

機関番号：12605

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20360111

研究課題名 (和文) 高齢者運転特性把握による個別適合運転支援システムの構築

研究課題名 (英文) Development of Individual Adaptive Driving Assistance System Based on Driving Features of Elderly Drivers

研究代表者

永井 正夫 (NAGAI MASAO)

東京農工大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：10111634

研究成果の概要 (和文)：本研究は、高齢者のための運転支援システムの開発に有益な知見を得ることを目的とし、ドライブレコーダを用いた高齢者の運転の特徴分析を行った。その結果、高齢者と非高齢者の運転の特徴の違いが見出された。また、この結果を踏まえ、高齢ドライバーの運転操作特性のモデル化を行い、これを用いて高齢者の無信号交差点通過時の安全度を診断する手法の開発を行った。高齢者の公道走行データに本手法を適用することにより、提案する手法の実現性が示された。

研究成果の概要 (英文)：This study analyzes the driving characteristics of elderly drivers by using drive recorders, aiming at obtaining useful findings for development of driving assistance system for elderly drivers. As a result, the differences of driving characteristics between elderly and non-elderly drivers are found. Moreover, based on this result, a method is proposed to diagnose the degree of safeness when passing an unsignalized intersection and the feasibility of the proposed method is indicated through a near-miss incident simulation, in which real driving data on a public road by an elderly driver is applied.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
2009年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2010年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
年度			
年度			
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：人間機械システム

1. 研究開始当初の背景

身障者用移手段として、電動車椅子の研究は例を挙げるまでも無く多く存在するが時速6km/hに制限されており、通常の走行速度で走れる福祉電動車両に関しては、高齢運転操作に関する研究は数少ない。本研究代表者の永井らは、数年来、電気自動車の「運動制御問題」に取り組んでおり、新しい駆動制

御方式 (In-Wheel Motor の独立制御) の特長を生かした車両の安定化制御や自動運転について、数々の成果を生み出してきた。成果の一部は国際会議 (EVS22、AVEC2006) でベストペーパーとして表彰された。

一方、車両運動制御に関する学術的な新しい動きとして、「個別適合運転支援」という概念が注目されるようになった。これは、

個々の運転者の「認知・判断・操作」特性に合わせた制御によって、高度に調和した人間機械システムを実現しようとする予防安全技術のひとつである。個性の異なる人間にとって一律な自動化は受け入れがたいという点に由来した概念である。運転支援の個別適合に関する研究としては、赤松らによる日常運転行動データベースの構築や、稲垣らによるアダプティブオートメーションの適用がある。本研究代表者の永井らは、高齢者個人のペダル操作特性に適合する知的制御法を提案している。要するに高度にロボット化される車両操作系においては、ドライバの運転特性にきめ細かく対応することにより、人間機械システムを高度なレベルに維持させ、加齢による衰えやヒューマンエラーによる事故の大幅削減を狙ったものである。

2. 研究の目的

このように我々は、車両自体の特性を利用した制御の最適化から、人間特性に合わせた個別適合制御へと研究を進めてきた。本研究では、これまでの成果を発展させ、認知・判断・操作の中でも、「認知・判断」の部分に焦点を当て、その個別適合手法を明らかにしていく。特に、専門医療研究機関の協力を得て、認知・判断が問題視されている後期高齢者や疑似認知症ドライバを被験者として、その運転操作特性を明らかにし、運転診断と運転支援設計に役立つ知見を得ることを目的とする。また研究の幅を広げるため、一般被験者を含めて通常運転行動と異常運転行動のデータ分析も行い、運転支援の新たな知見を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) ドライブレコーダによる高齢者の日常運転行動分析

高齢者のための運転支援システム開発のための第一歩として、常時記録型ドライブレコーダを用いて高齢ドライバと非高齢ドライバの日常運転行動を記録して分析し、それらの比較から高齢ドライバ特有の運転の特徴を把握する。運転行動の特徴を表わす運転データとして、本研究では特に車両速度と加減速度の確率分布に注目し、高齢ドライバの運転の特徴抽出を行う。

①ドライブレコーダ

本研究で使用するドライブレコーダを図1に示す。取得可能なデータは、車両速度・前後加速度・左右加速度・ブレーキ信号・GPSによる位置情報などの車両データと、4台のカメラによる前方・右前方・左前方・車内の映像データ、さらにマイクによる音声データである。取得データは図2に示す専用ソフトウェアを用いて閲覧することができるほか、位置情報をのぞく全ての車両データはデー

タファイルとして出力することが可能である。

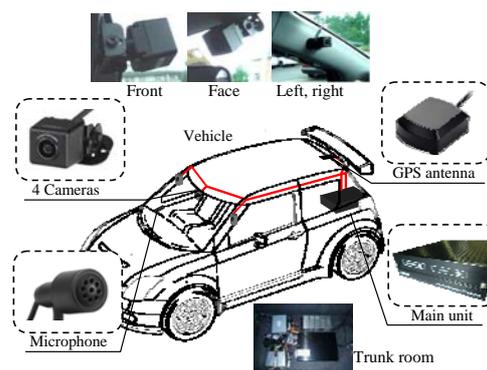


図1 ドライブレコーダ

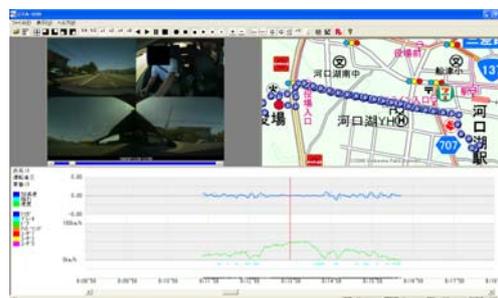


図2 運転データ閲覧ソフト

②被験者ドライバ

本研究では一般ドライバの所有車にドライブレコーダを取り付けて運転データの収集を行う。対象となるドライバは、表1に示すように33～58歳の非高齢ドライバ9名と66～84歳の高齢ドライバ9名の計18名である。両グループ共に約1ヵ月～2ヵ月間、普段通りの運転をするように教示してデータの収集を行う。

表1 被験者ドライバ

Non-elderly drivers			Elderly drivers		
Sex	Age	Drive frequency [time/day]	Sex	Age	Drive frequency [time/day]
Female	56	0.64	Male	81	0.72
Male	33	0.61	Male	79	0.61
Male	52	0.70	Male	80	0.74
Female	55	0.36	Male	79	0.81
Male	58	0.46	Female	69	0.53
Female	37	0.64	Male	81	0.83
Female	53	0.44	Male	66	0.13
Male	49	0.25	Male	84	0.94
Male	54	0.67	Female	68	0.28

(2) ドライビングシミュレータを用いた運転特徴抽出手法の検討

運転操作特性抽出手法の検討として急停止場面におけるブレーキペダル操作に着目し、ドライバ運転操作特性のモデル化を行う。

① ドライビングシミュレータ

高齢者に対する実験を安全に行うために、実験には図3に示すドライビングシミュレータ(以下DS)を用いる。実験のシナリオは次のようなものである。自車が100km/hで定速走行中、ランダムなタイミングで80m前方に障害物が出現する。運転者は急ブレーキ操作を行い、制動のみにより衝突を回避する。この時のブレーキ操作量を計測する。この実験を被験者4名について各5回行い、ブレーキペダル操作特性の解析を行う。

② ブレーキペダル操作の特徴量抽出

被験者が急ブレーキを行った時のブレーキペダル操作を、ブレーキ操作目標に対する応答を表わす関数としてモデル化し、そのモデル・パラメータとして、ブレーキ操作特性



図3 ドライビングシミュレータ

の特徴を抽出する。これにより、ドライバのブレーキ操作を近似的に定式化することができ、各被験者の反応時間とブレーキペダル時定数の比較を行うことで、ブレーキペダル操作特性を解析することが可能となる。

(3) 日常走行データに基づく安全運転診断手法の開発

交差点内での歩行者・自転車対自動車の出会い頭事故に着目し、運転中に交差点に差し掛かった際の飛び出し歩行者・自転車と事故を引き起こす確率を評価する運転診断シス

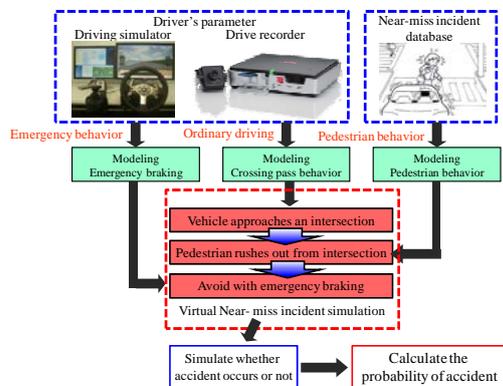


図4 バーチャルヒヤリハットシミュレーションの概略図

テムを開発する。図4にシステムの概略図を示す。まず、歩行者・自転車の交差点通過時挙動、歩行者飛び出し時の自転車挙動をモデル化する。モデルを基に仮想的に交差点内で歩行者・自転車が飛び出してくるバーチャルヒヤリハットシミュレーションを行い、歩行者が飛び出してきた際の安全度を評価する。このシミュレーションを様々な条件で行うことで歩行者と事故を起こす確率を算出し、交差点内安全運転度を診断することができる。この診断結果を高齢ドライバに自覚させることが、安全運転の促進につながると考えられる。

① 歩行者挙動の数値化

自動車技術会が構築したヒヤリハットデータベースより歩行者・自転車対自動車の交差点内事故・ヒヤリハット場面を抽出し、その中から特に危険度が高い歩行者対自動車のヒヤリハット事例を1件取り上げ、その挙動を数値化する。

② 交差点走行データの抽出

通常運転時における交差点通過速度を算出するため、山梨県富士河口湖町にて高齢者6名、非高齢者5名の計11名の被験者車両に常時記録型ドライブレコーダを取り付け、通常運転データの取得を行う。取得するデータは車両加速度、GPSから得られる車両位置である。

③ 高齢ドライバのブレーキ操作モデル

通常走行時に歩行者が飛び出してきた際、ドライバは事故を回避するために急ブレーキで停止し、歩行者との衝突を回避する。この行動は、(2)で構築するブレーキ操作モデルを用いることで、再現可能である。

④ バーチャルヒヤリハットシミュレーション

図5にシミュレーション内での自転車行動のフローチャートを示す。シミュレーションは歩行者がドライバの視界に入った瞬間に始まり、ドライバが歩行者を発見、ペダルを踏み替えた後ブレーキを使用し車両が停止した時に終了し、歩行者と衝突したか診断する。本研究は交差点内での出会い頭事故に着目しているため、車両停止位置が歩行者の手前である場合は衝突を回避したとして安全な運転、停止位置が歩行者よりも奥だった場合は衝突したとして危険な運転と診断する。

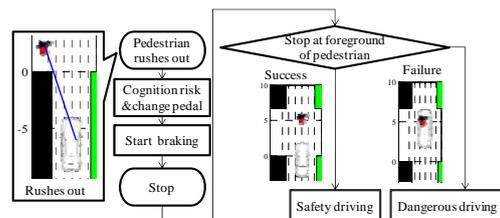


図5 シミュレーションのフローチャート

4. 研究成果

(1) ドライブレコーダによる高齢者の日常運転行動分析

収集したデータのうち、正常にデータを得ることができた高齢ドライバ5人、非高齢ドライバ6人を本研究における分析の対象とする。各ドライバの実験期間中の運転量に関する基礎データを表2および表3に示す。

表2 運転基礎データ (高齢者)

ID	Age	Sex	Recording term [day]	Driving days [day]	Driving hour [h]	Driving distance [km]
101	81	Male	43	31	11	202
104	79	Male	51	31	22	435
107	79	Male	43	35	22	471
110	81	Male	36	30	24	402
115	66	Male	52	7	8	320

表3 運転基礎データ (非高齢者)

ID	Age	Sex	Recording term [day]	Driving days [day]	Driving hour [h]	Driving distance [km]
1	56	Female	80	51	12	238
3	52	Male	64	45	35	806
4	55	Female	74	27	6	99
5	58	Male	71	33	13	350
6	37	Female	72	46	33	853
8	49	Male	80	20	18	746

表4 運転データの比較

Driver	Daily driving distance[km/day]	Daily driving time[min/day]	Probability of hard longitudinal acceleration in the all recording term[%]
Elderly	18.6	45	0.00
Non-elderly	15.5	33	0.03

Driver	Average of speed[km/h]	Average of acceleration[G]	Average of deceleration[G]
Elderly	22.6	0.029	0.041
Non-elderly	25.6	0.032	0.043

収集したデータを集計して得られる、1日当たりの運転距離、運転時間、急減速確率、平均速度、平均加速度、平均減速度について、高齢ドライバと被高齢ドライバの平均値の比較を表4に示す。ここでは、急加減速とは加速度0.3G以上の加減速と定義している。表4から、高齢ドライバは非高齢ドライバに比べて平均速度が低く、加速度・減速度平均値はどちらも非高齢ドライバの平均値よりも絶対値が小さいということが分かる。

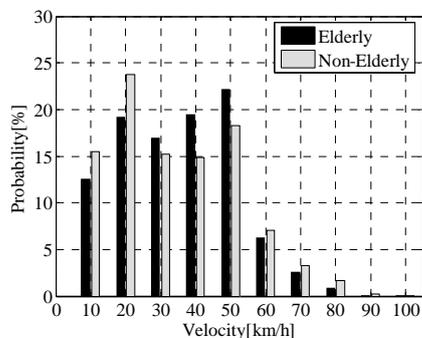


図6 車両速度の分布

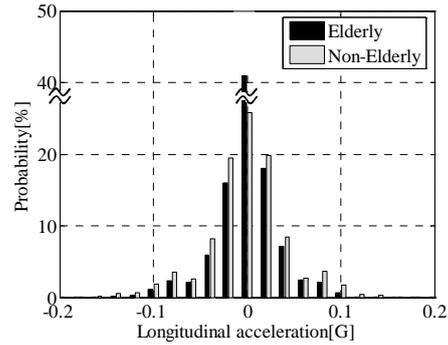


図7 前後加速度の分布

これを踏まえ、図6に示すように高齢ドライバと非高齢ドライバの速度の確率分布を比較した結果、高齢ドライバは非高齢ドライバに比べて30km/h~50km/hの速度域での運転が多く、60km/h以上の高速での運転は少ないということが分かる。また、図7に示すように、高齢ドライバと非高齢ドライバの加減速度の確率分布の比較から、高齢ドライバは0.02G未満のゆっくりとした加減速を行うことが多く、それ以上の大きな加減速は非高齢ドライバよりも少ないということが分かる。これらのことから、高齢ドライバの全体的傾向としては、中速で緩加減速による運転が多いといえる。

しかし、高齢ドライバの全体的傾向としては上記のようなものであるものの、個人ごとの車速や加減速度の確率分布を比較した結果、高齢ドライバでありながら非高齢ドライバのような速度分布を示すドライバや、またその逆の場合なども見られ、これらの分布は個人ごとの運転傾向や、また居住地域によっても大きく異なることも判明した。

このように実際の高齢者の日常運転データを記録した研究は他に例がないことから、この分析結果が非常に高価値であるばかりでなく、得られた運転データ自体も貴重なものといえる。

(2) ドライビングシミュレータを用いた運転特徴抽出手法

① ブレーキペダル特性のモデル化

急ブレーキを行う時のドライバのブレーキペダル操作を、ブレーキ操作目標に対する一時遅れ系であるとして仮定し、その伝達関数を以下の式で表す。

$$H(s) = \frac{1}{1+Ts} e^{-\tau s} \quad (1)$$

ここで、 T はブレーキを踏み始めから踏み込み量が一定量(63.2%)に達するまでの時間となり、ブレーキペダル時定数と定義する。 τ は障害物が出現してからブレーキペダルを踏み始めるまでの時間となり、反応時間と定

義する。図 8 に同定結果の一例を示す。

②同定結果

実験により同定した、各被験者の反応時間とブレーキペダル時定数の平均値を図 9、図 10 にそれぞれ示す。

図 9、10 から、被験者の反応時間とブレーキペダル時定数は年齢の増加に伴って大きくなる傾向が見られ、提案する方法により、急ブレーキ操作の特徴を抽出できる可能性が示された。

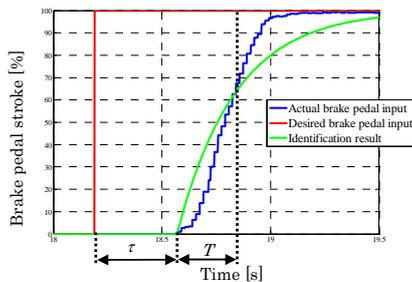


図 8 ブレーキペダル操作量

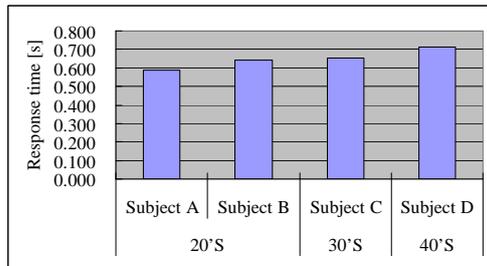


図 9 反応時間 τ

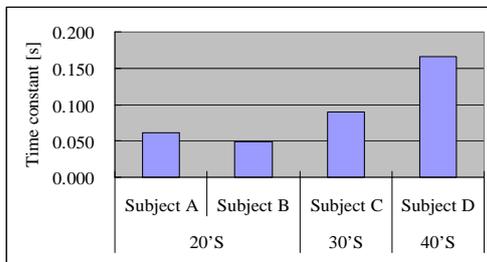


図 10 ブレーキペダル時定数 T

(3) 日常走行データに基づく安全運転診断手法の開発

本研究では、提案する手法の実現性の検証として、1 件の公道走行データに対し、バーチャルヒヤリハットシミュレーションを行った。

高齢者の公道走行データからから見通しの悪い無信号交差点を通過する場面を抽出した結果、図 11 に示す場面の通行データが 1 件取得された。この交差点の進行方向右側は見通しが良いが、左側は生け垣があり見通しが悪い。バーチャルヒヤリハットシミュレーションを行うため、この交差点走行データから交差点通行中の走行速度を求めた。



図 11 取得された交差点通過場面

この交差点走行データに対し、歩行者挙動データとブレーキ操作モデルを使用してバーチャルヒヤリハットシミュレーションを行った結果を図 12 に示す。図は左から(a)歩行者が見えた時、(b) ブレーキを開始した時、(c) 衝突した時、(d) 両者が停止した時の交差点内の歩行者、車両位置を表した図である。図(a)~(d)中の黒い部分は生け垣で視界を妨げるもの、斜線の部分は視界を妨げないが道路ではない部分を表す。このシミュレーションでは自車が歩行者よりも奥で停止しており、歩行者と接触しているため事故を起こしており、危険な運転であるといえる。

このシミュレーションにより、バーチャルヒヤリハットシミュレーションによる交差点通過時の安全運転診断の実現可能性が示された。

この運転診断手法では、日常の実際の運転データに基づいてシミュレーションがなされることから、ドライビングシミュレータを用いたテストなどとは違い、ドライバが真に日常から安全運転を行っているかどうかを判別可能である。また、定量的な安全度として診断されることから、日常から安全運転に気をつけるほど評価点が高くなるため、これを用いて安全運転教育を行うことで、効果的に安全運転意識を高め、事故数低減を促進できると考えられる。

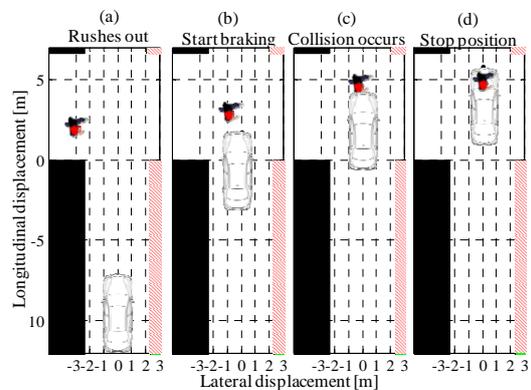


図 12 シミュレーション結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 林隆三, 磯谷十蔵, 藤田峻平, ポンサトーン・ラクシンチャレンサク, 永井正夫, 超小型電気自動車のインホイールモータと操舵制御を用いた前方障害物自動回避システムの開発, 自動車技術会論文集, 査読有, Vol.42, No.1, 2011, pp.83-87

[学会発表] (計7件)

- ① 林隆三, 田中祐紀, 西郷慎太郎, 永井正夫, 常時記録型ドライブレコーダを用いた高齢ドライバの日常運転行動分析, 日本機械学会 2010 年度年次大会, 2010 年 9 月 6 日, 名古屋市
- ② 磯谷十蔵, 宍倉知香良, 林隆三, ポンサトーン・ラクシンチャレンサク, 永井正夫, Autonomous Vehicle Motion Control System for Obstacle Avoidance Situations, The 10th International Symposium on Advanced Vehicle Control(AVEC 2010), 2010 年 8 月 23 日, Loughborough, UK
- ③ 磯谷十蔵, 藤田峻平, 林隆三, ポンサトーン・ラクシンチャレンサク, 永井正夫, Development of Autonomous Forward Obstacle Avoidance System by Using In-Wheel-Motor and Steering Control of Micro Electric Vehicle, The 15th Asia Pacific Automotive Engineering Conference, 2009 年 10 月 27 日, Hanoi, Vietnam
- ④ 志岐知洋, 林隆三, ポンサトーン・ラクシンチャレンサク, 永井正夫, 自動車運転時の注意レベル推定のための視線行動解析, 日本機械学会 2009 年度年次大会, 2009 年 9 月 13 日, 盛岡市
- ⑤ 寺島義道, 林隆三, ポンサトーン・ラクシンチャレンサク, 永井正夫, 危険場面ドライビングシミュレータを用いた横滑り防止装置の評価, 日本機械学会第 17 回交通・物流部門大会, 2008 年 12 月 10 日, 川崎市
- ⑥ 綱井秀樹, 前田公三, 林隆三, ポンサトーン・ラクシンチャレンサク, 永井正夫, Development of Steering Behavior Recognition Method by Using Sensing Data of Drive Recorder, International Conference on Control, Automation and Systems 2008, 2008 年 10 月 15 日, Seoul, Korea
- ⑦ 道辻洋平, ポンサトーン・ラクシンチャレンサク, 前田公三, 永井正夫, 市街地走行データベースにもとづく急ぎ運転検出法の検討, 第 26 回 日本ロボット学会 学術講演会, 2008 年 9 月 8 日, 神戸市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永井 正夫 (NAGAI MASAO)
東京農工大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号: 10111634

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

道辻 洋平 (MICHITSUJI YOHEI)
茨城大学・工学部・准教授
研究者番号: 90376856

ポンサトーン・ラクシンチャレンサク
(PONGSATHORN RAKSINCHAROENSAK)
東京農工大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 30397012

林 隆三 (HAYASHI RYUZO)
東京農工大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号: 80505868

伊藤 安海 (ITO YASUMI)
国立長寿医療センター研究所・
長寿医療工学研究部・室長
研究者番号: 40356184