

# 人間特性計測に関する研究

研究代表者 菅野 重樹  
(創造理工学部 総合機械工学科 教授)

## 1. 研究課題

本研究では人間特性計測システムを用いて、医療福祉ロボット、パートナーロボット、コンピュータグラフィックスなどのヒトの動作解析に基づいたアプローチが必要となる研究領域において、人間中心設計の方法論の確立を目指す。開発してきた装置・アルゴリズムを使用及び評価をしていくことで、個々に適応するためのシステムの在り方を研究している。本研究室では人間特性計測に関する研究として、「運転支援のための運転者姿勢推定」の研究があり、運転者の状態と特性を検出する技術の開発を進めている。交通死亡事故の約 9 割はヒューマンエラーによるものとされており、交通死亡事故を回避するためには運転者支援が重要である。その中でも特に、バスは最大で 80 人前後を乗せることから、バスの交通事故の撲滅は極めて重要な課題である。そこで本研究では、バス運転手の状態検出に焦点を当てる。本年度の研究成果を次節より報告する。

運転時に運転手が適切な運転姿勢を維持することは安全運転を行う上で不可欠な要素である。不適切な運転姿勢は、アクセルとブレーキの踏み間違いを引き起こす危険性がある。また、不適切な運転姿勢は、心身の疲労の要因となり、疲労によるヒューマンエラーを引き起こす危険性もある。交通死亡事故を回避するために、運転手の運転姿勢を監視することが必要である。そのためには、高精度な運転者姿勢推定が不可欠である。

運転姿勢を推定するには、複数の圧力センサを運転席に設置する方法やウェアラブルセンサの装着する方法、そして、運転席にカメラを設置する手法が考えられる。圧力センサを用いた手法では、推定可能な姿勢が限定されてしまう。また、ウェアラブルセンサを用いた手法では、特別に製作した服を着用する必要がある、かつ装着に手間がかかるという問題がある。運転者の顔正面と上半身を同時に撮影可能な位置にカメラを設置することができれば、手間がかからずに多様な運転姿勢を推定できる。バスという環境では、運転手の視界を遮らないようにステアリングホイールの後ろに配置する必要がある。しかし、ハンドルによってドライバーの体の一部がカメラ映像に映らなくなるため、ドライバーの姿勢推定精度が低下するという問題がある。そこで本研究課題では、バス運転手の運転姿勢推定の精度の向上のために、セマンティックセグメンテーションによってハンドル部分を推定し、Image Inpainting 技術によりハンドル部分のみを除去した復元画像から運転者の運転姿勢推定を行うシステムを構築する。

## 2. 主な研究成果

### 2.1 システム

身体の一部がハンドルによって遮蔽されるバス運転者の姿勢をより高精度に検知するために、ハンドルを自動的に認識し画像から除去するシステムを開発した(図 1)。第一段階のハンドル領域の推定はセマンティックセグメンテーションにより実施し、ハンドルのマスク画像を作成する。第二段階のハンドル除去は Image Inpainting によりマスク領域を再構成する。セマンティックセグメンテーションには、物体境界領域に対する検出精度が高い DeepLabV3 Plus を用いた。また、Image

## Inpainting

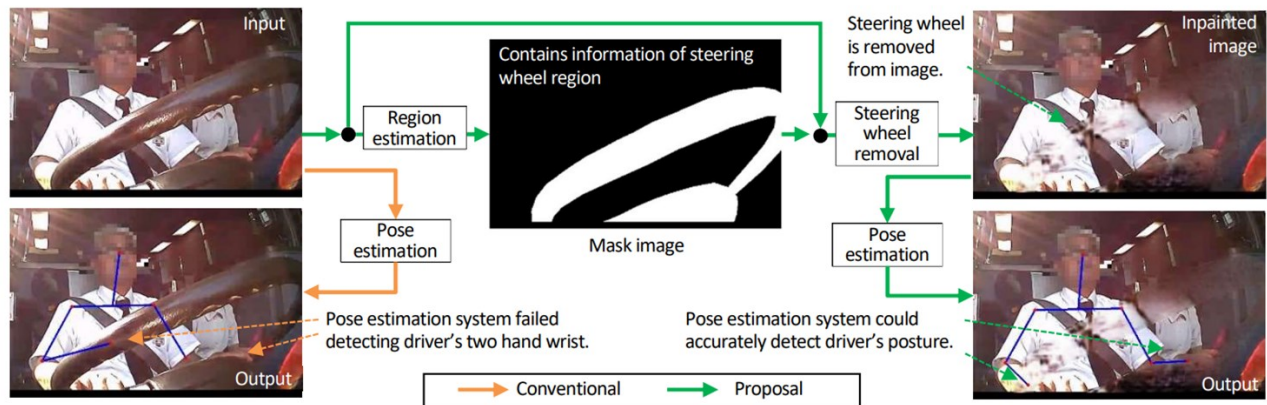


図1 カメラ設置場所とカメラ映像

として、二種類の学習ベース手法(Pluralistic Image Completion(PIC)と Globally and Locally Consistent Image Completion (GLCIC))を比較した。姿勢推定アルゴリズムとしては、Openpose と Alphapose の両方を用いて、それぞれのアルゴリズムでの精度を比較した。

### 2.2 実験手法

データセット：バス会社に依頼し、バス運転者の通常運転時の録画データを取得した。運転者の頭部と腕が映っている録画映像から 1000 枚の画像を無作為に抽出した。画像データには、14 名の運転者に関し、昼間や夜間における、運転中の姿勢や停車時の運転と関係ないタスクを行う姿勢等の多様なデータが含まれていた。

ラベリング：抽出した画像に対して、ハンドル位置と運転者姿勢のラベリング作業を行った。Labelme ツールによってハンドル位置のラベリングを行った。また、運転者領域と運転者関節のアノテーションを COCOAnnotator ツールにより行った。COCO で定義された 17 の人体キーポイントを参考にし、鼻、左右肩、左右肘、及び左右手首の計 7 つの関節の情報を用いた。

評価項目：ハンドル除去前後の画像に対して、姿勢推定の精度を比較した。キーポイント検知の評価指標は、一般的に用いられる mean average precision (mAP) とした。

### 2.3 実験結果と考察

元画像と Image Inpainting 適用後の復元画像（ハンドル領域は手動で検出）における姿勢推定結果の例を図 2 に、mAP を表 1 に示す。また、PIC 手法により Openpose の適用では 0.120, Alphapose の適用では 0.177 分精度が増加した。Image Inpainting により運転姿勢の推定精度を向上できた。セマンティックセグメンテーションによって生成したマスク領域に対して画像修復を行い、姿勢推定したときの mAP を表 2 に示す。この時の、Image Inpainting は、最も精度が高かった PIC を用いた。セマンティックセグメンテーションを適用した結果は、手動でハンドル領域を検出した場合と比較して、OpenPose の mAP は 0.067, AlphaPose の mAP は 0.001 とわずかな減少しかなかった。Alphapose に関してはほぼ同精度で推定できる結果であった。以上より、本提案システムによって、運転姿勢推定精度を同水準に保った上で、ハンドル領域を自動的に検知できることが分かった。

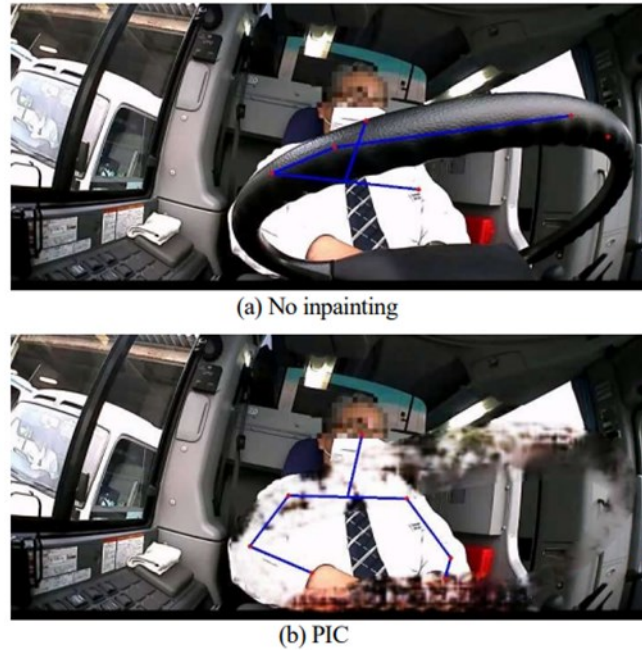


図2 元画像と Image Inpainting 適用後の復元画像における姿勢推定

表1 元画像と Image Inpainting 適用後の復元画像（ハンドル領域は手動で検出）の mAP

| Method        | mAP          |              |
|---------------|--------------|--------------|
|               | OpenPose     | AlphaPose    |
| No inpainting | 0.737        | 0.799        |
| GLCIC         | 0.781        | 0.784        |
| PIC           | <b>0.857</b> | <b>0.876</b> |

表2 セマンティックセグメンテーションを用いた Image Inpainting 適用後の復元画像の mAP

| Method               | mAP      |           |
|----------------------|----------|-----------|
|                      | Openpose | Alphapose |
| PIC                  | 0.811    | 0.819     |
| PIC + DeepLabV3 Plus | 0.744    | 0.818     |

### 3. 研究業績

#### 4.1 学術論文

- [1] Tamon Miyake\*, Shunya Itano\*, Mitsuhiro Kamezaki, Shigeki Sugano, "Position-based Treadmill Drive with Wire Traction for Experience of Level Ground Walking from Gait Acceleration State to Steady State," 2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 3687-3693, 2022.
- [2] Masaki Kuribayashi, Seita Kayukawa, Jayakorn Vongkulbhisal, Chieko Asakawa, Daisuke Sato, Hironobu Takagi, and Shigeo Morishima, "Corridor-Walker: Mobile Indoor Walking Assistance for Blind People to Avoid Obstacles and Recognize Intersections," Proc. ACM Hum.-Comput. Interact. 6, MHCI, Article 179, 22 pages, 2022.
- [3] S. Kayukawa et al., "How Users, Facility Managers, and Bystanders Perceive and Accept a Navigation Robot for Visually Impaired People in Public Buildings," 2022 31st IEEE

International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), Napoli, Italy, pp. 546-553, 2022.

[4] Masaaki Hayashi, Tamon Miyake, Mitsuhiro Kamezaki, Junji YAMATO, Kyosuke Saito, Taro Hamada, Eriko Sakurai, Shigeki Sugano, Jun Ohya, "Preliminary Investigation of Collision Risk Assessment with Vision for Selecting Targets Paid Attention to by Mobile Robot," Proceedings of the 2022 IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 624-629, 2022.

[5] Yusuke Miura, Masaki Kuribayashi, Erwin Wu, Hideki Koike, and Shigeo Morishima, "A Study on Sonification Method of Simulator-Based Ski Training for People with Visual Impairment," In SIGGRAPH Asia 2022 Posters (SA '22). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 33, 1-2, 2022.

[6] Junjie Shen, Yiwen Chen, Hideyuki Sawada, "A Wearable Assistive Device for Blind Pedestrians Using Real-Time Object Detection and tactile Presentation," Sensors 2022, 22(12), 4537, 2022.

[7] Ryusei Oya and Hideyuki Sawada, "An SMA Transducer for Sensing Tactile Sensation Focusing on Stroking Motion," Materials 2023, 16 (3), 1016, 2023.

[8] 岩名紘基, 重宗宏毅, 澤田秀之: 形状記憶合金ワイヤの微小振動特性に関する考察, 電子情報通信学会論文誌 C, Vol.J106-C, No.2, pp.79-85, 2023.

[9] 五十嵐治雄, 澤田秀之: 触覚フィードバックをともなう 4 次元空間可視化システムの構築, 情報処理学会論文誌, Vol.64, No.2, pp.626-633, 2023.

[10] 岩崎陽馬, 林弘昭, 亀崎允啓, 菅野重樹, "Image Inpainting を用いたハンドル映り込み画像における運転者姿勢推定の高精度化", 自動車技術会論文集, vol. 54, p. 528-533, 2023 年.

#### 4.2 総説・著書

特になし

#### 4.3 招待講演

上杉 繁, 道具の身体化・身体 of 道具化 ―経験の可能性を拓げる道具のデザイナー―, 第 49 回日本バイオフィードバック学会学術総会, 早稲田大学, 2022.6.

#### 4.4 受賞・表彰

SI2022 優秀講演賞: " 第 23 回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 (SI2021), 2022 年 12 月

奨励賞, Liu Renke, 澤田秀之: "An SMA-wire-driven actuator for robotic finger," 日本電子材料技術協会 第 59 回秋期講演大会, 2022 年 11 月 25 日

#### 4.5 学会および社会的活動

[1] 森田 直登, 内田 敦士, 上杉 繁, スプリント走における体幹と骨盤の連動誘発を目指した腰部回旋支援装置の開発, 日本機械学会シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2022, 2022 年.

[2] 五十嵐治雄: 射影と断面の組み合わせによる 4 次元インタラクションシステム, VR を用い

たインタラクティブな高次元認識 2, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 2022 年.

[3] 三宅 太文, 伊藤 寛将, 岡村 尚美, 藤江 正克, 菅野 重樹, ” 筋電図変化に基づく最小リハビリ負荷印加装置の開発”, 第 23 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 千葉, 2022 年.

[4] 板野 峻也, 三宅 太文, 亀崎允啓, 菅野 重樹, ” 平地歩行感覚再現に着目した無限歩行装置に関する研究 ―紐牽引によるトレッドミル床加速時の慣性力の打ち消し―”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 札幌, 2022 年.

[5] 岩崎陽馬, 亀崎允啓, 江馬敬明, 岡直樹, マナワドゥ ウダーラ, 菅野重樹, “運転者の生体・行動・主観指標を用いた運転負担推定に関する研究～半教師あり学習による識別モデルの高精度化～”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2022 論文集(Robomech' 22), 札幌, 2022 年.

#### 4. 研究活動の課題と展望

本研究では, カメラ映像に基づき, ハンドルによって身体の一部が遮蔽されるバス運転者の姿勢を高精度に推定するために, セマンティックセグメンテーションによりハンドルを自動的に認識し, Image Inpainting によりハンドルを画像から除去する手法を提案した. セマンティックセグメンテーションには, 物体境界領域に対する検出精度が高い DeepLabV3 Plus を選択した. また, Image Inpainting としては, 二種類の学習ベース手法(Pluralistic Image Completion(PIC)および Globally and Locally Consistent Image Completion (GLCIC))を比較した. 実験より, 手動でハンドルの領域を指定して PIC を用いることで姿勢推定精度が大幅に向上することを確認した. そして, セマンティックセグメンテーションを適用してハンドルの領域を自動的に検知した場合でも, 高い姿勢推定精度を維持できることが確認できた. 今後の展望として, Image Inpainting の精度向上のため, 適切なアルゴリズムの変数を半自動的に見つける学習システムの開発や, 本提案システムを用いた運転者の行動評価を行う予定である.