

新しいマルチエージェントシミュレータ re:mobidyc

小田 朋宏

技術本部 先端技術研究室

(株式会社 SRA ホールディングス 先端技術研究所)

はじめに

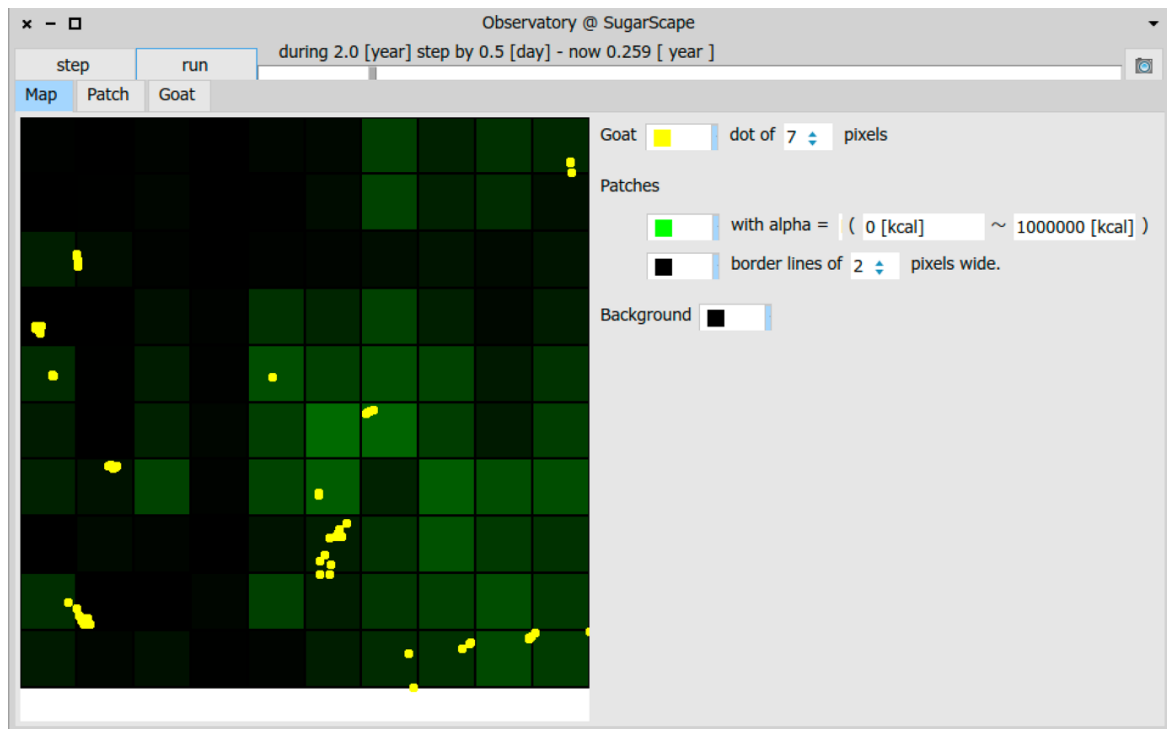
マルチエージェントシミュレーションは、比較的単純に定義された「エージェント」と呼ばれる自律的に行動する主体を複数組み合わせ、複雑な自然現象や社会現象を再現する技術です。例えば、市街地の渋滞や、森林火災、生態系への環境の変化による影響など、多種多様な現象の予測や分析に使われています。今回は、静岡大学のガエル・デュア准教授と共同して開発を進めている、生物学・環境学研究向けのマルチエージェントシミュレータ re:mobidyc とそれを構成する技術を紹介します。

re:mobidyc の概要

熱帯雨林の開発や気候変動、海洋汚染、絶滅危惧種など、野生生物をとりまく環境が人類全体で取り組むべき大きな問題になっています。また、食料問題の解決として、養殖という形で人工的な環境の中で生物を育てることが産業として行われています。コンピュータによるシミュレーションは、これらの問題に取り組むための強力な道具として注目されています。特に、生物の個々の個体をエージェントとして、エージェントと環境の相互作用やエージェント間の相互作用をモデル化して各個体の生涯をシミュレーションする個体ベースモデリングは、コンピュータの高速化や大容量化によって、研究が広がりつつあります。

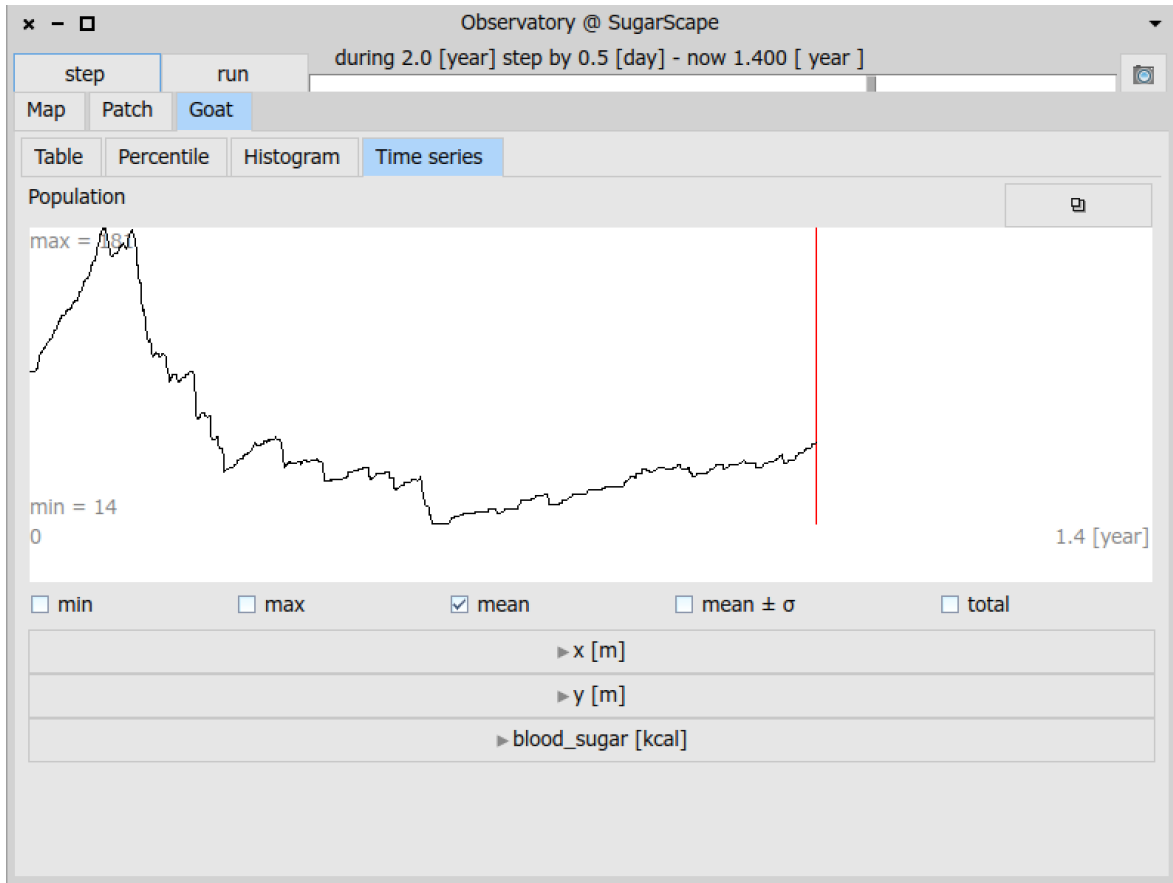
特徴 1: 生物学・環境学の研究に特化した個体ベースモデリング環境

多くの既存のマルチエージェントシミュレーション環境が汎用であるのに対して、re:mobidyc は生物学や環境学での個体ベースモデリングに特化したモデリング言語を採用しています。例えば、生物の多くには「変態」と呼ばれる現象があります。例えば蝶は卵から孵化するとイモ虫になり、サナギになった後、成体である蝶になります。あるいは、カニは変態だけでなく、脱皮も繰り返します。脱皮や変態によっていくつもの段階（生活史段階と呼びます）を経て成長していく生物の行動は、その生活史段階ごとに大きく変化します。ある環境の中での蝶の群れをシミュレーションする場合、それぞれの個体が卵なのかイモ虫なのかサナギなのか蝶なのかで、移動速度、餌、代謝量、排泄物などが異なるため、生活史段階ごとにどのような振る舞いをするかを定義する必要があります。re:mobidyc のモデリング言語は、生活史段階を直接的に扱う言語機能を持っている数少ない 1 つです。



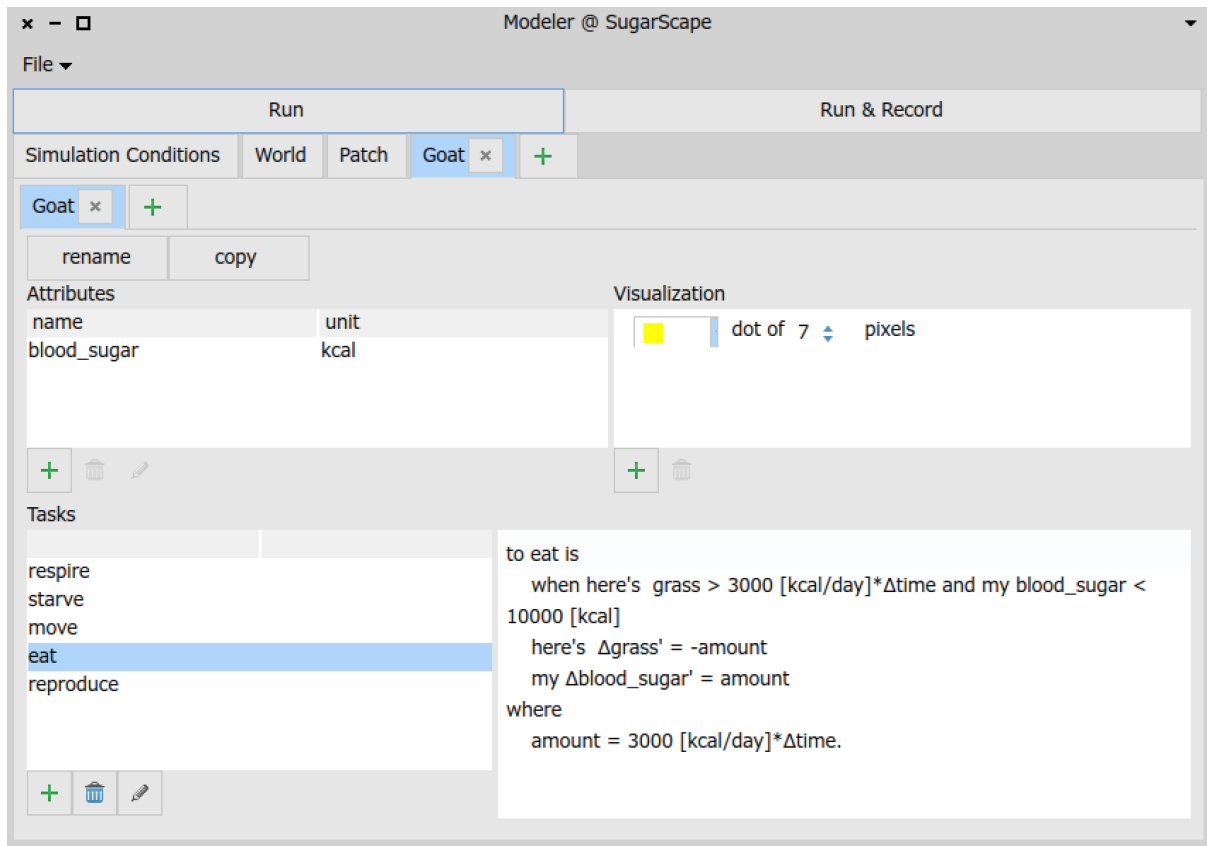
上に挙げた図は、個体ベースモデリングで例題としてよく使われる、SugarScape と呼ばれるモデルを re:mobidyc で実行している画面のスクリーンショットです。SugarScape は多くのバリエーションがありますが、ここでは、草原を山羊が歩きながら草を食べているのをシミュレーションしています。草原は矩形（パッチと呼びます）に分割され、それぞれのパッチは草の量を示す変数を持っています。画面左側の緑色の矩形がパッチで、草の量に応じて黒（草が食べ尽くされている）から緑（草が大量に生えている）の色で表示されます。黄色い点が山羊を表しています。山羊は草を食べてエネルギーを得ますが、代謝活動によってエネルギーを失います。それぞれの山羊の個体がエネルギーを保持する変数を持っていて、食べる、歩く、代謝する、餓死する、老衰する、などの行動を実行します。

re:mobidyc によるシミュレーションは、特定の生物の個体数がどのように変化していくかを予測するために利用されることが想定されています。re:mobidyc ではエージェントの属性値に関する統計などを可視化することができますが、特に個体数の推移は頻繁に必要なため、デフォルトで簡単に可視化することができます。例えば、SugarScape モデルの実行によって山羊の個体数の推移を可視化したものを以下に示します。



特徴 2: プログラミング技術を前提としないモデリング言語・環境

re:mobidyc の次の特徴として、ユーザとして生物学や環境学の研究者を想定して、プログラミング技術を持っていることを前提としていない点が挙げられます。前述の SugarScape モデルの山羊のモデリングを行う UI のスクリーンショットを下に示します。



中段の Attributes というラベルの下に属性の定義が並んでいます。ここでは、blood_sugar（血糖）という変数が[kcal]という単位とともに宣言されています。実は、この[kcal]という単位は、プログラミング言語での型として扱われます。エージェントに変数を追加するためには、変数リストの下にある緑色の+ボタンを押して、変数名と単位を入力するだけです。プログラミングに習熟していないユーザでも、構文エラーなどに悩まされることなく、変数を追加することができます。

右下のテキスト領域には「to eat is」で始まるプログラムのようなものが表示されていますが、これは草を食べる行動の定義です。re:mobidyc は行動の定義でもプログラミングに慣れていないユーザを想定した定義の支援を行います。例えば、re:mobidyc の処理系は、ユーザにプログラミングの知識を求めることなく、型検査によって記述の中の不整合を発見します。例えば、2行目から3行目にかけて「my blood_sugar < 10000 [kcal]」という記述がありますが、不等号の左側は先ほど宣言されていた通り[kcal]型の変数です。不等号の右側には同じく[kcal]型の定数があり、型として整合性が取れています。ユーザは型検査という概念を知らなくても、数式を扱う科学者なので、計算式の単位を揃えることはよく知っています。re:mobidyc はユーザの科学者としての知識の中に、型検査というプログラミング言語の技術を組み入れることで、プログラミングの技術を前提にすることなく、型検査による整合性検証を行うようにモデリング言語が設計されています。

特徴 3: 数理モデルとの親和性の高さと検証可能性

re:mobidyc での個体の行動の定義は、LOGO 系のシミュレーション言語にあるような命令的・逐次実行的なプログラムではなく、そのシミュレーション時刻での変数の値に関する宣言的な定義になっています。宣言的な定義は命令的なプログラムと比べて、生物学や環境学で使われる数理モデルとの相性が良く、定義式の数学的な検証に適しています。また、定義式の右辺にくる式の評価実行の意味論は、形式仕様記述言語 VDM で定義されており、re:mobidyc 上のモデルを数学に帰着させて検証することができます。

re:mobidyc はシミュレーション結果に対する検証のために、シミュレーションの進行とともに各シミュレーション時刻での全てのエージェントの属性の値を記録します。指定したエージェントの指定した属性値のみを時系列で記録するマルチエージェントシミュレータが多い中、re:mobidyc は科学研究におけるエビデンスとしての利用を視野に入れて、自動的に全てのエージェントの全ての変数の時系列を保存します。シミュレーション時間が長くなると保存すべきデータ量が増えていくため、ヒープメモリを仮想化してシミュレーションの全過程の記録を残すように設計されています。現在、仮想化のバックエンドとして、オンメモリのものとファイルシステム上に記録するものが提供されています。今後、RDBMS やクラウドストレージなど、より大規模なデータを記録できるバックエンドを開発していく計画です。

他にも色々あるマルチエージェントシミュレータ

NETLOGO

NetLogo Home Page: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

日本語サイト: <https://www.u.tsukuba.ac.jp/~kurahashi.setsuya.gf/NetLogo-ja/index.html>

NetLogo は現在非常に広く利用されているマルチエージェントシミュレーション環境です。学術研究の他に、さまざまな教科の教育にも利用されています。プログラムされたエージェントに加えて、HubNet と呼ばれる参加型シミュレーションツールを使って学習者がエージェントを制御することでシミュレーションに参加することができます。モデリング言語はその名の通り LOGO をベースに独自拡張したものになっています。

GAMA

GAMA Platform website: <https://gama-platform.org>

GAMA は具体的な地理情報に基づいてのシミュレーションを得意にしています。実在の地域の地理情報を GIS データから読み込んで道路や建物などエージェントとしてモデルに含めることができます。エージェントの定義などモデルの記述は独自の言語 GAML で行います。

CORMAS

Cormas: <http://cormas.cirad.fr/indexeng.htm>

CORMAS は汎用のマルチエージェントシミュレーション環境です。農地開発と野生動物保護についての地域住民の政策立案への参加などの再生可能資源管理を目的に開発されました。モデリング言語は汎用プログラミング言語である Smalltalk にマルチエージェントプログラミング向けのライブラリが提供されています。

まとめ

re:mobidyc は、SRA と静岡大学のガエル・デュア准教授の研究室を中心に、github 上でオープンソース形式で開発が進められています¹。re:mobidyc は現在もまだ開発中で、研究室向けにモデルのレポジトリや実行中のシミュレーションを管理するためのサーバなど、いくつかのサブプロジェクトも進行しています。興味のある方は、ぜひ試してみてください。

参考文献・リンク等

- [1] 小田 朋宏, Gael Dur: 個体群動態論に特化したマルチエージェントシミュレーション基盤 Re:Mobidyc, 第 41 回ソフトウェアシンポジウム論文集, pp. 35-44, 2021
- [2] Tomohiro Oda, Gaël Dur, Stéphane Ducasse, Sami Souissi, re: Mobidyc-Reconstructing MOdeling Based on Individual for the DYnamics of Community, Proceedings of International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAMS'21), pp. 367-371, 2021
- [3] 小田 朋宏, デュア ガエル: 個体ベースモデルにおける生活史段階に基づいた追跡可能性を重視したシミュレーション環境, 研究報告数理モデル化と問題解決 (MPS), 2022-MPS-138(37), pp. 1-4, 2022
- [4] The 28th ESUG (European Smalltalk User Group) Conference での発表スライド: <https://www.slideshare.net/esug/remobidyc-the-overview>

¹ <https://github.com/ReMobidyc/ReMobidyc/>

GSLetterNeo Vol.172

2022年11月20日発行

発行者 株式会社SRA 技術本部 先端技術研究室

編集者 熊澤努 方学芬

バックナンバー <https://www.sra.co.jp/public/sra/gsletter/>

お問い合わせ gsneo@sra.co.jp



株式会社SRA

〒171-8513 東京都豊島区南池袋 2-32-8

夢を。



夢を。Yawaraka Innovation
やわらかいのべーしょん