

ゲームAI連続セミナー

特別編

「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」

CEDEC 2007 講演

三宅 陽一郎

y_miyake@fromsoftware.co.jp

2007/9/27

Chrome Hounds AI Demo Movie <Team AI>

===チーム 0===

現在のチーム方針：本拠地制圧

本拠地制圧 0.672677

本拠地防衛 0.384698

敵殲滅 0.530446

コムバス占拠 0.231318

===チーム 1===

現在のチーム方針：敵殲滅

本拠地制圧 0.436685

本拠地防衛 0.000659

敵殲滅 0.439338

コムバス占拠 0.206007

Player 4

GOAL_THINK, 寿命 -1.000000

GOAL_ATTACK_TARGET, 寿命 13.593795

GOAL_ESCAPE, 寿命 13.593795

GOAL_JOIN_TARGET, 寿命 13.593795

GOAL_APPROCH_TARGET, 寿命 15.800226

GOTO_POSITION, 寿命 -1.000000

FOLLOW_PATH, 寿命 -1.000000

GOAL_PROTECT_TARGET, 寿命 12.222051

GOAL_ATTACK_TARGET, 寿命 29.848152



全てのロボットはAIで動いています。
Chrome Hounds AI Demo Movie <Team AI>



ALL AI SYSTEM AIチーム vs AIチーム 戦デモ

本講演の構成

Enjoy Game AI!

本講演

9月27日 13:00 ~ (講師: 三宅)

はじめに *IGDA日本とゲームAI連続セミナーのご紹介*

第1部 エージェント・アーキテクチャー

第2部 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

第1章 Killzone (10分)

第2章 Halo (10分)

第3章 Halo2 (10分)

第4章 C4 アーキテクチャー (MITメディアラボ) (10分)

第5章 F.E.A.R. (10分)

第6章 Chrome Hounds (10分)

第3部 エージェント・アーキテクチャーによるキャラクターAI技術の蓄積

申し訳ありませんが、質疑応答は講演終了後かラウンドテーブル内、或いは後にお願ひします。

ラウンドテーブル

9月27日 16:00 ~

ラウンドテーブル(80分) (IGDAゲームAI運営メンバー)

(総合司会 + コーディネート: 長久、パネル: 三宅)

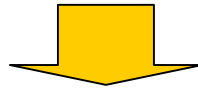
お詫び

配布致しましたPPTの資料と、本PPTは準備の段階で変更を加えているため、対応していない部分もあります。

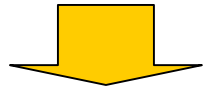
PPTは後ほどCEDEC公式HPよりダウンロードできますので、なるべく前を向いてお聴きください。

ライブシアターのみなさん、こんにちは！

ライブシアターのスクリーンには、PPTの画像
だけが行っています。

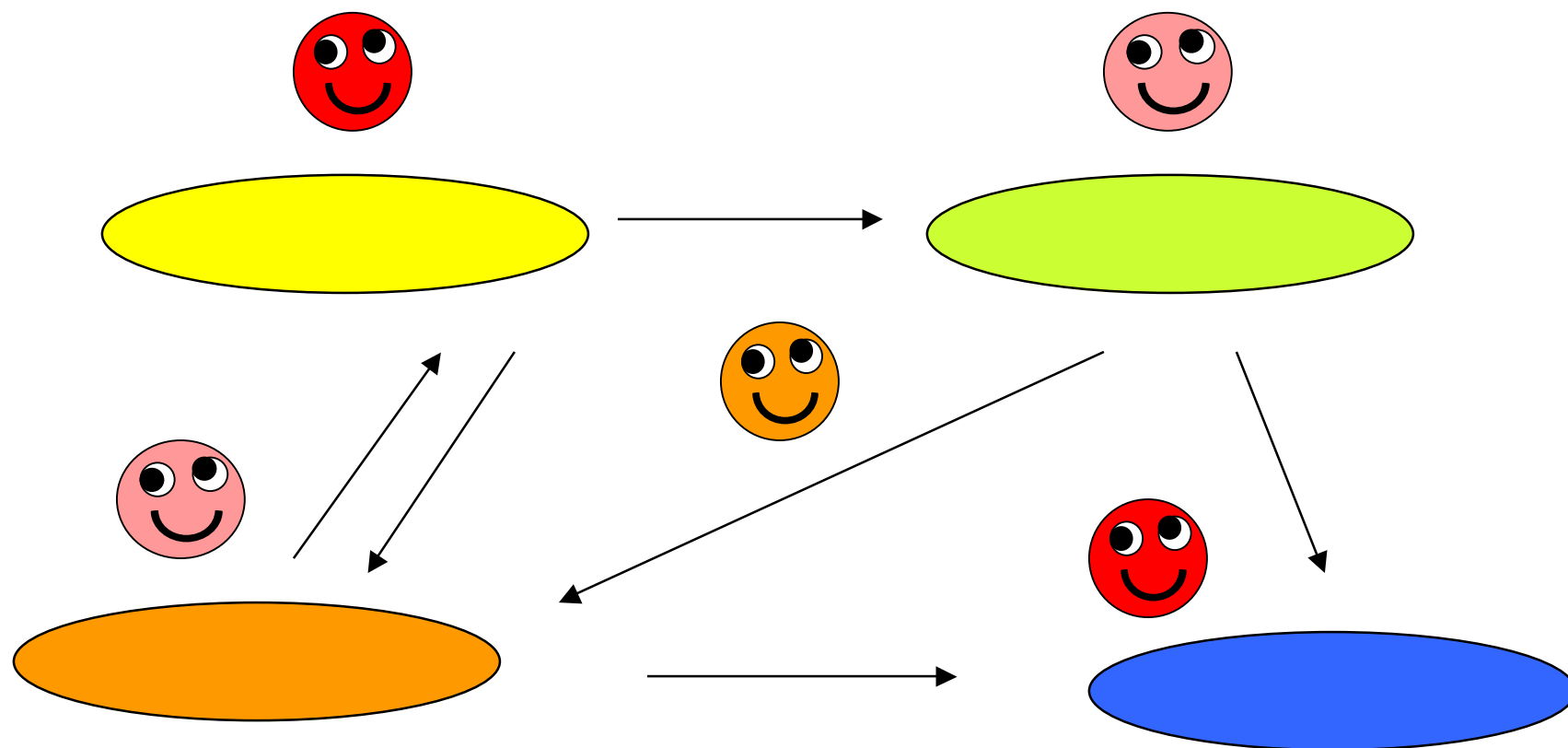


出来るだけ、マウスのポインタを使って、PPT
を解説します。



講演後やラウンドテーブルで、直接お逢いしましょう！

はじめに
「IGDA日本とゲームAI」連続セミナーのご紹介



IGDA日本

International Game Developers Association (国際ゲーム開発者協会) Japan



新代表

IGDAは全世界のゲーム開発者を対象とした国際NPOです。

ゲーム開発者の、
ゲーム開発者による、
ゲーム開発者のための国際NPO

ゲーム開発者

= 開発者 + メディア + ... + 先生 + 学生

ゲーム開発にいろいろな形で携わる全ての人

ボランティアとして開発者同士が、
相互にインタラクションする場

igda.jp へアクセス!



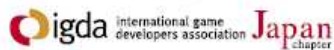
IGDAとは

IGDA(International Game Developer Association: アイジーディーエー; 国際ゲーム開発者協会)は、ゲーム開発者(個人)を対象とした国際NPOです。開発者の世界的コミュニティを形成し、個々の開発者が成長できるように情報を提供していくことを目的としています。全世界60ヶ所、都市を中心に支部があり、全世界12,000人のメンバーを抱え、毎年のように世界のどこかで開催されるゲーム開発イベントの運営等に携わっています。

代表的なイベントに、毎年春に米国で開催されるGDC(Game Developers Conference; ジョーダン・シー; ゲーム開発者会議)があります。また、IGDAのメンバーの投票により決定される、前年の優れたゲームを表彰「ゲームディベロッパーズ・チョイス・アワード」はよく知られています。GDC 2007で行われた表彰では、日本のタイトルとして「ゼルダの伝説 トワイライトプリンセス」(任天堂)の日本版が、"Win Sports" (任天堂)がゲームデザイン部門、"大物" (カプコン)がキャラクターデザイン部門で賞を獲っています。さらに、生涯を通じてゲームの開発に寄与した人物に贈られる、生涯功労賞が、宮本茂氏(任天堂)に贈られています。日本人の受賞者としては3人目となります。

IGDAのサイト: www.igda.org

GDCのサイト: www.gdc.com/japan/gdc.com



IGDA 日本とは

IGDA (International Game Developer Association) Japan chapter: アイジーディーエー。国際ゲーム開発者協会日本。代表(新澤士)は、IGDAの日本支部です。2002年4月に設立されました。日本でのゲーム開発者のコミュニティを開発者、ゲーム開発者向けの情報が流通し、ゲームとゲーム産業を発展させることを目的に活動を行っています。

CEDECや、東京ゲームショー、アジアオンラインゲームカンファレンス(AOGC: BSA主催)、日本デジタルゲーム学会(IGDA Japan)等への運営協力など、ゲーム開発者を支援する働きかけを行っています。IGDA日本のサブ支部として、IGDA関西があります。

IGDA日本のサイト: www.igda.jp



2007年 IGDA 日本主催および関連イベント

- ・アジアオンラインゲームカンファレンス 2007 東京 2007/2/22 ~ 23(BSA主催、後援)
- ・Game Developers Conference 07 2007/3/5 ~ 9(SMP主催、日本支部サイト運営協力)
- ・Game Developers Conference 07 レポート 2007/3/24
- ・IGDA関西ゲーム開発者セミナー第32回(CAPCOMゲームクリエイターの視点) (IGDA関西) 2007/7/11
- ・シンポジウム『映像制作の法と経緯』(BSA主催、後援) 2007/7/21



・ゲームAI開発セミナー: ゲームAIを学ぶ

- 第1回 7/16(東京)におけるNECの動的な開発の法 2006/12/16
- 第2回 7/16(東京)におけるゲーム開発の法(シンポジウム) 2007/2/10
- 第3回 7/16(東京)におけるゲームAI 2007/5/12
- 第4回 7/16(東京)におけるFPGA(高度型回路設計マシン) 2007/6/30
- 第5回 第6回は10月以降に開催予定。

・ゲームCG開発セミナー: 新世代CG技術の事例報告

- 第1回 7/16(東京)におけるCGムービー制作の法 2007/4/28
- 第2回 7/16(東京)におけるCGムービー制作の法 2007/7/11



CEDEC 2007
パンフレットを見よう!

IGDA日本 ゲームAI連続セミナー(全6回)

技術的地平を「なるべく遠くまで見せる」そして開発へ...

より広い技術的フィールドで
開発者が楽しくゲームのAIを開発できるようにしよう！



第5回 N.E.R.O 進化と学習



第4回 Halo2 階層型有限状態機械

第3回 ChromeHounds マルチエージェント



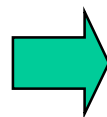
第2回 F.E.A.R プランニング

第1回 Killzone 知識表現(世界表現)

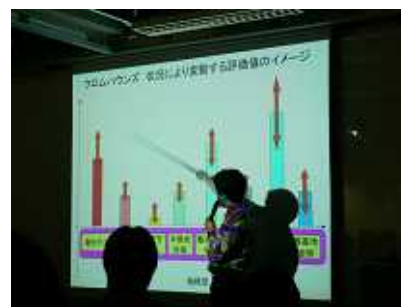
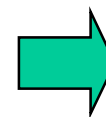


ゲームAIセミナー群

第1回	ゲームAIの基礎	4/12	4/12	4/12
第2回	ゲームAIの応用	4/19	4/19	4/19
第3回	ゲームAIの応用	4/26	4/26	4/26
第4回	ゲームAIの応用	5/3	5/3	5/3
第5回	ゲームAIの応用	5/10	5/10	5/10
第6回	ゲームAIの応用	5/17	5/17	5/17
第7回	ゲームAIの応用	5/24	5/24	5/24
第8回	ゲームAIの応用	5/31	5/31	5/31
第9回	ゲームAIの応用	6/7	6/7	6/7
第10回	ゲームAIの応用	6/14	6/14	6/14
第11回	ゲームAIの応用	6/21	6/21	6/21
第12回	ゲームAIの応用	6/28	6/28	6/28
第13回	ゲームAIの応用	7/5	7/5	7/5
第14回	ゲームAIの応用	7/12	7/12	7/12
第15回	ゲームAIの応用	7/19	7/19	7/19
第16回	ゲームAIの応用	7/26	7/26	7/26
第17回	ゲームAIの応用	8/2	8/2	8/2
第18回	ゲームAIの応用	8/9	8/9	8/9
第19回	ゲームAIの応用	8/16	8/16	8/16
第20回	ゲームAIの応用	8/23	8/23	8/23
第21回	ゲームAIの応用	8/30	8/30	8/30
第22回	ゲームAIの応用	9/6	9/6	9/6
第23回	ゲームAIの応用	9/13	9/13	9/13
第24回	ゲームAIの応用	9/20	9/20	9/20
第25回	ゲームAIの応用	9/27	9/27	9/27
第26回	ゲームAIの応用	10/4	10/4	10/4
第27回	ゲームAIの応用	10/11	10/11	10/11
第28回	ゲームAIの応用	10/18	10/18	10/18
第29回	ゲームAIの応用	10/25	10/25	10/25
第30回	ゲームAIの応用	11/1	11/1	11/1
第31回	ゲームAIの応用	11/8	11/8	11/8
第32回	ゲームAIの応用	11/15	11/15	11/15
第33回	ゲームAIの応用	11/22	11/22	11/22
第34回	ゲームAIの応用	11/29	11/29	11/29
第35回	ゲームAIの応用	12/6	12/6	12/6
第36回	ゲームAIの応用	12/13	12/13	12/13
第37回	ゲームAIの応用	12/20	12/20	12/20
第38回	ゲームAIの応用	12/27	12/27	12/27
第39回	ゲームAIの応用	1/3	1/3	1/3
第40回	ゲームAIの応用	1/10	1/10	1/10
第41回	ゲームAIの応用	1/17	1/17	1/17
第42回	ゲームAIの応用	1/24	1/24	1/24
第43回	ゲームAIの応用	1/31	1/31	1/31
第44回	ゲームAIの応用	2/7	2/7	2/7
第45回	ゲームAIの応用	2/14	2/14	2/14
第46回	ゲームAIの応用	2/21	2/21	2/21
第47回	ゲームAIの応用	2/28	2/28	2/28
第48回	ゲームAIの応用	3/6	3/6	3/6
第49回	ゲームAIの応用	3/13	3/13	3/13
第50回	ゲームAIの応用	3/20	3/20	3/20
第51回	ゲームAIの応用	3/27	3/27	3/27
第52回	ゲームAIの応用	4/3	4/3	4/3
第53回	ゲームAIの応用	4/10	4/10	4/10
第54回	ゲームAIの応用	4/17	4/17	4/17
第55回	ゲームAIの応用	4/24	4/24	4/24
第56回	ゲームAIの応用	5/1	5/1	5/1
第57回	ゲームAIの応用	5/8	5/8	5/8
第58回	ゲームAIの応用	5/15	5/15	5/15
第59回	ゲームAIの応用	5/22	5/22	5/22
第60回	ゲームAIの応用	5/29	5/29	5/29
第61回	ゲームAIの応用	6/5	6/5	6/5
第62回	ゲームAIの応用	6/12	6/12	6/12
第63回	ゲームAIの応用	6/19	6/19	6/19
第64回	ゲームAIの応用	6/26	6/26	6/26
第65回	ゲームAIの応用	7/3	7/3	7/3
第66回	ゲームAIの応用	7/10	7/10	7/10
第67回	ゲームAIの応用	7/17	7/17	7/17
第68回	ゲームAIの応用	7/24	7/24	7/24
第69回	ゲームAIの応用	7/31	7/31	7/31
第70回	ゲームAIの応用	8/7	8/7	8/7
第71回	ゲームAIの応用	8/14	8/14	8/14
第72回	ゲームAIの応用	8/21	8/21	8/21
第73回	ゲームAIの応用	8/28	8/28	8/28
第74回	ゲームAIの応用	9/4	9/4	9/4
第75回	ゲームAIの応用	9/11	9/11	9/11
第76回	ゲームAIの応用	9/18	9/18	9/18
第77回	ゲームAIの応用	9/25	9/25	9/25
第78回	ゲームAIの応用	10/2	10/2	10/2
第79回	ゲームAIの応用	10/9	10/9	10/9
第80回	ゲームAIの応用	10/16	10/16	10/16
第81回	ゲームAIの応用	10/23	10/23	10/23
第82回	ゲームAIの応用	10/30	10/30	10/30
第83回	ゲームAIの応用	11/6	11/6	11/6
第84回	ゲームAIの応用	11/13	11/13	11/13
第85回	ゲームAIの応用	11/20	11/20	11/20
第86回	ゲームAIの応用	11/27	11/27	11/27
第87回	ゲームAIの応用	12/4	12/4	12/4
第88回	ゲームAIの応用	12/11	12/11	12/11
第89回	ゲームAIの応用	12/18	12/18	12/18
第90回	ゲームAIの応用	12/25	12/25	12/25



第4回 Halo2 有限状態機械
第3回 ChromeHounds マルチエージェント
第2回 F.E.A.R プランニング
第1回 Killzone 知識表現(世界表現)



社内セミナー
(週1回/～90回)

IGDAゲームAI連続セミナー
(2ヶ月1回/全6回)

FROM SOFTWARE

igda International game developers association Japan chapter

日本最大のゲーム開発者カンファレンス
CEDEC 2007

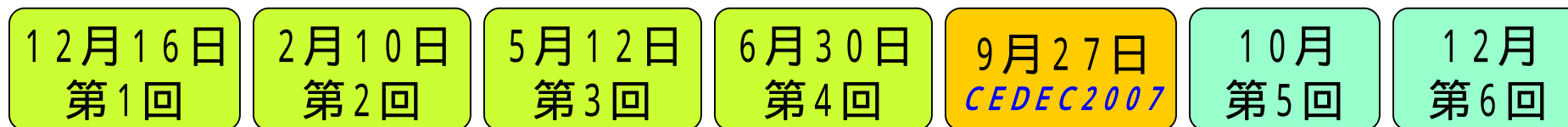
セミナーの現在のプラン

2006年9月

2007年12月



2ヶ月に1回実施



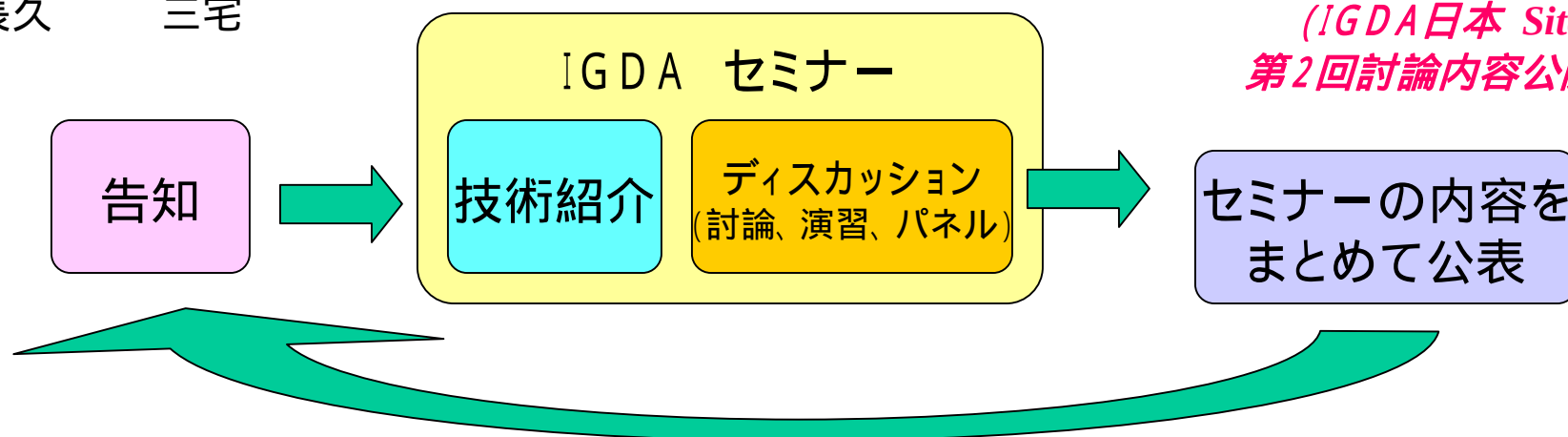
コーディネーター
長久



講師
三宅

全6回(継続を目指す)
会場は大学、企業のホールなど

第1、2回資料公開
(IGDA日本 Site)
第2回討論内容公開



目標へ進みつつ、参加者の意図を汲みながら
徐々に改善して行く

本講演の構成

Enjoy Game AI!

本講演

9月27日 13:00 ~ (講師: 三宅)

はじめに *IGDA日本とゲームAI連続セミナーのご紹介*

第1部 エージェント・アーキテクチャー

第2部 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

第1章 Killzone (10分)

第2章 Halo (10分)

第3章 Halo2 (10分)

第4章 C4 アーキテクチャー (MITメディアラボ) (10分)

第5章 F.E.A.R. (10分)

第6章 Chrome Hounds (10分)

第3部 エージェント・アーキテクチャーによるキャラクターAI技術の蓄積

申し訳ありませんが、質疑応答は講演終了後かラウンドテーブル内、或いは後にお願ひします。

ラウンドテーブル

9月27日 16:00 ~

ラウンドテーブル(80分) (*IGDAゲームAI運営メンバー*)

(*総合司会 + コーディネート: 長久、パネル: 三宅*)

第1部

「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」

第1章 エージェント (5分)

第2章 Killzone (10分)

第3章 Halo (10分)

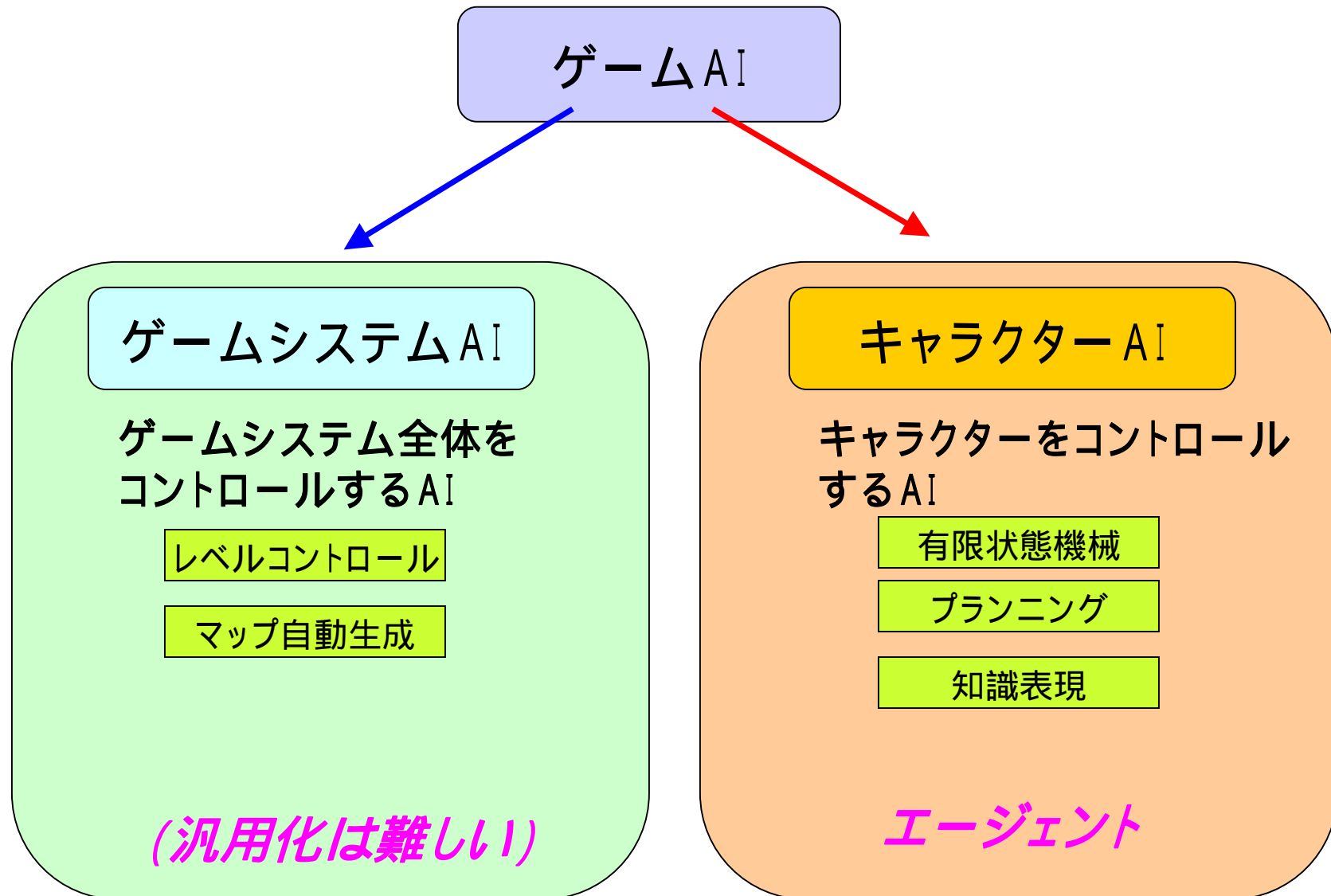
第4章 Halo2 (10分)

第5章 C4 アーキテクチャー (10分)

第6章 F.E.A.R. (10分)

第7章 Chrome Hounds (10分)

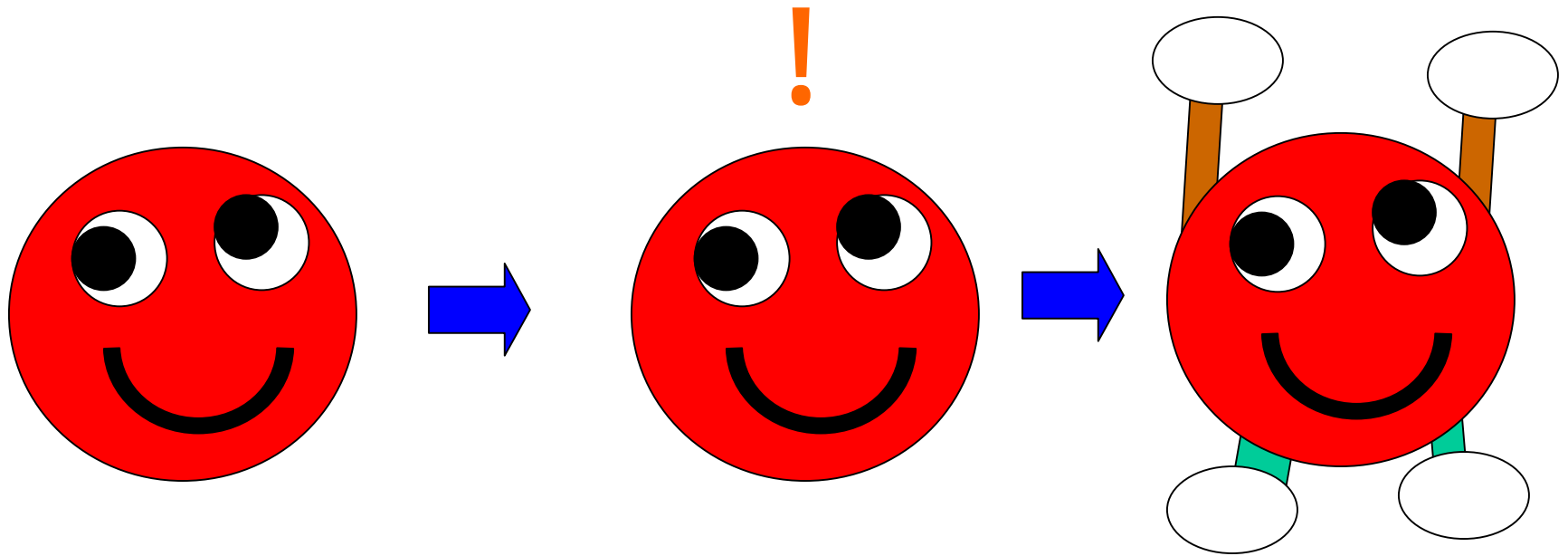
ゲームAIの2つのカテゴリー



エージェントとは？

環境に対して情報を集める感覚(センサー)を持つ
自ら判断する能力を持つ。

環境に対して働きかけることができる能力を持つ。

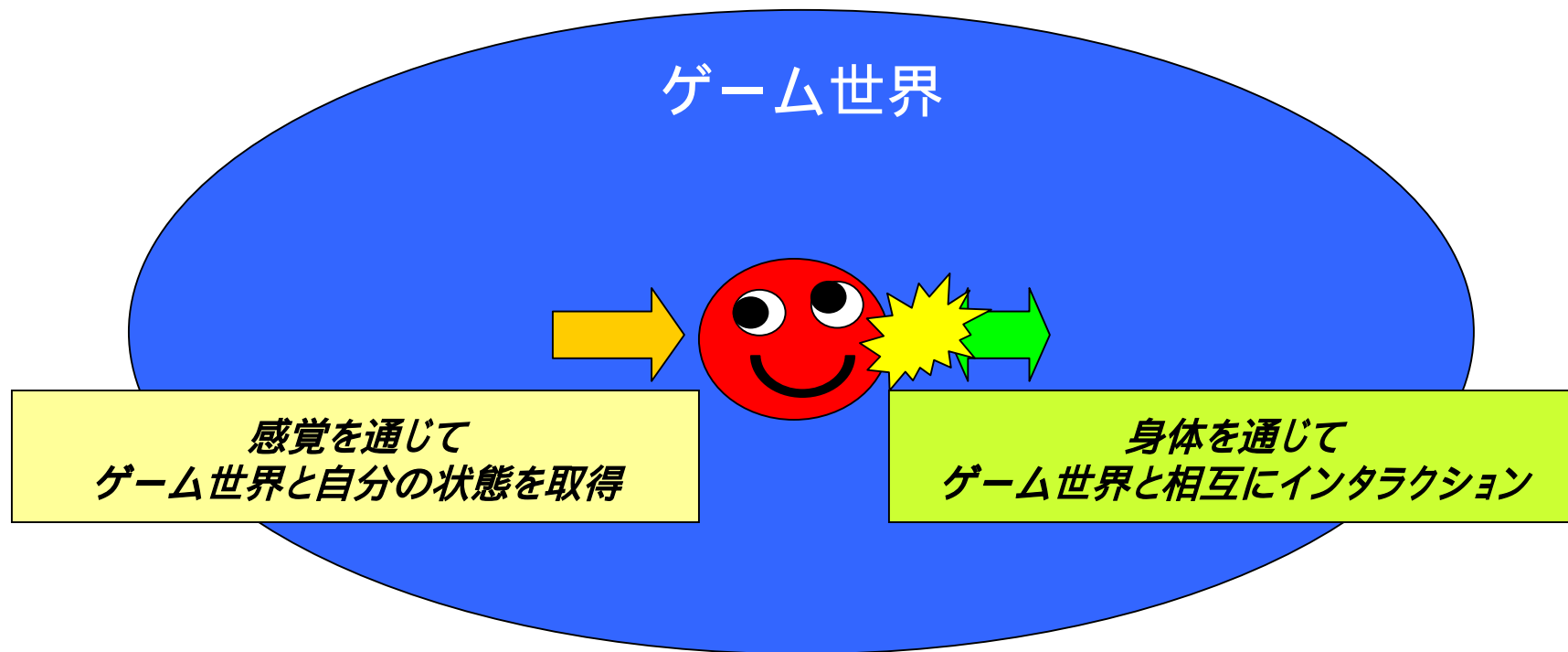


感覚を持ち

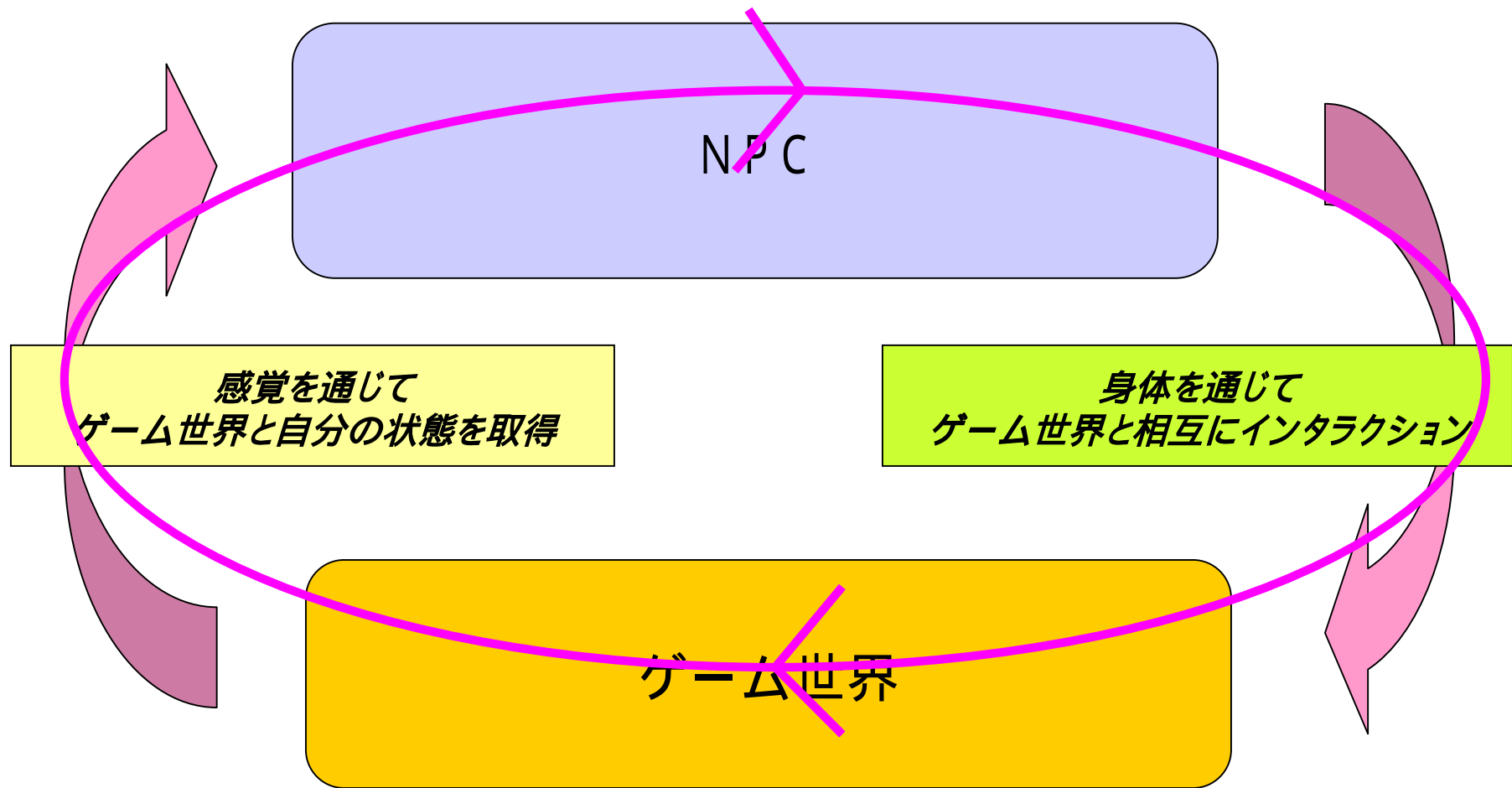
自ら判断して

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



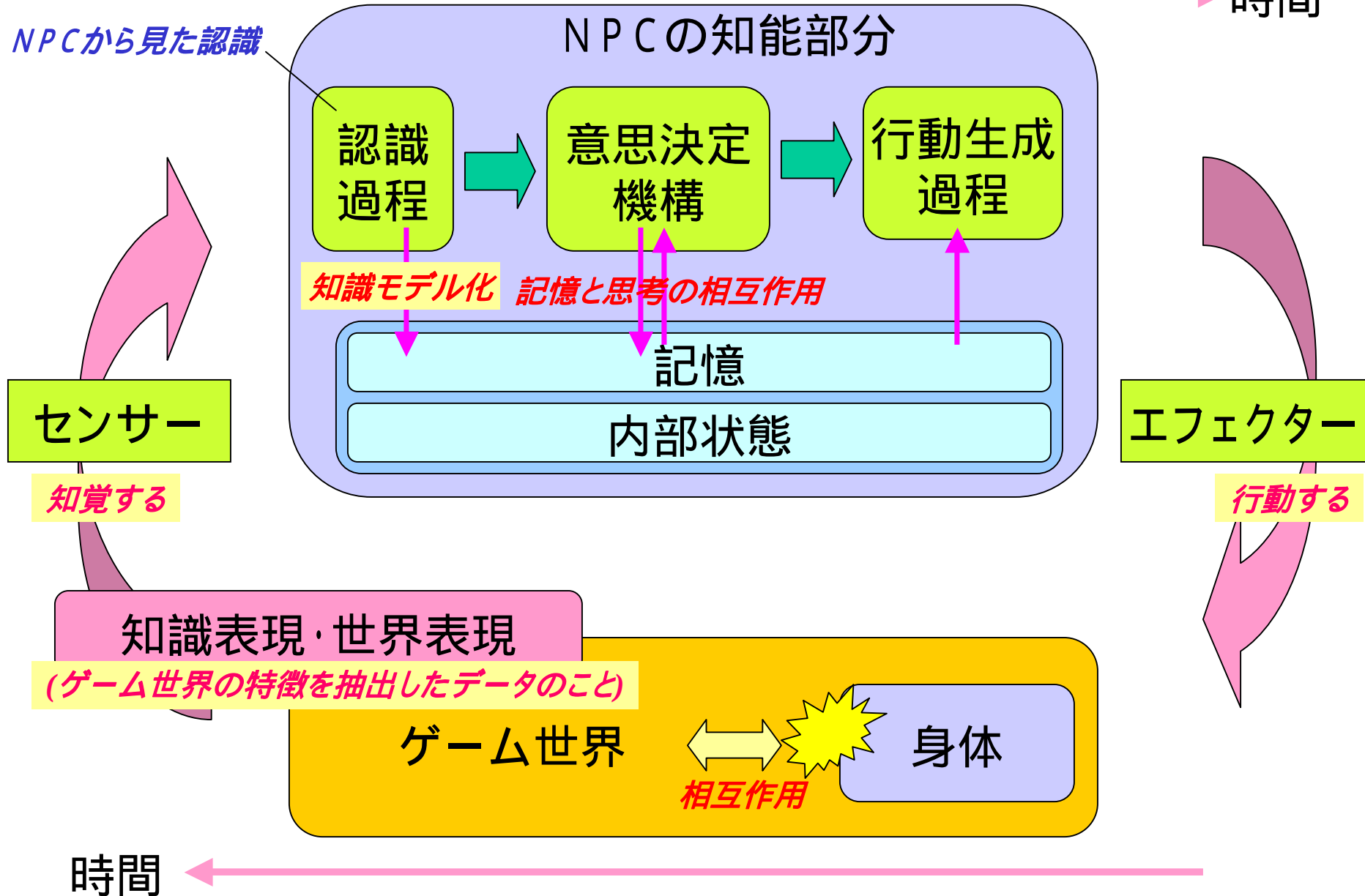
この情報の流れに仕掛けをしてみよう！

「人工知能 = からくり」

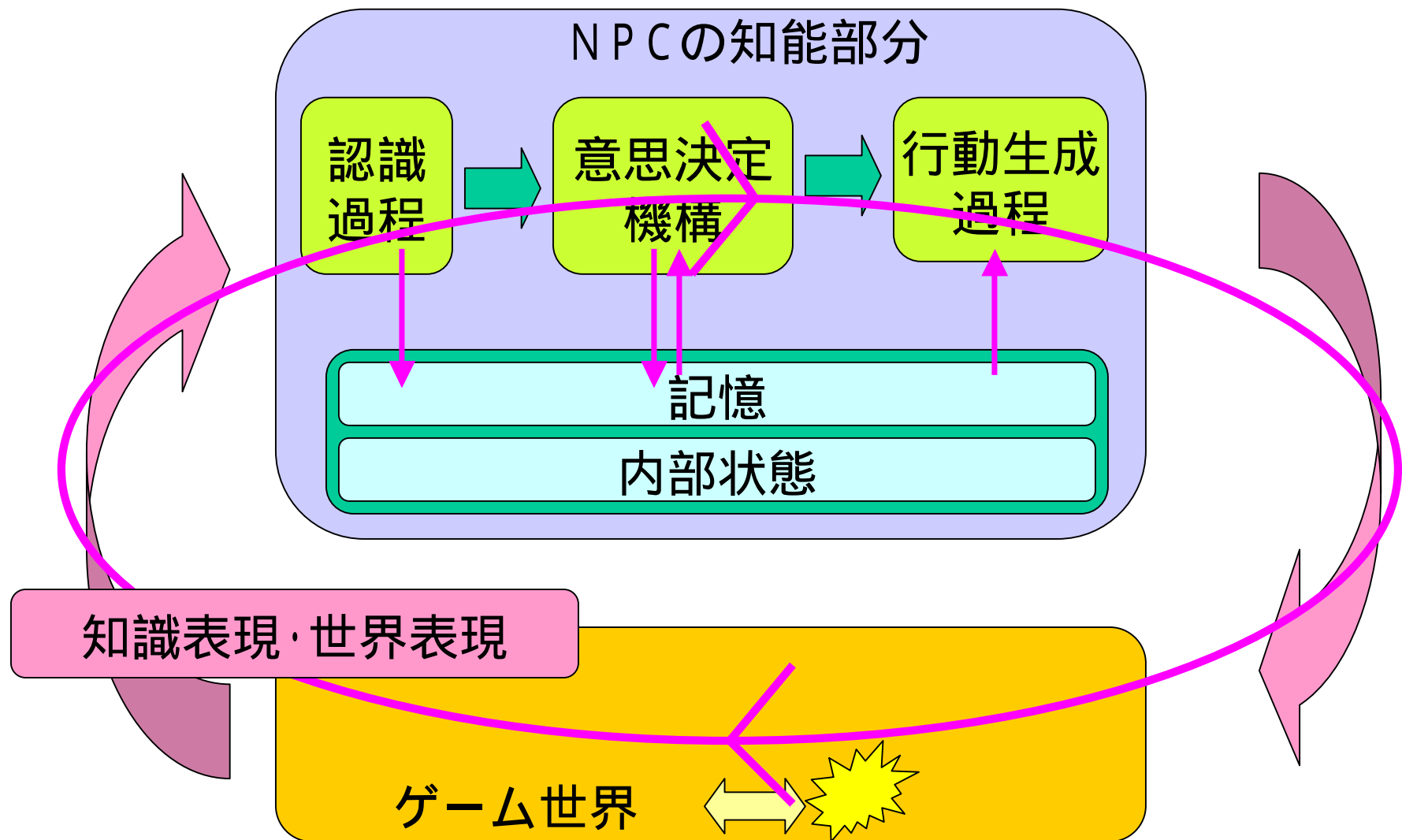
作り方を勉強しよう！

エージェント・アーキテクチャ

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。

説明の仕方『技術を仕掛けて効果を得る』



第2部

「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」

第1章	Killzone	(10分)
第2章	Halo	(10分)
第3章	Halo2	(10分)
第4章	C4 アーキテクチャー	(10分)
第5章	F.E.A.R.	(10分)
第6章	Chrome Hounds	(10分)

Killzone



- ◆ 内容: 地表を舞台にしたFPS
- ◆ 開発元: Guerrilla
- ◆ 出版: SCEE (欧州)、SEGA (日本)
- ◆ Hardware: PS2
- ◆ 出版年: 2004-2005 (ミリオンセラー)
- ◆ Online (日本版にはない)

欧州発のオリジナルFPSにしてミリオンセラー
独自のアルゴリズムを用いた戦術的なAIで開発者を驚かせる

References for Killzone

- [1] **William van der Sterren** (2001), "Terrain Reasoning for 3D Action Games", http://www.cgf-ai.com/docs/gdc2001_paper.pdf
- [2] **William van der Sterren** (2001) , "Terrain Reasoning for 3D Action Games(GDC2001 PPT)", http://www.cgf-ai.com/docs/gdc2001_slides.pdf
- [3] **Remco Straatman, Arjen Beij, William van der Sterren** (2005) , "Killzone's AI : Dynamic Procedural Combat Tactics", http://www.cgf-ai.com/docs/straatman_remco_killzone_ai.pdf
- [4] **Arjen Beij, William van der Sterren** (2005), "Killzone's AI : Dynamic Procedural Combat Tactics (GDC2005)", http://www.cgf-ai.com/docs/killzone_ai_gdc2005_slides.pdf
- [5] **Damian Isla** (2005), "Dude, where's my Warthog? From Pathfinding to General Spatial Competence", <http://www.aiide.org/aiide2005/talks/isla.ppt>

Figures on following pages are from these references.

Killzone NPCの課題

広大なマップで戦術的に移動し攻撃するNPC

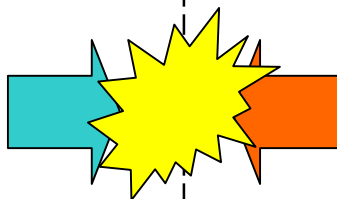


バトルフィールドでは
最大7vs7(一人はプレイヤー)
で戦う



味方

人間



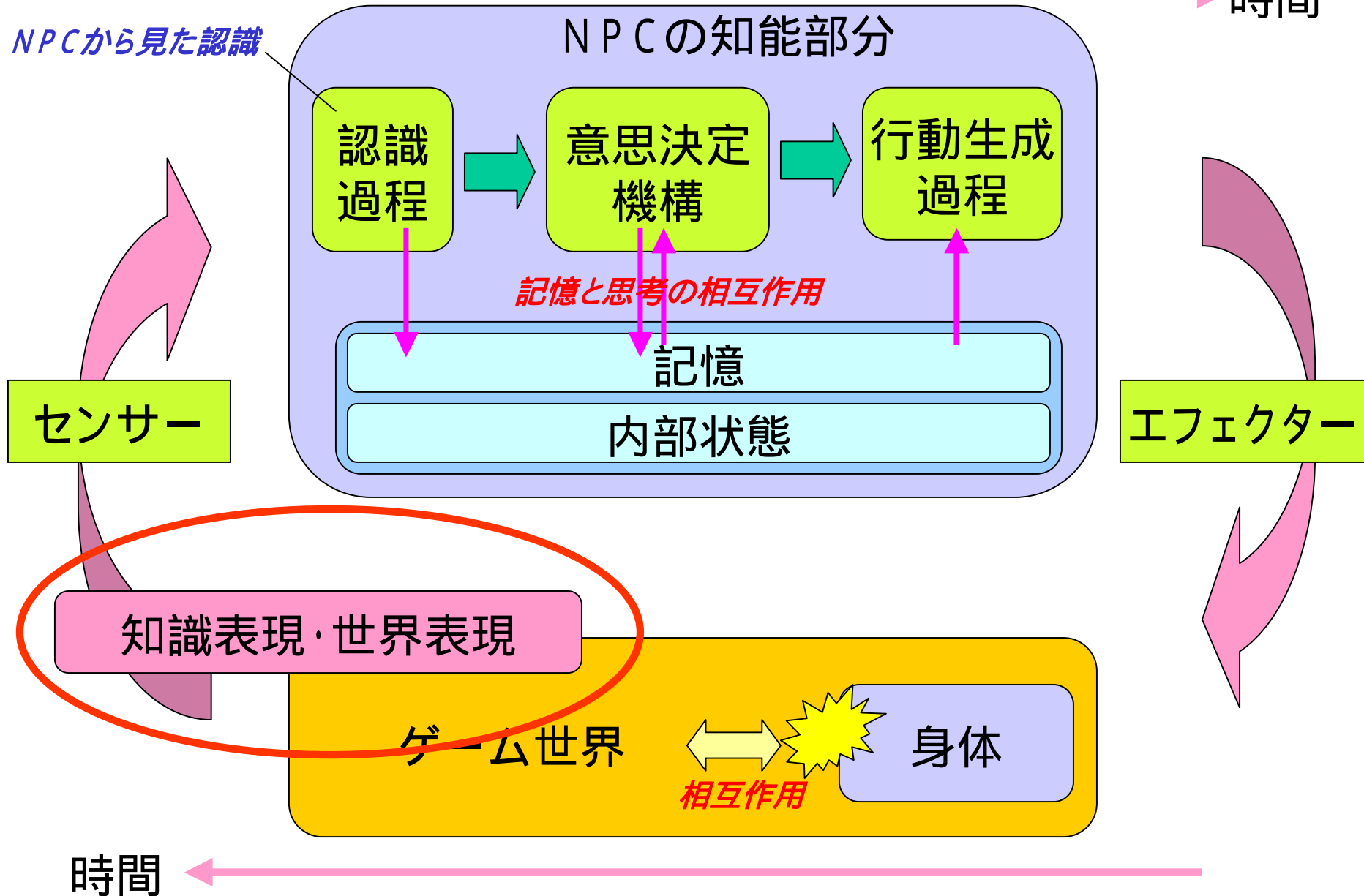
(強化)人間

敵



エージェント・アーキテクチャー

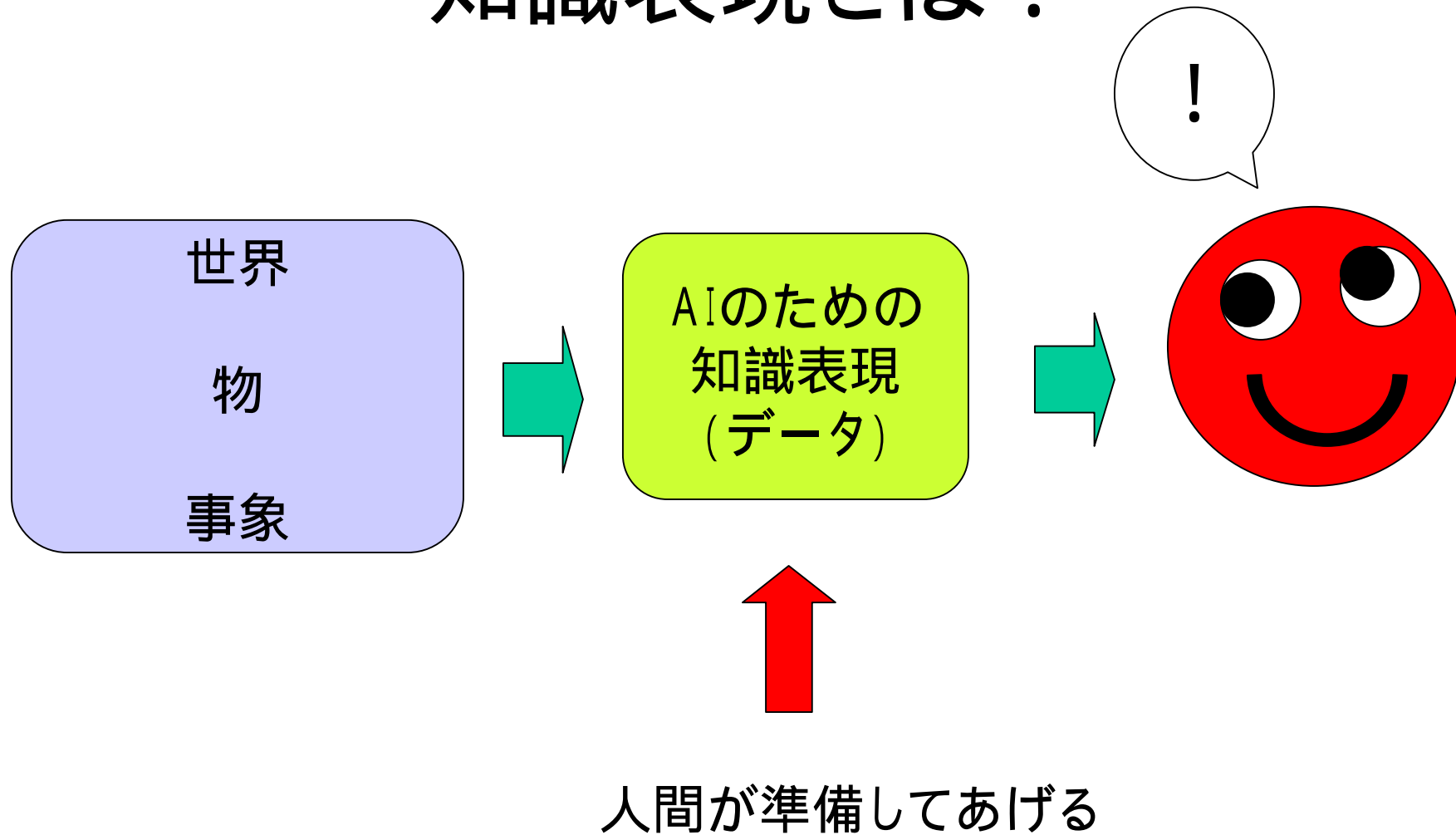
時間 →



世界表現

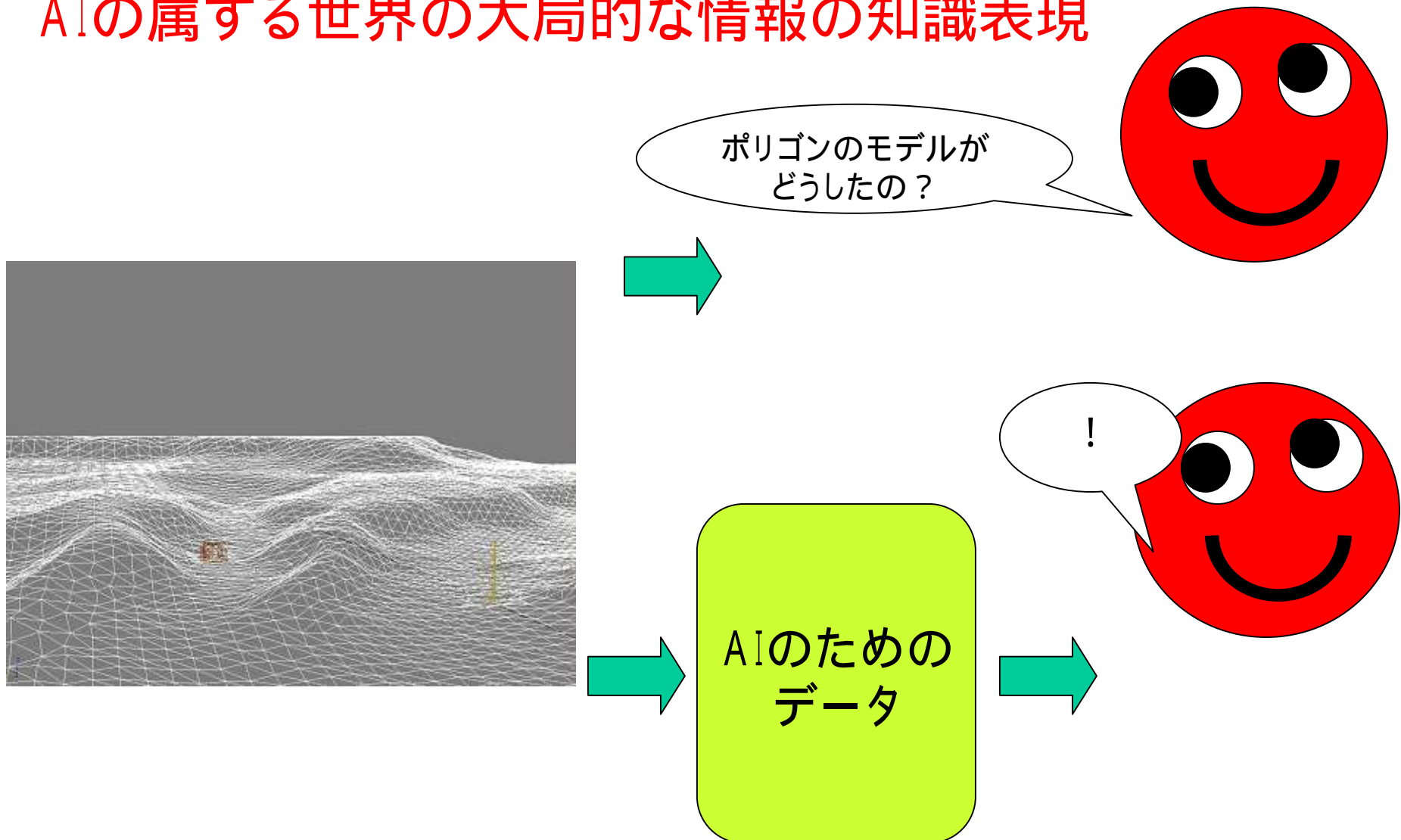


知識表現とは？

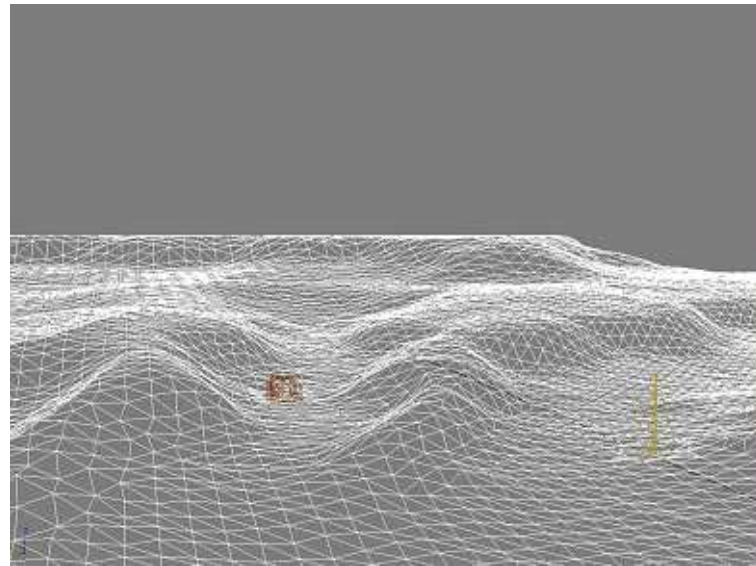


世界表現とは？

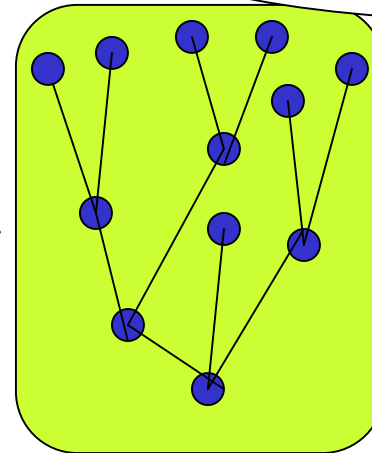
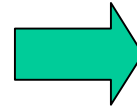
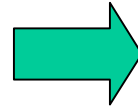
AIの属する世界の大局的な情報の知識表現



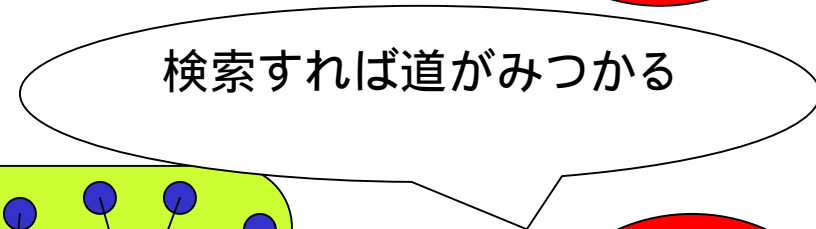
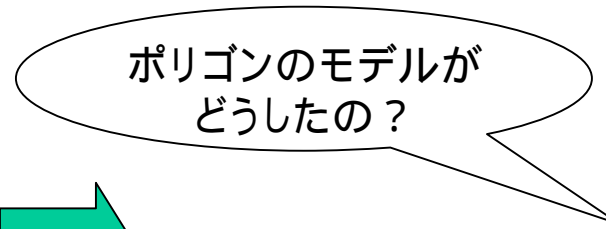
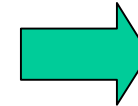
世界表現の例 パス検索データ



地形データ

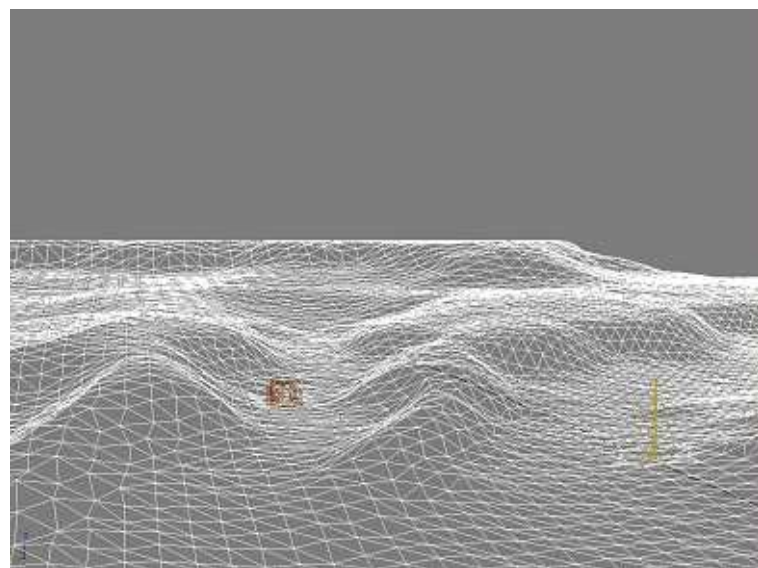


ウェイポイントデータ

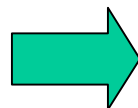


世界表現の例

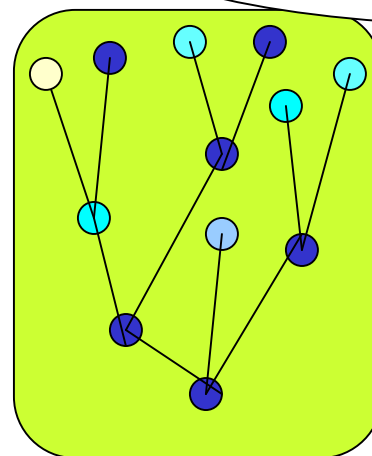
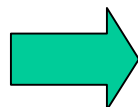
パス検索データ + ウェイポイントの明るさ



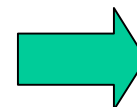
地形データ



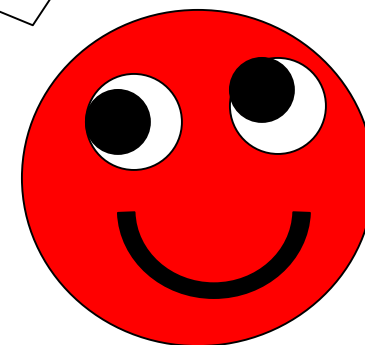
ポリゴンのモデルが
どうしたの？



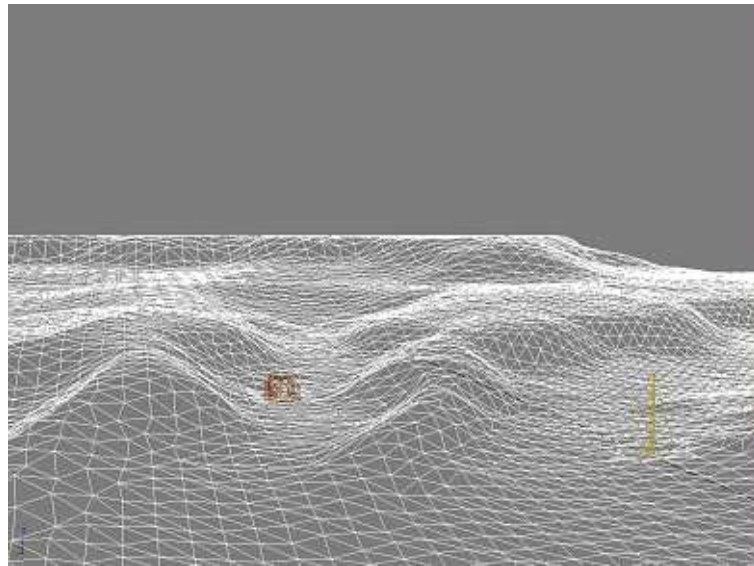
ウェイポイントデータ
ウェイポイントの明るさ



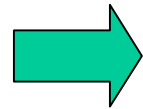
明るい道が見つかる



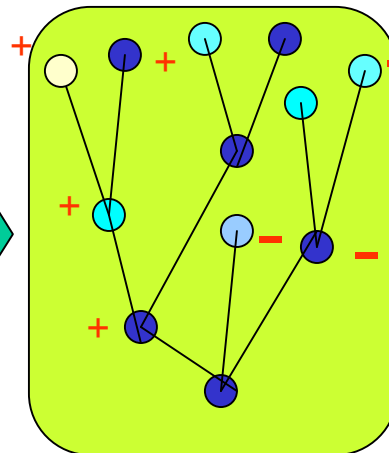
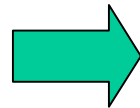
世界表現の例 パス検索データ + ウェイポイントの明るさ + 東側に対して視線が通らない(見通しが悪い)



地形データ

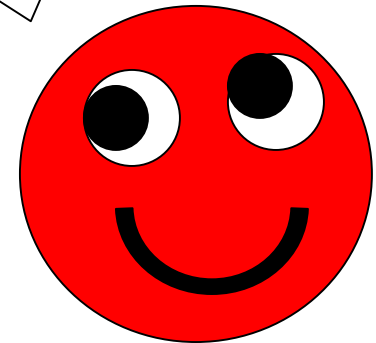
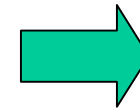


ポリゴンのモデルが
どうしたの？

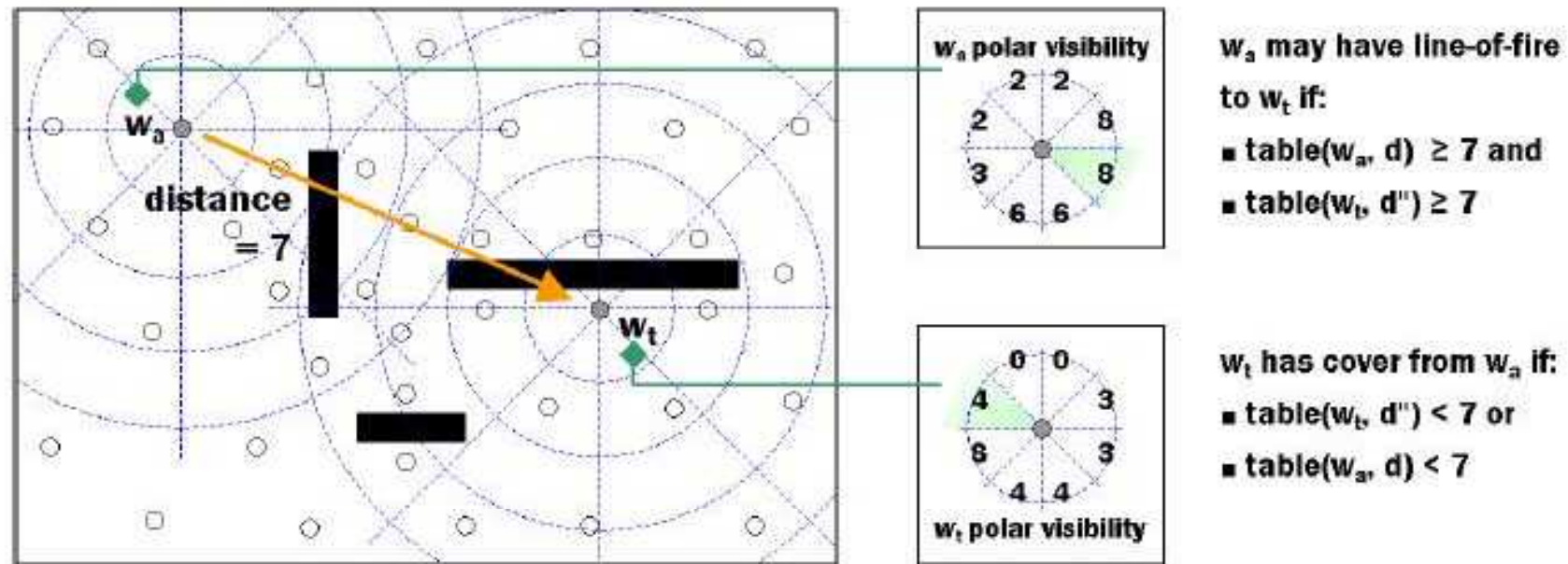


ウェイポイントデータ
ウェイポイントの明るさ
東側から見えやすいかどうか(+、-)

敵が東側から来るので、
東側から見えにくくて暗い道を通ろう



8方向に対して、可視距離(キャラクターの体が見える限界距離)を計算する(参照テーブルとして持つ)



完全な精度ではないが、射線判定が軽い演算で出来てしまう！

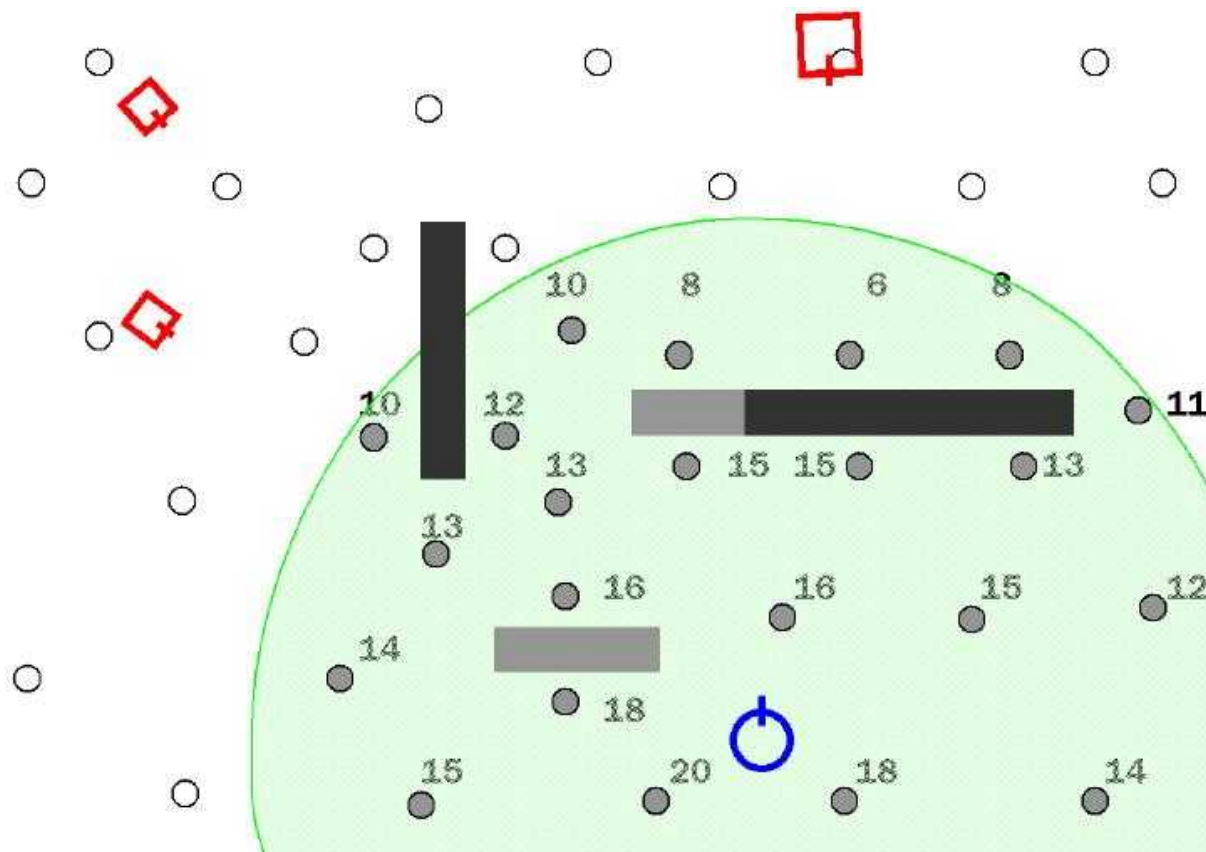
世界表現の使い方

軽い射線判定を用いて戦術的な移動ポイントを
リアルタイム計算しよう！



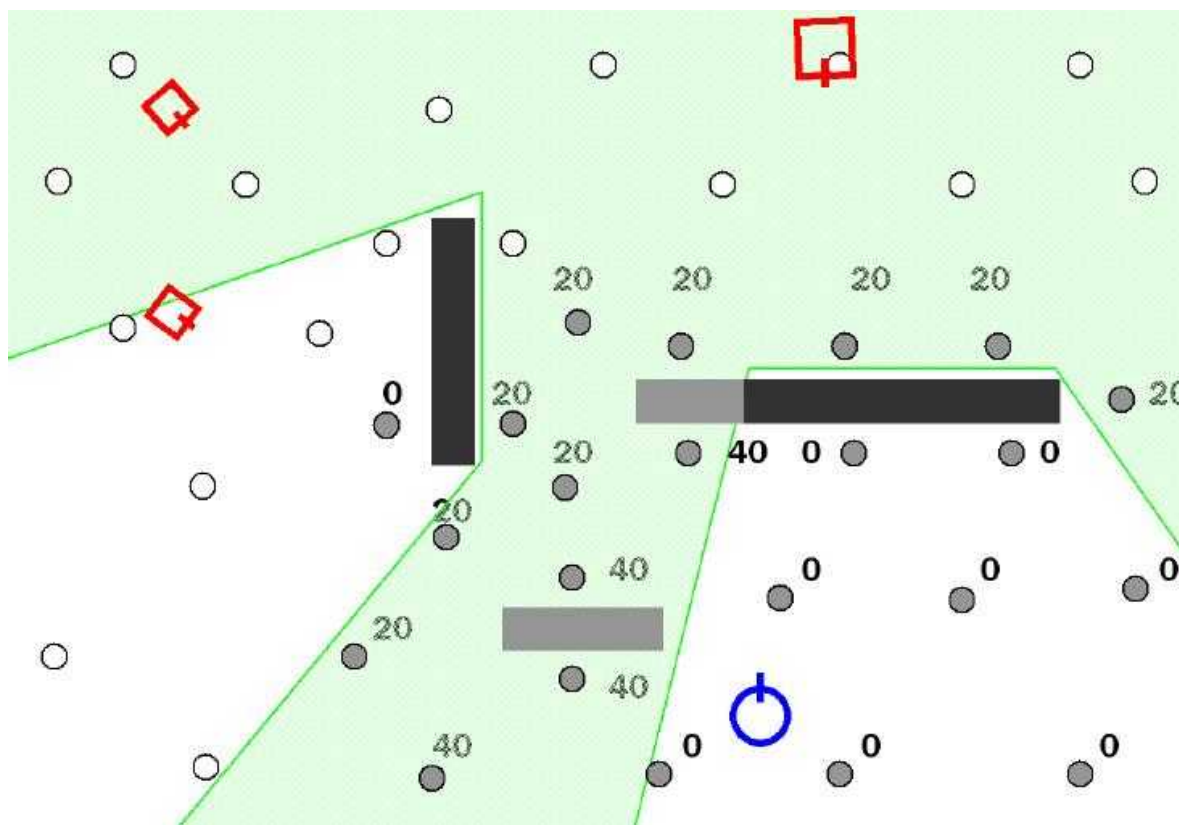
Step1

一定半径内のポイントを候補に上げる



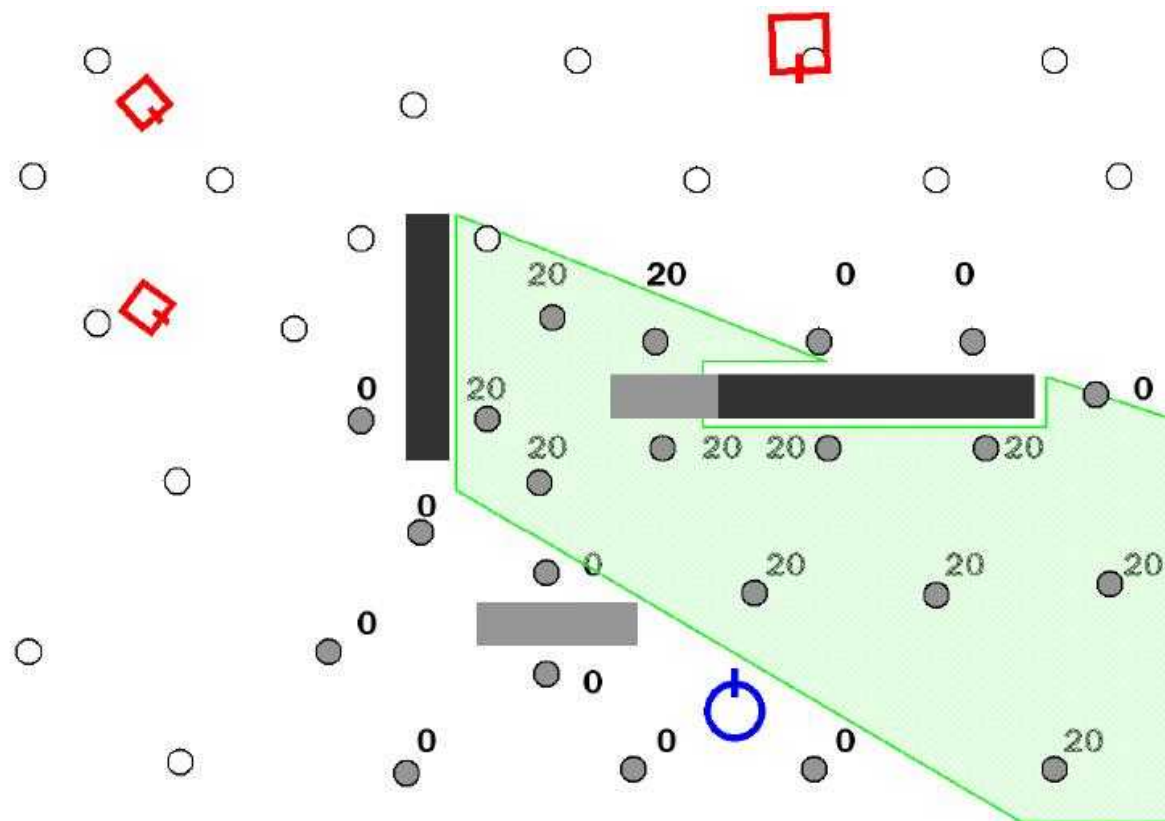
この時点で他のポイントはこれ以降、評価しない → 計算量の軽減

Step2 第一の敵から射線の通るポイント进行评估する

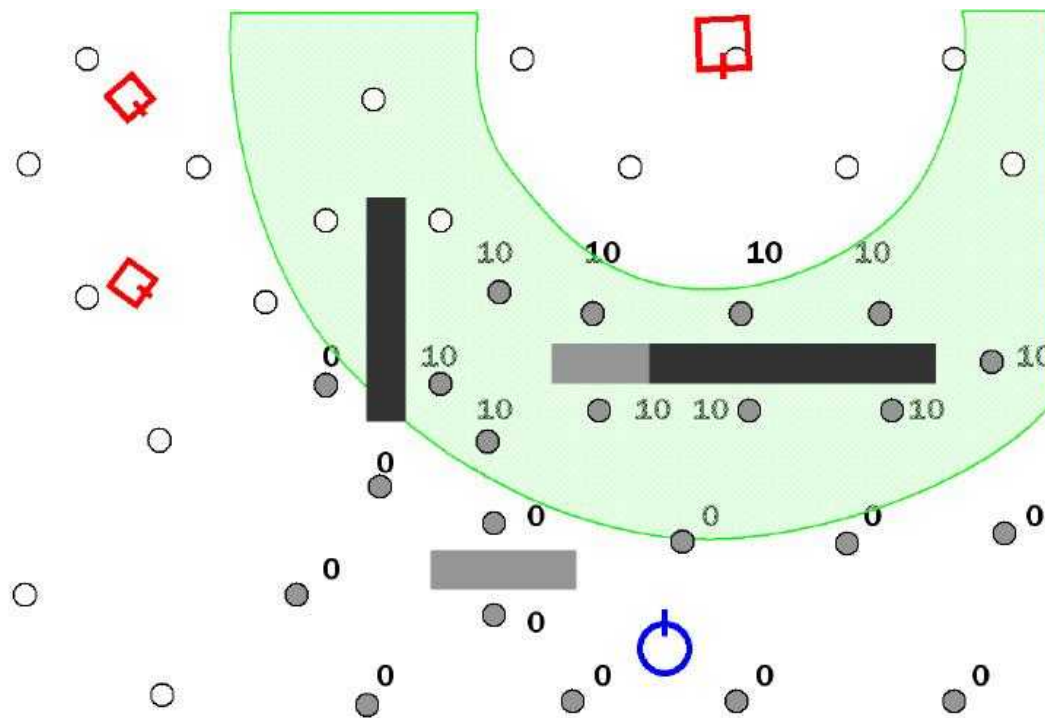


40点 ... 立った状態のみ射線が通る
20点 ... 座っても立っても射線が通る

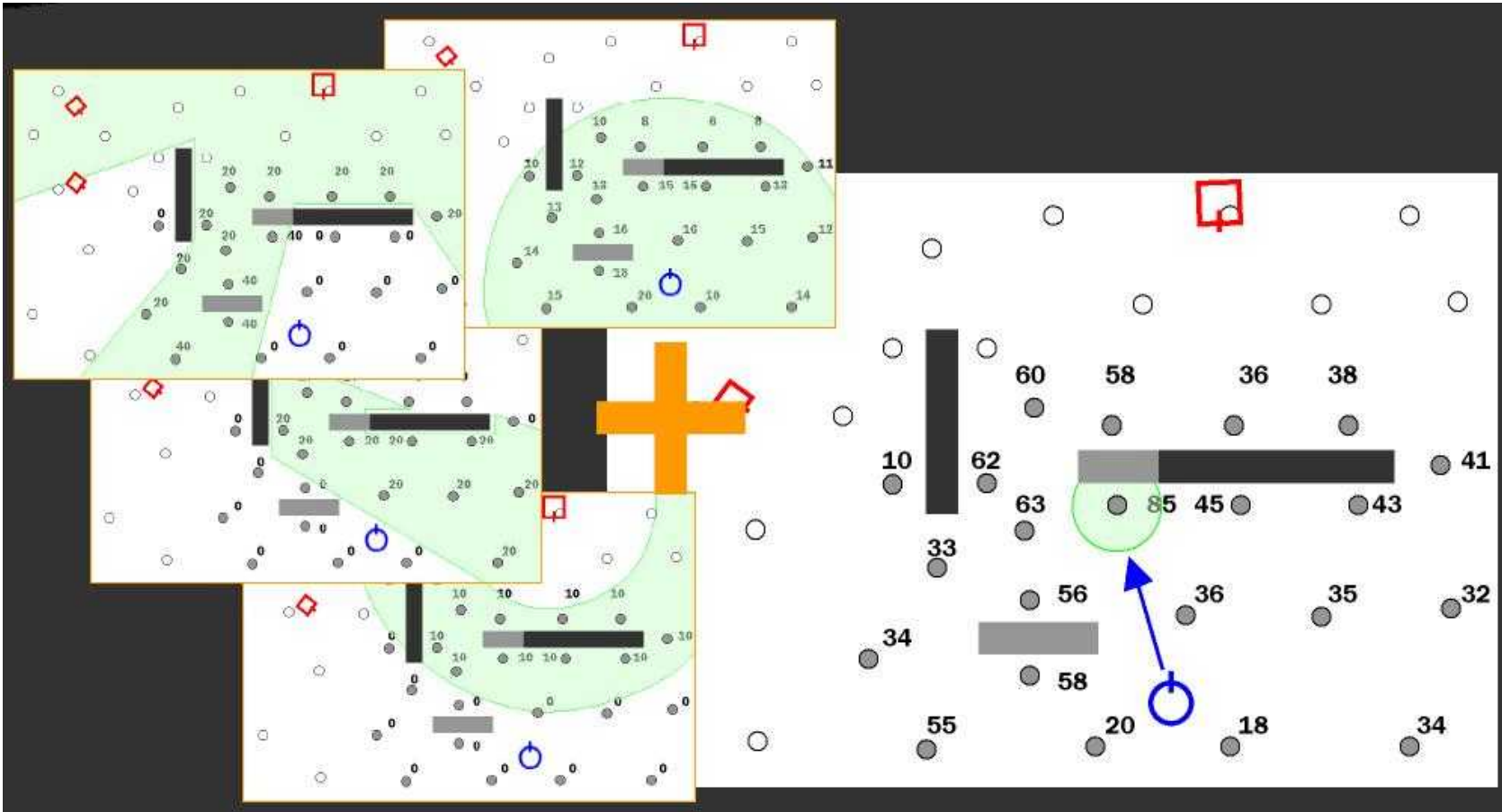
Step3 第二の敵たちから射線の通らないポイント进行评估する



Step4 攻撃最適領域内のポイント进行评估する



Step5 Step1~4の評価値を重みをかけて足し合わせる



動的な戦術位置検出

Killzone

時間 →

動的な戦術位置検出

エフェクター

8方向に対する射線・
可視距離を事前計算

他にもいろいろできる！

最適な戦術位置に移動
敵移動経路予測
威嚇射撃

ゲーム世界

身体

相互作用

← 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)

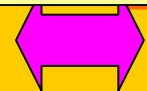
企画の発想

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

第2部

「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」

第1章	Killzone	世界表現
第2章	Halo	(10分)
第3章	Halo2	(10分)
第4章	C4 アーキテクチャー	(10分)
第5章	F.E.A.R.	(10分)
第6章	Chrome Hounds	(10分)

Halo



- ◆ 内容: 宇宙船や地表を舞台にしたSFのFPS
- ◆ 開発元: BUNGIE Studio
- ◆ 出版: Microsoft
- ◆ Hardware: Xbox, Windows, Mac
- ◆ 出版年: 2002年

Xbox, 全米、世界を代表するFPSの一つ(Halo 500万本 Halo2 700万 国内10万本)
「愛嬌のあるNPC」とその演出で、プレイヤーからの定評を得る。

Reference for Halo & Halo2

- Damian Isla (2005), “Dude, where’s my Warthog? From Pathfinding to General Spatial Competence”,
<http://www.aiide.org/aiide2005/talks/isla.ppt>
http://nikon.bungie.org/misc/aiide_2005_pathfinding/index.html
- Damian Isla (2005), Handling Complexity in the Halo 2 AI, Game Developer's Conference Proceedings.,
http://www.gamasutra.com/gdc2005/features/20050311/isla_01.shtml
- Jaime Griesemer(2002),The Illusion of Intelligence: The Integration of AI and Level Design in Halo,
<http://halo.bungie.org/misc/gdc.2002.haloai/talk.html>
- Robert Valdes(2004), “In the Mind of the Enemy The Artificial Intelligence of Halo2”,
<http://www.stuffo.com/halo2-ai.htm> (現在はclosed)

Figures on following pages are from these references.

Halo NPCの課題

状況解析

プレイヤーから見て意図の明確なNPCを作る



グラント

ちょこまかと
動き回る。
愛嬌がある。



ジャッカル

手堅い。



エリート

大型。



人間

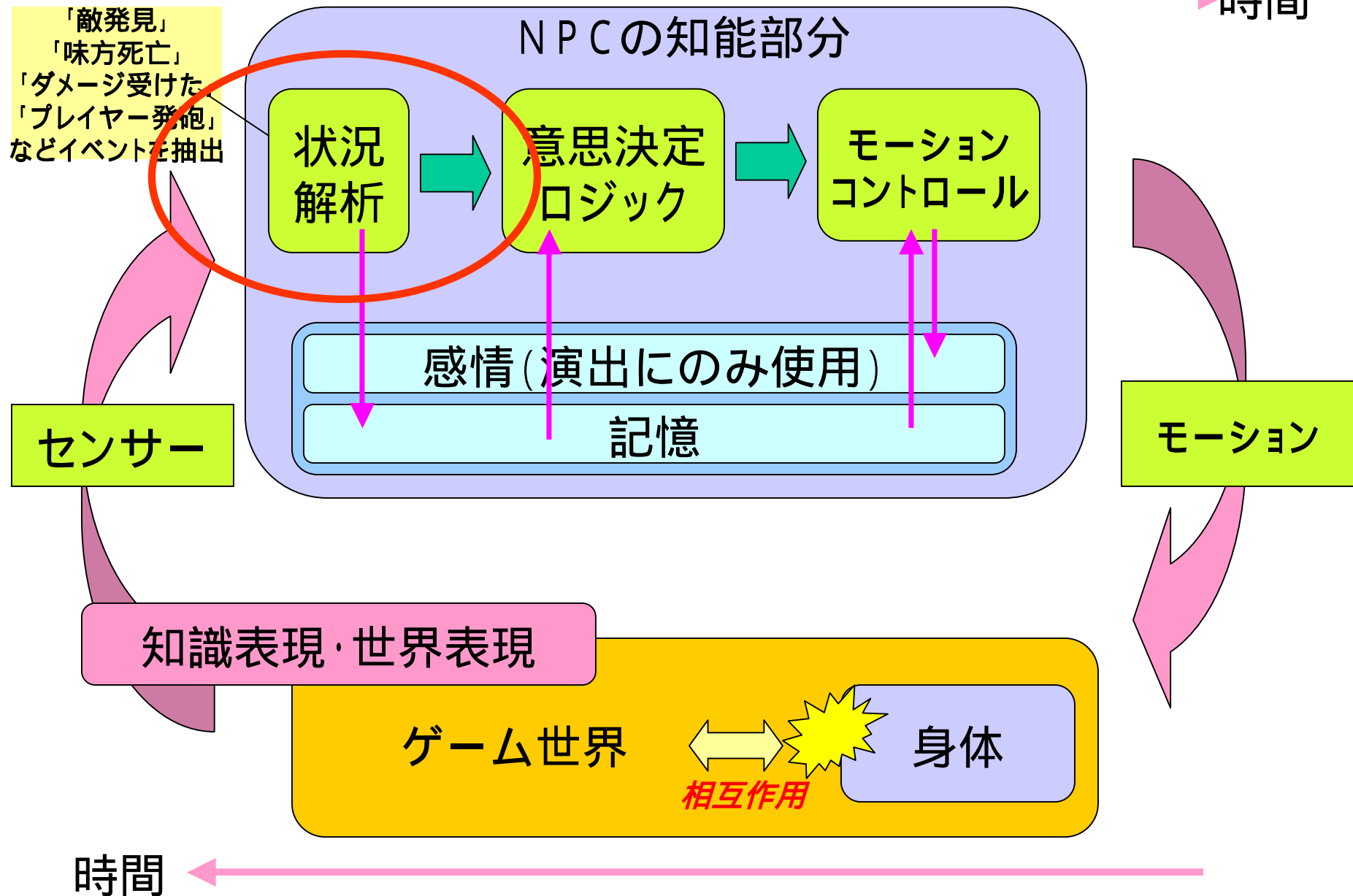
普通の人間。

敵(コグナント)

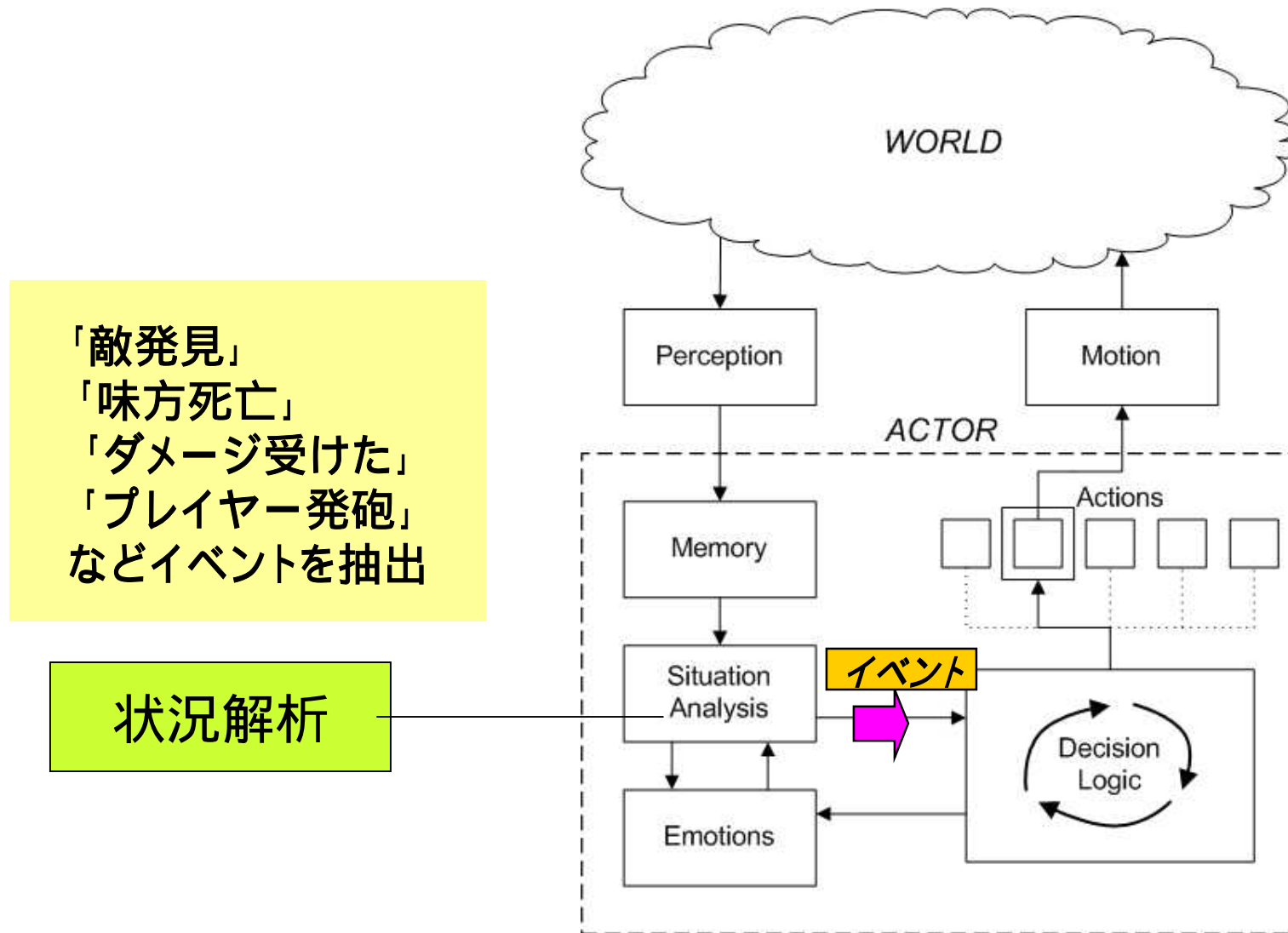
味方

Halo NPCのAIのアーキテクチャー

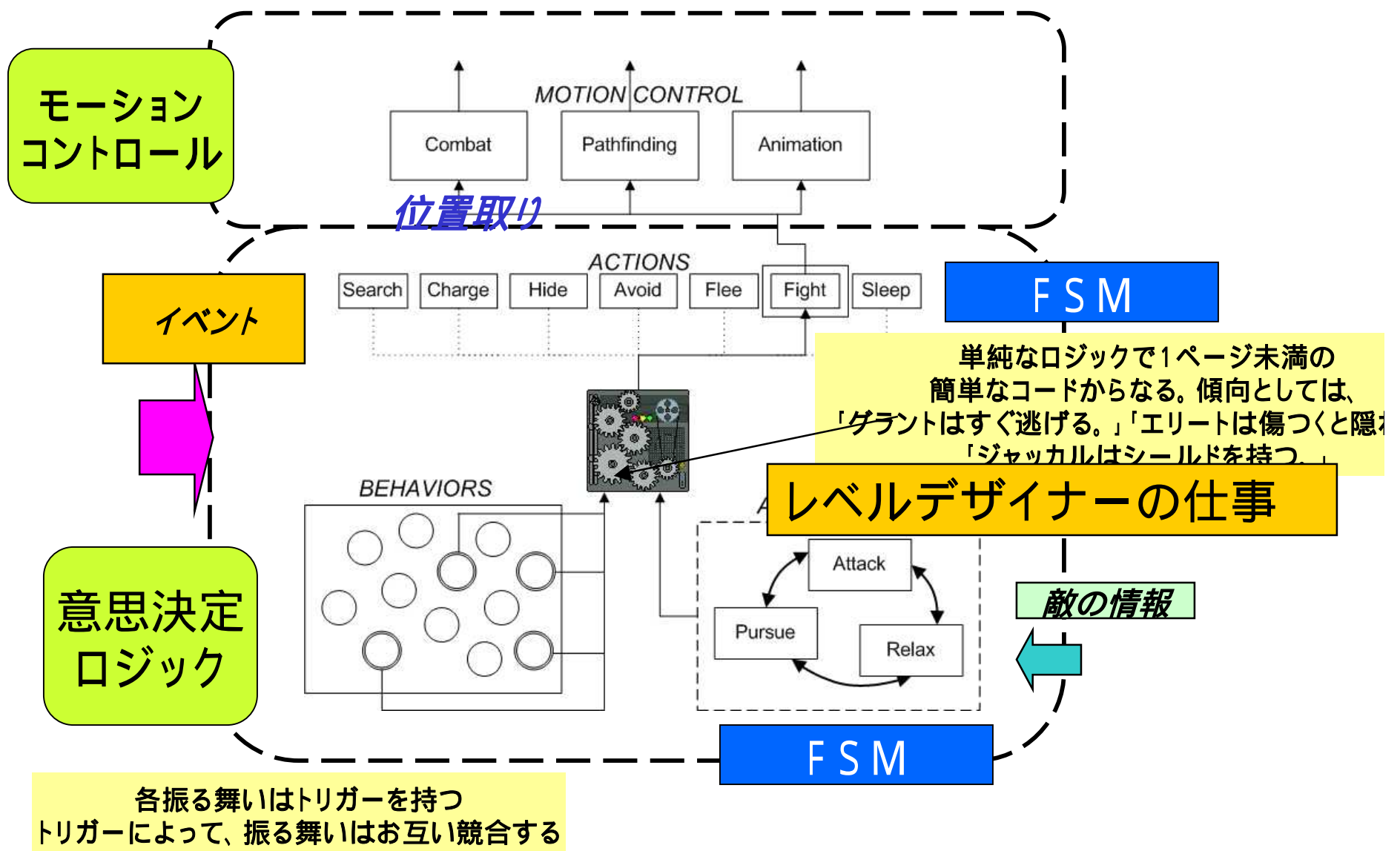
時間 →



Halo AI のアーキテクチャー

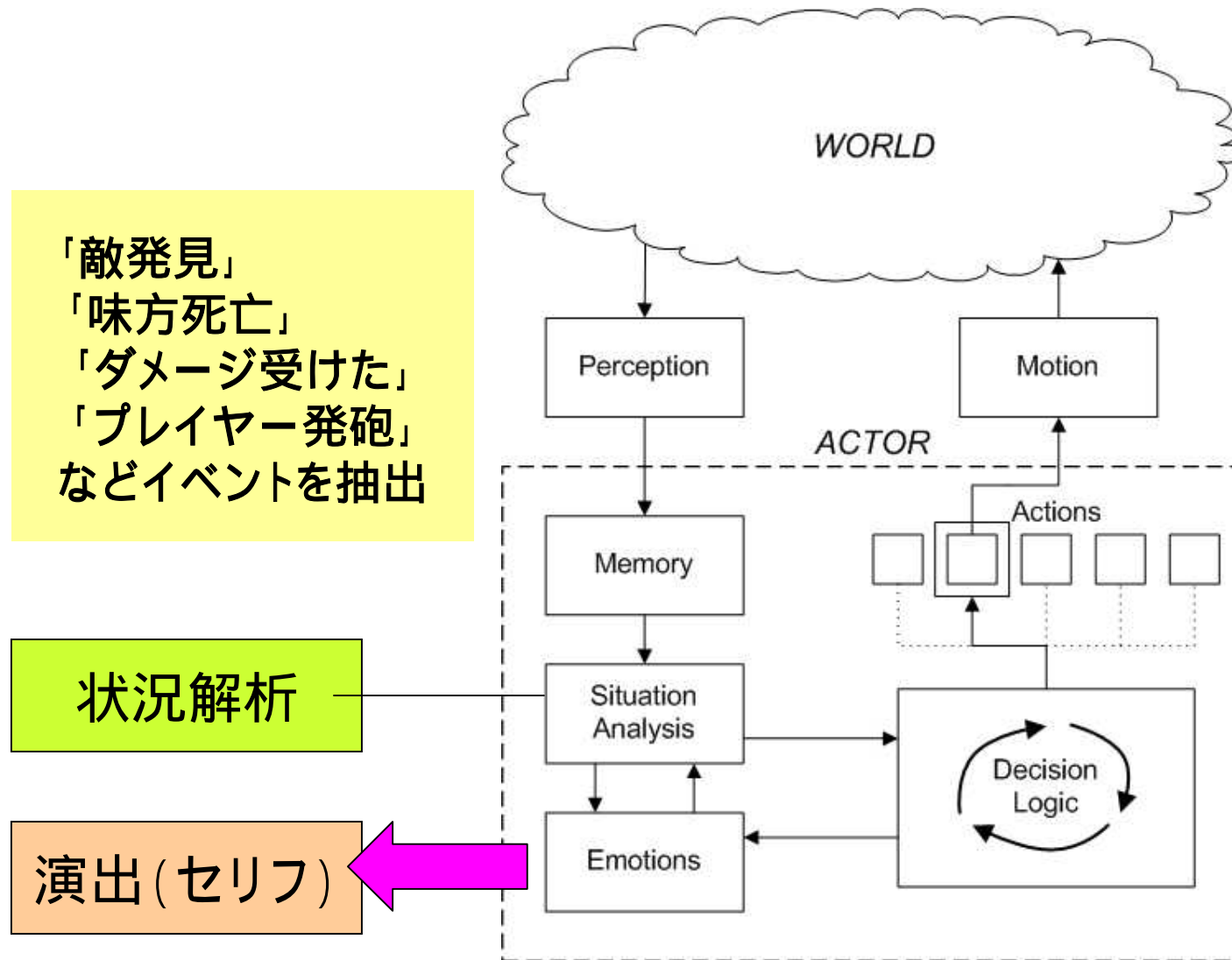


Halo AI の意志決定部分



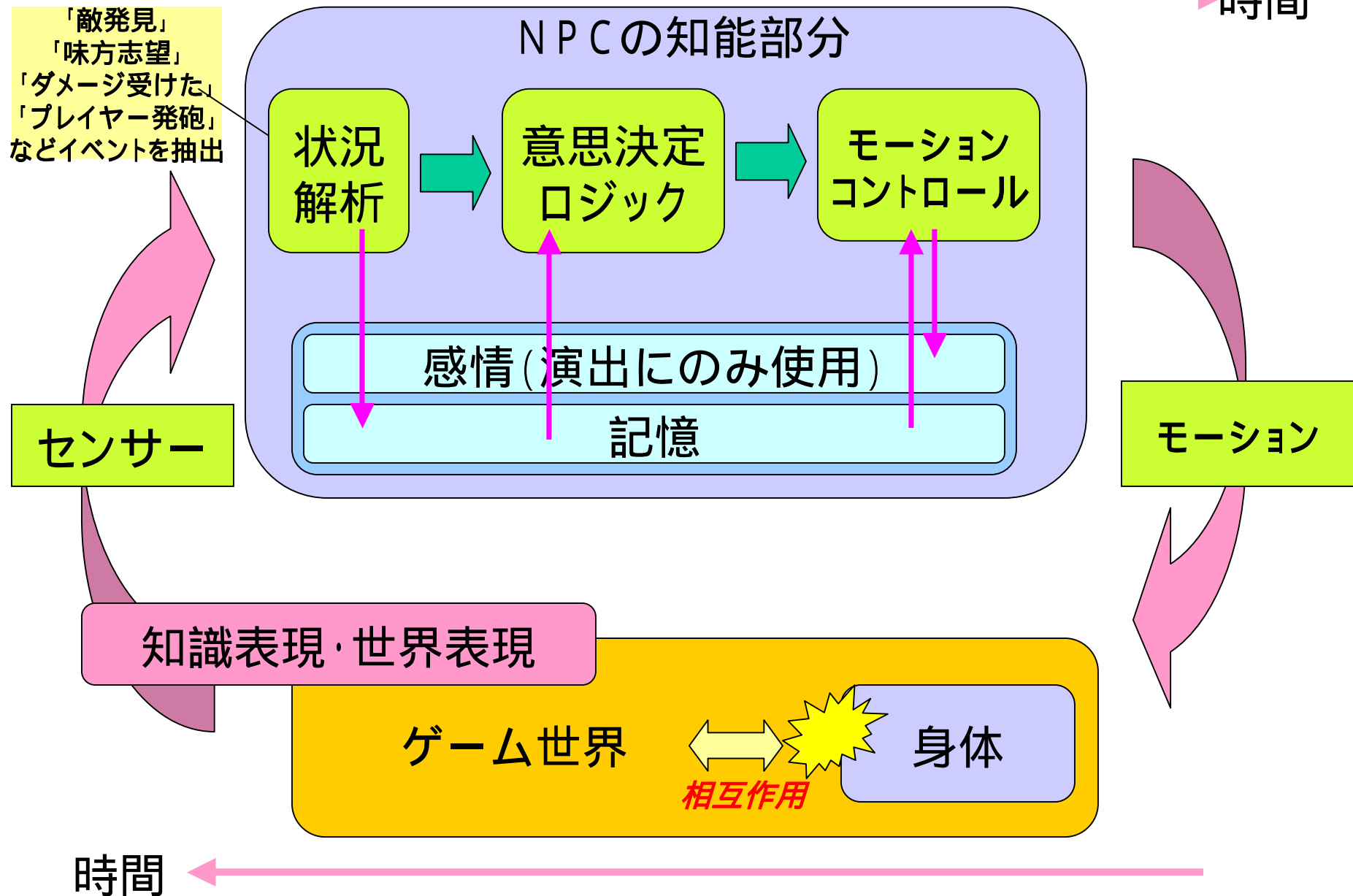
チャージ, 退却, 隠れる場所探す
グレナードを投げる, 車に入る, 死体を確認

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

N P C の 知 能 部 分

- ◆ 状況解析
- ◆ 意思決定ロジック
- ◆ 感情とイベント

感情

記憶

効果

イベントに反応
キャラクターの個性に応じたアクション
セリフの選択・発話

Halo AI の特徴

技術

N P C の知能部分

▲ 状況解析

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

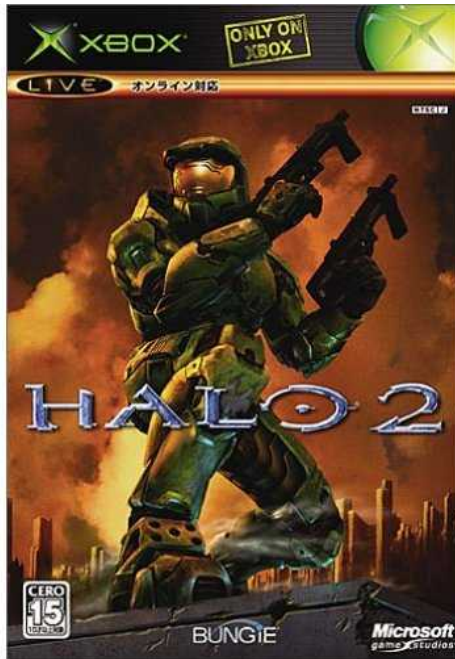
世界の事象に敏感に反応させる仕組みを作る

第2部

「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」

第1章	Killzone	世界表現
第2章	Halo	状況解析
<u>第3章</u>	<u>Halo2</u>	<u>(10分)</u>
第4章	C4 アーキテクチャー	(10分)
第5章	F.E.A.R.	(10分)
第6章	Chrome Hounds	(10分)

Halo2



- ◆ 内容：宇宙船や地表を舞台にしたSFのFPS
- ◆ 開発元： BUNGIE Studio
- ◆ 出版： Microsoft
- ◆ Hardware: Xbox, Windows
- ◆ 出版年： 2004年

Xbox, 全米、世界を代表するFPSの一つ(Halo 500万本 Halo2 700万 国内10万本)
AIは全てシステムを変更しさらに高度になったが、プレイヤーからはその差がよくわからなかった。

Halo2 NPCの課題

全てのNPCを統一的な仕組みで動かしたい。

(スケーラブルなAI)



グラント

ちょこまかと
動き回る。
愛嬌がある。



ジャッカル

手堅い。



エリート

大型。



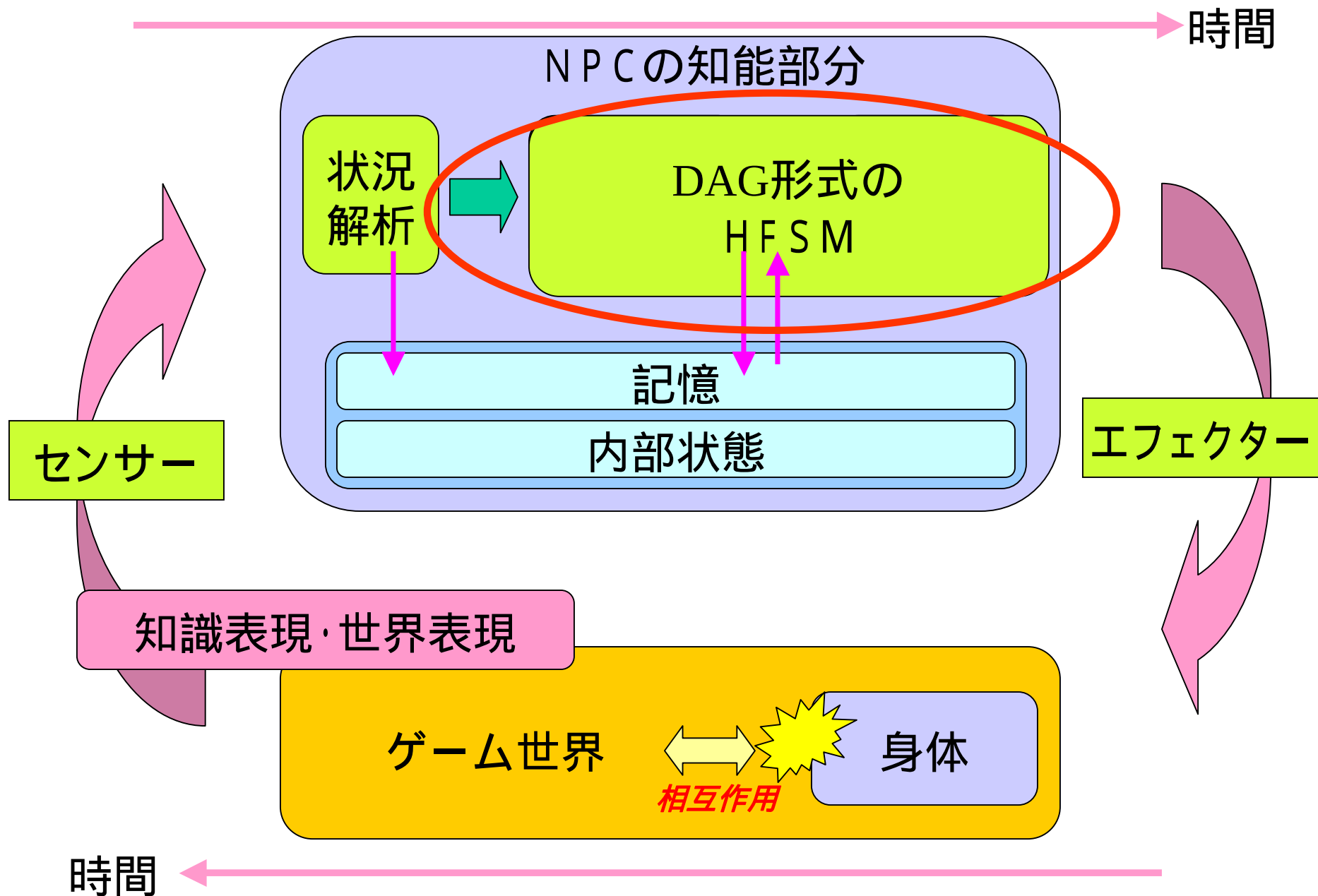
人間

普通の人間。

敵(コグナント)

味方

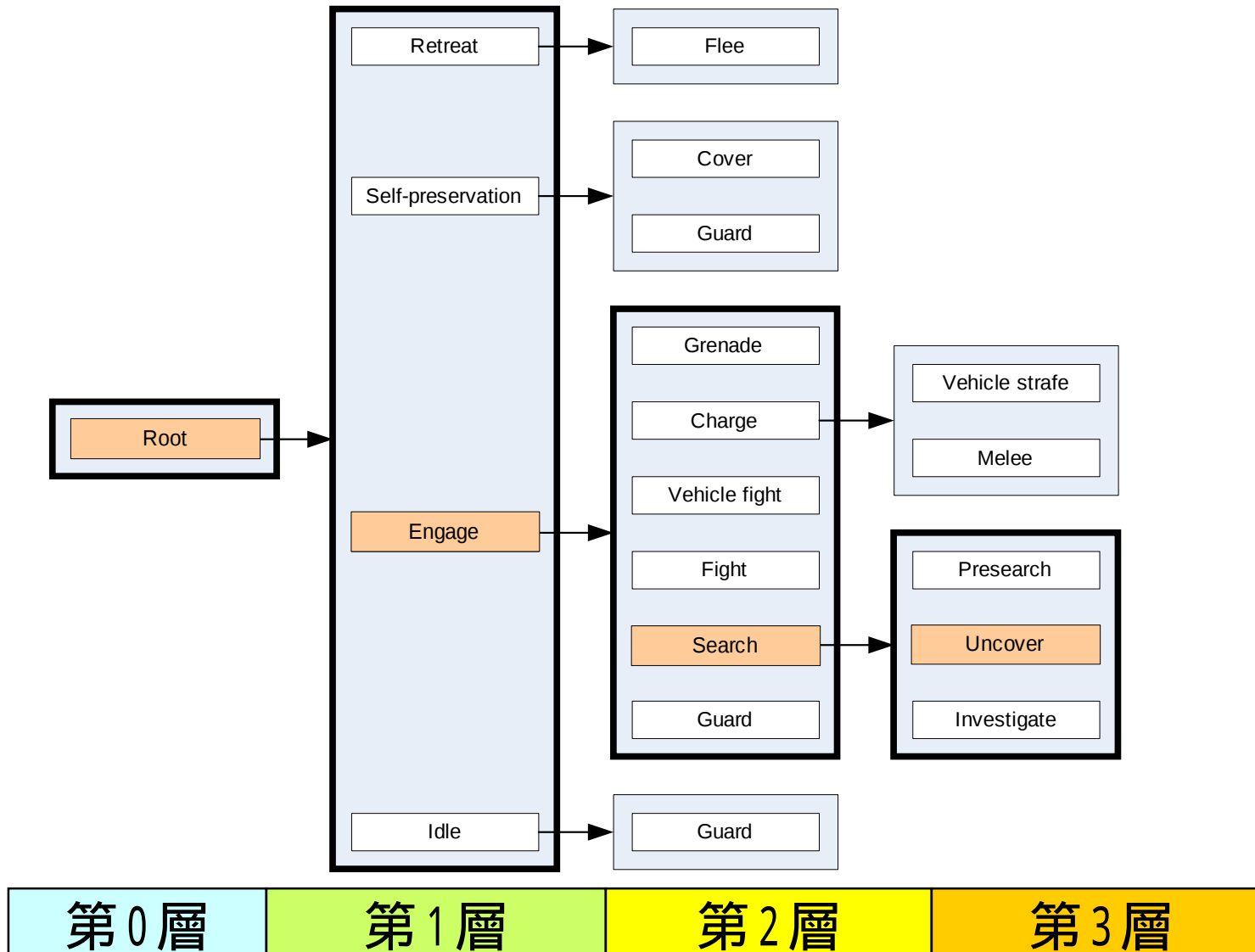
Halo2のエージェント・アーキテクチャ



HFSM(階層型有限状態マシン)による意志決定

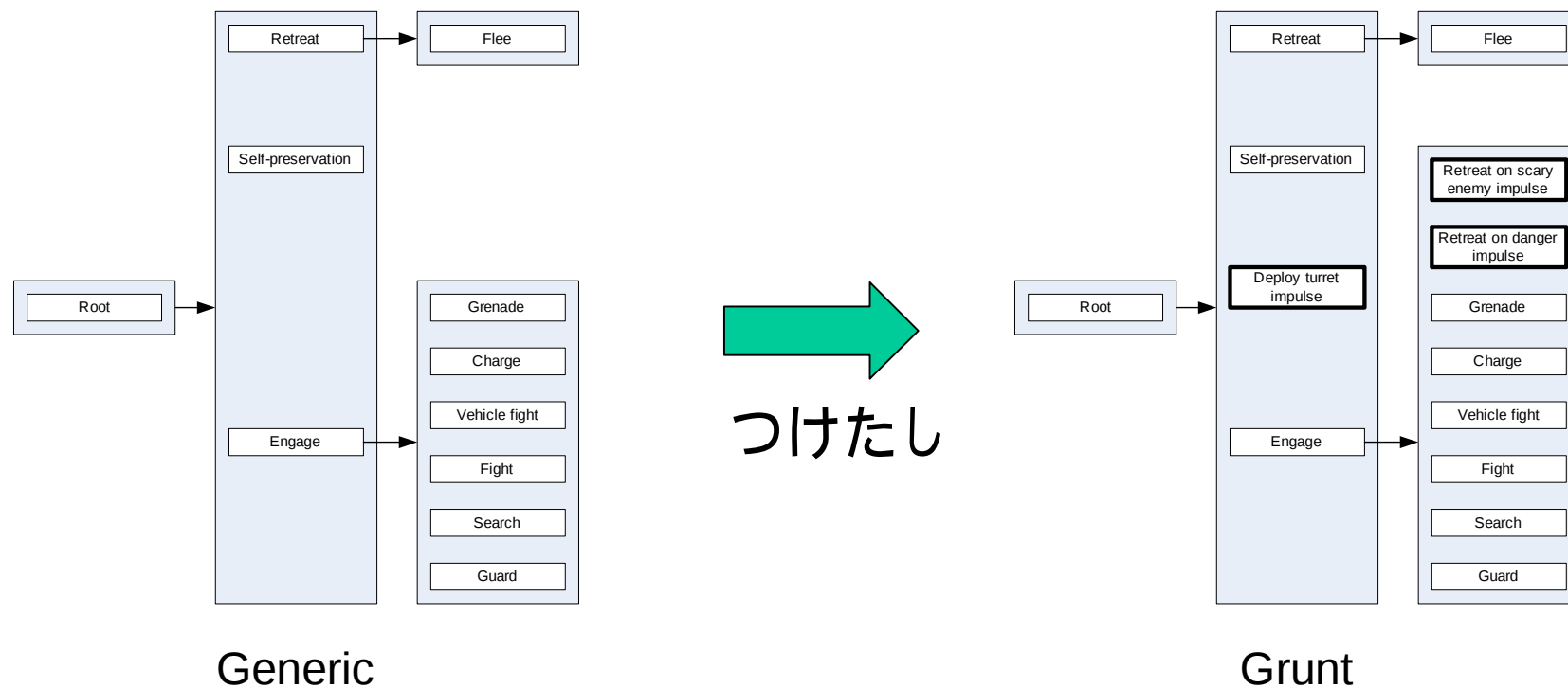
DAG (有向非環グラフ) 一方向にノードが伸びて、ノードが環を為すことのないグラフ構造

振る舞いツリー 末端のノードは全てキャラクターの行動を表現する



HFSMの使い方

キャラクターごとに使い分ける



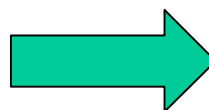
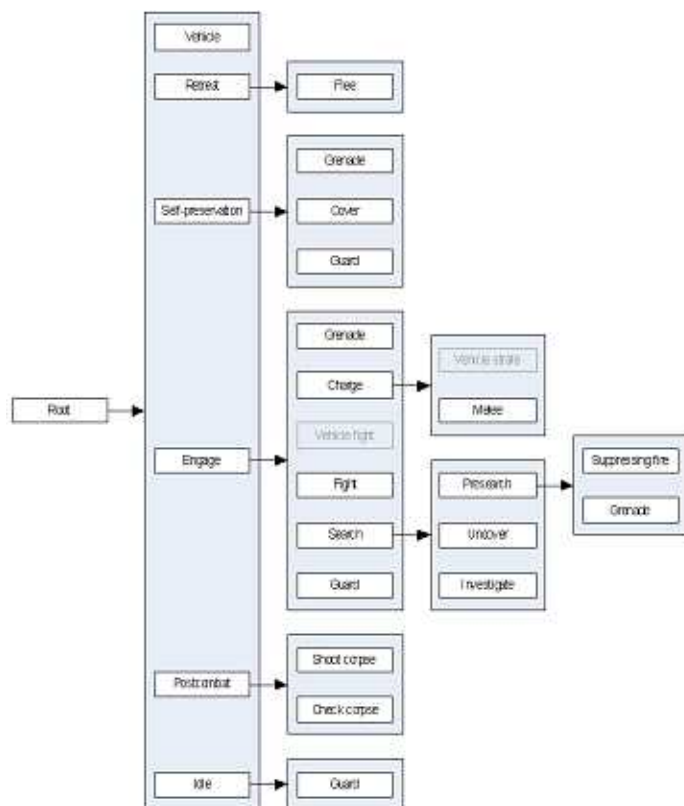
汎用

レベルデザイナーの仕事

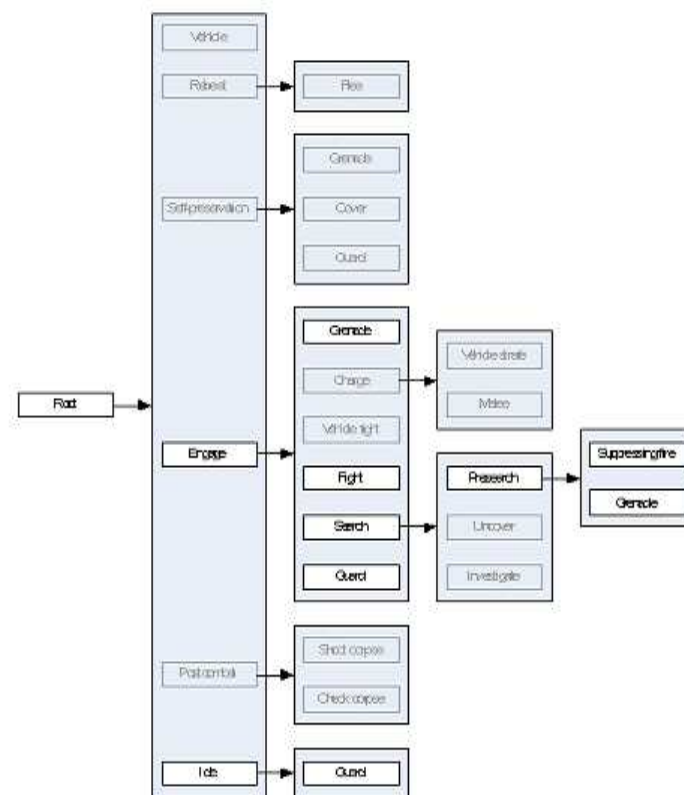


HFSMの使い方

状況ごとに使い分ける



マスク



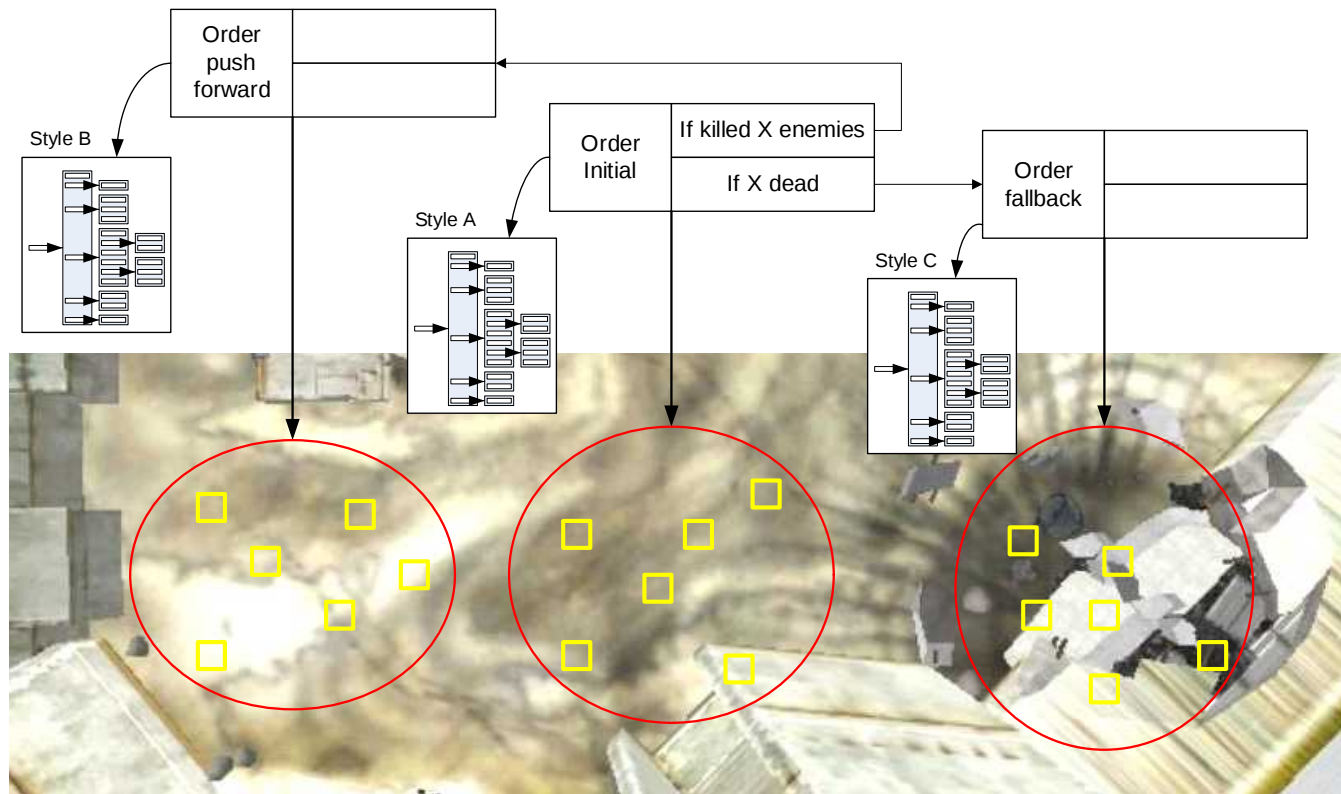
HFSMの使い方

場所ごとに使い分ける

オーダー&スタイル

エリアの遷移を規定

そのゾーンで許されている行動のリスト



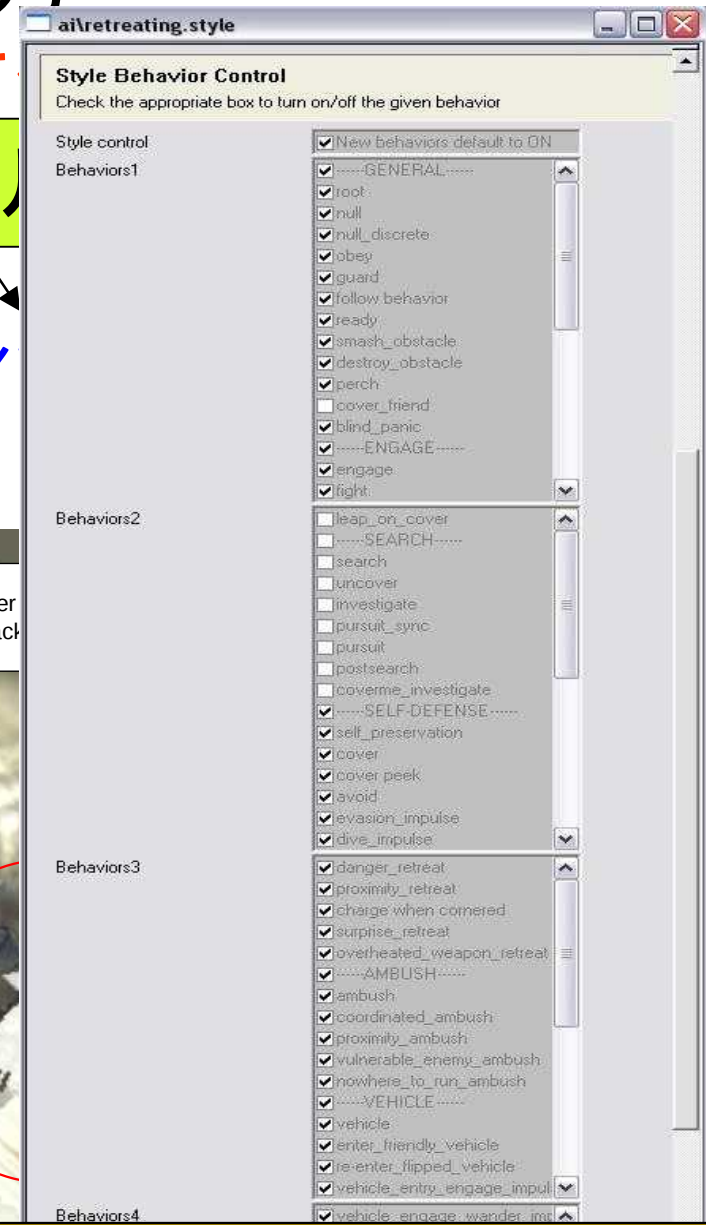
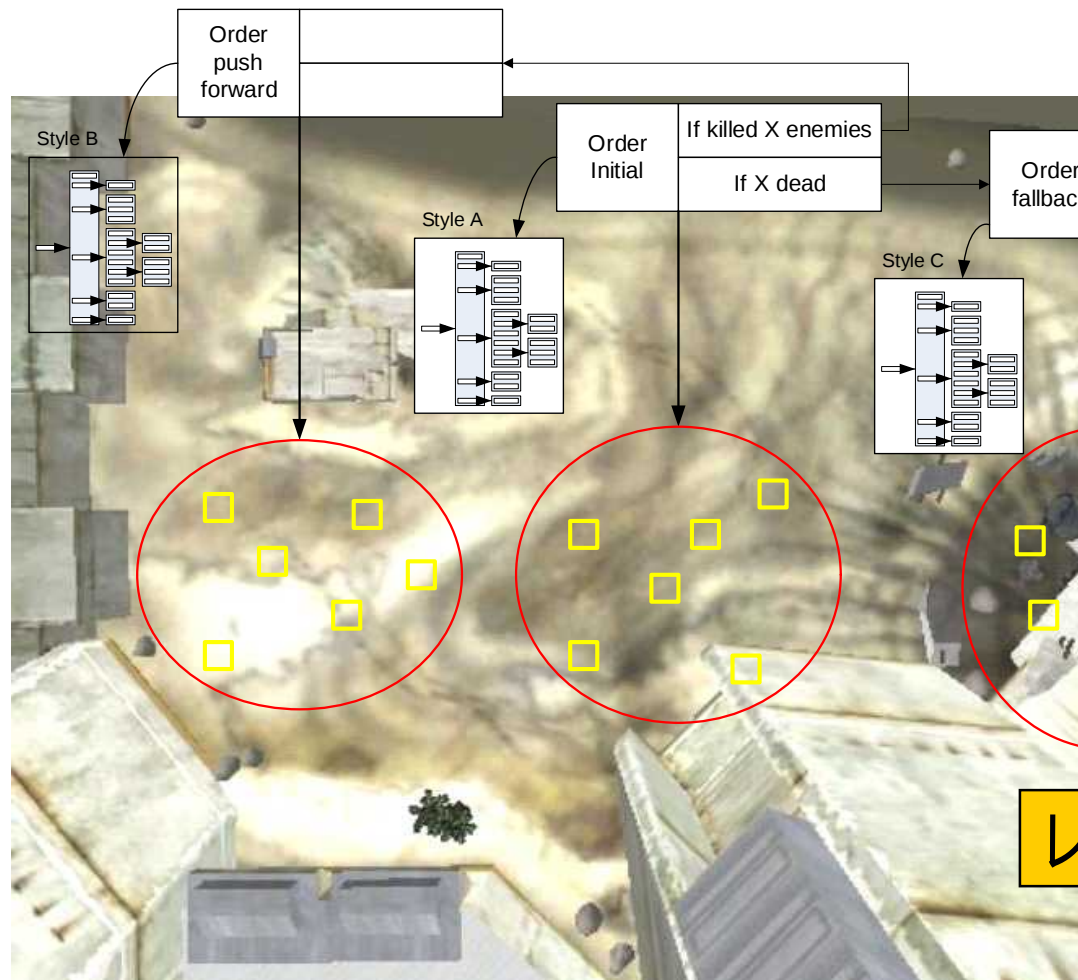
HFSMの使い方

場所ごとに使い分け

オーダー&スタイル

エリアの遷移を規定

そのゾーン



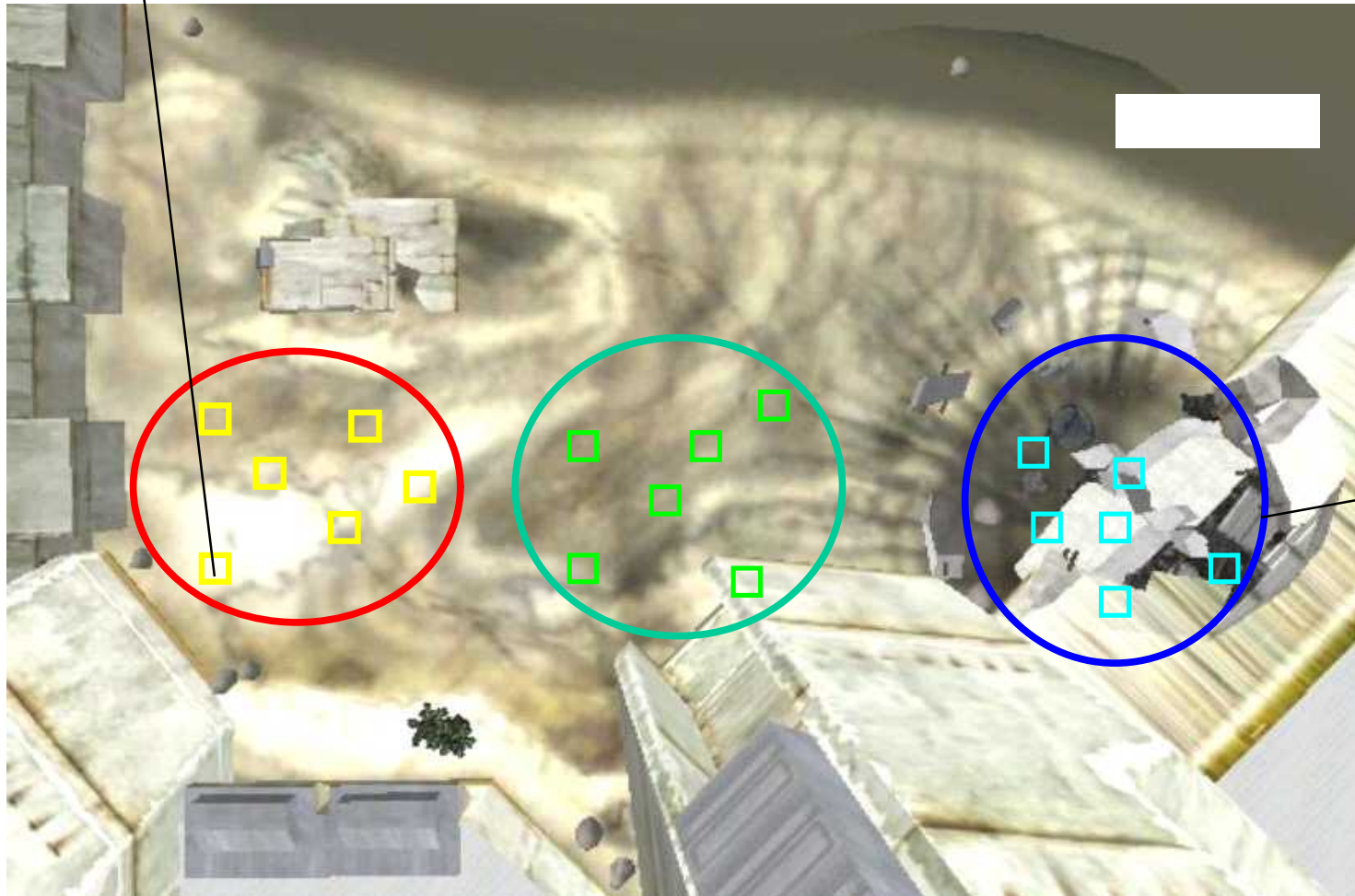
レベルデザイナーの仕事

補足：Halo2 世界表現

ポジション

全体 = ゾーン

レベルデザイナーの仕事



エリア
(プレイグラウンド)

プレイグラウンド内はパス検索なしに自由に移動できる。
それ以外は、ナビゲーション・メッシュ上のパス検索で移動する。

補足：Halo2 世界表現

階層的なデータ構造

用途

ゾーン



エリア



ポジション

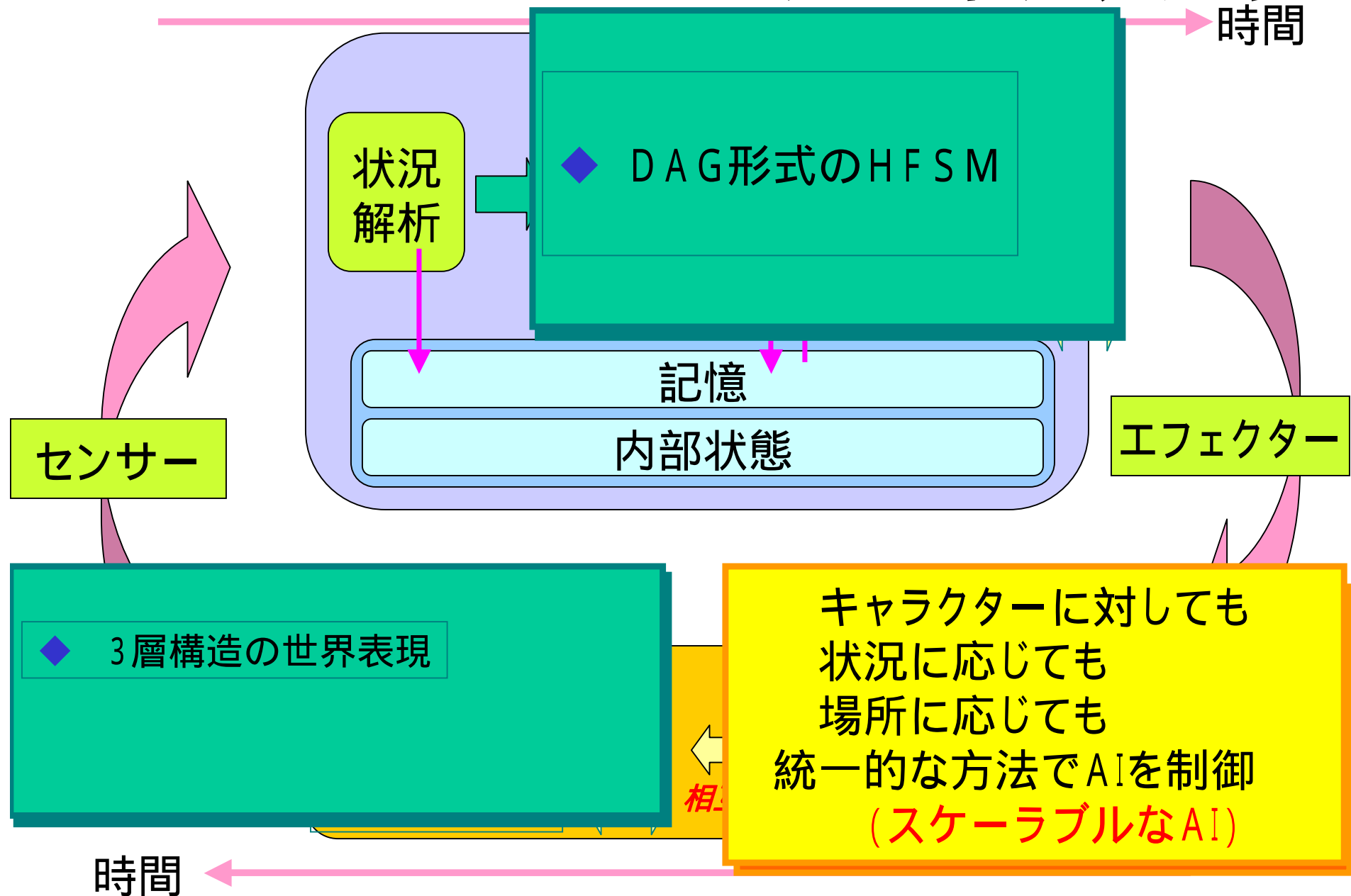
ナビゲーション・メッシュ

戦略的移動

戦術的移動

一般の移動

Halo2 NPCのAIのアーキテクチャー



Halo2 NPCのAIのアーキテクチャー

時間 →

Halo2 のポイント

HFSMという単一のフレームを工夫することで、
スケーラブルなAIを実現した

= 開発者の手間をAIの原理によって大幅に削減

企画の発想

HFSMの原理を理解して、作り込んでいく

プログラマーの発想

HFSMの原理を実装する(実装にも幾つかのテクニックがある)

(スケーラブルなAI)

← 時間

第2部

「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」

第1章	Killzone	世界表現
第2章	Halo	状況解析
第3章	Halo2	HFSM
<u>第4章</u>	<u>C4 アーキテクチャー</u>	<u>(10分)</u>
第5章	F.E.A.R.	(10分)
第6章	Chrome Hounds	(10分)

References for C4 Architecture

- (1) MIT Media Lab Synthetic Characters Group,
<http://characters.media.mit.edu/>
- (2) R. Burke, D. Isla, M. Downie, Y. Ivanov, B. Blumberg,
(GDC2001), “CreatureSmarts: The Art and Architecture of a Virtual
Brain”, <http://characters.media.mit.edu/Papers/gdc01.pdf>
- (3) D. Isla, R. Burke, M. Downie, B. Blumberg (2001)., “A Layered
Brain Architecture for Synthetic Creatures”,
<http://characters.media.mit.edu/Papers/ijcai01.pdf>
- (4) D. Isla, B. Blumberg (2002), “Object Persistence for Synthetic
Characters”, <http://characters.media.mit.edu/Papers/objectPersistence.pdf>
- (5) Movies of Duncan, <http://web.media.mit.edu/~bruce/whatsnew.html>
- (6) Object Persistence for Synthetic Characters. D. Isla, B. Blumberg. In
the Proceedings of the First International Joint Conference on
Autonomous Agents and Multiagent Systems,
AAMAS2002., <http://characters.media.mit.edu/Papers/objectPersistence.pdf>

Figures on following pages are from these references.

C4 アーキテクチャー

デジタル空間で生きる生物の知性のために提案されたアーキテクチャー



MIT Media Lab.

Synthetic Characters Group

論文： D. Isla, R. Burke, M. Downie, B. Blumberg (2001).,
“A Layered Brain Architecture for Synthetic Creatures”,
<http://characters.media.mit.edu/Papers/ijcai01.pdf>
(ゲームAIにおける最重要論文の1つ)

生き物の知性をエージェント・アーキテクチャーに写し取る

バーチャルな空間に生きる犬が実現され、後にF.E.A.R. のNPCのAIに応用される。

Demo Movie Trial-medium

Duncan は、どんなバーチャル牧羊犬
なのか見てみよう！

<http://web.media.mit.edu/~bruce/whatsnew.html>
(MIT Media Lab Bruce Blumberg's Web Page)

C4 アーキテクチャーの課題

仮想空間でリアルに生きる動物のためのアーキテクチャー

(応用) バーチャル牧羊犬“Duncan”



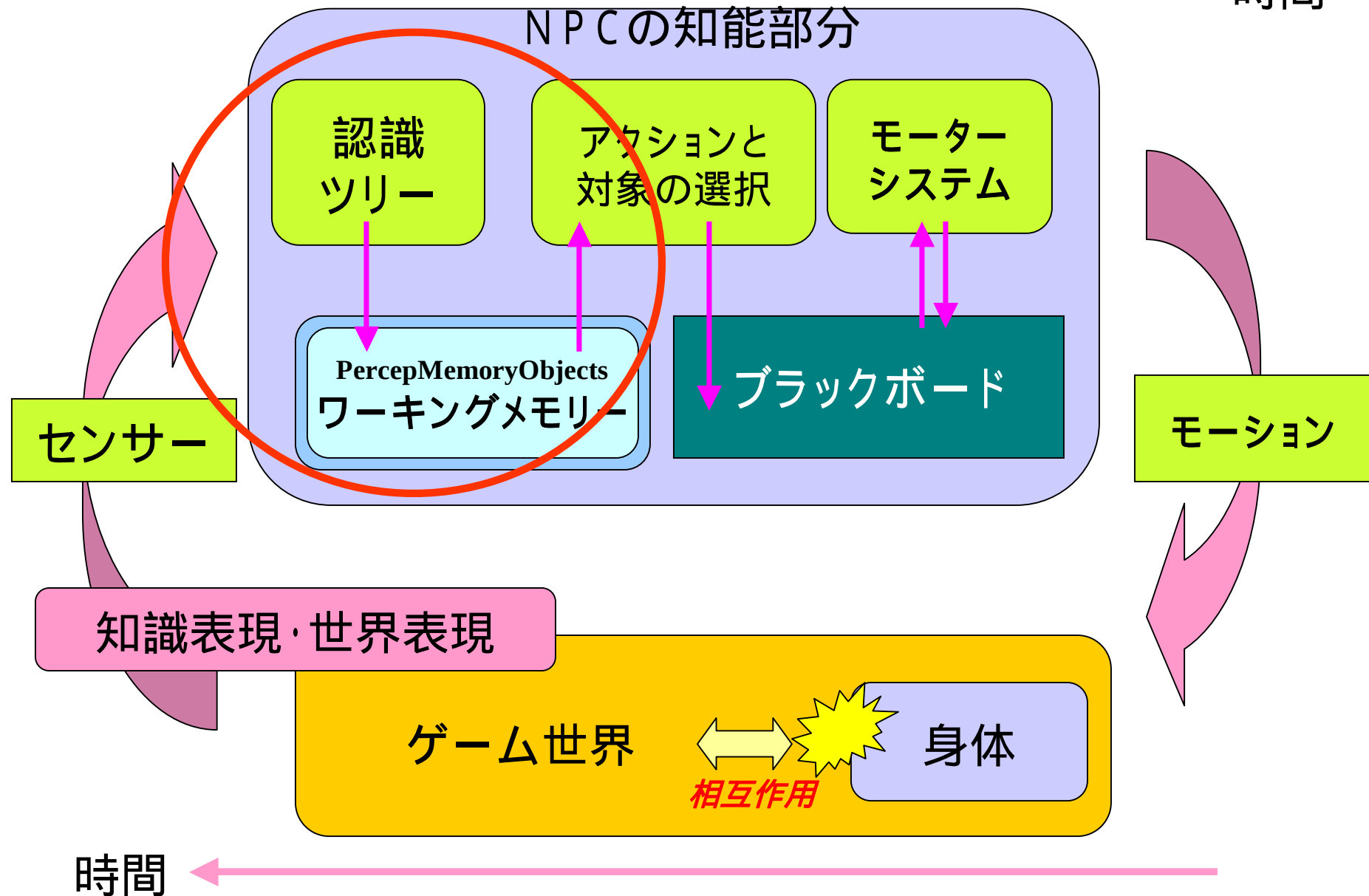
プレイヤーは羊飼いとなってボイスで指示したり、訓練(学習)したりする。

(注) C4 アーキテクチャーが大切なのであって、
この犬のデモは「何ができるか」が大切であって、
デモの出来はたいして重要ではない。(研究と開発の違い)

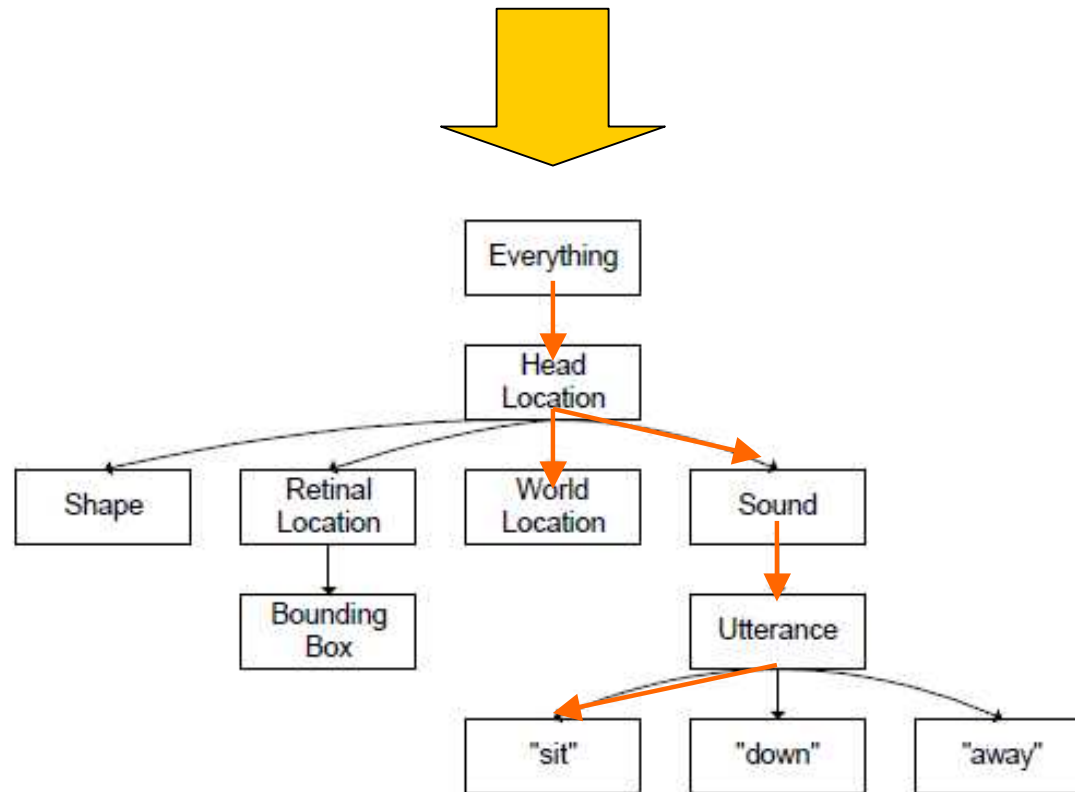
研究結果を調べるときは、その本質だけを見抜こう！

MIT メディアラボ C4 アーキテクチャー

時間 →



認識ツリーとは？

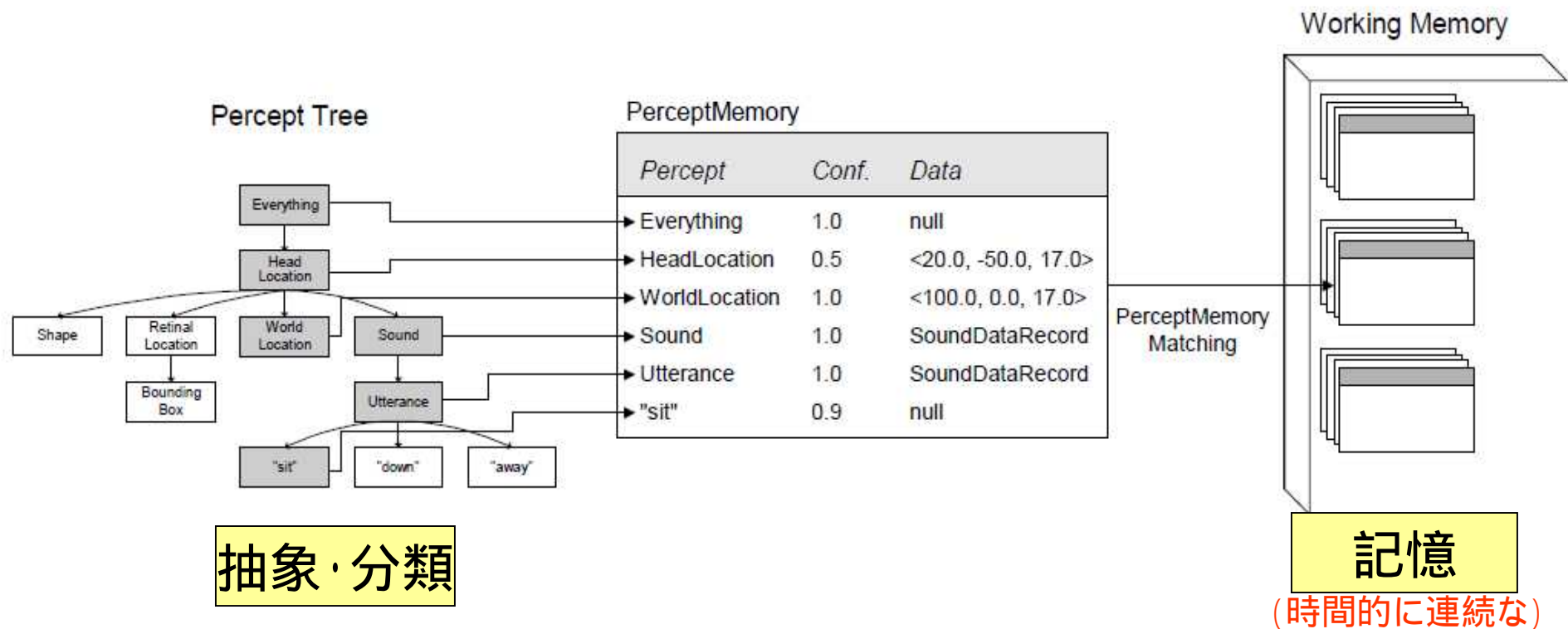


センサーから得た情報が、一体何の情報なのか、
分類(抽出)する条件分岐ツリー。

認識ツリーとワーキングメモリー

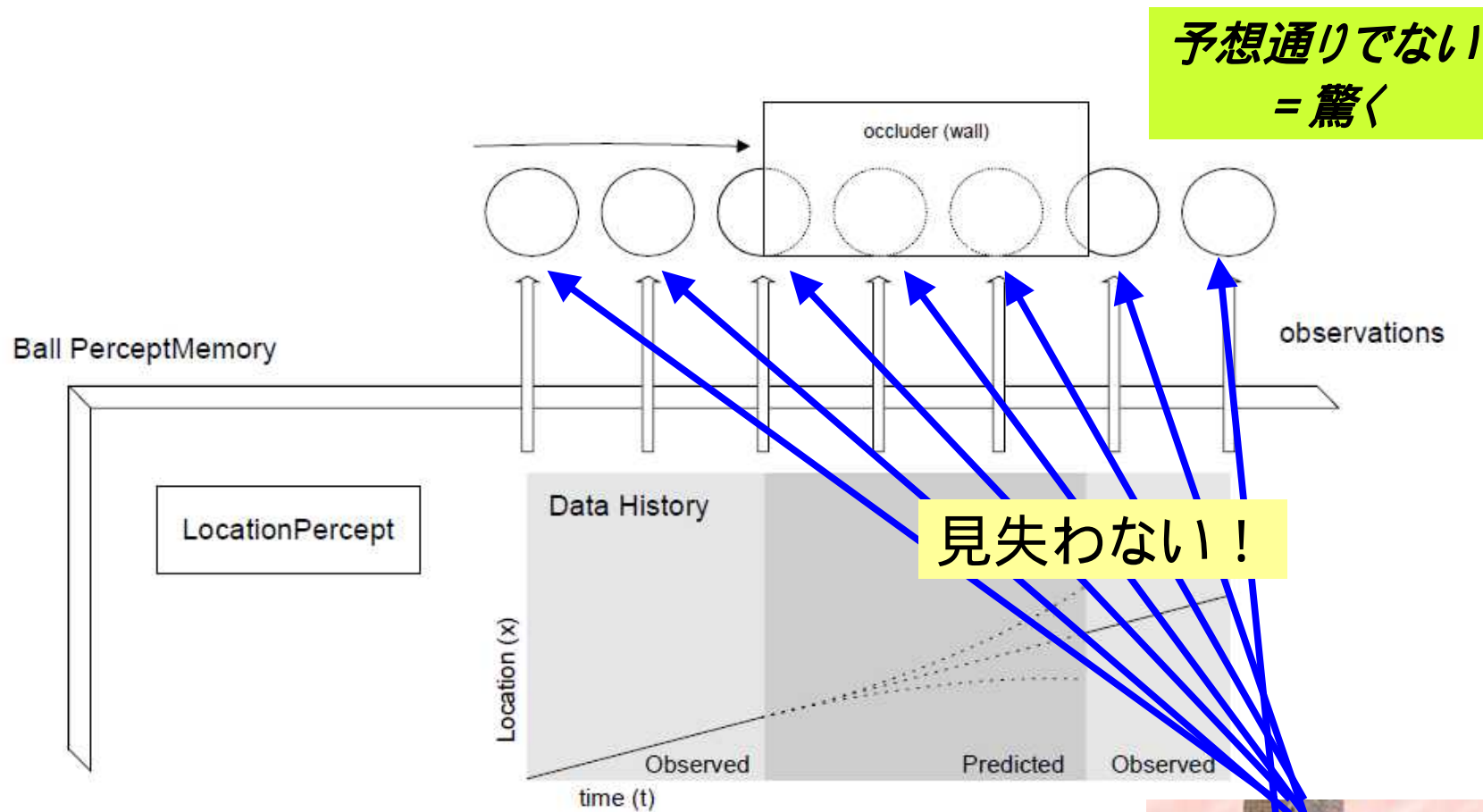
認識ツリー

PerceptMemoryObjects
ワーキングメモリー



認識ツリーで分類した情報を、PerceptMemoryObjectとしてワーキングメモリーへ蓄積して行く。

記憶によって可能になること = 予測と驚き

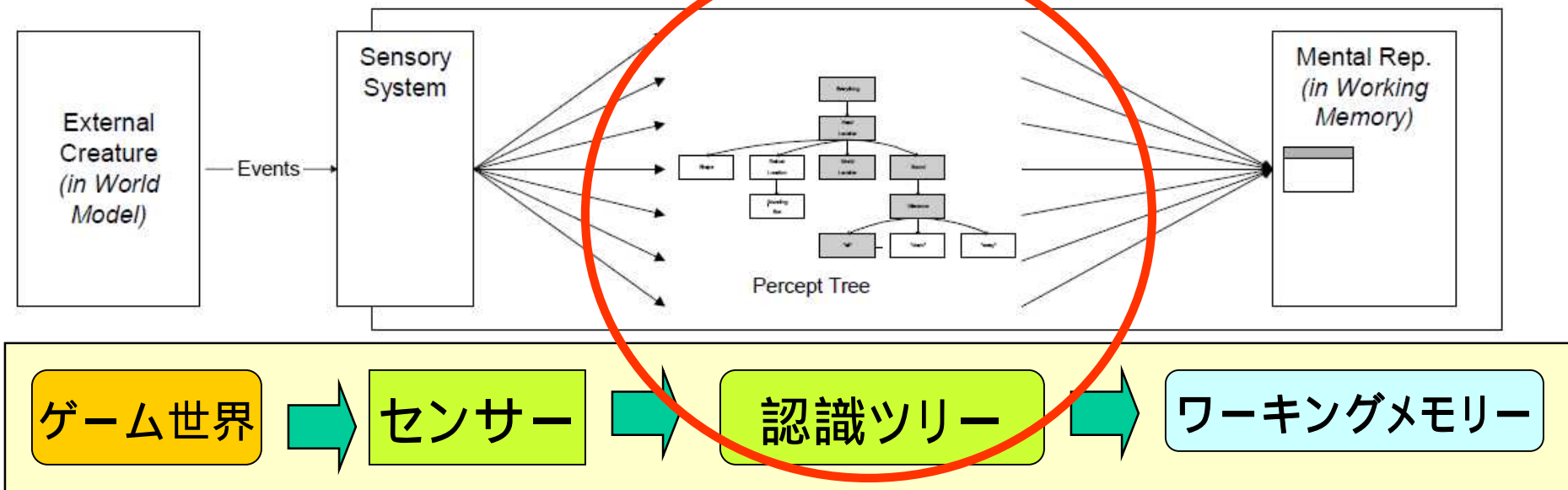


対象(ボール)が遮蔽物に隠れても、
履歴の記憶から動きを予測することが出来る。



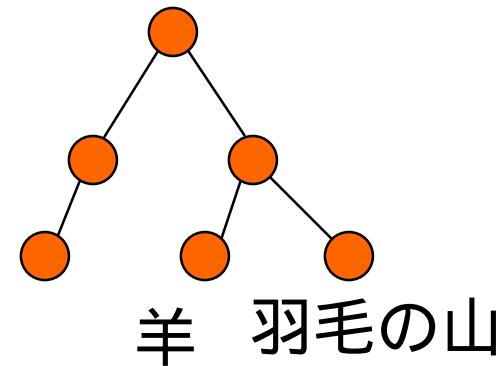
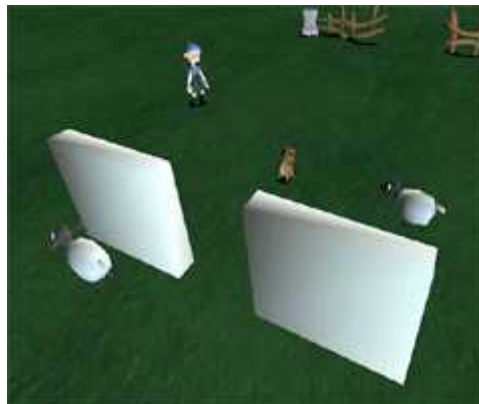
認識ツリーによって可能になること

判断間違い



(感覚から世界を再構成している)

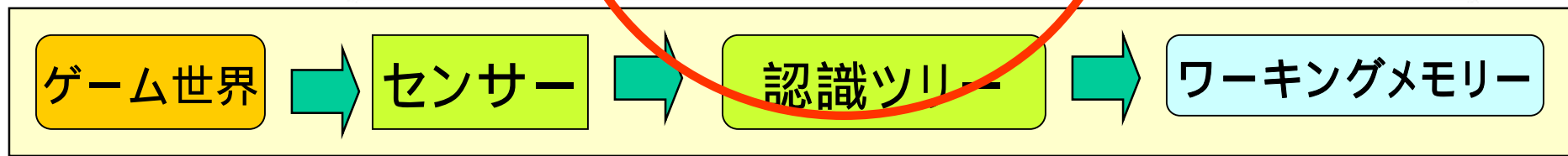
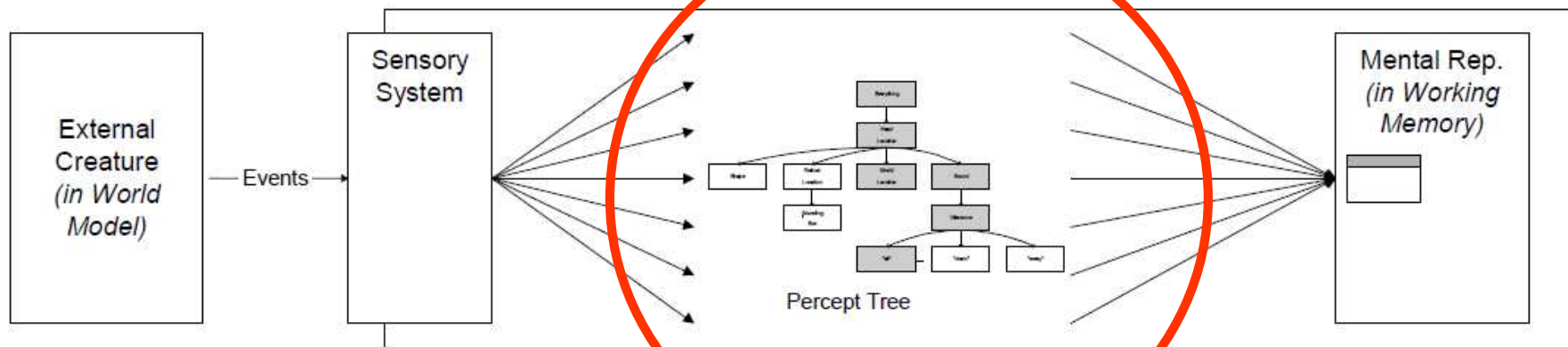
認識ツリーは、間違いを犯すこともある。



人間らしい間違い

認識ツリーによって可能になること

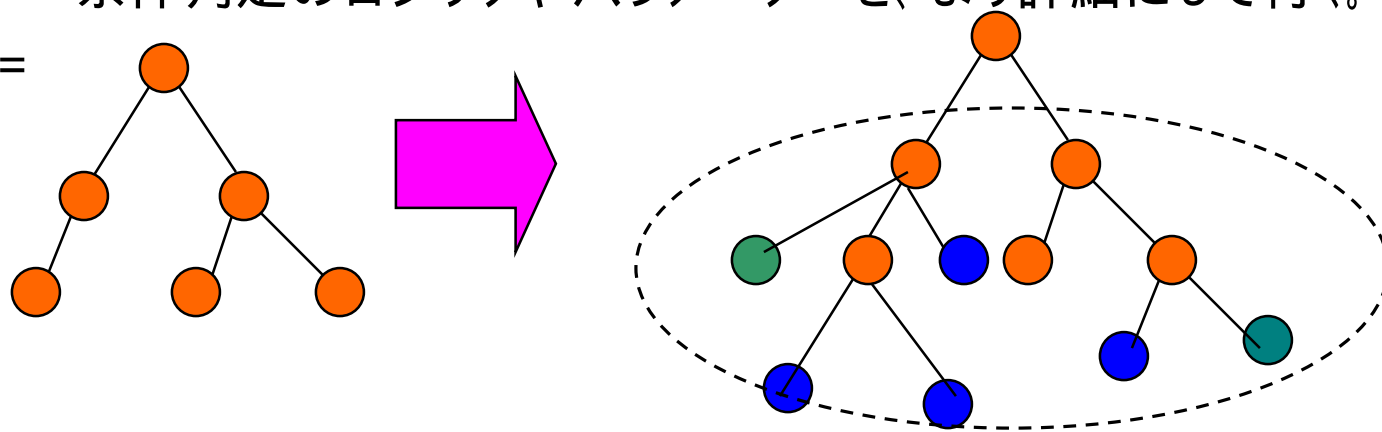
学習



(感覚から世界を再構成している)

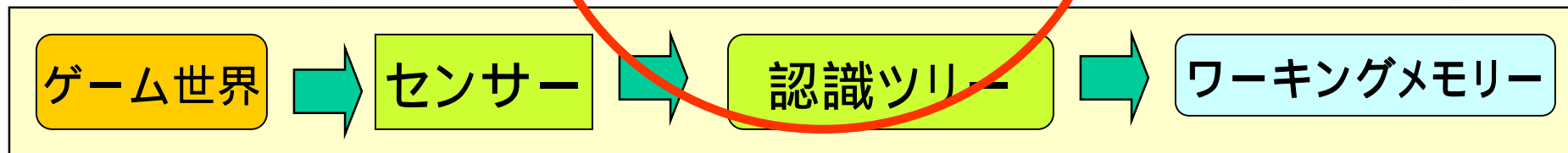
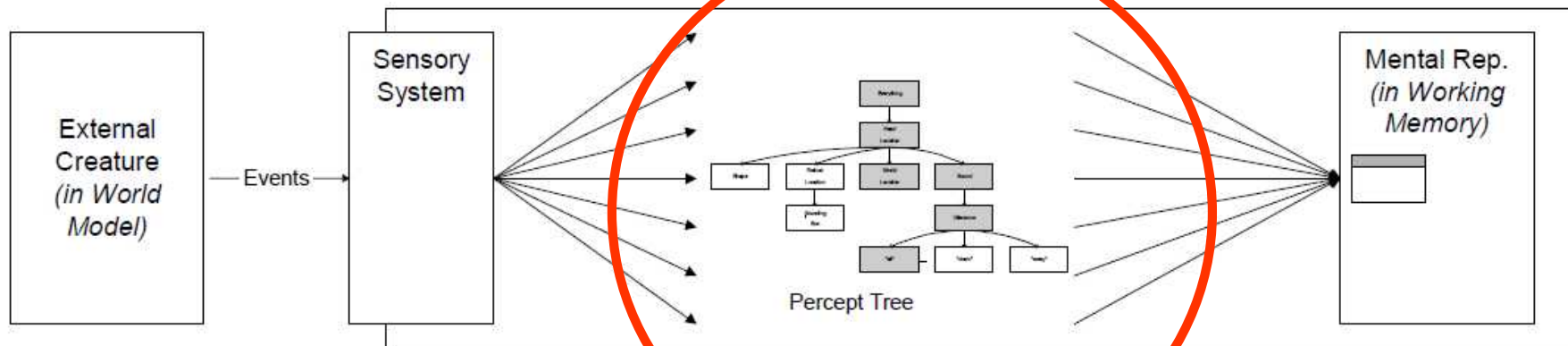
(I) 精緻化 = 条件判定のロジックやパラメーターを、より詳細にして行く。

(II) 発展 =



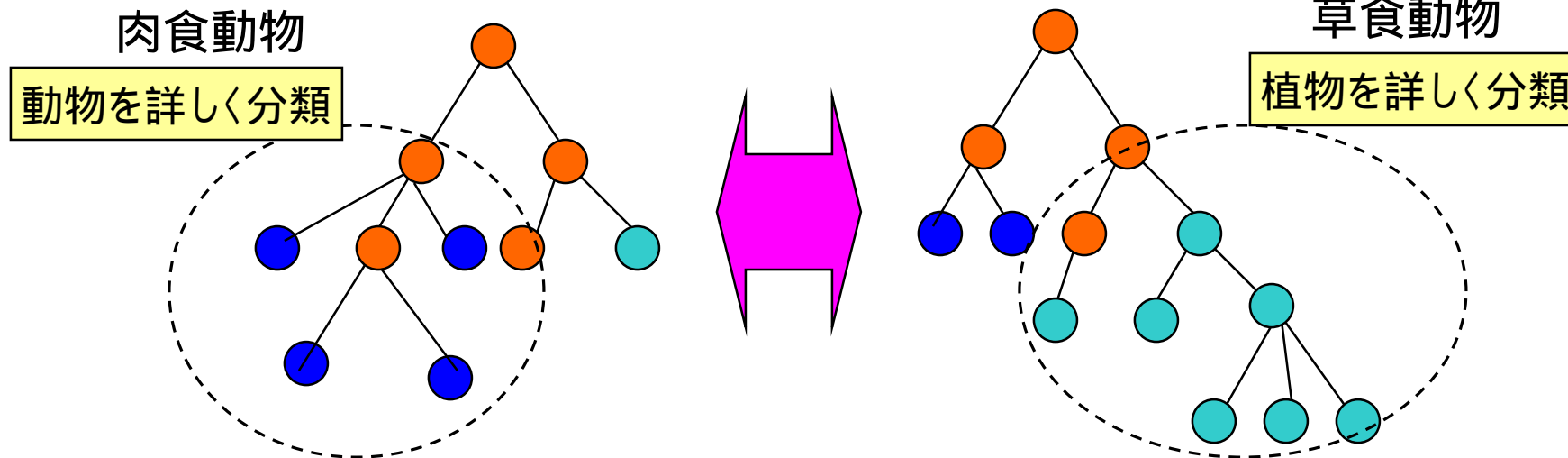
一般的な概念の学習

認識ツリーによって可能になること 個性を付け



(感覚から世界を再構成している)

生物ごとに必要な認識の仕方は違う。



認識ツリーによるNPCの個性化

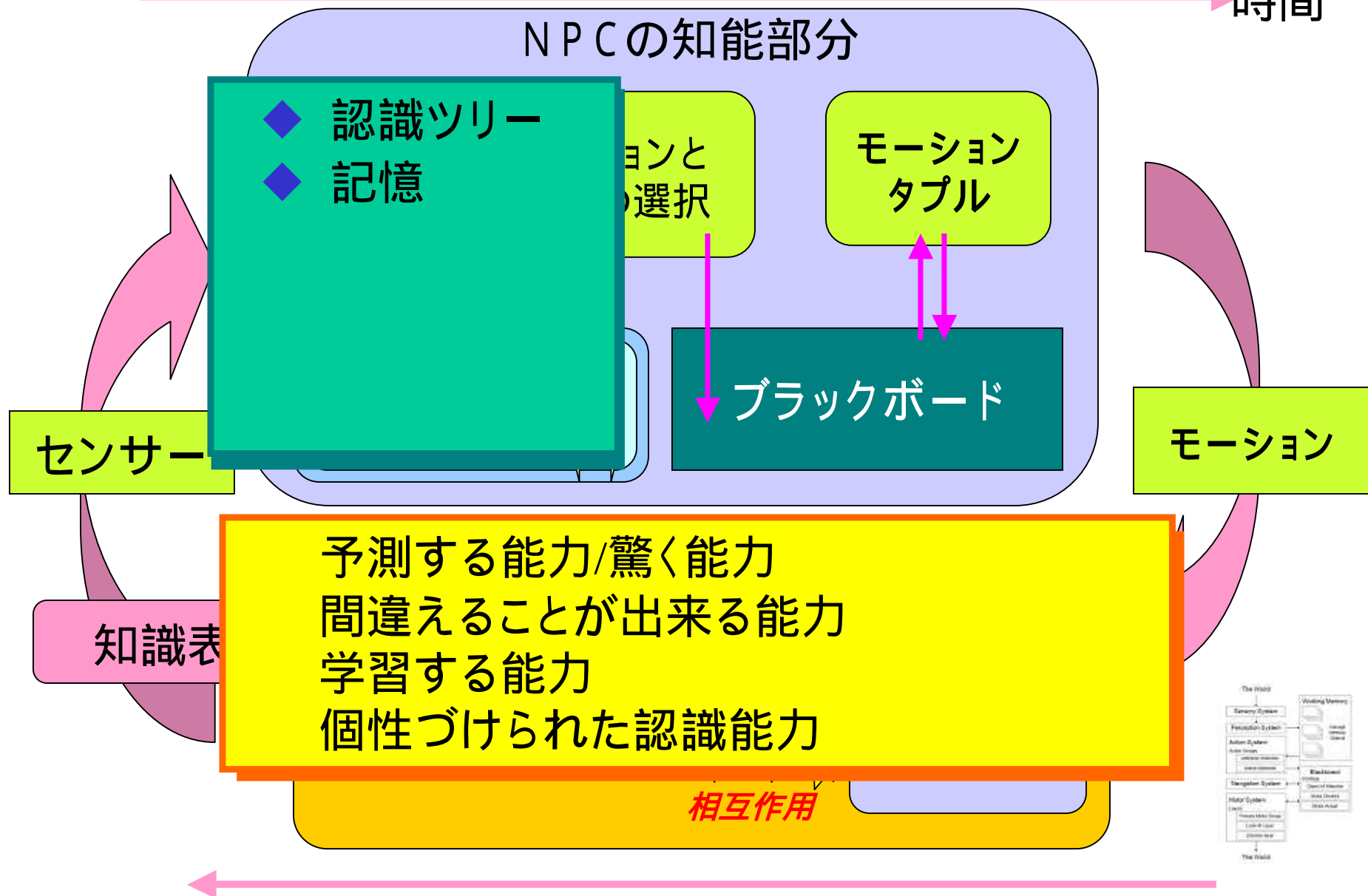
Demo Movie Persistence

バーチャル牧羊犬Duncanは、記憶を持つ。
一体それが、行動にどう現れるか、見てみよう！

<http://web.media.mit.edu/~bruce/whatsnew.html>
(MIT Media Lab Bruce Blumberg's Web Page)

MIT メディアラボ C4 アーキテクチャー

→ 時間



MIT メディアラボ C4 アーキテクチャー

時間

NPCの知能部分

認識ソニー

C4アーキテクチャーのポイント

物事に対する認識過程が知性を特徴づける
= 認識過程の工夫によって、NPCの持つ知性の個性や人間らしさを出すことが出来る。

企画の発想

どこがゲームへ応用できるのか？

プログラマーの発想

どこがゲームへ応用できるのか？

第2部

「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」

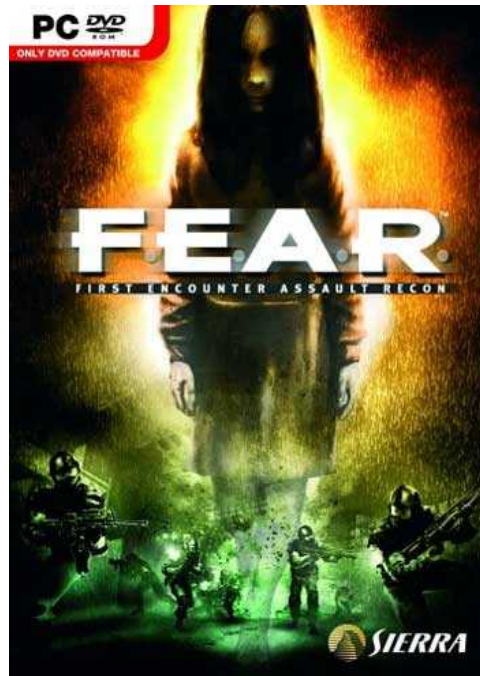
第1章	Killzone	世界表現
第2章	Halo	状況解析
第3章	Halo2	HFSM
第4章	C4 アーキテクチャー	認識ツリー
<u>第5章</u>	<u>F.E.A.R.</u>	<u>(10分)</u>
第6章	Chrome Hounds	(10分)

References for F.E.A.R.

- 論文 Orkin, J. (2006), [3 States & a Plan: The AI of F.E.A.R.](#), Game Developer's Conference Proceedings.
- Jeff Orkin, Applying Goal-Oriented Action Planning to Games, AI Game Programming Wisdom 2, Charles River Media., 217-228, (2003)
- 参考文献(I) Mat Buckland, “Programming Game AI by Example”, Chapter 9, WORDWARE publishing (第9章とそのサンプルコードはゴール指向型プランニングの優れた解説です。教科書をお探しの方は、ゲームAIについて最良の書の一つです。推薦します。)
オライリージャパンより「実例で学ぶゲームAIプログラミング」として翻訳が出版されています。
- 参考文献(II) Jeff Orkin' HP <http://web.media.mit.edu/~jorkin/>
(Jeff Orkin は、米におけるゲームAIにおけるゴール指向型プランニングの推進者の一人。著者のサイトに豊富な情報があります。)
- 参考文献(III) 星野 瑠美子, “F.E.A.R.のAI - 3つの状態とゴール指向プランニングシステム”
http://www.igda.jp/modules/xeblog/?action_xeblog_details=1&blog_id=62
(IGDA Japan サイト内、GDC2006講演の紹介)

Figures on following pages are from these references.

F.E.A.R



内容:閉鎖空間の中のホラーFPS

開発元: Monolith Production

出版: SIERRA

Hardware: Windows, PS3

出版年: 2004年

FPSとホラーを、映画的な演出によって結びつけたエポックメイキングな名作。
長年発展させて来たAI技術の本領が発揮され、開発者、プレイヤーから高い支持を集める。

F.E.A.R NPCの課題

何をすべきか、を自分で見つける。

見つけた目的を、如何にすべきか、を自分で考える。

(C4アーキテクチャー + ゴール指向プランニング)



ラット

動き回るが攻撃しない。



アサシン

壁や天井を這う



人間

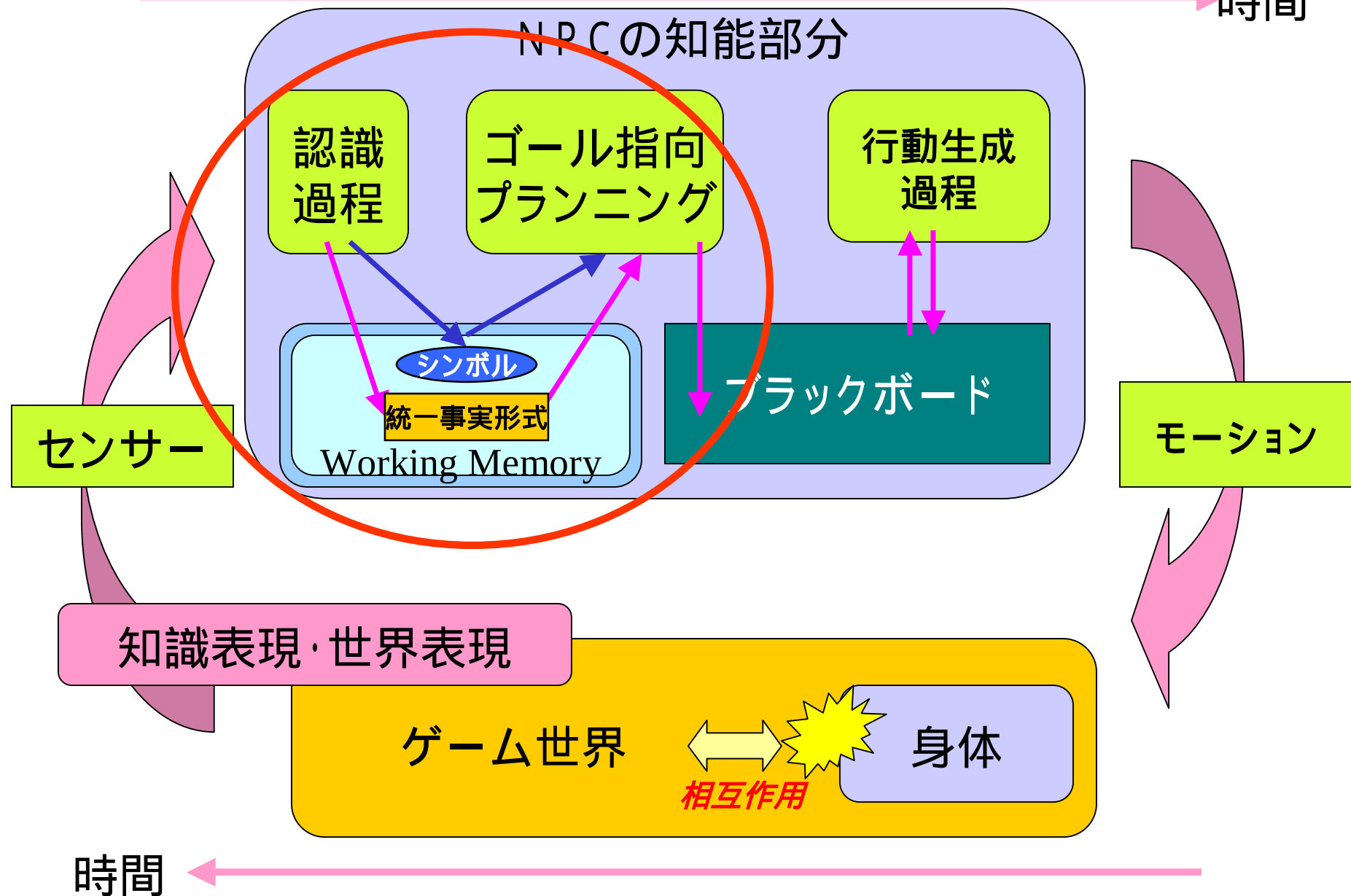
普通の人間。

敵

学術的な成果(C4アーキテクチャー)を、
どう実際のゲームに応用しているか見てみよう！

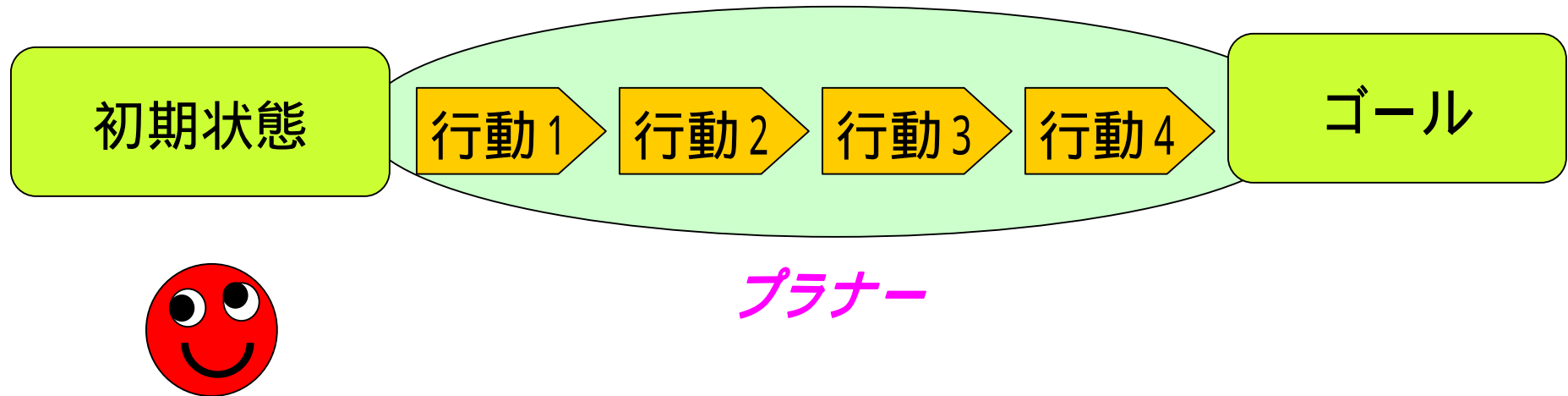
F.E.A.R NPCのAIのアーキテクチャー

時間 →



プランニングとは？

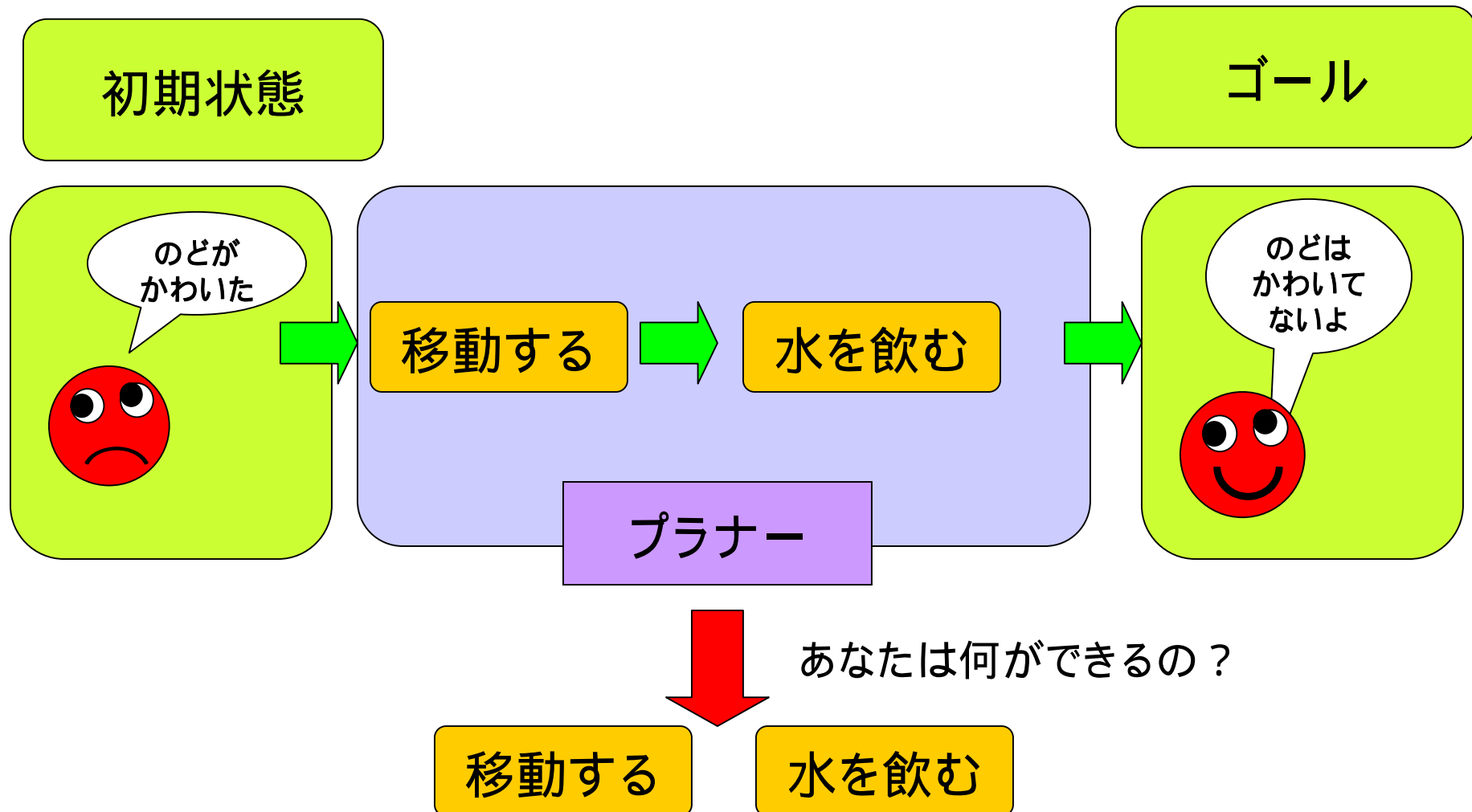
プランニングとは？



基本概念： 初期状態 ゴール プランナー

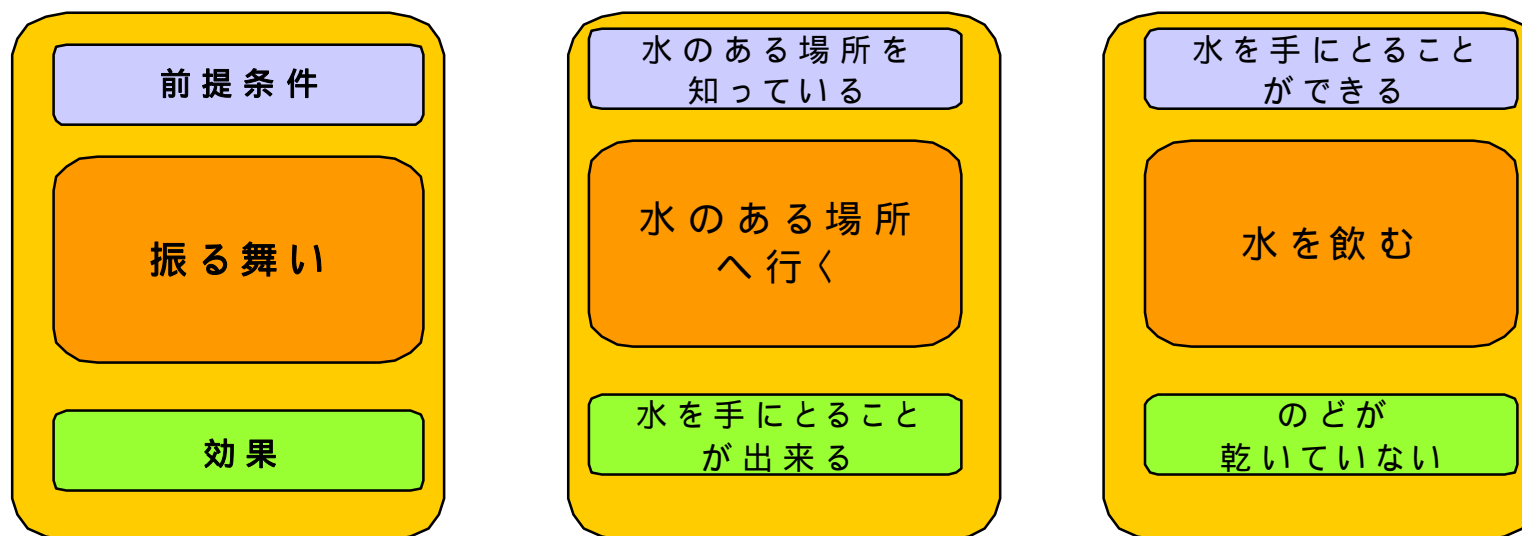
アクションプランニングの例

行動(アクション)によるプランニング = アクションプランニング



連鎖による方法

プランニングにおける行動の表現

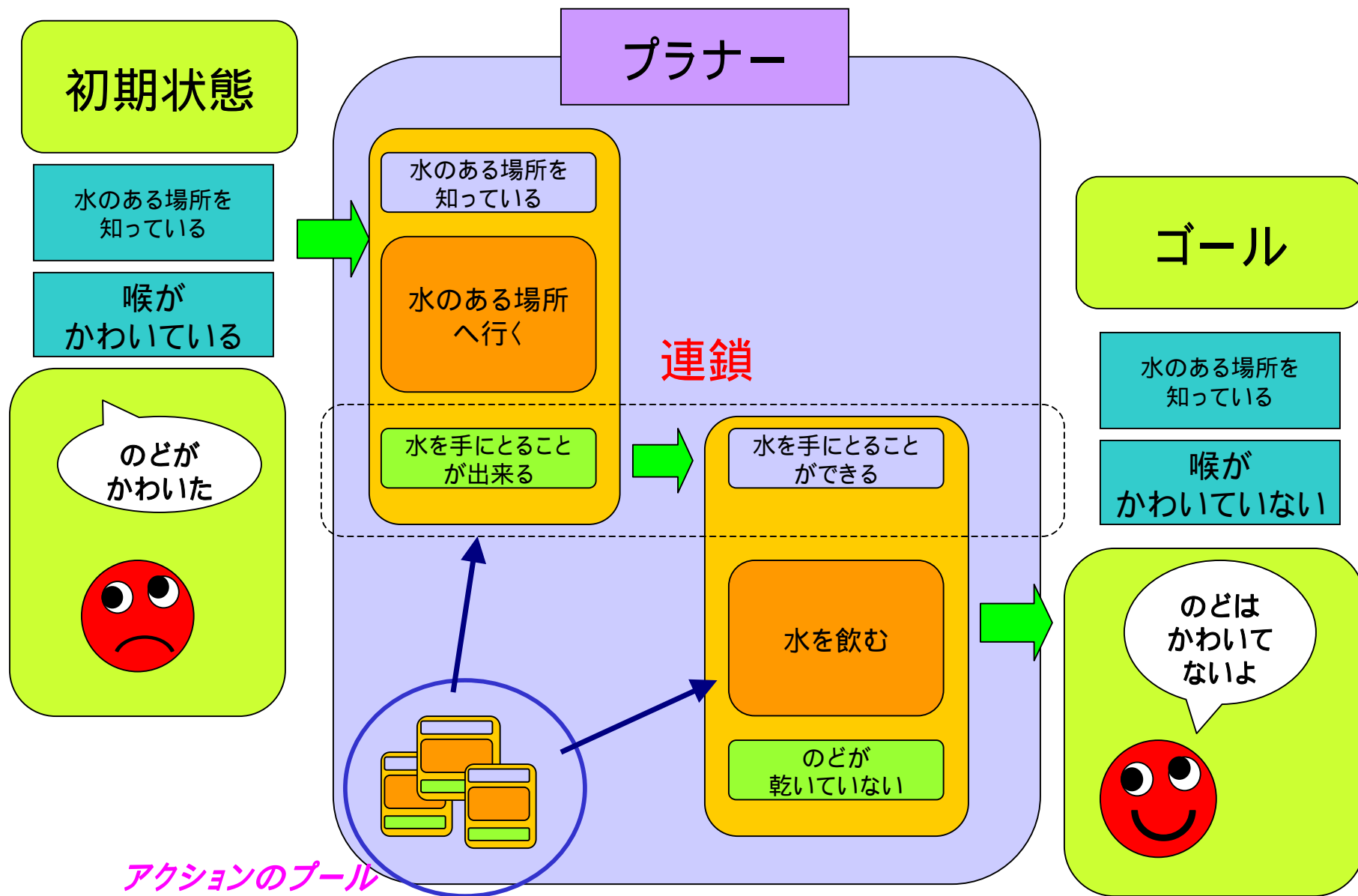


前提条件 = その行動を実行するために必要な条件
効果 = その行動を起こしたことによる効果

F.E.A.Rでは、前提条件、効果をシンボルで記述する。

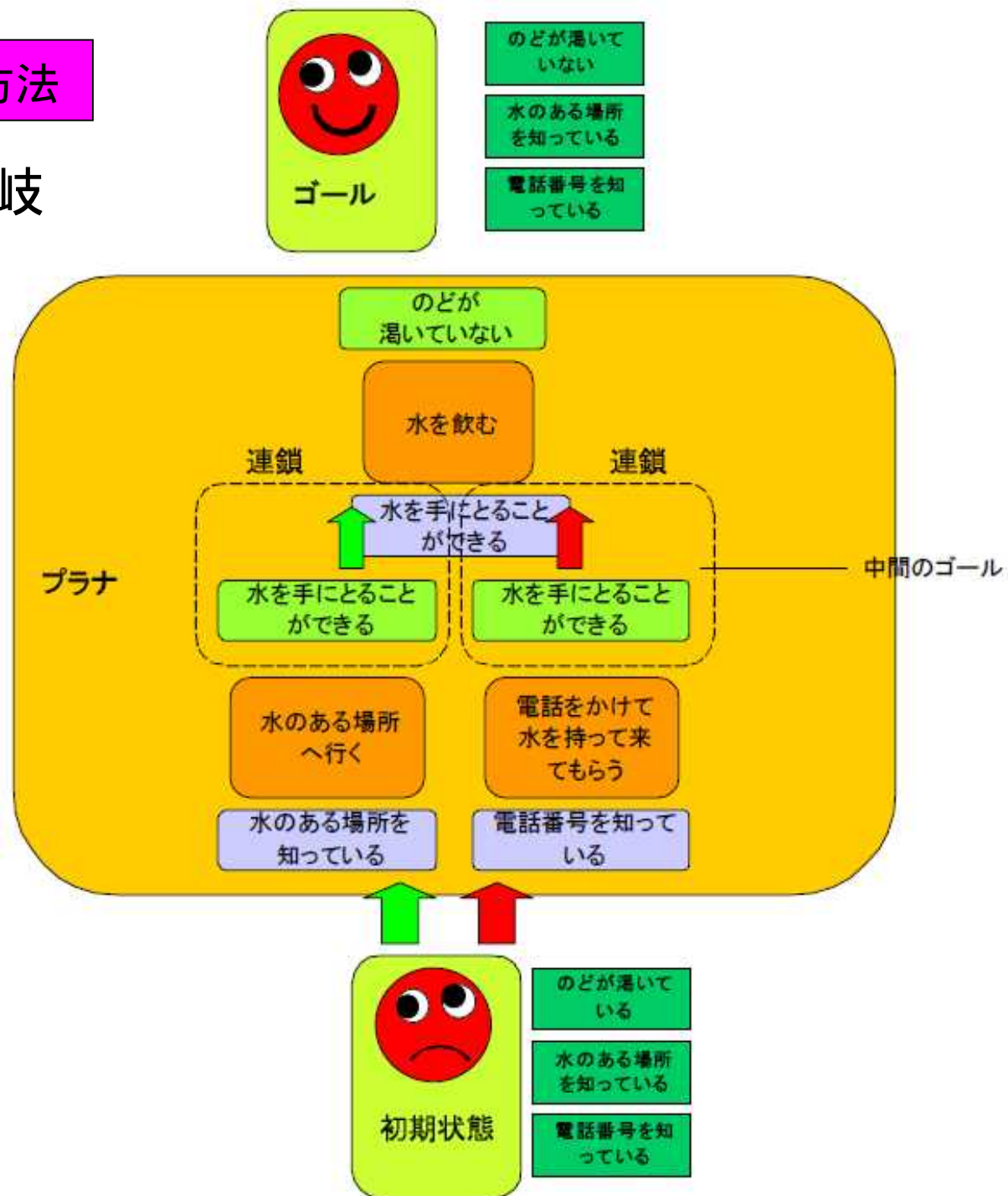
連鎖による方法

連鎖によるプランニング

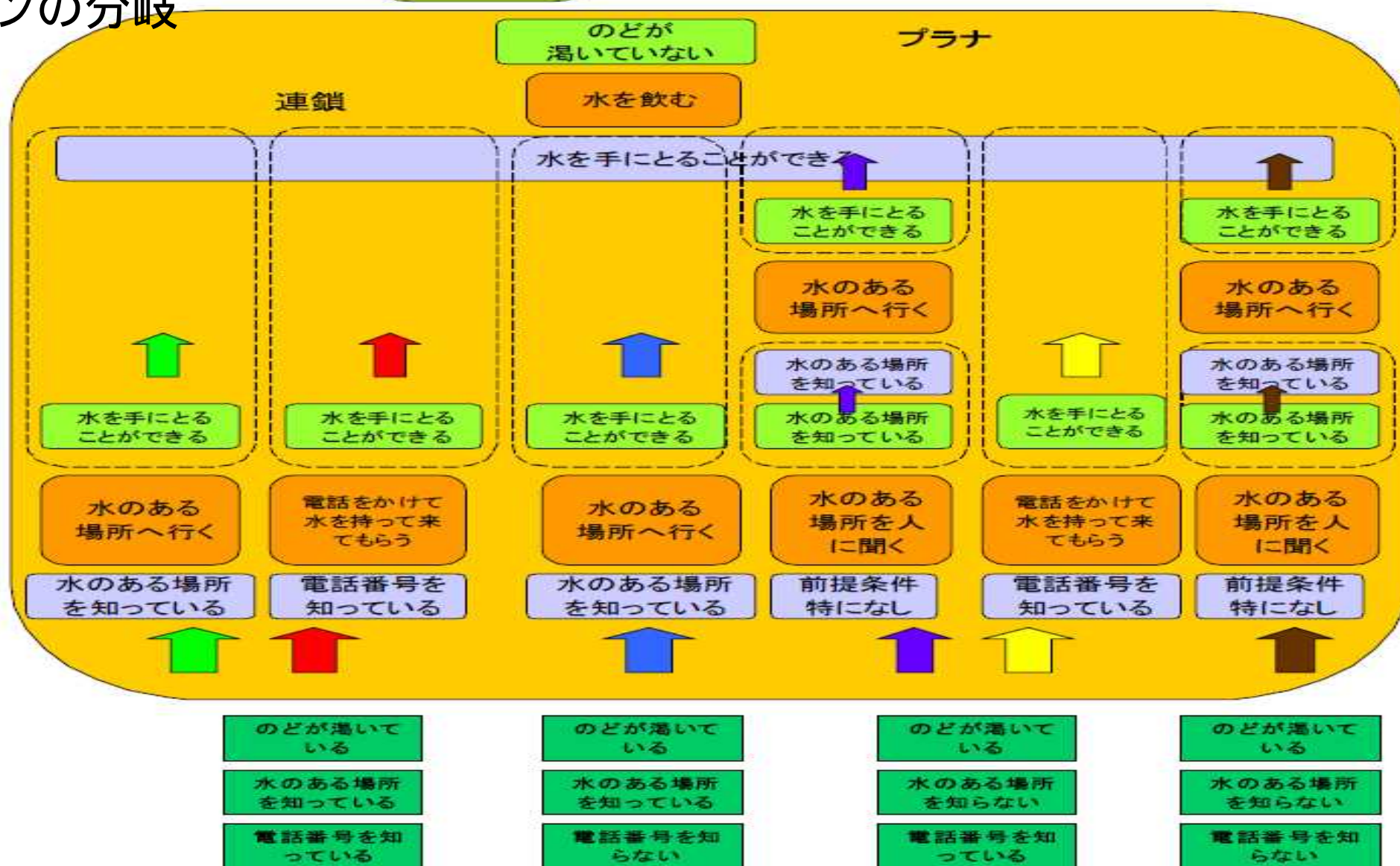
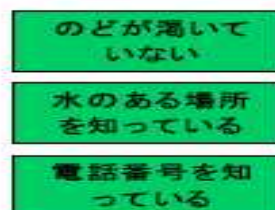


連鎖による方法

プランの分岐



条件による Nの分岐



プランニング説明終了

F.E.A.Rのプランニング シンボル

kTargetIsDead = true
この兵士Aは死んだ

kTargetAtme = true
この兵士Bは自分を狙っている

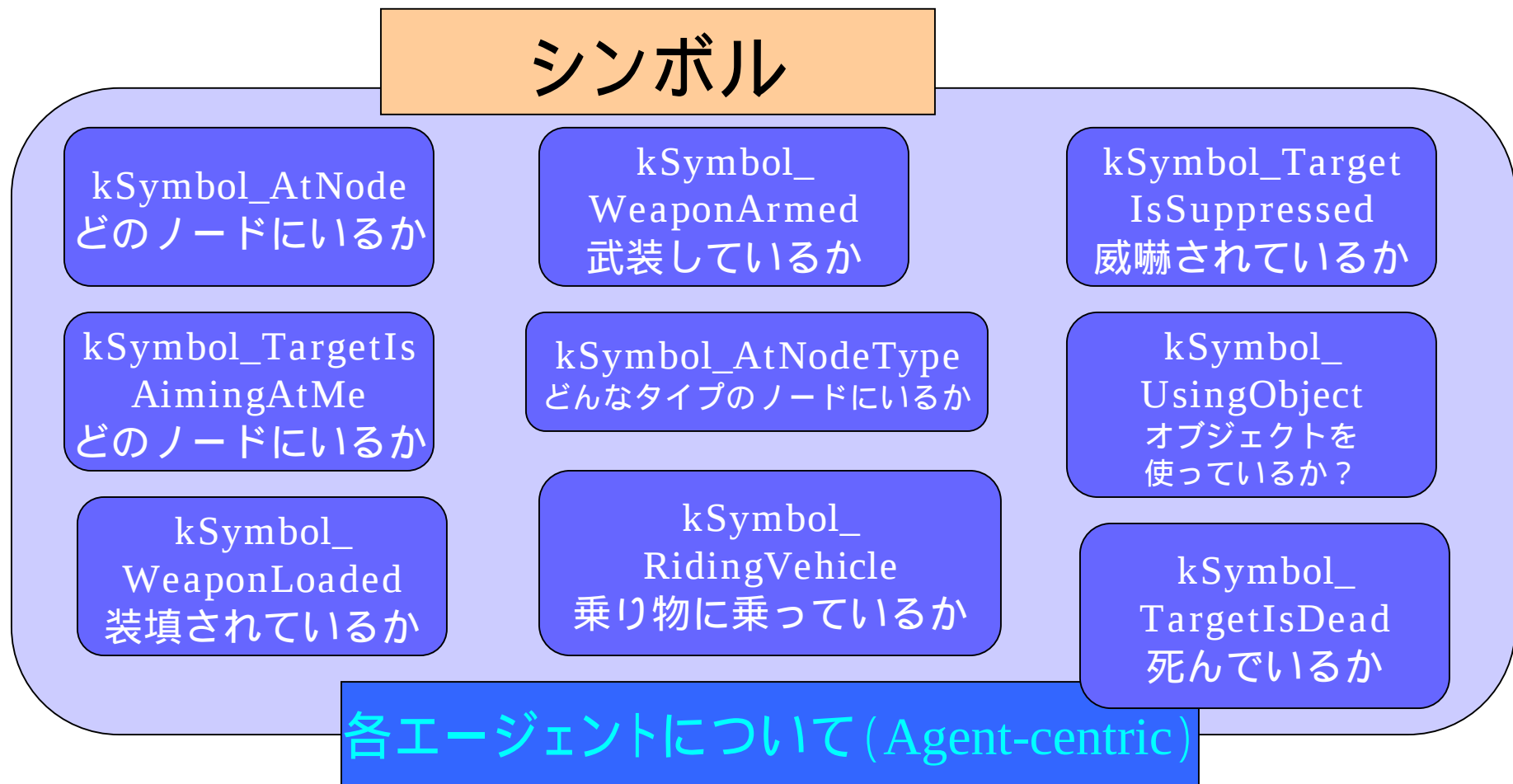


kWeaponIsLoaded = false
私Cの武器は装填済みでない

F.E.A.Rのプランニング シンボル

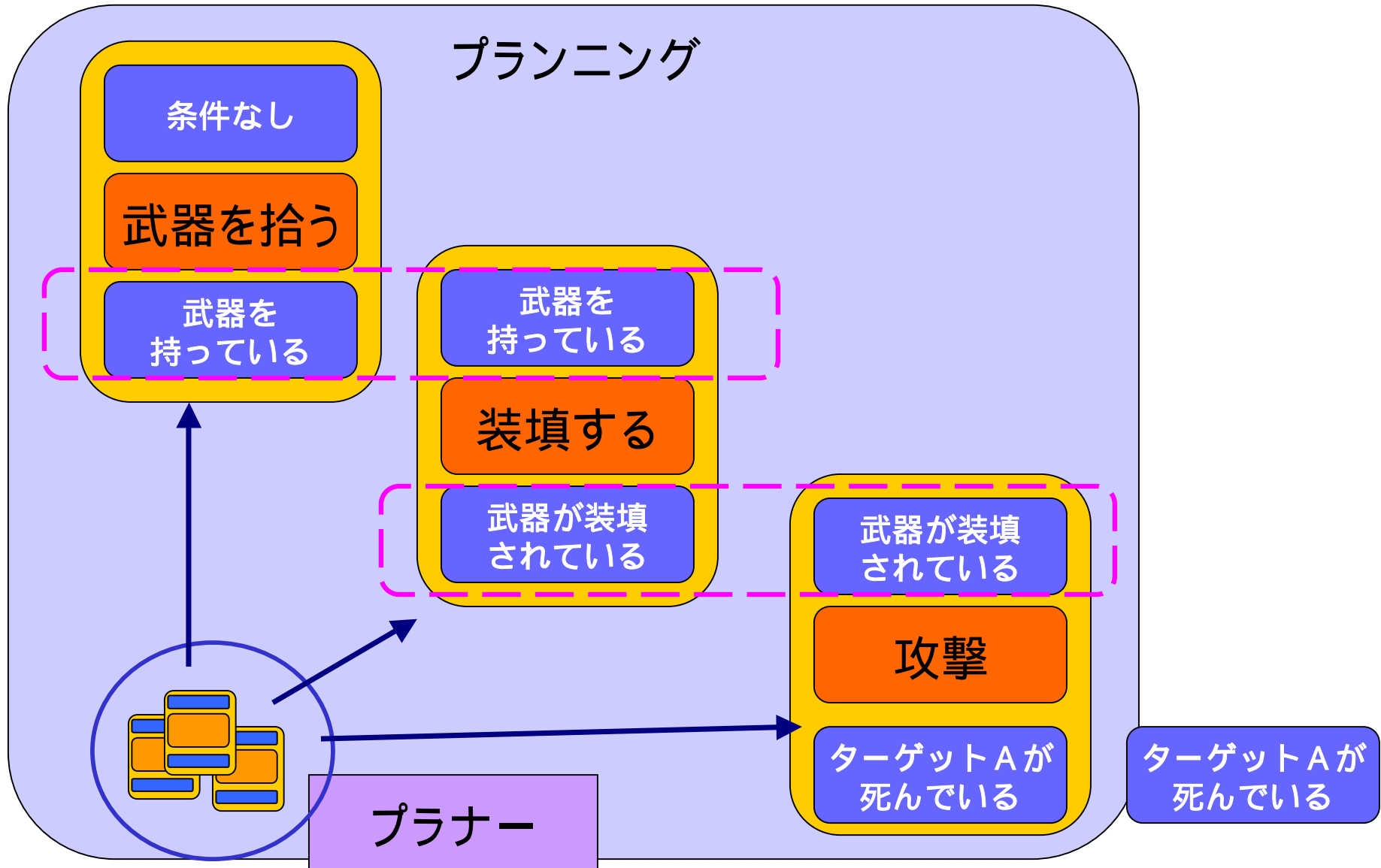
エージェントの認識する世界をもっとシンプルに表現したい

→ 20個のシンボルで世界を集約して表現する



このシンボルをプランニングへ

F.E.A.R.のプランニング シンボルによる連鎖プランニング

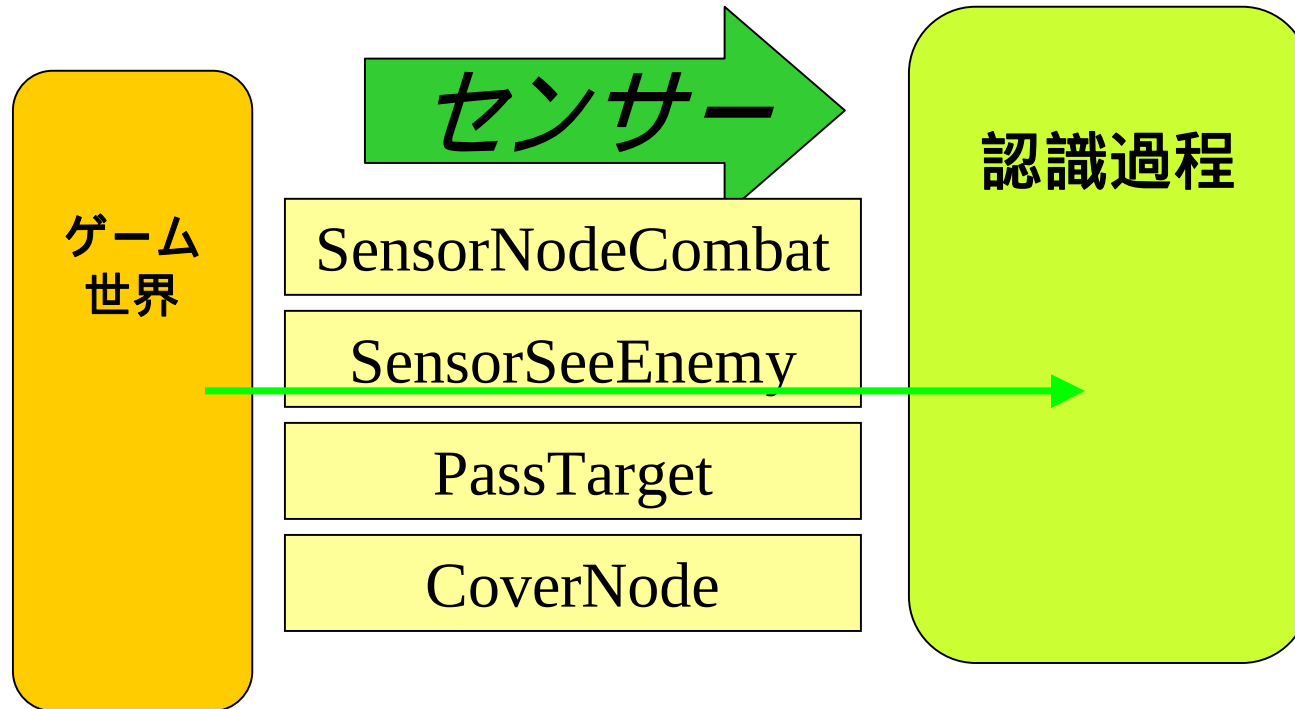


プランニング



F.E.A.R のNPCのセンサー

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

SensorNodeCombat 隠れる、或いは、隠れながら攻撃できる場所を探す。

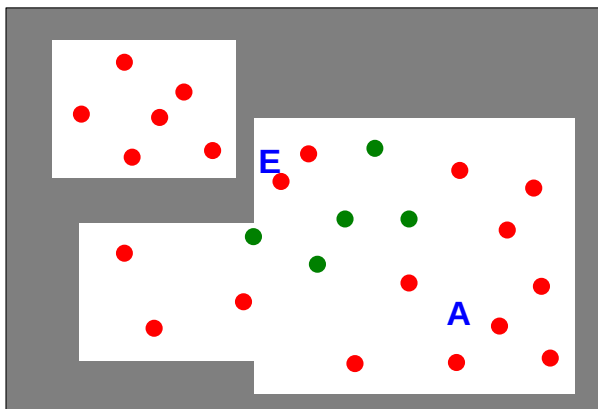
SensorSeeEnemy 敵が見えるかチェック

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

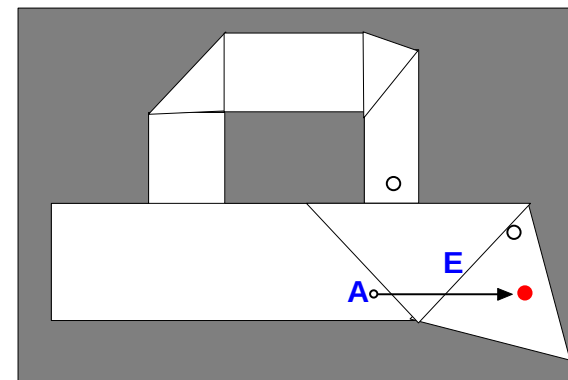
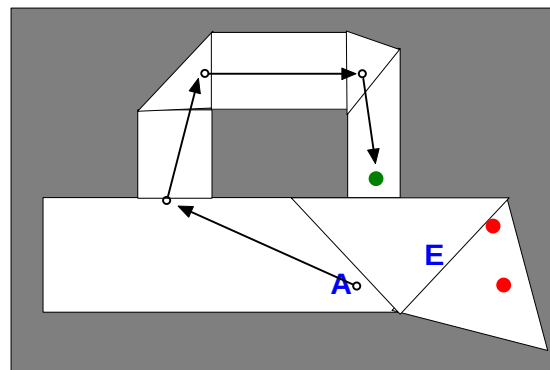
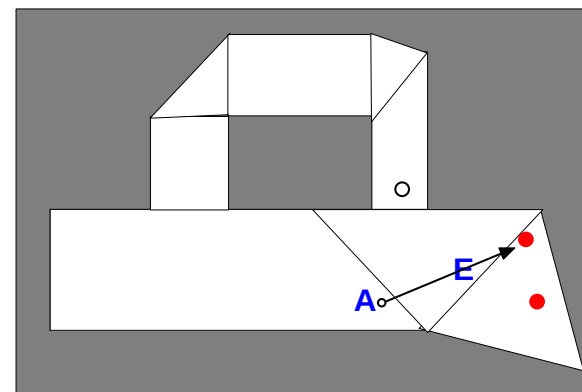
F.E.A.R のCOMの感覚(センサー)

CoverNode



1秒に3回アップデート

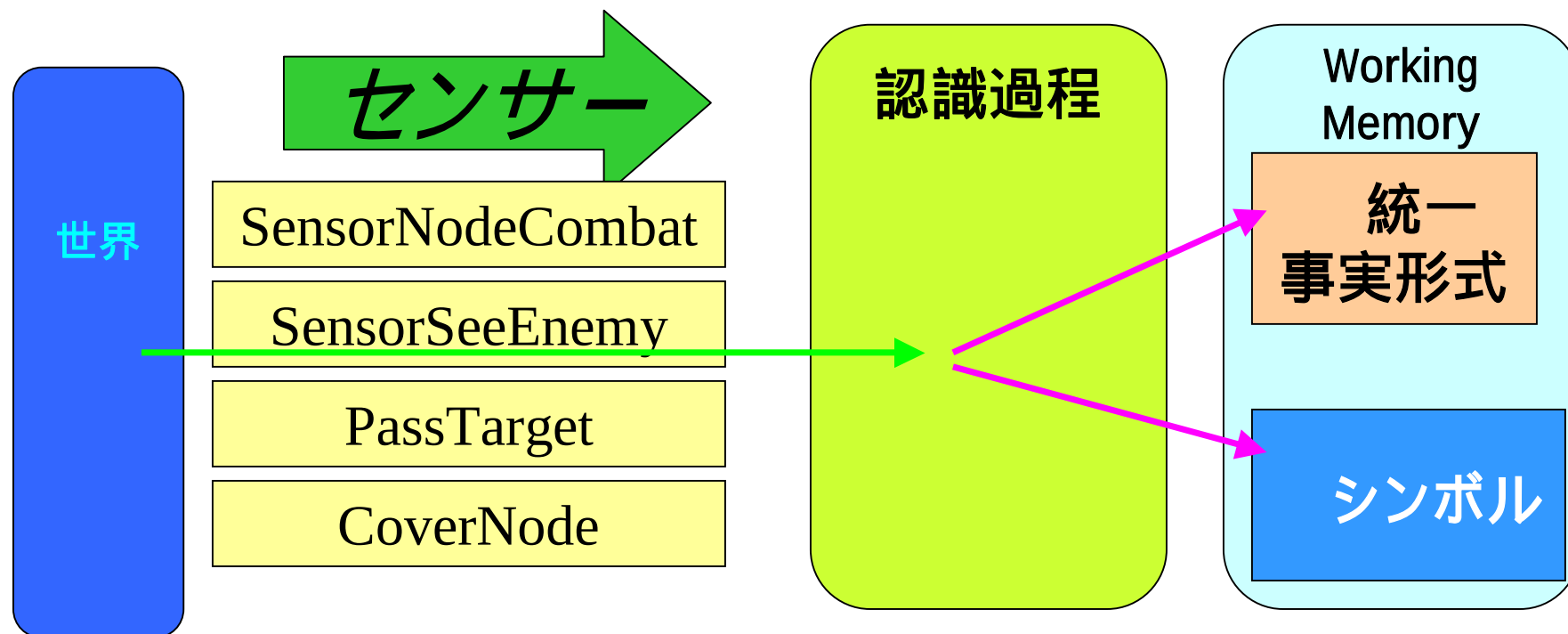
PassTarget



戦術ポイントまでの安全なパスを探す

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

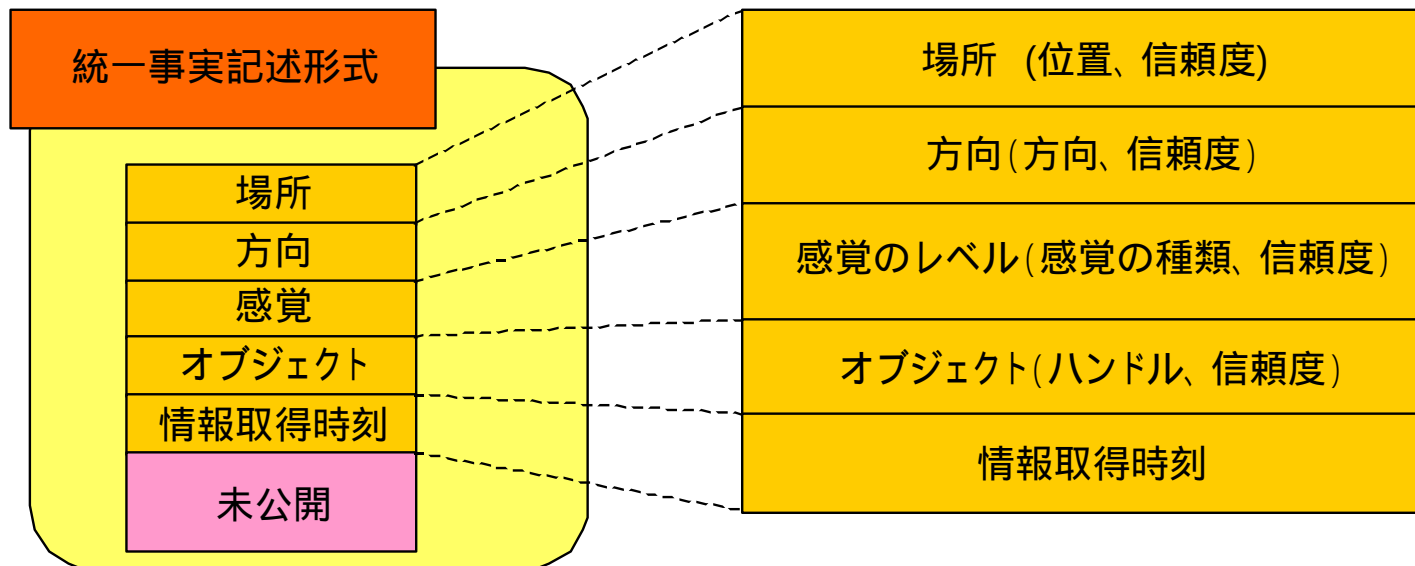
事件

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。



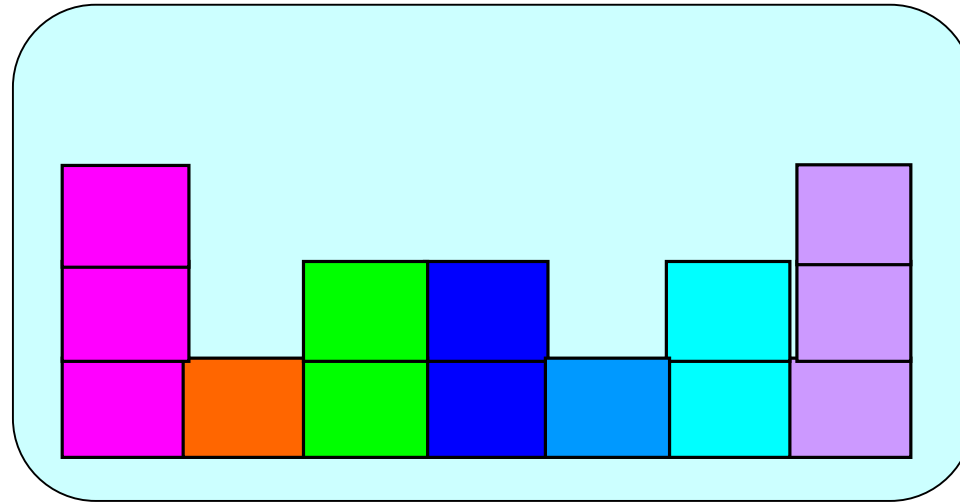
全部で本当は16個の属性がある

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

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

統一事実記述形式

記憶領域に認識した事実をWorking Memoryへ蓄積する

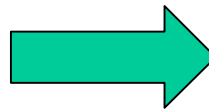


Working Memory

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

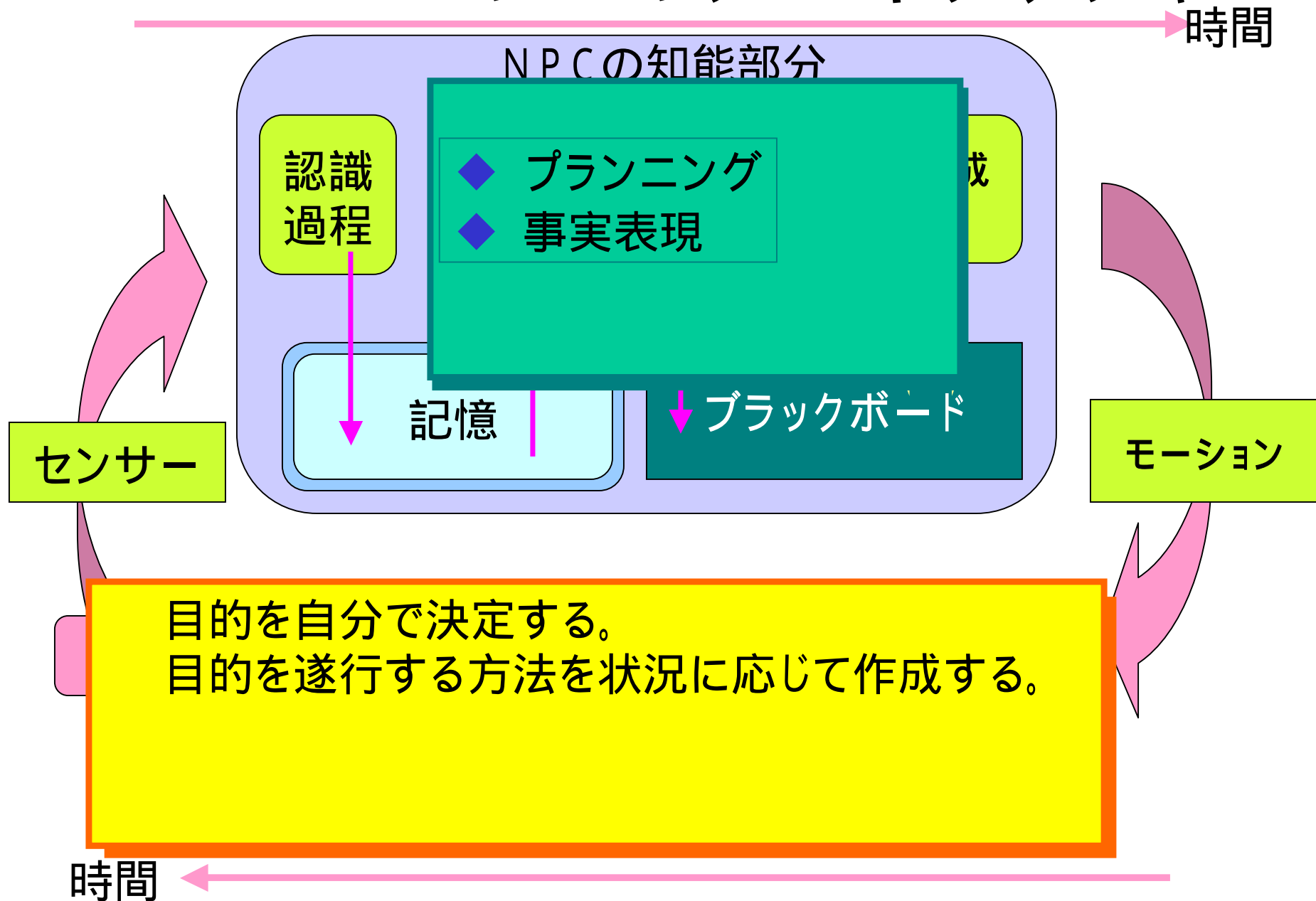


ターゲットを決める

Blackboard

ターゲットはAにする

F.E.A.R NPCのAIのアーキテクチャー



F.E.A.R NPCのAIのアーキテクチャー

時間 →

NPCの智能部分

認識

◆ プランニング

実行

F.E.A.R.のポイント

C4 アーキテクチャーの基本の上にプランニング技術を組み込む
= 状況を認識して、目的を選択して計画を立てるAI

企画の発想

単一の行動でなく、一つなぎの行動のシーケンスを
指定できる時代になったのだ(これからのAI)

プログラマーの発想

プランニングの実装技術を身につける(これからのゲームAIの最大の武器)。

← 時間

第2部

「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」

第1章	Killzone	世界表現
第2章	Halo	状況解析
第3章	Halo2	HFSM
第4章	C4 アーキテクチャー	認識ツリー
第5章	F.E.A.R.	連鎖プランニング
<u>第6章</u>	<u>Chrome Hounds</u>	<u>(10分)</u>

ChromeHounds



内容: オンライン上でロボットチーム対戦

開発元: FromSoftware

出版: SEGA

Hardware: Xbox360

出版年: 2006年

リアルな戦場で、ロボットからなるチーム同士で戦うネットワークゲーム。
オンライン上で、プレイヤーチームと、AIチームとの対戦が可能。

References for ChromeHounds

- (1) 三宅陽一郎,「人工知能が拓くオンラインゲームの可能性」
AOGC2007, <http://www.bba.or.jp/AOGC2007/2007/03/download.html>

IGDA日本のHPの「ダウンロード」
<http://www.igda.jp/modules/mydownloads/>

より

- (2) 三宅陽一郎,ゲームAI連続セミナー「ゲームAIを読み解く」第3回
補足資料,「クロムハウন্ズにおける人工知能開発から見るゲームAIの展望」(CEDEC2006 発表資料)
- (3) 三宅陽一郎,ゲームAI連続セミナー「ゲームAIを読み解く」第2回
資料

ChromeHounds NPCの課題

人間の代わりに、
プレイヤーチームと戦う COM のチームを作る。

(マルチエージェント)



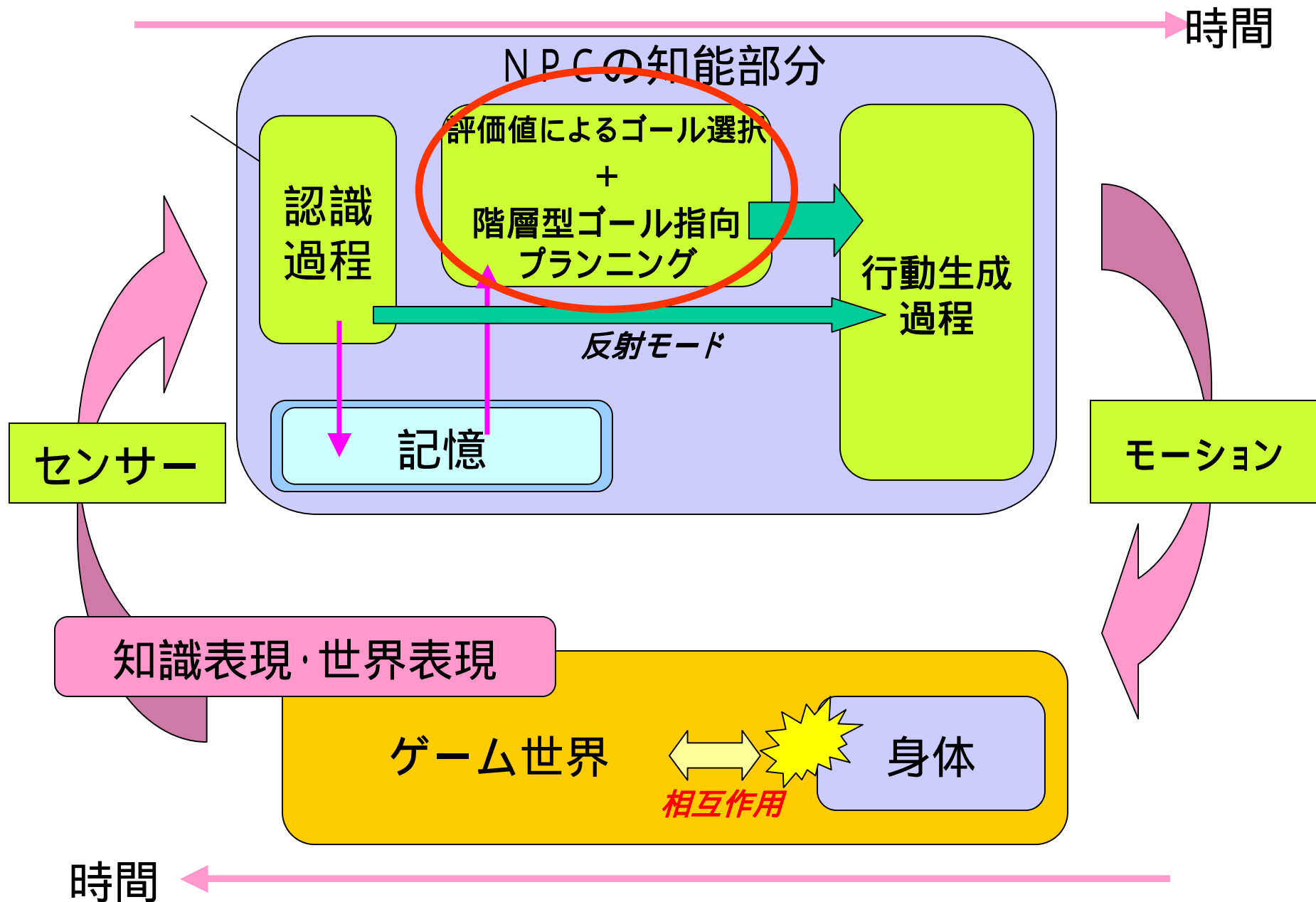
プレイヤーチーム(最大6名)



AIチーム(最大6名)

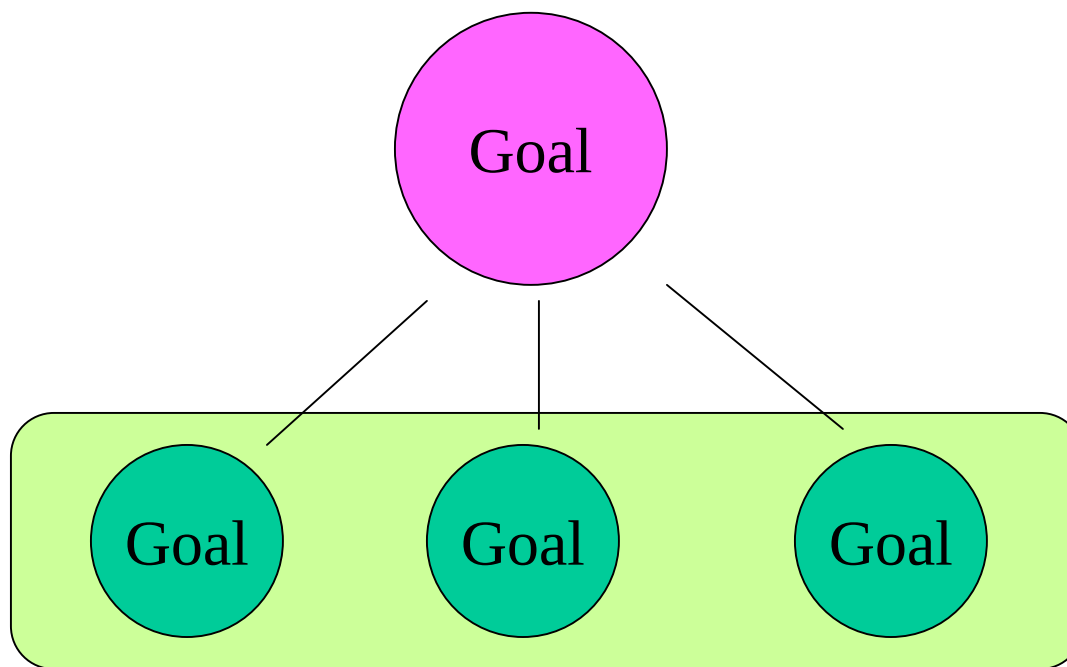


ChromeHounds NPCのAIのアーキテクチャー

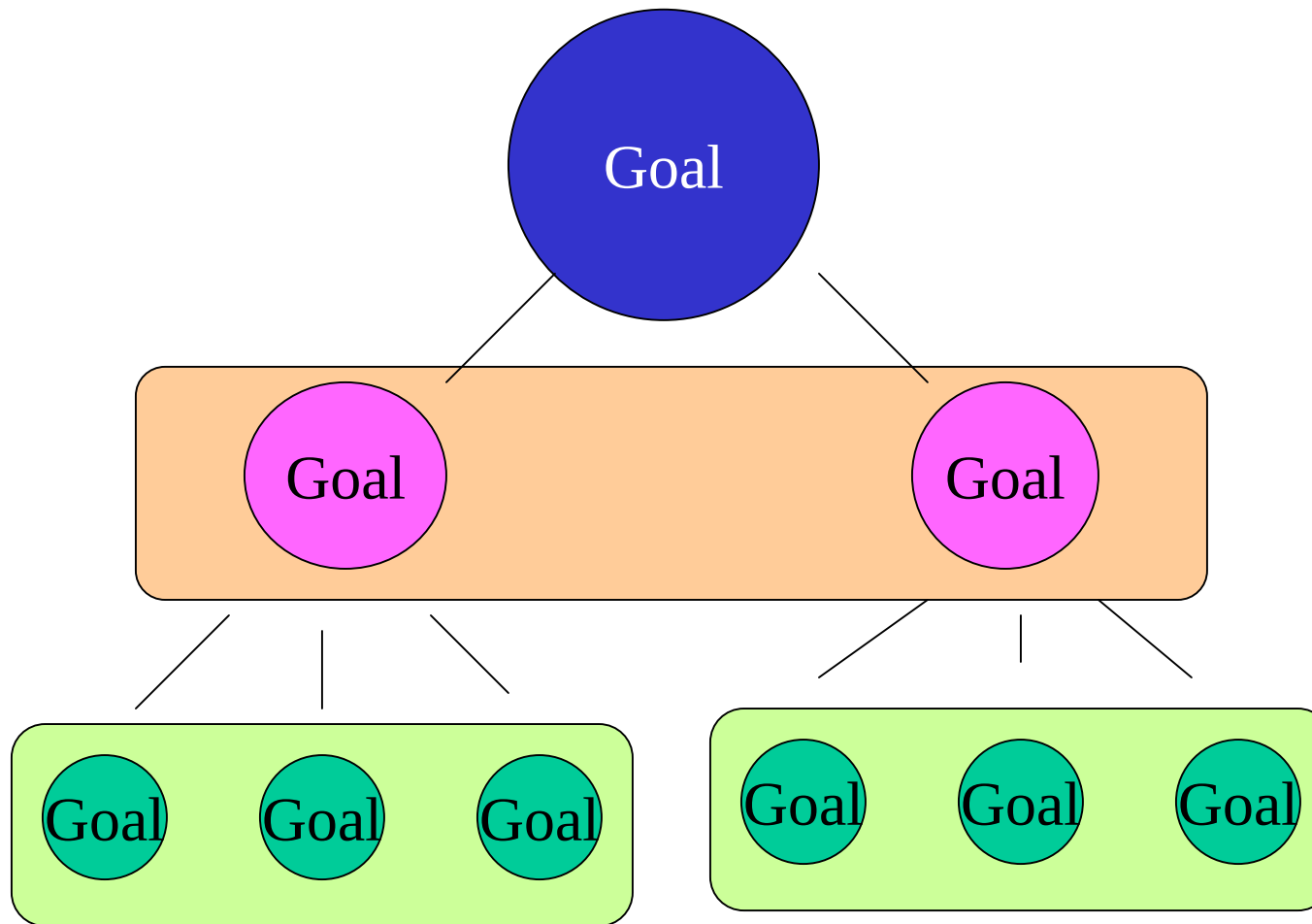


階層型ゴール指向プランニングとは？

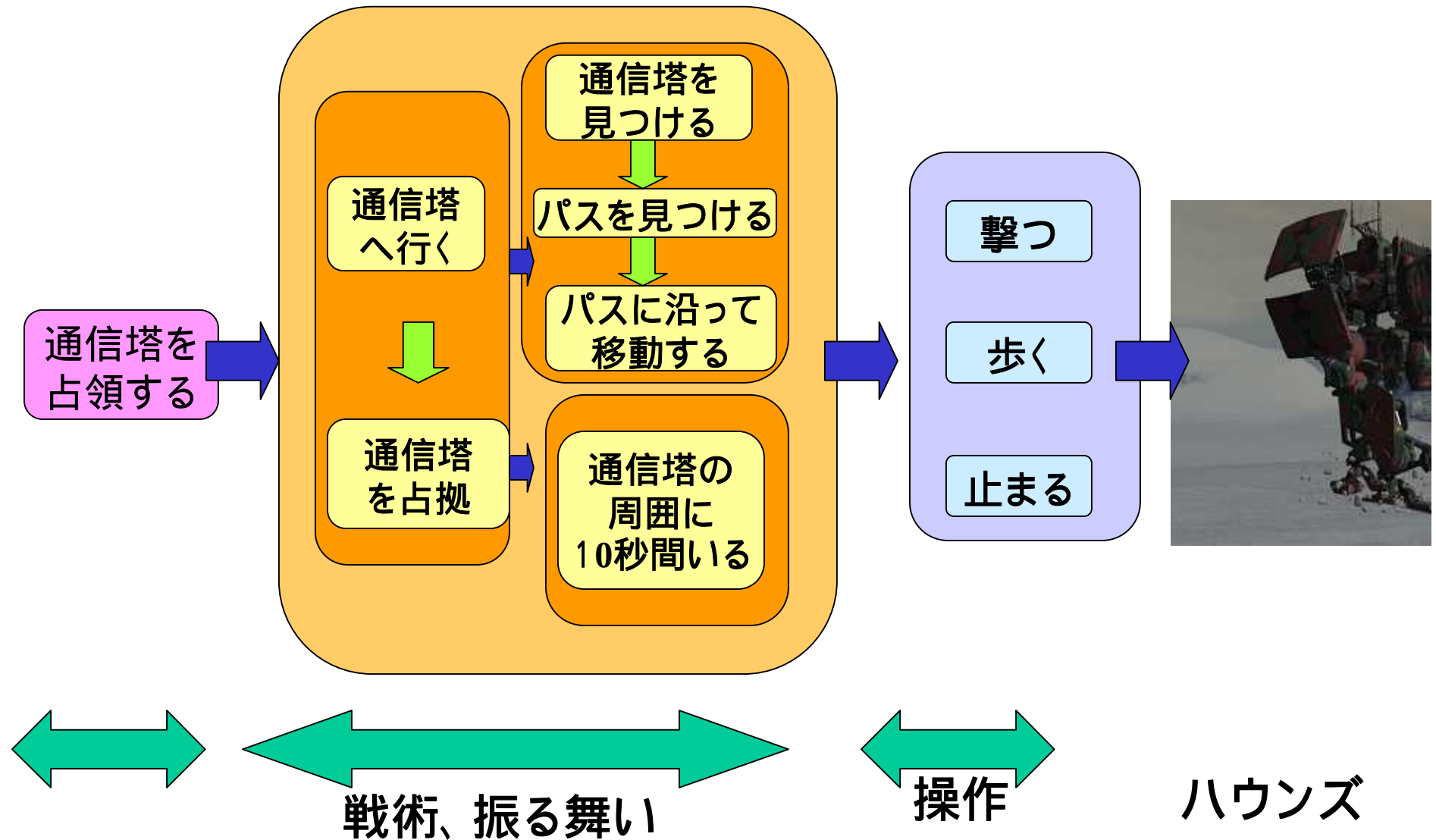
一つのゴールはより小さなゴールから組み立てられる



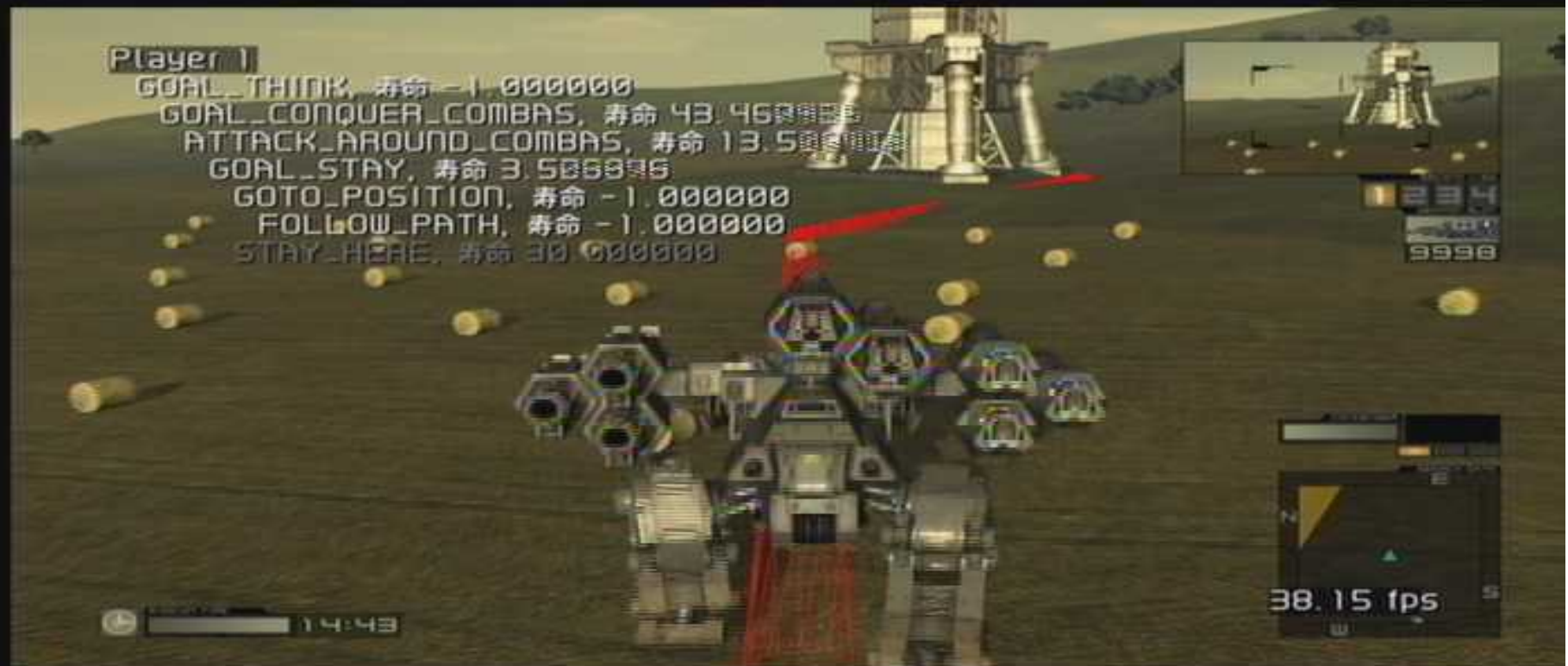
ゴールはより小さなゴールから組み立てられる



クロムハウنزにおける ゴール指向型プランニング



ゴール指向プランニングによって 通信塔を占拠するデモ



左上は階層型プランニングのゴール表示

クロムハウنز ゴール総合図

状況に応じて、戦略を選ぶ知能が必要

ゴールを選択する意思決定機構

戦略層

選択

敵を叩く

通信塔
占拠

味方を
守る

本拠地
防衛

敵本拠地
破壊

味方を
助ける

巡回
する

敵基地
偵察

複数のゴール

戦術層

パスを
たどる

近付く

攻撃
する

ある地点へ
行く

合流
する

巡回
する

逃げる

振る舞い層

2点間を
移動

歩く、一度
止まる、歩く

静止
する

後退
する

前進
する

敵側面
へ移動

操作層

歩く

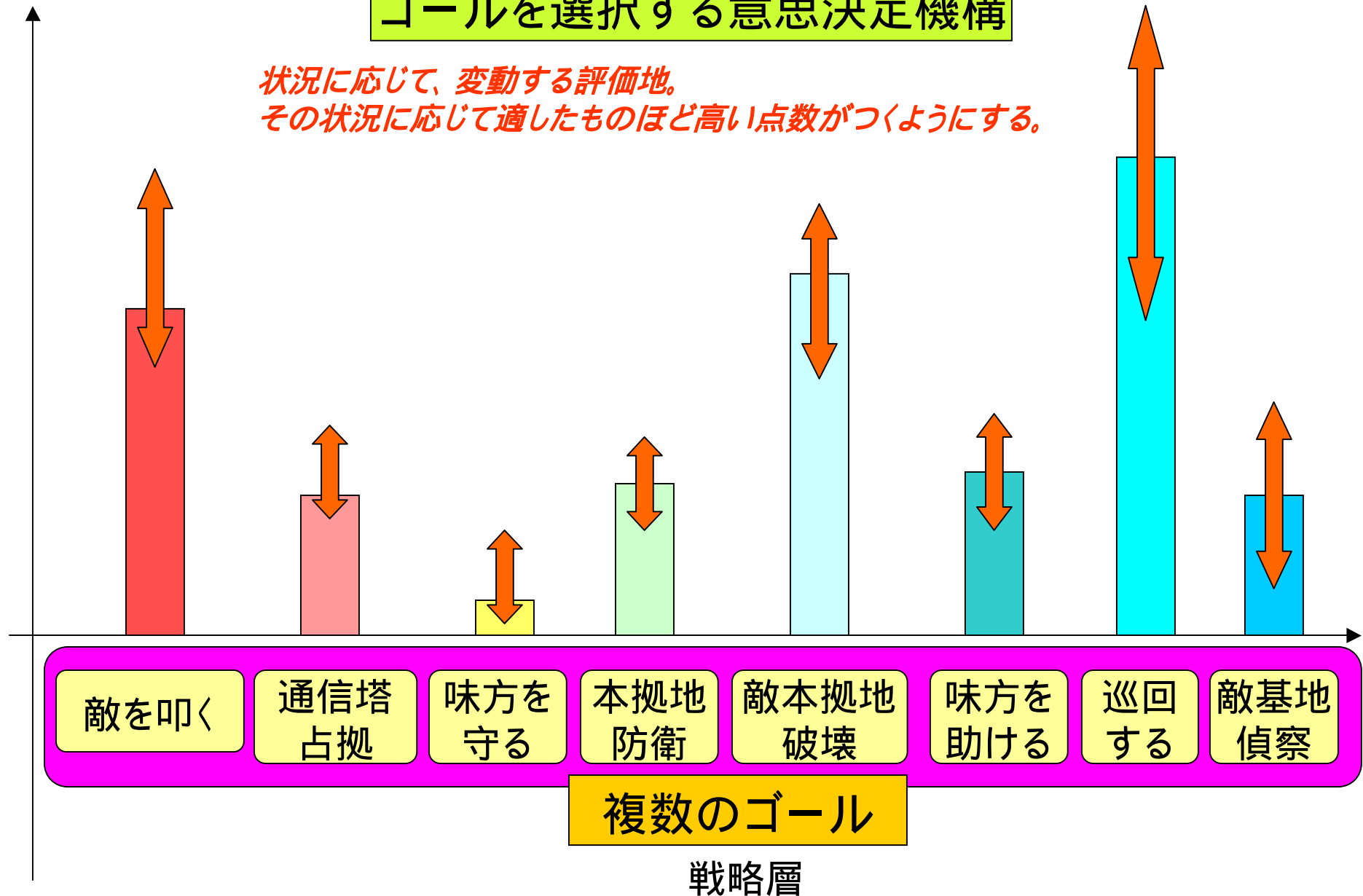
撃つ

止まる

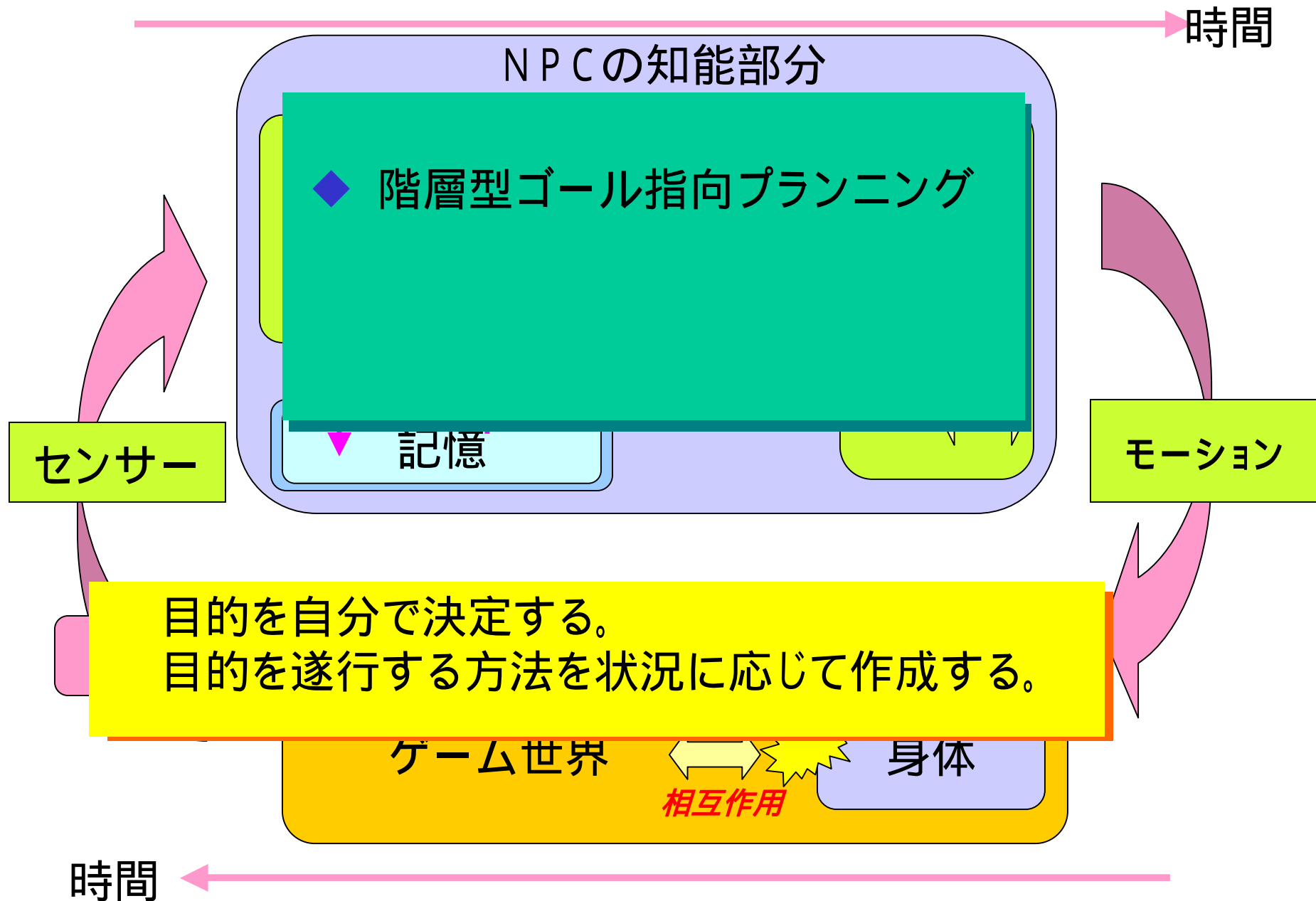
クロムハウズ 状況により変動する評価値のイメージ

ゴールを選択する意思決定機構

状況に応じて、変動する評価地。
その状況に応じて適したものほど高い点数がつくようにする。



ChromeHounds NPCのAIのアーキテクチャー



ChromeHounds NPCのAIのアーキテクチャー

時間 →

NPCの知能部分

クロムハウন্ズのポイント

階層型ゴール指向プランニングによって、
戦略的に行動できるAIを作り上げた
= 長い時間を知的に支配するAIを作ることが出来た。

企画の発想

抽象的な目標を具体的に解決できるAIを作ることができる。

プログラマーの発想

プランニングの技術を試行錯誤しながら身につけよう！(応用の幅が広い)

← 時間

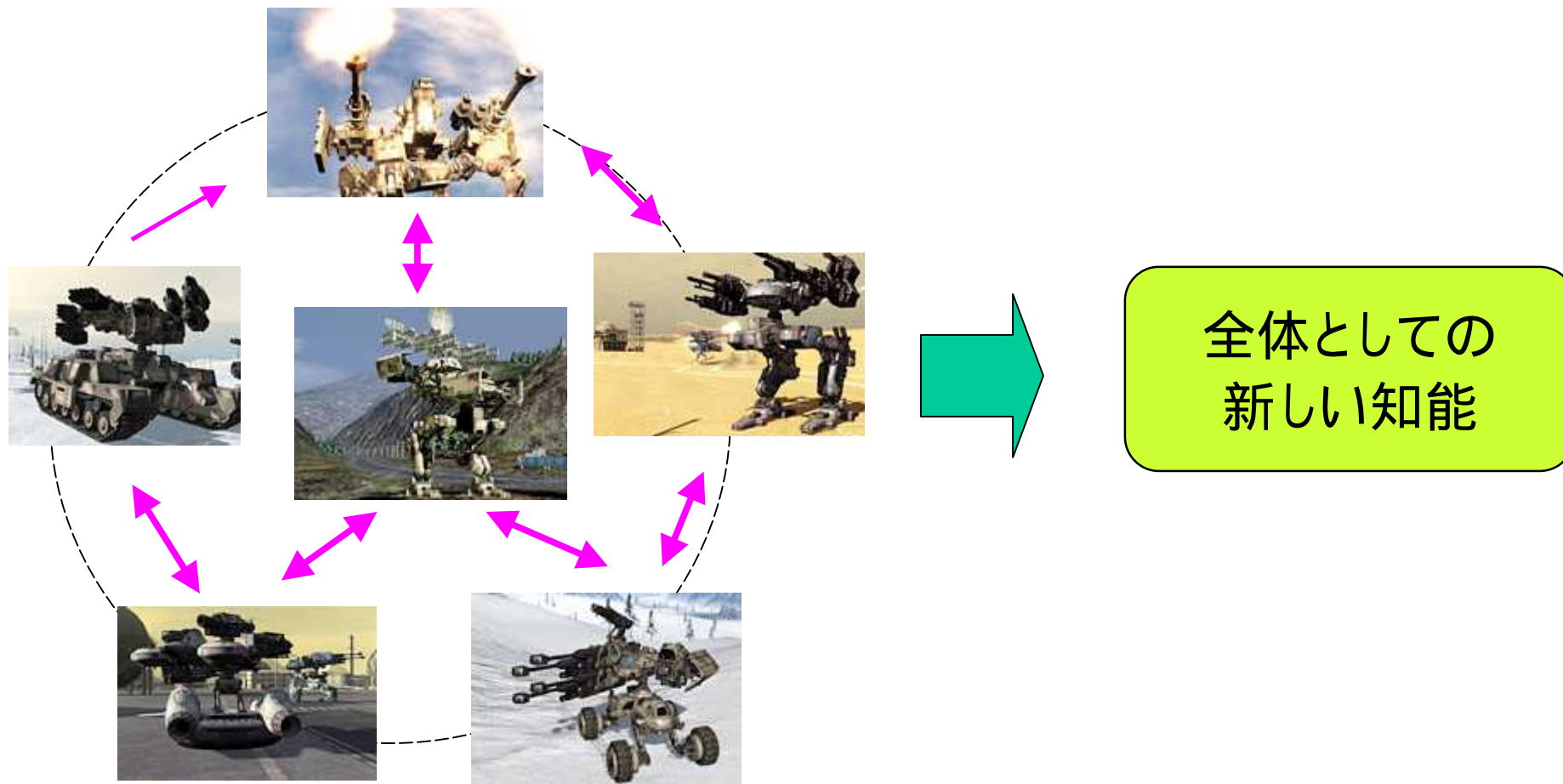
第2部

「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」

第1章	Killzone	世界表現
第2章	Halo	状況解析
第3章	Halo2	HFSM
第4章	C4 アーキテクチャー	認識ツリー
第5章	F.E.A.R.	連鎖プランニング
第6章	Chrome Hounds	階層型プランニング

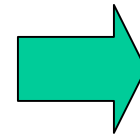
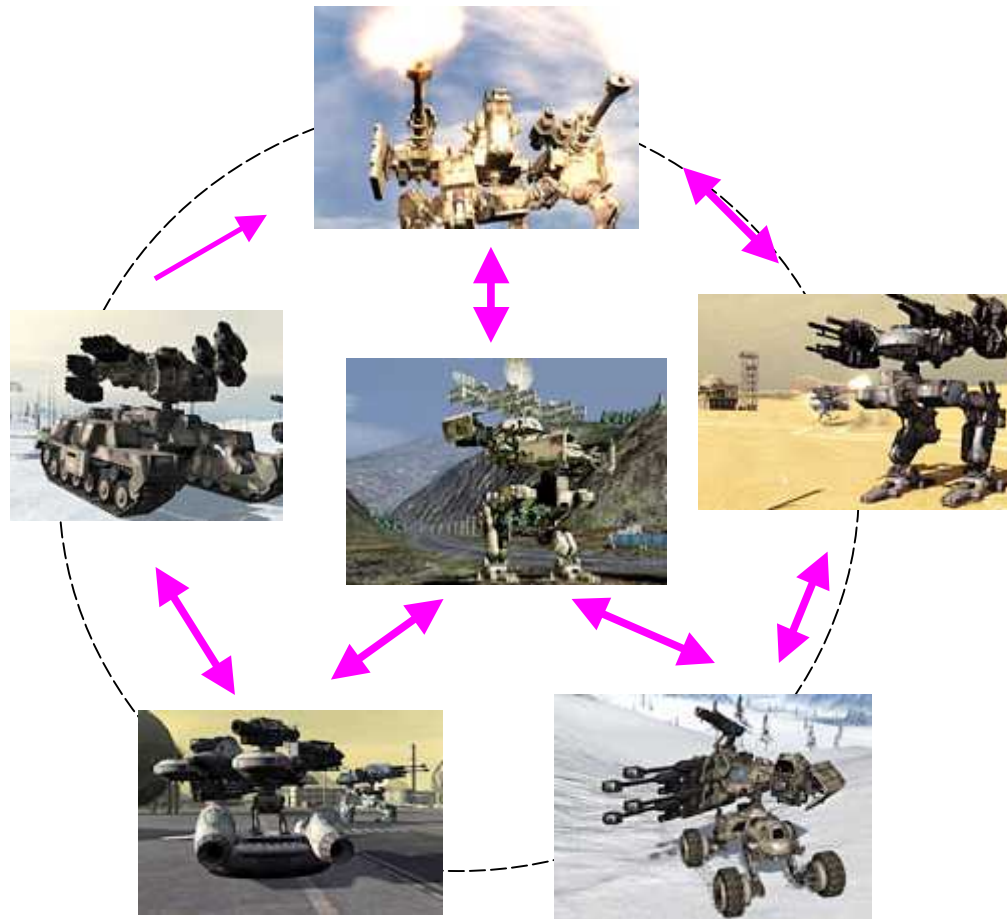
マルチエージェントへ

マルチエージェント技術



各エージェントがそれぞれの機能を果たすことで、
全体として新しい知能を獲得すること。

集団における知性 クロムハウズ



メンバーの維持

護衛

救援

ゴールによる協調

相手チームに対する
状況的優位を築く

戦闘判断

集中砲火

アルゴリズムによる協調

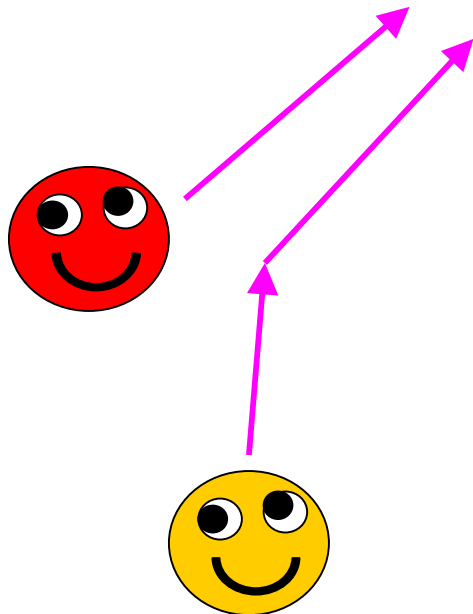
勝利のための
統制された行動

チームAI

チームAIによる協調

クロムハウنزにおけるマルチエージェント技術

護衛 一体のエージェントが他のエージェントと移動を共にする。



- 「護衛する」というゴールを用意する
- 護衛される対象は戦力が少ないか、移動速度が遅いハウンドが選ばれやすい

Player 2

GOAL_THINK, 寿命 -1.000000

GOAL_PROTECT_TARGET, 寿命 62.905823

GOAL_ATTACK_TARGET, 寿命 2.959113

GOAL_ATTACK_INFIELD, 寿命 9.183899

GOAL_APPROCH_TARGET, 寿命 4.139209

GOTO_POSITION, 寿命 -1.000000

FOLLOW_PATH, 寿命 -1.000000

GOAL_JOIN_TARGET, 寿命 175.256290

GOAL_APPROCH_TARGET, 寿命 16.754825

GOTO_POSITION, 寿命 -1.000000

FOLLOW_PATH, 寿命 -1.000000

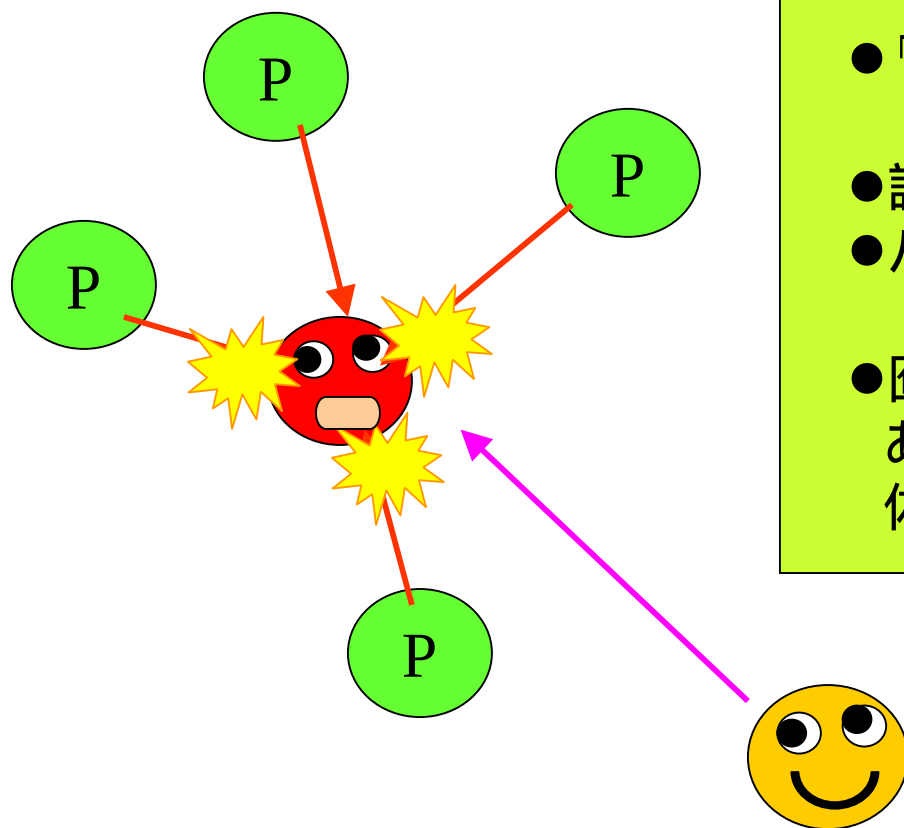


13:02



クロムハウズにおけるマルチエージェント技術

救援 一体のエージェントが窮地にある他のエージェントの戦場に駆けつける。

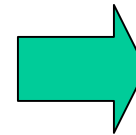
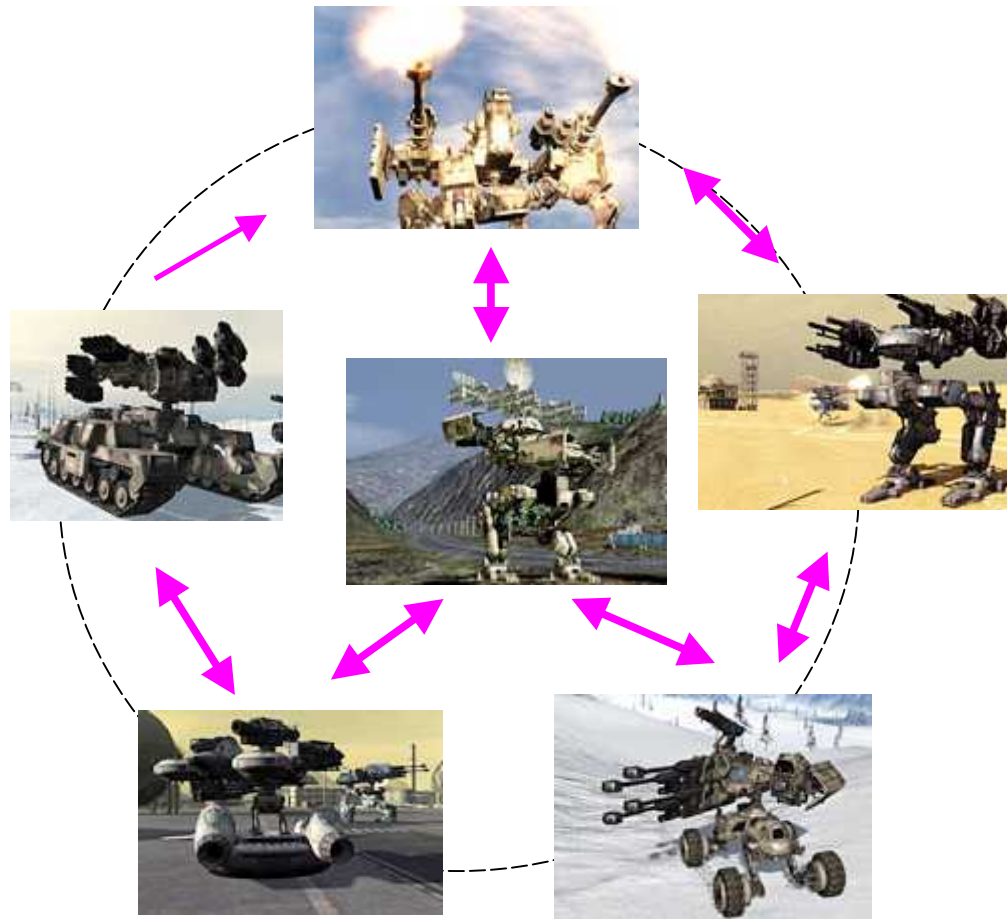


- 「救援する」というゴールを用意する
- 護衛される対象は体力の残りが少ない
- ハウズ
- 図に使われる可能性があるので、あまりに遠かったり、あまりに体力が少ない場合は、救援に行かない

ALL AI SYSTEM



集団における知性 クロムハウズ



メンバーの維持

護衛

救援

ゴールによる協調

相手チームに対する
状況的優位を築く

戦闘判断

集中砲火

アルゴリズムによる協調

勝利のための
統制された行動

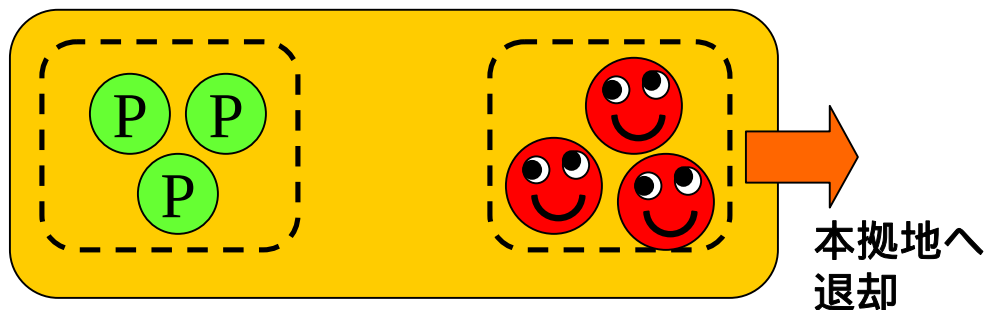
チームAI

チームAIによる協調

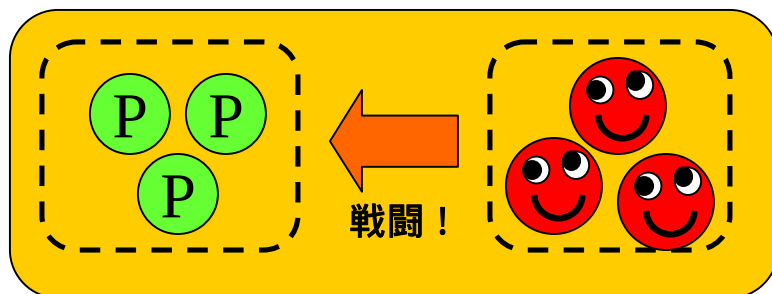
クロムハウنزにおけるマルチエージェント技術

戦闘判断 エージェントが周りの敵と味方の戦力を計算して
戦うべきか、逃げるべきかを判断する。

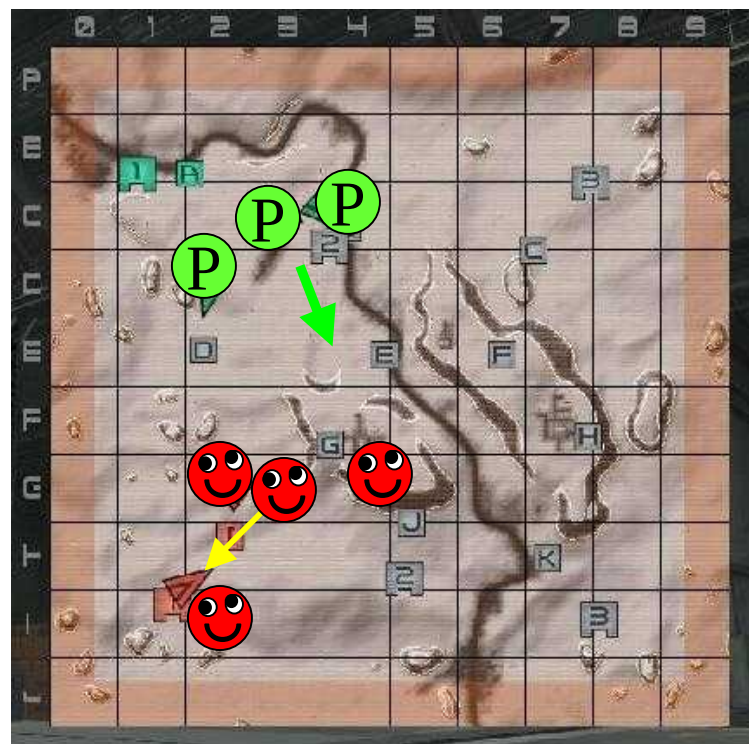
デバッグの過程で追加



プレイヤーたちの戦力 > 1.4 x エージェントたちの戦力



プレイヤーたちの戦力 < 1.4 x エージェントたちの戦力



戦力比が大きい無駄な戦闘を回避し、常に相手を上回る
戦力を増築してプレイヤーに対抗する



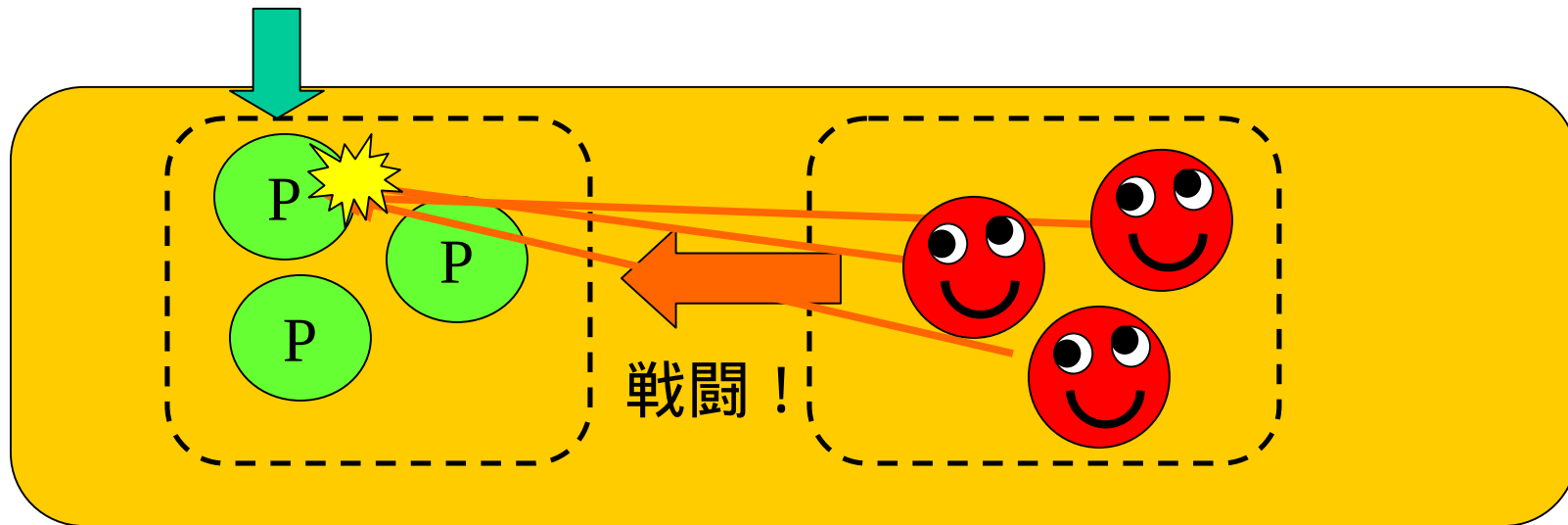
ALL AI SYSTEM AIチーム vs AIチーム 戦デモ

クロムハウズにおけるマルチエージェント技術

集中砲火 複数のエージェントが複数の敵ターゲットに対し
ターゲットを統一する

デバッグの過程で追加

その場で戦力が最も低い敵を集中的に攻撃する

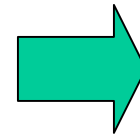
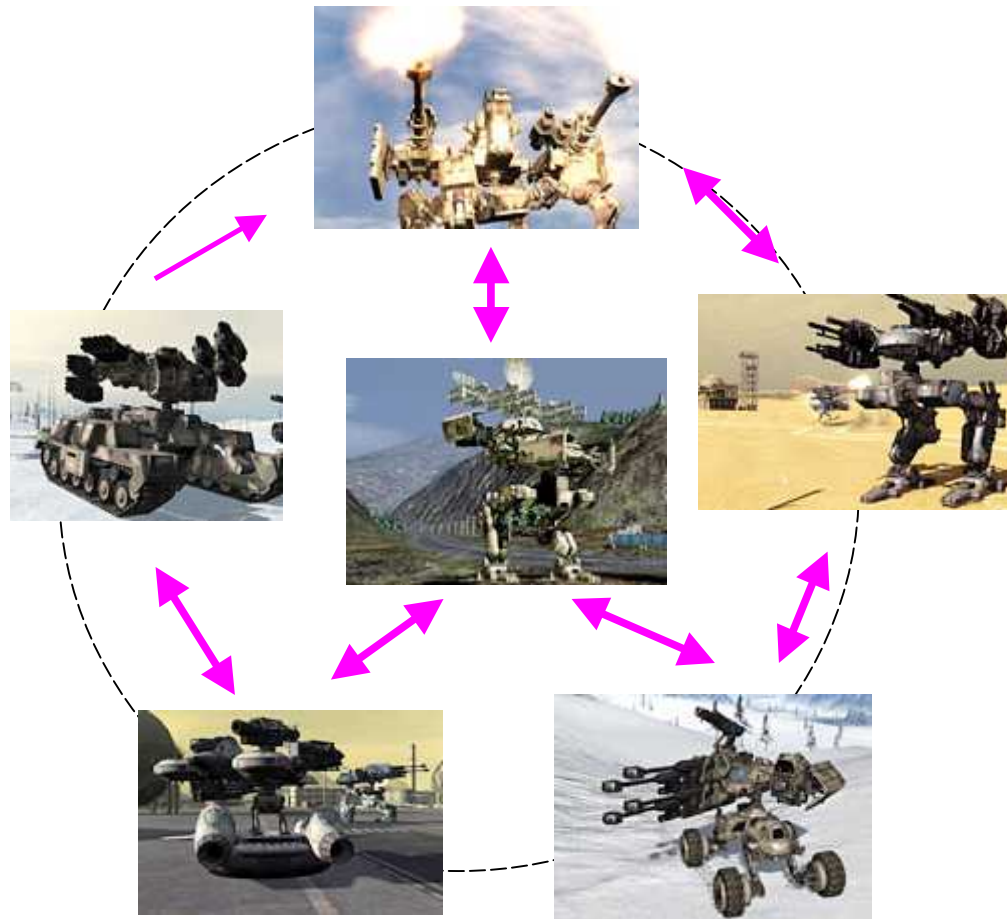


その場で戦力が最も低い敵を集中的に攻撃し
ダメージの分散を防ぐ



ALL AI SYSTEM AIチーム vs AIチーム 戦デモ

集団における知性 クロムハウズ



メンバーの維持

護衛

救援

ゴールによる協調

相手チームに対する
状況的優位を築く

戦闘判断

集中砲火

アルゴリズムによる協調

勝利のための
統制された行動

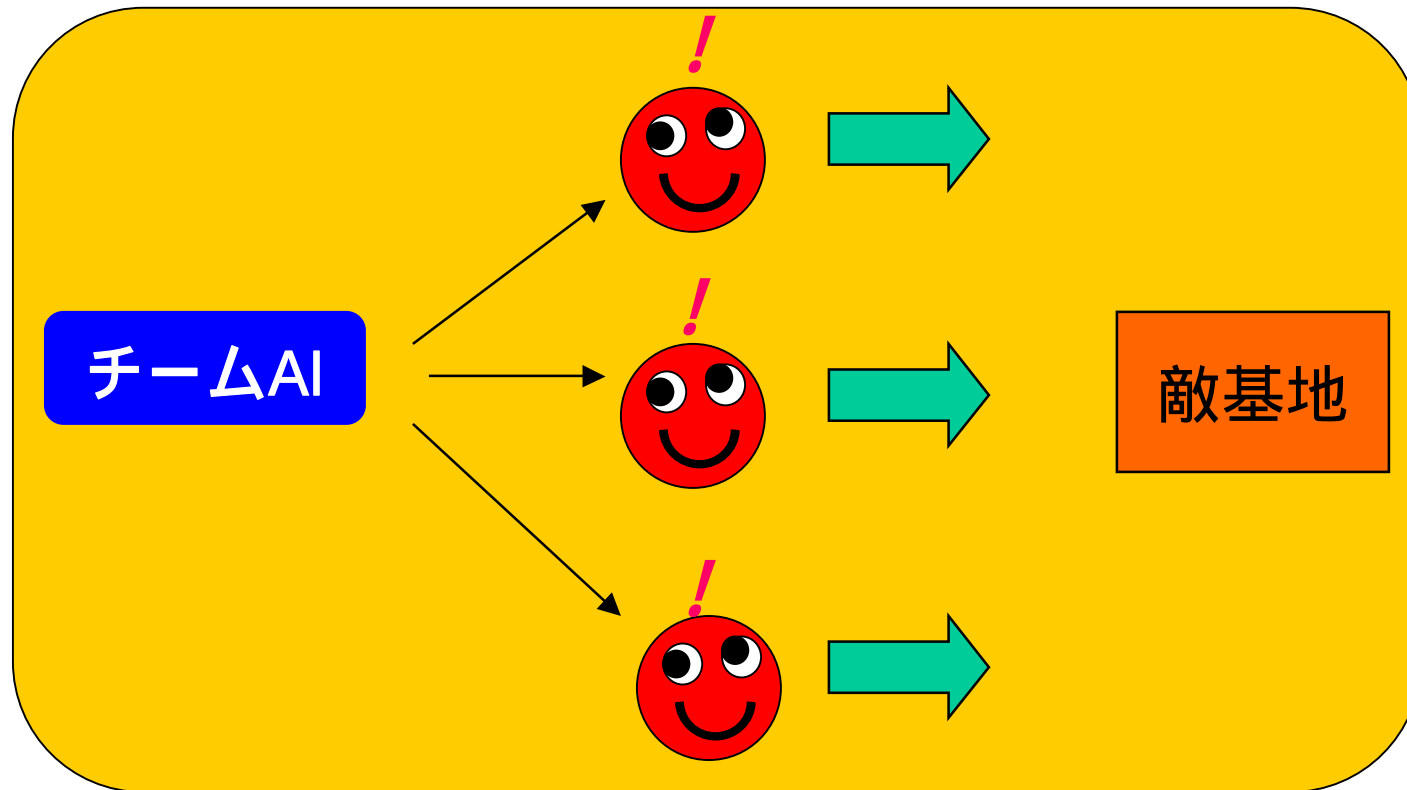
チームAI

チームAIによる協調

クロムハウズにおけるマルチエージェント技術

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

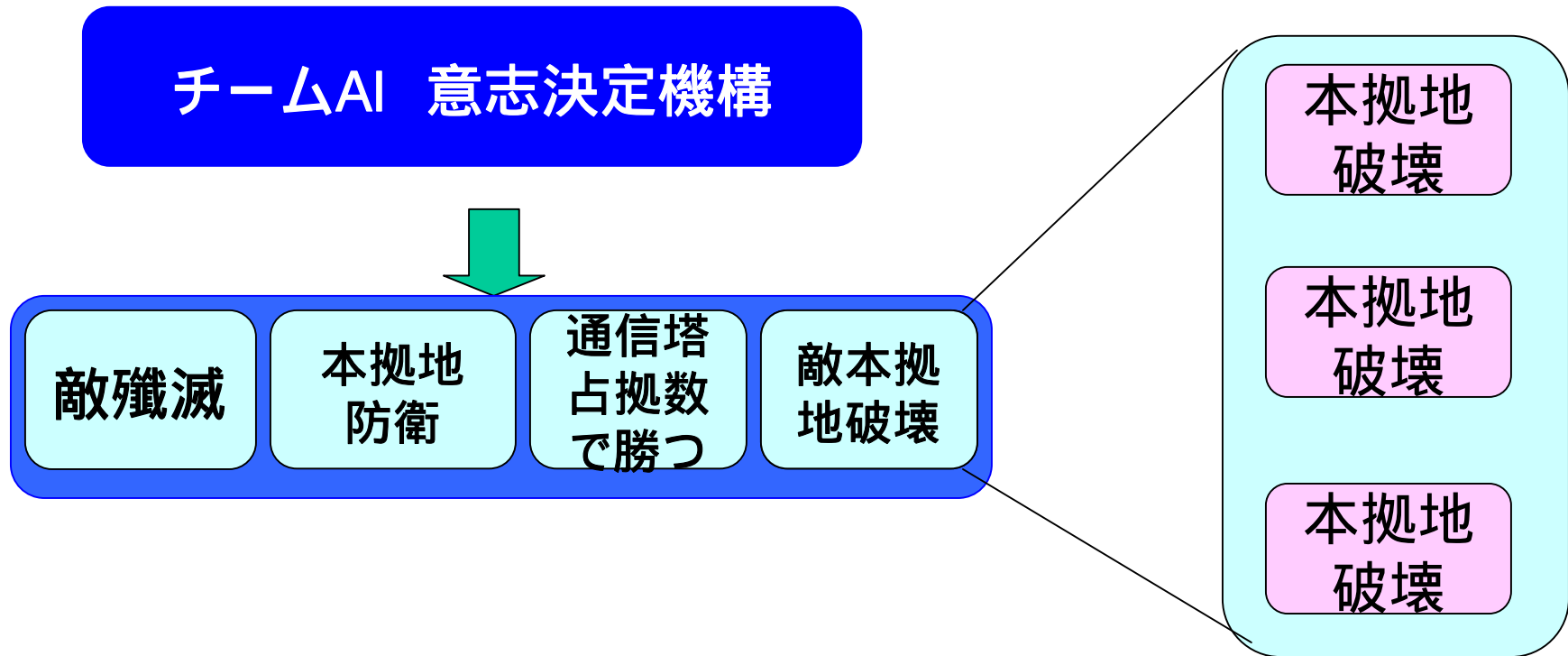
通信塔
占拠数
で勝つ

敵本拠地
破壊

チームとしての戦略
(= 勝利条件と同じ)

チームAIの構造

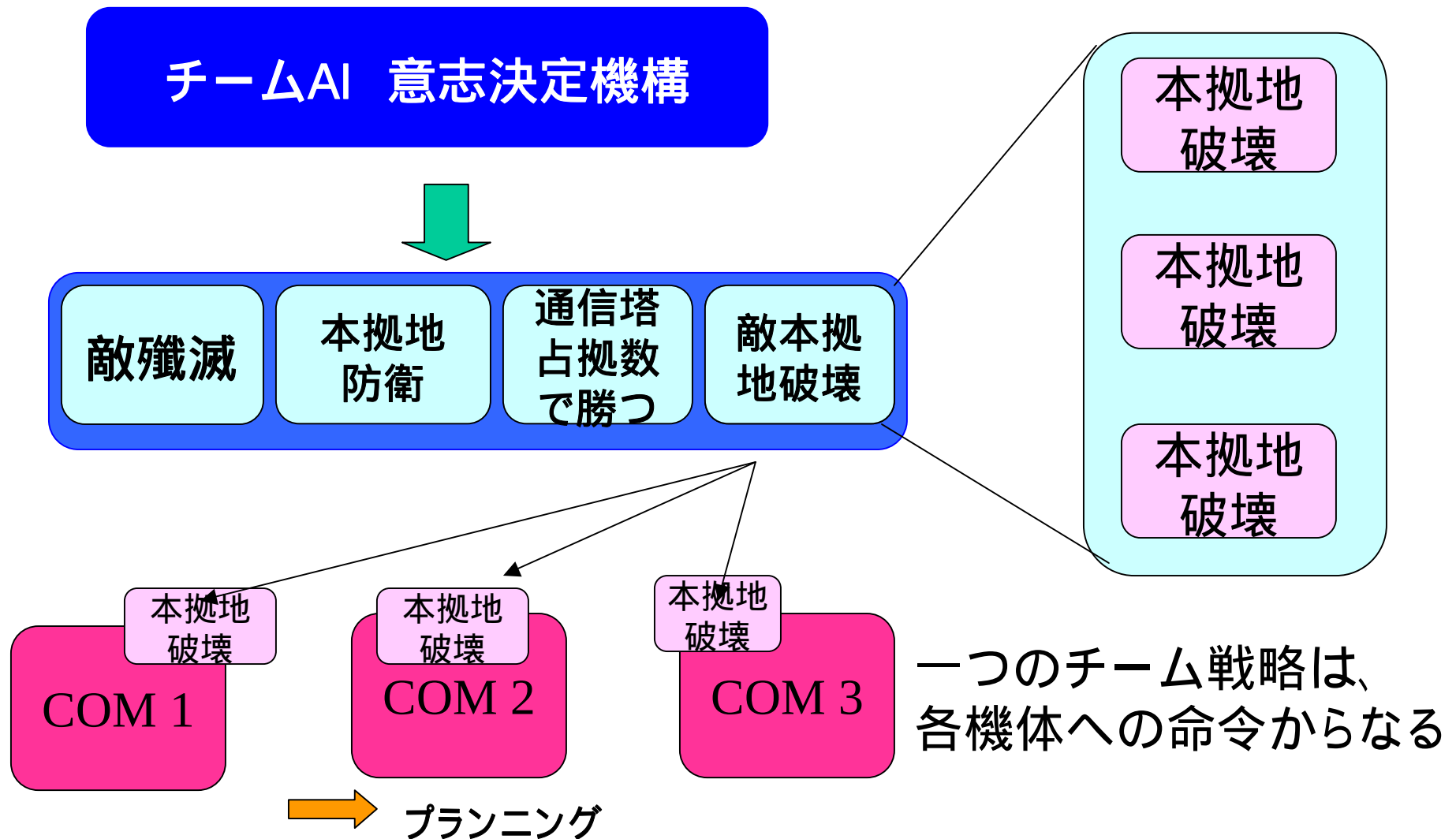
4つの戦略を持ち、評価関数によって、一つの戦略を決定する。
(評価関数による意思決定 = 個体の意志決定と同じ方法)



一つのチーム戦略は、
各機体への命令からなる

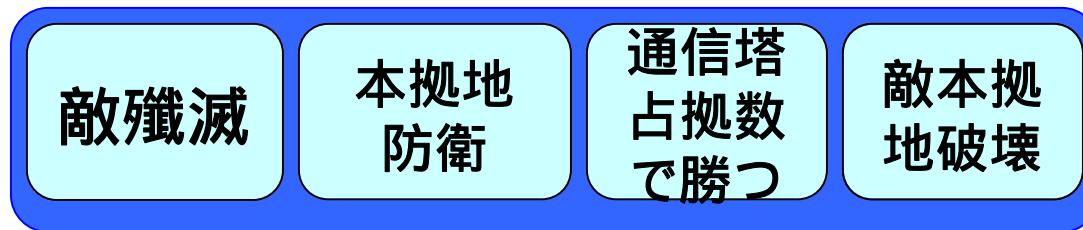
チームAIの構造 = ゴール指向型の拡張

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

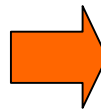
チームAI 意志決定機構



組織としての合理性

本拠地破壊

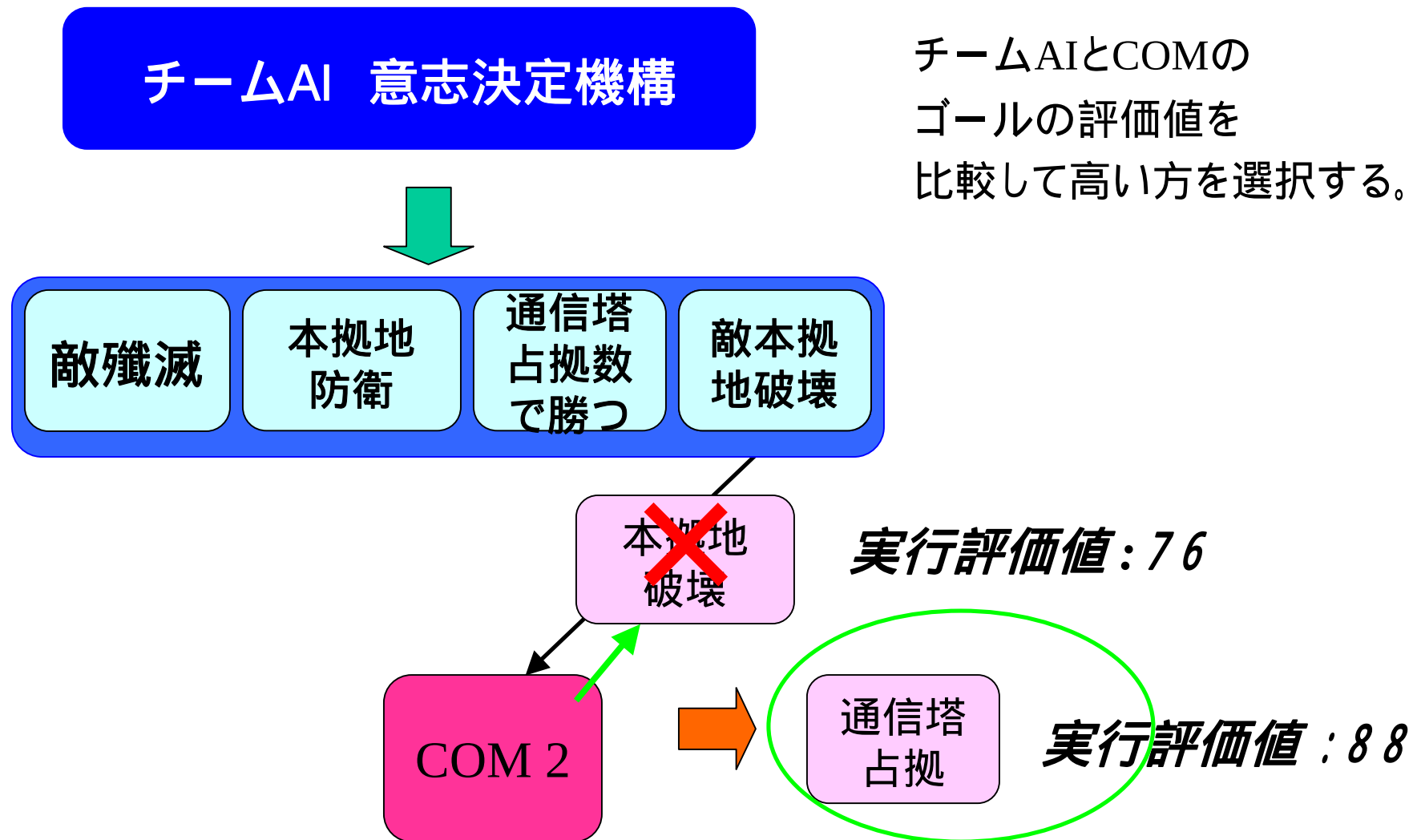
COM 2



通信塔占拠

個としての合理性

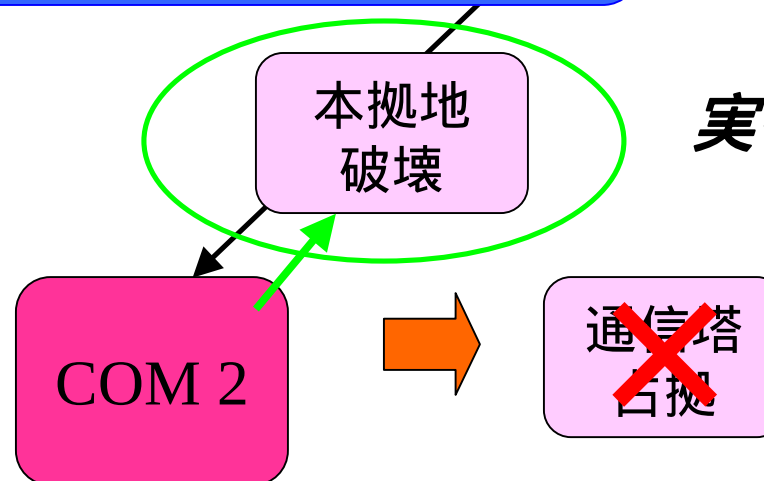
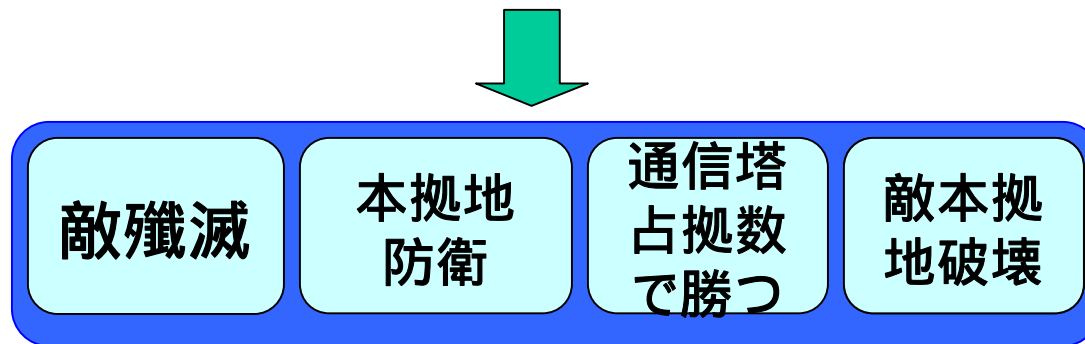
チームAI の意思決定と COMの判断 を比較して、最終的に決定する



チームAI 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。



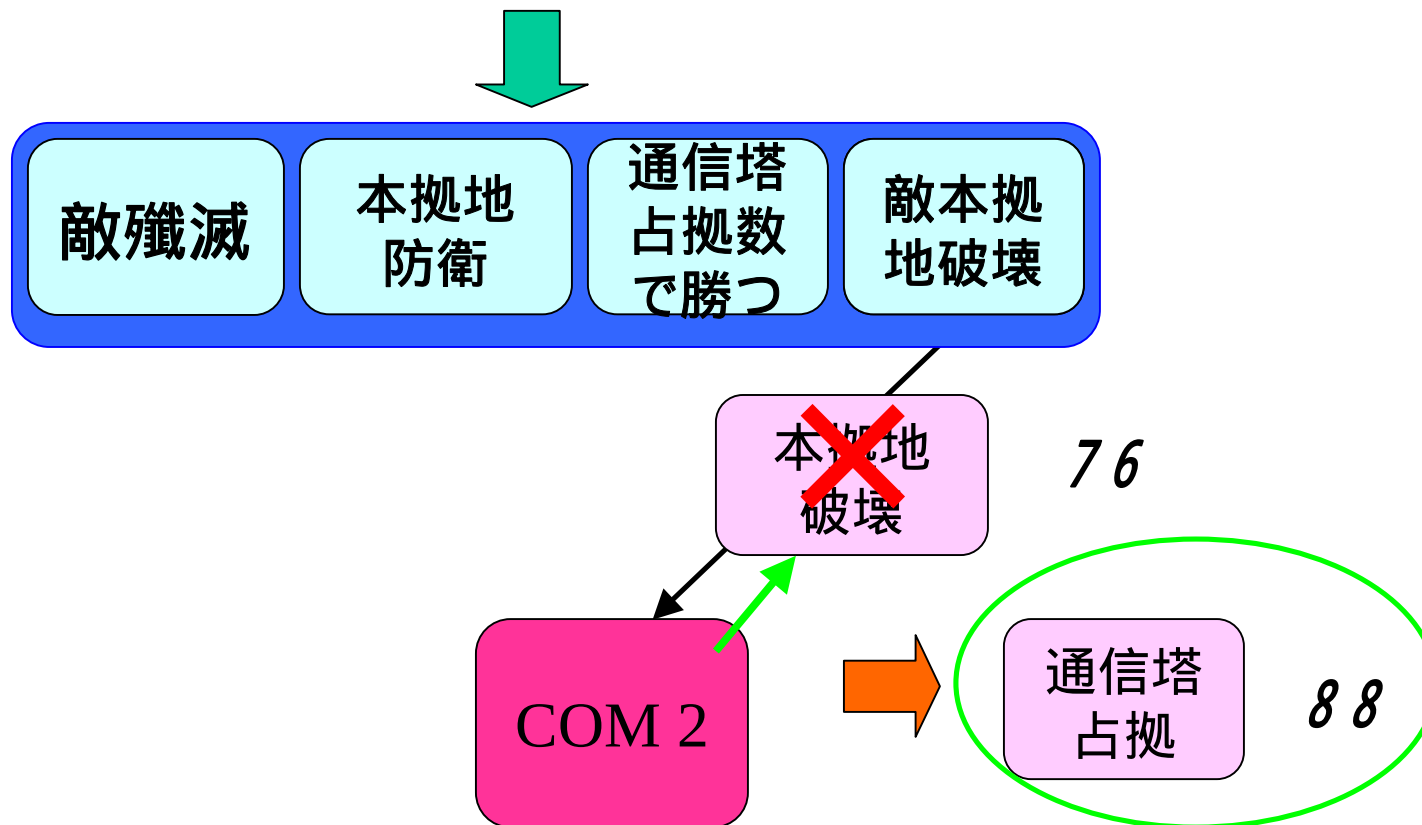
実行評価値：64

実行評価値：53

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。

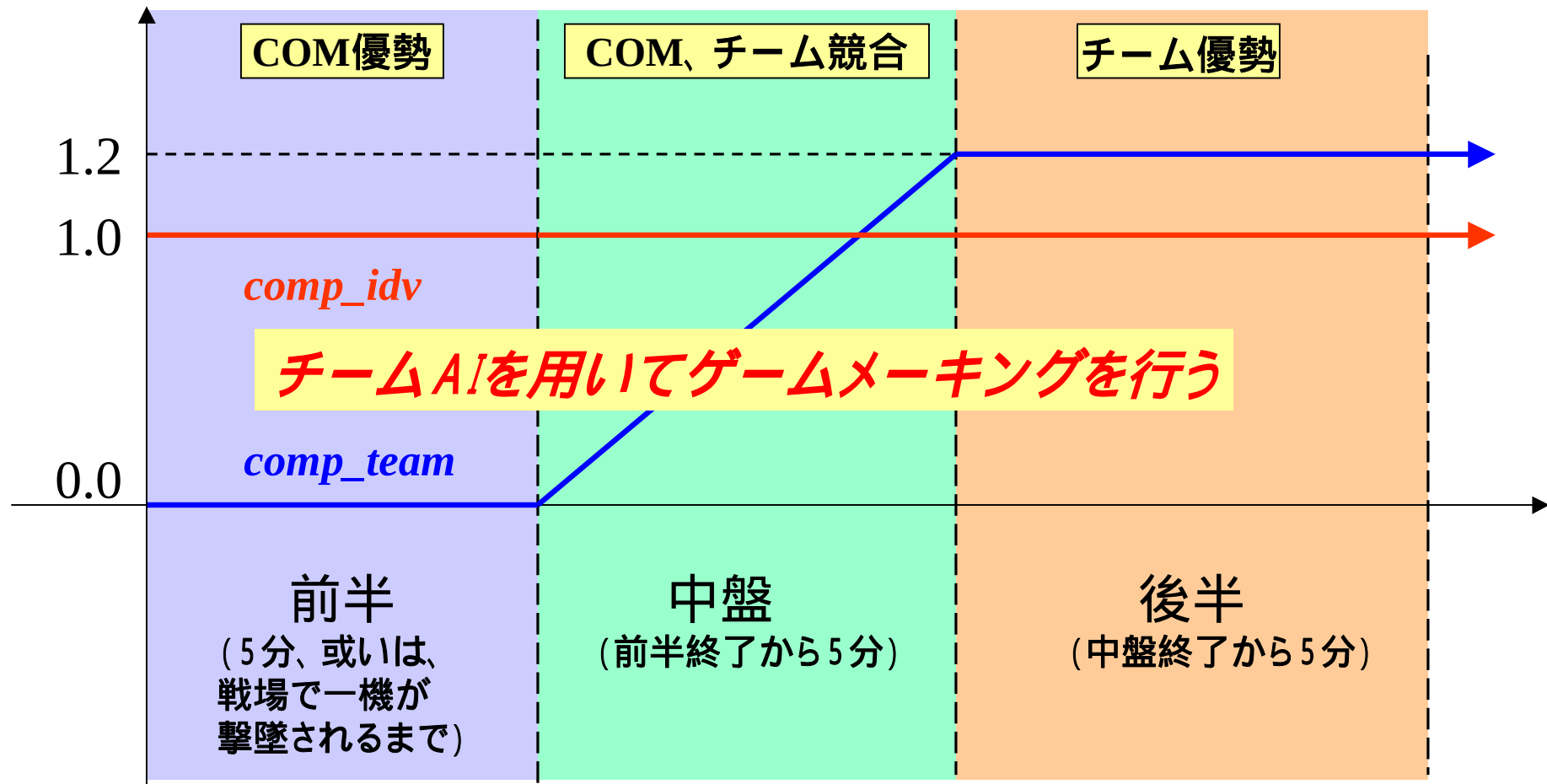


チームAIの介入の仕方

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 $\times$ $comp_idv$



チームAIのデモをご覧ください



===チーム 0===
現在のチーム方針： 本拠地制圧
本拠地制圧 0.672677
本拠地防衛 0.384698
敵殲滅 0.530446
コムバス占拠 0.231318
===チーム 1===
現在のチーム方針： 敵殲滅
本拠地制圧 0.436685
本拠地防衛 0.000659
敵殲滅 0.439338
コムバス占拠 0.206007

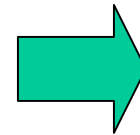
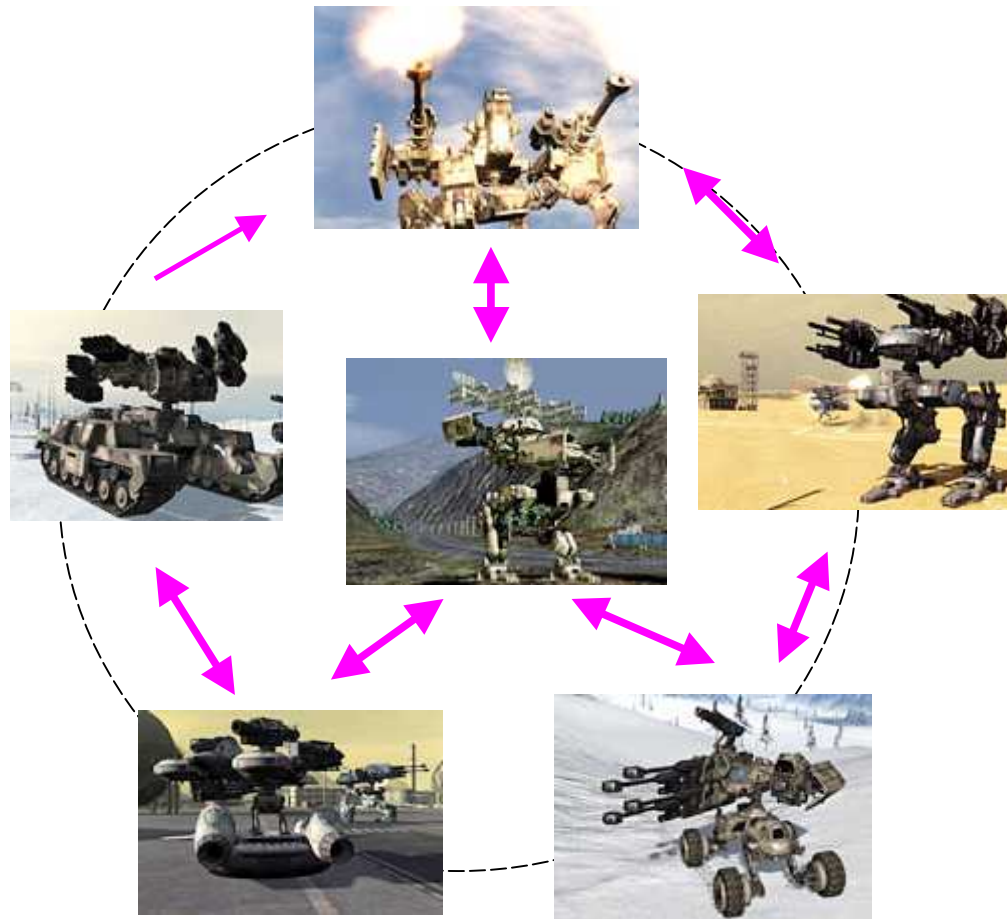
Player 4

GOAL_THINK, 寿命 -1.000000
GOAL_ATTACK_TARGET, 寿命 13.593795
GOAL_ESCAPE, 寿命 13.593793
GOAL_JOIN_TARGET, 寿命 13.593793
GOAL_APPROCH_TARGET, 寿命 15.800226
GOTO_POSITION, 寿命 -1.000000
FOLLOW_PATH, 寿命 -1.000000
GOAL_PROTECT_TARGET, 寿命 12.222051
GOAL_ATTACK_TARGET, 寿命 29.848152



ALL AI SYSTEM

集団における知性 クロムハウズ



メンバーの維持

護衛

救援

ゴールによる協調

相手チームに対する
状況的優位を築く

戦闘判断

集中砲火

アルゴリズムによる協調

勝利のための
統制された行動

チームAI

チームAIによる協調

クロムハウズ・マルチエージェントのポイント

ゴール指向プランニングの上に、
マルチエージェント・システムを組み上げた

= 個としてのエージェントをしっかりと作ること、
集団として高度な協調が可能になる。

企画の発想

AIを組み合わせて、全体として初めてできることがある。

プログラマーの発想

マルチエージェントは、今世代のAIの最高峰のはずだ。
技術的には、難しく深いが、それだけやりがいがある。
チャンスがあれば、挑戦しよう！

第2部

「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」

第1章	Killzone	世界表現
第2章	Halo	状況解析
第3章	Halo2	HFSM
第4章	C4 アーキテクチャー	認識ツリー
<u>第5章</u>	<u>F.E.A.R.</u>	<u>(10分)</u>
第6章	Chrome Hounds	(10分)

第3部

エージェント・アーキテクチャによる
キャラクターAI技術の蓄積

エージェント・アーキテクチャに沿ったキャラクターAIの技術の編纂



エージェント・アーキテクチャーに沿ったキャラクターAIの技術の編纂

認識過程

認識ツリー

意思決定機構

FSM(HFSM)

評価/選択

行動生成過程

アクションタプル

選択/生成

ゲームAIにおいて、コードレベルの汎用化は難しいが、
技術項目としては、共通の技術を繰り返し使っている。

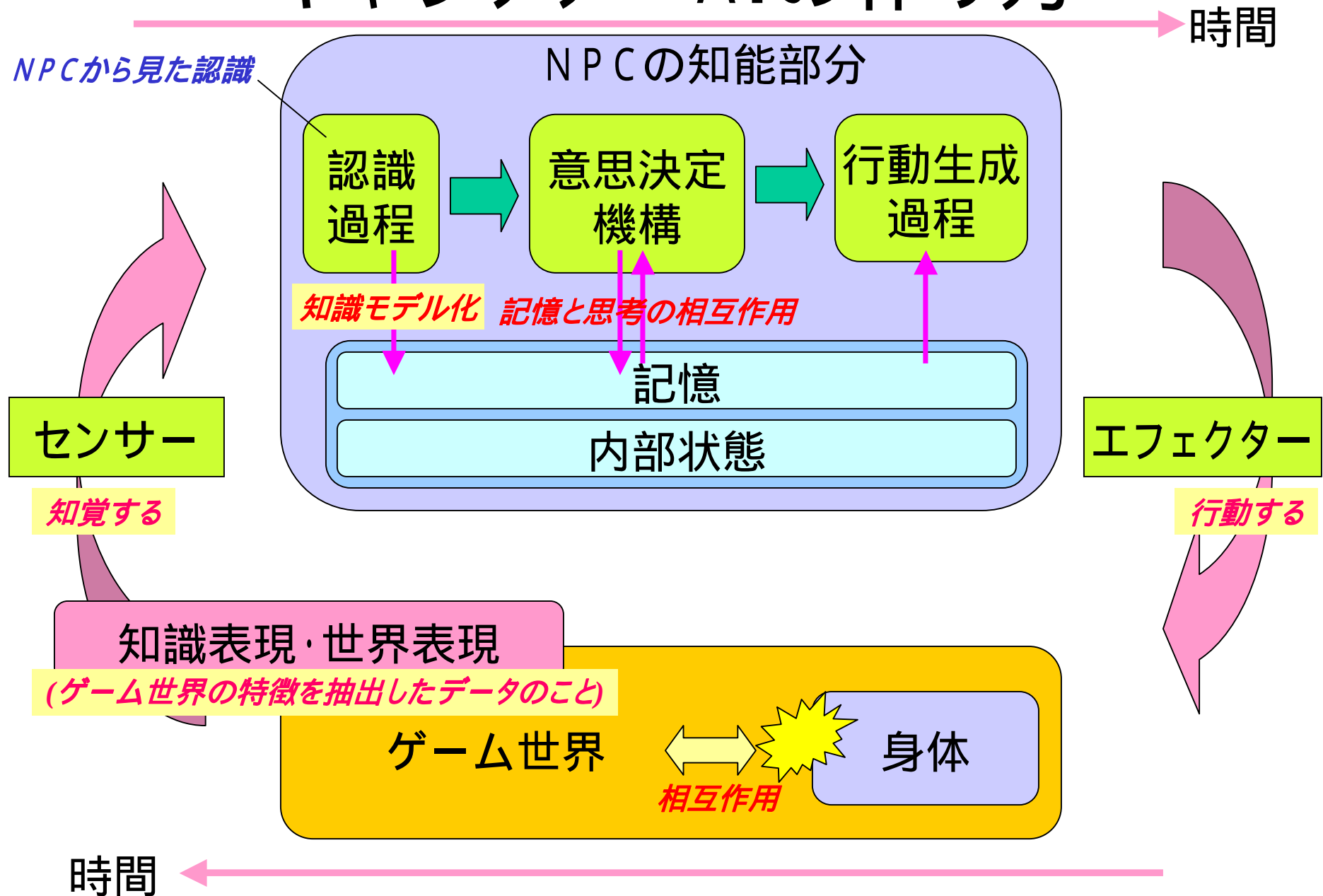
知識表現・世界表現

射線・可視距離
を事前計算

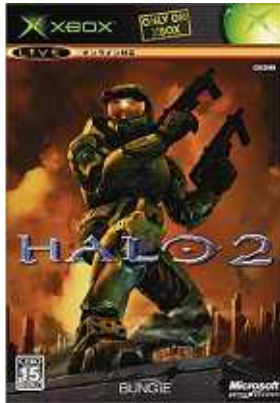
オブジェクトに対する
行動アフォーダンス

階層化された
世界表現

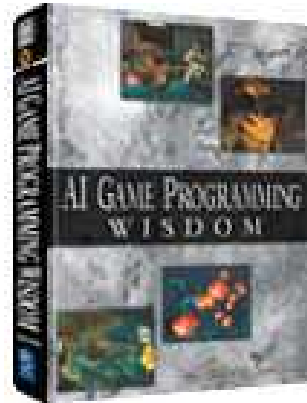
キャラクターAIの作り方



技術者にできること



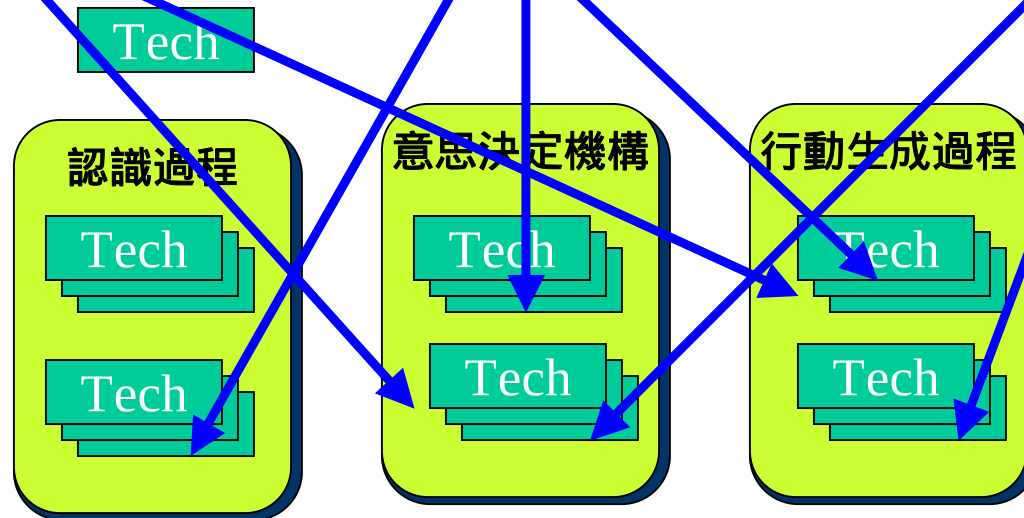
ゲーム



書籍・論文



カンファレンス



毎日、少しずつ、各領域の技術を分類して集積すること

企画にできること



ゲーム

自然界

書籍・論文

グラフィッカーが素材を集めるみたいに、
企画はいろいろな場所から『知性』の事例を集めることが出来る。

エージェント・アーキテクチャー

ゲームAIへ応用

企業にできること

継続的な技術の調査・集積

認識過程

Tech

Tech

意思決定機構

Tech

Tech

行動生成過程

Tech

Tech

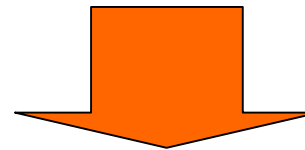
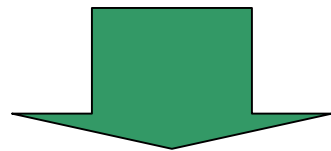
ゲームAIの原型となる知性の事例調査

事例研究

事例研究

...

事例研究...



より高度なゲームAIの製作基盤の確立

企業にできること

継続的な技術の調査・集積

ゲームAIの原型となる知性の事例調査

認識過程

意思決定機構

行動生成過程

事例研究

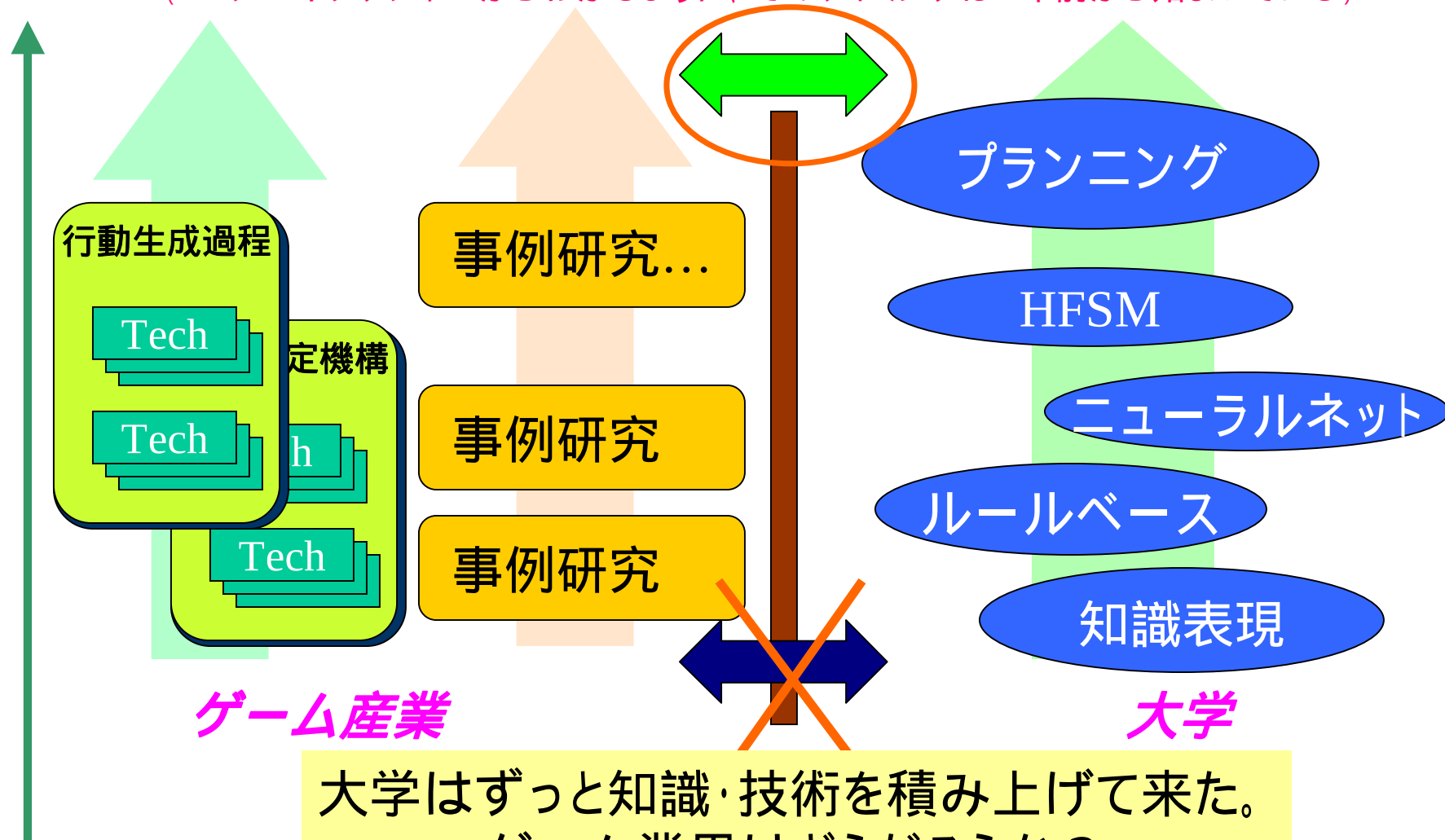
普段から、技術者と企画者が、高いレベルの人工知能の概念を用いた会話が出来るように、社内環境(教育)を充実させる。

ゲームAIにおける競争力をつける。

大学にできること

ゲーム産業における人工知能技術のレベルが上がれば、
高い技術レベルの技術交流が可能になる。

(C4アーキテクチャーからわかるように、そのタイミングは5年前から始まっている)



大学にできること

ゲーム産業における人工知能技術のレベルが上がれば、
高い技術レベルの技術交流が可能になる。

(C4アーキテクチャーからわかるように、そのタイミングは5年前から始まっている)

ゲームAIにおける産学連携を実現するためには、
まず我々ゲーム業界側の技術を上げて行かなければならない。

ゲーム産業

Tech

事例研究

ルールベース

知識表現

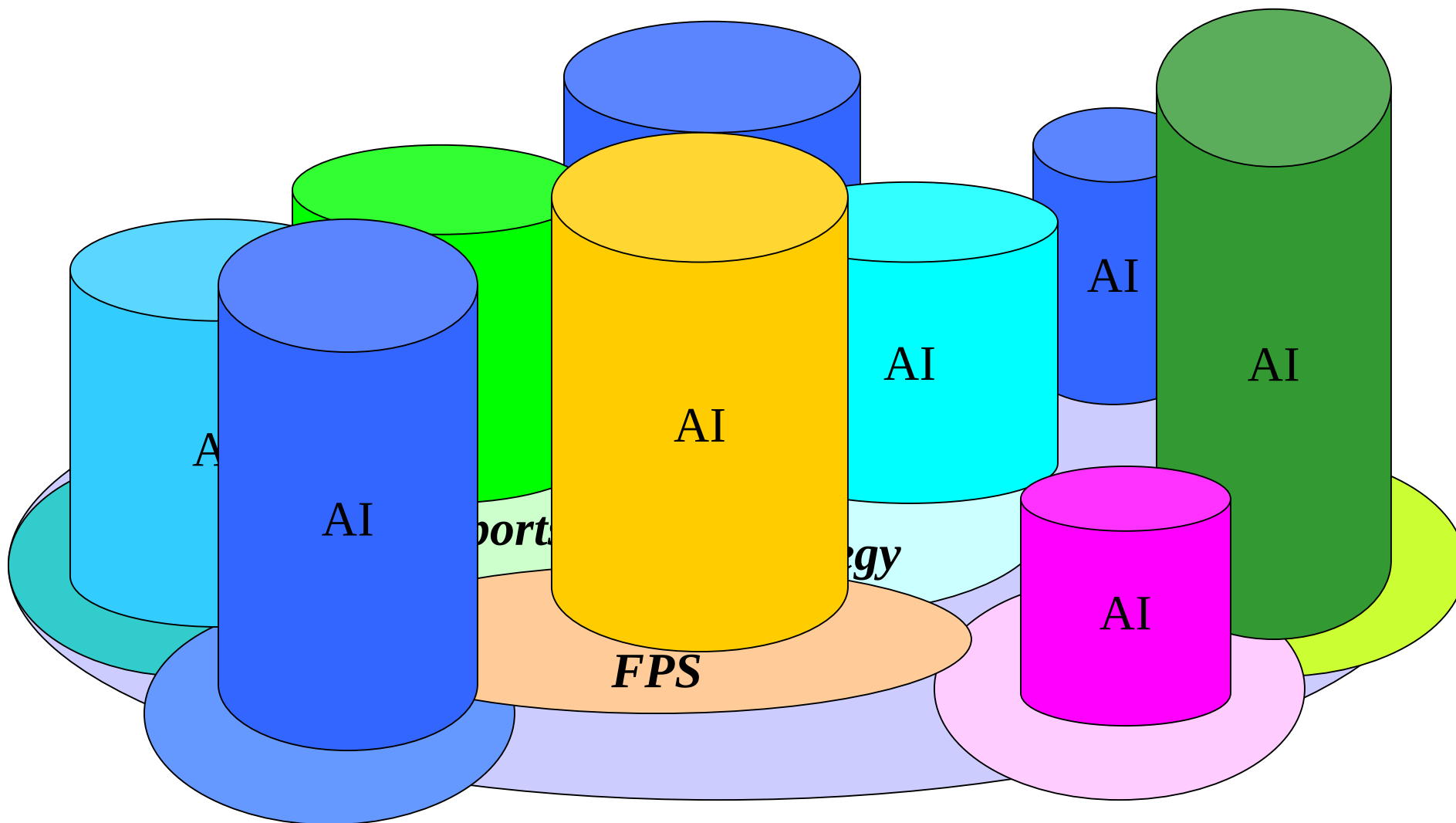
大学

大学はずっと知識・技術を積み上げて来た。
ゲーム業界はどうだろうか？

日本にできること

AIはコンテンツに依存する

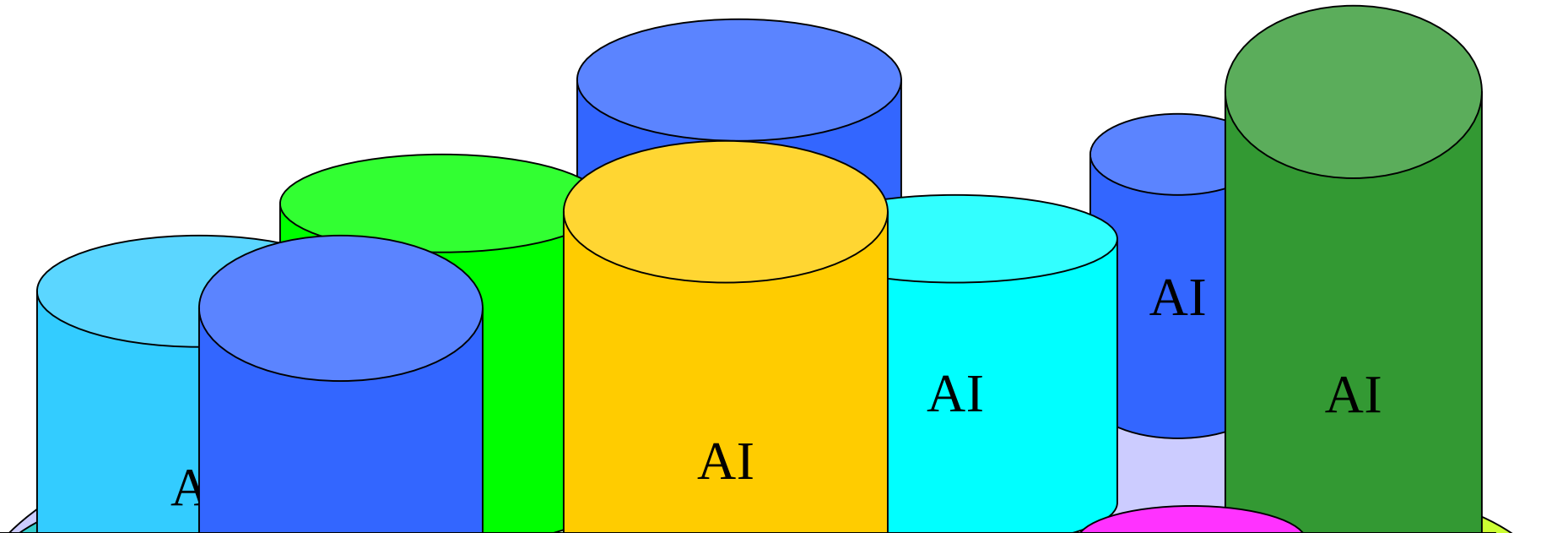
= コンテンツの幅が広がれば、ゲームAIの幅も広い



日本にできること

AIはコンテンツに依存する

= コンテンツの幅が広がれば、ゲームAIの幅も広い



本来、日本は、そのコンテンツ力に応じたゲームAIの可能性と力を持っているはず！

ゲームAIの技術力を上げる
= 新しいゲームデザインを拓く力でもある！

まとめ

- (1) キャラクターAIは、エージェント・アーキテクチャーによって一般的に捉えることができる。
- (2) エージェント・アーキテクチャーに沿ってキャラクターAIの技術を分類できる。
- (3) エージェント・アーキテクチャーは、個人・企業にとってキャラクターAIの技術・知識を蓄積する基本フレームを提供する。

今日、紹介した情報はすべて参考文献にある公開情報です。
そして、そのほんの一部に過ぎません。
自分で学んで行くことができます。

IGDAは、ゲーム開発者の味方です。

ご清聴ありがとうございました。



Photo from <http://www.cyberleaf.com/>

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_miyake@fromsoftware.co.jp

(IGDA Japan登録アドレス yoichi-m@pk9.so-net.ne.jp)

WEB上の意見交換にはIGDA Japanのサイトをご利用ください

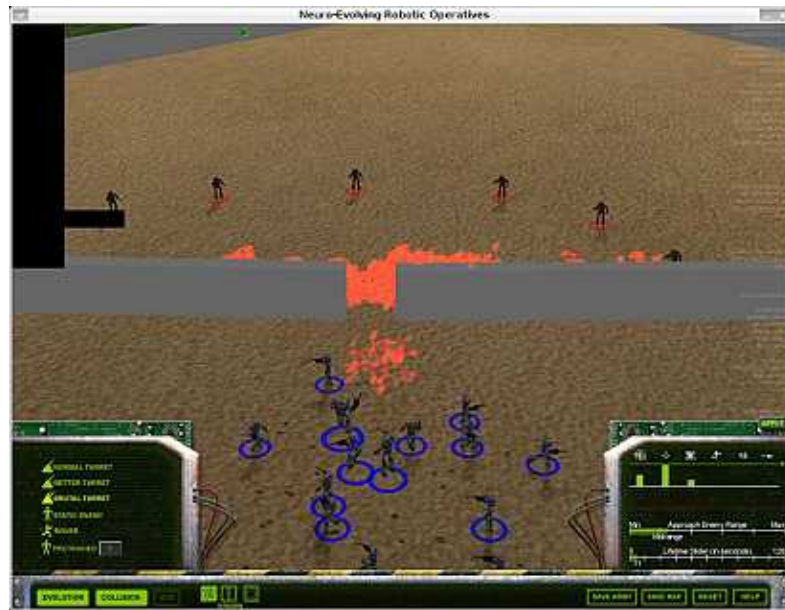
<http://www.igda.jp>

ゲームAI連続セミナー 第5回

日程 2007年10月未定

場所 未定

テーマ 「N.E.R.O における学習と進化」



<http://opentechpress.jp/developer/06/10/24/0151224.shtml?tid=61>

大学で開発されたFPS

学術的なAIで主題となる「学習と進化」は
ゲームに応用可能なのか？

参考文献(日本語)

- (1)「世界表現」「プランニング」については、IGDA日本のHPの「ダウンロード」から、三宅が書いた第1,2回セミナーの教科書がDLできます。

<http://www.igda.jp/modules/news/>

(センサーの実装の仕方、記憶の利用法などを知りたい方は必読)

- (2)「FSM」「プランニング」「評価値法」など、ゲームAIの基礎技術については、



オライリー・ジャパン

「実例で学ぶゲームAIプログラミング」
(Mat Buckland 著、松田晃一 訳)

の解説が優れています(ソースコード付き)。

<http://www.oreilly.co.jp/books/9784873113395/>

本講演の構成

Enjoy Game AI!

本講演

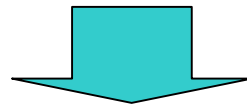
9月27日 13:00 ~ (講師: 三宅)

はじめに *IGDA日本とゲームAI連続セミナーのご紹介*

第1部 エージェント・アーキテクチャー

第2部 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

第3部 エージェント・アーキテクチャーによるキャラクターAI技術の蓄積



ラウンドテーブル

9月27日 16:00 ~

ラウンドテーブル(80分) (*IGDAゲームAI運営メンバー*)

「ゲームAIを語る」

(*総合司会 + コーディネート: 長久、パネル: 三宅*)

場所: 新2号館93B教室

