

自転車ITSにおける駐輪場容量計画問題

02502590 日本大学生産工学部 † 日高 桂
 Nihon University HIDAKA Kei
 01205220 日本大学生産工学部 篠原 正明
 Nihon University SHINOHARA Masaaki

1 はじめに

ITSとは高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems)といい、道路交通の安全性、輸送効率、快適性の向上等を目的に、最先端の情報通信技術等を用いて、人と道路と車両とを一体のシステムとして構築する新しい道路交通システムの総称である。自転車ITSとは歩行者ITSの一環で地球環境問題の見地から近距離移動の際に自動車利用より共有自転車利用に切り替えて窒素酸化物、一酸化炭素などの排出減少を目的としている。本研究では自転車の駐輪場容量計画問題に対して数理計画定式化を提案し、シミュレーション解法と比較検討した結果を報告する。

2 総コスト最小化を達成する台数・容量同時決定問題のLP定式化

複数時間帯における n 点間の移動需要が与えられた場合に地点毎に必要な自転車台数と地点ごとの駐輪場容量を定式化する。ここでは仮に、地点 $P \cdot Q$ の2点間で移動する場合、地点 P で考えると、時間の経過とともに $P \rightarrow Q$ への移動があるため減少するが、 $Q \rightarrow P$ の移動によって増加する。このことは、双方向間での移動があるためである。(図・1参照)。

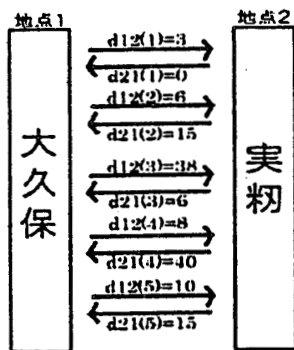


図1: 大久保・実籾間の移動理論図

n 点間の多点間の移動需要 $\{d_{ij}(t)\}$ が与えられた下で、自転車と駐輪場の総コスト Z を最小化する各地点毎の自転車台数と駐輪場容量を決定する線形計画問題を以下に示す。

$$\text{Minimize } Z = \sum \{cx_i + k_i y_i\} \quad (1)$$

$$\text{subject to } 0 \leq x_i(t) \leq y_i \quad (2)$$

$$(i = 1, \dots, n, t = 1, \dots, T)$$

$$x_i = x_i(0) \quad (3)$$

$$(i = 1, \dots, n)$$

$$x_i(t) = x_i(t-1) - \sum_j d_{ij}(t) + \sum_k d_{ki}(t) \quad (4)$$

$$(i = 1, \dots, n, t = 1, \dots, T)$$

$$x_i(t) \geq \sum_j d_{ij}(t+1)$$

$$(i = 1, \dots, n, t = 0, \dots, T-1) \quad (5)$$

- x_i : 地点 $i(i = 1, \dots, n)$ の初期自転車台数
- y_i : 地点 $i(i = 1, \dots, n)$ の駐輪場容量
- c : 自転車1台あたりのコスト
- k_i : 地点 i における1台あたりの駐輪場コスト
- $x_i(t)$: 時間帯 $t(t = 0, \dots, T)$ 終了時の地点 i の自転車台数
- $d_{ij}(t)$: 時間帯 t の地点 i から地点 j への自転車移動需要台数

ここで、 $x_i(t), y_i$ が決定変数で、 $c, k_i, d_{ij}(t)$ は所与データであり上記の線形計画問題を解くことにより台数・容量を同時決定することができる。

ここで、(1)は目的関数、(2)は駐輪場の容量制約式、(3)は初期台数設定式、(4)は台数の保存則、(5)は発進可能条件式である。

3 共有方式のシミュレーション解析

シミュレーション解析の考え方としては(共同利用する自転車できめられた範囲を往来する時の、利用する人を特定しない。)は地点 P で

考えると、時間が経過するにつれて、 $P \rightarrow Q$ の需要により駐輪場の自転車は減っていく。しかし、利用する人が不特定な為、 $P \leftarrow Q$ の需要により増加していく自転車も $P \rightarrow Q$ に利用することができる。このことを、考慮すると、地点 P 地点 Q の駐輪場に用意すべき自転車数 P_0, Q_0 は

$$P_0 = a_1 + (a_2 - b_1) + (a_3 - b_2) + (a_4 - b_3) \quad (6)$$

$$Q_0 = b_1 + (b_2 - a_1) + (b_3 - a_2) + (b_4 - a_3) \quad (7)$$

で表される。共有方式においても P_n, Q_n を考えると

$$P_n = P_{n-1} - a_n (+b_n) \quad (8)$$

$$Q_n = Q_{n-1} - b_n (+a_n) \quad (9)$$

で表示される。

式(8)(9)を行うにあたって次の注意をする。計算時、-項が生じることがあるが、それはその時点での余剰自転車数を表す。

そのため、その項以降の+項で清算する。最終的にその項以降の計算が-になった場合、それだけの余剰があるため0と表す。この場合はそれ以前の要求する自転車数を用意すればよい。

4 LP解とシミュレーション解の比較

上に挙げた、LP解とシミュレーション解の比較を行ってみたところ、以下に示す様に同じ結果が得られた。

- LP定式化の結果

	大久保校舎	実羽校舎
初期状態	34台	21台
1時間目	31台	24台
2時間目	40台	15台
3時間目	8台	47台
4時間目	40台	15台
5時間目	45台	10台

大久保(容量)	実羽(容量)
45台	47台

- シミュレーション解の結果

$$P_0 = 3 + (6 - 0) + (38 - 15) + (8 - 6) + (10 - 40) \quad (10)$$

$$Q_0 = 0 + (15 - 3) + (6 - 6) + (40 - 38) + (15 - 8) \quad (11)$$

式(10)で $(a_5 - b_4)$ の項に関して、余剰が30台あったため0とおき計算すると、式(10)は34となり、式(11)の式では余剰がなかったためそのまま計算した結果、式(11)は21となった。

5 おわりに

台数・容量問題同時決定問題に対して、LP解法とシミュレーション解法の2種類の方式を、提案したがどちらの方式も同じ結果を与えるということが分かった。いずれのアプローチにおいても、整数制約なしで整数解を得ることができた。

また、駐輪場最適容量問題のこれからの課題として、リアルタイムで適宜に空車の満車振り分けをどのように行っていくのか検討していきたい。さらに、台数・容量限定下での最大需要充足問題も今後の課題である。

本論文で提案した容量計画問題は自転車ITSに限った課題ではなく共有自動車システム、共有・個別所有混合方式などでも生じうる検討課題であり、今後これらの課題についても検討していきたい。

参考文献

- [1] 日高桂, 篠原正明, 「自転車ITSの基本構想」日本大学生産工学部第34回学術講演会, pp37-40.(2001.11)
- [2] 野中大作, 「自転車ITSにおける駐輪場容量評価方法」, 日本大学生産工学部数理情報工学科, 平成13年度学部卒業研究論文, pp97-98.(2002.3)
- [3] 石井大輔, 「自転車ITSにおける容量計画モデルならびに情報セキュリティー」, 日本大学生産工学部数理情報工学科, 平成13年度学部卒業研究論文, pp101-102.(2002.3)