

「人工知能が拓くオンラインゲームの可能性」

(株)フロム・ソフトウェア 技術部 三宅 陽一郎

y_miyake@fromsoftware.co.jp

第1章 概論

本講演では、ゲームにおける人工知能技術の応用の現状と、これからオフライン、オンラインゲームにおいて人工知能技術が果たして行く役割を、具体的なゲームの実例への参照や、「クロムハウズ」(Xbox360, SEGA Corporation / FromNetworks, Inc. / FromSoftware, Inc.)の開発過程を通じて説明いたします。それによって、人工知能技術の開発タイトルへの導入の方法を提示することを目指します。

ゲームにおける人工知能技術(以下、ゲームAI)の応用は、ハードウェアの進化によって、大きなリソース(計算時間、メモリ)を獲得しつつあり、これを足場として、現在、その応用の可能性が急速に広がり、実装された幾つかの大きな実例が報告されています。

このような技術の過渡期において、技術者はその技術について十分な情報収集に努め、さらに、実際に応用するための基礎技術を研究する必要があります。と同時に、ゲーム企画者も、日々、ゲームAIによって拓かれつつある可能性を知った上で、自分が開発に従事しているタイトルのゲームデザインを考える必要があります。

ゲームAIの他の技術との顕著な違いは、ゲームAIが実際のゲームのデザインと深く結びついている、という点です。人工知能技術はゲームデザインの大局、細部において、それなしでは実現できないような機能を提供します。しかしこの機能は学術的な基礎研究から自明なものではありません。各ゲームタイトルにおいて独自の応用の仕方を探求する必要があります。よって人工知能技術のゲームへの応用には、技術者と企画者の双方の理解と協力の上にオリジナルな発想が必要です。

欧米においては、そういった人工知能技術の導入に成功した事例が、多く会議や書籍を通して公開され、それが開発者の相互作用を促し、ゲームAIの技術的水準を急速に成長させつつあります。一方、日本においては、そういった情報があまりに少なく、開発者同士も、自社のレベルや、他社のレベルを判定することさえ難しい状況にあり、これが一層、欧米との格差を助長しているのが現状です。この点については、第2章で詳しく説明します。

オンラインゲームにおける人工知能の応用においてもまた、ゲーム企画の段階から、A Iを含めたデザインを検討する必要があります。特に、オンラインにおいては、オフラインゲームでは活かしきれなかった様々な人工知能技術を展開するチャンスを持っており、より高いハードルと共に、より高い水準の応用を実現するチャンスがあります。一例を挙げますと、多対多のオンラインゲームで、A Iチームとプレイヤーチームを対戦させる場合、プレイヤー全員の視点のもとにA Iチームが動きますので、ゲーム内で実際にチームとして機能するA Iを組み上げて置く必要があります。この例を、第3章で説明いたします。

現在、ゲームA Iの発展の流れは、多くのゲーム開発者が感じ取るところとなり、ゲームA Iへの知的欲求と、ゲームデザインに対する応用の実現への期待が膨らみつつあります。そういった流れをうまく開発現場に取り入れることが、ゲームA I技術を取り込む一つの分水嶺となります。

I G D A日本では、AI技術の導入を考えている/取り組んでいるゲーム開発者に、欧米で紹介されているAI技術適用の事例を紹介し、それについて参加者の間で討論やグループワークを行う「ゲームA I連続セミナー」(全6回、現時点で2回まで終了)を行っています。多くの企業から毎回100名近い参加者を頂き、そこからは、多くの開発者が、ゲームA Iの技術に対して、これまでのゲームを発展させ、改革する力を望んでいることを感じます。この試みについては第4章で説明します。

ゲームA Iの技術にはゲームの可能性を拓く力があります。ただ上記で述べましたように、そこには開発者自身と日本のゲーム業界全体が解決すべき幾つかの課題があります。この講演では、具体的なゲーム開発事例を説明し、そういった課題の幾つかを解決した事例、さらに、実際のオンラインゲームの開発過程を説明することで、ゲームA Iがゲームに対して影響する方向、或いは逆に、ゲームがゲームA Iに及ぼす力の双方をお見せしたいと考えております。

(第1章おわり)

第2章 ゲームAIに関する欧米と日本の違い

この章では、ゲームAIにおける欧米と日本を比較を行い、ゲームAIの世界的な動向と日本の現状を解説します。ここでは全体的な傾向を、幾つかのポイントで順に比較して行きます。

欧米と日本におけるゲームAIの開発の比較

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

図1 欧米と日本におけるゲームAIの開発の比較

まず「情報公開」という点で、欧米では、GDCを始めとするカンファレンス、AI Programming Widsom(1～3、未翻訳)を始めとする書籍において、実際に実装されたゲームタイトルのゲームAIの応用方法やノウハウが詳細に公開されています。このような情報公開が為される主な理由は、タイトル、プロダクションの技術力のアピールと、発表することによる開発者自身のステータスがあります。ゲームAIはタイトルのコンテンツ依存度が強いいため、公開したとしても、すぐに追従できるものではない、という背景と、発表時には既に、そのプロダクションにおいては、その技術は達成済みのものであり、実際の開発のレベルは次の段階へ進んでいるため、公開しても問題にならない、という背景があります。一方、日本におけるゲームAI技術の情報公開技術は殆どありません。特に企業における開発のノウハウが外に出ることは殆どありません。

次に「文献」ですが、欧米では上記のカンファレンス資料、書籍に加えて、WEBにおいて、開発者、研究者のゲームAIに関する研究、調査文献が多数あります。それらは主に英語の文献

ですが、ざっと見渡しただけでも、WEB上で500は下りません。一方、日本においては数冊のゲームAIの書籍があるだけで実際の開発の情報が得られる機会はありません。

「アカデミズム」との関係ですが、F.E.A.R というFPSで、大学の研究者が開発タイトルに深く関わるようなケースのように、大学における基礎研究の知識がゲーム開発へ研究者を通してスピノフされています。また、ゲームAIカンファレンスにも大学の研究者が参加します。また、大学によってはゲームAIに特化した大学のカリキュラムが組まれているケースがあります。日本では、技術レベルでそういった交流は稀です。

さらにこういった土壌を背景に、米ではゲームAIに関する技術を標準化しようという流れがあります。これはゲーム本体部分とAI部分をつなぐインターフェース(橋渡し)の形式を統一化して、AI側からゲームに対して、常に統一された形式で機能を提供する土台となるものです。これによって、ゲーム開発におけるゲームAIの形式が統一化されます(ように見せることができます)。また、この共通の基盤の上に、ゲームAIのミドルウェアを広く提供する可能性が拓けます。現在まで6年間、開発者、研究者、ミドルウェア関係者が同じ比率で参加するAIISC(人工知能インターフェース標準化委員会)から毎年レポートが公開されています(IGDA日本のサイトに翻訳されたものがあります)。日本からも数名参加しています。

実際のゲームAIの応用は、欧米では、最も人気のあるジャンルであるFPS(一人称視点シューティングゲーム、Haloなど)、ストラテジーゲーム、スポーツゲームの順に応用の場を得ています。欧米のゲームは全体的に見ると、グラフィックにおいても、AIにおいても、リアル指向と言えますので、現実の世界で人間が持つ知性に似た機能(「仲間と協調する」「目標を持って行動する」「予測する」「計画して行動する」)を実現することを目的として、学術的なAIの基礎研究と重なる部分が多く、応用の土壌が広くあります。一方、日本においては、独自に育まれて来たゲーム文化の中で、多くの種類のゲームが作られています。そこには、新しいジャンルさえ作り出すクリエイティブな土壌があります。これは、ゲームAIの特徴である「コンテンツとの関連度が強い」という点から見れば大きなチャンスであり、そういったコンテンツに対応したオリジナルな人工知能技術の応用を行うチャンスが多くあります。ですから、日本の開発者には、欧米にはないゲームAIの発展の機会を持っており、これに気付くことがまず、日本において欧米にはないゲームAIを進化させて行く端緒となります。

以上、欧米と日本におけるゲームAIを比較しました。ゲームAIを巡る開発環境、情報環境は遅れていますが、日本にはオリジナルな大きなチャンスがあります。そして、そのチャンスを活かすためには、各開発者が開発に従事するタイトルにおいて、それぞれ可能性を拓いて行く必要があります。そういった挑戦の積み重ねが日本独自のゲームAI発展を形作って行き、日本のゲーム業界全体の活性化に繋がって行くと思われます。(第2章おわり)

第3章 クロムハウズにおけるA I

この章では実際に「クロムハウズ」(Xbox360, SEGA Corporation / FromNetworks, Inc. / FromSoftware, Inc.)の開発過程を説明することで、ゲームA Iをゲームに導入する効用や問題となる点を説明します。

第1節 「クロムハウズ」におけるA Iの役割

「クロムハウズ」はプレイヤーがハウズと呼ばれるロボット(20m)を構築し搭乗し、最大6人のチームを組んで、4km以上の四方と複雑な地形、構造物を持つ広大なマップにおいて戦う3Dアクションからなるオンラインゲームです。80を超える多様なマップ(街、山岳、平原など)が用意され、機体の特性によって、幾つかの役割(偵察、防衛、重攻撃、機動力を持つ攻撃、狙撃、司令)を果たすことが要求され、最大15分に渡るチーム間の連携と個人の技量が勝敗を決定します。戦略、戦術性と共に、接近戦における機敏さも必要とされます。

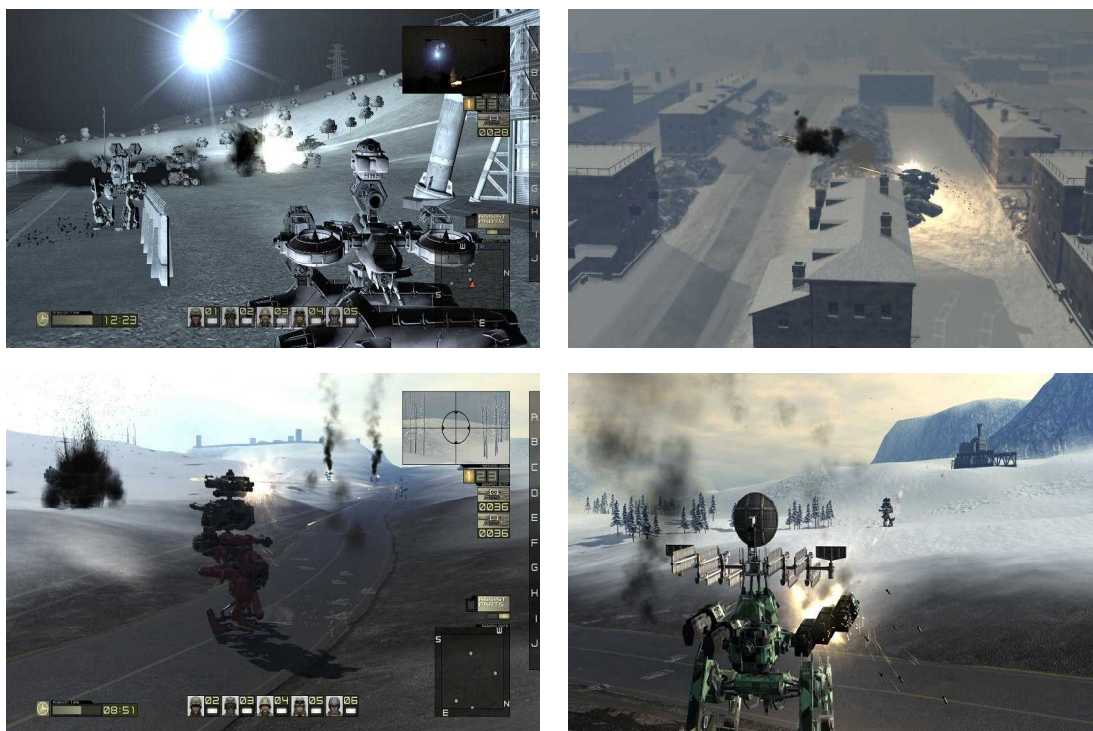


図2 クロムハウズのゲーム画面。プレイヤーによって様々な組まれたロボットと、雪山や、街など多様なマップが見られる。また、通信塔(左上図、右端)や、敵基地(右下図、遠景)がある。

このゲームにおけるA Iの役割は「プレイヤーチームが対戦チームを見つけられない場合に、プレイヤーチームと対戦する」ことです。つまり、A Iのチームを作り、プレイヤーチームと対

戦させます。その目的は、

- 対戦相手のいないプレイヤーチームに対戦の機会を与える。
- 長くプレイされるオンラインゲームにおいて、途中から参戦したプレイヤーチームがベテランチームに対してキャッチアップするために、スキルアップの相手となる。

の2点です。

さてこれをゲーム AI の技術側から見てみます。まず、上記の要求は詳細には、「AI がチームとしてプレイヤーチームと同等な条件で戦う」ということが出来ます。通常、演出のための AI では、こういったケースはありませんので、これはクロムハウنزがリアル指向のゲームであることの必然的な要求となります。以上のゲーム設定と AI への要求を、幾つかの技術を積み上げることで実現します。

- **自律型エージェント** 自分で情報を収集し、判断し、行動させる技術
- **ゴール指向型 AI によるプランニング** 目的（ゴール）に対して計画して行動させる技術
- **ナビゲーションメッシュ上の A*アルゴリズムによるパス検索** フィールド上の任意の2点間を移動させる技術
- **チーム AI と自律的 AI の対立による自由度の高い人工知能** チームとしての知能と各 AI の判断の双方を両立させる技術

以下では、こういった人工知能技術の詳細を

- (1) このような AI が何故必要だったのか？
- (2) ゲームデザインにどう関係しているのか？
- (3) 製作工程で落とし穴となったところは何処か？

という点を支点として、企画側からの要求に対して、技術者がどのようにクロムハウنزの AI を形作って行ったのか、という過程を通して解説いたします。

第2節 企画からの AI への要求

企画側からの基本的な要求「AI がチームとしてプレイヤーチームと同等な条件で戦う」は、COM に人間の代わりなる役割を要求します。人工知能では、人間に近い型の AI として、「エージェント」という設計フレームがあります。

エージェント

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

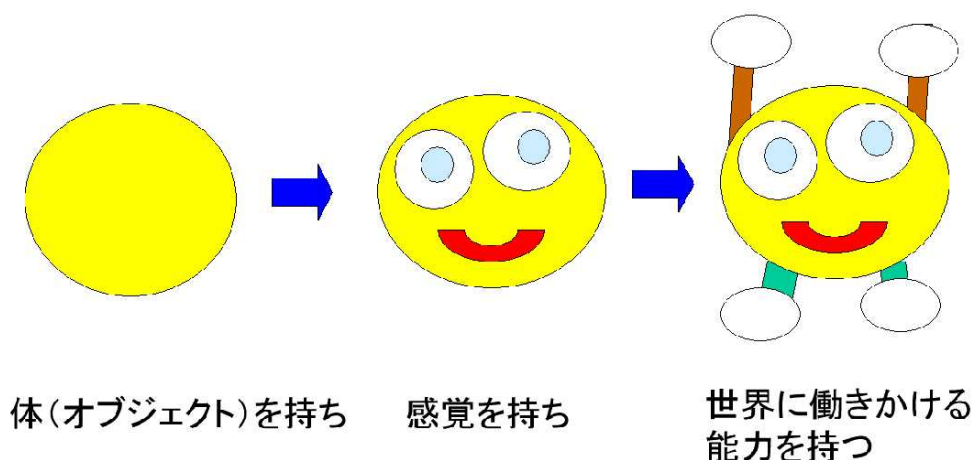


図 3 エージェントの説明。生き物をモデルにした人工知能のフレームと言えます。環境の中で情報を収集して、思考して、行動します。これは、旧来の単純条件反射型(「〇〇の場合は××する」というルールの集合)というAIとも違いますし、有限状態マシン(Finite State Machine)と言って、取るべき行動を状態遷移によって決定するという方法とも違います。

エージェントとは情報を収集する感覚を持ち、それに基づいて意志決定を行い、実際に行動できるAIです。エージェントの枠組みは非常に単純です。世界(ここではゲーム状況)から情報を得て、判断して、行動します。F.E.A.R や Halo2 など、米のFPSの敵は、一体一体がエージェントとして設計されています。クロムハウন্ズにおいても、エージェントのフレームを採用し、自律的なAIを作ってプレイヤーと戦わせる、という方向で開発を進めることにしました。

AI をエージェントとして捉えることは、ゲームにおけるCOM の設計に非常に明瞭な見通しを与えます。簡単に言うと、一体一体を、生き物のように捉えて、成長させながら賢くして行くことができます。

エージェントの機能を端的に表示する図として以下のような構造図があります。このエージェント構造図は、まだ空っぽの箱なのですが、ここにいろいろな機能を追加して行くことでエー

エージェントを徐々に成長させて行くことができます。

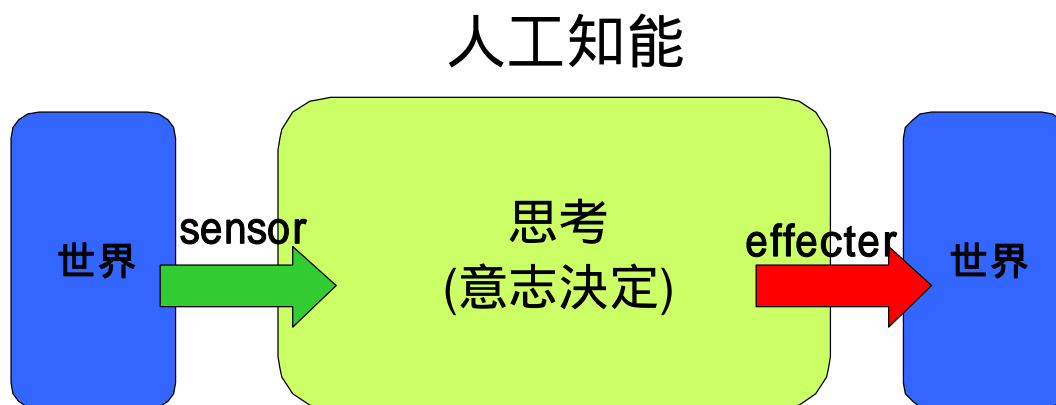


図 4 エージェントのフレーム。エージェントとは、自分の属する世界に対して、(I) 感覚 (sensor) を持って情報を集める (II) その情報をもとに、自らの行動を決定する思考を持つ。 (III) その決定をもとに、世界に対して行動し影響を及ぼすことができる、という 3 つの条件を満たすものを言います。ゲームにおいては、キャラクターを自律型エージェントとして実装する、という方向が主流になりつつあります。そうすることで、キャラクター自身に状況を分析させ行動させるのです。ただ、エージェントというのは、一つの大きなフレームであって、この 3 つに点をどう工夫して行くかが開発の力点になります。ゲームにおけるエージェントには膨大な文献があるので、そちらを参照した頂ければと思います。

また、個体としてエージェントを作っておくと、次の段階として、エージェント同士が協調して動作させることができます。情報を共有したり伝え合うことで、協力した行動を自発的に取らせることができます。

例えば、クロムハウズはチーム戦ですので、司令官が全員に情報や指令を伝えたり、武力の弱い味方を護衛したり、危機にある味方を援護したり、あるタイミングで一斉に敵基地に攻撃するような機能を実現しています。これは、単に「ある時刻になったら敵基地を一斉に攻撃しろ」という AI とは違います。エージェントたちが自分たちで、基地を攻撃するかどうか、攻撃のタイミング、誰と協力するか、を決めて連携します。このような技術を「マルチエージェント」と言います。

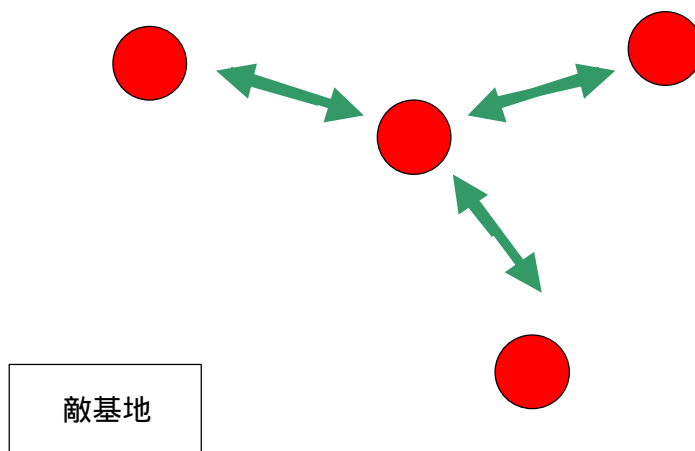


図 5 マルチエージェントモデル。各エージェントが、互いに情報を交信しながら意志を決定して行動する。

第3節 ゲームデザインからの要求

「エージェント」も「マルチエージェント」も非常に大きな AI を作るための箱のようなもので、ここに、たくさんの装置を入れて行くことで、AI を賢くすることが出来ます。

その中身を決めるために、さらにクロムハウズのゲームデザインを見て行きます。

- 勝利条件は、「何処にあるかは最初はわからない敵本拠地を探して破壊する」か、「敵機を全てを破壊する」「ゲーム終了時の占拠した通信塔の数が多い」。
- 勝利条件のほかに、コムバスと言われる通信塔を占拠して通信領域を確保したり、機体の特性に合わせて役割（偵察、防衛、重攻撃、機動力を持つ攻撃、狙撃、司令）を果たす必要がある。
- 最大15分のプレイ時間

この要求はを技術側から見て、「本拠地を占拠する」「通信塔を占拠する」「味方を援護する」など目標（ゴール）に向かって計画して行動する機能が COM に必要であると判断できます。人工知能技術では、こういった能力を実現する技術を「ゴール指向プランニング」と言います。

「ゴール指向プランニング」とは、

- (1) まずゲームデザイナーが、COMが達成すべき複数のゴールを事前（開発段階）に用意する。
- (2) ゲーム中では、COMはその中から状況に応じて最も適切なゴールを選択して（意志決定）そのゴールを達成するための計画を立てて（プランニング）実行する。

という技術です。これは、この数年で、ゲームAIの中で、もっとも効果的に応用されつつある技術で、F.E.A.R というゲームがその代表的なタイトルです。

ゴール指向型プランニング

複数のゴール × プランニング

多数の目的

目的に対する多様な行動

=

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

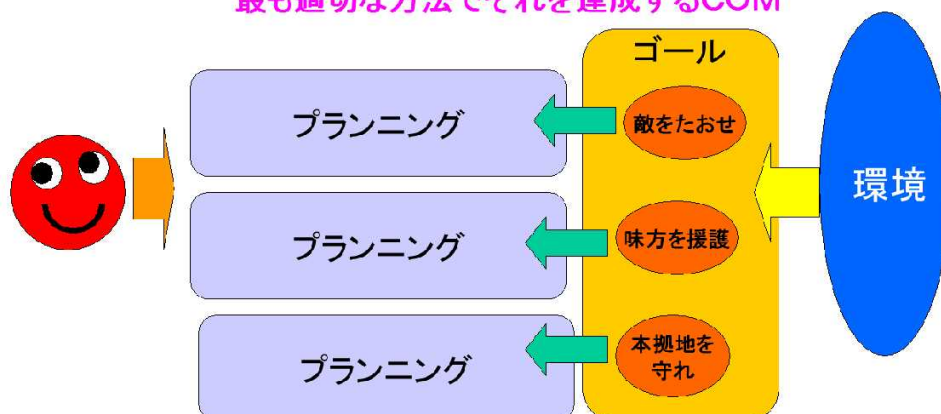


図 6 クロムハウズ AIの基本概念「ゴール指向プランニング」

特にクロムハウズでは、「階層型ゴール指向プランニング」という技術を用いています。これは、大きな抽象的なゴールを、だんだんとより具体的な小さなゴールに分解して行き、最後は単純な行動にまで分解する、という方法です。例えば、下図のように通信塔を占拠する、という行動も、だんだんと小さいゴールに分けることで実現します。この方法によってCOMは、ゲーム内で高度に抽象化されたゴールを達成するためにゲーム状況に応じた計画を立てて実行する、という能力を獲得します。

ゴールはより小さなゴールから組み立てられる

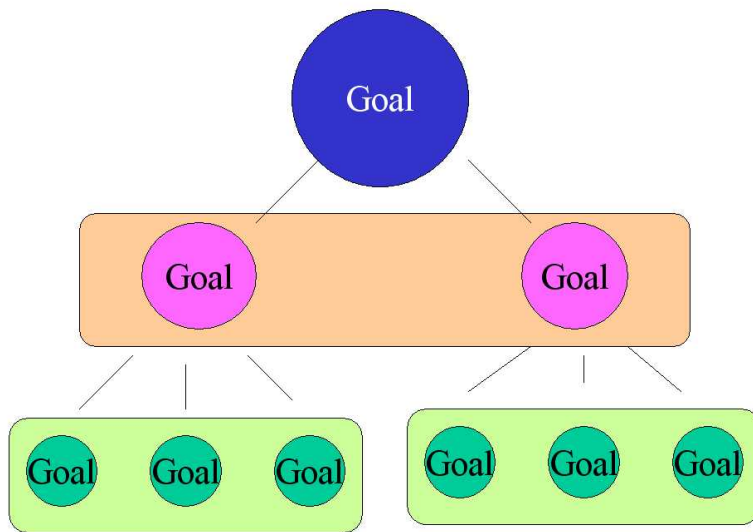


図 7 階層型ゴール指向プランニング。大きなゴールをだんさんと小さなゴールへ分解する。

クロムハウズにおける 階層型ゴール指向プランニング

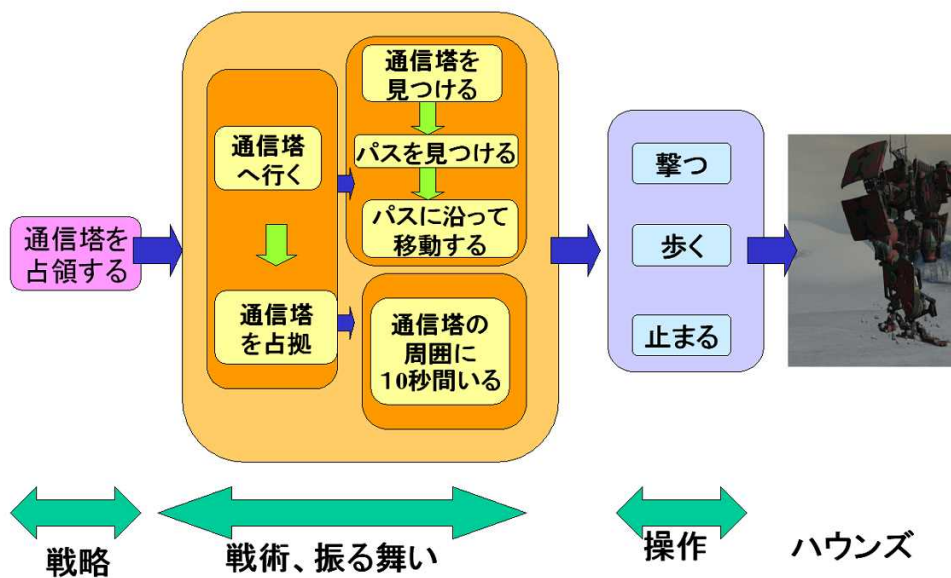


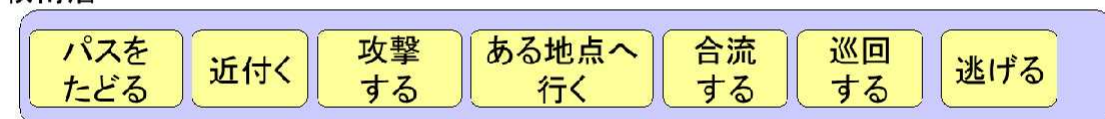
図 8 クロムハウズにおける階層型ゴール指向プランニング。ゴールを小さいゴールに分解して、最後は簡単な操作のシーケンスに還元します。

最終的なゴール総合図

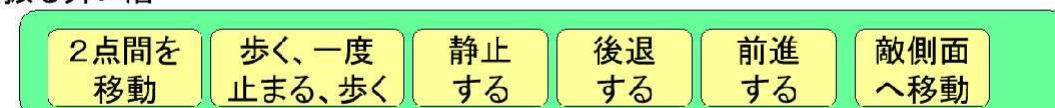
戦略層



戦術層



振る舞い層



操作層



図 9 クロムハウنزの最終的なゴール階層図。企画が最上層の戦略、戦術を決め、その分解の仕方は技術者が決定します。一度実装されたゴールは再利用され、それより上の層のゴールの組み立ての要素となります。企画はどんなゴールが必要であるかをゲームから抽出し、技術者が実装して行きます。

第4節 人工知能において最も大切だが見落とされやすい点「知識表現、世界表現」

ここまでは、COMの知能部分の解説を行いました。しかし、この知能を支える土台として、人工知能、特にゲームAIにとっては全ての知能の土台となる「知識表現」を作る必要があります。

知識表現について説明します。AIは、自分の属する環境を、人間のように自分で解釈できるわけではありません。例えば、ゲームフィールドの地形データはデータであって、それが持つ意味をCOMが認識できるわけではありません。また、オブジェクトもポリゴンのデータに過ぎません。AIが、世界やオブジェクトをどのように解釈するべきか、というデータは開発者が事前に用意しておく必要があります。

知識表現とは？

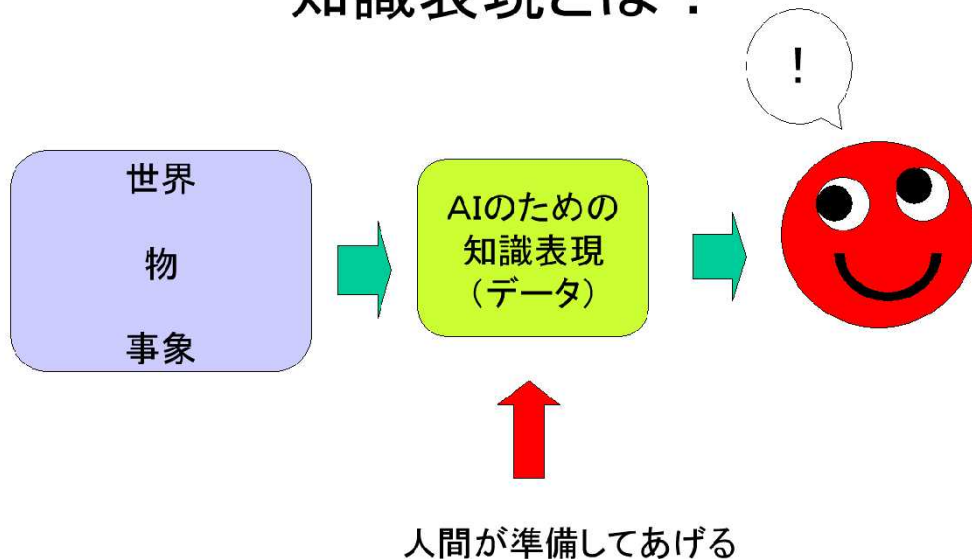


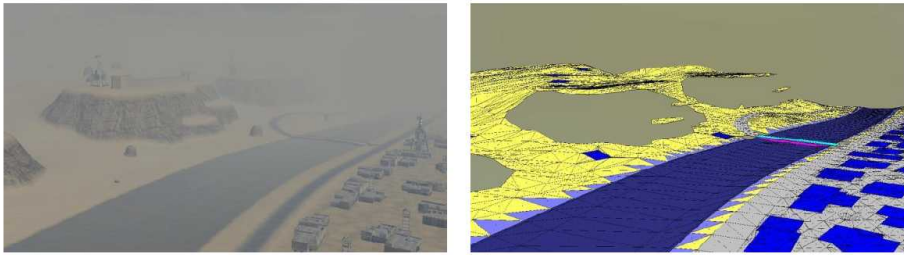
図 10 知識表現。AI が世界を解釈するヒントとなるデータを開発者が用意する必要がある。

例えば、Halo2 というゲームでは、オブジェクトをどちらに動かすことができるか、そのオブジェクトの側で戦術的に取るべき位置などの情報があらかじめ準備されていて、COMはその情報を参照して行動を決定します。また、Killzone というゲームでは、各ウェイポイントに、近くのオブジェクトまでの射線距離がデータとして付属されており、それによって COM は、ゲーム中で射線判定の計算なしに、自分が隠れるポイントを見出すことができます。

ゲームにおける知識表現のうちマップ全体の渡るようなグローバルなフィールド情報を特に世界表現 (World Representation) と言います。例えば、ウェイポイントデータ (地形に沿ったポイント情報) などが代表的な例です。ウェイポイントを使ってパス検索 (任意の 2 点間の最短パスを見つける) を用いることで、フィールド上を自由に移動することが出来ます。

クロムハウズでは、ナビゲーションメッシュ (地形に沿った三角形のパネル情報) を準備し、各メッシュに様々な情報を埋め込み、その上でパス検索 (A* アルゴリズムによる) を行うことで、COM があたかもフィールドの地形を正確に認識して、最適なパスを見つけ出す能力を実現することに成功しています。

情報が埋め込まれたナビゲーションメッシュ



- (1) 水や砂地は、ハウズのスPEEDを減速させるので、メッシュに表面の性質を埋め込んでおく

➡ 最短時間の経路を導く
ハウズが地表効果を考慮して移動する

- (2) 障害物が破壊されたら、メッシュのデータを更新する

➡ ハウズが状況の変化に対応して移動する

図 11 クロムハウズにおけるナビゲーションメッシュの世界表現。各メッシュに、地形情報（崖の側にある）、地表情報（水の上である）、構造物との関係（橋の上にあるメッシュである、橋の下にあるメッシュである）などの情報を埋め込んでいる。例えば、クロムハウズのCOMは足を取られる砂や水の上よりは硬く塗装された道を選んで移動する。橋があれば河に入るよりも橋の上を進み、橋が破壊されれば、河を横切る最短経路を選ぶ。また、破壊可能なオブジェクトが載っているメッシュにはあらかじめフラグを設定し、破壊されると同時に、解放することで、リアルタイムに変化するフィールドの破壊状況に応じた行動を取らせることが出来る。例えば、廃墟を横切るような最短距離で敵基地まで進行ルートを取るといった能力を持っている。

こういった知識表現はAIを設計する上で、最も基本的な土台となります。この知識表現のデータをしっかりと作っておいて初めて、その上に高度な知能を築くことが可能となります。Halo2, F.E.A.R. そういったピクタイトルのAIについての発表された論文を読んでいると、必ず知識表現、世界表現に入念な設計をして丁寧にデータを作成していることがわかります。

しかし、知能のシステムが全マップで普遍的であるのに対し、知識表現、世界表現のデータは各マップ毎に作成する必要があります。よってAIの製作工程において最も負荷が多い工程となります。ゲーム製作を指揮される方は、この点に特に注意する必要があります。そのゲームにおける実現したい項目が上がれば、技術者と対話し、どのような知識表現、世界表現データを用意すべきかを相談し、その製作期間の見積もりをする必要があります。逆に、こういった部分は、比較的、他の工程から独立に行うことができるため、また、専用のツールの開発を必要である場合が多く、早め早めに相談しておく、後の工程の見通しが建てやすくなります。ゲームの

種類にもよりますが、AIの製作工程において、知識表現、世界表現のデータを作成することは、全工程の半分であるという意図安を持っておくとよいと思われます。たとえそれによって実現できることが「移動する」「オブジェクトを使う」などの簡単なことであつたとしても、人工知能では常に最も簡単なことほどAIにさせることほど難しいという傾向があります。逆に、そういった部分をクリアすると、「地形を利用して戦闘する」「物陰に隠れて移動する」など高度な動作が可能になります。クロムハウنزの例以外にも、米のFPS、Halo2、F.E.A.R、Killzoneの事例を見られるとよいと思います。

[参考文献] 三宅 陽一郎、ゲームAI連続セミナー「ゲームAIを読み解く」第1回「KillzoneにおけるNPCの動的な制御方法」資料、<http://www.igda.jp/modules/news/article.php?storyid=1050>

第5節 人工知能技術における開発の落とし穴

さて、本格的な人工知能技術の導入をクロムハウنزを通して見て来ました。最終的にAIに

- フィールドの地形を利用して自由に動きまわる
- プレイヤーチームの動きを認識して、そこから戦略を立てて行動する
- チームとして協調する

という3つの能力を持たせることに成功し、「自由に自律的なAIを作ってプレイヤーと対戦させる」という目標を達成しました。

さて、こういったAIの開発において最も問題となるのは「デバッグ」です。例えば、条件分岐型のAIであれば、全ての条件を追うことでデバッグできます。しかし、自律型AIでは、ゲーム状況に合わせて行動を創り出してします（これを行動の創発と言います）。そういった状況に合わせて創発される行動の全てを追うことは現実的に不可能です。しかも、AIのデバッグでは同じ状況を作り出すことさえ難しいのです。これが、自律性という自由を獲得した獲得した代償になります。

例えば、AIのパス検索（目的地までの経路を導き出す）のデバッグを考えてみます。クロムハウنزでは、ナビゲーションメッシュという世界表現を採用していますが、これがメッシュと呼ばれる3万から8万個ほど三角形とその隣接情報からなり、この任意の2点に対して、A*アルゴリズムによるパス検索を行うことでパス経路が導き出されます。しかし、全ての経路をAIが安全に走行できることをチェックすることはできません。場合の数が多過ぎます。これを人工知能では「状態の爆発」と言います。自律型AIのデバッグは常にこの「状態の爆発」という

問題に直面します。

そこで以下のような手法によって、このチェックを回避しつつ、安全性を上げることにしました。

- (1) 主要経路（基地と基地の間、通信塔と基地の間、通信塔と通信塔の間）だけは実際に COM を走行させて複数回チェックする。
 - (2) それ以外の経路については、
 - (A) 万が一、移動途中で詰まってしまった場合は、とりあえずバックしてからもう一度進む。
或いは、目の前を攻撃してオブジェクトを破壊。
 - (B) 到着予定時刻を設定し、それまでにたどりつかない場合は、再パス検索を行う。
 - (C) 崖から落下した場合（落下判定）は、直ちに一度パス検索を行う。
- という、移動を保証するアルゴリズムによって万が一の場合に対処する。

という方法でした。つまり、全てのパターンを追いきれないかわりに、COM がストップすると予想される状況に対してあらかじめ予防策を何段階にも渡って立てておきます。この方針は成功して、複雑な市街戦においても、COM はパスでひっかかるということはありません。また、プレイヤーが COM のパスを妨害しても、(2) の方策によって、復帰することができます。以上が、世界表現における移動のデバッグでした。

一方、知能部分は、大量のデータがあるわけではなく、単一の知能システムがあるだけです。で、デバッグというよりもブラッシュアップが問題となります。特に、階層型ゴール指向エージェントにおいては、人間がどれだけ COM に必要なゴールを設定しておくかが、AI の出来に直接関係します。そのゴールを見出すことは企画の仕事になります。

我々はゲームに必要な戦略ゴール、戦術ゴールを全て抽出するために、100回近くのCOMと人間のチーム対戦を行い、毎回、その結果について反省ミーティングを行い（我々はこれをゴール会議と呼んでいました。人間のチームが反省するのではなく、開発者がAIの代わりに反省します）足りないと思われるゴールを一つ一つ増やして行きました。こういった次第にシステムを成長させて行く方法を漸近的成長といいます。そうやって、AIを出来る限りプレイヤーチームに肉薄させて行きました。以上が知能部分のデバッグの説明です。

新しい技術の導入には常に不安があります。新しい落とし穴（バグ）があり、それを完全に予測することもまたできません。しかし、常に「新しい技術の導入には、新しいデバッグの方法が必要」です。問題が出るたびに、新しいデバッグの方法や、それを回避する技術を取り入れることで、未踏野の分野の技術を抑え込み自分のものとすることができます。そういった挑戦の積み重ねが、その企業にとっての人工知能技術の実力となって現れます。

ゴール指向型AIの開発工程 (パターンランゲージによる漸近的成長)

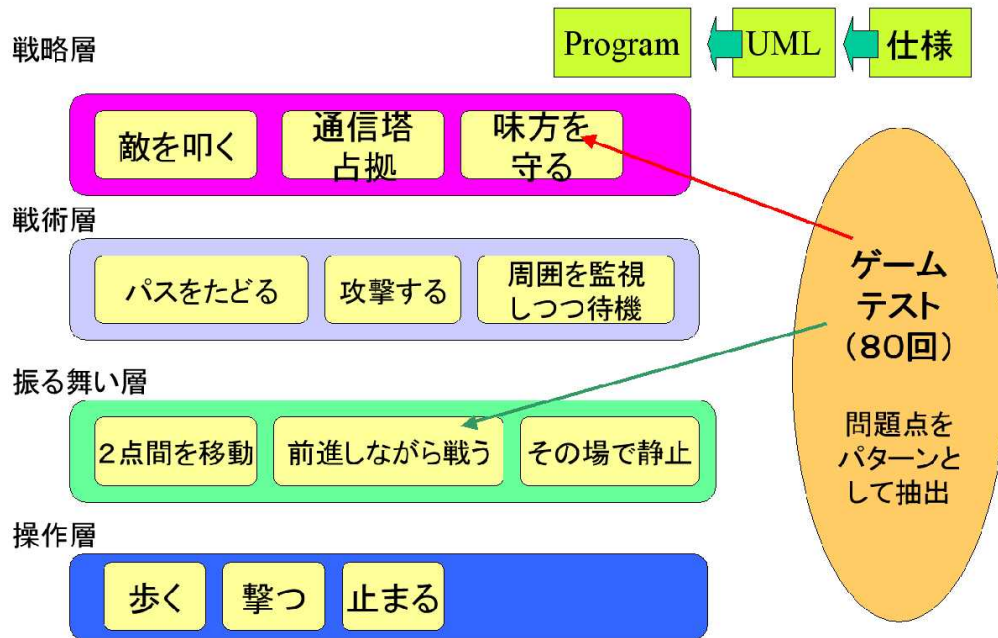


図 12 階層型ゴール指向プランニングの開発工程。実際の AI チームとの対戦を通して、足りないゴールを随時、追加して行く。

第 6 節 まとめ

さて、ここで、人工知能の技術的解説は終わりですので、クロムハウنز AI の全体のエージェント構造図を完成させておきます（下図）。

ここで重要なことは、こういった設計が、企画と技術の対話を通して設計されて来た、という点です。企画側の要求に答えるために、一つ一つ要素を組み上げて行って初めて、AI の設計が形を取り、ゲームにフィットした AI を開発することが出来ます。そのためには、技術側は、使えるゲーム AI の技術を普段からストックしておく必要があります。開発が始まってからでは、どうしても視野が狭くなってしまいますので、できるなら継続して勉強しておくことが望ましいです。また、企画は従来のゲーム AI の限界に囚われないで自由に発想することが大切です。以前であれば「そんなことできない」と技術者から突き返されたことも、現在では、その境界がいまいになりつつあり、達成できる可能性を持っています。他社のタイトルなどが、何ができるようになったのか、技術的トピックは何かなどを知り、より自由な発想を技術側にぶつけることで、思わぬ突破口が開けるチャンスが多くなっています。開発しているゲームにおける AI の好機を逃さずに、そのゲームのゲーム性を十分に引き出す AI を作成して頂ければと思います。

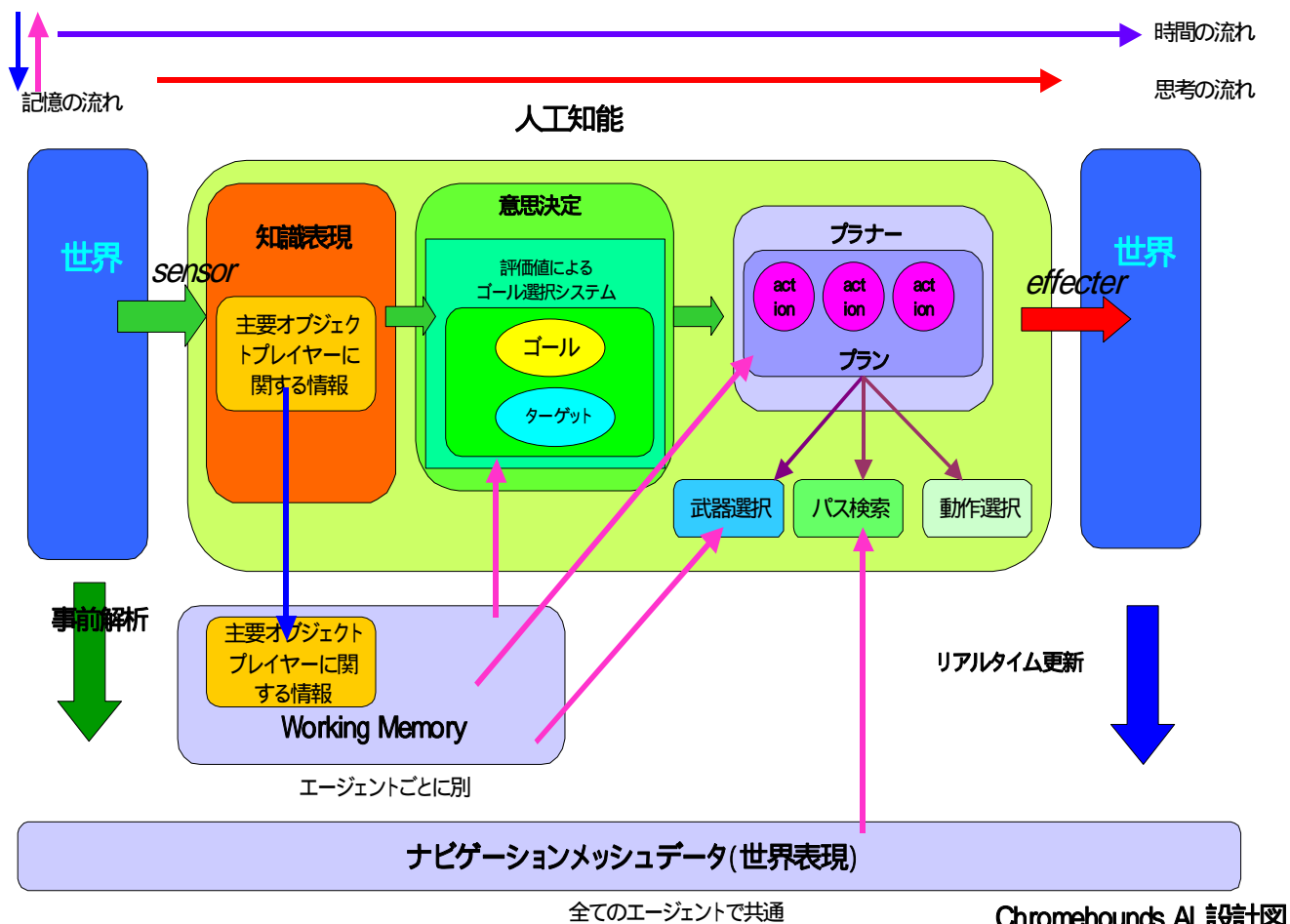


図 13 クロムハウন্ズのエージェント構造図。まず、ゲーム世界からエージェントの感覚、ここでは視野角内の情報、或いは、味方からの通信情報によって、ゲーム状況の情報を取得します。その情報から、自分が行うべきゴールを、設定されたゴールに評価点をつけることで決定します。ゴールが決定すると、そこから階層型プランニングによって、一連の行動を決定して、順次、実行して行きます。ナビゲーションメッシュは、COM がマップを移動するためのデータで、ここには、地形、地表情報が事前解析（ゲーム開発時に計算され）埋め込まれています。また、建築物の載っているメッシュにはフラグが立ててありますが、建築物が破壊されると、そのフラグがリアルタイムに解除されるようになっています。

（第 3 章おわり）

第4章 IGDA日本主催 ゲームAI連続セミナー「ゲームAIを読み解く」

第1、2章で、日本におけるゲームAIの開発環境、情報環境の問題点を挙げました。IGDA日本では、そういった状況を打破し改善するべく

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

を目標として、ゲームAIに関する連続セミナー「ゲームAIを読み解く」を主に企画、技術者に向けて行っています。このセミナーは前半の講演（講師：三宅）後半のグループワークから構成され、前半に技術的テーマを提示し、後半ではそのテーマを基に、企画と技術者から構成されたグループに分かれ、実際にゲームAIを使ってゲームを設計して行くというグループワークを行います。そういった過程によって、人工知能の発想、技術をゲーム開発につなげて行く形で獲得することができます。



ゲームAI連続セミナー

「ゲームAIを読み解く」

主催：国際ゲーム開発者協会日本支部(IGDA日本)

後援：日本デジタルゲーム学会(DiGRA JAPAN)

協力：株式会社 フロム・ソフトウェア

図 14 IGDA 日本主催 ゲームAI連続セミナー「ゲームAIを読み解く」

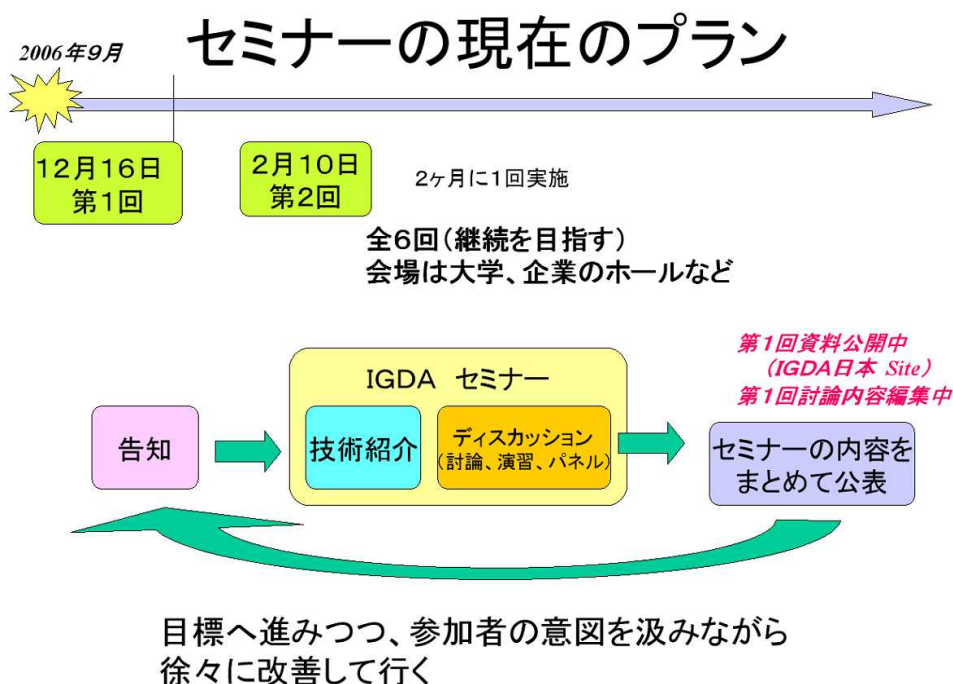


図 15 IGDA 日本主催 ゲーム AI 連続セミナー「ゲーム AI を読み解く」のプラン。

現在、2 回まで実施を終了しており、毎回、定員 100 名として、ほぼ満席の状態を超え多くの企業から参加頂いています。テキスト、討論内容は IGDA 日本のサイトからダウンロード可能であり、参加できない方にも、その内容を完全に公開することで、ゲーム業界全体におけるゲーム AI の情報環境の整備を目指しております。

こういったアプローチは欧米における体制とはちがった方向ですが、このようなセミナーをコアとして、積極的に IGDA 日本を通してゲーム AI の情報環境の整備に協力してくださる方を募集し、継続的に情報を発信して行ける体制を築きたいと思っております。

表 1 IGDA 日本主催 ゲーム AI 連続セミナー「ゲーム AI を読み解く」日程表

No,	期日	内容	場所
第 1 回	2006/12/16	「Killzone における NPC の動的な制御方法」	東京大学工学部新 2 号館
第 2 回	2007/2/10	「F.E.A.R におけるゴール指向型アクションプランニング」	東京大学工学部新 2 号館
第 3 回	4 月予定	「クロムハウズにおけるチーム AI」	未定
第 4 ～ 6 回	未定	未定	未定

第5章 まとめ

第1章と第2章では、世界、日本におけるゲームAIの現状、第3章では、オンラインゲームにおけるゲームAIの応用事例、第4章では、IGDA日本の取り組みをご紹介しました。特に、

- (1) ゲームデザインとゲームAIは依存度が高く、お互いを進化させて行く。
- (2) 企画と技術者のAIの理解と対話による協力が必要である。
- (3) ゲームAIには、ゲームの可能性を拓く力がある

というアウトラインに沿って説明いたしました。

ゲームには、常にゲームAIを応用できる可能性があり、各開発者がそれを見出して実現することで、ゲームの可能性が広がって行きます。それは、直線的な一方向の競争ではなく、多様な形態の応用が多方向に広がりを持つ運動です。各プロダクションがそれぞれの方向へと帆を進め、報告を重ねることで、ゲーム業界全体としてゲームの可能性が広がって行きます。そういったゲーム業界全体の活性化は、各企業に必ず還元されることとなると思われます。本講演が、そのためのヒントとなることを望みます。

ゲームとゲームAIの共進化

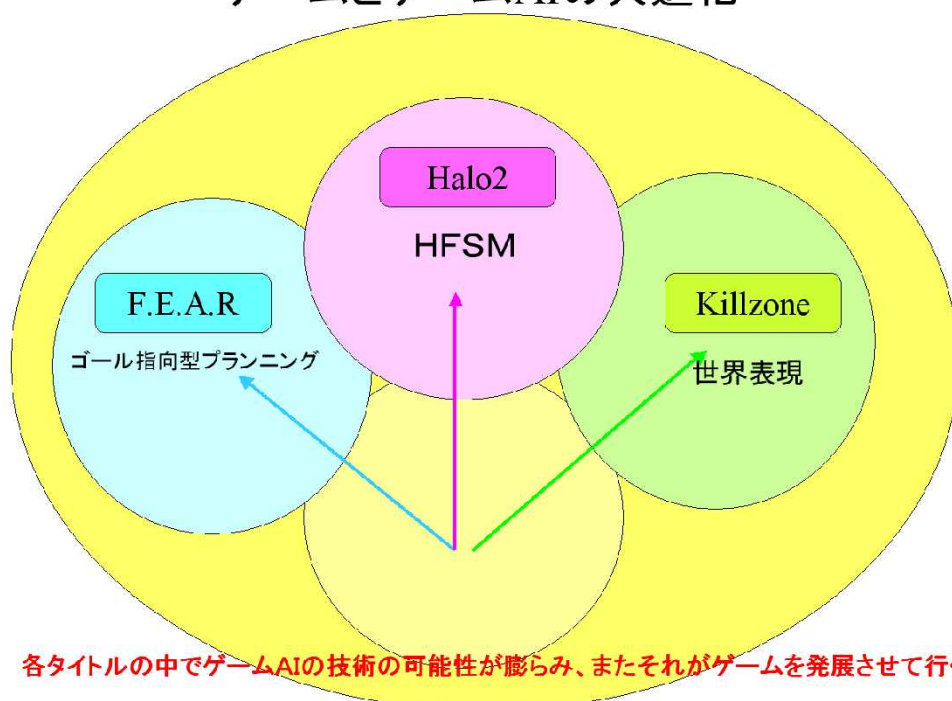


図 16 ゲームとゲームAIの関係

[講演資料おわり]