



ゲームAI連続セミナー

第2回

「F.E.A.R.におけるゴール指向プランニング」

IGDA ゲームAI運営委員

主催： 国際ゲーム開発者協会日本支部(IGDA日本)

後援： 日本デジタルゲーム学会(DiGRA JAPAN)

協力： 株式会社 フロム・ソフトウェア

ゲームAI連続セミナー

第2回

F.E.A.Rにおけるゴール指向プランニング

三宅 陽一郎

y_miyake@fromsoftware.co.jp

ゲームAI連続セミナー 第2回 参考文献

- 論文 Orkin, J. (2006), [3 States & a Plan: The AI of F.E.A.R.](#), Game Developer's Conference Proceedings.
- 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。)
- 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)

Reference of figures

- [1] **Jeff Orkin**(2006),"Three States and a Plan: The A.I. of F.E.A.R",
http://www.jorkin.com/gdc2006_orkin_jeff_fear.doc
- [2] **Jeff Orkin**(2005) ,"Agent Architecture Considerations for Real-Time Planning in Games(PPT)", http://www.jorkin.com/AIIDE05_Orkin_Planning.ppt
- [3] **Jeff Orkin** (2005) ,"Agent Architecture Considerations for Real-Time Planning in Games,AIIDE Proceedings", <http://www.jorkin.com/aiide05OrkinJ.pdf>
- [4] **Jeff Orkin**(2006)," Three States and a Plan: The A.I. Of F.E.A.R(GDC2006) ",
(Document,PPT,Movie), http://www.jorkin.com/gdc2006_orkin_jeff_fear.zip
- [5] **Jeff Orkin**(2003), "Applying Goal-Oriented Action Planning to Games", AI Game Programming Wisdom 2, . Charles River Media., 217-228, (2003)
- [6] **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
- [7] **Damian Isla** (2005), "Dude, where's my Warthog? From Pathfinding to General Spatial Competence", <http://www.aiide.org/aiide2005/talks/isla.ppt>
- [8] **三宅 陽一郎** (2006) ,“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 (CEDEC2006 PPT) ’ ’ ,
<http://www.igda.jp/modules/eguide/event.php?eid=41>

本講演の構成

はじめに

ゲームAI連続セミナーのご紹介

Enjoy AI !

第1部 ゲームAI 技術解説(90分) (講師:三宅)

第1章 プランニング技術解説 (15分)

第2章 F.E.A.R.におけるゴール指向アクションプランニング (30分)

第3章 クロムハウズにおける階層型ゴール指向プランニング (15分)

第4章 発展 (15分)

各章の終わりに質疑応答を行います。

(休憩 10分)

第2部 ディスカッション(2時間) (アイデア:IGDAゲームAI運営委員)

(総合司会 + コーディネート:長久、グループ司会者)

(I) グループ討論(70分+休憩10分)

(I) パネル「プランニングの可能性」(60分)

第2部の討論内容

- (1) どんなCOMが作れるだろうか？
- (2) どんなゲームが発想できるだろうか？
- (3) どうやって、そのゲームとCOMを実現できるだろうか？
- (4) そのときの問題点は何だろうか？

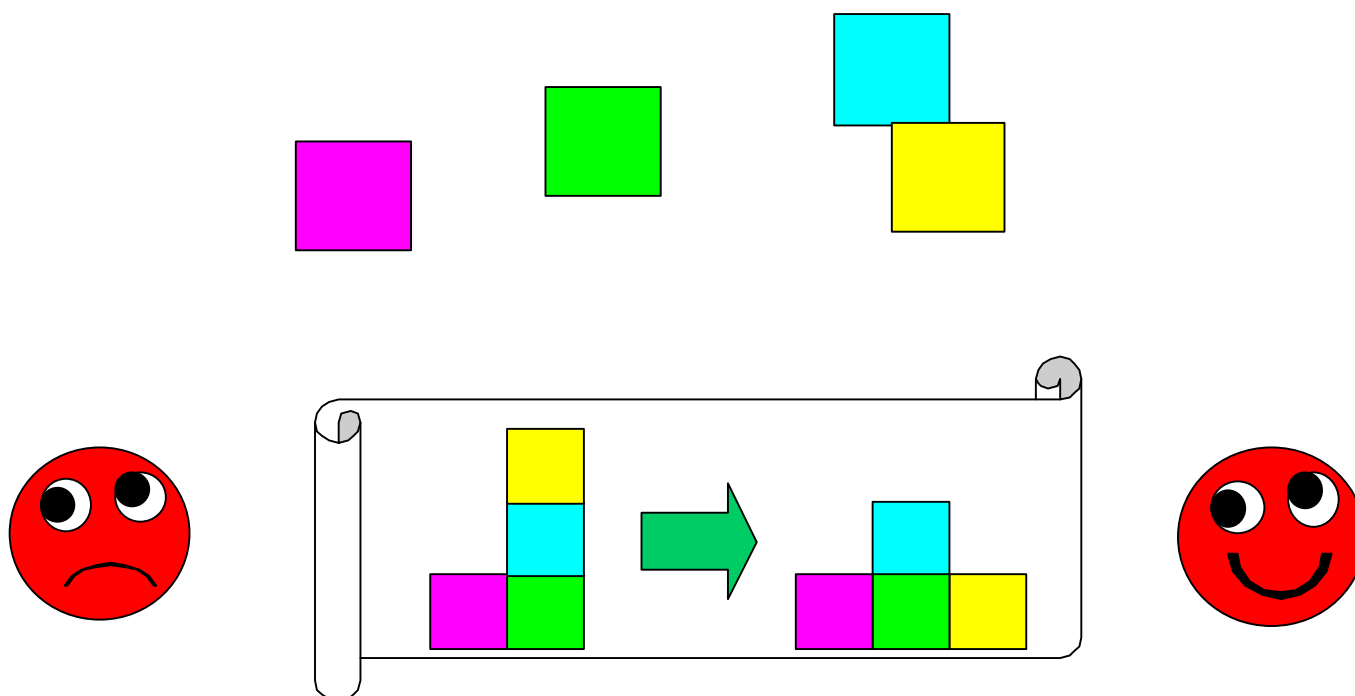


第1部 プランニング技術の解説

- プランニングは
- (1) シンプルな技術であり
 - (2) 既に多くの応用があり
 - (3) ゲームの可能性を広げる。

はじめに

ゲームAI連続セミナー全体のご紹介

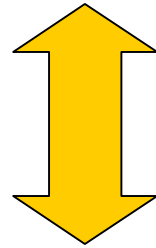


目的

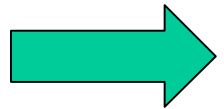
- (1) ゲームAIの技術について紹介、発表できる場を作る。
- (2) ゲームAIに関して討論を行う
オープンな相互インタラクションのできる場を用意する。
- (3) 参加者の意見を取り入れて、
ゲーム業界で本当に必要なセミナーの形を実現する。
(運営やスピーカーなど常時募集する)

ゲームAIの特徴

- (1) 一つのゲームにAIの技術を組み込んで行くことで、その技術が潜在的に持っていた力を発見、発展することが出来る。

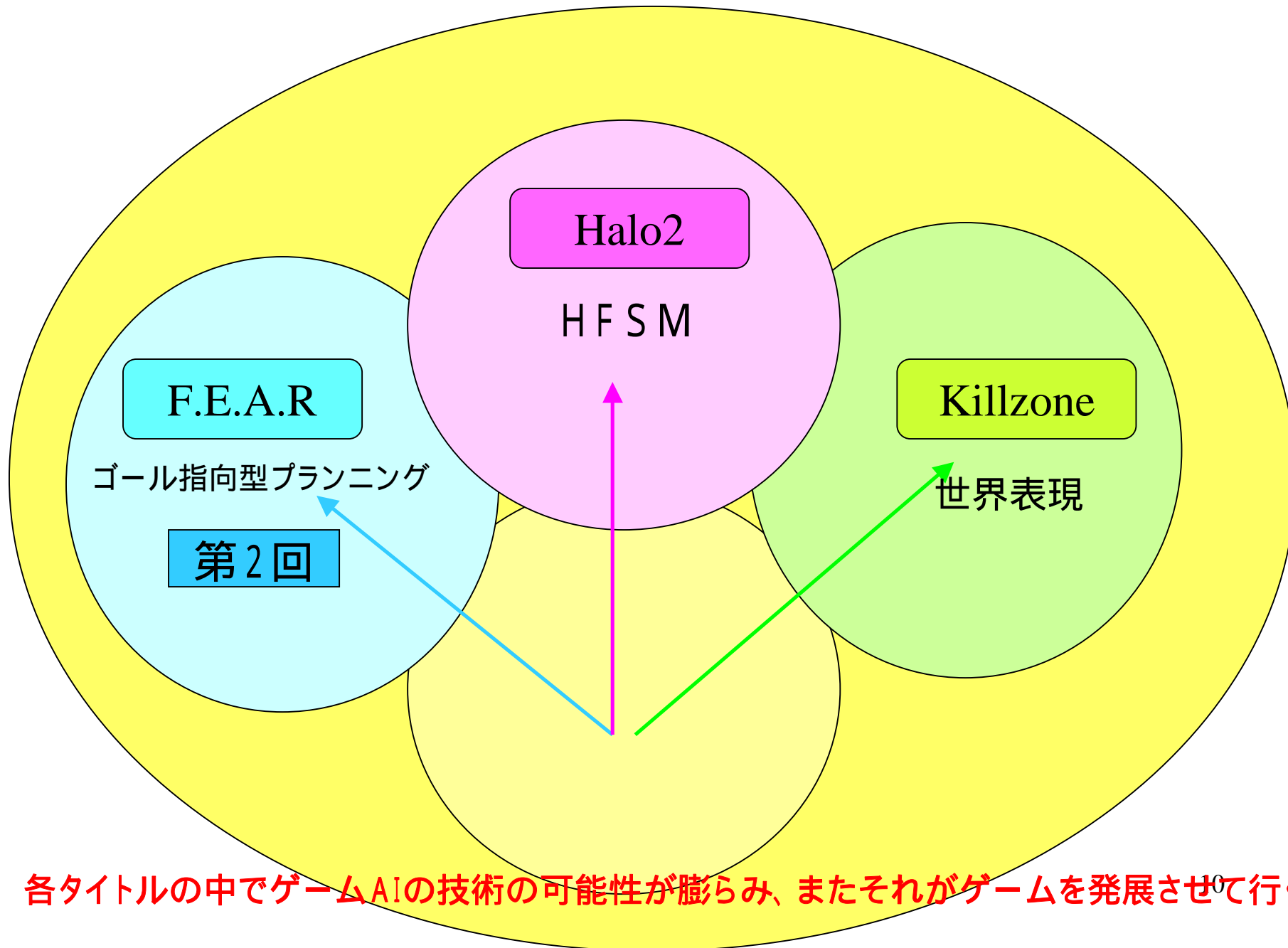


- (2) 一つのAIの技術を追求して行くことで、新しいゲームデザインが見えて来る



ゲームとゲームAI は、
お互いを進化させる力を持つ

ゲームとゲームAIの共進化

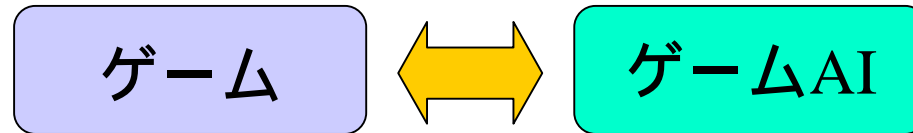


欧米と日本におけるゲームAIの開発の比較

	欧米	日本
情報公開	論文、会議で発表	不明
文献	論文や書籍の膨大な蓄積	とても少ない
アカデミズムとの関係	大学でゲームAIを研究。 大学から開発の現場へ参加。	希少
取り組むAIの分野	FPSを中心とするキャラクターメインのゲーム	さまざまなゲーム
業界としての取り組み	標準化への流れがある (IGDA AIISC(人工知能インタフェース標準化委員会)) (AIのミドルウェア市場の形成)	標準化の流れに参加する形 (IGDA JAPAN を通して紹介がされている。CEDECでも RoundTableがある)

(例) Quakeを扱った修士論文は世界的に有名になった。

ゲームAIにおける日本のチャンス



- (1) ゲームAIは、ゲームのコンテンツに対応して形成される。
- (2) FPS、スポーツゲームだけでなく、いろいろな種類のゲームを作る日本には、いろいろな種類のAIを作れるチャンスがある。 ➡ 技術的チャレンジ
- (3) 日本は、ゲームAIの発展に欧米とは違う方向からも貢献できるはずだ。

➡ そのための発端となる場所が欲しい...

実際のゲーム開発へ活用する



これからのゲーム開発におけるゲームAIの
可能性を知る

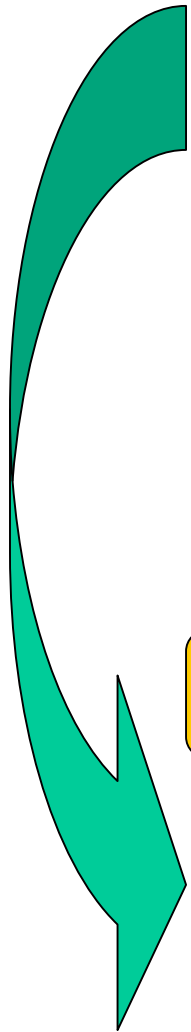


IGDA
ゲームAI連続セミナー

開発者が一同に介して、
ゲームAIについて学び、討論する場

よい循環を形成する

日本におけるゲームAIのセミナー・カンファレンスの場



セミナーの現在のプラン

2006年9月



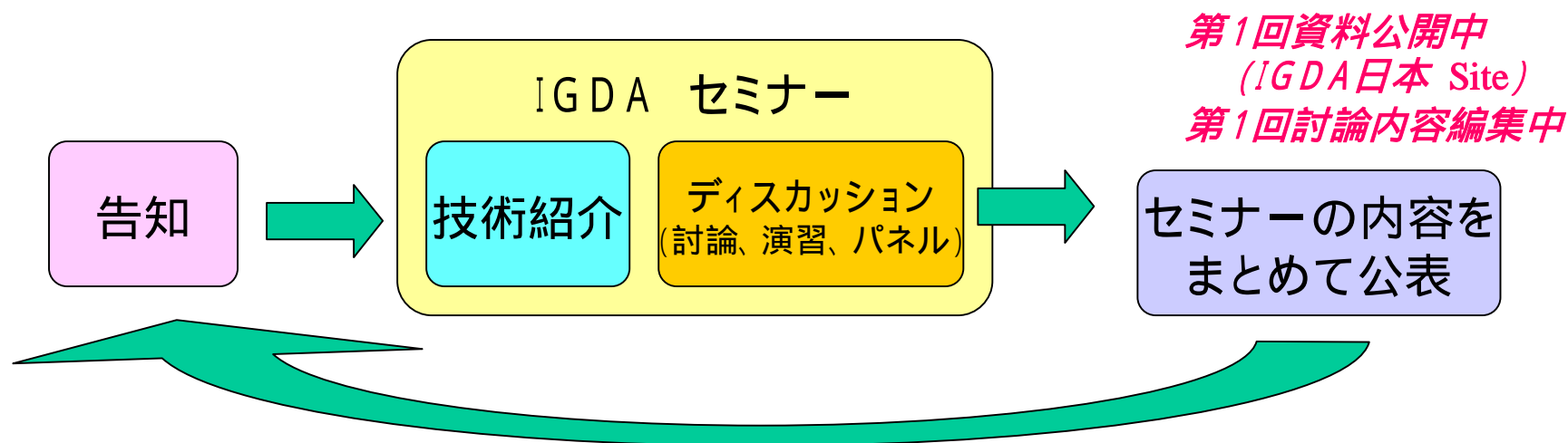
12月16日
第1回

2月10日
第2回

2ヶ月に1回実施

CEDEC 2007
まとめ

全6回(継続を目指す)
会場は大学、企業のホールなど



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

第1回からの反省と改善点

(WEBアンケート協力ありがとうございます！
今回もよろしくお願いします！)

(1) 討論

発言できる機会が少ない
内容にまとまりがない
討論内容を事前に知りたい



グループ討論
ガイドとなる記入シート
予約ページに討論内容を提示

(2) 資料

事前に欲しい
テキストは帰ってから読む



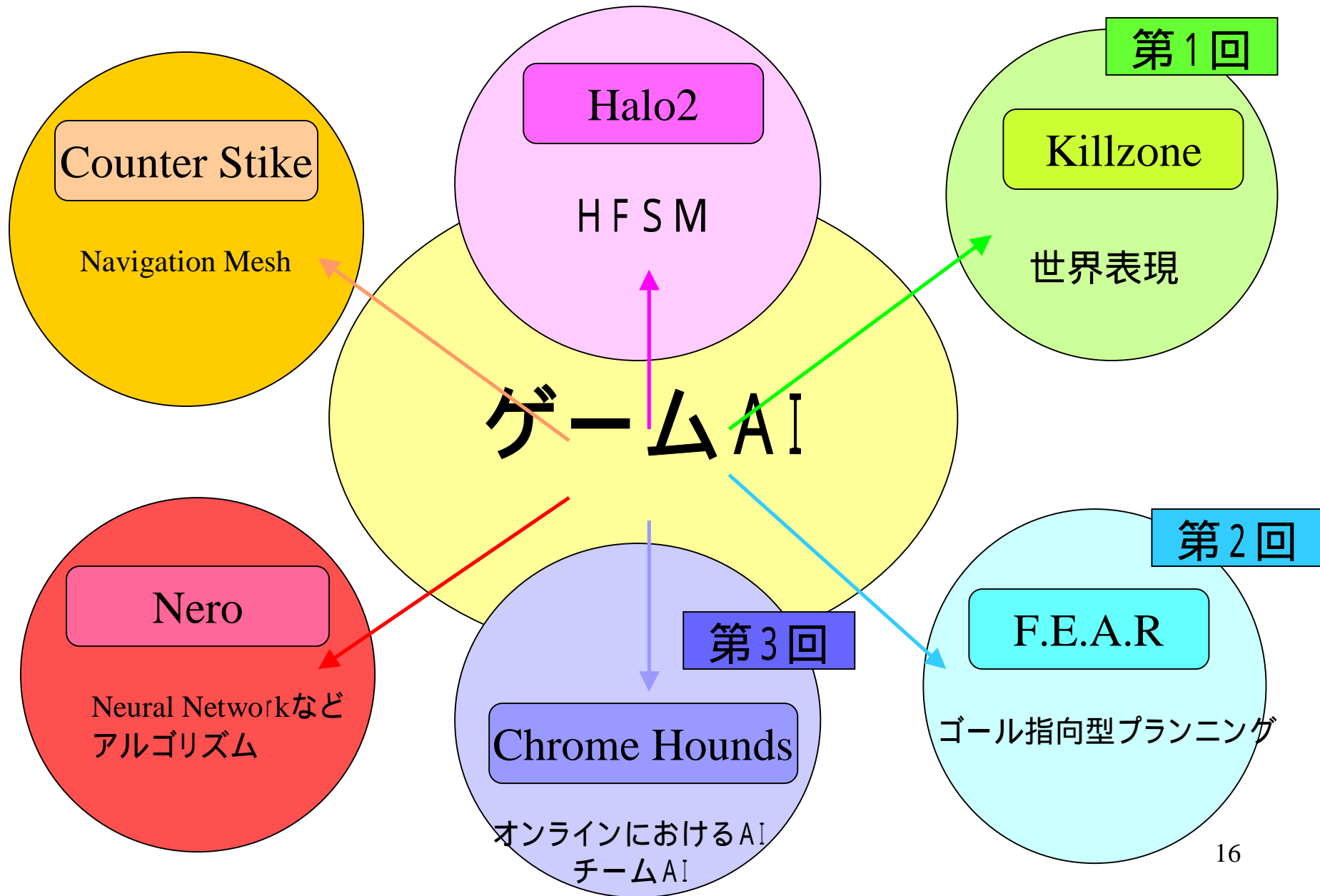
事前に暫定版WEB配布
セミナー後、完成版、配布

(3) 運営(継続のために省エネ運営)

IGDA日本に協力してくださる方(ボランティア)を募集！

DIGRA、東京大学 共催
グループ討論司会者の協力
IGDA サイトの利用、 フロムソフトウェアからの協力

これからのセミナーの展開



ゲームAI連続セミナー

(1) 参加者が作るセミナー

意見をフィードバック

話す側にもなる

議論にできるだけ参加

(2) 参加者が望むものを自分で持ち帰るセミナー

(3) 開発者と出会えるセミナー

学生、開発者、研究者のインタラクションの場



ゲーム開発へ

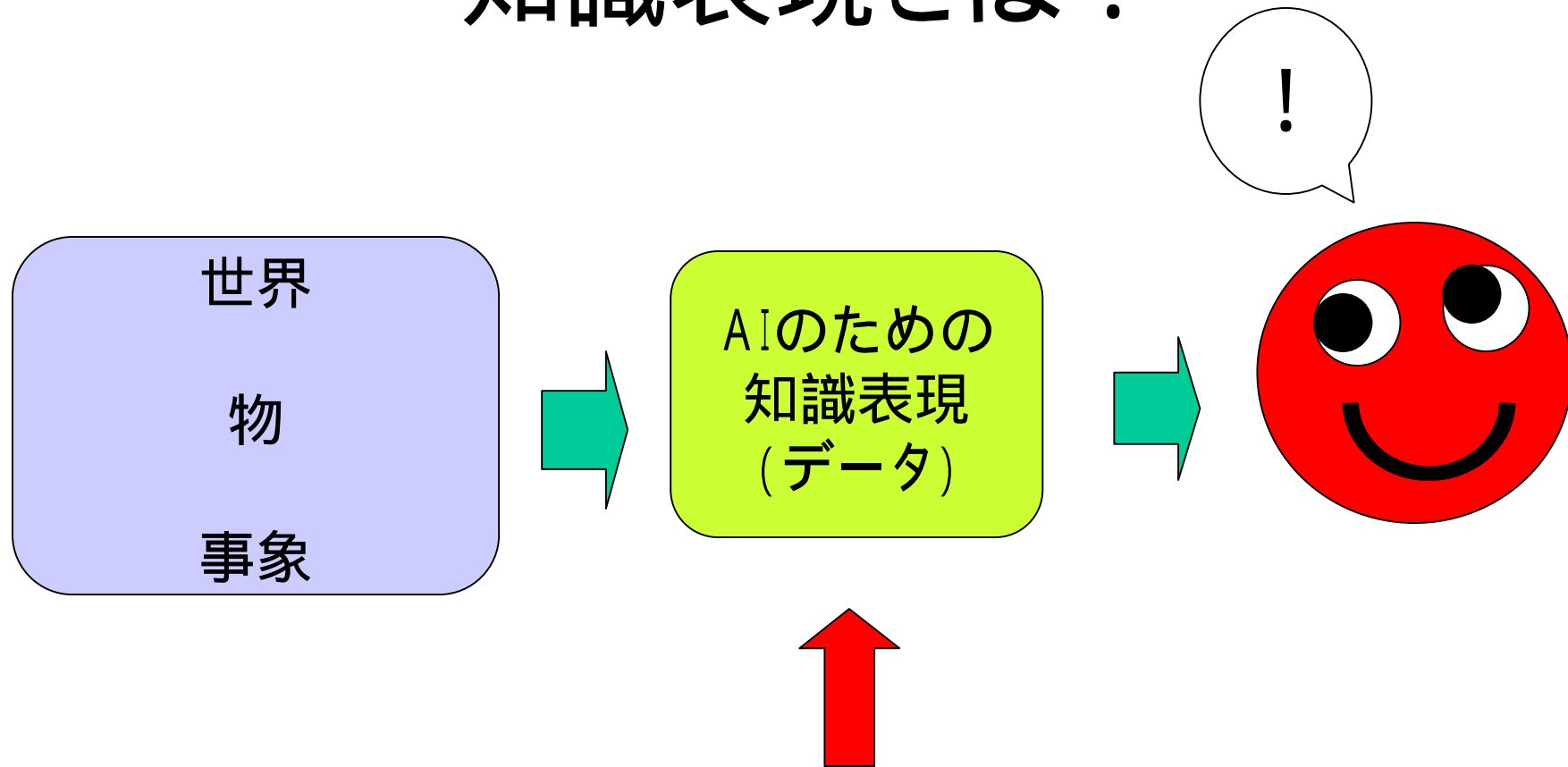
前回ダイジェスト

(5 分)

第1回セミナーの復習

知識表現、世界表現

知識表現とは？

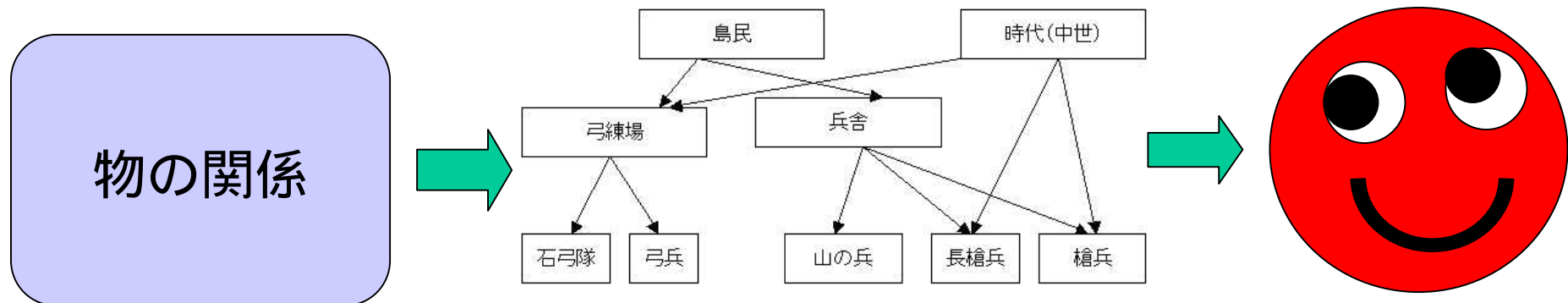


人間が準備してあげる

ゲームに応用可能なおける知識表現の分野

依存グラフ

物事の関係性を表現



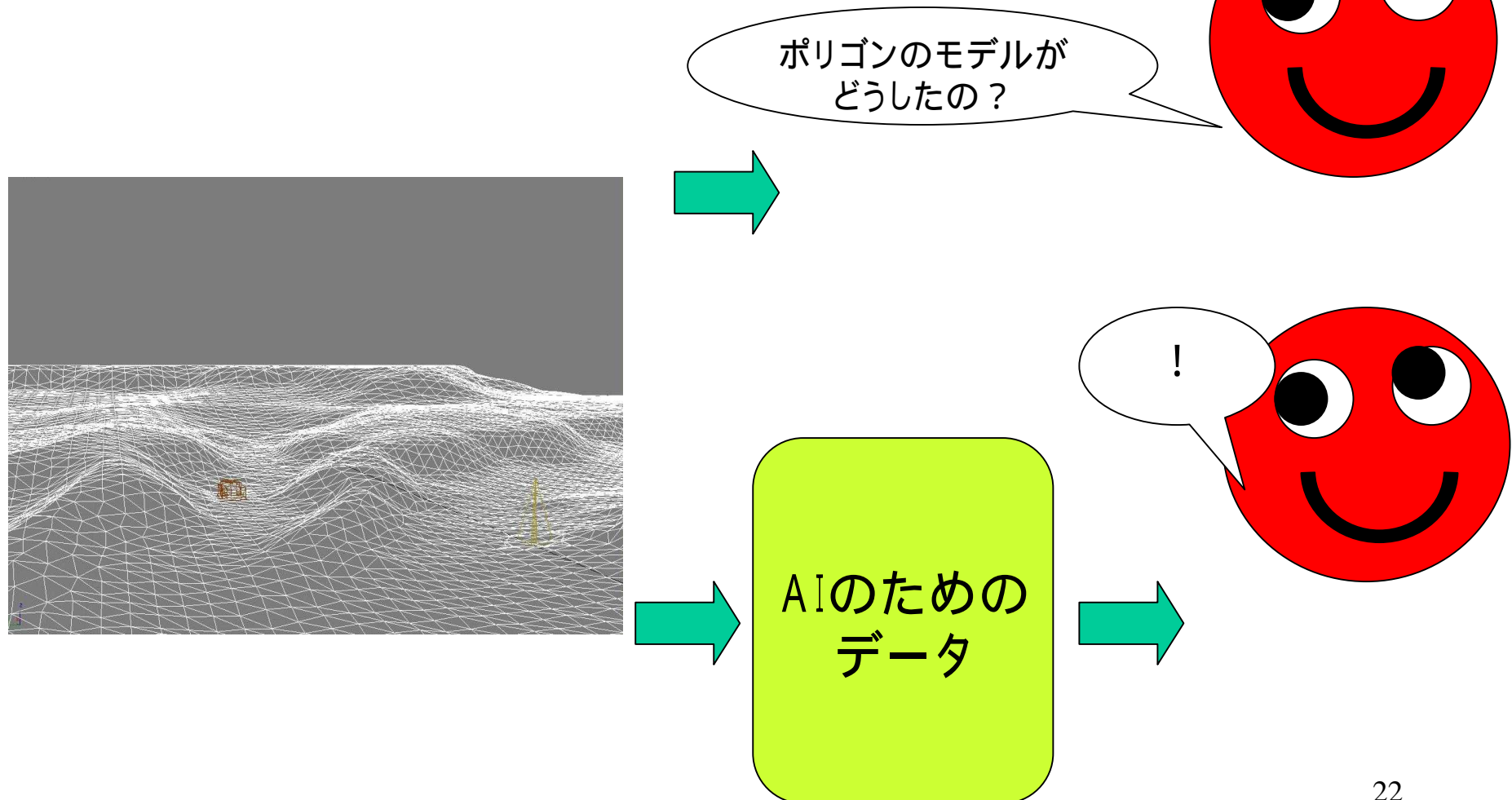
「あるものを作るには、あるものが必要である」という関係性



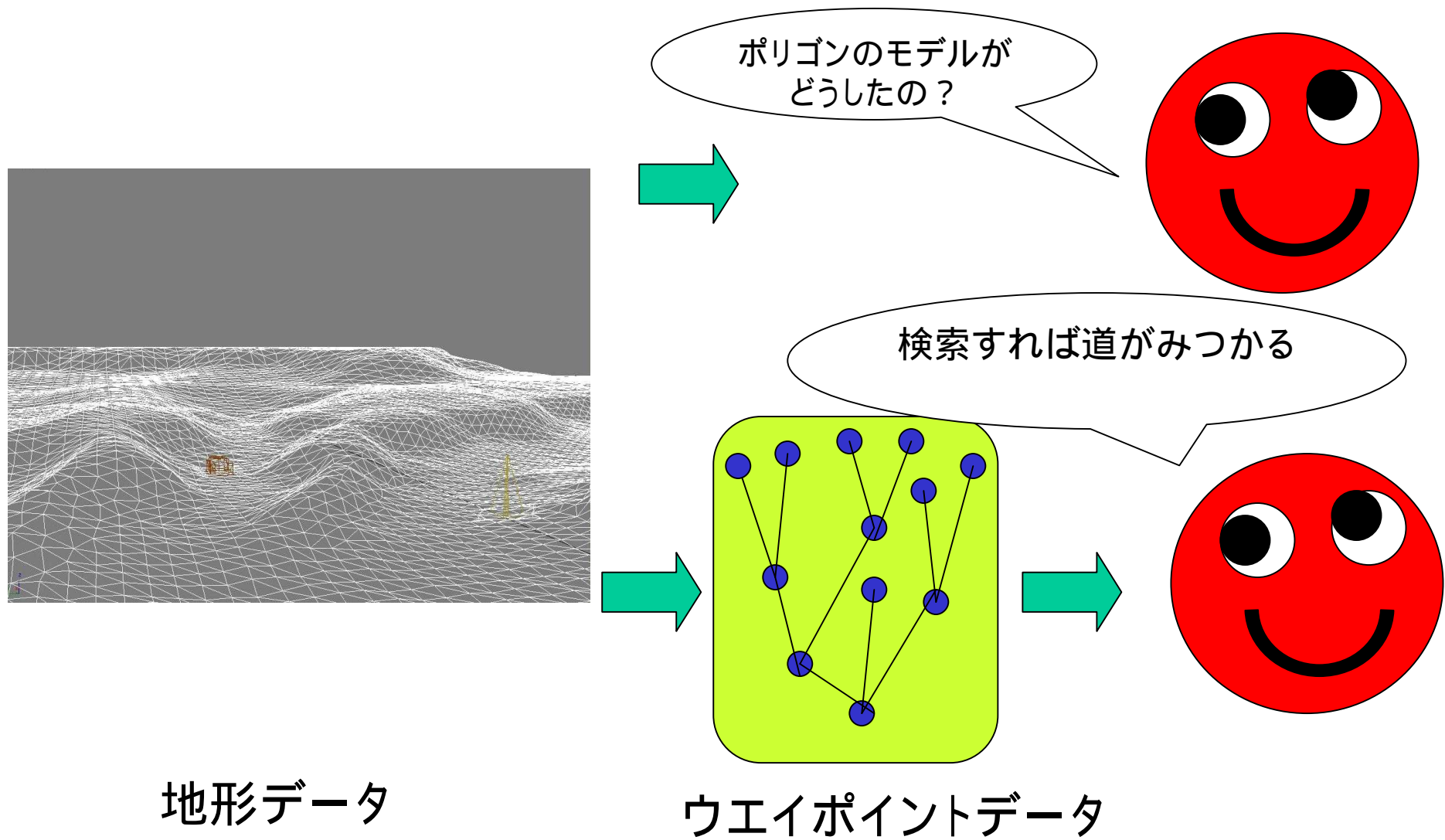
シミュレーションゲーム

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

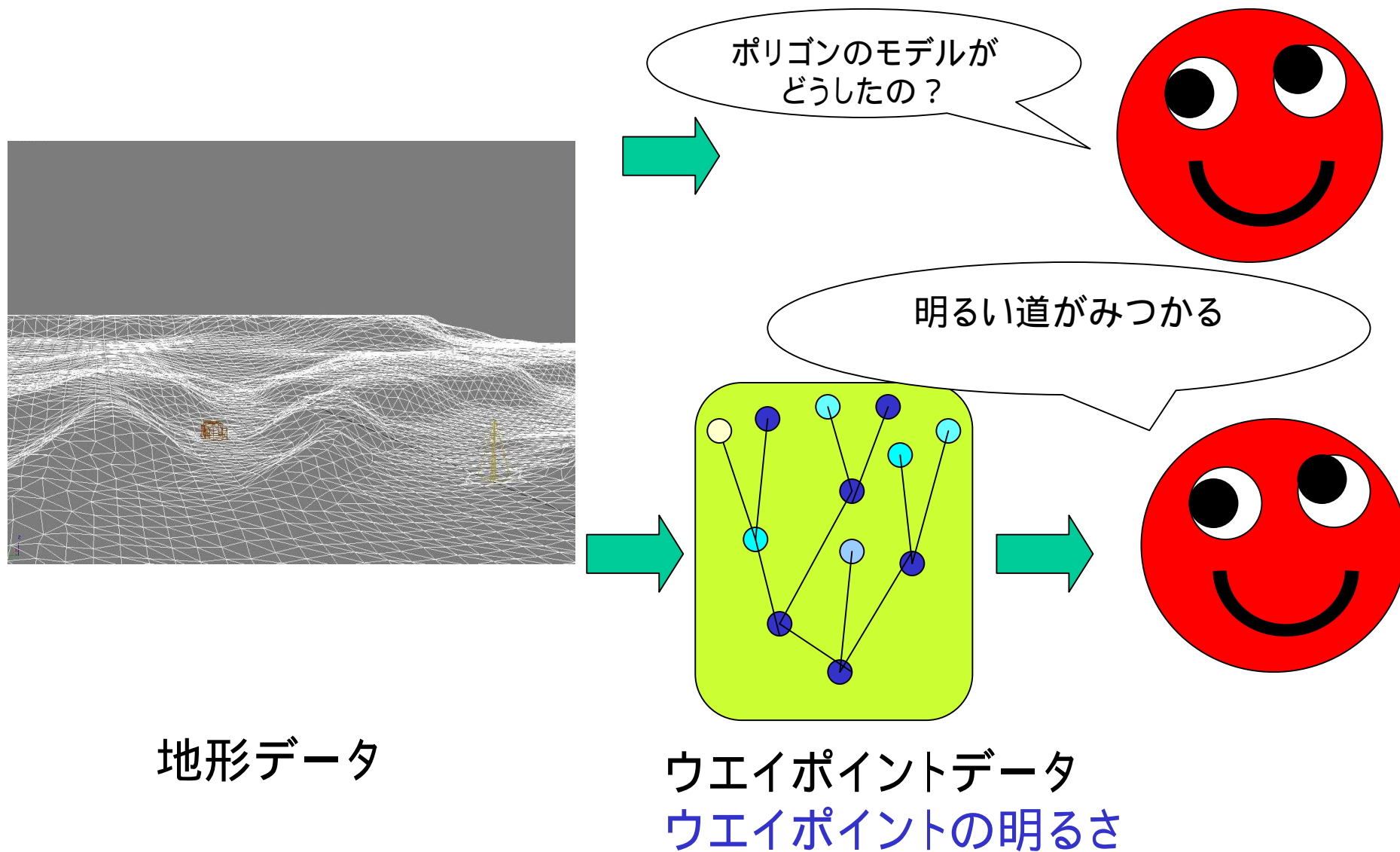


世界表現の例 パス検索データ

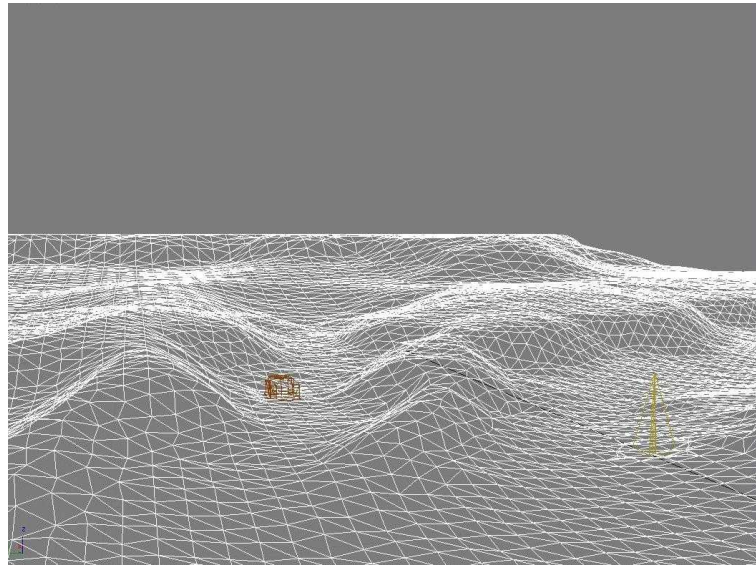


世界表現の例

パス検索データ + ウェイポイントの明るさ

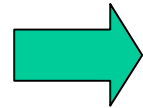


世界表現の例 パス検索データ + ウェイポイントの明るさ + 東側に対して視線が通らない(見通しが悪い)

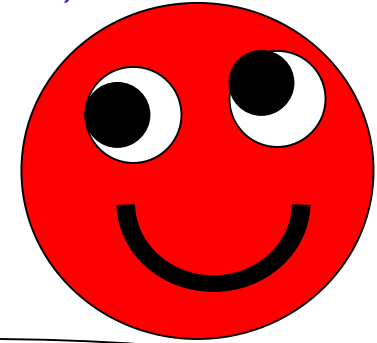


地形データ

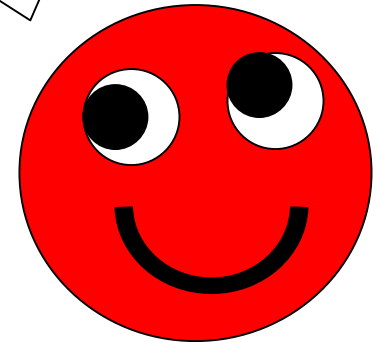
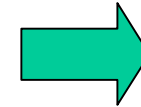
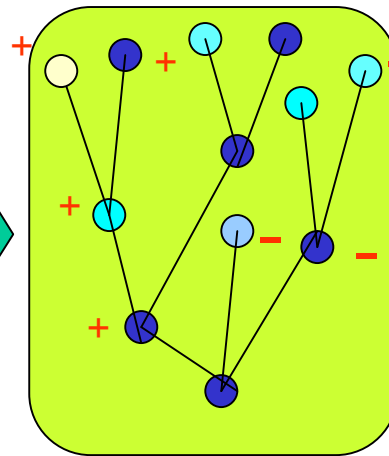
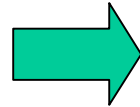
復習おわり



ポリゴンのモデルが
どうしたの？



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



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(²⁵ +、-)

さまざまな世界表現

ゲーム世界をAIの目的に応じて適切に表現してあげる必要がある。
(知識表現(knowledge representation)、世界表現(World representation))

Killzone

8方向に対する可視距離

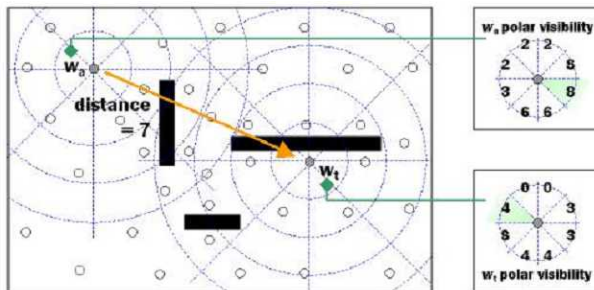


Figure from pages 9 of Remco Straatman, Arjen Beij, William van der Sterren (2005), "Killzone's AI : Dynamic Procedural Combat Tactics" [6]

Halo 2

戦術的位置

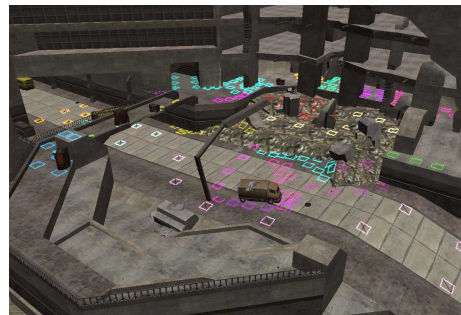


Figure from pages 15 of Damian Isla, "Dude, where's my Warthog? From Pathfinding to General Spatial Competence" [7]

Chrome Hounds

地表状態
トポロジー情報

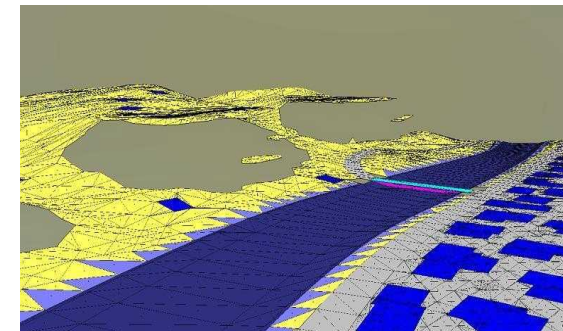


Figure from 三宅 陽一郎 (2006), "クロムハウズにおける人工知能開発から見るゲームAIの展望 (CEDEC2006 PPT)" [8]

第1部 ゲームAI 技術解説(90分)

第1章 プランニング技術解説 (15分)

第2章 F.E.A.R におけるゴール指向アクションプランニング (30分)

第3章 クロムハウズにおける階層型ゴール指向プランニング (15分)

第4章 発展 (15分)

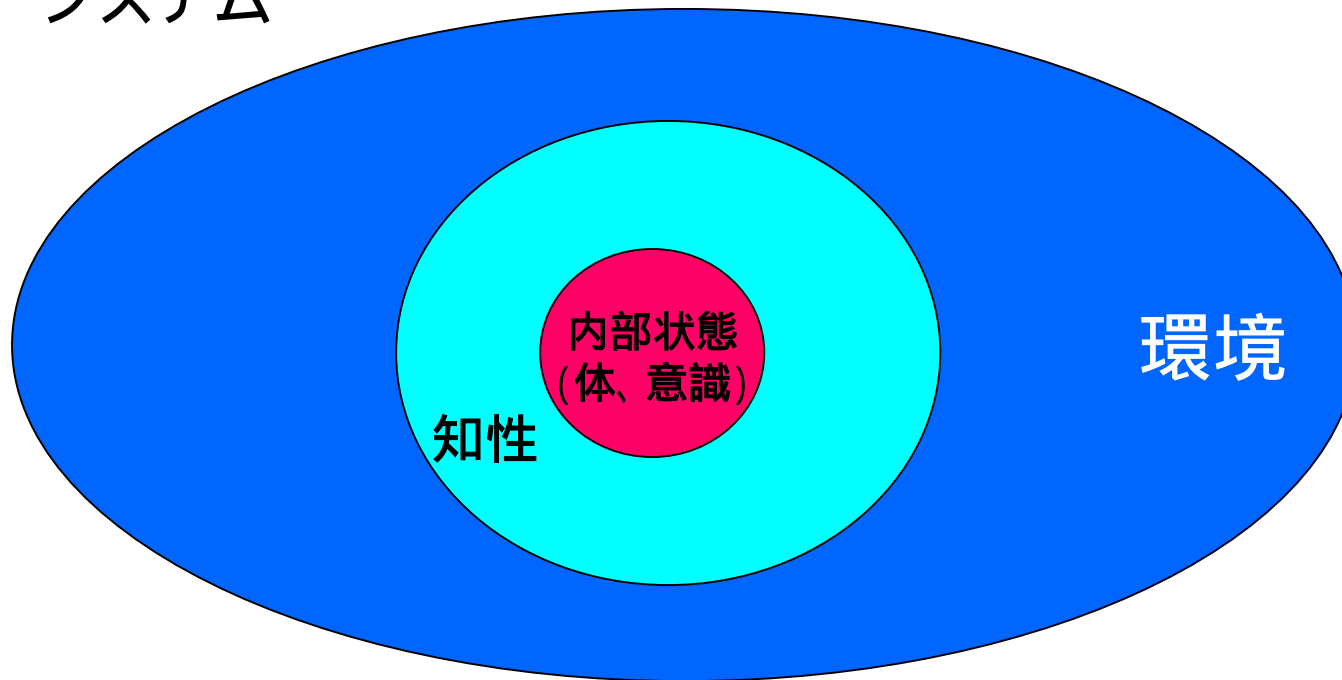
第1章

プランニングとゴール指向解説

- ◆ はじめに
 - ◆ ゴール指向とは
 - ◆ プランニングとは

そもそも知性とは？

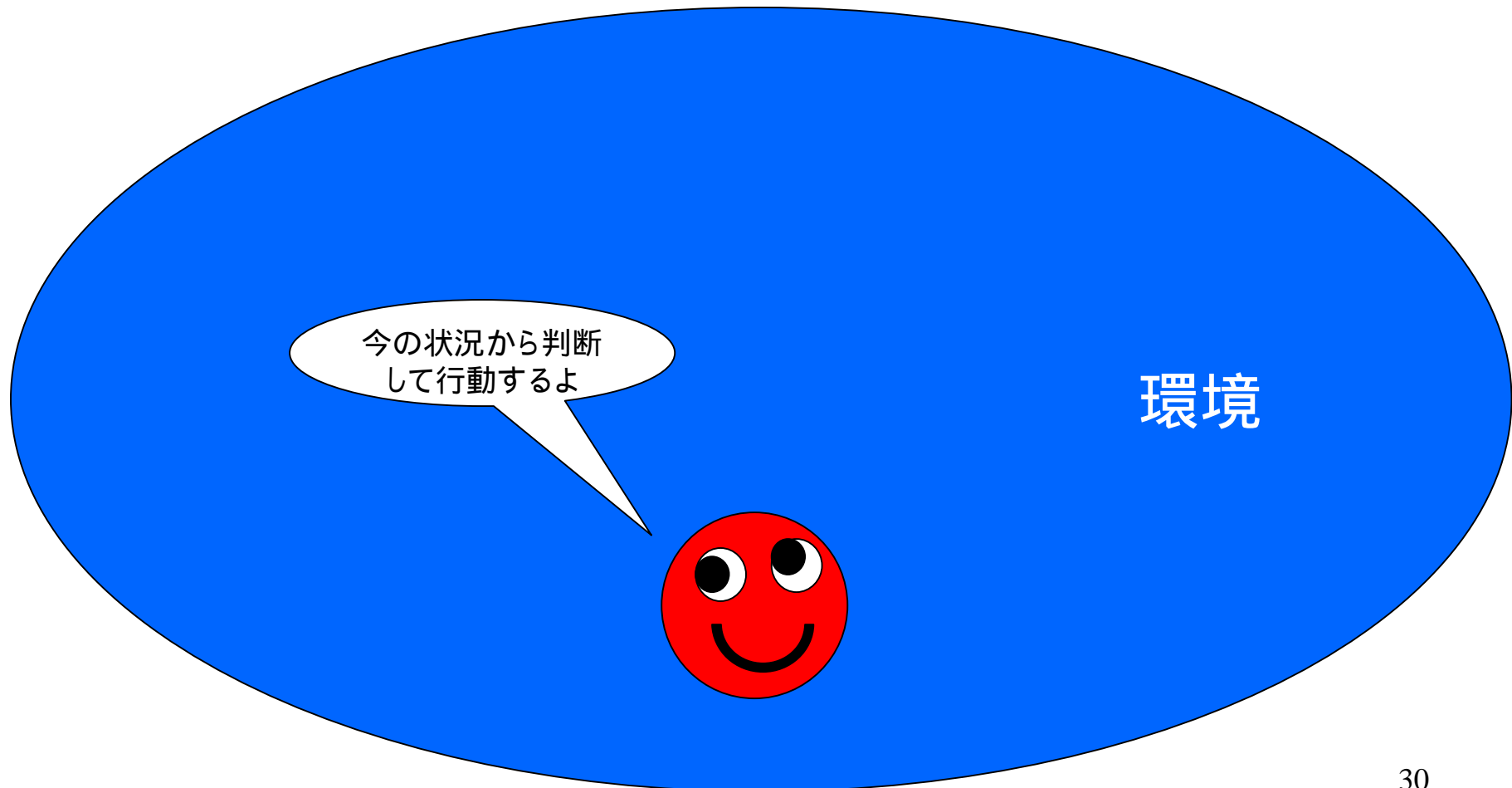
- 生き物が、外部の環境に対して、適応するために持ったシステム



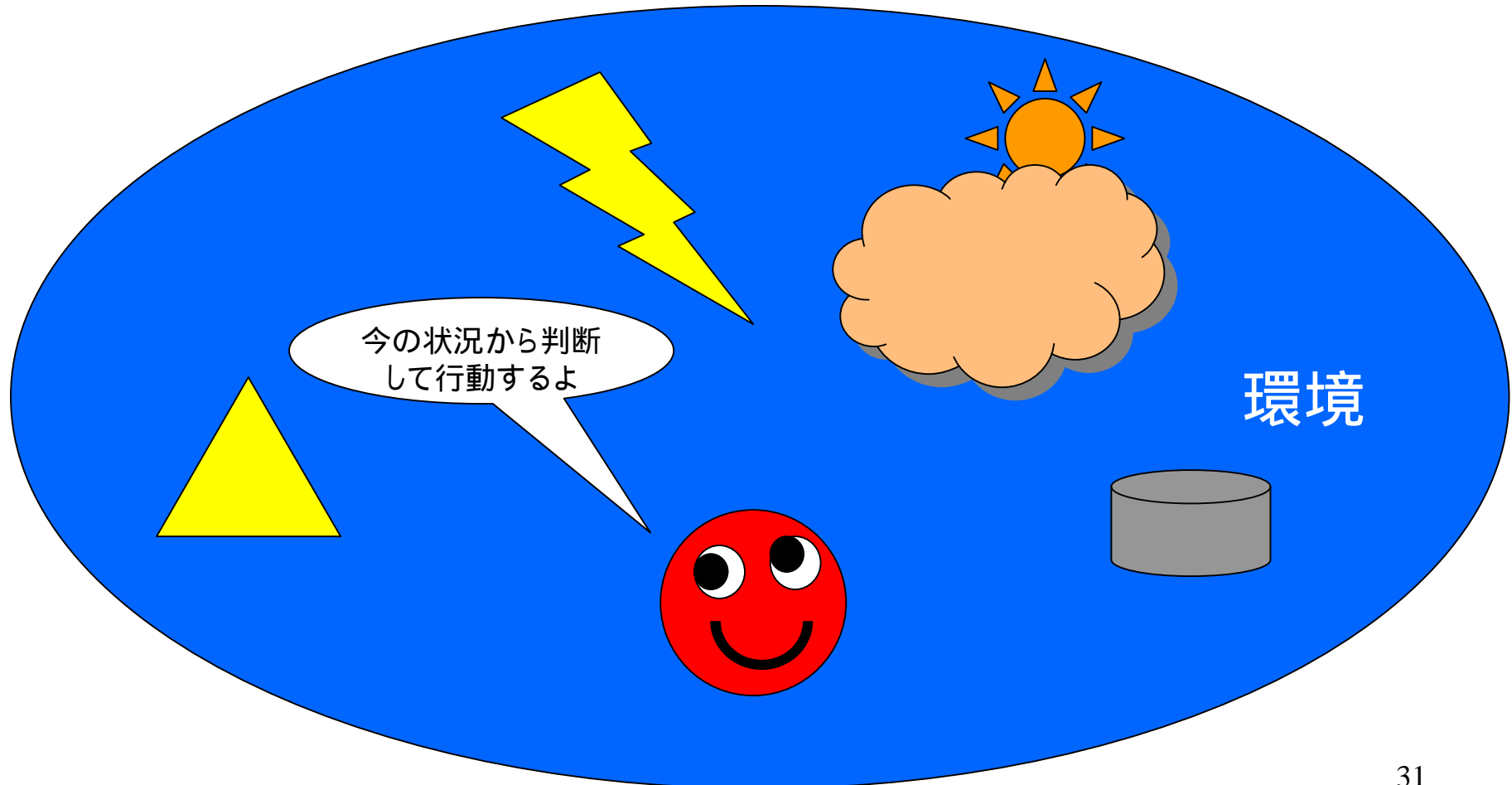
環境の変化に適応 = 知性とは時間の中で展開される



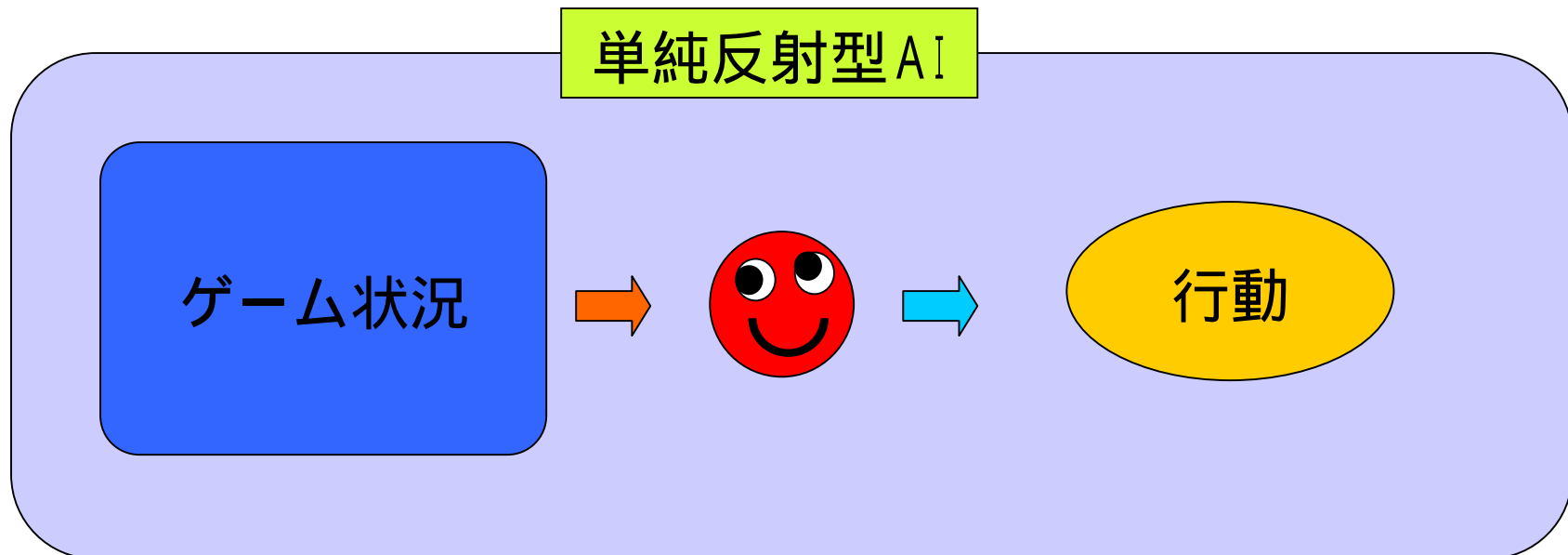
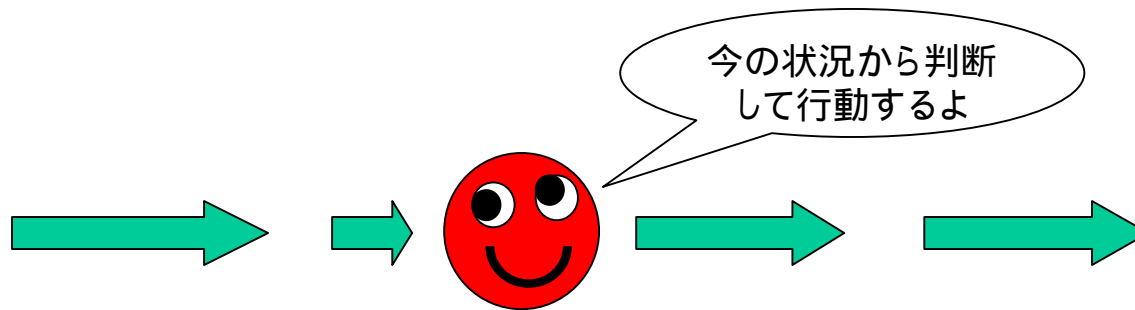
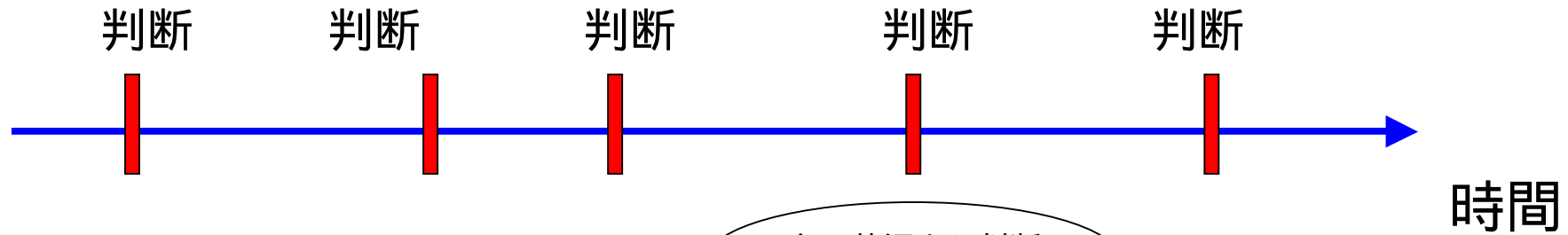
知性って世界の中でどうやって 行動しているだろうか？



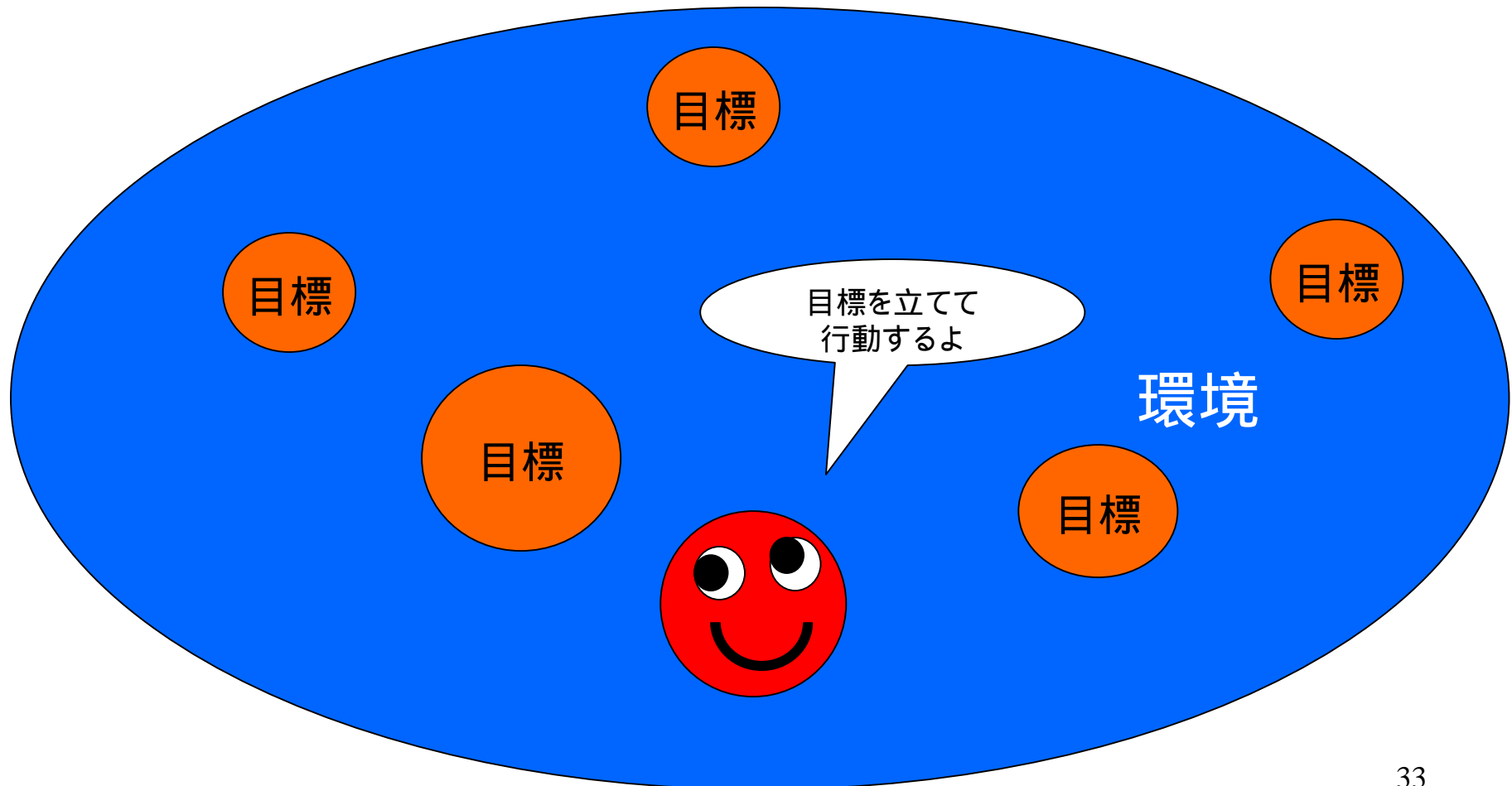
知性は世界の中でどうやって 行動しているだろうか？



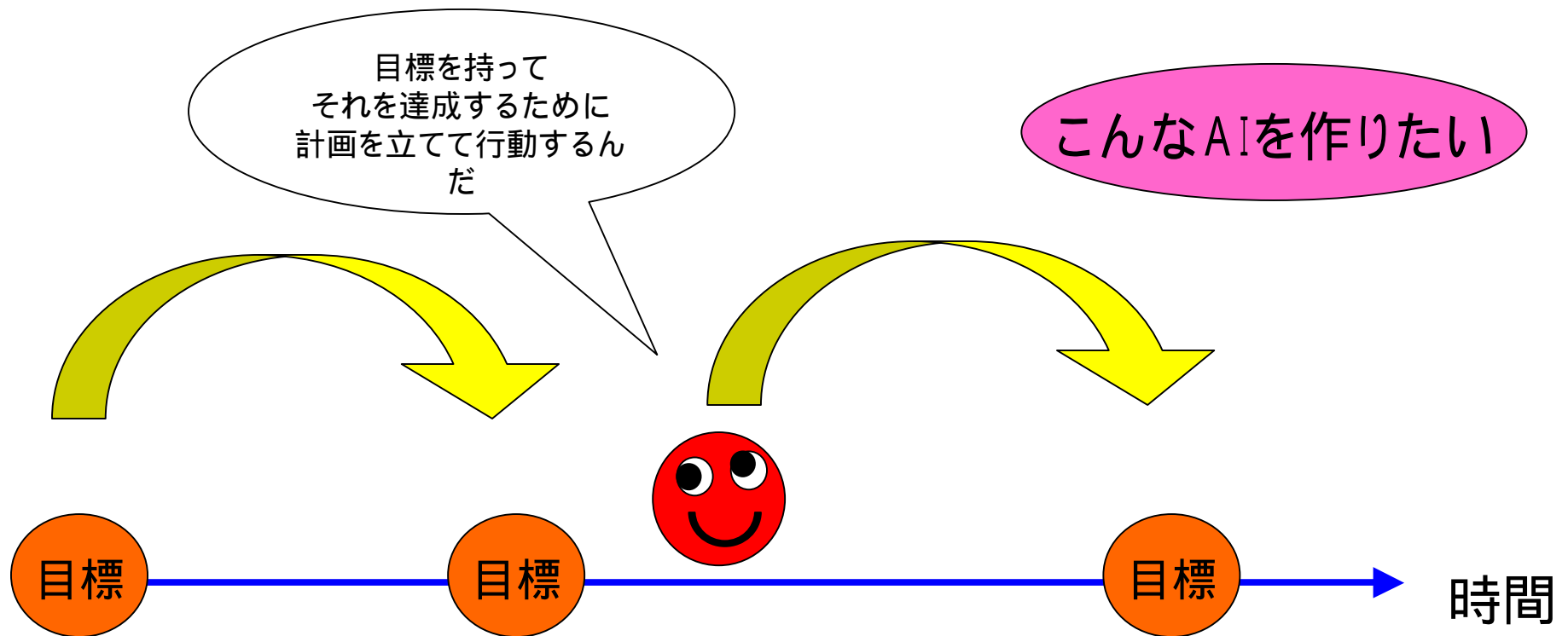
AIにとっての時間



知性は世界の中で どうやって行動しているだろうか？



目標を持って行動するAI



目標を設定して行動するAI → **ゴール指向型AI**

目標に向かって計画して行動するAI → **プランニングAI**

第1章

プランニングとゴール指向解説

- ◆ はじめに
 - ◆ ゴール指向とは
 - ◆ プランニングとは

ゴール指向とは

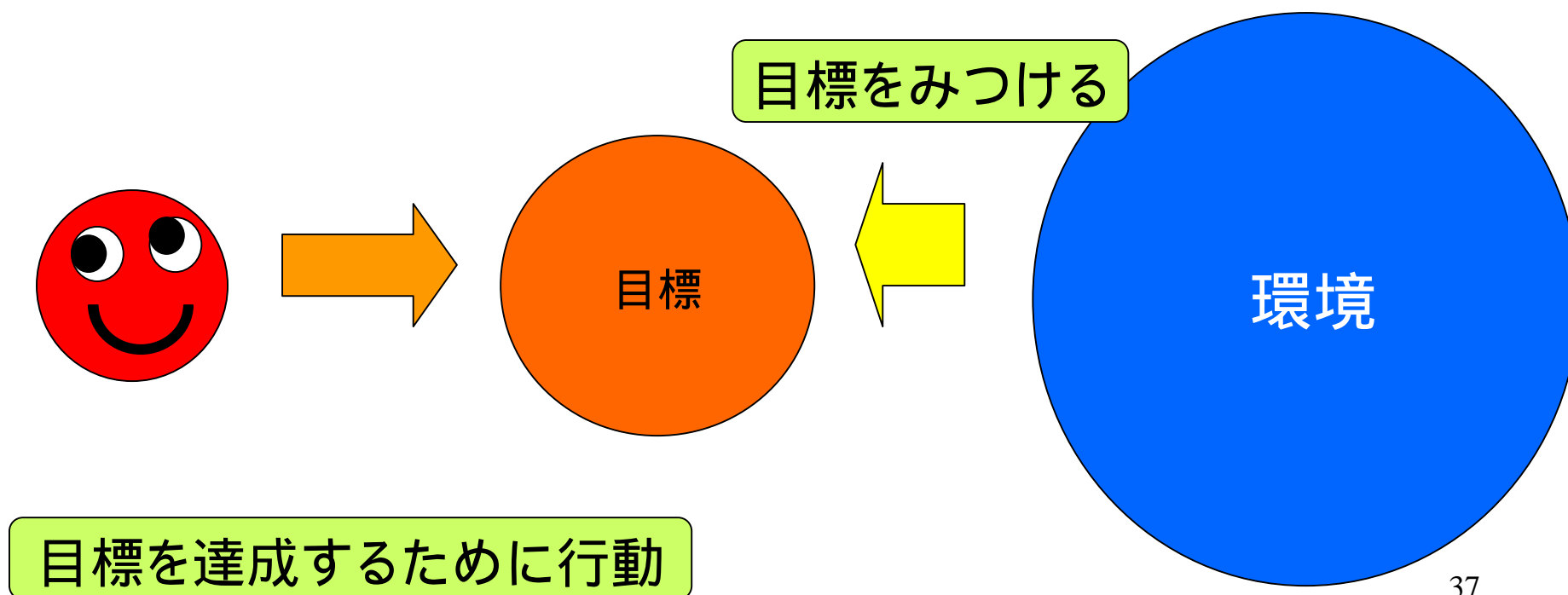
ゴール指向とは？

自分の属する世界から、目標を見つけて行動するAI

一般に、現在の人工知能のレベルで、AIが自発的に環境から目標をみつけることはできない。



目標は人間があらかじめAIに設定する必要がある



ゴール指向のフレーム

ゲームAIでは
特に重要

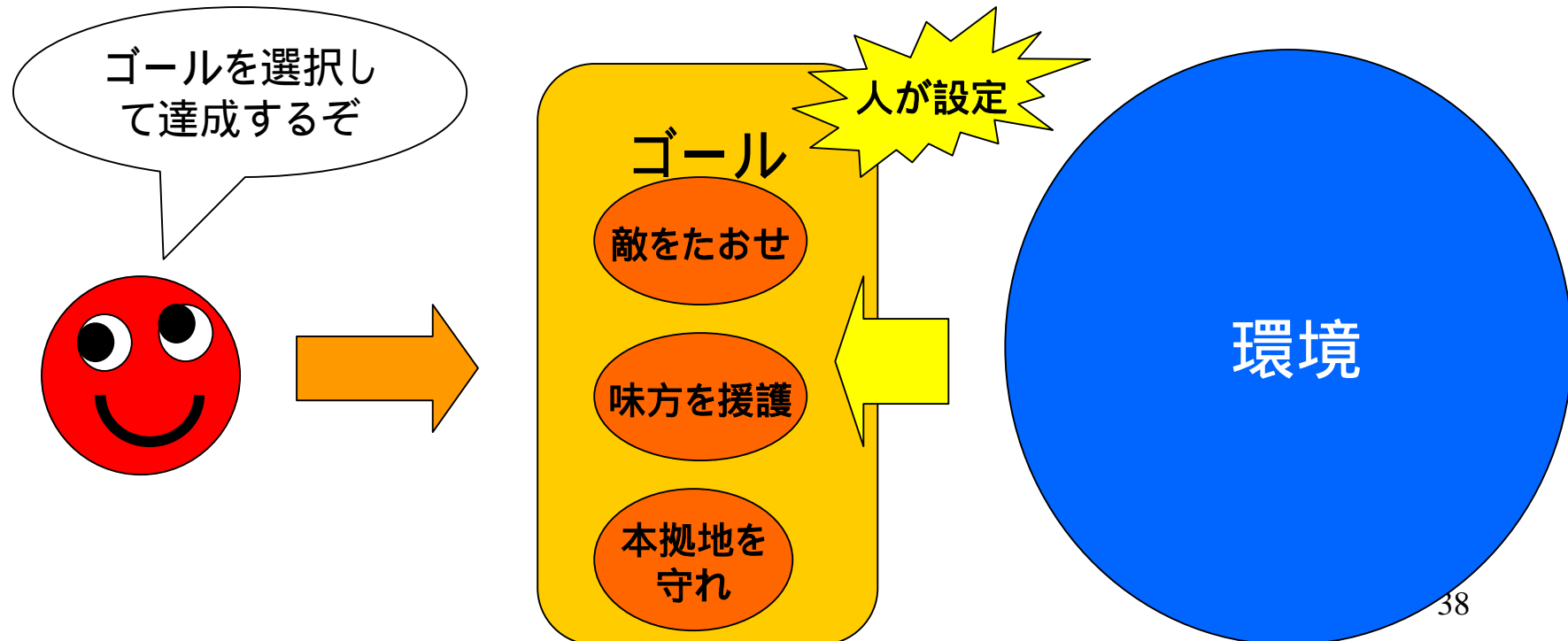
- (1) 人間はあらかじめ環境(ゲーム)から**ゴールを抽出**

ゲーム製作工程

- (2) AIはゴールを**選択し**、ゴール達成へ向けて行動

意志決定

ゴール指向



ゴール指向まとめ

- (1) 自分の属する世界にゴールを設定して行動するAIをゴール指向型AIという。
- (2) 世界からゴールを抽出する能力は今のところAIにはないので、人間が設定する必要がある。
- (2) AIは設定されたゴールから選んで、その達成へ向けて行動する。

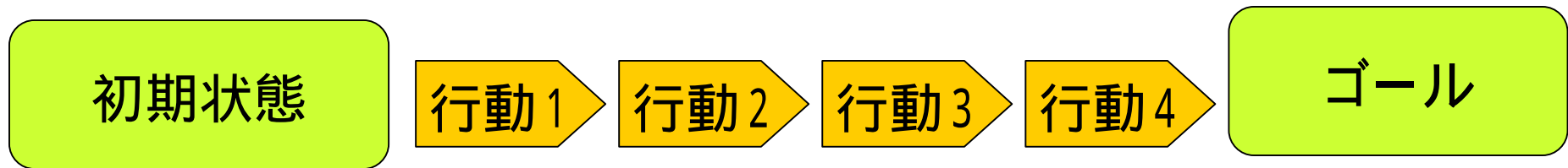
第1章

プランニングとゴール指向解説

- ◆ はじめに
 - ◆ ゴール指向とは
 - ◆ プランニングとは

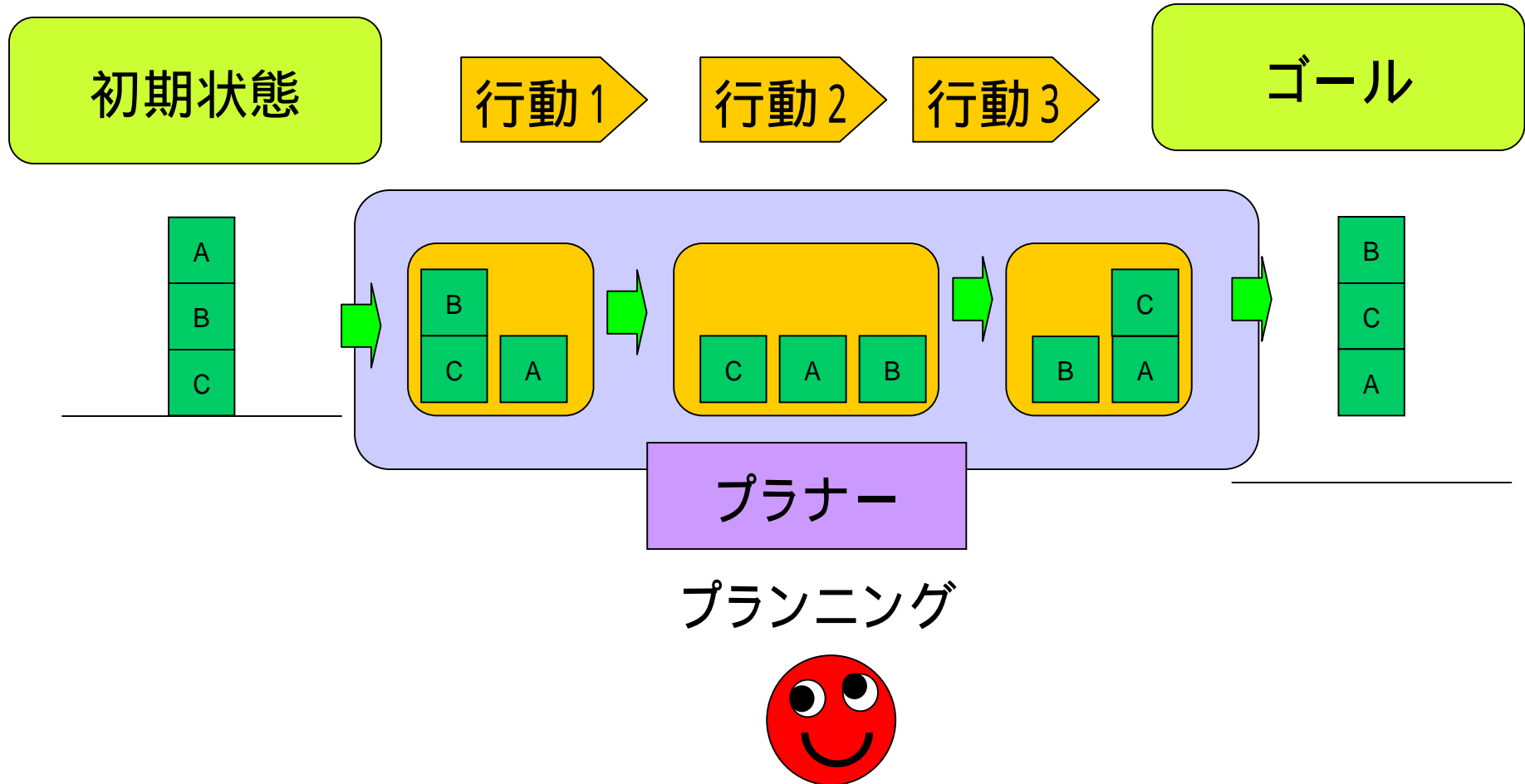
プランニングとは

プランニングとは？



基本概念： 初期状態 ゴール プラナー

積み木のプランニング



基本概念: 初期状態 ゴール プランナー 43

積み木のプラー

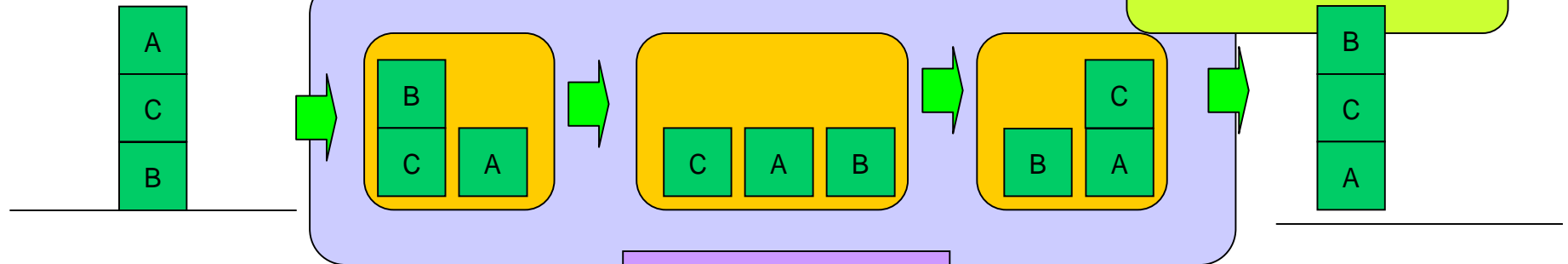
初期状態

行動1

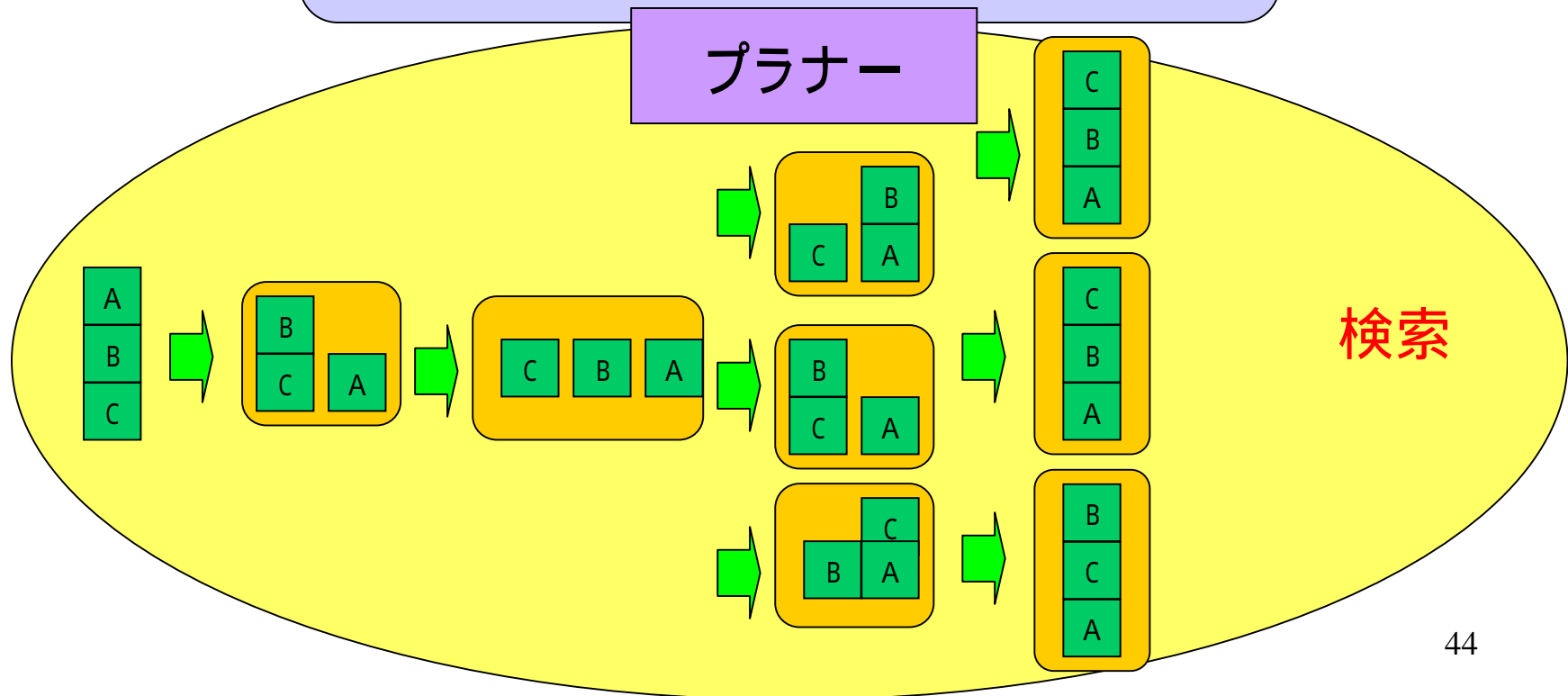
行動2

行動3

ゴール

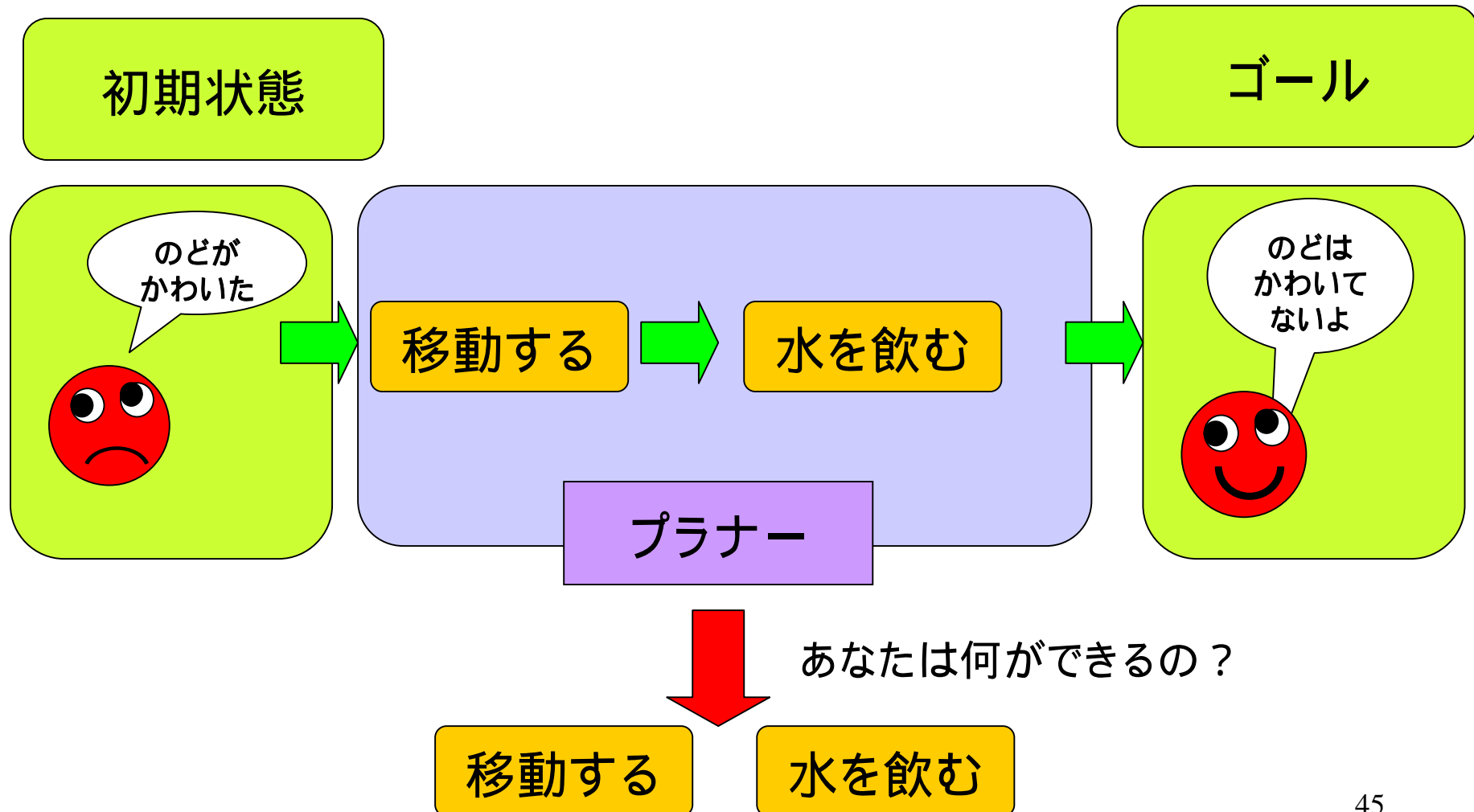


プラー



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



プランナーの仕組み

1. 連鎖(chaining)による方法

プランナーが前提条件と効果から自動的に行動を組み上げる。

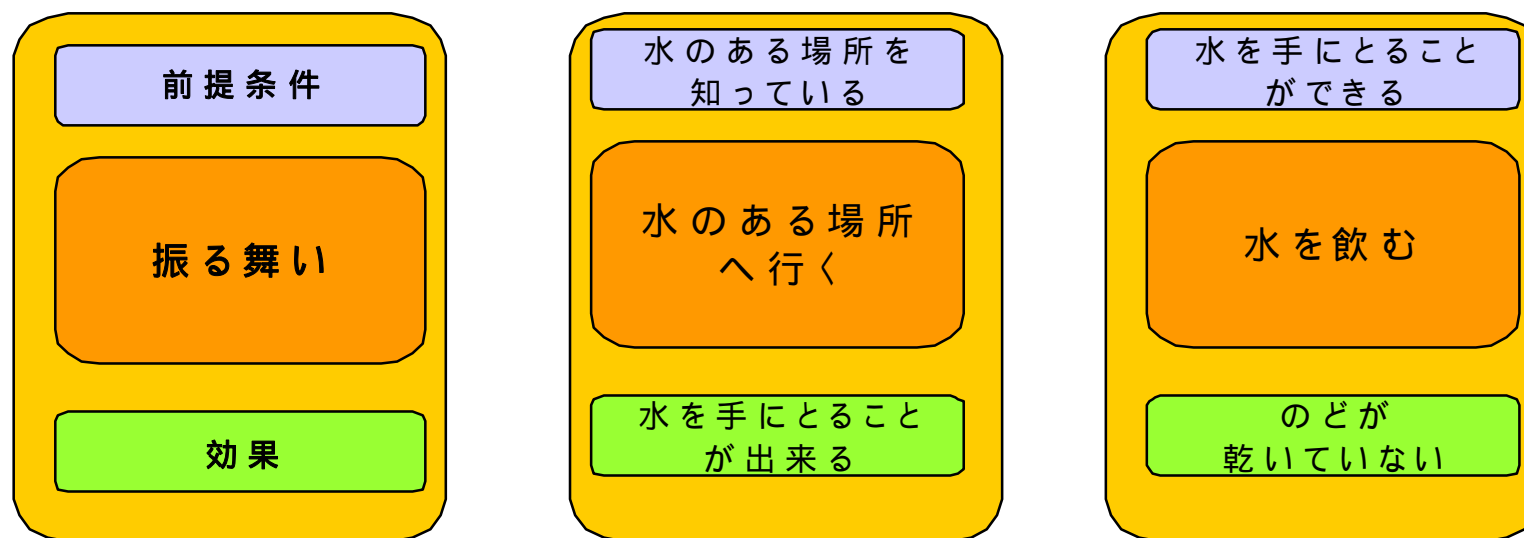
F.E.A.R

2. 人手による方法

プランに用いる行動の間の関係を、人があらかじめ定義する

Chrome
Hounds

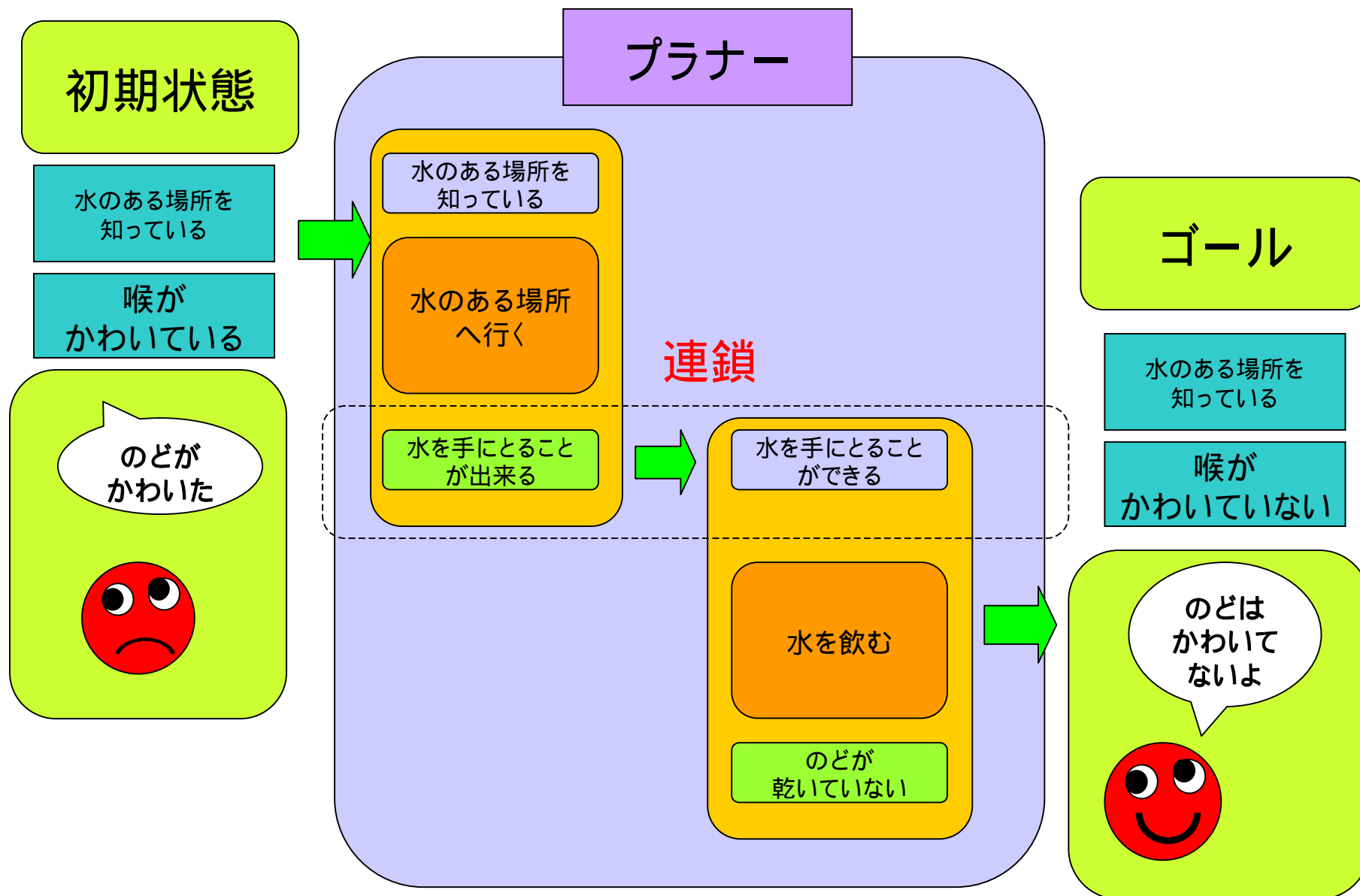
プランニングにおける行動の表現



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

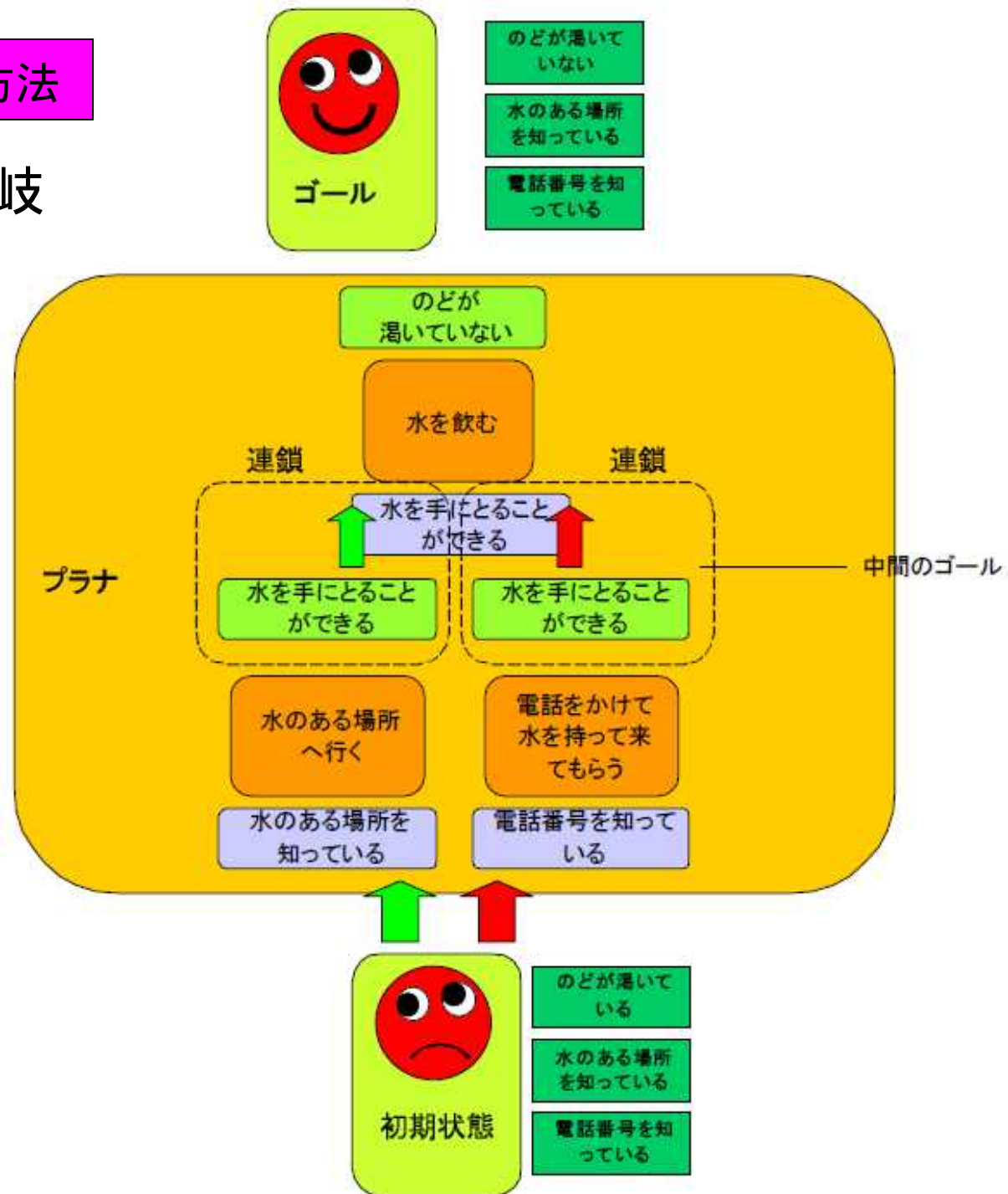
連鎖による方法

連鎖によるプランニング



連鎖による方法

プランの分岐



一つのゴール、同じ初期条件に対しても
複数の行動の形成が可能

AIに多様な行動を取らせることができる

道による方法

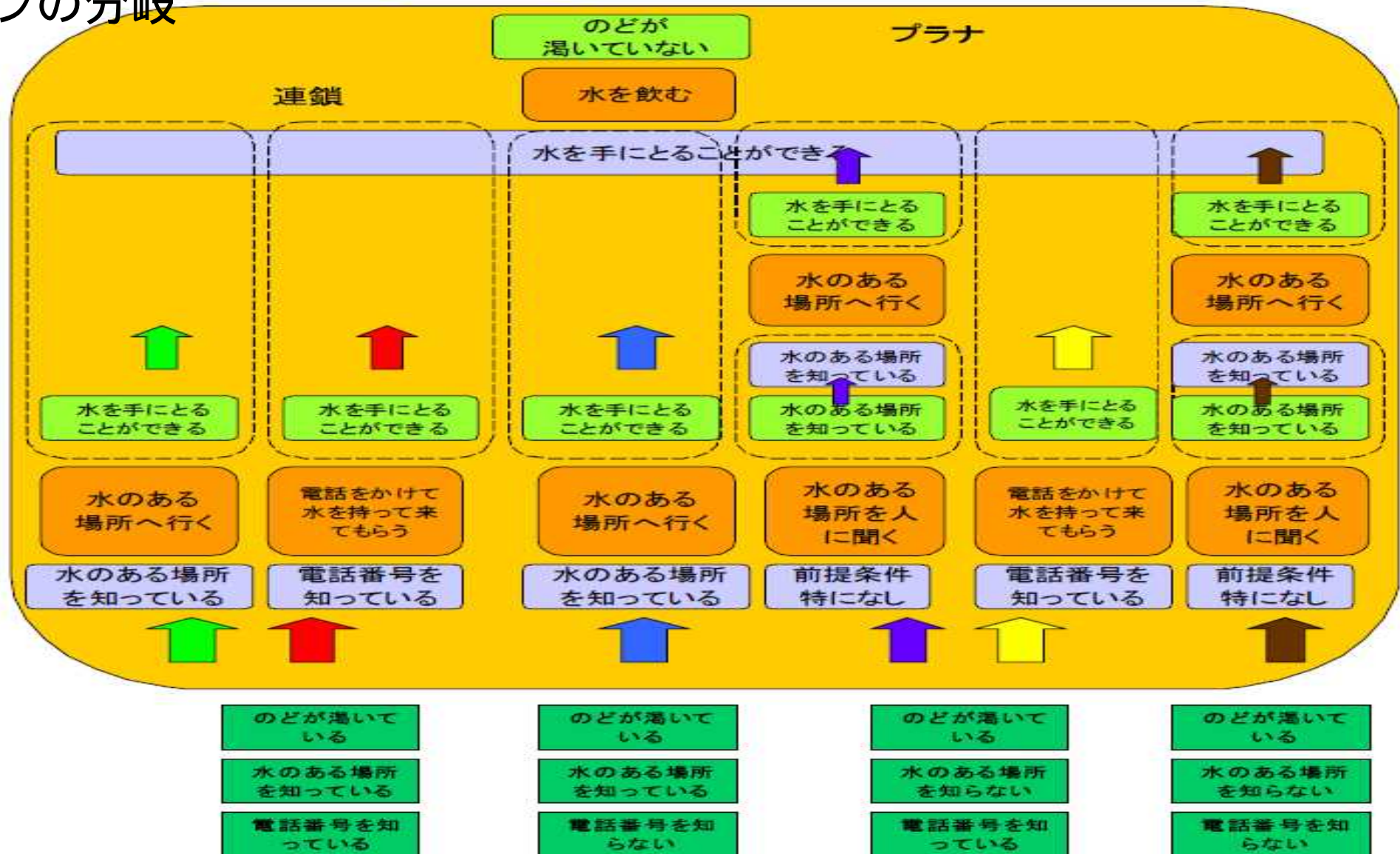
3条件による ソンの分岐



のどが潤いて
いない

水のある場所
を知っている

電話番号を知
っている

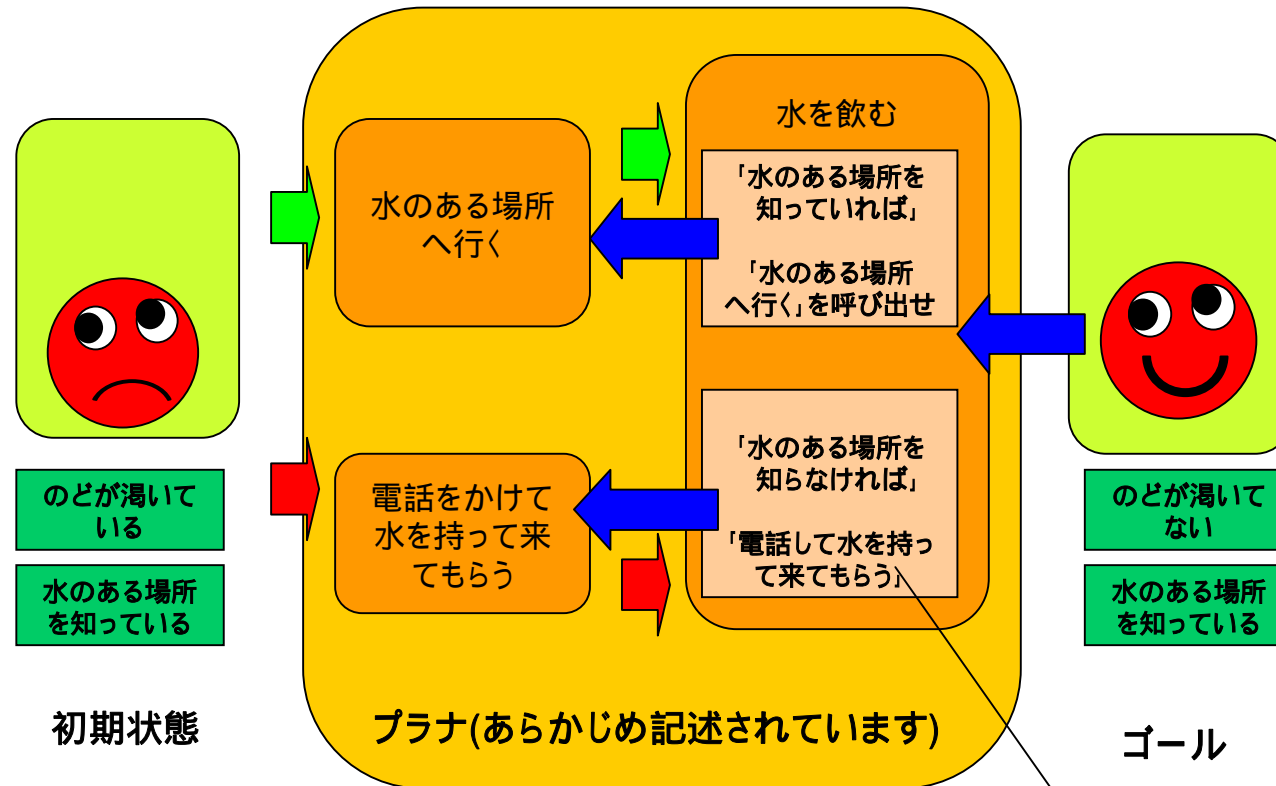


一つのゴールに対して初期条件が違うと
複数の行動の形成が可能

状況に適応した行動をとらせることができる。

人手による方法

行動の間の呼び出しを定義

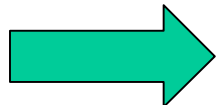
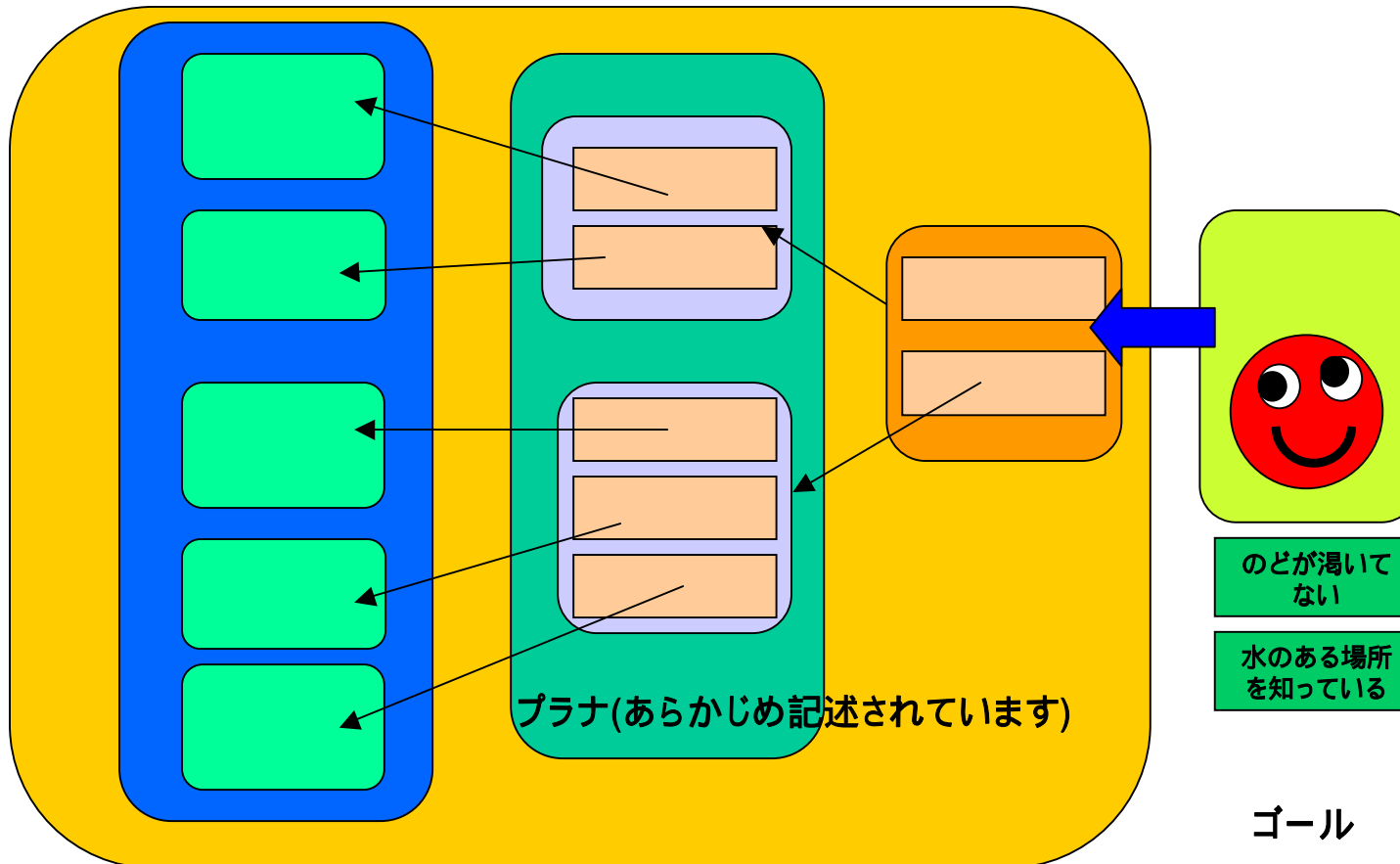


一つのゴール、同じ初期条件に対しても
複数の行動の形成が可能

AIに多様な行動を取らせることができる

人手による方法

プランの分岐



層を形成する

階層型プランニング

一つのゴールに対して
ゲーム状況を含む分岐条件を指定することで
複数の行動の形成が可能

状況に適応した行動をとらせることができる。

連鎖による方法

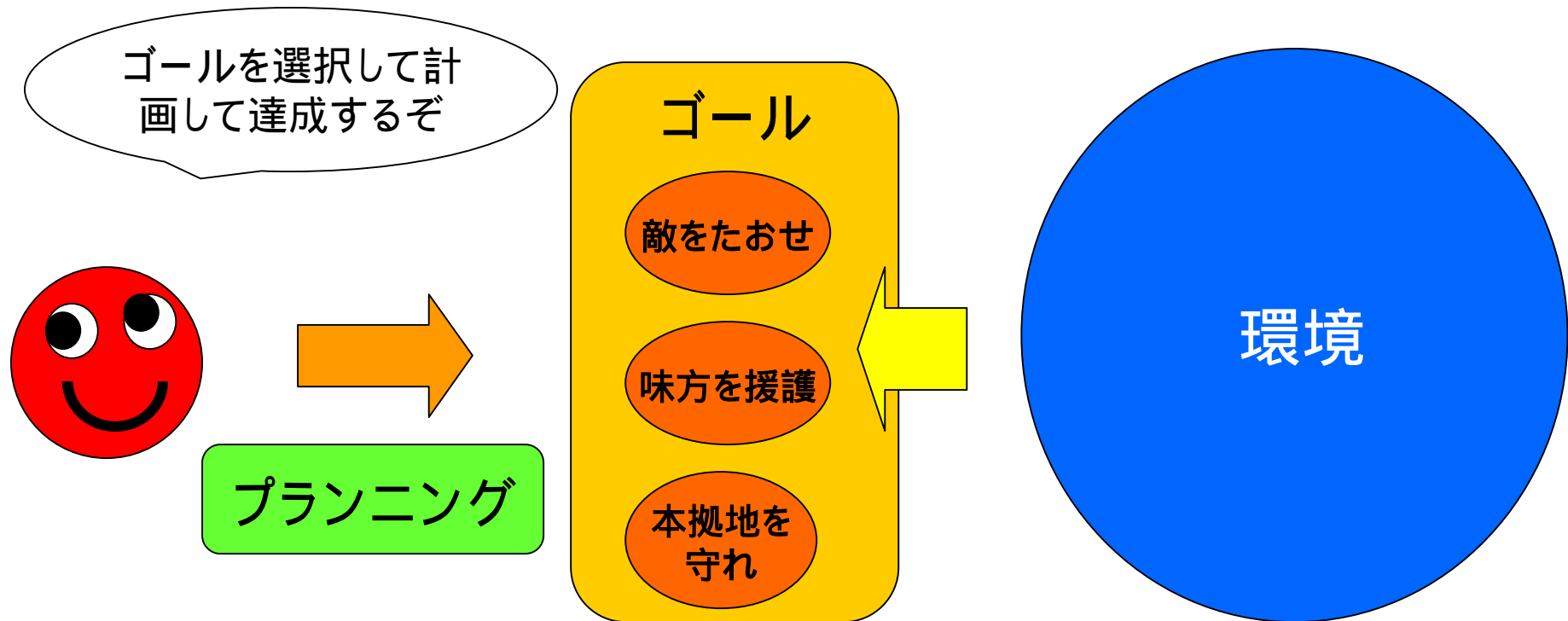
人手による方法

プランニングまとめ

- (1) まとまった時間に渡る一連の行動の形成することができる。
単一の行動でなく複数の行動をプランナーによって自動的に形成することができる。
- (2) 行動に多様性を持たせることができる。
同一のゴール、初期条件に対して複数のプラン
- (3) 状況に適応した行動をとらせることができる。
初期条件が違えば、それに対応したプラン

ゴール指向型プランニングとは

ゴール達成のためにプランニングを用いるとき、
ゴール指向型プランニングという。



ゴール指向型プランニング

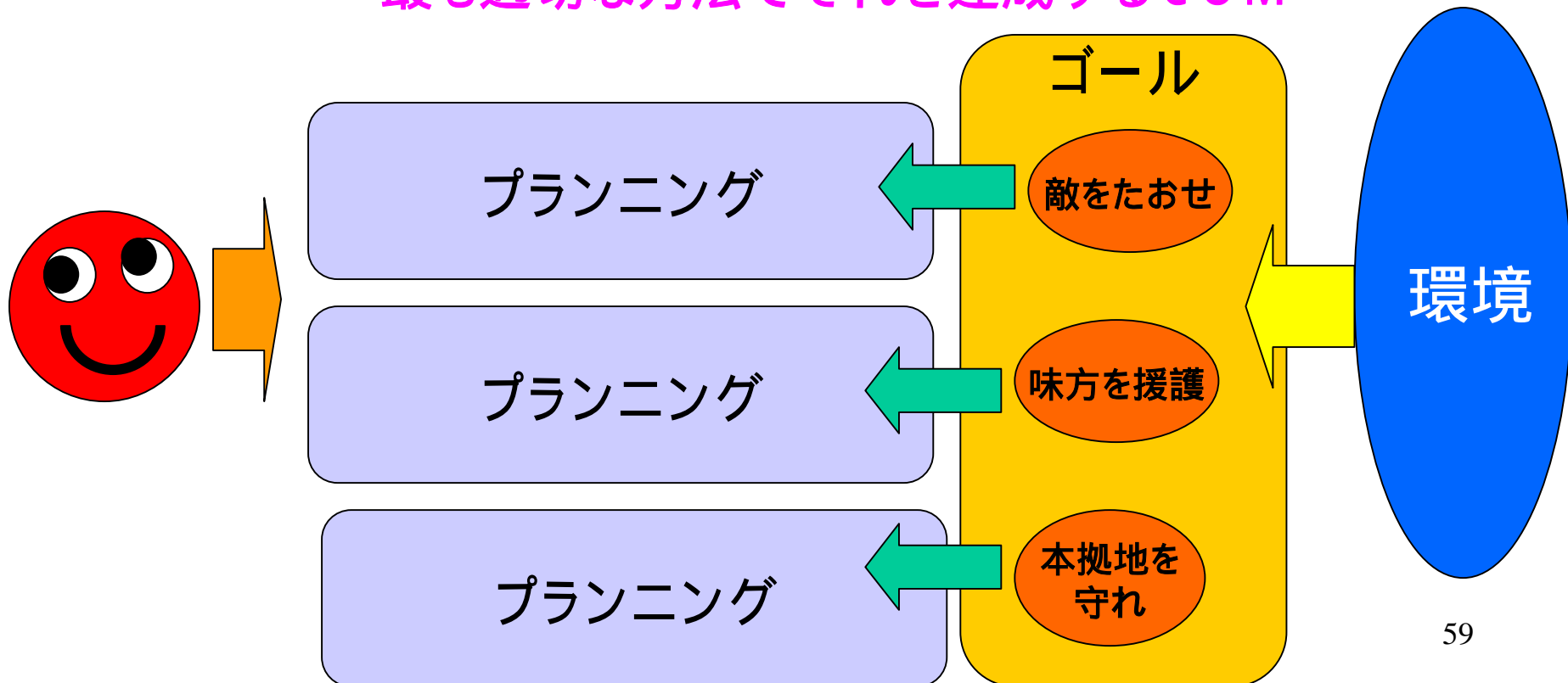
複数のゴール × プランニング

多数の目的

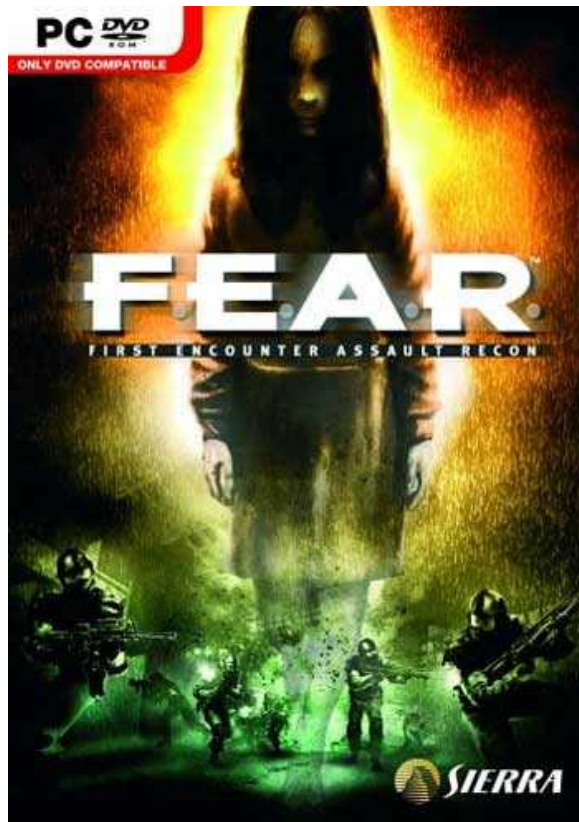
目的に対する多様な行動

=

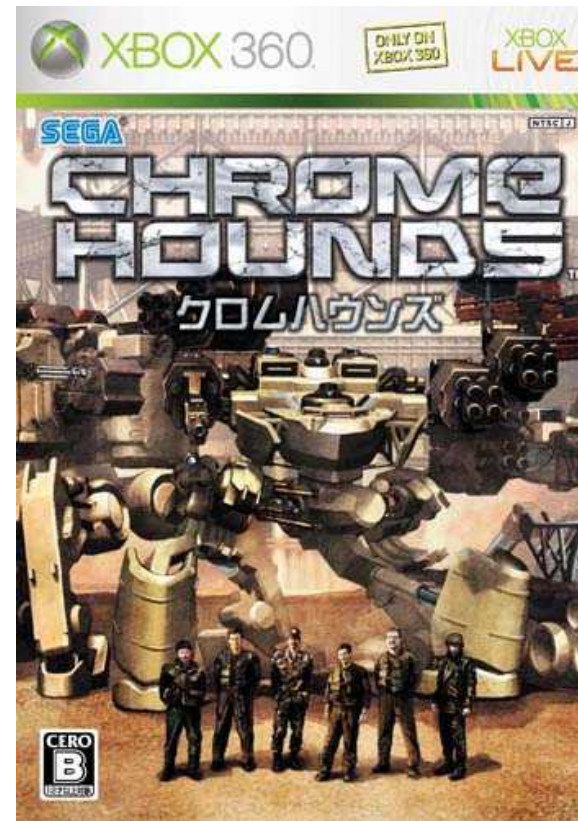
ゲーム状況から、為すべきことを判断し、
最も適切な方法でそれを達成するCOM



代表的なゲームへの適用例

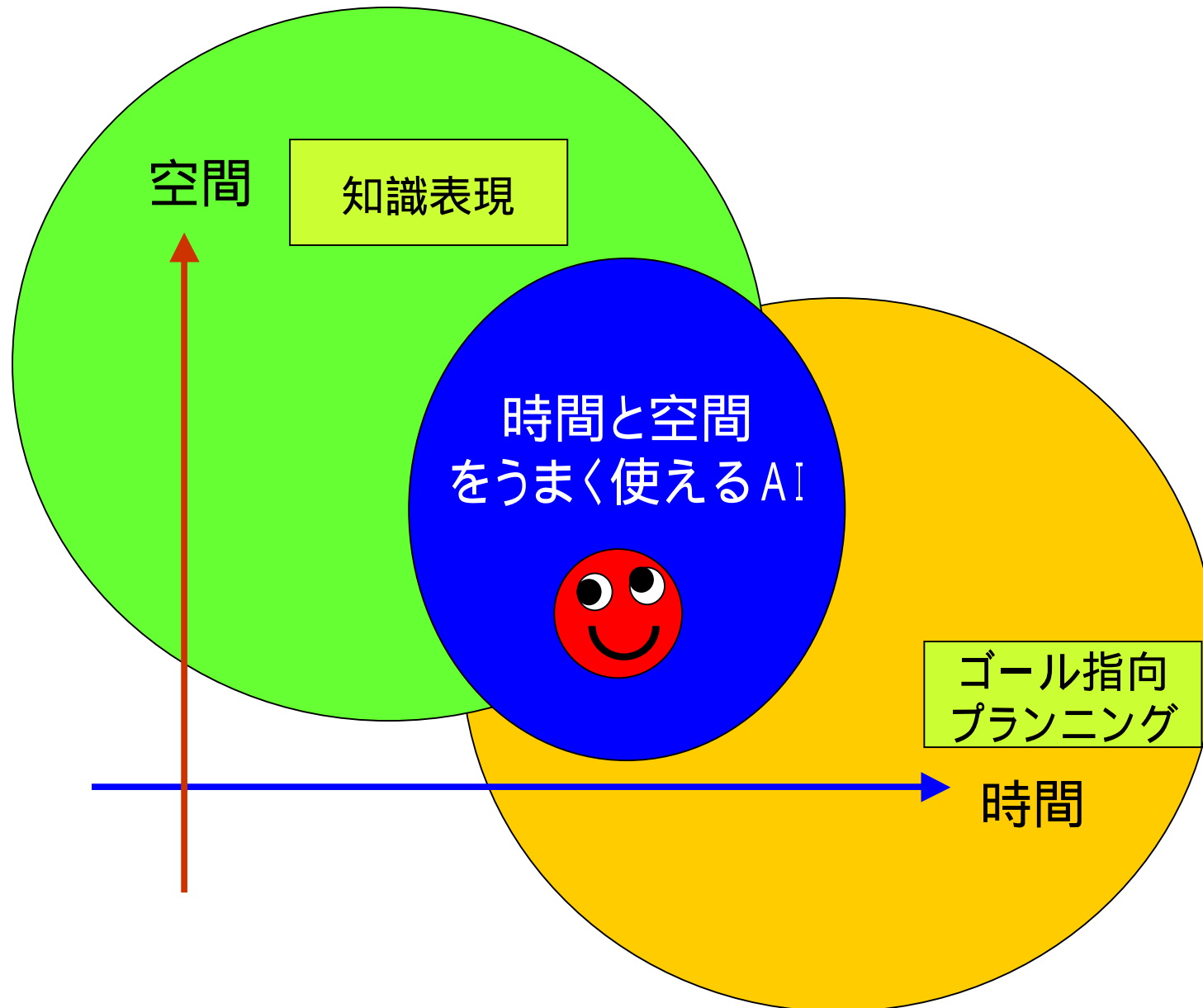


第2章



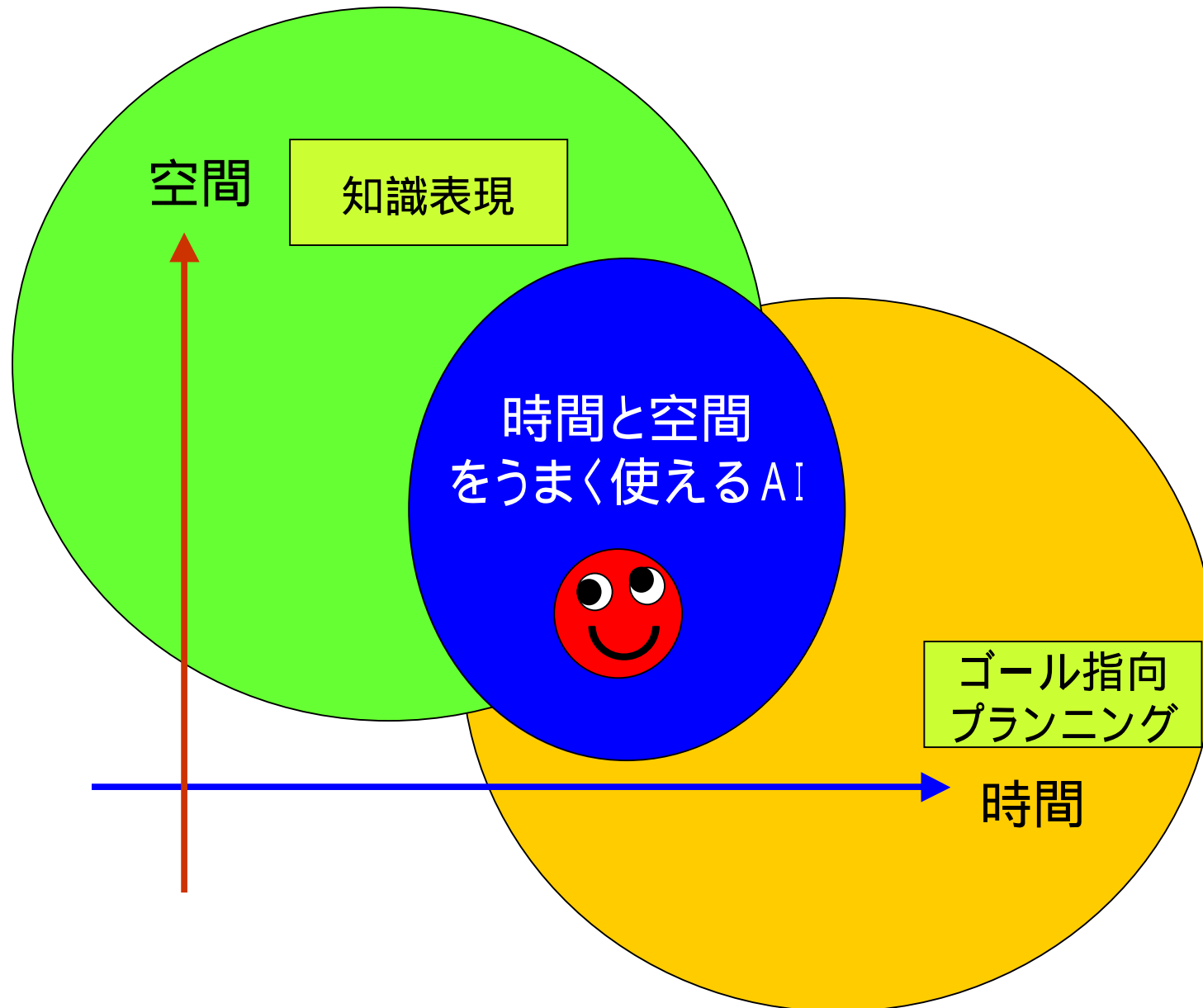
第3章

知識表現 × プランニング



知識表現とは

知識表現 × プランニング



質疑応答

第1部 ゲームAI 技術解説(90分)

第1章 プランニング技術解説 (15分)

第2章 F.E.A.R.におけるゴール指向アクションプランニング (30分)

第3章 クロムハウズにおける階層型ゴール指向プランニング (15分)

第4章 発展 (15分)

第2章

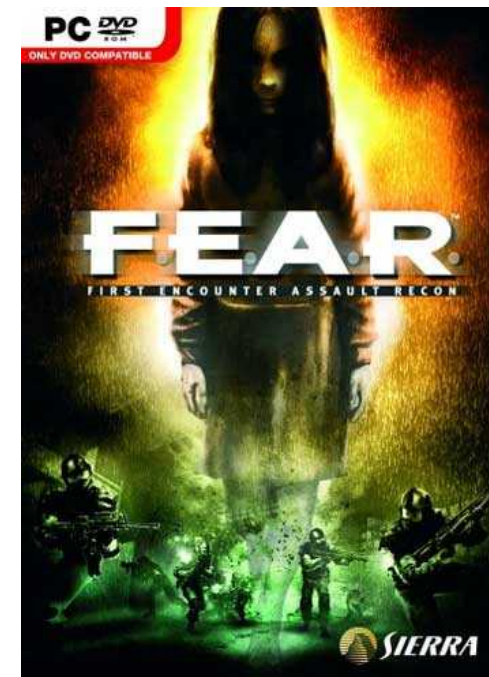
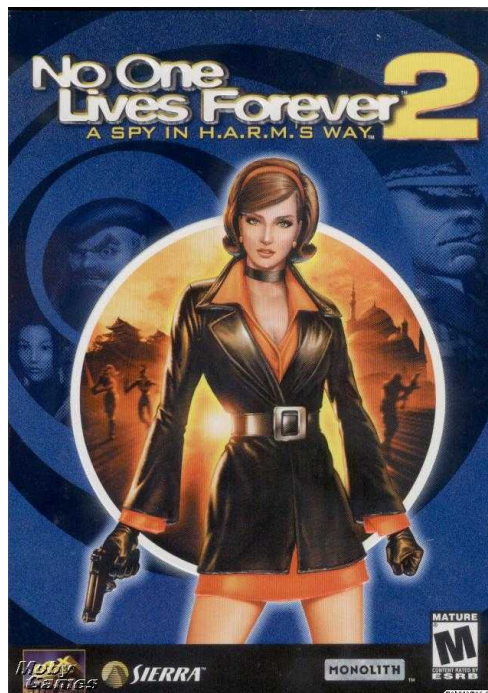
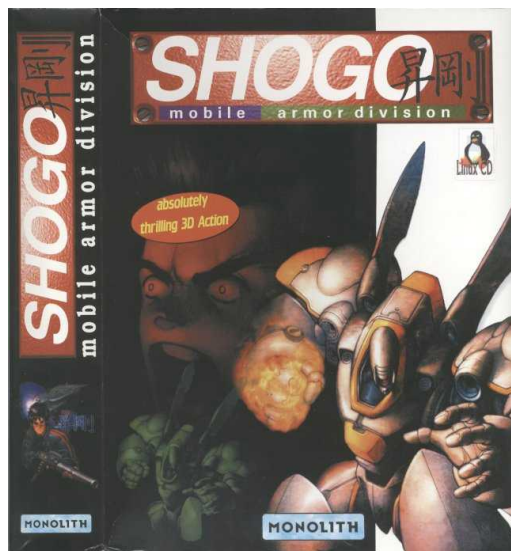
F.E.A.R. における ゴール指向アクションプランニング (20分)

- ◆ Monolith Production におけるゲーム AI
 - ◆ NOLF2 から F.E.A.R. へ
 - ◆ F.E.A.R. AI

Monolith Productionにおける ゲームAIの発展

モノリス ゲームラインナップ

Shogo~NOLF2~F.E.A.R



Monolith Production

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

Sierra

<http://nolf2.sierra.com>

デモ映像 F.E.A.R

WhatIsFEAR

<http://www.whatisfear.com/us/>


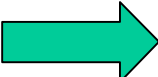

モノリス ゲームAI年代記(クロニクル)

			
目指すAI	プレイヤーに気付いて攻撃	目的(ゴール)を持って行動	ゴールとプランを考えて行動
人工知能タイプ	単純反射型	ゴール指向型 FSM	ゴール指向 プランニング
出版	1998	2002	2004

なぜ優秀なAIが必要なのか？

- FPS 欧米で最も人気がある
- ユーザーの目が肥えている

F.E.A.R のAIが目指したもの

- (1) 周囲の環境の情報を自ら感知し、
そこから自分の思考で判断して行動する。
 **ゴール指向型エージェント**
- (2) レベルデザインにおけるオブジェクトを
自発的に使用して行動すること。
 **知識表現、世界表現**
- (3) 何をすべきか、を判断するだけでなく、
如何にすべきか、も思考する。
 **プランニング**

プランニングだけを説明することはできないので
ここでは F.E.A.R AI の全体のデザインについて説明します

NOLF2 と F.E.A.R AI の比較

	NOLF2		F.E.A.R
エージェント構造	ゴール指向型	共通	ゴール指向型
知識表現	人間的な概念	改善	統一知識形式 シンボル
行動決定	有限状態マシン	改善	プランニング

 NOLF2 のAI解説する
  AIを作って行く過程を追体験する

 NOLF2 からF.E.A.Rへ
  AIが発展して行く過程を追体験する

NOLF2 AI

AIを作って行く過程を追体験する

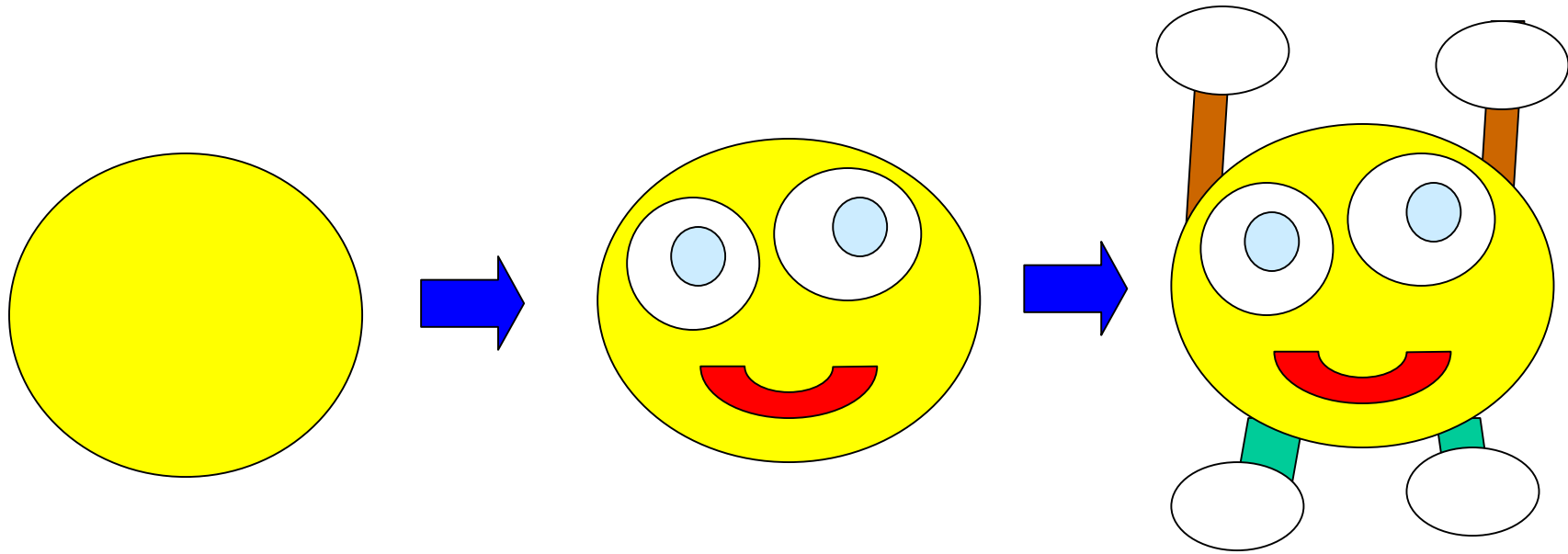
エージェント構造

知識表現

行動の形成

エージェント

環境に対して情報を集める感覚(センサー)を持ち、
また、環境に対して働きかけることができる能力を持つ。



体(オブジェクト)を持ち

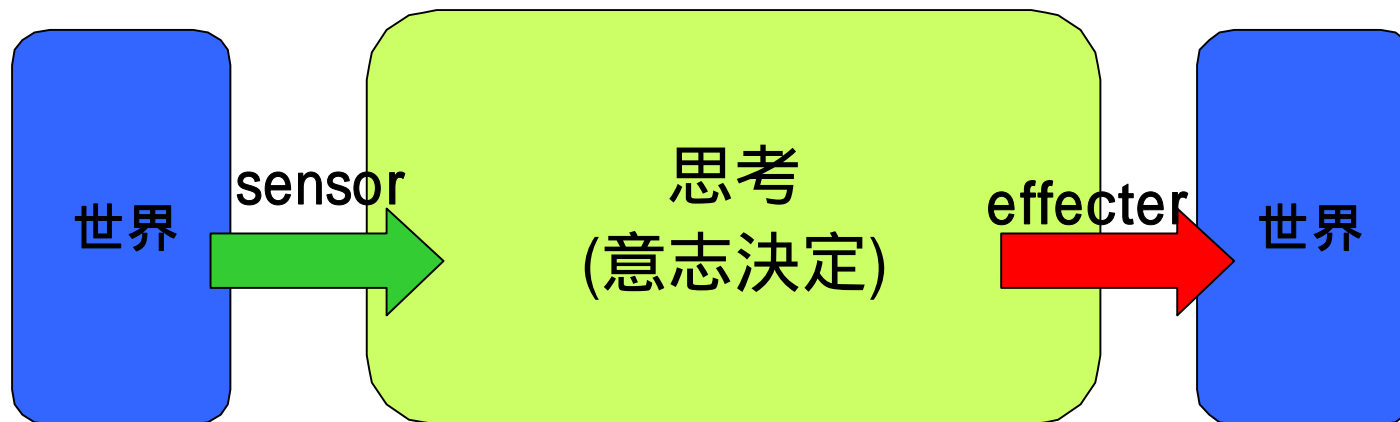
感覚を持ち

世界に働きかける
能力を持つ

エージェント構造図

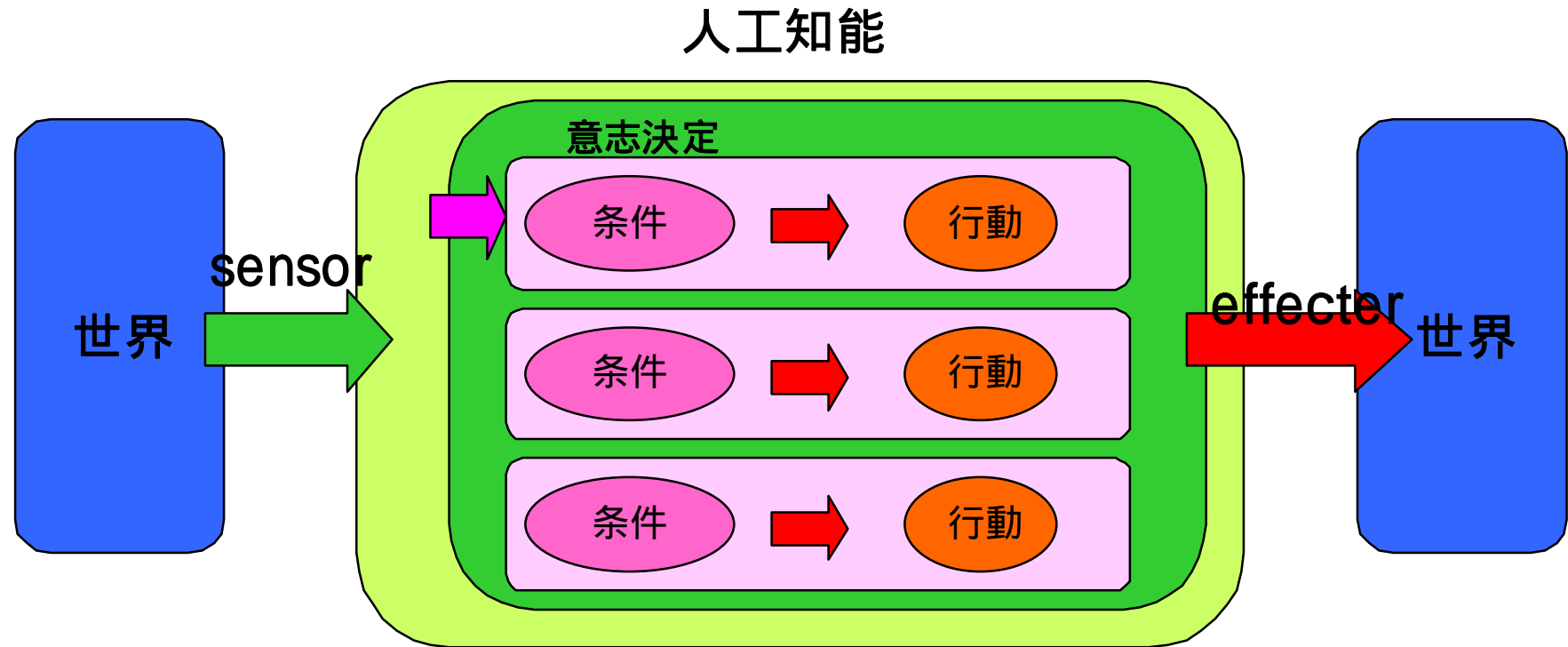
ここから始めよう！

人工知能

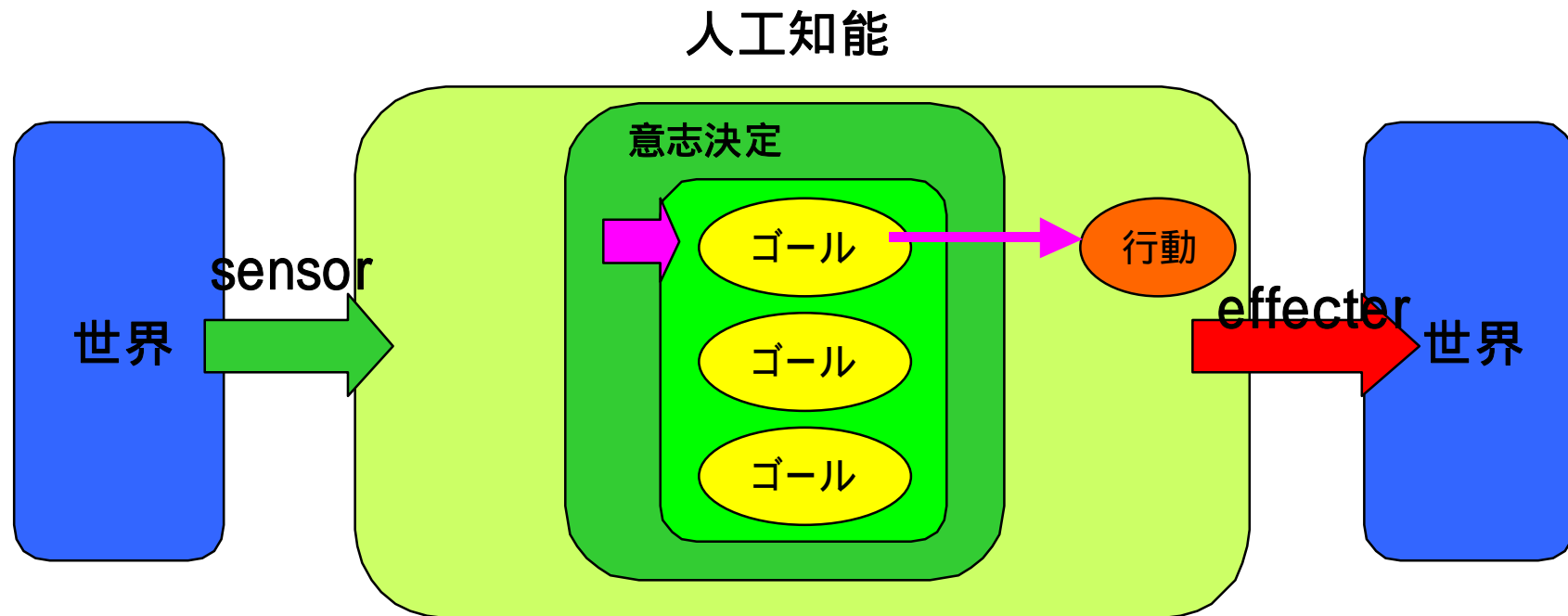


COMに実現したい機能に合わせて、ここに機能を追加して行く設計図。

反射型とゴール指向型 構造図

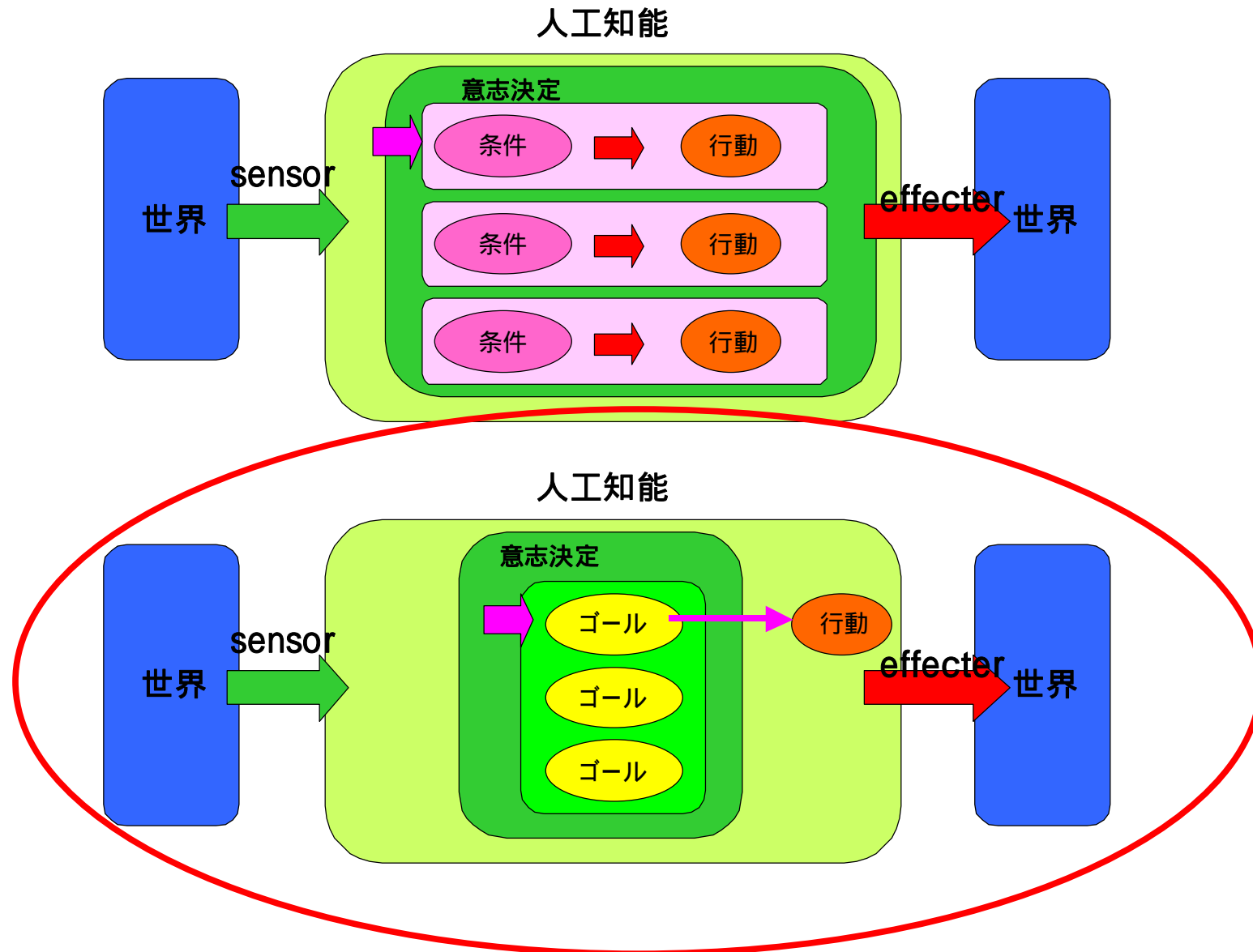


ゴール指向型エージェント 構造図



これを基本に、NOLF2, F.E.A.R, クロムハウنزのAIを理解しよう

反射型とゴール指向型 構造図

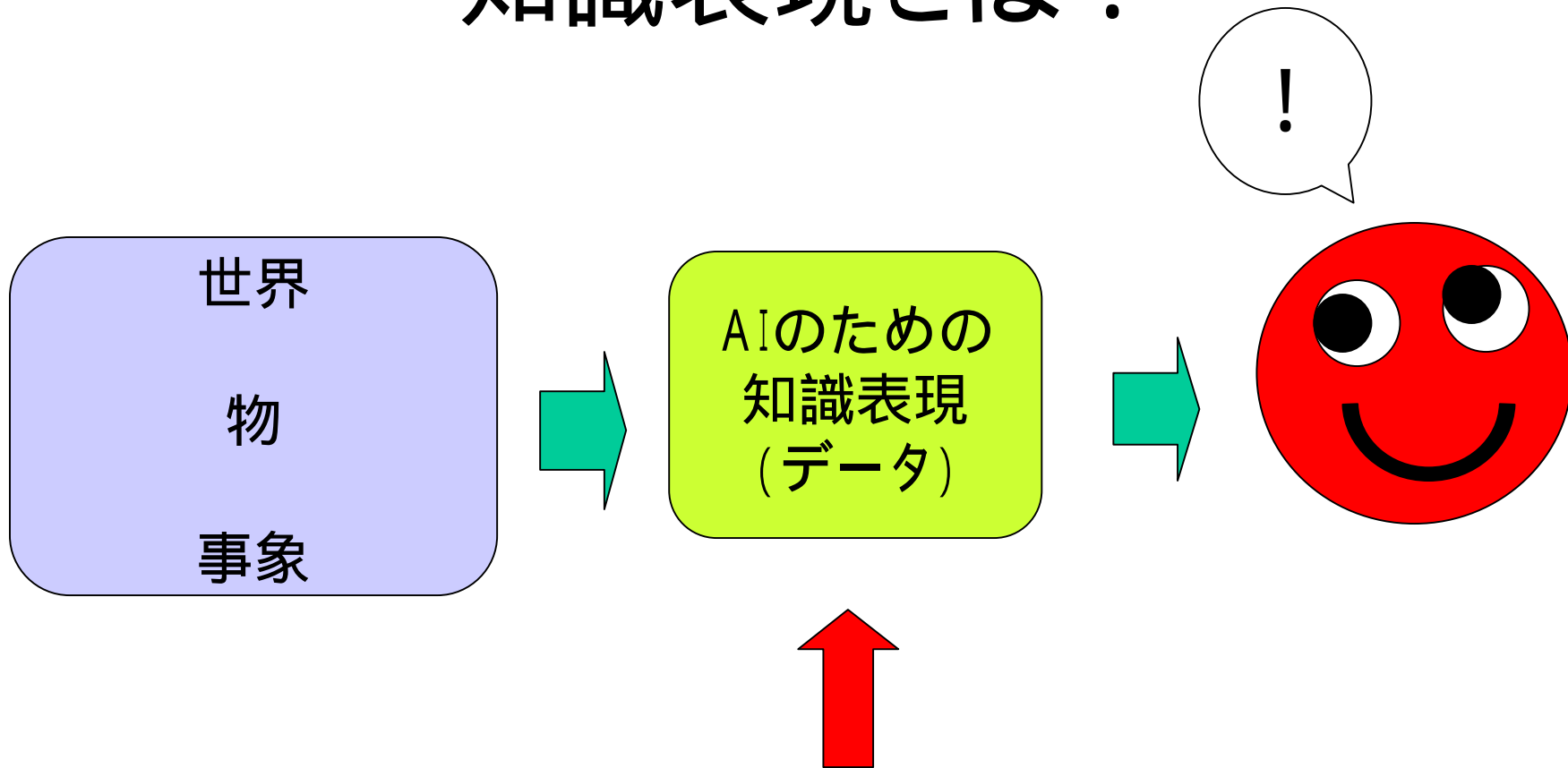


エージェント構造

知識表現

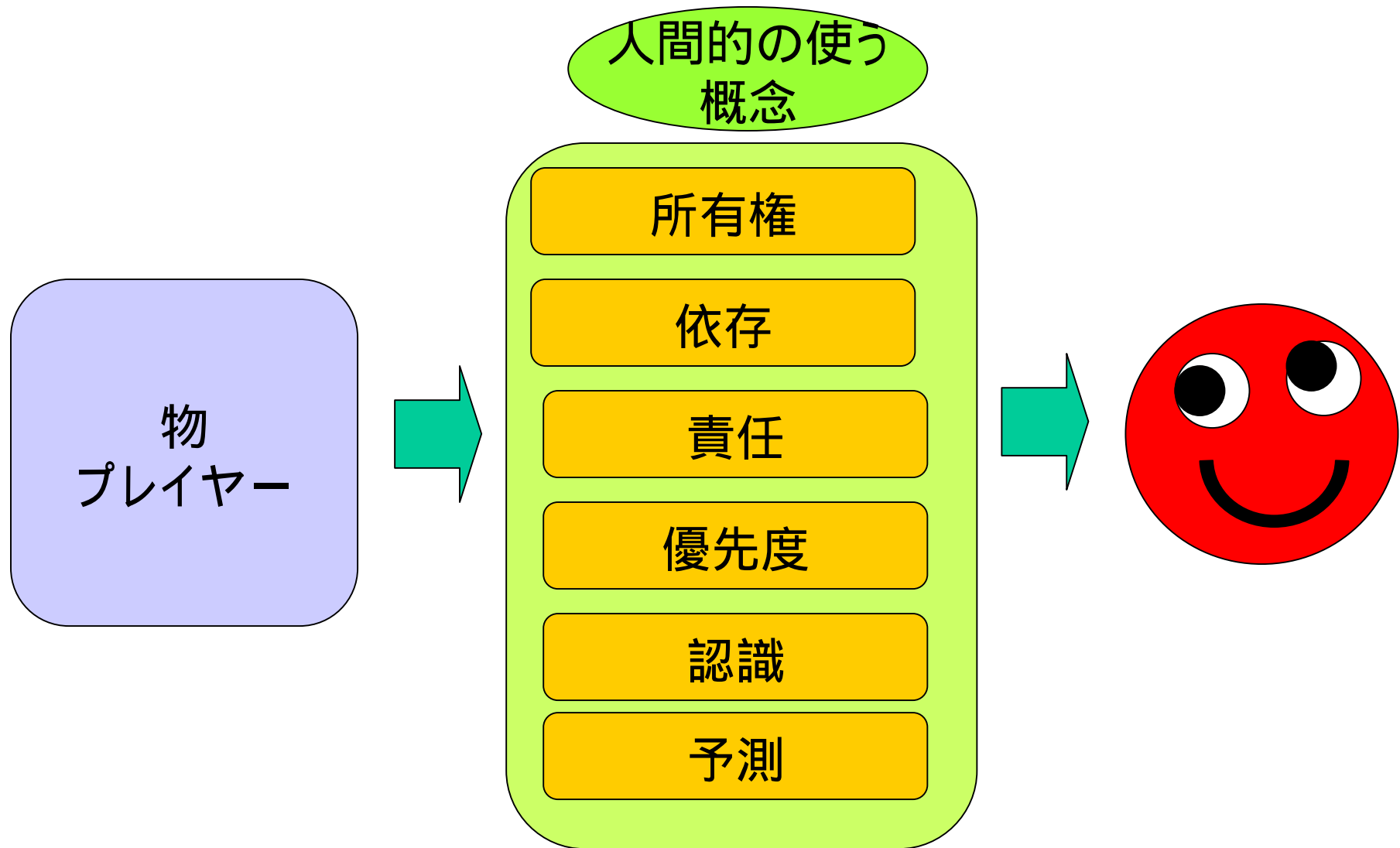
行動の形成

知識表現とは？



人間が準備してあげる

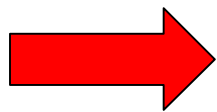
NOLFにおける知識表現



NOLFにおける知識表現



Figure from No One Lives Forever 2 Monolith Production, <http://www.lith.com>
Sierra <http://nolf2.sierra.com/>

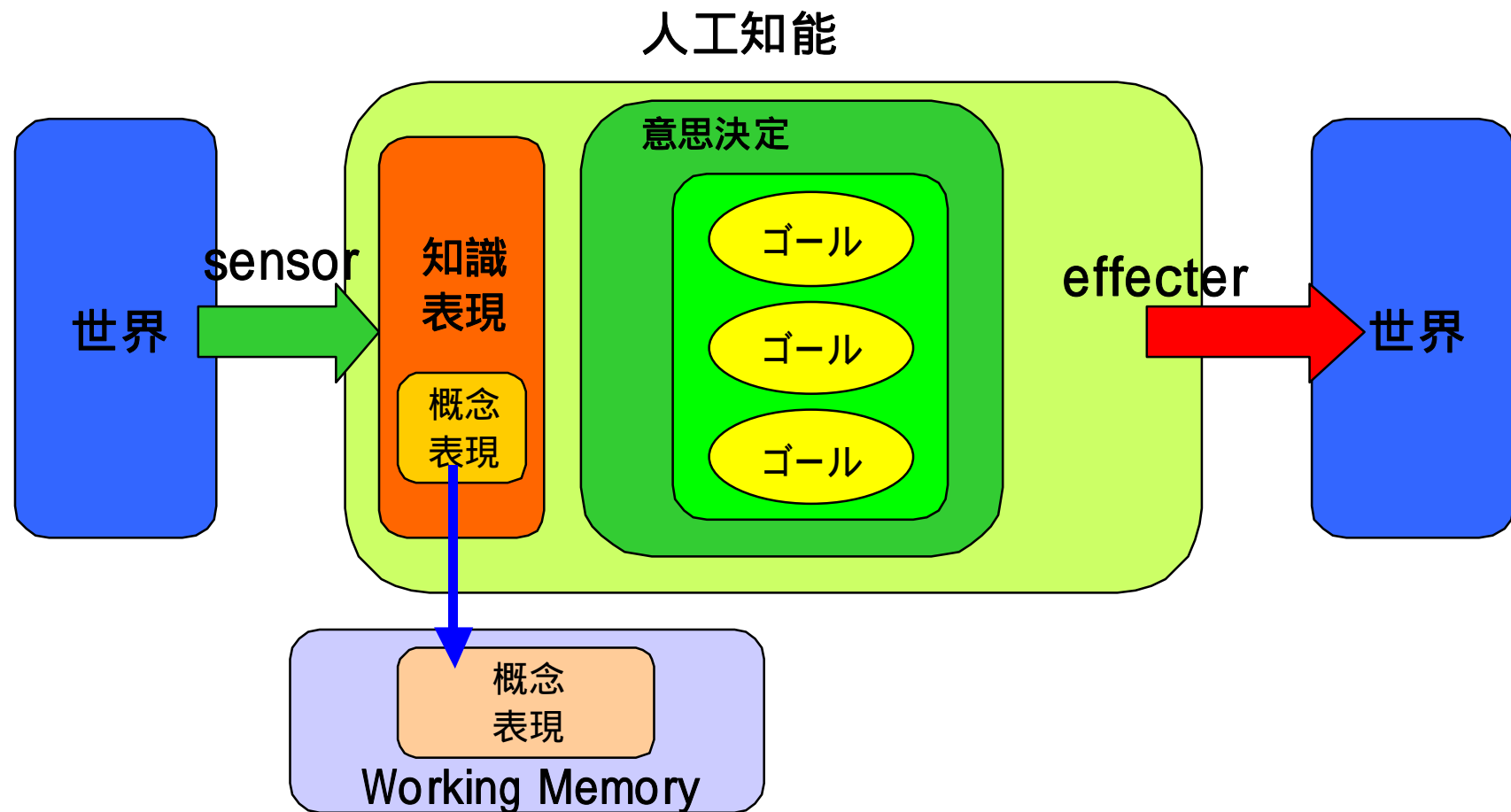


人間的な概念の情報をオブジェクトに付属させることで
人間的な常識から外れない行動を行わせる

NOLF2における知識表現

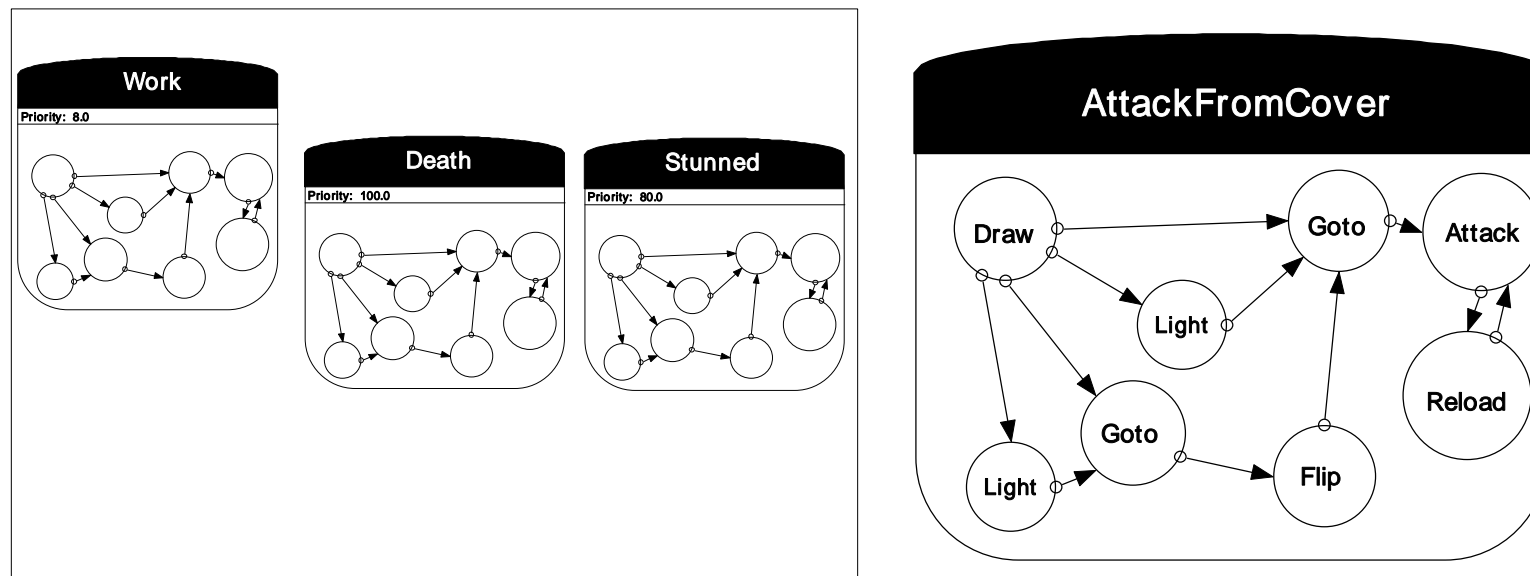
項目	説明	例
所 有 権 (Ownership)	オブジェクトが今、誰に使用されているか	机に誰が座っているか、という情報を持つことで、同じ机に他のキャラクターが座ろうとしない。
依 存 (Dependency)	オブジェクトの使用の順序を規定	洗面台はトイレの後に使う。
責 任 (Responsibility)	オブジェクトをどの種類のCOMが使用するかを規定	観測機器は科学者、護衛所の周囲数mは兵士が担当。
優先度 (Priority)	ゴールの優先順位	部屋の中でデスクワークをする、部屋の中の兵士の死体を片付ける、は後者が先でなければならない。
認識状態(State of Consciousness)	COMが何に気付いているか	敵兵が死んでいるのに気付く。
予測状態 (Expected State)	状況予測	その場所に敵兵がいるはずである。
関 連 性 (Relevance)	サウンドや効果など他のデータとの関連性	ストーリーの中でのキャラクターの役割

NOLF2 エージェント構造図



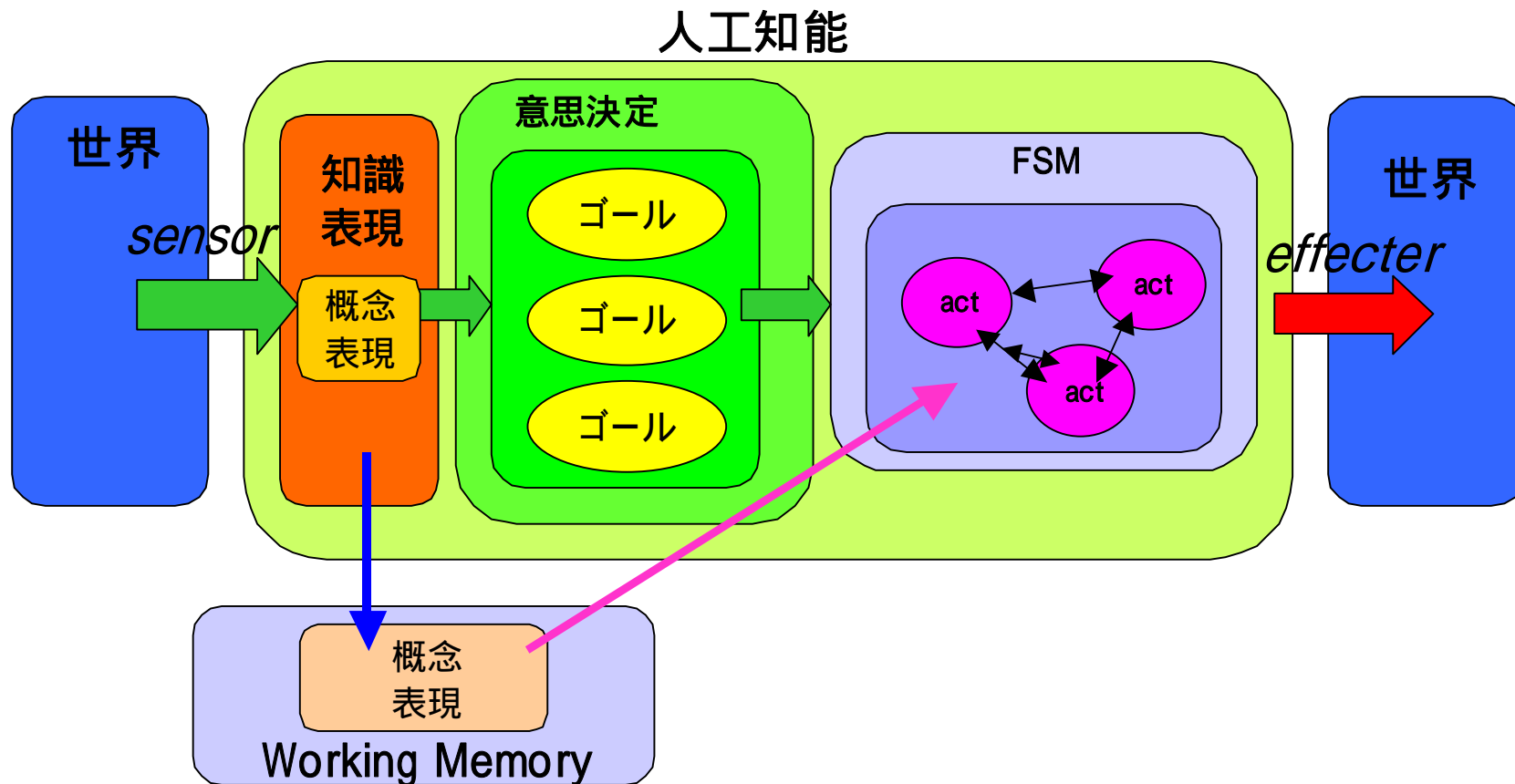
エージェント構造 知識表現 行動の形成

NOLF2における ゴールに対する行動の決定の仕方



各ゴールに対して 有限状態マシン(F S M)を設定する。

NOLF2 エージェント構造図



F.E.A.R

NOLF2 と F.E.A.R AI の比較

	NOLF2		F.E.A.R
エージェント構造	ゴール指向型	共通	ゴール指向型
知識表現	人間的な概念	改善	統一知識形式 シンボル
行動決定	有限状態マシン	改善	プランニング



NOLF2 から F.E.A.R へ

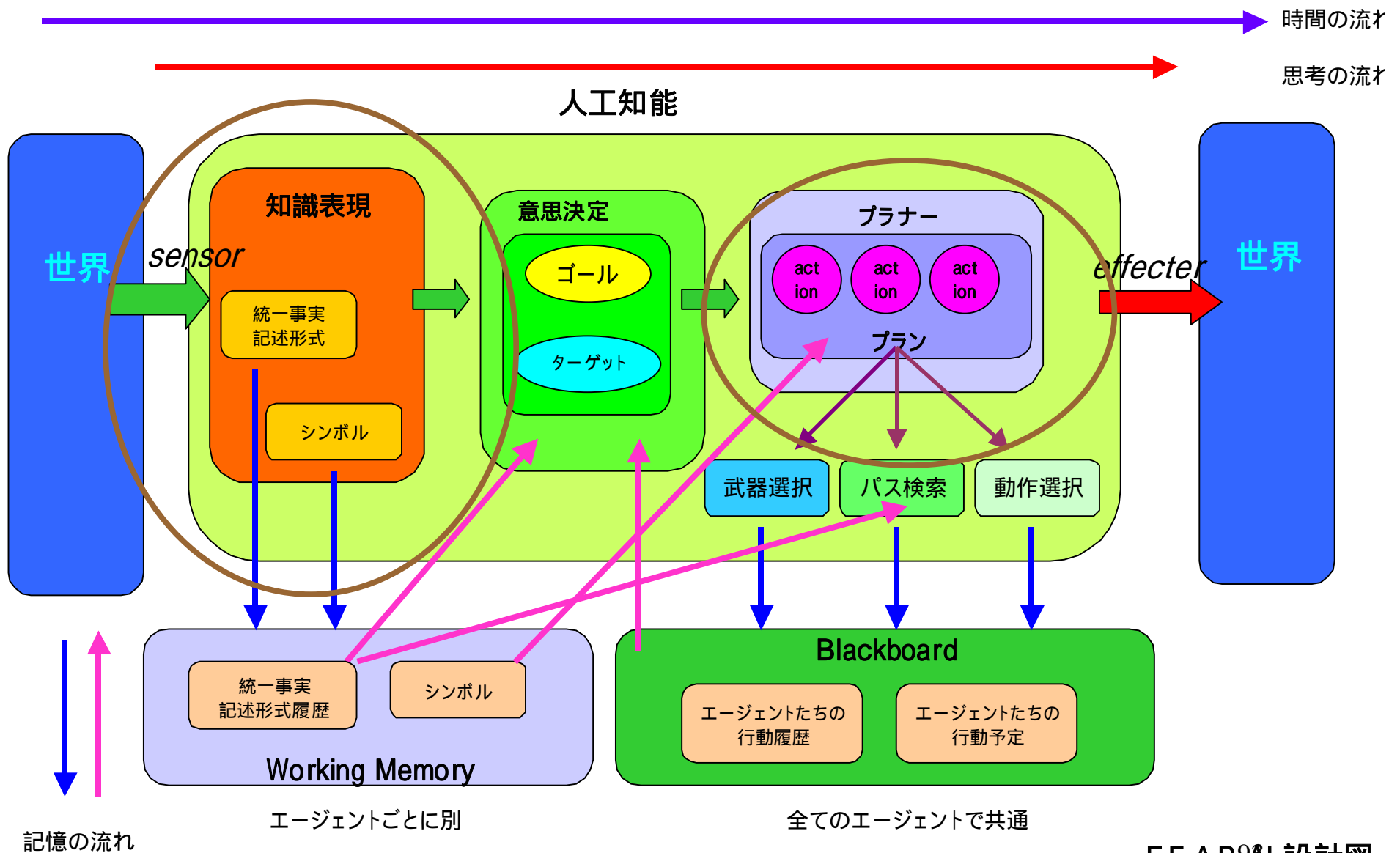
AIが発展して行く過程を追体験する

エージェント構造

知識表現

行動の形成

F.E.A.R AI 全体設計図



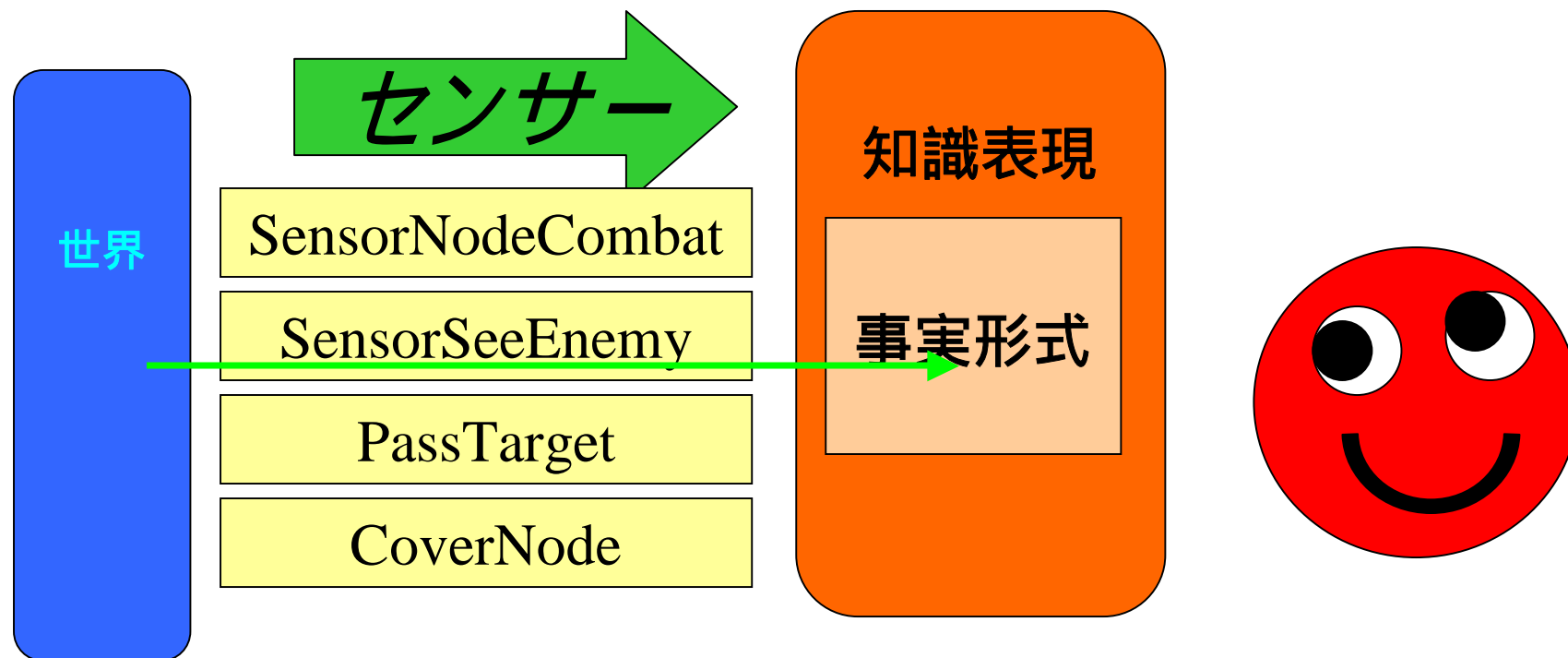
エージェント構造

知識表現

行動の形成

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

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

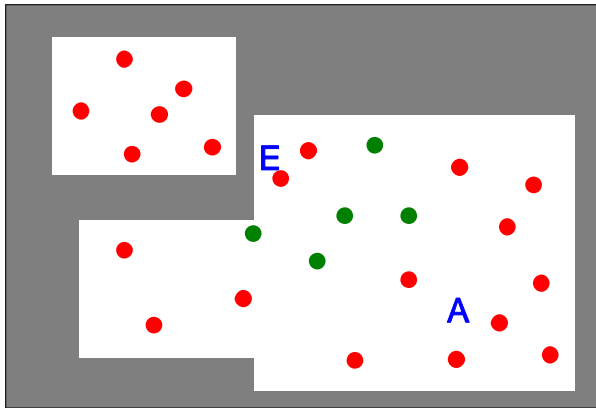
SensorSeeEnemy 敵が見えるかチェック

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

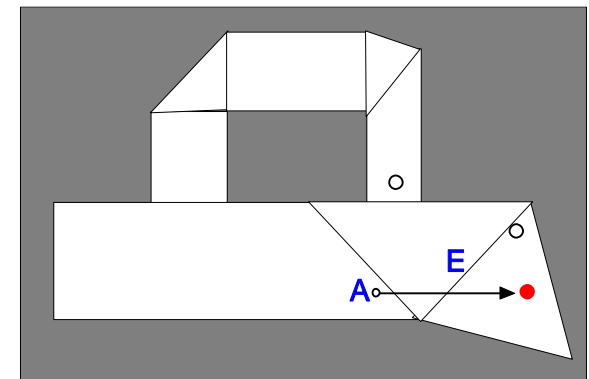
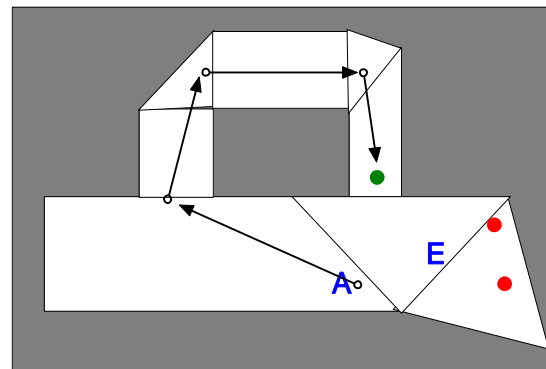
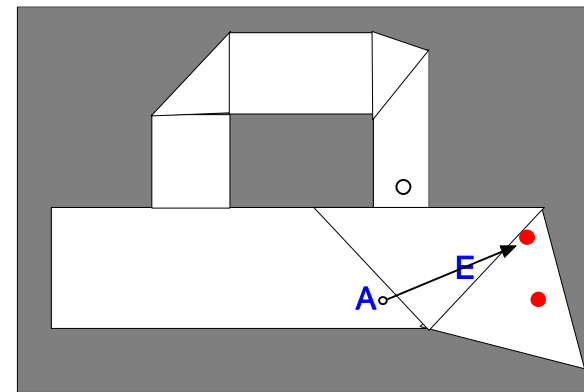
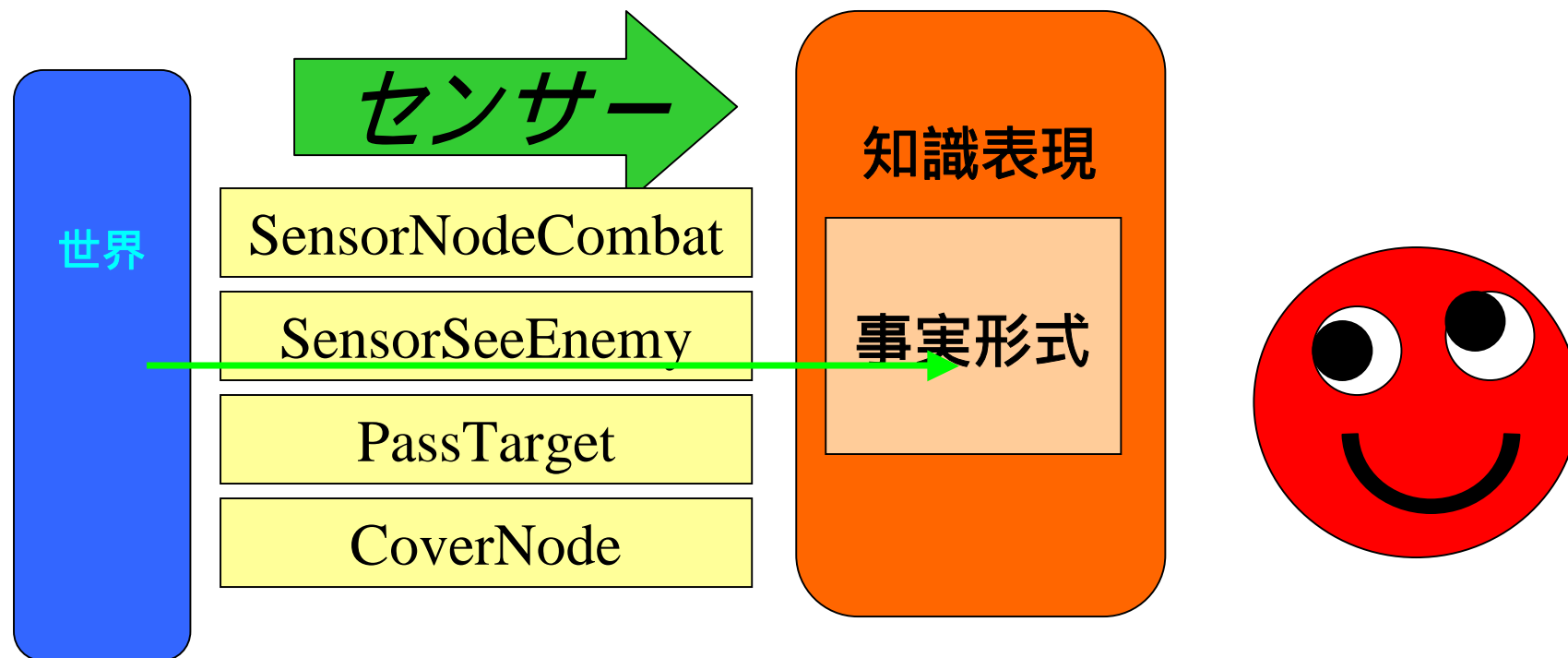


Figure from pages 44-53 of Jeff Orkin(2005) ," Agent Architecture Considerations for Real-Time Planning in Games(PPT)"

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

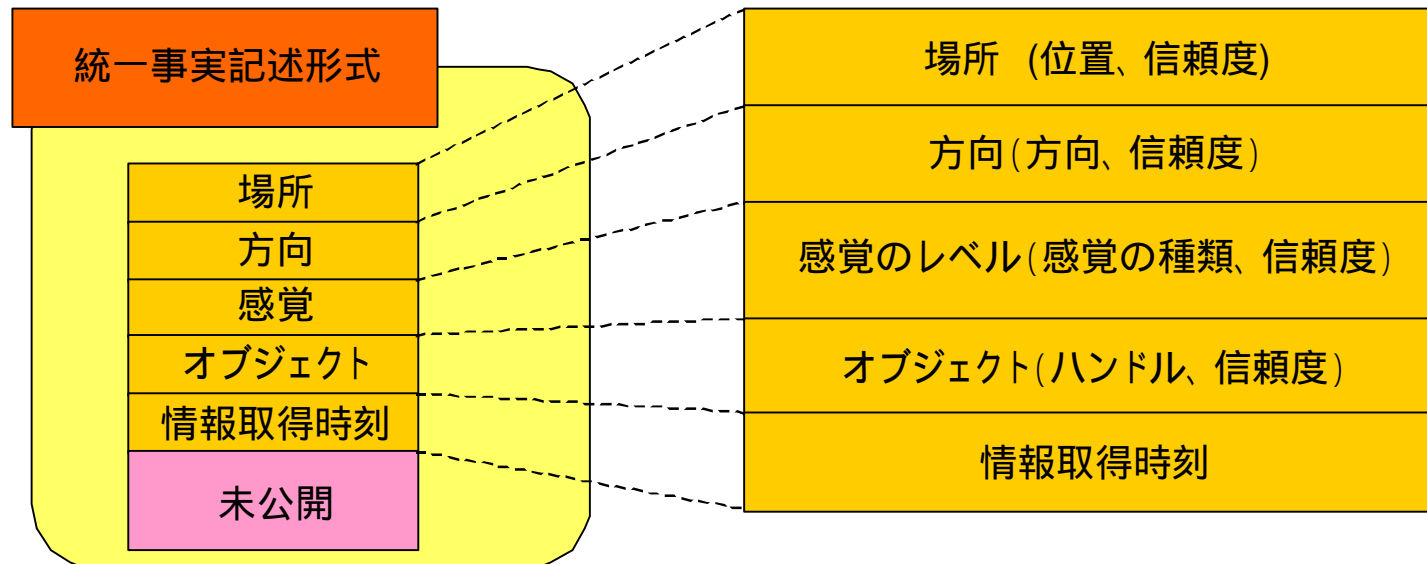
事件

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
}
```

Figure from pages 2-3 of Jeff Orkin(2001), " Agent Architecture Considerations for Real-Time Planning in Games,AIIDE Proceedings "[3]

各情報の信頼度パラメーター

その情報がどれくらい信頼できるの値(0.0~1.0)を示す。

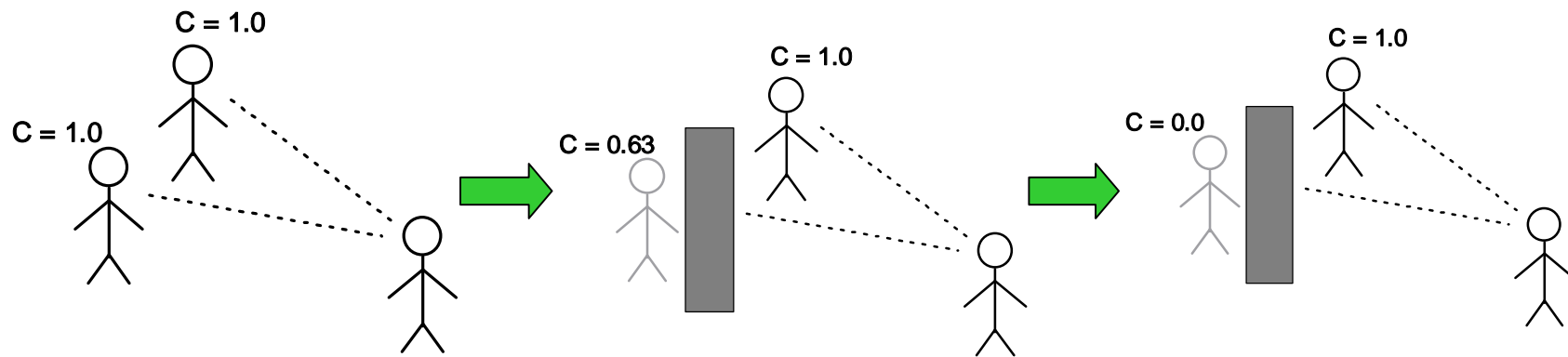
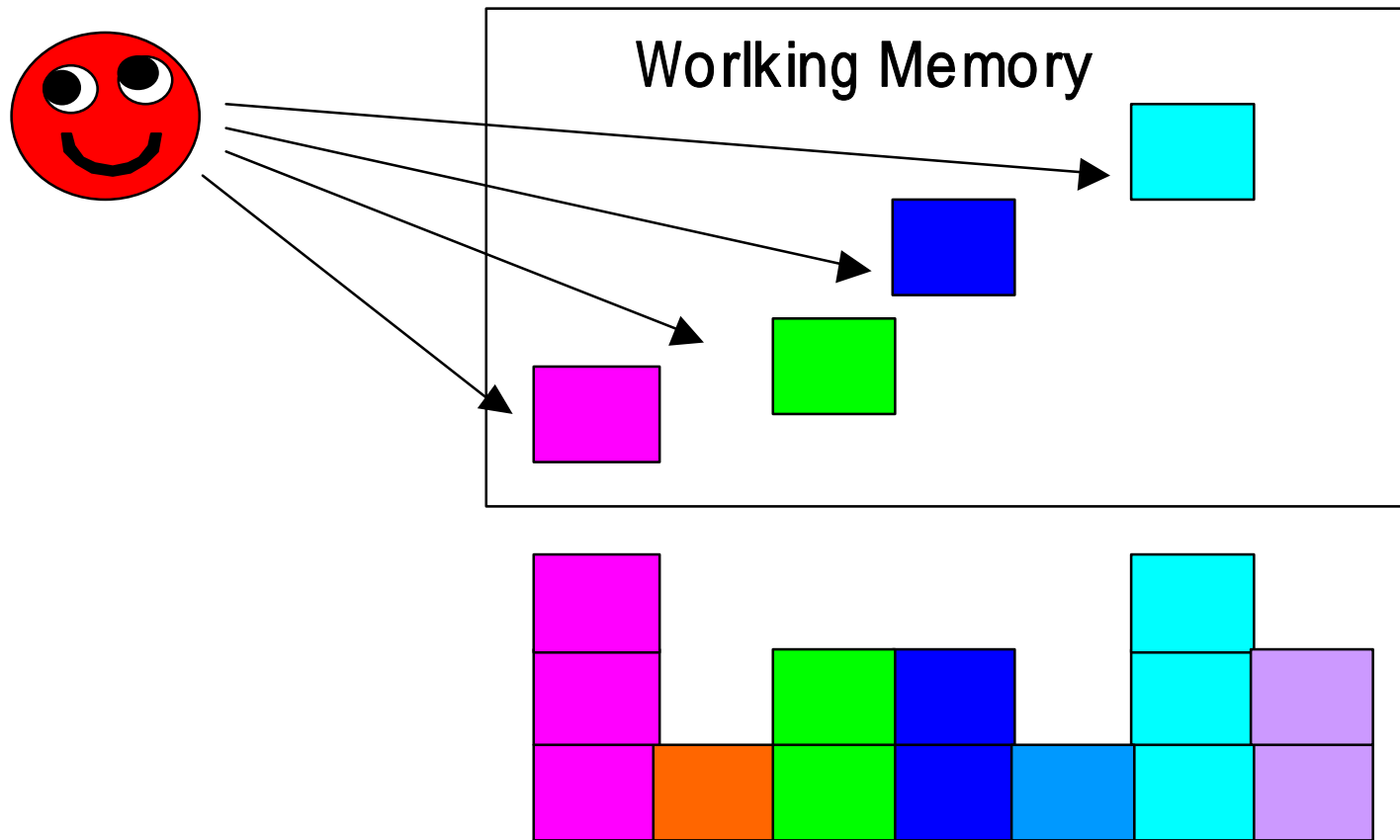
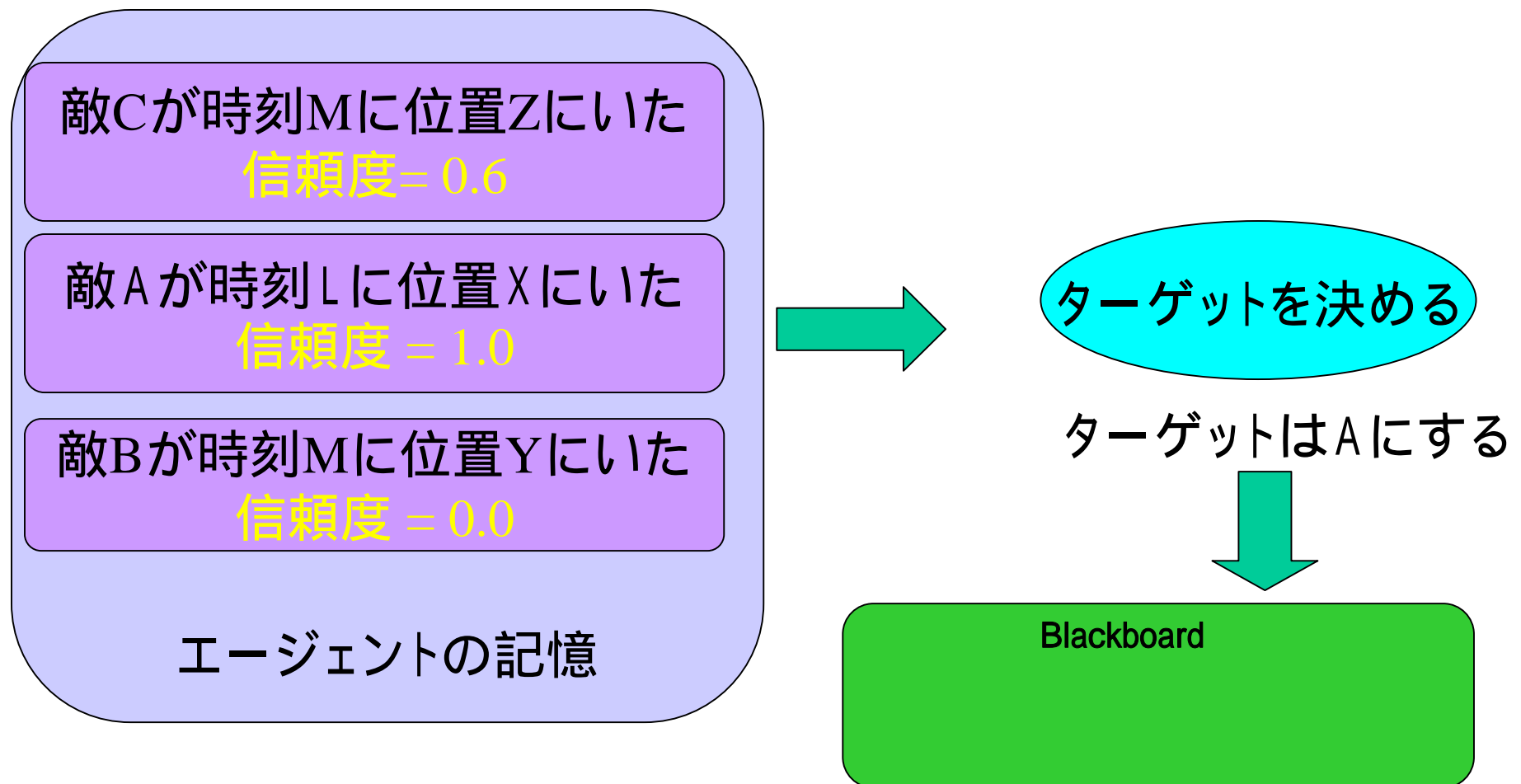


Figure from pages 58-61 of Jeff Orkin(2005) ," Agent Architecture Considerations for Real-Time Planning in Games(PPT)"[2]

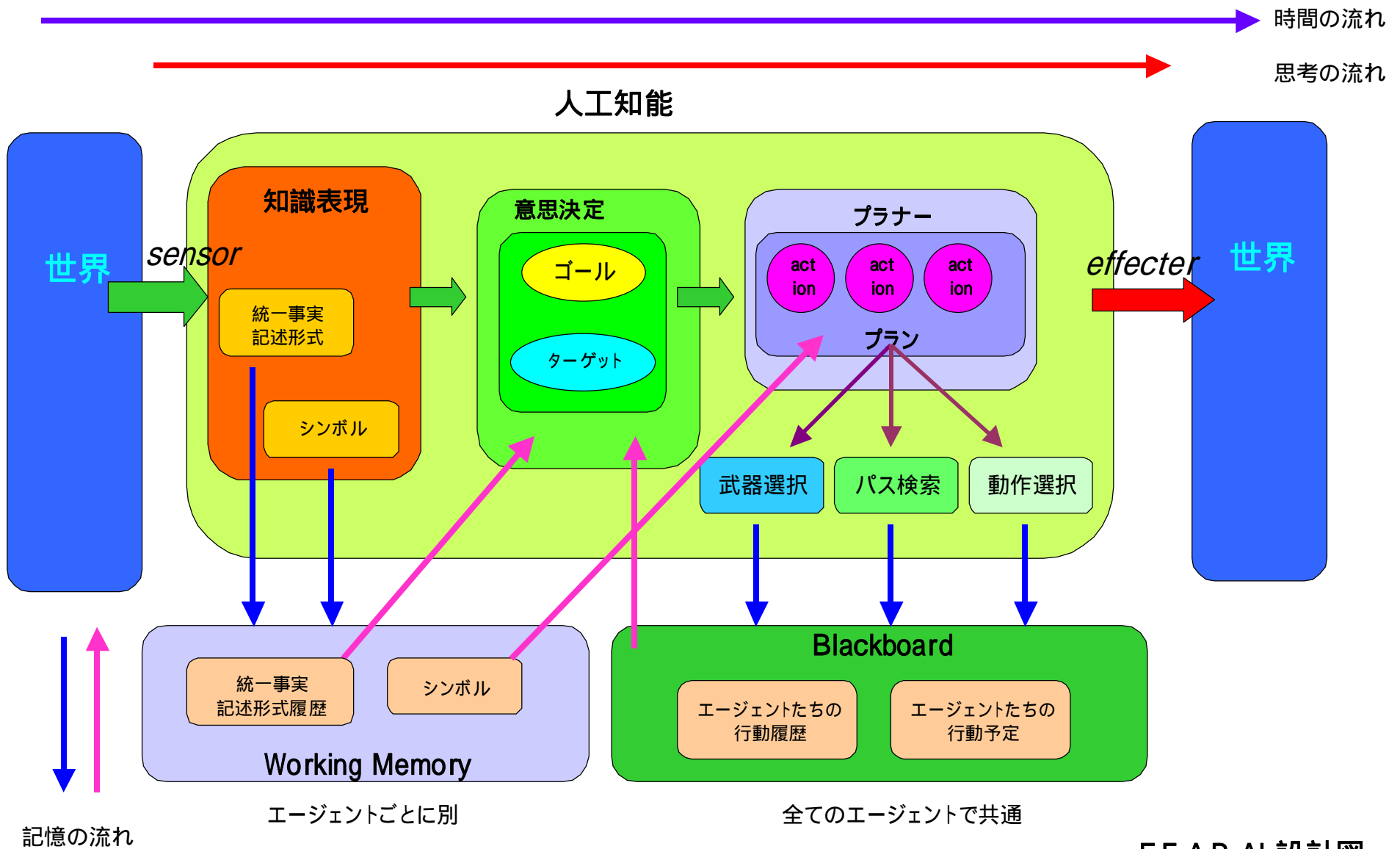
自分の記憶領域に認識した事実を蓄積する



統一事実記述形式の使い方



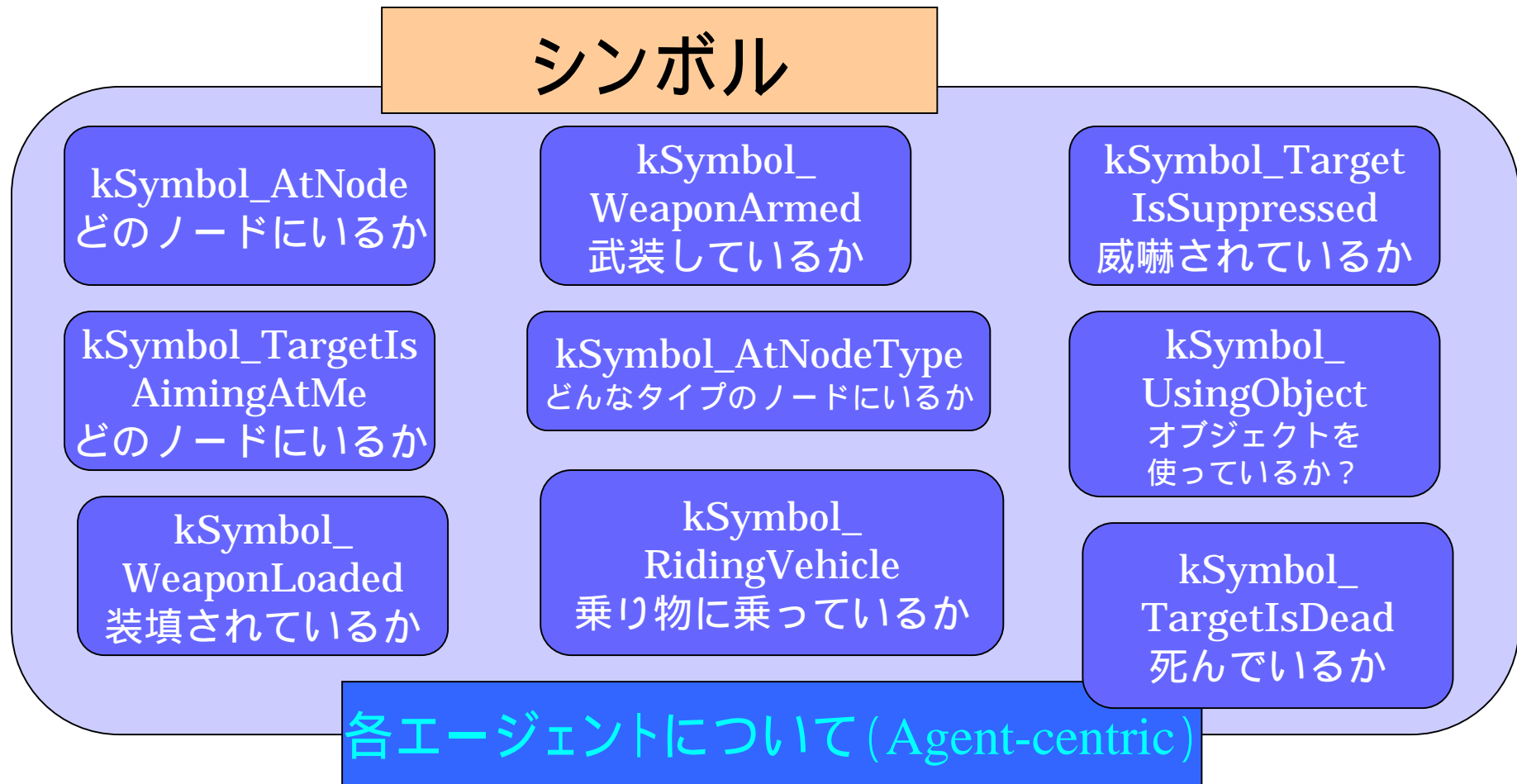
F.E.A.R AI 全体設計図



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。

シンボル詳細

シンボル名	Type	説明
kSymbol_Animplayed		そのターゲットの動作状況
kSymbol_AtNode	Handle or variable*	現在のノード
kSymbol_AtNodeType		現在のノードタイプ
kSymbol_AtTargetPos		ターゲット位置
kSymbol_DisturbanceExists		
kSymbol_Idling		
kSymbol_PositionIsValid		
kSymbol_RidingVehicle		乗っている乗り物
kSymbol_ReactedToWorldStateEvent		
kSymbol_TargetIsAimingAtMe		自分を狙っているか
kSymbol_TargetIsDead	bool	ターゲットが生存しているかどうか
kSymbol_TargetIsFlushedOut		ターゲットが見えているかどうか
kSymbol_TargetIsSuppressed		ターゲットが威嚇射撃されているかどうか
kSymbol_TraversedLink		
kSymbol_UsingObject	handle	使えるオブジェクト
kSymbol_WeaponArmed	bool	武装しているか
kSymbol_WeaponLoaded	bool	武器は装填済みか

エージェント構造 知識表現 行動の形成

NOLF2 と F.E.A.R AI の比較

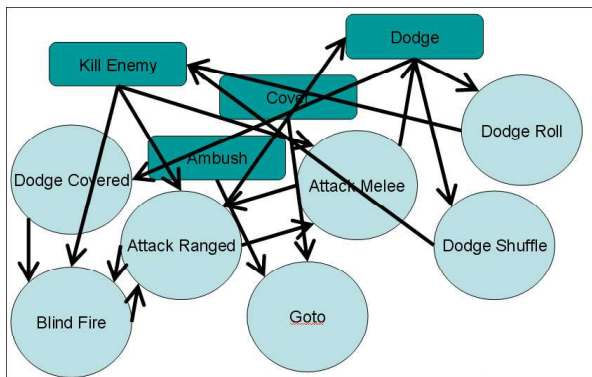
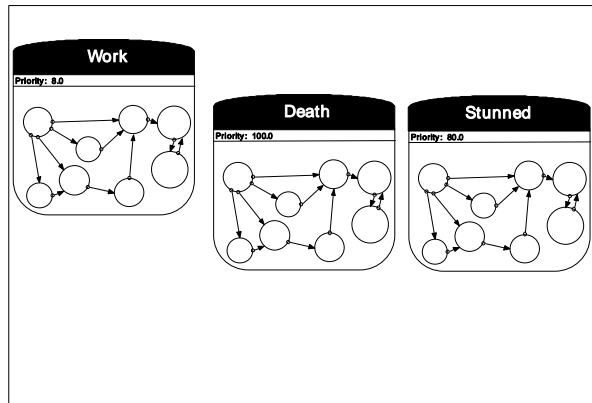
	NOLF2		F.E.A.R
エージェント構造	ゴール指向型	共通	ゴール指向型
知識表現	人間的な概念	改善	統一知識形式 シンボル
行動決定	有限状態マシン	改善	プランニング

 NOLF2 のAI解説する
  AIを作って行く過程を追体験する

 NOLF2 からF.E.A.Rへ
  AIが発展して行く過程を追体験する

FSM からプランニングへ

NOLF2



F.E.A.R

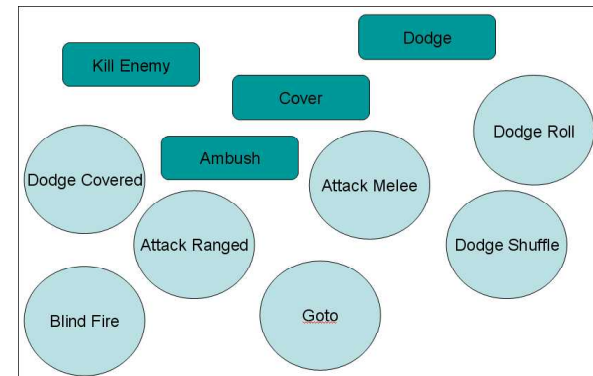
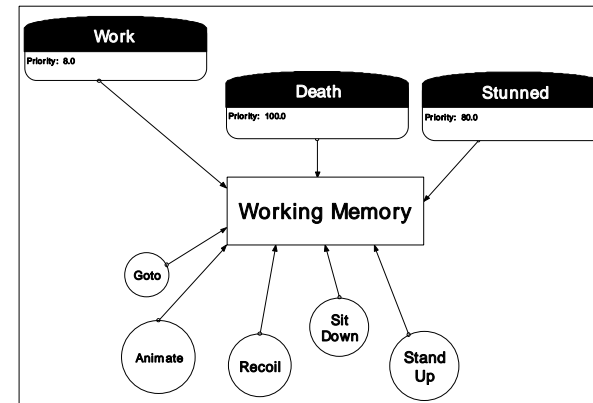
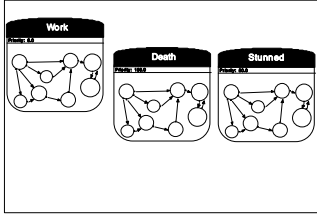
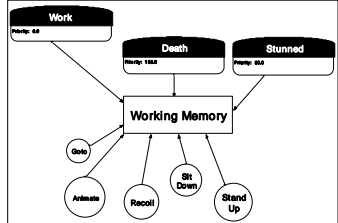
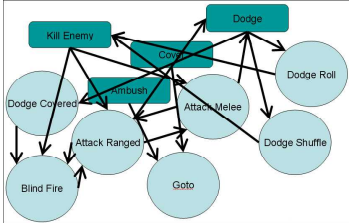
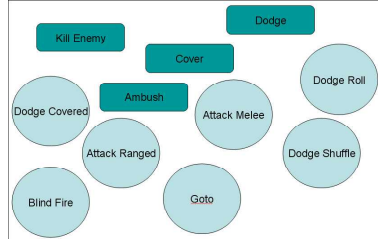


Figure from pages 9-10 of Jeff Orkin(2006),
"Three States and a Plan: The A.I. of F.E.A.R"[1]

(例) ライトがついていたら消す。

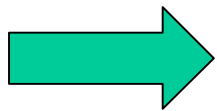
FSM からプランニングの違い

	<p>FSM</p> 	<p>プランニング</p> 
<p>ゴールと行動の関係</p>	<p>あらかじめ決められて</p> 	<p>分離されている</p> 
<p>行動の形成</p>	<p>FSMの沿った行動をたどる。</p>	<p>プラナーがその時に行動を形成</p>
<p>状況適応性</p>	<p>あらかじめFSMに組み込む。</p>	<p>突発的な状況の変化には 再プランニングで対応</p>
<p>製作工程</p>	<p>新しいゴールを加えにくい。 FSMの中でどうつなぐかを検討</p>	<p>新しいゴールを加えやすい。決められた形式(前提条件、効果、など)で書いておけばプラナーがつないでくれる。</p>

プランニングの欠点を補い リプランニングとは？

「プランニングの最大の欠点は、
自分のプランに従わねならない」ということ

プランを実行している間に、状況が変わってしまう。

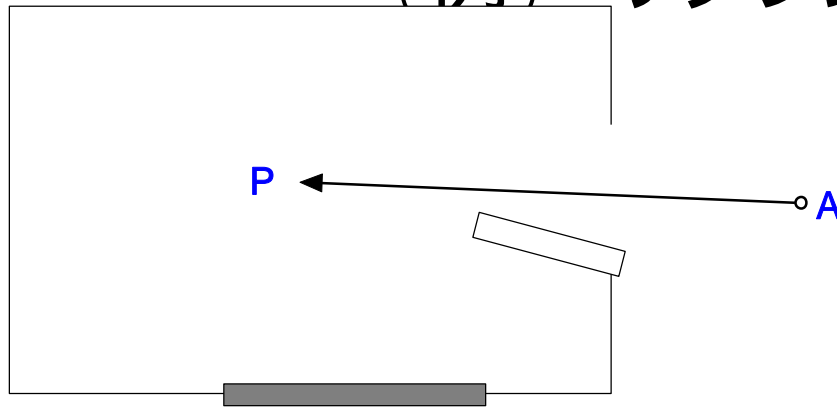


リプランニング

プランのやり直し

(例) リプランニング

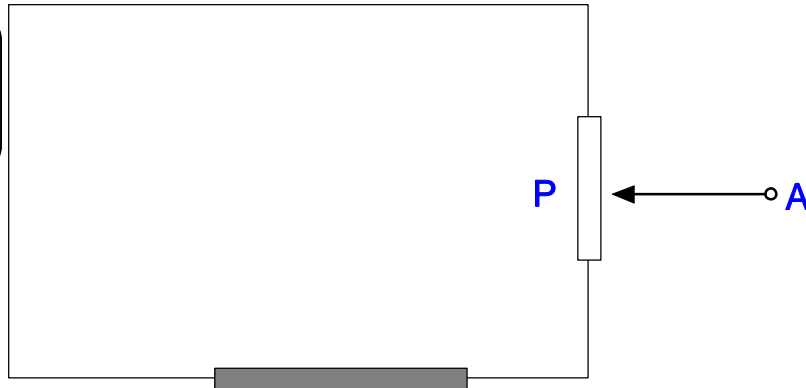
1



Aが「Pを攻撃する」という
ゴールを選択して実行

Figure from pages 95-100 of Jeff Orkin(2005) ," Agent Architecture
Considerations for Real-Time Planning in Games(PPT)"[2]

2



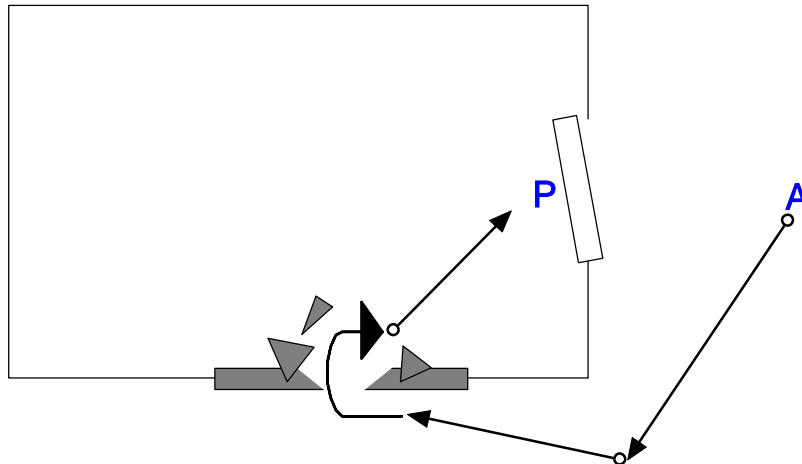
Pへ向かう途中、Pがドア
を締める。



リプランニング



3



「脇のドアを壊して」「攻撃する」
ゴールを設定して攻撃 110

リプランニングによる動的な変化への対応

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

にあるMovieを見てください。開いたドアを通して攻撃して来る場合と、
プレイヤーがドアを締めるとリプランニングして廻り込む動きを見ることが出来ます。

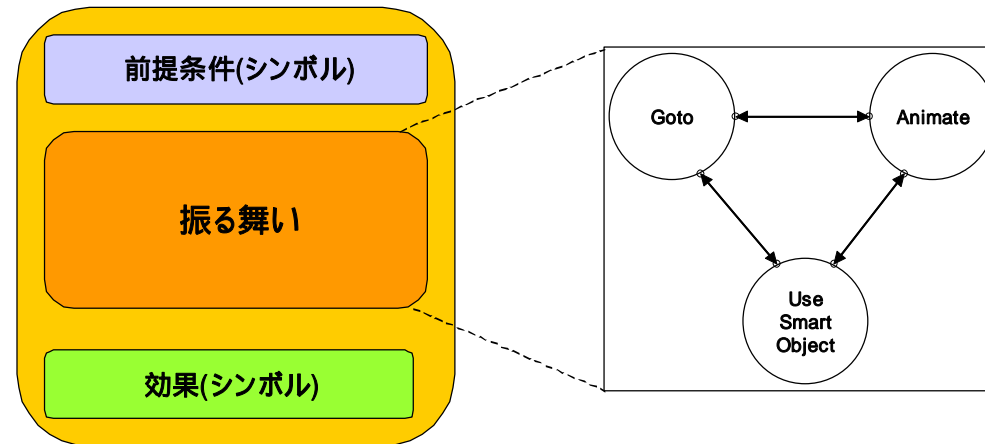
ドアを開けて
やって来ます！

GDC_Door_Take1.wmv

ドアを内側から
抑えてやる！

GDC_Door_Take2.wmv

F.E.A.R. における行動の記述



Soldier	Assassin	Rat
<div><div>Action</div><div><div>1 AI/Actions/Attack</div><div>2 AI/Actions/AttackCrouch</div><div>3 AI/Actions/SuppressionFire</div><div>4 AI/Actions/SuppressionFireFromCover</div><div>5 AI/Actions/FlushOutWithGrenade</div><div>6 AI/Actions/AttackFromCover</div><div>7 AI/Actions/BlindFireFromCover</div><div>8 AI/Actions/AttackGrenadeFromCover</div><div>9 AI/Actions/AttackFromView</div><div>10 AI/Actions/DrawWeapon</div><div>11 AI/Actions/HolsterWeapon</div><div>12 AI/Actions/ReloadCrouch</div><div>13 AI/Actions/ReloadCovered</div><div>14 AI/Actions/InspectDisturbance</div><div>15 AI/Actions/LookAtDisturbance</div><div>16 AI/Actions/SurveyArea</div><div>17 AI/Actions/DodgeRoll</div><div>18 AI/Actions/DodgeShuffle</div><div>19 AI/Actions/DodgeCovered</div><div>20 AI/Actions/Uncover</div><div>21 AI/Actions/AttackMelee</div></div></div>	<div><div>Action</div><div><div>1 AI/Actions/Attack</div><div>2 AI/Actions/InspectDisturbance</div><div>3 AI/Actions/LookAtDisturbance</div><div>4 AI/Actions/SurveyArea</div><div>5 AI/Actions/AttackMeleeUncloaked</div><div>6 AI/Actions/TraverseBlockedDoor</div><div>7 AI/Actions/UseSmartObjectNodeMounted</div><div>8 AI/Actions/MountNodeUncloaked</div><div>9 AI/Actions/DismountNodeUncloaked</div><div>10 AI/Actions/TraverseLinkUncloaked</div><div>11 AI/Actions/AttackFromAmbush</div><div>12 AI/Actions/DodgeRollParanoid</div><div>13 AI/Actions/AttackLungeUncloaked</div><div>14 AI/Actions/LopeToTargetUncloaked</div></div></div>	<div><div>Action</div><div><div>1 AI/Actions/Animate</div><div>2 AI/Actions/Idle</div><div>3 AI/Actions/GotoNode</div><div>4 AI/Actions/UseSmartObjectNode</div></div></div>

Figure from pages 7 of Jeff Orkin(2006),
"Three States and a Plan: The A.I. of F.E.A.R"[1]

映像 (移動する)

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

にあるMovieを見てください。目的は同じでもキャラクター毎に異なる動きを見ることが出来ます。

GDC_Docks_Assassin.wmv (アサシンの動き)

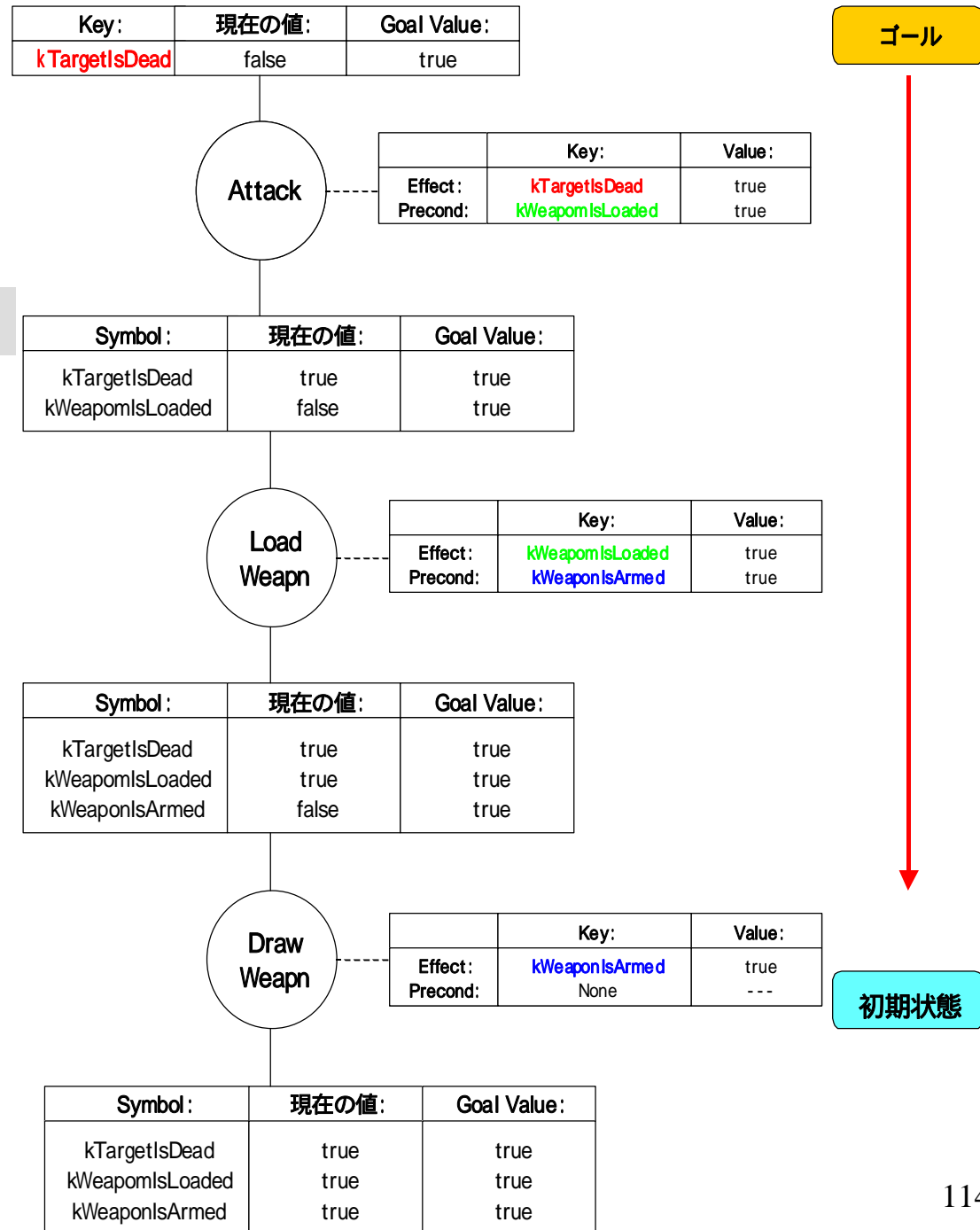
GDC_Docks_Soldier.wmv (兵士の動き)

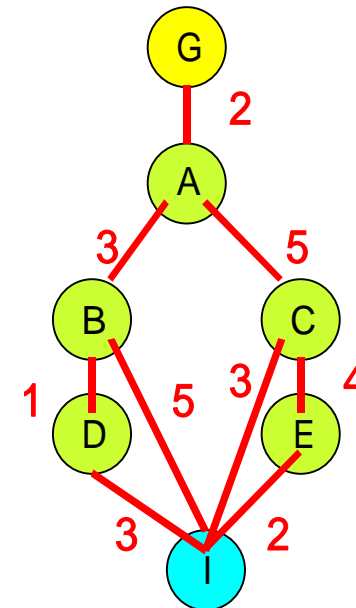
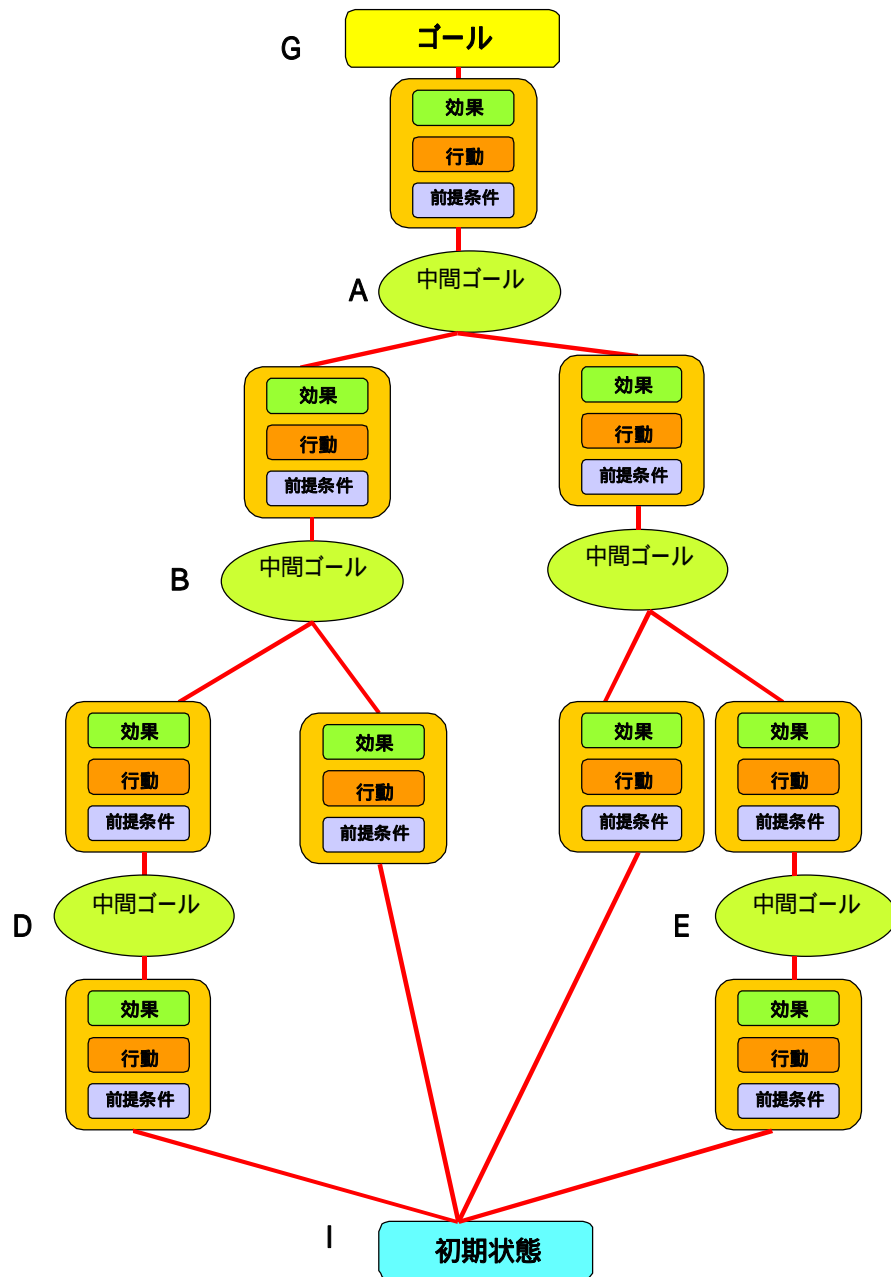
GDC_Docks_Rat.wmv (ねずみの動き)

GDC_Docks_Crawl.wmv (床を這う動き)

F.E.A.R プランニング

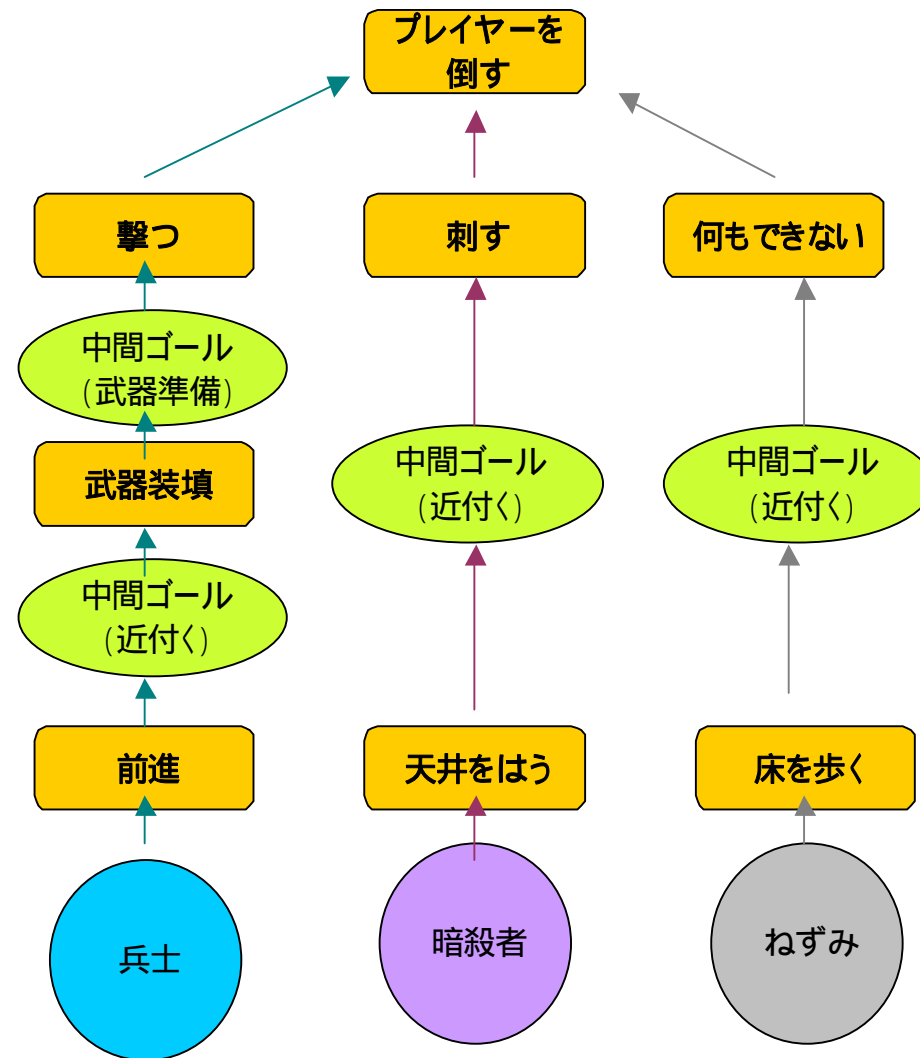
Figure from pages 225 of Jeff Orkin(2003),
"Applying Goal-Oriented Action Planning to Games"[6]





A* アルゴリズムによって
検索

キャラクターの違いによって、同一のゴールに向かって異なるプランが生成される



実際の動作

多層化されて行く行動

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

にあるMovieを見てください。だんだんとゴールを追加して、いろいろな動作ができるようになる過程を見ることが出来ます。

GDC_Dip1.wmv

GDC_Dip2.wmv

GDC_Dip3.wmv

GDC_Dip4.wmv

GDC_Dip5.wmv

GDC_Dip6.wmv

第2章 F.E.A.R まとめ

- (1) F.E.A.R はエージェントにプランニングを導入した。
- (2) プランニングを動かすために世界をシンボルによって表現した。
- (3) 前作よりも、自由度の高いAIを実現した。

質疑応答

第1部 ゲームAI 技術解説(90分)

第1章 プランニング技術解説 (15分)

第2章 F.E.A.R におけるゴール指向アクションプランニング (20分)

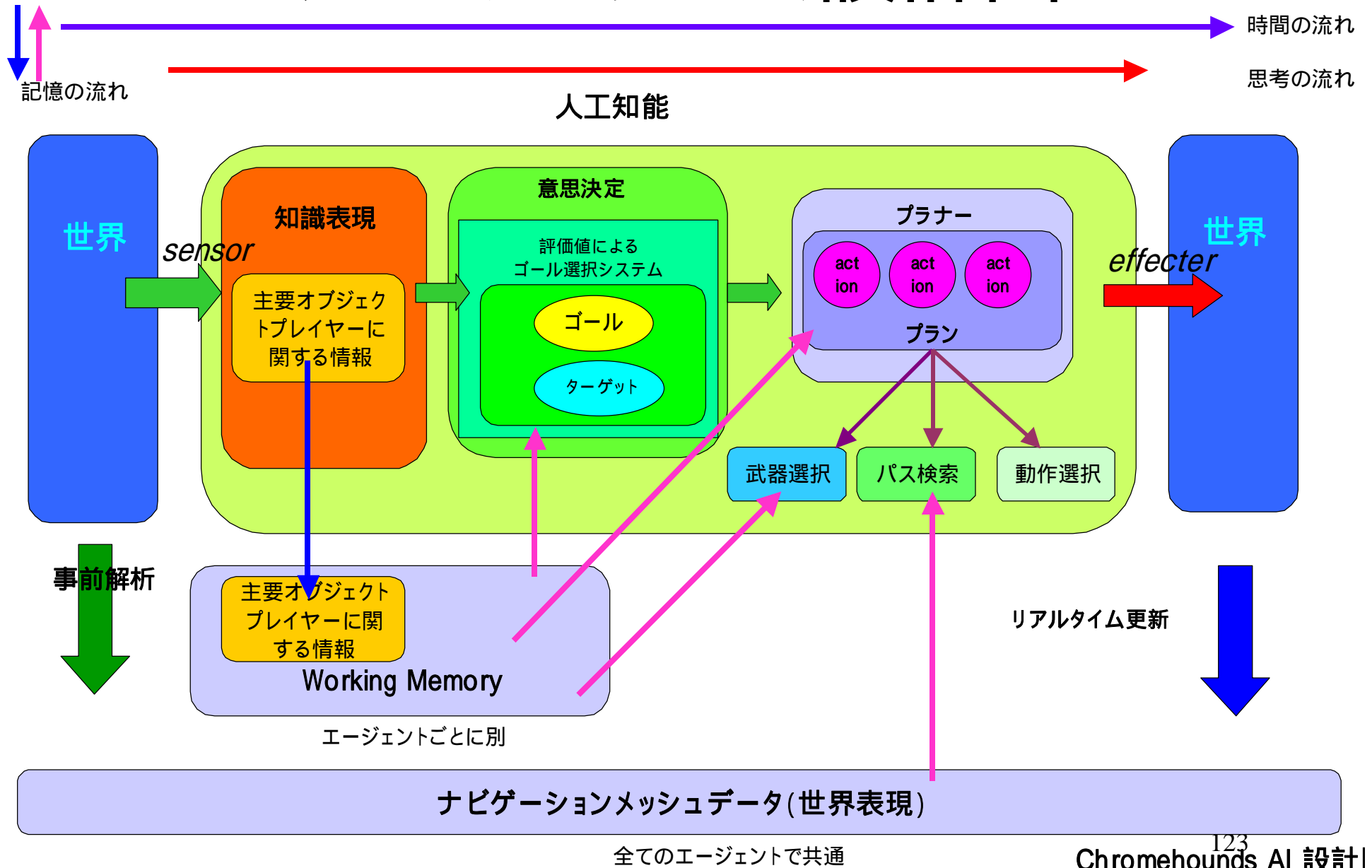
第3章 クロムハウズにおける階層型ゴール指向プランニング (20分)

第4章 発展 (15分)

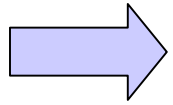
F.E.A.R とクロムハウন্ズの違い

	F.E.A.R	クロムハウন্ズ
プランニングの単位	振る舞い	戦略、戦術、行動
プラナー	前提条件と効果による連鎖	スクリプトによって規定
要求されるAI	建築内のスペースで巧みな行動をする	フィールド全域で戦略、戦術行動
知識表現	事実表現、シンボル	NavMesh など。
ジャンル	F P S	ミリタリーアクション
出版年	2004年	2006年

クロムハウন্ズ設計図



クロムハウন্ズにおけるプランニング

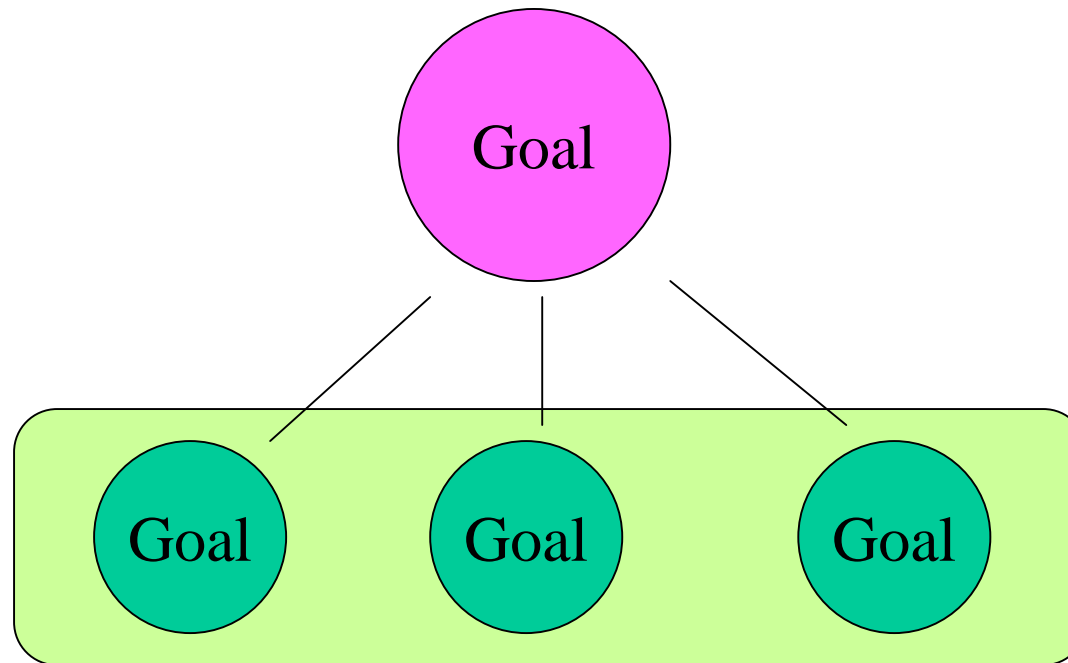


戦略、戦術から、局所的戦闘までの幅広い戦いができる必要がある

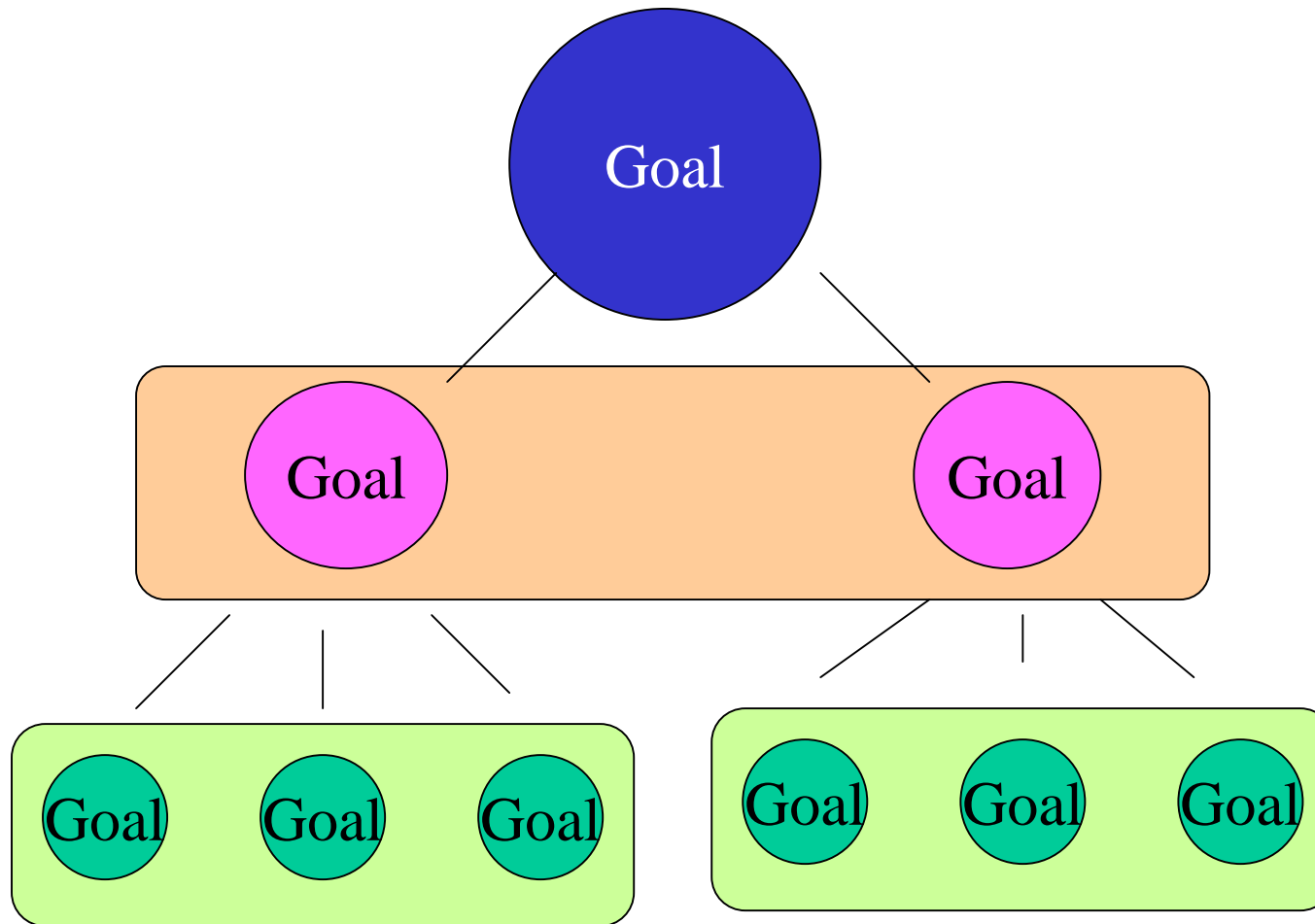
階層型ゴール指向型プランニング

階層型ゴール指向型プランニングとは？

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



ゴール指向型プランニングの考え方

映画を見たい

映画館に行く

映画館は新宿だ

新宿駅に行く

晴れなら

新宿駅へ歩く

雨なら

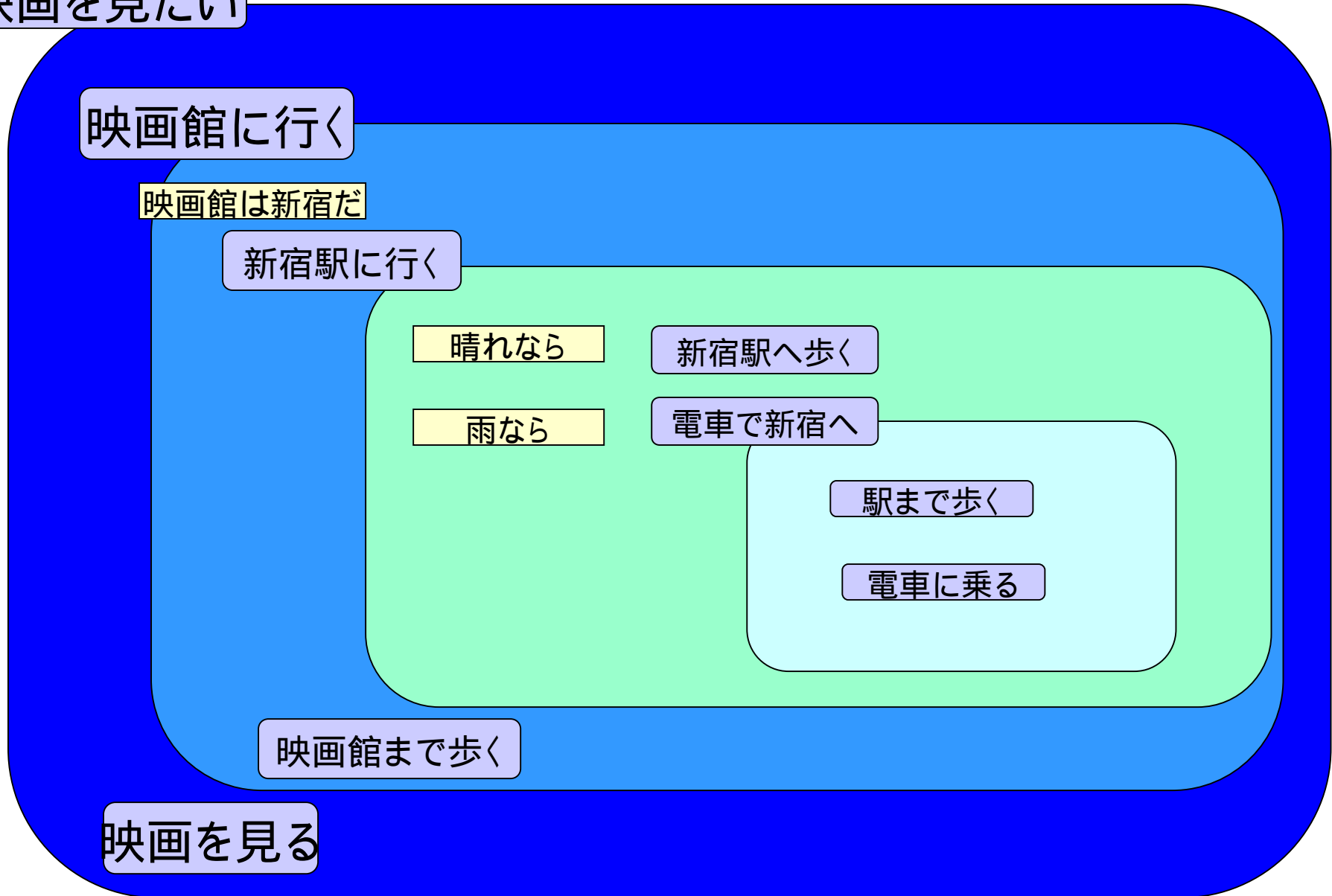
電車で新宿へ

駅まで歩く

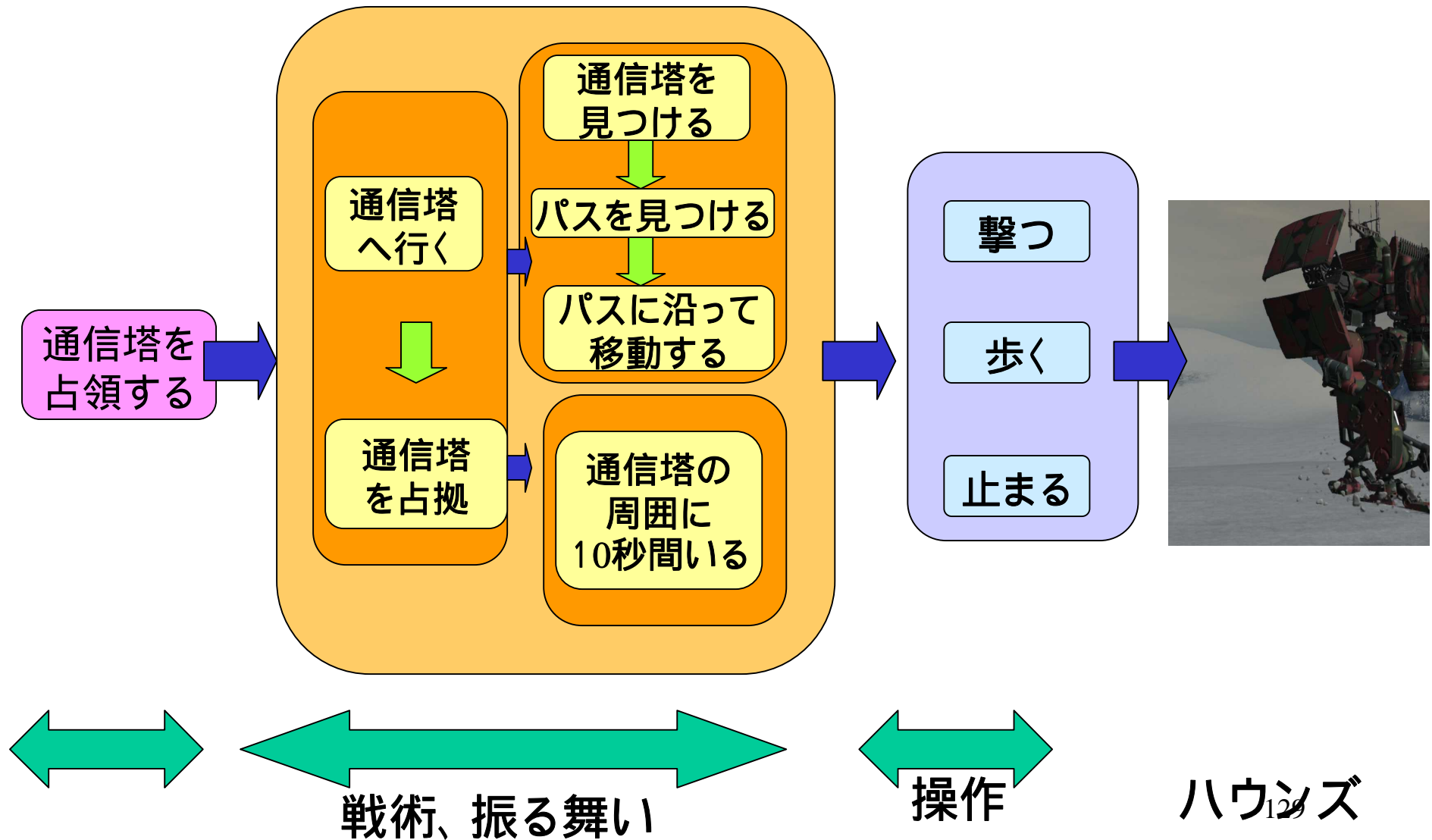
電車に乗る

映画館まで歩く

映画を見る



クロムハウズにおける ゴール指向型プランニング

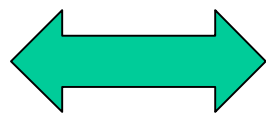
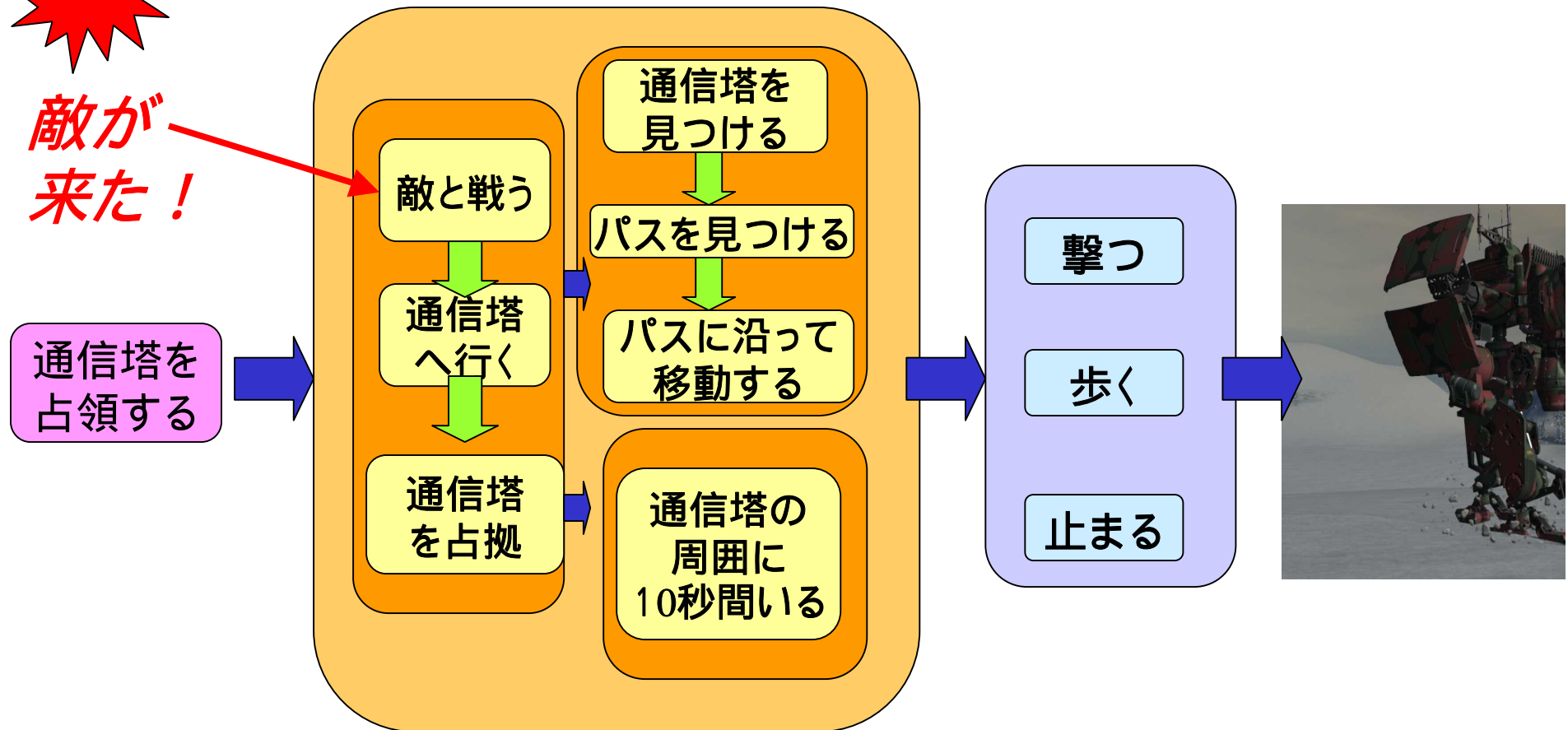


クロムハウنزにおける

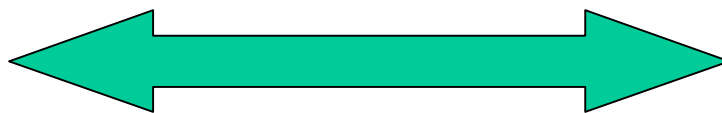
リアルタイムゴール指向型プランニング



敵が
来た！



戦略



戦術、振る舞い



操作

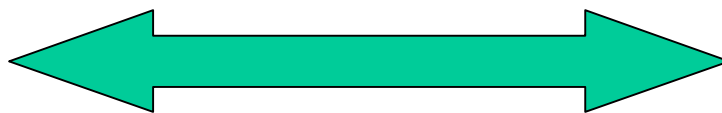
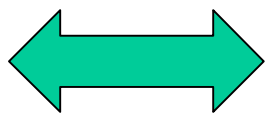
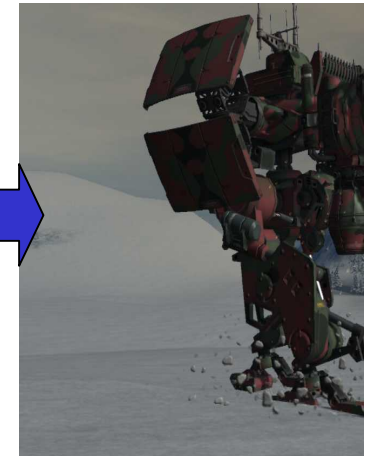
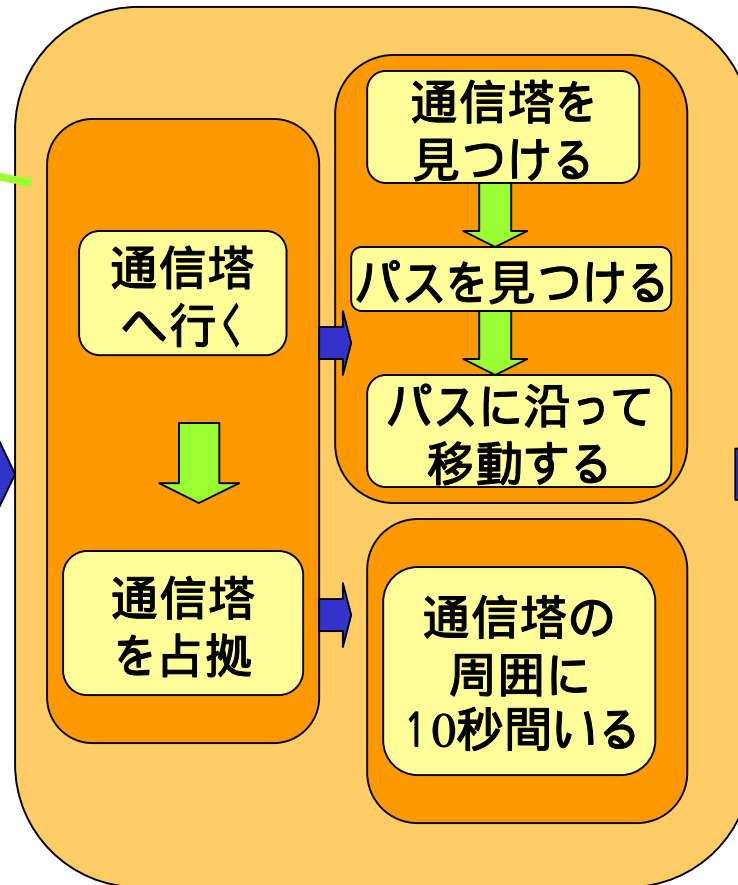
ハウズ₁₃₀

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



敵を倒した！
Clear!

通信塔を
占領する



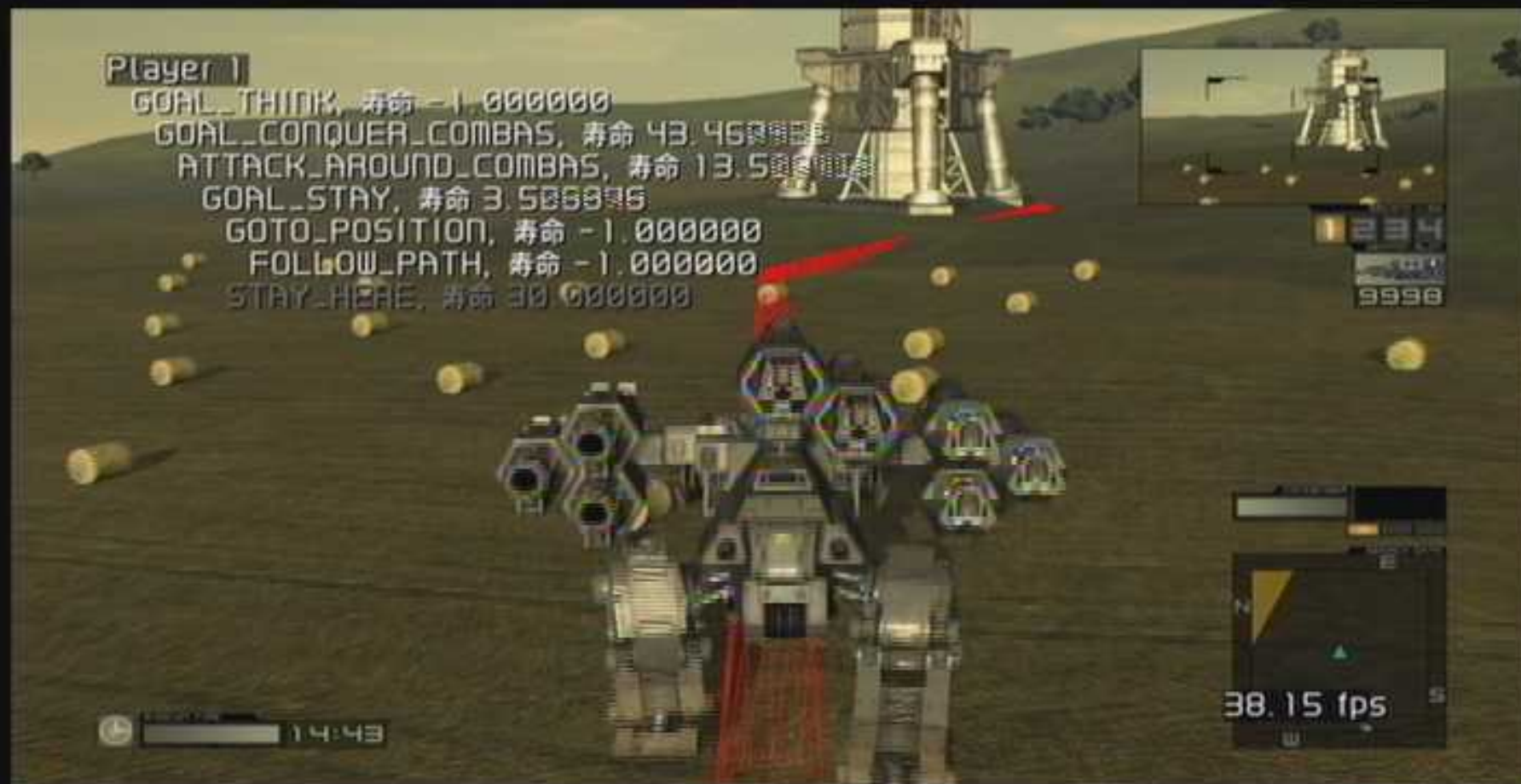
戦術、振る舞い



操作

ハウ₁₃ズ

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

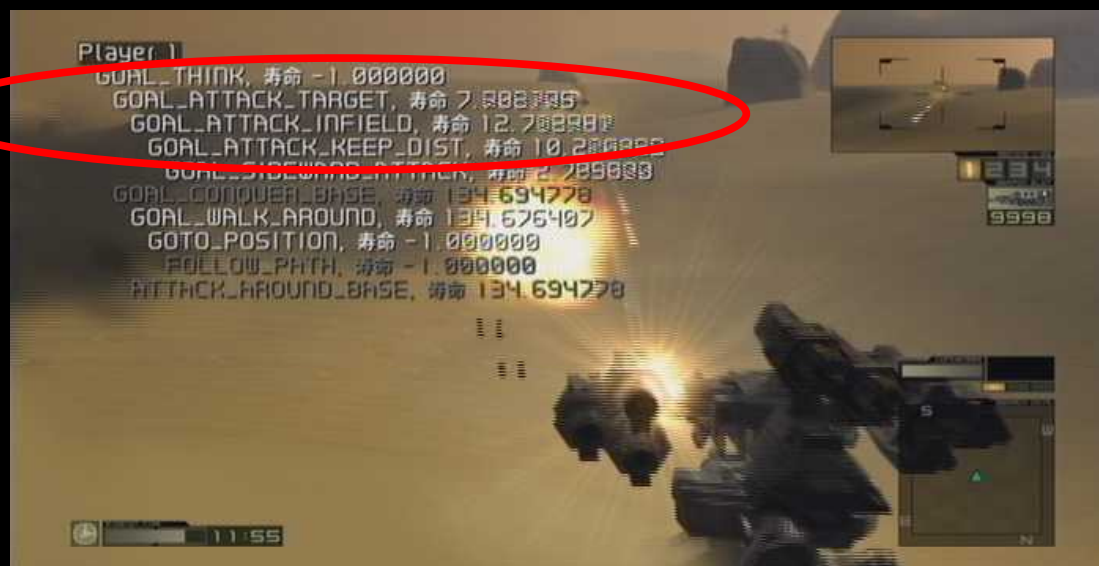


左上は階層型プランニングのゴール表示

アタックゴールを戦術層に動的に挿入することで 状況の変化に対応するデモ

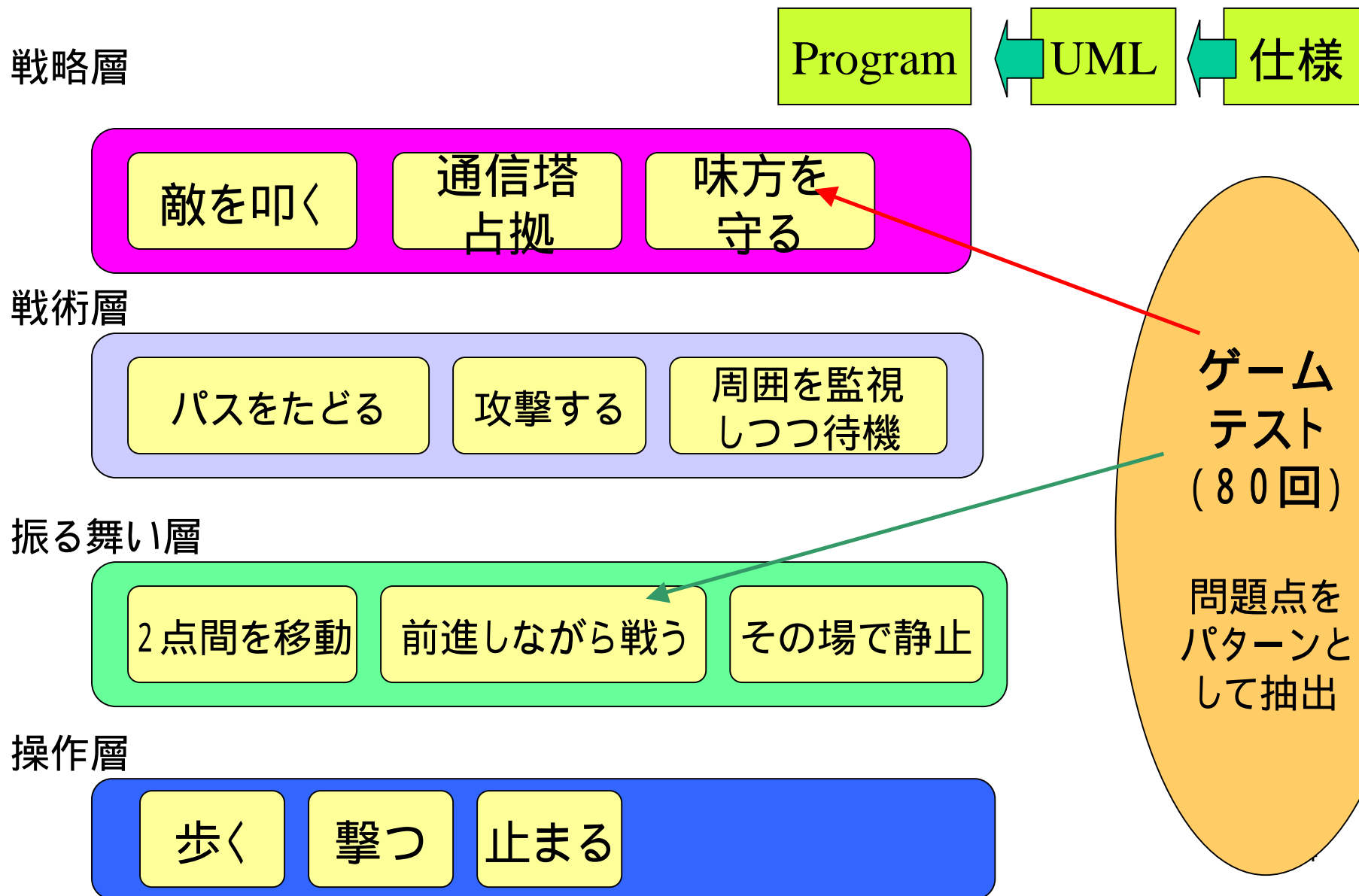


挿入された
アタックゴール
(敵を攻撃)



ゴール指向型AIの開発工程

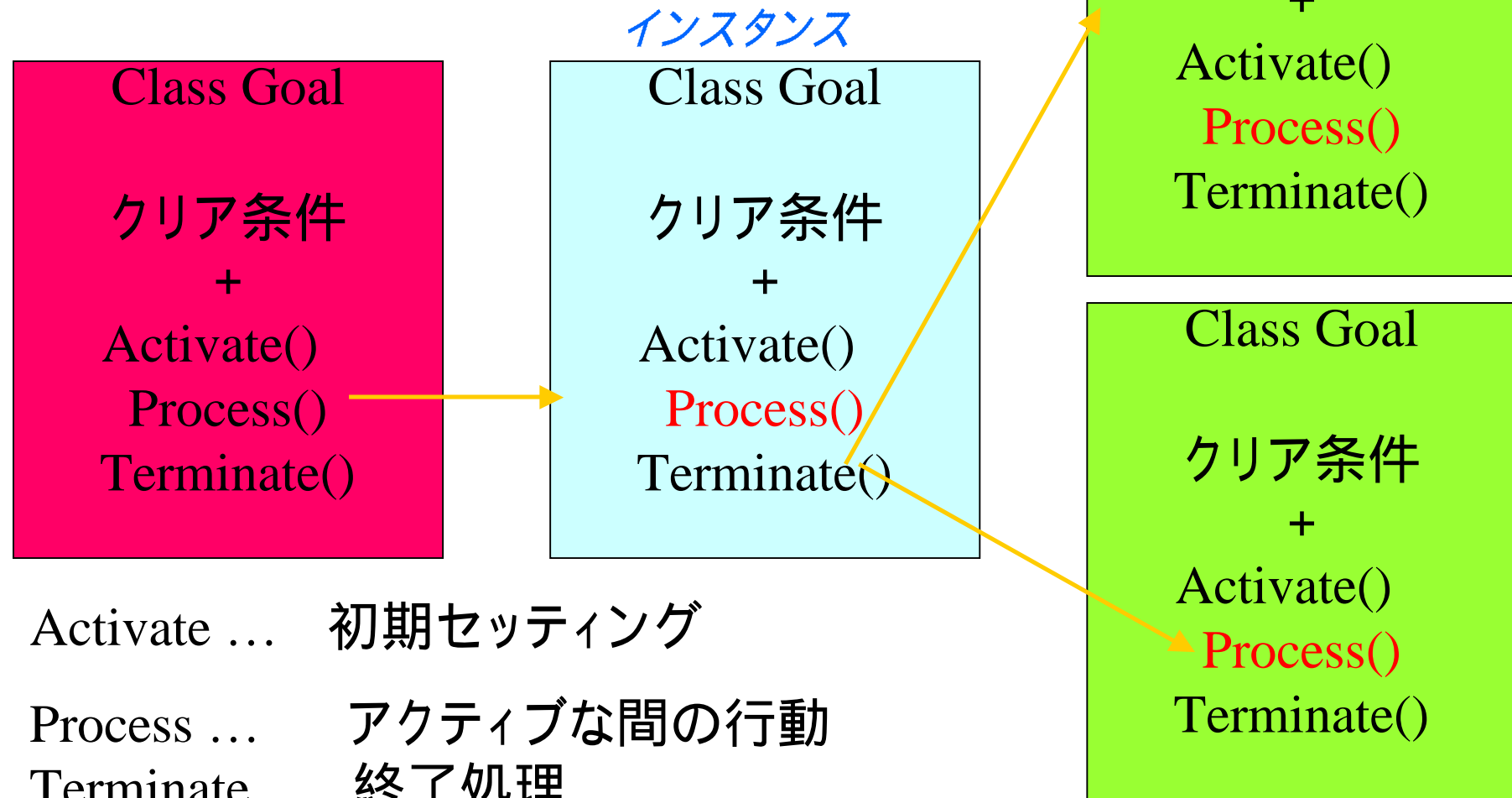
(パターンランゲージによる漸近的成長)



プログラマーのための実装工程

ゴール指向型プログラム構造

(入れ子構造)



Activate ... 初期セッティング

Process ... アクティブな間の行動

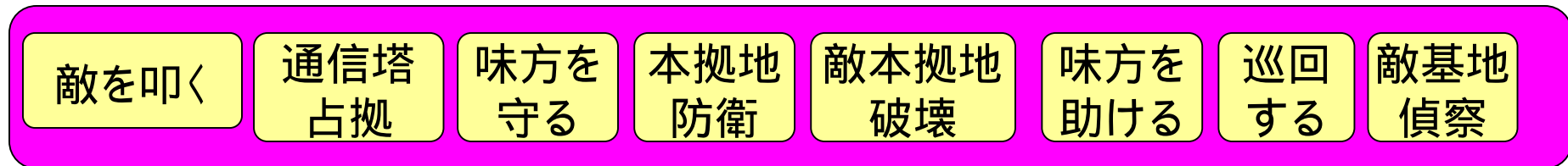
Terminate ... 終了処理

(関数の内容を全てスクリプトで記述)

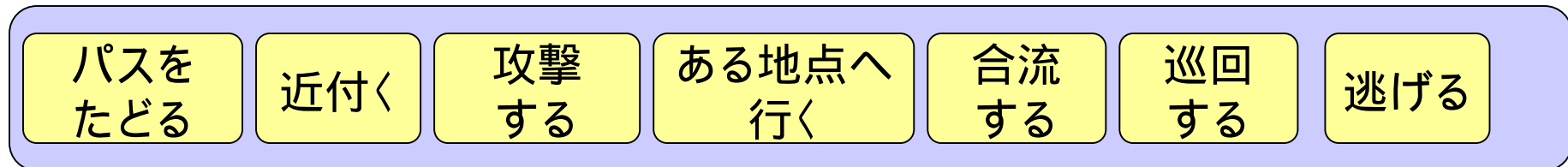
インスタンス₁₃₅

最終的なゴール総合図

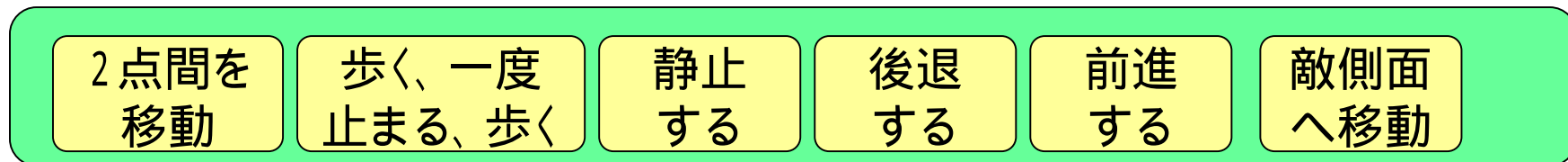
戦略層



戦術層



振る舞い層



操作層



階層型ゴール指向型プランニング

階層型ゴール指向型プランニングとは？

大きなゴールから小さなゴールまで、
COMが実行可能な動作まで分解する。

何が可能になったか？

- (1) 長い時間に渡る一連の動作の制御
- (2) 短い時間における状況の変化に適応

質疑応答

第1部 ゲームAI 技術解説(90分)

第1章 プランニング技術解説 (15分)

第2章 F.E.A.R におけるゴール指向アクションプランニング (30分)

第3章 クロムハウズにおける階層型ゴール指向プランニング (15分)

第4章 発展 (15分)

第4章 発展

F.E.A.R AI

連鎖によるプランニング

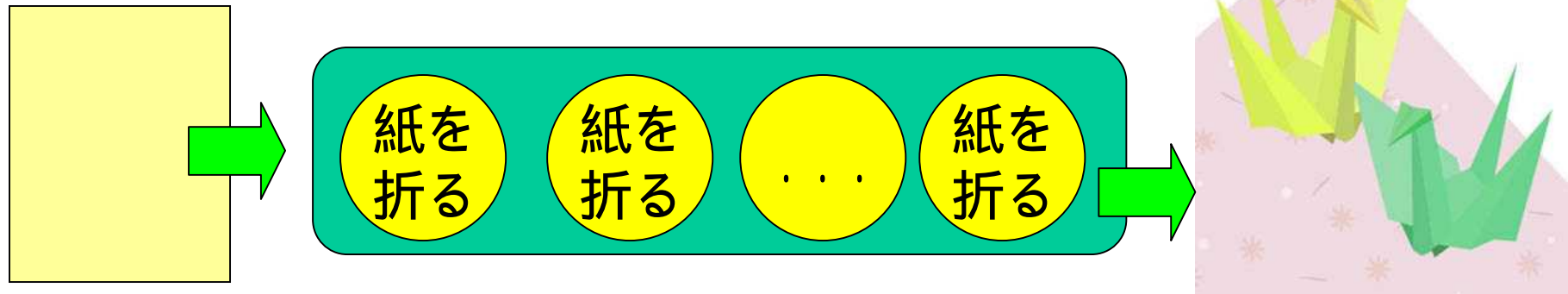
クロムハウズ

階層型プランニング

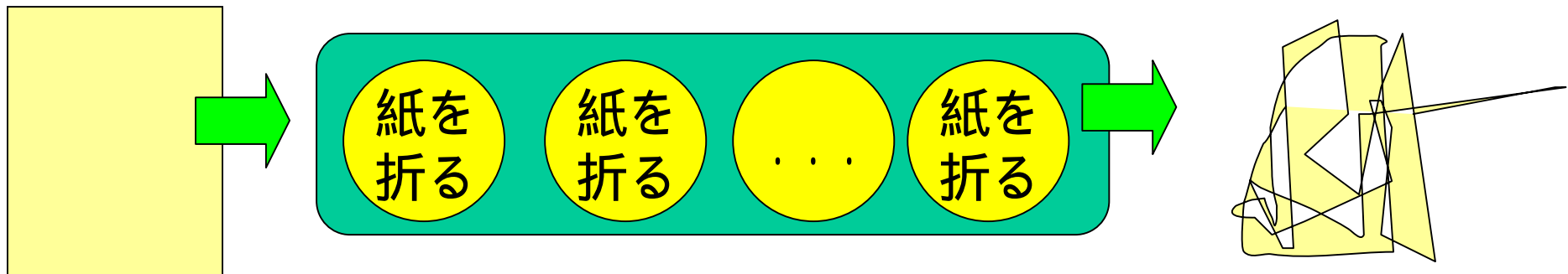
実際に、自分のゲーム開発にプランニング技術を
応用するためにはどうすればよいだろうか？

プランニングの本質とは何だろうか？

- (1) 幾つかの行動が集まって、一つの大きな意味を持つ行動になる。
- (2) それは、単独の行動では為しえない行動である



ある順序で折ることで初めて意味を持つ



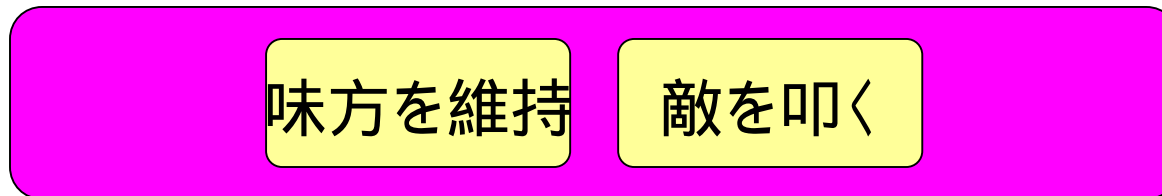
階層型プランニング応用例

組み合わせあって初めて意味を持つ行動の例

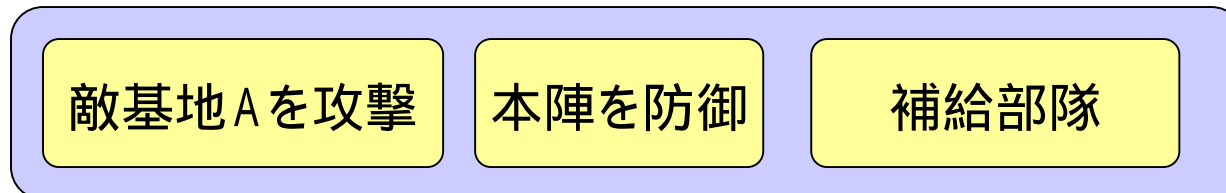
チームAIへの応用

軍隊のモデル

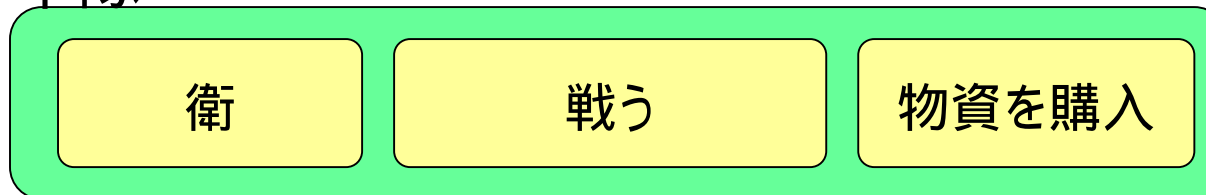
司令官



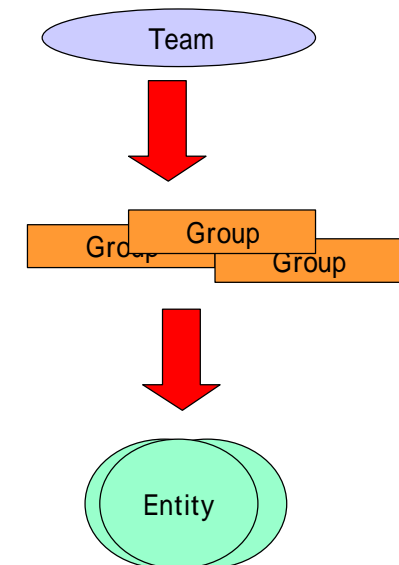
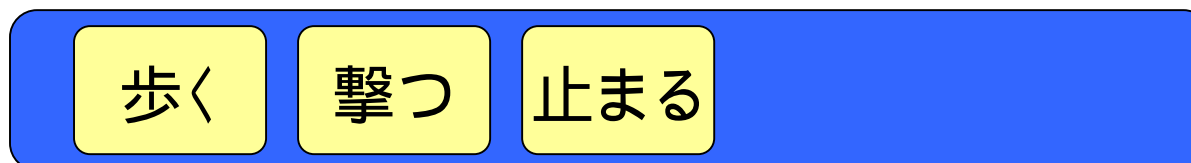
大隊



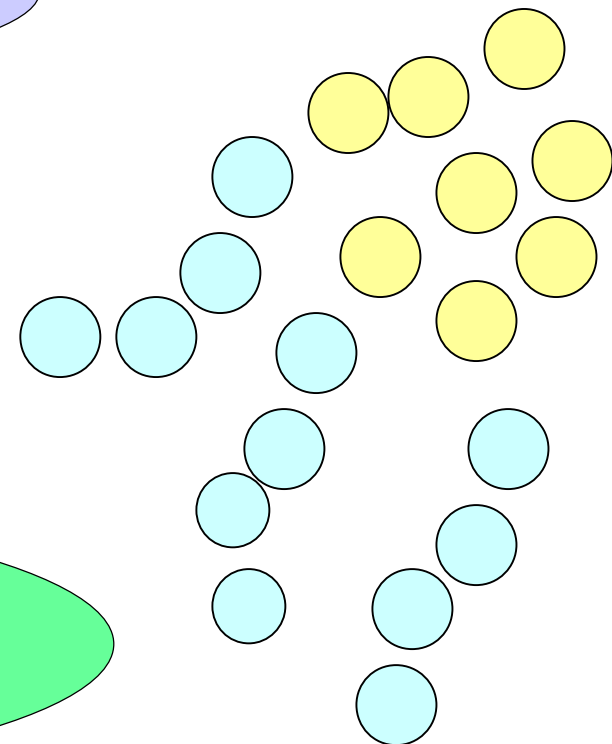
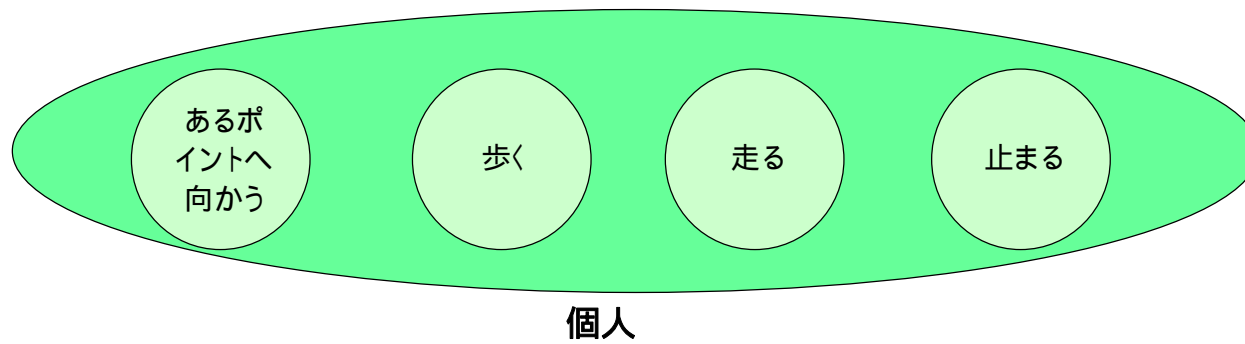
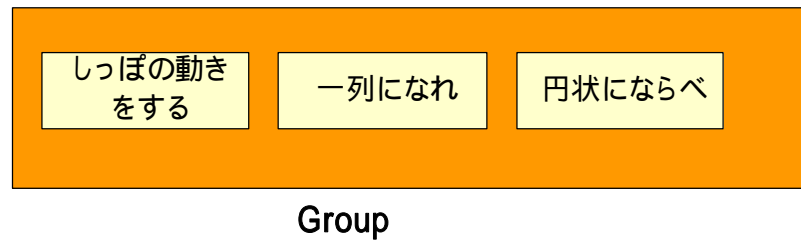
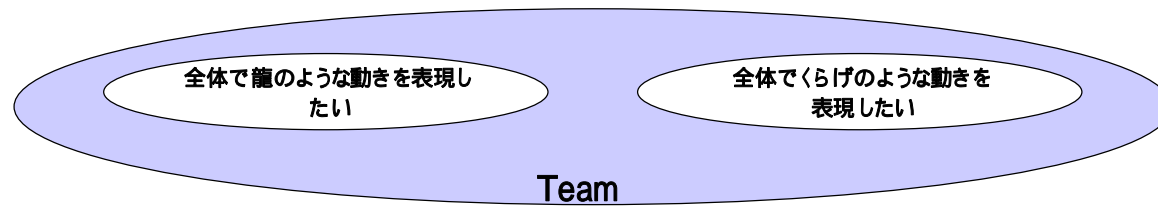
中隊



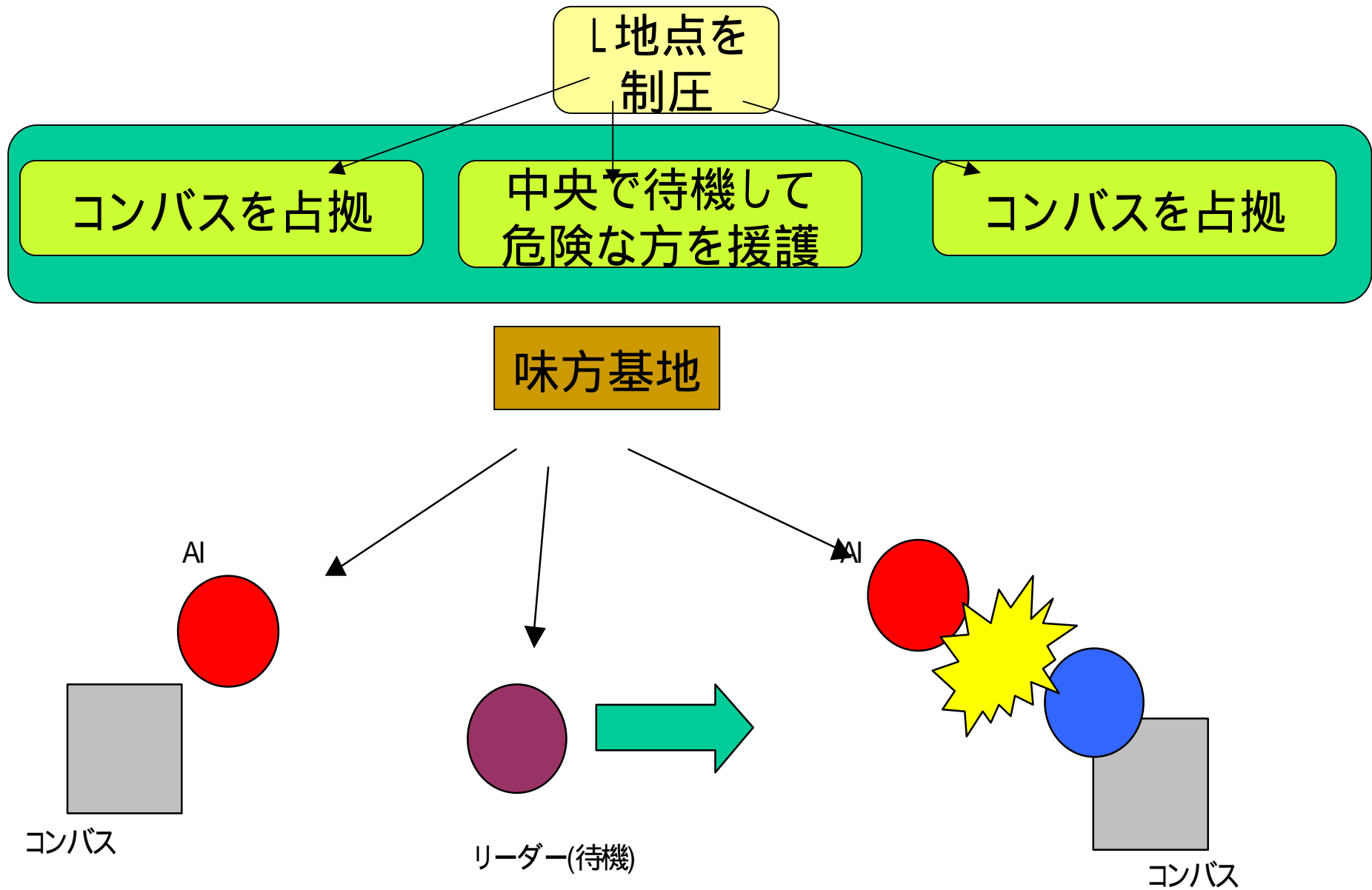
兵士



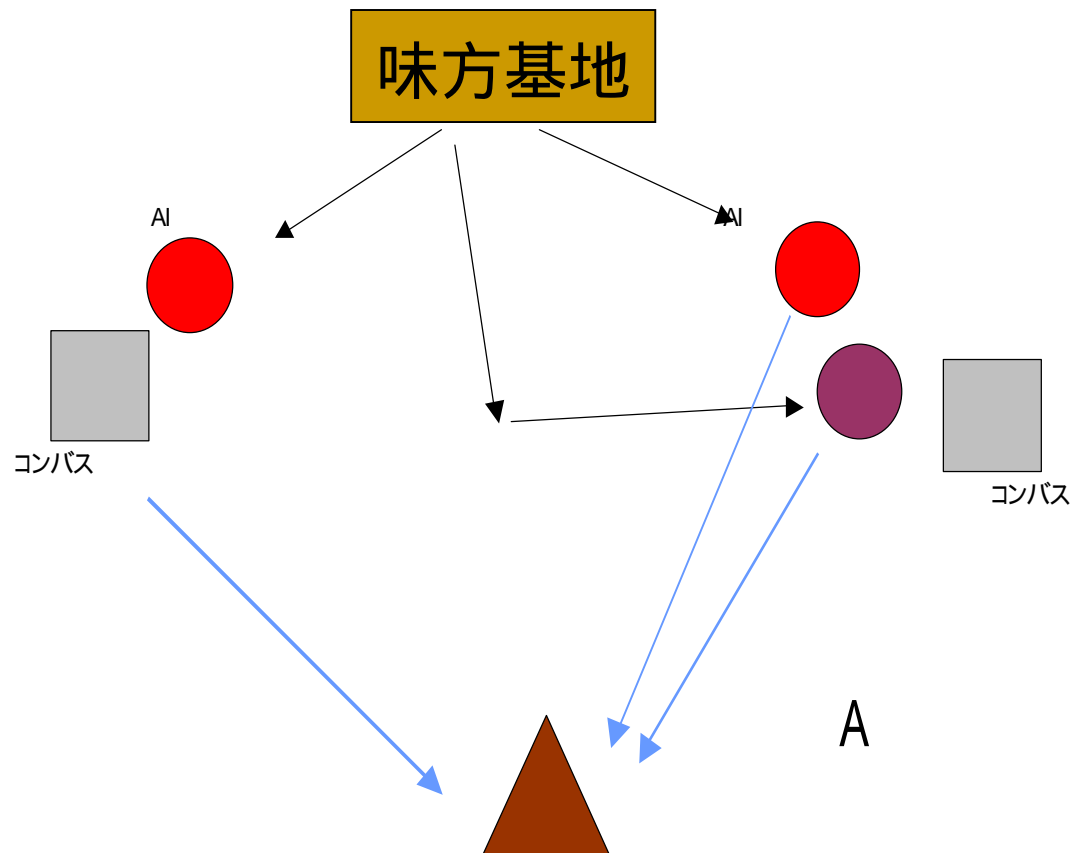
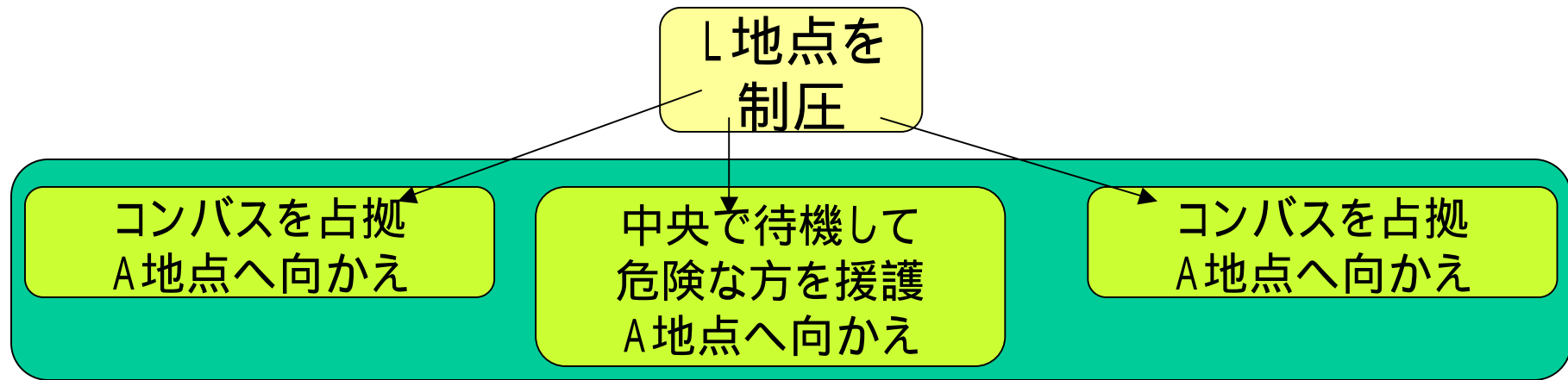
全体の連携



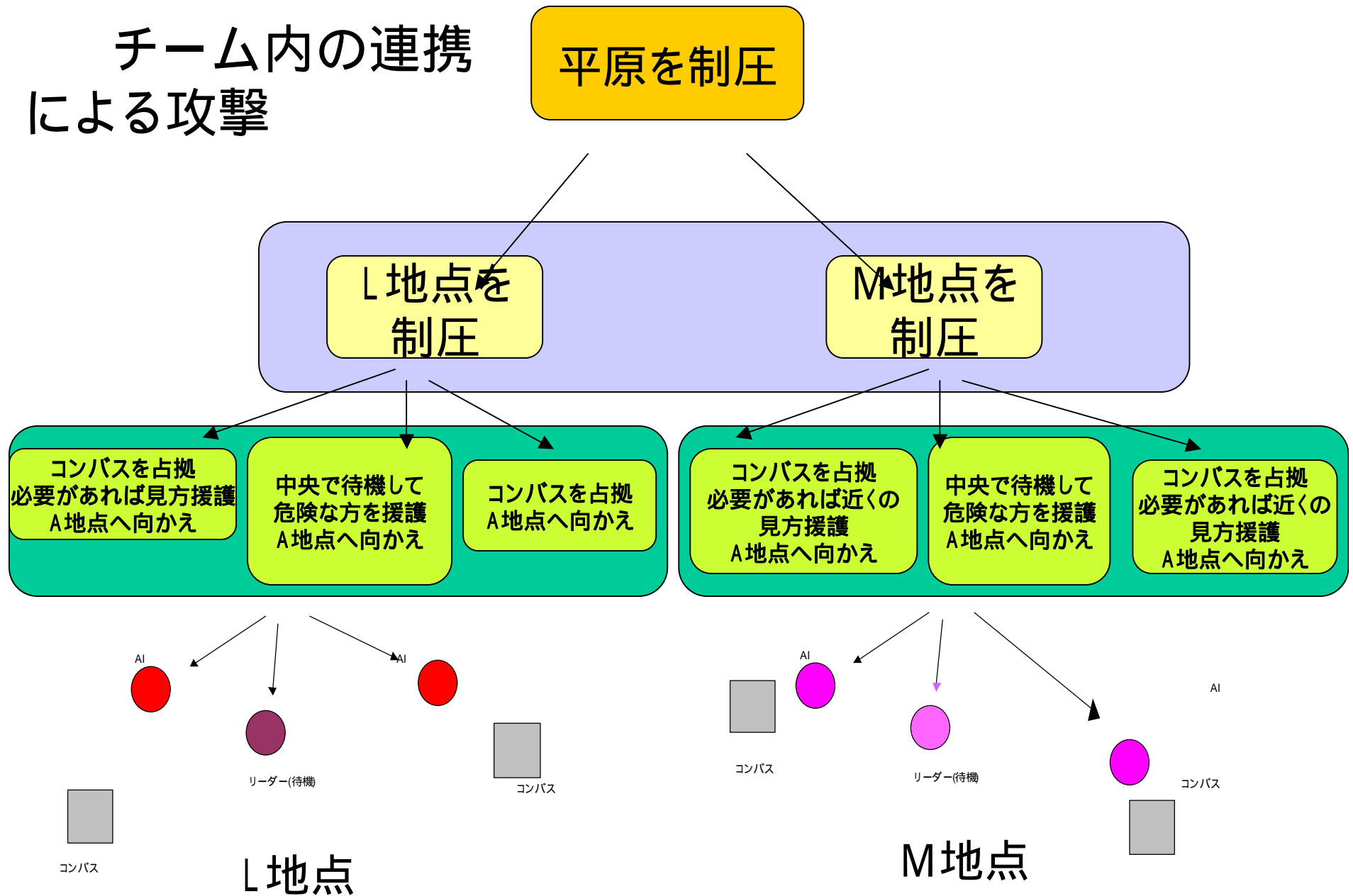
チーム内の連携による攻撃

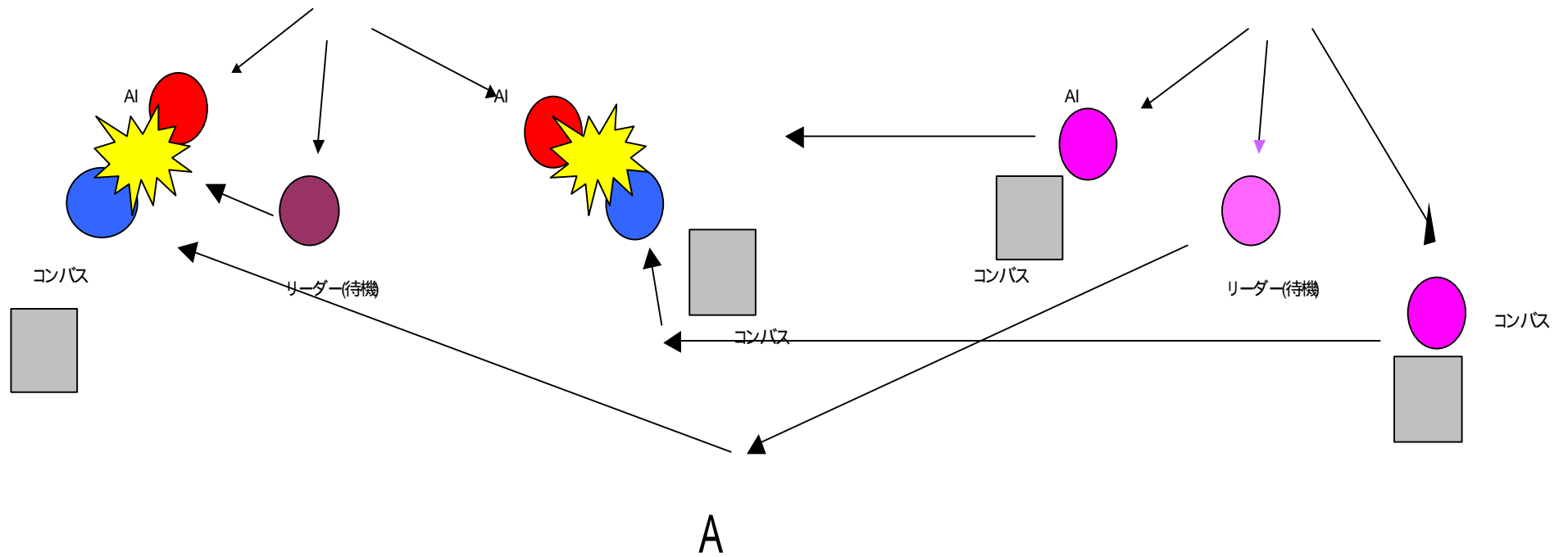


チーム内の連携による攻撃



チーム内の連携 による攻撃





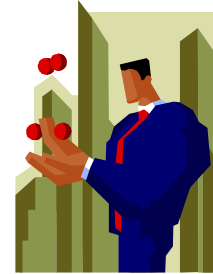
街を舞台にしたオンラインゲーム



人を集めて
コンサートを成功させる



ある犯罪組織を摘発



ある製品を今夜中に
回収



街の機能を停止

設定: それぞれがこの街でミッションを持っている

30分の間
目的を遂行するための行動を
プランニングAIで実現



街の機能を停止

戦略

発電所を爆破

ダムを決壊

要人暗殺

戦術

爆弾を手に入れる

爆破する

移動する

人を巻き込む

行動

賄賂を渡す

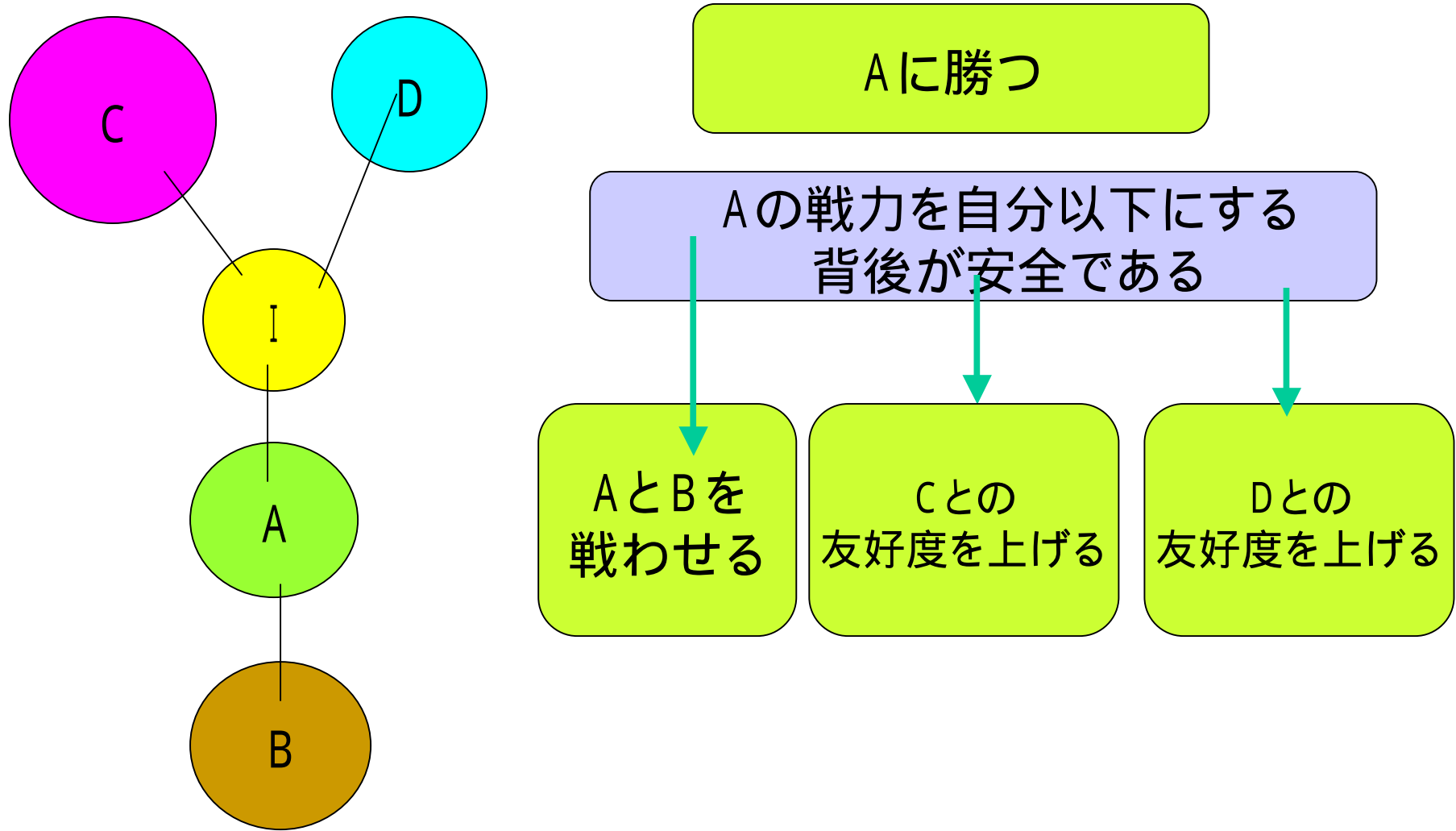
話す

歩く

待機

プランニング

戦術シミュレーション



まとめ

- (1) F.E.A.R、クロムハウন্ズはプランニングの一つの応用であり、それ以外にも多様な方向がある。
- (2) いろいろなレベルへのプランニングの応用が可能である。
- (3) プランニングはシンプルな技術なので、ゲームデザインを考え始める段階で、デザインに取り込むことができる。

ご清聴ありがとうございました。

これ以外に、意見や質問があれば、
メールかアンケートへ

y_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3回

日程 2007年5月12日(土)

場所 東京大学本郷キャンパス工学部新2号館

テーマ 「Chrome Hounds におけるチームAI」



エージェントからマルチエージェントへ