信号機情報を利用した混合整数計画法によるモデル予測型省燃費走行制御

向井正和*・青木 博**・川邊武俊***

Model Predictive Control for Ecological Driving Using Mixed Integer Programming Based on Traffic Signal Information

Masakazu MUKAI*, Hiroshi AOKI** and Taketoshi KAWABE***

This paper considers model predictive control for ecological driving based on the traffic signal information. In the control problem it is assumed that the traffic signal information can be obtained for the prediction horizon. The control problem is formulated as a mixed integer programming problem. The computer simulation is carried out to show the effectiveness of the proposed control algorithm. In the simulation the energy consumption is reduced more than 15% in comparison with the driver mimic control which does not use traffic signal information.

Key Words: model predictive control, traffic control, traffic signal, mixed integer programming

1. はじめに

自動車などの運輸部門における二酸化炭素の排出量は、全体の2割近くを占めており¹⁾、自動車の省エネルギー化、排出ガス削減が求められている。一方、交通信号機は交通安全のために必要不可欠なものであるが、交通信号機での停止や信号機の動作に伴う頻繁な加減速は燃費の悪化・排気ガスの増加につながる。近年 ITS (Intelligent Transportation System: 高度道路交通システム) 技術の高度化に伴い、センサーや基地局などを利用した車-車間通信、路-車間通信により、信号機の現示情報や道路の勾配情報などの道路交通情報の取得が可能となっている²⁾。このような背景から、交通信号機情報を事前に入手し、得られた情報から適切な走行制御を行えばより燃費の良い走行が実現可能と考えられる。

文献3)では、道路に設置されたセンサーから交通流情報を取得し、管理センターで取得情報を解析して道路走行に最適な速度を車両に送信することで、燃費向上と二酸化炭素排出量の削減を達成している。文献4)では、道路勾配を考慮したエ

コドライビングを提案し、燃費向上を達成している。文献5)においても、同様に道路勾配を考慮したモデル予測制御を提案し、燃費を向上させている。モデル予測制御は、道路状況の予測に基づいた制御ができるため、燃費向上の効果が期待できる。一方、交通信号機情報を利用した運転支援の研究^{6),7)}では、それぞれ単独走行車両に対して燃費改善の効果が報告されている。しかし、文献6)では赤信号をなるべく早く通過するという点を念頭に制御則が与えられており、燃費の最適化という点では改善の余地がある。文献7)では燃費を最適化するという点については満足しているが、厳密な交差点の大きさを考慮できず、設計によっては赤信号でも交差点に車両が残る可能性がある。交差点の大きさを厳密に考慮して最適な省燃費制御を行なうという点に難しさがあるといえる。

本論文では、交通信号機情報を利用したモデル予測制御型省燃費走行制御を提案する。Fig.1の複数台の交通信号機が存在する単路における1台の車両の走行制御を考える。交通信号機情報と交差点の位置を事前に取得して、評価区間内の車両状態を予測し、これらを用いた混合整数計画問題を解くことで、最適な制御入力を求める。提案手法は、信号機の位置と現示の情報を用いて拘束条件を適切に設定することで、交差点の大きさを陽に考慮した最適な省燃費走行を可能とする。

Fig.1 Problem setup

* 工学院大学工学部 東京都新宿区西新宿 1-24-2

** 日産自動車(株)電子技術・システム技術開発本部
厚木市森の里青山 1-1

*** 九州大学大学院システム情報科学研究院 福岡市西区元岡 744
* Faculty of Engineering, Kogakuin University, 1-24-2
Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

** Department EE and Systems Engineering Division, Nissan Motor Co., Ltd., 1-1 Morinosatoaoyama, Atsugi

*** Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, 744 Motoooka, Nishi-ku, Fukuoka

(Received July 10, 2015)

(Revised October 12, 2015)

単独走行車両の制御を考えることで、提案する交差点の大きさを厳密に考慮した省燃費制御法の効果を明らかにする．計算機シミュレーションにより、提案手法による走行と一般的なドライバーの運転を模擬した走行とを比較し、提案手法の有効性を確認する．

まず、制御対象のモデルとして車両モデルと交通信号機のモデルを示す．つぎに交差点の大きさを陽に考慮するための信号機に関する拘束条件を提案する．つづいてモデル予測制御問題を定式化する．提案手法による走行制御の燃費向上効果の確認として、計算機シミュレーションを行なう．

2. 制御対象のモデル

2.1 車両モデル

車両の運動をつぎの状態方程式で表わす．

$$\begin{aligned}\dot{s}_h(t) &= A_c s_h(t) + B_c u_h(t) \\ s_h(t) &= \begin{bmatrix} x_h(t) & v_h(t) \end{bmatrix}^T, \\ A_c &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, B_c = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}\end{aligned}\quad (1)$$

制御対象である車両の状態量は位置 x_h [m] および速度 v_h [m/s] とし、制御入力に加速度換算の駆動力または制動力 u_h [m/s²] とする．(1) 式をサンプリング間隔 Δt [s] で離散化した以下の式を制御対象のモデルとする．

$$\begin{aligned}s_h[k+1] &= A_d s_h[k] + B_d u_h[k] \\ s_h[k] &= \begin{bmatrix} x_h[k] & v_h[k] \end{bmatrix}^T \\ A_d &= e^{A_c \Delta t}, B_d = \int_0^{\Delta t} e^{A_c \tau} d\tau B_c\end{aligned}\quad (2)$$

2.2 交通信号機動作モデル

交通信号機は以下の 3 つのパラメータにより動作を行なう⁸⁾．動作の概略図を Fig. 2(a) に示す．

Fig. 2 Traffic signal model

- ・サイクル長：信号機の現示変化の周期時間
- ・スプリット：青現示時間のサイクル長に対する割合
- ・オフセット：隣接信号機との青現示時間開始タイミングのずれ

交通信号機が赤現示の場合、交通信号機によって進入禁止となる区間を設ける (Fig. 2(b))．これは実際の道路でいえば交差点の長さを表わすものである．ここで、 i を交通信号機のインデックスとし、 i 番目信号機の区間の開始位置を x_{in}^i 、終了位置を x_{out}^i とする．

制御車両はこのような動作を行なう交通信号機から、最適制御問題の評価区間分の交通信号機の現示情報を毎時刻取得可能であると仮定する．この際受け取る現示情報は、次式の 0-1 変数とする．

$$\delta_1^i[k] = \begin{cases} 0 & \text{if 現示が赤} \\ 1 & \text{if 現示が青} \end{cases} \quad (4)$$

ここで黄色現示は赤現示とみなして情報を受け取ることとする．

3. モデル予測制御

3.1 評価関数

有限時間最適制御問題のステップ k での評価関数は

$$\begin{aligned}J[k] &= \frac{1}{2} q (v_h[k|N] - v^*)^2 \\ &+ \sum_{k'=0}^{N-1} \frac{1}{2} \left(q (v_h[k|k'] - v^*)^2 + r u_h^2[k'] \right)\end{aligned}\quad (5)$$

とする．ここで、 q, r は各項の重みを表わす係数、 v^* [m/s] は最適燃費速度である． $v_h[k|k']$ という表記は、時刻 k における k' ステップ先の予測値を表わす．評価関数の第 1 項は最適燃費速度 v^* に保って走行する項、第 2 項は駆動力または制動力 u をなるべく抑える項を表わす．ここで、最適燃費速度とは定地走行時に最も燃費が良くなる速度である．

3.2 状態と入力に関する拘束条件

車両の速度、制動力または駆動力に関する拘束条件は以下の式により与える．

$$\begin{aligned}u_{min} &\leq u_h[k'] \leq u_{max}, k' = 0, \dots, N-1 \\ v_{min} &\leq v_h[k|k'] \leq v_{max}, k' = 0, \dots, N\end{aligned}\quad (6)$$

ここで、 u_{min}, u_{max} はそれぞれ制動力または駆動力の最小値、最大値、 v_{min}, v_{max} はそれぞれ速度の最小値、最大値を表わす．

3.3 信号機に関する拘束条件

交通信号機に対する車両の位置に関する条件をつぎの式のように構成する．この拘束条件を与えることで、交差点の大きさを考慮して信号機に停止するか否かを制御することができる．

$$\begin{cases} x_h[k|k'] \leq x_{in}^i + M \delta_1^i[k'] + M \delta_2^i[k|k'] \\ x_h[k|k'] \geq x_{out}^i - M \delta_1^i[k'] - M(1 - \delta_2^i[k|k']) \end{cases} \quad k' = 0, \dots, N \quad (7)$$

ここで、 M は非常に大きな正の定数 ($M \gg x_{in}, x_{out}$ であり状態量の取りうる値よりも大きい定数), δ_2^i は i 番目交通信号機と車両との位置関係を表わす 0-1 変数であり, つぎのような意味をもつ.

$$\delta_2^i[k|k'] = \begin{cases} 0 & \text{if } i \text{ 番目交通信号機通過前} \\ 1 & \text{if } i \text{ 番目交通信号機通過後} \end{cases} \quad (8)$$

拘束条件 (7) は, i 番目交通信号機に対して, 青現示の場合は拘束条件が意味のないものとし, 赤現示の場合は交通信号機による進入禁止区域を設ける OR 条件となっている. また δ_2^i は, 評価区間中でいつ i 番目交通信号機を通過するかを示す変数であり, 通過後は i 番目交通信号機に対する拘束条件が意味のないものとなる. この拘束条件の詳細を 3 つのケースに分けて説明する. ただし, 以降の説明では (7) 式の右辺が $2M$ となる場合も大きな M として置いて説明している.

Fig. 3 Case 1 に示すように, i 番目交通信号機が青現示の場合 ($\delta_1^i[k'] = 1$) を考える. このとき拘束条件 (7) 式は次式となる.

Case 1: $\delta_1^i[k'] = 1$

$$\begin{cases} \text{No constraint} \\ x_h[k|k'] \leq M \\ x_h[k|k'] \geq -M \end{cases}$$

Case 2: $\delta_1^i[k'] = 0$

Can not enter prohibited region

$$\begin{cases} x_h[k|k'] \leq x_{in}^i \\ x_h[k|k'] \geq -M \end{cases}$$

Case 3: $\delta_1^i[k'] < l_1 = 0, \delta_1^i[k'] \geq l_1 = 0$

$$k' = 0, \dots, l_1 - 1$$

$$\begin{cases} \delta_2^i[k|k'] = 0 \\ x_h[k|k'] \leq M \\ x_h[k|k'] \geq -M \end{cases}$$

$$\begin{cases} \delta_2^i[k|k'] = 1(k > l_2) \\ x_h[k|k'] \leq M \\ x_h[k|k'] \geq -M \end{cases}$$

$$k' = l_1, \dots, N$$

$$\begin{cases} \delta_2^i[k|k'] = 0 \\ x_h[k|k'] \leq M \\ x_h[k|k'] \geq x_{out}^i \end{cases}$$

$$\begin{cases} \delta_2^i[k|k'] = 1(k > l_2) \\ x_h[k|k'] \leq M \\ x_h[k|k'] \geq x_{out}^i \end{cases}$$

Fig. 3 Schematic image of constraints for traffic signals

$$\begin{cases} x_h[k|k'] \leq M \\ x_h[k|k'] \geq -M \end{cases} \quad (9)$$

$\delta_1^i[k'] = 1$ であることより, $M\delta_1^i = M$ となり, 拘束条件 (7) 式の右辺は両式とも $\delta_2^i, x_{in}^i, x_{out}^i$ に無関係に M による式となる. すなわち, この不等式は交通信号機による拘束条件がないことを示す. つぎに Fig. 3 Case 2 に示される通過前の i 番目交通信号機が赤現示の場合 ($\delta_1^i[k'] = 0, \delta_2^i[k|k'] = 0$) を考える. このとき, 拘束条件 (7) 式は次式となる.

$$\begin{cases} x_h[k|k'] \leq x_{in}^i \\ x_h[k|k'] \geq -M \end{cases} \quad (10)$$

$x_h[k|k'] \leq x_{in}^i$ であることより, これは i 番目交通信号機を通過できないことを示す不等式となっている. 最後に Fig. 3 Case 3 に示される i 番目交通信号機が $k' = l_1$ で青現示から赤現示に切り替わる場合を考える. このとき拘束条件は交通信号機の通過の有無で切り替わる形となる. たとえば, $k' = l_2 (< l_1)$ で i 番目交通信号機を通過するとしたとき ($\delta_2^i[k|k'] = 1 (k' > l_2)$), 拘束条件 (7) 式は次式となる.

$$\begin{cases} x_h[k|k'] \leq M \\ x_h[k|k'] \geq -M \end{cases} \quad (k' = 0, \dots, l_1 - 1),$$

$$\begin{cases} x_h[k|k'] \leq M \\ x_h[k|k'] \geq x_{out}^i \end{cases} \quad (k' = l_1, \dots, N) \quad (11)$$

これは i 番目交通信号機が $k' = l_1$ で赤現示に切り替わる前に通過をしなければならないという拘束条件となる. 今度は, 評価区間中に i 番目交通信号機を通過しないとしたとき ($\delta_2^i[k'] = 0$), 拘束条件 (7) 式は次式となる.

$$\begin{cases} x_h[k|k'] \leq M \\ x_h[k|k'] \geq -M \end{cases} \quad (k' = 0, \dots, l_1 - 1),$$

$$\begin{cases} x_h[k|k'] \leq x_{in}^i \\ x_h[k|k'] \geq -M \end{cases} \quad (k' = l_1, \dots, N) \quad (12)$$

1 つ目の不等式が青現示と同様であり拘束条件がないことを示すが, 2 つ目の不等式で $x[k|k'] \leq x_{in}^i$ より, 評価区間中は i 番目交通信号機を通過しないことを表わす拘束条件となっている. このように, 評価区間中でいつ交通信号機を通過させるかを表わす δ_2^i は拘束条件に関係しており評価関数の最適化に影響するため, δ_2^i は最適制御問題における最適化変数の 1 つとなる. また考慮する信号機が増えていくと, その数だけ拘束条件 (7) 式が増えることに注意する.

3.4 モデル予測制御問題

前述の評価関数と拘束条件を用いて, 時間ステップ k でつぎの最適制御問題を考える.

$$\min_{u_h, \Delta_2} J[k] \quad (13)$$

subject to (2) 式, (6) 式, (7) 式

この最小化問題に対して, 車両モデル (2) 式を用いて, 任意の時刻の状態を入力列で表わす変形を行なうと, u_h と δ_2 の

0 から T ステップまでの列 (それぞれ U_h, Δ_2) が最適化変数となる。ただし, Δ_2 は入力列が決まると状態から定まる変数であるので, 陽には制御に用いない。最小化問題 (13) は, Δ_2 が 0-1 変数であるため 0-1 変数を含んだ混合整数計画問題となる。

各ステップで, 現時刻の状態量 s_h , 信号機の位置と信号機の N ステップ先までの現示情報 δ_1 を取得し, 上記の最小化問題を解き, 最適制御入力列 U_h の最初のステップだけをシステムに適用する。またつぎのステップ $k+1$ で, 状態と信号機の位置・現示情報を取得し最適制御を計算し, 最適制御の最初の部分を適用する。これを各ステップで繰り返すという制御アルゴリズムで, モデル予測制御を構成する。

4. 計算機シミュレーション

計算機シミュレーションにより, 一般的な車両動作モデルと比較した場合の提案手法による走行制御の動作と, 燃費向上効果について検証を行なう。ここで, 走行する道路は現実の車道を想定した道路環境を直線近似し模擬したものとする。

4.1 燃料消費の計算式

燃料消費の計算は, 自動車のエンジン性能に準じたものとし, エンジン性能線図を用いて作成する。ここでは文献 9) の排気量 1.5L のコンパクトカーを想定したエンジン性能線図を用いる (Fig. 4)。Fig. 4 中の燃費最適動作線は, 等出力線と等効率曲線の接点による軌跡であり, 対応するエンジン出力を出すのに必要な燃料が最も少なくなる動作点を表わす。制御対象車両の動作点は常に燃費最適動作線上であることを仮定し, エンジン効率 η とエンジン出力 P [W] を 1 対 1 に対応づける。

まずエンジン効率 η とエンジン出力 P [W] の関係を, 多項式近似により次式で表わす (Fig. 5)。

$$\eta = \alpha_0 + \alpha_1 P + \alpha_2 P^2 + \alpha_3 P^3 + \alpha_4 P^4 + \alpha_5 P^5 + \alpha_6 P^6 \quad (14)$$

ここで, それぞれの係数は $\alpha_0 = 0.137$, $\alpha_1 = 3.44 \times 10^{-5}$, $\alpha_2 = -3.13 \times 10^{-9}$, $\alpha_3 = 1.41 \times 10^{-13}$, $\alpha_4 = -3.28 \times 10^{-18}$,

$\alpha_5 = 3.71 \times 10^{-23}$, $\alpha_6 = -1.62 \times 10^{-28}$ である。

一方, エンジン出力 P [W] は次式で表わせるとする。

$$P = (F_d + m\dot{v}(t))v(t) + P_c \quad (15)$$

ここで F_d は走行抵抗, P_c は油圧ポンプや発電機などの補機を動かすために必要なパワーを表わす定数である。ただし, このエンジン出力 (15) 式はアクセル操作がされているときのみ与えられるとする。

つぎに単位時間当たりの燃料消費量 W [L/s] を次式で与える。

$$W = \frac{P}{\eta H_u} \quad (16)$$

ここで H_u [J/L] は燃料の発熱量である。さらに燃費 $fuel$ [m/L] を次式により与える。

$$fuel = \frac{\int x(t)dt}{\int Wdt} \quad (17)$$

以上 (14)~(17) 式より, 位置 $x(t)$ ・速度 $v(t)$ ・加速度 $\dot{v}(t)$ の走行パターンから燃費を算出することができる。

シミュレーションで用いる燃料消費モデルの各パラメータ値は, 車両質量 $m = 1400$ kg, $P_c = 845.8$ W, $H_u = 34.5$ J/L とする。

上記の燃料消費計算式を用いたとき, 定地走行時の速度と燃費の関係は Fig. 6 のようになる。Fig. 6 に示されるように, 定地走行速度と燃費の関係は最小値をもつ関数となる。この燃費が最大となる速度が燃費最適速度である。今回の燃料消費の計算では, 燃費最適速度 v^* は, 13.5 m/s (時速 48.7 km/h) となる。

4.2 シミュレーション設定

提案手法で用いる各パラメータは, サンプリング時間 $\Delta t = 0.1$ s, 車両速度の最大値 $v_{max} = 60$ km/h, 車両速度の最小値 $v_{min} = 0$ km/h, 制御入力の最大値 $u_{max} = 3.0$ m/s², 制御入力の最小値 $u_{min} = -3.0$ m/s², 正の整数 $M = 10^5$ と

Fig. 4 Engine characteristic map

Fig. 5 Power-efficiency curve

Fig. 6 Velocity-fuel efficiency curve

Fig. 7 Positions of traffic signals and signal patterns

した。また、モデル予測制御の設計パラメータは調整を行ない、それぞれ、 $N = 22$, $q = 1$, $r = 70$ とした。

日本の福岡県の実在の道路を想定し、勾配を無視して形状を直線道路に近似して用いる。交通信号機のパターンは、実際に信号機の現示を計測して求めた。Fig. 7 にこれらの信号機の動作を示す。想定する道路の開始位置を原点とし、縦軸が位置、横軸が時間を表わす。図中の横軸に平行な線分は、交通信号機の赤現示区間を表わしている。2本の同じ長さの平行線の間が、交差点の長さを表わす。

比較として用いる一般的な車両動作モデルは、つぎの動作を行なうとする。

- ・前方にある交通信号機を確認し、青現示の間は定地速度走行を行ない、黄色現示となった際に停止可能な距離ならば停止動作を行ない、停止が困難な場合は赤現示となる前に加速して信号機を通過する。

- ・赤現示で停止中、青現示になったのを確認したら、定地速度まで加速して通過する。

ただし、停止可能距離は、次式で表わされる距離よりも長い距離とする。

$$\tau v + \frac{v^2}{2d} \quad (18)$$

Fig. 8 Simulation results (driving patterns)

ここで τ は運転者の反応時間、 d は平均減速度である⁹⁾。このシミュレーションでは、 $\tau = 1.0$, $d = 2.0$, 加減速時の加速度は $\pm 2.0 \text{ m/s}^2$ とする。また定地速度走行を行なう際は、設定した定地速度を目標値とする比例制御を行なう。ここでは、目標速度を燃費最適速度である 13.5 m/s とする。

4.3 シミュレーション結果

提案手法による走行制御を用いた結果と、一般的なドライバーの運転モデルによる結果を Fig. 8 に示す。Fig. 8 の速度パターン、加速度パターンをみるとわかるように、提案手法による走行制御を用いた場合には、一般的なドライバーの運転モデルと比べて緩やかなアクセル操作が達成できていることがわかる。また、赤信号のときに交差点に入っていないことも確認できる。

Fig. 9, Fig. 10 に特徴的な時間について拡大して示す。Fig. 9 の 60~180 s 区間では、事前に減速を行なうことで信号機での停止時間減少を行なっていることがわかる。同様の効果が、320~460 s 区間、550~660 s 区間でも確認できる。一方、Fig. 10 の 240~340 s 区間では、交通信号機前で加速を抑え、不必要なブレーキ操作を抑えていることがわかる。同じ効果が 480~560 s の区間でも得られている。信号機情報を用いることで、上記のような運転が達成でき、燃料消費を抑えた走行が可能となっている。

燃費改善効果の検証として、提案手法による走行制御を用いた場合と、一般的なドライバーの運転モデルによる場合で、それぞれ道路上の制御開始時刻と初期位置をランダムに変化させた際の燃費の結果を Fig. 11 に示す。ここで燃費の値は、

Fig. 9 Enlarged view of simulation results (60–180 sec)

Fig. 10 Enlarged view of simulation results (240–340 sec)

6000 m 通過地点での燃費を与えている。Fig. 11 に示すように、提案手法による走行制御を用いた場合は、一般的なドライバーの運転モデルと比べて、燃費が良いほうに分布が広がり、平均で約 15% の燃費向上効果を達成できていることがわかる。各ステップでの計算時間は、CPU Core-i5 3.2 GHz、メモリ 2 GB の PC を使用した場合で、平均で 0.24 s であった。

Fig. 11 Fuel efficiency comparison of proposed method and normal driver model

5. おわりに

本論文では、制御車両が交通信号機の情報を使用できると仮定し、その情報を用いた省燃費運転制御をモデル予測制御法で構成した。計算機シミュレーションで、実際の道路を模擬した設定において、通常の運転を想定した場合に比べて 15% の省燃費効果があり有効であることを確認した。交通信号機の情報を用いることで、省燃費運転が達成できることを示した。本論文では、制御車両が単独で走行する場合を考えて提案手法の有効性を示すことができたが、通常の走行では前方車両挙動に合わせて走行せねばならない。そのため今後は提案手法を前方車両挙動を考慮した場合に拡張したい。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 15K18093 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 環境省：図で見る環境白書平成 27 年度版 (2015)
- 2) (一財) 省エネルギーセンター：LET'S スマートドライブ, <http://www.eccj.or.jp/drive/08/img/smartdrive2008.pdf>
- 3) M. Barth and K. Boriboonsomsin: Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system, *Transportation Research Part D*, **14**-6, 400/410 (2009)
- 4) E. Hellstrom, M. Ivarsson, J. Åslund and L. Nielsen: Look-ahead control for heavy trucks to minimize trip time and fuel consumption, *Control Engineering Practice*, **17**-2, 245/254 (2009)
- 5) M.A.S. Kamal, M. Mukai, J. Murata and T. Kawabe: Ecological vehicle control on roads with up-down slopes, *IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems*, **12**-3, 783/794 (2011)
- 6) B. Asadi and A. Vahidi: Utilizing upcoming traffic signal information for improving fuel economy and reducing trip time, *IEEE Trans. on Control Systems Technology*, **19**-3, 707/714 (2011)
- 7) D. Yamaguchi, M.A.S. Kamal, M. Mukai and T. Kawabe: Model predictive control for automobile ecological driving using traffic signal information, *Journal of System Design and Dynamics*, **6**-3, 297/309 (2012)

- 8) 久保田, 高橋, 大口: 読んで学ぶ交通工学・交通計画, 理工図書 (2010)
- 9) 黒木, 向井, 川邊, カマル: エンジン性能線図に基づくモデル予測制御を用いた自動車の省燃費走行の研究, 第 28 回 SICE 九州支部学術講演会, 29/30 (2009)

.....

[著 者 紹 介]

向 井 正 和 (正会員)

2002 年金沢大学大学院自然科学研究科博士前期課程修了, 2005 年同博士後期課程修了, 博士 (工学). 同年九州大学大学院システム情報科学研究院助手, 2007 年より同助教, 2014 年より工学院大学工学部電気システム工学科准教授. 現在に至る. モデル予測制御および自動車制御の研究に従事. システム制御情報学会, 電気学会, IEEE の会員.

青 木 博

2015 年九州大学大学院システム情報科学研究院修士課程修了. 同年日産自動車 (株) 入社. 自動車の研究開発に従事.

川 邊 武 俊 (正会員)

1984 年早稲田大学大学院理工学研究科物理学および応用物理学専攻修了. 同年日産自動車 (株) 入社総合研究所電子情報研究所. 92, 93 年東京大学大学院工学系研究科計数工学専攻大学院研究生. 94 年東京大学大学院工学系研究科より博士号取得. 2005 年日産自動車 (株) を退社. 九州大学大学院システム情報科学研究院教授就任. 現在に至る. 計測制御エンジニア. 自動車の制御研究に従事. 日本機械学会, 電気学会, 自動車技術会, IEEE の会員.

.....