

ユニバーサル自動車操縦インタフェースの研究開発

ソフトウェア情報学部 教授 村田嘉利、講師 鈴木彰真

<要旨>

ユニバーサル自動車操縦インタフェースとして、進行方向に上体を捻るあるいは傾けると言った操作により、障害者だけでなく高齢者を含めて誰でも運転可能とするインタフェースと、シートに振動子を取り付けて、注視対象や環境音との競合を回避しつつ体感として周囲にある障害物の位置をドライバーに伝えることでウツカリ事故の発生を抑える機構を開発し、その有用性に関する研究を行った。

1 研究の概要

近年、自動車の事故防止を目的に様々な研究が活発に行われている。現在、自動運転化にむけた過渡期を迎えており、運転支援をするシステムが実用化されている。運転の完全自動化については、いざ事故を起こした時の責任の所在といった法整備の問題もあり、実用化までにはまだ時間が必要であるとする専門家もいる[1]。一方、自分で運転する楽しみもあり、運転支援への取り組みは依然として興味深い。

これらの支援システムの実用化に反して、平成27年度の交通事故が15年ぶりに増加した[2]。原因としては高齢者の運転、通行が挙げられている。安全運転の支援は、高齢者が認識可能なより直感的な通知方法が求められており、新たな局面を迎えているといえる。

本研究では、ユニバーサル自動車操縦インタフェースとして、直感性のある操作と伝達に着目した研究を行った。操作としては、障害者だけでなく高齢者を含めて誰でも運転可能となるよう、アンブ内蔵引張圧縮用ロードセルを用いた力の強弱による自動車操縦インタフェースを提案し、ステアリング操作時の性能評価を行った。進行方向に上体を捻るあるいは傾けると言った操作により、シミュレータでの評価で5分程度の練習で従来のハンドル操作と遜色なく操縦可能であることを確認した。

一方、伝達としては、特に側方後方のミラーや直視がおざなりになりやすいエリアに対して、車線変更や後進時、左折時の死角に起因する事故防止を対象とした伝達装置の開発を行った。一般に運転者への伝達方法としては、多くが視覚や聴覚による通知を採用している。運転者は、既存のミラー、前方ウィンドウ、カーナビゲーションシステムから情報を視覚によって得ている。視覚による情報取得は、既に情報入力量として過多となっており、よそ見による事故が弊害として発生する。視覚による通知はこれらの注視との競合、すなわち前方やミラーの注視に対する集中力の低下を回避する必要がある。音による通知においてもクラクション、ラジオやオーディオ、サイレンや踏切等の環境音との競合を考慮する必要がある。また、深夜バスでは音や映像を利

用した安全運転装置が利用できない。そこで、直感的で他の情報と競合しない手法として、触覚による通知を提案した。車の振動等、触覚による人間のセンシング車の故障率低下に伴い以前に比べ必要なくなった。そこで、運転姿勢に左右されないより実用的なシステムとして、臀部に設置したアクチュエータを用いて通知することが可能であるか検討し、その有用性を示した。

2 研究の内容

2.1 ロードセルを用いたステアリングコントロール

ロードセルとは質量やトルク等の力を検出し、電気信号に変換するセンサで、荷重変換器とも呼ばれている。本稿では図1に示した東洋測器株式会社のロードセル、TCS[3]を使用した。



図1：ロードセル

2.2 座面アクチュエータを用いた臀部触覚による自動車の周辺通知

図2に振動による情報の通知システムを示す。アクチュエータの選定には車にも搭載可能なサイズと12V程度の電圧で駆動する必要がある。そこで、市販のシートマッサージャーを参考にした。シートマッサージャーの多くはマッサージクッションの座面にバイブプレータを用いている。そこで筆者らは、アクチュエータとして振動モータを用いた。

2台のマイコン(Arduino UNO)を用いて、それぞれモータシールドと通して椅子のクッションに設置された振動モータを動作させる。システムの電源は車のシガーソケットから取得する。1つのマイコンで3つまたは4つの振動モータを動作させてい

る。実用化の際には、近接センサの情報をマイニングし、図 2 に示す PC またはマイコン内で振動の強さを制御する。マイコンにはシリアル通信で振動させるモータと振動強度として回転数を通信する。

制作したシートは図 3 に示す。市販のシートにマッサージ用のバイブレータとマイコン、モータドライバを装着した。

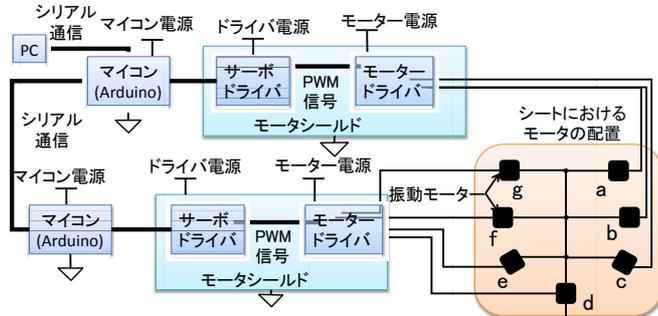


図 2: 通知システムのハードウェア構成

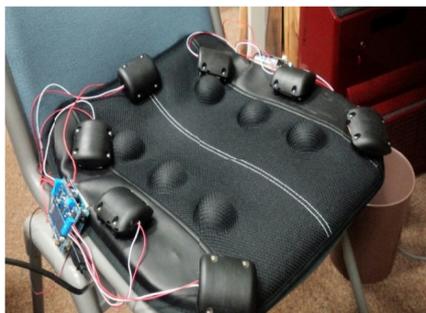


図 3: 振動モータを取り付けた実験用シート

3 これまで得られた研究の成果

3.1 ロードセルを用いたステアリングコントロール

ステアリング操作を検証するため、まずシミュレータを用いた直線走行時のふらつきと脱輪率を計測した。図 4 に実験環境および機器を示す。実験ではロードセルを取り付けたレバーを図 4 に示す位置に配置し、ハンドルと比較した。次に、図 5 にそれぞれ評価基準と使用するコースを示す。走行車線の中央からの距離をふらつきとし、路側帯と車両交通帯をはみ出した場合を脱輪とした。普通運転免許を取得済の被験者 10 名にハンドルとロードセルで、それぞれ図 5 に示すコースを 5 分程度練習の後、3 周走行させた。

図 6 に、実験結果として全被験者の直線走行時のふらつき、脱輪率を平均値として示す。ロードセルはハンドルと比較して 0.05m 程のふらつきの差にとどまった。また、ハンドルよりもロードセルがより少ないふらつきとなる被験者もいた。一方、脱輪率は一周目で倍近い差が出たものの、減少の度合いはハンドルよりも大きく、ロードセルの方が慣熟しやすいことが示唆された。



図 4: シミュレーション実験環境

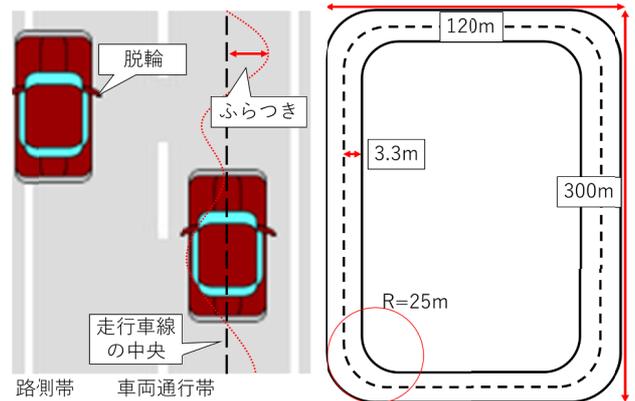


図 5: 評価基準となる指標と使用コース

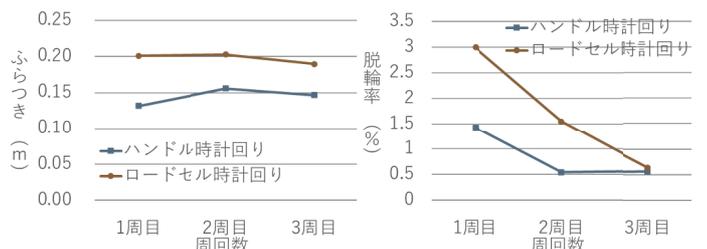


図 6: シミュレーション実験の結果

次に、シミュレーション結果を利用し、ロードセルを搭載した電気自動車によるふらつきの検討を行った。電気自動車の横方向にビデオカメラを取り付け、ビデオカメラに映るセンターラインの位置からふらつきを分析した。ロードセルの取り付け位置を図 7 に示す。電気自動車は、PIUS[4] を使用しており、右側にロードセルを設置した。アクセル、ブレーキ操作に関しては通常の自動車と同様にフット操作による加減速を行った。実験では、5 分程度の走行を行い、ロードセルを用いた操作と、通常のハンドルによるステアリング操作におけるふらつきを比較した。

実験の結果として、各インタフェースにおけるセンターラインとの平均距離とふらつきの標準偏差を表 1 に示す。表 1 に示されたとおり、ステアリング操作において特に差異が見られなかった。そのため、ふらつきのない操作が可能であるとみられる。本研究の目的である直感性についてはさらに検討が必要であるため、今後は直感性における評価を行う。

図 7 : PIUS へのロードセルの取り付け位置

表 1 : 各ステアリングの平均距離とふらつき

	センターラインとの平均距離 [cm]	ふらつき[cm]
ハンドル	86.1	14.2
ロードセル	84.6	12.6

3.2 座面アクチュエータを用いた臀部触覚による自動車の周辺通知

小型自家用車に、図 3 に示す制作したシートに取り付けて、振動による通知が可能か検討した。山道、60km/h 制限の片側 2 車線舗装路、片側 1 車線 40km/h 制限の市街地の道路、砂利道（大学内私有地）、段差（歩道との境界）において、それぞれ 5 人の被験者によって運転時における振動の感度と認識方向を検討した。

図 5 に実験で使用したルートを示す。晴天、非積雪時の岩手県盛岡市内の道路においておよそ 29km の道のりを設定した。各状況におけるランダムなタイミングで、弱中強のいずれかの振動を 1 つまたは 2 つの隣接するモータで発生させた。それぞれの被験者と実験環境において、モータの振動数を 3 段階設定し、強度による接近状態の判別についても検討した。

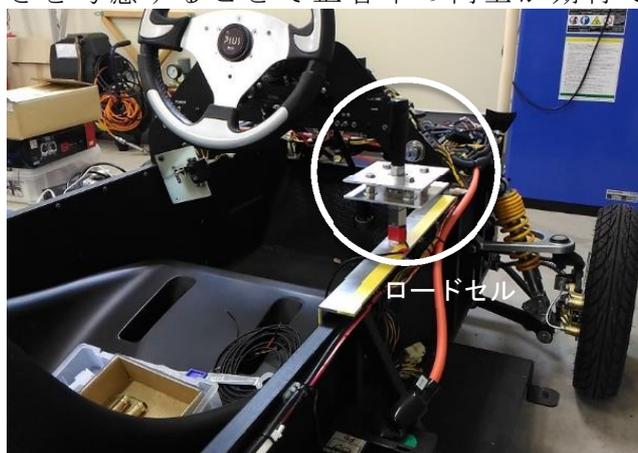
実験では、直感性について考慮し、被験者に全く正解を教えずに強度を当ててもらおう（教示なし）場合と、練習や被験者が回答する都度に正解を告知する（教示あり）場合で計測を行った。また、非運転時における振動モータの振動と直感的に感じる方向角について検討を行った。この検討では、予め振動する 1 つのモータの位置を教えた上で、振動によって直感で感じた角度に関するアンケートを行った。それぞれのモータはランダムの順に振動させた。また、本検討は被験者 4 人に対して 3 回行った。

実験の結果、運転に支障を与える振動ではないことが判明した。さらにサスペンションや振動周波数の違いから、段差や砂利道においても舗装路と同等の結果が得られた。図 9 では、教示なしの状況で車を描いた絵に対し、被験者にシートから与えた振動に対して、どちらの方向角を感じるか矢印を記入してもらった例を示している。3 回の振動によって、側方のモータについて最大で 50 度近く認識の差があった。側方のモータは座位による影響を受けやすいものの、直感的にどの位置に障害物があるのか分かることが判明した。

表 2 は、教示なし 12 回の試行において、ランダムに与えた 1 つの振動モータによる振動に対して、どのモータが振動したか 5 人の被験者に対して回答してもらった。例えば、表 2 の被験者 A は 1 回目の試行で振動モータ f に中程度の振動を与えた所、正しい振動モータと強度を回答している。一方、表 2 下線は回答と違う内容であった部分を示して

いる。実験の結果、強度においては 54% の正答率であった。表 2 においては、強に対して弱と回答した例が 2 件あったものの、残りの誤答は 1 段階にとどまっている。他の被験者においても、同様の結果が得られた。表 2 の被験者 B は 7 回目の試行前に姿勢を変更したため、それまで強めに誤答していたものが弱めに誤答している。しかしながら、強度変化における直感性に一定の効果はあることが示された。振動モータの設置位置においては、表 2 の誤答は隣接のモータを回答した 2 件に留まっている。そのため、どのモータが振動したかは判断できるものと考えられる。

次に、被験者に強度の正解を告知した教示ありでの実験結果を表 3 に示す。表 2 と同様に、表 3 では与えた振動の強度と回答の一部を示している。また、下線は回答が与えた振動と異なる試行を強調している。教示を与えた場合は、正答率が向上し、8 割程度の確率で強度の正答が得られた。着席位置がある程度固定されるシートにして、設置位置の硬さを考慮することで正答率の向上が期待で



きることで、弱と強で誤答するケースが無かったこと、現在実用化されている超音波接近センサを踏まえて細かい精度を必要とされていないことから、十分有用性が示されたと考えられる。

4 今後の具体的な展開

本研究では、ユニバーサル自動車インタフェースとして、誰でも運転が可能でかつ事故の発生を抑制できるシステムを検討した。ステアリング操作においてはロードセル、センシング結果の伝達においては振動素子による触覚に着目し、それぞれ実用への可能性を示した。

傾き／捻りによる方向制御については、ウツカリ事故防止として効果があるかどうか、直感性の検討を行う。加えて、本年度の検討結果を用いて実用化を目指した発展的研究を行う。現在、実車への実装を行った上で、アクセル操作に関する操縦の有用性評価を行っている。実験結果を元に、機構やパラメータの調整を行い、実用化させる。

振動機能付きドライバーズシートについては、本年度に特性評価を行ってきた接近センサを利用

し、死角にいる人／自動車／二輪車の識別や方向・距離の識別の正確性について更なる研究を行う。最終的には、シートの実用化を目指す。



図 8：実験で使用した運転のルート

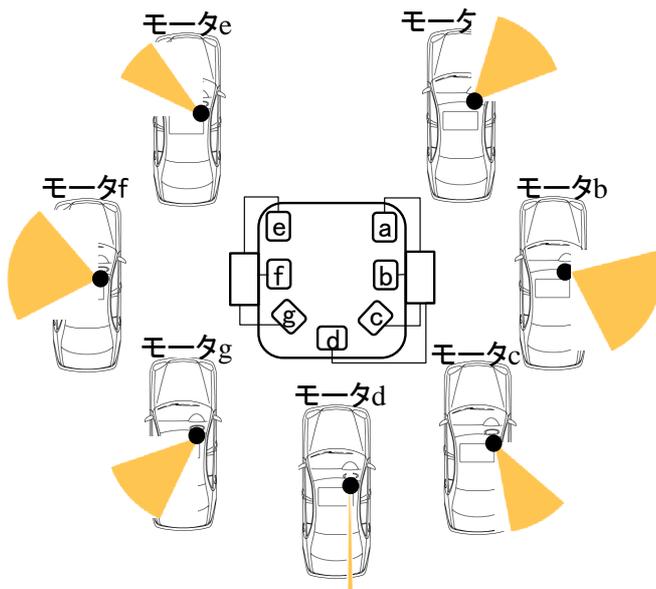


図 9：各振動モータにおける被験者が回答した方向の範囲

5 論文・学会発表等の実績

- 地域イノベーション戦略『いわて環境と人にやさしい次世代モビリティ開発拠点』プロジェクト平成 27 年度成果報告会
- 鈴木彰真、瀧谷俊介、村田嘉利「座面アクチュエータを用いた臀部触覚による自動車の周辺通知」マルチメディア、分散、協調とモバイル、DICOM2016 シンポジウム, pp. 729-734
- 「いわてサイエンスシンポジウム 2016」出展
- 阿部貴也、村田嘉利、鈴木彰真、佐藤永欣「ロードセルを用いたステアリングコントロールの可能性」電気関係学会東北支部大会

表 2 教示なしの状態における方向と強度の回答

回数	被験者 A		被験者 B	
	振動	回答	振動	回答
1	f(中)	f(中)	e(強)	e(強)
2	d(弱)	d(中)	d(弱)	d(中)
3	c(弱)	c(弱)	f(中)	f(強)
4	a(強)	a(中)	c(弱)	c(弱)
5	b(強)	b(強)	a(強)	a(強)
6	e(強)	e(弱)	b(中)	c(強)
7	d(中)	d(中)	g(強)	g(弱)
8	g(弱)	g(弱)	e(弱)	e(弱)
9	c(中)	c(弱)	g(強)	g(中)
10	f(強)	f(強)	b(中)	c(強)
11	a(弱)	a(弱)	c(中)	c(弱)
12	d(中)	d(中)	a(弱)	a(弱)

表 3：教示をした場合の強度と方向に関する回答

被験者 A		被験者 B		被験者 C							
正答	回答	正答	回答	正答	回答						
b	中	b	強	b	中	b	中				
d	弱	b	弱	d	強	d	強	d	強		
f	強	f	強	f	中	f	中	f	強	f	中
c	強	c	中	c	中	c	中	c	中	b	中
b	弱	b	弱	b	弱	b	弱	b	強	b	強
d	中	d	中	d	中	d	中	d	弱	c	弱
c	強	c	強	c	強	c	強	c	強	b	強
e	弱	e	弱	e	弱	e	弱	e	中	d	中
f	強	f	中	f	強	f	強	f	弱	f	弱
c	強	c	強	c	弱	c	弱	c	強	b	強
d	中	d	中	d	弱	d	弱	d	中	c	中
f	弱	f	弱	f	強	f	強	f	強	f	強
e	弱	e	弱	e	中	e	中	e	弱	d	弱
d	強	d	強	d	強	d	中	d	強	c	強
b	中	b	中	b	強	b	強	b	弱	b	弱

6 受賞・特許

特許「運転者への状況伝達装置」2015-90896（出願中）

7 参考文献

- [1] 松島正秀, 自動車技術の動向と中小企業等の開発事例紹介, 岩手県次世代モビリティイノベーション推進協議会 平成 27 年度成果報告会, 北上市文化交流センターさくら ホール, 2015
- [2] 統計局, 平成 27 年中の交通事故死者数について <<http://www.e-stat.go.jp/SGL/estat/Pdfdl.do?sinfid=000031358275>>, (参照 2016-05-03).
- [3] 東洋測器株式会社 TCS, <http://www.toyo-sokki.co.jp/download/tcs/tcs_catalog.pdf> (参照 2016-6)
- [4] PIUS <<http://www.pius-kitcar.com>> (参照 2016-9)