

立ち寄り型の最大カバー問題と 鉄道網データを用いた分析

東京理科大学

工学部第一部経営工学科

沼田研究室

4404092 森 弘繁



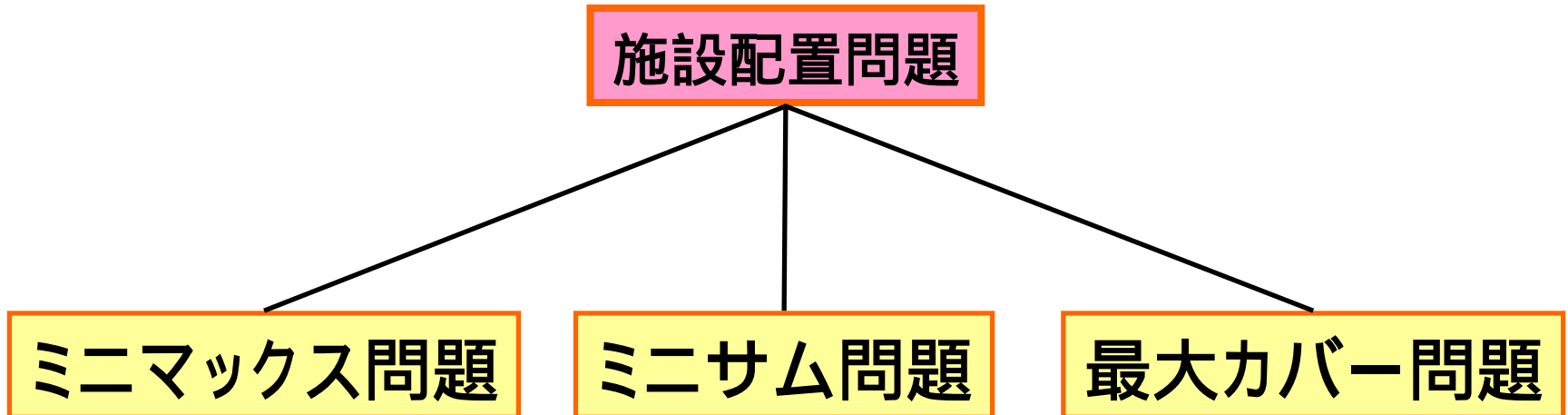
発表構成

- 1.はじめに
 - 2.最大カバー問題
 - 3.研究目的
 - 4.ネットワーク空間上での施設配置問題
 - 5.問題の記号・定式化
 - 6.鉄道網データ
 - 7.数値実験・結果
 - 8.まとめ
- 今後の課題
参考文献

1.はじめに

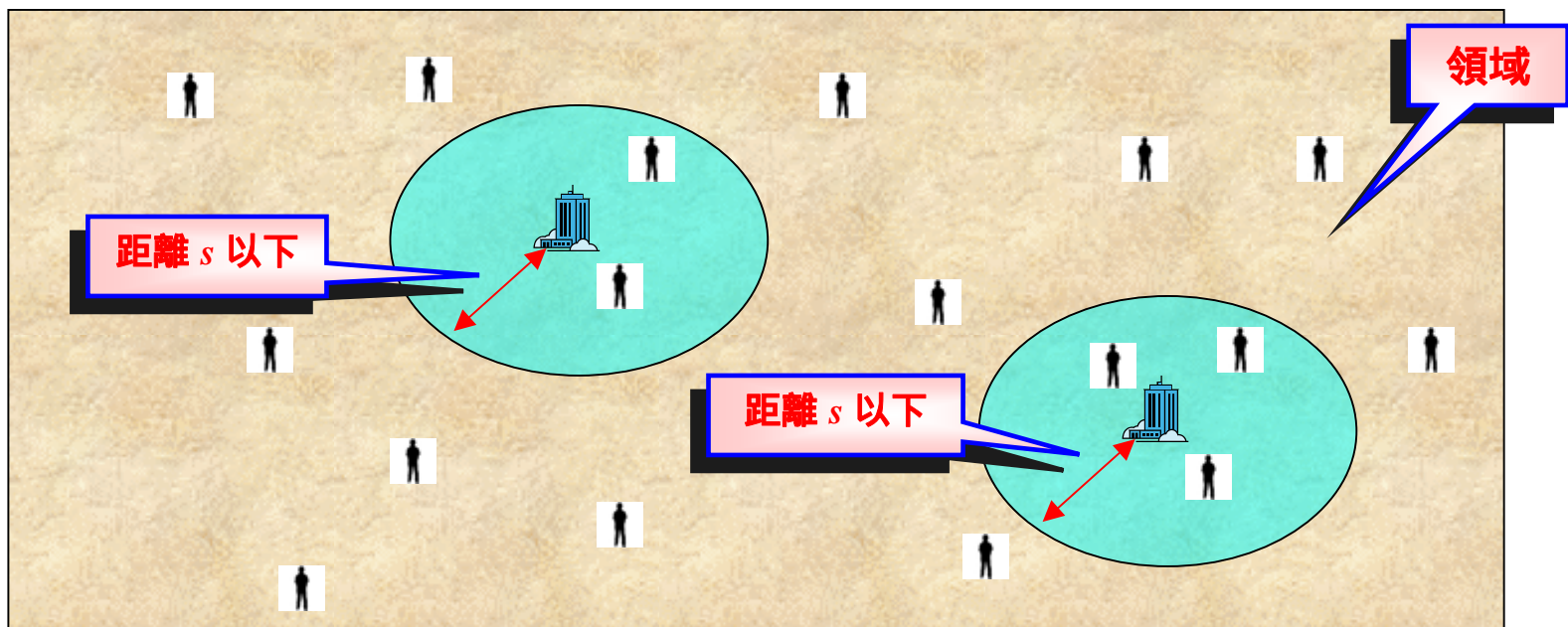
施設配置問題とは・・・

連続・離散空間上に、ある規準から見て望ましい施設の配置場所を求める問題



2. 最大カバー問題

出発地(利用者)から施設までの移動コストがある値以下となるような利用者数を最大化するように、一定数の施設を配置する問題



配置施設数2, カバー需要数5

直接型

従来の施設配置問題

出発地から施設(目的地)まで直接向かう
(ほとんどの既存研究で想定されている)

立ち寄り型

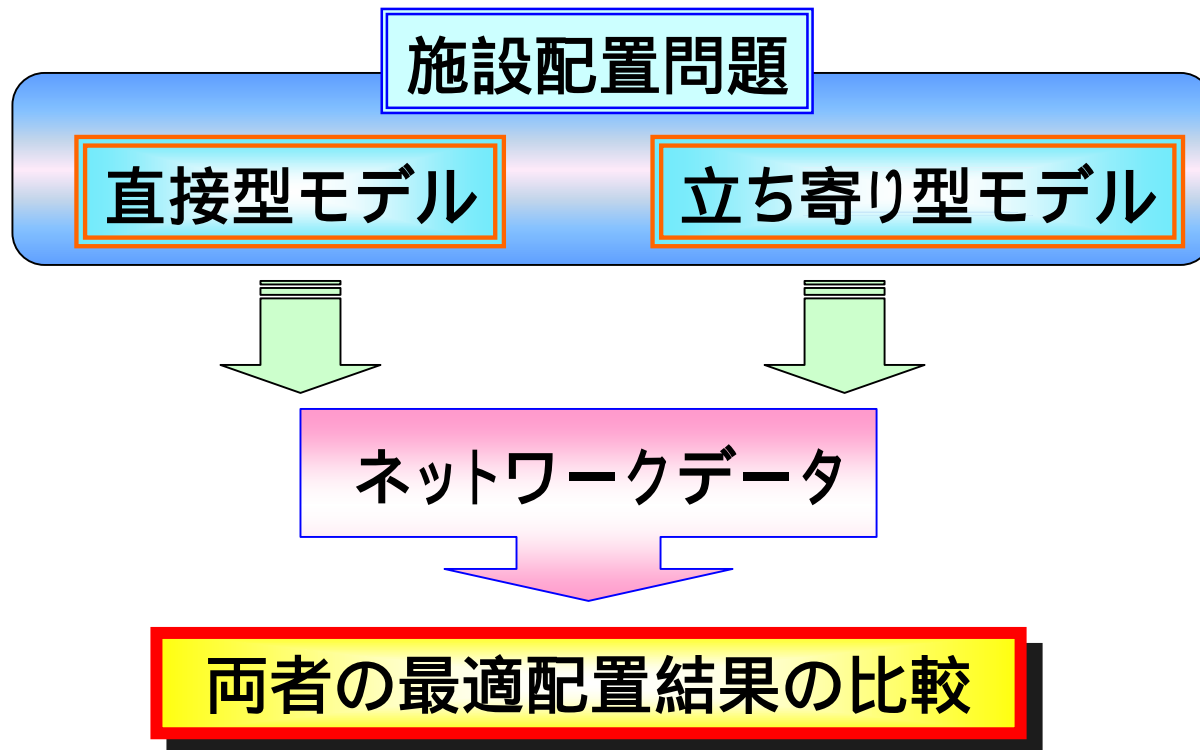
出発地から目的地へ向かう途中,
施設へ立ち寄る場面を想定

どんな結果が？

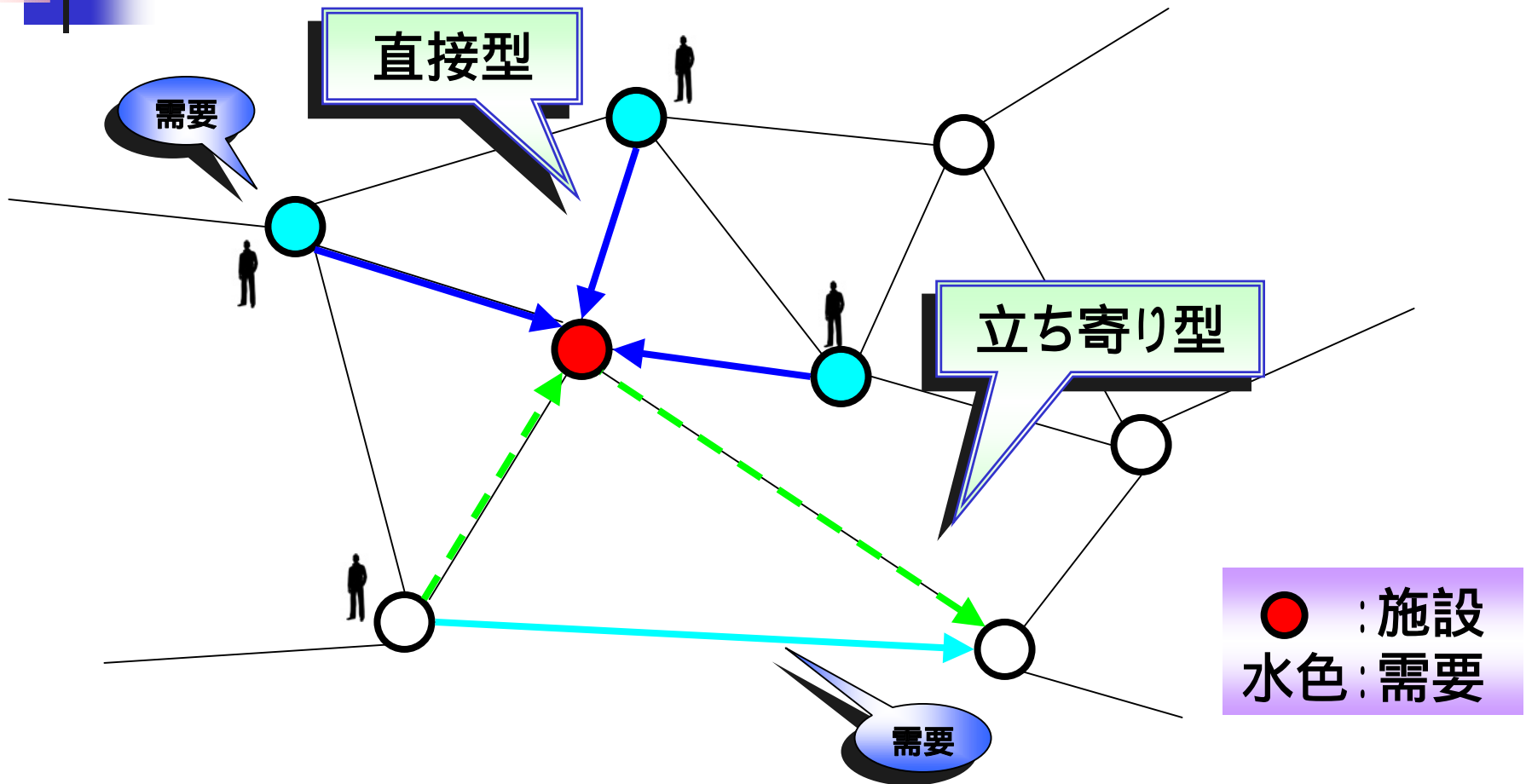
Berman[1]が提案しているが、
具体的な数値を用いた実験は行っていない

3. 研究目的

直接型モデル・立ち寄り型モデルを数値データに適用し
最大カバー問題の具体的な数値実験を行う

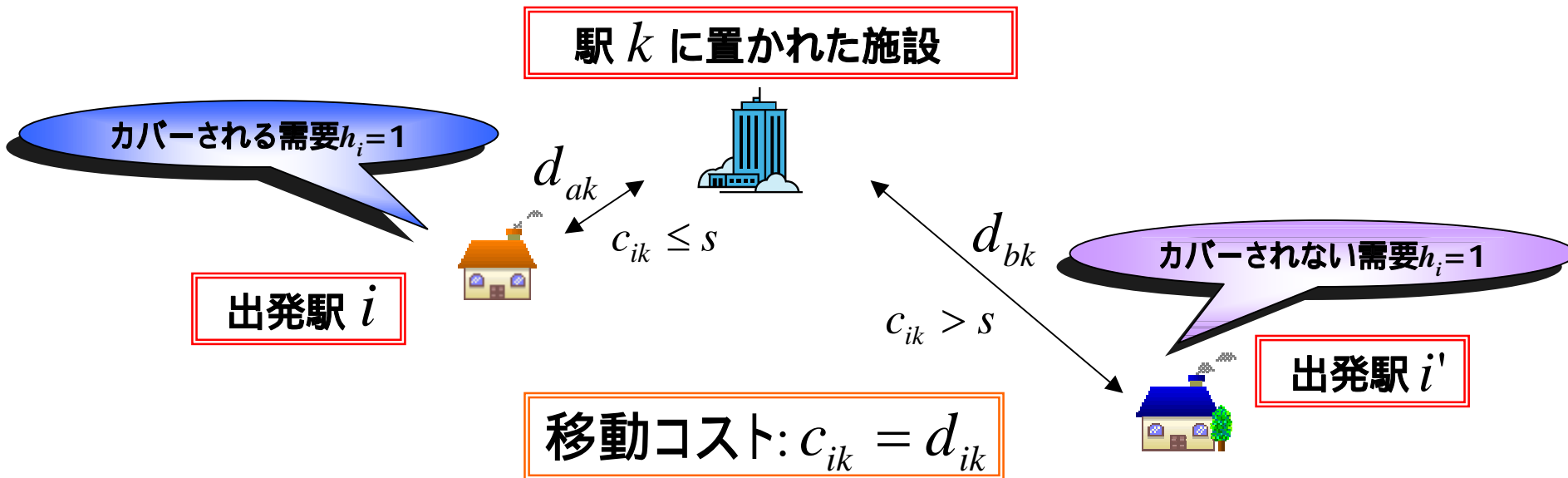


4. 鉄道網上での施設配置問題



5. 移動コストの定義 ~ 直接型 ~

利用者が出発駅から施設(目的駅)まで直接向かう



$c_{ik} \leq s$ のとき, 駅 k に存在する施設は需要 h_i を獲得可能

S : カバー距離

定式化 ~ 直接型 ~

決定変数

$$z_i = \begin{cases} 1: \text{駅}i\text{の需要が1以上カバーされる} \\ 0: \text{その他} \end{cases}$$

$$x_k = \begin{cases} 1: \text{駅}k\text{に施設を配置する} \\ 0: \text{その他} \end{cases}$$

定数

h_i : 駅 i に存在する需要

$$r_{ik} = \begin{cases} 1: \text{駅}i\text{の需要がノード}k\text{の施設にカバーされる} \\ 0: \text{その他} \end{cases}$$

獲得可能者数

$$\text{maximize } \sum_{i=1}^n h_i z_i \quad (1)$$

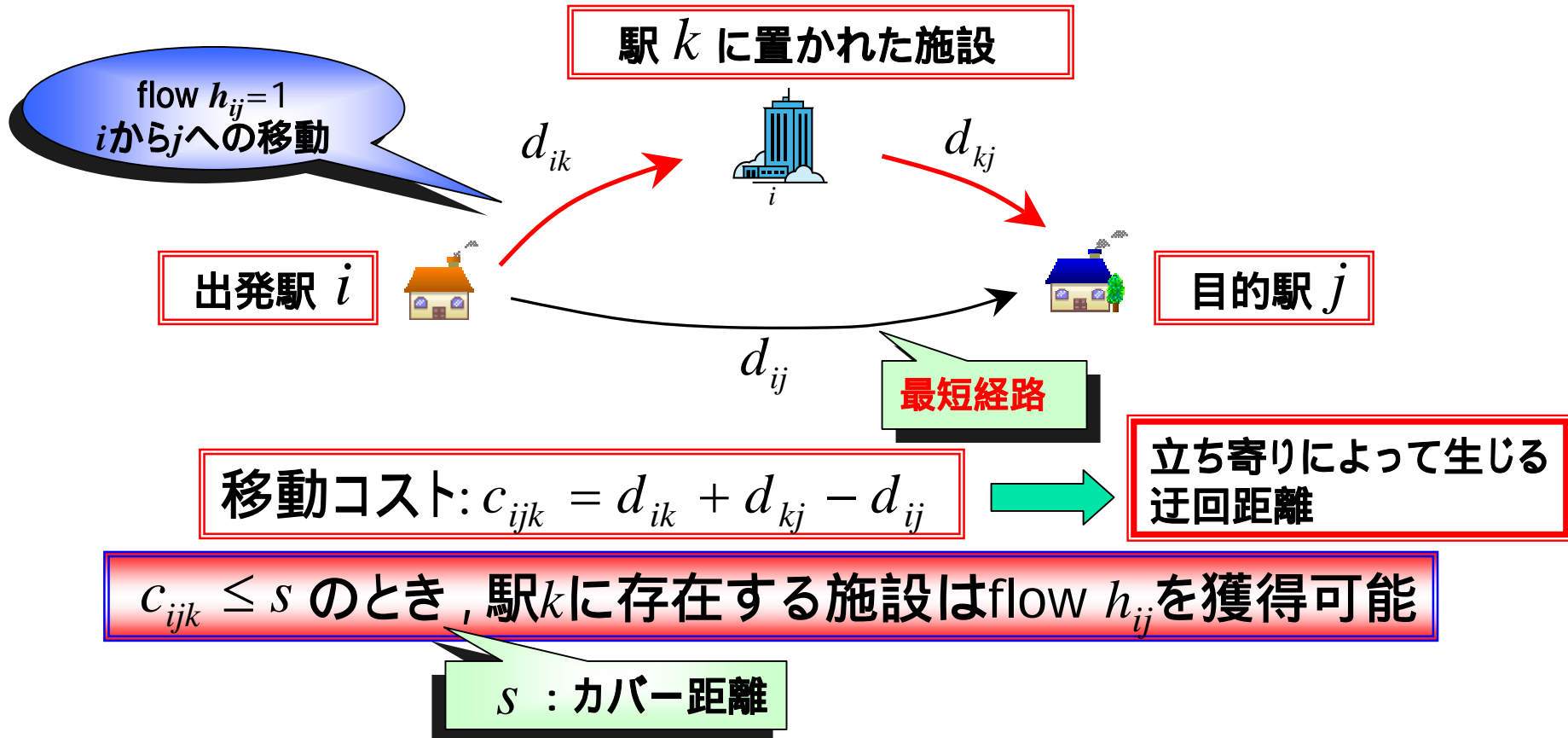
$$\text{subject to } \sum_{k=1}^n r_{ik} x_k \geq z_i \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^n x_k = p \quad (3)$$

$$x_k, z_i \in \{0,1\} \quad (4)$$

移動コストの定義 ~ 立ち寄り型 ~

利用者が出発駅から目的駅に向かう途中、施設に立ち寄る



定式化 ~ 立ち寄り型 ~

決定変数

$$x_k = \begin{cases} 1: \text{駅}k\text{に施設を配置する} \\ 0: \text{その他} \end{cases}$$
$$z_{ij} = \begin{cases} 1: \text{flow } ij \text{ が1以上カバーされる} \\ 0: \text{その他} \end{cases}$$

定数

h_{ij} : flow ij の移動者数

$$r_{ijk} = \begin{cases} 1: \text{flow } ij \text{ がノード}k\text{の施設にカバーされる} \\ 0: \text{その他} \end{cases}$$

獲得可能者数

$$\text{maximize } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n h_{ij} z_{ij} \quad (5)$$

$$\text{subject to } \sum_{k=1}^n r_{ijk} x_k \geq z_{ij} \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^n x_k = p \quad (7)$$

$$x_k, z_{ij} \in \{0,1\} \quad (8)$$

6. 鉄道網データ

数値地図25000(地名・公共施設)[3]

- ・東京23区内のJR・東京メトロの駅を抽出し、ネットワークデータを構成
- ・隣り合う駅間のコストとして、駅間の直線距離を用いる
- ・ i から j への移動は最短経路を通るものとし、駅間の距離は最短経路長で与える

7. 数値実験

提案したモデルを鉄道網データに適用し
最適な新規店舗の配置場所を求める

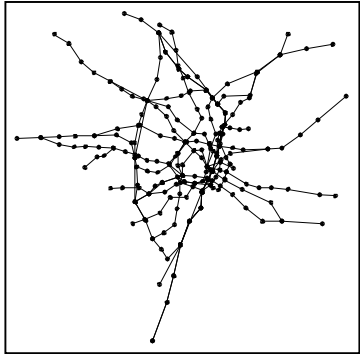
直接型

立ち寄り型

全ての解における目的関数値を求め、
最適配置とそのときの目的関数値を求めた

獲得可能割合が近い結果を比較した

状況設定



カバー距離 $s = d_{\max}$

駅数 $n = 196$, 配置施設数 $p = 2$

駅数 $n = 196$, 配置施設数 $p = 3$

カバー距離 s をそれぞれ変化させ、実験を行った

数値実験

($p=2, n=196$)

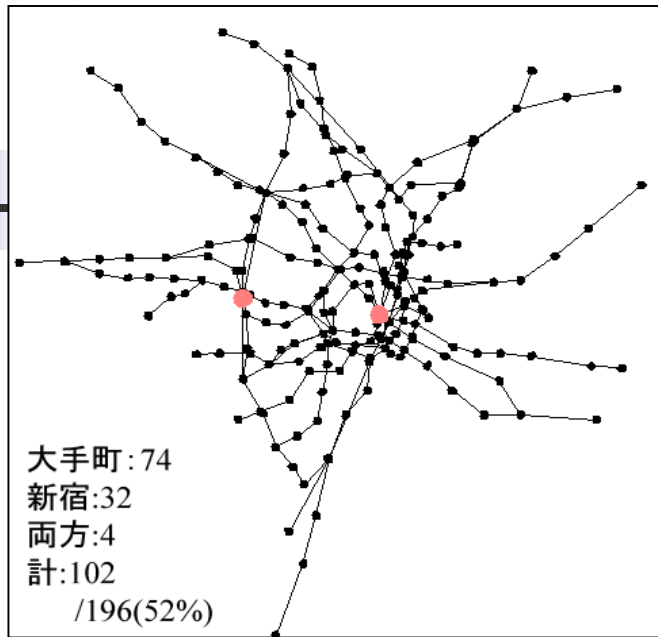


図1:直接型2店舗最適配置
=0.15

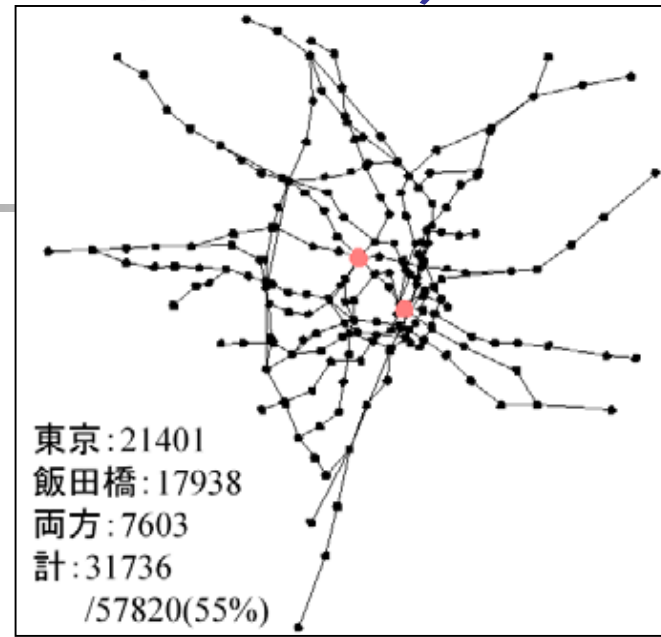


図2:立ち寄り型2店舗最適配置
=0.0025

表1:配置によるカバー人数割合の違い

モデル 配置駅	直接型の獲得客数 (最適解の場合を1)	立ち寄り型の獲得客数 (最適解の場合を1)
大手町・新宿 (直接型の最適解)	1	0.55
東京・飯田橋 (立ち寄り型の最適解)	0.87	1

数値実験

($p=2, n=196$)

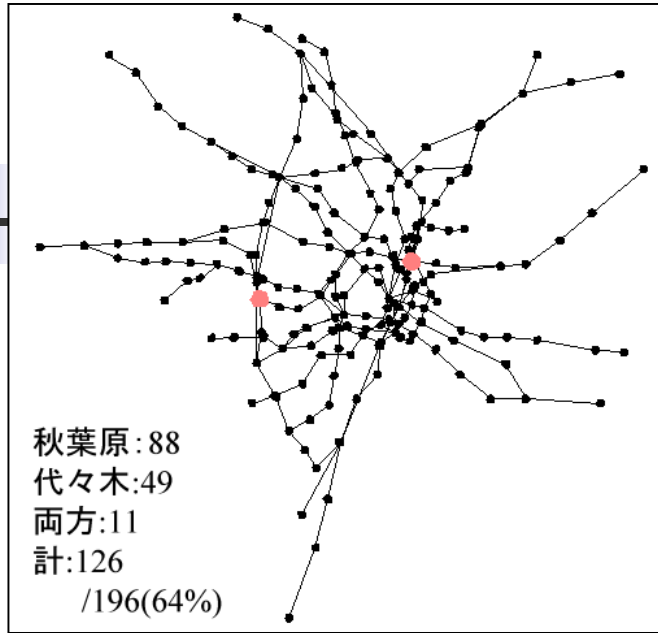


図3: 直接型2店舗最適配置
=0.18

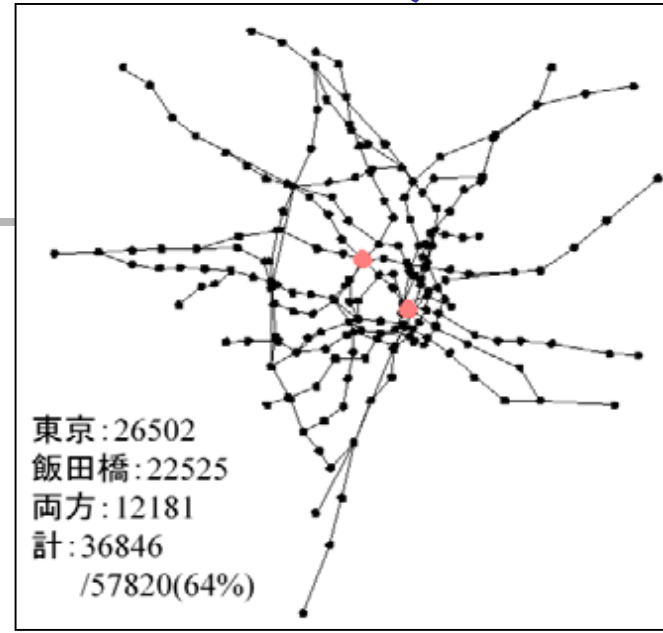


図4: 立ち寄り型2店舗最適配置
=0.005

表2: 配置によるカバー人数割合の違い

モデル	直接型の獲得客数 (最適解の場合を1)	立ち寄り型の獲得客数 (最適解の場合を1)
秋葉原・代々木配置駅 (直接型の最適解)	1	0.42
東京・飯田橋 (立ち寄り型の最適解)	0.95	1

数値実験

($p=3, n=196$)

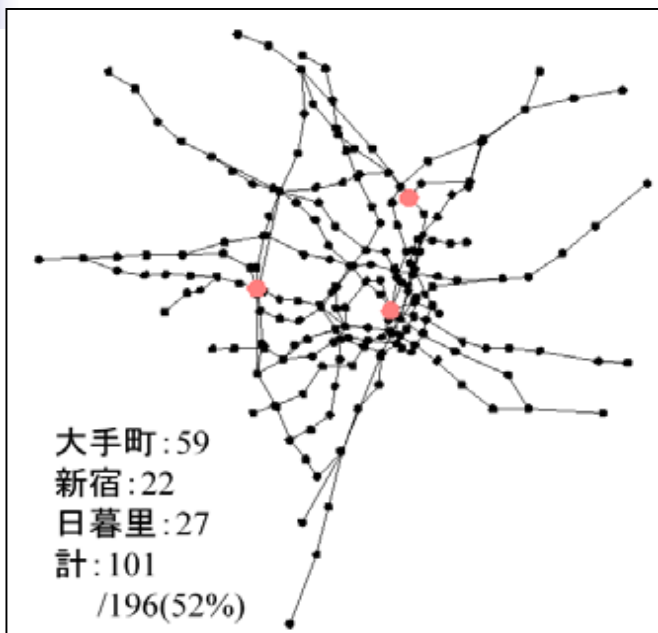


図5:直接型3店舗最適配置
=0.12

駅の密集地に分散配置

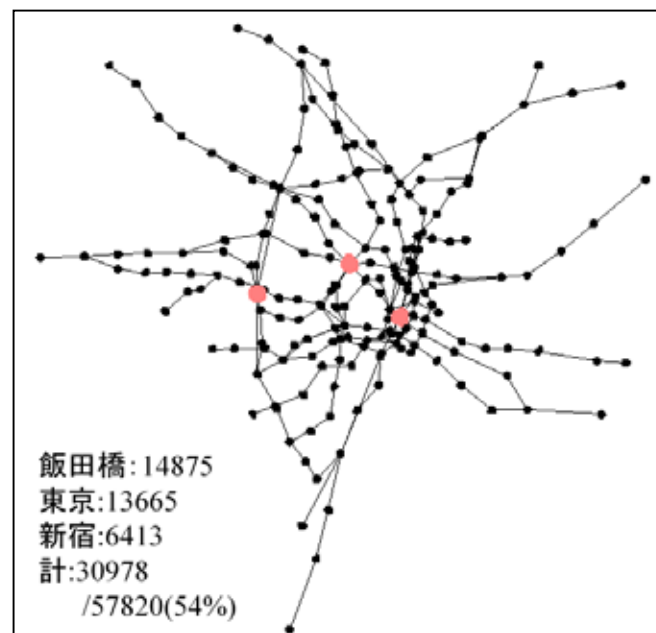


図6:立ち寄り型3店舗最適配置
=0.005

都心に集中配置

数値実験

($p=3, n=196$)

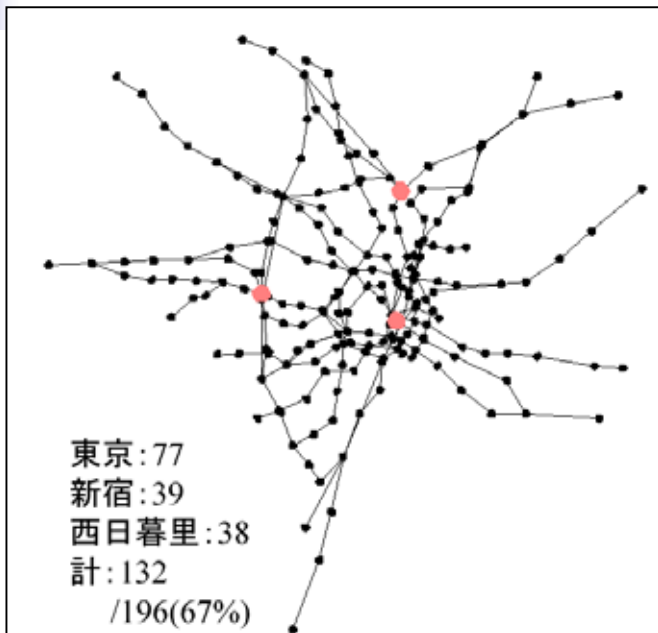


図7:直接型3店舗最適配置
=0.16

駅の密集地に分散配置

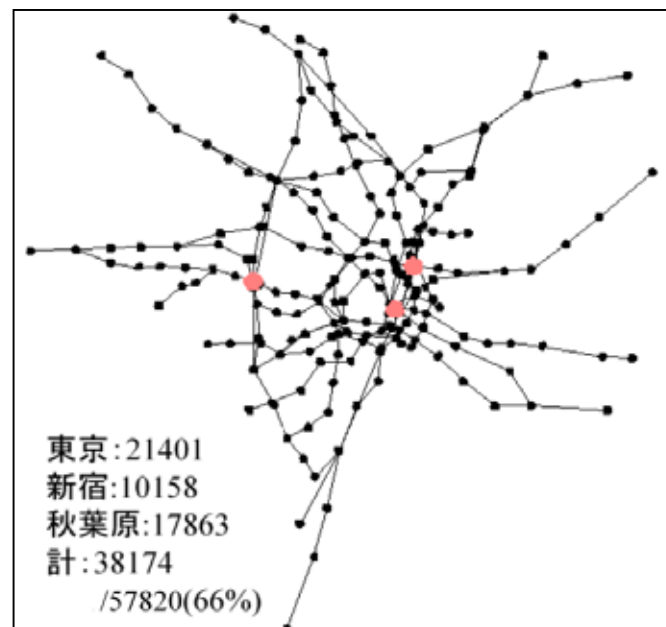


図8:立ち寄り型3店舗最適配置
=0.01

都心に集中配置

実験結果

直接型

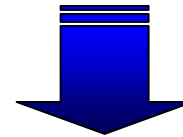
多くの路線が交わるターミナル駅・密集地に配置



それぞれの施設が利用者を奪い合わない位置に配置

立ち寄り型

1店舗はネットワークの中心付近に残りの店舗はターミナル駅に配置

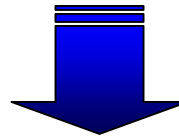


中心付近は立ち寄りによって生じる掛かるコストが小さい

8.まとめ

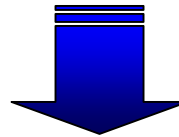
直接型・立ち寄り型モデルを鉄道データに適用

その結果…



立ち寄り型は中心寄り

獲得可能利用者数の割合が等しい場合でも
両者の配置場所は異なることが確認できた



施設を配置する際には、出発地からの直接距離
だけでなく施設への立ち寄りやすさを考慮する
必要がある



今後の課題

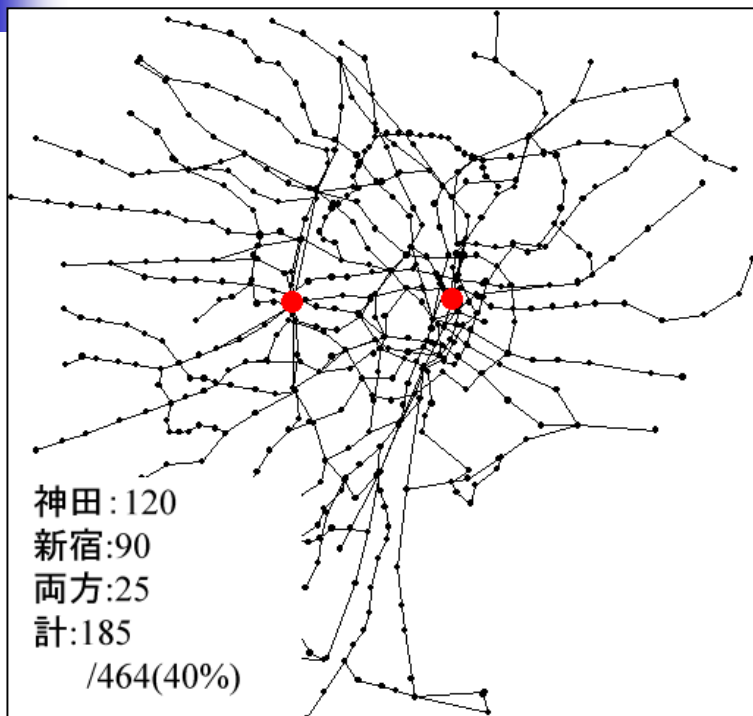
- ネットワーク規模の拡大，連続平面への適用
- 需要数，同時配置施設数を変化させた実験



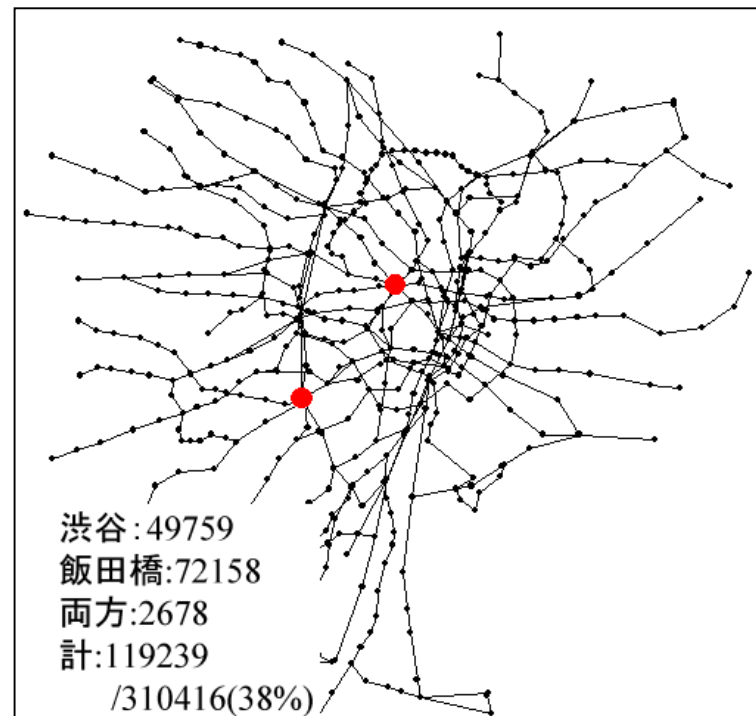
参考文献

- [1] Berman, O. (1997): Deterministic flow-demand location problem, *Journal of Operational Reserach Society*, Vol. 48, pp. 75-81.
- [2] 齋藤 淳(2006)：利用者の立ち寄り行動に着目した新規店舗の最適立地問題，東京理科大学工学研究科修士論文．
- [3] 国土地理院(2002)：『数値地図25000平成13年度版』．
- [4] 岡部篤行・鈴木敦夫:「最適配置の数理」朝倉書店(2002)．
- [5] 浅野哲夫・小保方幸次:「LEDAで始めるC/C++プログラミング」サイエンス社(2002)．
- [6] 大山達夫・末吉俊幸:「公共政策とOR」朝倉書店(2002)．

付録 $(p=2, n=464)$

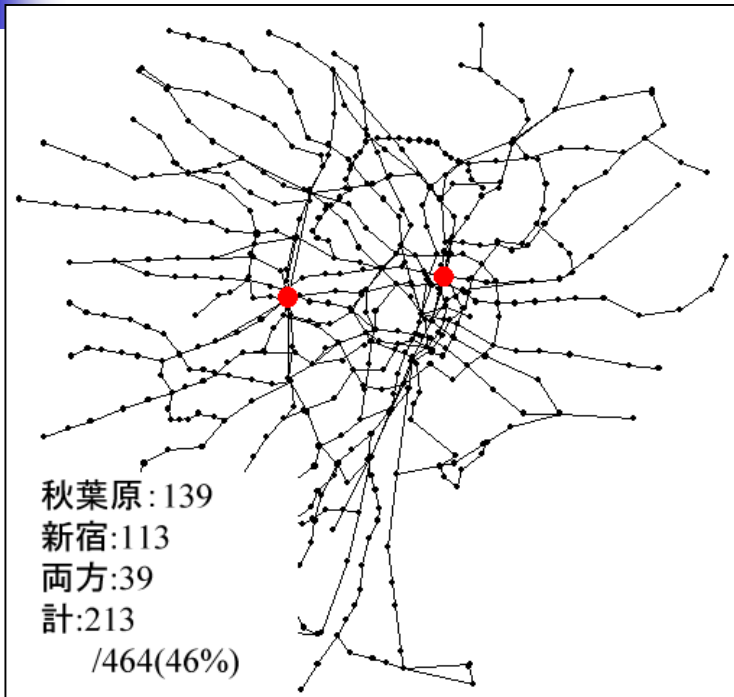


直接型2店舗最適配置
=0.15



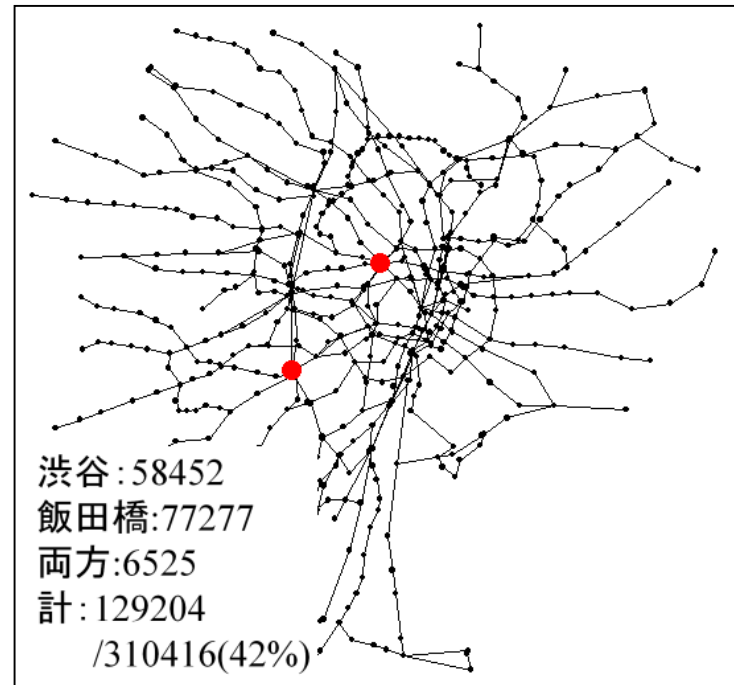
立ち寄り型2店舗最適配置
=0.005

$(p=2, n=464)$



直接型2店舗最適配置

=0.17



立ち寄り型2店舗最適配置

=0.01