

バス停配置最適化問題と クラスタリングに基づく解法

高橋 規一

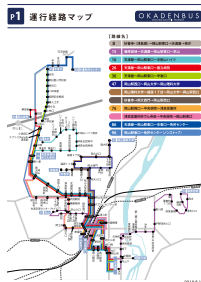
岡山大学大学院自然科学研究科

岡山情報通信技術研究会

2019年11月19日

- 1 背景
- 2 目的と問題設定
- 3 解析
- 4 最適化アルゴリズム
- 5 まとめ

- 地方における公共交通を取り巻く状況の厳しさ
 - 自家用乗用車の普及
 - 人口減少および少子高齢化が加速
- 地域の活力の維持・向上のために公共交通網の整備は重要
- 岡山県内の取組み
 - 高梁市地域公共交通網形成計画（平成 27 年度～平成 31 年度）
 - 1 まちづくりと連携した持続可能な公共交通
 - 2 まちの魅力を高め、人々の交流を促す公共交通
 - 3 協働による公共交通の維持・発展
 - 岡山市も協議会で検討中
- 情報数理工学で何か貢献できないか？

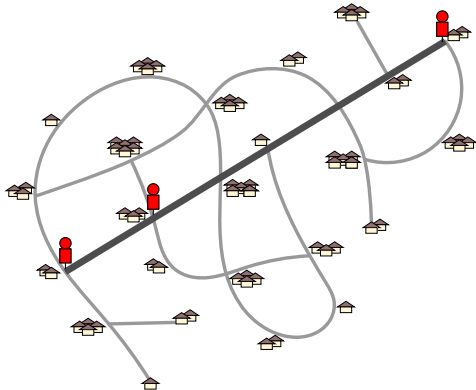


<http://www.okayama-kido.co.jp/bus/rosen.html> (2019/11/15)

目的と問題設定

目的：住民の利便性を最大化するバス停配置を求める方法の開発と評価

問題設定：バス路線とバス停の個数が与えられたとき、**各戸から最寄りのバス停までの距離の総和を最小**にするバス停配置を求めよ。



解析 (1)

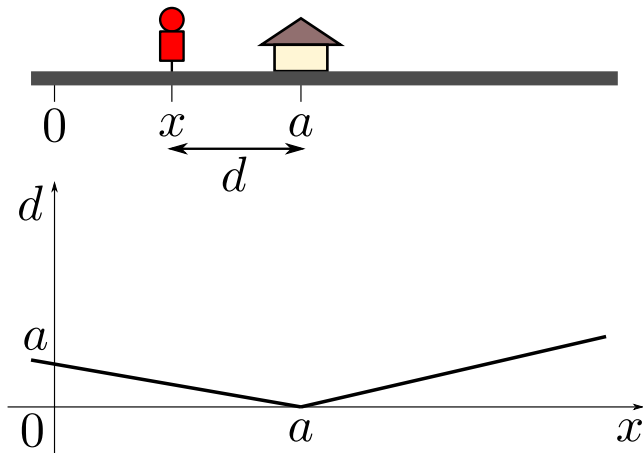


図: バス路線上の1軒の家からバス停までの距離

解析 (2)

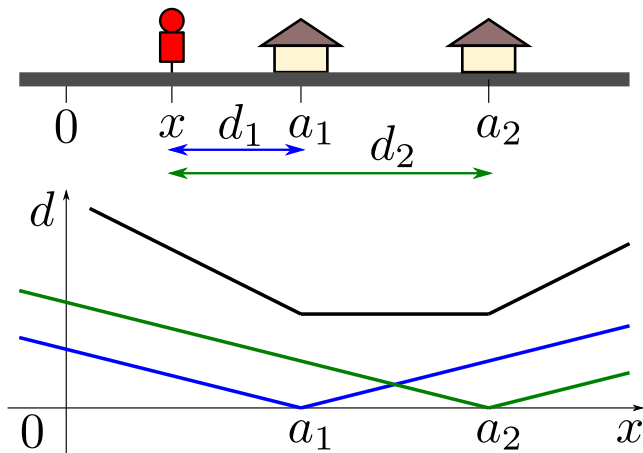


図: バス路線上の2軒の家からバス停までの距離の和

解析 (3)

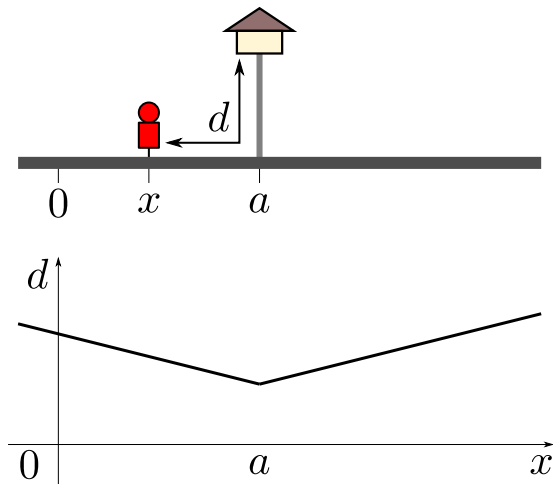


図: バス路線上にない1軒の家からバス停までの距離その一

解析 (4)

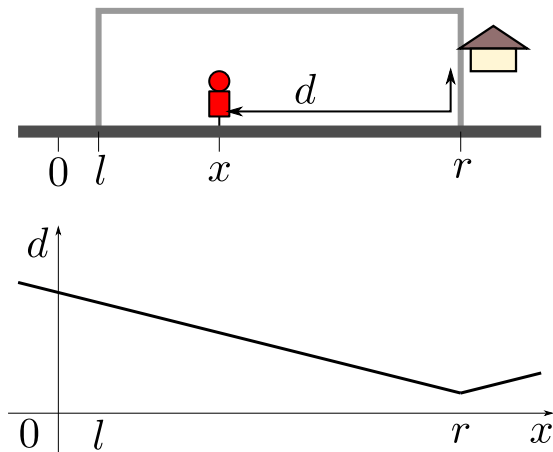


図: バス路線上にない1軒の家からバス停までの距離その二

解析 (5)

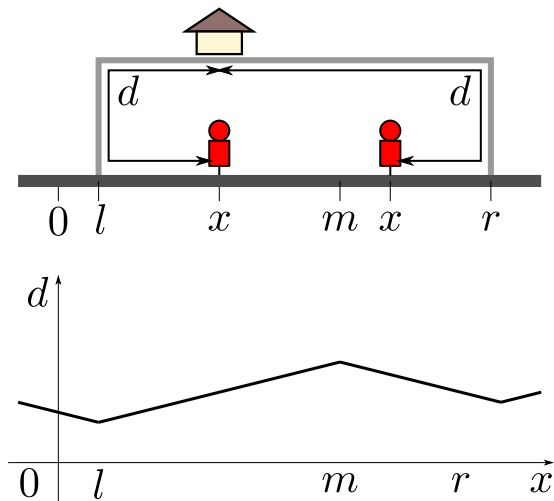


図: バス路線上にない1軒の家からバス停までの距離その三

解析 (6)

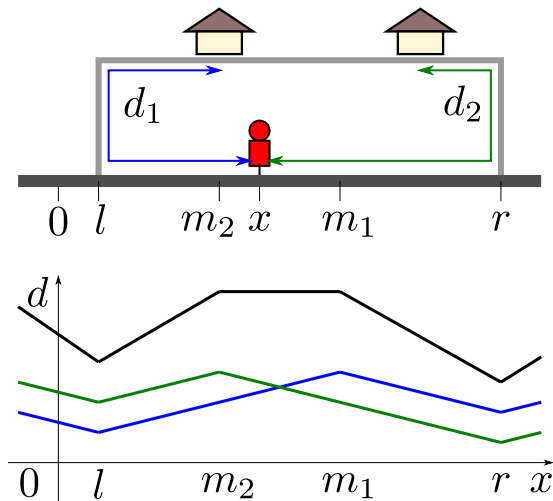


図: バス路線上にない2軒の家からバス停までの距離の和

解析から言えること

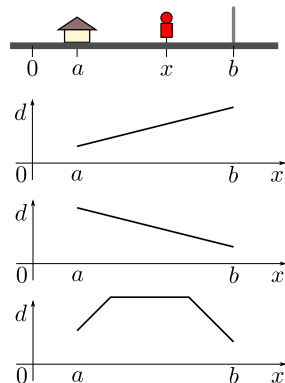
命題

バス停配置最適化問題において、バス停の位置を家の前か道路の分岐点に限定しても構わない。

(略証) 最適に配置されたバス停の一つが家の前でも道路の分岐点でもない地点にあると仮定する。このとき、バス停の位置と、そのバス停に割り当てられた家からの距離の総和の関係は

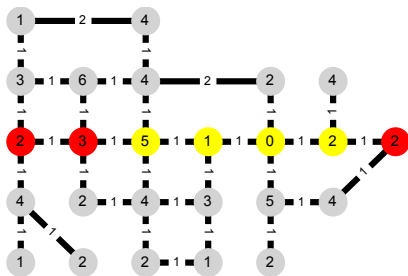
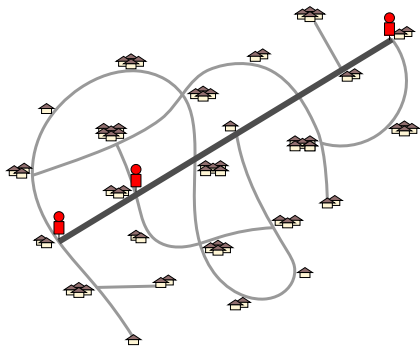
- 1 単調非減少
- 2 単調非増加
- 3 非減少から非増加

のいずれかであるから、距離の総和を増やすことなくバス停を家の前か道路の分岐点に移動することができる。



道路のグラフ表現

- 頂点：道路の分岐点，家のある地点，バス路線の端点
 - 各頂点の重みはその地点にある家の軒数
- 辺：頂点を結ぶ道路
 - 辺の重みはその道路の長さ



クラスタリング (クラスタ分析)

- データをいくつかの塊 (クラスタ) に自動的に分類する手法

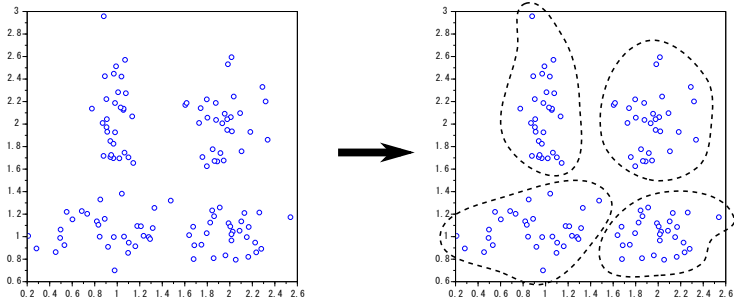
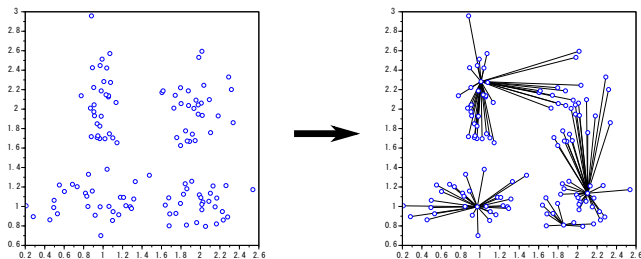


図: クラスタリングの例

k 平均法

- クラスタリングの代表的手法
- アルゴリズム

- 1 n 個のデータから k 個をランダムに選び、仮のクラスタ中心とする。
- 2 各データを最も近いクラスタ中心に割り当てる。

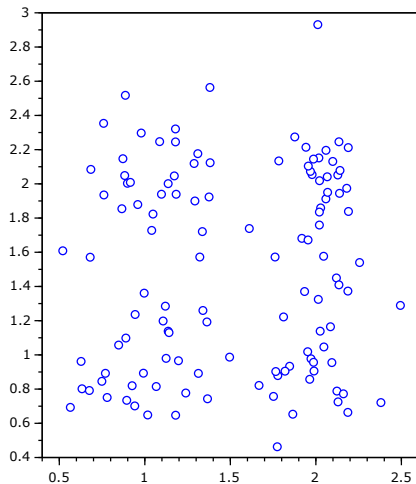


- 3 同じクラスタ中心に割り当てられたデータの平均値を求め、それらを新たなクラスタ中心とする。
- 4 各データを最も近いクラスタ中心に割り当てる。
- 5 割り当てが変化しなければ終了し、そうでなければステップ3に戻る。

k 平均法の実行例

データ

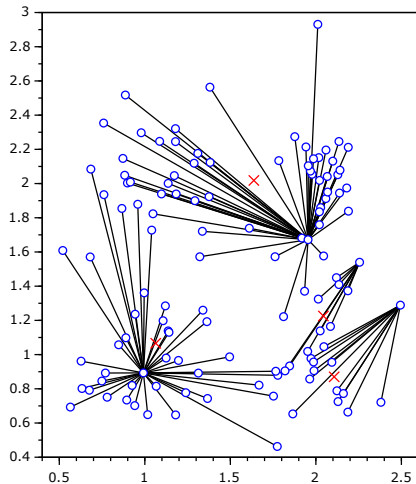
- $(1, 1)$, $(2, 1)$, $(1, 2)$, $(2, 2)$ を中心とする 2次元正規分布



k 平均法の実行例

ステップ 1

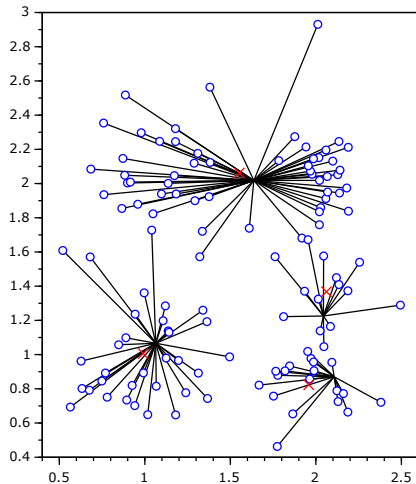
- 放射状線の集合点：現在の中心，赤：更新後の中心



k 平均法の実行例

ステップ2

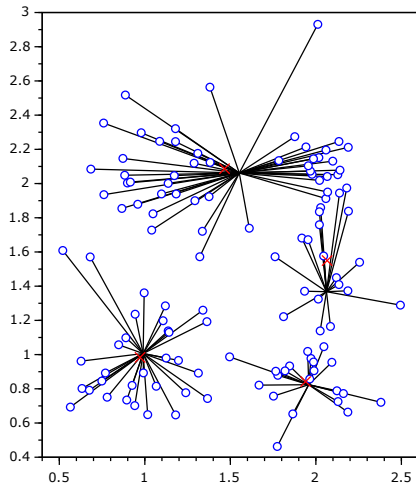
- 放射状線の集合点：現在の中心，赤：更新後の中心



k 平均法の実行例

ステップ 3

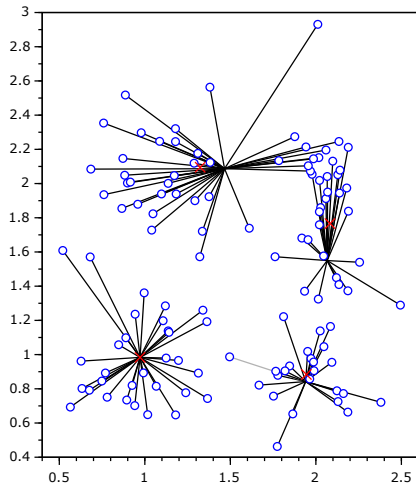
- 放射状線の集合点：現在の中心，赤：更新後の中心



k 平均法の実行例

ステップ 4

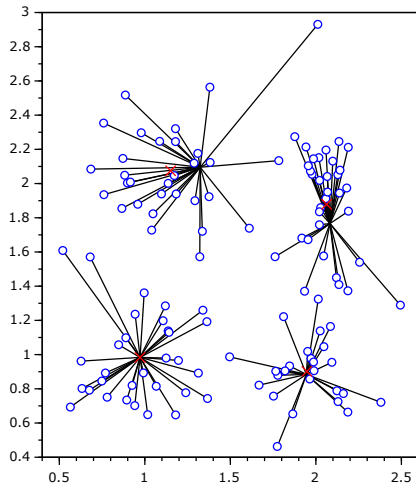
- 放射状線の集合点：現在の中心，赤：更新後の中心



k 平均法の実行例

ステップ5

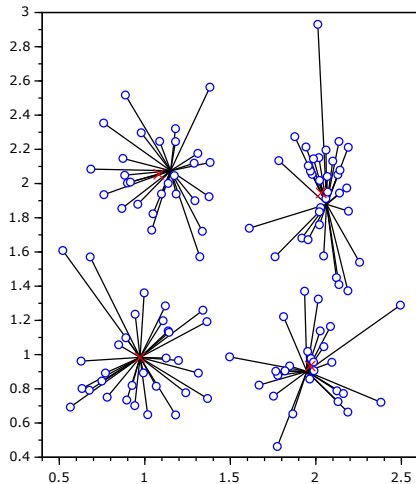
- 放射状線の集合点：現在の中心，赤：更新後の中心



k 平均法の実行例

ステップ6

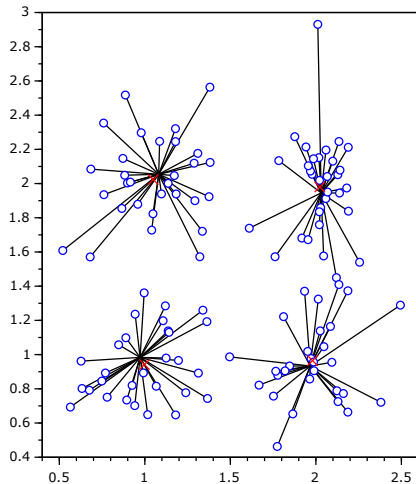
- 放射状線の集合点：現在の中心，赤：更新後の中心



k 平均法の実行例

ステップ7

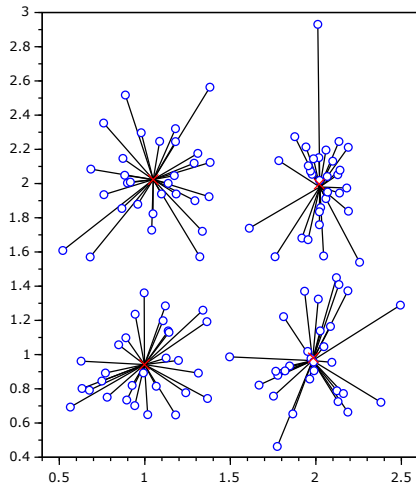
- 放射状線の集合点：現在の中心，赤：更新後の中心



k 平均法の実行例

ステップ 8

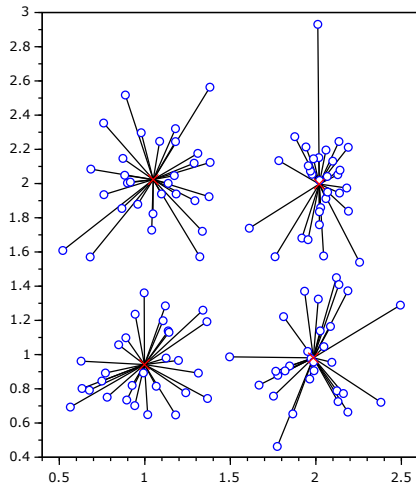
- 放射状線の集合点：現在の中心，赤：更新後の中心



k 平均法の実行例

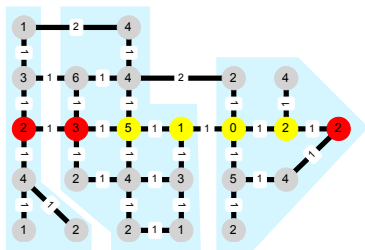
ステップ9

- 放射状線の集合点：現在の中心，赤：更新後の中心



バス停配置最適化アルゴリズム

- 基本アイデア： k 平均法をグラフ上で実行
- アルゴリズム
 - 1 既存のバス停がある頂点を仮のクラスタ中心とする。
 - 2 各頂点を最も近いクラスタ中心に割り当てる。
 - 3 各クラスタについて、クラスタ内のすべての頂点からの距離の重み付き総和が最小となるバス路線上の頂点を選び、それらを新たなクラスタ中心とする。
 - 4 各頂点を最も近いクラスタ中心に割り当てる。
 - 5 割り当てが変化しなければ終了し、そうでなければステップ3に戻る。



- 前スライドのアルゴリズムを Python で実装
- 実行結果の一例（下図）
 - 赤がバス停の位置を表す
 - 距離の総和が 113 から 97 に減少
 - クラスタ中心の変更のみ（問題が簡単すぎた？）

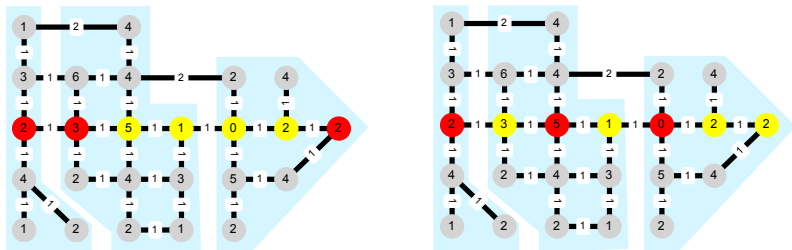


図: 初期配置（左）とアルゴリズムの出力（右）

まとめ

- バス停配置最適化問題を定式化
- バス停の位置を家の前か道路の分岐点に限定してよいことを証明
- クラスタリングに基づく解法の提案と実装

謝辞

- 本発表は門吉笑菜さん（岡山大学工学部情報系学科4年生）の特別研究に基づいています。ここに謝意を表します。