

# 旋回時における電気自動車の航続距離延長を実現する 車体速度の時間関数の設計法

米俊宏\*, 藤本博志 (東京大学)

Generation Method of Time Function of Vehicle Velocity for Range Extension  
of Electrical Vehicle during Circular Driving

Toshihiro Yone\*, Hiroshi Fujimoto (The University of Tokyo)

## Abstract

In this paper, a range extension method for Electric Vehicle is proposed. This method consist in designing a new time funtion of velocity. Cornering drag and various loss from motors depend on velocity of the vehicle. Thus optimising of the velocity leads to smaller energy consumption. Calculus of variation and golden section search were used to solve this problem. The effectiveness of proposed method is verified by simulations and experiments.

キーワード：電気自動車, 航続距離延長制御システム, 旋回加減速, 変分法, 黄金探索法  
(electric vehicle, range extension control system, acceleration during curving, calculus of variation, golden section search)

## 1. 序 論

地球温暖化問題や化石燃料枯渇問題への対策として、電気自動車 (Electric Vehicle: EV) が国内外で大きく注目されている。環境面以外にも、モータを駆動力に利用する EV は既存の内燃機関自動車と比べ以下の点で優位性を持つ<sup>(1)</sup>。

- (1) エンジンと比べてトルク応答が 2 桁速い。
- (2) 小型高出力なインホイールモータを用いれば分散配置ができ、各輪を独立に制御できる。
- (3) モータに流れる電流から、モータに生じているトルクが正確に測定可能である。

これらの利点をいかして、トラクション制御<sup>(2)</sup>や姿勢・走行安定化制御<sup>(3)</sup>などの研究が数多く発表されている。

一方、電気自動車の短所として一充電走行距離の短さがあり、電気自動車の普及にはエネルギー消費の低減が必要である。そこで、直進時の加速を含む車両の走行パターンを制御によって変更することにより、車両の走行におけるエネルギー消費を抑える手法が複数提案されている<sup>(4)</sup>。また、複数のモータを搭載した車両において、旋回中のエネルギー消費を抑える手法が複数提案されている。

特に著者らの研究グループでは一充電走行距離の問題に対し航続距離延長制御システム (Range Extension Control System: RECS) を提案した<sup>(5)(6)</sup>。このシステムはソフトウェアのみによって成り立ちハードウェアの改造を必要としない。特に、文献(6)では定常旋回時において、左右のモータ出力に差をつけることで消費エネルギーを抑える手法を提案している。しかし、定常ではない旋回を含む経路では経路全体での消費エネルギーの低減に関する研究は行われていない。

また、近年自動車の自動運転技術の開発が盛んに行われている。電気自動車はその制御性の高さから自動運転に適しており、今後の自動運転技術の適用が期待される。航続



図 1 実験車両 FPEV2-Kanon.  
Fig. 1. Experimental Vehicle FPEV2-Kanon.

距離延長の面から旋回中の加減速パターンに言及した研究は、旋回時における乗り心地の面から加減速パターンを考慮したものにおいてのみである<sup>(7)</sup>。

本稿では旋回における消費エネルギーの速度依存性を示す。次に、初速・終端速度・走行軌跡および走行距離が与えられた時の最適な速度の時間関数の設計手法について述べる。最後に旋回中においては安全との両立も重要であるため、提案した走行パターンについて負荷率によって評価を行う。

## 2. 実験車両

実験車両として使用する著者らの研究グループが製作した電気自動車「FPEV2-Kanon」を図 1 に示す。本車両には東洋電機製造製アウトロータ型インホイールモータを 4 輪全てに搭載している。また、前後輪アクティブ操舵が可能である。この車両の電気回路はバッテリー、チョッパ、インバータ及びモータからなり、インバータの入力電圧  $V_{dc}$ 、インバータ入力電流  $I_{dc}$  から消費電力の測定が可能である。FPEV2-Kanon の各パラメータの値を表 1 に示す。本稿では、前輪のアクティブステアと、前輪駆動モータを用いる。

表1 FPEV2-Kanon の各パラメータ

Table 1. Parametres of FPEV2-Kanon

Vehicle Mass ( $m$ )	870 kg
Yaw Moment of Inertia ( $I$ )	617.0 kg · m <sup>2</sup>
Wheelbase ( $l$ )	1.70 m
Distance from CG ( $l_f$ ) to Front/Rear Axle ( $l_r$ )	1.00 m 0.701 m
Front Cornering Stiffness ( $C_f$ )	12500 N/rad
Rear Cornering Stiffness ( $C_r$ )	29200 N/rad

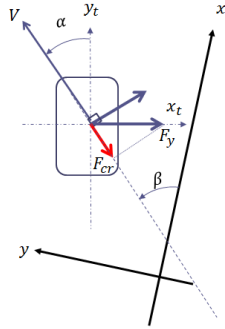


図2 コーナリング抵抗

Fig. 2. Cornering Resistance

### 3. 車両の運動と消費エネルギー

走行中の消費電力  $P$  は駆動用モータの出力  $P_m$ 、モータにおける銅損  $P_c$  および鉄損  $P_i$  の和によって表される。

$$P = P_m + P_c + P_i \dots \dots \dots (1)$$

本稿において、低速の旋回を仮定する。そのため、鉄損  $P_i$  は無視する。

〈3・1〉 機械出力 本節では、駆動用モータの出力  $P_m$  を求める。走行中の2輪車両モデルより、以下の式が成り立つ。

$$F_x = F_{xfl} + F_{xfr} = F_d + F_r = m\dot{V} + F_r \dots \dots \dots (2)$$

$$F_y = mV(\dot{\beta} + \dot{\theta}) = -2C_f\alpha_f - 2C_r\alpha_r \dots \dots \dots (3)$$

$$M_z = I\ddot{\theta} = -2C_f l_f \alpha_f + 2C_r l_r \alpha_r \dots \dots \dots (4)$$

ただし、 $F_x$  は前後駆動力、 $F_{xfl}$ 、 $F_{xfr}$  は左右各輪の駆動力、 $F_d$  は駆動力、 $F_r$  は走行抵抗、 $F_y$  は横力、 $m$  は車両質量、 $\beta$  は車体横滑り角である。 $C_f$ 、 $C_r$  は前後輪コーナリングステイフネス、 $l_f$ 、 $l_r$  は車両重心点と前後車軸間の距離、 $\alpha_f$ 、 $\alpha_r$  は前後輪車輪横滑り角、 $M_z$  はヨーモーメント、 $I$  は車両慣性モーメント、 $\theta$  は向首角である。また、タイヤ横滑り角  $\alpha_f, \alpha_r$  は次の2つの式で定義される。

$$\alpha_f = \beta + \frac{l_f}{V}\gamma - \delta_f \dots \dots \dots (5)$$

$$\alpha_r = \beta - \frac{l_r}{V}\gamma \dots \dots \dots (6)$$

駆動用モータ出力  $P_m$  は車両重量  $m$ 、走行抵抗  $F_r$  および車両速度  $V$  によって以下のように表される。

$$P_m = F_x V = F_d V + F_r V \\ = m\dot{V}V + F_r V \dots \dots \dots (7)$$

走行抵抗  $F_r$  は転がり摩擦、空気抵抗  $F_{air}$ 、コーナリング抵抗  $F_{cr}$  などにより発生するが、本稿ではコーナリング抵抗  $F_{cr}$  のみを考慮する。本稿において低速での旋回を仮定しているため、空気抵抗  $F_{air}$  は無視できるからである。

$$F_r = F_{cr} + F_{air} + \mu mg \simeq F_{cr} \dots \dots \dots (8)$$

コーナリング抵抗  $F_{cr}$  は図2より以下の式で表せる。

$$F_{cr} = 2C_f\alpha_f^2 + 2C_r\alpha_r^2 \dots \dots \dots (9)$$

ここで、コーナリング抵抗  $F_{cr}$  と車体速度  $V$  の関係を求めるにあたり、車両の運動を定常円旋回に近似する。この時、タイヤ横滑り角  $\alpha_f, \alpha_r$  は式(3)、(4)により一意に定まる。定常状態における舵角  $\delta_f$ 、ヨーレート  $\dot{\gamma}$ 、車体横滑り角  $\beta$  は定常円旋回の半径  $R$  と車体速度  $V$  により以下のように表現される<sup>(8)</sup>。

$$\delta_f = (1 + AV^2) \frac{l}{R} \dots \dots \dots (10)$$

$$\dot{\gamma} = G_\delta^\gamma(0)\delta_f \dots \dots \dots (11)$$

$$\beta = G_\delta^\beta(0)\delta_f \dots \dots \dots (12)$$

ただし、 $G_\delta^\gamma(0)$ 、 $G_\delta^\beta(0)$  はそれぞれ舵角  $\delta_f$  からヨーレート  $\dot{\gamma}$  と横滑り角  $\beta$  への伝達関数  $G_\delta^\gamma(s)$ 、 $G_\delta^\beta(s)$  の定常値であり、以下のとおりである。

$$G_\delta^\gamma(0) = \frac{1}{1 + AV^2} \frac{V}{l} \dots \dots \dots (13)$$

$$G_\delta^\beta(0) = \frac{1 - \frac{ml_f}{2l_r C_r} V^2}{1 + AV^2} \frac{l_r}{l} \dots \dots \dots (14)$$

また、 $A$  はスタビリティファクタであり、次の式(15)で表される定数である。

$$A = -\frac{m}{2l^2} \frac{l_f C_f - l_r C_r}{C_f C_r} \dots \dots \dots (15)$$

式(11)、(12)を式(5)、(6)に代入すると、定常円旋回でのタイヤ横滑り角  $\alpha_f, \alpha_r$  は以下のように書ける。

$$\alpha_f = G_\delta^\beta(0)\delta_f + \frac{l_f}{V} G_\delta^\gamma(0)\delta_f - \delta_f \\ = \left( G_\delta^\beta(0) + \frac{l_f}{V} G_\delta^\gamma(0) - 1 \right) (1 + AV^2) \frac{l}{R} \dots \dots \dots (16)$$

$$\alpha_r = \left( G_\delta^\beta(0) - \frac{l_r}{V} G_\delta^\gamma(0) \right) (1 + AV^2) \frac{l}{R} \dots \dots \dots (17)$$

これを式(9)に代入すると、コーナリング抵抗  $F_{cr}$  は車体速度  $V$ 、旋回半径  $R$  によって以下のように表現される。

$$F_{cr} = 2C_f\alpha_f^2 + 2C_r\alpha_r^2 \\ = \left\{ 2C_f \left( \frac{ml_f}{2lC_r} + Al \right)^2 + 2 \left( \frac{ml_f}{2lC_r} \right) \right\} \frac{V^4}{R^2} \\ = \frac{m^2}{2l^2} \left( \frac{l_r^2}{C_f} + \frac{l_f^2}{C_r} \right) \frac{V^4}{R^2} \dots \dots \dots (18)$$

よって式(7)、式(18)より、機械出力  $P$  は以下ようになる。

$$P_m(V, \dot{V}) = m\dot{V}V + \frac{m^2}{2l^2} \left( \frac{l_r^2}{C_f} + \frac{l_f^2}{C_r} \right) \frac{V^5}{R^2} \dots \dots \dots (19)$$

〈3・2〉 モータ銅損モデル 本節では、モータ銅損モデルを導出する。モータ銅損は電流の二乗に比例して発生する。本稿で用いるモータは PMSM であり、 $i_d = 0$  のとき、トルク  $T$  は  $q$  軸電流に比例する。

$$P_c = R_a (i_{qfl}^2 + i_{qfr}^2) \dots\dots\dots (20)$$

$$i_q = \frac{T}{P_n \phi_a} = \frac{T}{K_t} \dots\dots\dots (21)$$

ここで、 $i_{qfl}$ 、 $i_{qfr}$  は左右のモータに流れる  $q$  軸電流である。左右のモータの定数は等しいとする。 $R_a$  は電機子巻線抵抗、 $P_n$  はモータの極対数、 $\phi_a$  は鎖交磁束、 $K_t$  はトルク定数である。駆動力は左右輪に均等配分し、以下の式で表される。

$$F_{xfl} = F_{xfr} = \frac{1}{2} (F_r + m\dot{V}) \dots\dots\dots (22)$$

また、モータのトルク  $T$  は次の式で表される。

$$T = J\dot{\omega}_i + rF_{xi} \dots\dots\dots (23)$$

ただし、 $J$  はタイヤのイナーシャ、 $\omega$  はタイヤの角速度、 $r$  はタイヤ半径である。タイヤのイナーシャ  $J$  は車両重量に比べて十分に小さいため本稿では無視する。以上よりモータ銅損は次式 (24) で表される。

$$P_c(V, \dot{V}) = \frac{R_a r^2}{2K_t^2} (F_r + m\dot{V})^2 \dots\dots\dots (24)$$

以上より、消費電力  $P$  は式 (7)、式 (18)、式 (19)、式 (24) より次の式 (25) になる。

$$P(V, \dot{V}) = \frac{m^2}{2l^2} \left( \frac{l_r^2}{C_f} + \frac{l_f^2}{C_r} \right) \frac{V^5}{R^2} + m\dot{V}V + \frac{R_a r^2}{2K_t^2} \left\{ \frac{m^2}{2l^2} \left( \frac{l_r^2}{C_f} + \frac{l_f^2}{C_r} \right) \frac{V^4}{R^2} + m\dot{V} \right\}^2 \dots\dots\dots (25)$$

式 (25) により、消費電力  $P$  が速度  $V$ 、加速度  $\dot{V}$ 、旋回半径  $R$  によって表現された。

#### 4. 目標軌跡と消費エネルギーを最小化する速度の時間関数

車両の軌跡は一定半径の半円と定める。制約条件として、旋回開始前及び終了後においても車両は初速のまま一定半径の旋回を続けているものとし、下記の条件を定める。

$$V(0) = V(t_e) = V_0 \dots\dots\dots (26)$$

$$\dot{\theta}(0) = \dot{\theta}(t_e) = \frac{\pi R}{V} \dots\dots\dots (27)$$

$$\beta(0) = \beta(t_e) = \frac{1 - \frac{ml_f}{2l_r C_r} V^2}{1 + AV^2} \frac{l_r}{R} \dots\dots\dots (28)$$

この車両の時刻  $t$  における座標及び向首角を  $(X(t), Y(t), \theta(t))$  と表現する。時刻  $t = 0$  における初期条件と時刻  $t = t_e$  における終端条件として以下の条件を定める。

$$(X(0), Y(0), \theta(0)) = (0, 0, 0) \dots\dots\dots (29)$$

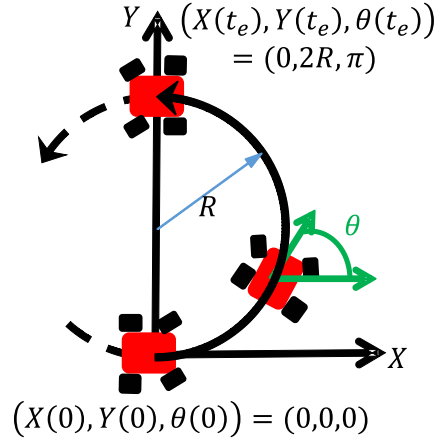


図3 目標軌跡  
Fig. 3. Target Trajectory.

$$(X(t_e), Y(t_e), \theta(t_e)) = (0, 2R, \pi) \dots\dots\dots (30)$$

これらの条件を図3に表す。

開始点から終点における消費エネルギーの最小化を行う。瞬間ごとの消費電力は式 (25) に表される。消費電力  $P$  は速度  $V$ 、加速度  $\dot{V}$  の関数である。消費エネルギー  $E$  を最小化する速度の時間関数  $V(t)$  を求める。消費エネルギー  $E$  は次の積分によって表される。

$$E = \int_0^{t_e} P(t, V(t), \dot{V}(t)) dt \dots\dots\dots (31)$$

消費エネルギー  $E$  の最小化は式 (31) の積分の変分問題となる。ただし、走行距離が下記のように一定となる等周問題である。

$$\int_0^{t_e} V(t) dt = \pi R \dots\dots\dots (32)$$

被積分関数  $J$  を次のように定義する。

$$J = P - \lambda V \dots\dots\dots (33)$$

ただし、 $\lambda$  はラグランジェの未定定数である。 $J$  をオイラーラグランジェ方程式に代入する。

$$\frac{\partial J}{\partial V} - \frac{d}{dt} \frac{\partial J}{\partial \dot{V}} = 0 \dots\dots\dots (34)$$

これを解くと次に表される速度の微分方程式となる。

$$m^2 \ddot{V} = 8CB^2 V^7 + 5BV^4 - \lambda \dots\dots\dots (35)$$

ただし、 $B, C$  はそれぞれ以下のとおりである。

$$B = \frac{m^2}{2l^2 R^2} \left( \frac{l_r^2}{C_f} + \frac{l_f^2}{C_r} \right) \dots\dots\dots (36)$$

$$C = \frac{R_a r^2}{2K_t^2} \dots\dots\dots (37)$$

以上より、この微分方程式 (35) を数値的に解くことで、あ

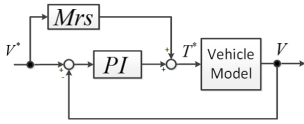


図4 ブロック線図  
Fig. 4. Block Diagram.

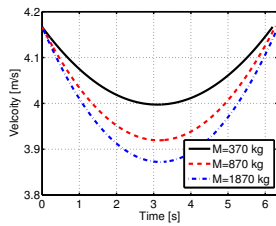


図5 最適速度パターン  
Fig. 5. Optimal Velocity pattern.

る終端時刻  $t_e$  が与えられた時の消費エネルギー  $E$  を最小化する速度の時間関数  $V(t)|_{t_e}$  が求まった。

さらに、消費エネルギー  $E|_{t_e}$  を最小化する  $t_e$  を黄金探索法によって求め、その解を  $t_{opt}$  とし、この  $t_{opt}$  をもって式 (35) を解いた解  $V(t)|_{t_{opt}}$  を  $V_{opt}(t)$  とする。

### 5. 車両の制御系設計

速度指令値  $V^*(t)$  を与える。車体の速度制御は速度の指令値の微分による加速度からフィードフォワードで与え、速度のフィードバック制御器をPI制御により設計した。PI制御は極配置法に従い、極を  $-1 \text{ rad/s}$  に配置した。車両の速度制御系のブロック線図を図4に示す。一方、前輪舵角指令値  $\delta_f^*$  は式 (10) によって一定速度と仮定した近似を行い、次のように定めた。

$$\delta_f^*(t) = \left\{ 1 + A(V^*(t))^2 \right\} \frac{l}{R} \dots \dots \dots (38)$$

前輪舵角はP制御による位置制御で自動操舵した。

### 6. シミュレーション

旋回半径  $R$  を  $8 \text{ m}$  とし、半周旋回する条件でシミュレーションを行った。初期及び終端速度を  $V_0 = 15 \text{ km/h}$  ( $4.16 \text{ m/s}$ ) とする。そこで、終端時刻  $t_e$  を変化させ終端時刻  $t_e$  ごとに最適化し、最適な終端時刻  $t_{opt}$  の場合と比較を行った。この際、車両のパラメータは表1に示す、第2章で述べた実験車両のものを利用する。この結果を図6に示す。

消費エネルギーは  $6 \text{ s}$  で旋回した場合と最適な時間関数  $V_{opt}$  で旋回した場合と比較すると、最適な速度の時間関数において  $4\%$  減少している。ただし、終端時刻は  $t_{opt} = 6.28 \text{ s}$  であり、最適積分時間  $t_{opt}$  は、初期速度から速度一定のもと旋回した場合の終端時刻に比べて、 $5\%$  ほど増加している。また、最適速度時間関数  $V_{opt}$  における最小速度は  $\min(V_{opt}) = 3.92 \text{ m/s}$  であり、初速  $V_0 = 4.17 \text{ m/s}$  に比べて  $6\%$  減少している。図6(h)より走行時間が増えるほど最高速度が減少するため式 (19) から機械出力が減少すること

が確認できる。一方、銅損は一定速度のとき最小をとり、加減速が大きいほど銅損が増加することが確認できる。

旋回中における車両の運動は、直進よりはるかに危険で細心の注意の必要がある。そこで、タイヤがどれだけスリップに近いかを示す負荷率によって、提案法における車両の運動を評価した。車輪と路面の水平面に働くあらゆる力の合力は、そのときの垂直荷重  $F_z$  に摩擦係数  $\mu$  をかけた値以上にはならず、合力ベクトルは半径  $\mu F_z$  の円内に留まる。この半径  $\mu F_z$  の円を摩擦円と呼び、負荷率  $\eta$  は各車輪の発生合力ベクトルの摩擦円使用率として以下のように定義される。

$$\eta = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{\mu_{\max} F_z} \dots \dots \dots (39)$$

一定速度走行と最適な速度時間関数における負荷率  $\eta$  の様子を図7と図8に示す。図7(a)と図8(a)、図7(b)と図8(b)の比較から最適な速度時間関数  $V_{opt}$  において、負荷率が減少していることがわかる。図7(c)と図8(c)、図7(d)と図8(d)の比較でも明らかな通り、速度が減少したことから、 $x$  方向においてはコーナリング抵抗が減少し、 $y$  方向においては遠心力が減少したことから合力ベクトルの大きさが減少したためだと考えられる。

本稿において、 $V_{opt}(t)$  は図6(a)において、加減速が少ないほぼ一定速度の関数となっている。そこで、車両のパラメータのうち質量のみを、シミュレーション上であえて  $M = 870 \text{ kg}$  から  $M = 1870 \text{ kg}$  および、 $M = 370 \text{ kg}$  に変化させシミュレーションを行った。その結果を図5に示す。質量を増加させると終端時刻は増加し、質量が  $M = 870 \text{ kg}$  の際の  $t_{opt}$  に対して大きくなる。一方、質量を  $M = 370 \text{ kg}$  に減少させると終端時刻は短くなり、その時間関数は一定速度走行により近づいた。

### 7. 実験

学内の電気自動車実験場において、第2章で述べた車両を用いて実験を行った。シミュレーションと同様、半径  $8 \text{ m}$ 、初期及び終端速度を  $V_0 = 15 \text{ km/h}$  の条件で実験を行った。また、旋回の時間  $t_e$  を  $5, 6, 7, 8 \text{ s}$  とした。数値計算から求めた、最適な旋回時間  $t_{opt}$  は  $6.28 \text{ s}$  であるが、この時の消費エネルギーは旋回時間  $t_e = 6$  のときと差が少ないため、 $t_e = 6$  で代用した。実験結果を図9に示す。図9(g)より、速度によらず軌跡が一致していることから公平な比較ができていたものと考えられる。各終端時刻  $t_e$  において7回の走行を行い、その平均と分散を図9(h)に示す。消費エネルギーはインバータ入力電流  $I_{dc}$  とインバータ入力電圧  $V_{dc}$  の積の積分で評価する。消費エネルギーは終端時刻  $t_e = 6 \text{ s}$  の時、最小となっているのが確認できる。

### 8. まとめ

本稿では、電気自動車のための航続距離延長のための旋回中の車両速度の時間関数の設計法を提案した。この設計法により、車両の経路が与えられた場合において、車両の速度の変化の仕方でも消費エネルギーが減少することを実験で

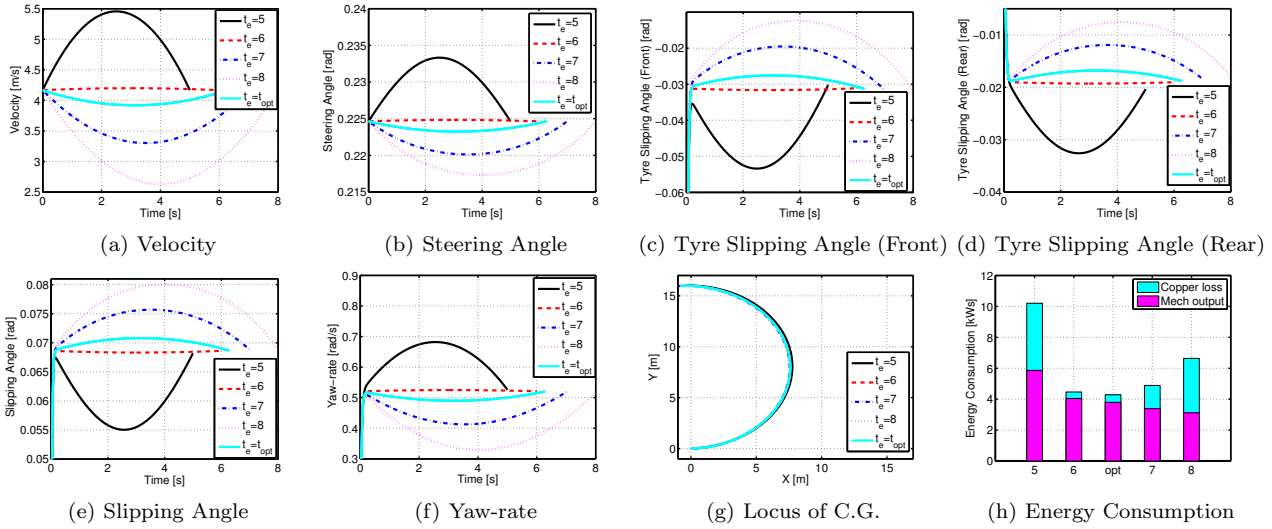


図 6 シミュレーション結果

Fig. 6. Simulation Result.

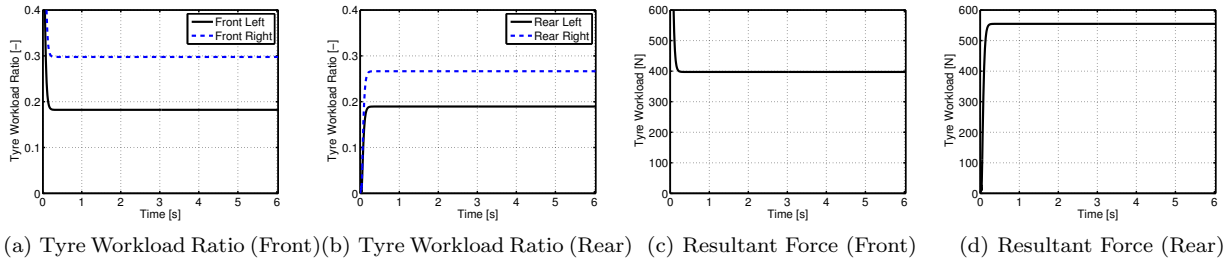


図 7 一定速度の負荷率

Fig. 7. Tyre Workload Ratio at Constant Velocity.

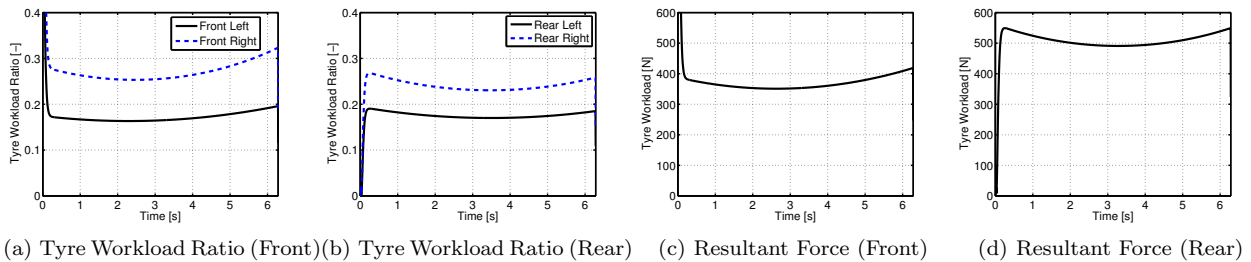


図 8 最適速度パターンの負荷率

Fig. 8. Tyre Workload Ratio at optimal velocity pattern.

示した。本稿で提案した手法は前輪のステアリングとモータを利用したものであるため、現在市販されている多くの電気自動車において適用可能である。今後の課題として、駆動力差モーメントなどを用いてより効果的な手法の開発が望まれること、円以外の軌跡においても速度の時間関数の設計を行う必要があることなどがあげられる。

## 謝 辞

最後に本研究の一部は NEDO 産業技術研究助成 (プロ

ジェクト ID:05A48701d), および文部科学省科学研究費補助金 (基盤研究 A 課題番号: 22246057) によって行われたことを付記する。

## 参考文献

- (1) Y. Hori: "Future vehicle driven by electricity and control — research on four-wheel-motored "UOT Electric March II"”, IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol.51, No.5, pp.954–962, (2004)

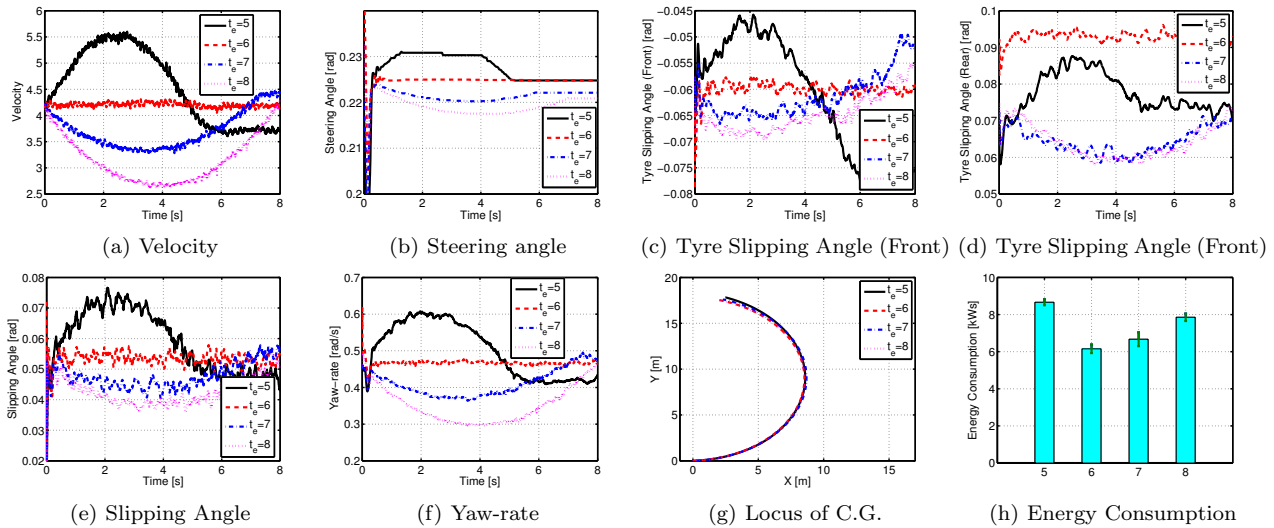


図9 実験結果

Fig. 9. Experimental Result.

- (2) M. Shino, T. Ohshima, M. Nagai: "Wheel Velocity Control of Micro-Scale Electric Vehicle for Improving Directional Stability", Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. Sect. C, Vol.70, No.694, pp.1680–1686, (2004)
- (3) H.Iwano, N. Masaki, A.Taira, T.Kamada: "Vehicle Dynamics Management of Electric Vehicle Based on Tire Force Usage : 2nd Report, Electric Vehicle Examination of Tire Force Usage Control for In Wheel Motors Mechanical Systems)", Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. Sect. C, Vol.74, No.745, pp.2214–2220, (2008)
- (4) H. Imanishi, Y. Takagi, T. Wakisakka : "An Acceleration Control Algorithm for an Electric Motor Driven Vehicle in Consideration of the Reduction of Energy Consumption", Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. Sect. C, Vol.68, No.669, pp.1512–1517, (2001)
- (5) H. Fujimoto, S. Egami, J. Sato, K. Handa: "Range Extension Control System for Electric Vehicle Based on Searching Algorithm of Optimal Front and Rear Driving Force Distribution", in Proc. 38th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society , Montreal, Canada. pp.4244–4249, (2012)
- (6) H. Sumiya, H. Fujimoto: "Distribution Method of Front/Rear Wheel Side?Slip Angles and Left/Right Motor Torques for Range Extension Control System of Electric Vehicle on Curving Road", in Proc. 1st International Electric Vehicle Technology Conference (2011)
- (7) N. Hiraga, M. Yamakado, Y. Kano: "Evaluation of G-Vectoring Control by Tire Energy Consumption", Transactions of JSAE, Vol 43, No.6, pp.1307–1312,(2012)
- (8) M. Abe: "Automotive Vehicle Dynamics", Sankaido (2003)