

IV-20

携帯電話の操作・使用が運転挙動に及ぼす影響について

北海道大学大学院工学研究科	学生員	TOKUNAGA Roberto
北海道開発局開発土木研究所	正員	高木 秀貴
北海道開発局開発土木研究所	正員	下條 晃裕
北海道大学大学院工学研究科	正員	萩原 亨

1. はじめに

昨年度は、自動車運転中の携帯電話操作・使用が交通事故を誘発させる大きな要因として考え、設置位置の違いによる Mental Workload(以下主観的WL)及び運転挙動の変化について検討した。著者らは、昨年携帯電話を助手席に置いた場合とハンズフリーシステムを用いた場合との比較実験を北海道開発局開発土木研究所のドライビングシミュレータにおいて実施した結果について報告した。この研究から、携帯電話の送受信時、通話時のいずれにおいても、ハンズフリーシステムの方が助手席に置いた状態よりも主観的WLが少ないという結果を得る事ができた。

本研究の目的は、高速道路において追従運転(一次タスク)を遂行している際にハンズフリーシステムを用いた携帯電話の操作・使用(二次タスク)がドライバーに生じさせる主観的WL及び運転挙動の変化を検討することである。独立変数として、ハンズフリーシステムを用いた携帯電話操作・使用及び追従運転を考える。携帯電話による影響を評価する従属変数として主観的WLと運転挙動の変化を考え、携帯電話の使用が道路交通の安全に与える影響を検討する。ドライバーの主観的WLの測定には、NASA-Task Load Index²⁾(以下TLX)手法を用いた。

2. 実験手法

2.1. 実験車両及び車両挙動測定

本実験は、図1に示す3台の車両を用いて行った。

- ① 先行車: 被験者が乗車している車両の前方を走行した。実験者は、この車両に乗車し、タスクの指示を行った。

- ② 追従車: 先行車と一定の車間距離を維持しながら走行した。被験者は、この車両を運転した。
- ③ 後尾警戒車: 先行車・追従車をカバーしながら走行した。

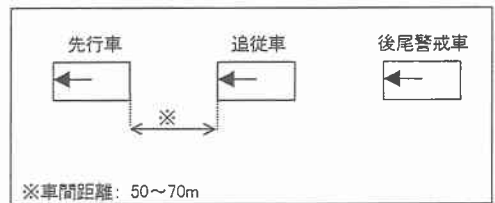


図1 実験車両と走行状況

運転挙動の測定は、各車両に設置した計測機器(前走・追従車両)及びビデオカメラ(前走・追従・後尾警戒車両)によって記録できるようにした。計測記録は、1/20秒間隔でサンプリングが収録できるようにし、時刻、車間距離、走行距離、重心X(横加速度)、重心Y(進行方向の加速度)、アクセル開度及びブレーキ踏力を含めた。これらのデータを計測機器のハードディスク及びMOディスクにテキストファイルで格納できるようにした。また、被験者の行動確認のために、各車両にビデオカメラを設置し時刻を計測機器と同期させて録画するようにした。1台目は追従車両の中を車内後部からフロントウインドウ(バックミラー・被験者を含む)に向け、2台目は先行車両のリアウインドウから追従車両の前部を撮影、3台目は後尾警戒車両から追従車両の後部を録画できるようにした。

2.2. TLXによるドライバーの主観的WLの評価

主観的WLとは、特定のタスクがドライバーに対して、いかなる要請や生体負担を課しているかを評価するものである。TLXは、主観的WLの評価を目的

として作成された多次元の格付け手法である。TLXの主観的 WL は、6 項目から構成されていて、次の3つのグループに分ける事ができる。

① タスクによる要求:

- ・ 精神的負担: 考察、計算、記憶、見る、探す等にくれくらいの知覚的活動があったか。
- ・ 身体的負担: 押す、引く、回す、制御、作動等にくれくらいの身体的活動があったのか。
- ・ 忙しさ: タスクの頻度または速度による時間的圧力はどの程度であったか。

② タスクに対する反応

- ・ 努力: どの程度の努力が必要と感じたか。

③ 実行したタスクの自己評価:

- ・ 達成度: 実行したタスクについてどの程度にまで成功したと思うか。
- ・ ストレス: タスクを行った際にどの程度の不安定、落胆、いらいら等を感じたか。

被験者は、与えられた特定のタスクから生じた主観的 WL に対して、尺度の「低い/高い」または「良い/悪い」の両極を持つ 12cmの長さの目盛り付けされた線分上に、評定尺度によって○印をつける。このような線分上に印された位置を、1~10 の数値として読み取り、主観的 WL の評価とする。

TLX の特徴は、これら 6 つの評価値から 1 つの「平均値」(総合値)を算出するのに、個人ごとに算出された重み付け係数を用いることである。この重み付け係数は、対象タスクに関して 6 項目のすべての組み合わせ 15 通りを比較しどちらの項目がより主観的 WL への寄与が高いと思うかを被験者自身に判断させることによって得られる(一対比較法)。実験を行った後にこれを行い、被験者は行ったタスクについて評価するように指示を受ける。その結果は、それぞれの項目についてより主観的 WL への寄与が高いと判断された回数を数えることによって処理され、この回数をそのまま重み付け係数とする。その後、この重み付け係数を各素点にかけたものの総和を取り、最後に重み付け係数の総和 15 で割ることにより、重み付けされた主観的 WL (WWL: weighted workload)が得られる。被験者が重要だと思った個々の評価項目を強調する事で WL の総合値を求める。

上記に述べた方法は、Hart らが最初に提案した方法である。また、一対比較法を用いないその他の

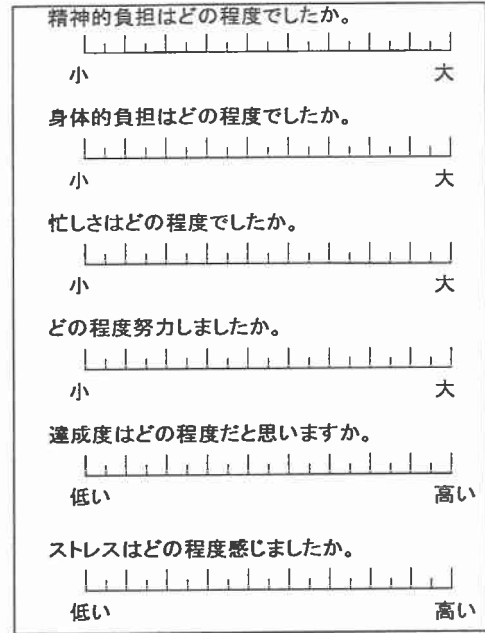


図2 TLXの例

方法⁴⁾もある。

① AWWL (Adaptive WWL): 実験後に行った TLX 6項目の評価値の最大値を示した項目を被験者が主観的 WL への寄与が一番高いと判断したものと想定する。このようにして、6 つの素点に小さい方から 1~6 位の順位付けをし、その順位を重みづけ係数とする。同順位については、平均順位を当てはめる。この場合は、重み付け総和を係数の総和である 21 で割って平均値 (AWWL)を求める。一対比較を行わなくてもよいという評価値算出の利便性から、AWWLは有用な指標であろうと三宅ら⁴⁾は述べている。

② RTLX (Raw TLX): より簡単な方法³⁾として TLX6 項目の表価値の単純平均を総合値としている。

本実験では、電話操作・電話会話・追従運転の3項目について調査を行い、これら、3 つの方法を用いてドライバーの主観的 WL を測定した。

2.3. 実験内容

実車実験は、被験者は男性会社員 16 名で、年齢構成は 24 から 45 才まで、運転歴は 3 から 26 年、年間走行距離は 6000 から 24000kmだった。

走行してもらった高速道路は、直線が多く勾配が

少ない道央自動車道の江別西 IC から岩見沢 IC(片道 25.3 km)の往復区間とした。高速道路において先行車と一定の車間距離(50~70m)を維持しながら走行するという課題で、被験者の主観的WL及び運転挙動を測定した。

これを表 1 に示すように追従運転(運転のみ)、電話を受ける(受信操作)、電話をかける(送信操作)及び電話で話す(通話)の状態で行った。電話操作時を除いて通話及び追従運転には、先行車の「ブレーキランプ点灯・減速(100~80 km/h)」の有無を設けた。これらのタスクをランダムに振り分け、各実験パターンに「送信操作+通話」「受信操作+通話」を必ず一回ずつ含み、どちらかの通話時に「ブレーキランプ点灯・減速」を加えた。「運転のみ」は、電話タスクが無い追従運転時とみなして、これにも必ず一回の「ブレーキランプ点灯・減速」を含めた。各被験者の実験走行は 1 往復のみ(練習走行なし)とし、実験時間は 1 時間とした。

ハンズフリーシステムを用いた携帯電話の状態は、電源は常時つけておき、受信時は受信ボタンのみ、送信時は送信ボタンとリダイヤルボタンの 2 つのボタン操作、また通話を解除する場合はホールドボタンのみで操作できる状態にし、携帯電話の操作を最も簡単にできるような環境を作成した。リダイヤル機能の電話番号は、先行車の携帯電話につながるようになっていた。電話の送信・受信の指示は、先行車に乗車している実験者から行った。携帯電話を通して行った会話の内容は、車間距離の調整、電話タスク(送信)の指示、どの IC で降りるかというような具体的に簡単なものとした。被験者は、その内容を記憶し、実験後に質問用紙に記入した。タスクの実行区間は、出発地点を江別西ICとして、図 3 に示す 6 つのエリアに分けた。

これらのエリアで、道路・交通の条件によって実験に影響を与える恐れがあった場合には、タスクの指示・実行は中止した。予備エリアは、他のエリアでタスクが実行できない場合に使用することとした。

2.4. 実験手順

最初に、被験者は追従車に乗車し、安全確認を行った。次に、本実験の目的、追従走行、車間距離、一般車両による影響及び交通安全に関する注意事

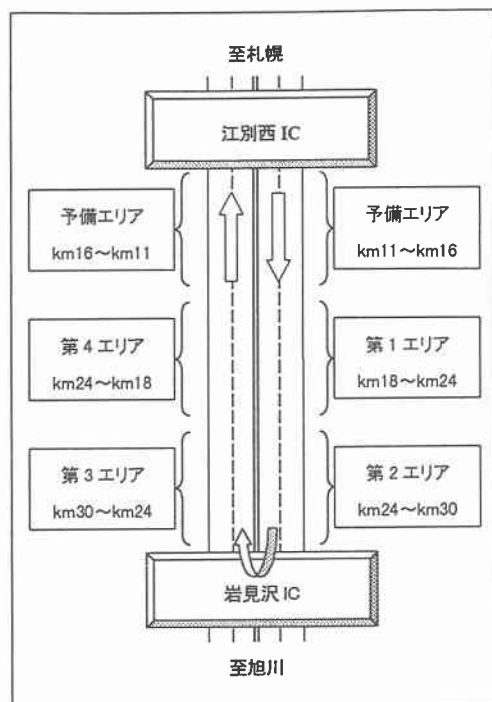


図 3 実車実験の調査区間

表 1 タスクとブレーキランプ点灯・減速

タスク	ブレーキランプ点灯・減速	
	有	無
送信操作	×	○
受信操作	×	○
通話	○	○
運転のみ	○	○

項等について説明した。連絡用の携帯電話の位置とハンズフリーシステムの機能・操作方法について説明し、電話の送受信の練習を受けた。岩見沢 IC に向かって高速道路に進入し、実験シート及び道路・交通の条件に従ってタスクの指示を開始した。20 分弱で岩見沢ICに到着し、数分の休憩を終えた後、前半と同じ要領で再び高速道路に進入し、岩見沢ICから江別西ICまでの区間を走行した。20 分弱で江別西ICに到着し、実験を終えた被験者は、質問用紙において TLX、会話内容及び感想を記入した。

3. 実験結果

3.1. 主観的 WL 総合値算出の検討

本研究では、「電話操作」「電話会話」及び「追従運転」の 3 つのタスク条件について TLX を用いて被験者の主観的 WL を調査した。これらの評価が、タスク間でどのような変化と傾向を示しているかに着目

した。

被験者 16 名の主観的 WL を、RTLX、WWL 及び AWWL の 3 方法で行ってみた。表 2 に示したのがこれらによって算出された結果の統計である。最初に、重み付け係数が加えられていない RTLX(単純平均)を算出した。

次に算出した WWL の場合は、ほぼ全員の被験者が 1 つの項目を一度も選択しなかったケースがあったことから、その項目の重み付けが 0 になってしまい WWL の算出において全く関与されなかったという結果がでてしまった。表 3 は、被験者が一対比較を行った際に TLX 項目を選択した回数の結果を示している。この中で「身体的負担」(7 回)がもっとも多く選択されなかったのが目立っている。一方、被験者が最も頻繁に選択したのが「精神的負担」である。

AWWL は、WWL の場合とは異なって最低順位の係数は 0 ではなく 1 となったため、重み付け平均値の算出の時に最低順位が欠落しなかった。

各指標の被験者間のばらつきを検討するために、変動係数の比較を行ってみた。表 2 に示すように、電話操作の場合の RTLX、WWL 及び AWWL の変動係数(平均値、標準偏差)はそれぞれ 29.94 (5.41; 1.62)、29.77(5.59; 1.66)及び 27.58 (5.95; 1.64)となり、AWWL が最も小さい変動係数を示した。一対比較を行わなくてもよいという評価値算出の利便性を考えると、AWWL は有用な指標であると考えられる。従って、本研究の分析には、三宅らが述べている AWWL を用いて算出することとした。

表 4 は、本実験において被験者が行ったタスク評価の AWWL である。ほぼ全員の被験者が「電話操作」及び「電話会話」において「追従運転」より高い主観的 WL を示している。これは、「電話操作」及び「電話会話」は運転が伴うということを前提としていることが現れている。しかし、そのうち 10 番目と 11 番目の被験者が逆の結果を示していることから、この 2 名は運転が伴わない「電話操作」及び「電話会話」のみの単独の評価による結果だと思われる。

実車実験において算出された被験者たちの AWWL は、大きい順に「電話操作(送信と受信)」(5.95)、「電話会話」(5.81)及び「追従運転」(5.44)という結果を示した。図 4 の箱型図でも「電話操作」と「電話会話」が同様な傾向を示している。しかし、分

表 2 RTLX、WWL 及び AWWL の基本統計

RTLX			
	追従運転	電話操作	電話会話
平均	4.82	5.41	5.30
中央値(メジアン)	4.75	5.96	5.67
標準偏差	1.26	1.62	1.73
平均+標準偏差	6.08	7.02	7.02
平均-標準偏差	3.57	3.79	3.57
変動係数	26.04	29.94	32.61
被験者数	16	16	16

WWL			
	追従運転	電話操作	電話会話
平均	4.98	5.59	5.47
中央値(メジアン)	5.12	6.33	6.00
標準偏差	1.38	1.66	1.77
平均+標準偏差	6.35	7.25	7.23
平均-標準偏差	3.60	3.93	3.70
変動係数	27.68	29.77	32.28
被験者数	16	16	16

AWWL			
	追従運転	電話操作	電話会話
平均	5.44	5.95	5.81
中央値(メジアン)	5.33	6.64	6.14
標準偏差	1.21	1.64	1.82
平均+標準偏差	6.65	7.59	7.63
平均-標準偏差	4.23	4.31	3.99
変動係数	22.27	27.58	31.32
被験者数	16	16	16

表 3 一対比較の結果

被験者	要求による負担			反応 努力	自己評価	
	精神的	身体的	忙しさ		達成度	ストレス
1	2	0	4	1	3	5
2	3	2	1	4	5	0
3	5	1	4	2	0	3
4	1	0	5	4	2	3
5	4	2	5	0	1	3
6	5	0	3	1	2	4
7	1	0	3	4	3	4
8	3	2	0	1	5	4
9	1	2	4	3	2	3
10	3	0	1	4	5	2
11	5	0	3	3	3	1
12	5	2	0	2	2	4
13	5	1	2	0	3	4
14	5	0	4	3	1	2
15	4	1	0	5	3	2
16	4	3	2	1	0	5

※塗りつぶしは、一度も選択されなかった尺度項目。

散分析によって被験者内効果の検定を行ってみた結果、「追従運転・電話操作」(0.148)、「追従運転・電話会話」(0.363)、「電話操作・電話会話」(0.588)に有意な差は認められなかった。これは、ハンズフリーシステムを用いた携帯電話の操作・使用がドライバーの主観的 WL に大きな差を感じさせないためであると考えられる。

同じく、昨年行ったシミュレーション実験のうち、

「電話送信」、「電話受信」及び「電話会話」のタスク項目の TLX 評価について実車実験と同様の検討を行ってみた。助手席に携帯電話を置いた場合の AWWL は、大きい順に「電話送信」(7.33)、「電話受信」(6.33)、「電話会話」(5.64)となっていた。図 5 の箱型図にも同様な傾向が示されている。被験者内効果の結果は「電話送信・電話受信」(0.010)に有意な差は認められたが小さかった。また、「電話送信・電話会話」(0.000)及び「電話受信・電話会話」(0.006)の有意差は大きくなっていた。

ハンズフリーシステムを用いた場合の AWWL は、同じく大きい順に「電話送信」(6.03)、「電話受信」(4.89)、「電話会話」(4.76)となっていた。同じく、図 6 の箱型図でも似た傾向が示されている。被験者内効果の検定結果は「電話送信・電話受信」(0.004)、「電話送信・電話会話」(0.012)には差が認められたが、「電話受信・電話会話」(0.567)には有意な差は見られなかった。これもやはり、助手席に携帯電話を置いた状態よりもハンズフリーシステムを用いた携帯電話の操作・使用の方が運転中のドライバーに主観的 WL の差をあまり感じさせないことを示しているものと考えられる。

3.2. 実験後の調査

高速道路での実験後に行ったアンケート調査に関しては、ほぼ全員の被験者が携帯電話の操作性について、ハンズフリーシステムを用いた携帯電話は使いやすかった、目線を道路からはずす時間が短くすんだ、操作ボタンが押しやすかった、両手が自由になる等と答えた。

運転のみ・操作中・会話中の各々における追従運転に対して、運転のみの場合は一定の車間距離を維持するのに多少気を使ったという答えが多かった。操作中の場合は、視線が道路からはずれどうしても車間距離と速度の管理が一時的に途切れてしまったという答えが多かった。会話中の場合は、苦痛はあまり感じなかったが会話の内容を理解・記憶する際に、運転と車両周辺への集中力がうすくなってしまったと 9 人の被験者が述べている。

携帯電話を用いた会話と同乗者の会話に関する相違点については、携帯電話の場合は会話聞き取りにくく運転への集中力が低下する、かけてくる相

表 4 実車実験における AWWL の結果

被験者	AWWL		
	追従運転	電話操作	電話会話
1	5.24	5.57	7.10
2	3.45	4.74	5.07
3	6.86	7.05	6.05
4	4.74	6.95	6.24
5	6.52	8.14	8.29
6	3.86	4.24	5.24
7	7.64	7.74	7.55
8	3.29	4.81	3.14
9	6.07	7.38	5.00
10	5.19	3.29	3.62
11	5.29	2.52	1.52
12	5.79	5.48	5.71
13	5.38	6.86	7.14
14	6.50	7.00	7.40
15	6.12	6.43	6.76
16	5.07	6.98	7.12

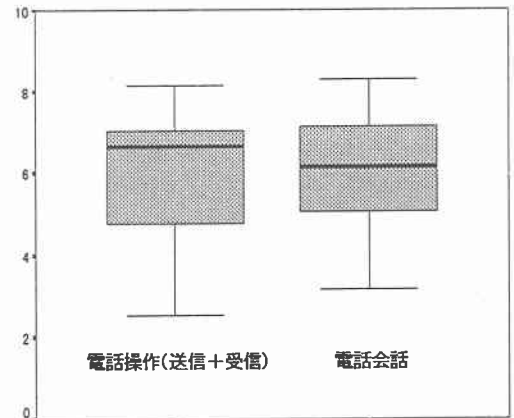


図 4 実車実験の AWWL(ハンズフリーシステム)

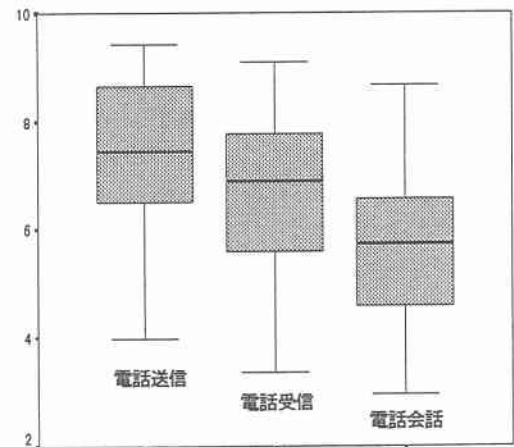


図 5 シミュレーション実験の AWWL(助手席)

手が運転状況を把握していない事から会話がどうしても一方的になってしまうと言うような意見が多い。運転中における携帯電話使用のメリットについては、緊急時の連絡、時間の節約と言った答えが半数を超えている。

携帯電話を使用する際に安全または危険だと思える道路・交通条件について、交差点の無いまたは歩行者のいない比市街地の直線道路は安全であると9割以上の被験者が答えている。また、同じ割合で、カーブ、交差点、信号、歩行者、が多い道路及び冬道は危険だと答えている。

また、実験全体の感想については、前走車と一定の車間距離を維持しながらの携帯電話操作・使用は難しい、市街地でも同じような実験を行ってほしい、実際の道路であったため緊張したと言った答えが目立った。

4. まとめ

本研究では、運転中(一次タスク)に行う二次タスクとして、ハンズフリーシステムを用いた携帯電話の操作・使用がドライバーの主観的WLにどのような影響を及ぼすかを実車実験によって検討した。ここで得られた結果において、ハンズフリーシステムを用いた「電話操作」「電話会話」の間に有意な差は見られることなく、運転のみの「追従運転」との差も認められなかったことが分かった。

よって、ハンズフリーシステムを用いた携帯電話の採用により、自動車運転に及ぼす携帯電話の操作・使用の影響は、運転のみの場合とほぼ変わらないということがいえよう。従って、ハンズフリーシステムを採用する事が携帯電話の使用に伴う運転への影響を軽減する事につながるものと思われる。

謝辞

最後になりますが、本研究の調査実施にあたりご協力いただいた JH 北海道支社交通技術課の羽田野課長及び関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

1) Tokunaga, 小澤, 萩原, 高木, 下条 (1997) 自動車運転中の携帯電話使用・操作に関連する問題の研究、自動車技術会、1997年秋季大会論文集 No.201

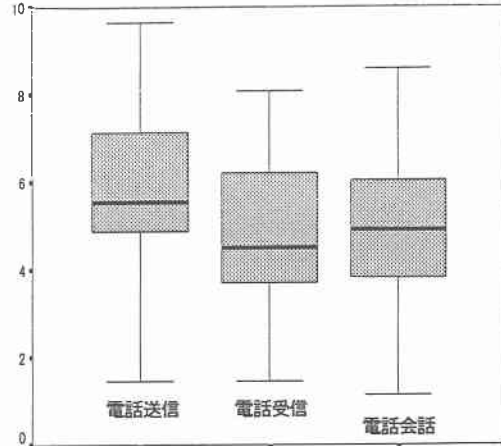


図 6 シミュレーション実験の AWWL(ハンズフリーシステム)

表 5 被験者内効果の検定結果

実車実験 (HFS)		
比較条件	有意水準	有意差
追従運転・電話操作	0.148	なし
追従運転・電話会話	0.363	なし
電話操作・電話会話	0.588	なし

シミュレーション実験 (助手席)		
比較条件	有意水準	有意差
電話送信・電話受信	0.010	あり
電話送信・電話会話	0.000	あり
電話受信・電話会話	0.006	あり

シミュレーション実験 (HFS)		
比較条件	有意水準	有意差
電話送信・電話受信	0.004	あり
電話送信・電話会話	0.012	あり
電話受信・電話会話	0.567	なし

2) Hart, S.G. and Staveland L.E. (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results and theoretical research, Human Mental Work Load, Elsevier Science Publishers B.V. (North Holland, Amsterdam)

3) Alm, H. and Nilsson, L. (1991) Changes in Driver Behavior as a Function of Handsfree Mobile Telephones, VTI sartryck 175. (Sweden)

4) 三宅, 神代(1993) メンタルワークロードの主観的評価法、人間工学、Vol. 29, No. 6 ('93)