

論文の内容の要旨

論文題目 デジタルゲームにおける人工知能の動的連携モデルとその実装

氏 名 三宅 陽一郎

本論文の目的は、デジタルゲームの新しい人工知能モデル「MCS-AI動的連携モデル」(Meta-Character-Spatial AI Dynamic Cooperative Model)を提案し、このモデルを実際のゲーム開発に導入することによって、ゲームAI技術の向上、ゲームデザインの向上、ゲーム開発効率の向上の3つがもたらされることを検証することである。

本論文はまず本モデルの背景となる知識と、これまでのゲームAIシステムの問題点を提示し、その解決策として本モデルを提案する。そして、本モデルの各要素のAIの構造、役割、機能を述べる。さらに、本モデルを既存のゲームへ適用することで、様々なゲームを解析し、対応する技術を抽出する。また本モデルがゲームデザインに関してどのような変化もたらすかを検証するために、ゲーム開発者に対する自由回答文のアンケートによる比較検証実験を行い、本モデルがゲームデザインの質を変化させることを検証する。また、本モデルを大型ゲーム『FINAL FANTASY XV』(スクウェア・エニックス、2016年)のAIシステムの基礎設計として導入した結果と効果について報告する。最後に、本モデルのこれからの研究課題を示す。

以下、本論文の内容に沿って述べる。デジタルゲームの人工知能は、ゲーム内で用いられる人工知能と、ゲーム開発において用いられる人工知能に分類されるが、ここで述べる人工知能は自律型人工知能と機能型人工知能を含む総称である。ゲーム内で用いられる人工知能は「メタAI」「キャラクターAI」「スパーシャルAI」の3つの自律型人工知能に分類される。

「メタAI」はゲーム全体を俯瞰的にコントロールするAIであり、ゲームのあらゆる要素をコントロールする。ゲームの大局的な状況変化を認識し、ゲームに影響を与えることでゲームの流れを形成する役割を持つ。「キャラクターAI」はNPC(ノン・プレイヤー・キャラクター)の意思決定を行う頭脳として、周囲の状況を知覚し、知覚から得た情報によって認識を形成し、その認識の上に意思決定を行い、動作を形成する。「スパーシャルAI」は「メタAI」「キャラクターAI」の複雑な地形・空間の認識や状況認識をサポートするため、地形解析・状況解析を事前に、かつゲーム動作中に動的に行い、地形・空間・状況を抽象化した知識表現として提供するAIである。また逆にスパーシャルAIから自律的にメタAIへの情報の伝達を行い、キャラクターAIへ自律的に制御をかけることもある。

この3つのAIが動的に連携する仕組みが「MCS-AI動的連携モデル」である。それぞれのAIが自律的に動作しながら、コミュニケーションとデータの受け渡しによって動的協調を行い、各AIが持つ機能が組み合わせられることによって、さまざまなゲームデザインの要求を実現し、ゲームユーザーに対して多様なゲーム体験を生み出す。

メタAIは、ゲームへ作用するポイントとして「キャラクター操作」「ゲーム全体を操作」「コンテンツ生成」がある。メタAIの作用によって、ゲームが変化し、作用による効果が生み出されることを示す。キャラクターAIは「エージェントアーキテクチャ」と「ブラックボードアーキテクチャ」、そしてキャラクターAIで最もよく使用される7つの意思決定モデルを整理し、それぞれの意思決定モデルとメタAIの関係性を説明することで、意思決定アルゴリズムへのメタAIの作用が、キャラクターAIにどのような変化をもたらすかを示す。スパーシャルAIについては「パス検索」「位置解析技術」「影響マップ」など空間解析・状況解析技術を述べ、これらの解析情報が、メタAI、キャラクターAIの認識形成、意思決定、行動形成をどのようにサポートしているかを示す。

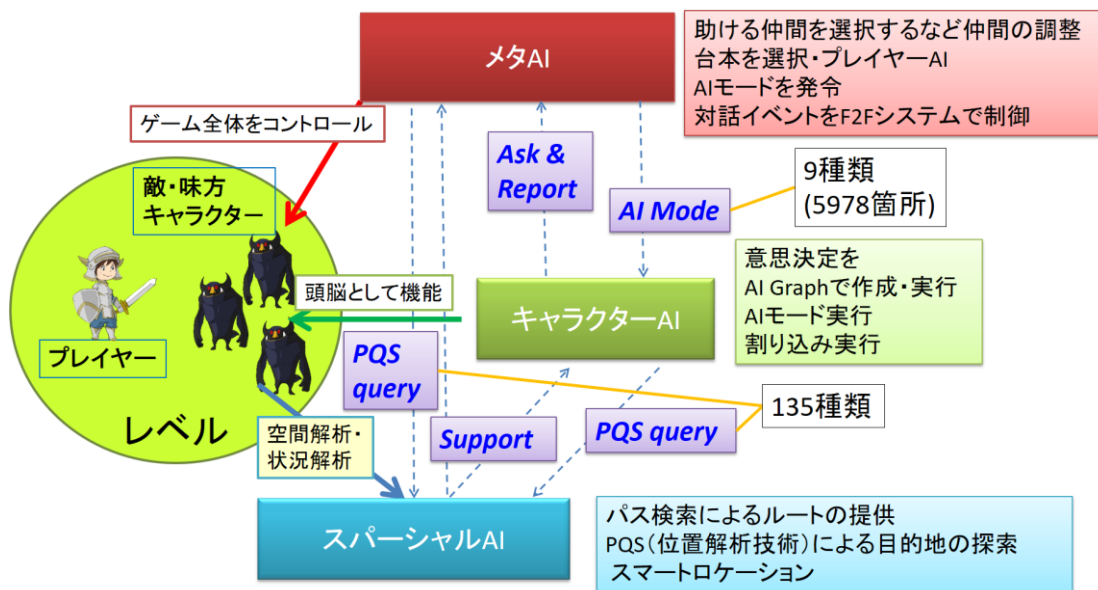
「MCS-AI動的連携モデル」はゲームAI開発の体制とコストにも影響を与える。必要と想定される各AIに属するAIモジュールの開発や、各モジュールを作成するためのツールの作成を行うことで、AI開発を実際のゲームデザインやゲーム製作が始まる以前から始めることができる。またモジュールを開発する開発者と、それをを用いて実際のコンテンツを製作する開発者に仕事を分割することが可能となる。さらに初期のフレームワーク、ツール制作のコストを別にすれば、各シーンにスクリプトを準備するコストに比べて、実際のコンテンツにおける開発効率は数十倍から数百倍の効率となる根拠を示す。

「MCS-AI動的連携モデル」から既存のゲーム捉え直すことで、各AIにおける機能やアルゴリズムを抽出することができることを示す。本論文では『パックマン』（株式会社バンダイナムコエンターテインメント、1980年）を「MCS-AI動的連携モデル」から捉え直した結果、メタAIの技術として「波状攻撃タイミングコントロール」「スピードコントロール」「出現数コントロール」という技術を抽出することができた。また『クロムハウズ』（(C)SEGA / FromNetworks, Inc. / FromSoftware, Inc., 2006年）を同様に捉え直すことで、スパーシャルAIにおける「地形に沿った影響マップ」「ゴールデンパス」「位置解析技術」を抽出し新しいゲームデザインを考案することができた。

「MCS-AI動的連携モデル」がゲームデザインに与える影響について検証するために、ゲーム開発経験を持つ被験者26人に対して日本語による自由回答文のアンケートを行った。MCN-AI連携モデルとMCS-AI動的連携モデルの解説文が用意され、それぞれの解説を読んだあとに『パックマン』の新しいゲームアイデアについて複数回答を行う。得られた文章を形態素解析し、共起ネットワークによるデータ分析を行った。結果として、MCN-AI連携モデルの回答文がAIを取り込まないアイデアが多かった結果に比べて、MCS-AI動的連携モデルの回答文は、より各AIとその連携を盛り込んだアイデアとなる結果を得た。MCS-AI動的連携モデルはゲームデザインを質的に変化させる効果を持つ

ことを示した。

MCS-AI 動的連携モデルと AI Graph の関係について述べる。AI Graph は、キャラクターAI における汎用的な意思決定の設計原理であり、AI Graph Editor はその原理に従って実際に作成されたソフトウェア・ツールである。開発者は、AI Graph Editor を用いて階層的な AI Graph を作成することで、キャラクターAI の意思決定モジュールを作成する。MCS-AI 動的連携モデルの要件を満たすために AI Graph を拡張する。メタ AI はキャラクターAI へ命令を与えるが、キャラクターAI は命令を遂行するために自律性を保ったまま行動することが求められる。そこで AI Graph を保存し、呼び出すことができると同時に部分的に書き換えることができる「アセット化・テンプレート機能」を AI Graph に拡張機能として準備する。すべてのキャラクターの最上層に共通のテンプレート化されたステートマシンを設定し、それぞれのステートをキャラクターごとに実装する。そのステートを AI モードと呼び、メタ AI は全キャラクターに共通した AI モード指定することでキャラクター全般に関する統一された命令システムを持ち、個々のキャラクターは指定された AI モードに沿って個々の能力に応じて自律的に行動する。



「MCS-AI動的連携モデル」の導入事例として『FINAL FANTASY XV』のゲームAIシステムを取り上げる。本ゲームは初期の設計段階から「MCS-AI動的連携モデル」に基づいた設計を行った（上図）。その導入手法と結果を報告し効果を量的、質的の両面から検証する。本ゲームのNPCは数十種類のモンスター、基地や拠点に配置された兵士、数名の仲間からなるが、すべてのキャラクターの意思決定に関してAI GraphとAIモードを導入した。「AI Graph Editor」を用いてそれぞれのNPCの意思決定が製作された。AI Graphは、モンスター、兵士とも3階層であるが、仲間キャラクターに関しては15階層となっ

た。これはモンスター、兵士が数秒～数分の間、戦闘を行いゲームステージから退場することに対して、仲間キャラクターはゲーム開始時から数十時間、プレイヤーキャラクターと行動を共にすることが理由だと考えられる。メタAIとキャラクターAIの間に、9種類のAIモードが設定され実装箇所は5978箇所となった。またメタAI、キャラクターAIに対してスパーシャルAIから提供される位置検索システムのクエリーの種類は135種類となった。これはスパーシャルAIがメタAI、キャラクターAIから要求される地形解析の多様さに対応している。このような量的な結果は、本モデルにおける3つのAIの連携のつながり方の多様性を示している。またこの他に「MCS-AI動的連携モデル」の上に新しいシステムが構築された。スパーシャルAIから場を介してキャラクターAIを制御する「スマートロケーション」、メタAIとキャラクターAIを用いてプレイヤーキャラクターの動作を補助する「プレイヤーAI」、メタAI、キャラクターAI、スパーシャルAIの3者の連携を通してプレイヤーとNPCの対面の会話を実現する「Face-to-Face対話システム」など、ゲームデザインの要求に応じて「MCS-AI動的連携モデル」の上に新しいシステムが複数実現されており、このシステムを用いてゲームデザインに質的变化がもたらされた。また開発体制としては、開発者がAI Graphを用いることで、自然にゲームAI技術を用いることになり技術の全体的向上につながった。本モデルによってAI開発チームの作業と力を集約することができ、またバグもまたツール上の不具合として収集することができたため、効率的に開発を進めることができた。『FINAL FANTASY XV』の開発を通じて、本モデルが、ゲームAI技術の向上、ゲームデザインの向上、ゲーム開発効率の向上をもたらすことを示した。

「MCS-AI動的連携モデル」はこれから学習・進化・プロシージャル技術と結びつき、ゲームから学習し、ゲームを生成する人工知能として発展して行くと考えられる。プロシージャル技術は本モデルにゲームそのものを生み出す力を与え、学習アルゴリズムは、生成されたゲームを調整する機能を持つ。MCS-AI動的連携モデルはその発展により、ゲームを生成し、調整する力を持つようになると期待される。