

演習 気候のフィードバック過程 (Global Warming)

目的

- ・気候のフィードバック過程を理解する。
- ・氷 - アルベドフィードバック過程（雪と氷分布）を理解する。
- ・雲 - アルベドフィードバック過程（低層雲分布）を理解する。
- ・水蒸気と温室効果のフィードバック過程を理解する。
- ・降水量と蒸発量の水蒸気バランスに対する理解を深める。

制御実験（対照実験）：海洋混合層を用いた現代の気候シミュレーション
（二酸化炭素濃度 315 ppm, Modern Predicted SST)

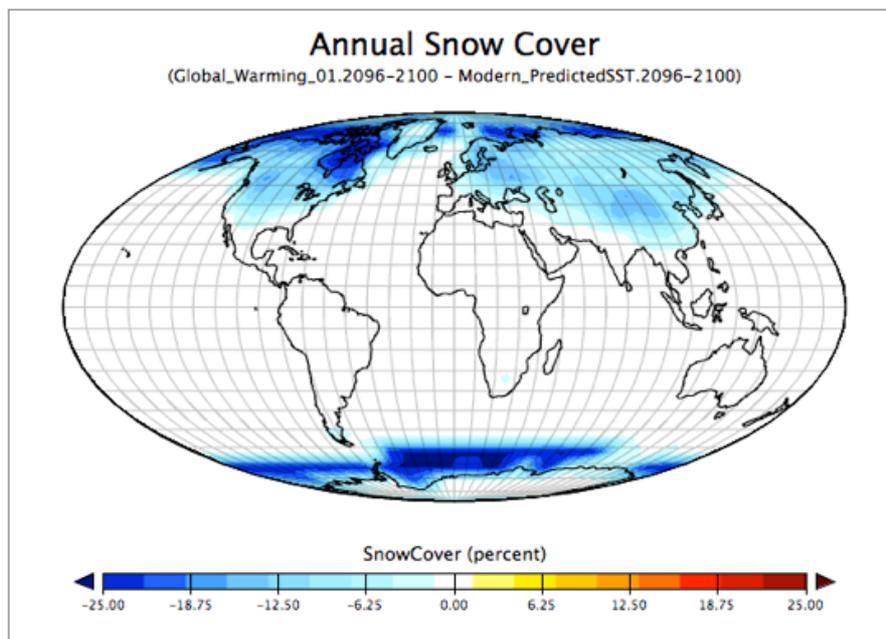
実験条件

- ① 地球温暖化シミュレーションでは、CO₂の増加傾向は 1957 年から 2000 年までは、1 年で 0.5ppm 増加する 1 次式で与える。そして、2000 年から 2100 年までは 1 年で 1% 増加するという指数関数で与える。
- ② 大気中の二酸化炭素濃度が時間と共に増加すること以外は、制御実験と同じとする。

シミュレーション期間：1/1/1958～12/31/2100

氷 - アルベドフィードバック過程

温暖化の地理的分布の鍵となる要素の 1 つは、氷 - アルベドフィードバック過程である。このフィードバックは、気候が温暖化すると雪や氷が融けるという事実と関係している。雪や氷が融けると、その下の地面が露出する。地面は、太陽の放射をよく反射する雪や氷よりも少ししか反射しない。その結果、地面はエネルギーをより多く吸収し、周囲の領域よりもより強く加熱され、より多く雪や氷を融かし、より多くの地面を露出させる。



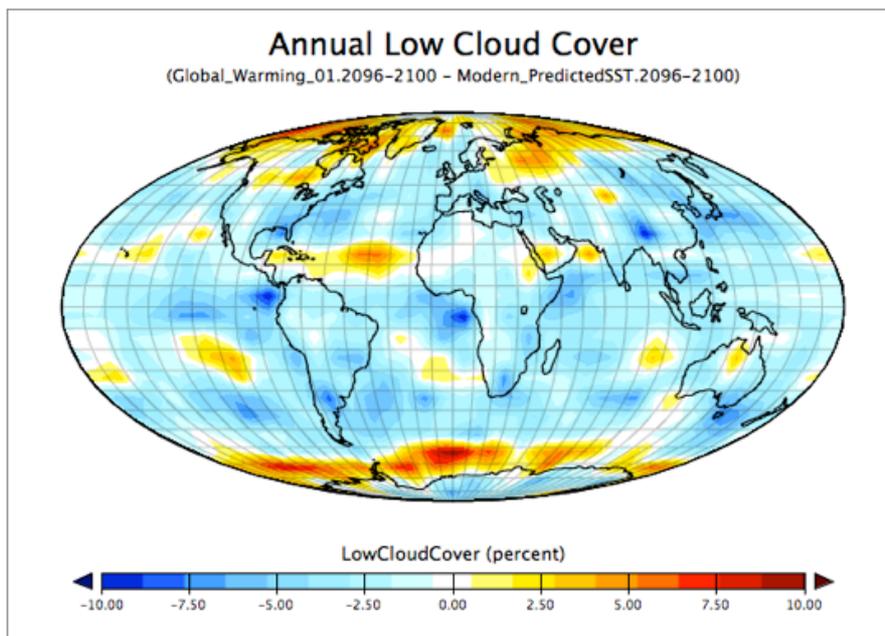
Map 2: Annual Snow Cover

図 1. 積雪の比較（地球温暖化シミュレーション - 制御実験）

作業：積雪が最も多く減少した領域と昇温の最も大きな領域を比較せよ。

雲 - アルベドフィードバック過程

気候システムにおける重要なフィードバックの1つは雲量の変化に関する。普通太陽光を反射する役割を持ち、惑星を冷却する効果を持つ低層雲が、地球温暖化により減少することを図2に示した。低層雲の雲量が減少するので、より少ない太陽光しか宇宙空間へ反射されて戻らない。それ故、より多くの太陽エネルギーが地球表面で吸収され、惑星を更に加熱し、温暖化の正のフィードバックとなる。つまり、一般的に低層雲は地球温暖化の低減に寄与するので、低層雲の雲量の減少は正のフィードバックを作用させる。



Map 3: Annual Change in Low Cloud Cover

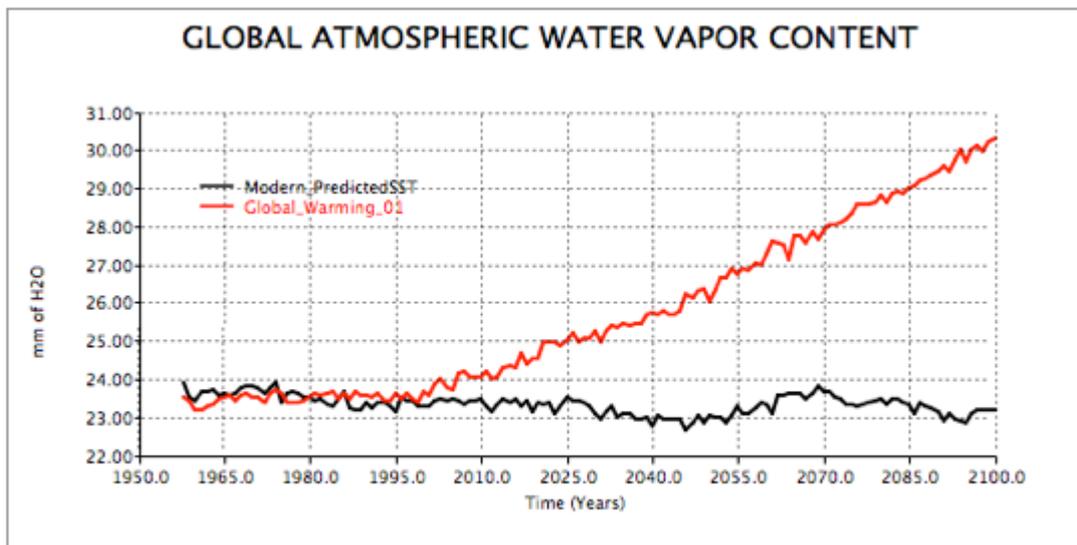
図2. 下層雲の雲量の比較（地球温暖化シミュレーションー制御実験）

作業：一般的に高層雲は地球温暖化の増幅に寄与する。そこで高層雲の増減も地球温暖化の影響に作用することが考えられる。高層雲の雲量や全雲量の変化を求めて、地球温暖化に関して考察せよ。

Memo

水蒸気 - 温室効果フィードバック過程

地球気規模の温暖化に関するもう1つの理由は、海洋からの蒸発が増加し、大気中に水蒸気が蓄積することである。水蒸気はそれ自体、強力な温室効果気体であり、それ故、正のフィードバックとして作用して、気候を更に温暖化する。図3に示したように地球温暖化シミュレーションにおいて、私たちは大気中の水蒸気量が1995年から2100年で約30%増加することが確認できる。



Plot 3: Global Atmospheric Water Vapor Content in Modern_PredictedSST and Global_Warming_01 simulations.

図3. 地球温暖化と水蒸気量の経年変化

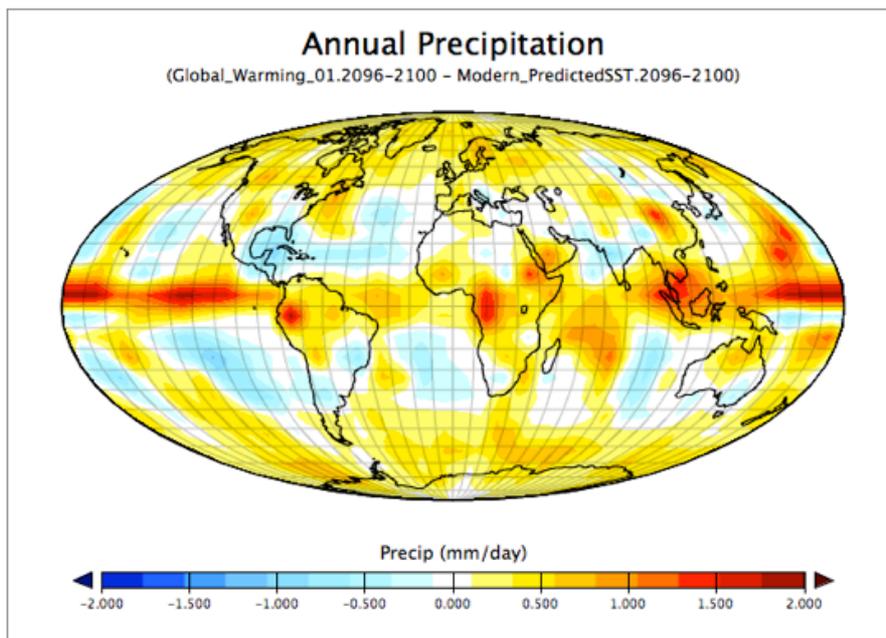
課題：海水温の上昇に伴い水蒸気量の増加が予想されたが、それ以外の気体はどのように考えられるか？また、海氷の減少はどのような影響を与えると考えられるか？

水循環：水蒸気バランス

地球温暖に伴う蒸発の増加は、大気中の水蒸気量を増加させ、全球規模での降水量の増加をもたらす可能性がある。私たちはシミュレーションの結果から、図4に示した年降水量の平均増加量を見ることができる。降水量の変化も温暖化と同様に不均一であり、エネルギーが対流システムを強化する熱帯と、これまで存在しなかった開いた海洋（それまでは海氷に覆われていた海洋）が新しい大気への水蒸気供給源となる高緯度では大きく増加する。

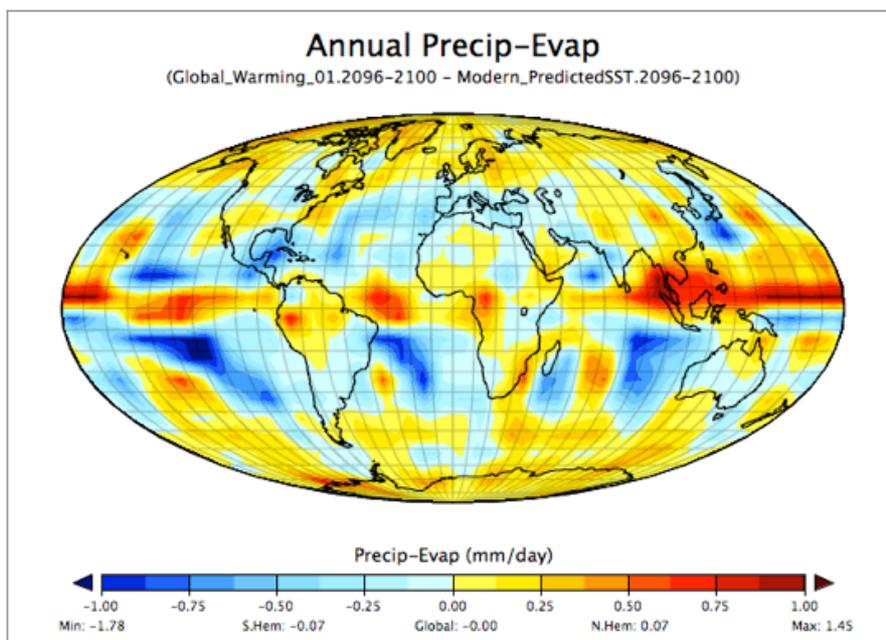
不幸にして、全球規模で温暖化した世界で水資源に何が起きるかを予想することは、より困難な課題である。それは水資源の究極の運命は、地域的な蒸発と降水率のより複雑なバランスに関係するからである（図5参照）。

水循環の鍵となる要因への地球温暖化の影響を決定する問題は更に困難な状況にある。それは私たちが「降水はより短時間に、強力な現象となること」を予想しているためである。これは気候システムにより多くのエネルギーが提供され、対流雲による嵐が増加するという仮説に基づいている。典型的な雷嵐よりも粗い分解能の大循環モデル（GCM）は、この仮説を検証するのに十分な精度でそのような現象を再現することができない。しかし、あなたは次のことに挑戦できる。



Map 4: Annual Precipitation Change

図 4. 年降水量の比較（地球温暖化シミュレーションー制御実験）



Map 5: Annual Change in Precipitation-Evaporation

図 5. 年降水量－年蒸発量の比較（地球温暖化シミュレーションー制御実験）

課題：21世紀における地球の水資源の未来に関して、あなたはEdGCMの気候モデルからどのような結論を導き出すことができますか？

出典：EdGCM Global Warming Exercise

http://edgcm.columbia.edu/outreach/exercises/global_warming.html