

移動時間を考慮したサイクルステーション配置問題

M2010MM011 池田 大樹

指導教員：腰塚 武志

1 はじめに

1.1 研究背景

名古屋市では駅周辺の駐輪場満車による自転車の路上放置を防ぐために、駐輪場の収容台数を確保するため駐輪場の整備を行い続けてきた。しかし自転車の利用者は日々増加し続けており、土地の確保やコスト面から駐輪場の整備が困難な状況である。この問題の解決案の一つとして、名古屋市では自転車の所有から共有へと変換を行い駐輪場の台数確保を目的としたコミュニティサイクルに着目した。2009年と2010年ではコミュニティサイクルの社会実験として「名チャリ社会実験」(文献[1])を行い、2011年には「名古屋市自転車利用環境基本計画」(文献[2])の実施計画の一つとして力を入れている。

1.2 コミュニティサイクル

コミュニティサイクルとは自転車を借り、ステーション間を移動できる自転車共有システムである。コミュニティサイクルはステーションから別のステーションへと移動し、徒歩で目的地に移動をする仕組みである。これにより一つの自転車を複数の人によって共有して使い続けることができ駐輪台数削減の効果が得ることが可能である。また、都心部でコミュニティサイクルを導入することで短時間かつ短距離の移動が可能になるため、地下鉄やバスといった交通機関の代替手段としての効果も得られると予想できる。しかし、自転車は地下鉄よりも移動速度が遅く、どちらが早く目的地に着けるかを移動距離だけで判断することは困難である。

1.3 アプローチ

本研究では移動時間を最小とするようなコミュニティサイクルのステーション配置問題を考える。研究の事前作業として、「名チャリ社会実験」の実験結果から、コミュニティサイクルの利用者の移動目的とステーション間移動を分析する。次に各地点への移動を考慮して移動時間を設定し、総移動時間が最小となるようなステーション配置モデルを考える。またステーションの配置数が増えることで移動時間が短縮される就業者数を求める。最後に各ステーションの就業者割合と平均短縮時間を求める。

2 名チャリ社会実験

2.1 実験の概要

名チャリ社会実験とは名古屋大学院環境学研究科で行った社会実験である。2007年から実験が開始され、2008年には名古屋市が協力して行われ、2009年に本格的な社会実験が行われた。この実験の目的は以下の3点が挙げられる。

(1)CO2 排出量削減

移動手段を車から自転車に転換することによってCO2排出を減らす。

(2) まちの賑わいの創出

都市部内の移動幅を広げる。

(3) 放置自転車の削減

自転車を共有して使用することで駐輪台数を減らし自転車の放置を抑制する。

実験対象エリアは名古屋駅から栄駅までのエリアとし、2007年の最初の実験で5つのステーションを設け、徐々に配置ステーション数を増やし、ステーション2009年度以降の実験では30箇所のステーションを配置された。

2.2 名チャリ利用者分析

図1の利用目的を見ると、平日の利用者目的は通勤利用が最も多く全体の6割に占めている。特に2010年度では2009年度と比べて、買い物等の自由利用が下がり通勤利用者が増加していることが分かる。

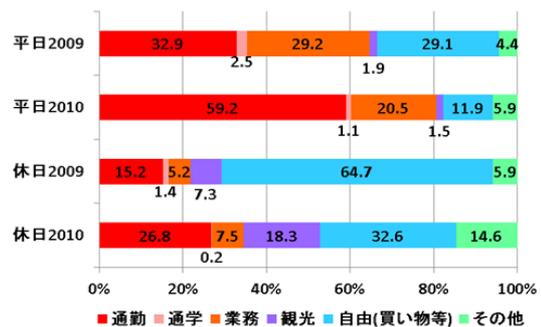


図1 利用目的

次に社会実験2010の平日ステーション間移動を図2に示す。



図2 ステーション間移動 2010(平日)

ステーション間移動では東西への移動が多く、特に名

古屋駅と栄駅周辺のそれぞれのステーション間の移動が最も多い結果となった。また名古屋や栄との行き来に限らず、丸の内や伏見といった鶴舞線沿いのステーションの利用者も多いことから、地下鉄沿いを中心に利用していると考えられる。

これらの結果を考えると、コミュニティサイクルは平日に名古屋駅から伏見・栄エリアを目指す通勤利用者が多い。また、地下鉄沿いのステーション利用率の高ことから『短区間での地下鉄利用の代替手段』として名チャリを利用する人が多いと考えられる。つまり地下鉄よりも早く到着できるエリアがある場所にステーションを設置すれば、コミュニティサイクルの利便性が良くなると推察できる。

3 ステーション配置モデル

名古屋駅から伏見・栄エリアへの移動によるステーションの配置を考える。この時、利用者は名古屋駅を經由し、自転車あるいは地下鉄利用後、降車地点から各目的地へ徒歩で移動すると仮定する。

3.1 研究対象エリア

本研究の対象エリアとして、堀川と久屋大通公園に挟まれた『伏見・栄西部』(図3)とし、エリア内にステーションを配置する。



図3 研究対象エリア

また出発点となるサイクルステーションとして、地下鉄名古屋駅の近くの『ミッドランドスクエア前』にステーションを配置することとする。

3.2 各地点への移動

コミュニティサイクルの場合、名古屋駅ステーションから到着ステーションまでを自転車で、ステーションから需要地までを徒歩で移動を行うと仮定する。(図4)

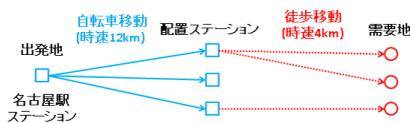


図4 サイクル移動

また地下鉄移動の場合、名古屋駅から伏見駅あるいは栄駅まで地下鉄で移動し降車駅から出入り口を經由し需要地まで徒歩で移動すると仮定する。(図5)



図5 地下鉄移動

本研究の対象エリアは伏見・栄エリアであり、このエリアの道路網は格子状道路となっている。そこで本研究はあらゆる地点間の移動を格子状道路上で移動すると仮定し、移動時間を求める。

3.3 移動時間の計算

各地点までの移動時間は各地点間における移動距離と交通手段による移動速度から求める。つまり『移動時間=地点間の移動距離/移動速度』で求める。ただし、地下鉄の移動時間は伏見駅までを3分、栄駅までを5分とする。

各移動手段における移動速度を以下のように設定する。

- ・自転車:時速 12km
- ・徒歩(地下道の移動も含む):時速 4km
- ・地下鉄出入口での階段移動:時速 0.8km

移動距離は格子状道路上での移動を想定しているため、各地点間の距離を座標の緯度・経度の差から求めたマンハッタン距離で求める。このとき二点間のマンハッタン距離を以下のようにして求める。

$$D = M * dP + N * \cos P * dR$$

$$M = 6356598 / \sqrt{1 - 0.00669438 * (\sin P)^2}$$

$$N = 6377397 / \sqrt{(1 - 0.00669438 * (\sin P)^2)^3}$$

D : 二点間のマンハッタン距離

M : 子午線曲率半径

N : 卯酉線曲率半径

dP : 二点間の緯度差

dR : 二点間の経度差

P : 二点間の平均緯度

3.4 需要点の設定

基本的に交通利用の需要点(目的地)は一つの番地区域の4角に配置する。そのため、一つの番地区域には少なくとも4つの需要点が存在する。ただし、番地区域の間に直行する道路(歩行者・自転車道等の通路も含む)に区切られている場合、2つの需要点を追加配置する。

3.5 就業者の設定

『平成18年事業所・企業統計調査 調査区別集計(文献[3])』の従業者データから各需要点ごとに従業者数を割り振ることで需要点ごとの就業者数を決定する。この結果、需要点ごとの就業者数の分布として図6に示す。



図 6 就業者分布

需要点を 842 点配置した時、研究エリア内の従業者数 179535 人を割り振ることとする。ここで実際の交通利用者は就業者数に比例していると考え、そのため本研究では名古屋駅から各目的地まで全就業者が移動していると仮定し、各返却ステーションの利用率を求める。

4 サイクルステーション配置

4.1 新設ステーションの設定

需要点 842 点のうち 16ヶ所にサイクルターミナルの候補地点を設置する。ステーション候補点は図 6 の就業者分布を参考に就業者の多い需要点にステーションを配置した。ただし、駅に近い地点では地下鉄のほうが早く到着するため、駅から離れた位置にステーションを設置した。

サイクルステーション 16 カ所の配置図を図 7 に示す。

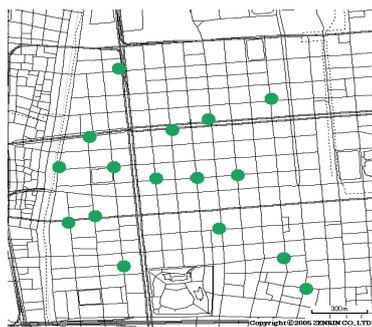


図 7 ステーション 16 カ所配置図

4.2 定式化

メディアン型条件付き施設配置モデル (文献 [4]) を参考としたステーションの配置モデルを以下に示す。

$$\min \sum_j w_j \sum_i (t_{ij} + t_i^*) x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{subject to } \sum_i x_{ij} = 1, \forall j \in N \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_i, \forall i, j \in N \quad (3)$$

$$\sum_i y_i = p + q \quad (4)$$

$$\sum_i z_i = q \quad (5)$$

$$-z_i \leq y_j - y_i^* \leq z_i, \forall i \in N \quad (6)$$

w_j : 需要 j における需要量 (就業者数)

t_{ij} : ステーション i から需要 j までの移動時間

t_i^* : 名古屋駅 (ステーション) からステーション i までの移動時間

x_{ij} : ステーション i の需要 j に対するバイナリ変数

y_i : ステーション i の有無を表すバイナリ変数

y_i^* : 変更前の既存ステーション i の有無を表すバイナリ変数

z_i : ステーション i の変更に関するバイナリ変数

p : 既存ステーション (地下鉄出入口)

q : 新設ステーション (サイクルステーション)

ここで目的関数を『名古屋駅から各返却ステーションまで』と『ステーションから目的地まで』の総移動時間とする。本研究ではステーション配置モデルを NUOPT を用いて計算する。

5 ステーション配置数による移動時間変化

5.1 総移動時間の変化

ステーションの設置数を 0 から 16 まで変化させたときの目的関数値 (総移動時間) の変化を図 8 に示す。

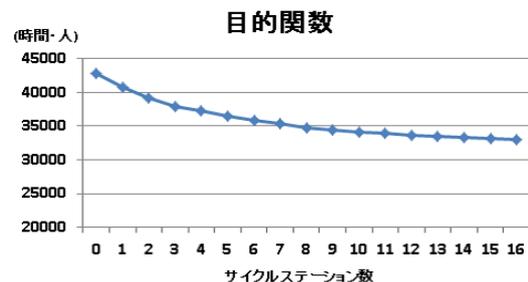


図 8 目的関数値の変化

ステーション配置数を増やすことで総移動時間が短縮されていることが分かる。しかし、設置数が増えるほど目的関数値の減少が緩やかとなる。そのため、ステーション配置数を増やしすぎても移動時間短縮の効果は薄くなる。

5.2 サイクルステーションと地下鉄の就業者数比較

ステーション配置数を16カ所まで変化させたとき、サイクルステーションと地下鉄の移動領域内の就業者数の比較を図9に示す。

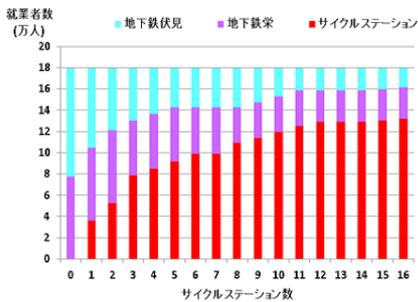


図9 サイクルと地下鉄の就業者数比較

図よりステーション配置数を16カ所まで増やすと、サイクルステーションの就業者数は13万人増加することが分かる。サイクルステーションの就業者数が増えることは、移動時間が短縮となる就業者が増えることを意味する。つまり、ステーション数を16カ所設置するだけで13万人の就業者の移動時間短縮に繋がる。

ただしステーションの配置数は目的関数値と同じく、少ない配置数の時は就業者数は急激に増加するが、配置数を増やしすぎると就業者数に変化がなくなる。

6 ステーション12カ所設置時の検証

本研究ではステーション配置数を12カ所としたとき、各ステーションの就業者割合と平均短縮時間を求める。

6.1 ステーションごとの就業者割合

各ステーションに集まる就業者数からステーションごとの就業者割合を求める。

ステーション12カ所配置時、各ステーションごとの移動領域と就業者割合を図10に示す。

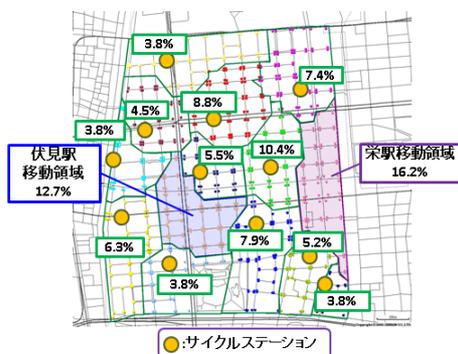


図10 移動領域と就業者割合 (12カ所設置)

図10を見ると、栄駅と伏見駅の間位置するサイクルステーションに就業者数が集まることが分かる。つまり

これらのステーションでは利用者数が多いため、サイクルポート数も多く設置する必要がある。

6.2 ステーションごとの平均短縮時間

就業者約13万人の移動手段を地下鉄からコミュニティサイクルへと変えたとき、移動時間がどれほど短縮されるかを調べる。このとき地下鉄利用時の移動時間とサイクル利用時の移動時間の差を移動短縮時間とする。

各ステーションの平均移動短縮時間を図11に示す。ここで名古屋駅寄りのステーションであれば移動時間が大きく短縮され、栄駅寄りのステーションであるほど短縮される時間が下がることが分かる。



図11 移動短縮時間

7 おわりに

本研究ではメディアン型配置モデルを参考にコミュニティサイクルのステーション配置モデルを考えた。また、サイクルステーションの配置数を変化させることで、目的関数と総就業者数の変化を調べた。さらにステーションごとで就業者割合を求めることで、利用率の高いステーションを求めた。

今後は各地点の移動をマンハッタン距離から実際の道路網から求めた最短距離を求め、総移動時間の変化を求めたい。また、出発地を変更し、各ステーション間の移動距離が異なる場合の配置問題も検討したい。

参考文献

- [1] 名チャリ社会実験
:http://meichari.jp/index.html
- [2] 名古屋市自転車利用環境基本計画
:http://www.city.nagoya.jp/ryokuseidoboku/cmsfiles/contents/0000014/14140/zenbun.pdf
- [3] 統計省統計局, 平成18年事業所・企業統計調査, 2007年12月公表, 2011年6月更新
入手先:統計情報研究開発センター (sinfonica):http://www.sinfonica.or.jp/
- [4] 鈴木勉:既存施設を活用した都市施設の再配置モデル-メディアン型およびカバリング型条件付き施設配置モデルの一般化と統廃合への応用-, 公共社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集, pp.421-426, 2011.