

写真のジオコーディング支援に用いる遺伝的探索における緩和問題の改善

鳴瀬 大二郎[†] 鈴木 徹也[‡]

[†] 芝浦工業大学 大学院 工学研究科 電気電子情報工学専攻 [‡] 芝浦工業大学 システム理工学部 電子情報システム学科

1 はじめに

我々は写真のジオコーディング支援を目的として撮影地探索システム [1] (以降, 本システム) を開発している. 本システムは, 風景写真の特徴を入力としてその撮影地を探索するシステムである. 写真の撮影位置情報はその写真を利用する上で有効なメタデータである. 本システムにとって, 撮影地探索は最適化問題の最適解を探索することである. その探索には遺伝的アルゴリズム (GA) を用いている. 探索の効率化のために最適化問題の緩和問題を導入しているが, その緩和問題は被写体の地理的位置を考慮していない.

そこで, より効率的な探索を行うために, 本研究では, 被写体の地理的位置を考慮するようにその緩和問題を改善した. そして実験によりその有効性を確認した.

2 撮影地探索システム

本システムの利用手順と制約について説明する.

2.1 利用手順

本システムの撮影地探索の手順は次のようになる.

1. **探索問題の定義** 写真から抽出された特徴と探索範囲を宣言的に記述する. 探索問題は次の4つの定義から構成される. 地理的領域定義は緯度と経度の2次元直交座標系上の点, 線分, 三角形を要素とする列である. 変数定義で未知のカメラパラメータなどを表すための変数を定義する. カメラ定義でピンホールカメラモデルに基づくカメラを定数, 変数もしくはそれらを使った式で定義する. 制約定義には定義したカメラで撮影される写真の特徴や数式に関する条件を1つの制約として記述する. 制約の評価値が GA の適応度となる. 適応度は0以上1以下の任意の実数を取る.
2. **初期解集合の生成** 探索の開始点となる解集合を生成する. 本論文で用いる解とは, 探索問題で定義された変数からその値への写像である. GA においては, 1つの解が1つの個体として扱われる.
3. **探索** 実数値 GA を用いて探索を行う.

4. **解の視覚化** 出力されたカメラパラメータによって撮影される風景を視覚化し, 解の妥当性を確認する.

手順1は手作業, 手順2, 3, 4を本システムで処理する.

2.2 制約

制約には基本制約とメタ制約の2種類がある. 制約の評価値は0以上1以下の任意の実数を取り, その値が大きいくほどよく充足されていると解釈する. 基本制約の例を2つ示す. 制約 $\text{ongdomain}_{\text{camera}}(x, y, g)$ は, 緯度 x , 経度 y の点が地理的領域 g 内に含まれるなら1, そうでなければ0と評価される制約である. 制約 $\text{ongdomain}_{\text{subject}}(p, g)$ は, 被写体の地理的な範囲を指定する制約である. p はフィルム面上の座標の集合であり, g は地理的領域である. その制約の評価値は, p で指定される点の対応する被写体 (地表面上の点) が地理的領域 g 内に含まれる割合である. メタ制約は制約を組み合わせるための制約であり, and, or, not, avg の4種類がある.

3 カメラの地理的位置を考慮した緩和問題

菊池らは解のカメラの地理的位置を考慮した緩和問題が導入した [2, 3]. 緩和問題とは, 任意の解に対してその評価値が基の探索問題の評価値を下回ることをない探索問題である. 菊池らは制約 $\text{ongdomain}_{\text{camera}}$ を, 条件の緩い制約に置換して緩和問題を作成することにした. 置換する制約の評価値は, カメラ位置が地理的領域内に含まれていれば1と評価され, 地理的領域から遠ざかるほど0に近づく. 距離は緯度と経度の2次元直交座標系上で測る.

菊池らは, 初期解集合の解, 交叉に用いる親そして交叉で生成された子を, 緩和問題の評価値が増加するように, 局所探索で移動することにした. これらの工夫により, カメラ位置が指定された地理的領域内に収まるようになり, 探索効率が改善された.

4 被写体の地理的位置を考慮した緩和問題

菊池らの緩和問題を, 制約 $\text{ongdomain}_{\text{subject}}$ に対応するように拡張することを提案する. この拡張の目的は, 探索中にカメラが指定された被写体の方向を向くようにし, 探索効率を改善することである.

4.1 緩和問題の拡張

基本制約のうち制約 $\text{ongdomain}_{\text{subject}}$ を制約 $\text{relaxed_ongdomain}_{\text{subject}}$ に置換する. 制約 $\text{relaxed_ongdomain}_{\text{subject}}$ は今回新たに導入する制約である. 制約 c の評価値を $E(c)$ と表記することになると, $\text{relaxed_ongdomain}_{\text{subject}}$ の評価式は以下ようになる.

Improvement of Relaxed Problems in Evolutionary Search Methods for Landscape Photograph Geocoding Support

Daijirou NARUSE[†], Tetsuya SUZUKI[‡]

[†]Department of Electrical Engineering and Computer Science, Graduate School of Engineering, Shibaura Institute of Technology

Minuma, Saitama city, Saitama, 337-8570, Japan

[‡]Department of Electronic Information Systems

College of Systems Engineering and Science

Shibaura Institute of Technology

Minuma, Saitama city, Saitama, 337-8570, Japan

{m110103, tetsuya}@sic.shibaura-it.ac.jp

$$E(\text{relaxed_ongdomain}_{\text{subject}}(p, g)) = \frac{1}{|p|} \sum_{(x,y) \in p} \max_{s \in S} f(x, y, s)$$

$$f(x, y, s) = \frac{1}{2}(1 + \cos\theta) \min\{1, a^{\frac{L}{L_{max}} - 1}\}$$

ここで S は地理的領域 g を覆う球の集合である。 a は $0 < a < 1$ なる定数である。 p はフィルム面上の座標 (x, y) の集合である。 L は視点と球 s との距離である。 L_{max} はカメラの視線が伸ばせる最大の長さである。つまり、カメラの視線とは、視線からフィルム面上の点に向けた長さ L_{max} の線分である。 θ はカメラの視線が球 s と交わる (球表面を含む) ために必要な最小回転角度である。回転は視点を中心に行われ、視点と球の中心とを含む平面上で行われる。関数 f の値が 1 になるのは、 $\theta = 0$ かつ $L \leq L_{max}$ のときである。つまりカメラの視線が地理的領域を囲む球のどれかと交わるときである。

5 実験

提案手法の有効性を確認するために実験を行った。

5.1 実験の準備

5.1.1 実験に用いる探索問題

探索問題 1 木曽川のほとりから写真の撮影地を探す問題である。この問題の地理的領域は三角形になっている。

探索問題 2 河口湖の湖畔から写真の撮影地を探す問題である。この問題の地理的領域は細い環状になっている。

5.1.2 比較する手法

次に示す手法 1, 2, 3, 4 を比較する。緩和問題を用いない手法を手法 1 とする。3 節で述べた菊池らの緩和問題のみを適用した手法を手法 2 とする。4 節で提案した緩和問題のみを適用した手法を手法 3 とする。手法 2 と手法 3 の両方を適用した手法を手法 4 とする。

5.1.3 探索条件

探索空間内に初期解は 100 個ランダムに配置する。交叉には単峰性正規分布交叉 UNDX-m[4] に対応した UNDX-P[5] を用いる。UNDX-P は、角度のように周期性のある変数向けの交叉手法である。世代交代モデルは DDA[6] を用いる。この条件での 500 世代の探索を 1 回の探索として、50 回の探索を行う。

5.2 緩和問題による探索効率に関する実験

この実験の目的は、探索において緩和問題を用いた場合に、探索効率がどのように変化しているかを検証することである。実験は次のように行った。探索問題 1 と 2 の最適解を手法 1, 2, 3, 4 のそれぞれで探索する。そして探索問題と探索手法との組み合わせのそれぞれについて、0 世代 (初期解), 100 世代, 200 世代, 300 世代, 400 世代, 500 世代における最高適応度の平均を求める。

5.3 実験結果

探索問題 1 の実験結果を表 1, 探索問題 2 の実験結果を表 2 に示す。

6 評価

表 1, 表 2 に注目し各手法の探索効率を評価する。最高適応度の平均値はどちらの探索問題も全世代を通し

て手法 4 が最も高く、探索問題 1 では手法 3 と続き、探索問題 2 では手法 2 と続く。探索問題 2 での手法 3 の最高適応度の平均値が手法 2 よりも低いのは、子個体が地理的領域外に生成され易いためと考えられる。逆に言えば地理的領域内に含まれる解が少ない状態でも、手法 2 に劣るがそれに近い値を得ている。手法 4 では、手法 2 の効果によりそれを避けている。以上より、手法 4 は探索効率を向上するために有効であると言える。

7 おわりに

本研究では、本システムの探索効率の改善を目的として、本システムにて導入している緩和問題を、被写体の地理的位置を考慮するように拡張することを提案した。実験によりその緩和問題が探索効率の向上につながることを確認し、提案手法の有効性を確認できた。

表 1: 探索問題 1 における実験結果 (最高適応度の平均)

	世代数					
	0	100	200	300	400	500
手法 1	0.009	0.147	0.147	0.347	0.411	0.482
手法 2	0.021	0.168	0.288	0.367	0.436	0.471
手法 3	0.075	0.615	0.752	0.798	0.823	0.841
手法 4	0.177	0.719	0.801	0.863	0.889	0.901

表 2: 探索問題 2 における実験結果 (最高適応度の平均)

	世代数					
	0	100	200	300	400	500
手法 1	0.001	0.023	0.041	0.048	0.059	0.068
手法 2	0.001	0.129	0.192	0.233	0.271	0.292
手法 3	0.015	0.141	0.183	0.199	0.229	0.246
手法 4	0.136	0.311	0.358	0.372	0.382	0.389

参考文献

- [1] 鈴木徹也:風景写真の撮影地探索システムの開発 (セッション 1). 情報処理学会研究報告. DD, [デジタル・ドキュメント], Vol. 2006, No. 11, pp. 1-8(20060127).
- [2] 菊池俊作, 鈴木徹也:撮影地探索システムにおける地理的位置を考慮した探索手法. 情報処理学会研究報告 Vol.2010-FI-97 No.5 / Vol.2010-NL-195 No.5,2010.
- [3] 菊池俊作, 鈴木徹也:写真のジオコーディング支援に用いる遺伝的探索における近傍交叉の効果. 情報処理学会デジタルドキュメント研究会 研究報告 2010-DD-75, 2010.
- [4] Isao Ono, Masayuki Yamamura, Hajime Kita: Real-Coded Genetic Algorithms and Their Applications, Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence, Vol. 15, No. 2, pp. 259-266 (20000301).
- [5] 梶洋隆, 喜多一:周期関数最適化のための遺伝的アルゴリズムの交叉演算. 計測自動制御学会. 計測自動制御学会論文集, Vol.43, No.4, pp.323-330(2007).
- [6] Osamu Takahashi, Hajime Kita, Shigenobu Kobayashi: A Real-Coded Genetic Algorithm using Distance Dependent Alternation Model for Complex Function Optimization, Proc. of Genetic and Evolutionary Computation Conf. (GECCO2000), pp.219-226 (2000).