

## 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  
国立環境研究所地域環境研究センター 仁科一哉  
北海道大学大学院工学研究院 山田朋人  
茨城大学農学部 増富祐司  
エネルギー総合工学研究所 加藤悦史

実施年度：平成 28 年度～平成 30 年度

### 1. 研究目的

本課題は、平成 25 年度から平成 27 年度までの研究課題「高度な陸域要素モデルの開発とそれを用いた全球スケールの気候変動研究」（以下、旧課題）を発展させ、引き続き陸域モデルの開発を軸とした研究を行っている。旧課題では、将来の気候変動に伴い陸域で発生する各種リスクとその対策ポテンシャルを全球スケールで評価するため、陸域におけるセクター別の要素モデルを高度化し、それらを統合したモデルを開発することを目的とする。本課題では、要素モデルの高度化を継続し、要素モデルを結合させた「陸域統合モデル」を利用し、気候変動と気候変動対策によるリスクトレードオフを議論することを目的とした研究を行う。

### 2. 研究計画

旧課題では、終了課題の最終年度にあたり、要素モデルの高度化と統合モデルの開発を所定の段階まで進行させる。要素モデルである H08（水資源）、農作物（PRYSBI2）、陸面過程（MATSIRO）、生態系（VISIT）、土地利用（TELMO）についてモデル構造の詳細化と検証を行い、それらをオンライン結合した「陸域統合モデル」を開発することで、セクター間の相互作用を陽に取り入れた統合モデルを構築する。

今年度から開始した課題では、要素モデルおよび陸域統合モデルの開発を継続し、モデルを用いた将来予測実験を行うことにより、気候変動が引き起こす様々な影響評価に関わる研究を行う。

### 3. 進捗状況

旧課題では、これまで VISIT モデルを用いた将来の気候変動が陸域生態系に与える影響評価（2013 年度報告）、MATSIRO モデルを用いた人為水利用を考慮した全球気候実験（2014 年度報告）、統合陸域モデルの開発と検証（2015 年度報告）を行ってきた。これらにより陸域の諸プロセスを記述するモデルが高度化され、

観測データに基づく検証を経て信頼性の向上が図られてきた。それらの研究活動を通じて、水利用、土地利用、生態系サービスなどの共通項目が明確になり、それまで個別に実施されてきたモデル開発と評価研究の連携により一層強化されたのは大きな収穫であった。例えば土地利用は水資源、農業、生態系など複数のセクターに影響を及ぼす要因であるが、TELMO モデル推定を共通に使い、さらにその推定に農業モデルや生態系モデルによる推定結果を反映させることで土地利用を介した相互作用（ネクサス）を考慮することができた。同様な試みは、水利用（灌漑など）、窒素利用、温室効果ガス収支など複数の要因について試みられている。最終目的である統合陸域モデルの開発においても、課題終了時まで大幅な進展を見ることができた。上記の要素モデルを結合し、主要変数の授受を行うことでセクター間の相互作用を考慮しつつ陸域の最適管理に資するモデルを構築した。結合モデルについて、コードのチューニング作業に加え、単体の要素モデルによる計算結果と比較するなどの技術的な確認作業を行った。

旧課題で実施した内容のうち、H08、VISIT、TELMO、統合陸域モデルに関するものは環境省推進費 S10 課題の一部としても実施され、リスク管理戦略作成や陸域最適利用戦略サブ課題に対し重要な貢献を果たすことができた。また、H08 と VISIT は気候変動影響モデル相互比較プロジェクト（ISI-MIP）に参加し、計算結果の提供と解析を行うことで貢献した。

今年度から開始した研究課題では、引き続き要素モデルと陸域統合モデルの開発を継続した。利用報告会では、陸域統合モデルの進捗を報告する。図 1 に、陸域統合モデルの概要を示す。今年度は、農作物モデルと土地利用モデルを、気候・水資源・生態系結合モデルに組み込む研究を行った。モデルによって計算された地面温度・土壌温度・土壌水分を、作物モデル PRYSBI2 に与えて計算を実行できるようにコーディングを追加した。ここでは 5 穀物（春小麦・冬小麦・米・大豆・

とうもろこし)の計算が可能である。このようなモデル構造の変更に加えて、モデルを走らせるための入力データの作成を行った。図2が、陸域統合モデルによって計算した穀物収量の結果である。陸域統合モデルと結合する前の、単独で走らせた PRYSBI2 は、過去のシミュレーションを行った場合、観測された収量をよく再現するように、調整されている (Sakurai et al. 2014, Scientific Reports, DOI: 10.1038/srep04978)。陸域統合モデルの結果が、単独で走らせた場合の PRYSBI2 の結果によく一致することを確認した。

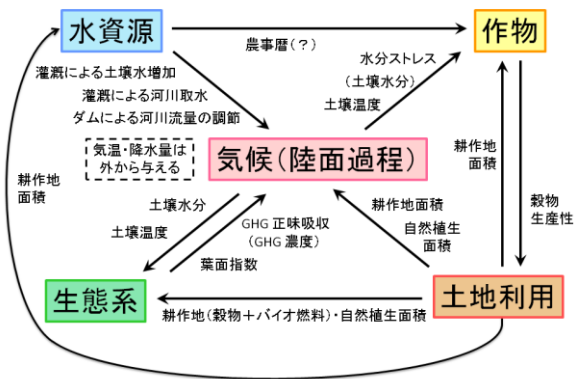


図1. 陸域統合モデルの概念図。ボックスが陸域統合モデルを構成するサブモデル、→が、サブモデルの間で交換する変数。

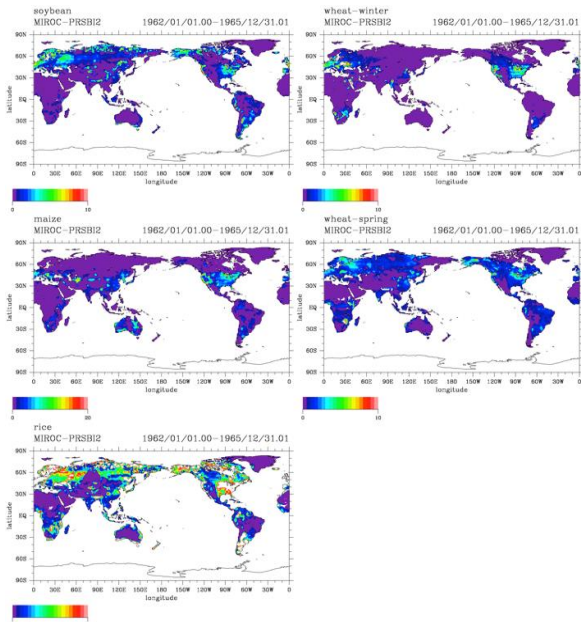


図2. モデルによる穀物収量 (t/ha)。大豆 (左上) 冬小麦 (右上) トウモロコシ (中左) 春小麦 (中右) 米 (下左) の結果。1962年から1965年までのデータを与えて計算を行った。

さらに今年度は、今年度はさらに、作物モデルによって計算された収量 (単位面積あたり収穫量 [t/ha]) を利用して、土地利用モデル TELMO (Kinoshita et al. 投稿準備中) の計算を実行するためのコーディングを行った。土地利用モデルでは、各グリッドにおける自然植生面積、耕作地面積を、経済モデルによって最適解を求めることにより、予報するものである。耕作地面積として、穀物耕作地 (様々な種類の食料穀物耕作地の積算値) に加えて、バイオ燃料作物の耕作地を、計算する。バイオ燃料作物の計算では、将来の社会経済を予測する統合評価モデルによって推計された、将来のバイオ燃料作物の需要 (将来の低炭素社会を実現するために必要な再生可能エネルギーの一要素として求められるエネルギー需要から計算される) を、全球のグリッドに割り付けるものである。土地利用モデルによって得られた結果を、気候・水資源・農業・生態系モデルにおいて利用することにより、図1で示した様々な相互作用が、時間発展するシステムを記述することが可能となった。

#### 4. 今後の計画

今後は、土地利用モデルによって計算された土地利用変化が、陸域生態系と炭素収支に与える影響をモデル化する。これにより、土地利用部門が将来の低炭素シナリオを実現する上での役割を評価する。また、気候モデルの陸面過程において、凍土融解プロセスを高度化する研究を進めている。近年、氷含有率の高い凍土層 (エドマ層) が、大規模に融解していることが観測されている。エドマ融解のプロセスを観測的に同定し、陸面モデル過程に組み込むことにより、温室効果ガス放出に及ぼす影響を評価するため、気候モデルおよび陸域生態系モデルの凍土プロセスの改良を行う予定である。

#### 5. 昨年度終了研究課題名

高度な陸域要素モデルの開発とそれを用いた全球スケールの気候変動研究

#### 6. 計算機資源の利用状況 (2015年10月1日~2016年10月31日)

実行ユーザ数: 6

CPU時間 v\_deb: 740.88 hours, v\_32cpu: 18,939.89 hours, v\_96cpu: 0.00 hours, v\_160cpu: 0.00 hours, 計: 19,680.77 hours