

「次世代デジタルゲームにおける 人工知能の研究課題について」

三宅 陽一郎

y.m.4160@gmail.com

<http://www.facebook.com/youichiro.miyake>

全講演資料・論文集:

<http://blogai.igda.jp/article/57135465.html>

Twitter: @miyayou

#gpw2012

2012.11.10 @箱根セミナーハウス

感謝と自己紹介

*Thanks to all attendees and special thanks to,
Kazuki Yosizoe, Takeshi Ito and Hitoshi Matsubara.*

- 1975年生まれ

- 自己紹介

2007-Present 国際ゲーム開発者協会 日本支部 SIG-AI チェア (IGDA JAPAN SIG-AI)

2008-Present 日本デジタルゲーム学会 (DiGRA JAPAN) 研究委員

2011-Present CEDEC (日本ゲームカンファレンス) 委員

- 所属学会

人工知能学会、AAAI, IEEE CIS, ACM, 日本デジタルゲーム学会 (DiGRA JAPAN)

- 情報処理学会 EC研究会 委員→アドバイザー(何もしなかった)
- ACM マルティメディア国際学会 委員(何もしなかった)
- 情報処理学会 AIコンテスト SamurAI Coding 委員 (これから頑張ります)
- IEEE WCCI 2014 (Computational Intelligence 国際会議) 委員 (これから頑張ります)
- DCEXPO 委員(ちょっと頑張った)

学歴？



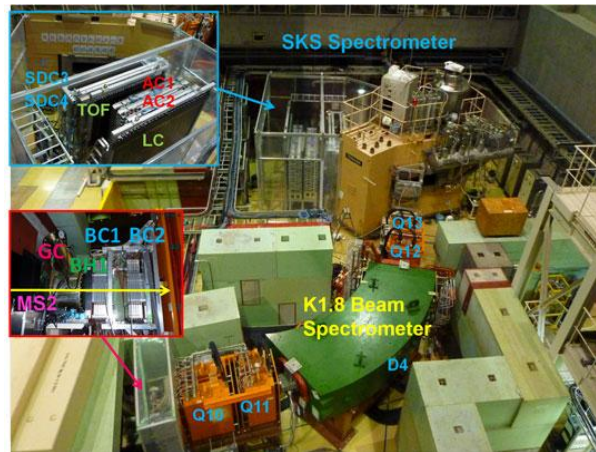
京都大学(数学)



大阪大学(原子核実験物理)



東京大学
(エネルギー工学/人工知能)



高エネルギー加速器研究所(半年ぐらい。修士論文)

Works (2004-2012)

Chrome Hounds

Demon's Souls

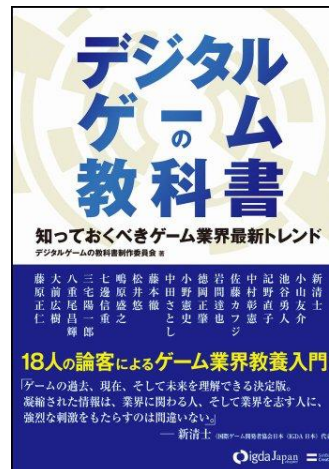
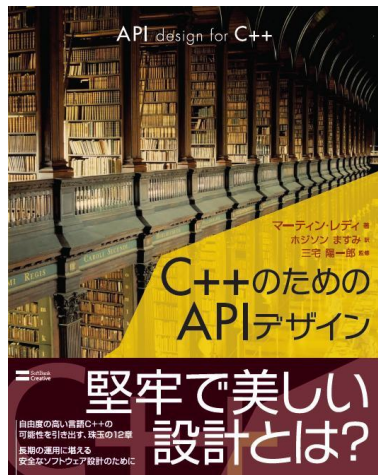
PokaPoka Airu Village

ARMORED CORE V

...

AI for Game Titles

Books



ゲーム開発者(＝三宅)は何を考えて ゲームを作っているか？

- ゲームを作って人のために役立つことが僕たちの使命だ。
- 電気やガスやエスカレーターみたいに、直接役立つって難しいけど、ゲームが美しいビジョンを伝えたり、嫌なことを吸収してあげたりして、
人の心の状態を綺麗に保つことで、社会をよくしているのだと信じている。

ゲーム開発者(＝三宅)は何を考えてゲームを作っているか？

- ゲームに命を吹き込みたい。
- エンジニアとしてはゲームに命を吹き込む方法をクリエイターに提供したい。
- AIエンジニアとしては、キャラクターに命を吹き込みたい。



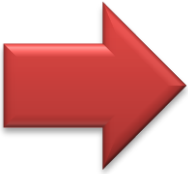
ということで、今回は、キャラクターAIに命を吹き込む技術、ゲームに命を吹き込む技術を解説して行きます。

将棋(テーブルゲーム)AIと アクションゲームAIの違い (お互いの立場を理解しましょう)

	将棋	アクションゲーム
ゲーム	既にある。 (AIはゲームの外にある。 将棋の中にAIは含まれない)	開発当初はゲームがない (ゲームと一緒にAIを作る =AIはゲームの一部)
ステージ(空間)	盤の目・離散的	三次元地形・連続
時間	ターン	連続時間(リアルタイム)
登場人物	駒	キャラクター/モンスター
AI	将棋の差し手としてのAI	キャラクターのブレイン/ ゲーム全体の操作するAI(メタAI)
ゲーム表現	ゲームツリー	?
状況	離散的変化	連続的变化
目的	勝利	楽しませる。ステージを成立させる。
ゲームのつながり	厳密にすべての手がつながっていない(ツリー検索が有効)	一定時間、一定区間で区切れる。ランダムな要素も。(1~5秒間の判断)
何を作るか?	賢いAI, 面白いAI	ユーザーの主観的体験(UX) AIそのものが目的ではない。

ゲーム開発者(＝三宅)は何を考えて ゲームを作っているか？

- キャラクターに命を吹き込むことは、ゲームに命を吹き込むことでもある。



ということで、今回は、キャラクターAIに命を吹き込む技術、ゲームに命を吹き込む技術を解説して行きます。



キャラクター自身が、世界の中で認識し、判断し、行動する。



自律型AI

「次世代デジタルゲームにおける 人工知能の 23個の研究課題について」

※詳細はプロシーディングスをご覧ください。

http://igda.sakura.ne.jp/sblo_files/ai-igdaip/academic/YMiyake_GPW_Proceeding_2012_11.pdf

- ① キャラクター・ナビゲーションのための世界表現
- ② 知識表現の問題
- ③ アフォーダンス
- ④ 物理を理解する
- ⑤ エージェント・アーキテクチャの設計
- ⑥ インフォメーション・フロー
- ⑦ 意思決定アルゴリズム
- ⑧ プランニング
- ⑨ 記憶の動的構造・静的構造
- ⑩ 感情
- ⑪ 学習

⑫ アニメーションと人工知能(意思決定)部分の接合

⑬ コミュニケーション

⑭ 協調の仕組み

⑮ マルチエージェント～群知能

⑯ エージェントによる創作

⑰ ソーシャルAI

⑱ 意識モデル

⑲ チューリングテスト

(20) ストーリー・ジェネレーション

(21) プロシージャル・コンテンツ・ジェネレーション

(22) メタAI

(23) ソーシャルゲームにおけるAI

コンテンツ

- 第一部 キャラクターに世界を理解させたい
- 第二部 世界とキャラクターの内面をつなぐ
- 第三部 キャラクターの内面を豊かにする
- 第四部 キャラクターに深く世界にコミットさせる
- 第五部 キャラクターの社会生活
- 第六部 より人間らしいAIへ
- 第七部 ゲームをコントロールするAI
- 第八部 まとめ

第一部

キャラクターに世界を理解させたい

① キャラクター・ナビゲーションのための世界表現

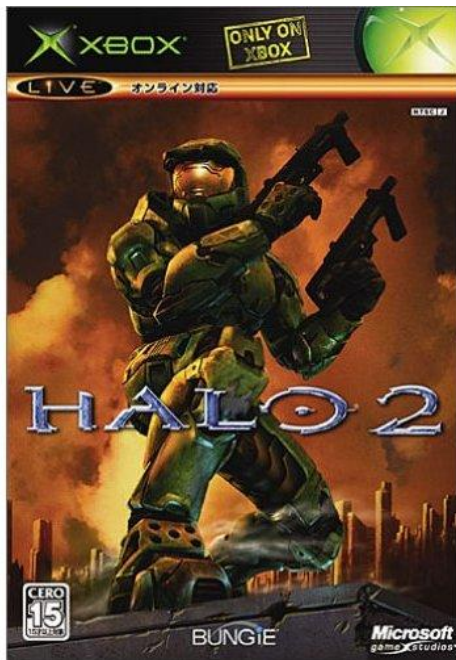
② 知識表現の問題

③ アフォーダンス

④ 物理を理解する

キャラクターに世界を理解させたい。

デモ(Halo2)



- ◆ Genre : SciFi-FPS
- ◆ Developer : BUNGIE Studio
- ◆ Publisher : Microsoft
- ◆ Hardware: Xbox, Windows, Mac
- ◆ Year: 2004



Halo AI Retrospective: 8 Years of Work on 30 Seconds of Fun
Author: Damian Isla (AI Engineering Lead)
<http://www.bungie.net/Inside/publications.aspx>

知性を豊かにするには？

知識表現・世界表現の技術



世界の情報をより深くマルチな時間・空間スケールで集める。
＝根本的にインフォメーション・フローを太く大きな流れにする。



それが必要だけど、思考＝推論は情報を抽出する機能。



思考を複雑にする？



知性を豊かにするには、どうすればいいだろう？

知識表現・世界表現



仮想世界の知性
= 人工知能



WORLD

人工知能は生物のように世界をそのまま認識・解釈できるだろうか？



仮想世界の知性
= 人工知能



知識表現
(KR)

WORLD

AIが世界(物・事・空間など)を解釈できるように、世界をうまく情報表現する
= 知識表現 (KR、Knowledge Representation)

知識表現 (F.E.A.R.(2004年)における例)

統一事実表現 (WMF, Working Memory Fact)

In F.E.A.R.

キャラクター

オブジェクト

任務

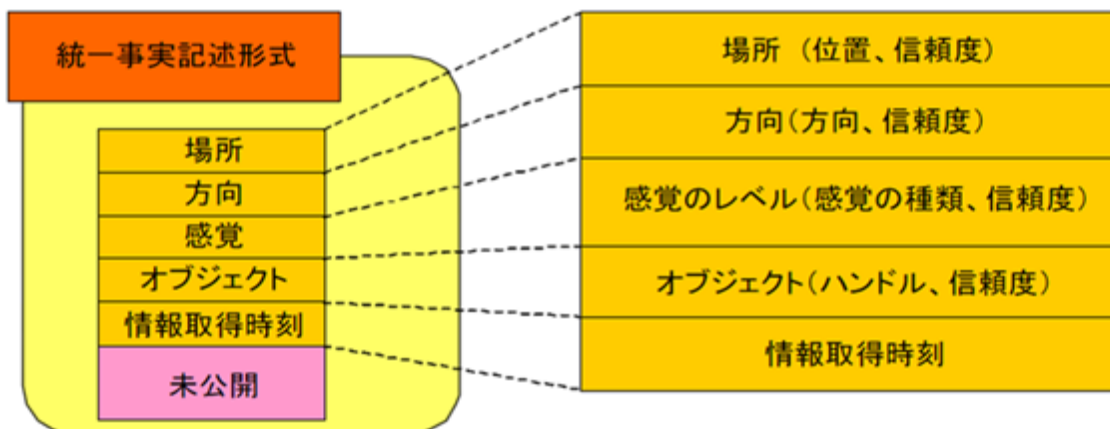
事件

パス

欲求

ノード

全て以下の形式(フォーマット)で記述する。



全部で本当は16個の属性がある

```
WorkingMemoryFact
{
    Attribute<Vector3D>    Position
    Attribute<Vector3D>    Direction
    Attribute<StimulusType> Stimulus
    Attribute<Handle>      Object
    Attribute<float>       Desire
    ...
    float                  fUpdateTime
}
```

```
Attribute<Type>
{
    Type Value
    float fConfidence
}
```

値
情報の信頼度

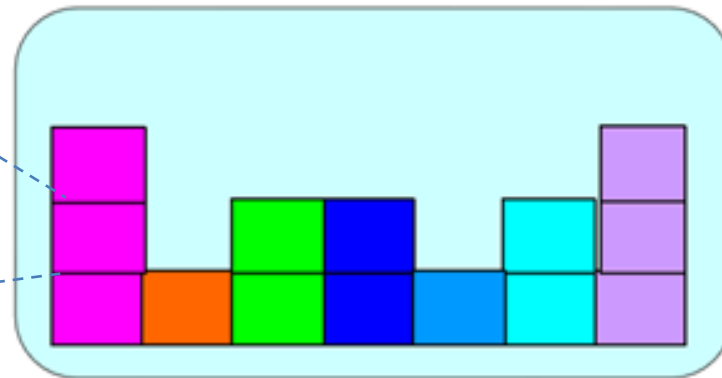
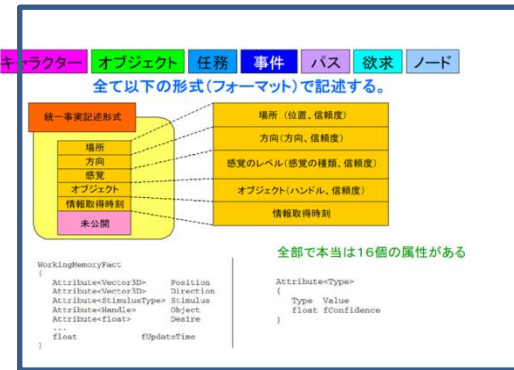
Jeff Orkin, "Three States and a Plan: The A.I. Of F.E.A.R.(GDC2006)
(Document,PPT,Movie)", 2006 http://www.jorkin.com/gdc2006_orkin_jeff_fear.zip

知識表現 (F.E.A.R.(2004年)における例)

統一事実表現 (WMF, Working Memory Fact)

In F.E.A.R.

記憶領域に認識した事実をWorking Memoryへ蓄積する



Working Memory

敵Cが時刻Mに位置Zにいた
信頼度=0.6

敵Aが時刻Lに位置Xにいた
信頼度=1.0

敵Bが時刻Mに位置Yにいた
信頼度=0.0



ターゲットを決める

Blackboard

ターゲットはAにする

知識表現

知識表現の多様さは知性(AI)に柔軟性を与え、
その豊富さは高い知性を作る足場を与える。



すべてを表現して持っておく必要はない。
AIが必要とする知識表現を持っておけばおくほどよい。



同じ物、同じマップに対しても複数の表現を持てば持つほどよい。



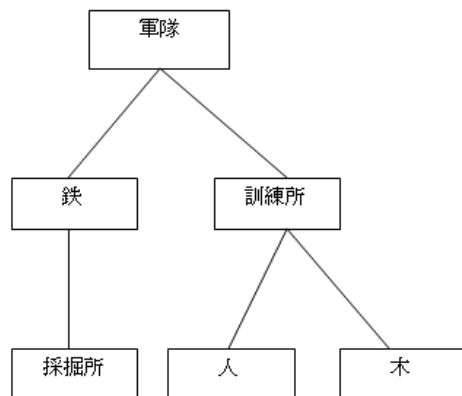
「物(オブジェクト)」の数ではない。AIが解釈すべき事実の数だけある。



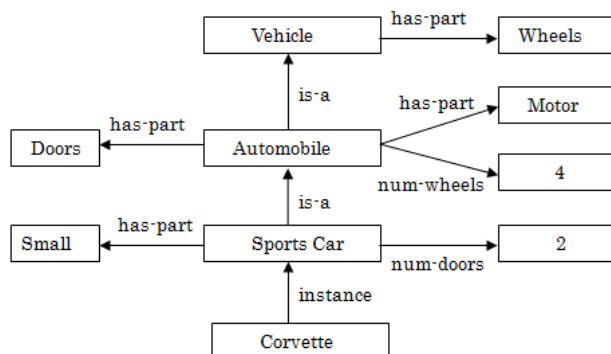
知識表現はいくつあるのだろう？

いろいろな知識表現

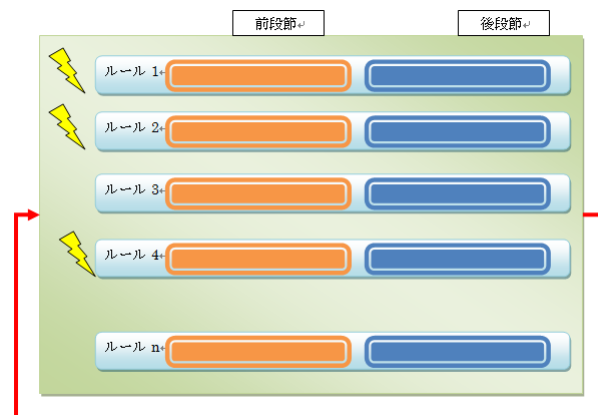
依存グラフ



意味ネットワーク



ルールベース表現



世界表現



敵表現リスト

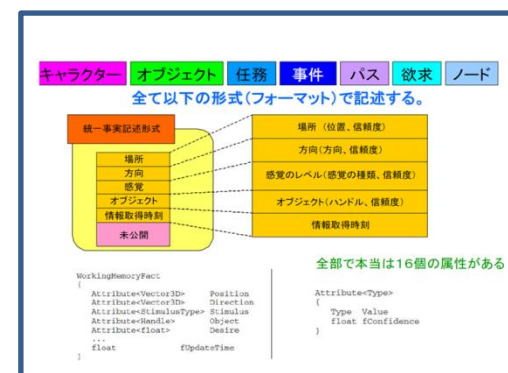
Target Lists

Target			
Perceived data			
location	(x,y,z)	0.99	
action	shoot	0.99	
hitpoints	44	0.99	
Derived data			
Threat	0.8		
Target weight	0.9		
"Intentions"	hurt_me		

Allows AI
to make
mistakes

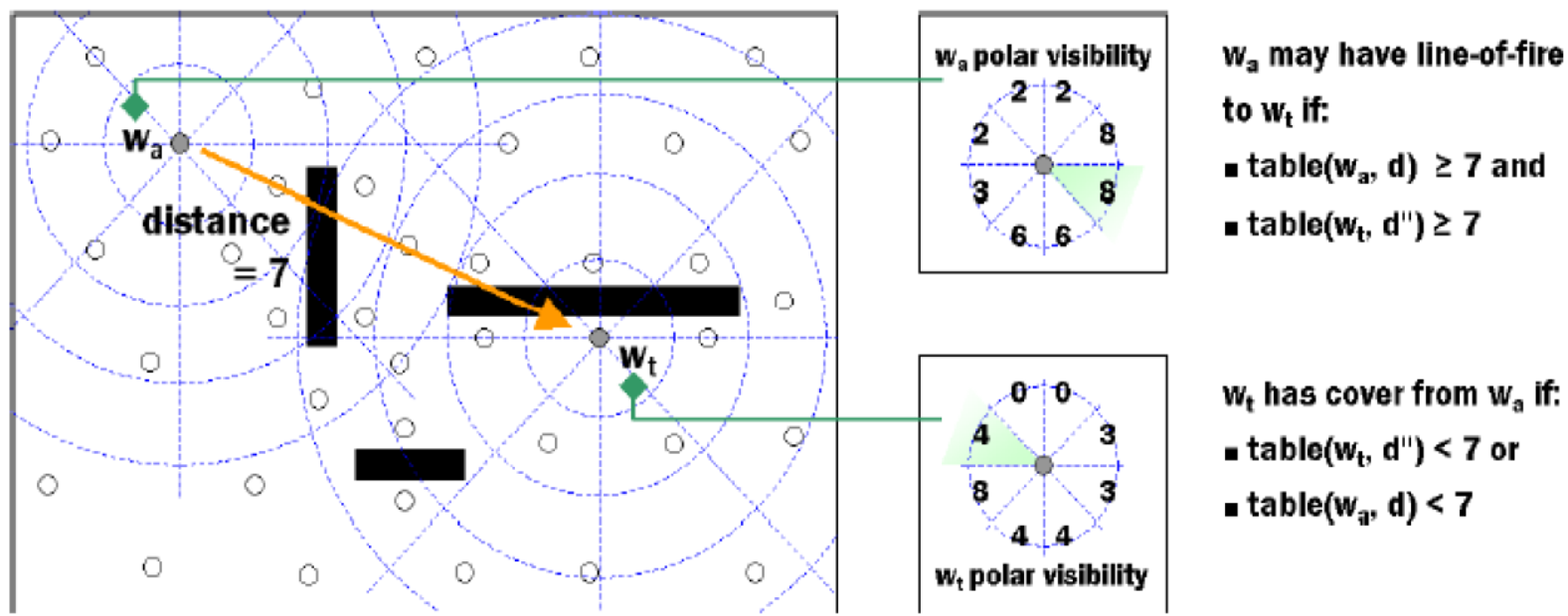
Shared
computation
+
expressive
power

事実表現(信頼度表現)



世界表現(知識表現の一つ)

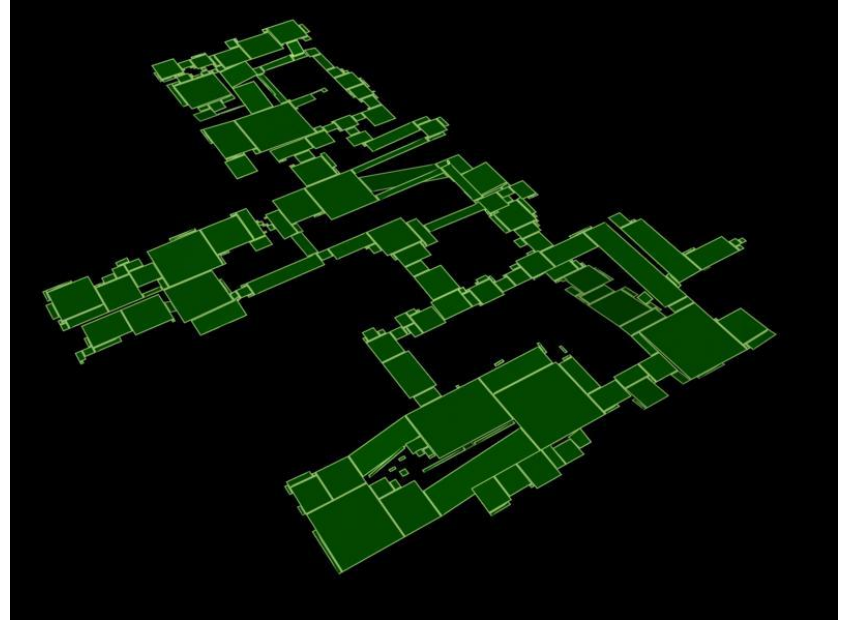
マップ全体に関わる知識表現
(ウェイポイント、ナビメッシュを基本とする表現)
World Representation (WR)
Location-based Information System ともいう。



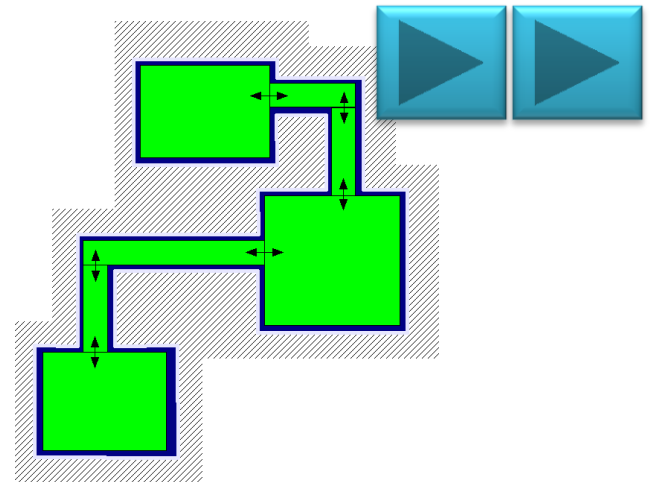
(例) 8方向の可視距離の各ポイントに埋め込まれたウェイポイント群 (Killzone)

Character Navigation

Moving Character in the Environment

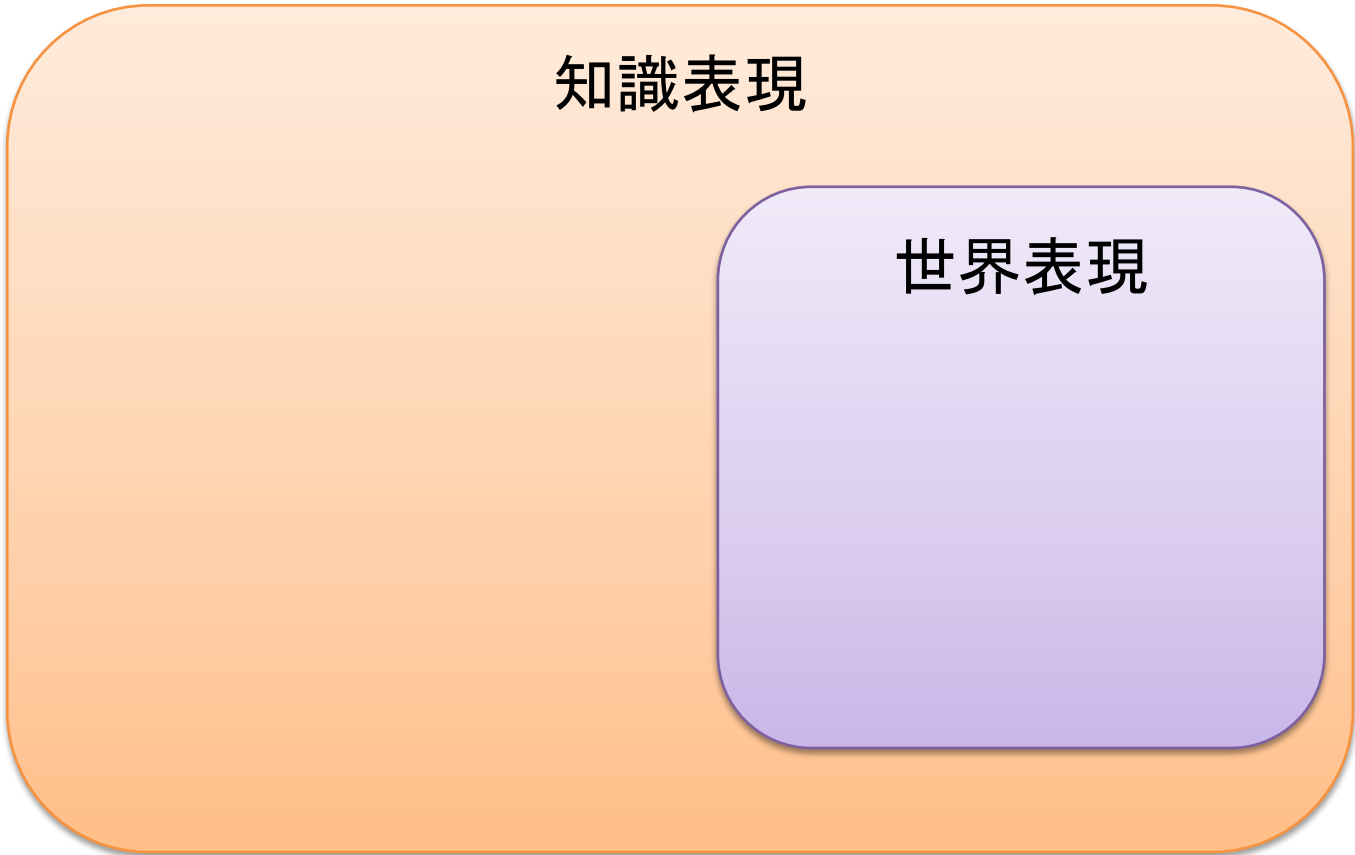


- ◆ Genre : FPS
- ◆ Developer : TURTLE ROCK STUDIO
- ◆ Publisher :
- ◆ Hardware: PC
- ◆ Year:



知識表現・世界表現

知識表現



```
graph TD; A[知識表現] --- B[世界表現]; B --- A;
```

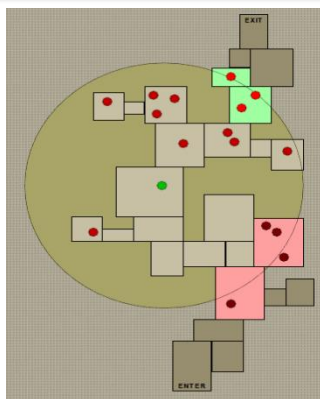
The diagram consists of a large light orange rounded rectangle with a thin orange border. Inside this rectangle, in the upper right area, is a smaller light purple rounded rectangle with a thin purple border. The text '知識表現' is centered at the top of the orange rectangle, and the text '世界表現' is centered inside the purple rectangle. This visualizes 'World Representation' as a specific instance or subset within the broader 'Knowledge Representation'.

世界表現

いろいろな世界表現

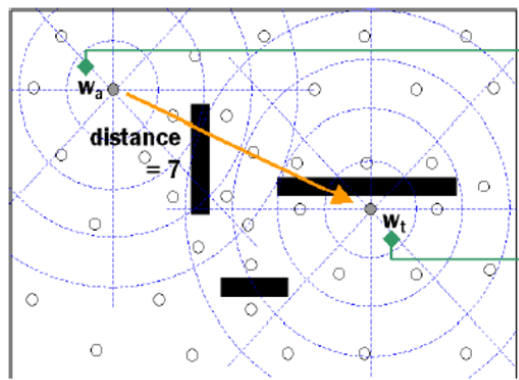
Damian Isla, "Building a Better Battle: HALO 3 AI Objectives",
<http://www.bungie.net/inside/publications.aspx>

敵配位マップ



Left 4 Dead

LOS マップ



Killzone

テリトリー表現



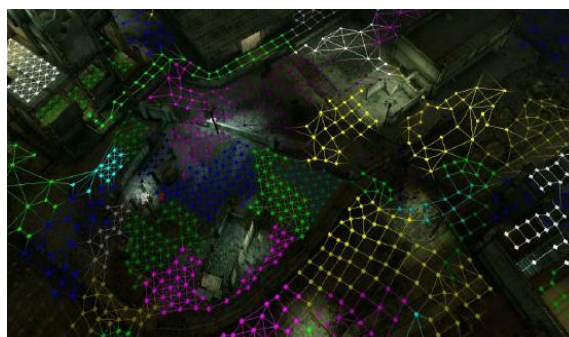
Halo2

Tactical Point System



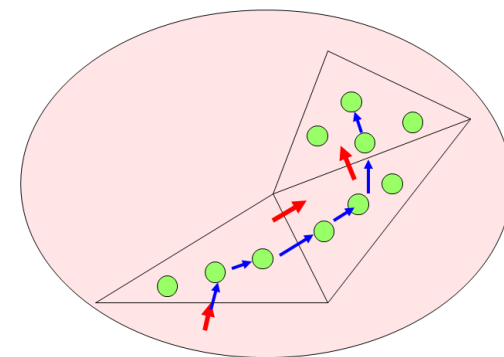
Halo

戦術マップクラスタリング



Killzone2

ナビメッシュ-ウェイポイント 階層表現



Assassin's Creed

③ アフォーダンス

[CEDEC2011]

Namiki Kosuke, "Affordance-oriented AI for PokaPoka Airu Village"

<http://cedil.cesa.or.jp/session/detail/697>

[CEDEC 2011]AIに命を。「ぽかぽかアイルー村」のアフォーダンス指向によるAI事例と「ARMORED CORE V」の三次元的な移動経路検索(4gamers)

<http://www.4gamer.net/games/100/G010022/20110906085/>

④ 物理を理解する



世界をシミュレーションすることで、計算高い行動を創造する。

<http://www.cgf-ai.com/docs/grenadehandling.pdf>

① キャラクター・ナビゲーションのための世界表現

② 知識表現の問題

③ アフォーダンス

④ 物理を理解する

キャラクターに世界を理解させたい。

[課題]

- ① 複雑な3次元地形形状からの世界表現データ自動生成。
- ② デジタルゲームのキャラクターのための知識表現にはどのような種類があり、どのように役に立つか、体系的なアプローチ。
- ③ 環境からのアフォーダンスの自動抽出。
- ④ キャラクターの予測能力の向上。

コンテンツ

- 第一部 キャラクターに世界を理解させたい
- 第二部 世界とキャラクターの内面をつなぐ
- 第三部 キャラクターの内面を豊かにする
- 第四部 キャラクターに深く世界にコミットさせる
- 第五部 キャラクターの社会生活
- 第六部 より人間らしいAIへ
- 第七部 ゲームをコントロールするAI
- 第八部 まとめ

第二部

世界とキャラクターの内面をつなぐ

⑤ エージェント・アーキテクチャの設計

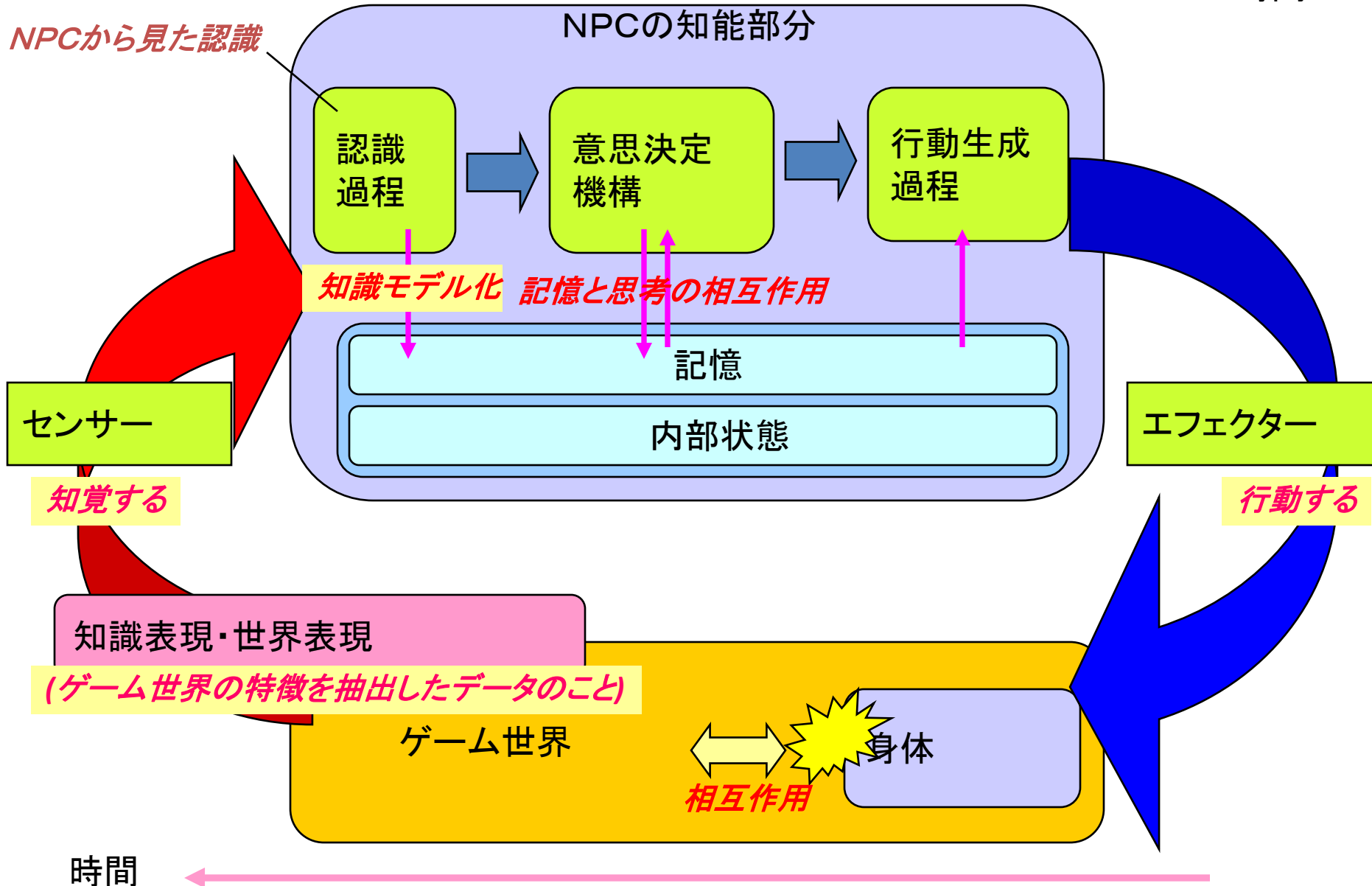
⑥ インフォメーション・フロー

世界とキャラクターの内面をつなぐ。

エージェント・アーキテクチャ

時間 →

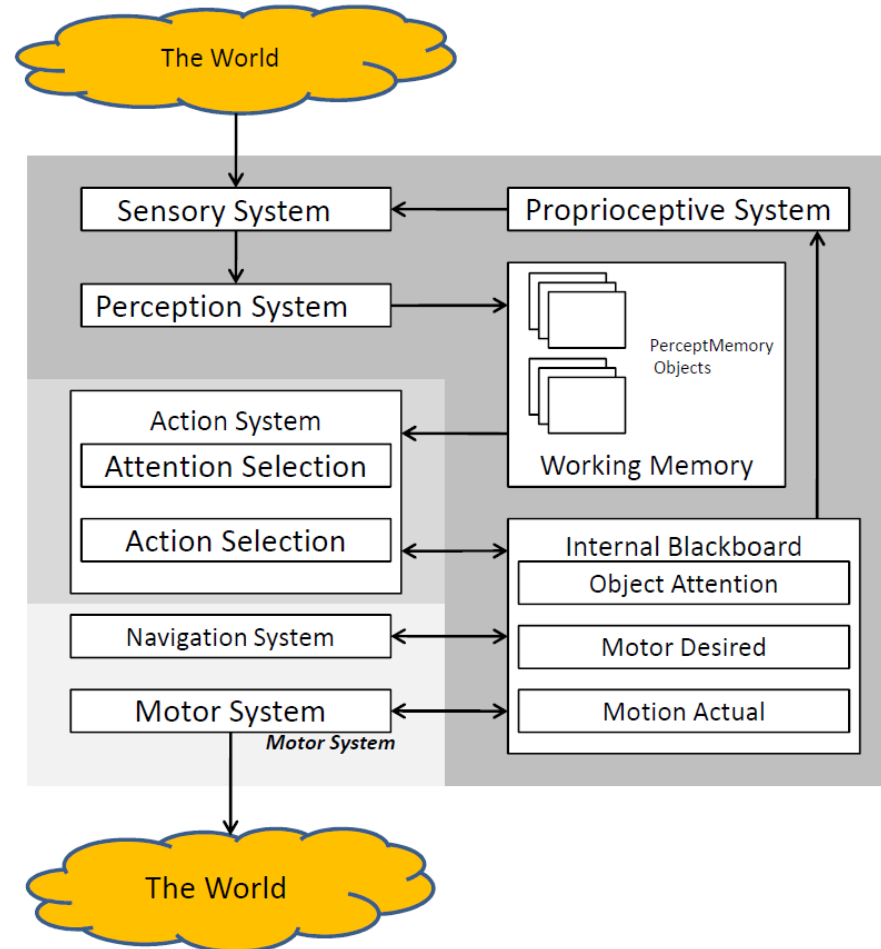
NPCから見た認識



C4 Architecture



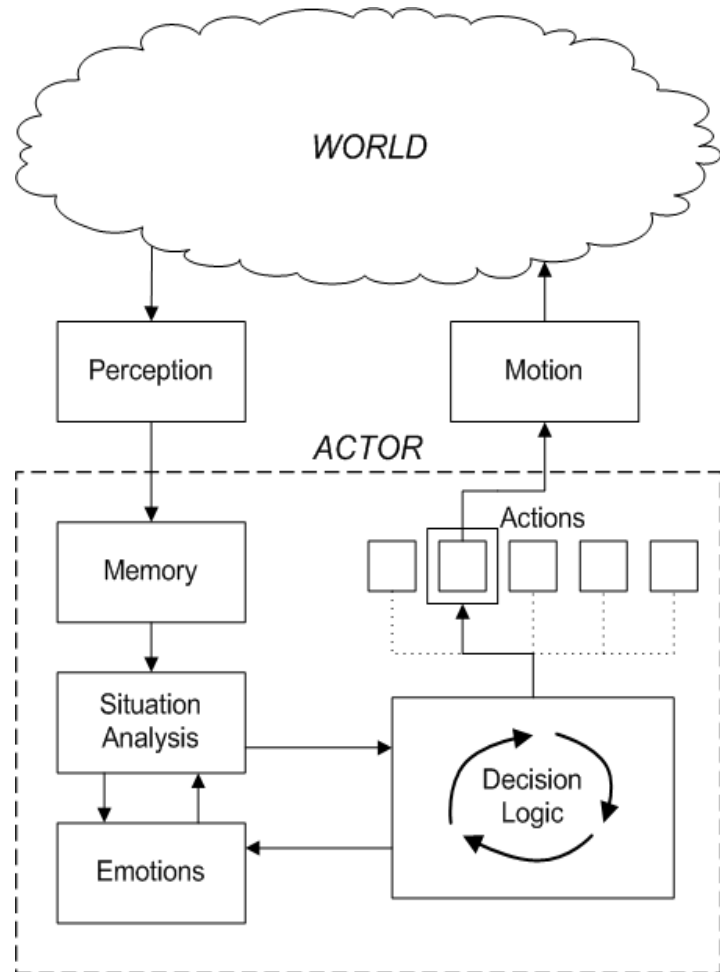
MIT Media Lab.
Synthetic Characters Group
Researching Virtual Pet in Digital World.



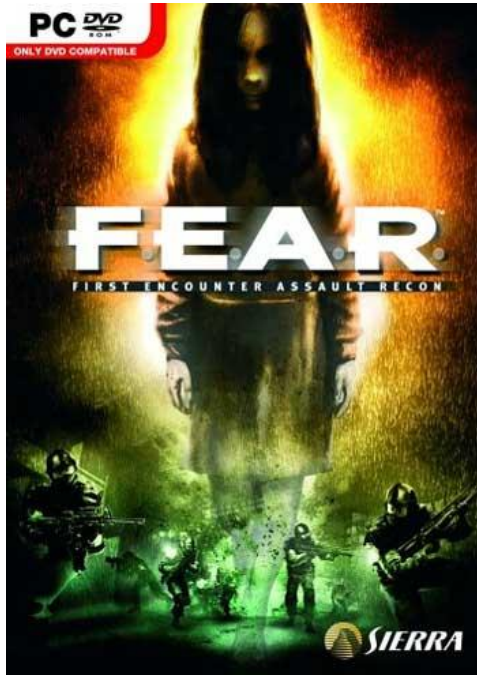
Halo Agent Architecture



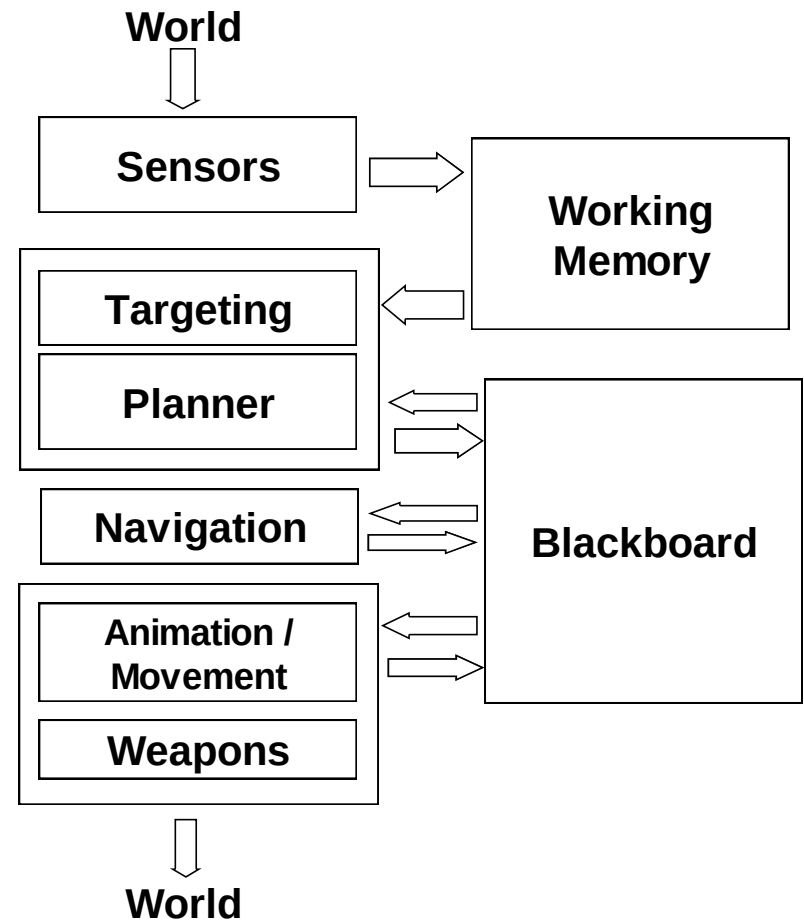
- ◆ Genre : SciFi-FPS
- ◆ Developer : BUNGIE Studio
- ◆ Publisher : Microsoft
- ◆ Hardware: Xbox, Windows, Mac
- ◆ Year: 2002



F.E.A.R Agent Architecture



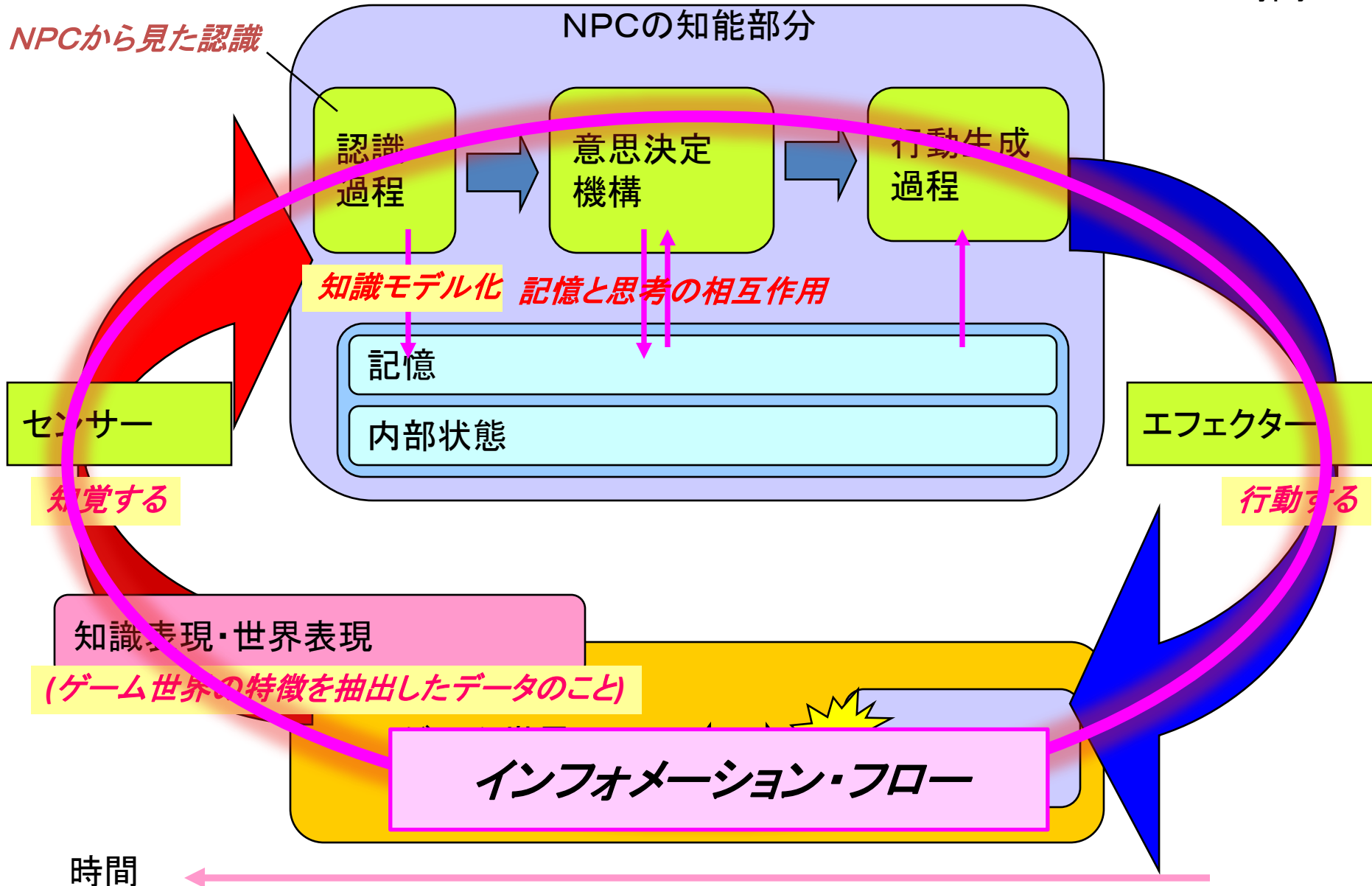
- ◆ Genre : Horror FPS
- ◆ Developer : Monolith Production
- ◆ Publisher : SIERRA
- ◆ Hardware: Windows
- ◆ Year: 2004



エージェント・アーキテクチャー

時間 →

NPCから見た認識



← 時間

⑤ エージェント・アーキテクチャの設計

⑥ インフォメーション・フロー

世界とキャラクターの内面をつなぐ。

[課題]

- ④ エージェント・アーキテクチャの内部構造研究
- ⑤ インフォメーション・フローから、
世界と知能のさまざまな関係の仕方を導く。

コンテンツ

- 第一部 キャラクターに世界を理解させたい
- 第二部 世界とキャラクターの内面をつなぐ
- 第三部 **キャラクターの内面を豊かにする**
- 第四部 キャラクターに深く世界にコミットさせる
- 第五部 キャラクターの社会生活
- 第六部 より人間らしいAIへ
- 第七部 ゲームをコントロールするAI
- 第八部 まとめ

第三部

キャラクターの内面を豊かにする

⑦ 意思決定アルゴリズム

⑧ プランニング

⑨ 記憶の動的構造・静的構造

⑩ 感情

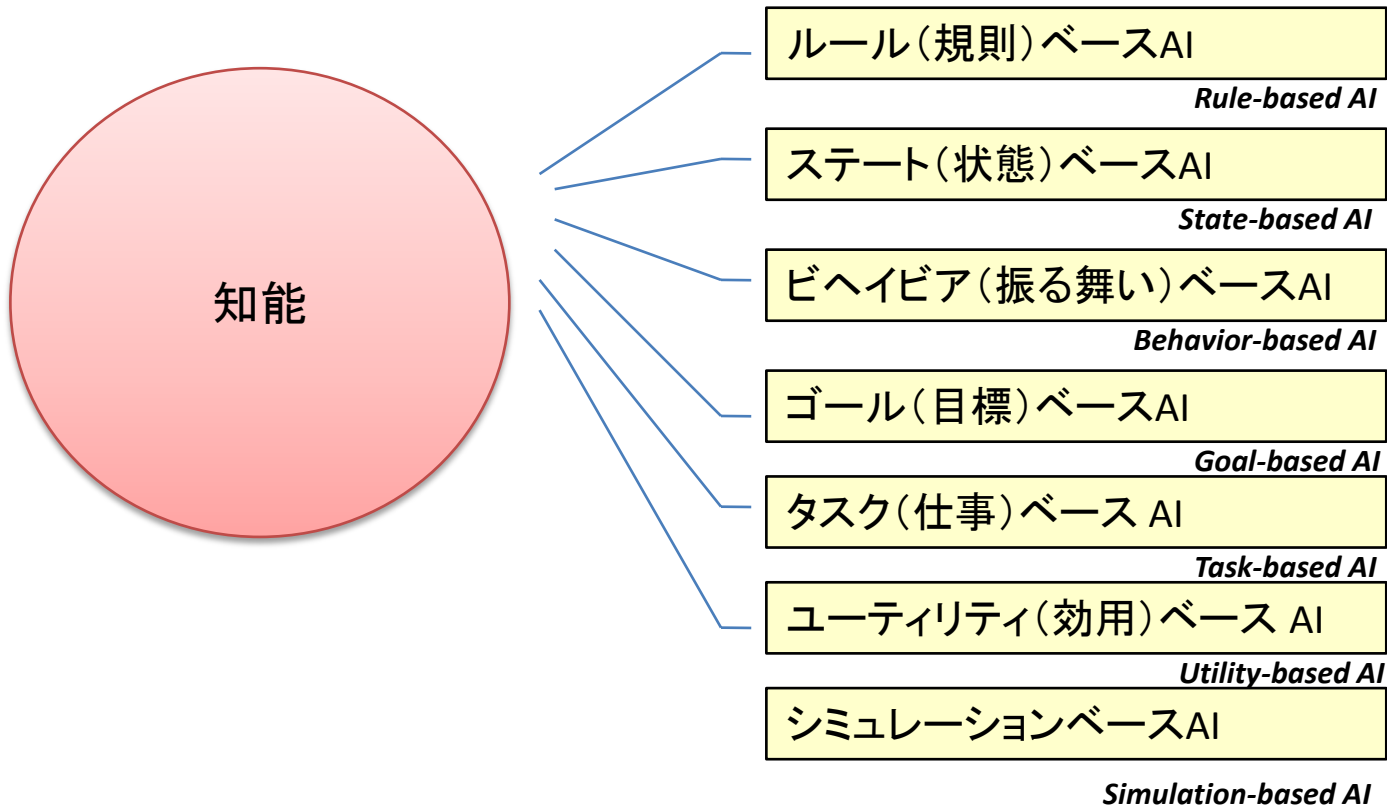
⑪ 学習

キャラクターの内面を豊かにする。

⑥ 意思決定アルゴリズム

知能というものは非常に高度で基本的には「よくわからない」。

一つの方**方向性**から知能をモデル化しよう。



「〇〇-based AI」とは、〇〇をAIを構築する**基本単位(アトミック)**として採用したAIということ。
これらは背反ではない。デジタルゲームの高度なAIの場合は組み合わせられるのが普通。

※こちらにまとめてありますので、
よろしければご覧ください。



<http://gihyo.jp/magazine/wdpress/archive/2012/vol68>

特集3

はじめてのゲームAI三宅 陽一郎
～意思を持つかのように行動するしくみ～

第1章: ゲームAIの基本原理
意思決定を行うための6つの型

第2章: ルールベースAI
複数の規則を組み合わせる

第3章: ステートベースAI
状態のネットワークで柔軟に思考を拡張する

第4章: ビヘイビアベースAI
迅速な行動のスイッチングを実現する

第5章: タスクベースAI
仕事を分解して効率的に振り分ける

第6章: ゴール指向AI
目標を達成するために突き進む

第7章: ユーティリティベースAI
現在の状況を把握して一番得する行動を選択する

参考文献

【タイトル】人工知能からゲームの未来を視る

【内容】デジタルゲームの人工知能の6つの基本型を解説すると同時に、この学問が持つ最も基本的な部分を掘り起こす。

【日時】2011.10.28 東京大学

【ファイル名】YMiyake_TokyoUniv_2011_10_28.pdf

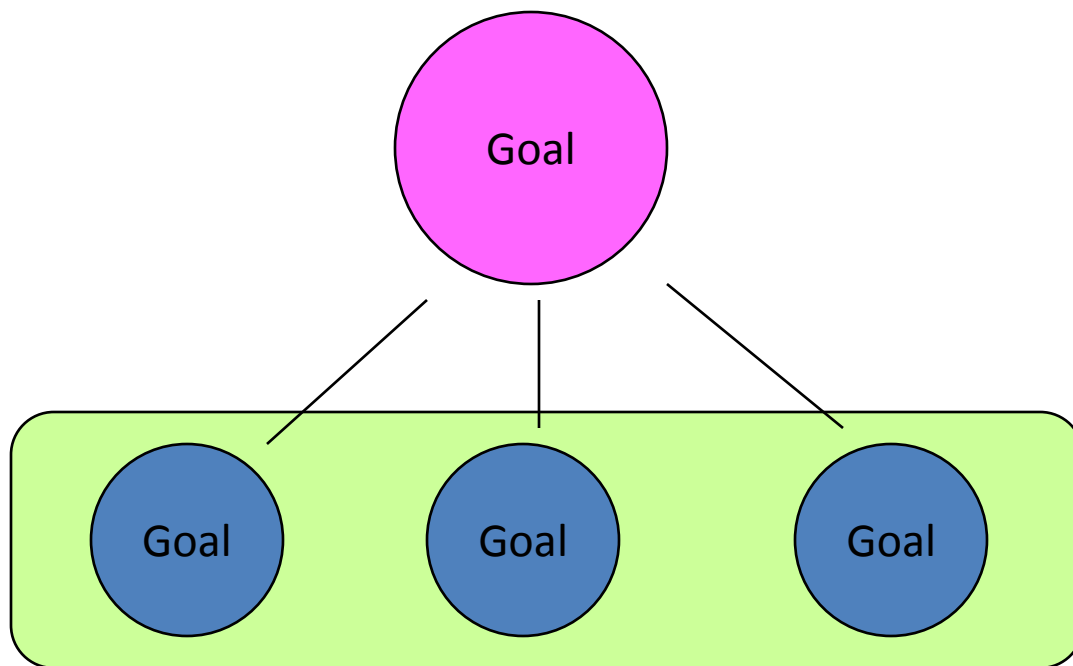
【URL】http://igda.sakura.ne.jp/sblo_files/ai-igdajp/academic/YMiyake_TokyoUniv_2011_10_28.pdf

⑦ プランニング

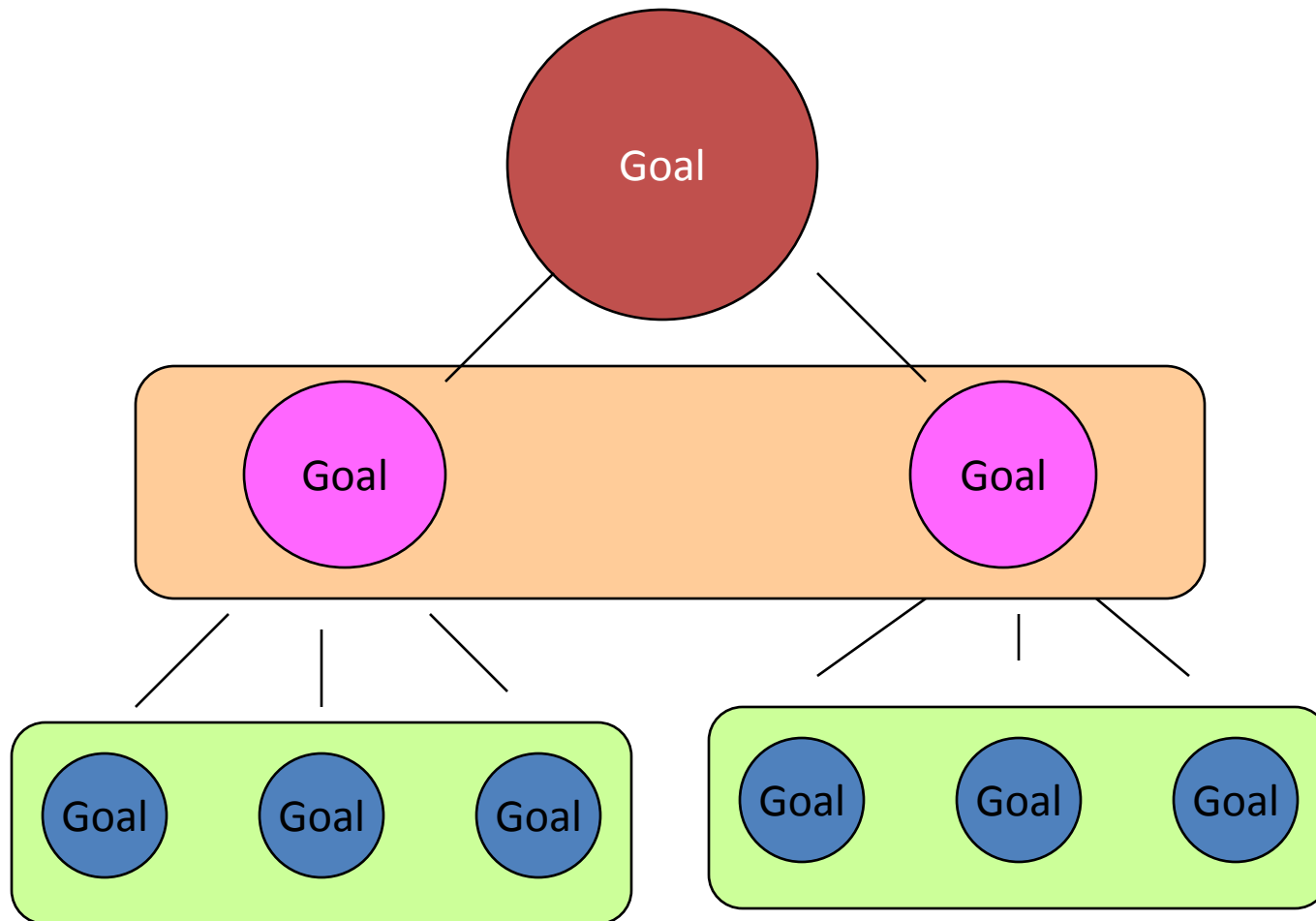
階層型ゴール指向型プランニングとは？

CEDEC2006「クロムハウズにおける人工知能開発から見るゲームAIの展望」(三宅陽一郎)
<http://cedil.cesa.or.jp/session/detail/50>

一つのゴールはより小さなゴールから組み立てられる

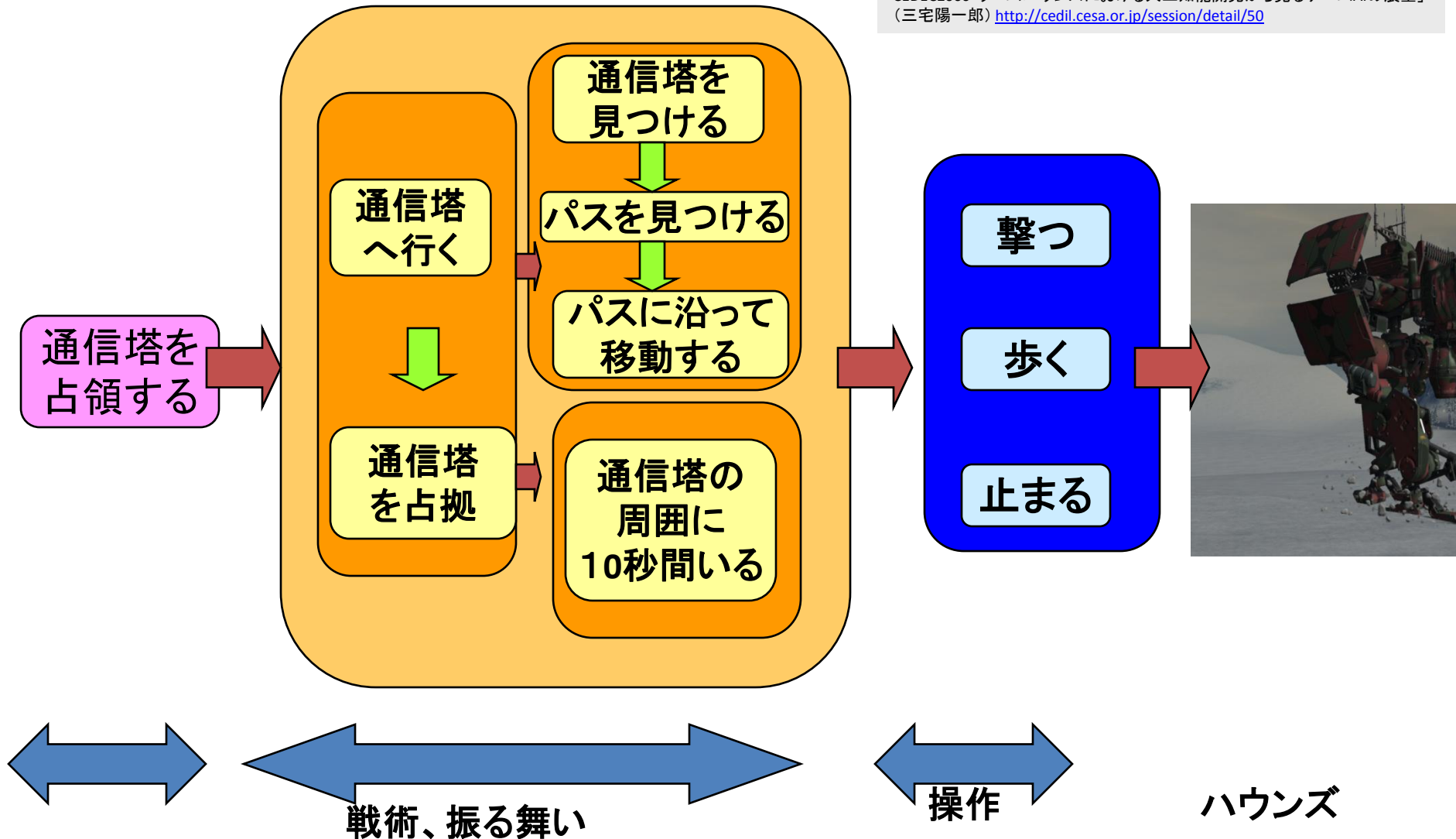


ゴールはより小さなゴールから組み立てられる



クロムハウنزにおける ゴール指向型プランニング

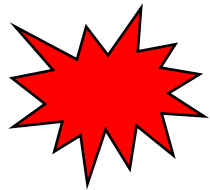
CEDEC2006「クロムハウنزにおける人工知能開発から見るゲームAIの展望」
(三宅陽一郎) <http://cedil.cesa.or.jp/session/detail/50>



クロムハウズにおける

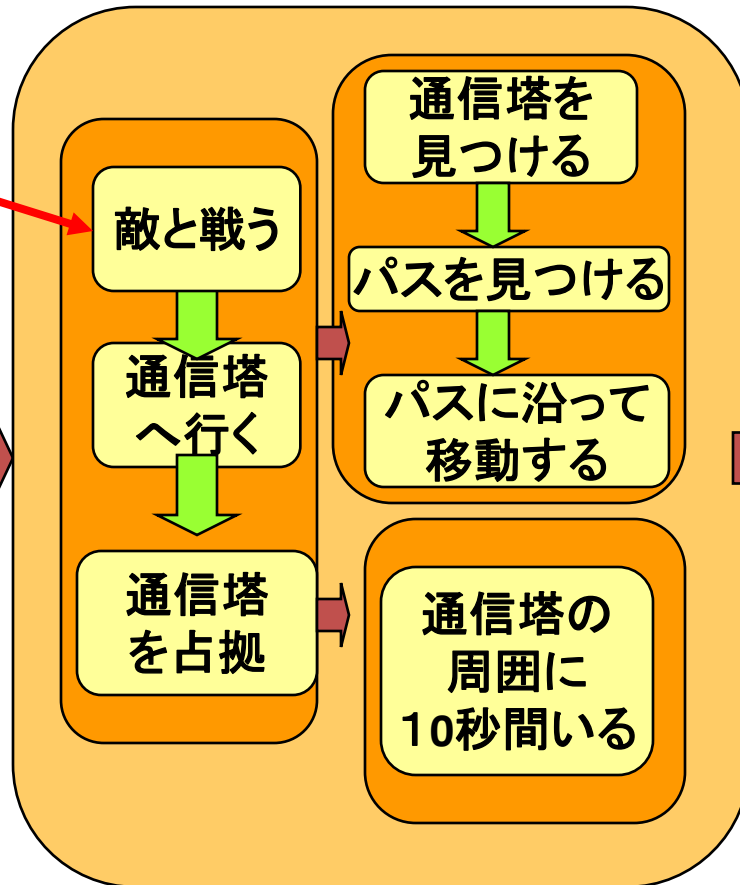
リアルタイムゴール指向型プランニング

CEDEC2006「クロムハウズにおける人工知能開発から見るゲームAIの展望」
(三宅陽一郎) <http://cedil.cesa.or.jp/session/detail/50>



敵が
来た！

通信塔を
占領する



戦略



戦術、振る舞い

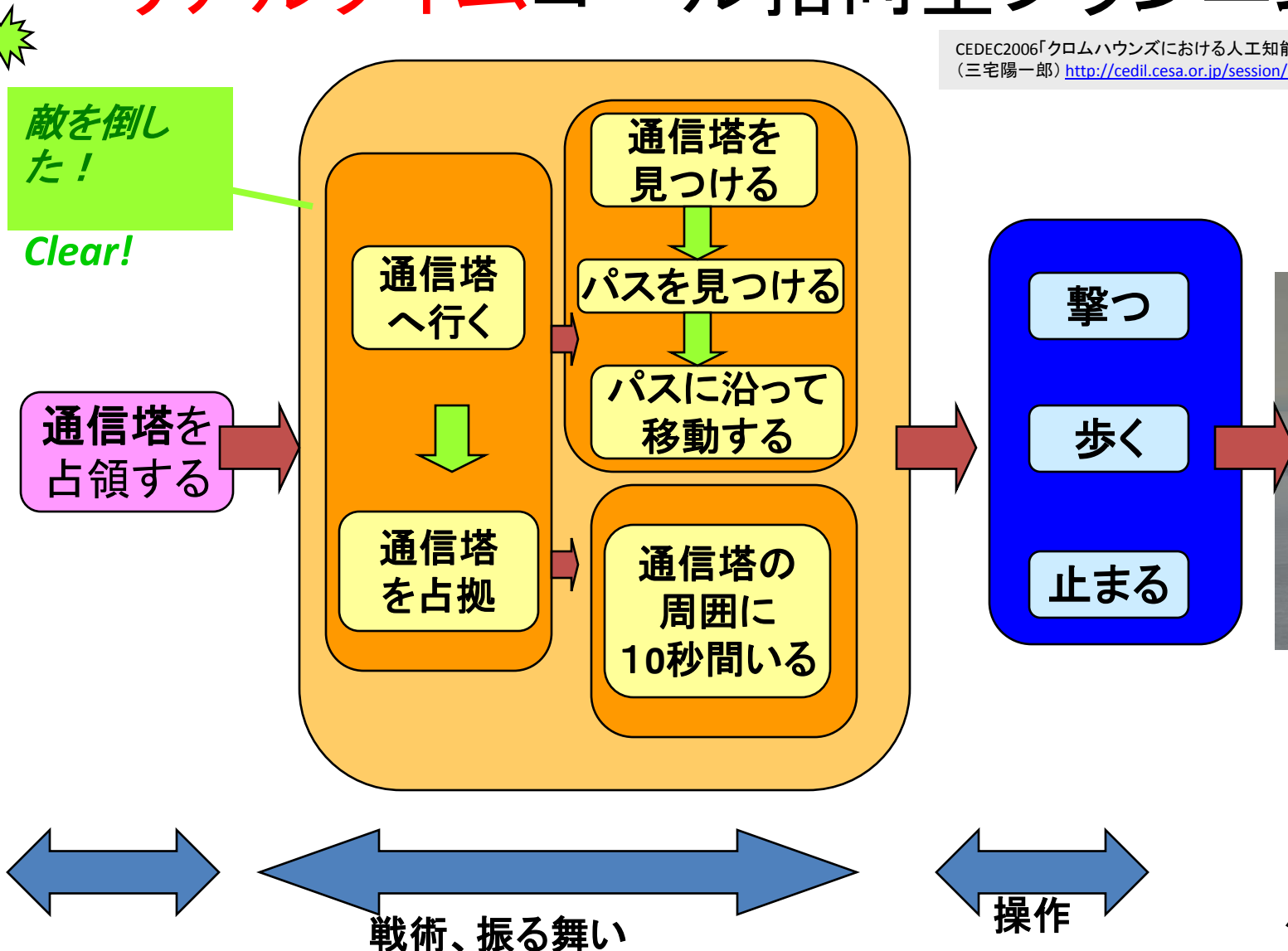


操作

ハウズ

クロムハウنزにおける リアルタイムゴール指向型プランニング

CEDEC2006「クロムハウنزにおける人工知能開発から見るゲームAIの展望」
(三宅陽一郎) <http://cedil.cesa.or.jp/session/detail/50>





Player 1

GOAL_THINK, 寿命 -1.000000

GOAL_CONQUER_BASE, 寿命 140.710733

GOAL_WALK_AROUND, 寿命 140.000000

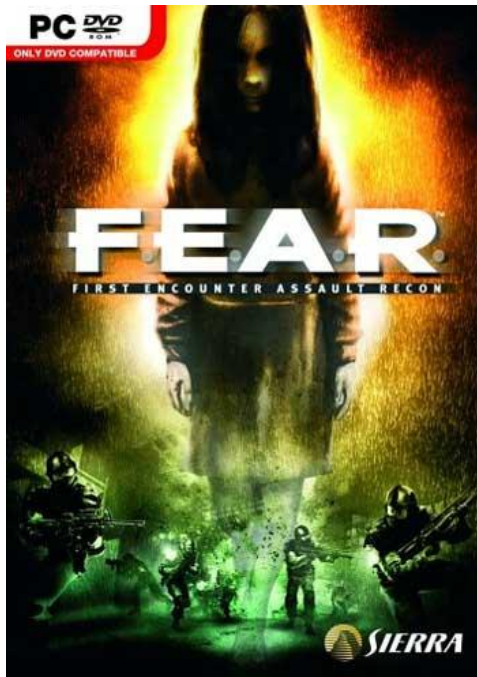
GOTO_POSITION, 寿命 -1.000000

FOLLOW_PATH, 寿命 -1.000000

HITBACK_AROUND_BASE, 寿命 141.757599



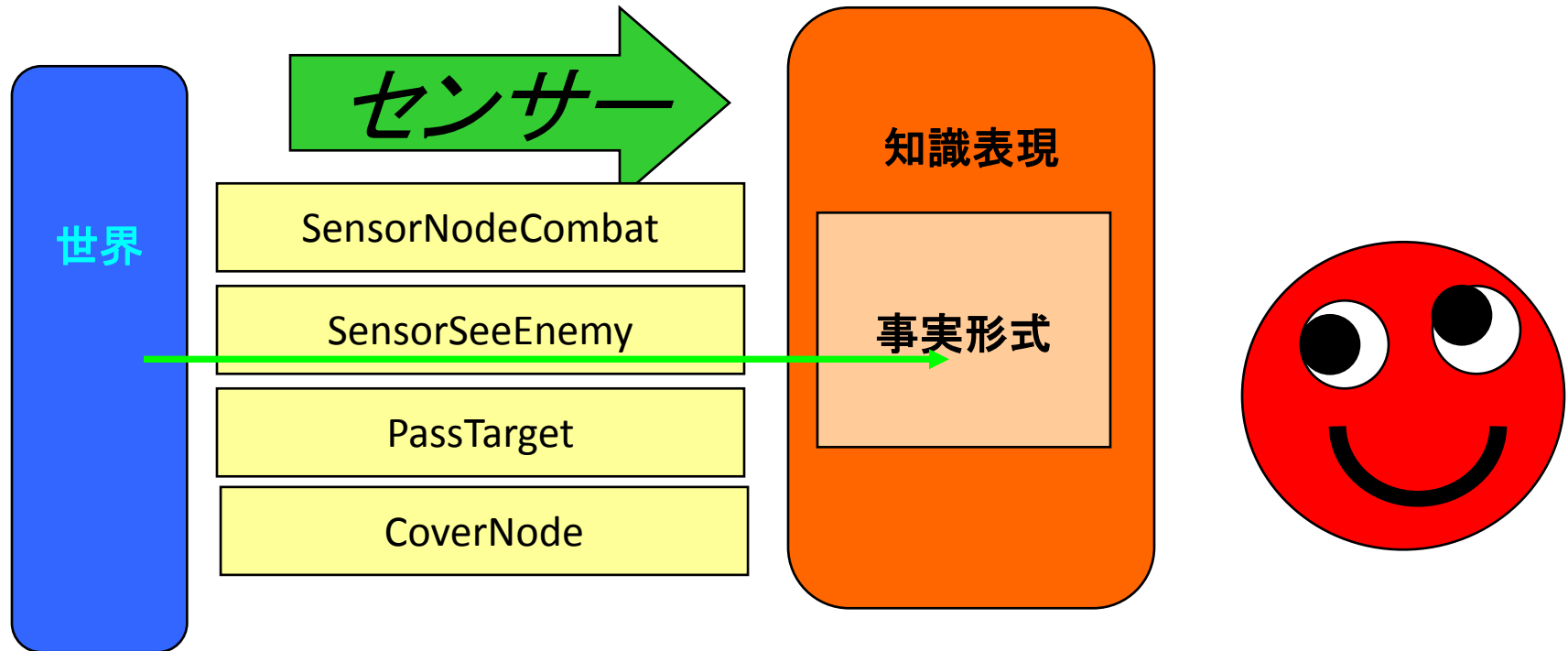
⑧ 記憶の動的構造・静的構造



- ◆ Genre: Horror FPS
- ◆ Developer: Monolith Production
- ◆ Publisher: SIERRA
- ◆ Hardware: Windows
- ◆ Year: 2004

F.E.A.R のCOMの感覚(センサー)

センサー = 五感からの情報、及び、五感から得られるはずの情報を模擬する機能



レイキャスト(視線チェック)、パス検索など重たい処理からなる関数

SensorNodeCombat 隠れる、或いは、隠れながら攻撃できる場所を探す。
SensorSeeEnemy 敵が見えるかチェック
PassTarget 戦術ポイントまでのパスを見つけ、かつそのパスが敵から安全であることをチェックする。
CoverNode 隠れることができるノード

統一事実記述形式

キャラクター

オブジェクト

任務

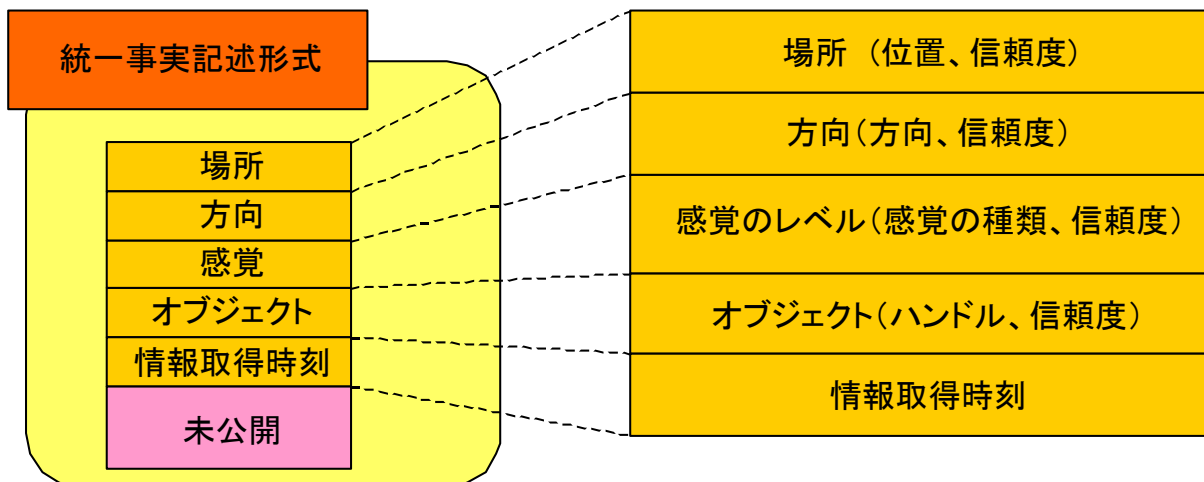
事件

パス

欲求

ノード

全て以下の形式(フォーマット)で記述する。



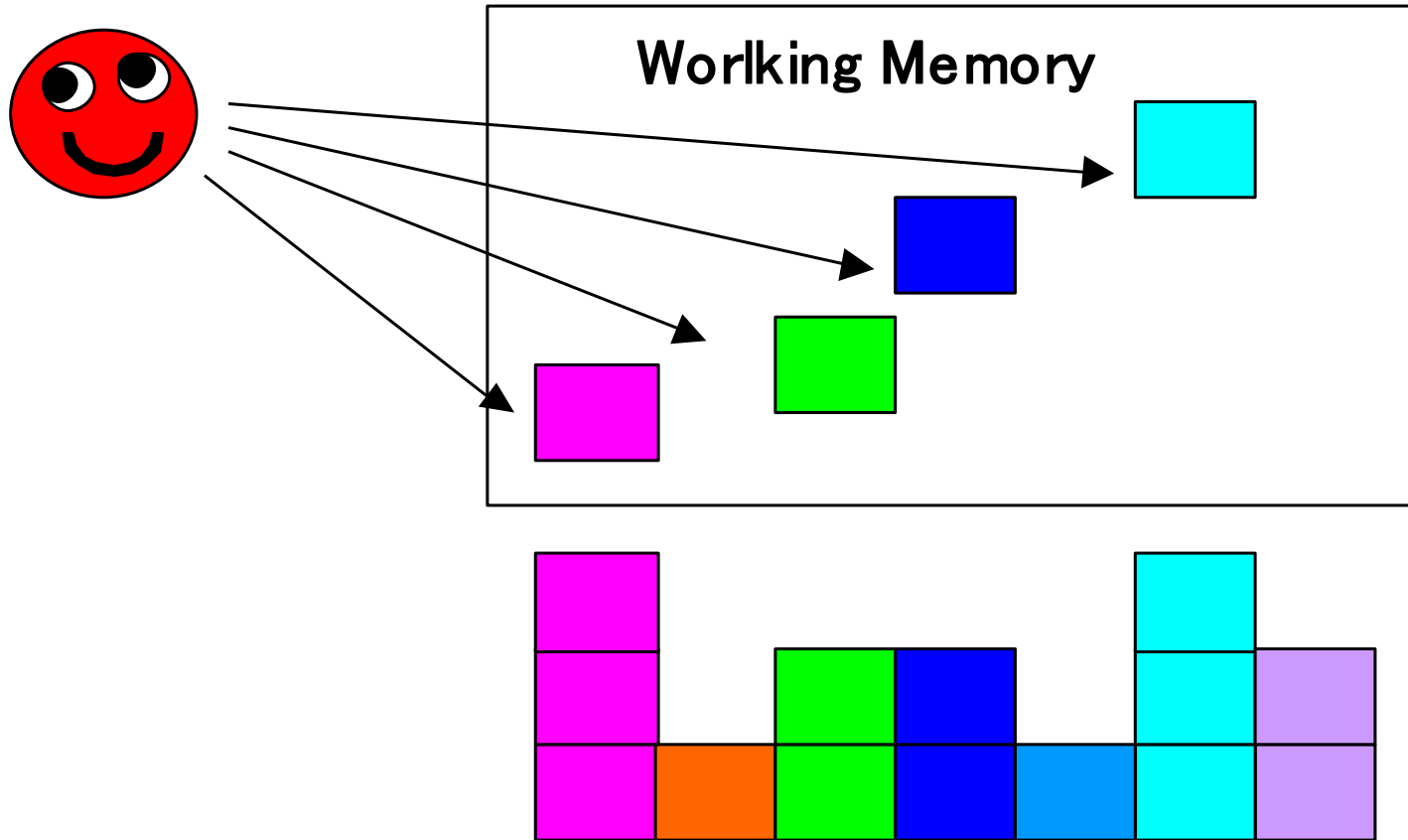
全部で本当は16個の属性がある

```
WorkingMemoryFact
{
    Attribute<Vector3D>    Position
    Attribute<Vector3D>    Direction
    Attribute<StimulusType> Stimulus
    Attribute<Handle>      Object
    Attribute<float>       Desire
    ...
    float                  fUpdateTime
}
```

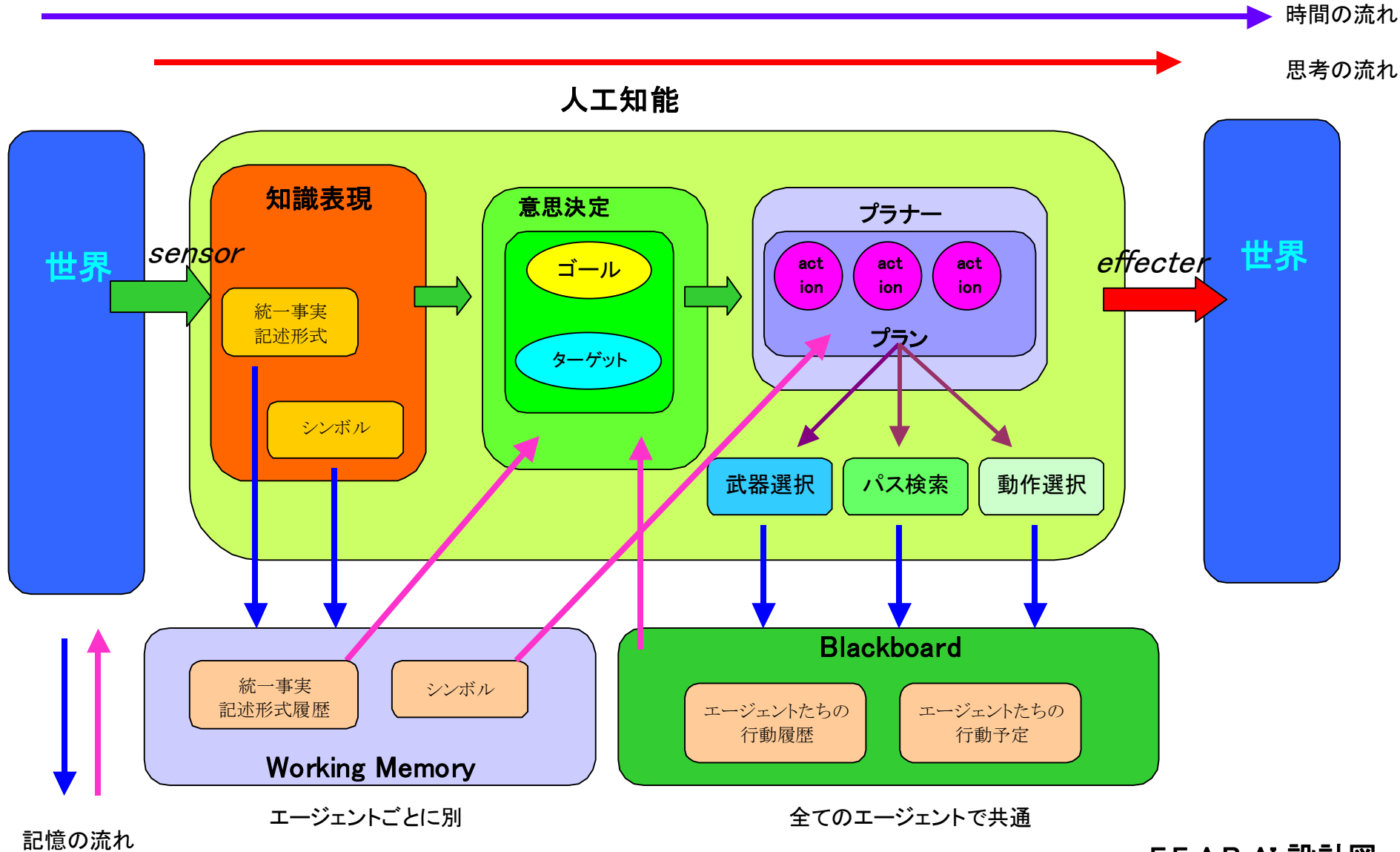
```
Attribute<Type>
{
    Type  Value
    float fConfidence
}
```

Agent Architecture Considerations for Real-Time Planning in Games (AIIDE 2005)
http://web.media.mit.edu/~jorkin/AIIDE05_Orkin_Planning.ppt

自分の記憶領域に認識した事実を蓄積する



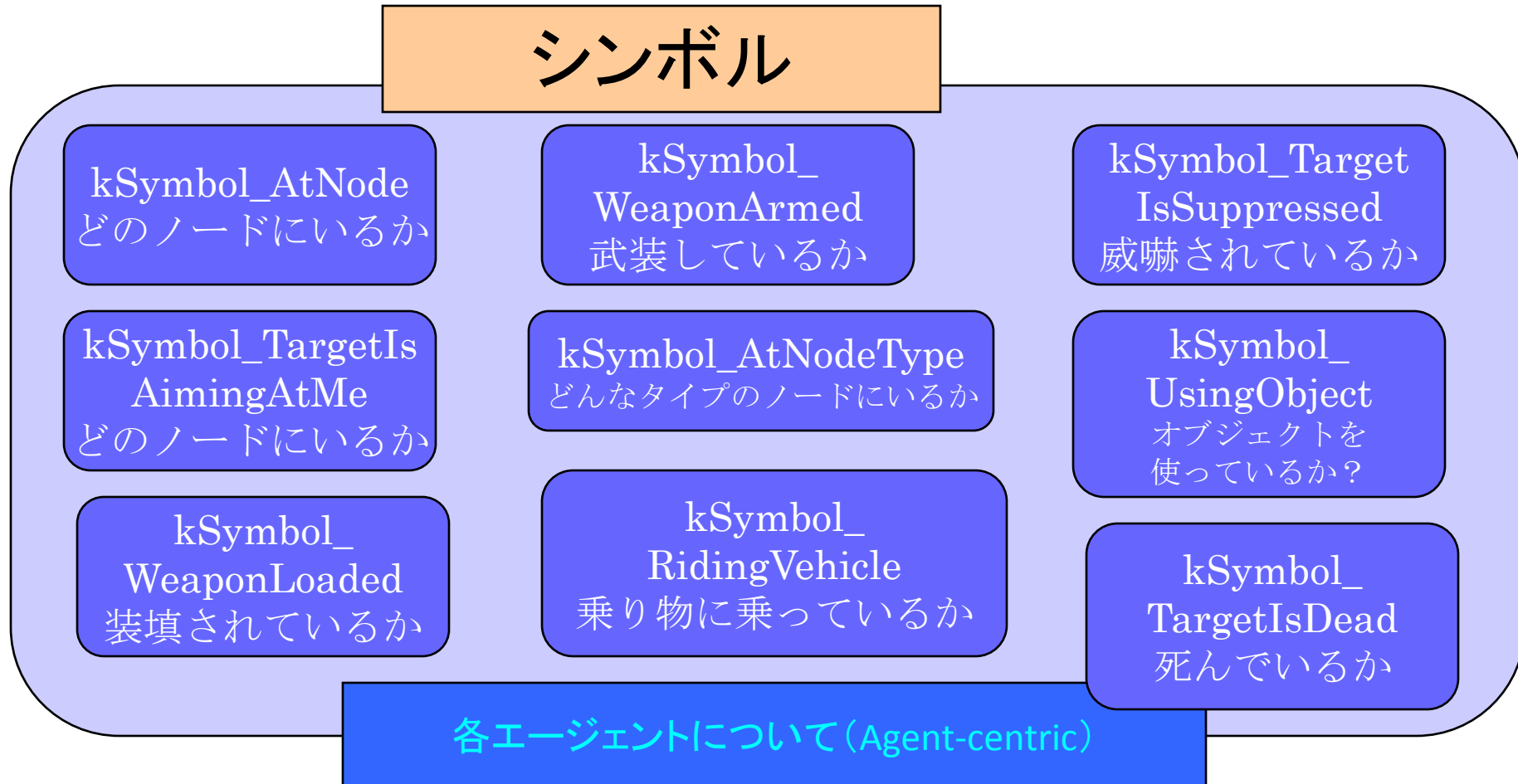
F.E.A.R AI 全体設計図



プランニングのための知識

エージェントの認識する世界をもっとシンプルに表現したい

➡ 20個のシンボルで世界を集約して表現する



上記のシンボルは、対象とするエージェントについての情報。

kTargetIsDead = true
この兵士Aは死んだ

シンボル

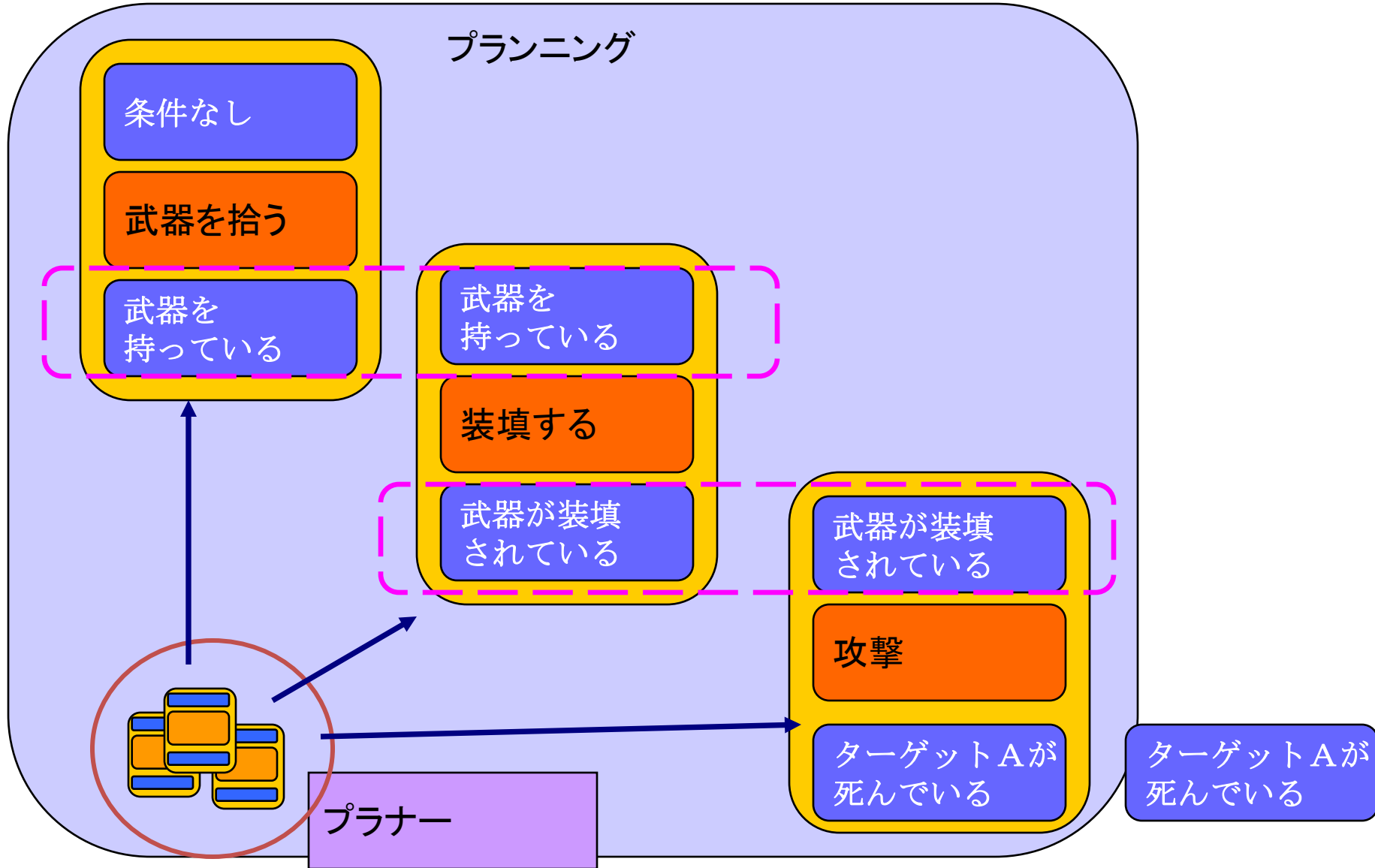
kTargetAtme = true
この兵士Bは自分を狙っている



kWeaponIsLoaded = false
私Cの武器は装填済みでない

F.E.A.R.のプランニング②

シンボルによる連鎖プランニング



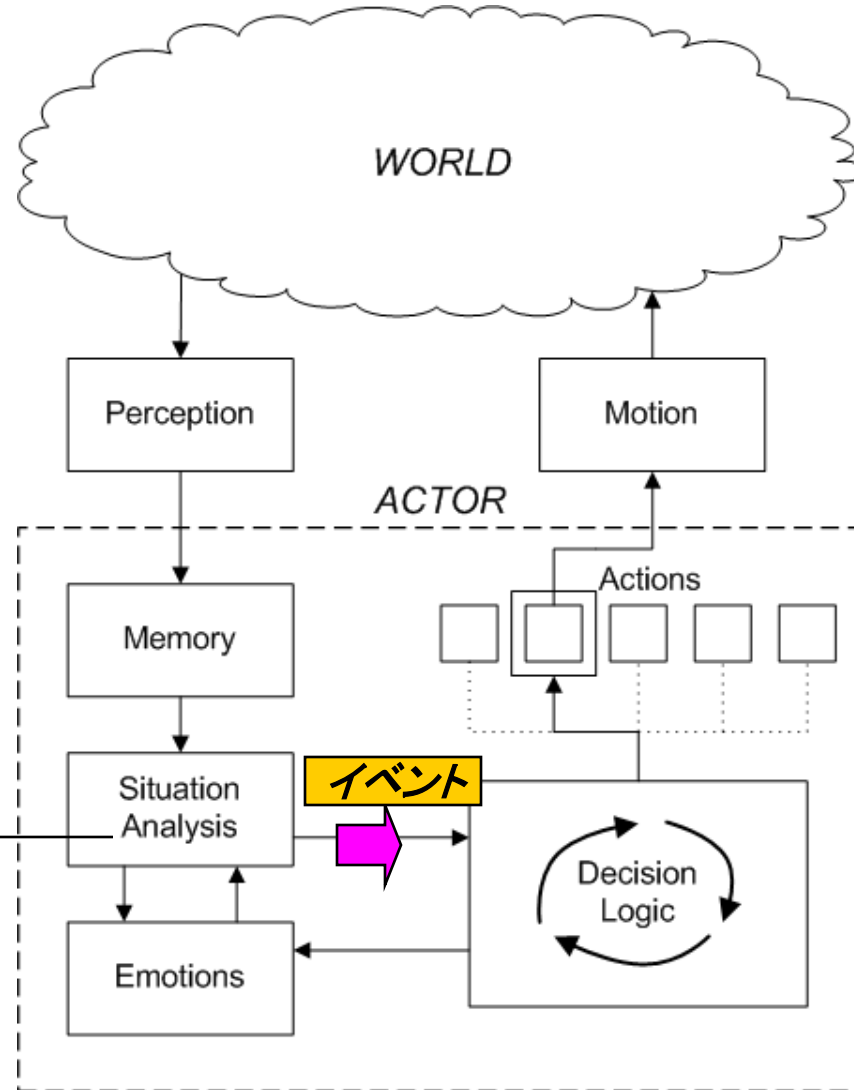
プランニング



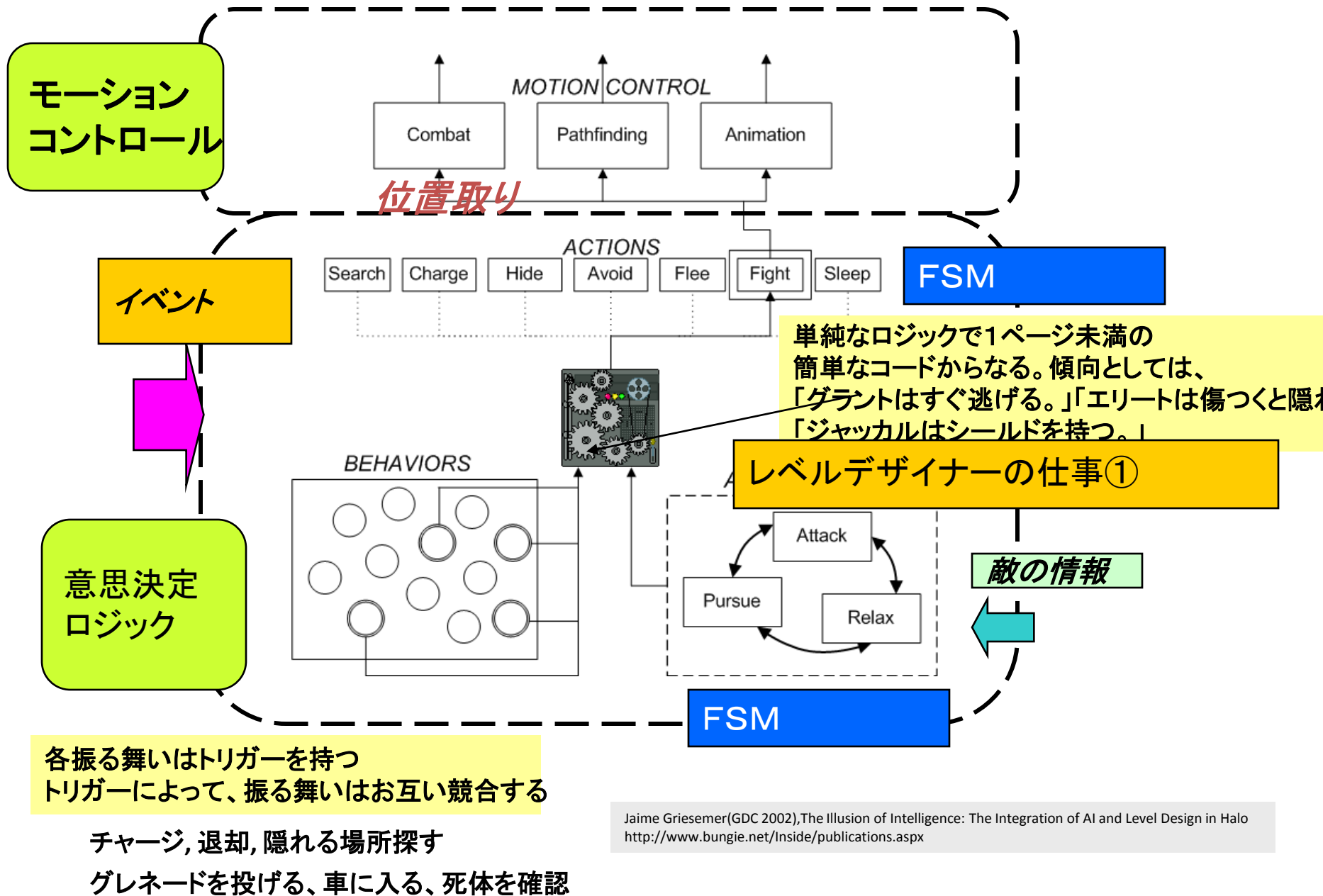
Halo AI のアーキテクチャー

「敵発見」
「味方死亡」
「ダメージを受けた」
「プレイヤー発砲」
などイベントを抽出

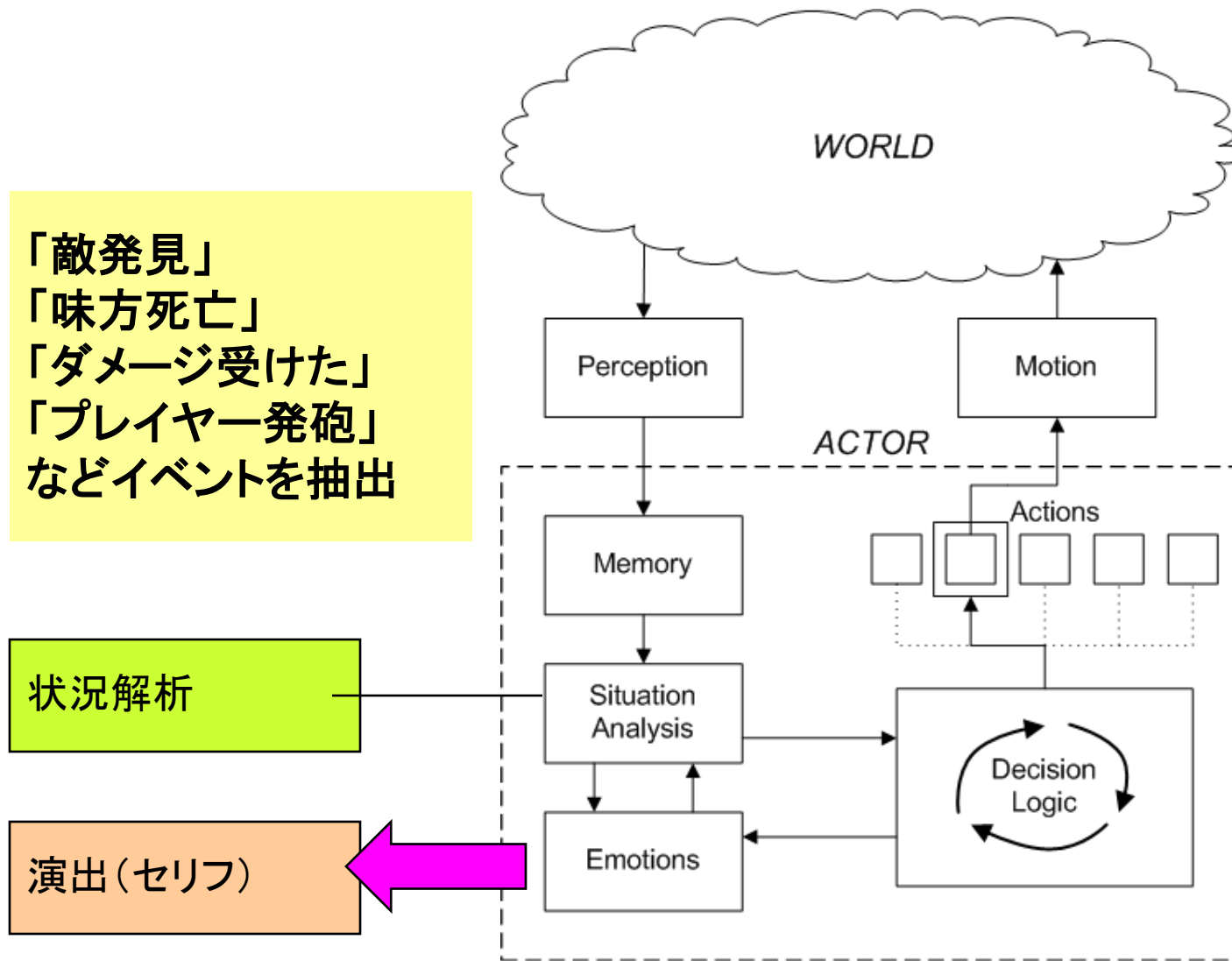
状況解析



Halo AI の意志決定部分



Halo AI のアーキテクチャー



⑩ 學習

Off the Beaten Path: Non-Traditional Uses of AI

Ben Sunshine-Hill (Havok), Michael Robbins (Gas Powered Games)

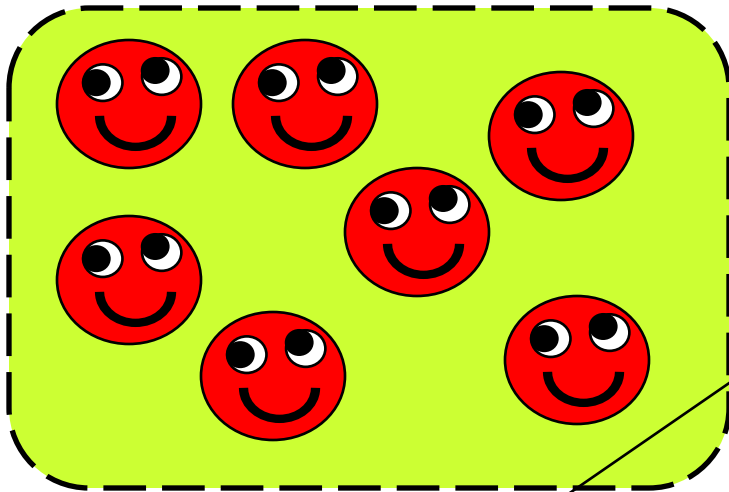
<http://www.gdcvault.com/play/1015406/Off-the-Beaten-Path-Non>

<http://www.gdcvault.com/play/1015667/Off-the-Beaten-Path-Non>

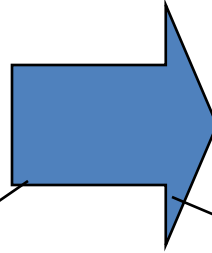
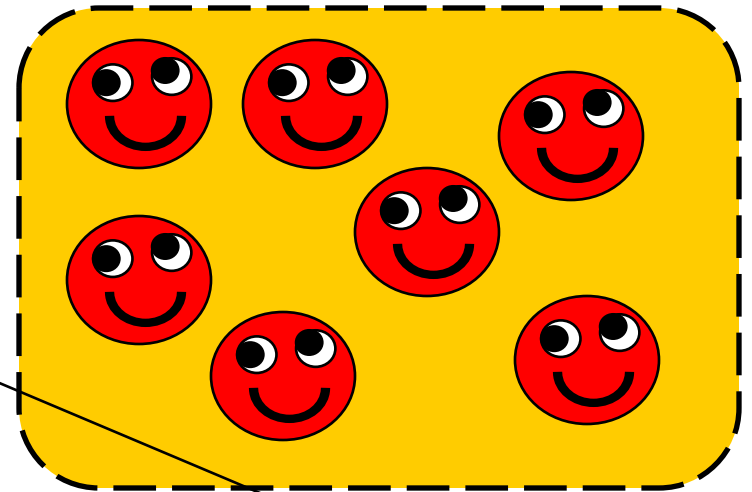
遺伝的アルゴリズム

集団を一定の方向に進化させる方法

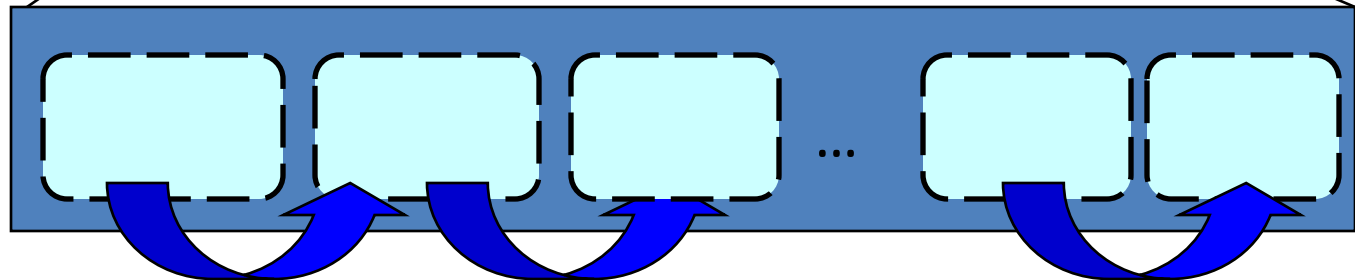
最初の世代



新世代(100~世代後)

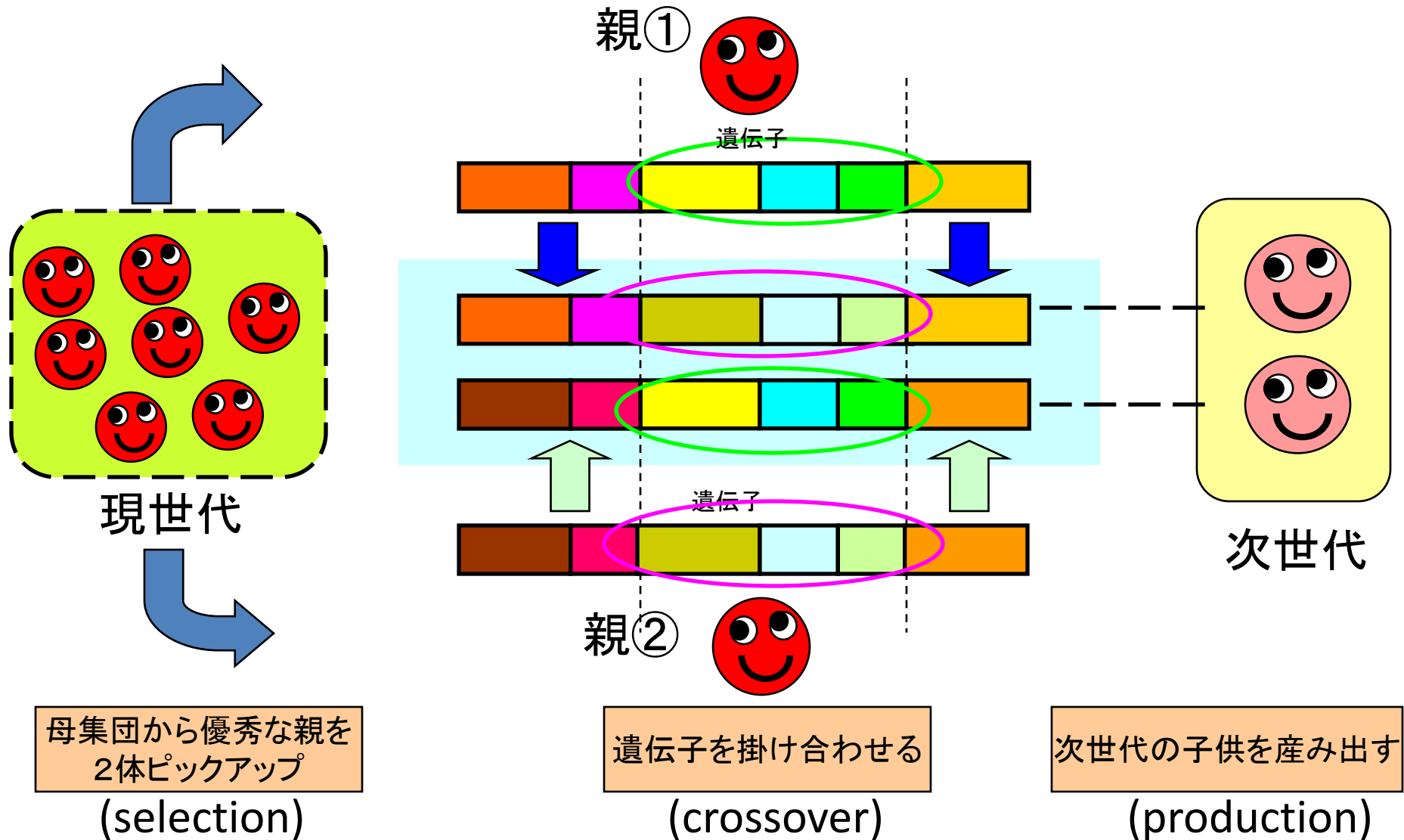


世代を経て進化させる



一つの世代が次の世代を交配によって産み出す

遺伝的アルゴリズムの仕組み

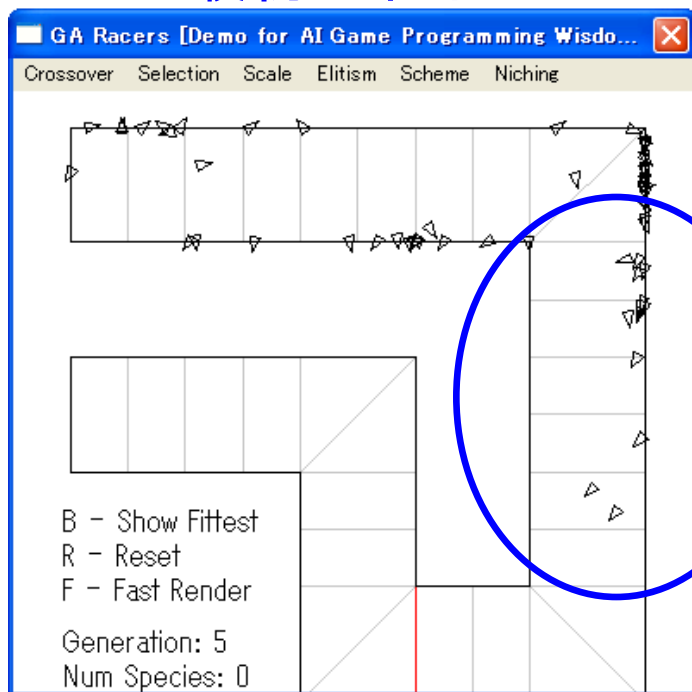


このサイクルをくり返すことで世代を進めて望ましい集団を産み出す

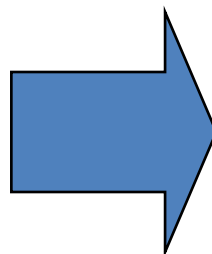
(例)① GA Racer

遺伝的アルゴリズムによって、遠くまで到達できるレーサーを作成する。

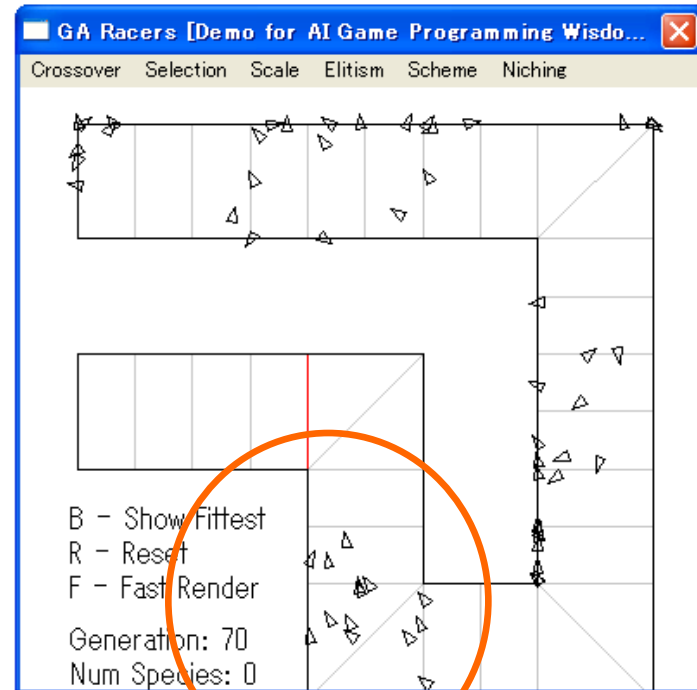
最初の世代



最初はここまでしか
たどり着けないけど...



新世代(100~世代後)



だんだんと遠くまで、
たどりつけるようになる。



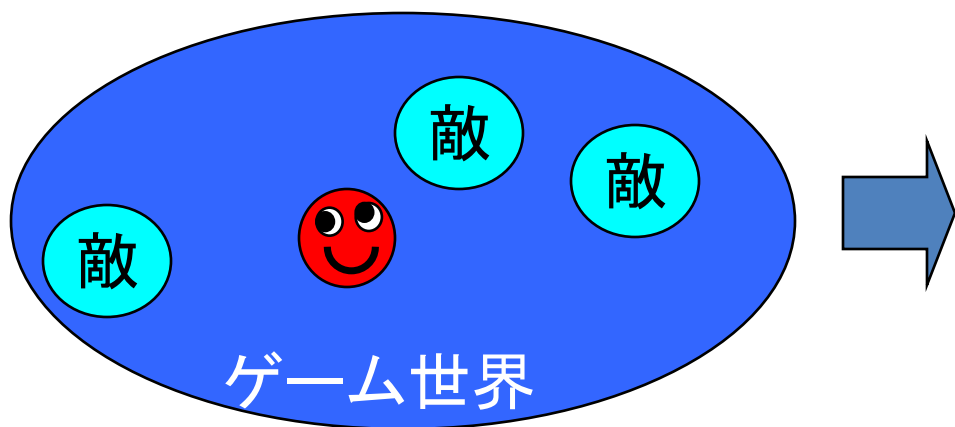
②シミュレーションとNPCの評価

NPCが生きるゲーム世界の中で、実際に一定時間動作させるなどして、製作者がNPCに望む目標に対する評価値(達成値)をつける。

ゲーム製作者の意図を反映する評価関数を作る

(例) 強いNPCを作りたければ、 $\text{評価値} = 0.7 * \text{撃破数} + 0.3 * \text{残りHP}$

取り合えず生き延びることできるNPCなら、 $\text{評価値} = \text{生存時間}$



順位	評価値	
1位	86.3	😊
2位	78.4	😊
3位	75.3	😊
....		😊
...		😊
100位	38.2	😊

君はこの世界でどれだけ僕が求めるにふさわしいのだ？

遺伝子进行评估するのではなく、その遺伝子を持つ個体が、世界でどれだけ優秀であるかを測る。

評価値から適応度を計算する

評価値から、その個体の環境に対する適応度を計算する。
評価値が大きいほど、適応度は大きくなるようにしておく。

順位	評価値		順位	適応度	
1位	86.3		1位	9.32	
2位	78.4		2位	8.83	
3位	75.3		3位	7.81	
....					
...			...		
100位	38.2		100位	0.02	

評価値とは、その環境で達成した行為の点数のこと。
適応度とは、環境にどれぐらい対応しているかを表す。

両者の対応関係は、比例関係にあるならどう作ってもよい。

(例) 同じでいいや。 $\text{適応度} = \text{評価値}$

上位の点数は、差に意味がないから $\text{適応度} = \log(\text{評価値}/100)$ など。

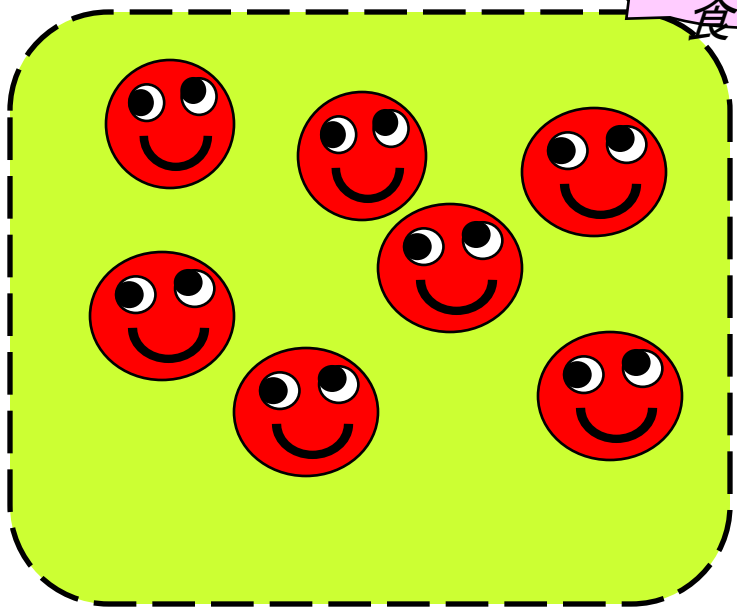
世界最高峰の遺伝的アルゴリズムを使ったゲーム
(AIをどうゲームに使うか、という手本のようなゲーム)



(例)④アストロノーカ

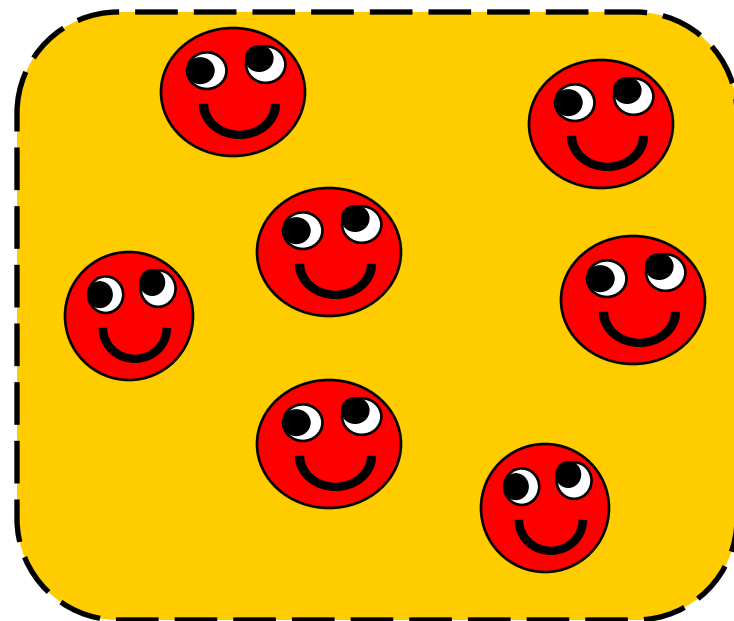
最初の世代

野菜
食べた
い



最初はすぐに罠にかかるけど

新世代(5~世代後)



だんだんと罠にかからないようになる

MuuMuu, プレイステーション用ソフト「アストロノーカ」(Enix, 1998)

<http://www.muumu.com/games/astro/>

どういうゲーム？

珍しい野菜を育てる



しかしバブーが野菜を食べに来る



トラップを仕掛けて野菜を守れ！



高値で取引、そして野菜コンテストで優勝！

MuuMuu, プレイステーション用ソフト「アストロノーカ」(Enix, 1998)

<http://www.muumu.com/games/astro/>

以下の解説は

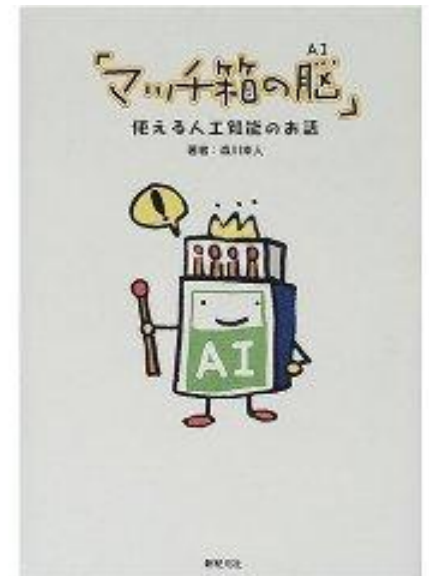
森川幸人,
「テレビゲームへの人工知能技術の利用」,
人工知能学会誌vol.14 No.2 1999-3

<http://www.ai-gakkai.or.jp/jsai/whatsai/PDF/article-iapp-7.pdf>

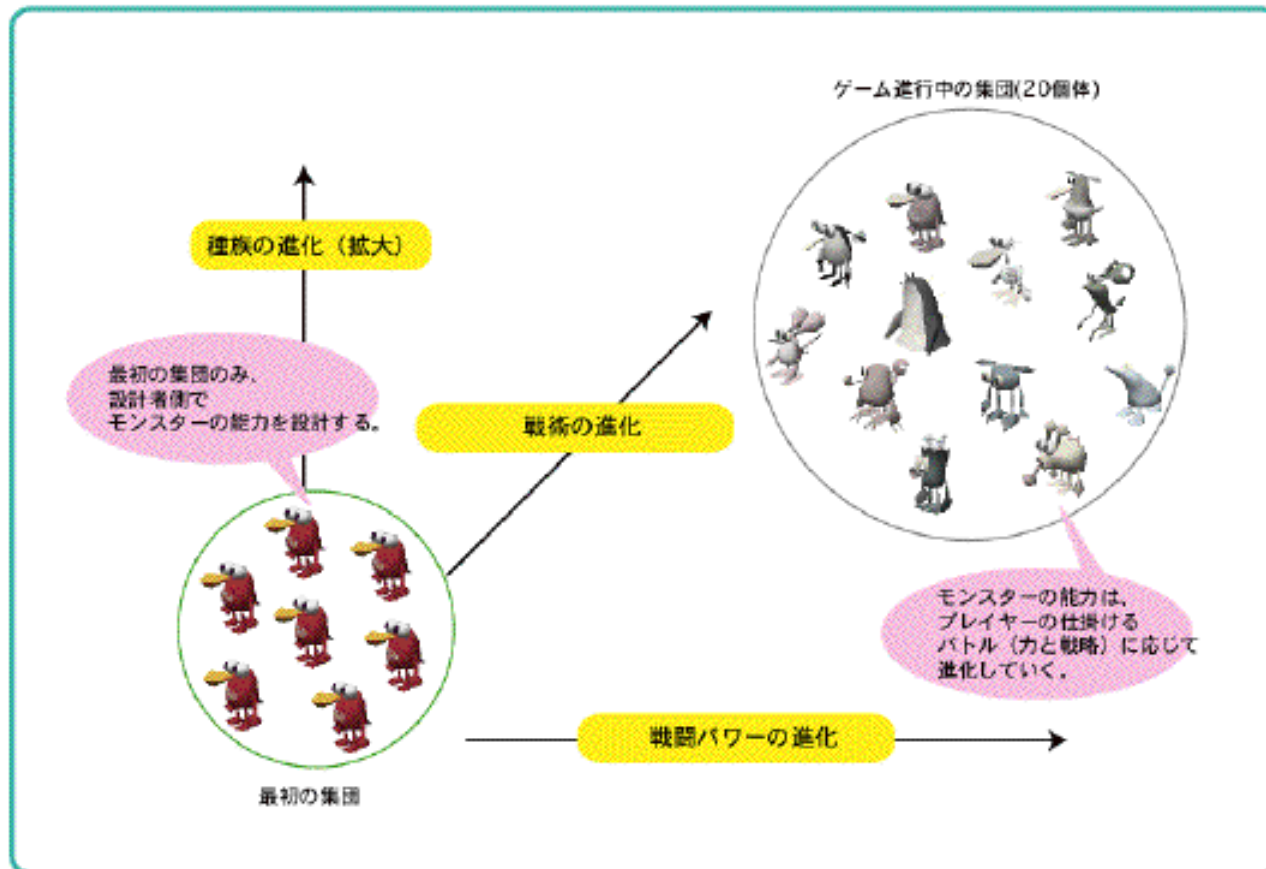
<http://www.1101.com/morikawa/1999-04-10.html>

に準拠します。

詳細は以下の資料へ



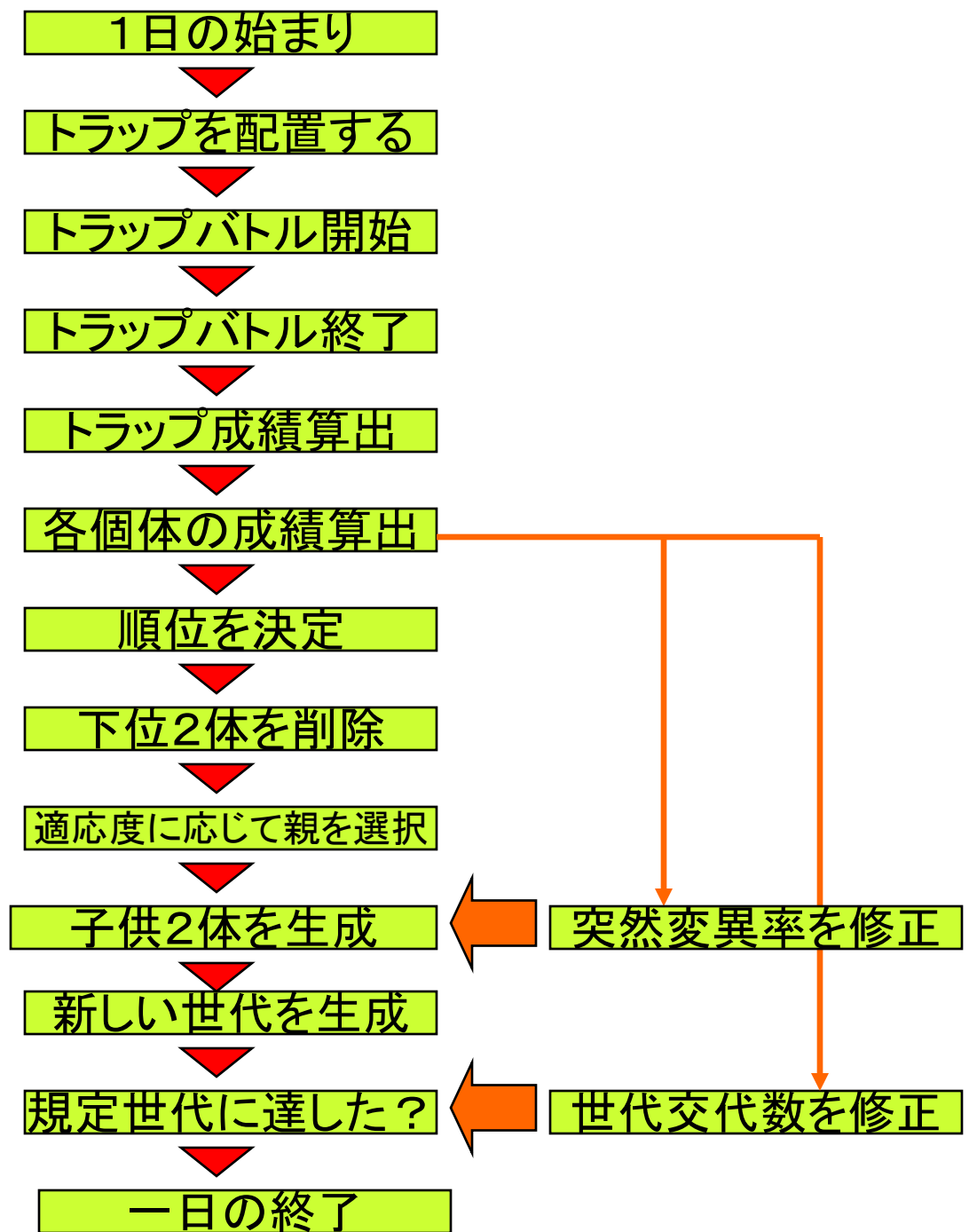
全体の流れ



森川幸人, 赤尾容子, 「アリの知恵はゲームを救えるか?」, CEDEC2003

http://www.muumuu.com/CEDEC2003_ants/CEDEC2003_ants.htm

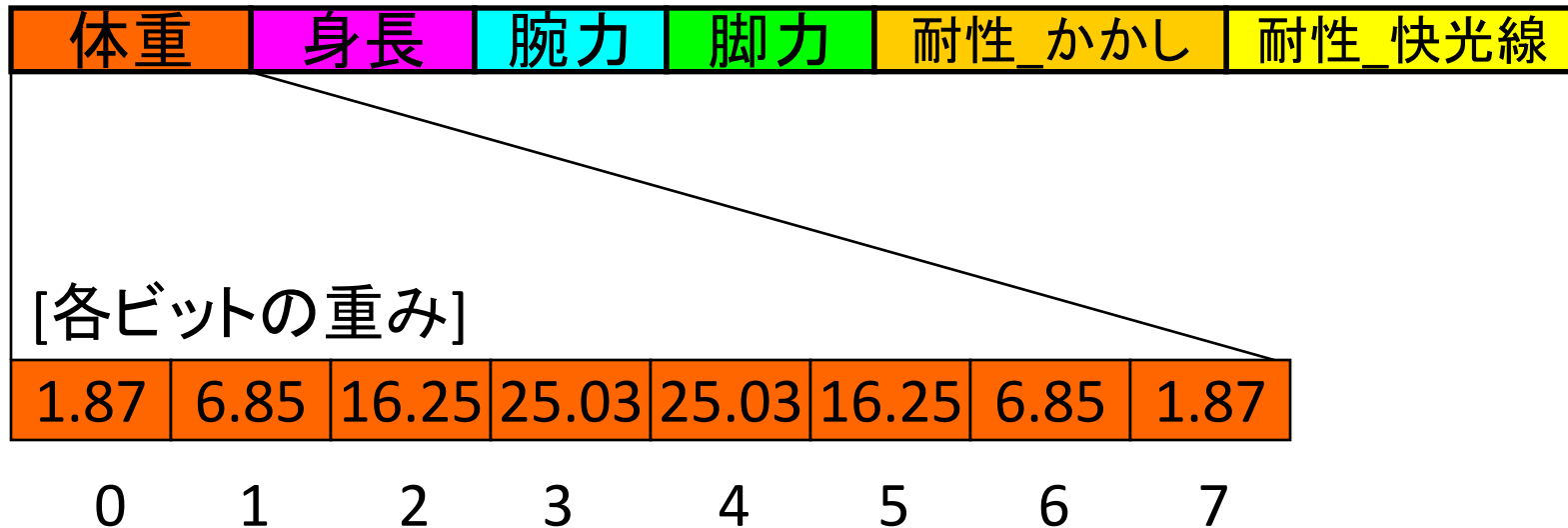
全体の流れ



4-① 初期の個体集合を生成

個体を多数(GAにはある程度の母数が必要)用意し、各NPCに遺伝子コードを設定し、初期値を設定する。

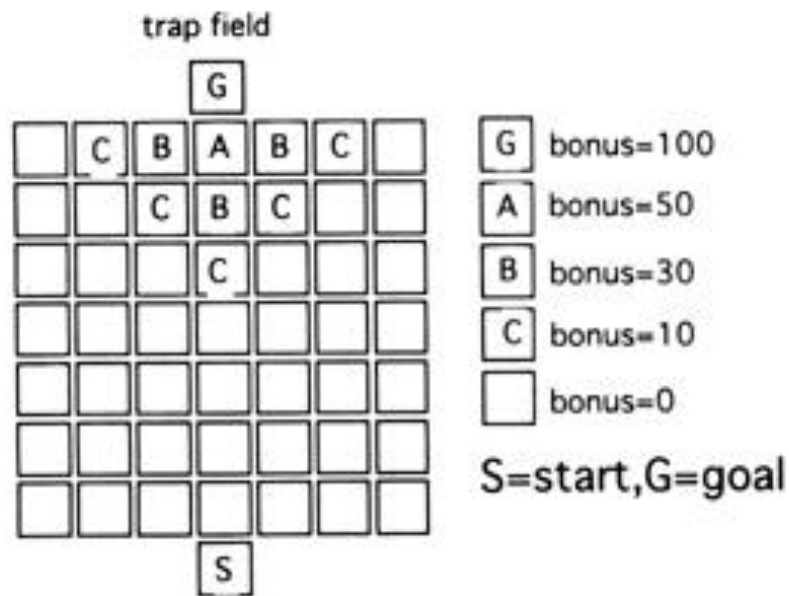
[バブーの属性(総計56)]



$$56 \times 8 = 448 \text{ビット}$$

4ー②シミュレーションとNPCの評価

トラップを奥へと通り抜けることができるほど、評価点が高くなる。



適応度 = 成績 + TB時間 * 0.3 + エンジョイ * 0.5 + トラップ点 + 安全点 + HP * 0.5

要した時間

トラップに対する耐性

ゲームシステムとしての工夫

工夫その① 遺伝的アルゴリズムは集団に対するアルゴリズム
→ 一体のトラップバトルの裏で他の20体も同じトラップバトルをして、
全体として世代交代をさせている。

工夫その②

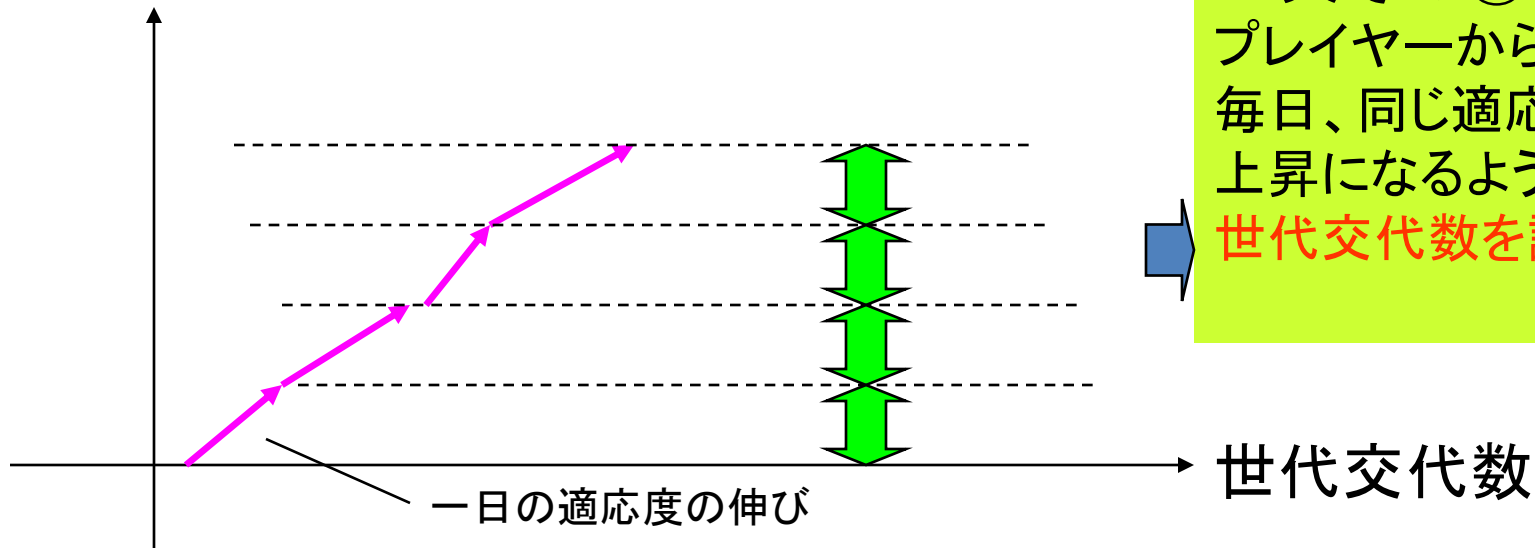
遺伝的アルゴリズムは進化のスピードがプレイヤーに体感させるには遅い

→ プレイヤーには「1世代の変化」と言っているが、
実はだいたい1日5世代分進化させている。

工夫その③

プレイヤーから見て
毎日、同じ適応度の
上昇になるように、
→ 世代交代数を調整している

全体の適応度の平均値



⑦ 意思決定アルゴリズム

⑧ プランニング

⑨ 記憶の動的構造・静的構造

キャラクターの内面を豊かにする。

[課題]

⑦ ゲーム産業では比較的シンプルな意思決定アルゴリズムが用いられて来た。次世代ではどこまで学術的な知識を取り入れつつ高度化できるか？

⑧ プランニングは、次世代ゲームAIのキーテクノロジー。ゲームに応じた様々なプラナーの導入が必要とされる。

⑨ 短期記憶・長期記憶・ワーキングメモリなどのモデルを、キャラクターの内部記憶構造に持ち込む。

⑩ 感情

⑪ 学習

キャラクターの内面を豊かにする。

課題

⑩ 感情に対しては演出以上のものができていない。どこまでAIから感情に切り込めるか？糸口が見えない。

⑪ 学習はこれまで年に1～2個のタイトルで使われるとよい方だった。それは学習の不安定さ、カスタマイズのしにくさ、ゲームの進行と学習のスピードの調整の難しさによる。しかし、次世代では必ずある時点でブレイクし、一斉に使われるようになる。そのために、柔軟かい学習アルゴリズムを支える強固なアーキテクチャが必要である。

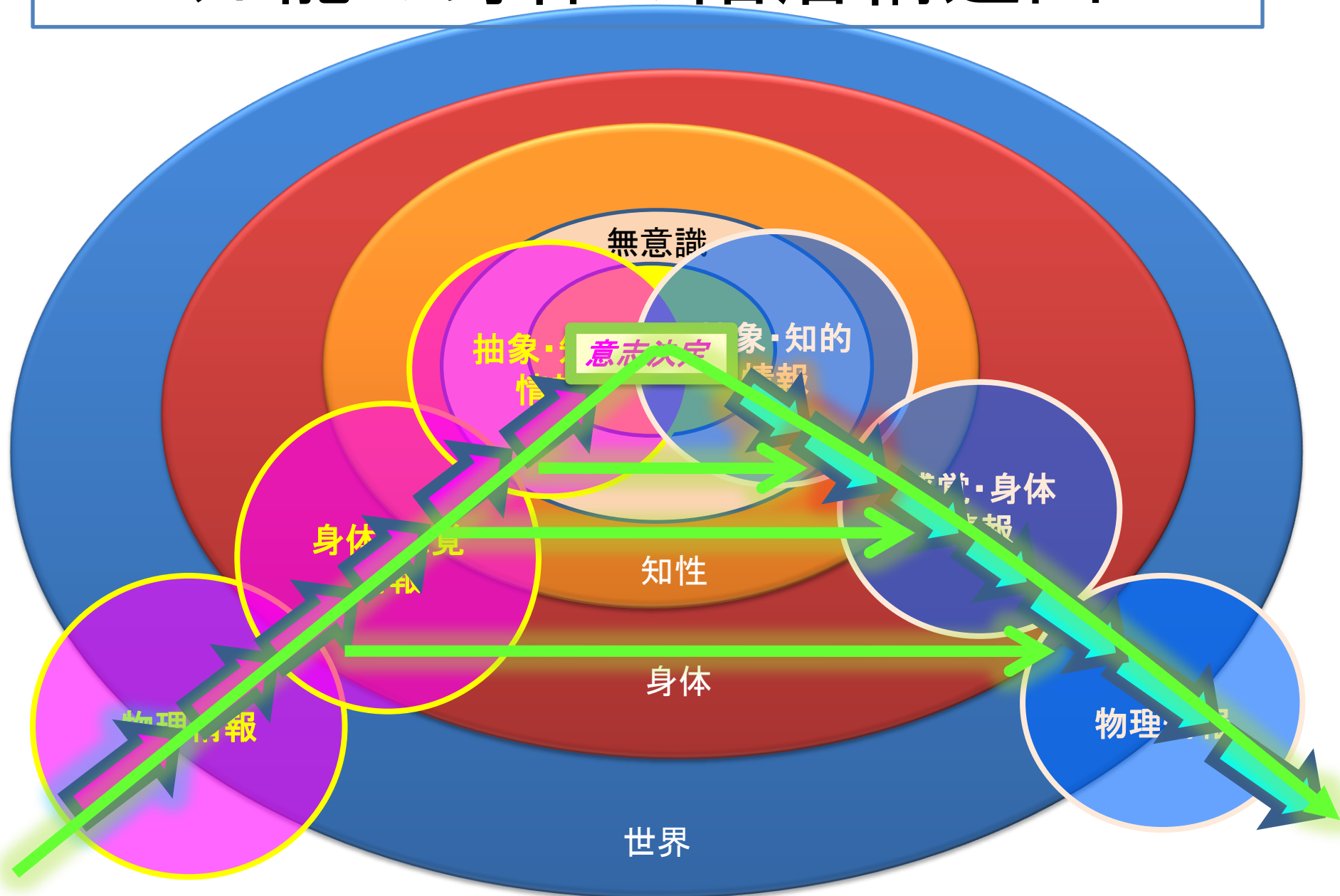
コンテンツ

- 第一部 キャラクターに世界を理解させたい
- 第二部 世界とキャラクターの内面をつなぐ
- 第三部 キャラクターの内面を豊かにする
- 第四部 キャラクターに深く世界にコミットさせる
- 第五部 キャラクターの社会生活
- 第六部 より人間らしいAIへ
- 第七部 ゲームをコントロールするAI
- 第八部 まとめ

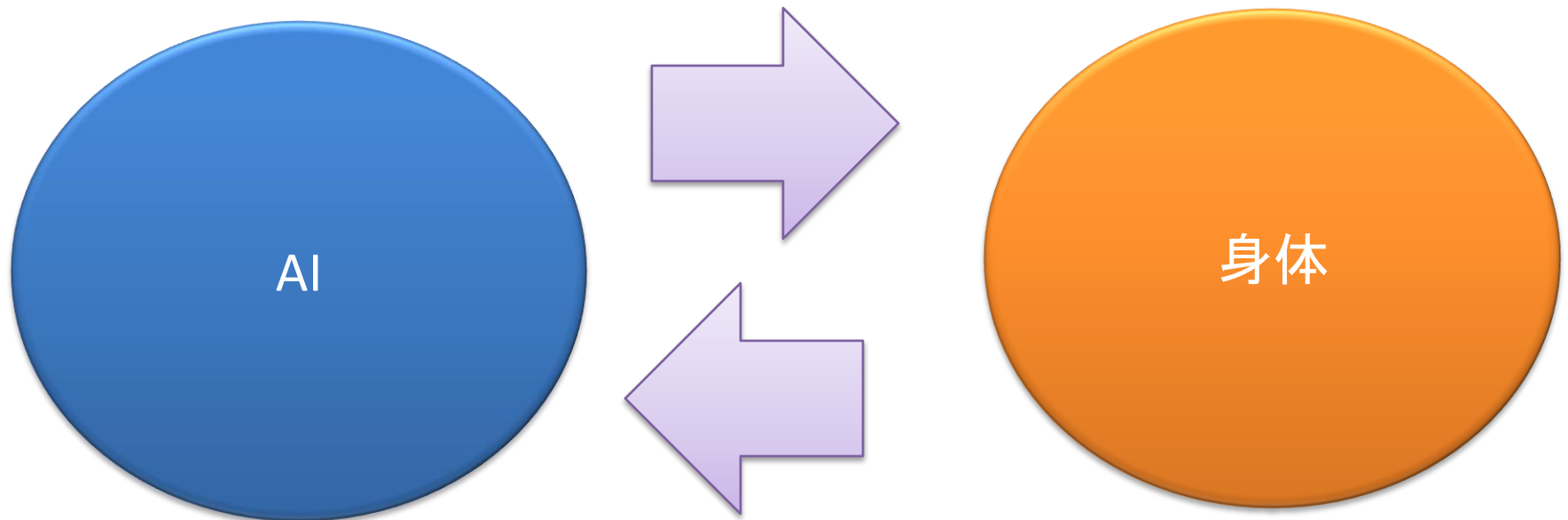
第四部

キャラクターに深く世界にコミットさせる

知能の身体の階層構造図



⑫ アニメーションと人工知能(意思決定)部分の接合



二つの独立したシステムの相互作用系であるべき。

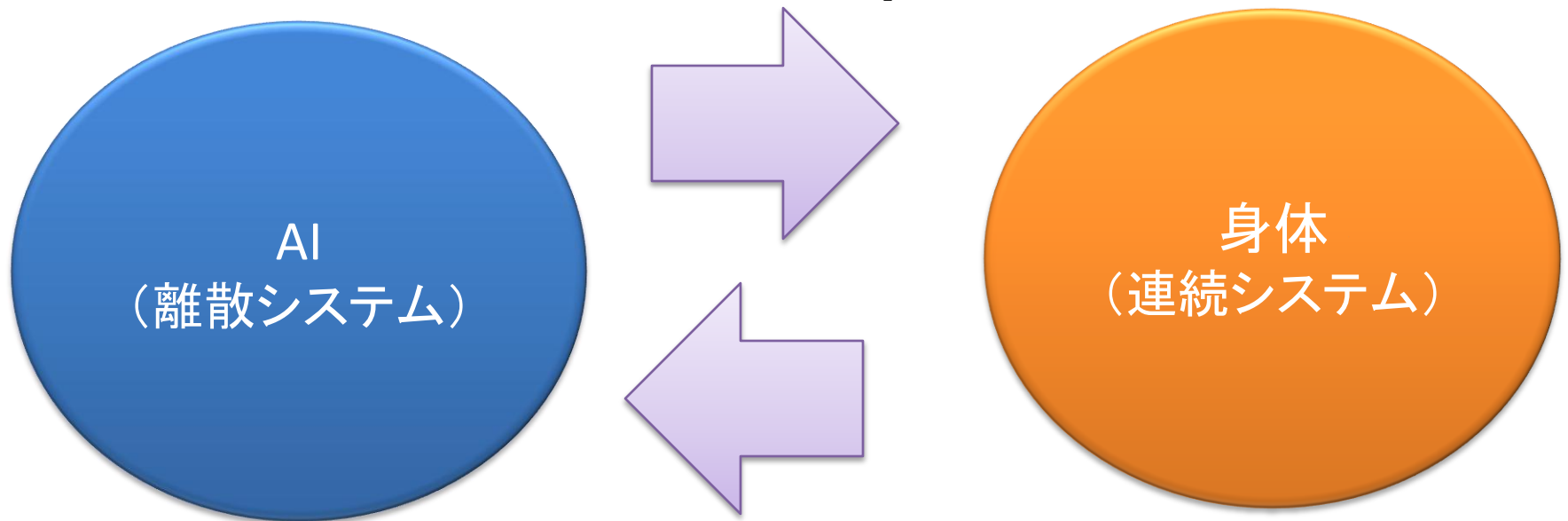
AIはAIとして秩序をもつ。

- [構造] 知識表現、身体表現、記憶、思考、身体への制御器官(エフェクター)
- [動的秩序] インフォメーション・フロー、意思決定、記憶の変化

身体は身体としての秩序を持つ。

- [構造] ボーン、リグ、アニメーションデータ
- [動的秩序] FSM、プロシージャル、IK

AI システムと身体システム



二つの独立したシステムの相互作用系であるべき。

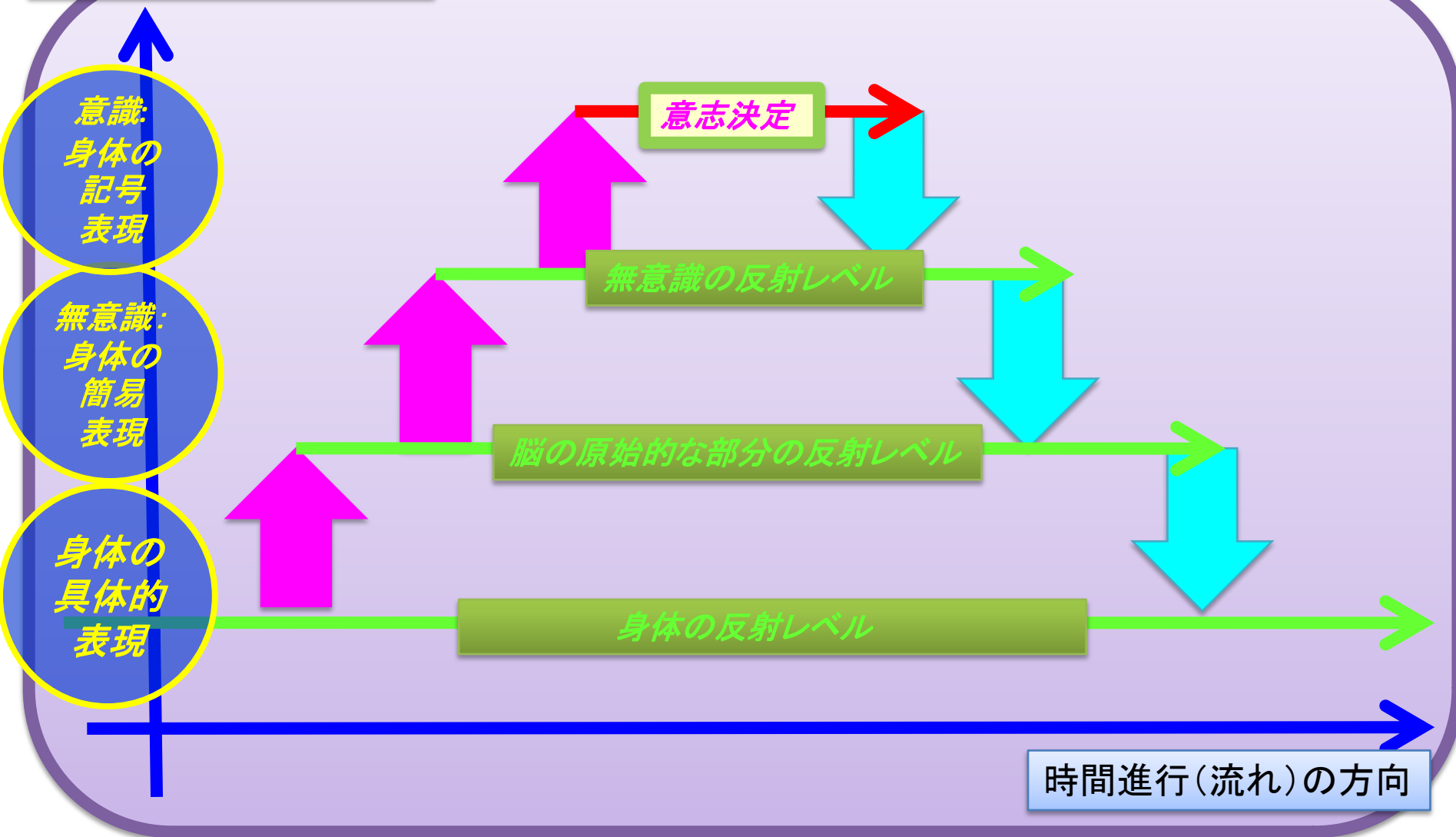
では実際に、どのように相互作用させるべきなのか？



次世代への足がかりの今こそ、明確にコンセプトを打ち出すべき。

知能と身体の階層型表現(1)

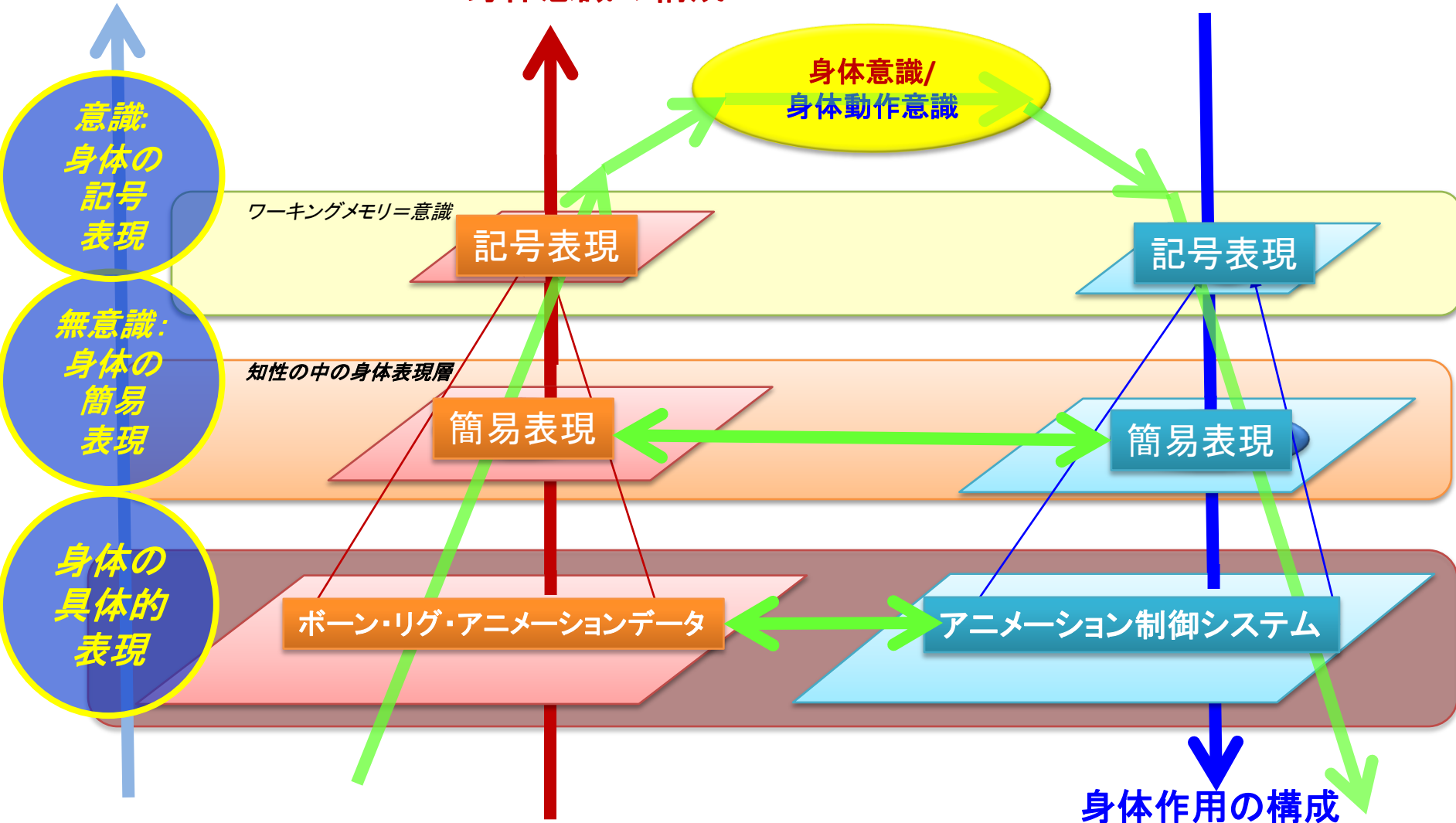
身体～知性の階層表現



知能と身体の階層型表現(2)

身体～知性の階層表現

身体意識の構成



参考文献

- (1) [CEDEC 2012]「クララが立った！」的なバイナリドメインのボスの二足立ちに、キミはAIとアニメーションの相互連携の可能性を見るか(4gamers)

<http://www.4gamer.net/games/125/G012513/20120908012/>

- (2) NaturalMotionが提案する「知性あるプロシージャルアニメーション」最新ゲームのアニメーション表現を支える先端ミドルウェア機能とは？

http://game.watch.impress.co.jp/docs/news/20110907_475674.html

- (3) [CEDEC 2011]効率的にバランスを取ってはいけない。クリーチャーの動きをプロシージャルアニメーションで作るには

<http://www.4gamer.net/games/000/G000000/20110912077/>

- (4) 【CEDEC 2012】「アニメーションTA」とは!? AIとアニメの融合が生み出すキャラクターの次なるリアリティ

<http://www.inside-games.jp/article/2012/08/24/59175.html>

コンテンツ

- 第一部 キャラクターに世界を理解させたい
- 第二部 世界とキャラクターの内面をつなぐ
- 第三部 キャラクターの内面を豊かにする
- 第四部 キャラクターに深く世界にコミットさせる
- 第五部 **キャラクターの社会生活**
- 第六部 より人間らしいAIへ
- 第七部 ゲームをコントロールするAI
- 第八部 まとめ

第五部

キャラクターの社会的生活

⑬ コミュニケーション

⑭ 協調の仕組み

⑮ マルチエージェント～群知能

⑯ エージェントによる創作

⑰ ソーシャルAI

AIに社会性を与える。

⑪ コミュニケーション

Gunslinger「うわさ」(評判)システム

Gunslinger, Surreal(2000)



舞台は昔の西部で、ガンマンたちが、
名誉をかけて戦う。

開発: Surreal

出版: Activision / Sony

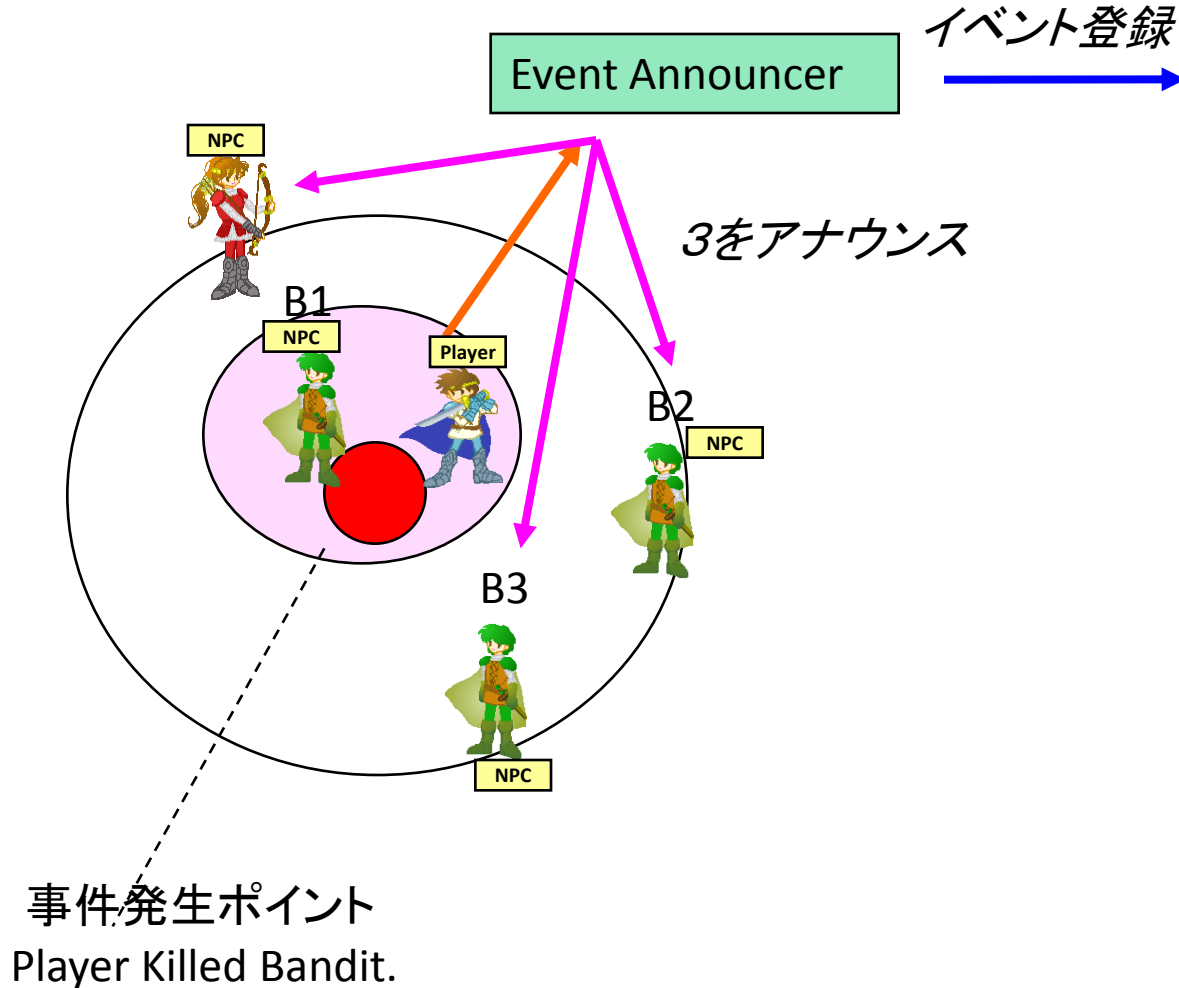
→ マーケット的な理由でCanceled

プラットフォーム: PS2

開発期間: 2001/2002



評判システム



Master Event List	参照回数
1. Bandit Killed Farmer	4
2. Player Aided Lawmen	1
3. Player Killed Bandit	3
4.	
5.	

3人のNPCに
参照されている

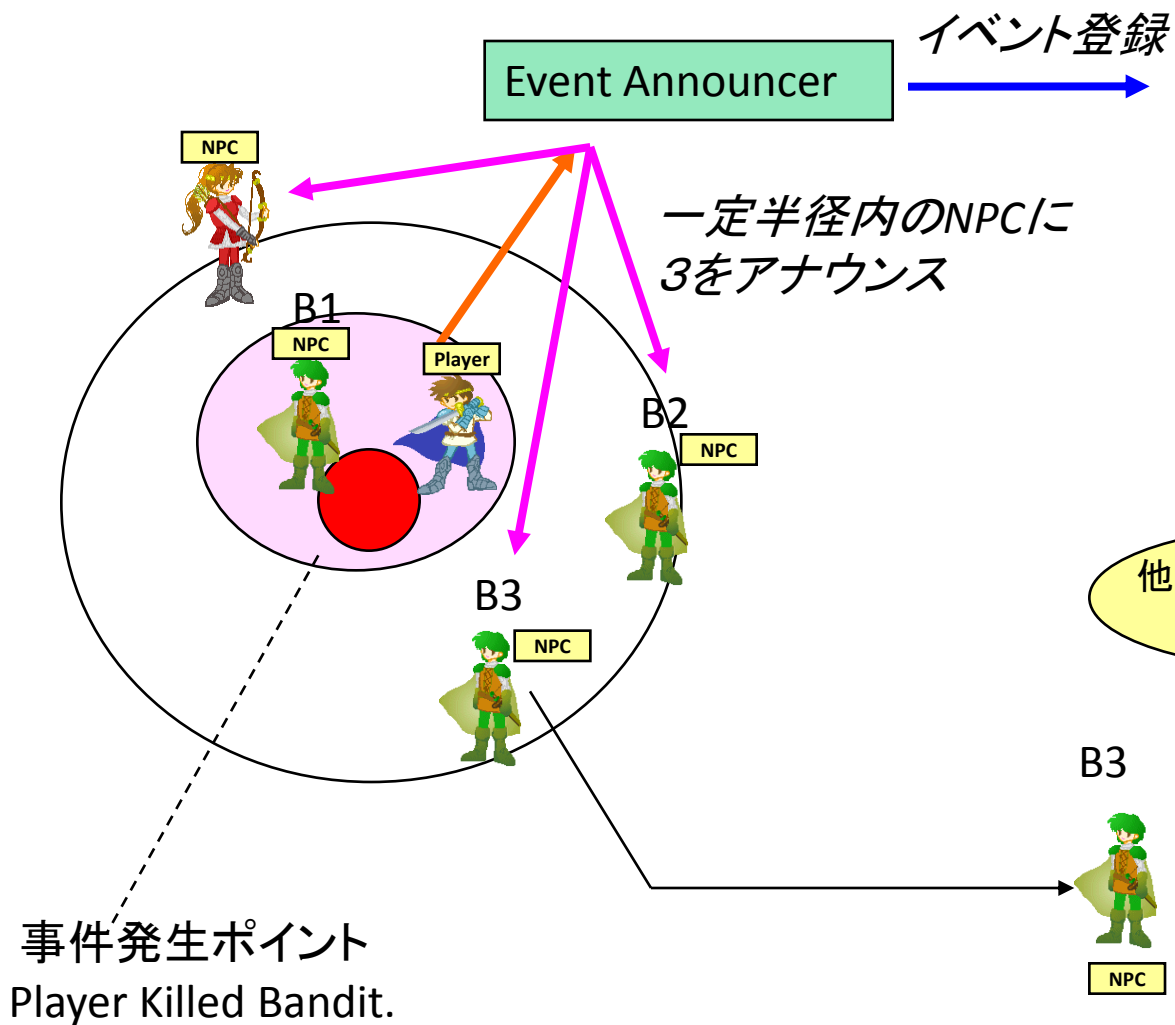
評判システム(イベントの形式)

Greg It, Kristin King, "A Dynamic Reputation System Based on Event Knowledge", 8.6, AI Game Programming Wisdom

Master Event List	参照回数
1. Bandit Killed Farmer	4
2. Player Aided Lawmen	1
3. Player Killed Bandit	11
4.	
5.	

Subject Group	Player
Verb	DidViolenceTo
Object Group	Bandit
Object Individual	Joe
Magnitude	75(Killed)
Where	50,20,128(In front of saloon)
When	High noon
Template	KilledBanditTemplate
ReferenceCount	Known by 11 NPCs
Reputation Effects	Bandits hate player more Lawmen like player more Farmers like player more

評判システム



Master Event List	参照回数
1. Bandit Killed Farmer	4
2. Player Aided Lawmen	1
3. Player Killed Bandit	4
4.	
5.	

(参照回数が0になればリストから消去)

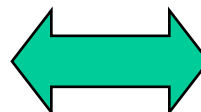
参照回数を+1

他の場所でNPC同士が
ばったり出会う

味方同士の場合
伝言する

B3

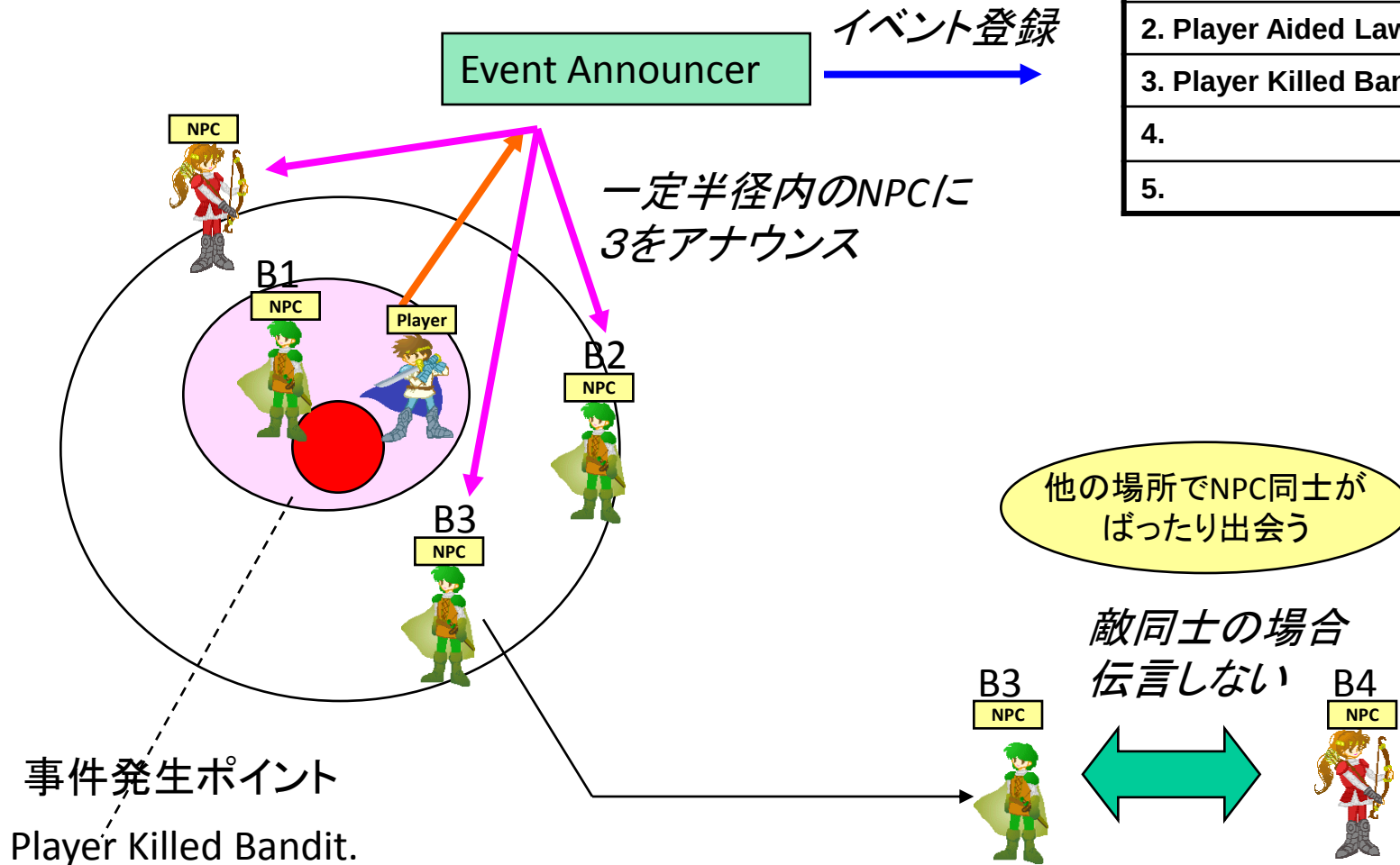
B4



NPC

NPC

評判システム



評判システム(情報交換)

NPCごとの記憶

Memory Element	信頼度	取得時刻
1	43	0:13:43
3	76	1:4:53
7	63	1:7:45
11	12	1:24:54
12	52	2:6:55

NPCごとの記憶

Memory Element	信頼度	取得時刻
2	43	0:15:13
4	87	0:46:3
7	12	2:17:56
15	53	2:14:45
71	84	3:56:15



NPC



NPC

同じイベントに対する情報がある場合は、信頼度の高い方の情報に上書き。
同じ対象(例えばJoe)に対する情報がある場合は、新しい情報に上書き

上書きするイベント → Master Event List の参照回数 + 1
消去されるイベント → Master Event List の参照回数 - 1
(Master Event List で参照回数が0になればリストから消去)

評判システム(情報補完システム)



(NPC Aが Joe に出会ったときには、Joe は既に死んでいた)

Joe was Killed by unknown group



(Joe が Lawmen に撃たれているのを目撃)

Joe was shot by lawmen group



Joe was killed by lawmen group

不完全な情報から
情報を再構築

思い込みかも...でも、それでいい。
人間とはそういうものじゃないか...(という開発方針)

⑫ 協調の仕組み

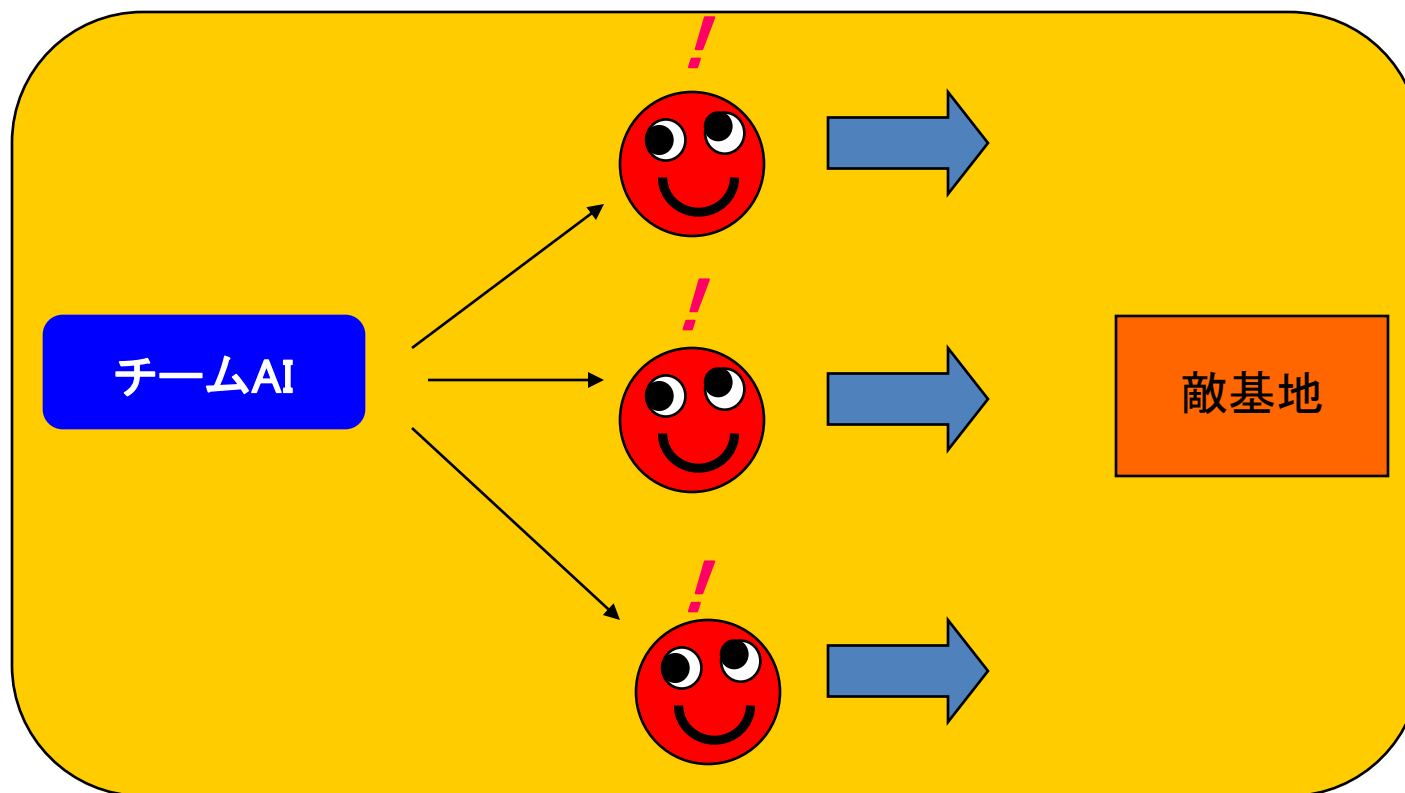
三宅陽一郎、横山貴規、北崎雄之: エージェント・アーキテクチャに基づくキャラクターAIの実装、第4回デジタルコンテンツシンポジウム(2008)

http://igda.sakura.ne.jp/sblo_files/ai-igdaip/dcs2008/YMiyake_DCS_2008_6_11paper.pdf

クロムハウズにおけるマルチエージェント技術

⑤ 勝利のための統制された行動

複数のエージェントがゴールを共有する



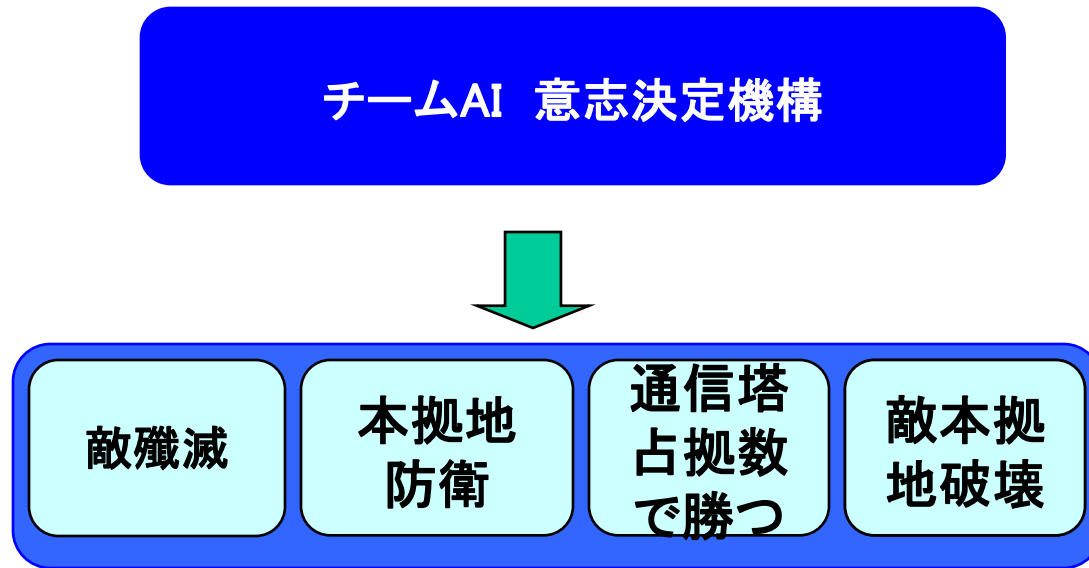
勝利のために目的を共有する

チームAIの構造

4つの戦略を持ち、ゲーム全体の状況を反映する

評価関数によって、一つの戦略を決定する。

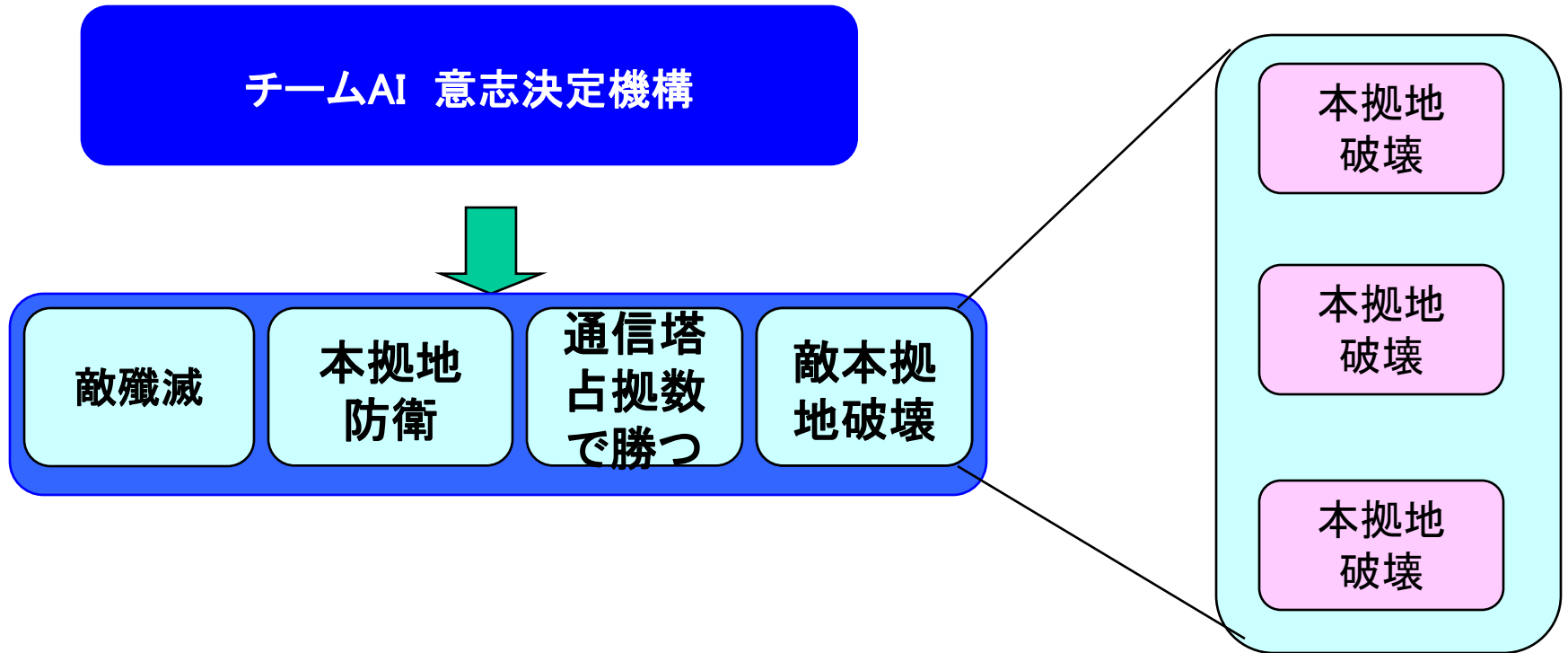
(評価関数による意思決定 = 個体の意志決定と同じ方法)



チームとしての戦略
(= 勝利条件と同じ)

チームAIの構造

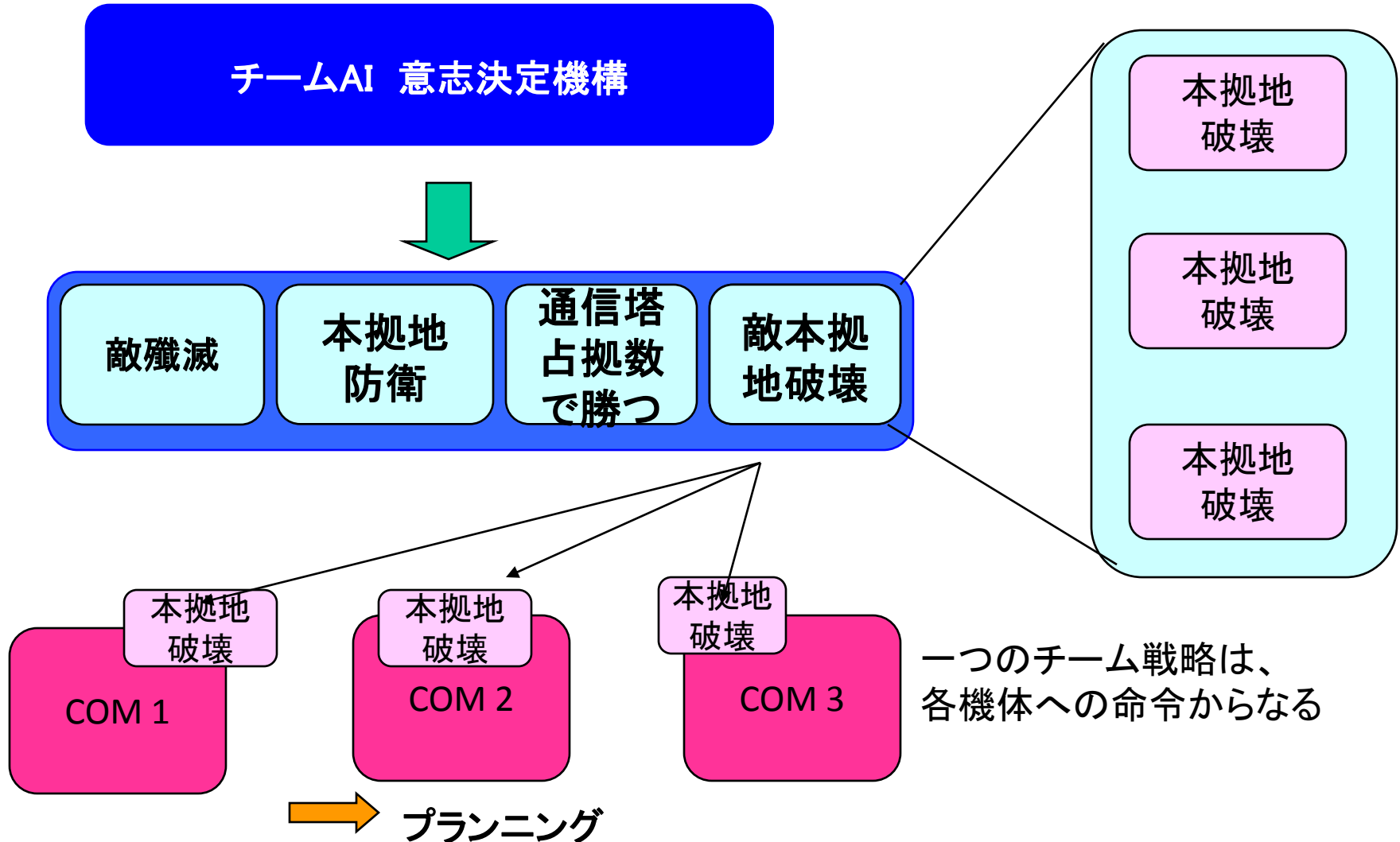
4つの戦略を持ち、評価関数によって、一つの戦略を決定する。
(評価関数による意思決定 = 個体の意志決定と同じ方法)



一つのチーム戦略は、
各機体への命令からなる

チームAIの構造 = ゴール指向型の拡張

COMのゴール指向プランニングの上に、チームAIを積み上げる



チームAI の意思決定と COMの判断を 比較して、最終的に決定する

チームAI 意志決定機構



敵殲滅

本拠地
防衛

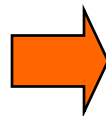
通信塔
占拠数
で勝つ

敵本拠地破壊

組織としての合理性

本拠地
破壊

COM 2



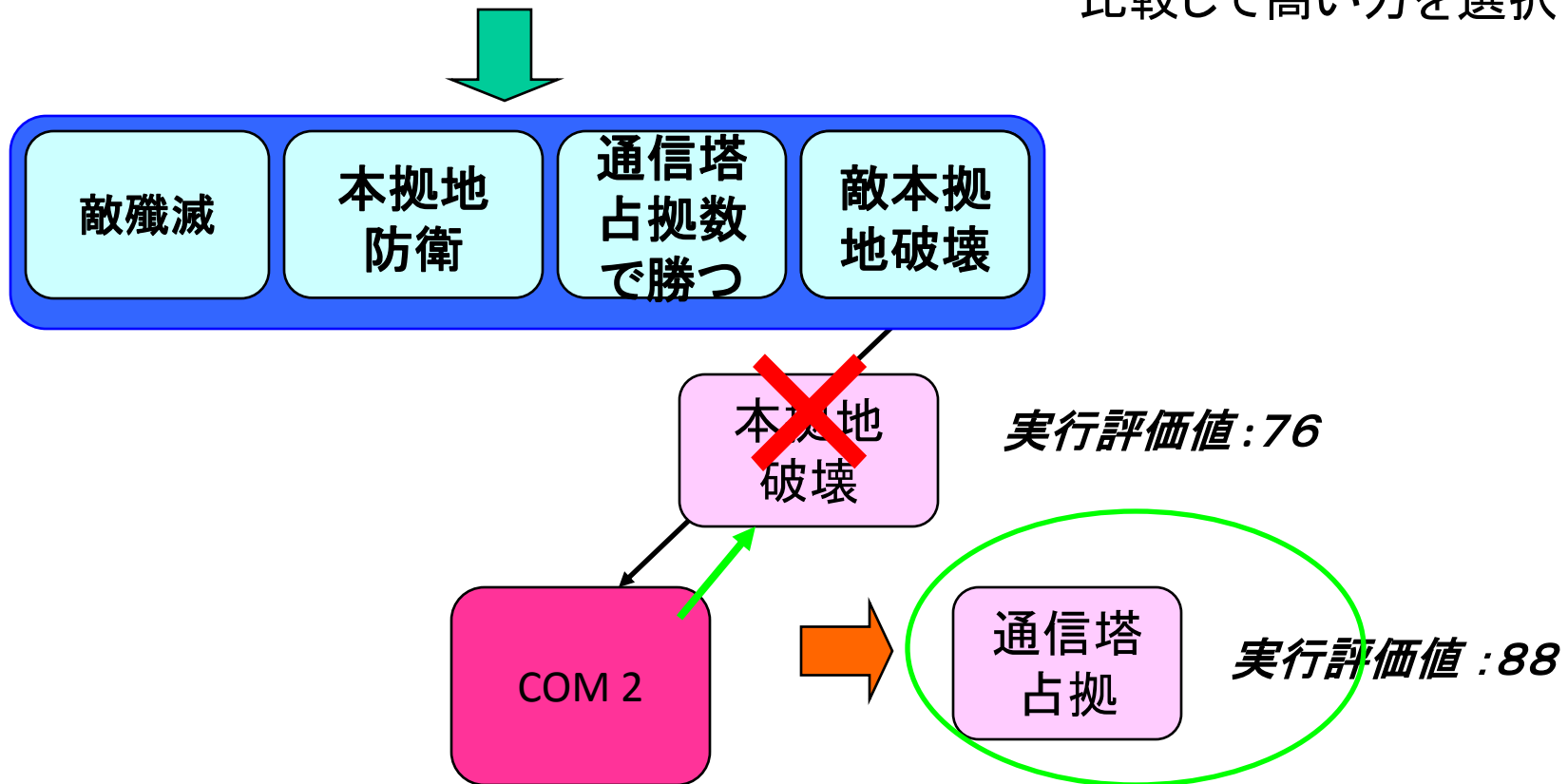
通信塔
占拠

個としての合理性

チームAI の意思決定と COMの判断を 比較して、最終的に決定する

チームAI 意志決定機構

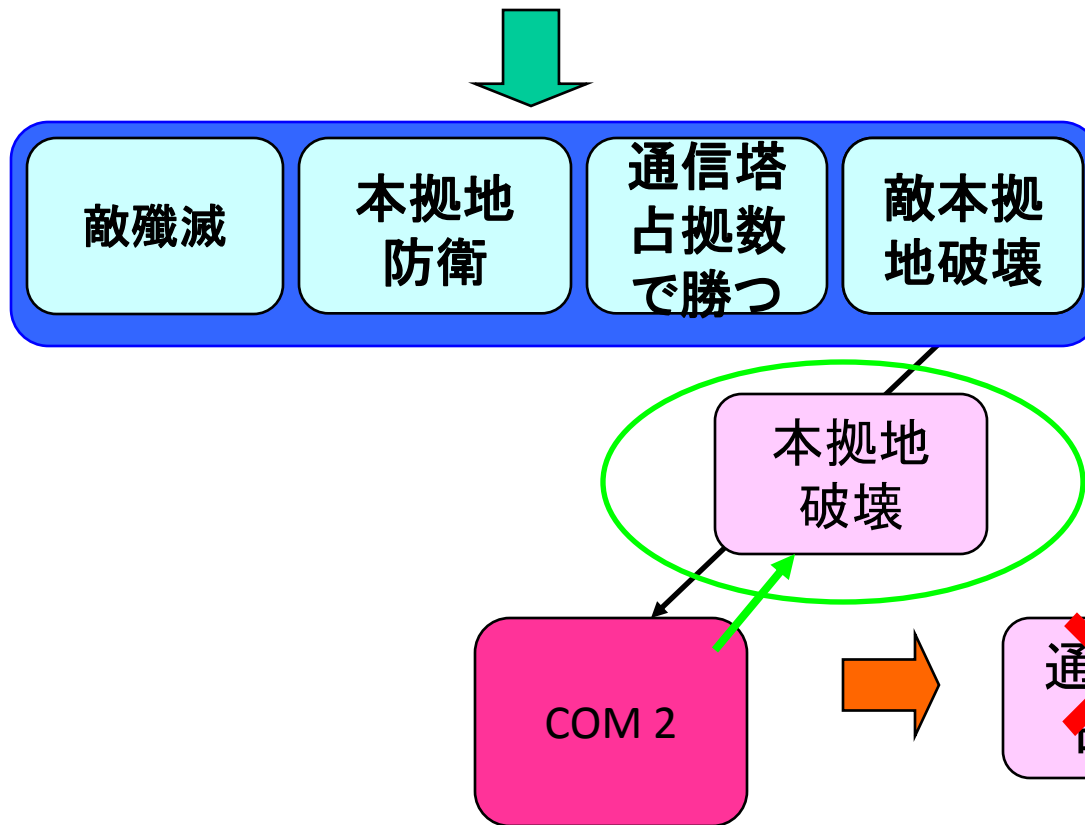
チームAIとCOMの
ゴールの評価値を
比較して高い方を選択する。



チームAI の意思決定と COMの判断を 比較して、最終的に決定する

チームAI 意志決定機構

COMが二つの評価値を
比較して高い方を選択する。

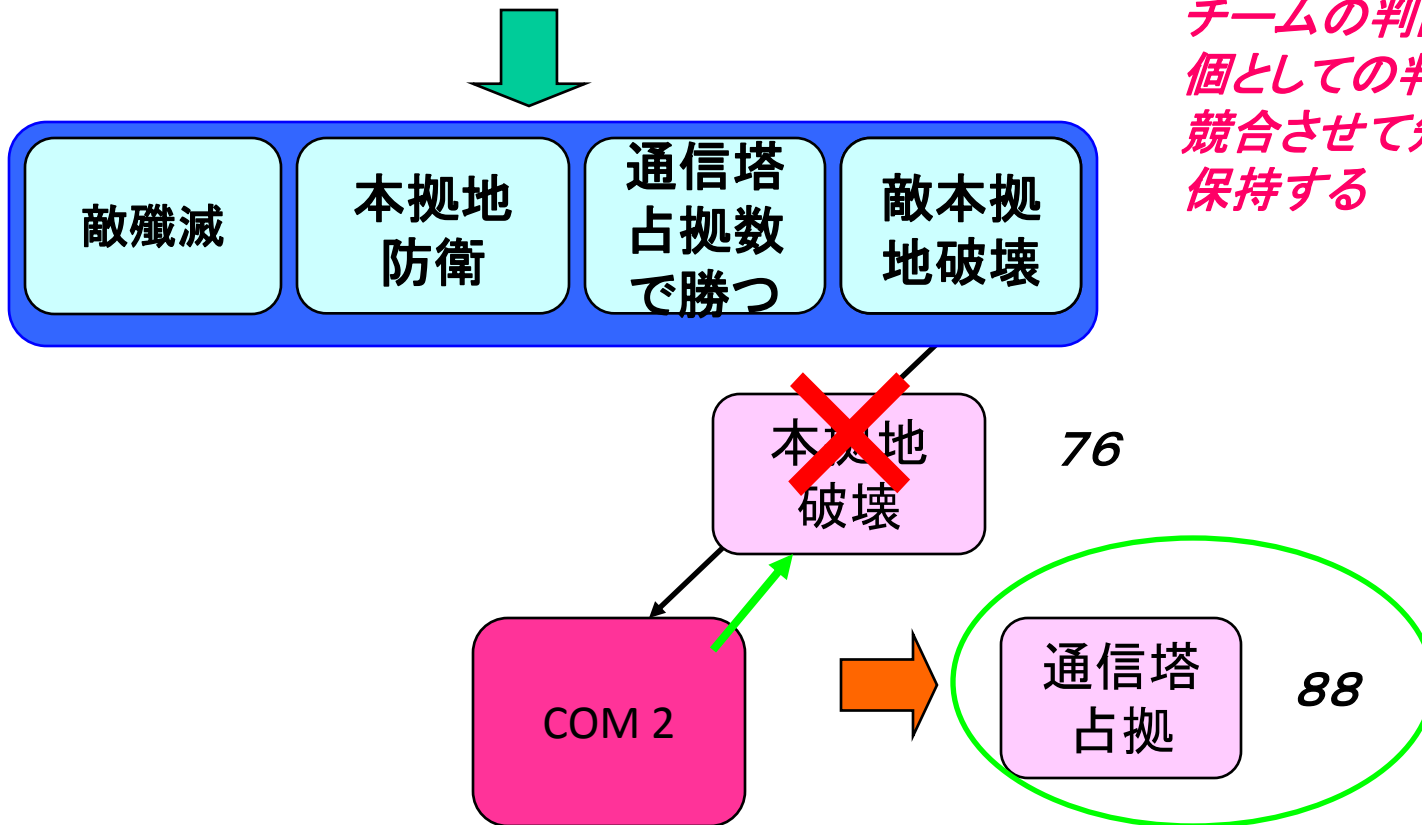


チームAI の意思決定と COMの判断を 比較して、最終的に決定する

チームAI 意志決定機構

COMが二つの評価値を
比較して高い方を選択する。

*チームの判断、
個としての判断を
競合させて知的な柔軟性を
保持する*

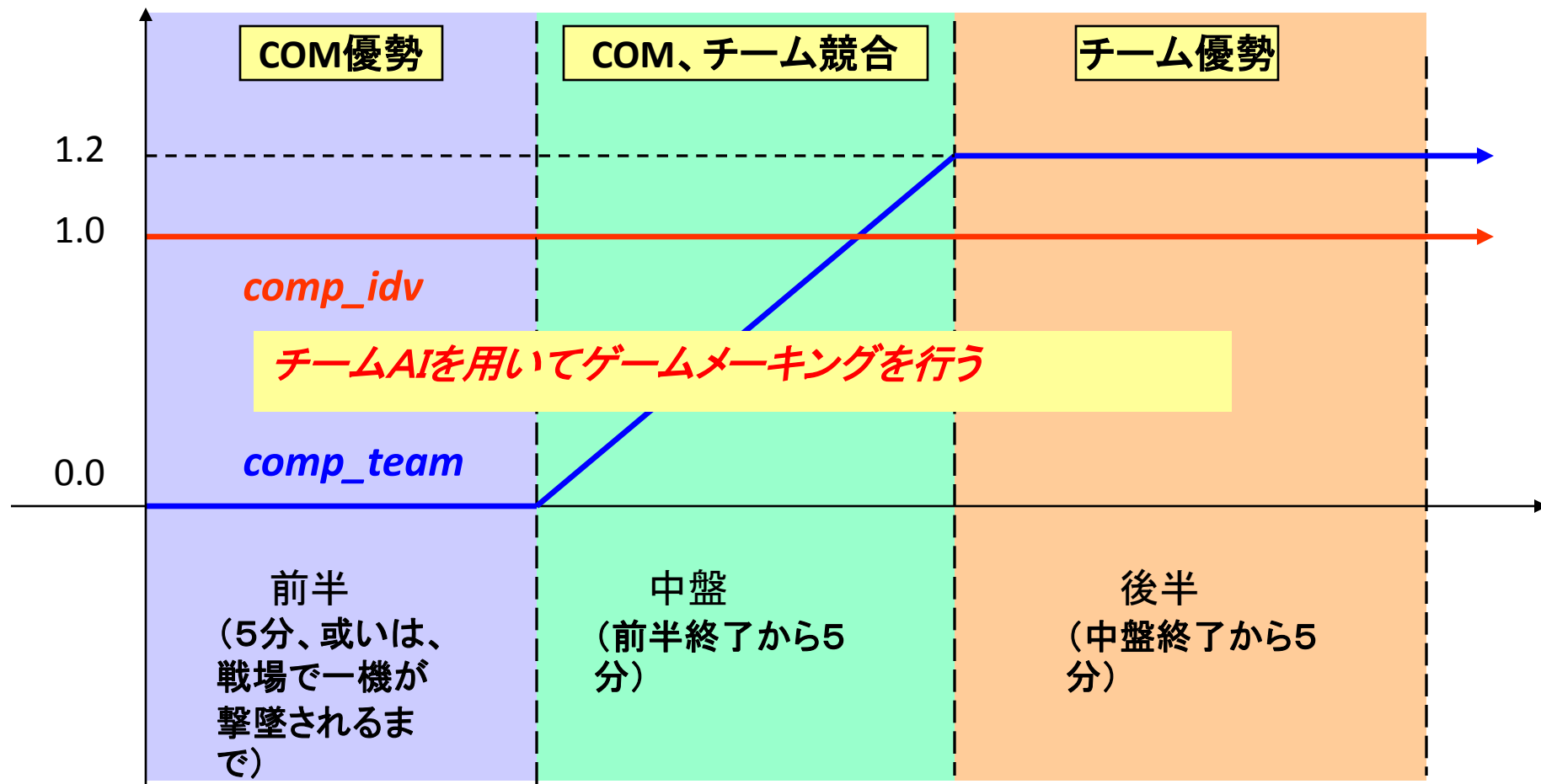


チームAIの介入の仕方

前半はチームAIより個としてのAIの判断を優先、
後半はチームAIの判断を優勢にしたい。

比較のためのチームAIゴール評価値 = ゴール評価値 $\times$ $comp_team$

比較のためのCOM AIゴール評価値 = ゴール評価値 $\times$ $comp_idv$



⑬ マルチエージェント～群知能

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)



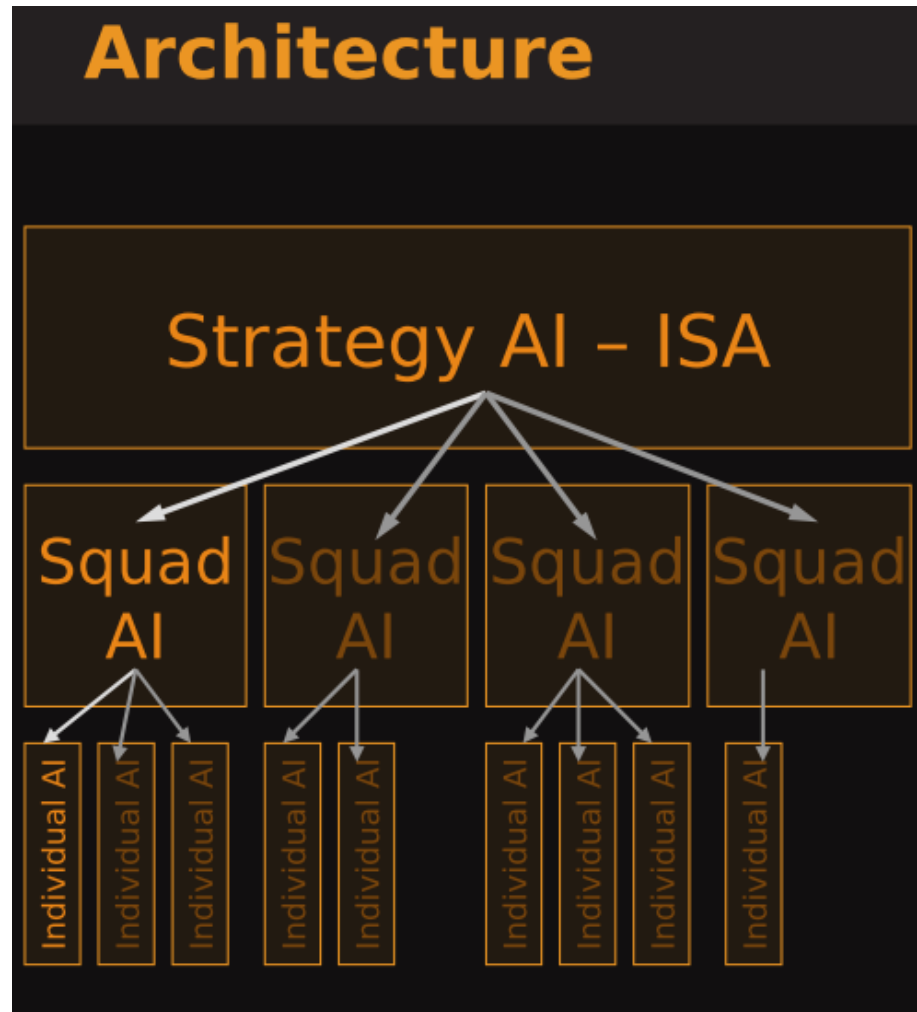
Game AI Conference, Paris, June 2009

KILLZONE™

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

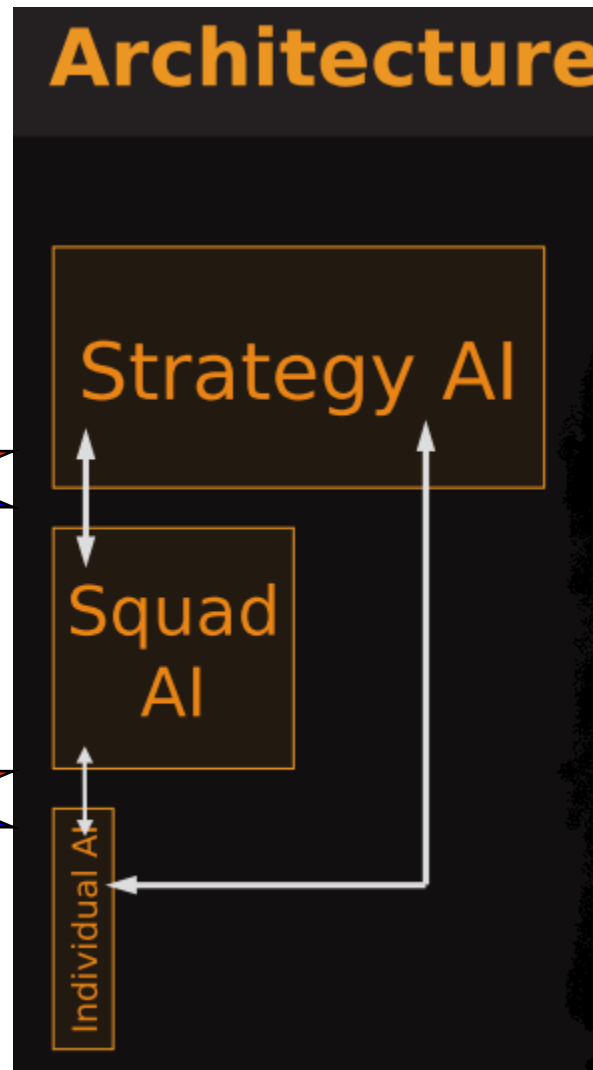
Killzone2 AI

集団のAIのコントロールの仕方を考える



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

Killzone2 AI



防衛、前進など戦術を指示

戦術の成功・失敗を報告
(フィードバック)

移動地点を指示

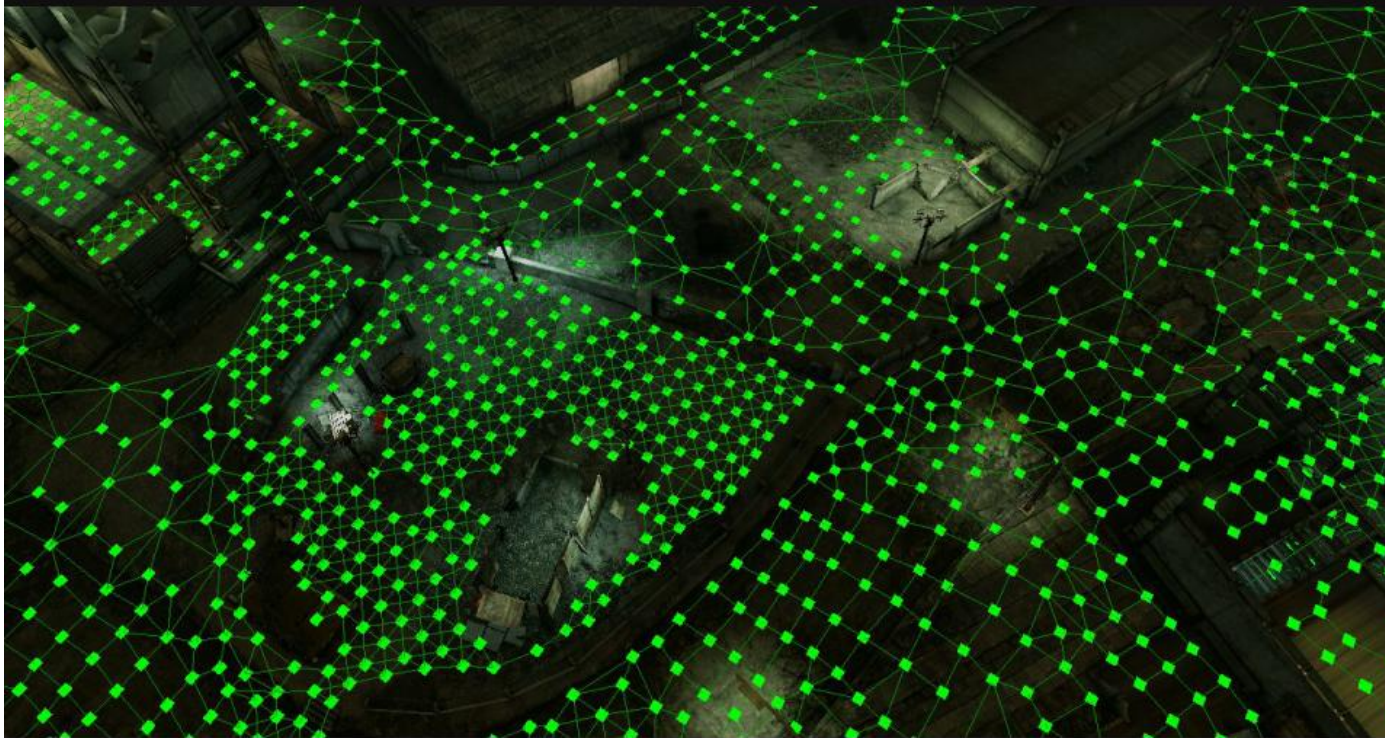
戦況を報告(フィードバック)

ターゲット指示

指示の再発行要求

Killzone 2 のウェイポイント

Waypoint Network



Paris Game AI Conference, 2009.

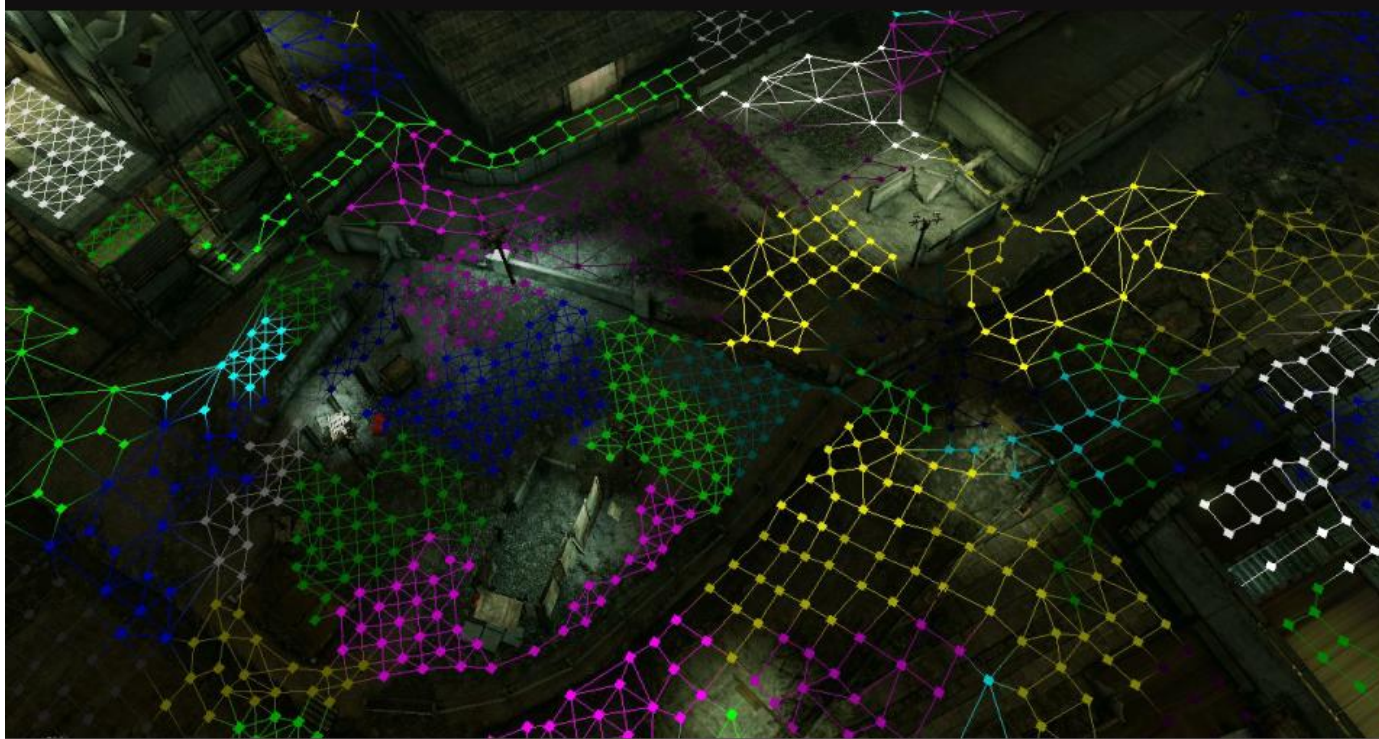
KILLZONE™

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

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

Waypoint Areas



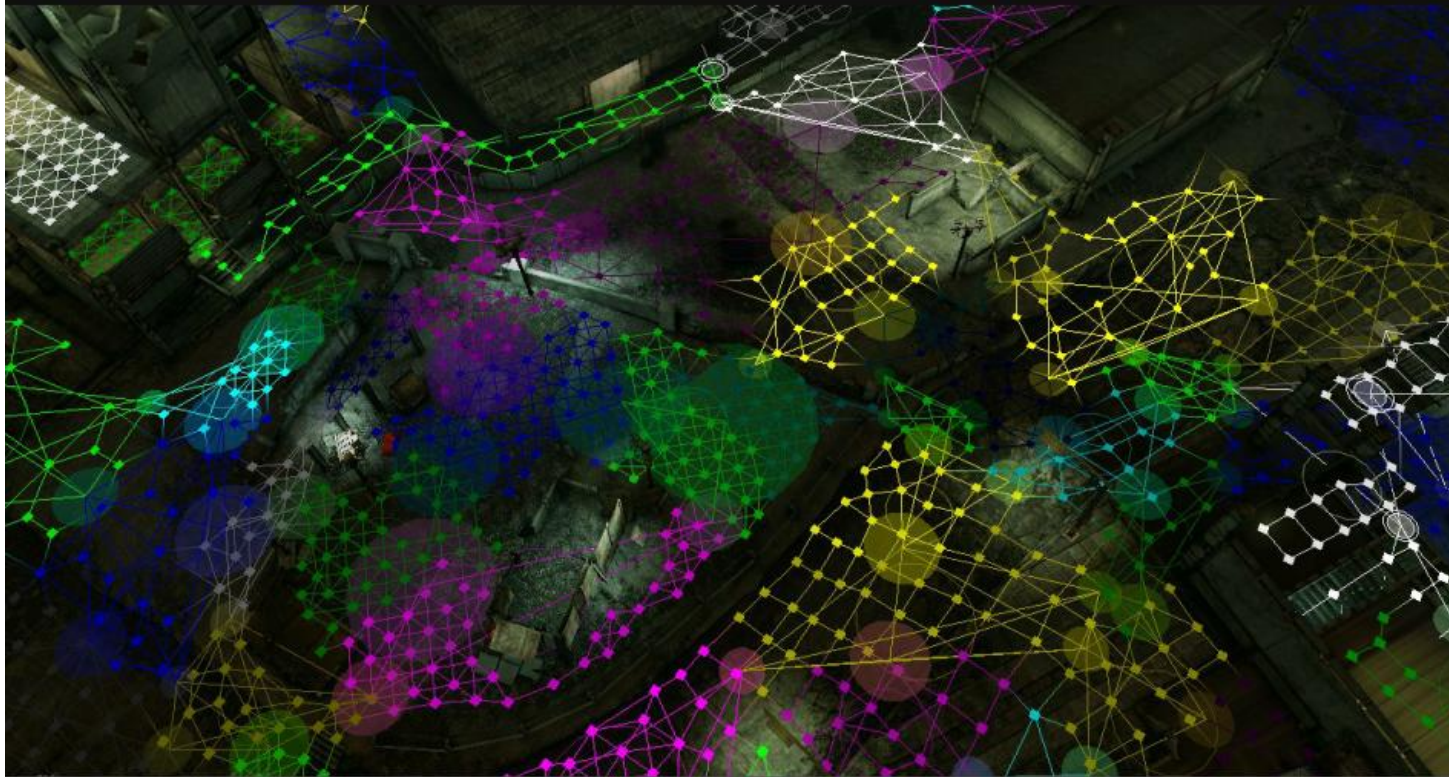
Paris Game AI Conference, 2009.

KILLZONE™

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

戦略グラフ

Strategic Graph



Paris Game AI Conference, 2009.

KILLZONE™

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

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

Strategic Graph



Paris Game AI Conference, 2009.

KILLZONE™

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

戦略グラフ



何に使うのか？ グローバルな戦況判断

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

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



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

HTN (Hierarchical Task Network)

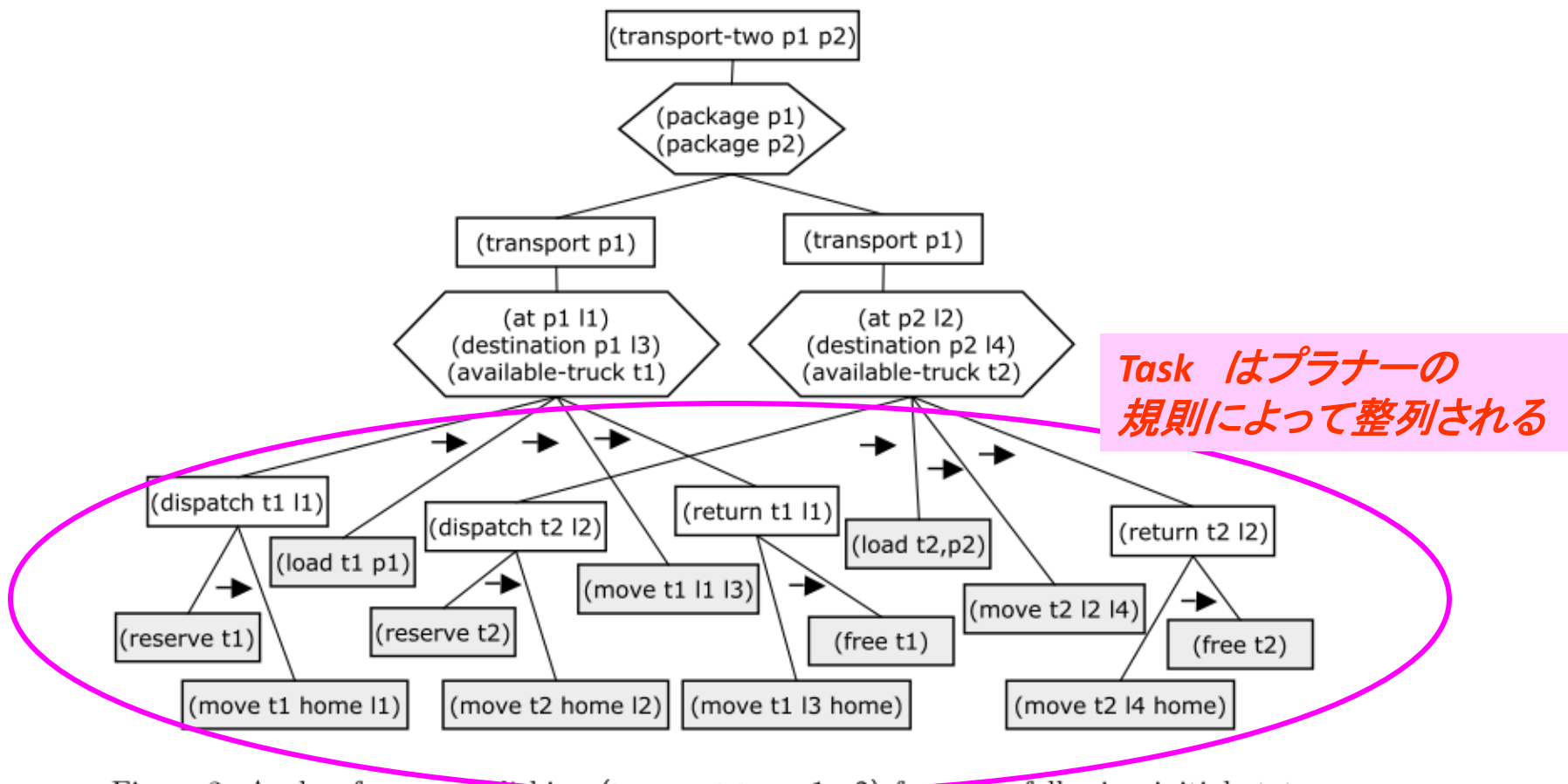
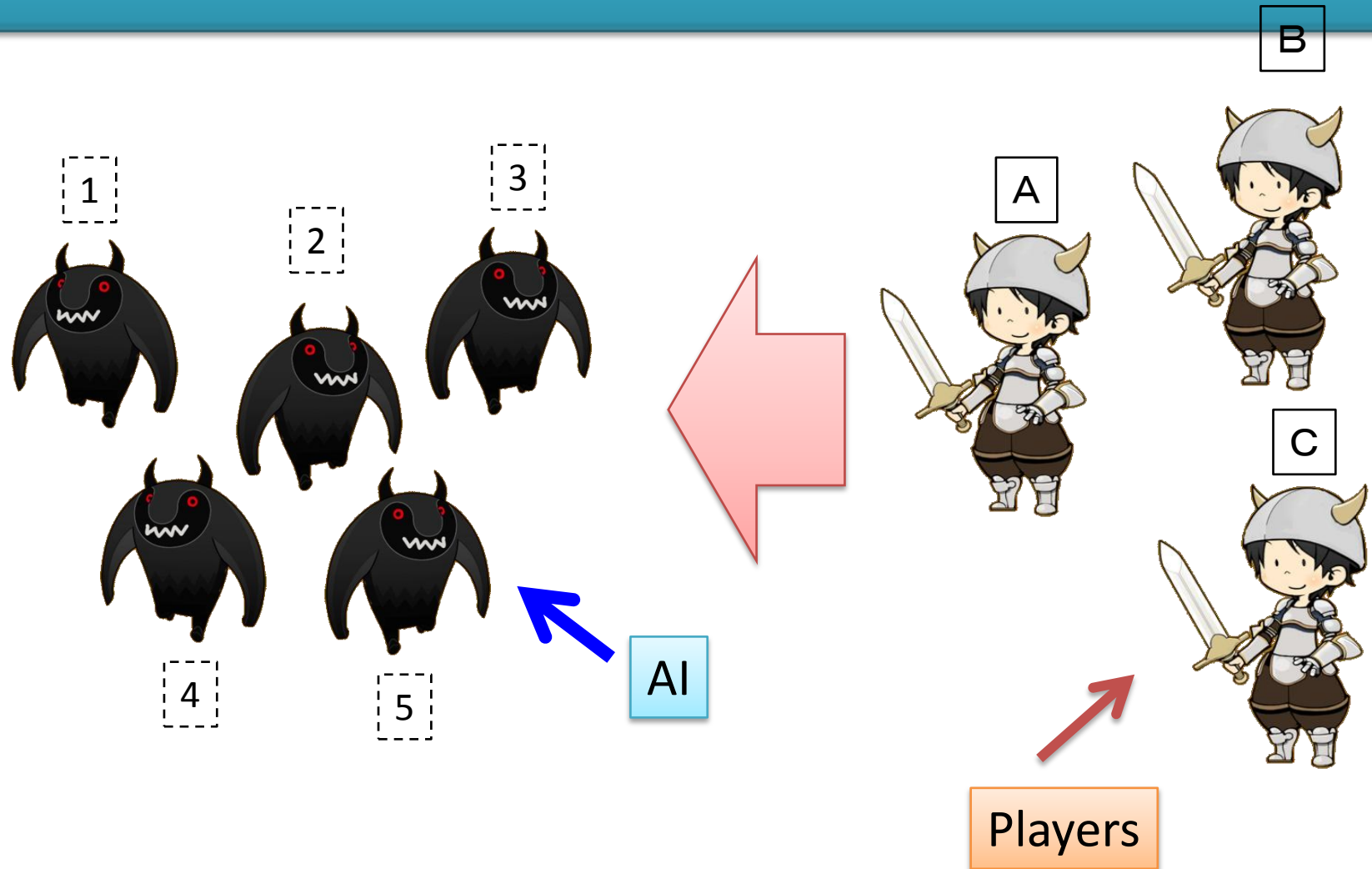
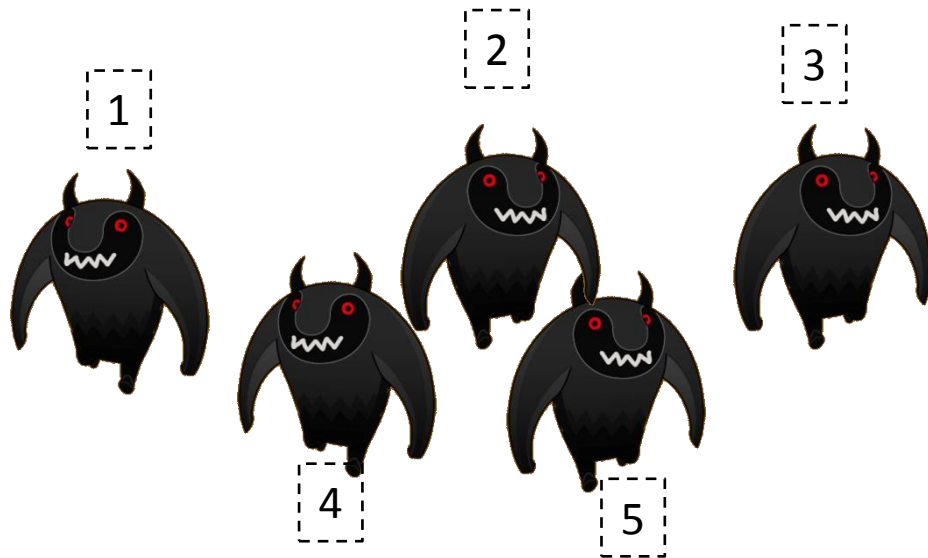
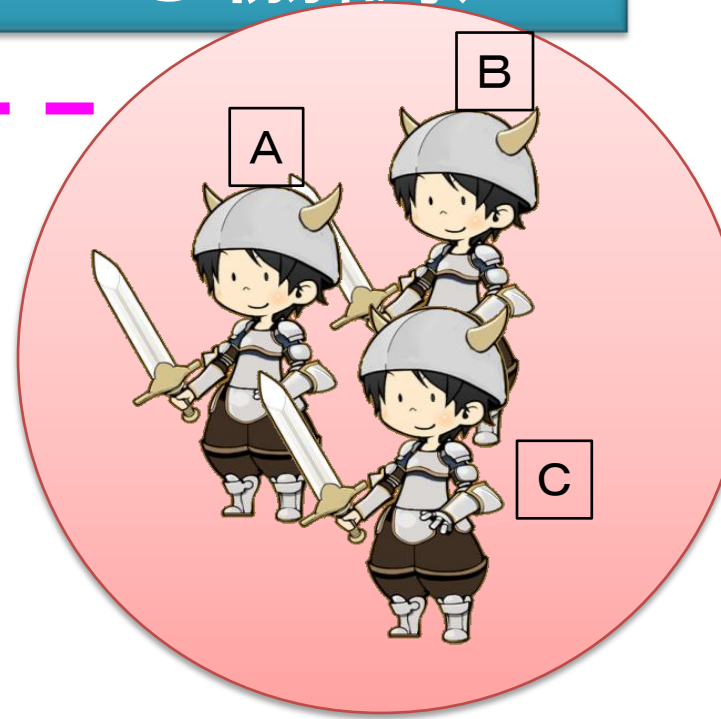
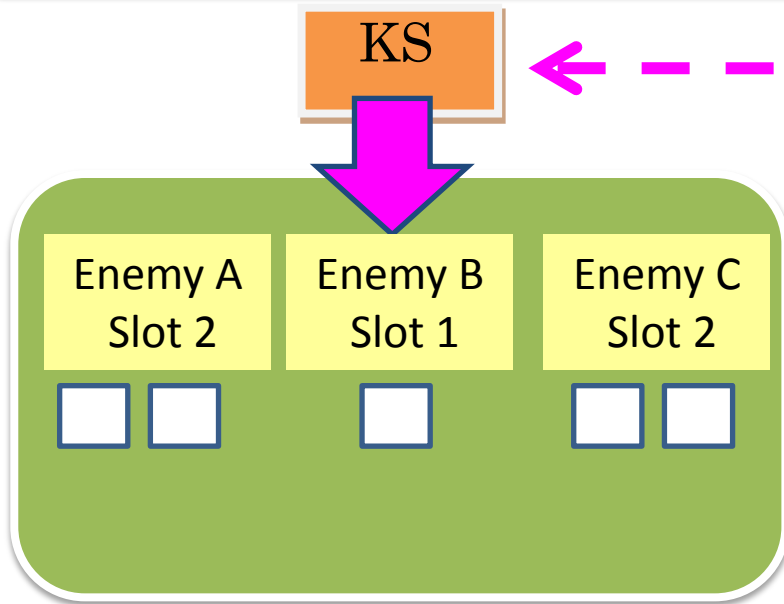


Figure 2: A plan for accomplishing (transport two p1 p2) from the following initial state:
{(package p1), (at p1 l1), (destination p1 l3), (available-truck t1), (at t1 home),
(package p2), (at p2 l2), (destination p2 l4), (available-truck t2), (at t2 home)}.

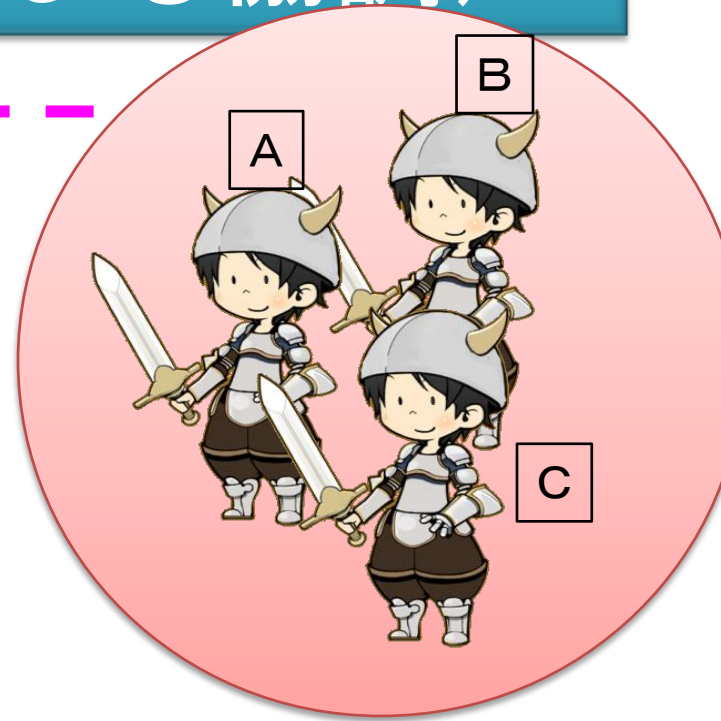
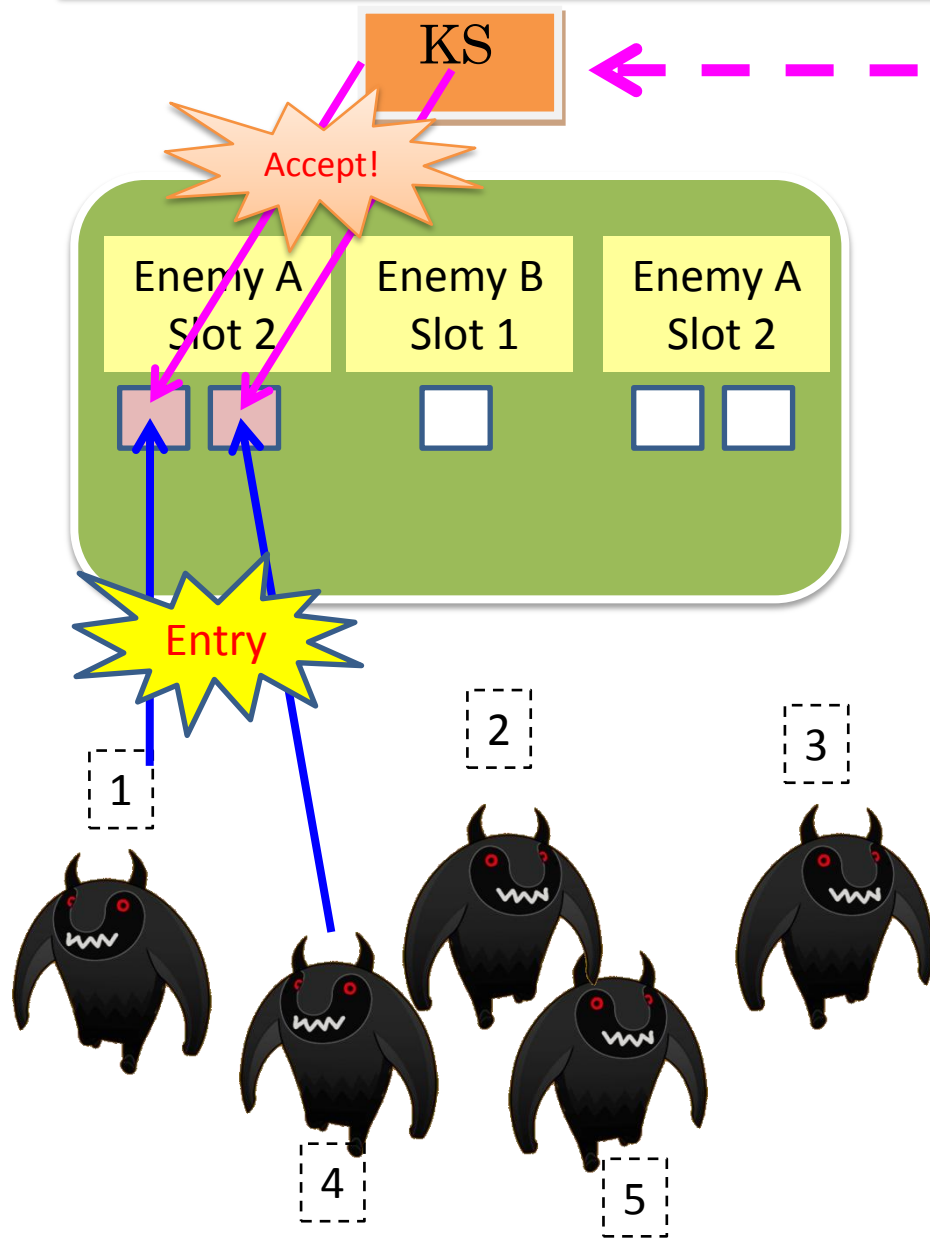
集団の協調



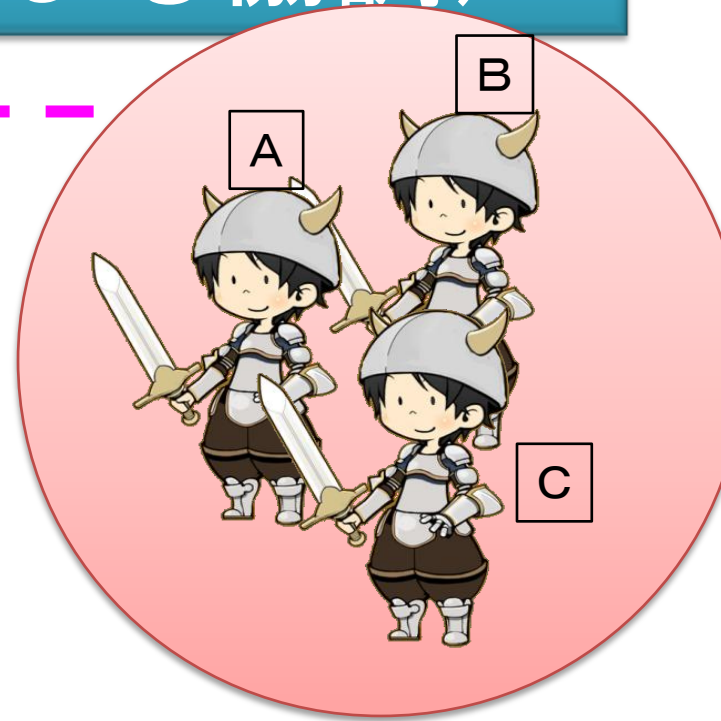
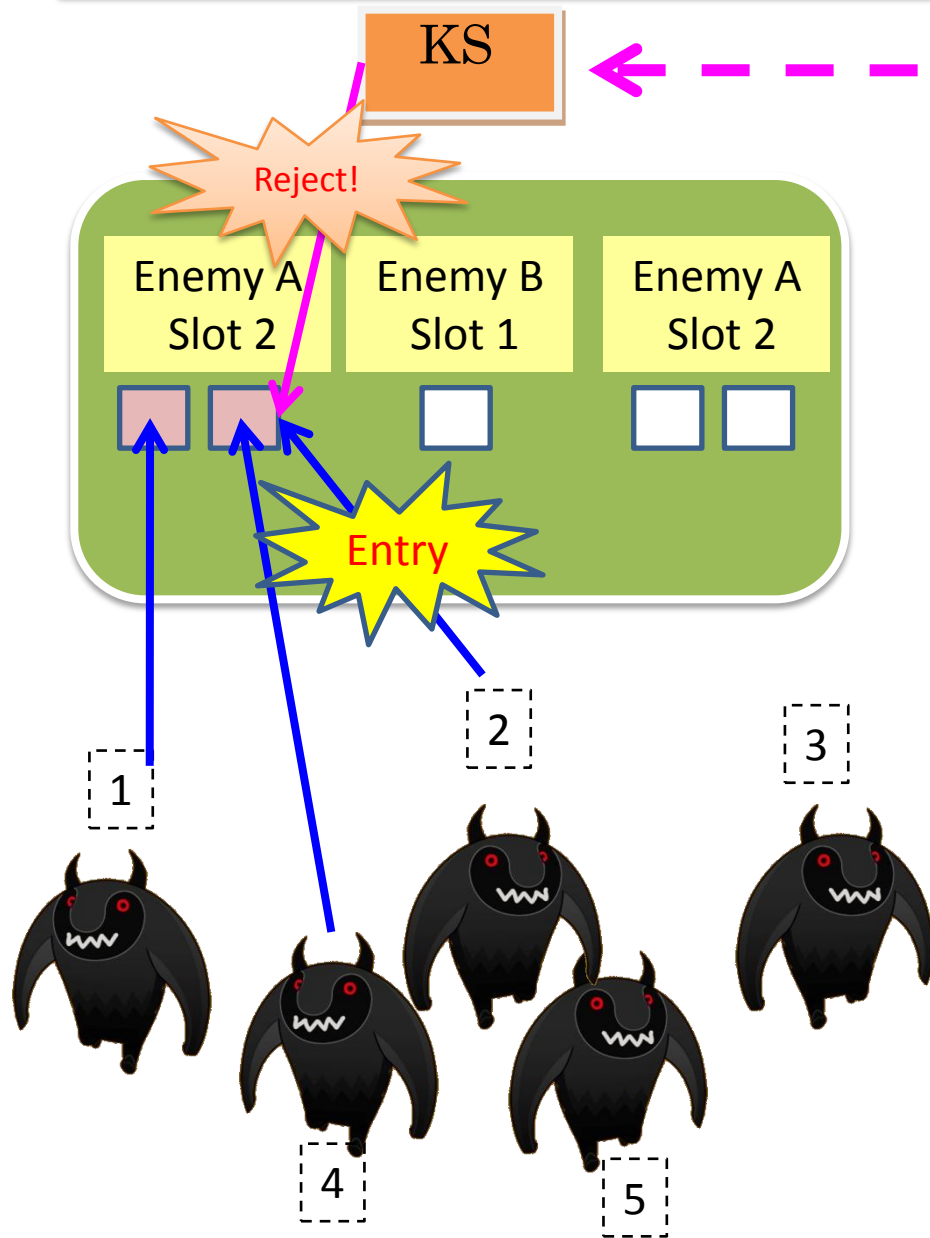
集団の協調（黒板による協調）



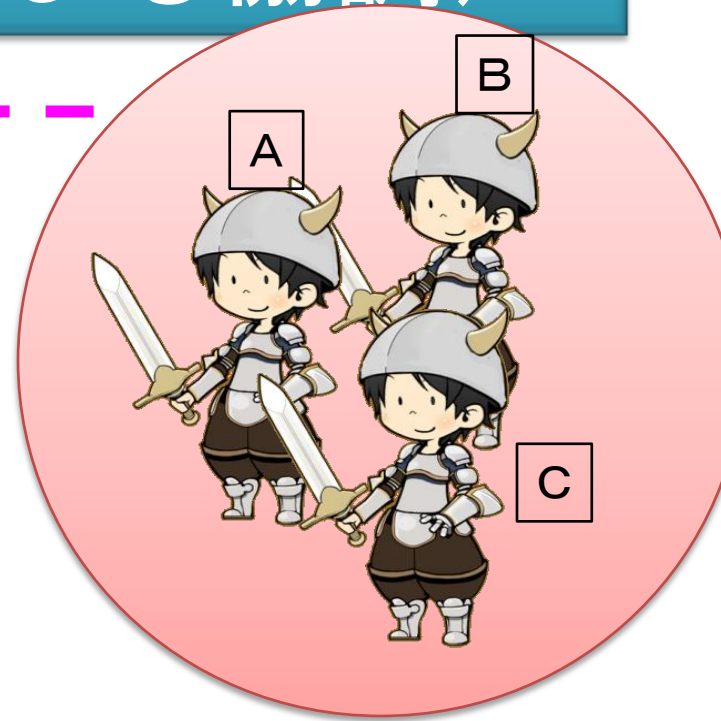
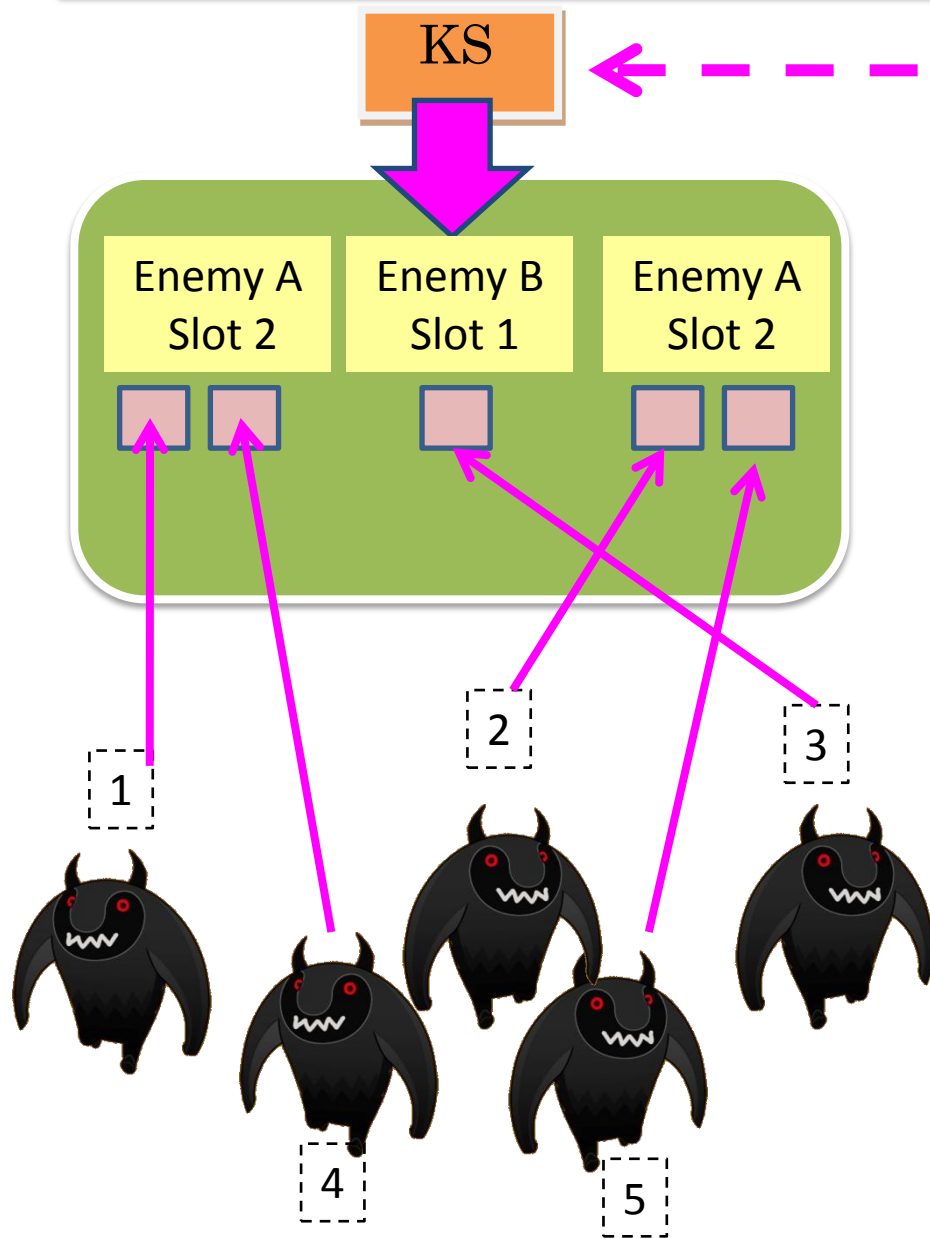
集団の協調（黒板による協調）



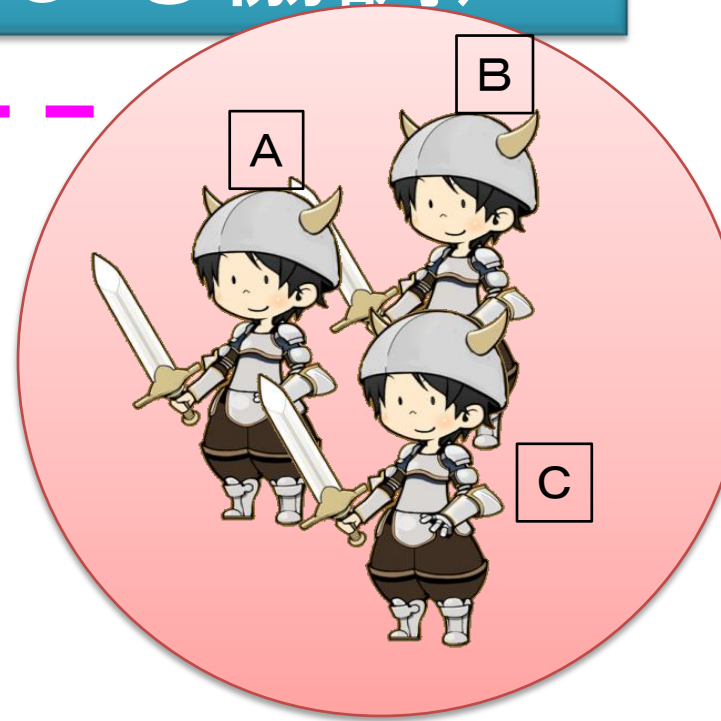
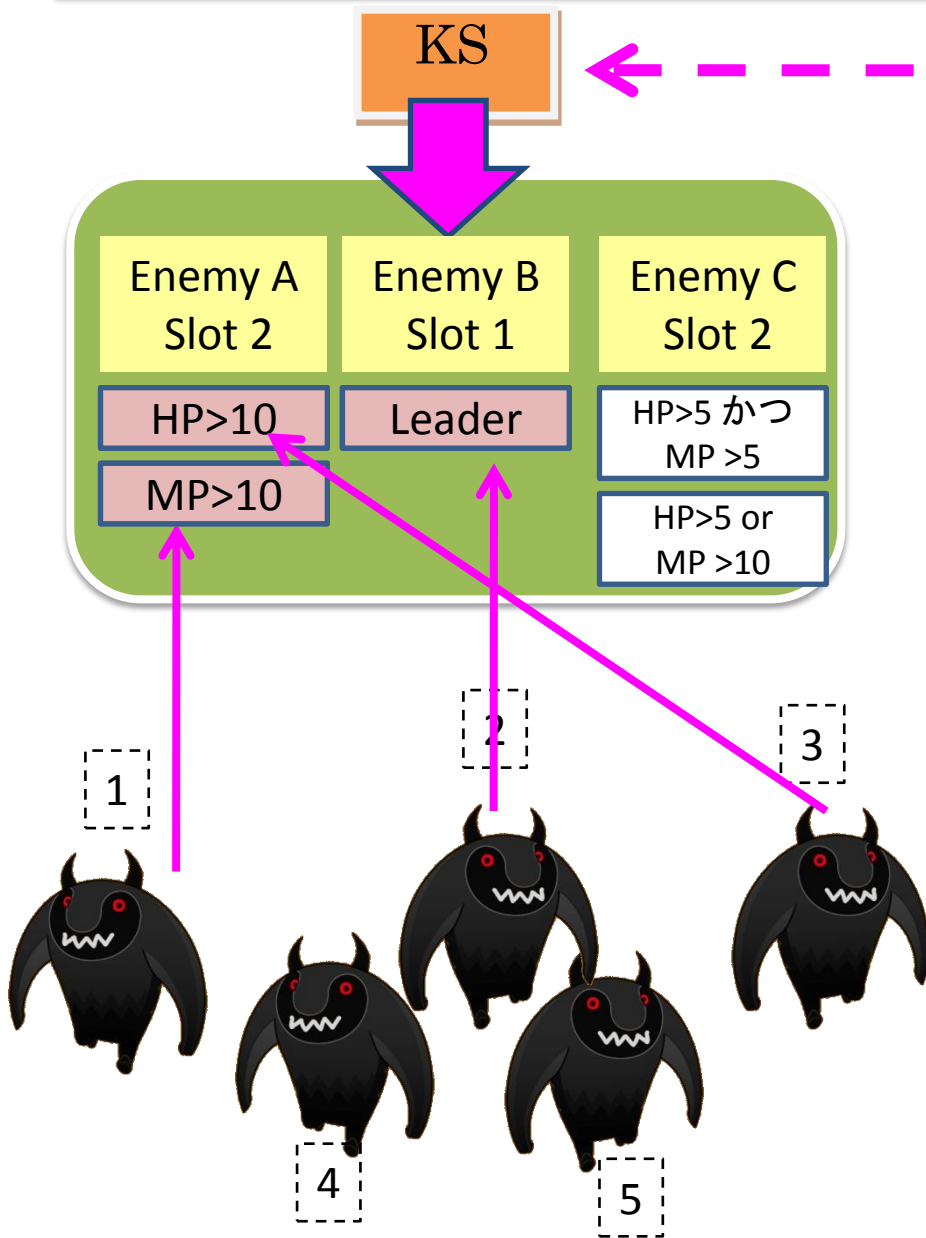
集団の協調（黒板による協調）



集団の協調（黒板による協調）



集団の協調（黒板による協調）



参考文献

- 石田亨 片桐恭弘 桑原和宏「分散人工知能」
(コロナ社)

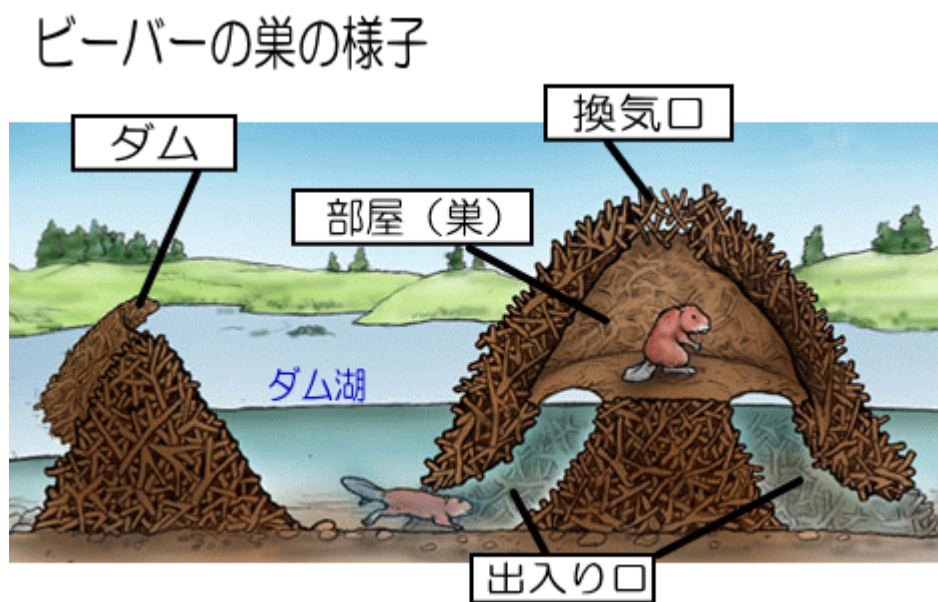
<http://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784339025910/>

⑭ エージェントによる創作

コンストラクション(建築)はこれまでユーザーが行って来たが、自律的AIが様々な建造物を作るようになれば面白い。



蟻塚



<http://ameblo.jp/oldworld/entry-10033452312.html>

⑮ ソーシャルAI

Sims3 における応用



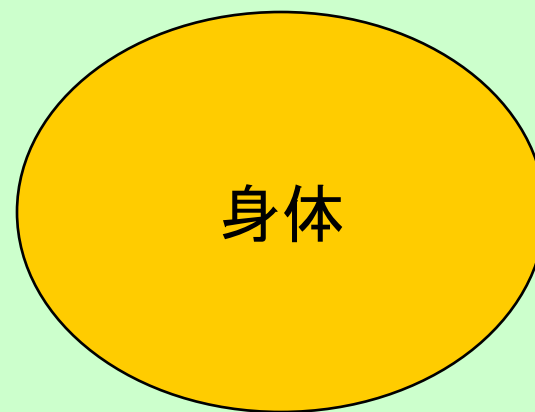
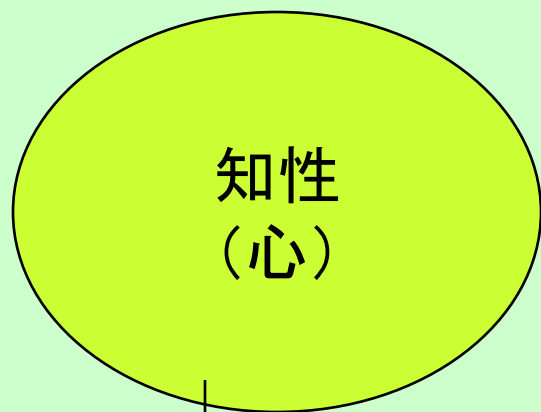
街全体をソーシャルにシミュレーションして人との関係を楽しむゲーム。
たくさんのAIを「人間らしく」制御しなければならない。
特徴付けに**プロダクションルール**を採用。

自律型AIの作り方

三宅陽一郎、「これからのゲームAIの作り方」(GDC2009報告会)

<http://www.digrajapan.org/modules/mydownloads/images/study/20090411.pdf>

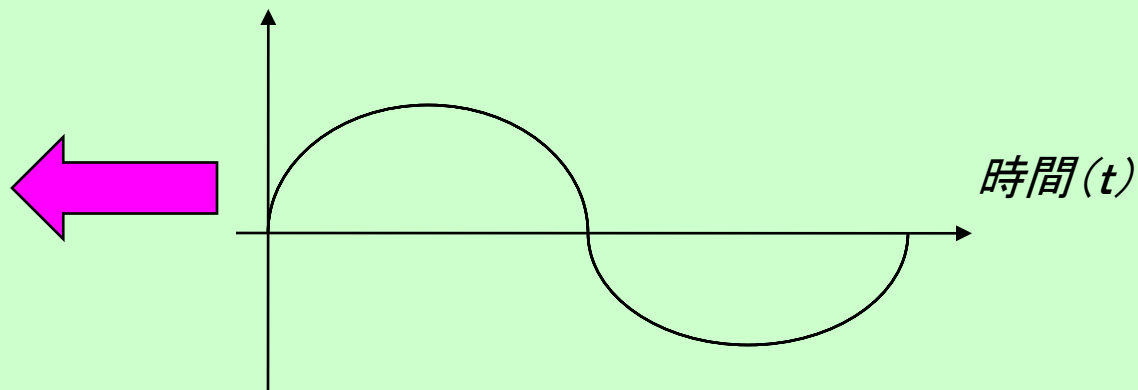
自律型AIの作り方



*If ($H(t) > 0.5$)
goto GetFood*

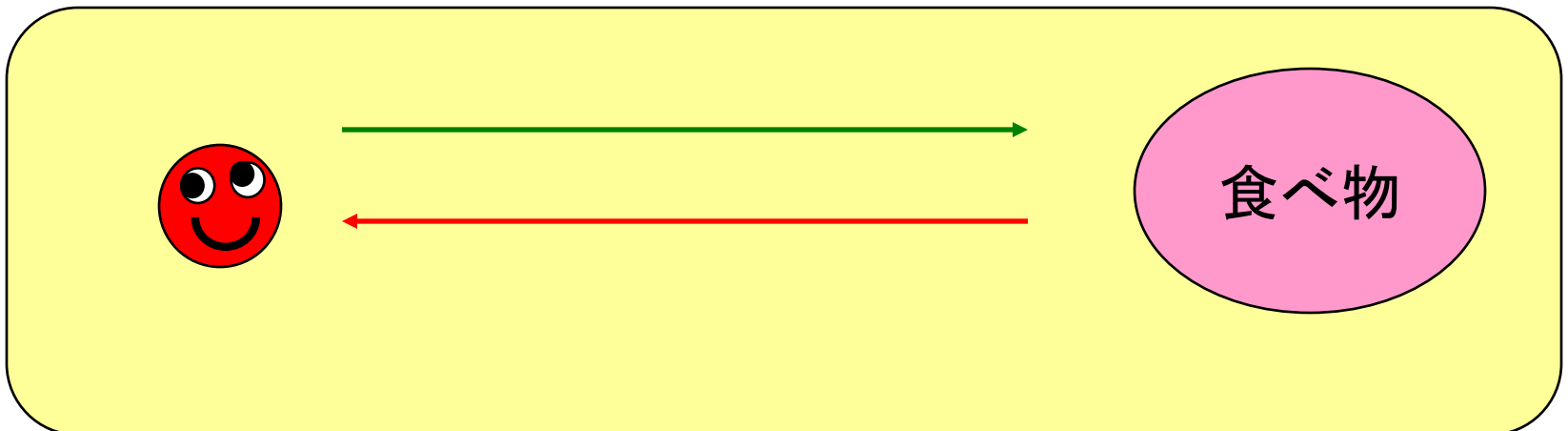
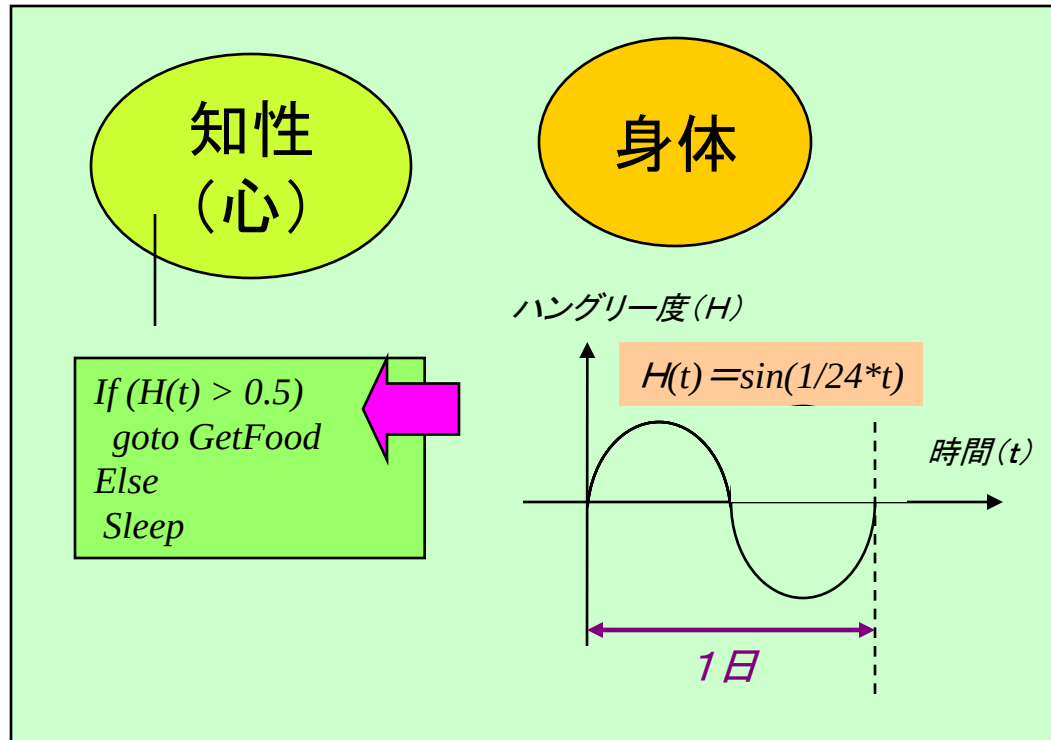
ハングリー度が0.5
を超えたら餌を取りに行く。

ハングリー度(H)



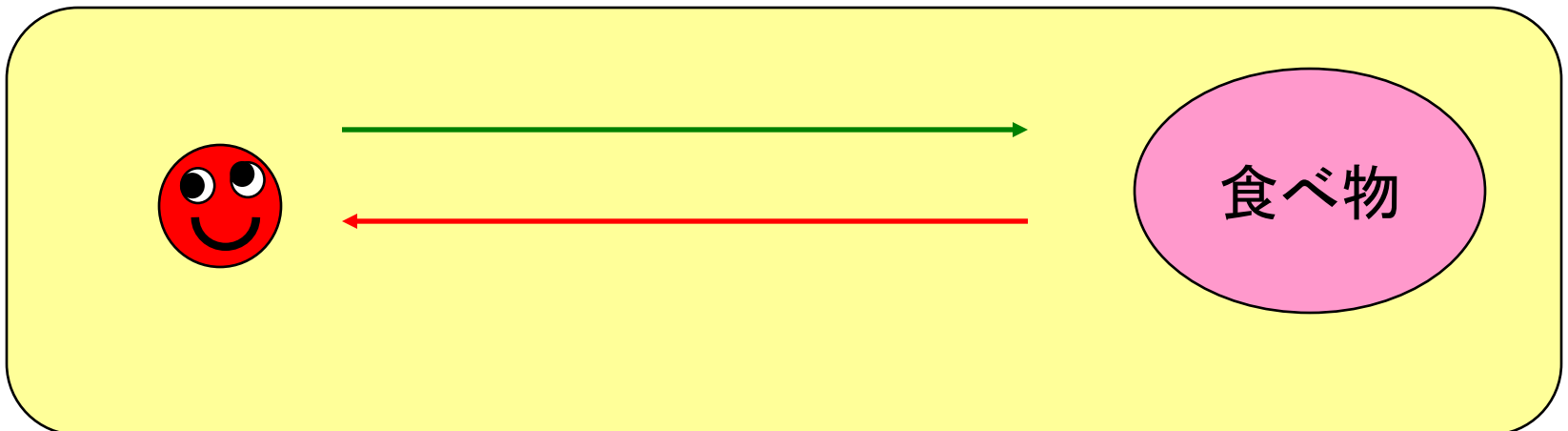
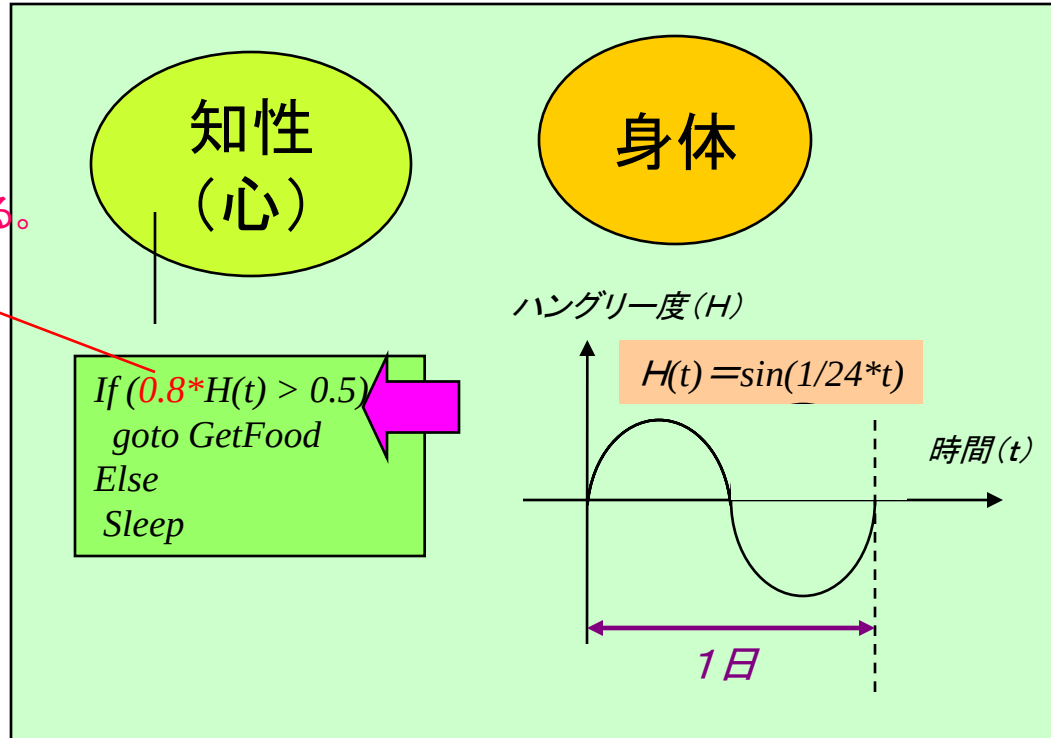
$$H(t) = \sin(1/24 * t)$$

自律型AIの作り方

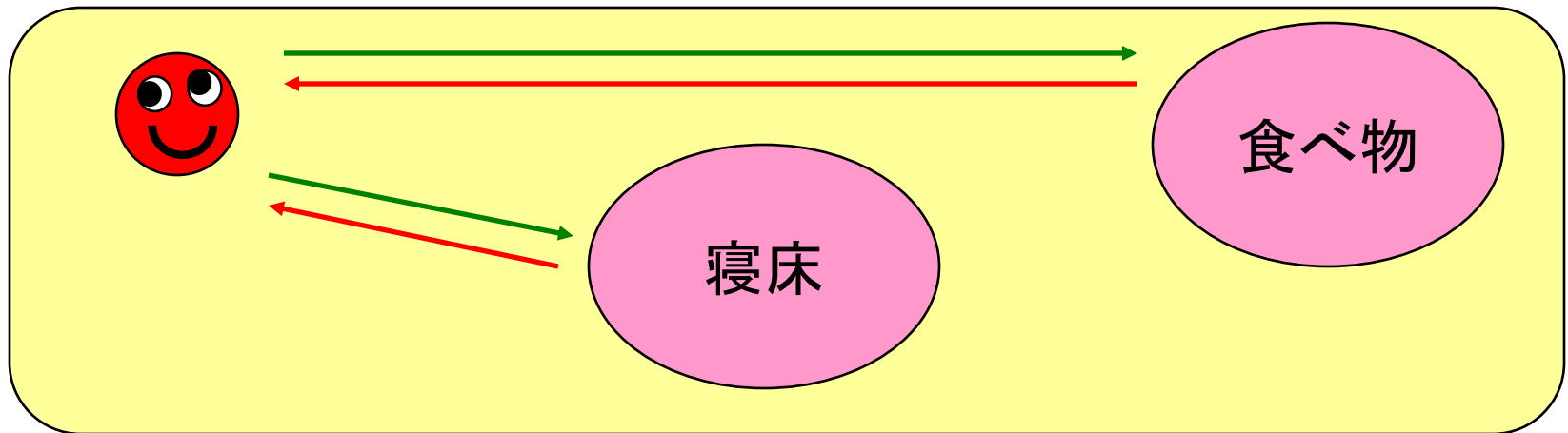
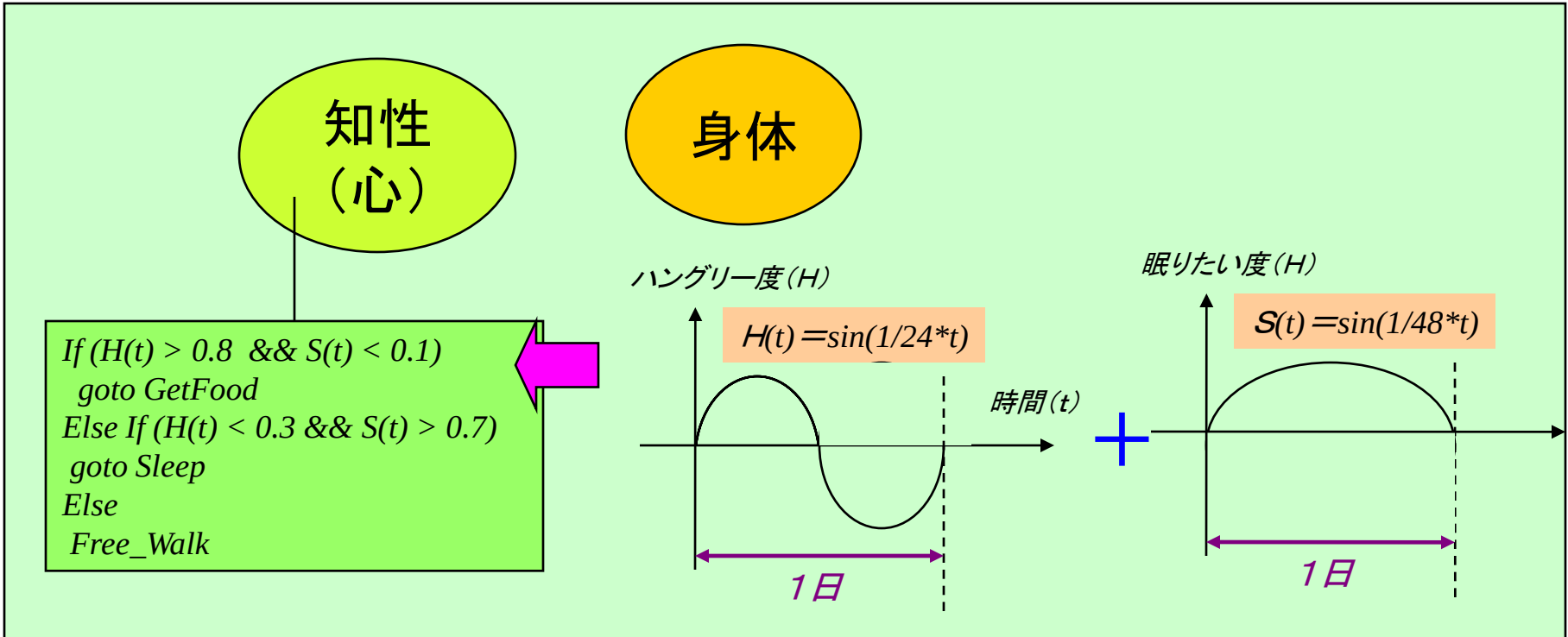


自律型AIの作り方(個性付け)

お腹の減りにくいAIとなる。



自律型AIの作り方



自律型AIの作り方(個性づけ)

知性
(心)

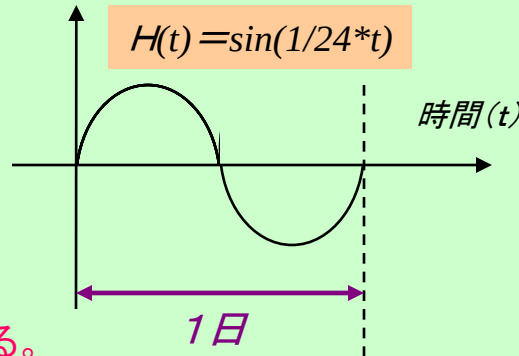
身体

```
If (0.5*H(t) > 0.8 && S(t) < 0.1)  
  goto GetFood  
Else If (H(t) < 0.3 && 1.5*S(t) > 0.7)  
  goto Sleep  
Else  
  Free_Walk
```

お腹の減りにくく、あまり眠らないAIとなる。

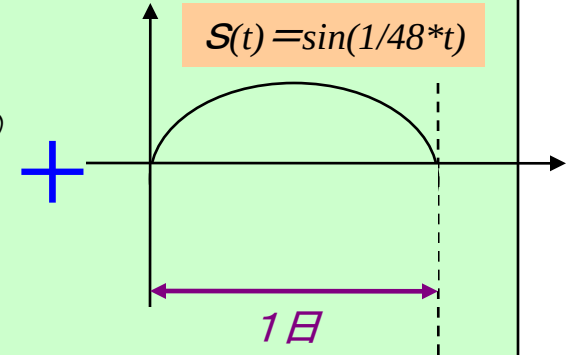
ハングリー度(H)

$$H(t) = \sin(1/24 * t)$$



眠りたい度(H)

$$S(t) = \sin(1/48 * t)$$



寝床

食べ物

自律型AIの作り方

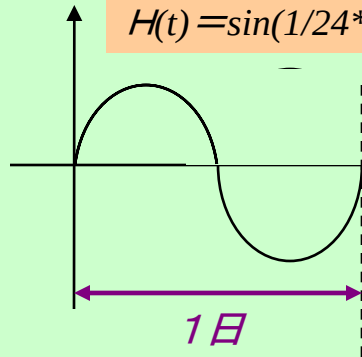
知性
(心)

```
If (H(t) > 0.8 && S(t) < 0.1)
  goto GetFood
Else If (H(t) < 0.3 && S(t) > 0.7)
  goto Sleep
Else If (1-H(t))*D(t) < 0.9)
  Goto Fight
Else
  Free_Walk
```

身体

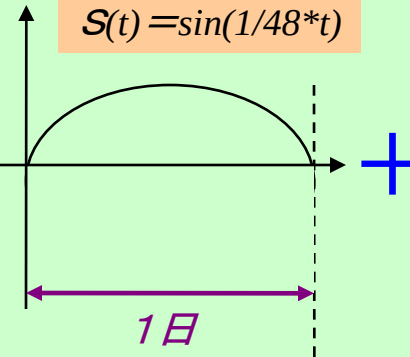
ハングリー度(H)

$$H(t) = \sin(1/24 * t)$$



眠りたい度(H)

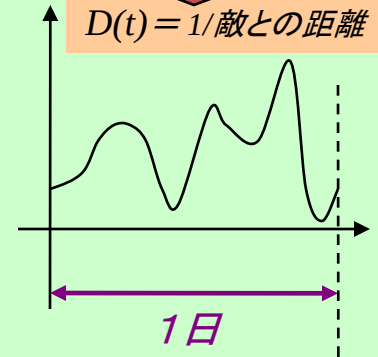
$$S(t) = \sin(1/48 * t)$$



環境

危険度(D)

$$D(t) = 1 / \text{敵との距離}$$



敵

寝床

食べ物

The Sims のAIの原理

Ken Forbus, “Simulation and Modeling: Under the hood of The Sims” (NorthWestern大学、講義資料)

[http://www.cs.northwestern.edu/%7Eforbus/c95-gd/lectures/The Sims Under the Hood files/frame.htm](http://www.cs.northwestern.edu/%7Eforbus/c95-gd/lectures/The_Sims_Under_the_Hood_files/frame.htm)

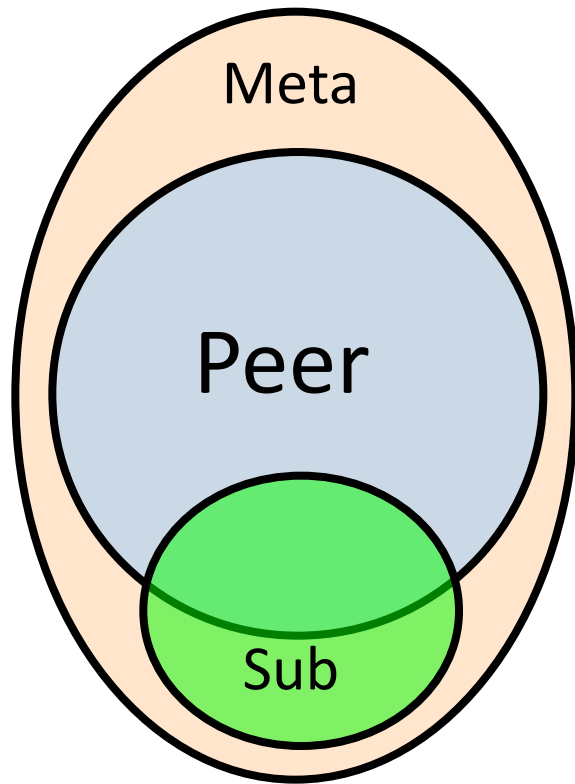
Richard Evans, Modeling Individual Personalities in The Sims 3, GDC 2010

<http://www.gdcvault.com/play/1012450/Modeling-Individual-Personalities-in-The>

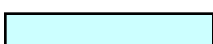
三宅陽一郎、「Spore におけるゲームAI技術とプロシージャル」(DiGRA Japan 第14回 月例研究

<http://www.digrajapan.org/modules/mydownloads/images/study/20080704.pdf>

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、ムード(幸せ) 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 (Edit)

- 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

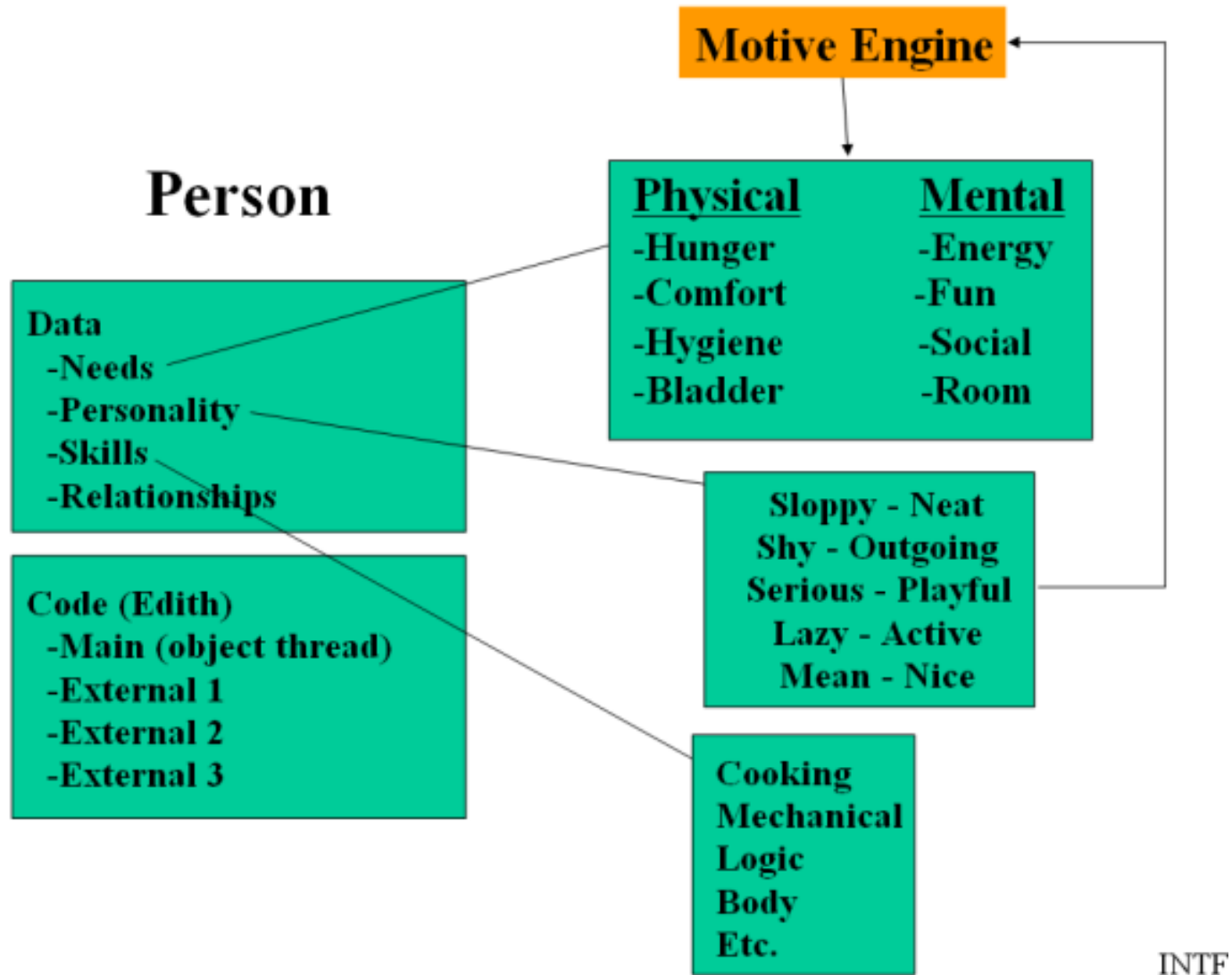
サウンド

メインスレッド

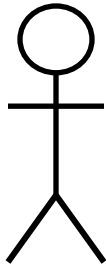
いろいろなインタラクションの仕方



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

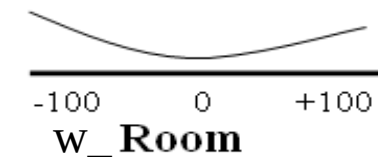
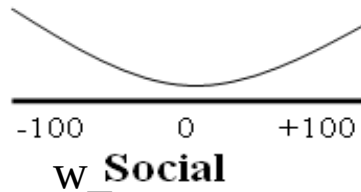
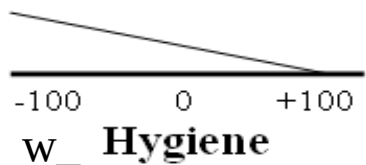
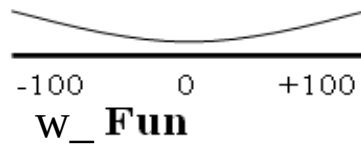
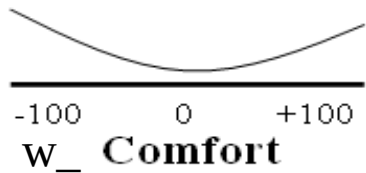
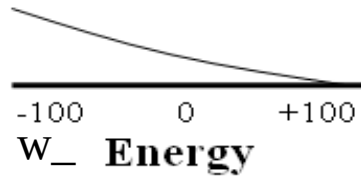
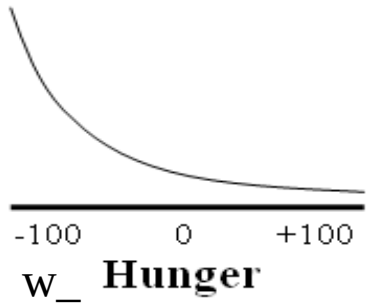
**-Take Bath(+40 Hygiene)
(+30 Comfort)**

-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の計算のためのウェイト

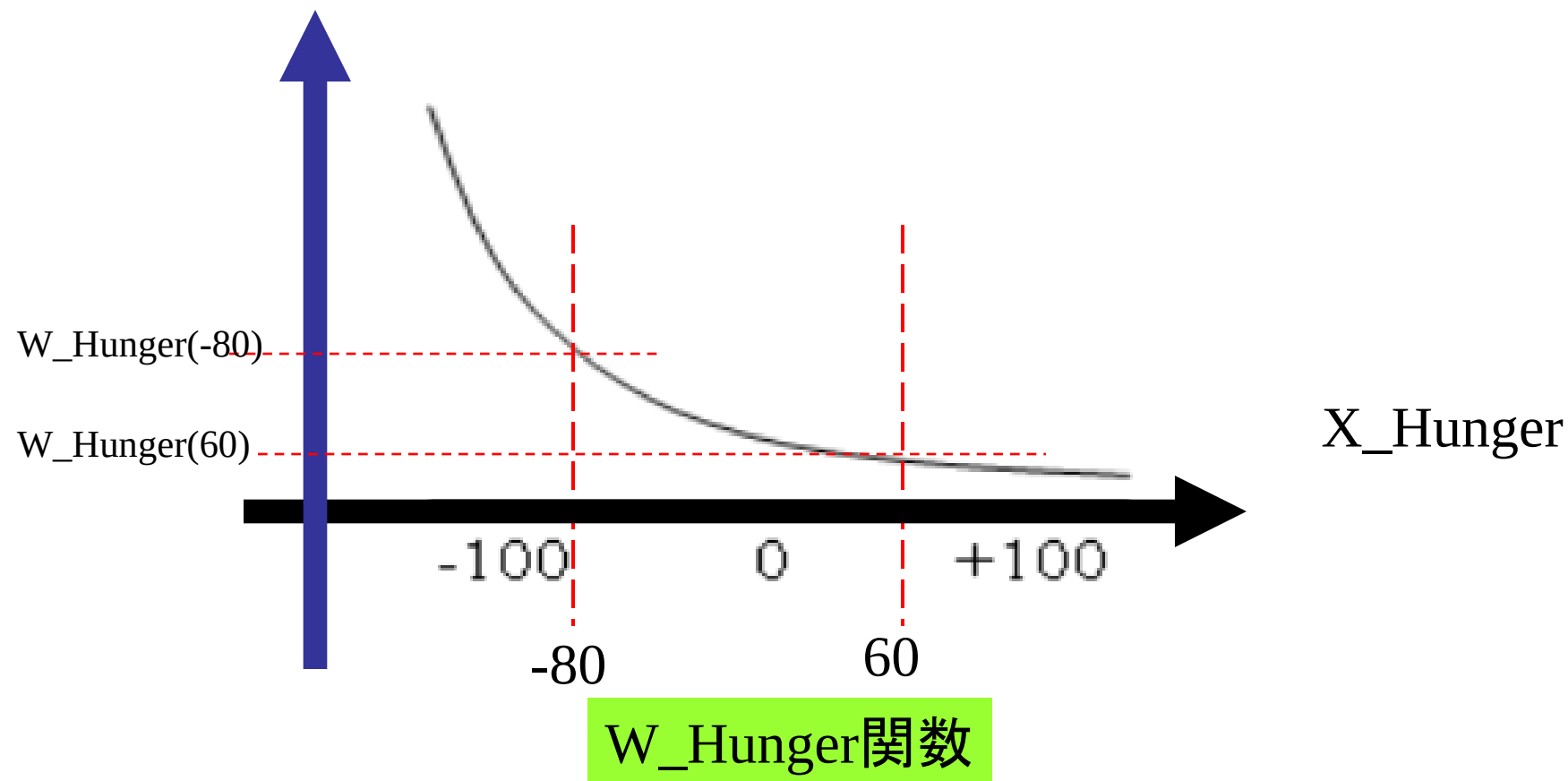
(ウェイト=Moodへどれぐらい貢献するか)



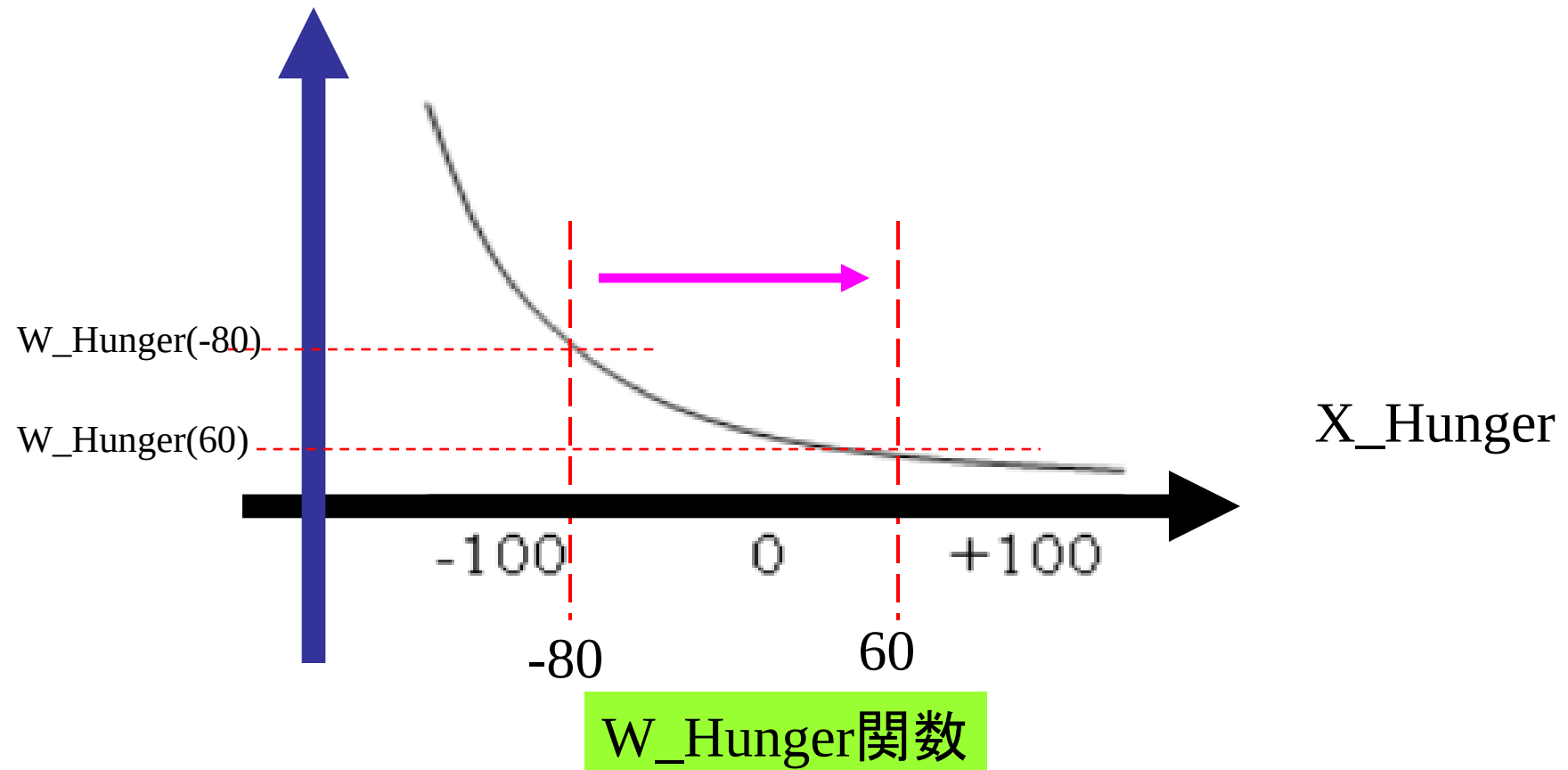
= Mood (-100..+100)

$$\text{Mood} = w_Hunger(X_Hunger) * X_Hunger + w_Energy(X_Energy) * X_Energy + \dots$$

効用(Utility)の計算の仕方



効用(Utility)の計算の仕方

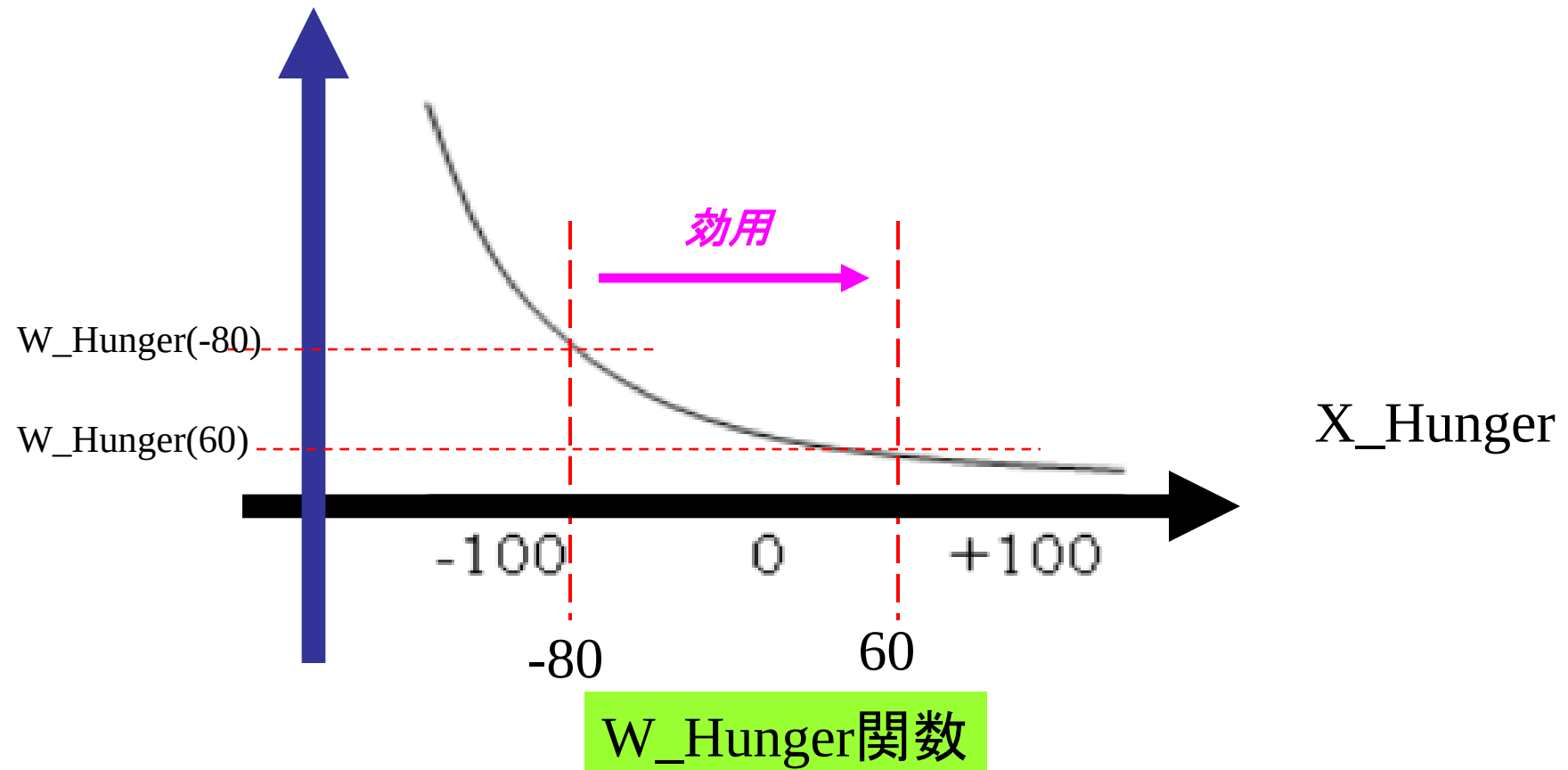


-80の時の食事欲求 = $W_Hunger(-80) * (-80)$

60の時の食事欲求 = $W_Hunger(60) * (60)$

$\Delta(\text{変化分}) = W_Hunger(60) * (60) - W_Hunger(-80) * (-80)$

効用(Utility)の計算の仕方



-80の時の食事欲求 = $W_Hunger(-80) * (-80)$

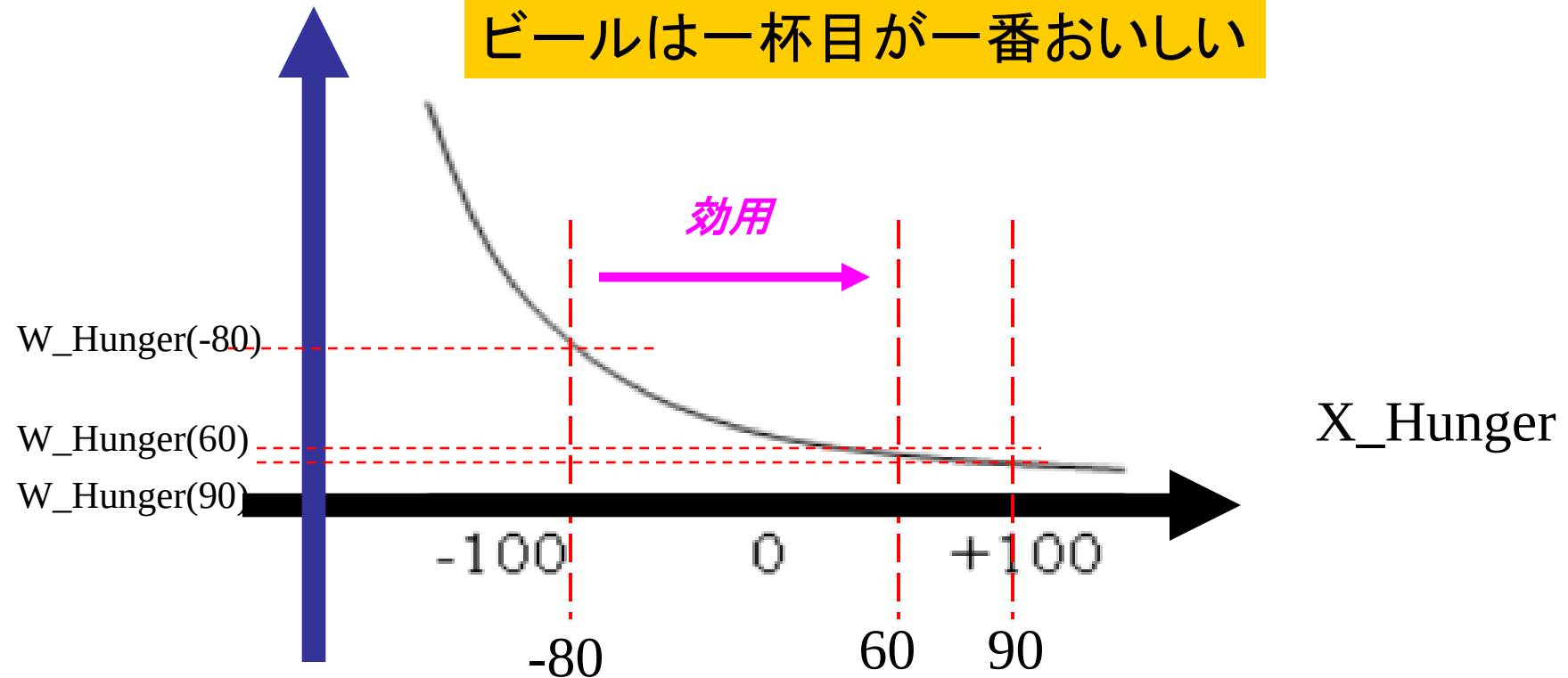
60の時の食事欲求 = $W_Hunger(60) * (60)$

効用

$$\Delta(\text{変化分}) = W_Hunger(60) * (60) - W_Hunger(-80) * (-80)$$

限界効用逡減の法則

ビールは一杯目が一番おいしい



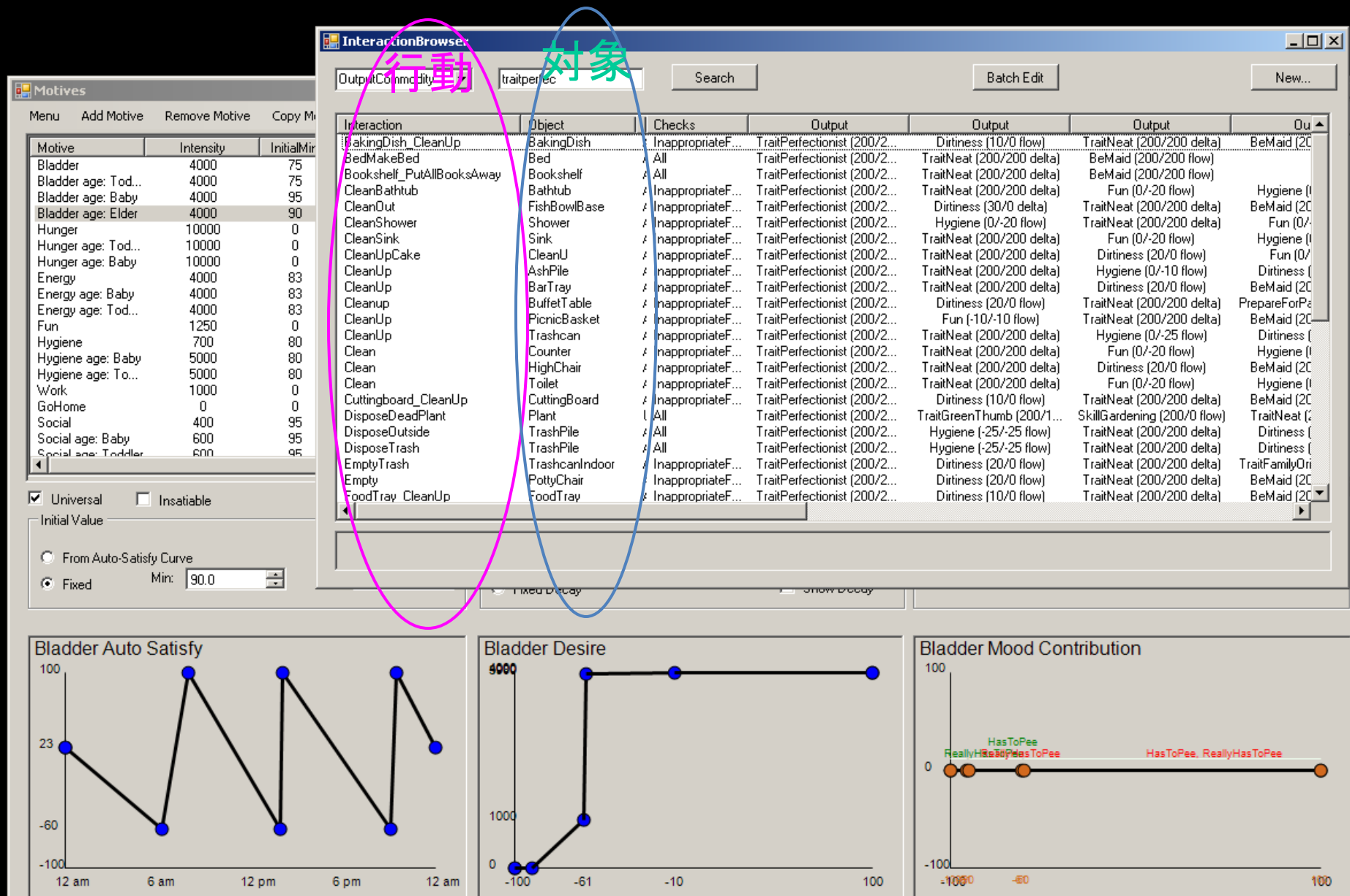
$$\Delta(-80 \rightarrow 60) = W_{\text{Hunger}}(60) * (60) - W_{\text{Hunger}}(-80) * (-80)$$

$$\Delta(60 \rightarrow 90) = W_{\text{Hunger}}(90) * (80) - W_{\text{Hunger}}(90) * (60)$$

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

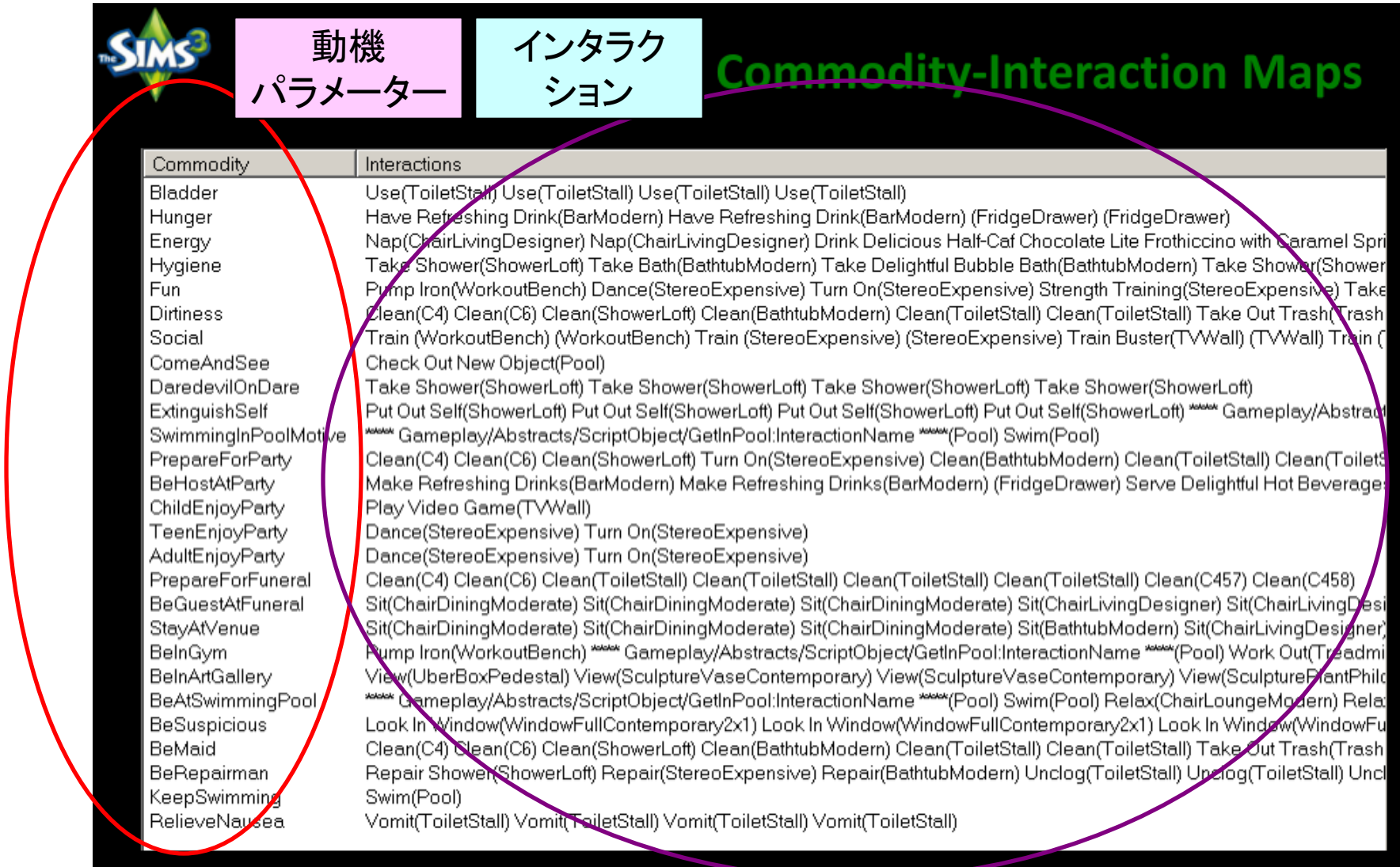
ある程度満たされたものを満たすより、
満たされないものをある程度満たす方が大きな満足をもたらす

The Sims 3 では、多くのムードや欲求が準備される。



物と欲求の相互作用マップ

Richard Evans, Modeling Individual Personalities in The Sims 3, GDC 2010 <http://www.gdcvault.com/play/1012450/Modeling-Individual-Personalities-in-The>



動機 パラメーター

インタラクション

Commodity-Interaction Maps

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 Frohiccino 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(ToiletS
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) Unc
KeepSwimming	Swim(Pool)
RelieveNausea	Vomit(ToiletStall) Vomit(ToiletStall) Vomit(ToiletStall) Vomit(ToiletStall)

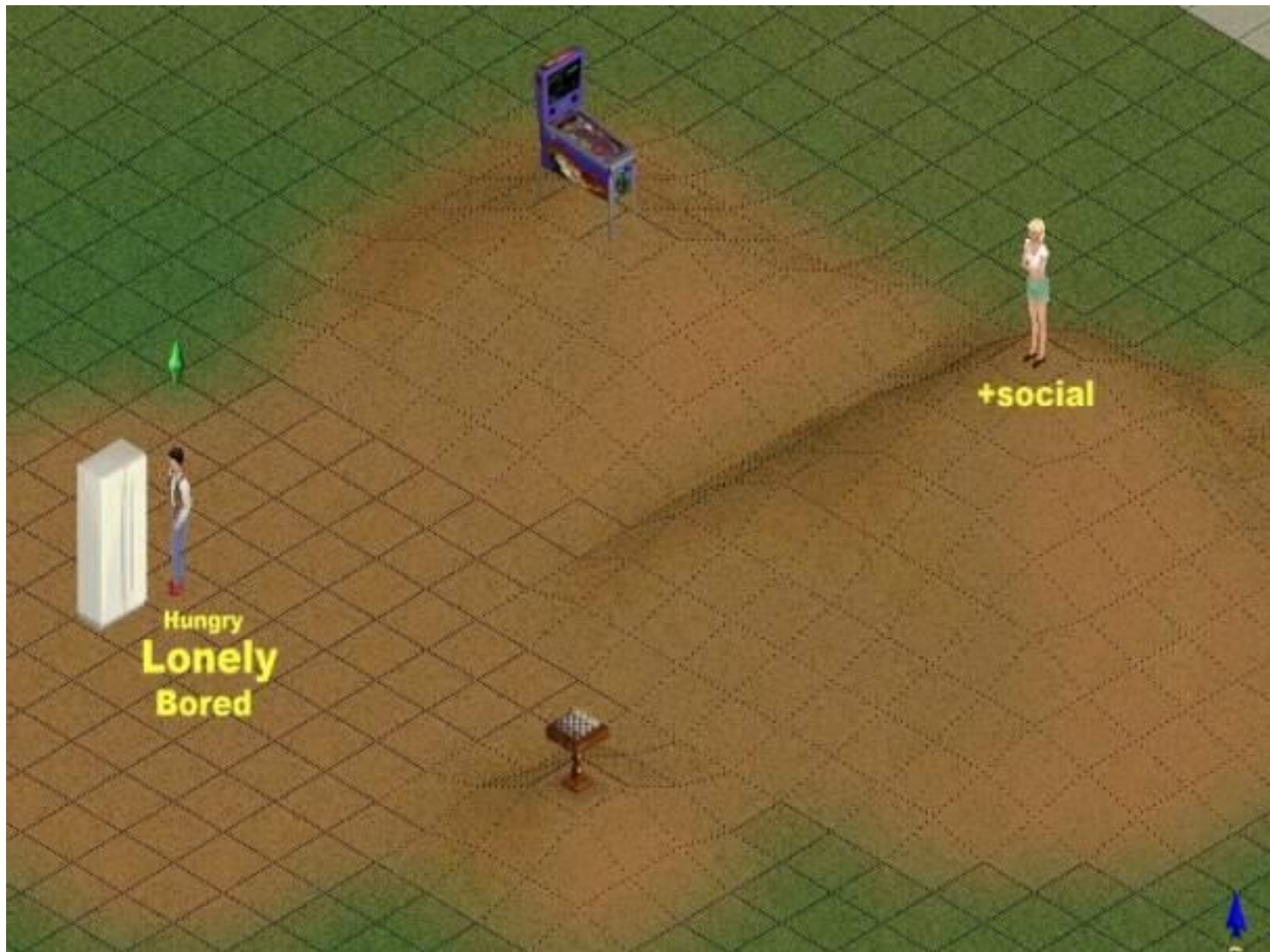
マップから満たしたい動機パラメーターに関連した
インタラクションだけをピックアップできる

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。

⑬ コミュニケーション

⑭ 協調の仕組み

⑮ マルチエージェント～群知能

⑯ エージェントによる創作

⑰ ソーシャルAI

AIに社会性を与える。

[課題]

デジタルゲームでは、ユーザーに向けてゲームを主観的に構成する。AI同士の社会性と、ユーザーの主観的体験が排他的なゲームデザインが多い。エージェントを協調させつつ、ユーザーに対して新しい体験を作るにはどうすればよいか？

コンテンツ

- 第一部 キャラクターに世界を理解させたい
- 第二部 世界とキャラクターの内面をつなぐ
- 第三部 キャラクターの内面を豊かにする
- 第四部 キャラクターに深く世界にコミットさせる
- 第五部 キャラクターの社会生活
- 第六部 より人間らしいAIへ
- 第七部 ゲームをコントロールするAI
- 第八部 まとめ

第六部

より人間らしいAIへ

⑮ 意識モデル

⑯ チューリングテスト

より人間らしいAIへ。

⑱ 意識モデル

MC = Machine Consiouness

- マシンの持つ意識(MC)についてはゲーム分野ではあまり研究されてこなかった。
- 最近は、MCの研究が盛り上がりつつある。
- ゲーム分野のAIについてもMCを考えたい。
- ここでは、あまり哲学的な議論に立ち入らないために、意識⇒注意 と置き換えて考えます。

2つの意識の種類

P - Consciousness

(Phenomenal consciousness)

現象的意識(主観的体験、クオリア)

A - Consciousness

(Access consciousness)

精神活動に対する意識

(Ned Block, 1942)

2つの意識の種類

P - Consciousness

(Phenomenal consciousness)

現象的意識(主観的体験、クオリア)

A - Consciousness

(Access consciousness)

精神活動に対する意識

(Ned Block, 1942)

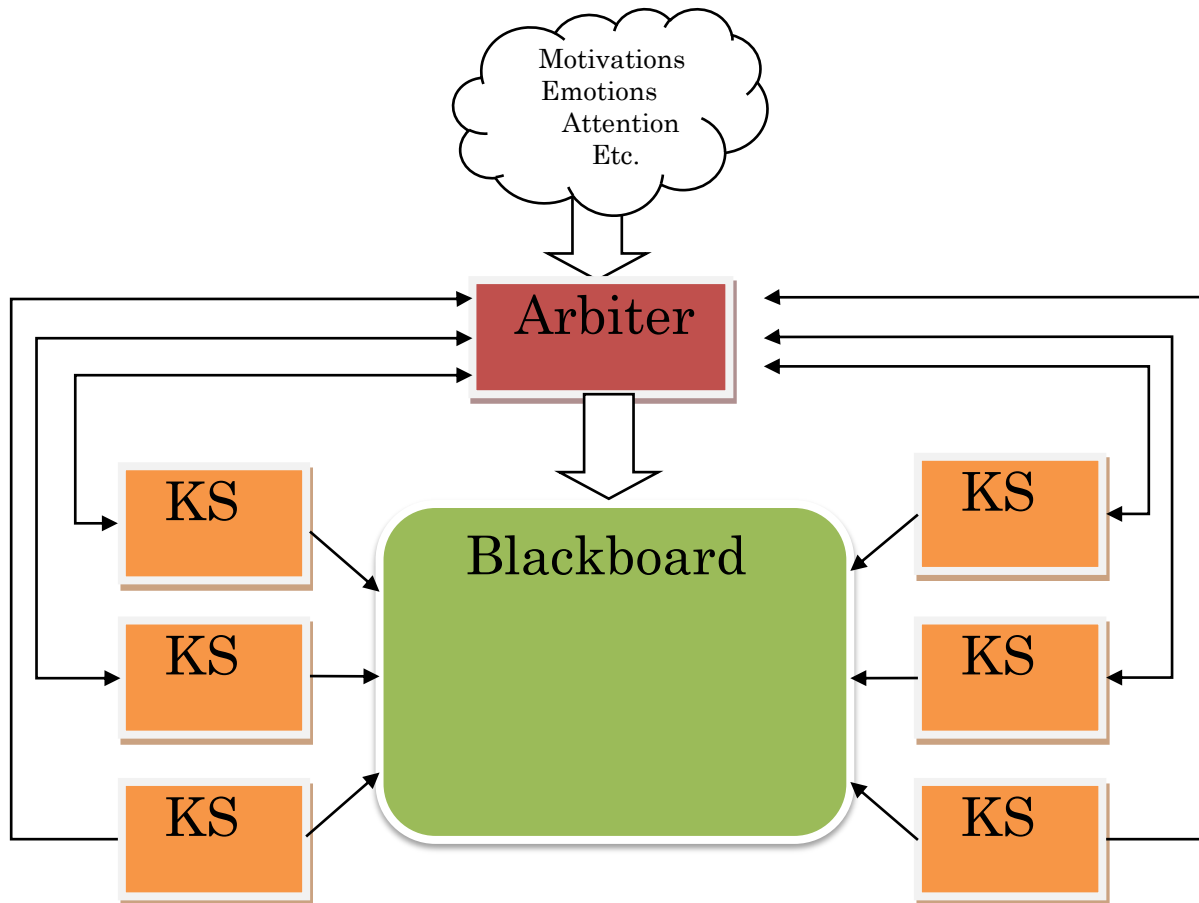
A-Consciousness に関する3つのアイデア

(1) 黒板モデル = ブラックボード・アーキテクチャ
(Blackboard Architecture)

(2) GWT = Global Workspace Theory
(Baar, 1988)

(3) MDM = Multiple Draft Model
(Dennett, 1991)

(1) ブラックボード・アーキテクチャ(Blackboard Architecture)

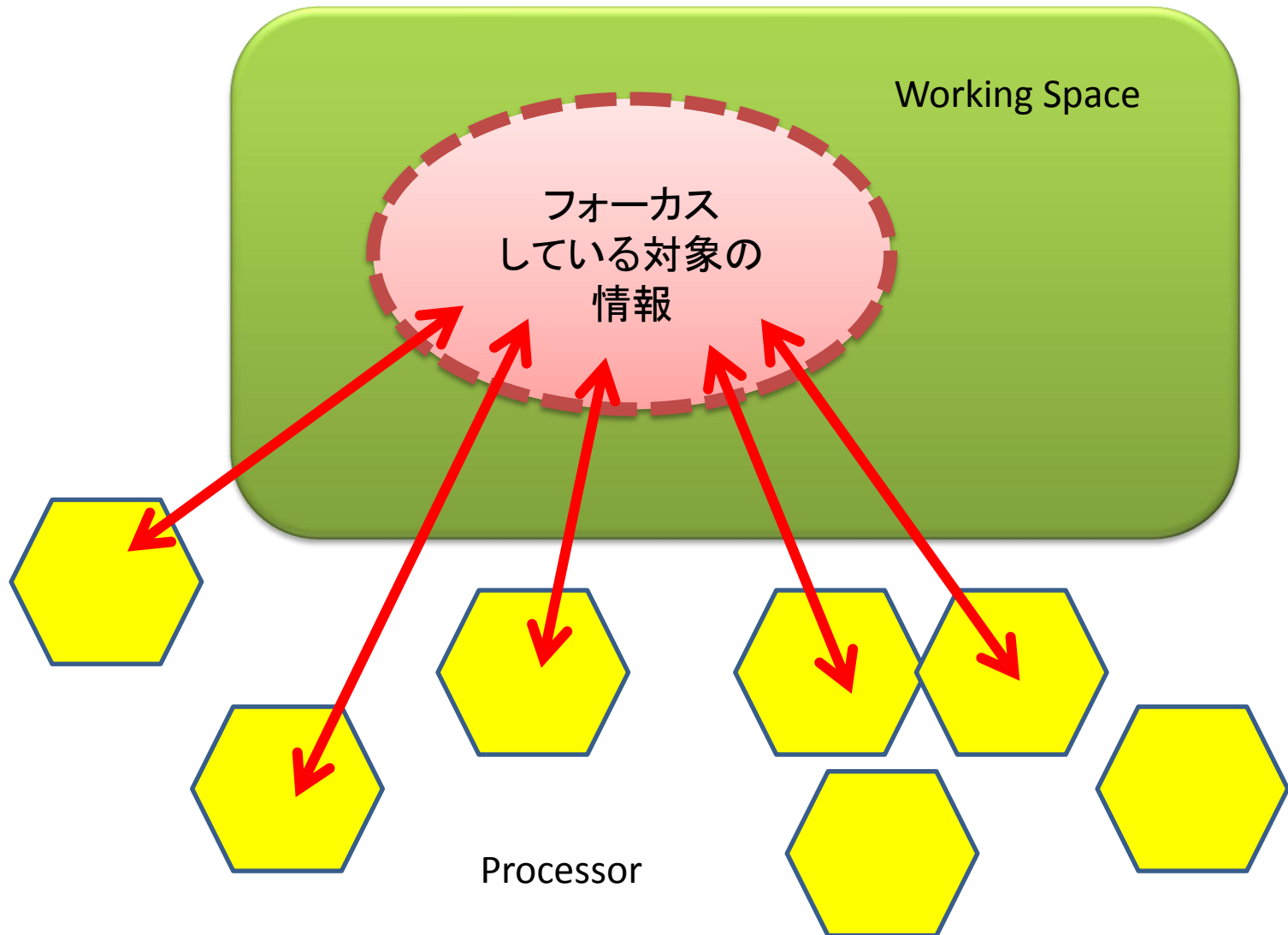


特徴:

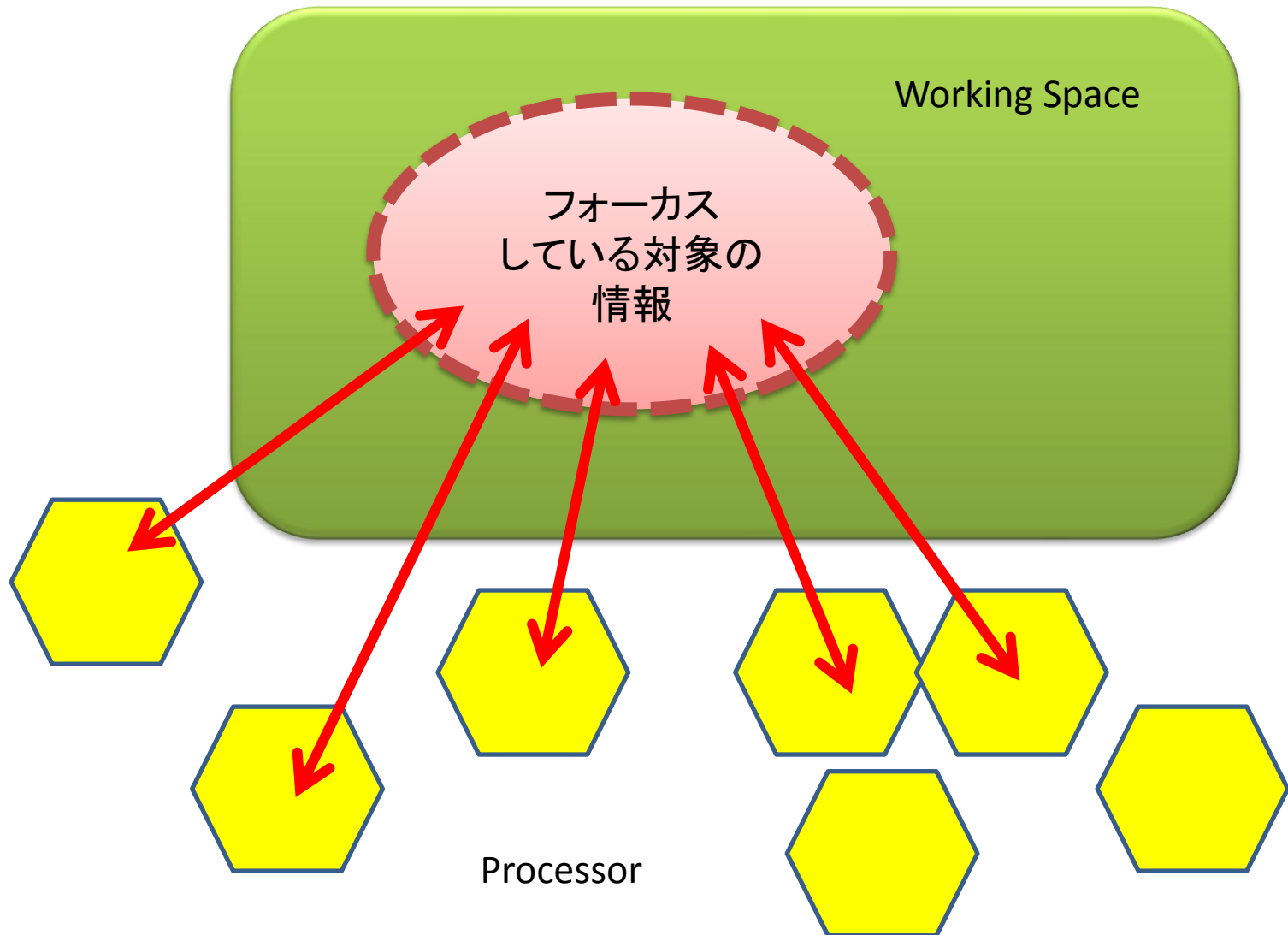
- 中央の黒板に情報が蓄積される(されて行く)。
- モジュールはKS(=Knowledge Source)と呼ばれ、特定の専門的な知識や技術に基づいた操作を黒板の情報に対して行う。
- Arbiter(=調停者)がKSをどのように(順序、タイミングなど)動作させるかを行う。

Bruce Blumberg , Damian Isla, "Blackboard Architectures",
AI Game Programming Wisdom (Charles River Media) , 2002

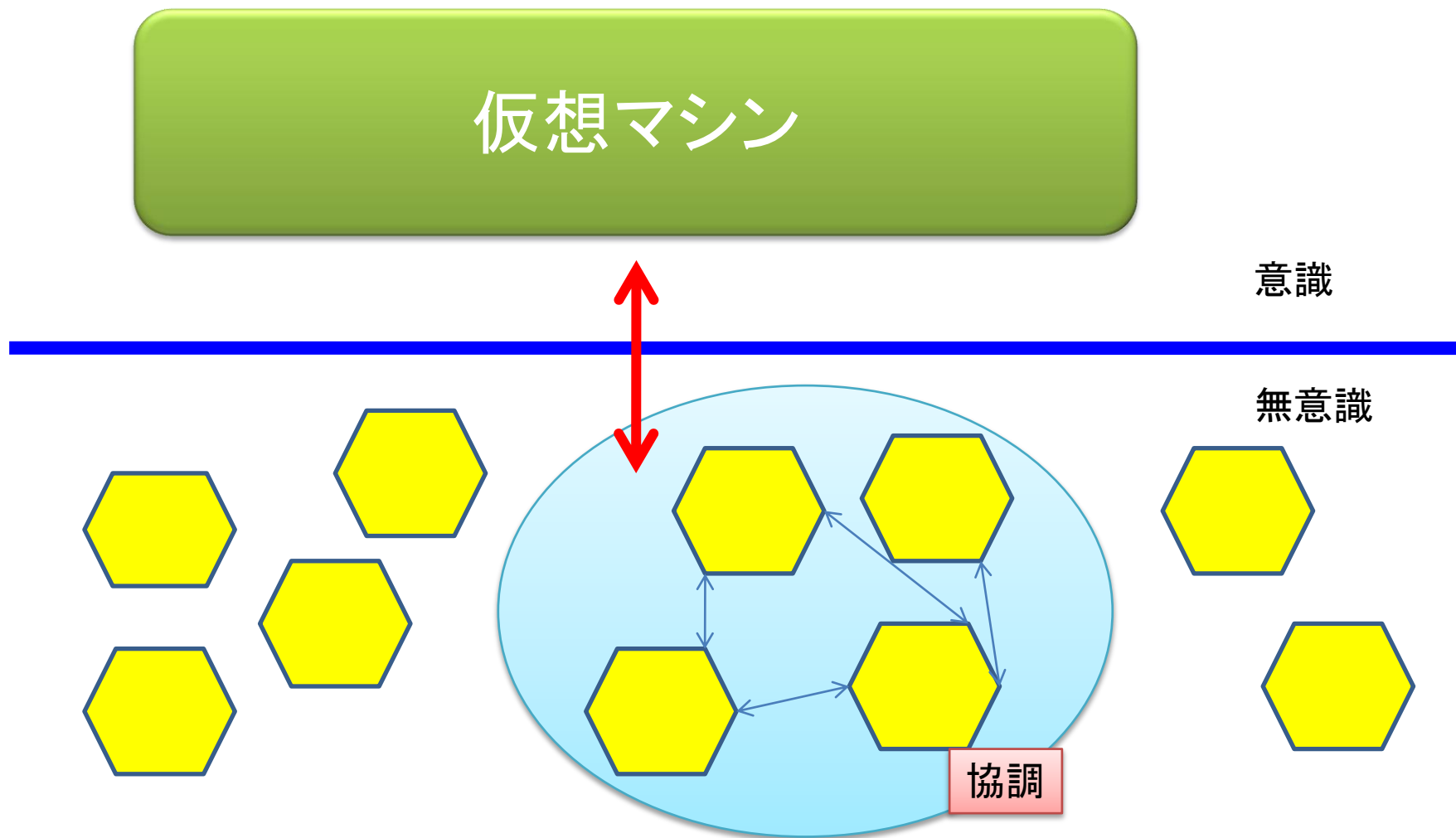
(2) Baar's Global Workspace Theory (GWT)



劇場と観衆のモデル。スポットライトが当たっている部分（注意＝フォーカスが向いている対象）に観衆（プロセッサー）が注意して処理を行う。



(3) Dennett's Multiple Draft Model

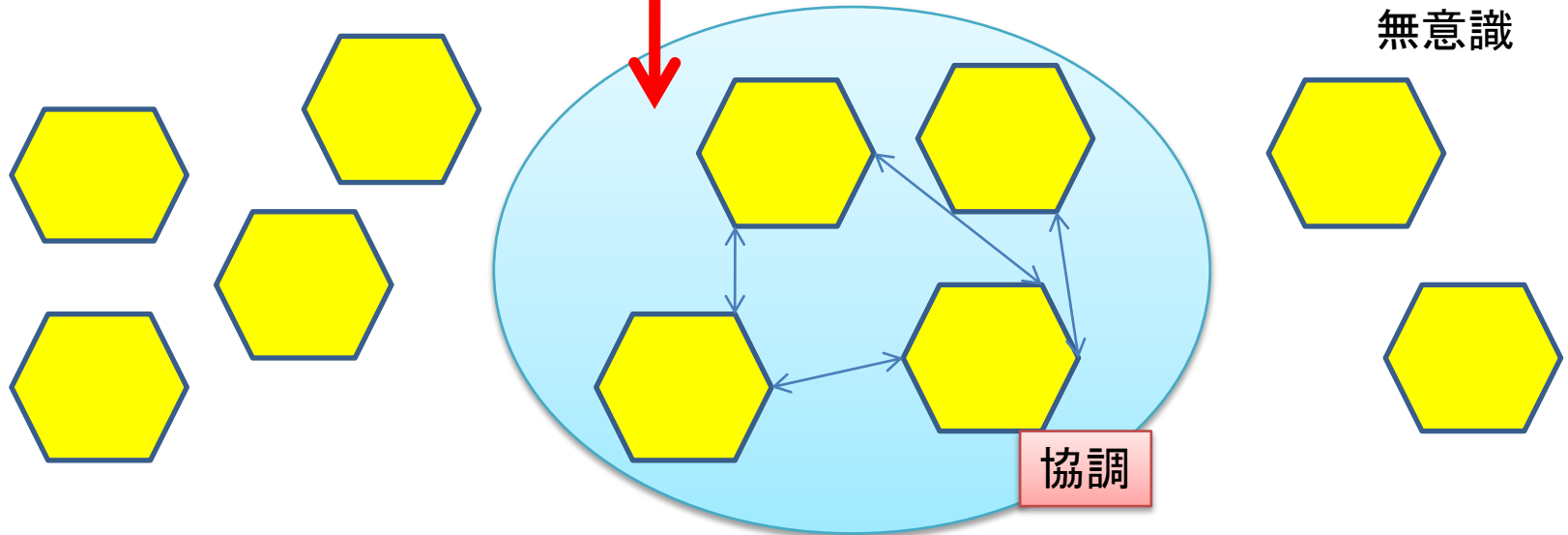


新聞社の編集モデル。新聞社にはたくさんの新しい情報が来て、何度も記事が書きなおされる。最終版だけがリリースされる。編集者＝協調するプロセッサー、新聞＝意識の登る情報。

仮想マシン

意識

無意識



A-Consciousness に関する3つのアイデア

(1) 黒板モデル = ブラックボード・アーキテクチャ

(Blackboard Architecture)

(2) GWT = Global Workspace Theory

(Baar, 1988)

(3) MDM = Multiple Draft Model

(Dennett, 1991)

3つのアイデアをかけあわせる

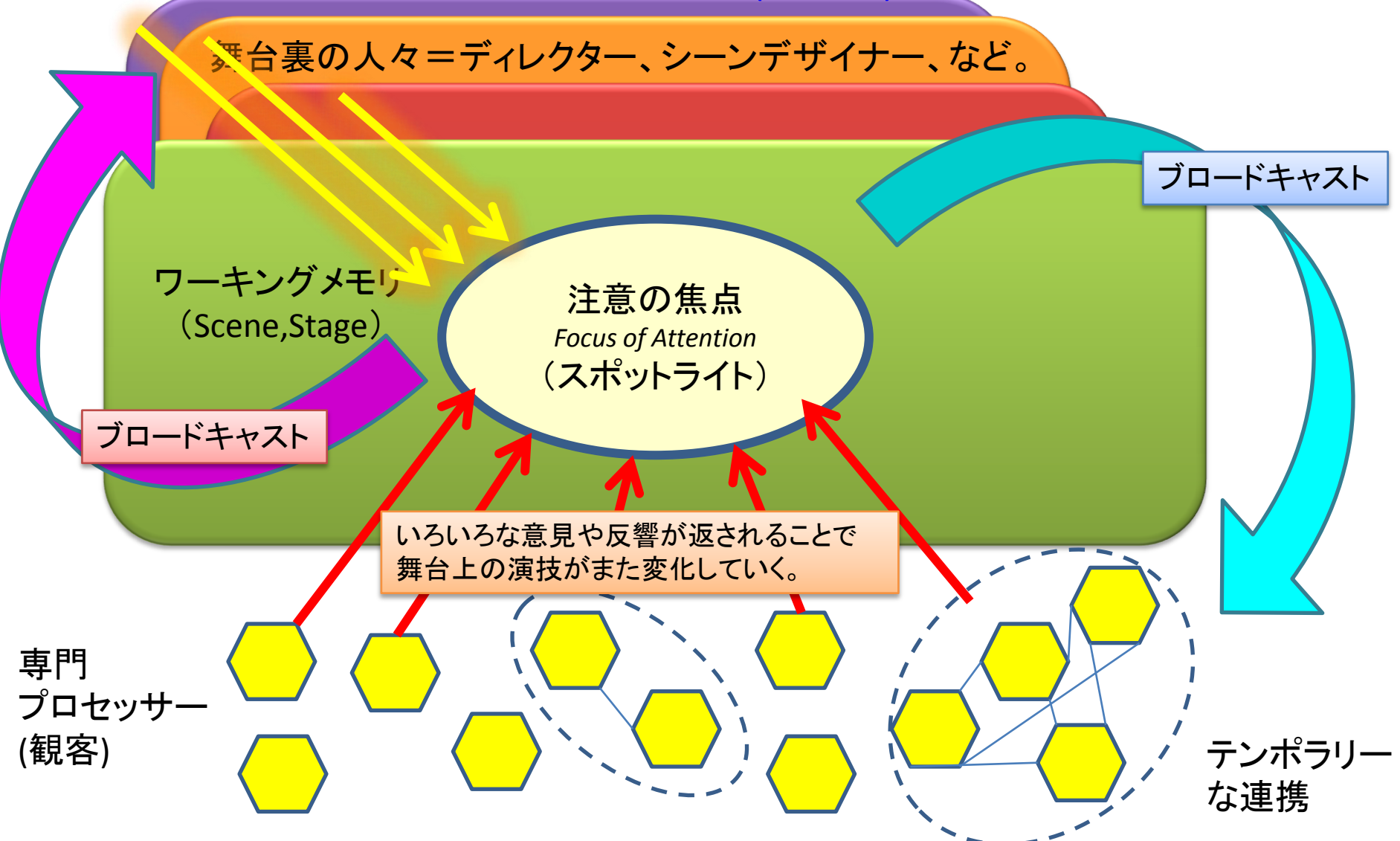
Arrabales, R. Ledezma, A. and Sanchis, A. "Towards the Generation of Visual Qualia in Artificial Cognitive Architectures". (2010)

http://www.conscious-robots.com/raul/papers/Arrabales_BICS2010.pdf

【まとめ】観客(=プロセッサー)はステージ(=ワーキングメモリ)上にスポットライト(=注意、アテンション)が注がれた役者の演技(=オブジェクトの振る舞い)について考えて(=情報処理、思考)意見を役者に伝えます(=ワーキングメモリに書き込みます)。

コンテキストの生成とコントロール(舞台裏)

舞台裏の人々=ディレクター、シーンデザイナー、など。



CERA認識モデル

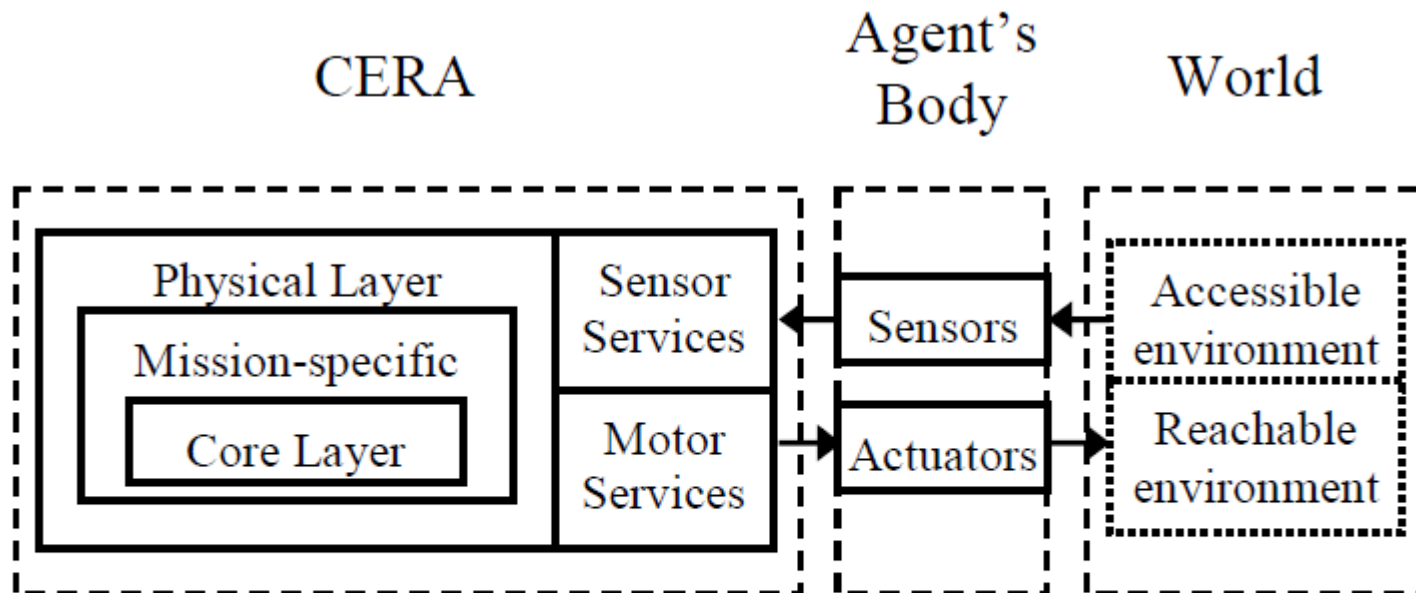


Fig. 3. CERA Cognitive Architecture. The layered design involves a subsumption relation: higher layers process more abstract content than lower layers. Sensor and motor services are enclosed in the so-called sensory-motor services layer, which is agent dependent.

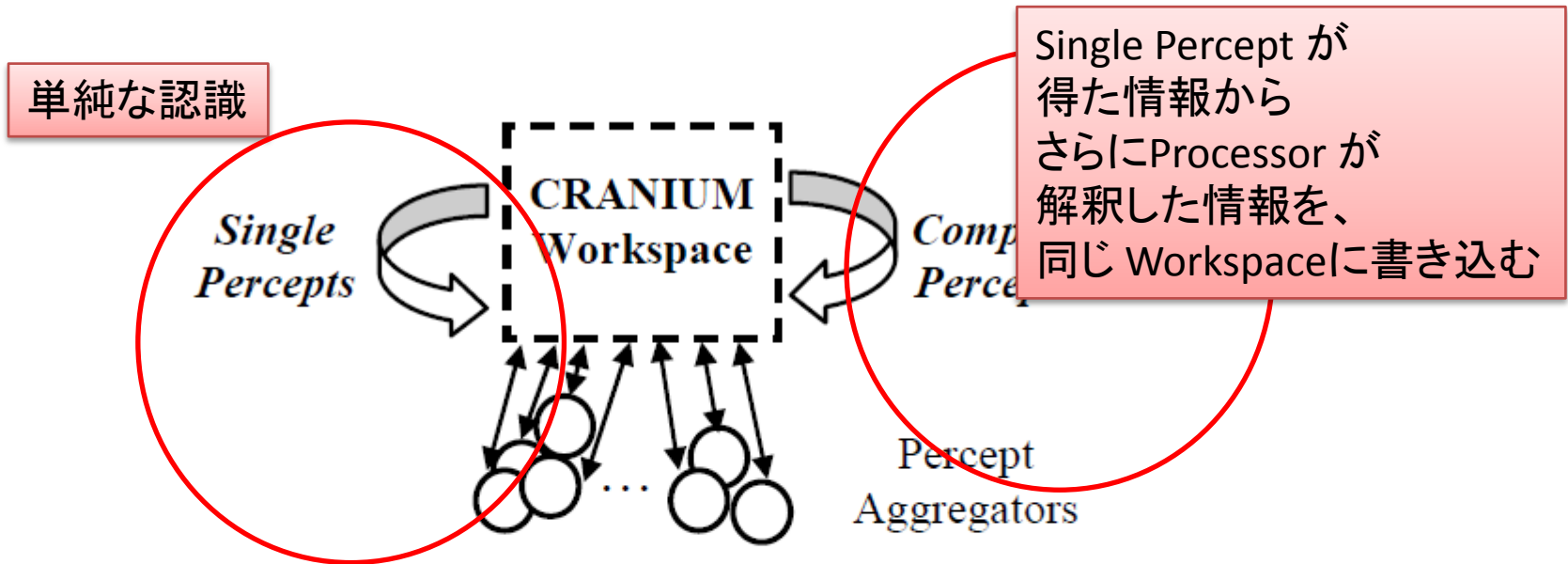


Fig. 4. CERA physical layer workspace. Percept aggregators are special cases of specialized processors that are able to build new complex percepts using other complex percepts and/or single percepts as input. See [27] for a description of other types of processors.

CORE Layer の役割

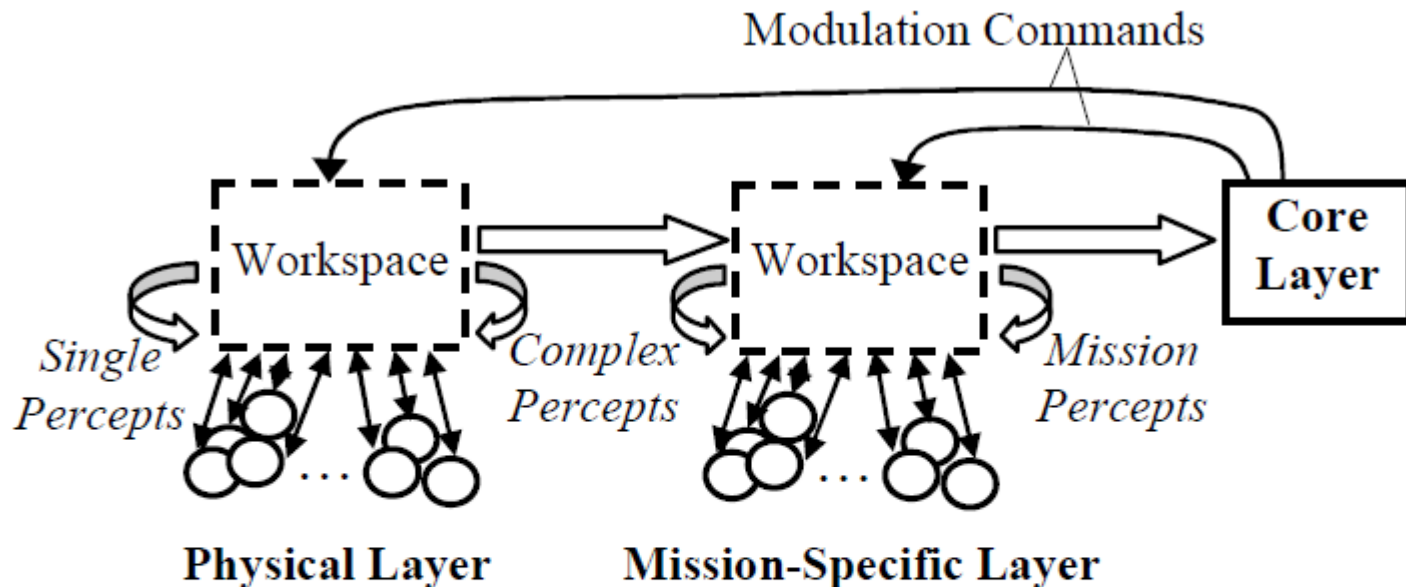


Fig. 5. Workspace modulation mechanism. The level of activation of specialized processors and the generated percepts is updated based on modulation commands sent from the core layer. Activation values determine which percepts are generated, which in turn affects the modulation commands triggered by the core layer.

CORE Layer は、Physical Layer、Mission Layer のうち、
どの認識を生成するかを決定するコマンドを投げる。

①9 チューリングテスト

2K Bot Prize

複数のキャラクターが対戦するオンラインゲームの中で、AIとプレイヤーが操作するプレイヤーを混在させて戦わせる。ただし、どのキャラクターがNPCで、どれがPCかが完全に秘密にされている。

各キャラクターには、これはAIだと思うAIに、AIだとアイデンティファイする銃を持っていて、これがAIだと思うキャラクターを撃つ。

<http://www.botprize.org>

https://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=9pmYPROqoxM

2K Bot Prize 2010年 優勝者

Conscious-Robots team is the 2K BotPrize 2010 Competition Winner!!!



The third edition of the **2K BotPrize** Competition was decided recently in Copenhagen, at the **2010 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games**. We are happy to announce that the Spanish team – Conscious-Robots – formed by **Jorge Muñoz** and **Raúl Arrabales** won this year edition of this competition, a **Turing Test** adapted to the domain of videogames [1].



Raúl Arrabales (left) and Jorge Muñoz (right) with the 2K BotPrize trophy (by Peter Reynolds)

The aim of the 2K BotPrize competition is to develop a computer game bot which is undistinguishable from a human player, i.e. able to pass the Turing Test. Although the Conscious-Robots bot could not completely pass the Turing Test, she achieved a humanness rating of 31.8%. As of today, the Turing Test level intelligence has never been achieved by a machine. However, this year the gap between humans and bots was reduced, having a small difference between the Conscious-Robots bot (31.8%) and the least “human” human player (35.4%) – [see results](#). -> [READ MORE](#).

The bot developed by the Conscious-Robots team (CCBot2 or “CERA-CRANIUM Bot 2”) runs the CERA-CRANIUM cognitive architecture [2], which is based on a computational model of consciousness. The CERA-CRANIUM model is one of the results of a research line on Machine Consciousness carried out by Raúl Arrabales during the last 4 years. CERA-CRANIUM design is based on the [Global Workspace Theory](#) [3]. CCBot2 is a Java implementation of this architecture specifically developed by Jorge Muñoz and Raúl Arrabales for the 2K BotPrize 2010 competition [4].



Final session of the 2K BotPrize Competition at ITU Copenhagen during CIG-2010

<http://www.conscious-robots.com/en/conscious-machines/conscious-robots/conscious-robots-team-wins-the-2k-botprize-2010-competi.html>

Movie: <http://aigamedev.com/open/article/conscious-bot/>

The 2K BotPrize : 2010

Can computers play like people?

2010 BotPrize contest

The third BotPrize contest was held at the IT University of Copenhagen, Denmark on 20 August 2010, as part of the [2010 IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games](#). The aim of the contest was to see if a computer game playing bot could convince a panel of expert judges that it was actually a human player.

Results

Though no bot was able to take the major prize, the winning bot was [Conscious-Robots](#) by the team from Carlos III University in Madrid. The best judge was [Gordon Calleja](#), head of the Centre for Computer Games Research at the IT University of Copenhagen.

As in previous competitions, the most human bot is not as human as the least "human" human player, but the gap is now small. There were also some "Epic" bots in the mix (UT2004's built-in bots). These bots have some extra advantages as they have access to more game information, and they achieved a humanness rating of 35.3982 %.

Complete data from the final games is available in MySQL form [here](#) or in Excel form [here](#).

UT2004 demo files of (most of) the final games are available. To replay them, you will need a UT2004 client, and you will need to install [some maps](#), and [the mod](#). Unzip and copy the files and folders from **combined** and **mod2010** into your UT2004 folder. Here are the demo files: [Round 1](#), Round 2 (lost), Round 3 (lost), [Round 4](#), [Round 5](#), [Round 6](#), [Round 7](#), [Round 8](#), [Round 9](#), Round 10 (lost), [Round 11](#), [Round 12](#). These go in the Demos folder of your UT2004 installation after unzipping.

Humanness results

Most human bots

bot name	team	affiliation	humanness %
Conscious-Robots	Raul Arrabales Jorge Muñoz	Carlos III University, Madrid	31.8182 %
UT*2	Igor Karpov Jacob Schrum Risto Mäkiläinen	University of Texas, Austin	27.2727 %
ICE-2010	Akihiro Kojima Daichi Hirono Takumi Sato Seiji Murakami Ruck Thawonmas	Intelligent Computer Entertainment Lab. Ritsumeikan University, Japan	23.3333 %
Discordia	Casey Rosenthal Clare Bates Congdon	University of Southern Maine	17.7778 %
w00t	Daniel Büscher Matthias Gorzellik Jannis Seyfried Björn Witt	Institut für Informatik Albert-Ludwigs Universität Freiburg, Deutschland	9.3023 %

Most human humans

player	affiliation	humanness %
Mads Frost	IT University Copenhagen	80.0000 %
Simon and Will Lucas	University of Essex	59.0909 %
Ben Weber	UC Santa Cruz	48.2759 %
Nicola Beume	TU Dortmund University	47.0588 %
Minh Tran	Edith Cowan University	42.3077 %
Gordon Calleja	IT University Copenhagen	38.0952 %
Mike Preuss	TU Dortmund University	35.4839 %

<http://www.botprize.org/2010.html>

Judging results

Best human judges

Best bot judges

bot name accuracy %

Discordia	54.8387 %
w00t	53.8462 %
UT^2	45.7447 %

player	accuracy %
Gordon Calleja	78.5714 %
Nicola Beume	67.2131 %
Minh Tran	64.2857 %
Ben Weber	64.0845 %
Mike Preuss	59.7015 %
Mads Frost	57.6923 %
Simon and Will Lucas	54.7945 %

⑮ 意識モデル

⑯ チューリングテスト

より人間らしいAIへ。

[課題]

⑮意識モデルは「AIが自分自身を認識している」(自意識)の感覚をユーザーに与える。この感覚に関する研究が必要。

⑯「人間らしさ」の基準を、さまざまな種類のゲームで定義して行くことが必要。

コンテンツ

- 第一部 キャラクターに世界を理解させたい
- 第二部 世界とキャラクターの内面をつなぐ
- 第三部 キャラクターの内面を豊かにする
- 第四部 キャラクターに深く世界にコミットさせる
- 第五部 キャラクターの社会生活
- 第六部 より人間らしいAIへ
- 第七部 ゲームをコントロールするAI
- 第八部 まとめ

第七部

ゲームをコントロールするAI

(20) ストーリー・ジェネレーション

(21) プロシージャル・コンテンツ・ジェネレーション

(22) メタAI

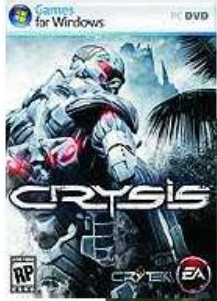
(23) ソーシャルゲームにおけるAI

デジタルゲーム自身を人工知能としたい。

(20) プロシージャル・コンテンツ・ジェネレーション

Crysis における植物アニメーション自動生成

Procedural Vertex Animation



http://www.crytek.com/fileadmin/user_upload/cryengine2/CryENGINE2Features.pdf

[Tiago Sousa, "Chapter 16: Vegetation Procedural Animation and Shading in Crysis", GPU Gems 3, 2007](#)

Finding Next Gen CryEngine2,

[http://ati.amd.com/developer/gdc/2007/Mittring-Finding_NextGen_CryEngine2\(Siggraph07\).pdf](http://ati.amd.com/developer/gdc/2007/Mittring-Finding_NextGen_CryEngine2(Siggraph07).pdf)

デモ



Procedural Vegetation Animation in Crysis

tiago_gpuGems3_1280_mpeg

FarCry2 (2008)におけるプロシージャル技術



50km四方のマップを作る

オブジェクト(草木) & アニメーションデータを
自動生成

植物に関してプロシージャルのアルゴリズムの助けを借りてデザイナーが生成
(まとまった単位土地内の**分布**、**成長率**などを指定して生成)

アニメーションや破壊のされ方は、簡単な設定をしておけば、ゲーム内で環境に
応じてシミュレートされる。 (例) 草原で炎が燃え広がる

FarCry2 (Dunia Engine) デモ

<http://www.farcry2-hq.com/downloads,18,dunia-engine-nr1.htm>



草原自動生成



時間システム



樹木自動生成



動的天候システム



動的天候システム





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

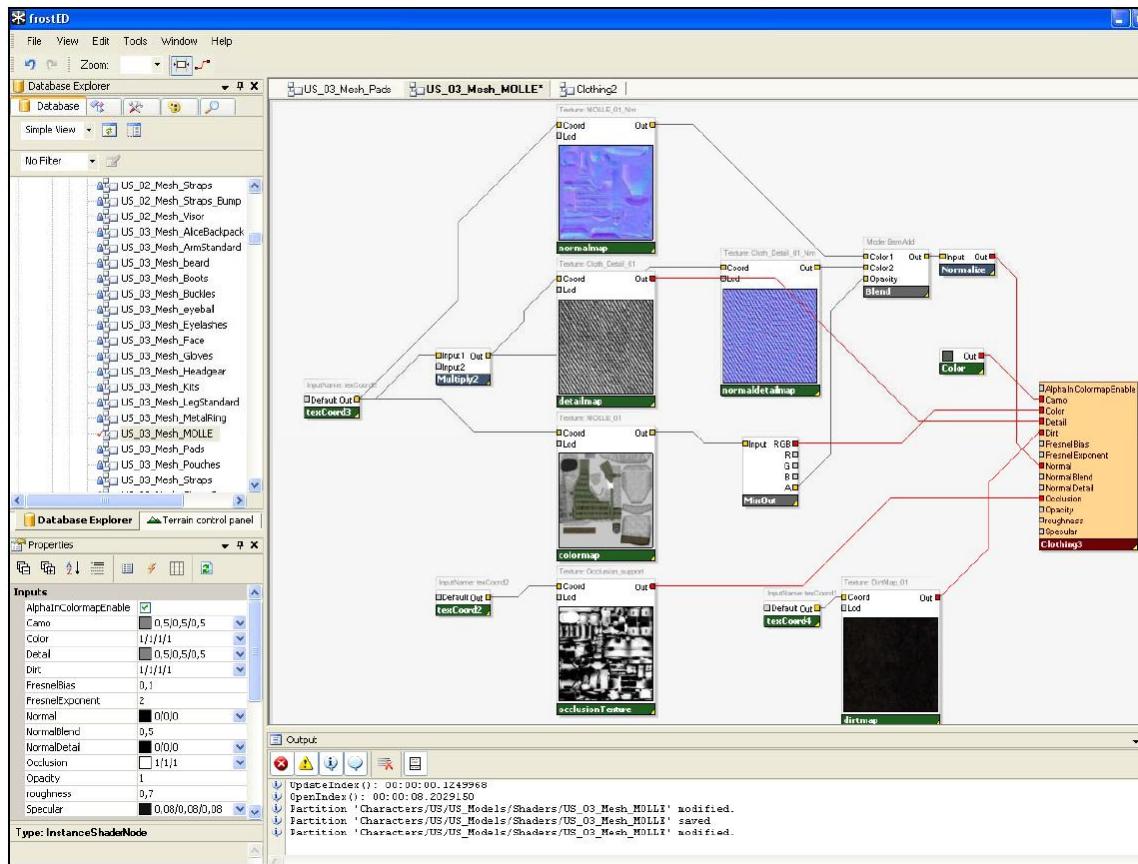
[http://developer.amd.com/Assets/Tatarchuk-Noise\(GDC07-D3D_Day\).pdf](http://developer.amd.com/Assets/Tatarchuk-Noise(GDC07-D3D_Day).pdf)

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)

Semi-procedural Surface Shader

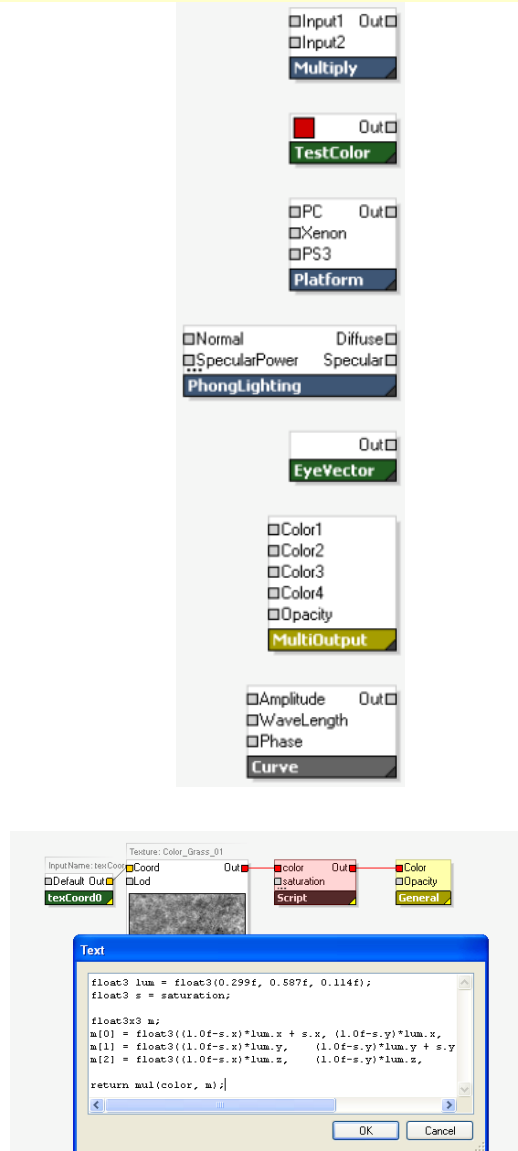
表面状態などに応じてシェーダーが形成される(グラフベースでアーティストも作成可能)



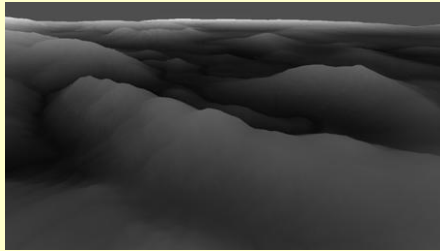
組み込み可能ノード

- 基本演算 (mul, add, div)
- 地形条件 (Fresnel, refraction)
- ロジカル (プラットフォームなど)
- パラメータ (スカラ、ベクトル、ブール)

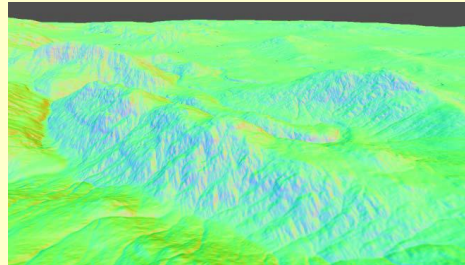
- パラメータ (Z, Normal, eye-vector)
- ライトニング (phong, sub-surface)
- ルート (general, offset, multi-output)
- その他 (script, curve)



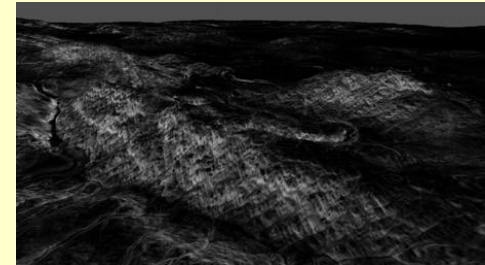
プロシージャルに生成するシェーダー用のマップ・マスク



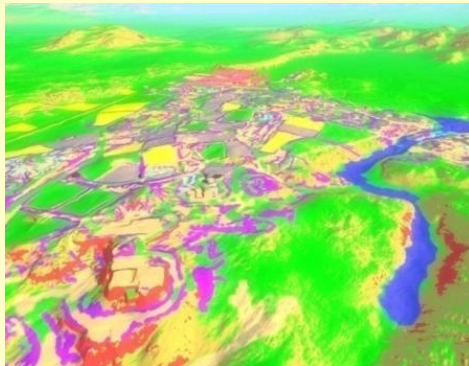
高さマップ



ノーマルマップ



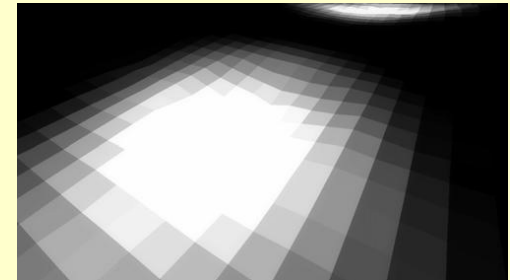
傾斜マップ



マテリアル・マスク



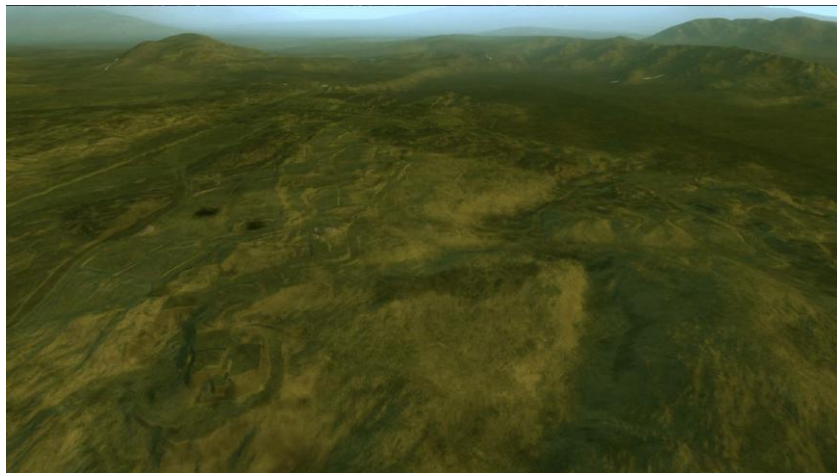
デストラクション・マスク



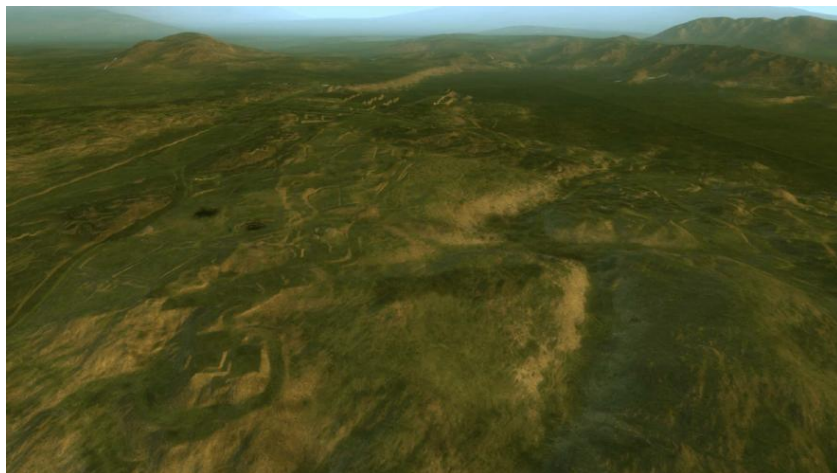
クレーター・マスク



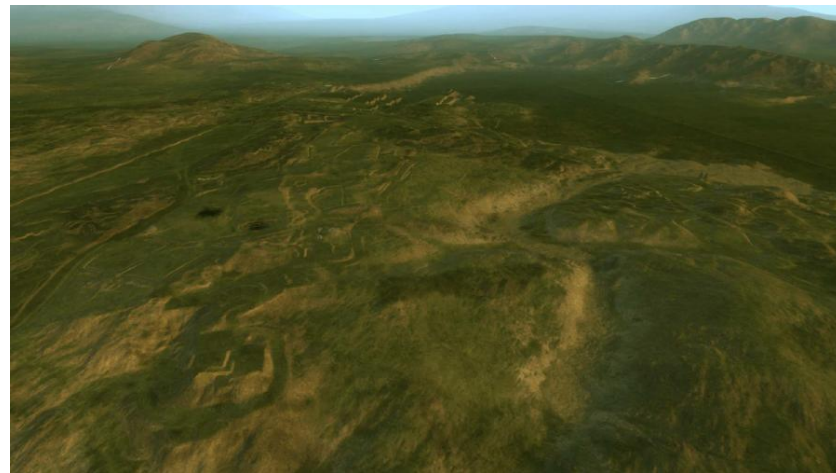
Semi-procedural Surface Shader 実例



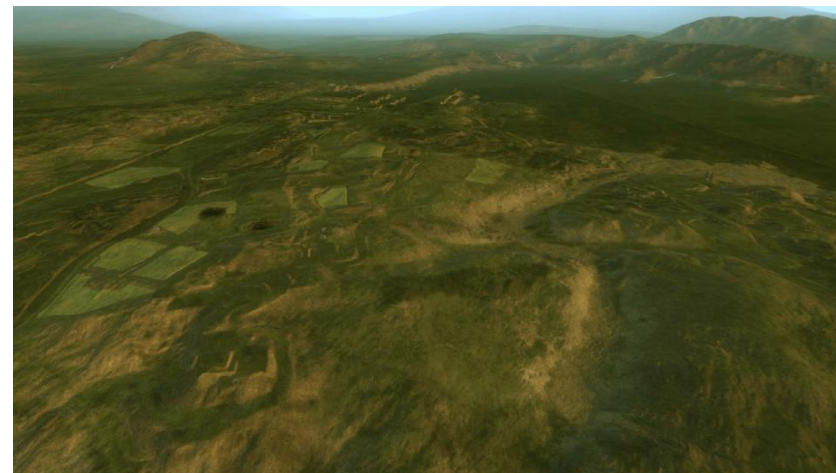
グラス(草)マテリアルのみ



+スロープにおける泥

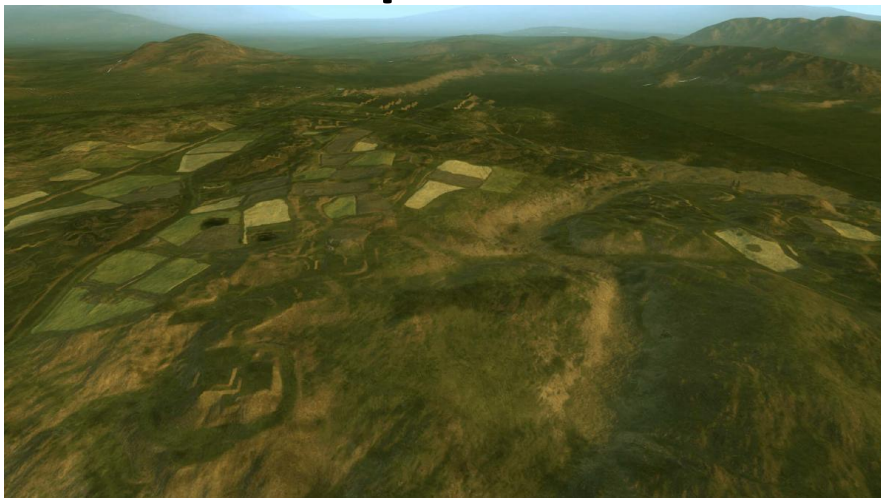


+海面/川面マテリアル

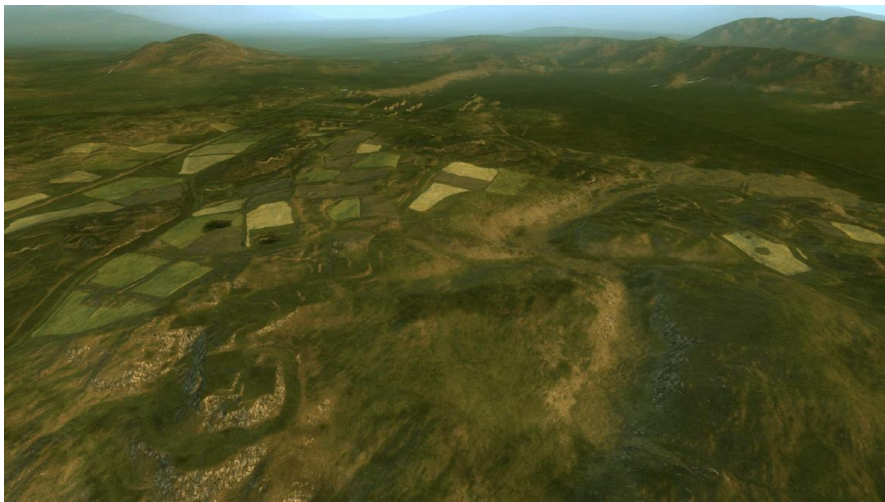


+草原マテリアル

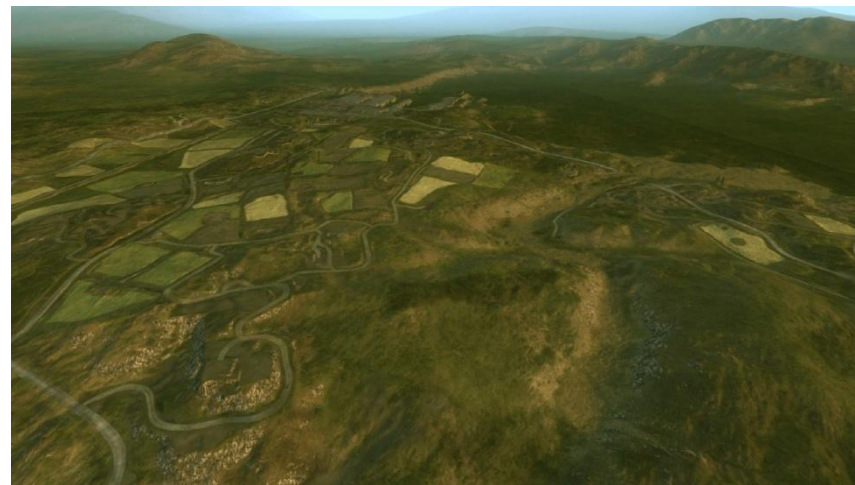
Semi-procedural Surface Shader 実例



+2つの別タイプ草原マテリアル



+スロープ検出→崖テクスチャ



+道マテリアルにデカールを貼る

やぶ自動分布&生成



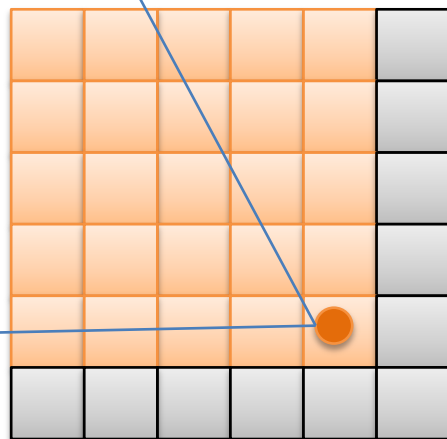
Terrain Rendering in Frostbite Using Procedural Shader Splatting, Johan Andersson

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=E186596C09CC8E696BD79A02DBA080CC?doi=10.1.1.161.8979&rep=rep1&type=pdf>

やぶ自動分布&生成

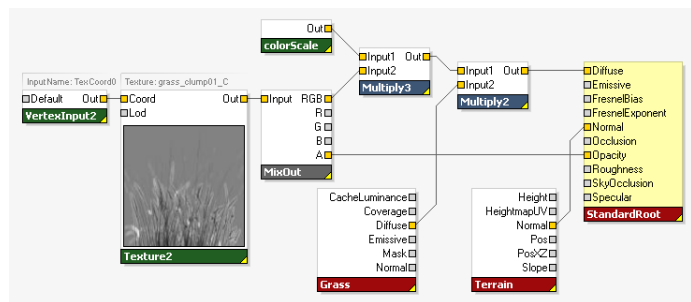
黒=やぶ生成なし

16x16m Cells

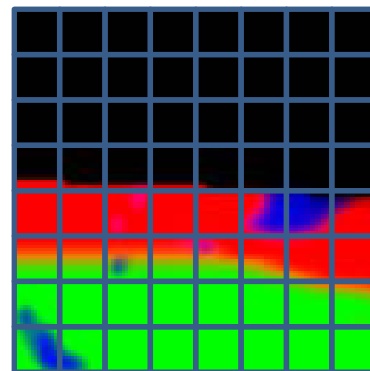
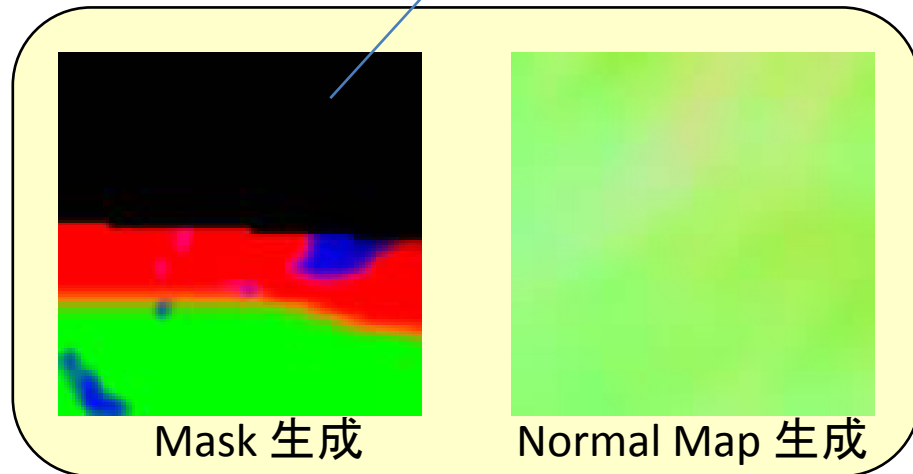


ユーザーの周囲の 16x16m Cells 群を
アクティブにして、プロシージャルに
やぶを生成する。
(このCell群自体はあらかじめプールされている)

各Cellは、もともと、やぶのタイプを持っている。
各Cellはその頂点のVertex Bufferをインスタンスに
持つ。
(例えば、破壊された地形の頂点データは変化する)

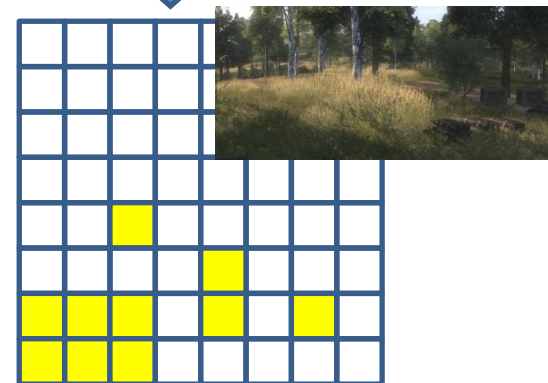


やぶシェーダー



再グリッド化

(グリッドの大きさはその場の
マテリアルの密度に依存)



やぶ生成

(各グリッドの値と乱数で、やぶを置くか
決定。Normal Map はやぶモデルの方
向を決定する。乱数シードはネットワー
クで共有するためマルチでも同じやぶが見
える)

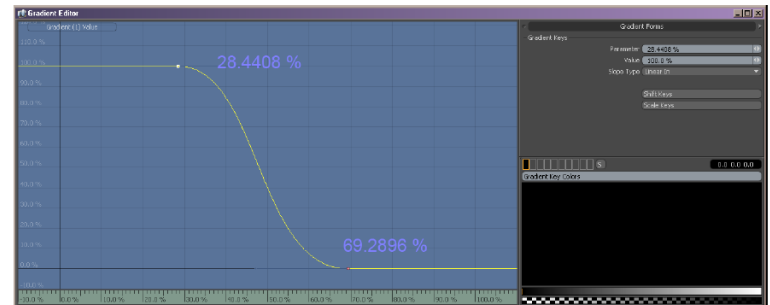
地形自動生成 & 自動雪シェーダー



- シェーダーでマルチ分解能の Displacement map で山脈生成
- 乱数は fBM (fractal Brownian Motion)

Snow Coverage

- ④ Snow coverage determined procedurally
- ④ Artists paint slope's control points as vertex colors
- ④ Slope used for smoothstep to define snow masks
 - ④ Mask 1: smoothstep based on geometric normal's y component
 - ④ Mask 2: smoothstep based on normal map's y component
 - ④ Final snow coverage mask = Mask1 * Mask2



- 地形マップのノーマルマップ
- バンプマップのノーマルマップから Snow Coverage を計算

The Importance of Being Noisy:Fast, High Quality Noise, Natalya Tatarchuk
[http://developer.amd.com/assets/Tatarchuk-Noise\(GDC07-D3D_Day\).pdf](http://developer.amd.com/assets/Tatarchuk-Noise(GDC07-D3D_Day).pdf)



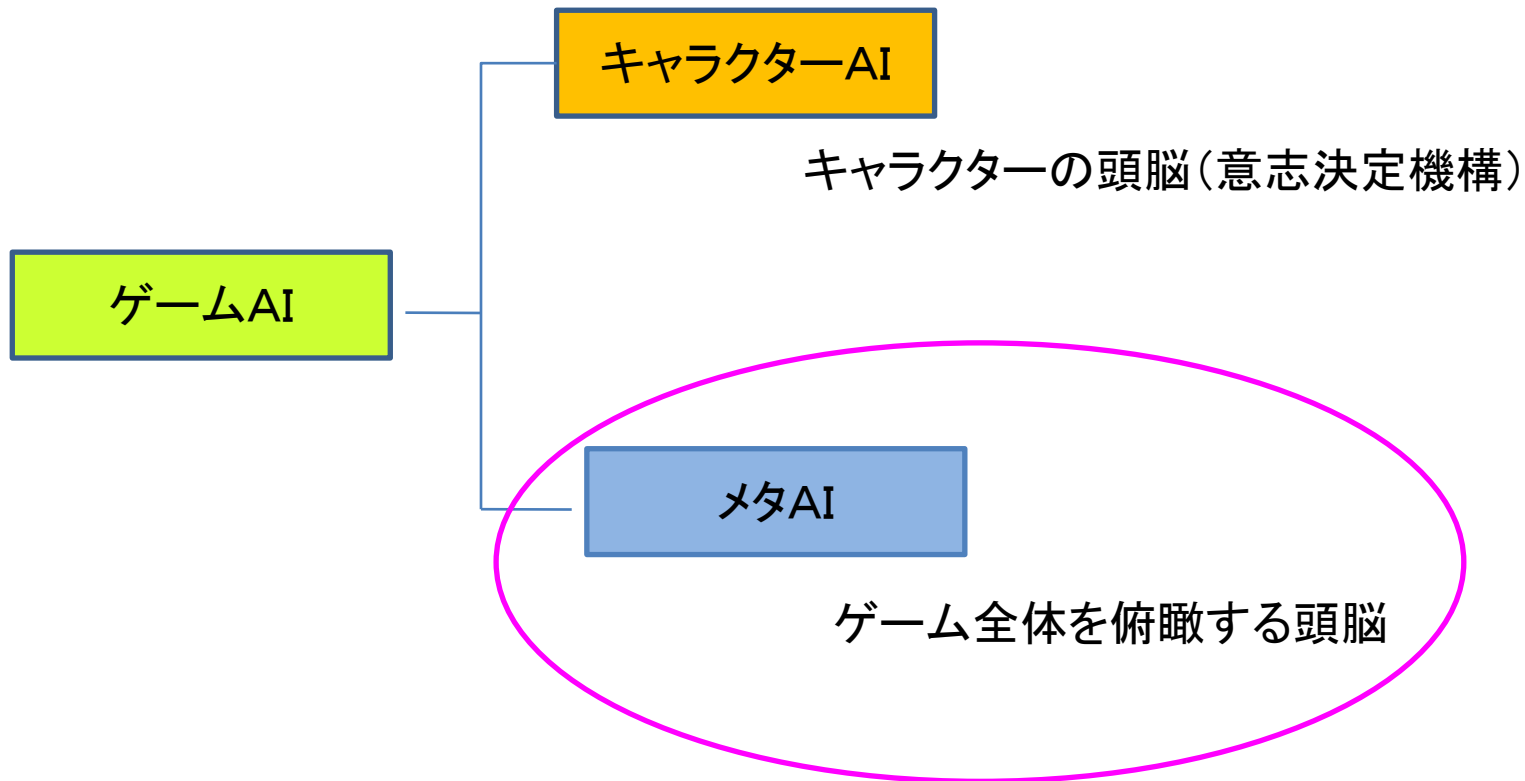
(21) ストーリー・ジェネレーション

[CEDEC 2010]

安藤毅 「サカつく」のサッカー試合AIシステム

<http://cedil.cesa.or.jp/session/detail/379>

(22) メタAI



メタAIの歴史

1980

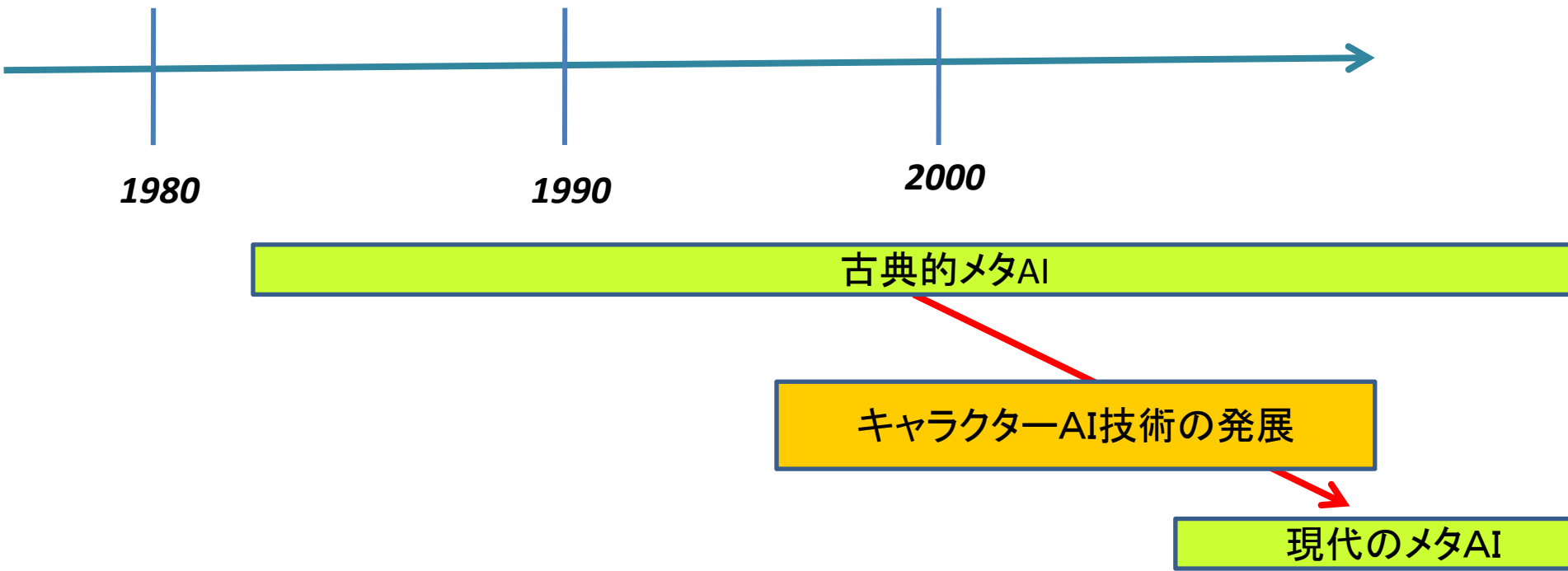
1990

2000

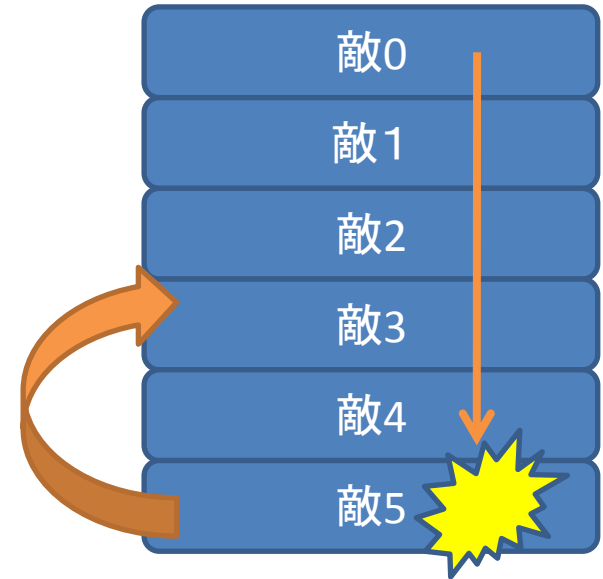
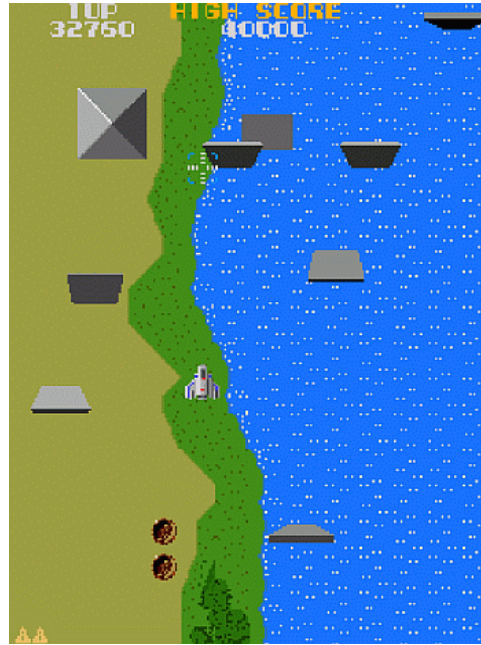
古典的メタAI

キャラクターAI技術の発展

現代のメタAI



(例)「ゼビウス」 敵出現テーブル巻き戻し



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。

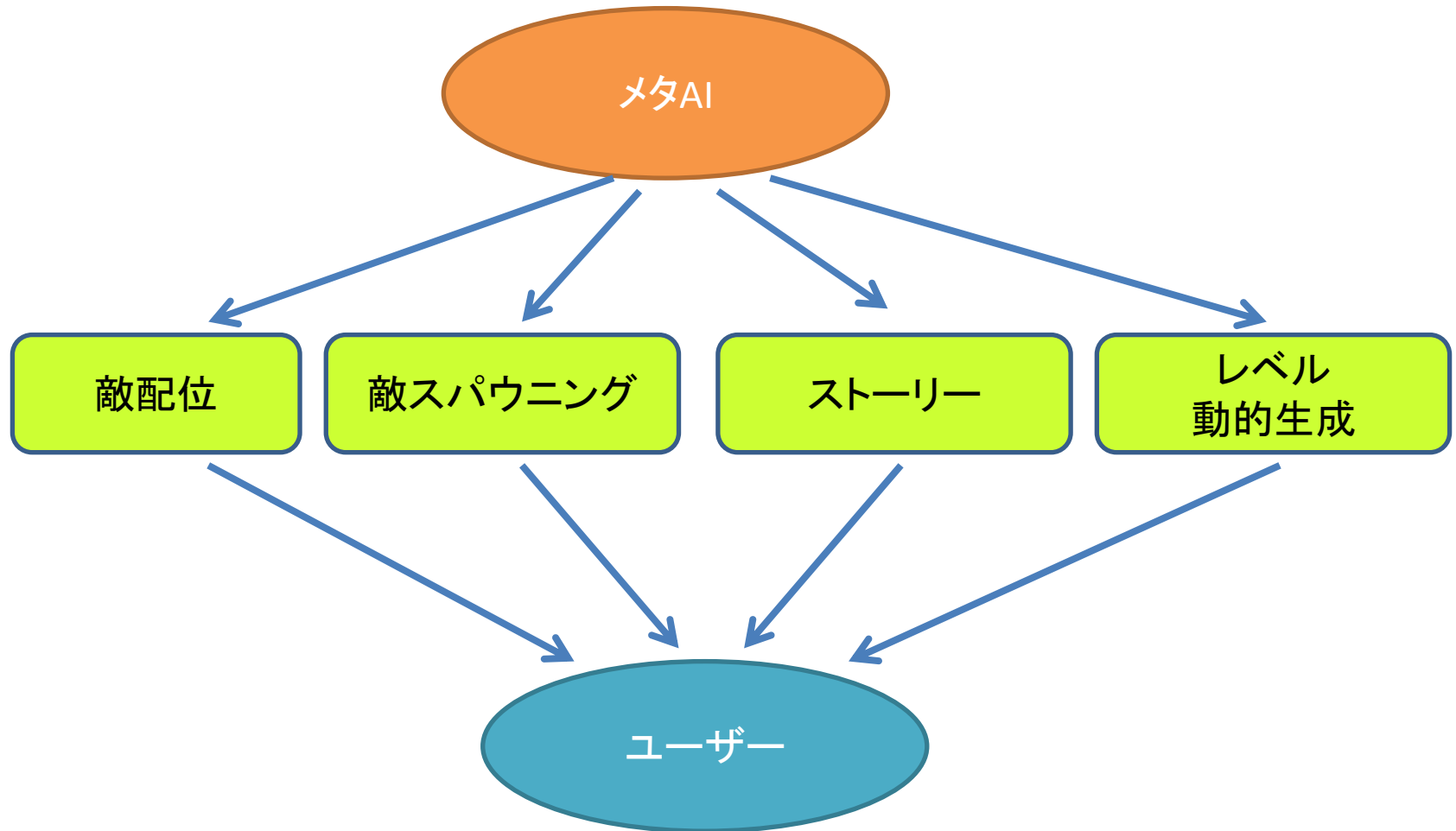
強いと思った相手には強い敵が出てきて、弱いと思った相手には弱い敵が出てきます。そういったプログラムが組み込まれています。ゲームの難易度というのは「初心者には難しくて、上級者には簡単だ」ということが、ひとつの難易度で(調整を)やっていくと起きてしまうので、その辺を何とか改善したいな、ということでそういったことを始めてみたのですけれど、お陰で割合にあまり上手くない人でも比較的長くプレイできる、うまい人でも最後のほうに行くまで結構ドラマチックに楽しめる、そういった感じになっています。 — ゼビウスセミナー —

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

現代のメタAI



より積極的にゲームに干渉する。



Michael Booth, "**The AI Systems of Left 4 Dead**," Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference at Stanford.

<http://www.valvesoftware.com/publications.html>

適応型動的ペーシング

[基本的発想]

- (1) ユーザーがリラックスしている時に、ユーザーの緊張度が一定の敷居を超えるまで敵をぶつけ続ける。
- (2) ユーザーの緊張度が一定の緊張度を超えると敵を引き上げる。
- (3) リラックスすると敵を出現し始める((1)へ)。

Michael Booth, "The AI Systems of Left 4 Dead," Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference at Stanford.

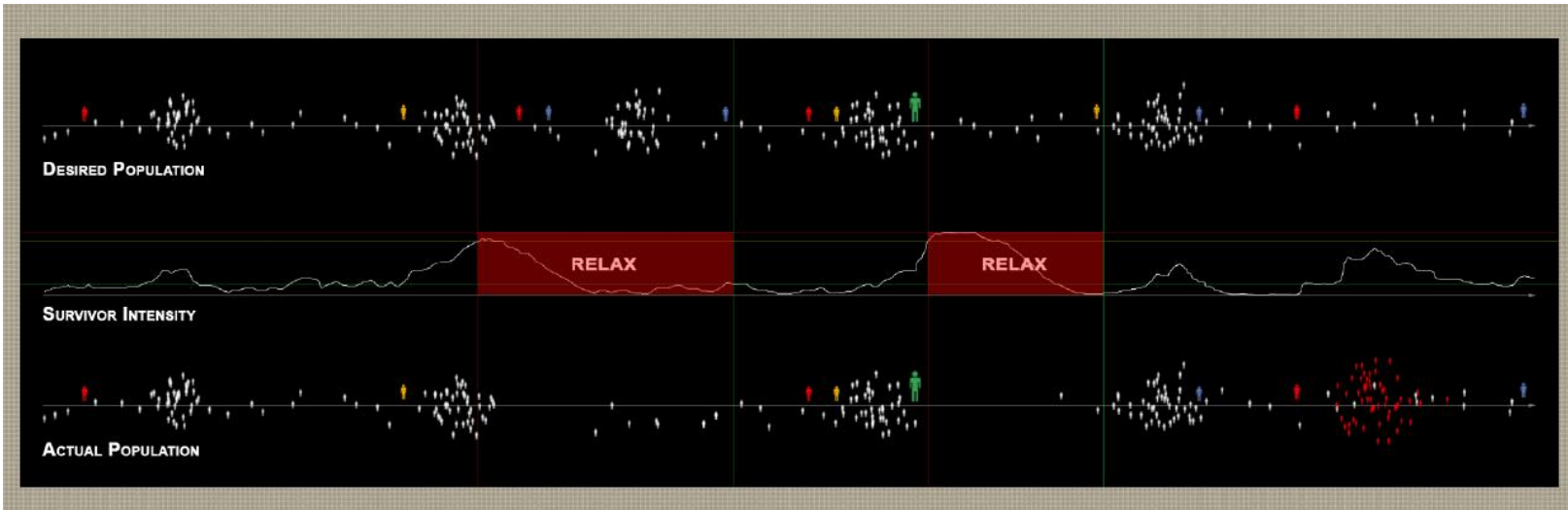
<http://www.valvesoftware.com/publications.html>

メタAI(=AI Director)によるユーザーのリラックス度に応じた敵出現度

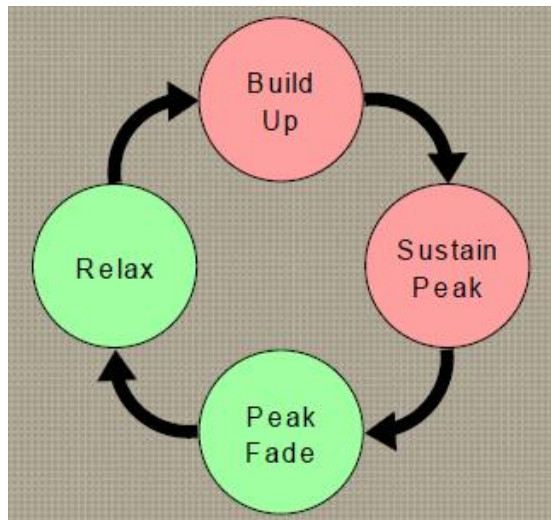
計算によって
求められた
理想的な敵出現数

ユーザーの緊張度

実際の敵出現数



(1) リラックスを破るように敵を出現させる。



Build Up ... プレイヤーの緊張度が目標値を超えるまで
敵を出現させ続ける。

Sustain Peak ... 緊張度のピークを3-5秒維持するために、
敵の数を維持する。

Peak Fade ... 敵の数を最小限へ減少して行く。

Relax ... プレイヤーたちが安全な領域へ行くまで、30-45秒間、
敵の出現を最小限に維持する。

メタAIがゲームを認識する方法

= キャラクターAIが環境を認識する方法

キャラクター用に作成された
ナビゲーションメッシュを
メタAIがゲームの進行を認識する
ために使用する。



メタAIが作用を行う領域 (AAS=Active Area Set)



Michael Booth, "The AI Systems of Left 4 Dead," Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference at Stanford.
<http://www.valvesoftware.com/publications.html>

メタAIが作用を行う領域 (AAS=Active Area Set)



メタAIが作用を行う領域 (AAS=Active Area Set)

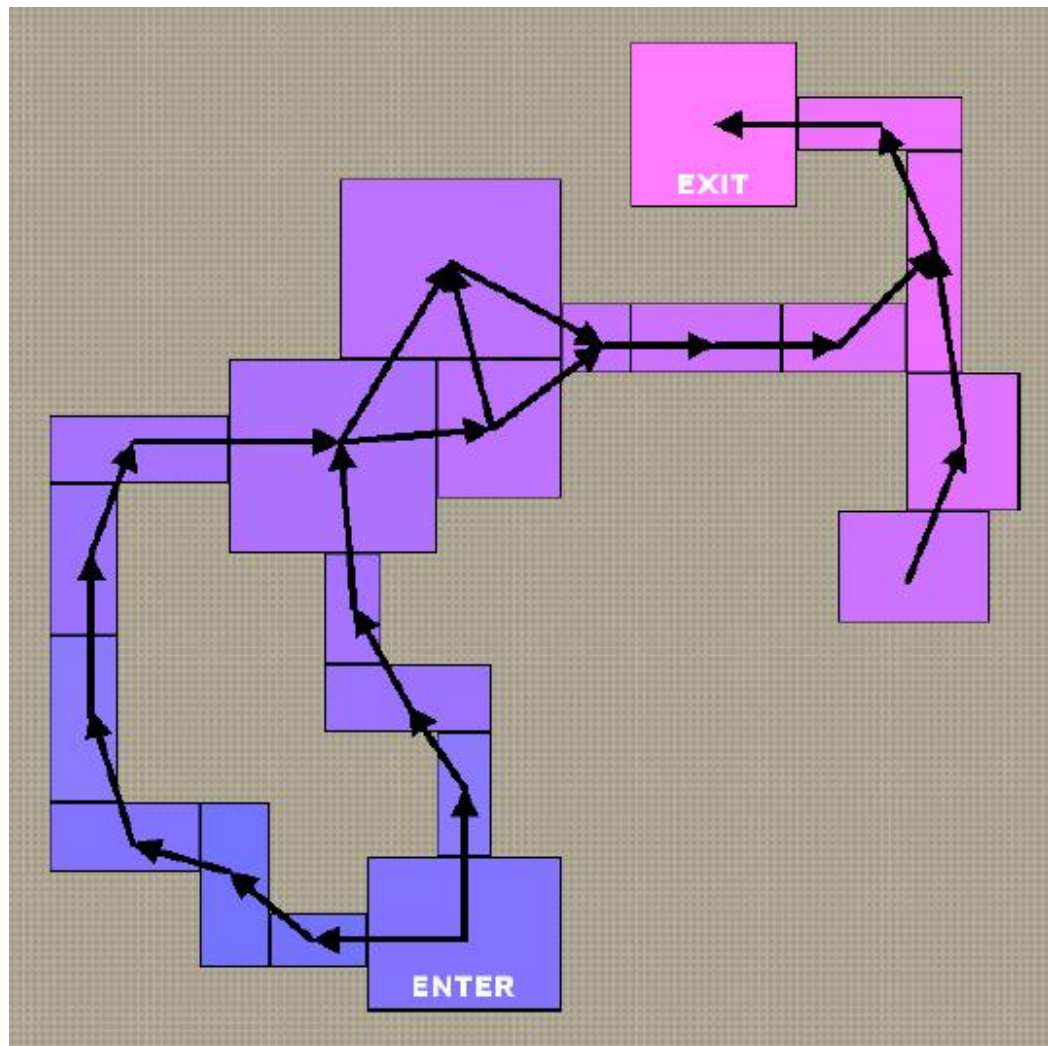


Michael Booth, "The AI Systems of Left 4 Dead," Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference at Stanford.
<http://www.valvesoftware.com/publications.html>

安全な領域までの道のり(Flow Distance)

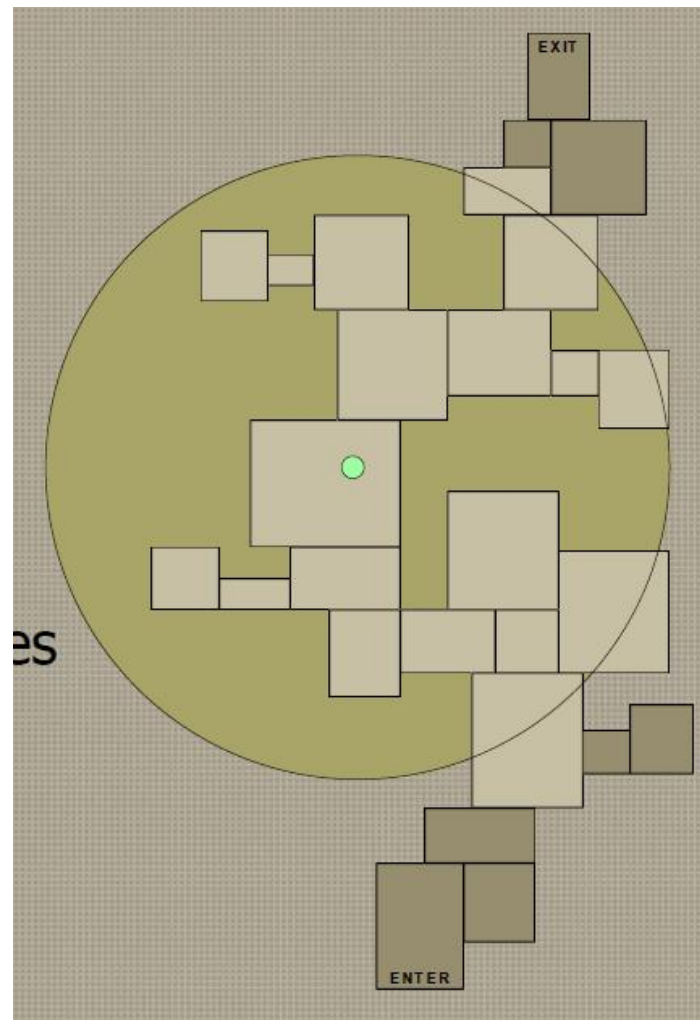
プレイヤー群の経路をトレース・予測

- どこへ来るか
- どこが背面になるか



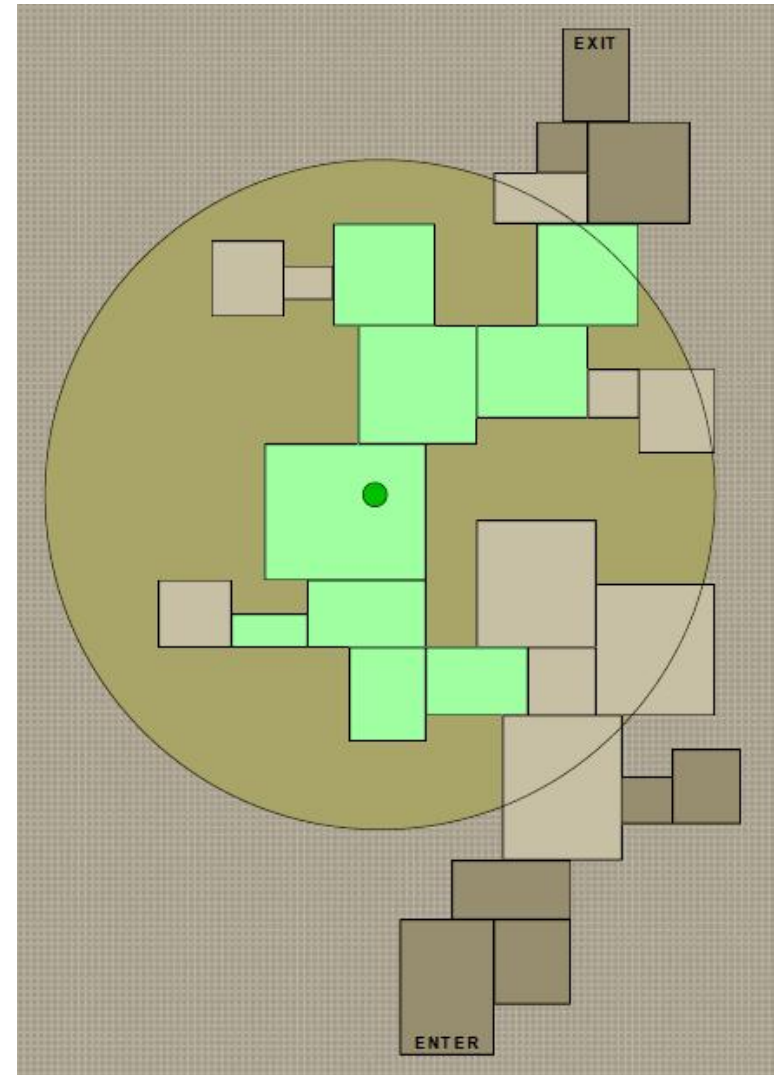
AAS に対して行うこと。

メタAIは AAS に移動に伴い、
敵の群れを生成・消滅させたりする。

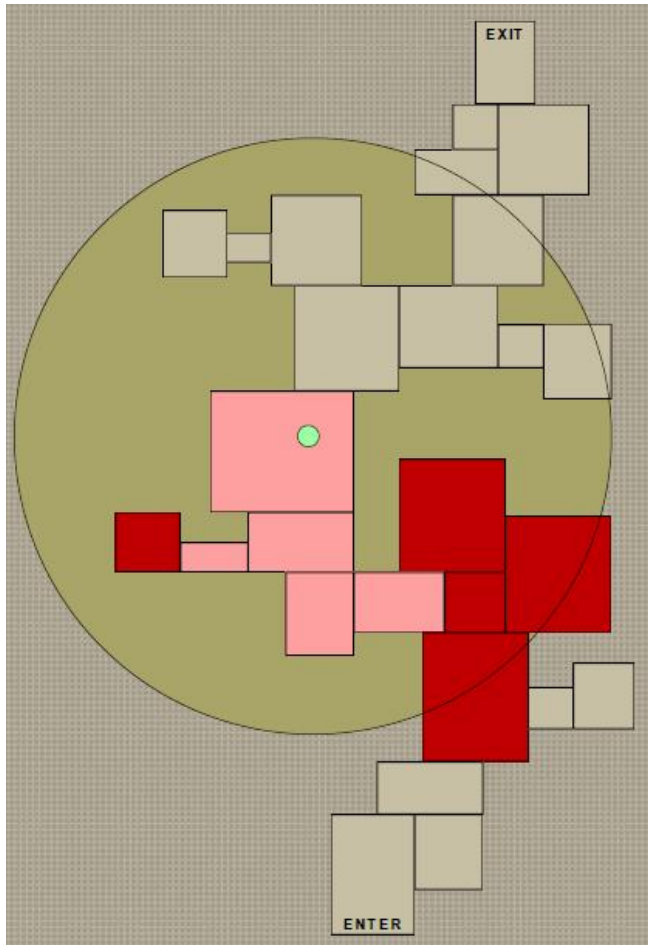


プレイヤーからの可視領域

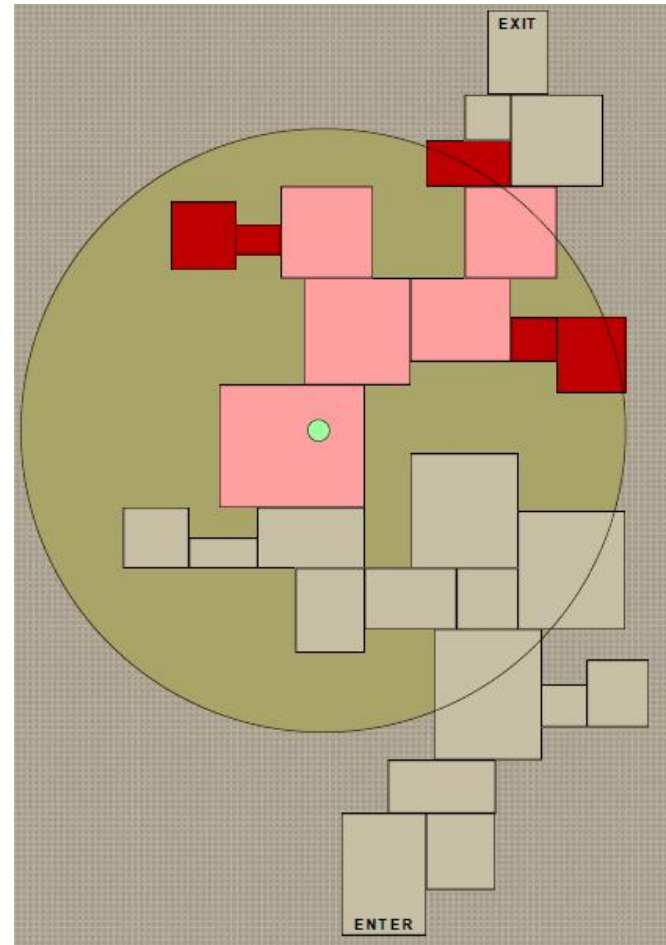
可視領域では、例えば、敵の
スパウニング(発生)などはできない。



敵出現領域



背後



前方

高頻度

Goal: Promote Replayability Procedurally Populated Environments

➤ Structured Unpredictability in Left 4 Dead

- Wanderers (high frequency)
 - Common Infected that wander around in a daze until alerted by a Survivor
- Mobs (medium frequency)
 - A large group (20-30) of enraged Common Infected that periodically rush the Survivors
- Special Infected (medium frequency)
 - Individual Infected with special abilities that harass the Survivor team
- Bosses (low frequency)
 - Powerful Infected that force the Survivors to change their strategy
- Weapon Caches (low frequency)
 - Collections of more powerful weapons
- Scavenge Items (medium frequency)
 - Pipe bombs, Molotovs, Pain Pills, Extra Pistols

敵の種類、アイテムの種類ごとに出現頻度が違う。

低頻度

ボス出現アルゴリズム

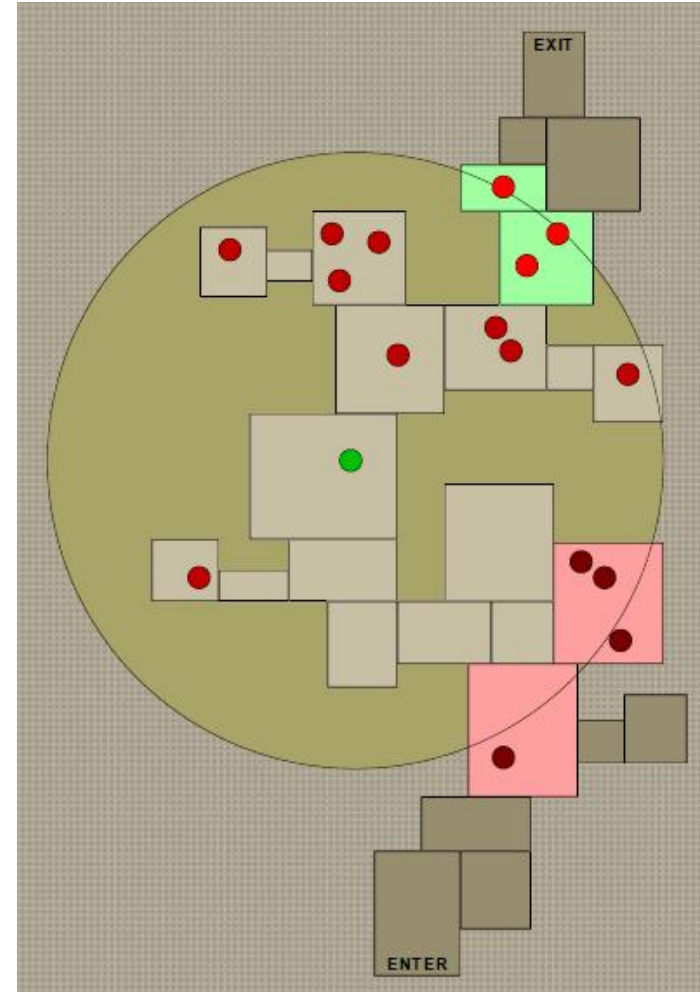
- (1) N体を予想される逃走経路上に配置
- (2) 3つのイベントパターン
(何もいない、を含む)
(例) Tank, Witch, 何もいない
- (3) 同じパターンのくり返しは禁止
(例) Witch, 何もいない、Witch はOK。
Witch, Witch はだめ。

何もいない



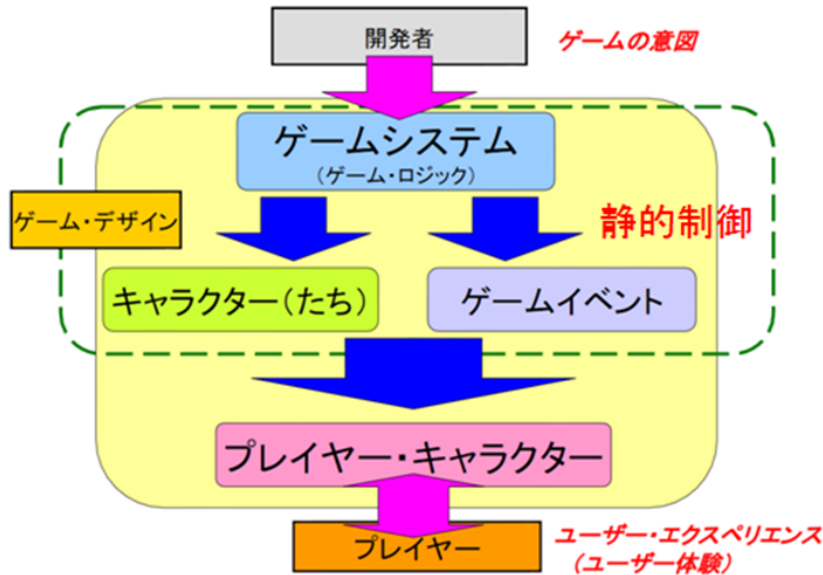
具体的なアルゴリズム

- (1) 各エリアに、出現数 N を決定する
- (2) 出現数 N は予想される逃走経路の長さと要求される密度によって計算される。
- (3) あるエリアがAAS の中に入るとクリーチャーが N 体生成される
- (4) そのエリアがAAS の外に出ると生成が中止され、クリーチャーは消滅される。
- (5) N はそのエリアがプレイヤーから見える場合、或いは、プレイヤーがリラックスモードの場合には、強制的に0になる。



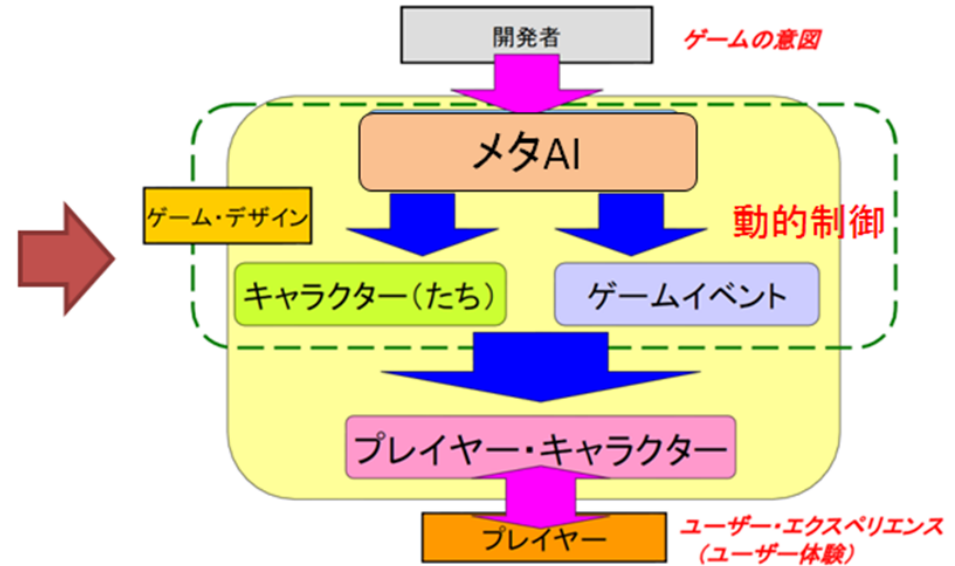
まとめ

デジタルゲームの簡易モデル



ゲームシステム(ゲーム・ロジック)を決めるとコンテンツが固定化される。ゲーム・ロジックを増やす=コンテンツが増える。

メタAIを含んだゲームの簡易モデル



メタAIがゲームとプレイヤーの状況、性質を認識しながら、動的にゲームを変化させる。

理想的にはプロシージャルに無限のコンテンツが生成される。

メタAIを入れ替えるだけで、ゲームコンテンツが入れ替わる。メタAIという軽い部分だけを配信することでコンテンツを入れ替えることができる。

参考文献

- (1) Michael Booth, "**Replayable Cooperative Game Design: Left 4 Dead**," Game Developer's Conference, March 2009.
- (2) Michael Booth, "**The AI Systems of Left 4 Dead**," Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference at Stanford.

<http://www.valvesoftware.com/publications.html>

- (3) 三宅 陽一郎, “メタAI”, 「デジタルゲームの技術」
P.186-190, ソフトバンククリエイティブ

(23) ソーシャルゲームにおけるAI

[CEDEC 2012]

井澤正志 データマイニングによって変わった「大熱狂!!プロ野球カード」の
Key Performance Indicatorの事例研究

<http://cedil.cesa.or.jp/session/detail/890>。

(20) ストーリー・ジェネレーション

(21) プロシージャル・コンテンツ・ジェネレーション

(22) メタAI

(23) ソーシャルゲームにおけるAI

デジタルゲーム自身を人工知能としたい。

課題

(20)(21)ストーリージェネレーション、PCGも、アルゴリズムがまだ弱い。また、ゲームにフィッティングさせるためのカスタマイズの方法が未成熟。ゲーム開発に手堅く導入できるだけの成熟＝研究が必要。

(22) メタAIはゲームコンテンツを動的に変化させる革命を起こす可能性がある。

(23) ゲームとユーザーの関係をリアルタイムにデータマイニングすることが可能なソーシャルゲーム。そこから新しくゲームデザインを科学することができる。

コンテンツ

- 第一部 キャラクターに世界を理解させたい
- 第二部 世界とキャラクターの内面をつなぐ
- 第三部 キャラクターの内面を豊かにする
- 第四部 キャラクターに深く世界にコミットさせる
- 第五部 キャラクターの社会生活
- 第六部 より人間らしいAIへ
- 第七部 ゲームをコントロールするAI
- 第八部 まとめ

第八部

まとめ

一緒に研究しましょう。

- 次世代はゲーム産業だけで、ゲームAI技術を支えられない規模に。
- 学術との大きな協力関係が必要。
- 準備中
 - アカデミック向けカンファレンス
 - インターンシップ受け入れ制度
 - 共同研究

Making your dreaming AI !
ご静聴ありがとうございました！

感想・ご質問は @miyayou または y.m.4160@gmail.com まで！
<http://www.facebook.com/youichiro.miyake>