

RTS ゲームにおける戦略的な思考の人工知能の研究

万鵬^{†1} Reijer Grimbergen^{†2}

概要: 戦略的な思考は経済分野、軍事分野などいろいろな分野で使用されている。本研究では、RTS ゲームの StarCraft2 環境で戦略的な思考が出来る人工知能の実験をする。相手より戦略優位に行くことが出来れば、戦略的な思考の人工知能を有効と判断する。

Artificial Intelligence of Strategic Planning in Real-time Strategy Games

WAN PENG^{†1} REIJER GRIMBERGEN^{†2}

Abstract. Strategic planning is always used in military, economic and other areas. This paper describes how to use the strategic planning into the area of AI research. I will use a RTS game setting named StarCraft2 to test the feasibility of strategic planning in the AI research.

1. はじめに

現在、コンピューターの探索法や機械学習などの技術で、人間より強いボードゲームの AI が増えてきた。例えば、囲碁の分野で、Alpha Go という AI が人間のチャンピオンに勝ち越した。韓国棋院は Alpha Go に名誉九段を授与した。[1]

“近年、欧米では RTS ゲームは人気であり、また研究も盛んに行われている。IEEE-CIG の学会では論文の数割が RTS ゲーム環境に対するものである。” [2]

村山らの論文[2]のように、学術用 AI の研究が新しい環境で研究するのは十分に必要である。本研究ではリアルタイムゲーム環境で人工知能を研究したい。

リアルタイムゲーム (RTS ゲーム) では、ボードゲーム環境と比較して、手番の概念はなくリアルタイムで同時進行するゲームである。盤面のマスもない。ゲームをしている時、複数のユニットで指示をリアルタイムで出すことができる。

本研究では、RTS ゲーム StarCraft2 環境で、戦略的な思考が出来る人工知能を実験する。人間の「戦略的思考」という概念をコンピューターが実現出来るかどうかを検証したい。

戦略は、人間の長期的な視野と複合思考で、自身の力や資源を総合的に運用して、特定の目的や目標を達成する技術である。[3]

最初に戦略の概念を使用したのは軍事分野だけである。

今の時代では経済や政治などいろいろな分野で広めて利用している。[3]

StarCraft シリーズの環境は、RTS ゲームの共通の特徴と同じである。特に経済システムも StarCraft シリーズの重要な部分である。この環境は単純化した実社会環境と判断する。

本研究の中心は、「戦略的な思考」[4]の研究なので、この「戦略的な思考」は数字やデータで評価が困難だと思うので、最終でアンケートによる評価を予定している。今現在、StarCraft2 は人気な RTS ゲームなのでプレイヤー数が StarCraft より多い。

その理由で本研究は StarCraft2 の環境で展開している。

2. 戦略的な思考

「戦略的な思考」とは、「相手がこちらを出し抜こうとしているのを承知したうえで、さらにその上をいく技である」と定義される[4]。

上記の定義では、経済と軍事分野で使用しているゲーム理論である。本研究でこの定義を利用して、RTS ゲームの AI に実装する。

3. 提案手法

上記の定義では、「戦略的な思考」[4]の枠組みを以下のよう に体系化する。

- 偵察:相手の状況を調査して、情報を得る。
- 分析:得た情報に基づいて、自分の可能の行動を分析する。
- 対応:自分が有利の行動を選択して使用する。

^{†1} 東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科
コンピュータサイエンス専攻

Tokyo University of Technology, Graduate School of Bionics,
Computer and Media Sciences, Computer Science Program.

^{†2} 東京工科大学コンピュータサイエンス学部

Tokyo University of Technology, School of Computer Science

上記の「偵察」と「分析」では、相手の現状を判断するために、定義の前半と合わせている。「対応」では相手の現状に対して、自分が相手の行動より有利な行動をやらせることである。3つの項目を実現したら、自分が相手より「戦略優位」[4]になれる。

「戦略的な思考」[4]の定義から、「偵察」、「分析」、「対応」この3つの重要な項目を分けている。

AIの場合は、「偵察」の段階で、得た情報が多くて、全部の情報の中で、自分に対しての価値を判断しなければならないので、情報の「分析」が重要である。自分に対して、価値がある情報だけを使用する。今後、自分が可能な行動の利点と不利を判断する。分析した後リストアップした行動の中から、自分に有利な行動を実行することも重要な課題である。

4. 実験

本研究の実験では、RTS ゲームの StarCraft2 環境で実験している。

4.1 StarCraft2 環境

StarCraft2 では、シナリオモードとカスタムプレイモードの2つのモードに分かれる。本研究は1対1のシナリオモードの中で研究する。

2つのモードで、基本セット、拡張パックでそれぞれ3つの種族（テラン-T、プロトス-P、ザグ-Z）に分かれて自由な戦略を使用して展開される。

●ゲームの流れ

1. ゲームをスタート時、プレイヤーは選択したマップ中に複数ある開始位置のどれか1つの位置にランダムで配置される（マップによって、開始位置の区別がある）。

2. 初期状態で資源採集ユニット16体と資源回収施設1基を与えられる。プレイヤーは資源採集ユニットで資源回収施設に資源を集め、資源を用いてユニットの生産や施設の建築を行う。

資源の種類が2種である。クリスタルとガスでユニットと施設によってコストが違う。

3. 各種の種族で建てられる施設と建てる方式に区別があって、施設の機能に基づいて、基本人口の施設、生産できる施設、ユニットを強化できる施設と特定機能の施設4種類がある。

4. ユニットを生産して、適切な戦略を使用して相手と対戦する。

5. 対戦結果によって、勝負を判断する。

●勝利条件

相手の施設を全て破壊する事（ユニットを残っても施設が全滅すると勝利になる）。ゲーム中で「投了」もできる。

●StarCraft2 の特徴

マップで地形システムを付けて、ユニットや施設に行けない場所がある。

マップ全体で「戦場の霧」システムが使用されている。自分のユニットや施設がない範囲で、ゲーム情報を表示されていない。種族によって、一定範囲の「戦場の霧」を短期的に解除する方法がある。

StarCraft2 環境の詳細な紹介が wiki の説明[5]にある。

4.2 AI 実装

AIの「戦略的な思考」[4]を実現するために、「偵察 AI」、「分析 AI」と「対応 AI」の3つの機能のAIを作成する。

本研究では、RTS ゲーム StarCraft2 の環境で実装するので、ゲームのルールで自分が相手の状況の情報（生まれた位置など）を知らずに、ゲームスタートする。そのため、基本オペレーション AI も用意する。

実装する全体の AI システムは図 1 のように実行する。

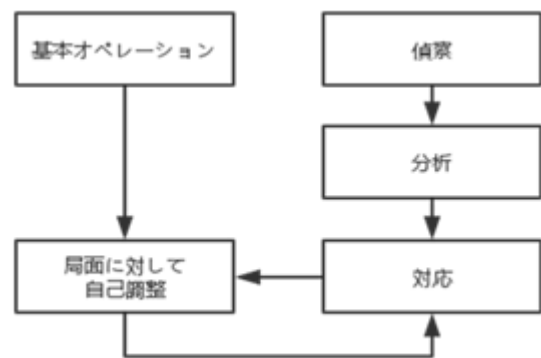


図 1 AI システム全体のプロセス

ゲームスタートから、基本オペレーション AI を実行する。偵察 AI を適切なタイミングで実行して、相手の情報をゲームで進みながら得る。分析 AI が偵察 AI から取った情報を利用して、出力データを対応 AI に転送する。対応 AI が分析 AI の出力データを利用して対応手段を選択して利用する。

4.3 基本オペレーション AI

ゲームのルールに制限があるので、ゲームスタートの時、相手の情報は種族だけしかわからない。本研究の「戦略的思考」AI システムで、「偵察 AI」は相手の情報を取る時間が必要なので、相手の情報を取るまで、基本オペレーション AI を用意する。

プロゲーマーの対戦記録をインターネットからまとめて、ゲームスタートから相手の情報（相手の位置、資源の在庫量、建物の状態など）を取るまで、基本オペレーション AI で自分のベースのオペレーションなどの作業をやらせる。

表 1 に示す通り、基本的なオペレーション AI の戦術は自身と相手の種族による、12 種の戦術で構成している。

基本オペレーション AI のプロセスは、図 2 のように実行する

表 1 基本オペレーション AI 戦術の構成

TvsT スタート	PvsT スタート	ZvsT スタート	
TvsP スタート	PvsP スタート	ZvsP スタート	
TvsZ スタート	PvsZ スタート	ZvsZ スタート	
TvsR スタート	PvsR スタート	ZvsR スタート	
T-テラン	P-プロトス	Z-ザーグ	R-ランダム

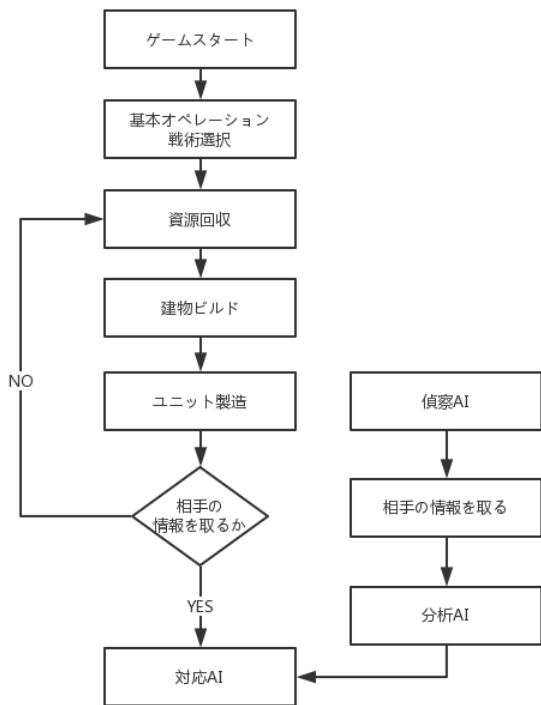


図 2 基本オペレーション AI のプロセス

例えば、自分がテラン、相手の種類が不明 (R-ランダム) の場合はゲームスタートからのオペレーションは TvvsR の戦術を使用して、詳細な行動は表 2 で記述される。

表 2 基本オペレーションのプロセス例 (TvvsR)

順番	人口	行動 1	行動 2
1	14	建物 Supply Depot 作成	
2	15	建物 Refinery1 作成	偵察 SCV 出発
3	16	建物 Barracks 作成	
4	19	建物 Command Center 改装	
5	20	建物 Refinery2 作成	建物 Refinery 作成
6		偵察結果で対応 AI をスタート	

相手の情報を取った後で、対応 AI から局面による、オペレーションなどを操作する。

4.4 偵察 AI

偵察 AI は、相手のマップの位置を発見し、相手の行動を偵察する AI である。

マップや自分種族による適切な偵察用ユニットを選択して、地図の可能的な資源の位置[6]に移動し、相手の位置を発見する。

相手の位置を発見した後で、相手の状況の情報 (資源、攻撃パスなど) を偵察する。得たデータは分析 AI に転送する。実装する偵察 AI システムは図 3 のように実行する。

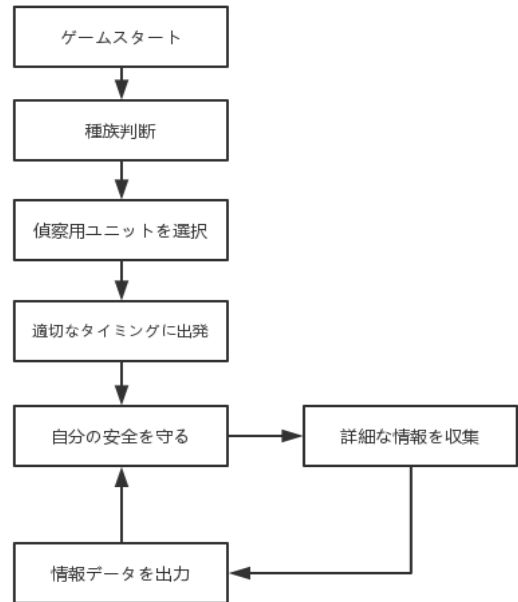


図 3 偵察 AI システムのプロセス

図 3 の偵察 AI システムのプロセス中で、ユニット選択は対戦両方の種族による、プロプレイヤーから一番おすすめのユニットを選択して偵察用ユニットを使用させる。この情報はインターネットでプロプレイヤーの対戦記録からまとめた情報である。

例えば、自分がテランの場合は偵察ユニットの選択は図 4 に示す通り、適切なユニットを利用する。




	資源回収用のユニット ・ スタートから存在する ・ 製造が安い	適用TvvsP
	基本的な戦闘のユニット ・ 製造が速い ・ 戦闘の能力が持っている	適用TvvsT
	基本的な戦闘のユニット ・ 移動が高速 ・ 移動の時、地形が無視	適用TvvsZ

図 4 自分が T の場合偵察ユニットの選択例

偵察 AI が相手の位置を発見する中で、マップの交差点にルートになる、自分から相手のベースまで最短な通路を記録する。例えば、図 5 の例に示す通り、黄色の位置は自分の

ベース,青色の位置は相手の位置,赤い丸は交差点である.
 この中で最短な経路は8ルートを経由する.



図 5 最短な経路の例

図 3 の最後の繰り返す部分は,相手の情報を一回だけ取るのではなく,偵察ユニットの安全を守ることに基づいて[7],相手の状況を監視し,情報データを死ぬ前に繰り返して更新する.

偵察 AI で繰り返して更新するデータの内容を表 3 で示す.

資源	建物	人口	ユニット
クリスタル量	生産建物数	既存ユニット数	戦闘 Unit
ガス量	防御建物		資源回収 Unit
	人口建物数		

表 3 繰り返す更新の情報データ種類

4.5 分析 AI

分析 AI は,情報データで評価関数を利用して,自分が可能な行動のリストを作る AI である.

実装する分析 AI システムは図 6 のように実行する.

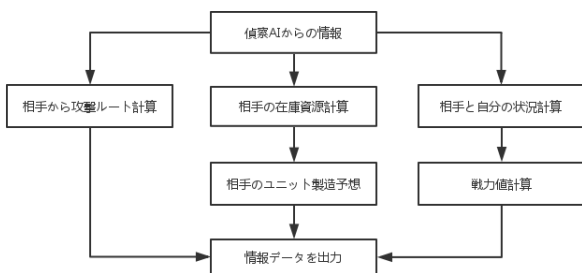


図 6 分析 AI システムのプロセス

偵察 AI から取った情報データを分析して,相手の未来の可能な行動を判断してリストして,相手と自分の戦力を計算する.

相手からの攻撃の方向は,偵察 AI の記録したルート情報を利用して,最短な経路計算の時,複数回経由のルートを一ルートに計算する. 図 7 がキールートを計算した画面で,白い矢印はこのマップのキールートである. 偵察 AI と協力して相手の攻撃方向を判断できる.

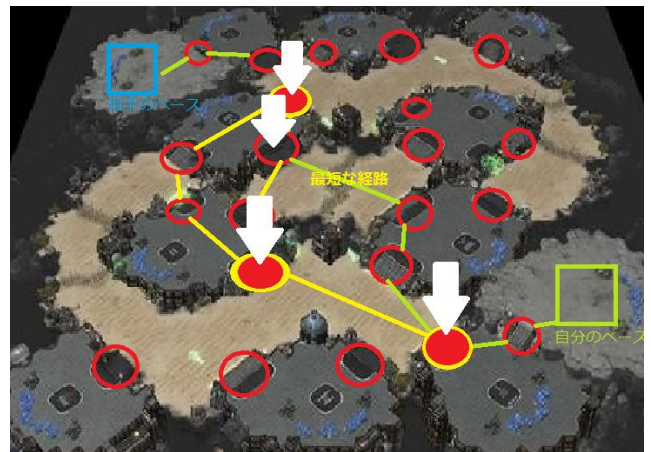


図 7 キールートと相手の攻撃方向の判断

図 6 のプロセスにおいて,相手の在庫資源の計算が一番大事な分析である. StarCraft2 の環境で経済優位の場合がよく戦略優位に取りやすい. 相手の資源の計算も相手の未来の行動の重要な基盤である. ゲームのルールで 1 つの資源点の資源量は:クリスタルの量は 4*1500 単位と 4*750 単位,ガスは 1700*2 単位.そして合計値は 1 つの資源点でクリスタル量は 9000 点であり,ガス量は 3400 点である.

在庫資源の詳細な計算式は式 1 である.

$$\text{資源在庫量} = \text{合計値} - \text{現在値} - \text{使用した量}$$

式 1 在庫資源計算式

相手の在庫資源と既存の生産建物に基づいて,各種類のユニットの生産コスト[8]と合わせて,未来で相手の製造可能なユニットを予想できる.

各種ユニットの攻撃能力と相性[8]に合わせて,ユニットの戦力の評価点数を計算する.

式 2 と式 3 は評価点数の計算式である.

$$\text{攻撃能力} = \text{攻撃力} + \text{装甲値} + \text{health point}$$

式 2 攻撃能力の計算式

$$\text{評価点数} = \text{攻撃能力} \pm \text{相性重み}$$

式 3 評価点数の計算式

すべてのユニットの評価点数を加算して、最終の戦力を計算する。

分析した情報を「戦力対比」で自分の戦略地位を判断し、「相手からの攻撃パス」で自分の防御対策を準備し、「ユニット予想」で自分のユニット生産調整の対策を準備する。3つの分析したデータに変えて、対応 AI に転送する。

4.6 対応 AI

対応 AI は、自分の建物のビルト調整やユニットの隊列操作[9]と調整を実行する AI である。

実装する対応 AI システムは図 8 のように実行する。

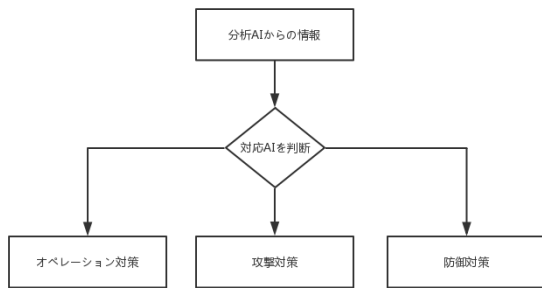


図 8 対応 AI システムのプロセス

分析 AI からのデータの中から、自分が利点を得る行動を選択して、ゲーム中で実行する。

相手の既存のユニットと分析 AI からのユニット製造予想の結果に基づいて、自分のユニットを適切な相性の単位に調整する。

戦力の比較の結果で自分が優位の場合は相手に攻撃を実行する。劣位の場合は戦略の地位の逆転のために、自分のベースで相手の「ユニット予想」と各種ユニットの相性に基づいて自分のユニット生産の調整を実行する。

「相手から攻撃パス」の判断で自分の防御対策を調整する。

5. 実験による提案手法の評価

実装する AI により提案手法の有効性を評価する予定である。

提案手法を実現したら、自分が「戦略優位」[4]となるので、戦闘中では、自身のユニットの損失が少なくなると予想する。

今現在の研究の状況では 3 つの AI の開発が完成した。偵察 AI と分析 AI は単独で実行でき、対応 AI は戦略集合(英語では strategy set) を完成している状況である。

3 つの AI の間でデータの転送がまだ準備中で、予定完成時期は 11 月上旬頃になる。

偵察 AI を StarCraft2 の既存 AI とテストした。90 回で実行し、自分がテランで選択して、相手がランダムで選択した。表 4 に実験データを示す。

表 4 の結果で、偵察 AI が対戦の相手の種族によって正確のユニットを利用して偵察の行動をした。偵察の行動は早いだけではなく、自分のベースで最低限の防御能力を達成

した後、偵察の行動を始めた。2 分前後で、相手のベースの位置を発見できる。

表 4 90 回偵察 AI 単独実行の結果

対戦種族	対戦回数	ユニット選択の正確率	平均出発タイミング	平均初情報取得タイミング
T	30	100%	2 分 47 秒	3 分 50 秒
P	30	100%	1 分 59 秒	3 分 37 秒
Z	30	100%	4 分 13 秒	5 分 48 秒

分析 AI を StarCraft2 の既存 AI とテストした。50 回で実行し、自分の戦力の評価点数計算機能だけテストした。結果は正常で実行した。

現在の課題は対応 AI の戦略集合の作成と 3 つの AI の間でデータを利用することである。

最後に実装する AI にアンケートを付け、ゲームマップを作成して、専用のネットにアップロード、プレイヤーの評価を収集する。アンケートから評価で「戦略的な思考」[4]が実現したかどうかを判断できる。

6. おわりに

本研究では、AI に「戦略的な思考」[4]を導入して、提案手法でコンピューターが「戦略的な思考」[4]を実現するかを検証する研究である。単純な強い AI を作るのではなく、AI の対応手段を多様化させて、人間の操作に対して、適切な対応できる AI を研究する。

論文を書く時点(2016 年 9 月)で、設計する AI がまだ全部完成していないで、最終の結論が出せない状況である。

最終の結論は、全体の AI システムを完成した後、十分な規模なプレイヤーによる評価を行い、アンケートで最終結果を検証する。

参考文献

- [1] Wikipedia(2016) 「Alpha Go」(2016 年 9 月参照)
- [2] 村山公志朗, 藤木翼, 池田心. 「学術研究用プラットフォームとして大戦略系ゲームのルール提案」 ゲームプログラミングワークショップ 2013 論文集 (2013): 146-153. (2013 年)
- [3] Wikipedia(2016) 「戦略」(2016 年 9 月参照)
- [4] アビナッシュ, ネイルバフ (菅野隆, 嶋津祐一・訳). 『戦略的思考とは何か: エール大学式「ゲーム理論」の発想法』(株式会社ティビーエス・ブリタニカ) (1991 年)
- [5] Wikipedia(2016) 「スタークラフト 2」(2016 年 8 月参照)
- [6] Togelius J, Preuss M, Beume N, et al. 「Multiobjective exploration of the StarCraft map space」, Computational Intelligence and Games (CIG), 2010 IEEE Symposium on. IEEE, 2010:265-272. (2010 年)
- [7] 川瀬清人, ラック・ターウォンマット. 「StarCraft におけるポテンシャルフィールドを用いた敵陣地への侵入経路の偵察」, 2013 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集 2013: 4p. (2013 年)
- [8] StarCraft2 ユニット説明: <http://us.battle.net/sc2/en/game/unit/infestor> (2016 年 9 月参照)
- [9] 鎌田徹朗, 橋本剛, 高野誠也. 「StarCraft AI への隊列導入」, 研究報告ゲーム情報学 (GI) 2015.10: 1-6. (2015 年)