電気自動車と充電ステーションの相互普及シミュレーション

機械制御システム学科　天野 択郎
指導教員　武藤 正義

1. 研究背景

「日本再構戦略改訂 2014」において，省エネルギー方策として，新車販売に占める次世代自動車の割合を 2030 年までに 50%とするという目標が掲げられている．次世代自動車のうち，走行時にCO_2を排出せず石油にも依存しない電気自動車（EV：Electric Vehicle）が特に注目されている．しかし EV の問題点として，1回の充電における走行距離が短いことや充電時間が長いことが挙げられている．この課題に対する解決策として，EV 普及においては，短時間で充電することのできる急速充電器を備えた充電ステーション（ST）の設置する，充電インフラの整備が不可欠である．また，EV 購入には同じグレードの車に比べ高額である，自宅で充電するには工事が必要となる，走行距離がガソリン車に比べて短い，などの妨げがある．そこで，本研究では普及させるには消費者にたいする補助と充電 ST 業者に対する補助が必要になると考える．

2.　研究の目的

文献[2]では EV 普及時のみを考慮しているが EV が普及するかは不明である．そこで，EV の数そのものを変数として，EV と充電 ST の相互関係を組み込んだシミュレーションモデルを構築する．充電ST が普及することにより，EV が普及する．また，電気自動車が普及することにより，充電 ST が普及する．このポジティブフィードバックを引き起こす要因を予測する．

3. シミュレーションモデル

3．1　交通モデル

交通シミュレーションを用いて EV の走行パターンを可視化する．またシミュレーションにはマルチエージェント手法を用いる．マルチエージェント手法は，多数の構成要素（エージェント）で構成されたシミュレーション体系である．解析コード構築には，複雑系シミュレータ「artisoc」（(株)構造計画研究所）を適用する．

3．1．1　EV の起点目的地設定

道路網はノードとリンクから構成される．EV はランダムに配置されランダムに走行距離(Lkm)を決定する．決定した走行距離に対応するノードを探索しランダムに決定する．

3．1．2　消費エネルギー

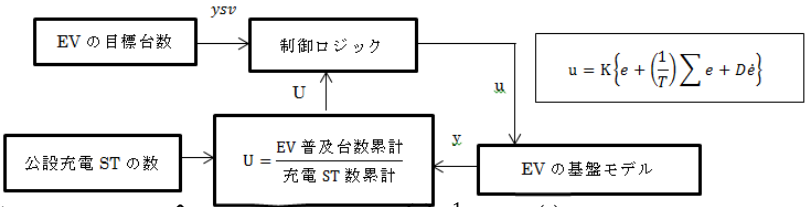
走行中 EV の全エネルギー消費量は，概略すると走行距離と走行燃費によって決定する．(1)

$$E_{all} = \frac{L}{\eta} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

E_{all}：全エネルギー消費量[kWh]
η　：走行燃費[km/kWh]

充電 ST における急速充電 EV の充電 ST 利用条件を以下のように設定する．まず，EV に警告灯点灯閾値E_{thres}を設定し，走行中の EV の電池残量E_{power}が閾値以下になった際，EV の現在位置から最も近い充電 ST までの到達時間T_sと目的地までの到達時間T_dを比較し，$T_s < T_d$の場合には目的地を充電 ST へと変更し，充電 ST において急速充電を行う．

3．2　EV 普及シミュレーション



$$\hat{y}(t) = k\beta(am - BU(t)^{-1})u(t)y(t)$$

記号	値	
y		EV 普及台数
k		ST 事業の初期投資を回収する期間
a	1200 円	１回の充電料金
m	80	EV の年間充電回数
B	190 万円	損益分岐売上高．メンテナンス・ランニングコスト
U		インフラ充実度
u	%	操作量　補助金の割合
t	年	シミュレーション期間を 10 年
ysv		四半期ごとの目標値

数年後の販売目標からその年の販売目標を決定し，前年からの伸び率と充電 ST の数と EV 台数よりインフラ充実度から補助金の割合を決定する．補助金の決定には追従性を高めるために PID 制御を用いる．

4. シミュレーション

4. 1実験方法

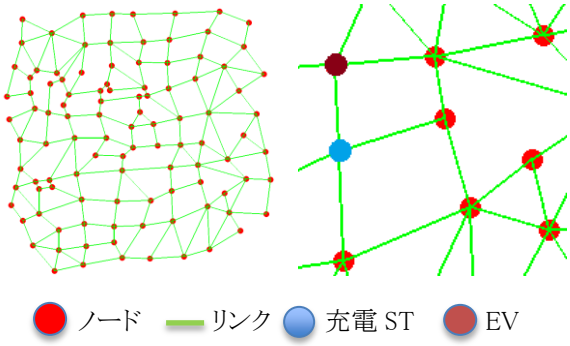


図1. シミュレーションマップ

Map(図1)を作成し，Map 上にランダムに充電 ST と EV を配置する．次に EV を走行させ充電切れになったノードを記録し，充電切れが多い地域の充電需要が充電 ST の損益分岐売上高を上回っていれば新たに充電STを配置する．その後、次の EV 販売目標と現在の EV 台数と充電 ST 台数をもとに向け補助金額を変更し，EVを増加させる．これを繰り返し行っていく．

4. 2実験結果

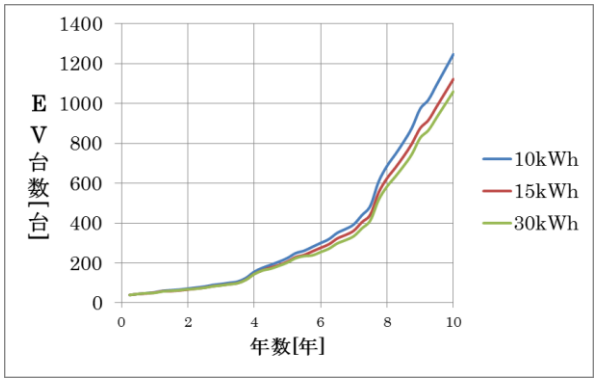


図2. 充電容量ごとの EV 台数

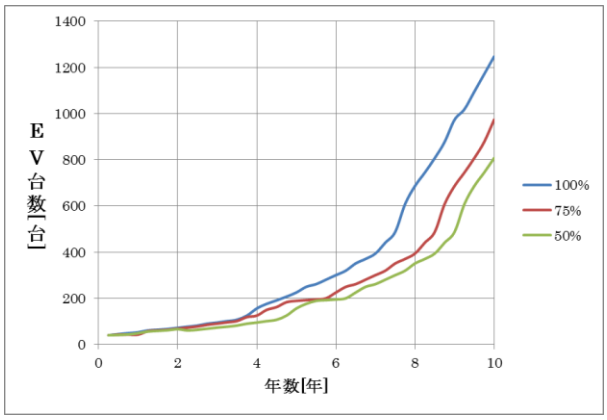


図3. 充電 ST 補助金ごとの EV 台数

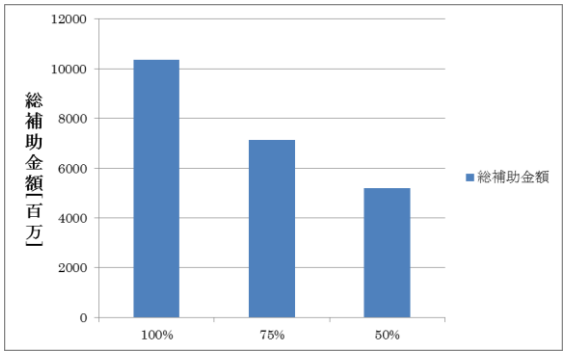


図 4. 補助金割合ごとの EV 台数

5. 考察

充電容量を変更しても発生する EV 数に大きな変化は見られなかった．しかし，設置される充電 ST 数は充電容量が増加すると減少している．これは充電容量が増えることによって充電 ST の需要が下がり，利用回数が減り，利益を得ることができないためだと考えられる．

充電 ST 事業者に対しての補助金額を変化させたとき，補助金割合が低いほど EV の普及率も低くなった．これは充電 ST 事業者が補助金がなくなり初期投資の回収までを考え損益を考えているために，充電 ST の普及率が下がったためである．また，EV が 1000 台に到達した時の総補助金額を比較する．図3，図4より充電 ST 事業者に対しての補助金が増加すると普及した EV 台数も増加していることがわかる．

これらの結果より普及させる目標 EV 台数に応じて，本研究のシミュレーションを使用することで，適切な補助金の決定と EV 普及の操作が可能になる．

6. 今後の課題

消費者を EV 購入する条件をアンケート等を用いて明確化し，数値化することでより現実に近い条件を取り入れる．

EV の平均充電容量が年々増加してくと考えられるため，時間経過と共に変化する平均充電容量の増加をシミュレーションに組み込む．

シミュレーションに 24 毎の時間を組み込み時間帯ごとの消費電力を充電 ST の利用回数を基に算出し，ピーク値を下げる充電制御方を考案し，シミュレーションを用いて妥当性を検討する．

7. 参考文献

[1] 伊藤 朋央，岩船 由美子，池上 貴志，日渡 良爾「交通シミュレータを用いた電気自動車充電制御に関する研究」

[2] 坂本憲昭， 新村隆英， 小沢和浩，[高森寛プラグイン電気自動車の普及モデルにおける補助金施]策の制御