

力学モデルを用いた引出し線ラベル配置の改良と応用

相澤 裕司^{†1} 今井 桂子^{†2}

平面上に点集合が与えられているとき、これらの点に対してラベルを配置する問題を Node Label Placement (NLP) 問題という。ここでは配置できるラベルの数が最大となる数が最大となる問題を考える。この問題には引出し線を用いた配置モデルがあり、それに対して力学モデルを用いたアルゴリズムが提案されている。本稿では、そのアルゴリズムを改良したアルゴリズムを提案する。また、辺集合へラベルを配置する Edge Label Placement (ELP) 問題に対しても、引出し線を用いた配置モデルを提案し、その問題に対しても力学モデルを用いて解くアルゴリズムを提案、計算機実験を行なう。

Improved Algorithm Based on Dynamics for Label Placement Problems with Leader Lines

YUJI AIZAWA^{†1} and KEIKO IMAI^{†2}

In this paper, we consider the node label placement (NLP) and the edge label placement (ELP) problems with leaders. Given a set of sites in the plane, the problem is maximizing the number of labeled points. For NLP problem with leaders, an algorithm based on dynamics has been proposed. In this paper, we improve this algorithm, and our algorithm based on dynamical can solve ELP with leaders. Some experimental results are also shown.

^{†1} 中央大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻
Information and System Engineering Course, Graduate School of Science and Engineering, Chuo University

^{†2} 中央大学 理工学部 情報工学科
Department of Information System and Engineering, Chuo University

1. はじめに

地図やグラフ上の対象物に対して、与えられた制約をみだす注記（ラベル）の配置箇所を求める問題をラベル配置問題という。この問題への既存の研究の多くは注記対象を点とし、ラベルは点に接する場所に配置するように限定して行なわれている。しかし、現実の地図では、注記対象が密集しラベルを点に接する場所に配置するのが困難なため、ラベルを注記対象から離れた場所に置き、それらを引出し線で結ぶという方法が取られている。引出し線を用いたラベル配置は大塚らによってモデル化され、配置箇所を離散的に限定する方法による解法も同時に提案された³⁾。しかし、その手法はラベルが整列されるように配置され、あまり性能の良いものではなかった。その後、下原らは力学モデルを用いて解く方法を研究した¹⁾。この方法では、配置箇所を限定せずに行なっているため、より自然な配置ができています。しかし、密集した地帯がある場合への配置率はまだ良いものとは言えなかった。本研究では、この手法に改良を加えたアルゴリズムを提案し、さらに、注記対象が点の場合だけでなく辺で与えられた場合の問題に対しても適用できるようにした。さらに、計算機実験でそれらの有用性を検証する。

2. 引出し線を用いたラベル配置問題

本研究では、平面上的配置領域と、その内部に存在する注記対象（点や辺、領域などで与えられる）の集合と各注記対象へのラベルの集合が与えられる。引出し線をラベルの中央から注記対象への線分とし、以下の制約を満たすラベルを配置可能ラベルとする。

- 他のラベルと重ならない。
- 全てのサイトと重ならない。
- 他の注記対象からラベルへの引出し線と重ならない。
- 配置領域に完全に含まれている

これらすべての制約を満たすラベルの数が最大になる配置位置を求めることを目標とする。

3. 力学モデルを用いた引出し線ラベル配置アルゴリズム

この節では、下原らによって提案されている力学モデルを用いたラベル配置のアルゴリズム¹⁾を紹介する。この手法は、2) で提案されている配置手法を元にしていて、そこでは、配置するラベルに対し他の注記対象やラベルの状態から適切な配置領域を考え、現在の位置からのズレを影響力で与え、運動方程式を適用し、ラベルを適切な位置に移動させる。そ

して、再び適切な配置領域を考え、移動が収束するまで繰り返す、というものである。ただし、2) では引出し線は用いていないので、この手法を引出し線ラベル配置に適用しているのが 1) である。各ラベルの、注記対象や引出し線との配置からより良い配置箇所へ向かうようラベルへ影響力を与え、それに基づいて移動する。この移動を繰り返すことで徐々にラベル全体を良い配置へと変えていく。アルゴリズム全体は以下のような構成になっている。なお、2) と 1) は注記対象を点としている。以降、注記対象として与えられた点をサイトと呼ぶことにする。

(1) 初期配置：各ラベルの初期位置は、ラベルの中心の座標がサイトの座標と一致するようにおいた後、ラベルを配置領域の中心からサイトへ引いた半直線上に微小な距離だけ移動させた位置としている。

(2) ラベル移動：すべてのラベルに対して、他のサイト、ラベル、引出し線との間の影響力を求め、足しあわせる。さらに、配置領域外へ出ているものは内側へと向かう影響力を加える。また、サイトの密集度を考慮した影響力も考慮する。それらの合力を求めた後、すべてのラベルをその合力によって移動させる。この移動を、すべてのラベルの移動距離が 0 になるか指定回数になるまで繰り返す。各影響力の求め方に関しては後述する。

(3) 後処理：すべてのラベルが制約を満たしている場合、後処理は無くそのままの配置位置が解となる。制約を満たしていないラベルがある場合は、後処理を行ない最終的な解を得る。まず、サイトに重なっているラベル、配置領域外に出ているラベルは除去する。そして、重なっているラベル同士を結んだ交差グラフを作成し、そのグラフの最大独立集合を求め、最大独立集合に選ばれたラベルを残し最終的な解とする。

4. 影響力

下原らの手法において (2) で行なわれるラベル移動の際に用いられる影響力には以下の種類がある。

- 他のラベルから受ける影響力 F_1 (図 1)
- サイトから受ける影響力 F_2 (図 2)
- 他のラベルの引出し線から受ける影響力 F_3 (図 3)
- 他のラベルが引出し線へ重なることにより受ける影響力 F_4 (図 3)
- 配置領域外にあることにより受ける影響力 F_5 (図 4)
- サイトの密集度を考慮した影響力 F_6

$F_1 \sim F_5$ は、ラベルやサイト、引出し線の接続状態からなる影響力である。

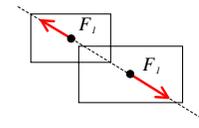


図 1 影響力 F_1
Fig.1 Power of influence F_1

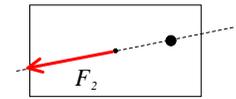


図 2 影響力 F_2
Fig.2 Power of influence F_2

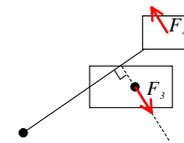


図 3 影響力 F_3 と F_4
Fig.3 Power of influence F_3 and F_4

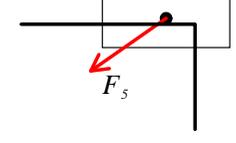


図 4 影響力 F_5
Fig.4 Power of influence F_5

F_6 は、配置率を上げるための影響力である。サイトの密集した地点をカーネル密度推定で密度推定値として判断する。影響力を求める方法として、配置領域全体を一定の間隔で長方形のバケットに分割し、各バケットの中心点の密度推定値をそのバケットの周囲 8 バケットの密度推定値と比較し、一番小さい値のバケットへと移動するよう、影響力を与えている。

5. 改良案

力学モデルを用いた手法は、多くのパラメータをもち、複数回の移動を繰り返すため、最初の設定により結果が変わる。例えば、初期配置の変更や、影響力の大きさを決める定数を変えるだけでも結果に大きく差がでてしまう。よって、パラメータの変更や、設定の変更により結果を改良できる可能性がある。本研究により、既存手法より結果を良くすることが出来る設定を発見した。以下にその一つを記す。

5.1 入力密集度を考慮した影響力の変更

入力密集度を考慮した影響力を以下のように変更する。まず、方向をラベルの中心点から 1 単位距離だけ離れた周囲 8 箇所の密度推定値と、ラベルの中心点の密度推定値を比較し、一番小さい値の箇所へ向かうものとする。この時、ラベルの中心点が一番小さい場合は、影響力を与えない。そして、力はラベルの中心点の密度推定値の定数倍とする。

5.2 提案手法への計算実験

1000 × 1000 の配置領域に 20 × 100 の大きさのラベルを 100 個配置する問題で実験を行なった。サイトの位置はランダムとし、ラベルの最大移動回数は 50 回とした。このとき、

表 1 計算機実験の結果
 Table 1 Experimental results (NLP)

| | 既存手法 | 提案手法 |
|-------|---------|---------|
| 平均配置率 | 89.78 % | 98.00 % |
| 最大配置数 | 98 | 100 |
| 最小配置数 | 80 | 94 |
| 標準偏差 | 4.06 | 1.37 |

既存の方法と提案した密集度を考慮した影響力を与える場合の 2 つを比較する。既存手法においてのバケット分割は縦横に等間隔に 500 分割した。100 回行った時の平均配置率と標準偏差は表 1 のようになった。結果として、提案手法のほうが既存手法よりも良い結果を出した。また、標準偏差の値も小さくなり、安定して良い解が出ていることがわかる。これは、既存手法の F_6 の与え方だと、力の量が常に 1 バケット分としていたため、移動量が大きくなり、引出し線が長くなり他のラベルとの交差が増えてしまっていたからだと思う。提案手法の F_6 の量は、他の影響力に比べると小さいものであるが、密集度への考慮はその程度で十分であったと言える。図 5、図 6 はそれぞれ、既存手法、提案手法の出力結果の一つである。既存手法では全体的に引出し線が長くなってしまっているのが確認できる。

6. 辺ラベル配置問題への適用

ここまで対象としてきたのは、注記対象を点とする、NLP 問題と呼ばれるものであり、点は固定されている。しかし、現実に使われている地図には、注記対象が辺や領域で扱われているものもある。辺にラベルを配置する ELP 問題ではラベルの配置位置は、ラベルの端点が辺に接している箇所となる。この問題においても、一般的な解法はラベルの位置を離散的、連続的に用意して候補位置の中から求めている。しかし、この問題において、引出し線を用いた場合の解法はまだ提案されていない。本研究では、下原らの力学モデルを用いた手法を応用し、ELP に対しても解くことができるようにした。

6.1 モデルの変更

引出し線を用いた辺ラベル配置では、注記対象が辺のため、ラベルへ引出し線を引くとき引出し線と辺が交わる点（以下、注記点と呼ぶ）が辺上の任意の位置となる。よって、ラベルの位置以外にも、注記点の位置も移動することになる。

NLP から ELP へと適用するにあたって変更すべき点は以下である。

- 辺とラベルの交差による影響力 F_7 : 辺とラベルが交差している場合、 F_3 において引出

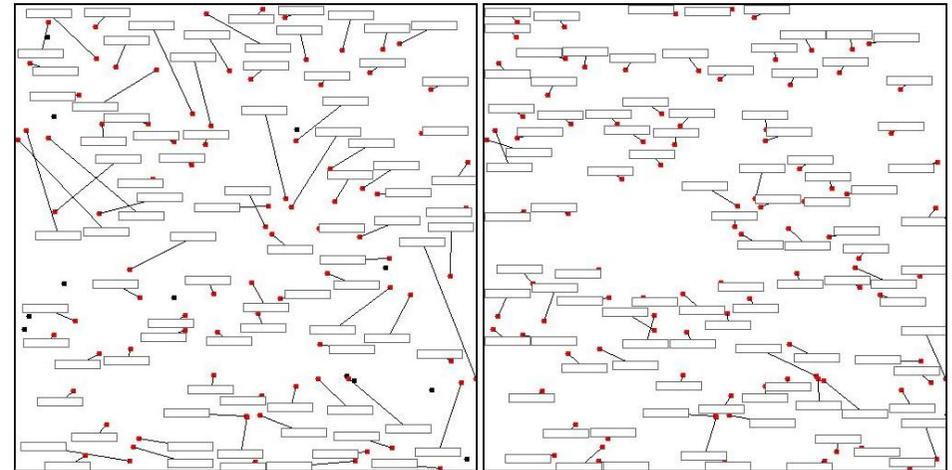


図 5 既存手法の結果 配置数: 88/100
 Fig. 5 Label placement using previous algorithm

図 6 提案手法の結果 配置数: 100/100
 Fig. 6 Label placement using our algorithm

し線を辺と置き換えたものを用いて影響力を決める（図 7）。

- 引出し線とラベルの交差による影響力 F_8 : 引出し線とラベルが交差している場合、引出し線が接している側のラベルへ与える影響力と同じ力を注記点にも与える（図 8）。
- ラベルとラベルの交差による影響力 F_9 : ラベルとラベルが交差している場合、ラベルに与える力を注記点にも与える（図 9）。

1 つめは、注記対象が点から辺に変わるために、起こる制約の変化である。後 2 つは、引出し線の始点を移動させ、交差している箇所を減らすためのものである。こうして、新たに注記点へも影響力を与え、ラベルの移動に加えて、注記点も移動させる。そして、移動した注記点から辺へと垂直におろした直線の交点を新たな注記点とする。

7. 引出し線を用いた辺ラベル配置問題への計算実験

このアルゴリズムで、計算機実験を行なった。1000 × 1000 の配置領域に 15 × 60 の大きさのラベルを配置する。サイトの位置はランダムとし辺の長さも 1 ~ 100 の間でランダムに決める。ラベルの最大移動回数は 100 回とした。結果は、表 2 となった。

図 10 はラベル数 100 の時の配置結果（配置率 100 % のもの）を表示したものである。辺が密集した地帯があるが、すべてのラベルが配置出来ていることが確認できる。

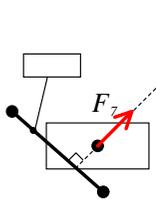


図 7 影響力 F_7

Fig. 7 Power of influence F_7

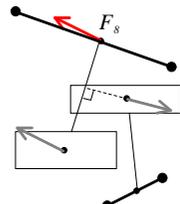


図 8 影響力 F_8

Fig. 8 Power of influence F_8

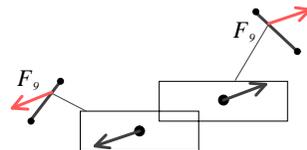


図 9 影響力 F_9

Fig. 9 Power of influence F_9

表 2 引出し線を用いた辺ラベル配置問題の計算機実験結果

Table 2 Experimental results (ELP)

| ラベル数 | 配置率 | 標準偏差 |
|------|---------|------|
| 50 | 98.92 % | 0.69 |
| 100 | 95.22 % | 2.36 |
| 150 | 83.45 % | 7.74 |

8. おわりに

力学モデルを用いた引出し線ラベル配置において、密集度を考慮した影響力の与え方を变化させることで、より配置率を上げることができることを、計算機実験で示した。また、辺にラベルを配置する問題に対しても、この力学モデルを用いた配置手法が有効であり、高い配置率を出せることを計算機実験で示した。各種のパラメータ設定に関しては更なる研究が必要である。また、辺に対する引出し線においては辺や引出し線の交差の除去の方法を考える必要がある。

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

- 1) 下原文義, 今井桂子: 引出し線ラベル配置に対する解法と実装, 情報処理学会研究報告, 2003-AL-92, Vol.2003, No.110, pp.41-46 (2003).
- 2) 佐藤 聡, 有川正俊: 力学モデルに基づく地理データの動的表示システム, 地理情報システム学会 第 3 回オブジェクト指向 GIS ワークショップ予稿集, pp.31-36 (1999).
- 3) 大塚義仁, 今井桂子: 引出し線を用いたラベル配置問題, 情報処理学会研究報告, 2001-AL-79, Vol.2001, No.79, pp.53-58 (2001).

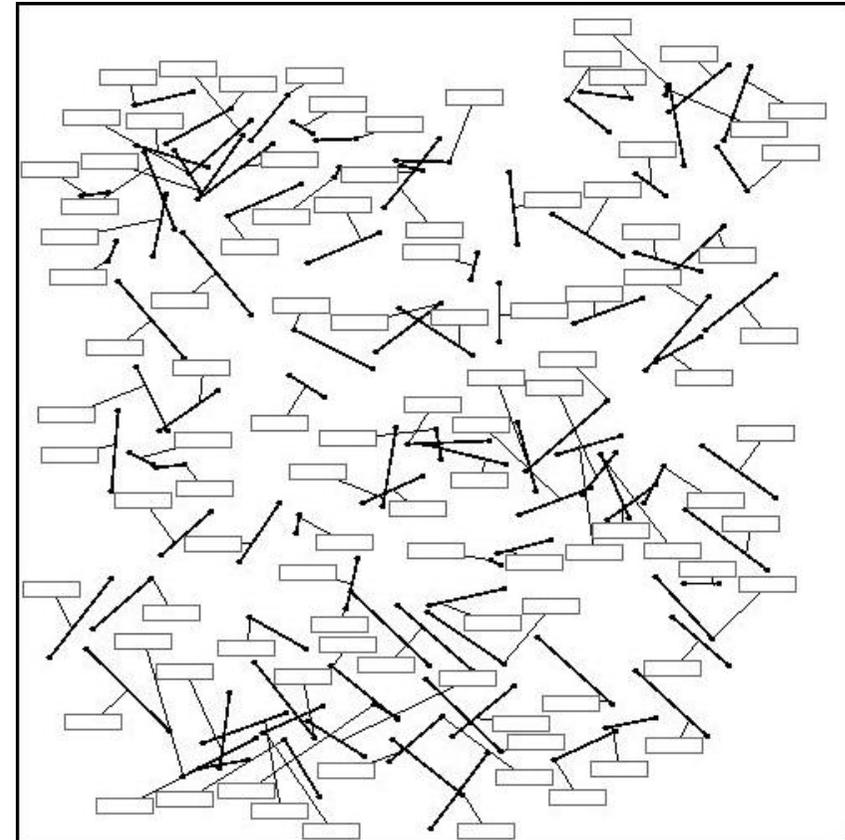


図 10 ラベル数 100 の時の実験結果

Fig. 10 Example of label placement for ELP