

クラスタリングを用いた複数経路探索問題の近似解法の提案と検討

Proposal and study for approximate method by using clustering in Multi-route Searching Problem

○田 川¹, 星野 貴弘², 浜松 芳夫²*Chuan Tian¹, Takahiro Hoshino², Yoshio Hamamatsu²

Abstract: In this study, we propose an algorithm for the Multi-route Searching Problem. Multi-route Searching Problem is to find the shortest route of several vehicles. First, we have used the K-means algorithm or Fussy Clustering algorithm to find the best partition of cities. Cities in those clusters are searched the short routes by using Nearest Neighbor method. We compare the results by K-means and Fussy Clustering. It is clear to investigate the method of cities partition in this research.

1. はじめに

近年, 車の普及率の増加に伴い, 地方の公共交通離れが進んでいる。現在の路線バスは, 利用者の少ないバスが多く運行している状況である。運行本数の減少等様々な対策がとられるが, それでも経営が改善されない状況である。自家用車が増えることに伴って, 環境に悪影響を与えたり, 渋滞も発生する可能性が高くなってしまふ。それに対して, 自家用車を持たない人にとってはモビリティの問題が深刻となっている。

このような問題を解消する一つの方法としてデマンドバスシステムがある。デマンドバスシステムにおいて, 乗客は, 電話またはインターネットを通じて, 希望乗車時刻と乗車場所を予約すると, 予約状況に応じて配車されるシステムである。主な利点としては, 乗客のニーズ(デマンド)に応じた, 柔軟な運行ができることが特徴である。さらに, 環境面でも無駄に走ることがなくなるため CO₂ を削減することも可能である。デマンドバスの運行には, 限られた車両数で利用者の希望を満たし, 短時間で目的地まで運ぶための最適な経路を決めることが重要となる。このようなデマンドバスの運行経路を探すのは, 複数経路探索問題となっている。複数経路探索問題とは, 利用可能な車両数及び訪問すべき都市の数や位置といった情報が与えられたとき, 複数ある車両の経路の総和が最短となるような各車両に割り当てる都市の組み合わせと各車両の都市の訪問順序を求める問題である。都市数が少ないうちは経路の組み合わせ数が少なく容易に最適な経路を定められる。しかし, 都市数が増えるに伴って経路の数は増加するため, 現実的な時間内に最適解を得ることは困難である。したがって, ある程度短時間で, より良い精度の解を求める近似解法が重要となる。

本研究では, 各車両に割り当てる都市の振り分け方法として, クラスタリング手法^[1]である K-means とファジィクラスタリングを用いた近似解法を提案する。また, 両

クラスタリング法で得られた経路を比較し, 手法の有用性を検討する。

2. 問題の設定

図 1 に複数経路探索問題の一例を示す。全ての車両は始発地点 S(Start) を出発し, 各都市を訪問して乗客を乗せ, 目的地点 G(Goal) へ運ぶものとする。ただし, 各都市には乗車を希望する乗客が必ず 1 名存在し, 与えられた車両によって全ての乗客を G に搬送する。提案した解法により得られた解の評価基準は車両群の走行距離の総和とする。

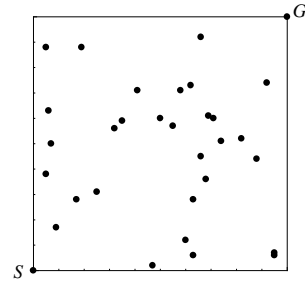


Fig. 1: An example of urban disposition

3. クラスタリング手法

提案手法は都市の振り分けと経路決定によって構成されている。都市の振り分け方法としてクラスタリングを用いる。クラスタリングの代表的な手法である K-means 法とファジィクラスタリング法を用いて各車両に割り当てる都市を決定し, 分けられたいくつかの都市群に対して最近接点法^[2]を使って各車両の経路を決める。

3.1 K-means による分割法

K-means とは, 非階層的手法の代表的な手法である。この手法は, K 個の初期クラスタから平均二乗誤差が最小となる局所最適解を求めるアルゴリズムである。K-means は分割後のクラスタの数 K を予め与える必要がある。提案手法では, クラスタ数 K は車両数である。以下に K-means を用いた都市群の分割法を示す。

1. 初期重心をランダムに決める。

1:日大理工・院・電気 2:日大理工・教員・電気

2. 各重心とそれぞれの都市（データ）までの距離を計算する.
3. ステップ 2 の計算結果から最小値を与える重心のクラスタに都市を所属させる.
4. 乗車定員を超えたクラスタが存在する場合, そのクラスタ内の重心から最も離れた都市と定員未満のクラスタの重心との距離を再計算し, 都市の所属を変更する. この処理を全てのクラスタの都市数が乗車定員内に収まるまで行う.
5. ステップ 3 の結果に変化がなければ, 式 (1) の評価関数を計算する. 変化があったときは, 各クラスタの重心を更新し, ステップ 2 に戻る.

$$\sum_{i=1}^K \sum_{i \in c_i} \|x - c_i\|^2 \quad (1)$$

K-means の評価関数とは, 各データから重心までの距離の二乗を加算しているため, 評価関数値が少ない程良いクラスタリングであることを表している.

3.2 ファジィクラスタリングによる分割法

ファジィクラスタリングではデータ i が, クラスタ k に属する度合い (重み) g_{ik} を用いることで, より適切なクラスタリングを可能にする. ここで, c_k はクラスタ k の重心であり, x_i は都市 i の位置データを表し, $\|x\|$ はユークリッド距離を表す. 以下にファジィクラスタリングを用いた都市群の分割法を示す.

1. K-means と同様に初期重心を任意に設定する.
2. 初期重心と各都市間の距離の二乗を計算する.
3. ステップ 2 で計算した値と式 (2) を利用して $g_{ik}^{(t)}$ を求める.

$$g_{ik}^{(t)} = \frac{1}{\sum_{j=1}^K \left(\frac{\|x_i - c_k^{(t)}\|^2}{\|x_i - c_j^{(t)}\|^2} \right)^2} \quad (2)$$

4. $g_{ik}^{(t)}$ と式 (3) を利用して重心 $c_k^{(t+1)}$ を求め, 更新する.

$$c_k^{(t+1)} = \frac{\sum_{i=1}^N (g_{ik}^{(t)})^2 x_i}{\sum_{i=1}^N (g_{ik}^{(t)})^2} \quad (3)$$

5. ステップ 2 から 4 までの操作を重心 c_k が収束するまで繰り返す.
6. 乗車定員数を超えたクラスタが存在する場合, そのクラスタに所属する都市の中で最も g_{ik} の小さい都市を選択し, 乗車定員未満のクラスタに対して, g_{ik} が最大となるクラスタに所属させる. この処理を全てのクラスタの都市数が乗車定員数に収まるまで行う.

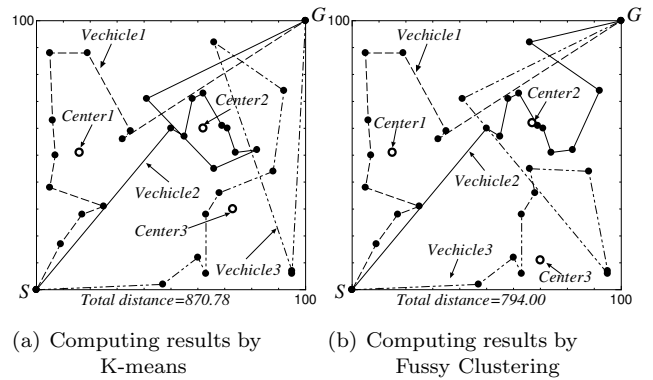


Fig. 2: Computing results

4. 考察

図 2 (a) に K-means 法を都市の分割に用いて得られた結果, 図 2 (b) にファジィクラスタリング法を用いて得られた結果を示す. 各車両の経路決定には, 両手法共に最近接点法を用いた. また, 両手法の初期重心位置は同じ都市とした.

図 2 より, ファジィクラスタリング法は K-means 法に比べて総走行距離が短くなっている. 各都市から重心までの平均距離は, ファジィクラスタリングによる分割では 21.96, K-means による分割では 22.34 となり, ファジィクラスタリングの方がより良い都市データの収束性が現れていた. しかし, 両手法共に, 各車両の経路同士が交差する非効率的な部分はいくつか見られた. 原因として, クラスタに所属する都市数を乗車定員に収めるため, K-means 法ではステップ 4, ファジィクラスタリング法ではステップ 6 のような車両に対する都市の再割当てを行ったため, 各車両の訪問する都市が適切に分割されなかった. また, 各車両の経路決定には, 最近接点法を用いたため, 訪問する順序が後半となる都市に対する経路が長くなってしまった.

5. まとめと今後の課題

本研究では, 複数経路探索問題に対して, 都市群の分割法にクラスタリングを用いる近似解法を提案した. その結果, ファジィクラスタリングを用いた分割法の方が都市の収束性が良く, 総走行距離も短いことが分かった. 今回, 提案した手法ではクラスタリング後の乗車定員内に収める処理において経路が長くなってしまふことが分かった. また, 各車両の経路決定には最近接点法を用いたが, Convex hull insertion 法 [2] 等を用いることで改善が期待できる. これらの点については, 今後の課題である.

参考文献

- [1] 新納浩幸: 「R で学ぶクラスタ解析」, オーム社 (2007)
- [2] 山本芳嗣, 久保幹雄: 「巡回セールスマン問題への招待」, 朝倉書店 (1993)