

IV-7

自動車運転時の会話によるドライバーのメンタルワークロードについて

北海道大学大学院工学研究科	○学生員 TOKUNAGA Roberto
北海道大学大学院工学研究科	正員 萩原 亨
北海道大学大学院工学研究科	正員 加賀屋 誠一
北海道大学大学院工学研究科	正員 小野寺 雄輝

1. はじめに

著者らは、平成 8 年度に携帯電話の設置位置の違いによる比較実験を、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、ドライバーへの影響を検討¹⁾した。結果として、ハンズフリーシステムを用いた携帯電話使用の方が助手席に置いた状態よりも操作性がよく、ドライバーへの影響が少ない結論に至った。

平成 9 年度には、著者らは道央自動車道においてハンズフリーシステムを用いた携帯電話による会話が運転に与える影響について検討²⁾した。この調査の結果は、会話による影響はあるが、場面によっては対応可能であることを示していた。しかし、会話の内容が異なることによってドライバーにどの程度の影響を及ぼすかは不明と言えた。

よって、本研究では会話内容の違いによるドライバーへの影響を検討するため、高速道路上の走行における会話についてメンタルワークロード³⁾という観点から試みることにした。このメンタルワークロードへの影響度を推定するために、一つは反応時間の遅延、もう一つは主観的評価という測度を用いることとした。具体的には、道央自動車道において追従運転時にハンズフリーシステムを用いた携帯電話を通して簡単な会話と難しい会話による実験を行った。

2. 実験方法

(1) 実験車両

実車実験には、以下の車両 2 台を用いた。

- (a) 先行車両: 隊列の先頭を走行した。実験者は、これに乗車し被験者にタスクの指示を行った。
- (b) 追従車両: この車両には、被験者のみが乗車した。車内のダッシュボード(ハンドル左付近)には、

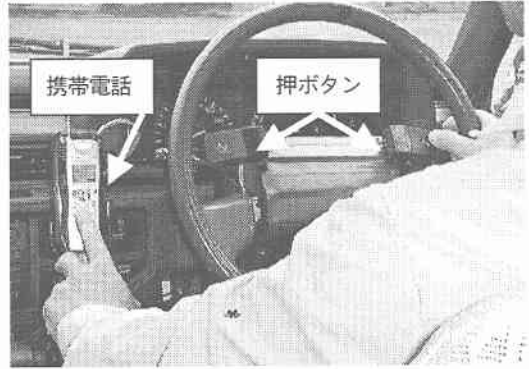


図1 携帯電話の設置位置及び使用状況

ハンズフリーシステムを用いた携帯電話が設置された。また、デジタルビデオカメラ及び計測機器を後部座席に設置し、運転挙動の計測記録を行った。

(2) 携帯電話

図1に、ハンズフリーシステムを用いた携帯電話の状態を示す。電源は常時つけておき、受信時は受信ボタンのみ及び会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とした。電話使用の指示は、先行車両に乗車している実験者が行った。

携帯電話を通して行った会話の内容は、以下の 2 種類である。

- (a) 普通会話: 車間距離の調整、車両及び道路環境に慣れたか、電話はよく通じているか、どのインターで降りるかというような具体的で簡単なものとした(会話時間: 約 2 分)。
- (b) 暗算課題: 普通会話と異なって、困難度を高めることを目的として被験者に足し算及び引き算の組み合わせ問題を計算してもらった(例: 「7+1+1-1+1 は

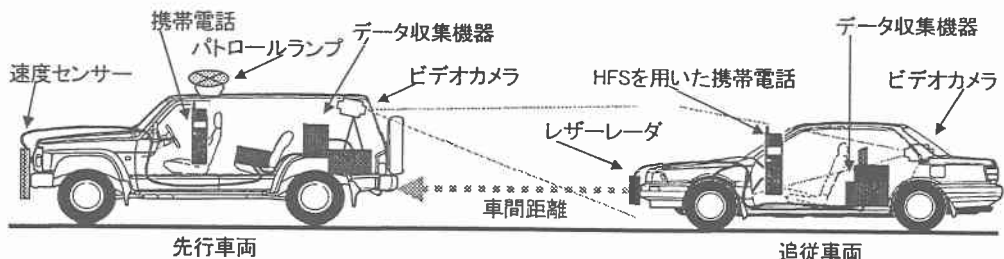


図2 先行車両及び追従車両

いくつですか?」)。2 つ目の問題を答えた後、被験者に一番目と二番目の回答を思い出すように伝え、2 つの回答を続けて言ってもらった。次に、問題を3 つに増やし同じ作業をもう一度繰り返した(会話時間:約2分)。

(3) 反応時間の測定

本実験では、先行車両がルーフのパトロールランプを点灯させた時点から、追従車両に乗車している被験者がハンドルに設置した押しボタンを押すまでの経過時間を反応時間として定義した。図1に、押ボタンの設置位置を示す。

被験者の反応時間測定は、追従車両に設置した計測機器及びデジタルビデオカメラによって行われた。計測機器は、時刻、移動距離、車間距離及びアクセル開度を収録した。これらのセンサーによって得られたデータは、1/20 秒のサンプリングで、パソコンにより記録収集した。また、後部座席に設置されたデジタルビデオカメラは先行車両のパトロールランプ、被験者の様子、移動距離を示すカウンター外部ディスプレイを撮影した。パソコン及びデジタルビデオカメラの同期は、ビデオ映像から得たカウンター値とパソコンから出力されたカウンター値の比較によって一致させた。図2に、先行車両及び追従車両に設置された計測機器及び走行状況を示す。

(4) 主観的メンタルワークロードの測定

ISO10075⁹⁾によると、メンタルワークロードは精神的作業による精神的負荷(Mental Stress)を示す場合のほか、精神的作業による精神的負担(Mental Strain)をも含めている。精神的負荷は、外部から人間に対して及ぼし、かつ精神的に作用する影響の全体である。また、精神的負担は精神的負荷によって

表 1 TLX6 項目の説明

本研究に用いたTLXの6項目及び説明		
項目名	端点	説明
精神的要求	小・大	課題を実行中に、道路を見る、指示・質問を聞く、会話内容を記憶する、考える等どれくらいの知覚的活動が必要だったと感じましたか。
身体的要求	小・大	ハンドルのボタンを押す、ハンドルを回す、動き回る、制御する等どれくらいの身体的活動が必要だったと感じましたか。
忙しさ	小・大	課題の頻度または速度から感じた時間的圧力はどの程度だったと思いますか。
努力	少ない・多い	課題の維持・達成にどの程度がんばったと思っていますか。
達成度	良い・悪い	課題目標についてどの程度成功したと思っていますか。
不満度	低い・高い	作業中に、いらいら、不安、落胆、ストレス、悩み等をどの程度感じましたか(作業がうまくできなかったという思い)。

個人の内部に直ちに起こる影響である。

本研究では、主観的方法によるメンタルワークロード評価に着目し、欧米諸国で最も一般的に使用されているNASA Task Load Index⁵⁶⁾(以下、TLX)を指標として用いた。TLXは、飛行士の主観的メンタルワークロード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の主観的メンタルワークロードは、精神的要求(Mental Demand)、身体的要求(Physical Demand)、忙しさ(Temporal Demand)、努力(Effort)、達成度(Own Performance)及び不満度(Frustration)の6項目から構成されている。本研究では、この手法を一般ドライバーにもわかりやすくするため、三宅らが翻訳(直訳)した6項目の説明を更に改善し、簡易化及び具体化した。表1に、本実験で採用したTLX6項目の説明内容を示す。

被験者は、質問用紙において与えられた特定のタスクに対して尺度の「小さい/大きい」、「低い/高い」または「良い/悪い」の両極を持つ項目の線分上に、評

定尺度によって○印をつける。被験者が位置付した○印は、分析時において1～10の数値に変換し、被験者の主観的な評価を数値化する。

TLXは、6項目の評価値から総合値(平均値)を算出し、タスクを遂行したドライバーの主観的メンタルワークロードを提供するといった特徴を持っている。このメンタルワークロードの総合値は、Hart及び三宅らが提案している一対比較法又は順位付け法によって求められた重み付け係数を用いて算出される。しかし、上記に述べた重み付け係数の算出法には様々な問題点や指摘⁷⁾がなされており、本研究でもその改善を検討中である。よって、本報告ではTLXの6項目から算出した単純平均のみを用いたドライバーのメンタルワークロードを紹介する。

(5) 実験内容

独立変数として、運転のみ(以下、追従運転)、運転中に電話を受ける(以下、電話操作)、運転中に実験者と事務的会話をする(以下、普通会話)及び運転中に実験者の暗算問題に答える(以下、暗算課題)という4つのタスクと若年ドライバー(以下、若年者)及び高齢ドライバー(以下、高齢者)の2つのグループを考えた。携帯電話を通じた会話内容の違いによる影響を評価する従属変数として、被験者の反応時間及び主観的メンタルワークロードの変化を考えた。

実験には、若年者19名(男性16名・女性3名)及び高齢者12名(全員男性)計31名が参加した。全員が、運転中の携帯電話使用経験または通信機器使用経験を有する被験者だった。表2に、年齢構成、運転歴及び年間走行距離を示す。

実験走行は、本年度(1999年)の5月31日から6月12日にかけて直線が多く勾配が少ない道央自動車道の江別西インターから岩見沢インターの往復区間(50.6km)で行った。

被験者は、高速道路上で先行車両と一定の車間距離(約50m)を維持しながら走行(約90km/h)するという課題で、追従運転、電話操作、普通会話及び暗算課題の4つのタスクを行った。各被験者の実験走行は、1往復のみ(練習走行なし)とした。携帯電話を用いた普通会話及び暗算課題は、往路及び復路のどちらかに一回ずつランダムに振り分けられた。

表2 被験者構成

若年者	年齢(才)	運転歴(年)	年間走行距離(Km)
平均値	23.95	5.11	12211
標準偏差	2.78	3.07	6630
平均値 + SD	26.73	8.18	18840
平均値 - SD	21.17	2.03	5581
サンプル数	19	19	19

高齢者	年齢(才)	運転歴(年)	年間走行距離(Km)
平均値	62.75	39.17	12750
標準偏差	2.26	3.86	5941
平均値 + SD	65.01	43.02	18691
平均値 - SD	60.49	35.31	6809
サンプル数	12	12	12

電話操作(往復)の時を除いて、追従運転(往復)、普通会話及び暗算課題を実行中に先行車両のパトロールランプの点灯がそれぞれに一回ずつ設けられた。

(6) 実験手順

被験者は、追従車両に乗りし、安全確認を行った。次に、被験者は実験の目的、追従走行、車間距離、及び注意事項について説明を受けた。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を受け、電話操作及び会話の練習を行った。江別西インターから中間地点の岩見沢インターまで走行した被験者は、実験者の説明・指示に従ってTLX用紙に記入した。休憩を終えた後、被験者は前半と同じ要領で岩見沢インターから江別西インターまでの区間を走行した。江別西インターに到着し、実験を終えた被験者は、再びTLX用紙に記入した。

3. 実験結果

(1) 反応時間

本実験では、被験者31名中29名から反応時間を得ることができた。残り2名の反応時間は、計測機器の故障による原因から測定が不可能となった。被験者のグループ構成は、若年者19名及び高齢者10名となった。反応時間は、追従運転(往路)、追従運転(復路)、普通会話及び暗算課題の4つのタスクから測定した。表3に、被験者の反応時間を示す。

追従運転(往復)における両者の反応時間は、0.61から0.76秒の平均値を示した。一方、普通会話における反応時間は、若年者が0.85秒及び高齢者が0.82秒と追従運転時に比べて両者とも遅延していた。また、暗算課題の反応時間においても、若年者

表 3 反応時間

若年者	反応時間(秒)			
	往路		復路	
	追従運転	追従運転	普通会話	暗算課題
被験者1	0.63	0.60	0.70	0.83
被験者2	0.50	0.50	0.70	1.77
被験者3	0.59	0.49	0.67	0.83
被験者4	0.43	0.77	0.57	0.87
被験者5	0.54	1.20	1.33	0.87
被験者6	0.65	0.47	0.73	0.83
被験者7	0.62	0.42	0.57	0.73
被験者8	0.50	0.47	1.07	1.03
被験者9	0.55	0.47	0.63	0.67
被験者10	0.49	0.47	0.77	0.53
被験者11	1.12	0.99	0.80	1.67
被験者12	0.85	0.45	0.50	0.87
被験者13	0.82	0.67	0.80	1.20
被験者14	0.50	0.63	0.77	1.27
被験者15	0.52	0.53	0.77	0.67
被験者16	0.50	0.43	0.80	1.10
被験者17	1.05	1.09	2.30	0.93
被験者18	0.90	0.87	0.93	1.37
被験者19	0.52	1.05	0.67	0.63
平均値	0.63	0.66	0.85	0.97
標準偏差	0.20	0.28	0.40	0.35

高齢者	反応時間(秒)			
	往路		復路	
	追従運転	追従運転	普通会話	暗算課題
被験者1	0.84	0.74	0.43	1.03
被験者2	0.70	0.70	0.83	1.07
被験者3	0.83	0.57	1.00	1.00
被験者4	1.05	0.74	0.70	1.07
被験者5	0.74	—	0.97	—
被験者6	0.55	0.49	0.80	0.90
被験者7	0.53	0.47	0.77	1.03
被験者8	0.53	0.52	0.67	1.03
被験者9	1.64	0.80	—	1.03
被験者10	0.52	0.40	1.07	0.87
被験者11	0.60	0.84	1.20	0.97
被験者12	0.63	0.45	0.60	0.87
平均値	0.76	0.61	0.82	0.99
標準偏差	0.32	0.16	0.22	0.08

* (—)は、測定不可能

が0.97秒及び高齢者が0.99秒と更に長くなっていた。図3に示す箱型図は、両者の追従運転(往復)、普通会話及び暗算課題における反応時間の結果をパーセントイルで示したものである。

分散分析の結果は、タスク及び若年者・高齢者との間で交互作用を示さなかった。TukeyのHSDによる多重比較では、追従運転(復路)・普通会話及び追従運転(往復)・暗算課題の間で反応時間が有意に増加しているのが認められた。

(2) 主観的メンタルワークロード

被験者構成は、若年者19名及び高齢者12名(計31名)となった。被験者は、追従運転(往路)、追従運転(復路)、電話操作(往路)、電話操作(復路)、普通会話及び暗算課題の6つのタスクにおいて主観的メンタルワークロードの評価を行った。表4に、被験者の主観的メンタルワークロードを示す。

追従運転(往復)における両者の主観的メンタルワークロード得点は、3.63から4.00の平均値を示した。

表 4 主観的メンタルワークロード

若年者	主観的メンタルワークロード(得点)					
	往路		復路		暗算課題	
	追従運転	電話操作	追従運転	電話操作	普通会話	暗算課題
被験者1	2.9	4.9	3.0	5.0	5.8	7.2
被験者2	3.2	3.8	4.8	5.8	6.8	6.5
被験者3	1.3	3.0	1.0	1.2	2.3	7.1
被験者4	4.7	6.7	5.5	7.3	4.5	6.3
被験者5	5.6	6.2	5.4	5.5	5.8	8.0
被験者6	5.0	5.7	2.7	3.4	5.2	5.6
被験者7	4.5	5.8	5.4	5.8	5.4	6.9
被験者8	1.2	2.1	2.3	3.3	6.0	8.8
被験者9	1.5	2.6	1.6	2.3	1.6	5.4
被験者10	4.1	7.3	2.3	5.8	4.7	7.6
被験者11	2.9	3.9	2.6	3.2	3.7	4.4
被験者12	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.3
被験者13	5.5	6.0	6.2	6.5	7.2	8.2
被験者14	3.7	4.4	2.7	3.5	3.3	7.8
被験者15	6.3	7.8	7.0	7.5	7.8	8.8
被験者16	5.2	5.4	5.3	5.4	6.0	8.5
被験者17	5.6	6.3	5.0	5.8	5.6	6.4
被験者18	5.3	7.8	5.3	7.8	6.0	9.2
被験者19	4.0	4.8	3.8	4.1	7.2	6.2
平均値	3.86	5.03	3.83	4.74	5.04	6.90
標準偏差	1.88	1.93	1.84	2.01	1.90	1.69

高齢者	主観的メンタルワークロード(得点)					
	往路		復路		暗算課題	
	追従運転	電話操作	追従運転	電話操作	普通会話	暗算課題
被験者1	4.7	4.8	4.7	4.8	4.7	4.7
被験者2	5.7	6.2	5.5	5.5	7.2	6.5
被験者3	3.3	4.2	2.8	2.8	2.8	4.0
被験者4	4.8	7.2	3.7	6.3	4.8	7.8
被験者5	4.8	5.0	5.3	5.8	5.3	5.3
被験者6	6.2	6.2	4.3	4.7	6.3	8.3
被験者7	2.3	2.7	2.8	4.7	3.0	4.0
被験者8	4.5	6.0	4.3	4.5	5.2	6.8
被験者9	2.7	2.7	2.2	2.2	2.7	3.1
被験者10	4.0	4.9	3.7	4.3	4.7	5.4
被験者11	3.1	4.8	2.5	2.0	4.3	5.1
被験者12	2.0	2.2	1.7	2.2	3.0	2.7
平均値	4.00	4.72	3.63	4.15	4.49	5.31
標準偏差	1.32	1.57	1.24	1.50	1.43	1.79

電話操作(往復)に対しては、若年者が5.03及び4.74となり、高齢者が4.72及び4.15と各々の追従運転に比べて増加していた。普通会話における主観的メンタルワークロードは、若年者が5.04及び高齢者が4.49となり、後者の場合は電話操作の結果より低い平均値を示した。一方、暗算課題に対しては、若年者が6.90及び高齢者が5.31となり、それぞれのタスク評価の中で最も高い値を示していることが判った。

図4の箱型図は、若年者・高齢者の追従運転(往復)、電話操作(往復)、普通会話及び暗算課題における主観的メンタルワークロードの結果をパーセントイルで示したものである。

分散分析を行った結果、タスク及び若年者・高齢者との間で交互作用が認められた($F(5,145)=3.254, p<.05$)。TukeyのHSDによる多重比較では、特に暗算課題と他のタスクとの一対比較において得点が有意に増加した($\alpha=.05$)。

(3) 反応時間の遅延と主観的メンタルワークロードの増減

表 5 は、普通会話及び暗算課題の 2 つのタスクにおいて測定した各被験者の反応時間と主観的メンタルワークロードを若年者と高齢者に分けて分類を行った結果を示している。以下に、分類の内容を示す。

- (a) 反応時間及び主観的メンタルワークロード得点が増加した者。
- (b) 反応時間が遅延したが、主観的メンタルワークロード得点が増加しなかった者。
- (c) 反応時間が遅延せず、主観的メンタルワークロード得点が増加した者。
- (d) 反応時間及び主観的メンタルワークロード得点が増加しなかった者。

結果として、若年者の 19 名中 12 名が(a)及び 5 名が(c)の 2 つのグループに集中した。高齢者の場合は、ほぼ同じ割合で(a)、(b)及び(c)の 3 つのグループに分かれているのが認められた。

また、会話内容の異なりによる両測度の分析を行った。若年者の反応時間は、0.12 秒(1.14 倍)の遅延及び主観的メンタルワークロードでも 1.86 点(1.37 倍)の増加を示し、両測度の比率が 0.82 となった。同様に、高齢者の反応時間も 0.17 秒(1.21 倍)の遅延及び主観的メンタルワークロードにおいても 0.82 点(1.18 倍)増加し、両測度の比率が 1.02 となっていた。

(4) 実験後におけるアンケートについて

本研究のアンケート調査では、ほぼ全員の被験者がハンズフリーシステムを用いた携帯電話は使いやすく、両手が自由になる等と答えた。しかし、音の途切れやこもりによる聞きにくさを訴えた少数の被験者もいた。運転タスク及び電話タスクに関する相違点については、被験者の過半数が運転中に携帯電話を使用することによって運転がおろそかになる、注意力が低下すると答えた。

携帯電話を通じた会話内容の異なりによる相違点に関しては、8 割以上の被験者が複雑な会話は運転への注意力を低下させ影響を及ぼすと答えた。中では、会話の内容によって、会話が主課題となり運転が二次課題になってしまうと述べた被験者もいた。また、

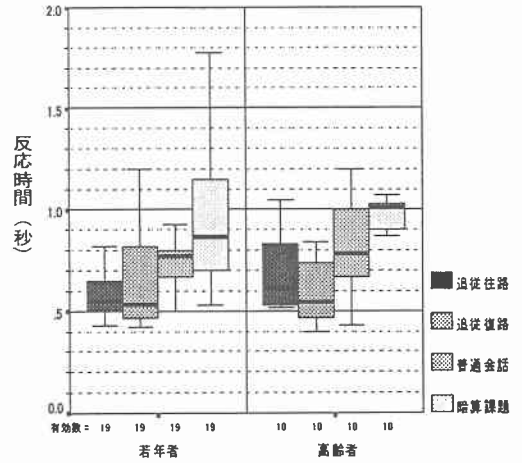


図 3 反応時間

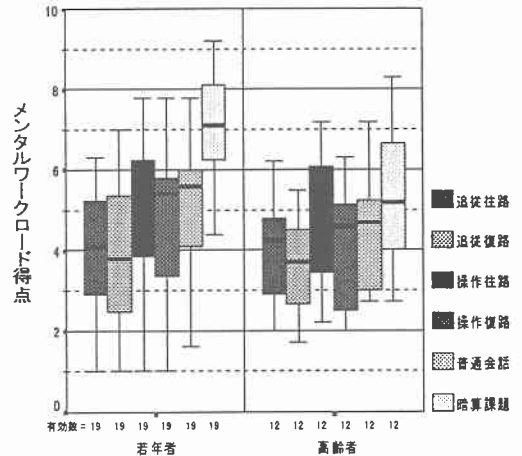


図 4 主観的メンタルワークロード

表 5 反応時間の遅延と主観的メンタルワークロードの増減による被験者の分類

反応時間	主観的メンタルワークロード	若年者	高齢者
遅延あり	増加あり	12名	4名
遅延あり	増加なし	1名	3名
遅延なし	増加あり	5名	3名
遅延なし	増加なし	1名	—

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、時間の節約という答えが半数を超えた。携帯電話を使用する際に、安全又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非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た。また、同じ割合で、カ

ープ、交差点、信号、歩行者、が多い道路及び冬道は危険だと答え、平成9年度の実験²⁾と同様に運転中の携帯電話使用に対するドライバーの認識を再度確認することができた。

4. まとめ

著者らは、若年者及び高齢者という2つのグループを実験に用いることにより、各グループのメンタルワークロード特性が得られると考えた。しかし、両者の反応時間及び主観的メンタルワークロードは会話内容の異なりに対して同様な傾向を示した。これは、高速道路における実車実験であったため、高齢者の場合、実験に参加可能な現役ドライバーのみを採用したためだと考えられる。

本実験の結果は、著者らが平成9年度に行った実験²⁾と同様に電話タスク時における反応時間及び主観的メンタルワークロードが追従運転時に比べて増加していることを示した。会話内容に関しては、普通会話に比べて暗算課題では記憶及び考察が大きく要求された。暗算課題時の反応時間は、普通会話に比べて若年者及び高齢者とも長くなっていた。また、主観的メンタルワークロードでも暗算課題に対する両者の評価が他のタスクに比べて有意に増加していた。会話内容の異なりによる反応時間及び主観的メンタルワークロードの分析では、両測度の変動が若年者・高齢者に関係なく類似した傾向を示していた。反応時間の遅延に関しては、著者らがドライビングシミュレータを用いて行った実験¹⁾の二次課題(ラジオ操作、缶ジュース、ウインカー)の反応時間が約0.9秒であったことから、両者の反応時間を求める時の定義に違いはあるが、今回のような普通会話及び暗算課題という2つの条件においても運転への影響は、他の二次課題と同程度のレベルにあることが明らかとなった。

実験後におけるアンケート調査において、被験者は余裕がある交通状況では携帯電話使用は可能であるとしていた。しかし、会話内容の異なりによって、運転への注意力が散漫になる危険性をも指摘していた。

本研究の成果として、携帯電話を通じた会話内容の異なりがドライバーに与える内面的な影響と外面的な影響及びそれらの関係を、メンタルワークロード

の変化から分析できることを示せたことが挙げられる。

謝辞

本研究の調査実施にあたり、ご協力いただいた日本道路公団北海道支社、関係各位及び被験者の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Tokunaga Roberto A., 小澤正志, 萩原亨, 高木秀貴, 下條晃裕: 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, 自動車技術会論文集, Vol.30No.1, JSAE-9930432, pp.127-131, 1999年1月。
- 2) Tokunaga Roberto A., 野並克弘, 萩原亨, 加賀屋誠一, 下條晃裕: 追従運転時の携帯電話使用による運転者のメンタルワークロードについて, 土木計画学研究・論文集 No.16, pp.895-901, 1999年9月。
- 3) Schlegel Robert E.: Driver Mental Workload, Automotive Ergonomics, pp. 359-382, London & Washington D. C. 1993.
- 4) 長澤有恒: メンタルワークロード(MWL)に関する雑感, 人間工学, Vol.29 No.6, pp.336-338, 1993年12月。
- 5) Hart Sandra G. & Staveland Lowell E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results and Theoretical Research, Human Mental Workload, pp. 139-183, North-Holland, 1988.
- 6) 三宅晋司, 神代雅晴: メンタルワークロードの主観的評価法(NASA-TLXとSWATの紹介及び簡便法の提案), 人間工学, Vol.29No.6, 1993年12月。
- 7) 芳賀繁: NASA タスクロードインデックス日本語版の作成と試行, 鉄道総研報告, 特集: 人間科学, Vol.8 No.1, pp.15-20, 1994年1月。