デジタルゲームにおける AIの歴史と現状

The History and Current Status of Digital Game AI

北陸先端科学技術大学院大学講演

三宅　陽一郎

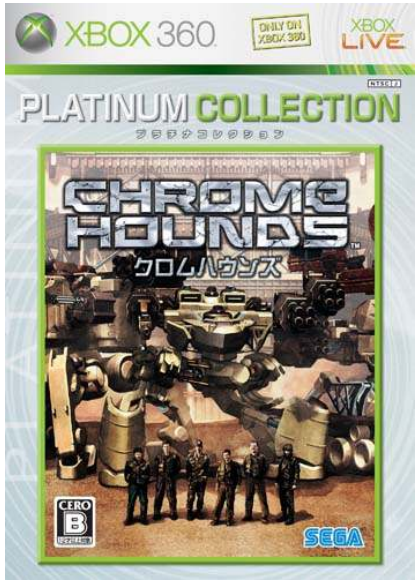
（株式会社 フロム・ソフトウェア）

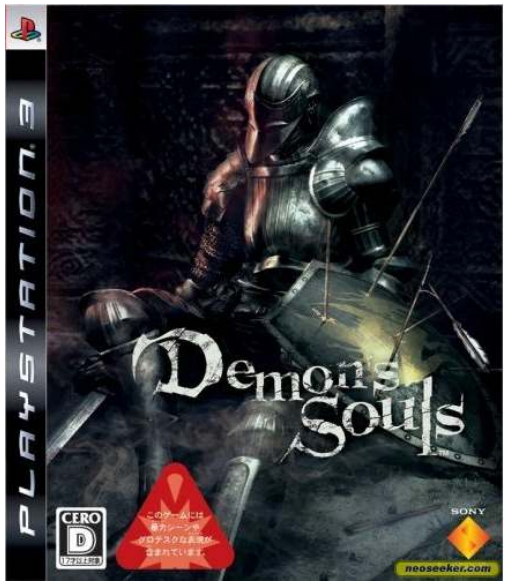
y.m.4160@gmail.com

2009. 7. 2

自己紹介

1999年京都大学総合人間学部基礎科学科卒業.
2001年大阪大学理学研究科修士課程物理学専攻修了.
2004年東京大学工学系研究科博士課程(単位取得満期退学)
同年、株式会社フロム・ソフトウェア入社.





デジタルゲームにおける人工知能の研究・開発

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

全講演資料を公開しています。

[講演]

2006年

CEDEC2006

「クロムハウンズにおける人工知能開発から見るゲームAIの展望 」

http://server02.joeswebhosting.net/~ig1347//modules/mydownloads/

2007年

AOGC2007 招待講演「人工知能が拓くオンラインゲームの可能性」

http://www.bba.or.jp/AOGC2007/080/

CEDEC2007 招待講演「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」

http://server02.joeswebhosting.net/~ig1347//modules/mydownloads/

Korea Game Conference 2007招待講演

2006 年～2007年

IGDA日本、ゲームAI連続セミナー「ゲームAIを読み解く」全６回

http://server02.joeswebhosting.net/~ig1347//modules/mydownloads/

2008年

CEDEC2008 招待講演「ゲーム開発のためのプロシージャル技術の応用」

http://cedec.cesa.or.jp/2008/archives/archive_1.html

DiGRA JAPAN 公開講座「Spore におけるゲームAI技術とプロシージャル 」

http://www.digrajapan.org/modules/mydownloads/viewcat.php?cid=10

IGDA日本 GDC報告会「GDCに見る最新AIとプロシージャル技術」

http://server02.joeswebhosting.net/~ig1347//modules/mydownloads/

2009年

IGDA日本 GDC報告会「これからのゲームAIの作り方」

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

http://server02.joeswebhosting.net/ ~ig1347// は、http://www.igda.jp/ へ移行予定です。

自己紹介

[特別論文]

人工知能学会誌　Vol. 23 No. 1 (2008 年 1 月)「ゲームAI特集」

「ディジタルゲームにおける人工知能技術の応用」（三宅）

[報告書]

デジタルコンテンツ協会

２００７年度　第３章「ゲームAI」

「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」

２００８年度　第３章「プログラミングAI」

「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」

ゲームAIの情報について、総合的にまとめてあります。

http://www.dcaj.org/report/index.html　よりPDFダウンロードできます。

[インタビュー]

大学からゲームメーカーへ――AI研究で広がるステキなゲームの世界とは？

http://gamez.itmedia.co.jp/games/articles/0901/08/news129_3.html

http://gamez.itmedia.co.jp/games/articles/0901/09/news075.html

（ブログ） y_miyake のゲームAI千夜一夜 （IGDA日本）

http://blogai.igda.jp/

コンテンツ

第１部　ゲームとは何か？

第２部　ゲームにおける人工知能の歴史

本日の内容は、昨年度、三宅がまとめた、
「ゲームAIの歴史」
http://www.dcaj.org/report/2008/ix1_03.html
http://www.dcaj.org/report/2008/data/dc_08_03.pdf
（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」
P.73 – 137.）
に沿っています。どなたでもダウンロードできますので、是非、ご覧ください。

本講演の主旨

① 学生、研究者の皆様に「デジタルゲーム」の現状について知って頂く。

② 「デジタルゲームのAI」の技術を紹介することで、皆様の研究の参考にして頂く。

（気になったものをメモして後で調べてください）

※今回は時間の都合上、「キャラクターAI」に限定して話をすることにします。この資料の上では、AIと言えばキャラクターAIを指すことにします。

コンテンツ

第１部　ゲームとは何か？

第２部　ゲームにおける人工知能の歴史

質疑応答

第1部　ゲームとは何か？

ゲームとは何か？

ゲームとは何でしょうか？
考えたことがありますか？

今日は一緒に考えてみましょう。

ゲームの分類

ゲームには
どんな種類のものがあるでしょうか？

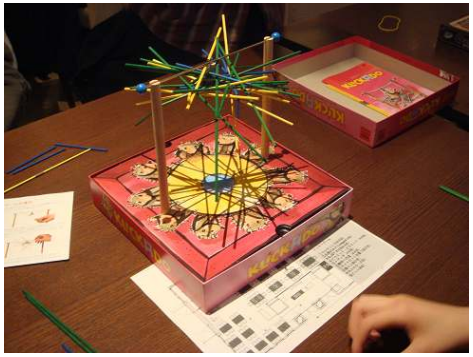
ゲームの種類

	ゲームの種類	詳細な分類	さらに詳細な分類
①	アナログゲーム	カードゲーム ボードゲーム ギミックゲーム	ウォーゲーム 積み木ゲーム シミュレーションゲーム トレーディングカードゲーム

カタン

スリードラゴンアンティ

人狼



？

ゲームの種類

	ゲームの種類	詳細な分類	さらに詳細な分類
②	デジタルゲーム	商業ゲーム インディーズ・ゲーム シリアスゲーム カジュアルゲーム ハードコアゲーム オンラインゲーム オフラインゲーム	カードゲーム シミュレーションゲーム アクションゲーム　戦略ゲーム アドベンチャーゲーム 恋愛シミュレーション・ゲーム パズルゲーム（落ちゲー） コンストラクション・ゲーム RPGゲーム　スポーツゲーム 音ゲーム

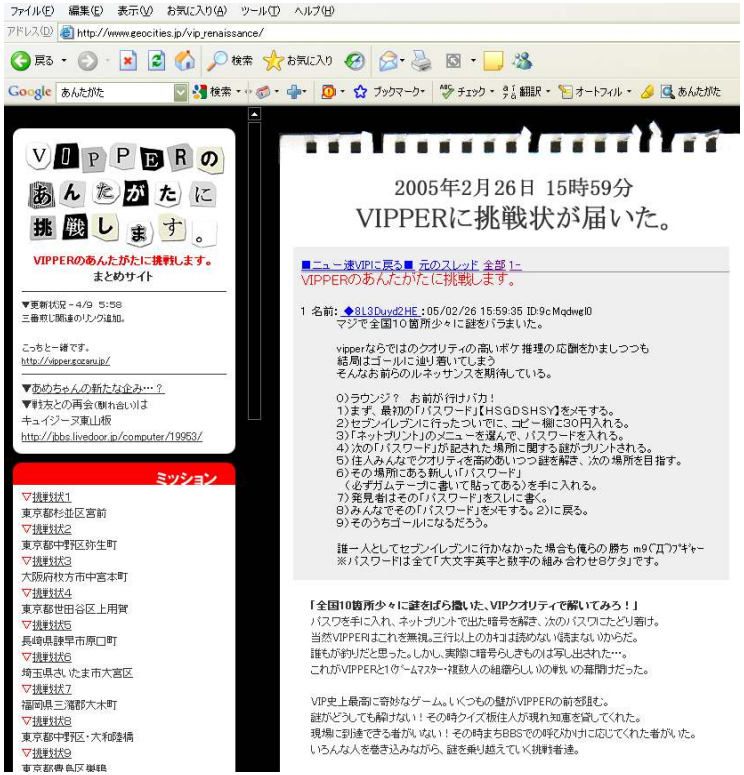
シムシティ4
（コンストラクション）

ハーツオブアイアン2
（シミュレーション）

パラッパラッパー（音ゲー）

ゲームの種類

	ゲームの種類	詳細な分類	さらに詳細な分類
③	代替現実ゲーム（ARG）	ネット カード 現実の施設 ファックス	Perplex City I love bees あんたがた



ネット、架空サイト、2ch、
TV番組、電話、ファックス、
セブンイレブンのサービスなど、
電話ボックス、看板、など、
現実にあるギミックを使用して、
ヒントを点在させながら、
謎解きをさせるゲーム

？

	ゲームの種類	詳細な分類	さらに詳細な分類
①	アナログゲーム	カードゲーム ボードゲーム ギミックゲーム	ウォーゲーム 積み木ゲーム シミュレーションゲーム トレーディングカードゲーム
②	デジタルゲーム	商業ゲーム インディーズ・ゲーム シリアスゲーム カジュアルゲーム ハードコアゲーム オンラインゲーム オフラインゲーム	カードゲーム シミュレーションゲーム アクションゲーム　戦略ゲーム アドベンチャーゲーム 恋愛シミュレーション・ゲーム パズルゲーム（落ちゲー） コンストラクション・ゲーム RPGゲーム　　スポーツゲーム 音ゲーム
③	代替現実ゲーム （ARG）	ネット　カード 現実の施設 ファックス	Perplex City I love bees あんたがた
④	スポーツ	球技・アスリート	サッカー、走り高跳び…
⑤	伝統的ゲーム	身体を使う	おにごっこ、かくれんぼ、 缶蹴り、タッチおに

	ゲームの種類	詳細な分類	さらに詳細な分類
①	アナログゲーム	カードゲーム ボードゲーム ギミックゲーム	ウォーゲーム 積み木ゲーム シミュレーションゲーム トレーディングカードゲーム
③	代替現実ゲーム （ARG）	ネット　カード 現実の施設 ファックス	Perplex City I love bees あんたがた
④	スポーツ	球技・アスリート	サッカー、走り高跳び…
⑤	伝統的ゲーム	身体を使う	おにごっか、かくれんぼ、 缶蹴り、タッチおに

ゲームには、実にいろいろな種類のゲームがある。

ゲームを定義できるか？

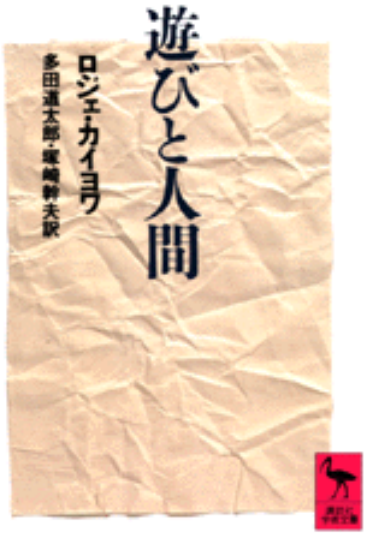
① ルール ② プレイヤー ③ フィールド

…

我々はゲームという概念をよく知っているつもりでいる。
しかし、厳密にゲームを定義することは、
それほど簡単なことではない。

ゲームという広大なフィールドは
研究するに値する深さと広がりを持っている

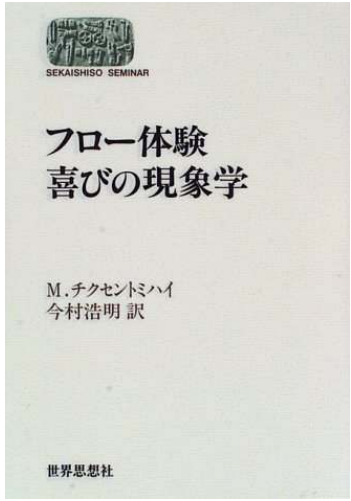
ゲームを研究する（研究者）



『遊びと人間』
ロジェ＝カイヨワ

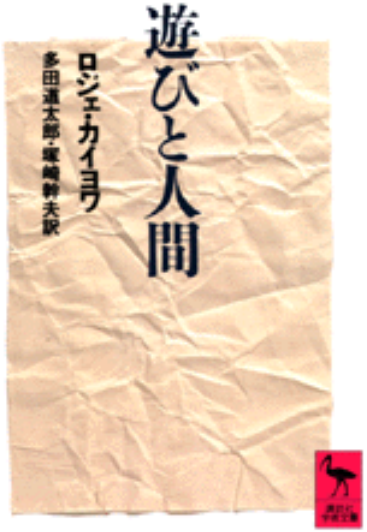
『Rules of Play』
Katie Salen,
Eric Zimmerman

『Ludology』
（ゲーム学）
Gonzalo Frasca



『フロー体験』
チクセントミハイ

ゲームを研究する（研究者）



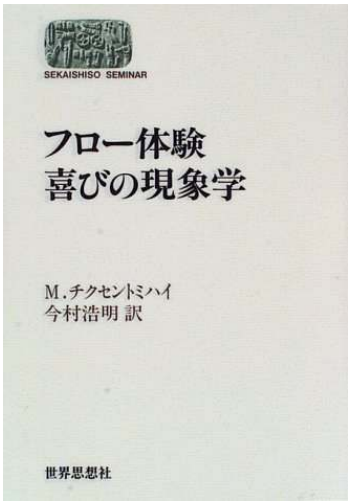
『遊びと人間』
ロジェ＝カイヨワ
（1958）

遊びの快楽を4つに分類

アゴーン（競争）、アレア（偶然）、
ミミクリ（模倣）、インクリンクス（賭）

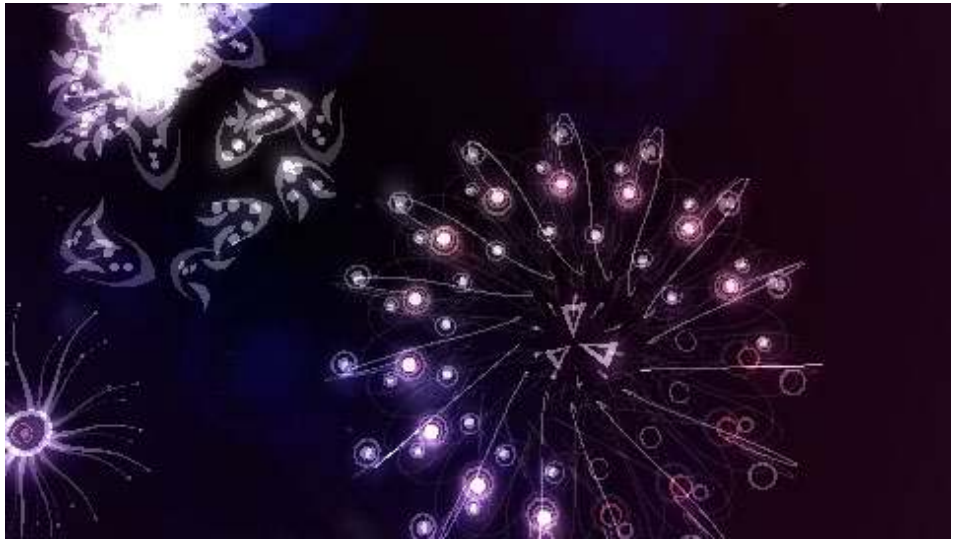
人類学から『遊び』を研究する

ゲームを研究する（研究者）



『フロー体験』
チクセントミハイ

人が心地よくなる体験とは何か？　（フロー体験）



http://game.watch.impress.co.jp/docs/20080410/ps3on.htm

ゲームを研究する（研究者）

『Ludology』
（ゲーム学）
Gonzalo Frasca
（1999）

ゲームを物語論（narratology）ではなく
ゲームそのものとして扱うべき、という考えから、
ゲーム学（ludology）という言葉を作って、
ゲーム学の端緒を作る。

※ludoは、ラテン語で「遊ぶ」(I play)を意味する

ゲームを研究する（研究者）

『Rules of Play』
Katie Salen,
Eric Zimmerman
（2002）

可能性空間

（＝ユーザーのアクションがゲーム空間内で影響・意味のある範囲）

マジックサークル

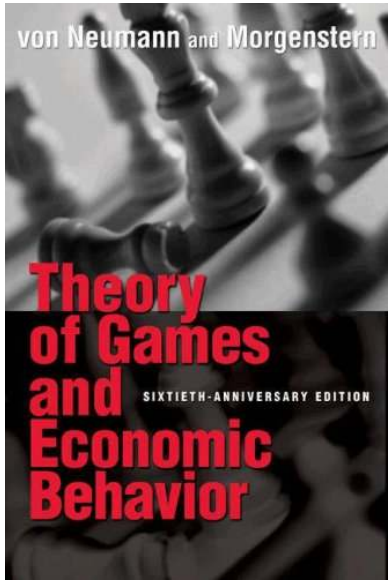
（＝　ゲームの面白さを味わう行為のループ

ゲームで研究する

世の中の現象をゲームとして捉えて研究する

経済

フォン・ノイマン、
モルゲンシュタイン



生物進化

メーナード・スミス

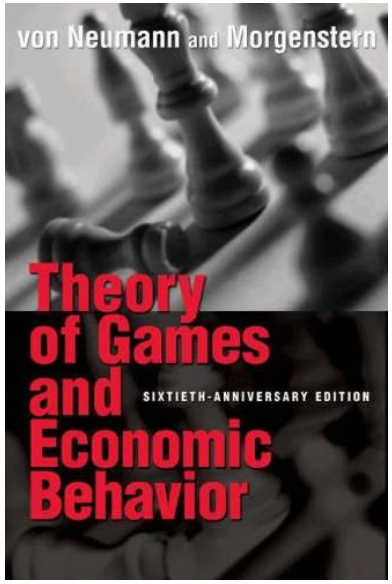
ESS（安定な進化戦略）

ゲームで研究する

世の中の現象をゲームとして捉えて研究する

経済

フォン・ノイマン、
モルゲンシュタイン



経済活動をゲームとして捉えて、
ミニマックス定理など、
ゲーム原理上の定理を用いて、
経済現象を定式化した、革命的な仕事。

ゲームで研究する

世の中の現象をゲームとして捉えて研究する

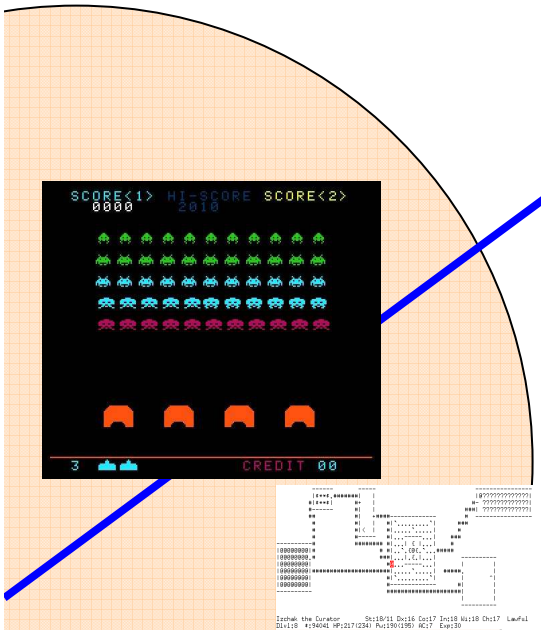
生物進化

メーナード・スミス

ESS（安定な進化戦略）

進化をゲームとして見立てて、
生物がどのような戦略のもとに進化して
行くかを説く。

ゲームを創作する



ゲームを創作する

これまでにないゲームを作る

ゲームを創作する

（ゲームはゲームを製作する者によって進化する）







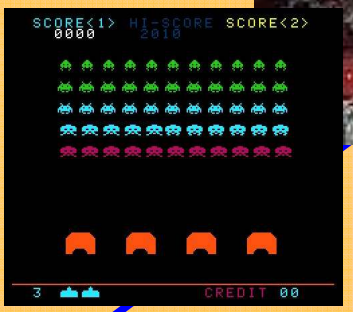
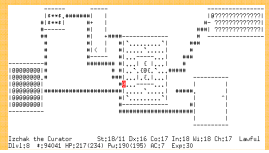










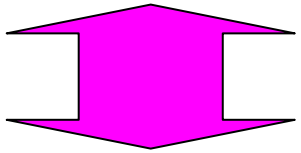



ゲーム作りはプロ開発者に限らない。
誰が行なってもよい。面白ければ勝ち。

ゲームを創作する

学問としてのゲーム

ゲーム研究者、ジャーナリスト、ゲームファン
「ゲームとはこういうものだ」と定式化する。



芸術（創作）としてのゲーム

ゲーム開発者
「ゲームとはこういうものだ」と固定観念を壊して、
新しいものを創造して行く

ゲームを創作する

（ゲームはゲームを製作する者によって進化する）

ゲーム開発者になるとは、
ゲームの進化の流れの中に身を置いて、
ゲームの進化に貢献する人間となること。

ゲーム作りはプロ開発者に限らない。
誰が行なってもよい。面白ければ勝ち。

ゲームの未来

ゲームの進化の果てには、
何があるのでしょうか？

…誰もわからない。

100年、200年後のゲームは、
どうなっているのか？

ほっておいても進化しない。
ゲーム開発を続けることで、
過去から未来へつないで行く。

第一章まとめ

① ゲームを研究する。
② ゲームで研究する。
③ ゲームを創作する。

「ゲーム」という概念の中には、人間の知識、生活にとって、
奥深い認識、まだ発見されていない機能が隠されている。

たとえ、ゲーム開発者にならなくても、
ゲームから物事を捉えること、
ゲームとして物事を捉えること、
ゲームを実際に作ってみることには、
新しい世界の見方を教えてくれる。

第一章まとめ

①デジタルゲームは既に単なるピコピコゲームではない。
　３０年をかけて、技術と共に進化されて来た。

②デジタルゲームは既に科学的/哲学的研究の
　対象である。（学会：DiGRA デジタルゲーム学会）

③ゲーム開発もそういった研究の成果を取り入れて、高
　いレベルでデザインして行く時代になりつつある。

コンテンツ

第１部　ゲームとは何か？

第２部　ゲームにおける人工知能の歴史

第３部　知性とは何か？

第2部

ゲームにおける人工知能の歴史

第2部　ゲームにおける人工知能の歴史

第一章　知性とは何か？

第二章　ゲームAIの歴史

- 第１期　パターンAIとプロシージャルAI
- 第２期　構造化されるAI
- 第３期　AIアーキテクチャの時代

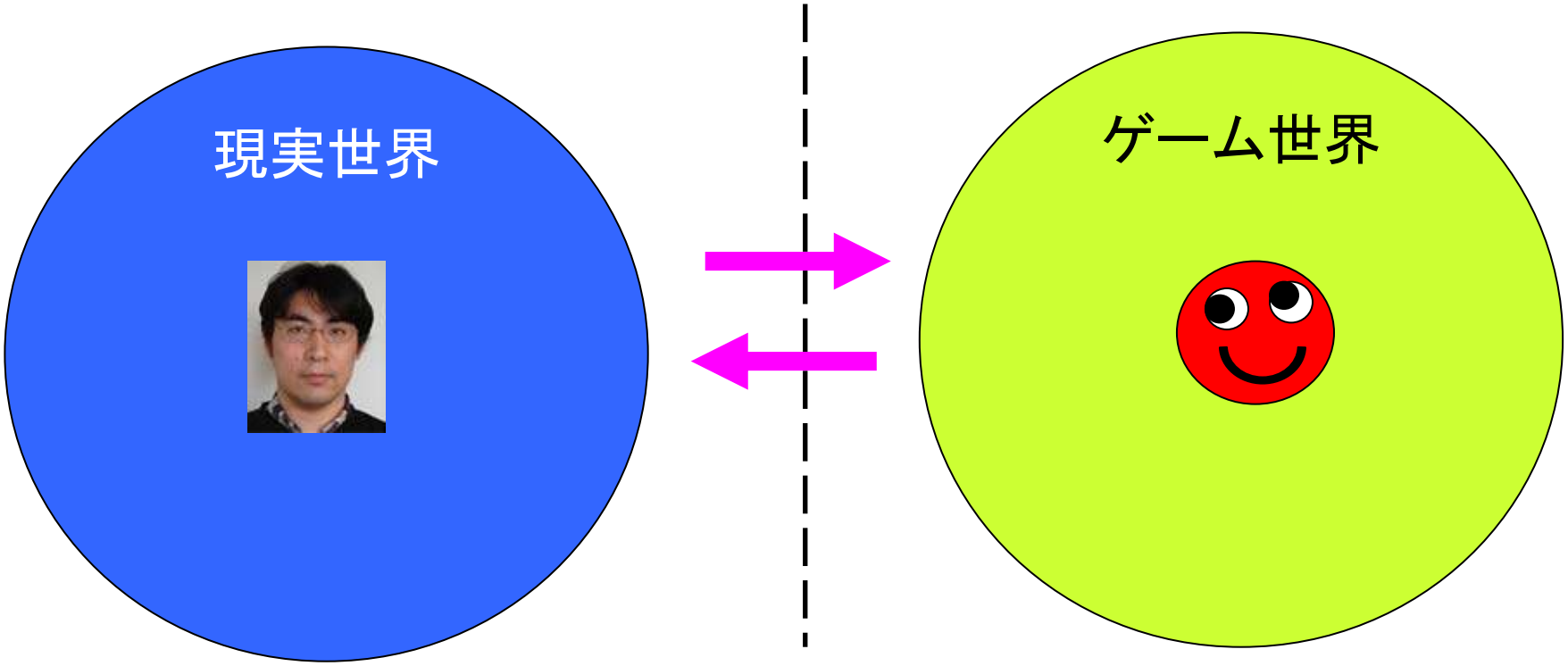
第一章　知性とは何か？

知性とは何か？

知性とは何か？
考えたことがありますか？

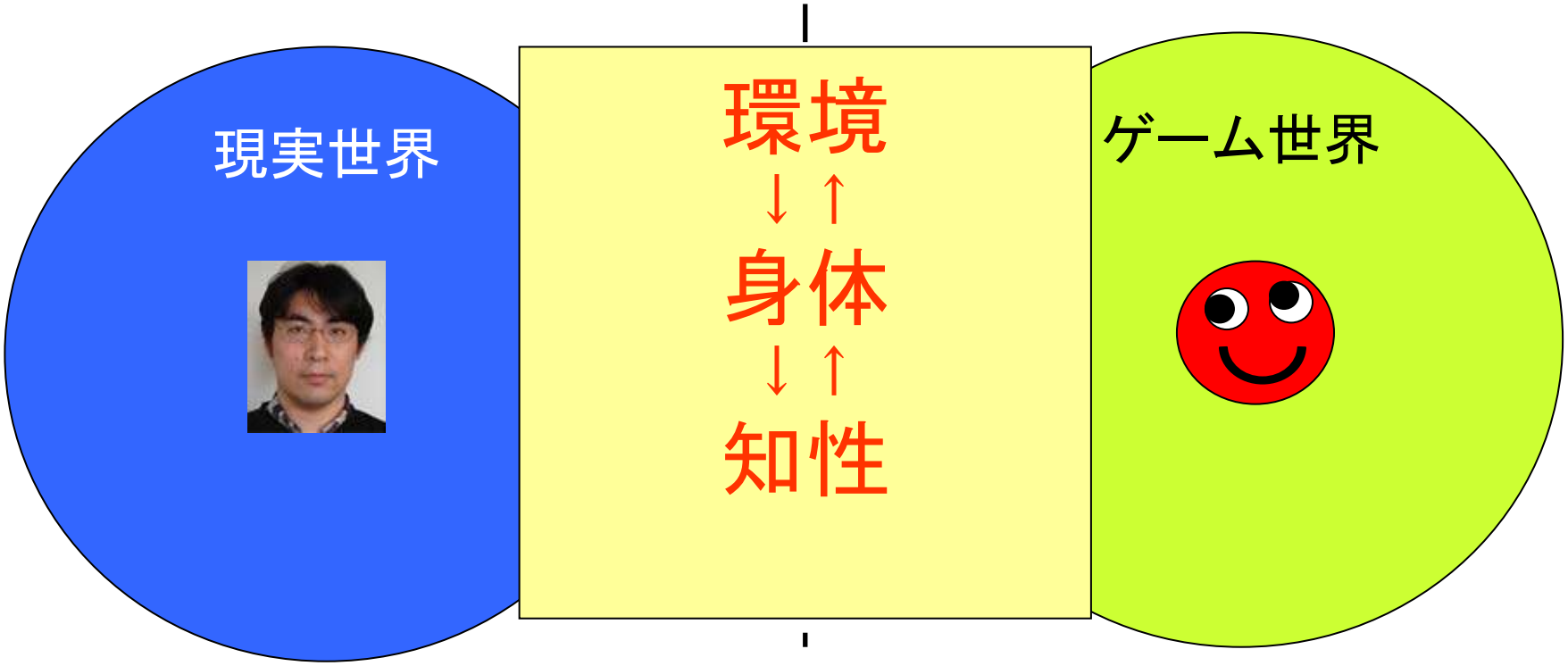
知性とは思考？
知性とは知識？
知性と知能は違うのか？

知性は環境に対して相対的に生成される
（本来は進化の過程で）



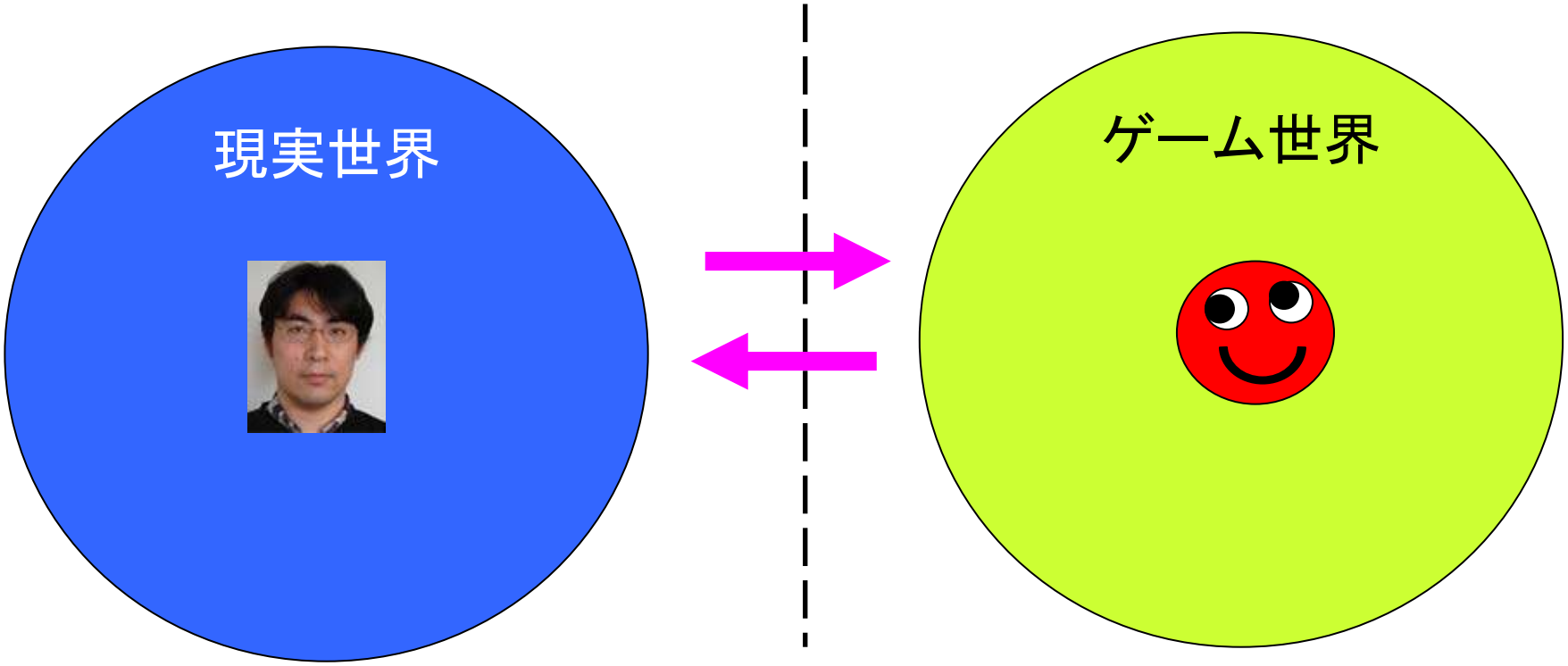
現実の知性を知れば、デジタル空間の知性の作り方もわかるはず。

知性は環境に対して相対的に生成される
（本来は進化の過程で）



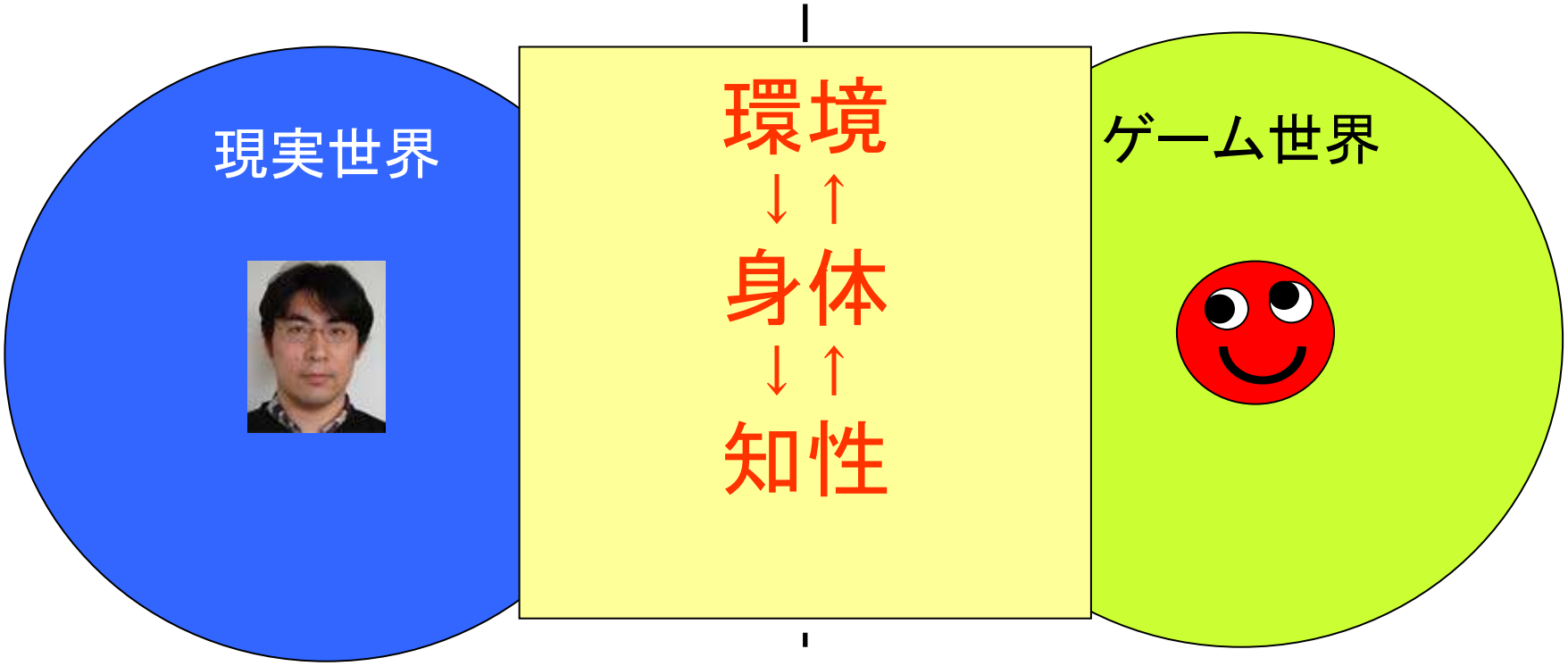
現実の知性を知れば、デジタル空間の知性の作り方もわかるはず。

知性は環境に対して相対的に生成される
（本来は進化の過程で）



現実の知性を知れば、デジタル空間の知性の作り方もわかるはず。

知性は環境に対して相対的に生成される
（本来は進化の過程で）

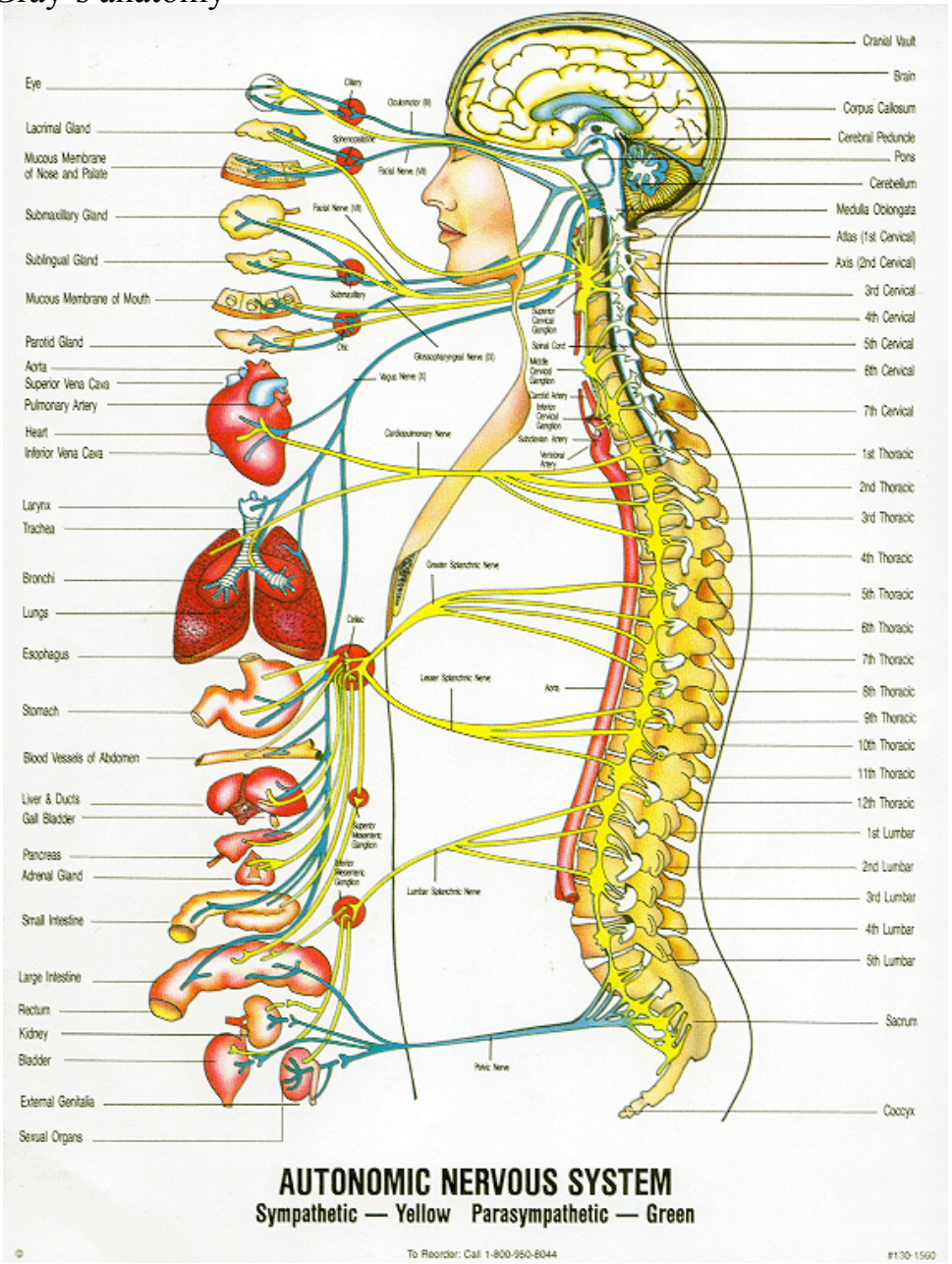


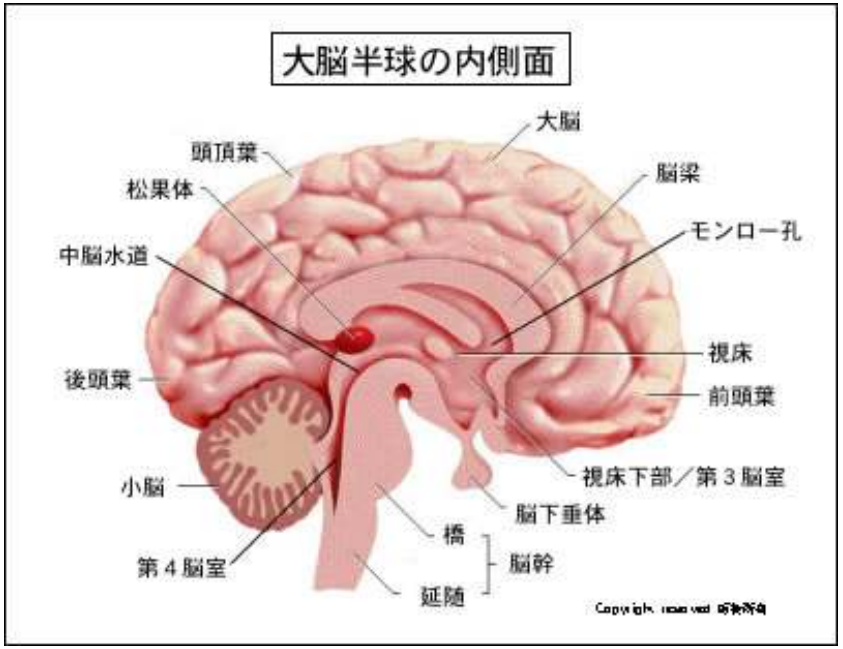
現実の知性を知れば、デジタル空間の知性の作り方もわかるはず。

まず、人間の知性の話をしましょう。

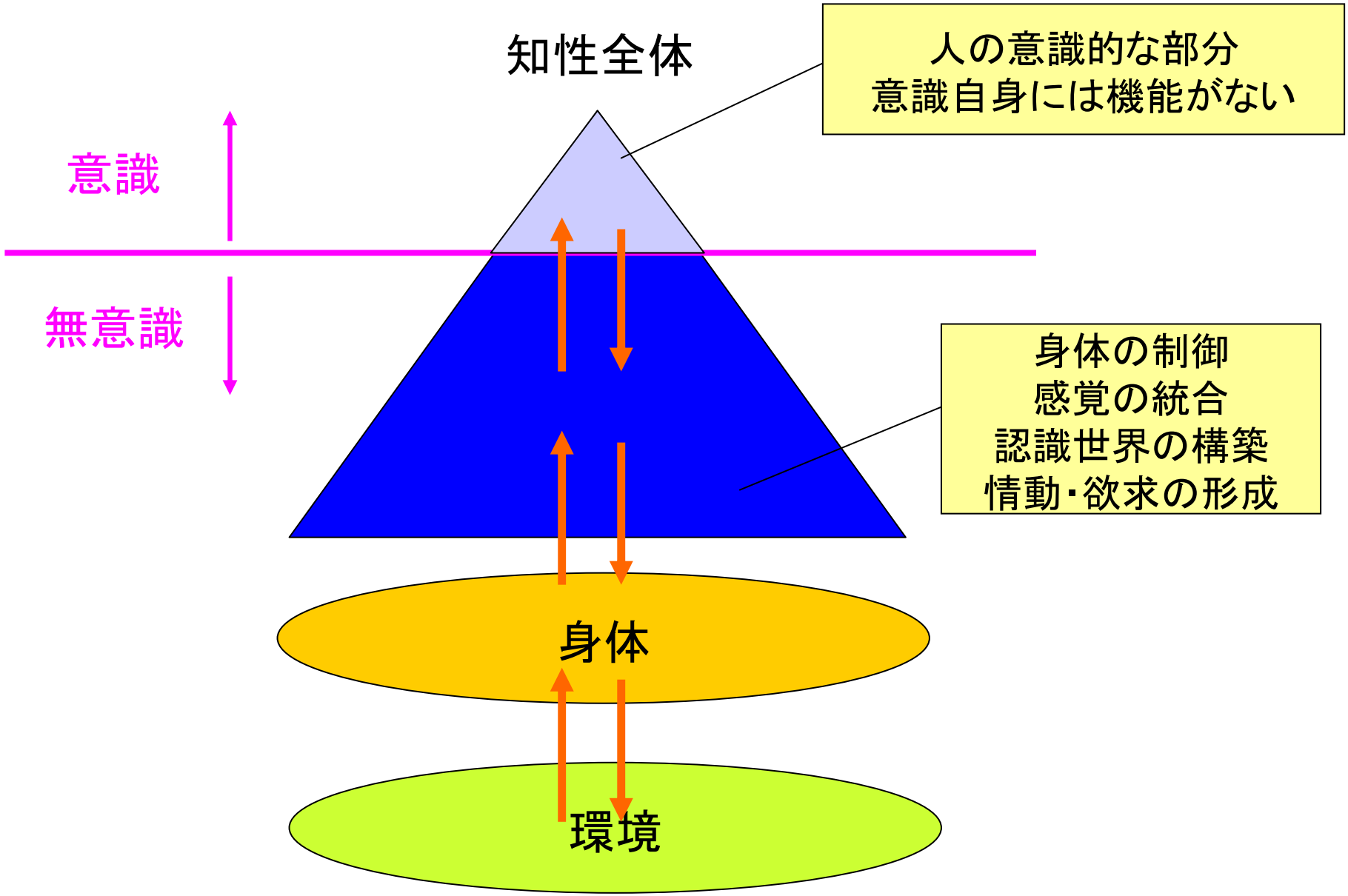
身体と脳

Gray's anatomy

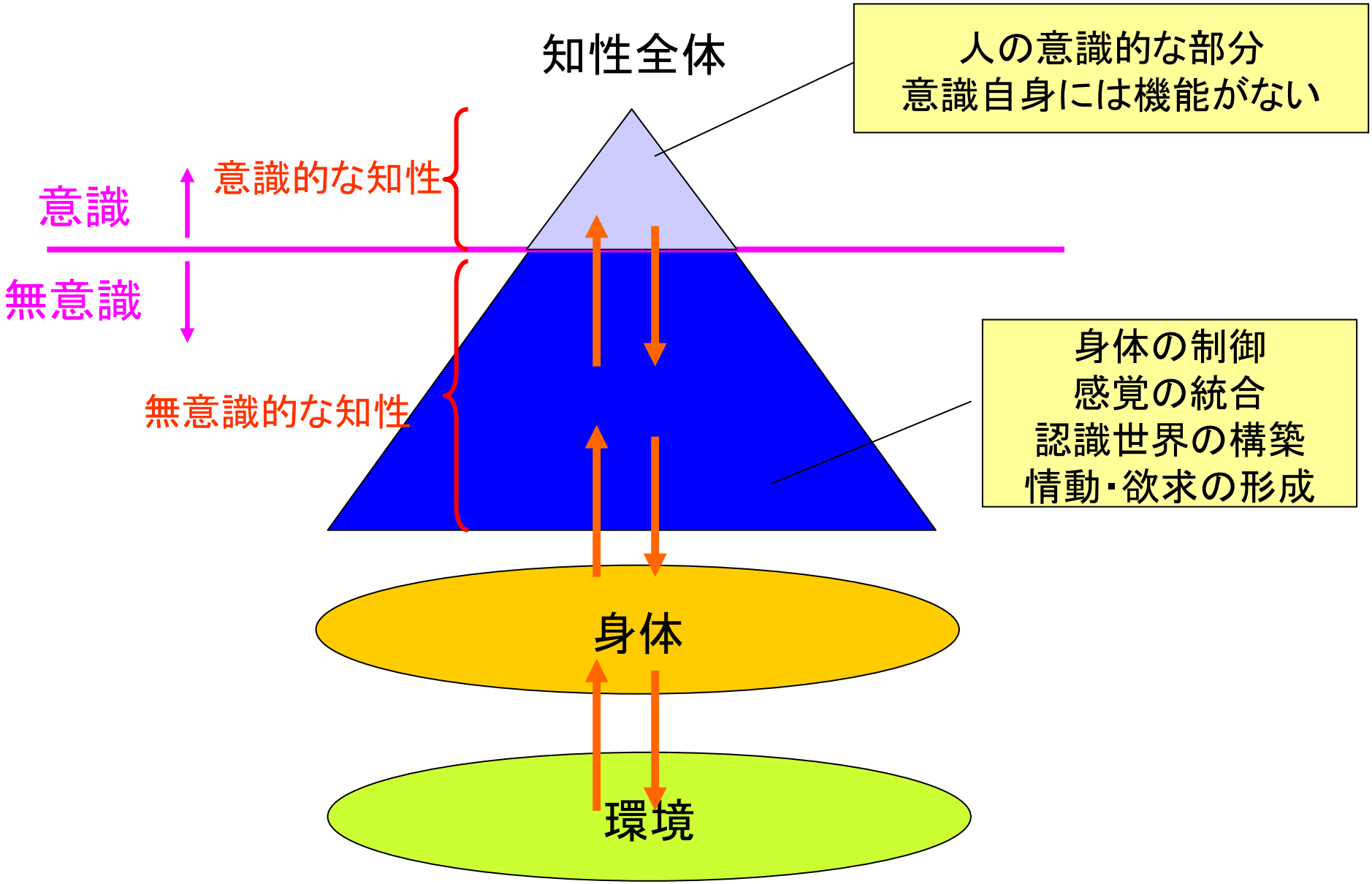




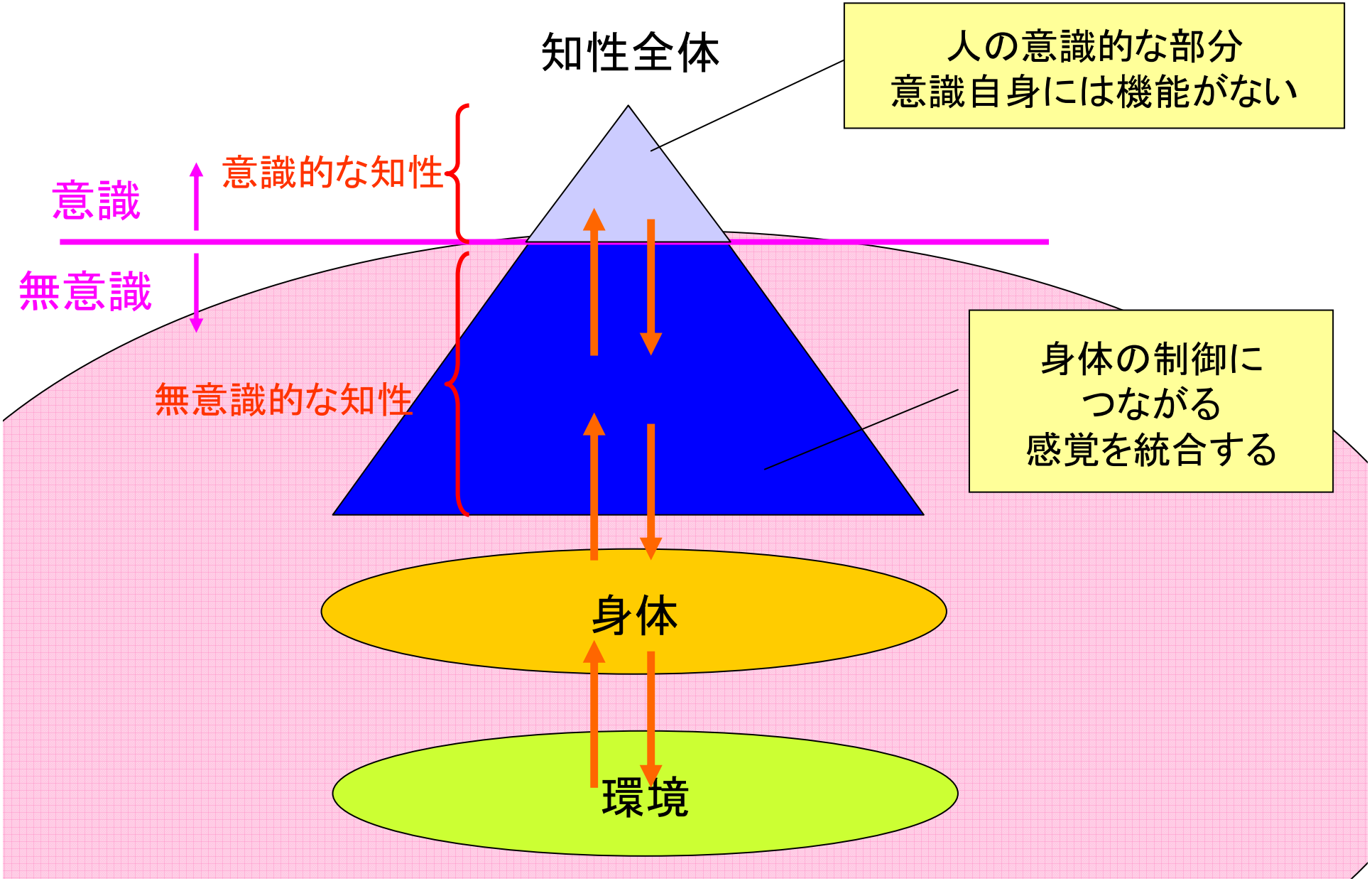
意識/無意識の知性


知性全体
人の意識的な部分
意識自身には機能がない
意識
無意識
身体の制御
感覚の統合
認識世界の構築
情動・欲求の形成
身体
環境

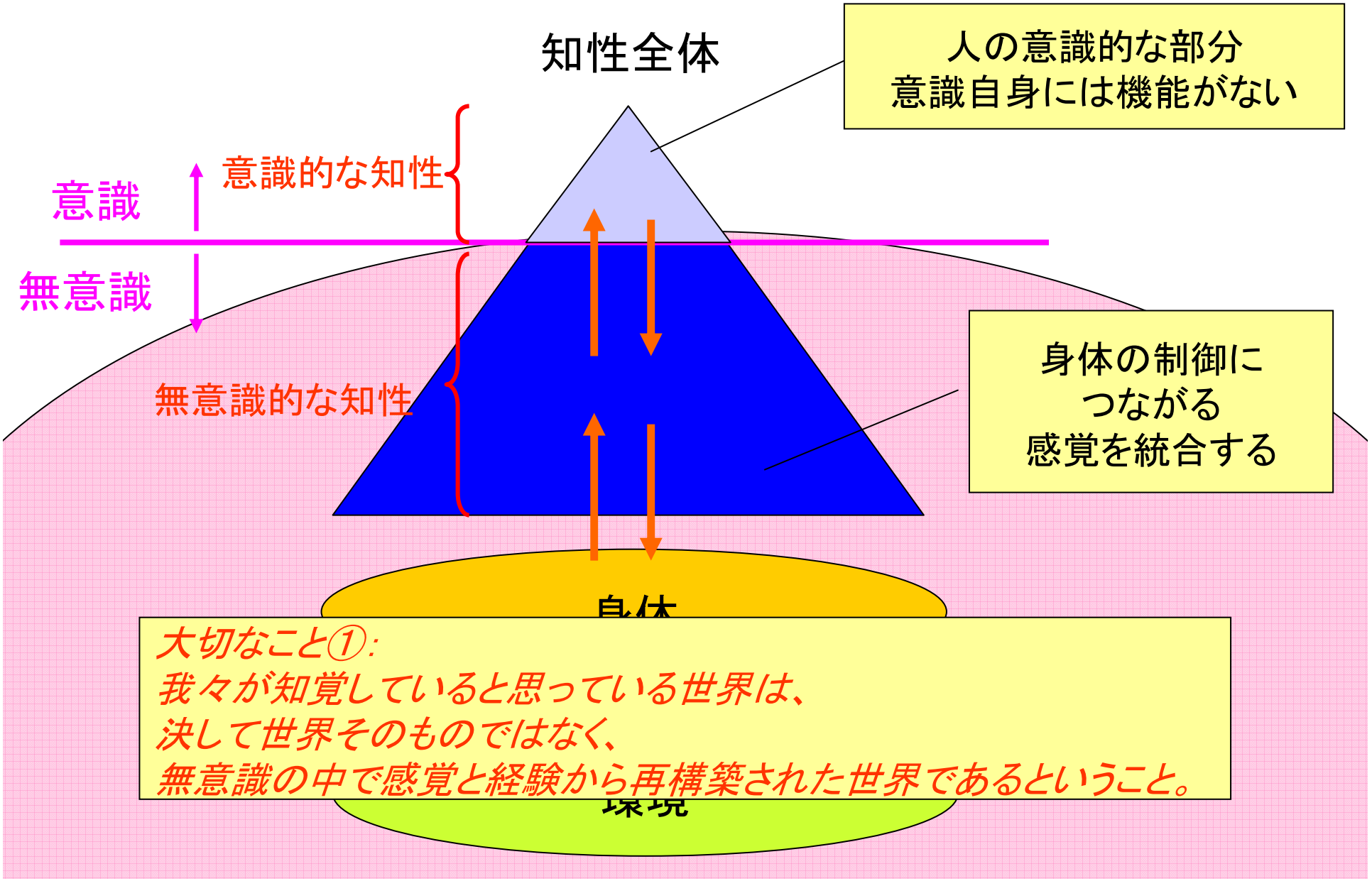
意識/無意識の知性


知性全体
人の意識的な部分
意識自身には機能がない
意識
意識的な知性
無意識
無意識的な知性
身体の制御
感覚の統合
認識世界の構築
情動・欲求の形成
身体
環境

意識/無意識の知性


知性全体
人の意識的な部分
意識自身には機能がない
意識
意識的な知性
無意識
無意識的な知性
身体の制御に
つながる
感覚を統合する
身体
環境

意識/無意識の知性

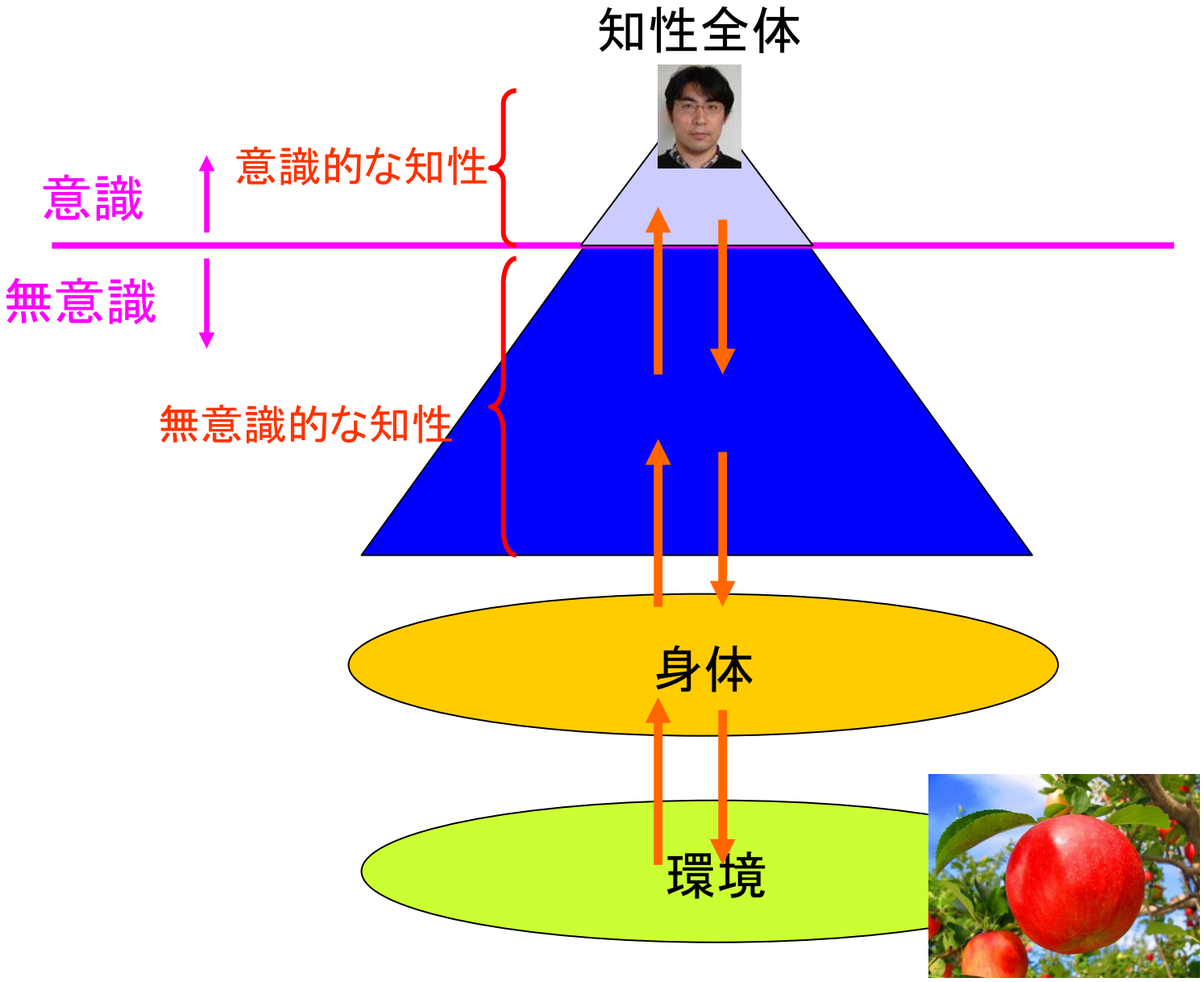


大切なこと①:
我々が知覚していると思っている世界は、
決して世界そのものではなく、
無意識の中で感覚と経験から再構築された世界であるということ。

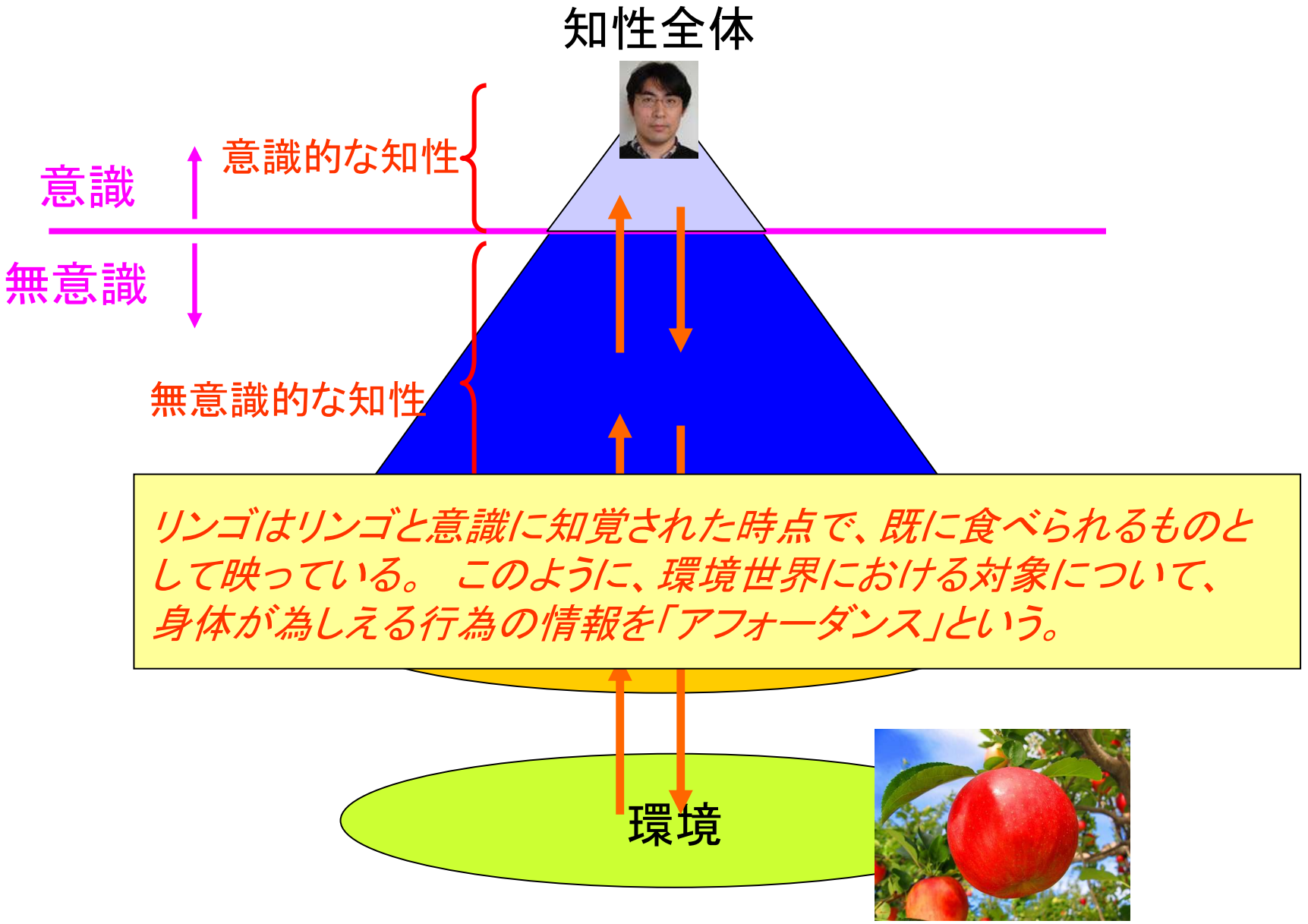
アフォーダンス

① リンゴを見たとき、なぜリンゴを判断できるか？　（学習）
② リンゴを見たとき、なぜ食べることができると思えるか？（学習）
③ リンゴを見たとき、なぜ唾液が出るか？（無意識）

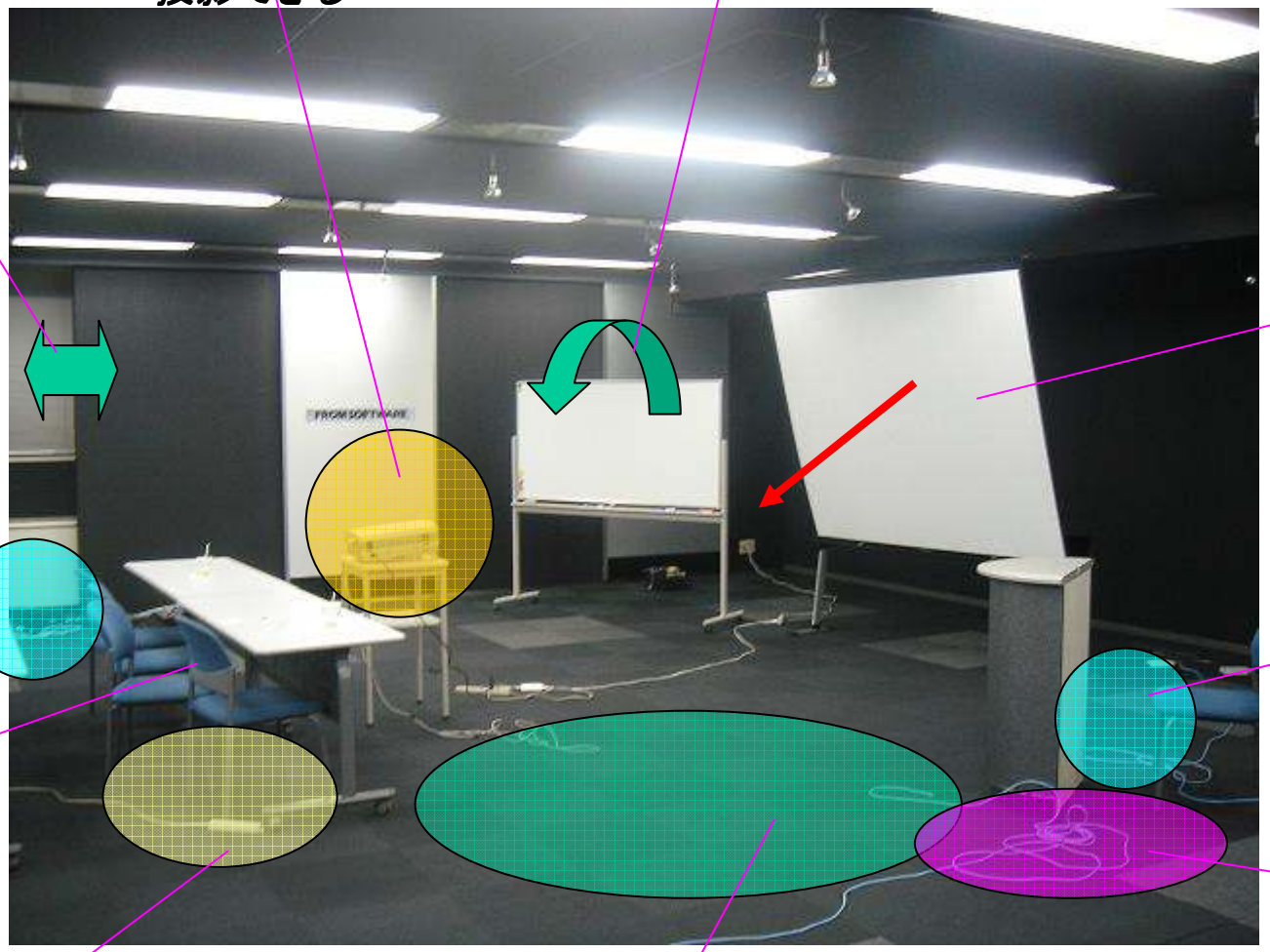
アフォーダンス



アフォーダンス


知性全体
意識
意識的な知性
無意識
無意識的な知性
リンゴはリンゴと意識に知覚された時点で、既に食べられるものとして映っている。 このように、環境世界における対象について、身体が為しえる行為の情報を「アフォーダンス」という。
環境

人は自分の身体を基準にして環境に対して いろいろな情報が埋め込んでいる



左右に動かせる

スイッチを入れれば 投影できる

折り曲げることができる

倒れるかも

通れない

通れるかな？

引けば座れる

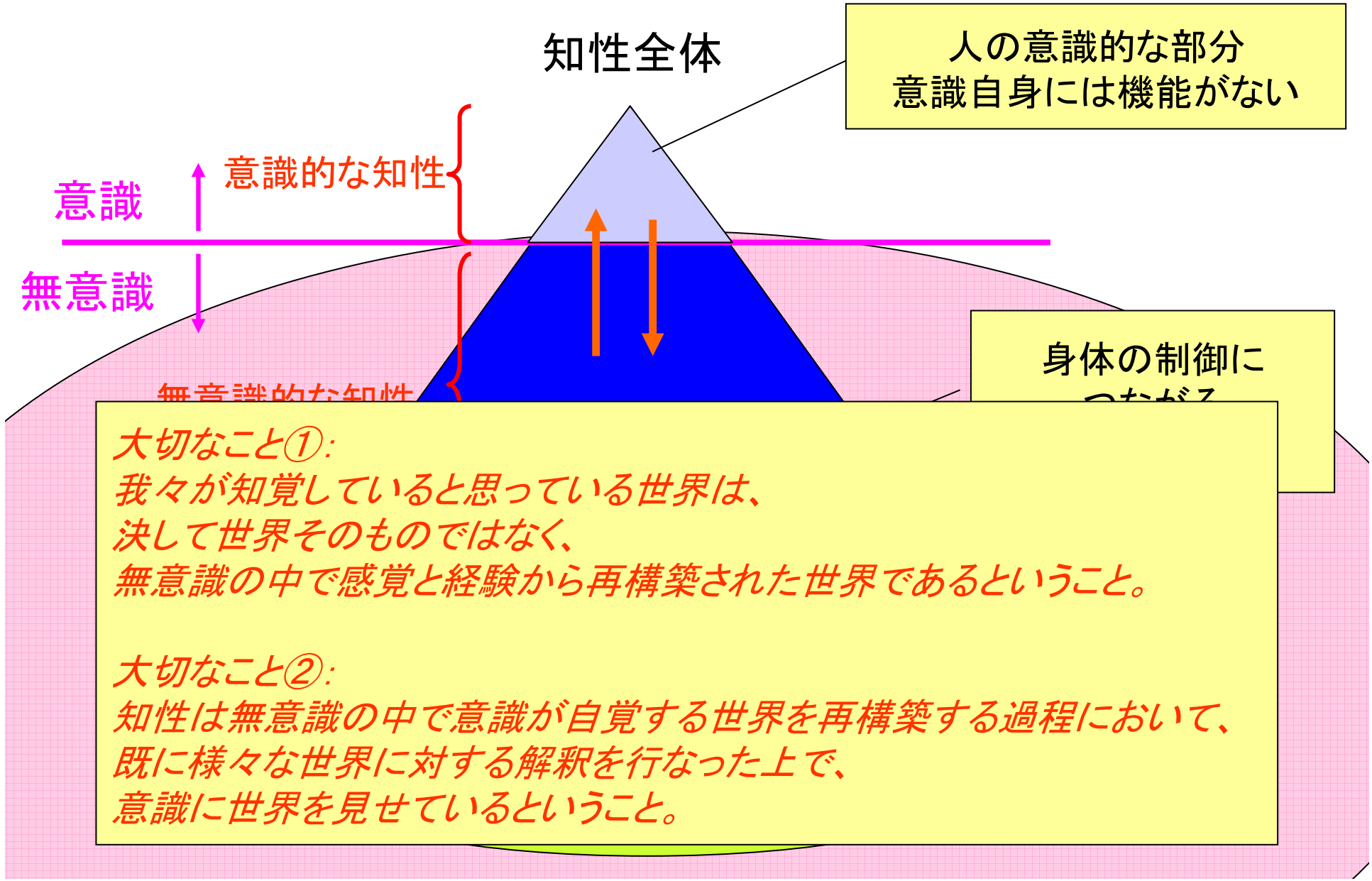
こけるかも

プロジェクターの コンセント届くかもしれない

歩くことができる

…だから行動できる

意識/無意識の知性

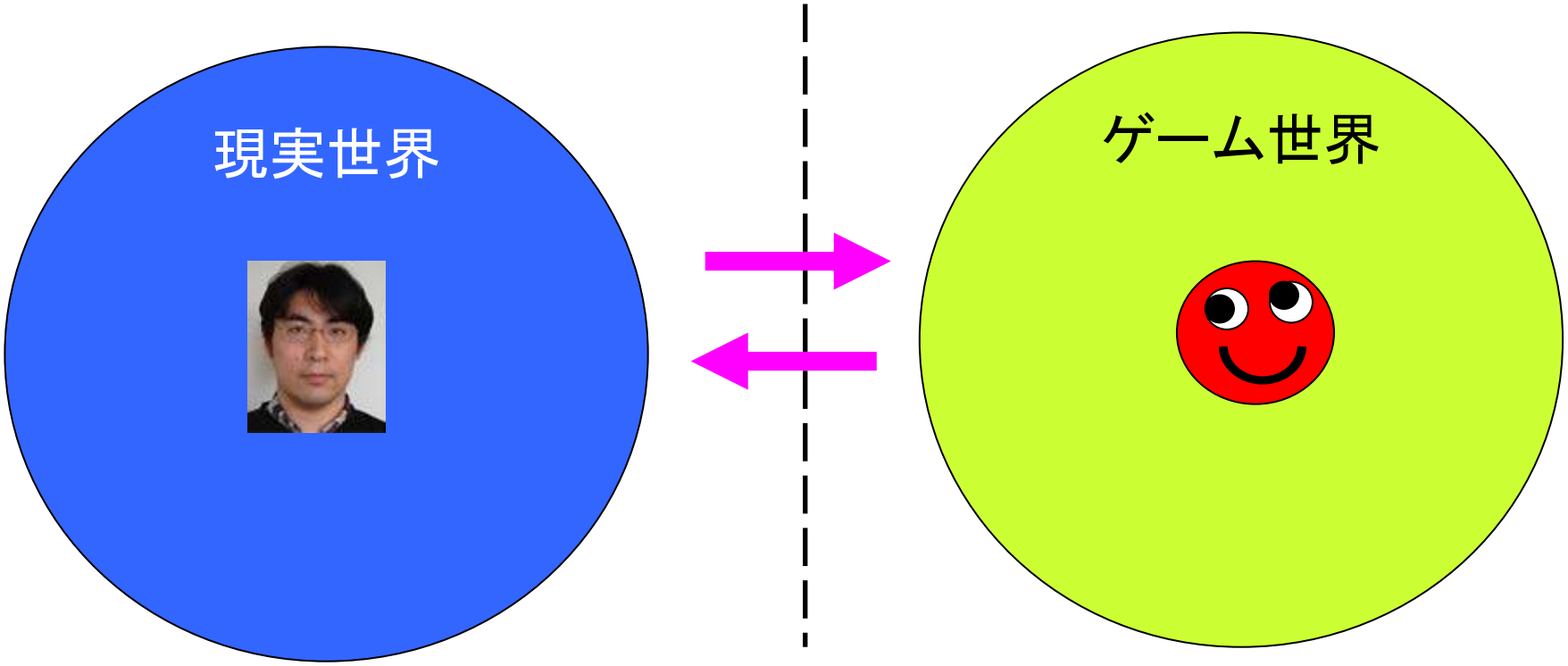


大切なこと①:
我々が知覚していると思っている世界は、
決して世界そのものではなく、
無意識の中で感覚と経験から再構築された世界であるということ。

大切なこと②:
知性は無意識の中で意識が自覚する世界を再構築する過程において、
既に様々な世界に対する解釈を行なった上で、
意識に世界を見せているということ。

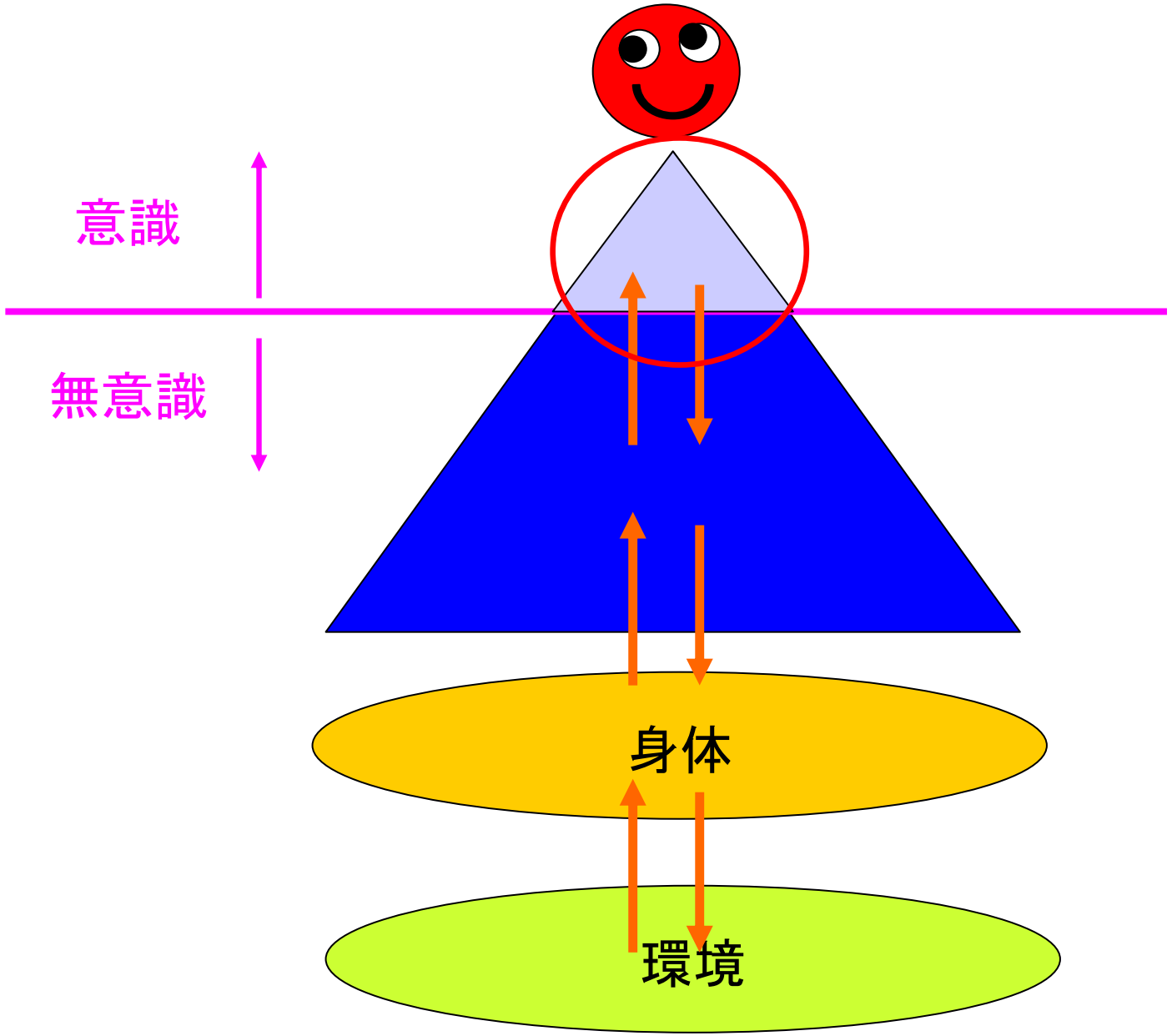
では、デジタルゲームのAIは
どうでしょうか？。

知性は環境に対して相対的に生成される
（本来は進化の過程で）



現実の知性を知れば、デジタル空間の知性の作り方もわかるはず。

意識/無意識の知性



意識/無意識の知性

意

無意

よくある間違い:
AIを作るときは、思考部分だけ作ればいいのではない？

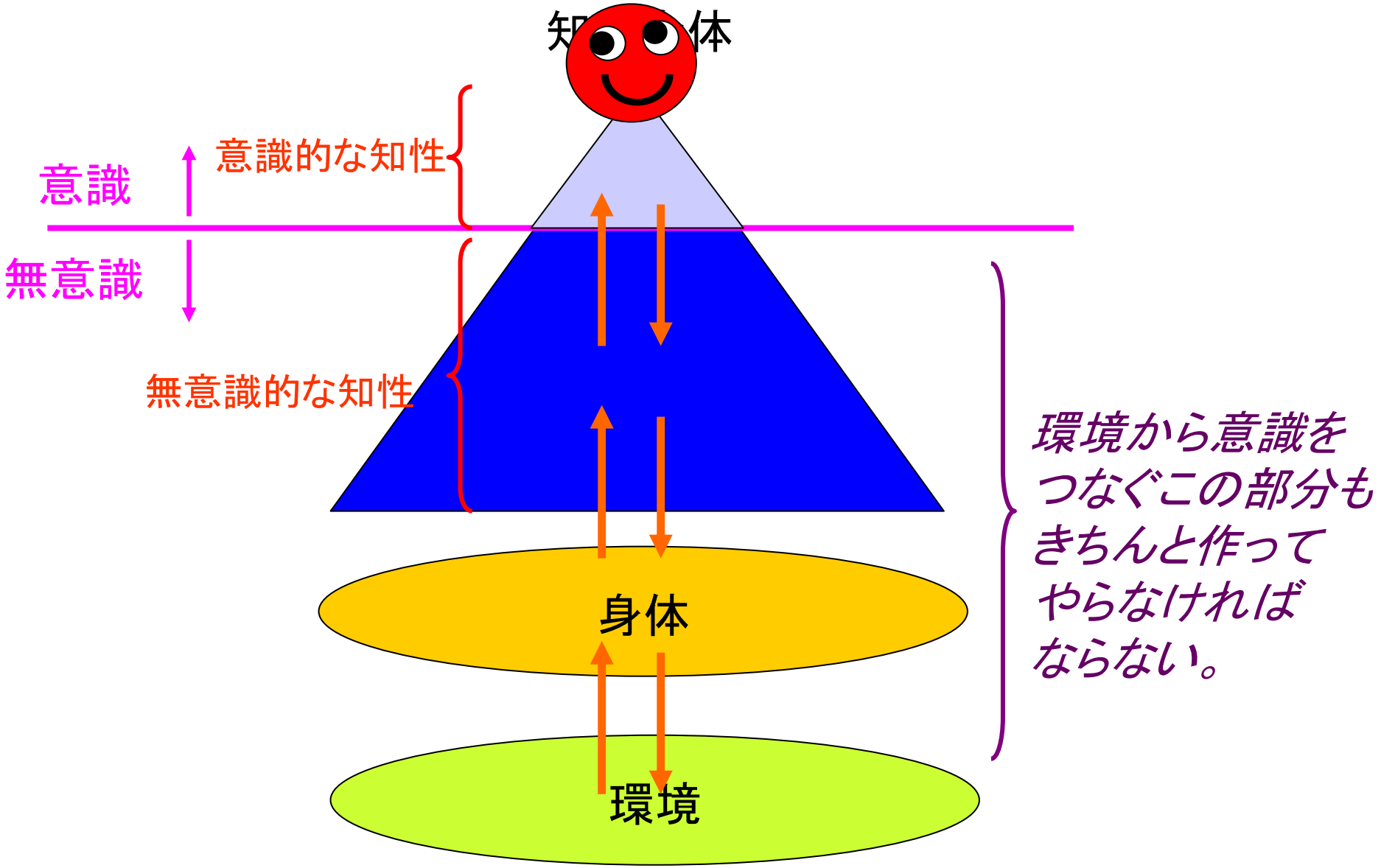
```
void Think()
 {
    if(....)

     switch(WORLD_STATUS){
          case DEFAULT:  idle()...
          case EMERTGENCY: attack()....
   ...
}
```

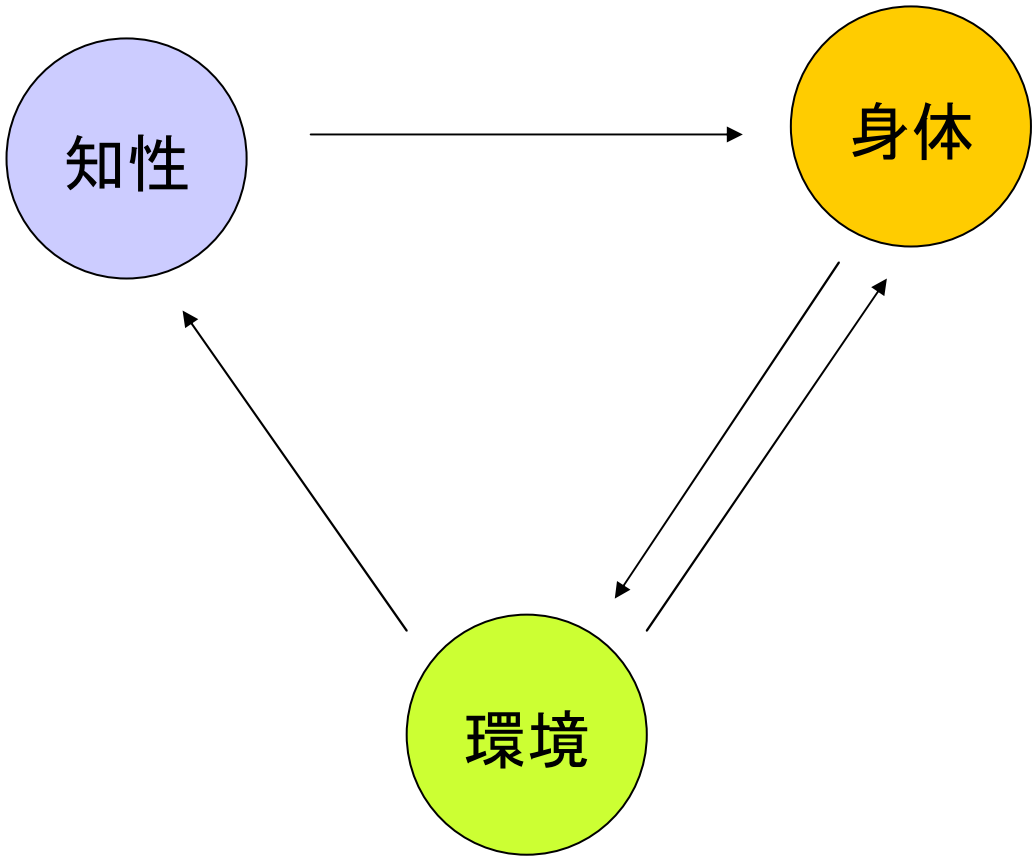
NO！

結局、ゲーム世界の情報をうまく取ることができずに、
コードが混乱して、収拾がつかないことに！

意識/無意識の知性

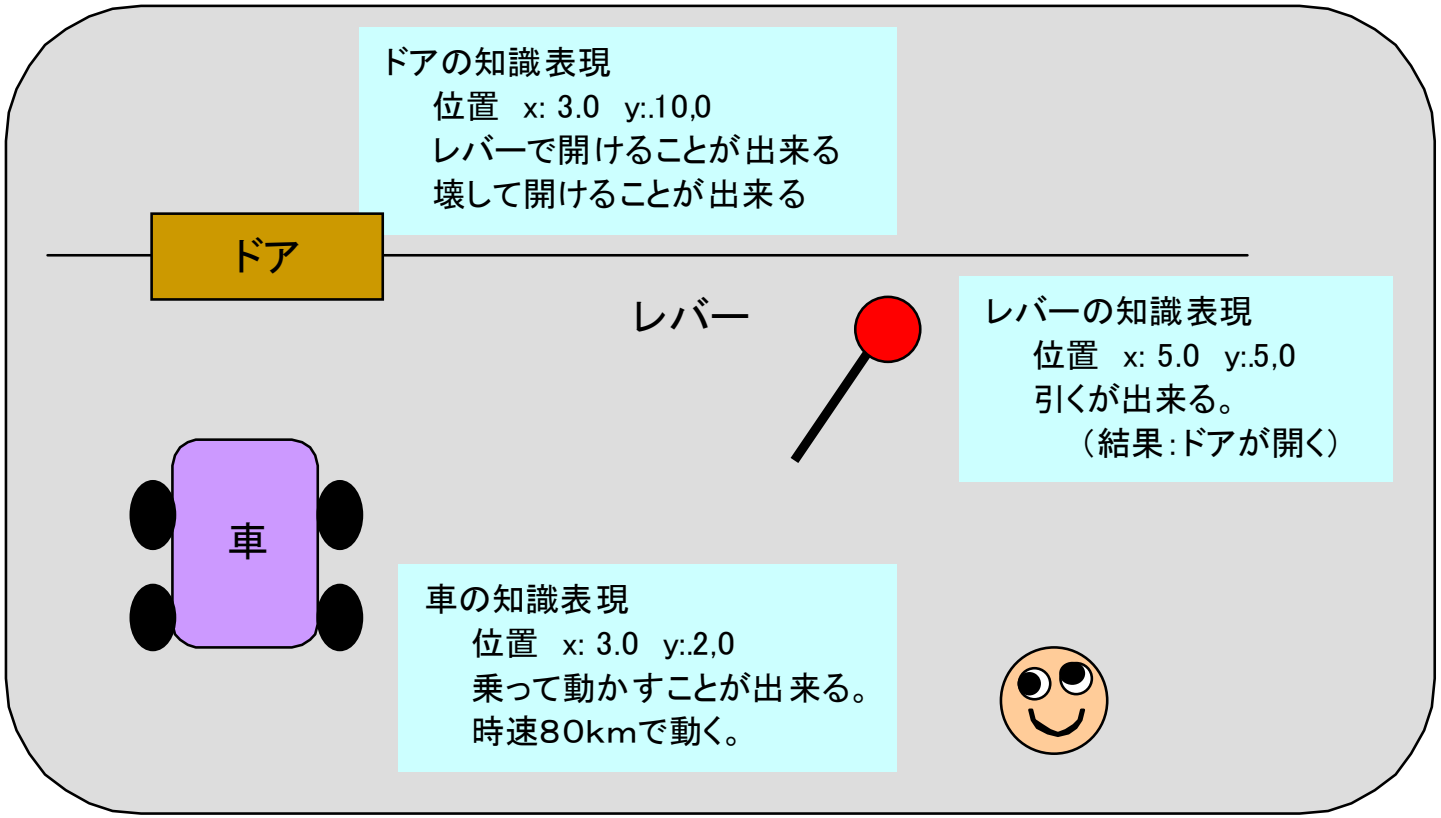

知体
意識
意識的な知性
無意識
無意識的な知性
身体
環境
環境から意識を
つなぐこの部分も
きちんと作って
やらなければ
ならない。

「知性 - 環境 - 身体」相関図



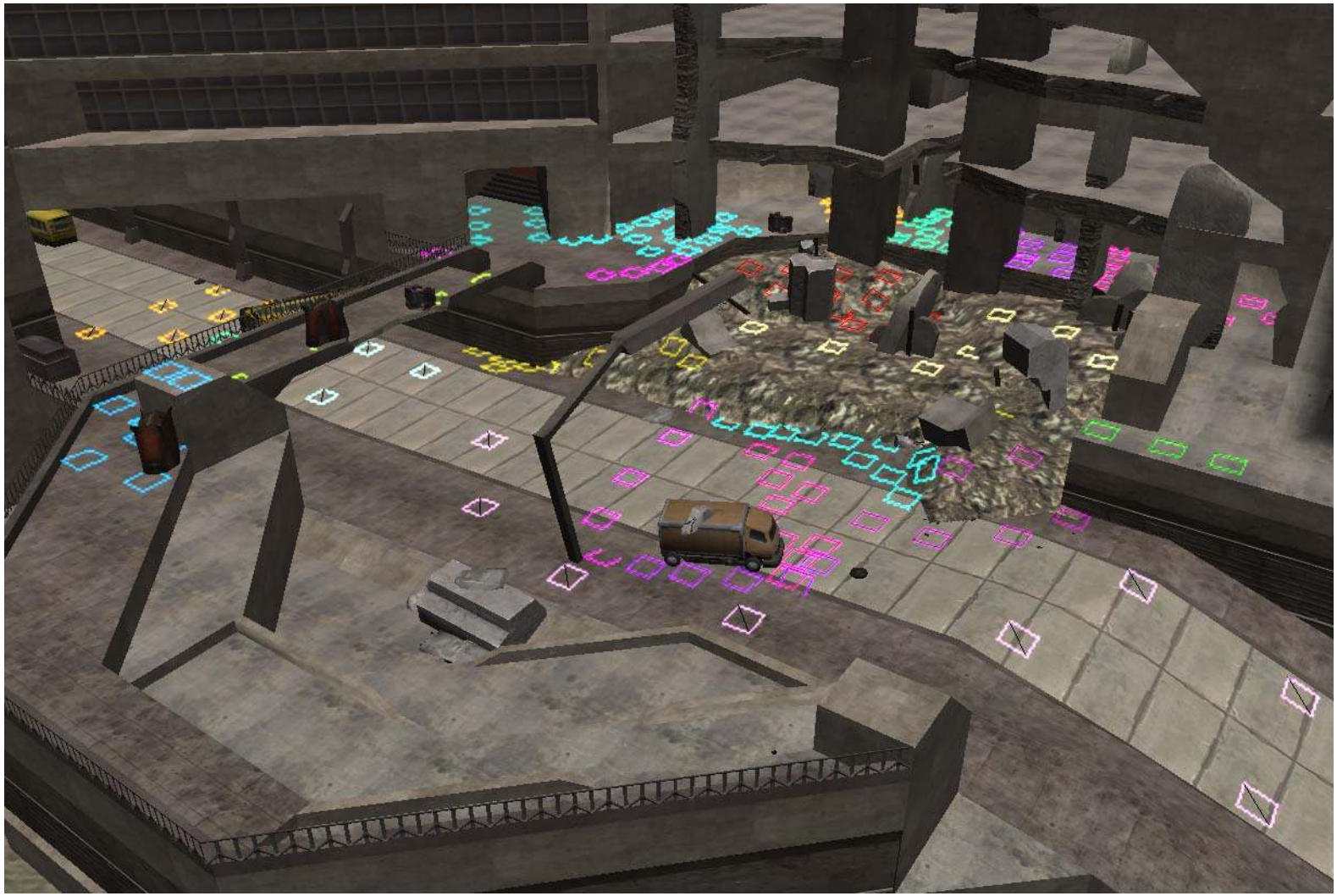
知性は知性だけで単独で定義できない。
「知性」「身体」「環境」との相関において捉えなければならない。

知識表現



ゲーム世界の中のオブジェクトには、
あらかじめ、AIの認識の補助となるような
情報を埋め込んでおく（＝ゲームにおける知識表現）

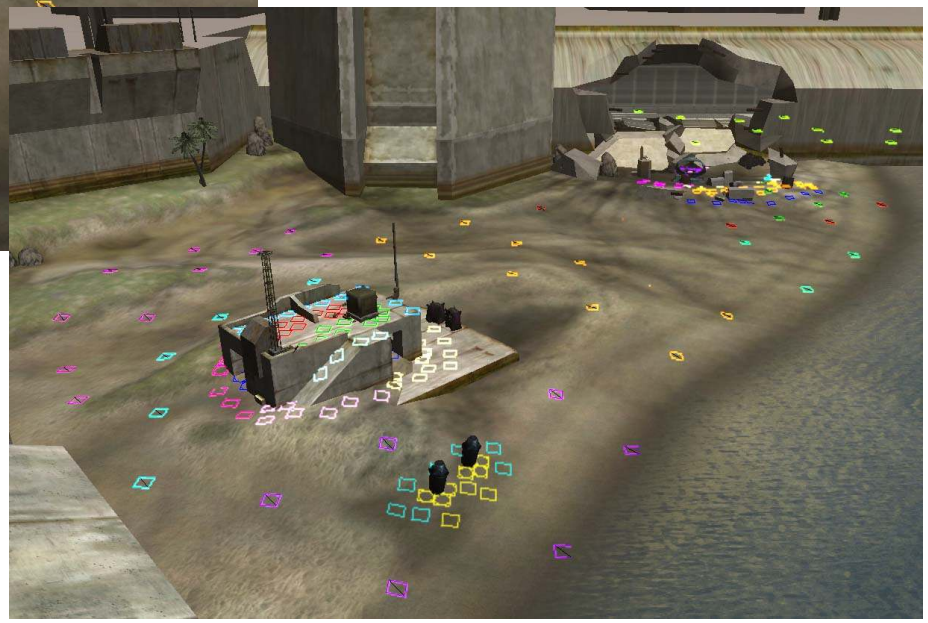
Halo2 における世界表現



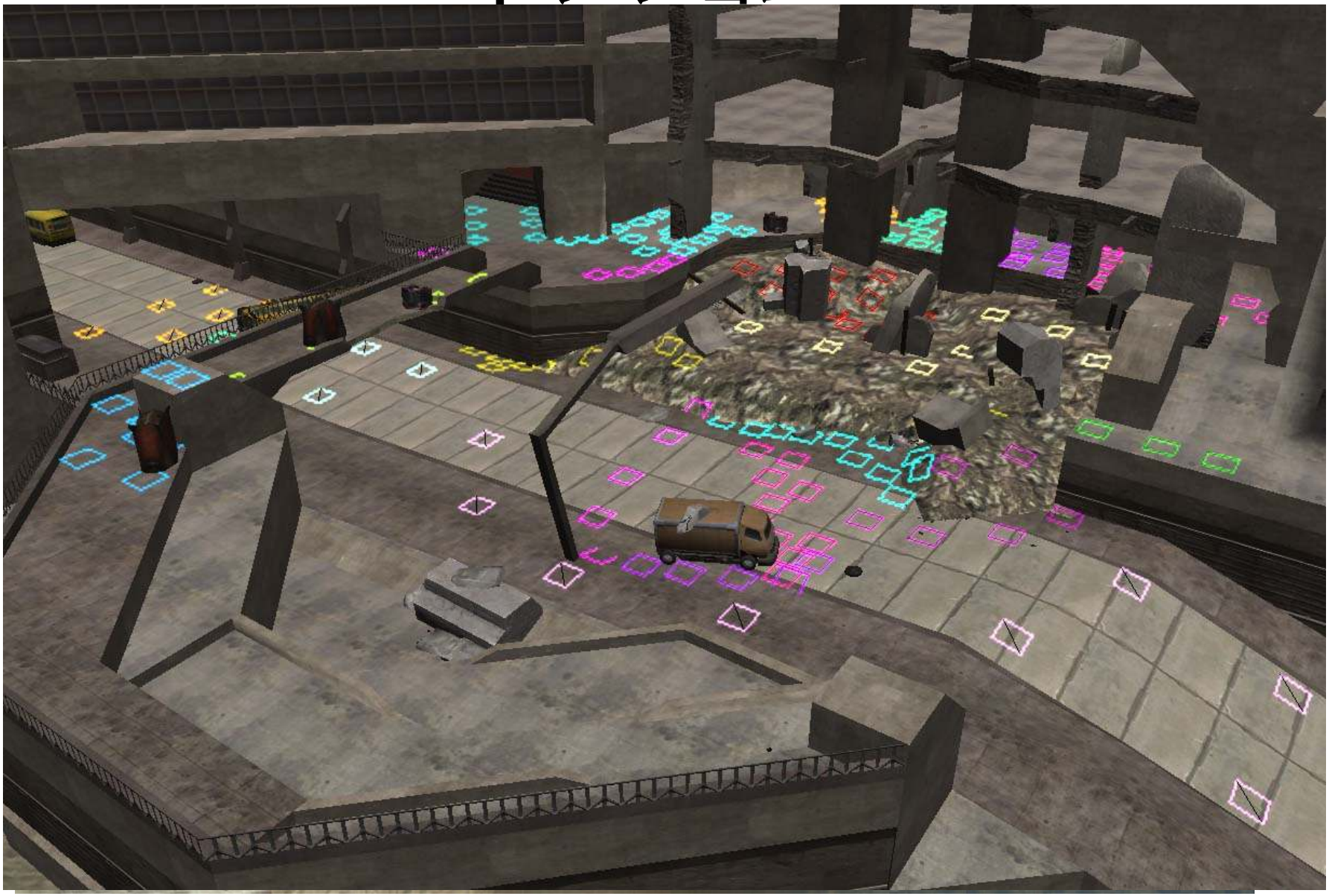
Halo2 における世界表現

Halo2 における世界表現

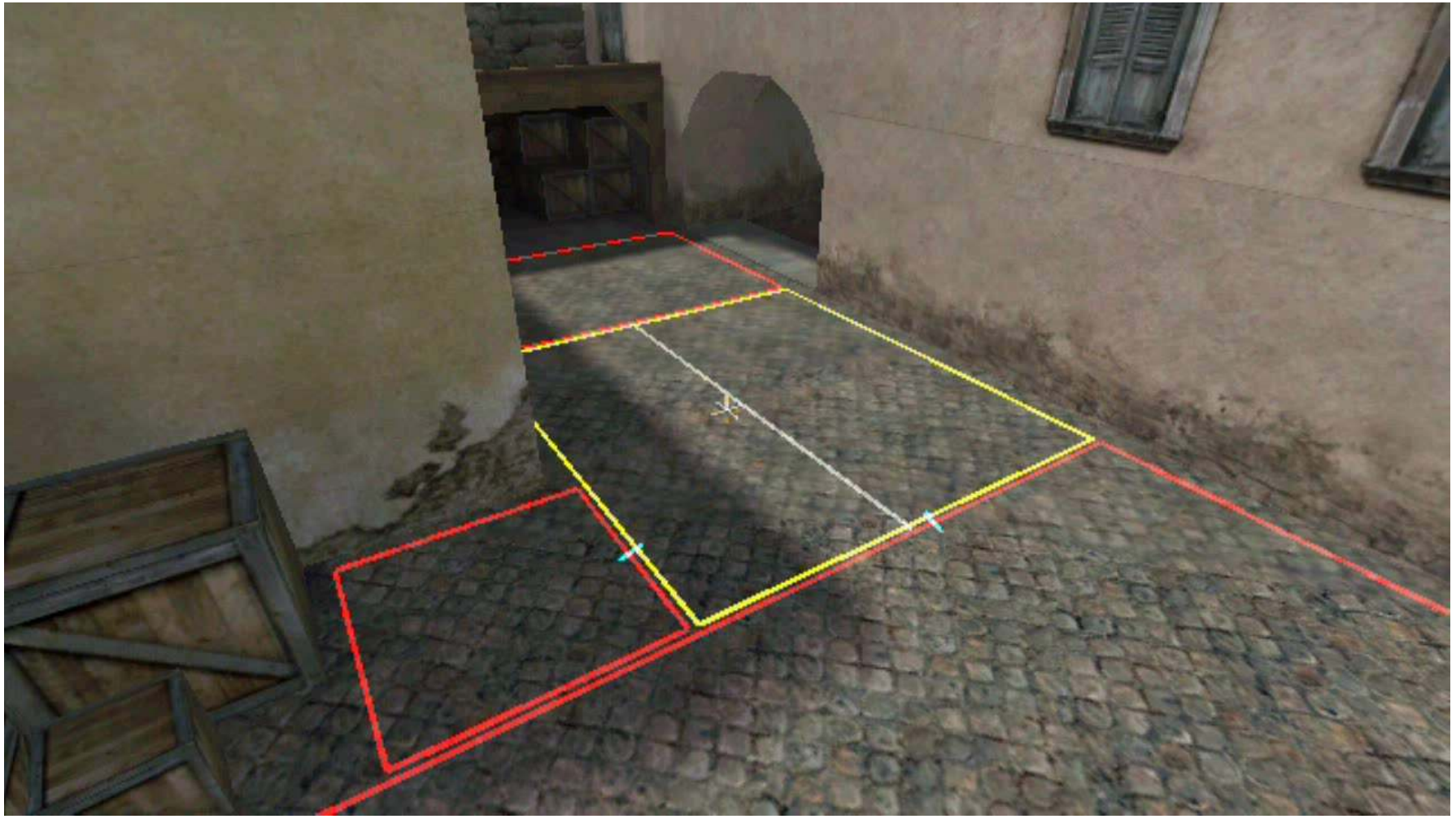
Halo2における世界表現



ポジション



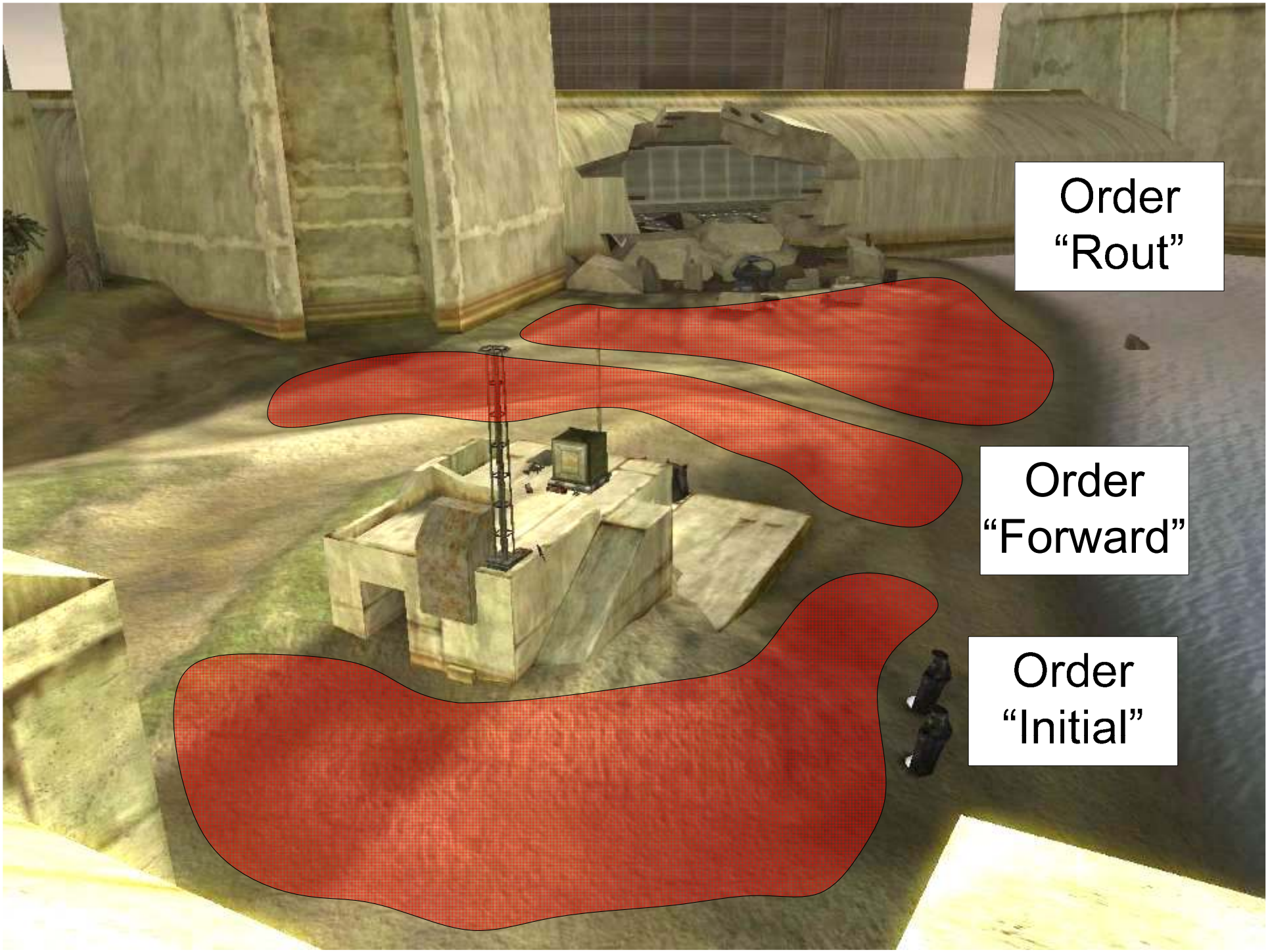
ポジション



Aaron Earle, "The Making of the Official Counter-Strike Bot" (GDC2004)
http://www.gdcvault.com

Aaron Earle, "The Making of the Official Counter-Strike Bot" (GDC2004)
http://www.gdcvault.com

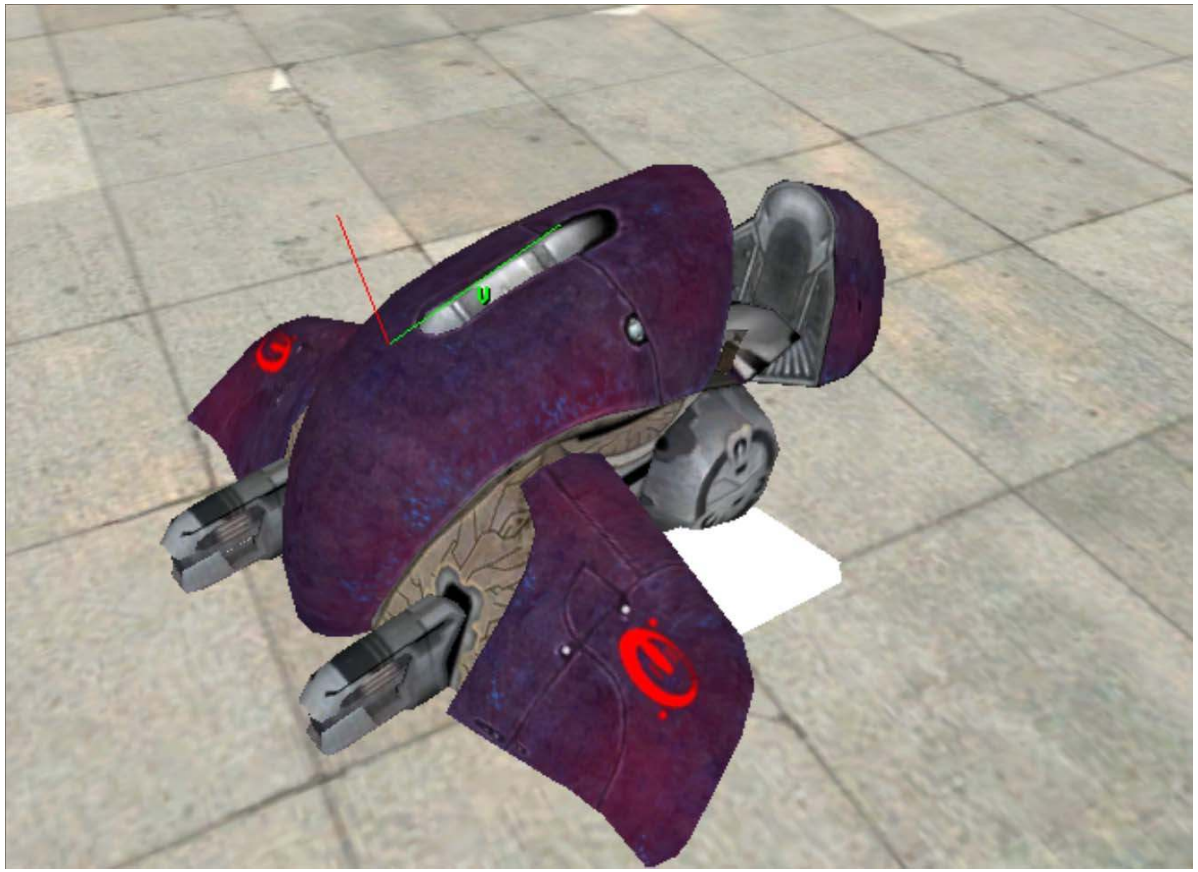
ポジショニング（位置取り）


Order
“Rout”
Order
“Forward”
Order
“Initial”

Halo

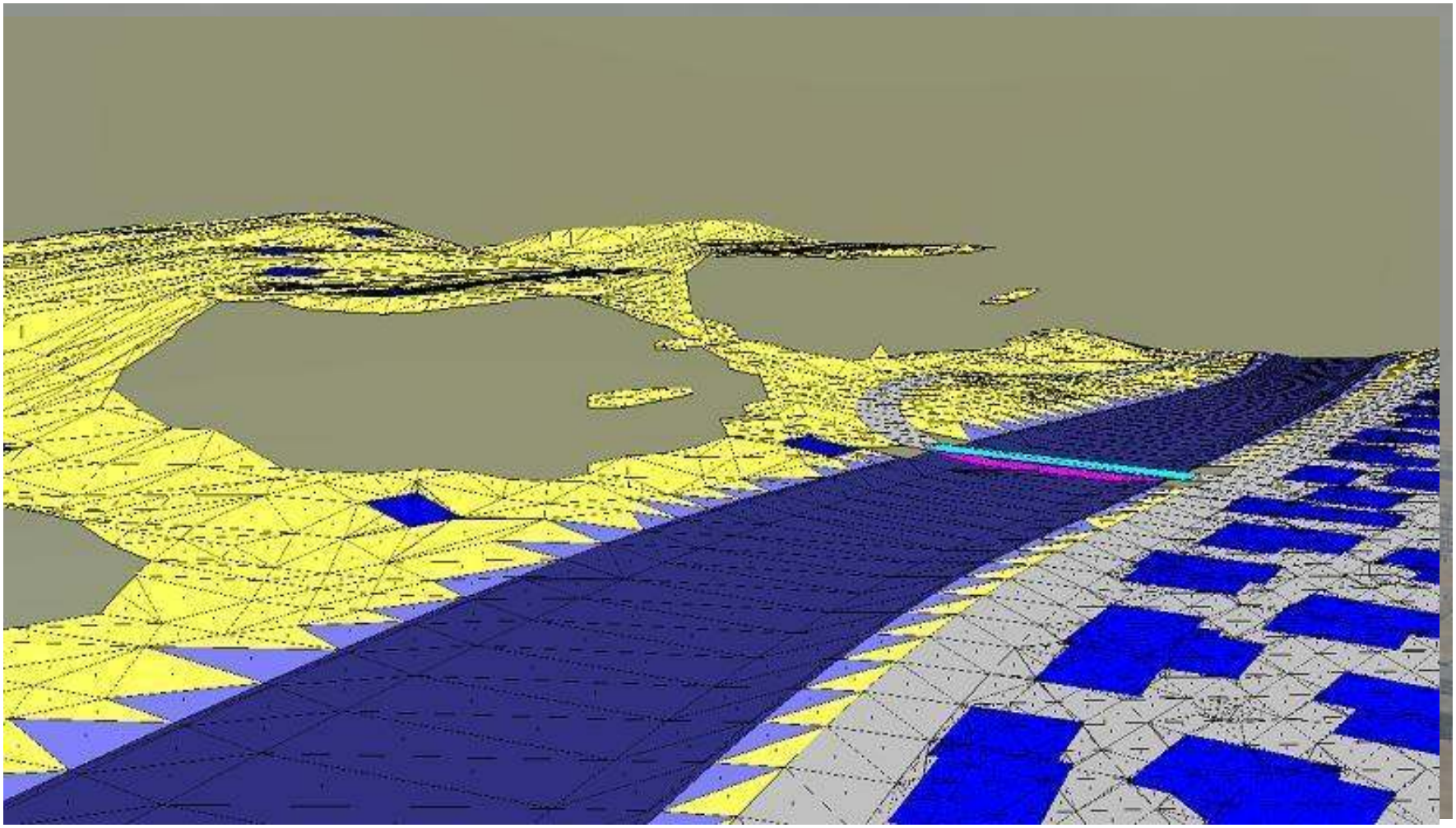
(例)　Halo2

アフォーダンス表現　＝　COMにその世界で行うことが出来る行動

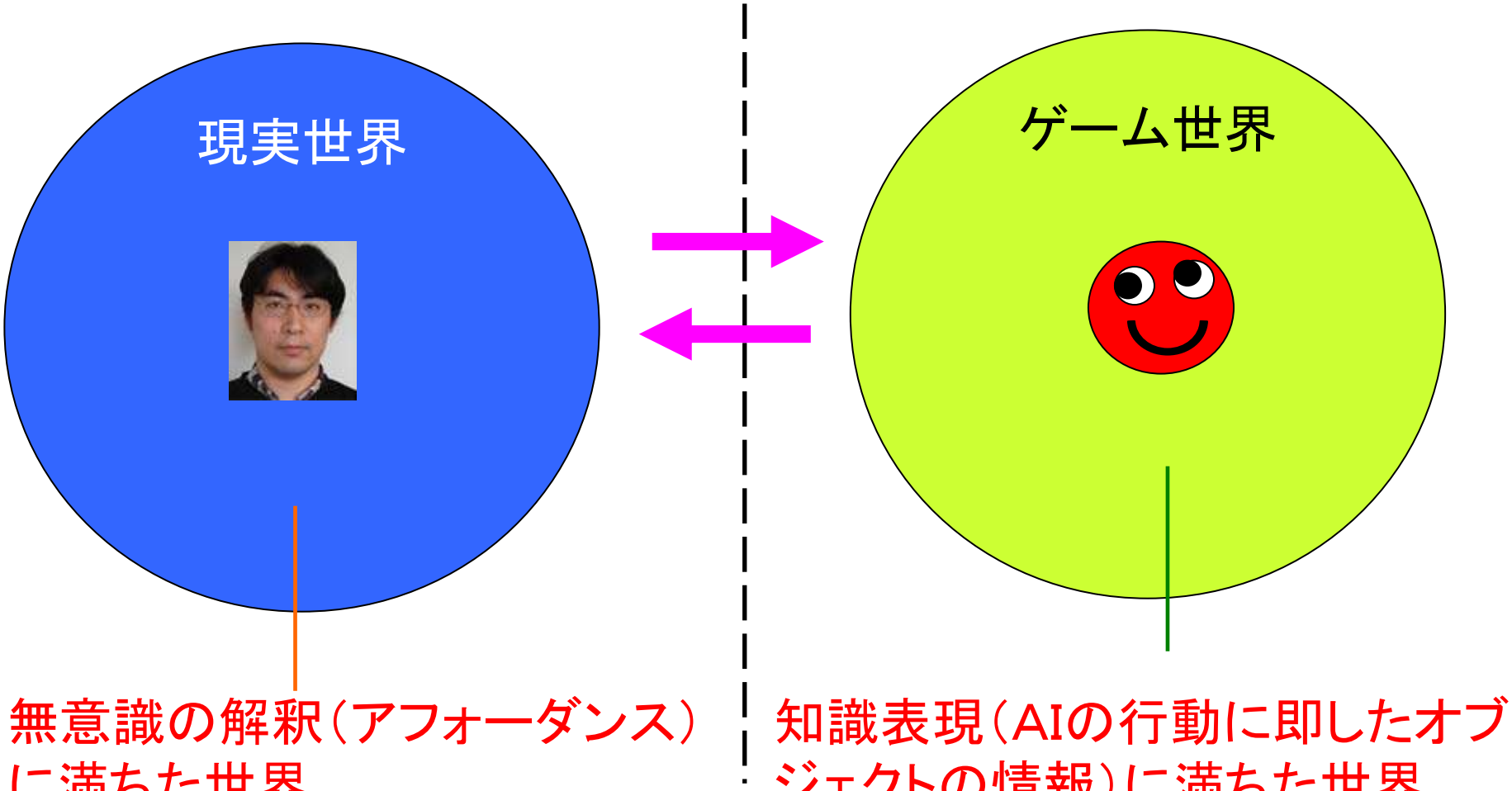


Halo2ではオブジェクトに対して「できること」の情報が埋め込まれている

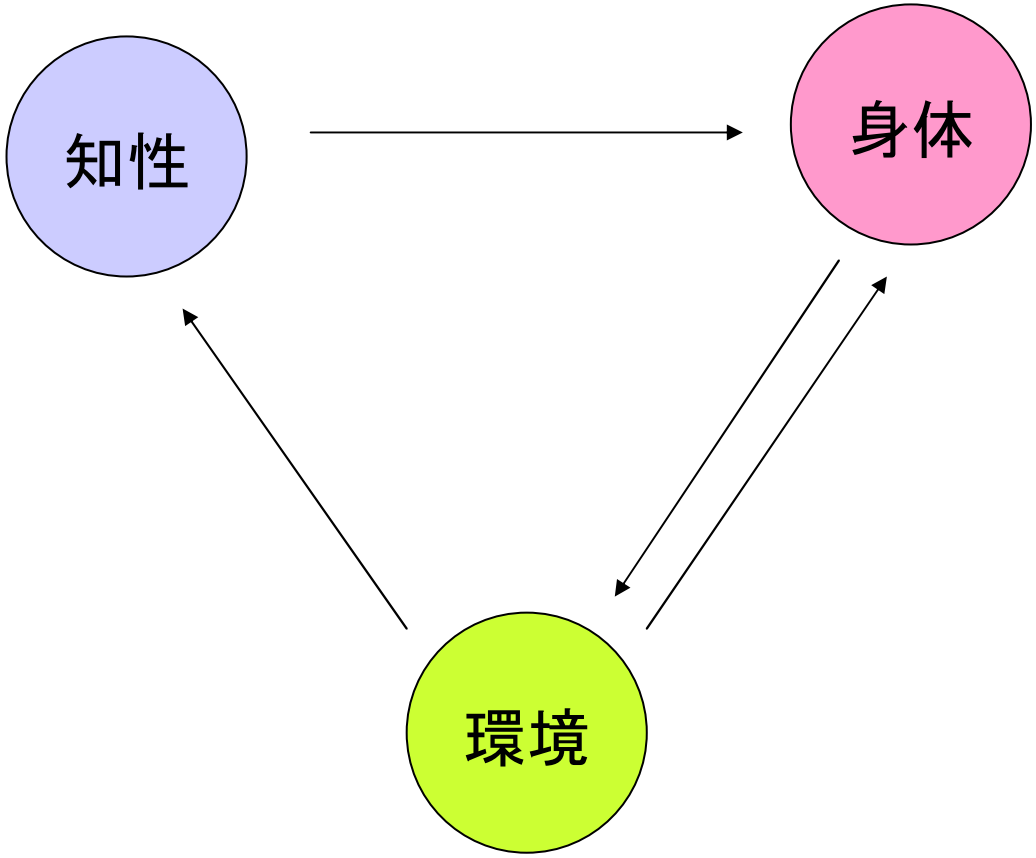
情報が埋め込まれたナビゲーションメッシュ



知性は環境に対して相対的に生成される
（本来は進化の過程で）



「知性 - 環境 - 身体」相関図



知性は知性だけで単独で定義できない。
「身体」「環境」との相関においてのみ定義できる。

第1部　考察

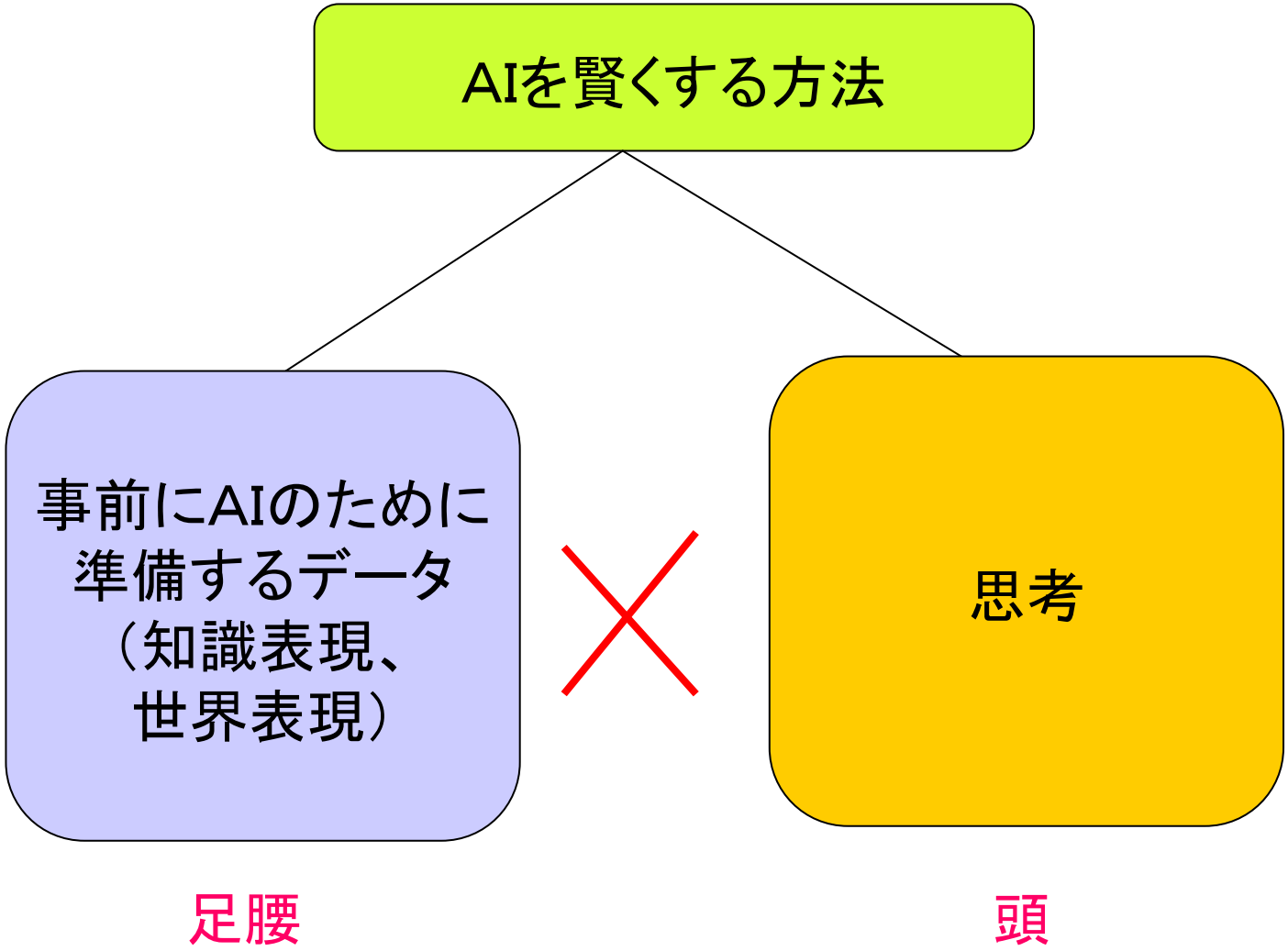
①キャラクターAIは、世界の中の人の知性のように、仮想空間の中で相対的に規定される知性を作る。

②知性には、意識的な思考と無意識的な判断（＝アフォーダンス）がある。

③通常、意識的な思考は誰でも実装しようとするが、無意識的な機能の実装の上に、初めて意識的な知性の実装がある。

④無意識的な知性の実装は、知識表現を通して行なわれる。

第1部　考察



第2部　ゲームにおける人工知能の歴史

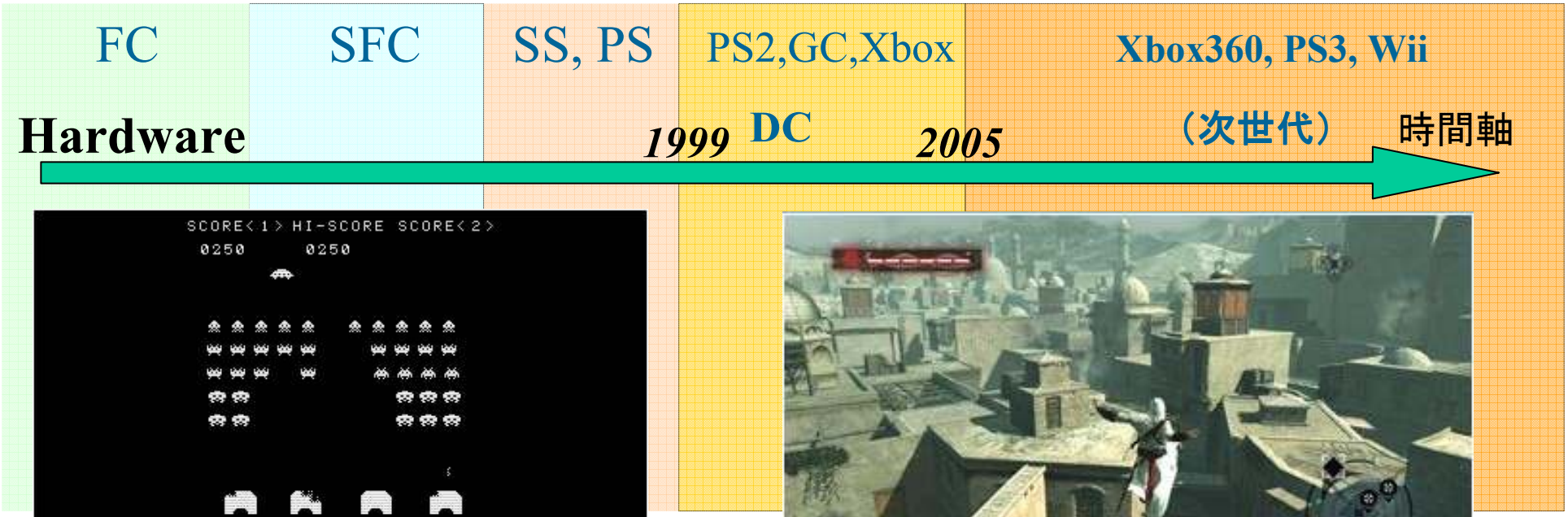
第一章　知性とは何か？

第二章　ゲームAIの歴史

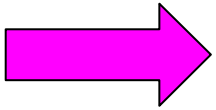
- 第１期　パターンAIとプロシージャルAI
- 第２期　構造化されるAI
- 第３期　AIアーキテクチャの時代

第二章　ゲームAIの歴史

ゲームの進化と人工知能



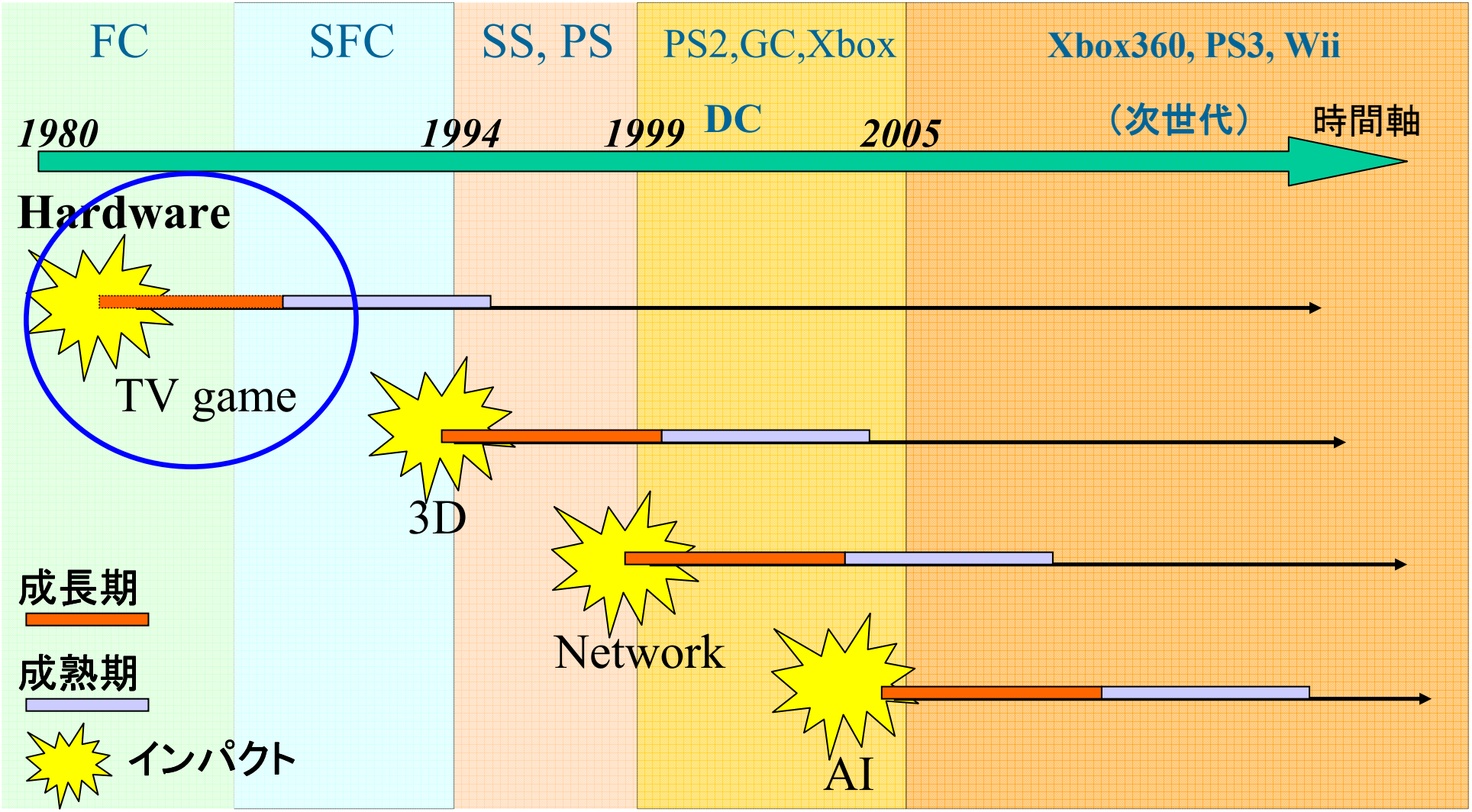
単純な世界の
シンプルなAI



複雑な世界の
複雑なAI

ゲームも世界も、AIの身体と内面もますます複雑になる。

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。

第２部　ゲームにおける人工知能の歴史

第2章　ゲームAIの歴史

第１期　パターンAIとプロシージャルAI

① 単純なパターンAI

② 複数のパターンを持つAI

③ プロシージャルなAI

第２期　構造化されるAI

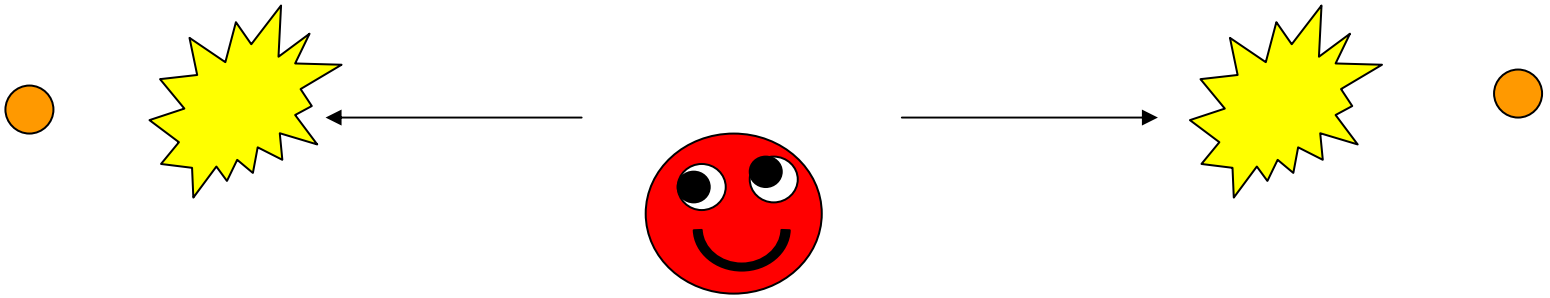
① AIの構造化とロジック実装

② 内部パラメータ変動モデルと
オブジェクトによるAI制御による日常系AI

③ ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム

第３期　AIアーキテクチャの時代

第１期 ①単純なパターンAI



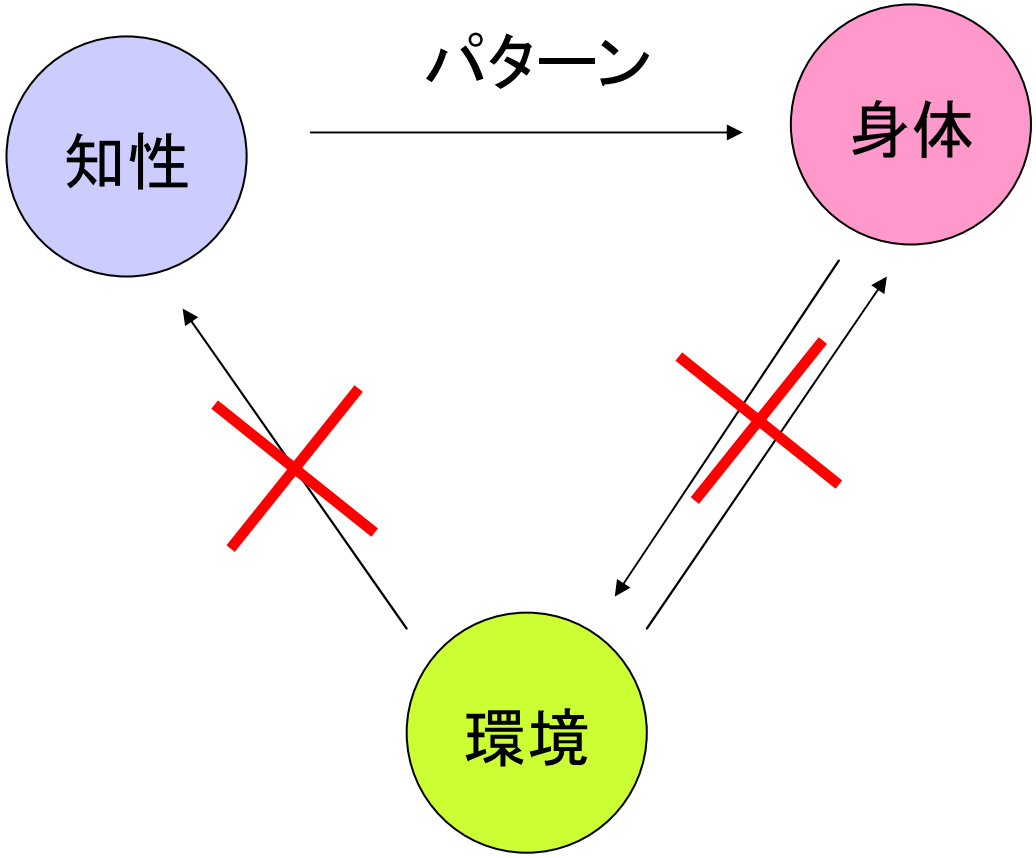
同じパターンをくり返すだけ

(例) スペースインベーダー (1978)

プレイヤーの動きに関係なく、決められた動きをする

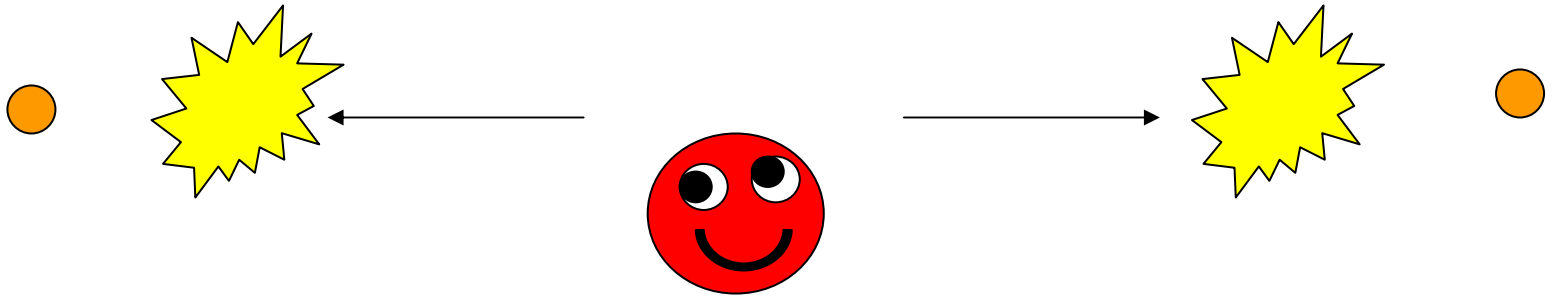
スペースインベーダー
（Realplayer）

「知性 - 環境 - 身体」相関図



第1期 ①単純なパターンAI

Non-interactive



同じパターンをくり返すだけ

ゲームデザイナー

ゲーム内の地形と合わせてAIをどのような配置に置くか

プレイヤー

パターンを予測し、最適な行動をイメージしながら
自機をコントロールしてプレイする、
というサイクルがゲーム攻略そのもの

第２部　ゲームにおける人工知能の歴史

第１期　パターンAIとプロシージャルAI

① 単純なパターンAI

② 複数のパターンを持つAI

③ プロシージャルなAI

第２期　構造化されるAI

① AIの構造化とロジック実装

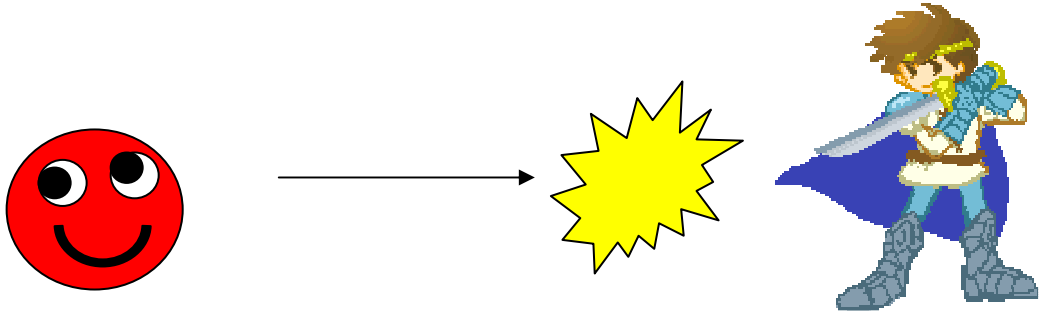
② 内部パラメータ変動モデルと
オブジェクトによるAI制御による日常系AI

③ ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム

第３期　AIアーキテクチャの時代

第１期 ②複数のパターンを持つAI

Interactive



あらかじめ決められた行動を、
状況によって使いわけるAI

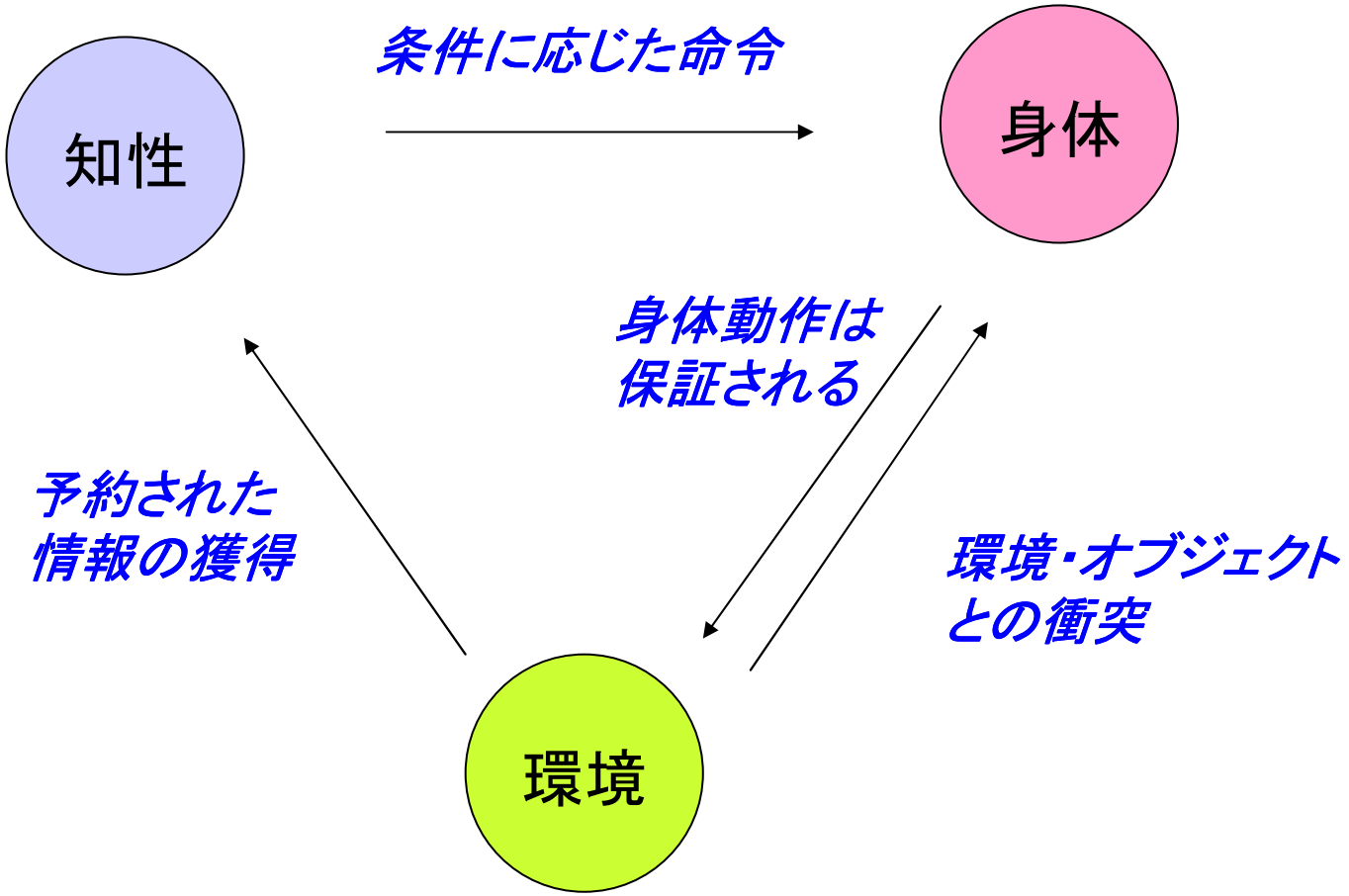
「プリンス・オブ・ペルシャ」など、
スプライトアニメーションを用意する必要がある場合、
数パターンに限られる。

（例）プリンス・オブ・ペルシャ

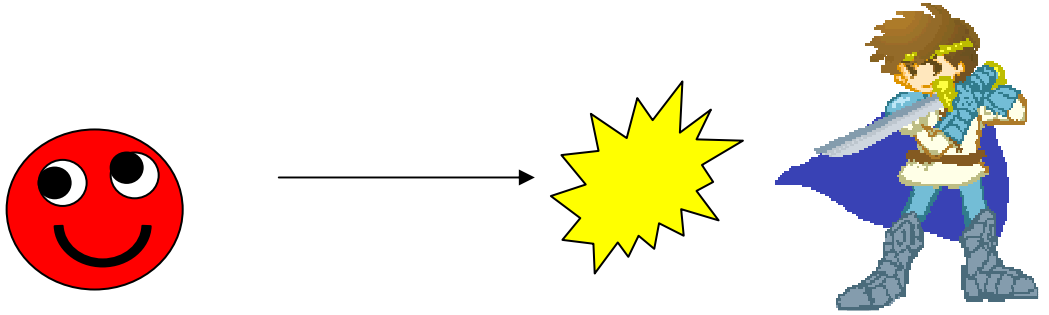
「プリンス・オブ・ペルシャ」など、
スプライトアニメーションを用意する必要がある場合、
必然的にこういった制御となる。

プリンス・オブ・ペルシャ
6：00ー

「知性 - 環境 - 身体」相関図



第１期 ②複数のパターンを持つAI



あらかじめ決められた行動を、
状況によって使いわけるAI

ゲームデザイナー

パターンを作り込む（質x数）

プレイヤー

自分の行動に応じてどういう動きをするかを学習し、
相手の弱点を見抜いて攻略する。

第２部　ゲームにおける人工知能の歴史

第２章　ゲームAIの歴史

第１期　パターンAIとプロシージャルAI

① 単純なパターンAI

② 複数のパターンを持つAI

③ プロシージャルなAI

第２期　構造化されるAI

① AIの構造化とロジック実装

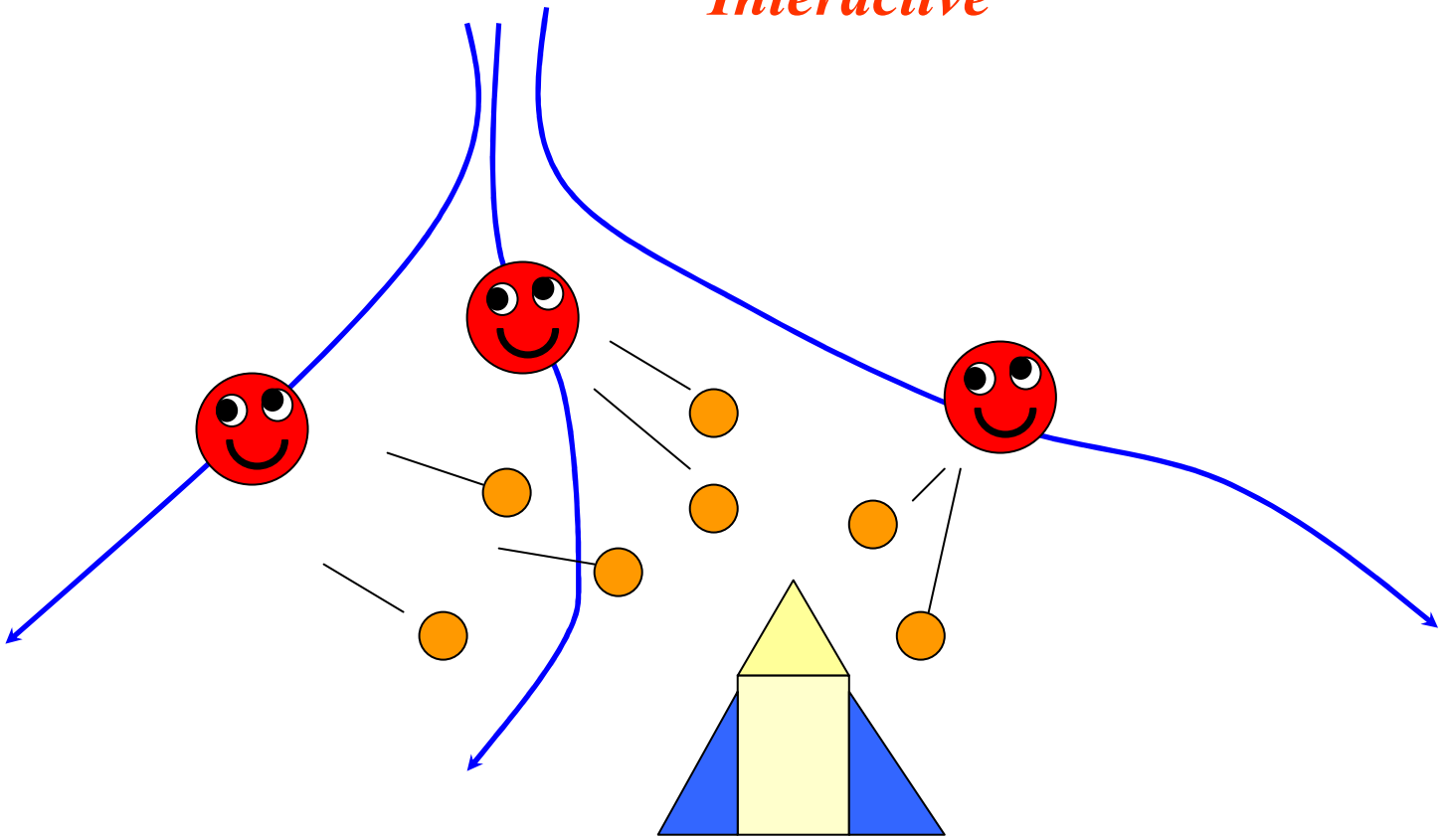
② 内部パラメータ変動モデルと
オブジェクトによるAI制御による日常系AI

③ ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム

第３期　AIアーキテクチャの時代

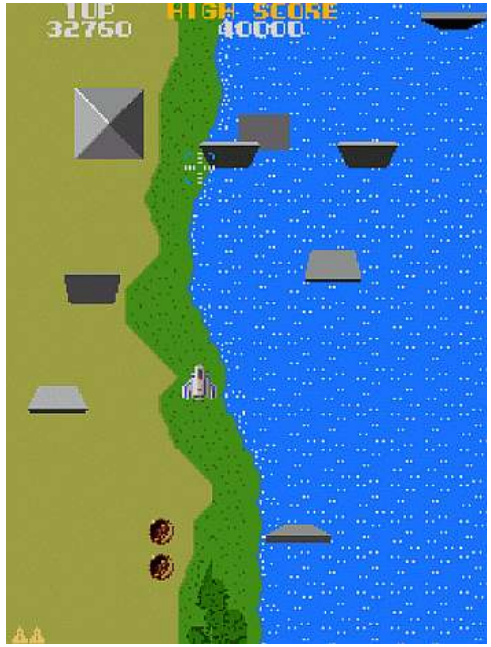
第１期 ③プロシージャルなAI

Interactive



シューティングゲームなど、機体の軌道や弾道を、
逐次的に関数の計算で行なう。
（例）数値列を用意する場合もある。

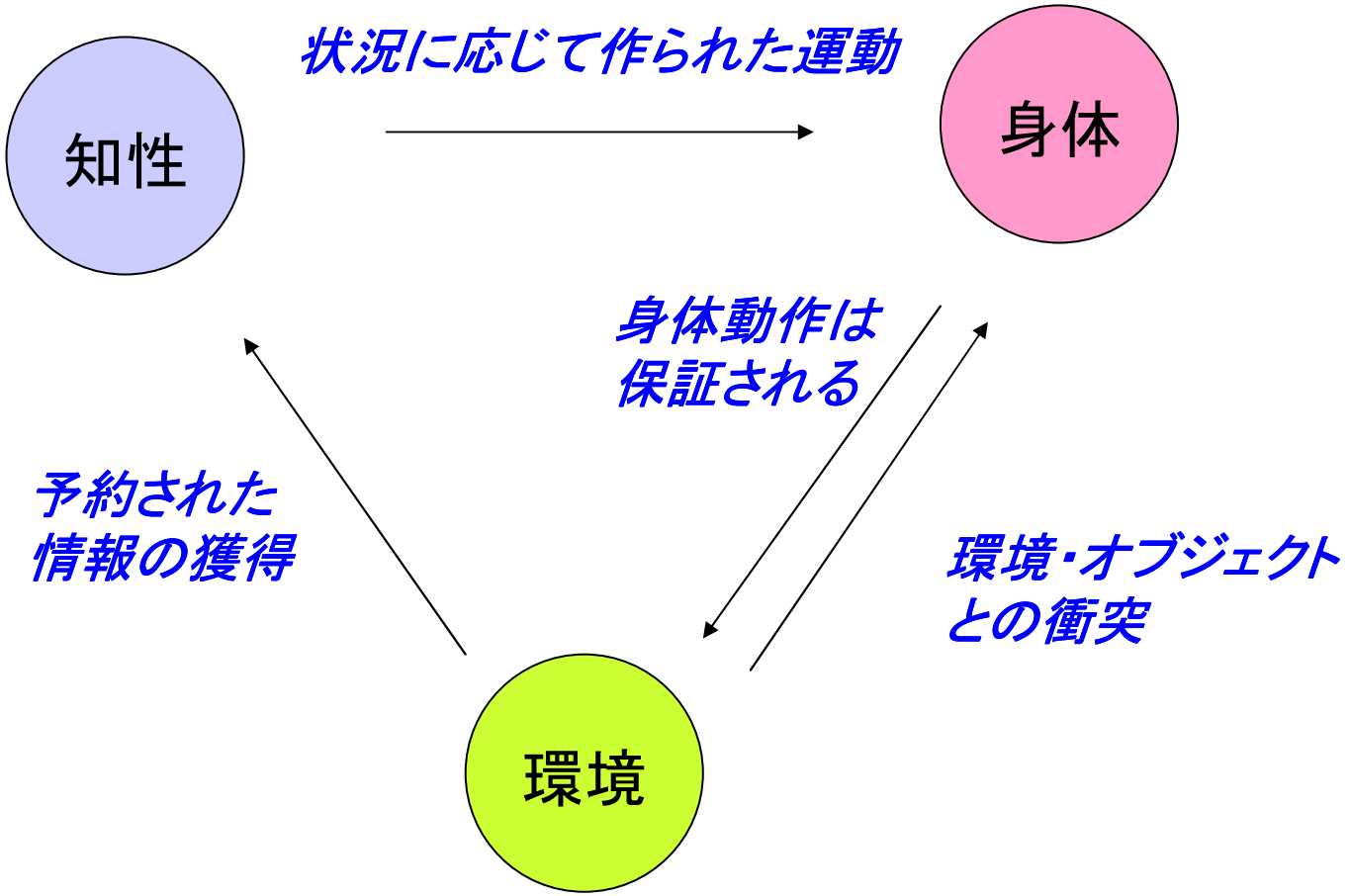
（例）ゼビウス？



ゼビウス

遠藤雅伸氏　あと面白い機能なんですけれど、ゼビウスには非常に簡単なAIが組み込まれています。
「プレイヤーがどれくらいの腕か」というのを判断して、出てくる敵が強くなるんです。強いと思った相手には強い敵が
出てきて、弱いと思った相手には弱い敵が出てきます。そういったプログラムが組み込まれています。
ゲームの難易度というのは「初心者には難しくて、上級者には簡単だ」ということが、
ひとつの難易度で(調整を)やっていくと起きてしまうので、その辺を何とか改善したいな、
ということでそういったことを始めてみたのですけれど、
お陰で割合にあまり上手くない人でも比較的長くプレイできる、
うまい人でも最後のほうに行くまで結構ドラマチックに楽しめる、そういった感じになっています。
－　ゼビウスセミナー　－
http://spitfire.client.jp/shooting/xevious2.html

「知性 - 環境 - 身体」相関図


知性
身体
環境
状況に応じて作られた運動
身体動作は
保証される
予約された
情報の獲得
環境・オブジェクト
との衝突

第２部　ゲームにおける人工知能の歴史

第１期　パターンAIとプロシージャルAI

① 単純なパターンAI

② 複数のパターンを持つAI

③ プロシージャルなAI

第２期　構造化されるAI

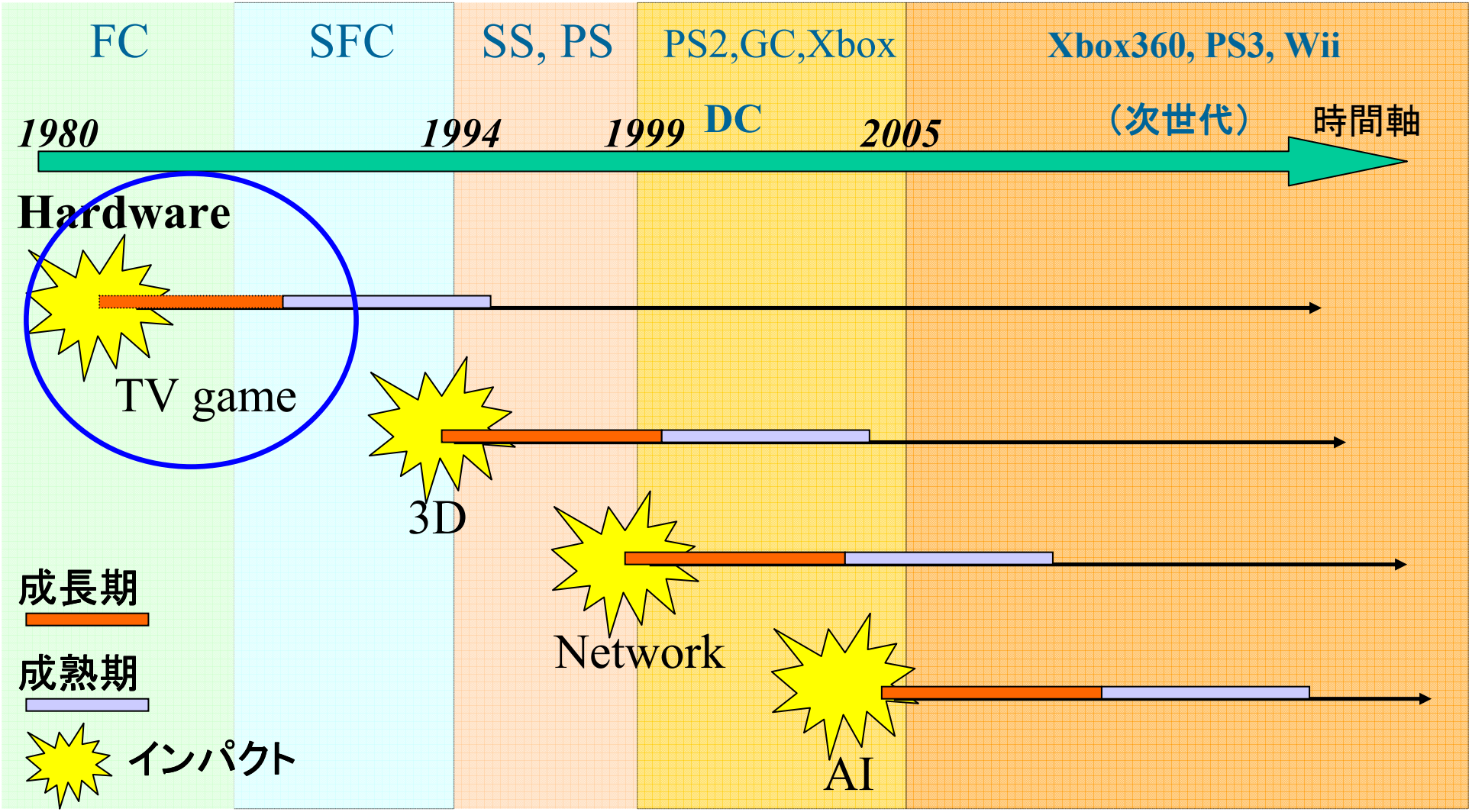
① AIの構造化とロジック実装

② 内部パラメータ変動モデルと
オブジェクトによるAI制御による日常系AI

③ ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム

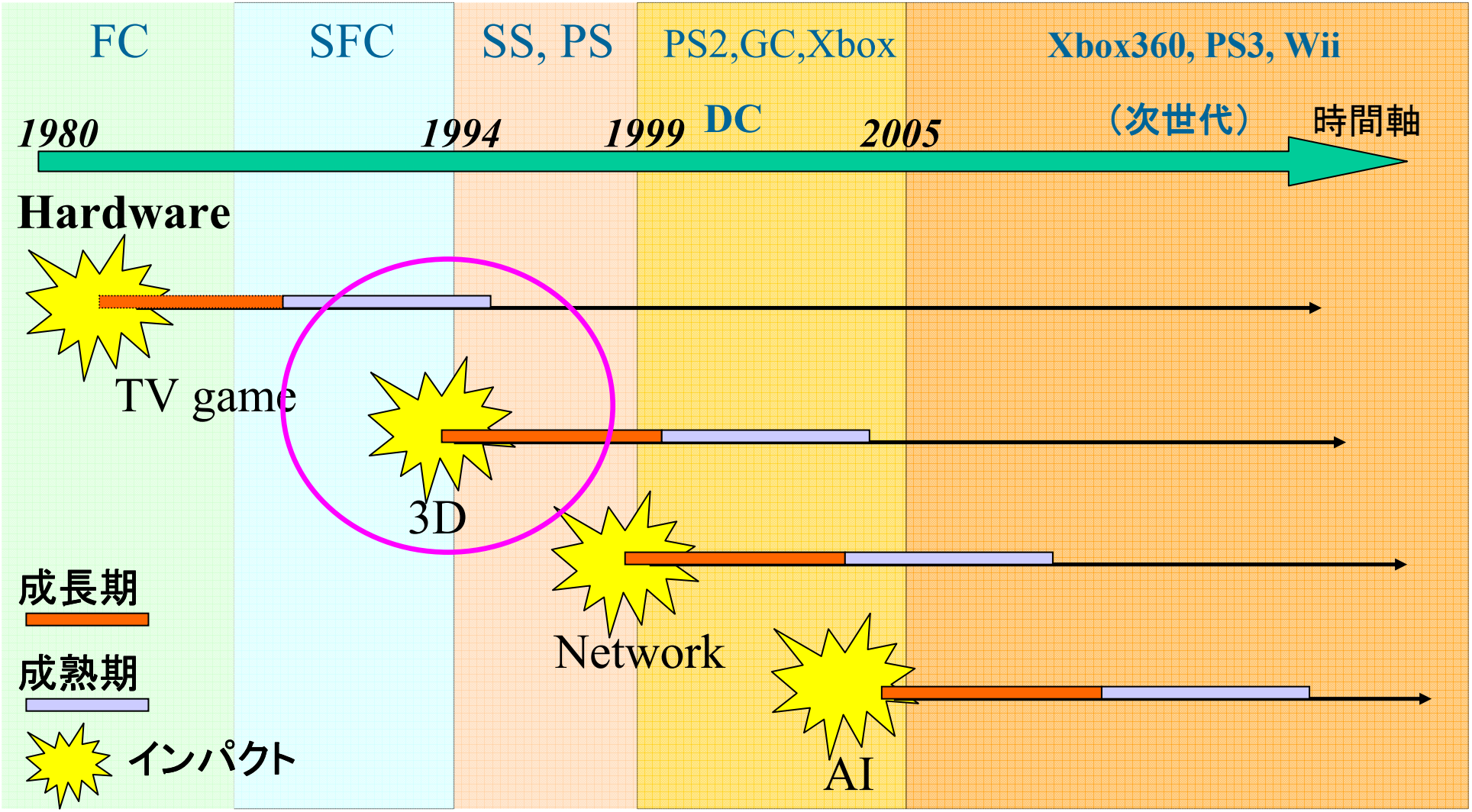
第３期　AIアーキテクチャの時代

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。

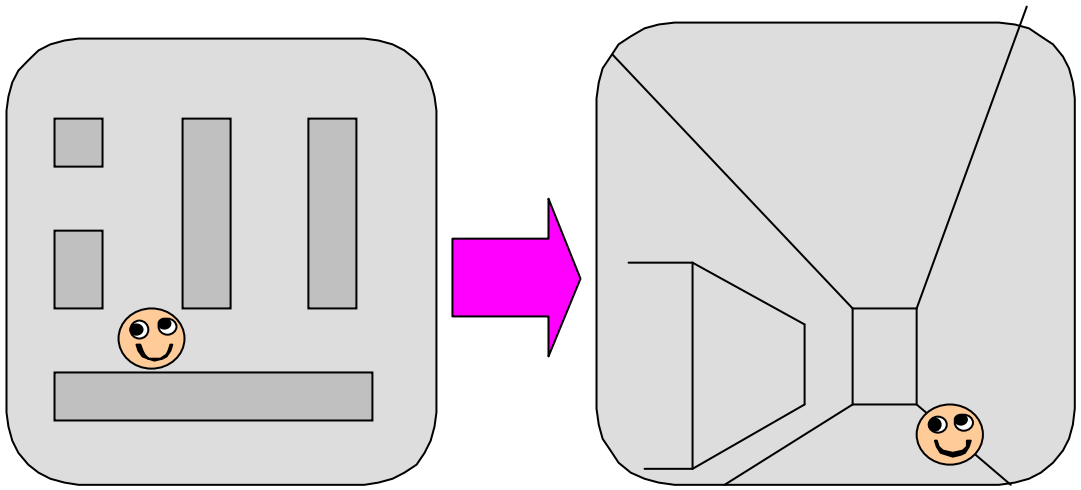
人工知能技術の導入の適切なタイミングはいつか？



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。

第2期　構造化されるAI

アセンブラからC言語への移行
2Dから3Dが主流へ　→　AIにとって爆発的な情報量の増大
80年代のAI技術の盛り上がりがゲームへスピンオフ



グリッド上のロジック
俯瞰制御

無数のレイキャスト（射線計算）
主観制御

2D・3DのAIをムービーで比較

パックマン

パックマン

Halo

Halo

第2期　構造化されるAI

AIが処理するべき膨大な空間情報
→　結局、対処出来ませんでした
（複雑すぎる、1994年から10年の課題となる）。

暫定的解決策

①AIの行動範囲をある限定した自由に移動できる空間に限定すること。

②ステージを単純化すること（例えば、空の上ならAIは動き放題である）。

③あらかじめ、地形に沿った運動をプログラミングしておく
（固定パスを与えておくなど）。

第２部　ゲームにおける人工知能の歴史

第2章　ゲームAIの歴史

第１期　パターンAIとプロシージャルAI

① 単純なパターンAI

② 複数のパターンを持つAI

③ プロシージャルなAI

第２期　構造化されるAI

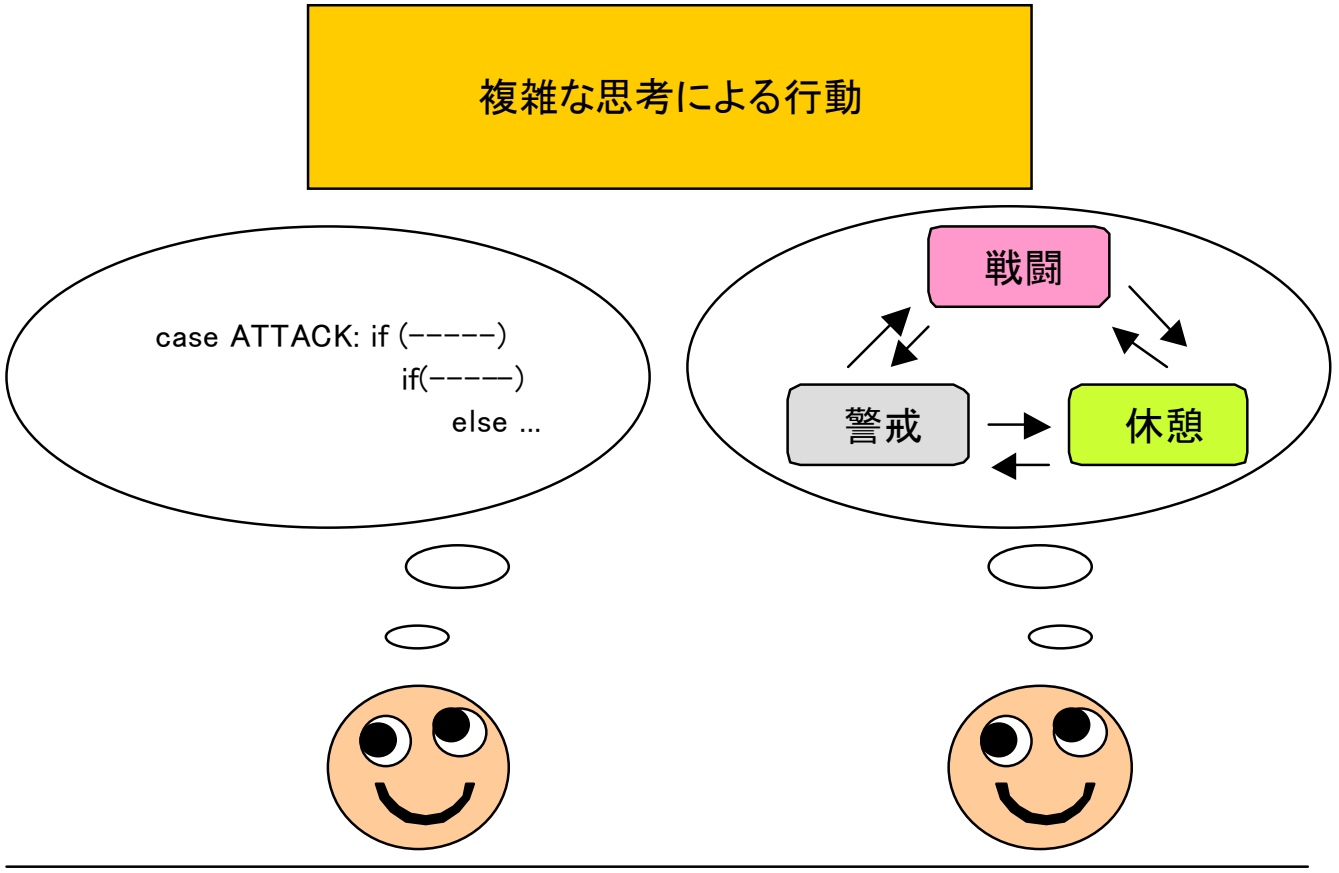
① AIの構造化とロジック実装

② 内部パラメータ変動モデルと
オブジェクトによるAI制御による日常系AI

③ ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム

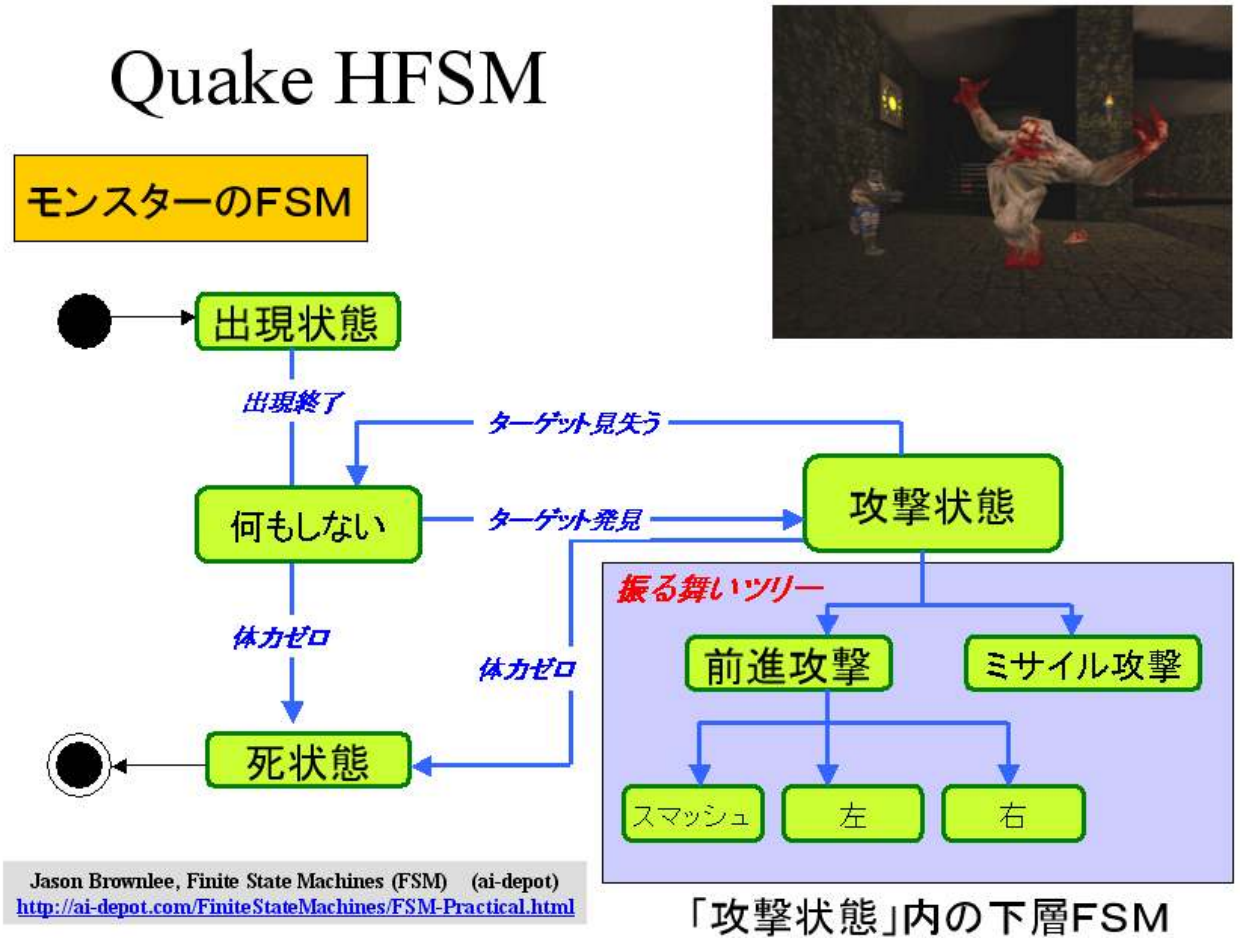
第３期　AIアーキテクチャの時代

第2期 ①AIの構造化とロジック実装



複雑な環境下（処理するべき情報が多い）で、
キャラクターを制御する仕組みを入れる。

(例) Quake HFSM

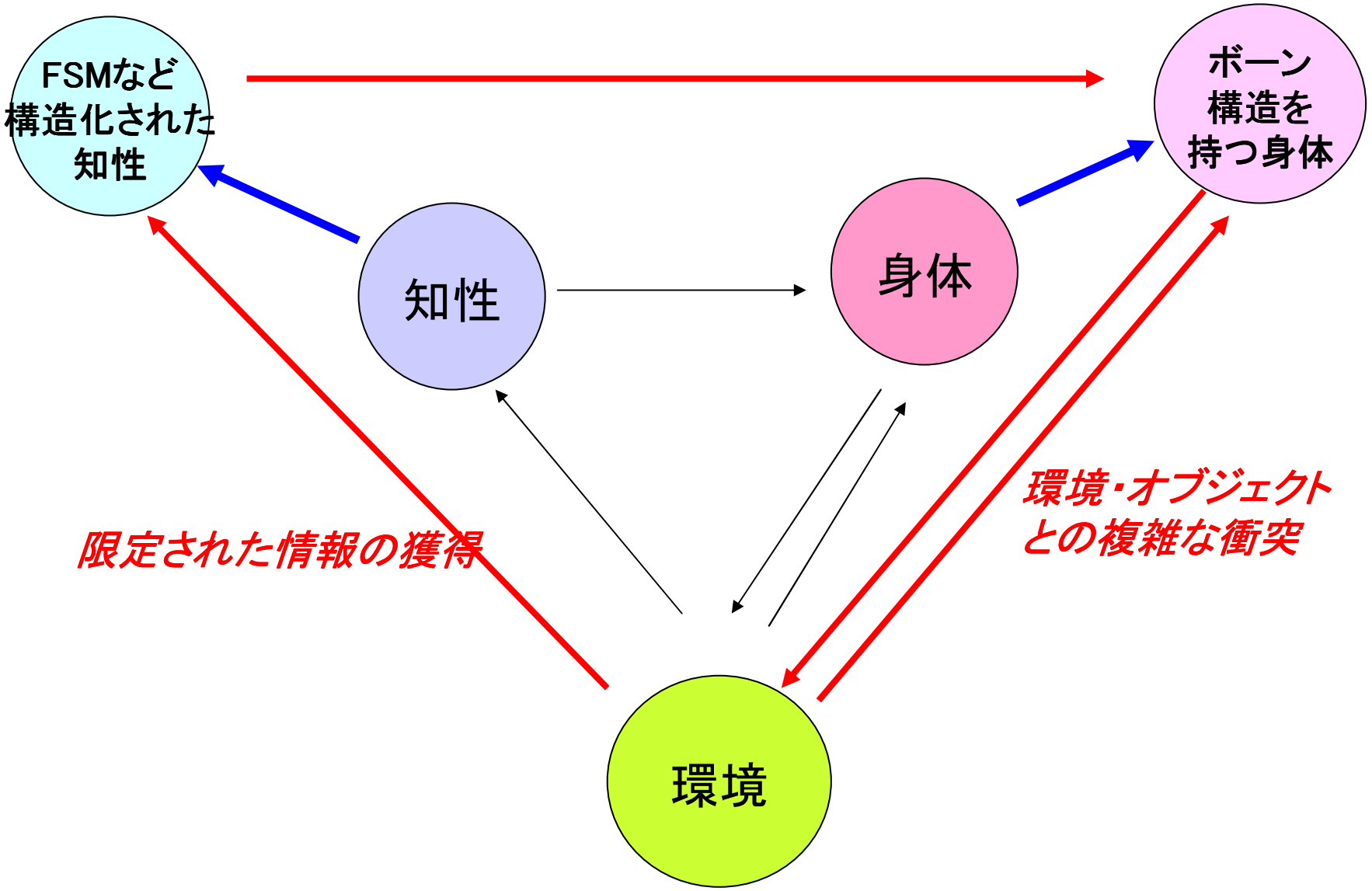


http://ai-depot.com/FiniteStateMachines/FSM-Practical.html

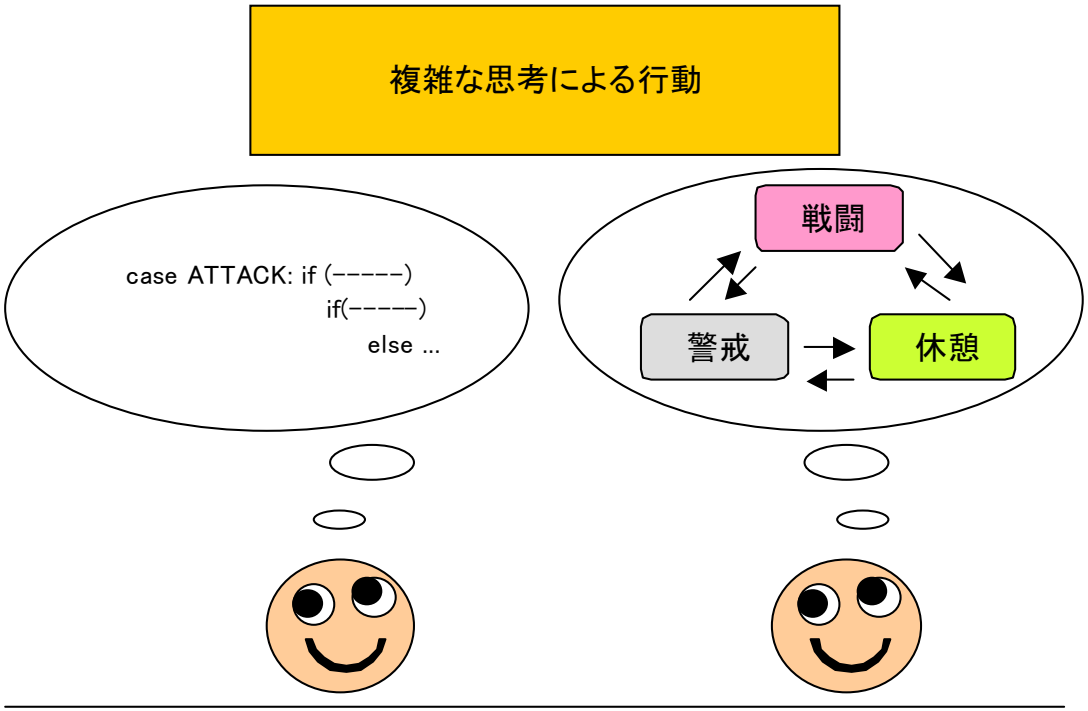
状態遷移図を用いる

Quake

「知性 - 環境 - 身体」相関図


FSMなど
構造化された
知性
ボーン
構造を
持つ身体
知性
身体
環境
限定された情報の獲得
環境・オブジェクト
との複雑な衝突

第2期 ①AIの構造化とロジック実装



ゲームデザイナー

仕組みの上に作り込んで行く。FSMなら状態数を増やす。
（後で問題になる）

プレイヤー

なかなか読みにくくなるので、反射神経が必要になる。
「うまいプレイヤー」の出現。

第2部　ゲームにおける人工知能の歴史

第2章　ゲームAIの歴史

第１期　パターンAIとプロシージャルAI

① 単純なパターンAI

② 複数のパターンを持つAI

③ プロシージャルなAI

第２期　構造化されるAI

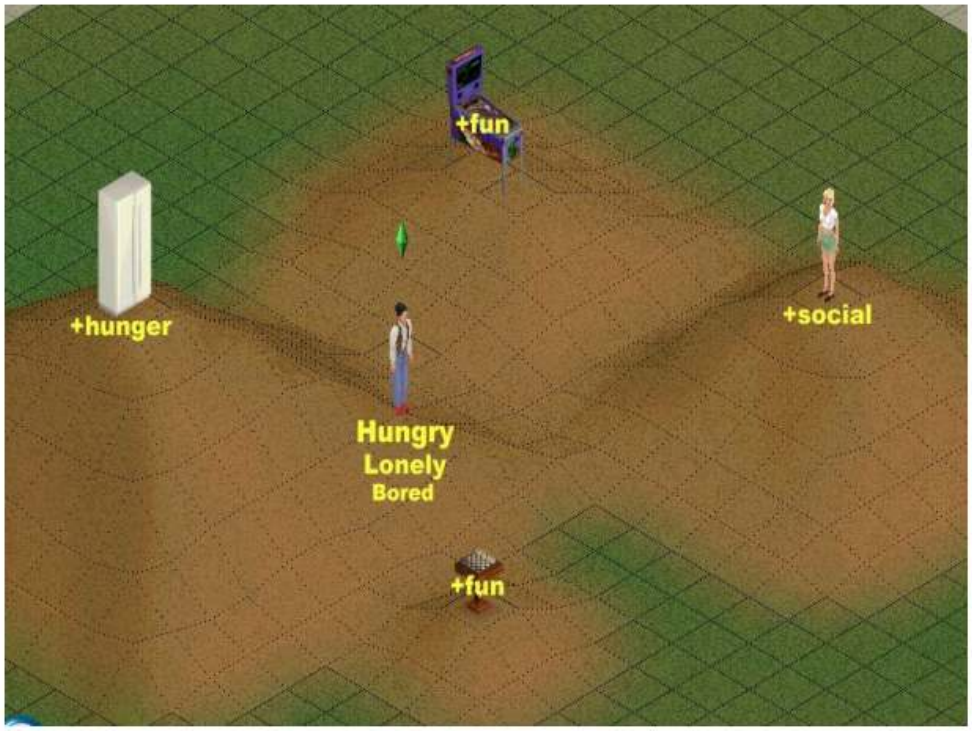
① AIの構造化とロジック実装

② 内部パラメータ変動モデルと
オブジェクトによるAI制御による日常系AI

③ ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム

第３期　AIアーキテクチャの時代

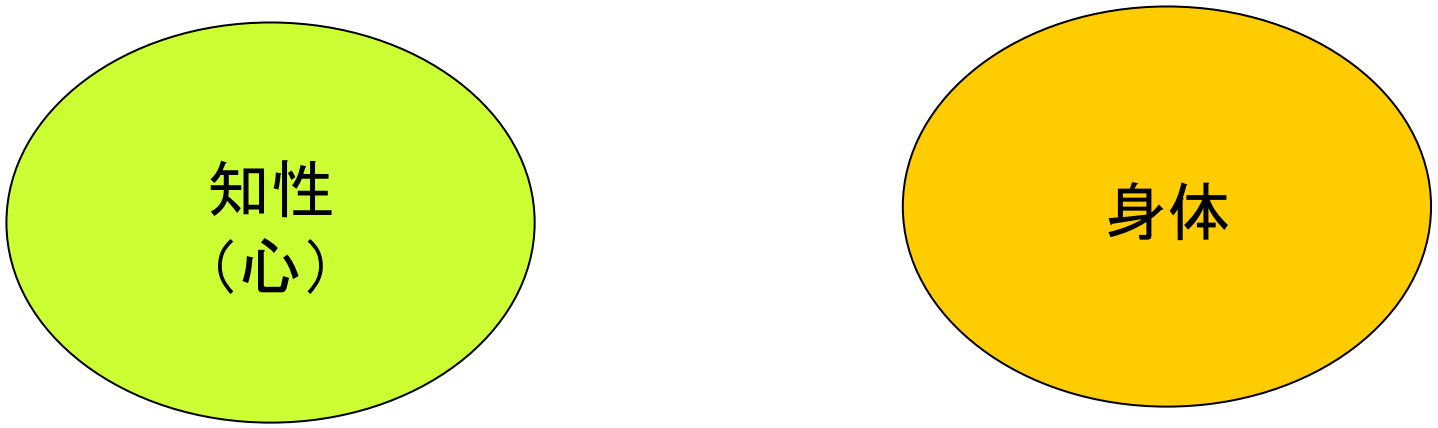
第２期 ②内部パラメータ変動モデルとオブジェクトによる AI制御による日常系AI



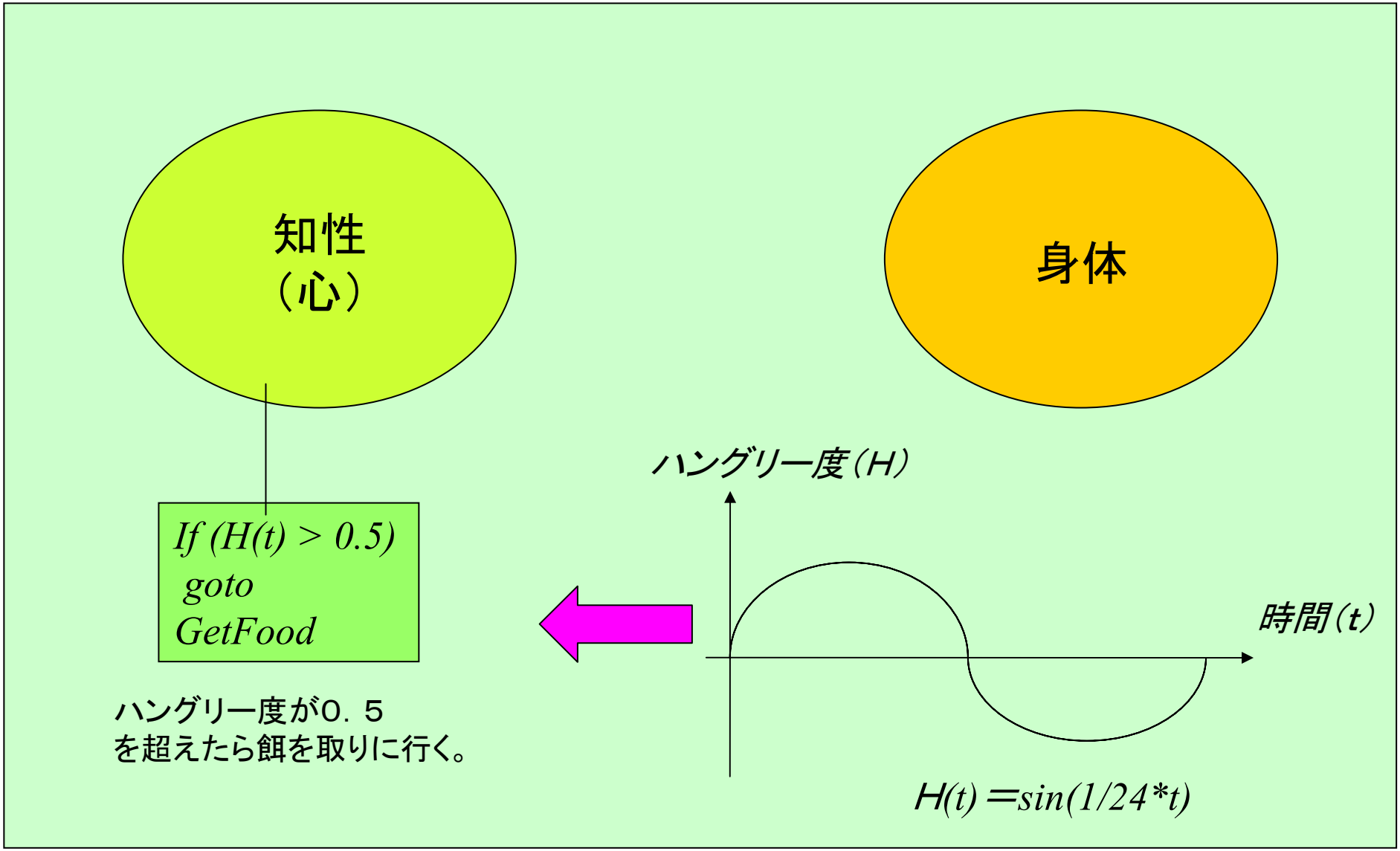
戦闘のAIから日常のAIへ

戦闘のAI（極限状態） ＜ 日常のAI（煩雑）

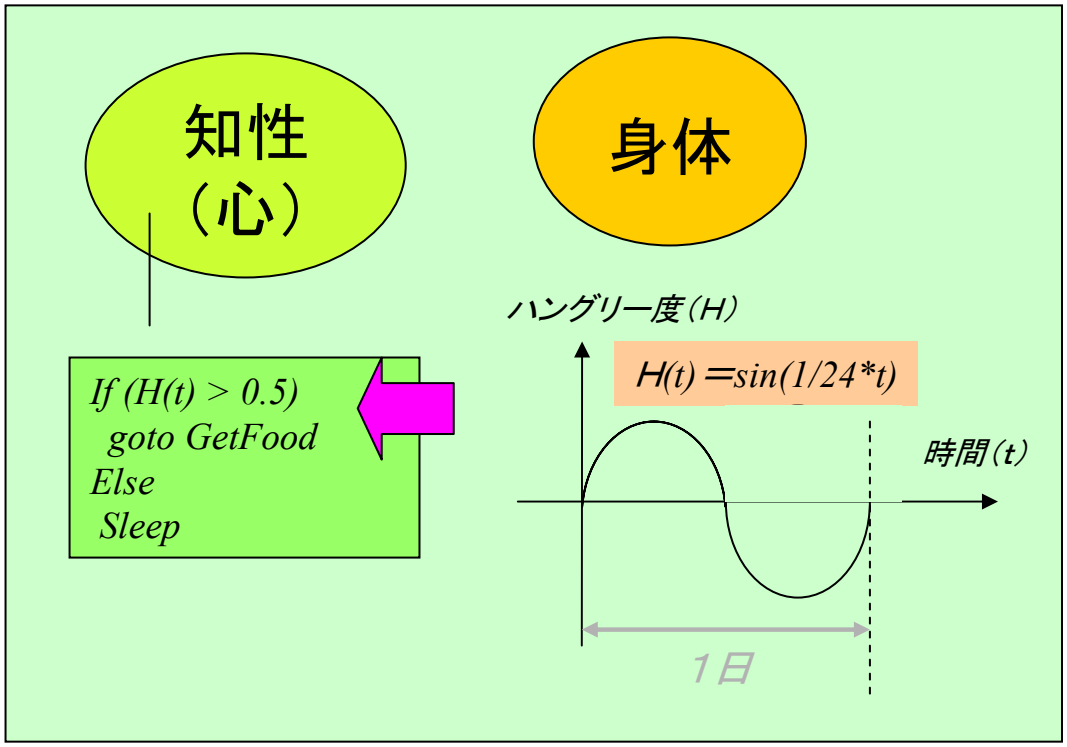
自律型AIの作り方

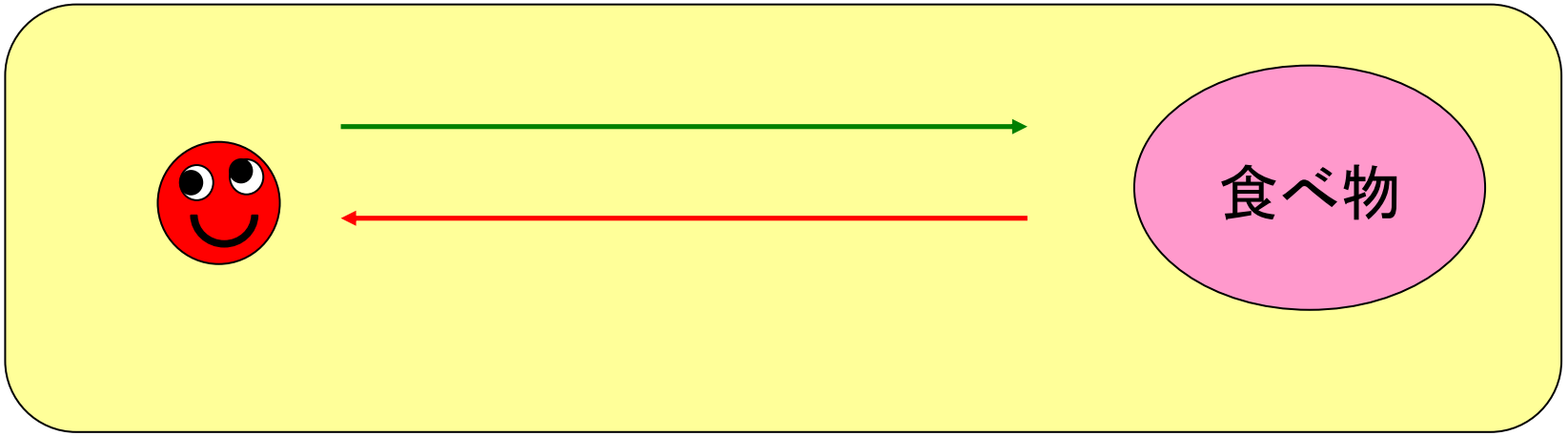


自律型AIの作り方

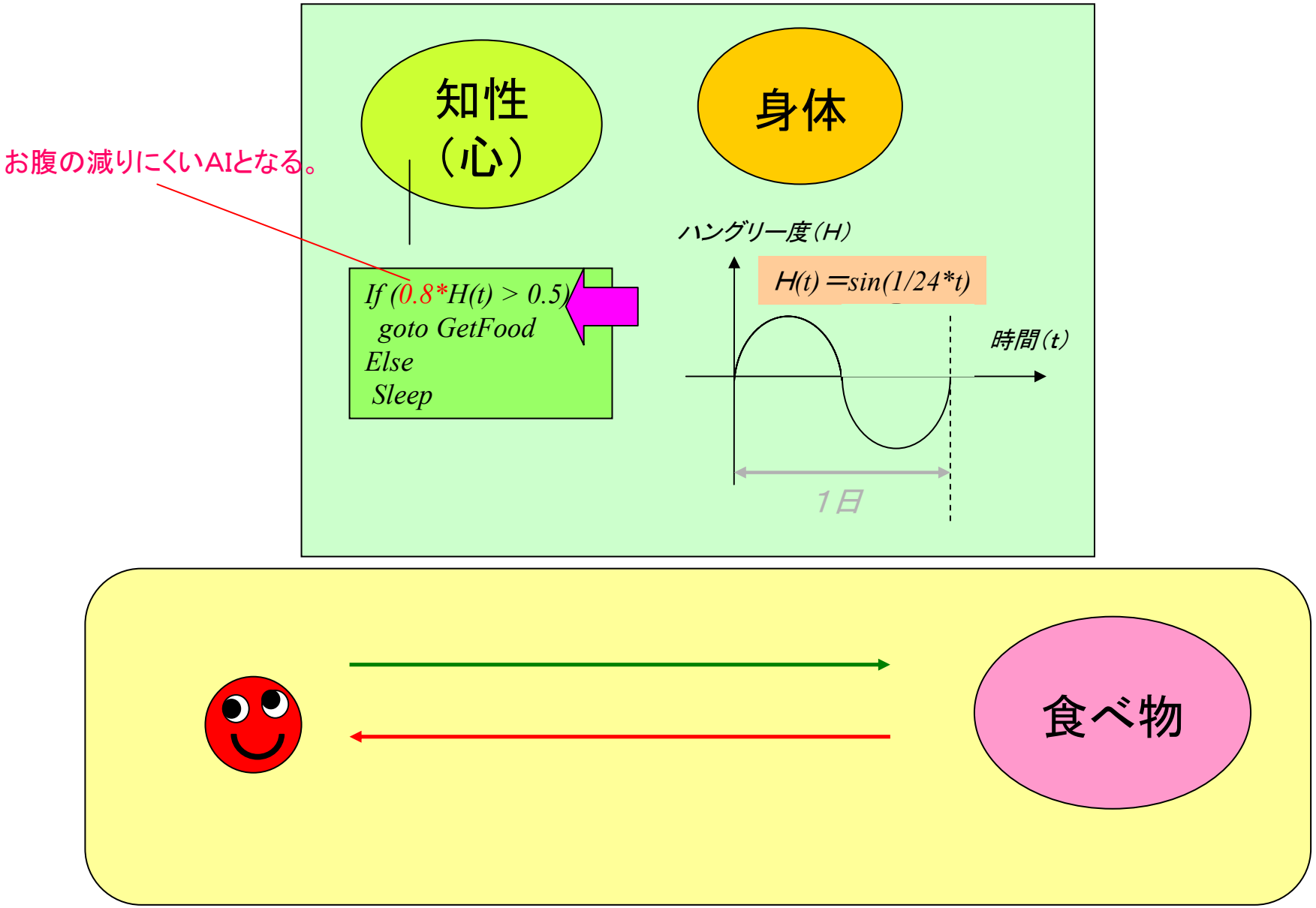

知性
（心）
身体
If (H(t) > 0.5)
goto
GetFood
ハングリー度が０．５
を超えたら餌を取りに行く。
ハングリー度（H）
時間（t）
H(t) ＝sin(1/24*t)

自律型AIの作り方

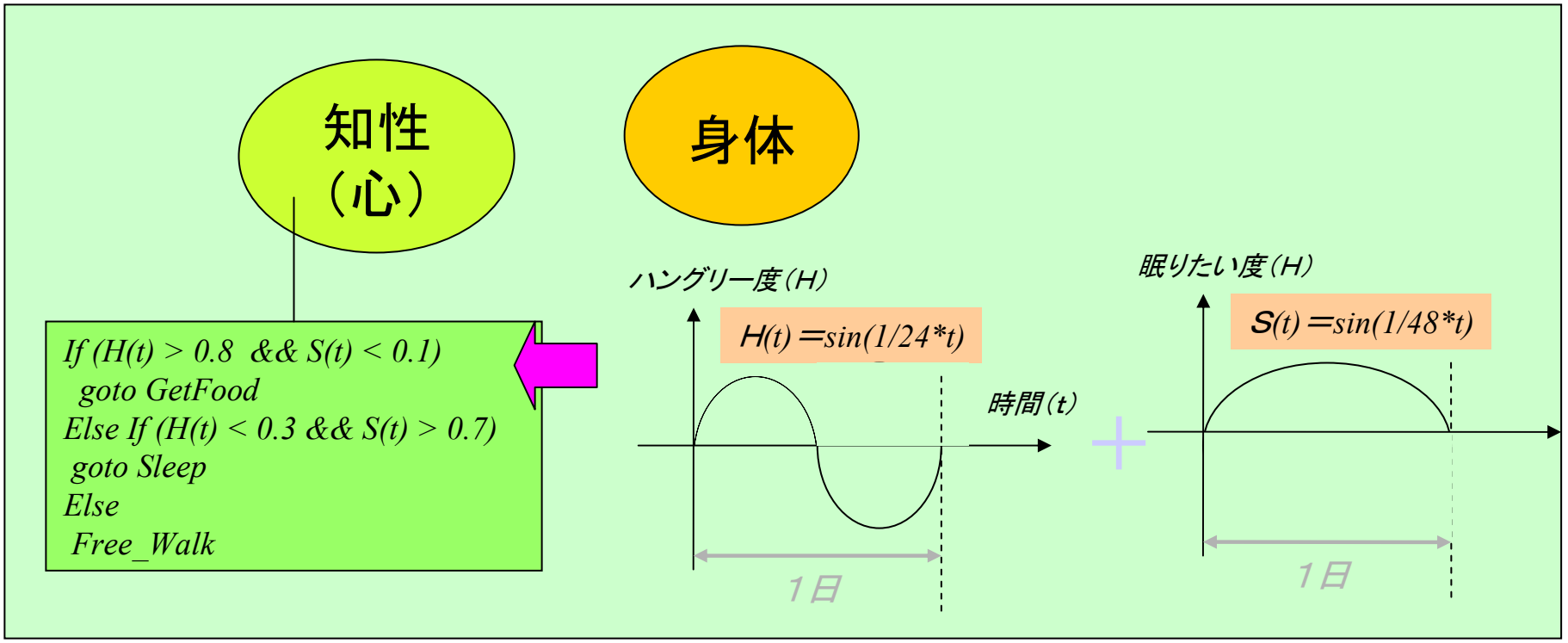

知性
（心）
身体
If (H(t) > 0.5)
goto GetFood
Else
Sleep
ハングリー度（H）
H(t) =sin(1/24*t)
時間（t）
1日

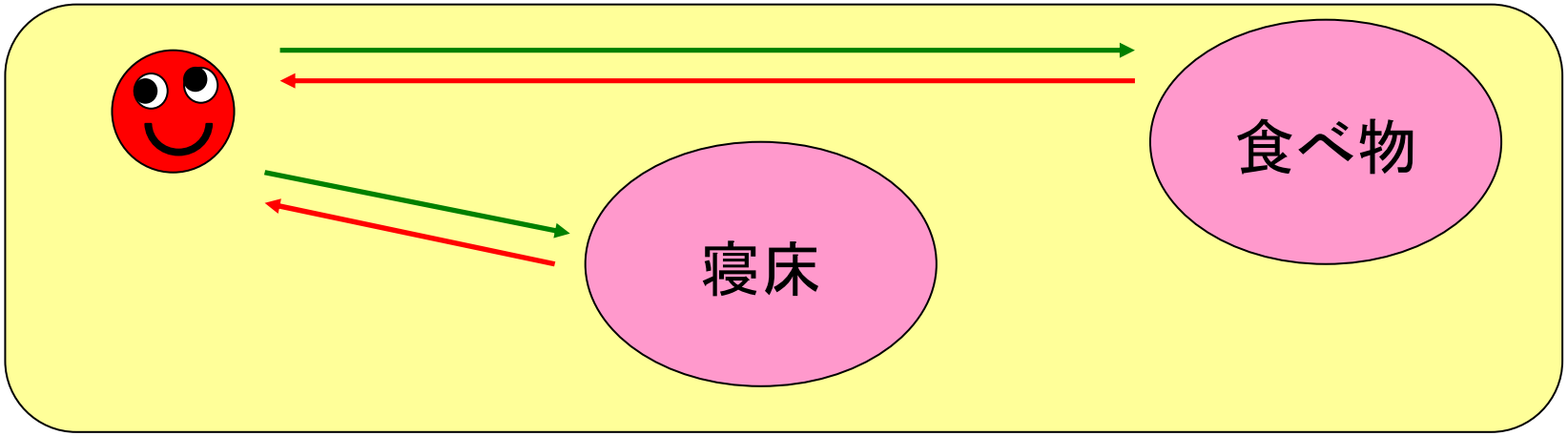

食べ物

自律型AIの作り方（個性付け）

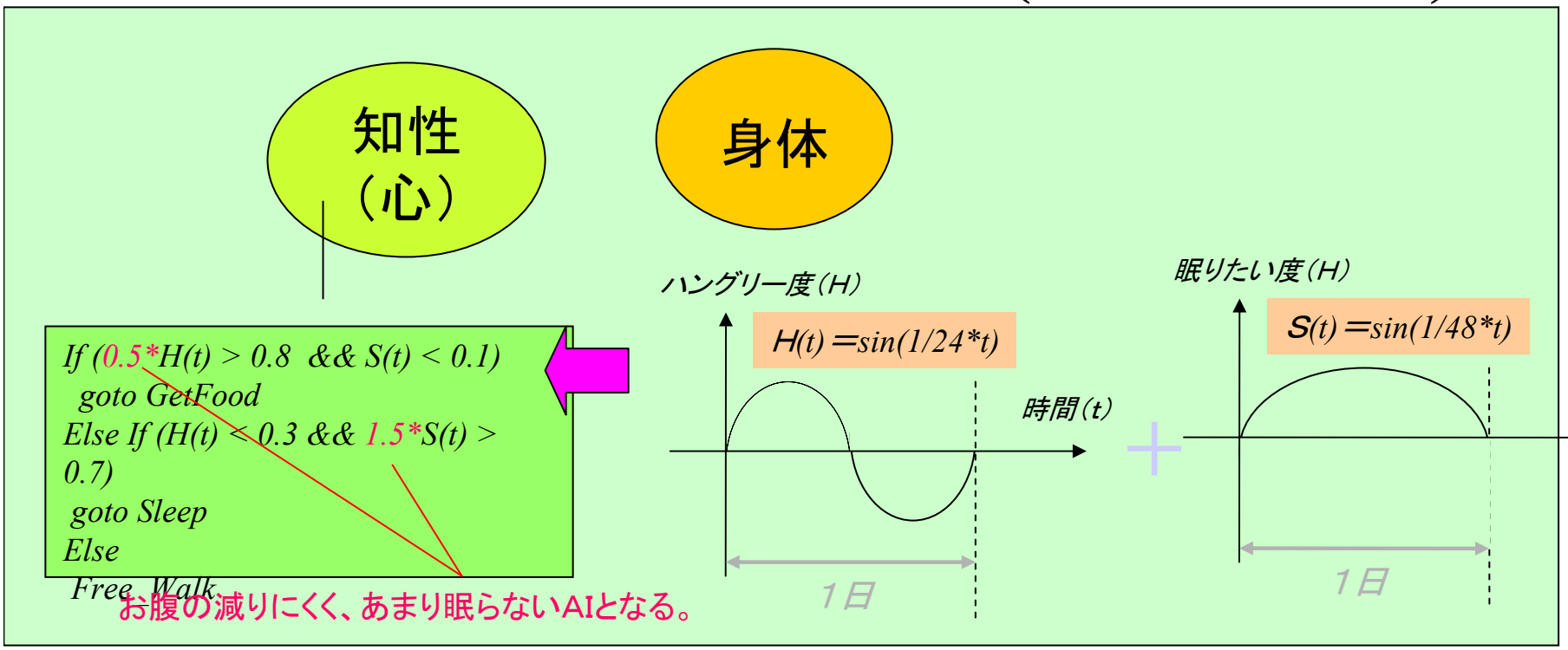


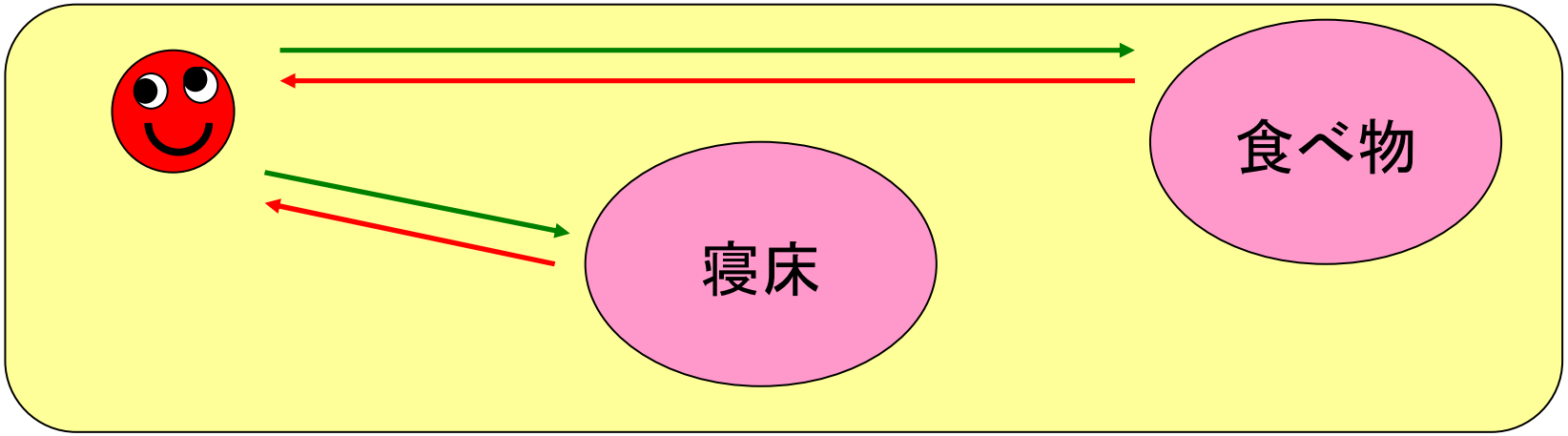
自律型AIの作り方


知性
（心）
身体
If (H(t) > 0.8 && S(t) < 0.1)
goto GetFood
Else If (H(t) < 0.3 && S(t) > 0.7)
goto Sleep
Else
Free_Walk
ハングリー度（H）
H(t) =sin(1/24*t)
時間（t）
1日
眠りたい度（H）
S(t) =sin(1/48*t)
1日

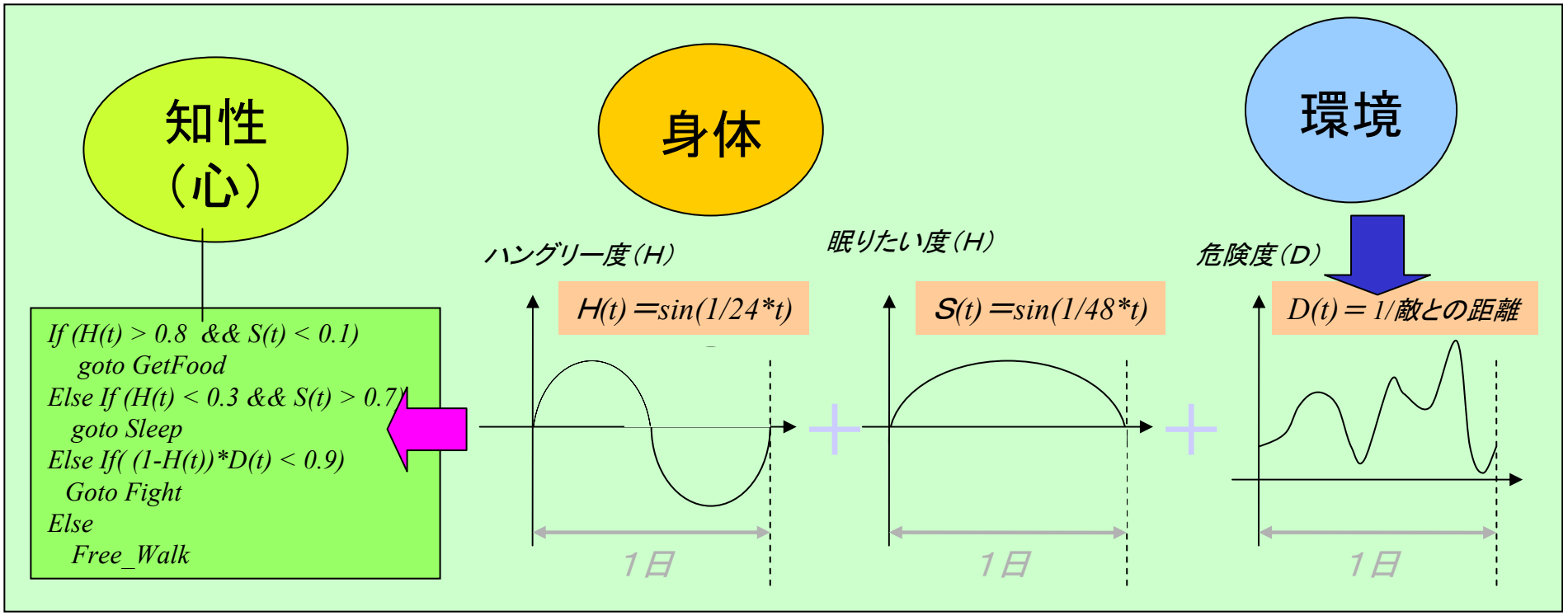

食べ物
寝床

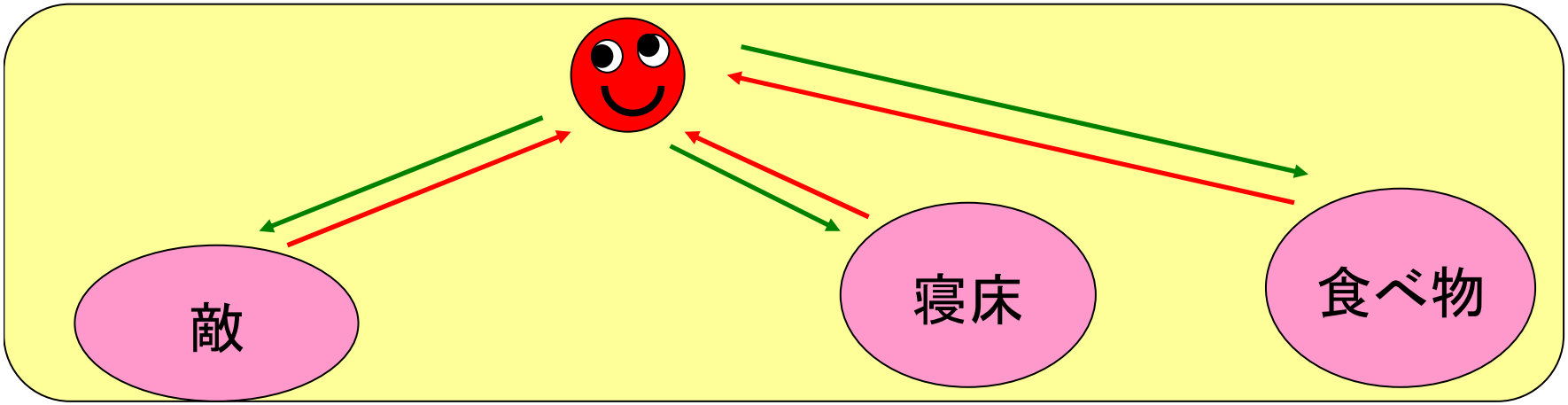
自律型AIの作り方(個性づけ)





自律型AIの作り方


知性
（心）
身体
環境
ハングリー度（H）
眠りたい度（H）
危険度（D）
H(t) ＝sin(1/24*t)
S(t) ＝sin(1/48*t)
D(t) ＝ 1/敵との距離
If (H(t) > 0.8 && S(t) < 0.1)
goto GetFood
Else If (H(t) < 0.3 && S(t) > 0.7)
goto Sleep
Else If((1-H(t))*D(t) < 0.9)
Goto Fight
Else
Free_Walk
1日
1日
1日


敵
寝床
食べ物

Breaking the Cookie-Cutter: Modeling Individual Personality, Mood, and Emotion in Characters

こういったデモに3Dモデルを被せると…

② *The Sims 3 (Maxis, EA)*

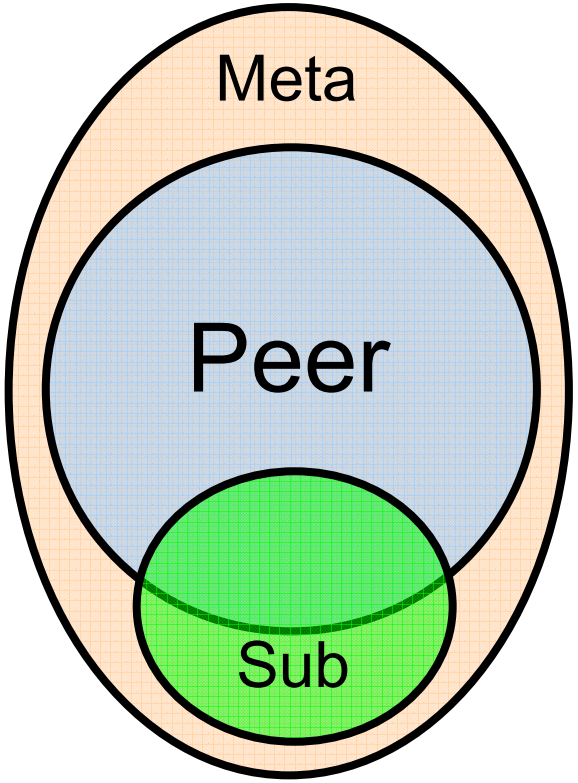
ムービー

Trait … 特性。性格パラメーター
Wish … 将来の目標

Sims Getting Smarter: AI in The Sims 3(IGN)
http://pc.ign.com/articles/961/961065p1.html

GDC09 資料 http://cmpmedia.vo.llnwd.net/o1/vault/gdc09/slides/Combined.ppt

The Sims シリーズのAIの作り方



Meta
Peer
Sub

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

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

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

オブジェクトに仕込むデータ構造

Data (Class, Sate)

Graphics (sprites, z-
Animations (skeletal)

Sound Effects

Code (Edith)
-Main (obiect thread)
-External 1
-External 2
-External 3

パラメーター

グラフィックス
アニメーション

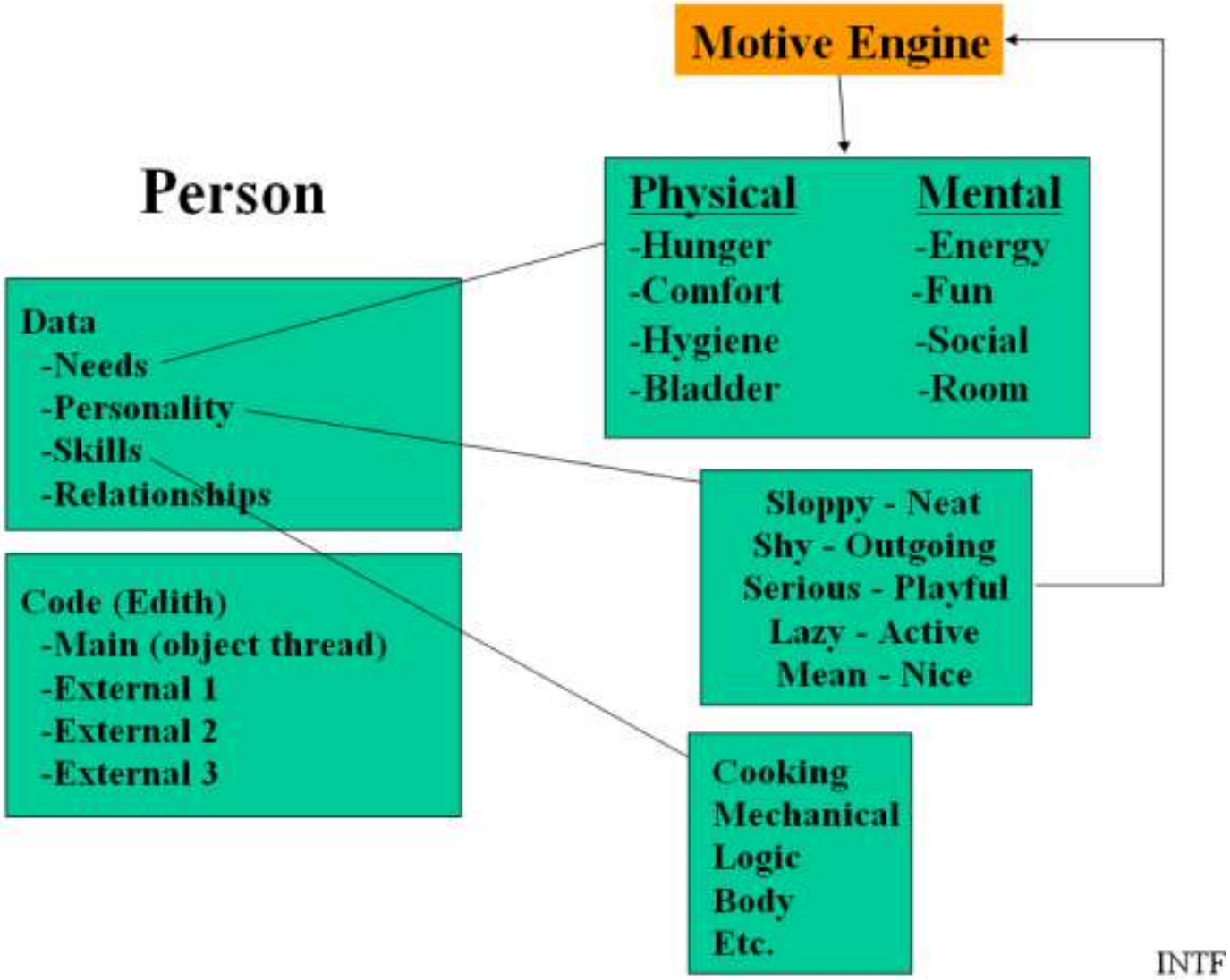
サウンド

メインスレッド

いろいろなインタラクションの仕方

Ken Forbus, "Simulation and Modeling: Under the hood of The Sims" (NorthWerstern大学、講義資料)
http://www.cs.northwestern.edu/%7Eforbus/c95-gd/lectures/The_Sims_Under_the_Hood_files/frame.htm

NPCに仕込むデータ構造



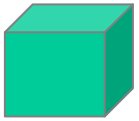
Ken Forbus, "Simulation and Modeling: Under the hood of The Sims" (NorthWerstern大学、講義資料)
http://www.cs.northwestern.edu/%7Eforbus/c95-gd/lectures/The_Sims_Under_the_Hood_files/frame.htm

最適な行動を選択する

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

Mood +18

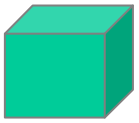
Toilet



Mood +26

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

Bathtub



Mood +20

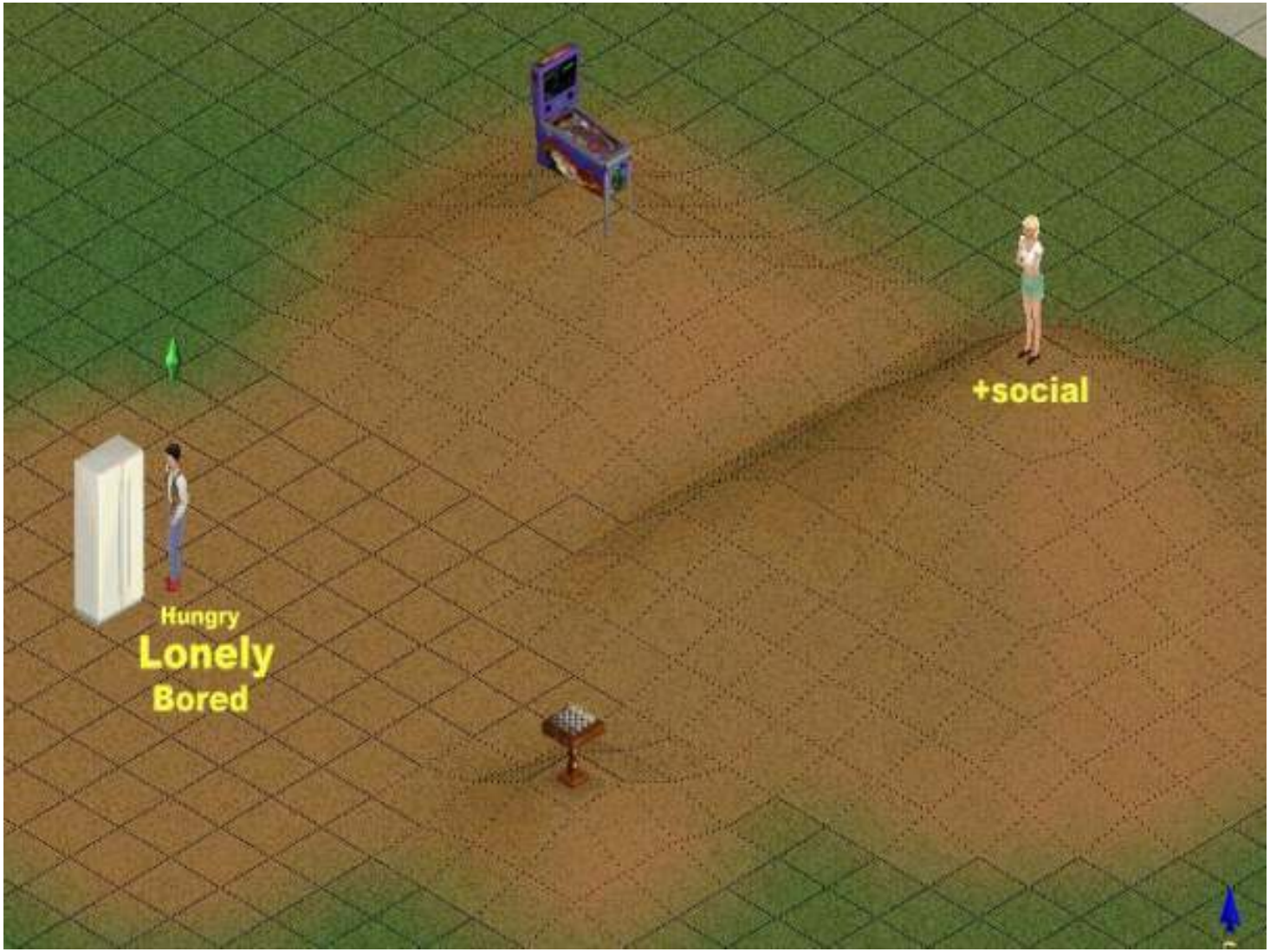
-Take Bath (+40 Hygiene)
(+30 Comfort)
-Clean (+20 Room)

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

Happiness を最大化

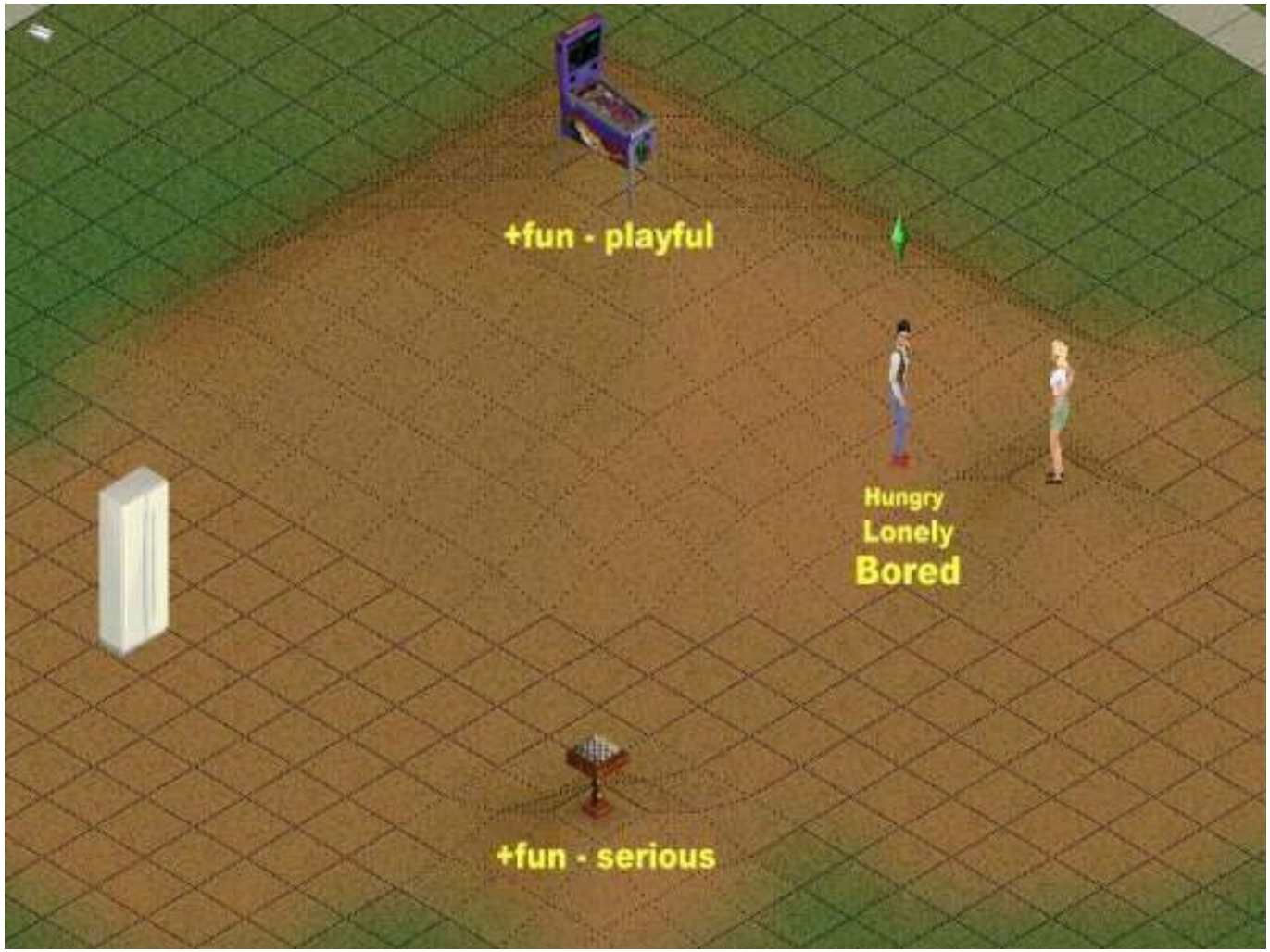
冷蔵庫が最も総合的にHapinessを上昇させるから

Happiness を最大化



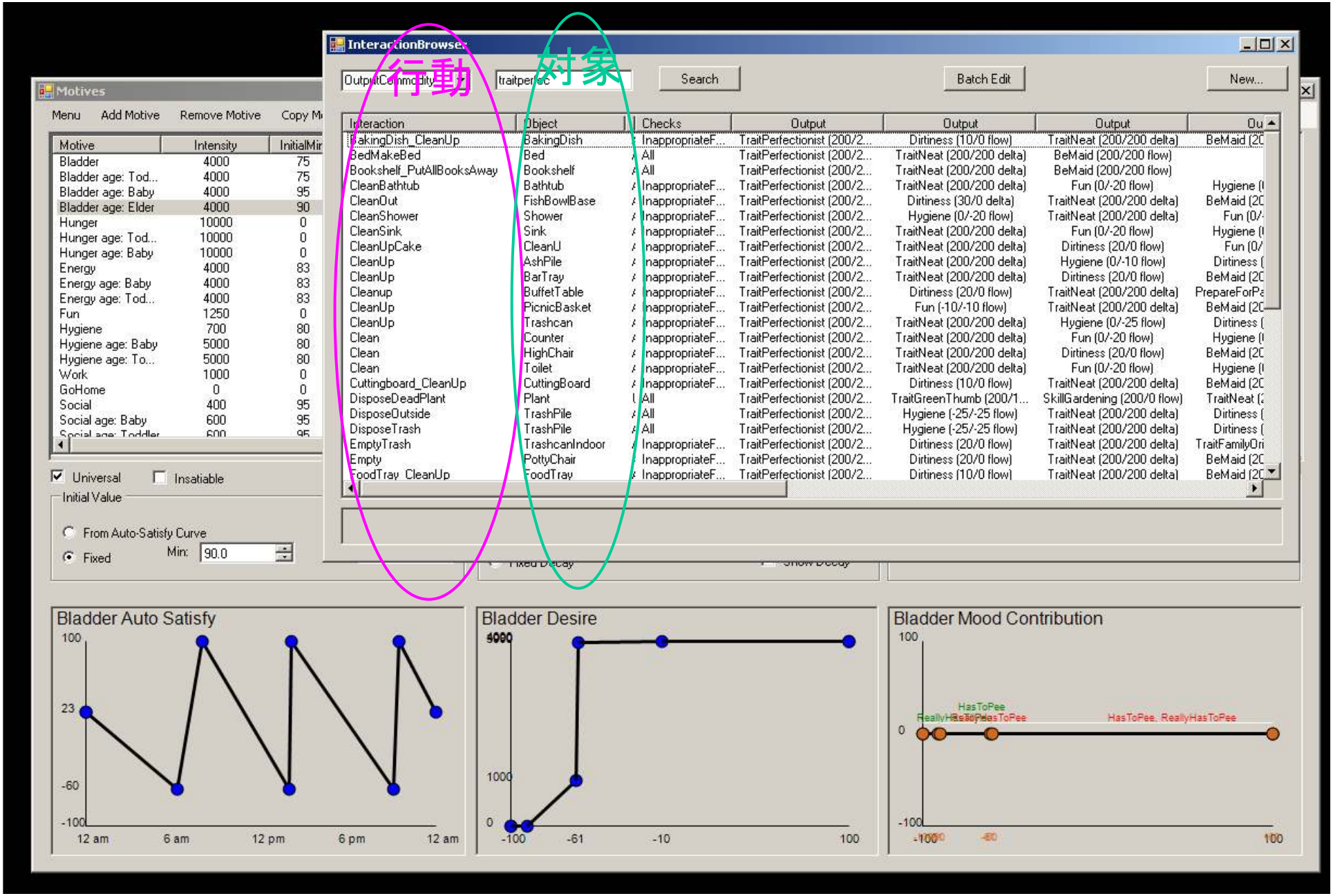
冷蔵庫へ行きます。

Happiness を最大化



お腹が膨れたので、ちょっと退屈だから、女の子と話します。

The Sims 3 では、多くのムードや欲求が準備される。



GDC09 資料 http://cmpmedia.vo.llnwd.net/o1/vault/gdc09/slides/Combined.ppt

Edith

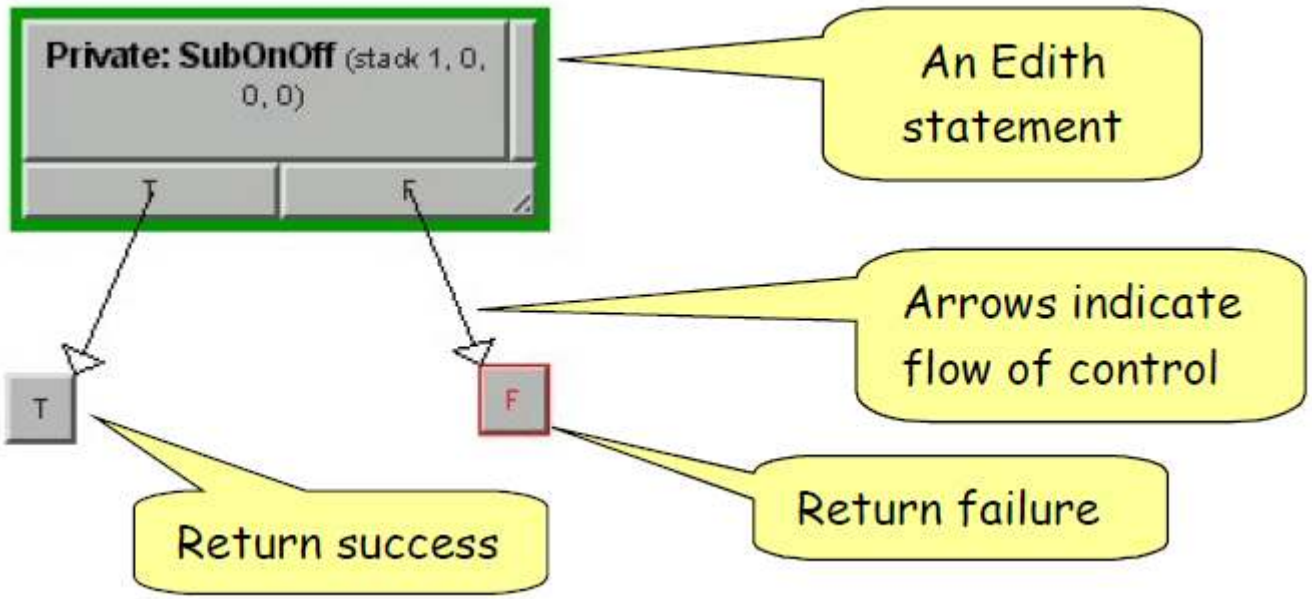
これだけだと、
原始的で単発の行動しかできないけれど...

実際は、
一連の行動のシークエンスをAIに行わせたい。

そのためのビジュアル・プログラミング環境が、
Edith

Edith

プログラミング・オブジェクトを繋げて行く
ビジュアル・プログラミング環境

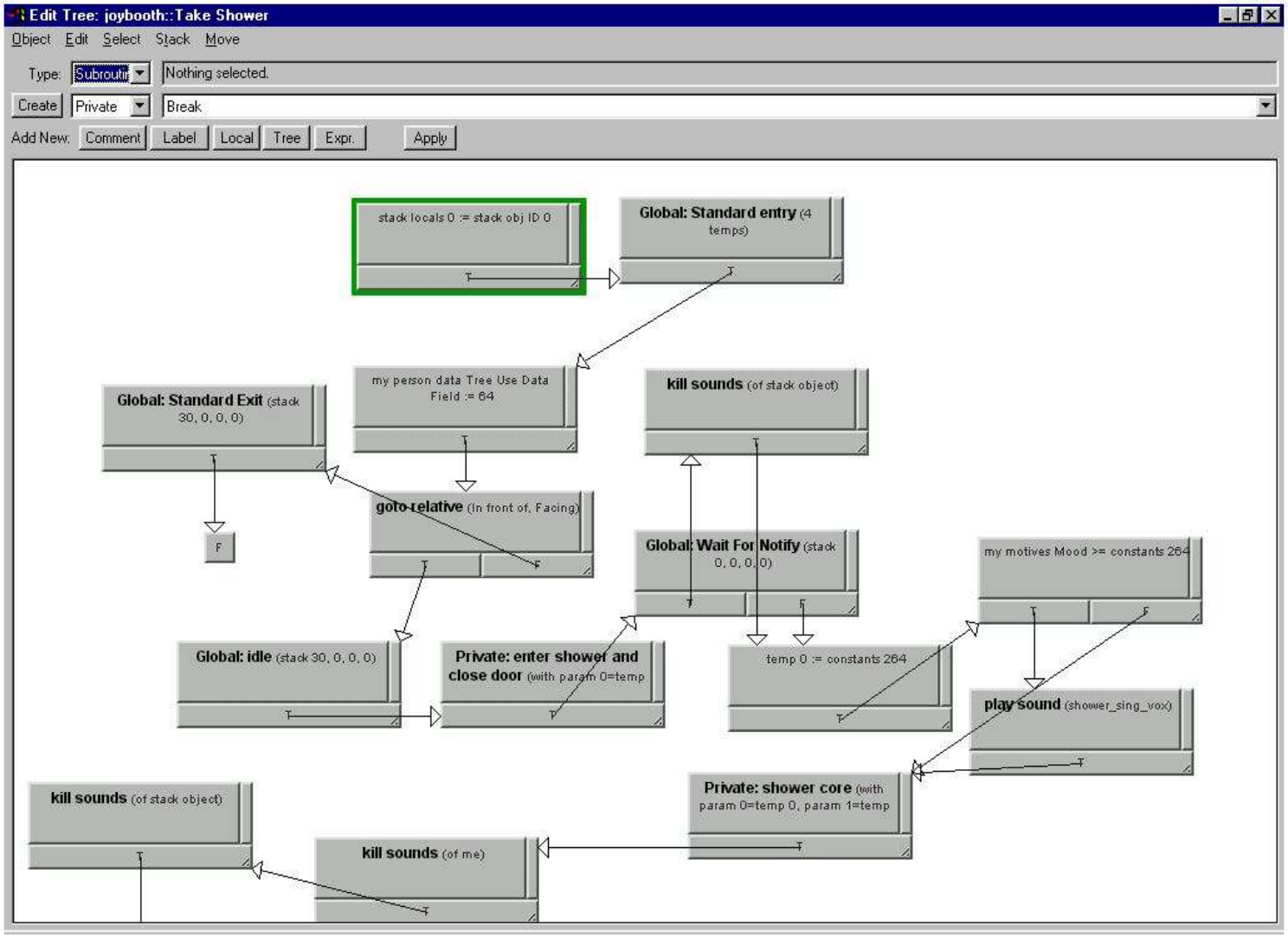


Kenneth D. Forbus “Some notes on programming objects in. The Sims”

http://www.qrg.northwestern.edu/papers/Files/Programming_Objects_in_The_Sims.pdf

Edith

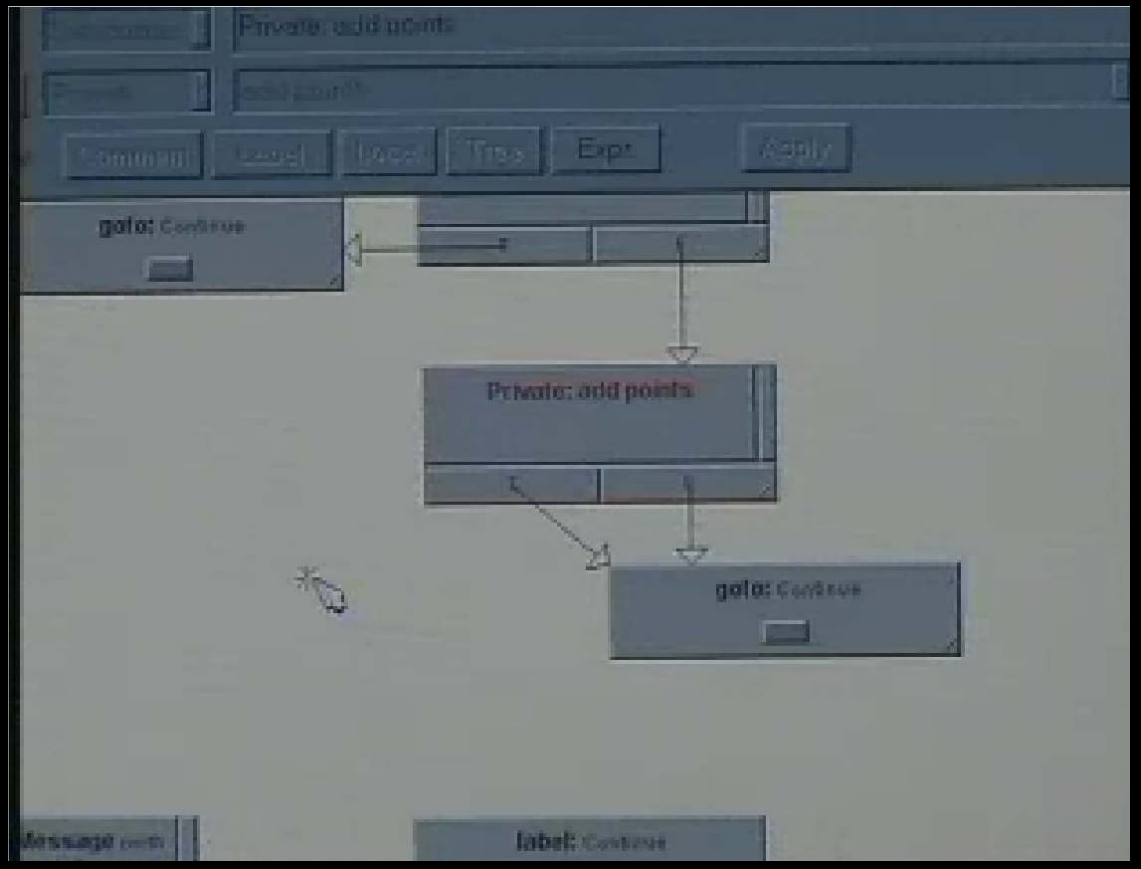
プログラミング・オブジェクトを繋げて行くビジュアル・プログラミング環境



Kenneth D. Forbus “Some notes on programming objects in. The Sims”

http://www.qrg.northwestern.edu/papers/Files/Programming_Objects_in_The_Sims.pdf

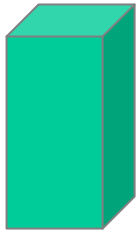
Edith Demo



http://www.DonHopkins.com/home/movies/TheSimsPieMenus.mov

実例① 「調理して食べる」

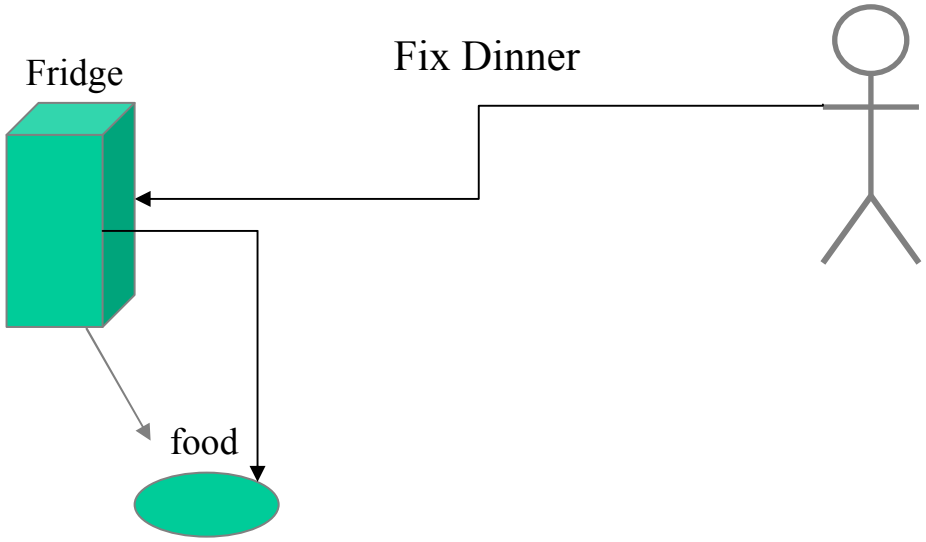
Fridge



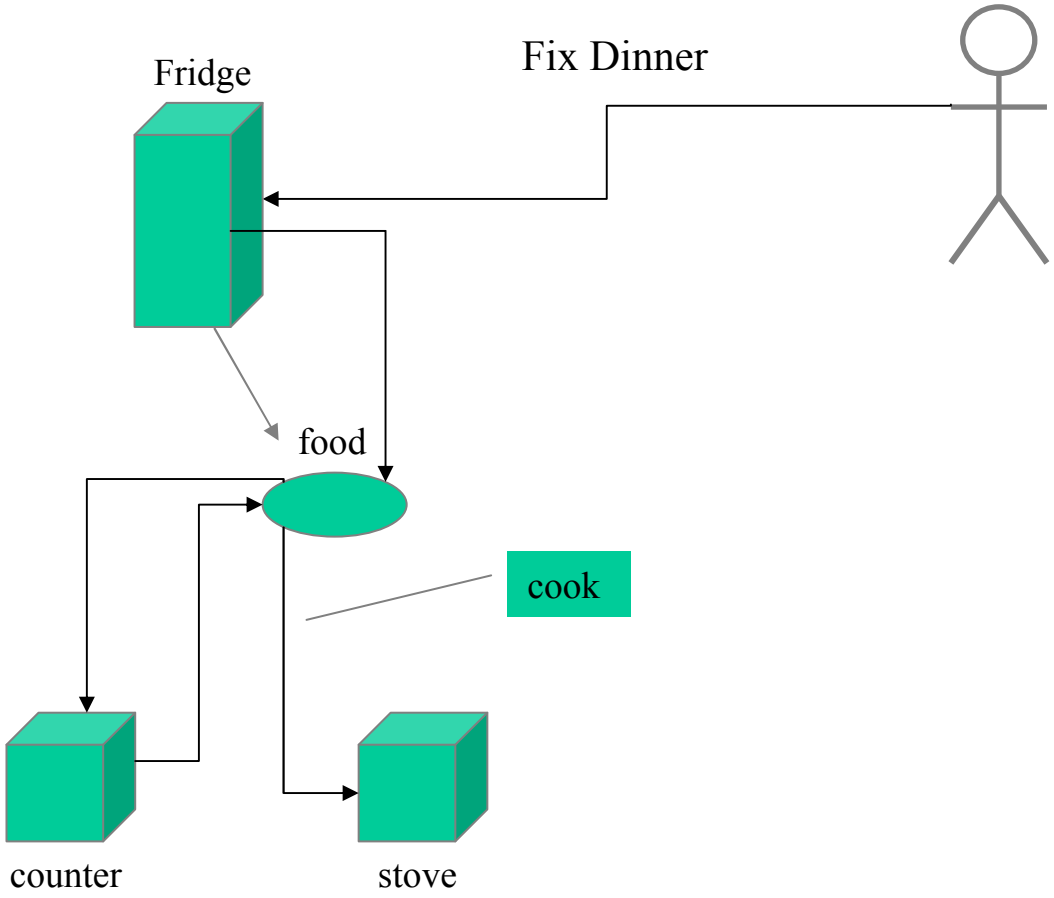
Hunger +30

Hungry

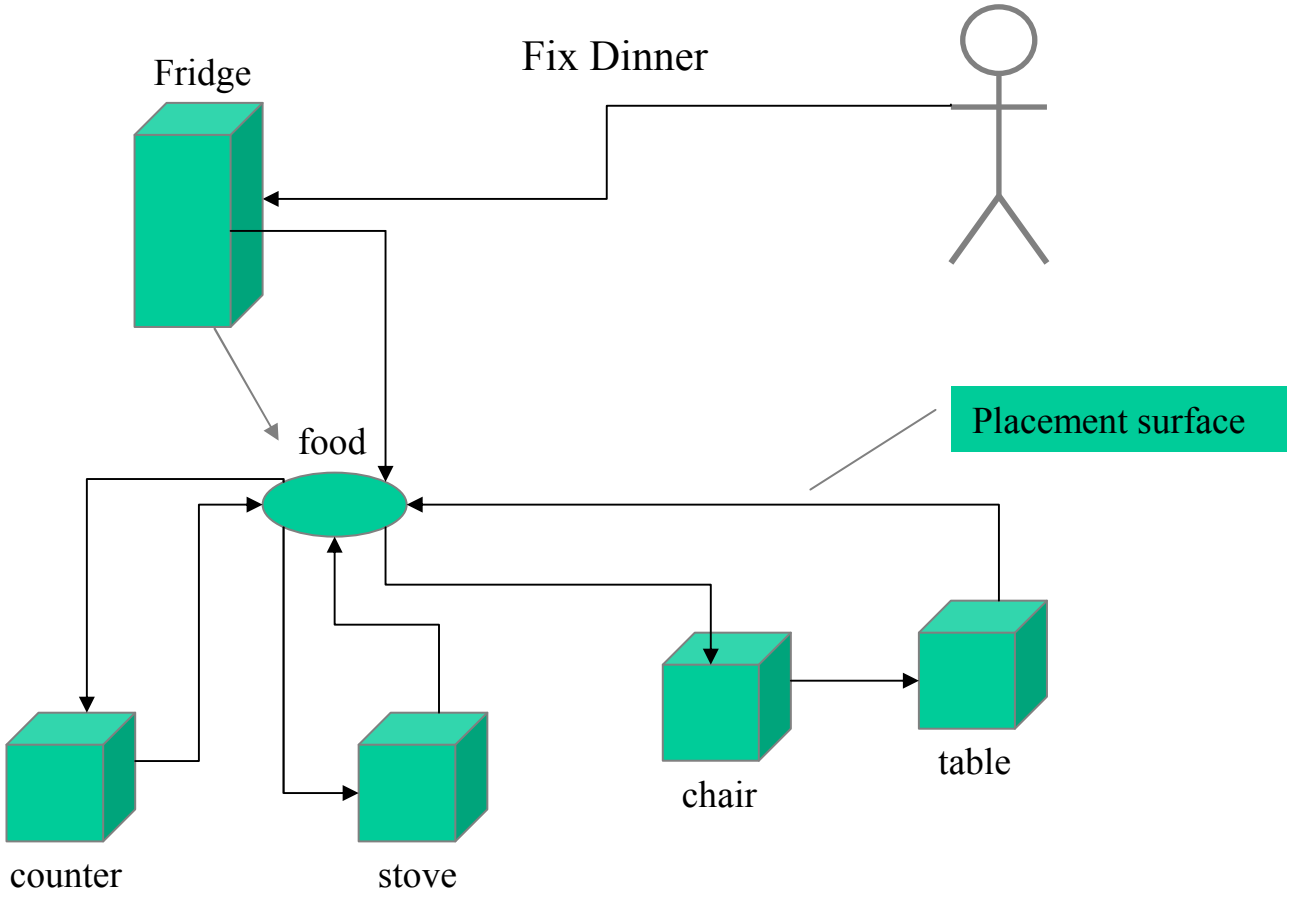
実例① 「調理して食べる」



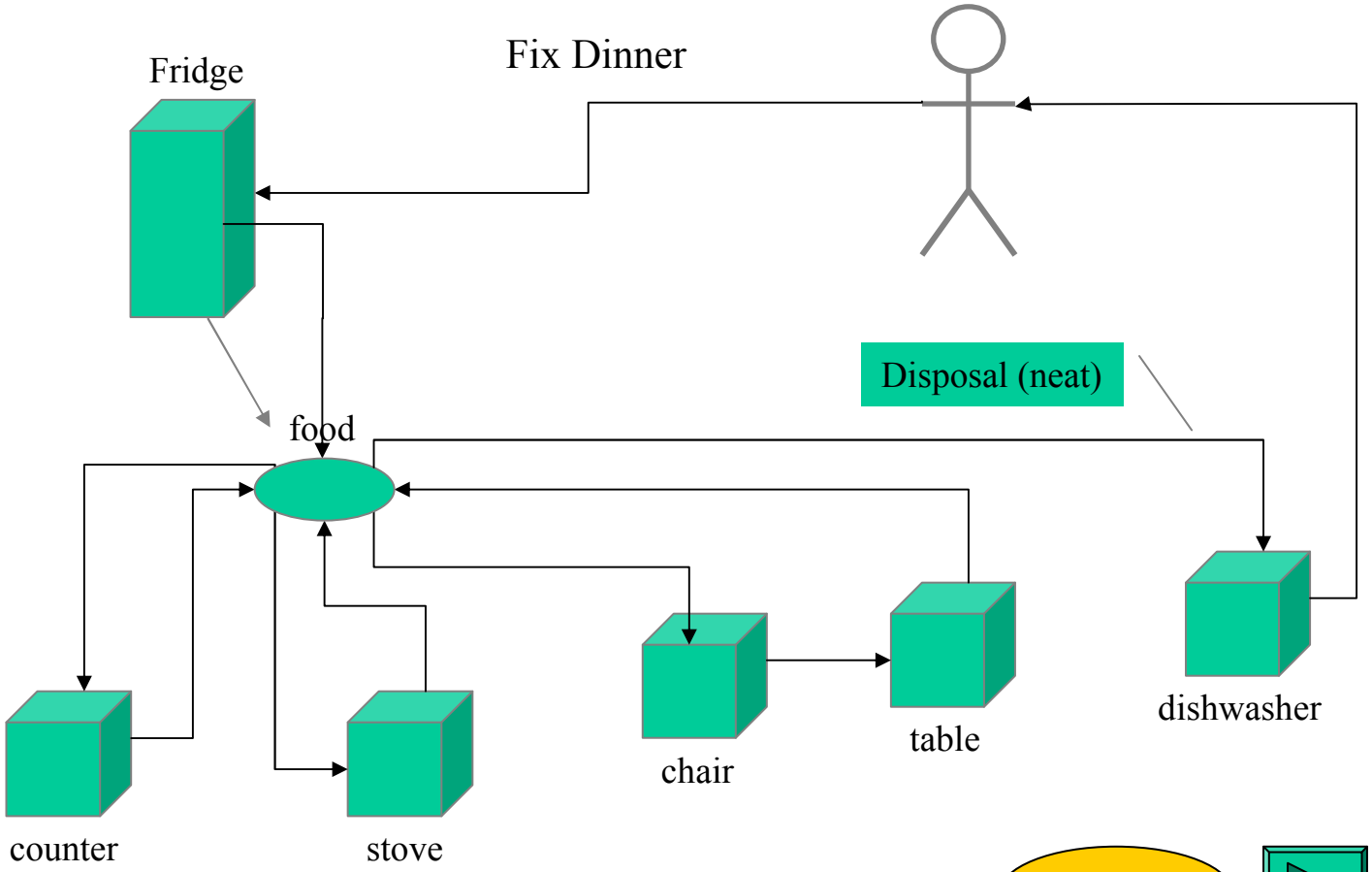
実例① 「調理して食べる」



実例① 「調理して食べる」


Fix Dinner
Fridge
food
Placement surface
counter
stove
chair
table

実例①「調理して食べる」


Fix Dinner
Fridge
Disposal (neat)
food
dishwasher
table
chair
counter
stove
ムービー
17:00ー

自律型AIのコアの作り方

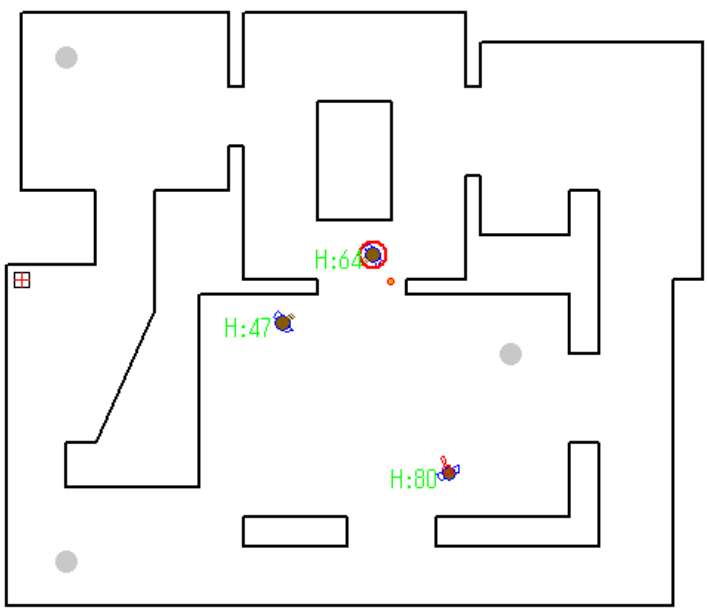
① AIの内部変数として、時間的に自律変化する変数（＝関数）をセットする。

② その変数値（と外部環境の変数を結び付けながら）、異なる行動を取るようにプログラムを書く。

③ そういった変数を複数増やして、組み合わせることで、
複雑な 内部構造を持つAIを作ることが出来る。

[参考] ゴール指向AI, BDIアーキテクチャ

Mat Bucklandの自律型エージェントのデモ



デモ

目標を持ち、目標ごとに内部状態に応じて変動する関数を持つ

① 攻撃する
② 移動する
③ 回復アイテムを取る
④ 武器を取る
…

意思決定：全てのゴールのうち、最大値を持つゴールを選択して行動する。

（例）③

$H(t) = 0.8 * ((1 - \text{現在のHP}) / \text{回復アイテムまでの距離})$

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」

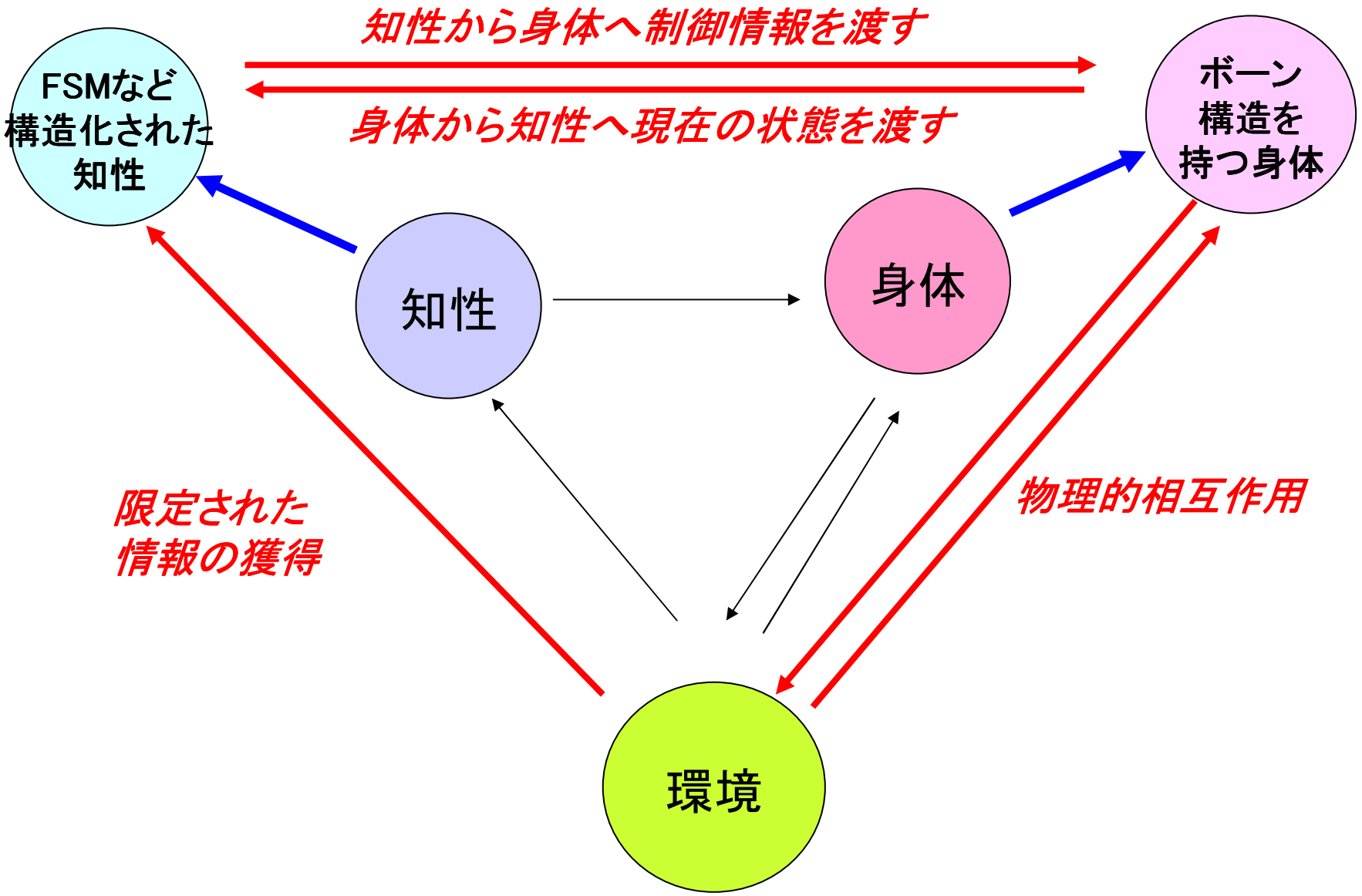
（Mat Buckland著、松田晃一訳）

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

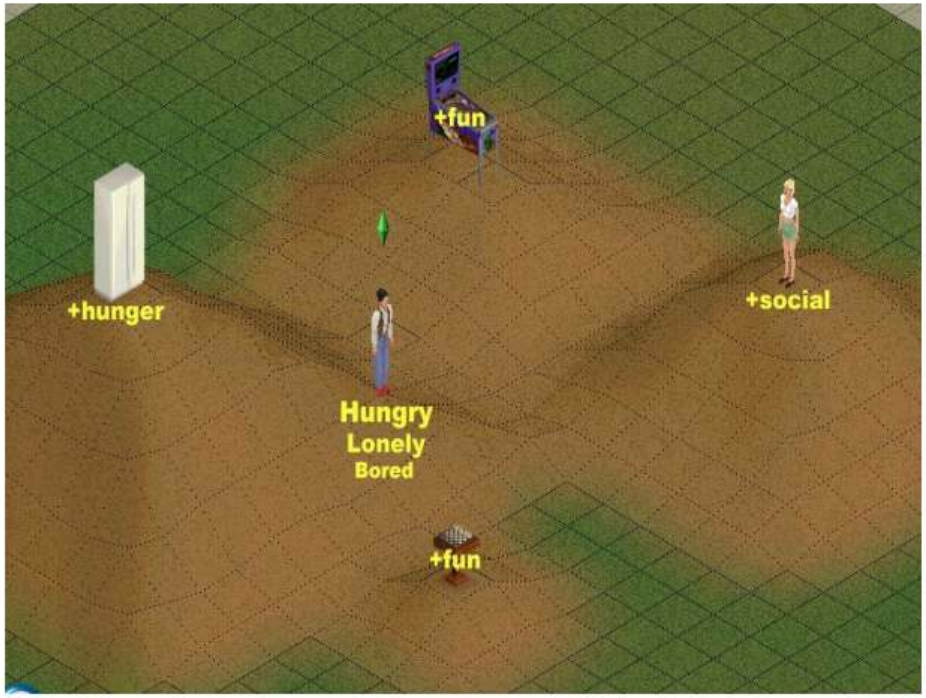
ここまでの8ページが、
The Sims のAIの概要の説明です。
詳しくは以下の資料を見てください。

三宅陽一郎、「Spore におけるゲームAI技術とプロシージャル」
（DiGRA Japan 第14回　月例研究会）
http://www.igda.jp/modules/mydownloads/visit.php?cid=2&lid=77

「知性 - 環境 - 身体」相関図


知性から身体へ制御情報を渡す
身体から知性へ現在の状態を渡す
FSMなど
構造化された
知性
ボーン
構造を
持つ身体
知性
身体
環境
限定された
情報の獲得
物理的相互作用

②内部パラメータ変動モデルとオブジェクトによる AI制御による日常系AI



ゲームデザイナー

日常を演出するためのオブジェクトを仕込んで行く

プレイヤー

別に戦わなくてよい。日常を楽しむ。AIにちょっかいをかける。
リアリティーと面白さが大切。

第２部　ゲームにおける人工知能の歴史

第2章　ゲームAIの歴史

第１期　パターンAIとプロシージャルAI

① 単純なパターンAI

② 複数のパターンを持つAI

③ プロシージャルなAI

第２期　構造化されるAI

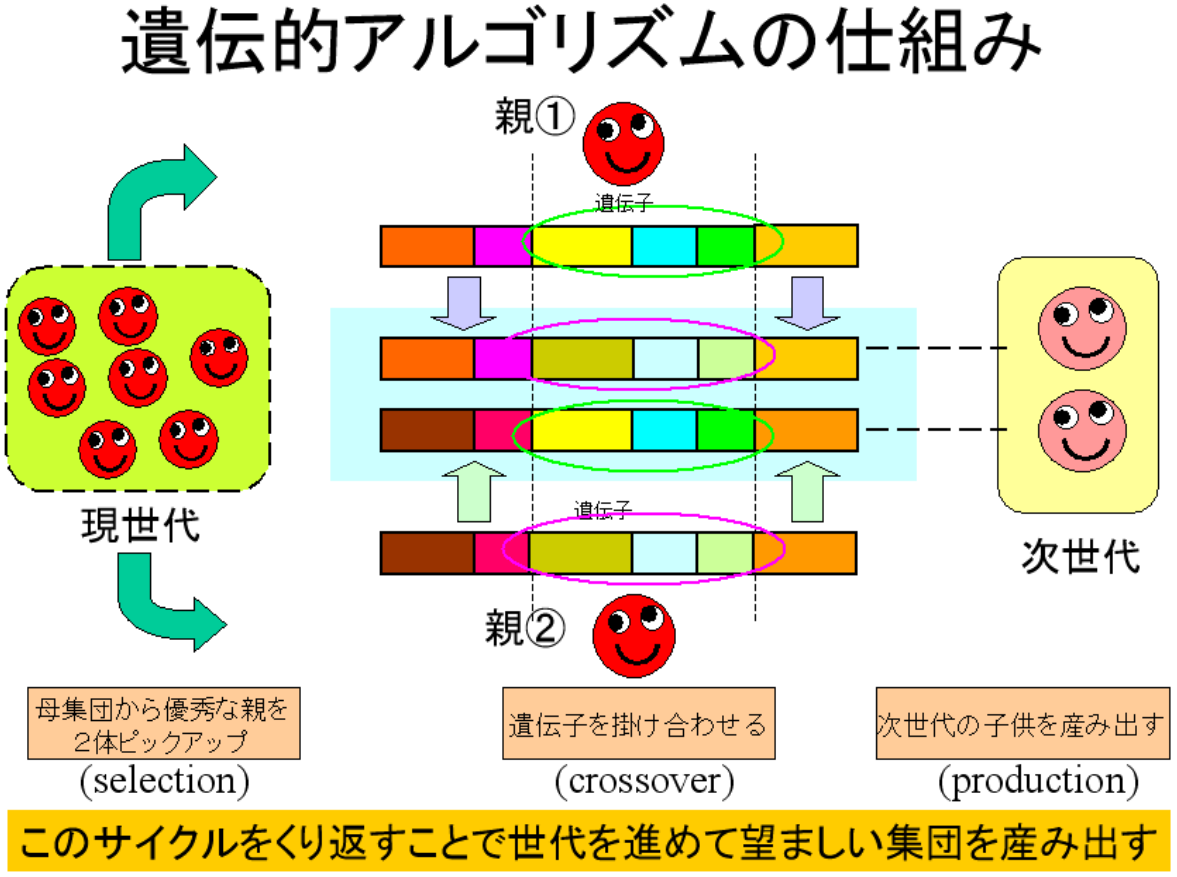
① AIの構造化とロジック実装

② 内部パラメータ変動モデルと
オブジェクトによるAI制御による日常系AI

③ ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム

第３期　AIアーキテクチャの時代

第２期③ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム



遺伝的アルゴリズムとニューラルネットワークが
ゲームAIの視野の中に入って来た。

（例）決して多くない

ニューラルネットワーク

1996年　BATTLECRUISER: 3000AD (3000AD)

1997年　がんばれ森川君２号　(muumuu)

2000年　Colin McRae Rally 2.0 (Codemasters)

2001年　Black & White　(Lionhead Studio)

遺伝的アルゴリズム

1998年　アストロノーカ　(muumuu)

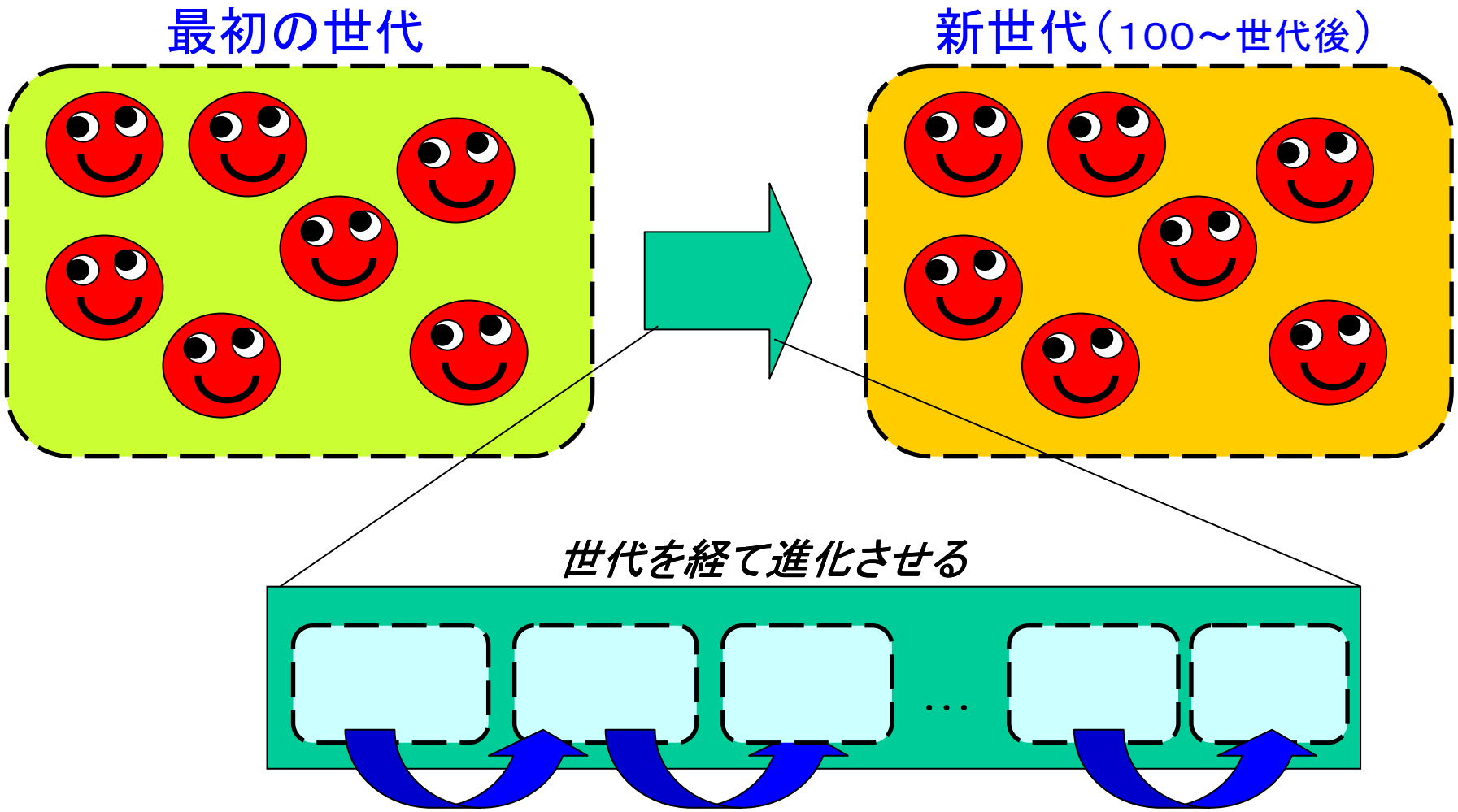
（例）アストロノーカ

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

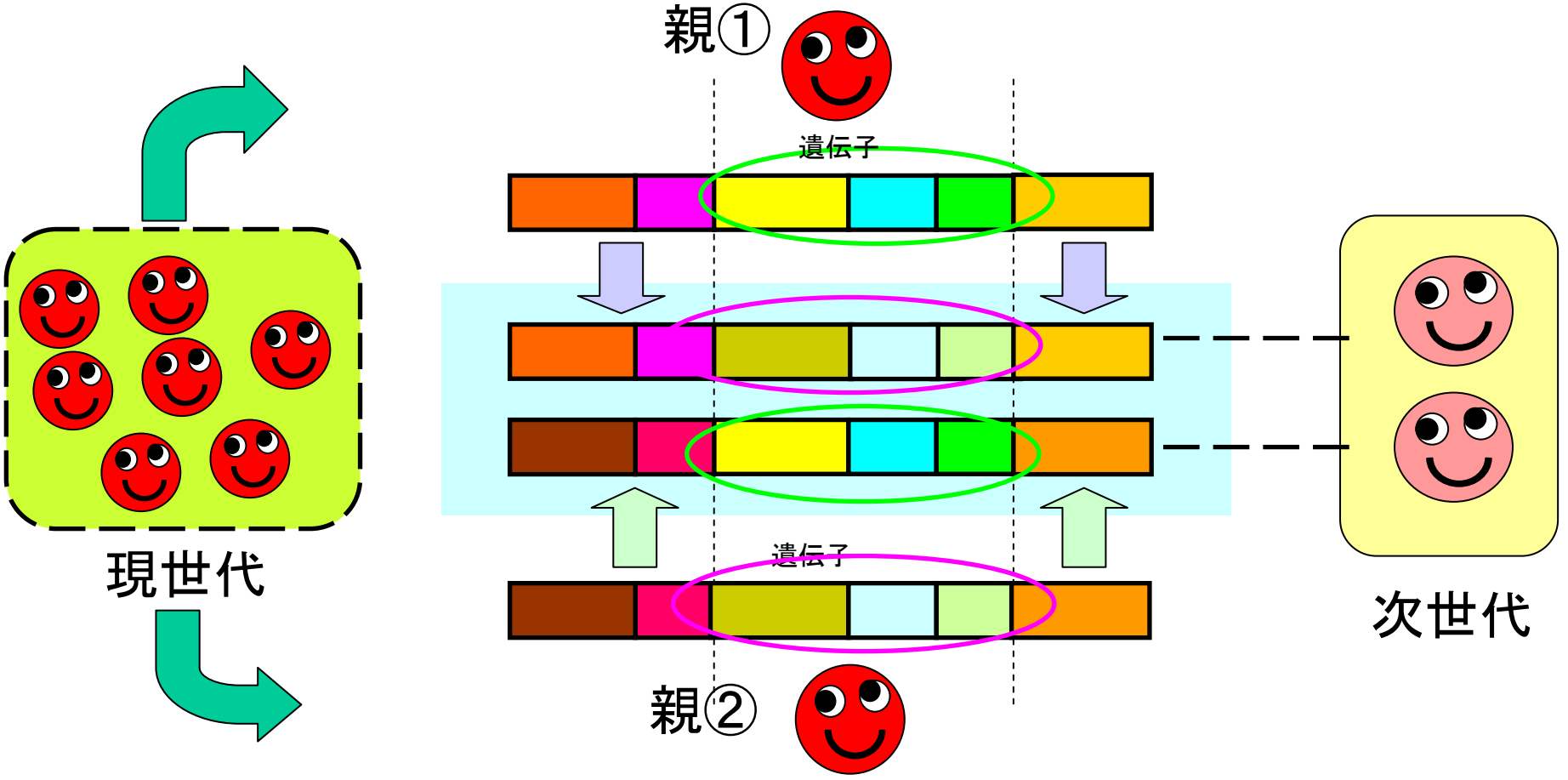
http://www.muumuu.com/games/astro/

遺伝的アルゴリズム

集団を一定の方向に進化させる方法



遺伝的アルゴリズムの仕組み



母集団から優秀な親を
２体ピックアップ
(selection)

遺伝子を掛け合わせる
(crossover)

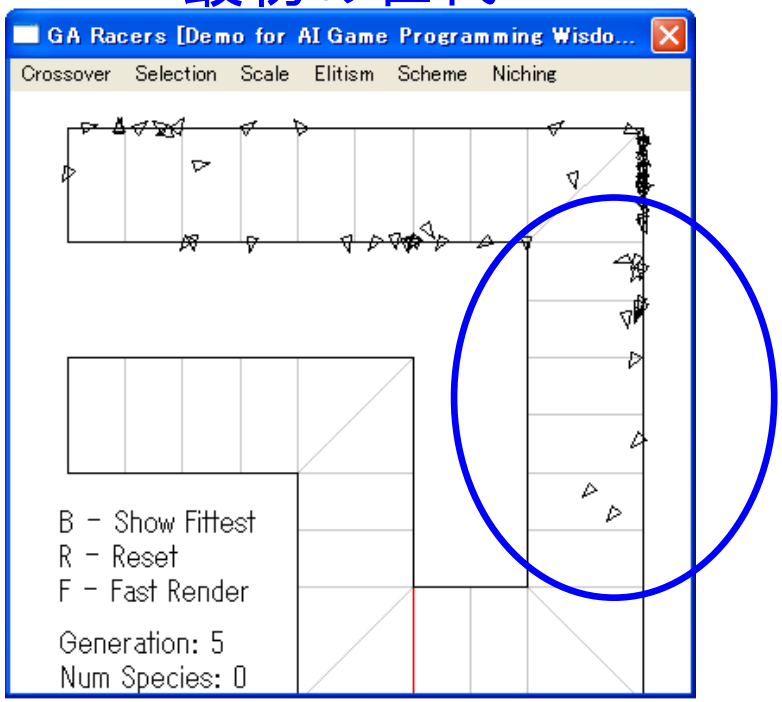
次世代の子供を産み出す
(production)

このサイクルをくり返すことで世代を進めて望ましい集団を産み出す

（例）① GA Racer

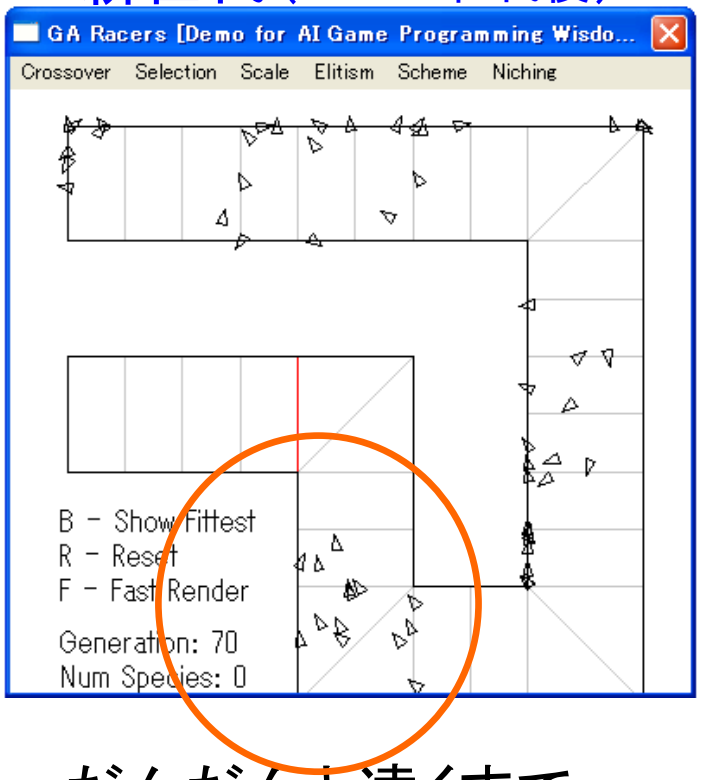
遺伝的アルゴリズムによって、遠くまで到達できるレーサーを作成する

最初の世代



最初はここまでしか
たどり着けないけど…

新世代（100～世代後）



だんだんと遠くまで、
たどりつけるようにする。

Mat Buckland, "Building Better Genetic Algorithm", 11.4., AI Game Programming Wisdom 2
（CD-ROMにソースコードと実行ファイルがあります）

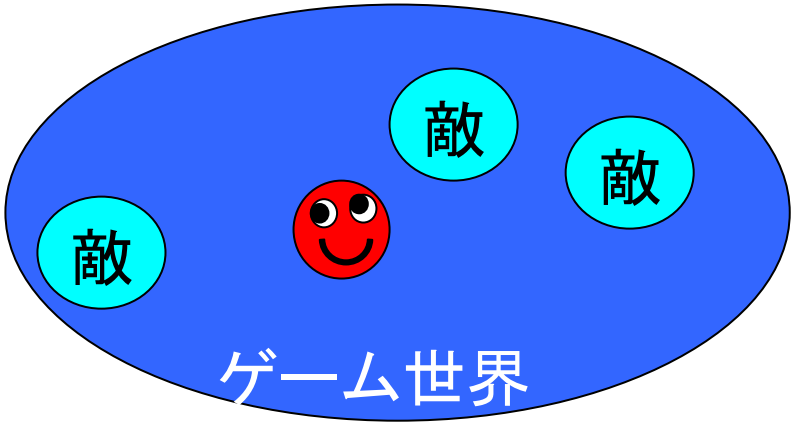
②シミュレーションとNPCの評価

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

ゲーム製作者の意図を反映する評価関数を作る

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

取り合えず生き延びることできるNPCなら、 *評価値＝生存時間*



順位	評価値
1位	86.3
2位	78.4
3位	75.3
…..	
…	
100位	38．2

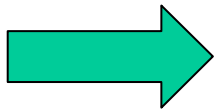
君はこの世界でどれだけ僕が求めるにふさわしいのだ？

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

評価値から適応度を計算する

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

順位	評価値
1位	86.3
2位	78.4
3位	75.3
.....	
...	
100位	38. 2



順位	適応度
1位	9.32
2位	8.83
3位	7.81
.....	
...	
100位	0.02

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

両者の対応関係は、比例関係にあるならどう作ってもよい。

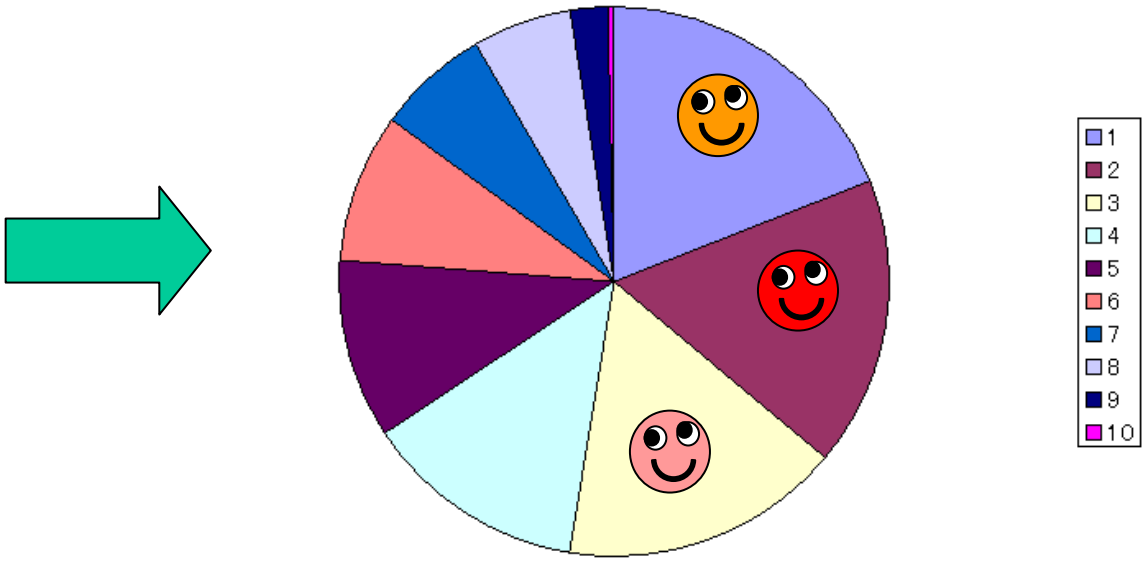
（例）同じでいいや。 *適応度 ＝ 評価値*

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

③ 選択

生き延びて子孫(offspring)を残せる個体を決定する

順位	適応度
1位	0.93
2位	0.81
3位	0.79
4位	0.63
5位	0.51
6位	0.44
7位	0.32
8位	0.28
9位	0.10
10位	0.02



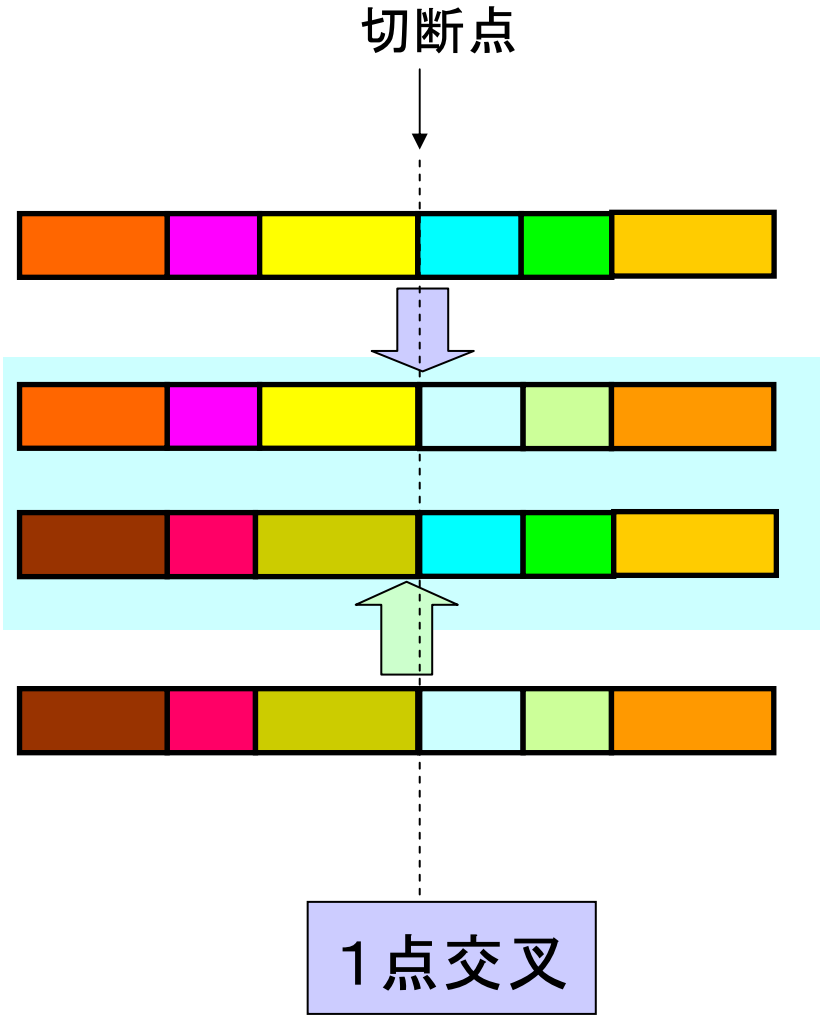
適応度比例方式（ルーレット選択）

… 適応度の大きさに比例した確率で生き延びて親になれる。

（無作為にダーツを投げて親を決めるイメージ。
大きな適応度の領域ほどあたりやすい。プログラムでは勿論、乱数を使う）

④交叉による次世代生成

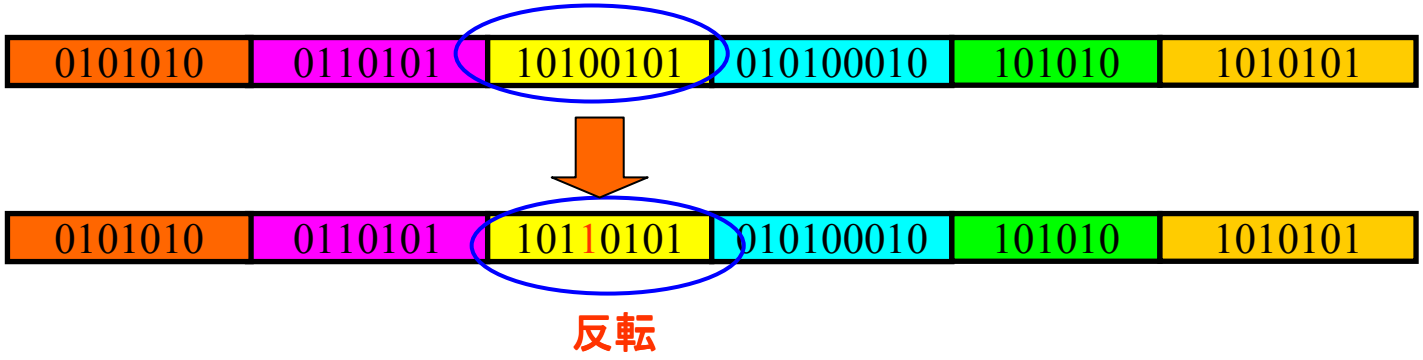
選んだ2つの親の遺伝子を交叉(crossover)させる。



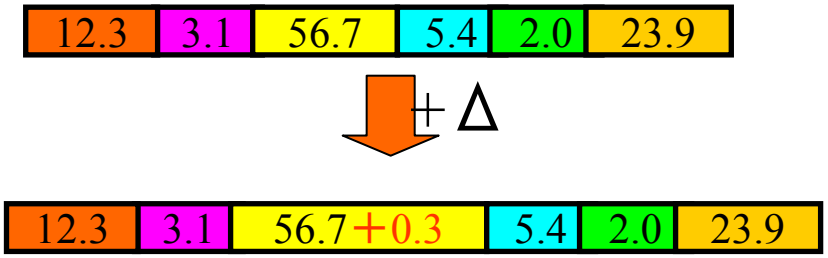
⑤　遺伝子操作（突然変異）

ある確率（突然変異率）で、遺伝子コード上の遺伝子（内容）をランダムに対立遺伝子に書き換える。

バイナリー表現

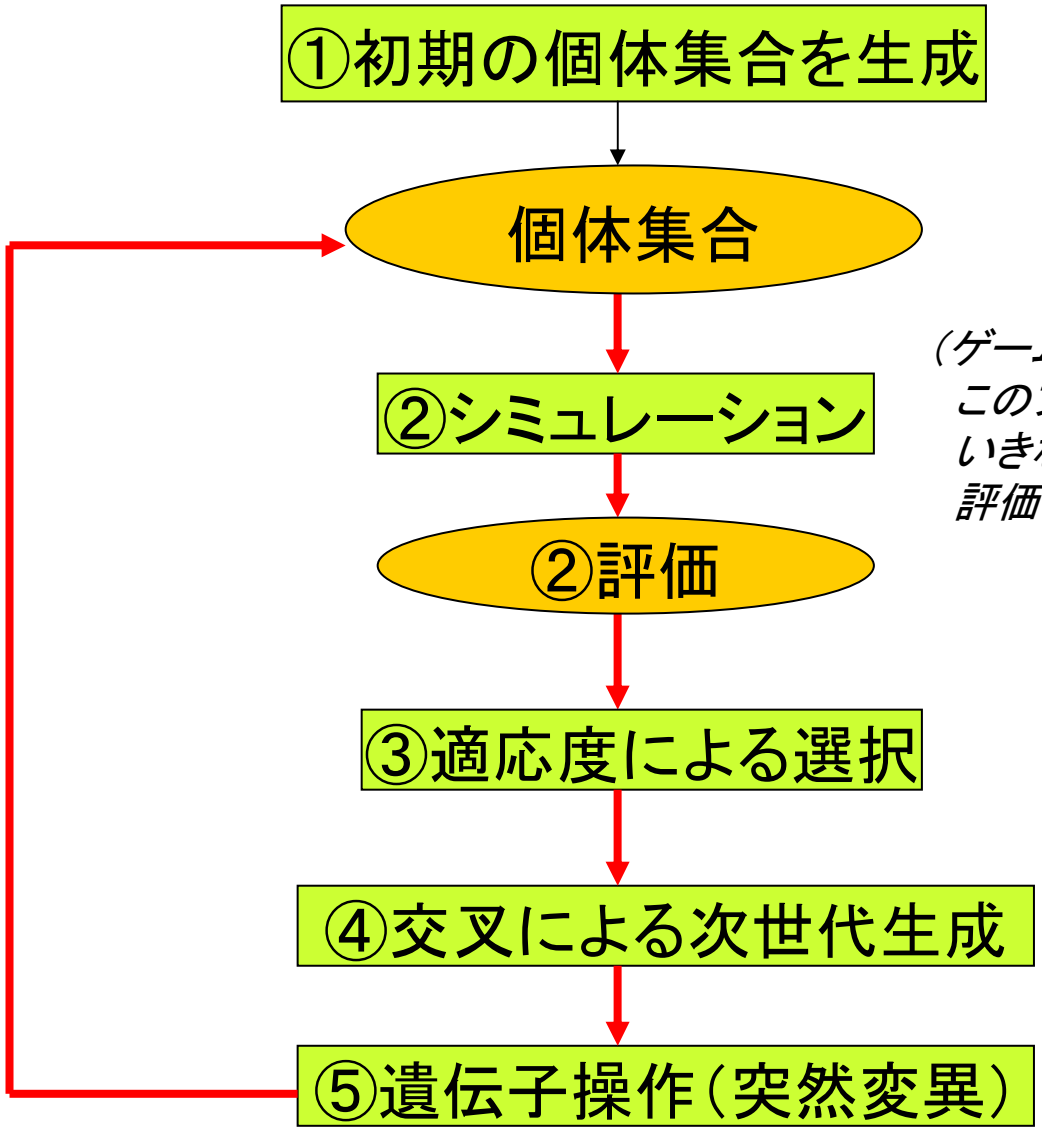


実数表現



遺伝子に多様性を与える

このプロセスを何度もくり返すことでNPCの集合は進化します

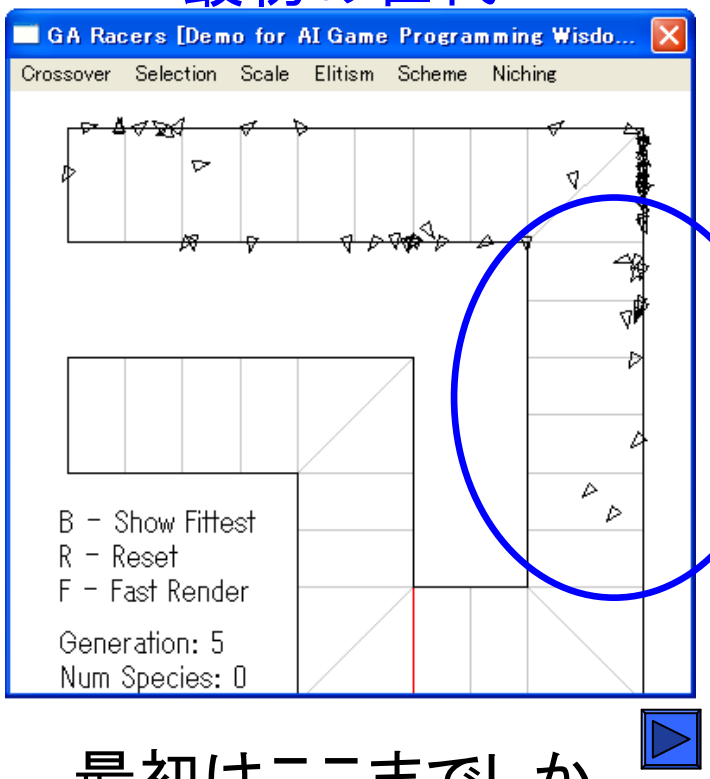


（ゲームでない場合は
このプロセスはなく、
いきなり遺伝子の適応度が
評価されることが多い）

（例）① GA Racer

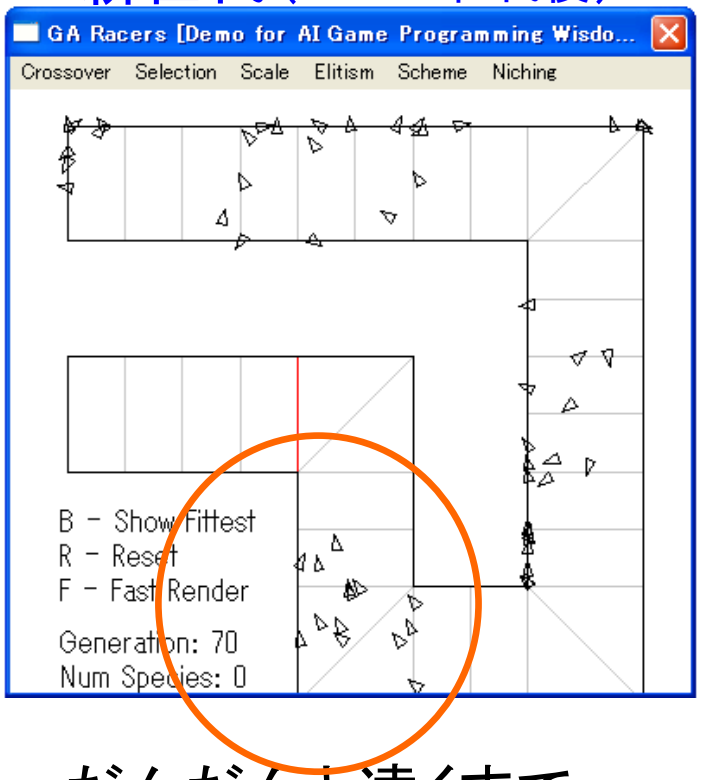
遺伝的アルゴリズムによって、遠くまで到達できるレーサーを作成する

最初の世代



最初はここまでしか
たどり着けないけど…

新世代（100～世代後）



だんだんと遠くまで、
たどりつけるようにする。

Mat Buckland, "Building Better Genetic Algorithm", 11.4., AI Game Programming Wisdom 2
（CD-ROMにソースコードと実行ファイルがあります）

しかし、これはNPCの集団に
遺伝的アルゴリズムを組み込んだだけ

AIとしての技術
ゲームシステムではない。

以下の解説は

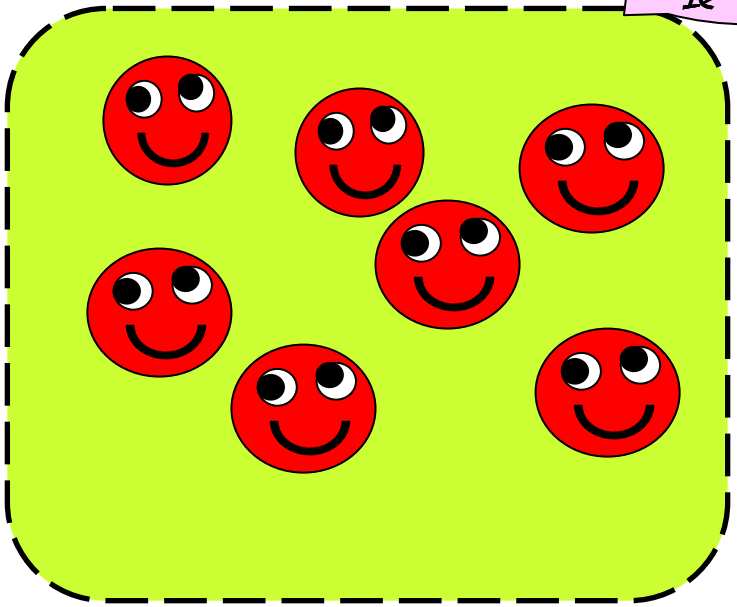
森川幸人,
「テレビゲームへの人工知能技術の利用」,
人工知能学会誌vol.14 No.2 1999-3
http://www.1101.com/morikawa/1999-04-10.html

に準拠します。

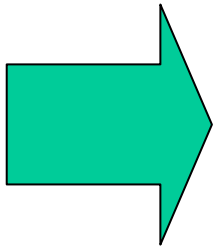
世界最高峰の遺伝的アルゴリズムを使ったゲーム
（AIをどうゲームに使うか、という手本のようなゲーム）

（例）④アストロノーカ

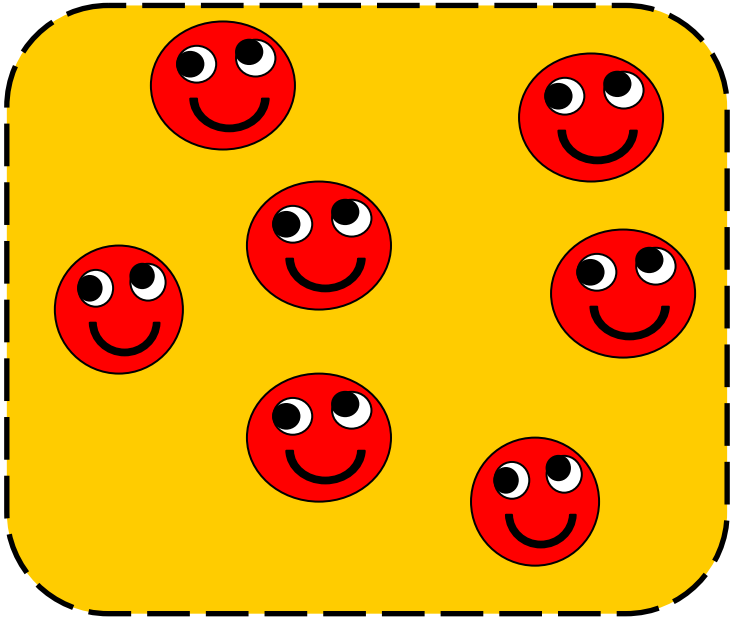
最初の世代



野菜
食べたい



新世代（5～世代後）



最初はすぐに罠にかかるけど

だんだんと罠にかからないようになる

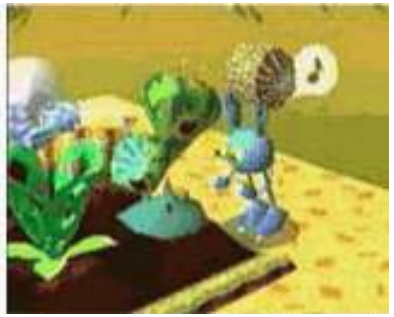
MuuMuu, プレイステーション用ソフト「アストロノーカ」（Enix, 1998）

http://www.muumuu.com/games/astro/

CEDEC2008 AI day ③講演　2日目（3コマ目）

撮影禁止

どういうゲーム？



珍しい野菜を育てる

↓

しかしバブーが野菜を食べに来る

↓

トラップを仕掛けて野菜を守れ！

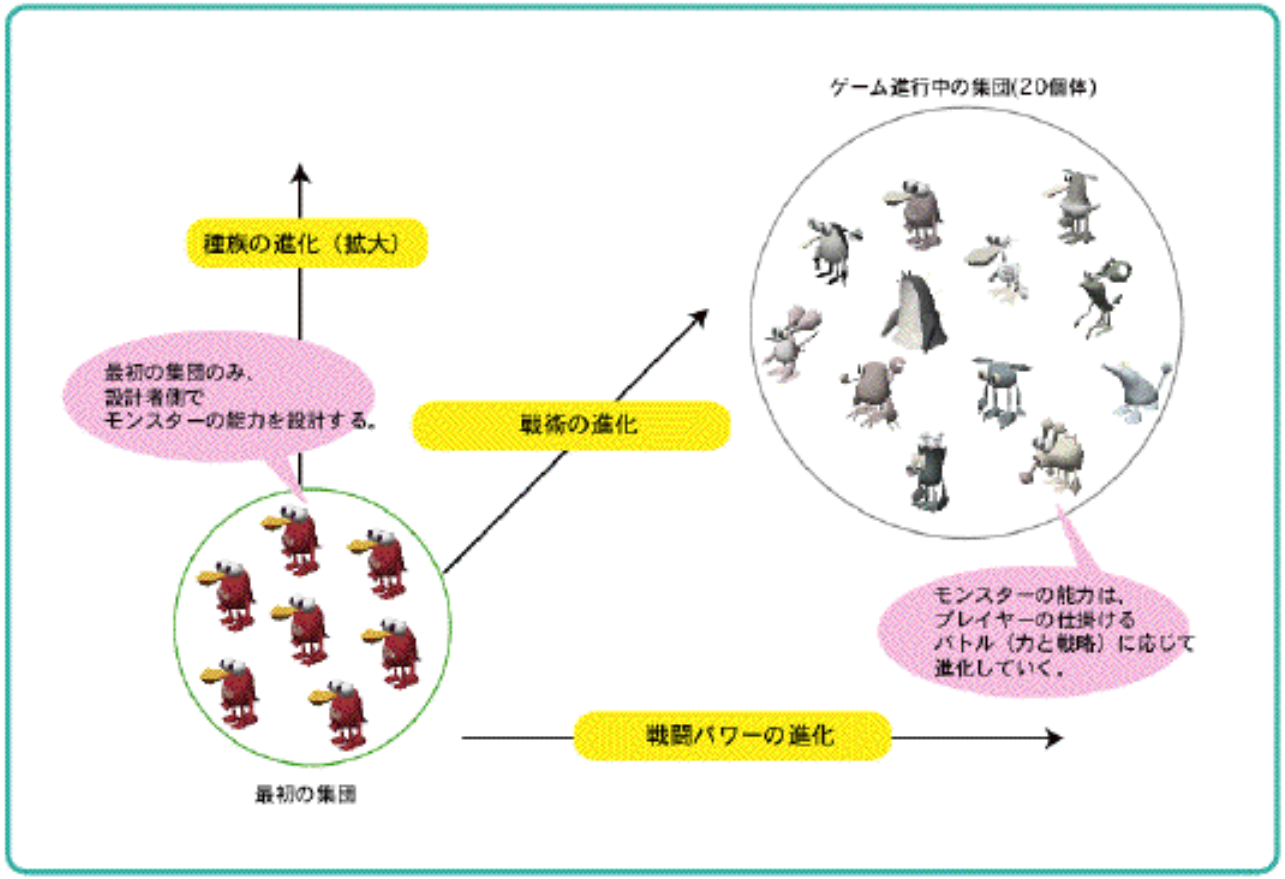
↓

高値で取引、そして野菜コンテストで優勝！

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

http://www.muumuu.com/games/astro/

全体の流れ

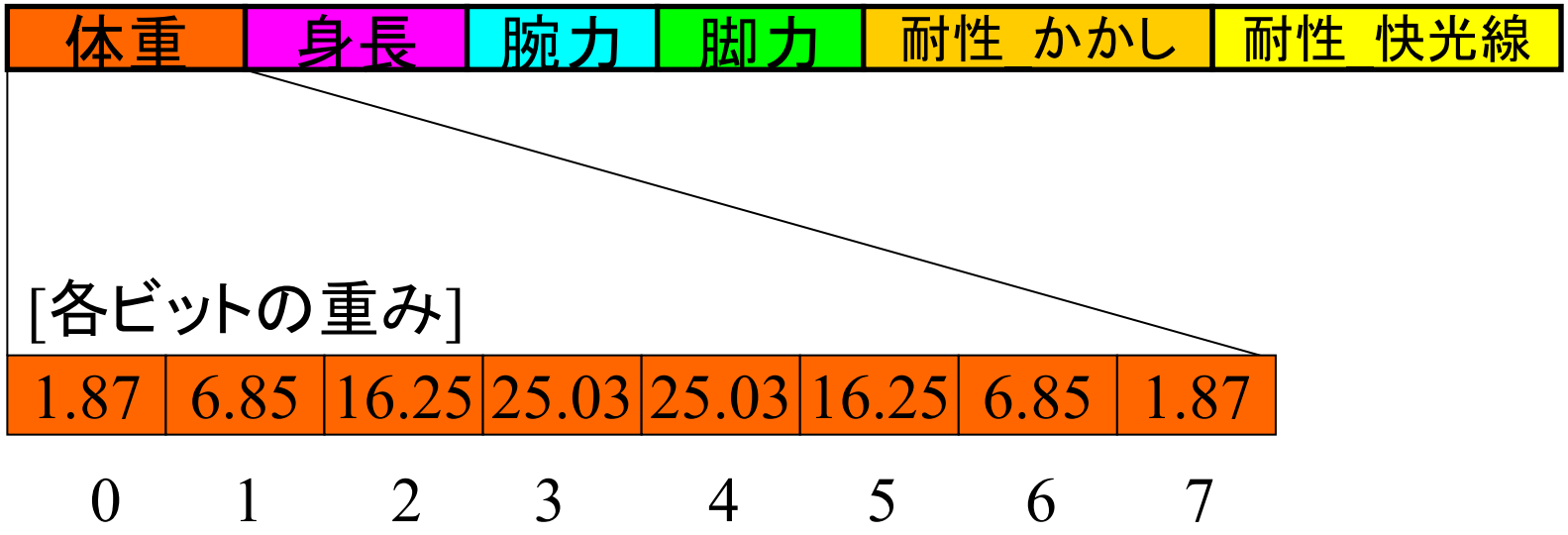


森川幸人, 赤尾容子,「アリの知恵はゲームを救えるか？」,CEDEC2003
http://www.muumuu.com/CEDEC2003_ants/CEDEC2003_ants.htm

４－①　初期の個体集合を生成

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

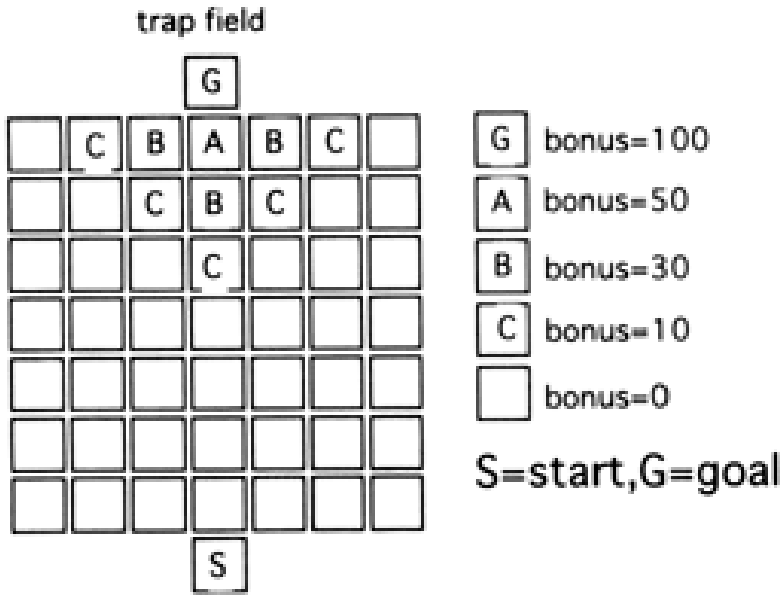
[バブーの属性（総計５６）]



５６x８＝４４８ビット

４－②シミュレーションとNPCの評価

トラップを奥へと通り抜けることができるほど、
評価点が高くなる。



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

要した時間

トラップに対する耐性

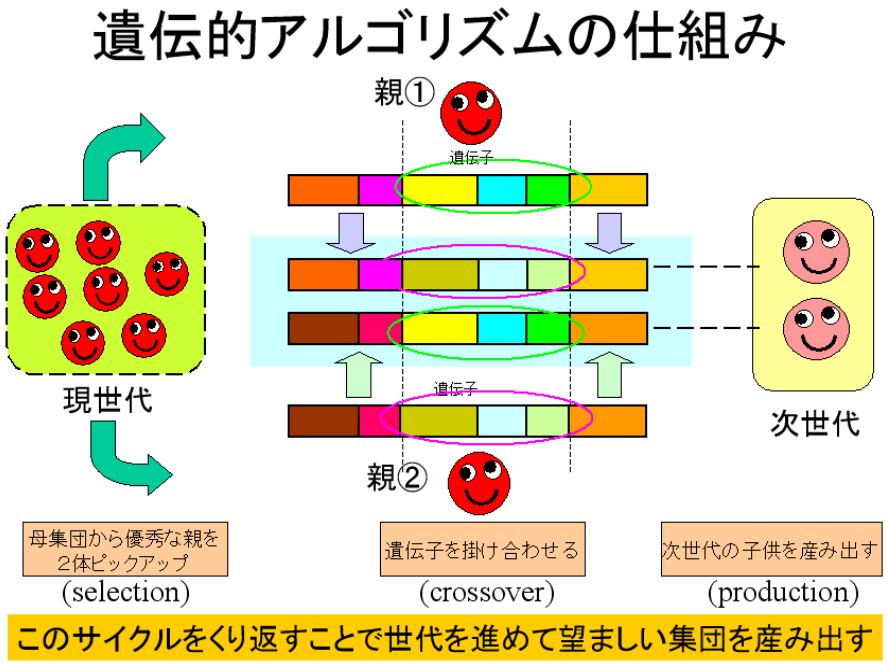
（例）アストロノーカ

アストロノーカ

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

http://www.muumuu.com/games/astro/

第2期③ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム



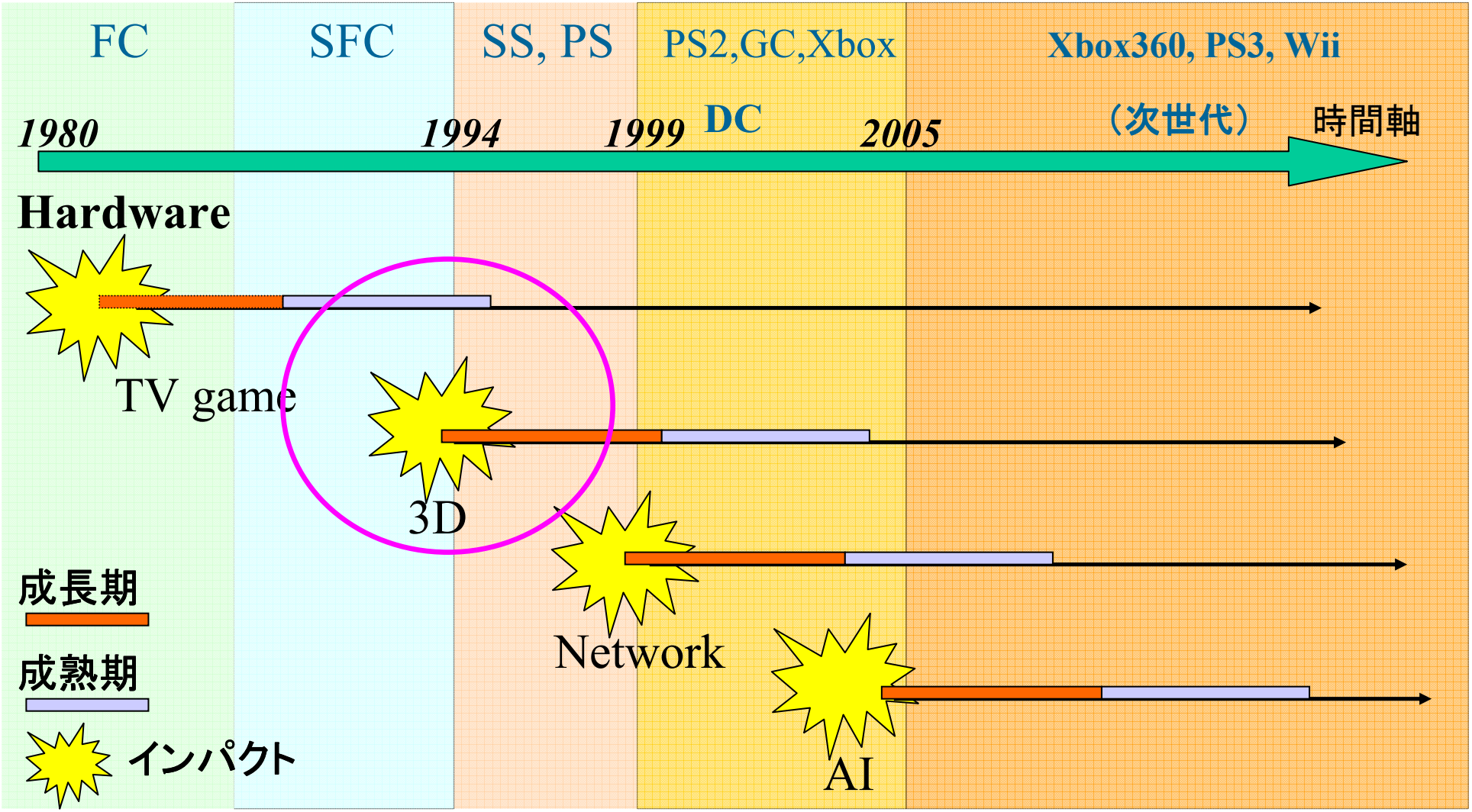
ゲームデザイナー

高度な技術を理解でき調整できる人間でなければならない（極めて稀）。

プレイヤー

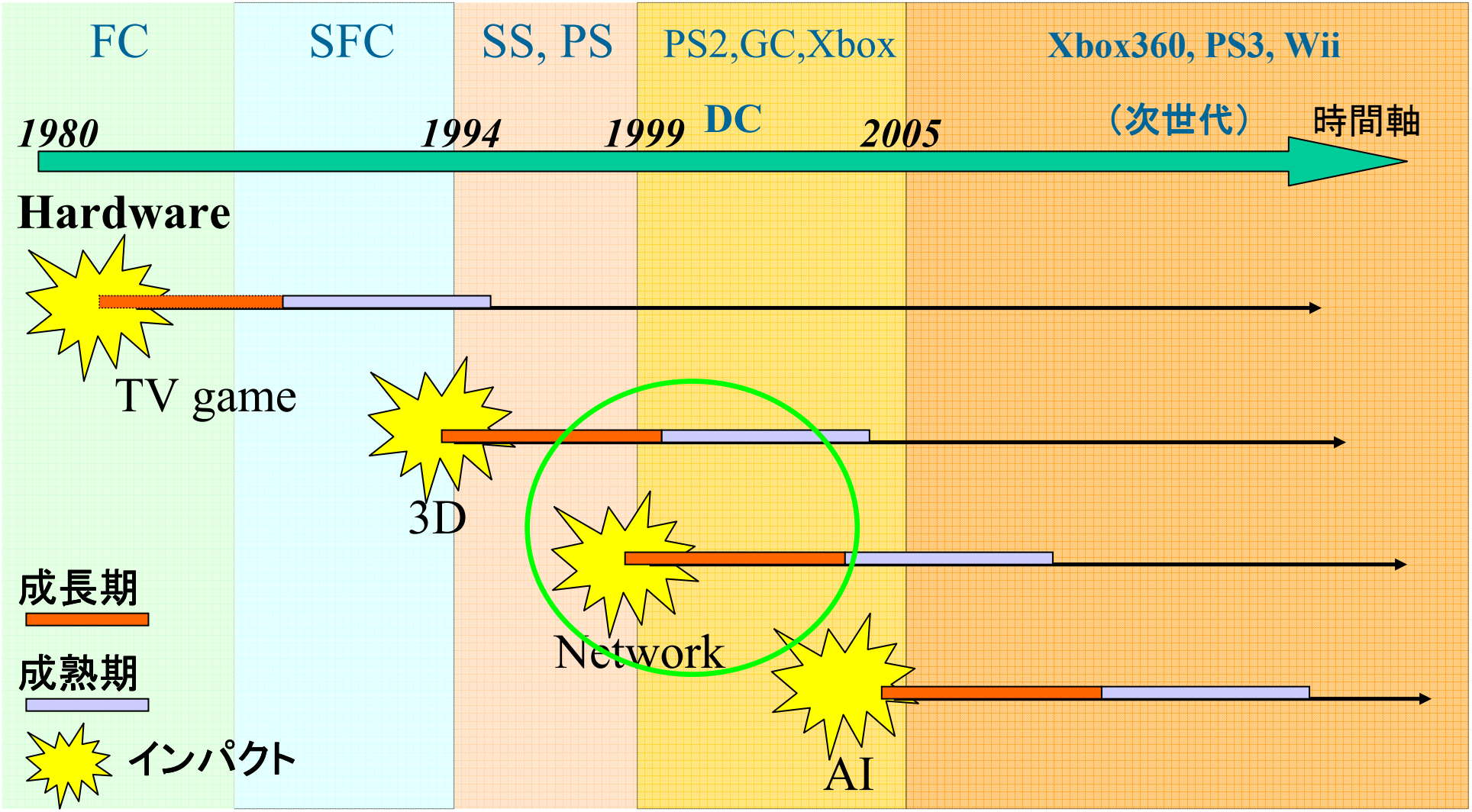
AIの成長を楽しむ。

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。

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。

第２部　ゲームにおける人工知能の歴史

第2章　ゲームAIの歴史

第１期　パターンAIとプロシージャルAI

① 単純なパターンAI

② 複数のパターンを持つAI

③ プロシージャルなAI

第２期　構造化されるAI

① AIの構造化とロジック実装

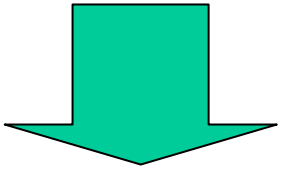
② 内部パラメータ変動モデルと
オブジェクトによるAI制御による日常系AI

③ ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム

第３期　AIアーキテクチャの時代

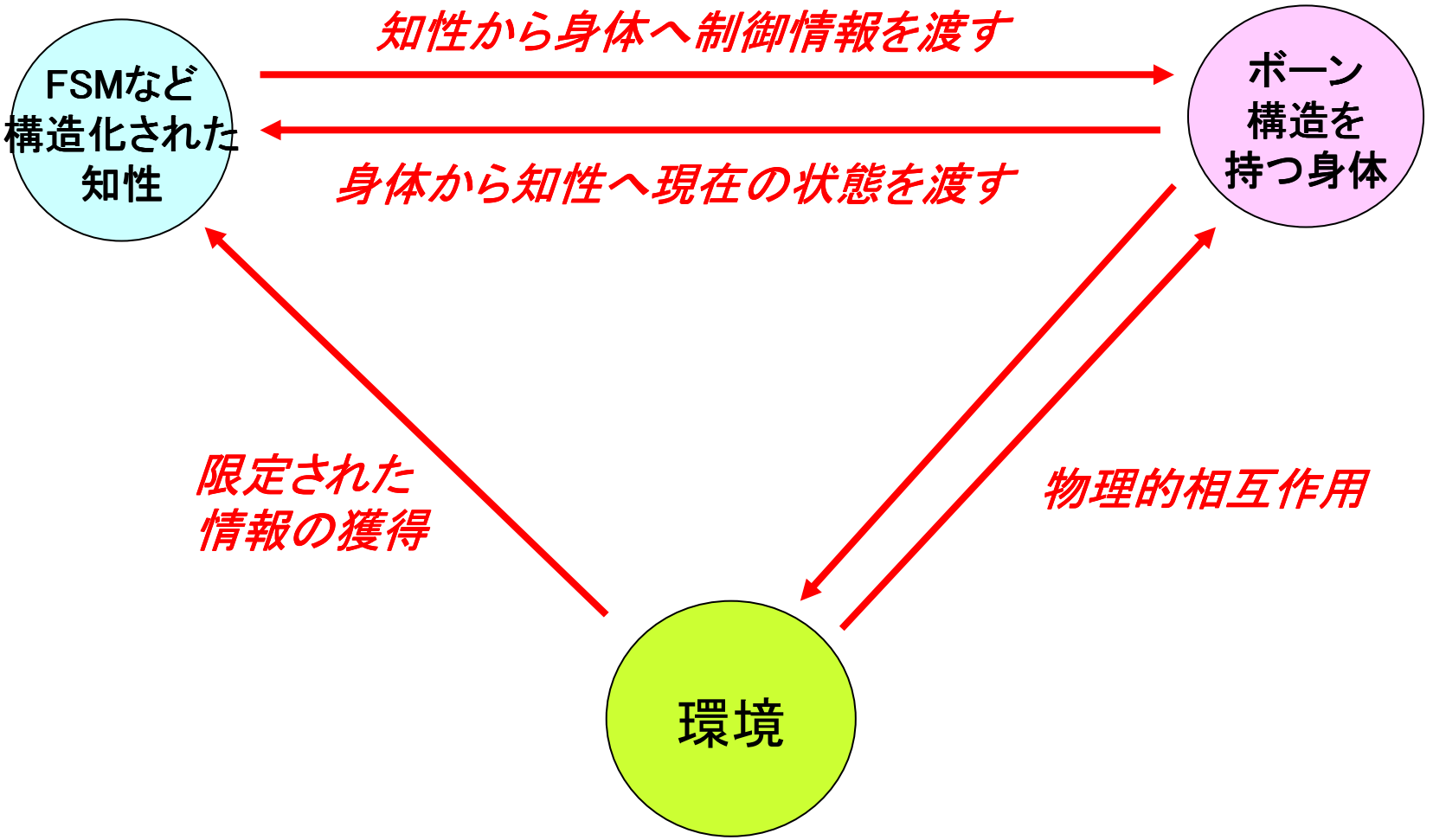
第３期　AIアーキテクチャの時代

個々のアルゴリズムや構造的なAI（第２期）

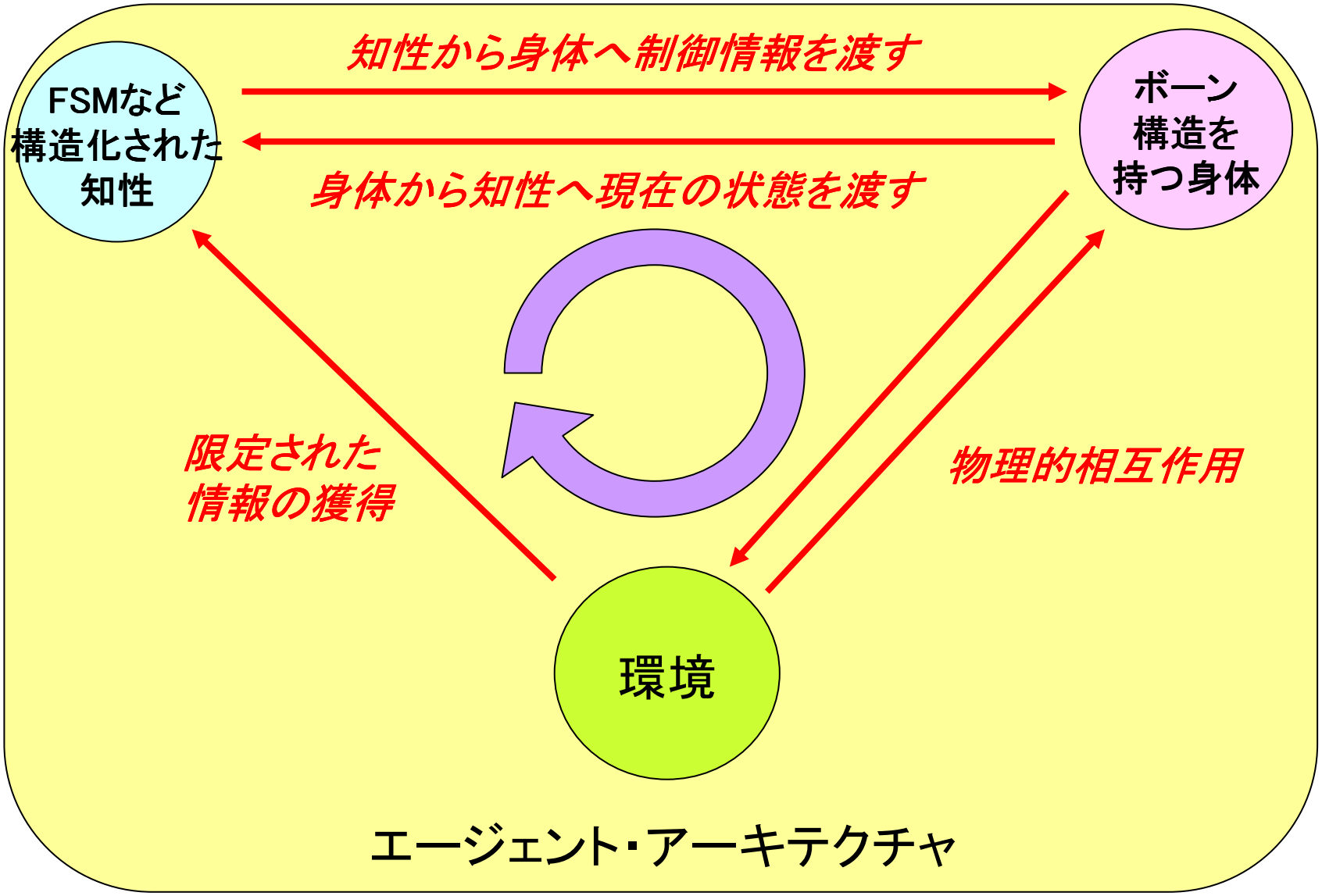


包括的なアーキテクチャへ
キャラクターAIのためのフレームワークを構築する。

「知性 - 環境 - 身体」相関図


FSMなど
構造化された
知性
知性から身体へ制御情報を渡す
身体から知性へ現在の状態を渡す
ボーン
構造を
持つ身体
限定された
情報の獲得
物理的相互作用
環境

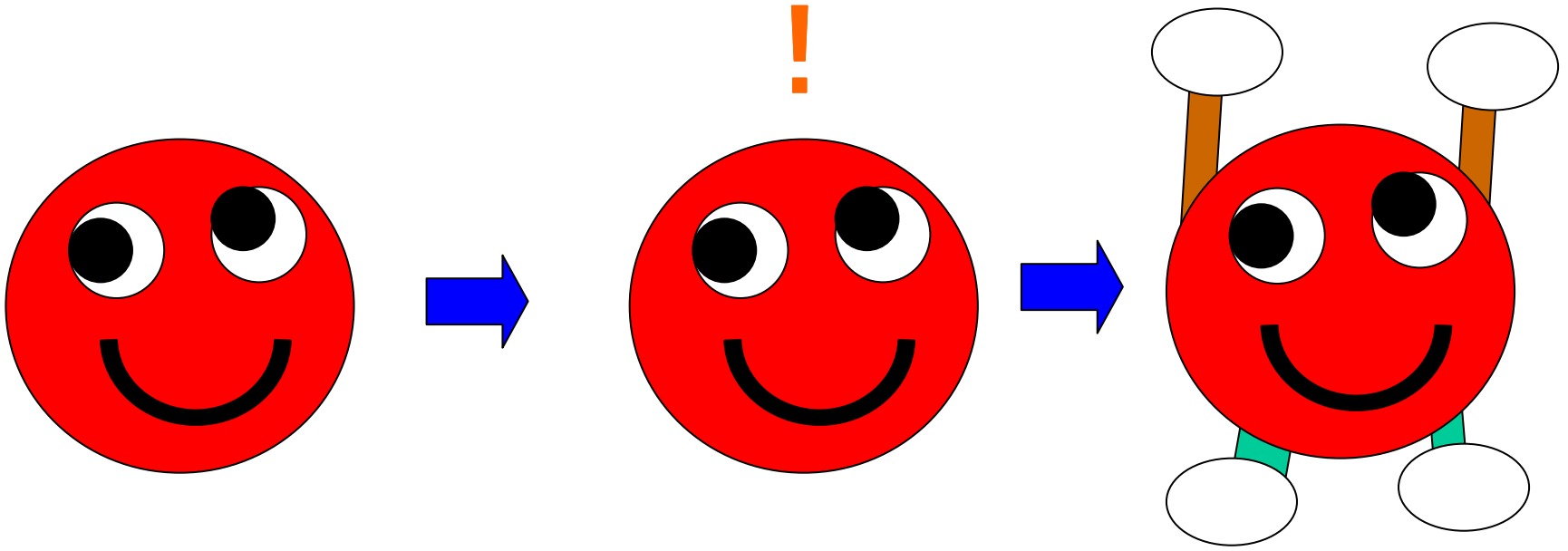
「知性 - 環境 - 身体」相関図



全体を包括する共通の基盤システムを作りましょう！

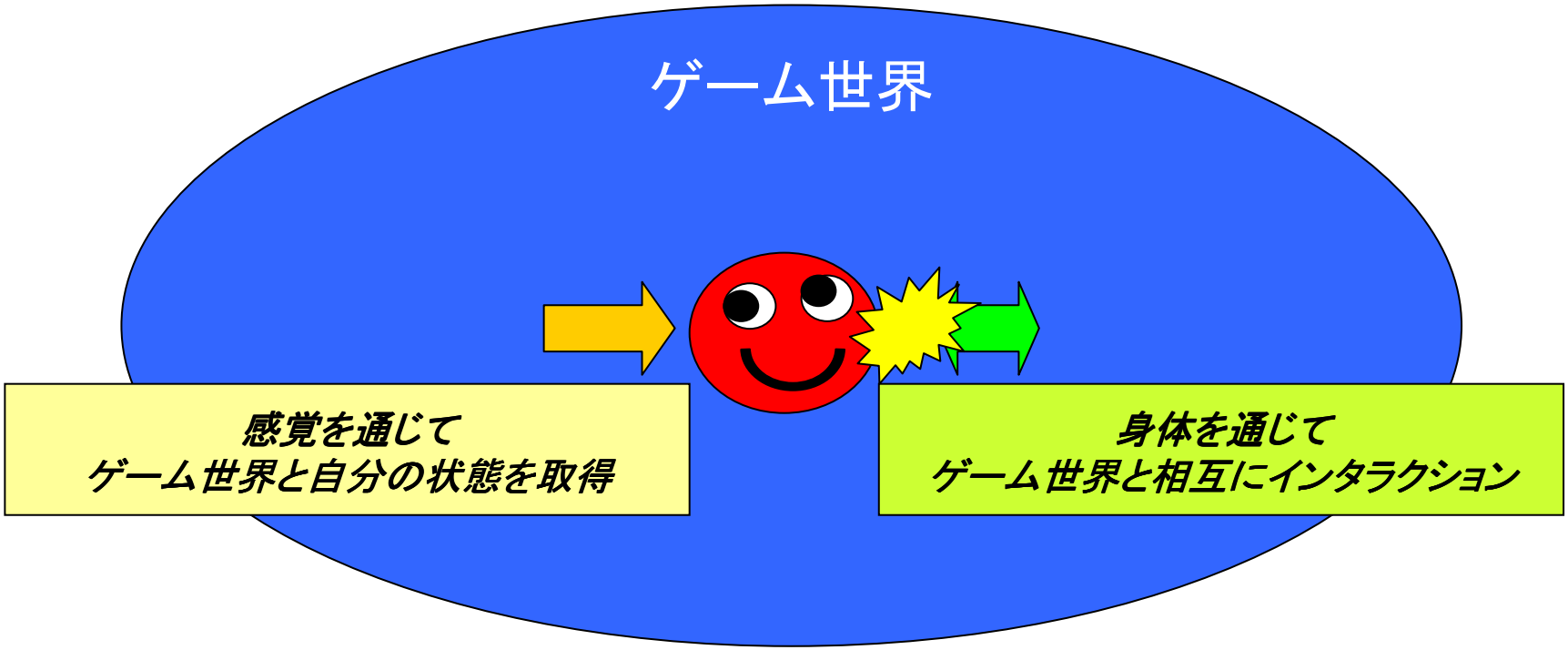
エージェントとは？

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

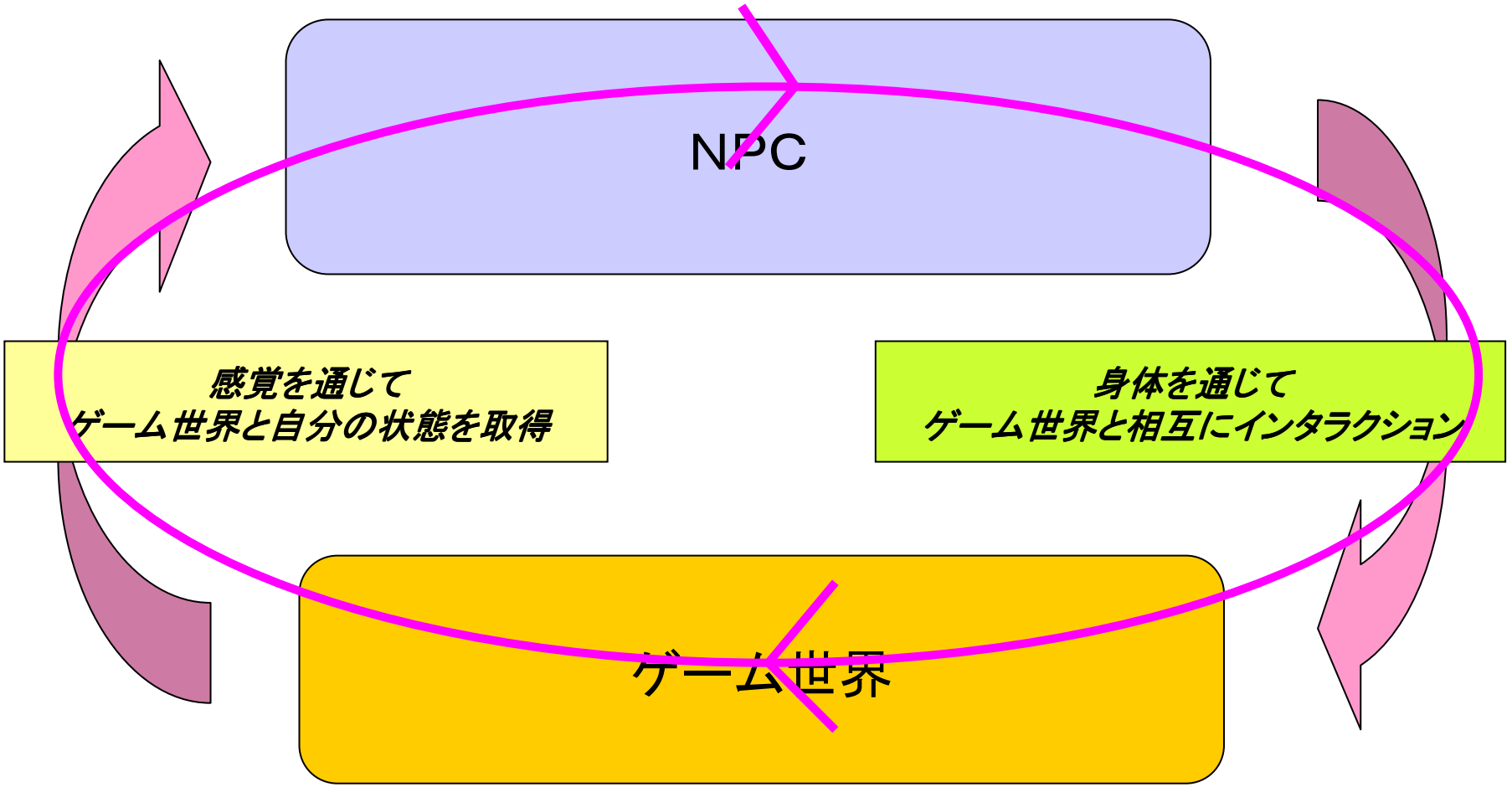


感覚を持ち　　自ら判断して　　世界に働きかける能力を持つ

ゲームにおけるエージェント



エージェント・アーキテクチャーにおける情報の流れ

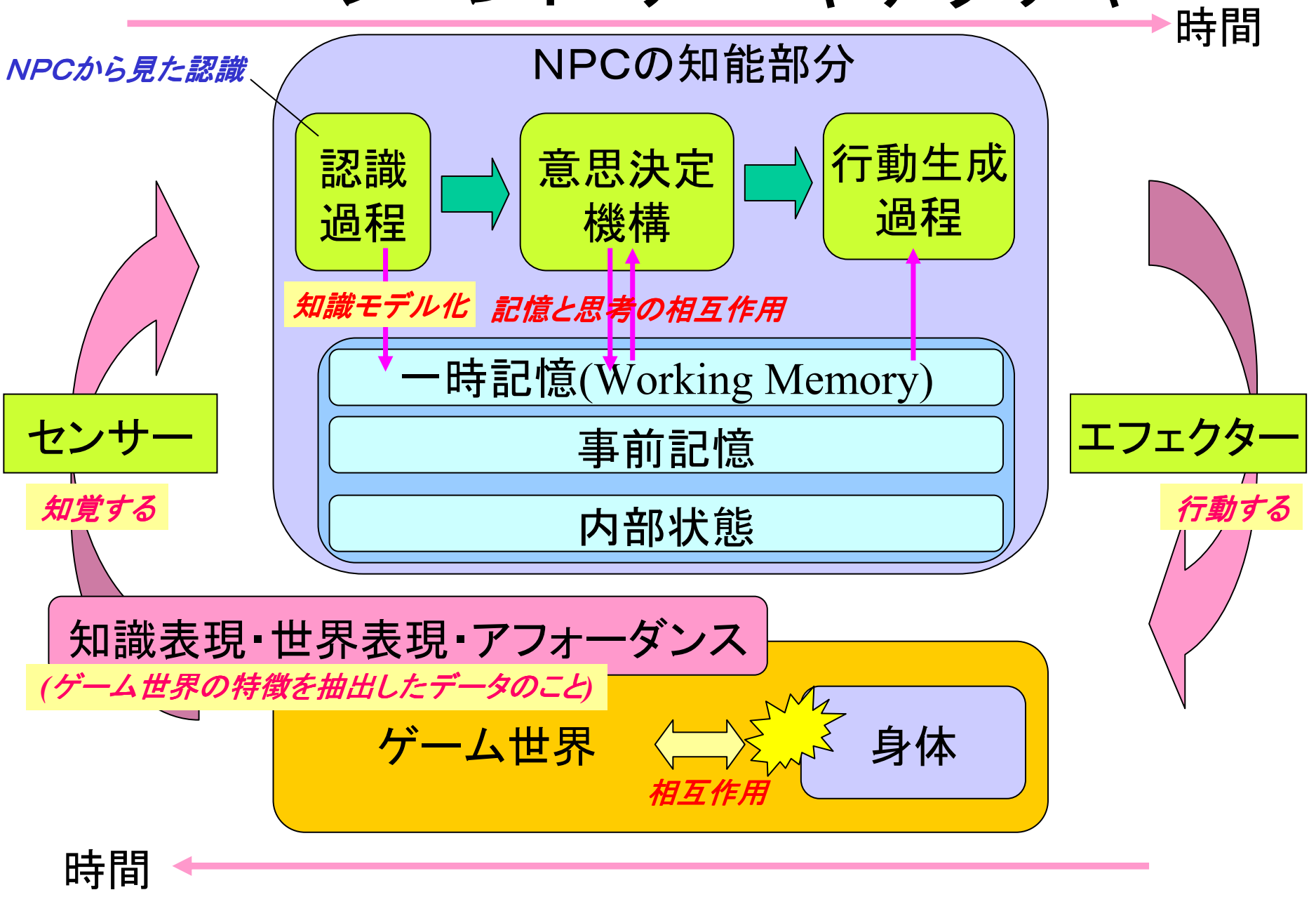


この情報の流れに仕掛けをしてみよう！

「人工知能＝からくり」

作り方を勉強しよう！

エージェント・アーキテクチャ



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

Halo

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。

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。

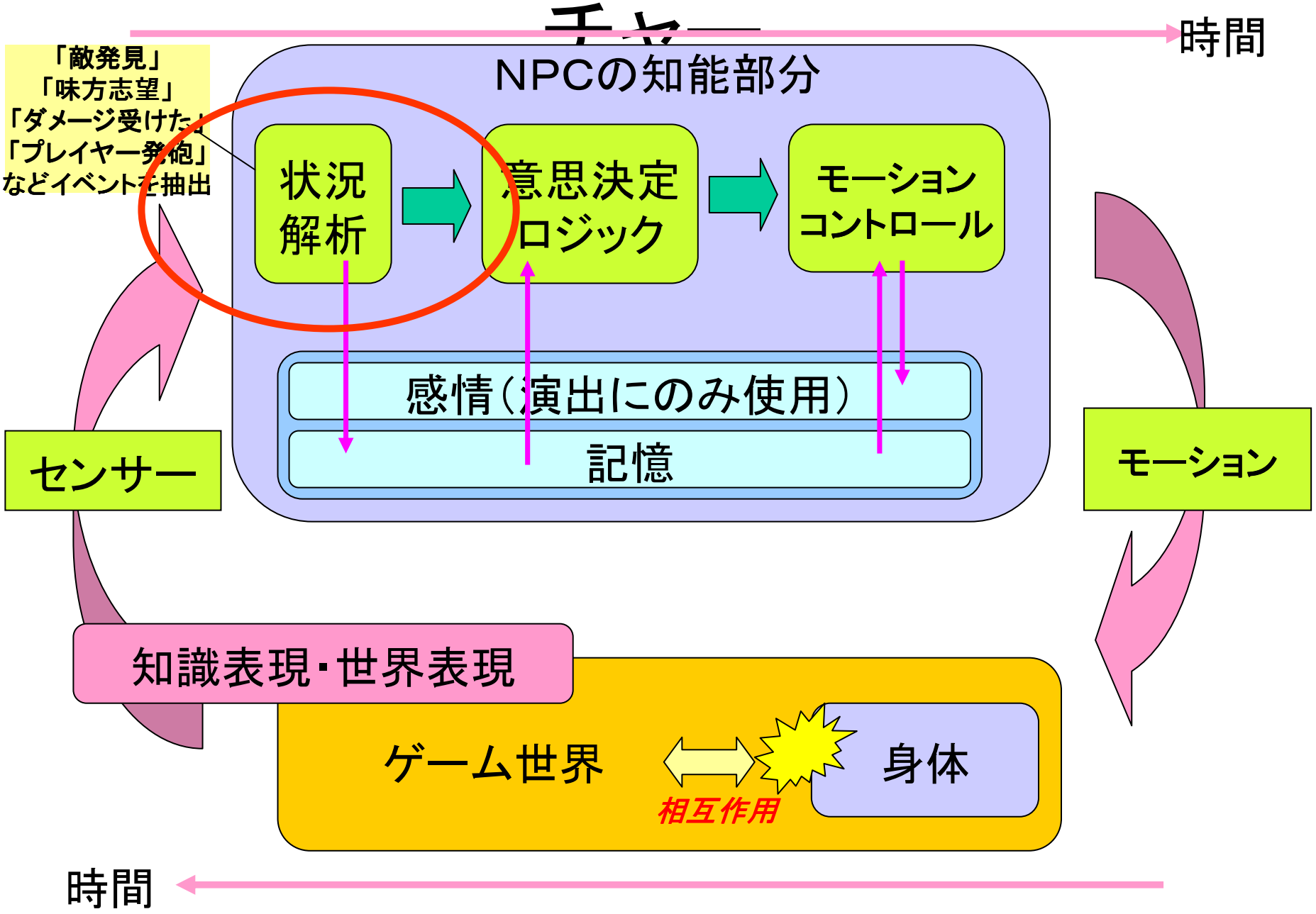
敵（コグナント）

人間

普通の人間。

味方

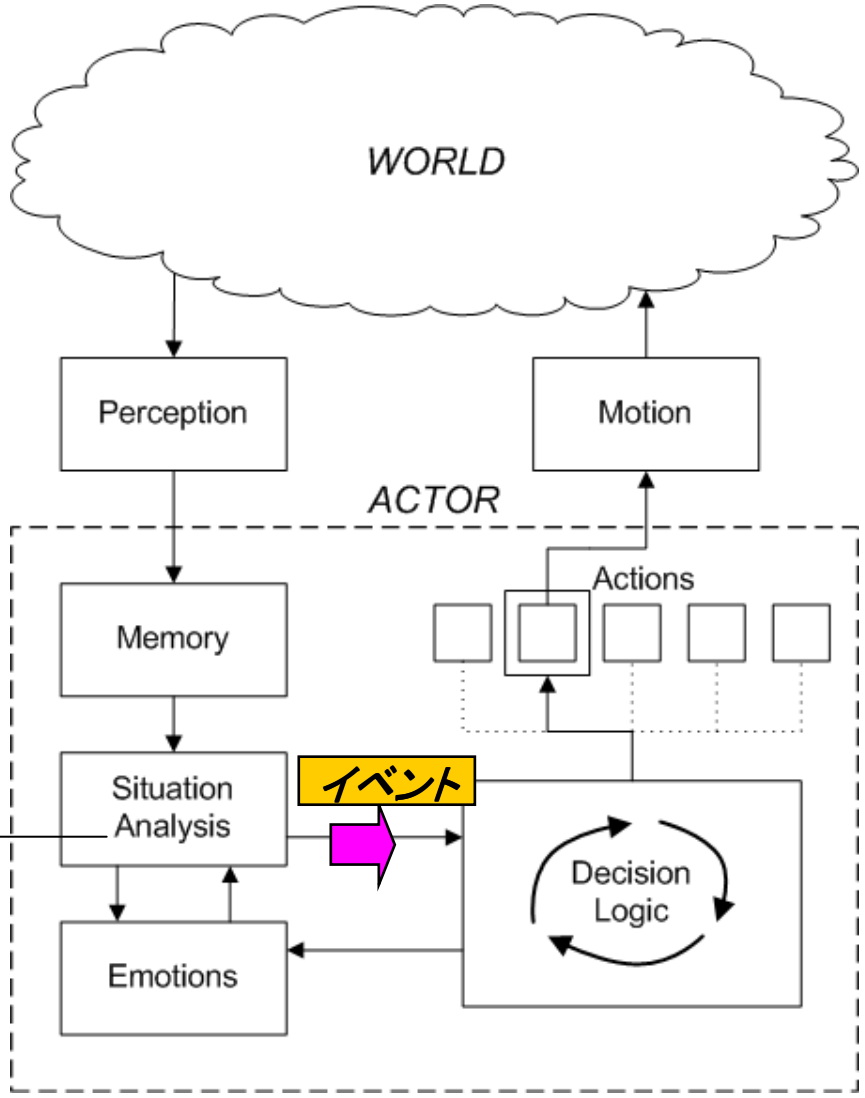
Halo NPCのAIのアーキテクチャー



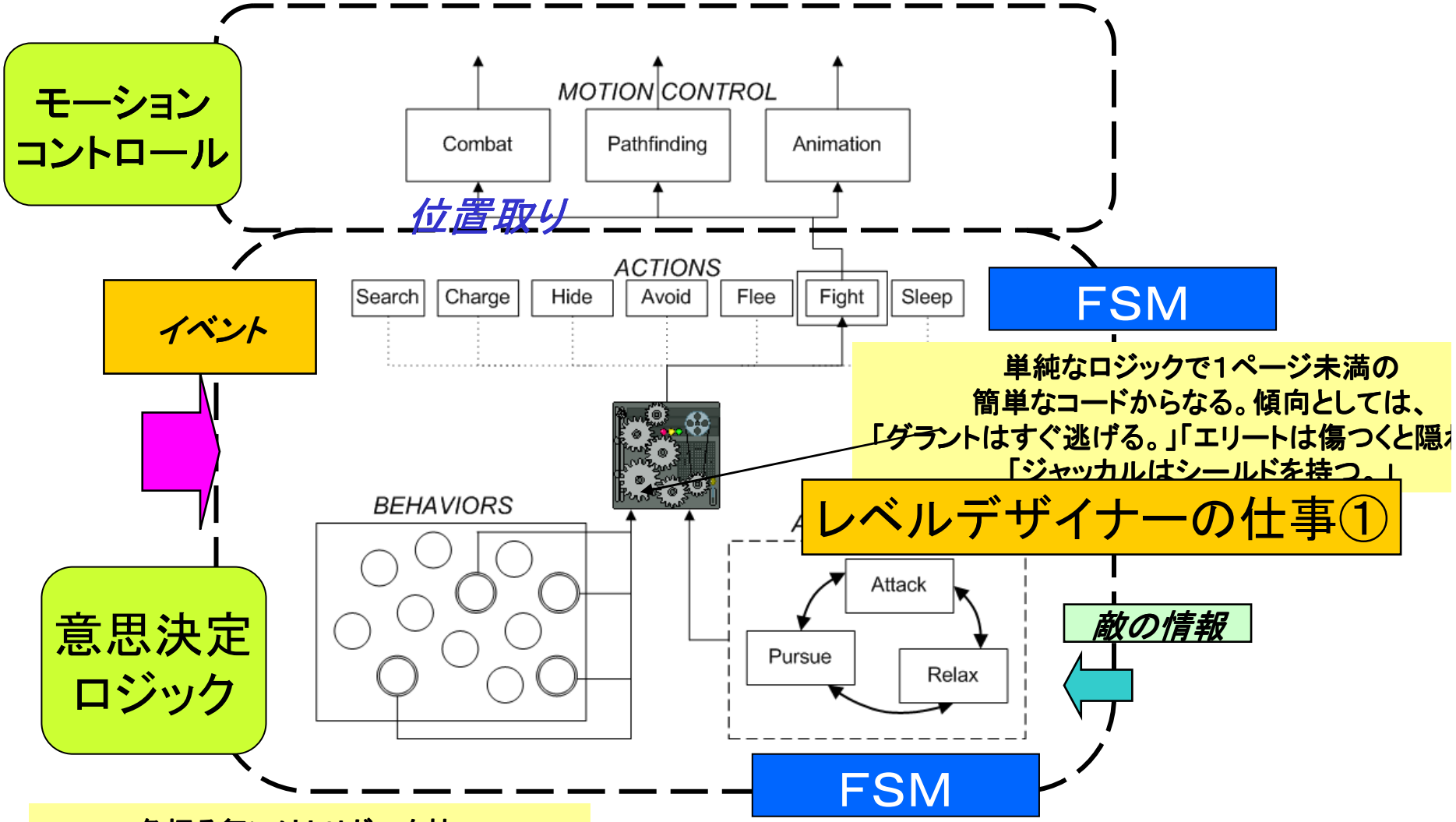
Halo AI のアーキテクチャー

「敵発見」
「味方志望」
「ダメージ受けた」
「プレイヤー発砲」
などイベントを抽出

状況解析



Halo AI の意志決定部分



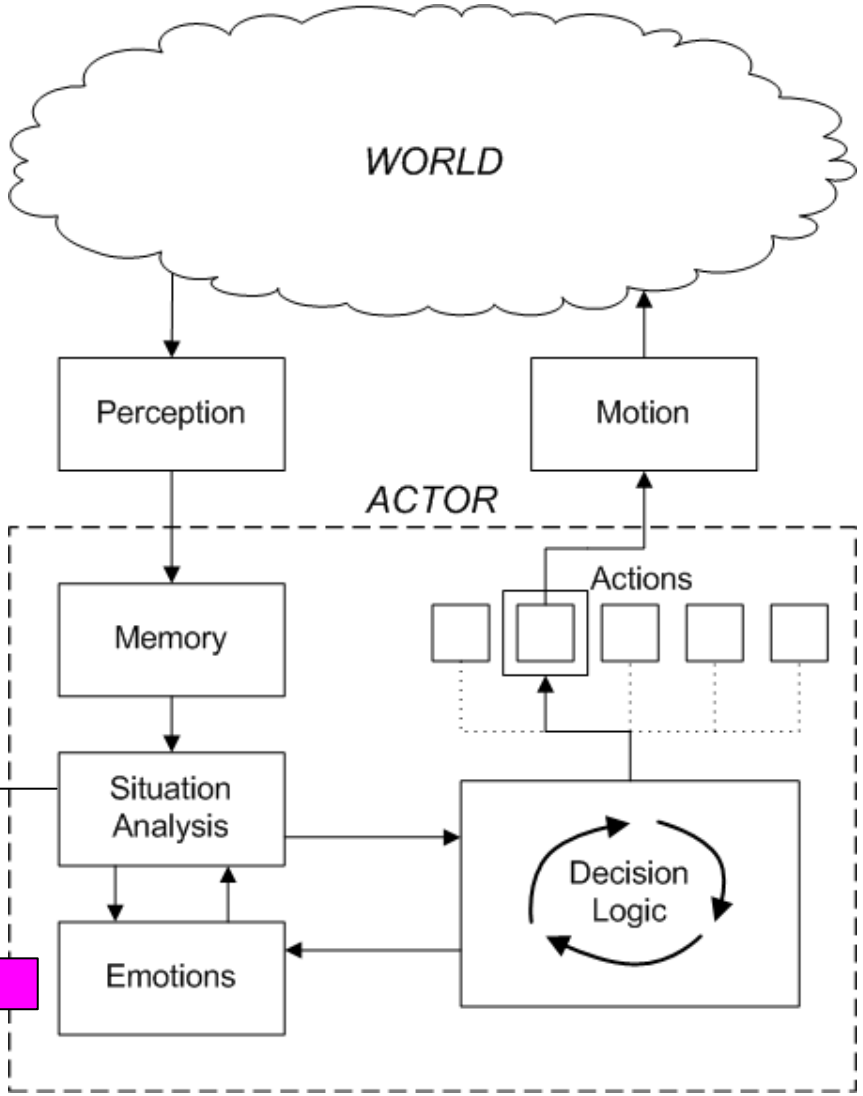
各振る舞いはトリガーを持つ
トリガーによって、振る舞いはお互い競合する

チャージ, 退却, 隠れる場所探す

グレネードを投げる、車に入る、死体を確認

Halo AI のアーキテクチャー

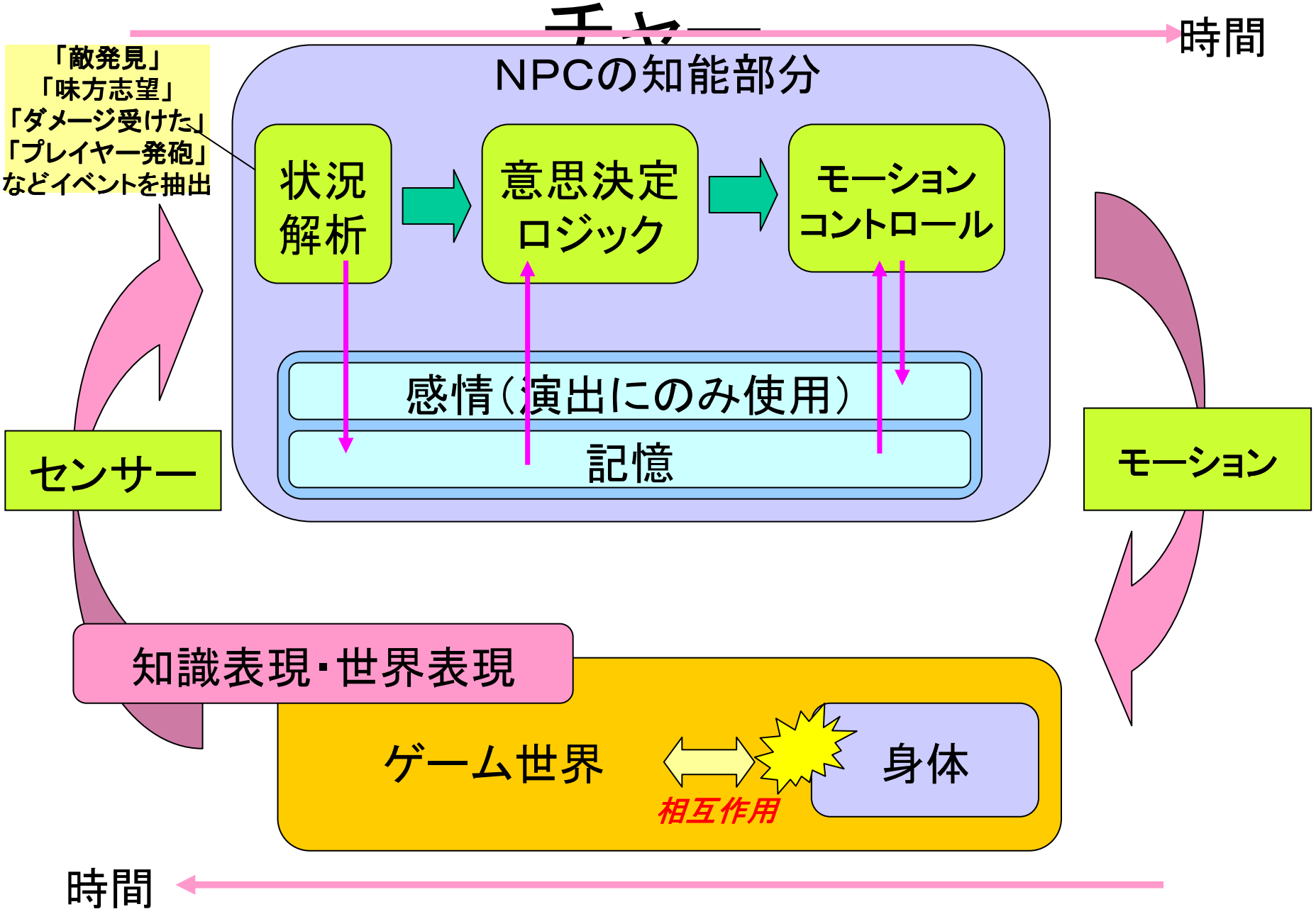
「敵発見」
「味方志望」
「ダメージ受けた」
「プレイヤー発砲」
などイベントを抽出



状況解析

演出（セリフ）

Halo NPCのAIのアーキテクチャー



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

Halo

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。

Halo AI の特徴

技術

NPC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

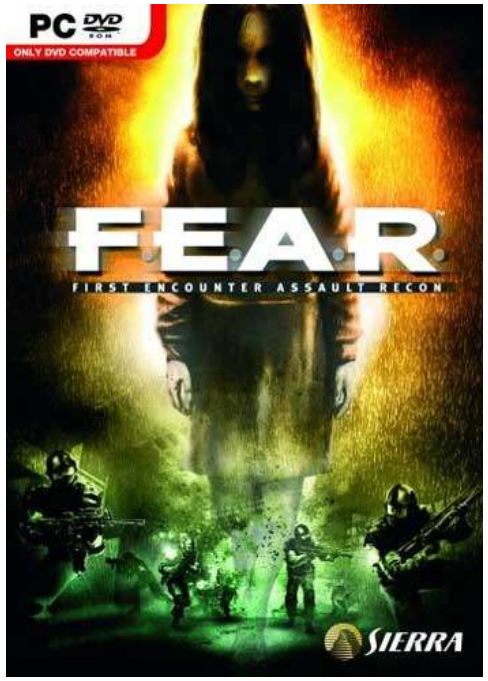
企画の発想

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

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ーキングな名作。
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

何をするべきか、を自分で見つける。

見つけた目的を、如何にするべきか、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

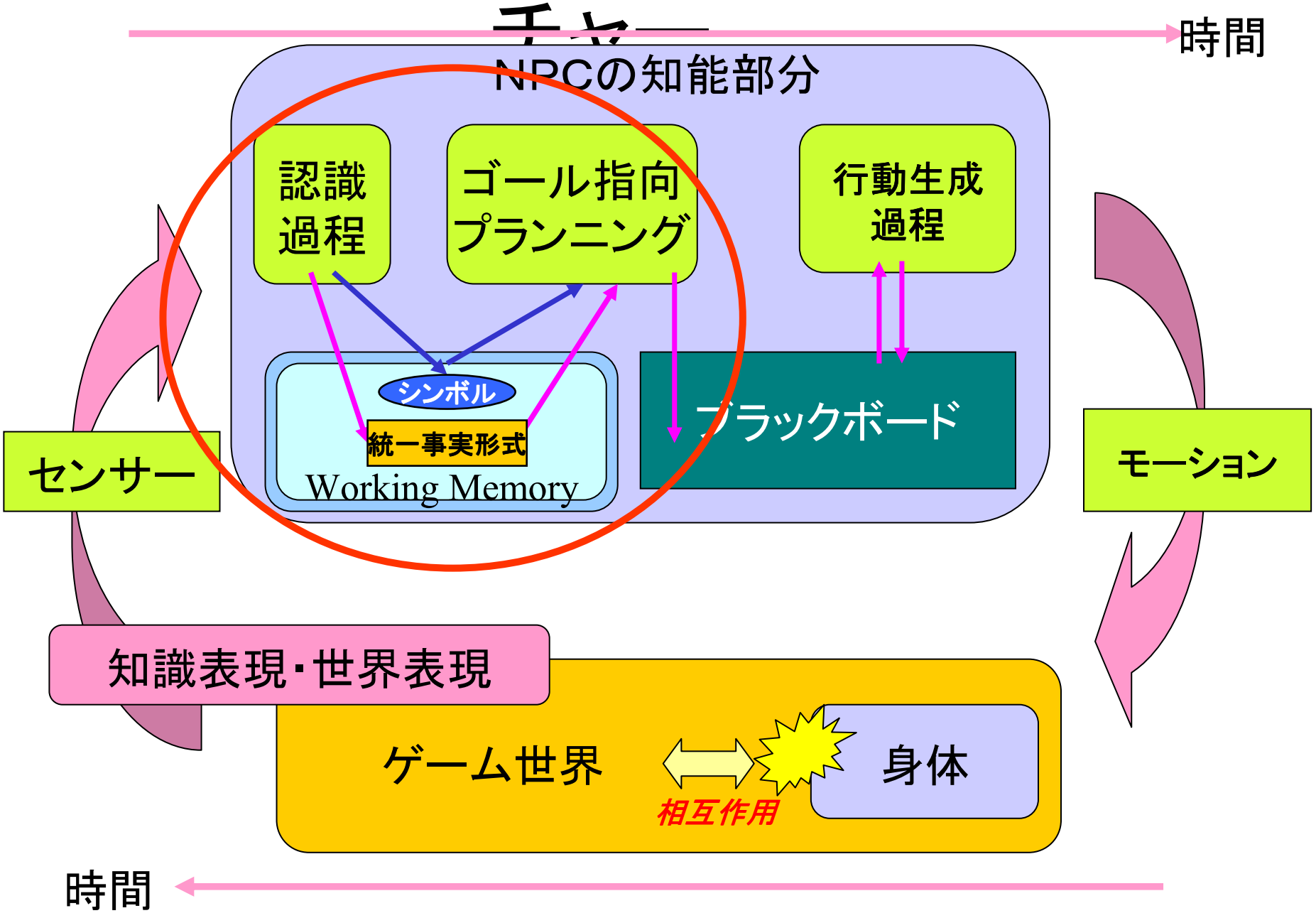
人間

普通の人間。

敵

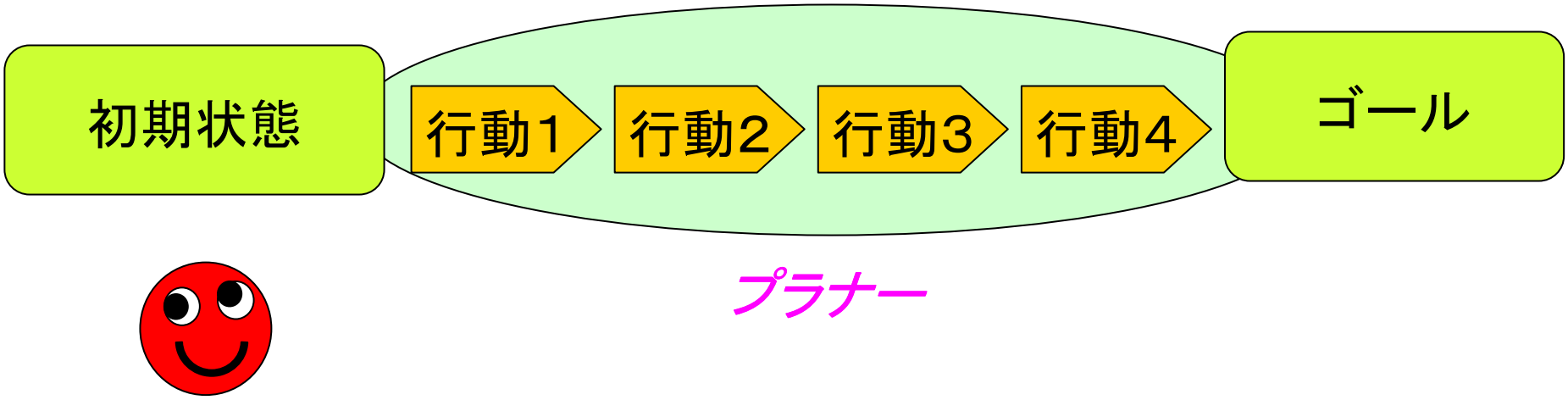
学術的な成果（C4アーキテクチャー）を、
どう実際のゲームに応用しているか見てみよう！

F.E.A.R NPCのAIのアーキテクチャー



プランニングとは？

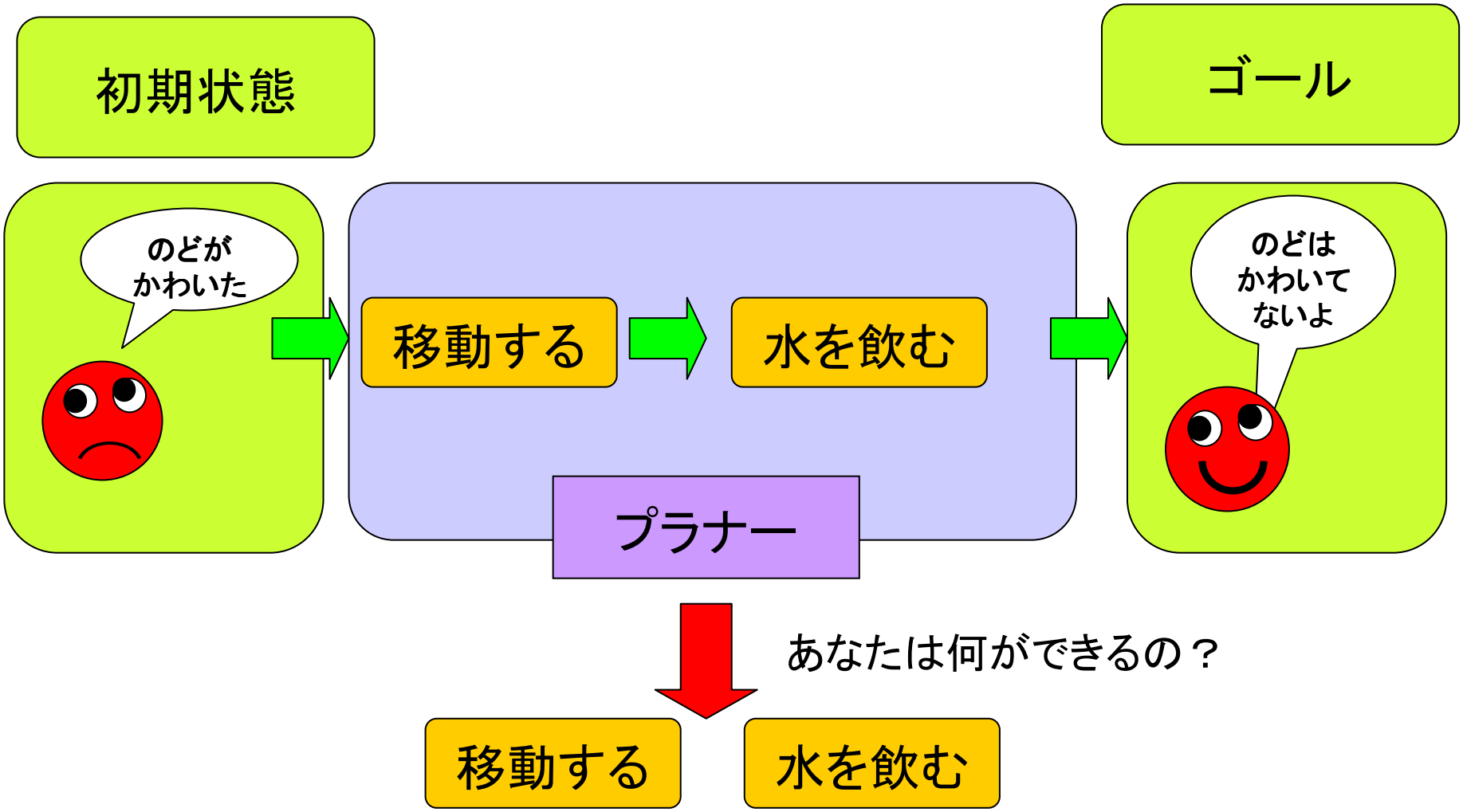
プランニングとは？



基本概念：　初期状態　　ゴール　　プラナー

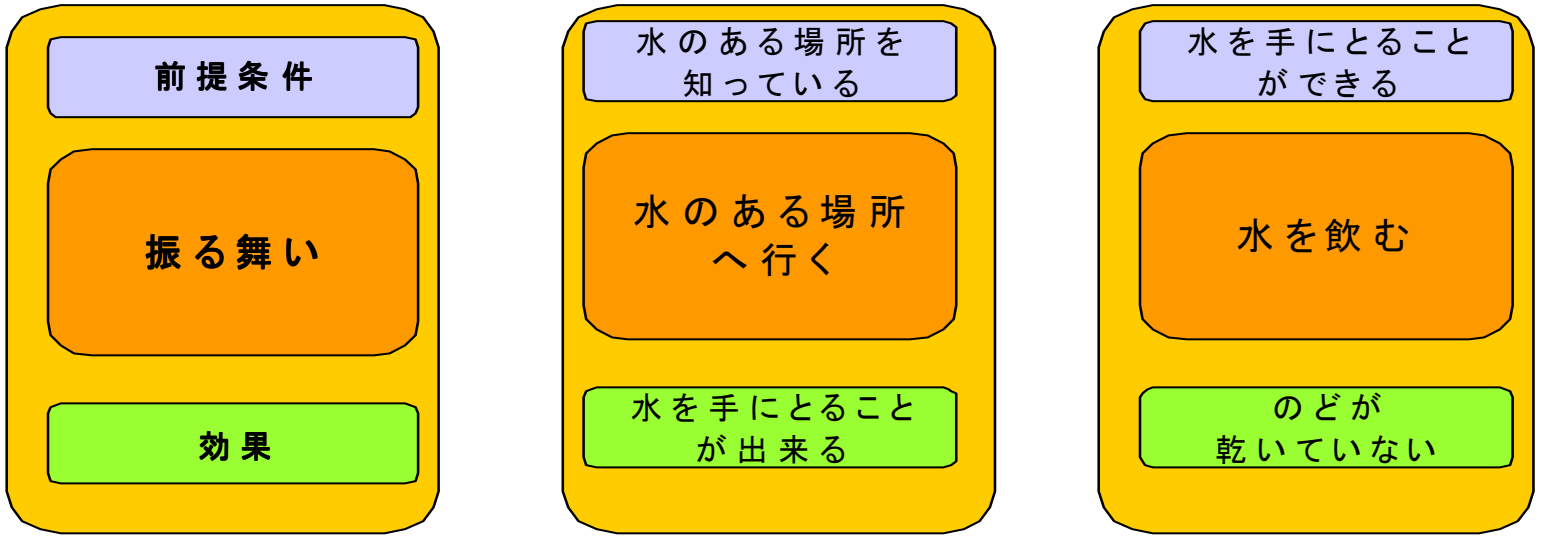
アクションプランニングの例

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

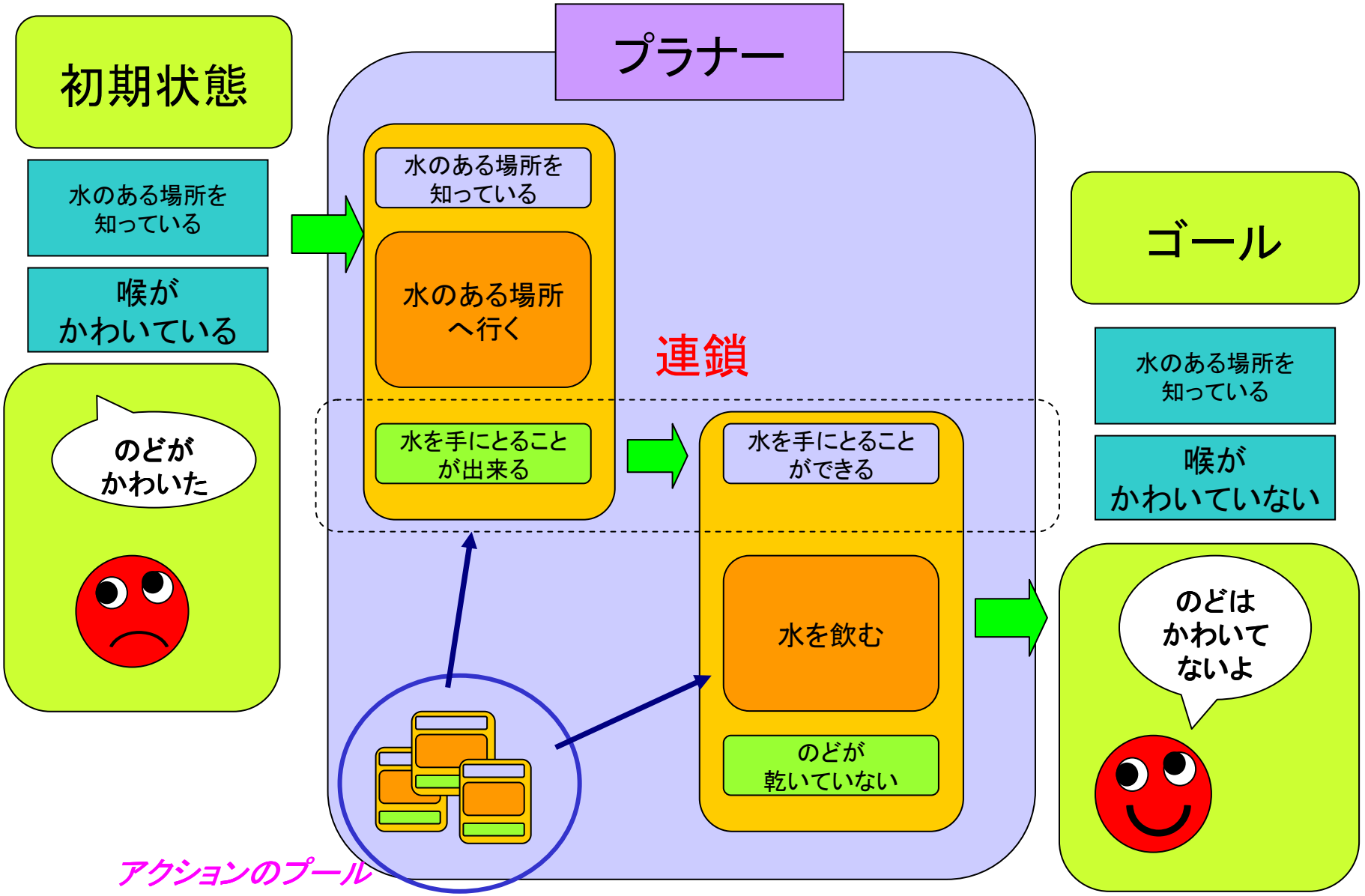


前提条件　＝　その行動を実行するために必要な条件
効果　　＝　その行動を起こしたことによる効果

F.E.A.Rでは、前提条件、効果をシンボルで記述する。

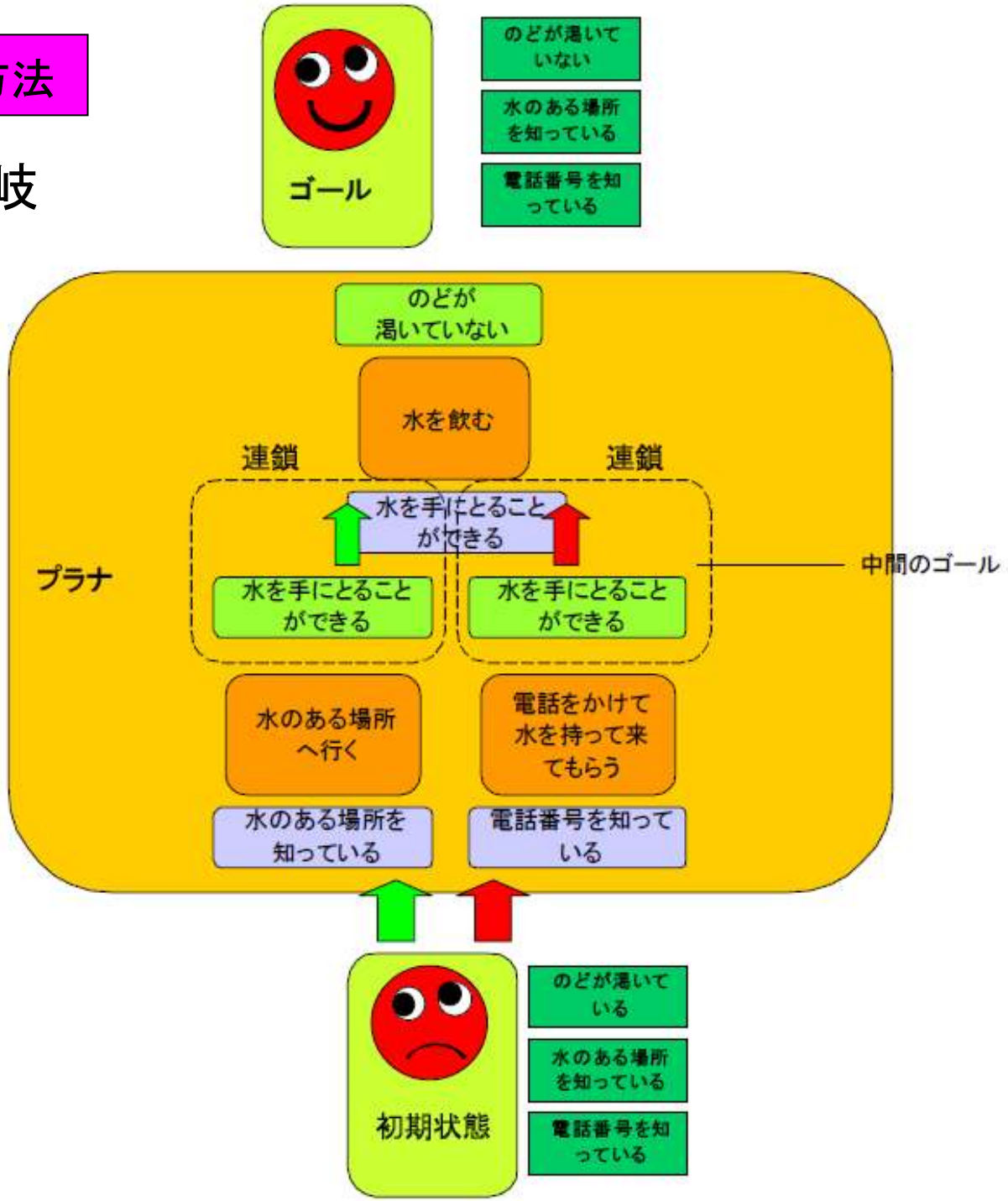
連鎖による方法

連鎖によるプランニング



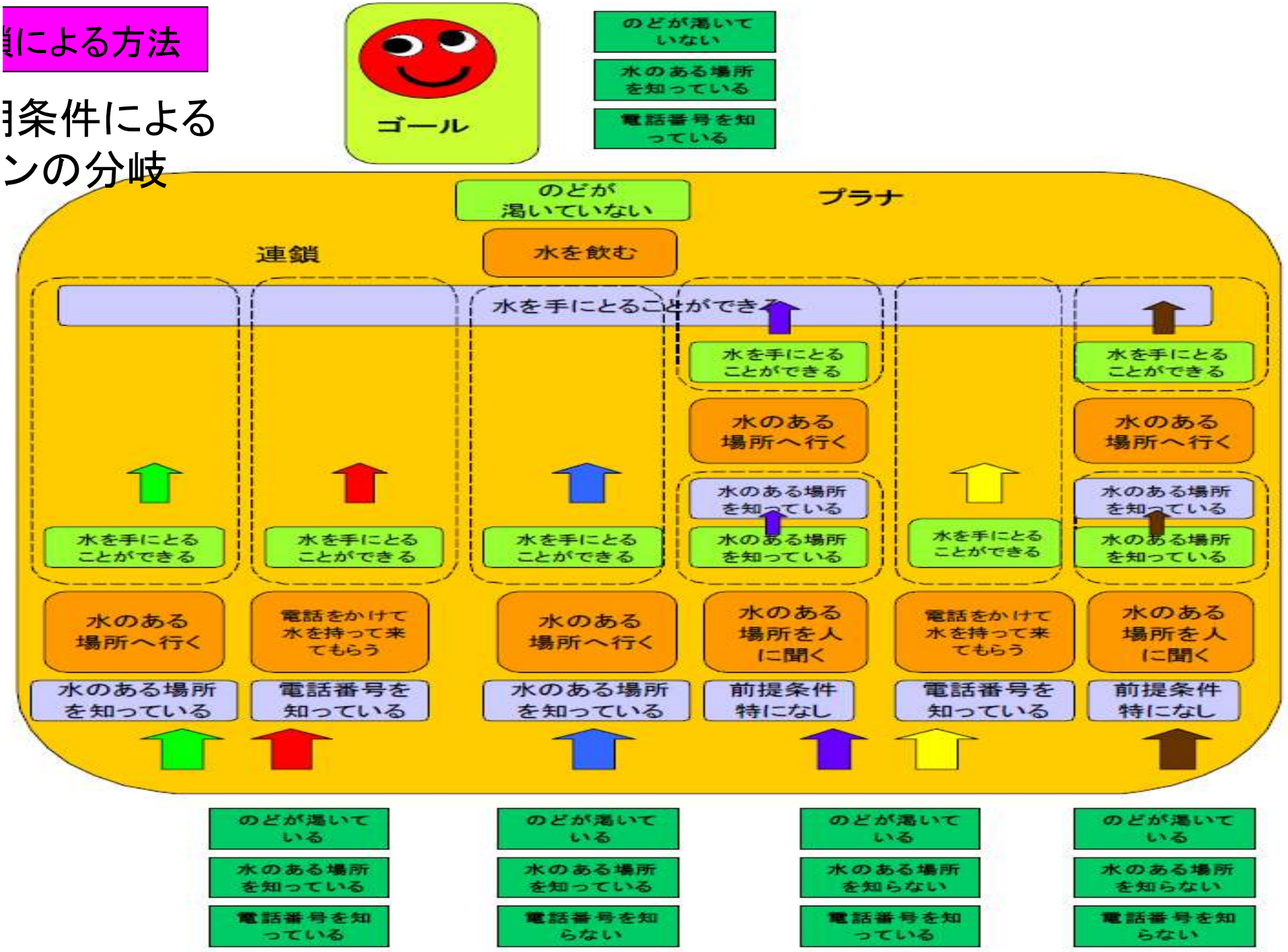
連鎖による方法

プランの分岐



識による方法

前条件による
ンの分岐



プランニング説明終了

F.E.A.Rのプランニング①　シンボル

kTargetIsDead = ture
この兵士Aは死んだ

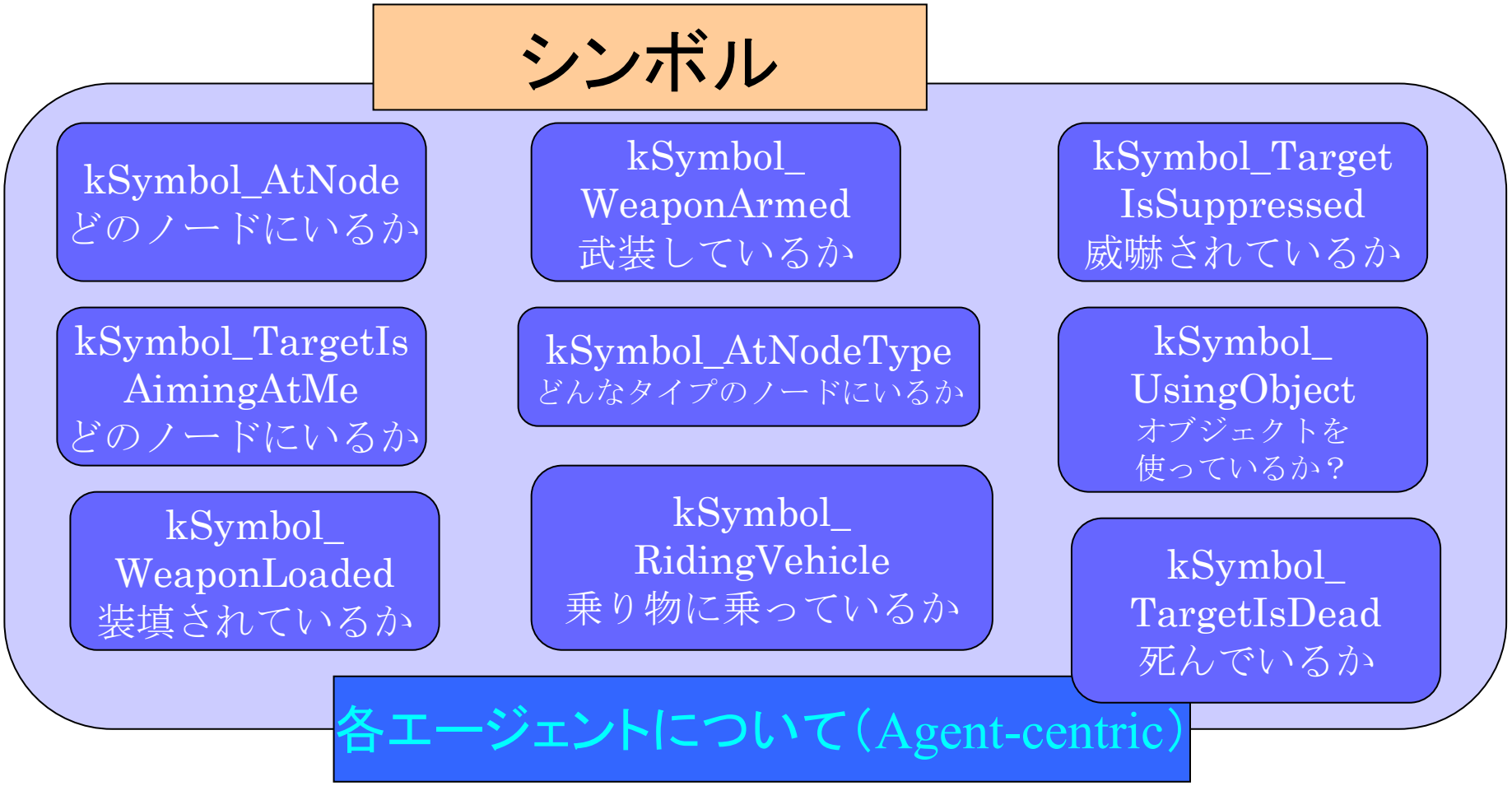
kTargetAtme = ture
この兵士Bは自分を狙っている

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①　シンボル

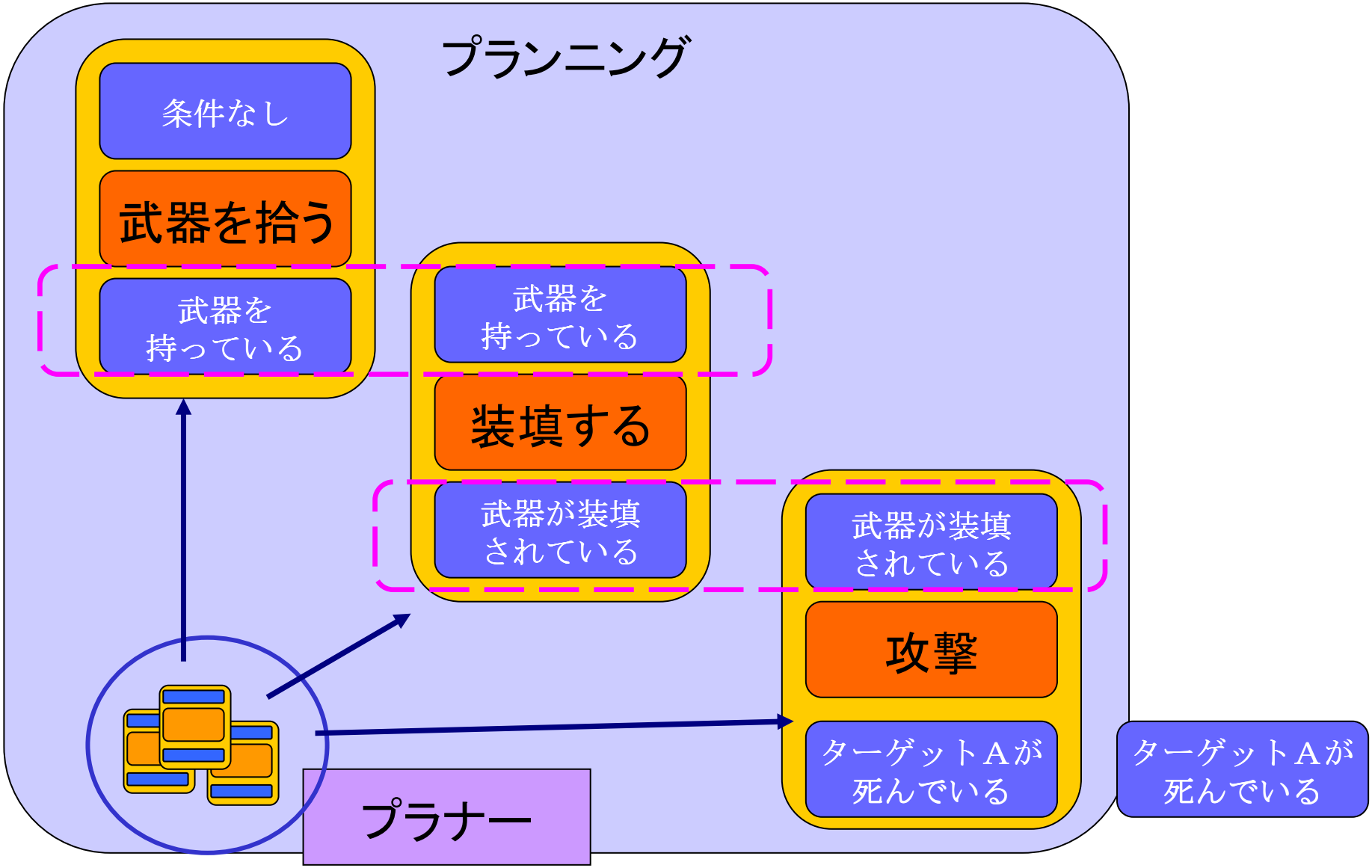
エージェントの認識する世界をもっとシンプルに表現したい

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

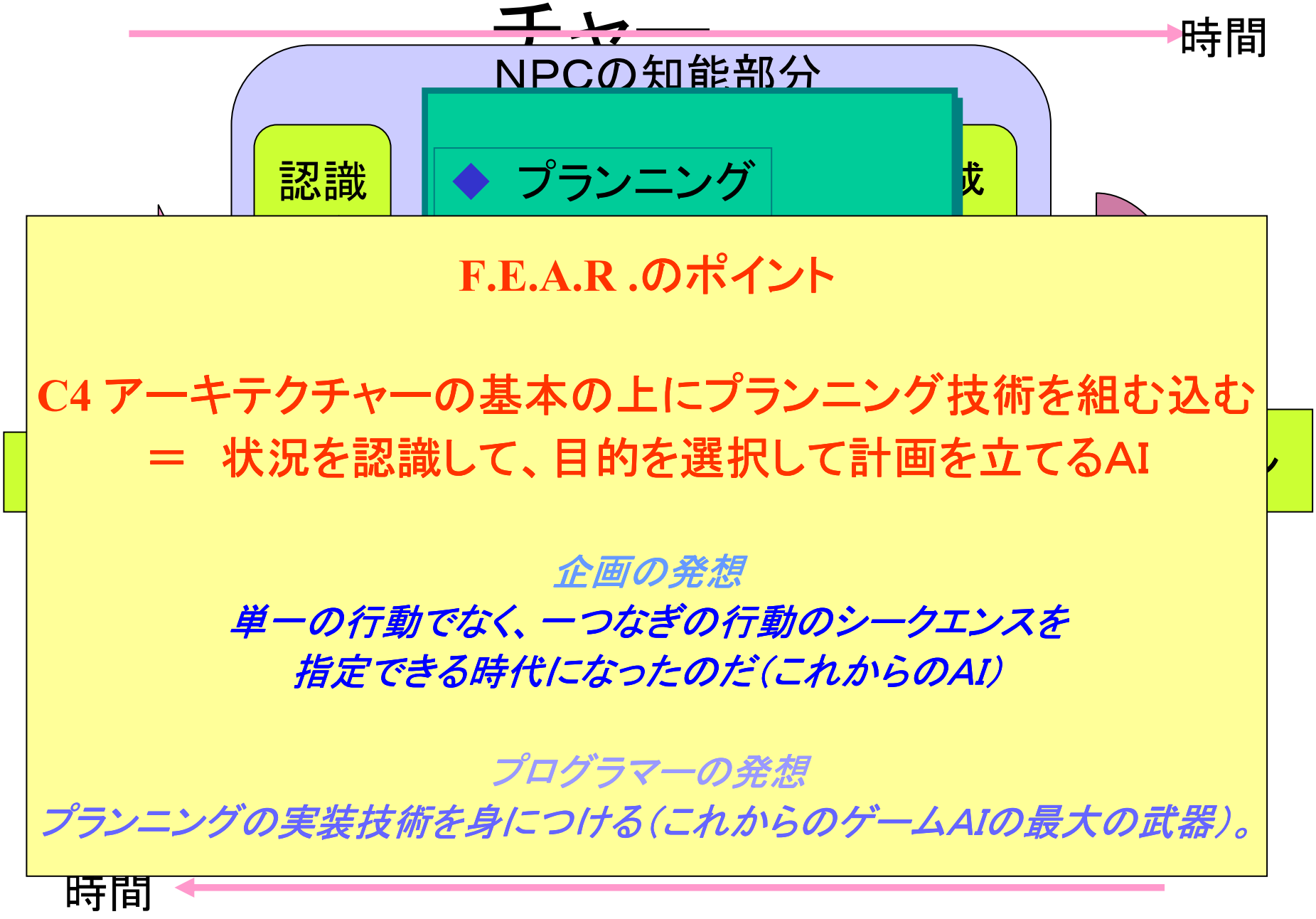
F.E.A.R.のプランニング②
シンボルによる連鎖プランニング



プランニング

プランニング

F.E.A.R NPCのAIのアーキテクチャー



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む込む
＝　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

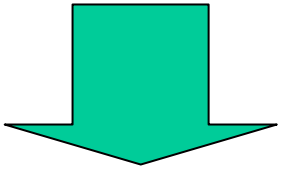
単一の行動でなく、一つなぎの行動のシークエンスを
指定できる時代になったのだ（これからのAI）

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）。

第３期　AIアーキテクチャの時代

個々のアルゴリズムや構造的なAI（第２期）



包括的なアーキテクチャへ
キャラクターAIのためのフレームワークを構築する。

ゲームデザイナー
　　人間らしいAIを構築することができる。
プレイヤー
　　対当な相手として対峙する。（しかし、人には及ばない）

第２部　まとめと考察

考察

①キャラクターAIの技術は、パターンからアルゴリズム、構造化を経てアーキテクチャとして体系化されるようになった。

②キャラクターAIの発展はユーザーに常に新し　いゲーム体験を提供して来た。

③ゲームにおけるAIの果たす役割は、単なる攻略対象から、より多様な役割を果たすように変化して来た。

コンテンツ

第１部　ゲームとは何か？
第２部　ゲームにおける人工知能の歴史
第３部　プロシージャル

[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。

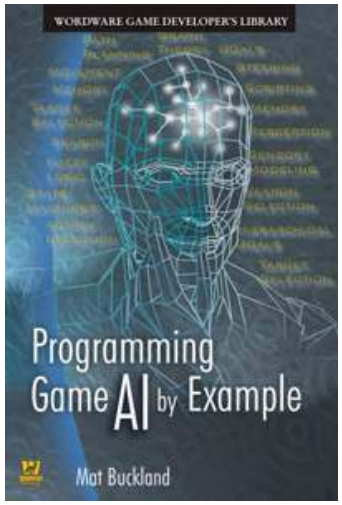
(II) ゲームAIの教科書は英語で多く出版されている。

(III) WEB上にゲームAIでよい英語論文がみつかる。

(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）

上記サイト復旧中のため一時的に以下のフォルダから

http://server02.joeswebhosting.net/~ig1347//modules/mydownloads/

② ディ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」

「ディ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 Raynolds

RAYNOLDS http://www.red3d.com/

リンク集 http://www.red3d.com/cwr/games/

Steven Rabin

GameAI http://www.gameai.com/

CGF-AI

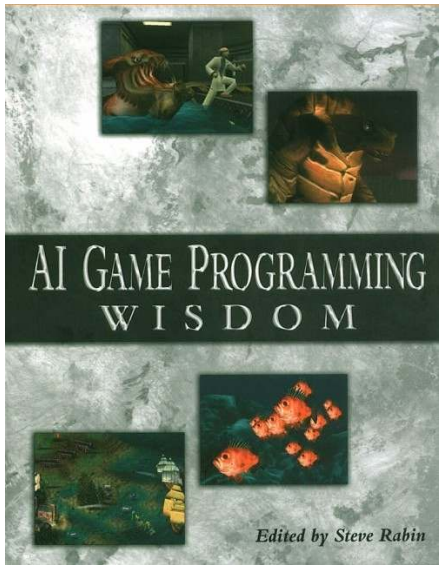
CGF-AI http://www.cgf-ai.com/

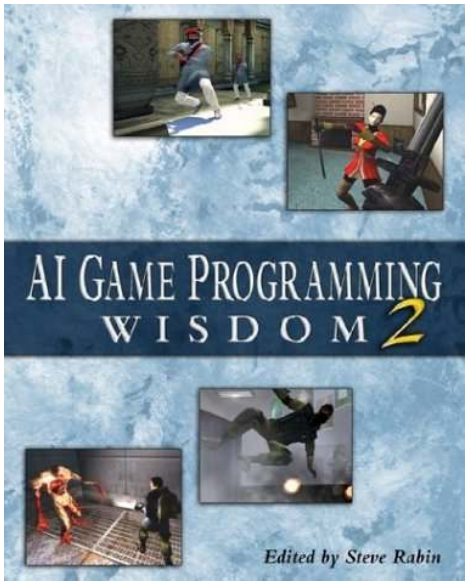
リンク集 http://www.cgf-ai.com/links.html

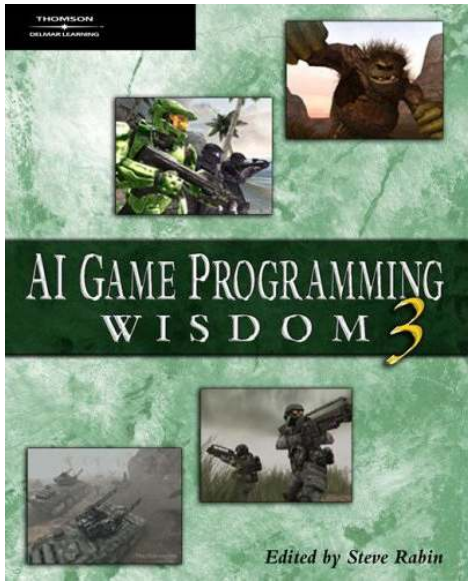
(II)参考文献(英語)

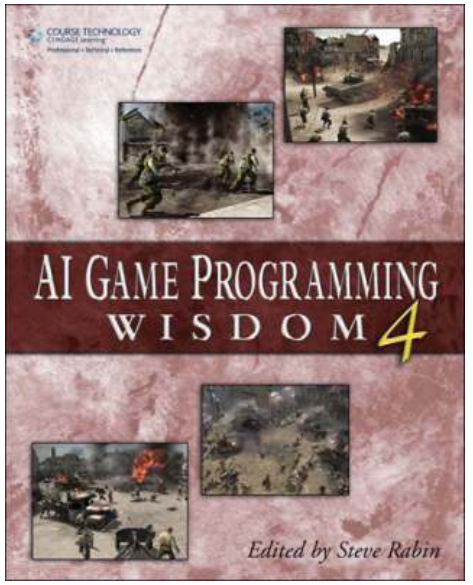
書籍

AI Game Programming Wisdom 1 - 4





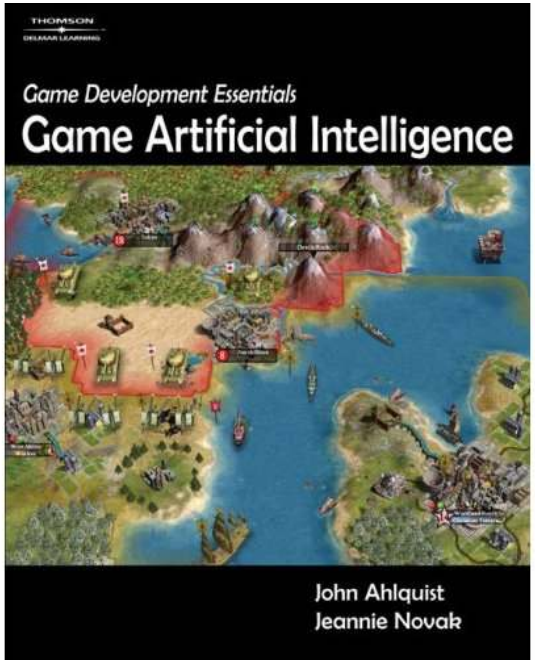




ゲーム開発者、研究者による、
それぞれのタイトルの実装例、研究成果

(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）

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、メイルかアンケートへ

y.m.4160@gmail.com

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

http://www.igda.jp