

ドライバの注視行動を利用した視線計測システムの自動校正*

山城 賢二[†] 高橋 友和^{†,††} 井手 一郎[†] 村瀬 洋[†]
樋口 和則^{†††} 内藤 貴志^{†††}

Automatic Calibration of an In-vehicle Gaze Tracking System
Using the Driver's Gaze Behavior*

Kenji YAMASHIRO[†], Tomokazu TAKAHASHI^{†,††}, Ichiro IDE[†],
Hiroshi MURASE[†], Kazunori HIGUCHI^{†††}, and Takashi NAITO^{†††}

あらまし 交通事故の原因として脇見運転や安全不確認などがあり、これらを防ぐためにドライバの視線方向を利用する研究が多く報告されている。正しい視線計測を行うには視線計測システムの校正作業が必要である。一般的な校正作業の問題点として、視線計測前に指定された点を注視しなければならないため、ユーザに負担がかかる点がある。本論文では運転中に視線計測システムの自動校正を行う手法を提案する。ドライバの自然な注視行動に注目し、サイドミラーやルームミラーの位置を校正の際の基準点とする。具体的には、車線変更時の視線分布を用いてEMアルゴリズムによりミラー注視時の視線方向を推定し、その情報を用いて校正を行う。本研究の特徴は、従来では運転開始前に行う必要があった手間のかかる校正作業を省き、運転中にドライバに意識させることなく自動校正することである。一般道走行時の視線データを用いて実験を行い、提案手法の有効性を確認した。

キーワード 自動キャリブレーション、視線計測システム、ドライバ、注視行動

1. まえがき

平成 19 年の交通事故による死者は 6 千人を割り減少傾向にある。しかし、発生件数は約 83 万件、死傷者数は約 104 万件であり依然として多い [1]。交通事故の原因として、脇見運転や安全不確認などがある。これらはドライバの視線方向に応じて警告することで防ぐことが可能と考えられる。具体的な例としては、信号や横断者などの車外のものを見逃している場合にドライバに危険を知らせる警告をしたり、ドライバが右左折や車線変更時にミラーを確認していない場合に警

告をしたりすることで、事故を未然に防ぐことなどが挙げられる。そのため、ドライバの視線計測を行うことは安全運転支援に必須である。

正しい視線計測を行うには視線計測システムの校正作業が必要である。この校正作業は、システムが算出した視線と、実際の視線との間に存在するずれを修正するために行う。ずれが発生するのは、眼球形状や顔特徴などの個人差が視線計測へ影響を与えるためである。また、同じユーザでも照明や姿勢変化などが、視線計測時の画像処理へ影響を与えるためにずれが生じる。一般的な校正作業は、指定された複数の基準点を順次注視し、得られた視線と実際の注視位置の関係から校正用パラメータを算出することにより実現される。しかし、指定された点を順次注視することはユーザにとって非常にわずらわしい作業である。また、視線計測前に校正作業を行わなければならない。ドライバの運転支援について考えた場合、運転開始前に視線計測システムの校正作業を毎回行うのは現実的ではない。

そこで、本論文ではドライバの注視行動に注目し、運転中に視線計測システムを自動校正する手法を提案

[†] 名古屋大学大学院情報科学研究科, 名古屋市
Graduate School of Information Science, Nagoya University,
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, 464-8601 Japan

^{††} 岐阜聖徳学園大学経済情報学部, 岐阜市
Faculty of Economics and Information, Gifu Shotoku
Gakuen University, 1-38 Nakauzura, Gifu-shi, 500-8288
Japan

^{†††} (株) 豊田中央研究所, 愛知県
Toyota Central Research & Development Laboratories, Inc.,
41-1 Aza Yokomichi, Oaza Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-
gun, Aichi-ken, 480-1192 Japan

* 本論文は第 12 回画像の認識・理解シンポジウム推薦論文である。

する．具体的には，ルームミラーと右サイドミラーを校正の際の基準点とし，車線変更時のドライバの視線分布からミラー注視時の視線方向を推定することにより校正を行う．提案手法では校正を絶えず行うことで，特に車の乗り始めやシート位置を変更した場合に対して，人手で特別な校正作業を行うことなく，何回かの車線変更を行ううちに，自動的に校正を実現することを目的とする．また，提案手法は，運転時の姿勢変化などにも対応可能である．本研究の特徴は，従来では運転開始前に行う必要があった手間のかかる校正作業を省き，運転中にドライバに意識させることなく自動校正することである．

以降，2. では本研究に関連する研究について述べる．3. では提案手法の手順について説明する．4. では一般道を走行した際のドライバの視線データを用いた実験の結果から，提案手法の有効性を評価する．5. では本研究のまとめと今後の課題について述べる．

2. 視線計測システムの校正作業に関する研究

通常，視線計測システムの校正には位置を既知とする3～20点の固定基準点を順次注視する作業が必要である．しかし，複数の基準点を順次注視し続けることはユーザにとって非常に負担がかかる作業である．そのため，視線計測システムの校正作業の簡略化を目指す研究がある．

その一つとして，校正時に注視する基準点の数を減らす研究がある．大野らは眼球形状モデルを用いて視線計測誤差を補正することにより，最低2点の固定基準点による校正作業を実現する視線測定システムFreeGazeを試作している[2]．

また，移動する基準点を使用した校正手法に関する研究もある[3]．固定した点を注視させるよりも，ユーザにとってより自然な移動する点を注視させることによって，ユーザへの負担の軽減を図っている．この研究では，ディスプレイ上に移動する点を表示し，その点を継続的に注視させることで，点と視線の間の関係を複数組測定する．その関係を用いて校正を行い，複数の固定基準点を用いた場合よりも高精度な校正を実現している．

しかしながら，これらの研究では指定された点を見ることにより校正を行うため，ユーザに少なからず負担がかかる．また，運転中に指定された点を見ることは困難かつ危険であるため，運転開始前に校正作業を

行う必要がある．しかし，運転開始前に毎回校正作業を行うことは現実的ではない．更にこれらの手法はいずれもユーザの頭部位置が固定されている場合にのみ利用可能な手法である．しかし，ドライバの視線計測を考えた場合，ドライバの交代や姿勢変化によって頭部位置が変化する．以上の理由により，従来提案されてきた一般的な校正作業はドライバの視線計測システムには向かない．

そこで本研究ではドライバの自然な注視行動に注目し，運転中に視線計測システムの自動校正を行う．

3. ドライバの注視行動に基づく視線計測システムの自動校正

3.1 手法概要

本研究では，ドライバの注視行動に注目し，視線計測システムの自動校正を行う手法を提案する．ルームミラーと右サイドミラーを位置が既知である基準点とし，車線変更時の視線データからルームミラー，右サイドミラー注視時の視線方向を推定することにより校正を行う．

提案手法が想定する状況，目的について述べる．視線を計測する場合，従来は運転開始前に運転計測システムの校正が行われていた．提案手法では，校正されていない視線計測システムによって得られるドライバの視線データを入力とする．得られる視線データは水平方向の視線角度，垂直方向の視線角度である．校正されていないシステムで計測された視線と実際の正しい視線との間にはずれが存在する．そのずれを補正するための校正用パラメータを求め，測定された視線を補正する．提案手法では，運転中に校正用パラメータの推定を絶えず行うことで，特に車の乗り始めやシート位置を変更した場合に対して，人手で特別な校正作業を行うことなく，何回かの車線変更を行ううちに，自動的に校正を実現することを目的とする．また，提案手法は，運転時の姿勢変化などにも対応可能である．

提案手法の全体の流れを図1に示す．提案手法では，運転中のドライバの視線データのうち，一般的にルームミラー，右サイドミラーを注視する頻度が増加する左レーンから右レーンへの車線変更前及び車線変更中の視線データを用いる．まず，視線の移動速度からルームミラー，右サイドミラー，正面方向のいずれかを注視していると推定される視線データを抽出する．次に，視線分布がルームミラー，右サイドミラー，正面方向の三つの混合分布であると仮定し，EMアルゴ

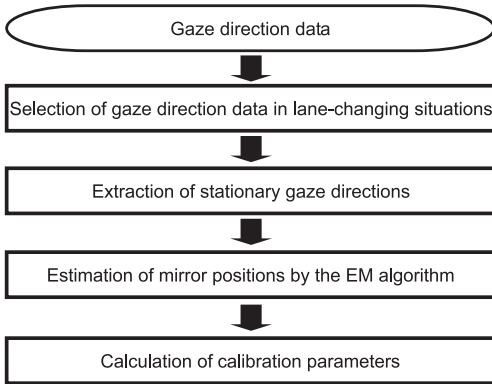


図 1 提案手法全体の流れ
Fig. 1 Flow chart of the proposed method.

リズムを用いてミラー注視時の視線方向を推定する。得られた視線方向と実際の視線方向を用いて校正用パラメータを求め、校正を行う。以降、各処理について詳細を説明する。

3.2 視線データの絞込み

提案手法では、運転中のドライバーの視線データのうち、左レーンから右レーンへの車線変更前及び車線変更中のドライバーの視線データを用いる。本研究では、ドライバーが車線変更時に高い頻度でミラーを見ることを仮定している。ドライバーがたまにミラーを見逃すことがあるかもしれないが、車線変更時にはミラーを注視する頻度が増加することは、文献 [4] で確かめられており、車線変更時の注視行動を利用して校正を行うことは妥当であると考えられる。例として、約 1 時間走行した際の全視線データの分布を図 2 に示し、そのうち車線変更 14 回分の視線データの分布を図 3 に示す。車線変更時の視線データのみ絞ることでミラー注視時の視線方向の推定精度が向上すると考えられる。車線変更の自動検出については、ウインカ操作と GPS を用いた研究 [5] などがあるため、提案手法では車線変更は何らかの手段により検出されているものとする。

3.3 停留区間の視線データの抽出

ドライバーの視線データのうち、ミラーまたは正面を注視している区間を停留区間と呼ぶ。停留区間以外の区間はミラー注視時の視線方向を推定するのに不必要なデータであり、むしろ雑音となって視線方向の推定に悪影響を与えると考えられる。停留区間以外の区間として、具体的には正面とミラーの間を視線が移動する区間がある。

停留区間の抽出方法を以下に示す。停留区間では時

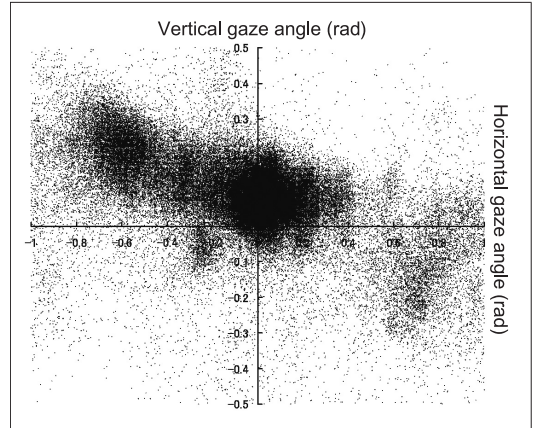


図 2 全視線データの分布
Fig. 2 Distribution of gaze directions over an hour.

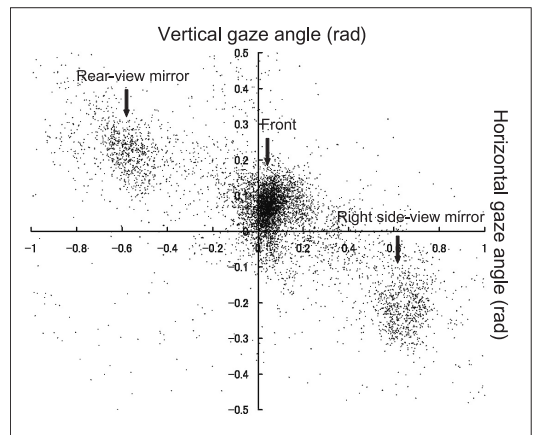


図 3 車線変更時の視線データの分布
Fig. 3 Distribution of gaze directions during lane changing.

間的に連続する数サンプルにわたり視線の移動量が小さいと考えられる。そのため、連続する N 個のサンプル $x_i (i = n, n + 1, \dots, n + N)$ を含む区間に対して、その区間内の二つの視線方向がなす最大角度が、しきい値 C 以下の場合を停留区間と定義する。式 (1) に停留区間の定義式を示す。

$$\max \sqrt{(x_i - x_j)^T (x_i - x_j)} < C \quad (1)$$

$$(i, j = n, n + 1, \dots, n + N)$$

この定義に従って停留区間の視線データを抽出する。例として、車線変更時の視線データ (図 3) から停留区間の視線データを抽出した結果を図 4 に示す。

3.4 EM アルゴリズムによるミラー注視時の視線方向推定

視線データの分布からミラー注視時の視線方向を推定する。車線変更時の視線分布は、ルームミラー、右サイドミラー、正面付近に集中する。そのため、提案手法では視線データの分布が三つの正規分布の混合により形成されていると仮定する。

EM アルゴリズム [6] を用いて三つの正規分布の各平均ベクトルを求め、それらをルームミラー、右サイドミラー、正面注視時の推定視線方向とする。

3.5 校正用パラメータの算出と視線の校正

計測される視線と実際の正しい視線の間にはずれが存在する。このずれを修正するための校正用パラメータを算出する。提案手法では、計測される視線と実際の視線の間のずれを平行移動、回転、拡大縮小で近似的に補正可能であると仮定する。計測された視線 (x, y) と実際の正しい視線 (x', y') の関係は式 (2) で表される。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{H} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \tag{2}$$

ただし、

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \\ -w_2 & w_1 & w_4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{3}$$

提案手法では、推定されたミラー注視時の視線方向と実際の視線方向の関係から校正用パラメータを算出

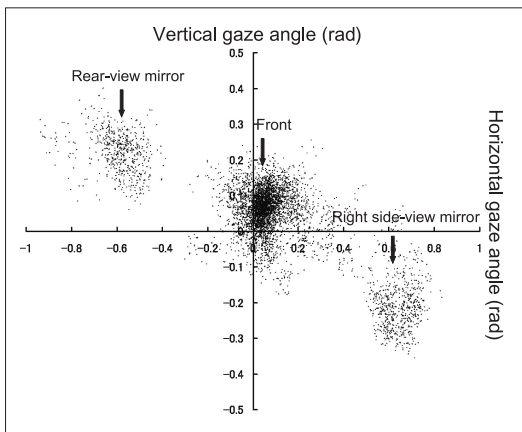


図 4 停留区間の視線データの分布
Fig. 4 Distribution of stationary gaze directions.

する。具体的には行列 \mathbf{H} の四つの未知数 w_1, \dots, w_4 を最小二乗法を用いて求める。

求められた校正用パラメータを用いて視線を補正するには式 (4) を用いる。ただし、計測された視線を (x, y) 、校正後の視線を (\hat{x}, \hat{y}) とする。

$$\begin{pmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \\ 1 \end{pmatrix} = \hat{\mathbf{H}} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \tag{4}$$

4. 実験と考察

実際に一般道を走行するドライバーの視線データを用いて提案手法の有効性を評価する。まず、実験に使用するデータについて述べ、次にそれぞれの実験の概要と手順、結果を示し、個別に考察を行う。

4.1 実験条件

本実験では、実際に一般道を自由に走行した際のドライバーの視線データを使用した。被験者には、普通乗用車で一般道路を約 1 時間走行してもらった。ドライバーの視線は SeeingMachines 製の視線計測装置 FaceLAB [7] を用いて計測レート毎秒 60 スキャンで計測した。視線データは、水平方向の視線角度と垂直方向の視線角度である。FaceLAB の視線計測用カメラはダッシュボードの上に設置した。図 5 にドライバー、視線計測用カメラ、ミラーの位置関係を示す。

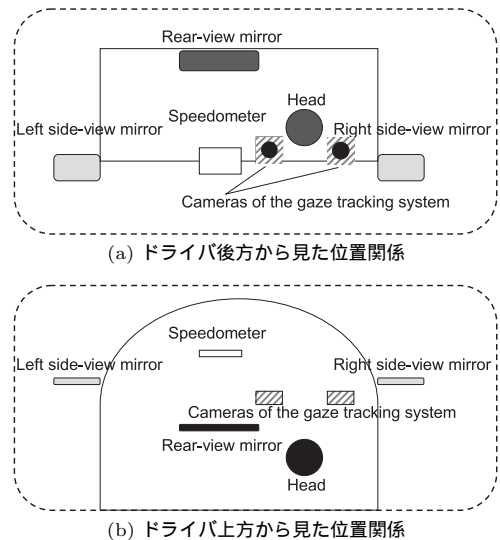


図 5 ドライバ、視線計測用カメラ、ミラーの位置関係
Fig. 5 Position of the driver, cameras used by the gaze tracking system, and the mirrors.

表 1 EM アルゴリズムの初期値
Table 1 Initial value of the EM algorithm.

	平均ベクトル	分散共分散行列	混合比
ルームミラー	$(-0.67, 0.14)$	$\begin{pmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{pmatrix}$	0.80
右サイドミラー	$(0.65, -0.40)$	$\begin{pmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{pmatrix}$	0.10
正面	$(0.00, 0.00)$	$\begin{pmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{pmatrix}$	0.10

また、被験者にはルームミラー、右サイドミラー、スピードメータを見る際、直前に発話によって提示してもらった。これはミラー注視時の視線方向の正解データを作成するためである。

4.2 ミラー注視時の視線方向の推定精度

提案手法では、校正を行うための基準点としてミラー方向を使用する。そのため、ミラー注視時の視線方向の推定精度評価実験を行った。

4.2.1 実験手順

この実験では、左レーンから右レーンへの車線変更時の視線データ 14 回分を使用した。ただし、対象とする車線変更区間はウインカ点灯開始 5 秒前からウインカ点灯終了までとし、人手で抽出した。このデータに対して、提案手法を用いて停留区間を抽出し、EM アルゴリズムを用いてミラー注視時の視線方向を推定した。ここで用いた混合正規分布に対する EM アルゴリズムは文献 [6] を参照した。EM アルゴリズムで用いた各初期値を表 1 に示す。式 (1) を用いて停留区間を抽出する際は、10 個のサンプル ($N = 10$) に対して二つの視線方向がなす最大角度が 0.15 rad 以下 ($C = 0.15$) の場合を停留区間として抽出した。

また、停留区間の抽出を行わない場合、つまり車線変更時の全データを用いる場合についても、同様の手順でミラー注視時の視線方向を推定した。

推定された視線方向が正しいかを評価するためにルームミラー、右サイドミラー注視時の正解視線方向を作成する必要がある。被験者に各ミラーを見る際に発話により提示してもらった際の視線データをルームミラー 54 回、右サイドミラー 32 回分抽出し、1 回ごとの平均を計算し、それらを平均したものを各ミラー注視時の正解視線方向とした。

4.2.2 実験結果

ミラー注視時の視線方向の推定精度を評価するために、推定視線方向と正解視線方向がなす角度を計算した。推定されたルームミラー、右サイドミラー注視時

表 2 推定視線方向と正解視線方向がなす角度 [rad]
Table 2 Angle between the estimated mirror directions and the ground truth. [rad]

使用データ	ルームミラー	右サイドミラー
全データ	0.105	0.105
停留区間データ (提案手法)	0.009	0.041

の視線方向と各正解視線方向がなす角度を表 2 に示す。なお、ミラー注視時の視線方向推定に要する処理時間は平均で 0.5 秒程度であった。提案手法では、車線変更が行われるたびに校正が行われることを想定しているため、実用上問題のない処理速度であると考えられる。

4.2.3 考察

車線変更時の全データを用いた場合よりも停留区間のデータを用いた場合の方がミラー注視時の視線方向を精度良く推定できることが分かった。全データを用いた場合、ルームミラー、右サイドミラー注視時の視線方向とともに正解視線方向よりも中央寄りに推定された。これは停留区間以外の視線データ、特にミラーと正面の間を移動する視線の影響によるものであると考えられる。停留区間のみを用いた場合に精度が向上したことから、提案手法により視線データから停留区間を抽出することの有効性が確認できた。

推定誤差の大きさについて考える。ルームミラーの視線方向推定誤差 0.009 rad は、ルームミラーと頭部の間の距離が 50 cm であると仮定した場合、約 0.5 cm の誤差に換算される。また、右サイドミラーの視線方向推定誤差 0.041 rad は、右サイドミラーと頭部の間の距離が 70 cm であると仮定した場合、約 2.8 cm の誤差に換算される。ドライバがミラーを見る際にミラーのどの部分を見るかは状況によって異なるため、上記の誤差はミラーの大きさの範囲内であることから、良好にミラー注視時の視線方向を推定できたと考えられる。

また、姿勢が変化した場合についても実験を行った。頭部位置を 10 cm 程度、右、左、前、後に動かした場合についてミラー注視時の視線方向推定を行った結果を表 3 に示す。最大でも誤差 0.050 rad 以内で推定でき、頭部位置が変化した場合についても良好にミラー注視時の視線方向の推定を行えることが確認できた。

4.3 車線変更回数の変化とミラー推定精度の関係

運転中に自動校正をするにあたり、なるべく少ない回数の車線変更でミラー注視時の視線方向を推定できることが望まれる。そこで使用する車線変更のデータの回数を変化させた場合に、推定されるミラー注視時の視線方向の精度がどのように変化するかを実験によ

表 3 頭部位置変化時の視線方向推定誤差 [rad]

Table 3 Estimation error when the driver's head position changes. [rad]

頭部位置	ルームミラー	右サイドミラー
右	0.049	0.029
左	0.043	0.042
前	0.047	0.017
後	0.035	0.021

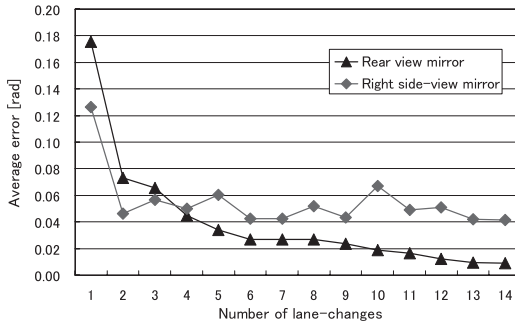


図 6 車線変更回数と誤差の関係 (20 通りの平均値)

Fig. 6 Estimation error when increasing the number of lane-changes. (Average of 20 combinations)

り調査した。

4.3.1 実験手順

1 回分の車線変更区間のデータを用いる場合から、14 回分の車線変更区間のデータを用いる場合まで 1 回分ずつのデータを増やし、それぞれのデータに対してミラー注視時の視線方向を推定する。14 回分のデータの順番をランダムに並べ換えた 20 通りのデータに対して実験を行う。

4.3.2 実験結果

20 通りのデータに対する各ミラーの推定視線方向と正解視線方向との間のユークリッド距離の平均値を推定誤差としてそれぞれ算出した。車線変更回数による誤差の変化を図 6 に示す。また、順番の並べ換えを行わず、実際の運転順の車線変更に対する誤差の変化を図 7 に示す。

4.3.3 考察

車線変更 1 回分を使用した場合では推定精度が低いものの、2 回分以降では徐々に推定精度が向上する傾向があることを確認した。回数が少ない場合に推定精度が低い原因を考える。発話記録から車線変更時にミラーを見ていない場合があることが確認された。この場合にはミラー注視時の視線方向を推定することは困難である。また、車線変更時にスピードメータを注視している場合があった。この場合、ミラーを見てい

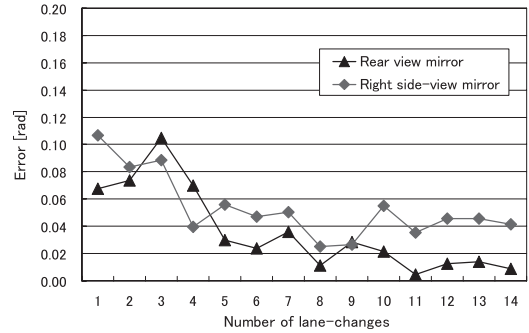


図 7 車線変更回数と誤差の関係 (運転順)

Fig. 7 Estimation error when increasing the number of lane-changes. (In actual order)

時間とスピードメータを見ている時間の割合が同程度であったため、スピードメータを見ている際のデータが方向の推定に影響を与えたと考えられる。回数が増すにつれ、ミラー注視時の視線データの割合が増え、ノイズや他の場所を注視しているデータの割合は小さくなる。そのため、それらのデータの影響が小さくなり、推定精度が向上したと考えられる。

4.4 視線データの校正精度

提案手法によって、ずれを含む視線をどの程度の精度で校正できるかを調査した。

4.4.1 実験手順

本実験では次の 4 種類のデータを使用した。

(i) ミラー、正面注視時の視線方向の真値

• 4.2 で推定されたミラー、正面注視時の視線方向

(ii) ずれを含む、校正前の視線データ

• 4.1 で計測された視線データのうち、車線変更 14 回分の視線データに対し、式 (5) を用いて 10 度時計回りに回転し、それを 1.2 倍拡大し、水平方向、垂直方向に 0.2 rad 平行移動したデータ

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{RST} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$\text{ただし、} \mathbf{R} = \begin{pmatrix} \cos(\frac{\pi}{18}) & \sin(\frac{\pi}{18}) & 0 \\ -\sin(\frac{\pi}{18}) & \cos(\frac{\pi}{18}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} 1.2 & 0 & 0 \\ 0 & 1.2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \mathbf{T} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0.2 \\ 0 & 1 & 0.2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

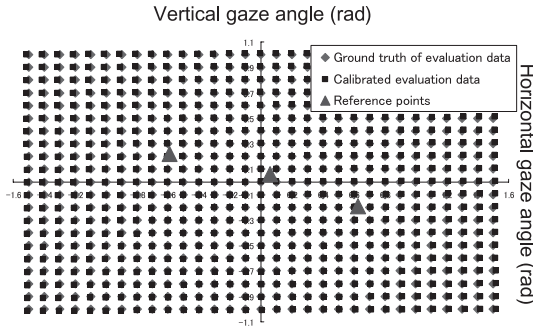


図 8 3 点を用いた場合の評価用データの校正結果
Fig. 8 Result of calibration using three reference points.

表 4 校正後の評価用データと真値がなす角度 [rad]
Table 4 Angle between correct data and data after calibration. [rad]

基準点数	平均	標準偏差
2 点	0.0098	0.0039
3 点	0.0096	0.0038

である。

(iii) 評価用データの真値

- 校正の精度を評価するためのデータ
- 水平方向 -1.5 rad から 1.5 rad, 垂直方向 -1.0 rad から 1.0 rad の範囲において, 0.1 rad 間隔に点が分布した格子状のデータ

(iv) ずれを含む, 校正前の評価用データ

- 式 (5) を用いてデータ (iii) にずれを与えたデータ

まず, データ (ii) を入力として推定されたミラー方向と真値 (i) から校正用パラメータを求める。そして, 得られた校正用パラメータを用いて評価用データ (iv) を校正し, データ (iii) と比較することで, 校正がどの程度できるかを評価する。

ルームミラー, 右サイドミラー注視時の視線方向の 2 点を用いて校正用パラメータを求める場合と, ルームミラー, 右サイドミラー, 正面注視時の視線方向の 3 点を用いて校正用パラメータを求める場合に分けて実験を行った。

4.4.2 実験結果

ルームミラー, 右サイドミラー, 正面の 3 点の關係を用いた場合の評価用データの校正結果を図 8 に示す。

正解と校正後の評価用データの各点がなす角度を求めた。その平均値と標準偏差を表 4 に示す。

4.4.3 考察

2 点による校正での平均誤差 0.0098 rad は, 30 m 離れた点では約 30 cm の誤差に相当する。これは, 例えば信号の見逃しを検出するために利用するには, 十分な精度であると考えられる。2 点による校正より 3 点による校正の方がわずかながら良い結果となった。一般的に, 校正に用いる基準点が多ければ多いほど, 各点の推定誤差の影響を抑えることができるため, より精度が高い校正が行える。本実験の結果も同様になった。また, 誤差は基準点に近いほど小さく, 遠いほど大きいという結果となった。基準点の方向推定時に生じた誤差が, 基準点から離れるほど校正結果に大きな影響を与えることが分かった。

これらのことから, 基準点の数を増やすことは校正の精度向上に有効であり, また, 広い範囲で誤差を小さく抑えるためにも有効であると考えられる。本実験では, 左サイドミラーを見る際の視線が測定範囲外であったため視線計測が行えず, その視線データを使用することができなかった。今後, 視線計測システムの設置位置を変えるなどして, 左サイドミラーを見る際の視線データを計測し, 基準点として利用することを検討したい。また, ミラー同様にドライバの視線が集まりやすいスピードメータを基準点として利用することも検討したい。

5. む す び

本論文では, ドライバの注視行動に基づく視線計測システムの自動校正手法を提案した。提案手法は, ルームミラーと右サイドミラーを既知の基準点とし, 車線変更時のドライバの視線データからルームミラー, 右サイドミラー注視時の視線方向を推定し, 校正を行うものである。

実験では, 一般道を走行した際のドライバの視線データを使用した。14 回分の車線変更時のデータを使用してミラー注視時の視線方向推定実験を行った結果, ルームミラー, 右サイドミラーともにそれらの方向を誤差 0.05 rad 以内で推定でき, 良好に推定が行えることを確認した。また, 適当なずれを想定した視線データを用いて校正実験を行った結果, 平均誤差 0.01 rad 以内で視線を校正できることを確認した。ドライバの頭部位置が変化した場合についても実験を行った結果, 提案手法が姿勢変化にも対応できることが確認できた。今後, 照明変化など, 様々な状況における実験を行っていきたい。

実際に安全運転支援の枠組みの中に提案手法を組み込むことを考える場合、車の乗り始めやシート位置の変更などで、ドライバの頭部位置が変化した直後は、提案手法で得られる校正用パラメータの信頼性が低く、ドライバに対して誤った警告をする可能性がある。そのため、何らかの方法で乗り始めやシート位置の変更などを検出し、その後の車線変更の回数を数えるなどして、校正が完了するまでは警告を行わないような仕組みが必要であると考え、今後の課題を以下にまとめる。

- 停留区間抽出時のしきい値の検討
- ミラー注視時の視線方向推定に更に適した車線変更区間の検討
- 基準点の追加（左サイドミラー、スピードメータ）
- 複数ドライバの走行データに対する校正実験

謝辞 日ごろより熱心に御討論頂く名古屋大学村瀬研究室諸氏に深く感謝する。また、本研究では画像処理に MIST ライブラリ (<http://mist.suenaga.m.is.nagoya-u.ac.jp/>) を使用した。

文 献

- [1] 警察庁, “警察庁統計, 安全・快適な交通の確保に関する統計等” <http://www.npa.go.jp/toukei/index.htm>
- [2] 大野健彦, 武川直樹, 吉川 厚, “2 点補正による簡易キャリブレーションを実現した視線計測システム” 情処学論, vol.44, no.4, pp.1136–1149, April 2003.
- [3] 藪内 勉, 宮元孝典, 山本哲也, 片淵典史, 中山丈二, 下倉健一郎, “FreeGaze を用いた視線追跡における自動キャリブレーション” 信学技報, HIP2004-23, July 2004.
- [4] D.D. Salvucci and A. Liu, “The time course of a lane change: Driver control and eye-movement behavior” Transportation Research, Part F, vol.5, no.2, pp.123–132, June 2002.
- [5] 吉村健志, 伊藤博子, 丹羽康之, 福戸淳司, “長距離トラック運転における不安全運転行動の検出技術に関する研究” 産業保健人間工学学会第 10 回大会, 産業保健人間工学研究, vol.7 特別号, pp.146–149, Oct. 2005.
- [6] 赤穂昭太郎, “EM アルゴリズム: クラスタリングへの適用と最近の発展” 日本ファジィ学誌, vol.12, no.5, pp.594–602, Oct. 2000.
- [7] Seeing Machines, “faceLAB” <http://www.seeingmachines.com/facelab.htm>
(平成 20 年 10 月 10 日受付, 21 年 3 月 2 日再受付)



山城 賢二

平 20 名大・工・情報卒。現在、同大学院情報科学研究科メディア科学専攻博士前期課程在学中。



高橋 友和 (正員)

平 9 茨城大・工・情報卒。平 12 同大学院理工学研究科博士前期課程了。平 15 同研究科博士後期課程了。博士(工学)。同年より 2 年間名古屋大学大学院情報科学研究科 COE 研究員。平 17 より 3 年間日本学術振興会特別研究員。平 20 より岐阜聖徳学園大学経済情報学部准教授、現在に至る。画像認識の基礎研究並びにその応用に興味をもつ。画像電子学会会員。



井手 一郎 (正員)

平 6 東大・工・電子卒。平 8 同大学院工学系研究科情報工学専攻修士課程了。平 12 同研究科電気工学専攻博士課程了。博士(工学)。同年国立情報学研究所助手。平 16 名古屋大学大学院情報科学研究科助教授、情報・システム研究機構国立情報学研究所客員助教授兼任。平 19 より准教授。この間、平 14~16 総合研究大学院大学数物科学研究科助手併任、平 17, 18, 19 フランス情報学・統計システム研究所 (IRISA) 招聘教授。パターン認識技術の実応用や映像メディア処理全般に興味をもっている。情報処理学会、人工知能学会、画像情報学フォーラム、IEEE Computer Society, ACM 各会員。



村瀬 洋 (正員:フェロー)

昭 53 名大・工・電気卒。昭 55 同大学院修士課程了。同年日本電信電話公社(現 NTT)入社。平 4 から 1 年間米国コロニア大客員研究員。平 15 から名古屋大学大学院情報科学研究科教授。現在に至る。文字・図形認識、コンピュータビジョン、マルチメディア認識の研究に従事。工博。昭 60 電子情報通信学会学術奨励賞、平 6 IEEE-CVPR 最優秀論文賞、平 7 情報処理学会山下記念研究賞、平 8 IEEE-ICRA 最優秀ビデオ賞、平 13 高柳記念奨励賞、平 13 本会ソサイエティ論文賞、平 14 電子情報通信学会業績賞、平 15 文部科学大臣賞、平 16 IEEE Trans. MM 論文賞、他受賞。IEEE フェロー、情報処理学会会員。



樋口 和則 (正員)

昭 61 名大大学院工学研究科修士課程修了。同年(株)豊田中央研究所入社。以来、三次元画像計測、車載ディスプレイの視認性評価技術及び運転行動解析に関する研究と開発に従事。現在、同所安全・情報システム研究部運転行動研究室所属。自動車技術会会員。

術会会員。



内藤 貴志 (正員)

昭 62 名大・工・電子機械卒，平元同大大学院修士課程了。同年(株)豊田中央研究所入社。以来、ロボット及び自動車への画像処理技術応用の研究と開発に従事。現在、同所安全・情報システム研究部走行環境認識研究室所属。ロボット学会会員。