

電気自動車のインフラモデルにおける補助金のフィードバック制御

Sakamoto, Noriaki / 坂本, 憲昭

(出版者 / Publisher)

法政大学経済学部学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

経済志林 / 経済志林

(巻 / Volume)

82

(号 / Number)

1・2

(開始ページ / Start Page)

27

(終了ページ / End Page)

49

(発行年 / Year)

2015-03-20

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010734>

電気自動車のインフラモデル における補助金のフィードバック制御

坂 本 憲 昭

この論文は、電気自動車の普及と充電スタンドの事業者のための補助金施策における電気自動車購入時の補助金額をフィードバック制御の理論を用いて決定することを提案する。先行研究の電気自動車普及のためのインフラモデルを制御対象として、本研究では次の3つの特徴を与える。(1) 充電スタンドは公設民営とする。(2) 充電スタンドのメンテナンスコストおよびランニングコストから損益分岐点を計算する。(3) 電気自動車が普及すべき台数の目標パターンを設定する。

この目標パターン追従を実現するために、フィードバック制御の適用を提案する。また、現実には、モデルにはパラメータの誤差や経済状況を原因とした不確かさが存在するため、その解決のためにもフィードバック制御が有用である。EV普及のシミュレーションを行う際にモデルに不確かさを与え、制御ロジックとしてPID制御が有効であることを示す。さらに、本稿において新たな制御ロジックとして正規分布関数の適用を提案し、PID制御よりも良好な結果が得られることを報告する。

Keywords: Subsidy Policy, Electric Vehicle, Feedback Control,

PID Control, Robustness, Normal distribution function

1. はじめに

本研究は、電気自動車のための充電スタンドの充実度に着目したインフラモデルを制御対象として考え、フィードバック制御を適用してその補助金額を調整することを提案する。

電気自動車は、地球温暖化およびヒートアイランド現象の原因のひとつである自動車からの排熱削減や脱石油社会と低炭素社会の実現のために、その普及が期待されている。しかしながら、次の2点は、消費者が購入する意欲の大きな妨げになっている。①同じグレードの車と比較して高額な価格と自宅で充電するための機器の購入と工事をするコストの負担。②航続距離がガソリン車と比較して短いため、外出したときにもしも充電スタンド（以下スタンドと略す）がなければ、走行不能になる不安。

したがって、普及が自発的に進む市場規模になるまでは、消費者に対する補助とスタンド事業者に対する補助が同時に必要である。実際、日本の政府はハイブリッド車に対する補助金の終了後に、EVについてはクリーンエネルギー自動車等導入費補助事業を計上し、引き続きEV購入補助および消費者と事業者の両方に対して充電器購入と工事費の補助をおこなっている¹⁾。さらに日産リーフの販売価格は2013年4月に下がり、そして航続距離が伸びている²⁾。しかしながら、販売台数は増加していない³⁾。

そこで、EVが普及する施策を検討するために、スタンド1台あたりのEV台数を主変数として普及のダイナミクスを求めるモデルが提案されシナリオ分析が研究されている。その研究では、事業者のためのスタンド設置に対する補助金とEV購入者のための補助金を検討している^{4)~6)}。

一方、普及しているEV台数が少ないこととスタンドの利用者が支払う充電の料金が安いいため、事業者は収益・集客効果・宣伝効果のいずれにおいてもスタンド事業参入に魅力を感じない。そのためスタンドの設置は、高速道路のサービスエリアやパーキングエリア、自動車販売店、公共施設、一部の大手ショッピングセンター以外では進んでいないのが現状である。

これらの課題を解決するために、著者は以下の提案をする。

- ①スタンド事業に対して計画的な公設民営を提案する。すなわち、公的機関が補助金ではなくスタンド設置の全額を負担し、事業者に無償譲渡して設置後の運用・保守を事業者に委ねるものとする。先行研究4)～(6)ではスタンド建設費の回収だけを考慮しているが、本研究は公設民営を考えているから、譲渡後のメンテナンスコストおよびランニングコストをモデルに反映する。
- ②EVに対して数年間続く補助金施策を考えて、EV台数が追従すべき普及の目標パターンを設定を提案する。従来の早い者勝ちの単年度で使い切るタイプの施策とは異なり数年間の計画であり、EVが普及する台数の目標値を企業の決算間隔を考慮して四半期ごとに与える。この手法の利点を3つにまとめる。(1) 生産の立場では、急な増産や設備投資過剰の懸念がなくなり、決算間隔にあわせた計画的な生産体制ができる。(2) 販売の立場では、購入を検討している消費者に長期に渡って営業活動ができる。(3) 消費者の立場では、補助金が早く終了することを心配せずに、普及している台数をWebサイトから参照して購入の判断をすることができる。消費者はエコカー減税時のようにWebサイトで申請進捗状況をリアルタイムに知ることが可能であろう。
- ③目標パターンに追従させるために、施策者が普及状況をみて補助額を調整することを提案する。目標台数より普及台数が多くなれば補助金をゼロとし、少ないほど多くする施策である。その金額を決定するためにフィードバック制御の理論を適用し (Fig.1), その制御ロジックとしてPID制御⁷⁾を適用する。PID制御は広く使われている制御ロジックであり、制御機器に導入されている制御ロジックの9割以上を示す調査結果がある。適用事例および関連書籍の多さから、施策者が理解しやすく、かつ、パラメータ調整をしやすいという利点があると考え。
- ④PID制御によるシミュレーション結果を考察した結果、操作量を正規分布関数 (NDF : Normal Distribution Function) で近似できると考え、施

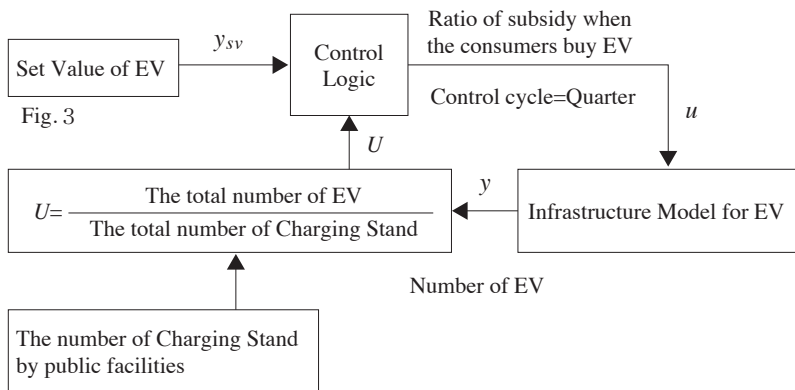


Fig. 2

Fig.1 Block diagram of the proposed control system for subsidy policy.

策者および消費者がPID制御よりもさらに理解しやすいという観点から、NDFを利用した新しい制御ロジックを提案する。本稿はこれをNDF制御と称する。

最後に、モデルにはパラメータの見積もり誤差や変動、そして、モデルに反映されていない、たとえば、景気の変動等による不確かさが存在することは明らかである。そこで、不確かさを考えていないノミナルモデルに対するPID制御のパラメータを変更せず、インフラモデルに不確かさを与えてシミュレーションを行う。NDF制御のロバスト性についても同様な検証をおこない、両制御ロジックの有用性を検討する。

2. EV普及インフラモデル

式 (1) はEVの普及インフラモデルである。なお、式 (1) は先行研究で提案されたモデル^{4)~6)}を整理したものであり、また、モデルの各パラメータの値は文献 (6) で示された値を用いる。

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

Table 1. A sign and value of the infrastructure model parameter.

symbol	value	note
y		EV普及台数。製造台数，販売台数，登録台数は等しいと仮定する。
k	2.5	スタンド事業の初期投資額を回収するまでの期間など
β	0.65	U の値が小さくなるとEVの需要が増える弾性係数
a	10[\$]	充電1回料金
m	80	EV1台の年間充電回数
B	1.67×10^4 [\$]	損益分岐売上高。文献(6)は設置および機器のコスト(8.33×10^4 [\$])を回収することを考えているが，本提案は公設のためそのコストは0[\$]である。本研究では，移譲後のメンテナンスコストおよびランニングコストを検討する。その金額を初期投資コストの20[%]とする ⁹⁾ 。
U	104	インフラ充実度(=EV普及台数累計/スタンド数累計)
u	[%]	操作用。EV販売価格に対する補助金の割合とする。
t	[year]	時刻。シミュレーションの期間は10年間($t=0 \sim 10$)，式(1)の微分方程式は0.05刻みで解き，制御周期を0.25とする。
y_{sv}		四半期ごとの目標値

3. EV目標値とスタンド公設数

EVの普及すべき台数は2パターンを考える。(1)文献(6)の結果を採用して，10年間で累計60万台とする。以後，この目標値を適用したシミュレーション結果のグラフを(a)とする。(2)日産は2013年度末までの10万台の販売という実績から，2020年度末までに150万台を販売する目標を掲げている⁹⁾¹⁰⁾。7年間で140万台の目標値から，その比率を使って10年間で累計200万台とする。この目標値のシミュレーション結果をグラフ(b)とする。

累計台数を満足するように四半期ごとの目標値(y_{sv} とおく)を与える(Fig.2)。この設定は，急な増産や設備投資を避けるために，生産台数がなだらかな増加になるようにした。次に，公設するスタンド数を求める。Fig.2の目標値に対して文献(6)で示されている $U=104$ を満足するスタンド数を求める。計算結果をFig.3に示す。

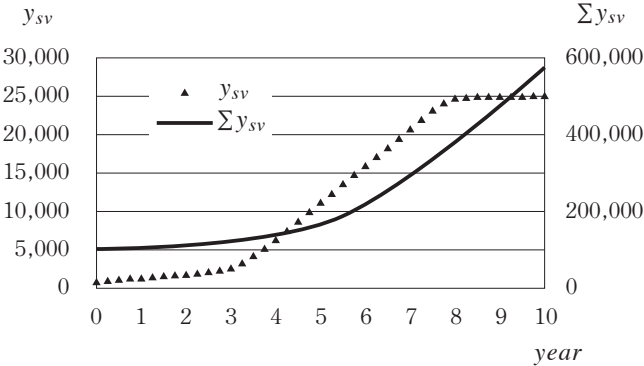


Fig.2 (a) Set Value (y_{sv}) of EV (y).

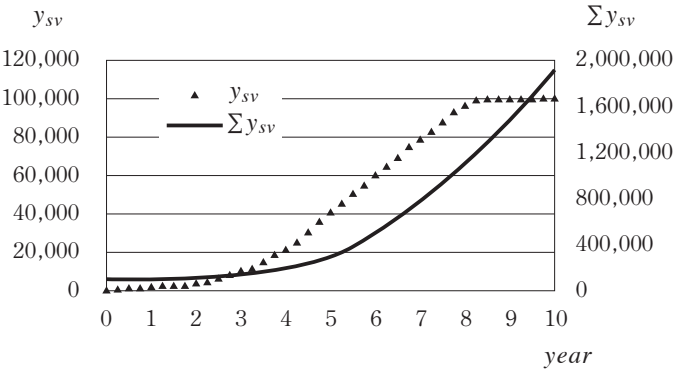


Fig.2 (b) Set Value (y_{sv}) of EV (y).

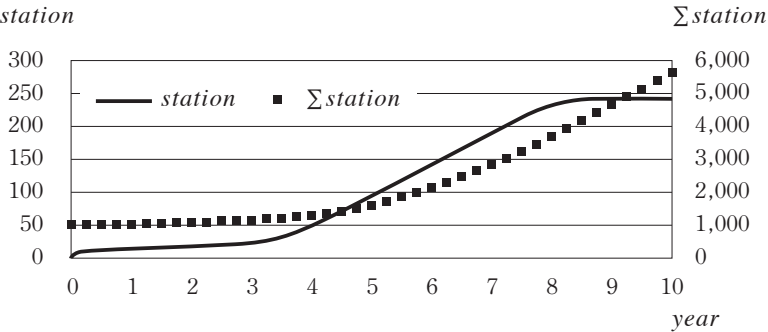


Fig.3 (a) The number of the public facilities of the station.

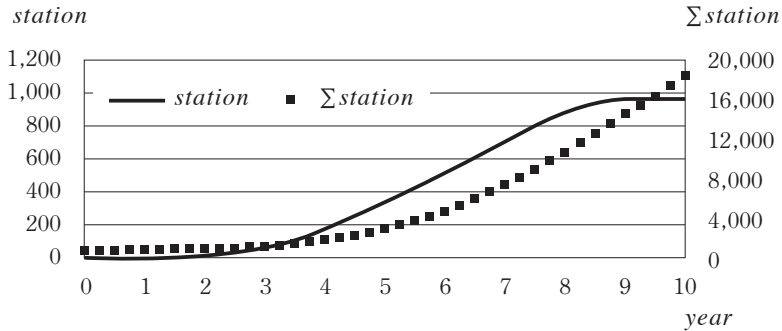


Fig.3 (b) The number of the public facilities of the station.

4. モデルの不確かさ

式 (1) で考えられるパラメータの不確かさを検討する。 β は一般消費者の購入意欲に影響されるため一定値ではない可能性がある。そこで25 [%] の変動を仮定する。

$$\Delta\beta=(0.65\times0.25)\sin(4t) \quad (2)$$

m の不確かさについて検討する。実際の充電回数は公的に調査されておらず、また、ガソリン自動車に比較して走行距離が短いので、この値に不確かさが存在することは明らかである。そのため、シミュレーションでは25 [%] の変動を与える。

$$\Delta m=(80\times0.25)\sin(10t) \quad (3)$$

B についても同様に、

$$\Delta B=(1.67\times0.25)\cos(3t) \quad (4)$$

最後に、景気の影響などによりEVの普及が計画通りに進まないことを考えて、EV台数の変動 Δy として次式から得られる値を仮定する。

$$\Delta y = -y_{sy} * 0.25 \cos(6t) \quad (5)$$

以上の不確かさを式 (1) に導入する。

$$\dot{y} = k(\beta + \Delta\beta)[a(m + \Delta m) - B + \Delta B]U^{-1}u(y + \Delta y) \quad (6)$$

5. モデルによる理想的な操作量（フィードフォワード制御）

式 (1) を

$$\dot{y} = Ay, \quad A \equiv k\beta[am - BU^{-1}]u \quad (7)$$

とにおいて, y_0 を初期値としてこれを解くと,

$$y = y_0 e^{At} \quad (8)$$

上式を u について解けば

$$u = \frac{\ln(y/y_0)}{k\beta(am - BU^{-1})t} \quad (9)$$

を得る。フィードバック制御をする前に, この u をモデルによる理想的な操作量として適用する。調整係数 (λ) を導入し, y の値はFig.2を, U の値はFig.2とFig.3を参照して計算する。

$$u = \lambda \frac{\ln(y/y_0)}{k\beta(am - BU^{-1})t} \quad (10)$$

シミュレーション結果をFig.4 (式 (1) 不確かさなし, $\lambda=1.0$, 目標値を▲, EV台数を一にて表す) に示す。制御量であるEV台数が発散する結果となった。そのため, なるべく目標値に一致するように λ の値を調整した結果がFig.5 (式 (1) 不確かさなし) である。これらの結果は, 4章のモデルの不確かさを考慮する以前にフィードバック制御なしでは目標パターンに追従させることが困難であることを示している。

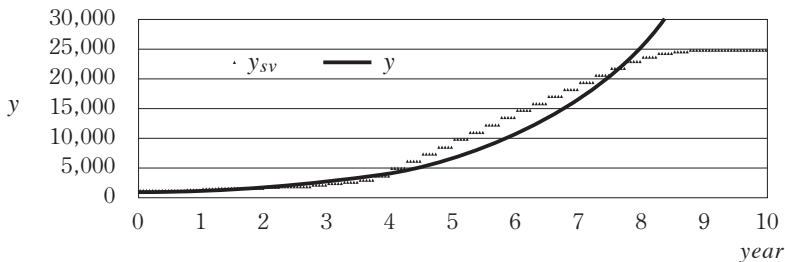


Fig.4 (a) Non-control ($\lambda=1.0$)

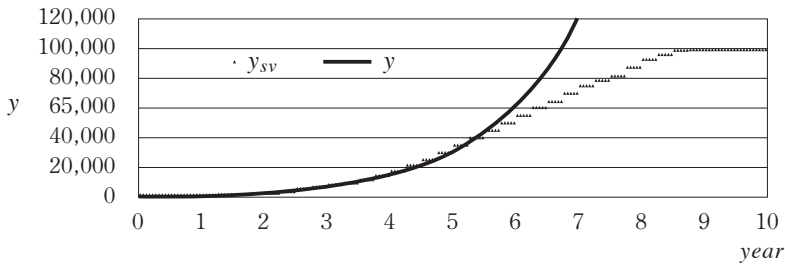


Fig.4 (b) Non-control ($\lambda=1.0$)

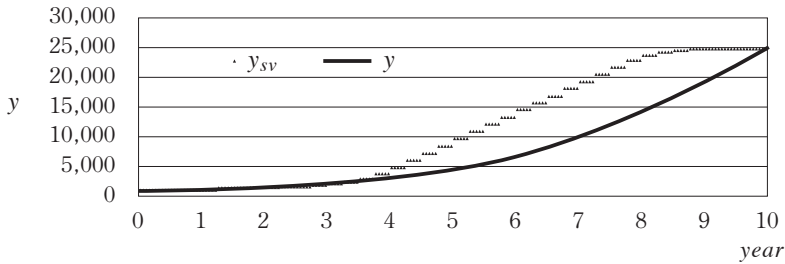


Fig.5 (a) Non-control ($\lambda=0.84$)

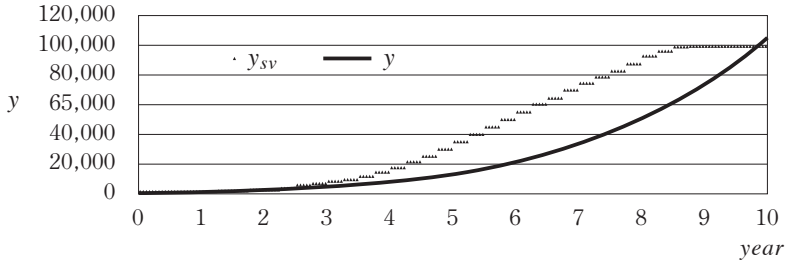


Fig.5 (b) Non-control ($\lambda=0.84$)

6. PID制御によるフィードバック制御

目標値への追従を実現するためにフィードバック制御として、標準的なPID制御を適用する。

$$u=K\{e+(1/T)\Sigma e+D\dot{e}\}, e=y_{sv}-y \quad (11)$$

K はproportional gain, T はintegral time, D はderivative timeであり、それぞれ調整パラメータである。

シミュレーション結果をFig.6, Fig.7（目標値を▲, EV台数を—にて表す）、その操作量の履歴をFig.8, Fig.9に示す。Table 2に、各目標値に対応する図の番号と調整パラメータの値をまとめる。調整パラメータの決定方法は、数多くの手法が提案されているが、最適な値を追及することは本研究の目的ではなく著者がシミュレーションを繰り返して決定している。

これらの結果は、フィードバック制御がEVの普及台数を目標パターンに追従させることが可能であることを示す。さらに、目標値が同じならばモデルの不確かさが存在しても、標準的なPID制御および単純なパラメータ決定にも関わらず、PID制御の調整パラメータを変更せずに目標値追従が維持できることを示している。

Table 2. Control parameters and simulation results.

Set Value	without uncertainty	with uncertainty
$\Sigma y_{sv}=600,000$	Fig.6 (a)	Fig.7 (a)
	$K=0.005, T=40, D=0.1$	
$\Sigma y_{sv}=2,000,000$	Fig.6 (b)	Fig.7 (b)
	$K=0.002, T=5, D=0.05$	

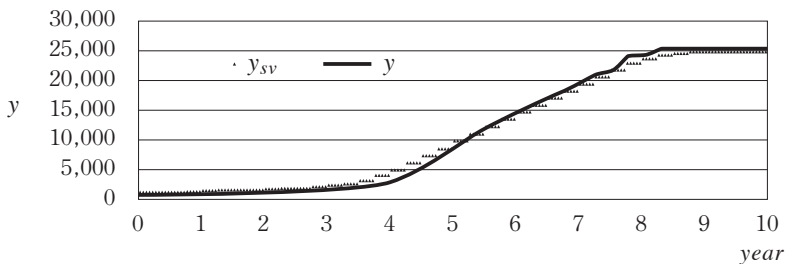


Fig.6 (a) PID control.

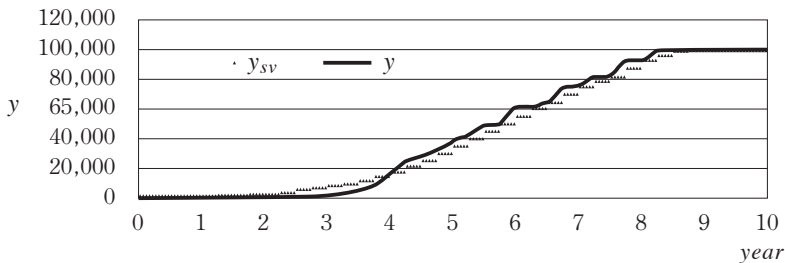


Fig.6 (b) PID control.

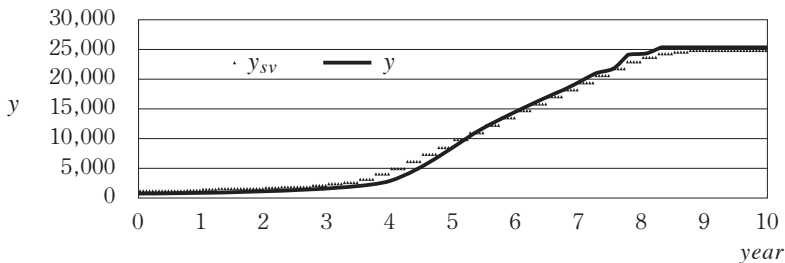


Fig.7 (a) PID control (with uncertainty)

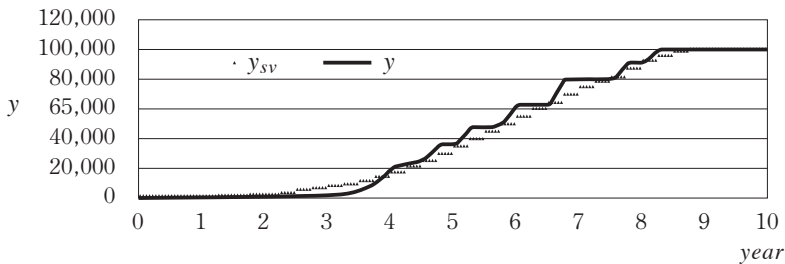


Fig.7 (b) PID control (with uncertainty)

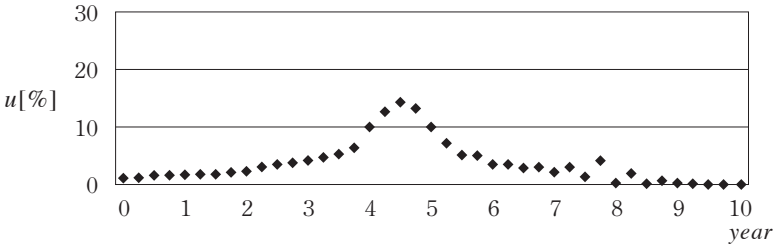


Fig.8 (a) History of u in Fig. 6 (a).

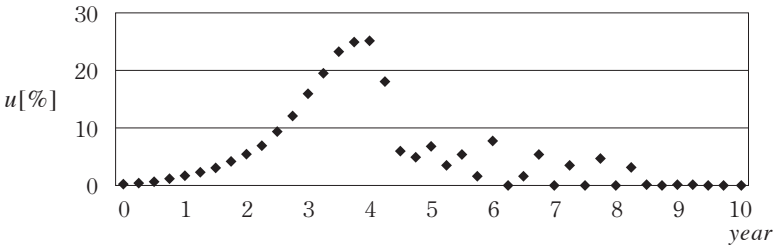


Fig.8 (b) History of u in Fig. 6 (b).

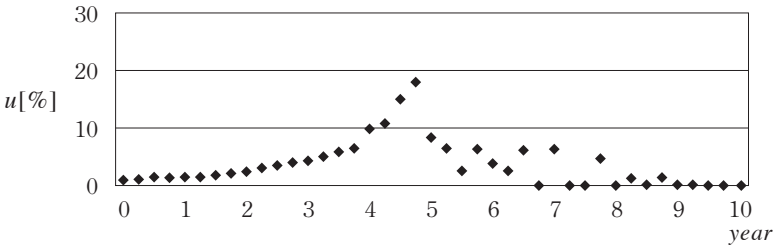


Fig.9 (a) History of u in Fig. 7 (a).

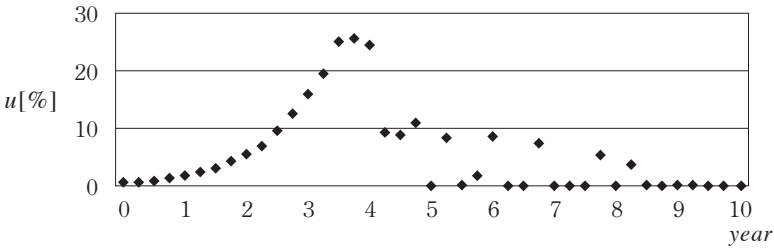


Fig.9 (b) History of u in Fig. 7 (b).

7. 正規分布関数によるフィードバック制御

前章ではPID制御による結果を示したが、さらに追従性を向上させることを所望するならばロバスト性を有する制御ロジックの適用が考えられる^{11)~17)}。しかしながら、一般消費者に対する説明、および施策者が制御理論等の専門家ではないことを考えれば、PID制御よりもさらに理解しやすく調整が容易であることが望ましい。そこでシミュレーション結果を参照すると、操作量の履歴 (Fig.8, Fig.9) が、正規分布で近似できるような様相を示していることがわかる。これを利用して u = 正規分布関数 (横軸 *year*) として与えることを提案する。

$$u = \frac{k_3}{\sqrt{2\pi}k_2} \exp\left\{-\frac{(t-k_1)^2}{2k_2^2}\right\} \quad (12)$$

正規分布関数は3つの係数を調整することでその形状が変化するため、調整係数として k_1 (平均点を左右にシフト), k_2 (左右への拡がり), k_3 (頂点の高さ) を導入する。Fig.10は $k_1=4$, $k_2=1.8$, $k_3=30$ とした場合の結果である。

まず初めに、目標値を与えずフィードバック制御もせずに式 (1) の補助金額率 (u) に式 (12) を代入する。この微分方程式を解析的に解くことはできないためシミュレーションにより解く。 k_1 , k_2 , k_3 の値は、普及台数がおおよそ累計60万台になるように、かつ、正規分布の頂点を4年目とした。4年とはEVの補助金を取得した場合にEVを所有していなければならない年数である。Fig.10が式 (12) による操作量の履歴であり、Fig.11はEVの普及台数である。4章に示した不確かさを与えた結果がFig.12である。

Fig.11, Fig.12に示したEV普及台数の履歴は、3章で与えた目標パターンに近い形状を描くことがわかる。そこで、目標パターンに追従するためにフィードバック制御の理論を適用し、次式に示す正規分布関数の調整パラメータを偏差により求めることを提案する。なるべく調整の負担を減らすために、事前検討の結果 k_3 だけを対象とした。

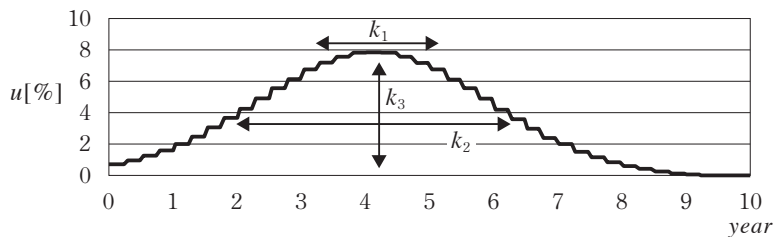


Fig.10 Normal distribution function.

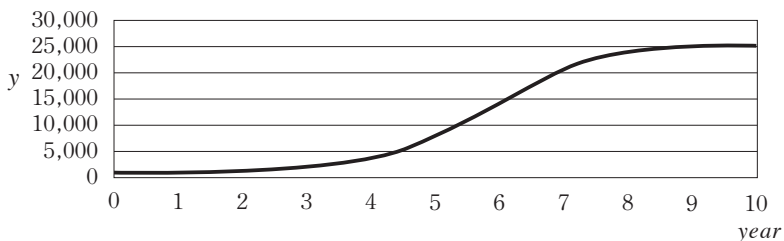


Fig.11 Non-Control with Fig.10.

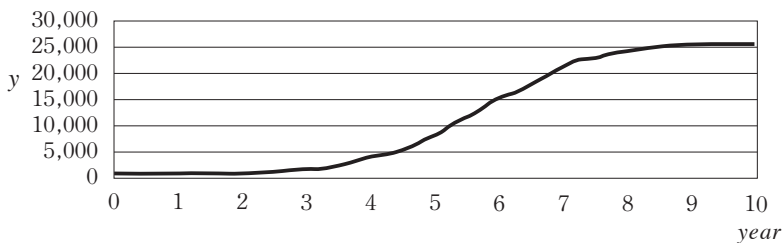


Fig.12 Non-Control with Fig.10 (with uncertainty).

$$k_1=4, k_2=1.8, k_3=30+0.05e \quad (13)$$

PID制御と同じ内容のシミュレーション結果をFig.13～Fig.16に示す。なお、目標値を変更した場合、PID制御では調整パラメータを再調整する必要があったが、NDF制御の場合、式（13）の調整パラメータの再調整が不要という利点があった。

以上の結果から、本研究対象の普及インフラモデルの場合、スタンドを

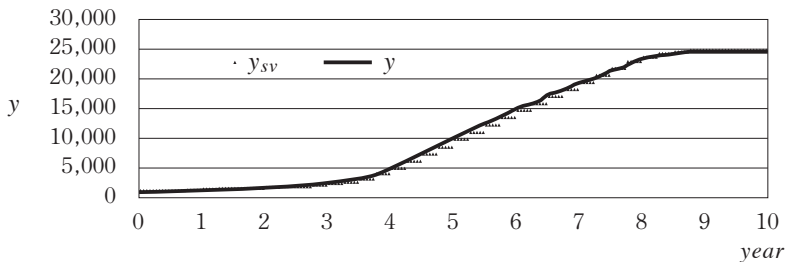


Fig.13 (a) NDF control.

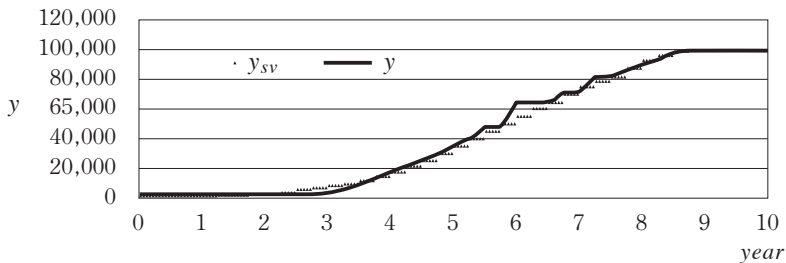


Fig.13 (b) NDF control.

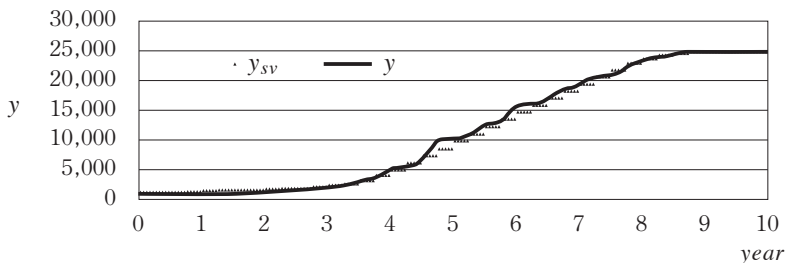


Fig.14 (a) NDF control (whth unceratinty).

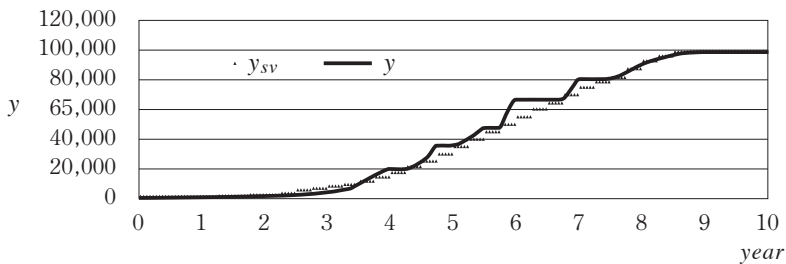
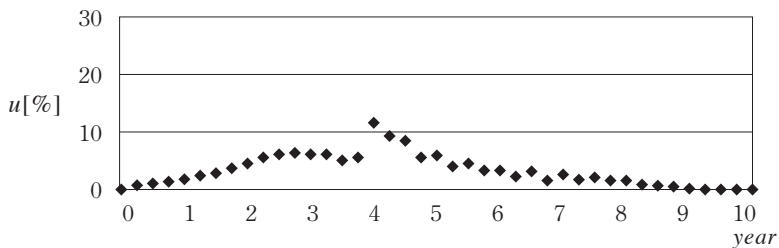
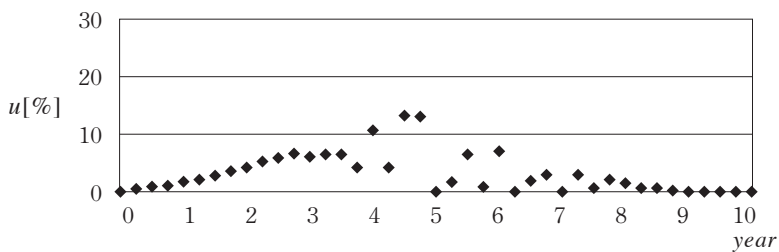
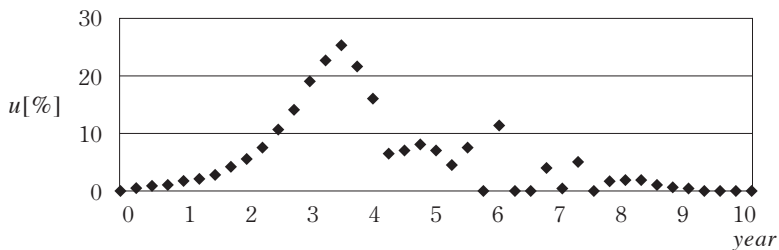
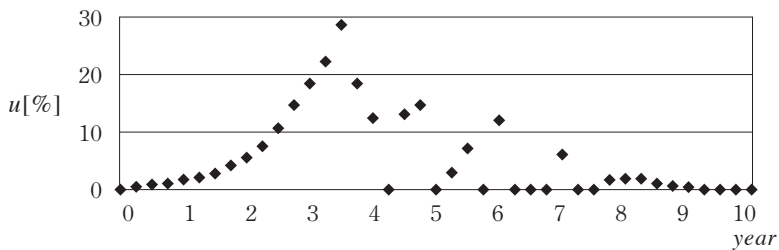


Fig.14 (b) NDF control (whth unceratinty).

Fig.15 (a) History of u in Fig.13 (a).Fig.15 (b) History of u in Fig.13 (b).Fig.16 (a) History of u in Fig.14 (a).Fig.16 (b) History of u in Fig.14 (b).

公設民営にすることで、不確かさによらずEV普及を進めるには正規分布の最大値までの履歴のような補助金があれば、その後は減額傾向で済むことがわかる。

PID制御とNDF制御の性能を比較するために、10年間のシミュレーション結果の偏差 e のRMSE（Root Mean Square Error）をTable 3に示す。いずれの場合にもPID制御よりNDF制御の誤差が小さい。しかしながら、EV購入検討者は正規分布関数の形状から最大値となる時期まで購入を待つことが考えられ、EV普及に影響を与える可能性がある。

Table 3. RMSE.

Set Value	Control logic	without uncertainty	with uncertainty
$\sum y_{sv=600,000}$	PID	775	890
	NDF	516	675
$\sum y_{sv=2,000,000}$	PID	3,925	4,387
	NDF	2,840	3,794

8. 補助金総額の比較

(1) 不確かさなし

提案手法の現実性を示すために、シミュレーション結果による補助金の総額を従来の補助金施策と比較する。現行の施策による補助金総額を C_A 、提案手法による補助金総額を C_B とおく。文献（6）より、設置費用（購入費＋工事費）を一式83,300 [\\$] とする。スタンド公設数はFig.3（a）より10年間経過した時に累計5,769か所であり、補助金の対象となるEV台数はFig.6（a）の結果465,670台（フィードバック結果は目標累計台数60万台より若干少なく、また、2013年度末までの10万台の販売実績を除く）を用いる。

従来の施策による補助額は、日本の現行施策を参照してスタンド設置費

用の50 [%] とする。EVはNISSAN LEAFの販売価格をTOYOTA Priusと同等の価格になるための金額を補助することを仮定する。グレードと地域により販売金額が変わるため、代表値としてLEAF 28,700 [\$], Prius 22,300 [\$] とすると、LEAFの金額の22.2 [%] である6,400 [\$] の補助金を与えればPriusと同等の金額となる。

$$\begin{aligned} C_A(a) &= 83,000 \times 5,769 \times 0.5 + \sum (y \times 6,400) \\ &= 83,000 \times 5,769 \times 0.5 + 465,670 \times 6,400 = 3,220 \times 10^6 [\text{\$}] \end{aligned} \quad (14)$$

提案手法はスタンドを公設するため、建設費を全額負担する。EVの補助額は u の値から金額を求める必要がある。そこで、前述の22.2 [%] で6,400 [\$] の補助額を利用し、この点と原点を通る直線を求める。その結果をFig.17に示す。

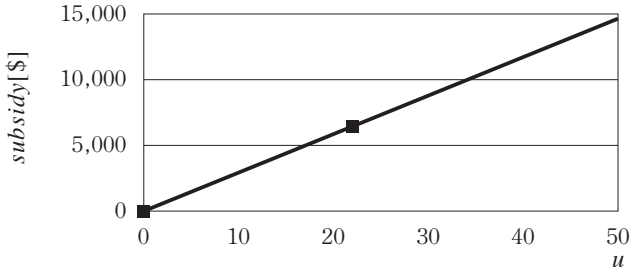


Fig.17 The amount of a subsidy VS. u .

$$\text{補助額 } [\text{\$}] = 288.28u \quad (15)$$

紙面の都合上、Table 3 RMSEの値が悪い方のPID制御の結果を用いる。Fig.6 (a) の各時刻における u の値 (Fig.8 (a)) を式 (15) に代入して各時刻における補助額を求める。Fig.6 (a) の同時刻におけるEV台数にその補助額を乗じることで全体の補助額を得る。

$$C_B(a) = 83,300 \times 5,769 + \sum (y \times \text{補助額}(u)) = 792 \times 10^6 [\text{\$}] \quad (16)$$

提案手法による補助金総額は、本研究の条件および範囲ならば、従来の施策に対して約75 [%] の削減が可能である。

同様に目標値が200万台の場合は、スタンド公設数は累計19,230か所、EV台数はFig.6 (b) の結果1,820,575台を用いる。Fig.6 (b) の各時刻における u の値はFig.8 (b) である。

$$\begin{aligned} C_A(b) &= 83,300 \times 19,230 \times 0.5 + \sum (y \times 6,400) \\ &= 83,300 \times 19,230 \times 0.5 + 1,820,575 \times 6,400 = 12,452 \times 10^6 [\$] \end{aligned} \quad (17)$$

$$C_B(b) = 83,300 \times 19,230 + \sum (y \times \text{補助額}(u)) = 2,912 \times 10^6 [\$] \quad (18)$$

従来の施策に対して約77 [%] の削減が可能である。

(2) 不確かさ有り

モデルに不確かさを与えた結果に前述の(1)と同じ計算をする。目標値60万台の場合、

$$\begin{aligned} C_A(a) &= 83,300 \times 5,769 \times 0.5 + \sum (y \times 6,400) \\ &= 83,300 \times 5,769 \times 0.5 + 467,261 \times 6,400 = 3,231 \times 10^6 [\$] \end{aligned} \quad (19)$$

$$C_B(a) = 83,300 \times 5,769 + \sum (y \times \text{補助額}(u)) = 794 \times 10^6 [\$] \quad (20)$$

約75 [%] 削減である。

目標値200万台の場合、

$$\begin{aligned} C_A(b) &= 83,300 \times 19,230 \times 0.5 + \sum (y \times 6,400) \\ &= 83,300 \times 19,230 \times 0.5 + 1,821,213 \times 6,400 = 12,457 \times 10^6 [\$] \end{aligned} \quad (21)$$

$$C_B(b) = 83,300 \times 19,230 + \sum (y \times \text{補助額}(u)) = 2,849 \times 10^6 [\$] \quad (22)$$

約77 [%] 削減である。

紙面の都合上、RMSEの値が悪い方のPID制御の結果を用いて検討したが、Fig.15, Fig.16より明らかなようにNDF制御の場合でも削減できる可能性は同じである。

9. おわりに

EVの普及台数が目標値に追従することを実現するために、フィードバック制御の操作量を活用して補助金を調整する施策を提案した。制御ロジックをPID制御とし、不確かさが無いノミナルモデルでパラメータ調整をおこなうが、モデルに不確かさを与えてもロバスト性を有する結果を示した。

さらに、PID制御よりも理解が容易な制御ロジックとして、正規分布関数を利用した新しい制御ロジックを提案した。PID制御よりも追従性が向上し、目標値を変更しても制御ロジックの調整パラメータの再調整が不要という利点がある。しかしながら、EV購入検討者が正規分布関数の頂点になる時期まで購入を控えてしまう可能性がある。

現行の施策は、EVの購入検討者が、スタンドが増えるかどうかかわからない状況において早い者勝ちの補助金である。提案手法は、スタンドの普及が公設によって確定的な状況であるが、補助金は不定である。しかしながら、提案手法は消費者に対して次の利点がある。普及台数を確認することで補助額の増減を知って購入の意思決定ができる施策である。また、スタンド事業者に対しては、複数年にわたるEVの普及台数の目標値が示されていることが経営判断の指針となり、かつ、公設民営により事業参入のハードルが低い施策である。最後に、提案手法によれば補助金の総額を現行の施策よりも削減できる可能性を示した。

本稿で検討した補助金以外のEV普及のためのインフラ問題としては、スタンドの適正配置問題^{18)~21)}、充電には急速充電でも30分前後を要するため待ち行列を発生させないために必要なスタンド数問題²²⁾があることを示しておく。

文 献

- 1) 次世代自動車振興センター, 補助金情報コンテンツ一覧
www.cev-pc.or.jp/hojo/index.html
- 2) 日産リーフマイナーチェンジ
www.nissan-global.com/JP/NEWS/2012/_STORY/121120-01-j.html
- 3) 日本自動車部品協会, 統計資料, HV・EV販売台数ランキング
www.japa.gr.jp/data/index.html
- 4) D.Yamashita, T.Niimura, H.Takamori, R.Yokoyama : A Dynamic Model of Plug-in Electric Vehicle Markets and Charging Infrastructure for The Evaluation of Effects of Policy Initiatives, IEEE, Power Systems Conference and Exposition, March (2011)
- 5) D.Yamashita, R.Yokoyama, T.Niimura, H.Takamori : A Model for Policy Assessment to Facilitate the Proliferation of Electric Vehicles: For Strategic Evaluations of Infrastructure Investment, Journal of Real Options and Strategy, Vol.4, No.2, pp.143/157 (2011)
- 6) D.Yamashita, T.Niimura, H.Takamori, Ti Wang : Plug-in Electric Vehicle Markets and Their Infrastructure Investment Policies under Fuel Economy Uncertainty, International Journal of Real Options and Strategy, 1, pp.39/60 (2013)
- 7) Michael A. Johnson and Mohammad H.Moradi: PID Control:New Identification and Design Methods, Springer-Verlag London Limited (2005)
- 8) Jason Snyder: Financial Viability Of Non-Residential Electric Vehicle Charging Stations, UCLA Luskin School of Public Affairs, Luskin Center for innovation, August (2012)
- 9) Nissan CEO Carlos Ghosn Promises 1.5 Million EVs by 2020,
<http://gas2.org/2013/09/13/nissan-ceo-carlos-ghosn-promises-1-5-million-evs-by-2020/>
- 10) Nissan May Hit Electric-Car Sales Target Before 2020 Japanese Car Maker Is Looking to Emerging Markets for Growth, The Wall Street Journal, March 15 (2014)
- 11) 坂本, 新村, 高森, 小沢 : プラグイン電気自動車のインフラモデルにおける助成金のスライディングモード制御, 電気学会産業応用部門大会, 4-21, 千葉工業大学 (2012)
- 12) 坂本, 新村, 小沢, 高森 : 離散時間スライディングモード制御によるプラグイン電気自動車に対する助成金の検討, 第55回自動制御連合講演会, 京都大学 (2012)

- 13) 坂本, 新村, 小沢, 高森: 燃料電池自動車の普及インフラモデルに関する検討, 第56回自動制御連合講演会, 新潟大学 (2013)
- 14) 坂本, 新村, 小沢, 高森: 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, SICEシステム・情報部門 社会システム部会, 第4回社会システム部会研究会, 芝浦工業大学 (2013)
- 15) 坂本, 小沢, 新村, 高森: フィードバック制御による燃料電池自動車の施策に関する検討, 計測自動制御学会論文集, Vol.50, No.3, pp.190/196 (2014)
- 16) 坂本, 新村, 小沢, 高森: スライディングモード制御による電気自動車の普及インフラモデルにおける補助金施策, 電気学会論文誌C, Vol.134, No.12 (2014)
- 17) 坂本: 電気自動車普及インフラモデルの検討 (ファジィ制御と操作量変動の制限), 第57回自動制御連合講演会, 群馬伊香保ホテル天坊, 11月10日 (2014)
- 18) 坂本, 森, 高橋, 長谷川: 自動車ルート検索活用による充電スタンド公設に関する検討, GISA地理情報システム学会学術大会, 中部大学, 11月8日 (2014)
- 19) 日渡, 岡野, 池谷: 充電インフラ検討用次世代自動車交通シミュレータの開発 (電気自動車用急速充電ステーションの適正配置機能), 電力中央研究所報告, L10011 (2011)
- 20) 小柳: EV走行実験によるインフラ整備適正評価 (第2報), 成蹊大学理工学研究報告, Vol.49, No.2 (2012)
- 21) 長嶋, 新里, 郭: EV給電スタンドの最適施設配置問題, 日本経営工学会論文誌, Vol.64, No.4, pp.557/560 (2014)
- 22) 本間: 高速道路におけるEV充電インフラ整備に関するモデル分析 (到着台数に着目したEV充電スタンド数の概算), WIAS Discussion Paper No.2011-007, March 26 (2012)

URLはすべて2014年8月20日現在

Feedback Control of the Subsidy Adjustment in the Infrastructure Model of Electric Vehicle

Noriaki SAKAMOTO

《Abstract》

This paper deals with the feedback-control for the subsidy policy about the purchase of the electric vehicle (EV) and the business model of the charging stands. The controlled model has three characteristics: (1) A public institution builds the charge stands. (2) The break-even point of charging stations will be calculated for the running costs and maintenance costs. (3) The targeted value (Set Value) that EV should spread is given. However, the model has the uncertainties of the parameter, and a change by the influence of the economy and so on. Therefore, it is necessary to apply the robust control logic that overcomes the uncertainties of the model.

This paper proposes that the practice of the subsidy policy is regulated by feedback control. PID control is applied at the first as control logic. However, if the set value is changed, then three parameters of PID control must be readjusted. In order to solve this drawback, a new control logic NDF (Normal Distribution Function) control is applied. The simulation results show the effectiveness of these PID and NDF control for the uncertainties of the model. According to the proposed method, it is shown that it may be possible to reduce subsidies.