

## スマートホーム連携型昆虫追い出しシステムのPoCに関する研究

愛知県立大学 兵藤 悠也

## 1 はじめに

近年、スマートホームなどIoTの普及により、いっそう快適で安全な屋内生活が提供されつつある [1]。しかし屋内生活の中で不快や危険をもたらす問題は未だ存在する。例えば、害虫が屋内に進入することがあげられる。害虫とは、生活の中で害をおよぼす昆虫のことである [2]。

進入した害虫への主な対処法は殺虫剤の使用である。しかし殺虫剤の使用は望ましくない。薬剤による環境への悪影響や、人体への健康被害をおよぼす問題が存在するためである [3]。

上記の問題の対応策として、昆虫の走性（刺激源に向かって移動する性質）を利用した色彩板トラップや電撃殺虫器などが開発された [4]。しかし前者については無害虫の巻き込み殺虫による生態系への悪影響、後者については高電圧による爆発・火災の危険性などの問題がある [5]。

そこで本研究では、昆虫の走性、特に走光性に着目し、スマートホームと連携させた昆虫追い出しシステムを提案するとともに、その有効性をマルチエージェント・シミュレーション (MAS) により検証する (Proof of Concept: PoC) [6]。

## 2 連携型昆虫追い出しシステムの MAS モデル

MAS とは、複数のエージェントに各々のルールのもと、お互いに干渉を受けながら実行させるシミュレーションのことである [7]。ここで、エージェントとは定められたルールのもとで行動する主体を表す。本研究では走光性を持つ昆虫を自律エージェントとして、屋内に存在する窓や照明、家具を非自律エージェントとして捉える。各エージェントのルールを以下に示す。

**昆虫エージェント**：昆虫エージェントは単位時間あたりに次の4ステップ：(S1) 周辺光量調査、(S2) 移動方向決定、(S3) 障害物回避方向決定、(S4) 移動、によって行動する。各ステップについての詳細を以下に示す (図1)。

(S1) 周辺光量調査：自身の半径 10cm の光量を調査する。

水平方向では、周囲8方向の光量  $L_i$  を調べる。ここで、昆虫エージェントを中心とした単位円を考え、x軸の正の方向、すなわち0度方向を  $i=0$  とする。そこから、45度方向を  $i=1$ 、90度方向を  $i=2$  と、反時計回りに8方向調べていく。

鉛直方向では、自身の上下  $L_{high}$ ,  $L_{low}$  を調べる。

(S2) 移動方向決定：(S1) の結果から移動方向を決定する。

水平方向では、 $L_x (= \max\{L_0, L_1, \dots, L_7\})$  に対して、方向  $d$  を  $(45i - 20 \leq d \leq 45i + 20)$  の範囲から決定する。

鉛直方向では、 $L_z (= \max\{L_{high}, L_{low}\})$  に対して  $d_{high} (L_z = L_{high})$  か、 $d_{low} (L_z = L_{low})$  を決定する。

(S3) 障害物回避方向決定：方向決定したのち、前方距離 0~20cm の範囲に障害物が存在するならば、ランダムで左右方向を決定する。

(S4) 移動：決定した方向に、水平方向では 0~20cm、鉛直方向では 0~10cm の範囲で値を決めてその距離移動する。

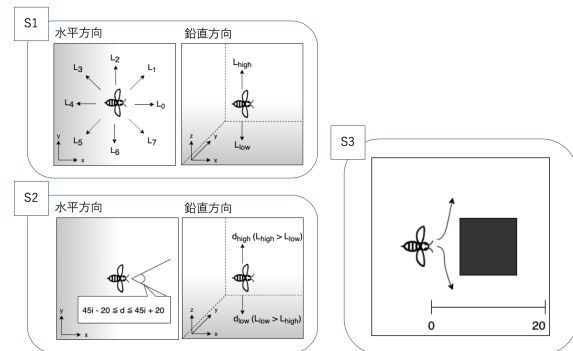


図1 昆虫エージェントのルール

**窓エージェントのルール**：本研究では、窓とカーテンをセットにしたものを窓エージェントと呼ぶ。窓エージェントは、2種類の状態 (open 状態, close 状態) を持ち、昆虫エージェントとの距離に応じて状態を切り替えることで調光する。すべての窓エージェントの初期状態は open 状態であり、open 状態の窓は周囲の光量に影響を与えない。一方で、close 状態の窓の周囲は暗い。

open 状態の窓エージェントが一つになるまでは、昆虫エージェントから最も距離の離れた open 状態の窓を順番に close 状態にする。

open 状態の窓エージェントが一つの時に昆虫エージェントが別の close 状態の窓エージェントに近い時、昆虫エージェントから最も距離の近いその窓を open 状態、それ以外の窓を close 状態にする。

**照明エージェントのルール**：照明エージェントは、2種類の状態 (OFF 状態, ON 状態) を持ち、昆虫エージェントの位置に応じて状態を切り替える。すなわち、昆虫エージェントが照明エージェントよりも空間の内側に存在するとき、昆虫エージェントから最も距離の近い照明エージェントは ON 状態に切り替わり、昆虫エージェントが照明エージェントよりも外側に移動したとき、ON 状態だった照明エージェントは OFF 状態に切り替わる。

**家具エージェントのルール**：家具エージェントは昆虫エージェントにとって障害物となり、進行の妨げとなる。

シミュレーションを実行するために、窓 (Windows) / 照明 (Lights) 操作の不可から4通りの屋内空間をモデリングした。すなわち、調光不可能な空間 N、照明のみ操作可能な空間 L、窓のみ操作可能な空間 W、窓・照明操作可能な空間 WL の4通りである。すべての空間は1辺が 4m の 64m<sup>3</sup> の広さをもち、家具エージェントを保有している。

## 3 昆虫追い出し時間特性

昆虫エージェントの初期座標をランダムにして各空間で 5000 回ずつシミュレーションを実行した。図2は、各空間における平均追い出し所要時間である (エラーバーは 95% 信頼区間を示す)。

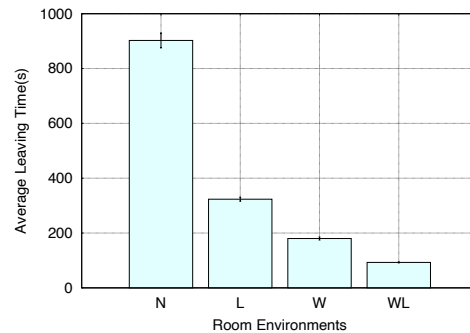


図2 昆虫エージェントの平均追い出し所要時間

図2から、昆虫エージェント追い出し所要時間が最も短いのは空間 WL であり、空間 N と比較して約 90% の時間短縮に成功している。また、空間 L と空間 W も空間 N と比較したところ、それぞれ約 65%、80% の時間短縮に成功している。これらのことから、走光性を持つ昆虫に対して、調光設備と連携させることで効果的に追い出せることがわかる。

## 4 おわりに

本研究では昆虫の走光性を利用したスマートホーム連携型昆虫追い出しシステムを提案し、その有効性を MAS により検証した。結果から、調光設備と連携することで走光性により効果的に屋外へ追い出せることが明らかとなった。また、空調設備との連携についても研究がおこなった (論文にて記載)。

今回はスマートホーム内における研究であったが、スマートホーム間の連携においてもモデルを構築して検証することや、本研究を人間の行動に発展させることが今後の課題としてあげられる。

## 参考文献

- [1] 境野, "IoT への期待と課題 IoT システム開発者、利用者の心得", 情報の科学と技術, Vol.67, pp.560-565, 2017. [2] 生活害虫防除協議会, <https://www.seibokyo.com/>. [3] The Task Force on Systemic Pesticides, 『浸透性殺虫剤の生物多様性と生態系への影響に関する世界的な統合評価書 更新版』, <https://www.actbeyonddtrust.org/wp-content/uploads/2019/11/WIA2JP-1.pdf>. [4] 齋田, "昆虫の光に対する反応と害虫防除への利用", 植物防疫, Vol.68, No.10, pp.594-598, 2014. [5] 電気設備の知識と技術, <https://electric-facilities.jp/>. [6] ビジネス onIT, <https://www.business-on-it.com/1002-poc/>. [7] 構設計画研究所, <https://mas.kke.co.jp/about/>. (以上、2020年1月15日閲覧)