SQUARE ENIX

META AI

人工知能（メタAI）を用いたゲームデザインの変革

テクノロジー推進部
水野　勇太　／　三宅陽一郎

2017年8月31日

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

水野 勇太

AIテクニカルゲームデザイナー

- スクウェア・エニックス
  テクノロジー推進部 ATD の
  AIテクニカルゲームデザイナー

- ステルスゲームのAIプログラマー
  →スマホゲームのリードプログラマー
  →スマホゲームディレクター
  →現職

- 現在メタAIの研究に従事

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

水野 勇太

AIテクニカルゲームデザイナー

- スクウェア・エニックス
  テクノロジー推進部 ATD の

  AIテクニカルゲームデザイナー

- ステルスゲームのAIプログラマー
  →スマホゲームのリードプログラマー
  →スマホゲームディレクター
  →現職

- 現在メタAIの研究に従事

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

水野 勇太

AIテクニカルゲームデザイナー

プランナー版
テックアート
かつAI特化

- スクウェア・エニックス
  テクノロジー推進部 ATD の

  AIテクニカルゲームデザイナー

- ステルスゲームのAIプログラマー
  →スマホゲームのリードプログラマー
  →スマホゲームディレクター
  →現職

- 現在メタAIの研究に従事

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

水野 勇太

AIテクニカルゲームデザイナー

- スクウェア・エニックス
  テクノロジー推進部 ATD の

  AIテクニカルゲームデザイナー

- ステルスゲームのAIプログラマー
  →スマホゲームのリードプログラマー
  →ディレクター

スクウェア・エニックス・グループ
約4,000人中
1人

従事

プランナー版
テックアート
かつAI特化

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

水野 勇太

AIテクニカルゲームデザイナー

- スクウェア・エニックス
  テクノロジー推進部 ATD の

  AIテクニカルゲームデザイナー

- ステルスゲームのAI
  →スマホ ムのリ
  レクター

従事

プランナー版
テックアート
かつAI特化

職種として
確立すべく奮闘中

スクウェア・エニックス・グループ
約4,000人中
1人

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

水野 勇太

AIテクニカルゲームデザイナー

- スクウェア・エニックス
  テクノロジー推進部 ATD の

  AIテクニカルゲームデザイナー

- ステルスゲームのAIプログラマー
  →スマホゲームのリードプログラマー
  →スマホゲームディレクター
  →現職

- 現在メタAIの研究に従事

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI DEMO

さっそくですがデモです

- メタAIがないとき

ランダムスポーニング

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI DEMO

さっそくですがデモです

- メタAIがないとき

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI DEMO

さっそくですがデモです

- メタAIがあるとき

メタAIスポーニング

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI DEMO

さっそくですがデモです

- メタAIがあるとき

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI DEMO

メタAIの設計を提案する講演です

- メタAI
  - 何を認識
  - 何を判断
  - 何を行っていた　のか

- 今日はその**メタAIの設計を提案**します

- **最先端のAI技術**であるメタAIの作り方を
  持って帰ってください

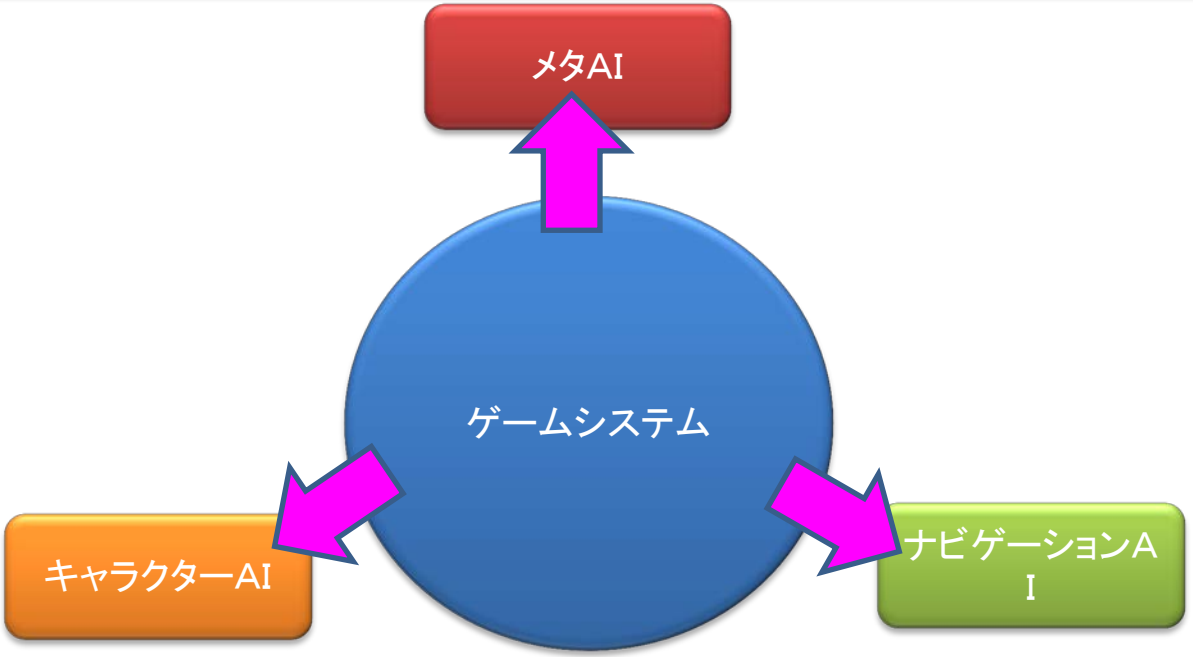
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

- 名前　三宅　陽一郎
- 所属（株）スクウェア・エニックス リードAIリサーチャー / テクノロジー推進部 AI-Unit リード

- 代表作
  - クロムハウンズ（Xbox360®）、デモンズソウル（PS3®）、アーマードコア5（Xbox360®/PS3®）
  - Final Fantasy XIV: A Realm Reborn
  - Final Fantasy XV

- 講演
  - CEDEC 2006「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」
  - CEDEC 2007「エージェント・アーキテクチャーから作るキャラクターAI」
  - CEDEC 2008「ゲーム開発のためのプロシージャル技術の応用」
  - CEDEC 2009「生態学的ゲームAI基礎論」
  - CEDEC 2007-2011「ゲームAIラウンドテーブル」
  - CEDEC 2012「次世代キャラクターAIアーキテクチャ」「クロスボーダー AI x Animation」
  - CEDEC 2013「In-Game Cinematicsパネルディスカッション 」「クロスボーダーAIx認知科学」
  - CEDEC 2014「クロスボーダー　AI × 言語解析」
  - CEDEC 2015「FINAL FANTASY XV -EPISODE DUSCAE- におけるキャラクターAIの意思決定システム」「SQUARE ENIX AI ACADEMYの試み」
  - CEDEC 2016「目で見るゲームAI実践(群衆)」「キャラクターの人工知能のための戦術位置解析システ
  - GAME-ON AISA 2012 基調講演 「The Future of AI, Game, and Computer Graphics」
  - スクウェア・エニックス　AIアカデミー（全5回）
  - その他、大学講義、カンファレンス講演多数

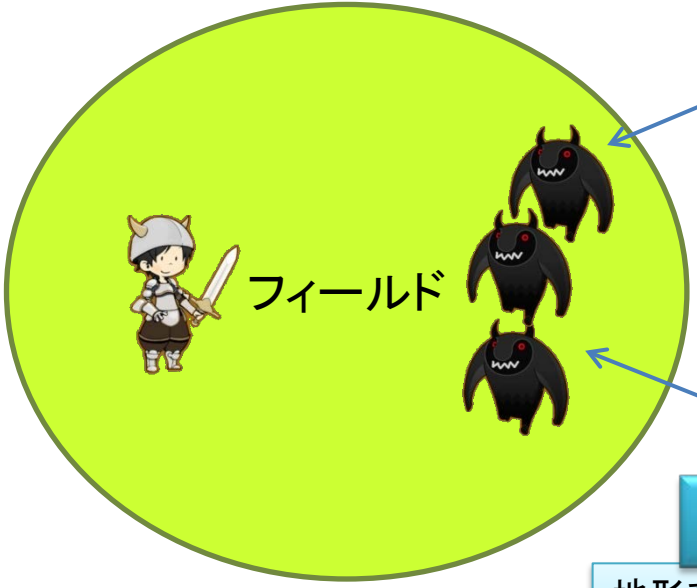
AIの分化



ナビゲーションAIのイメージをつかめただろうか？
では、最後のメタAIについて説明する。

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

3つのAIの連携の例



メタAI

状況を監視し、キーとなる役割を適切なタイミングでエージェントに指示する。

キャラクターAI

Support

自律的な判断。
仲間同士の協調

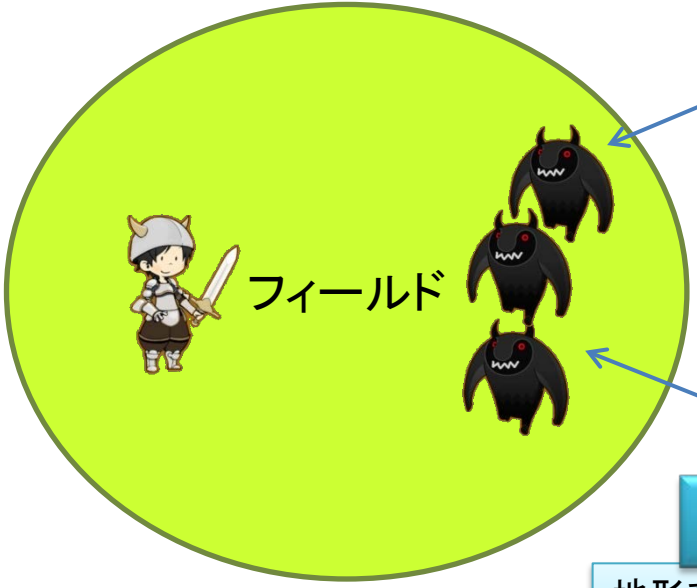
ナビゲーションAI

地形を解析する。目的に応じた点を見つけ出す
目的地までのパスを計算する

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

エージェントが自律的に戦闘・協調しつつ、ナビゲーションAIが戦術的ポイントを教え、メタAIは、全体の戦闘の流れを作る。

3つのAIの連携の例



メタAI

状況を監視し、キーとなる役割を適切なタイミングでエージェントに指示する。

キャラクターAI

Support

自律的な判断。仲間同士の協調

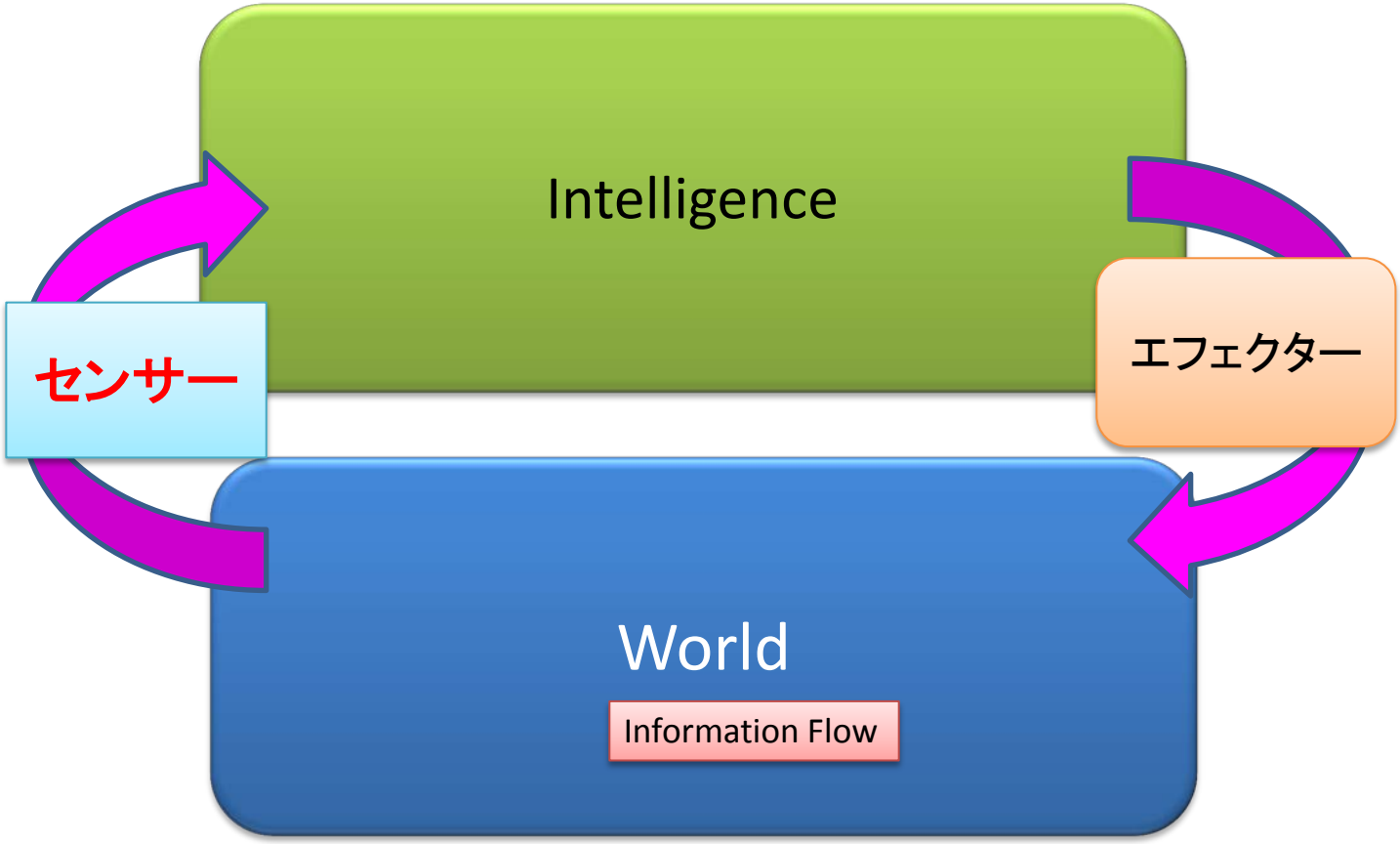
ナビゲーションAI

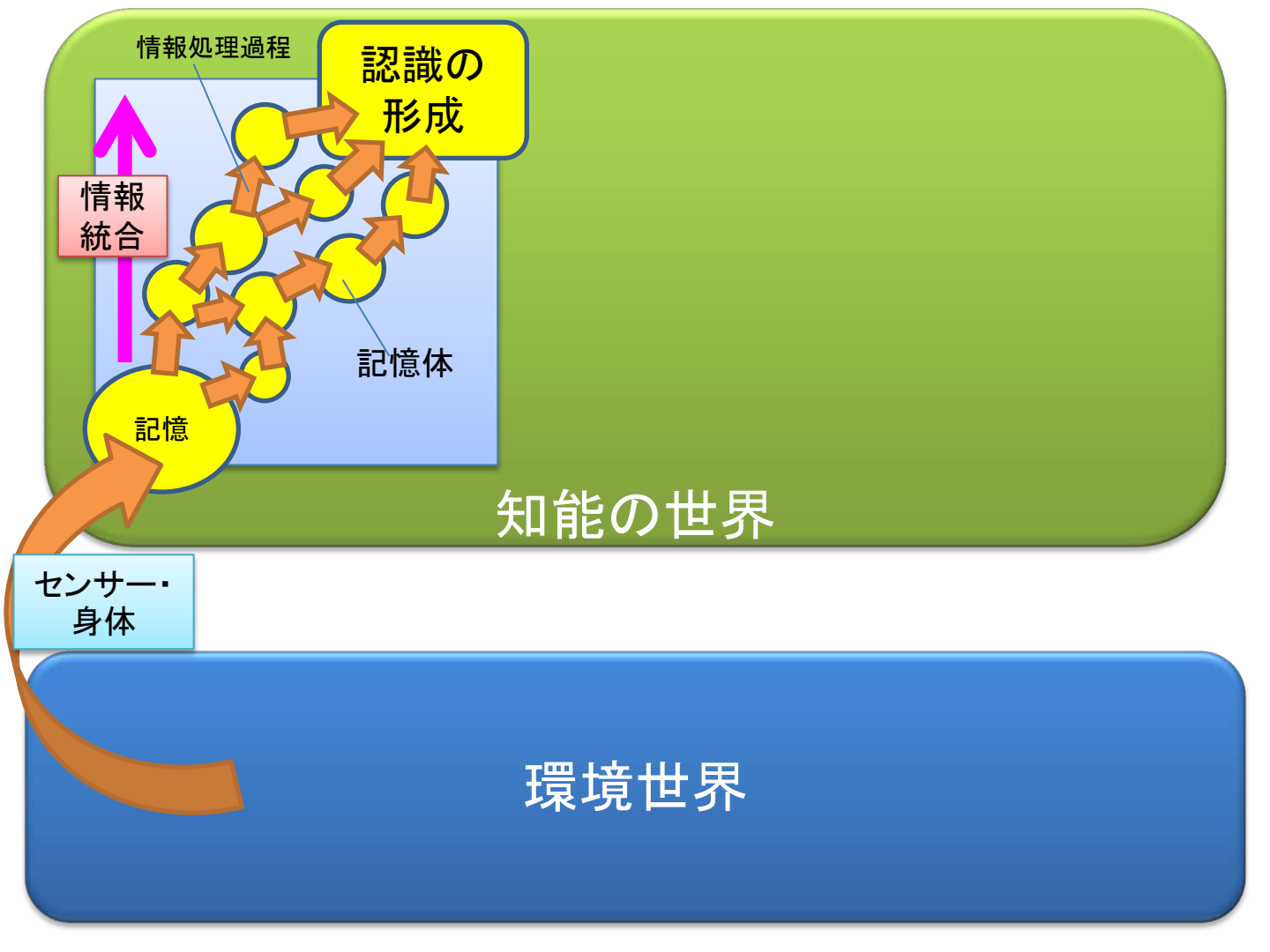
地形を解析する。目的に応じた点を見つけ出す
目的地までのパスを計算する

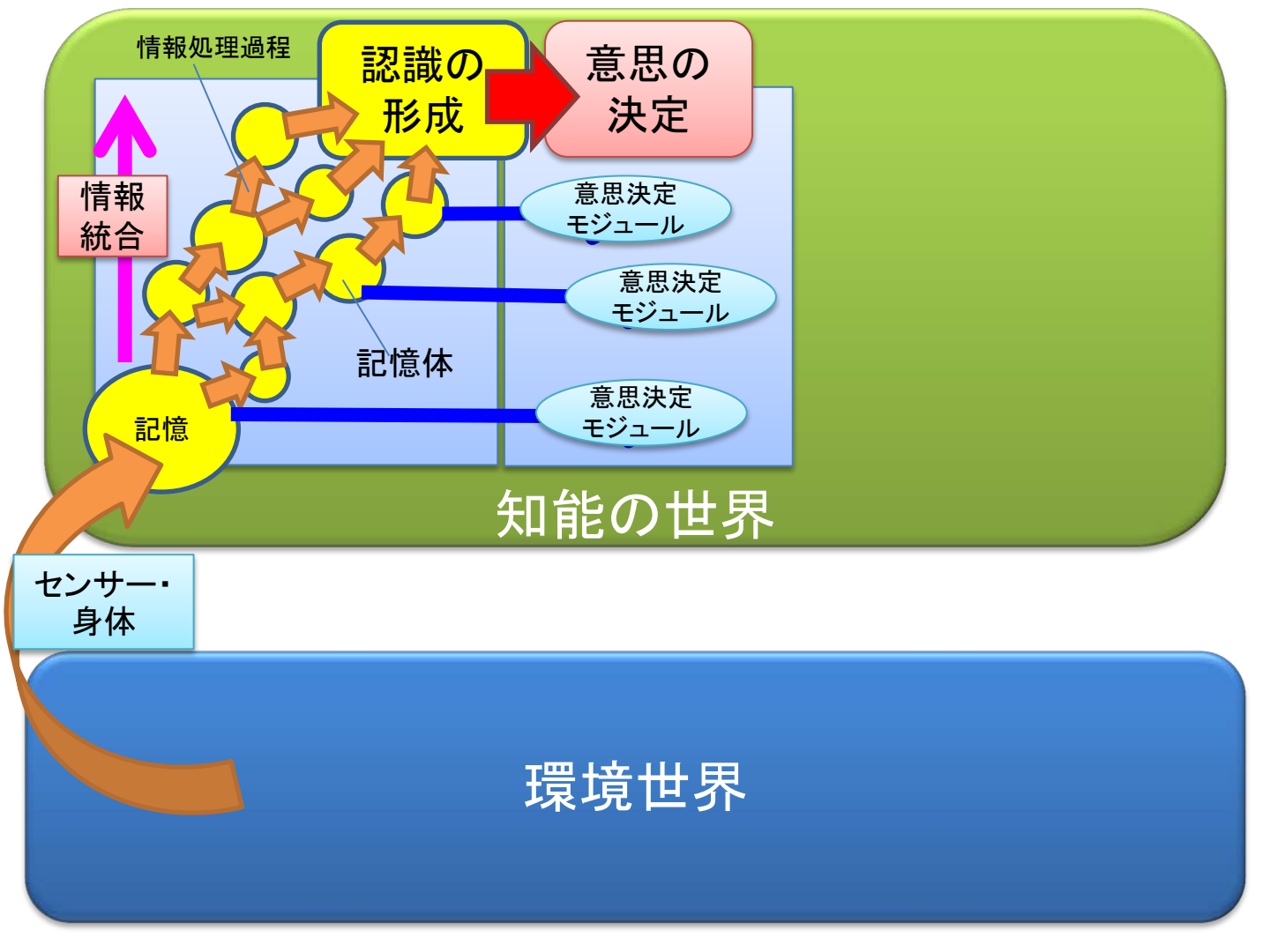
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

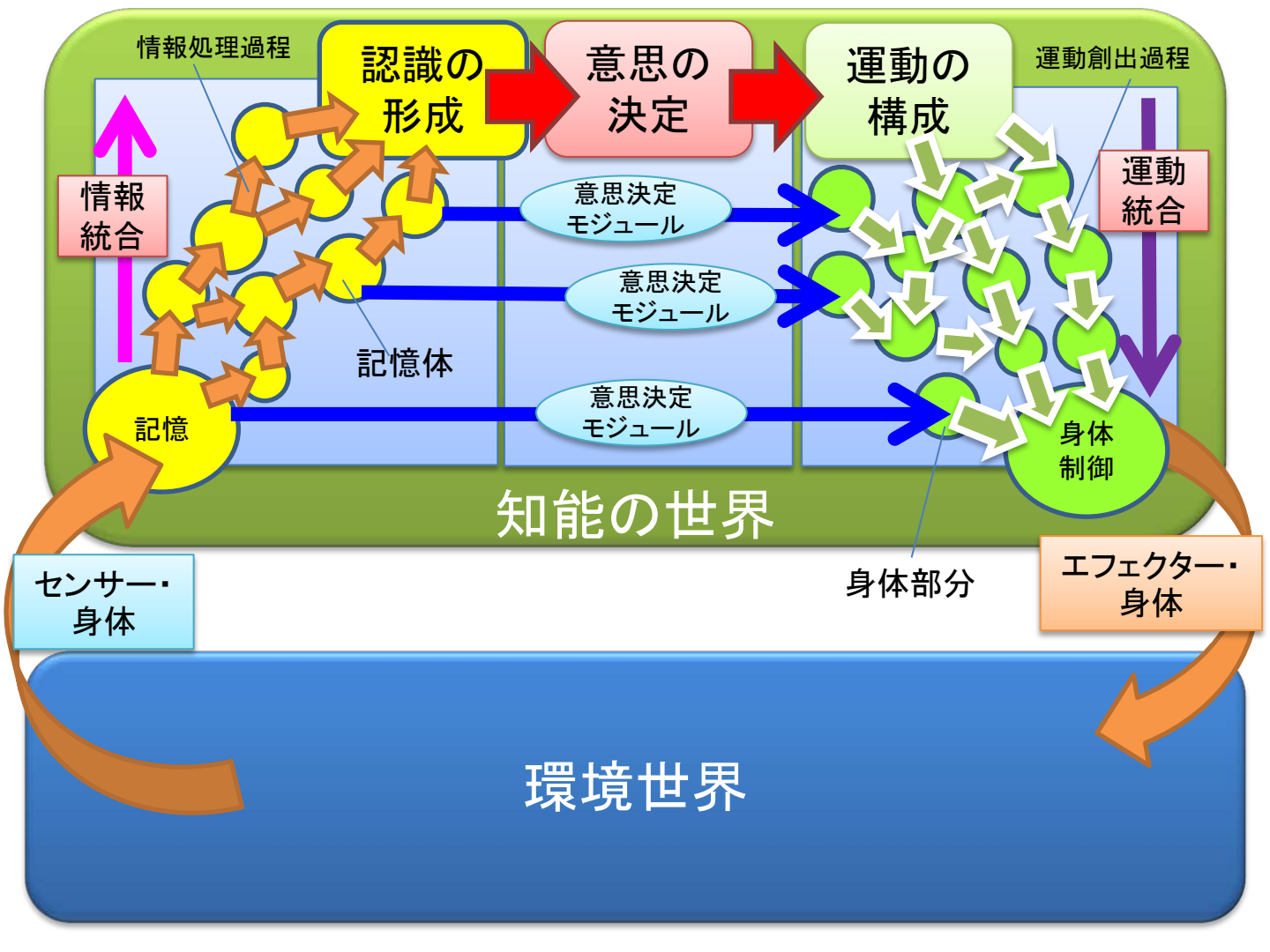
エージェントが自律的に戦闘・協調しつつ、ナビゲーションAIが戦術的ポイントを教え、メタAIは、全体の戦闘の流れを作る。

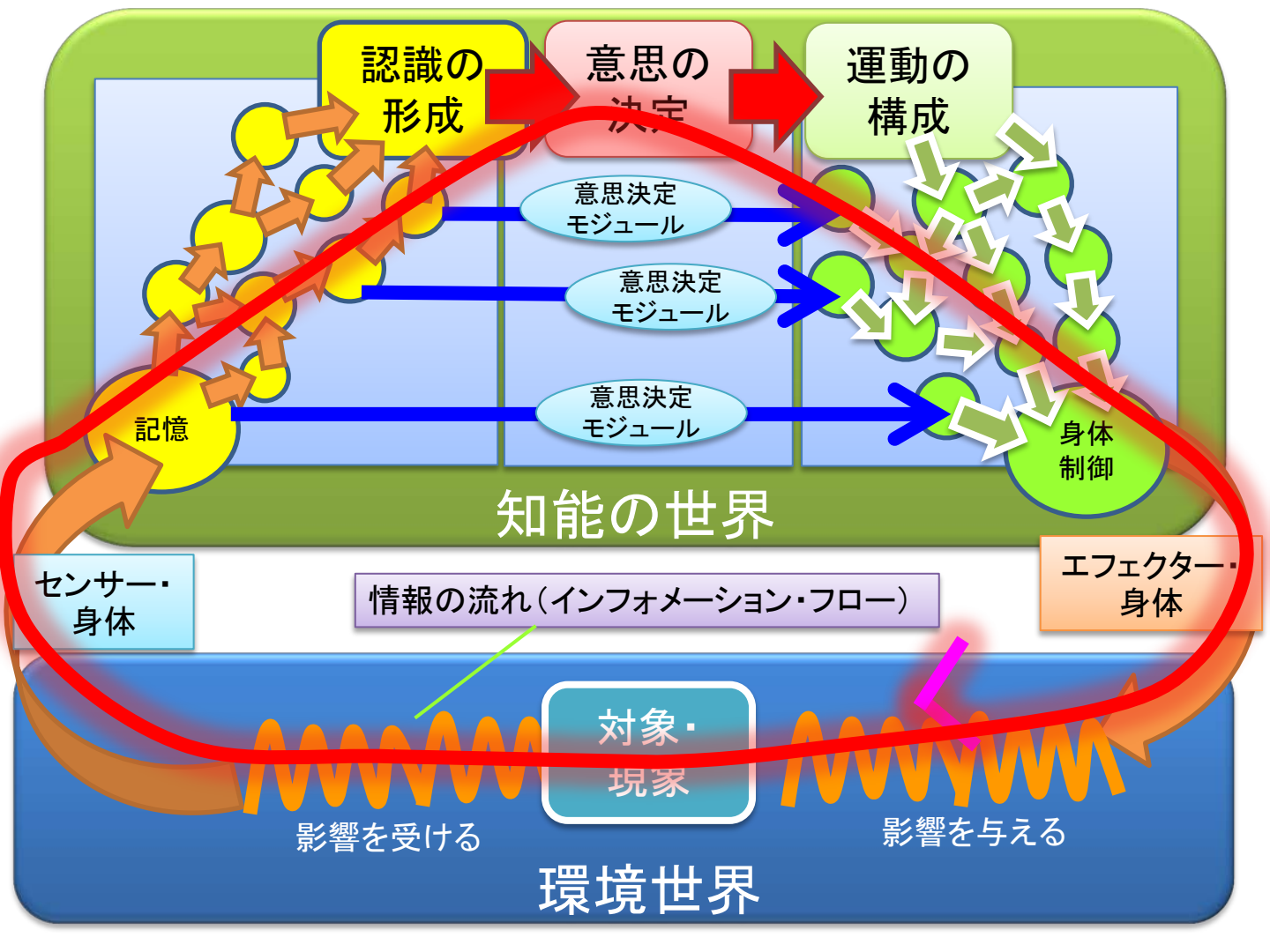
Agent Architecture



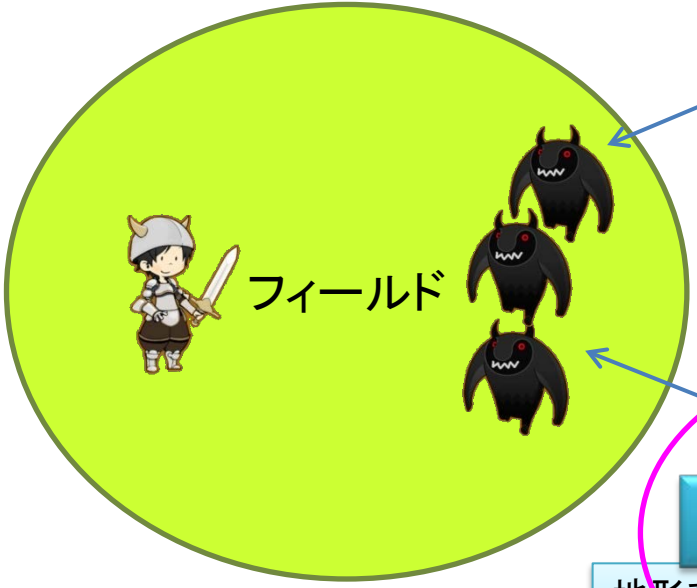

情報処理過程
認識の形成
情報統合
記憶体
記憶
知能の世界
センサー・身体
環境世界


情報処理過程
認識の形成
意思の決定
情報統合
意思決定モジュール
意思決定モジュール
意思決定モジュール
記憶体
記憶
知能の世界
センサー・身体
環境世界


情報処理過程
認識の形成
意思の決定
運動の構成
運動創出過程
情報統合
運動統合
意思決定モジュール
意思決定モジュール
意思決定モジュール
記憶体
記憶
身体制御
知能の世界
センサー・身体
身体部分
エフェクター・身体
環境世界


認識の
形成
意思の
決定
運動の
構成
意思決定
モジュール
意思決定
モジュール
意思決定
モジュール
記憶
身体
制御
知能の世界
センサー・
身体
情報の流れ（インフォメーション・フロー）
エフェクター・
身体
対象・
現象
影響を受ける
影響を与える
環境世界

3つのAIの連携の例



メタAI

状況を監視し、キーとなる役割を適切なタイミングでエージェントに指示する。

キャラクターAI

自律的な判断。仲間同士の協調

Support

ナビゲーションAI

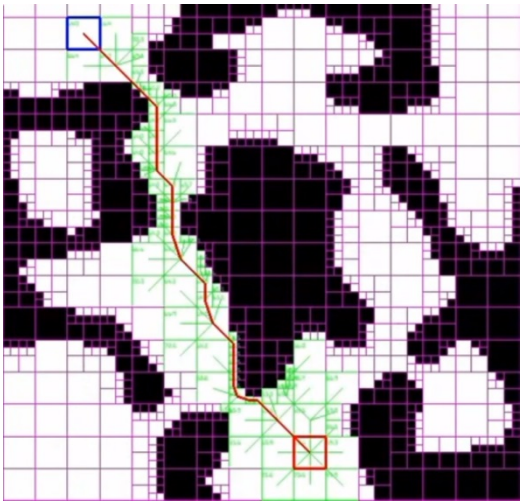
地形を解析する。目的に応じた点を見つけ出す
目的地までのパスを計算する

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

エージェントが自律的に戦闘・協調しつつ、ナビゲーションAIが戦術的ポイントを教え、メタAIは、全体の戦闘の流れを作る。

パス検索とは

現在の地点から指定したポイントへの経路を、
リアルタイムで計算して導く技術。



RTS - Pathfinding A*
https://www.youtube.com/watch?v=95aHGzzNCY8

3つのAIの連携の例

メタAI

状況を監視し、キーとなる役割を適切なタイミングでエージェントに指示する。

キャラクターAI

自律的な判断。仲間同士の協調

Support

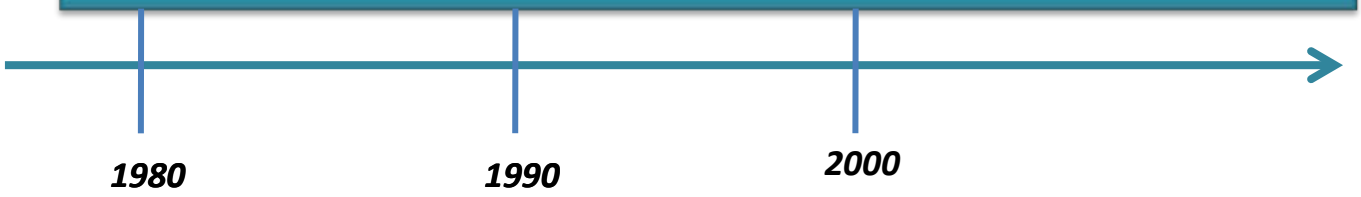
ナビゲーションAI

地形を解析する。目的に応じた点を見つけ出す
目的地までのパスを計算する

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

エージェントが自律的に戦闘・協調しつつ、ナビゲーションAIが戦術的ポイントを教え、メタAIは、全体の戦闘の流れを作る。

メタAIの歴史



古典的メタAI

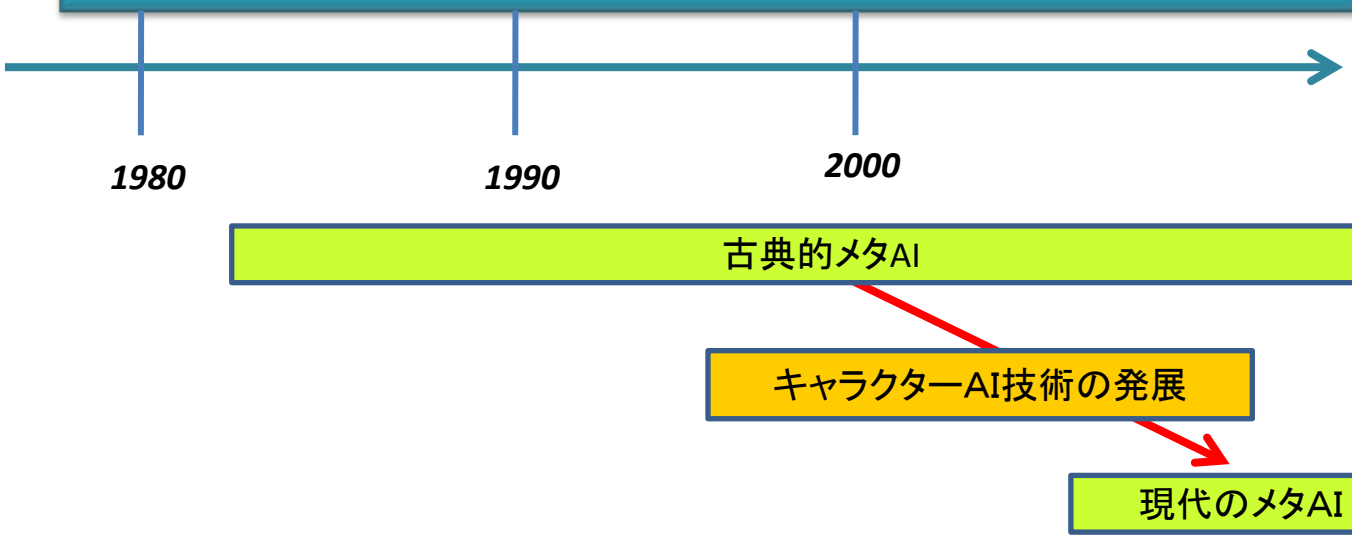
キャラクターAI技術の発展

現代のメタAI

メタAIというのは、ゲームそのものに埋め込まれたAI。

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの歴史



その歴史は古く、1980年代にまでさかのぼる。
その時代と現代のメタAIは、異なる点も多いので、
古典的メタAI、現代のメタAIと名づけて区別することにしよう。

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

古典的メタAI = レベル調整AI

岩谷徹氏:

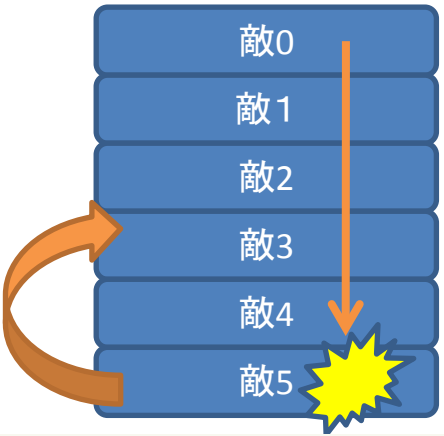
ファンと一般のユーザーを満足させる方法のひとつは
人工知能AIのような考え方です。

プレーヤースキルをプログラム側から判断して、
難易度を調整していくというものです。

これを私はセルフゲームコントロールシステムと呼んで
10年以上前から開発に使っています。

― International Game Designers Panel ―
http://game.watch.impress.co.jp/docs/20050312/gdc_int.htm

（例）「ゼビウス」（1983）
敵出現テーブル巻き戻し



『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。』

― 遠藤雅伸（出演）、1987、「糸井重里の電視遊戯大展覧会」『遠藤雅伸ゼビウスセミナー』フジテレビ ―

ゼビウス は バンダイナムコエンターテインメント社の商標または登録商標です。
ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

岩谷氏：

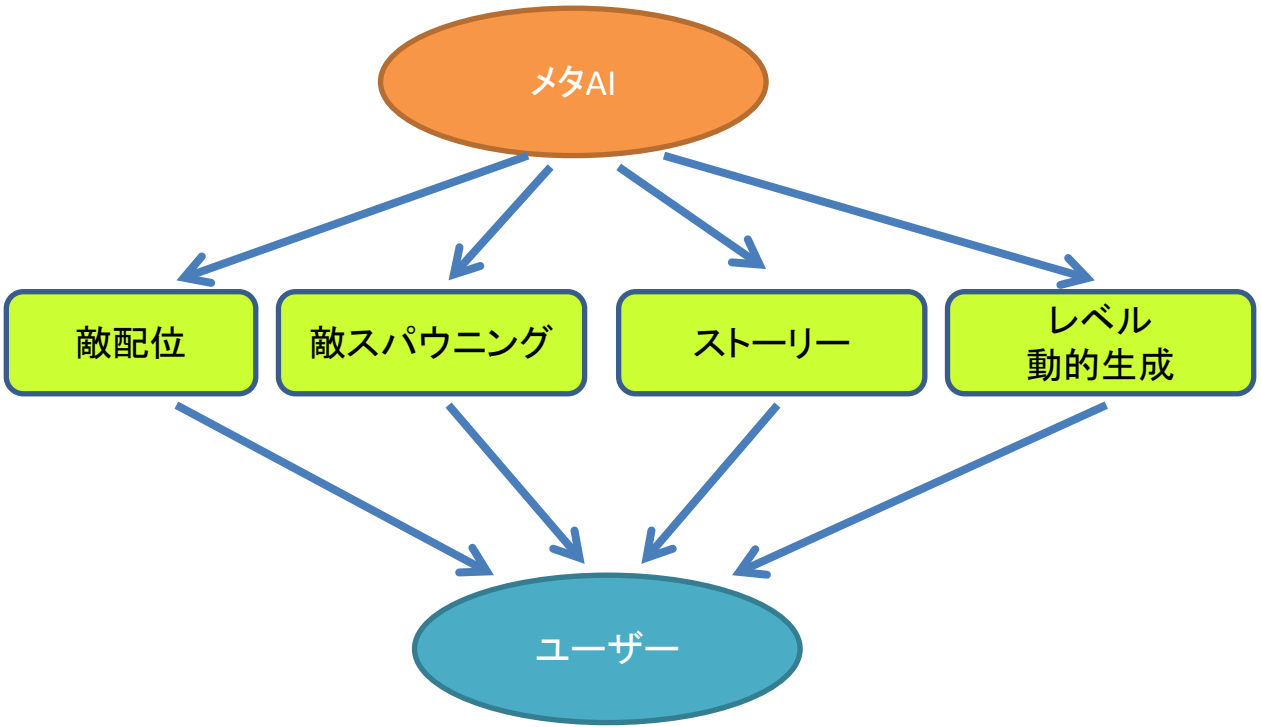
抑揚があって、起承転結があるのが重要だと思います。ロジェ・カイヨワは遊びを4つに分けて定義しました。「偶然」と「競争」と「模倣」と「眩暈」。僕は5番目の遊びとして、時間軸で変化する抑揚や**起承転結**を楽しむ遊びがあると考えています。小説や映画も初めから最後まで「トントントントン」とフラットなままでおしまいとはなりません。「トントントントン、トトトトンッ！」と来て最後に「ドン」と終わる、みたいな抑揚が楽しいんです。

“世界最古”にして現代ゲームAIの先駆。21世紀に『パックマン』が再評価される理由
http://news.denfaminicogamer.jp/kikakuthetower/aitalk_miyaiwa/2

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

現代のメタAI

より積極的にゲームに干渉する。



ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI Left 4 Dead の事例

今回は Left 4 Dead の事例を見てみる。

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

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

LEFT 4 DEAD は バルブ コーポレイションの商標または登録商標です。

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

適応型動的ペーシング

[基本的発想]

(1) ユーザーがリラックスしている時に、ユーザーの緊張度が一定の敷居を超えるまで敵をぶつけ続ける。

(2) ユーザーの緊張度が一定の緊張度を超えると敵を引き上げる。

(3) リラックスすると敵を出現し始める（(1)へ）。

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

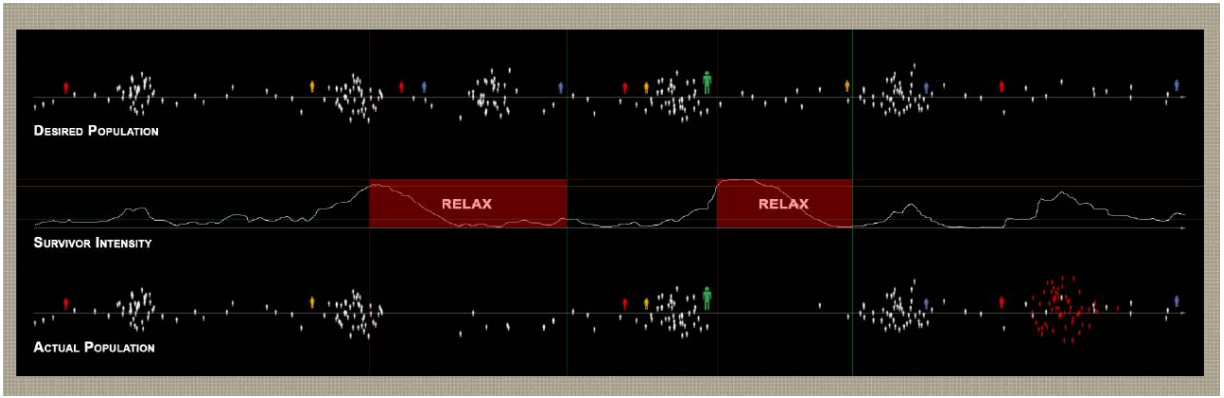
ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

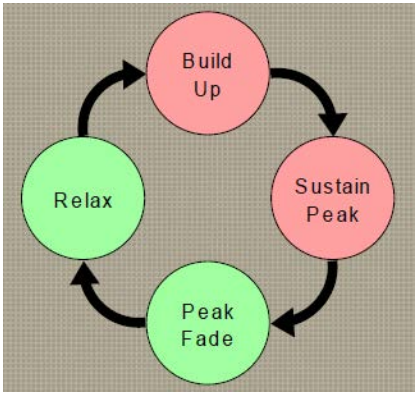
メタAI(=AI Director)によるユーザーのリラックス度に応じた敵出現度

計算によって
求められた
理想的な敵出現数

ユーザーの緊張度

実際の敵出現数





より具体的なアルゴリズム

Build Up …プレイヤーの緊張度が目標値を超えるまで
敵を出現させ続ける。
Sustain Peak … 緊張度のピークを3-5秒維持するために、
敵の数を維持する。
Peak Fade … 敵の数を最小限へ減少していく。
Relax … プレイヤーたちが安全な領域へ行くまで、30-45秒間、
敵の出現を最小限に維持する。

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

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

生体信号を計測

- 脳波（EEG）
- スキンコンダクタンス（手の発汗量）
- アイトラッキング
- 脈拍
- 顔認識

を取ることで、開発中は緊張度を計算しています。
→　これをゲーム内の情報から近似した数式で行います。

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

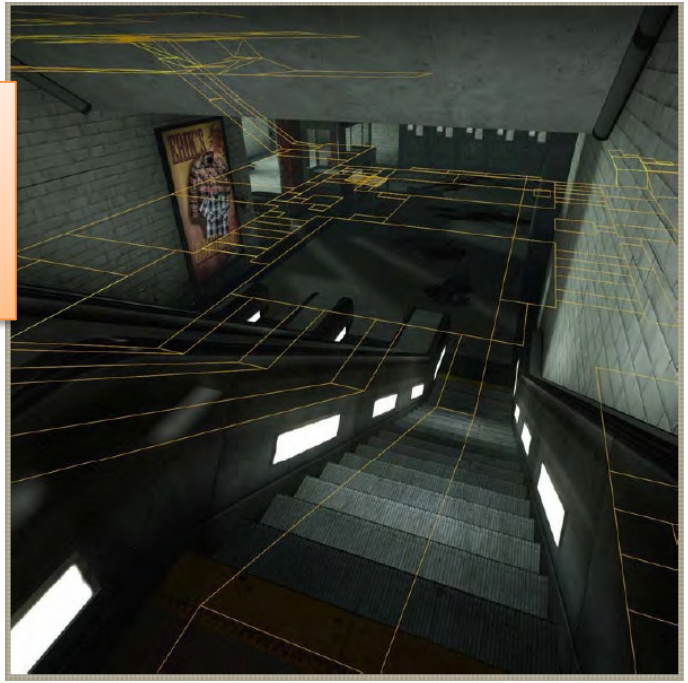
緊張度を
ゲーム内パラメーターから再現

- 敵を撃破した時、敵への距離に反比例して上げる。
- 囲まれている状況だと上げる
- ダメージを受けたら、ダメージに比例して上げる
- 物理的に、押される/引かれる、と上げる

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIがゲームを認識する方法

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

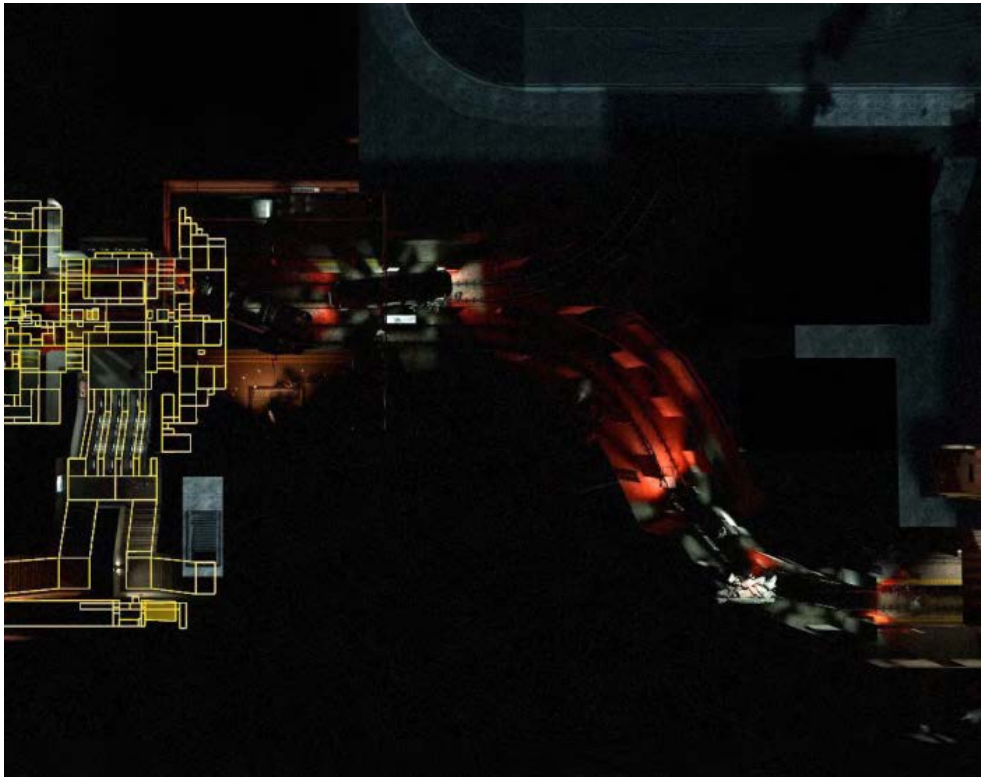


Michael Booth, "**The AI Systems of Left 4 Dead**," Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference at Stanford.
http://www.valvesoftware.com/publications.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIが作用を行う領域

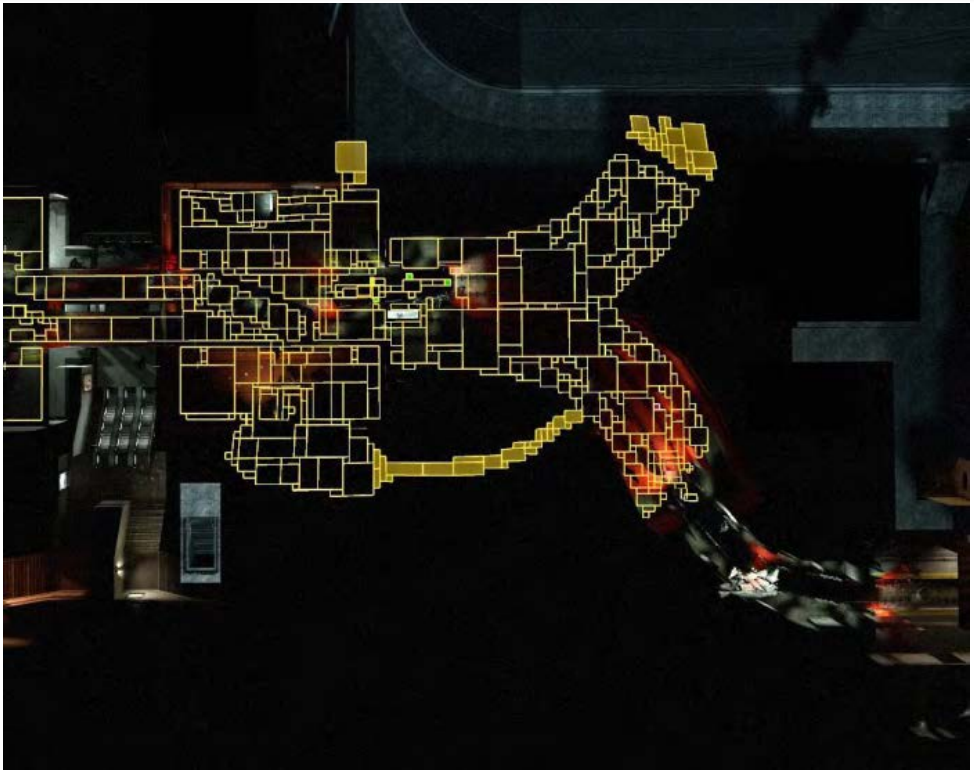
メタAIが作用（敵の生成・消滅）を行う領域を、AAS（= Active Area Set）と言う。



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

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIが作用を行う領域
(AAS=Active Area Set)



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

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

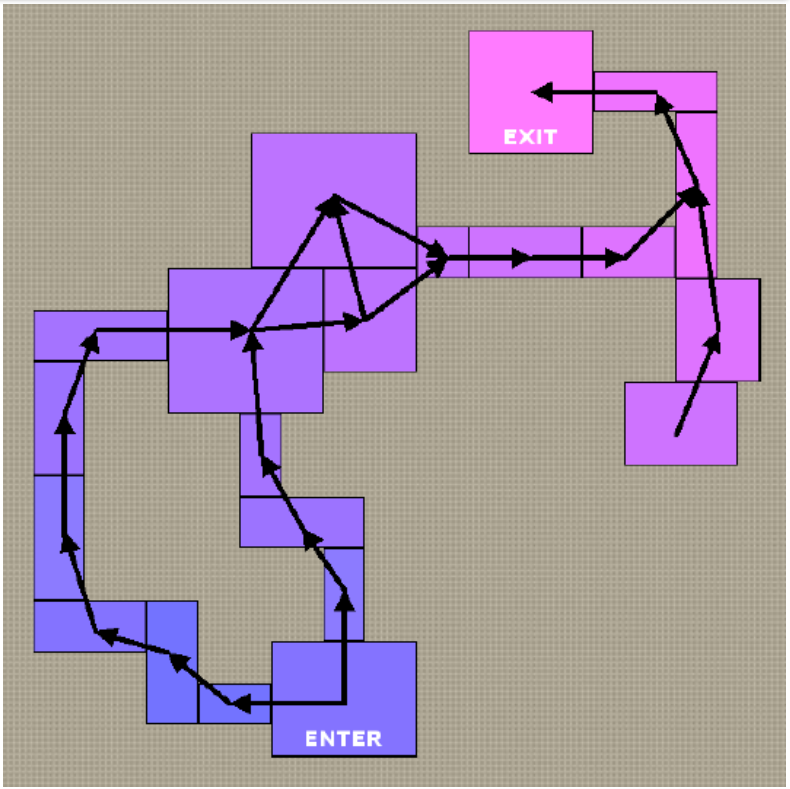
メタAIが作用を行う領域
(AAS=Active Area Set)

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

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

安全な領域までの道のり(Flow Distance)

メタAIはプレイヤー群の経路をトレースし予測する。
- どこへ来るか
- どこが背面になるか
- どこに向かうか



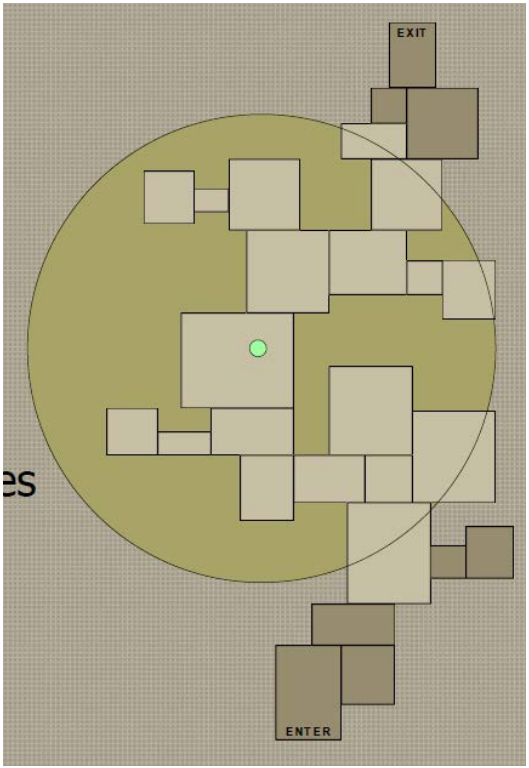
ゴールデンパス
場所から目的地までの予測経路のことを

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

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

AAS に対して行うこと。

メタAIはプレイヤー群の移動に伴い、
その周囲（AAS）に敵の群れを
生成・消滅させたりする。

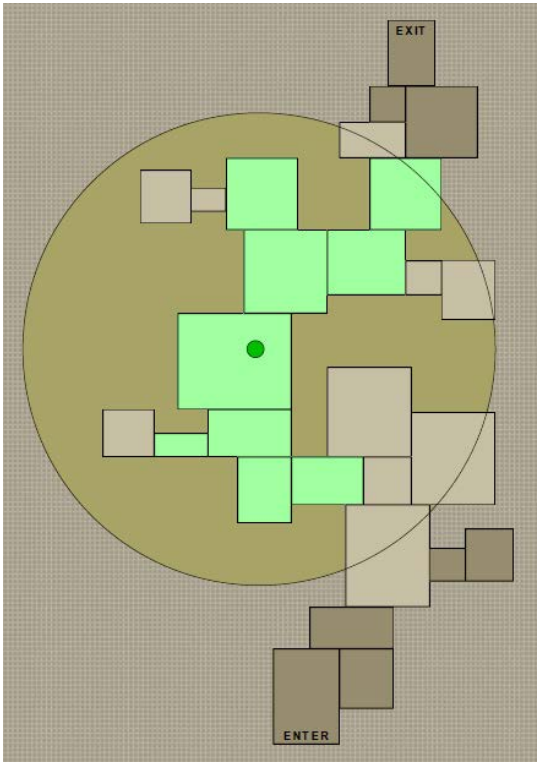


Michael Booth, "**The AI Systems of Left 4 Dead**," Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference at Stanford.
http://www.valvesoftware.com/publications.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

プレイヤーからの可視領域

可視領域（プレイヤーから見えている部屋）では、敵のスパウニング（発生）はできない。

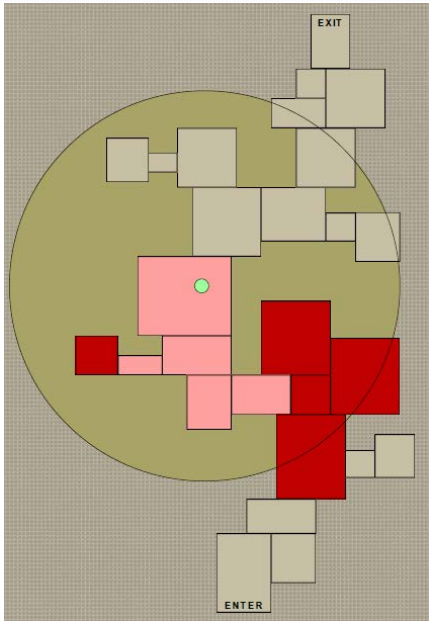


Michael Booth, "**The AI Systems of Left 4 Dead**," Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference at Stanford.
http://www.valvesoftware.com/publications.html

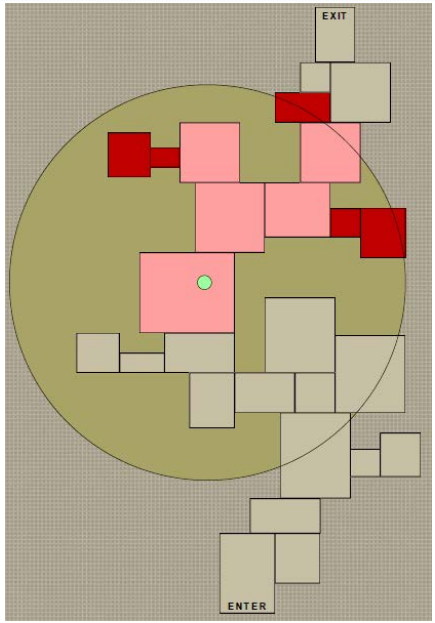
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

敵出現領域

背後



前方

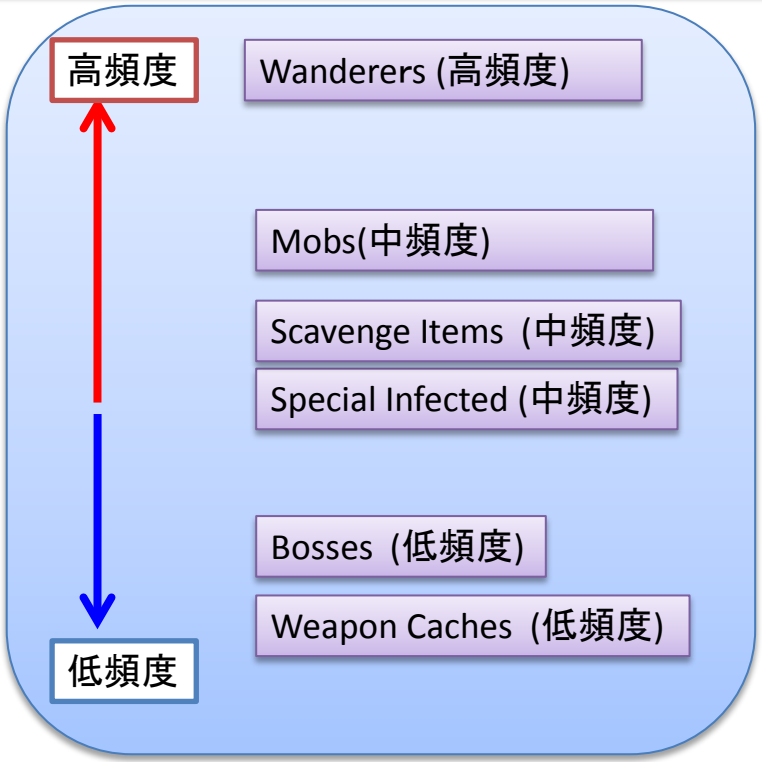


前方と背後のプレイヤー群から見えてない部屋に、モンスターを発生させる。

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

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

モンスター・アイテム出現頻度



敵の種類、アイテムの種類ごとに出現頻度が違うが、頻度に応じて発生させる。

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

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

ボス出現アルゴリズム

(1) N体を予想される逃走経路上に配置

(2) 3つの出現イベントパターン
（何もいない、を含む）
（例）Tank, Witch, 何もいない

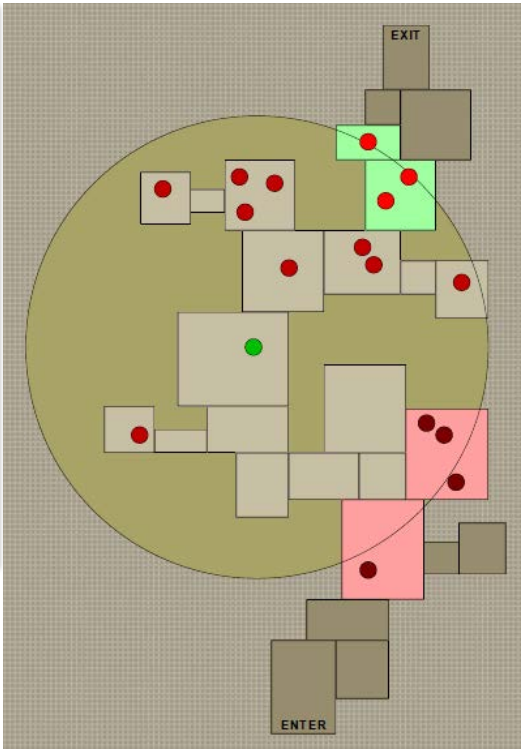
(3) 同じパターンのくり返しは禁止
(例) Witch, 何もいない、Witch はOK。
Witch, Witch はだめ。

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

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

具体的なアルゴリズム

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

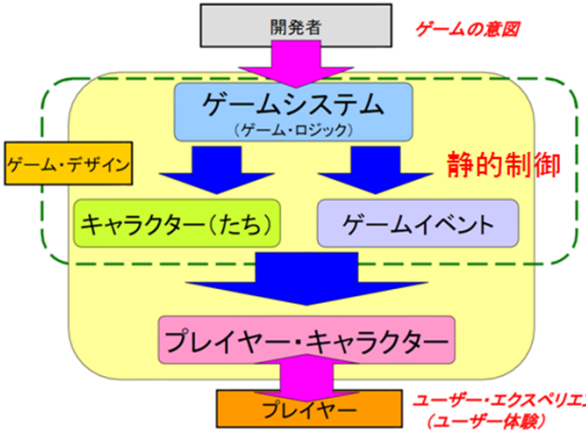


Michael Booth, "**The AI Systems of Left 4 Dead**," Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference at Stanford.
http://www.valvesoftware.com/publications.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

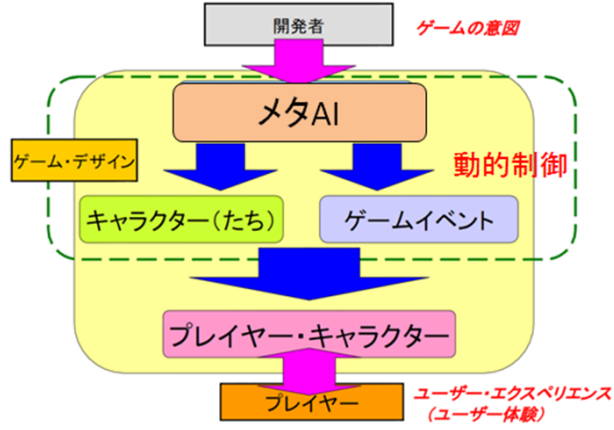
まとめ

デジタルゲームの簡易モデル



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

メタAIを含んだ ゲームの簡易モデル



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

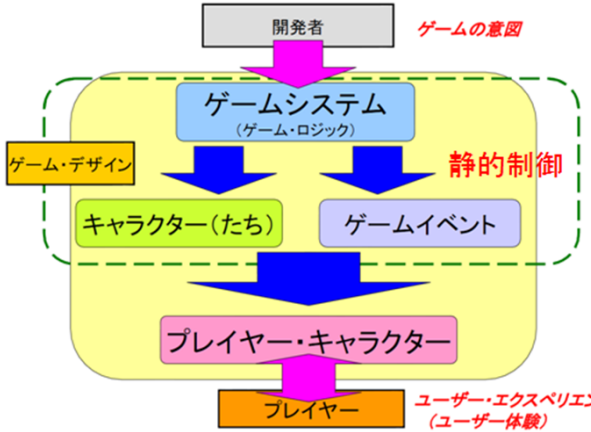
理想的にはプロシージャルに無限のコンテンツが生成される。

メタAIは、ゲームの流れを動的に作るAIで、キャラクターAI、イベントなどには命令だけを出す。これは明確に、メタAIと他のモジュールが独立した関係にあるから可能なこと。

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

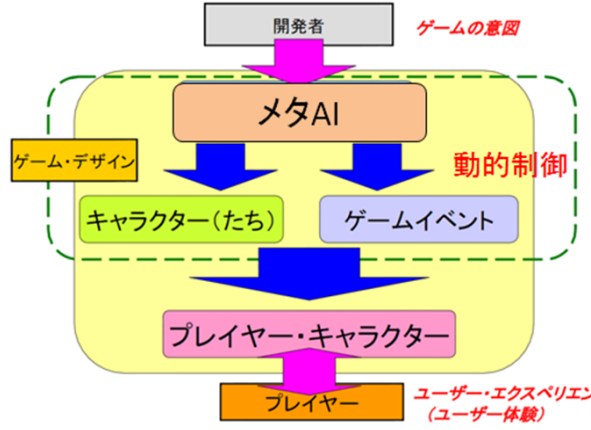
まとめ

デジタルゲームの簡易モデル



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

メタAIを含んだ ゲームの簡易モデル



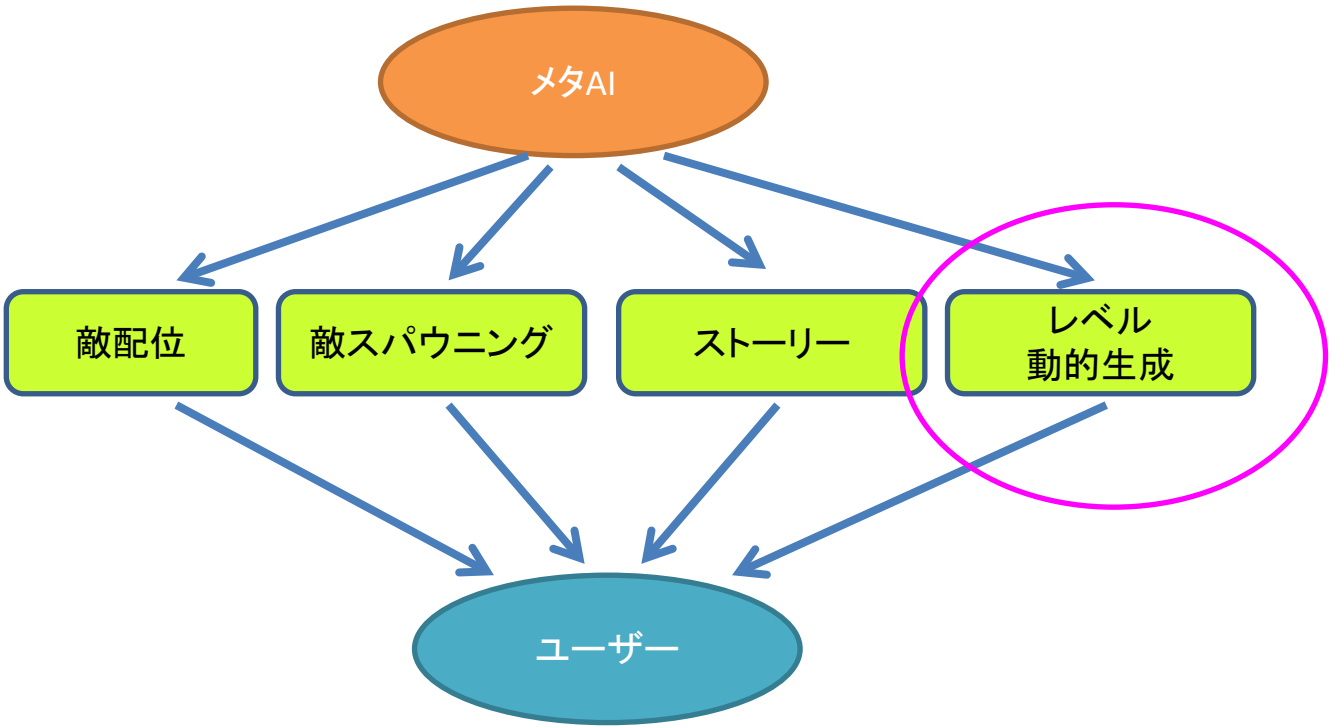
メタAIがゲームとプレイヤーの状況、性質を認識しながら、
動的にゲームを変化させる。

理想的にはプロシージャルに無限のコンテンツが生成される。

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

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

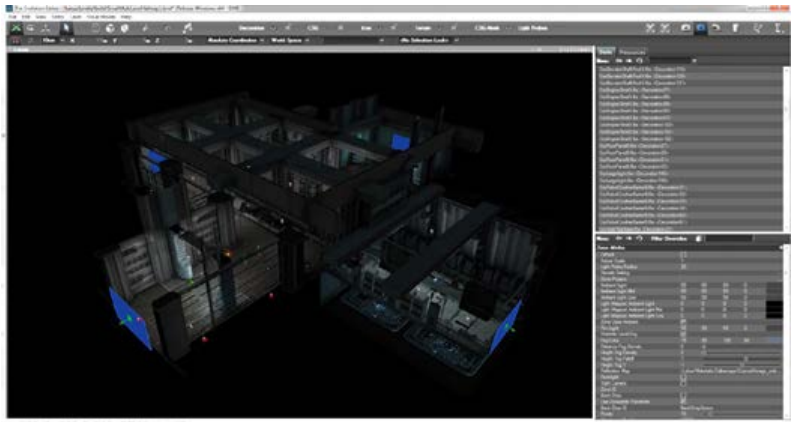
現代のメタAI



ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Procedural Generation in WarFrame

- Warframe ではダンジョンが自動生成される。



Warframe はディジタル　エクストリームズ　リミテッドの商標または登録商標です。

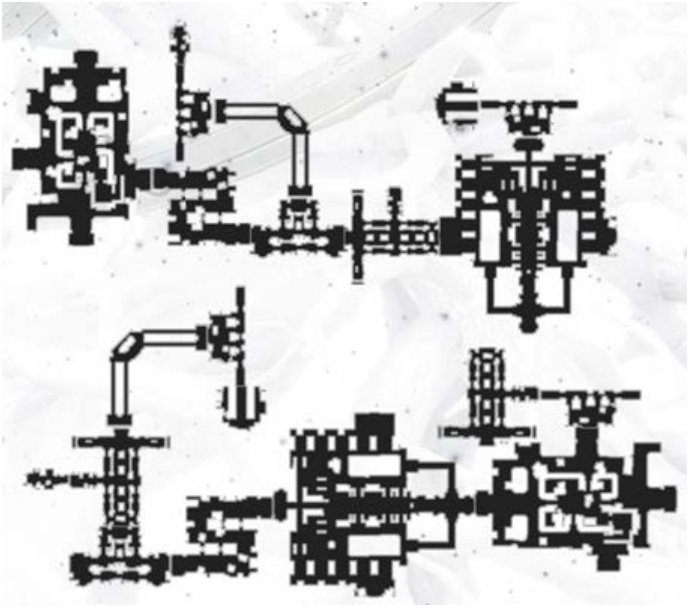
Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Black Combination in WarFrame

- ブロックを組み合わる
- 完全に零からの生成ではない。

このような生成のことを
Semi-procedural と言う。



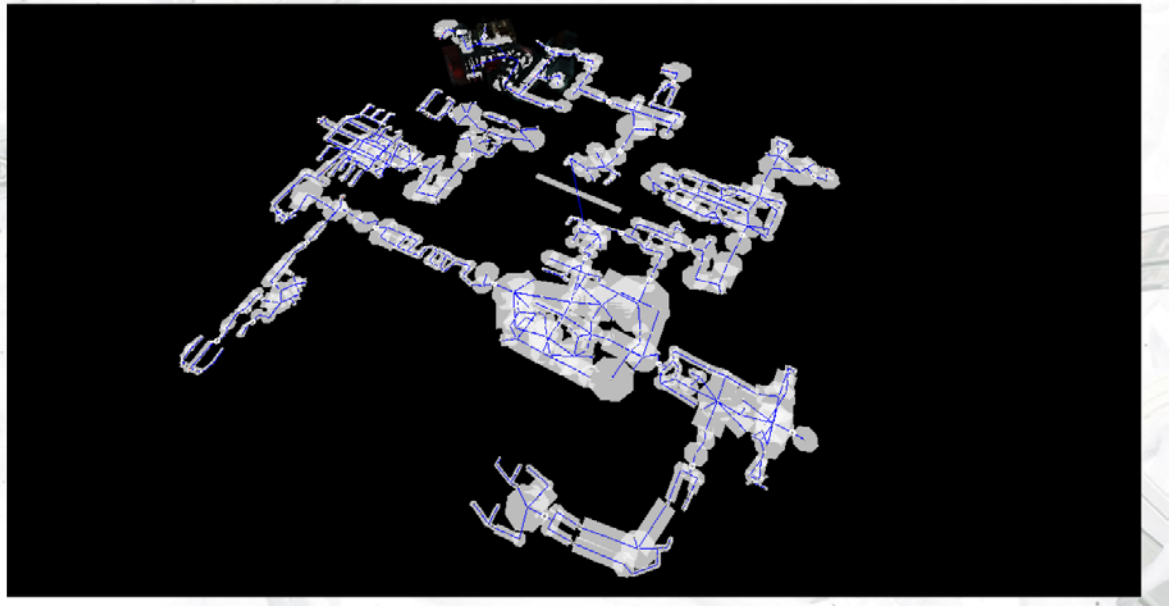
Warframe はディジタル　エクストリームズ　リミテッドの商標または登録商標です。

Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

自動生成マップの自動解析による自動骨格抽出

- 自動生成するだけでなく、自動生成したダンジョンを、自動解析します。ここでは、トポロジー（形状）検出を行います。

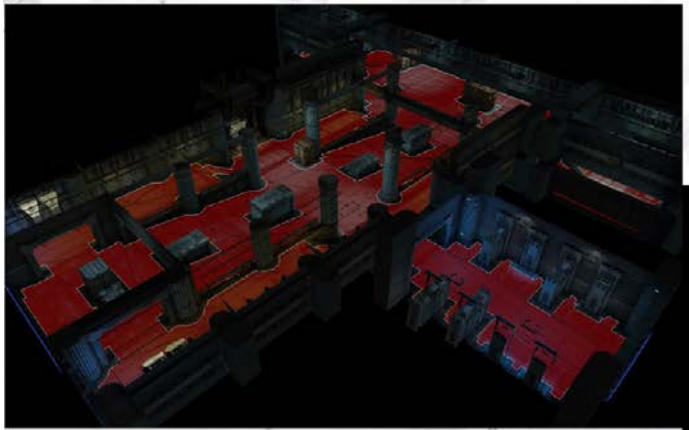


Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

© 2015 Square Enix Co., Ltd. All Rights Reserved.

自動生成マップの自動解析による ナビゲーションデータ作成

Tac Area Map Creation



Distance From Nav Edges

Find Ridges

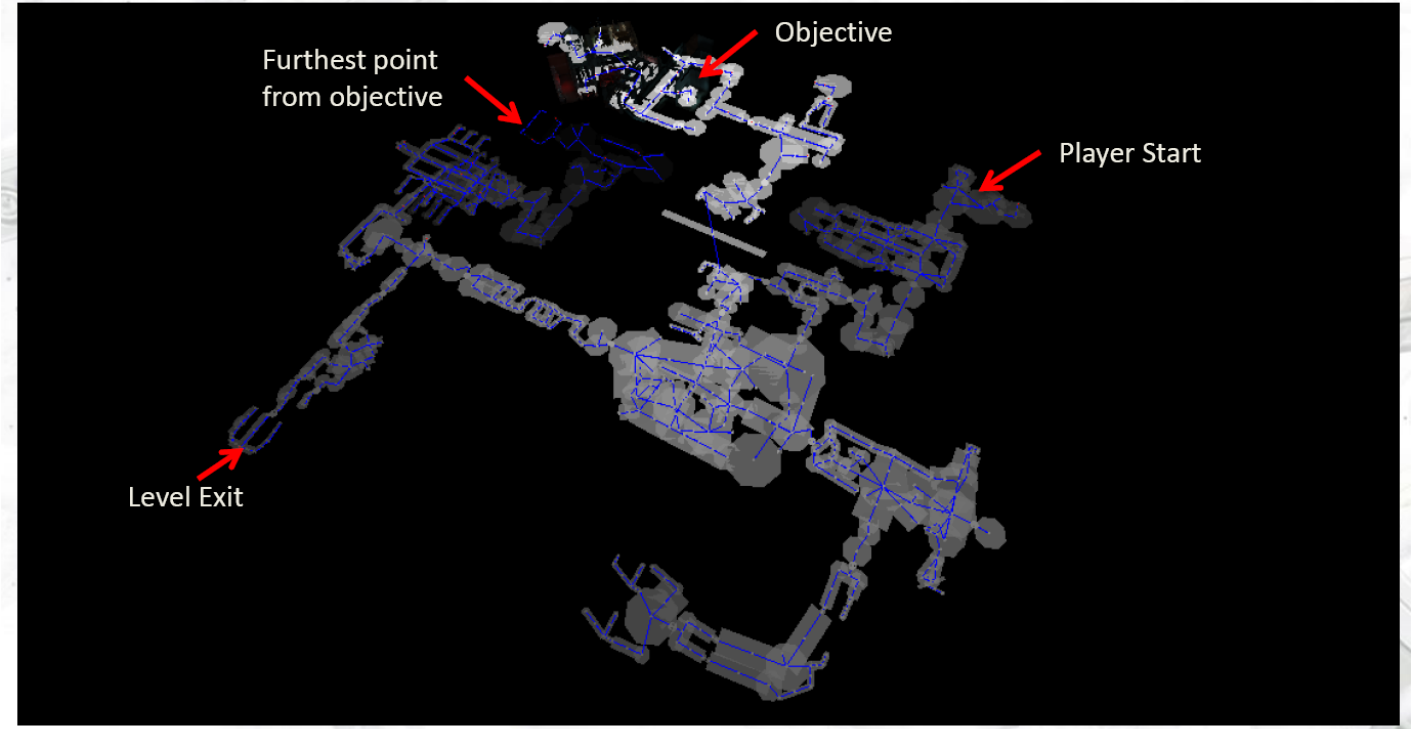
Consolidate Areas and Corridors

抽出した骨格に沿って
自動的にナビゲーション･データを作成します。

Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

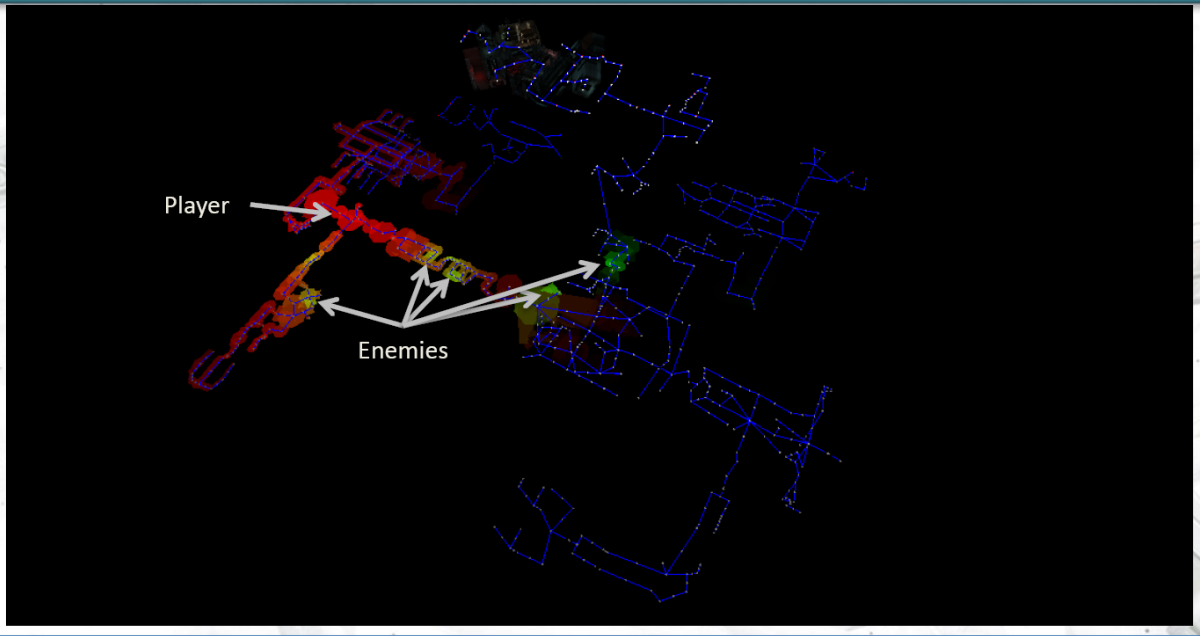
スタートポイント、出口、目的地の自動生成



Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

©2015 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

ヒートマップ（影響マップ）を用いて ゲーム中にプレイヤーの周囲を自動解析



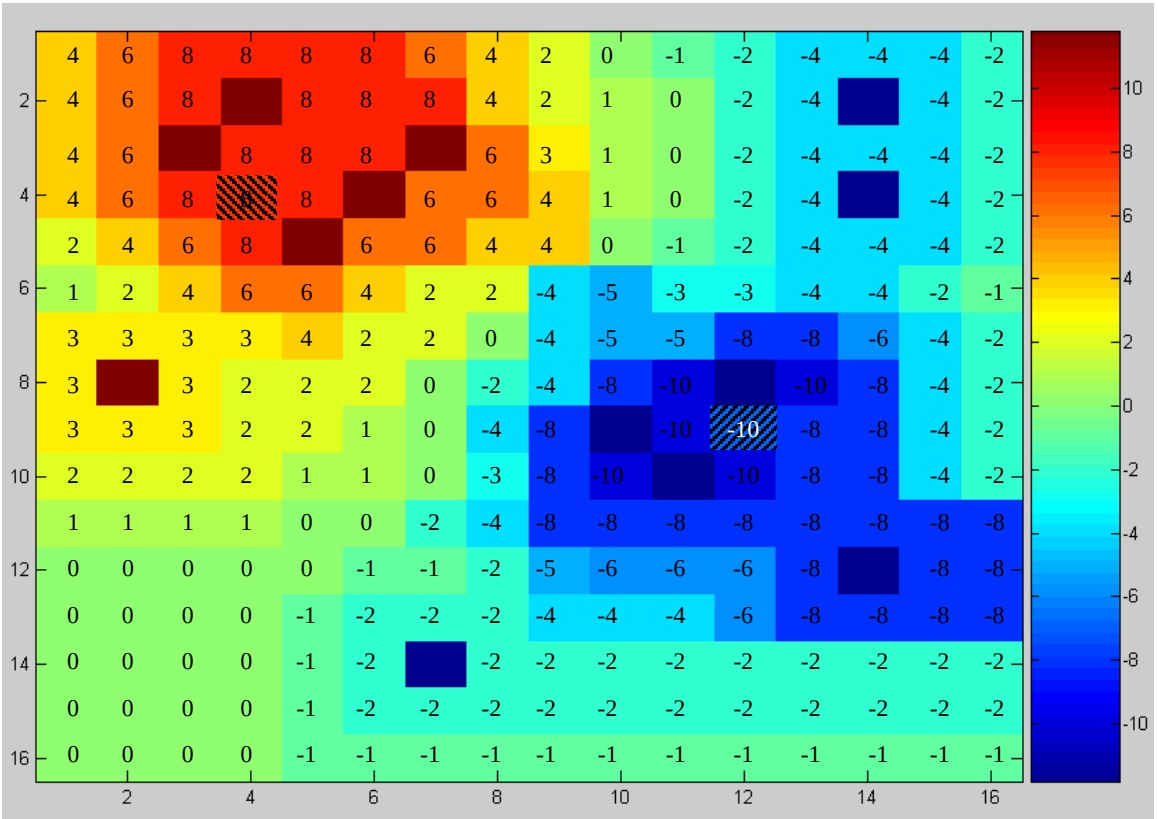
ヒートマップ（影響マップ）とは、対象（ここではプレイヤー）を中心に、位置に温度（影響度）を
与える方法です。距離に応じて減衰します。また時間が経つと、周囲に熱が拡散します。

Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

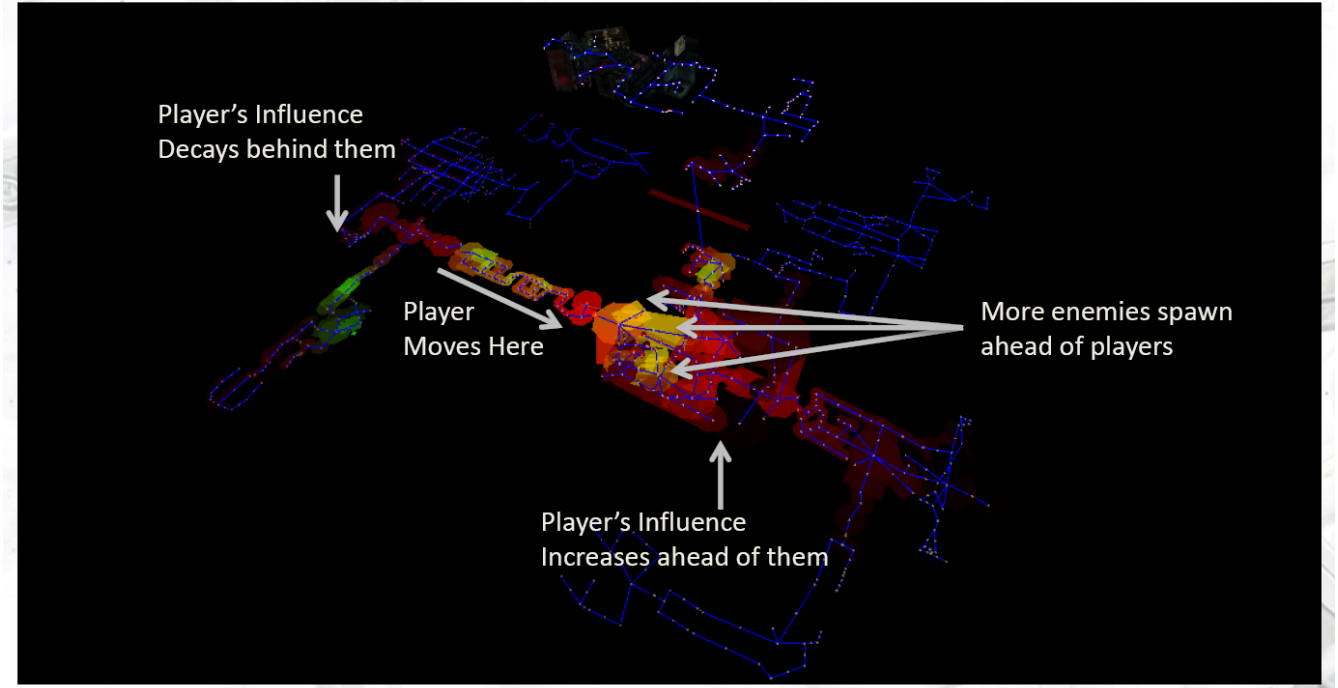
Tactical Map の例 (影響マップ)

（例）敵と自分の勢力をリアルタイムに計算する。



ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

ヒートマップ（影響マップ）を用いて ゲーム中にプレイヤーの周囲を自動解析



「ヒートが増加する＝プレイヤーが近づく点」
「ヒートが減少する＝プレイヤーが遠ざかる点」

Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

(c)2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

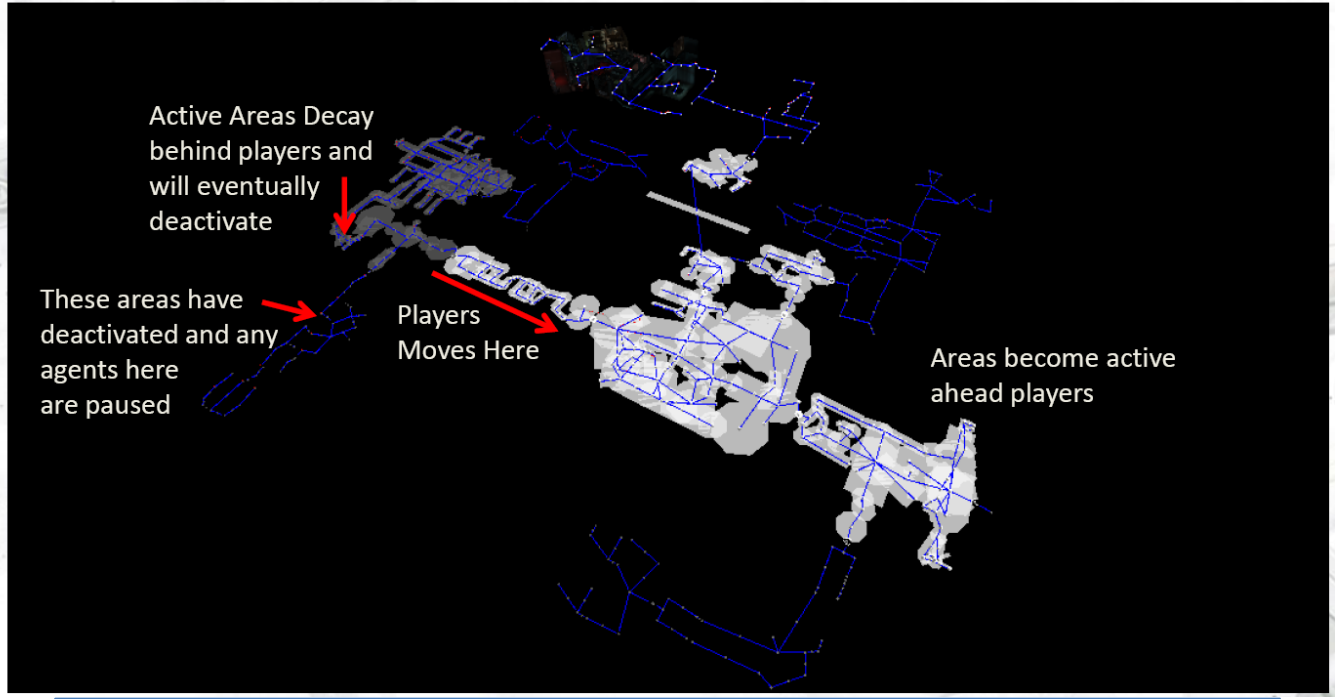
アクティブ・エリアセット（Active Are Set）

アクティブ・エリアセットは、プレイヤーの周囲の領域で、
リアルタイムにメタAIがゲームを調整する領域

Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIがアクティブ・エリアセット内でゲームを調整する

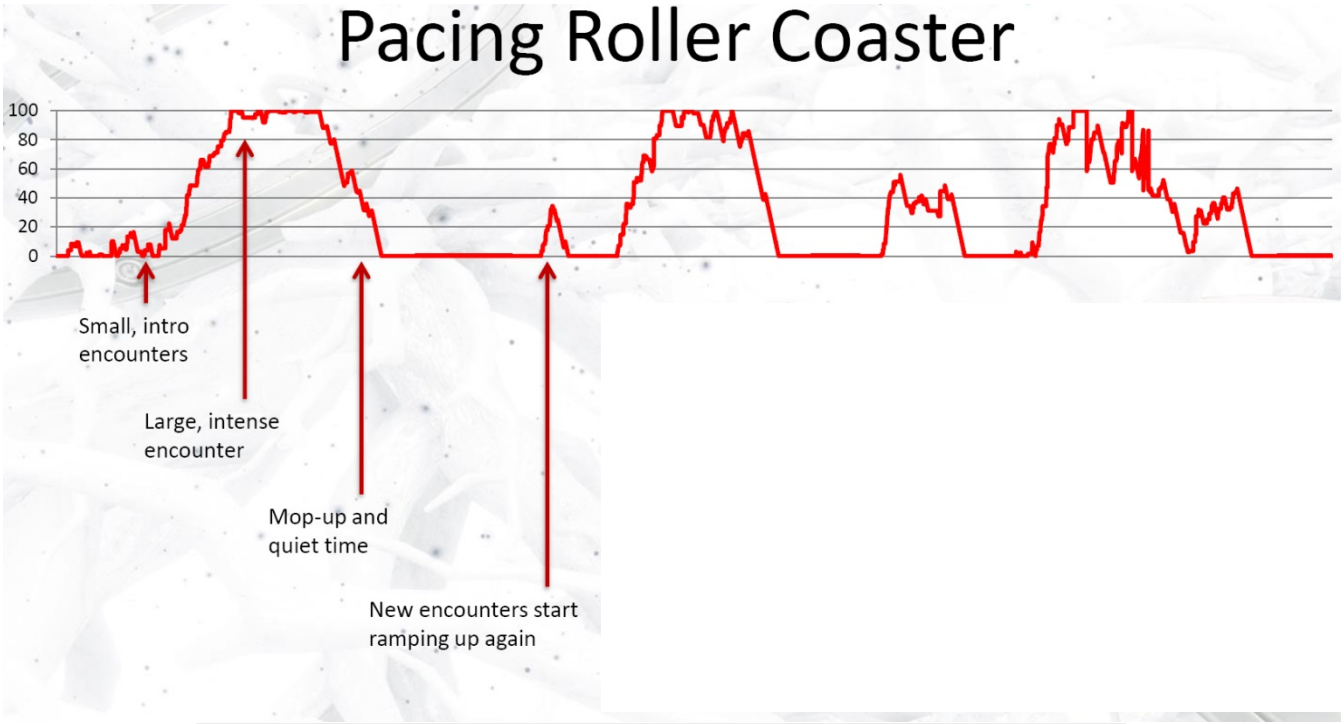


「ヒートが増加する＝プレイヤーが近づく点」なので、モンスターを生成する。
「ヒートが減少する＝プレイヤーが遠ざかる点」なので、モンスターを停止する。

Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

(c)2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

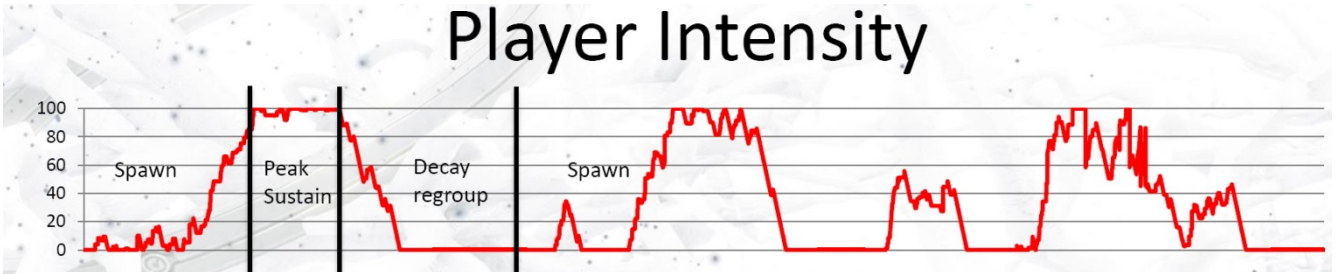
メタAI（AI Director,）による動的ペース調整



Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

(C)2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

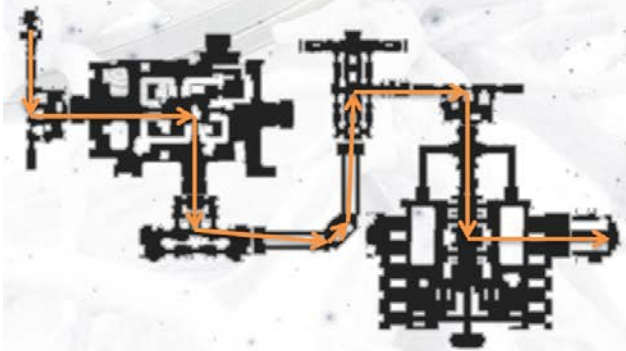
メタAI（AI Director,）による動的ペース調整



Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIによる出会うモンスターの数の大域調整

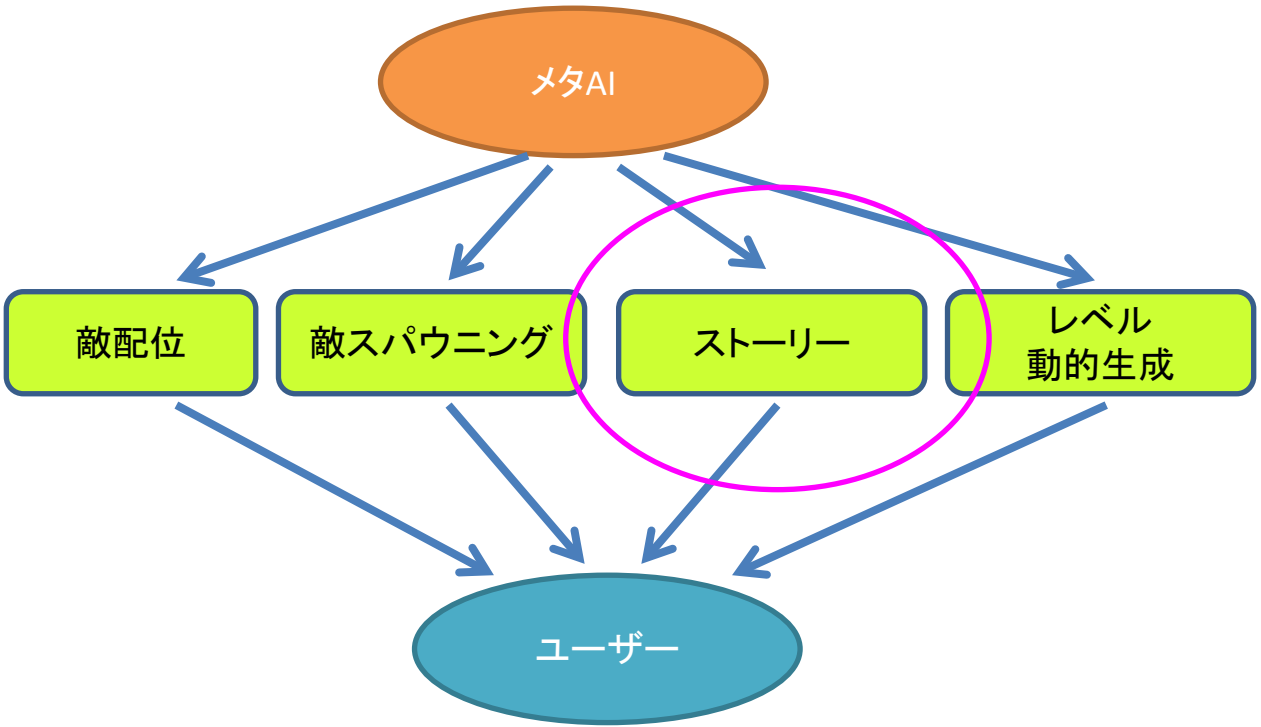


プレイヤーのスタート地点から出口までの道のりで、
コンスタントにモンスターと出会うようにする。

Daniel Brewer, AI Postmortems: Assassin's Creed III, XCOM: Enemy Unknown, and Warframe (GDC2015)
http://www.gdcvault.com/play/1018223/AI-Postmortems-Assassin-s-Creed

(C)2015 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

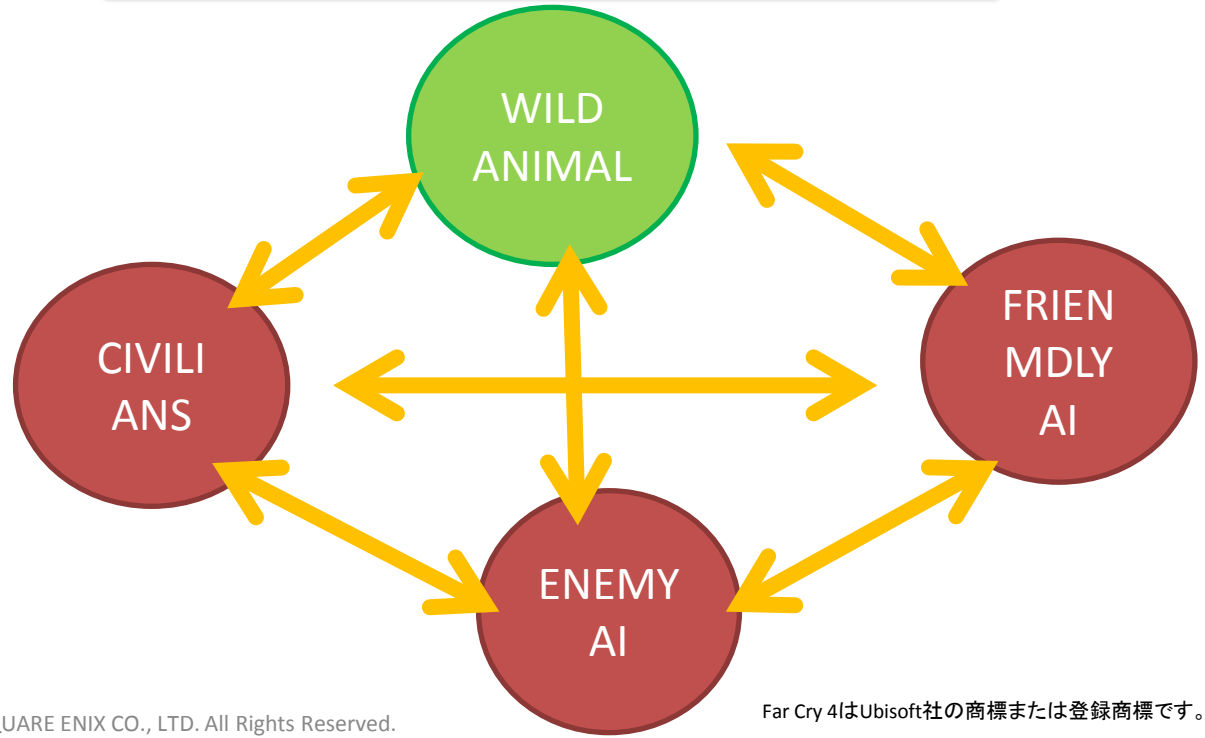
現代のメタAI



ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Far Cry 4 の事例

メタAIがキャラクターを用いてイベントを生成する

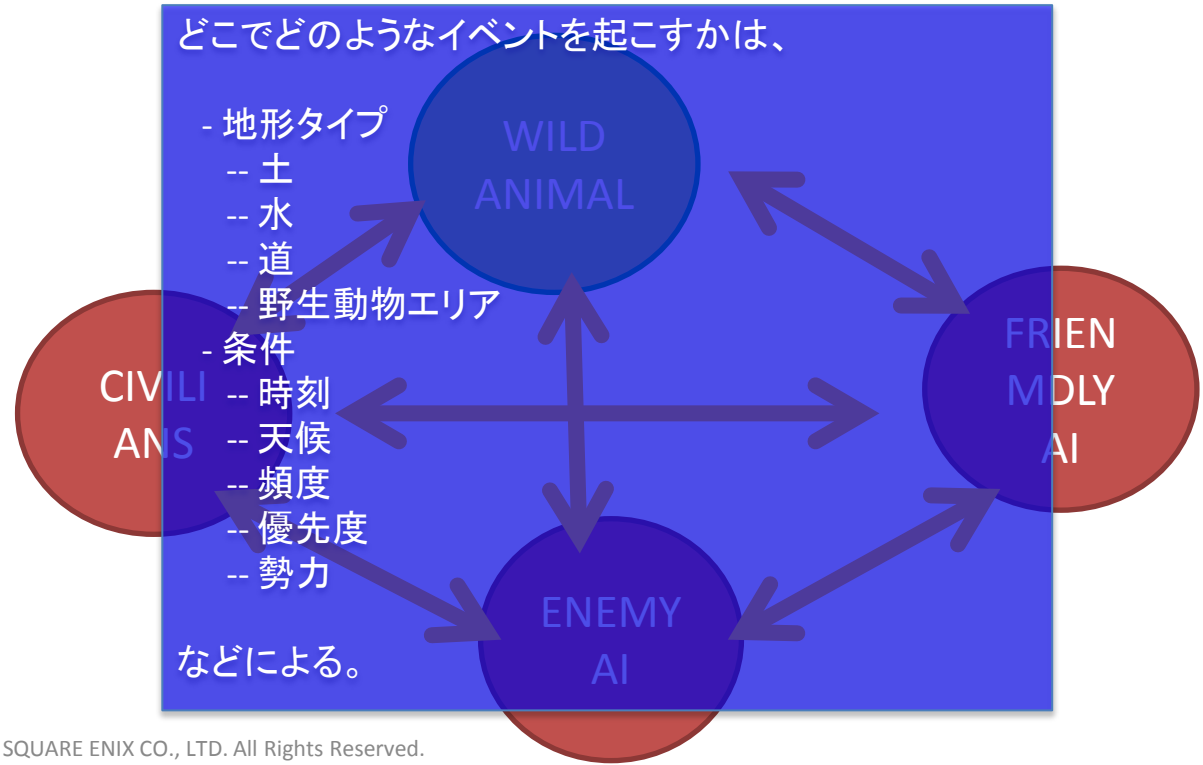


ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Far Cry 4はUbisoft社の商標または登録商標です。

Julien Varnier, Far Cry's AI: A Manifesto for Systemic Gameplay
http://archives.nucl.ai/recording/far-crys-ai-a-manifesto-for-systemic-gameplay/

FarCry 4 の事例



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Julien Varnier, Far Cry's AI: A Manifesto for Systemic Gameplay
http://archives.nucl.ai/recording/far-crys-ai-a-manifesto-for-systemic-gameplay/

これからのゲームの作り方

オープンワールド

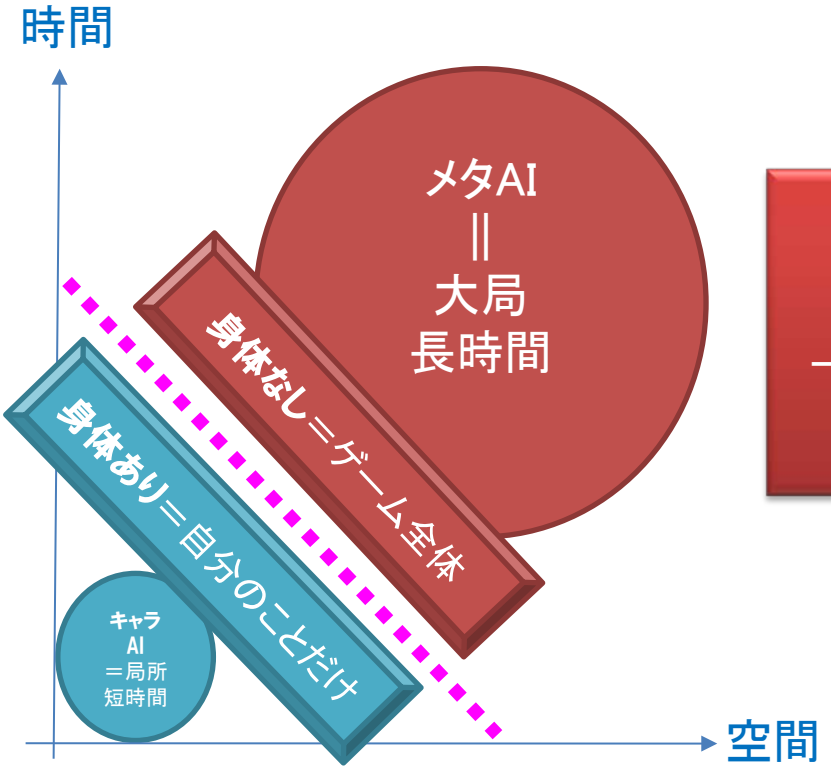
プロシージャル（自動生成）

メタAI
（自動AI配置、自動ミッション生成）

ⓒ2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIとキャラAIの違い

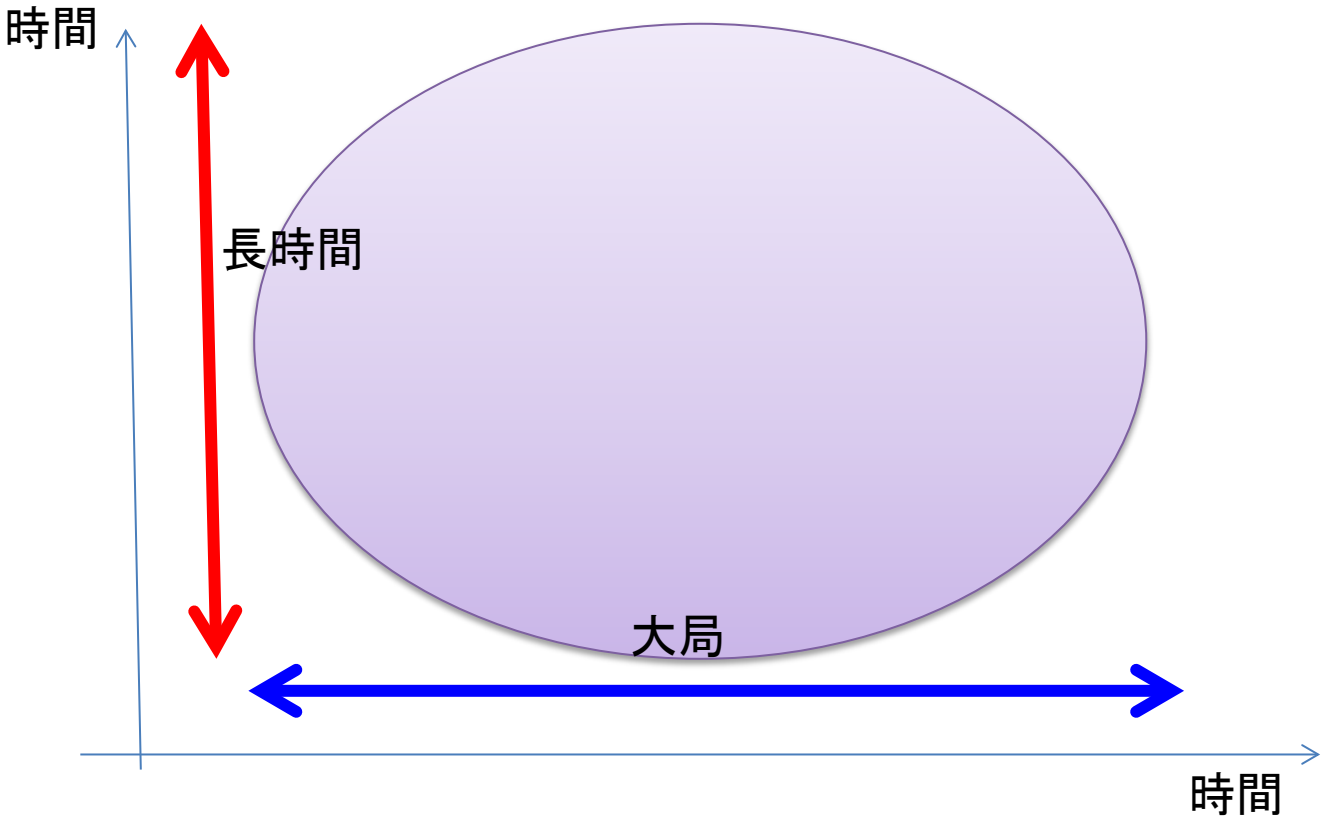
扱う空間と時間の違い

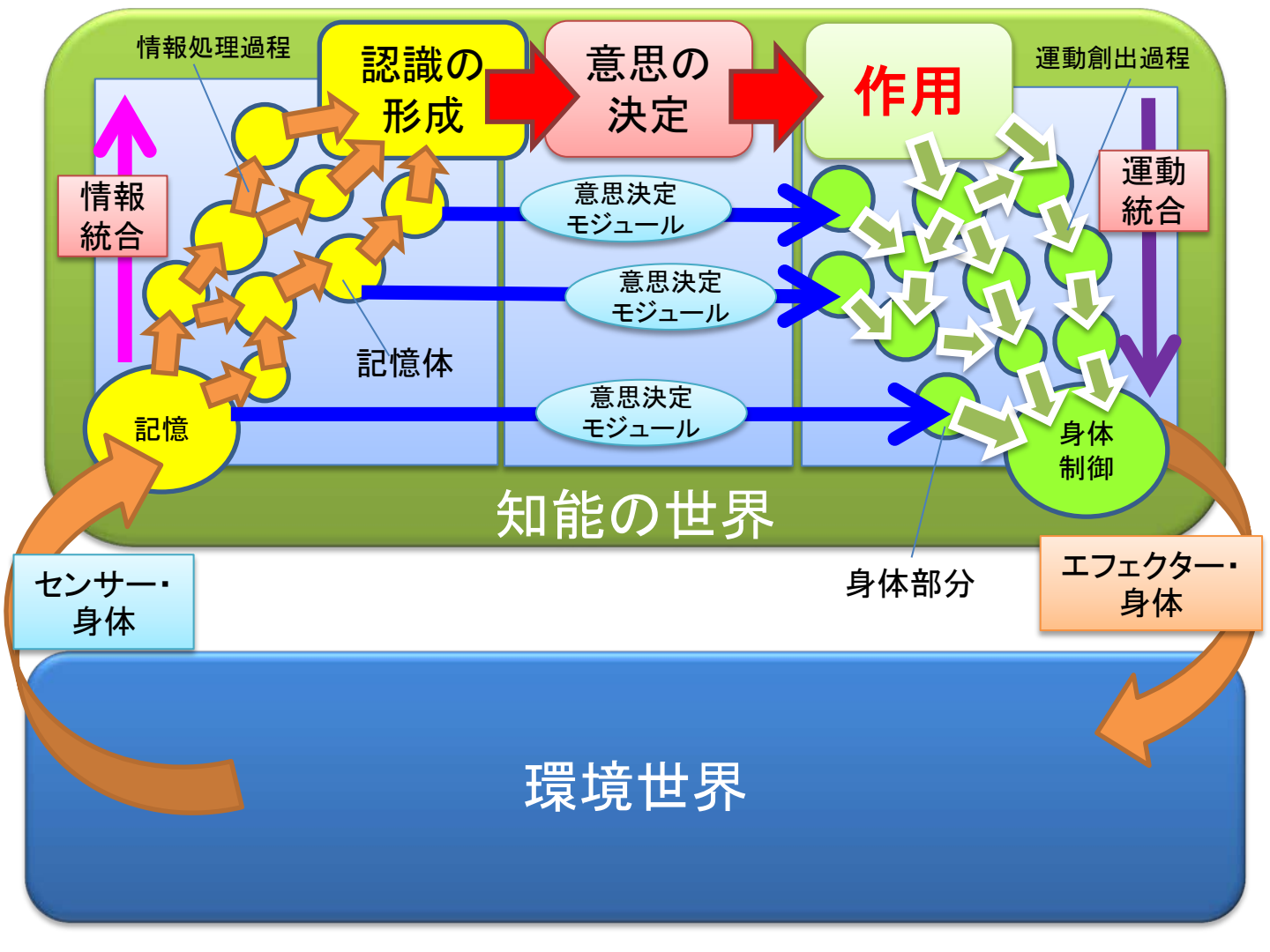


メタAI

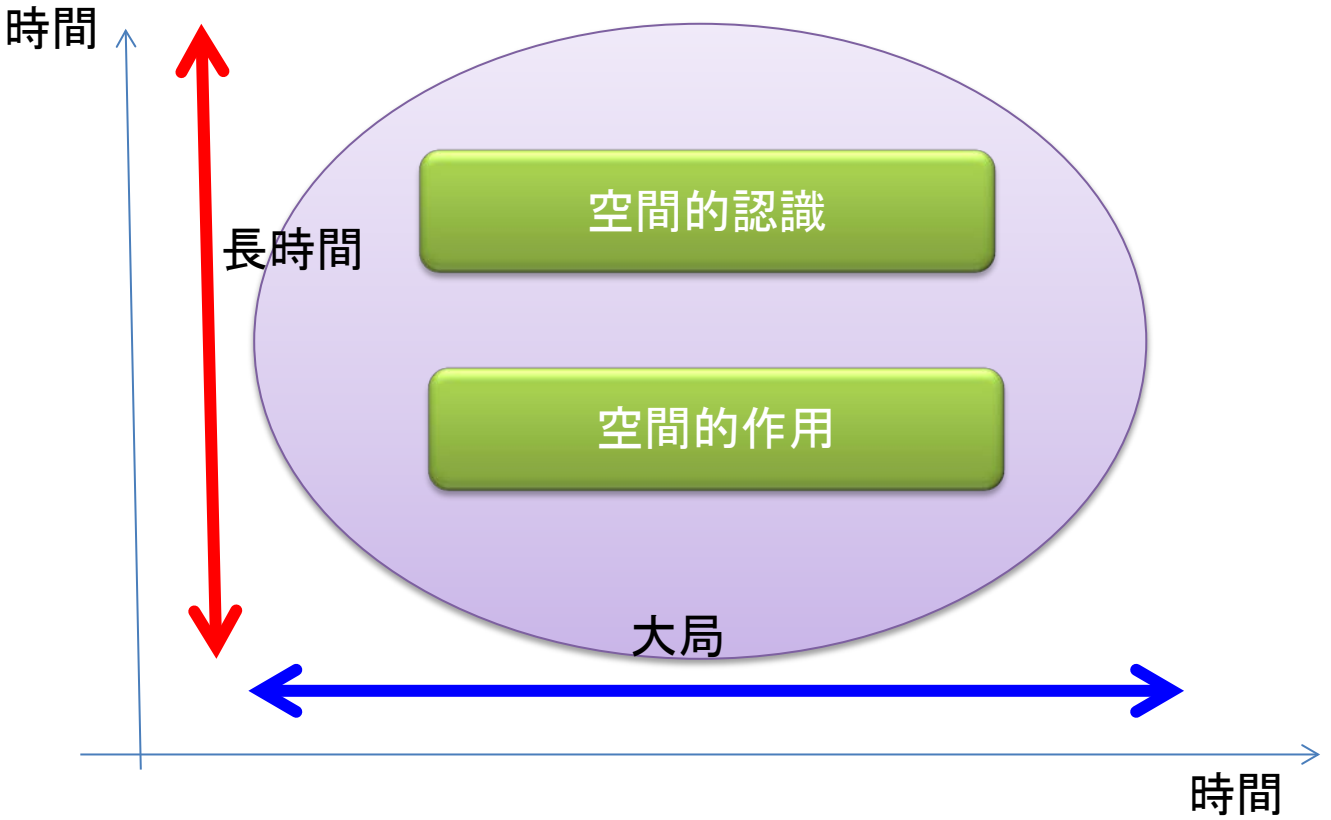
広い時間と空間を考える
→　ユーザー体験を考える

メタAIの認識＝大局空間的･長時間的

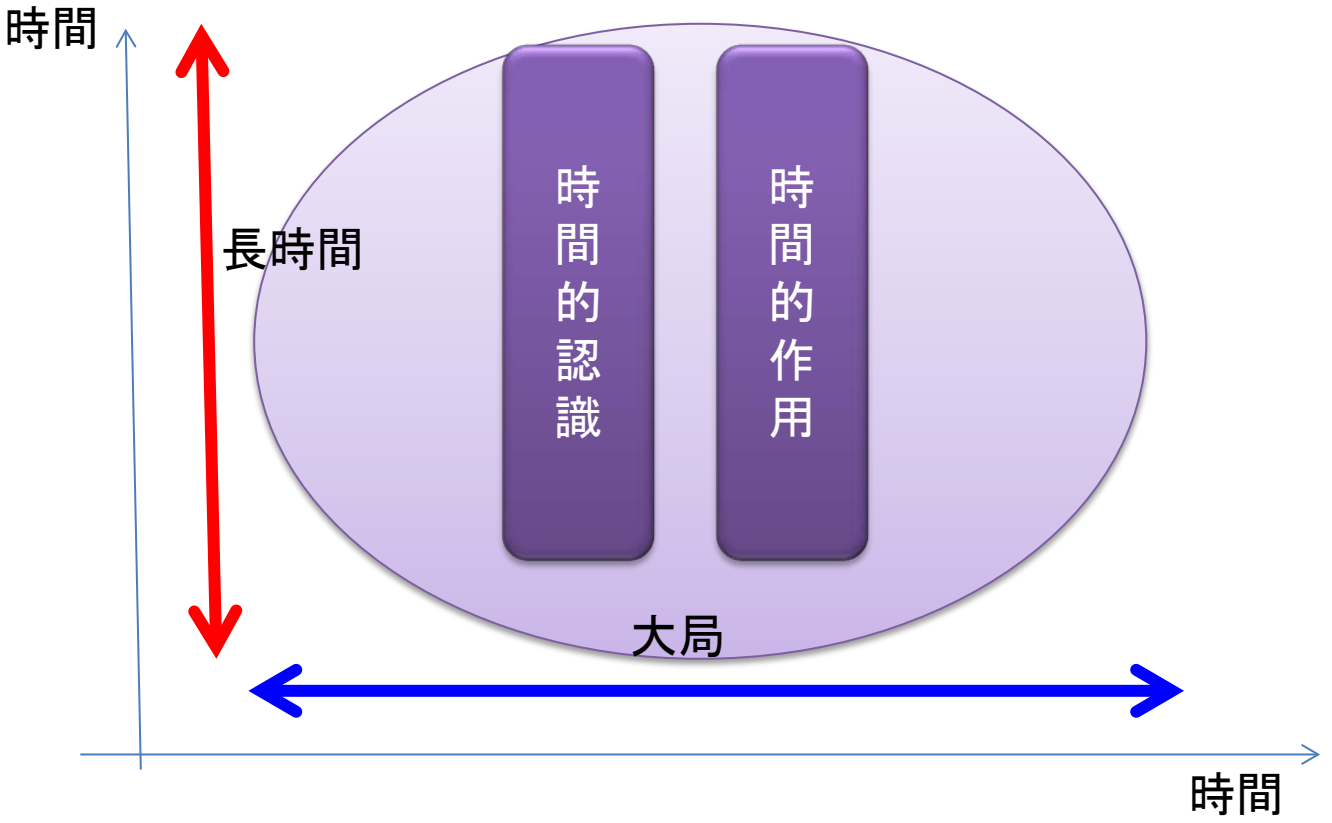



情報処理過程
認識の形成
意思の決定
作用
運動創出過程
情報統合
運動統合
意思決定モジュール
意思決定モジュール
意思決定モジュール
記憶体
記憶
身体制御
知能の世界
センサー・身体
身体部分
エフェクター・身体
環境世界

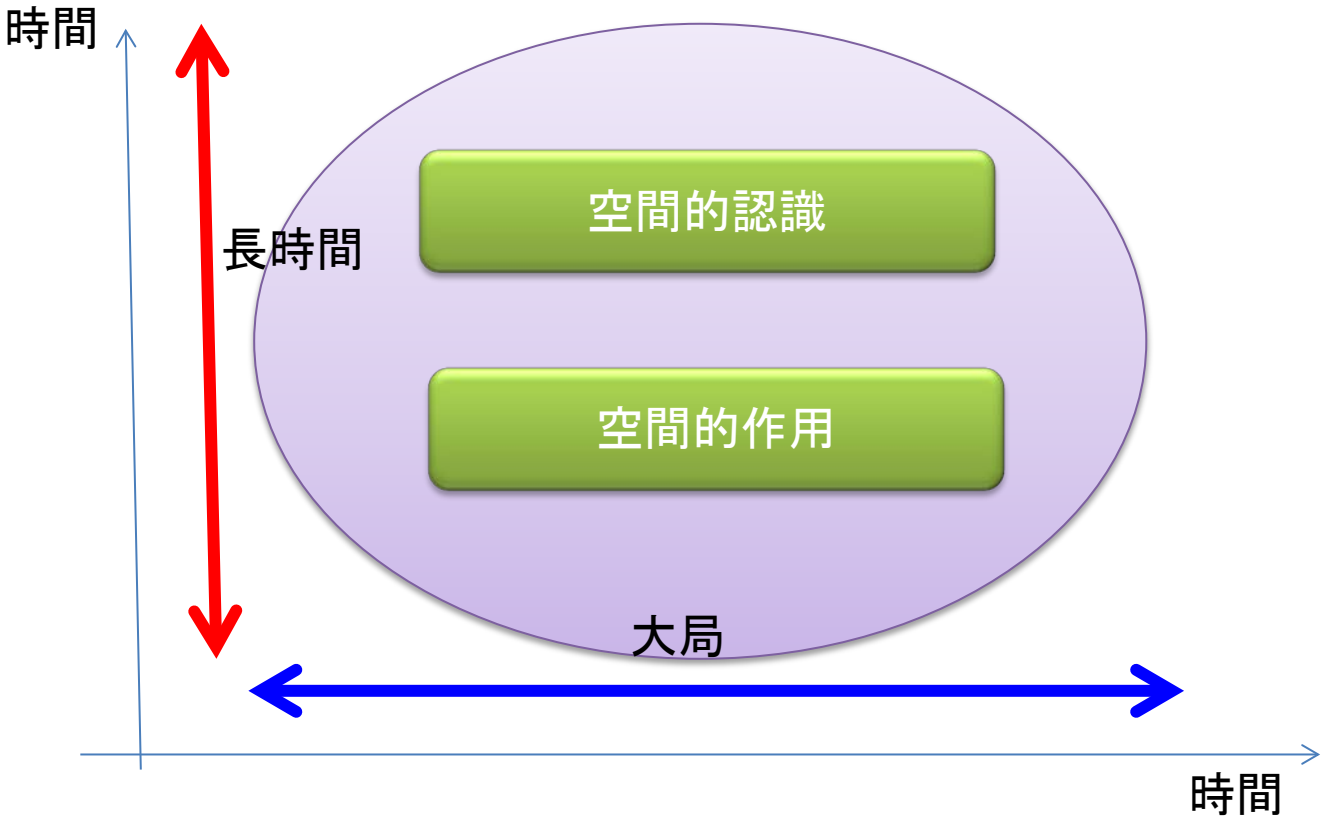
メタAIの認識＝大局空間的･長時間的



メタAIの認識＝大局空間的･長時間的

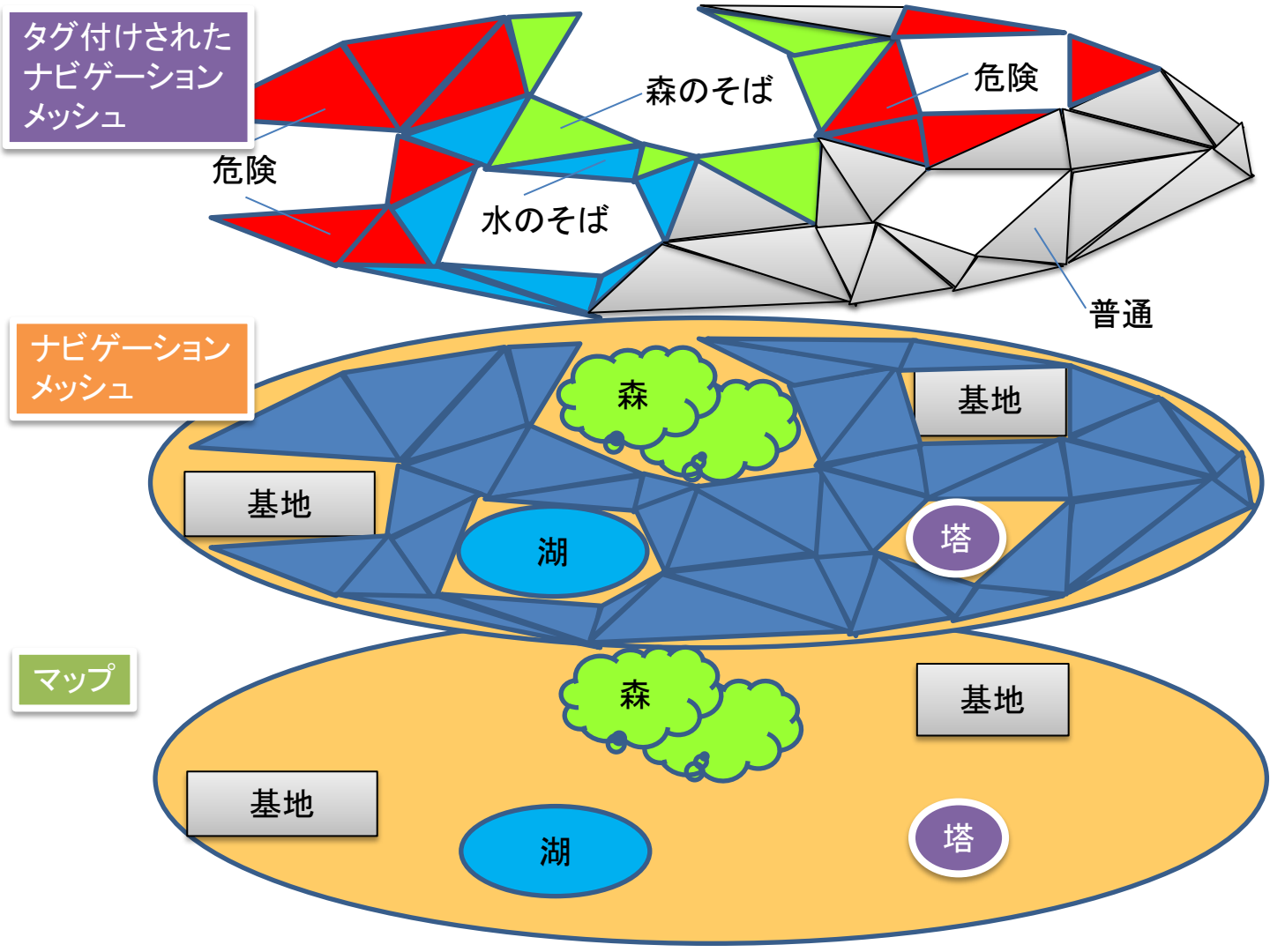


メタAIの認識＝大局空間的･長時間的



空間的認識

- ヒートマップ
- 戦術位置解析
- ウェイポイント
- ナビメッシュ
- 世界表現


タグ付けされた
ナビゲーション
メッシュ
危険
森のそば
危険
水のそば
普通
ナビゲーション
メッシュ
森
基地
基地
湖
塔
マップ
森
基地
基地
湖
塔

戦術位置解析

ゲーム中（ランタイム）にグリッドか円形にポイントを生成

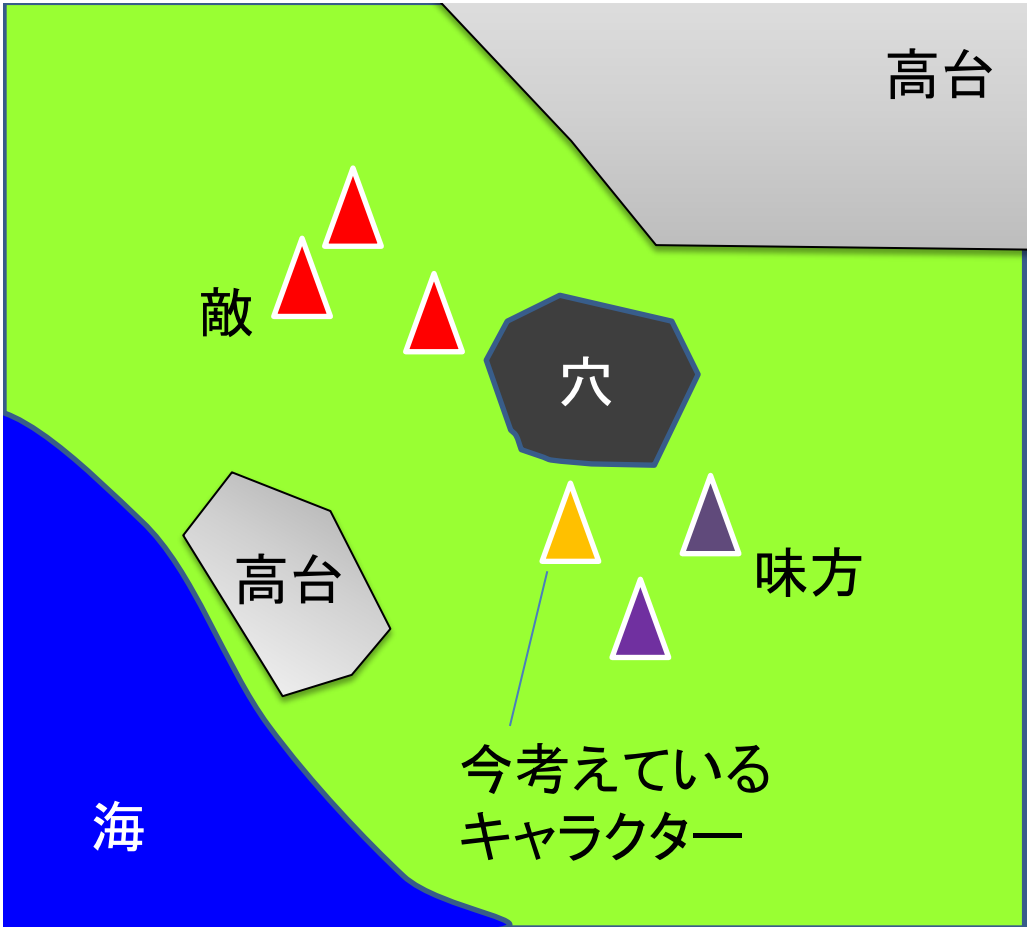
条件を設定して要らないポイントをふるい落とす

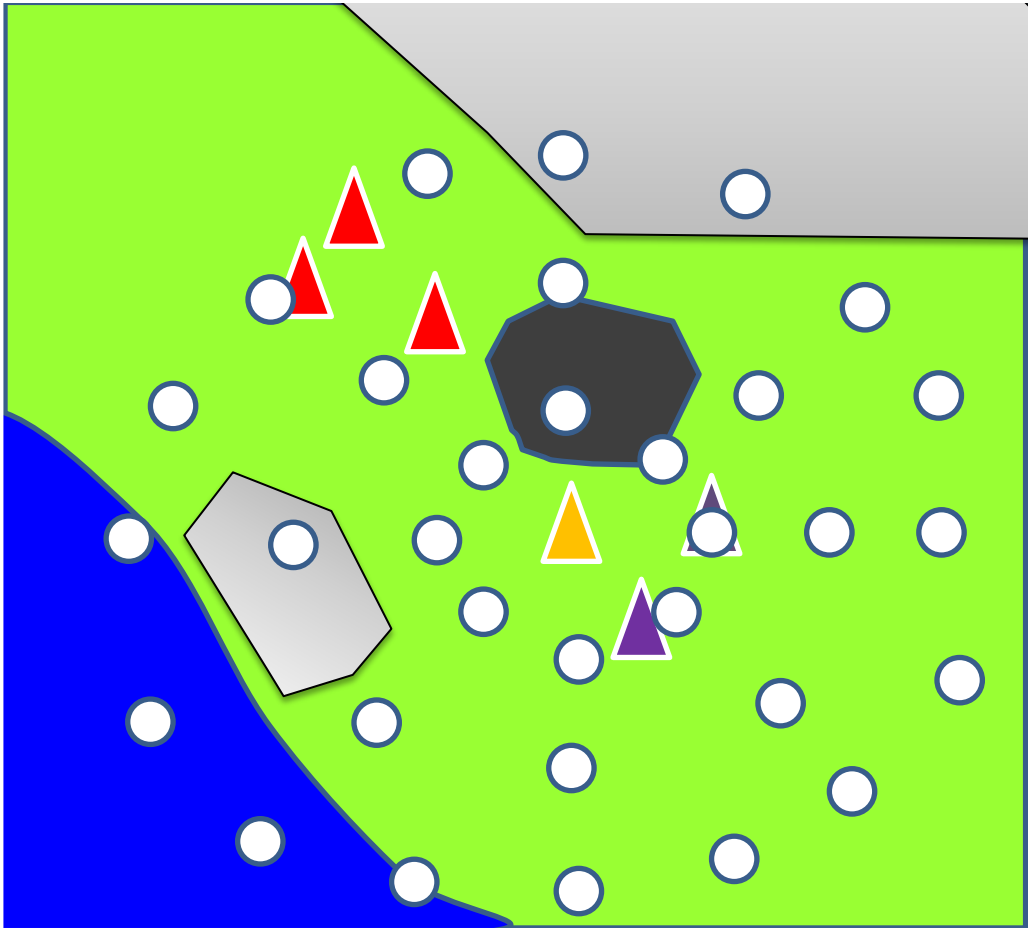
条件を設定して要らないポイントをふるい落とす

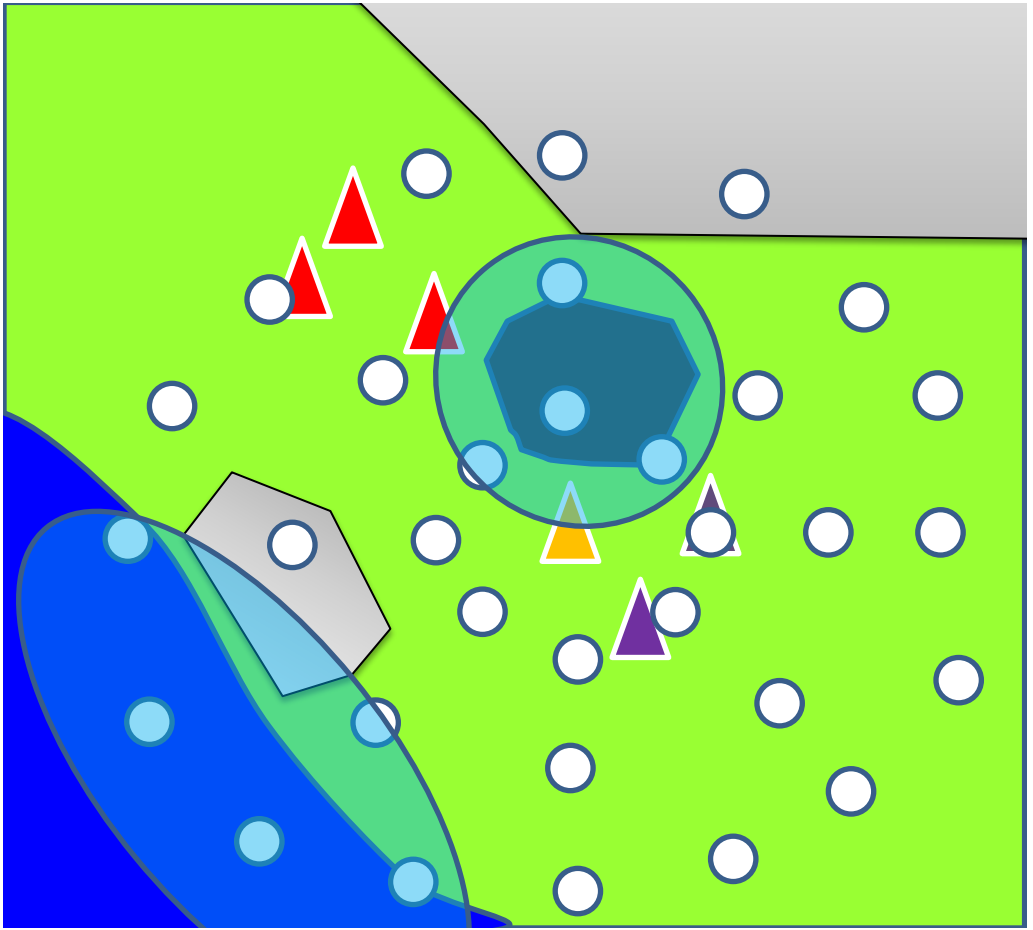
残ったポイントを評価する

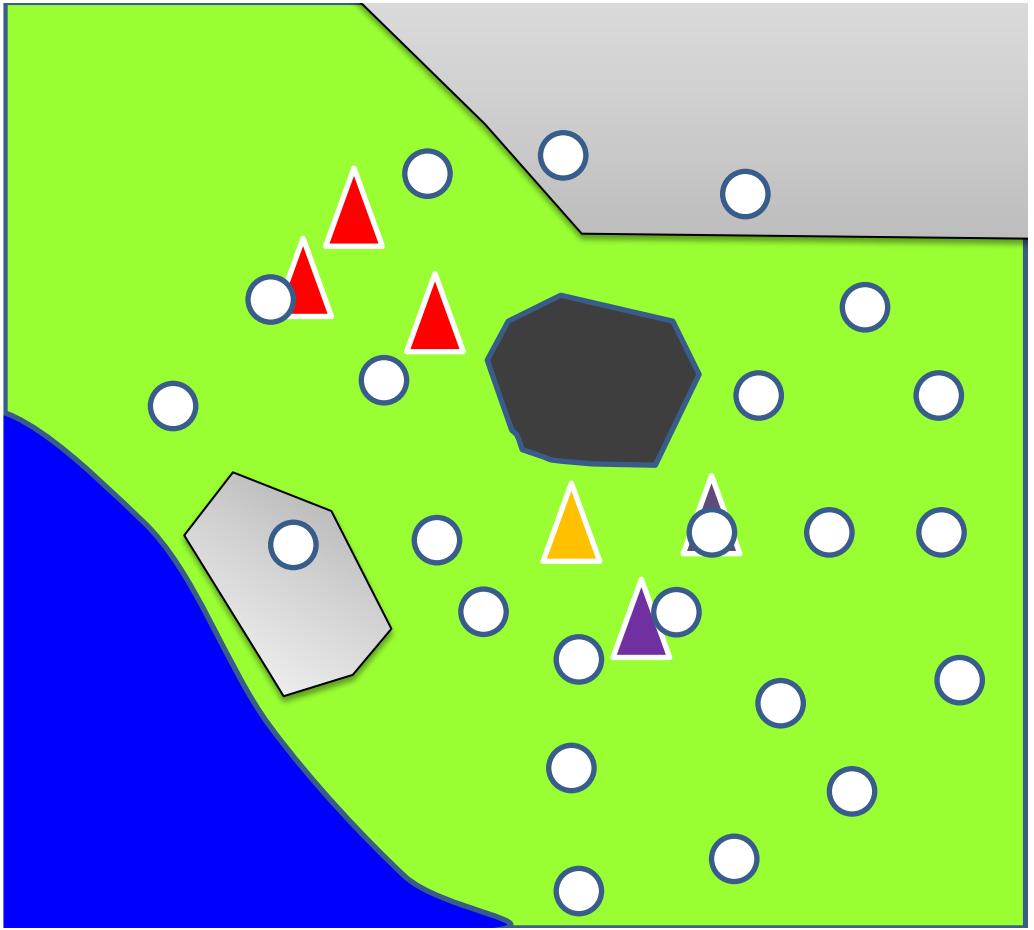
一点だけが残る

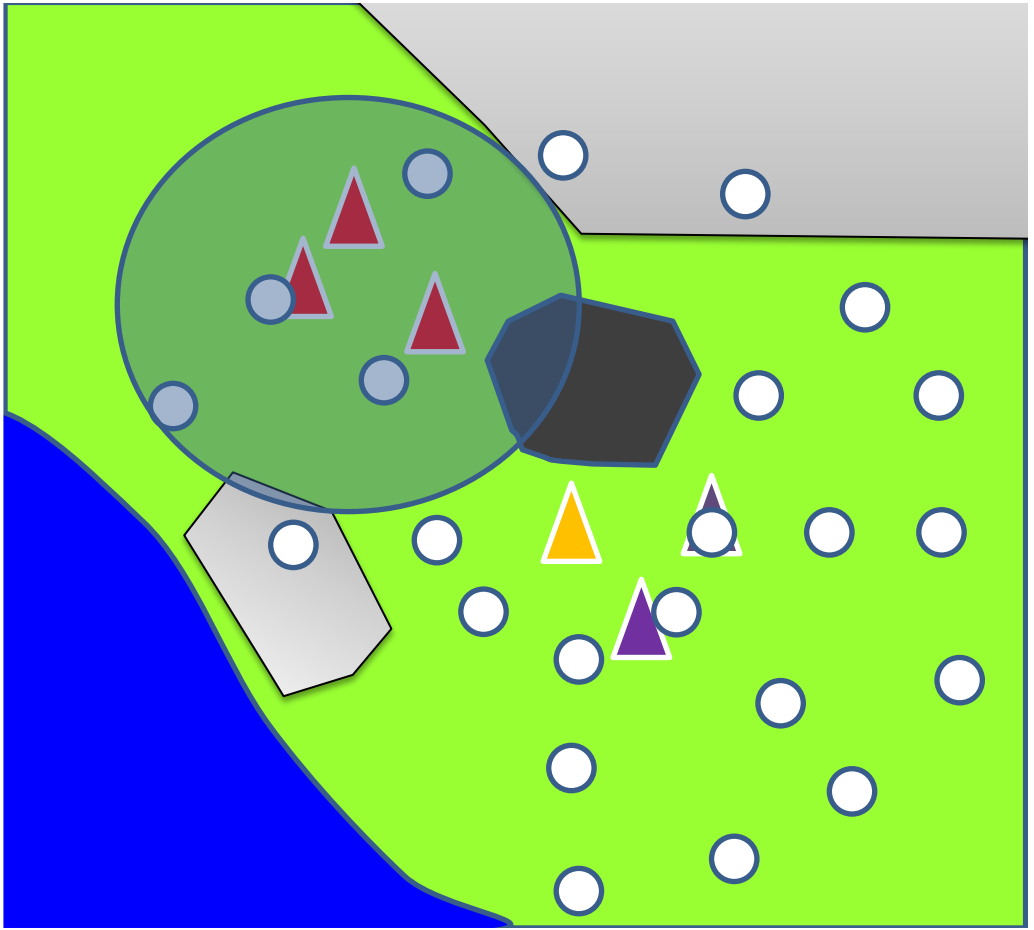
©2016 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

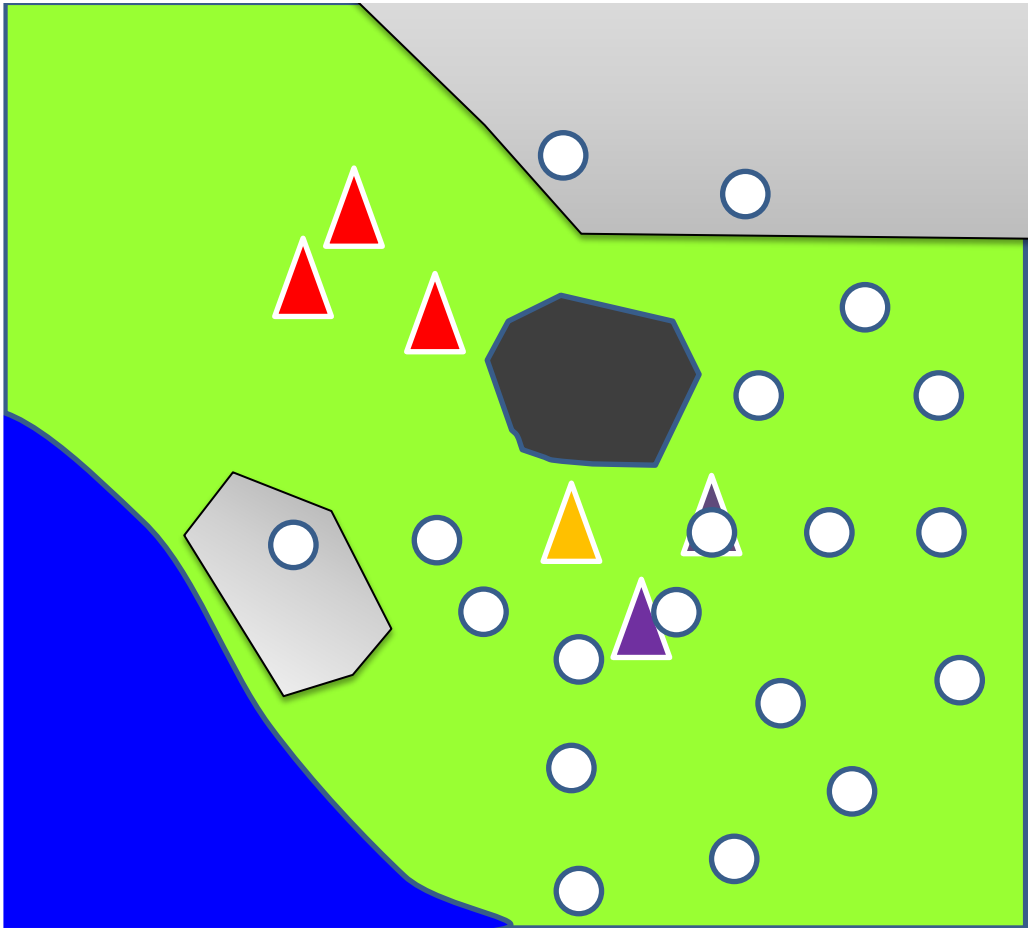

高台
敵
穴
高台
味方
今考えている
キャラクター
海

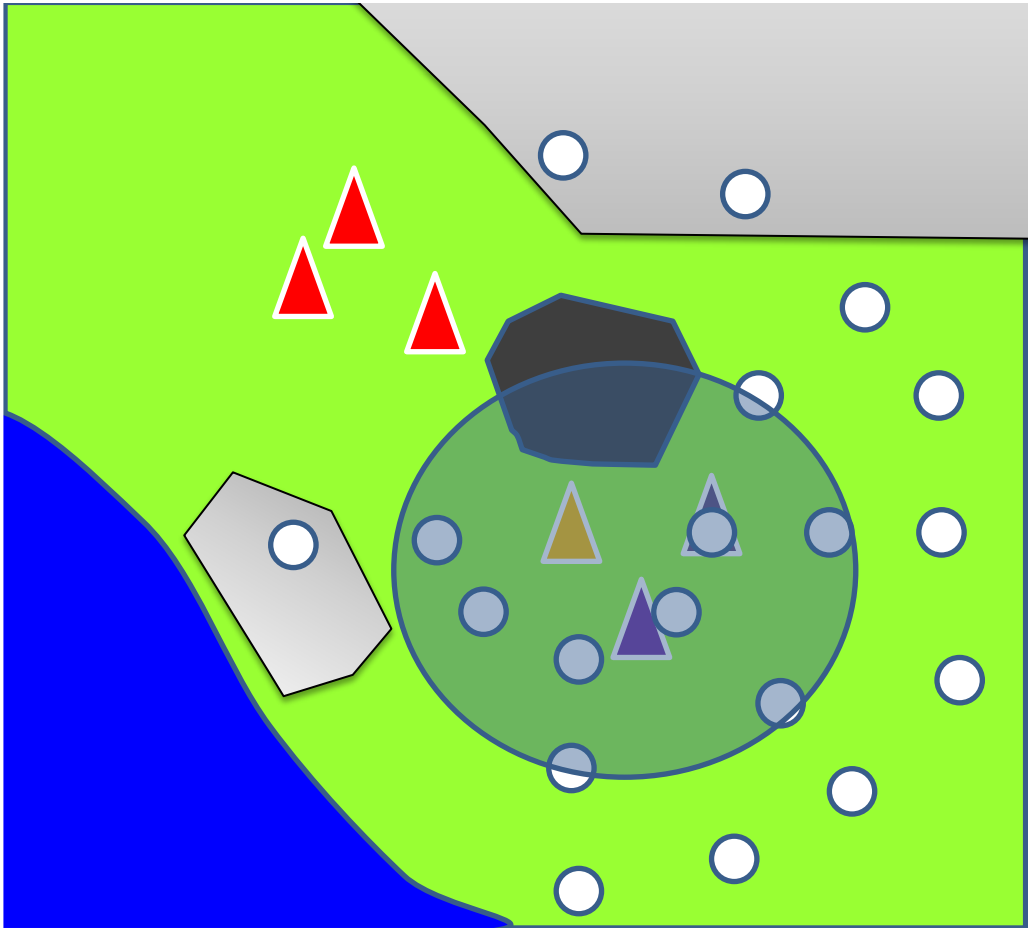


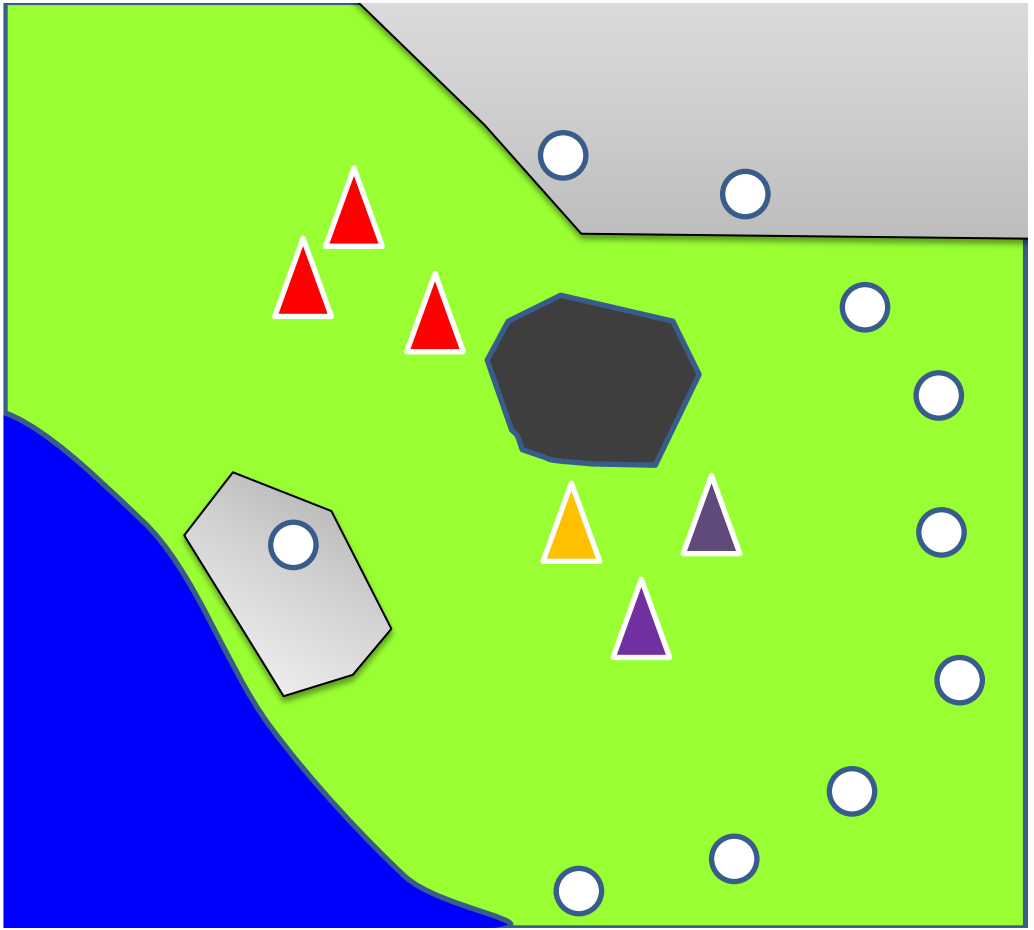


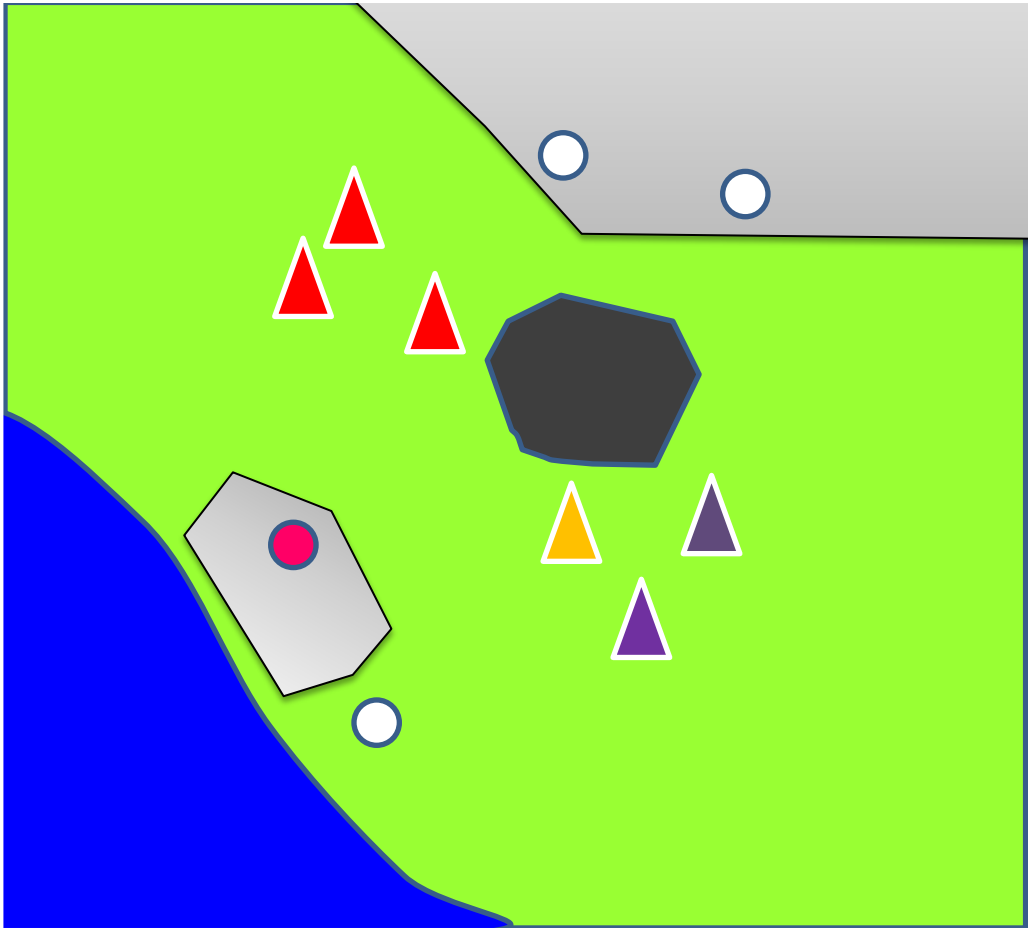




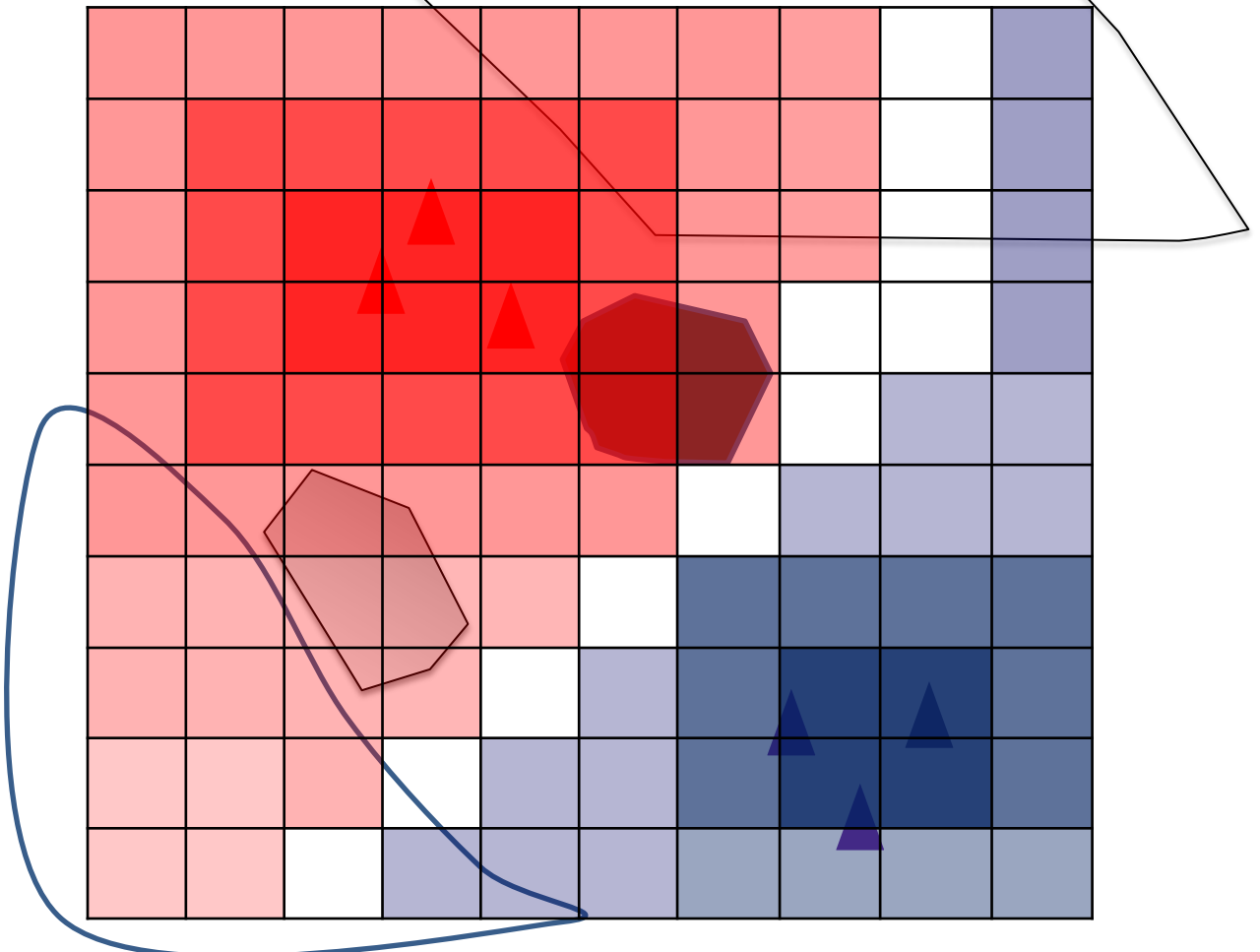




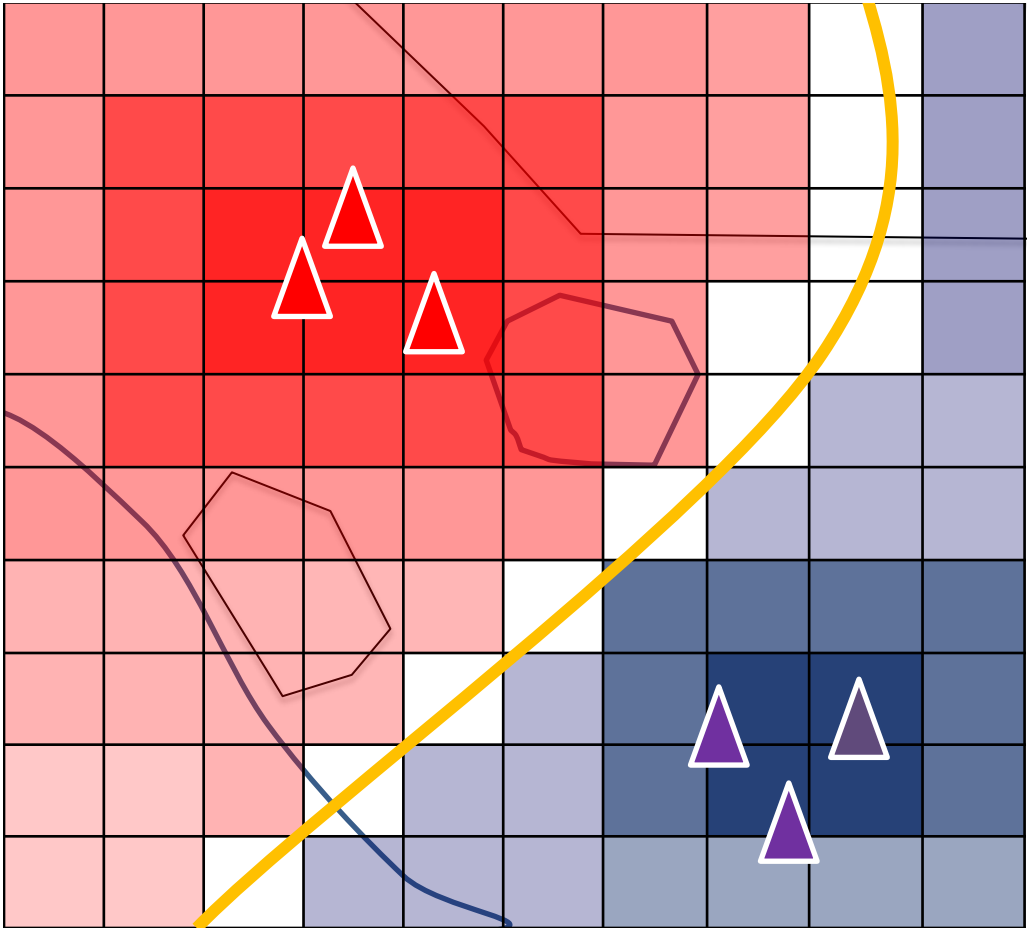




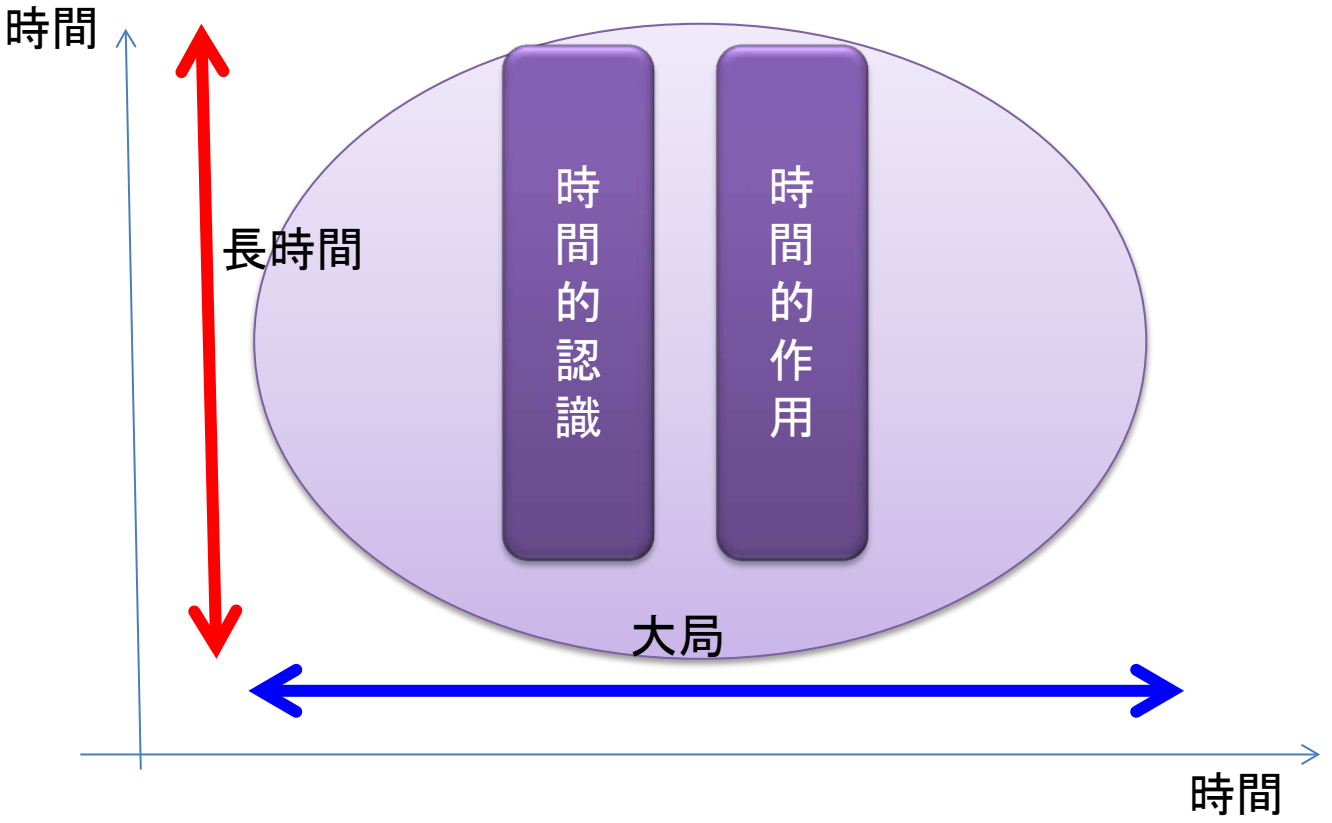
ヒートマップ



ヒートマップ

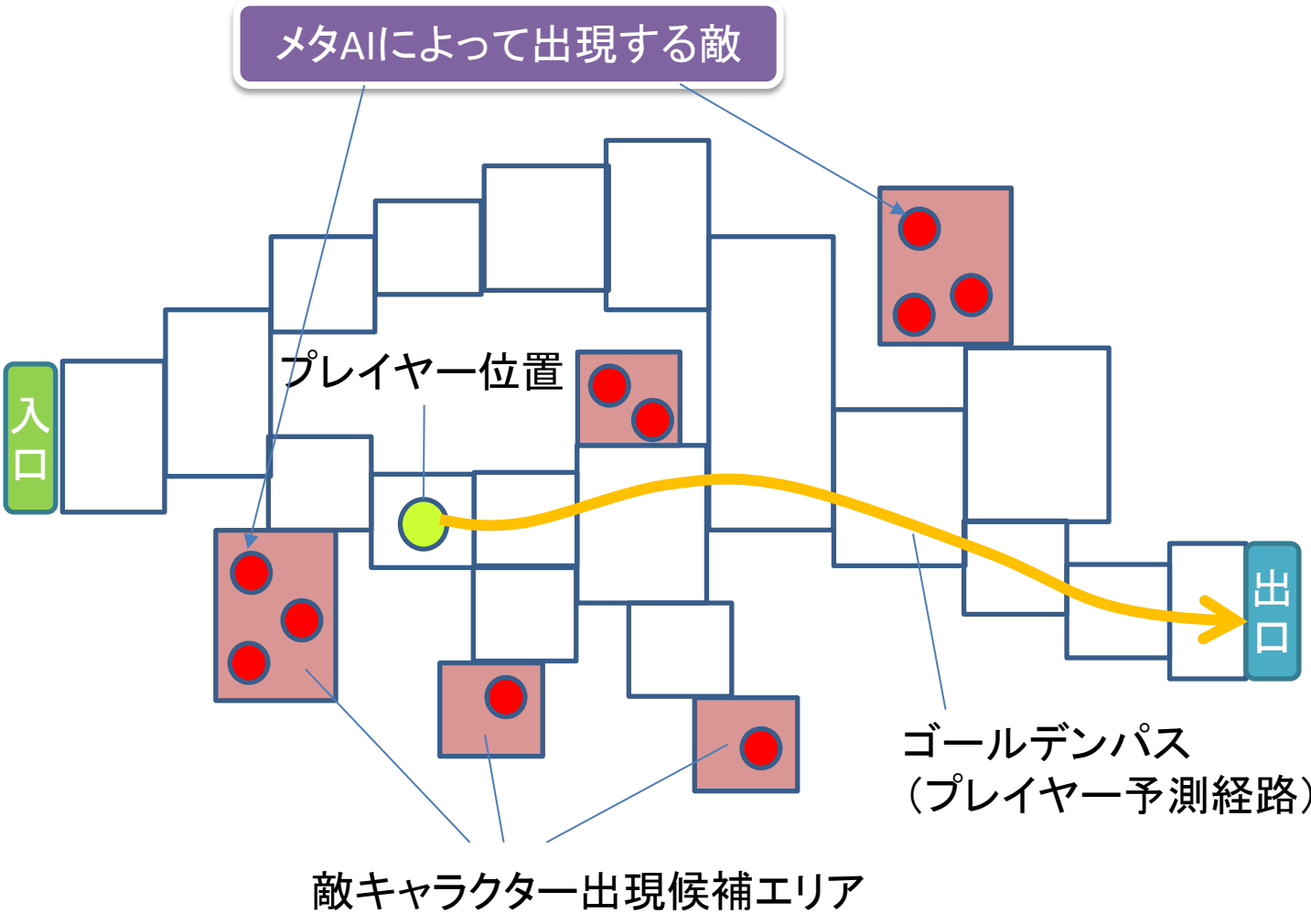


メタAIの認識＝大局空間的･長時間的



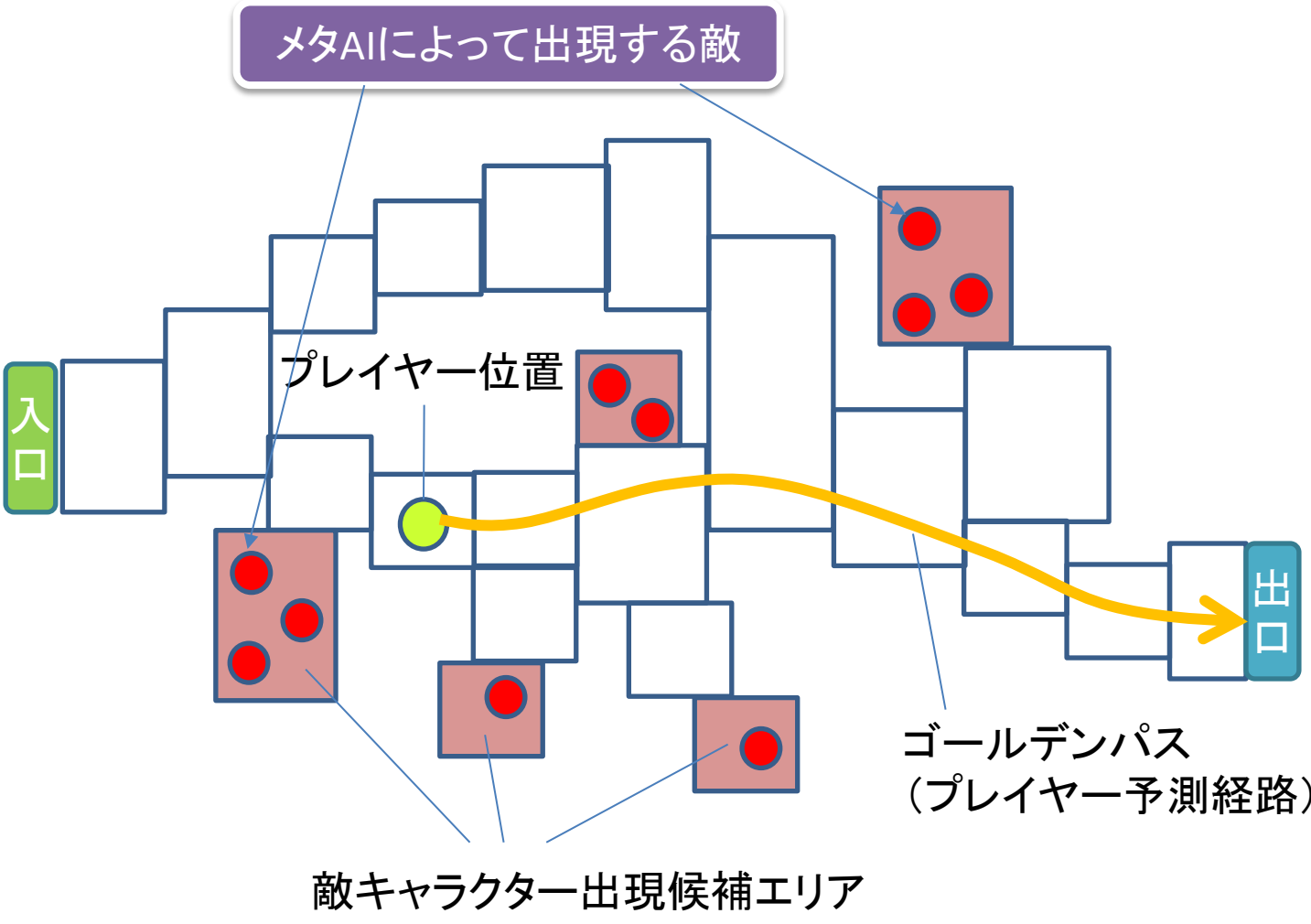
時間軸による認識

- データマイニング
- 時系列記憶


メタAIによって出現する敵
入口
プレイヤー位置
出口
ゴールデンパス
（プレイヤー予測経路）
敵キャラクター出現候補エリア

空間全体に対する影響

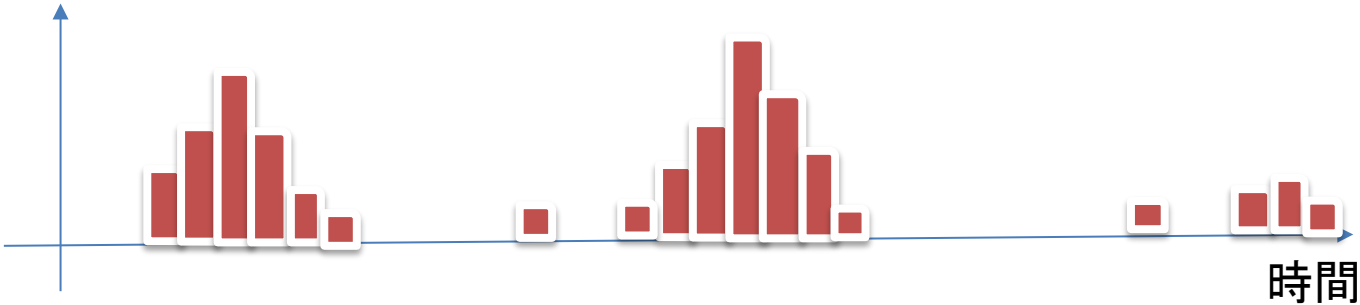
- 複数のキャラクターに対する命令
- 自然物に対する影響
- 河、天候
- ダンジョン


メタAIによって出現する敵
入口
プレイヤー位置
出口
ゴールデンパス
（プレイヤー予測経路）
敵キャラクター出現候補エリア

時間幅を持つ影響＝プランニング

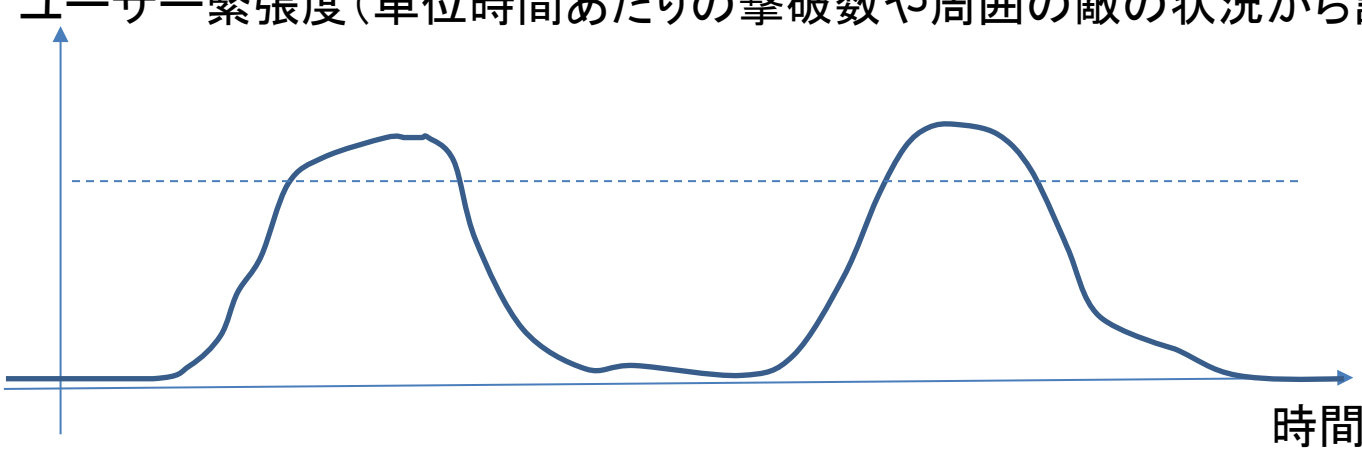
- 時間変動を与える
- プランニング

敵の出現個数



時間

ユーザー緊張度（単位時間あたりの撃破数や周囲の敵の状況から計算



時間

MAIN AGENDA

1. メタAIの研究背景
2. メタAI設計
3. メタAI設計の解説
   - 3.1 メタAI設計～世界編～
   - 3.2 メタAI設計～知識編～
4. メタAIデモ
5. 課題とまとめ

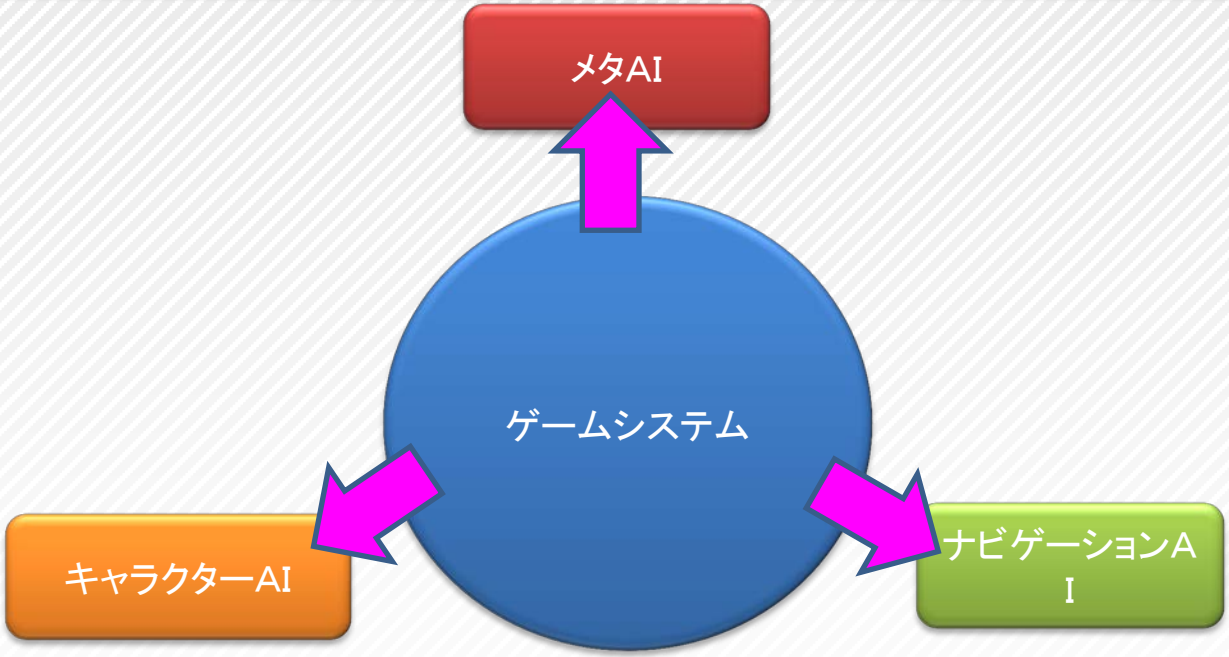
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

MAIN AGENDA

1. メタAIの研究背景
2. メタAI設計
3. メタAI設計の解説
4. メタAIデモ
5. 課題とまとめ

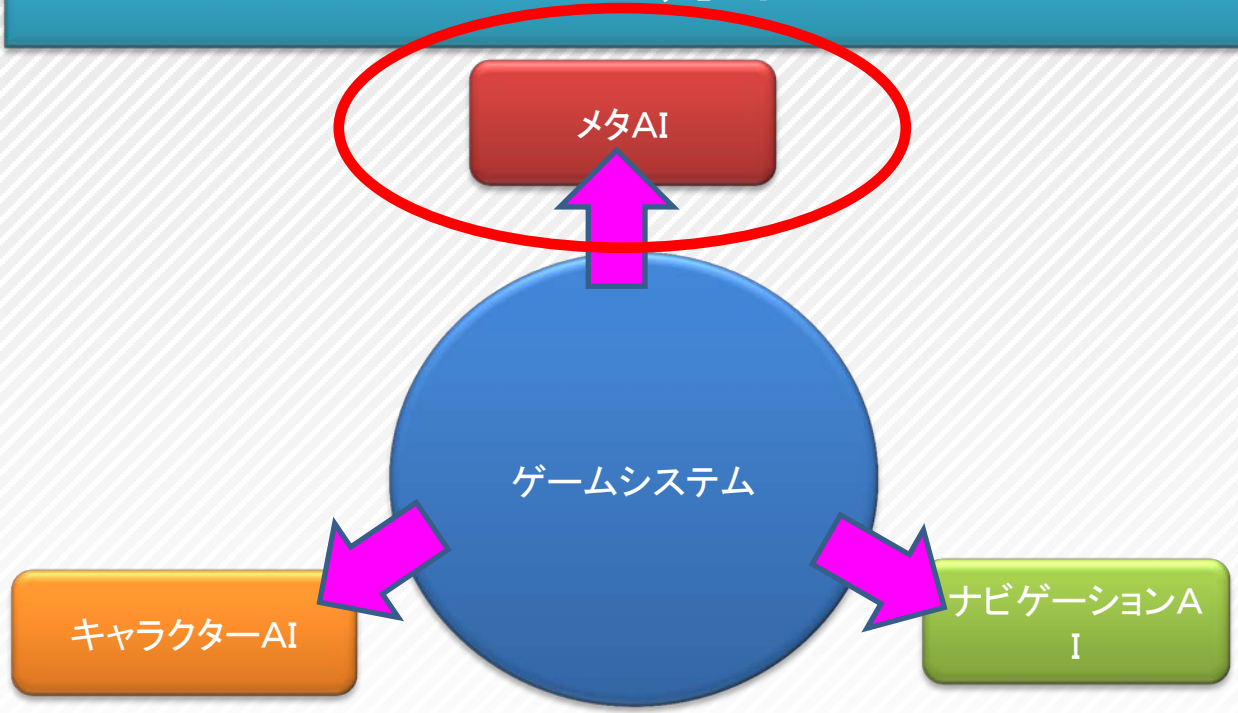
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

AIの分化



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

AIの分化



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

メタAIとは

- 神様のようなAI
- ゲームをコントロールする
  海外ではAIディレクターとも
  (AI Director)

イラスト：http://www.irasutoya.com/2016/07/blog-post_864.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

メタAIとは

- 神様のようなAI

- ゲームをコントロールする
  （海外ではAIディレクターとも）

イラスト：http://www.irasutoya.com/2016/07/blog-post_864.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

メタAIとは

- 神様のようなAI
  - ゲームのことは何でも知っている
  - プレイヤーのことさえ知っている

- ゲームをコントロールする
  （海外ではAIディレクターとも）

イラスト：http://www.irasutoya.com/2016/07/blog-post_864.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

メタAIとは

- 神様のようなAI
  - ゲームのことは何でも知っている
  - プレイヤーのことさえ知っている

- ゲームをコントロールする

イラスト：http://www.irasutoya.com/2016/07/blog-post_864.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

メタAIとは

- 神様のようなAI
  - ゲームのことは何でも知っている
  - プレイヤーのことさえ知っている

- ゲームをコントロールする
  - ゲーム展開のコントロール
  - キャラクター・オブジェクト・アイテムの配置
  - キャラクターなどへの指示

イラスト：http://www.irasutoya.com/2016/07/blog-post_864.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

メタAIとは

- **神様のようなAI**
  - ゲームのことは何でも知っている
  - プレイヤーのことさえ知っている
- **ゲームをコントロールする**
  - ゲーム展開のコントロール
  - キャラクター・オブジェクト・アイテムの配置
  - キャラクターなどへの指示

イラスト：http://www.irasutoya.com/2016/07/blog-post_864.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

メタAIとは

- **神様のようなAI**
  - ゲームのことは何でも知っている
  - プレイヤーのことさえ知っている

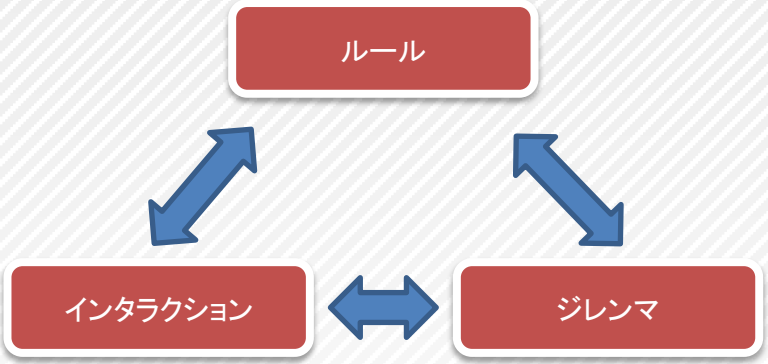
- **ゲームをコントロールする**
  - ゲーム展開のコントロール
    面白くなるようオブジェクト・アイテムの配置
  - キャラクターなどへの指示

イラスト：http://www.irasutoya.com/2016/07/blog-post_864.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

面白いゲームに必要なモノ → ルイージ要素



- ルール
- インタラクション
- ジレンマ

面白いゲームには

「**ルイージ要素**（※）」

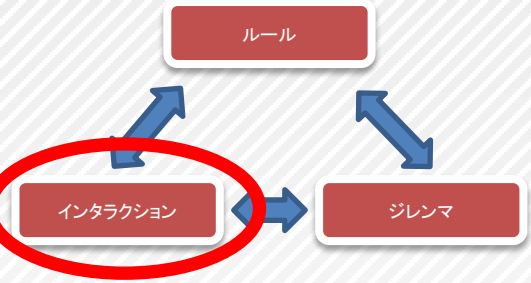
が必須と考える

※ ”ゲームの本質とそれ以外の部分ールイージ要素ー”, エンタテインメントコンピューティング2006, 米光一成
（こどものもうそうblog　http://blog.lv99.com/?eid=1081862）

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素：インタラクションとは



- インタラクション
  - プレイヤーとゲーム世界
  - リアクション→インタラクション
  - 何をすると何ができるか

例）

Rボタンでボムを投げられる（リアクション）

RTボタンで銃を撃てる（リアクション）

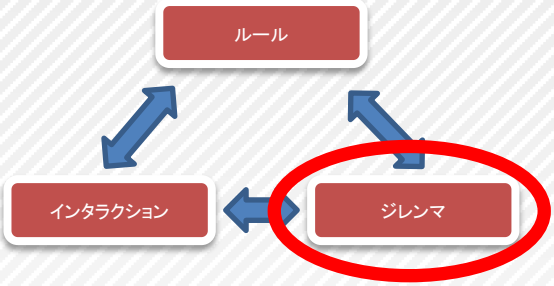
→敵が動き回る。やられると爆発する（インタラクション）

プレイヤーとゲーム世界が双方リアクションする

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素：ジレンマとは



- ジレンマ
  - インタラクションだけでは
    やめてしまう
  - チャレンジしたいと思わせる

「何かをすれば抜け出せる状態」

例）

勝てば次のステージ。上手く狙えば勝てる。狙えるか？（ジレンマ）

→ 上手く撃てたので、勝てた。

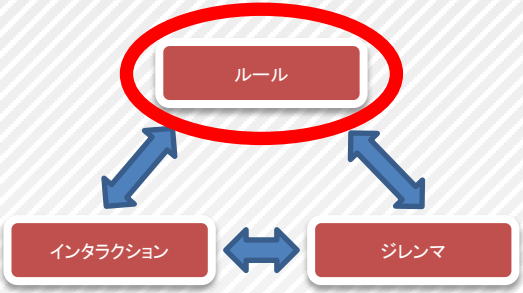
→ 上手く撃てずに、やられた。

→ 次は勝ちたい！上手くなりたい！

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素：ルールとは



- ルール
  - クリア条件　だけじゃない
  - 「○○するには××する」
    1つ1つの要素の関係性

例）

ザコ敵は銃。ボスはボム。

ボムを使うには大量のエネルギーが必要。

銃とボムのエネルギーは共用（ジレンマを生むルール）

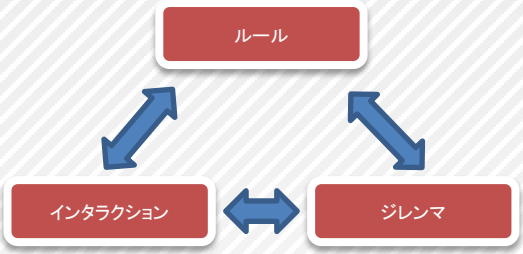
→　銃使いすぎ？銃とボムどっち？

→　エネルギーのマネジメントで乗り切る。（ジレンマを乗りこなす）

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素 → 感情を揺さぶる



- インタラクション に基づき
- ルール　　を工夫することで
- ジレンマ　　を作り出す。

工夫や上達で、ジレンマを乗りこなす

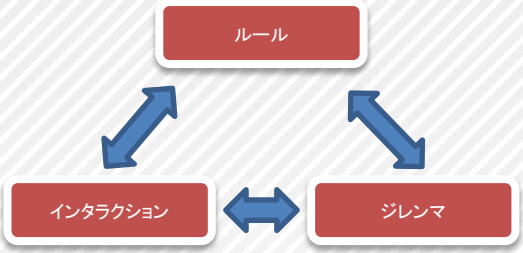
→面白いゲームプレイ

→面白いのは …

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素 → 感情を揺さぶる



- インタラクション に基づき
- ルール　　を工夫することで
- ジレンマ　　を作り出す。

工夫や上達で、ジレンマを乗りこなす

→面白いゲームプレイ

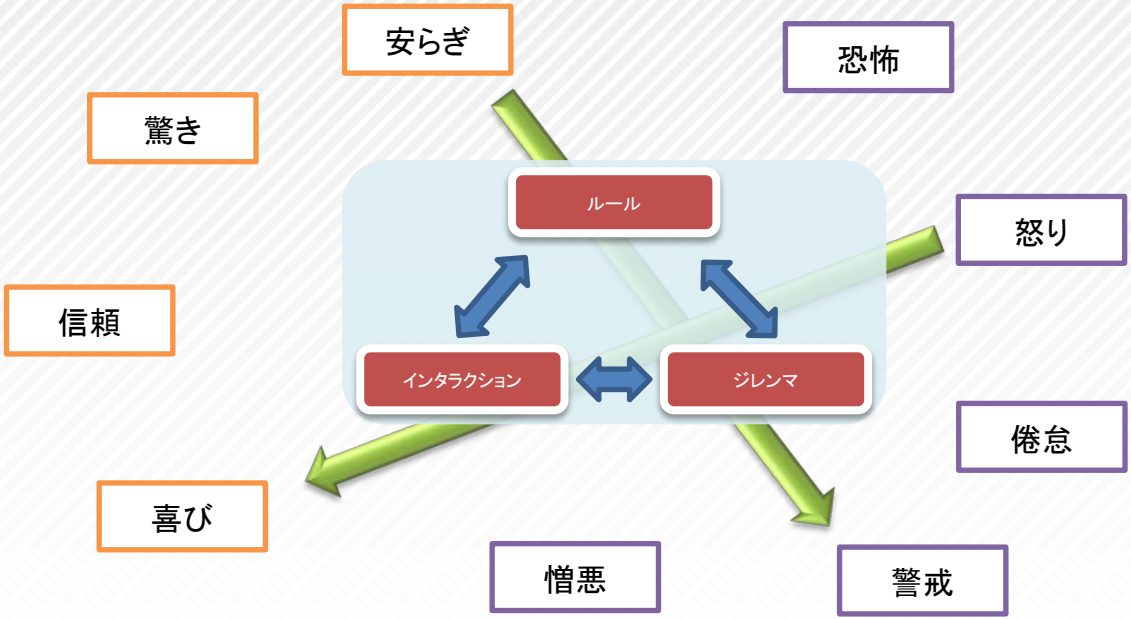
→面白いのは …　感情が揺さぶられているから

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素　で　感情を揺さぶる　　のが面白い

ルイージ要素を活用　→　ユーザーの感情を揺さぶる



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素でどうやって感情を揺さぶる？

【感情の揺さぶり】

- **ルール**による揺さぶり
- **インタラクション**による揺さぶり
- **ジレンマ**による揺さぶり

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる　＜ルールの一例＞

【感情の揺さぶり】

- **ルール**による揺さぶり

- インタラクションによる揺さぶり

- ジレンマによる揺さぶり

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる ＜ルールの一例＞

【感情の揺さぶり】

- **ルール**による揺さぶり
  - 恐怖

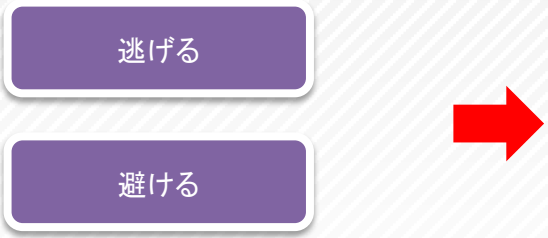
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる　＜ルールの一例＞

【感情の揺さぶり】

- **ルール**による揺さぶり
  - 恐怖　×　**一定時間無敵化**



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

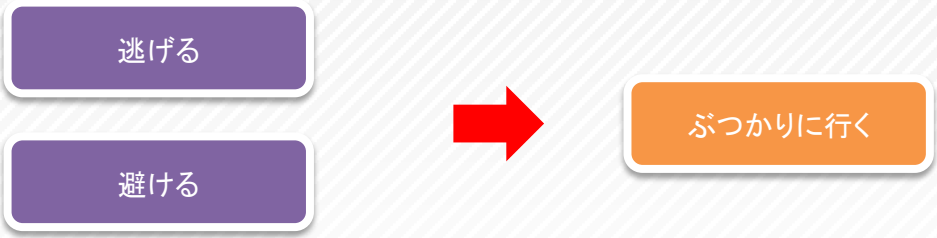
1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる ＜ルールの一例＞

【感情の揺さぶり】

- **ルール**による揺さぶり

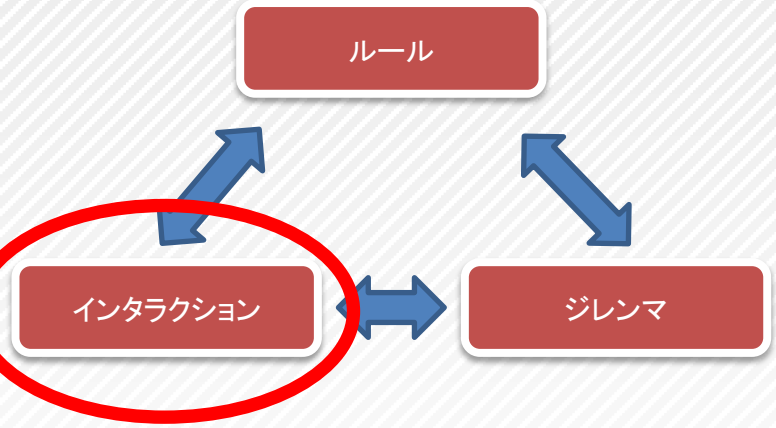
  – 恐怖 × **一定時間無敵化** → **喜び**



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる　＜インタラクションの一例＞



- ルール
- インタラクション
- ジレンマ

面白いゲームには

「**ルイージ要素**（※）」

が必須と考える

※ ”ゲームの本質とそれ以外の部分ールイージ要素ー”, エンタテインメントコンピューティング2006, 米光一成
（こどものもうそうblog　http://blog.lv99.com/?eid=1081862）

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる ＜インタラクションの一例＞

【感情の揺さぶり】

- ルールによる揺さぶり
  - 恐怖 × **一定時間無敵化 → 喜び**
- **インタラクション**による揺さぶり

- ジレンマによる揺さぶり

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる　＜インタラクションの一例＞

【感情の揺さぶり】

- インタラクションによる揺さぶり

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる ＜インタラクションの一例＞

【感情の揺さぶり】

- インタラクションによる揺さぶり
  - 安らぎ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる　＜インタラクションの一例＞

【感情の揺さぶり】

- インタラクションによる揺さぶり

  – 安らぎ × **細い棒を落ちずに渡る**

適当な操作

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる ＜インタラクションの一例＞

【感情の揺さぶり】

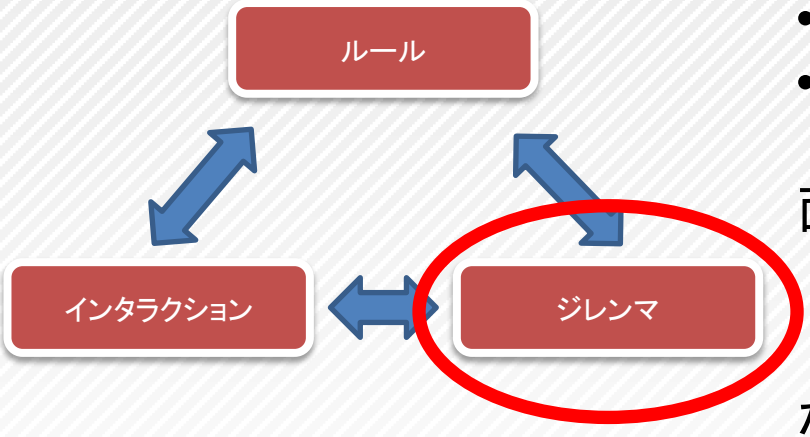
- インタラクションによる揺さぶり

  – 安らぎ × **細い棒を落ちずに渡る → 緊張**

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる　＜ジレンマの一例＞



- ルール
- インタラクション
- ジレンマ

面白いゲームには

「**ルイージ要素**（※）」

が必須と考える

※ ”ゲームの本質とそれ以外の部分ールイージ要素ー”, エンタテインメントコンピューティング2006, 米光一成
（こどものもうそうblog　http://blog.lv99.com/?eid=1081862）

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる　＜ジレンマの一例＞

【感情の揺さぶり】

- ルールによる揺さぶり
  - 無敵化　＝　リラックス→興奮
- インタラクションによる揺さぶり
  - 細い棒を落ちずに渡る＝リラックス→緊張
- **ジレンマ**による揺さぶり

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる ＜ジレンマの一例＞

【感情の揺さぶり】

- ジレンマによる揺さぶり

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる ＜ジレンマの一例＞

【感情の揺さぶり】

- ジレンマによる揺さぶり
  - 小リスク小リターン

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素→感情を揺さぶる　＜ジレンマの一例＞

【感情の揺さぶり】

- ジレンマによる揺さぶり
  - 小リスク小リターン

    （ジレンマなし）

    倦怠

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

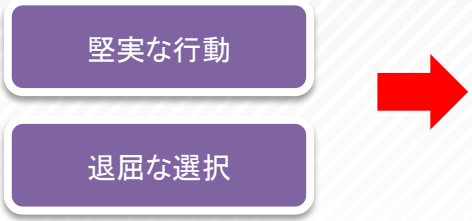
ルイージ要素→感情を揺さぶる　＜ジレンマの一例＞

【感情の揺さぶり】

- ジレンマによる揺さぶり
  - 小リスク小リターン ⇒ **大リスク＆大リターン**

（ジレンマなし）　　**（ジレンマあり）**

怠惰



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

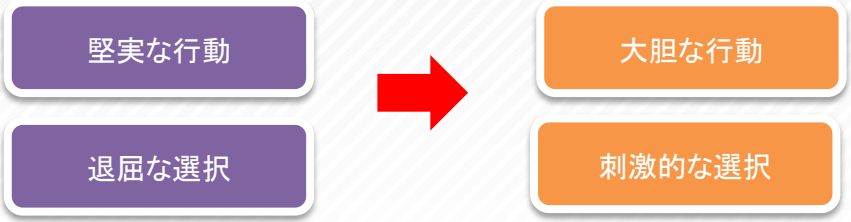
ルイージ要素→感情を揺さぶる　＜ジレンマの一例＞

【感情の揺さぶり】

- ジレンマによる揺さぶり
  - 小リスク小リターン ⇒ **大リスク＆大リターン**

（ジレンマなし）　　**（ジレンマあり）**

倦怠　　⇒　**関心**



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素で感情を揺さぶる ＜各種例のまとめ＞

【感情の揺さぶり】

- ルールによる揺さぶり
  - 恐怖 × **一定時間無敵化** → **喜び**
- インタラクションによる揺さぶり
  - 安らぎ × **細い棒を落ちずに渡る** → **緊張**
- ジレンマによる揺さぶり
  - 小リスク小リターン ⇒ **大リスク＆大リターン**

    倦怠 ⇒ **関心**

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素で感情を揺さぶる ＜メタAIは何をするか＞

【感情の揺さぶり】

- ルールによる揺さぶり
  - 恐怖 × **一定時間無敵化** → **喜び**
- インタラクションによる揺さぶり
  - 安らぎ × **細い棒を落ちずに渡る** → **緊張**
- ジレンマによる揺さぶり
  - 小リスク小リターン ⇒ **大リスク＆大リターン**

    倦怠 ⇒ **関心**

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素で感情を揺さぶる ＜メタAIは何をするか＞

無敵化アイテム
出現タイミング制御

【感情の揺さぶり】

- ルールによる揺さぶり
  - 恐怖 × **一定時間無敵化** → **喜び**
- インタラクションによる揺さぶり
  - 安らぎ × **細い棒を落ちずに渡る** → **緊張**
- ジレンマによる揺さぶり
  - 小リスク小リターン ⇒ **大リスク＆大リターン**

倦怠 ⇒ **関心**

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素で感情を揺さぶる　＜メタAIは何をするか＞

【感情の揺さぶり】

- ルールによる揺さぶり
  - 恐怖　×　**一定時間無敵化**　→
- インタラクションによる揺さぶり
  - 安らぎ　×　**細い棒を落ちずに渡る**　→　**緊張**
- ジレンマによる揺さぶり
  - 小リスク小リターン　⇒　**大リスク＆大リターン**

倦怠　⇒　**関心**

無敵化アイテム
出現タイミング制御

細い棒へ
誘導するような
敵の追い込み経路

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

ルイージ要素で感情を揺さぶる　＜メタAIは何をするか＞

【感情の揺さぶり】

- ルールによる揺さぶり
  - 恐怖　×　**一定時間無敵化**　→
- インタラクションによる揺さぶり
  - 安らぎ　×　**細い棒を落ちず**
- ジレンマによる揺さぶり
  - 小リスク小リターン　⇒ **大リスク＆大リターン**

倦怠　　⇒　**関心**

無敵化アイテム
出現タイミング制御

細い棒へ
誘導するような
敵の追い込み経路

大リターンの可能性提示
リスキーな場所に発生

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

メタAIとは　～ルイージ要素で感情を揺さぶるために～

- 神様のような立場から
- ルール＆インタラクション
  ＆ジレンマを駆使して
- プレイヤーの感情を揺さぶるため
- 色々仕掛けてくるAI

イラスト：http://www.irasutoya.com/2016/07/blog-post_864.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

AIによる解決が期待される課題と先行事例　＜課題＞

- オープンワールド

- プロシージャル
- より高度なAIへの期待

- 再度プレイしたくなるゲーム
- バランス調整

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

AIによる解決が期待される課題と先行事例　＜先行事例1＞

	FINAL FANTASY XV 2016 (2016)	FAR CRY 4 2014 (2014)	WAR FRAME 2013 (2013)	Total War: Shogun 2 2011 (2011)	LEFT 4 DEAD 2009 (2008)	KILL -ZONE 2005 (2005)	Halo 2 2002 (2004)	Counter Strike 2004 (2000)
KEY AI Architecture & KR	HFSM(BT) Mode (Normal/Event)	Anecdote Factory Shared World Knowledge	Semi-Procedural Generation	Battle A.I. History and Evolution of Battle A.I. Interrelation between A.I and game design		(Dynamic) Tactical position picking Waypoint 8way ray cast	HFSM(BT) Affordance/ ray cast Hierarchical Place Representation	Navigation Mesh
MetaAI Features	**PQS** **Hate point** **Capacity for attack** **Which scripts will play**	**AI Director as Encounter Manager** **World Building: Encounter Cycle** **Declarative approach** **–smart layout** **–smart objects** **–smart coaching** **Hierarchy of Functionalities** **Purpose** **Context** **Ability** **Reactivity** **Autonomy**	**AI Director with Pacing of Spawning (as a Roller Coaster)** **Distance map** **Influence map** **Active area set** **Percentage of population**	**The Grand Tactical Analyzer** **–Detachment System** **–High Level Planner** **— Conflict Manager** **Conflict Manager** **–Melee Analyzer** **–Missile Analyzer** **–Capture Analyzer** **–Retreat Analyzer** **… etc**	**AI Director with Adaptive Dramatic Pacing (Pacing of Spawning) (Inspired from Counter Strike)** **Estimating the "emotional intensity"** **Use Survivor Intensity to modulate the Infected population**	**(Dynamic Tactical position picking)** **(*KR for character AI not for Meta AI, but broad area evaluation)**	**Order & Style**	
AI Features	[mode] Normal/Lead/Route/Follow NavMesh A* Smart waypoint Dialog : Paying attention to Another Character	AI Agents (Wildlife / Civilians / Enemy AI / Friendly AI) Dialogs & barks Dense navmesh Completely removing "AI Scripting"	Block Combination	Completely rewritten Siege A.I. Utilization of map data			Memory model Eternal/Long/Short	

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

AIによる解決が期待される課題と先行事例　＜先行事例2＞

	FINAL FANTASY 2016 (2016)	FAR 4 2014 (2014)	WAR FRAME 2013 (2013)	Total War: Shogun 2 2011 (2011)	LEFT 4 DEAD 2009 (2008)	KILL -ZONE 2005 (2005)	Halo 2 2002 (2004)	Counter Strike 2004 (2000)
FUTURE	Concerting and Automation for AI and Animation	BOSS is not affected by adaptive pacing – Overall pacing affected too much if they are missing. Algorithm adjusts pacing, not difficulty Expand repertoire of verbs How to utilize these systems in other games	-Long term memory -Deeper profiling (What is like to do) -Dynamic storytelling AI tech -Drag & Drop ingredients -Level design directing tool -Contextualized content -More dynamic environment -Improved -Persistency	Don't want a linear distribution of enemies through the level		Influence Map(KILLZONE 2)	Scalable AI	

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

1.メタAIの研究背景

AIによる解決が期待される課題と先行事例　＜出典＞

FF15,"FINAL FANTASY XV におけるレベルメタAI制御システム", CEDEC2016,(上段, 下川, 高橋, 並木)

FAR CRY 4, "Far Cry' s AI: A manifesto forsystemic and emergentgame-play and open world", Game AI Conference2014, (Julien Varnier)

WARFRAME, "Space Ninjas with Machineguns!", GDC2013, (Daniel Brewer, Digital Extremes)

TOTAL WAR, "Battle AI in TOTAL WAR: SHOGUN 2 and Lessons Learned", Paris Game/AI Conference 2011, (Ingimar Gudmundsson)

LEFT 4 DEAD, "Replayable Cooperative Game Design: Left 4 Dead", GDC2009, (Michael Booth, Valve)
http://www.valvesoftware.com/publications/2009/GDC2009_ReplayableCooperativeGameDesign_Left4Dead.pdf

Killzone,"KILLZONE'S AI: DYNAMIC PROCEDURAL TACTICS", GDC Europe2005, (Arjen Beij, Remco Straatman)
https://www.guerrilla-games.com/read/killzones-ai-dynamic-procedural-tactics

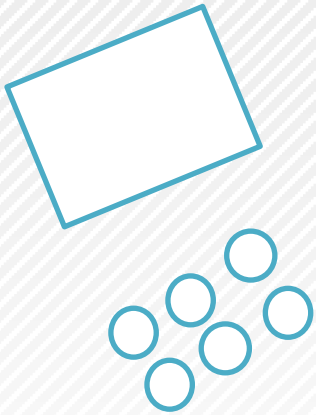
Halo2,"The Illusion of Intelligence: The Integration of AI and Level Design in Halo",GDC2002, (Chris Butcher, Jaime Griesemer)
http://halo.bungie.org/misc/gdc.2002.haloai/talk.html

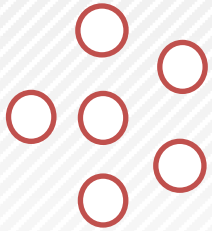
Counter Strike,"The Making of the Official Counter-Strike Bot", GDC2004,(Michael Booth)
http://www.gdcvault.com/play/1013625/The-Making-of-the-Official

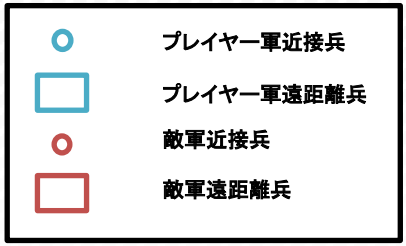
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

TOTAL WAR SHOGUN 2

リアルタイムストラテジーにおける メタAI







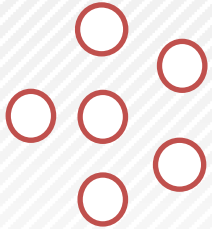
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

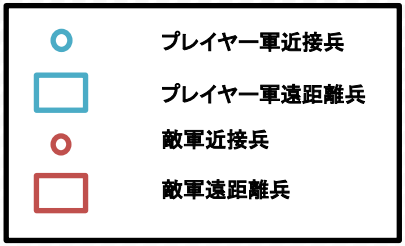
TOTAL WAR SHOGUN 2

リアルタイムストラテジーにおける メタAI

戦争マネージャー

- 遠距離武器アナライザー
- 近接戦闘アナライザー

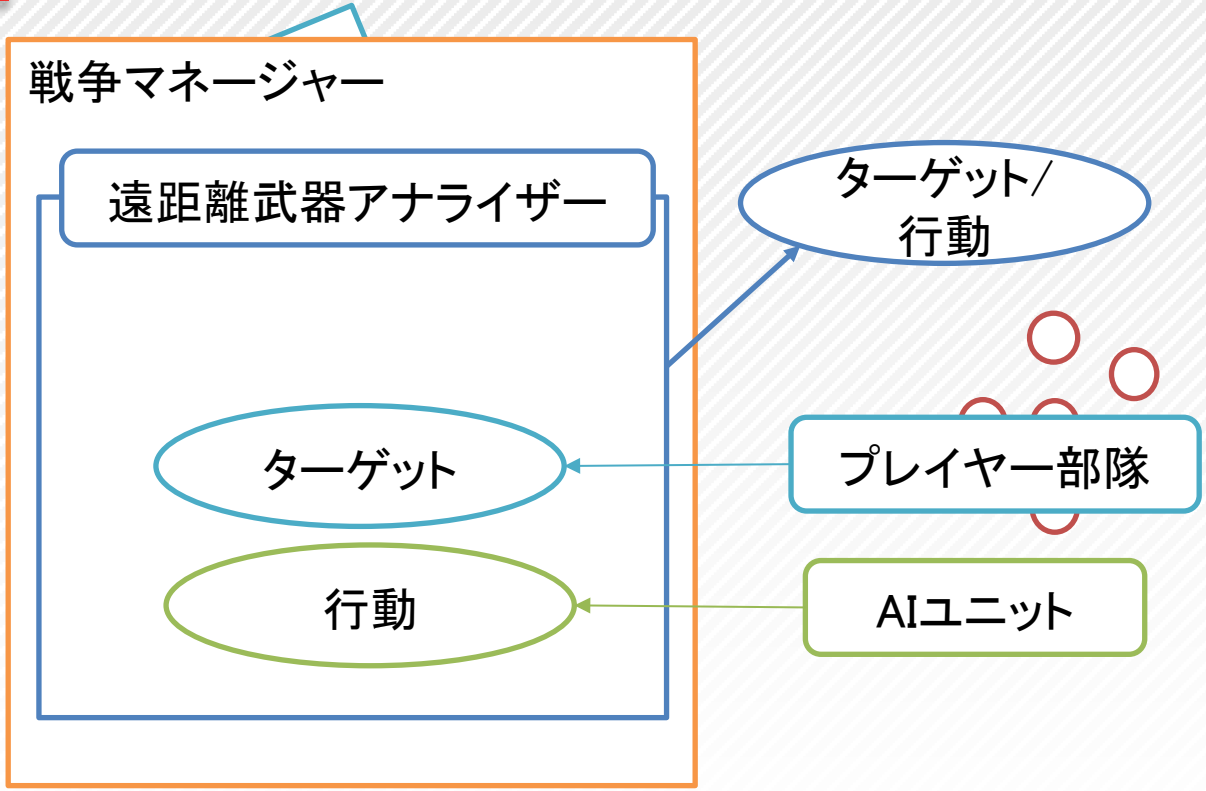




©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

TOTAL WAR SHOGUN 2

リアルタイムストラテジーにおける メタAI

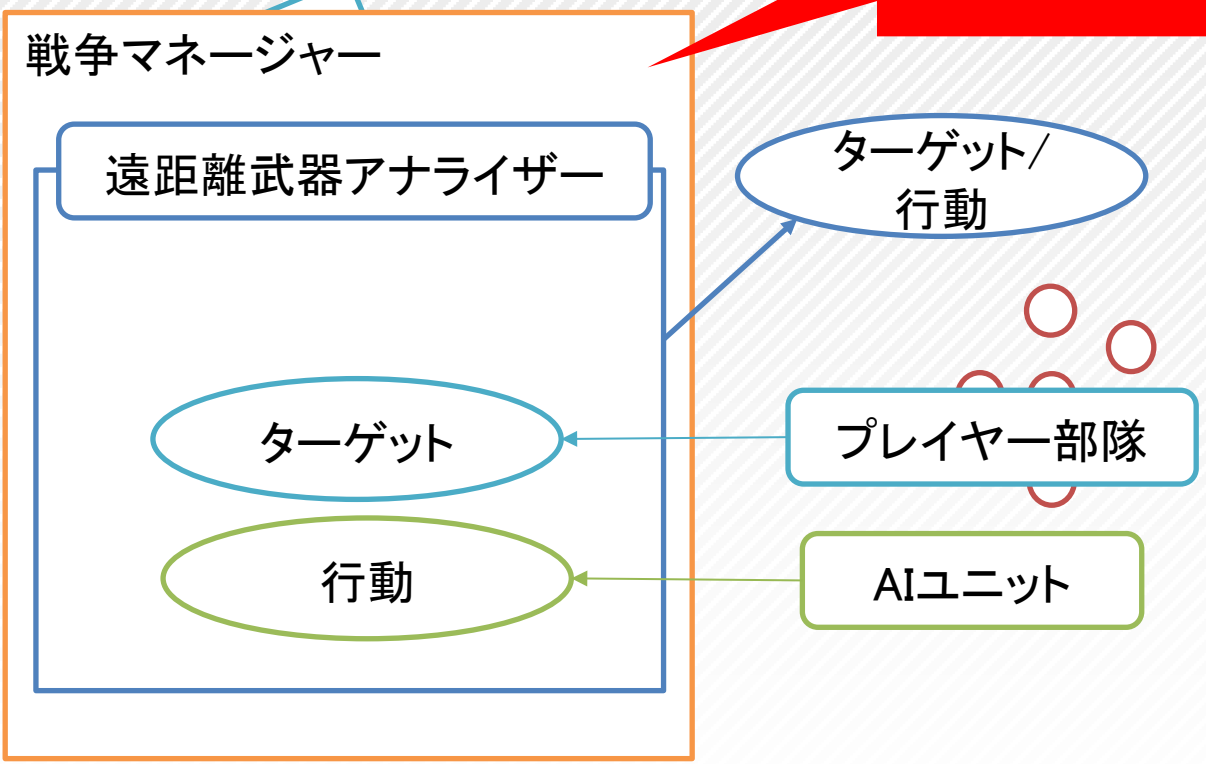


©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

TOTAL WAR SHOGUN 2

リアルタイムストラテジーにおける メタAI

メタAIの一種



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

MAIN AGENDA

1. メタAIの研究背景
2. メタAI設計
3. メタAI設計の解説
4. メタAIデモ
5. 課題とまとめ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計

AIによる解決が期待される課題（再確認）

- オープンワールド

- プロシージャル
- より高度なAIへの期待

- 再度プレイしたくなるゲーム
- バランス調整

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計

課題をメタAIで解決する

- オープンワールド

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計

課題をメタAIで解決する

- オープンワールド
  - 順不同なイベントアクセス
  - 広い地形とイベント密度

→ メタAIによる調整でコストカット

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計

課題をメタAIで解決する

- オープンワールド
  - 順不同なイベントアクセス
  - 広い地形とイベント密度
    - → メタAIによる調整でコストカット
- プロシージャル
- より高度なAIへの期待

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計

課題をメタAIで解決する

- オープンワールド
  - 順不同なイベントアクセス
  - 広い地形とイベント密度
    - → メタAIによる調整でコストカット
- プロシージャル
- より高度なAIへの期待
  - 生成されるまで不明な地形
  - NPCの生態と矛盾しない展開

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計

課題をメタAIで解決する

- オープンワールド
  - 順不同なイベントアクセス
  - 広い地形とイベント密度

    → メタAIによる調整でコストカット
- プロシージャル
- より高度なAIへの期待
  - 生成されるまで不明な地形
  - NPCの生態と矛盾しない展開

  → メタAIによる知識の集約・生成で
  より高度なAIを実現

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計

課題をメタAIで解決する

- 再度プレイしたくなるゲーム
- バランス調整

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計

課題をメタAIで解決する

- 再度プレイしたくなるゲーム
- バランス調整

→ メタAIにより毎回異なる配置
個人ごとに最適なバランス調整

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計

解決法＝メタAIによる世界の認識がポイント

- オープンワールド
  - 順不同なイベントアクセス
  - 広い地形とイベント密度
- プロシージャル
- より高度なAIへの期待
  - 生成されるまで不明な地形
  - NPCの生態と矛盾しない展開

- 再度プレイしたくなるゲーム
- バランス調整
  - 毎回異なる配置・調整

→メタAIが世界を認識して調整する

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

キャラクターAIの設計確認

身体部分

環境世界

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

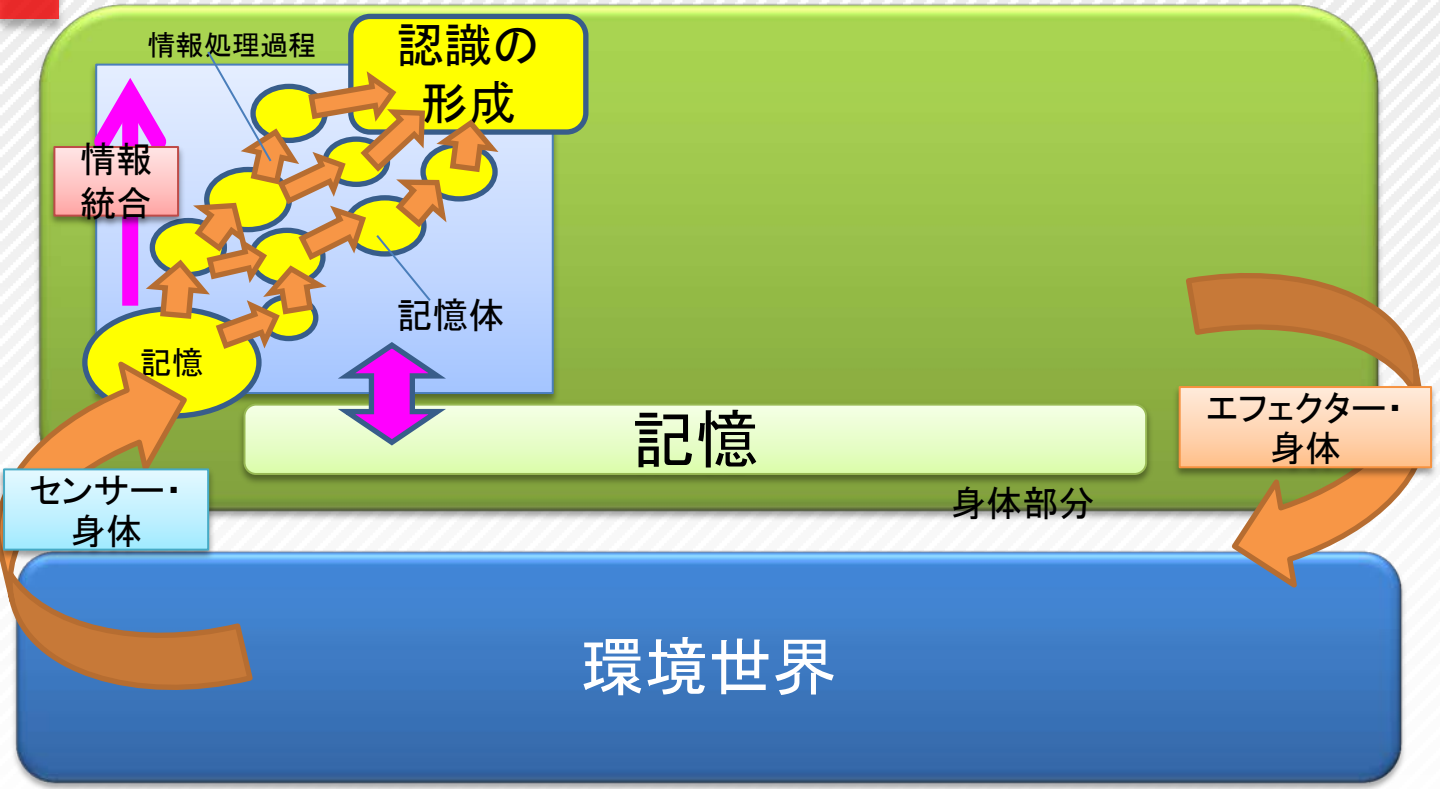
キャラクターAIの設計確認

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

キャラクターAIの設計確認

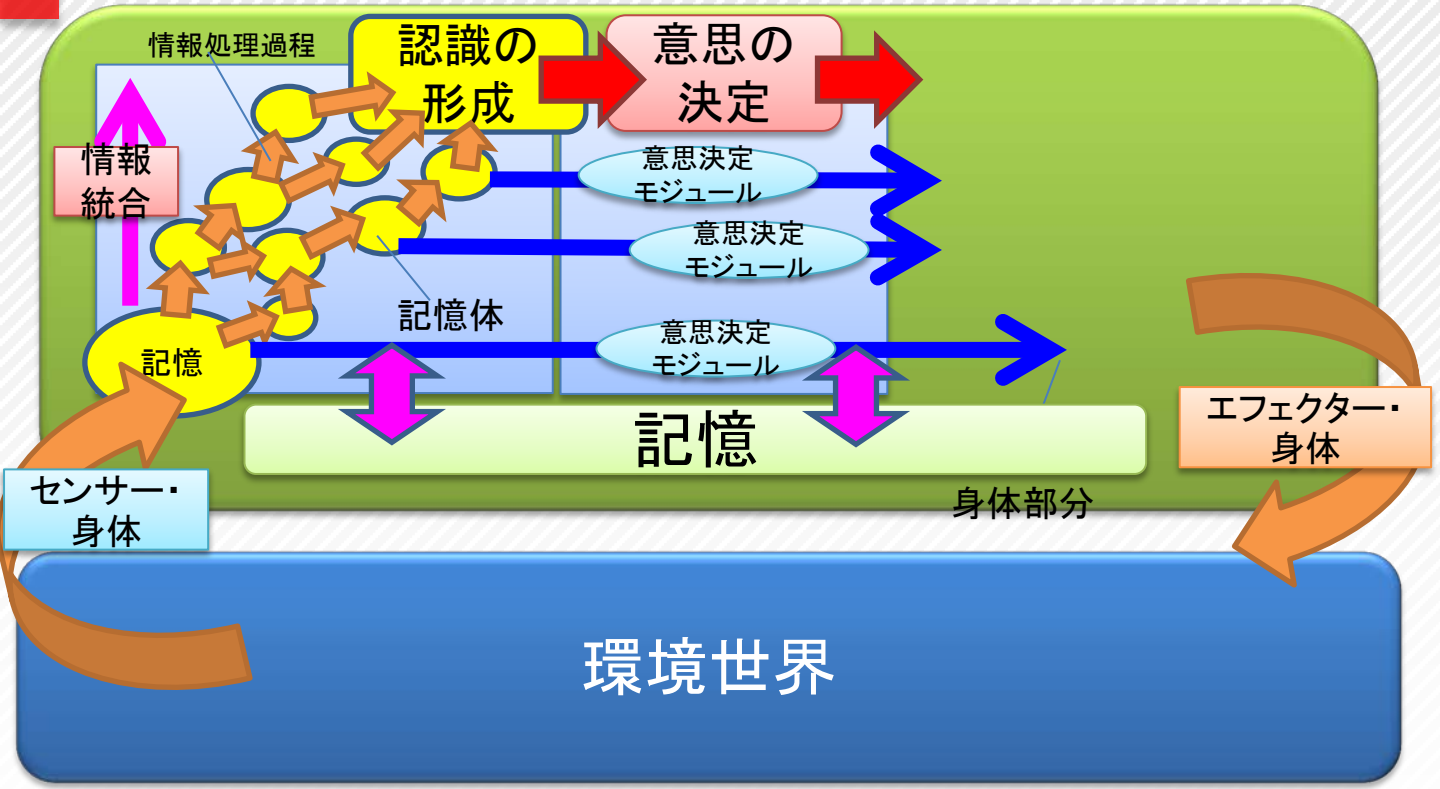


©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

キャラクターAIの設計確認

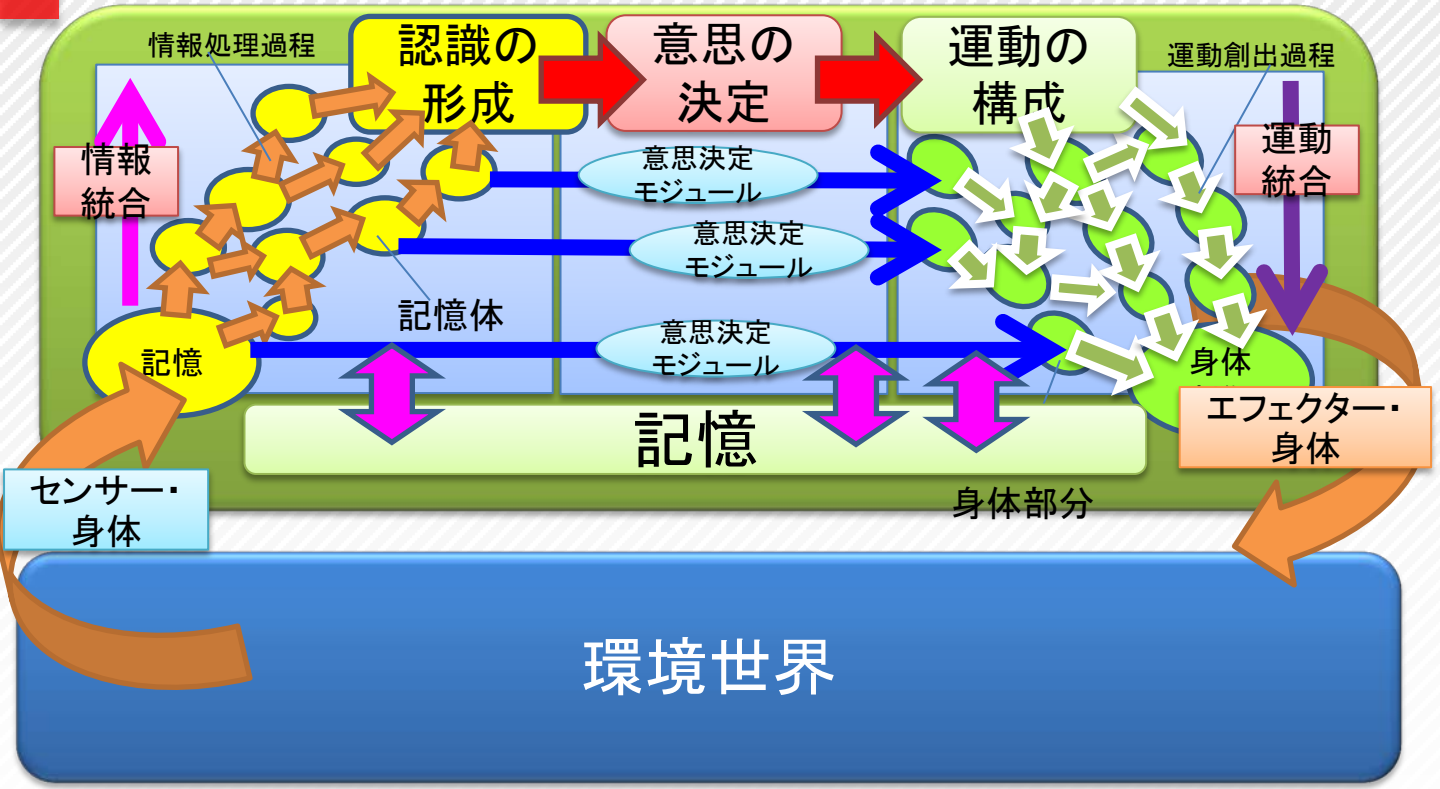


©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

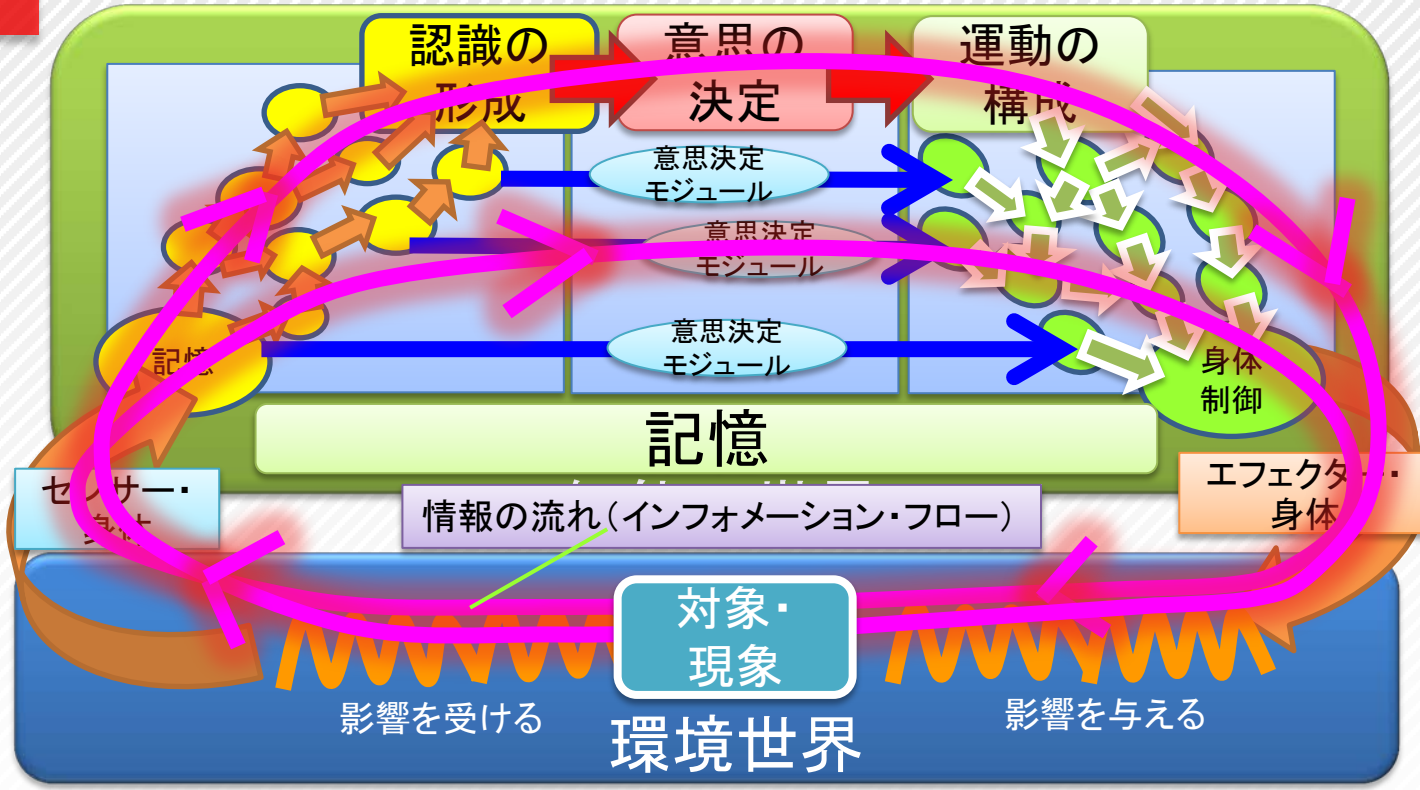
キャラクターAIの設計確認



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較



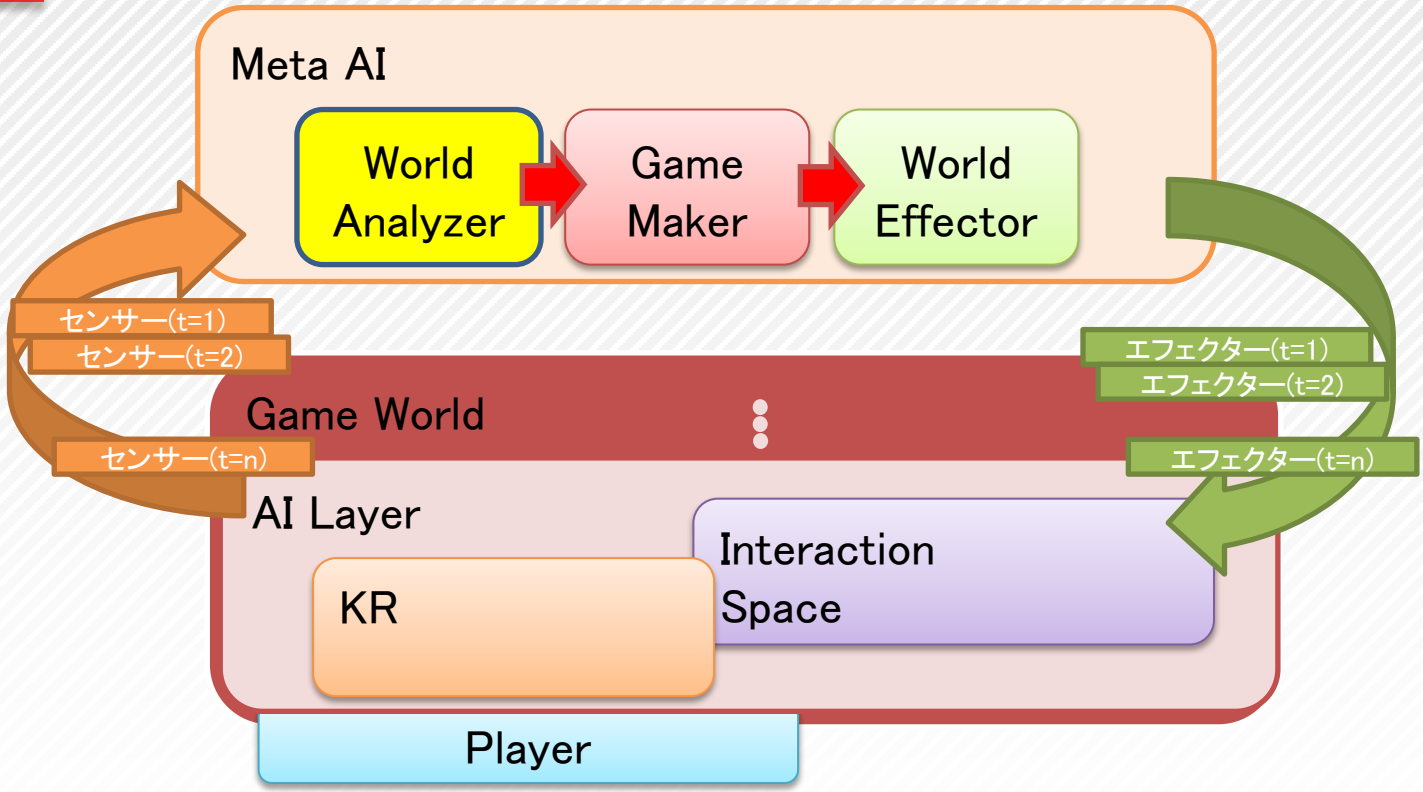
“FINAL FANTASY XV -EPISODE DUSCAE-におけるキャラクターAIの意思決定システム”,CEDEC2015,（白神,並木,三宅,横山）

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

ADVANCED TECHNOLOGY DIVISION SQUARE ENIX

メタAIの設計

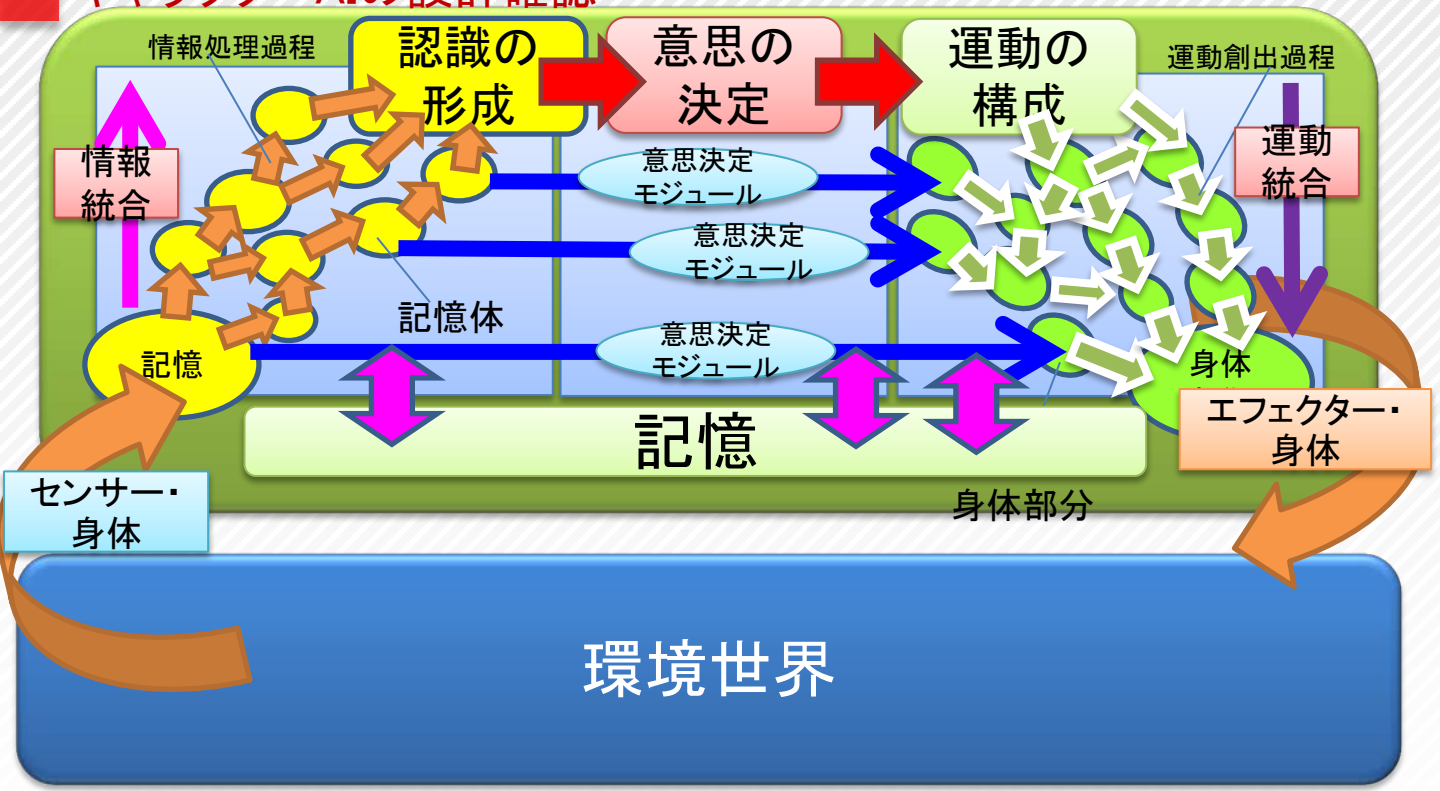
これが　メタAIの設計（提案）　だ



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

キャラクターAIの設計確認

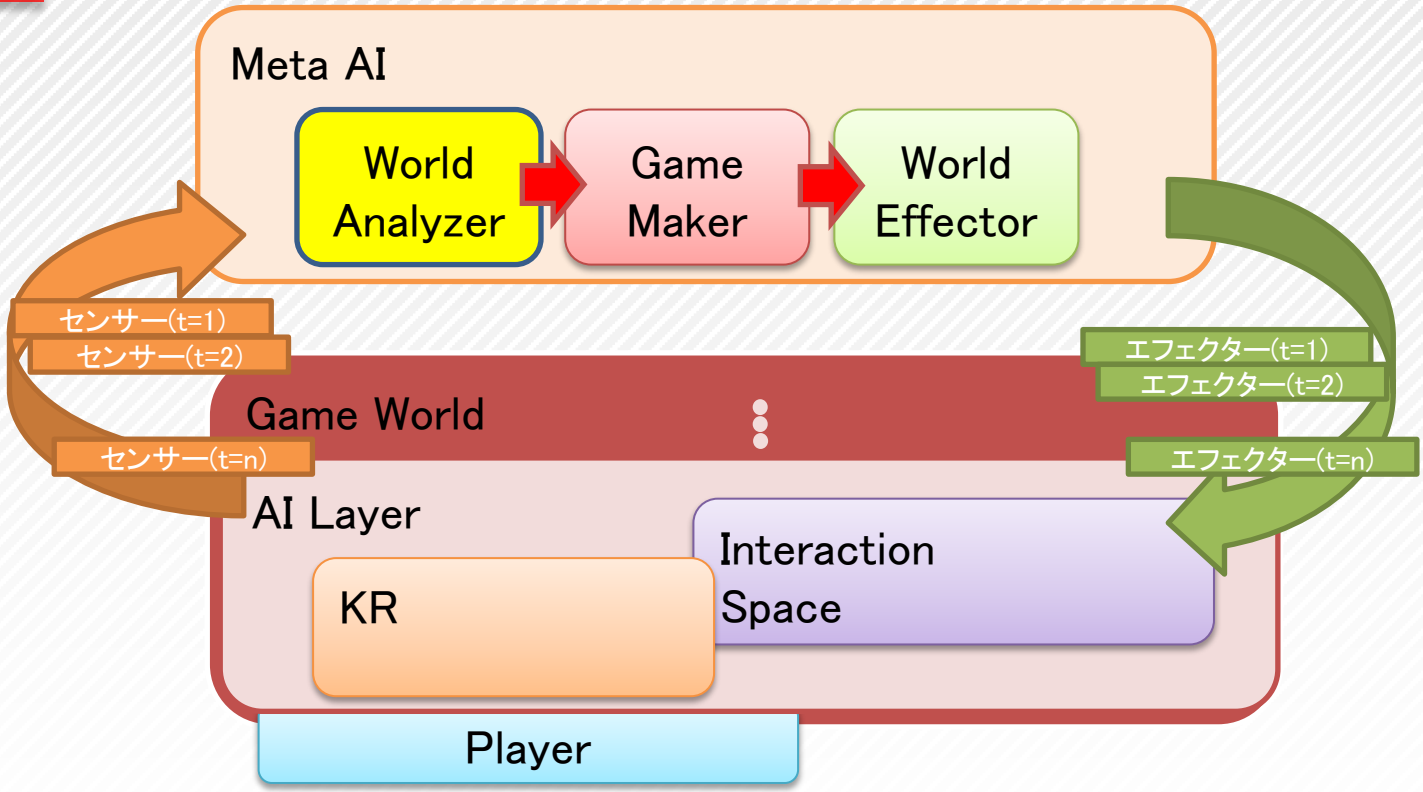


©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

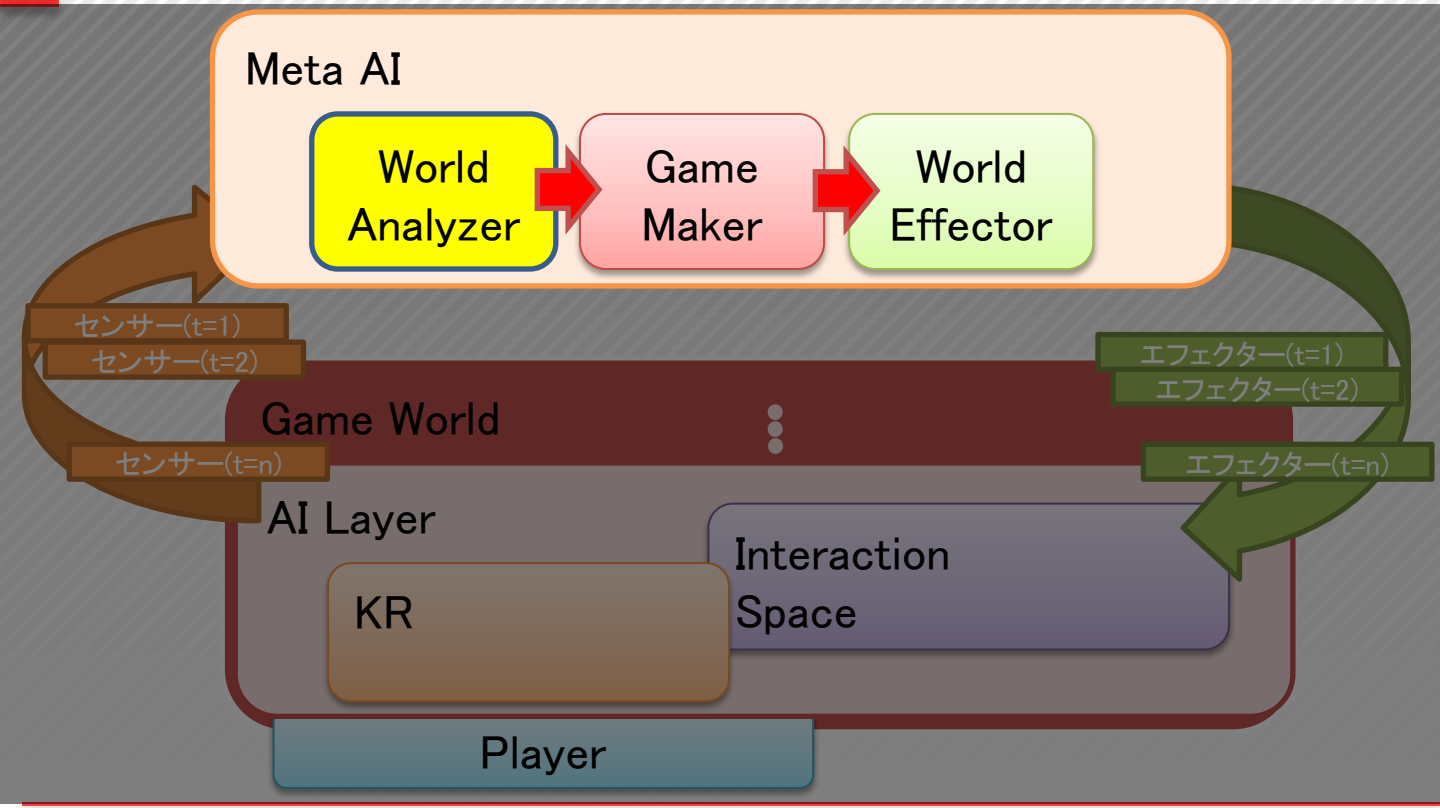
メタAIの設計　～内容解説編～



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

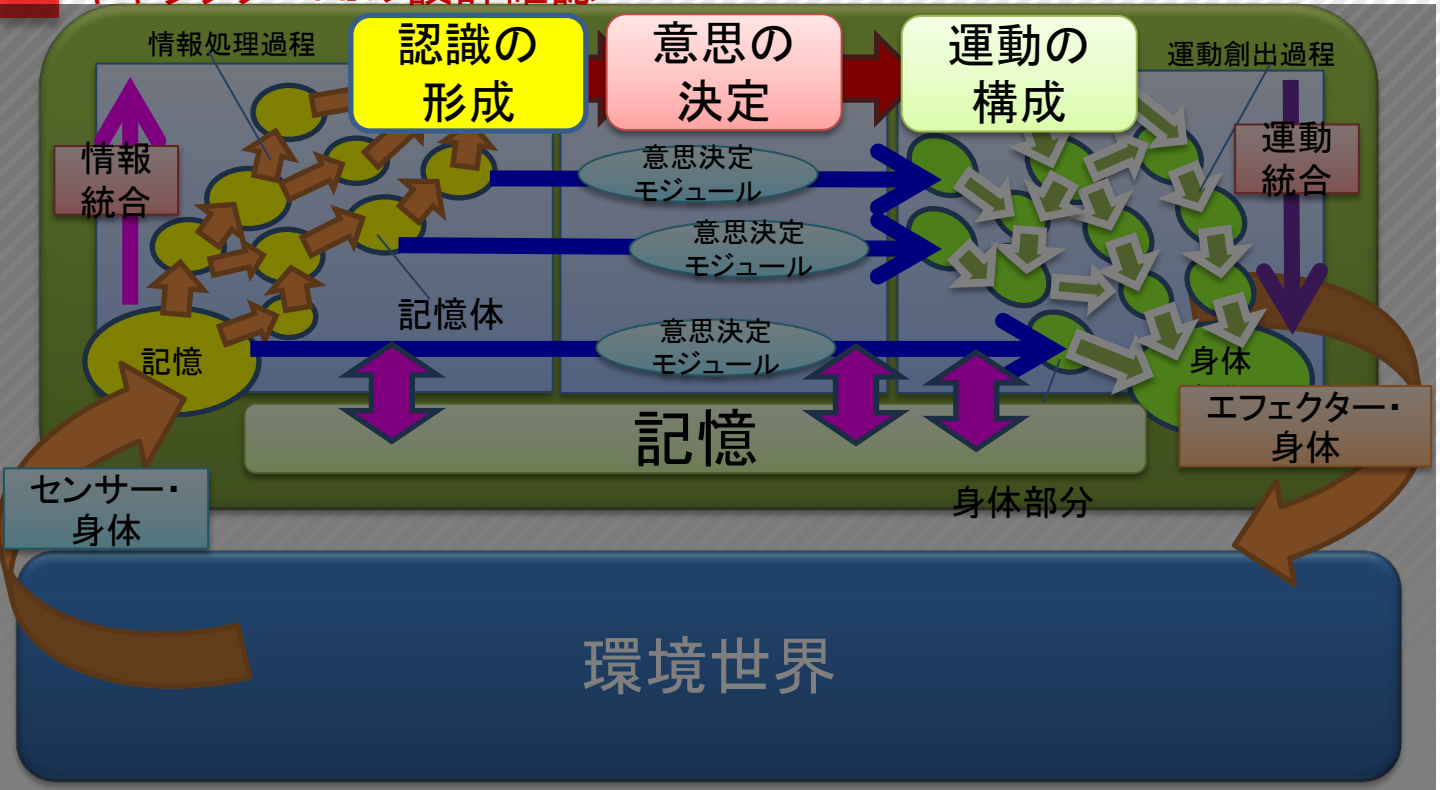
メタAIの設計： ココがメタAIの本体



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

キャラクターAIの設計確認

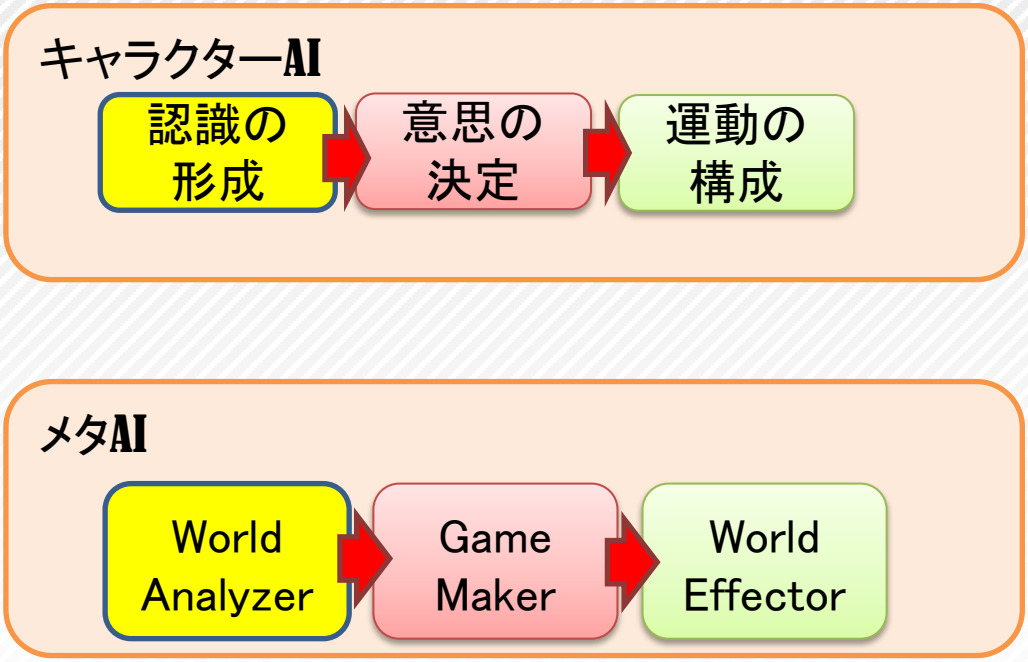


©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

キャラAIとメタAIの比較



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

キャラAIの場合

キャラクターAI

認識の形成 → 意思の決定 → 運動の構成

敵が近い剣を持ってる

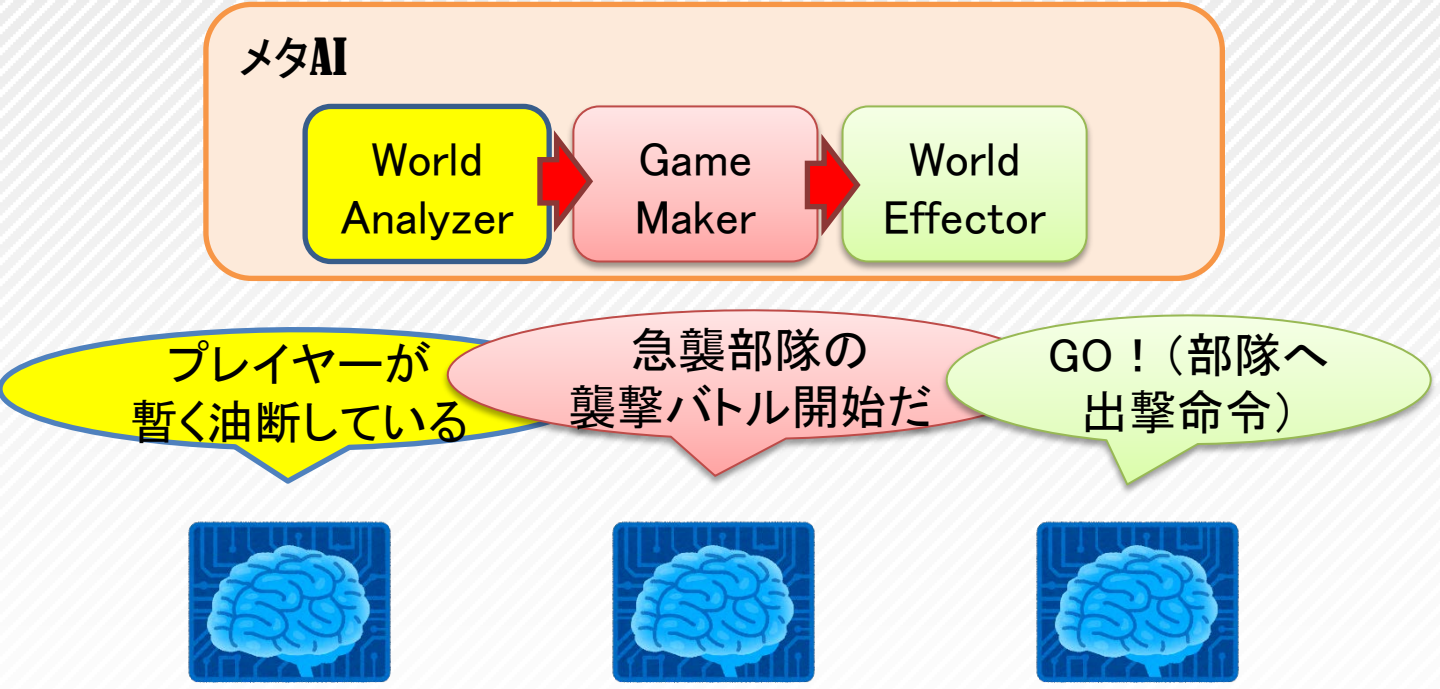
剣であの敵を攻撃する

やー！（攻撃アクション）

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

メタAIの場合

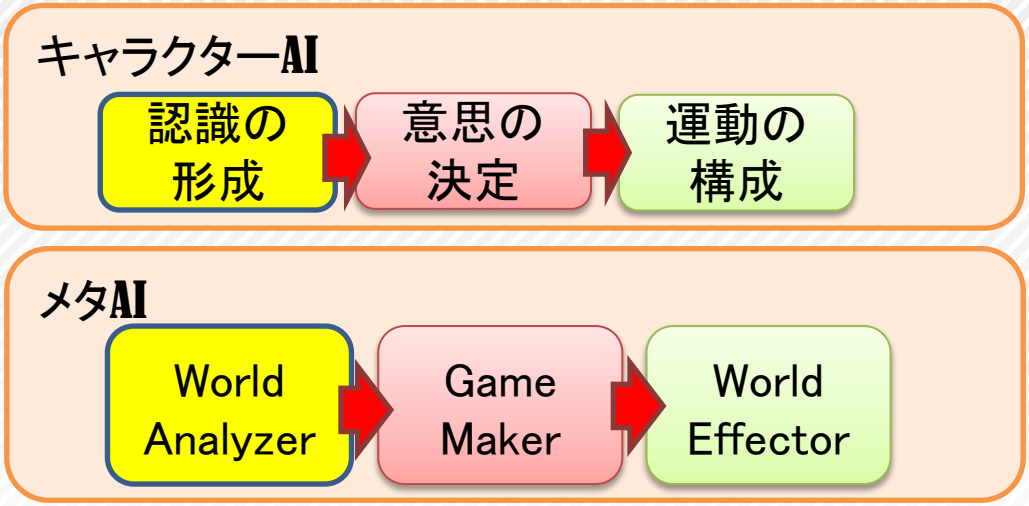


イラスト：http://www.irasutoya.com/2015/05/ai.html

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

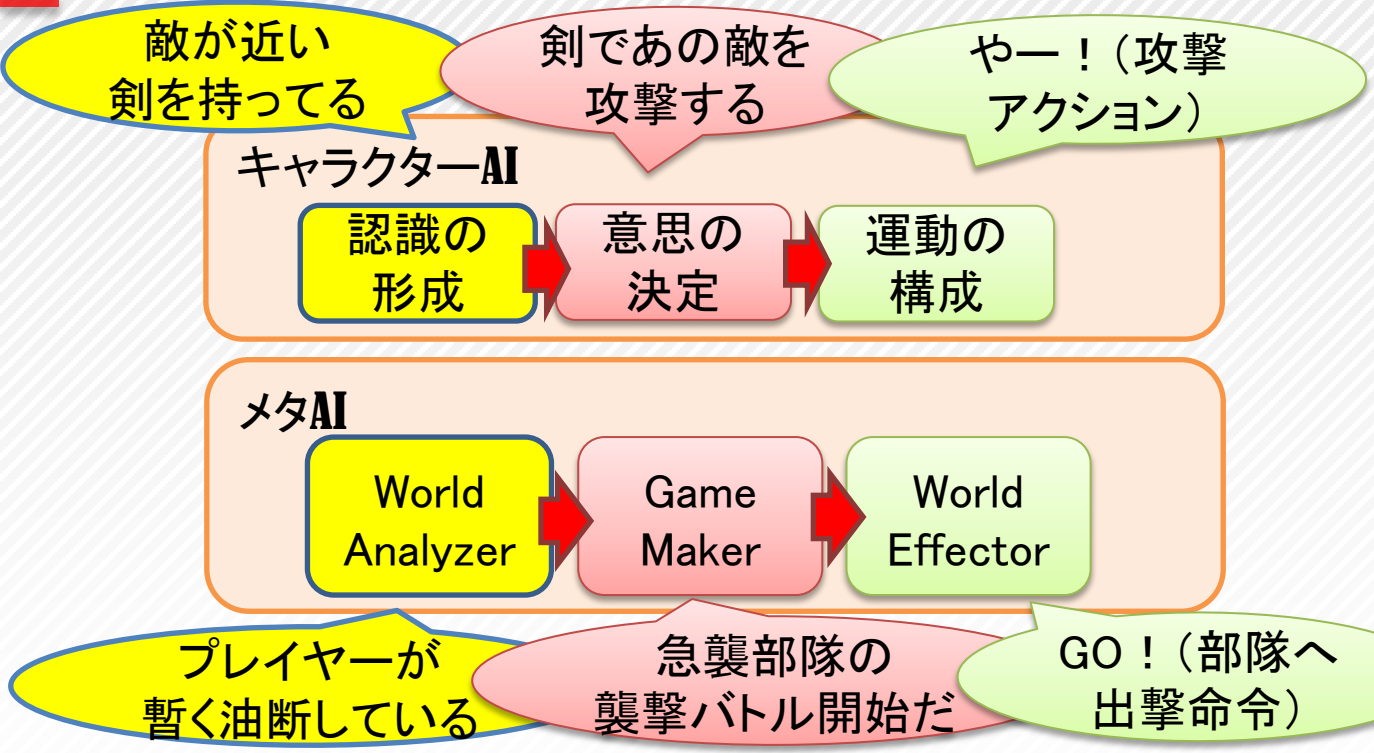
キャラAIとメタAIの比較



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

キャラAIとメタAIの比較

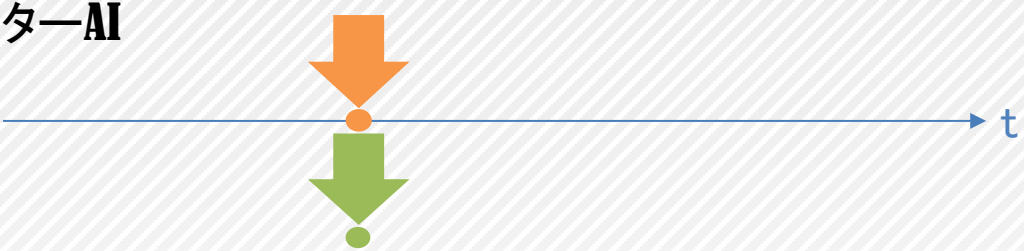


©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

時間幅を持つメタAI

局所短時間のキャラAI、大局長時間のメタAI

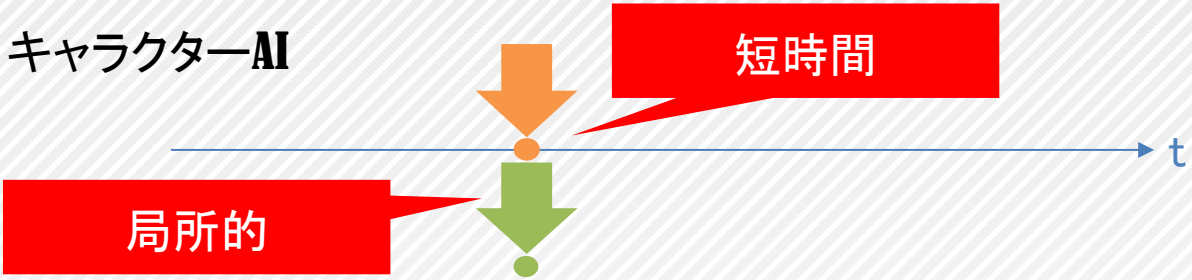
キャラクターAI



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

時間幅を持つメタAI

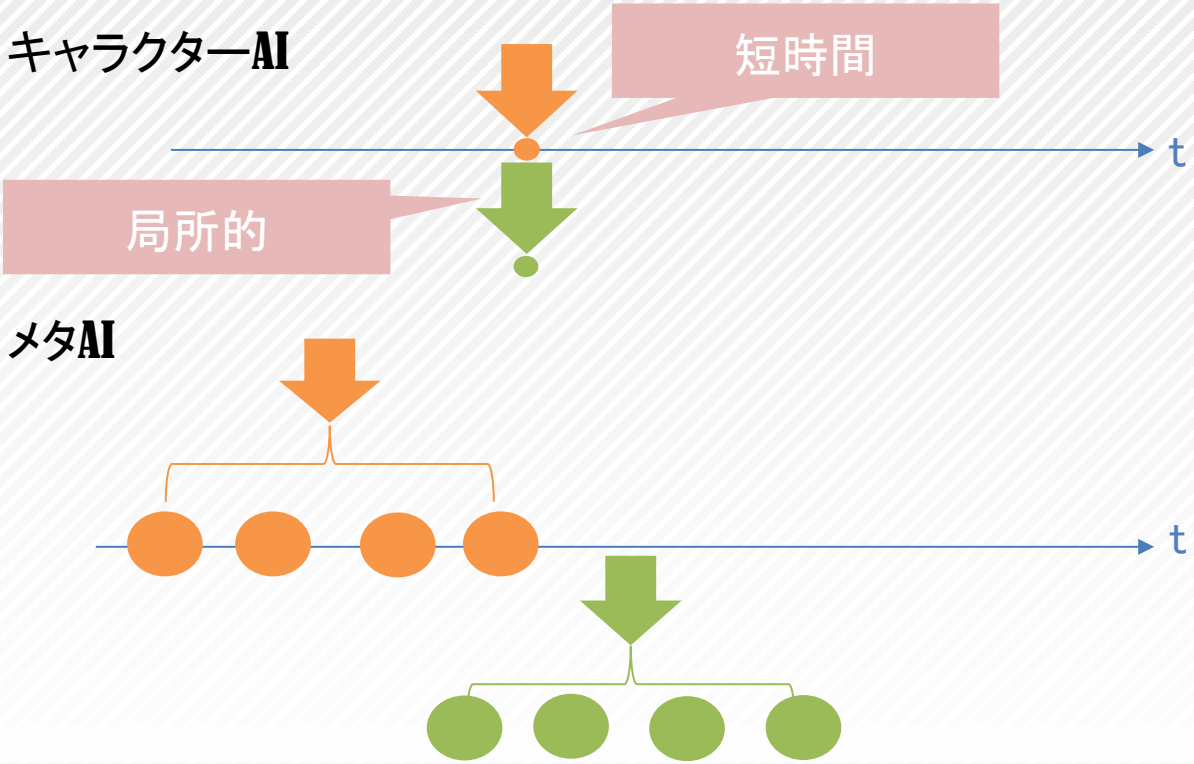
局所短時間のキャラAI、大局長時間のメタAI



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

時間幅を持つメタAI

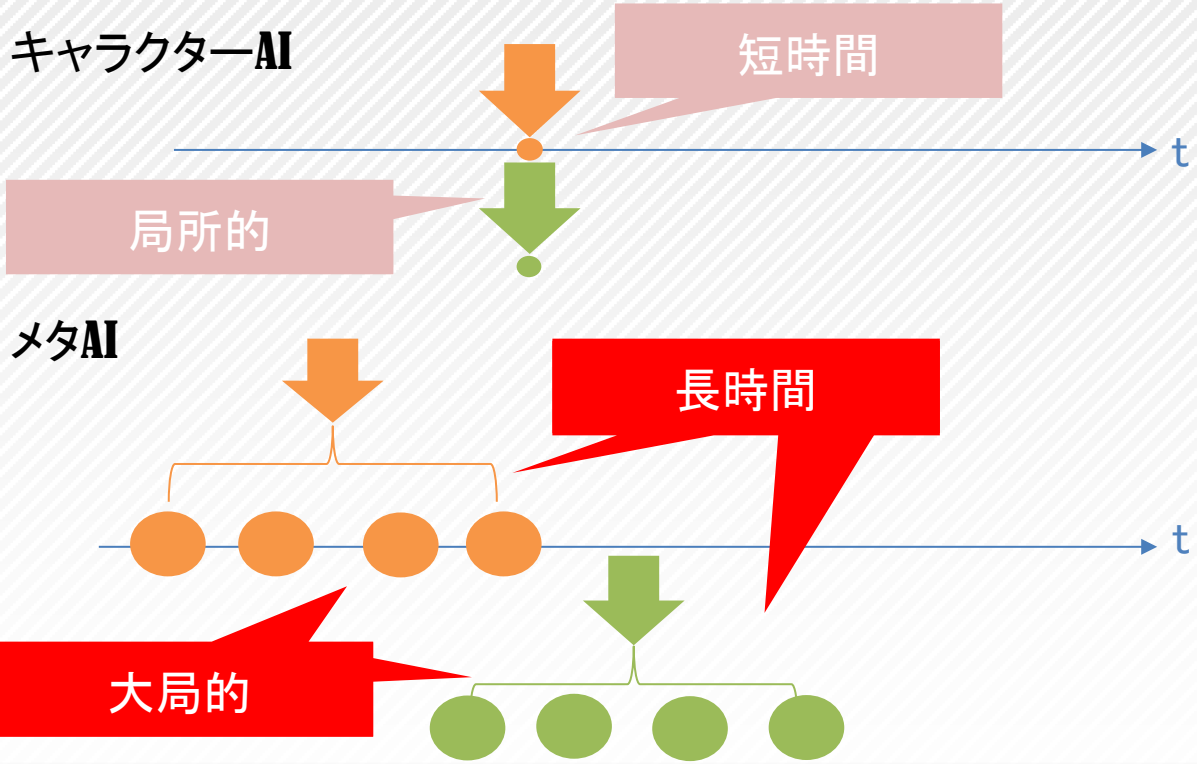
局所短時間のキャラAI、大局長時間のメタAI



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

時間幅を持つメタAI

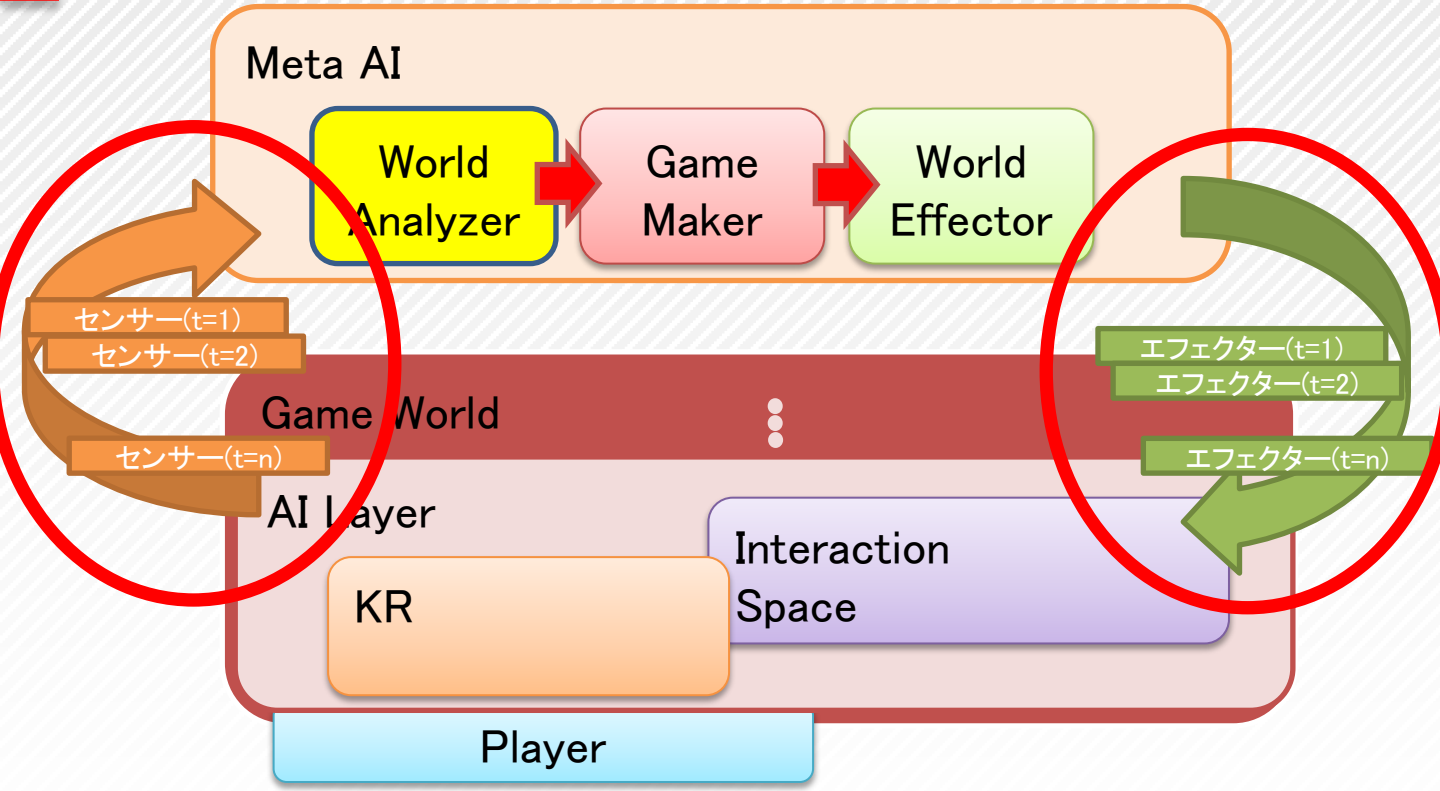
局所短時間のキャラAI、大局長時間のメタAI



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

時間幅を持つメタAI

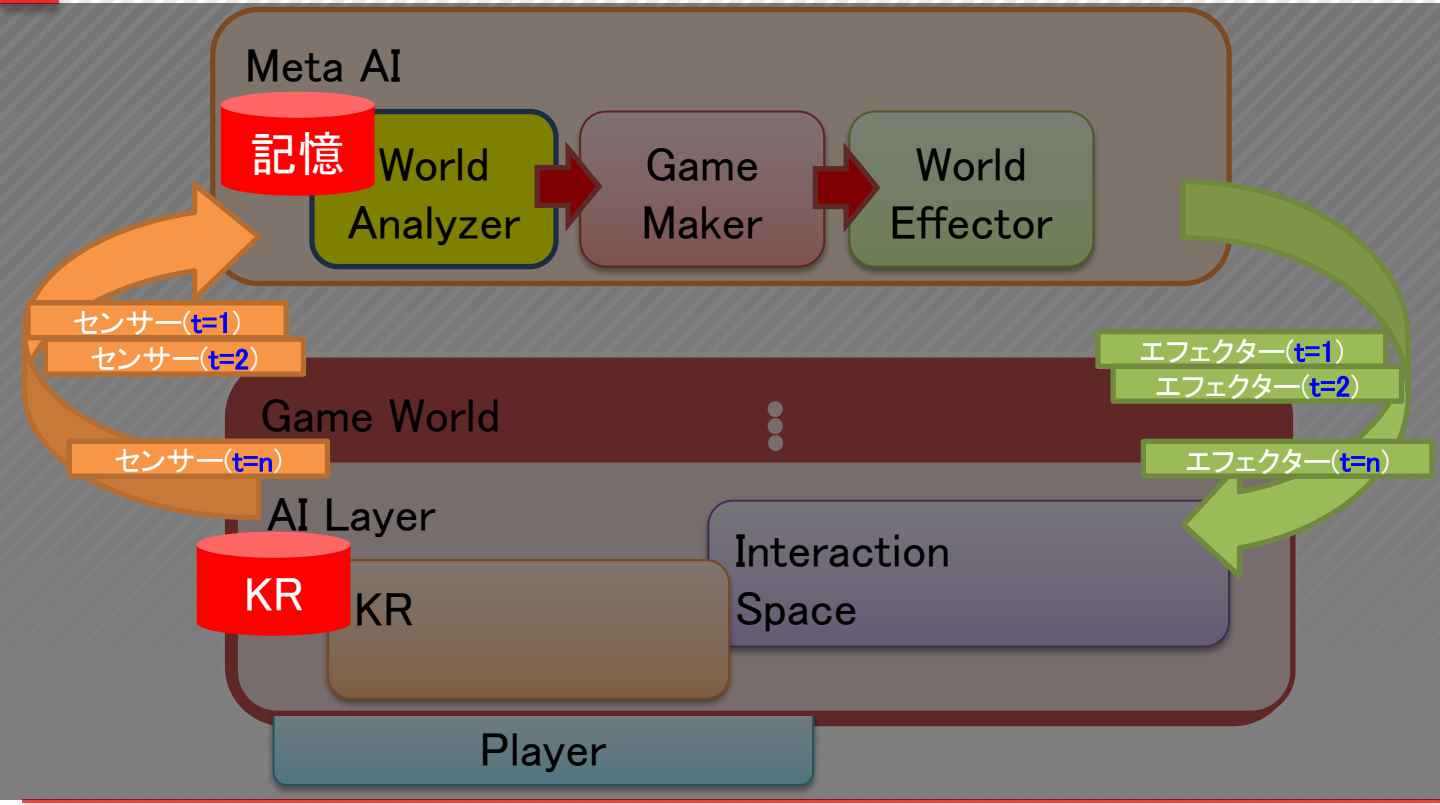
大局的　長時間　を実現するセンサー



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

時間幅を持つメタAI

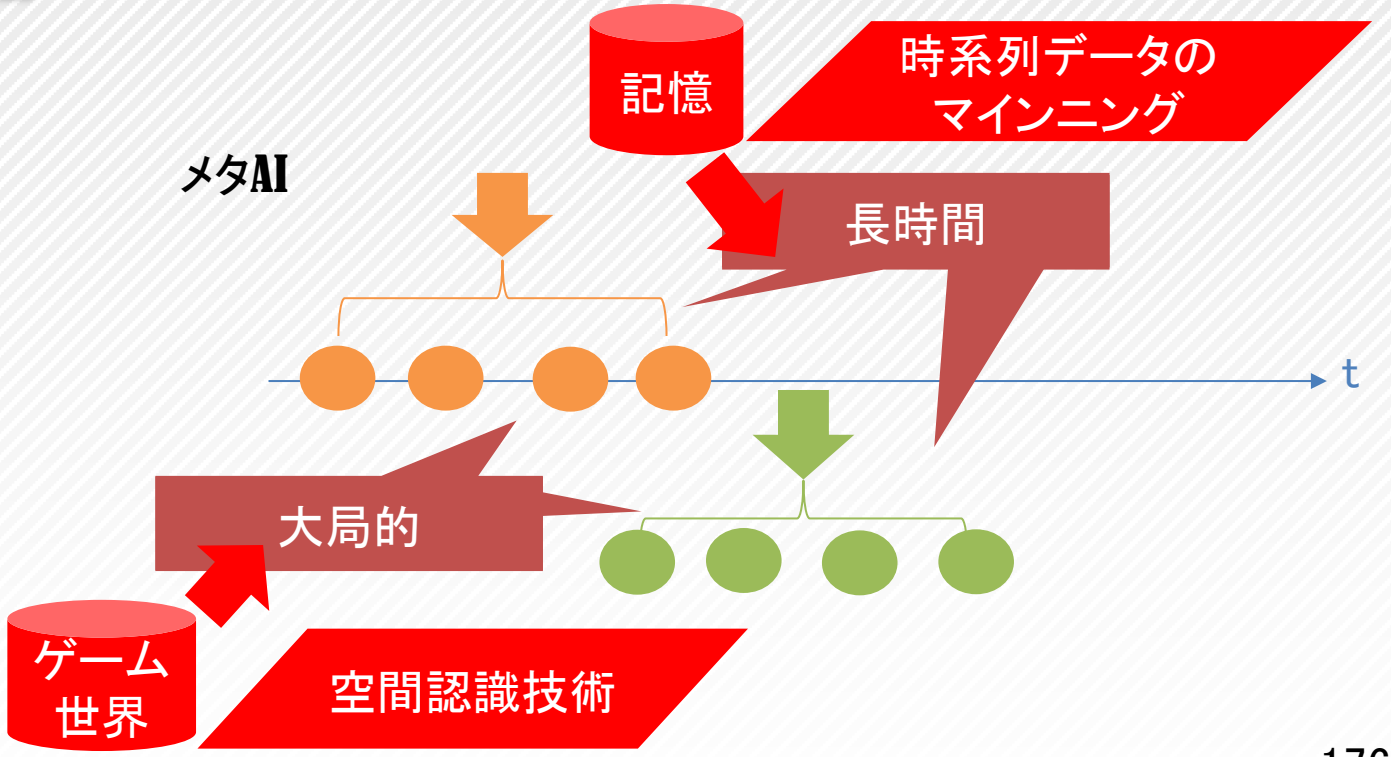
大局的　長時間　を実現するセンサー



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

時間幅・空間領域を持つ認識

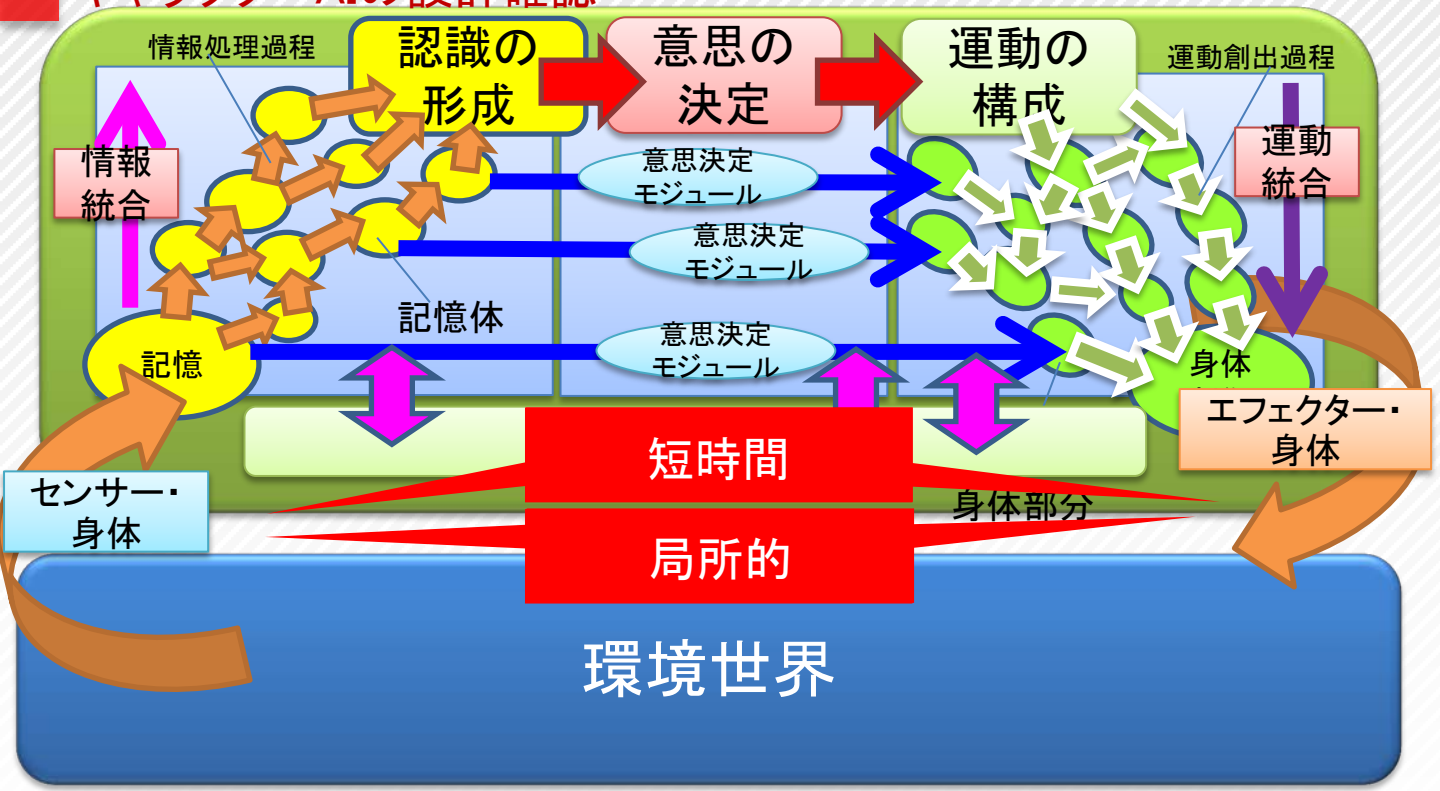
メタAIは長期の演出プランニングが可能



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

キャラクターAIの設計確認

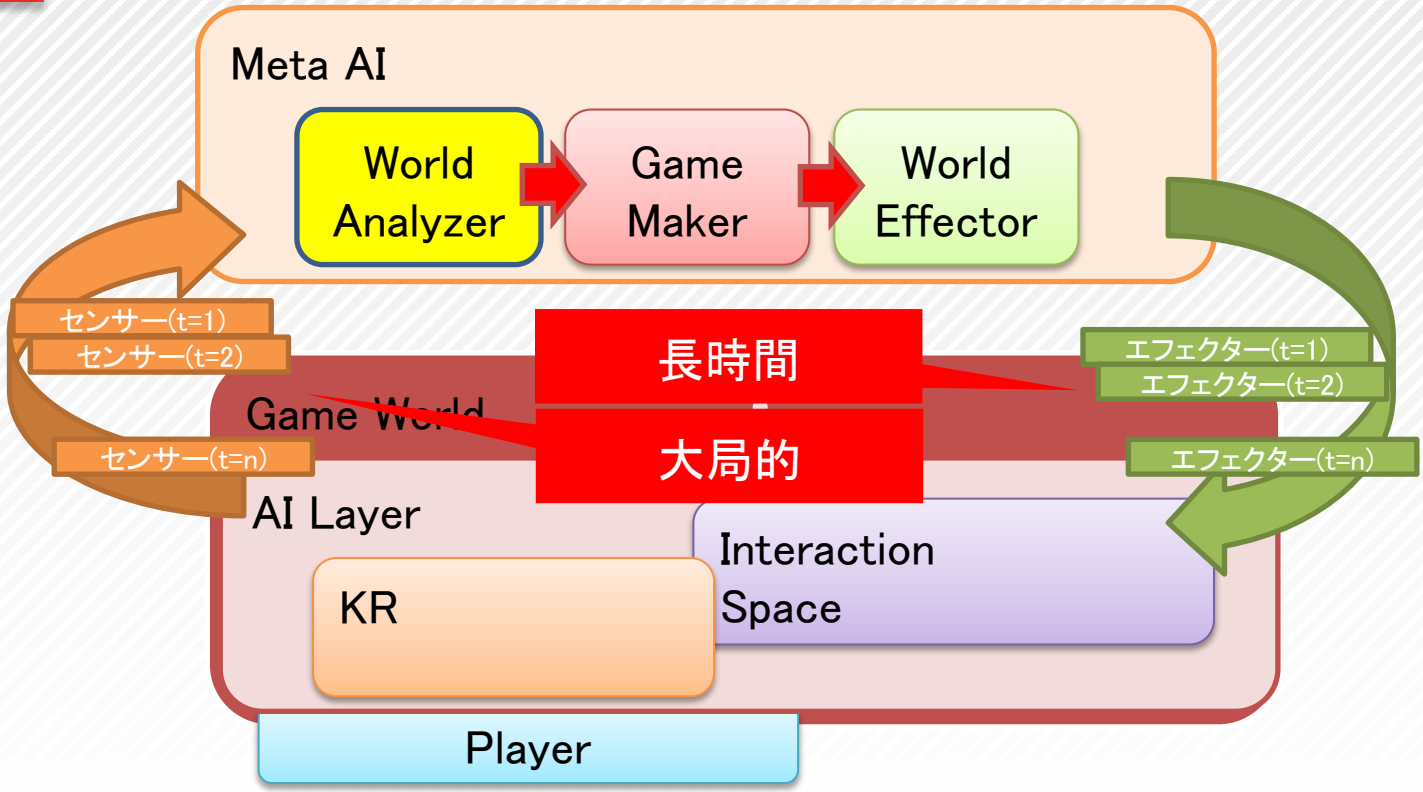


©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

時間幅を持つメタAI

大局的　長時間　なメタAI



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIとキャラAIの違い

扱う空間と時間の違い

メタAI

広い時間と空間を考える
→ ユーザー体験を考える

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

MAIN AGENDA

1. メタAIの研究背景
2. メタAI設計
3. メタAI設計の解説
4. メタAIデモ
5. 課題とまとめ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

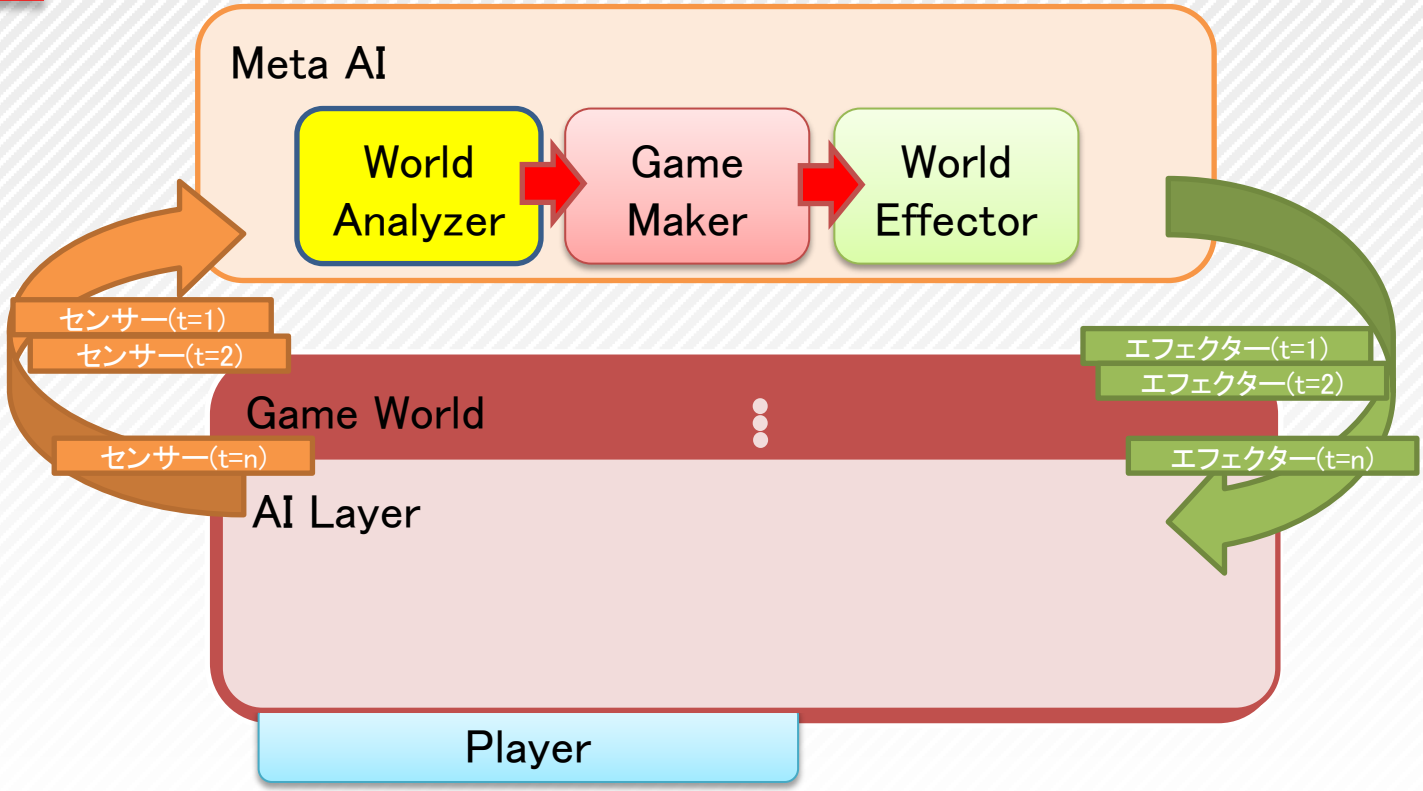
MAIN AGENDA

1. メタAIの研究背景
2. メタAI設計
3. メタAI設計の解説
   - 3.1 メタAI設計～世界編～
   - 3.2 メタAI設計～知識編～
4. メタAIデモ
5. 課題とまとめ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

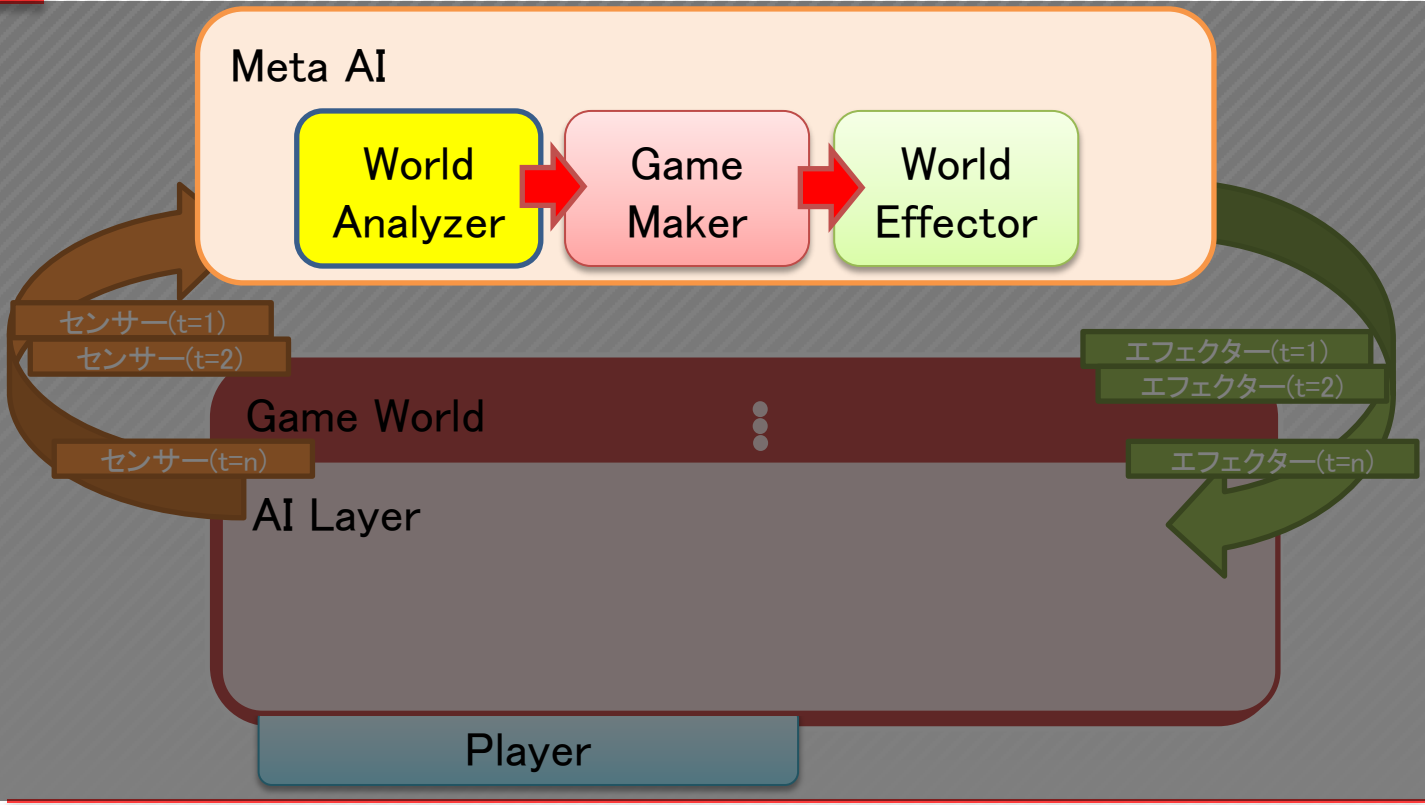
メタAIの構成：ゲーム世界とプレイヤーとメタAI



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

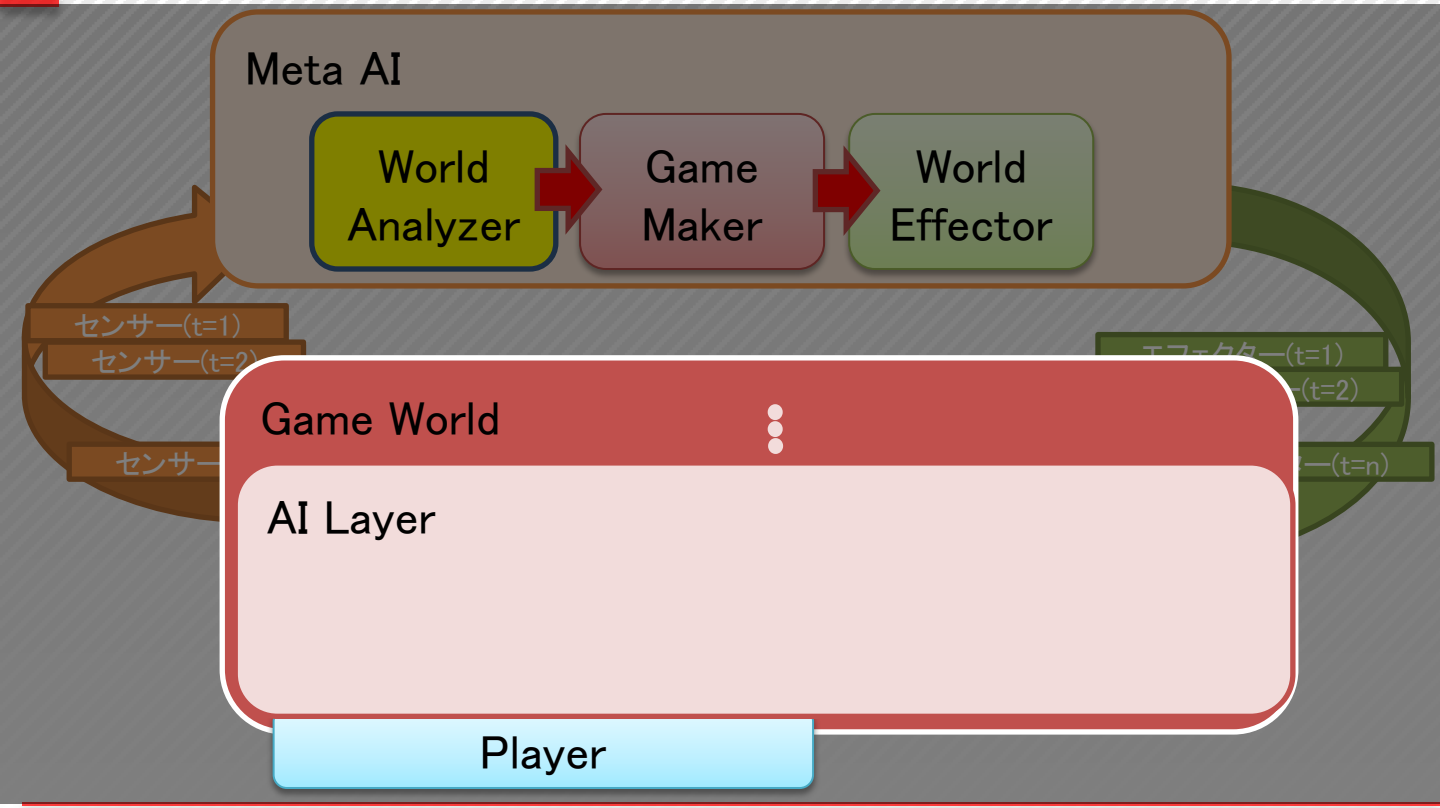
メタAIの構成： ココがメタAIの本体



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

メタAIの構成：　コチラがゲーム全体（Game World＆Player）



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

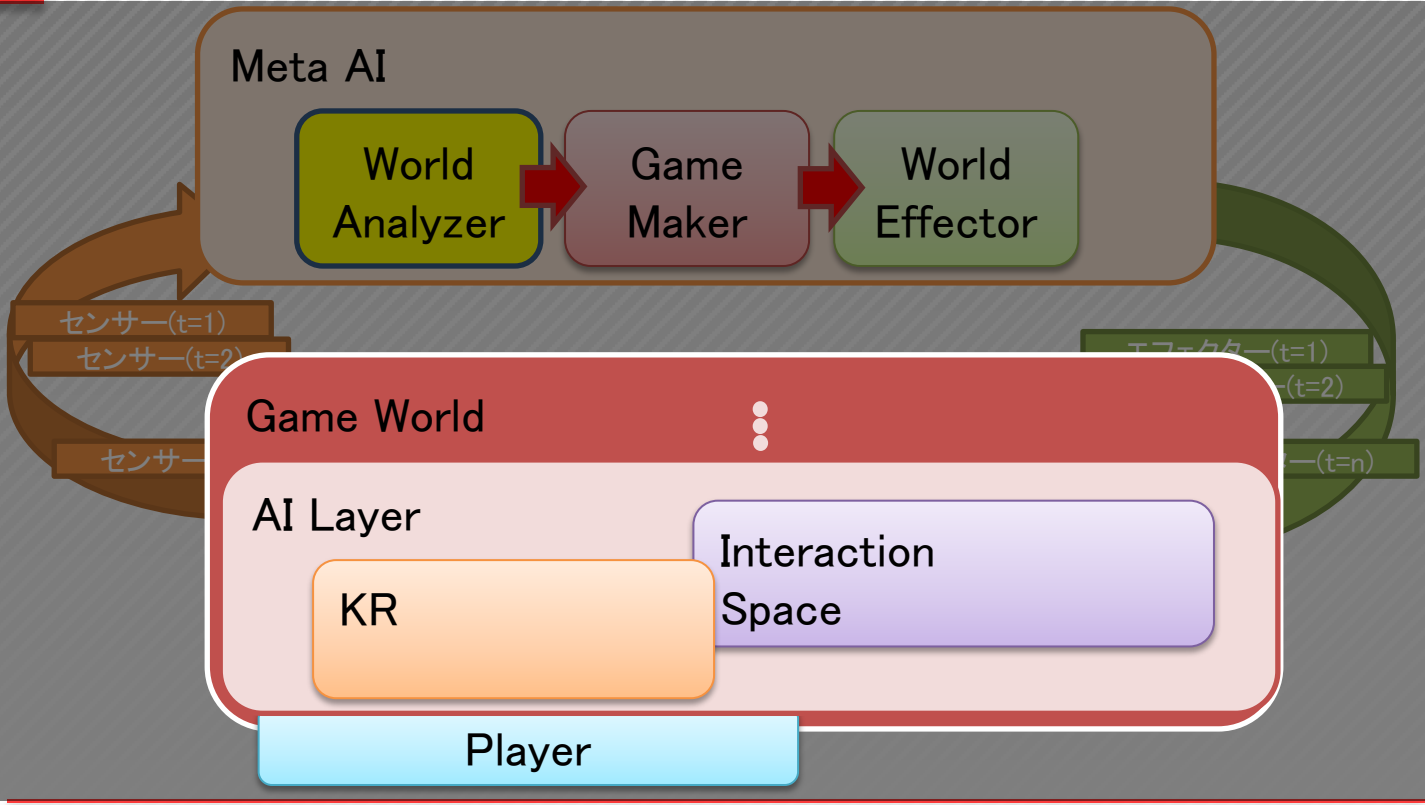
MAIN AGENDA

1. メタAIの研究背景
2. メタAI設計
3. メタAI設計の解説
   - 3.1 メタAI設計～世界編～
   - 3.2 メタAI設計～知識編～
4. メタAIデモ
5. 課題とまとめ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

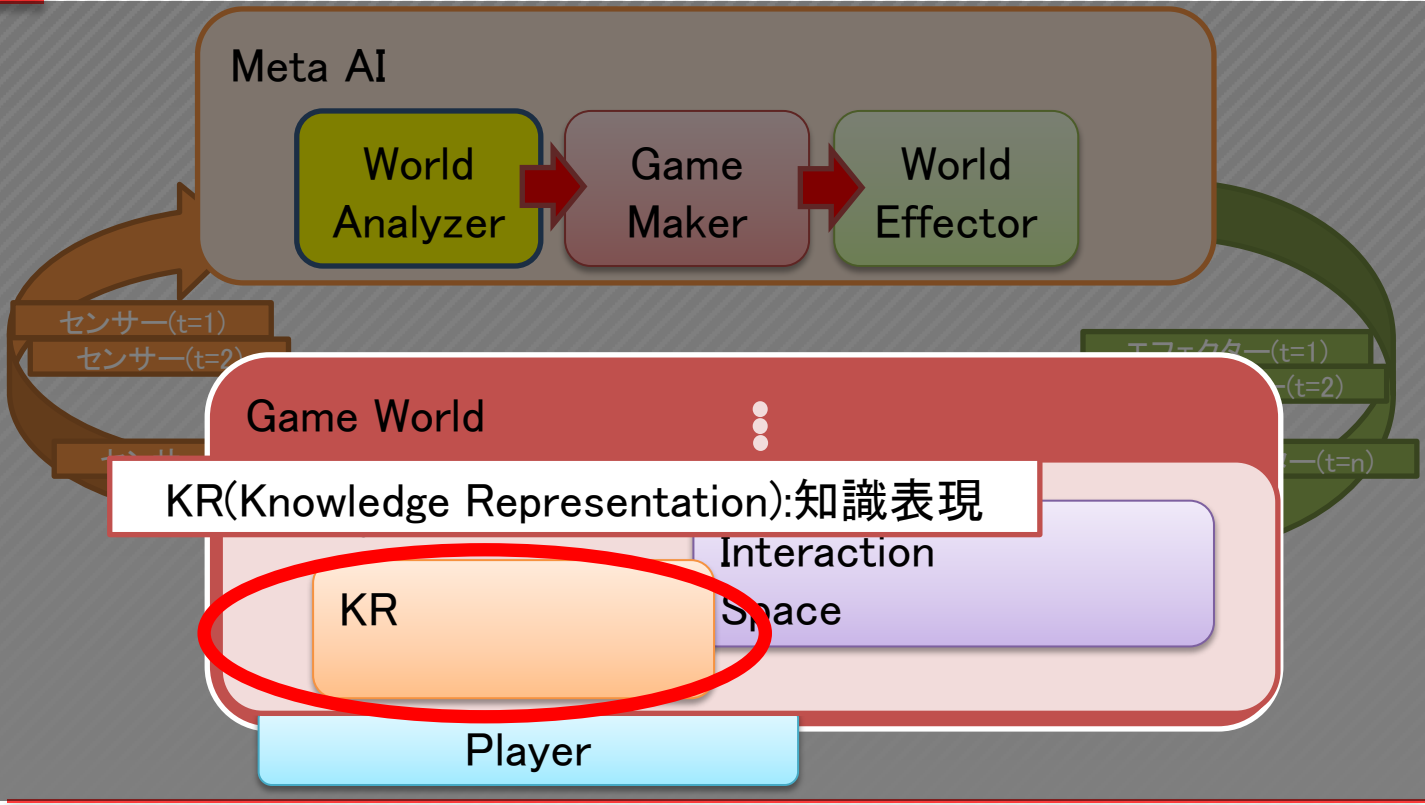
メタAIの構成：　コチラがゲーム全体（Game World＆Player）



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

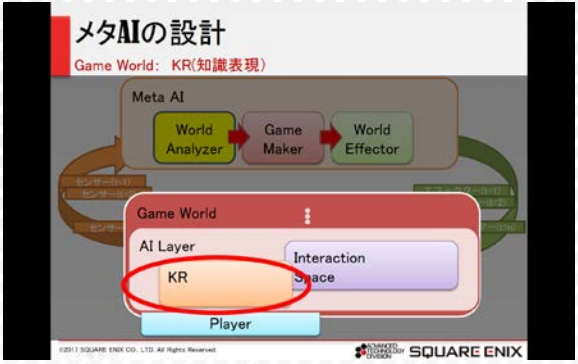
Game World： KR(知識表現)



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Knowledge Representation

KRとは何か



- KR (Knowledge Representation) **とは**
  - **知識表現**と呼ばれる
  - 3D環境は人工知能にとって**複雑すぎる**
  - ゲーム内の「**物・事・世界**」を**人工知能の扱いやすいデータ形式**で表現したモノ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Knowledge Representation

KRの具体例

ゲーム世界	KR（知識表現）	AIが分かる事
3Dマップ	**ナビゲーション・データ**	移動可能範囲 目的地までの最短経路
オブジェクト	**アフォーダンス**	そのオブジェクトで何が出来るか
イベント	**イベント表現**	イベント関係キャラクター 何が起こったのか
敵分布	**ヒートマップ**	どのような比率で敵が分布している
過去の出来事	**ログデータ（友好度）**	直近何があったか これまでどういう事がどの程度の頻で発生したか 今後何が起こりそうか

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Knowledge Representation

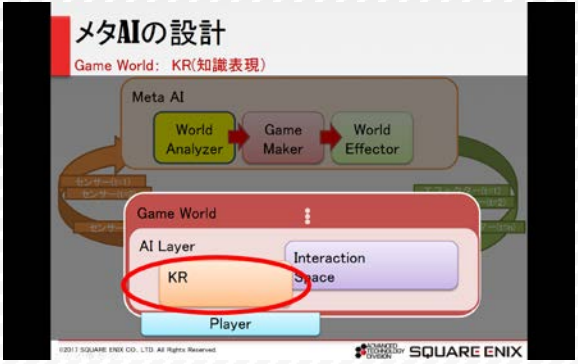
KRの具体例

KR（知識表現）	ゲーム名	具体例
ナビゲーション・データ	FINAL FANTASY XV FINAL FANTASY XIV	ナビメッシュ ネットワークグラフ＆ルックアップテーブル
アフォーダンス	The Sims	椅子：座れる 冷蔵庫：食べ物を出して調理して食べられる
イベント表現	Gunslinger	「うわさシステム」 どのNPCがどのようなことをしたかという情わさとしてNPC間で共有される
ヒートマップ	WARFRAME	プレイヤーの進路予想→敵の配置
友好度	Neverwinter Nights	各行動の結果、他種族との有効度が変化する

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Knowledge Representation

KRとは何か

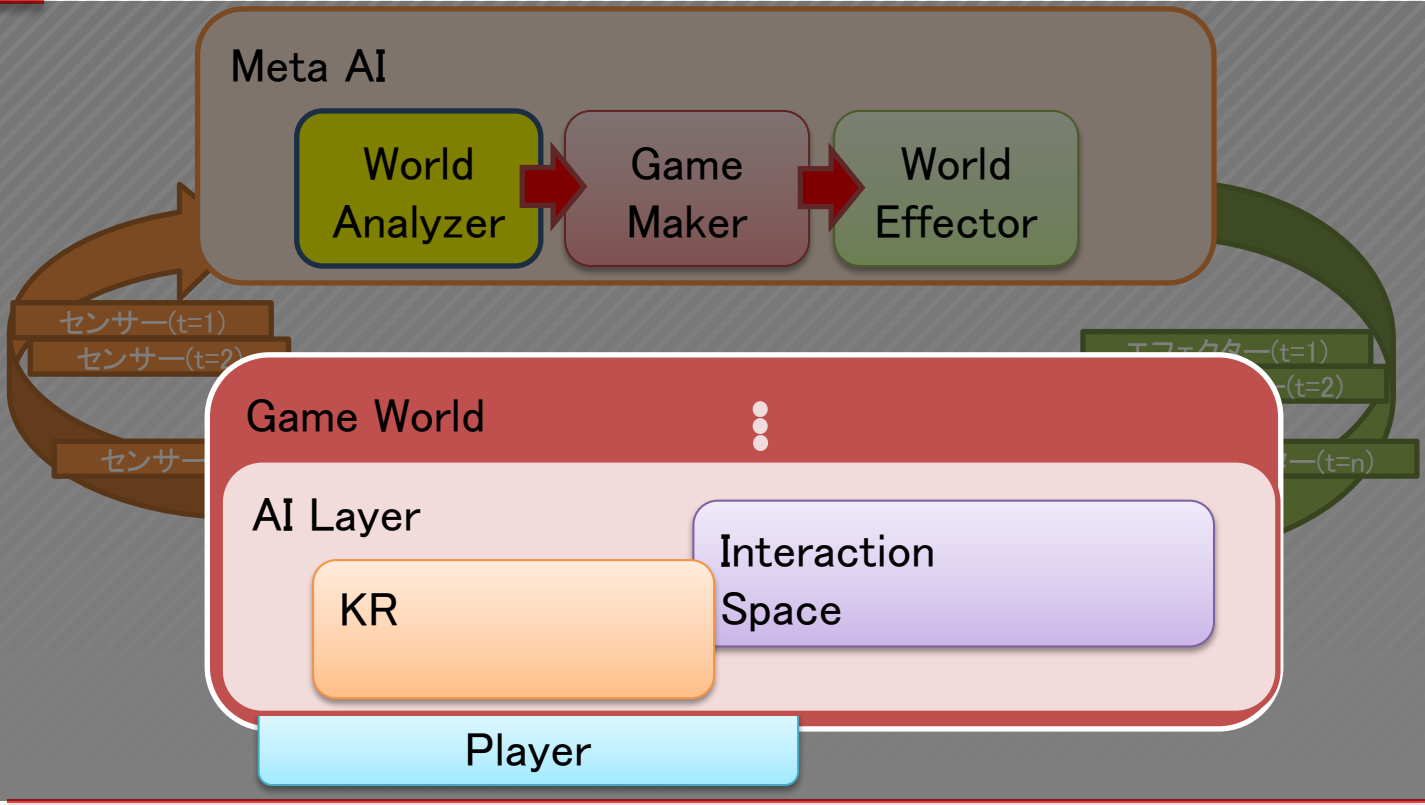


- **KR (Knowledge Representation) とは**
  - **知識表現**と呼ばれる
  - 3D環境は人工知能にとって**複雑すぎる**
  - ゲーム内の「**物・事・世界**」を**人工知能の扱いやすいデータ形式**で表現したモノ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

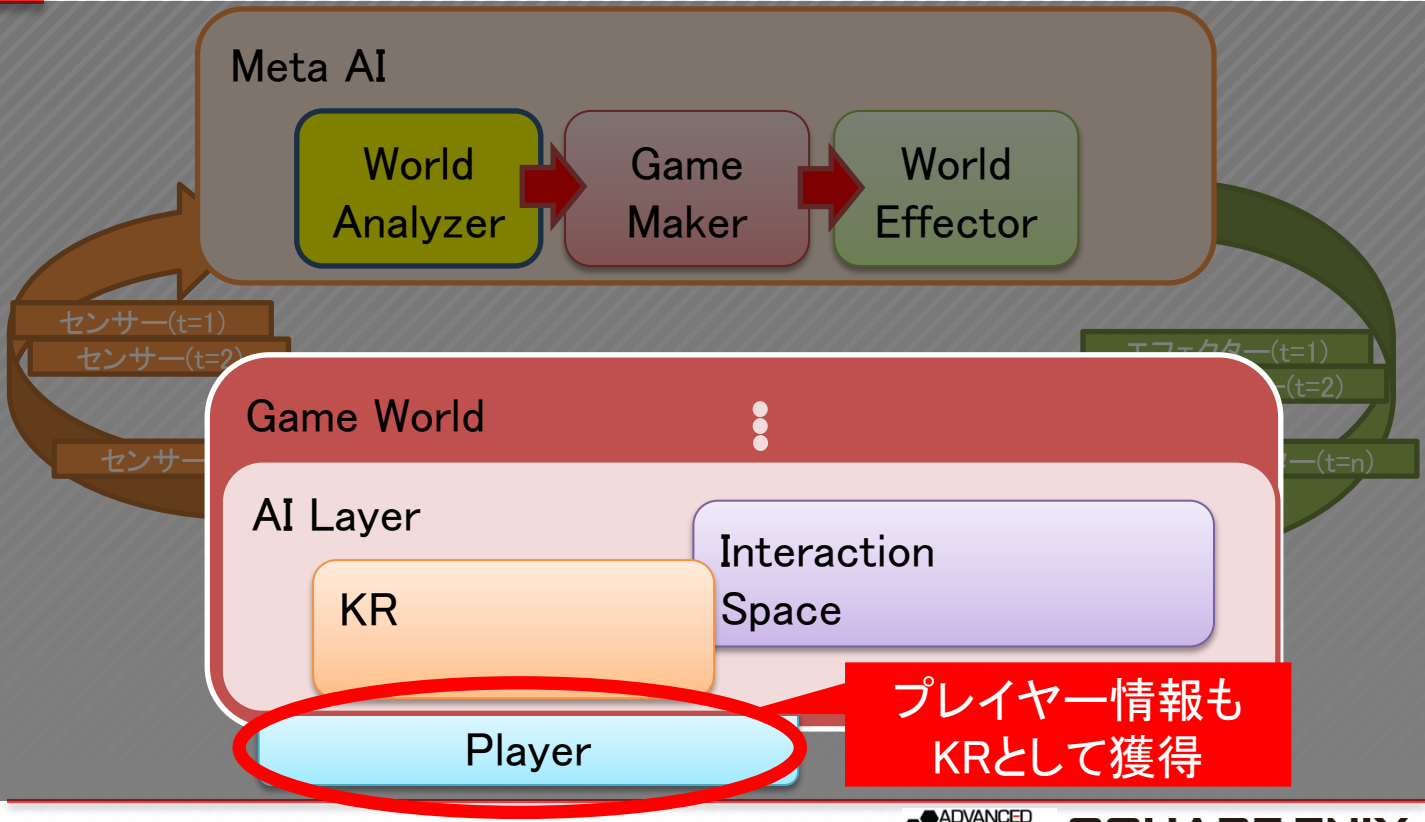
メタAIの構成： コチラがゲーム世界（Game World）



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

Game World(+α): プレイヤー情報



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

KRとしてのプレイヤー情報

メタAIはゲーム世界の外の情報すら扱う

- KR（**知識表現**）としての
  プレイヤーログ → **プレイヤー情報**
  - **プレイヤー感情（例えば、生体情報）**
    - 脳波
    - スキンコンダクタンス
    - アイトラッキング
    - 脈拍
  - **SNSへの書き込み**
  - **最近見たDVD　　…etc**

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

KRとしてのプレイヤー情報

メタAIはゲーム世界の外の情報すら扱う

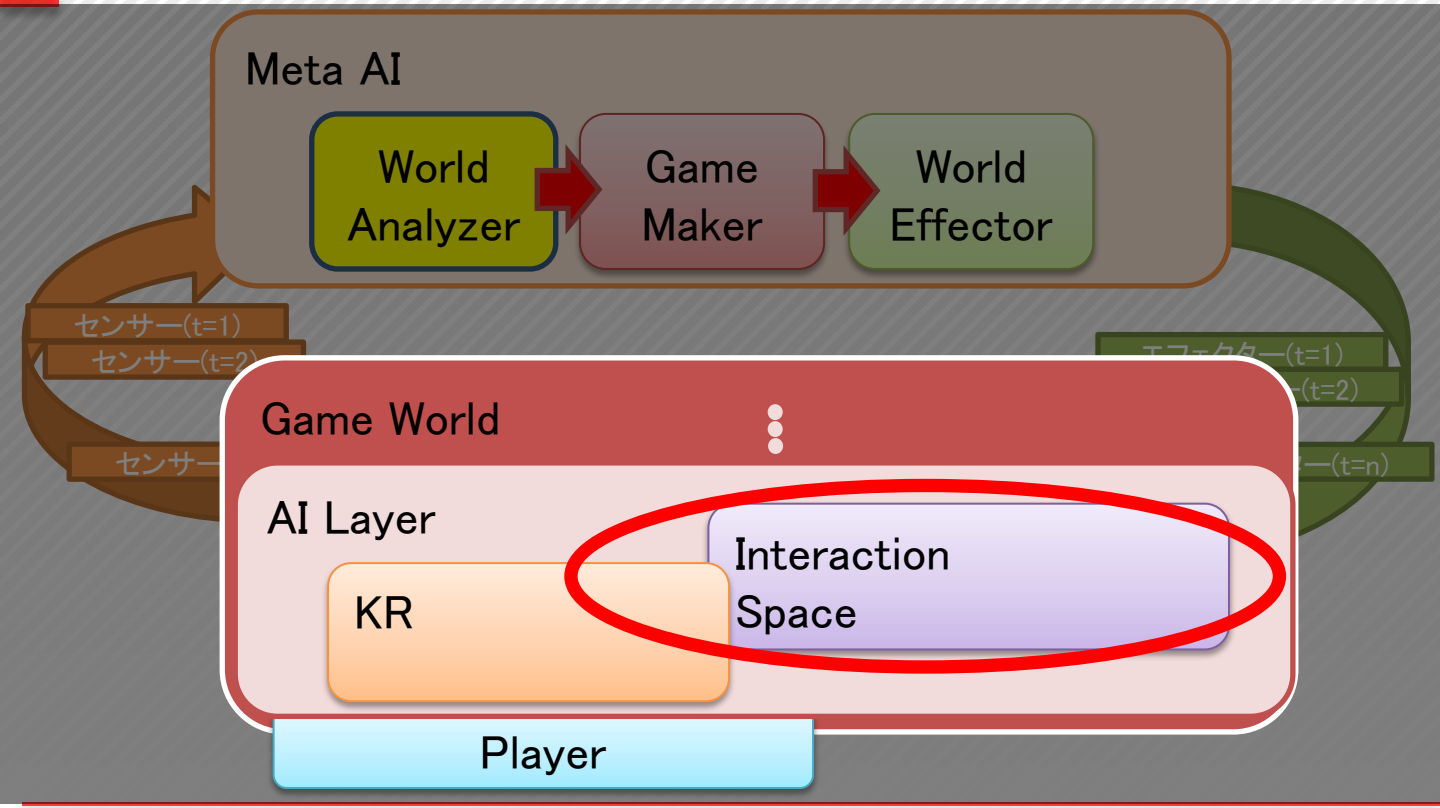
- KR（**知識表現**）としての**プレイヤー情報**
  - **プレイヤー感情**
    - 脳波
    - スキンコンダクタンス
    - アイトラッキング
    - 脈拍
  - **SNSへの書き込み**
  - **最近見たDVD**　　…etc

ゲームの枠すら
飛び越えられる

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

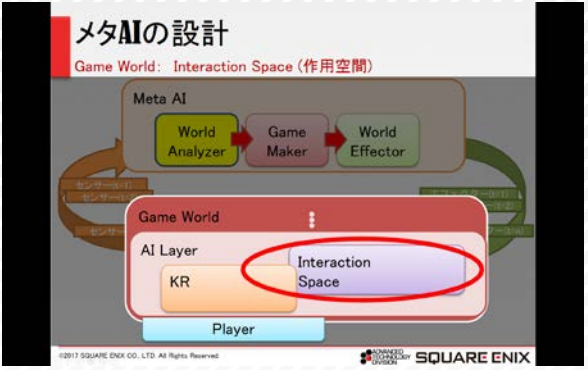
Game World： Interaction Space（作用空間）



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Interaction Space

ゲーム世界へ作用する部分



- Interaction Space
  - **作用空間**
  - AIの最終決定をゲーム世界に**反映させる**空間
  - **エフェクターからの入力**を受け取る場所
  - このInteraction Spaceの**広さ**（＝メタAIが調整できる**種類数**）がメタAIが**どこまでゲームへ干渉できるか**を決める

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Interaction Space

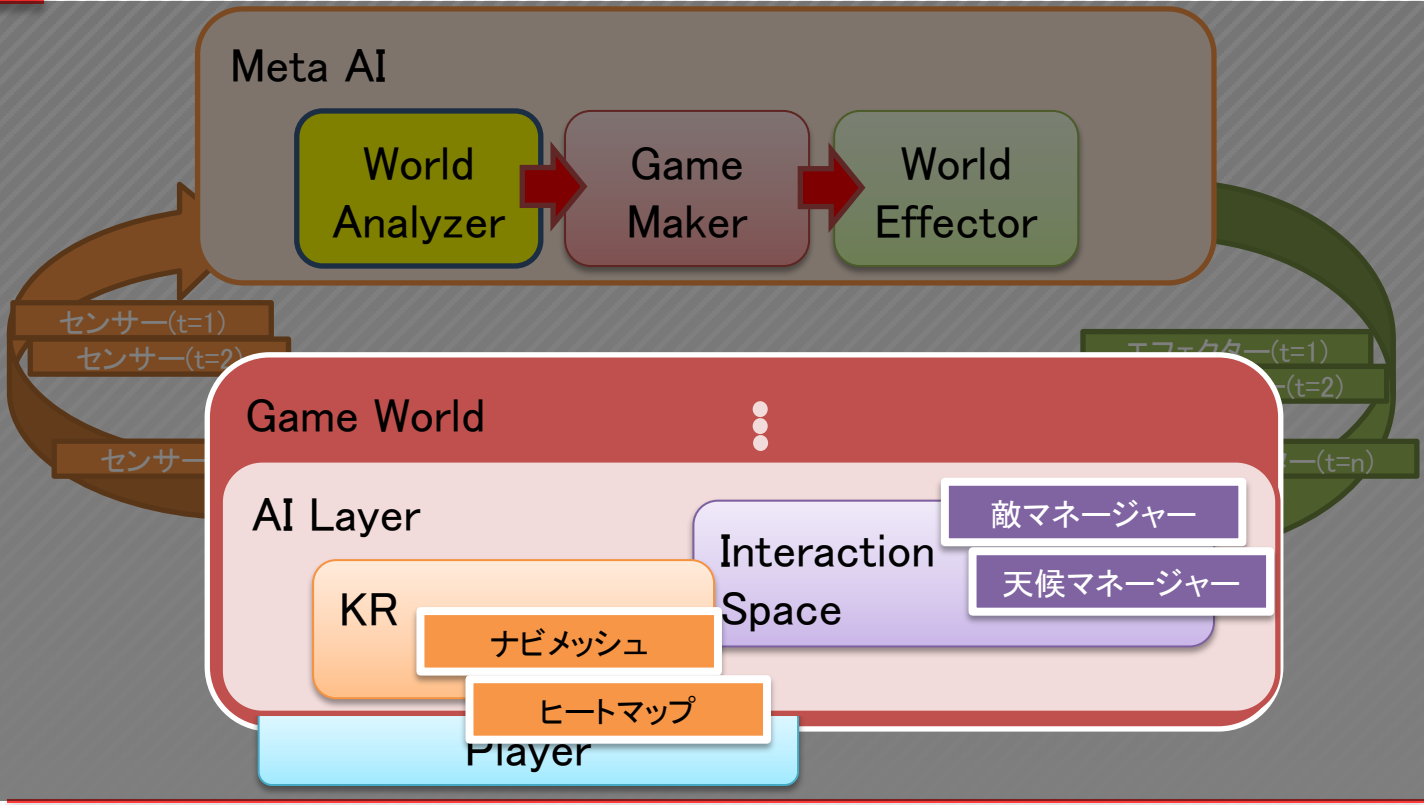
Interaction Spaceの具体例

メタAIの目的	Interaction Space	何が起こるか
敵にプレイヤーを襲わせたい	**敵マネージャー**	パラメータに基づいた種類の敵をプレイヤーに向かわせる
雨を降らせたい	**天候マネージャー**	天候が雨に変わる
NPC同士の抗争見せたい	**抗争マネージャー**	プレイヤー位置に対して最適なNPCが選れ、抗争が発生する
プレイヤーを回させたい	**ドロップアイテムマネージャー**	倒した敵が回復アイテムをドロップしやる

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

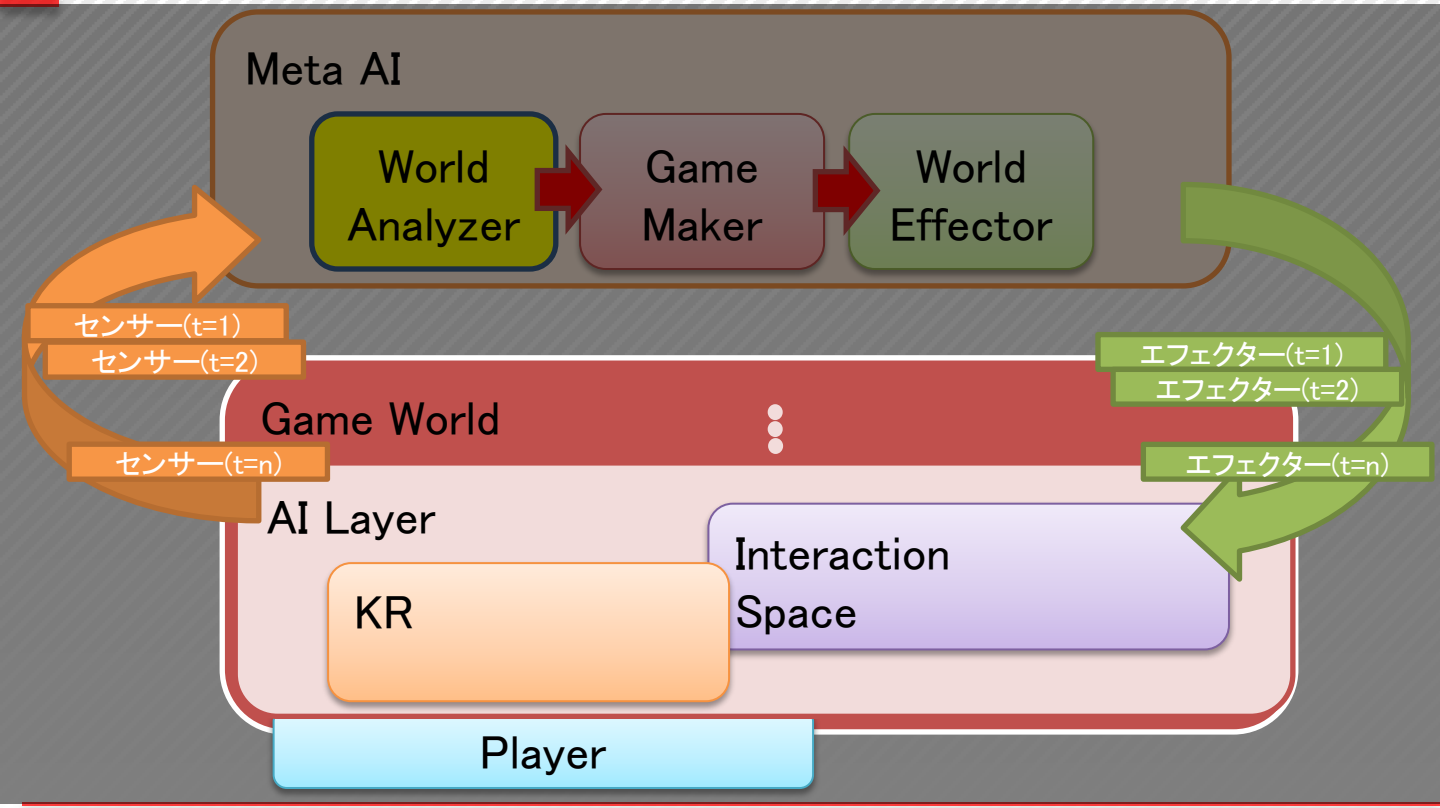
Game World： KRとIS（具体例）



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

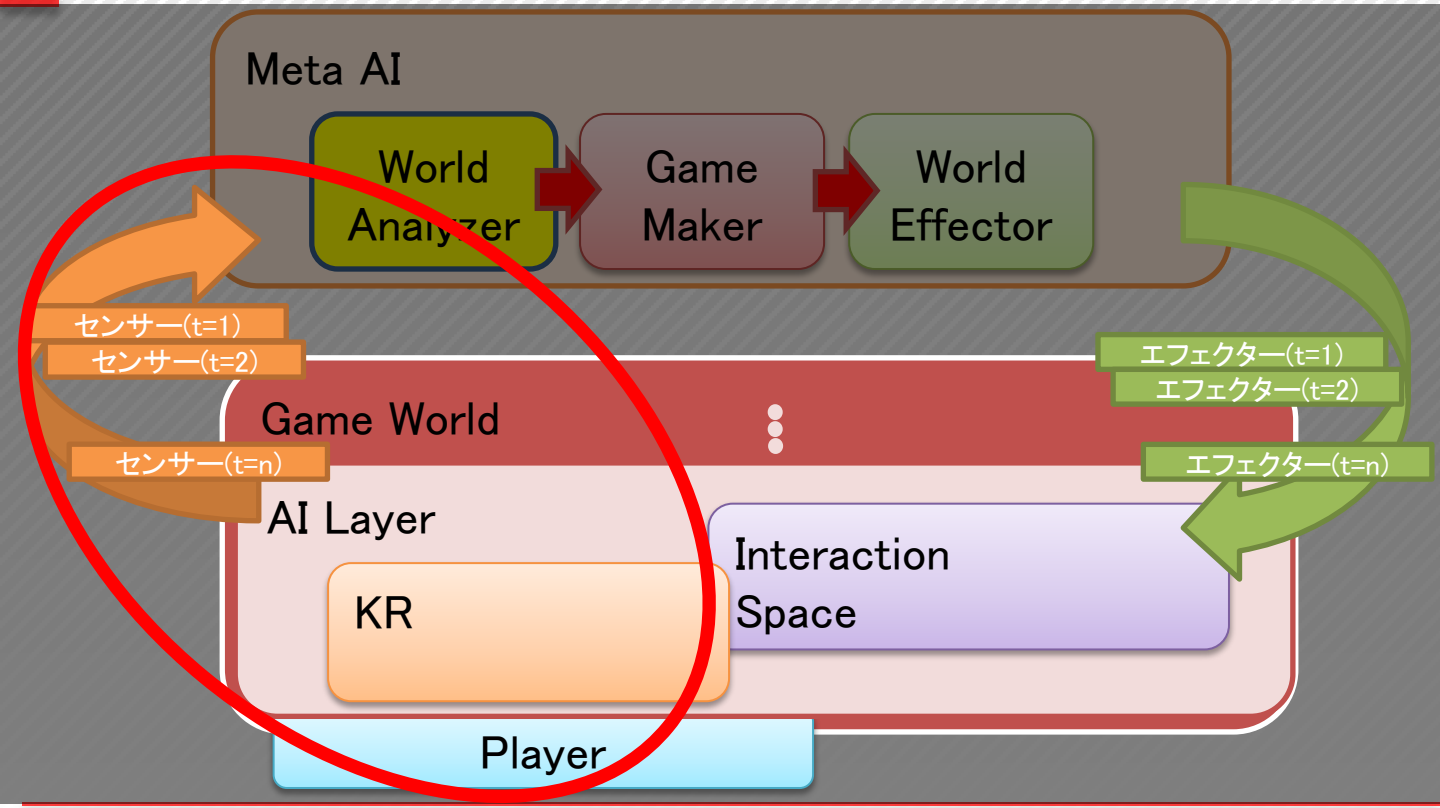
Game World： KR＆センサー（入力） と IS＆エフェクター（出力）



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

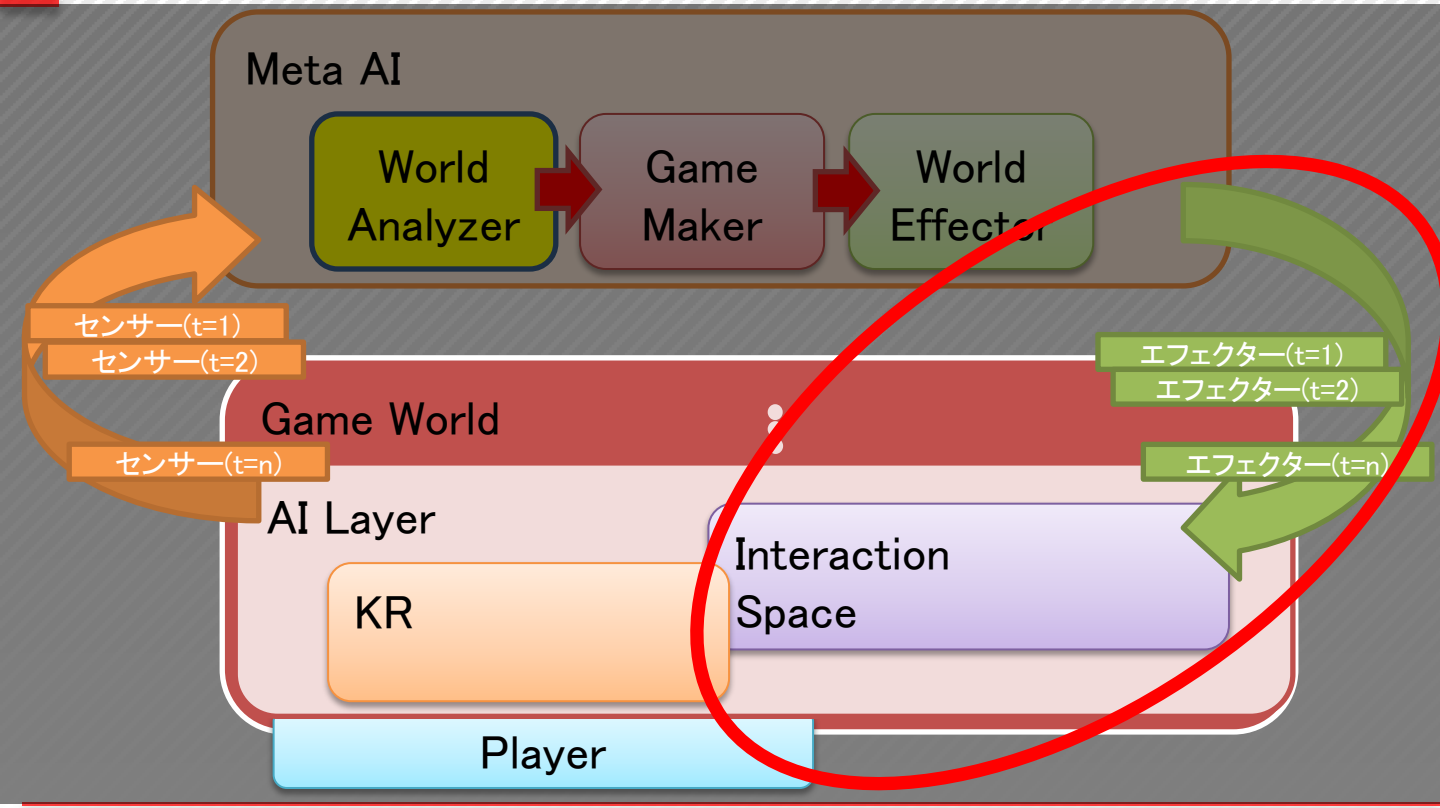
Game World： KR＆センサー（入力） と IS＆エフェクター（出力）



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

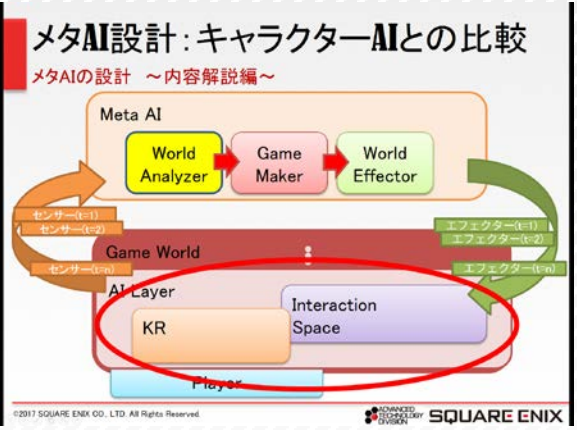
Game World： KR＆センサー（入力） と IS＆エフェクター（出力）



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

まとめ：世界編

「メタAIに渡すためのKR」と「メタAIから受け取るためのIS」



メタAIに渡すためのKR

- KR: Knowledge Representation(知識表現)
- メタAIがゲーム世界を理解するために作られる

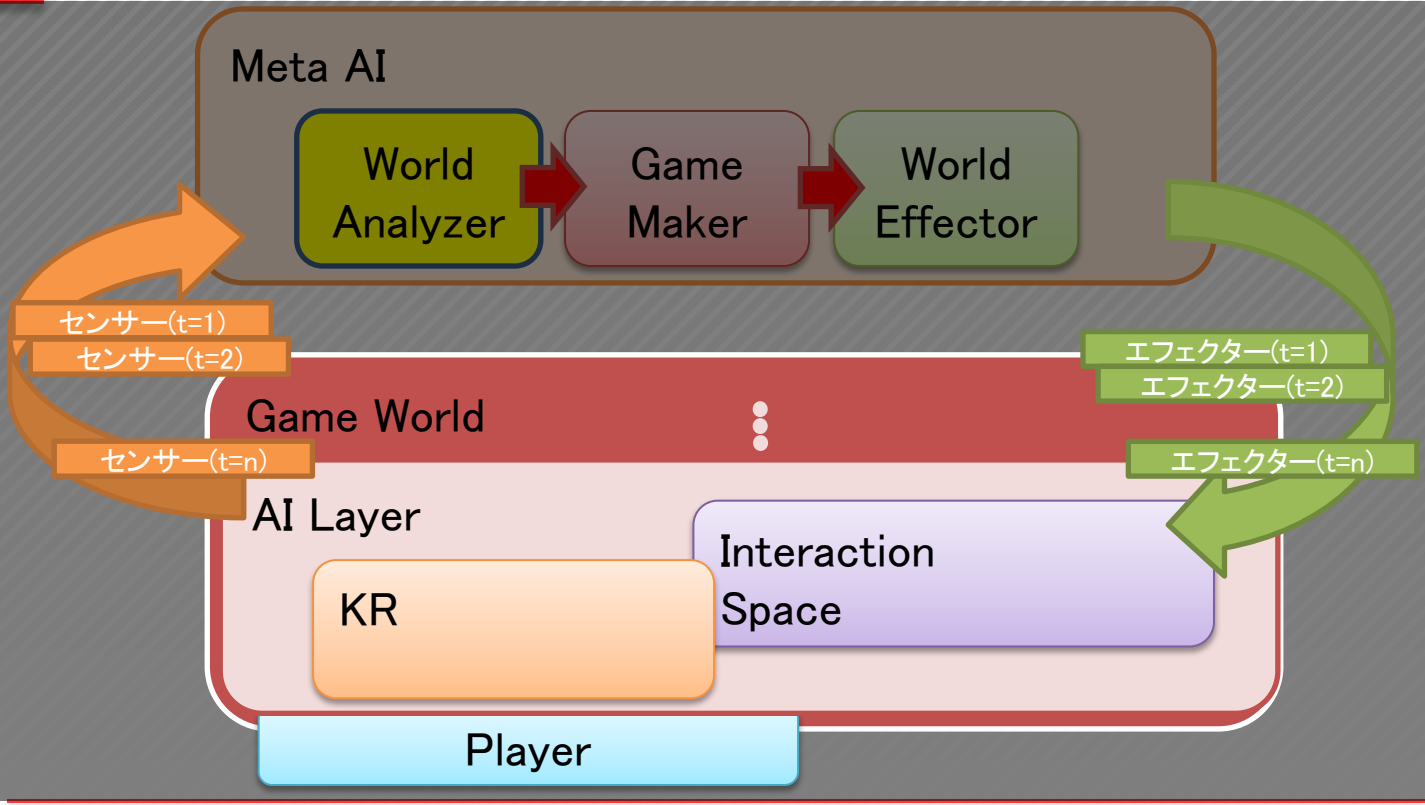
メタAIから受け取るためのIS

- IS: Interaction Space（作用空間）
- メタAIから指示を受け取るために用意される

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

Game World： KR と IS と Player



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

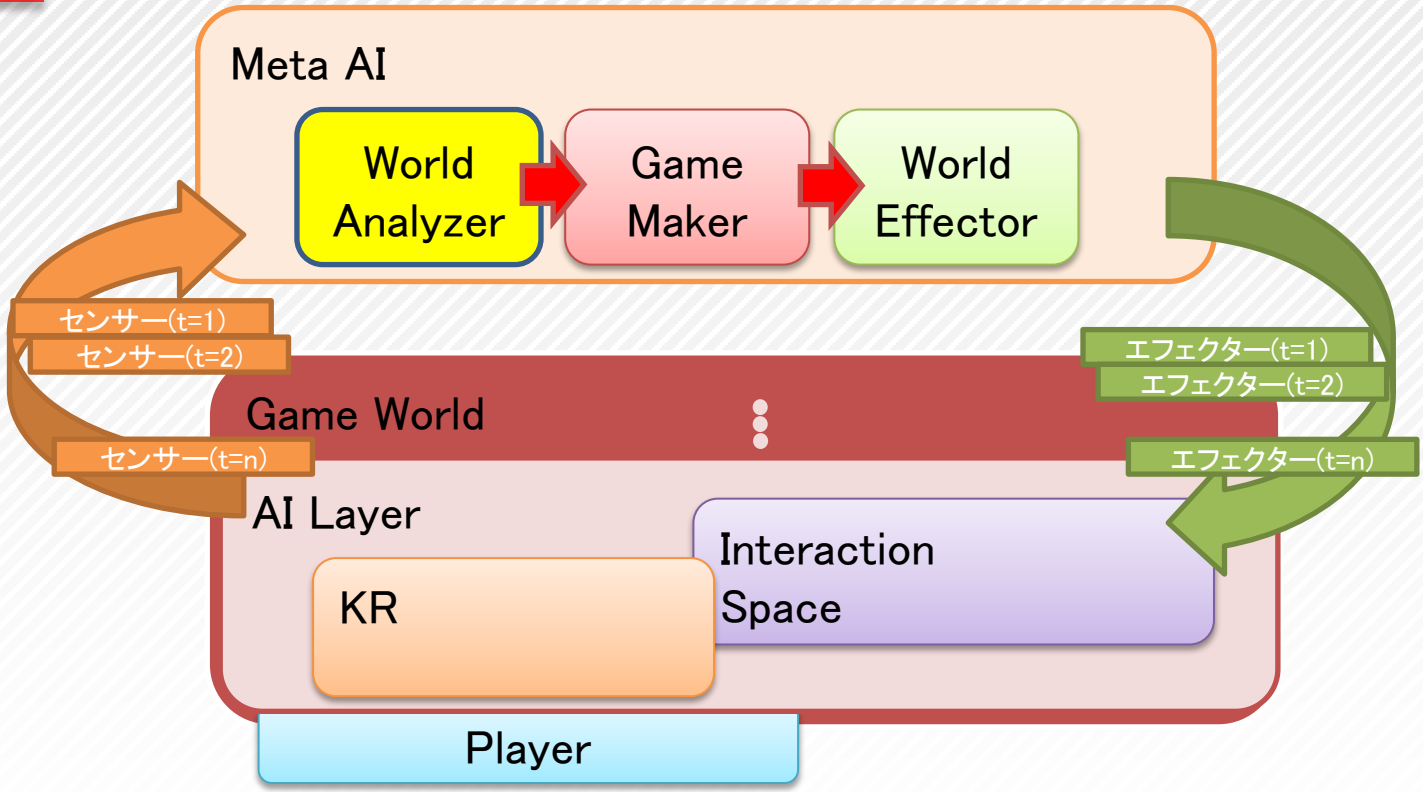
MAIN AGENDA

1. メタAIの研究背景
2. メタAI設計
3. メタAI設計の解説
   - 3.1 メタAI設計～世界編～
   - **3.2 メタAI設計～知識編～**
4. メタAIデモ
5. 課題とまとめ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

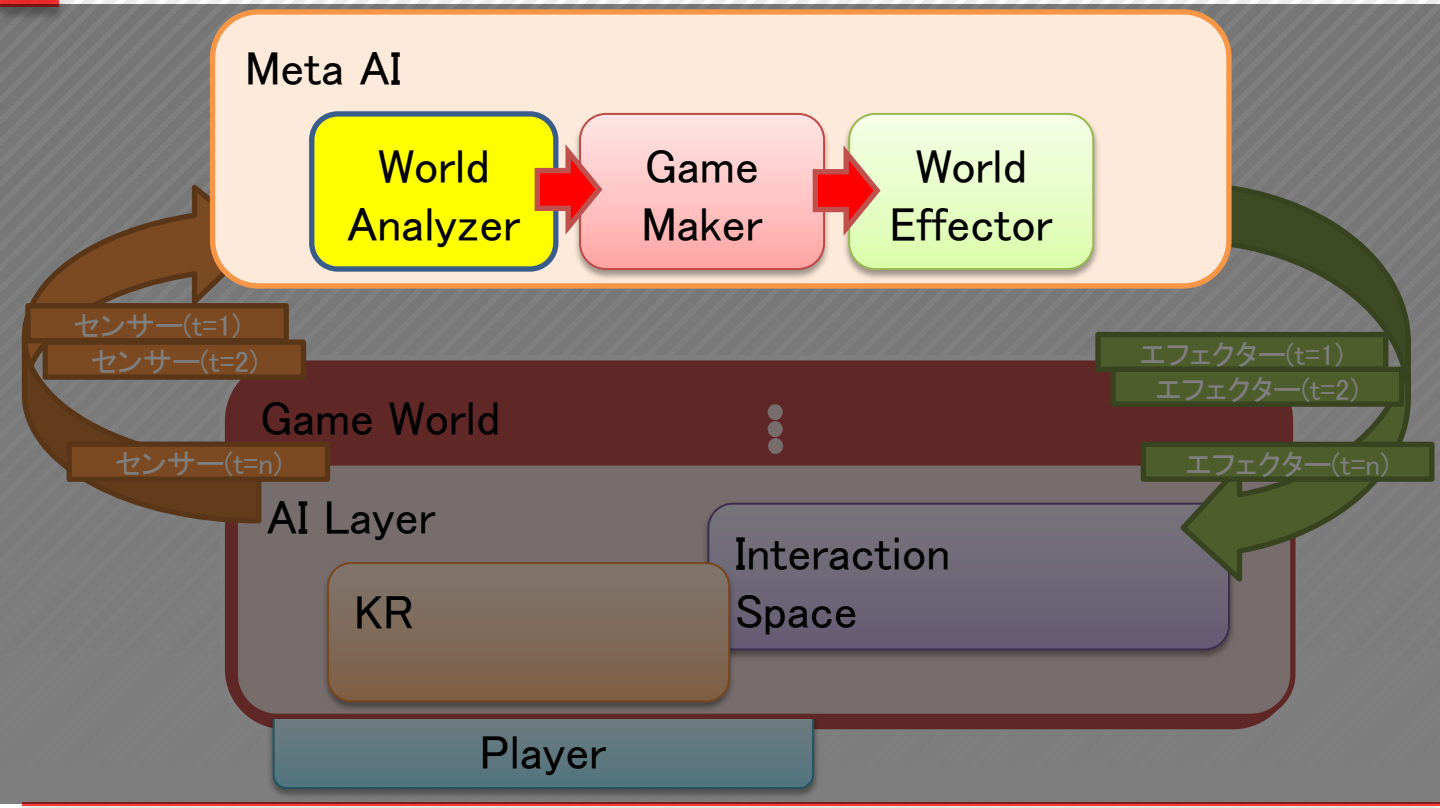
これが　メタAIの設計（提案）　だ



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

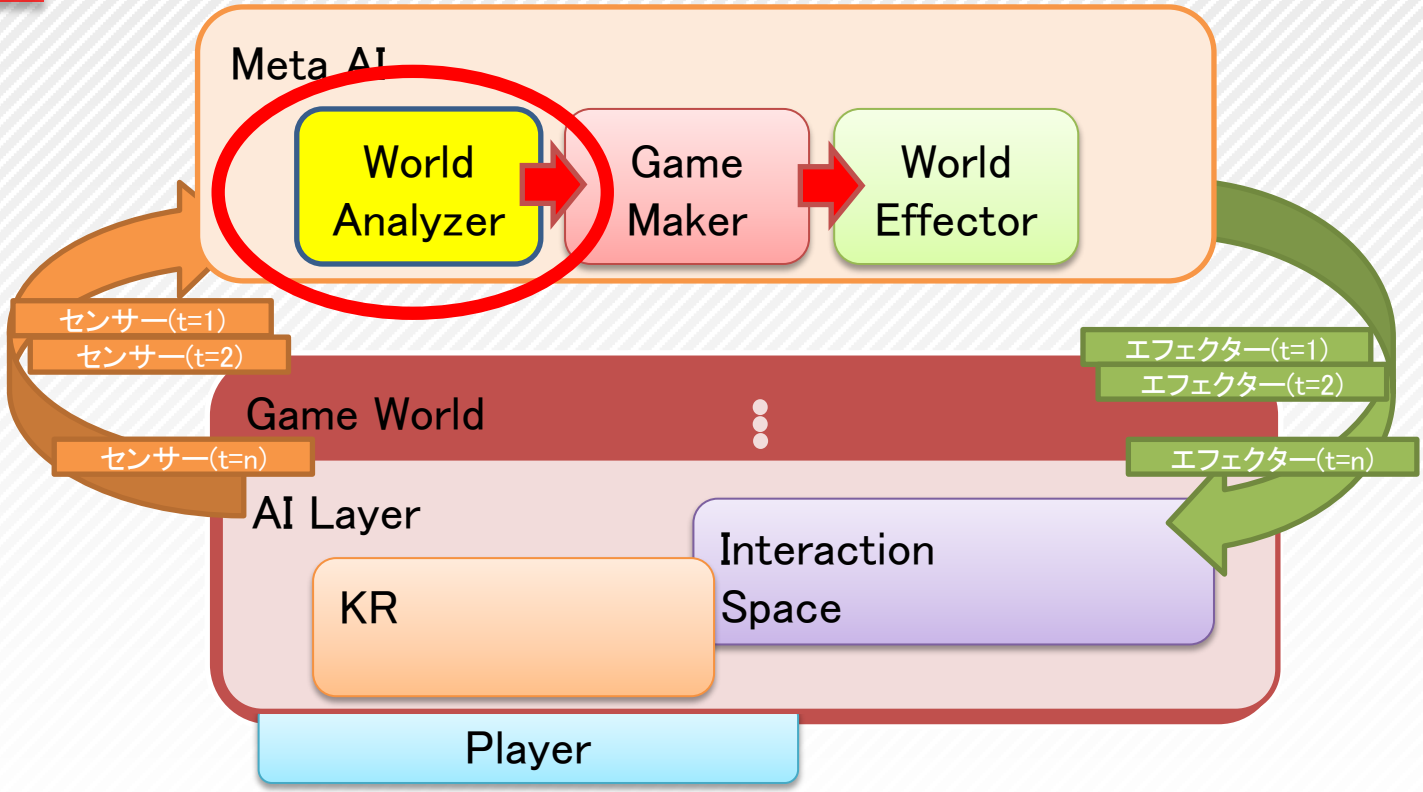
メタAIの設計： ココがメタAIの本体



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

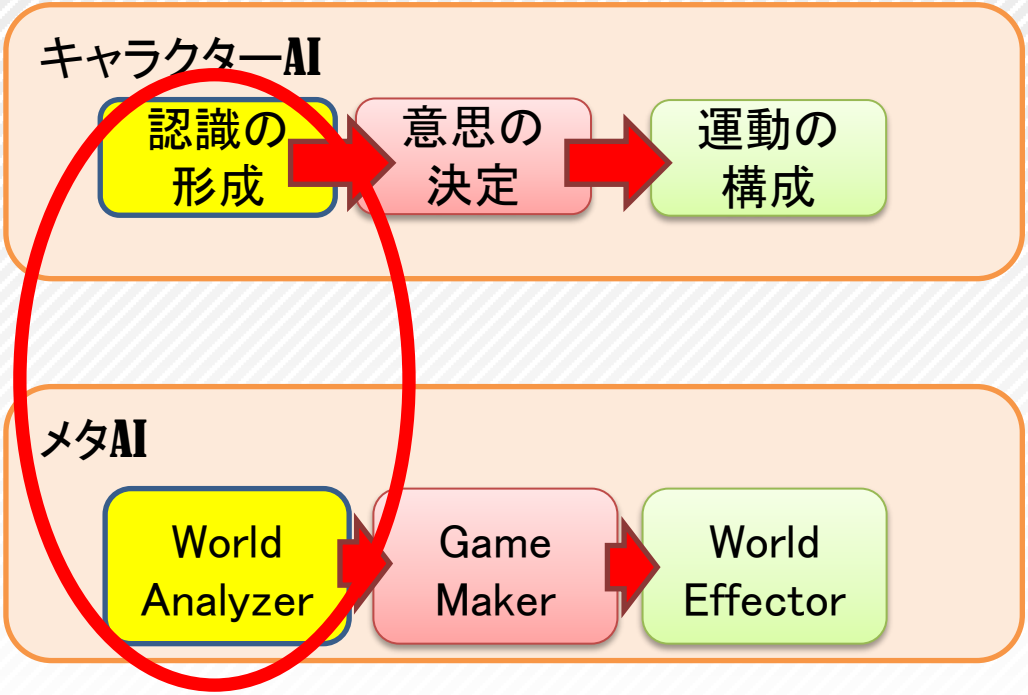
Meta AI： World Analyzer



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

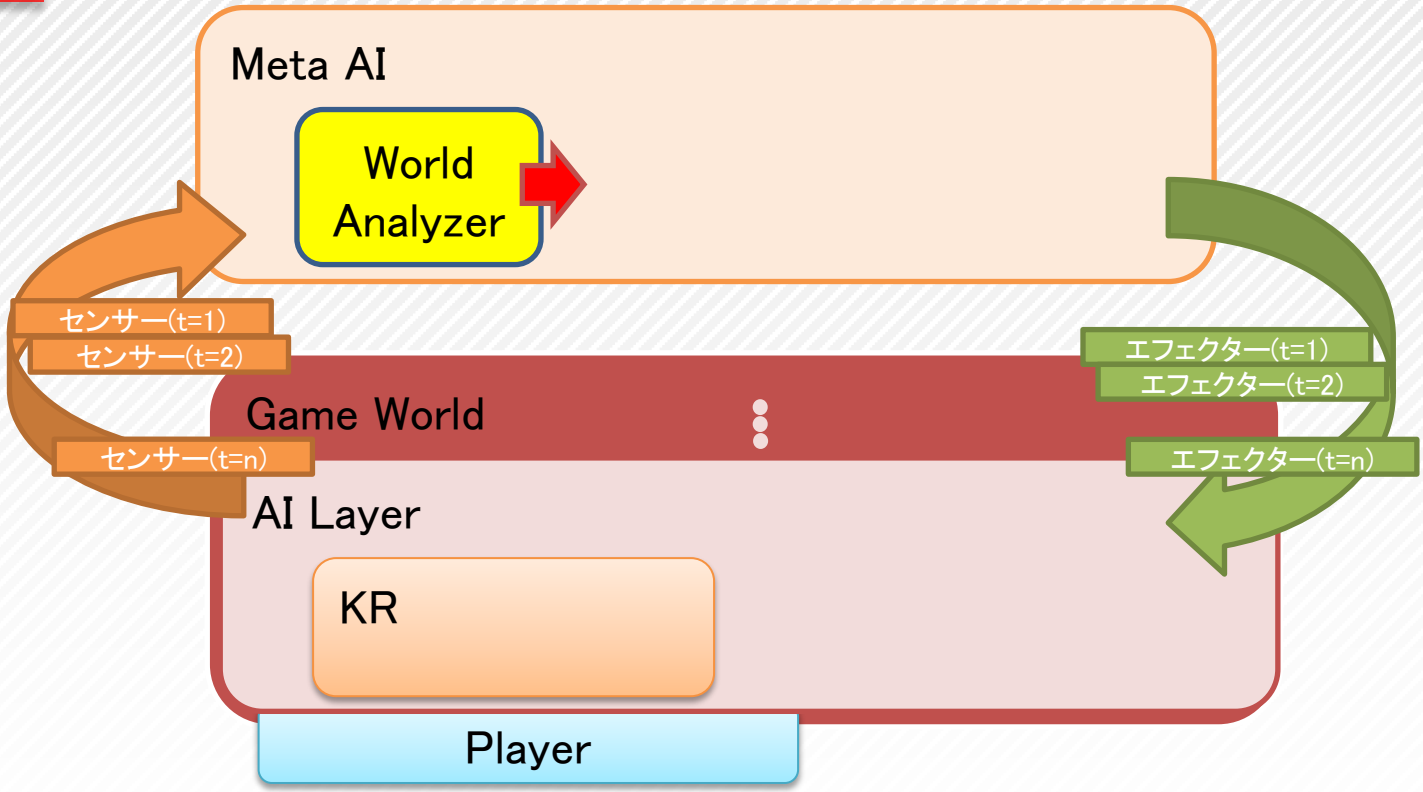
キャラAIとメタAIの比較



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

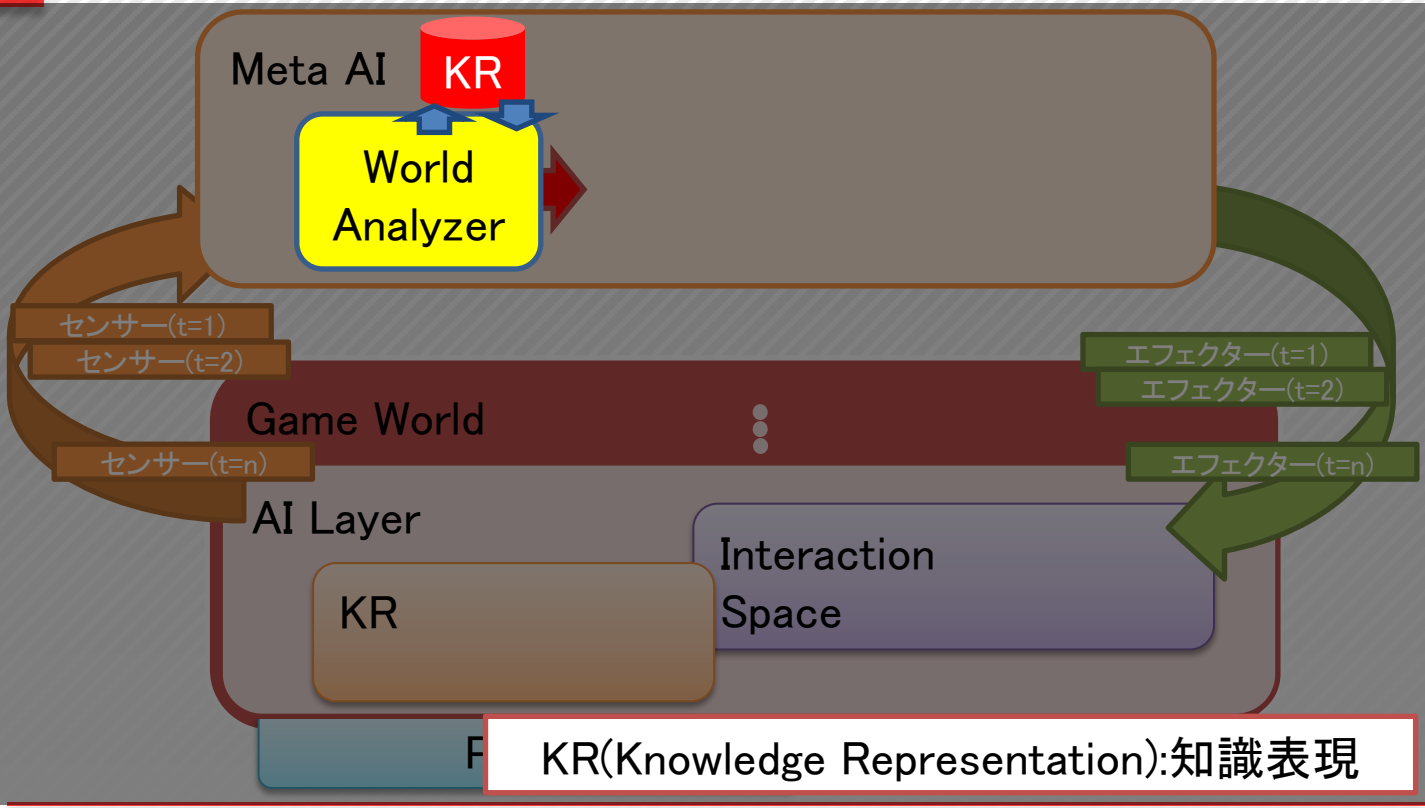
Meta AI： World Analyzer



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

Meta AI： World Analyzer



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

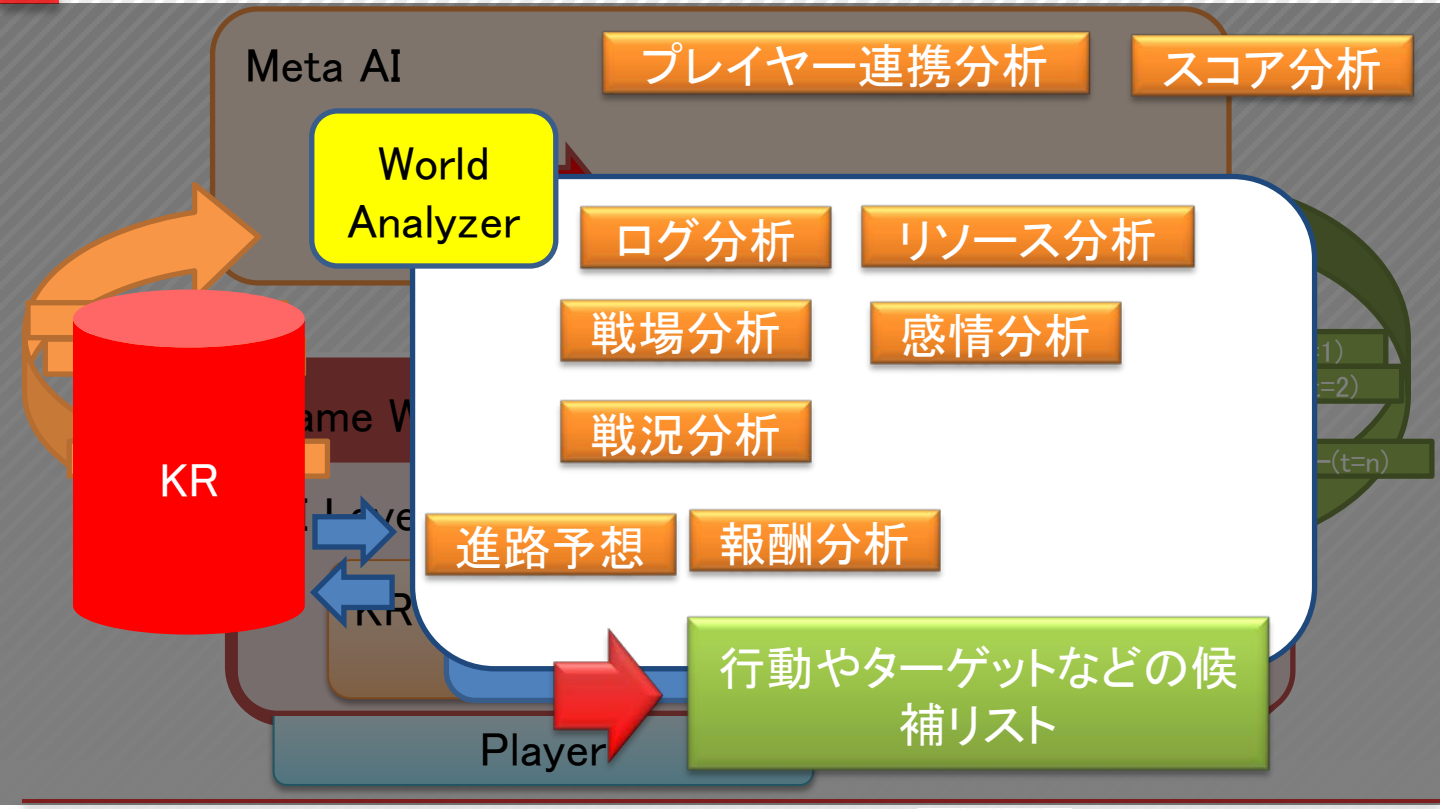
メタAI設計：キャラクタ…校

Meta AI：　World Analyzer

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAI設計：キャラクターAIとの比較

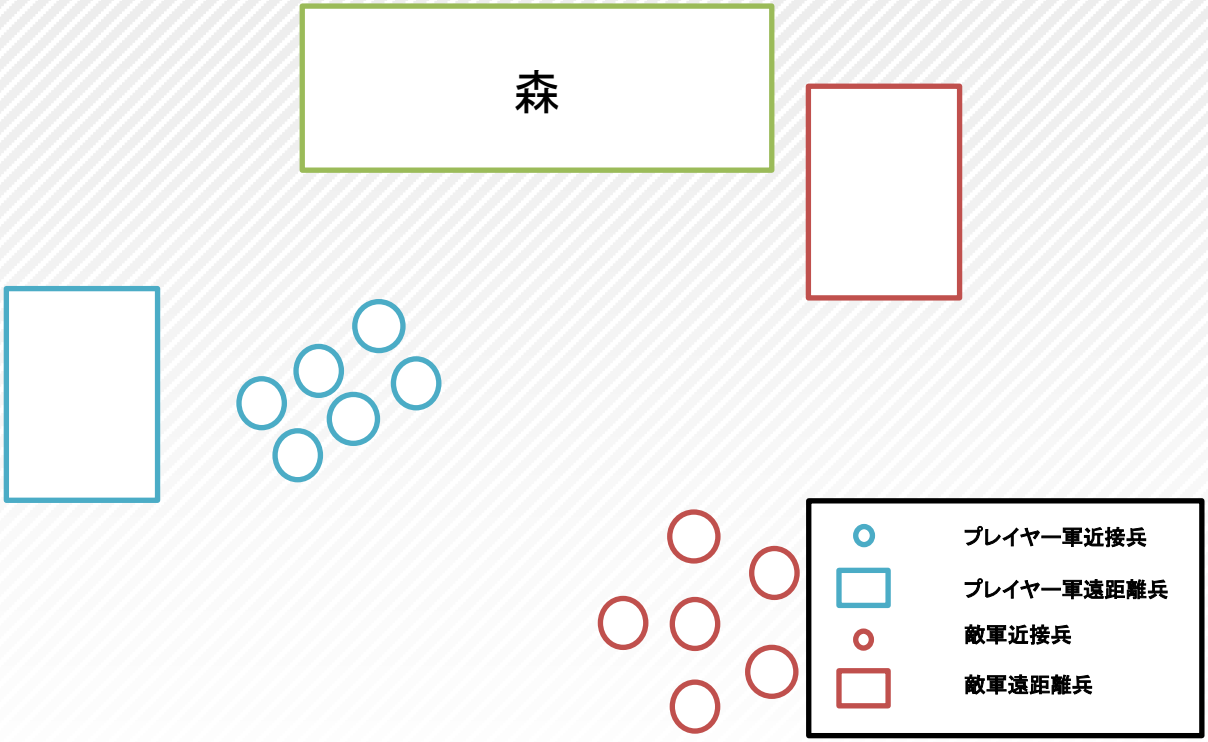
Meta AI： World Analyzer



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

World Analyzer@TOTAL WAR

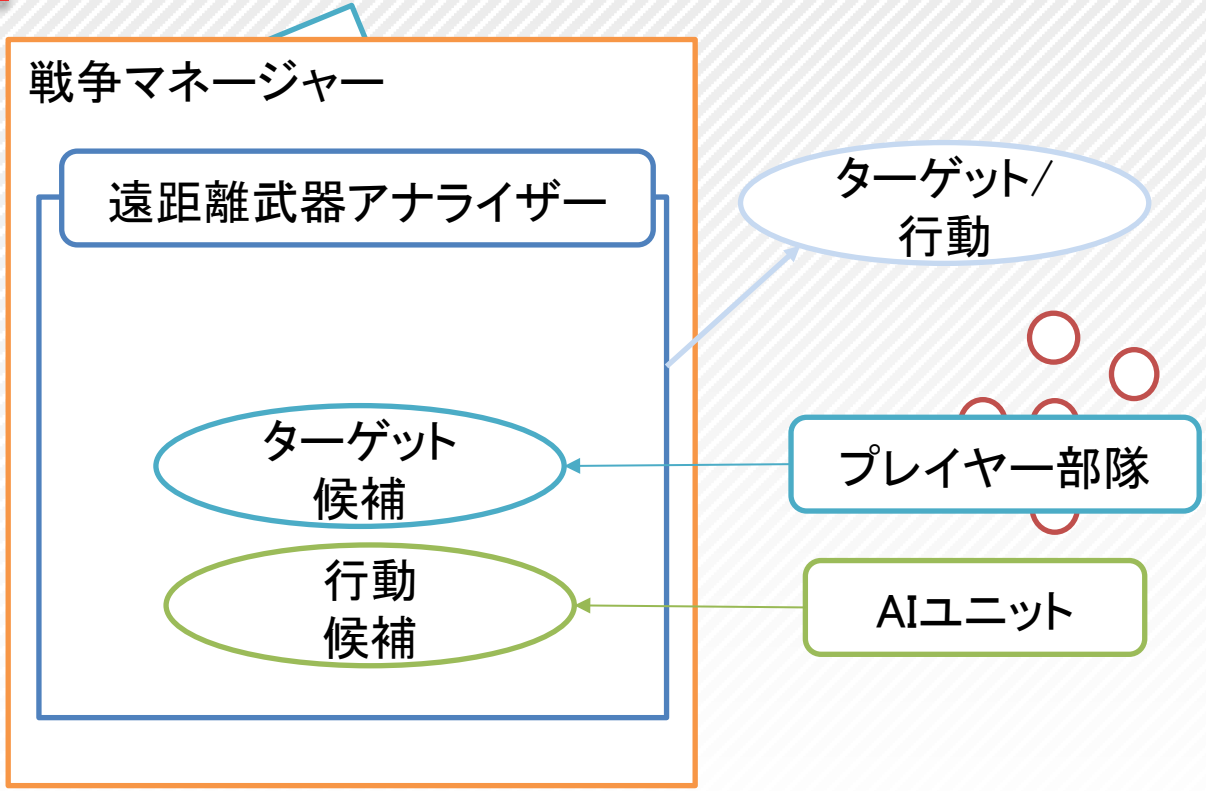
リアルタイムストラテジーにおける メタAI



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

World Analyzer@TOTAL WAR

リアルタイムストラテジーにおける メタAI

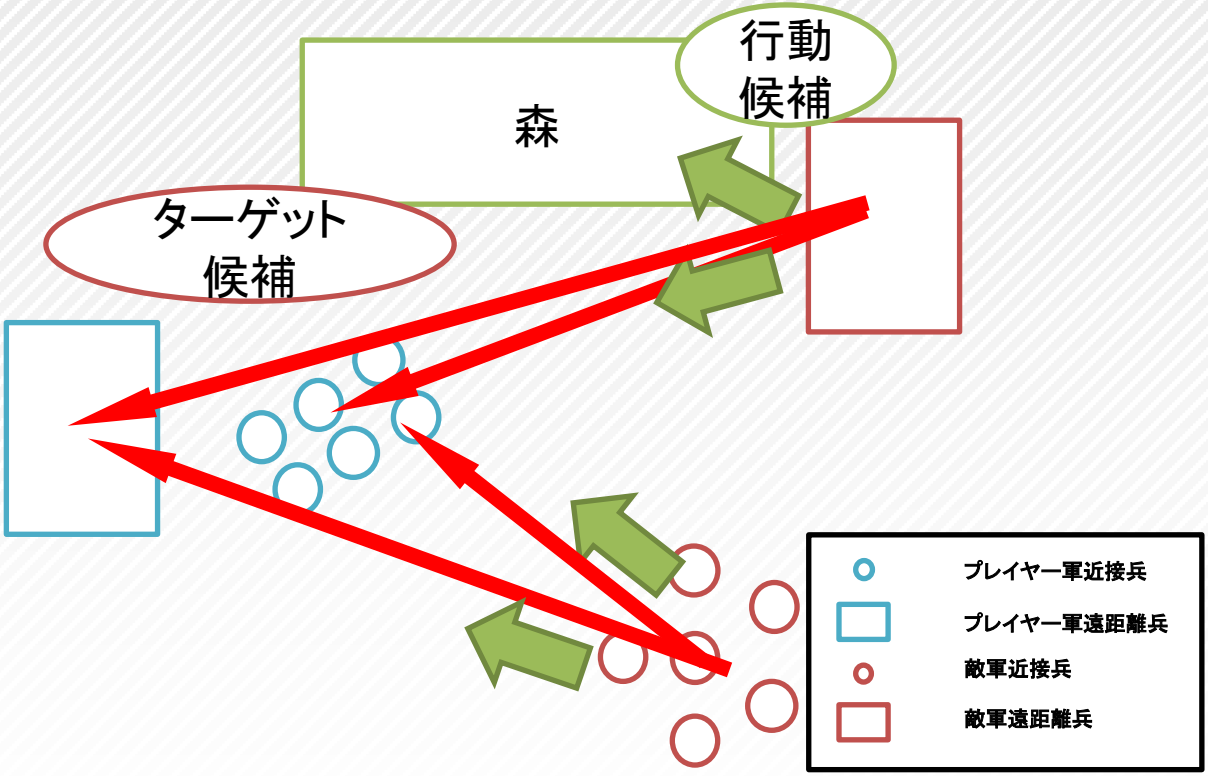


©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

ADVANCED TECHNOLOGY DIVISION SQUARE ENIX

World Analyzer@TOTAL WAR

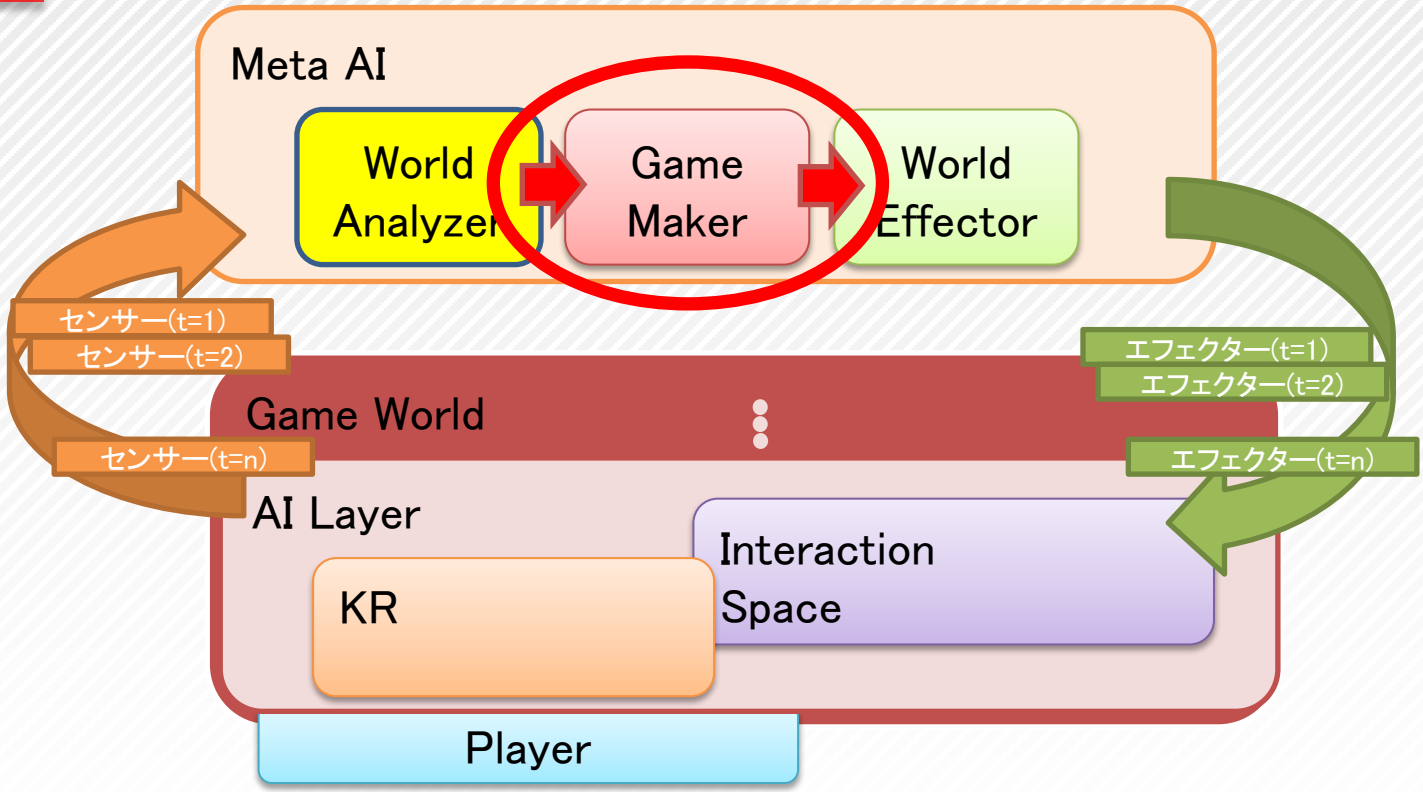
World Analyzerの分析で、候補が抽出される



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

これが　メタAIの設計（提案）　だ



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

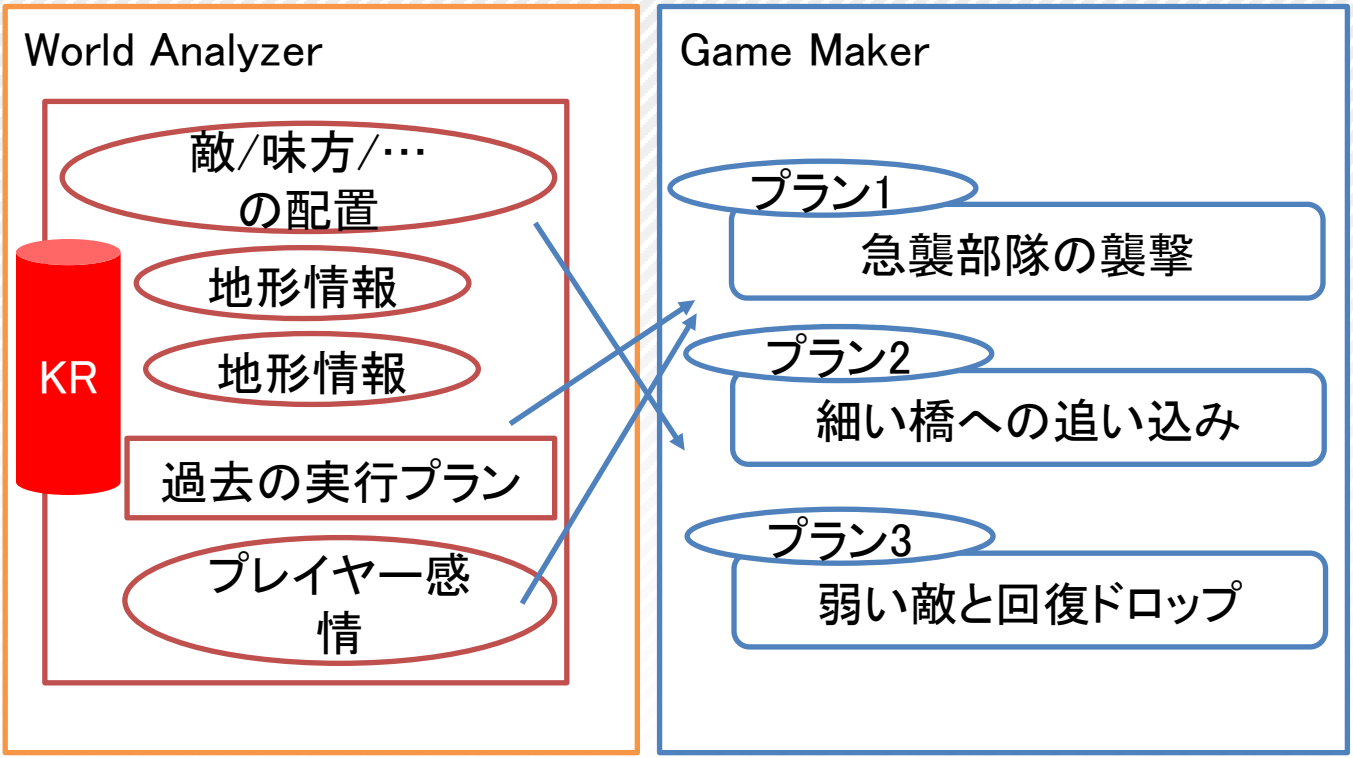
メタAIの設計

キャラAIとメタAIの比較

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Game Maker

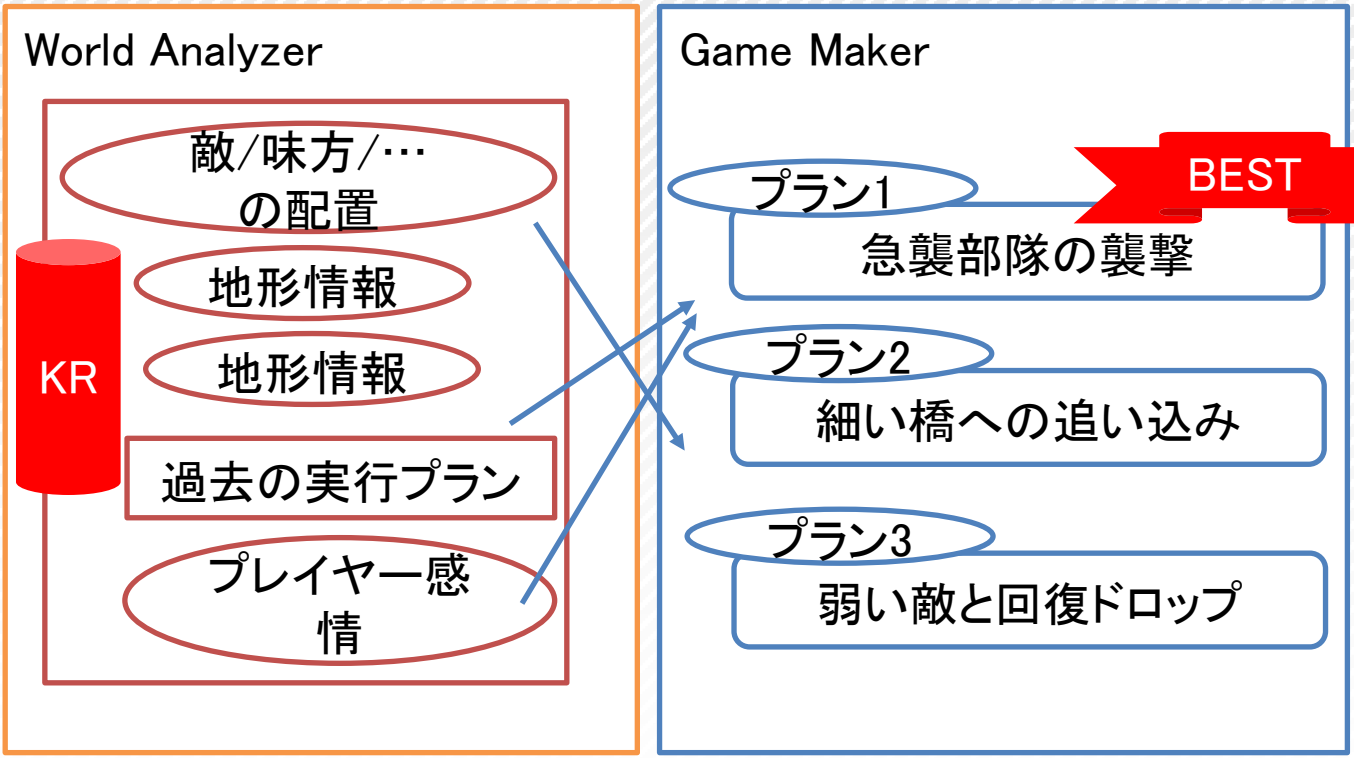
プレイヤーにとってベストな演出プランを決定する



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Game Maker

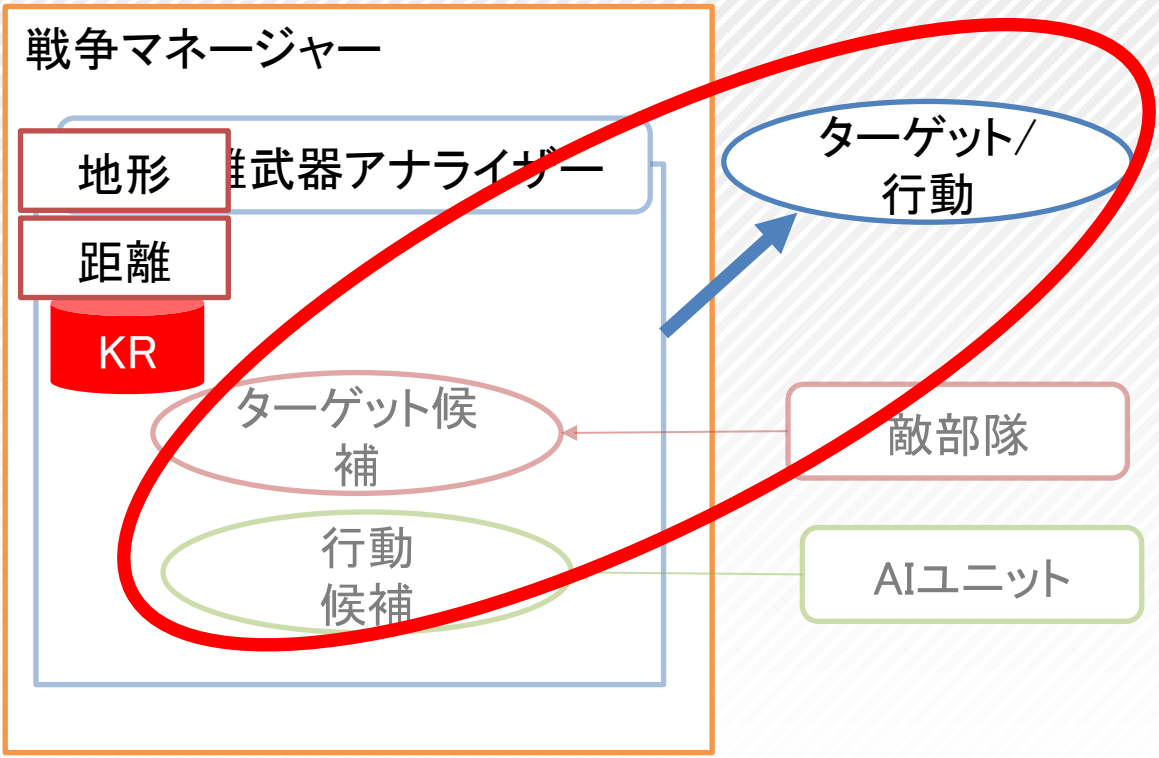
プレイヤーにとってベストな演出プランを決定する



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Game Maker@TOTAL WAR

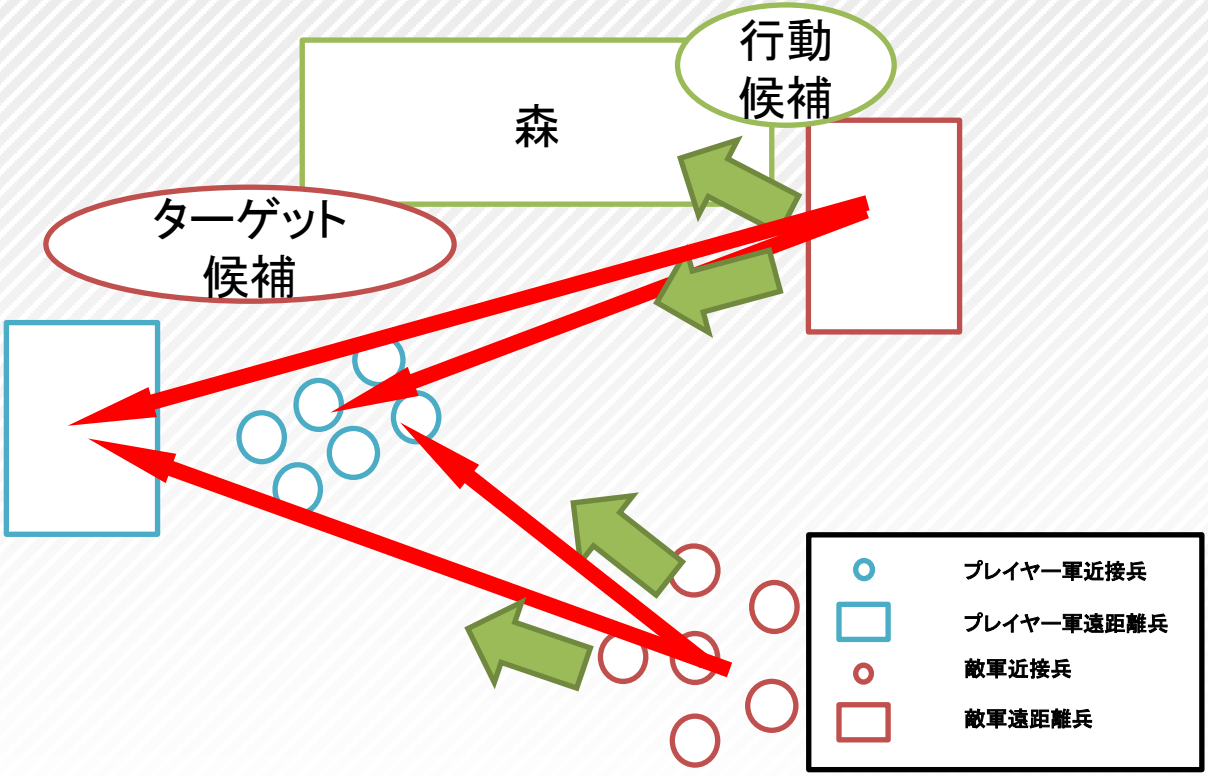
リアルタイムストラテジーにおける メタAI



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

World Analyzer@TOTAL WAR

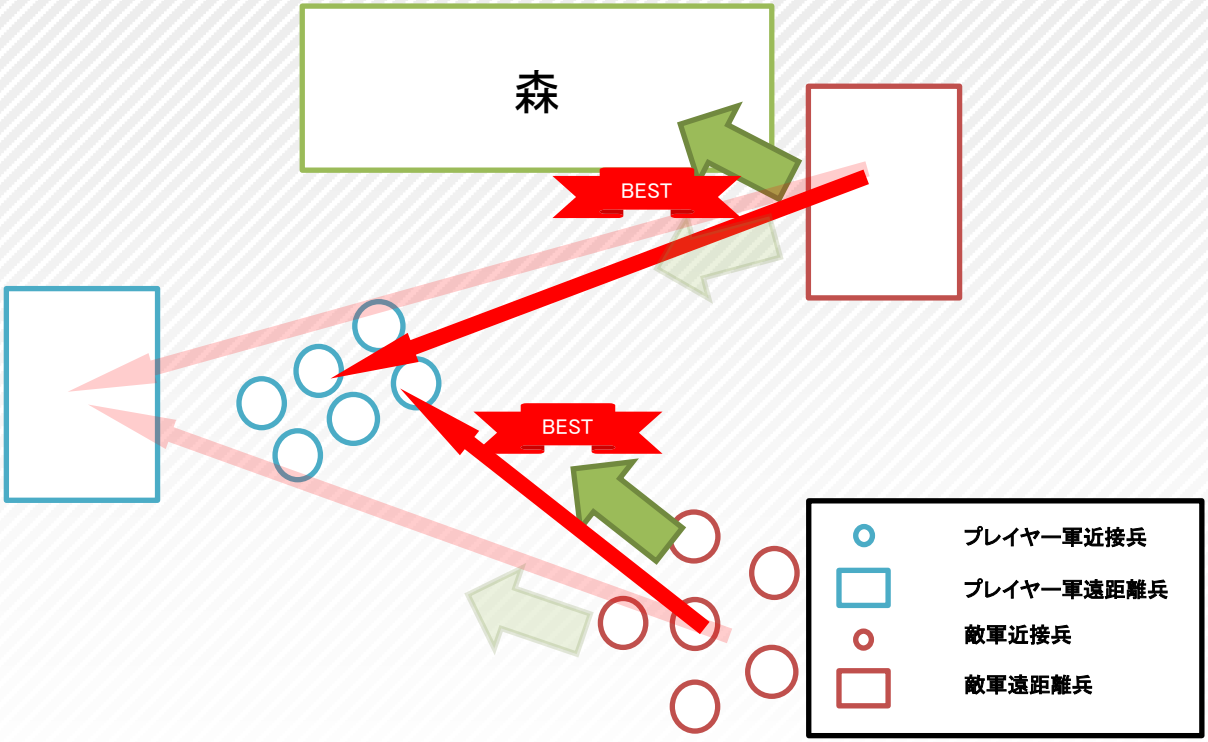
World Analyzerの分析で、候補が抽出される



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Game Maker@TOTAL WAR

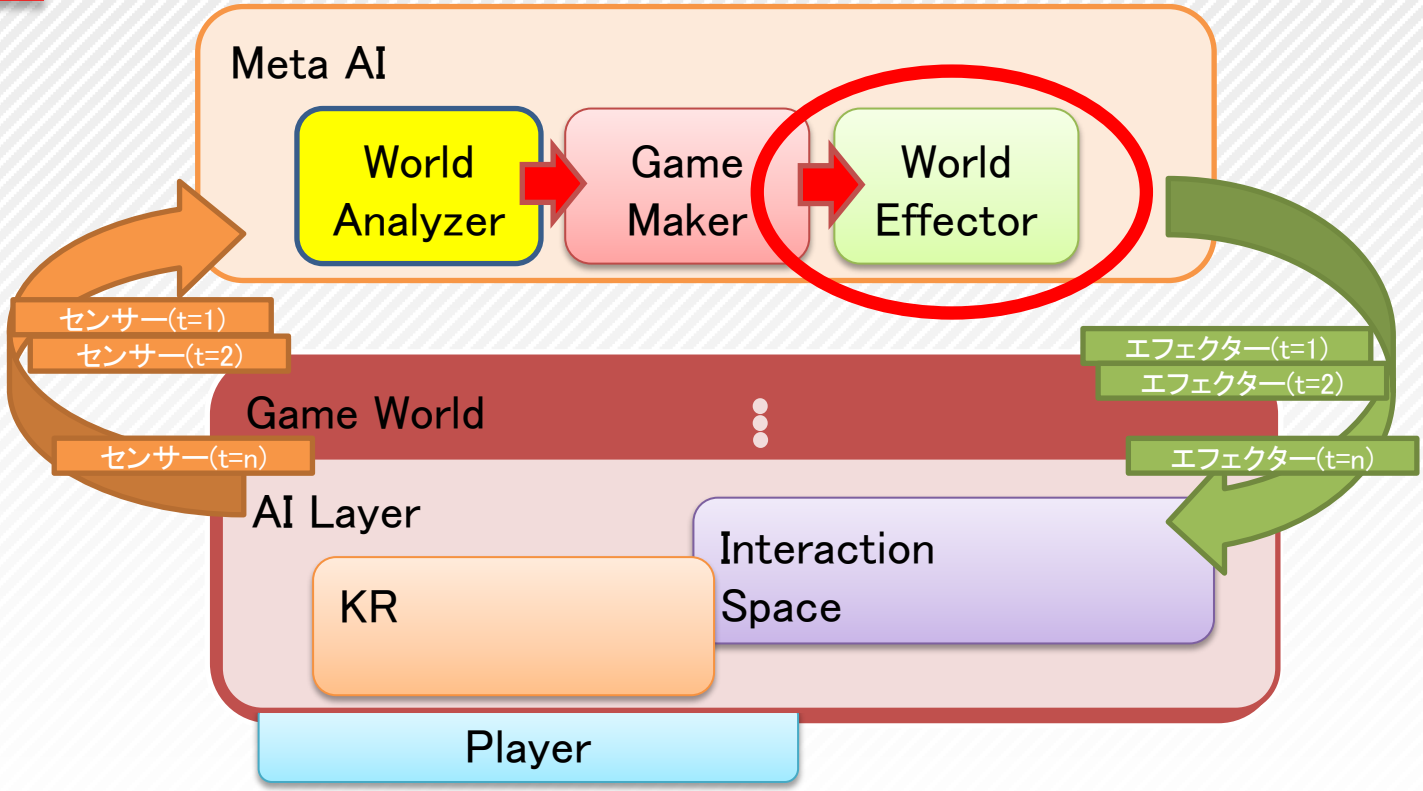
World Analyzerの分析で、候補が抽出される



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

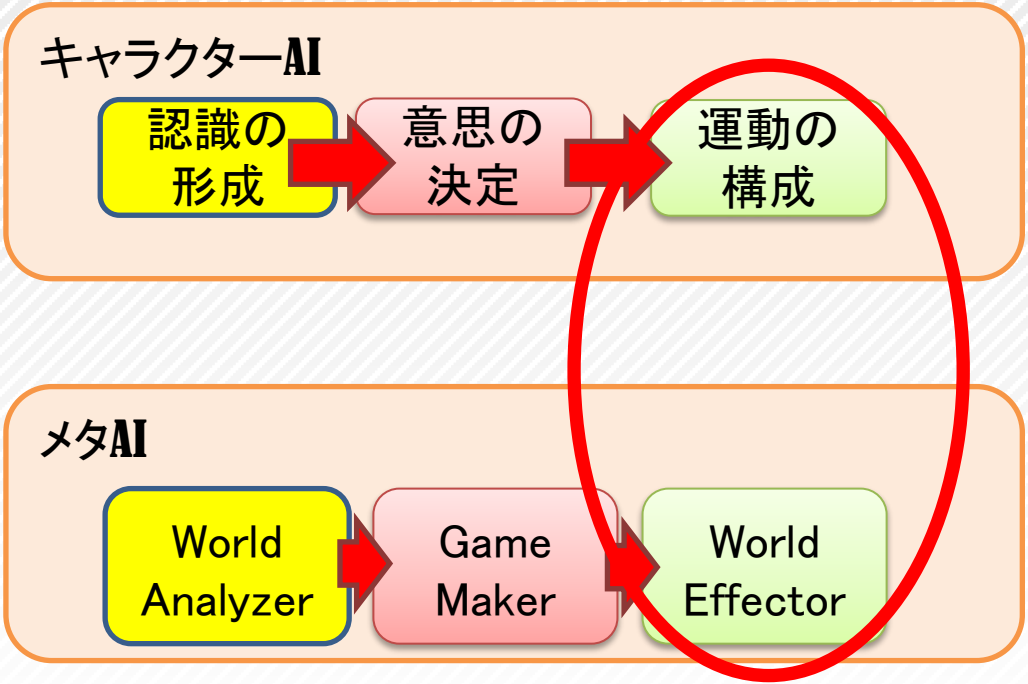
World Effectorについて



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

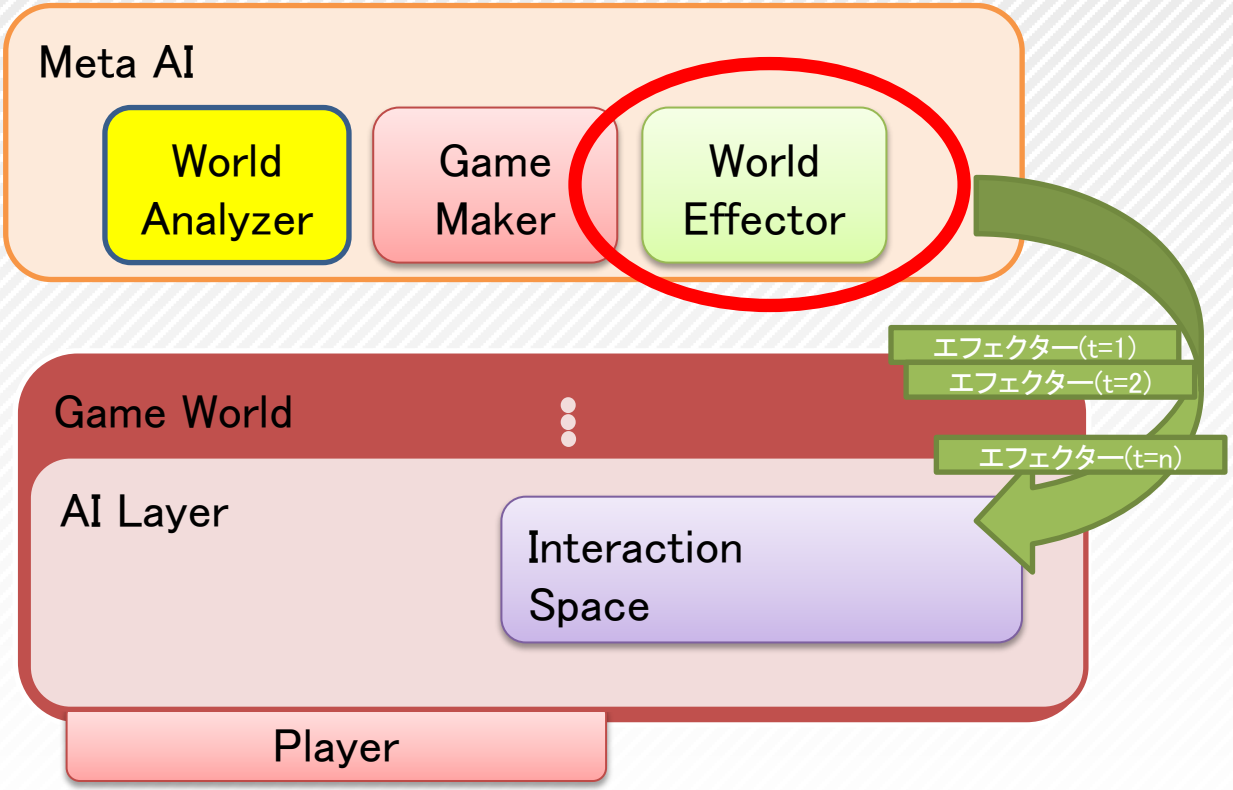
World Effectorは、キャラクターAIにおける運動の構成



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

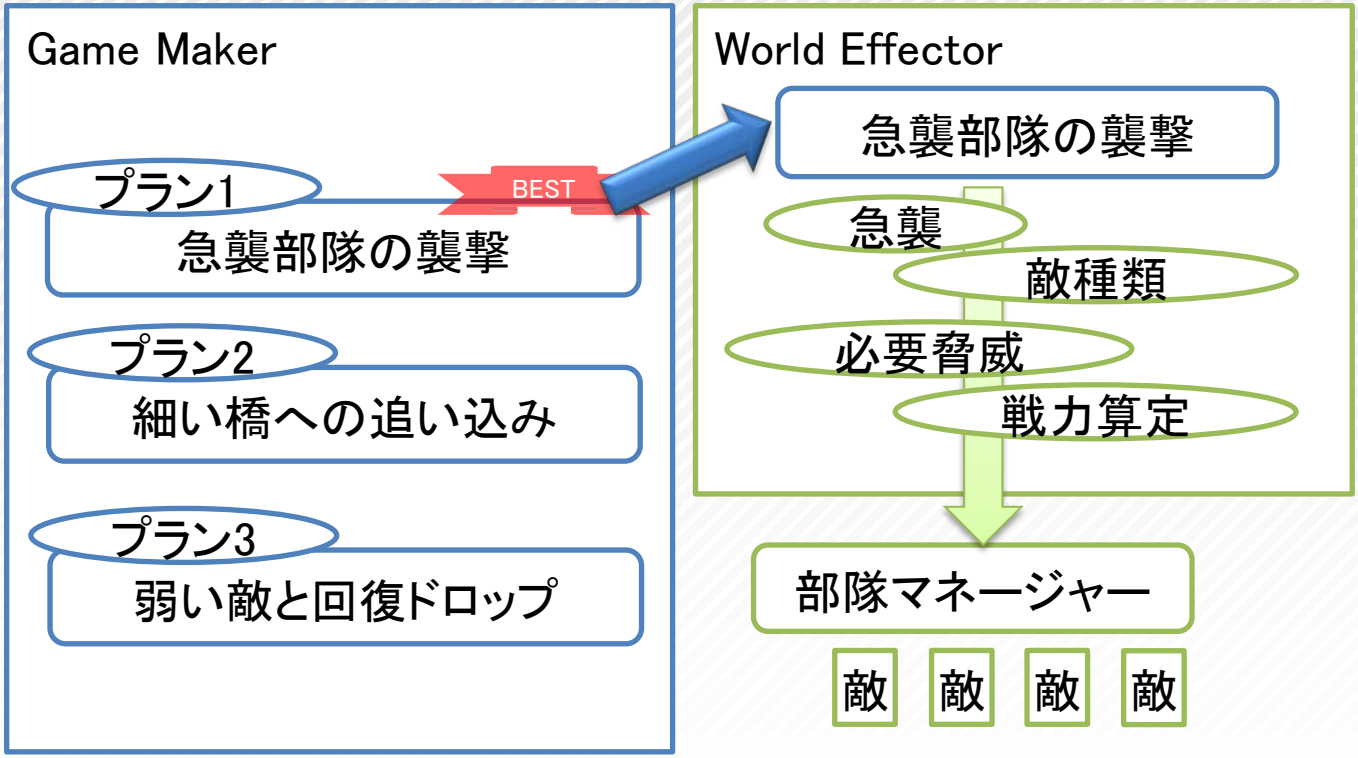
World Effector解説



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

World Effector

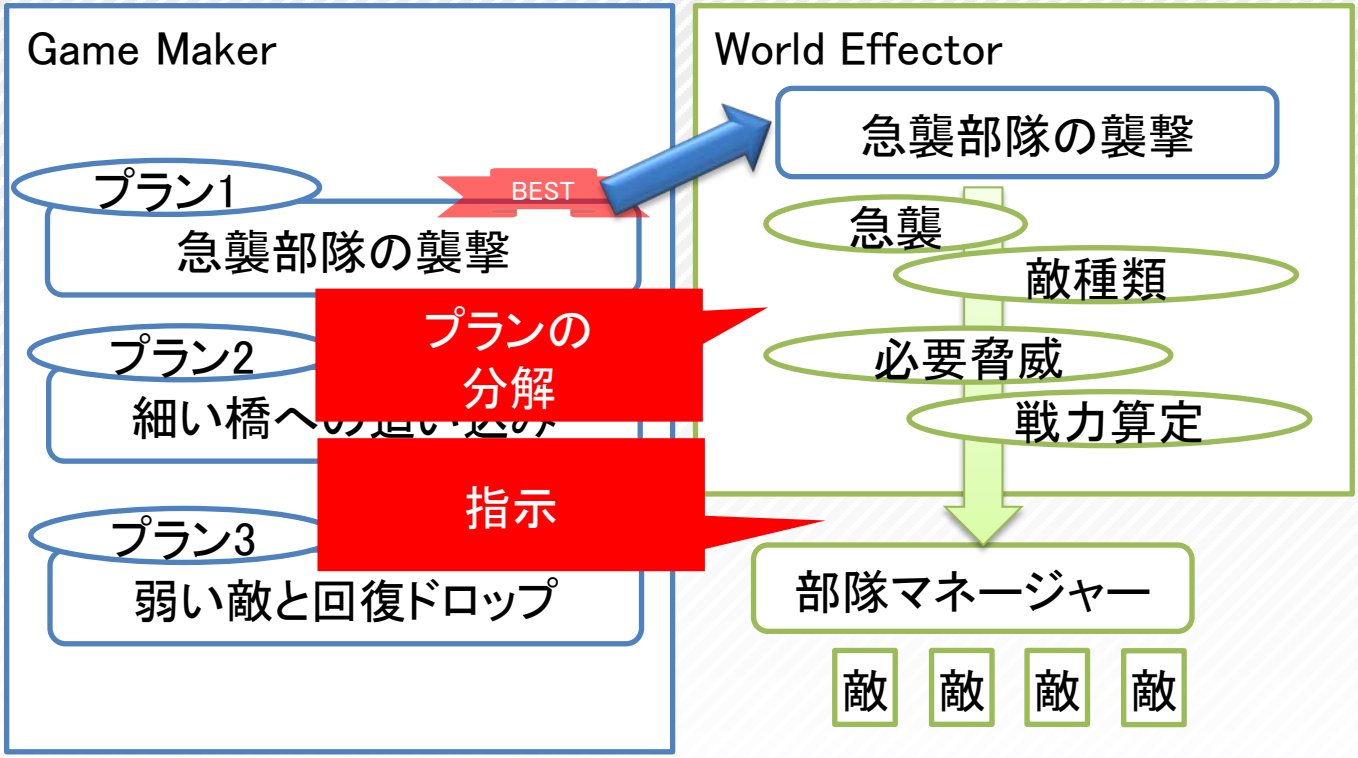
プランをパラメータに分解し、指示を出す



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

World Effector

プランをパラメータに分解し、指示を出す



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

WORLD EFFECTOR

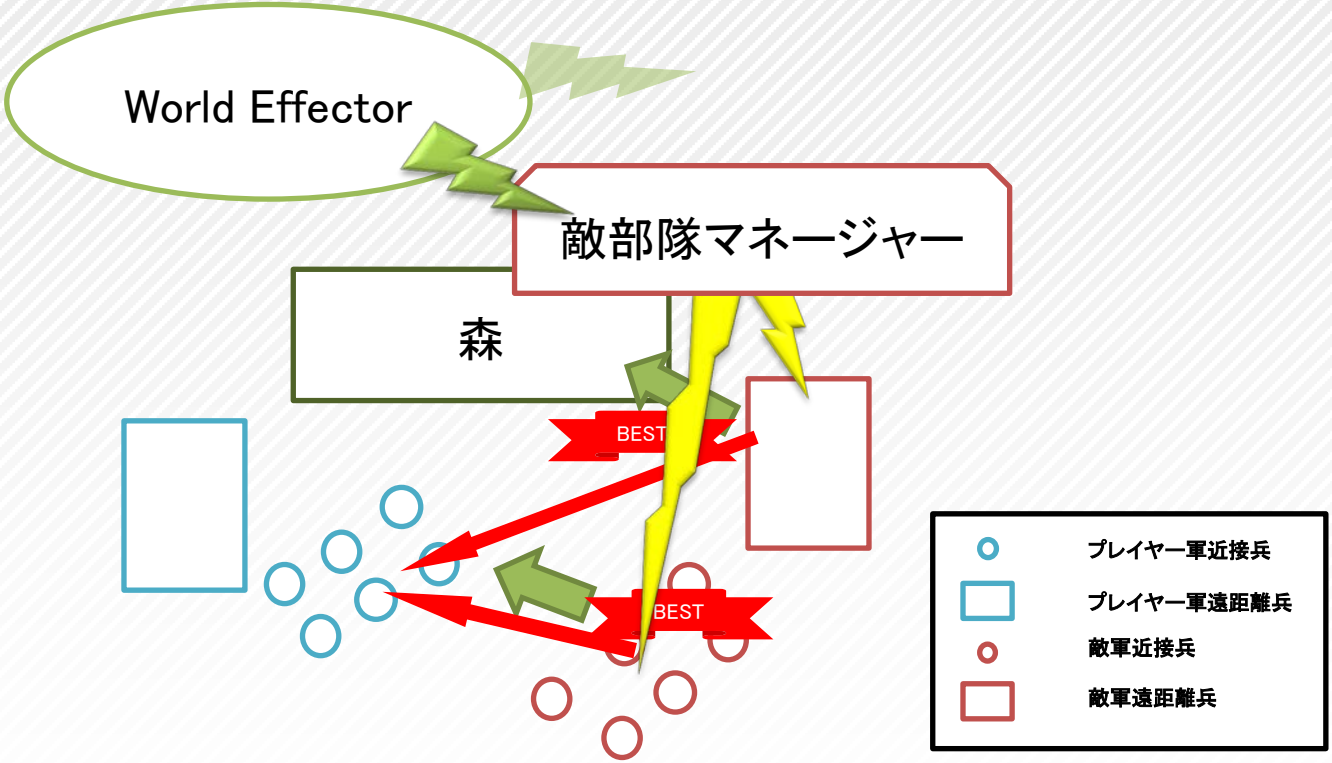
プランをパラメータに分解し、指示を出す

- **プランをパラメータに分解**
  - 調整対象（Interaction Space）を基準にパラメータ化
- **最適な対象**（Interaction Space）**へ指示**
  - 敵部隊　⇒　敵部隊マネージャー
  - 具体的に、どの敵か　⇒　マネージャーに委ねる

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

World Effector@TOTAL WAR

ベストな演出プランのために各対象に指示を伝える

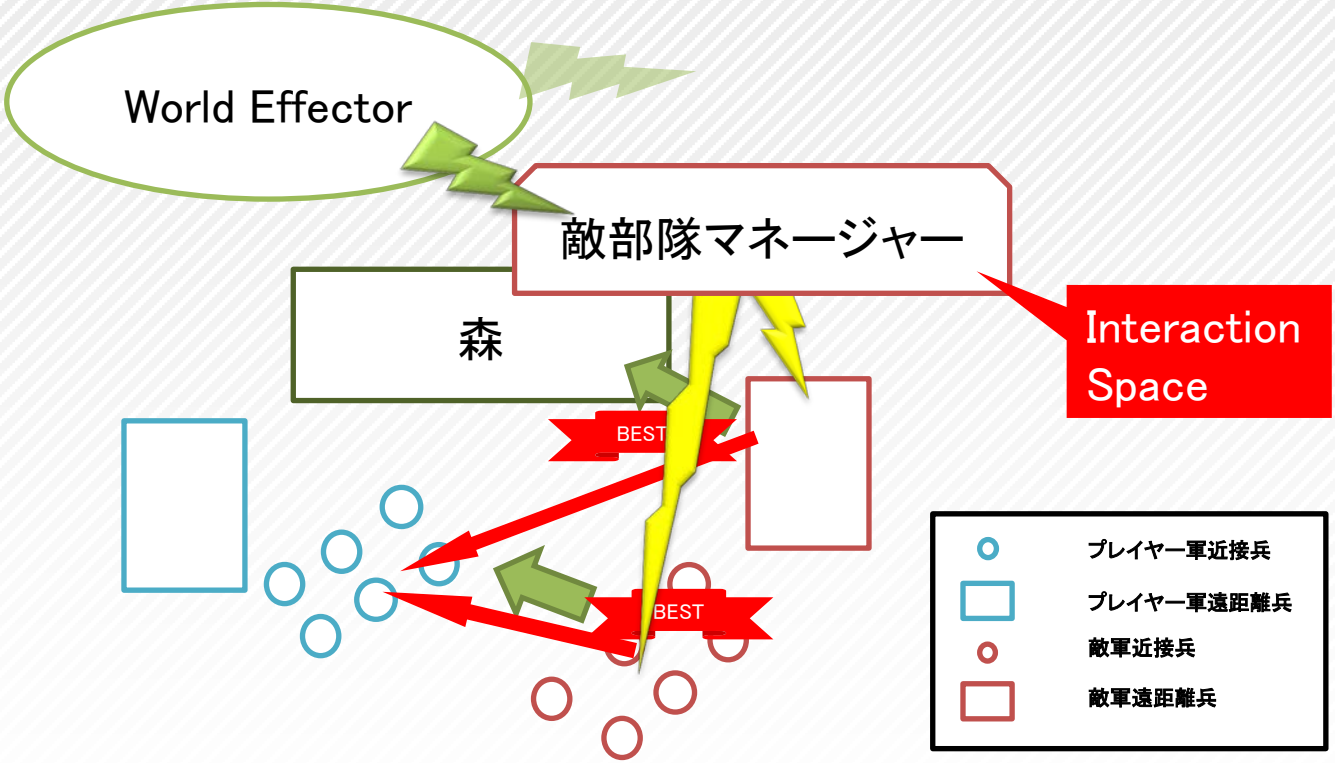


©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

ADVANCED TECHNOLOGY DIVISION SQUARE ENIX

World Effector@TOTAL WAR

ベストな演出プランのために各対象に指示を伝える

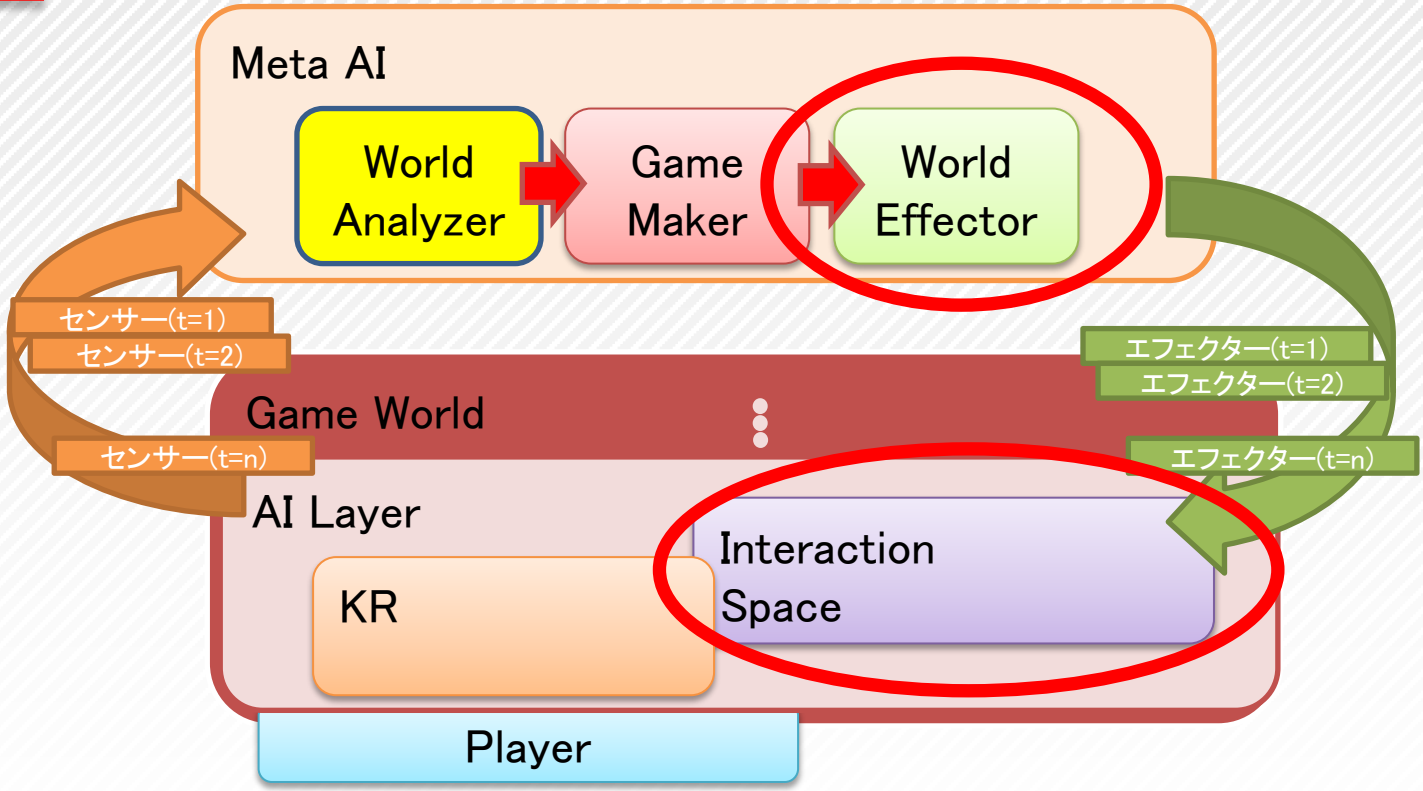


©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

ADVANCED TECHNOLOGY DIVISION SQUARE ENIX

メタAIの設計

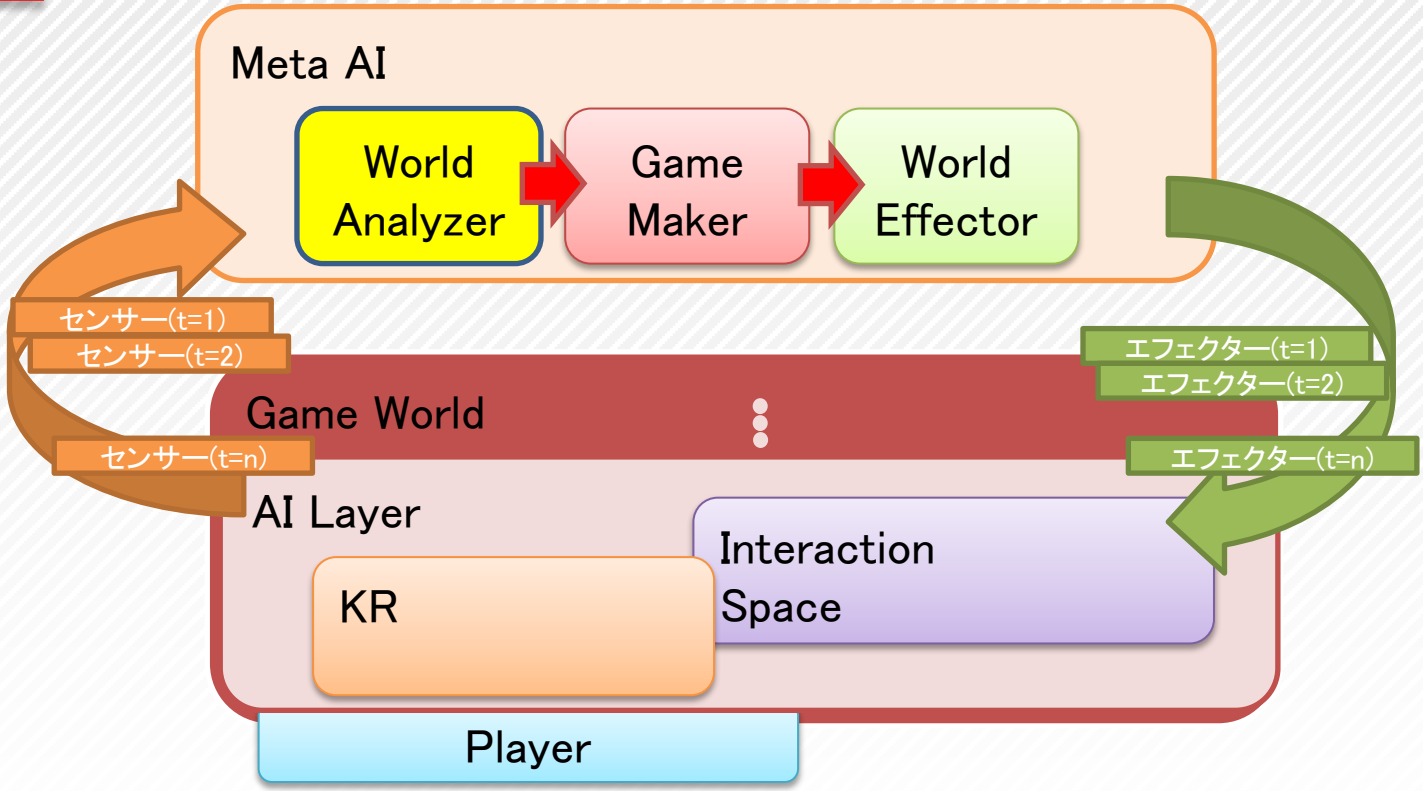
World Effectorは最適なInteraction Spaceへパラメータを伝える



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

メタAIの設計

まとめ



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

MAIN AGENDA

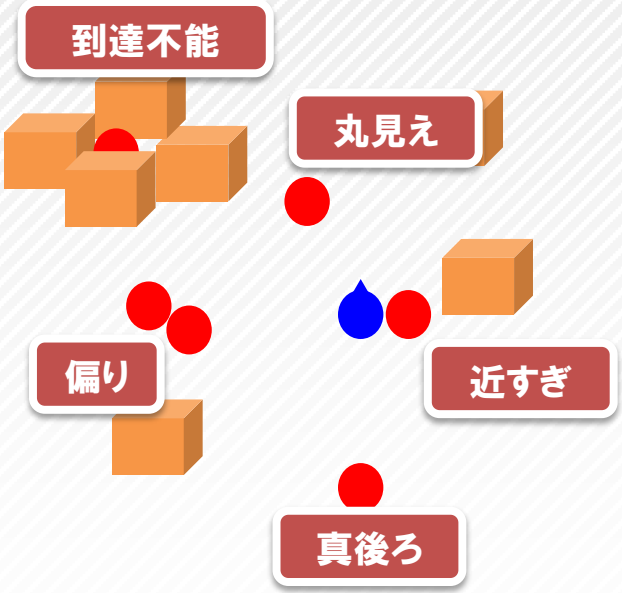
1. メタAIの研究背景
2. メタAI設計
3. メタAI設計の解説
4. メタAIデモ
5. 課題とまとめ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 1/3

位置・状況検知による敵生成（短いタイムスケール）

①ランダムスポーニング



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 1/3

位置・状況検知による敵生成（短いタイムスケール）

②地形認識スポーニング

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 1/3

ランダムなので突然目の前に敵が生成されることがある

①ランダムスポーニング

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 1/3

見えない位置に敵が生成される。不自然な位置にはされない。

②地形認識スポーニング

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 1/3

俯瞰でみるとどういう位置に発生しているか分かる

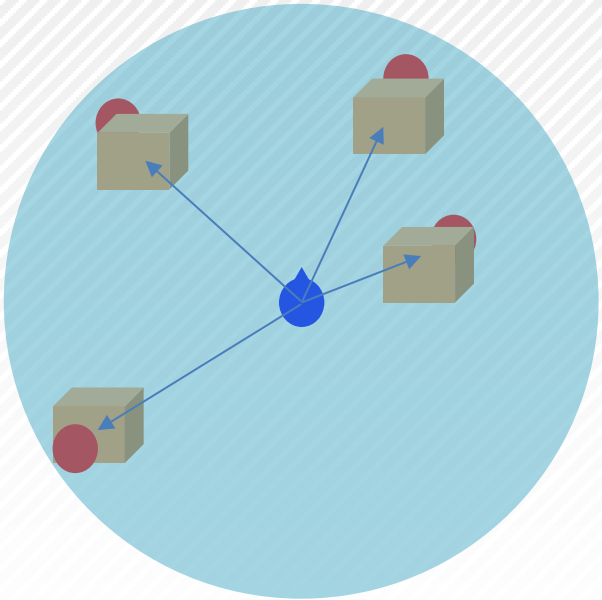
②地形認識スポーニング＜俯瞰＞

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 1/3

何をメタAIは認識していたか。地形認識の場合。

②地形認識スポーニング



1.プレイヤー位置
2.周囲の地形解析
　距離・視線・到達
3.敵発生

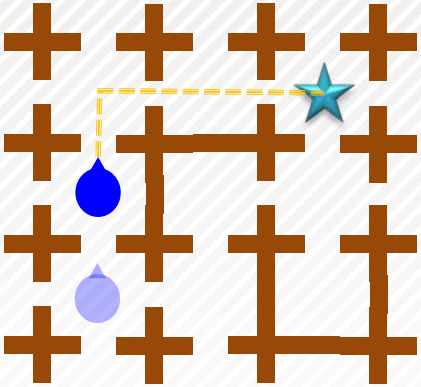
応用例）
敵の種類を出しわける
過去の履歴も考慮する

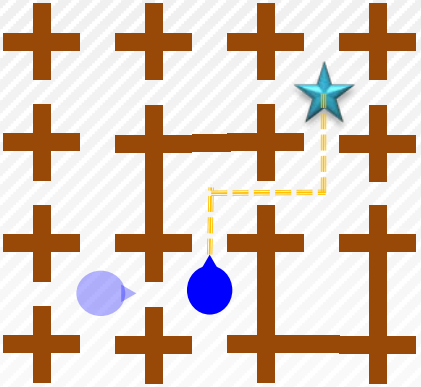
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 2/3

行動予測による敵生成 （長いタイムスケール）

①プレイヤー経路（ゴールデンパス）予測





©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 2/3

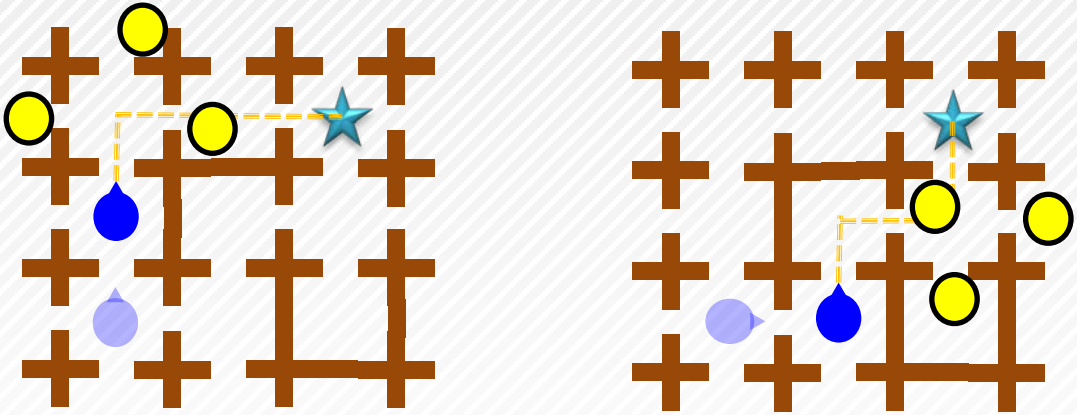
予測経路＝ゴールデンパスがプレイヤーの位置により変化する

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 2/3

ゴールデンパス上に敵を生成する＝不要な敵にメモリを割かない

②ゴールデンパスに対するスポーニング

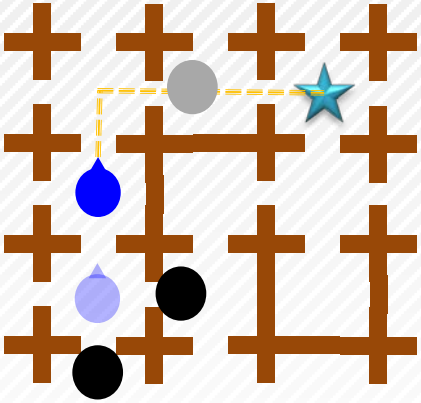


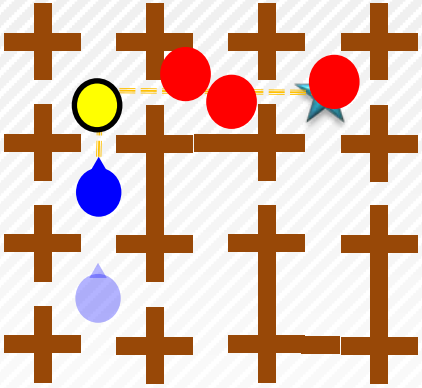
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 2/3

行動予測による敵生成 （長いタイムスケール）

②ゴールデンパスに対するスポーニング





初心者には弱い敵（白）や誘導用の黒い敵

上級者には強い敵（赤）

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 2/3

想定レベルのプレイヤーには通常敵（黄色）＆数で調整

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 2/3

上級者には最後に赤い強い敵を生成する

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 2/3

初心者には白い弱い敵＆後ろから黒い敵で追い込む

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 2/3

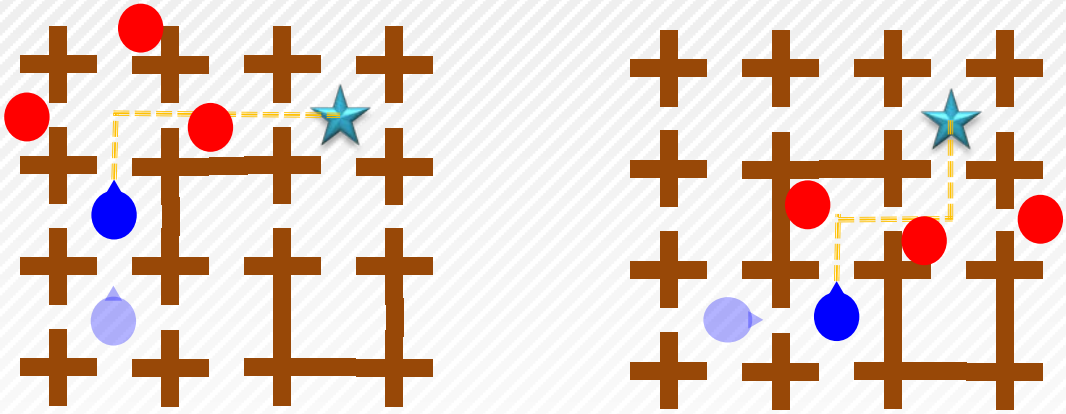
初心者プレイを俯瞰から見た動画

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 2/3

経路に応じた位置やプレイヤーの熟練度に応じた種類を生成可能

- （応用例）一定数スポーニング



どの経路でも同じ程度の数の敵が発生。他にもプレイヤーの癖（報酬に惹かれる等）からの行動予測

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 3/3

イベントコントロール：理想のイベントへユーザーを導く

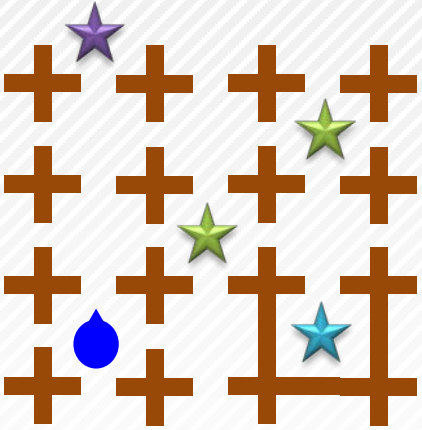
- イベントの実現
  ①理想ルート設定
  ②プレイヤー状況検知
  ③敵の移動による動的誘導
  ④プレイヤーへの圧力

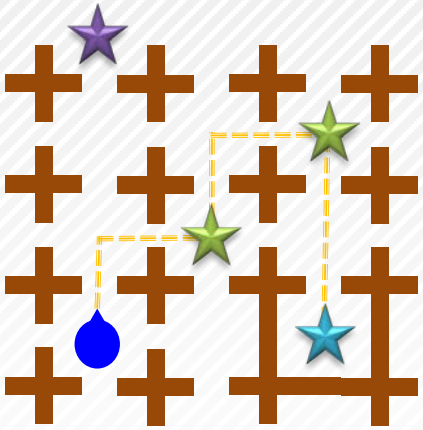
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 3/3

イベントコントロール：理想のイベントへユーザーを導く

①理想経路を設定



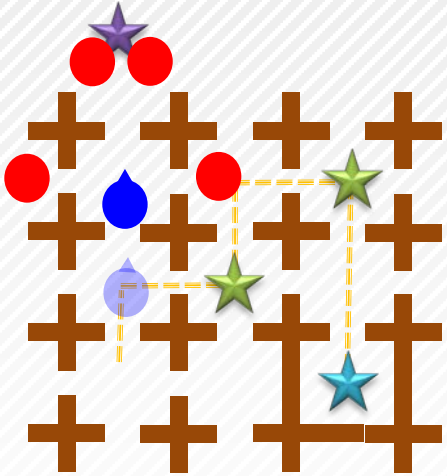


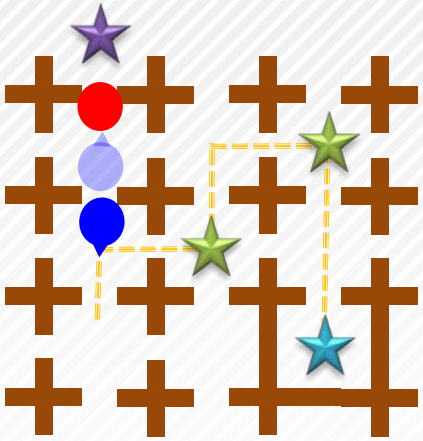
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 3/3

イベントコントロール：理想のイベントへユーザーを導く

②理想経路から外れたら　追い戻す





デモではMeta AIの指示により黄色いボールから赤いボールへ誘導します。

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 3/3

黄色い球を守る位置に敵を移動させ、赤い球へ誘導

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 3/3

青:判定外、赤系:低評価、緑系:好評価ポイント

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

META AI EXAMPLE 3/3

イベントコントロール：理想のイベントへユーザーを導く

- イベントの実現
  ①理想ルート設定
  ②プレイヤー状況検知
  ③敵の移動による動的誘導
    - 目的を達成する敵の目的地を高評価
    - 敵を誘導してプレイヤーの道を塞ぐ
  ④プレイヤーへの圧力

応用例）
報酬配置による誘導

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

MAIN AGENDA

1. メタAIの研究背景
2. メタAI設計
3. メタAI設計の解説
4. メタAIデモ
5. 課題とまとめ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

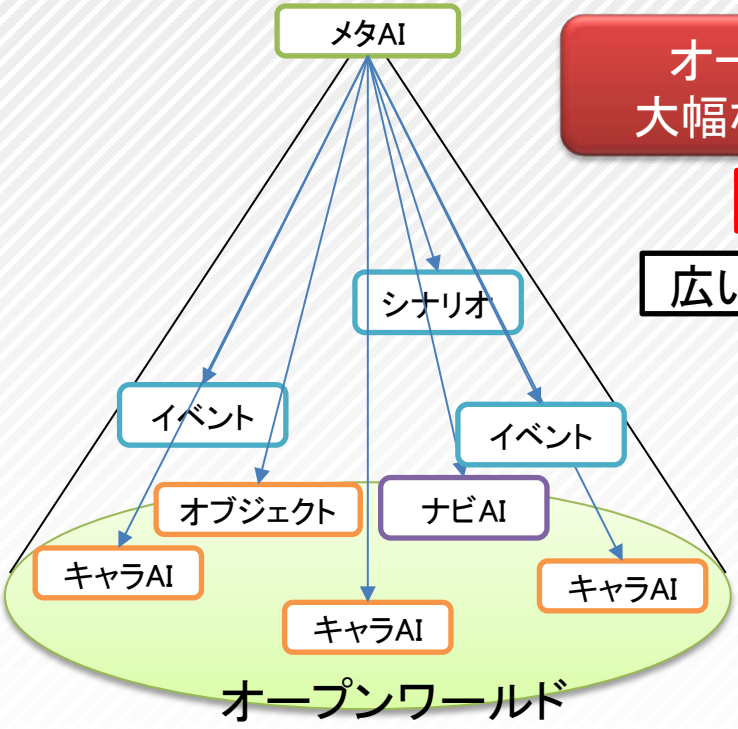
CLOSING

課題とまとめ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: CLOSING

メタAIでオープンワールドのコストをカット



オープンワールドでも
大幅なコストカットが可能

メタAI

広い地形 × 大量のリソース

⇒

~~膨大な調整~~
~~膨大なテスト~~

⇒

~~莫大な製作費~~

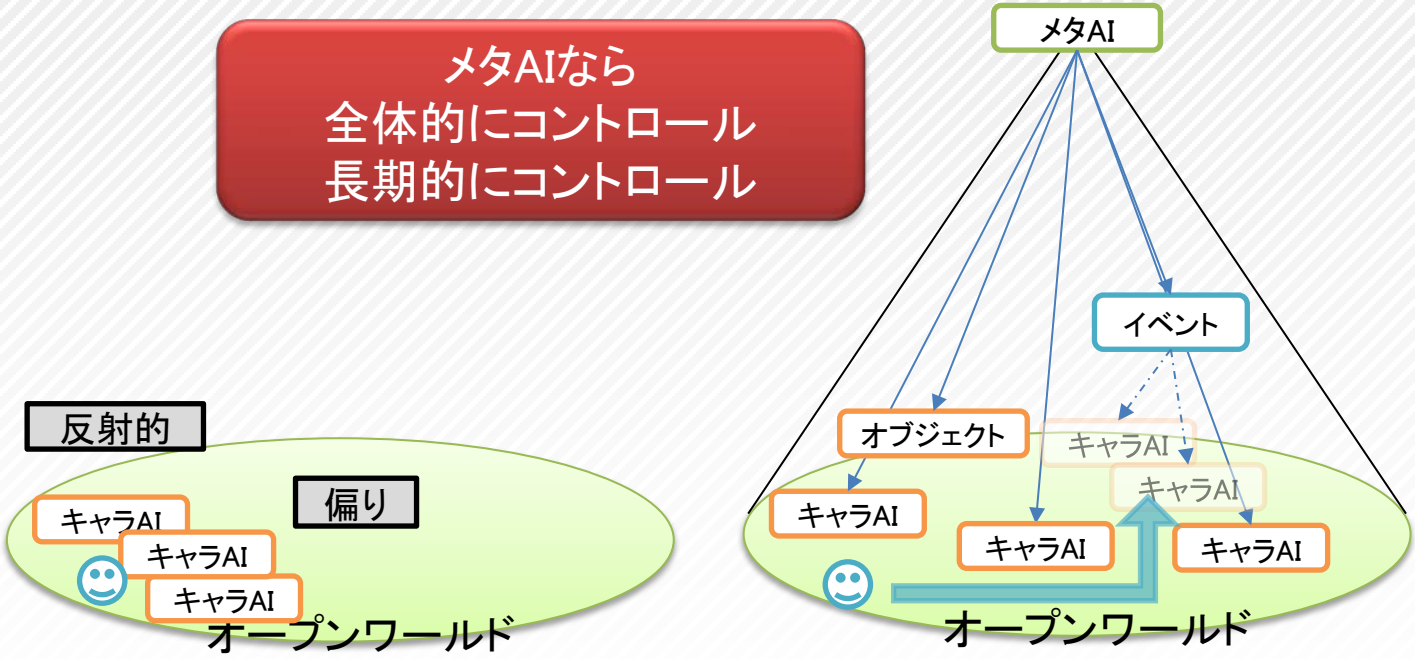
©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

ADVANCED TECHNOLOGY DIVISION SQUARE ENIX

Meta AI: CLOSING

メタAIとキャラAIの協調 → 全体的・長期的

メタAIなら
全体的にコントロール
長期的にコントロール



©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: Future work

課題

	できる	課題
オープンワールド	順序・依存関係調整 密度調整	**レベルデザインと密度のコンフリクト**
プロシージャル	地形認識	**生態レベルでの矛盾の排除**
リプレイアビリティ	毎回異なる展開	**ランダム性とシナリオ性の共存**
バランス調整	フィットする難度 難しすぎない手加減	**フィットしすぎる→疲れてしまう** **難しすぎない→強さの実感シフト**
展開制御	緩急・アップダウン	**起承転結**

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: Future work

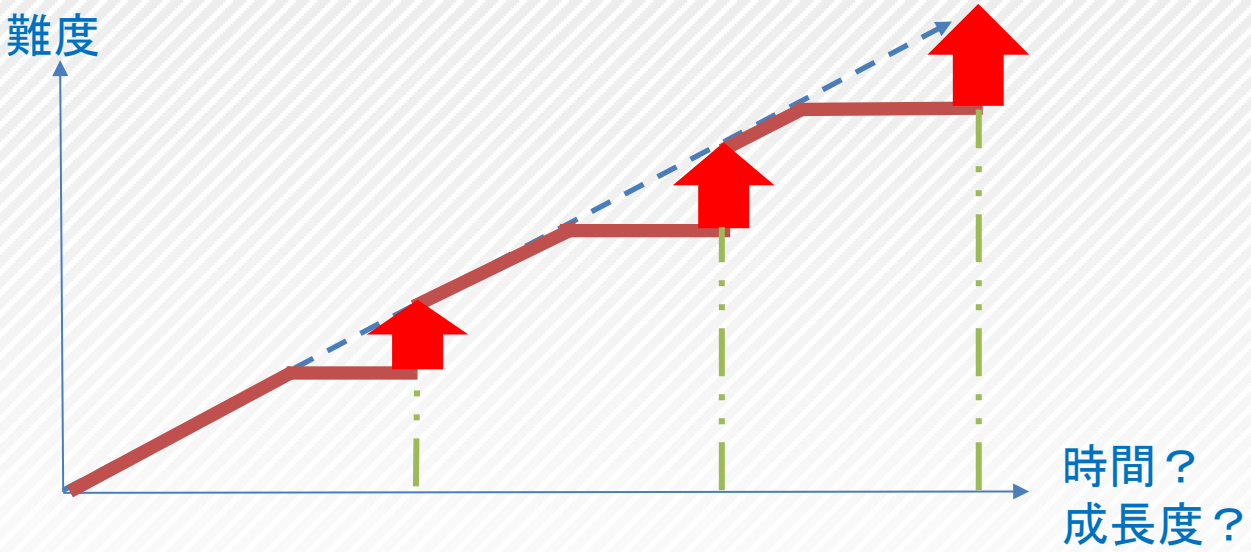
課題

	できる	課題
オープンワールド	順序・依存関係調整 密度調整	**レベルデザインと密度のコンフリクト**
プロシージャル	地形認識	**生態レベルでの矛盾の排除**
リプレイアビリティ	毎回異なる展開	**ランダム性とシナリオ性の共存**
バランス調整	フィットする難度 難しすぎない手加減	**フィットしすぎる→疲れてしまう** **難しすぎない→強さの実感シフト**
展開制御	緩急・アップダウン	**起承転結**

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: Future work

フィットしすぎない難度、強さを実感する難度

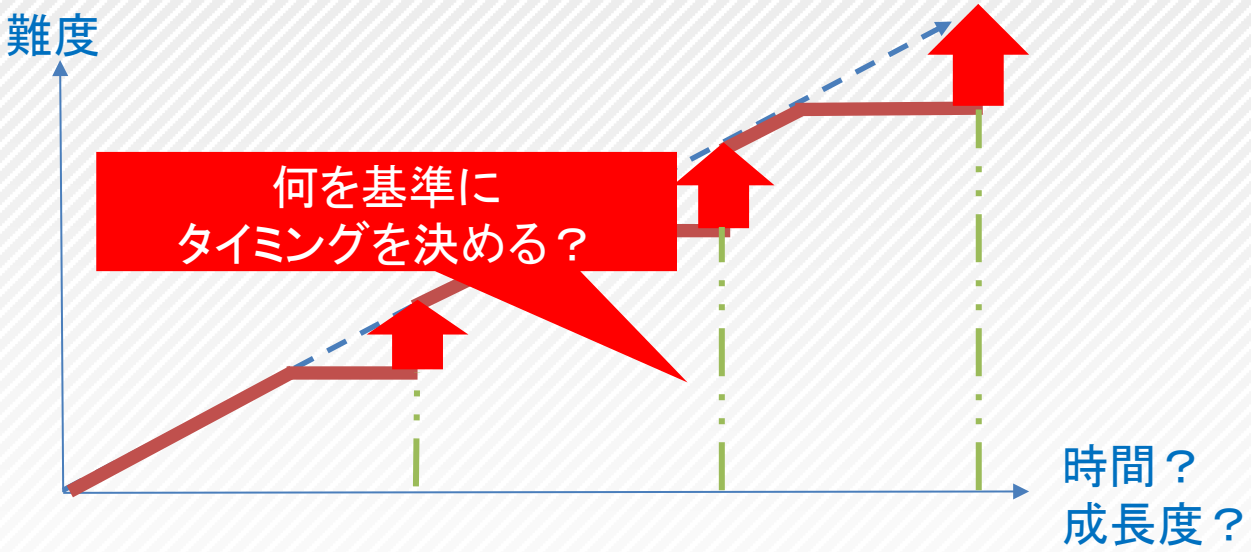


“世界最古”にして現代ゲームAIの先駆。21世紀に『パックマン』が再評価される理由を、作者・岩谷徹氏×AI開発者・三宅陽一郎氏が解説【仕様書も一部公開！】
電ファミニコゲーマー
http://news.denfaminicogamer.jp/kikakuthetower/aitalk_miyaiwa/2

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: Future work

フィットしすぎない難度、強さを実感する難度



“世界最古”にして現代ゲームAIの先駆。21世紀に『パックマン』が再評価される理由を、作者・岩谷徹氏×AI開発者・三宅陽一郎氏が解説【仕様書も一部公開！】
電ファミニコゲーマー
http://news.denfaminicogamer.jp/kikakuthetower/aitalk_miyaiwa/2

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: Future work

課題

	できる	課題
オープンワールド	順序・依存関係調整 密度調整	**レベルデザインと密度のコンフリクト**
プロシージャル	地形認識	**生態レベルでの矛盾の排除**
リプレイアビリティ	毎回異なる展開	**ランダム性とシナリオ性の共存**
バランス調整	フィットする難度 難しすぎない手加減	**フィットしすぎる→疲れてしまう** **難しすぎない→強さの実感シフト**
展開制御	緩急・アップダウン	**起承転結**

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: Future work

メタAIで起承転結（展開制御）

“世界最古”にして現代ゲームAIの先駆。21世紀に『パックマン』が再評価される理由を、作者・岩谷徹氏×AI開発者・三宅陽一郎氏が解説【仕様書も一部公開！】より

岩谷
「**抑揚があって、起承転結があるのが重要**だと思います。ロジェ・カイヨワは遊びを4つに分けて定義しました。「偶然」と「競争」と「模倣」と「眩暈」。僕は**5番目の遊び**として、**時間軸で変化する抑揚や起承転結**を楽しむ遊びがあると考えています。」
三宅
「先生のおっしゃる**起承転結も、まだAIで作ることはできていません。**モンスターの動きに緩急はつけられますが、**AIがゲームをストーリー仕立てで作るのはこれからの課題**だと思います。」

（※敬称略）

“世界最古”にして現代ゲームAIの先駆。21世紀に『パックマン』が再評価される理由を、作者・岩谷徹氏×AI開発者・三宅陽一郎氏が解説【仕様書も一部公開！】
電ファミニコゲーマー
http://news.denfaminicogamer.jp/kikakuthetower/aitalk_miyaiwa/2

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: Future work

メタAIで起承転結

- 緩急は可能
  - 敵の発生ペース制御

“世界最古”にして現代ゲームAIの先駆。21世紀に『パックマン』が再評価される理由を、作者・岩谷徹氏×AI開発者・三宅陽一郎氏が解説【仕様書も一部公開！】
電ファミニコゲーマー
http://news.denfaminicogamer.jp/kikakuthetower/aitalk_miyaiwa/2

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: Future work

メタAIで起承転結

- 緩急は可能 → **起承転結は難しい**
  - 敵の発生ペース制御 ≠ 起承転結

“世界最古”にして現代ゲームAIの先駆。21世紀に『パックマン』が再評価される理由を、作者・岩谷徹氏×AI開発者・三宅陽一郎氏が解説【仕様書も一部公開！】
電ファミニコゲーマー
http://news.denfaminicogamer.jp/kikakuthetower/aitalk_miyaiwa/2

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: Future work

メタAIで起承転結

- 緩急は可能 → **起承転結は難しい**
  - 敵の発生ペース制御 ≠ 起承転結

- 戦闘の中の起承転結
- 会話の中の起承転結

“世界最古”にして現代ゲームAIの先駆。21世紀に『パックマン』が再評価される理由を、作者・岩谷徹氏×AI開発者・三宅陽一郎氏が解説【仕様書も一部公開！】
電ファミニコゲーマー
http://news.denfaminicogamer.jp/kikakuthetower/aitalk_miyaiwa/2

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: Future work

メタAIで起承転結 → ドラマ

- 緩急は可能 → **起承転結は難しい**
  - 敵の発生ペース制御 ≠ 起承転結

- 戦闘の中の起承転結
- 会話の中の起承転結

→メタAIがドラマを作る

“世界最古”にして現代ゲームAIの先駆。21世紀に『パックマン』が再評価される理由を、作者・岩谷徹氏×AI開発者・三宅陽一郎氏が解説【仕様書も一部公開！】
電ファミニコゲーマー
http://news.denfaminicogamer.jp/kikakuthetower/aitalk_miyaiwa/2

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: CLOSING

人工知能(メタAI)を用いたゲームデザインの変革

- 現在のメタAIデザインは v.1.0

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: CLOSING

人工知能(メタAI)を用いたゲームデザインの変革

- 現在のメタAIデザインは v.1.0

→ 課題解決や実際のゲームへの適用

→ v.2.0, 3.0 … **どんどん進化できる**

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: CLOSING

人工知能(メタAI)を用いたゲームデザインの変革

- 現在のメタAIデザインは v.1.0

→ 課題解決や実際のゲームへの適用

→ v.2.0, 3.0 … **どんどん進化できる**

- エンジンによるAI機能サポート

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: CLOSING

人工知能(メタAI)を用いたゲームデザインの変革

- 現在のメタAIデザインは v.1.0

→ 課題解決や実際のゲームへの適用

→ v.2.0, 3.0 … **どんどん進化できる**

- エンジンによるAI機能サポート

→ どの会社のAIも一定のクォリティ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: CLOSING

人工知能(メタAI)を用いたゲームデザインの変革

- 現在のメタAIデザインは v.1.0

→ 課題解決や実際のゲームへの適用

→ v.2.0, 3.0 … **どんどん進化できる**

- エンジンによるAI機能サポート

→ どの会社のAIも一定のクォリティ

→ 主にキャラクターAIのみ

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: CLOSING

人工知能(メタAI)を用いたゲームデザインの変革

- 現在のメタAIデザインは v.1.0

→ 課題解決や実際のゲームへの適用

→ v.2.0, 3.0 … **どんどん進化できる**

- エンジンによるAI機能サポート

→ どの会社のAIも一定のクォリティ

→ 主にキャラクターAIのみ

→ **メタAIが差別化に有用**

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Meta AI: CLOSING

人工知能(メタAI)を用いたゲームデザインの変革

- 現在のメタAIデザインは v.1.0

→ 課題解決や実際のゲームへの適用

→ v.2.0, 3.0 … **どんどん進化できる**

- エンジンによるAI機能サポート

→ どの会社のAIも一定のクォリティ

→ 主にキャラクターAIのみ

→ **メタAIが差別化に有用**

→ メタAIがゲームデザインを変えていく

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

SQUARE ENIX®

ご清聴ありがとうございました

我々と一緒に研究したい方は

miyakey@square-enix.com

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Reference

参考資料

“KillzoneにおけるNPCの動的な制御”, IGDA日本ゲームAI連続セミナー第1回 2006, (三宅)

https://www.slideshare.net/youichiromiyake/killzonenpc?qid=79b296a6-2707-480b-ad52-7c793a67d41a&v=&b=&from_search=7

“Halo2 におけるHFSM(階層型有限状態マシン) ”, IGDA日本ゲームAI連続セミナー第4回2008, (三宅)

https://www.slideshare.net/youichiromiyake/halo2-hfsm?qid=31908513-ca4c-4105-8c3c-78ac9fe0d27e&v=&b=&from_search=1

“キャラクターAIの基礎理論「環境と思考」ー 20の実例を踏まえてー”, 筑波大学コンテンツ工学セミナー2008, (三宅)

http://igda.sakura.ne.jp/sblo_files/ai-igdajp/academic/YMiyake_Tsukuba_Univ_2008_10_30.pdf

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

商標

- ゼビウス は バンダイナムコエンターテインメント社の商標または登録商標です。
- FINAL FANTASY XVはスクウェア・エニックス社の商標または登録商標です。
- FINAL FANTASY XIVはスクウェア・エニックス社の商標または登録商標です。
- Halo 2はマイクロソフトコーポレーションの商標または登録商標です。
- KILLZONE、KILLZONE 2はソニー　インタラクティブ　エンタテインメント　ヨーロッパ リミテッドの商標または登録商標です。
- LEFT 4 DEAD は バルブ　コーポレイションの商標または登録商標です。
- Counter Strike は バルブ　コーポレイションの商標または登録商標です。
- Warframe はディジタル　エクストリームズ　リミテッドの商標または登録商標です。
- Far Cry 4はUbisoft社の商標または登録商標です。
- GunslingerはActivision社の商標または登録商標です。
- Neverwinter NightsはInfogrames Entertainment, S.A.社の商標または登録商標です。
- The SimsはElectronic Arts社の商標または登録商標です。
- Total War: SHOGUN 2はThe Creative Assembly社の商標または登録商標です。
- その他掲載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

Trademark

- XEVIOUS is a trademark or registered trademark of NAMCO BANDAI Games Inc.
- FINAL FANTASY XV is a trademark or registered trademark of SQUARE ENIX CO., LTD.
- FINAL FANTASY XIV is a trademark or registered trademark of SQUARE ENIX CO., LTD.
- HALO 2 is a trademark or registered trademark of Microsoft Corporation.
- KILLZONE, KILLZONE 2 is a trademark or registered trademark of Sony Computer Entertainment Europe.
- Left 4 Dead, Counter Strike is a trademark or registered trademark of Valve Corporation.
- Far Cry 4 is a trademark or registered trademark of Ubisoft.
- Warframe is a trademark or registered trademark of Digital Extremes Limited.
- Gunslinger is a trademark or registered trademark of Activision, Inc.
- Neverwinter Nights is a trademark or registered trademark of Infogrames Entertainment, S.A.
- The Sims is a trademark or registered trademark of Electronic Arts, Inc.
- Total War: SHOGUN 2 is a trademark or registered trademark of The Creative Assembly Limited.
- All other trademarks are the property of their respective owners.

©2017 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.