

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500663

研究課題名(和文)高齢者のQOL向上のための運転能力向上および見守りシステムの開発

研究課題名(英文)The development of operating ability improvement technique and the watch system for the QOL improvement of elderly.

研究代表者

山田 宗男 (Yamada, Muneo)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：70509653

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、脳の活性化および運転時の注意・判断能力の向上に有効な訓練手法について検討した。さらに、安全な運転に必要な認知・判断能力を実際の運転に近い状態で総合的に測定可能なシミュレータを構築し、その効果について検証した。また、スマートフォンをキーデバイスとして、ドライバーの運転状態を検出すると共に、遠隔からドライバーの状態を見守ることが可能なシステムについても検討を行い、試作システムを構築した。

研究成果の概要(英文)：In this study, effective training technique for activation of the brain and improvement in attention and judgment ability in the vehicle operation was examined. We have developed the method for measuring and evaluating cognitive function while driving and have constructed the new driving simulator. The effectiveness of the training technique was verified by this simulator. And, the technique which detected the operating state of the driver by the sensor mounted in the smartphone was examined. In addition, the system which watched the condition of the driver by the smartphone from the remoteness was examined, and the proto system was constructed.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：support of the elderly

1. 研究開始当初の背景

日本では超高齢化が進んでおり、2015年には高齢化率が26.9%、後期高齢者が13.1%、2020年には高齢化率が29.2%、後期高齢者が15.3%にも及ぶと予測されている。

それに伴って、高齢ドライバー自身が引き起こす事故の割合が急激に増加し、警察庁の統計によれば、交通事故の全死者数に占める高齢者死者数の割合は、2009年は49.9%にも及び非常に高い割合である。また、高齢者の事故原因の割合は、歩行中が49%、自動車乗車中が24.1%（運転中：15.9%、同乗中：8.3%）であり、高齢者は、歩行者として事故に会うよりも自動車乗車中に事故を引き起こすケースが急激に増加している。その原因は、高齢者の運転免許保有率の増加もあるが、加齢による認知機能の低下とその自覚不足が主な原因といわれ、認知ミスや判断ミスなどのヒューマンエラーによる事故が問題となっている。また、認知機能が低下した高齢者（特に75歳以上の後期高齢者）の中には、認知症の疑いあるいは認知症と診断された人の割合が増え、高速道路逆走などの重大な事故が多発している。

交通事故を低減するためには、自動車の衝突安全技術、衝突回避や予防安全などの運転支援技術やインフラ協調の新しい交通システム等の開発と更なる改良に加えて、高齢者（軽度の認知症患者も含む）の運転行動、あるいは運転能力や運転適性を考慮した研究開発が不可欠である。

2. 研究の目的

一般に、認知、判断、行動に関する生理・心理の諸特性は、加齢と共に低下するが、視覚機能を含む認知・判断能力が若い頃に比べてどの程度低下したかを正確に自覚している高齢者は少なく、その自覚不足が事故の大きな原因になっている。高齢ドライバーの事故を低減するには、中高年の早い時期（50歳代）から定期的に運転能力（特にヒューマンエラー事故の7～8割に関連すると言われる認知・判断能力）をチェックし、自身の能力と運転適性を十分認識してもらうとともに、再教育・訓練などによって運転能力の維持・向上を図るシステムの構築が極めて重要と考えられる。

本研究では、安全な運転に必要な認知・判断能力を実際の運転に近い状態で総合的に測定可能なシミュレータを用いて、運転前の短時間の訓練が運転時の注意・判断能力へ与える効果を検討するもので、最終的には、最適なトレーニング方法を開発し、運転直前の脳の活性化ならびに運転時の注意・判断能力向上に有効な車載システムとして実現することを目指すものである。

3. 研究の方法

(1) 運転シミュレータシステムの構築

高齢ドライバーの運転能力を計測評価し、能

力の維持・向上を図るための運転シミュレータとして、以下の3点に留意した。

- ① できる限り実際の運転に近い状態で、安全運転に欠かせない認知機能（注意・判断など）を総合的に測定・評価できることが必要である。また、急な飛び出しへの反応のように単純な運転行動だけでなく、日常の市街地走行で遭遇する出会い頭、交差点の通過や右左折、車線変更などの様々な状況で、他の車や人との位置関係や自車の走行感覚を意識した現実に近い運転行動を再現し、その状況で認知機能に関する運転行動を測定・評価することが可能である。
- ② 高齢者の事故データを分析し、高齢ドライバーが事故を起こしやすい運転状況を再現すると同時に、高齢者の事故と相関が高い認知機能、あるいは加齢により低下が著しい認知機能を測定・評価することが可能である。
- ③ 認知機能を測定・評価するだけでなく、能力向上のための訓練の機能を備える。訓練する認知機能は、運転での注意力や判断力、あるいは危険予知に関連ある機能を中心とする。

(2) 運転能力向上のための訓練方法の検討

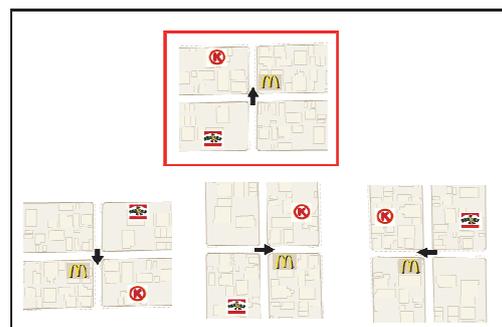
運転能力の向上のための訓練手法としては、運転前の短時間において可能であり、かつ、視覚的注意及び前頭葉-頭頂葉ネットワークを活性化させることが可能な以下の訓練課題について新たに検討を行った。

① メンタルローテーション課題

メンタルローテーション課題とは、図1(a)の上段に提示された地図を頭の中で回転させ、下段の三つから正しい位置関係の地図を選択するもので、メンタルローテーションを用いて視空間認知に関わる頭頂連合野の活性化を意図した訓練課題である。

② カウントアップ課題

画面に表示される数字（1～5）と平仮名（あ～お）を交互かつ順番にたどっていくもので、ワーキングメモリを用いて前頭前野の活性化をねらった課題である。



(a) メンタルローテーション課題



(b) カウントアップ課題

図1 検討した訓練手法

訓練の効果については、上述訓練メニューが実行可能な機能を有する運転シミュレータシステムを製作し、歩行者の飛び出し事象や前方車両の急停止に対する単純反応時間を運転前の訓練の有無で比較することによって検証する。

(3) 遠隔からのドライバ見守りシステム

通信機能に加えて多数のセンサ機能を有するスマートフォンをキーデバイスとして、ドライバの運転状態を計測すると共に、その状態を遠隔から見守ることが可能なシステムについて検討を行う。

① 運転状態の計測

ドライバの運転機能を評価するためには、各種運転行動が危険であるか否かの状態判別を行う必要がある。危険状況は直進中やカーブ中などでその度合いが大きく異なるため、各運転挙動がそれぞれ適正に行われているか否かの判断が必要となる。そこでまずは、運転挙動を停止、直進およびカーブの3パターンに大別し、スマートフォンから得られる各種センサデータに基づいて、各々の挙動をリアルタイムで弁別する手法について検討し、検証実験によってその有効性を確認する。

② 見守りシステム

スマートフォンに搭載されている各種センサによって、位置情報、行動情報、運転情報等を取得し、これらの検出結果をインターネット上の管理サーバに送信して集約する。管理サーバでは、これらの情報をデータベース化する。また、これらのデータを解析することによって過去の履歴との差異を求め、スマートフォン単体では判断できなかったような事象（状態変化）をも検出可能であり、この管理サーバにアクセスすることで、ドライバの行動や状態を遠隔から見守ることが可能となる。

3. 研究成果

(1) 運転シミュレータシステムの構築

本研究にて開発検討した運転シミュレータシステムについて以下に示す。

- ① 実際の運転に近い模擬映像を作成し、実際の運転環境に近い状態での模擬運転（ステアリング、アクセル、ブレーキ、方向指示器）が可能である。また、信号や他車両・歩行者などを任意のタイミングで制御し、運転の難易度（ドライバに対する運転負荷の程度）を柔軟に変更することも可能とした。



図2 開発した運転シミュレータ

- ② 本検討における、運転能力向上のための訓練機能を搭載
- ③ 高齢者の事故が多い出会い頭、交差点の右左折や車線変更等の運転場面において、認知機能を測定・評価することが可能である。

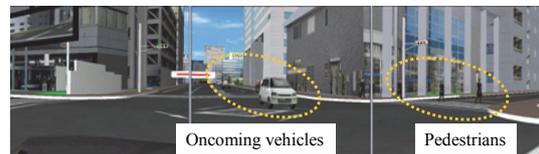


図3 運転機能測定場面例

(2) 訓練方法の効果検証

2. (2)において検討した訓練手法の有効性について、3. (1)の運転シミュレータによる検証実験を行った。図4の結果は、高齢者18名（63歳～78歳）において、歩行者の飛び出しや前方車両の急停止に対する単純反応時間を運転前の訓練の有無で測定したものである。この結果（First time）においては、訓練前後で反応時間の短縮（10%程度）および反応むらの改善が確認され、本検討の訓練手法の有効性を確認することができた。また、運転前の訓練を数分程度行った日の2～3日後に再度、単純反応時間を測定した結果（Second time），“訓練なしの場合”に対する単純反応時間の向上度合いは見られず、運転直前の数分間の訓練はウォーミングアップの効果はあるが一過性であることも示唆された。

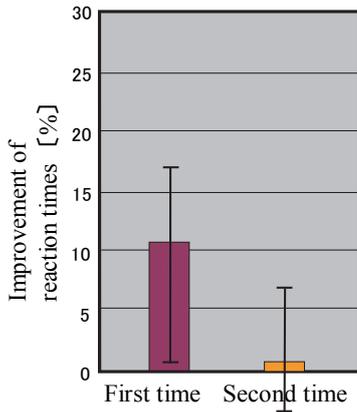


図4 訓練効果の検証結果

(4) 遠隔からのドライバ見守りシステム

① 運転状態の計測

図1に今回検討した運転挙動弁別アルゴリズムを示す。本アルゴリズムは、自車速度および角速度に基づくものであり、各々を閾値処理することで各挙動を弁別する。なお、センサデータの取得間隔は、角速度:0.1(s)、自車速度:1(s)である。

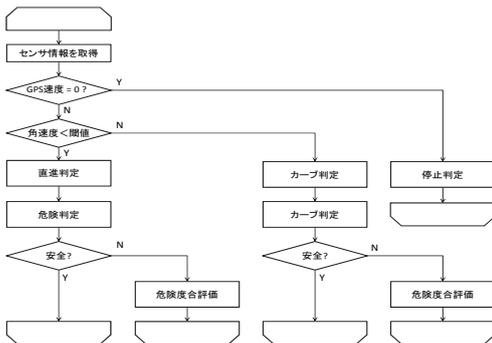


図5 運転挙動判別アルゴリズム

この弁別アルゴリズムに基づいて、実際の運転挙動が弁別可能であるか否かの検証実験を、自動車運転教習所を貸し切り実施した。検証に際しては、停止、直進、およびカーブを含む運転コースを設定し、一連の運転動作に対して本検討アルゴリズムを適用することで行った。また、実際の運転挙動の真値を得るために、前方シーンの動画撮影も併せて行った。図6は検証結果の一例を示しており、実際の運転挙動に対して精度良く弁別が可能であることが検証された。

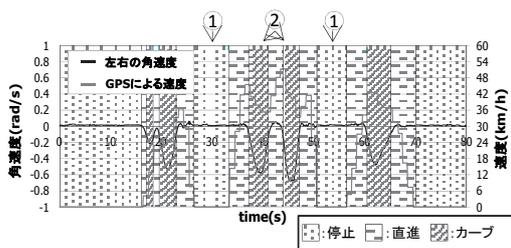


図6 運転挙動判別の検証結果

② 見守りシステム

図7に今回試作した見守りシステムの構成を示す。

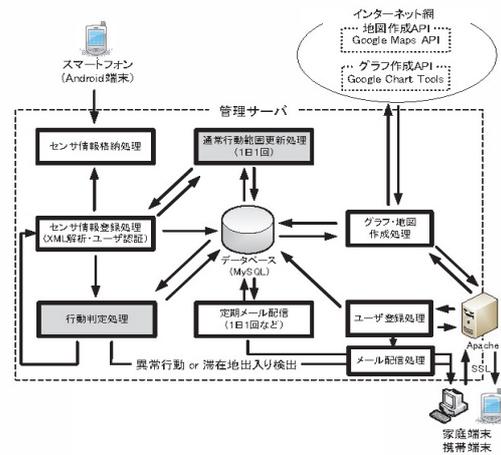


図7 見守りシステムの構成

- ・センサ情報格納処理
 - 一度に大量のパケットを受信した場合に対応するため、ソケットで受信したセンサ情報を全てキューに格納する。
- ・センサ情報登録処理
 - キューに格納したセンサ情報をXML解析ライブラリを使用して解析した後、ユーザ認証を行い、正常なパケットであればMySQLにてデータベースに登録する。
- ・定期メール配信
 - 処理予め登録されたメールアドレス宛に弱者の状態を記したメールを定期的に配信する。
- ・メール配信処理他
 - モジュールからのメール送信指示に従って、予め登録されたメールアドレス宛にメールを配信する。
- ・グラフ・地図作成処理
 - 家庭端末や携帯端末からの閲覧要求をApacheから通知されると、データベースからセンサ情報を呼び出し、グラフ作成APIや地図作成APIと連携して閲覧情報を生成する。
- ・行動範囲更新処理
 - 1日1回呼び出され、過去の位置情報から通常行動範囲を求める。
- ・行動判定処理
 - パケットを受信するたびにセンサ情報登録モジュールから呼び出され、報告された位置情報とセンサ情報に基づき通常行動であるか否かを判定する。

また、図7のシステムを実現するために不可欠な、IPv4/IPv6混在ネットワーク環境において、自由に通信を開始でき(接続性の保証)、かつ通信中にネットワークの切り替えを可能(移動透過性)とするNTMobile(Network Traversal with Mobility)の基礎技術を確認した。

NTMobileは、カーネル内でデータムーブをしないまま、カプセル化処理や暗号化を実現するため、スループットが高いことを確認済みである。エンドノード間の暗号化を実現した状態で性能評価を行った結果、100BASE-T環境下であれば、理論限界値を達成できることを確認している。

図8は、NTMobileを実装しない場合のLinux装置間のエンドエンド通信、NTMobileを利用した装置間のエンドエンド通信、NTMobileとMobileIPv6が中継サーバを経由した場合の通信のスループットを比較したものである。結論としては、NTMobileのエンドエンド通信は、純粋なLinux通信に対して約5%性能が劣化している。しかし、IPv4/IPv6混在環境の中で、あらゆる通信接続性を保証することと、あらゆるケースの移動透過性を可能にするという利点を考えると、十分許容できる性能である。中継サーバを経由した通信では、既存技術の代表であるMobileIPv6とNTMobileは同等の性能であるが、MobileIPv6がIPv6でないと動作できないのに対し、NTMobileはIPv4、IPv6、IPv4/IPv6混在環境に対応でき、大きな利点を有している。

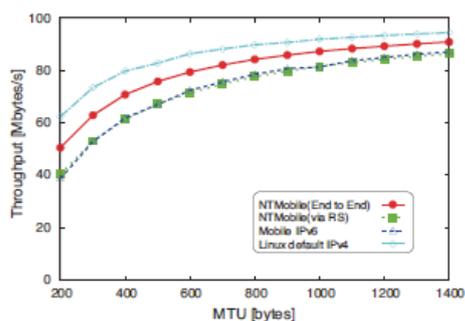


図8 スループット比較結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計8件)

- ① 清水 皓平, 鈴木 秀和, 内藤 克浩, 渡邊 晃, モバイルインターネット環境に適した遠隔DLNA通信システムの提案, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 55, No. 1, pp. 494-504, 2014, <http://www.ipsj.or.jp/ronbun.html>
- ② 大野 雄基, 手嶋 一訓, 加藤 大智, 山岸 弘幸, 鈴木 秀和, 旭 健作, 山本 修身, 渡邊 晃, TLIFESを利用した徘徊行動検出方式の提案と実装, 情報処理学会トランザクション, 査読有, Vol. 3, No. 3, pp. 1-10, 2013, <https://www.ipsj.or.jp/trans/transaction.html>
- ③ 鈴木 健太, 旭 健作, 鈴木 秀和, 渡邊 晃, 自宅からのリモートアクセスを可能にするGSRv2の提案と評価, 情報処理学会

論文誌, 査読有, Vol. 54, No. 6, pp. 1751-1560, 2013,

<http://www.ipsj.or.jp/ronbun.html>

- ④ 内藤 克浩, 上醉尾 一真, 西尾 拓也, 水谷 智大, 鈴木 秀和, 渡邊 晃, 森 香津夫, 小林 英雄, NTMobileにおける移動透過性の実現と実装, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 54, No. 1, pp. 1-14, 2013, <http://www.ipsj.or.jp/ronbun.html>
- ⑤ 後藤 裕司, 鈴木 秀和, 渡邊 晃, NATを跨る閉域通信グループの提案と評価, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 52, No. 9, pp. 1234-1243, 2011, <http://www.ipsj.or.jp/ronbun.html>

〔学会発表〕 (計37件)

- ① Yukihiro Kanamaru, Hidekazu Suzuki, Kensaku Asahi and Akira Watanabe, Proposal for a Wireless Sensor Networks Visualization System Using Location Estimation Technology, The seventh International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), Jan. 06-08, 2014, Singapore Management University, Singapore
- ② Kimihiro Miyabe, Yuki Ogura, Hatsuo Yamasaki, Muneo Yamada, Shin Yamamoto and Tomoaki Nakano, Method for Making Quantitative Assessment of Elderly Cognitive Function While Driving, The 20th International Display Workshops 2013 (IDW'13), Dec. 04-06, 2013, Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan
- ③ Sumi Kaio, Yukihiro Okamoto, Mari Suzuki, Akira Watanabe, Tomoaki Nakano, and Muneo Yamada, Study on Driver Assistance System with Smartphones, 20th ITS WORLD CONGRESS TOKYO 2013, Oct. 14-18, 2013, Tokyo International Forum, Japan
- ④ 宮部 公寛, 小椋 有記, 山崎 初夫, 山田 宗男, 山本 新, 中野 倫明, 自動車運転時の認知機能の測定・評価法とシステムの一検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム2013, 2013年09月10~13日, 早稲田大学
- ⑤ 鷺見 海王, 岡本 幸大, 鈴木 麻里, 渡邊 晃, 中野 倫明, 山田 宗男, スマートフォンを用いた運転支援システム開発の検討 -運転挙動弁別可能性の検討-, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02013) シンポジウム, 2013年07月10~12日, 十勝川温泉 ホテル大平原
- ⑥ 宮部 公寛, 北山 隆, 松浦 悟史, 沼山 達哉, 山田 宗男, 山本 新, 中野 倫明, 高齢者の運転に必要な認知機能の評価法の検討, 第11回ITSシンポジウム2012, 2012年12月13~14日, 愛知県立大学

- ⑦ 鷺見 海王, 岡本 幸大, 加藤 大智, 山崎 初夫, 川澄 未来子, 中野 倫明, 山本 新, 山田 宗男, スマートフォンを用いた運転支援システムの検討, 第 11 回 ITS シンポジウム 2012, 2012 年 12 月 13~14 日, 愛知県立大学
- ⑧ 中野 倫明, 山田 宗男, 高齢者の事故低減を目指した運転能力の評価と訓練, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 (SSI2012), 2012 年 11 月 21~23 日, 愛知県女性総合センター
- ⑨ Kohei Shimizu, Hidekazu Suzuki, Katsuhiko Naito, Akira Watanabe, Remote DLNA Communication System Based on NTMobile, The 1st IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2012), Oct. 02-05, 2012, Makuhari Messe, Japan
- ⑩ 水野 賢二, 高橋 佳男, 山崎 初夫, 川澄 未来子, 山田 宗男, 山本 新, 中野 倫明, 高齢運転者の注意・判断力の訓練と効果, 映像情報メディア学会, 2011 年 12 月 21 日, 芝浦工業大学
- ⑪ Yoshio Takahashi, Kenji Mizuno, Hatsuo Yamasaki, Mikiko Kawasumi, Muneo Yamada, Shin Yamamoto, Tomoaki Nakano, Training Method for Improving Cognitive Function of Middle Age While Driving and Evaluation of Its Effects, The 18th International Display Workshops, Dec. 08, 2011, Nagoya Congress Center, Japan
- ⑫ D. Kato, H. Yamagishi, H. Suzuki, E. Konaka and A. Watanabe, Proposal of a Remote Watching System Utilizing a Smartphone and Sensors, IEEE 11th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT2011), Oct. 12, 2011, Hangzhou, China
- ⑬ H. Yamagishi, D. Kato, K. Teshima, H. Suzuki, O. Yamamoto and A. Watanabe, Proposal and Implementation of a System to Remotely Watch the Health Conditions of Elderly Persons, IEEE 11th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT2011), Oct. 12, 2011, Hangzhou, China
- ⑭ 山岸 弘幸, 加藤 大智, 手嶋 一訓, 鈴木 秀和, 山本 修身, 渡邊 晃, 高齢者を遠隔地から見守るシステムの提案と実装, 情報処理学会 (DICOM02011), 2011 年 7 月 6 日, 天橋立宮津ロイヤルホテル
- ⑮ 加藤 大智, 山岸 弘幸, 鈴木 秀和, 小 中英 嗣, 渡邊 晃, スマートフォンとセンサを活用したリモート見守りシステムの提案, 情報処理学会 (DICOM02011), 2011 年 7 月 6 日, 天橋立宮津ロイヤルホテル

[図書]
なし

[産業財産権]
なし

[その他]
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 宗男 (YAMADA, Muneo)
名城大学・理工学部・教授
研究者番号：70509653

(2) 研究分担者

中野 倫明 (NAKANO Tomoaki)
名城大学・理工学部・教授
研究者番号：70329770

渡邊 晃 (WATANABE Akira)
名城大学・理工学部・教授
研究者番号：50360235

旭 健作 (ASAHI Kensaku)
名城大学・理工学部・助教
研究者番号：70509372