関西ゲームAIラウンドテーブル

三宅 陽一郎

y.m.4160@gmail.com

twitter: miyayou

2010.5.8.

Contact Information

Youichiro Miyake

- Mail: y.m.4160@gmail.com
- Twitter: @miyayou
- Blog: <http://blogai.igda.jp>
- LinkedIn: <http://www.linkedin.com/in/miyayou>
- Facebook: <http://www.facebook.com/youichiro.miyake>

日本でもゲームAIを盛り上げて行こう！

(1) IGDA日本 ゲームAIメイリングリスト

ゲームAIの情報がたくさん！

参加されたい方は、三宅まで、

企業名と名前、登録メールアドレスを送ってください。

(2) IGDA日本 SIG-AI (ゲームAI専門部会)

上記のMLと同義です。

(3) ゲームAIコミュニティ in mixi

SIG-AI の mixi のコミュニティ・サイトです。

ML や SIG-AI に関係なく自由に参加してください。

欧米のゲームAIの系譜

欧米のゲームAIの系譜

欧米のゲームAIの系譜

議題：キャラクターAI

キャラクターAI

キャラクターAI

= 意思決定 × パス検索

エージェントアーキテクチャ

議題① キャラクターAIのコンセプト

- AIのコンセプトはどう固めるべきか？
- まず何を決めるべきか？
- 企画は開発当初、何をすべきか？
- プログラマーは事前に何を準備しておくべきか？

議題② キャラクターAIのアーキテクチャ

キャラクターというものをどう捉えるか？

- キャラクターAIのフレームワーク
- エージェントアーキテクチャ

エージェントとは？

- ① 環境に対して情報を集める感覚(センサー)を持つ
- ② 自ら判断する能力を持つ。
- ③ 環境に対して働きかけることができる能力を持つ。

感覚を持ち

自ら判断して

世界に働きかける
能力を持つ

ゲームにおけるエージェント

エージェント・アーキテクチャーにおける情報の流れ

この情報の流れに仕掛けをしてみよう！

「人工知能＝からくり」

作り方を勉強しよう！

エージェント・アーキテクチャー

時間 →

説明の仕方『技術を仕掛けて効果を得る』

企画 ... 効果を知り、対応する技術を知っておく。
プログラマー ... 技術を学び、効果を知っておく。

Killzone

時間 →

エフェクター

他にもいろいろできる！

- ①最適な戦術位置に移動
- ②敵移動経路予測
- ③威嚇射撃

← 時間

Killzone

時間 →

Killzone のポイント

世界表現はAIの基礎である

世界表現を精緻に工夫することで、高度な思考が実現できる。
(逆に、知識表現をしっかり作らないと、思考をどんなに頑張っても限界がある)

企画の発想

こういう地形情報をAIに使わせたい。

プログラマーの発想

そのためには、どのような世界表現を用意すればいいか？

ゲーム世界

相互作用

身体

← 時間

Halo AI のアーキテクチャー

Halo AIの意志決定部分

各振る舞いはトリガーを持つ
トリガーによって、振る舞いはお互い競合する

- チャージ, 退却, 隠れる場所探す
- グレネードを投げる, 車に入る, 死体を確認

Halo AI のアーキテクチャー

Halo NPCのAIのアーキテクチャー

時間 →

Halo AI の特徴

技術

NPCの知能部分

▲ 状況解釈

Halo のポイント

はっきりしたイベントを抽出し、
そのイベントに対する反応した行動をさせ、
キャラクターの感情を分かりやすく表現する。

= プレイヤーに対して「明確な意図」を持つAIを演出する

企画の発想

何をプレイヤーにアピール(演出)したいか？

プログラマーの発想

世界の事象に敏感に反応させる仕組みを作る

議題③ パス検索

- ウェイポイント、ナビゲーションメッシュ
- 静的メッシュから動的メッシュへ
- パスプランニング
ノウハウの蓄積
- パスデータ階層化
データマイニング

ウェイポイント

Killzone1,2

ナビゲーションメッシュ

Chromehounds

動的メッシュ

SprinterCell:Conviction

SprinterCell:Conviction のパス検索システム

SprinterCell:Conviction のパス検索システム

議題③ パス検索

- ウェイポイント、ナビゲーションメッシュ
- 静的メッシュから動的メッシュへ
- パスプランニング
ノウハウの蓄積
- パスデータ階層化
データマイニング

ウェイポイント

Killzone1,2

ナビゲーションメッシュ

Chromehounds

動的メッシュ

SprinterCell:Conviction

議題④ 意思決定(思考)

- 階層型思考
- アニメーションと意思決定
- プランニング プラナーの探求
- ルールベース、プロダクション・ルール

議題④ メタAI

- どういう応用が出来るだろうか？

欧米のゲームAIの系譜

議題⑤ プロシージャル

プロシージャル＝自動生成、自動制御
(特に通常は固定コンテンツであるところを動的コンテンツにする場合を言う)

- 企画から見た応用可能性
- 技術者から見た応用可能性

DUNIA Engine デモ

(I) Growing Vegetation

(II) Tree Generation

(III) Day and Night cycle

(IV) Realistic Weather System

[参考]データ自動生成技術を大胆に導入したFPS, 「Far Cry 2」の光と(4gamers)

<http://www.4gamer.net/games/047/G004713/20080222019/>

プロシージャルなゲームエンジン

Frostbite Engine

- ① オブジェクト生成
(We can generate objects with procedural techniques
-Then use rules to deform / destroy / modify / move them
-Better interactivity)
- ② Semi-procedural surface shader
- ③ Procedural shader
- ④ Procedurally distributed on the fly

Practical Example: Mountains Generation and Realistic Snow Accumulation

GDC 2007 Frostbite “Rendering Architecture and Real-time Procedural Shading & Texturing Techniques”

[http://developer.amd.com/assets/Andersson-Tatarchuk-FrostbiteRenderingArchitecture\(GDC07_AMD_Session\).pdf](http://developer.amd.com/assets/Andersson-Tatarchuk-FrostbiteRenderingArchitecture(GDC07_AMD_Session).pdf)

GDC 2007 “The Importance of Being Noisy: Fast, High Quality Noise”, N. Tatarchuk

[http://developer.amd.com/Assets/Tatarchuk-Noise\(GDC07-D3D_Day\).pdf](http://developer.amd.com/Assets/Tatarchuk-Noise(GDC07-D3D_Day).pdf)

SIGGRAPH 2007 Johan Andersson “Terrain Rendering in Frostbite using Procedural Shader Splatting”

[http://ati.amd.com/developer/gdc/2007/Andersson-TerrainRendering\(Siggraph07\).pdf](http://ati.amd.com/developer/gdc/2007/Andersson-TerrainRendering(Siggraph07).pdf)

SimCity における影響マップの利用

$\text{Crime} = \text{Pop. Density}^2 - \text{Land Value} - \text{Police Effect}$

$\text{Land Value} = \text{Distance}[\text{Zonetype}] + \text{Terrain} + \text{Transport}$

“AI: A Design Perspective” AIIDE 2005
<http://www.aiide.org/aiide2005/talks/index.html>
<http://thesims.ea.com/us/will/>

多摩 豊, 角川書店, 1990
「ウィル・ライトが明かすシムシティのすべて」,

目次

第一部 キャラクターAI

(GDC2010報告会の資料＋アルファ)

第二部 メタAI

(GDC2009報告会の資料＋アルファ)

キャラクターAI

GDC 2010

会場

AWARD

講演風景

Expo

miyayou@GDC2010

3/9

3/10

3/11

3/12

3/13

Case Studies: AI in Recent Games	Suspending Disbelief: Bringing Your Characters to Life with Better AI	FINAL FANTASY XIII's Motion-Controlled Real-Time Automatic Sound Triggering System	Code and Complexity: Managing EVE's Expanding Universe	Where Did My Inventory Go? Refining Gameplay in Mass Effect 2
Behavior Trees: Three Ways of Cultivating Strong AI	Little Big AI: Rich Behavior on a Small Budget	The AI of BioShock 2: Methods for Innovation and Iteration	基調講演	Modeling Individual Personalities in The Sims 3
Why So Wary of AI Middleware?	Deciding on an AI Architecture: Which Tool for the Job?	Design in Detail: Changing the Time Between Shots for the Sniper Rifle from 0.5 to 0.7 Seconds for Halo 3	Animation Warping for Responsiveness in FIFA Soccer	Animation and Player Control in Uncharted: Drake's Fortune and Uncharted II: Among Thieves
Improving AI Decision Modeling Through Utility Theory	Architecture Mashups: Insights into Intertwined Architectures	Artificial Intelligence in Computer Games Roundtable	Procedural, There is Nothing Random About it	Designing Assassin's Creed 2
AI and Interactive Storytelling: How We Can Help Each Other	Experimental Game AI: Live Demos of Innovation	Dynamic Navmesh – AI in the Dynamic Environment of Splinter Cell: Conviction	Multiplayer Level Design in Red Faction Guerrilla	
AI developers Rant!	Answering the Designers' AI Wish List			

AI lecture
 AI Animation
 Procedural
 Game Design
 Code

GDC資料

GDC 07,08,09,10, Austin GDC などの発表資料、
一部音声、映像は以下のサイトで公開されています。

<http://www.gdcvault.com/>

A.I. Summit 2010

<http://aigamedev.com/open/coverage/gdc10-slides-highlights/>

Photo: <http://www.flickr.com/photos/davemark/sets/72157623498177349/detail/>

講演コンテンツ

I. Killzone 2 のAI (15分)

II. The Sims 3 のAI(10分)

III. まとめ(5分)

IV. 参考情報(付録)

講演コンテンツ

I. Killzone 2 のAI (15分)

II. The Sims 3 のAI(10分)

III. まとめ(5分)

IV. 参考情報(付録)

Killzone 2 の AI

Based on: Alex Champandard, Tim Verweij, Remco Straatman, "Killzone 2 Multiplayer Bots",
http://files.aigamedev.com/coverage/GAIC09_Killzone2Bots_StraatmanChampandard.pdf

Killzone 2 AI (マルチプレイヤーモード)

(1) Killzone 2 のAI思考

(2) Killzone 2 のマップ自動解析

Killzone 2 Screen

Killzone 2 AI (マルチプレイヤーモード)

(1) Killzone 2 のAI思考

(2) Killzone 2 のマップ自動解析

Scope

Killzone 2 / PS3

- Max 32 players
- Team-based game modes
- Multiple game modes on one map
- Players unlock / mix “badge abilities”

- Offline (1 human player & bots)
- Online (human players & bots)

The image shows the front cover of the Killzone 2 PS3 game. The cover features a close-up of a character's face with glowing red eyes and a menacing expression. Below the character, there are silhouettes of soldiers in a dark, industrial environment. The title 'KILLZONE 2' is prominently displayed in orange and white. The cover also includes the PlayStation 3 logo, a PEGI 18+ rating, and the SONY logo.

Game AI Conference, Paris, June 2009

KILLZONE™

Killzone2 AI

集団のAIのコントロールの仕方を考える

Killzone2 AI

各AIのアーキテクチャ

Individual AI

HTN Planner

HTN (Hierarchical Task Network)

Individual AI : HTN Planner

HTN Planning: Complexity and Expressivity.

K. Erol, J. Hendler and D. Nau.
In Proc. AAAI-94.

FSM:

A resulting plan:

Figure 1. Contrasting FSMs and GOAP

Planning Operators

- Patrol
 - Preconditions: No Monster
 - Effects: patrolled
- Fight
 - Preconditions: Monster in sight
 - Effects: No Monster

resulting HTN

Planning Methods

- Control All Points
 - Task: win-domination
 - Preconditions:
 - The team consists at least of 2 members
 - Subtasks:
 - Capture all domination points
 - Assign 2 members to patrol between those points
 - Assign remaining team to search and destroy task

Figure 2. A Method and an HTN for UT bots

HTN (Hierarchical Task Network)

Figure 1: Methods for transporting a package ?p, transporting two packages ?p and ?q, dispatching a truck ?t, and returning the truck. Arrows are ordering constraints. The shaded subtasks are *primitive* tasks that are accomplished by the following planning operators: (load ?t ?p) loads ?p onto ?t; (move ?t ?x ?y) moves ?t from ?x to ?y; (reserve ?t) deletes (available-truck ?t) to signal that the truck is in use; (free ?t) adds (available-truck ?t) to signal that the truck is no longer in use.

HTN (Hierarchical Task Network)

Figure 2: A plan for accomplishing (transport two p1 p2) from the following initial state: {(package p1), (at p1 l1), (destination p1 l3), (available-truck t1), (at t1 home), (package p2), (at p2 l2), (destination p2 l4), (available-truck t2), (at t2 home)}.

Dana Nau et al., "SHOP2: An HTN Planning System",
Journal of Artificial Intelligence Research 20 (2003) 379-404

HTN (Hierarchical Task Network)

Methods

- Totally ordered method: a 4-tuple

$$m = (\text{name}(m), \text{task}(m), \text{precond}(m), \text{subtasks}(m))$$
 - ◆ $\text{name}(m)$: an expression of the form $n(x_1, \dots, x_n)$
 - » $x_1, \dots, x_n$ are parameters - variable symbols
 - ◆ $\text{task}(m)$: a nonprimitive task
 - ◆ $\text{precond}(m)$: preconditions (literals)
 - ◆ $\text{subtasks}(m)$: a sequence of tasks $\langle t_1, \dots, t_k \rangle$

HTN (Hierarchical Task Network)

Methods (Continued)

- Partially ordered method: a 4-tuple
 $m = (\text{name}(m), \text{task}(m), \text{precond}(m), \text{subtasks}(m))$
 - ◆ $\text{name}(m)$: an expression of the form $n(x_1, \dots, x_n)$
 - » $x_1, \dots, x_n$ are parameters - variable symbols
 - ◆ $\text{task}(m)$: a nonprimitive task
 - ◆ $\text{precond}(m)$: preconditions (literals)
 - ◆ $\text{subtasks}(m)$: a partially ordered set of tasks $\{t_1, \dots, t_k\}$

air-travel(x,y)

task: travel(x,y)

precond: long-distance(x,y)

network: $u_1 = \text{buy-ticket}(a(x), a(y))$, $u_2 = \text{travel}(x, a(x))$, $u_3 = \text{fly}(a(x), a(y))$
 $u_4 = \text{travel}(a(y), y)$, $\{(u_1, u_3), (u_2, u_3), (u_3, u_4)\}$

Task はプラナーの
規則によって整列される

HTN (Hierarchical Task Network)

```
(:method (select_weapon_and_attack_as_turret ?inp_threat)
  ( branch_use_bullets // Only use bullets against humanoids and turrets.
    (and (or (threat ?inp_threat humanoid) (threat ?inp_threat turret) )
      (distance_to_threat ?inp_threat ?threat_distance)
      (call lt ?threat_distance @weapon_bullet_max_range) )
    ((attack_as_turret_using_weapon_pref ?inp_threat wp_bullets))
  )
  ( branch_use_rockets // Don't use rockets against humanoids and turrets.
    (and (not (threat ?inp_threat humanoid)) (not (threat ?inp_threat turret))
      (distance_to_threat ?inp_threat ?threat_distance)
      (call lt ?threat_distance @weapon_rocket_max_range) )
    ((attack_as_turret_using_weapon_pref ?inp_threat wp_rockets))
  )
)
```

HTN (Hierarchical Task Network)

```
(:method (select weapon and attack as turret ?inp threat)
```

```
  ( branch_use_bullets // Only use bullets against humanoids and turrets.
```

```
    (and (or (threat ?inp_threat humanoid) (threat ?inp_threat turret) )
```

```
      (distance_to_threat ?inp_threat ?threat_distance) Precondition
```

```
      (call lt ?threat_distance @weapon_bullet_max_range) )
```

```
    ((attack_as_turret_using_weapon_pref ?inp_threat wp_bullets)) Task
```

```
  )
```

```
  ( branch_use_rockets // Don't use rockets against humanoids and turrets.
```

```
    (and (not (threat ?inp_threat humanoid)) (not (threat ?inp_threat turret))
```

```
      (distance_to_threat ?inp_threat ?threat_distance)
```

```
      (call lt ?threat_distance @weapon_rocket_max_range) ) Precondition
```

```
    ((attack_as_turret_using_weapon_pref ?inp_threat wp_rockets))
```

```
    Task
```

```
  )
```

```
)
```

HTN (Hierarchical Task Network)

各AIの思考

```
(:domain attack_portable_turret
  (:method (attack_as_turret) // Turret keeps attacking same target as
long as possible.
    ( continue_attack_as_turret // Continue branch
      (active_plan attack_as_turret)
      (!continue)
    )
    ( branch_attack_as_turret // Attack an enemy if possible
      ()
      ( (!forget active_plan **) _____
        (!remember - active_plan attack_as_turret)

        (select_threat_and_attack_as_turret 0)
        (!forget active_plan **) ) _____
      )
    )
  )
)
```

....

Individual AI : Application

```
+ branch_mp_behave _____ 分岐(Branch)
+ (do_behave_on_foot_mp)
+ branch_medic_revive _____ 分岐(Branch)
+ (do_medic_revive)
- branch_medic_revive_abort
- branch_medic_revive_continue
+ branch_medic_revive
(!forget active_plan **)
(!remember - active_plan medic_revive [Soldier:TimmermanV])
(!log_color magenta "Medic reviving nearby entity.")
(!broadcast friendlies 30.0 10.0 medic_reviving [Soldier:TimmermanV])
(!select_target [Soldier:TimmermanV])
+ (walk_to_attack 5416 crouching auto)
+ (wield_weapon_pref wp_online_mp_bot_revive_gun)
- branch_auto_and_have_active
- branch_auto_wp_pref
- branch_dont_switch_weapon
+ branch_switch_weapon _____
  (#0 = wp_online_mp_bot_revive_gun)
  + (wield_weapon_pref internal wp_online_mp_bot_revive_gun)
(!use_item_on_entity [Soldier:TimmermanV] crouching)
(!forget active_plan **)
```

TaskList

分岐リスト

TaskList

Individual AI : Application

HTN PLAN (non-interruptible) - [BOT] Tremethick

DECOMPOSITION

TASK LIST

```
(!forget active_plan **)
(!remember - active_plan medic_revive [Soldier:TimmermanV])
(!log_color magenta "Medic reviving nearby entity.")
(!broadcast friendlies 30.0 10.0 medic_reviving [Soldier:TimmermanV])
(!select_target [Soldier:TimmermanV])
(!walk_segment (2370 2369 2368 2367 2366 2365 ... 5416) standing auto () () ())
A (!select_weapon wp_online_mp_bot_revive_gun)
  (!use_item_on_entity [Soldier:TimmermanV] crouching)
  (!forget active_plan **)
```

ACTIVE TASK INFO

AIHTNPrimitiveTaskSelectWeapon -

Squad AI アーキテクチャ

Killzone2におけるHTN統計

Individual AI : Random Numbers

Individual bot domain

- 360 methods
- 1048 branches
- 138 behaviors
- 147 continue branches

During multiplayer game (14 bots / max. 10 turrets / max. 6 drones / squads)

- Approx. 500 plans generated per second
- Approx. 8000 decompositions per second
- Avg. 15 decompositions per planning.
- Approx 24000 branch evaluations per second.

各AIのアーキテクチャ

Individual AI

HTN Planner

Squad AI

```
(:method (order_member_defend ?inp_member ?inp_id ?inp_level ?inp_marker ?inp_context_hint)
  ...
  (branch_advance
    ()
    (
      (!forget member_status ?inp_member **)
      (!remember - member_status ?inp_member ordered_to_defend ?inp_id)
      (!start_command_sequence ?inp_member ?inp_level 1)
      (do_announce_destination_waypoint_to_member ?inp_member)
      (!order ?inp_member clear_area_filter)
      (!order ?inp_member
        set_area_restrictions (call find_areas_to_wp ?inp_member (call get_entity_wp ?
inp_marker)))
      (!order_custom ?inp_member move_to_defend ?inp_marker ?inp_context_hint)
      (!order_custom ?inp_member send_member_message_custom completed_defend ?
inp_id)
      (order_set_defend_area_restriction ?inp_member (call get_entity_area ?inp_marker))
      (!order_custom ?inp_member defend_marker ?inp_marker ?inp_context_hint)
      (!end_command_sequence ?inp_member)
    )
  )
)
```

Squad AI

```
(:method (order_member_defend ?inp_member ?inp_id ?inp_level ?inp_marker ?inp_context_hint)
  ...
  (branch_advance
    ()
    (
      (!forget member_status ?inp_member **)
      (!remember - member_status ?inp_member ordered_to_defend ?inp_id)
      (!start command sequence ?inp_member ?inp_level 1)
      (do_announce_destination_waypoint_to_member ?inp_member)
      (!order ?inp_member clear_area_filter)
      (!order ?inp_member
        set_area_restrictions (call find_areas_to_wp ?inp_member (call get_entity_wp ?
inp_marker)))
      (!order_custom ?inp_member move_to_defend ?inp_marker ?inp_context_hint)
      (!order_custom ?inp_member send_member_message_custom completed_defend ?
inp_id)
      (order_set_defend_area_restriction ?inp_member (call get_entity_area ?inp_marker))
      (!order_custom ?inp_member defend_marker ?inp_marker ?inp_context_hint)
      (!end_command sequence ?inp_member)
    )
  )
)
```

兵士へ命令

スカッドを目的に応じて動的に構成

Inspiration

Building a Better Battle: The Halo 3 AI Objectives System
Damian Isla
Game Developers Conference, 2008.

disposable enemies	persistent bots
level specific use	applied generally
for designers	for programmers
mostly declarative	mostly procedural
story-driven	strategic

Killzone2

復習 : Halo3のチームAI <解説>

GDC2008に見るAI、プロシージャル、製作パイプライン技術の発展

http://igda.sakura.ne.jp/sblo_files/ai-igdajp/AI/IDGA_GDC08_Miyake_public.pdf

Halo 3 AI Objectives Systemイメージ

タスクが Squadを選ぶ

各タスクが自分で自分の
オンオフとプライオリティーを計算

トップ(最も高い)プライオリティーの
高いタスクを考慮する

現在、タスクを割り当てられる
Squad をリストする

タスクの受け入れ条件に合う Squad
を割り当てて行く

NON FACITE ROBIS CALLIDARE TESTVM

Designer UI

Task	Conditions	Filter	Style	Min	Max	Bodies	Life	Min Str	#fps
(0) phantom		☒ phantom	Normal	0	0	0/0	0/0	0.00	3
(0) infantry_gate		☐ none	Normal	0	0	0/0	0/0	0.00	0
(0) back_jackal_gate		☒ jackal	Normal	0	0	0/0	0/0	0.00	0
(0) dock_gate	[<= g_ss_obj_control 4]	☐ none	Normal	0	0	0/7	0/0	0.00	0
(0) back_gate		☐ none	Normal	0	0	0/0	0/0	0.00	0
(0) b_cov_back	[>= g_ss_obj_control 9]	☒ leader	Normal	3	5	0/0	0/0	0.00	34
(0) b_front_01b	[and (not (volume_test_players tv_ss_07)) (<= g_ss_obj_control 7)]	☒ leader	Normal	0	5	0/4	0/0	0.00	70
(0) b_front_01a		☐ none	Normal	0	0	0/2	0/0	0.00	61
(0) b_cov_03		☒ leader	Normal	0	4	0/5	0/0	0.00	44
(0) b_cov_01	[<= g_ss_obj_control 7]	☒ leader	Normal	0	4	0/4	0/0	0.00	71
(0) b_cov_02	[<= g_ss_obj_control 8]	☒ leader	Normal	0	4	0/4	0/0	0.00	64
(0) brute		☒ brute	Normal	0	2	0/3	0/0	0.00	64
(0) b_grunt_01	[<= g_ss_obj_control 7]	☒ grunt	Normal	0	3	0/0	0/0	0.00	47
(0) b_grunt_02	[<= g_ss_obj_control 8]	☒ grunt	Normal	0	3	0/0	0/0	0.00	46
(0) wayback		☐ none	Normal	0	0	0/0	0/0	0.00	15

Active or inactive

種族によるフィルター
(受け入れ条件)

復習 : Halo3のチームAI <解説> 終了

GDC2008に見るAI、プロシージャル、製作パイプライン技術の発展

http://igda.sakura.ne.jp/sblo_files/ai-igdajp/AI/IDGA_GDC08_Miyake_public.pdf

スカッドを目的に応じて動的に構成

Inspiration

Building a Better Battle: The Halo 3 AI Objectives System
Damian Isla <http://www.bungie.net/Inside/publications.aspx>
Game Developers Conference, 2008.

disposable enemies	persistent bots
level specific use	applied generally
for designers	for programmers
mostly declarative	mostly procedural
story-driven	strategic

Killzone2

スカッドを目的に応じて動的に構成

スカッドを目的に応じて動的に構成

Search and Retrieve

攻撃対象、護衛対象はゲーム内で動的に決定

advance
attack
escort

defend

最初から決まっている

最初から決まっている

対象が決まれば対象からの距離などからスカッドを形成。或いは、既にあるスカッドに対象を割り当てる。

Paris Game AI Conference, 2009.

KILLZONE™

The image is a screenshot from the game Killzone 2, showing a top-down view of a battlefield with a river and various structures. Three specific squad formations are highlighted with colored circles and arrows. A red circle labeled 'advance' has a green arrow pointing to it from a box below that says '最初から決まっている' (Decided from the beginning). A white circle labeled 'advance attack escort' has a green arrow pointing to it from a box above that says '攻撃対象、護衛対象はゲーム内で動的に決定' (Attack and escort targets are dynamically determined in-game). A yellow circle labeled 'defend' has a green arrow pointing to it from a box below that says '最初から決まっている' (Decided from the beginning). A separate text box on the right explains that squads are formed based on target distance or assigned to existing squads.

Killzone 2 AI (マルチプレイヤーモード)

(1) Killzone 2 の AI思考

(2) Killzone 2 のマップ自動解析

マップ

AIの基本原則:異なる目的に、異なるデータ表現を作成する
たとえ、同じ対象物であっても、AIの行動用途に応じてデータ表現を作れ。

特に、マップに関してはを「データ階層化」しておくこと(世界表現)

Killzoneにおけるマップ

AIの基本原則:異なる目的に、異なるデータ表現を作成する
たとえ、同じ対象物であっても、AIの行動用途に応じてデータ表現を作れ。

戦術思考

戦略思考

ウェイポイント

特に、マップに関してはを「データ階層化」しておくこと(世界表現)

戦略グラフを作りたい

Strategic Graph

Paris Game AI Conference, 2009.

KILLZONE™

Killzone 2 のウェイポイント

ウェイポイントをクラスター化

サイズと含むウェイポイント数を決めて
なるべく正方形になるように形成

戦略グラフ

Strategic Graph

Paris Game AI Conference, 2009.

KILLZONE™

戦略グラフ

各エリア間で接するポイントをピックアップして結ぶ

戦略グラフ

何に使うのか？ グローバルな戦況判断

影響マップの方法 <解説>

Influence Map(影響マップ)

セル分割されたマップに、問題とする性質の評価値を記録して行く方法

(例)①占有度

<http://www.fdaw.unimaas.nl/education/4.5GAI/slides/Influence%20Maps.ppt>

Influence Map(影響マップ)

セル分割されたマップに、問題とする性質の評価値を記録して行く方法

- (例) ① 占有度
② 通過可能確率

Influence Map(影響マップ)

(例) 様々なIMから計算して戦略的な位置取りを計算する

Age of Empire(AOE)における利用例

AOEはタイルベースの
RTS(リアルタイムストラテジー)

マップは毎回、自動生成

Figure 2: Wireframe and no-blend mode shows tiles better.

Age of Empire(AOE)における利用例①

金鉱発掘小屋の最適位置自動検出

Figure 3: Influence map around gold mines.

金鉱 = アトラクター
(吸引源)

防壁 = デトラクター
(排斥源)

AIに金鉱の発掘小屋を適切な位置に置かせるには？

= 金鉱に近いが、近すぎたはいけないところに置く

金鉱の回りのタイル(仮想的)防壁を置いて、
近すぎも遠すぎもしない点に最高点のタイルが来るようにする

= 自動位置検出

Age of Empire(AOE)における利用例②

兵隊の配置の最適位置自動検出

↘		↓		↙
	0.8	0.8	0.8	
→	0.8	1.0	0.8	←
	0.8	0.8	0.8	
↗		↑		↖

高い場所＝アトラクター
(吸引源)

↖		↑		↗
	-0.6	-0.6	-0.6	
←	-0.6	-1.0	-0.6	→
	-0.6	-0.6	-0.6	
↘		↓		↙

家がある場所＝デトラクター
(排斥源)

兵士を街からなるべく遠く、高台の場所に置かせたい
＝ 高い場所(アトラクター)、家がある(デトラクター)とする

Age of Empire(AOE)における利用例③

兵隊の配置の最適位置自動検出

既知の敵のビル、以前通ったルート = デトラクタ
(排斥源)

この排斥源が与えるコストをパス検索のコストとすると、「なるべく遠ったことのない敵の基地からみつきりにくいパス」を見つけることができる。

SimCity における影響マップの利用

$\text{Crime} = \text{Pop. Density}^2 - \text{Land Value} - \text{Police Effect}$

$\text{Land Value} = \text{Distance}[\text{Zonetype}] + \text{Terrain} + \text{Transport}$

“AI: A Desing Perspective” AIIDE 2005
<http://www.aiide.org/aiide2005/talks/index.html>
<http://thesims.ea.com/us/will/>

多摩 豊, 角川書店, 1990
「ウィル・ライトが明かすシムシティのすべて」,

影響マップの方法 <解説> 終わり

Killzone 2 における影響マップ

ボット、砲塔、死亡ポイントの情報を反映させる

さまざまな意思決定に用いる

Killzone 2 における戦略的パス検索

スカッド毎にコストと影響マップを使って戦略パスを見出す

Strategic Pathfinding Costs

Paris Game AI Conference, 2009.

KILLZONE™

Killzone 2 における戦略的パス検索

スカッド毎にコストと影響マップを使って戦略パスを見出す

Strategic Pathfinder

Killzone 2 における戦略的パス検索

スカッド毎にコストと影響マップを使って戦略パスを見出す

Strategic Pathfinder

Killzone 2 における戦略的パス検索

スカッド毎にコストと影響マップを使って戦略パスを見出す

Killzone 2 における戦略的パス検索

スカッド毎にコストと影響マップを使って戦略パスを見出す

Killzone 2 AIのまとめ

- (1) 各AI、スカッドAIに階層型タスクネットワークプランナー (HTN Planner) を導入した。
- (2) 戦略マップを自動生成した (マップを階層化した)。
- (3) 戦略マップ上に影響マップの方法を導入して、スカッドの戦略思考、戦略的パス検索を導入した。

References

(1) AI Summit '10: Slides, Notes, Highlights and Photos

<http://aigamedev.com/open/coverage/gdc10-slides-highlights/#session1>

(2) On the AI Strategy for KILLZONE 2's Multiplayer Bots

<http://aigamedev.com/open/coverage/killzone2/>

(3) Killzone 2 Multiplayer Bots

http://files.aigamedev.com/coverage/GAIC09_Killzone2Bots_StraatmanChampandard.pdf

(4)

Maria Cutumisu, Duane Szafron, "An Architecture for Game Behavior AI: Behavior Multi-Queues",

<http://webdocs.cs.ualberta.ca/~duane/publications/pdf/2009aiideMC.pdf>

(5)

Kutluhan Erol. James Hendler. Dana S. Nau., "HTN Planning: Complexity and Expressivity.",

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.57.6003&rep=rep1&type=ps>

(6)

Dana S. Nau, "Hierarchical Task Network Planning", Lecture slides for Automated Planning:

Theory and Practice

<http://www.cs.umd.edu/~nau/cmssc722/notes/chapter11.pdf>

講演コンテンツ

I. Killzone 2 のAI (15分)

II. The Sims 3 のAI(10分)

III. まとめ(5分)

IV. 参考情報(付録)

The Sims の AI

Based on: Richard Evans, “Modeling Individual Personalities in The Sims 3”,
http://cmpmedia.vo.llnwd.net/o1/vault/gdc10/slides/Evans_Richard_ModelingIndividualPersonalitiesInTheSims3.pdf

The Sims Screen

The Sims 3 の2大目標

- (1) 自動物語生成
- (2) Simたちをもっと個性的にする

The Sims 3 の2大目標

- (1) 自動物語生成
- (2) Simたちをもっと個性的にする

自動物語生成～Sim たちの物語～

復習

The Sims のAIの概要

三宅陽一郎、「Spore におけるゲームAI技術とプロシージャル」

(DiGRA Japan 第14回 月例研究会)

<http://www.digrajapan.org/modules/mydownloads/>

The Sims シリーズのAIの作り方

Meta
Peer
Sub

[原則] 周囲の対象に対する、あらゆる可能な行動から、**Happiness** 係数を最大化する行動を選択する。

Sims (not under direct player control) choose what to do by selecting, from all of the possible behaviors in all of the objects, the behavior that maximizes their current happiness.

人をダイナミクス(力学系、動的な数値の仕組み)として動かす。
世界を動かす PeerAI(=キャラクターAI) を構築。

オブジェクトに仕込むデータ構造

Data (Class, State)

**Graphics (sprites, z-
Animations (skeletal)**

Sound Effects

Code (Edith)

- Main (object thread)
- External 1
- External 2
- External 3

パラメーター

グラフィックス
アニメーション

サウンド

メインスレッド

いろいろなインタラクションの仕方

NPCに仕込むデータ構造

最適な行動を選択する

Hunger +20
Comfort -12
Hygiene -30
Bladder -75
Energy +80
Fun +40
Social +10
Room -60

Mood +18

Toilet

Mood +26

-Urinate (+40 Bladder)
-Clean (+30 Room)
-Unclog (+40 Room)

Bathtub

Mood +20

-Take Bath(+40 Hygiene)
(+30 Comfort)
-Clean (+20 Room)

[原則] 周囲の対象に対する、あらゆる可能な行動から、**Happiness** (ここでは**Mood**) 係数を最大化する行動を選択する。

Moodの計算のためのウエイト

(ウエイト=Moodへどれぐらい貢献するか)

== Mood (-100..+100)

$$\text{Mood} = w_{\text{Hunger}}(X_{\text{Hunger}}) * X_{\text{Hunger}} + w_{\text{Energy}}(X_{\text{Energy}}) * X_{\text{Energy}} + \dots$$

計算の仕方

計算の仕方

W_Hunger関数

-80の時の食事欲求 = $W_{Hunger}(-80) * (-80)$

60の時の食事欲求 = $W_{Hunger}(60) * (60)$

Δ (変化分) = $W_{Hunger}(60) * (60) - W_{Hunger}(-80) * (-80)$

限界効用逡減の法則

ビールは一杯目が一番おいしい

$$\Delta (-80 \rightarrow 60) = W_Hunger(60) * (60) - W_Hunger(-80) * (-80)$$

$$\Delta (60 \rightarrow 90) = W_Hunger(90) * (80) - W_Hunger(90) * (60)$$

$\Delta (-80 \rightarrow 60)$ の方が $\Delta (60 \rightarrow 90)$ より圧倒的に大きい

ある程度満たされたものを満たすより、
満たされないものをある程度満たす方が大きな満足をもたらす

Moodの計算のためのウエイト

(ウエイト=Moodへどれぐらい貢献するか)

== Mood (-100..+100)

$$\text{Mood} = w_{\text{Hunger}}(X_{\text{Hunger}}) * X_{\text{Hunger}} + w_{\text{Energy}}(X_{\text{Energy}}) * X_{\text{Energy}} + \dots$$

Mood を最大化

冷蔵庫が最も総合的にMoodを上昇させるから

Mood を最大化

冷蔵庫へ行きます。

Mood を最大化

お腹が膨れたので、ちょっと退屈だから、女の子と話します。

復習終わり

The Sims のAIの概要

三宅陽一郎、「Spore におけるゲームAI技術とプロシージャル」

(DiGRA Japan 第14回 月例研究会)

<http://www.digrajapan.org/modules/mydownloads>

The Sims 3 の4つの改善点

- (1) 階層型プランニング
- (2) オブジェクトとのインタラクション効率化
- (3) 自動欲求充足
- (4) ストーリー駆動制御

The Sims 3 の4つの改善点

- (1) 階層型プランニング
- (2) オブジェクトとのインタラクション効率化
- (3) 自動欲求充足
- (4) ストーリー駆動制御

各AIのアルゴリズム

階層型プランニング

Hierarchical Planning

問題点:プログラムの分岐が多すぎる

❖ Bad idea:

あらゆる相互作用を考慮

```
for each lot l
  for each agent x in l
    for each social interaction a on x
      consider performing a on x
```

❖ Better idea:

注目するエージェントの行動範囲だけを考慮

```
Choose which lot to go to: l
Then choose which agent to talk to in l : x
Then choose which social interaction to perform
```

❖ $O(L * M * N)$ vs $O(L + M + N)$

❖ L is the number of lots, M is the number of agents, and N is the number of interactions on each agent

❖ L = 90, M = 80, N = 300

計算量の軽減

The Sims 3 の4つの改善点

- (1) 階層型プランニング
- (2) オブジェクトとのインタラクション効率化
- (3) 自動欲求充足
- (4) ストーリー駆動制御

問題点: 各AIの感情パラメーター多すぎる

動機パラメーターの シミュレーションの効率化

❖ Sims 1 & 2:

あらゆる同期パラメーターを考慮

```
for each interaction a on each object x
  check if a is currently available on x
  if so, work out how much I want to do a
```

- ❖ This is very inefficient when most desires are satisfied most of the time.
- ❖ Suppose I have just eaten a large meal, and am completely full up. The Sim will still consider every possible food interaction, even though he has no need to eat!
物と動機パラメーターのマッピング
- ❖ In Sims 3, we store a map from things we might want (“commodities”) to interactions which satisfy that commodity.

物と欲求の相互作用マップ

The Sims 3 **Commodity-Interaction Maps**

動機
パラメーター
インタラク
ション

Commodity	Interactions
Bladder	Use(ToiletStall) Use(ToiletStall) Use(ToiletStall) Use(ToiletStall)
Hunger	Have Refreshing Drink(BarModern) Have Refreshing Drink(BarModern) (FridgeDrawer) (FridgeDrawer)
Energy	Nap(ChairLivingDesigner) Nap(ChairLivingDesigner) Drink Delicious Half-Caf Chocolate Lite Frothiccino with Caramel Spr
Hygiene	Take Shower(ShowerLoft) Take Bath(BathtubModern) Take Delightful Bubble Bath(BathtubModern) Take Shower(Shower
Fun	Pump Iron(WorkoutBench) Dance(StereoExpensive) Turn On(StereoExpensive) Strength Training(StereoExpensive) Take
Dirtiness	Clean(C4) Clean(C6) Clean(ShowerLoft) Clean(BathtubModern) Clean(ToiletStall) Clean(ToiletStall) Take Out Trash(Trash
Social	Train (WorkoutBench) (WorkoutBench) Train (StereoExpensive) (StereoExpensive) Train Buster(TVWall) (TVWall) Train (
ComeAndSee	Check Out New Object(Pool)
DaredevilOnDare	Take Shower(ShowerLoft) Take Shower(ShowerLoft) Take Shower(ShowerLoft) Take Shower(ShowerLoft)
ExtinguishSelf	Put Out Self(ShowerLoft) Put Out Self(ShowerLoft) Put Out Self(ShowerLoft) Put Out Self(ShowerLoft) ***** Gameplay/Abstract
SwimmingInPoolMotive	***** Gameplay/Abstracts/ScriptObject/GetInPool:InteractionName ***** (Pool) Swim(Pool)
PrepareForParty	Clean(C4) Clean(C6) Clean(ShowerLoft) Turn On(StereoExpensive) Clean(BathtubModern) Clean(ToiletStall) Clean(Toilet
BeHostAtParty	Make Refreshing Drinks(BarModern) Make Refreshing Drinks(BarModern) (FridgeDrawer) Serve Delightful Hot Beverage
ChildEnjoyParty	Play Video Game(TVWall)
TeenEnjoyParty	Dance(StereoExpensive) Turn On(StereoExpensive)
AdultEnjoyParty	Dance(StereoExpensive) Turn On(StereoExpensive)
PrepareForFuneral	Clean(C4) Clean(C6) Clean(ToiletStall) Clean(ToiletStall) Clean(ToiletStall) Clean(ToiletStall) Clean(C457) Clean(C458)
BeGuestAtFuneral	Sit(ChairDiningModerate) Sit(ChairDiningModerate) Sit(ChairDiningModerate) Sit(ChairLivingDesigner) Sit(ChairLivingDesi
StayAtVenue	Sit(ChairDiningModerate) Sit(ChairDiningModerate) Sit(ChairDiningModerate) Sit(BathtubModern) Sit(ChairLivingDesigner)
BeInGym	Pump Iron(WorkoutBench) ***** Gameplay/Abstracts/ScriptObject/GetInPool:InteractionName ***** (Pool) Work Out(Treadmi
BeInArtGallery	View(UberBoxPedestal) View(SculptureVaseContemporary) View(SculptureVaseContemporary) View(SculpturePlantPhilc
BeAtSwimmingPool	***** Gameplay/Abstracts/ScriptObject/GetInPool:InteractionName ***** (Pool) Swim(Pool) Relax(ChairLoungeModern) Rela
BeSuspicious	Look In Window(WindowFullContemporary2x1) Look In Window(WindowFullContemporary2x1) Look In Window(WindowFu
BeMaid	Clean(C4) Clean(C6) Clean(ShowerLoft) Clean(BathtubModern) Clean(ToiletStall) Clean(ToiletStall) Take Out Trash(Trash
BeRepairman	Repair Shower(ShowerLoft) Repair(StereoExpensive) Repair(BathtubModern) Unclog(ToiletStall) Unclog(ToiletStall) Uncl
KeepSwimming	Swim(Pool)
RelieveNausea	Vomit(ToiletStall) Vomit(ToiletStall) Vomit(ToiletStall) Vomit(ToiletStall)

マップから満たしたい動機パラメーターに関係した
インタクションだけをピックアップできる

The Sims 3 の4つの改善点

- (1) 階層型プランニング
- (2) オブジェクトとのインタラクション効率化
- (3) 自動欲求充足
- (4) ストーリー駆動制御

特定の欲求は自動的に充足

The Sims 3 **Auto-Satisfy Curves**

Motives

Motive	Intensity	InitialMin	InitialMax	HasDef...	Trigger...	TriggerValu...	AddBuff	RemoveBuff	CustomClass	Trigger...	TriggerValu...	AddBuff
Bladder	4000	75	100	True	-100	-91	ReallyHasT...			-90	-61	HasToPee
Bladder age: Tod...	4000	75	100	True	-100	-91	ReallyHasT...			-90	-61	HasToPee
Bladder age: Baby	4000	95	100	True	-100	-91	ReallyHasT...			-90	-61	HasToPee
Bladder age: Elder	4000	90	100	True	-100	-91	ReallyHasT...			-90	-61	HasToPee
Hunger	10000	0	0	False	-100	-61	Starving			-60	-61	VeryHungry
Hunger age: Tod...	10000	0	0	False	-100	-61	Starving			-60	-61	VeryHungry
Hunger age: Baby	10000	0	0	False	-100	-61	Starving			-60	-61	VeryHungry
Energy	4000	83	83	False	-100	-100	Exhausted			-99	-80	Tired
Energy age: Baby	4000	83	83	False	-100	-100	Exhausted			-99	-80	Tired
Energy age: Tod...	4000	83	83	False	-100	-100	Exhausted			-99	-80	Tired
Fun	1250	0	0	True	0	100		Overworked		-100	-51	Stressed
Hygiene	700	80	95	True	-100	-81	Smelly	SqueakyClean, Grungy		-80	-61	Grungy
Hygiene age: Baby	5000	80	95	True	-100	-81	Smelly	SqueakyClean, Grungy		-80	-61	Grungy
Hygiene age: To...	5000	80	95	True	-100	-81	Smelly	SqueakyClean, Grungy		-80	-61	Grungy
Work	1000	0	0	True								
GoHome	0	95	100	False								
Social	400	95	100	True	-100	-99	Desolate	Lonely		-98	-61	Lonely
Social age: Baby	2000	95	100	True	-100	-89	Desolate	Lonely		-88	-61	Lonely
Social age: Toddler	2000	95	100	True	-100	-89	Desolate	Lonely		-88	-61	Lonely

Universal Inusable

Initial Value

From Auto-Satisfy Curve Fixed

Time Randomness: 0.5

Decay

No Decay Variable Decay By Moodlet From Auto-Satisfy Curve Decay to Zero Fixed Decay

Configure Moodlet Decay

Show Decay

Specificity

Age: Trait:

Hunger Auto Satisfy

Hunger Desire

Hunger Mood Contribution

特定の動機パラメーターからの影響を軽減

The Sims 3 の4つの改善点

- (1) 階層型プランニング
- (2) オブジェクトとのインタラクション効率化
- (3) 自動欲求充足
- (4) ストーリー駆動制御

メタAIが街全体をコントロールする

男女のバランスを調整

- ❖ Create Household
- ❖ Create and Move In
- ❖ Emigrate Household
- ❖ Have Baby
- ❖ Add Sim
- ❖ Kill Sim

雇用率を調整

- ❖ Get Job
- ❖ Quit Job
- ❖ Get Fired

The Sims 3 の2大目標

- (1) 自動物語生成
- (2) Simたちをもっと個性的にする

Maslow の欲求階層

人間の持つ欲求は段階的に階層がある

個性化の2つの方針

- (1) 内面の構造を多様にする
- (2) 人との(社会的)インタラクションを変化させる

人間の個性の表現は、**内面を深く描くこと**、そして、**状況的な行為によって**表現されるのだ(ショーペンハウエル)。

❖ “The revelation of the Idea of man is accomplished chiefly by two means: by accurate drawings of *significant characters*, and by the invention of *poignant situations in which they reveal themselves*”
(Schopenhauer, *The World as Will and Representation*, Book III)

個性化の2つの方針

- (1) 内面の構造を多様にする
- (2) 人との(社会的)インタラクションを変化させる

人間の個性の表現は、**内面を深く描くこと**、そして、**状況的な行為によって表現されるのだ**(ショーペンハウエル)。

❖ “The revelation of the Idea of man is accomplished chiefly by two means: by accurate drawings of *significant characters*, and by the invention of *poignant situations in which they reveal themselves*”
(Schopenhauer, *The World as Will and Representation*, Book III)

個性化の方法

- (1) 各Simは80ある特性のうち5つをピックアップする
- (2) 特性は、**各アクションの仕方**を変化させる
(例)歩き方、喋り方、待ち方、見回し方など。
- (3) ゲームデザイナーがチューニングできるように、データドリブンの仕組みを作る。

- ❖ Producers added hundreds of social interactions
- ❖ Producers added thousands of production rules
- ❖ They were adding content in a safe environment: they couldn't crash the system or cause an infinite loop

問題点：時間帯によっては適しない (個性化のための)動機パラメーターがある

- ❖ In Sims 1 & 2, every Sim had the same 8 motives
- ❖ In Sims 3, each Sim has a different set of motives, based on his traits
- ❖ But the set of motives doesn't just vary between individuals, it also varies within the *same individual* over time
- ❖ We add and remove motives through time, to model a Sim's understanding of social norms

ある時間帯は特定の動機パラメーターを削除

個性化の2つの方針

- (1) 内面の構造を多様にする
- (2) 人との(社会的)インタラクションを変化させる

人間の個性の表現は、**内面を深く描くこと**、そして、**状況的な行為によって表現されるのだ**(ショーペンハウエル)。

❖ “The revelation of the Idea of man is accomplished chiefly by two means: by accurate drawings of *significant characters*, and by the invention of *poignant situations in which they reveal themselves*”
(Schopenhauer, *The World as Will and Representation*, Book III)

データドリブンなプロダクション・ルール

How Traits Affect Socializing

- ❖ Traits also affect how they **respond** to social interactions initiated by others
- ❖ How a Sim responds to a social depends on a series of production-rules:
プロダクションルール

```
TryingToBe.Funny -> Neutral
```

```
TryingToBe.Funny && Repetition -> Boring
```

```
TryingToBe.Funny && LTR < -20 -> Insulting
```

```
TryingToBe.Funny && Target.GoodSenseOfHumor -> Funny
```

データドリブンなプロダクション・ルール

- ❖ Production-rules are ranked by specificity
- ❖ The most specific rule fires
- ❖ Often, the traits of the actor or the target determine the outcome
- ❖ When a rule fires, the other Sim learns the trait
- ❖ Thus, trait learning is contextual

プロダクションルール

```
TryingToBe.Funny -> Neutral  
TryingToBe.Funny && Repetition -> Boring  
TryingToBe.Funny && LTR < -20 -> Insulting  
TryingToBe.Funny && Target.GoodSenseOfHumor -> Funny
```

プロダクションルールは種類によってランク付けされていて、最もランクの高いルールが発火する。
ルールが発火すると他のSimは、その特性を理解する。

講演コンテンツ

I. Killzone 2 のAI (15分)

II. The Sims 3 のAI(10分)

III. まとめ(5分)

IV. 参考情報(付録)

まとめ

FPS(戦闘) ⇔ 日常系のAIの比較

	FPS	日常系
内面	シンプル	複雑
思考	複雑	シンプル
周囲の環境の見え方	視線・射線に対する障壁	多様な行為のアフォーダンス
産み出したいもの	戦場	人間ドラマ
組織・人間関係	階層的・厳密	平坦的・緩い繋がり
スコープ時間	短期～長期	短期～長期
重要なもの	敵味方の生死	自分の幸福度
インタラクション	暴力・治癒	多様
学術との関係	アルゴリズム	哲学、認知科学、心理学など

キャラクターAIの技術はこの両極にある

FPS(戦闘) ⇔ 日常系のAIの比較

ゲームAIは広大にして多様
FPS⇔日常系はそれを捉える一つの軸

知能を構築するコツ：認識の階層化

知性の階層化はなぜ大切か？

人間(知性)は認識において、様々なスケールを持っている。

空間階層化

*蟻の巣の中から日常、
日常から自然界、宇宙まで*

時間階層化

*目の前の一瞬、明日、
来年、死後...*

時空間認識のスケーリング

思考の柔軟さ=思考の賢さ

=さまざまな時空間スケールにあった思考ができること

階層的にAIを構築せよ！

階層型AIの例

- Killzone 2 ... 空間、時間の思考の階層化
- The Sims 3 ... 行動思考の階層化
- ChromeHounds... ゴール階層化
- WCCF... AIシステム全体の階層化
- 他多数

[参考] DiGRA JAPAN 2009年5月の公開講座

「WCCF AIエンジニアリング: サッカーゲームAIの設計と実装」

<http://www.digrajapan.org/modules/mydownloads/images/study/20090529.pdf>

00年代から10年代へ

なんとか、キャラクターAI
のフレームが荒削りに完成

- エージェントアーキテクチャ
- パスプランニング
- パスデータ階層化
- 階層型思考
- アニメーションと意思決定
- プランニング

各分野を強化して統合する。
飛躍的なAIの向上

- エージェントアーキテクチャ
- パスプランニング
ノウハウの蓄積
- パスデータ階層化
データマイニング
- 階層型思考
- アニメーションと意思決定
プランニング
プランナーの探求

(人工知能で30年以上の研究の蓄積)

Individual AI : HTN Planner

PDF HTN Planning: Complexity and Expressivity.
K. Erol, J. Hendler and D. Nau.
In Proc. AAAI-94.

コスト高

講演コンテンツ

I. Killzone 2 のAI (15分)

II. The Sims 3 のAI(10分)

III. まとめ(5分)

IV. 参考情報(付録)

メタAI

デジタルゲームの簡易モデル

デジタルゲームの簡易モデル

デジタルゲームの簡易モデル

かつてのゲームAIの全体像(フルフレームム)

ゲームシステムはゲームステージの一部として、
キャラクターが制御される(お化け屋敷AI)

最近のゲームAIの全体像(フルフレーム)

最新のゲームAIの全体像(フルフレーム)

自分で考えて、自分で行動するAI

**From
COUNTER-STRIKE
to LEFT 4 DEAD:
Creating Replayable
Cooperative Experiences**

Counter Strike から L4D へ： くり返し遊べる協力ゲーム体験

From
COUNTER-STRIKE
to LEFT 4 DEAD:
Creating Replayable
Cooperative Experiences

Counter Strike から L4D へ： くり返し遊べる協力ゲーム体験

構築された非予測性

http://game.watch.impress.co.jp/docs/news/20090327_80051.html

パーティの感情：
総合的な緊張感

モンスターの
配布

プレイヤーのインテシティー(緊張感)を計算→ リラックスした後にモンスターを放つ！

ナビゲーションメッシュによる オフライン・リアルタイム空間情報解析

その領域をプレイヤーは見たか？
あるエリアは他のエリアから見えるか？ など。

覚えておくべきこと： パス検索はゲームデザインの幅を広げる

プレイヤーの来る方向を想定。
事前配置だけがデザインの妙。

柔軟にプレイヤーの変化に対応できる。

パス検索ある、なしでは、そもそも、ゲームデザインの
可能性に圧倒的な差が出る。

From
COUNTER-STRIKE
to LEFT 4 DEAD:
Creating Replayable
Cooperative Experiences

Counter Strike から L4D へ: くり返し遊べる協力ゲーム体験

構築された非予測性

From
COUNTER-STRIKE
to LEFT 4 DEAD:
Creating Replayable
Cooperative Experiences

Counter Strike から L4D へ： くり返し遊べる協力ゲーム体験

構築された非予測性

① カウンターストライクは今なおロングセラー →何故？
→分析→オンラインゲームでの緊張感と緩和の緩急

②プレイヤーに緊張の波を作りたい→敵の出現でコントロール

③ゾンビ恐怖ゲームが最適！

参考文献

- (1) 良質なゲームを生み出すプレイテストのアプローチ Valveの実験心理学博士が明かす、プレイテスト手法のあれこれ(GameWatch)
http://game.watch.impress.co.jp/docs/news/20090329_80132.html
- (2) Valve語る、「Counter-Strike」から「Left 4 Dead」へ
協力プレイ、リプレイ性、AIディレクターの秘密(GameWatch)
http://game.watch.impress.co.jp/docs/news/20090327_80051.html
- (3) Valve Software、「Physical Gameplay in Half-Life2」 (GameWatch)
物理エンジンが生むリアリティーとゲームとしての面白さのバランス
<http://game.watch.impress.co.jp/docs/20060325/valve.htm>
(実験段階)
- (4) Left 4 Dead Interview (Eurogamer)
<http://www.eurogamer.net/articles/left-4-dead-interview>
- (5) なんのためにボスキャラがいるのか？ (4gamers)
「Left 4 Dead」に見る、プレイヤーをCo-opに誘う仕掛け
<http://www.4gamer.net/games/035/G003579/20090327043/>

メタAIのための統計的手法とデータマイニング

http://game.watch.impress.co.jp/docs/news/20090329_80132.html

Left 4 Dead における、あるステージでのプレイヤーの死亡頻度マップ

メタAIのための統計的手法とデータマイニング

Halo3 における、あるステージでのプレイヤーの死亡頻度マップ。
殺傷武器別の Heatmap も描画できる。

<http://www.bungie.net/Online/HeatMaps.aspx>

メタAIの歴史①

岩谷徹氏： ファンと一般のユーザーを満足させる方法のひとつは人工知能AIのような考え方です。プレイヤースキルをプログラム側から判断して、難易度を調整していくというものです。これを私はセルフゲームコントロールシステムと呼んで10年以上前から開発に使っています。 —

International Game Designers Panel —

http://game.watch.impress.co.jp/docs/20050312/gdc_int.htm

遠藤雅伸氏 あと面白い機能なんですけれど、ゼビウスには非常に簡単なAIが組み込まれています。「プレイヤーがどれくらいの腕か」というのを判断して、出てくる敵が強くなるんです。

強いと思った相手には強い敵が出てきて、弱いと思った相手には弱い敵が出てきます。そういったプログラムが組み込まれています。ゲームの難易度というのは「初心者には難しく、上級者には簡単だ」ということが、ひとつの難易度で(調整を)やっていくと起きてしまうので、その辺を何とか改善したいな、ということでそういったことを始めてみたのですけれど、お陰で割合にあまり上手くない人でも比較的長くプレイできる、うまい人でも最後のほうに行くまで結構ドラマチックに楽しめる、そういった感じになっています。 — ゼビウスセミナー —

<http://spitfire.client.jp/shooting/xevious2.html>

メタAIの歴史②

「エージェント・アーキテクチャーから作るキャラクターAI」
(CEDEC2007、三宅)

<http://www.igda.jp/modules/mydownloads/visit.php?cid=2&lid=78>

...その他、多数の使い方がある。

Left 4 Dead のメタAIの新しい点

Left 4 Dead は、メタAIを、調整と言う意味ではなく、

- ① ゲームの面白さを作るために、**積極的に用いた**
- ② ユーザーをモデル化してプロシージャルにユーザーの状態を解析して対応した。

という2点で、これまでのメタAIの使い方とは違う。

メタAIを使う場合の注意

個々のAIはローカルな変化に対応し、
メタAIは、グローバルな状況と時間的变化を解析する。

メタAIは、個体のAIがある程度できた後でこそ、
最大の威力を発揮する。

個体のAIの不備は、グローバルなAIで埋めようとしても
埋まらない。そして、ユーザーのファースト・インプレッションは、
個々のAIの振る舞い、ゲーム全体としては、メタAIで決まる。

メタAIを使う場合は、
まず、個々のAIの知性をある程度完成させることが必要。

これからのゲームAIの全体像(フルフレーム)

自分で考えて、自分で行動するAI

イベントの自動生成、自律進行、自律終了

イベントの自動生成はあり得るか？

- アルゴリズム(プランニング、イベントグラフなど)
- パス検索技術によるNPCの非局在化
(これまでのイベントのように場所を限定する必要がない)

(例)

テクニック

- ①ある程度、内容が決まったイベントで、トリガー条件が満たされれば、発生する。
(例)ユーザーが作る家の密度が増すと、ドラゴンが出て来て焼き払おうとする。
- ②プレイヤーに善悪度や評判度というパラメーターを振っておき、その数値によって街の人々の対応や、イベント発生率、商店での価格が変化する。
(例) Fable (Lionhead Studio)
- ③シナリオ生成: あらかじめ決められたシナリオの役割に、プレイヤーやAIを当てはめる。
(例)パーティで一番強いプレイヤーの一人が他のプレイヤーから魔物に見えてしまうイベントなど。MMOの中で、「宿敵」を自動選別して、マッチングさせる。
- ④プランニング: イベントの単位を、(前提条件、イベント、結果)という形で複数用意し、それを連鎖アルゴリズムで、条件に応じてつないで行く。
(例) Façade (Michal Metas, CMU, Oz Project)

参考文献

- (1) FABLE (XBOX, Lionhead Studio, published by Microsoft)
<http://www.xbox.com/ja-JP/games/f/fable/>
- (2) Façade <http://www.interactivestory.net/>
- (3) Oz Project
<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/project/oz/web/papers.html>

ゲームAIコミュニティ

日本でもゲームAIを盛り上げて行こう！

(1) IGDA日本 ゲームAIメイリングリスト

ゲームAIの情報がたくさん！

参加されたい方は、三宅まで、

企業名と名前、登録メールアドレスを送ってください。

(2) IGDA日本 SIG-AI (ゲームAI専門部会)

上記のMLと同義です。

(3) ゲームAIコミュニティ in mixi

SIG-AI の mixi のコミュニティ・サイトです。

ML や SIG-AI に関係なく自由に参加してください。

IGDA (本体) SIG-AI

13年に渡るゲームAIのコミュニティ

- SIG-AI Meeting
- AI Progammmers Dinner (毎年、GDC最終日の夕方)
AI Round Table で申し込む

AI Game Programmers Guild

ゲームAIの世界を大いに盛り上げるための団体

少なくとも1タイトルリリース
したことがある。

レビンさんまでグーグルでメール
三宅で101番目のメンバー。

ご相談は三宅まで。

AIWisdom.com

AIWISDOM.COM

GAME AI ARTICLES & RESEARCH

[Home](#) [General Programming](#) [Artificial Intelligence](#) [Math](#) [Physics](#) [Graphics](#) [Networking](#) [Audio Programming](#)
[Audio/Visual Design](#) [Game Design](#) [Production](#) [Business of Games](#) [Game Studies](#) [Conferences](#) [Schools](#) [Contact](#)

Artificial Intelligence

- [State of the Industry](#)
- [Architecture](#)
- [State Machines](#)
- [Learning](#)
- [Scripting](#)
- [A* pathfinding](#)
- [Pathfinding / Movement](#)
- [Group Movement](#)
- [Group Cooperation](#)
- [Strategy / Tactical](#)
- [Animation Control](#)
- [Camera Control](#)
- [Randomness](#)
- [Player Prediction](#)
- [Fuzzy Logic](#)
- [Neural Nets](#)
- [Genetic Algorithms](#)
- [Natural Language](#)
- [Tips and Advice](#)
- [Tools and Libraries](#)
- [Genre: RTS / Strategy](#)
- [Genre: RPG / Adventure](#)
- [Genre: FPS / Action](#)
- [Genre: Racing](#)

338 Game AI Articles and Counting...

We help you find expert articles on commercial game AI development. Since many of these articles are published in books, this is the only site that helps you find them.

Thanks,
Steve Rabin
Principal Software Engineer, Nintendo of America Inc.
Instructor, DigiPen Institute of Technology and University of Washington Extension

NEWS

Join the AI Game Programmers Guild!

If you are a professional game AI developer with at least one published commercial title, then you can become a member of the AI Game Programmers Guild (it's free). The guild has over 80 members and is a great place to discuss game AI with the best in the business. We just organized the 2-day AI Summit at GDC 2009 and we're planning more events and activities. Just e-mail Steve Rabin with your credentials to join. Click on this "[Contact](#)" link to get the e-mail address.

NEWS

Call For Proposals:

AI Game Programming Wisdom 5 (deadline May 17th, 2009)

Once again Cengage and series editor Steve Rabin are looking for game developers to share their wisdom in the next brand new volume of the groundbreaking *AI Game Programming Wisdom* series. Anything that an AI game developer can do to help the series, including articles, tutorials, code, and...

Featured Book

40% off discount

Recommendations

"Latest from a must have series"
[Game Programming Gems 7](#)

"Cutting-edge graphics techniques"
[GPU Gems 3](#)

"Newest AI techniques from commercial games"
[AI Game Programming Wisdom 4](#)

<http://www.aiwisdom.com/>

参考情報

AI Summitレポート (GameWatch)

AIのサミットは初の開催。活発な知識共有が行なわれる

http://game.watch.impress.co.jp/docs/news/20090325_79918.html

「ゲームAI」とは何か？

AIプログラマーのギルドがセミナーを開催 (4gamers)

<http://www.4gamer.net/games/027/G002744/20090324048/>

書籍紹介「デジタルゲームの教科書」

NOW

PRINTING

2010年4月発売

(出版)

ソフトバンク・クリエイティブ

AI/Procedural/BoardGame

60/30/30 = 120

デジタルコンテンツ制作の 先端技術応用に関する調査研究報告書

2007年度（300ページ）

http://www.dcaj.org/report/2007/data/dc08_07.pdf

2008年度（400ページ）

http://www.dcaj.org/report/2008/data/dc_08_03.pdf

2009年度（400ページ）

http://www.dcaj.org/report/2009/data/dc_09_03.pdf

「ゲーム開発技術ロードマップ」(2008～2009年の報告書に掲載)

全技術分野のエキスパートの原稿

①過去30年分の歴史的経緯（～15ページ程度）

②年表

③これからの展望

ゲーム開発技術ロードマップ

方針： ゲーム開発技術の歴史を編纂する

これまで殆ど編纂されることがなかった

ゲーム開発技術の歴史を編纂し、

現在までの日本のゲーム開発技術の系譜を明らかにし、

これからの展望へ繋げて行く

期間： 2008年4月～2010年3月

実施方法：

- ① 各分野のエキスパートに歴史的見地から執筆依頼
- ② インタビュー

目標： ゲーム産業の技術をゲーム産業自身が明らかにする

- ① 技術戦略の足場を固める。
- ② ゲーム産業の技術の歴史を明らかにする。
- ③ ゲーム産業の技術者の技術的位置と立場を明らかにする。
- ④ ゲーム産業の新人にこれまでの歴史を解説する。
- ⑤ 複数の視点から歴史を検証する

執筆者の皆さん(21分野21人)

ゲームデザイン 井上明人(国際大学GLOCOM 研究員)

3D CG製作 川島 基展(東京工科大学 片柳研究所クリエイティブ・ラボ)

サウンド製作 細江 慎治(株式会社スーパースイープ)

アニメーション製作 金久保 哲也(株式会社バンダイナムコゲームス)

プログラミングAI 三宅 陽一郎(株式会社フロム・ソフトウェア)

プログラミング グラフィックス描画 宮澤 篤 大久保 明(株式会社バンダイナムコゲームス)

プログラミング 物理・衝突判定 長谷川 晶一(電気通信大学)

タスクシステム技術 田村 祐樹 (株式会社ネバーランドカンパニー) 大野 功二(オープランニング)

黒須一雄(株式会社モバイル&ゲームスタジオ)

プログラミング スクリプト 小久保 啓三(専門学校HAL 東京)

ネットワーク通信 佐藤カフジ(フリーライター)

開発方法論 長久 勝 (ハイパーコンテンツ(株)/早稲田大学メディアネットワークセンター)

2Dグラフィックス 近藤敏信氏(有限会社スタジオ)

3Dグラフィックス シェーダー 今給黎隆 (株式会社バンダイナムコゲームス)

ゲーム物理シミュレーション 今給黎隆 (株式会社バンダイナムコゲームス)

ミドルウェア 佐藤カフジ (フリーライター)

シナリオ すずきこういち (シナリオライター)

ユーザーインターフェイス(ハードウェア) 大神佳人氏(株式会社HORI)

ユーザーインターフェイス(ソフトウェア) サイトウアキヒロ氏(立命館大学)

開発工程管理 田村 祐樹 (株式会社ネバーランドカンパニー)

ローカライズ 長谷川亮一 (セガ)

アセンブラ 山口 誠 (株式会社グッド・フィール)

AIに対するセンスを磨こう！

Twitter で Bot と話す

- お薦めボット

_Boogiepop

コードギアスのbotたち(Nunnally_bot など)

映画紹介「イヴの時間」

スタジオ六花

アンドロイドが社会で
一般的になった近未来の話

*高度な頭脳を持ったアンドロイドは
労働以外の時間に何を思うだろうか？*

来週まで池袋で上映中！

<http://www.studio-rikka.com/eve/>

Twitter: timeofeve

書籍紹介

2010年4月発売

(出版)
ソフトバンク・クリエイティブ

AI/Procedural/BoardGame

60/30/30 = 120

ご清聴ありがとうございました。

これ以外に、意見や質問があれば、メールかアンケートへ
y.m.4160@gmail.com

Blog 「y_miyakeのゲームAI千夜一夜」
<http://blogai.igda.jp/>