

# ポテンシャル流れを用いた StarCraft での戦闘ユニットの配置

## Potential Flow for Unit Positioning During Combat in StarCraft

Tung Nguyen† Kien Nguyen‡ Ruck Thawonmast†

**抄録:** リアルタイムストラテジー (Real-time Strategy, RTS) とは戦略性に重点を置いたコンピュータゲームのジャンルの一つである。多種多様なユニットを目的・状況に応じて複雑に操作する必要があるため、RTS ゲームは人間プレイヤーにとって難しいだけでなく、人工知能研究の分野でも様々な課題をもたらしている。本論文では、ポテンシャル流れを用いて戦闘ユニットを配置することにより、StarCraft という RTS ゲームにおけるユニットのマイクロコントロールの性能を向上する手法を提案する。

**キーワード:** RTS ゲーム, StarCraft, マイクロコントロール, ポテンシャル流れ

### 1. はじめに

#### 1.1 ユニットのマイクロコントロール

StarCraft において、ユニットのマイクロコントロール、つまりユニットの低レベルの制御は戦闘で勝利するために重要なものである。本論文が焦点を当てるのは、一般的なマイクロコントロール技術の一つであるユニットの配置である。多くの戦闘ユニットが含まれる実戦では、ユニットを一体一体制御することはプログラマーであっても難しい。したがって、戦闘ユニットの配置、すなわち軍隊の陣形は、戦略的優位性をもたらす他に、ゲーム全体の結果を左右することもある。

本分野で複数の AI についての研究が行われてきたが、AI 大会で優位を占めるのは主に静的なスクリプトによってユニットの行動を定義するボットである。しかし、陣形のような分隊レベルの戦術を考慮に入れず、個々のユニットの行動だけを制御するのがそれらボットの共通点である。例として、以下に 3 つスクリプトを記述する。

- **AttackClosest** : 各ユニットは自分の攻撃射程内にいる最寄りの敵ユニットを攻撃する。攻撃射程内に敵ユニットが存在しない場合、最寄りの敵ユニットに向かって移動する。
- **Attack-Value** : 各ユニットは自分の攻撃射程内にいる最大の **Attack-Value** をもつ敵ユニットを攻撃する。**Attack-Value** は 1 フレームあたりのダメージをヒットポイントで割った値と定義されている。攻撃射程内に敵ユニットが存在しない場合、最寄りの敵ユニットに向かって移動する。
- **No Over Kill Attack-Value (NOK-AV)** : ユニットが無駄な攻撃をしないように改善した **Attack-Value** であり、各ユニットは既に「致死ダメージ」とラベル付けされている敵ユニットを攻撃しない。その代わりに、攻撃射程内の次の優先順位にあたる敵ユニットを選択して攻撃する[1]。

#### 1.2 ポテンシャル流れ

流体力学では、非粘性かつ非圧縮性の理想流体の渦無し流れを、ポテンシャル流れという。2次元のポテンシャル流れの解析は複素関数を用いた数学的に整った形で流れを記述することが多い。その複素関数は速度ポテンシャル及び流れ関数からなり、複素ポテンシャルと呼ばれている。

$$w = \varphi(x, y) + i\psi(x, y) = f(z) \quad (1)$$

ここで、 $w$ は複素ポテンシャル、 $\varphi$ は速度ポテンシャル、 $\psi$ は流れ関数、 $z = x + iy$ は複素平面上の点 $(x, y)$ に対応する複素数である。速度ポテンシャルが一定の線を等ポテンシャル線、流れ関数が一定の線を流線という。また、あるポテンシャル流れの速度ベクトルは速度ポテンシャルまたは流れ関数の微分をとることによって求めることができる。速度ベクトルを $v = (v_x, v_y)$ とすると

$$v_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \psi}{\partial y}, v_y = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (2)$$

が成り立つ。

ポテンシャル流れの性質のとして、重ね合わせが可能である。すなわち、いくつかの基本的な流れを重ね合わせることで様々な流れをつくることができる。図 1 に基本的な流れを 4 つとそれらに対応する複素ポテンシャルの式を示す。

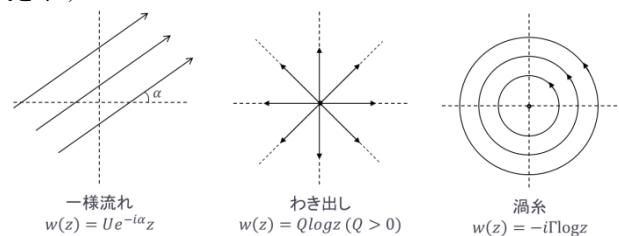


図 1: 基本的なポテンシャル流れ

### 2. 関連研究

従来は、StarCraft におけるユニットのナビゲーションは主に A\*などの探索アルゴリズムが用いられてきた。しかし、本ゲームはリアルタイムかつダイナミックであるという理由で、そのようなアルゴリズムは常にうまく対応できるわけではない。ダイナミックな状況への最適な適応のため、Hagelback らはポテンシャルフィールドによるユニットのナビゲーションを提案した[2]。それは、ある範囲内の座標それぞれにポテンシャルの評価値をつけた後、ユニットを最大評価値を持つ位置へ移動させるという手法である。Hagelback らのアプローチの問題点として、ユニットが局所解の位置にはまり込んで目的地に到達できない可能性がある。この問題を解決するため、調和関数に基づくポテンシャルフィールドを利用することが提案されている。上述した複素ポテンシャルなどの調和関数はラプラス方程式の解であり、極値を持たないという性質がある[3]。

† 立命館大学情報理工学部知能情報学科

Department of Human and Computer Intelligence, College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

‡ 立命館大学情報理工学研究科

Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

### 3. 提案方法

戦闘の際、敵軍ユニットを囲むため自軍ユニットをそれぞれ適切なポテンシャル流れの流線に沿って移動させる[4]。最初に、そのポテンシャル流れは一樣流れに設定され、方向は自軍の中心から攻撃を命じられた位置または敵軍の中心までである。また、自軍ユニットの視界に敵軍ユニットがいる場合、各敵軍ユニットに一つのわき出しをつける。わき出しは敵に近づきすぎのを防ぐための斥力としても用いる。一樣流れとわき出しを重ね合わせたのは図 2(a)に示すような流であり、その流の流線に沿ってユニットを移動させると、図 2(b)のように自軍が敵を囲んでいる陣形になる。この陣形の利点は、敵軍の一部だけが攻撃できるのに対して、自軍の全てのユニットが攻撃できるというものである。

大規模戦闘では、ユニットとユニットの衝突が発生しやすく、あるユニットは他のユニットにブロックされ、目的地に到達できないことがある。この問題を解決するため、他のユニットをブロックするユニットそれぞれに渦糸をつけることを提案する。その結果、ブロックされるユニットは直進せずブロックするユニットを巡ることによって衝突回避ができる。

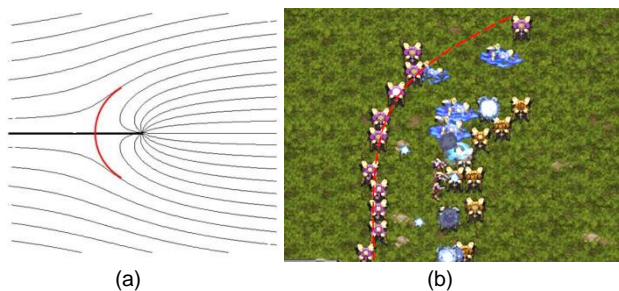


図 2 : (a) 一樣流れとわき出しの重ね合わせたポテンシャル流。赤線は自軍ユニットが止まって攻撃を始める位置。(b) 実戦のスクリーンキャプチャ。自軍(左)は敵軍(右)を囲んで攻撃している。

### 4. 実験

提案手法の性能を検証するため、提案手法による AI を複数の AI と対戦させて実験を行った。対戦相手は

- StarCraft オリジナル AI
- 上述した 3 つのスク립ト
- CIG 2012 StarCraft AI 大会で優勝した Skynet ボット

である。また、自軍ユニットを移動させた後攻撃対象を選択するため、StarCraft オリジナル AI 及び Skynet ボットと対戦する際はオリジナル AI、スク립トによる AI と対戦する際は相手と同じスク립トを利用ことにする。

#### 4.1 戦闘シナリオの設定

各実験には、各 AI が同じ軍隊を制御する 12 パターンの戦闘シナリオがある。本ゲームにおける実戦を模倣するため、軍隊のユニット数  $N$  を 12, 24, 36, 48 に設定し、3 つのタイプの軍隊を用意しておいて AI に制御させる。各軍隊タイプの詳細は以下の通りである。

- タイプ 1 :  $N/2$  Protoss Zealot +  $N/2$  Protoss Dragoon

- タイプ 2 :  $N/2$  Terran Marine +  $N/2$  Terran Firebat
- タイプ 3 :  $N/2$  Zerg Zergling +  $N/2$  Zerg Hydralisk

一つの戦闘シナリオが 50 回行われ、各対戦相手に対して合計 600 ゲーム行う。ただし、Skynet ボットは Protoss のユニットしか制御できないため、Skynet ボットとの対戦実験はタイプ 1 の軍隊のみを利用して行う。また、実験用のマップに障害物などは存在しなく、戦闘が始まる前、両軍隊は離れるように線対称的に配置される。

#### 4.2 実験結果

対戦相手に対する提案手法による AI の勝率は表 1 のようになった。単位はパーセントである。この表で分かるように、提案手法による AI はオリジナル AI だけでなく、全てのスク립トよりも優れるという結果が得られた。Skynet ボットと対戦する際は、大規模戦闘だけで性能が劣る。最良の結果が出たのは 24 対 24 や 36 対 36 など実際のゲームでよく見られる中規模の戦闘である。

表 1 : 提案手法による AI の勝率

対戦相手	ユニット数			
	12	24	36	48
オリジナル AI	88.7	95.3	99.3	98.0
AttackClosest	58.7	78.7	75.3	52.0
Attack-Value	54.5	68.7	72.7	56.7
NOK-AV	60.3	85.3	87.3	66.0
Skynet ボット	94.0	98.0	78.0	26.0

### 5. おわりに

本論文では、StarCraft におけるユニットのマイクロコントロールの性能を改善するための新たなアプローチを提案した。実験を通じて、ポテンシャル流を利用し自軍の陣形を構えることで様々な対戦相手を様々な戦闘シナリオで破ることができると判明した。

今後の課題として、提案手法を我々の StarCraft ボット (ICEbot) に投入し、様々な AI 大会に参加する。そのため、この手法を障害物または複雑な地形があるマップでの実地的な戦闘も扱えるように改善する必要がある。

#### 参考文献

- [1] David Churchill, Abdallah Saffidine and Michael Buro, "Fast heuristic search for RTS game combat scenarios", The Eighth Annual AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, Stanford, Palo Alto, California, 8-12 Oct. 2012.
- [2] Johan Hagelback, "Potential-field based navigation in StarCraft", 2012 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG), pp. 388-393, 11-14 Sept. 2012.
- [3] Robert Daily and David M. Bevly, "Harmonic potential field path planning for high speed vehicles", American Control Conference 2008, pp.4609-4614, 11-13 Jun. 2008.
- [4] Kien Nguyen, Zhe Wang and Ruck Thawonmas, "Potential flows for controlling scout units in StarCraft", accepted for presentation at 2013 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG2013), Niagara Falls, Canada, 11-13 Aug. 2013.