

# 自動車専用水素ステーションの最適配置問題

2018SS034 小林辰希

指導教員：佐々木美裕

## 1 はじめに

CO<sub>2</sub> や排出ガスの削減などの理由から EU では 2035 年には ICEV (Internal Combustion Engine Vehicle = 内燃エンジン自動車), HV (Hybrid Vehicle = ハイブリッド自動車), PHV (Plug-in Hybrid Vehicle = プラグインハイブリッド自動車) の販売を事実上禁止にすることが発表されている。それにより、遠くない未来、現在主流になっている ICEV は、次世代自動車に代替されると言われている。現在普及率が高い次世代自動車の主な 2 つは EV (Electric Vehicle = 電気自動車), FCV (Fuel Cell Vehicle = 燃料電池自動車) であり、両者と ICEV の違いを表 1 に示す。航続距離、燃料充填スポット数 [1, 2], 充填時間などに違いがある。FCV は EV よりも航続距離が長く、燃料の充填時間は短いという点において、ICEV と似ている。ICEV に比べて普及しない理由として、燃料を充填することができる水素ステーションの数が未だ少ないことが挙げられる。配置候補地をすべてに設置することは予算の都合上難しい場合が多いので限られた設置数での需要を最大とする最適配置を求める。

表 1 自動車の種類の違い

	ICEV	FCV	EV
航続距離	約 600km	約 750km	約 400km
燃料充填スポット数	約 19000	約 160	約 30000
燃料充填の時間 6	3~5 分	3~5 分	急速充電施設 約 1 時間

## 2 問題の説明

限られた数の水素ステーションでカバーする需要が最大となる最適配置を求める問題を、最大被覆問題として考える。従来の最大被覆問題 (MCLP1) とは、限られた数の施設でカバーする需要を最大化させる場合を仮定している [3]。さらに、需要点は 1 つの水素ステーションからカバーされることで水素自動車の購入を検討している全ての潜在需要が購入するわけではなく、1 つより 2 つ、2 つより 3 つからカバーされている方が購入意欲が増すと考える。水素自動車の潜在需要に対して、実際に水素自動車を購入して利用する需要の割合を顕在化率という。図 1 では 1 つの施設からカバーされている時は 2 割、2 つからカバーされている時は 5 割の顕在化率を表す。本研究では図 1 のような、顕在化率を導入し、顕在需要の最大化を目的とした最大被覆問題 (MCLP2) を定式化する。

4

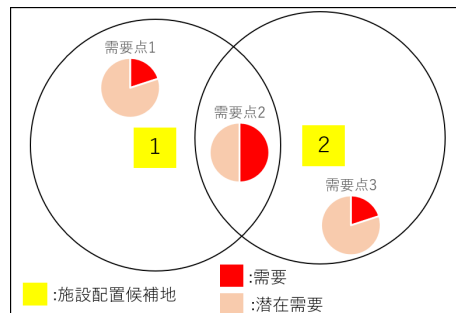


図 1 潜在需要の顕在化

## 3 定式化

水素ステーションの最適配置問題を定式化するために以下の記号を定義する。

$I$ : 顧客のいる需要点の集合。

$J$ : 施設配置候補地点の集合。

$K$ :  $\{0, 1, 2, \dots, p\}$

$p$ : 設置する水素ステーションの数。

$w_i$ : 需要点  $i \in I$  の人口。

$D$ : 距離の閾値。

$d_{ij}$ : 需要点  $i \in I$  から施設配置候補地点  $j \in J$  までの距離。

$c_{ik}$ : 需要点  $i \in I$  が  $k$  個の施設からカバーされたときの潜在需要の顕在化率。

$$a_{ij} = \begin{cases} 1: d_{ij} \leq D \\ 0: d_{ij} > D \end{cases}$$

次に、以下の変数を定義する。

$$y_j = \begin{cases} 1: \text{施設配置候補地点 } j \in J \text{ に施設を配置する時.} \\ 0: \text{上記以外.} \end{cases}$$

$$z_{ik} = \begin{cases} 1: \text{需要点 } i \in I \text{ をカバーする施設数が } k \text{ の時.} \\ 0: \text{上記以外.} \end{cases}$$

これらを用いて定式化すると以下の通りになる。

$$\max. \quad \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} w_i c_{ik} z_{ik} \quad (1)$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{j \in J} y_j = p, \quad (2)$$

$$\sum_{k \in K} z_{ik} = 1, \quad i \in I \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} y_j \geq k z_{ik}, \quad i \in I, k \in K \quad (4)$$

$$y_j \in \{0, 1\}, \quad j \in J \quad (5)$$

$$z_{ik} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, k \in K \quad (6)$$

表 2 顕在化率

施設配置数	需要の顕在化率	
	パターン 1	パターン 2
0	0.0	0.0
1	0.1	0.6
2	0.2	0.7
3	0.5	0.8
4	0.8	0.9
5	0.9	1.0
6	1.0	1.0
	⋮	
16	1.0	1.0

(1) は実際に設置してカバーできる需要の合計値を示している。(2) は  $p$  個の施設を設置することを示している。(3) は全ての需要点  $i$  において、施設からカバーされている数は 0 以上  $p$  以下であることを示している。(4) は  $i$  をカバーする施設の数  $k$  以下のとき、 $z_{ik} = 1$  となることを示している。(5) は  $y_j$  のバイナリ制約である。(6) は  $z_{ik}$  のバイナリ制約である。

#### 4 計算結果

Gurobi Optimizer 9.1.2 を用いて計算実験を行った。計算環境は (プロセッサ: Intel(R) Core(TM) i7-7700CPU@3.60GHz 3.60GHz, 実装メモリ 16GB) である。本研究では名古屋にある区役所を需要点かつ施設候補地点として、各区毎の人口を用いて実験を行った。MCLP2 で用いる顕在化率を表 2 に示す。パターン 1 は近くに施設が設置されても設置数が少ないと購入する人が少ない場合を想定し、パターン 2 は近くに施設が 1 つでも設置されれば多くの人が購入する場合を想定する。図 2 からパターン 1 では 1 つの施設からカバーされるよりも、多くの施設からカバーされる方が潜在需要が顕在化することから潜在需要が多い需要点を複数の施設でカバーする傾向がみられた。図 3 からパターン 2 では需要点は 1 つの施設からカバーされることでより多くの潜在需要が顕在化するので、少ない施設数で多くの需要点をカバーできる施設を優先的に設置することが分かった。各パターンで施設配置数を変えた 16 回ずつの計 32 回で計算実験を行い、その結果、パターン 1 では中区に 16 回すべて設置することが分かり、パターン 2 では最も設置される施設は南区 (需要点 L) が 16 回中 15 回設置された。人口が最も多い緑区 (需要点 N) をカバーしている中で、最も潜在需要をカバーすることができる南区が最も設置される要因であると考えられる。パターン 1, 2 を合計すると中区が最も設置され、次点で千種区 (需要点 A), 中村区 (需要点 E) が多く設置されることが分かった。

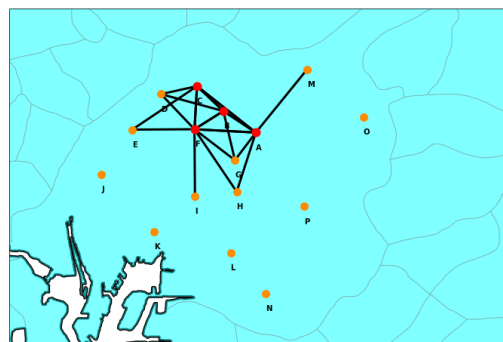


図 2 施設配置数=4, 顕在化率=パターン 1

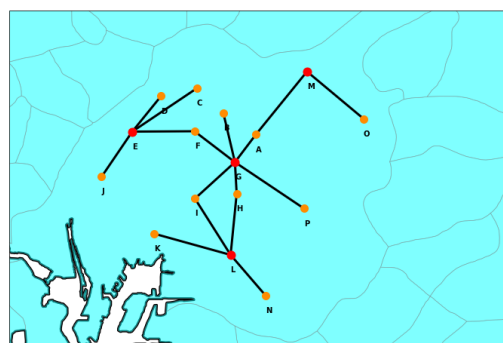


図 3 施設配置数=4, 顕在化率=パターン 2

#### 5 おわりに

本研究では、限られた数の水素ステーションを設置する際、最適な設置場所を求めるモデルとして、SCLP, MCLP1, MCLP2 を提案した。Gurobi Optimizer 9.1.2 を用いてそれぞれのモデルで実験を行い、最適な設置場所を得られた。今後は、1 つの需要点につき 2 つ以上の施設の設置を可能とすることで、より多くの需要を顕在化することができると思う。また、車の保有率が高い地域や平均収入が高い地域ごとに顕在化率を変化させることで、地域差をなくした現実的なモデルを作成することができる。

#### 参考文献

- [1] 一般社団法人次世代自動車振興センター. 水素ステーション整備状況. [http://www.cevpc.or.jp/suiso\\_station/](http://www.cevpc.or.jp/suiso_station/). 2021 年 9 月 28 日閲覧.
- [2] 株式会社ゴーラボ. 充電スタンド情報共有サービス. <https://ev.gogo.gs/>. 2021 年 9 月 28 日閲覧.
- [3] Tomoaki Osada. 施設配置問題としての被覆問題と gurobi による実装. <https://qita.com/osaphex/items/b420f72130fffb58b4e2>. 2021 年 8 月 30 日閲覧.