

# コウモリの生態再現システム ～コロナウィルスの長距離伝搬の可能性について～

杉本 起<sup>†</sup>, 橋本 純基<sup>†</sup>, 有田 陽葵<sup>†</sup>, 粟飯原 萌<sup>‡</sup>, 古市 昌一<sup>†</sup>

日本大学 生産工学部 数理情報工学科<sup>†</sup> 日本大学 理工学部 精密機械工学科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

Covid-19 は SARS-CoV-2 ウィルスによる感染症で、ヒトへの感染が知られている遺伝子配列の類似したコロナウィルスは、SARS-CoV-2 を含めて 7 種類が知られている。これらのコロナウィルスに対する抗体を有するヒトは、Covid-19 に感染しにくい可能性も考えられ、コロナウィルスの長距離伝搬可能性の解明は、今後 Covid-19 対策を検討する上で重要な要素の一つとなり得ると考えられる。

コロナウィルス伝搬の媒介として知られるコウモリは平時の活動範囲が約 3km、出産期には 100km 以上と言われており、地球規模での伝搬に要する時間等についてはまだ解明されていない。

そこで、本研究ではマルチエージェントシミュレーション方式(以下 MAS と呼ぶ)によりコウモリの生態を再現するシステムを構築し、コウモリがコロナウィルスを伝搬する過程の可視化を、狭域(約 10km 四方の領域)及び広域(約 2,000km 四方の力)それぞれについて試みたので、中間報告を行う。

## 2. 既存研究

コロナウィルスは人獣共通感染症を引き起こすウィルスとして知られ、2020 年初頭から世界に感染が拡大している Covid-19 の感染源である新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)は、感染して重症化する数が多いことから、ワクチンの開発等対策が急務である[1]。

一方、感染しても軽症あるいは自覚症状のない無症状患者も存在し、その原因の一つは旧型コロナウィルスへの暴露によって新型コロナウイルスへの免疫が付与されていた可能性も考えられる。一方、Covid-19 の感染者数及び死者数は地域によって偏りがあり[2]、その原因は様々な理由が考えられるが、その一つが、旧型コロナウィルスへの暴露機会の違いが考えられるのではないかと、我々研究グループでは考えている。

旧型コロナウィルス伝搬の媒介として知られるコウモリの生態は様々な研究者によって解明されており、J.D.オルトリングムの研究[3]では地球規模での生態が示され、船越の研究[4]では日本を中心に朝鮮半

島との往来についても示されている。これらの研究により、コウモリの四季による生態は以下の通り示されている。

- 春(4～6月):活動開始
- 夏(7～9月):出産, 育児
- 秋(10～12月):交尾, 冬眠準備
- 冬(1～3月):冬眠

また、コウモリは虫を食べる食虫性が全体の 7 割を占めているため、虫が最も多く発生する夏場にコウモリは最も活発に活動し、育児を行う。

コウモリの行動範囲は春・秋期は巣を中心とした数キロであるが、出産期の移動距離は最大 200 km に及び、その際の飛行速度は種によって異なるがおおよそ時速 20 km である。

上述した通り、生態学的には観測等により様々なことが明らかにされているが、コロナウィルスの伝搬過程の解明は今後の研究課題である。

一方、コンピュータ上に人等の意思決定をモデル化して MAS で再現することにより、災害時における指揮官の訓練に活かす試みや[5]、歴史上の事象を再現して歴史研究に活かす試み[6]を、これまで我々が行ってきた。MAS は、コウモリの生態再現にも利用可能であると考えられ、本研究で採用した。

## 3. 試作システム

本研究では、先述した課題の解明を目的とし、コウモリの生態を MAS で再現するシステムを(株)構造計画研究所の artisoc Cloud [7] 上に試作した。試作に際しては、春・秋期における狭域での短期間の活動を再現するシステムと(以後狭域版と呼ぶ)、出産期には長距離移動による活動を含む長期間において広域を対象として再現するシステム(以後広域版)の 2 種類のシステムを試作した。以下、狭域版と広域版の双方について、試作システムの概要を述べる。

### 3.1 試作システム(1) 狭域版

狭域版では約 10km 四方を対象とし、コウモリの個体をエージェントとしてモデル化した。個々のコウモリは操作者が入力した数で構成される規模の群れを構成し、複数の群れと餌場をランダムに生成した初期位置に配置した。

コウモリはセンサを保有して夜間移動能力を備え、センサは覆域内の餌場を感知することができる。行動は、夕方になると巣から移動を開始して餌場を求めて移動し、明け方になると巣に戻るようモデル化した。

M&S of BAT Ecology - Possibility of Long-Distance Propagation of Corona Virus-, Tatsumi SUGIMOTO<sup>†</sup>, Junki HASHIMOTO<sup>†</sup>, Haruki ARITA<sup>†</sup>, Megumi AIBARA<sup>‡</sup>, Masakazu FURUICHI<sup>†</sup>, Nihon University <sup>†</sup>College of Industrial Technology, <sup>‡</sup>College of Science and Technology

ウィルスの感染は、1匹のコウモリが感染した状態を初期値とし、餌場で異なる群れから飛来したコウモリと同時刻に出会った場合には所定の割合で伝搬するようにモデル化した。

図1に狭域版の操作実行画面を示す。図中左側ではコウモリの群れの個体数や配置する餌場の数等を入力でき、右側では実行してからの経過時間(ステップ数)が表示され、中央部でコウモリの移動と感染の様子が、シミュレーションの進行とともに表示される。

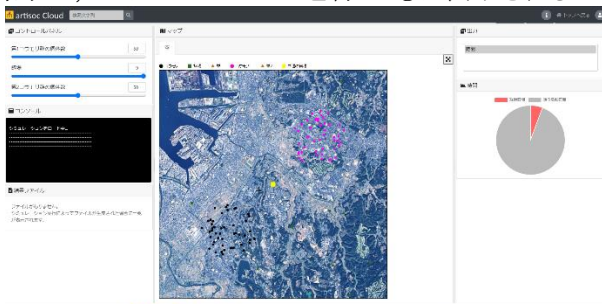


図1 狭域版シミュレーションの操作実行画面

図2には2つの群れが日没から日の出までの10時間活動しウィルスの感染が他の群れに伝搬する様子を、4時刻に分割して表示している。図中ランダムに配置された餌場、固定配置された餌場を黄色、コウモリの群れをそれぞれ白と水色で表示し、感染しているコウモリは赤で表示した。

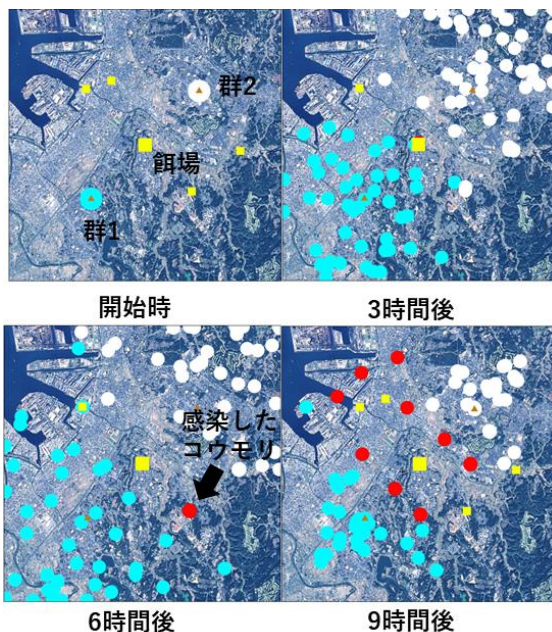


図2 感染の様子

### 3.2 試作システム(2) 広域版

広域版では約2,000km四方の東・東南アジア全体領域を対象とし、あらかじめ定めた複数の長距離伝搬ルート上を、コウモリの生態にあわせて(移動速度、飛行距離、季節における活動を考慮)コロナウィルスが伝搬する様子を再現した。

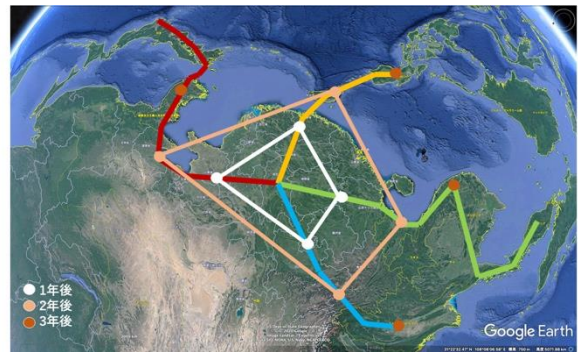


図3 コウモリの長距離伝搬主要ルート(予想図)

図3は、開発中の広域版の表示画面に、長距離伝搬ルート及び所定期間経過後のコウモリの最長移動位置を重畳記入した完成予想図である。広域版では、今後狭域版のシミュレーションに得られる予定の実行再生産数等の各特性を用い、群れ単位でウィルスに感染したコウモリの最長移動位置を、図中丸印で示すように再現結果を表示する。

### 4. おわりに

本稿では、2020年の世界的規模でのCovid-19感染拡大以前に旧型コロナウィルスが広域に伝搬した可能性を、マルチエージェントシミュレーション方式によって再現するシステム試作の中間結果を示した。本試作により、アジア全域規模でのコウモリの生態に基づく旧型コロナウィルスの伝搬可能性の解明の可能性が示された。今後の課題は、狭域版を用いた各特性データの取得と、それに基づく広域版の改良と高速化が必要である点と、この成果を生物学者等異分野の研究者と共に利用してCovid-19の対策に活かすことである。

### 謝辞

本研究を実施するにあたり、日本大学生産工学部の吉宗一晃博士(農学)には、生物化学の観点から有益なアドバイスを受けた、謝意を表す。

### 参考文献

- [1] Kissler, SM et al., Projecting the transmission dynamics of SARS-CoV-2 through the postpandemic period, Science 368(6493) pp. 860-868, (2020)
- [2] Johns Hopkins Coronavirus Resource Center, COVID-19 Map, <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> (Accessed 2020/12/29)
- [3] J.D.オルトリンガム, “コウモリ 進化・生態・行動”, 八坂書房(1998)
- [4] 船越公威, “コウモリ学 適応と進化”, 東京大学出版会(2020)
- [5] 古市昌一他, 災害時における指揮官意思決定訓練のための分散仮想環境構築手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 9 (2), pp. 131-140 (2004)
- [6] 新倉春樹他, マルチエージェントシミュレーション方式による歴史研究支援環境の構築と評価. 第76回全国大会講演論文集, pp. 877 - 879 (2014)
- [7] artisoc Cloud, <https://artisoccloud.kke.co.jp/> (最終アクセス日: 2021/1/8)