

移動する点に対するラベル配置問題

清家陽佑・今井桂子

Label Placement Problem for Moving Points

Yosuke SEIKE and Keiko IMAI

Abstract: We consider the situation to place textual labels for moving points such as air traffic control systems and augmented reality (AR). In this paper, we use a slider model where labels can be placed at any position that touches the point. Therefore, the labels move with moving points. In terms of readability, the labels would rather not overlap each other, and must move smoothly. Moreover, dynamic label placement algorithms are required efficiency. In this paper, we propose practical algorithms using local search to place the labels for moving points, and computational results are shown.

Keywords: ラベル配置問題 (label placement problem), 移動する点 (moving points), 近傍探索 (local search)

1. はじめに

ラベル配置問題とは、地図やグラフなどの図において、対象箇所に対して適切な位置、大きさの文字情報を配置する問題である。文字情報は水平線と垂直線からなる長方形領域の内部に書かれると考え、この長方形をラベルとする。本研究では、対象箇所を点とし、その点とラベルの周囲が接するようにラベルを配置する。点に対してラベルを配置する問題は点ラベル配置問題と呼ばれ、点ラベル配置問題には、ラベル数最大化問題とラベルサイズ最大化問題がある。ラベル数最大化問題は他のラベルや点と重ならないように配置できるラベルの数を最大化する問題である。ラベルサイズ最大化問題はすべての

ラベルを重ならず配置するとき、ラベルの大きさを最大化する問題である。これらはラベル同士が重なってはならないことを前提としている。ラベル数最大化問題は配置するラベルの数を減らすことによって、ラベルサイズ最大化問題はラベルの大きさを小さくすることによって、各ラベルが他のラベルと重ならないことを達成できる。

前述のラベル配置問題は地図やグラフを対象としており、点は動かなかった。しかし、航空管制システムやカーナビゲーションシステムなどを対象とする場合は移動する点に対してラベルを配置することを考える必要がある。このとき、文字情報の読みやすさの観点から、ラベル同士が重ならないことに加え、ラベルの移動がなめらかであることが望ましい。また、リアルタイムにラベルの位置を更新する必要があるため、高速な手法が必要である。

本研究では、これらを考慮し、移動する点に対し

清家陽佑 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

中央大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻

Phone: 03-3817-1680

E-mail: yseike@imai-lab2.ise.chuo-u.ac.jp

てラベルを配置するアルゴリズムを複数提案する。また、計算機実験を行ない、それぞれを比較する。

2. 問題設定

本研究では、フレームと呼ばれる単位時間毎に各点が移動し、その点に対しラベルの周囲が接するようにラベルを配置する場面を想定する。以降、この点をラベル配置候補点と呼ぶ。既存の点ラベル配置問題はラベル同士やラベルとラベル配置候補点が重ならないことを前提としている。しかしながら、ヨーロッパの航空管制における安全規則では、すべての飛行機に対して常にラベルが配置され、大きさは変えてはならないことが求められている (Dorbes, 2000)。ゆえに、ラベル同士の重なりを許すことですべてのラベルを配置し、その上で一定のラベルサイズを保ちつつ、出来る限り重なりを小さくすることを考える。また、ラベルの移動をなめらかにするため、1フレーム毎のラベルの移動距離を小さくする必要がある。本研究ではこれらを考慮するため、(重なったラベルの総面積) + $\alpha \times$ (フレーム間のラベルの総移動距離) を最小化する問題について扱う。ここで、 α は非負実数の重みとする。フレーム間のラベル配置候補点の移動距離が大きい場合、ラベルの内容の判別が難しい。よって、上記の問題を解く意義が薄れるため、移動距離はある程度小さいと仮定する。

3. 近傍探索法を用いたアルゴリズム

近傍探索法では、ある解に対して近傍に存在しているよりよい解を探索し、解を更新する。初期解の算出方法、近傍の定義、解の更新条件、終了条件を変更することで、様々なアルゴリズムが得られる。本研究では、すべてのラベル配置候補点に対しラベルの周囲が接するようにラベルを配置したときの各ラベルの位置が解に相当する。近傍は解

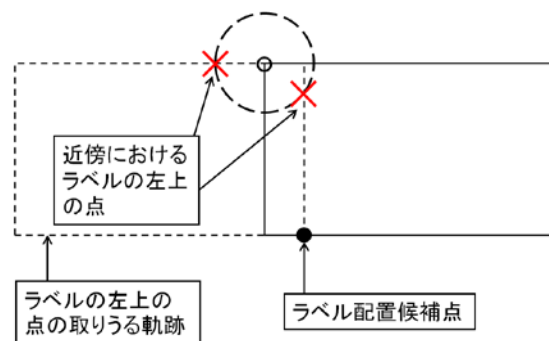


図 - 1 近傍の定義

の中から1つのラベルを選び、そのラベルを少し動かした解を、すべてのラベルに対して求めたものの集合とする。少し動かすラベルの位置は、元のラベルの配置箇所におけるラベルの左上の点を中心とする小さな円と、ラベルの左上の点の取りうる軌跡の交わる点を用いて算出する (図 - 1)。また、一定の更新時間を設定し、その時間を終了条件とする。本研究で用いる4つのアルゴリズムを以降で説明する。

3.1 山登り法

初期解を前フレームで得られた解から移動距離が最も小さい解とする。現在の解の近傍の中で最良解を近傍解とし、現在の解より近傍解の方が前節で定義した目的関数の値が小さくなる場合、解を更新する。

3.2 Simulated Annealing

ラベル数最大化問題における既存の良い結果として、Simulated Annealingを用いたアルゴリズムが知られている (Ebner et al., 2005)。Simulated Annealingは、温度を表すパラメータ T によって制御され、 T の値によって、確率的に悪い解に更新することも許す。 T の値は新しい解に更新する毎に徐々に小さくなり、それによって悪い解に更新する確率が小さくなる。悪い解に更新することを許すことで、局所最適解から脱出する可能性がある。

3.3 多スタート局所探索法

山登り法は 1 つの初期解から局所最適解が求められるまで解を更新するアルゴリズムであった。多スタート局所探索法は複数の初期解から近傍探索を行ない、それぞれで局所最適解を求め、そのうちの最良解を結果として得るアルゴリズムである。本研究では、まず山登り法で解を得る。その後、ランダムに初期解を生成し、近傍探索を行ない、解を得ることを繰り返す。

3.4 GRASP

Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) を用いた点ラベル配置問題に対する既存の良い結果として、Cravo et al.(2008) の手法がある。多スタート局所探索法はランダムに複数の初期解を生成していたが、GRASP は Greedy 法に確率的な要素を加えた手法によって初期解を生成する。そして、その初期解から近傍探索を行なう。

3.5 計算量削減のための工夫

他のラベルと重なる可能性がないラベルは、近傍にラベルを移動させても重なる面積は減らず、移動距離が増えるのみである。よって、他のラベルと重なる可能性があるラベルのみに対して近傍を列挙する。

また、近傍を選びラベルを移動させたのち、新たに近傍を列挙するとき、重なったラベルの総面積を再計算する必要がある。このとき、新たに計算される重なったラベルの総面積に影響するのは、移動させたラベルと、そのラベルと重なる可能性のあるラベルの重なった面積のみである。これを考慮し、重なったラベルの総面積の計算を行なう。

これらの計算量削減のための工夫では、重なる可能性のあるラベルの対を列挙しておく必要がある。これは、各ラベルが移動可能な長方形領域を用いた長方形交差問題を解くことで列挙できる。長方形交差問題とは、与えられた n 個の(水平, 垂

直成分を辺とする)長方形に対して、共通部分をもつ長方形対をすべて列挙する問題である。この問題に対する計算時間 $O(n \log n + K)$ のアルゴリズムが知られている (McCreight, 1985)。ここで、 K は共通部分をもつすべての長方形対の個数である。このアルゴリズムを用いて重なる可能性のあるラベルの対を列挙することで、近傍の列挙と重なった総面積の計算を効率的に行なう。

4. 計算機実験

幅 800, 高さ 480 の配置領域内に対し、30 個のラベルを配置する問題で 100 フレーム実験を行なった。各ラベルの大きさは、幅が 50 以上 100 以下、高さが 20 以上 50 以下でランダムに決定した。ラベル配置候補点の位置は、1 フレーム目と 2 フレーム目はランダムとした。3 フレーム目以降は、比較的大きな確率で 2 フレーム前の位置から 1 フレーム前の位置への移動方向と距離に近い位置になるようにした。このようにした理由は、例えば航空管制システムなどの現実問題で、移動方向や距離が大きく変わることは少ないと考えられるためである。また、各フレーム間のラベル配置候補点の移動距離は 20 以下となるようにした。1 フレーム毎の更新時間は 2 秒, 1 秒, 0.1 秒を用い、3 節で述べた 4 つのアルゴリズムと、アルゴリズムを用いずに、常にラベルをラベル配置候補点に対して右上に配置したときの値を比較する。1 フレーム目はラベル配置候補点に対して右上にラベルを配置することとする(図 - 2)。なお、ラベルが配置領域からはみ出る場合は、そのはみ出た大きさの分だけ重なった面積を増加させる。重み α を 5 とする。

(重なったラベルの総面積) + $\alpha \times$ (フレーム間のラベルの総移動距離) の値の平均を取った結果を表 - 1 に示す。多スタート局所探索法を用いたときの結果が最もよい値となった。更新時間 1 秒

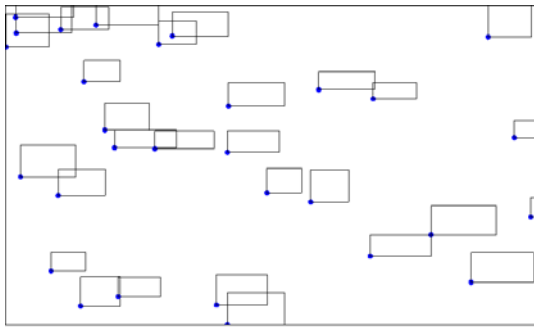


図 - 2 実験環境の 1 フレーム目

表 - 1 計算機実験の結果

アルゴリズム	2 秒	1 秒	0.1 秒
山登り法	2688.09	2688.09	2825.61
Simulated Annealing	13298.29	16011.48	20908.03
多スタート局所探索法	2401.91	2332.23	2683.60
GRASP	2618.87	2618.87	2825.31
右上	19828.61	19828.61	19828.61

のときの 10 フレーム目のラベル配置候補点とラベルの位置を図 - 3 に示す。

Simulated Annealing を用いたときの結果は悪い値となった。これは、Simulated Annealing が改善を許す近傍探索法であることから、よい結果を得るために必要な時間が他の手法よりも長いためであると考えられる。

5. おわりに

移動する点に対するラベル配置問題を（重なったラベルの総面積）+ $\alpha \times$ （フレーム間のラベルの総移動距離）を最小化する問題として扱い、複数のアルゴリズムを提案した。また、計算機実験を行ない、各アルゴリズムで得られた結果を比較した。多スタート局所探索法を用いたアルゴリズムの結果が最もよいものとなった。

ラベル配置候補点が密集した場合、重なったラベルの面積を減らすことが困難になる。このような場合、ラベルをラベル配置候補点から離れた場所

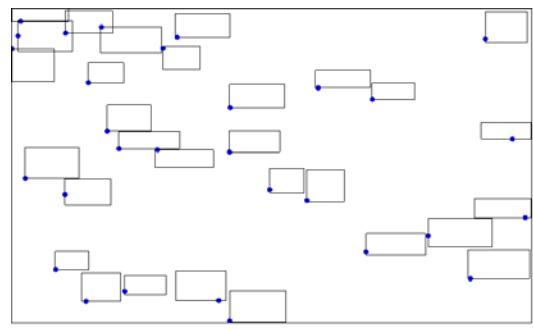


図 - 3 更新時間 1 秒における多スタート局所探索法を用いたときの 10 フレーム目の結果

に配置し、それらを引き出し線で結びつけることによって、重なったラベルの面積を減らせる可能性が考えられる。引き出し線を用いた手法を考えることは今後の課題である。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金によるものである。

参考文献

- Dorbes, A., 2000. Requirements for the implementation of automatic and manual label anti-overlap functions. *EEC Note No. 21/00*, EUROCONTROL Experimental Centre.
- Ebner, D., Klau, G. W., and Weiskircher, R., 2005. Label number maximization in the slider model. In János Pach, editor. *Proceedings of the 12th International Symposium on Graph Drawing (GD'04)*. 144-154. Springer-Verlag.
- Cravo, G. L., Ribeiro, G. M., and Nogueira Lorena, L. A., 2008. A greedy randomized adaptive search procedure for the point-feature cartographic label placement. *Computers and Geosciences*. 34:373-386.
- McCreight, E. M., 1985. Priority search trees. *SIAM J. on Computing*. 14:257-276.