

第7章 体感型安全教育支援システム(STSS : Safety Training & education Supporting System by bodily sensation)の高度化

7. 1 STSS の改良

7. 1. 1 STSS の現状

まず、STSS の概要を示す(図 7. 1)。

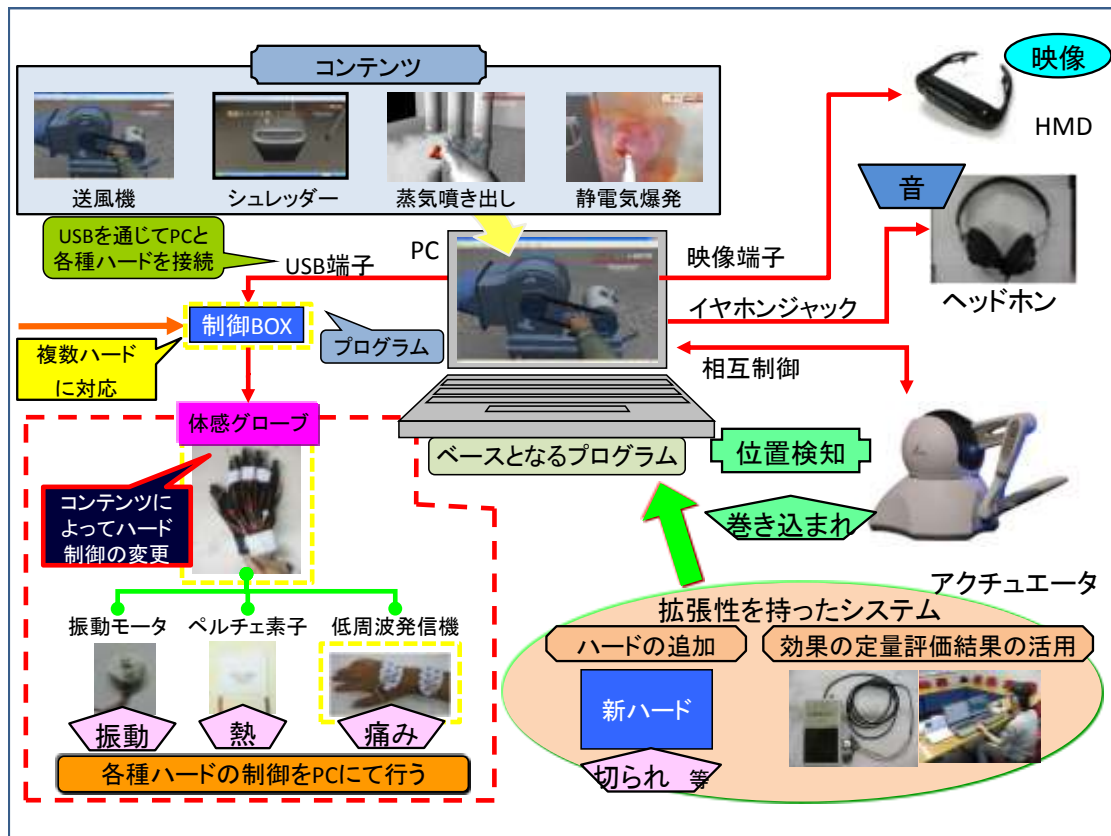


図7. 1 STSS の概要図

STSS は PC を中心とし、アクチュエータと体感グローブにより被験者の動きのセンシングや事故等の疑似体感を可能とするシステムである。

7. 1. 2 STSS の高度化方針

振動モータとペルチェ素子の設置方法の改良を行い、体感効果の向上を目指し、操作感の向上のために配線方法とコネクタの設置位置の変更を行った。さらに、低周波装置の体感効果が十分に得られる設置場所の検討を行うとともに、低周波装置の設置を行った。また、各コンテンツに最適な体感効果を与えるハードの種類と強さの組み合わせを決定した。体感グローブを活用した、効果的な教育プログラムの開発のために皮膚電位や脳血流変化値といった生体反応による測定結果に加えて、アンケート結果との分析を行い、教育効果を定量的に評価する手法を検討した。

7. 1. 3 受講者に与える刺激パターンの検討

(1) STSS の用語の定義

STSS で与える刺激の種類をこのように定義した。

① 事故の痛みの刺激

事故が発生している最中を『事故の痛みの刺激』とし、さらに細かく分類して『事故発生時』と『事故の体感時』とした。送風機への挟まれ事故を例にすると、送風機に手が挟まれている最中に感じる各装置の刺激を『事故の痛みの刺激』とする。

② 負傷の痛みの刺激

事故後の怪我の痛みを『負傷の痛みの刺激』とする。送風機への挟まれ事故を例にすると、送風機から手が抜け、怪我を認識している最中が『負傷の痛みの刺激』となる。

(2) STSS の刺激決定のアンケート概要

各コンテンツにあった刺激の決定を行うために、以下の手順でアンケートを実施した。

① メイン装置の出力組合せ

事故体感時のメイン装置の出力決定を行う。今回の挟まれ事故の場合では前々年度の調査結果から低周波装置と振動モータの組合せが適しているという結果が得られていたので、この組み合わせをメイン装置とする。火傷事故に関してはペルチェ素子と振動モータの組合せが適しているという結果が得られていたので、この組み合わせをメイン装置とする。

② サブ装置の出力組合せ

決定されたメイン装置の出力に対してサブ装置の必要性和出力の決定を検証した。サブ装置とはメイン装置外の装置のことを示し、挟まれ事故に関してはペルチェ素子、火傷事故に関しては低周波装置のことを指す。

③ メイン装置の起動時期の決定

『事故発生時』を決定するアンケートとなり、『事故発生時』は『事故の体感時』のメイン装置の起動開始時期に変化をもたらすことによって、さらに事故を再現できるかを検討したものである。

④ サブ装置の起動時期の決定

決定されたメイン装置同士の起動時期に対してサブ装置がどのようなタイミングで開始した方がいいか検証した。

⑤ 事故の痛みの刺激の体感時間の決定

決定された各装置の出力と起動開始時期を用いて『事故の痛みの刺激』として適した体感時間の検証をした。ここまでで『事故の痛みの刺激』に関しては決定された。

⑥ 出力組合せ①（アンケート傾向確認）

出力決定をする。しかし、各装置の出力が多いため組合せ数が多く、アンケート対象者の判断が困難だと考えられた。そこで、アンケートを二段回にし、全組合せ数から数個の組合せを抽出した。このアンケート結果から『負傷の痛みの刺激』の出力に対する傾向を確認し、次のアンケートの土台にすることを目的とした。

⑦ 出力組合せ②（傾向を基に詳細決定）

前のアンケート結果の傾向を基にして作成した出力の全組合せからアンケートを実施した。

⑧ 負傷の痛みの刺激の体感時間の決定

出力のアンケート結果が僅差となり、出力決定を行うことができなかった。そこで、アンケートに対する意見で『負傷の痛みの刺激』の体感時間が決まっていれば分かりやすいという意見が多く得られたので、『負傷の痛みの刺激』の体感時間の決定を行った。

⑨ 出力組合せ③（最終確認）

決定された体感時間を用いて、出力決定で僅差となった組合せでアンケートを行い、出力決

定した。

以上の流れで挟まれ事故と火傷事故に関してアンケートの検証を行った。

(3) アンケート結果（挟まれ事故）

① メイン装置の出力組合せ

振動モータと低周波装置の組み合わせで検証した。この時の強さは振動モータが 1.5V、3.0V の 2 パターンと低周波装置が 6.0V、7.5V、9.0V の 3 パターンの全 6 パターン。この組み合わせの決定ではアンケート手法を用いり、上位 3 つを選んでもらう。1 位は 3 点、2 位は 2 点、3 位は 1 点の得点方式を使いました。今回の被験者は 10 名で行った。

アンケート結果より、振動モータ 1.5V と低周波装置 9.0V の組み合わせが最も高い点数となった。また、アンケート結果の傾向より、挟まれ事故の『事故の体感時』では低周波装置の出力が高い方がいいということが言える。また、振動の弱い方が低周波による痛みを感じることができ、挟まれ事故では振動よりも低周波による痛みの方を重視されているといえる。

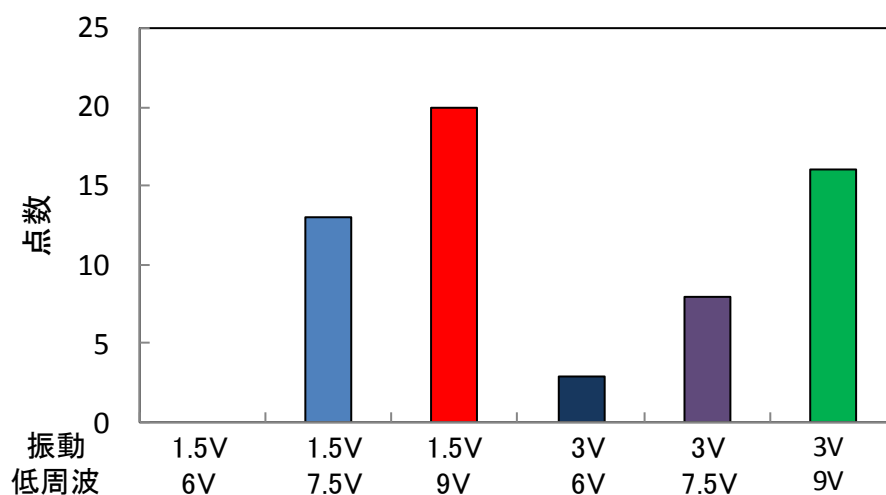


図7.2 メイン装置の出力組合せ（挟まれ事故）

② サブ装置の出力組合せ

ペルチェ素子 1.5V、ペルチェ 3.0V、不必要の 3 つから選んでもらうアンケートを実施した。

その結果、1.5V による熱の再現が最も適しているという結果が得られたが、熱くなるまでの時間が 1.5V では時間がかかり過ぎるという意見が多く、今後 3.0V で急速に温度を上昇させて 1.5V で達することのできる温度まで制御することを検討する。また、ペルチェ素子で熱いと感じるまでの時間を 10 人の被験者の方に協力してもらい、1 人当たり 3 回測定をして平均したところ、1.5V では 4 秒程度で 3V では 2.77 秒という結果が得られた。この時間を基準としてペルチェの開始時期とする。

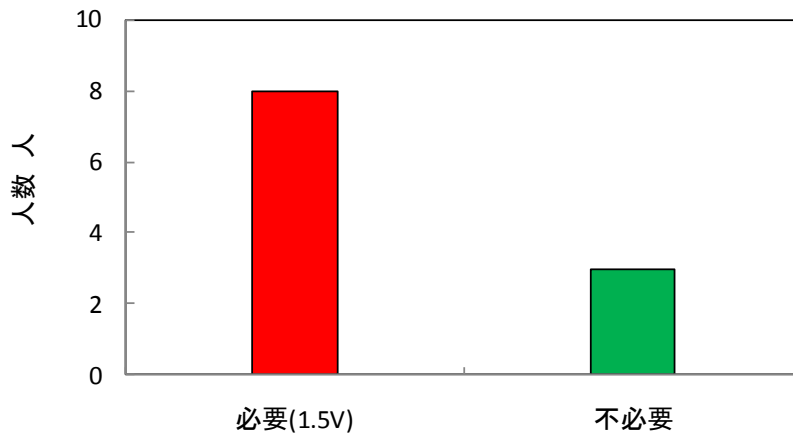


図7.3 サブ装置の出力組合せ（挟まれ事故）

③ メイン装置の起動時期の決定

先ほど決定した振動モータ 1.5V と低周波装置 9.0V の組み合わせで両方を『同時に開始する』『振動モータを先に開始する』『振動モータを後に開始する』この3つから1つだけ選んでもらう。開始時期をずらす際は約 0.5 秒の差で検証した。

その結果は同時に開始した方がいいという結果が得られた。その理由として同時に開始した方がインパクトが強く印象に残りやすいという意見が挙げられた。また、時間差があると違和感があり挟まれ事故とは違うという意見をもらった。

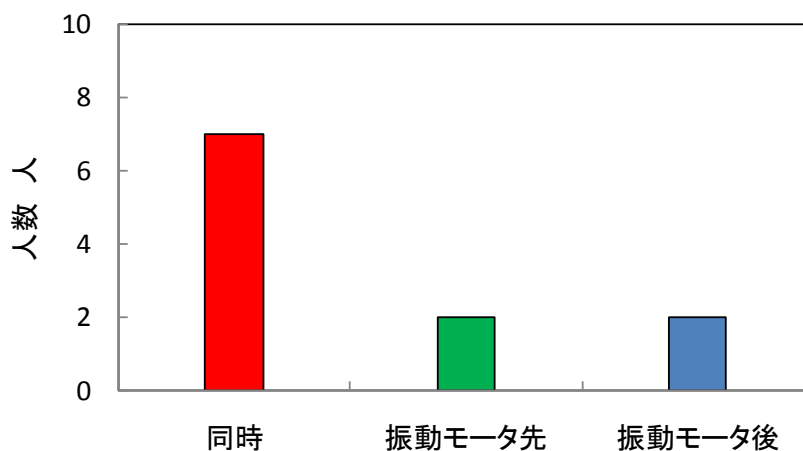


図7.4 メイン装置の起動時期の決定（挟まれ事故）

④ サブ装置の起動時期の決定

『メイン装置と同時開始』『ペルチェ素子を先に開始』『ペルチェ素子を後に開始』の3つの項目を用意し、アンケートによる投票を行った。その際に、ずらしてペルチェ素子を開始する時の時間差は 0.5 秒とする。

アンケート結果より、ペルチェ素子を後に開始した場合が最も体感できるという意見が得られた。この理由として、先に熱を感じるのには理解できないということと、挟まれ事故においては熱という痛みは後から感じるものであり、後から感じた方がよりイメージに近いという意見を多く得た。しかし、ペルチェ素子が熱くなるのに時間がかかるので制御方法を考えた方がいいという意見も多かった。

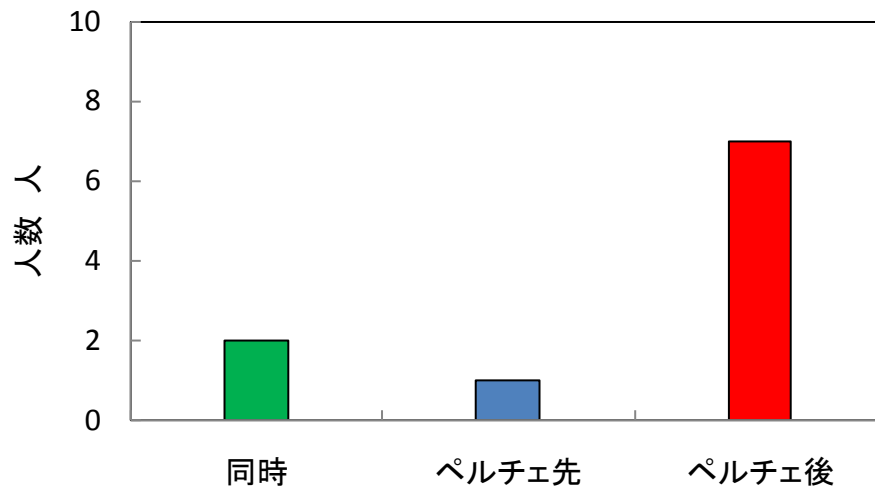


図7.5 サブ装置の起動時期の決定（挟まれ事故）

⑤ 事故の痛みの刺激の体感時間の決定

挟まれ事故における事故の痛みを最も体感することのできる時間の決定を行う。また、その時のペルチェ素子の最高到達温度が何度になるのかを導き出して安全であるか確認する。この時は10人の被験者に3回測定を行い、その平均値を平均体感時間とする。平均体感時間と3Vのペルチェ素子が温まるまでの時間の3.94秒を足した合計時間で何度まで温度が上昇するかを最高到達温度とする。この温度が45度以下であれば間違いなく安全であるといえる。

アンケートを行った結果、平均体感時間は1.17秒となった。体感時間に関して個人差があるように思われたが大体の人が1秒程で最も挟まれ事故を再現出来ていると答えた。この時の最高到達温度は41.09℃で火傷が生じるまでに27000秒かかることがわかった。これにより、十分な時間を安全に体感VRに用いることが可能であり、時間に制限される心配がなくなった。

⑥ 出力組合せ①（アンケート傾向確認）

装置が3つあるために低周波装置と振動モータの2つにまずは必要かどうかのアンケートを実施した。事故の痛みの低周波装置9.0V、振動1.0V、ペルチェ素子1.5Vを基準として、事故の痛みで終了するパターンと、基準を長く続けるパターン、基準の後に振動1.0V、ペルチェ1.5Vのパターン、基準の後に低周波装置6.0V、ペルチェ素子1.5Vのパターン、低周波装置9.0V、ペルチェ1.5Vのパターンの5つのパターンから1つだけ選んでもらう形式にした。

その結果、振動モータの必要はなく、低周波装置の必要性があるという結果となった。ただ、低周波装置が6.0Vの時と9.0Vのときで投票数が同じとなっているために、決定することができなかった。また、ペルチェ素子の制御に関しても検証しておらず、低周波装置とペルチェ素子の組み合わせで検証を行っていく必要がある。

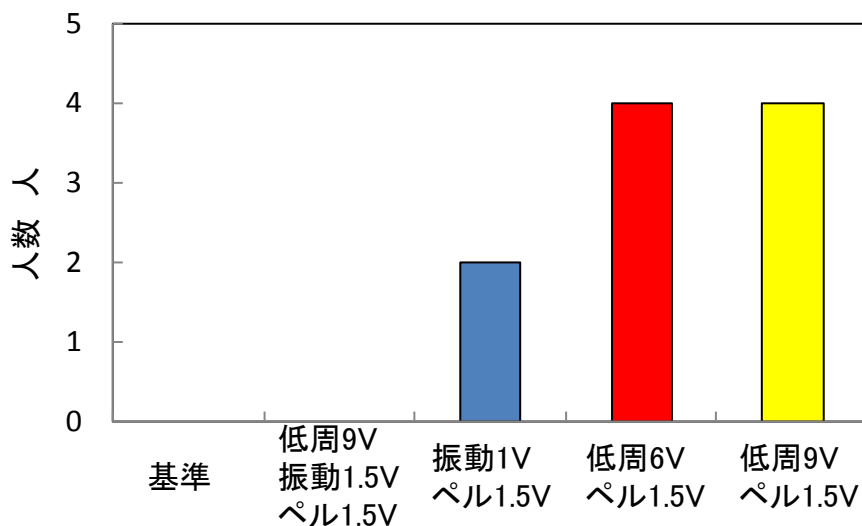


図7. 6 アンケート傾向確認（挟まれ事故）

⑦ 出力組合せ②（傾向を基に詳細決定）

低周波装置を 6.0V、7.5V、9.0V の 3 段階を用意して、ペルチェ素子も電源切る、1.0V、1.5V の 3 段階を用意した。この全部の組み合わせより全 9 パターンが存在し、その中から上位 3 つを選択してもらった。ペルチェ素子の電源を切る場合では温度は下がり続けるが、挟まれ事故の 1.5V から 1.0V への変化は温度は維持される。また、1.5V とした場合はさらに上昇し続ける。

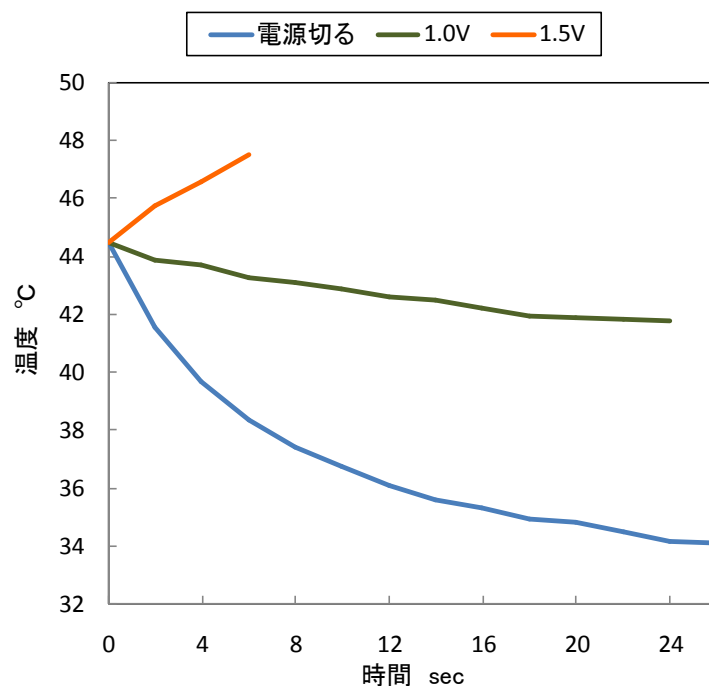


図7. 7 ペルチェ素子の放熱曲線

検証結果からペルチェ素子が 1.0V に変化した場合に効果があるという傾向がみられるが、それ以外に関して特徴や出力決定ができるアンケート結果にはならなかった。被験者の意見として、そこまで低周波の違いが分からなかったという意見や、組み合わせると区別しにくいと

いう意見が多数寄せられたので、このような結果になったと思われる。

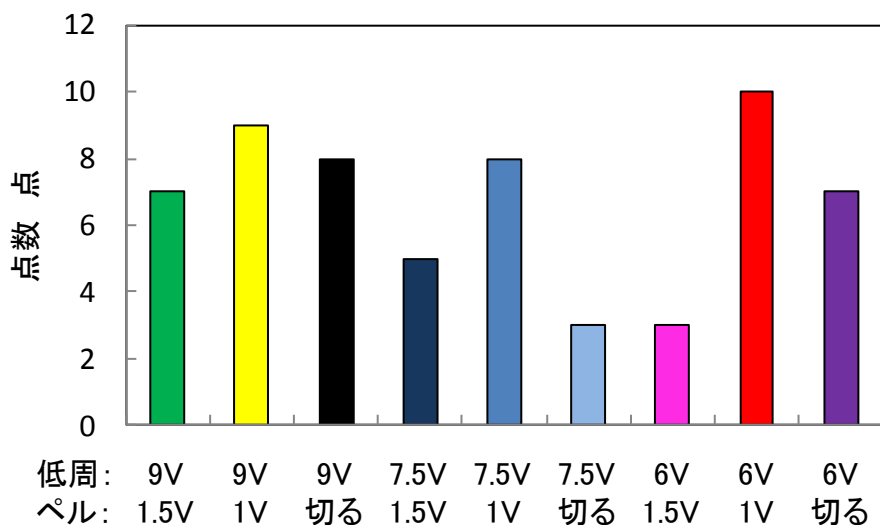


図7. 8 傾向を基に詳細決定（挟まれ事故）

⑧ 負傷の痛みの刺激の体感時間の決定

僅差となった上位2つの出力を用いて、負傷の痛みの体感時間に関するアンケートを行った。このアンケート方法は被験者10人に各出力でのSTSSの教育範囲内において最も負傷の痛みを再現できていると思われる体感時間の計測を行うために、3回ずつ行いその30個のデータの平均を求める。挟まれ事故に関しては、低周波装置 9.0V とパルチェ素子 1V の組み合わせと低周波装置 6.0V とパルチェ素子 1.0V の組み合わせで比較検討を行った。

アンケートを行った結果、挟まれ事故に関しては低周波装置 9.0V とパルチェ素子 1.0V は 2.76sec、低周波装置 6.0V とパルチェ素子 1.0V は 2.99sec という結果が得られた。

⑨ 出力組合せ③（最終確認）

『負傷の痛みの刺激』が約 3.0sec という結果を用いた場合、前回は僅差となったアンケート結果にどのように反映されるか検証を行った。その結果、明らかな差の結果となった。

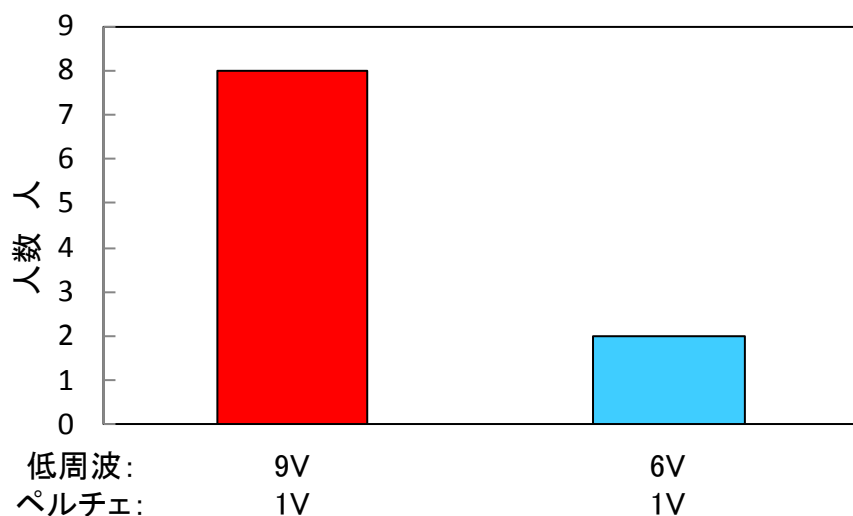


図7. 9 最終確認（挟まれ事故）

(4) アンケート結果（火傷事故）

① メイン装置の出力組合せ

火傷事故の痛みの再現に適している各装置の出力決定を行った。以前にペルチェ素子と振動モータの組み合わせが火傷事故の再現に適しているという検証結果が得られていたので、まず今回はペルチェ素子と振動モータの組み合わせで検証した。ペルチェ素子は 1.5V と 3.0V の 2 パターンと振動モータも 1.5V と 3.0V の 2 パターンの全 4 パターンから検証試験を行った。検証方法は 4 つから 1 つを選んでもらうアンケートによる投票を行った。

その結果、ペルチェ素子 3.0V と振動モータ 1.5V の組み合わせが最も効果が高いという結果が得られた。その理由として、振動が強過ぎると火傷事故のイメージからずれてしまいせっかくの熱の効果が薄れてしまう。また、ペルチェ素子 3.0V だと熱すぎるという意見もあったが、教育をする上では必要な熱さではないかという意見を多く得られ、その意見が反映された検証結果になったといえる。

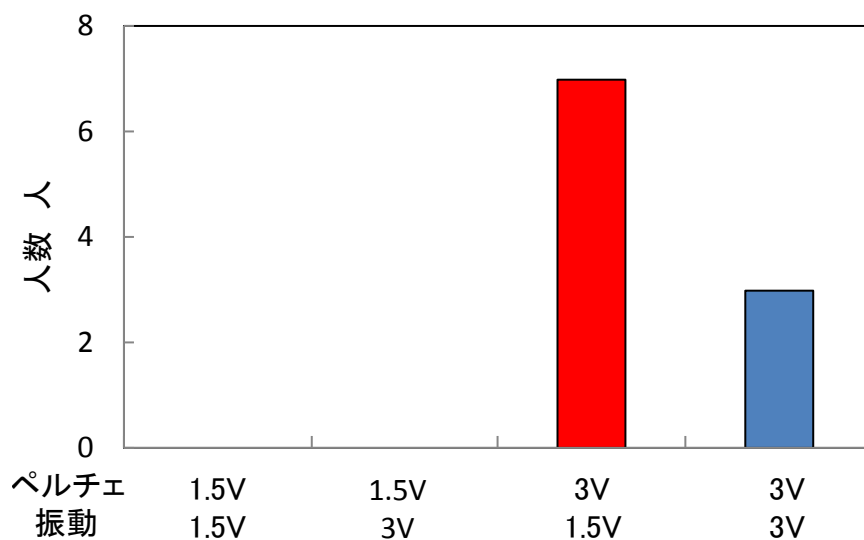


図7. 10 メイン装置の出力組合せ（火傷事故）

② サブ装置の出力組合せ

火傷事故に低周波装置が必要かの検証試験を行った。低周波装置が 6.0V、7.5V、9.0V、不必要の 4 つから 1 つを選んでもらうアンケートによる投票を行った。

その結果、火傷事故には低周波装置は不必要という結果が得られた。また、低周波装置の電圧が弱くなるにつれて投票が増えていることから、低周波装置の必要性が低いということがわかった。

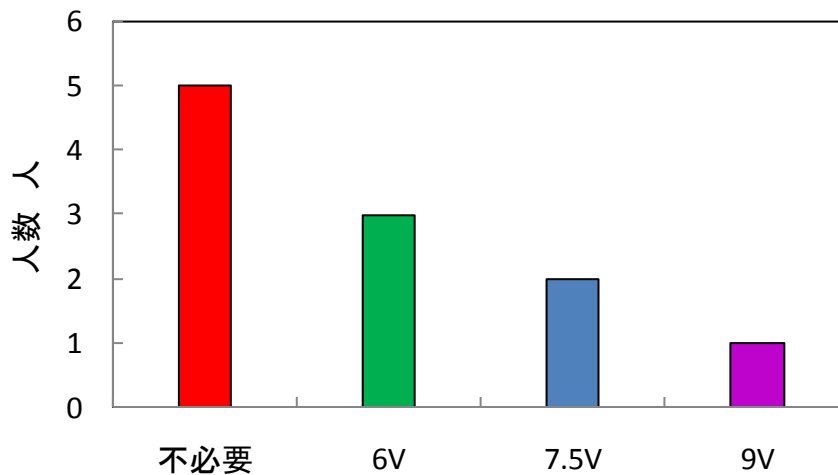


図7. 11 サブ装置の出力組合せ（火傷事故）

③ メイン装置の起動時期の決定

ペルチェ素子と振動モータを『同時に開始する』、『ペルチェ素子を先に開始する』、『ペルチェ素子を後に開始する』の3つから1つ選んでもらうアンケートによる投票を使用した。開始時期にタイミングの差は0.5秒差とした。

その結果、同時に開始した場合が最も体感できたという結果が得られた。その理由として、同時に開始した場合が火傷事故のイメージに近く、衝撃も強く印象に残りやすいという意見が多かった。検証結果にも反映されている。また、ペルチェ素子が徐々に熱くなるために、先に熱を感じてしまい同時開始に感じないという意見もたくさん得られた。

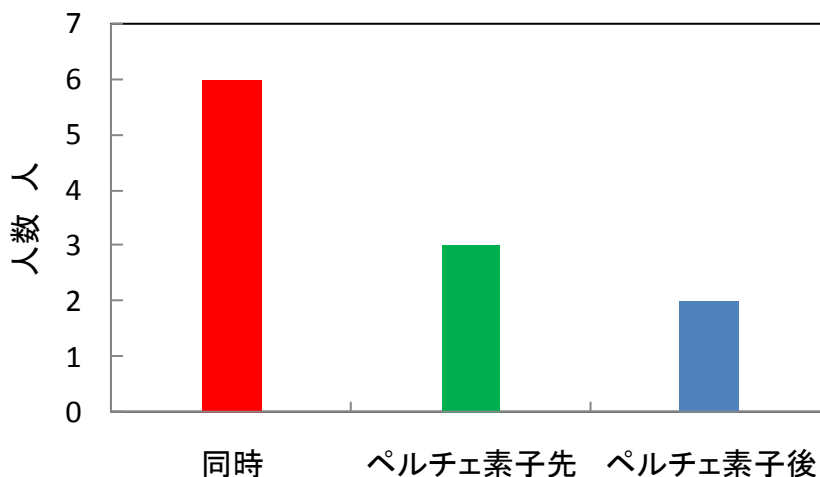


図7. 12 メイン装置の起動時期の決定（火傷事故）

④ サブ装置の起動時期の決定

サブ装置である低周波装置は火傷事故には必要ないというアンケート結果が出ているので、検証する必要はない。

⑤ 事故の痛みの刺激の体感時間の決定

10人の被験者に3回測定を行い、その平均値を平均体感時間とする。平均体感時間と3.0Vのペルチェ素子が温まるまでの時間の2.77秒を足した合計時間で何度まで温度が上昇するか

を最高到達温度とする。この温度が 45 度以下であれば間違いなく安全であるといえる。

その結果、火傷事故の平均体感時間は 0.98 秒となった。この時の最高到達温度は 44.9℃で火傷が生じるまでに 27000 秒かかることがわかった。これにより、十分な時間を安全に体感 VR に用いることが可能であり、時間に制限される心配がなくなった。

⑥ 出力組合せ①（アンケート傾向確認）

火傷事故に関しては挟まれ事故の時と異なり、各ハードの出力組合せのパターンが少ないため、アンケート傾向の確認を行う必要がないため行わなかった。

⑦ 出力組合せ②（傾向を基に詳細決定）

『負傷の痛みの刺激』を体感できる各装置の出力決定を行う。振動モータは電源切る、1.5V、1.0V の 3 パターンを用意し、ペルチェ素子は電源を切って急激に温度を下げる、1.0V で緩やかに温度を下げるの 2 パターンを用意した。この組み合わせの全 6 パターンをアンケートを用いて上位 3 つを選んでもらい、1 位は 3 点、2 位は 2 点、3 位は 1 点の点数方式でアンケート結果を導き出した。

ペルチェ素子に 1.0V の電圧をかけて、緩やかに温度を下げた効果てきであることはわかったが、振動モータに関して一概に良いといものが決定できなかった。

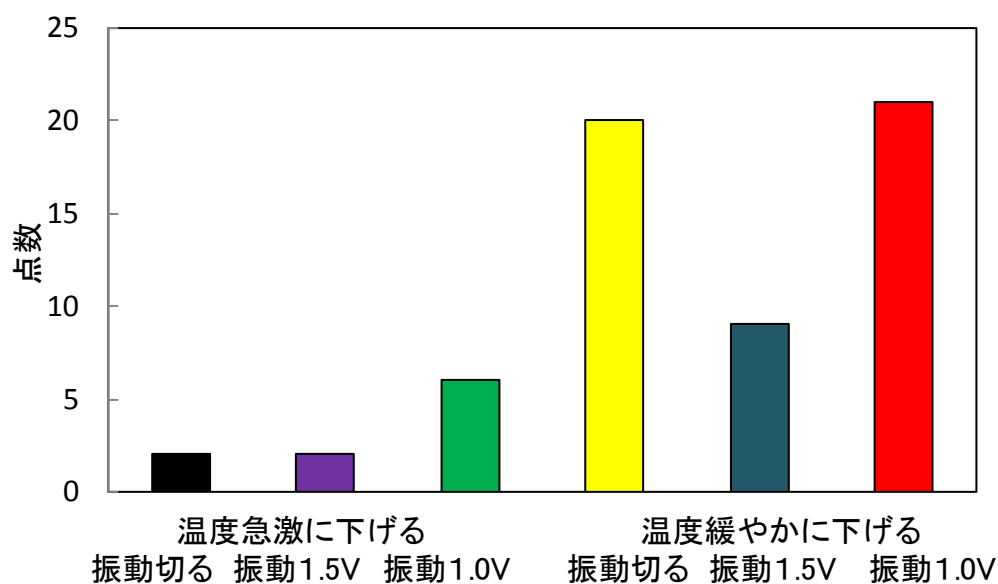


図7. 13 詳細決定（火傷事故）

⑧ 負傷の痛みの刺激の体感時間の決定

前回の結果で僅差となった上位 2 つの出力を用いて、負傷の痛みの体感時間に関するアンケートを行った。このアンケート方法は被験者 10 人に各出力での STSS の教育範囲内において最も負傷の痛みを再現できていると思われる体感時間の計測を行うために、3 回ずつ行いその 30 個のデータの平均を求める。火傷事故に関してはペルチェ素子 1 V と振動モータの電源を切る組み合わせとペルチェ素子 1 V と振動モータ 1 V の組み合わせで比較検討を行った。

アンケートを行った結果、火傷事故に関してはペルチェ素子 1.0V と振動モータの電源を切る場合では 2.84sec、ペルチェ素子 1.0V と振動モータ 1.0V は 2.89sec という結果が得られた。

⑨ 出力組合せ③（最終確認）

負傷の痛のが約3[s]という結果を用いた場合、前回は僅差となったアンケート結果にどのように反映されるか検証を行った。

その結果、火傷事故に関しても明らかな差の結果となった。

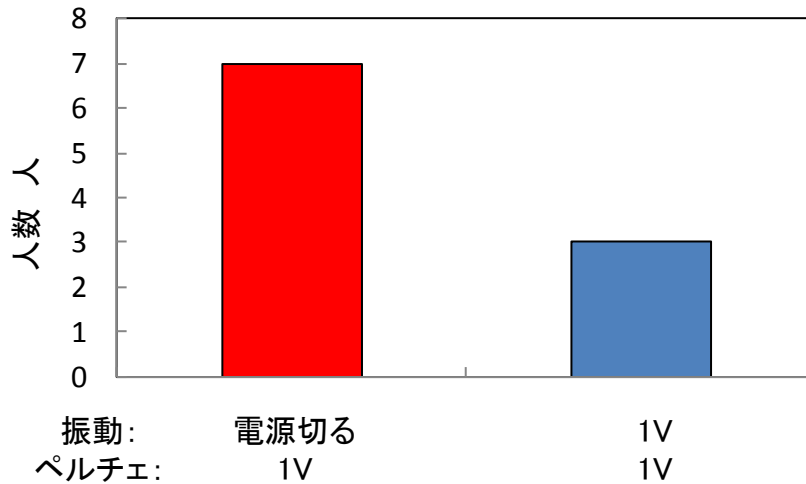


図7. 14 最終確認（火傷事故）

（5）まとめ

① STSS による体感時間

挟まれ事故と火傷事故という全く異なる事故のコンテンツにおいて『事故の痛みの刺激』は約1.0secとなり、『負傷の痛みの刺激』は約3.0secとなった。このことから、STSSによる安全教育は合計で4.0secで適した教育を受けることができるということが考えられる。今後コンテンツの拡充の際や、体感グローブの改良の際の基準の時間に活用できると思われる。

② アンケート結果

今回のアンケートによって決定された出力と時間に関する概要図を以下に示す。

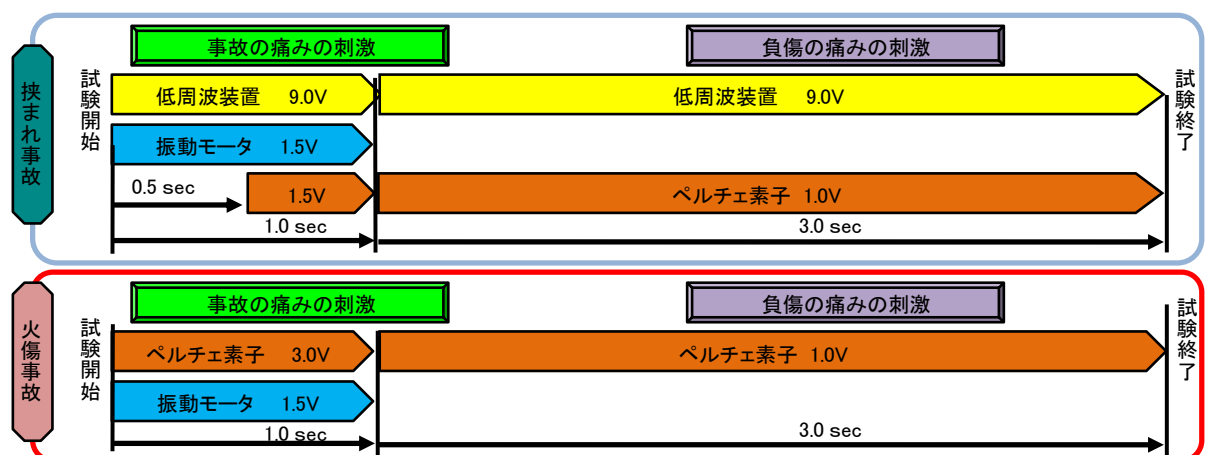


図7. 15 アンケート結果概要図

7. 2 教育効果の定量評価手法の開発

7. 2. 1 開発方針

STSS を用いて安全教育を実施した際の教育効果を定量的に評価するために、事故体感時の被験者の生体反応の計測結果を用いた、教育効果の定量評価手法を検討した。被験者からは STSS による安全教育実施の際に、脈拍や皮膚電位、脳血流等の生体反応を計測するとともに、教育後に事故の体感に関するアンケート調査を実施する。これらをクロス分析することで、人の事故体感時の生体反応の変化と事故体感時に感じた定性的な評価を比較することで、生体反応から体感時の反応の大きさを定量的に評価し、体感効果を評価する指標を検討する。また、この体感効果と、安全教育後の心境の変化や行動の変化といった個人のデータや STSS での作業中の作業時間や手順等の成績、施設等から取得できる個人や施設内全体の事故・トラブル・ヒヤリハットの発生率の変化を分析することで STSS による安全教育の効果を定量的に評価する手法の開発を目指す。また、安全教育時の体感効果から将来の教育効果を予測する手法の検討も行う。このように教育効果を定量的に評価することで、さらに効果的な施設等に適応した安全教育プログラムの作成に活用することができると考えられる。また、教育時の体感効果からは STSS をハード面、ソフト面での改良を実施した際の改良の効果を定量的に評価することができ、最適な刺激パターンの作成にも活用することができると考えられる。さらに、体感効果から将来的な事故等の低減などの教育効果を予測することができれば、安全教育を行った際に、再教育や補修の実施の計画を立てられると共に、より早い段階で教育プログラムを改良することもできると考えられる。これらの被験者等のデータや施設からのデータは永田研究室で蓄積し、より精度の高い評価を目指すとともに、様々な施設やシナリオに対応できるようにする。開発方針の概要を図 7. 16 図 7. 16 に示す。

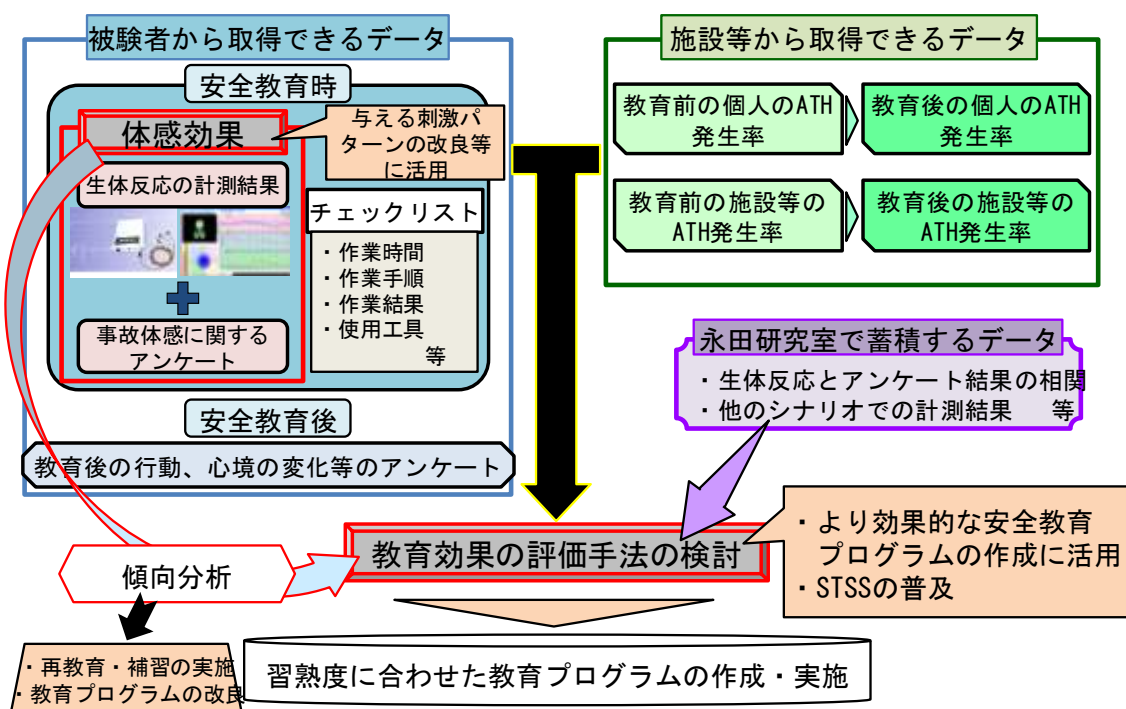


図 7. 16 教育効果の定量評価手法

7. 2. 2 安全教育時の生体反応の計測・分析による体感効果の定量化の検討

STSS の体感効果を皮膚電位計と頭部近赤外光計測装置による生体反応の計測結果から分析を行った。その分析結果から教育効果の定量評価手法の開発の検討をする。今回の被験者は 20

代の男性 12 名を対象に行った。以下に今回計測した生体反応を示す。

A) 皮膚電位計

① 皮膚電位反射 (SPR)

外部環境変化や、深呼吸、暗算、考え事にも頻繁に発生する。また、振幅は刺激の強さとはほぼ直線的な関係がある。

② 皮膚電位水準 (SPL)

興奮している時には陰性に高い値を示し、反対にリラックスしている時や睡眠時には陽性に高い値を示すものである。

計測装置の諸元を表 7. 1 に示す。

表7. 1 皮膚電位計の諸元

メーカー	西澤電機計器製作所
型式	SPN-01
測定項目	SPL : DC~1Hz 10 倍 (標準) SPR : 0.1~10Hz 50 倍 (標準)
電極	ディスポーザブル電極
入力インピーダンス	10MΩ
電源	単三電池 × 2 本
寸法	35×130×150mm (突起部含まず)
重量	400g

B) 頭部近赤外光計測装置

頭部近赤外光計測装置とは視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚などの情報を人の感覚器から取り入れ、その反応を近赤外光を用いてリアルタイムの計測する装置である。人は感覚器からの情報を電気信号に変換して脳に伝達される。脳内には約 1000 億個のニューロンという物質が存在する。ニューロンで感覚器からの情報の処理・伝達を行い、行動の決定を行う。その際に、酸素化ヘモグロビンによって酸素供給が行われ、頭部近赤外光計測装置が酸素化ヘモグロビンの変化量の値を読み取る。酸素化ヘモグロビンの変化量のことを脳血流変化値と言う。今回使用する日立製作所の頭部近赤外光計測装置は脳血流変化値に加え、脈拍数と心拍変動数を同時に測定できる。

血液成分中のヘモグロビンに酸素が吸着していると光の吸収・散乱の度合に変化を及ぼす。そこで頭部近赤外光計測装置はその度合いを測定し、酸素化ヘモグロビンの濃度変化を計測している。近赤外線波長の領域 (700~900nm) は生体を通過しやすいため、計測の光として使用されている。諸元を表 7. 2 に示す。

表7.2 頭部近赤外光計測装置の諸元

機器種類	ヘッドセット	信号処理ボックス	専用 PC
メーカー	日立製作所		
型式	HOT121B		
計測項目	前額部の近赤外透過率の変化 脈拍数 LF/HF		
計測箇所	前額部		
電源	専用 PC からの電源供給		30W AC アダプター
寸法	180×185×44mm	260×180×50mm	260×185×33.4mm
重量	約100g	約1.2kg	約1.3kg

- ① 脳血流変化値
視覚，聴覚，触覚，嗅覚，味覚の情報に対して反応する。
- ② 脈拍
- ③ 体温

体感効果の定量評価における検証方法

今回の検証試験は挟まれ事故に対して実施した。検証項目は、

- ① 映像のみ：STSS の事故体感時の映像のみを見せる。
- ② 映像と音声：STSS の事故体感時の音声付きの映像を見せる。
- ③ 改良前 STSS：改良する前の刺激パターンで STSS を用いて安全教育を行う。
- ④ 改良後 STSS：改良後の刺激パターンで STSS を用いて安全教育を行う。

の4項目とした。

各検証項目における生体反応の計測に加え、それぞれに対するアンケートの実施を行った。アンケート内容は、

- ① 教育効果があったか？
- ② 事故をイメージできたか？
- ③ 恐怖を感じたか？
- ④ 今後、行動改善しようと思ったか？

の4項目とし、それぞれ0~10点の11段階で評価してもらった。アンケート結果と生体反応にどのような関係があるか検証した。

(2) 検証結果（頭部近赤外光計測装置）

- ① 脳血流変化値
脳血流変化値による検証結果を示す。

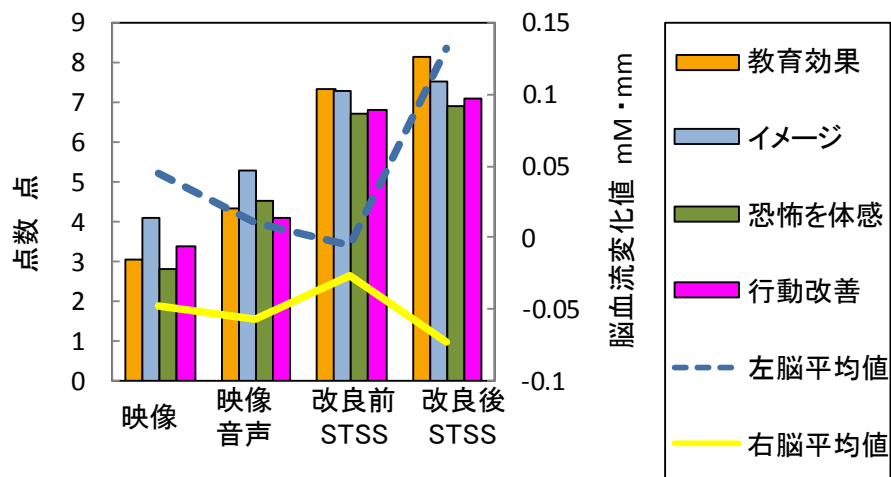


図7. 17 脳血流変化値とアンケート結果の比較

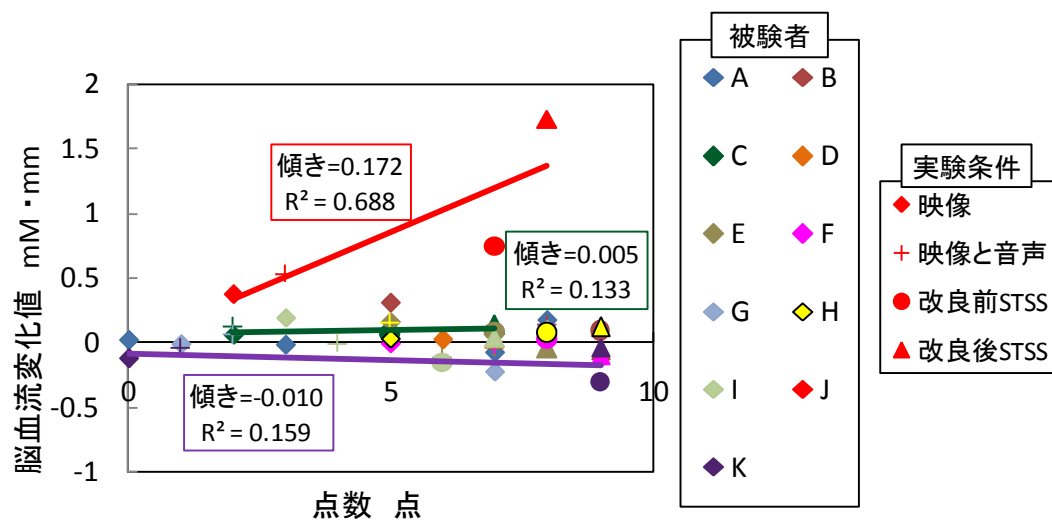


図7. 18 左脳と右脳の脳血流変化値差と教育効果

図 7. 17 の被験者の平均値とアンケート結果の平均値を比較したところアンケート調査結果は単調に増加しているのに対し、左脳の脳血流変化値は下降したのちに上昇、右脳の脳血流変化値は上昇したのちに下降しており相関関係は見られず、図 7. 18 の個人ごとにおける教育効果と左脳と右脳の脳血流変化値差に注目してみても、同様に相関関係が見られなかった。

② 脈拍

脈拍による検証結果を示す。

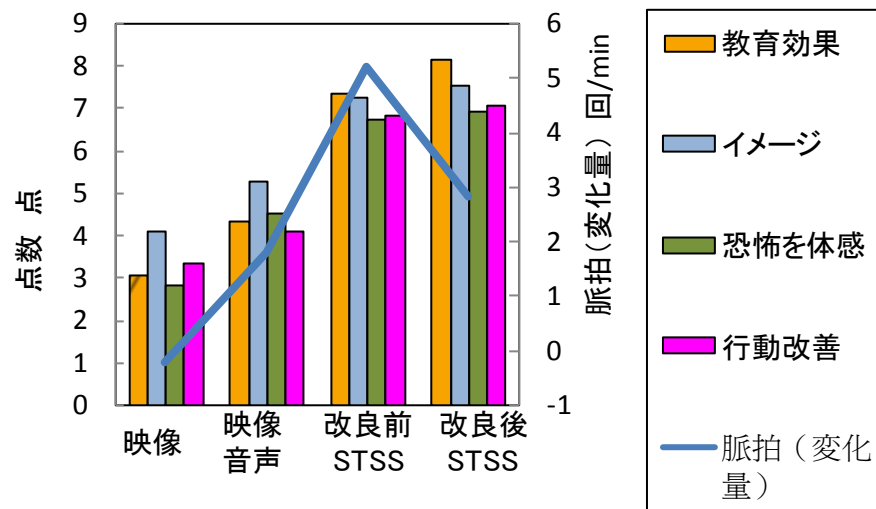


図7. 19 脈拍とアンケート結果の比較

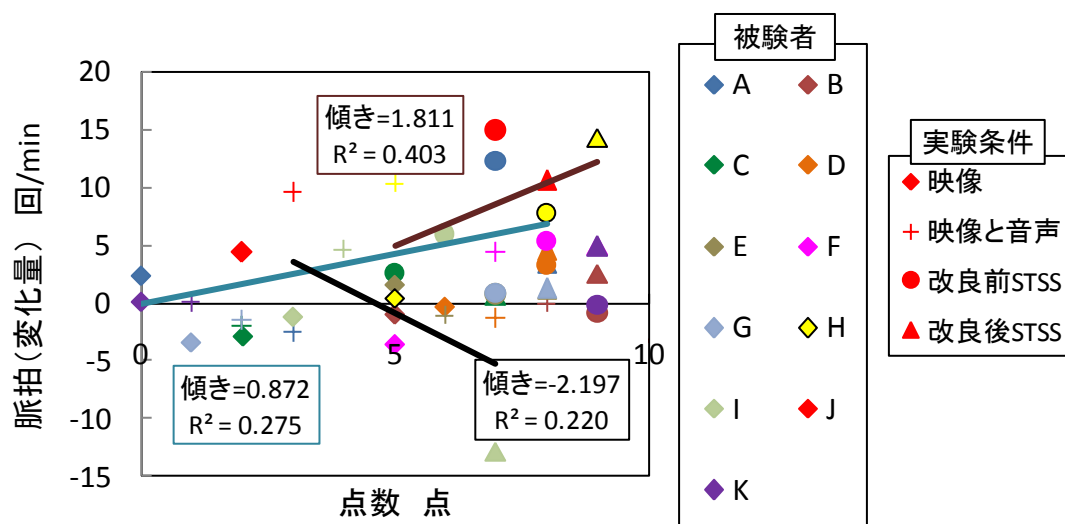


図7. 20 脈拍と教育効果

図7. 21の被験者の平均値とアンケート結果の平均値を比較したところ、脳血流変化値と同様にアンケート調査結果は単調に上昇しているのに対し、脈拍の変化量は上昇してから下降し、相関関係は見られず、図7. 22の個人ごとにおける教育効果と脈拍の変化量に注目してみても、同様にして相関関係が見られなかった。

脳血流変化値と脈拍に関してはその他にも分析を試みたが、残念ながら今回計測したデータの中では体感効果との相関関係が見られず、今回は活用することができなかった。しかし、今回分析するデータ数が少ないということもあり、今後もデータの拡充を行うとともに分析を引き続き行っていく必要があると思われる。

(3) 検証結果（皮膚電位計）

皮膚電位反射とアンケート調査結果をクロス分析することで体感効果の定量評価の検討を行った。刺激を与えると皮膚電位反射の波形が陰性と陽性に乱れる。平常時の平均値から最も大きく陰性に振れた波形の振幅を陰性 MAX とし、陽性に最も大きく振れた波形の振幅を陽性

MAX とする。この二つの絶対値の合計値を最大反応量といい、刺激の大きさを図る際の一つの指標として活用されている。また、波形が平常の戻るまでには陰性 MAX と陽性 MAX 以外にも波形は存在する。全ての波形の絶対値の合計値を合計反応量とするエラー! 参照元が見つかりません。

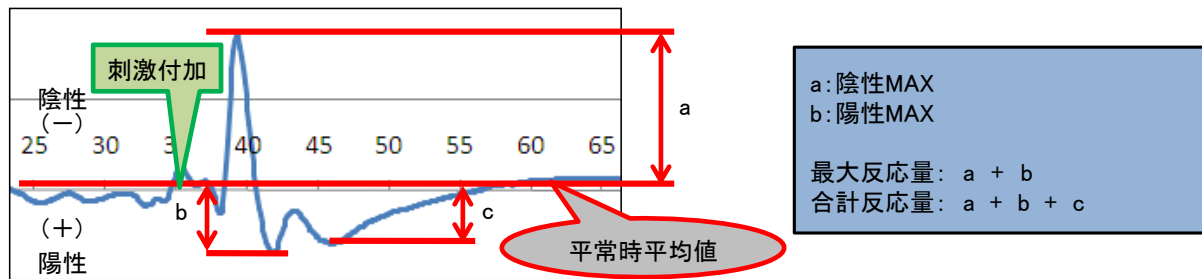


図7. 21 合計反応量と最大反応量

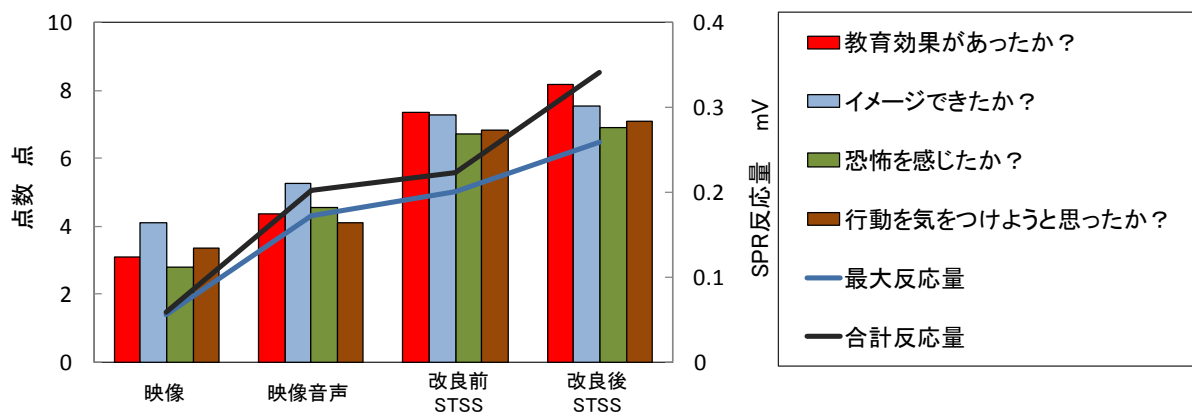


図7. 22 皮膚電位反射とアンケート結果の比較

測定結果の平均値とアンケート結果の得点平均を比較したところ、最大反応量と合計反応量にアンケート結果が反映されていることが分かった。このことから体感効果と皮膚電位反射には関係があると言える。また、改良後 STSS の体感効果が生体反応とアンケート結果の双方から向上されたと言える。さらに今後、コンテンツの拡充の際には最大反応量と合計反応量が体感効果の指標として活用できると考えられる。

さらに、合計反応量と教育効果のアンケート結果を個人ごとに分析を行った。

被験者の半数でかなり高い相関関係にあることがわかった。決定係数に関しては 0.8 以上と信用のおける値となり、傾きに関しては正となっているため増加傾向にあるといえる。このことから、今後データを拡充していき、平常時の値や反応量の個人差を評価の段階で考慮して評価することができれば、個人ごとに安全教育を実施した際の体感効果を定量的に評価することができるようになり、安全教育が有効であったかを即座に判断し、再教育や補習等の実施の検討や個人差に対応したさらに効果の向上に向けた安全教育プログラムの改良に活用することができると考えられる。

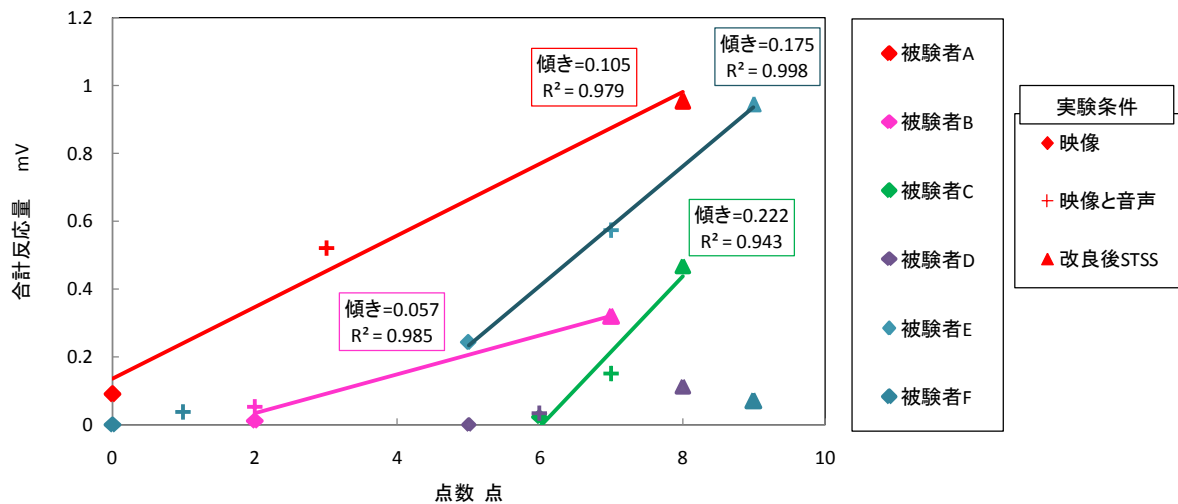


図7.23 検証項目ごとにおける合計反応量とアンケート結果（個人）

7.3 今後の展開

今回測定した皮膚電位反射と体感効果には関係があることがいえる。つまり、今後のコンテンツの拡充の際には最大反応量と合計反応量が体感効果の指標として活用できる。しかし、データ数が足りないため合計反応量の変化から教育効果の点数を導き出すことはできなかった。そこで、今後はデータの拡充を図り、合計反応量から教育効果の点数を導き出せるようにしなければならない。また、施設等で教育を行う際に効果的な点数の決定を行わなければならない。この教育効果の評価手法が確立されたら、個人ごとに効果の高い教育の実施や、より有効な教育プログラムの開発等に活用される。また、今回は相関関係が見られなかった脳血流変化値と脈拍に関してもデータの拡充を図り、分析を引き続き行う必要がある。