

## 平成 20 年度シーズ発掘試験（発掘型）研究報告書

報告日：平成 21 年 3 月 31 日

|      |    |
|------|----|
| 技術分野 | 96 |
|------|----|

課題名：自動車運転映像を用いた認知行動評価装置の開発

研究期間：平成 20 年 7 月 4 日～平成 21 年 3 月 31 日

## 1. 担当コーディネータ

|        |               |                        |   |
|--------|---------------|------------------------|---|
| 氏名（役職） | 倉科 喜一（教育特任教授） |                        | 印 |
| 所属機関名  | 信州大学産学官連携推進本部 |                        |   |
| 連絡先    | 所在地           | 〒390-8621<br>松本市旭3-1-1 |   |
|        | TEL/FAX       | 0263-37-3423           |   |
|        | E-mail        | ykura@shinshu-u.ac.jp  |   |

## 2. 代表研究者（代表研究者のみ記入してください。）

|        |           |                         |   |
|--------|-----------|-------------------------|---|
| 氏名（役職） | 小林 正義（教授） |                         | 印 |
| 所属機関名  | 信州大学医学部   |                         |   |
| 連絡先    | 所在地       | 〒390-8621<br>松本市旭3-1-1  |   |
|        | TEL/FAX   | 0263-37-2403            |   |
|        | E-mail    | mkobaya@shinshu-u.ac.jp |   |

## 3. 共同研究者（JST と委託研究契約を締結した共同研究機関の場合のみ記入してください。）

|        |         |  |   |
|--------|---------|--|---|
| 氏名（役職） |         |  | 印 |
| 所属機関名  |         |  |   |
| 連絡先    | 所在地     |  |   |
|        | TEL/FAX |  |   |
|        | E-mail  |  |   |

## 4. 試験研究の結果報告

### (1) 試験内容

本研究では、以下の2点を目的とした。

1. 自動車運転時の視聴覚映像を提示し、映像に対応する被験者の認知・危険予測機能を手掌部(精神性)発汗反応によって評価し、危険回避行動であるブレーキ動作の時間を評価することのできる「自動車運転認知行動評価装置」を開発する。
2. 開発した装置を用いて健常者を対象とする実験を行い、年齢・性別に応じた反応量・反応速度の標準値を求め、危険場面に応じた反応パターンについての基礎データを集積する。

### 1. 自動車運転認知行動評価装置の構築

自動車運転映像を提示し、被験者の認知・危険予測機能を手掌部の皮膚電位反射と精神性発汗反応によって評価し、同時に危険回避行動であるブレーキ踏み込み動作を評価する「自動車運転認知行動評価装置」を構築した。

#### 1) 装置概要

以下の①～④からなる「自動車運転映像を用いた認知行動評価装置」を構築した(図1)。

- ①自動車運転映像を再生提示するPCモニター・スピーカ
- ②小型発汗計(SKINOS SKN-1000)・皮膚電位計(SKINOS SPN-01)
- ③ブレーキ・アクセルの踏み込み角度信号を検出するブレーキ動作計測装置
- ④A/D変換した信号を解析するデータ解析装置

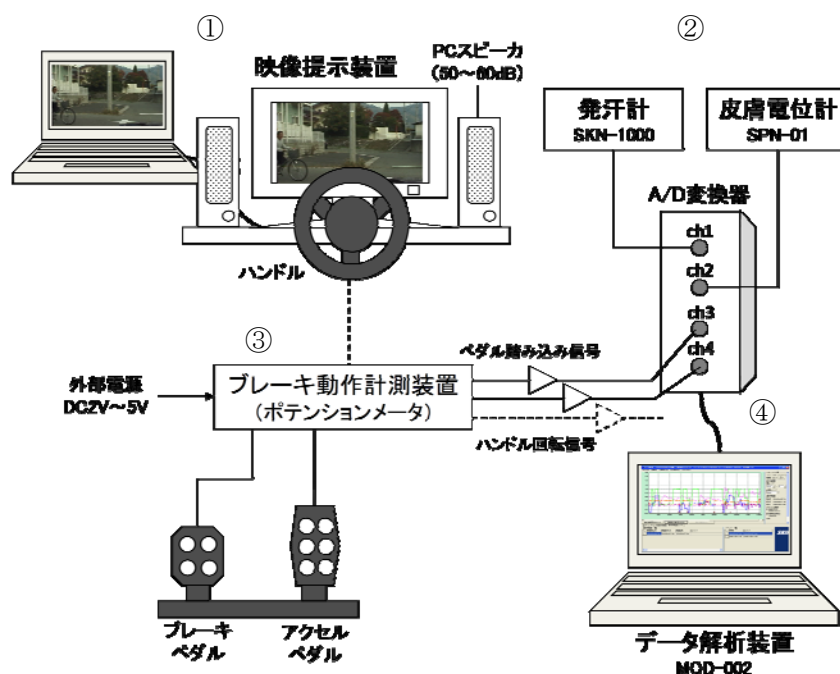


図1 自動車運転認知行動評価装置の構成図

装置は、①自動車運転映像提示装置、②発汗計(SKINOS SKN-1000)と皮膚電位計(SKINOS SPN-01)、③ブレーキ動作計測装置、④データ解析装置、から構成される。

本装置はデジタルビデオカメラで撮影した自動車運転中の映像を、①を用いて自動車運転時の音量（50～60dB）で再生し、被験者に、①画面に表示される自車走行映像に合わせてハンドル・ブレーキ・アクセルの模擬動作をさせ、②にて手掌部発汗と皮膚電位反射を同時測定し、それぞれのアナログ信号を、③で検出したペダル踏み込み信号と共に A/D コンバータを介し、④のデータ解析装置に取り込み解析を行うものである。

なお、本装置を構築する過程でいくつかの改善すべき点が明らかとなり、以下の計画変更を行った。

## 2) 変更点

### (1) 皮膚電位計の追加

構築中の装置を用いた基礎実験において、手掌部発汗反応が少ない被験者の場合、反応開始時間が正確に測定できないことが判った。そこで、発汗そのものではなく、エクリン汗腺の活動指標となる皮膚電位反射の測定が有用と判断し、装置構成に皮膚電位計（SPN-01）を追加した（図2）。

### (2) PC スピーカの追加

映像提示装置では音源が映像再生用 PC となり、映像を提示するディスプレイの前に被験者が座った場合に十分な音量が得られないことが判明した。このため、被験者の面前に配置する CP スピーカを追加した。

### (3) 自動車運転映像の追加撮影と DVD ライターの追加

高解像度の自動車運転映像を映像再生用 PC に保存したところ、容量負荷から再生中に動作の不具合が生じることが判った。このため、1 コースの運転映像を短時間に収めるよう、再度映像を収録し直し、データを複数の DVD に分けて保存・再生する方法への変更が妥当と判断した。このため、映像記録装置と対応する DVD ライターを追加した。

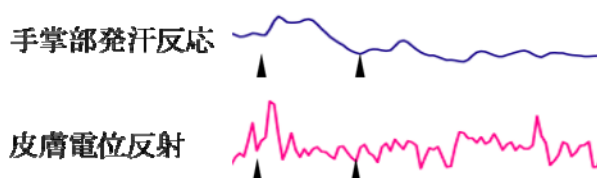


図2 手掌部発汗反応と皮膚電位反射の比較

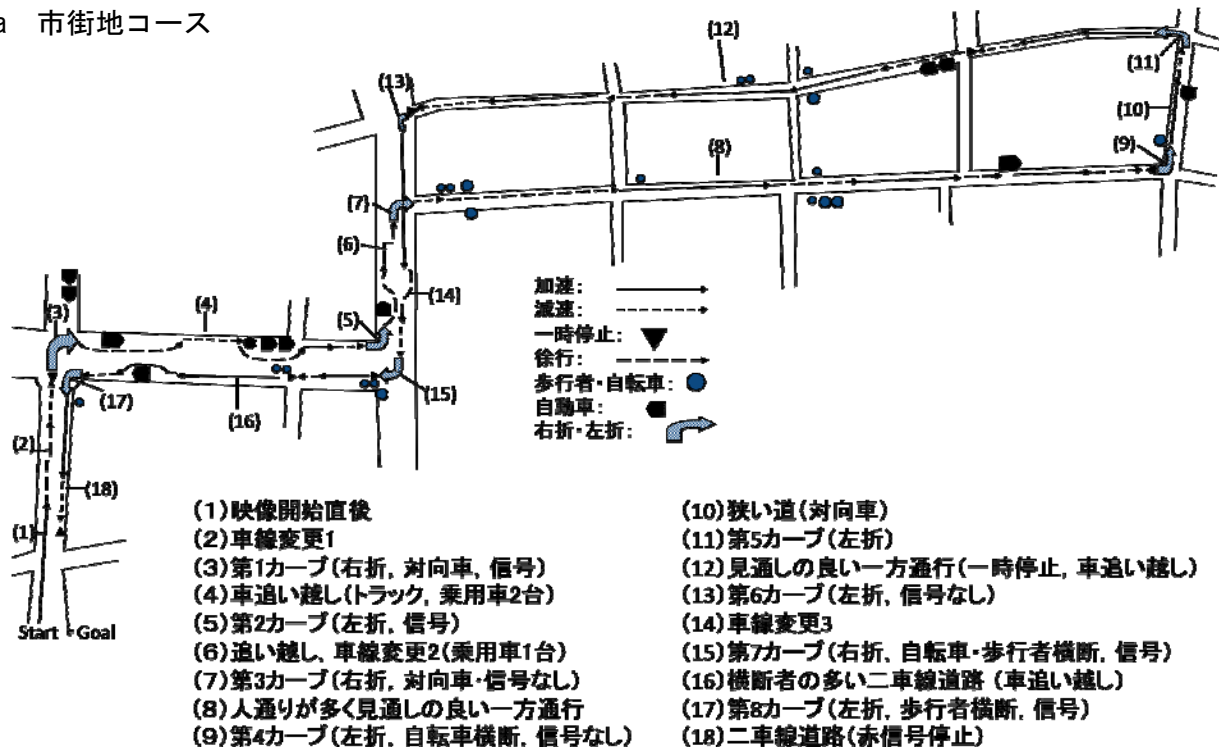
発汗反応は反応量の評価に適しているが、反応（変動）が小さい場合には反応開始時点を同定しにくい。一方、皮膚電位反射は反応量の評価はしにくい、反応開始時点を評価しやすい（予備実験より）。

## 2. 自動車運転映像の作成

自動車運転映像は、松本市内を走行する「市街地コース」と、郊外の住宅地を走行する「住宅地コース」の2つの運転コースを選定し、運転者の視点からみた運転映像を作成した。

市街地コース（図3-a）は、2車線道路や信号機のある比較的交通量の多い道路環境で、停車車両の追い越しや車線変更、横断歩道を渡る歩行者に注意する場面などを含んでいる。住宅地コース（図3-b）は、比較的道幅が狭く見通しの悪い道路環境で、自転車の追い越し、人の飛び出し、ボールの飛び出し等の危険場面を設定した。

a 市街地コース



b 住宅地コース

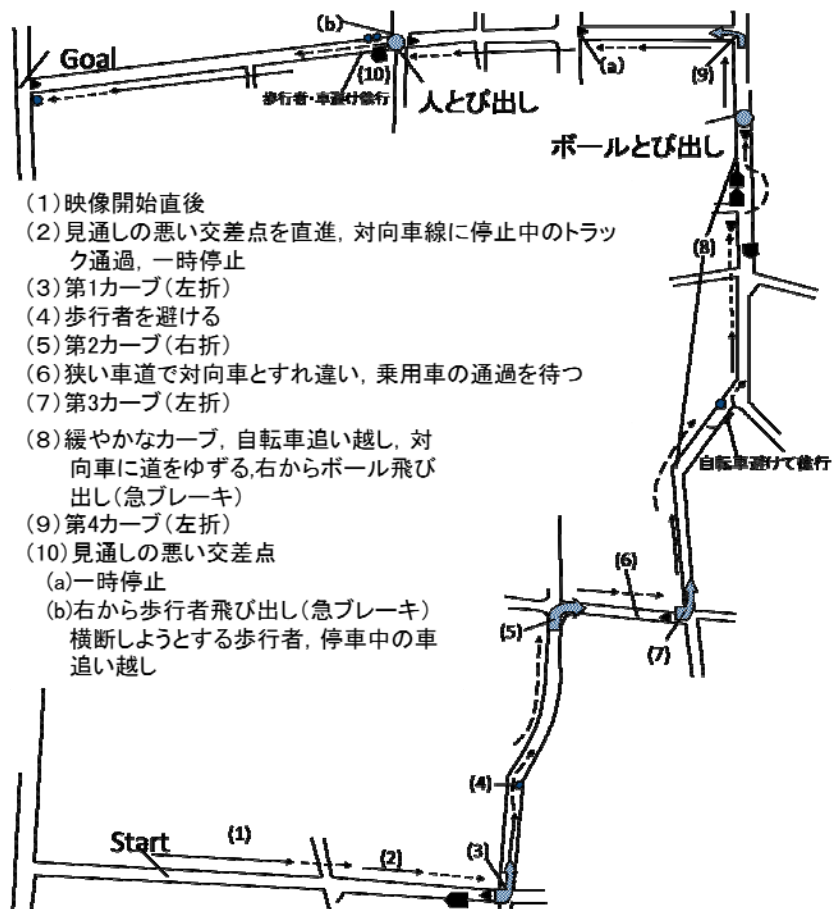


図3 自動車運転映像のコース

### 3. 健常者を対象とした基礎データの収集

自動車運転の経験を有し、本研究への参加について同意の得られたボランティアの健常成人 30 名（男性 12 名、女性 18 名、平均年齢  $22.7 \pm 11.3$  歳）を対象に実験を行った。

実験は室温  $22.8 \pm 10.9^{\circ}\text{C}$ 、湿度  $36.4 \pm 8.6\%$  に保った実験室内で実施した。被験者を椅座させ、左拇指指腹に発汗計（SKINOS - 2000）のプローブを、左前腕部と手掌部に皮膚電位計（SPN - 01）の電極を装着した。正面に設置したディスプレイに自動車運転映像を提示し、映像に合わせてブレーキ、アクセル、ハンドルを模擬操作させ、これらの出力信号を手掌部発汗・皮膚電位反射の信号と共にサンプリング周波数 10Hz で記録し、解析をおこなった。

また、被験者のうち 25 名については、1 週間後に「市街地コース」の映像を用いた再実験を行い、発汗反応の再現性を検討した。

#### 1) 変更点

当初計画では、データ収集は 60 名を目標とし、その内の 30 名は自動車学校の高齢者講習の受講者に被験者を依頼する予定であった。しかし、装置に皮膚電位計（SPN-01）を追加したことと、運転映像の作成にかかわる労務費の超過が影響し、被験者への協力謝金の支出が困難になった。また、季節が冬期に入り、事実上被験者の確保が難しくなったこともあり、高齢者を対象にした実験を取り止めることとしたため、年齢による反応差については検討することができなかった。

## (2) 得られた成果

### 1) 本装置を用いた手掌部発汗・皮膚電位反射・ブレーキ動作反応の計測

本装置を使って計測した「市街地コース」映像による反応波形の一例を図 4 に示した。

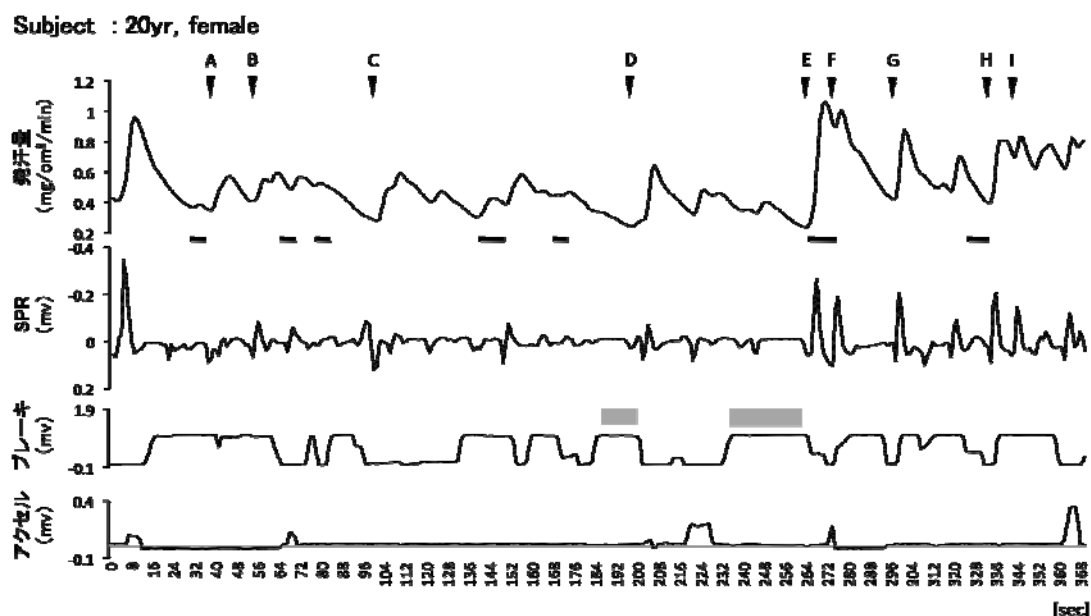


図 4 反応波形の一例

A は停車中のトラックを徐行し追い越す場面、B は駐車車両の追い越し、C は歩行者と自転車を見た徐行、D は交差点での一時停止後の発進、E と F は右折時に横断歩道を渡る歩行者と自転車を見送る場面、G は人や自転車に注意しながらの徐行、H は左折後に前方に停止している車両を発見した場面、I は信号待ちの車両に近づき停止する場面を示している。発汗波形下の—は交差点の右左折、ブレーキ波形の■は自車が停車中であることを示し、停車時には発汗反応の減少が認められた。

交差点の右折または左折時、A-I に示した危険または危険が予測される場面では皮膚電位反射が生じ、その後、これに数秒遅れて手掌部発汗反応が生じた。また、手掌部発汗反応が少ない、または緩やかに変動する被験者であっても、明らかな皮膚電位反射を確認することができた。

## 2) 運転映像の場面特徴に応じた反応比較

### ① 「市街地コース」映像

図5は、市街地コース映像による反応から求めた、被験者30名の平均波形を示している。

手掌部発汗反応および皮膚電位反射は映像開始直後に大きな反応を示し、その後、交差点前の車線変更または一時停止、交差点での右左折、停止車両の追い越し、歩行者を避けた徐行、歩行者・自転車の横断、急な赤信号での停止等の映像場面で増加し、一時停止をしている（ブレーキを踏み続けている）場面、見通しの良い一方通行を直進する場面では減少する傾向を示した。

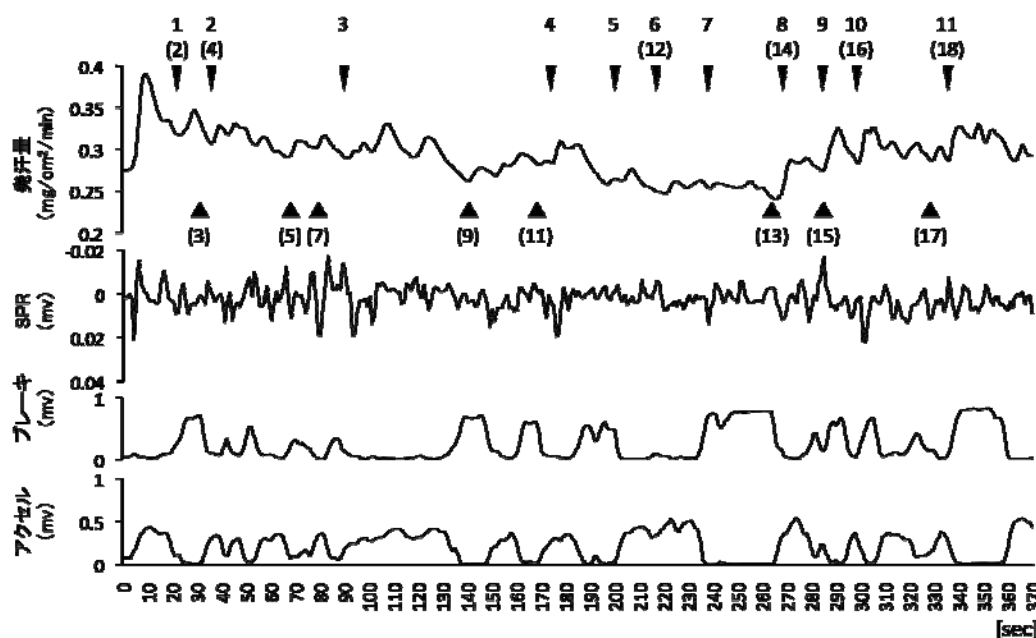


図5 「市街地コース」映像による手掌部発汗・SPR・ブレーキ・アクセル反応の平均波形 (n=30)

図は被験者30名の平均波形を示している。上段の数字(1-11)は、それぞれ次の映像場面を示す。1 右折前の車線変更、2 停止車両の追い越し、3 歩行者を避けた徐行、4 一時停止の前、5 停止車両の追い越し、6 見通しの良い一方通行の直進、7 一時停止、8 右折前の車線変更、9・10 歩行者・自転車の横断、11 信号による急停止。▲は交差点での右・左折を、( )の数字は「市街地コース」(図3)に示した各地点と対応している。

### ② 「住宅地コース」

図6は、住宅地コース映像による反応から求めた、被験者30名の平均波形を示している。

手掌部発汗反応および皮膚電位反射は映像開始直後に大きな反応を示し、その後、見通しの悪い十字路の通過、歩行者を避けた徐行、狭い路地での対応車とのすれ違い、自転車追い越し時の徐行、ボールの飛び出し、歩行者の飛び出し等の場面で増加し、特に歩行者を避けた徐行や歩行者の飛び出し場面では顕著な反応量の増加が認められた。また、一時停止をしている場面では、発汗量が減少する傾向がみられた。

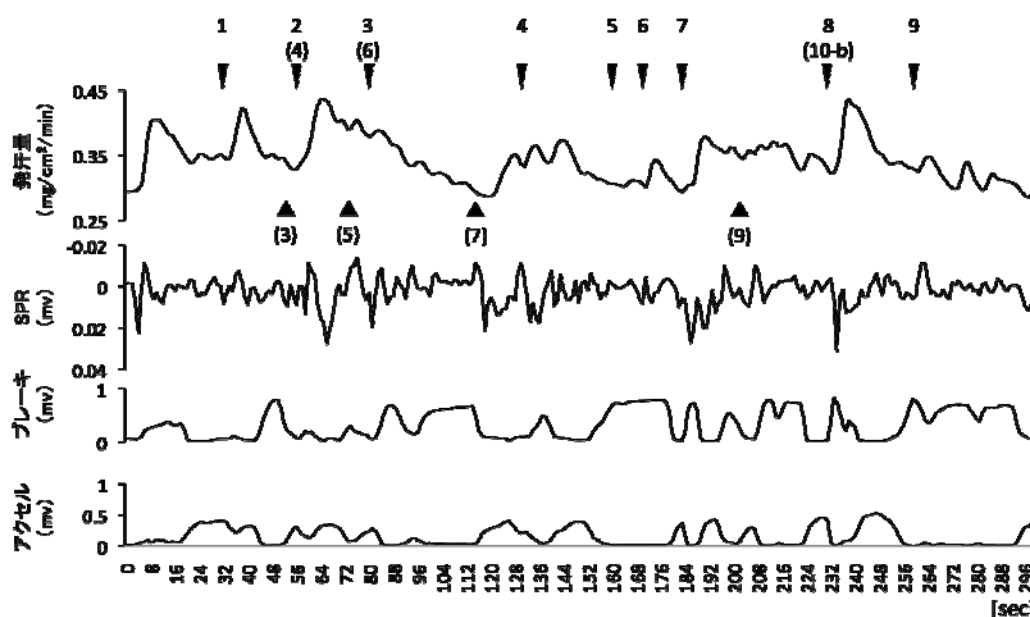


図6 「住宅地コース」映像による手掌部発汗・SPR・ブレーキ・アクセル反応の平均波形 (n=30)

図は被験者 30 名の平均波形を示している。上段の数字 (1-9) は、それぞれ次の映像場面を示す。1 見通しの悪い十字路の通過、2 歩行者を避けた徐行、3 対応車とのすれ違い、4 自転車追い越し時の徐行、5 一時停止、6 対向車に道を譲る、7 ボールの飛び出し、8 歩行者の飛び出し、9 T字路での通行車両の確認。▲は交差点での右・左折を、( )の数字は「住宅地コース」の図3に示した各地点と対応している。

### 3) 場面毎の平均発汗量

表1と表2に、市街地コースおよび住宅地コースの各映像場面(10秒間)から求めた、被験者30名の平均発汗量(平均値と標準偏差)を男女別に示した。市街地コース・住宅地コースともに、何れの場面においても反応量は女性で多い傾向を示したが、統計的な有意差はなかった。

表1 「市街地コース」映像による平均発汗量

| NO | 運転映像の場面   | 男性(n=12)  | 女性(n=18)  | 有意差 |
|----|-----------|-----------|-----------|-----|
| 1  | 車線変更      | 0.26±0.08 | 0.36±0.17 | ns  |
| 2  | 車両追い越し    | 0.31±0.11 | 0.33±0.17 | ns  |
| 3  | 歩行者回避・徐行  | 0.28±0.14 | 0.33±0.2  | ns  |
| 4  | 一時停止前     | 0.26±0.08 | 0.32±0.19 | ns  |
| 5  | 車両追い越し    | 0.23±0.07 | 0.28±0.16 | ns  |
| 6  | 直進・障害なし   | 0.22±0.06 | 0.27±0.15 | ns  |
| 7  | 一時停止      | 0.22±0.06 | 0.27±0.17 | ns  |
| 8  | 車線変更      | 0.23±0.08 | 0.31±0.21 | ns  |
| 9  | 歩行者・自転車横断 | 0.25±0.09 | 0.33±0.22 | ns  |
| 10 | 歩行者・自転車横断 | 0.26±0.09 | 0.33±0.23 | ns  |
| 11 | 信号急停止     | 0.27±0.12 | 0.33±0.21 | ns  |

(mg/cm<sup>2</sup>/min)





## 4) 手掌部発汗反応の再現性

市街地コースの映像を用いて再実験を行った 25 名で平均波形を求め、1 回目と 2 回目で比較した (図 8)。2 回目には反応量は有意に低下したが、反応量の変動パターンは近似しており、両反応間には強い相関関係 ( $r=0.72$ ) が認められた。

手掌部発汗反応には精神的な慣れ効果が生じやすいことが知られており、反応量の低下はこの慣れ効果によるものと思われた。しかし、波形パターンの再現性は、運転場面による影響の再現と捉えられ、映像に含まれる負荷要素の信頼性を示している。

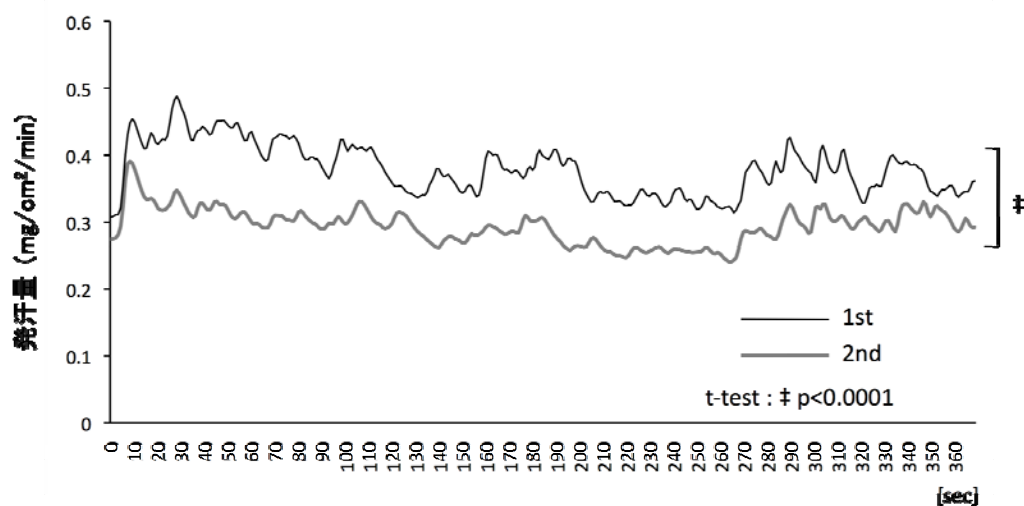


図 8 「市街地コース」映像による 1 回目・2 回目の平均発汗波形 (n=25)

## 5) 反応潜時の比較

今回の検討において、手掌部発汗量が最も顕著に増加した「歩行者飛び出し」映像による反応を取り出し、反応潜時の評価を行った。

図 9 は、提示装置のディスプレイに「歩行者飛び出し」映像が現れ始めた瞬間を基点 (0) とし、手掌部発汗、皮膚電位反射 (SPR)、ブレーキ動作の各反応が生じるまでの時間を例示したものである。歩行者飛び出し映像では、多くの被験者で、このようにブレーキ動作、皮膚電位反射、手掌部発汗の順に波形が立ち上がる傾向を示した (図 9)。

この方法で計測したブレーキ動作、皮膚電位反射、手掌部発汗の反応潜時を計測し比較した (図 10)。それぞれの反応潜時の平均値と標準偏差は、ブレーキ動作が  $2.28 \pm 0.49$  (最小 0.30、最大 2.9) 秒、皮膚電位反射が  $2.65 \pm 1.21$  (最小 0.50、最大 4.4) 秒、手掌部発汗が  $5.29 \pm 1.36$  (最小 2.3、最大 6.9) 秒であり、手掌部発汗の反応潜時は、皮膚電位反射、ブレーキ動作に比べ有意に長かった (図 10)。

なお、ブレーキ動作の開始は、交差点などのあらかじめ危険が予測される場面では皮膚電位反射と発汗反応よりもさらに早く、個人差が大きかった。

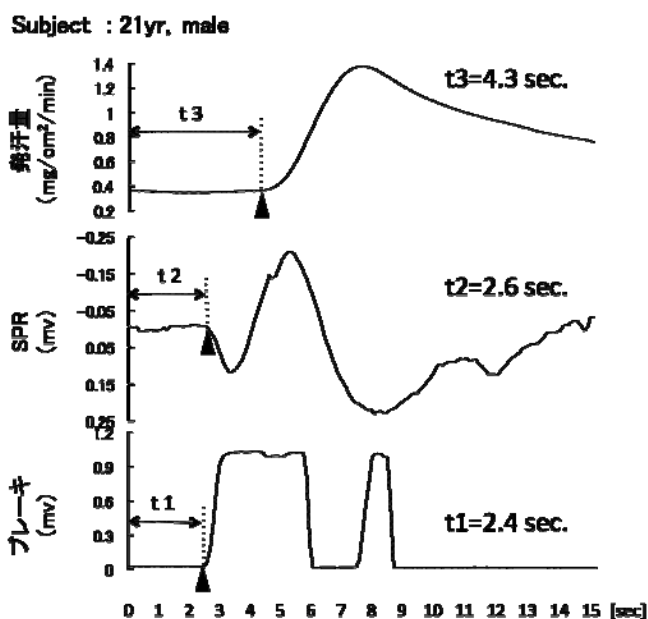


図9 手掌部発汗・SPR・ブレーキ動作の開始時間

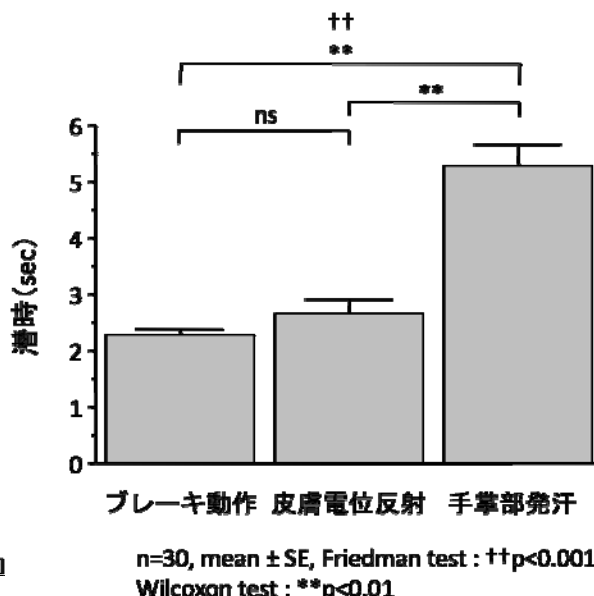


図10 手掌部発汗・SPR・ブレーキ動作の反応潜時

### 6) 研究成果のまとめ

本研究で構築した自動車運転認知行動評価装置は、ヒトの認知行動の評価に、生物学的な指標である手掌部発汗反応を用いる点が最大の特徴である。しかし、実際には発汗反応には個人差が大きく、反応が少ない場合には明確な評価がしにくいことがある。この点、今回、装置に皮膚電位反射の計測を追加したことで、反応の開始時点が同定しやすくなり、発汗量の評価と反応潜時の評価がより正確に行えるようになった。

運転映像の場面特徴に応じた反応量の評価では、当初予測したとおり、危険が予測される場面、注意を払い慎重に運転する場面、危険を認知し咄嗟に回避する場面等で発汗量が増加し、一時停止や見通しの良い直線走行など、安全な場面では反応量が明らかに減少することが示された。

これらの結果は、本装置による評価の妥当性を示すものであり、表1・表2に示した発汗反応量と、図10に示した反応潜時については、今後、高齢者を対象に測定を行うにあたり、対照データとして重要な意味をもつ。

### 7) 実用化に向けた課題

#### ①自動車運転映像の再検討

作成した自動車運転映像は、何れも5分～6分間の連続した運転映像であり、評価には適した時間設定と思われた。しかし、映像は住宅地コースの「ボール飛び出し」や「歩行者飛び出し」を除くと、撮影時に遭遇した道路状況をそのまま提示したものであり、被験者が見て「ハッとする」、「あぶない！」など、いわゆる「手に汗握る」主観的体験や、咄嗟の状況判断、危機回避行動等を誘発するには、インパクトに欠けると言わざるを得ない。

また、通常、手掌部発汗反応による評価では、安静状態で基礎発汗量(図11)を確認した後に刺激を与え、各刺激に対する反応量を評価する。しかし、運転映像のように連続した負荷状況においては、刻々と変化する運転場面(刺激)への反応が重なり、個々の反応が評価しにくい(図11の左)。こうした複合的な負荷状況を極避けて、場面(刺激)に応じた反応をより正確に評価する

ためには、今回得られた成果を参考に、より臨場感のある危険場面映像を作成するとともに、危険場面と危険場面の間に、安定状態を保つ駐停車映像を意図的に挿入するなどの工夫が必要と思われた（図11の右）。

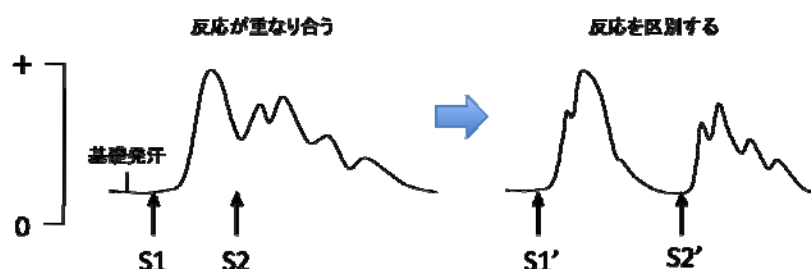


図11 自動車運転映像作成時の工夫

## ②装置の課題

作成した装置では、運転動作の模倣を行わせるために、市販のゲーム機器に使用されているハンドルとブレーキ、アクセルペダルを応用した。しかし、これらは実際の自動車のハンドルやペダルとは操作時の抵抗感や質感が異なる。今後、装置の実用化をはかるためには、これらの改良が必要と思われる。

なお、現在ハンドルの回転角度は測定できないが、図1に示した、③の「ブレーキ動作計測装置」に可変抵抗器を増設し、A/D変換器のチャンネルを増設することで、左右方向のハンドル操作の評価が可能となる。今回は、ハンドル操作については評価項目としていないが、装置を整えることで、例えば、脳卒中後の片麻痺や半側無視など、身体機能や高次脳機能に障害をもつ人達の、ハンドル操作の評価に応用できる可能性がある。

## (3) 今後の展開

平成21年度に、別予算を活用し、今年度実施することができなかった高齢者を対象としたデータ収集を行い、若年者のデータとの比較検討を行う。また、あわせて若年者を対象とする実験を継続しサンプル数を増やす。その他、以下の活動をおこなう予定である。

### ①特許出願

②外部発表：第17回日本発汗学会総会（2009年9月・福岡）にて、自動車運転映像による手掌部発汗反応と皮膚電反射の関連性の検討を中心に口述発表（一般演題）を行う。

③②で報告した内容を論文にまとめ、発汗学（日本発汗学会機関誌）に投稿する。

④実用化に向けた課題で記したように、自動車運転映像の再検討が必要と思われるため、適正映像の検討を継続する。将来的には、実用化に向けて各種危険場面を設定した運転映像を、DVDにパッケージ化することが必要と考える。

## (4) 知的財産権について

現在、出願の準備を進めているところである（6月頃出願予定）。

**(5) 今後のフォローアップ等について（コーディネータ記載）**

以下の項目を順次実施する必要がある。

- ① 特許出願：できたら高齢者数例を参考例として実施した上で特許出願を行う（7月頃まで）。
- ② 映像のグレードアップ：報告書に記載されているように臨場感がより高い映像を工夫して感度を高める必要があるので、映像を提供できる適当な協力者（企業等）を探す。その上で高齢者を対象としてデータを収集する。
- ③ 公的機関関係者による評価（オーソライズ）が必要と思うので情報収集を行う。
- ④ 多施設で多人数のデータを収集し判定基準を作成する。
- ⑤ パートナー（企業、公的機関等）を探し製品化への道筋を探る。