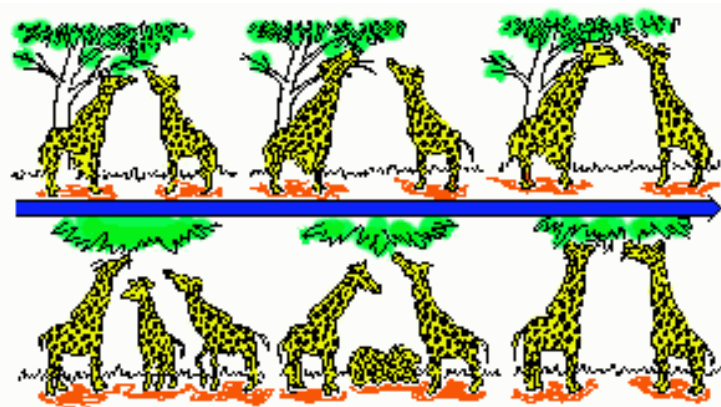




AIゲーム・人工生命を創ろう

東京大学大学院
工学系科学研究科
電気系工学専攻
伊庭斉志

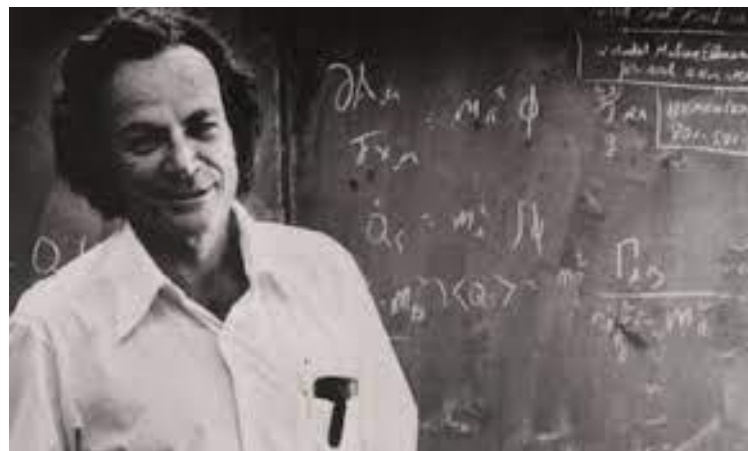


リチャード・ファイマン

- Richard Phillips Feynman (1918—1988)
 - ノーベル物理学賞(1965)
- 作ることができないものは理解したことにならない

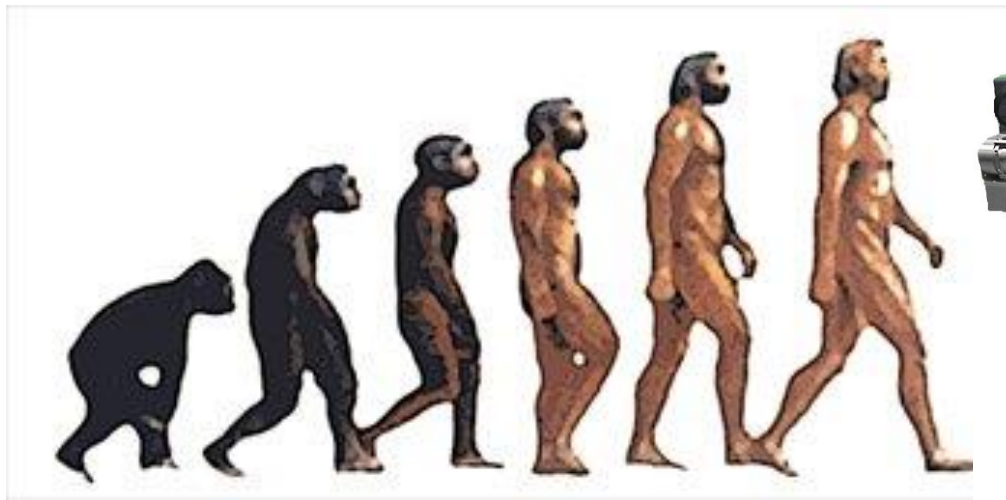


創って理解するAI



目次

- 実験概要
- 各章の概要
- 課題内容
- まとめ



ゲームAI・人工生命 を創る



- VRによるAI学習用ソフト**MindRender**
 - プログラム(Blockly)を作って遊べる学習アプリ
 - ドローン、カーレースなどのテーマ別の実験室(ラボ)
 - ミッションをクリアしながら、楽しくプログラミングを学ぶ
 - 作ったプログラムはVRメガネですぐに見られる



ブロック言語 (GoogleのBlockly)



MindRender

■ VRによるAI学習用ソフトMindRender

■ <https://mindrender.jp/>



これまでの体験教室の様子



Silliman University ワークショップ



MindRender

- VRによるAI学習用ソフト
- <https://mindrender.jp/>
- 卒論テーマ(教育AI)



TOPICS アーテックロボ 最新導入事例

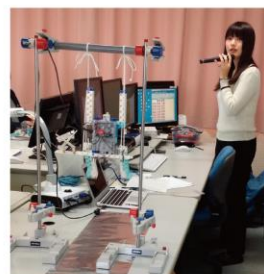
拡張性、創造性が高く未知への可能性を持つ教材

東京大学 伊庭志研究室 × 大宮高等学校
埼玉県立大宮高等学校
情報科 齋藤 実 先生

授業での使用方法

高等学校の情報科、プログラミング教育の授業の一環として使用しました。全国の高校生対象の授業におけるプログラミングの基礎授業のあり方や可能性を探るとともに、授業での展開事例の模索・考察をするためにアーテックロボを用いた授業展開を検討しました。

今回の検討では東京大学、伊庭研究室の助力をいただき、AI（人工知能）の分野の「遺伝的アルゴリズム」や「強化学習」について学ぶ授業を実施しました。



「プランコの最適なごきごた」を学習するプログラムを搭載したロボットのモデル実験。

アーテックロボを使用した感想

スクラッチベースのソフトウェアはプログラミングしやすく、生徒にとってもわかりやすい教材でした。ハードウェアはブロックなので積み木感覚で、自由に簡単に形を変えていくことができます。長さや形を自由に変えられるため、試行錯誤ができて、よりよいものを見つけていくことができます。センサーも充実していて、制御の関係がわかりやすいです。そして、できあがったロボットはプログラムによる動きや、結果が目に見えて生徒たちが、楽しく学習してくれました。

このことから、本教材は拡張性・創造性が高く、未知への可能性を持っていると思います。



教室前のモニターに表示されたモデル実験のプログラムを見ながら生徒たちがプログラミング

学習に効果的だった点

- ・プログラミングに対する興味の高揚、きっかけとなった。
- ・プログラミングと制御の関係が明確になり興味が高まった。
- ・楽しい、面白いなど好意的な感想が多かった。



生徒それぞれが組み立てたプランコを、自分が作成したプログラムで動かしてみる。

全国の先生方におすすめするポイント

入門から発展まで、汎用性・可能性が高く、プログラミング教育における必須の教材のひとつであるといえます。情報科教育担当のすべての先生方は、ぜひともご利用ください。

生徒たちの反応

- ・作過程の楽しさを味わっている。
- ・何かを作る楽しさを感じている。
- ・プログラミング自体の面白さが理解できている。
- ・知的好奇心と動いて成果が出たときの満足感が持てた。
- ・自分のアイデアが形になる「見える喜び」を感じている。
- ・モデル化とシミュレーションの理解が深まった。
- ・自動化がプログラミングの醍醐味であることを理解できた。

AI学習の入門教材！遺伝的アルゴリズムについて学べる

AI学習キット

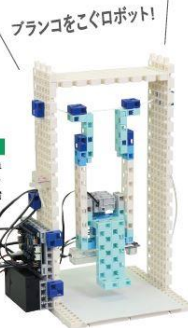
誰でも簡単にAIロボットが作成できます！

テキストに沿って組み立てやプログラミングを行うだけで、だれでも、プランコのこぎを自動で最適化するAI（人工知能）ロボットが作れます。このキットでは、「生物の進化」をモデル化した遺伝的アルゴリズムを用いて、こぎを自動で最適化するAI（人工知能）プランコを作成します。



アーテックロボ
AI学習キット
000000 000000

1. 本キットの構成	2. センサーボード	3. ハードウェア	4. プランコ
5. AI学習キット	6. プランコ	7. プランコ	8. プランコ
9. プランコ	10. プランコ	11. プランコ	12. プランコ
13. プランコ	14. プランコ	15. プランコ	16. プランコ
17. プランコ	18. プランコ	19. プランコ	20. プランコ



テキストを通して遺伝的アルゴリズムを学習



実践授業をもとに作成した学習テキスト

東京大学 伊庭志研究室 × 大宮高等学校 実践

埼玉県立大宮高等学校 情報科 齋藤 実 先生（伊庭研究室）
東京大学 伊庭志研究室 伊庭 実 先生（伊庭研究室）
東京大学 伊庭志研究室 伊庭 実 先生（伊庭研究室）

このテキストは、全国の先生方からいただいた授業実践の事例をもとに作成した学習テキストです。全国の先生方からいただいた授業実践の事例をもとに作成した学習テキストです。



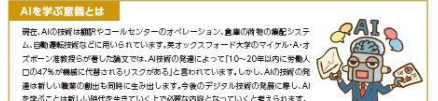
伊庭研究室と全国の先生方からいただいた授業実践の事例をもとに作成した学習テキスト

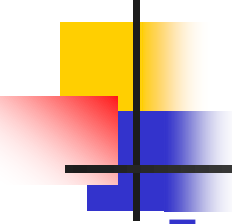


日本情報科学学会 教育研究部 伊庭研究室

遺伝的アルゴリズムとは

遺伝的アルゴリズムとは、1970年代に考案された人工知能の代表的な手法の一つで、ある問題に対する解を生物の進化のメカニズムに倣って作り出す。簡単に言えば、問題の解を生物の進化のメカニズムに倣って作り出す。簡単に言えば、問題の解を生物の進化のメカニズムに倣って作り出す。



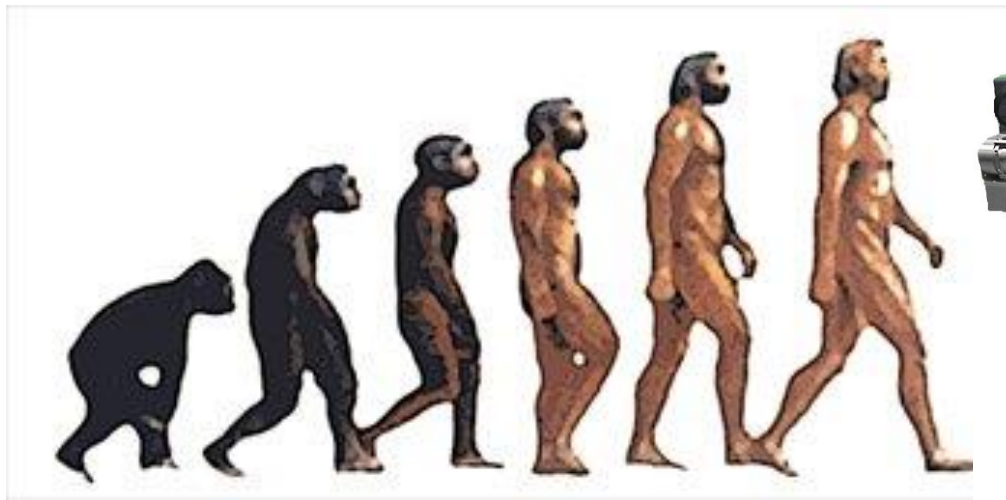


習得する技法: どれか1つか2つ

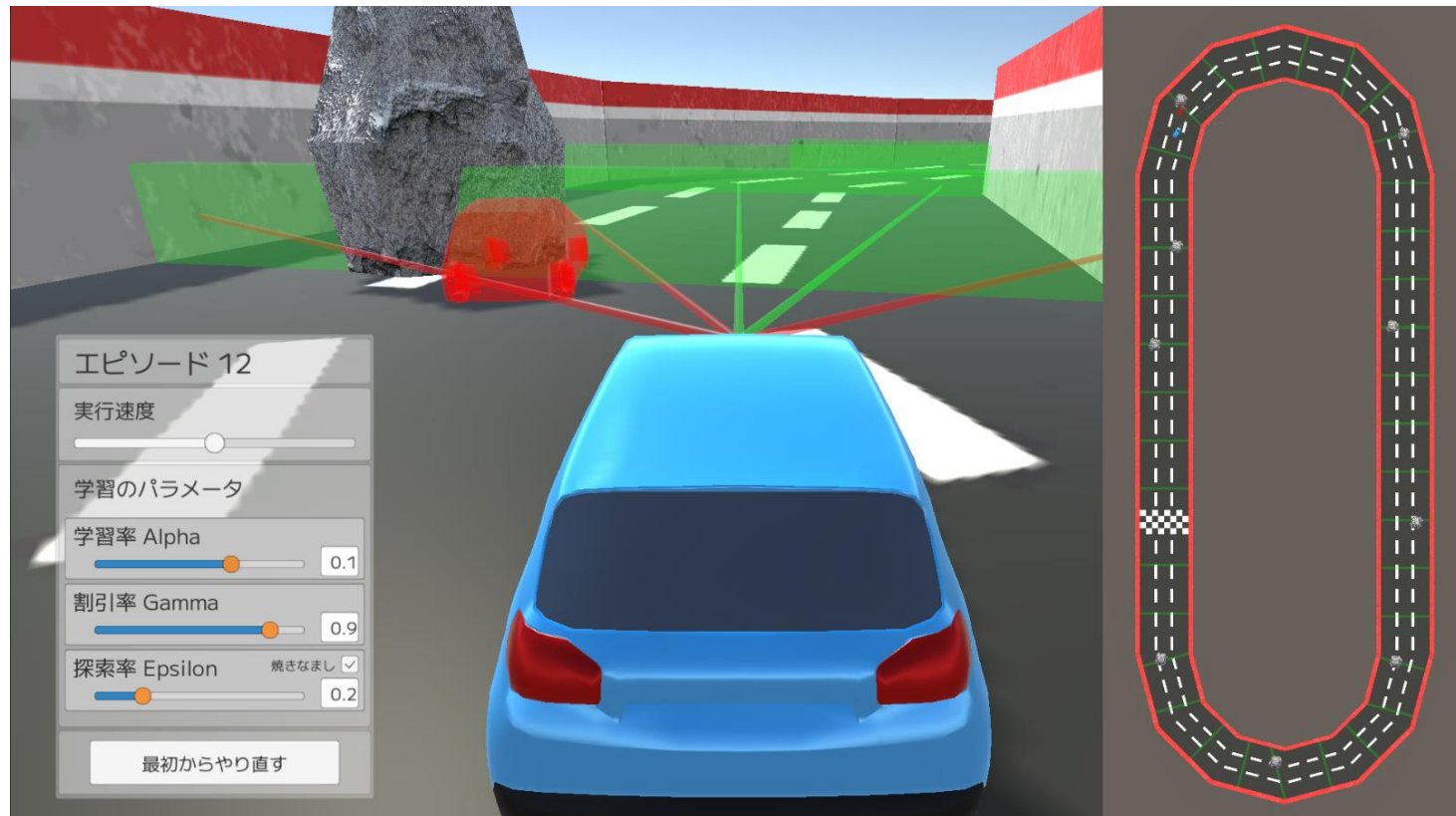
- 強化学習
 - ニューロ進化
 - 進化計算
 - 対話型進化計算
 - ニューラルネットワーク学習: バックプロパゲーション
- 各技法の詳細は教科書を参照すること
あらかじめ課題・タスクを選んでから学習した方が良い
- アリの群知能
 - Ant Colony Optimization (ACO)
 - 魚・鳥の群行動とBoidアルゴリズム
 - Particle Swarm Optimization (PSO)

目次

- 実験概要
- 各章の概要
- 課題内容
- まとめ



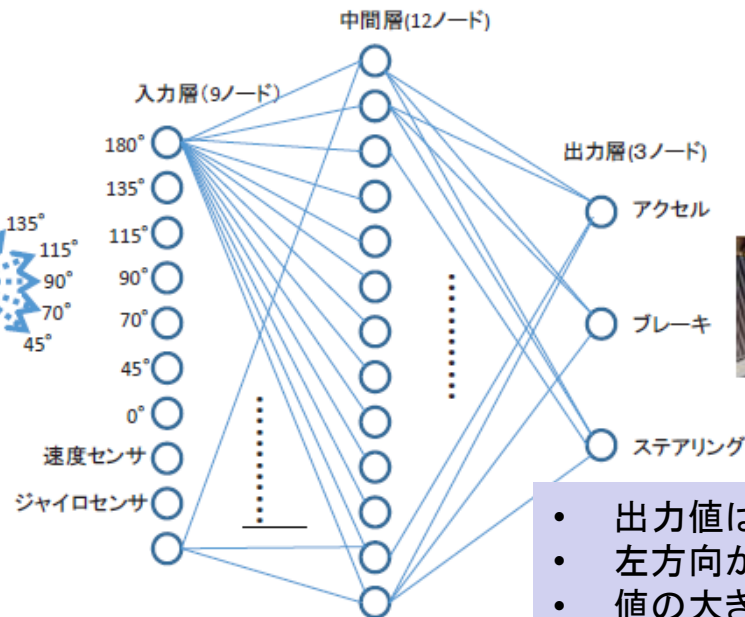
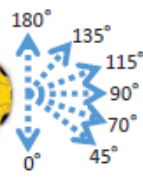
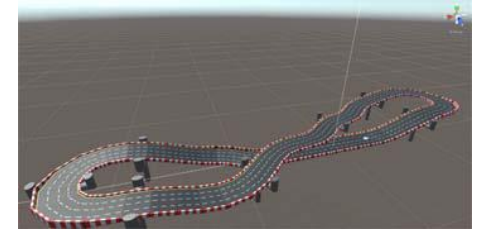
AIによる自動運転学習: とりあえず動かしてみる



(2.1節) 強化学習とニューロ進化による学習シミュレーション

レーシングカーのニューロ進化

■MindRender

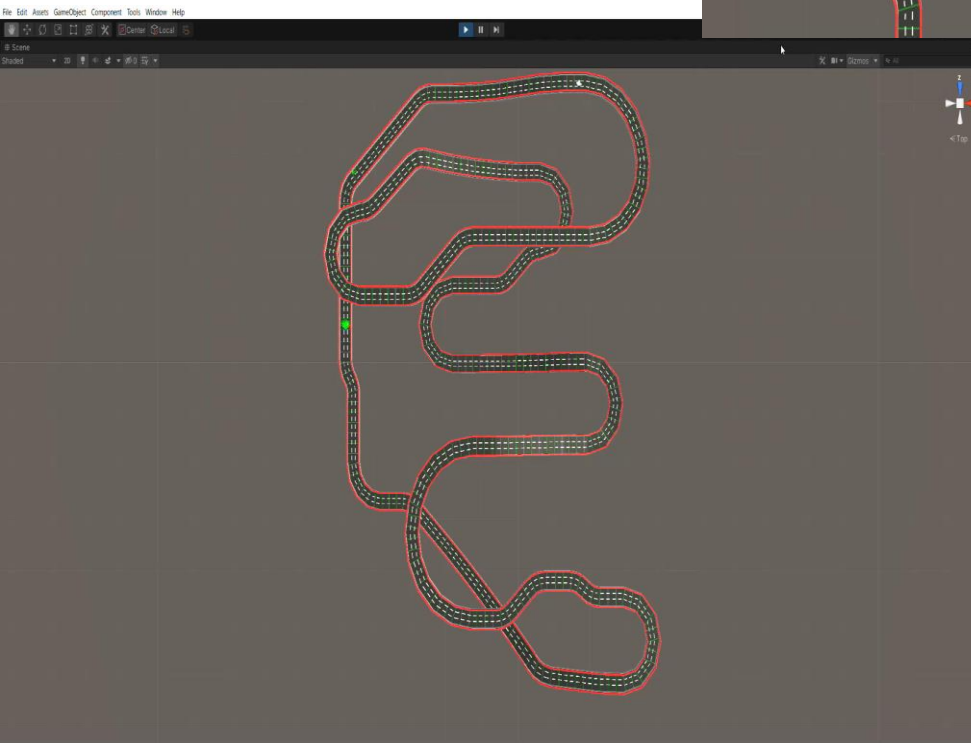
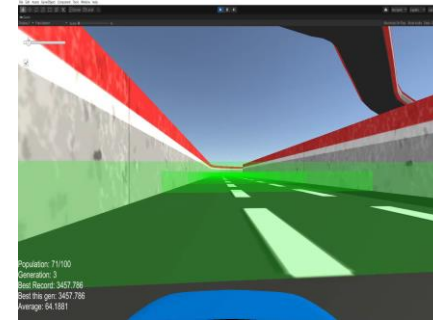
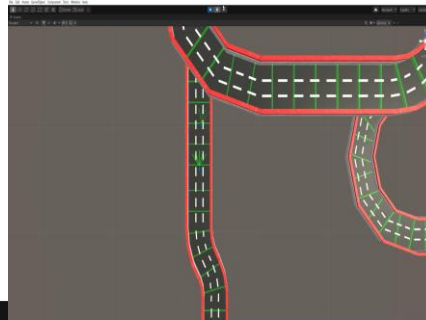


- 出力値は-1から+1
- 左方向がマイナス、右方向がプラス
- 値の大きいほど急ハンドル

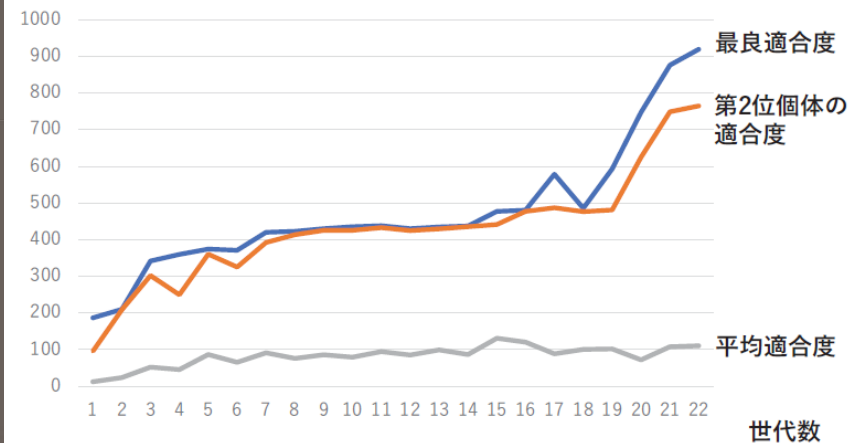
図 5.2: レーシングカーのニューラルネット構造

レーシングカーのニューロ進化

学習初期

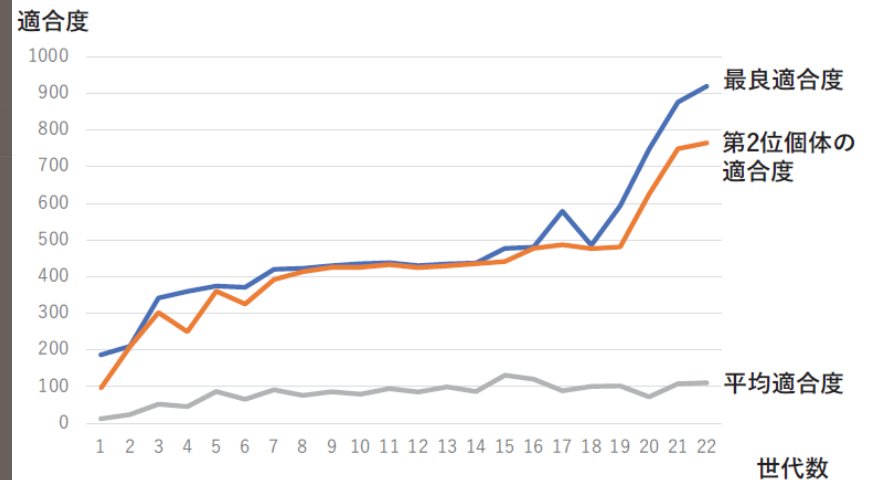
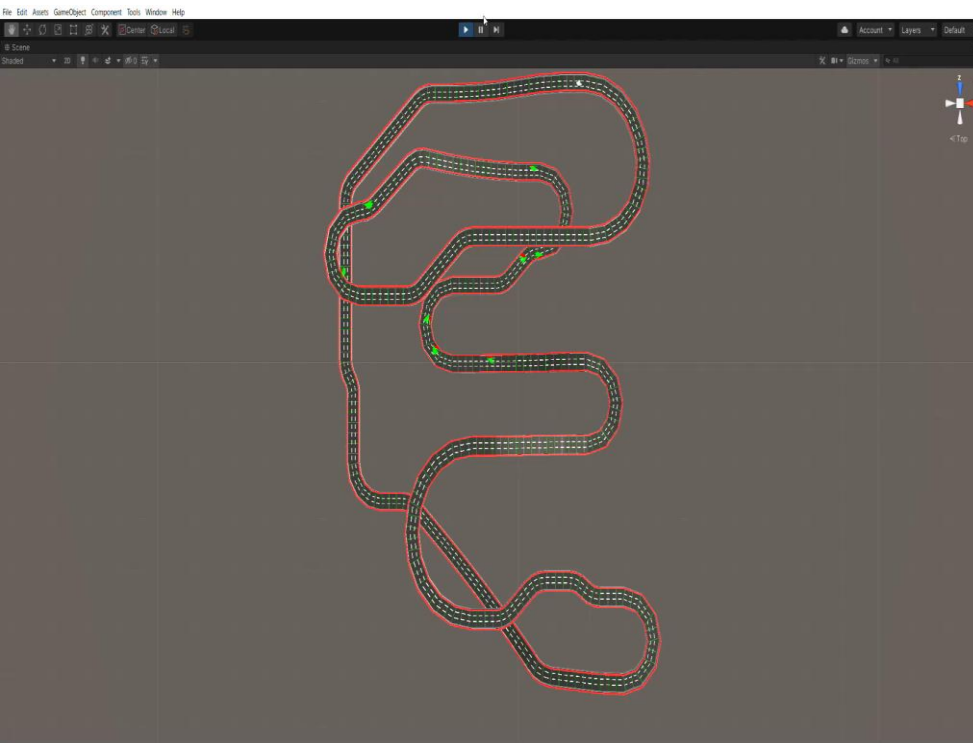


適合度



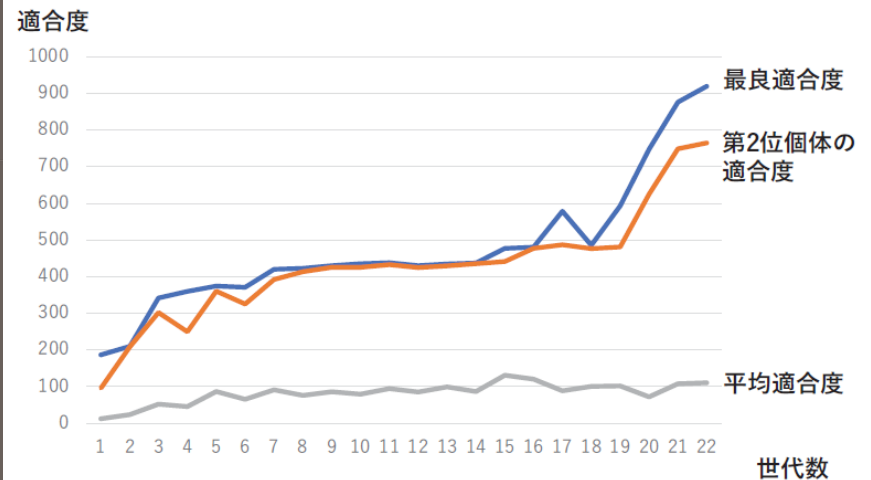
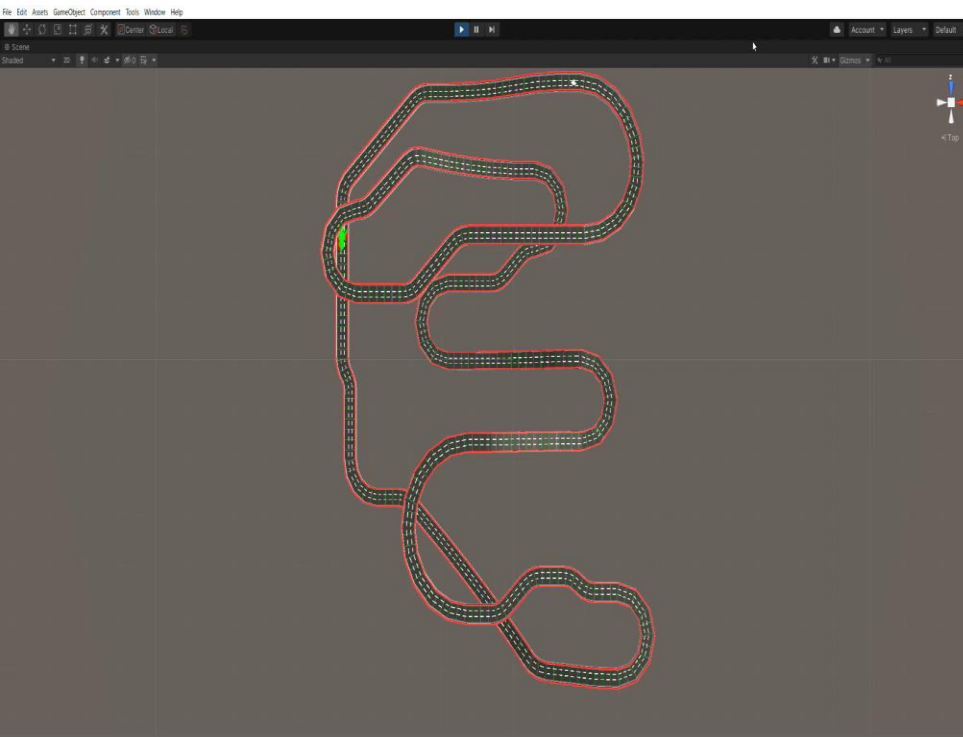
レーシングカーのニューロ進化

学習中期

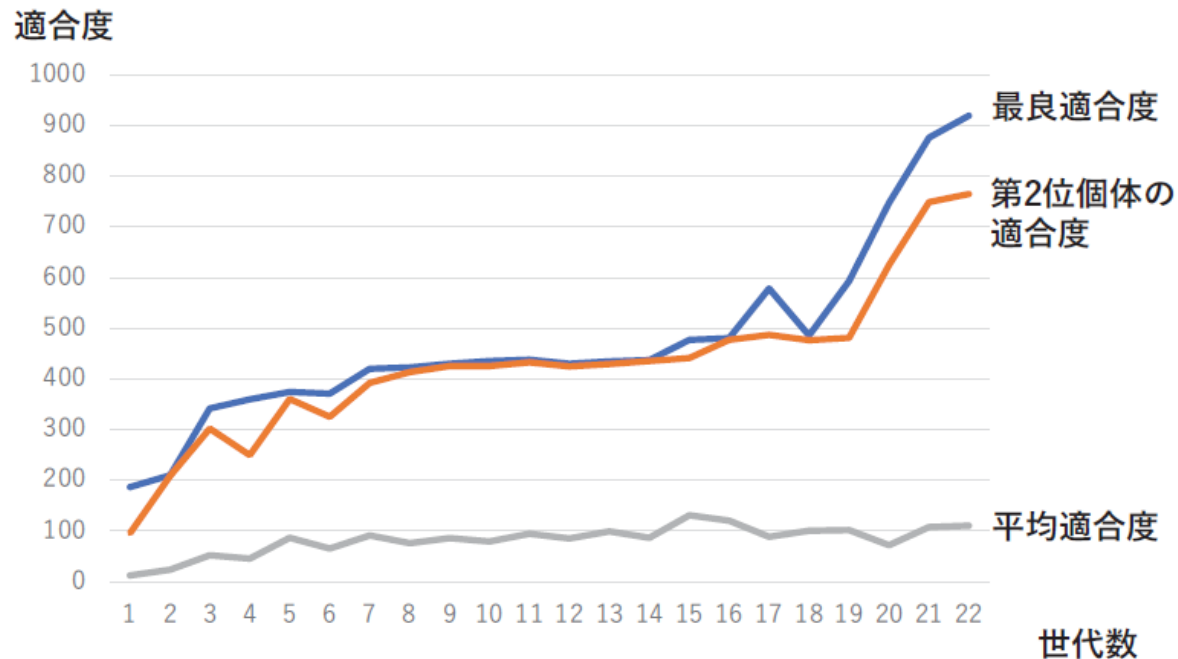


レーシングカーのニューロ進化

学習終期



レーシングカーのニューロ進化



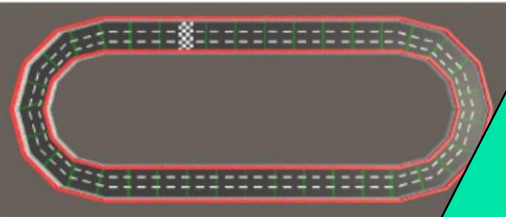
レポートにはこのような必ず学習過程のプロット図をのせること

図 5.3: レーシングカーの進化過程

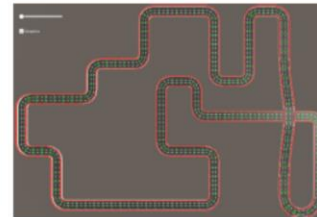
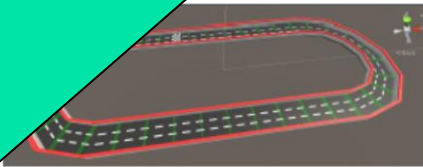
自重

レンジ版

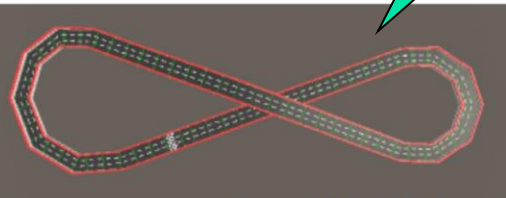
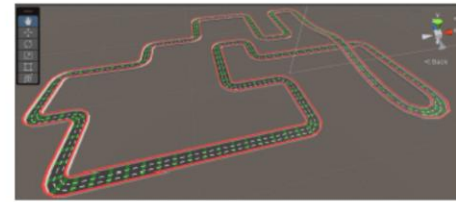
- コース上に数個の岩が設置される(岩の位置は固定)
- コース上に数個の岩が設置される(岩の位置はランダム)
- 坂の上から岩が転がり落ちてくる
- 岩の大きさや形状がランダムに変わる
- 岩の転がる速度がランダムに変わる



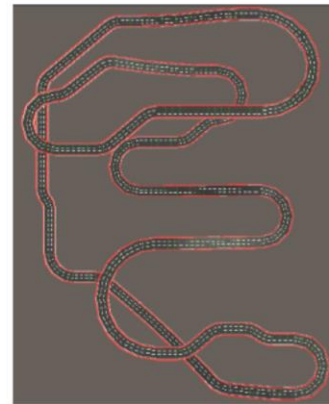
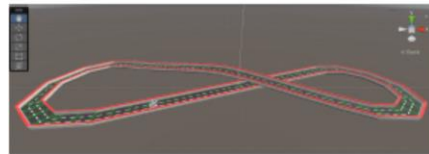
stage1: 純なコース



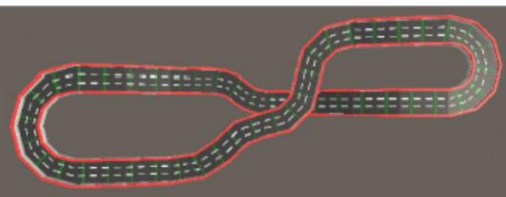
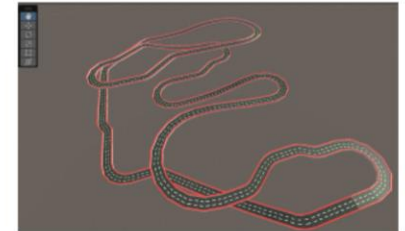
stage4: より複雑なコース



stage2: 8 の字コース (ゆるやかな斜面)



stage5: 難関なコース



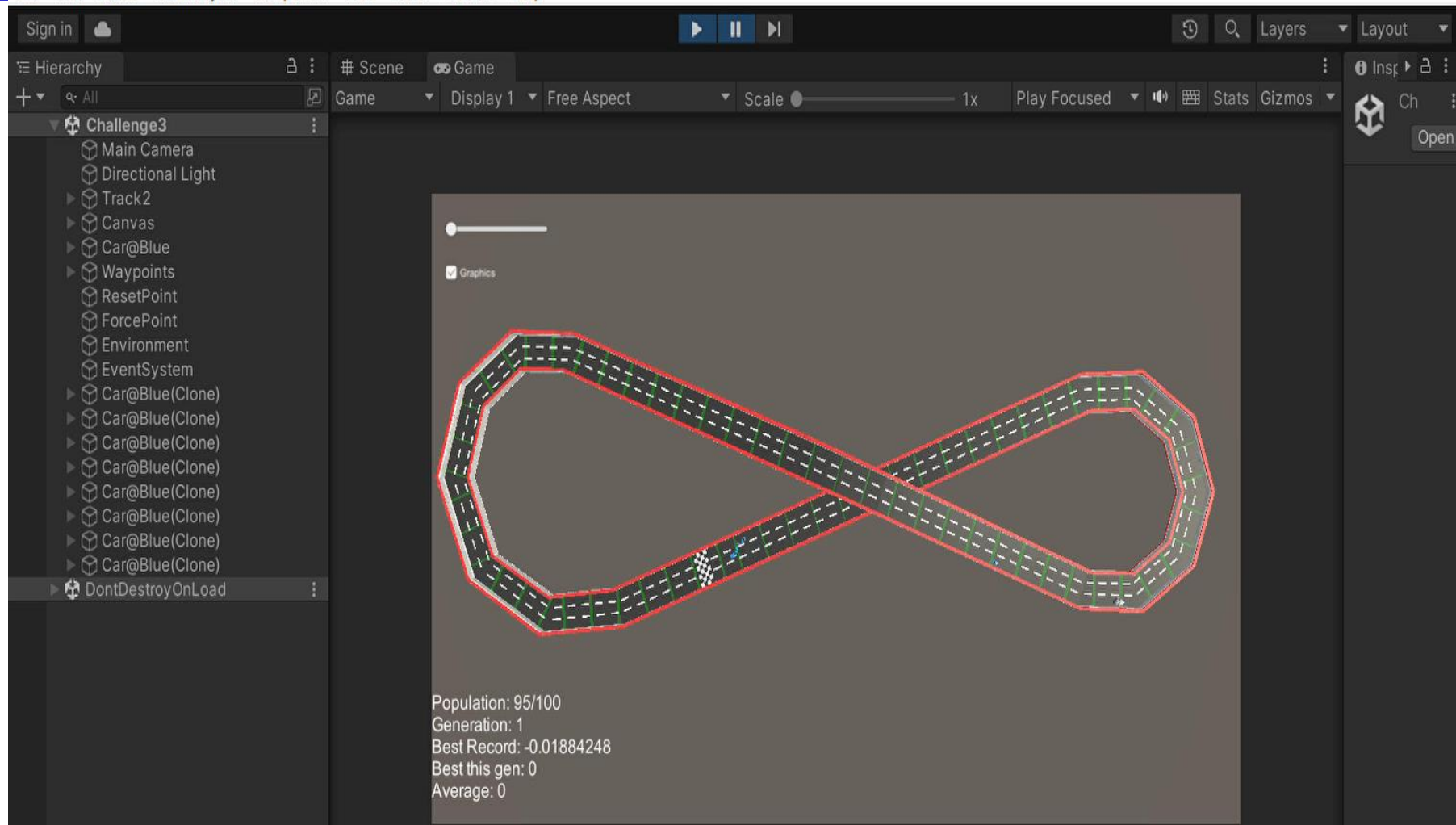
stage3: 8 の字コース (急激な斜面)



AIによる自動運転学習のプロジェクト

(3.4節) 強化学習とニューロ進化による学習シミュレーション

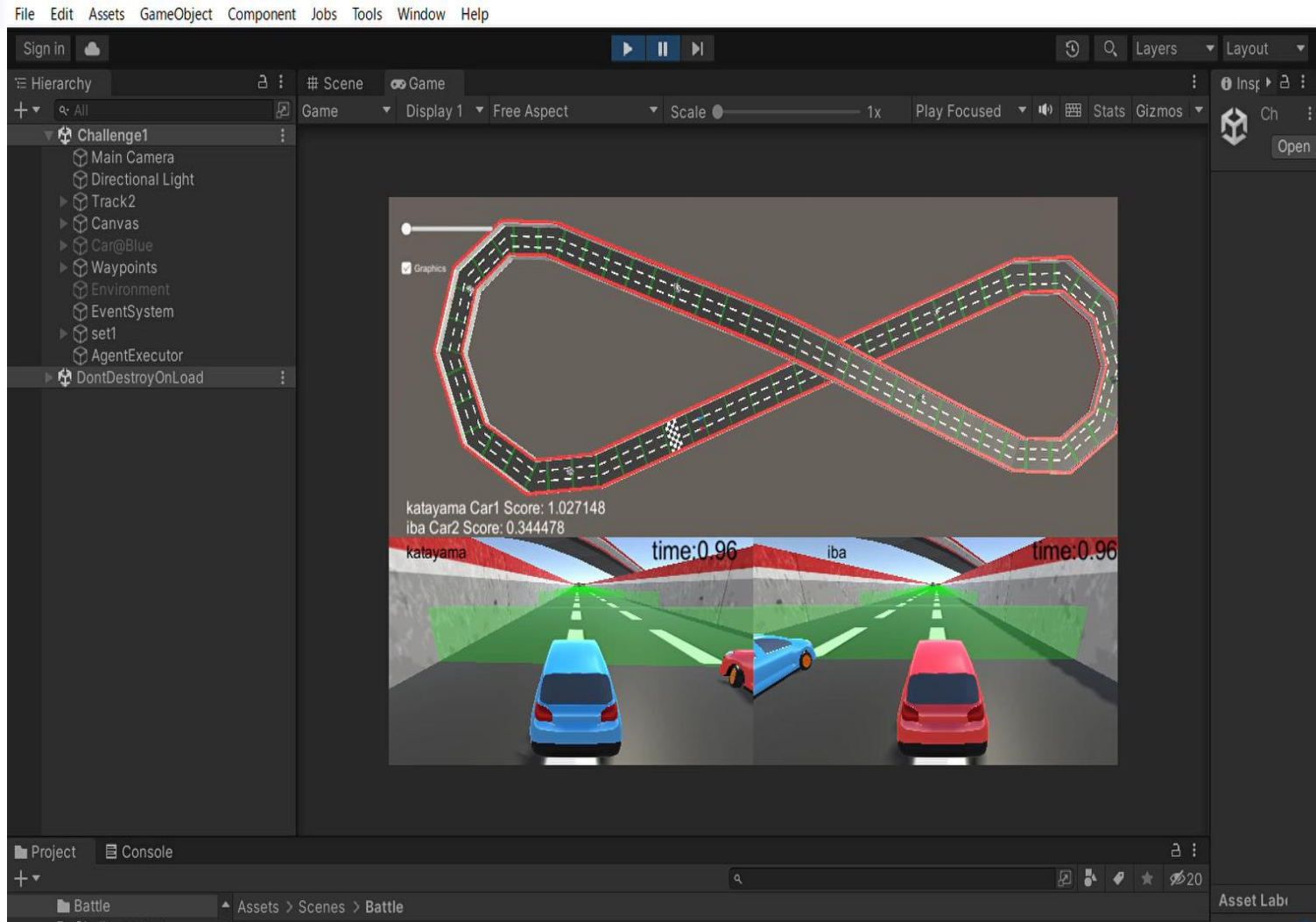
File Edit Assets GameObject Component Jobs Tools Window Help



自動運転学習

レポート課題の1つ

各自の作成したプログラムで対戦をする



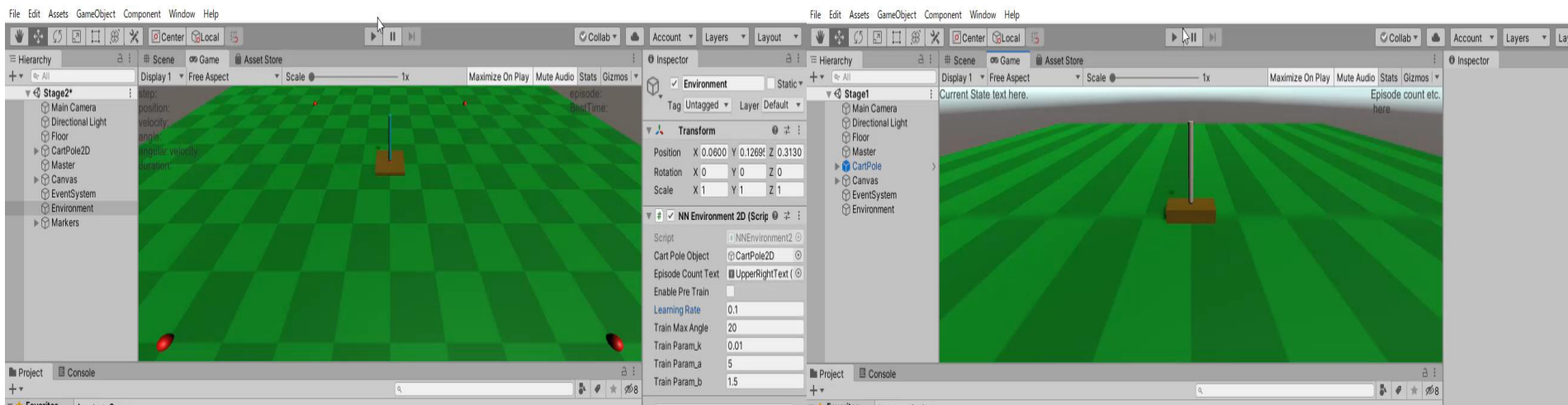
階層型が多層ネットワーク

■ 学習の目標

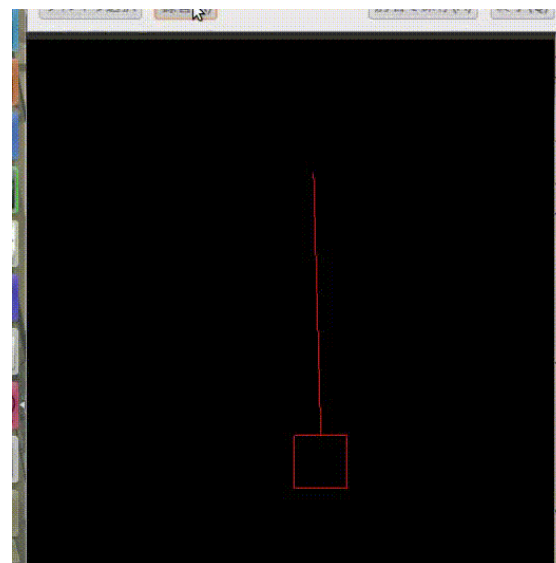
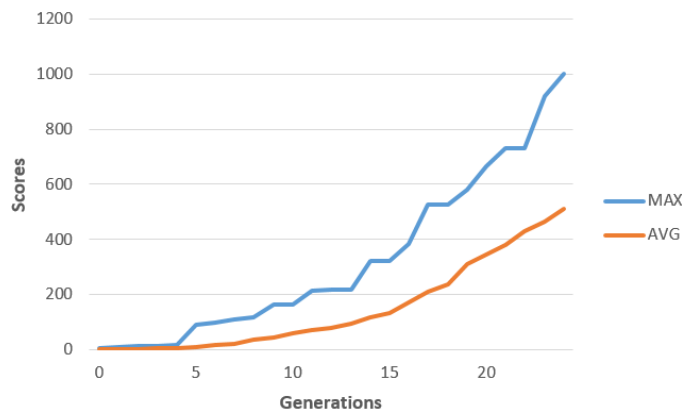
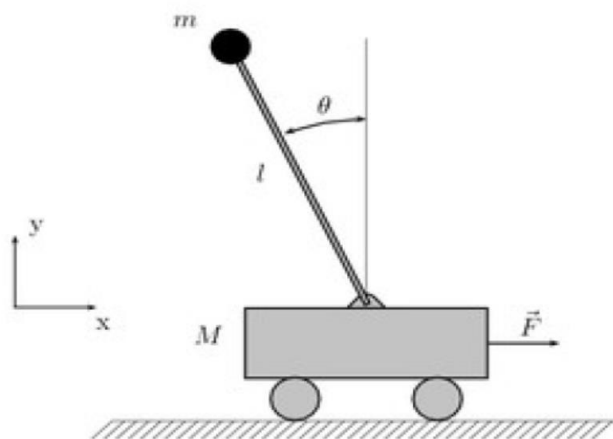
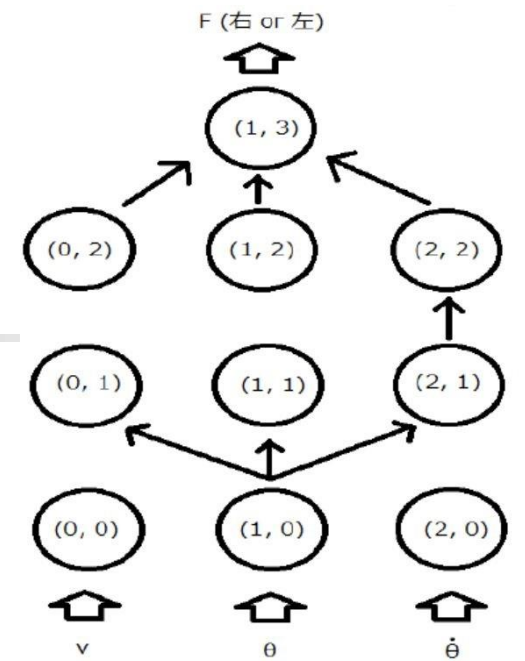
- 入力($x^1_1, \dots, x^1_{n1}$)が与えられたときの最終層の出力($x^3_1, \dots, x^3_{n3}$)を教師信号($d_1, \dots, d_{n3}$)に近づけること

- そこで出力の2乗誤差 $E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n3} (x^3_i - d_i)^2$ を最急降下法により最小化する。

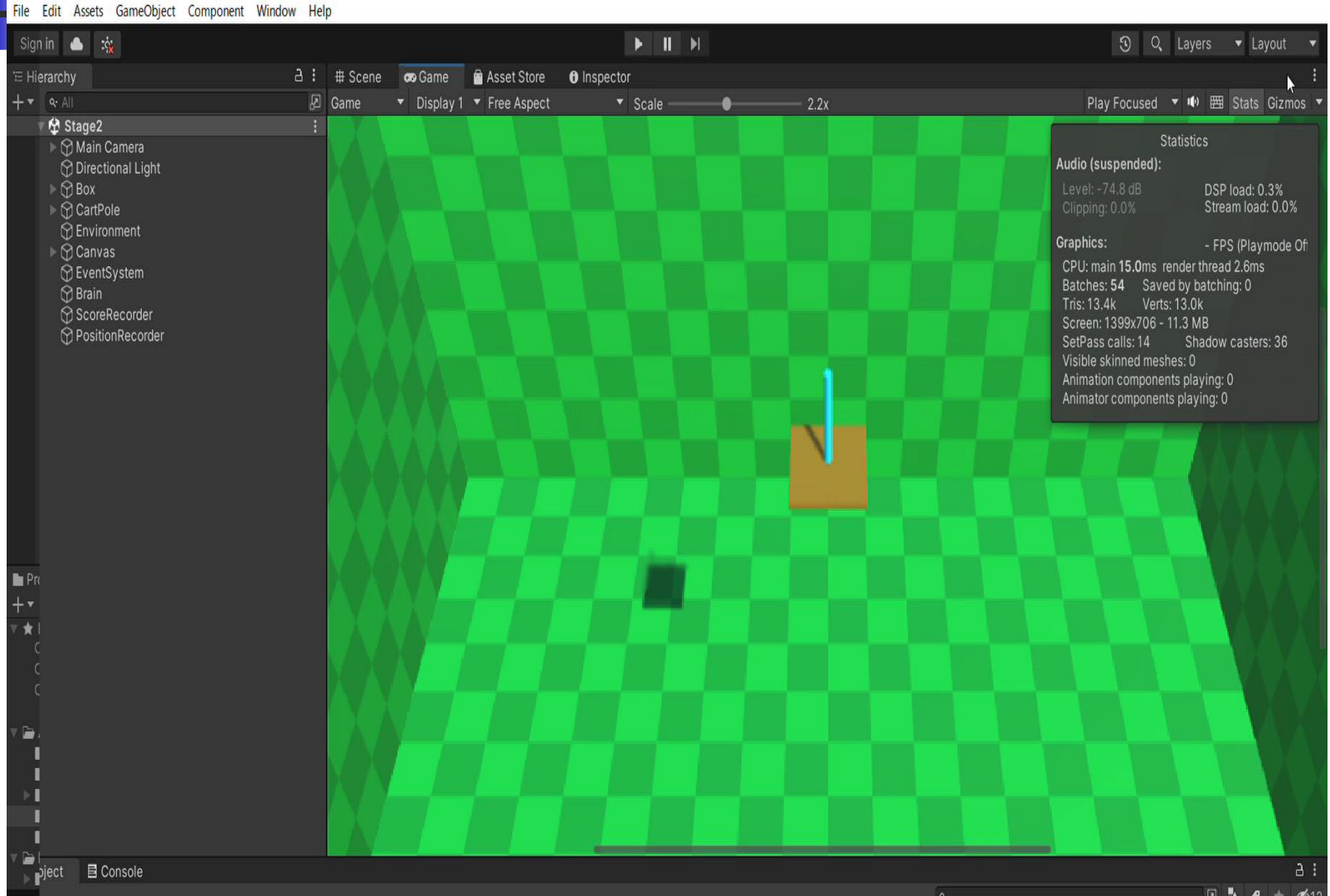
出力の誤差が結合を通じて逆向きに伝播していくので、**バックプロパゲーション**と呼ばれる。



倒立振子の例

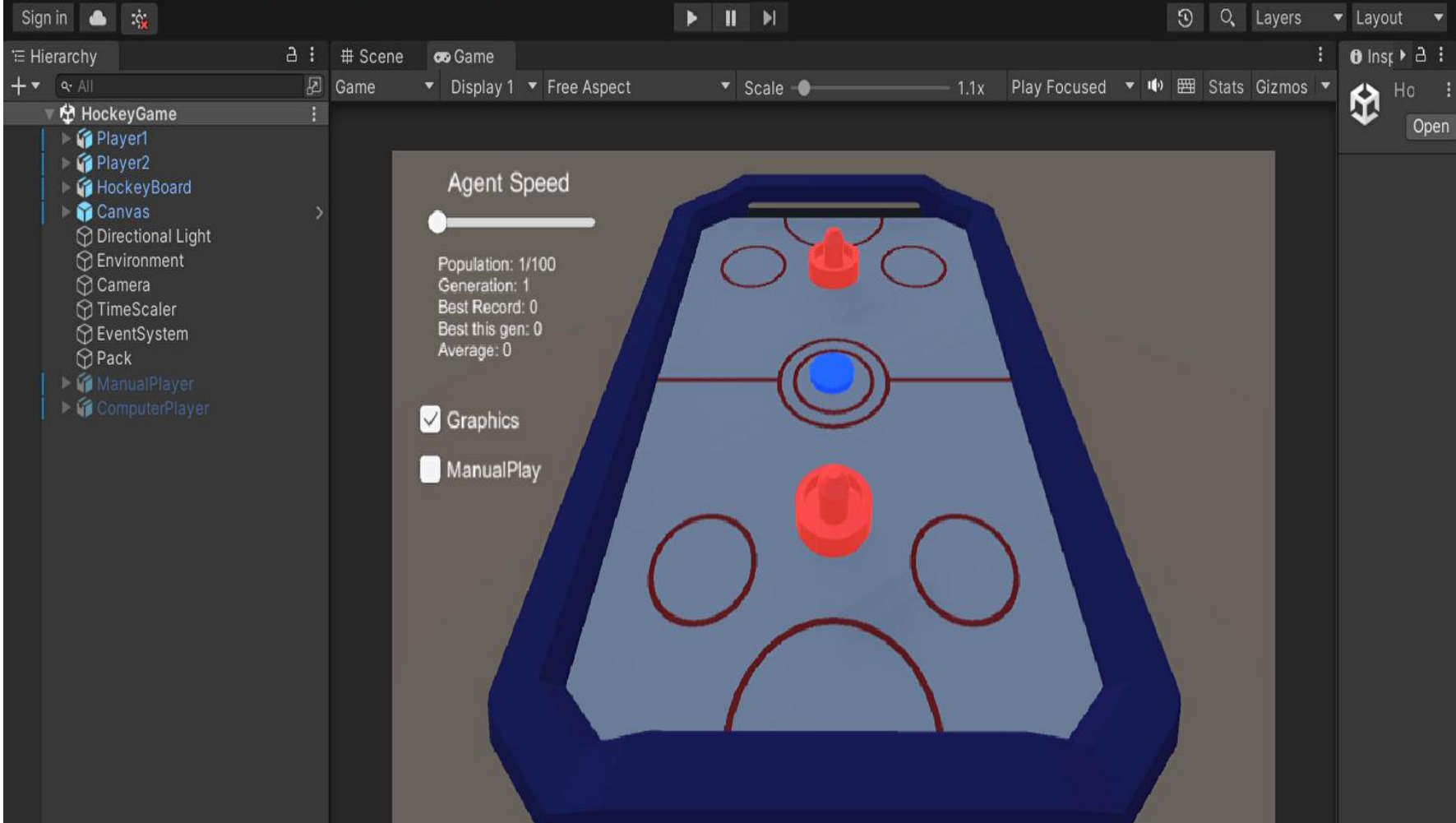


ニューラルネットワークの学習



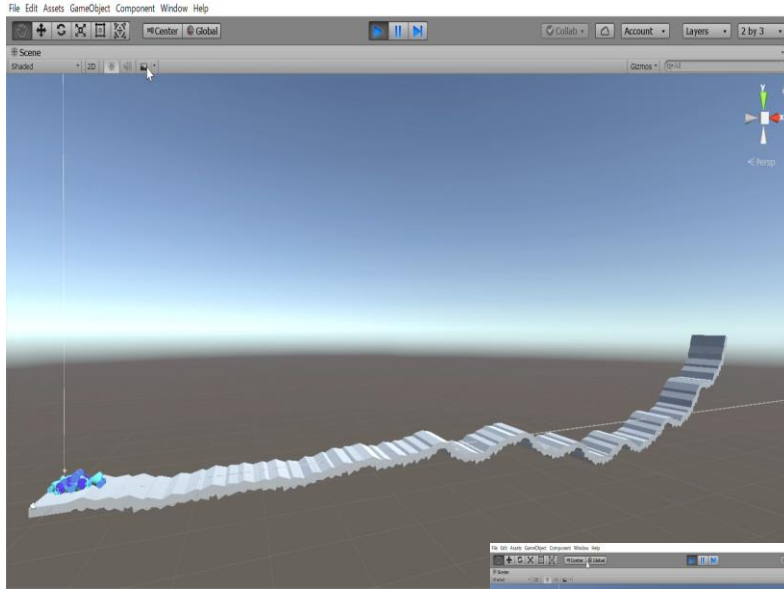
エアホッケーでAIと 対戦してみよう

File Edit Assets GameObject Component Services Window Help

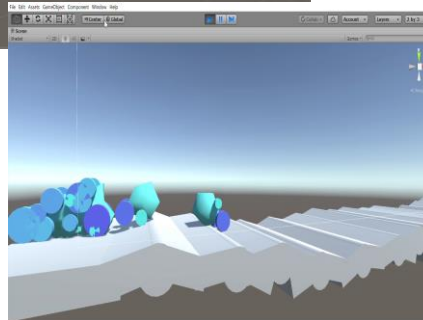
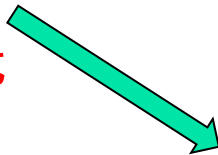


GAの例：自動車の最適化

■ MindRenerのサンプルプログラム



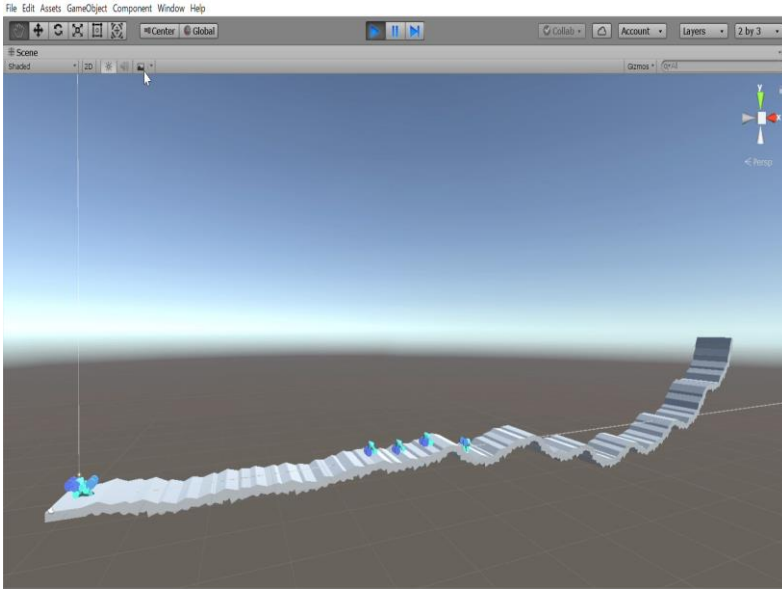
初期世代



- 自動車の形を進化させる
 - 車輪の位置
 - 車輪の大きさ
 - 車輪の数
 - 車体の形状
 -

GAの例：自転車の最適化

■ MindRenerのサンプルプログラム



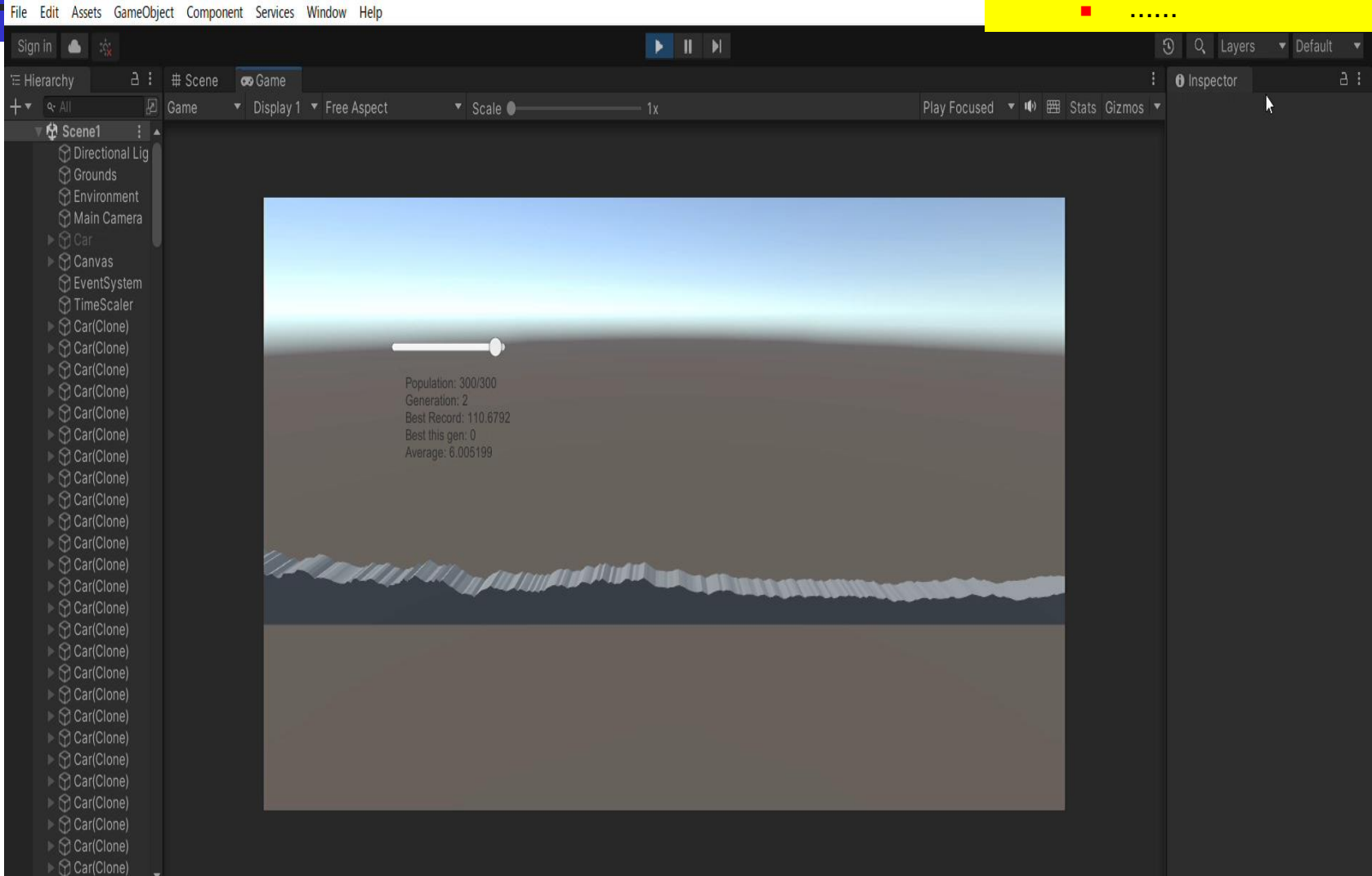
- 自動車の形を進化させる
 - 車輪の位置
 - 車輪の大きさ
 - 車輪の数
 - 車体の形状
 -

後の世代

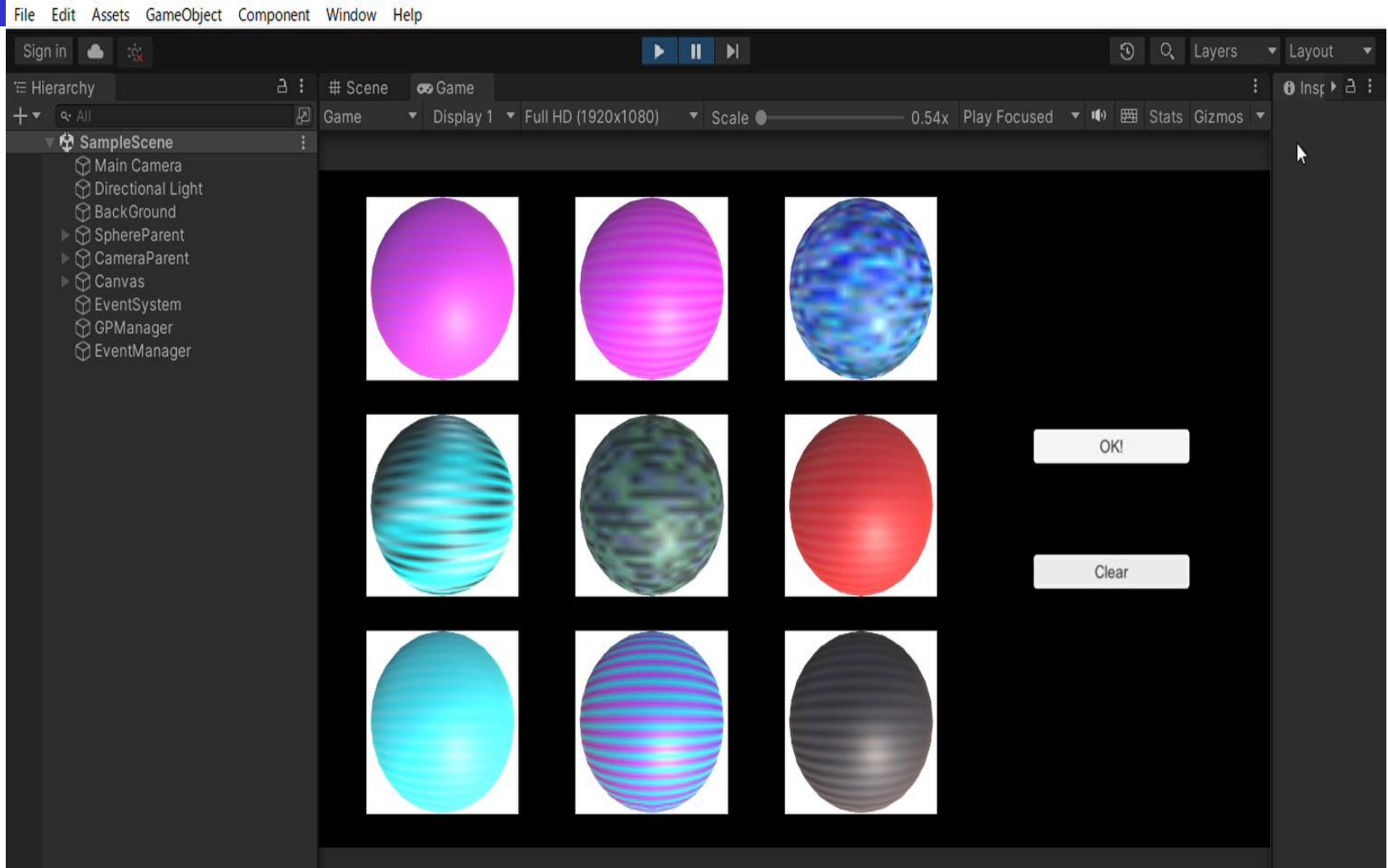
車の形状の進化

■ 自動車の遺伝子(GTYPE)

- 車輪の位置
- 車輪の大きさ
- 車輪の数
- 車体の形状
-

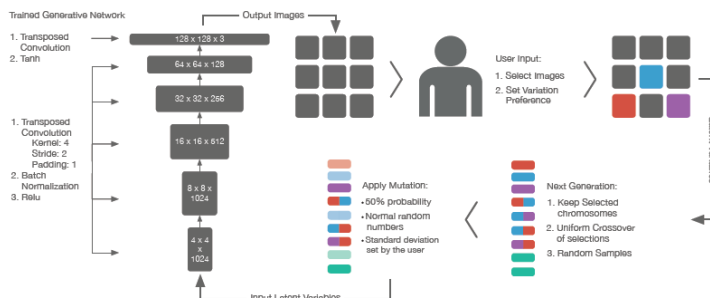
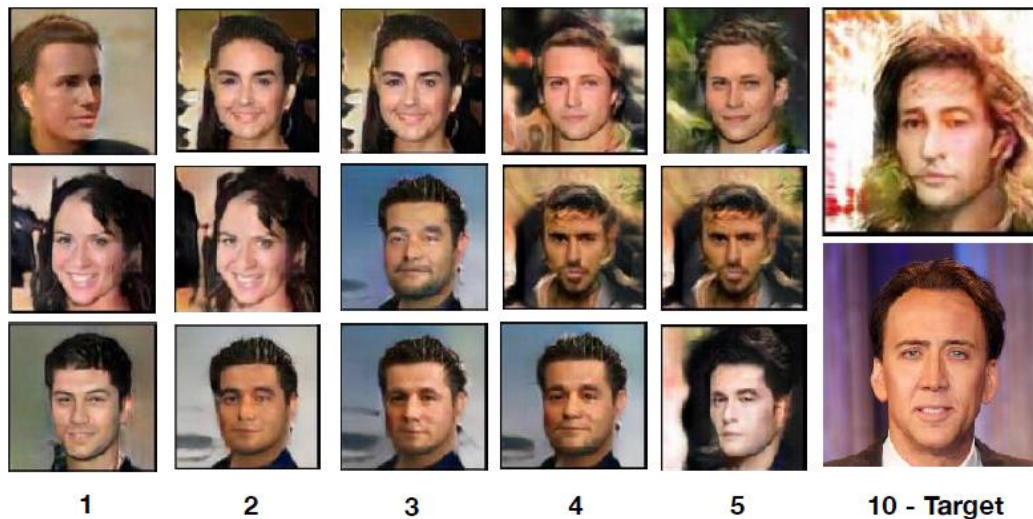


球体に色付けしよう



Deep Interactive Evolution

■ Deep learning + IEC

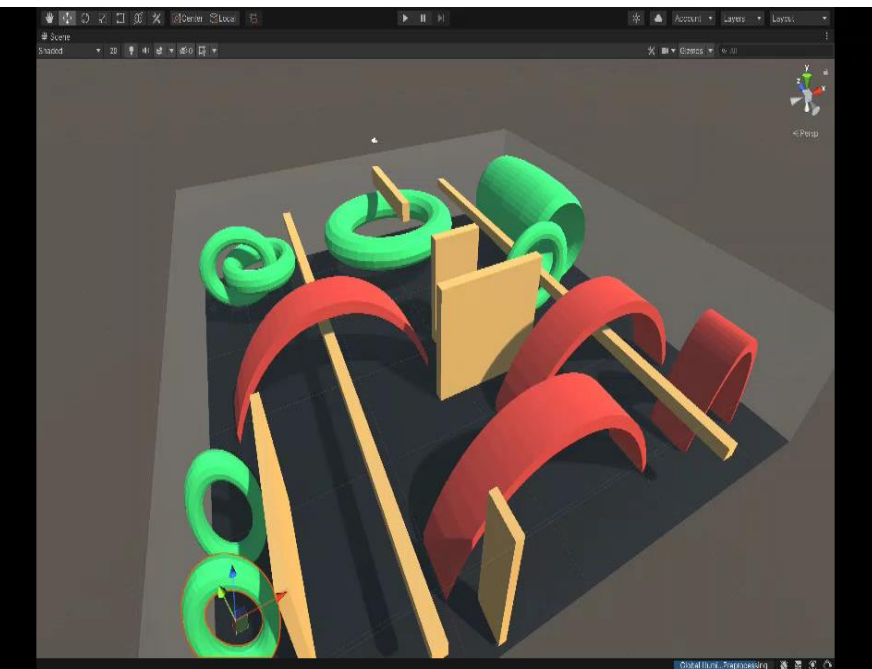


Deep Interactive Evolution
Philip Bontrager, Wending Lin,
Julian Togelius, Sebastian Risi
arXiv:1801.08230 , 2018.

人工生命の例



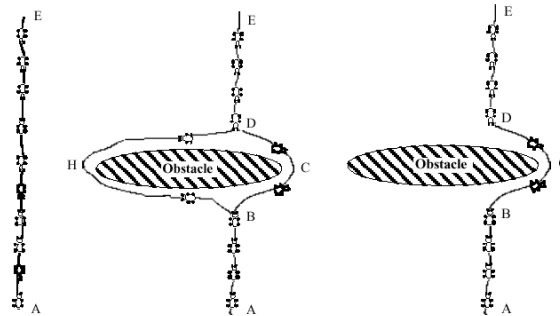
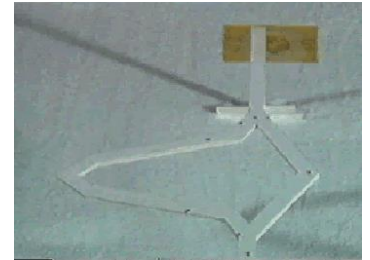
アリのフェロモンレイル・シミュレーション
ACO (Ant colony optimization)



鳥・魚の群れ行動のシミュレーション
PSO (Particle swarm optimization)

Ant behaviors in nature

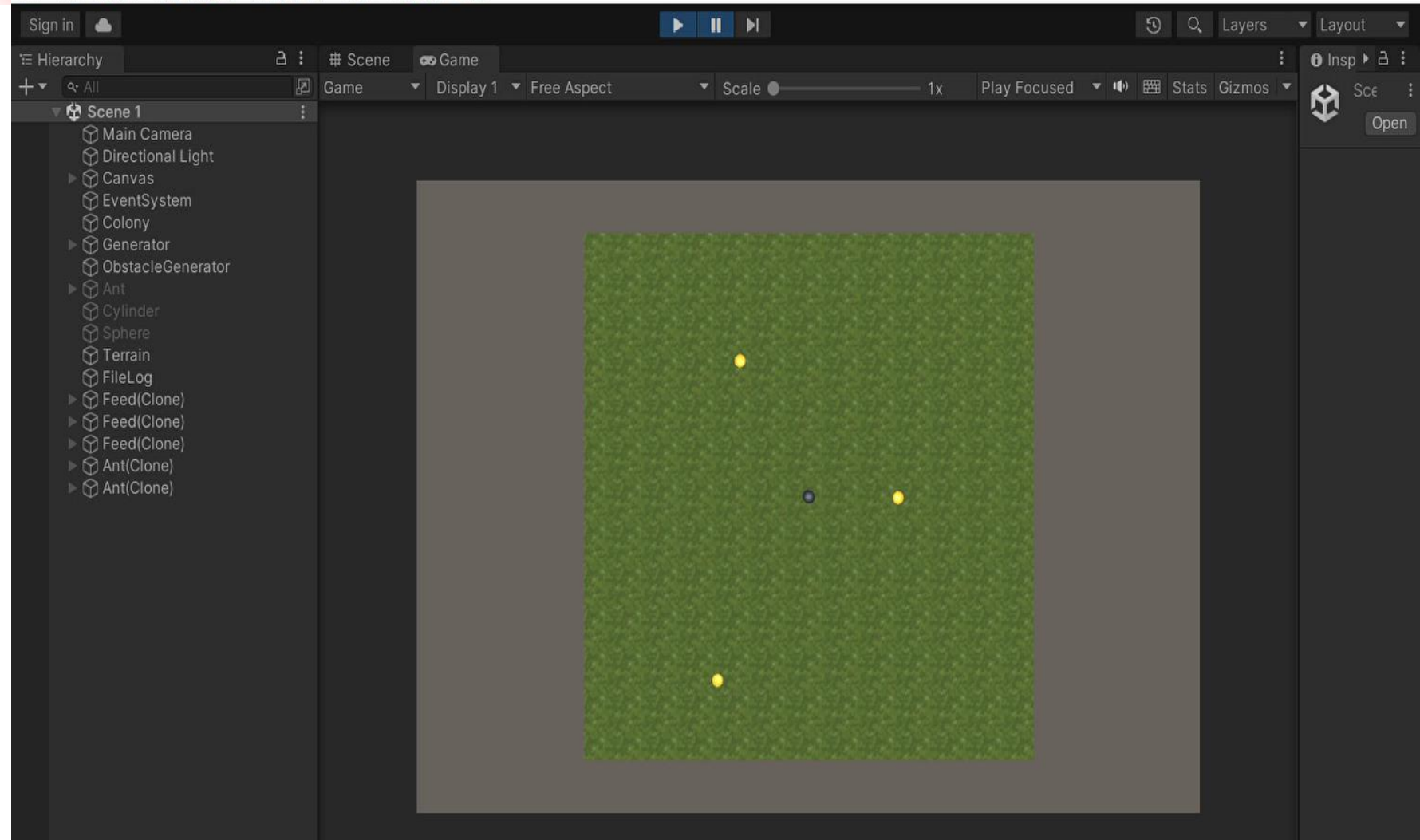
- Massively raiding areas for food
- Building and protecting their nest
- Cooperating in carrying large items
- Egg care
- Finding the shortest routes from the nest to a food source



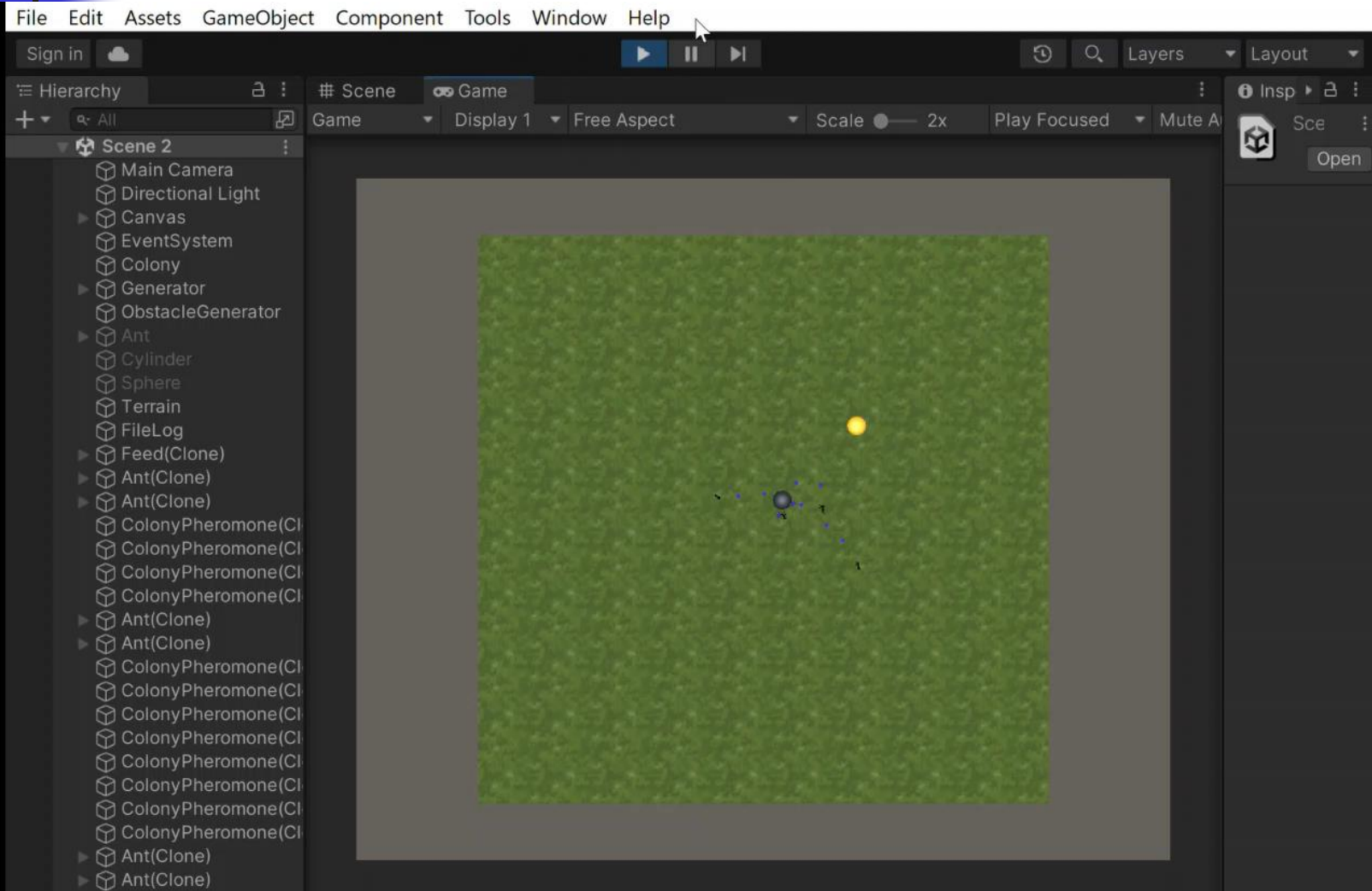
(6.1節) アリによるフェロモントレイルのシミュレーション. 障害物を賢くよけられるか？

アリの知恵

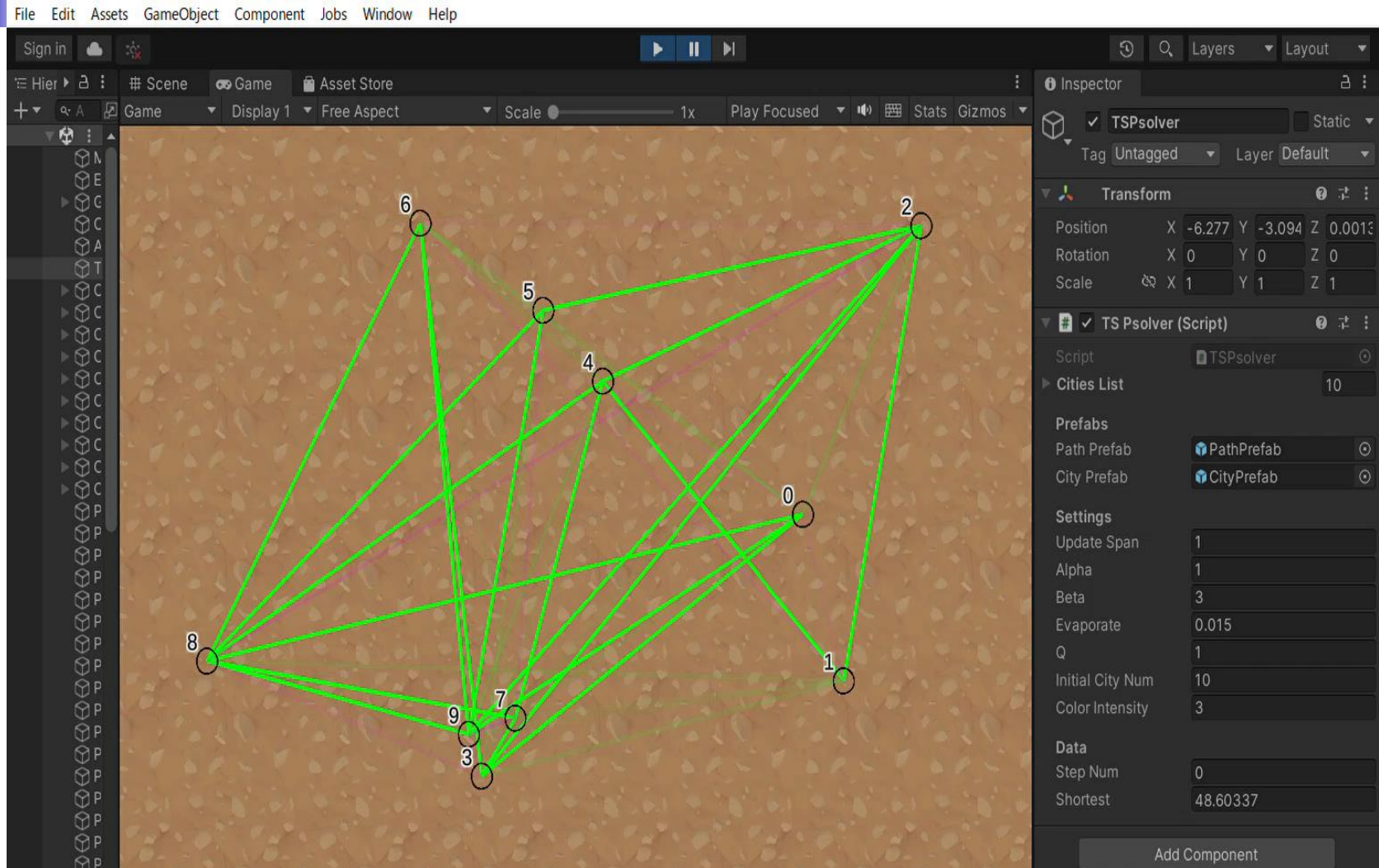
File Edit Assets GameObject Component Tools Window Help



アリの知恵



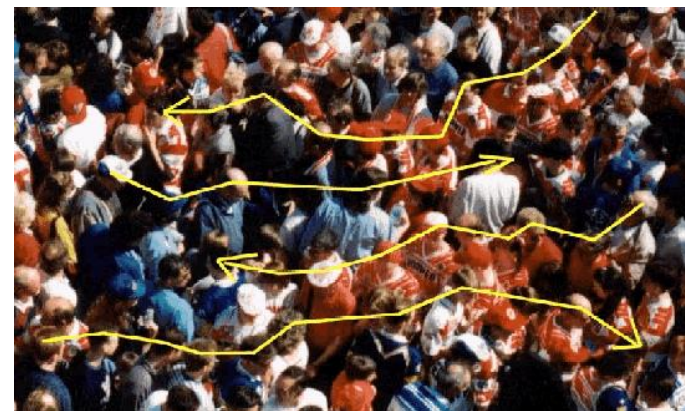
アリのメタヒューリスティックス



Boid



- Bird flocking behavior
 - by biologist Frank Heppner
- 1989 Craig Reynolds
- Birboid (鳥もどき)



- 鳥の群、魚の群、...

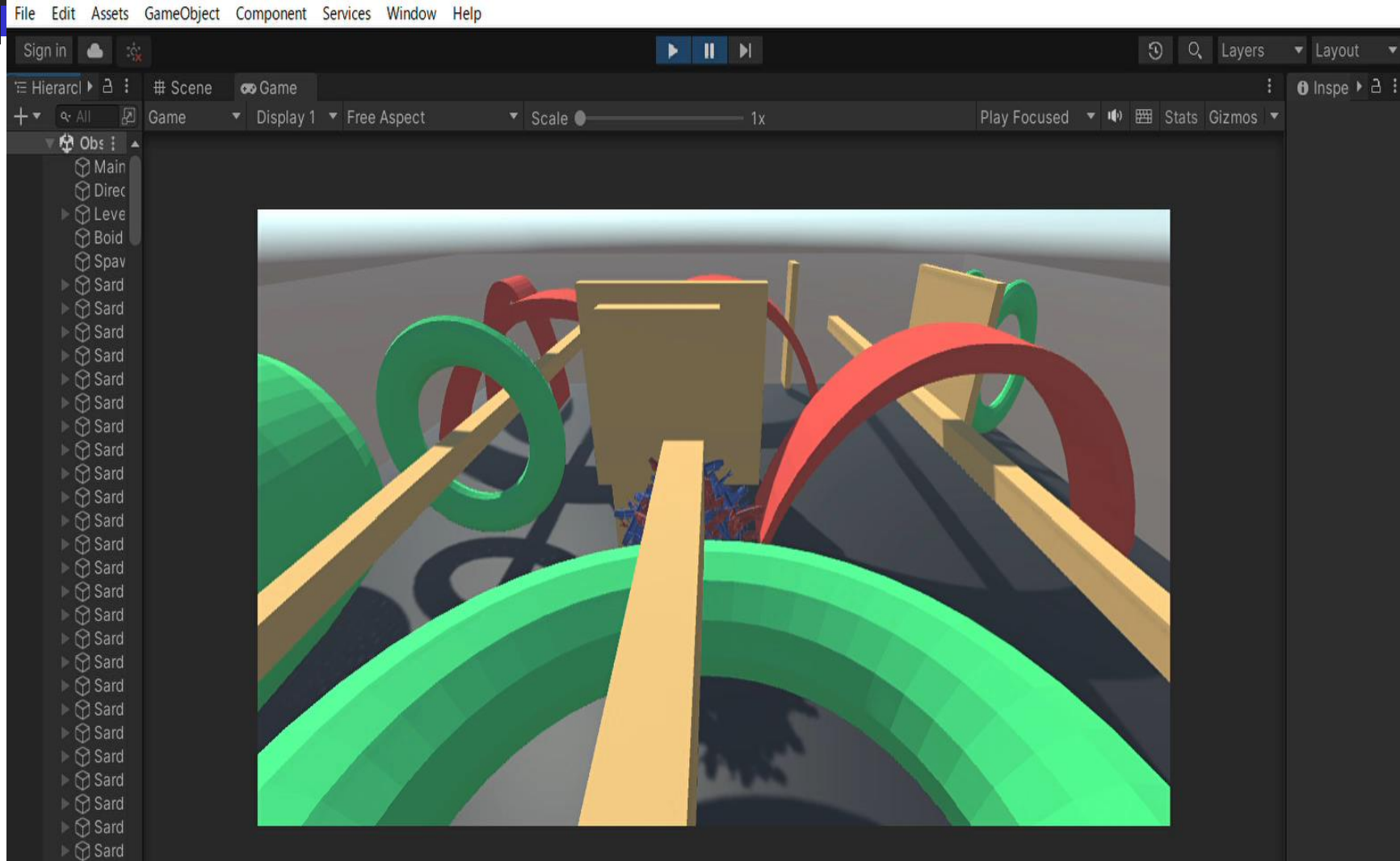
2003年12月

オーストラリアコーラルシー

- ILM: Industrial Light and Magic
 - ジョージ・ルーカス
 - 「ライオン・キング」「アナクノフォビア」など。。。

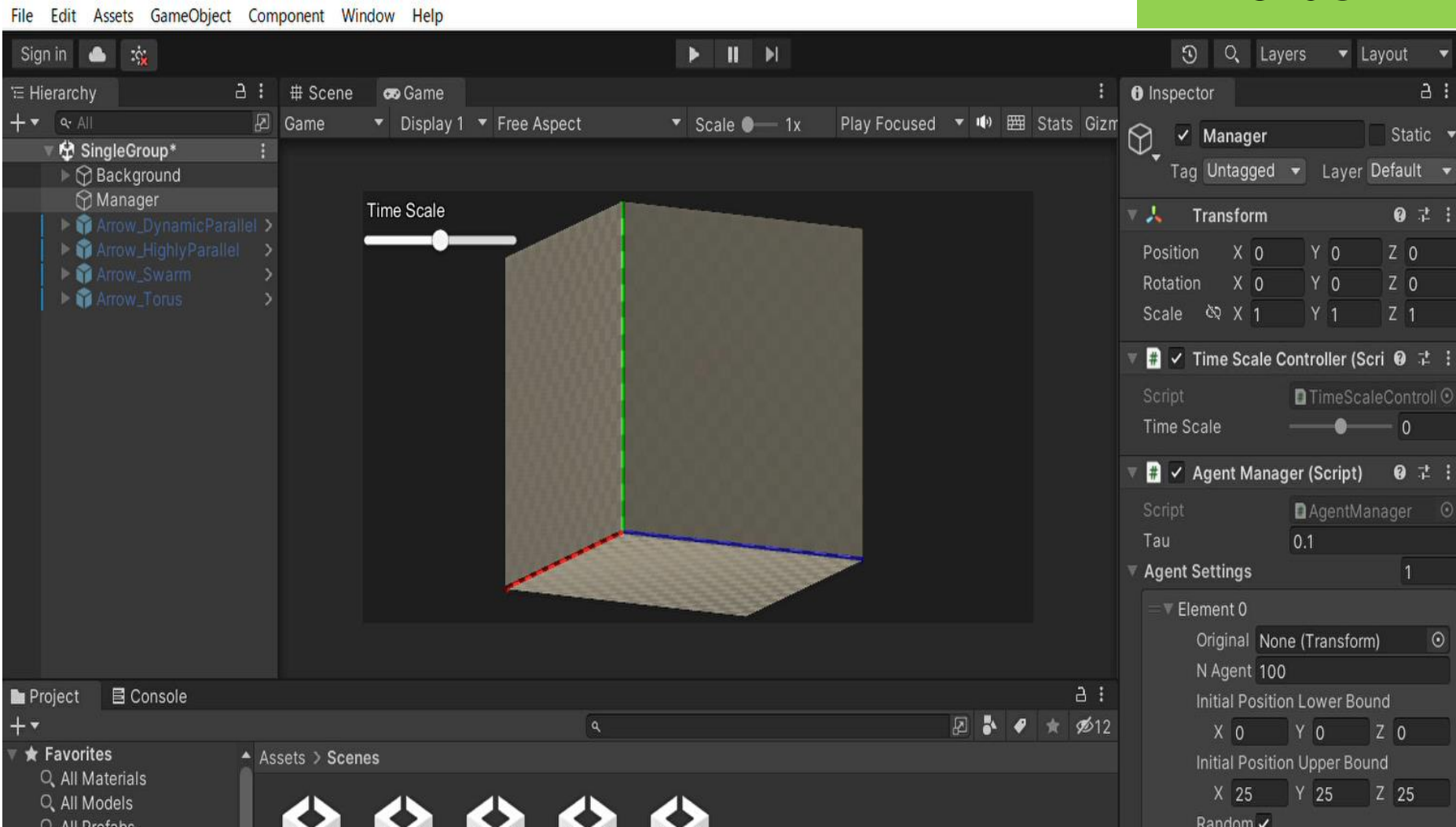


Boidのシミュレーション



鳥と魚の群れを制御しよう

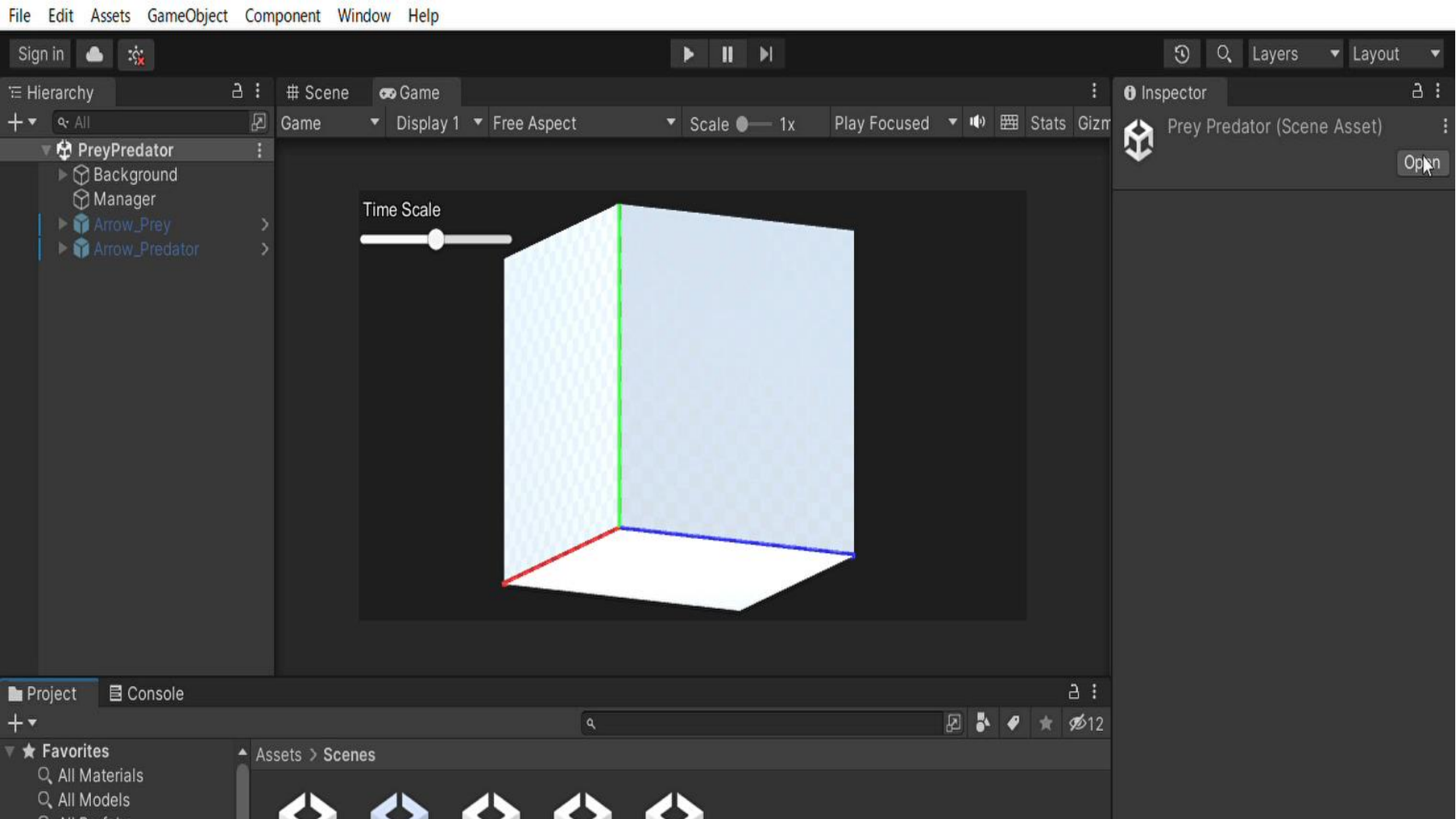
- Swarm
- Parallel
- Torus



(7.3節) 小魚の群れを襲う捕食魚の振る舞いも実現しています

演習課題: 小魚(生き残り戦略)と大魚(追跡戦略)の共進化シミュレーション

鳥と魚の群れを制御しよう



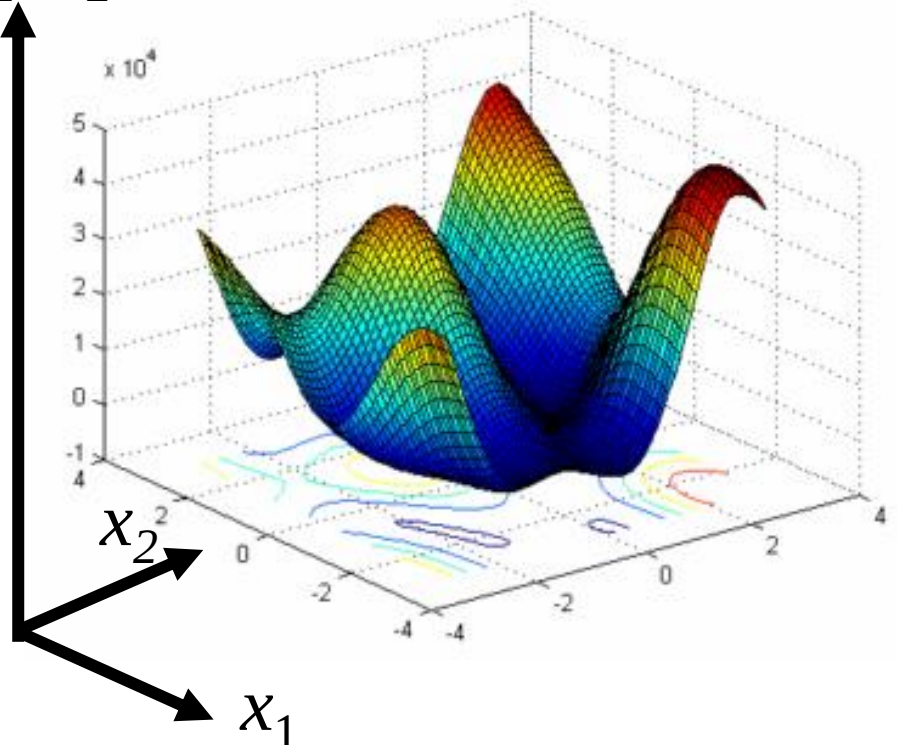
最適値問題を解く

- 最大値を求める問題
- 工学やAIの最も基本的探索問題

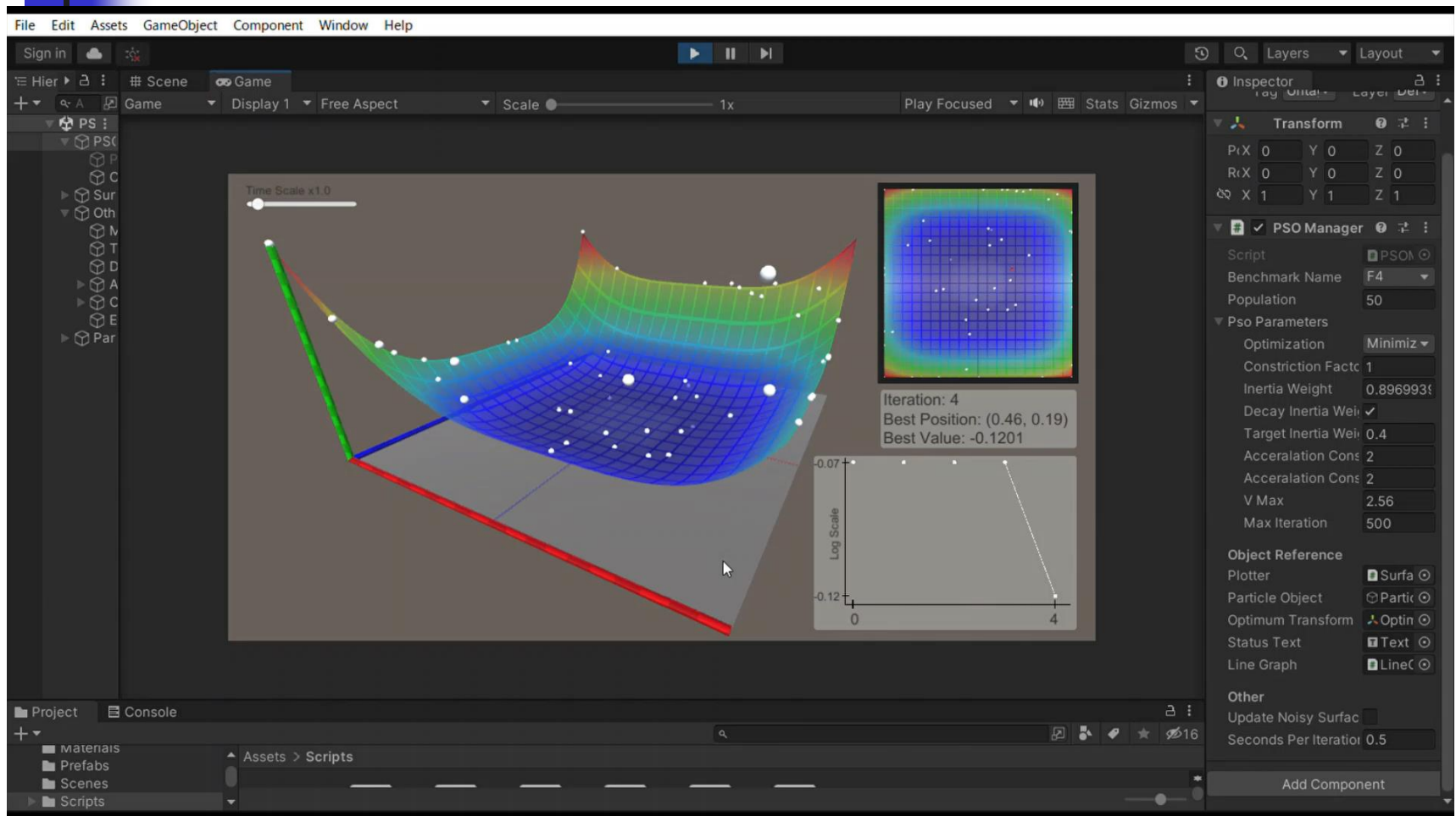
$x \in X$ 内で $\max_x \{f(x)\}$ を与える x を求めよ。

$f(x_1, x_2)$

適合度ランドスケープ

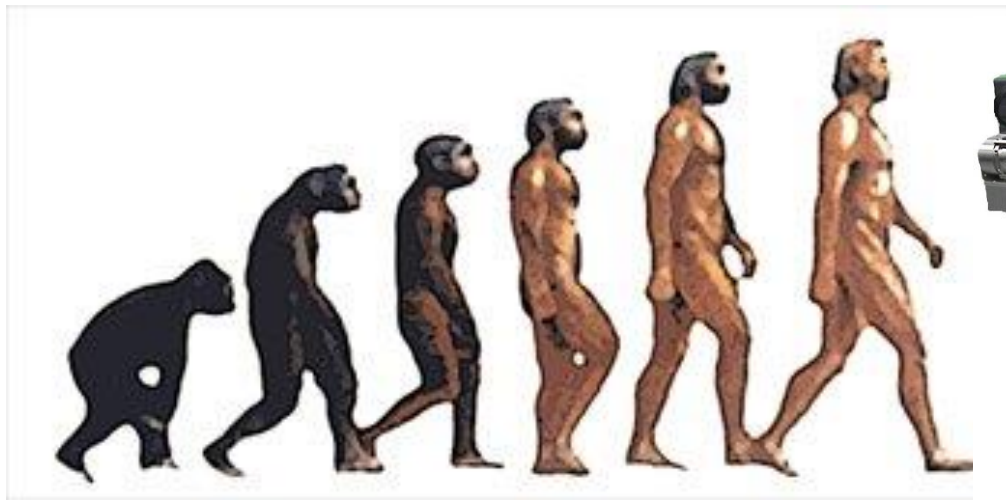


鳥や魚のメタヒューリスティックス



目次

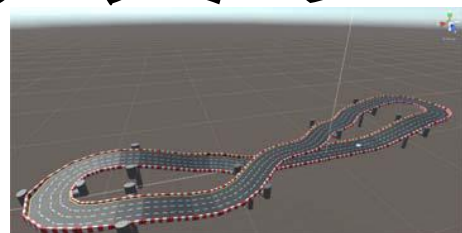
- 実験概要
- 各章の概要
- 課題内容
- まとめ



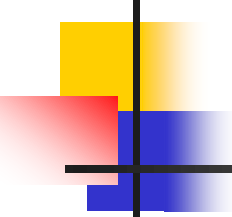
課題内容: 1つ選択



- (3.8節) 自動運転・対戦型レーシング・シミュレーションでのプログラム作成
 - 最終日に対戦を行い順位を付ける
 - コース、難易度は中間日(?)に発表する
 - 8名程度
- 教科書の演習問題を解く
 - ★ ★、もしくは★ ★ ★の演習問題を少なくとも1つ解く
- 面白い応用を創る
 - Unityを使うこと



条件: Unity上で動くこと

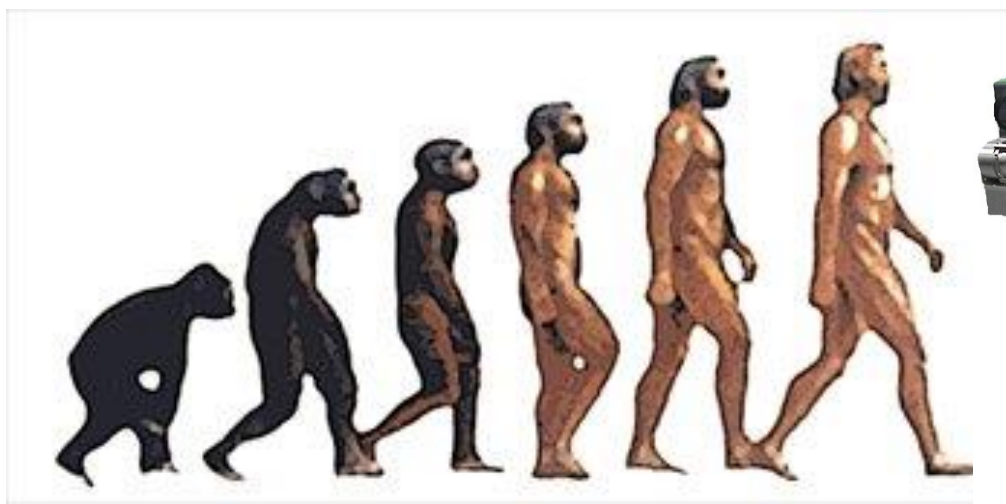


実験の日程

- 第1日 実験課題の説明。基礎技術の説明。操作環境のインストールとセットアップ。目標とするタスクの設定。
- 第2日 操作環境のインストールとセットアップ。基本操作の習得とサンプルプログラムのテストラン。目標とするタスクの最終決定。
- 第5日(?) 中間報告会(進捗状況と今後の展開、問題点など。1チーム5分程度)。集中的に質問を受け付ける。レーシングチームは予選を行う。
- 第10日 成果発表会(1チーム5分～10分程度)。パワーポイントによる説明とデモンストレーション。

目次

- 実験概要
- 各章の概要
- 課題内容
- まとめ



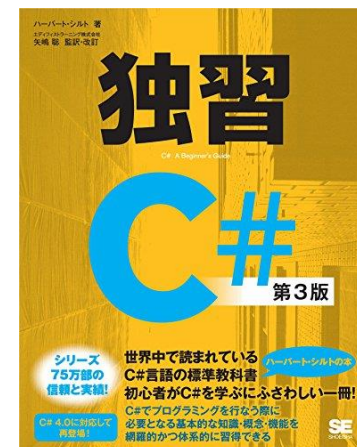
他に提供可能な参考書

■ 強化学習、進化計算

■ ゲームAI

■ C# 入門書

■ Unityの教科書



課題内容: 1つ選択



■ Option A: (3.8節) 自動運転・対戦型レーシング・シミュレーション

注意事項:

本演習の目的は、AI・人工生命を自分で創って理解することであるため、ML-Agentsの使用は原則禁止です。

ただし、ML-Agentsの低レベルAPIを使用して、アルゴリズムを自分で実装する場合は、この限りではありません。

使用を検討している人はTAに事前に必ず相談してください。

■ 最終

■ コー

■ 8名



■ Option B: 教科書の演習問題を解く

- ★ ★、もしくは★ ★ ★の演習問題を少なくとも1つ解く

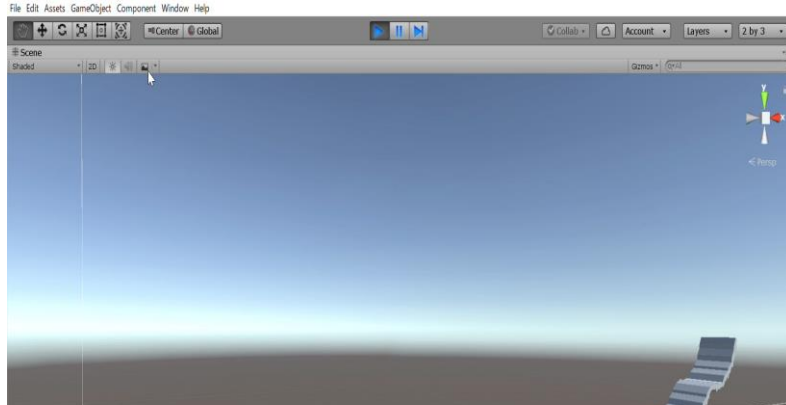
■ Option C: 面白い応用を創る

- Unityを使うこと

条件: Unity上で動くこと

Option B: 推奨する演習課題

■ MindRenerのサンプルプログラム



- 自動車の形を進化させる
 - 車輪の位置
 - 車輪の大きさ
 - 車輪の数
 - 車体の形状
 -

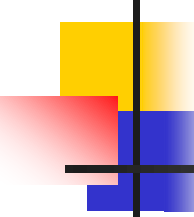
Level 1: 地形を複雑にしたらどう進化するか？

例: 2次元の山登り形状、障害物のある地面

後の世代

Level 2: 地形も進化させたらどうなるだろうか？

共進化という複雑系



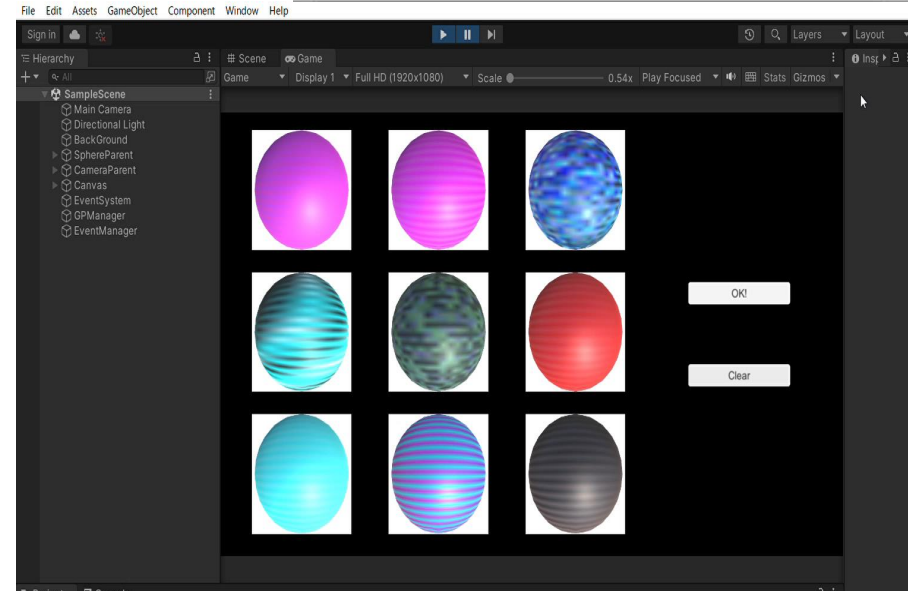
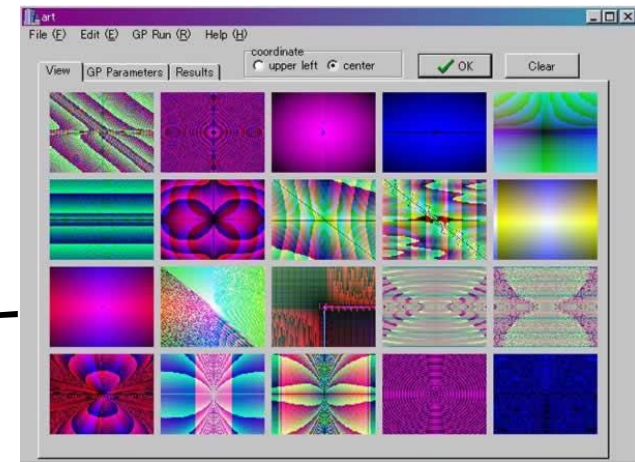
Open Endedness in Artificial Life

- オープンエンド性
- 「**終わりになき進化**」を目指す
- 通常の進化計算、最適化、AIの応用
 - 環境が固定されているか、またはあまり劇的に変わらない
 - 時間がたつと進化が停滞する
- これに対して**環境自体も進化**するようにシミュレーションを行うとオープンエンド性に近づく。
- 例：自動車形状の進化シミュレーション

Stanley, K.O., Lehman, J., Soros, L.,
``Open-endedness: The last grand challenge you've never heard of,``
<https://www.oreilly.com/ideas>, 2017.

Option B: 推奨する演習課題

- 5章： 演習問題5.3
 - 対話型進化計算の応用
 - 自分で面白いデザイン課題を探す
 - 形状、音、色、動き。。。など
- 動きを進化させる

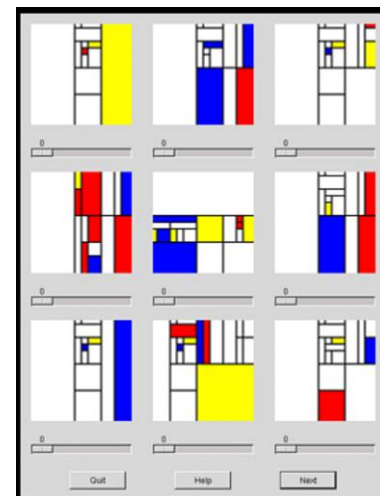


Option B: 推奨する演習課題

- 対話型進化計算の例
 - NIGAO by 苗村 lab
 - 顔モルフ: モンターージュ作成
 - SBART(抽象画生成)
 - Mondrian Art by Evolution



<https://nae-lab.org/project/nigao/>



<https://www.alife.cs.is.nagoya-u.ac.jp/~reiji/facemorph/>

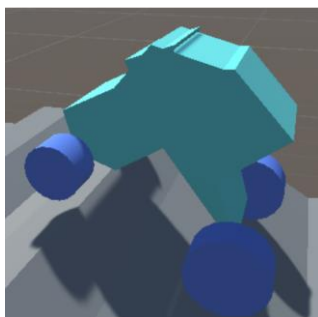
<http://www.vanhemert.co.uk/mondriaan/>

Option B: 推奨する演習課題

■ 5章： 演習問題5.3

- 対話型進化計算の応用
- 自分で面白いデザイン課題を探す
 - 形状、音、色、動き。。。など

■ 動きを進化させる



例1：車形状を利用(5.4節)



例2： 二足歩行の学習

<https://www.youtube.com/watch?v=QE3SSKBdI00>

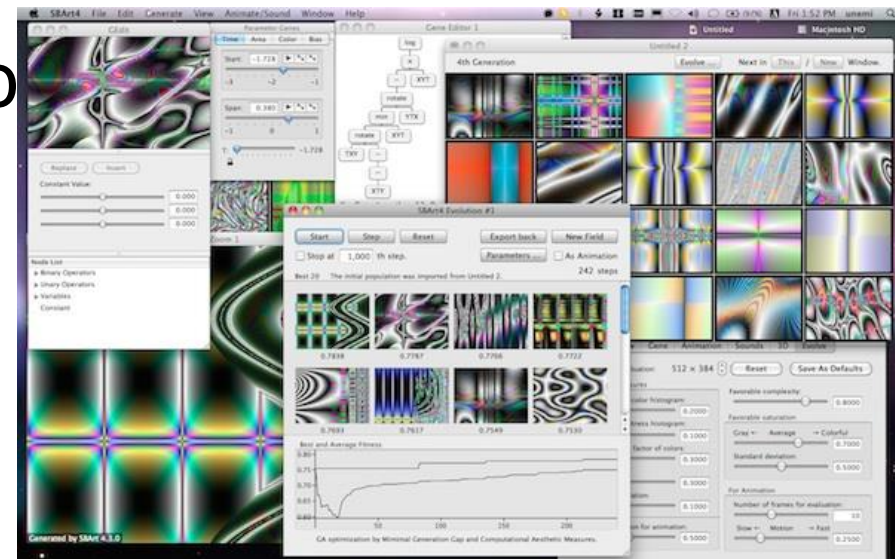


例3：虫をつくってみた

<https://www.nicovideo.jp/watch/sm12603441>

Option B: 推奨する演習課題

- 対話型進化計算の例
 - NIGAO by 苗村 lab
 - 顔モルフ: モンタージュ作成
 - SBART(抽象画生成)
 - Mondrian Art by Evo



- 未完成の部分やバグの可能あり
- そのまま使うのではない
- 各自で修正・拡張して使用すること

他に提供可能なソース(★★向け)

- 自動車の形態と地面の形状の共進化
 - 課題レポート例あり
 - 2次元平面やより複雑な車形態に拡張してみる
- Boid by Couzin
 - 協調は効果的か？ 利他行動か？ 定量的評価
- 橋を作るアリ
 - 橋を作ることが本当に有益か？ 定量的評価