

仮想物理世界で歩き回る論理回路

渋谷 峻^{1,a)} 成見 哲¹

概要: 仮想環境内で閉じた人工生命モデルを作るため、Unity 内の仮想物理世界で動作するブロック型の NAND/AND ゲートを作成した。物理的なブロックへの接触を入力とし、論理演算の結果によって別方向へブロックが飛び出すことで出力を表す。このブロックだけを用いてリングオシレータを作成し、足型に並べ、歩く論理回路を作成した。単純な論理演算だけから様々な動きを表現出来るため、見て楽しい論理回路となっている。

1. はじめに

近年、人工生命の研究ではコンピュータ上に人工の環境を構築し、その中で生命モデルを動作させる手法が取られている。Moore らは、仮想環境内にカンガルーラットのモデルを配置し、尻尾と両足を跳ねるように使うことで高速での移動方法を獲得させている [1]。環境や生命モデルの骨格などを複雑に定義することで様々な結果を得られるが、生命モデルを動かす人工知能 (AI) は人工環境の外に存在するプログラムであるため、定義以上の動作や結果を示すことは少ない。AI そのものを仮想環境の中で生命モデルとともに実装することで仮想環境での影響を受けて予想外の結果を得られる可能性がある。

物理的 NAND/AND ゲートがあれば、ロボットを構成するセンサ、モータ、コンピュータの全てを 1 つの部品だけから作ることができる。この目標の元、当研究室では、まずゲームエンジン Unity[2] を用いて仮想物理世界で力学的に動作する機械式 NAND ゲートを実装し、さらに論理回路同士を繋ぐ配線パーツとしても動作する NAND/AND ゲートの提案を行った [3]。次により安定して動作するゲートを用いることで歩く論理回路を実装した [4]。

本研究内では、仮想環境で動作する歩く論理回路の改良や、先行研究で実現されなかった生命の触覚に代替するセンサの実装を行う。また将来的に「生命」の基準として Farmer らが挙げた自己複製や新陳代謝といった機能 [5] の実現を目指す上でも部品は単純な方がよい。

2. 仮想物理世界で歩き回る論理回路の概要

2.1 立方体型 NAND/AND ゲート

Unity の仮想環境内で動作する NAND/AND ゲートを作成した (図 1)。白いブロックの周囲に青い入力ブロックが 2 箇所、NAND 回路の出力を行う赤いブロック、AND 回路の出力を行う黄色いブロックからなる。青い入力ブロックに物理的な接触があると 1 を示し、接触がないときは 0 を示す。出力ブロックが飛び出すと 1、引っ込んだとき 0 を示す (表 1)。

また、既存の NAND/AND ゲートは入出力が必ず 90 度異なるため構造上配置できない回路があったが、本研究では 2 種類のゲートを用いることで回路の構成がしやすくなっている。既存の歩く回路は足パーツを NAND/AND ゲートで作成することができなかつたため別パーツで実現しているが、ゲートの相対位置を固定しなくても安定動作する方法が見つかり、複数個を重ねることで出力距離が伸びより地面を蹴られる足として利用することができた (図 1 右)。

2.2 歩く論理回路の歩行機構

作成した NAND/AND ゲートを用いて歩く論理回路を作成した (図 2 左)。回路図は図 2 右となっており、6 つの NAND/AND ゲートからなるリングオシレータの出力に足パーツを接続する。

歩行は次の動作を繰り返して行われる。

- リングオシレータから出力ブロックが飛び出し後足を押す
- 接地している後足がリングオシレータを押し返し、リングオシレータは出力と逆向きに力がかかる
- 前足が上がるとリングオシレータにかかる力で全体が

¹ 電気通信大学 情報・ネットワーク工学専攻

^{a)} s1731081@edu.cc.uec.ac.jp

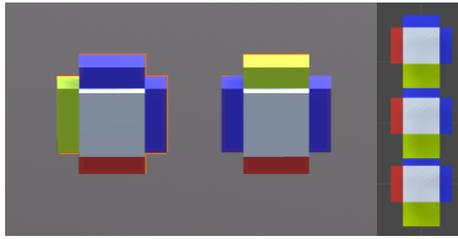


図 1 配置の異なるゲート (左) ゲート 3 つでできた足 (右)

表 1 NAND/AND ゲートの真理値表

入力 1(青)	入力 2(青)	NAND(赤)	AND(黄)
0(非接触)	0(非接触)	1(飛び出す)	0(引っ込む)
0(非接触)	1(接触)	1(飛び出す)	0(引っ込む)
1(接触)	0(非接触)	1(飛び出す)	0(引っ込む)
1(接触)	1(接触)	0(引っ込む)	1(飛び出す)

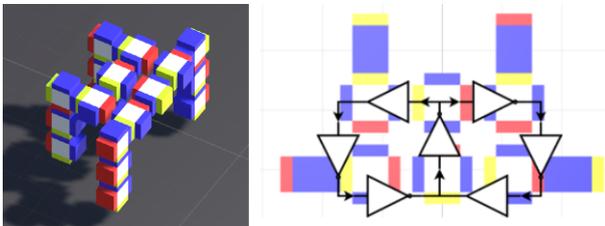


図 2 作成した歩く論理回路全体像 (左) 上からの様子と回路図との対応 (右)

前進する

- 前足が下りて地面と接触し、停止する

2.3 様々な歩く論理回路

図 2 左の構成の歩く論理回路は足の上下のタイミングのバランスがよいため基本型と呼ぶ。さらに基本型とは構成が異なる図 3 のような 2 つの歩く論理回路を作成した。

図 3 左は後ろ足の距離を大きく伸ばすことで一歩で進める距離が伸びている早足型である。図 3 右は足の長さを大きくしたのっぼ型である。のっぼ型は足が伸びる際に足に使われているブロック同士が押し合い上向きの力が発生するため、月面歩行のように跳ねながら移動する。

このように足の構成が変わると様々な歩く様子を観察できる見て楽しい論理回路となっている。

2.4 センサ

歩く論理回路に新たに図 4 のようなセンサ機能を実装しようと考えている。センサ用の NAND/AND ゲートの入力面を進行方向に取り付けることで障害物と接触があると歩行に使われているリングオシレータが停止し、障害物を避けるための回路を動作させるといった機構となっている。論理回路が障害物を回避後再びリングオシレータを動作させ歩行を再開する。

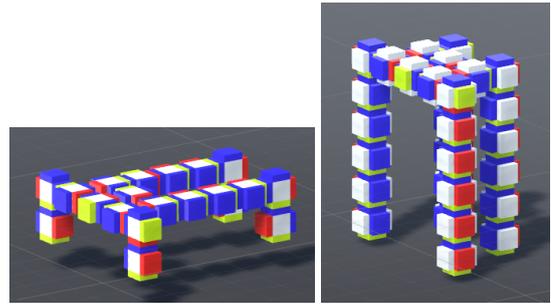


図 3 一歩の移動距離が長い早足型 (左) 跳ねながら移動するのっぼ型 (右)

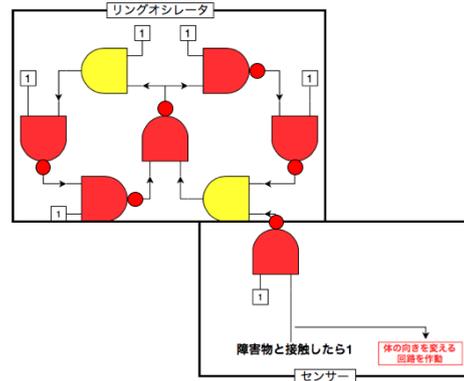


図 4 障害物を避けて歩く論理回路の回路図 (赤:NAND, 黄:AND)

3. まとめと今後の課題

既存の歩く論理回路を改良し、足パーツを用いることなく NAND/AND ゲートを組み合わせて足を作成した。また、新たにセンサの機構を考案し回路図を作成した。

今後は、論理回路間に互いに引き付けあったり押し合いの力を発生させ、回路を分裂させたり、環境の影響を受けて偶発的に回路が出来上がる仕組みを作成する予定である。これにより自然発生した様々な回路の動作を観察することで生命の誕生や進化を感じられるシステムを目指す。

参考文献

- [1] Jared M. Moore, Anne K. Gutmann, Craig P. McGowan, Philip K. McKinley: *Exploring the Role of the Tail in Bipedal Hopping through Computational Evolution*, Proceedings of the 12th European Conference on Artificial Life, 978-0-262-31050-5, pp11-18 (2013)
- [2] Unity: 入手先 (<https://unity3d.com>)
- [3] 瀬戸口幸寿, 成見哲, 仮想物理世界で動く論理回路の実装, 2014 年度人工知能学会全国大会 (第 28 回), 301-11in, (2014)
- [4] 神澤俊, 成見哲: 仮想物理世界で歩く論理回路の実現, 電気通信大学 情報・通信工学専攻 修士論文, (2015)
- [5] 赤間世紀: 人工生命入門, 工学社 (2010).