

2007 33003 B

厚生労働科学研究費補助金
労働安全衛生総合研究事業

**交通労働災害防止のための
安全衛生管理手法の高度化に関する研究**

平成17～19年度 総合研究報告書

主任研究者 中村 隆宏

平成20（2008）年 4月

目 次

I. 総合研究報告

1. 交通労働災害防止のための安全衛生管理手法の高度化に関する研究 —— 1
中村隆宏
2. 運輸・運送業における労働状況に関するヒアリング調査 ————— 5
中村隆宏
篠原一光
臼井伸之介
3. 運転パフォーマンス測定のための
ドライビング・シミュレータの開発と機能拡張 ————— 9
中村隆宏
篠原一光
臼井伸之介
4. 運転パフォーマンス測定のための実験環境の構成と試行 ————— 17
篠原一光
中村隆宏
臼井伸之介
5. 運転時の注意パフォーマンス変化と会話の影響 ————— 29
中村隆宏
篠原一光
臼井伸之介
6. 運輸労働者における仕事と生活、健康と安全についての追跡調査 —— 41
毛利一平
小川康恭
平田 衛
佐々木毅

- ・ハイヤー・タクシー運転手の労働と生活、健康についての追跡調査
 調査票 その1：生活・健康に関する調査票
 - ・2006年版（ベースライン調査）
 - ・2007年版（第一回追跡調査）
 - ・2008年版（第二回追跡調査）
- ・ハイヤー・タクシー運転手の労働と生活、健康についての追跡調査
 調査票 その2：あなたの健康について（SF-36:健康関連QOL尺度）
- ・個人結果報告表
 - ・2007年版
 - ・2008年版
- ・調査結果概要パンフレット
 - ・2007年版
 - ・2008年版

II. 研究成果の刊行に関する一覧表	----- 149
III. 研究成果の刊行物・別刷	----- 151

交通労働災害防止のための安全衛生管理手法の高度化に関する研究

研究組織

主任研究者

中村 隆宏	労働安全衛生総合研究所	主任研究員
-------	-------------	-------

分担研究者

篠原 一光	大阪大学大学院人間科学研究科	准教授
臼井伸之介	大阪大学大学院人間科学研究科	教授
小川 康恭	労働安全衛生総合研究所	研究企画調整部長
平田 衛	労働安全衛生総合研究所	作業条件適応研究グループ長
毛利 一平	労働安全衛生総合研究所	上席研究官

研究協力者

佐々木 毅	労働安全衛生総合研究所	研究員
中井 宏	大阪大学大学院人間科学研究科	大学院生

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
総合研究報告書

1. 交通労働災害防止のための安全衛生管理手法の高度化に関する研究

主任研究者 中村隆宏 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 主任研究員

物流手段としての自動車への依存度や物流に対するサービスの向上への期待はますます高まっているものの、運輸・運送業界内の競争の激化に加え、原油価格高騰の影響、及び、とりわけ都市部において顕著な駐車スペースの不足や慢性的な渋滞は、現場の労働環境・労働条件をより過酷なものとしている。こうした状況が深刻化することによる長時間労働・過重労働は、労働者のエラーを誘発し、時には第三者をも巻き込んだ重大な災害につながることに懸念される。本研究は、交通労働災害防止に資するため、運輸・運送業界における情勢の変化への対応を見据えた安全衛生管理手法の高度化について検討するものである。

主任研究者	
中村 隆宏	独立行政法人労働安全衛生総合研究所・主任研究員
分担研究者	
篠原 一光	大阪大学大学院人間科学研究科・准教授
白井伸之介	大阪大学大学院人間科学研究科・教授
小川 康恭	独立行政法人労働安全衛生総合研究所・研究企画調整部長
平田 衛	独立行政法人労働安全衛生総合研究所・作業条件適応研究グループ長
毛利 一平	独立行政法人労働安全衛生総合研究所・上席研究員
研究協力者	
佐々木 毅	独立行政法人労働安全衛生総合研究所・研究員
中井 宏	大阪大学大学院人間科学研究科・大学院生

れば、直接の事故原因は運転者の居眠り運転だが、その背景には連夜の過重労働の影響があった、と指摘されている。

規制緩和の影響で貸し切りバス事業が免許制から許可制に移行した後、事業者数はおよそ1.6倍に増加している。しかし、その約7割は小規模事業者である。事業者増加により競争は激化し、運賃はピーク時の半額に下落しているケースもある。

規制緩和に端を発した業界内の競争激化がドライバーの労働環境悪化につながっており、特に中小・零細企業ほど深刻な事態に陥っている状況が伺えるが、これは貸し切りバス事業に限ったことではなく、国内の運輸・物流業界全体に共通した状況である。

こうした状況を極めて深刻にするもう一つの理由は、運輸・物流業に従事する労働者の安全と健康に及ぼす悪影響のみならず、労働者以外の一般交通参加者をも巻き込んだ重大な災害へと発展しがちなことである。

かつての大量消費時代を経て、近年の運輸・運送業界においては、「少量の物資であっても産地から消費地へ如何に迅速に運送するか」「個々の消費者のニーズにあわせ如何に細かなサービスが提供出来るか」といった側面が重視されている。物流手段としての

1. 研究の背景

平成19年2月、スキーツアー中の大型バスがコンクリート製橋脚に衝突し、1名が死亡、26人が重軽傷を負った。報道記事等によ

自動車への依存度は今後ますます高まることが予想されるが、その一方では、景気変動の影響からより低コストで充実したサービスが求められるとともに、巨大資本による市場参入への対応に迫られるなど、業界内での競争はますます激化する傾向にある。自動車運転者を始め、運輸・運送産業に従事する労働者を取り巻く労働環境・労働条件はこうした社会的変化の影響を受け今後ともさらに複雑化すると考えられ、競争の激化は現場労働者の労働条件をより過酷なものとする要因になりかねない。

また、とりわけ都市部における慢性的な渋滞や駐車スペースの不足、複雑化する道路網などの諸問題は、自動車運転に従事する労働者にとって大きな負担となり、従来の安全衛生管理手法の枠組みに限定した対応では、交通労働災害防止のための万全な対策を講じることが困難な状況になりつつある。こうした状況がより深刻化することによって、長時間労働・過重労働につながり、一般の交通参加者をも巻き込んだ重大な災害が多発することが懸念されることから、運輸・運送業界における情勢の変化への対応を見据えた、交通労働災害防止のための安全衛生管理手法の高度化が急務である。

2. 本研究の構成、及び目的

本研究は、以下に述べる4つの研究項目から構成される。

(1) 高負荷労働状況に関する実態把握

運輸・運送業関係団体との連携による自動車運転者及び管理者、有識者等を対象とした面接調査及び質問紙調査を通じ、競争が激化する運輸・運送業界において現場が直面する様々な問題点、長時間労働・過重労働の実態、労働環境・勤務状況と事故発生との関係等を分析・把握・整理する。

(2) 労働環境及び態様が生体に及ぼしている影響の把握

運輸・運送業に従事する労働者を対象に、その健康状態・生体負荷を測定し、日常的な労働環境、並びに様態の影響について検討する。

(3) シミュレータ実験による運転パフォーマンス測定

シミュレーション実験を通じ、長時間労働や過重労働等に起因し交通労働災害の原因となる運転パフォーマンス低下の発生条件、頻度、程度等を測定し、心理的・生理的指標に基づき分析・把握する。これにより、高負荷状況下における交通労働災害発生要因を検討する。併せて、休憩や仮眠の効果、交通渋滞等の交通状況による影響等について検討する。

(4) 安全衛生管理に関する改善点の検討

上記(1)～(3)の調査結果・実験結果に基づき、これからの安全衛生管理に関して改善を図るべき項目について評価・検討を行う。

本研究では、これらの研究を通じて、自動車運転者に対する指導・教育を含め、運輸・運送業界における情勢の変化への対応を可能とする安全衛生管理手法の高度化について検討し、これからの交通労働災害防止対策立案のための知見を提供することを目的とする。

3. 研究方法

研究は、現場の実態と問題点を探るための現場ヒアリング及び質問紙等による調査と、認知心理学的手法による模擬運転実験から構成される。

研究の詳細については、次章以降を参照されたい。

倫理面への配慮

本研究では人間を対象として実験・調査を実施しているが、これら研究活動を通じて知り得た個人情報・企業情報に関しては、如何なる種類の情報であっても匿名性を維持し、研究データとして使用する以外の目的には用いないこととした。今後実施予定である実験においては、疲労状態あるいは長時間労働中のエラー発生過程について測定を行う際の被験者の肉体的・精神的負担について、健康上の問題が発生しない範囲内での条件設定とするとともに、実験実施後に残る心的ト

ラウマの可能性にも配慮することとした。また、被験者に対しては実験中の肉体的・精神的負担についてインフォームドコンセントを徹底することとした。

4. 健康危険情報

研究の実施に関連して研究者、研究協力者、被験者等の健康に危険を及ぼすようなことはなかった。

5. 研究発表

5.1 論文

- 1) 中村隆宏、安全教育における疑似的な危険体験の効果と課題、産業安全研究所特別研究報告 NIIS-SRR-NO. 32(2005) 建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究(最終報告)、2005、41-49
- 2) 中井 宏・臼井 伸之介 2006 運転場面におけるリスクテイキング行動の一貫性検証. 応用心理学研究, Vol. 32, No. 1, 1-10.
- 3) 中井 宏・臼井 伸之介 2006 自動車運転場面におけるリスクテイキング行動に関する研究 -行動観察と意識調査の両側面から-. 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 106, No. 220, 1-4.
- 4) 中井 宏・臼井伸之介 (2007). 運転技能の自己評価がリスクテイキングに及ぼす影響 交通心理学研究, Vol. 23(1), 21-29.

5.2 学会発表

- 1) 中井宏、臼井伸之介 (2005)、T字型交差点におけるドライバーのリスクテイキングに関する研究、日本応用心理学会第72回大会論文集、75.
- 2) 中井宏、臼井伸之介 (2005)、運転技能の自己評価と運転歴に関する調査、関西心理学会第117回大会発表論文集、68.
- 3) 中井宏、臼井伸之介 (2005)、リスクテイキング傾向の個人内一貫性に関する研究、大阪交通科学学会平成17年度学術研究発表会講演論文集、11-12.
- 4) 中井 宏・臼井 伸之介 2006, 12 運転技

能における過信度測定ツールの開発とその有効性検証. 大阪交通科学学会平成18年度学術研究発表会論文集、25-16.

- 5) 中井 宏・臼井 伸之介 2006, リスク敢行/回避の規定因に関する研究. 関西心理学会第118回大会発表論文集、49.
- 6) 中井 宏・臼井 伸之介 2006, 運転技能の自己評価が運転場面での実行動に及ぼす影響の分析. 日本応用心理学会第73回大会発表論文集、53.
- 7) 中井宏・太刀掛俊之・臼井伸之介 2007, 12 台形ハンプを予告する路面標示の設置効果 大阪交通科学学会平成19年度学術研究発表会講演論文集、19-20.
- 8) 中井宏・臼井伸之介 2007, 6 運転技能の過大評価傾向とドライバー特性の関連 日本交通心理学会第72回大会発表論文集、15-18
- 9) 中井宏・臼井伸之介 2007, 12 先行車追従時に見られる攻撃的運転の規定因 平成19年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集、137-140.

5.3 講演

- 1) 中央労働災害防止協会 労働安全衛生総合推進事業 平成19年度労働安全衛生総合研究講演会、「交通労働災害防止のための安全衛生管理手法の高度化に関する研究」、中村隆宏、平成20年3月18日

5.4 その他発表等

- 1) 1) 中村隆宏 危険再認識教育の課題と展望 (2)、全登協ニュース 2005-NO. 2、6-7
- 2) 中村隆宏 危険再認識教育の課題と展望 (3)、全登協ニュース 2005-NO. 3、33-34

6. 研究成果による特許権等の知的財産権の出願・登録状況

特になし。

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
総合研究報告書

2. 運輸・運送業における労働状況に関するヒアリング調査

主任研究者 中村隆宏 独立行政法人産業安全研究所 主任研究員
分担研究者 篠原一光 大阪大学大学院人間科学研究科 准教授
分担研究者 臼井伸之介 大阪大学大学院人間科学研究科 教授

予備調査として、災害防止団体、運輸・運送業界、調査・研究機関の関係者、並びに深夜のトラック運転業務に就くことが多い労働者数名を対象に、ヒアリング調査を実施した。

業界内での競争が激化していることに加え、経済活動一般に効率化を追求する傾向が高まっていることが運輸・運送業に対しても大きく影響し、さらには原油高の影響によるコスト削減の必要性が逼迫していることなどが、現場の労働者にも直接の影響を及ぼしていることが伺えた。本格的な調査の実施に当たっては、事業場及び業界団体等との密接な協力関係が必要であるが、一方では、業界内の競争の激化が調査への協力の余力をも奪い取っている状況がある。

1. 研究の背景

車体が大きく車重も重い貨物自動車と乗用車との間で発生した衝突事故においては、乗用車側の乗員に甚大な被害が及び、さらには複数の車が関係する多重衝突事故につながりがちである。

大型貨物自動車による事故は、以前からなかったわけではない。しかし社会に大きな衝撃を与えたのは、一般の交通参加者が巻き込まれ多数の尊い生命が一瞬のうちに奪われる多重衝突事故が、少なからぬ頻度で発生していることだけではない。これらの事故が、居眠りや注意散漫といった、運転を行う上で万全な対策がとられているはずの基本的な約束事が守られていなかったがために発生している点にある。さらにこれらの事故の背景には、単に運転者個人の責任に帰することが出来ない要因も見受けられることがある。整備されているはずの安全運行管理体制の機能不全、過負荷労働環境の常態化・慢性化などである。

かつての大量消費時代を経て、近年の運輸・運送業界においては、「少量の物資であっても産地から消費地へ如何に迅速に運送

するか」「個々の消費者のニーズにあわせ如何に細かなサービスが提供出来るか」といった側面が重視されている。物流手段としての自動車への依存度は今後ますます高まることが予想されるが、その一方では、景気変動の影響からより低コストで充実したサービスが求められるとともに、巨大資本による市場参入への対応に迫られるなど、業界内での競争はますます激化する傾向にある。

加えて、とりわけ都市部における慢性的な渋滞や駐車スペースの不足、複雑化する道路網などの諸問題は、自動車運転に従事する労働者にとって大きな負担となっている。

こうした競争の激化や交通環境の変化は、労働条件・労働環境を過酷なものとし、さらに運転業務中のエラーの発生を誘発することで、重大な災害の発生につながっているものと考えられる。

本研究では、競争が激化する運輸・運送業界において現場が直面する様々な問題点、長時間労働・過重労働の実態、労働環境・勤務状況と事故発生との関係等を分析・把握・整理することを目的として、自動車運転者、管理者等を対象とした面接調査及び質問紙調

査を計画している。その予備段階として、災害防止団体、運輸・運送業界団体、調査・研究機関等の有識者を対象に、業界を取り巻く諸事情を把握するためのヒアリングを実施した。

2. 方法

本研究の目的、及び調査の趣旨を説明し、取材の許可を得た災害防止団体、運輸・運送業界、調査・研究機関の関係者を対象にヒアリングを実施した。また、調査手法に関する知見を得るため、運輸業を対象とした調査の実績がある研究機関を対象に、これまでの調査内容等に関するヒアリングを実施した。さらに、運輸・運送業の従事者ではないが、深夜のトラック運転業務に就くことが多い労働者数名に対してヒアリングを実施した。

ヒアリングは、研究担当者1名ないし2名で行った。

ヒアリング実施に際しては予め質問項目等を準備していたが、基本的にはフリートーク方式で実施した。予め準備した質問項目の中で主なものを以下に記す。

- ・ 本研究の目的、及び内容の妥当性について（特に、業界が直面する問題点との関係について）
- ・ 調査手法の妥当性について（特に、調査における業界団体の対応可能性について）
- ・ 運輸・運送業に従事する労働者が直面する労働安全衛生上の諸問題について
- ・ その他、調査実施に当たっての参考事項について

3. 結果

ヒアリングの結果、災害防止団体、運輸・運送業界、調査・研究機関の関係者から得られた意見、指摘について、主なものを以下に記す。

(1) 本研究の目的、及び内容の妥当性について

- ・ 事実、現在の現場の実態は厳しいが、あまりに切実な問題であり、実態を明らかにすることに現場には抵抗があるのでは

ないか？

- ・ このような研究内容について、協力してくれる企業は極めて限られているだろう。ある意味で、最も優れたサンプルしか収集出来ないことを念頭に置く必要がある。
- ・ 競争の激化によって、いずれの事業場もギリギリのところで成り立っているのが実態だろう。調査へ協力したいという希望があっても、実際に協力できる余力がある事業場は少ないのではないか？
- ・ 調査は、相互の信頼関係の上に初めて成り立つ。時間をかけて相互の関係を築くことが必要。
- ・ 社会的な観点から、例えばルポルタージュ的に、全体像を捉えるような内容であっても良いのではないか？

(2) 調査手法の妥当性について

- ・ 調査によって現場の実態を明らかにされることに抵抗を感じる事業場もあるのではないか？
- ・ 調査は、give & take が成り立たないとなかなかカタチにならない。現場にとっても何らかのメリットをもたらす方法で実施することが必要だろう。
- ・ 個人情報保護の観点から、今後は質問紙法による調査の実施は困難になるだろう。観察法など、他の手法も候補に検討する必要がある。
- ・ 一言で運輸・運送業といっても、扱う荷の種類や企業規模によって、実情は大きく異なる。さらに地域性も異なるだろう。調査対象となる母集団によって結果は大きく異なる。

(3) 運輸・運送業に従事する労働者が直面する労働安全衛生上の諸問題について

- ・ 安全上の様々なルールがあるが、中には“実態に適さないのでは？”と疑問を感じる内容もある。
- ・ 大手の企業であっても、全てのルールをキチンと守りきれることは少ないのではないか？
- ・ 経営状態が苦しくとも、安全衛生活動に熱心に取り組んでいるトップもいる。

- ・ 運輸・運送業界では出来高制を採用していることが多く、労務管理が最もにくい現場の一つだろう。
- ・ 現在は、荷主側の規制をどのようにコントロールするか、といった発想自体が不足しているのではないか？
- ・ 運転者の立場からは、様々な規制によって車を駐車出来ない道路が増え、以前より休憩を取ることが出来なくなっている、という意見もある。規制によってむしろ運転者は苦しんでいる。
- ・ ドライバーにとっては、休みたい時に休みを取れるのが理想。しかし高速道路のパーキングエリアでも満車であることが多い。主要国道でも駐車が出来ない。
- ・ 都市部に近づくにつれ、パーキングエリアやサービスエリアは満車であることが多い。
- ・ トラックの全てが速度規制装置（リミッター）を装着しているわけではなく、交通の流れが不均衡となっている。また、低速で走行する先行車がいても、リミッターが作動するために追い越しをスムーズに行えず、長時間の運転をする上ではむしろ負担になる。
- ・ 長期間帰宅せず、トラックステーションで生活しているような人もいる。自宅に帰って眠るといことがほとんどない
- ・ 宿泊施設（有料）の費用も惜しみ、車中で睡眠をとる運転手もいる。“振動があったほうが良く眠れる”と気にしていない様子だが、睡眠環境としては問題が多く、単に睡眠時間だけの問題ではないだろう。

(4) その他

- ・ 身体的、生理的負荷については、運転手の主観的評価と客観的評価の間には、大きなズレがあるのではないか？
- ・ 一般に、睡眠衛生に関する研究は進展しているが、運輸業については様々な変数が多く、必ずしも一般的な睡眠衛生のセ

オリーが通用しない部分もある。

- ・ 以前よりもベテラン運転手が減った。以前は見習いの期間があり、先輩から後輩への技能伝承があり、先輩の評価を経て近距離から中距離、長距離へとステップアップできた。今はわずかな訓練でもすぐに長距離を担当する。今のベテランが引退してしまえば、素人ばかりが道路上に残るようになる。
- ・ 運転手は慢性的な疲労状態であることが多い。実験の場合でも、条件を厳密に統制することは難しいだろう。

4. 考察

予備的に実施したヒアリングからは、規制緩和などの影響から新規参入する業者が増加し、業界内での競争は一段と激化しているという深刻な状況が伺えた。また、経済活動全般における一層の効率化の追求が運輸・運送業界にも影響し、運転業務従事者、さらには業界内の自己努力に頼るだけでは、根本的な解決が困難であることも伺えた。

「現場の実態の把握」には、研究手法として解決すべき多くの課題があることが明らかとなった。これらの課題については当初より予測されていたことではあるが、本格的な調査を実施するに当たって、個々の事業場はじめ業界団体等との密接な協力関係を築く必要がある。

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
総合研究報告書

3. 運転パフォーマンス測定のためのドライビング・シミュレータの開発と機能拡張

主任研究者 中村隆宏 独立行政法人産業安全研究所 主任研究員
分担研究者 篠原一光 大阪大学大学院人間科学研究科 准教授
分担研究者 臼井伸之介 大阪大学大学院人間科学研究科 教授

深夜勤務や過重労働状態において、自動車運転時の安全性に影響を及ぼす運転パフォーマンスの測定実験実施のために、ドライビング・シミュレータの開発及び機能拡張を行った。本研究において実施を予定する実験内容及び条件等を考慮し、既存のシミュレータを用いて測定を行った場合にデータに影響を及ぼし得る問題点や課題について検討した。検討を踏まえ、Type Aにはスクリーン呈示の際に運転状況データを測定・記録する機能を追加し、Type Bには道路モデルをループ状につなぎ長時間の測定を可能にする高速道路モデルを追加した。また、実写版提示映像の制作、シミュレーションのリアリティ向上のための音響装置の追加など、シミュレータとしての機能拡張・仕様変更を行った。

1. はじめに

本研究においては、交通労働災害防止のための安全衛生管理手法の高度化の検討に資するため、ドライビング・シミュレータを利用した実験を実施する予定である。これらの実験においては、

- ・ 深夜勤務や長時間勤務などの過重労働状態において、交通労働災害につながる運転パフォーマンスの低下がどのような条件、頻度、程度で生起するか。
- ・ 渋滞などの道路交通状況に起因する心理的・生理的負荷はどの程度か。
- ・ 休憩や仮眠によって、どの程度パフォーマンスが回復するか。

などを把握することを主たる目的とする。

実験の実施に際しては、実際の運転状況、とりわけ深夜や長時間にわたる運転状況を可能な限りリアルにシミュレートした上で、運転パフォーマンスの変動を測定する必要がある。

本稿では、これらの目的を達成するためのドライビング・シミュレータの開発経緯について報告する。

2. シミュレーション実験における問題点

本研究で計画するシミュレーション実験においては、深夜運転、及び長時間運転によるパフォーマンスの低下の程度、並びに、これらパフォーマンス低下の防止手法、ないしは低下した場合の対応手法を検討することを目的とする。そのため、深夜運転、及び長時間運転の影響が直接データとして把握出来ることが最も理想的である。しかし一方では、シミュレーション実験の場合、操作上の違和感やリアリティの不足が体験者の心理的・生理的負荷につながり、本来測定すべきデータにこれらの負荷の影響が混在することが懸念される。

本研究においては、効率的に実験を実施するとともに、実験目的に応じて使い分けるため、タイプが異なる二種類のドライビング・シミュレータ（Type A：川崎重工業製、及びType B：三菱プレジジョン製）を使用しているが、検討の結果、いずれに関しても前述のような懸念を解決する必要があることが明らかとなった。

Type Aについては、HMD（ヘッド・マウ

ント・ディスプレイ)による画像提示方式を採用している。HMDの動きを磁気センサーによって検出し、提示画像の生成にリアルタイムに反映させることで、全方位の映像提示を実現することが出来る。さらに、周囲にスクリーン等の提示装置を必要としない分、設置空間を節約することが可能で、移動も容易であるというメリットがある。

しかし一方では、シミュレーションの実施に当たって、被験者はHMDを頭部に装着する必要があり、被験者の頸部・頭部に負担がかかる懸念があった。通常の、数分から十数分程度の実験内容であれば大きな問題にはならないが、本研究で予定している実験においては長時間の運転場面を想定しデータ測定を行うことから、長時間にわたりHMDを装着することとなり、被験者に多大な負担を与え健康上の障害を引き起こす恐れもある。

こうしたことから、長時間にわたる実験における被験者の負担軽減を図る必要があった。

実験に使用するドライビング・シミュレータのうち、もう一台のType Bについては、当初からスクリーン提示方式を採用していた。しかしこの装置の場合、前方視野映像の提示範囲が一面に限られており、交差点などでの右左折の状況では、実験の目的に適う情報の提示が困難であった。さらに、単に視野映像内の情報提示に限界があるだけでなく、狭い視野で運転状況をシミュレートすることによって、被験者の「シミュレーター酔い」等の問題にも発展することが懸念された。

こうしたことから、視野映像提示範囲の拡大を図る必要があった。

3. 画面提示方式の検討

3.1 スクリーン提示への変更：Type A

Type Aについては、HMD装着による被験者の負担を軽減し長時間のデータ測定に支障がないようにするため、画像提示方式をスクリーンへと変更することとした。プラズマ・ディスプレイ、あるいは液晶モニター等の利用も検討対象となったが、シミュレーションのリアリティを確保するためには一定



写真1 大型スクリーン (Type A)



写真2 画像生成用 PC (Type B)

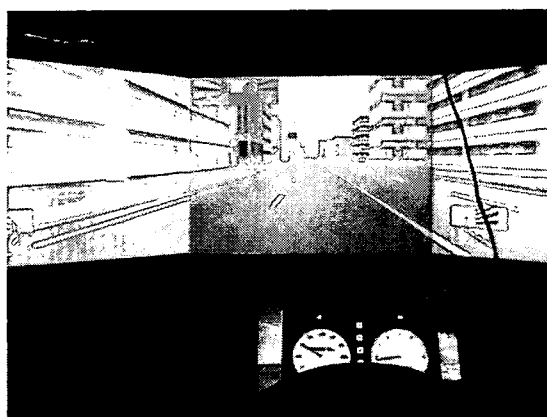


写真3 3面スクリーン (Type B)

以上の視野角が必要であることから、システムの冗長性、及び経済性等を考慮し、液晶プロジェクターとスクリーンを組み合わせる方法を採用した。プロジェクターは既存の装

置本体の後方上部に設置し、装置前方の大型スクリーンに映像を出力する（写真 1）。スクリーン位置を変更することで、提示映像の視野角を微調整することが可能である。

3.2 スクリーンの3面化：Type B

Type B の場合、提示映像はコンピュータ・グラフィックス（CG）によって生成される。この方式を大幅に変更することは既存のシステムの構成上困難であるため、視野角を広げる手段としては、基本的に既存の画像提示方法を踏襲する必要があった。こうしたことから、正面スクリーンの左右それぞれにスクリーンを増設し、増設されたスクリーンに対応する液晶プロジェクターを設置した。さらに、増設スクリーンへ提示する画像生成を行うための PC を追加し、既存の制御用 PC と連動させた（写真 2）。これにより、3面を連動させた映像提示を行い、シミュレーション時の映像提示範囲を大幅に広げることが可能となった（写真 3）。

4. シミュレーション映像の変更：Type A

4.1 提示映像に関する課題

HMDでの画像提示を前提とした Type A の場合、通常の稼働状態では、磁気センサーで被験者の頭部運動を把握しリアルタイムで CG による画像生成に反映させることで、全方位にわたる画像提示を可能とする。一方、本研究においては、HMD 装着による被験者の負担を軽減するため画像提示をスクリーンに変更し、磁気センサーを備えた HMD を使用しないため、従来の CG による画像生成及び画像提示を行うことが出来ない。加えて、Type A に関しては、主に市街地の運転状況のシミュレートを想定しており、本研究で対象とする長時間運転状況、すなわち、深夜に高速道路を長時間運転し続けるような状況をシミュレートするシナリオは搭載されていない。

こうしたことから、映像提示方法のスクリーン方式への変更を踏まえ、実験目的に適した映像提示方法、及び映像内容について検討した。

CG によるシミュレーション・シナリオの



写真 4 サービスエリア内走行時



写真 5 加速車線走行時：本線への合流



写真 6 走行車線走行時



写真 7 追越車線走行時

構築は、道路環境や条件の統制を図ることが容易であり、実験目的に応じた変数の設定を行いやすい。従来と同様のCGによる提示映像の作成は技術的には可能であるが、シミュレーション・プログラムの開発環境を現在のシミュレータに合わせて再構築するか、あるいは、シミュレータのPC環境をシミュレーション・プログラム開発環境に合わせて更新するかのいずれかが必要となるため、莫大なコストを必要とする。また、CGの制作そのものも、コンテンツ・モデルを構築する段階から着手することが必要となるため、コスト・労力のいずれに関しても効率的ではない、との結論に至った。

CGによる映像生成に比べ、比較的制作が容易である手法として次に検討したのが、実写映像による提示であった。実写映像の場合、道路環境や交通状況の統制を図ることはほぼ不可能であり、記録された映像から想定外の事象を排除することは困難である、という欠点がある。また、カメラの撮影画角を人間の視野範囲とほぼ同等にして実写映像を撮影しても、動きを伴うシミュレーション映像として提示された場合には違和感が高く、シミュレーション映像のリアリティに問題が残る。同様に、実写映像を観察する際の視角（画面の大きさと観察距離）によっても、シミュレーションのリアリティは異なってしまう。

一方で、撮影時、及び提示時の画角に関する問題点を解消出来れば、実際の交通場面をありのままに記録しシミュレーション映像として提示するため、CGと比べリアリティの向上は期待出来る。

4.2 実写映像の試験撮影

これらの検討を踏まえ、車載カメラによる実写映像の試験撮影を実施して映像サンプルを作成した。撮影は、貨物自動車の運転席近くにビデオカメラを2台セットして行った。2台のビデオカメラの設置位置は若干異なっており、設置位置の違いが記録映像の画角の違いに及ぼす影響を検討する際の参考とした。撮影は、夜間の高速道路を走行しながら行った。カメラのズームの程度、及び画

角を数段階に変化させながら撮影した。撮影時間は、延べ約300分であった。

4.3 映像サンプルの評価

映像サンプルを液晶プロジェクターでスクリーンに投影し、主にシミュレーション映像としてのリアリティについて評価を行った。評価の際には、スクリーンとプロジェクターの距離を調整して画面の大きさを数段階に変化させた。さらに観察距離、及び観察位置を数段階に変化させた。これらの評価を通じて、映像提示距離、画面大きさ、観察位置、及び観察距離等について検討した。

4.4 提示映像の制作

実写映像の試験撮影結果、及び映像サンプルの評価結果に基づき、提示映像の制作を行った。

撮影は、車線数や交通量、道路線形などの道路環境及び交通環境を考慮し、複数の高速道路を対象とした。撮影を実施した路線は関東地方を中心に、一部は東北地方、東海地方に及んだ。概ね、日没後数時間経過した時点から深夜にかけて撮影を行った。撮影は、概ね80km/hの速度を維持し、原則として走行車線を走行しながら行った。ただし、低速度車が先行する場合には追越車線を走行するなど、『ごく自然な運転』に努めた。シミュレーションのリアリティ向上を図るために提示映像の導入部に挿入される場面（料金所通過、加速車線から本線への流入、サービスエリア・パーキングエリア駐車場での車両駐停車及び発車状況、等）についても記録した。記録された映像は、延べ約900分であった。

これらの記録映像から不要な部分を削除し、実験用刺激映像として11本の提示映像に編集した。映像の連続提示時間は、短いもので約40分、長いものでは約100分であった。提示映像の例（静止画）を、写真4～7に示す。

なお、Type Bに関しては、提示映像は同じくCGによって生成されており、長時間運転に該当するシミュレーション・シナリオは搭載されていない。今後、Type Aと同様の実験条件の設定を行えるよう、機能拡張を図ることとしている。

5. Type A の主要構成

5.1 表示装置の配置

映像提示方法を HMD からスクリーン方式へと変更した Type A については、ステアリングやアクセル、ブレーキ等の運転装置は既存のシミュレータ本体に付属するものを流用する。一方、表示装置である液晶プロジェクター、及びスクリーンの設置については、新たに検討する必要があった。

プロジェクターとスクリーンの設置位置は、提示映像の画角を確保するためある程度の距離を必要とする。また、スクリーン面に対して液晶プロジェクターから出力される光が垂直に投影されることが理想的である。一方、これらの条件を満たしつつ、液晶プロジェクターから出力される光が、運転席に着座する被験者の頭部や身体によって遮られる位置関係になってはならない。

これらの仕様を満たすため、シミュレータ本体の前方約 100mm の位置に 80 インチスクリーンを設置し、本体後方に架台を設けて架台上部に液晶プロジェクターを設置することとした (図 1)。液晶プロジェクターの設置角度、並びにスクリーン設置位置は調整可能であり、提示映像に応じた微調整が可能である。

5.2 再生装置

制作された提示映像は、何らかの媒体に記録され、実験の目的と用途に応じて再生出来る必要がある。再生装置は、実験条件に応じて再生開始のタイミングを調整できる機能を有することが望ましい。さらに、同一の映像であっても繰り返し再生を行うことから、記録・再生媒体には相応の耐久性が必要である。

映像信号の記録・再生、さらには再生開始のタイミングのコントロールには、ビデオテープの利用が考えられる。一方、ビデオテープの場合、繰り返し再生を行った場合の耐久性に不安が残る。

これらの問題点を解消し、かつ仕様を満たす記録媒体及び再生装置として、Type A には、外部コントロール端子 (RS232C) 付きの DVD プレーヤーを採用した。DVD の場合、記録された信号を光学的に読み取るため、繰り返し使用した場合であっても記録媒体としての耐久性の低下はほとんど生じない。また、外部コントロールが可能なプレーヤーを採用し、被験者の運転操作を再生開始信号に置き換えて入力することで、シミュレーション映像の再生を行う。これにより、被験者の主体

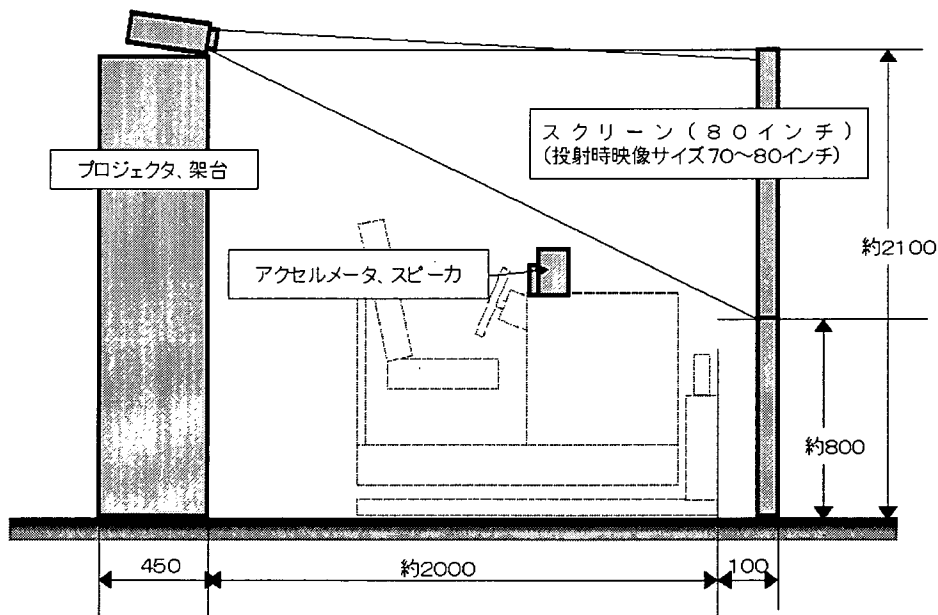


図 1 Type A の機材構成

的な操作感の低下を防ぐ効果が期待出来る。

5.3 その他の機材構成

シミュレーションのリアリティの向上には、視覚的な刺激である映像の質に加え、映像に連動した音声刺激が重要な役割を果たす。Type A の場合、提示映像の撮影の際に車内の音声も記録しており、これを映像とともに出力することが可能であった。音声出力のため、シミュレータ本体に加工を施し、アンプ付き外部スピーカを設置した。

さらに、これらの音声信号を、運転座席に設置された既存のバスシェイカにも入力し、特に低周波の音声信号を振動のように体感させることで、シミュレーションのリアリティ向上を図った。

また、シミュレーション時の操作感を高めるため、アクセル操作に連動したメータを設置した。「一定の速度で走行して下さい」等の教示を行うことにより、被験者には、単に提示映像を観察させるだけでなく、常にアクセルのコントロールを行うといった課題を与えることが可能となる（写真8）。

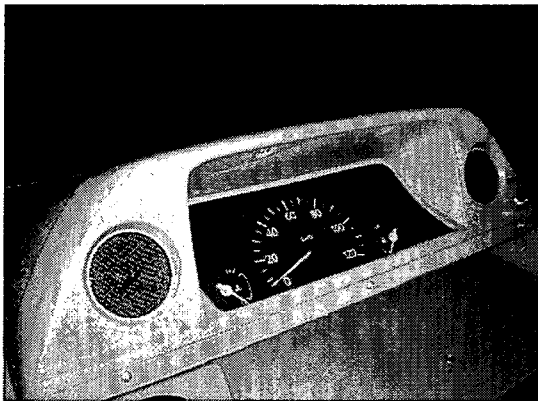


写真8 スピーカ及びアクセルメータ

6. 長時間運転状況を模擬するための要件

本研究で計画するシミュレーション実験においては、深夜運転、及び長時間運転によるパフォーマンスの低下の程度、並びに、これらパフォーマンス低下の防止手法、ないしは低下した場合の対応手法を検討することを目的とする。そのため、長時間運転状況を模擬した条件下で運転パフォーマンスの測定を行うことが必要となる。

6.1 Type A の測定機能拡充

本研究で使用するシミュレータのうち Type A（川崎重工業製）については、HMD を使用して運転状況を呈示するのが基本仕様であるが、長時間に渡る実験では被験者に過度に負担がかかる可能性が高いことから、昨年度に前方大型スクリーンに実験映像を呈示する機能を付加し、HMD あるいはスクリーンのいずれかで画像呈示が可能な機能を付加した。ただし、スクリーンを使用する場合には、実験用刺激映像の呈示に限定される。これは、夜間的高速道路走行状況の実写映像を延べ約 900 分にわたり撮影し、その映像を基に約 40~100 分に編集したものであり、実験の条件設定を考慮して、車線数・混雑状況等に数パターンが設けられている。

一方、Type A と連動する既存の測定装置は、ステアリング、アクセル、ブレーキ等の被験者の操作内容、並びに頭部運動を測定・記録する機能を有していた。これらの測定・記録機能は、HMD への提示画像出力信号と連動するため、呈示される実写映像信号が単なる画像情報として再生されるスクリーン呈示方式へと変更した場合、測定支援演算装置との連動が達成できない。

測定データを得るためには、被験者の操作内容・反応を測定・記録することが必要であるため、Type A が有する測定機能を活用出来なければならない。また、スクリーンへ呈示される映像と同期を取った上で測定・記録が可能でなければならない。こうしたことから、スクリーンディスプレイ方式に対応した運転状況計測機能を付加した。

これは、従来の測定機能を活かしつつ、スクリーンを使用した場合にも、映像呈示時間のタイムコードと合わせて被験者の操作状況を測定・記録することが可能なものである。具体的には、以下の 8 項目の中から最大 5 項目を選択することが可能である。

- ・ エンジンキーの状態
- ・ シフトレバーの状態
- ・ 方向指示器の状態
- ・ ハンドルの角度
- ・ アクセルの状態

- ・ クラッチの状態
- ・ フットブレーキの状態
- ・ ハンドブレーキの状態

また、測定データをグラフ化して示すことが出来るとともに、数値データを他の表計算ソフト等で扱うことが出来る形式で出力することが可能である。

これらの機能拡充が果たされたことで、本研究で目的とする実験の実施がより現実的なものとなった。

6.2 Type B への高速道路モデル追加

Type B（三菱プレジジョン製）の基本仕様では、利用できる道路モデルは市街地に限られていた。市街地モデルの場合、シミュレーションのリアリティ向上のため、交差点や信号機、道路に隣接する建造物等が含まれている。このような細部にまで作りこまれた映像は、通常の運転場面を模擬する場合には重要かつ必要な要素となる。しかし、本研究においては、長時間運転に関連する疲労や眠気による事故原因の究明、並びに防止対策の検討に資するデータを測定する必要があるため、交差点や信号機が多数存在する既存の市街地モデルでは、これらの交通環境の複雑性が被験者の覚醒レベルに影響することが懸念された。そのため、比較的単純な交通環境を長時間シミュレート可能であり、かつ Type B に適合する道路データベースを導入する必要があった。

Type B に適合する道路データベースは複数存在するが、市街地モデルと同様、周囲の環境まで詳細に作りこまれているものが多い。また、道路モデルの開始地点と終了地点の設定に限界があるため、連続運転時間を任意に設定することが出来ず、長時間にわたる測定が困難であった。こうしたことから、道路モデルの開始地点と終了地点をループ上につなぎ、走行状態を無制限にすることが可能であり、道路周辺環境も単純化した高速道路モデルを選択した。

この高速道路モデルの場合、他の交通車両等をシミュレーション・プログラム上で任意に設定するとともに、Type B が有する昼間・夜間・霧などの気象条件の切り替え機能をそ

のまま使用することが可能である。そのため、他の交通が全くない夜間の高速道路を単独で走行する運転状況を模擬することも可能である。

7. おわりに

長時間勤務・過重労働等による影響を把握するためには、単に被験者に長時間に渡り運転場面の映像を提示するだけではなく、様々な課題を課すことによって運転パフォーマンスの変化、とくわけ運転時の安全性に影響する変化を測定・把握出来なければならない。

Type A、Type B とともに、本研究において目的とする実験実施へ向けた機能拡張を行った。シミュレータによる模擬運転状況である限り、実際の運転状況とは大きく異なる部分があることは否めないが、データ取得の際の安全性の確保、及び効率の観点からは、シミュレータを用いた測定方法が妥当かつ現実的である。

引き続き、実験パラダイムをはじめ、運転パフォーマンス測定のための条件設定、実験手続き等について詳細を検討する。

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
総合研究報告書

4. 運転パフォーマンス測定のための実験環境の構成と試行

分担研究者 篠原一光 大阪大学大学院人間科学研究科 准教授
主任研究者 中村隆宏 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 主任研究員
分担研究者 臼井伸之介 大阪大学大学院人間科学研究科 教授

研究開発用ドライビングシミュレータ用の高速道路モデルを用いて長時間運転をする場合に、運転者の行動や心理的状态がどのように変化するかについて、少人数の実験参加者により試行的実験を行った。パーソナリティや行動特性に関する質問紙への回答を求めた後、他の車が出現しない夜間の高速道路を走行するという単調な30分間の運転を3回行った。運転の前後では疲労感や覚醒に関する検査を実施した。その結果、本研究で設置した実験環境で単調な長時間運転に伴う状態や運転の変化が発生し、また、使用する質問紙や検査手法によって、時間経過に伴う実験参加者の状態変化をとらえられることが確認された。

1. 目的

本実験の目的は、ドライビングシミュレータの高速道路モデルを使用して長時間運転を行うことで、覚醒の低下や居眠りの発生、運転パフォーマンスの低下が発生するか、またそれはどのくらいの時間で発生するかを確認することである。また、運転者の状態を測定するためには、心理的・行動的・生理的測定が必要であり、先行研究では様々な指標が用いられている。本研究の実験環境で、それらの指標がどのような反応を示すかについても、併せて探索的に検討することとした。

2. 方法

2.1 調査

被験者の特性を記述するため、事前に被験者の年齢、性別、運転経験など基本的な情報を収集する他に、以下のパーソナリティ検査

と質問紙を実施した。なお、FFPQ以外の各尺度の内容については、附録として本稿の最後に掲載している。

● FFPQ [1]

FFPQは近年もっとも有力なパーソナリティ理論としてとらえられているパーソナリティを5つの特性次元で記述する5因子理論に基づいたパーソナリティ検査の一つ

表1 FFPQでの5因子の本質と特徴

名称	本質	一般的特徴
I. 内向性— 外向性	活動	ひかえめ/積極性
II. 分離性— 愛着性	関係	自主独立性/親和性
III. 自然性— 統制性	意志	あるがまま/目的合理性
IV. 非情動性— 情動性	情動	情緒の安定した/敏感な
V. 現実性— 遊戯性	遊び	堅実な/遊び心のある

で、現在広く用いられているものである。150項目の質問で構成されており、それらに対する回答から表1 [2]に示される5つの性格特性、およびその下位特性について評価を行う。

- 運転スタイルチェックシート (Driving Style Questionnaire: DSQ)

運転スタイルチェックシートと次項で述べる運転負担感受性チェックシートは、普段の運転ぶりから運転行動に関連するドライバーの個人特性を記述する目的で開発されたものである [3] [4]。

運転スタイルチェックシートは個々のドライバーが運転に取り組む態度や志向、考え方を個人特性として調べるものである。18項目で構成されており、各質問に対して「全くあてはまらない」「少しあてはまる」「かなり当てはまる」「非常にあてはまる」の4つの選択肢から一つを選んで答える。これにより、①運転スキルへの自信、②運転に対する消極性、③せっかちな運転傾向、④几帳面な運転傾向、⑤信号に対する事前準備的な運転、⑥ステイタスシンボルとしての車、⑦不安定な運転傾向、⑧心配性傾向という8つの側面について評価することができる。

- 運転負担感受性チェックシート (Workload Sensitivity Questionnaire: WSQ)

運転負担感受性とは、ドライバーがどのような種類の運転負担を強く感じるか、という点を個人特性としてとらえたもので、38項目で構成されている。各質問に対して、「気にせず運転する」「気配りしながら運転するが負担ではない」「運転することを少し負担に感じる」「緊張や無理をしいられて負担が大きい」「負担が大き

くて運転したくない」という5段階で回答する。これらによって、①交通状況把握(周辺交通とのかかわりあいや情報取り込みの複雑さ)、②道路環境把握(車外環境の変化、複雑さ、悪さ)、③運転への集中阻害(車内の人やモノに対する配慮)、④身体的活動度の低下(運転に際しての心身状態の悪さ)、⑤運転ペース阻害(自分に合った運転ペースの阻害)、⑥身体的苦痛(身体的苦痛の発生、長時間拘束)、⑦経路把握や探索(自車位置や行先情報の取り込み、位置関係の把握)、⑧車内環境(車室内環境の悪さ)、⑨制御操作(運転操作の煩雑さ)、⑩運転姿勢(シートやレイアウトのフィット性の悪さ)という10尺度で運転負担感受性を評価する。

- 日常的注意経験質問紙(EAEQ) [5]

日常的注意経験質問紙は32項目の質問で構成される質問紙である。日常生活を送る中で体験する注意の働きに関連のある行動について、それが自分にどの程度当てはまるかを答えることにより、注意の働きを「注意集中能力」「注意制御能力」「注意転導傾向」「ながら作業傾向」の4つの側面で評価するものである。

- 失敗傾向質問紙(EPQ) [6]

失敗傾向質問紙は26項目の質問で構成される質問紙であり、日常生活の中で起こしてしまう可能性のある「失敗」について、自分自身がそれをどの程度起こしてしまうかを評価することにより、失敗の起こしやすさを「アクションスリップ」「認知狭窄」「衝動的失敗」の3つの側面から評価するというものである。

- エプワース眠気尺度 [7]

エプワース眠気尺度は日中の眠気を測

定するための尺度であり、睡眠障害を診断するのに役立つものである。8項目で構成される。

2.2. 課題

2.2.1 運転課題

大阪大学312実験室に設置された研究開発用ドライビングシミュレータ（三菱プレジジョン）を使用した。システムの構成は図1 [8]に示すとおりである。本DSの特徴は、運転席から見た前方の風景を3つのスクリーンに投射することができるため、前方の風景を広範囲に提示できることが特徴である。またステアリングとアクセルペダル、ブレーキペダルの操作によって自由に走行することができることができ、また他の車を自車の周囲に出現させることもできる。走行環境としては、市街地モデルと高速道路モデルを用いることができる。

本実験では高速道路モデルを利用し、被験者は指定された一定の速度で走行することを求められた。モデルの終端まで到達すると、スタート地点に自動的に移動するように設定されていたが、この移動はスムーズに行われ、被験者自身に気づかれることはなかった。夜間場面を選択し、他車は出現しないように設定されたため、実験参加者は非常に単調な状態で運転し続けることを強いられる状況であったといえる。

2.2.2 音声刺激弁別課題

運転中、被験者に対して座席横に設置されたスピーカーからブザー音が提示された。ブザー音には高い音と低い音があり、高い音を標的音とした。標的音である高い音が提示された場合にはすぐにボタンを押して反応するように求められた。低い音の場合には反応する必要はなかった。音の提示にはパソコンを使用し、反応時間を測定した。

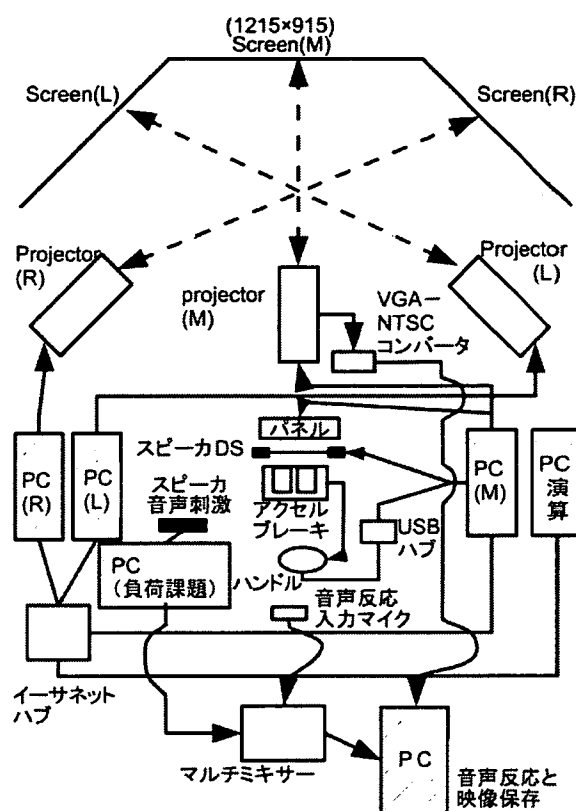


図1 ドライビングシミュレータのシステム構成

2.3 手続き

2.3.1 導入

最初に、フェイス項目および質問紙への記入を求めた。ここで記入を求めた内容は、氏名、年齢、性別、運転経験・頻度、運転目的、運転中の眠気、日頃の睡眠、運転時のラジオ聴取・テレビ視聴、眠気を防ぐための工夫であった。

2.3.2 走行

最初に、5分間の練習走行を行った。練習走行では80kmで走行し、副次課題である音声刺激弁別課題も同時に行った。練習終了後、フリッカー検査を実施した。

次に、ドライビングシミュレータによる走行を行った。教示した内容は以下のとおりである。

これから本走行を始めます。走行時間は30分です。運転する場面は夜間の高速道路です。走行速度は時速80km