

研究課題名：全球スケールの陸域モデル開発による気候変動研究

課題代表者：国立環境研究所地球環境研究センター 横畠徳太
共同研究者：国立環境研究所地球環境研究センター 伊藤昭彦
国立環境研究所地球環境研究センター 佐藤雄亮
国立環境研究所地域環境研究センター 仁科一哉
茨城大学農学部 木下嗣基
北海道大学工学部 山田朋人
エネルギー総合工学研究所地球環境グループ 加藤悦史

実施年度：平成 28 年度～平成 30 年度

1. 研究目的

将来の気候変動は、人間社会と生態系に大きな影響を与える。気候変動に対する適応策・緩和策を立案するためには、我々が土地・水資源・生態系をいかに効果的に利用するかということが非常に重要な課題であるが、地球環境システムにおいて土地・水資源・生態系が果たす役割、それぞれの間の相互作用までを考慮した研究は、十分に行われていない。特に、気候変動緩和策が土地利用に及ぼす影響の評価、土地・水資源・生態系の環境制約を考慮した土地利用シナリオの構築など、グローバルレベルでの陸域モデリング研究には、まだ多くの課題が残されている。そこで本研究では、生態系・水資源・土地利用・作物成長を評価できるモデルを結合することで、気候変動影響下における土地・水・生態系間の相互作用を、不確実性を含めて定量的に評価するグローバルな陸域統合モデルを開発し、各種シナリオについてシミュレーション分析を行う。

2. 研究計画

国立環境研究所低炭素プログラムなどの研究課題のため、陸域における気候・生態系・水資源・農作物・土地利用などの将来予測を行うことのできるモデルを高度化すると同時に、それらのモデルを結合した「陸域統合モデル」の開発を行う。また、環境省環境研究総合推進費の研究課題のため、凍土融解過程の高度化を行う。開発した様々なモデルを利用して、全球スケールのシミュレーションを行い、気候変動がもたらすリスクや気候変動対策の有効性についての解析研究を行う。

3. 進捗状況

今年度は、陸域統合モデルによって過去の再現および将来予測のシミュレーションを行い、気候・生態系・水資源・農作物・土地利用の間の相互作用に関する分析を行った。さらに、モデルにおける不確実要素を

考慮することにより、将来予測の不確実性についての分析を行なった。

陸域統合モデルによる将来予測実験の結果を図 1 に示す。陸域統合モデルは陸面における物理過程と生態系と人間の活動を計算するモデルであるため、地表付近の気象データ（地表気温・降水・湿度・風速・放射量）をモデルに与える必要がある。今年度の計算では、気候変動影響評価部門横断モデルプロジェクト（Intra-Sectoral Impact Model Inter-comparison Project, ISIMIP）で利用されている、5つの全球気候モデル（Global Climate Model, GCM）の結果を利用する。気候モデルが計算した将来の温室効果ガス濃度は、気候モデル相互比較プロジェクト（Coupled Model Inter-comparison Project, CMIP）で利用されている、代表的濃度経路（Representative Concentration Pathways, RCP）を用いる。ここでは、温室効果ガスやエアロゾルの変化による、将来の放射強制力の安定化レベルを 2.6, 4.5, 6.0, 8.5 W/m² に安定させた4通りのシナリオに基づく GCM の計算結果を利用する。さらに、将来の社会経済シナリオとしては、共通社会経済経路（Shared Socio-economic Pathways, SSP）として用いられているシナリオを利用する。国立環境研究所の統合評価モデル Asia-Pacific Integrated Assessment Model (AIM) による GDP や食料・バイオ燃料・牧草地・木材生産量などの需要データを読み込むことにより、水資源・作物・土地利用モデルの計算を行った。今年度の計算では、SSP2 の中庸シナリオを与えた計算を実行した。

陸域統合モデルでは、人間による灌漑などにより、土壌水分が変化する。計算された土壌水分などを利用して、5穀物（春冬コムギ・コメ・ダイズ・トウモロコシ）の収量計算を行う。各地点での作物収量は、その土地を農地として利用する場合の重要な指標であるため、土地利用モデルでは各グリッドの5穀物の収量の最大値を利用して、グリッドの農地面積の計算を行う。

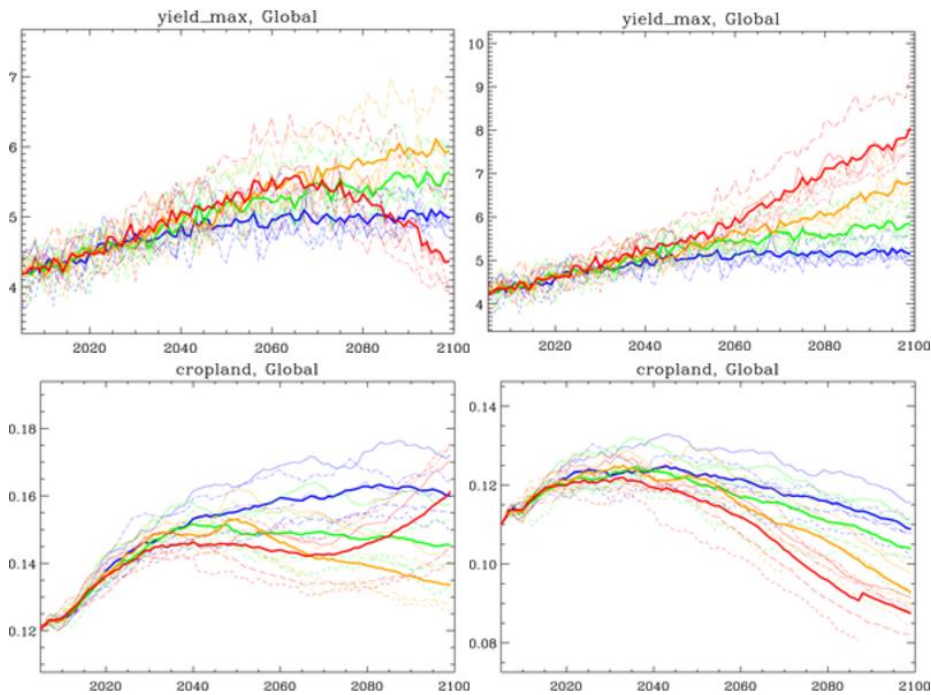


図 1. 陸域統合モデルによる将来予測実験の結果。RCP8.5 (赤)、RCP6.0 (黄色)、RCP4.5 (緑)、RCP2.6 (青) シナリオを与え、気候データとして5つの気候モデル (実線=GFDL, 破線=MIROC, 点線=HadGEM, 一点鎖線=NorESM, ドット=IPSL) の結果を与えた結果を示す。上段) 春冬コムギ・コム・ダイズ・トウモロコシの5穀物のグリッド最大収量 [t/ha], 下段) 穀物面積 [グリッドにおける割合] の全陸面平均値を表す。左列は、作物の光合成を計算する際の maximum carboxylation rate ($V_{c,max}$) を、二酸化炭素濃度の増加に対して線形的に減少させた場合の計算であり、右列はそれを非線形的に減少させた (二酸化炭素濃度が高いほど変化率が小さくなる) 場合の計算である。左列の結果では、RCP8.5 の場合に気候変化の影響で収量が減少し、より多くの穀物面積が必要であるが、右列の結果では、RCP8.5 の施肥効果によって収量が増加し、より少ない穀物面積で食料需要を満たすことができるような結果になった。

二酸化炭素が増加によって、作物の光合成速度は増加すること (「施肥効果」と呼ばれる) が知られているが、二酸化炭素濃度の増加によってどのように光合成が促進されるかに関しては、十分なデータがないために、大きな不確実性がある。今年度の研究では、図1のように施肥効果の不確実性を考慮した実験を行なった。二酸化炭素濃度に対する光合成パラメータの変化を変えたところ、作物収量が大きく異なり、将来穀物面積も大きく異なることが明らかになった (図1)。

4. 今後の計画

今年度は、気候・社会経済シナリオを変化させることにより、水資源・作物・土地利用に関わる人間活動を考慮した結合モデルによるシミュレーションを行うことができた。今後は、より多くの社会経済シナリオを与えた数値実験を行うことで、将来の人間活動が地球システムの変動に与える影響を幅広く評価する。また、今回の報告書では陸面の過程だけを評価する「陸

域統合モデル」の結果を紹介したが、陸域だけでなく、大気と海洋の物理過程と物質循環を取り扱う「地球システムモデル」に、水資源・作物・土地利用モデルを結合させた「地球システム統合モデル」を開発している。今後は、陸域統合モデルによるシミュレーションと並行して、地球システム統合モデルの開発と、新たなシミュレーションを行うことで、大気と海洋を含めた地球全体の気候と物質循環と人間活動の相互作用について分析を行う予定である。

5. 昨年度の研究課題名

全球スケールの陸域モデル開発による気候変動研究

6. 計算機資源の利用状況 (2017年10月1日～2018年11月30日)

実行ユーザ数: 7

CPU 時間 v_deb: 767.93 hours, v_32cpu: 106,090.69 hours, v_96cpu: 462.99 hours, v_160cpu: 35,524.36 hours, 計: 142,845.96 hours