

## エージェントベースモデルを用いたスバックの水配分システムのシナリオ分析 Agent-based modeling for water allocation scenarios of Subak system in Bali

○大倉 芙美\*, 加藤 亮\*\*,  
OKURA Fumi, KATO Tasuku

**1. はじめに** スバックはバリ島に数世紀に渡り存在する水利組合で、社会的・農業的・宗教的特徴を有し、水を公平に配分する自治組織といわれているが、Lansing (1993)はエージェントベースモデルを用いて、伝統的なスバックシステムによる水配分が、水文学的にも合理性があることを説明した。エージェントベースモデルは、ある現象をいくつかの要素で表現してシミュレーションすることで、要素間の関連性や現象が生じ得るメカニズムを考察・説明できるモデルである。Lansing のモデル (Lansing and Kremer model) では、聞き取り調査の結果を元に、エージェントであるスバックが毎年互いに収量とクロッププランの情報を交換して、収量の高いクロッププランを採用するルールを持つとし、クロッププランが安定するまで繰り返し数十年に渡り実行させる。その結果、スバックが持つ伝統的な水配分システムには、水ストレスと害虫の個体数を減少させ、地域全体の収量を増加させるメカニズムがあることが説明された。しかし近年のバリ島では、政府による灌漑事業や水の新規需要が、自治的にスバックが構造した体系を変化させ、水配分問題も引き起こしている。バリ島北部サバ川下流域も同様で、政府の灌漑事業により受益地が拡大されたが、水配分システムは、受益者であるスバックの試行錯誤によって形成されつつある地域で、公平な水配分とはなっていない。そして現行のルールを元に新たに作り出される水配分システムが地域に与える影響や、水配分に影響を与えている要素、特に社会的要素とは何かは不明瞭なままである。水文データ等の明瞭なデータと社会要因といった不明瞭なデータを考慮しながら、水配分の意思決定を明らかにすることは、スバックや政府関係者が今後の水配分を考える上で助けになると考えられる。そこで本研究では、バリ島北部サバ川下流域で、社会的要素と物理的要素で現地の水配分をモデル化し、シナリオ分析を行うことで、新たな水配分ルールの提案とルール構成要素の分析を行う。

**2. 研究方法** まず聞き取り調査を元に、スバック間の水配分ルールとスバック内の取水ルールを明らかにした。その後、この2つのルールをエージェントベースモデルの1つである Netlogo を用いた Lansing and Kremer model に加え、スバックのクロッププランの選択プロセスを再現した水配分モデルを作成してシナリオ分析を行った。シナリオ分析では外部環境を変化させ、スバックが選択したクロッププランとその傾向を分析する。

**3. 水配分ルールと取水ルール** 水配分ルールは、主に各スバックが田起こしから田植えにかけての日程をスバック会議で決定する際に考慮する事項のうち、周辺スバックが関係する点をまとめたものである。また、取水ルールは、スバックが稲作を行うかの有無と、稲作を行う場合の取水開始時期・期間の判断基準を示している。「水が十分にある」かどうか

\*東京農工大学大学院連合農学研究科 United Graduate School of Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture and Technology. \*\*東京農工大学農学研究院 Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology.

キーワード: 参加型水管理, 水田灌漑

かの判断は、各サブバックが経験的に得た知識を元に決定されており、これには降雨・取水量の予測、サブバックの水田面積の規模・地理的位置・履歴に基づく取水の権限などの社会的要素が関係すると考えられる。

**4. モデル概要** 本エージェントベースモデルでは、オールドサブバックを6個のエージェント、ニュースバックを10個のエージェントで表した。各エージェントは1年ごとにクロッププランの見直しを行う。この時同時に1年間の収穫量から期待収量も見直され、これを元に各エージェントの水需要は決定される。エージェント間では取水量、取水時期、取水期間といった取水量に関する情報が上流側から下流側のエージェントに渡される。エージェントはそれらの情報と水配分ルール、取水ルール、エージェント内の水需要を勘案し、また前年の経験から降雨量と取水量を予測して翌年の取水量や取水時期を決定してクロッププランを定める。エージェントは、雨季、乾季前半、乾季后半の3シーズンで、供給が水需要を満たせば可能な限り稲作を行おうとするので、1年に最大3回の稲作を行う。一方、供給量が不十分と判断した場合は休耕にするが、クロッププランの見直し時に、休耕としたシーズンの供給量が需要を満たすと見込まれる場合は、翌年に稲作に戻す。アウトプットは、各エージェントのクロッププランと収量、地域全体の収量とし、各数値が安定するまでシミュレーションを何年分も繰り返す。そして、安定した時の各サブバックのクロッププランとその傾向を分析する。

表 1. スバック間の水配分ルール

Water allocation rules among subaks
水配分ルール
1. スバックウマデサが最優先される
2. 水が十分でない場合は、上流のサブバックが優先的に取水する
3. 水が十分にある時は、取水順に取り決めはない

表 2. スバックの取水ルール

Water withdrawal rules in a subak
取水ルール
1. 水が十分であると判断した時に、田起こしを始める
2. 育苗には18日～25日、ここ数年は田植えに10ha当たり3～7日かかる
3. 水が十分ないとコメの2期作は諦める
4. 水が十分でない、又は1, 2期作目で田起こしから田植えまでに時間がかかると3期作は諦める(特に水田面積が大きいサブバックで顕著)

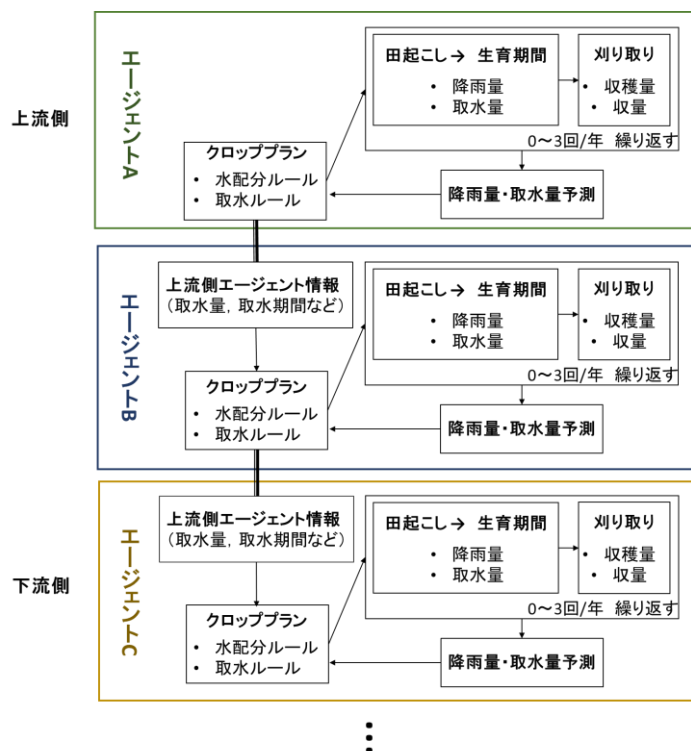


図 1. エージェント間の相互作用

An illustration of interactions between agents

引用文献 : Lansing, J. S. and Kremer, J. N. (1993) Emergent Properties of Balinese Water Temples Networks: Coadaptation on a Rugged Fitness Landscape.