

IGA を用いたマーチングフォーメーション描画支援システムの構築

上村 英里沙

1 はじめに

マーチングとは、複数の楽器奏者が演奏しながら移動して全体でフォーメーションを組むことにより、その音楽性と視覚的芸術性を披露するパフォーマンスのことである。奏者の動きとフォーメーションは Fig.1 のようなコンテに描画されている。コンテは移動する奏者同士の衝突回避や美しいフォーメーションの変化などが考え込まれ作成されている。

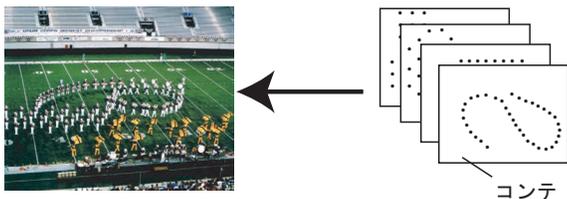


Fig.1 コンテ (出典：自作)

マーチングにおいて、魅力的なコンテを創造することは重要な評価項目である。しかし、コンテは通常 1 つのショーにつき約 150 枚必要で、作成するために多大な時間と労力がかかる。また、豊富なコンテ作成経験がなければ、衝突などの問題が起きず、視覚的にもしるみのあるコンテを作成することはできない。

そこで、「対話型遺伝アルゴリズム (Interactive Genetic Algorithm:IGA) を用いたマーチングフォーメーション描画支援システム」を提案する。本システムは、コンテ作成経験が乏しいユーザが簡単に好みのフォーメーションを描画する支援をする。更にユーザの想像力を超えた新しいフォーメーションの描画を実現することを目的とする。

2 対話型遺伝アルゴリズム (Interactive Genetic Algorithm:IGA)

対話型遺伝アルゴリズム (Interactive Genetic Algorithm:IGA) とは、Fig.2 のように生物の進化を模倣した遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm:GA) の「評価」の部分を利用する手法である。人間の感性を用いて評価することにより、最適化を行う。

システムはユーザが評価した個体の中から 2 つ以上の個体を選び、それらを親個体とする。親個体を交叉させ、子個体を生成する。生成した子個体を再びユーザに提示し評価を受ける。これを繰り返して、個体を進化させ、ユーザの感性を反映した解に近づいていく。「インタラクティブ進化計算、遺伝的アルゴリズム 4」を参考にした。

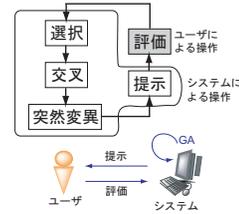


Fig.2 IGA(出典：自作)

3 マーチングフォーメーション描画支援システム

本システムは、ユーザに個体であるコンテ候補を提示し、ユーザがそれを評価することにより解の最適化を行う。コンテ候補は GA の操作により生成される。また直前のコンテからのフォーメーションの変化も評価の対象とするために、動画表示も行う。

3.1 対象問題

対象問題は、奏者 36 人で 32 拍の曲を演奏しながらマーチングするために必要なコンテを、5 枚作成するものである。奏者があるコンテから次のコンテまで 8 拍間で移動し、フォーメーションを変化させる。1 枚のコンテを作成するために複数世代かけることができる。前後のコンテに交叉の関連性はない。

3.2 個体の表現方法

Fig.3 のように、コンテは 640 × 480 ピクセルの平面で表現する。奏者 36 人の位置座標をこの平面上にプロットし、その 36 点の座標を 1 つの個体とする。たとえば、この平面の中心にいる奏者の座標は、(320, 240) とする。

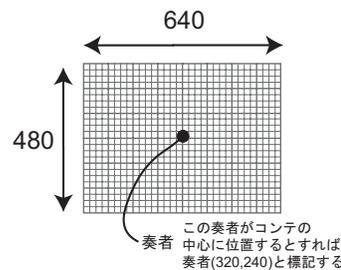


Fig.3 コンテの表現方法 (出典：自作)

初期個体は、36 の座標点で「円」や「星型」などといったフォーメーションを形作ったコンテとし、予め準備している。

3.3 交叉の方法

提案システムにおいて、コンテ交叉の方法として「ポイント交叉」と「ドメイン交叉」を実装した。

3.3.1 ポイント交叉

Fig.4のように、2つの親個体のそれぞれの奏者の位置座標に予め1~36の番号を割り当てる。この順番は、座標(x, y)のx, yが0に近い順である。子個体の座標は、2つの親個体の座標で同じ番号の座標同士の中点とする。つまり、1つの親個体のある点(x1, y1)ともう1つの親個体のある点(x2, y2)の中点((x1+x2)/2, (y1+y2)/2)を子個体の座標とする。

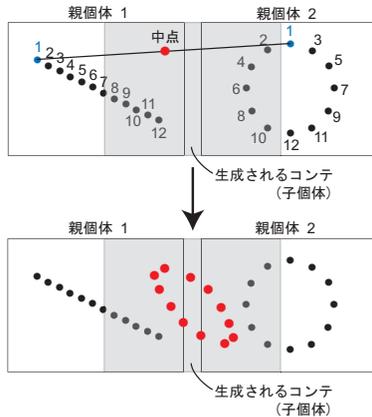


Fig.4 ポイント交叉 (出典：自作)

3.3.2 ドメイン交叉

Fig.5のように、2つの親個体のそれぞれの奏者を18人ずつの2グループに分割する。交叉する相手個体のグループ1つと自分のグループ1つを交換し、その組み合わせで子個体を2つ生成する。

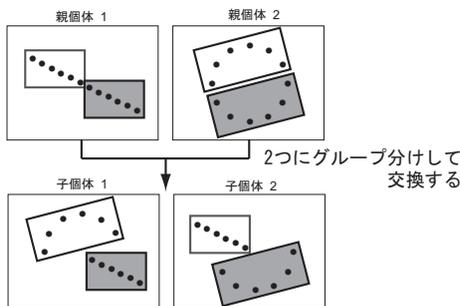


Fig.5 ドメイン交叉 (出典：自作)

3.4 突然変異の方法

提案システムにおいて、突然変異は初期個体用の予め準備しているフォーメーションのデータベースからランダムに選んだ個体を表示する方法とした。

3.5 動画表示における移動目的地決定方法

36人の奏者は次のコンテ上の36点に移動する際、移動目的地は重複しない。目的地は奏者座標に予め割り当てた番号の昇順に最短距離の点を探し、優先的に目的地を与える。移動経路は目的地までの最短経路をとる。割り振られた番号が若い順に目的地を与えるため、最後に経路計算される奏者は必然的に残りの場所を目的地として与えられる。

4 試用実験

システムの有用性と問題点を明らかにするために、試用実験を2つ行った。

4.1 試用実験(1) コンテ作成実験

4.1.1 実験概要

本システムを用いてコンテを作成することができるか、実験を行った。被験者はマーチング経験4年、コンテ作成経験2年の男性1人である。

4.1.2 パラメータ

実験に用いたパラメータをTable1に示す。

Table1 パラメータ表

初期個体数	6
交叉	ポイント交叉
突然変異率	10%
世代数	任意

4.1.3 実験結果

Fig.6は実験で作成されたコンテである。これら5枚のコンテのうち、3枚は予め用意されたフォーメーションのコンテであった。また1枚のコンテを作成するのに平均11.4世代であった。

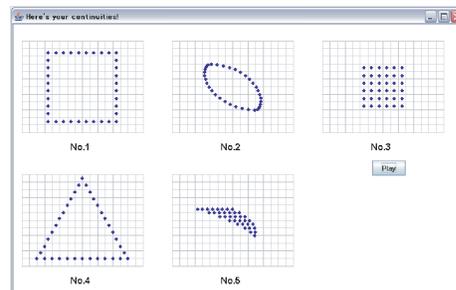


Fig.6 実験で作成されたコンテ (出典：自作)

Table2 アンケート結果

	手書き	システム
疲労度	5	2
好みのフォーメーションを描けたか	5	2
おもしろみ	4	5
動きのイメージができたか	3	5
作成にかかった時間	1	5
イメージを具体化できたか	5	3
難易度	5	1
満足度	3	2
コンテ間の動画を参考にしたか		3
最終的な動画はどうだったか		5

Table.2は実験後に行ったアンケートの結果である。日頃手書きでコンテを作成する場合と、今回の実験で本システムを用いて作成した場合を比較して、5段階で評

価した。評価の数値が大きいほど、ユーザにとって良いとする。

4.1.4 まとめ

実験結果から、以下のようにまとめた。

- フォーメーションの変化のイメージができた
動画表示は有効であると考えられる
- おもしろいコンテが作成できたが、好みのコンテを作成することができなかった
予想外のコンテを生成することもできるが、ユーザが明確に理想のフォーメーションをイメージしていれば、それを忠実に描画することはできない
- 予め準備されている「円」や「三角形」などのフォーメーションが高く評価され、交叉した個体の評価は低かった
ユーザが魅力的だと感じることができるコンテを生成できる交叉方法を検討する必要がある

4.2 試用実験 (2) マーチング実験

4.2.1 実験概要

試用実験 (1) で作成したコンテを用いて、実際にマーチングできるかを検証した。被験者はマーチング経験半年以上 4 年未満の、楽器奏者男女 36 人である。マーチング実験を撮影した。

4.2.2 実験結果とまとめ

- 奏者同士の間隔が狭く、正確な位置に立つことができない奏者がいた
奏者及び楽器の大きさを考慮し、奏者同士の間隔に制限を設ける必要がある
- 移動中に衝突が生じた
移動経路計算の方法を見直す必要がある

5 移動経路計算方法の検討

奏者同士が移動中に衝突せず、視覚的にフォーメーションの変化が美しいと評価されるような、奏者の移動経路計算方法について以下の 3 つの方法を検討した。

5.1 総移動距離最短計算

36 人の奏者の移動距離の和が最短になるような最適解を探索する計算方法である。

まず最短距離計算で奏者に目的地を与える。奏者と目的地までの距離を計算し、全ての奏者の目的地までの距離の和を求め、次に、予め割り当てられた番号の昇順で奏者の目的地を変更し、移動距離の和を求め、比較する。移動距離の和が最短であるとき、目的地を更新する。これを全奏者について繰り返す。

総移動距離最短計算で求めた目的地に移動しても、ほとんどの図形の変化で最短距離移動計算の移動と違いが見られなかった。また、35 人がほとんど移動せず 1 人だけが長距離移動するフォーメーションの変化は、視覚的に美しくないと判断した。

5.2 移動距離分散和最小計算

36 人の奏者の移動距離の分散の和が最小になるような最適解を探索する計算方法である。まず最短距離計算で奏者に目的地を与える。奏者と目的地までの距離を計算し、全ての奏者の目的地までの距離の分散の和を求め、次に、予め割り当てられた番号の昇順で奏者の目的地を変更し、移動距離の分散の和を求め、比較する。移動距離の分散の和が最小であるとき、目的地を更新する。これを全奏者について繰り返す。

移動距離分散最小計算で求めた目的地に移動しても、ほとんどの図形の変化で最短距離移動計算の移動と違いが見られなかった。また、35 人がほとんど移動せず 1 人だけが長距離移動するフォーメーションの変化は、視覚的に美しくないと判断した。

5.3 移動領域分割計算

奏者の移動範囲を制限する計算方法である。奏者は現在位置から見てできるだけ狭い範囲内の目的地に移動するようにする。

Fig.7 はそれぞれ移動前のコンテと、移動後のコンテである。ここでは簡単のために奏者を 12 人とする。

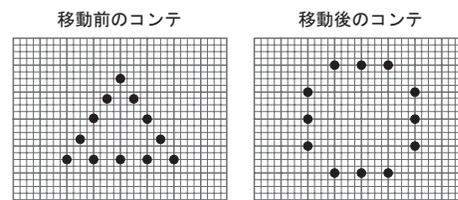


Fig.7 移動前のコンテと移動後のコンテ (出典：自作)

まず、Fig.8 のようにそれぞれのコンテ (640 × 480 ピクセルの平面) を 1 コマ 80 × 80 ピクセルの領域に分割する。コマは全部で 8 × 6 個になる。各奏者がどの領域に所属するかを計算し、Fig.9 のように領域内の奏者の数を表に記す。

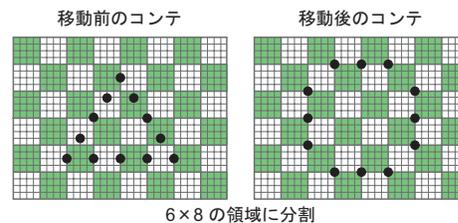
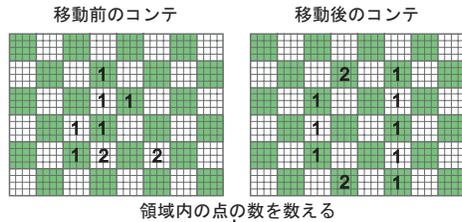


Fig.8 領域分割したコンテ (出典：自作)

次に 2 つのコンテから作成された、数値を記したコンテ (以下コンテ表と書く) を合わせる。各領域で移動前の奏者の人数から移動後の奏者の人数を引き、その数を記す。正の数は、その領域内で移動前の人数が移動後の人数よりも多いので、目的地領域を別の領域に変更しなければならない奏者の数を表している。例えば「1」は、その領域内で余っている奏者が 1 人いることを表している。負の数は、その領域内で移動後の人数が移動前の人数よりも多いので、目的地として決まっていなかった場所があり、他

の領域から奏者を移動させてこなければならぬことを表している。例えば「-1」は、その領域内で奏者が1人不足していることを表している。また「0」は、その領域で移動前の奏者の数と移動後の奏者の数が等しいことを表している。空欄は、前後のコンテともに奏者がいないことを表している。

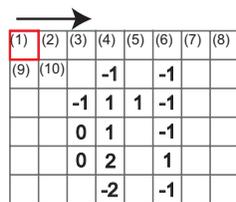


領域内の点の数を数える
2つのコンテを合わせて表を作る
計算式：(移動前的人数)-(移動後的人数)

Fig.9 2つのコンテを合わせた表 (出典：自作)

Table3 合わせた表の数値の意味

1	その領域内で目的地がない奏者が1人 (目的地未定の奏者が1人余っている)
-1	その領域内に目的地とされていない点が1点 (奏者が1人足りない)
0	その領域内の奏者の人数と目的地の数が等しい
空白	その領域では前後のコンテに奏者がいない



余っている奏者(正の数)を1行ずつ訪問して探す
※()の数字は探索する順番(11以降は省略)

Fig.10 余っている奏者がいる領域を探索する順番 (出典：自作)

Fig.11 は目的地領域を変更し、全ての目的地に奏者が割り振られるようにする手順の一部を表している。

Fig.11 のように、このコンテ表の最上段の左の領域から順に横軸方向で、奏者の余っている領域(正の数の領域)を探す。正の数の領域を見つけたら、その領域の真上の領域、左の領域、右の領域、真下の領域の順に奏者が不足している領域(負の数の領域)を探す。奏者が不足している領域があれば、奏者の余っている領域内の奏者の目的地領域を、そこに変更する。2つの領域は、総じて移動前的人数と移動後的人数の数が等しくなるので、表の数値を「0」に書き換える。

この手順を、奏者が不足している領域が真上、左、右、

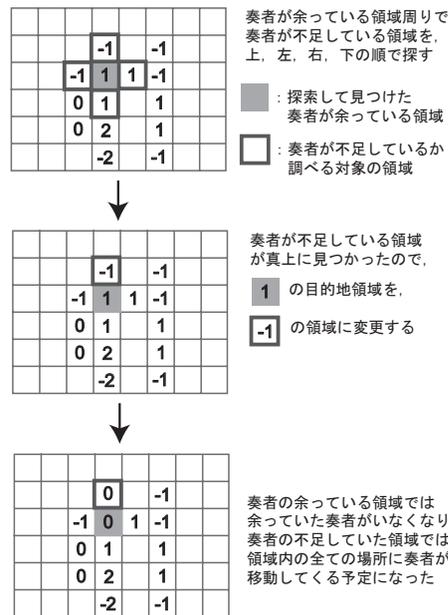


Fig.11 目的地領域の変更 (出典：自作)

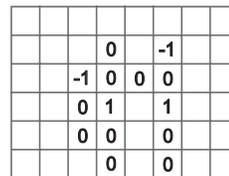


Fig.12 目的地を変更した表(1)(出典：自作)

真下の領域にある、奏者が余っている領域について繰り返すと、コンテ表は一旦 Fig.12 のようになる。

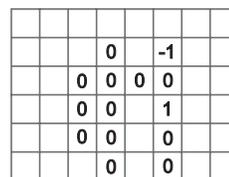


Fig.13 目的地を変更した表(2)(出典：自作)

再び奏者が余っている領域を探す。奏者が余っている領域があれば、その領域の左上、右上、左下、右下に奏者が不足している領域がないか調べる。該当する領域に目的地領域を変更すると、コンテ表は Fig.13 のようになる。

更に、奏者が余っている領域があれば、さらに遠くの領域に奏者が不足している領域がないか調べる。目的地領域をその領域に変更する場合は、以下の2通りが考えられる。

1. 奏者が余っている領域と不足している領域の間の領域が、移動前移動後ともに奏者がいない領域である。
2. 奏者が余っている領域と不足している領域の間の領域が、移動前移動後ともに奏者がいない領域で、その領域内の奏者は目的地領域が決定している。

1. の場合 Fig.14 のように、奏者の余っている領域の奏者は、目的地領域を奏者が不足している領域に変更するだけで良い。

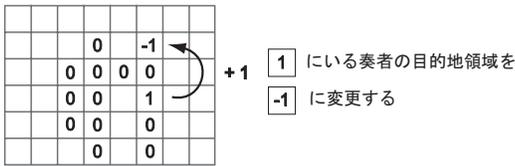


Fig.14 1. の場合の目的地領域変更 (出典：自作)

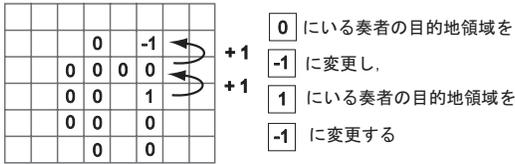


Fig.15 2. の場合の目的地領域変更 (出典：自作)

2. の場合 Fig.15 のように、まず間の領域の奏者の目的地領域を奏者が不足している領域に変更する。そして、間の領域の奏者が元々もっていた目的地領域を、奏者が余っている領域の奏者の目的地領域とする。

全ての領域で人数の過不足が解消できれば、コンテ表は Fig.16 のようになる。

		0	0		
	0	0	0	0	
	0	0	0		
	0	0	0		
		0	0		

全ての奏者の目的地領域が決定し、
 目的地にされていない場所がなくなった

Fig.16 完成したコンテ表 (出典：自作)

最後に、目的地領域を確定し、奏者にそれぞれの目的地領域内の場所（移動後のコンテ上の点）から目的地を与える。

この計算方法は、全ての奏者の移動範囲を制限し目的地を変更し調整していく。ある奏者の目的地が遠い場合でも、他の奏者が目的地を変更することで、限られた奏者の長距離移動が回避できる。よってこの移動領域分割計算を用いれば、視覚的に美しいフォーメーション変化を実現できると考えられる。

6 まとめと今後の課題

本システムは、マーチングコンテ描画の支援を目的として構築した。

システムを用いた実験の結果、交叉の見直しと、移動経路計算の見直しの2つの検討事項が挙げられた。今回は、移動経路計算の見直しとして、従来実装していた「最短距離計算」のほかに3つの計算方法を試した。「総移動距離最短計算」と「移動距離分散和最小計算」は視覚的に美しい変化を実現できなかった。一方「移動領域分割計算」では、全ての奏者の移動範囲が狭くなるよう目的地を決めるので、美しいフォーメーション変化を実現できた。今後の課題として、実験でのもう1つの検討事項である交叉の見直しを挙げる。

参考文献

- 1) 高木英行, 畝見達夫, 寺野隆雄. インタラクティブ進化計算, 遺伝的アルゴリズム 4, pp.325-361. 産業図書, 2000.