温度への影響も少なく、空

気中に何も無い条件 1 と比較すると平均温度、最大温度ともに低くなっていることがわかる。

先行研究の通り、地球温暖化の要因とされる CO2 が空気中に増えることで温度の上昇につながっていることがわかった。また気候変動によって雲が増加し、太陽光を反射することで温度の上昇を抑えられることがわかった。

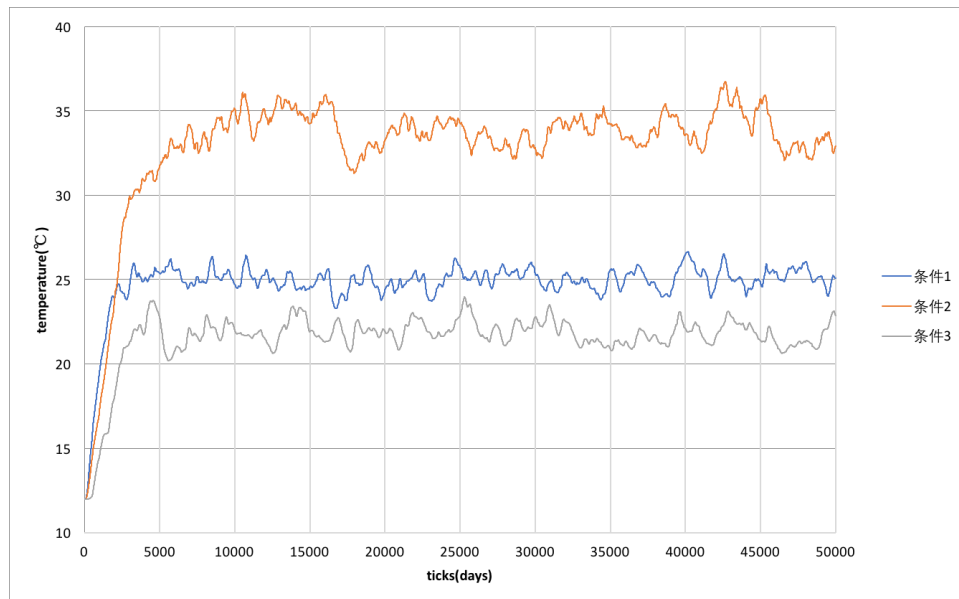


図 2: 空気中の CO2、雲の影響

3.2. 太陽活動, 地球活動の変化の影響

sun-brightness、albedo を変化させない状態でシミュレーションを行なった条件を条件 1、sun-brightness を 2.0 に設定し太陽が地球に近づいてしまった状態でシミュレーションを行なった様子を条件 2、albedo を 0.3 に設定し地球が反射できる太陽光エネルギーが減った状態でシミュレーションを行なった様子を条件 3 とする。このシミュレーションの結果のグラフを図 3 に示す。

それぞれの条件における平均温度、最大温度を以下に示す。

条件	平均温度(°C)	最大温度(°C)
条件 1	24.8	26.7
条件 2	28.6	31.1
条件 3	27.7	30.1

条件 2 では太陽が地球に近づいたことで、太陽光エネルギーが増加し、地中の熱エネルギーが増加した。そして条件 1 と比較すると平均温度、最大温度ともに高くなっていることがわかる。

条件 3 では太陽光エネルギーの吸収率が高くなり、地中の熱エネルギーが増加した。そして条件 1 と比較すると平均温度、最大温度ともに高くなっていることがわかる。

4. シミュレーションのみどころ

地球温暖化について CO2 や気候が影響していることは知られているが、どのように作用し温度上昇につながっているのかを知る機会は少ないと思う。本モデルでは、太陽からのエネルギーがどのように熱エネルギーへ変化するか、CO2 や雲が何を引き起こしているのかといった現象の様子とともに知ることができる。

5. まとめ

本レポートでは、雲、二酸化炭素を制御し温度の変化をシミュレーションすることにより、二酸化炭素の増加により IR 光の吸収量が増加し、大量の熱エネルギーによる温度上昇が起きていることがわかった。地

球の温暖化は温室効果ガス、特に CO₂ を起因としていることが確認できた。また雲が増加することで温度の低下に繋がることもわかった。今後、太陽が地球に近づく、地球の albedo が減少するなど太陽、地球に異常が生じることで、地球温暖化に繋がることがわかった。このパラメーターを変更することで、地球とは違う惑星の設定にし、その惑星での温度のシミュレーションも可能であると考えられる。

今後の取り組みとして、地球温暖化を防止する取り組みである植林や人々の取り組みによって、CO₂ を削減することで温度にどのような影響を与えるのかなどの確認を行いたい。そうすることで、現実で具体的な対策を費用をかけて行ってみる前に、最も効率的な地球温暖化対策などがシミュレーションにより導き出されることが考えられる。

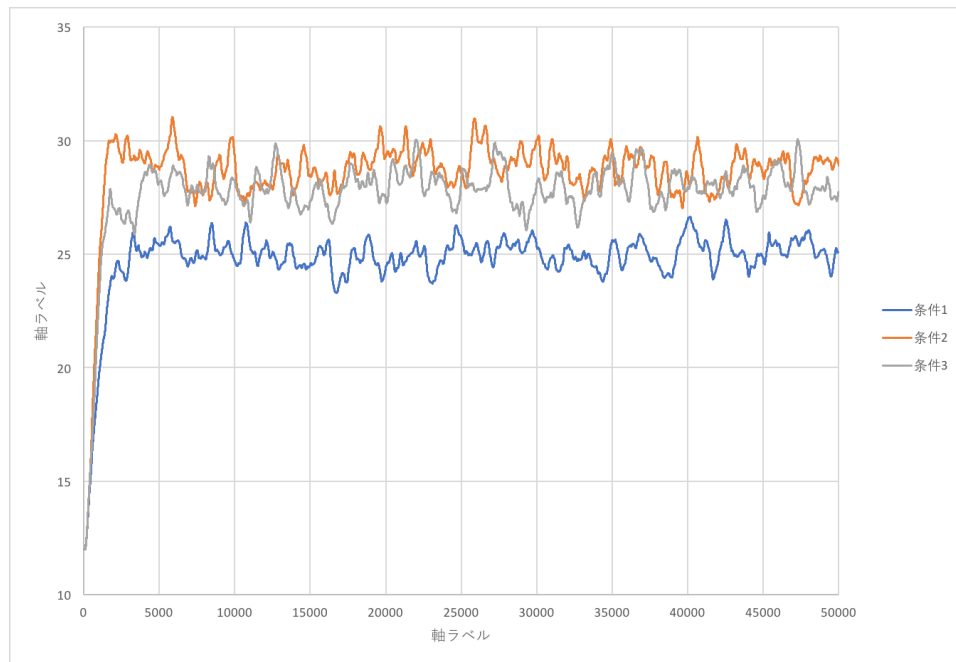


図 3: 太陽活動,地球活動の変化の影響

参考文献

- [1] 秋山 雅彦.地球史からみた地球温暖化問題,地球科学 58 巻. 139～147.2004 年
- [2] Wilensky, U. (1999). NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- [3]Tinker, R. and Wilensky, U.(2007).NetLogo Climate Changemodel.
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/ClimateChange>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.