
平成 27 年度 修士学位論文

被介護者の心理的負担の観点に基づく
介護リフトの最適上昇速度に関する研究

指導教員 池浦良淳 教授

三重大学大学院工学研究科

博士前期課程 機械工学専攻

システム設計研究室

414M142 藤森崇広

目次

第1章 序論

1.1	研究背景	1
1.2	本研究の目的	3
1.3	本論文の構成	3

第2章 実験装置

2.1	実験用リフト	4
2.2	生体情報計測装置	6
2.3	システム構成	8

第3章 姿勢と上昇速度及び加速度による影響の調査

3.1	実験手法及び解析方法	
3.1.1	実験手順及び条件	12
3.1.2	生体信号を用いた評価手法	16
3.2	実験結果	19
3.3	統計解析	44
3.4	考察	51

第4章 最適上昇速度及び加速度の検討

4.1	実験手法及び解析方法	
-----	------------	--

4.1.1	実験手順及び条件	52
4.1.2	生体信号を用いた評価手法	55
4.2	実験結果	57
4.3	統計解析	66
4.4	考察	70
第5章 結論		
5.1	本研究のまとめ	71
5.2	今後の課題	72
参考文献		73
謝辞		75

第1章 序論

1.1 研究背景

近年の日本は少子高齢化に伴い超高齢社会に突入したと言われており、65 歳以上の総人口に占める割合は平成 26 年に 26.0%(前年 25.1%)と増加の一途を辿っている。このことから日常的な動作が困難になる高齢者は増えていくが、その高齢者を介護できる介護者の数は減少していくことが予想される。また、生活習慣病とされている糖尿病やメタボリック症候群から動脈硬化を進行させ心筋梗塞や脳卒中を引き起こし、後遺症から要介護者になるケースも多い^{[1][2]}。これらの介護を行っている男女比は平成 24 年就業構造基本調査によると、男性の割合が約 36%、女性の割合が約 64%と女性の割合が高く、また、65 歳以上の介護者が介護を行う老老介護は約 28%にも到る^[3]。これらのことから、主に力の弱い女性や多くの老人が介護作業を行っていることがわかる。介護作業に関して、移乗介護は欧米において筋骨格系障害の危険が最も高いと認識されている^{[4][5][6]}。しかし、移乗介護は 1 日に何回も必要で欠かすことのできない作業であり、介護作業は肉体的だけでなく心理的にもストレスが発生する^[7]。

このように福祉での作業は介護者の肉体的、心理的負担の大きいことから厚生労働省は介護補助具を活用すること奨励している。現在、介護補助具に関する研究は多数行われている。具体的には、被介護者の起立・着座・静止（衣服着脱時）のなどの動作状況を検知し、被介護者の自立的動作を支援する自立支援型起立歩行アシストロボット (Fig.1.1) ^[8]や、国際安全規格 ISO13482 を取得したベッドから車いすへの移乗介護動作において腰部にかかる負荷を軽減する HAL 介護支援用 (Fig.1.2)^[9]、車いすに形状が変化するロボティックベッド (Fig.1.3)^[10]といった研究がある。しかし、これらの介護補助具は

コストがかかり設置が困難である．そのため安価で設置が容易な介護リフトが導入されている．介護リフトは一般に，人をベッドから抱き上げたり，車いすへ下ろしたりなど，人を昇降させる運動を行う．この昇降運動は JIS T9241 移動・移乗支援用リフトにおいて最大負荷時に下降速度 $0.15[\text{m/sec}]$ ，無負荷時に昇降速度 $0.25[\text{m/sec}]$ と規定されているが^[11]，これは，物理的な効果のみを考慮して定めたものである．介護リフトに関する研究として腰部負担軽減の効果の比較検証^[12]による介護者の肉体的負担を計測比較する研究や，被介護者の肉体的負担に関する研究^[13]が行われているが，実際には物理的だけでなく心理的な影響も考慮する必要がある．昇降運動として代表的なものにエレベータがあり，エレベータに対する心理的負担の影響を調査する研究が行われている^[14]．このことから，介護リフトの昇降動作においても心理的負担の調査は必要である．本研究では心理的影響を踏まえた昇降運動を評価し，さらには最適な昇降運動を提案する．



Fig.1.1 自立支援型起立歩行アシストロボット



Fig.1.2 HAL 介護支援用



Fig.1.3 ロボディックベッド

1.2 本研究の目的

本研究では被介護者の心理的負担に留意した昇降動作を評価し、さらに最適な昇降動作を検討する。そこで介護リフトにおける心理的負担の影響は、主に昇降速度及び加速度と昇降時の被介護者の姿勢によると考えられる。本研究室では介護リフトによる昇降速度及び加速度が被介護者の心理的負担に与える影響の解析を行った^{[15][16]}。渡部は上昇動作に関する心理的負担を評価するために実験用リフトを製作し、様々な上昇パターンによる心理負担を評価した。結果、上昇速度が大きいほど心理的負担は増加した。また、辻は下降動作に関する心理的負担を評価し、速度だけでなく加速度も心理的負担に影響を与えることを示した。

そこで本研究では、介護リフトの上昇時における姿勢の違いが被介護者に及ぼす心理的負担への影響と、上昇速度及び加速度が被介護者の心理的負担に与える影響をさらに詳しく解析評価することで、被介護者の負担が少なく、移乗の高速化を実現する最適な介護リフトの上昇パターンを導出することを目的とする。

1.3 本論文の構成

本論文の構成を以下に示す。まず、第2章では本研究で使用する実験用リフトや生体信号センサ等の実験装置の説明を行う。第3章では上昇時における姿勢の違いが被介護者に及ぼす心理的負担への影響を調査する為に実験装置を用いて計測を行い、生体信号とアンケートを用いて客観・主観評価する。その結果から得られたデータの考察を述べる。第4章では昇降速度と加速度の範囲を絞っての被験者の心理的負担の計測評価と、その考察を述べる。最後に第5章では本研究のまとめと今後の課題について述べる。

第 2 章 実験装置

本研究では心電図センサと皮膚電気抵抗センサを用いた計測により，介護リフトによって吊り上げられる人の心理的負担の評価を行った．本章では，実験で使用する各実験装置の概要について述べる．2.1 節で実験用リフトについて述べた後，2.2 節において各生体信号センサ等の計測装置について，2.3 節において実験に用いるシステム構成について述べる．

2.1 実験用リフト

介護リフトの上昇速度及び加速度が与える心理的影響を調べるために様々な上昇パターンを実現しなければならないが，市販の介護リフトは上昇速度と上昇加速度が一定であるため変速できない．そこで昇降速度が変速可能な実験用リフトの製作を行った．実験用リフトの外観を Fig.2.1 に，仕様を Table 2.1 に示す．実験用リフトは主に，被験者が装着する市販されている介護リフト用のスリングパオ，吊り具を吊り上げるアーム部，アーム部を昇降させるガイド付きボールネジ LA20 と，それを回転させる AC サーボモータ HF-SP102B とサーボアンプ MR-J3-100A で構成されている．

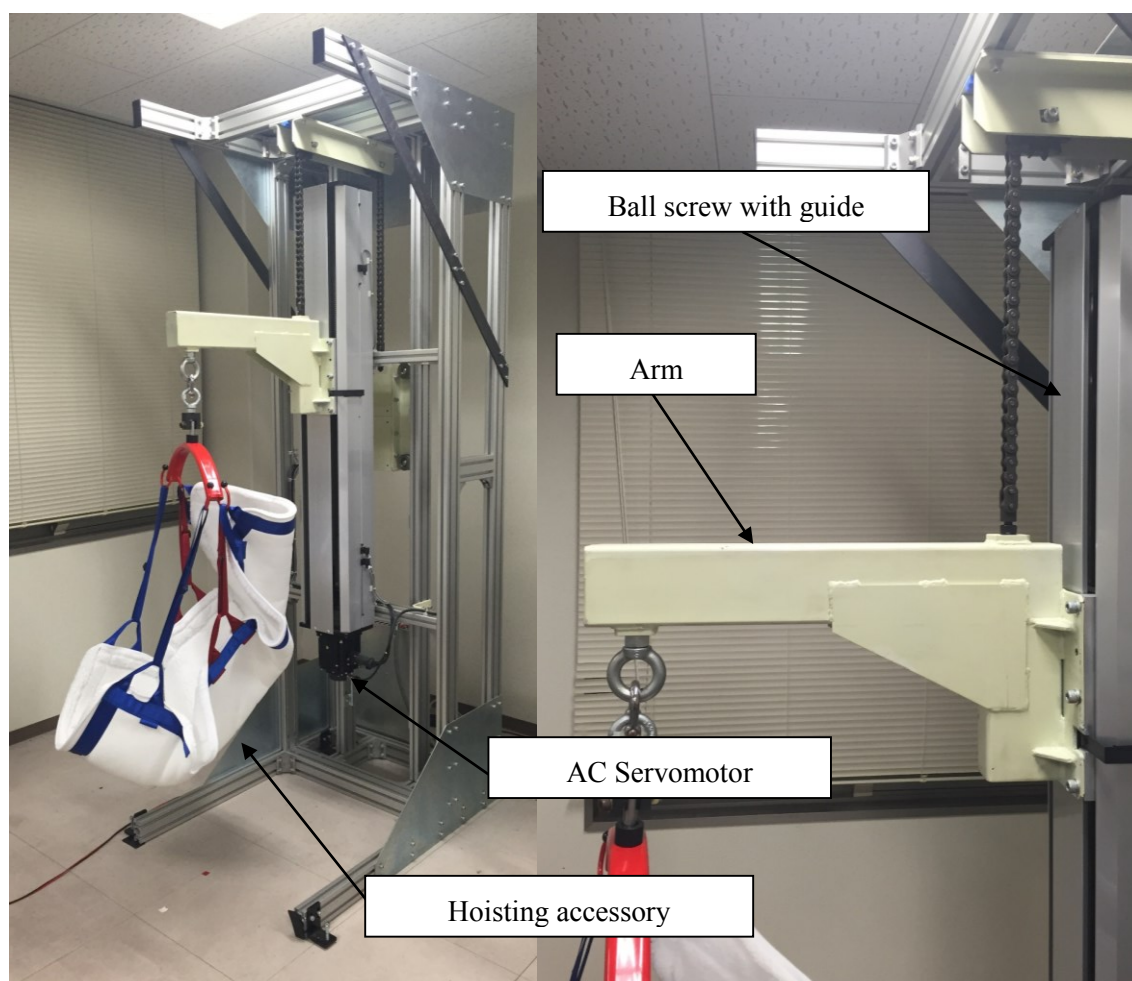


Fig.2.1 実験用リフト外観

Table 2.1 実験用リフトの仕様

Maximum Speed of Lifting	0.98 m/sec
Maximum Load of the Arm	80 kg
Stroke of the Arm	1.0 m

2.2 生体信号計測装置

本研究では介護リフトによる吊り上げ時において、ECG と GSR の二つの生体信号を用いて被験者の負担評価を行う。生体信号の計測には心電図用アンプ ECG100C と皮膚電気反应用アンプ GSR100C を、Fig.2.2 に示すようにアイソレート・サプライモジュール IPS100C に接続して使用する。生体信号アンプの仕様を Table 2.2 に示す。また被験者には Fig.2.3 に示すように心電図用電極として右胸部に陰極，左腹部に陽極，右腹部にグラウンドを装着する。また Fig.2.4 に示すように右手人差し指と中指に皮膚抵抗トランスデューサを装着する。



Fig.2.2 生体信号計測装置外観

Table 2.2 生体信号計測装置の仕様

Number of Output	16	
Output Range	± 10 V(Analog)	
Input Range	ECG100C	GSR100C
	$\pm 20, \pm 10, \pm 5, \pm 2$ mV	0~200 μ mhos

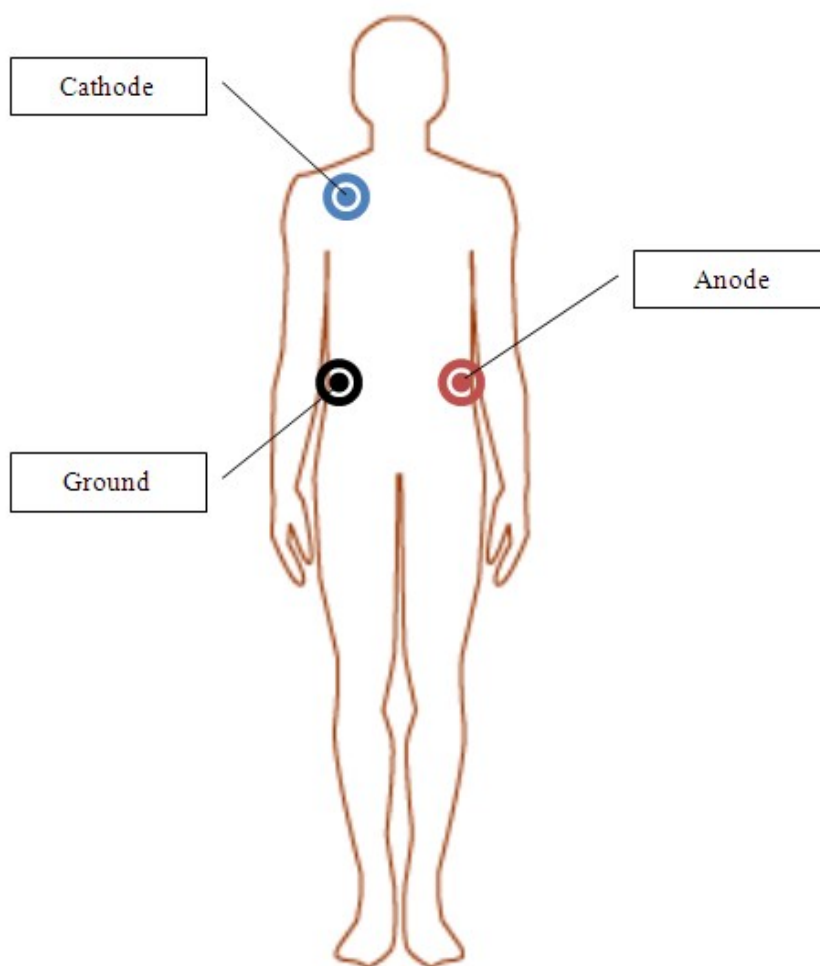


Fig.2.3 心電図用電極配置図

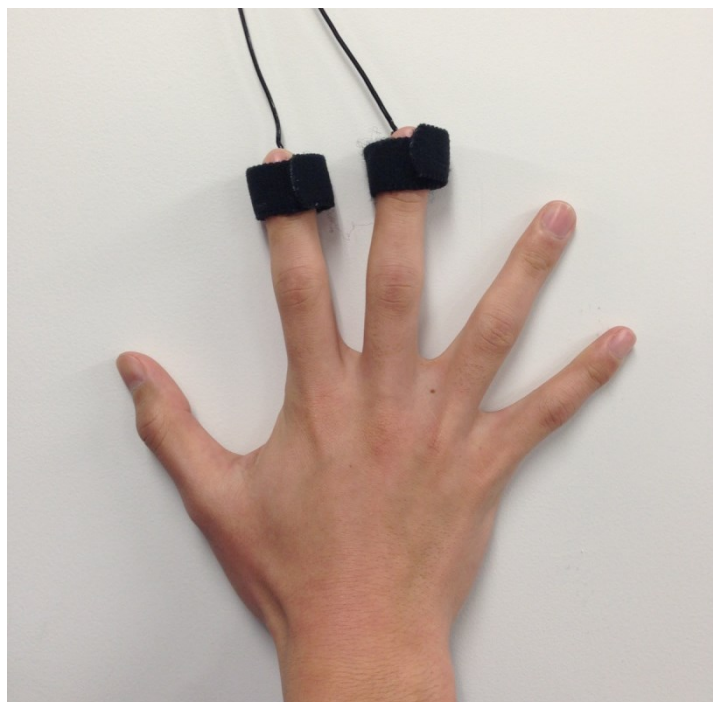


Fig.2.4 皮膚電気抵抗用トランスデューサ装着図

2.3 システム構成

実験システムは実験用リフト, 生体信号計測装置, PC によって構成されている. Fig2.5 は実験システムの構成を示す. 本実験では被験者は 2.1 節で示した吊り具に搭乗し, 実験用リフトによって昇降運動を行う. 実験用リフトの AC サーボモータ HF-SP102B にはエンコーダが搭載されており, サーボアンプ MR-J3-100A を経由してそれぞれ PC に搭載された D/A ボード PCI-3341A とカウンターボード PCI-6205C に接続されている. この PC によってモータを制御することで任意の速度での昇降が可能であり, モータに搭載されたエンコーダによってアームの位置を検出することができる. また, 被験者の ECG 及び GSR を計測する為に 2.2 節で示した計測装置を用いる. 心電図用アンプ ECG100C と皮膚電気反应用アンプ GSR100C はアイソレート・サプライモジュール IPS100C を通して A/D ボード PCI-3133 に接続されており, 被介護者の心電及び皮膚電

気反応情報も同時に収集できるようになっている。D/A ボードの仕様を Table 2.3 に、カウンタボードの仕様を Table 2.4 に、A/D ボードの仕様を Table 2.5 に示す。

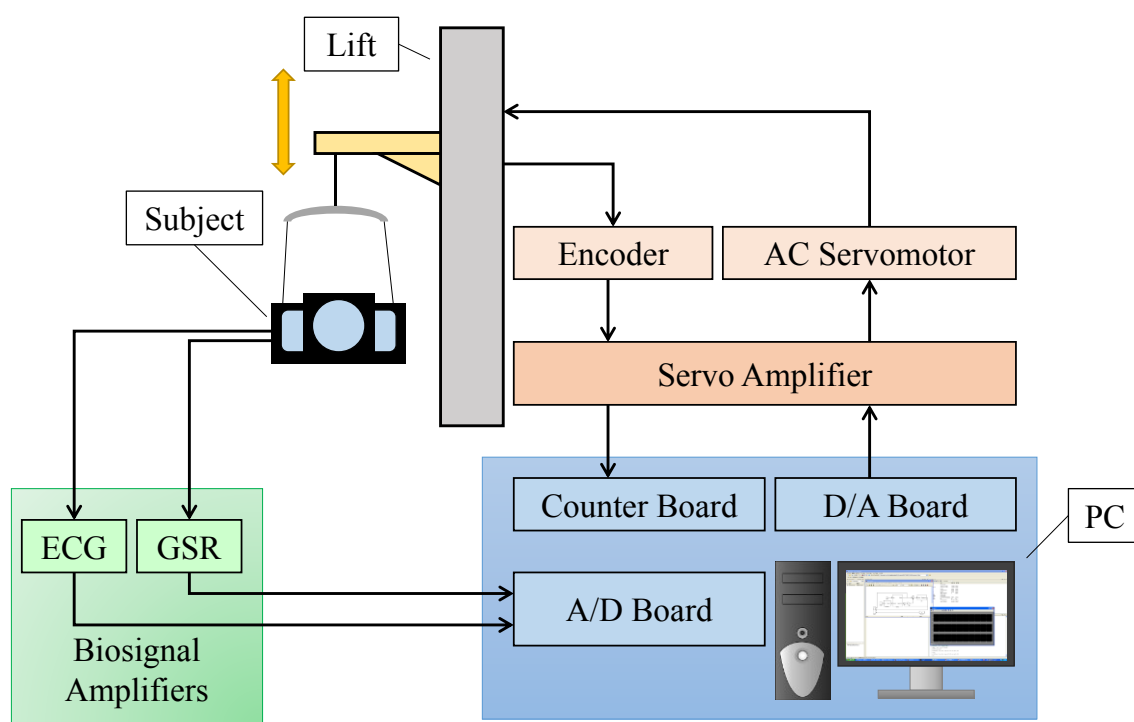


Fig.2.5 実験システム構成図

Table 2.3 D/A ボード PCI-3341A の仕様

Number of Channels	8
Resolution	12bit
Output Ranges	Unipolar: 0V ~ +10V Bipolar: $\pm 5V, \pm 10V$
Output Impedance	1 Ω
Settling Time	10 μs
Outputs	TTL

Table 2.4 カウンターボード PCI-6205C の仕様

Number of Channels	8
Resolution	24bit
Maximum Input Frequency	2MHz
Input Ranges	DC+5V

Table 2.5 A/D ボード PCI-3133 の仕様

Number of Channels	Single-ended:16 Differential: 8
Resolution	12bit
Conversion Time	10 μ s (single channel) 60 μ s/channel (multi channels)
Input Ranges	Unipolar: 0V \sim +5V,0V \sim +10V Bipolar: \pm 2.5V, \pm 5V, \pm 10V
Input Impedance	10M Ω (\pm 5%)

実験用リフトに搭載された AC サーボモータの制御には Matlab/Simulink とリアルタイムツールボックス(RTR)を用いる。RTR は、Simulink モデルから実時間で、データ収集、外部デバイスへのデータ送信できる機能を付加するソフトウェアである。Fig.2.6 に実験用リフトの制御に用いるプログラム図を示す。目標となる速度の出力を行い速度制御によって AC サーボモータを制御する。またアーム位置をエンコーダによって検出し、目標位置とのフィードバック制御によるアーム位置の補正を行う。図中のゲイン G1 は 0.1 となっている。同時に各生体信号アンプからの出力の収集も行う。

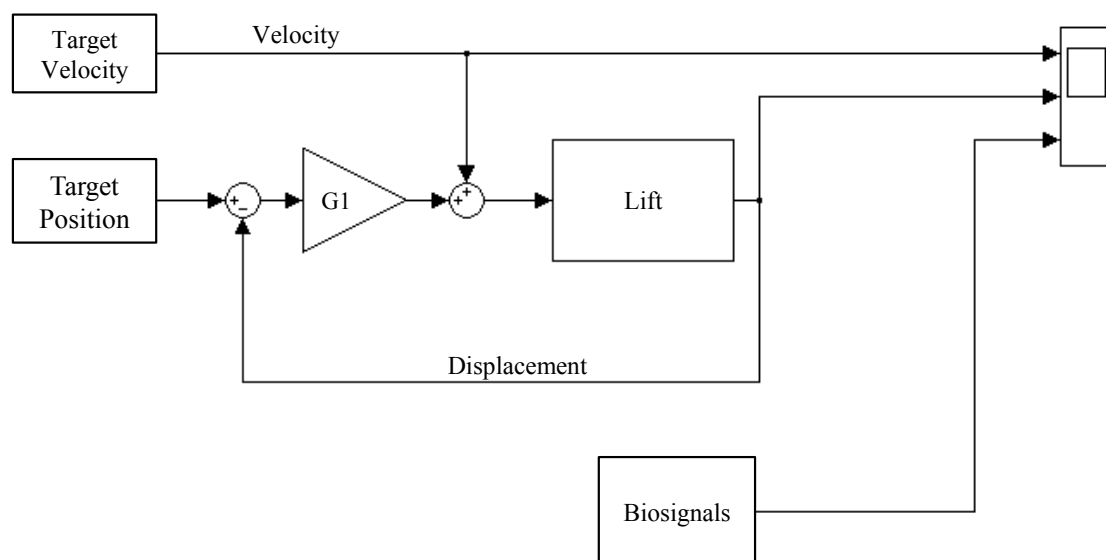


Fig.2.6 実験用リフトプログラム図

第3章

姿勢と上昇速度及び加速度による 影響の調査

本章では、リフト搭乗時の姿勢と上昇速度及び加速度による影響の調査実験と、その結果について述べる。3.1 節で実験手順と各生体信号の解析手法、3.2 節では実験結果、3.3 節では実験結果の統計解析、3.4 節では解析結果の考察について述べる。

3.1 実験手法及び解析方法

3.1.1 実験手順及び条件

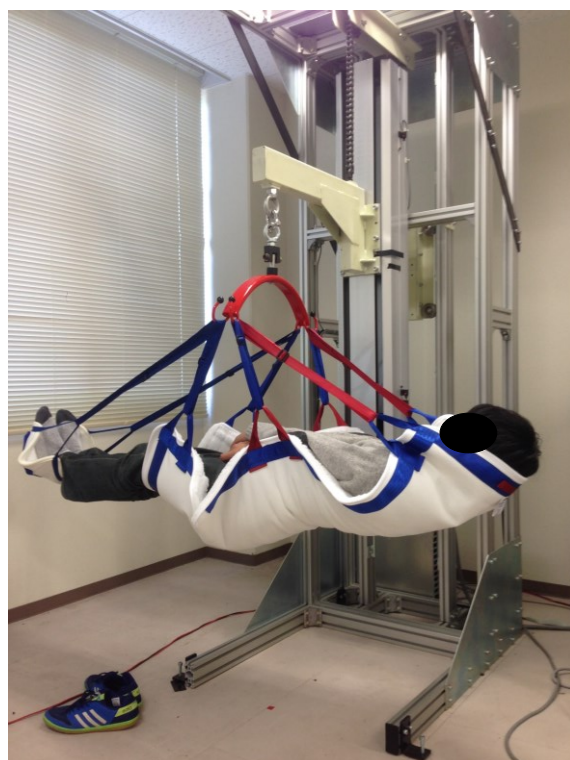
本実験では介護リフト搭乗時の姿勢と上昇速度及び加速度が被介護者に与える負担への影響を評価する。そこで異なる姿勢と上昇速度及び加速度が異なる上昇パターンにおいて、客観的評価として ECG と GSR を計測し、主観的評価としてアンケート調査を行う。まず、本実験における被験者の姿勢について述べる。被験者の姿勢は椅子に座るような姿勢である座位姿勢と、ベッドに仰向けで寝るような姿勢である仰臥位姿勢で行う。Fig.3.1 に実験でのそれぞれの姿勢を示す。次に本実験に用いる上昇パターンについて述べる。上昇パターンは上昇速度及び加速度をそれぞれ調査する為に台形速度パターンとし、複数の上昇速度及び加速度の組み合わせを行う。上昇距離は 0.3[m] と一定とし、上昇速度は介護リフトの昇降速度である 0.05[m/sec]^[17]、JIS T9241 移動・移乗支援用リフトについて規定されている最大負荷時での下降速度である 0.15[m/sec]、同様に JIS T9241 移動・移乗支援用リフトについて規定されている無負荷時における昇降速度である 0.25[m/sec] の 3 種類を用いる。上昇加速度は低加速度での影響を調べるため 0.4

[m/sec²], エレベータで最も乗り心地が良いと感じる加速度である 0.85 [m/sec²], エレベータの最大の加速度である 1.3 [m/sec²]の3種類を用いる^{[18][19]}. これらの上昇速度と上昇加速度を組み合わせた9種類の上昇パターンでの実験計測を行う. 実験で用いる上昇パターンの速度線図を Fig.3.2 に示す. 上から加速度 0.4[m/sec²], 0.85[m/sec²], 1.3[m/sec²]の速度線図である.

実験の手順として最初に, 被験者に 2.2 節で述べた心電図用電極と皮膚電気反应用トランデューサを装着する. また音による影響を低減する為の耳栓と 2.1 節で述べた介護用の吊り具を装着して座位または仰臥位の姿勢でリフトに搭乗し計測を開始し, リフトによって被験者を吊り上げる. なお, 実際の移乗条件に近くする為に, 吊り上げの10秒前に「吊り上げ10秒前です」と, 被験者へ吊り上げの告知を行う. 吊り上げ後は姿勢を保持して計測を行い, 吊り下げて計測を終了する. 計測終了後に主観評価に用いるアンケート調査を口頭で行う. この手順を2種類の姿勢と9種類の各上昇パターンで3回ずつ, 計54回の計測を行う. このとき, 上昇パターンの順序はランダムで被験者には告知しない. 被験者は21歳から23歳の健常な男性10名で実験を行った.



(a) 座位姿勢



(b) 仰臥位姿勢

Fig. 3.1 実験における姿勢

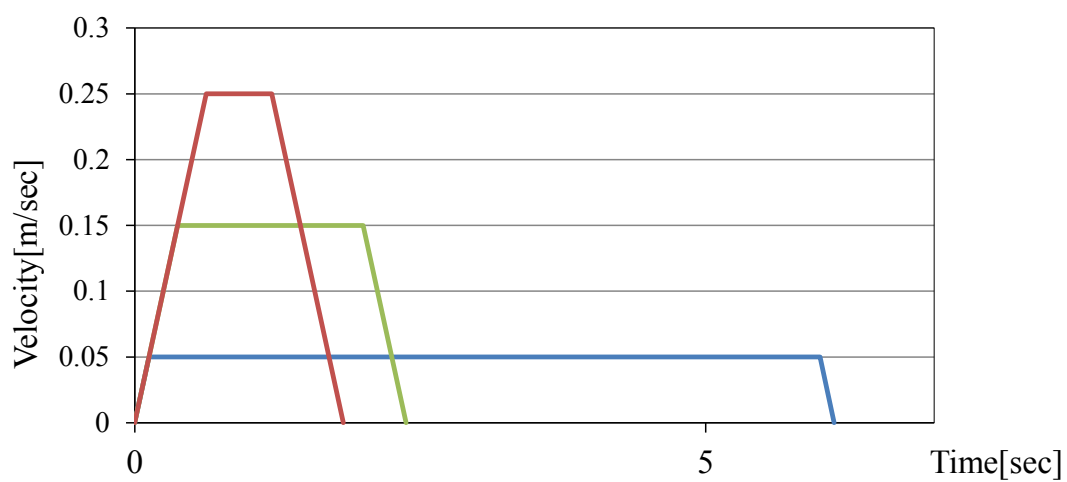
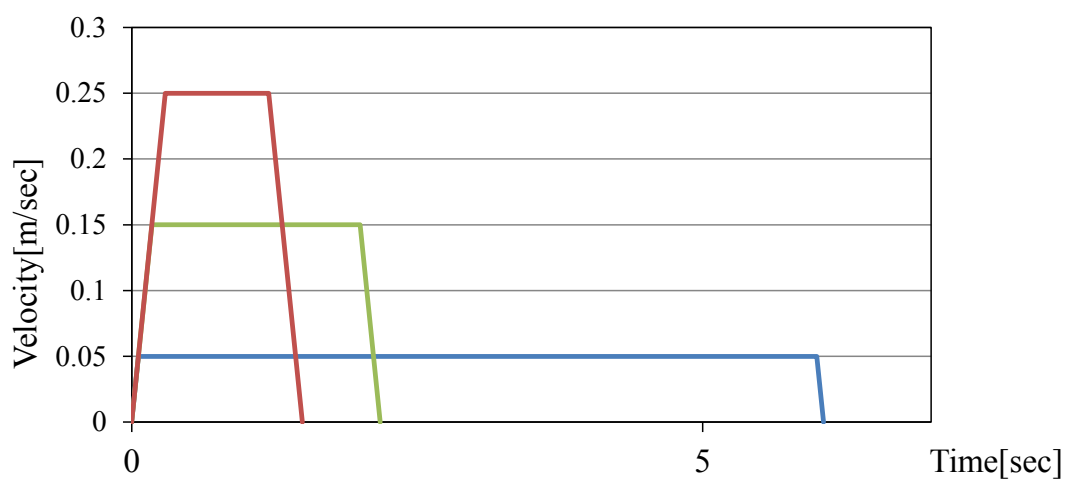
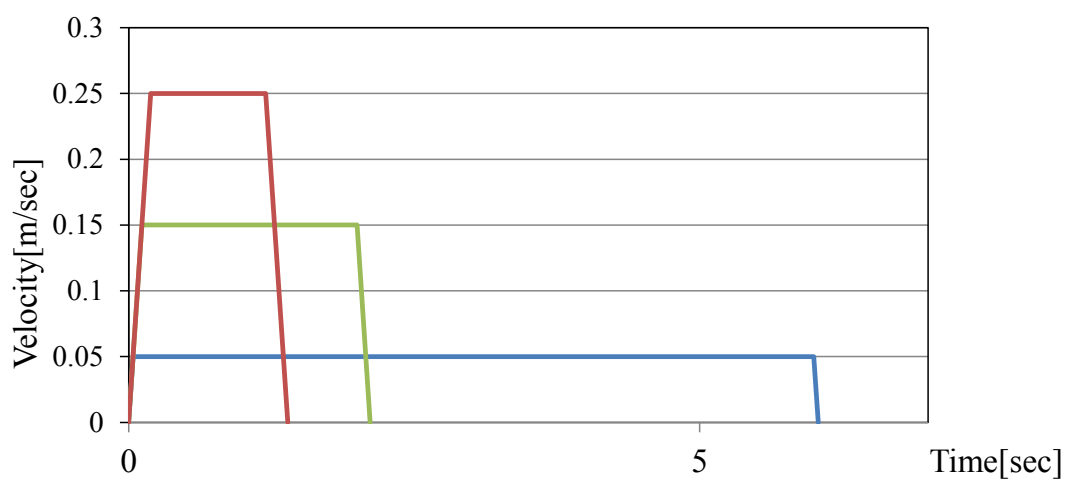
(a) 上昇加速度 $0.4[\text{m/sec}^2]$ (b) 上昇加速度 $0.85[\text{m/sec}^2]$ (c) 上昇加速度 $1.3[\text{m/sec}^2]$

Fig.3.2 上昇パターン線図

3.1.2 生体信号を用いた評価手法

客観的に被験者の心理的負担を評価する為に、ECG と GSR を用いた評価を行う。まず ECG を用いた評価手法として RRV 法による評価について述べる。ECG の一例を Fig.3.3 に示す。縦軸は ECG[V]、横軸は計測時間[sec]である。図中に見られる鋭いピークを持つ波形は R 波と呼ばれ、隣り合う R 波の間隔を心拍間隔(R-R Interval 以下 RRI)と呼ぶ。この RRI を縦軸にとり、横軸に拍数をとったものを Fig.3.4 に示す。この RRI は Fig.3.4 のように揺らぐことが知られており、この揺らぎに周波数解析を行うと 0.25, 0.1, 0.02[Hz]近傍に 3 つのピークが現れる。これらのピークはそれぞれ高周波成分から呼吸性変動, マイヤーリズムの変動, 体温調整に関わる変動に関係があるとされている。これらの中で呼吸性変動は副交感神経の活性化による影響が大きいため、緊張することにより振幅が減少し、リラックスすることで振幅が増加する。

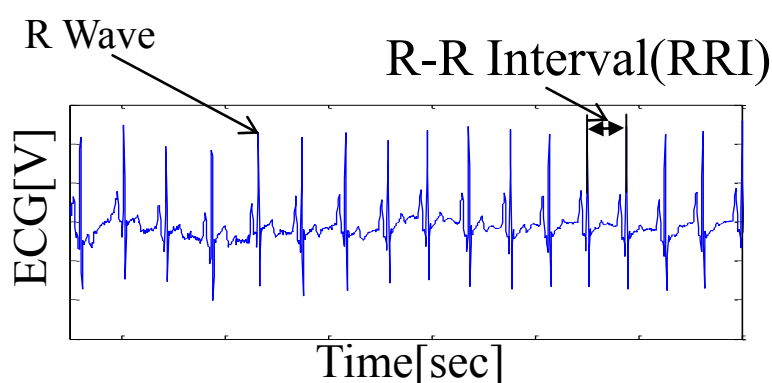


Fig.3.3 ECG 一例

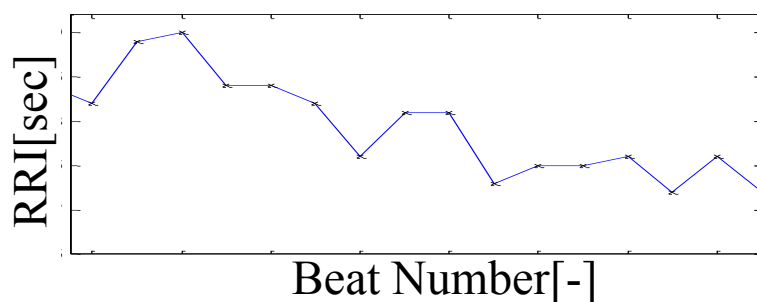


Fig.3.4 RRI 一例

RRIの揺らぎの解析にはFFT等の解析法を用いることが多い。しかし、これらの方法は多くのサンプル数が必要であり、一般的には5分程の計測が必要とされている。このため、リフトの動作時間である数秒に対して待機状態での計測が多く時間を占め、リフト動作による影響の評価が正しく行えない。この問題を解決するために、短時間での被験者の緊張変化を計測する方法が必要である。そこで、大きなサンプル数 n で分散を計算すると、このRRIの分散 $RRVn$ (R-R Variance)は式(3.1)のように表される。このようにRRIの分散値を計算する手法をRRV法と呼ぶ^[20]。

$$RRVn = \frac{\sum_i^n (RRI_i - \overline{RRI})^2}{n} \quad (3.1)$$

$$\text{但し, } i=1 \sim n, \overline{RRI} = \frac{\sum RRI_i}{n}$$

このRRVには、高周波成分と低周波成分双方の揺らぎが影響しているため、必要とする呼吸性変動に起因する高周波成分のみの揺らぎを算出できない。そこで、演算するサンプル数を少なくすることで平均値も低周波とともに変動し、平均値からの偏差は高周波成分にのみ起因する。必要としている0.25[1/beat]付近の呼吸性変動は式(3.2)に示す3拍毎の分散 $RRV3$ によって得られる。この方法はRRV3法と呼ばれる。

$$RRV3 = \frac{\sum_{i=n-2}^n (RRI_i - \overline{RRI})^2}{3} \quad (3.2)$$

$$\text{但し, } i=1 \sim 3, \overline{RRI} = \frac{\sum_{i=n-2}^n RRI_i}{3}$$

RRV3の値が大きい、つまり分散の値が小さい場合は呼吸性変動による揺らぎが大きく、リラックス状態といえる。Fig.3.4で示したRRIを基にRRV3の解析を行ったものをFig.3.5に示す。縦軸はRRV3[sec²]、横軸は時間[sec]となっている。この図から、RRIの変動が大きい部分ではRRV3の値が大きくなりリラックスしていることが、RRIの変動が小さい部分ではRRV3の値が小さくなり緊張していることが分かる。本実験では、リフト動作開始直前の10拍とリフト動作開始から10拍の平均値から増加率を求め

ることにより、緊張を評価する。また、本実験では緊張評価を行うために RRV3 法を用いるため増加率が 1 以上のとき、緊張状態に陥らなかったと見なし増加率を 1 とする。

次に GSR を用いた被験者の心理的負担の評価手法について述べる。GSR は人が驚いたときなどに生じる精神性発汗を計測する為、GSR の値の変化によって被験者の驚きを客観的に評価することができる。精神性発汗が多いほど GSR は大きく変化するため、この GSR の増加値が大きいほど人は驚きを感じている^[21]。本実験では、Fig.3.6 に示すように、吊り上げ動作直前の 1 秒前と、吊り上げ後の最大値の差を GSR の増加値として評価に用いる。

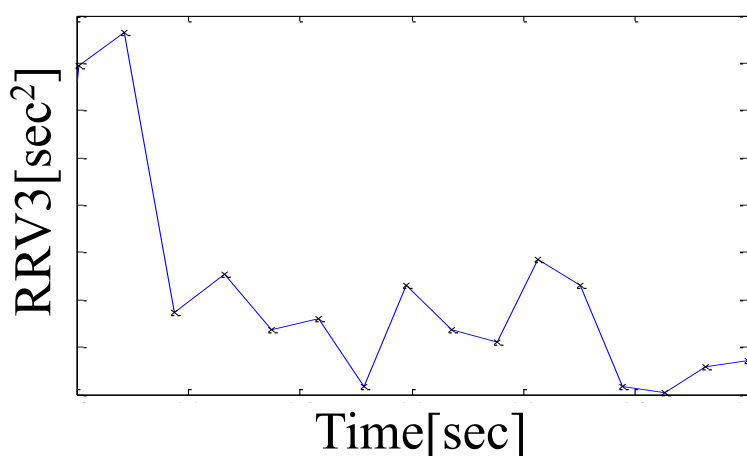


Fig.3.5 RRV3 一例

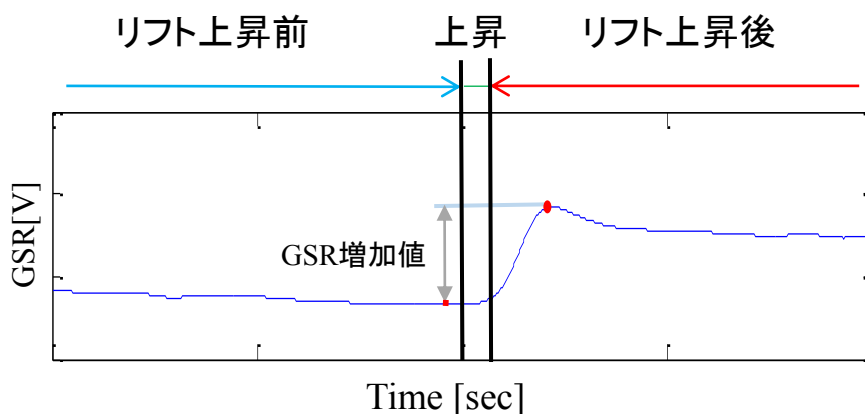


Fig.3.6 GSR 増加値計測方法

3.2 実験結果

3.1.1 項で述べた姿勢と上昇速度及び加速度の異なる上昇パターンにおける実験結果を述べる。Fig.3.7～Fig.3.10 と Table3.1～Table3.8 に実験結果を示す。Fig.3.7 , Fig.3.8 は被験者 A の座位における GSR, RRV3 の上昇パターンを一試行分の結果を示し, Fig.3.9, Fig.3.10 は被験者 A の仰臥位における GSR, RRV3 の上昇パターンの一試行分の結果を示す。Fig.3.7 , Fig.3.9 の縦軸は GSR[V], Fig.3.8, Fig.3.10 の縦軸は RRV3[sec²], 横軸は全て計測時間[sec], グラフ中央の赤縦線は左から吊り上げ開始時間, 吊り上げ終了時間となっている。図中(a)～(i)は上昇速度及び加速度を示す。Table 3.1 は被験者 A～J の座位姿勢における各上昇パターンの正規化 GSR 増加値の平均値と標準偏差を, Table 3.2 には RRV3 増加率の平均値と標準偏差を示す。Table 3.3 には被験者 A～J の仰臥位姿勢における各上昇パターンの正規化 GSR 増加値の平均値と標準偏差を, Table 3.4 には RRV3 増加率の平均値と標準偏差を示す。RRV3 増加率の平均値と標準偏差を示す。なお GSR の各速度パターンに対し重み付けが一定となるように GSR のデータには正規化処理を施す。正規化には各被験者の 1 回の実験における各上昇パターンの最大 GSR 増加値でそれぞれの GSR 増加値を除することにより正規化した。また, 各被験者には主観評価として驚きの度合いを驚かない 1 からとても驚いた 5 まで, 緊張の度合いを緊張のない 1 からとても緊張している 5 までのそれぞれ 5 段階のアンケートに答えてもらった。被験者 A～J の座位姿勢における各上昇パターンの驚き度合いの評価平均値を Table 3.5, 各上昇パターンの緊張度合いの評価平均値を Table 3.6 に示す。また, 仰臥位姿勢における各上昇パターンの驚き度合いの評価平均値を Table 3.7, 各上昇パターンの緊張度合いの評価平均値を Table 3.8 に示す。

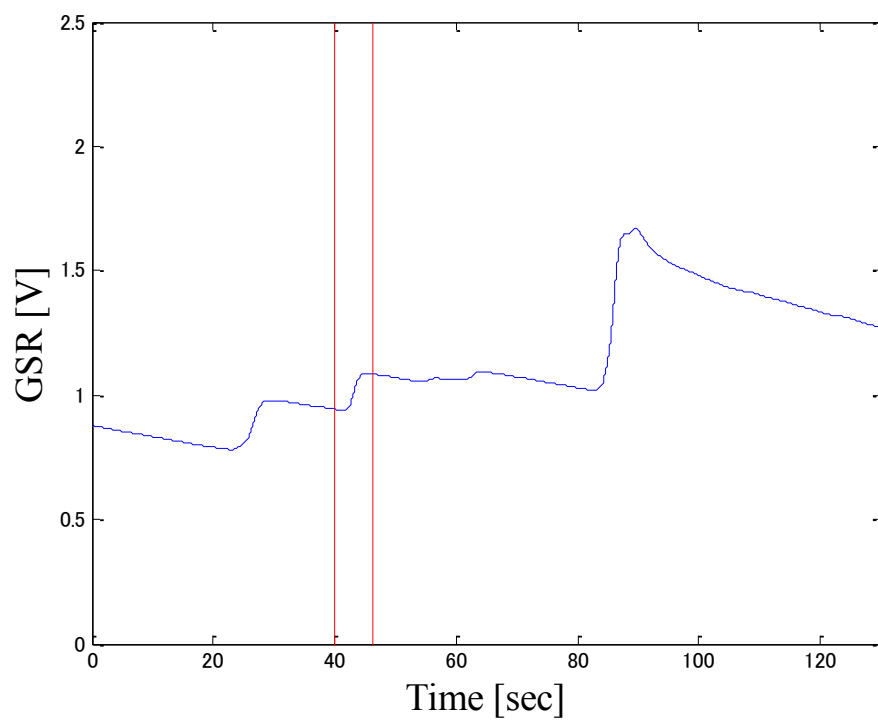
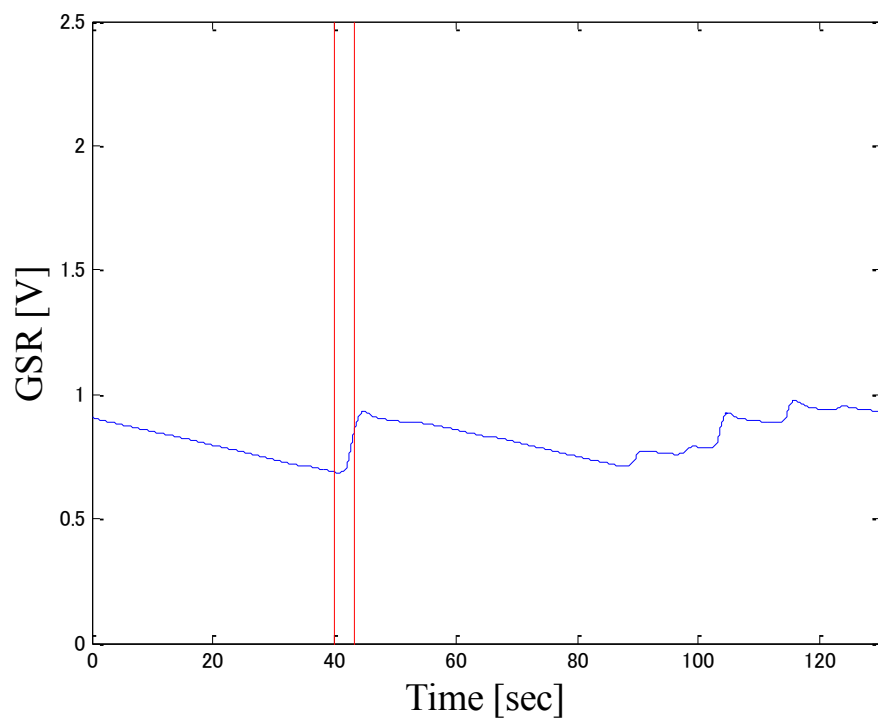
(a) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](b) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²]

Fig.3.7 被験者 A の座位姿勢における GSR

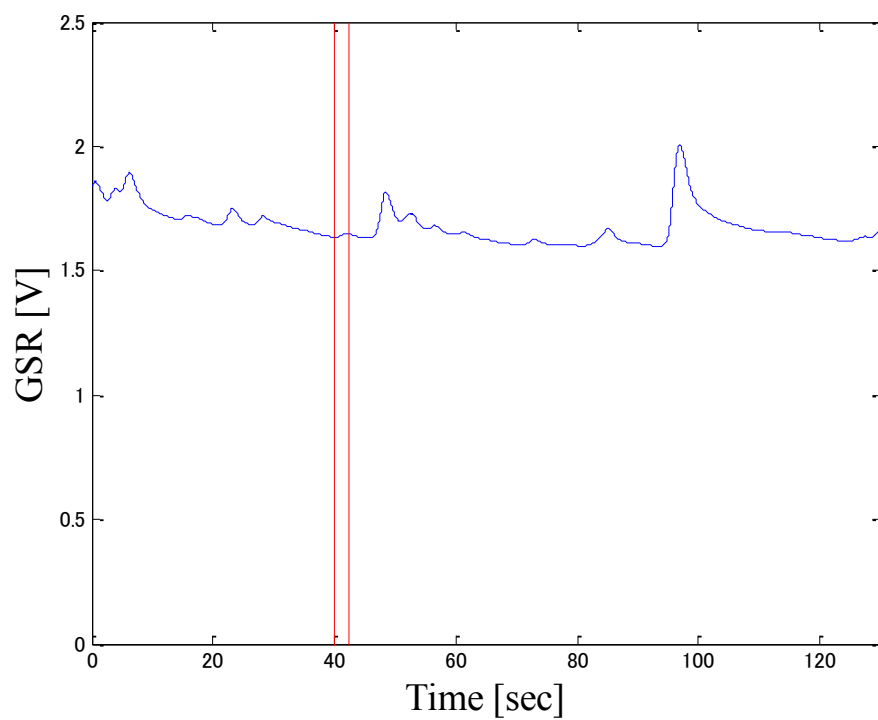
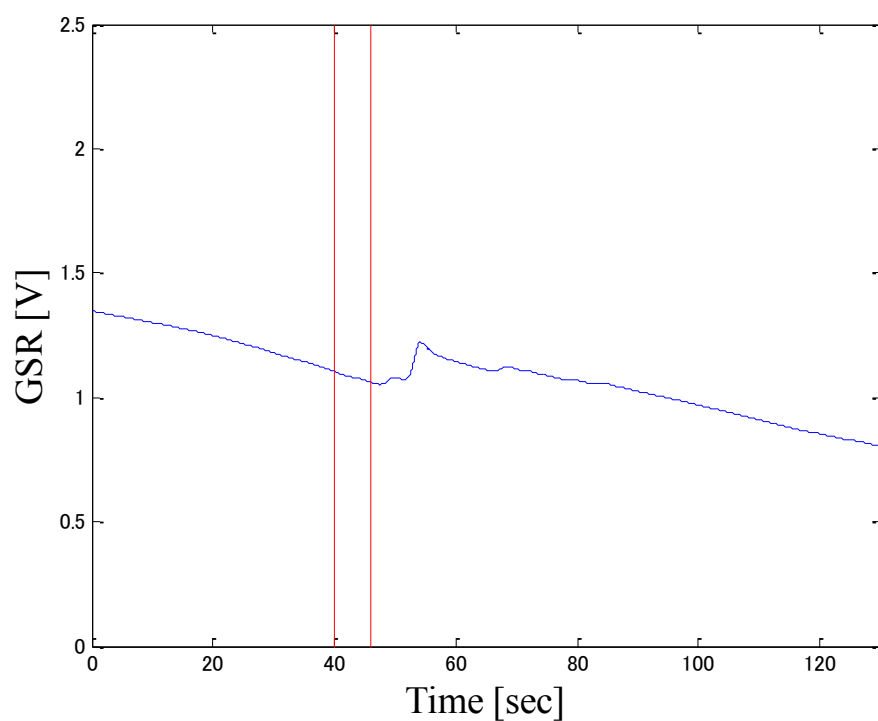
(c) 速度 0.25[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](d) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.3.7 被験者 A の座位姿勢における GSR

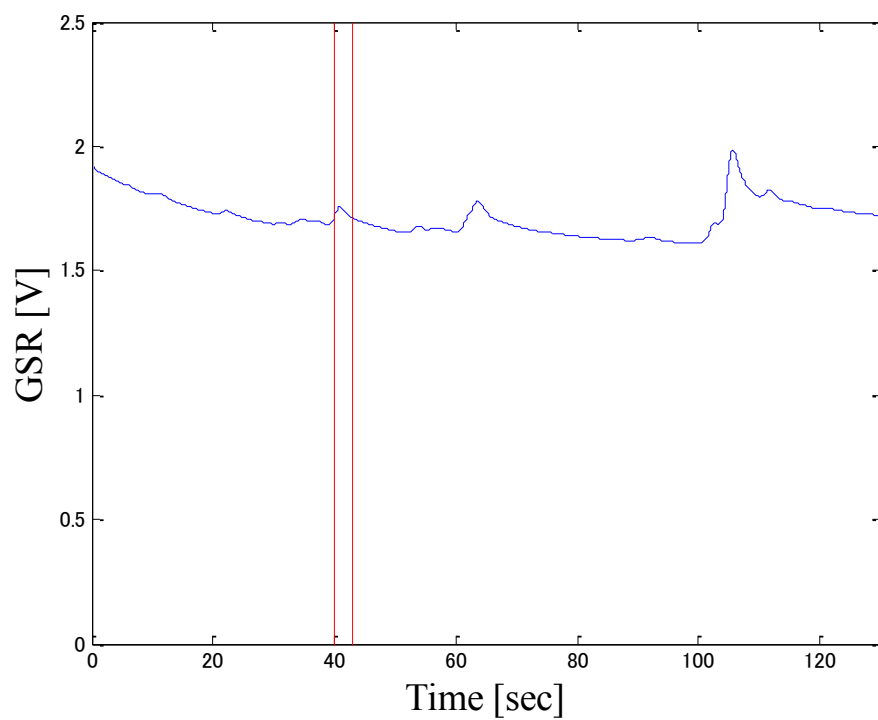
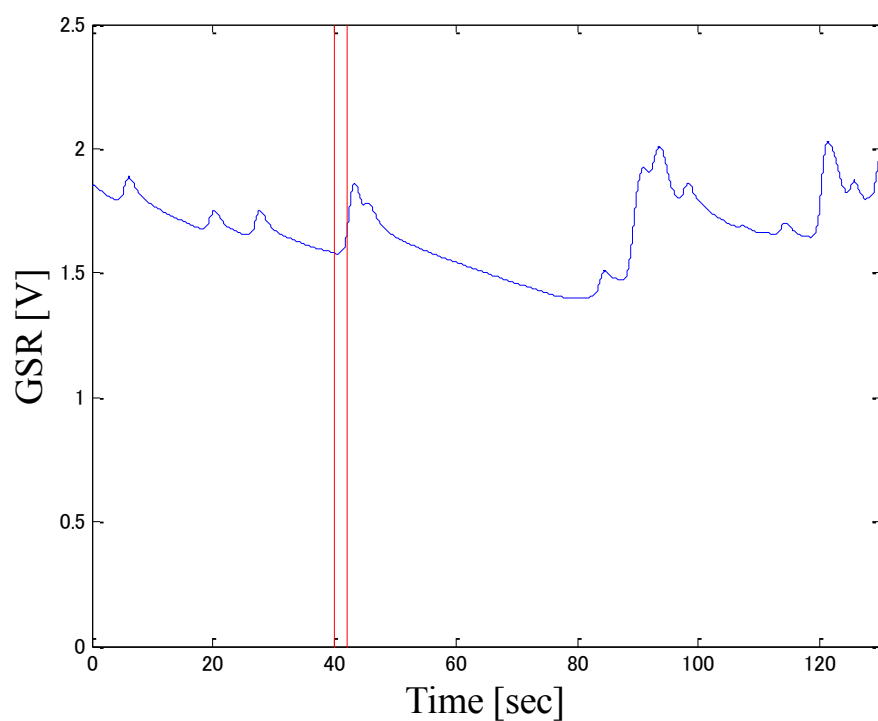
(e) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²](f) 速度 0.25[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.3.7 被験者 A の座位姿勢における GSR

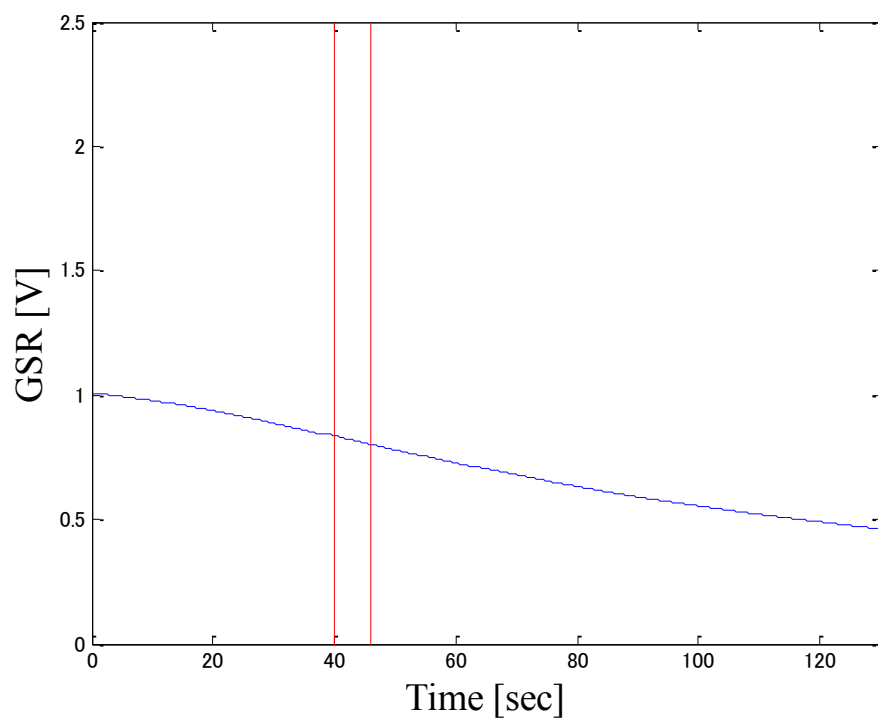
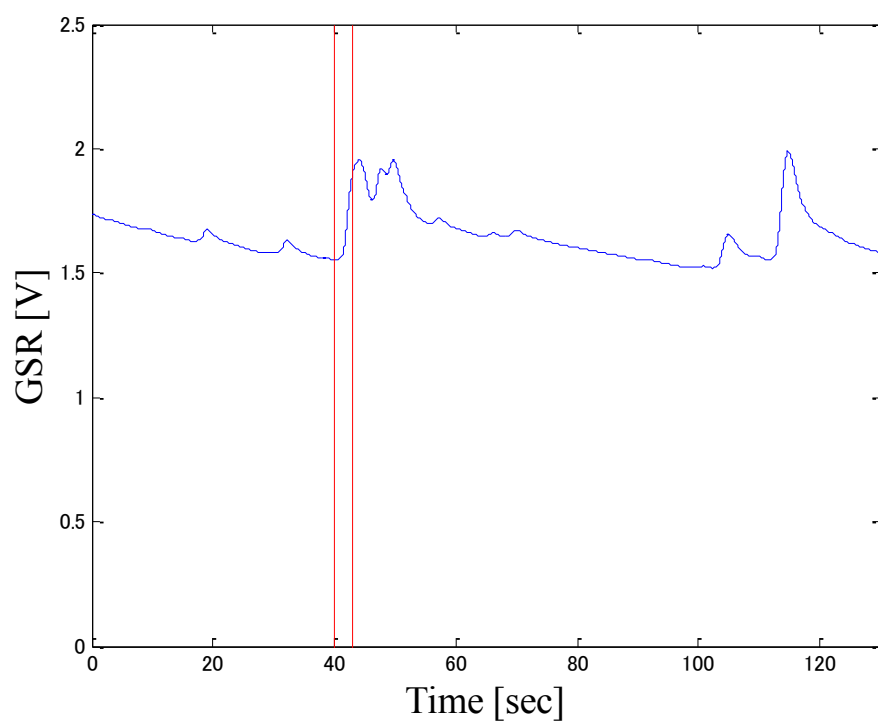
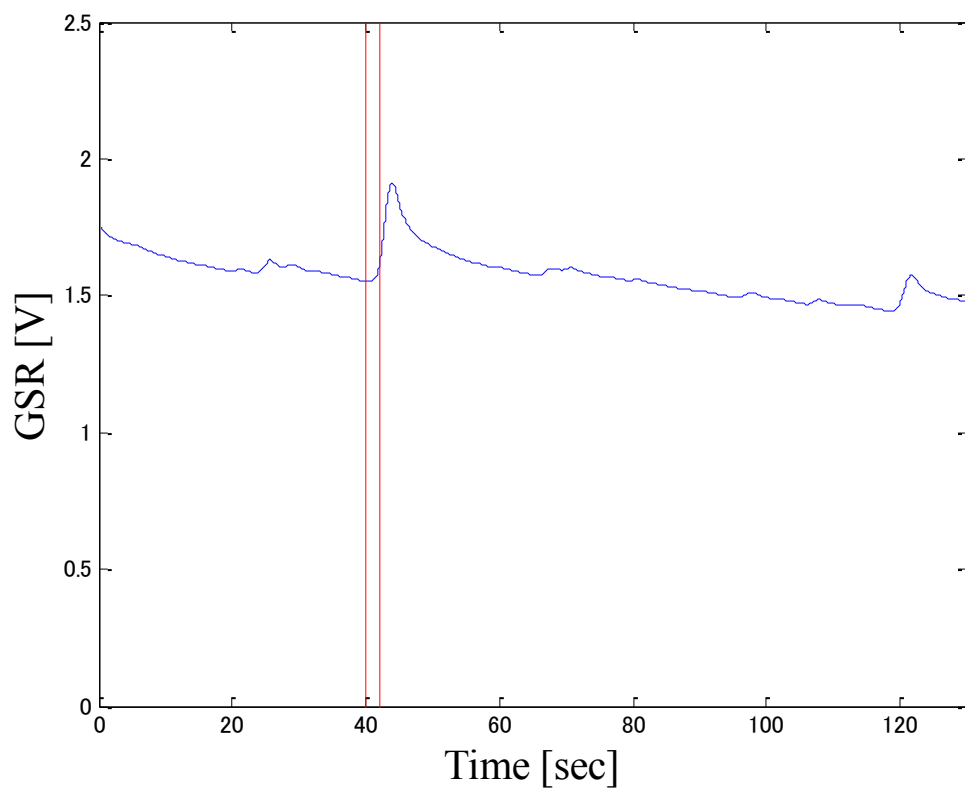
(g) 速度 0.05[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²](h) 速度 0.15[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²]

Fig.3.7 被験者 A の座位姿勢における GSR



(i) 速度 0.25[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²]

Fig.3.7 被験者 A の座位姿勢における GSR

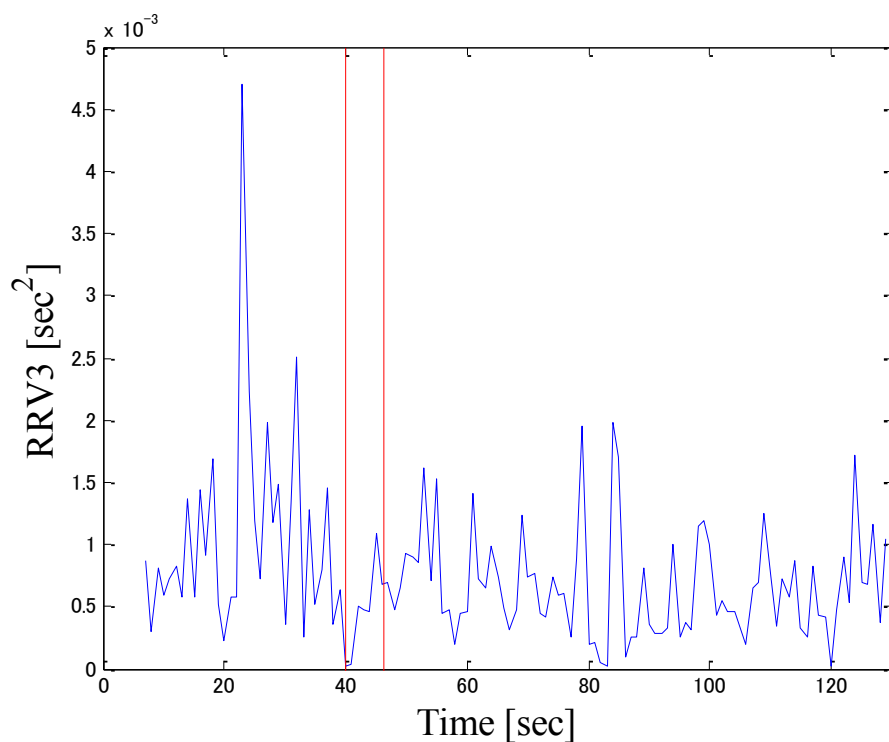
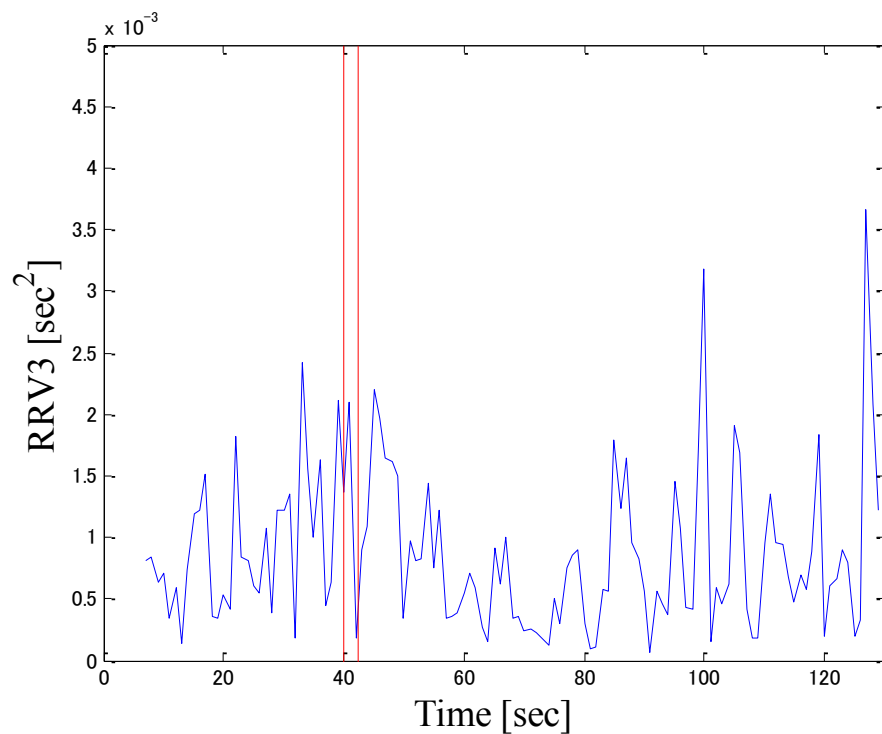
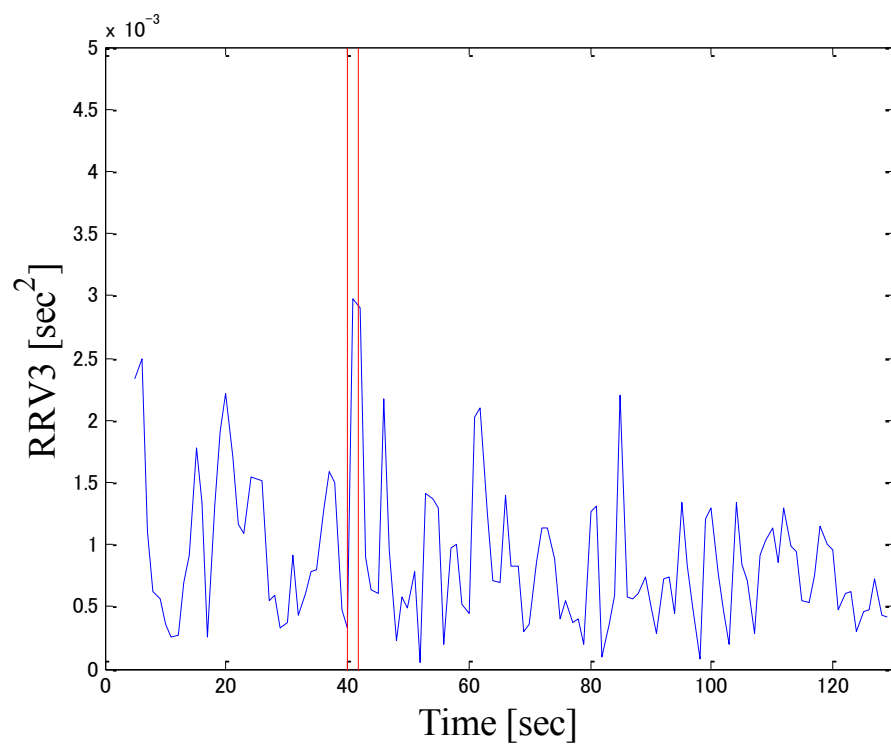
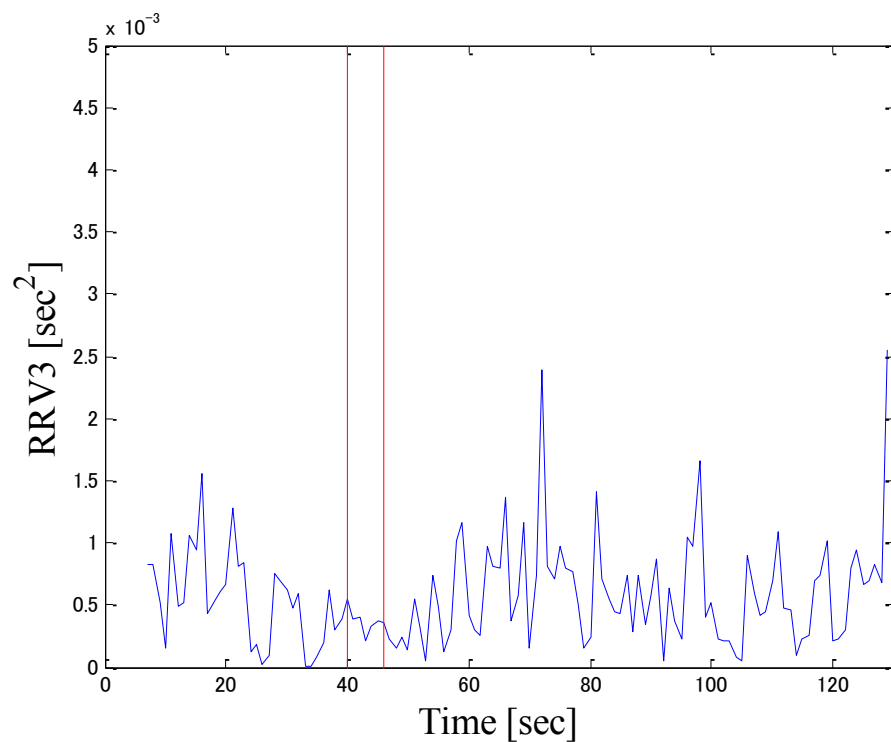
(a) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](b) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²]

Fig.3.8 被験者 A の座位姿勢における RRV3



(c) 速度 0.25[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²]



(d) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.3.8 被験者 A の座位姿勢における RRV3

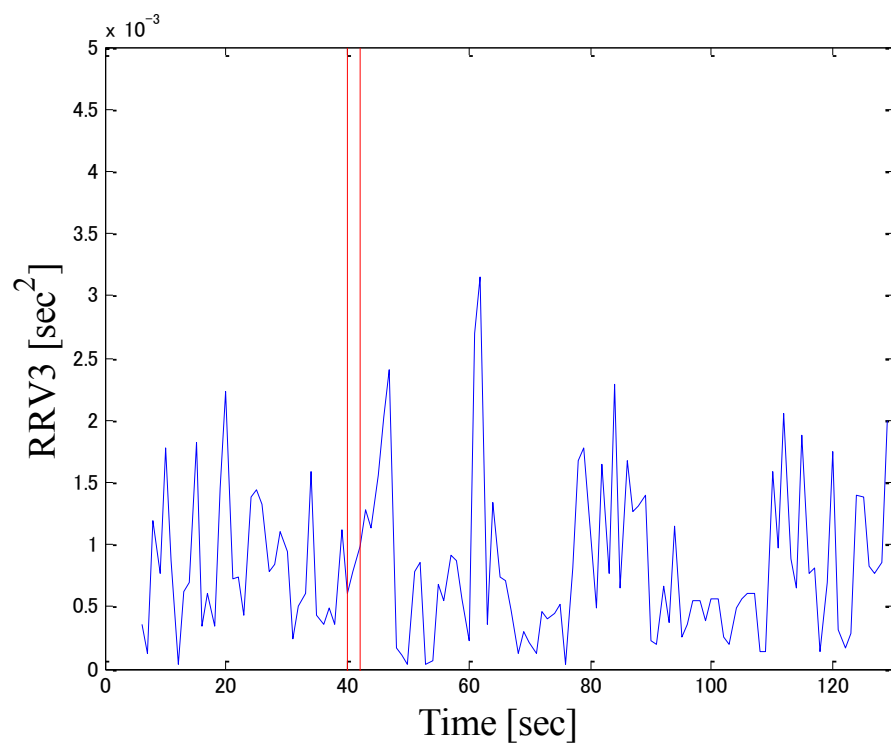
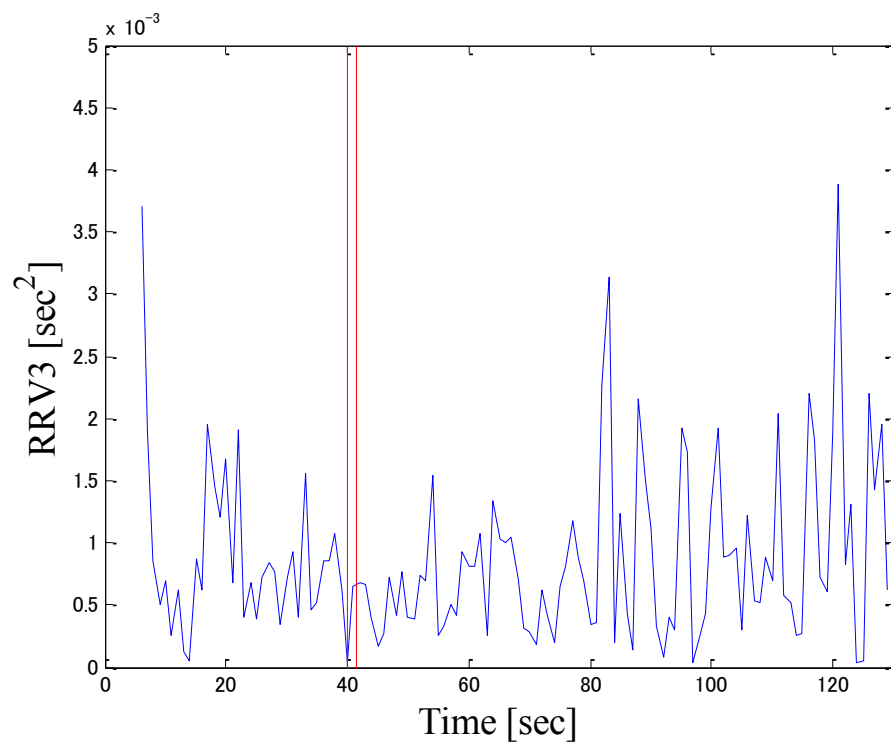
(e) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²](f) 速度 0.25[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.3.8 被験者 A の座位姿勢における RRV3

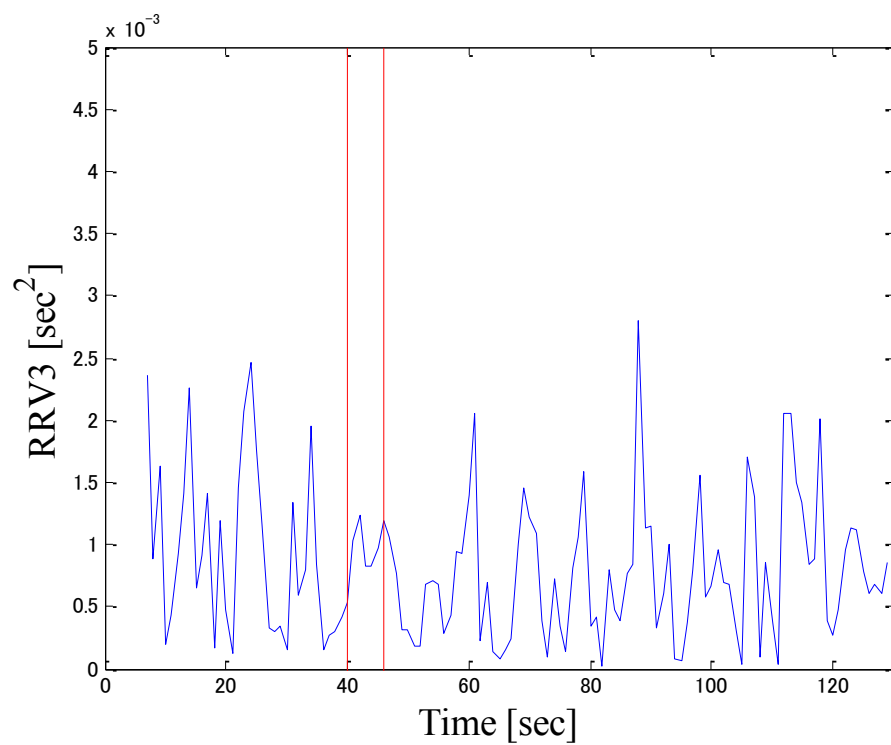
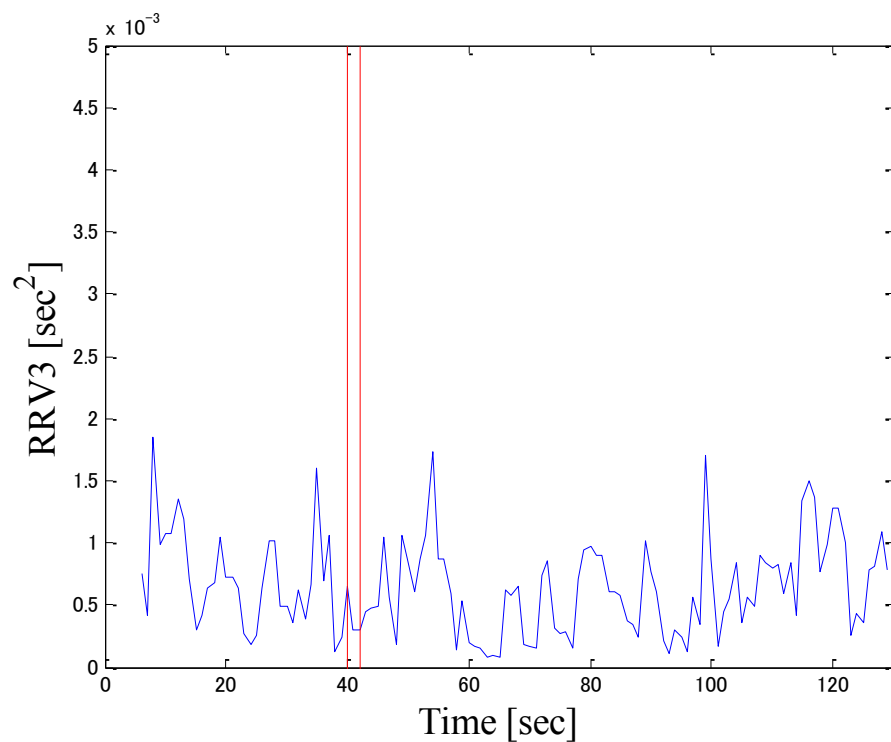
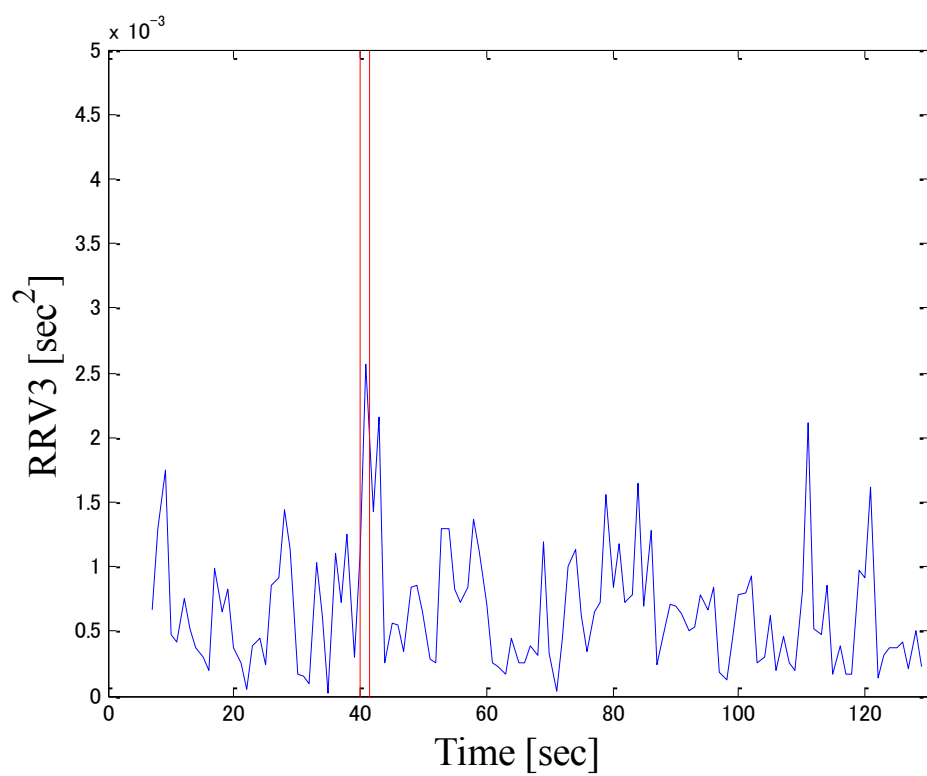
(g) 速度 0.05[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²](h) 速度 0.15[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²]

Fig.3.8 被験者 A の座位姿勢における RRV3



(i) 速度 0.25[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²]

Fig.3.8 被験者 A の座位姿勢における RRV3

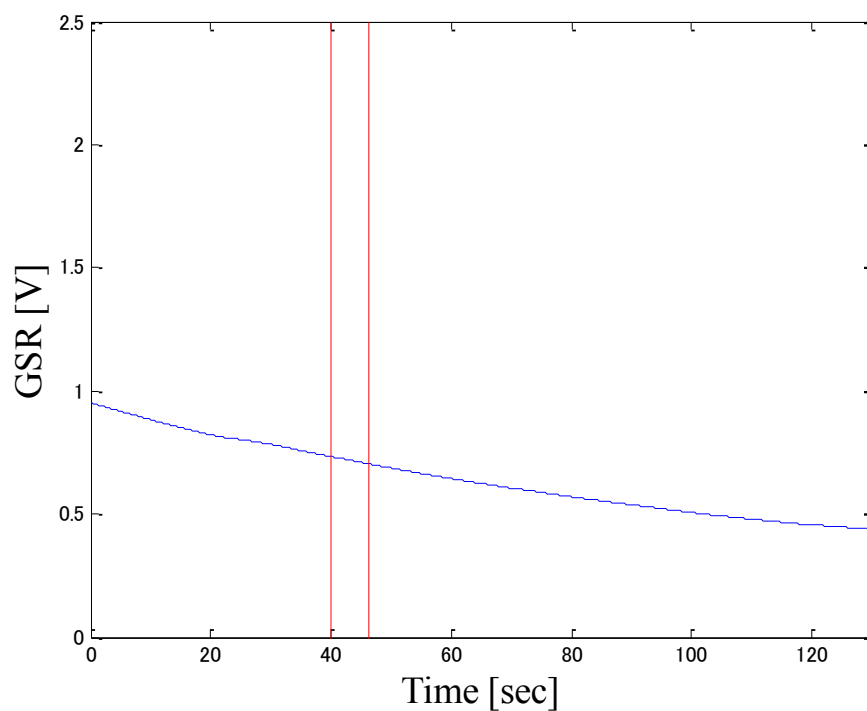
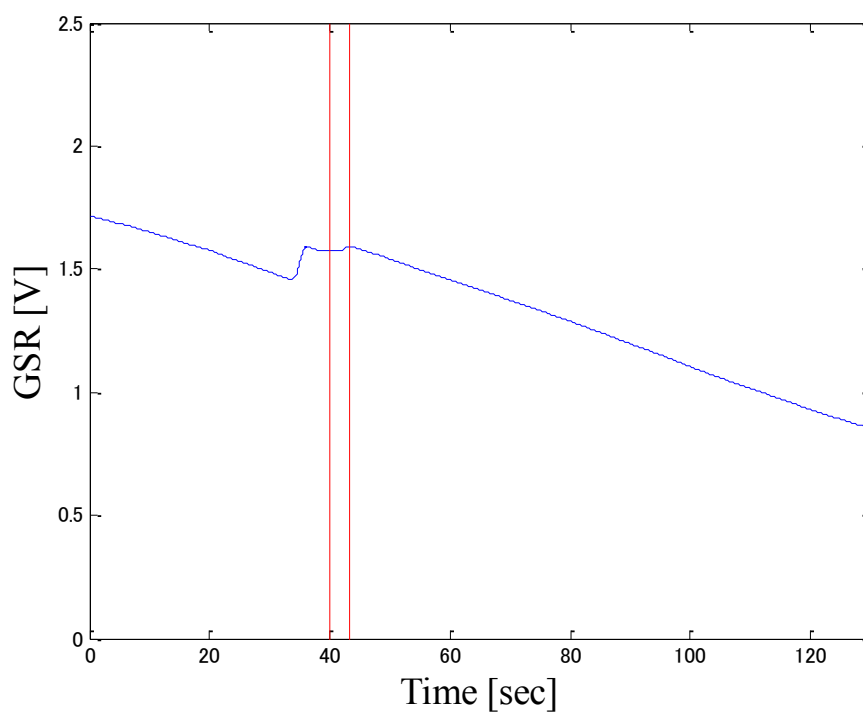
(a) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](b) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²]

Fig.3.9 被験者 A の仰臥位姿勢における GSR

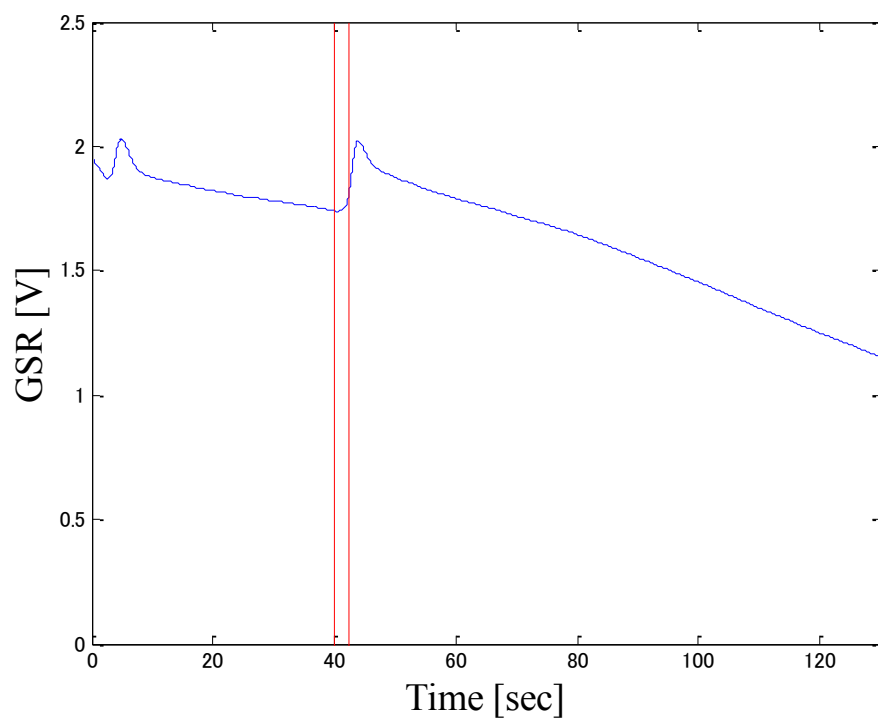
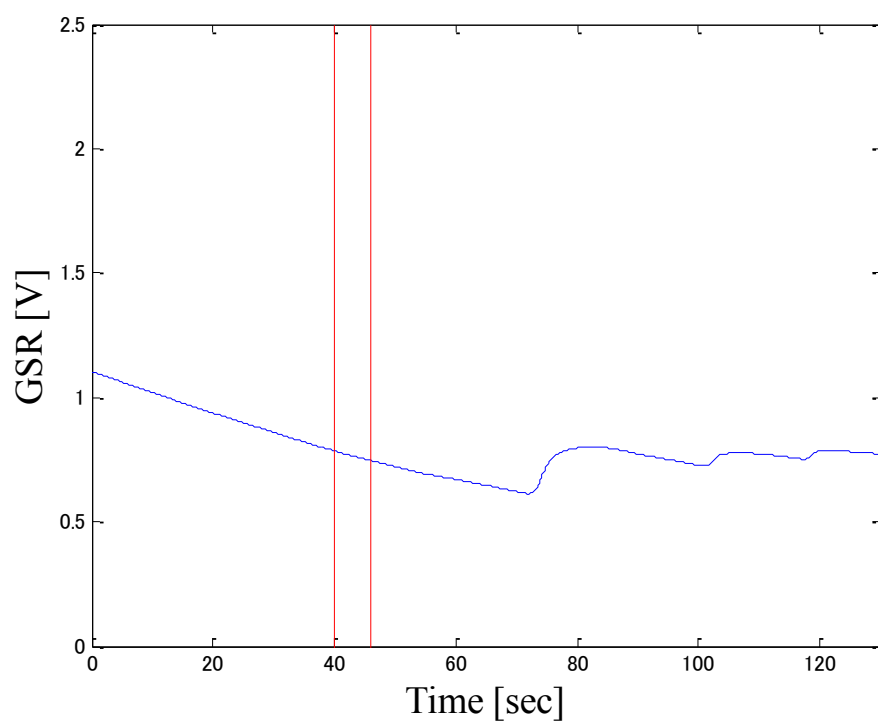
(c) 速度 0.25[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](d) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.3.9 被験者 A の仰臥位姿勢における GSR

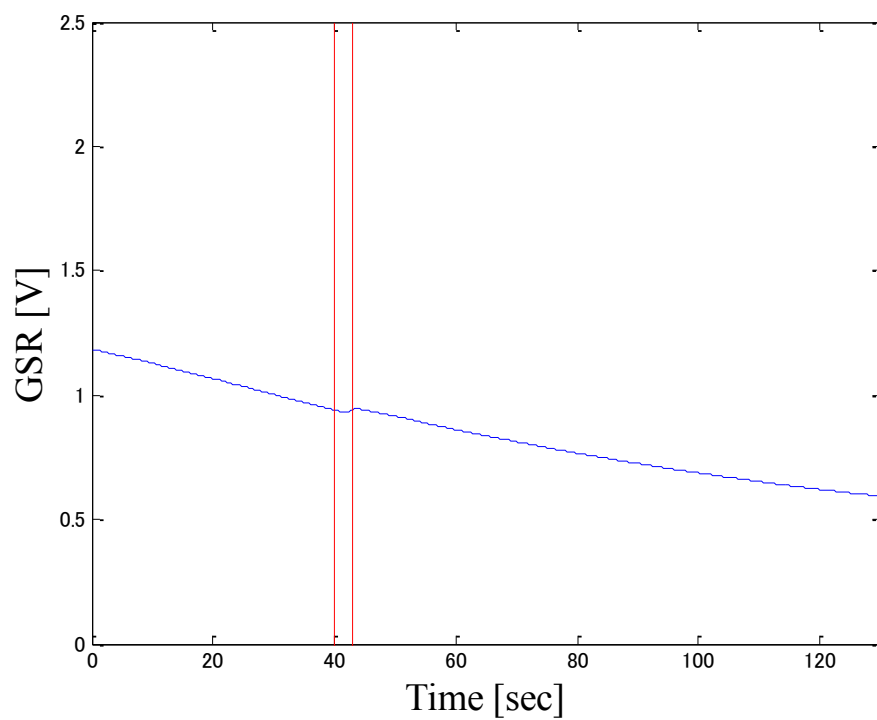
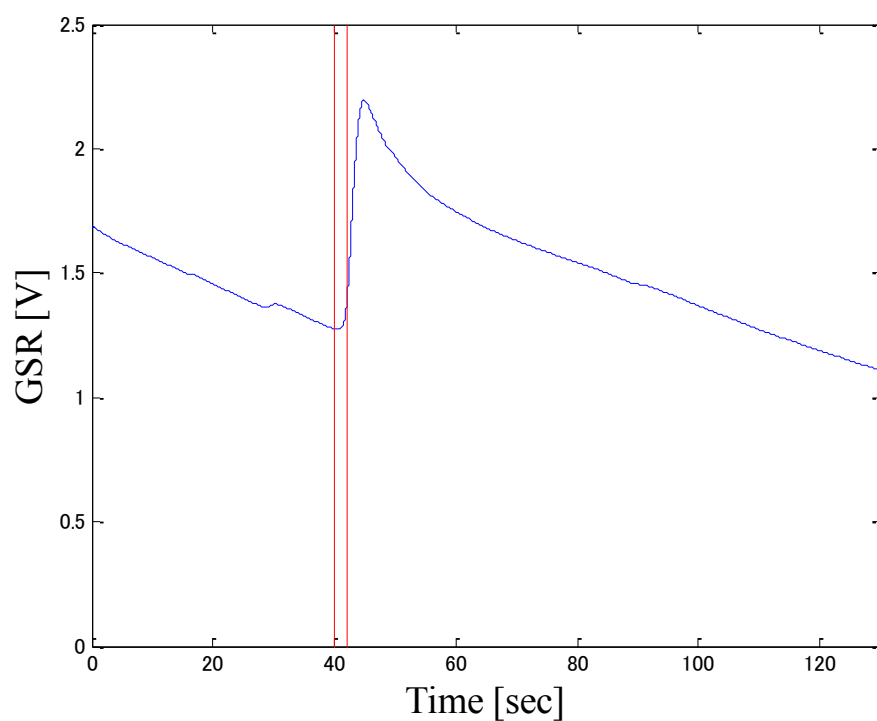
(e) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²](f) 速度 0.25[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.3.9 被験者 A の仰臥位姿勢における GSR

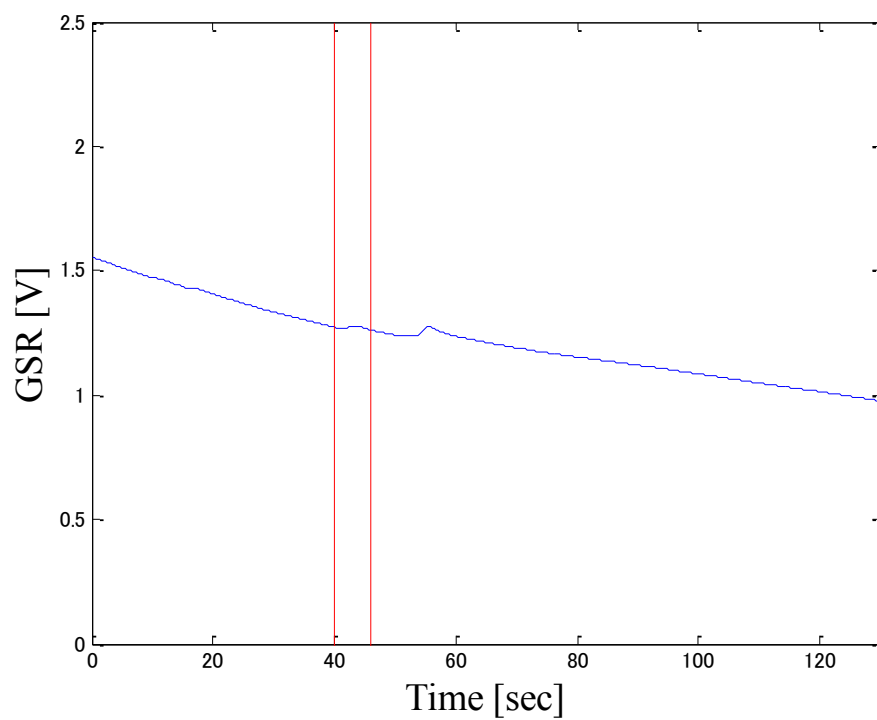
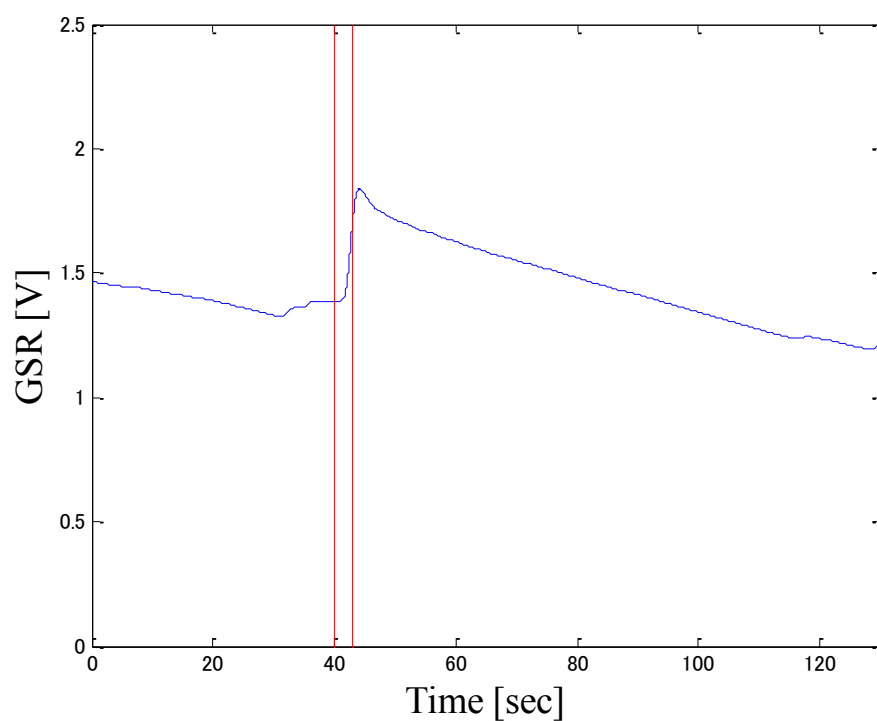
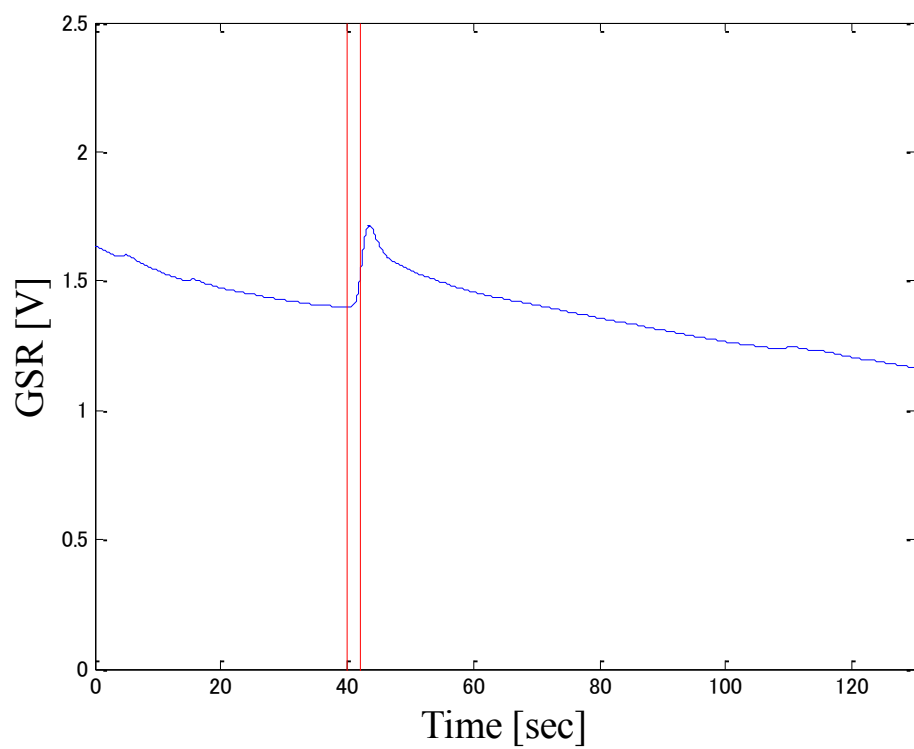
(g) 速度 0.05[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²](h) 速度 0.15[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²]

Fig.3.9 被験者 A の仰臥位姿勢における GSR



(i) 速度 0.25[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²]

Fig.3.9 被験者 A の仰臥位姿勢における GSR

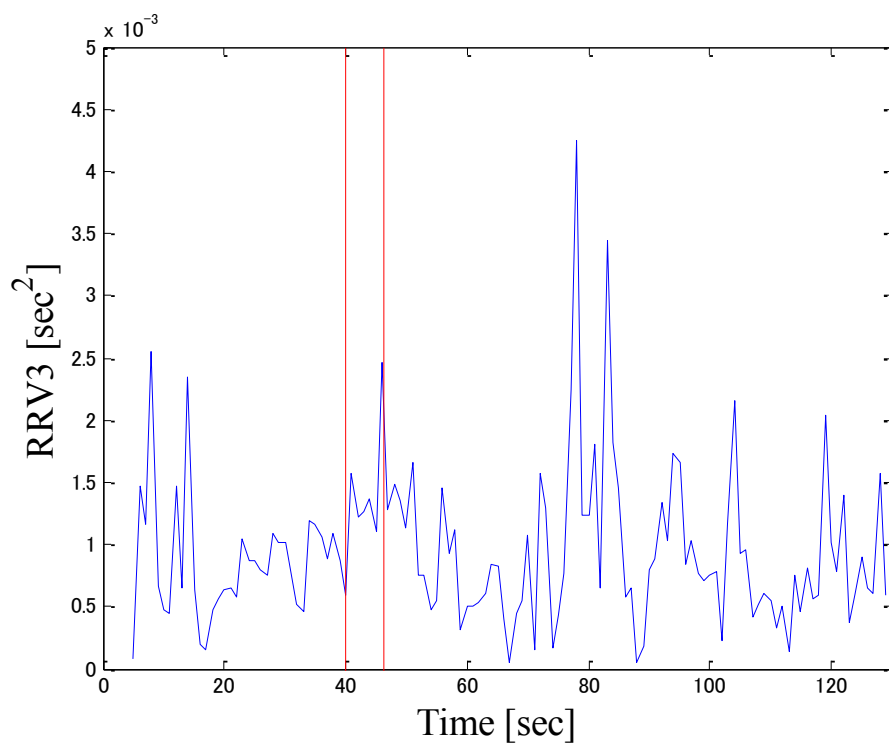
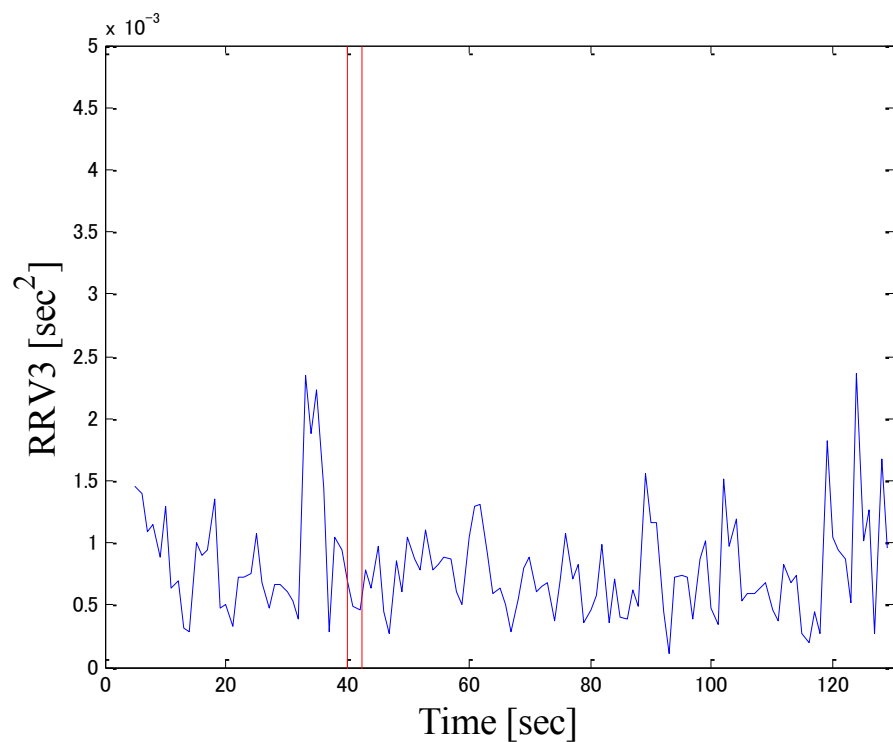
(a) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](b) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²]

Fig.3.10 被験者 A の仰臥位姿勢における RRV3

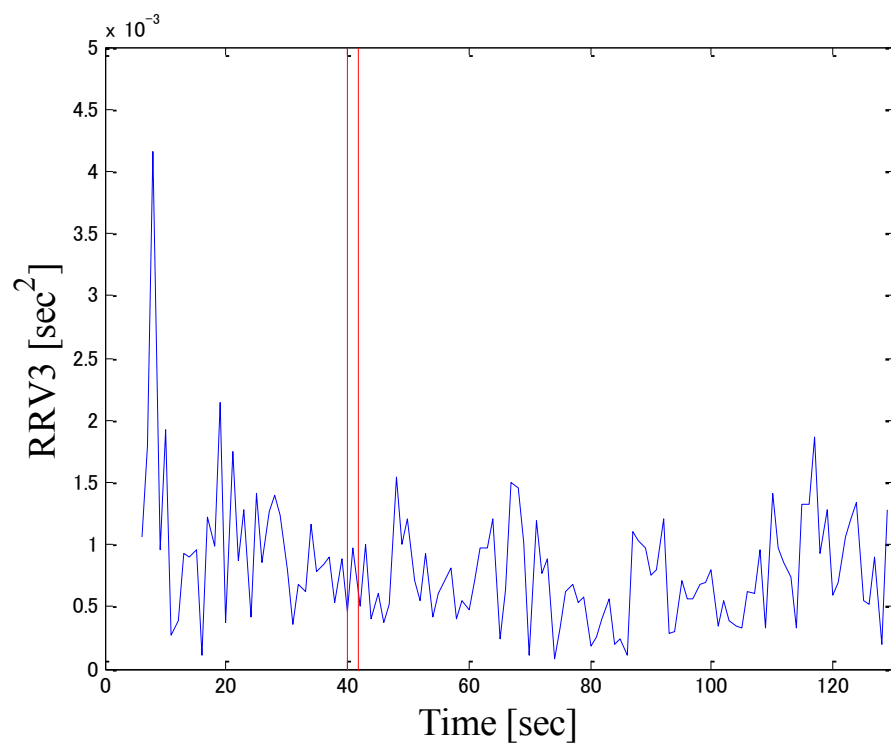
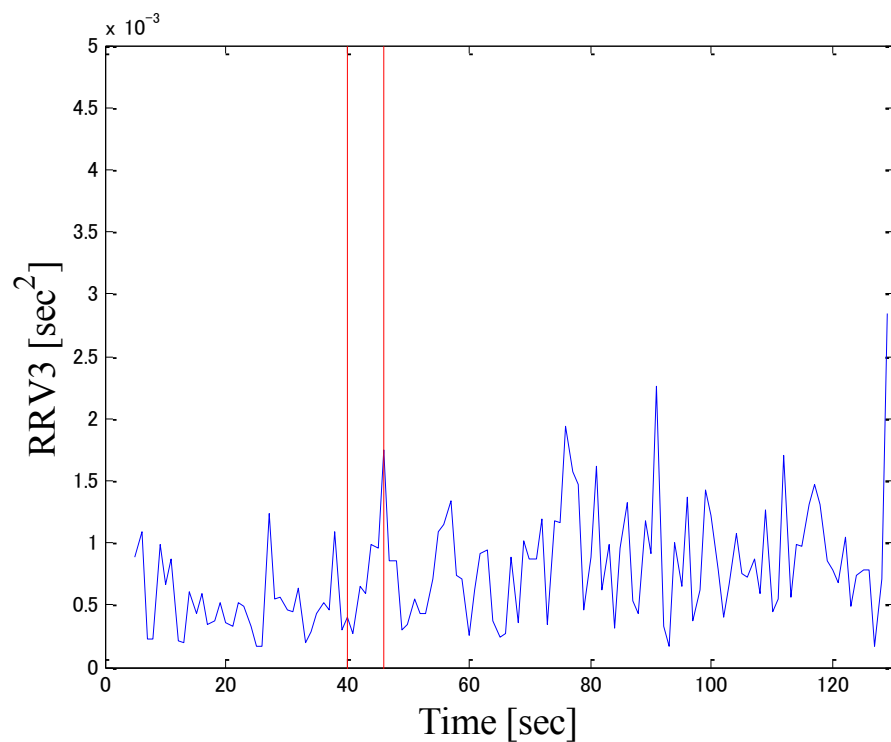
(c) 速度 0.25[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](d) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.3.10 被験者 A の仰臥位姿勢における RRV3

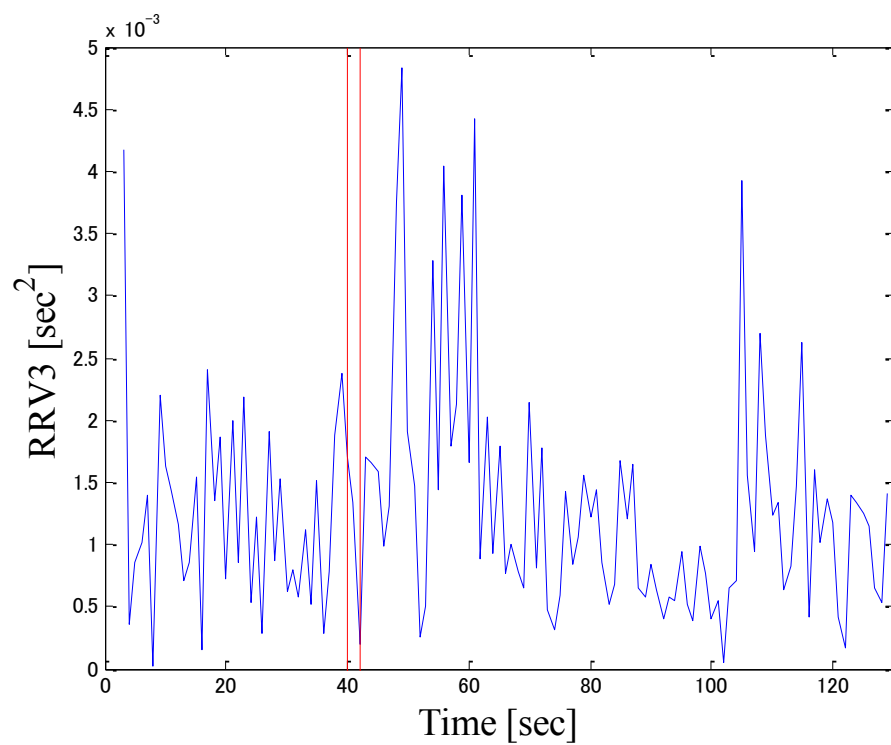
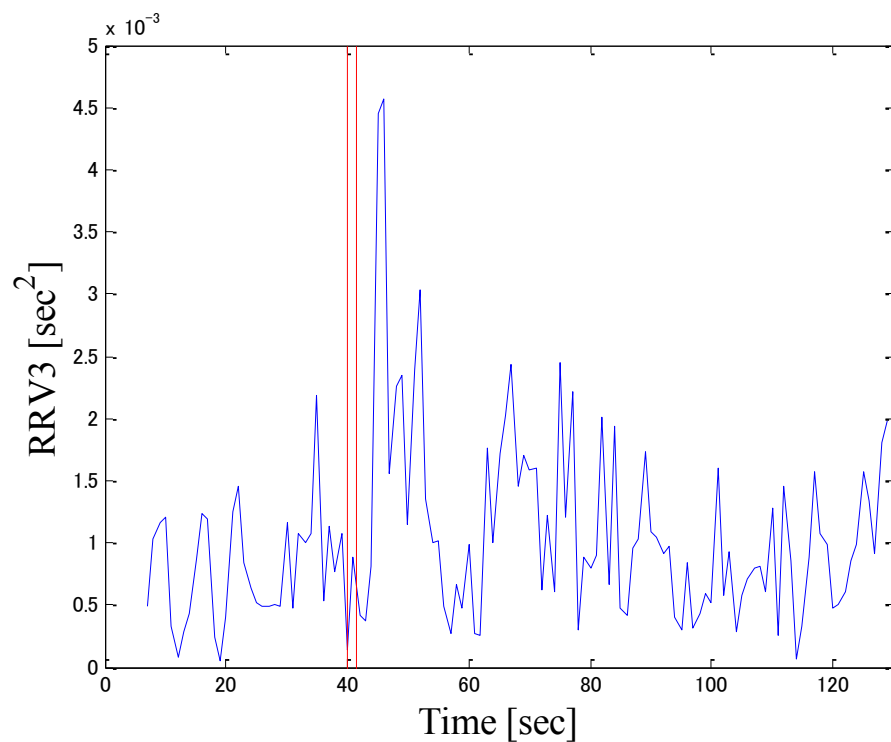
(e) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²](f) 速度 0.25[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.3.10 被験者 A の仰臥位姿勢における RRV3

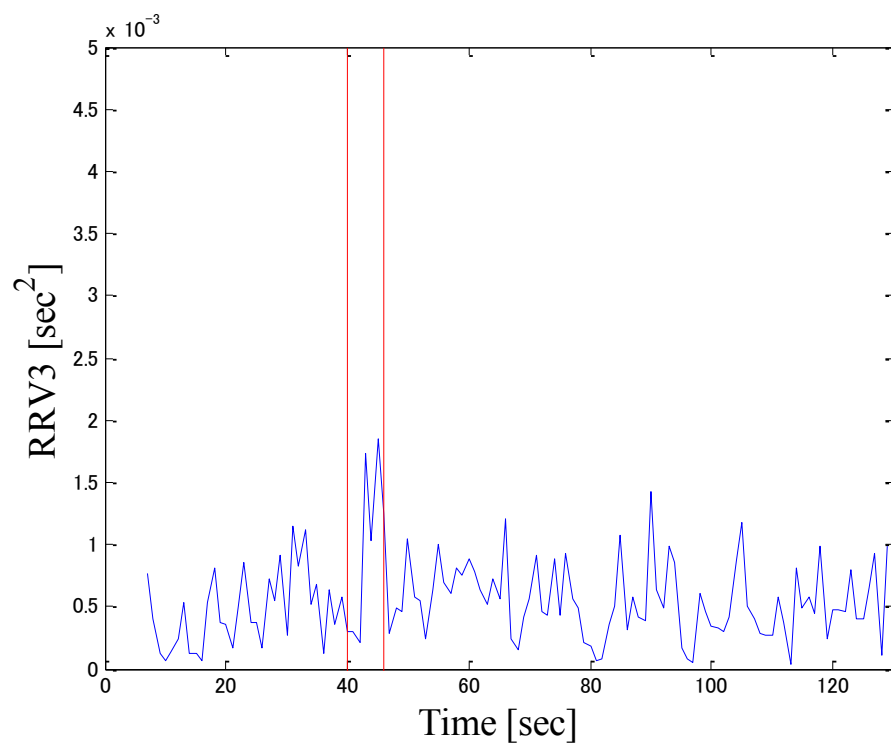
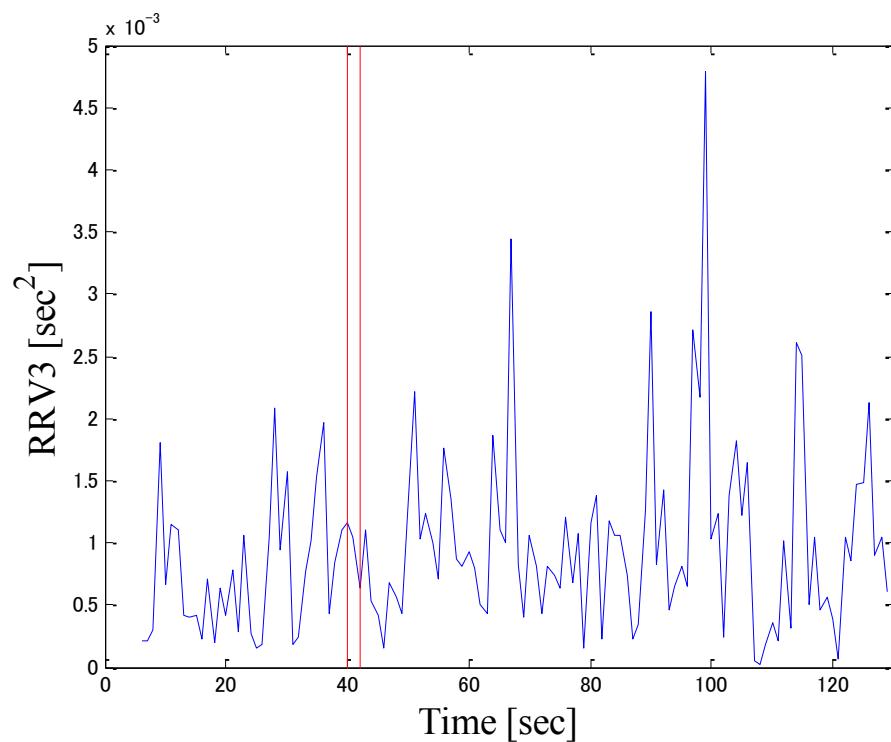
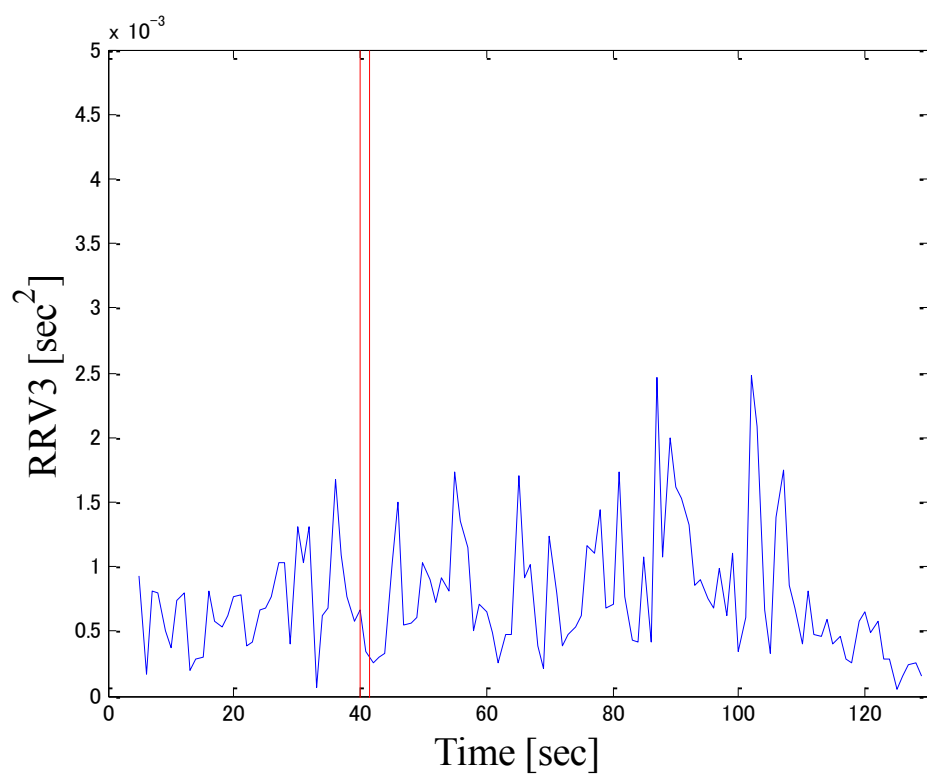
(g) 速度 0.05[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²](h) 速度 0.15[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²]

Fig.3.10 被験者 A の仰臥位姿勢における RRV3



(i) 速度 0.25[m/sec], 加速度 1.3 [m/sec²]

Fig.3.10 被験者 A の仰臥位姿勢における RRV3

Table 3.1 座位姿勢における各上昇パターンの正規化 GSR 増加値

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Seating positon	
		Average [V]	Standard deviation
0.40	0.05	0.102	0.142
	0.15	0.210	0.251
	0.25	0.426	0.344
0.85	0.05	0.103	0.165
	0.15	0.309	0.294
	0.25	0.572	0.314
1.30	0.05	0.116	0.168
	0.15	0.507	0.313
	0.25	0.885	0.216

Table 3.2 座位姿勢における各上昇パターンの RRV3 増加率

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Seating positon	
		Average [sec ²]	Standard deviation
0.40	0.05	0.064	0.132
	0.15	0.189	0.271
	0.25	0.219	0.293
0.85	0.05	0.111	0.180
	0.15	0.259	0.328
	0.25	0.549	0.412
1.30	0.05	0.113	0.216
	0.15	0.480	0.353
	0.25	0.815	0.234

Table 3.3 仰臥位姿勢における各上昇パターンの正規化 GSR 増加値

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Supine positon	
		Average [V]	Standard deviation
0.40	0.05	0.064	0.132
	0.15	0.189	0.271
	0.25	0.219	0.293
0.85	0.05	0.111	0.180
	0.15	0.259	0.328
	0.25	0.549	0.412
1.30	0.05	0.113	0.216
	0.15	0.480	0.353
	0.25	0.815	0.234

Table 3.4 仰臥位姿勢における各上昇パターンの RRV3 増加率

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Supine positon	
		Average [sec ²]	Standard deviation
0.40	0.05	0.819	0.118
	0.15	0.913	0.079
	0.25	0.935	0.114
0.85	0.05	0.808	0.091
	0.15	0.742	0.136
	0.25	0.869	0.089
1.30	0.05	0.801	0.127
	0.15	0.807	0.136
	0.25	0.823	0.109

Table 3.5 座位姿勢における各上昇パターンの驚き度合い

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Seating positon	
		Average [-]	Standard deviation
0.40	0.05	1.37	0.74
	0.15	2.27	0.83
	0.25	2.60	0.73
0.85	0.05	1.57	1.04
	0.15	2.57	0.70
	0.25	3.43	0.75
1.30	0.05	1.43	0.70
	0.15	2.93	0.78
	0.25	4.10	0.64

Table 3.6 座位姿勢における各上昇パターンの緊張度合い

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Seating positon	
		Average [-]	Standard deviation
0.40	0.05	1.23	0.59
	0.15	1.70	0.67
	0.25	2.13	0.83
0.85	0.05	1.33	0.56
	0.15	2.03	0.73
	0.25	2.70	0.81
1.30	0.05	1.40	0.50
	0.15	2.17	0.82
	0.25	3.33	0.93

Table 3.7 仰臥位姿勢における各上昇パターンの驚き度合い

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Supine positon	
		Average [-]	Standard deviation
0.40	0.05	1.20	0.42
	0.15	2.33	0.74
	0.25	2.67	0.59
0.85	0.05	1.53	0.70
	0.15	2.87	0.62
	0.25	3.63	0.73
1.30	0.05	1.53	0.64
	0.15	3.40	0.85
	0.25	4.33	0.75

Table 3.8 仰臥位姿勢における各上昇パターンの緊張度合い

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Supine positon	
		Average [-]	Standard deviation
0.40	0.05	1.37	0.57
	0.15	1.97	0.88
	0.25	2.37	0.69
0.85	0.05	1.37	0.64
	0.15	2.10	0.72
	0.25	2.93	0.98
1.30	0.05	1.30	0.48
	0.15	2.57	0.93
	0.25	3.33	0.97

3.3 統計解析

3.2 節における実験結果に有意差があるかを確認するため、分散分析にて有意検定を行う^{[22][23]}。正規化 GSR 増加値、RRV3 増加率、驚きのアンケート、緊張のアンケートのそれぞれが姿勢と速度と加速度の影響を受けているかを調べるために三元配置分散分析を行い、交互作用の有無を確認する。有意差があれば多重比較を行う。三元配置分散分析により得られた有意確率を Table 3.9 に示す。赤字で記された有意確率は有意水準 0.01 で、青字は有意水準 0.05 で有意差を得られたことを示している。有意水準 0.01 において正規化 GSR 増加値、驚きの度合い、緊張の度合いは速度と加速度のそれぞれで有意差が得られた。また、交互作用は速度と加速度の組み合わせのみで有意水準 0.01 において有意差が得られ、有意確率を Table 3.10 に示す。これらの検定より、正規化 GSR 増加値、驚きの度合い、緊張の度合いを速度と加速度での多重比較を行う。多重比較で得られた有意確率を Table 3.11, Table 3.12 に示す。Table 3.11 は速度を要因とする有意確率、Table 3.12 は加速度を要因とする有意確率である。分散分析結果である Table 3.9～Table 3.12 に適応したものを Fig.3.11, Fig.3.12 に示す。*マークは有意差を示し、*で 0.05 水準、**で 0.01 水準の有意差が得られたことを示す。

Table 3.9 三元配置分散分析による有意確率

	Increase value normalized GSR [-]	RRV3 increase rate[-]	Surprising level[-]	Mental strain level[-]
Velocity	0.000	0.331	0.000	0.000
Acceleration	0.000	0.171	0.000	0.000
Posture	0.123	0.184	0.104	0.212

Table 3.10 速度と加速度の交互作用における有意確率

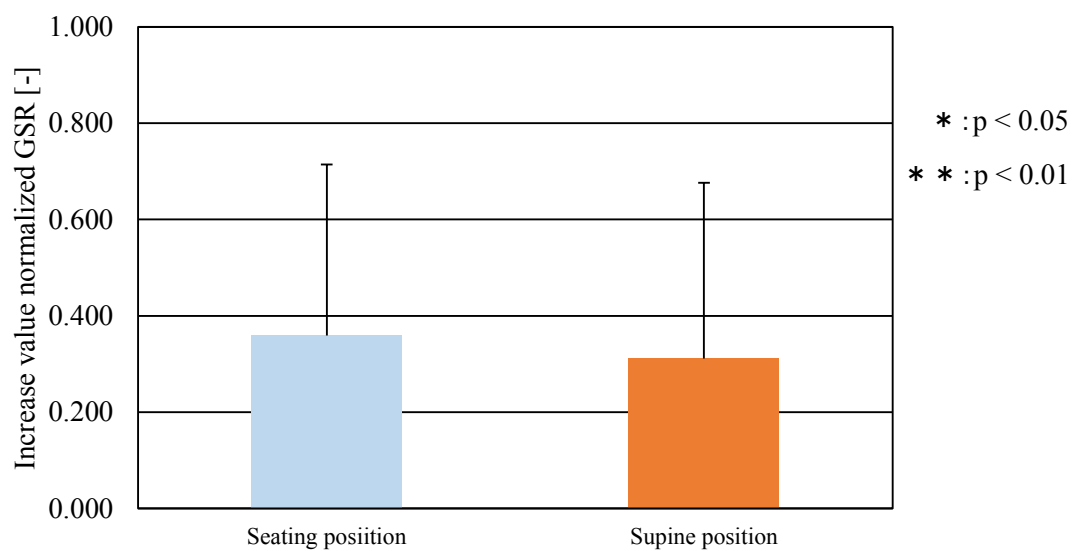
	Increase value normalized GSR [-]	RRV3 increase rate[-]	Surprising level[-]	Mental strain level[-]
Velocity × Acceleration	0.000	0.434	0.000	0.000

Table 3.11 速度を要因とする有意確率

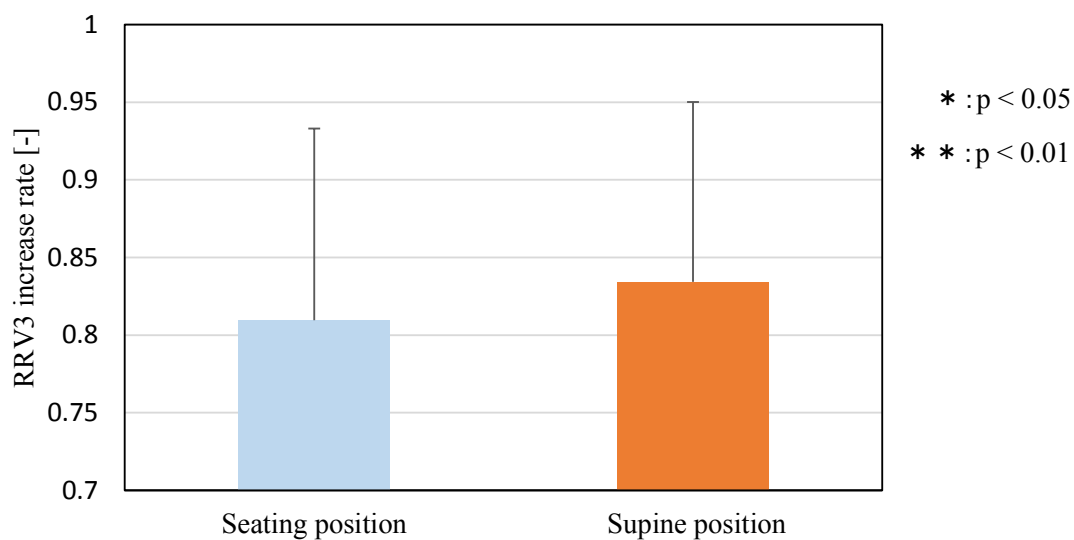
Acceleration[m/sec ²]	Velocity[m/sec]		Increase value normalized GSR [-]	Surprising level[-]	Mental strain level[-]
0.4	0.05	0.15	0.052	0.000	0.000
		0.25	0.000	0.000	0.000
	0.15	0.25	0.037	0.043	0.009
0.85	0.05	0.15	0.001	0.000	0.000
		0.25	0.000	0.000	0.000
	0.15	0.25	0.000	0.000	0.000
1.3	0.05	0.15	0.000	0.000	0.000
		0.25	0.000	0.000	0.000
	0.15	0.25	0.000	0.000	0.000

Table 3.12 加速度を要因とする有意確率

Velocity[m/sec]	Acceleration[m/sec ²]		Increase value normalized GSR [-]	Surprising level[-]	Mental strain level[-]
0.05	0.4	0.85	1.000	0.151	1.000
		1.3	1.000	0.425	1.000
	0.85	1.3	1.000	1.000	1.000
0.15	0.4	0.85	0.256	0.007	0.281
		1.3	0.000	0.000	0.000
	0.85	1.3	0.001	0.003	0.094
0.25	0.4	0.85	0.001	0.000	0.000
		1.3	0.000	0.000	0.000
	0.85	1.3	0.000	0.000	0.001

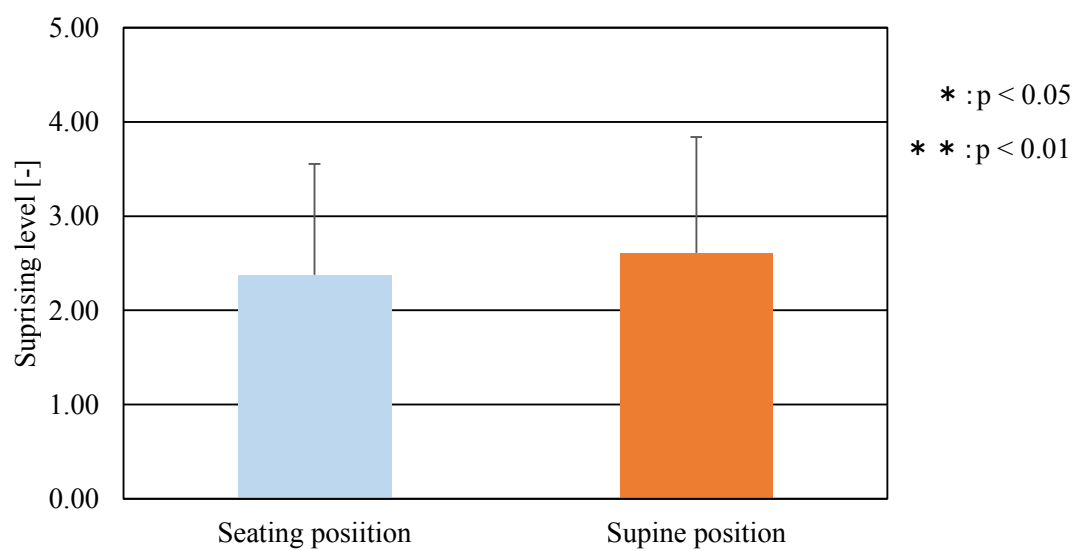


(a) 正規化 GSR 増加値による比較

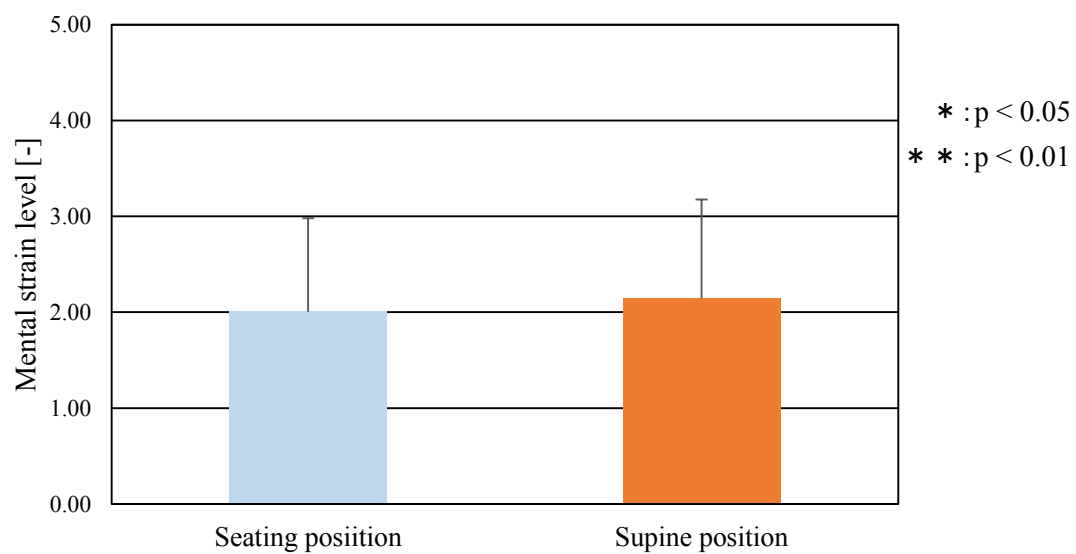


(b) RR V3 増加率による比較

Fig.3.11 姿勢間の分散分析結果

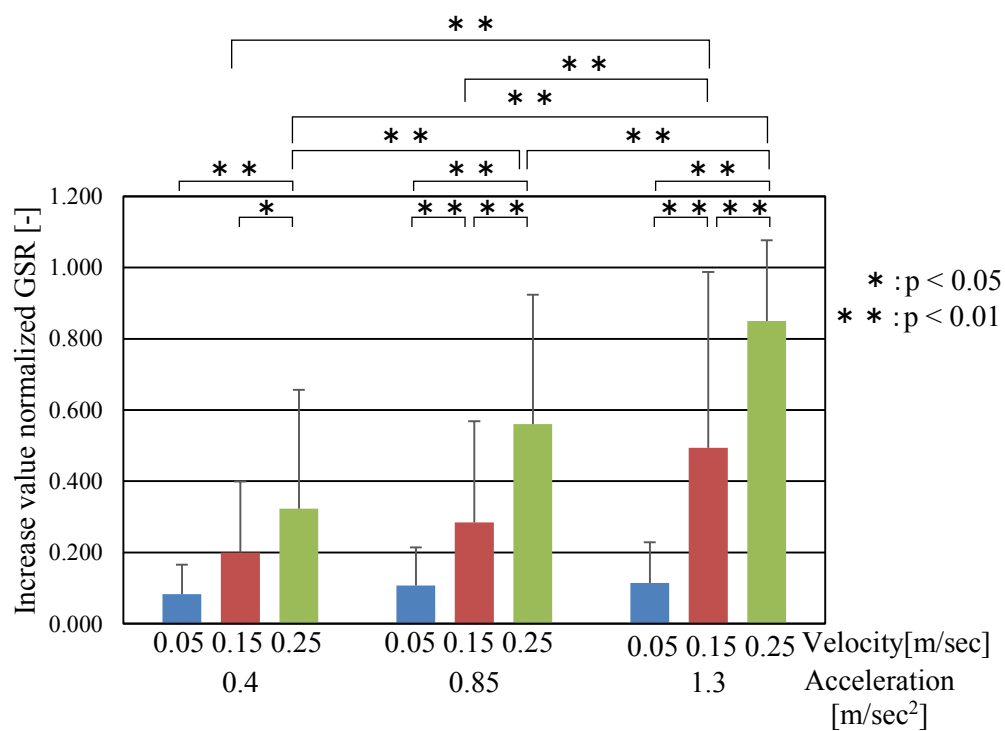


(c) アンケートの驚きによる比較

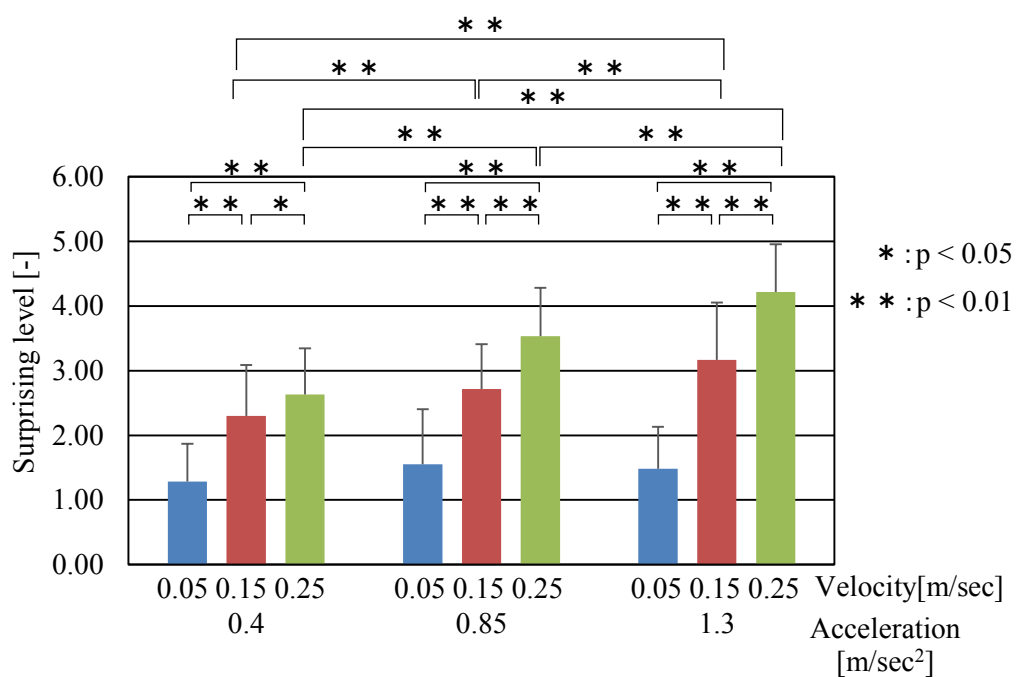


(d) アンケートの緊張による比較

Fig.3.11 姿勢間の分散分析結果

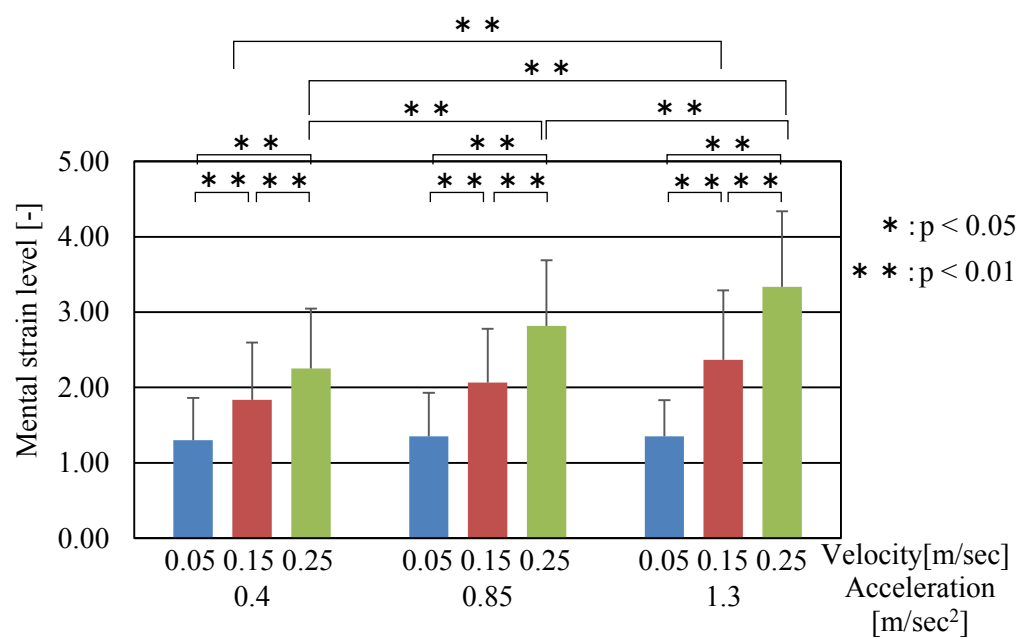


(a) 正規化 GSR 増加値による多重比較



(b) アンケートの驚きによる多重比較

Fig.3.12 速度と加速度の分散分析結果



(c) アンケートの緊張による多重比較

Fig.3.12 速度と加速度の分散分析結果

3.4 考察

3.3 節における分析結果の考察を述べる。Table 3.9 の姿勢間の有意検定において、有意差は得られなかった。このことから、姿勢による心理的負担の増減がないことが分かった。また、RRV3 増加率は速度や加速度に関しても有意差は得られず、客観的評価による緊張感の増減は見られなかった。次に、交互作用が得られた速度及び加速度の多重比較において、正規化 GSR 増加値は速度 0.05[m/sec]では加速度の影響を受けないことが分かった。また、加速度 0.4[m/sec²]における速度 0.05-0.15[m/sec]間では有意差は得られなかったが有意傾向を示し、さらに調査する必要がある。他の速度間では、速度が速くなると値が有意に大きくなる。また、驚きの度合いと緊張の度合いは加速度に関係なく速度が速くなると値が有意に大きくなる。これらの結果より速度、加速度が速くなると負担が大きくなることが分かり、速度 0.05～0.15[m/sec]付近に有意に負担が大きくなる速度があると考えられる。そこで、心理的負担に関して最適な上昇動作検討のために速度 0.05～0.15[m/sec]についての調査を行い、その報告を次章で述べる。

第4章

最適上昇速度及び加速度の検討

本章では、前章の実験結果の考察より、上昇速度及び加速度の範囲を絞り、速度と加速度が被験者に与える影響の調査から最適な動作について述べる。4.1節で実験手順と各生体信号の解析手法を、4.2節では実験結果を、4.3節では実験結果の統計解析、4.4節では解析結果の考察を述べる。

4.1 実験手法及び解析方法

4.1.1 実験手順及び条件

本実験では介護リフトの上昇速度及び加速度による被介護者の負担への影響を評価する。そこで、様々な上昇パターンにおいて、客観的評価として ECG と GSR を計測し、主観評価としてアンケート調査を行う。まず、本実験に用いる上昇パターンについて述べる。上昇パターンは前章の実験で用いた台形速度パターンとし、上昇距離は 0.3[m] と一定とする。前章の結果では速度 0.05-0.15[m/sec] において、正規化 GSR 増加値は有意傾向または有意に値が大きくなった。また、同様の速度 0.05-0.15[m/sec] において驚きの度合いと緊張の度合いは有意に大きくなった。このことから、0.05~0.15[m/sec] の範囲に有意に負担が大きくなる速度があると考えられる。よって、上昇速度は 0.05[m/sec]、0.10[m/sec]、0.15[m/sec] の 3 種類を用いる。上昇加速度は速度 0.05-0.15 間で正規 GSR 増加値が有意傾向を示した 0.4 [m/sec²]、エレベータで最も乗り心地が良いと感じる加速度である 0.85 [m/sec²] の 2 種類を用いる。これらの上昇速度と上昇加速度を組み合わせた 6 種類の上昇パターンでの実験計測を行う。実験で用いる上昇パターンの速度線図を

Fig.4.1 に示す．上から加速度 $0.4[\text{m/sec}^2]$ ， $0.85[\text{m/sec}^2]$ の速度線図である．

実験の手順として前章の実験と同様に，被験者に 2.2 節で述べた心電図用電極と皮膚電気反应用トランスデューサ，音による影響を低減する為の耳栓，介護用の吊り具を装着して座位姿勢でリフトに搭乗して計測を開始し，リフトによって被験者を吊り上げる．なお，実際の移乗の条件に近くする為に，吊り上げの 10 秒前には被験者へ吊り上げの告知を行う．吊り上げ後は姿勢を保持して計測を行い，吊り下げて計測を終了する．計測終了後に主観評価に用いるアンケートを記入してもらう．この手順を 1 つの昇降速度パターンにつき 5 回，計 30 回の計測を行う．このとき，上昇パターンの順序はランダムで被験者には告知しない．被験者は 21 歳から 23 歳の健常な男性 8 名で実験を行った．

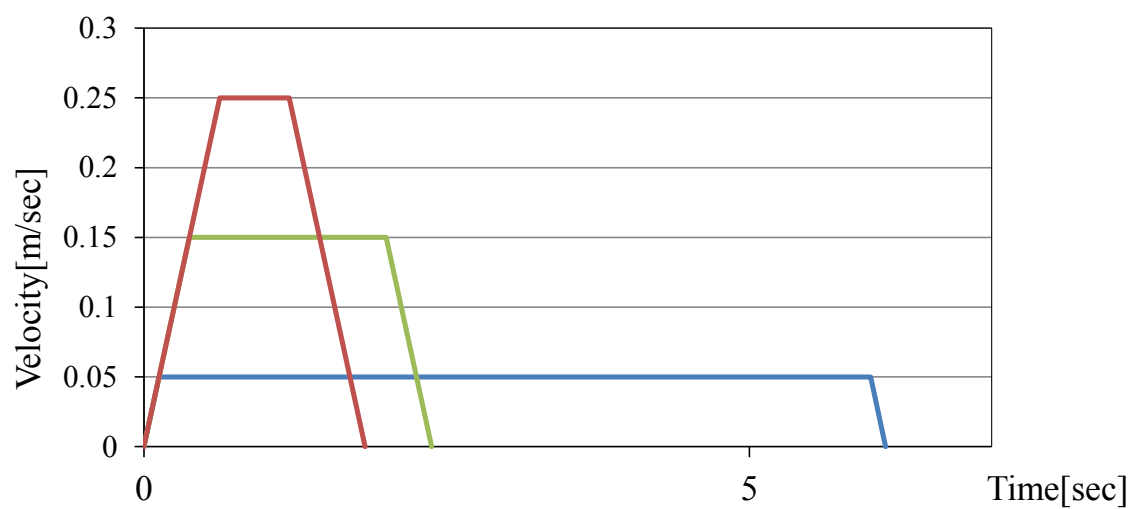
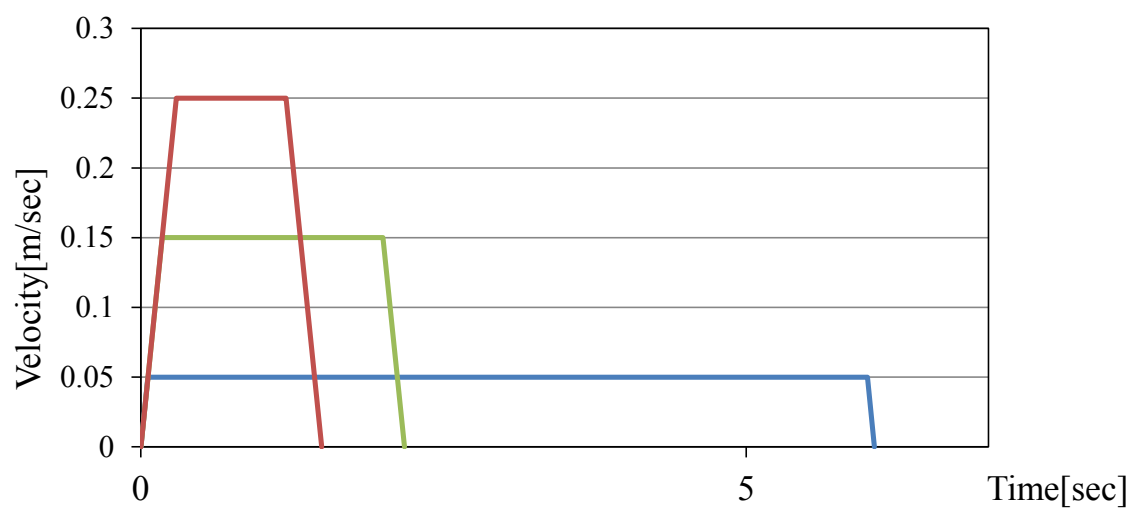
(a) 上昇加速度 0.4 m/sec^2 (b) 上昇加速度 0.85 m/sec^2

Fig4.1 上昇パターン線図

4.1.2 生体信号を用いた評価手法

客観的に被験者の心理的負担を評価する為、前章と同様に ECG と GSR を用いて評価を行う。まず、ECG を用いた評価方法について述べる。ECG は 3.1.2 節で述べた RRV3 法を用いて評価を行う。前章では RRV3 をリフト動作前後の増加率を評価に用いたが、動作前の緊張状態の影響により増加率が 1 を超えることが多く、リフト動作による緊張度合いの導出が正しく行えていない可能性がある。そこで、本実験では実験後のリラックス状態の RRV3 を計測し、この値を基準とすることでリフト動作後の緊張状態を評価する。リラックス状態の RRV3 をリフト動作時から RRV3 の 10 拍分でそれぞれ引き、この積分値をリラックス状態 10 拍分の積分値で除する事で緊張を評価する。この RRV3 法から得られたデータの計算例を Fig.4.2 に示す。縦軸は RRV3[sec²]、横軸は時間[sec]、グラフ中の赤縦線は左から吊り上げ開始時間、吊り上げ終了時間となっており黒の横線は実験後計測したリラックス状態の RRV3 平均値である。グラフ中の黒の斜線部分はリラックス状態の RRV3 をリフト動作時から RRV3 の 10 拍分でそれぞれ引き積分値したもの、黄色の部分がリラックス状態 10 拍分の積分値となっている。この黒の斜線部分の面積を黄色の部分で除した値を評価に用い、高いほど緊張状態となる。

GSR を用いた評価方法については、前章と同様に吊り上げ動作直前の 1 秒前と、吊り上げ後の最大値の差を GSR の増加値を算出する。また、1 回の実験における各上昇パターンの最大 GSR 増加値でそれぞれの GSR 増加値を除することにより正規化する。

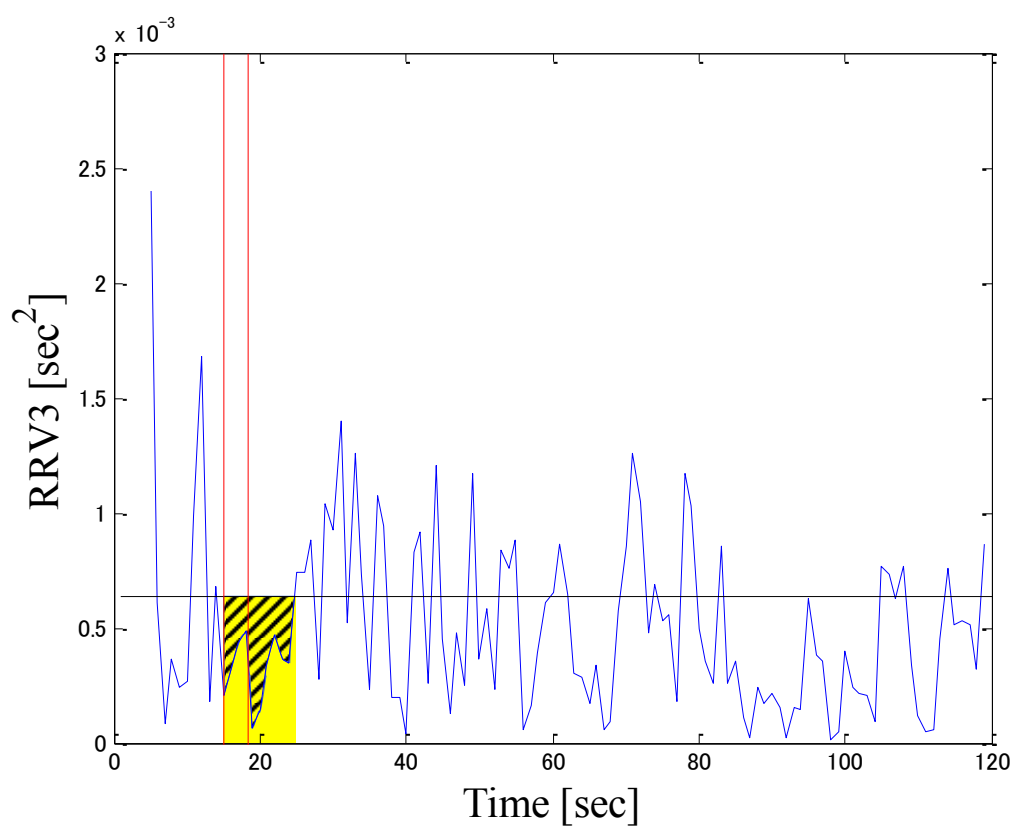


Fig.4.2 改良 RRV3 法一例

4.2 実験結果

4.1.1 項で述べた姿勢と上昇速度及び加速度の異なる上昇パターンにおける実験結果を述べる。Fig.4.3, Fig.4.4 と Table4.1～Table4.8 に実験結果を示す。Fig.4.3 , Fig.4.4 はそれぞれ被験者 A の GSR, RRV3 の上昇パターンを一試行分の結果を示す。Fig.4.3 の縦軸は GSR[V], Fig.4.4 の縦軸は RRV3[sec²], 横軸は全て計測時間[sec], グラフ中の赤縦線は左から吊り上げ開始時間, 吊り上げ終了時間となっている。図中(a)～(f)は上昇速度及び加速度を示す。Table 4.1 は被験者 A～H の各上昇パターンの正規化 GSR 増加値の平均値と標準偏差を, Table 4.2 には RRV3 法の平均値と標準偏差を示す。RRV3 増加率の平均値と標準偏差を示す。また, 各被験者には主観評価として驚きの度合いを驚かない 1 からとても驚いた 5 まで, 緊張の度合いを緊張のない 1 からとても緊張している 5 までのそれぞれ 5 段階のアンケートに記入してもらった。被験者 A～H の各上昇パターンの驚き度合いの評価平均値を Table 4.3, 各上昇パターンの緊張度合いの評価平均値を Table 4.4 に示す。

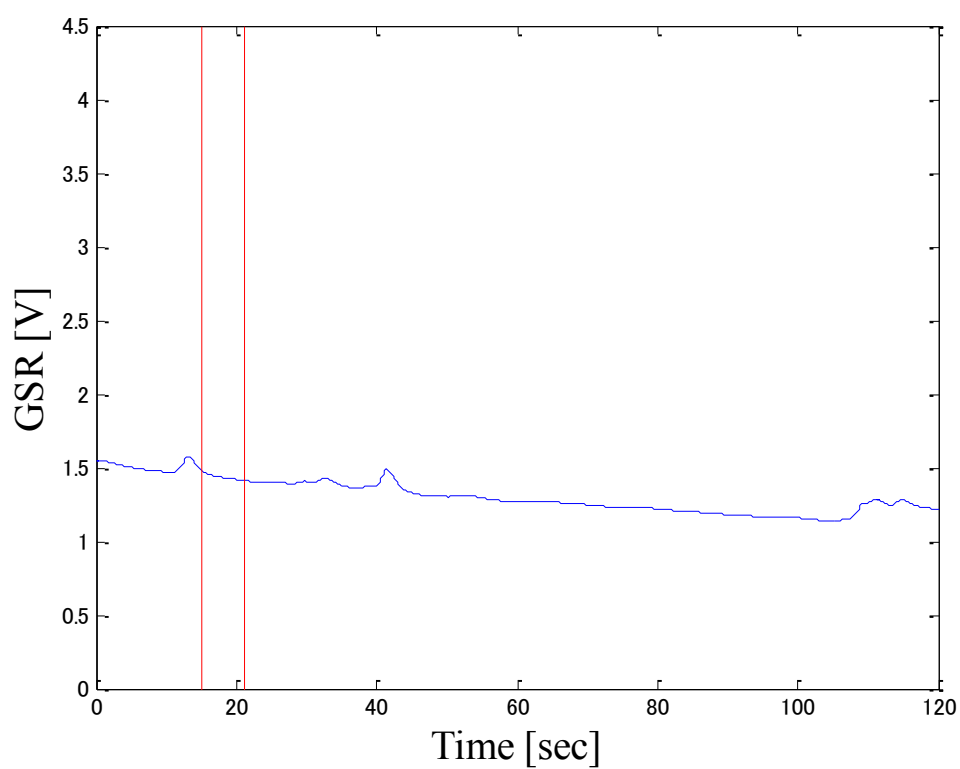
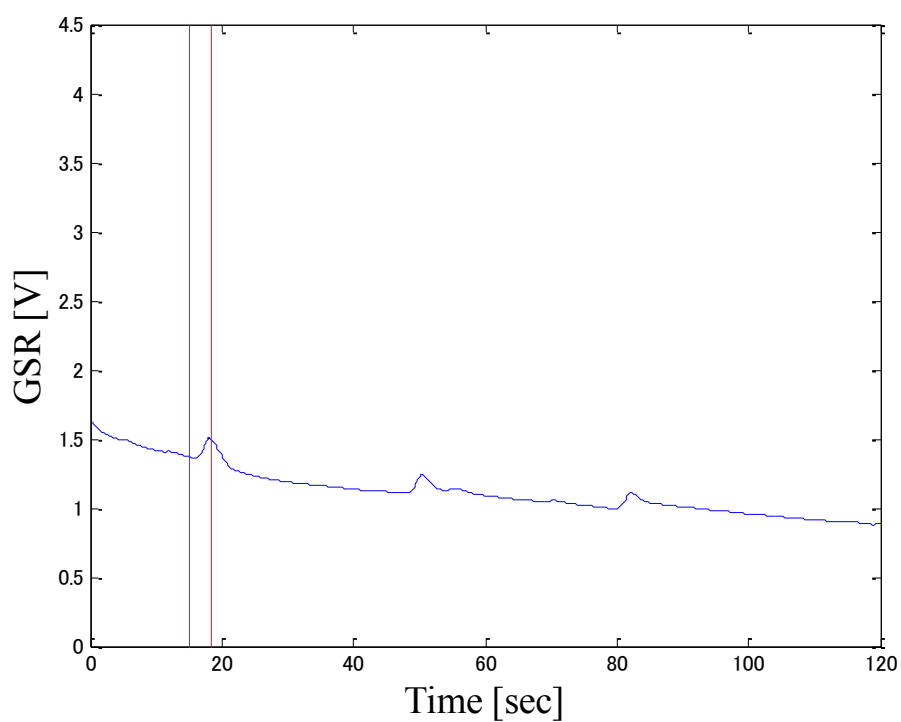
(a) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](b) 速度 0.10[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²]

Fig.4.3 被験者 A の GSR

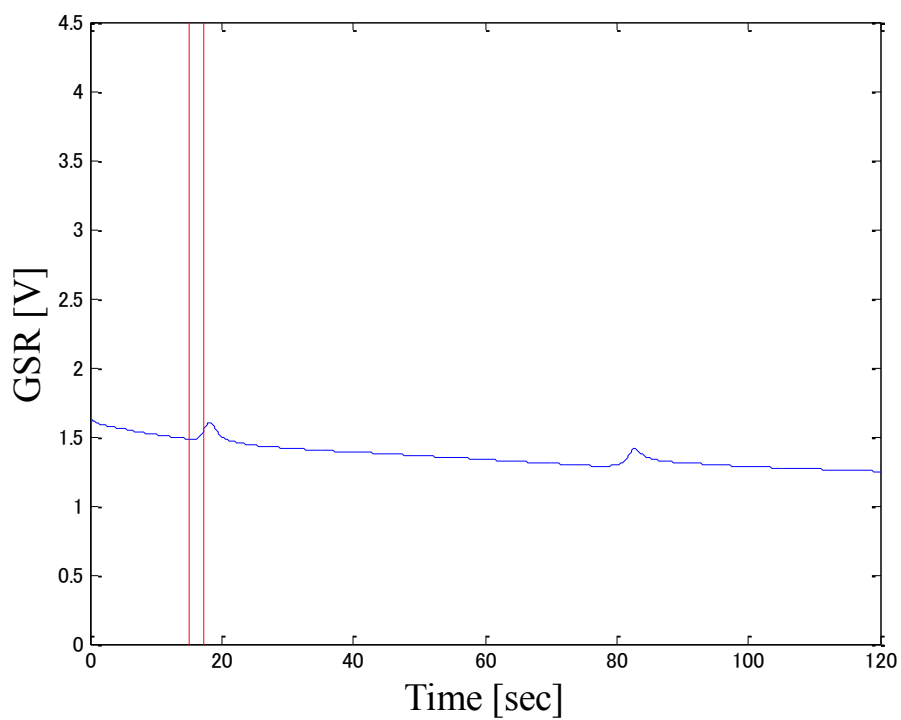
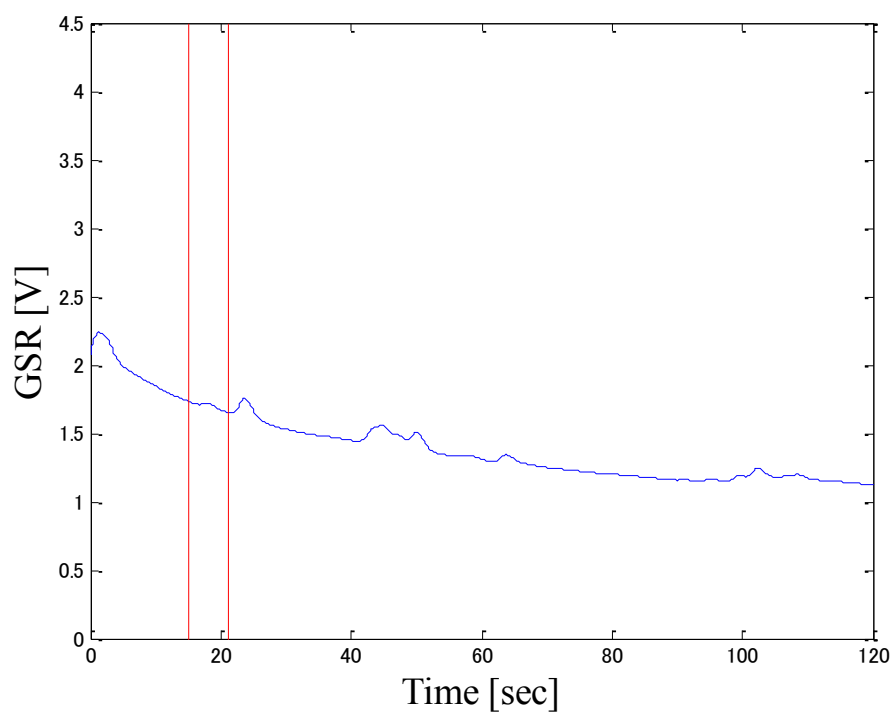
(c) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](d) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.4.3 被験者 A の GSR

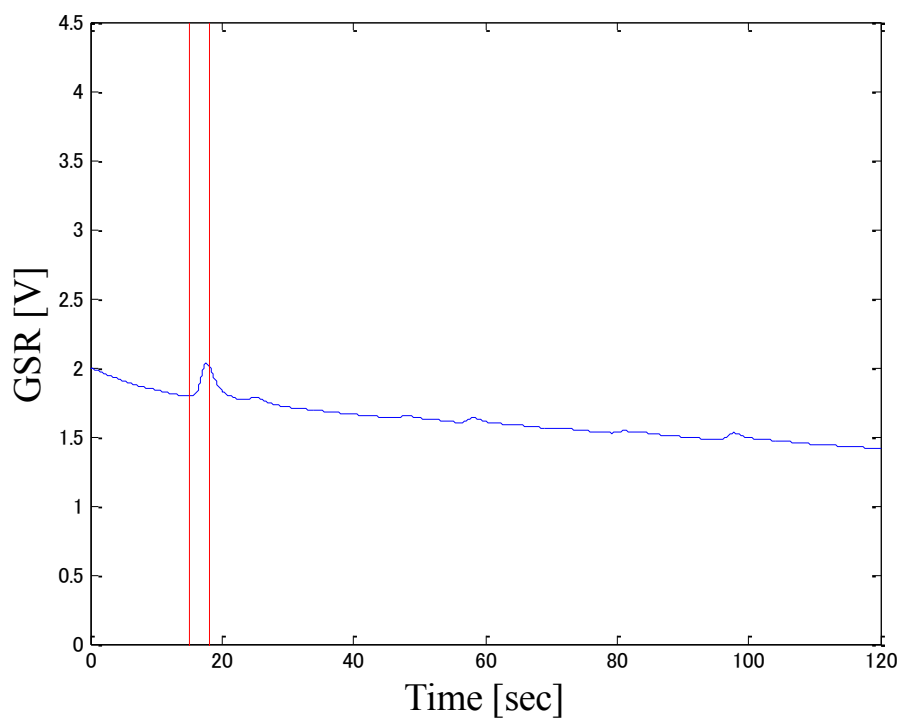
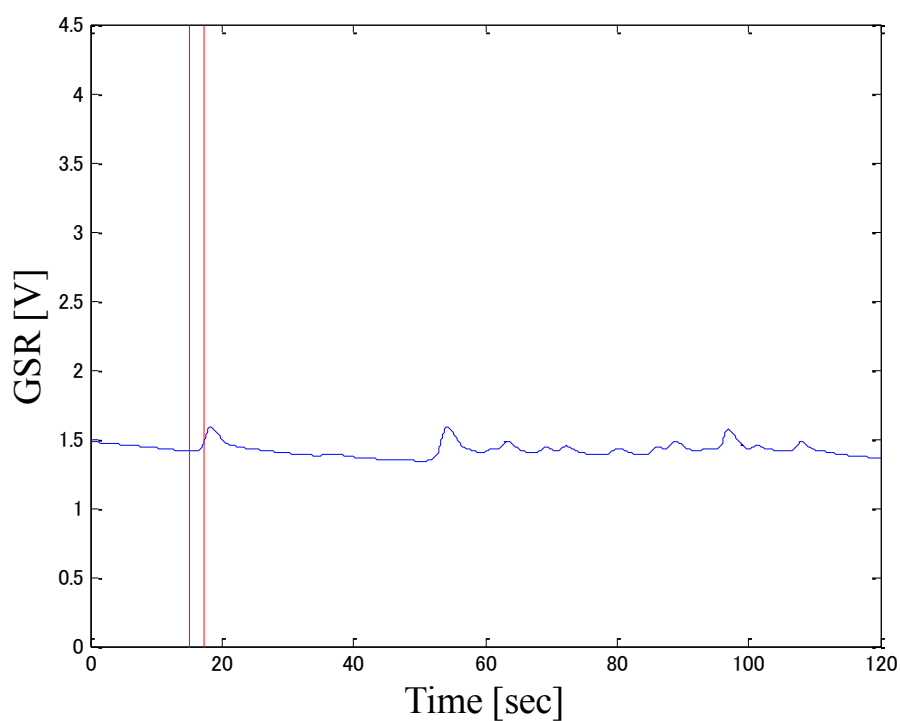
(e) 速度 0.10[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²](f) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.4.3 被験者 A の GSR

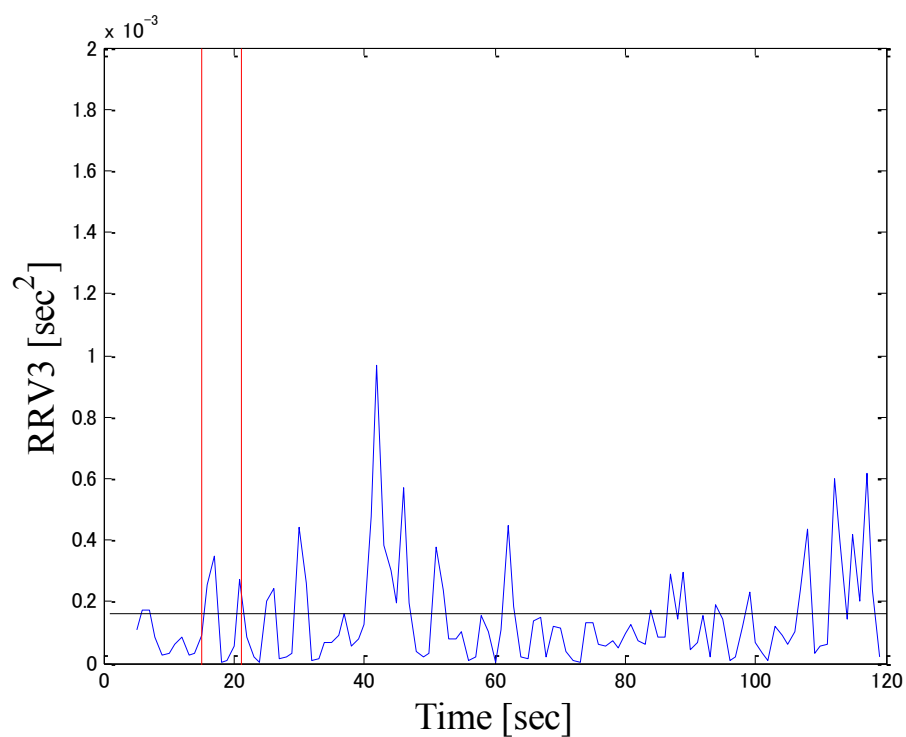
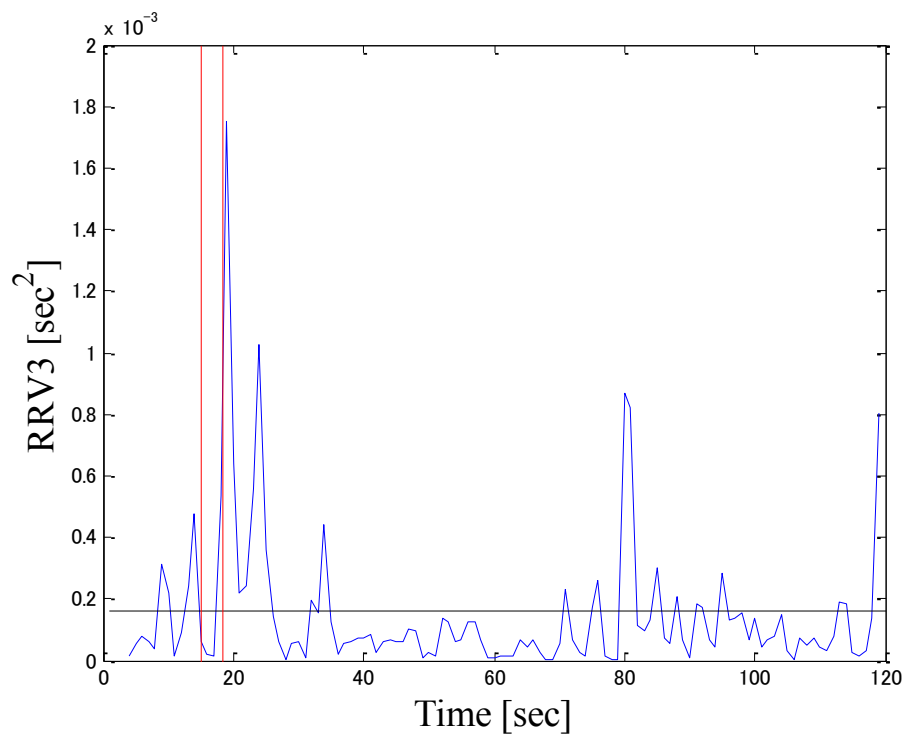
(a) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](b) 速度 0.10[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²]

Fig.4.4 被験者 A の RRV3

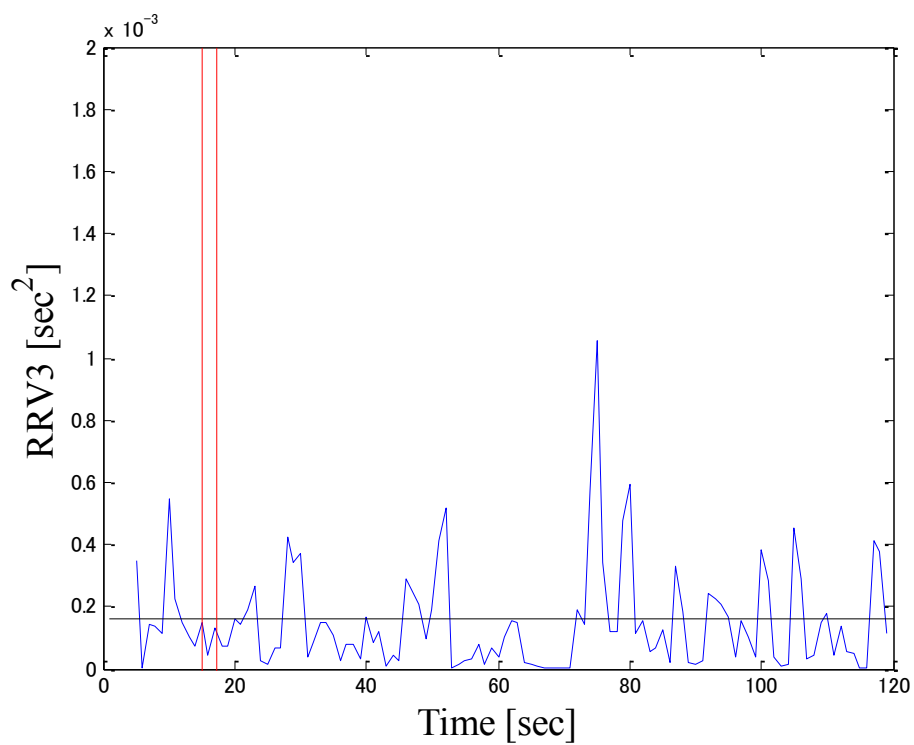
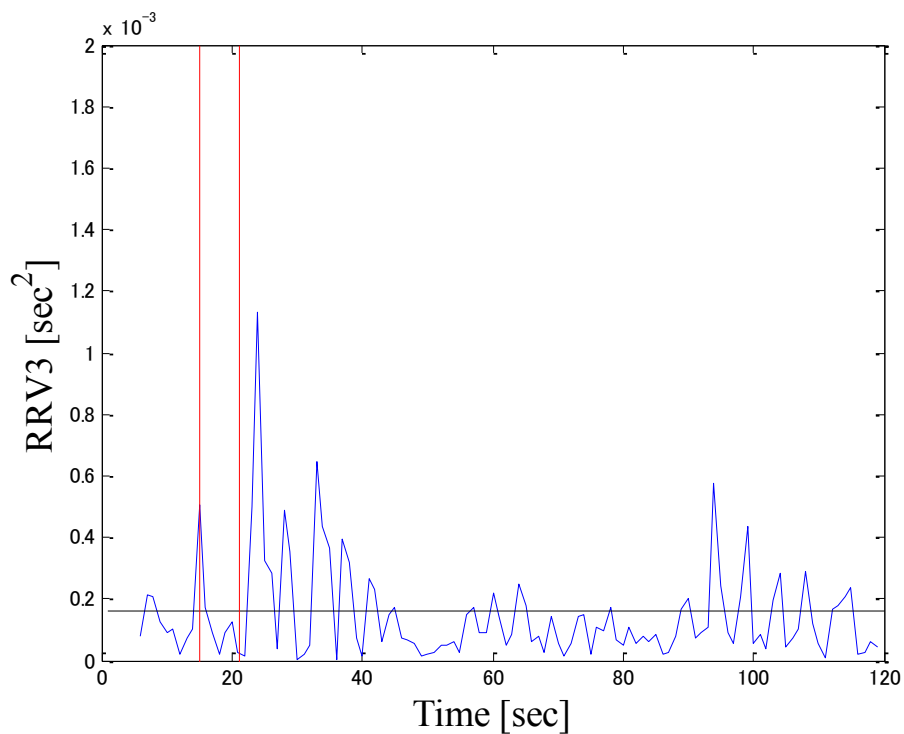
(c) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.4 [m/sec²](d) 速度 0.05[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.4.4 被験者 A の RRV3

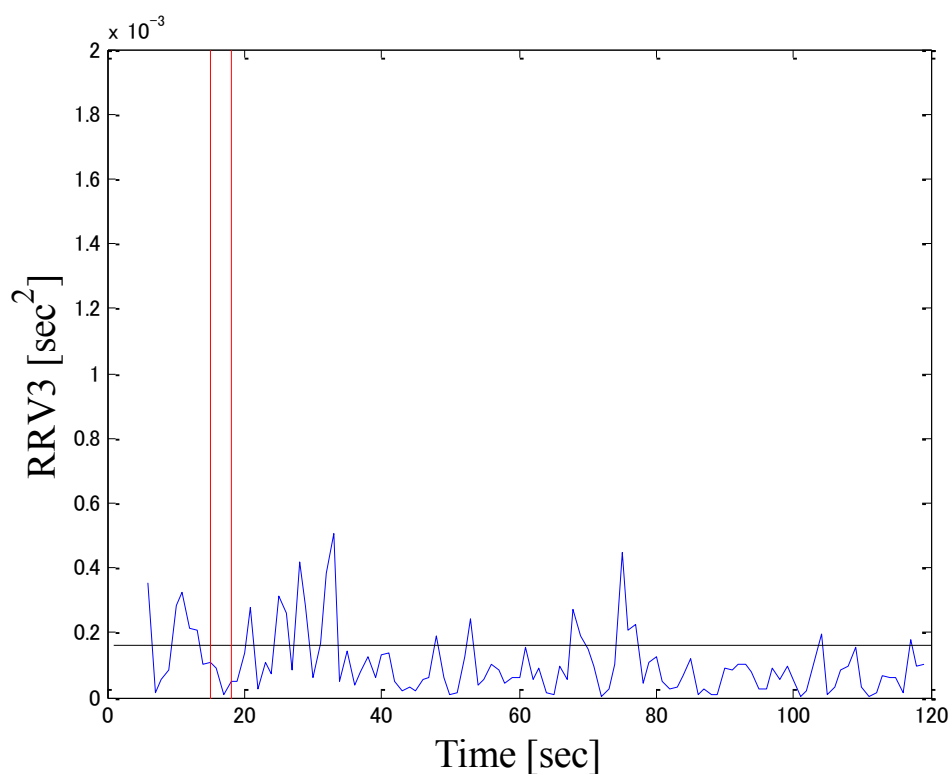
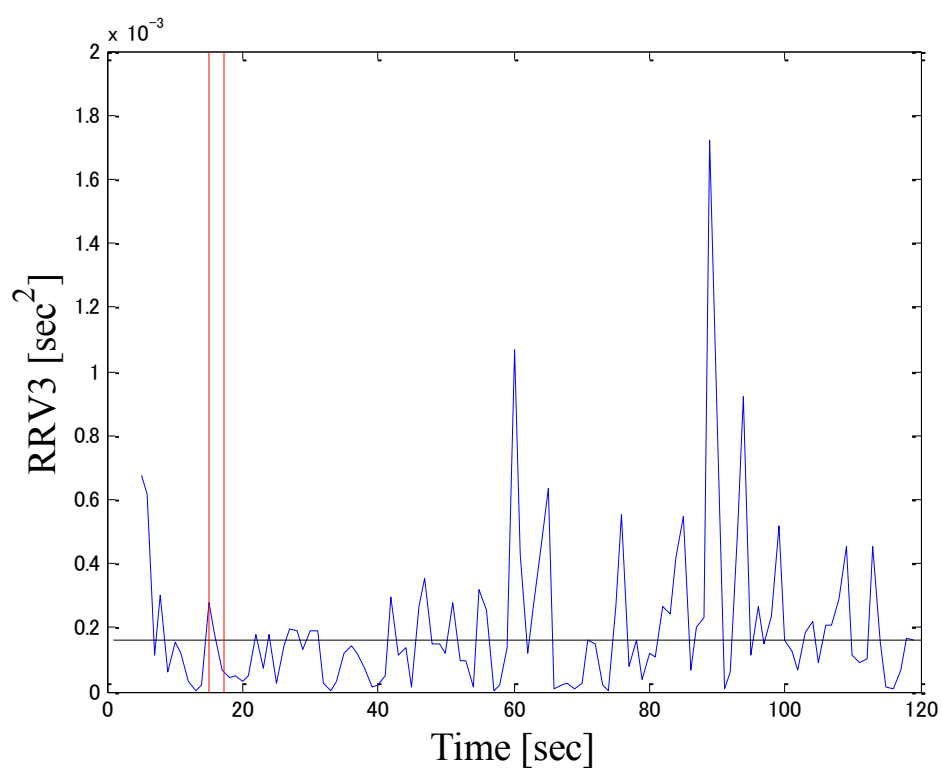
(e) 速度 0.10[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²](f) 速度 0.15[m/sec], 加速度 0.85 [m/sec²]

Fig.4.4 被験者 A の RRV3

Table 4.1 各上昇パターンの正規化 GSR 増加値

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Average [V]	Standard deviation
0.4	0.05	0.194	0.300
	0.10	0.265	0.333
	0.15	0.392	0.345
0.85	0.05	0.318	0.335
	0.10	0.507	0.371
	0.15	0.837	0.281

Table 4.2 各上昇パターンの RRV3 法の値

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Average [V]	Standard deviation
0.4	0.05	0.215	0.189
	0.10	0.185	0.169
	0.15	0.226	0.235
0.85	0.05	0.263	0.235
	0.10	0.199	0.211
	0.15	0.240	0.244

Table 4.3 各上昇パターンの驚き度合い

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Average [V]	Standard deviation
0.4	0.05	1.425	0.549
	0.10	1.900	0.632
	0.15	2.450	0.783
0.85	0.05	1.775	0.733
	0.10	2.750	0.809
	0.15	3.300	0.911

Table 4.4 各上昇パターンの緊張度合い

Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]	Average [V]	Standard deviation
0.4	0.05	1.400	0.667
	0.10	1.825	0.862
	0.15	2.275	0.862
0.85	0.05	1.450	0.751
	0.10	2.375	0.874
	0.15	2.975	0.714

4.3 統計解析

4.2 節における実験結果に有意差があるかを確認するため、分散分析にて有意検定を行う。正規化 GSR 増加値、改良 RRV3 法の値、驚きのアンケート、緊張のアンケートのそれぞれが速度と加速度の影響を受けているかを調べるために二元配置分散分析を行い、交互作用の有無を確認する。有意差があれば多重比較を行う。二元配置分散分析により得られた有意確率を Table 4.5 に示す。赤字で記された有意確率は有意水準 0.01、青字は有意水準 0.05 で有意差を得られたことを示している。有意水準 0.01 において正規化 GSR 増加値、驚きの度合い、緊張の度合いは速度と加速度のそれぞれで有意差が得られた。また、交互作用は速度と加速度の組み合わせで有意水準 0.01 において正規化 GSR 増加値、有意水準 0.05 において緊張の度合いで有意差が得られ、驚きの度合いは有意傾向を示した。これらを有意差が存在する要因で多重比較する。多重比較で得られた有意確率を Table 4.6, Table 4.7 に示す。Table 4.6 は速度を要因とする有意確率, Table 4.7 は加速度を要因とする有意確率である。分散分析結果である Table 4.5～Table 4.7 に適応したものを Fig.4.5 に示す。このとき、驚きの度合いの交互作用が有意傾向であることと、前章で交互作用が有意水準 0.01 で有意であったことから、驚きの度合いも多重比較を行った。*マークは有意差を示し、*で 0.05 水準、**で 0.01 水準の有意差が得られたことを示す。

Table 4.5 二元配置分散分析による有意確率

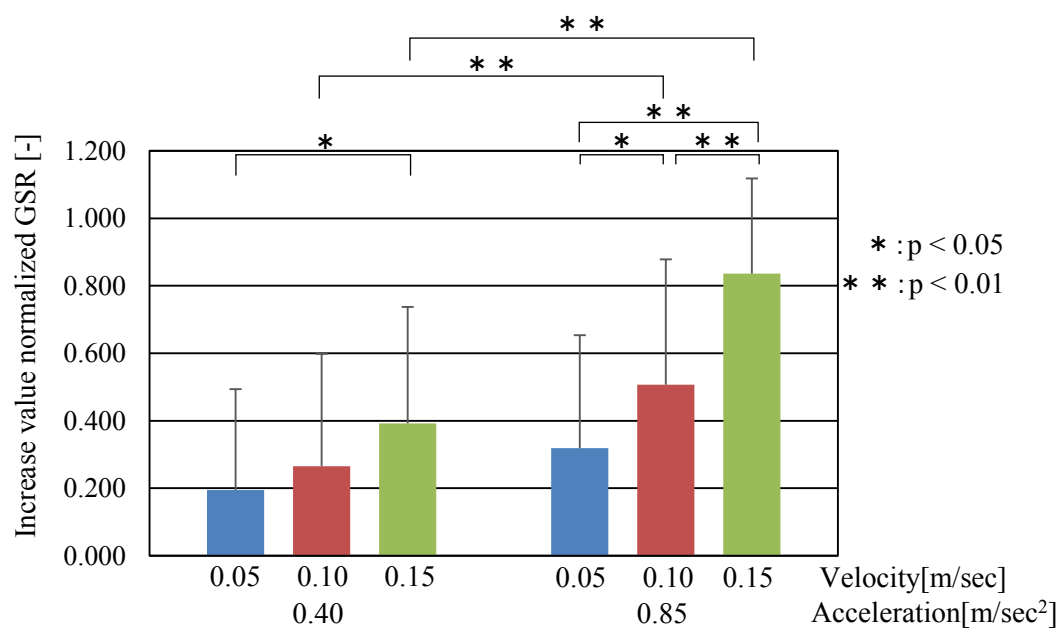
	Increase value normalized GSR [-]	RRV3 method of value[-]	Surprising level[-]	Mental strain level[-]
Velocity	0.000	0.329	0.000	0.000
Acceleration	0.000	0.367	0.000	0.000
Velocity × Acceleration	0.009	0.855	0.052	0.023

Table 4.6 速度を要因とする有意確率

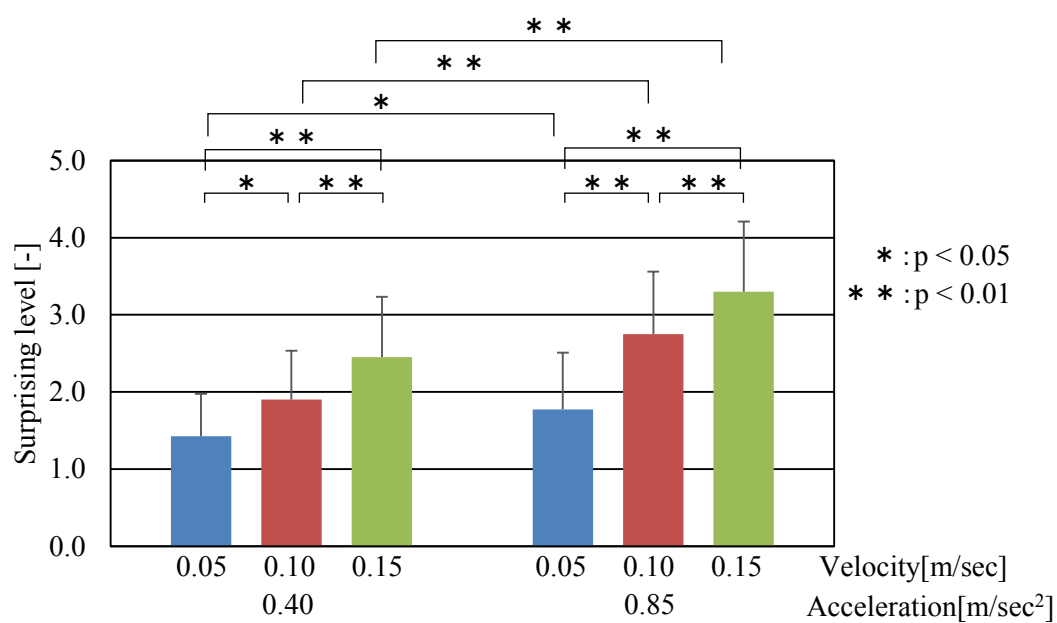
Acceleration [m/sec ²]	Velocity [m/sec]		Increase value normalized GSR [-]	Surprising level[-]	Mental strain level[-]
0.4	0.05	0.10	1.000	0.014	0.046
		0.15	0.022	0.000	0.031
	0.10	0.15	0.250	0.003	0.009
0.85	0.05	0.10	0.033	0.000	0.000
		0.15	0.000	0.000	0.000
	0.10	0.15	0.000	0.003	0.002

Table 4.7 加速度を要因とする有意確率

Velocity [m/sec]	Acceleration [m/sec ²]		Increase value normalized GSR [-]	Surprising level[-]	Mental strain level[-]
0.05	0.4	0.85	0.091	0.037	0.774
0.10	0.4	0.85	0.001	0.000	0.002
0.15	0.4	0.85	0.000	0.000	0.000

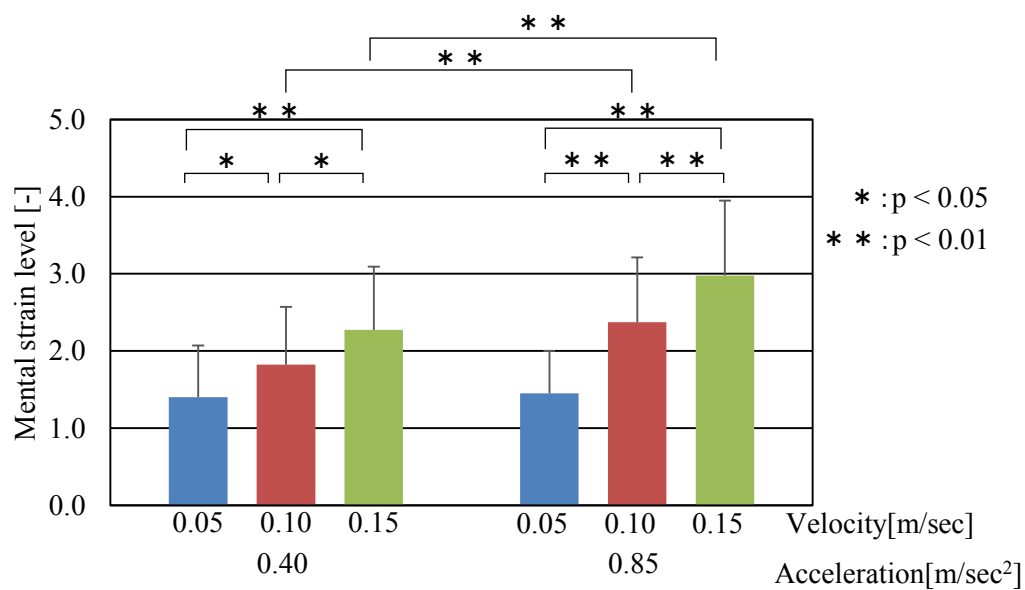


(a) 正規化 GSR 増加値による多重比較



(b) アンケートの驚きによる多重比較

Fig.4.5 速度と加速度の分散分析結果



(c) アンケートの緊張による多重比較

Fig.4.5 速度と加速度の分散分析結果

4.4 考察

4.3 節における分析結果の考察を述べる．まず，速度及び加速度の多重比較における加速度 $0.4[\text{m/sec}^2]$ について述べる．加速度 $0.4[\text{m/sec}^2]$ において，Fig.4.5(a)正規化 GSR 増加値では，速度 $0.05\text{--}0.15[\text{m/sec}]$ の組み合わせのみで速度が速くなると値が有意に大きくなった．このことから，速度 $0.05[\text{m/sec}]$ と $0.10[\text{m/sec}]$ の負担は変わらないが， $0.05[\text{m/sec}]$ と $0.15[\text{m/sec}]$ で有意に $0.15[\text{m/sec}]$ の負担が大きくなると分かった．また，Fig.4.5(b)驚きの度合い，Fig.4.5(c)緊張の度合いは速度が速くなると有意に値が大きくなり，負担が大きくなると分かった．次に，加速度 $0.85[\text{m/sec}^2]$ における結果と考察を述べる．加速度 $0.85[\text{m/sec}^2]$ の場合，Fig.4.5(a)正規化 GSR 増加値，Fig.4.5(b)驚きの度合い，Fig.4.5(c)緊張の度合いにおいて速度が速くなると有意に値が大きくなった．このことから，加速度 $0.85[\text{m/sec}^2]$ では $0.05[\text{m/sec}]$ ， $0.10[\text{m/sec}]$ ， $0.15[\text{m/sec}]$ と速度が大きくなるにつれて負担が大きくなると分かった．

ここで，最適上昇パターンの検討を行う．加速度 $0.85[\text{m/sec}^2]$ では，客観的評価の正規化 GSR 増加値，主観的評価の驚きの度合いと緊張の度合いにおいて速度が速くなると有意に負担が大きくなる．加速度 $0.4[\text{m/sec}^2]$ において正規化 GSR 増加値は $0.05\text{--}0.10[\text{m/sec}]$ 間で有意差は存在しないため，客観的評価の観点から加速度 $0.4[\text{m/sec}^2]$ ，速度 $0.10[\text{m/sec}]$ は負担が一般の介護リフトの速度 $0.05[\text{m/sec}]$ と変わらない上昇パターンである．主観的評価の観点から，驚きの度合いと緊張の度合いは加速度 $0.4[\text{m/sec}^2]$ では速度が速くなるにつれて有意に負担が大きくなるが，速度 0.05 ， $0.10[\text{m/sec}]$ は 2 の値を下回り許容範囲内である．これらより，本実験の組み合わせからは加速度 $0.4[\text{m/sec}^2]$ ，速度 $0.10[\text{m/sec}]$ の上昇パターンが最適であると考えられる．

第5章 結論

5.1 本研究のまとめ

本研究では、介護リフトによる移乗動作のうち上昇動作において、姿勢と上昇速度及び加速度が与える影響を ECG と GSR の二つの生体信号を解析評価し、被介護者の心理的負担を考慮した介護リフトの最適な上昇パターンを導出することを目的とした。

実験用リフトを用いて被験者の姿勢と上昇速度及び加速度の異なる上昇動作を行い、吊り上げられる際の被験者の ECG 及び GSR の計測と、アンケート調査を行った。計測された ECG より RRV3 を導出し、その増加率や積分値から被験者の吊り上げに対する緊張を評価した。また、GSR の吊り上げ前後の増加値から被験者の驚きの評価を行った。これらの客観的評価の結果とアンケート調査の結果より、吊り上げ時の姿勢と上昇速度及び加速度が被験者の心理的負担（緊張・驚き）に与える影響を調査した。

調査した実験データを分散分析したところ、姿勢に関する負担の明確な知見は得られなかった。また、速度及び加速度が速くなると負担が大きくなることが分かった。そこで、最適な上昇パターンを調査するために速度の調査範囲を狭め、調査したところ加速度 $0.4[\text{m/sec}^2]$ 、速度 $0.10[\text{m/sec}]$ の組み合わせが、心理的負担の観点から支障のない上昇パターンであることが分かった。このことから、加速度 $0.4[\text{m/sec}^2]$ 、速度 $0.10[\text{m/sec}]$ の上昇パターンが高速化し、負担が少なく最適であるとした。

5.2 今後の課題

本研究の今後の課題としては以下のことが挙げられる。

- 本研究では移乗動作のうちの上昇動作についての評価を行ったが、移乗動作のうちの回旋動作についても被介護者の負担の評価を行う。
- 本研究の実験ではベッドや車椅子などを使用せず、上昇動作のみの影響を調査したが、実際の介護現場ではベッドから車椅子、もしくはベッドからベッド、車椅子からベッドなどへの移乗動作である。よって、今後はより実際の介護現場の状況に近づけるため、それらを使用した調査を行う必要がある。
- 本研究では心電図や皮膚電気反応といった生体の電気現象について測定したが、血圧や指尖容積脈波などの生体の物理的な現象についても調査する必要がある。

参考文献

- [1] : 糖尿病の合併症：スマート・ライフ・プロジェクト
[online] <http://www.smartlife.go.jp/disease/complications/>
- [2] : メタボリックの基本知識：e-ヘルスネット
[online] <http://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/metabolic/index.html>
- [3] 平成 24 年就業構造基本調査の結果：総務省統計局，2013
- [4] Videman T, Nurminen T, Tola S, Kuorinka I, Vanharanta, H, Troup JD : Low-back pain in nurses and some loading factors of work : Spine, 9, 400–404, 1984
- [5] Fuortes LJ, Shi Y, Zhang M, Zwering C, Schootman M : Epidemiology of back injury in university hospital nurses from review of workers' compensation records and a case-control survey : J Occup Med, 36, 1022–1026, 1994
- [6] Yassi A, Khokhar J, Tate R, Cooper J, Snow C, Vallentyne S : The epidemiology of back injuries in nurses at a large Canadian tertiary care hospital: implications for prevention : Occup Med (Lond), 45, 215–220, 1995
- [7] 王，静：介護職員の介護ストレスに関する日中比較研究：神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究紀要，7(1)，pp159-165，2013
- [8] 自立支援型起立歩行アシストロボット：Panasonic プレスリリース，2014
[online] <http://news.panasonic.com/press/news/official.data/data.dir/2014/09/jn140924-5/jn140924-5.html>
- [9] HAL 介護支援用（腰タイプ）：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構ニュースリリース，2014
[online] http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100330.html
- [10] ロボディックベッド：Panasonic プレスリリース，2009
[online] <http://panasonic.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/jn090918-1/jn090918-1.html>
- [11] 移動・移乗支援用リフトー第 3 部：設置式リフト：JIS T9241-3
- [12] 富岡公子，栄健一郎，保田淳子：移乗介助におけるリフトの腰部負担軽減の効果：産業衛生学雑誌，Vol.50，No.4，pp.103-110，2008
- [13] 木下巧士，小泉邦雄：抱き上げ移乗器具の研究：日本機械学会論文集(C編)，Vol.73，No.730 号 pp.1661，2007

-
- [14] 出口 清孝, 前島 修, 古川 修文, 後藤 剛史: 高速エレベーターの乗心地に関する研究 その2—一般的乗心地感について: 学術講演梗概集, 計画系 53(建築計画・農村計画), 751-752, 1978-09
- [15] 渡部正太郎, 池浦良淳, 早川聡一郎: 介護リフトによる昇降動作における被介護者の負担評価, 三重大学大学院工学研究科機械工学専攻 2012 年度修士論文
- [16] 辻裕介, 池浦良淳, 早川聡一郎: 介護リフトによる下降運動における被介護者の心理的負担評価に関する研究, 三重大学大学院工学研究科機械工学専攻 2013 年度修士論文
- [17] 株式会社モリトー: 介護リフトの基礎知識: 株式会社モリトー
[online] <http://www.morito.co.jp/>
- [18] 船井 潔: エレベーターの安全・快適技術: さまざまな乗り物の安全・快適技術論文, pp115-123, 2002
- [19] 渡辺昭則, 三井宣夫, 重田政之: 交流エレベータの速度制御と振動系の解析: 日立評論 49(9), pp913-918, 1967
- [20] 渥美文治: 心拍計測によるドライバの意識状態評価 -自律神経指標を用いた緊張感と眠気の計測-: 自動車技術会学術講演前刷集, 946, pp133-136, 1994
- [21] 新美良純, 白藤美隆: 皮膚電気反射—基礎と応用: 医歯薬出版, 1969
- [22] 石村貞夫, 石村光資郎: 入門はじめての分散分析と多重比較, 東京図書, 2008
- [23] 石村貞夫, 石村光資郎: SPSS による分散分析と多重比較の手順 [第 4 版], 東京図書, 2011

謝辞

本研究を遂行するにあたり、所属研究室であるシステム設計研究室 池浦良淳 教授には学部四年から修士二年までの三年間という長い間、日頃から多大なる御指導、御鞭撻を賜り、心より感謝しております。厚く御礼申し上げます。

また、大変お忙しい中、本論文を査読して頂くとともに、多数のご教示、御助言を賜りましたメカトロニクス研究室 矢野賢一教授に厚く御礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり多数の御教示、御助言を賜りましたシステム設計研究室 早川 聡一郎 准教授に厚く御礼申し上げます。

そして、本研究を行う上で親身なご協力、ご尽力、アドバイスを下さったシステム設計研究室の皆様我心から御礼申し上げます。

最後に、大学院在籍中、惜しめない援助を送ってくださった家族のお陰で充実した素晴らしい勉強・研究生生活を送ることができました、感謝の気持ちを述べることで謝辞の最後とさせていただきます。