

ゲームと社会と人工知能(I)

－ 個としてのAI －

東京大学コンテンツ創造科学
産学連携教育プログラム

三宅 陽一郎

(株式会社 フロム・ソフトウェア)

y.m.4160@gmail.com

2008. 6. 4

Contact Information

Youichiro Miyake

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

自分が学生の頃に思っていたこと、 多分、今東大生が考えている(と思う)こと

- (1) ゲーム業界ってどういうところだろう？
- (2) ゲーム(AI)って実際にどうやって作っているんだろう？
- (3) ゲーム業界で(大)活躍するにはどうすればいいんだろう？

+ とりあえず知っていることを全部喋ってほしい。後は自分で考えるから。

こういった要求になるべく応えるべく、
授業を構成します。

コンテンツ

第1部 ゲームと社会

(産業の話)

- (1) ゲームから社会を見る。
- (2) 社会からゲームを見る。

第2部 ゲームと人工知能

(技術の話)

- (1) ゲームAIとは何か？
- (2) 演習(人工知能の基礎概念)
 - ①知識表現・世界表現 ②ゴール指向プランニング

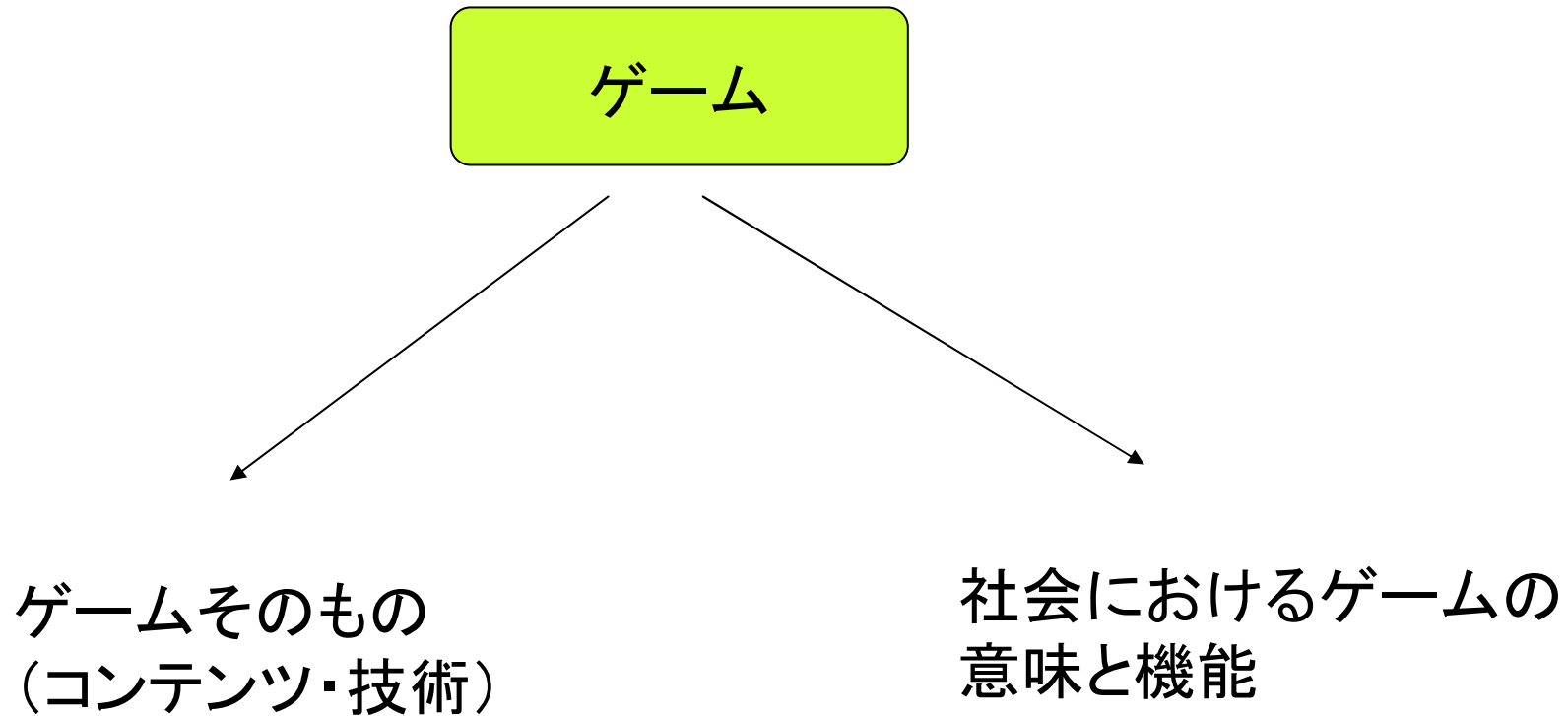
第3部 社会と人工知能

(これからの話)

- (1) 人はゲームAIに何を求めるか？
- (2) ゲームAIの心理学

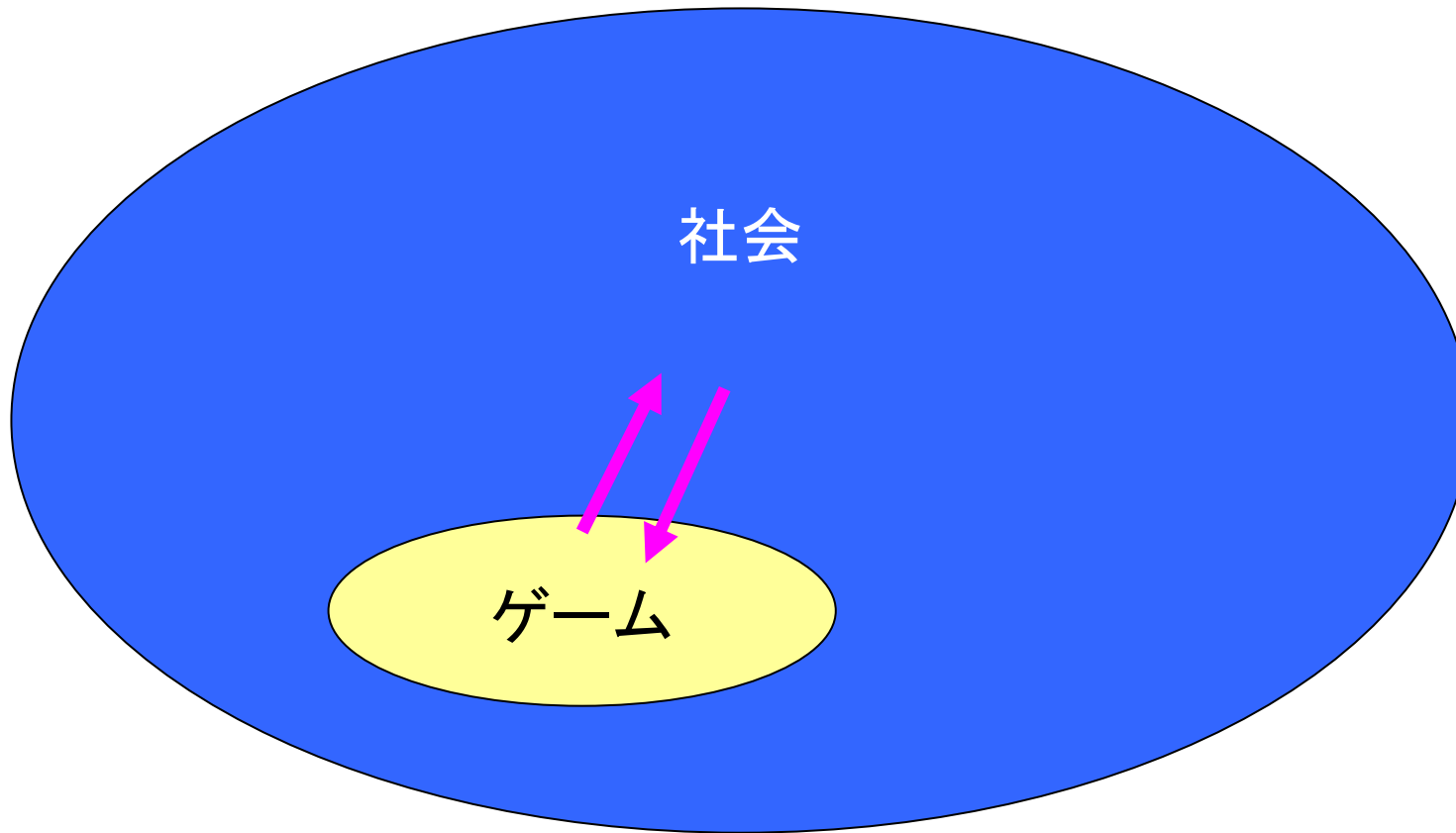
[付録] ゲームAIの学習・研究の仕方

ゲームとは何か？



プロデューサー・ディレクターになろうとする人は、
両方の意味を問い続ける必要がある。

社会とゲーム



ゲームから社会を見ること / 社会からゲームを見ること

コンテンツ

第1部 ゲームと社会

(1) ゲームから社会を見る

(2) 社会からゲームを見る

第2部 ゲームと人工知能

(1) ゲームAIとは何か？

(2) 演習(人工知能の基礎概念)

①知識表現・世界表現 ②プランニング

第3部 社会と人工知能

(1) 人はゲームAIに何を求めるか？

(2) ゲームAIの心理学

コンテンツ

第1部 ゲームと社会

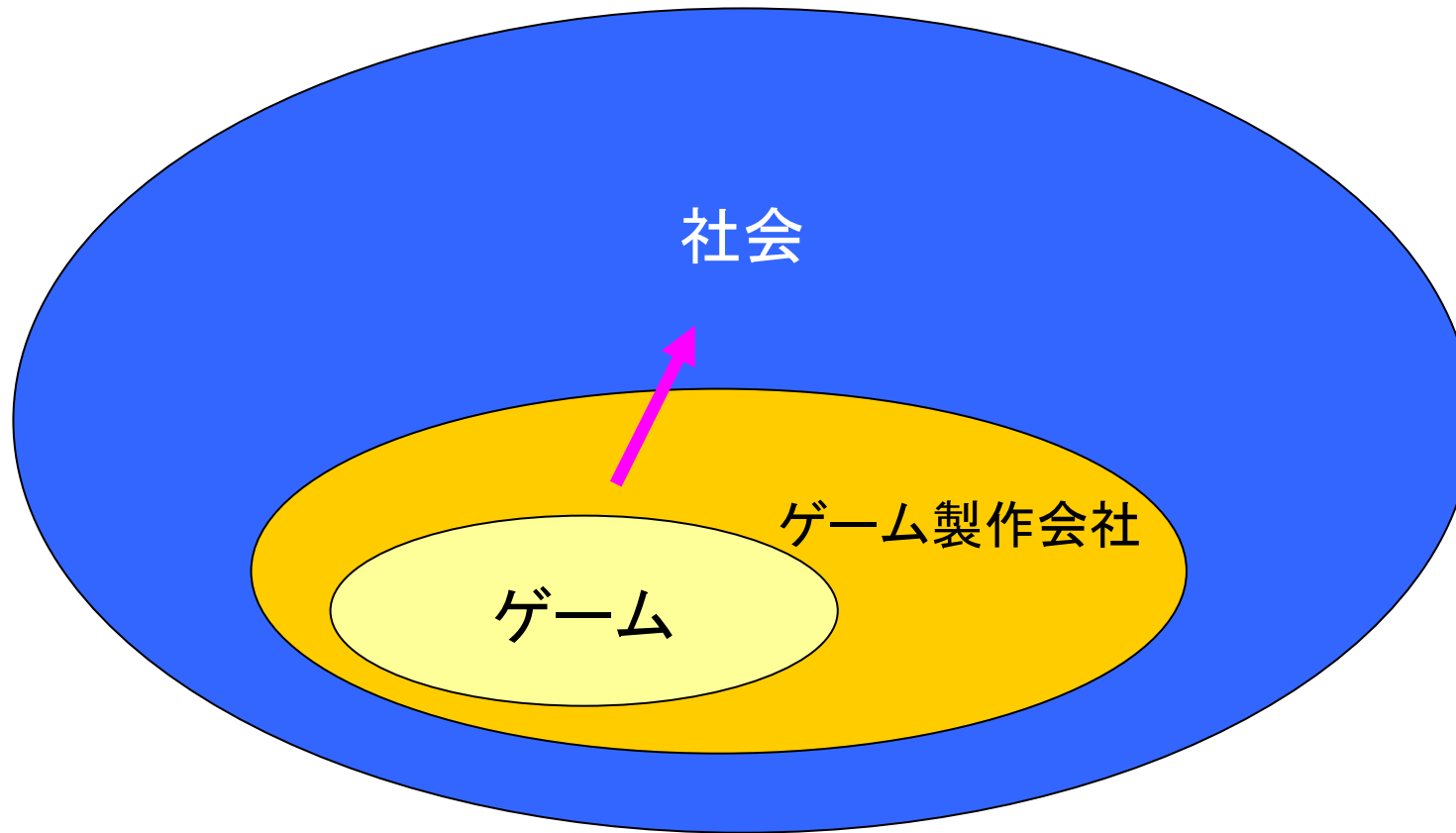
(1) ゲームから社会を見る。

(2) 社会からゲームを見る。

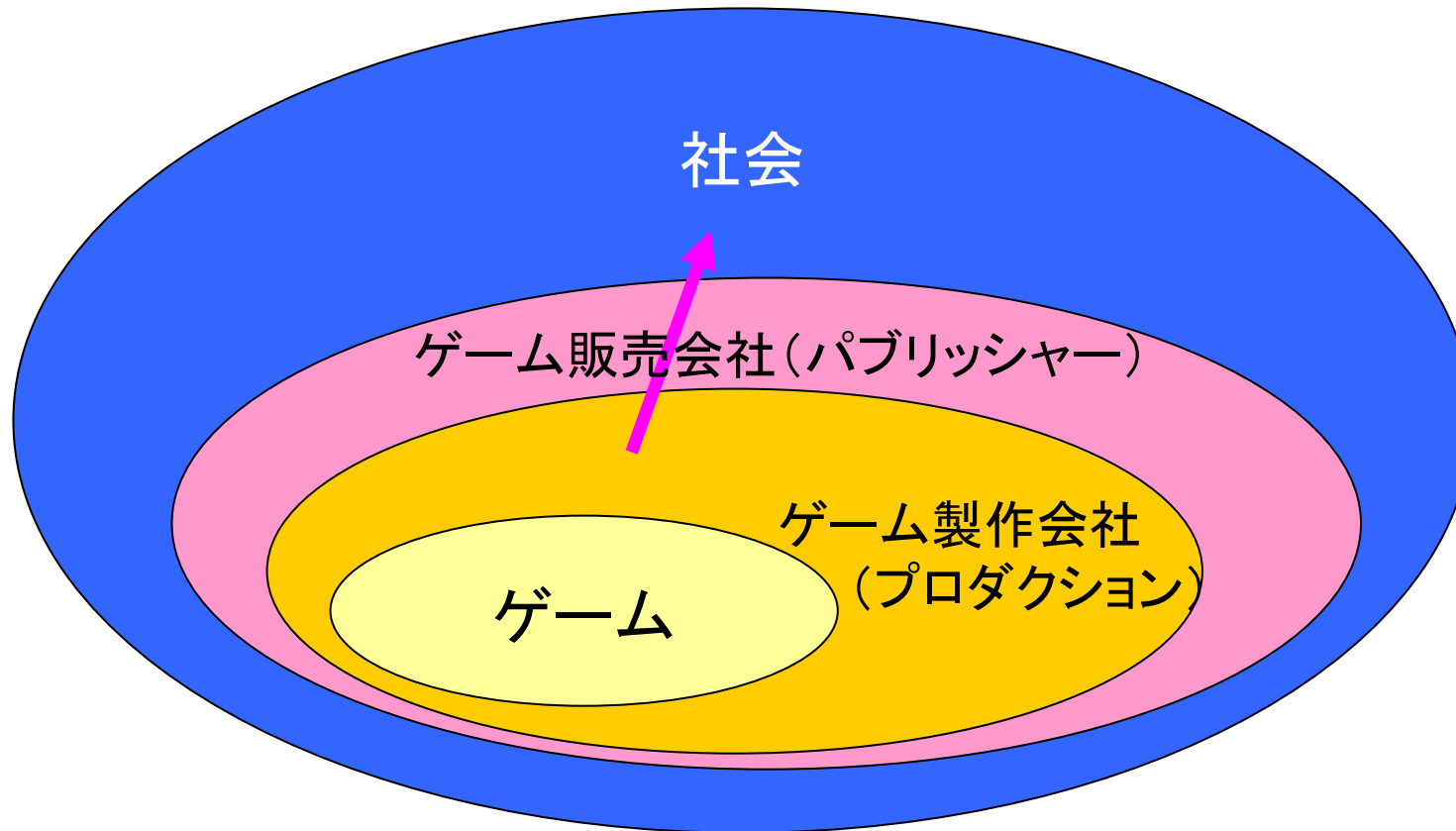
第2部 ゲームと人工知能

第3部 社会と人工知能

ゲームから社会を見る

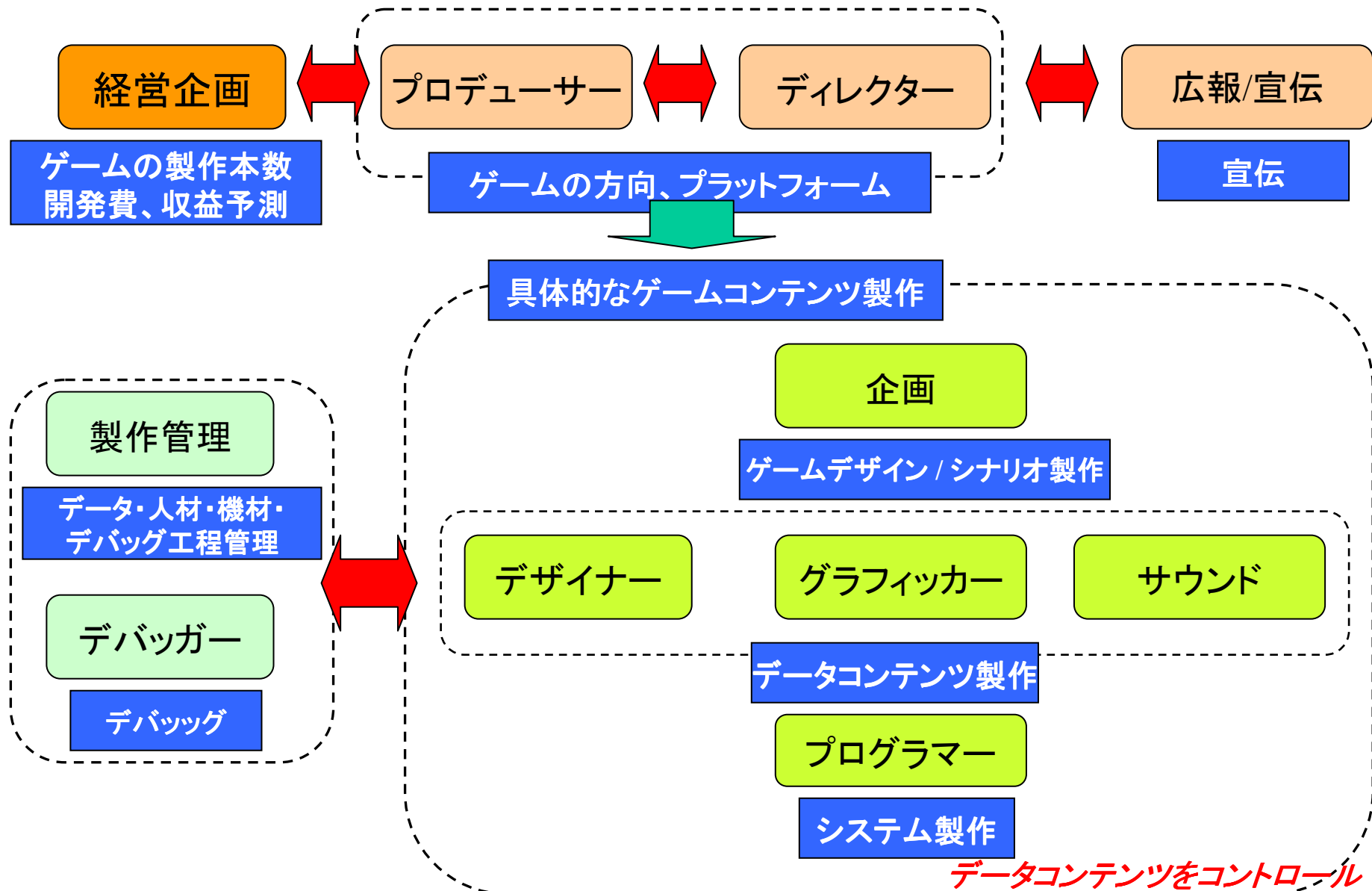


ゲームから社会を見る



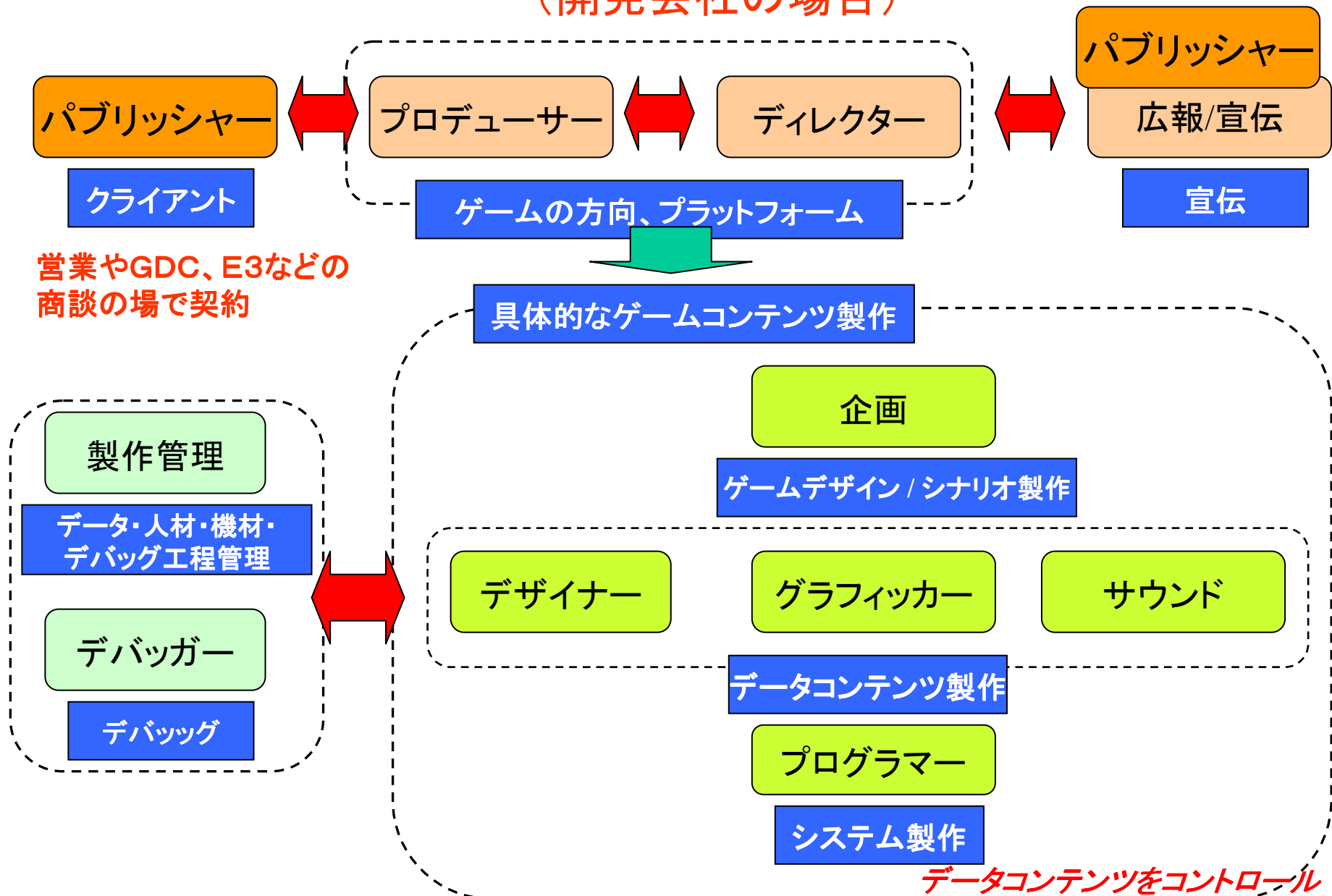
企業におけるゲーム開発機構

(パブリッシャーも兼ねる場合)

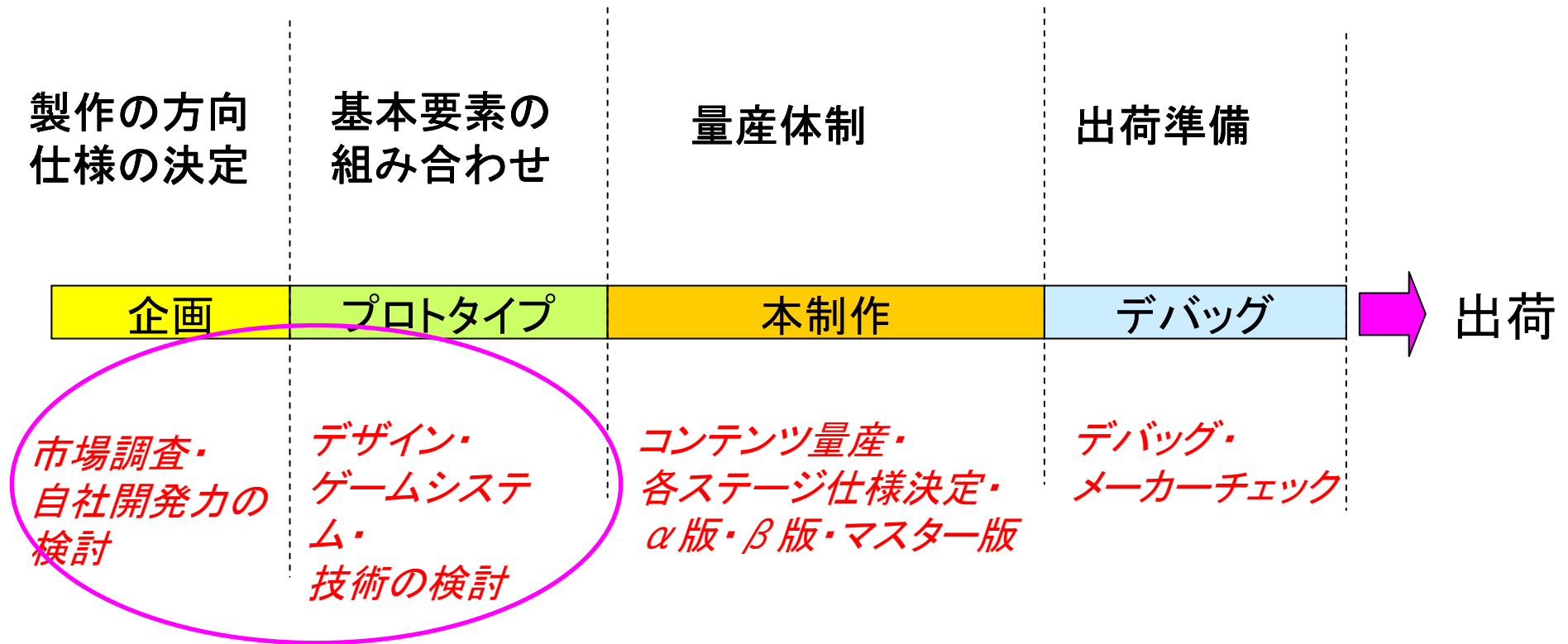


企業におけるゲーム開発機構

(開発会社の場合)



製作プランニング



コンテンツに依存する技術導入のチャンス(タイトル毎、タイトル開発期間は平均1～3年)

各段階でチェックがあり、見込みが無ければ製作中止になることもある。

よいゲームを作るにはどうしたらいいだろう？

(1) コンテンツ

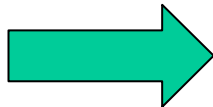
どんなゲームをユーザーに届けばよい
か？

(2) 技術

ハードウェアを使いこなす。

最先端の技術を使いこなす。

1回だけ作るのではない。コンスタントによい作品を世に出したい。

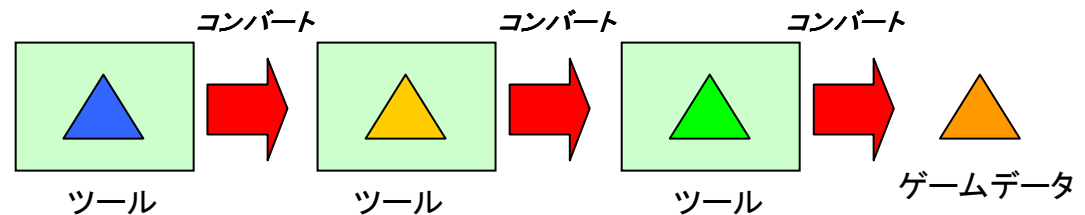


コンテンツ・パイプライン

コンテンツ・パイプラインとは？

ゲームを作るための製作工程

- ① 明確な役割の分担(人材管理)
- ② データフロー (ツールチェーン)



コンテンツ・パイプライン

ツール・プログラマー



ツール・プログラム

3Dツール

2Dツール

スクリプト言語

サウンドツール

エクセルなど

ツール・チェーン

3Dモデル

2Dデータ

スクリプト

サウンド

ゲーム設定
データ

コンテンツ・データ

ゲーム
エンジン
プログラム

コンテンツ・パイプライン

ゲーム・プログラム



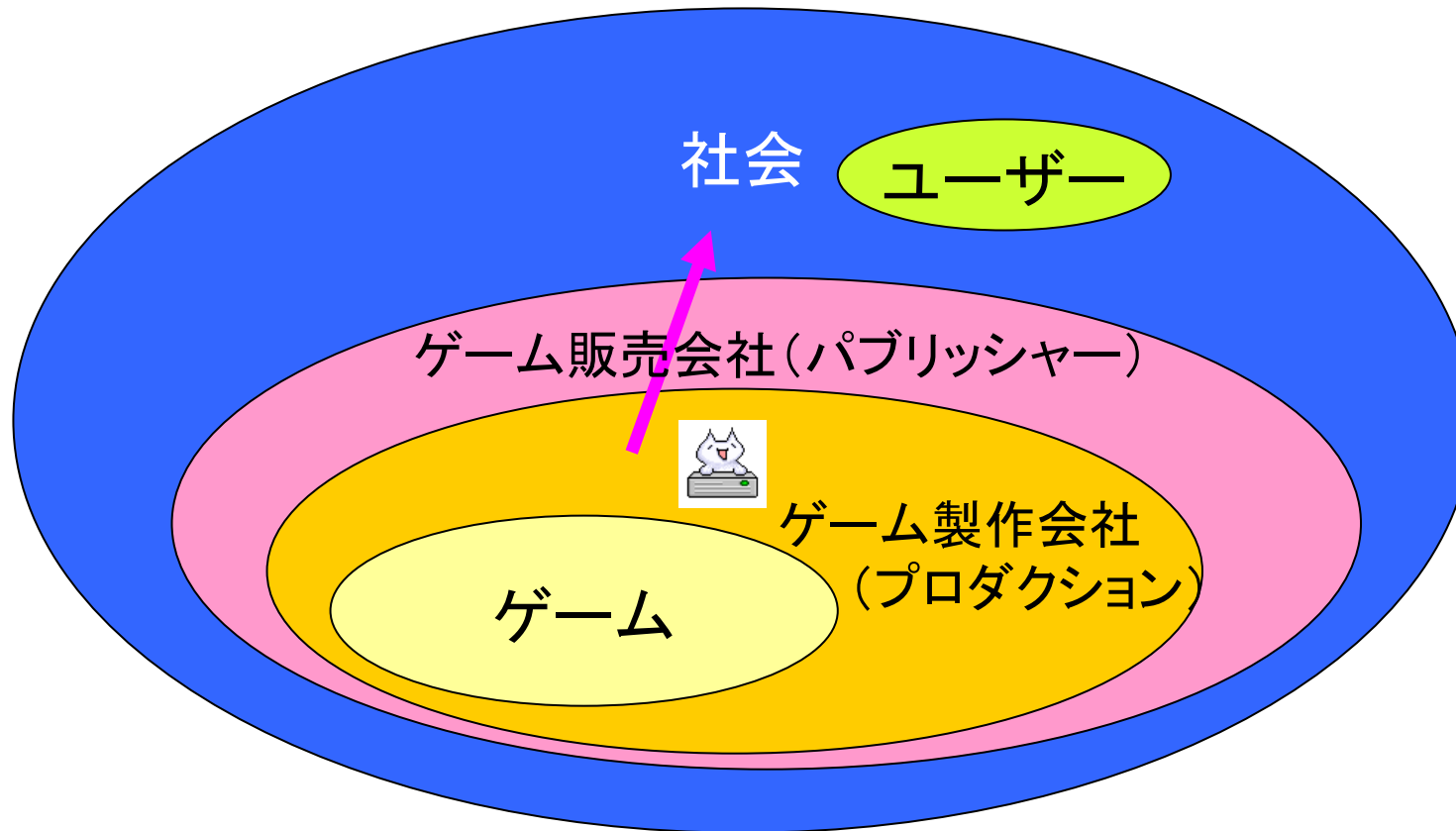
アーティスト

デザイナー

開発マネジメント

ゲーム・プログラマー

ゲームから社会を見る



ゲーム会社にいると、会社やパブリッシャーのためにゲームを作っているという気になって、ユーザーの姿が見えなくなる(危険！)

こうやってゲームを製作し出荷しますが、
逆に、社会からゲームを見ると？

コンテンツ

第1部 ゲームと社会

- (1) ゲームから社会を見る
- (2) 社会からゲームを見る

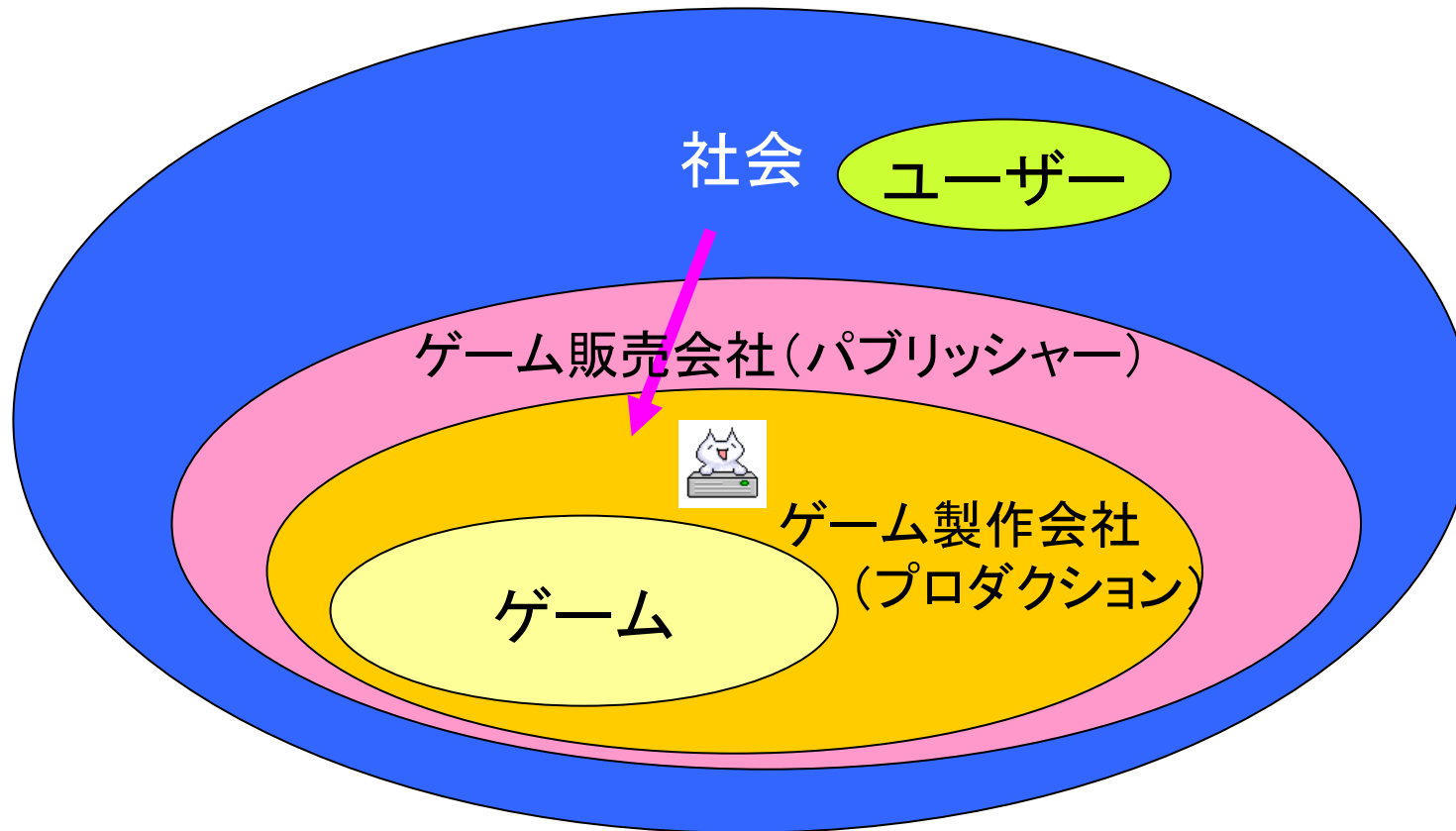
第2部 ゲームと人工知能

- (1) ゲームAIとは何か？
- (2) 演習(人工知能の基礎概念)
 - ①知識表現・世界表現 ②プランニング

第3部 社会と人工知能

- (1) 人はゲームAIに何を求めるか？
- (2) ゲームAIの心理学

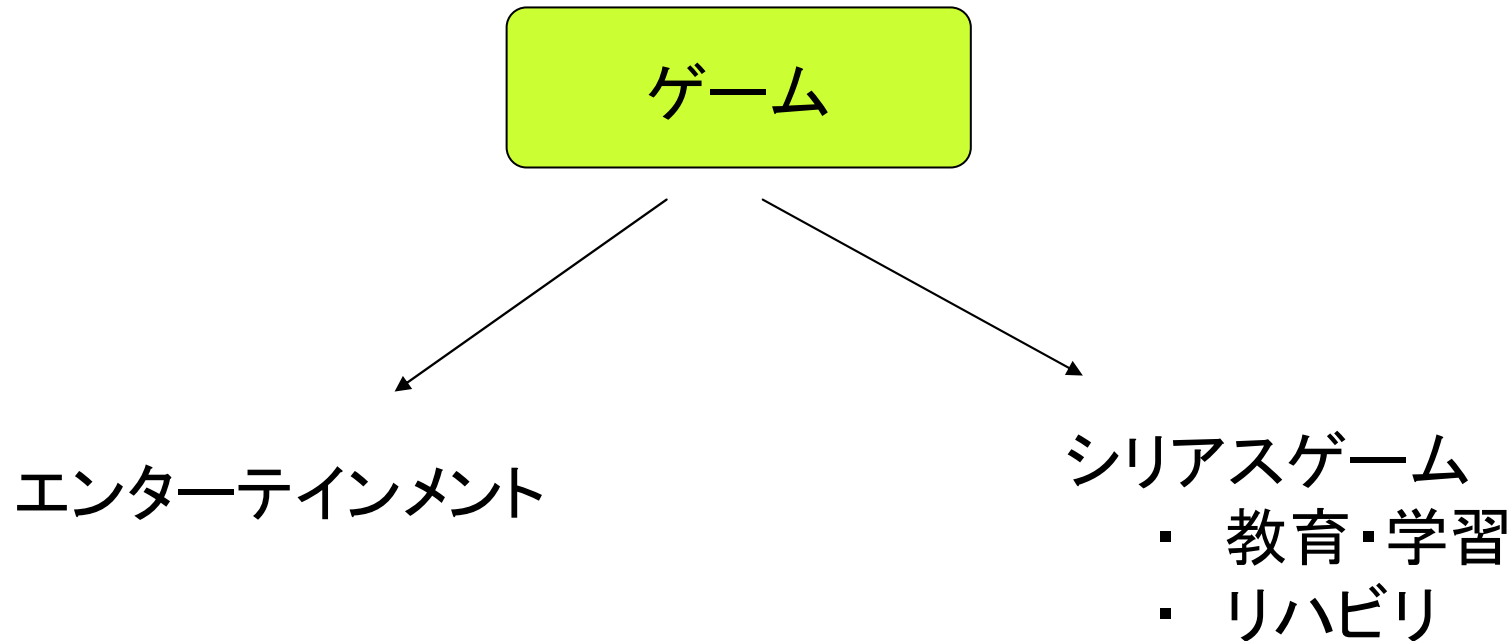
社会をゲームを見る



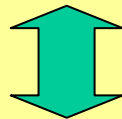
社会においてゲームはどんな意味を持っているんだろう？

社会におけるゲーム

社会においてゲームはどんな意味を持っているんだろう？



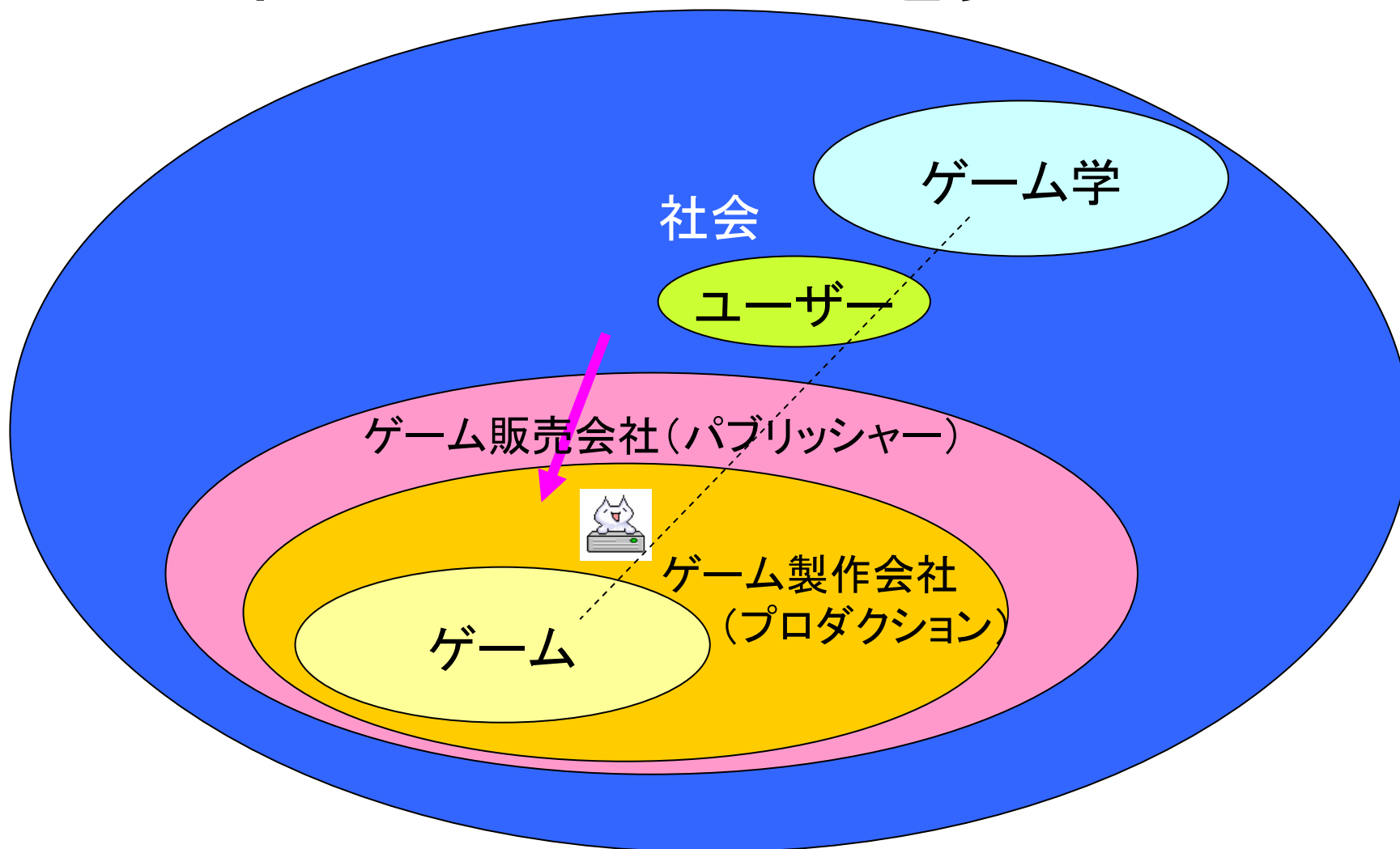
ゲームという言葉が持つ意味は、日々進化している！
その意味を諦めないこと、固定化しないことが、クリーターとして必須！



この対立がとても大切...

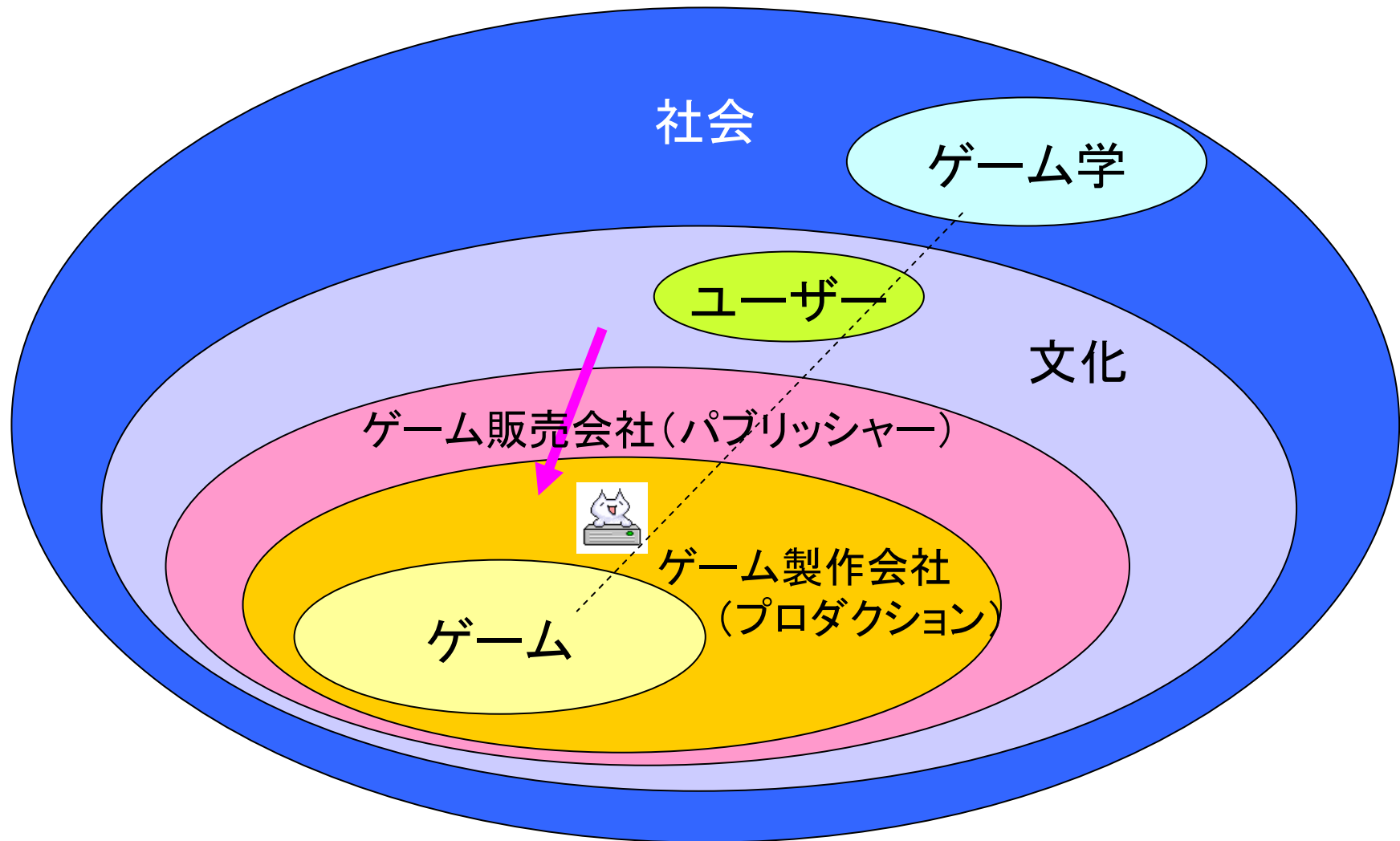
ゲーム研究者は変化するゲームの再定義し続ける

社会からゲームを見る



社会においてゲームはどんな意味を持っているんだろう？

社会はどんなゲームを望んでいるのか？



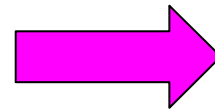
文化的差異はますますゲームに表現されつつある

ゲームにおける文化的差異



抽象的な記号の
意味が強い

広く受け入れられやすい



文化的な差異が
はっきり出ている

文化的嗜好をはっきりと反映する
人を選ぶ

コンテンツは拡大するのに、ゲームはますますニッチになる

この先、世界で受け入れられる
ゲームを作るにはどうすればよいだろう
か？

現在の傾向

- ① 日本のゲームでは、海外で受けるものと受けないものがある。

(例) 受け入れられる ... MGS、塊魂
受け入れられない... モンハン

- ② 海外のゲームを日本人は(殆ど)しない。

(例) HaloなどのFPSファンは少ない

欧米と日本のコンテンツの決定的な違い

ゲームに求めるもの

欧米

Reality



リアルなCG (realistic CG)
リアルなAI (realistic AI)

現実に近い世界を
まるごと作る

学との技術方向が一致

日本

Fantasie



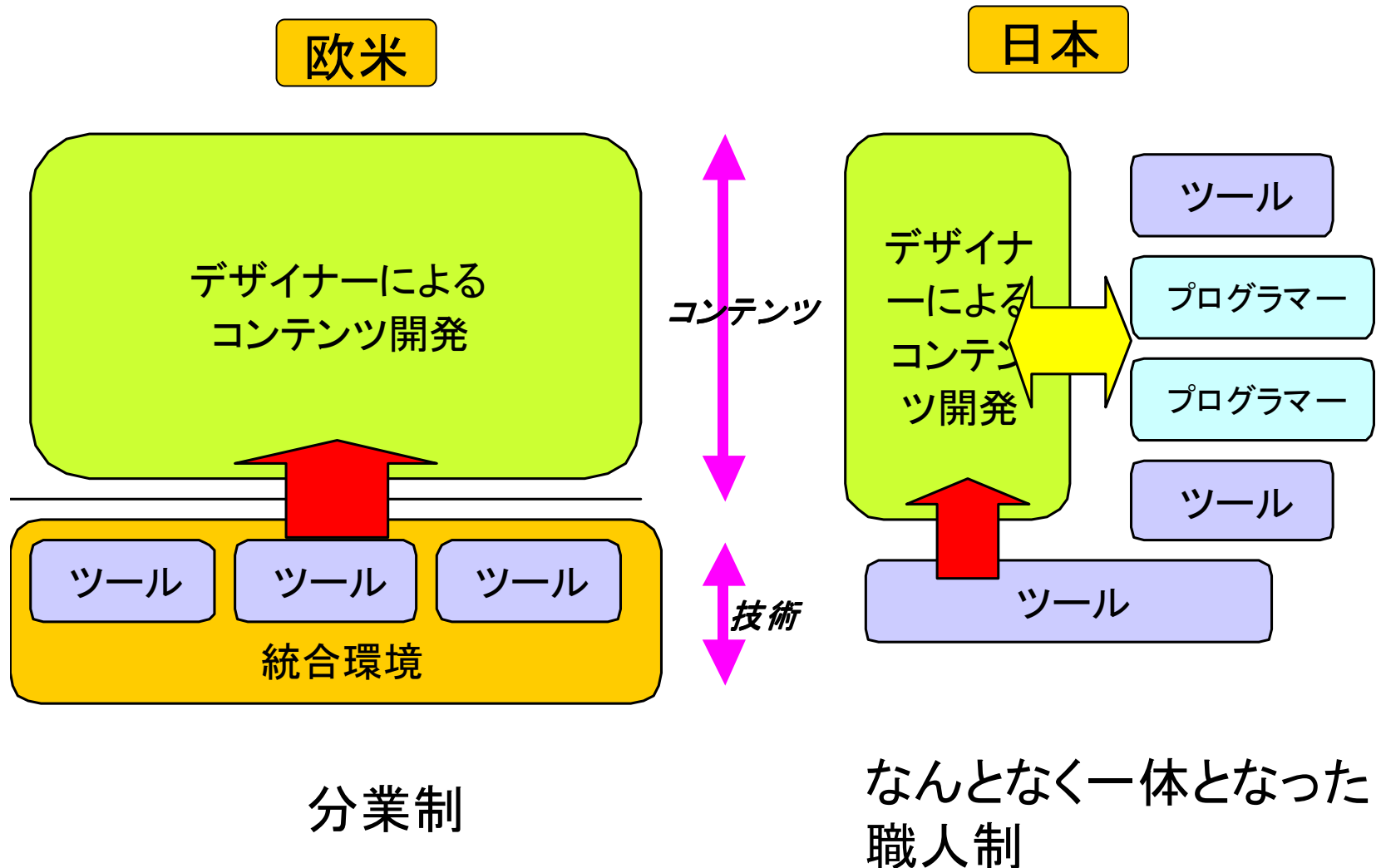
ゲーム的なCG
ゲーム特有のAI

ゲーム的な世界を構築

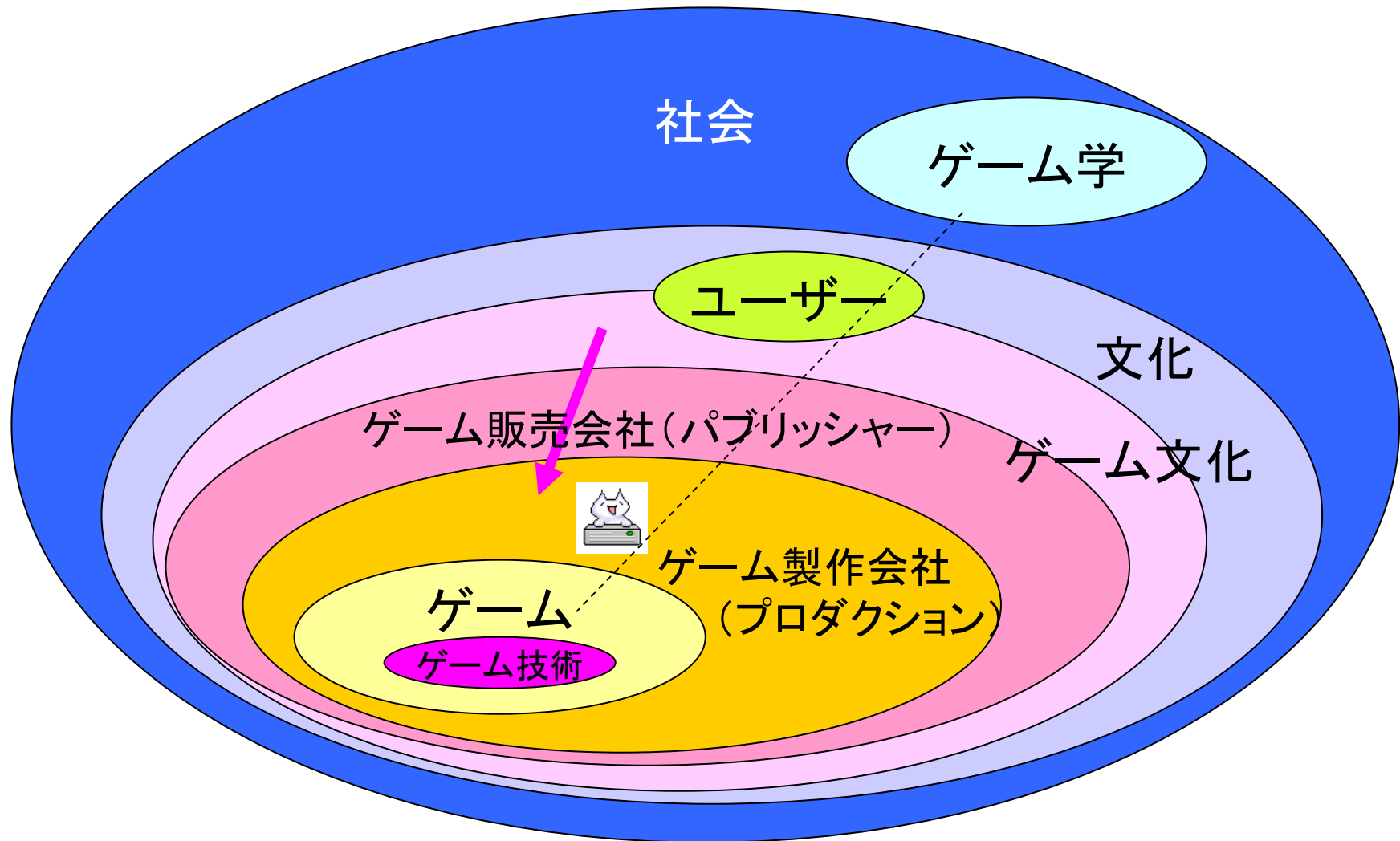
学とは平行線のままだった

ゲームに対する嗜好は、技術的な傾向にも影響する。

欧米と日本の開発体制の決定的な違い



社会はどんなゲームを望んでいるのか？



ゲーム文化とゲーム技術は切り離せない関係にある

ゲーム文化

欧米	韓国	日本
PC	PC	コンシューマー
パッケージ購入 ダウンロード	ダウンロード	パッケージ購入
FPS Sports シミュレーション	RPG(ネットワーク) FPS	RPG いろいろ

第1章 まとめと考察

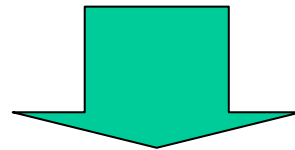
産業編

- (1) ゲーム産業は資本主義社会の一部であり、
いろいろな理由と形でゲームを作る。
- (2) 文化によって受け入れられるゲームは異なる。
- (3) 表現手段の向上は逆にゲームコンテンツに局所性をもたらし、
グローバル展開を難しくする側面がある。
- (4) 欧米と日本のゲーム文化の差はそのまま技術の差に直結する。

第1章 まとめと考察

開発者編

- (1) ゲーム開発者は「ゲーム」を根底観念としてではなく、毎日、そこに新しい意味を求め、ゲームを新しく発見しなければならない(ゲームデザインの閉塞の打破)。
- (2) ゲーム研究者は逆に、日々拡張するゲームを明確に定義する。



ゲーム開発者とゲーム研究者はお互いを刺激できる。

第1章 まとめと考察

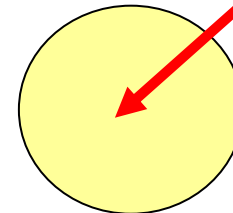
エリート(東大生)編

- (1) どんな分野にせよ社会に出ることは、その分野の伝統を**継承**する担い手となるということ。
- (2) 伝統には、悪いものもあり、良いものもある。

エリートの役割は、それを**継承**するだけではなく、
よりよい社会のためにそれを**変革**して行くこと。

外からの
新しい力
(=新人)

みんな変えたいと思っています。
もっと楽しく開発したい... ^^;



慣性という壁(ふにゃふにゃで厚い)。安全な方へ逃げる。
日本のゲーム業界はとても保守的。

コンテンツ

第1部 ゲームと社会

- (1) ゲームから社会を見る
- (2) 社会からゲームを見る

第2部 ゲームと人工知能

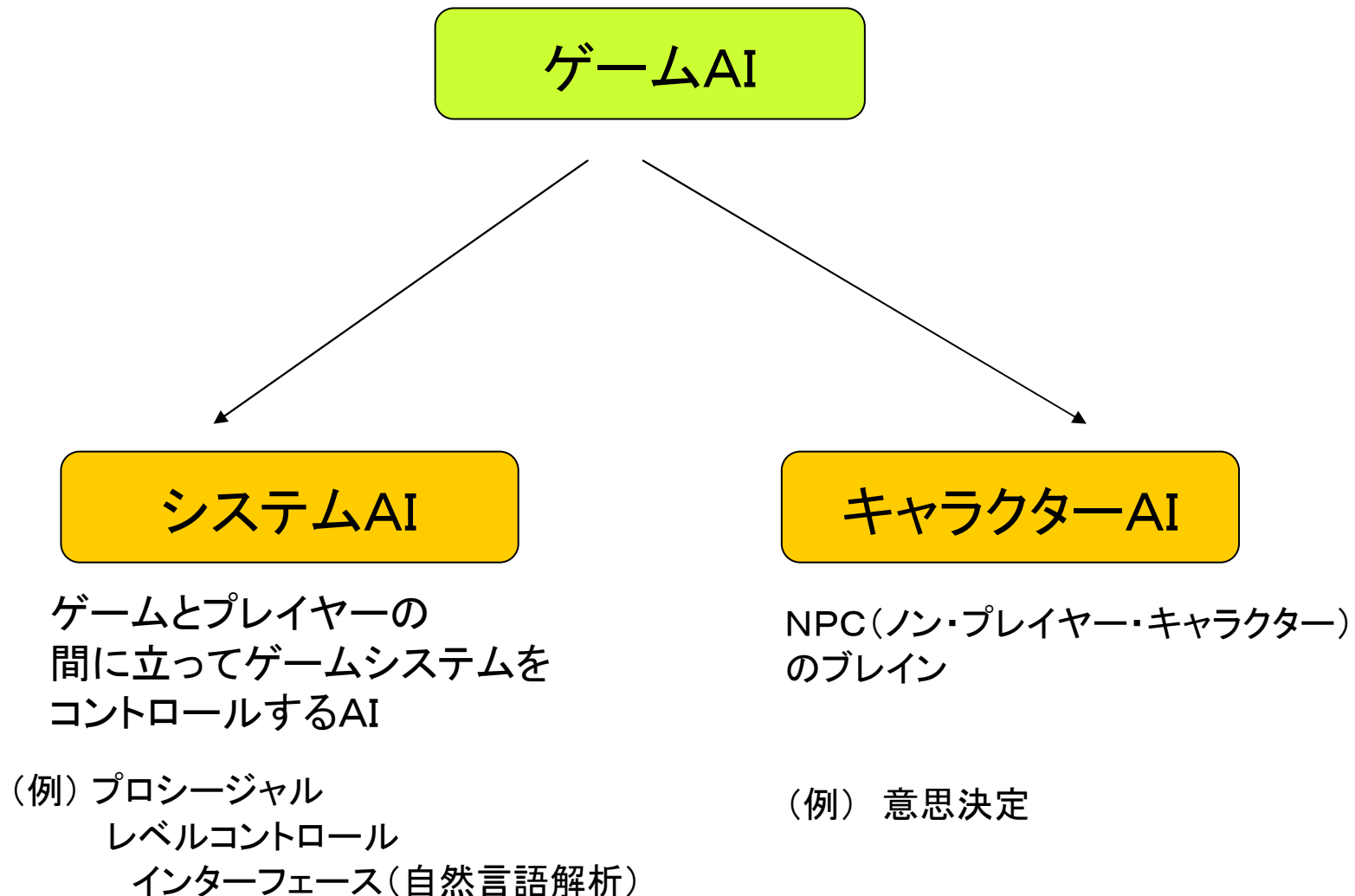
- (1) ゲームAIとは何か？
- (2) 演習(人工知能の基礎概念)
 - ①知識表現・世界表現 ②プランニング

第3部 社会と人工知能

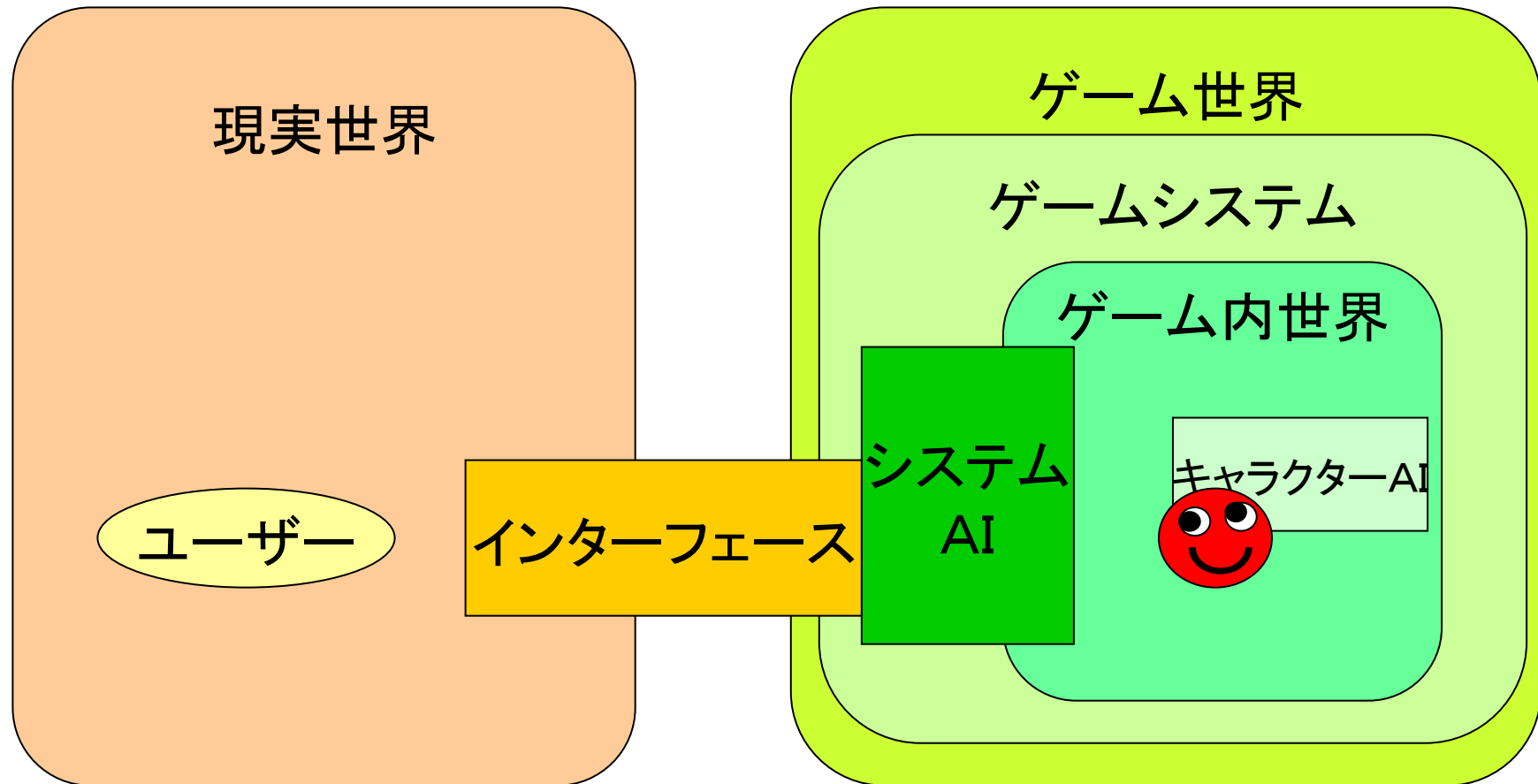
- (1) 人はゲームAIに何を求めるか？
- (2) ゲームAIの心理学

ゲームにおける人工知能とは (ゲームAI)

2つのゲームAI



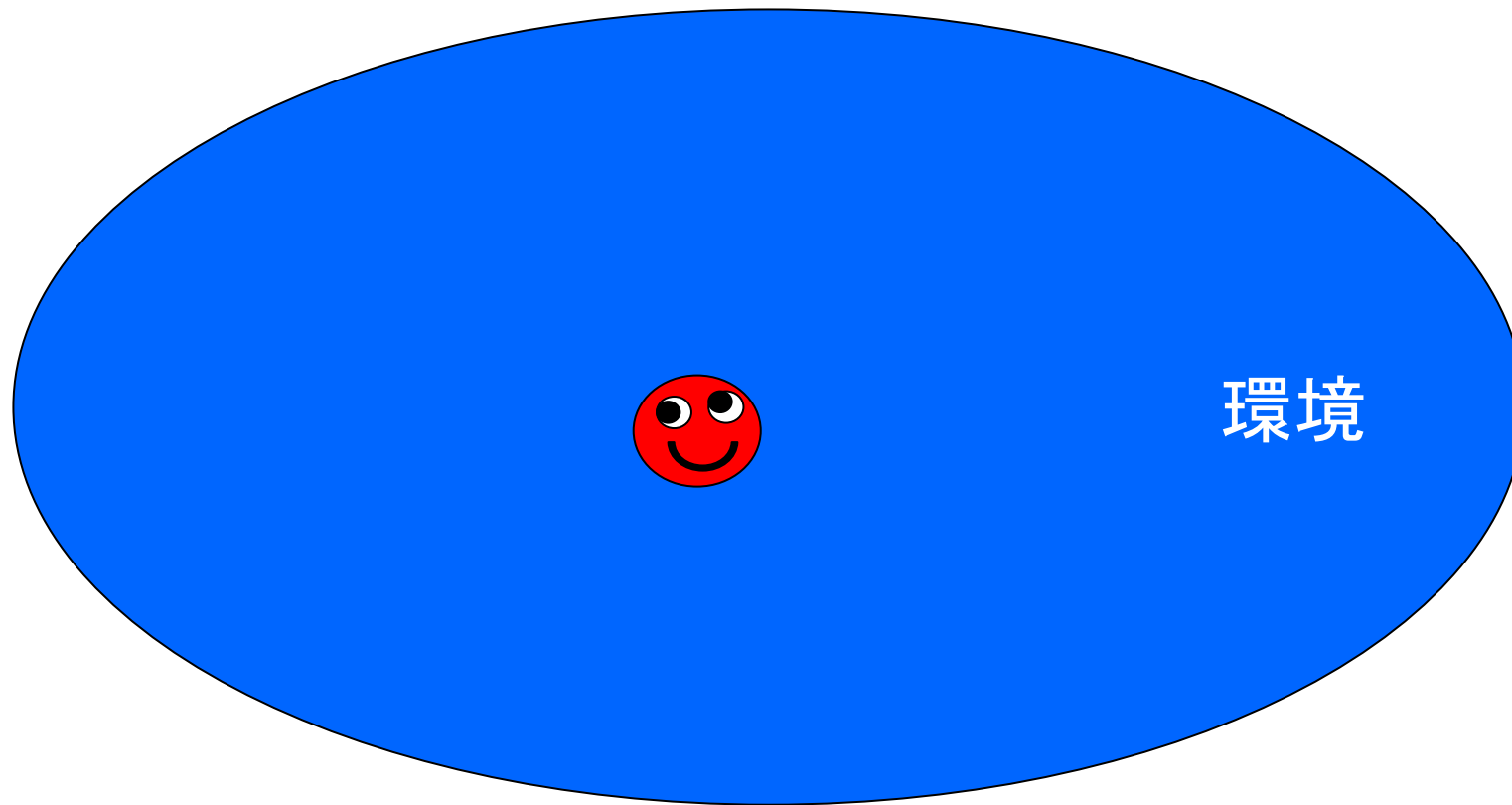
2つのゲームAI



現実における感覚をインターフェースによってデジタル世界へ延長する

今回はキャラクターAIに特化して
話をすることにする

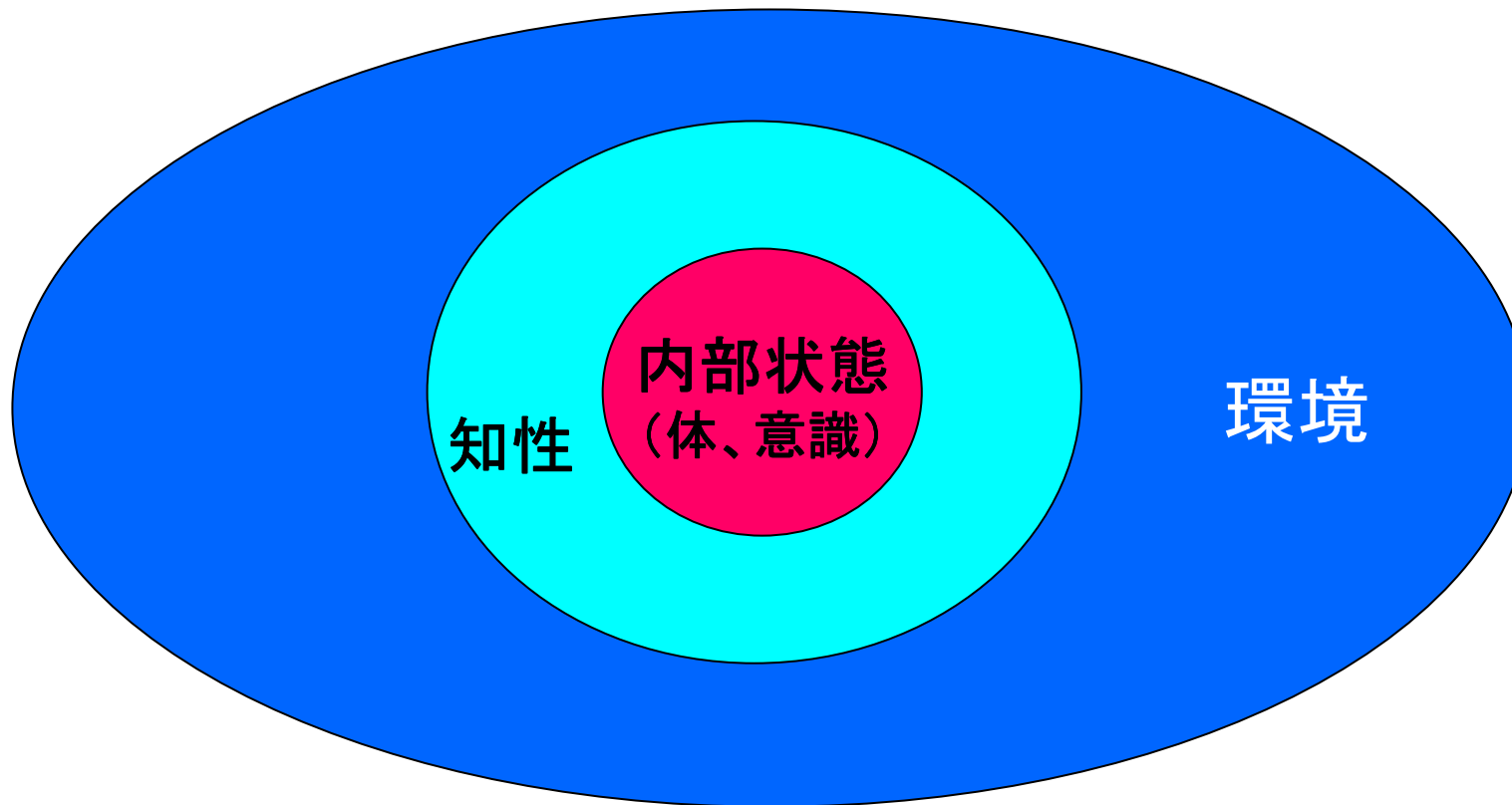
ゲーム世界とキャラクターAI



キャラクターAIを考えるときは、必ず周囲の環境と共に考えること

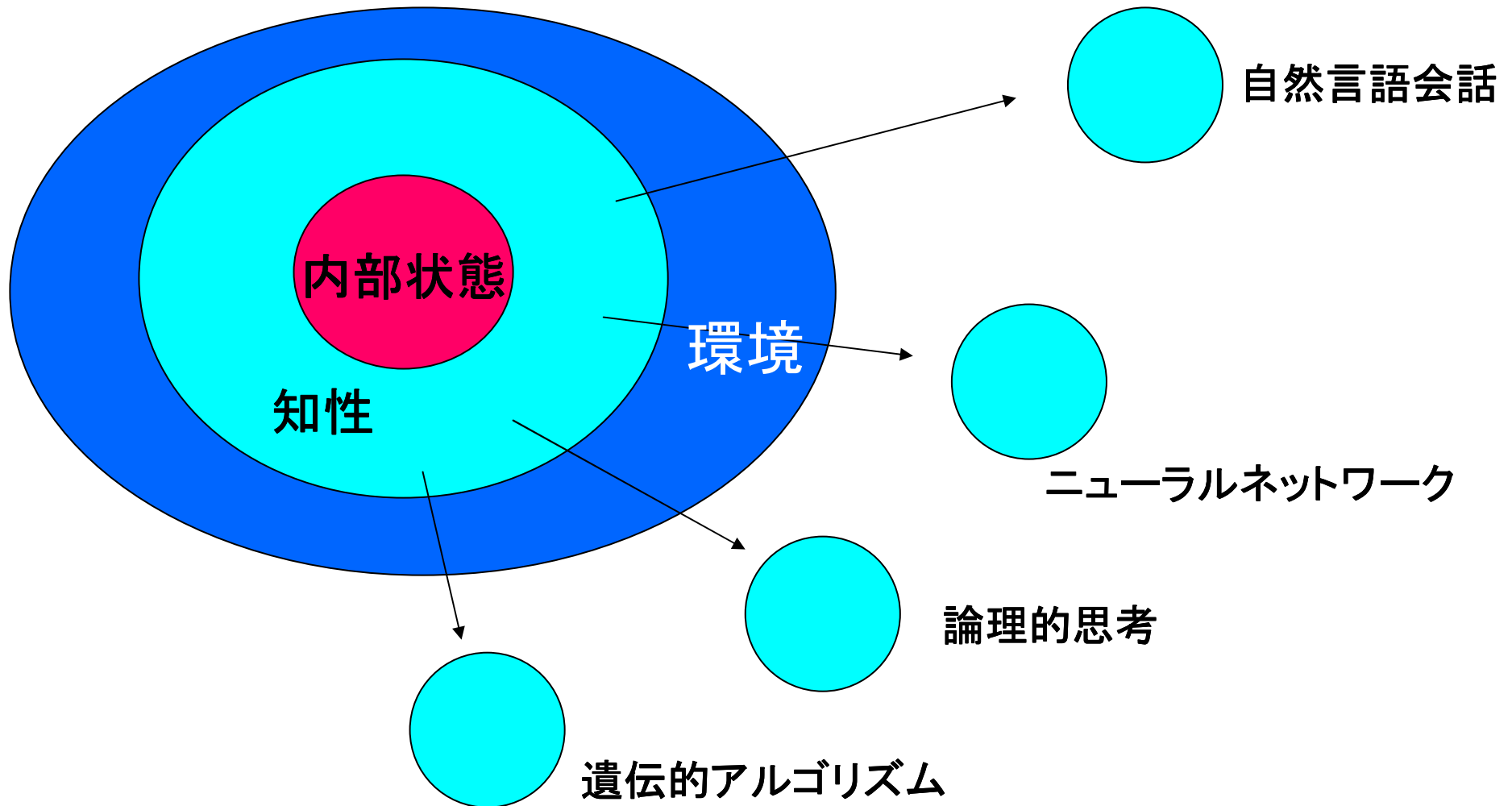
そもそも知性とは？

- 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



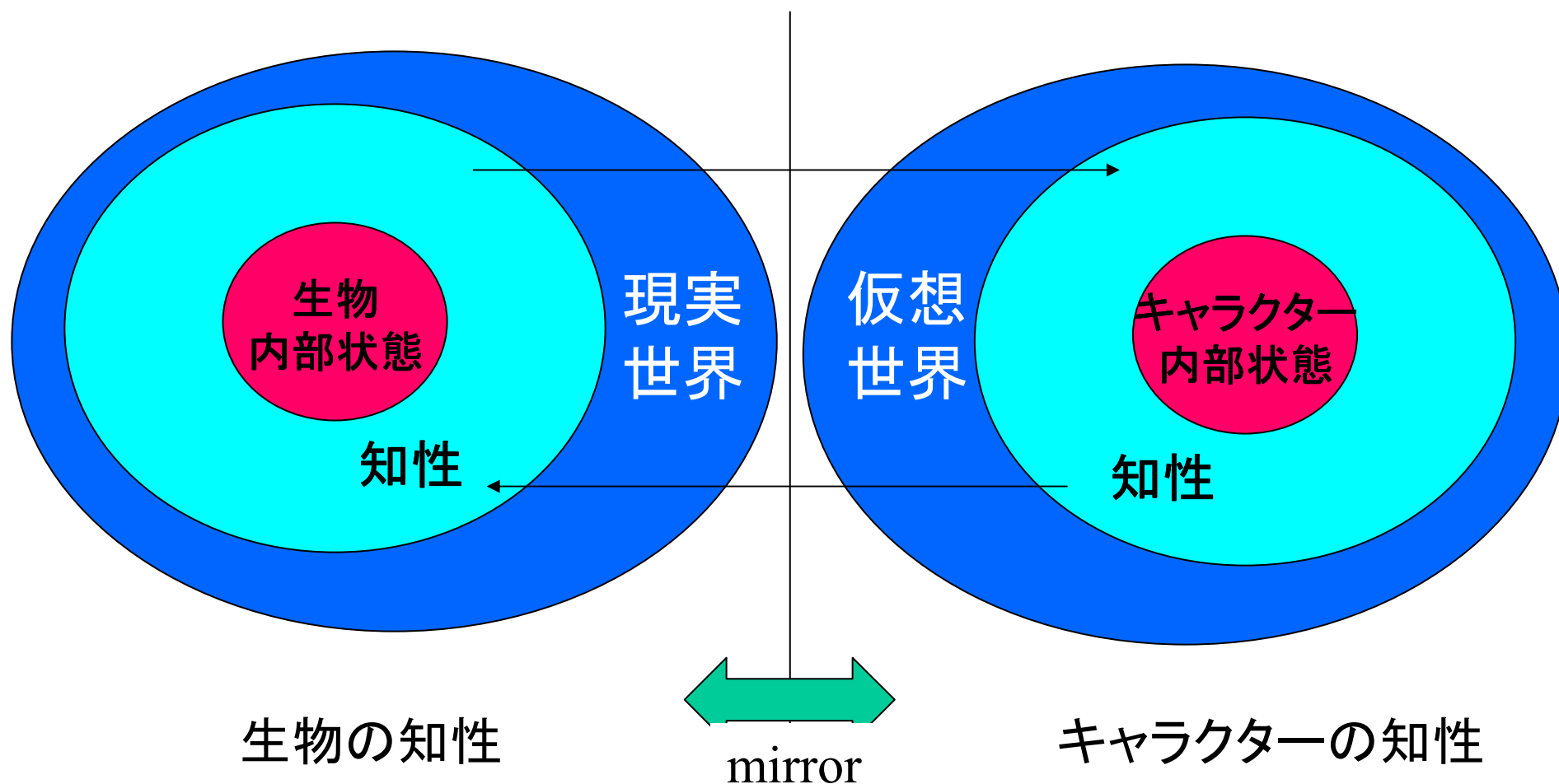
知性は境界に宿る

人工知能とは？



生命の知能を機能ごとに、取り出して発展させたもの。

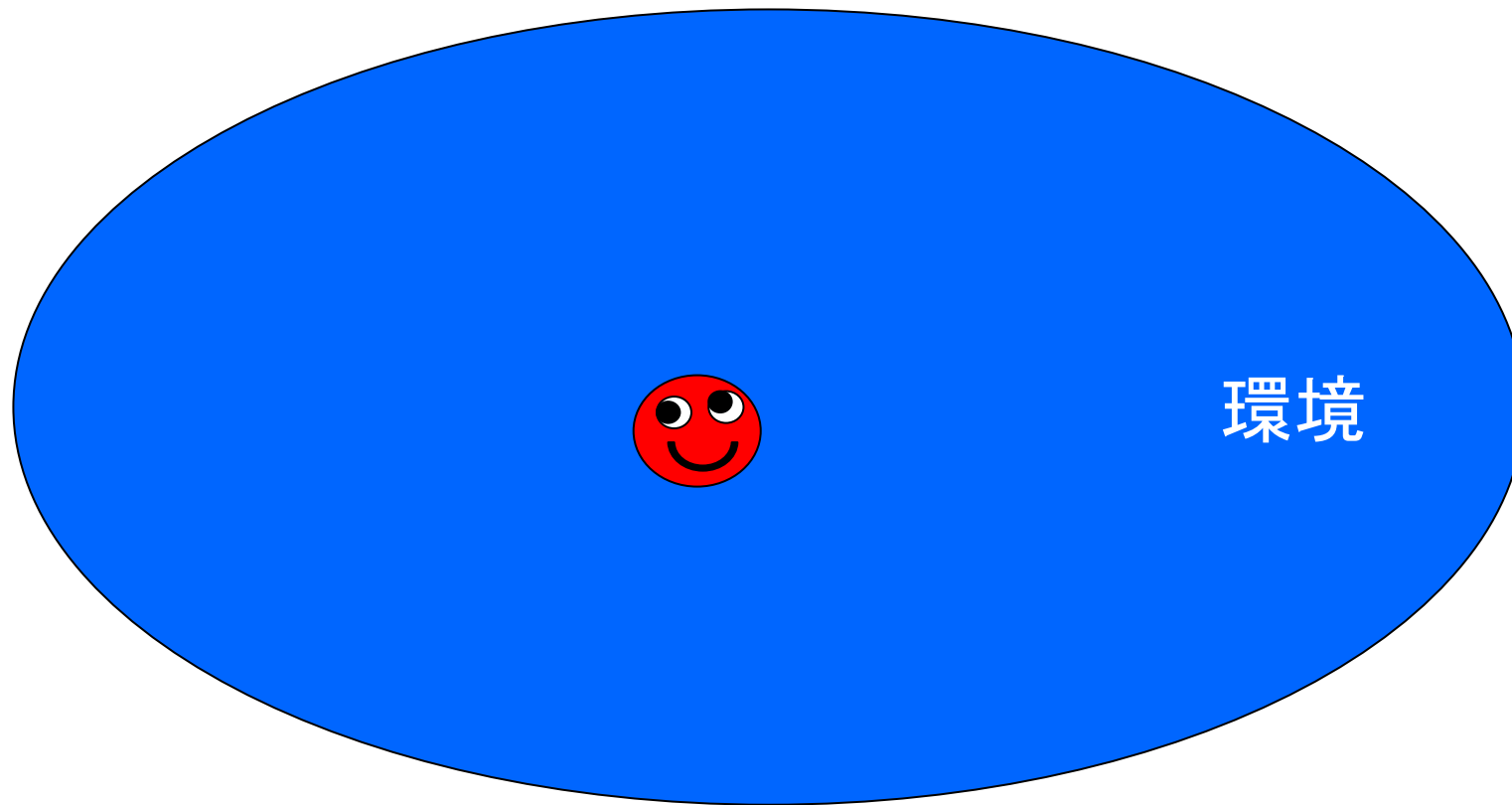
キャラクターAIとは？



生き物の知性から抽出した技術を仮想世界に埋め込む
逆にその結果から、人の知性の何たるかを知る

キャラクターAIを考えるときは、世界における自分の
知能と相対させて考えてみよう！

ゲーム世界とキャラクターAI



キャラクターAIを考えるときは、必ず**周囲の環境**とキャラクターの**内部状態**と共に考えること

ここからは演習を通して
キャラクターAIの基本概念を習得しましょ
う！

コンテンツ

第1部 ゲームと社会

- (1) ゲームから社会を見る
- (2) 社会からゲームを見る

第2部 ゲームと人工知能

- (1) ゲームAIとは何か？
- (2) 演習(人工知能の基礎概念)

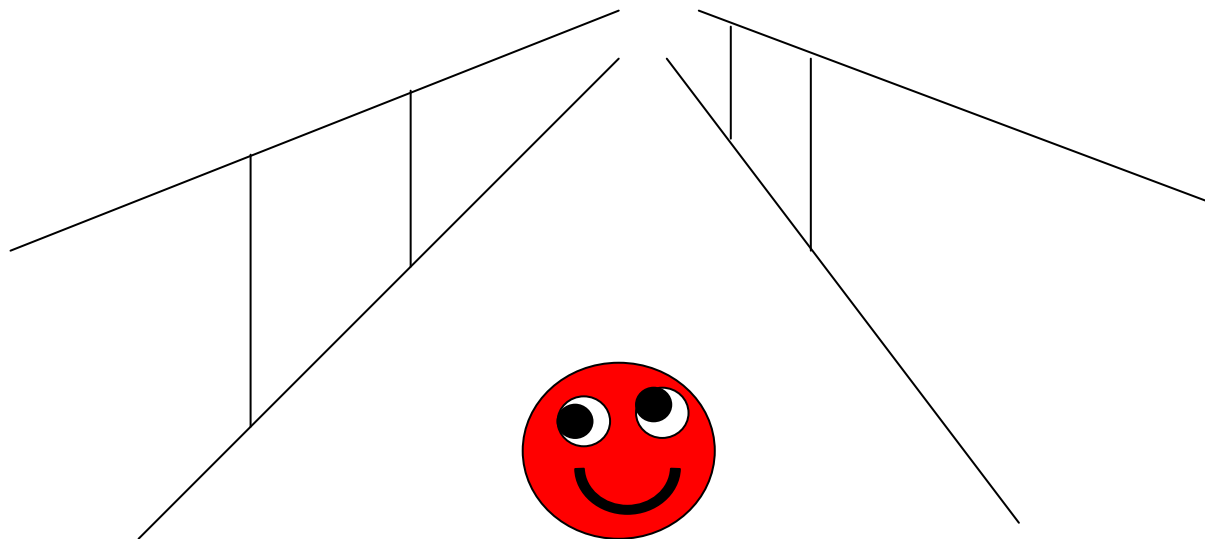
①知識表現・世界表現 ②プランニング

第3部 社会と人工知能

- (1) 人はゲームAIに何を求めるか？
- (2) ゲームAIの心理学

目標

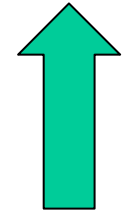
迷路の中を自分で考え、
自由に移動できるAIたちを作って、
それを使ったゲームを考えよう！



作成工程

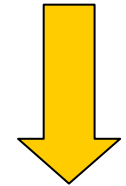
Step1 NPCが迷路の中を自由に移動できるようにする。 第1回

Step2 NPCが自分で行動を考えられるようにする。



Step3 NPCたち互いにが協調できるようにする。

Step4 NPCたちを使ってゲームを作ってみる。



第2回

Step 1

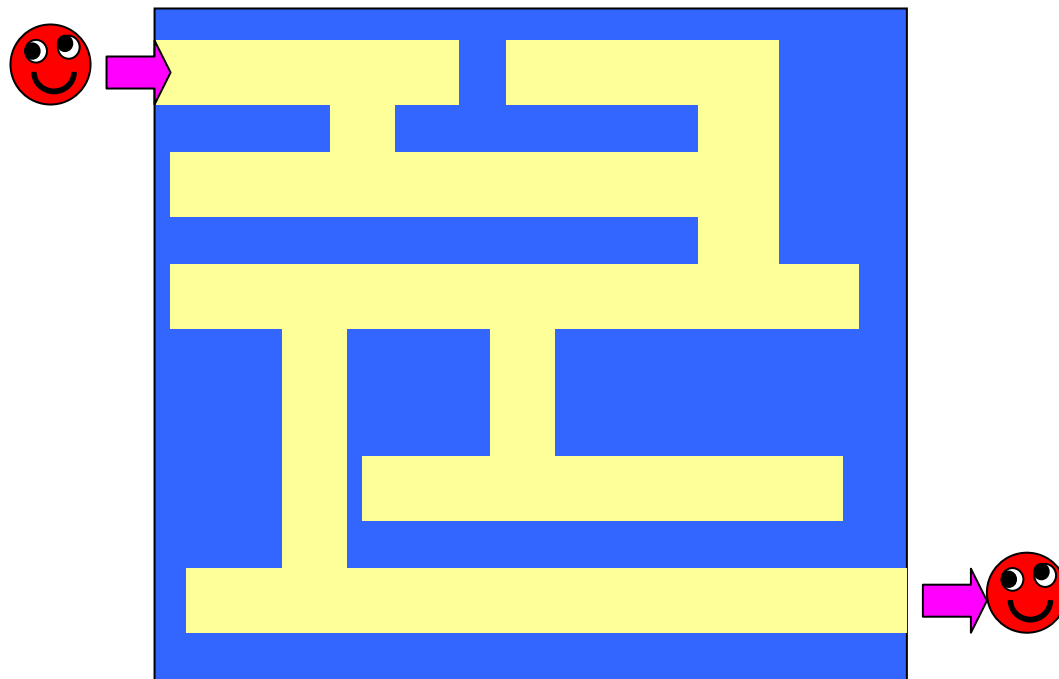
*NPCが迷路の中を自由に移動
できるようにする。*



気軽に読もう！

NPCの自由な移動 ①

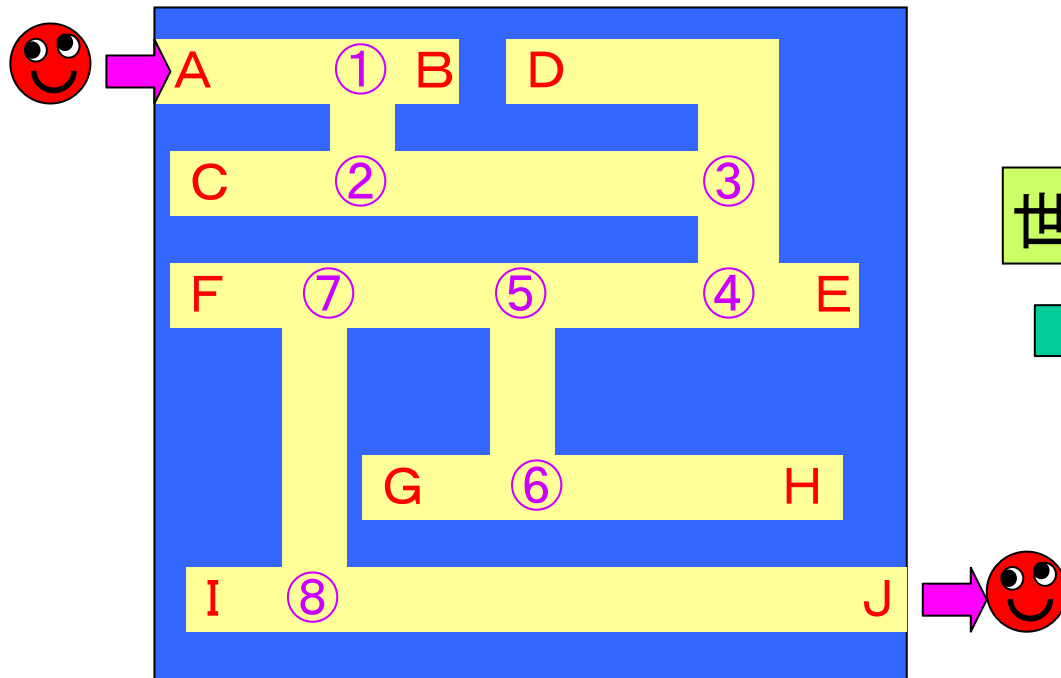
Q1: 与えられた迷路を抜けることが出来るAIを考えてみよう！
どのように実装すればよいか？



NPCの自由な移動 ①

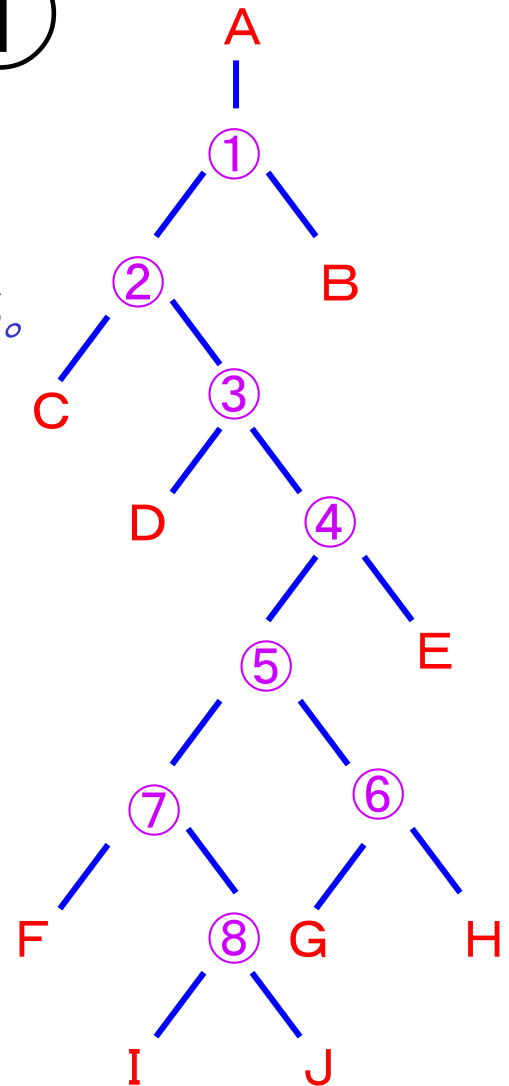
A1: 迷路をグラフとして表現する。

「迷路内の移動＝グラフ上の移動」と問題が簡単になる。
グラフ検索のアルゴリズムでAIを動かすことが可能になる。



最大3分岐の合流しない迷路は
2分木(binary tree)と等価である

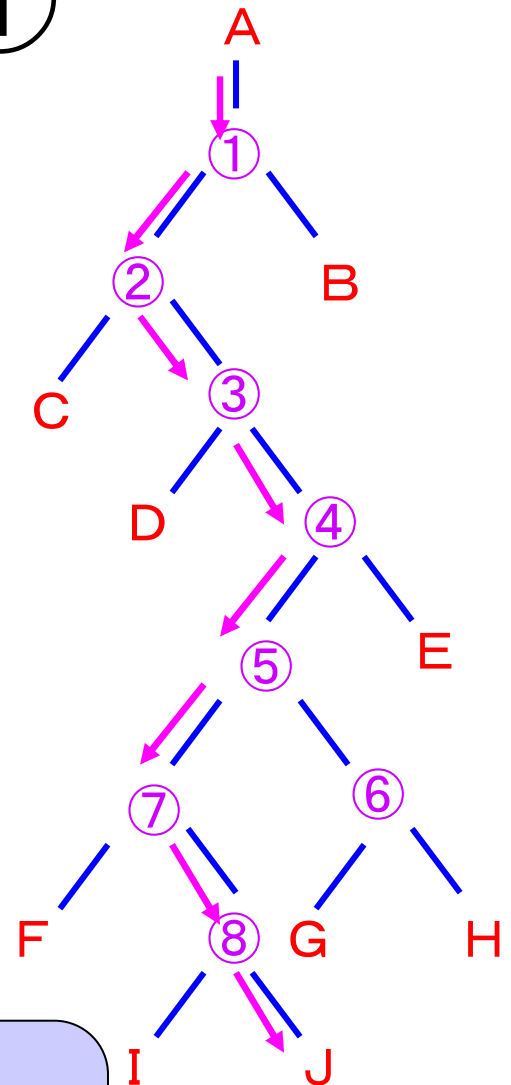
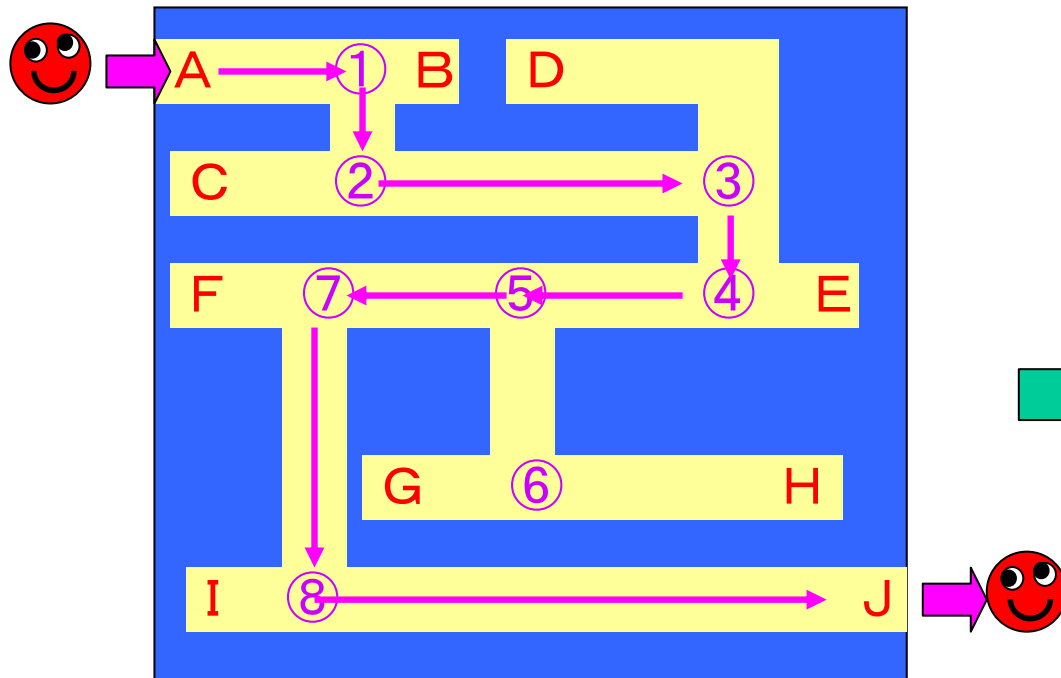
世界表現



このように、ゲーム世界をAIの制御のために表現したものを
世界表現という。

NPCの自由な移動 ①

動作例



工程1: 企画が迷路を製作する

工程2: プログラマーが世界表現(ここでは2分木)を実装する。

工程3: グラフ検索アルゴリズムを実装する。

ゲーム中: スタート地点からゴール地点までパス検索を実行し、NPCにパスにパスをたどらせる。

Halo2 における世界表現



ゲーム世界に情報を埋め込むことで、
AIは賢く世界を移動することが出来る。

世界表現

CounterStrikeにおけるパス移動



GDC 2004 : The Making of the Official *Counter-Strike* Bot
<http://www.gdcvault.com>

知識表現・世界表現とは？

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

Killzone NPCの課題

広大なマップで戦術的に移動し攻撃するNPC

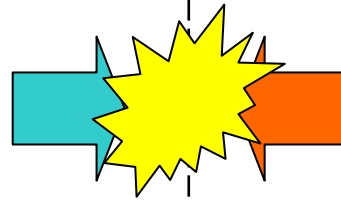


バトルフィールドでは
最大7vs7(一人はプレイヤー)
で戦う



味方

人間

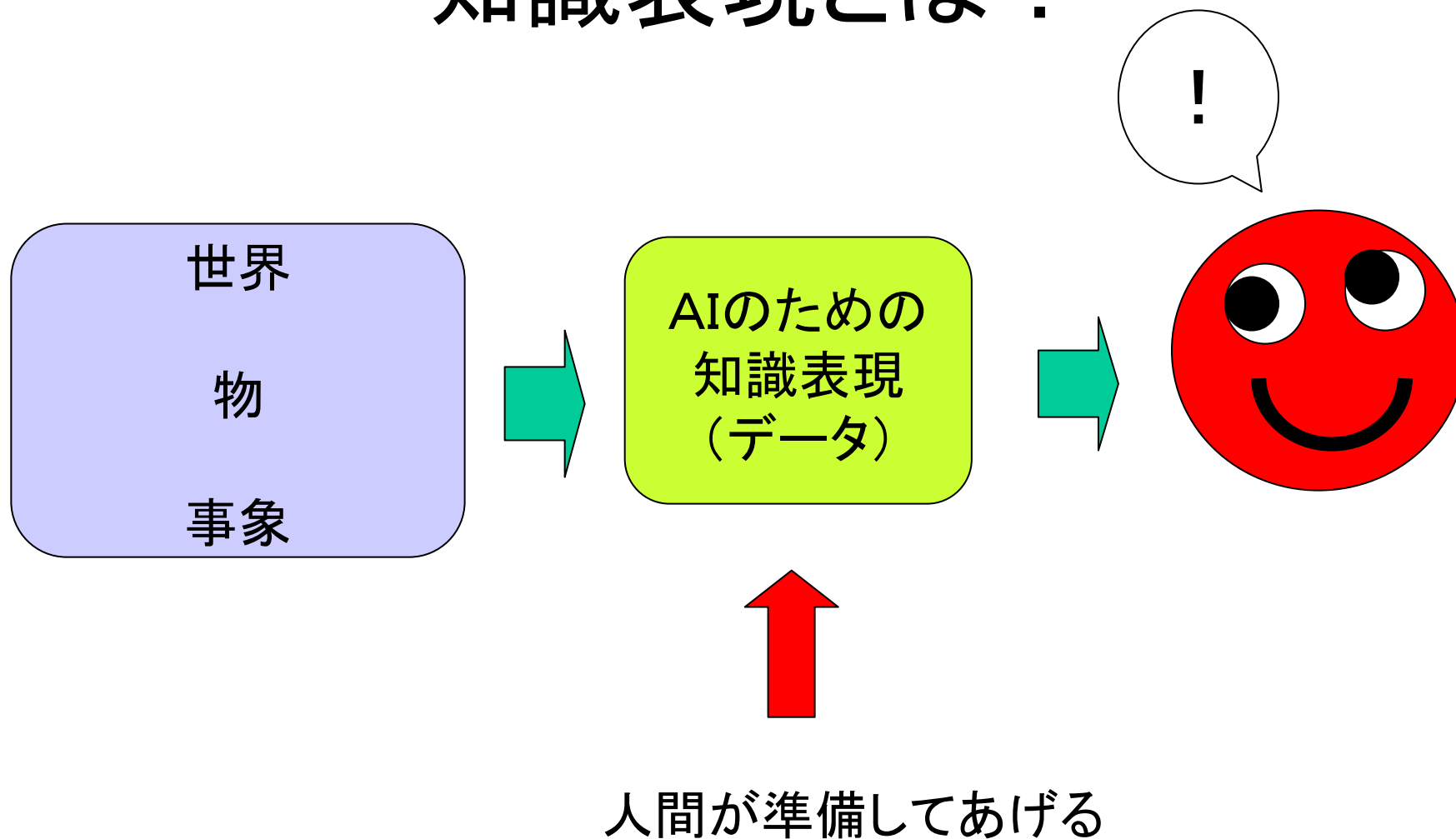


(強化)人間

敵

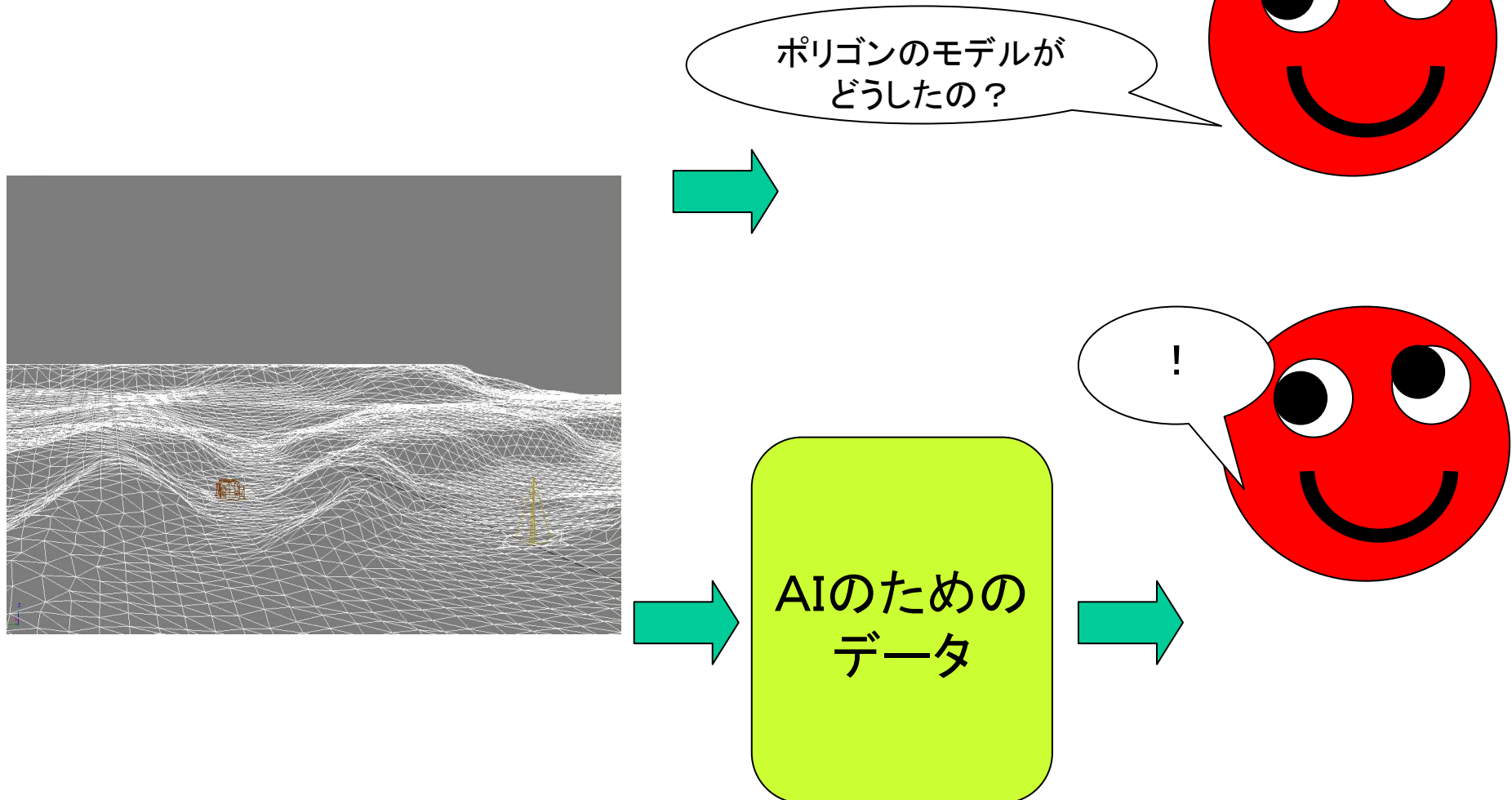


知識表現とは？

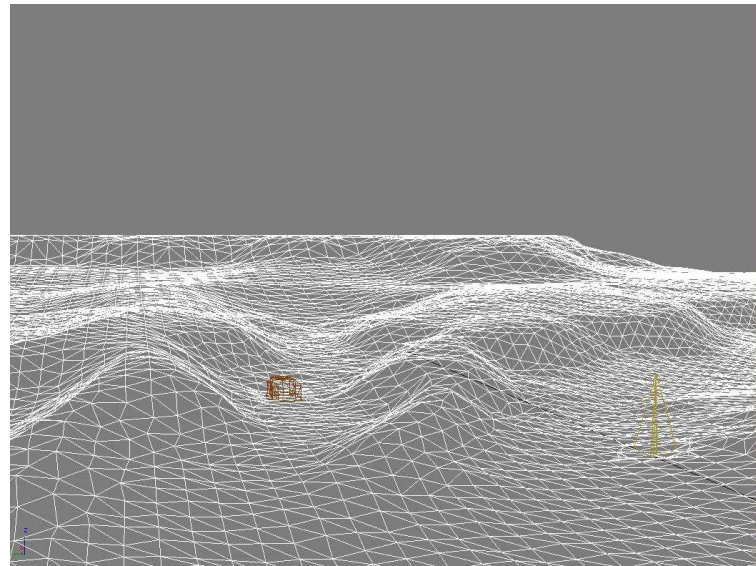


世界表現とは？

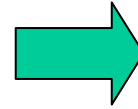
AIの属する世界の大局的な情報の知識表現



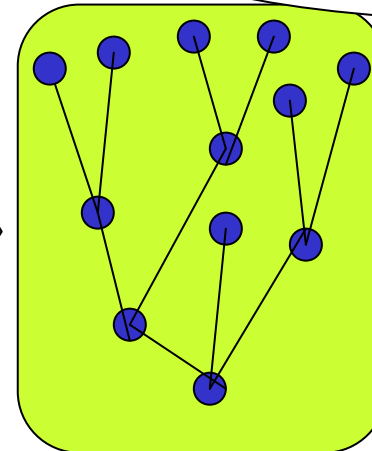
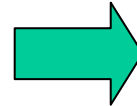
世界表現の例 パス検索データ



地形データ

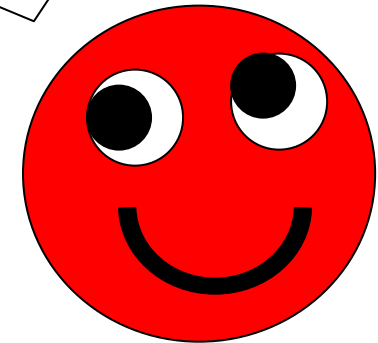
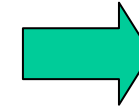


ポリゴンのモデルが
どうしたの？



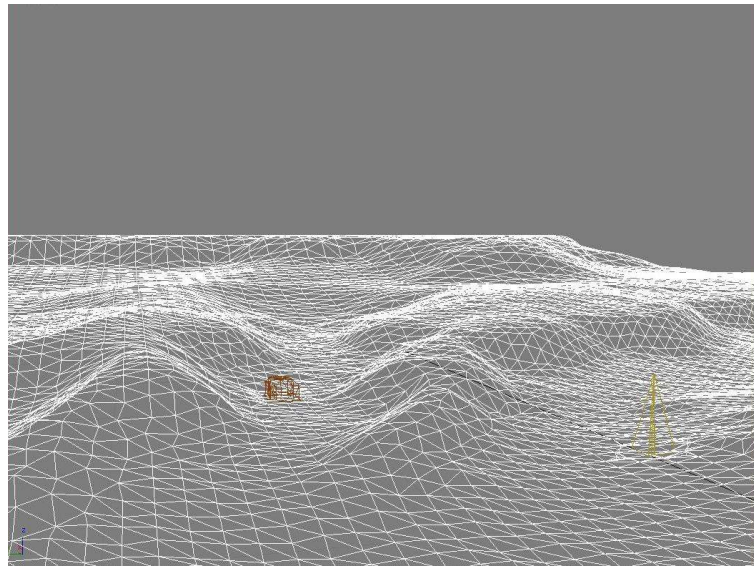
ウェイポイントデータ

検索すれば道が見つかる

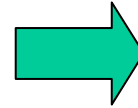


世界表現の例

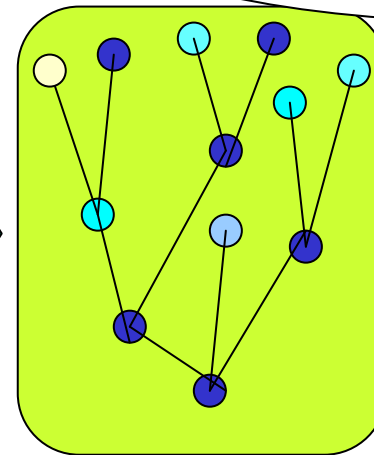
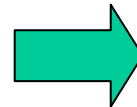
パス検索データ+ウェイポイントの明るさ



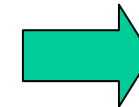
地形データ



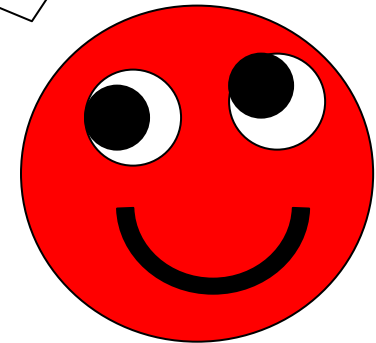
ポリゴンのモデルが
どうしたの？



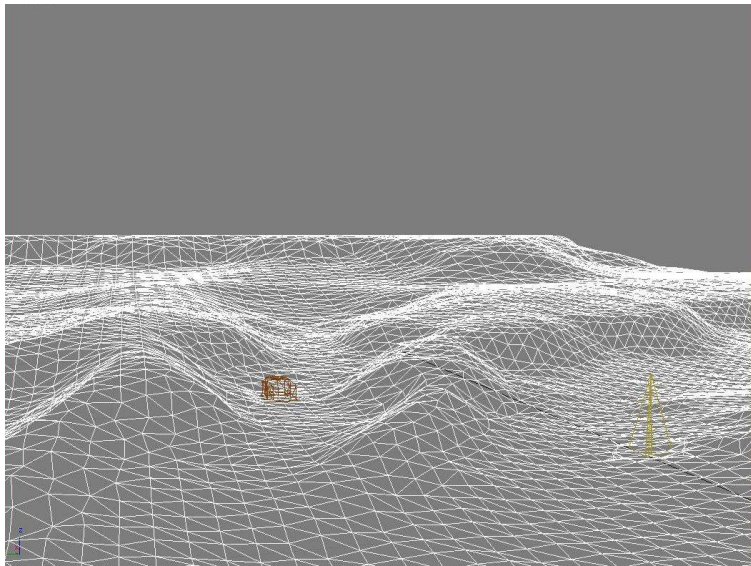
ウェイポイントデータ
ウェイポイントの明るさ



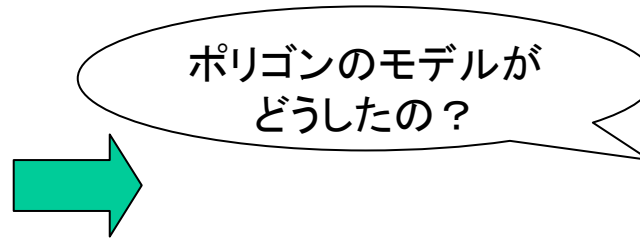
明るい道が見つかる



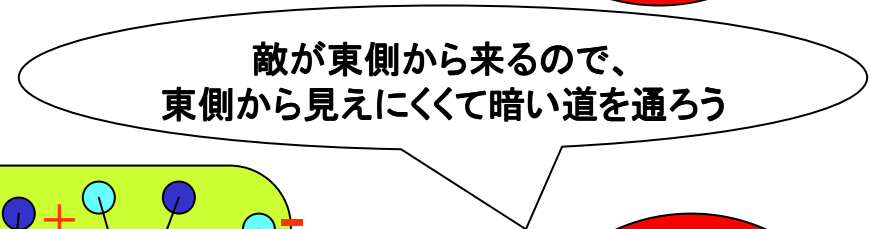
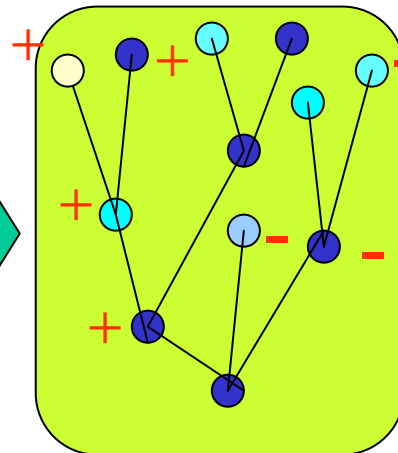
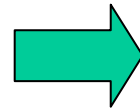
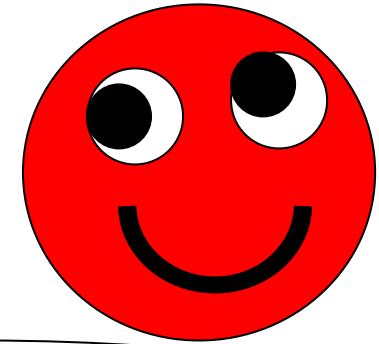
世界表現の例 パス検索データ+ウェイポイントの明るさ + 東側に対して視線が通らない(見通しが悪い)



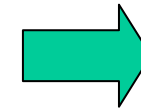
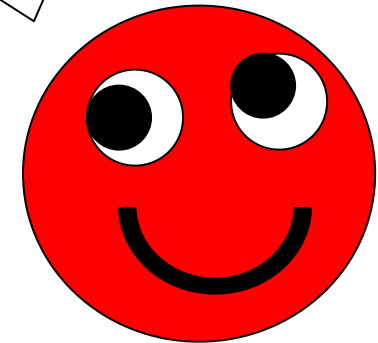
地形データ



ポリゴンのモデルが
どうしたの？

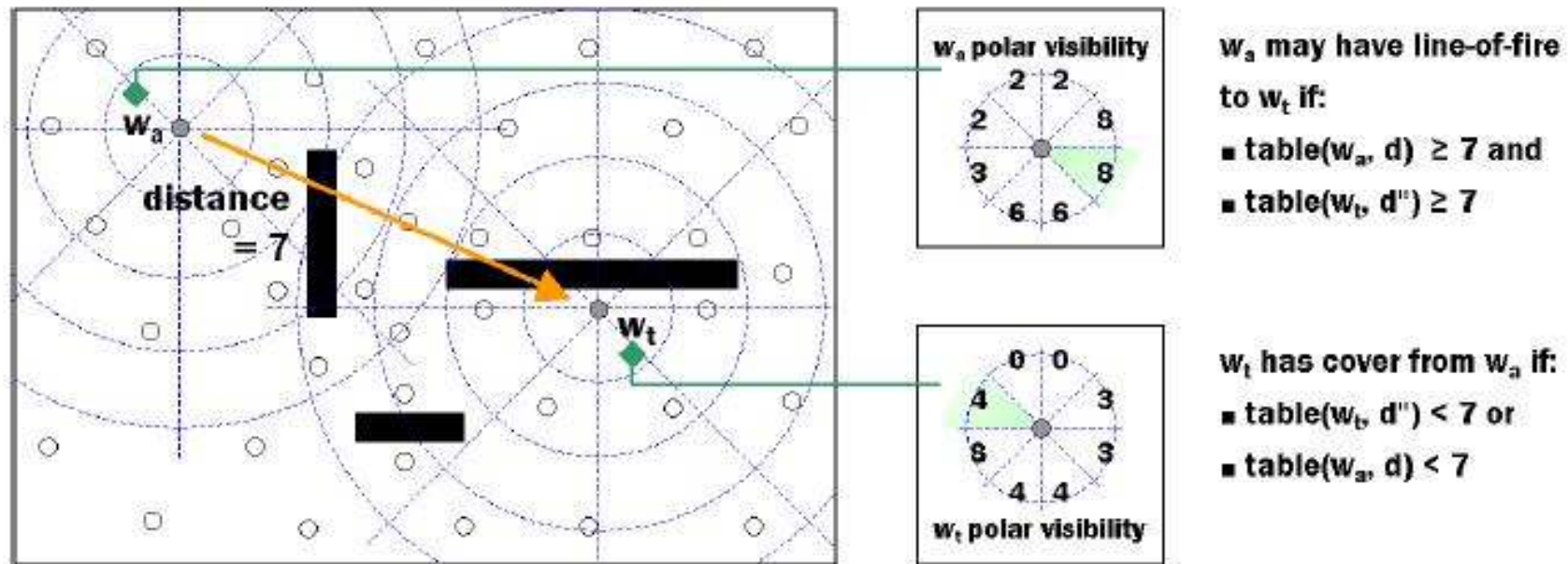


敵が東側から来るので、
東側から見えにくくて暗い道を通ろう



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(+、-)

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！

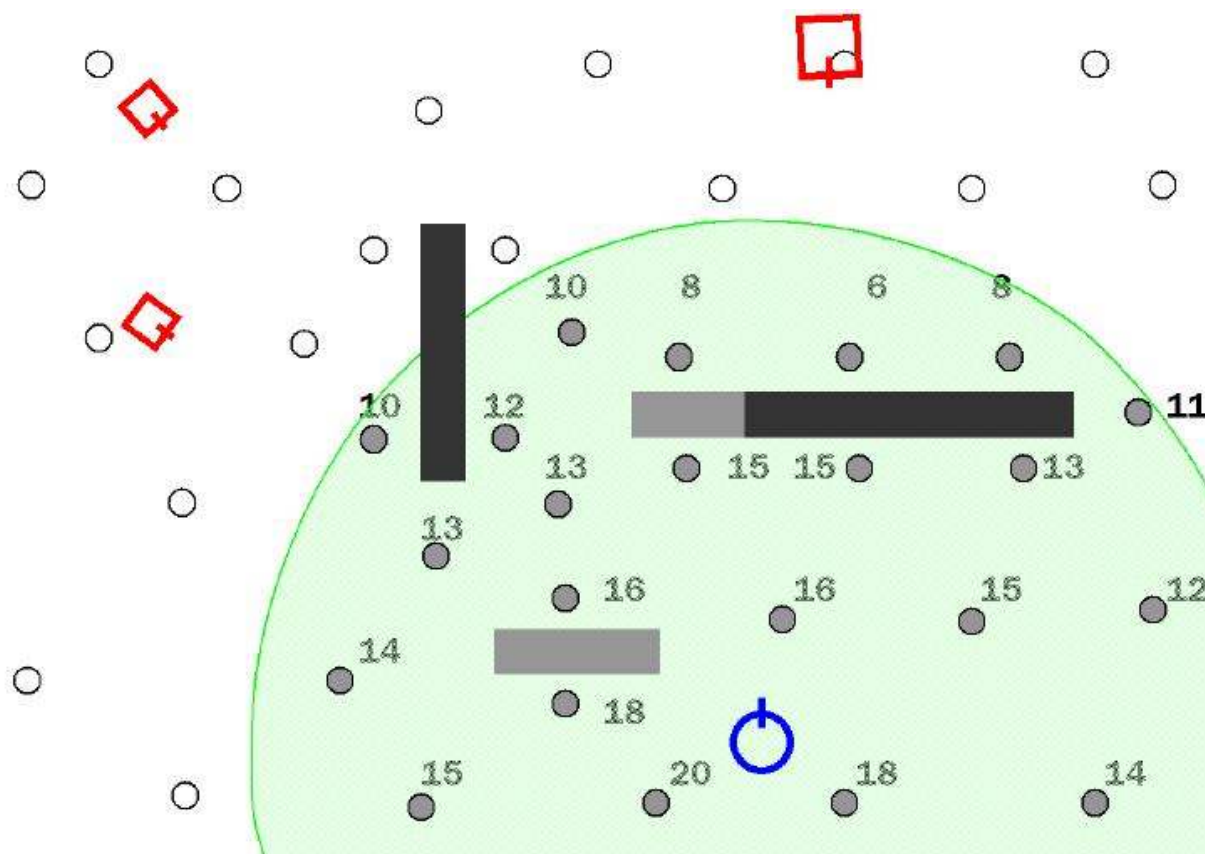
世界表現の使い方①

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！



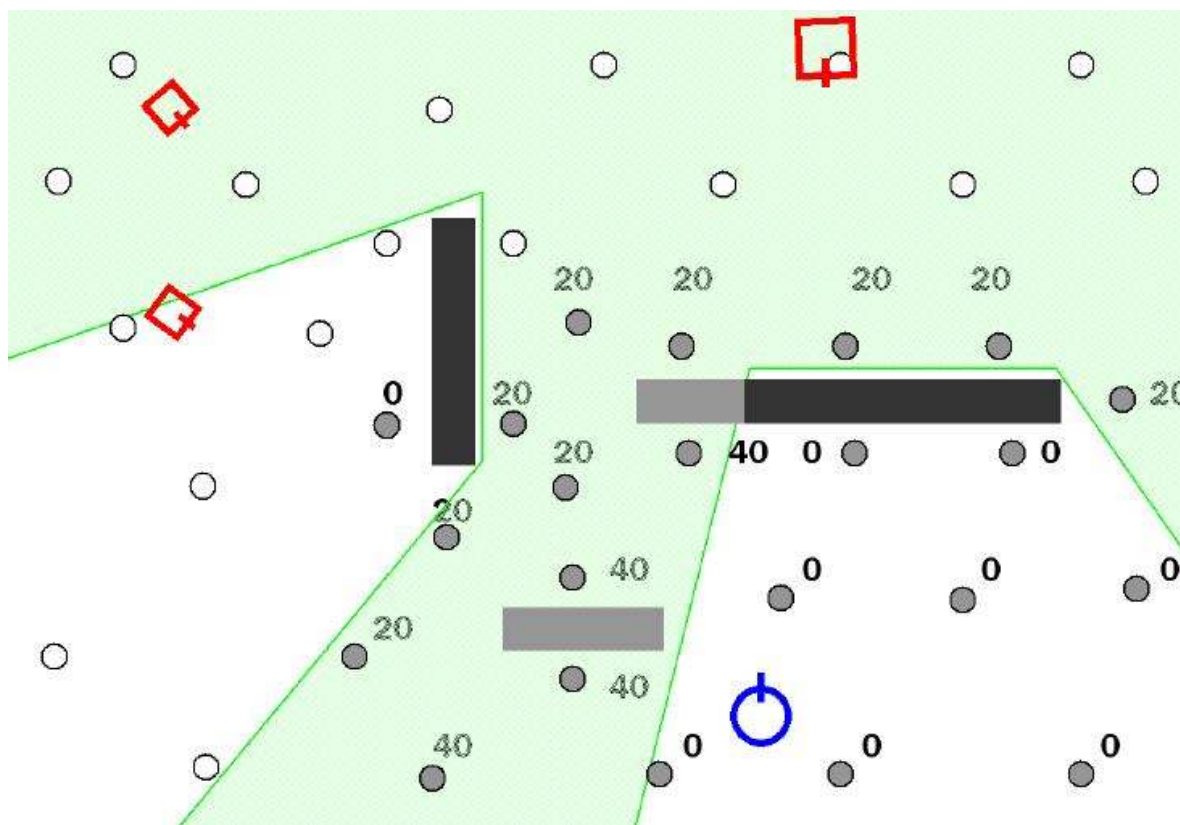
Step1

一定半径内のポイントを候補に上げる



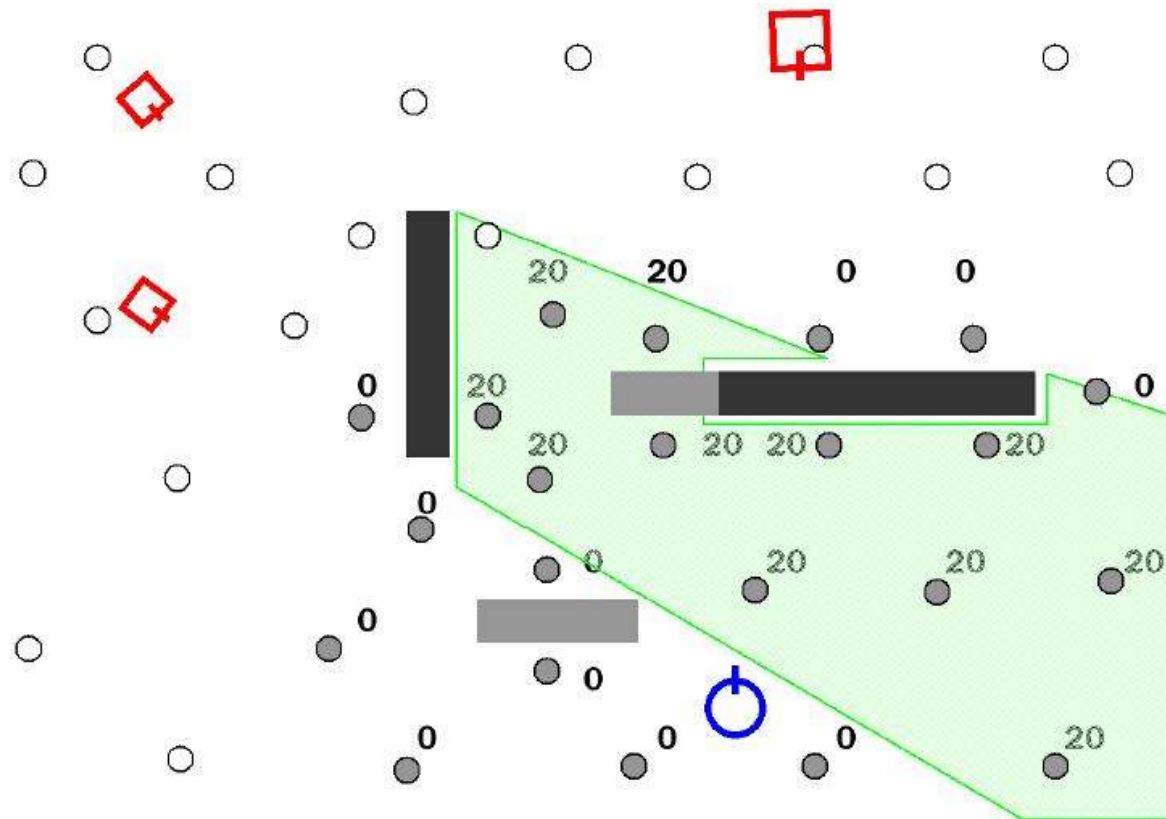
この時点で他のポイントはこれ以降、評価しない → 計算量の軽減

Step2 第一の敵から射線の通るポイント进行评估する

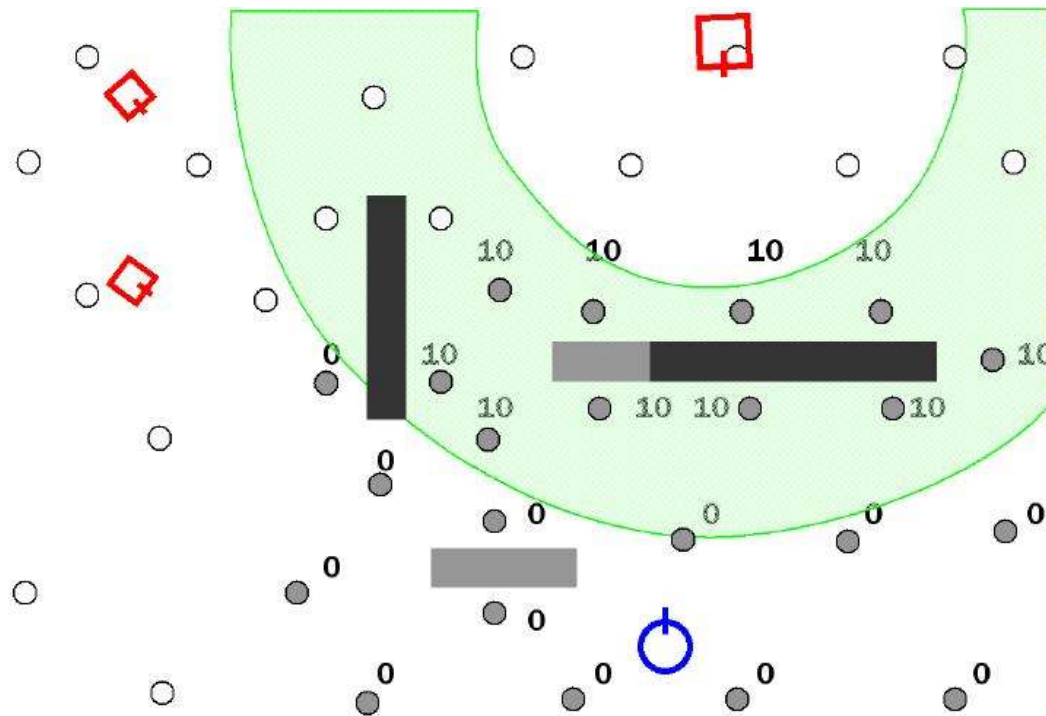


40点 ... 立った状態のみ射線が通る
20点 ... 座っても立っても射線が通る

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



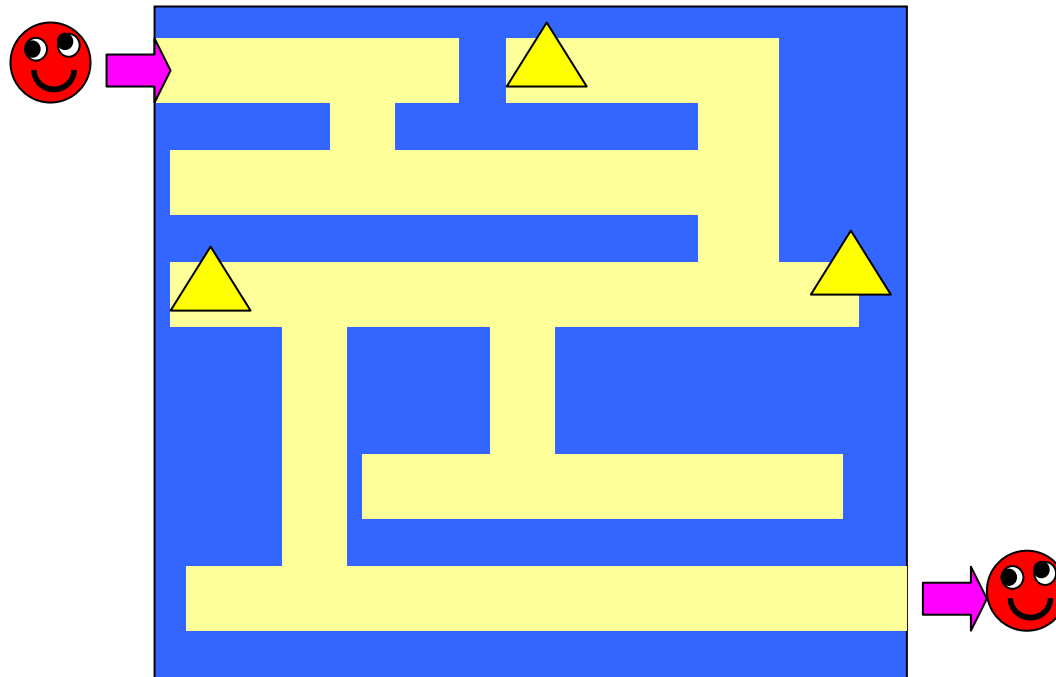
Step4 攻撃最適領域内のポイント进行评估する



NPCの自由な移動 ②

Q2: 金塊を集めて迷路を脱出するゲームを考えてみよう!

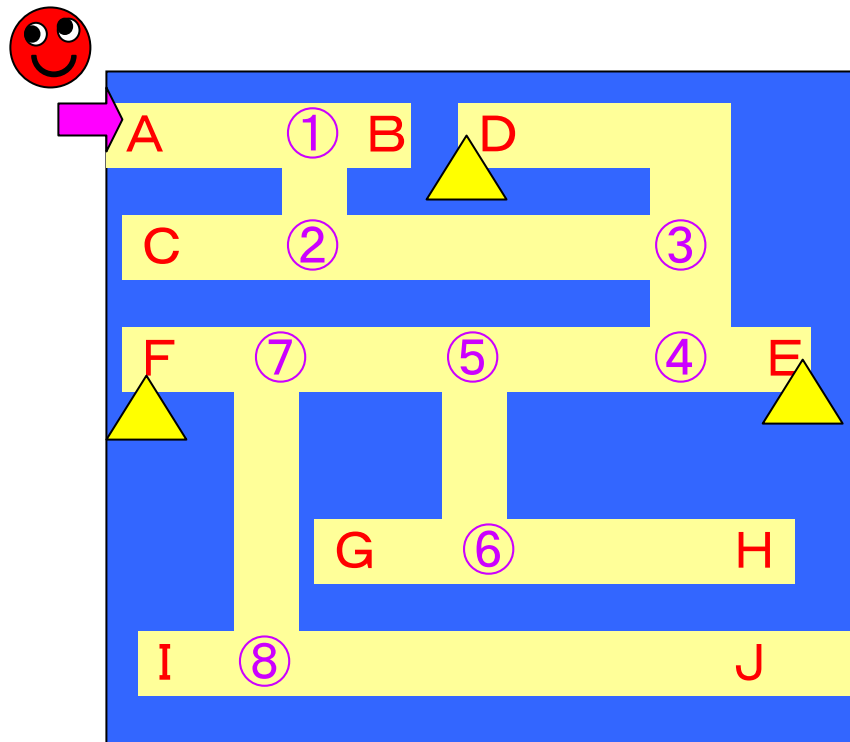
設定: 3つの金塊を集めて迷路を脱出する。



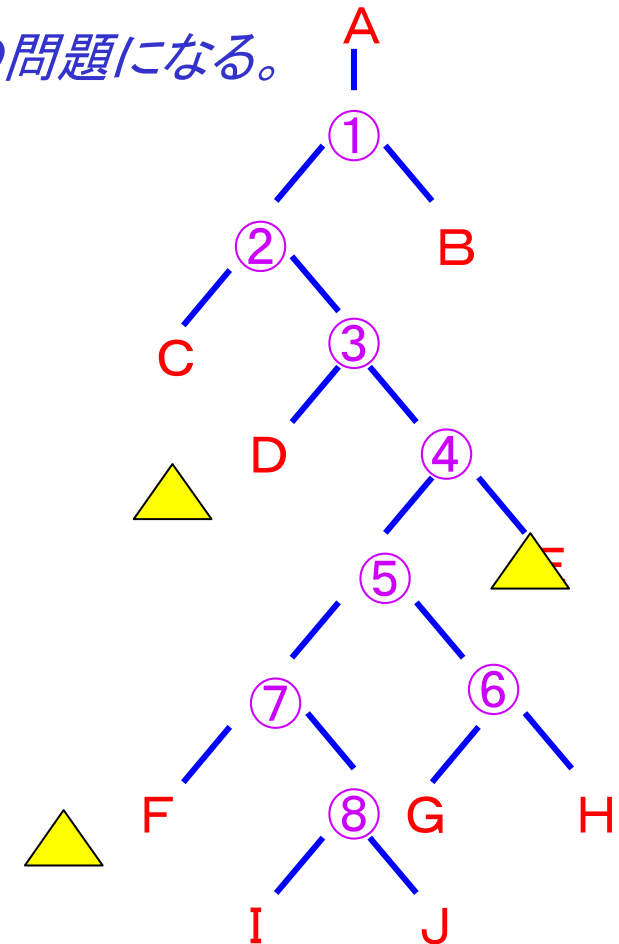
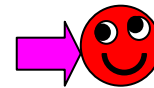
NPCの自由な移動 ②

A2: 世界表現の上に情報を埋め込む

ノードに情報を埋め込むことで、条件付きパス検索の問題になる。



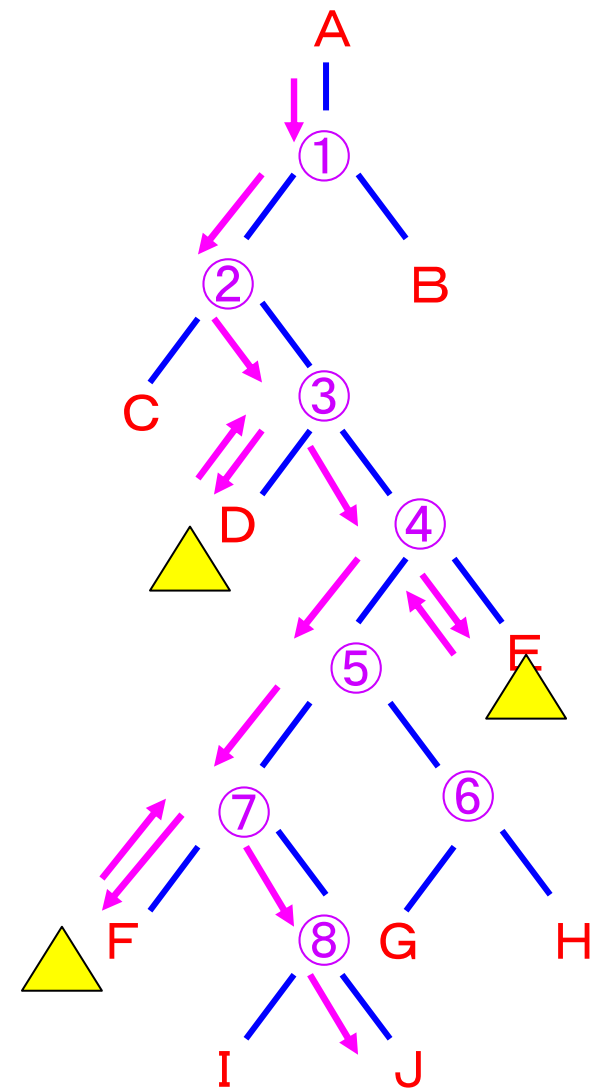
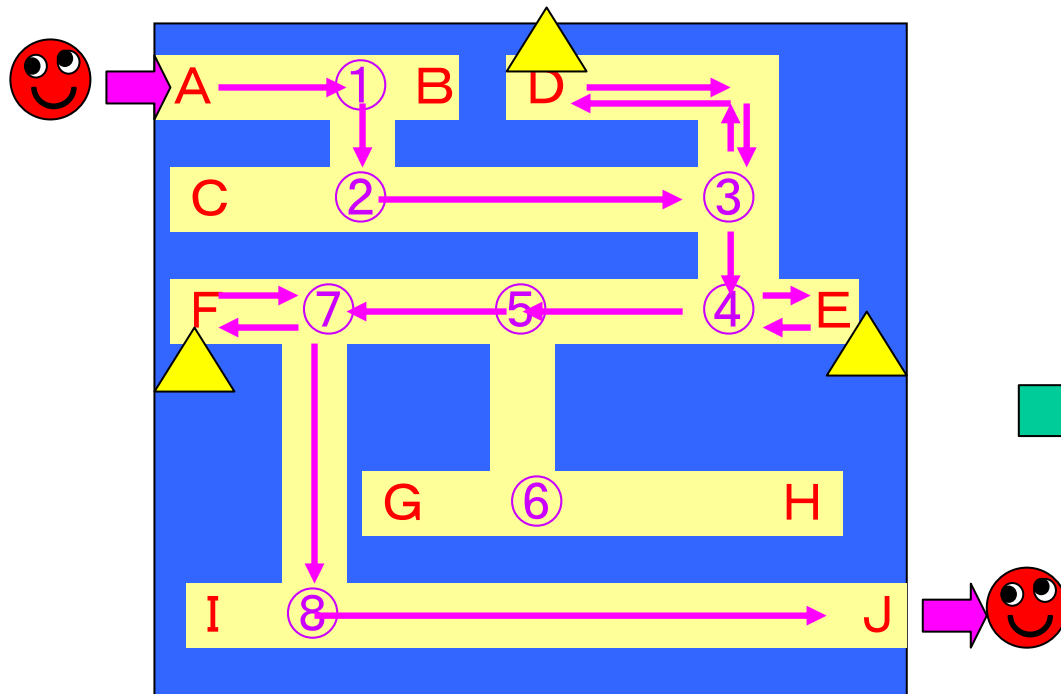
世界表現



作成した世界表現に情報を埋め込んで行くことで、NPCにより賢明な能力を付与することが出来る。

NPCの自由な移動 ②

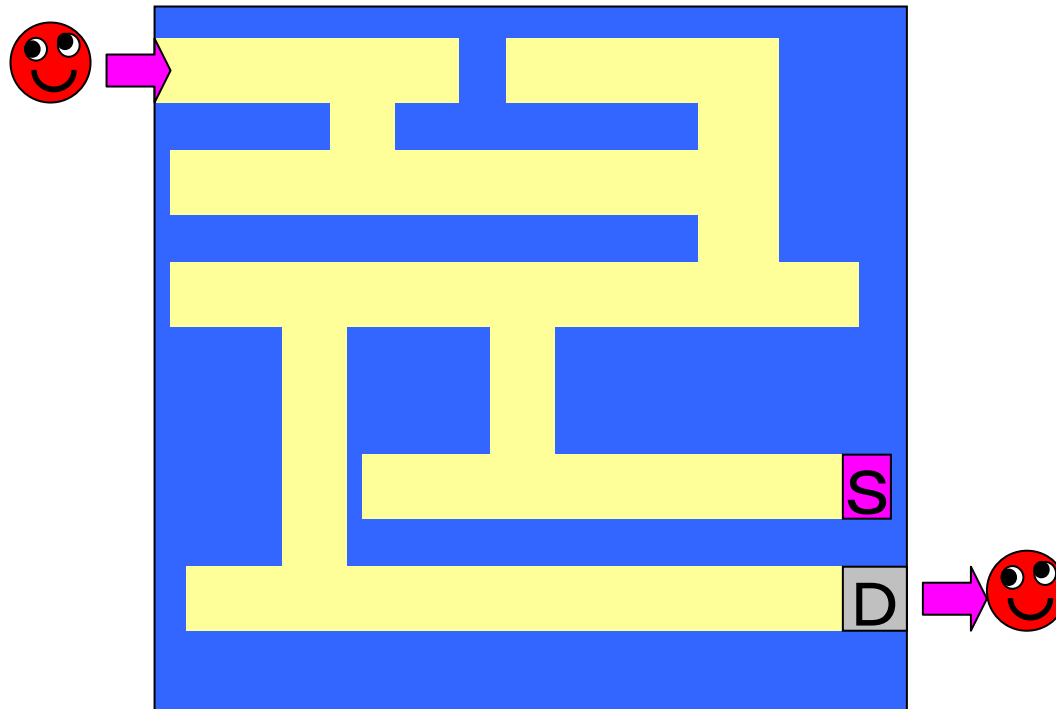
動作例



NPCの自由な移動 ③

Q3: AIに基本的な情報を与えよう!

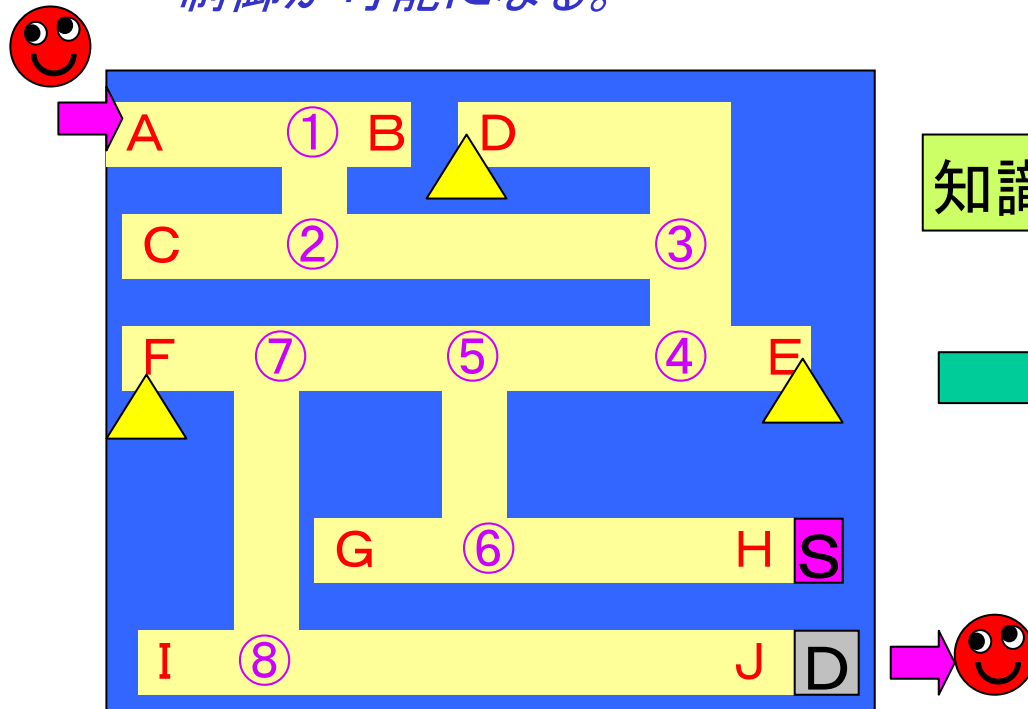
設定: スイッチ(S)を押すと迷路を脱出する扉(D)が開く。



NPCの自由な移動 ③

A3:「スイッチを押せばドアが開く」という
知識を表現する

AIが使える形で知識を与えることで、AIは知識をベースとした
制御が可能になる。



知識表現

Dを「開いている」状態
にするにはSを押せ。

if(D is closed) push(S)

AIが解釈すべき情報はAIが利用できる形で与えることで、初めてAIに知識に
基づいた行動を取らせることが出来る。これを**知識表現**という。(人工知能の基本)

③

動作例



CounterStrikeにおけるパス移動



GDC 2004 : The Making of the Official *Counter-Strike* Bot
<http://www.gdcvault.com>

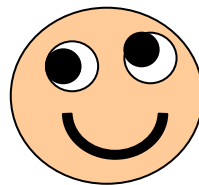
ゲームAIでは、現実世界のAIとは違い、
ゲーム世界に情報を埋め込むことで、
AIを賢くすることが出来る。

知識表現・世界表現

Step2

*NPCが自分で行動を
考えられるようにする。*

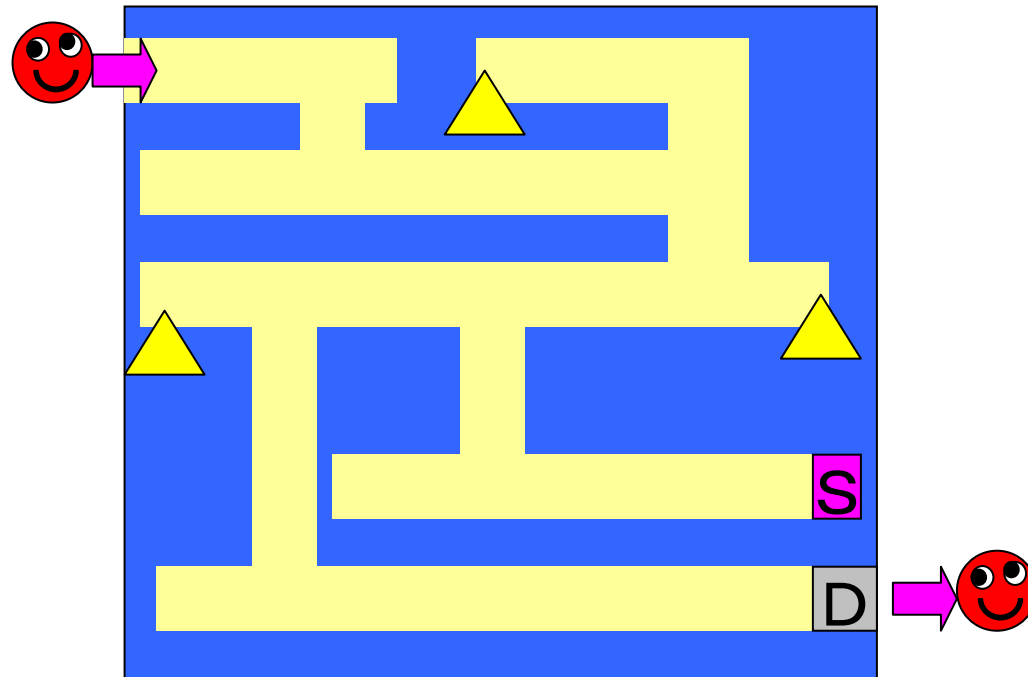
僕が僕の行動を
考えるんです！



自分で行動計画を立てるNPC ①

Q4:「金塊を取ってスイッチを押して迷路を抜ける」ようにNPCに計画を立てさせるにはどうすればいいだろうか？

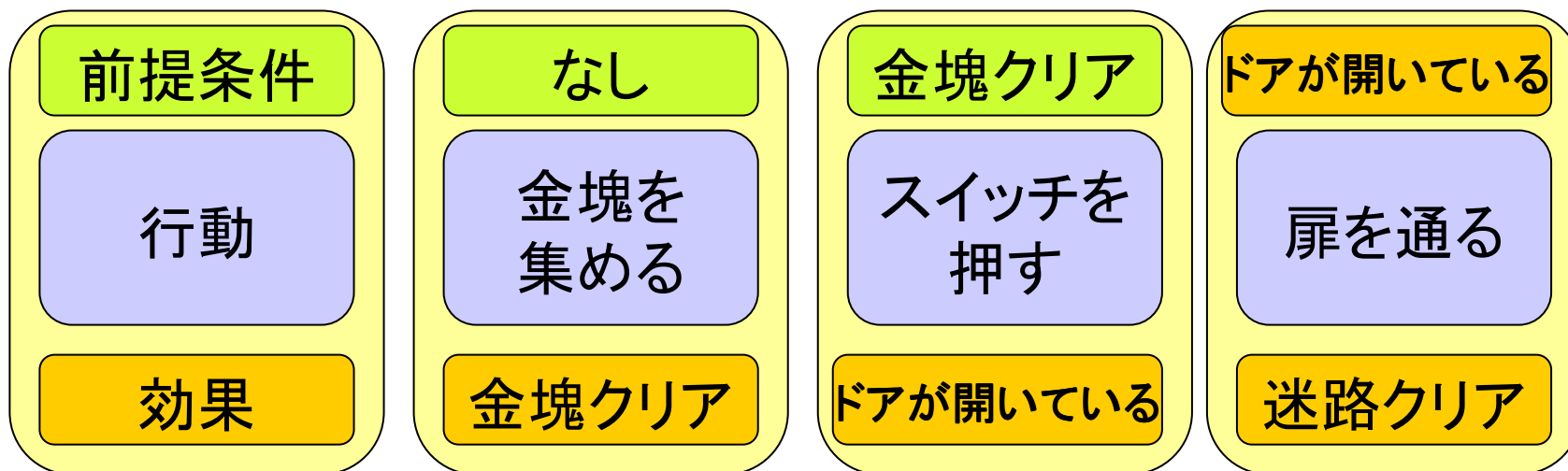
設定: 3つの金塊を集めてから、スイッチ(S)を押すと迷路を脱出する扉(D)が開く。



行動計画を立てるNPC ①

A4:「プランニング」を用いよ

「プランニング」とは、AIが未来の行動のプランを自ら作成する能力のことである。詳しくは第2回テキストを見て頂くとして、そのための下準備が必要である。ここでは、連鎖によるプランニングの準備を解説しよう。

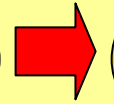


前提条件 ... 行動をするために必要な条件
行動 ... 実際のアクション
効果 ... 行動による結果

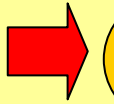
このように、「行動のデータセット」を作っておくと...

プランニング

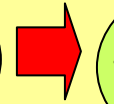
金塊を
集める



スイッチ
を押す



扉を通る



金塊を集めて
脱出する

連鎖

スタート

なし

金塊を
集める

連鎖

金塊をクリア

金塊をクリア

スイッチを
押す

連鎖

ドアが開いている

ドアが開いている

扉を通る

ゴール

連鎖

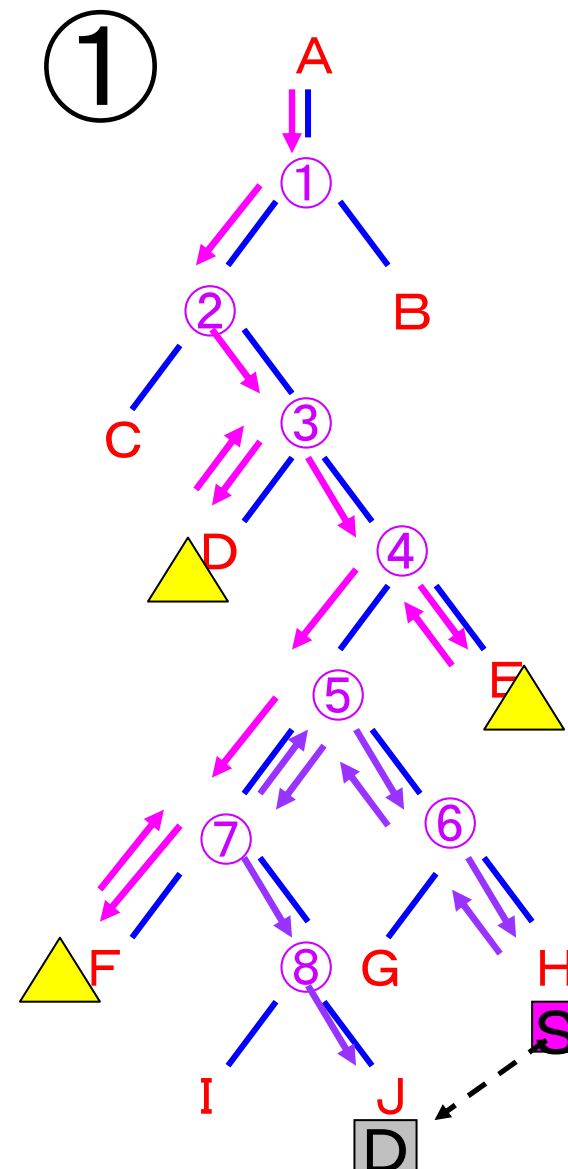
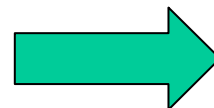
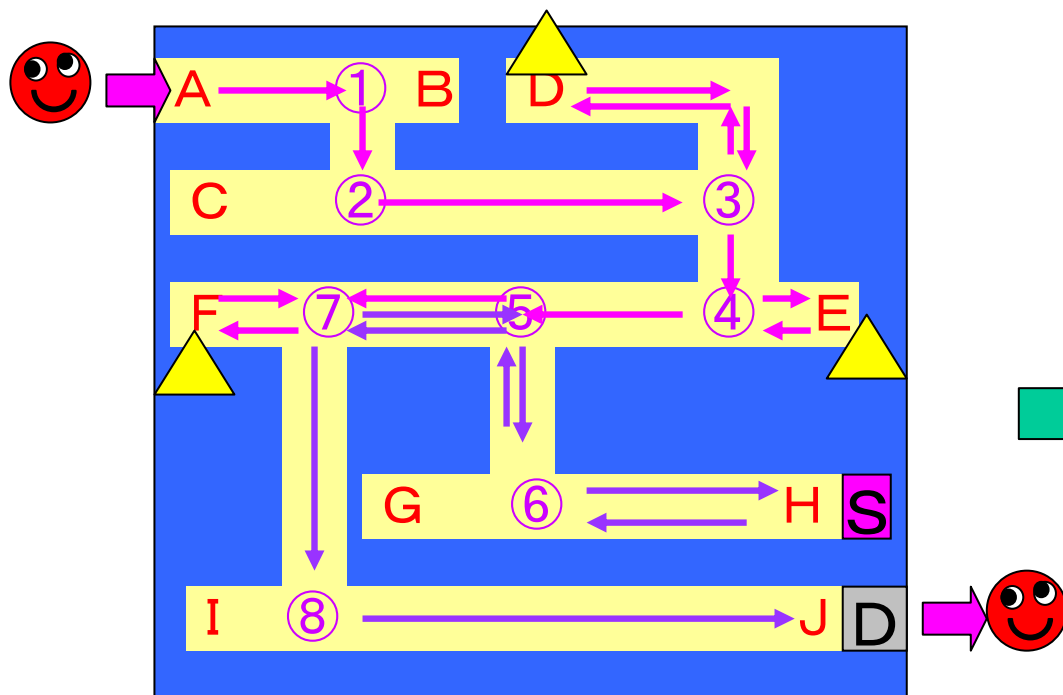
迷路クリア

迷路クリア

「効果」から「前提条件」を検索して、
行動をつなぐ「連鎖」によって
行動プランを自動的にAIに立てさせる
ことができる。

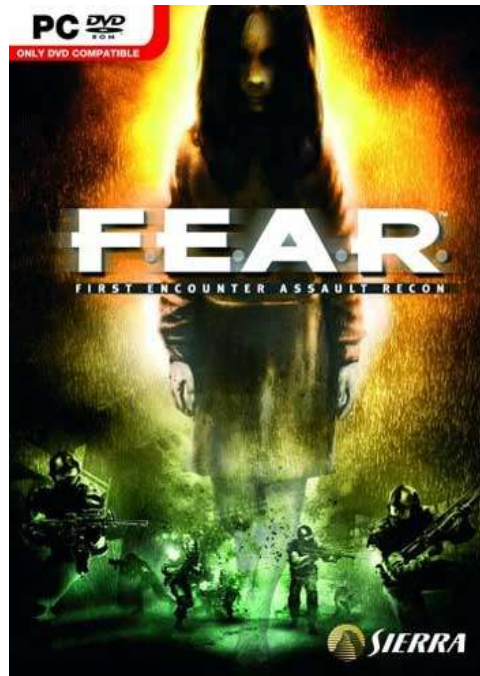
行動計画を立てるNPC ①

動作例



プランニングとは？

F.E.A.R



内容:閉鎖空間の中のホラーFPS

開発元: Monolith Production

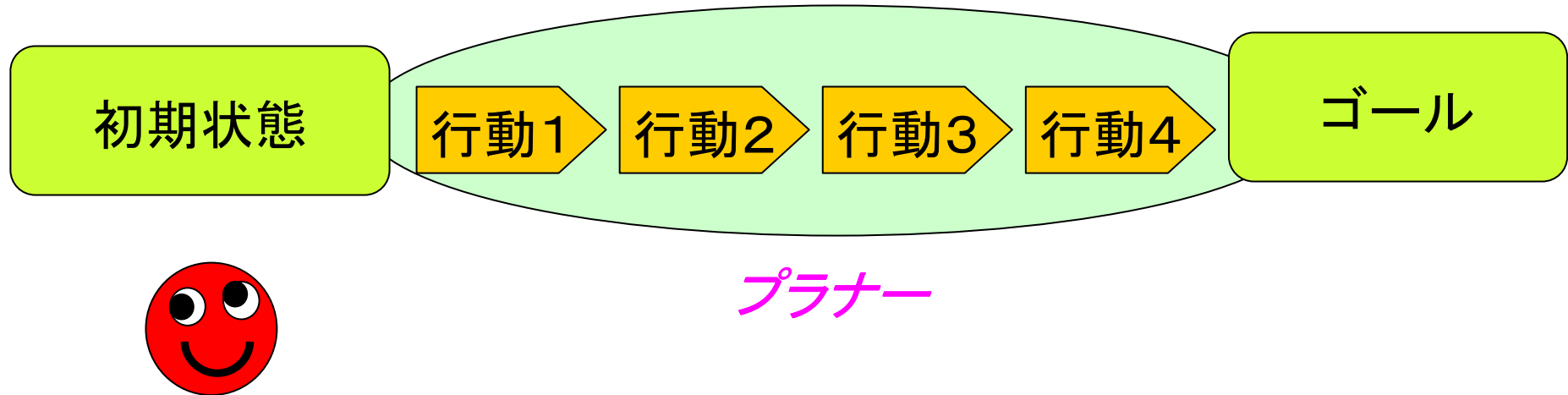
出版: SIERRA

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。

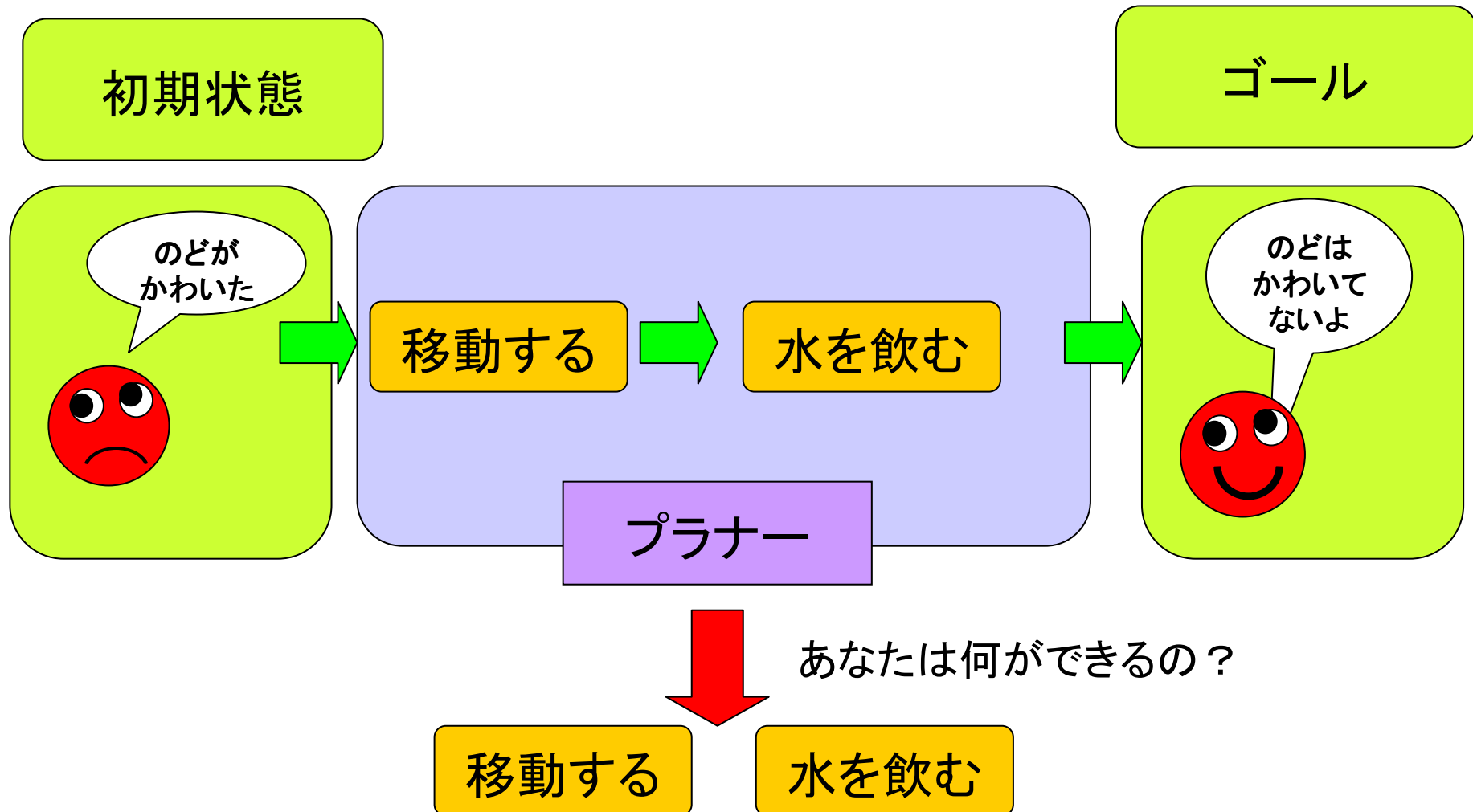
プランニングとは？



基本概念： 初期状態 ゴール プランナー

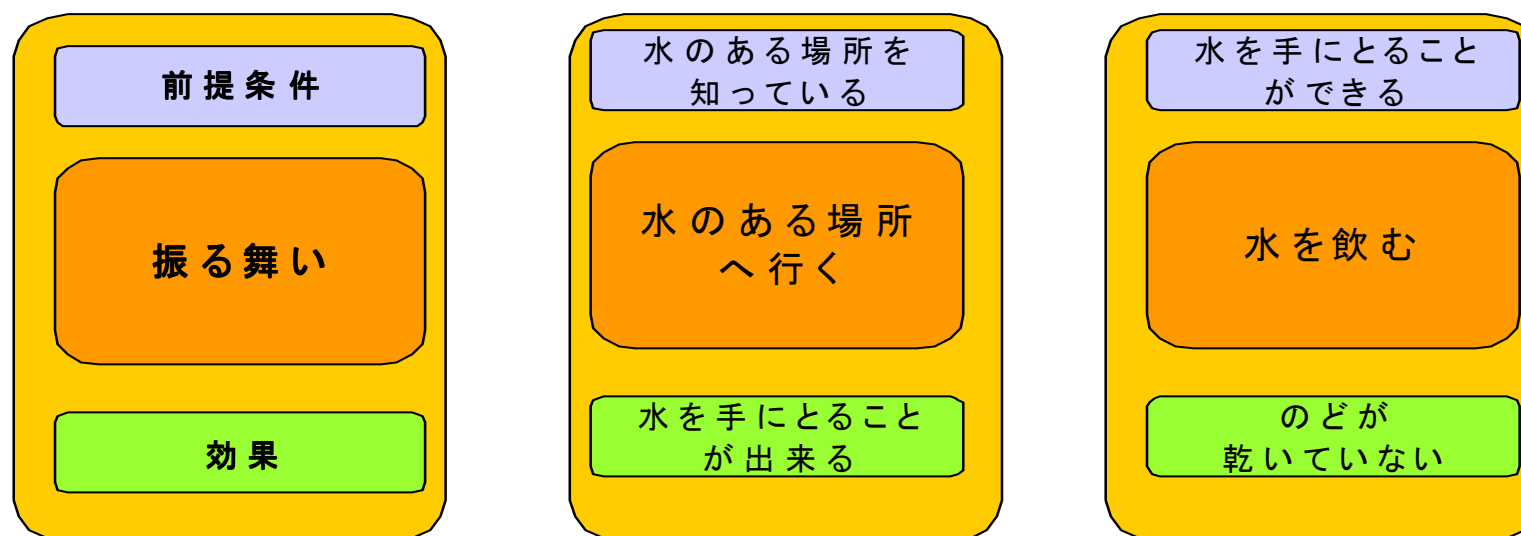
アクションプランニングの例

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



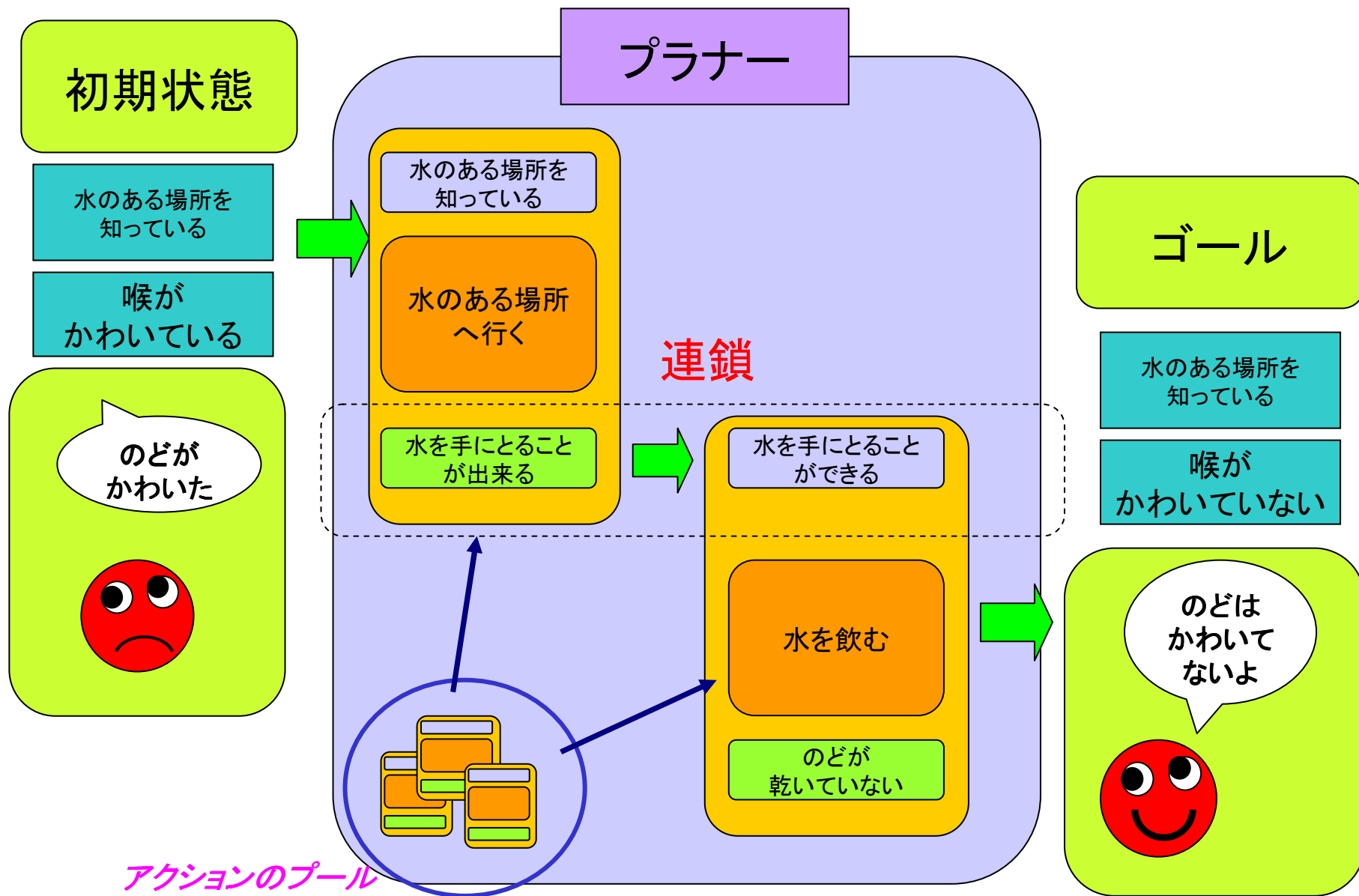
前提条件 = その行動を実行するために必要な条件

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。

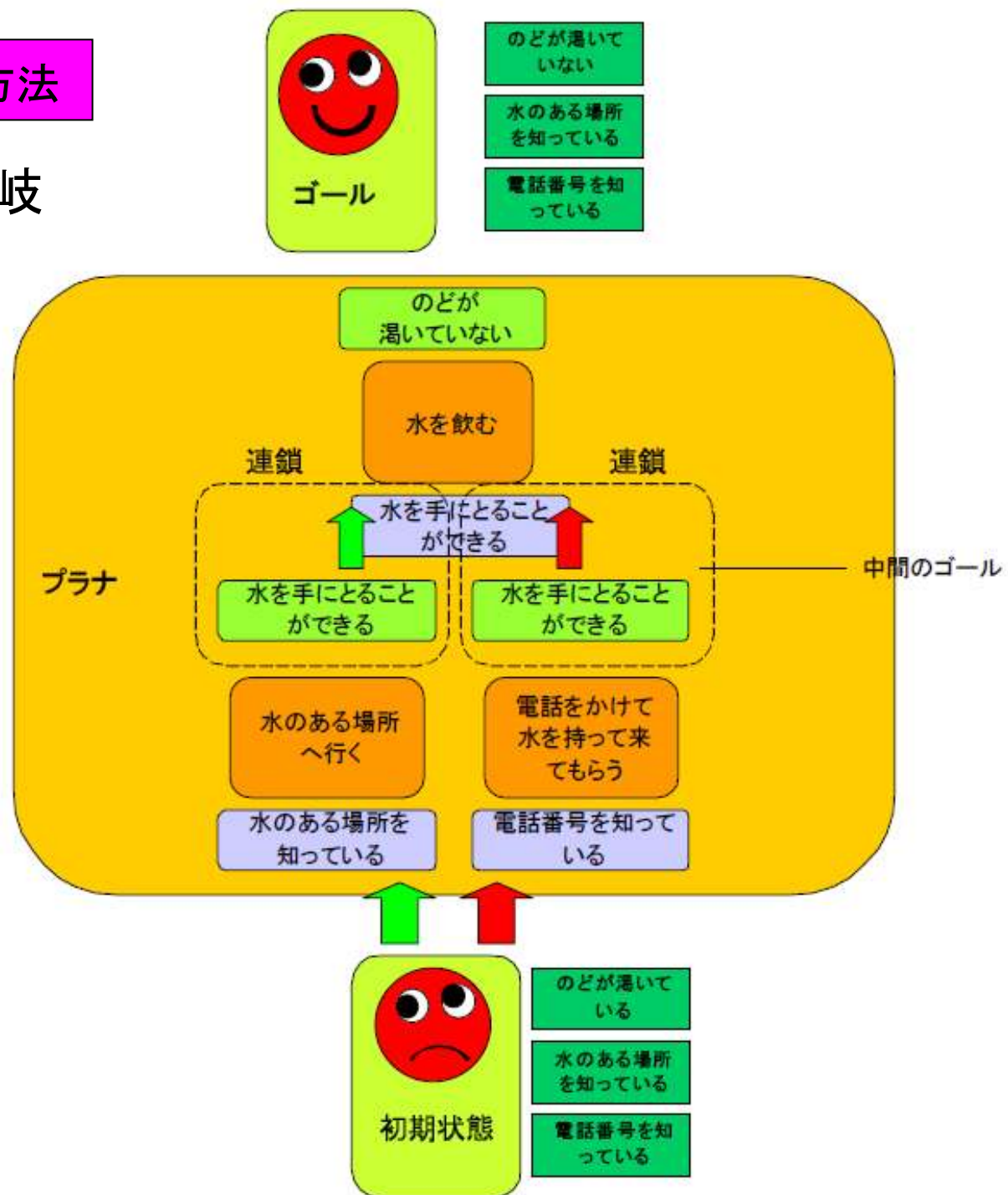
連鎖による方法

連鎖によるプランニング



連鎖による方法

プランの分岐



質による方法

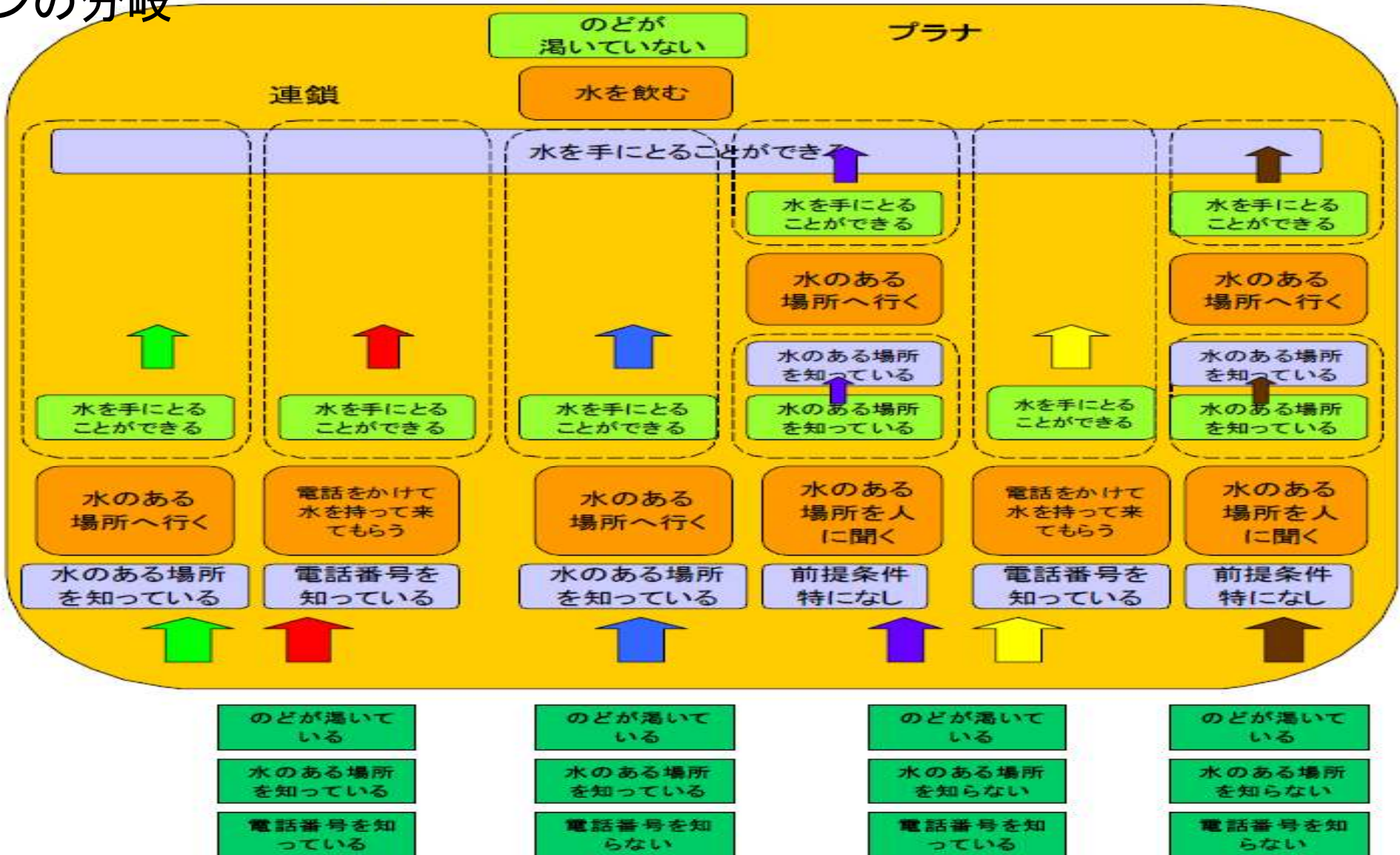
条件による の分岐



のどが渇いて
いない

水のある場所
を知っている

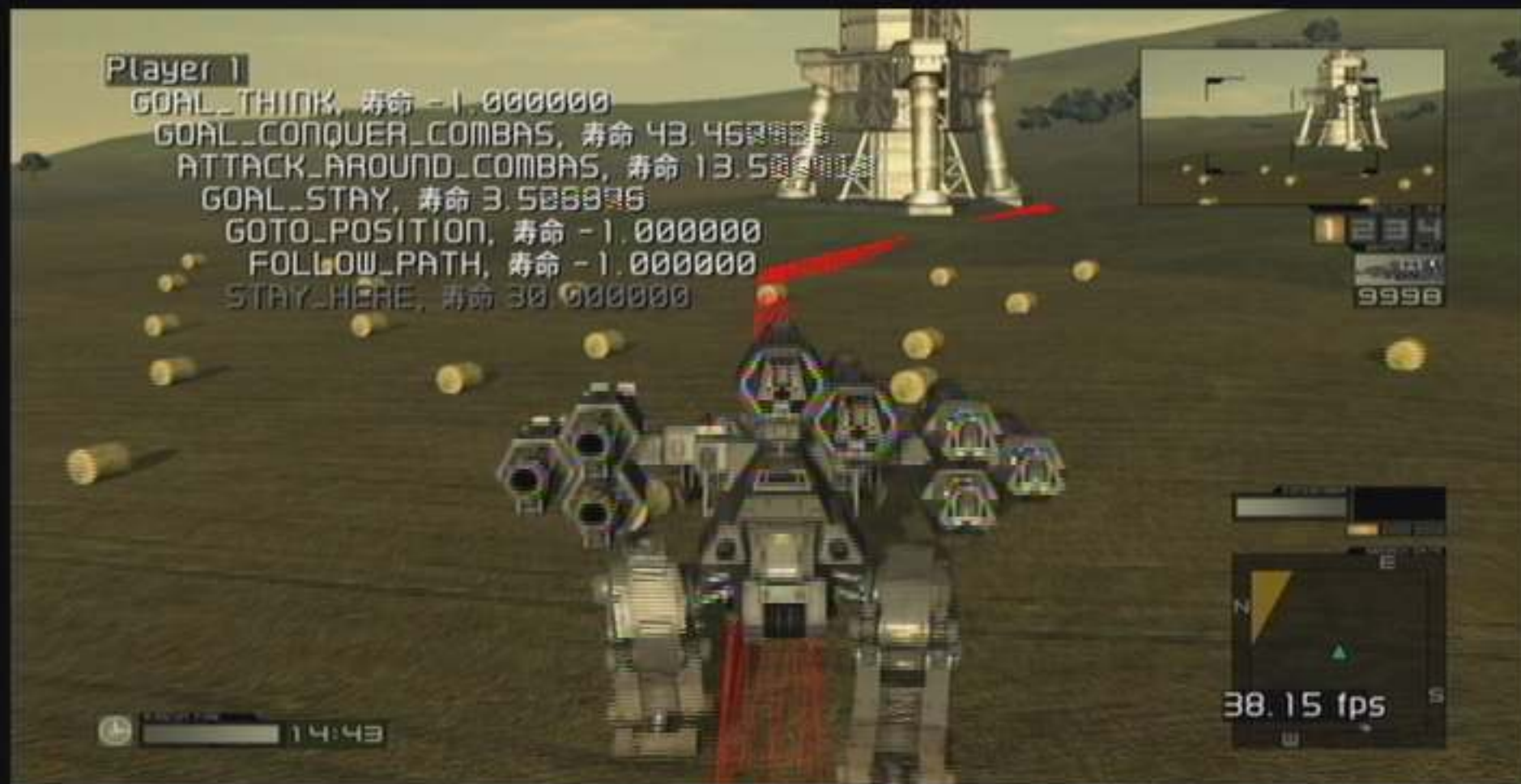
電話番号を知
っている



プランニング(F.E.A.R.)



プランニング(クロムハウنز)



ゲームAIは、プランニングによって
時間を制御する力を手に入れる

プランニング

第2章 まとめ

ゲームと人工知能

ゲームAIの作り方

- ① AIがゲーム世界を認識できるように知識表現・世界表現を作る。
- ② 知識表現をうまく作ると、AIに思考を効率のよいエレガントな形で作ることが出来る。
- ③ AIが時間を操る技、それがプランニングである。
- ④ プランニングと知識表現・世界表現をあわせることで、AIがゲームにおける空間と時間を制御出来るようになる(ゲームAIの基本)。

コンテンツ

第1部 ゲームと社会

- (1) ゲームから社会を見る
- (2) 社会からゲームを見る

第2部 ゲームと人工知能

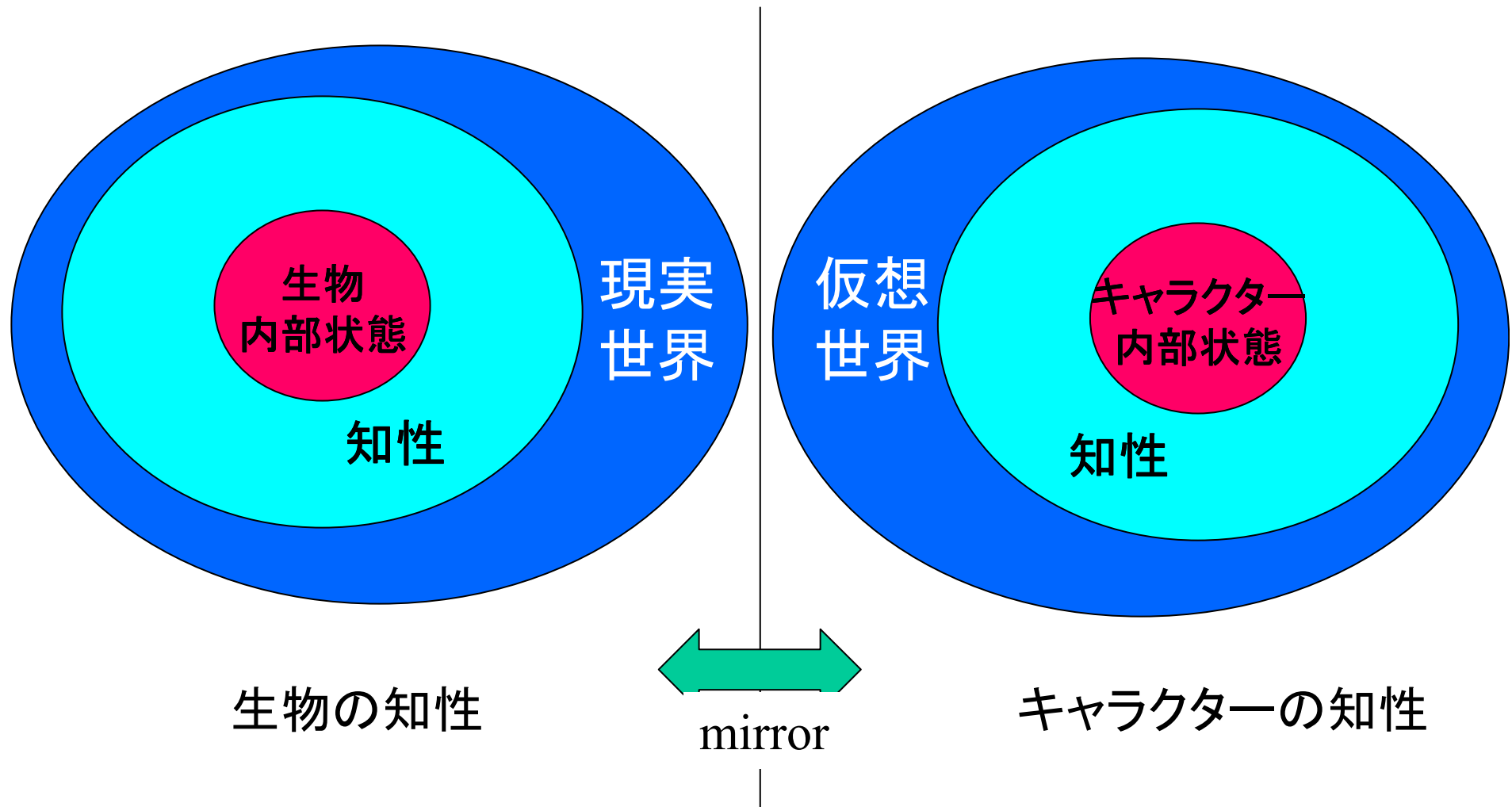
- (1) ゲームAIとは何か？
- (2) 演習(人工知能の基礎概念)
 - ①知識表現・世界表現 ②プランニング

第3部 社会と人工知能

- (1) 人はゲームAIに何を求めるか？
- (2) ゲームAIの心理学

第3部 ゲームAIと社会(人間)

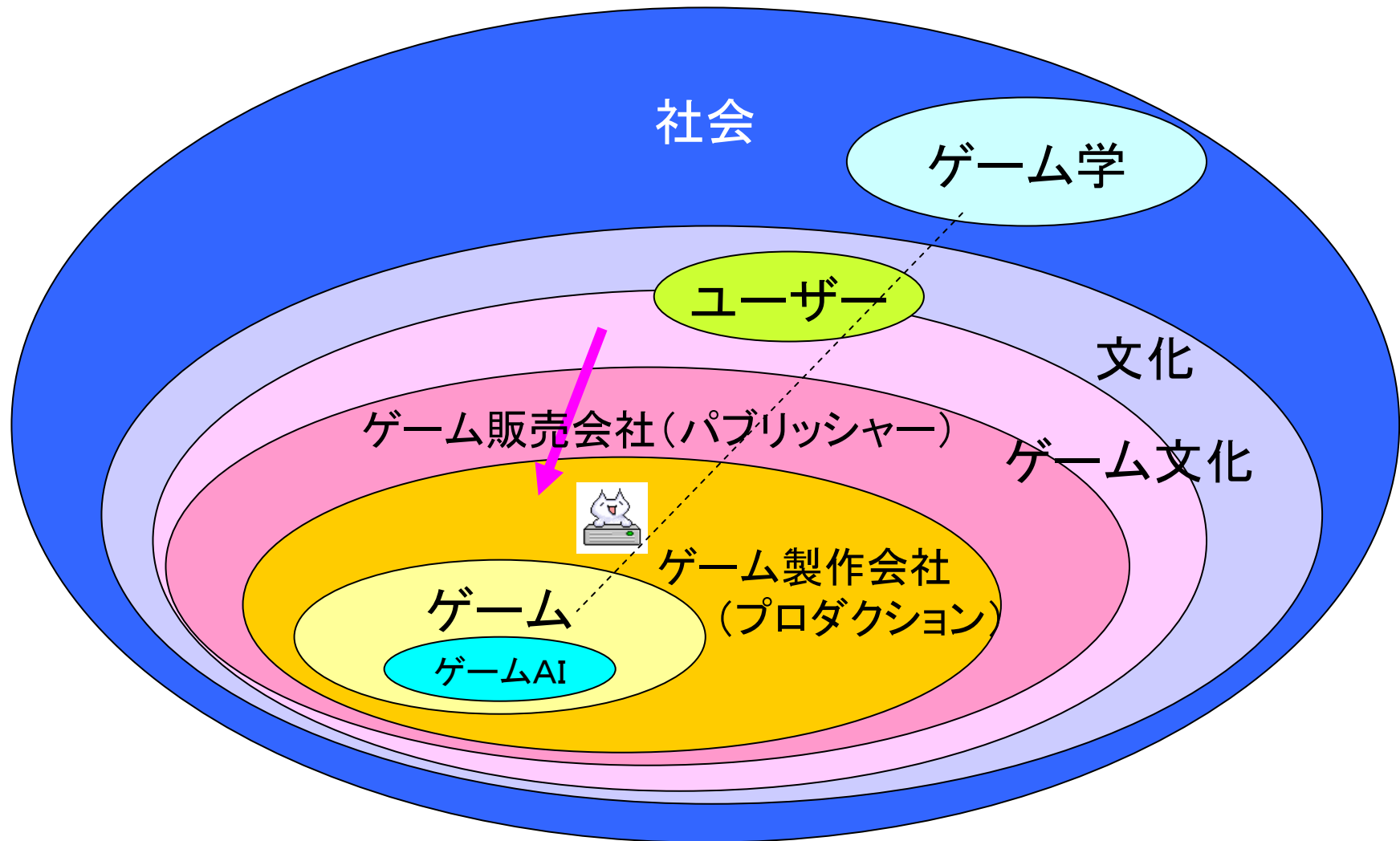
キャラクターAIとは？



キャラクターAIを考えるときは、世界における自分の
知能と相対させて考えてみよう！

社会はどんなゲームを望んでいるのか？

→ 人はどんなゲームAIを望んでいるか？



欧米と日本のゲームAIの決定的な違い

ゲームAIに求めるもの

欧米

Reality



リアルな世界の
リアルなAI (realistic AI)

産学連携の展開

知識表現・世界表現
プランニング

人に近い知性を
本気で目指す

日本

Fantasie



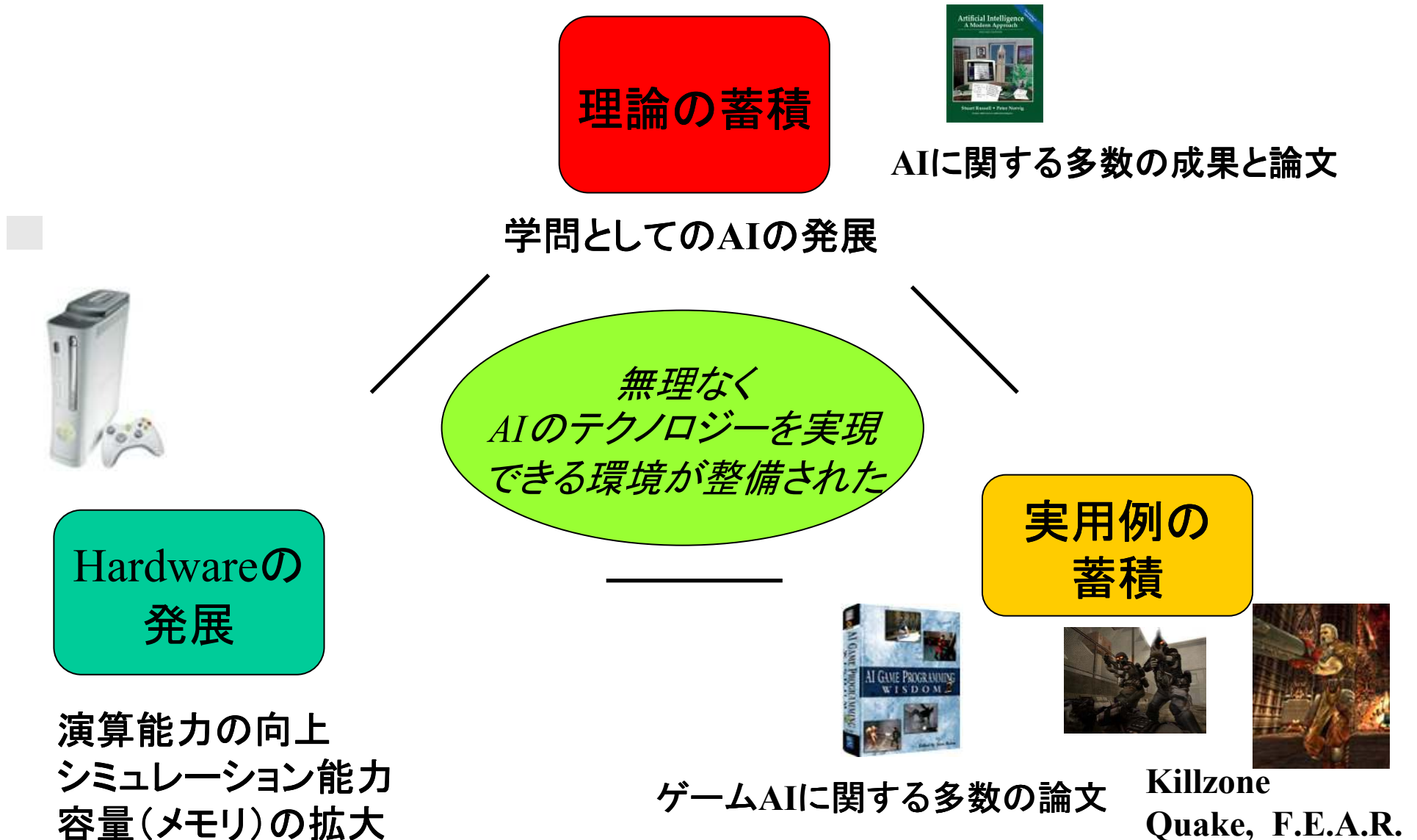
ゲーム世界(お化け屋敷の)
ゲーム特有のAI

学とは平行線のまま(未だに...)

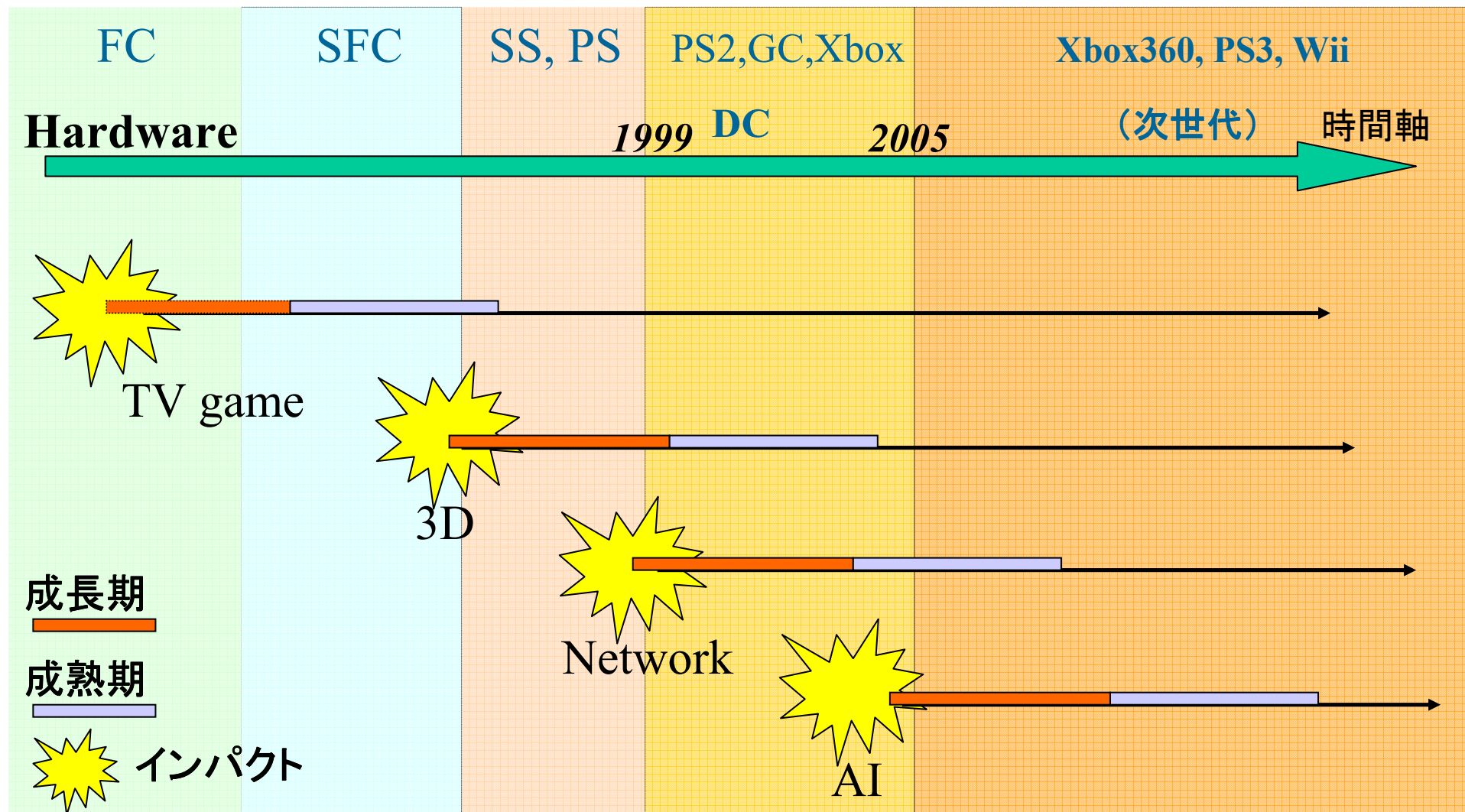
スクリプティングAI

限りなく忠実な
デザイナーの操り人形

欧米におけるゲームAI技術の発展



人工知能技術の導入の適切なタイミングはいつか？



技術の歴史的な流れから見て、人工知能技術のゲームへの応用は、次世代で成長し、次々世代で成熟するだろう。

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。

やはり、ゲームAIは欧米、特に
米で進化している。

日本は技術的に遅れていると
言わざるを得ない。

現在、キャッチアップ中。
しかし、欧米にはない
日本独自のゲームAIもあるはず。
(第2回テーマ)

それでも、ゲームAIとして
そういった差異を超えて「普遍的な法則」
というものがあります。

キャラクターAIに普遍的な原理

何故、人はキャラクターAIを
知能として感じる事が出来るか？

あるいは、

キャラクターを知性として感じさせるには、
どうすればよいか？

ゲームAIの心理学

コンテンツ

第1部 ゲームと社会

- (1) ゲームから社会を見る
- (2) 社会からゲームを見る

第2部 ゲームと人工知能

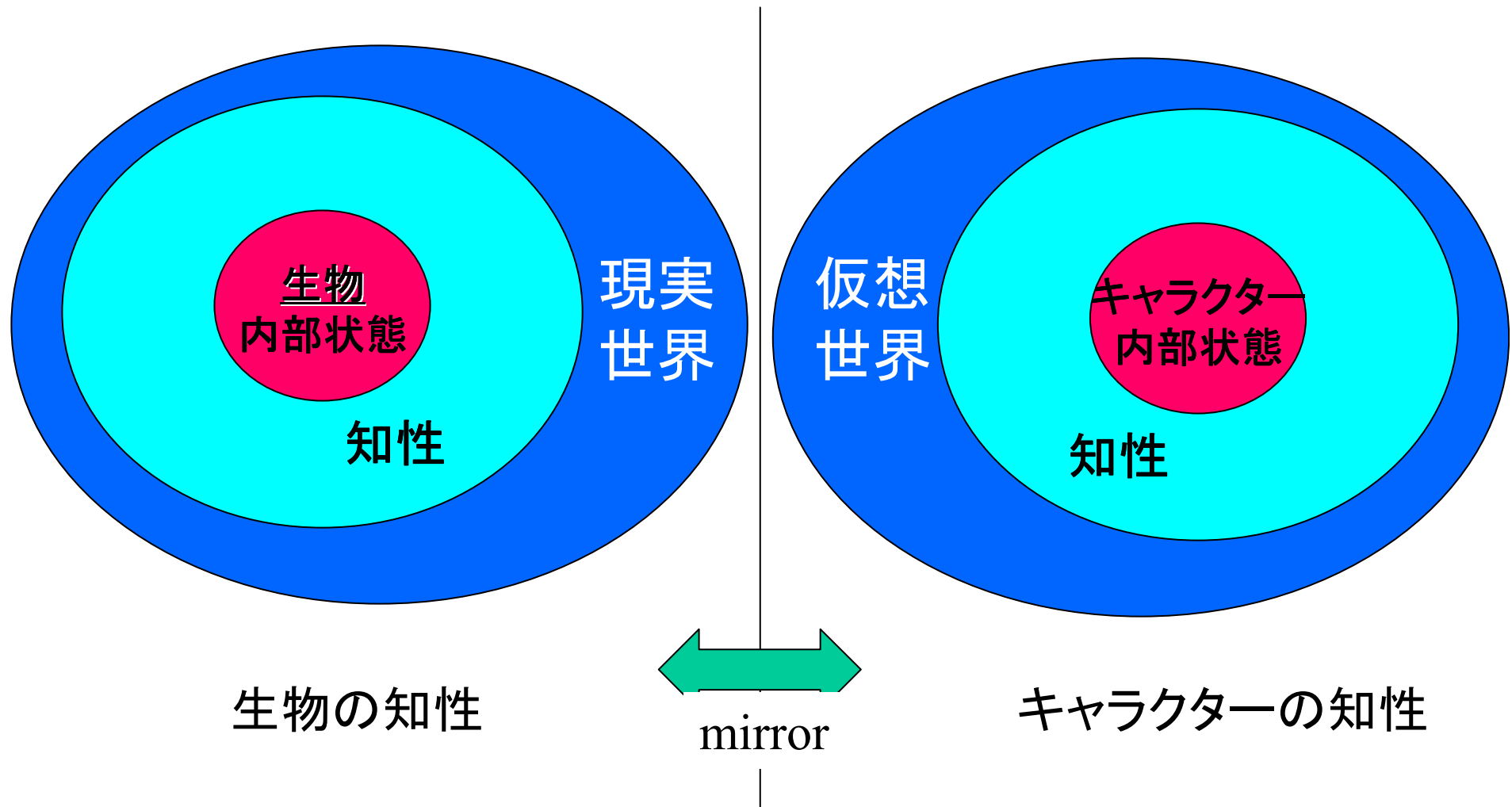
- (1) ゲームAIとは何か？
- (2) 演習（人工知能の基礎概念）

①知識表現・世界表現 ②プランニング

第3部 社会と人工知能

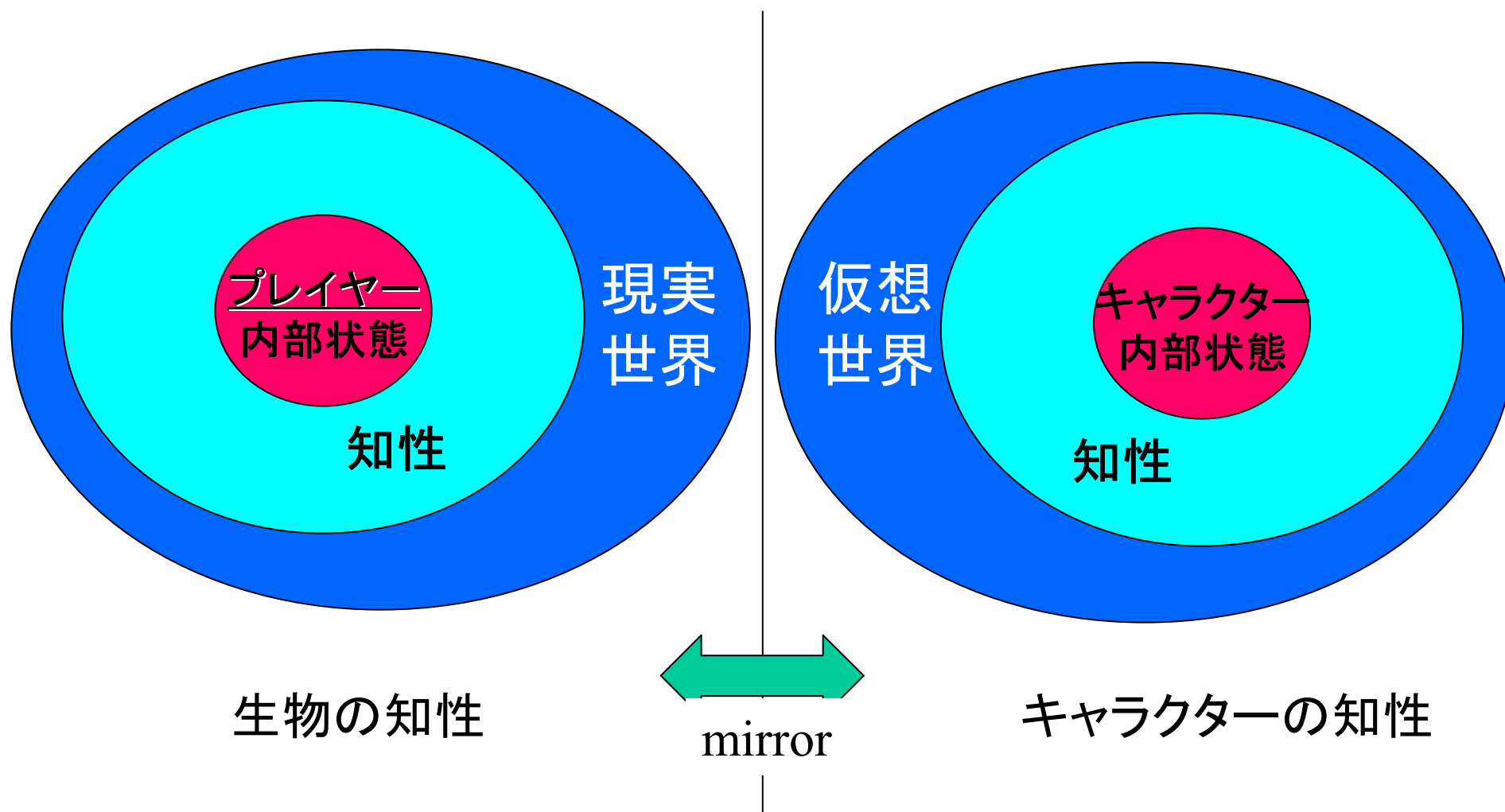
- (1) 人はゲームAIに何を求めるか？
- (2) ゲームAIの心理学

キャラクターAIとは？



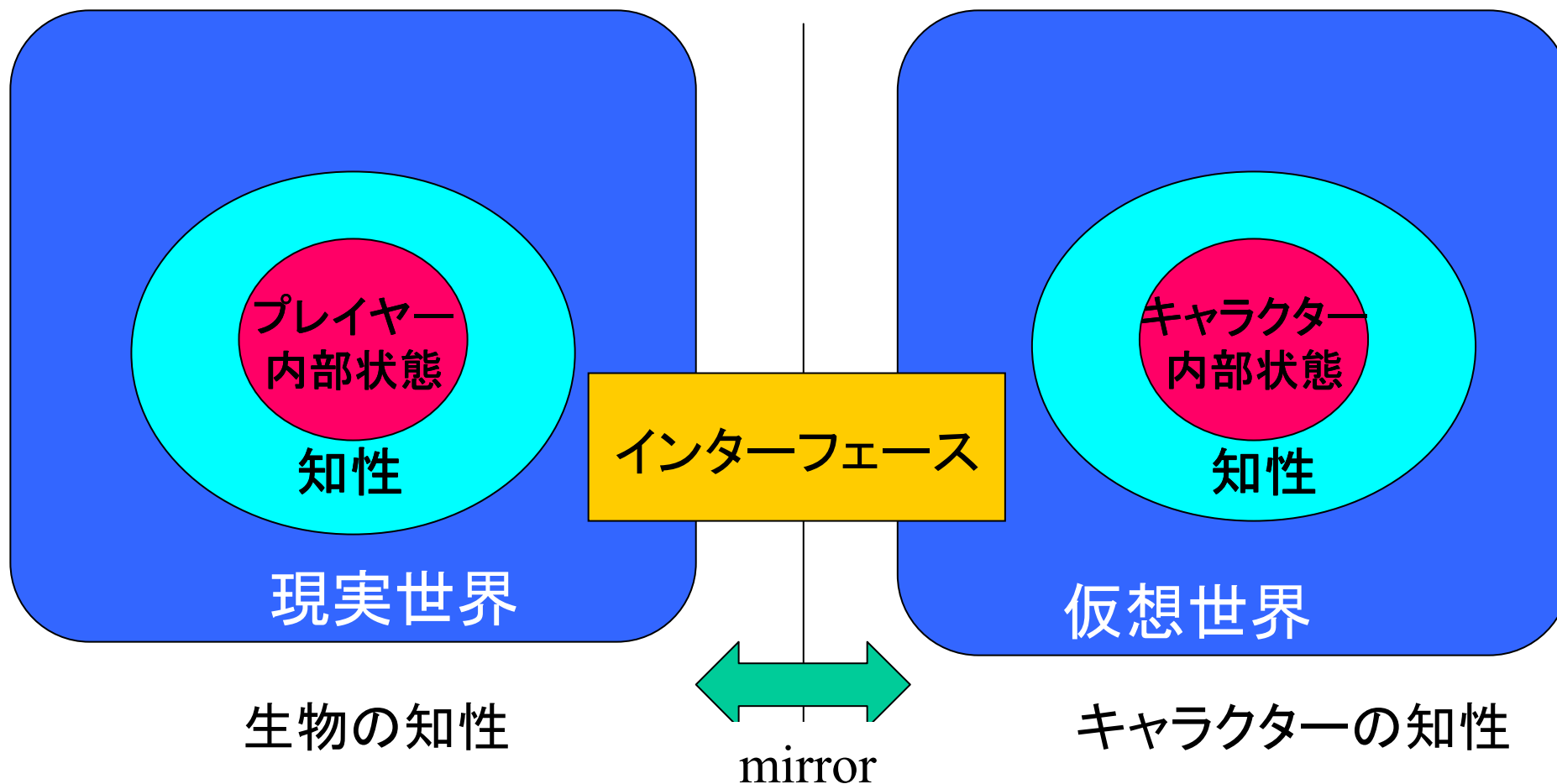
キャラクターAIを考えるときは、世界における自分の知能と相対させて考えてみよう！

人はいつキャラクターに知性を感じるか？



キャラクターAIを考えるときは、世界における自分の
知能と相対させて考えてみよう！

人はいつキャラクターに知性を感じるか？



プレイヤーがAIに知性を感じる場合は**3つの場合**がある

プレイヤーがAIに知性を感じる3つのパターン

(1) 認識、記憶、インタラクション(基本)

- ① 認識 ② 記憶 ③ インタラクション

(2) AIが現実でプレイヤーが取るような行動を取るとき(了解)

- ① 道具を使う行為
- ② 理屈として納得の行く行為
- ③ 賢明な行動

(3) AIがプレイヤーに現実的な衝動を喚起するとき(反応)

- ① 攻撃 ② 会話 ③ 恋愛

プレイヤーがAIに知性を感じる場合(1)

プレイヤーはAIが何かを認識したり、記憶したりしているのを見るとそこに知性を見出す。特に、プレイヤー自身を認識し、記憶していることを表現することは絶大な効果を持つ。

① 認識

AIがプレイヤー、オブジェクト、状況を認識していることを表現すること。

② 記憶

AIがプレイヤー、オブジェクトについて記憶を持っていることを表現すること。

③ インタラクション

プレイヤー、もしくは状況の変化に行動に応じた行動を取る。

① 認識



プレイヤーを認識しないAIは空気みたいなもの。
(寂しい...)

① 認識



プレイヤーはAIに認識されると「うれしい」と感じるもの。
(寂しくない！)

② 記憶

「トロと流れ星」におけるキーワード・カテゴライズ

(例) (技術が公開されているわけではなく、これは三宅ならこう実装するというものです)

TR「みやけが好きなものは何かにや
〜」
M「**じてんしゃ**」
TR「それは食べれるものかにや？」
M「N」(Yes or No)
TR「それは大切なものかにや？」
M「Y」(Yes or No)
TR「どれくらい大切にや？」

TR「この木は何ていうのかにや？」
M「**さくら**」
TR「みやけはさくら**じてんしゃ**どっちが好き」
M「**さくら**」(Yes or No)
TR「トロも**さくら**と同じくらい、みやけに大切に
してもらいたいにや〜。
せめて、**じてんしゃ**くらいに. . .」
M「N」

M「**とってもの**」
(上記はゲーム内のUIのままではなく、解説のために三宅が構成したものです。)



SCE

タグ:じてんしゃ	タグ:さくら
属性:もの	属性:木
性質:好き	性質:好き
ランク:1 ⇒2	ランク:1

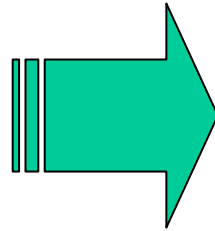
- ①ユーザーに言語データベースを作成させる。
- ②それを用いてセリフを生成する。

「トロと流れ星」におけるキーワード・カテゴライズ(推測)

固定したセリフ

特徴

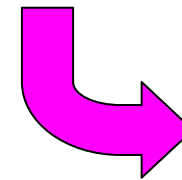
適切な演出的効果
くり返し
誰がプレイしても同じ

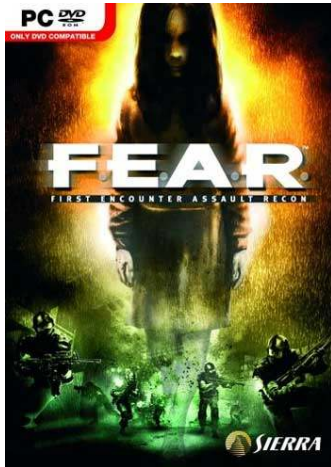


ユーザーの入力に応じて
変化するセリフ

特徴

ユーザー個性に合わせた演出効果
ユーザーだけのコンテンツ

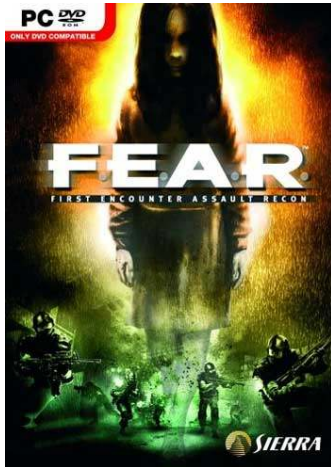




③ インタラクション



プレイヤーの行動に関わらず(ユーザーがドアを押さえたのに)
ドアから入ろうとする。



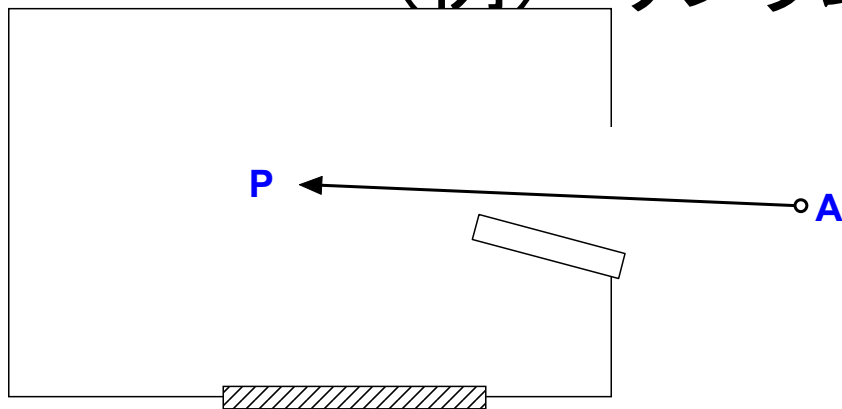
③ インタラクション



プレイヤーの行動に対応して、ドアを諦めてガラスを割って入る。

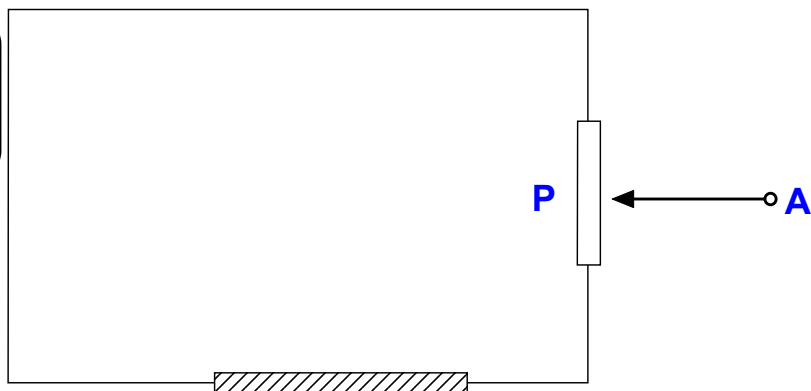
(例) リプランニング

1



Aが「Pを攻撃する」という
ゴールを選択して実行

2



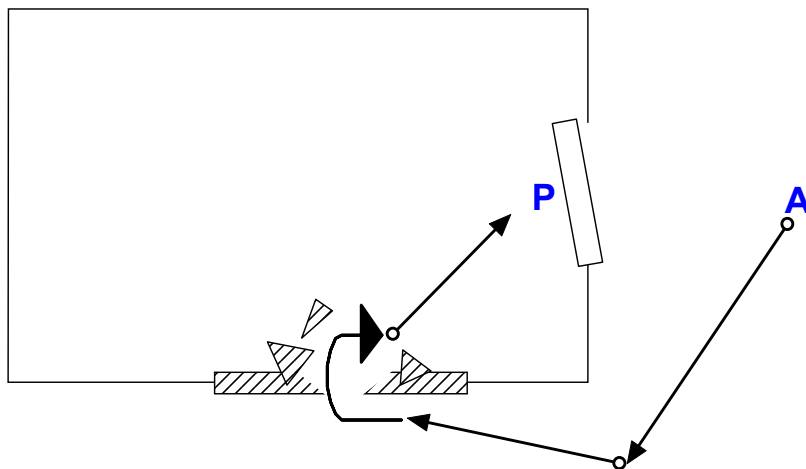
Pへ向かう途中、Pがドア
を締める。



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

プレイヤーがAIに知性を感じる場合(2)

AIが現実でプレイヤーがするような行動を仮想空間で取るとき
プレイヤーはその行動を知性として了解する。

① 道具を使う行為

(例) 物陰に隠れながら後退する(Halo,Halo2,Halo3)
踏み台を使ってドアを破って進む(CounterStrike)
オブジェクトを転がして隠れる(F.E.A.R.)

② 理屈として納得の行く行為

(例) 敵の射線には出て来ない(CounterStrike)
敵の射線を避けたパスを通る(Killzone)

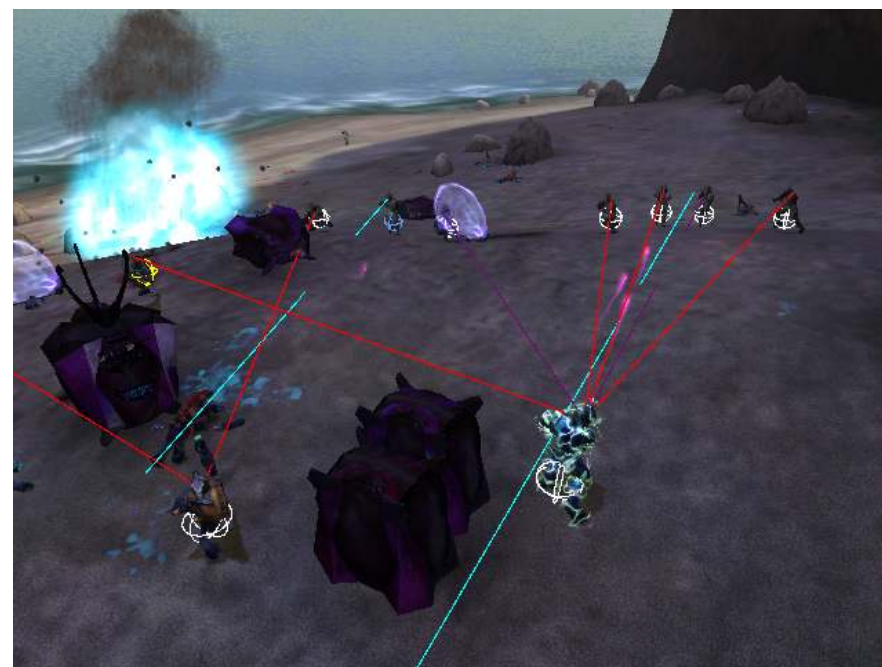
③ 賢明な行動

(例) 長期的な計画(ChromeHounds)
威嚇射撃(Killzone)
学習(アストロノーカ)
話す(Halo,Halo2,Halo3)



① 道具を使う行為

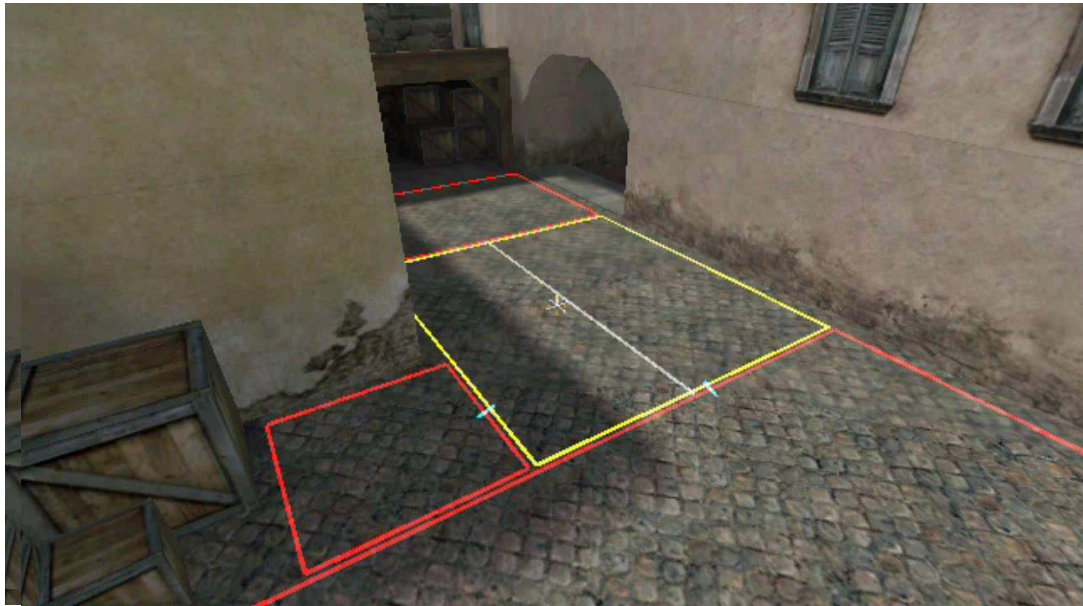
物陰に隠れながら後退する(Halo,Halo2,Halo3)



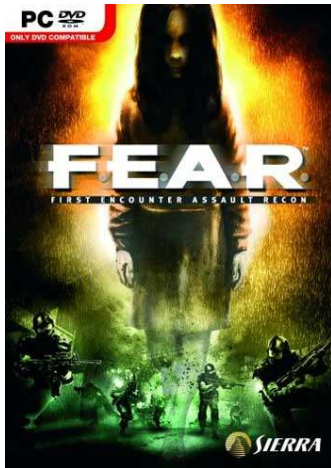
Halo では、設定された戦術位置から、敵の射線が通らない位置を計算して(右図)選択し移動する。

① 道具を使う行為

踏み台を使ってドアを破って進む (CounterStrike)



GDC 2004 : The Making of the Official *Counter-Strike* Bot
<http://www.gdcvault.com>



① 道具を使う行為

オブジェクトを転がして隠れる(F.E.A.R.)



② 理屈として納得の行く行為

敵の視線には出て来ない



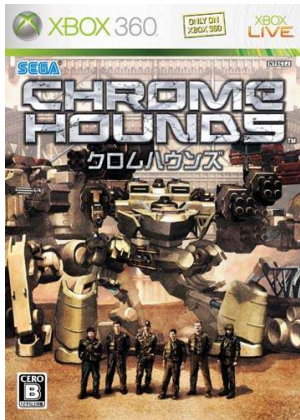
GDC 2004 : The Making of the Official Counter-Strike Bot
<http://www.gdevault.com>

Hard Aim



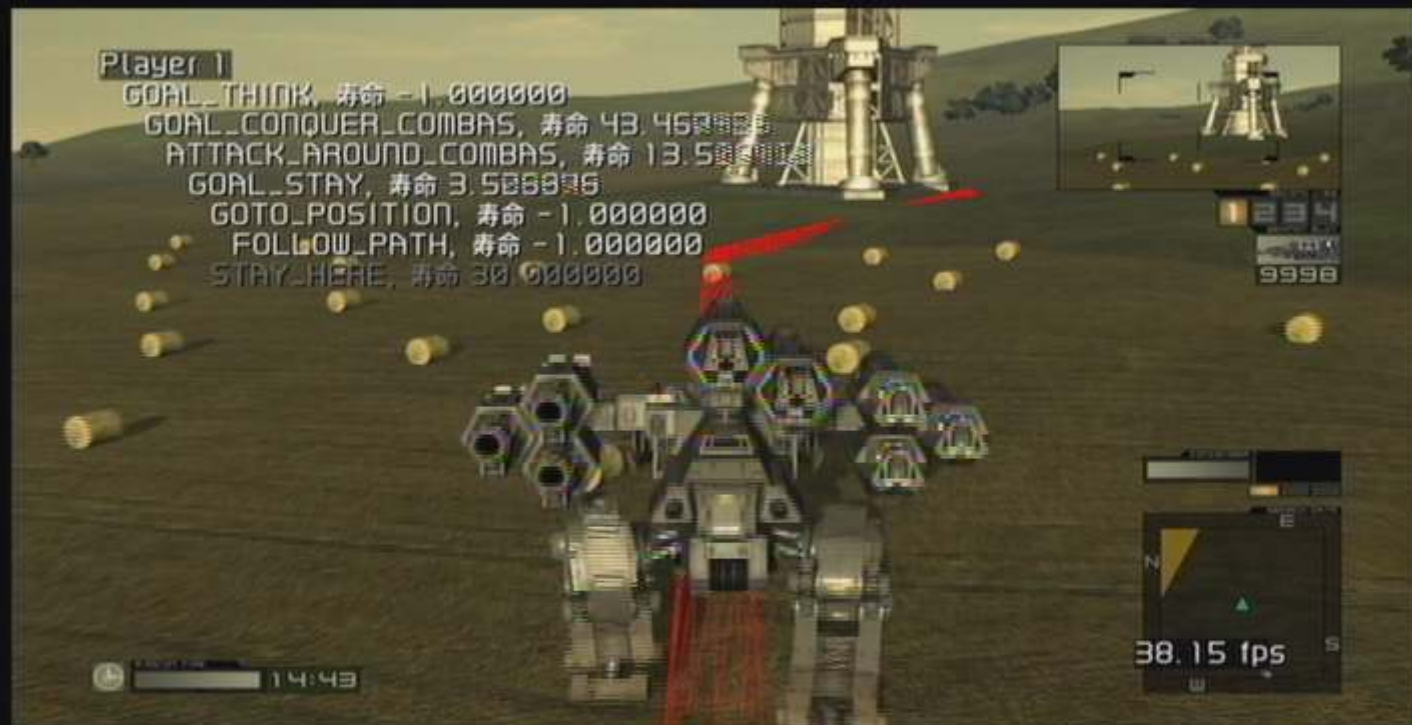
Easy Aim





③ 賢明な行動

長期的な計画



③ 賢明な行動

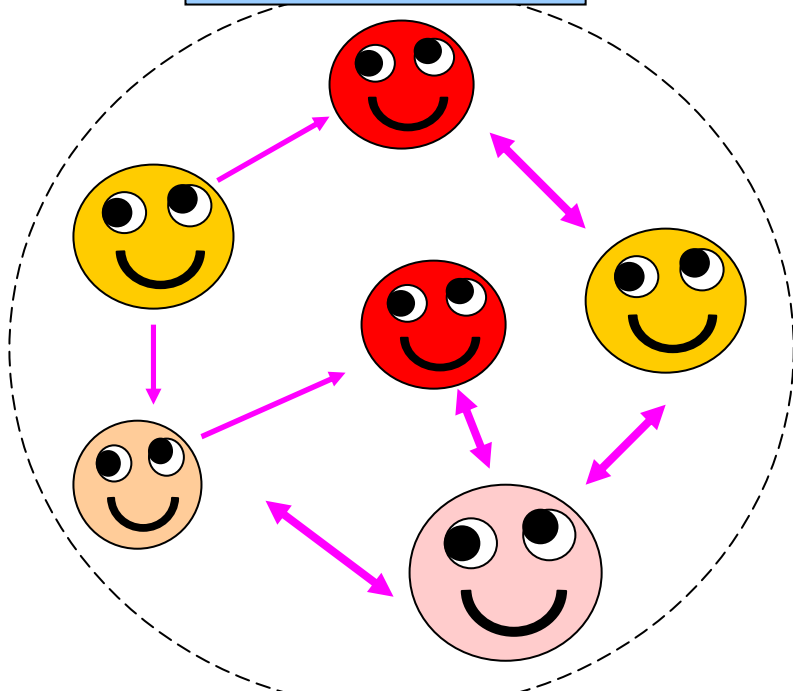
アストロノーカ(1998, muumuu)
遺伝的アルゴリズムを用いた学習



時間軸の
中でとらえる

AI技術を使った傑作！

トラップ回避、生殖



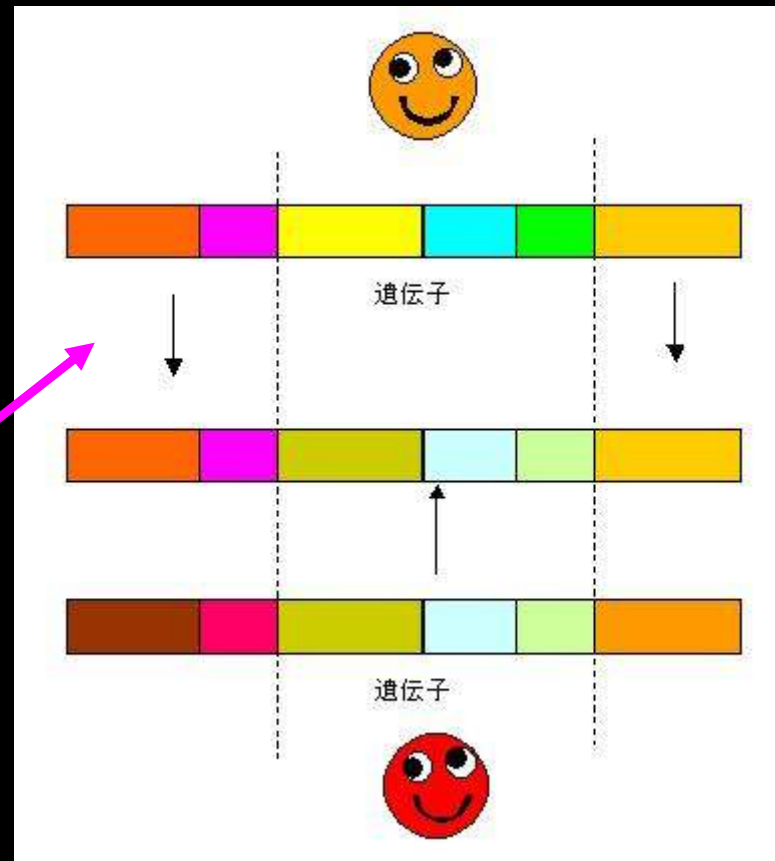
遺伝的アルゴリズム

進化

アストロノーカ



1位	86.3	
2位	78.4	
3位	75.3	
...		
...		
100位	38.2	



参考文献

[概観] 森川幸人、赤尾容子「[アリの知恵はゲームを救えるか？](#)」CEDEC2003 ([インタビュー](#))

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

<http://www.watch.impress.co.jp/game/docs/20030815/mumu.htm>

[概観] 森川幸人「[マッチ箱の脳](#)」1011.com

http://www.1101.com/morikawa/index_AI.html

③ 賢明な行動

言葉を使う(Halo,Halo2,Halo3)

会話のアルゴリズム

(1) 契機：意志決定と刺激から

(例) 傷つけらる、死ぬ、敵を見る、
グレネードを投げる、隠れる場所を探す

(2) 発言内容の選択

- A) 優先度、内容、ユニークネス(?)、関連性
- B) ランダムにダイアログのタイプを選ぶ
- C) 近い場所にいるキャラクターだけが答えられる。

(3) 設定

57のイベント

166のダイアログのタイプ

12人の喋れるキャラクター

5147行の会話記録



会話(例)

I'd have been your daddy
but that dog beat me over
the fence!

Now who's going to save
the human race, bright boy?

Hey mate, this one looks
like your sister!

Take that skirt off and get
back there and fight,
soldier!

I'd love it if you'd STOP
KILLING MY MEN!

Get up! Get up so I can kill
you again!

Notify his next of kin,
because they're next!

And my mum thought I was
gonna be a doctor...

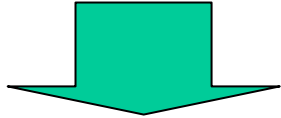
I didn't like him either, but
damn!

Hey mate, I don't think
they're gonna give you a
medal for that one...

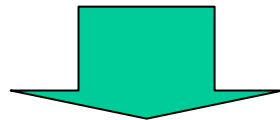
プレイヤーがAIに知性を感じる場合(2)

経験則

プレイヤーは、AIが少しでも人がしないようなことをすると気付く。そして、不満を感じる。



そういったことをしないようにすれば、不満はないが、賢いとは思ってくれない！（少し、悲しい...）



キャラクターAIでは、かなり演出を強くしないと、「賢い」とは思ってくれない。

プレイヤーがAIに知性を感じる場合(3)

AIがプレイヤーに現実的な衝動を喚起するとき(反応)
欲求がリアリティーを与える。

① 攻撃

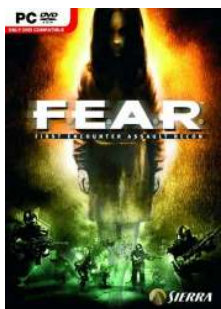
人間は自分が攻撃されれば「敵」として認識する。
攻撃衝動によって、その対象は知性として認識される。

② 会話

人の声や言葉にはそれそのものに知性を感じさせる
力がある。話しかけられると話し返したくなる。
(例)シーマン

③ 恋愛

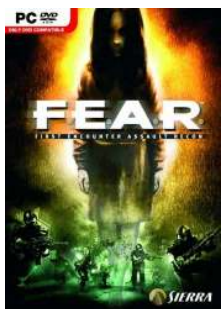
セリフ、ストーリー、ボイスによって性的な感情を
プレイヤーから引き出すことで、
一枚の絵がキャラクターとして認知させる。



① 攻撃

人間は自分が攻撃されれば「敵」として認識する。攻撃衝動によって、その対象は知性として認識される。





① 攻撃

人間は自分が攻撃されれば「敵」として認識する。攻撃衝動によって、その対象は知性として認識される。



② 会話



<http://www.seaman.tv/>

人の声や言葉にはそれぞれのものに知性を感じさせる力がある。
話しかけられると話し返したくなる。

コミュニケーションへの欲求

③ 恋愛

略

セリフ、ストーリー、ボイスによって性的な感情をプレイヤーから引き出すことで、一枚の絵がキャラクターとして認知されるようになる。

恋愛シミュレーションゲーム(所謂、ギャルゲー)ではその欲求によって一枚絵と言葉で、キャラクターにリアリティーを持たせる。

プレイヤーがAIに知性を感じる場合(III)

AIがプレイヤーに現実的な衝動を喚起するとき(反応)
欲求がリアリティーを与える。

逆に弱い衝動で、
日常としてのAIを賢く見せることはたいへんだったりする。

状況を限定すればするほど、人工知能は作りやすくなる。
ゲームAIはずっとそれを利用して来た(戦闘という極限状態)。

日常という散漫な状態のAIは作りにくい。
(たいていはパターンを埋め込む)

日常系AI

欧米



シムピープル

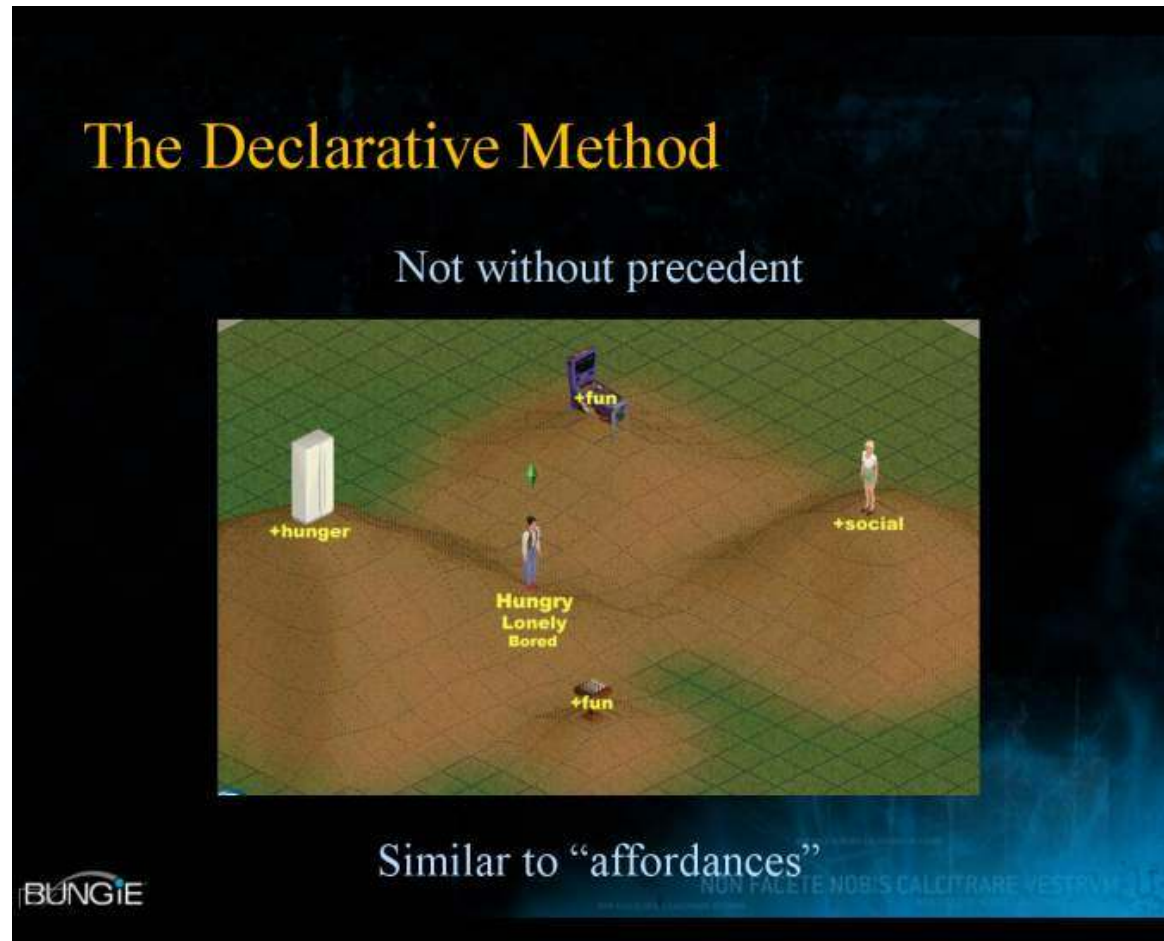
日本



絢爛舞踏祭

Halo3 AIデザインコンセプト

Declarative Method とは？



Damian Isla, "Building a Better Battle: HALO 3 AI Objectives" (GDC2008)
<http://www.bungie.net/inside/publications.aspx>

「AIが対象(タスク)を選択する方法」ではなく、
「対象(タスク)がAIを受け入れるかどうかを選ぶ方法」

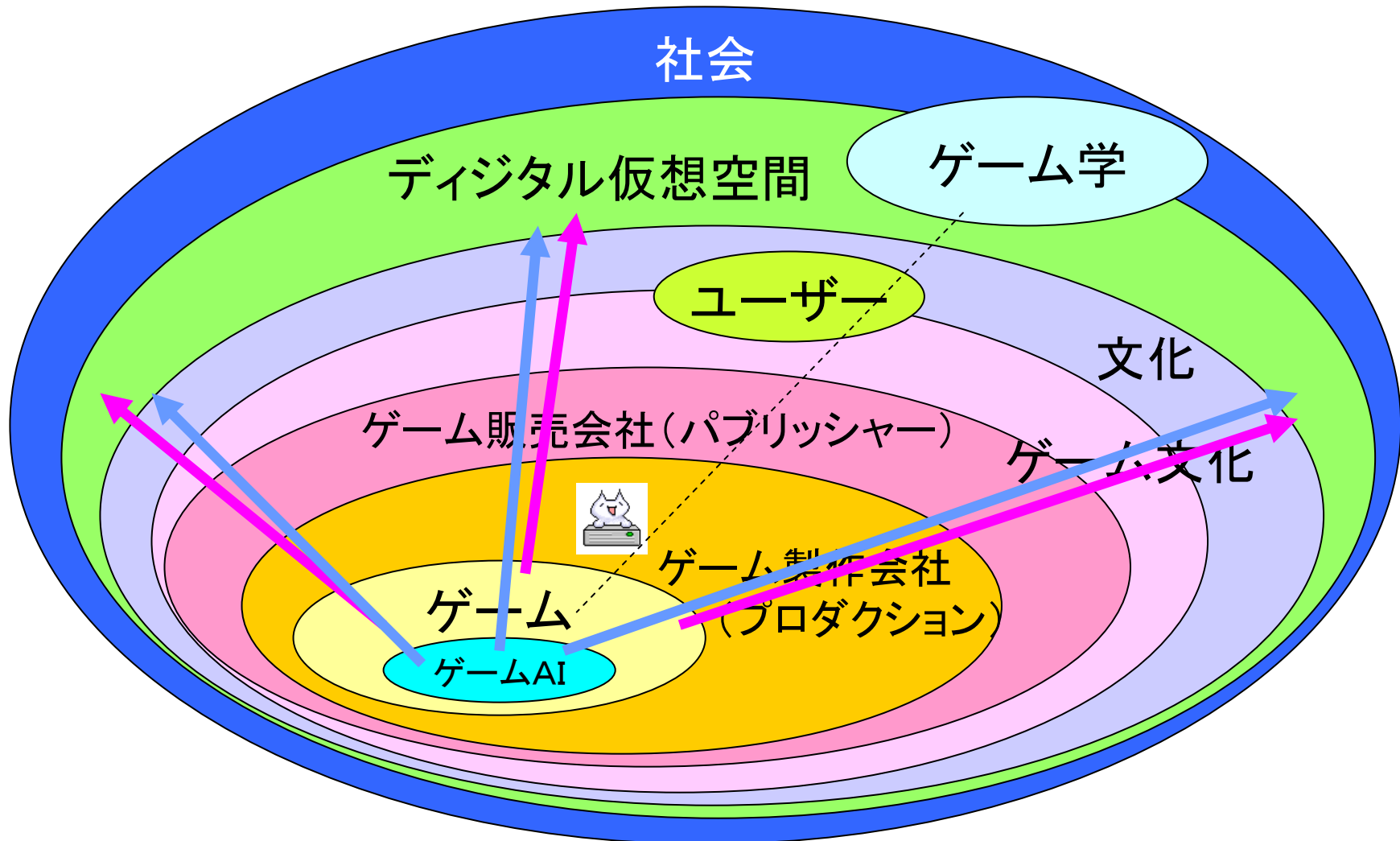
第3章 まとめ

- (1) 人は仮想世界においても、現実世界と同じように自分と同じ知性を求める。
- (2) 人が仮想世界である対象を知性と認めるためには、幾つかの原則がある。

第3章 まとめ

- (3) その原則をゲーム研究は探求して行く必要があるが、まだ、きちんと研究されていない。これからの課題である。(ゲームAIと心理学)

ゲームAIから社会を見る



- (4) 社会はますます仮想化されデジタル空間が拡大して行き、
AIの活躍の場はますます広がる。その中でもゲームは
最も密度の濃い内世界を構成し、人工知能の進化の場となるだろう。

[付録] ゲームAIの学習・研究の仕方

- (I) 日本語の文献が殆どない、或いは、資料は英語でよいものが多いので英語は必須。
- (II) ゲームAIの教科書は英語で多く出版されている。
- (III) WEB上にゲームAIでよい英語論文が見つかる。
- (IV) 日本語の資料は少ないが質が高い。

(I) 参考文献(日本語)

- (1) 「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

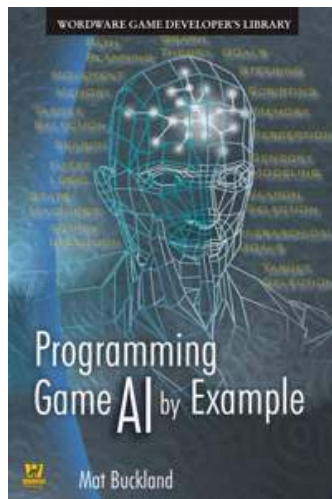
「実例で学ぶゲームAIプログラミング」

(*Mat Buckland* 著、松田晃一訳)

の解説が優れています。

ソースコードはWEB

<http://www.wordware.com/files/ai/>



できれば原書で読みましょう！

(I)参考文献(日本語)

(2)

- 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, 5, 6回セミナーの教科書、CEDEC2006の資料がDLできます。

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

(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 デジタルコンテンツ協会

デジタルコンテンツ制作の先端技術応用に関する調査研究報告書(第3章)

http://www.dcaj.org/report/2007/ix1_07.html

(PDFファイルがダウンロード出来ます。)

- ③ 人工知能学会誌 Vol. 23 No. 1 (2008 年 1 月) 「ゲームAI特集」
「デジタルゲームにおける人工知能技術の応用」(三宅)

(II)参考文献(英語)

WEB

Mat Buckland

ai-junkie <http://www.ai-junkie.com/ai-junkie.html>

Craig Reynolds

RAYNOLDS <http://www.red3d.com/>

リンク集 <http://www.red3d.com/cwr/games/>

Steven Rabin

GameAI <http://www.gameai.com/>

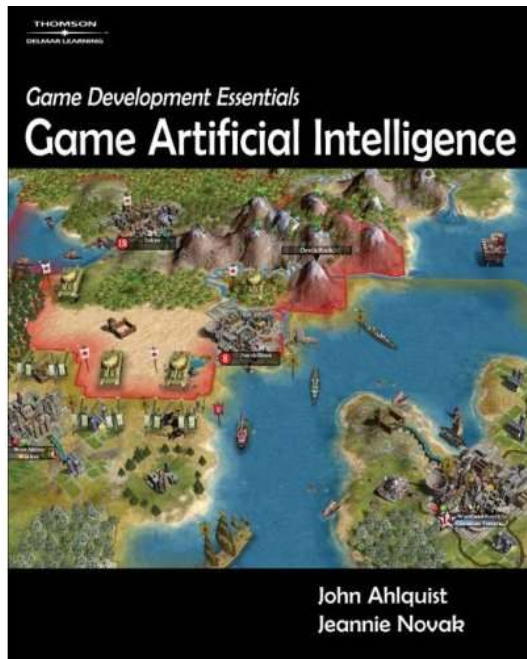
CGF-AI

CGF-AI <http://www.cgf-ai.com/>

リンク集 <http://www.cgf-ai.com/links.html>

(II)参考文献(英語)

書籍



欧米のゲームAIの歴史から最先端までがわかりやすく、解説されています。

文科系の方も理科系の方も読んで楽しめる本です。

John Ahlquist, Jeannie Novak
Game Development Essentials: Game Artificial Intelligence



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>



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)

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>



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)

次回予告

ゲームと社会と人工知能(II)

ー 協調するAI ー

- (1) 日本と欧米のAIの差を越えて
- (2) マルチエージェントが見せる地平
- (3) 次世代技術とゲームデザイン

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.m.4160@gmail.com

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

<http://www.igda.jp>