仮想事故直前と直後の心身の変化について

グループ：長野組二代目

メンバー：重田 真宏, 武田 陽史

**目　的**

　VRを用いた仮想事故体験において, 事故直前と事故直後の生体反応の違いについて検討する。

**方　法**

**実験日時および実験場所**

　2022年10月下旬～11月上旬にかけて, 文京学院大学ふじみ野キャンパスE-151教室で行った。室内にはレーシングシートが置かれており, VRゴーグル装着中は視界が遮断されるため, 実験参加者の周囲にはぶつからない程度に机等を設置した (図1)。



図１　実験室の配置図

**実験参加者**

　文京学院大学に所属する大学生11名(男性5名, 女性6名)を実験参加者とした。平均年齢は20.7歳(*SD*=0.5)であった。

**生理指標**

　生理指標では, 皮膚コンダクタンス(Skin Conductance，以下SC)，末梢皮膚温(Skin Temperature，以下ST)を用いた。

**心理指標**

　心理指標は, 一般感情尺度（小川・門地・菊谷・鈴木, 2000）を用いて, 肯定的感情(Positive Affect，以下PA), 否定的感情(Negative Affect，以下NA), 安静状態(Calmness Affect，以下CA)の3因子計24項目を”全く感じていない”～”非常に感じている”の4件法で回答を求めた。

　また, 性別や年齢といった基本項目や内省報告に加え, 独自項目として「（車の）事故に巻き込まれたことはあるか？」「運転免許証を取得しているか？」を ”はい” ”いいえ” で回答を求めた。これらの項目への回答は, Webブラウザ上に表示されたMicrosoft Forms(以下，Forms)を用いて行われた。

**実験刺激および使用機材**

　実験刺激として, ゲームエンジンUnity(Ver. 2021.3.10f1)で, 独自に作成したステージを用いた。埼玉県警察（2021）によると平成28年～令和2年の過去5年間において, 「16~18時」, 次いで「18~20時」の薄暮時間帯に交通事故が増加する傾向にあると示した。そのため, 本実験刺激は「高層ビルが並ぶ夜の街中」を再現したものを用いた。

使用機材は, SCを計測するための装置として, 長野・永田・宮西・長濱・森田（2019）の作成した計測器を用いた。また, STを計測するための装置として, 長野（2016）の作成した計測器を用いた。装着手順として, 電極を母指球と小指球に張り付け, その上から手袋をはめてもらい, SCを計測する計測器を非利き手の手の甲に装着させた。装着では, 安定するようにマジックテープを使用し固定した。その後, 装着した計測器のワニ口クリップを電極に挟んだ。STの計測器は, センサーを非利き手の中指先端の腹部にテープで張り付けた。この時, 指とセンサーとの間にできるだけ隙間ができないように張り付けた。また, 仮想事故をよりリアルに体験してもらうため, 刺激呈示にはVRゴーグル「Meta quest2（メタ・プラットフォームズ 社製）」を使用した。仮想運転の操縦には, 「T150 PRO Force Feedback Racing Wheel for PlayStation4 ハンドルコントローラー（Thrustmaster社製）」を使用した。計測の状態を把握するため, ゲーミングノートパソコン（iiyama社製 LEVEL Infinity CORE i7，PC1）と実験刺激のシーンを再生させるゲーミングノートパソコン（ASUS社製 TUF Gaming A15 FA506QM CORE8，PC2）を用いた。

**実験スケジュール**

　本実験は, 下記の実験スケジュール(図2)に沿って実施した。安静期間3分, 課題期間5試行(各試行20秒の待機時間)として, 練習期間は車線をはみ出さず走行できるか実験者が確認し, 不備がなければ安静期間に移行した。実験参加者の多くは1分程度で, 免許不所持者など運転慣れしていない実験参加者は, 練習に2分程度時間を要した。また, Formsへの回答は実験前後の計2回行われた。



図2　実験スケジュール

**手続き**

インフォームドコンセントを得た後, Formsへの回答を求め, 教示を次の通りに行った。「本研究は, ゲーム内で車に衝突されるという仮想事故体験について検討します。まず, 計測器とVRゴーグルを装着していただき, 練習試行終了後，本実験に移ります。実験中, センサーを装着している指は, ハンドルに密着させず少し浮かせてください。安静期間は, VRゴーグルを装着したまま目をつぶっていただき, 手は膝の上に置かずハンドルを握るようにしてください。課題期間では, ゲーム上で車の運転を行います。仮想事故場面に遭遇した後, 数秒あいだを開けた後, 実験者の合図でスタート地点から運転を開始していただきます。これを何度か繰り返しますので, 実験終了の合図があるまで続けてください。また, 運転時はスタートしてすぐのT字路交差点を左に曲がり, できるだけ追い越し車線を通るようにしてください。さらに, アクセルペダルはべったり踏むようにしてください」として, 実験参加者から質問がなければ教示を終了とした。また, 追い越し車線などの用語説明には，PC1のディスプレイ上に画像を映して説明を行った。 その後, 実験参加者をレーシング用シートに着席させて, 計測器およびVRゴーグルの装着を行った。その際, 「アクセルペダルに足が届くか」, 「装着したVRゴーグルは緩くないか」など実験参加者に確認を取りながら機材の調節を行った。

次に, 練習試行に移行した。実験参加者の操作および計測上不備がないか確認した。追い越し車線をはみ出さず走行できるか実験者が確認し, 操作に問題なければ安静期間に移行した。この時, 次の2つを注意した。一つ目に, 実験開始直前にVRゴーグルを装着すると実験参加者が緊張する恐れがあるため, 練習期間から課題期間終了まで終始装着させた。2つ目に, 安静状態を統制するため, 実験参加者には閉眼してもらった。

その後, 課題期間に入ってもらった。課題は, ゲーム内の加速度車線を走行中, 正面からAIが搭載された暴走車に激突されるものであり, 1回の衝突を1試行とし, 計5試行行った。なお, 本研究は事故直前と事故直後の生体反応の違いについて検討するため, 各試行終了後に20秒間の待機時間を設けた。すべての試行終了後, Formsを回答させ，実験を終了とした。

**分析方法**

　生理指標の分析方法は，AIが搭載された車に衝突された衝突前後20秒の平均値を従属変数として，対応のない*t*検定を行った。心理指標の分析方法は, 実験前後に主観感情に差があるか検討するため，実験前後の尺度得点の合計得点を因子ごとに算出し，対応のない*t*検定を行った。

**結果**

各試行(1~5)の衝突前後におけるSC変化量の平均値を図3に示した。



図3　衝突前後の試行別SC変化量

図3では, 衝突前のSCの方が衝突後のSCよりも低いということが見て取れた。また, それ以外の試行では, 衝突前後ともあまり変化がないということが見て取れた。これについて, 衝突前と衝突後で対応のある*ｔ*検定を行ったところ, 衝突前後のSC変化量において有意な差が認められた（*t* (10) = 2.38, *p* < .05）。つまり, 衝突前よりも衝突後の発汗量が有意に高くなったと言えた。

しかし, 実験参加者の内省報告によると, 最初は驚いたが, 2回目以降は慣れてきたというように回答した人が多かった。そこで, 1試行目のデータのみを用いて衝突前と衝突後で対応のある*ｔ*検定を行ったところ, 衝突前後のSC変化量において有意傾向が認められた（*t* (10) = 2.01, *p* < .10）。つまり, 1試行目の発汗量において，衝突前よりも衝突後の発汗量が有意に高い傾向にあったと言えた。

各試行(1~5)の衝突前後におけるST変化量の平均値を図3に示した。



図4　衝突前後の試行別ST変化量

　図4では, 衝突前後で大きな違いが見られず, 試行による大きな変化も見られなかった。これについて, SC同様, 衝突前と衝突後で対応のある*ｔ*検定を行ったところ, 有意な差が認められなかった（*t* (10) = 1.58, *n.s.*）。つまり, 衝突前後のSTはあまり変化しないことが示された。また, 1試行目のデータのみを用いて衝突前と衝突後で対応のある*t*検定を行ったところ, 有意な差が認められた（*t* (10) = 2.71, *p<*.05*.*）。つまり, 衝突後より衝突前のST変化量が高いと言えた。

　次に, 一般感情尺度において, 実験前後における性別ごとの主観的感情得点の差を検討するため, 因子ごとに合計を算出したものを図5に示した。



図5　性別における実験開始前後の主観的感情得点

　PA得点については, 男性・女性ともに実験後の得点が高かった。男性の実験前後では, あまり変化はみられなかった。性別の違いが実験前後のPAにどのような影響を与えるかを検討するために, PAを従属変数として, 2（性別：男性, 女性）×2（実験前後：実験前, 実験後）の2要因混合計画における分散分析を行った。その結果, 性別の主効果（*F* (1,9)=0.8, *n.s.*）, 実験前後の主効果（*F* (1,9)=0.06, *n.s.*），性別×実験前後の交互作用（*F* (1,9)=0.06, *n.s.*）が有意でなかった。つまり, 性別の違いによる実験前後のPA得点は, 大きな差はみられなかった。

　NA得点については, 男性・女性ともに実験終了後の得点が高かった。PA得点同様の分析を行った結果, 性別の主効果（*F* (1,9)=9.33, *p<.*05 ）, 実験前後の主効果（*F* (1,9)=29.31, *p<*.01 ）が認められた。また, 性別×実験前後の交互作用が認められなかった（*F* (1,9)=0.1, *n.s.*）。つまり, 女性は男性よりNA得点が有意に高かったと言えた。また, 実験後は実験前よりNA得点が有意に高かったと言えた。

CA得点については, 男性・女性ともに実験前の得点が高かった。PA, NA得点同様の分析を行った結果, 性別の主効果（*F* (1,9)=3.43, *p<.*10）は有意傾向が認められ, 実験前後の主効果が認められた（*F* (1,9)=36.27, *p<*.01 ）。また, 性別×実験前後の交互作用が認められなかった（*F* (1,9)=1.34, *n.s.*）。つまり, 実験前は実験後より, CA得点が有意に高かったと言えた。

　次に, 一般感情尺度において, 運転免許証所持の有無（以下，免許有無）における実験前後の主観的感情得点の差を検討するために, 各実験参加者のPA, NA, CA得点の合計を算出したものを図6に示した。なお, 運転免許証所持者（以下，免許有）, 運転免許証非所持者（以下，免許無）とした。





図6　免許有無における実験前後の主観的感情得点

　PA得点については，免許有は実験前の得点が高く, 免許無は実験後の得点が高かった。免許有無が実験前後のPAにどのような影響を与えるかを検討するために, PAを従属変数として, 2（免許有無：免許有, 免許無）×2（実験前後：実験前, 実験後）の2要因混合計画について, 分散分析を行った。その結果, 性別の主効果（*F* (1,9)=1.36, *n.s.*）, 実験前後の主効果（*F* (1,9)=0.05, *n.s.*）が認められなかった, 免許有無×実験前後の交互作用が認められなかった（*F* (1,9)=0.14, *n.s.*）。つまり, 免許有無による実験前後のPA得点は, 大きな差はみられなかった。

NA得点については, 免許有・免許無ともに実験終了後の得点が高かった。PA得点同様の分析を行った結果, 免許有無の主効果が認められなかった（*F* (1,9)=0.25, *n.s.*）。実験前後の主効果が認められた（*F* (1,9)=29.72, *p<*.01 ）。また, 免許有無×実験前後の交互作用が認められなかった（*F* (1,9)=0.19, *n.s.*）。つまり, 実験後は実験前よりNA得点が有意に高かったと言えた。

CA得点については, 免許有・免許無ともに実験前の得点が高かった。PA, NA得点同様の分析を行った結果, 免許有無の主効果が認められなかった（*F* (1,9)=0.86, *n.s.*）。実験前後の主効果が認められた（*F* (1,9)=37.33, *p<*.01 ）。免許有無×実験前後の交互作用は有意な差が認められなかった（*F* (1,9)=0.98, *n.s.*）。つまり, 実験前は実験後より, CA得点が有意に高かったと言えた。

**考察**

　本研究では, ゲームを用いた仮想事故体験において, 事故直前と事故直後の生体反応の違いについて検討することを目的とした。その結果, 生理指標では, 事故直前の反応として発汗は事故直後の方が事故直前よりも発汗量が多いということが示されたが, 皮膚温では, 事故直前と事故直後に大きな違いがないというように示された。また, 初回の反応だけ見たところ, どちらの指標でも事故直後の方が事故直前よりも緊張状態に近い結果となった。このことについて, 事故直前と直後では, 事故直前の方が事故直後よりも自律神経系が活発であり, 事故による驚きが大きく表れたのではないかということが考えられる。特に、1試行目に最も大きな反応がみられた。山根 (2005)によれば, 「驚き」は交感神経の働きを促進させ, 特に強い驚きは生理的ストレスを高めると述べた。VRゴーグル装着などで没入感の高まった中, 突如現れた猛スピードで接近する車に驚き, 衝突後にストレス反応がみられたのではないか。しかし, 2回目以降の反応はそこまで大きくはなかった。内省報告にも試行を重ねるごとに慣れてきたというように指摘していた実験参加者が多く, 同じシーンを繰り返し行っていたためであるということが考えられる。また, 仮想事故を想定した実験ではあったが, 仮想事故の様子を視覚と聴覚のみで実験参加者に体験してもらったため, 衝撃などの感覚を与えることができなかった。そのため, 2試行目以降において事故前後に大きな変化が表れなかったのではないかと考えられる。

　心理指標では, 実験前と実験後の主観的感情を測定するため, 一般感情尺度を用いた。実験前後の結果として, PA得点は有意な差が認められず, NA得点は実験前より実験後が1%水準で高かった。内省報告によると「ぶつかる時はドキッとした」「車を見れないぐらい怖かった」など衝突事故に対する恐怖心が実験刺激で再現され, PAは有意な差が認められず, NAは実験前より実験後が高くなったと考えられる。CA得点については, 実験後より実験前が高いことが1%水準で認められた。CA得点は「くつろいだ」「のんきな」「平穏な」などの項目で構成されており, 衝突事故という衝撃的な映像を見た・体験したことにより, 実験後のCA得点が低下したと考えられる。また, 内省報告に「めちゃくちゃ酔った」「車酔いした」などあり, 参加者がVR慣れしていなかったこと。衝突時に空中を浮遊することがあったため, これらが併用したのではないか。

　次に, 性別による主観的感情に注目するとPA, CA得点には有意な差が認められず, NA得点において女性は男性より高いことが5%水準で有意な差が認められた。松田・松澤・清水(2013)によれば, 扁桃体の活性化に性差が生じ, 女性の方が恐怖に対して扁桃体反応性が高い可能性があると示した。そのため, 衝突事故という恐怖感やいつ衝突されるかわからない不安感によって, 扁桃体の活性化に性差が生じ, 女性のNAが高かったのではないか。

　次に, 免許有無による主観感情得点に注目するとPA, NA, CA得点において有意な差が認められなかった。つまり, 免許有無による違いはみられなかった。本実験刺激は, 免許非所持者を考慮して, 信号や標識を無くし, 交通量を少なくすることで走行しやすくなるよう作成した。その結果, 免許非所持者も運転練習をすれば免許所持者と遜色のない運転技術があるように見受けられたが, その反面免許所持者には現実味がなく, ゲーム感覚で運転していた恐れがある。そのため, 信号を追加するなど実験刺激をより現実に近い体験が得られるよう改善が必要であった。

今後の展望として, 各試行で事故シーンを行うのではなく事故にあうシーンとそうでないシーンをランダムに設け, 実験慣れを防ぐ必要がある。また，内省報告からVRによる酔いが生じ，実験に影響を及ぼすことが示唆されたため, VR装着時間の短縮など実験計画をより綿密に作成する必要があった。

**引用文献**

埼玉県警察(2021). <https://www.police.pref.saitama.lg.jp/f0010/hakubojikantai.htm>(2022年11月7日閲覧）

長野 祐一郎(2016).　自作計測装置で学ぶ皮膚温バイオフィードバック　バイオフィードバック研究, *43*, 49-51.

長野祐一郎・永田悠人・宮西祐香子・長濱澄・森田裕介 (2019). Iot皮膚コンダクタンス測定器を用いた授業評価, 生理心理学と精神生理学, *37*, 17-27.

松田・松澤・清水(2013).　恐怖の性差：疫学・画像・動物研究から, 不安障害研究, *5*, 22-30.

山根一郎(2005).　「驚き」の現象学, 椙山女学園大学研究論文集, *36*, 13-28.