

平成 24 年度 修士論文

# 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

指導教員 池浦良淳 教授



三重大学大学院工学研究科機械工学専攻

システム設計研究室

411M164 渡部正太郎

# 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 昇降運動実験装置

2.1	実験用リフト	4
2.2	生体信号計測装置	6
2.3	システム構成	8

## 第3章 昇降速度及び加速度による影響の調査

3.1	実験手法及び評価手法	
3.1.1	実験手順及び条件	11
3.1.2	生体信号を用いた評価手法	13
3.2	実験結果	16
3.3	考察	30

第4章	高速化した昇降速度による影響の調査	
4.1	実験方法	31
4.2	実験結果	33
4.3	考察	44
第5章	結論	
5.1	本研究のまとめ	45
5.2	今後の課題	46
参考文献		47

# 第 1 章

## 序論

### 1.1 研究背景

近年、日本は少子高齢化社会から少子高齢社会になったと言われている。これは日常生活の基本的な動作を自力で行えない高齢者は増加するが、その介護を行う介護者は減少することを意味している。また、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になり、その後遺症による要介護者の増加は大きな社会現象となり始めている<sup>[1]</sup>。それらの介護を行う介護職員を男女別にみると女性の割合が約 78%、在宅介護での介護者は老配偶者や女子と女性が約 90%となっている<sup>[5]</sup>。このことから、力の弱い人が少人数で多くの人数の介護を行っているのが現状である。直接介護病棟の職員に聞いたところ、介護動作の中でもベッド→車椅子間の移乗は大きな肉体的負担を伴う作業であるにもかかわらず、1 日に何回も必要で欠かすことができない。ある介護施設では、朝・昼・おやつ・夕食の 4 回に加え散歩・トイレなど介護士は 1 人当たり 1 日に約 40 回もの移乗作業を行っており、多くの介護士が腰痛に悩まされている。このように福祉での作業は介護者の肉体的および精神的負担が大きいことから、介護・福祉分野での負担を軽減する方法として介護リフトによる福祉支援が期待されている。現に介護リフトやその他メカトロニクス機器による介護に関する研究は多く行われている<sup>[2]</sup>。具体的には、看護の学生と熟練者とのボディーメカニクスの観点からの比較<sup>[3]</sup>や、ベッドと車イスの位置関係での腰部負担の比較<sup>[4]</sup>、介護リフトの腰部負担軽減の効果の比較検証<sup>[5]</sup>など介護者の肉体的負担を計測比較する研究や、移乗器具(Fig.1.1)<sup>[6]</sup>やトランスファアシストロボット(Fig.1.2)<sup>[7]</sup>を用いた介護者の肉体的負担を軽減するための研究、介護リ



フトのパワーアシスト装置及び技術の開発<sup>[8]</sup>や車いすに形状が変化するロボティックベッド (Fig.1.3)<sup>[9]</sup>といった研究がある。しかし、これらの研究では主に介護者の肉体的負担の低減や移乗作業の効率化を目的としており、被介護者の精神的負担には全く着目されていない。また、多くの要介護者を抱える施設などでは、介護リフトによる移乗が低速であり時間が掛ることから導入が進んでいないのが現状である<sup>[10]</sup>。



Fig.1.1 抱き上げ移乗器具



Fig.1.2 トランスファアシストロボット



Fig.1.3 ロボディックベッド

## 1.2 本研究の目的

前節で述べたように現状の介護リフトによるベッド・車椅子間の移乗は介護者の肉体的負担の低減を目的としており、被介護者の肉体的・精神的負担には着目されていない。また移乗に時間が掛ることから多くの要介護者を抱える施設への導入が進んでいない。これらの介護リフトによる移乗の問題点を解決する為には、介護者の肉体的負担の軽減だけでなく、被介護者の肉体的・精神的負担の軽減と、移乗の高速化を実現する最適な移乗動作を決定する必要がある。介護リフトによる移乗動作は大きく分けて昇降運動と回旋運動の2つに分けられる。介護リフトによる移乗動作のうちの昇降運動に注目すると、主に昇降速度及び加速度と昇降時の被介護者の姿勢が被介護者の肉体的・精神的負担に影響を与えと考えられ、本研究室での先行研究によって昇降時の姿勢が被介護者の肉体的・精神的負担に与える影響は少ないということが判明している。

そこで、本研究では昇降運動における昇降速度及び加速度が与える影響に注目し、その解析を行う。しかし、市販の介護リフトでは一定の昇降速度しか実現できない為、様々な昇降速度パターンが実現可能な可変速の実験用リフトを製作した。そして昇降速度及び加速度の異なる複数の昇降速度パターンにおいて、心電図センサと皮膚電気抵抗センサを用いて被験者の心電(ECG)と皮膚電気反応(GSR)を計測し、被験者の精神的負担の客観的評価に用いる。昇降速度及び加速度が与える影響を解析評価することで、被介護者の負担を軽減し、移乗の高速化を実現する最適な介護リフトの昇降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昇降運動実験装置の説明を行う。第3章では、昇降速度及び加速度が被験者に与える影響を調査する為に実験装置を用いて計測を行い、昇降運動時の被験者の精神的負担を、生体信号を用いて客観評価する。その結果から得られたデータの考察を述べる。第4章ではさらに速い昇降速度での被験者の精神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

### 昇降運動実験装置

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精神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

介護リフトの昇降速度及び加速度が与える影響を調査するに当たって様々な昇降速度パターンを実現する必要があるが，市販の介護リフトでは昇降速度及び加速度が一定となっており変速することができない．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吊り具 EVE240 中，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．



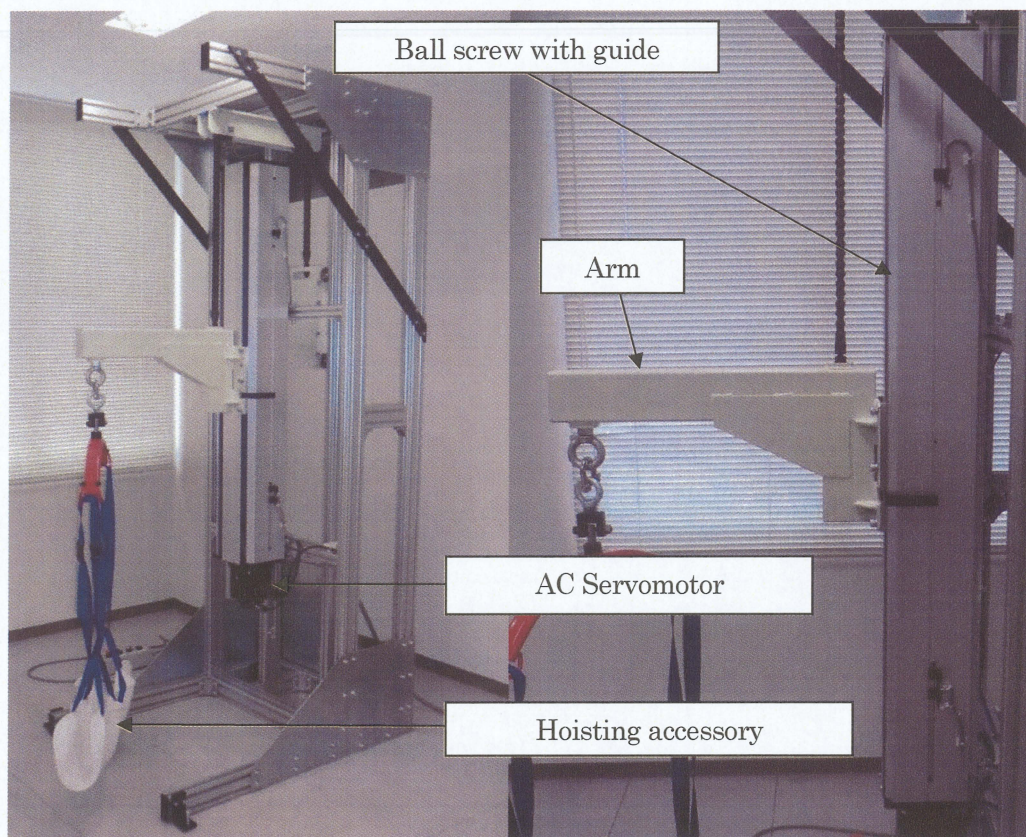


Fig.2.1 実験用リフト外観

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た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 Fig2.3 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 Fig2.4 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。

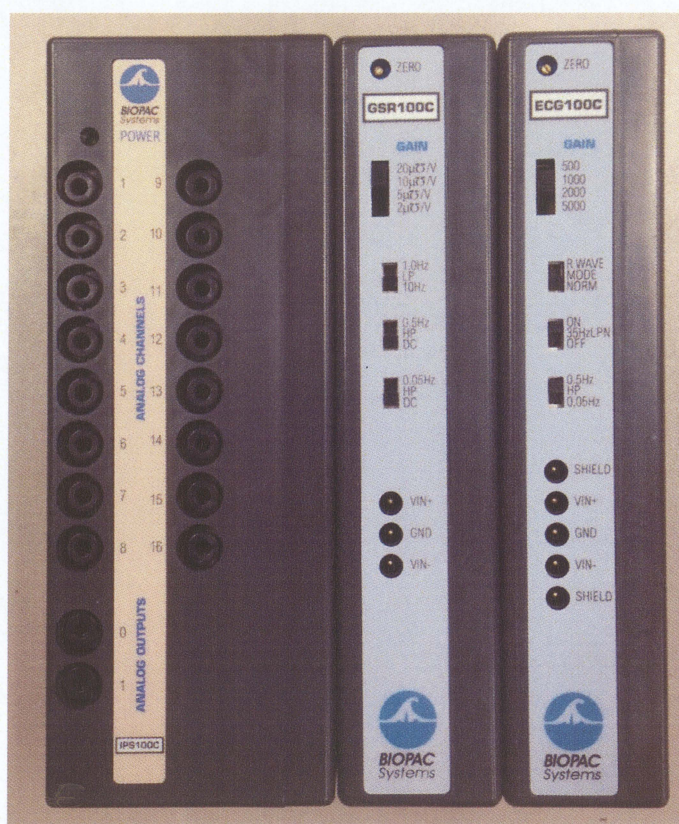


Fig.2.2 生体信号計測装置外観

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
	±20,±10,±5,±2 mV	0～200 $\mu$ mhos



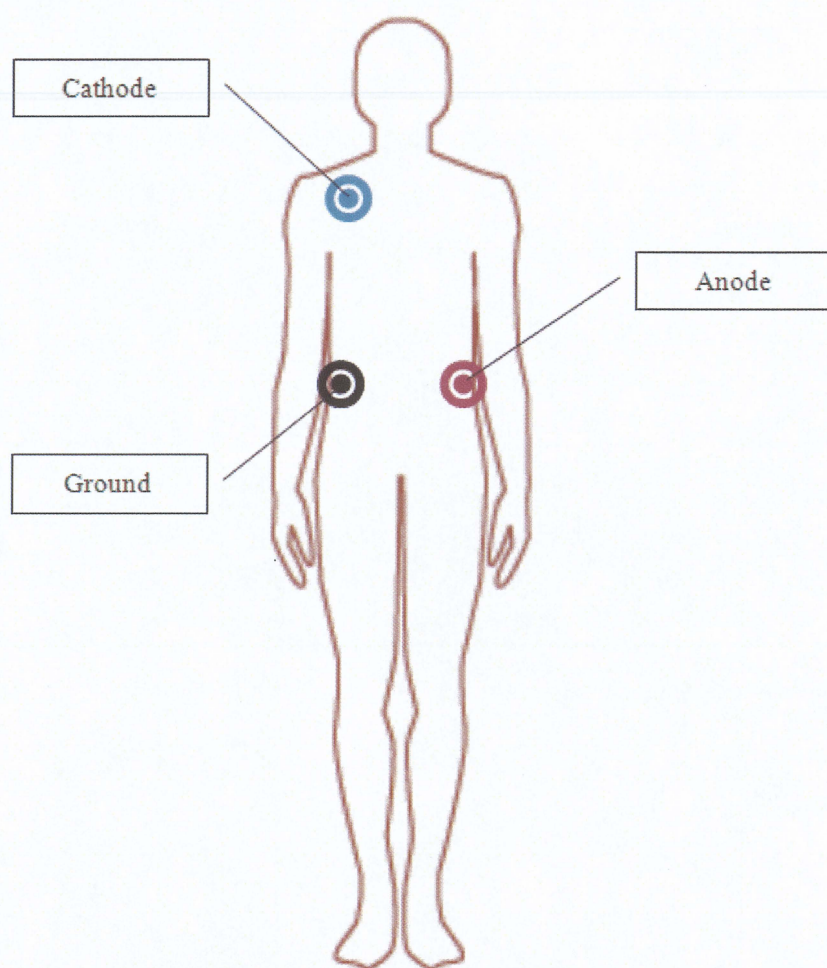


Fig.2.3 心電図用電極配置図

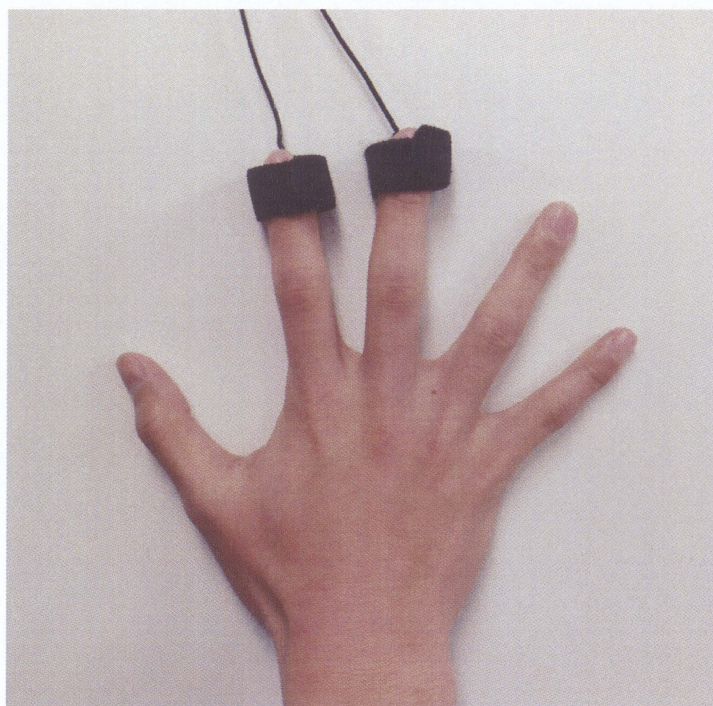


Fig.2.4 皮膚電気抵抗用トランスデューサ装着図



## 2.3 システム構成

実験システムは実験用リフト及びベッド、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一般的な介護用ベッドの高さである 0.6m の高さのベッドの上で仰向けになり、2.1 節で示した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 と皮膚電気反応アンプ 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、カウンターボードの仕様を Table 2.4 に、A/D ボードの仕様を Table 2.5 に示す。

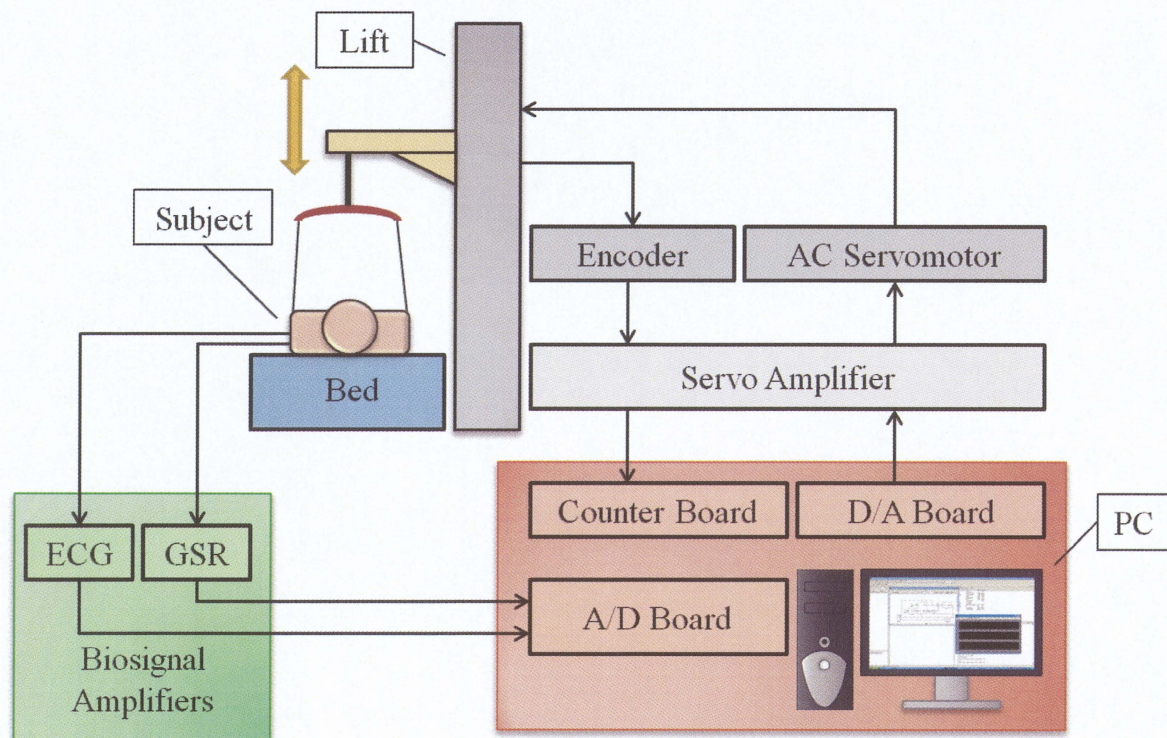


Fig2.5 実験システム構成図

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: ±5V, ±10V
Output Impedance	1Ω
Settling Time	10μs
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 μs (single channel) 60 μs/channel (multi channels)
Input Ranges	Unipolar: 0V～+5V, 0V～+10V Bipolar: ±2.5V, ±5V, ±10V
Input Impedance	10MΩ (±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。

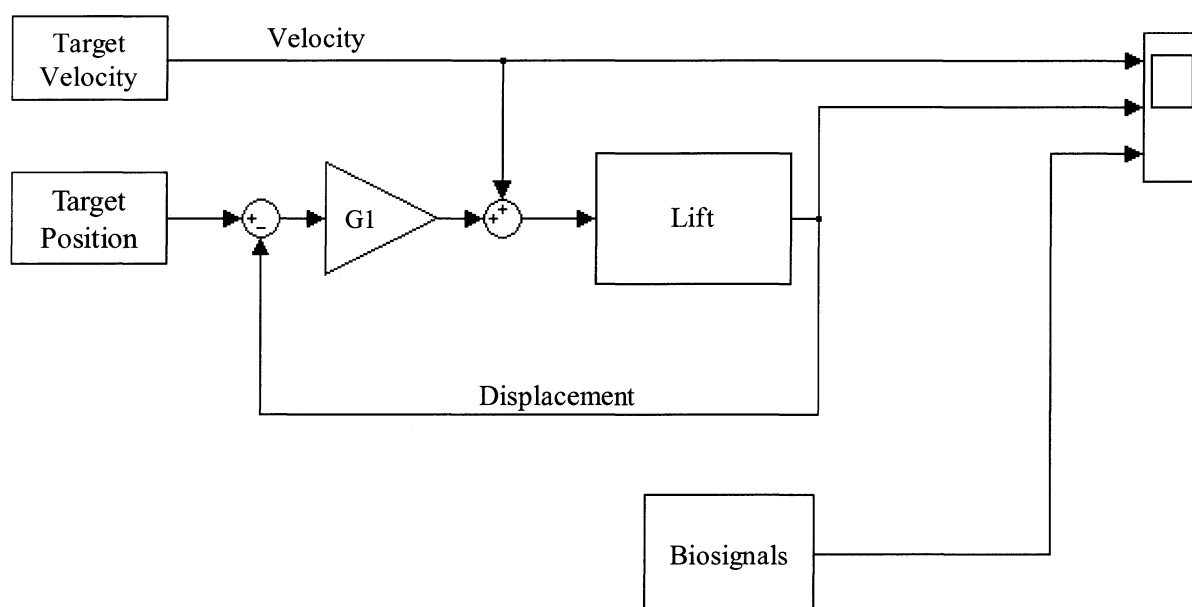


Fig.2.6 実験用リフトプログラム図

## 第3章

# 昇降速度及び加速度による影響の調査

本章では、昇降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 節では実験結果についての考察を述べる。

### 3.1 実験手法及び解析手法

#### 3.1.1 実験手順及び条件

本実験では介護リフトの昇降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。そこで昇降速度及び加速度の異なる昇降速度パターンにおいて、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、本実験に用いる昇降速度パターンについて述べる。昇降速度パターンは昇降速度及び加速度それぞれの影響を調査する為に台形速度パターンとし、複数の昇降速度及び加速度の組み合わせを行う。昇降距離は 0.3[m] で一定とし、昇降速度は一般的な介護リフトの昇降速度より 0.05 [m/sec] と、JIS T9241 移動・移乗支援用リフトにて規定されている昇降速度より 0.15 [m/sec] の 2 種類を用いる<sup>[11][12]</sup>。昇降加速度は 0.25 [m/sec<sup>2</sup>] , 0.5 [m/sec<sup>2</sup>] , 1.0 [m/sec<sup>2</sup>] の 3 種類を用いる。これらの昇降速度と昇降加速度を組み合わせた 6 種類の昇降速度パターンでの実験計測を行う。昇降速度パターンの速度線図を Fig.3.1 に示す。

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ス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 節で述べた介護リフト用の吊り具を装着してベッドに仰向けに寝てもらい計測を開始する。姿勢を保持したまま 3 分間の計測を行い、

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。吊り上げ後さらに姿勢を保持したまま3分間の計測を行い、ベッドに降ろし計測を終了する。計測終了後に主観的評価に用いるアンケート調査を行う。この手順を1つの昇降速度パターンにつき2回、計12回の計測を行う。被験者は24歳の健常者の男性5名、昇降速度パターンの順序はランダムで被験者には通知しない。

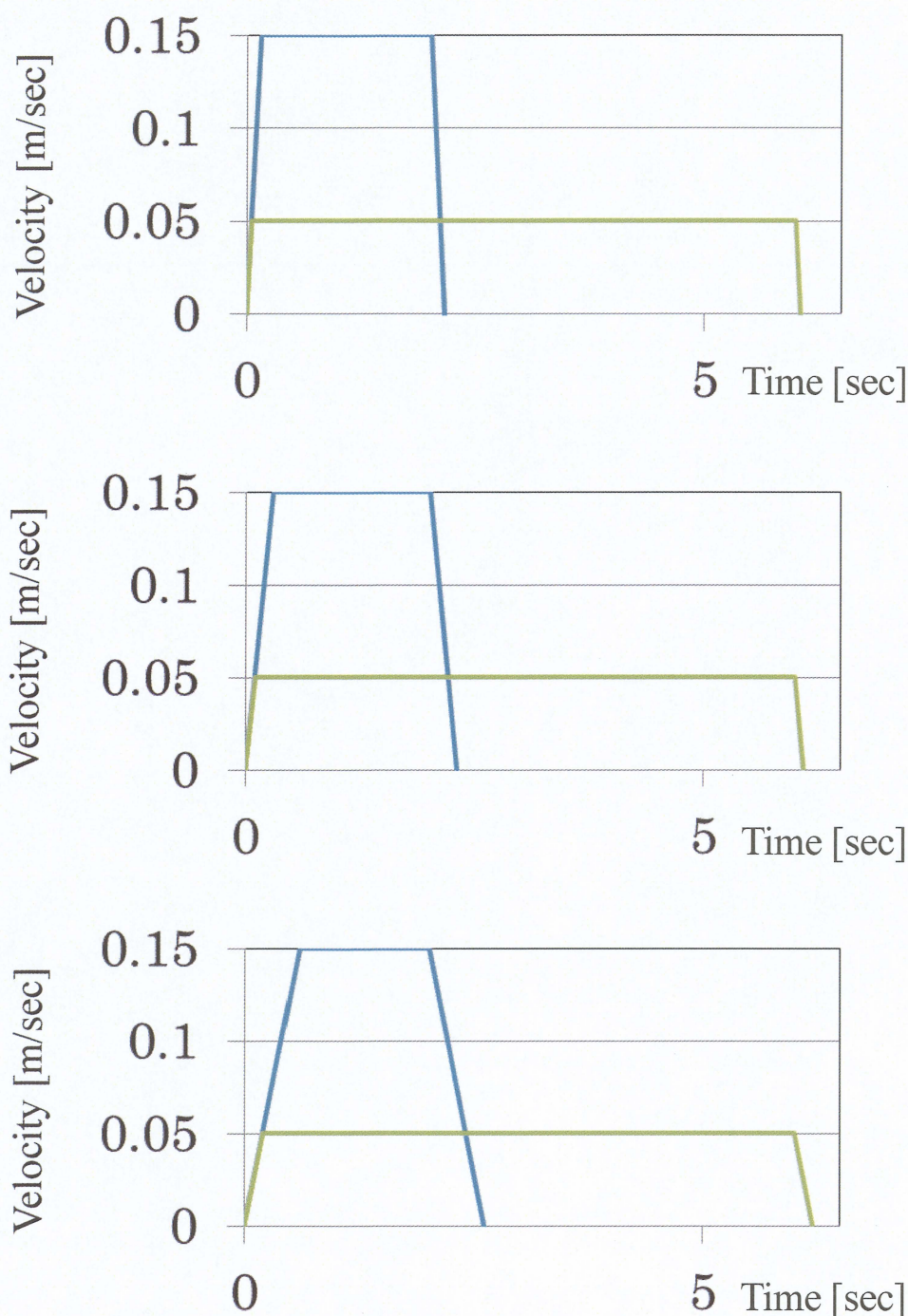


Fig.3.1 昇降速度パターンの速度線図

### 3.1.2 生体信号を用いた評価手法

被験者の精神的負担を客観的に評価する為に、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心拍間隔標準偏差(SDNN)による評価について述べる。ECG の一例を Fig.3.2 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を R 波と呼び、隣り合う R 波の感覚を心拍間隔(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.3.3 に示す。この RRI をある区間 A と B に区切り、その区間の RRI の標準偏差が区間 A と B の SDNN となる。

SDNN を表す式は

$$SDNN = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (RRI(i) - \overline{RRI})^2} \quad (3.1)$$

$$\overline{RRI} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n RRI(j) \quad (3.2)$$

となり、ここでの  $n$  は SDNN に用いる RRI の総数であり、 $RRI(n)$  は  $n$  番目の RRI を示している。SDNN を人の緊張の指標として用いられ、この SDNN の値が小さいほど被験者は緊張している<sup>[13]</sup>。本実験では、吊り上げ前と吊り上げ後の SDNN を比較することで被験者の緊張を評価する。SDNN の導出には吊り上げ前後共に 90 秒間の RRI を用いるが、吊り上げ直後の RRI には姿勢変化等の物理的な影響が生じる為に、吊り上げ後 30 秒間の間隔を空けた 90 秒間の RRI を用いる。この 30 秒間の根拠として、吊り上げ後からの間隔を 0 秒～90 秒まで 10 秒間隔でずらしたある被験者の SDNN の値を Fig. 3.4 に示す。縦軸が SDNN[sec]、横軸が吊り上げ直後からの間隔[sec]である。全ての被験者で 30 秒の間隔を空けることで SDNN の値が落ち着き、姿勢変化等の影響が見られないことから、本実験では吊り上げ後 30 秒間の間隔を空けた SDNN を吊り上げ後の SDNN とし評価に用いる。

次に GSR を用いた被験者の精神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。この GSR の増加値が大きいほど人は驚きを感じている<sup>[14]</sup>。本実験では、実際の移乗に近い条件にする為に、吊り上げ 10 秒前に被験者に告知を行う。その為 Fig.3.5 に示すように、吊り上げだけでなく告知によると思われる影響が GSR に生じてしまい、吊り上げ直前からの増加値を



用いて評価することが困難である。そこで Fig.3.5 に示すように、告知前 10 秒間の GSR の平均値と吊り上げ後のピーク値との差を、一連の吊り上げ動作による GSR の増加値として評価に用いる

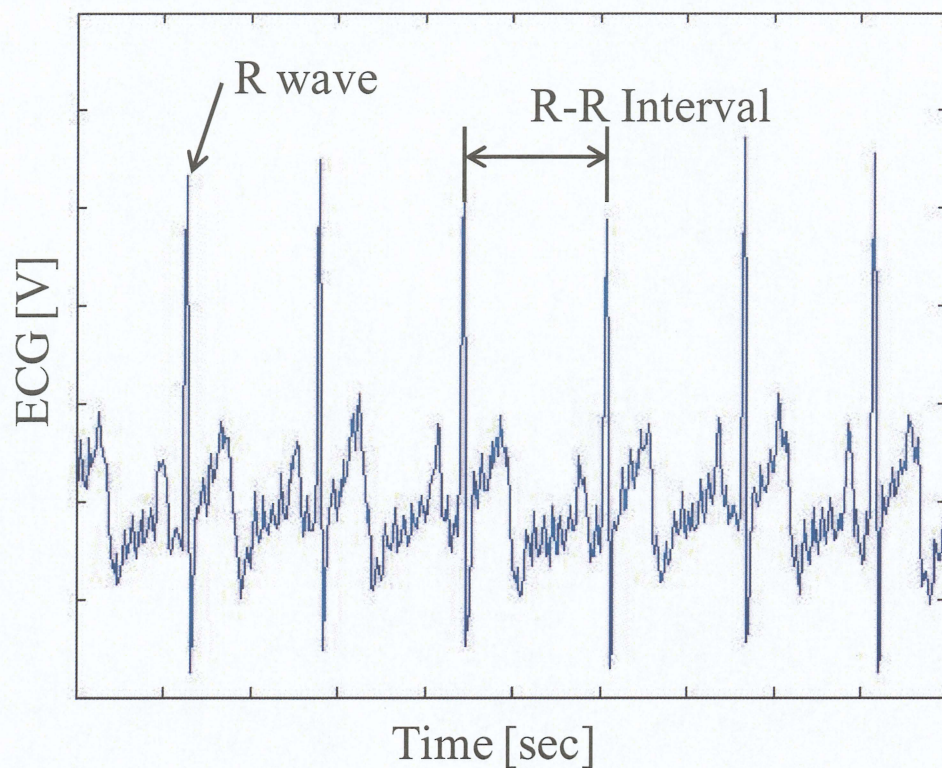


Fig.3.2 ECG 一例

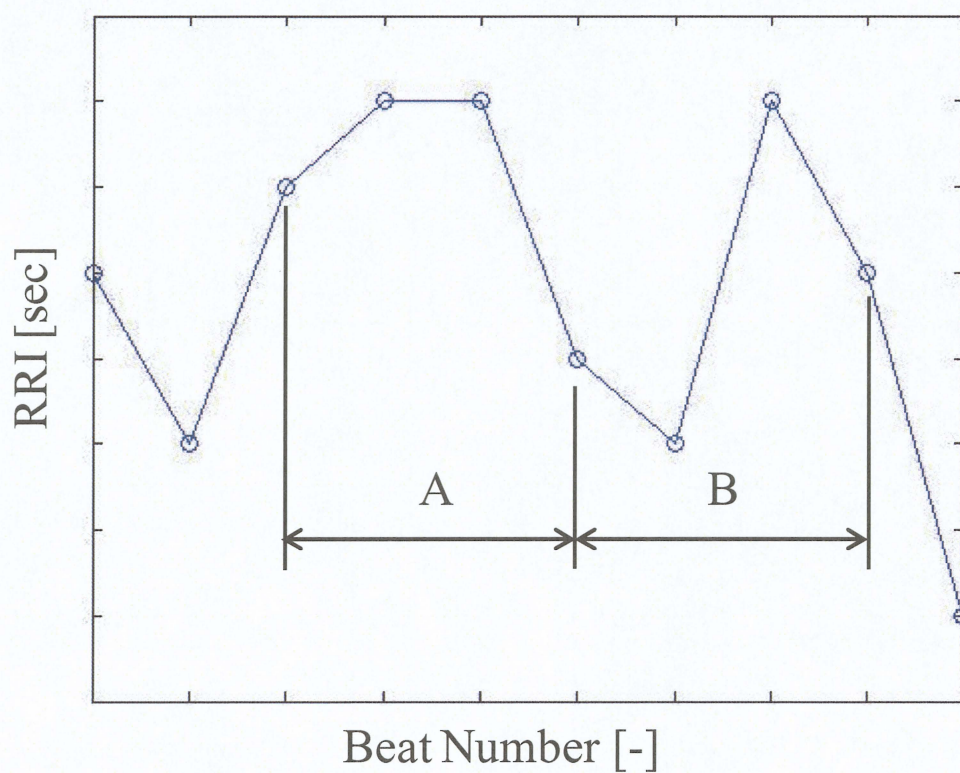


Fig.3.3 RRI 一例



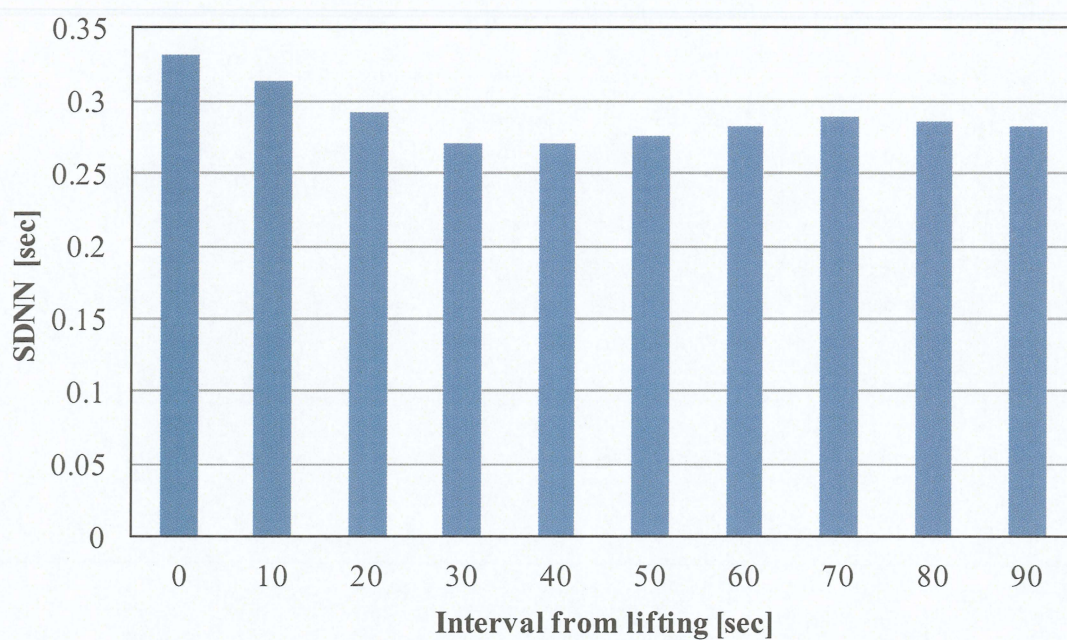


Fig.3.4 吊り上げ直後からの間隔と SDNN

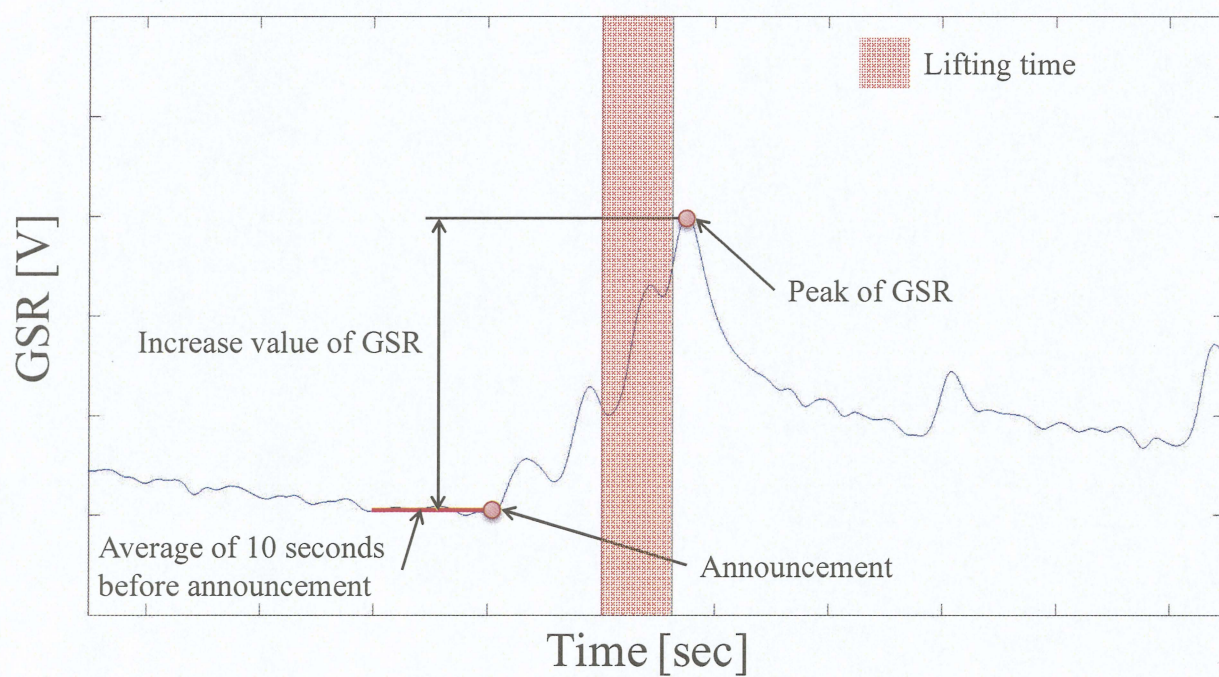


Fig.3.5 GSR 増加値計測方法

## 3.2 実験結果

3.1.1 項で述べた昇降速度及び加速度の異なる昇降速度パターンにおける昇降実験の結果を述べる。Fig.3.6～Fig.3.14 と Table 3.1～Table 3.6 に実験結果を示す。Fig.3.6～Fig.3.14 は被験者 A, C, E の GSR と RRI の各昇降速度パターン一試行分の結果を示し、縦軸は上から GSR[V], RRI[sec], 横軸は計測時間[sec], グラフ中央の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)～(b)は昇降速度を示す。Table 3.1～Table 3.3 は被験者 A, C, E の各昇降速度パターンにおける、吊り上げ前と吊り上げ後の SDNN の値と、SDNN の吊り上げ前に対する吊り上げ後の増加率を示す。Table 3.4 は被験者 A～E の各昇降速度パターンにおける SDNN の吊り上げ前に対する吊り上げ後の増加率を示す。Table 3.5 は被験者 A～E の各昇降速度パターンにおける GSR の増加値を示す。各被験者には主観評価として驚きの度合いを全く驚かない 1 からとても驚いた 5 まで、緊張の度合いを全く緊張のない 1 からとても緊張している 5 まで、痛みの度合いを全く痛くない 1 からとても痛い 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～E の各昇降速度パターンにおける驚きの度合いの評価平均値を Table 3.6, 緊張の度合いの評価平均値を Table 3.7, 痛みの度合いの評価平均値を Table 3.8 に示す。



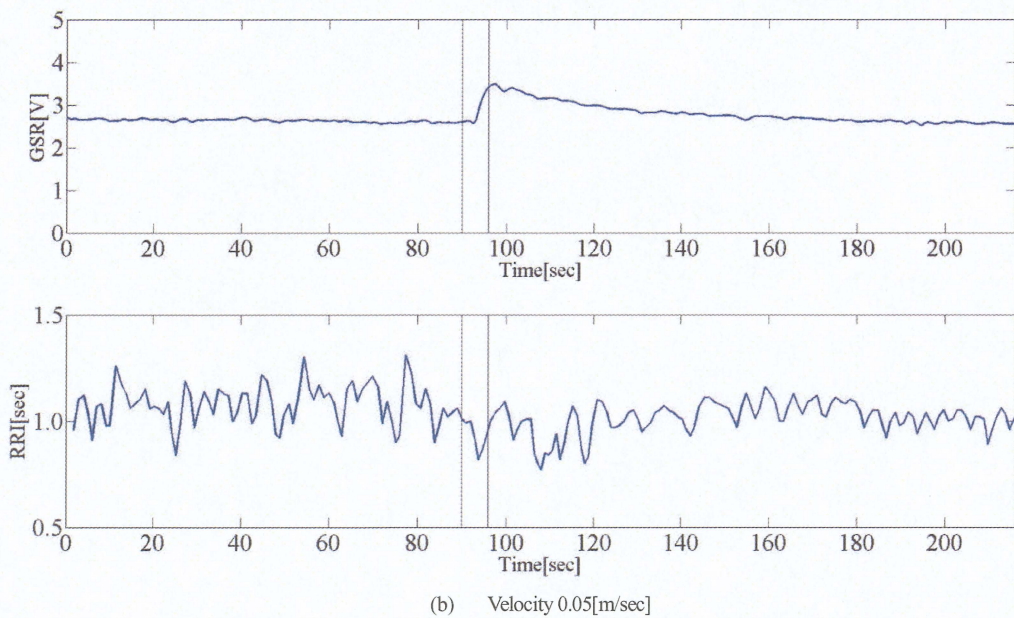
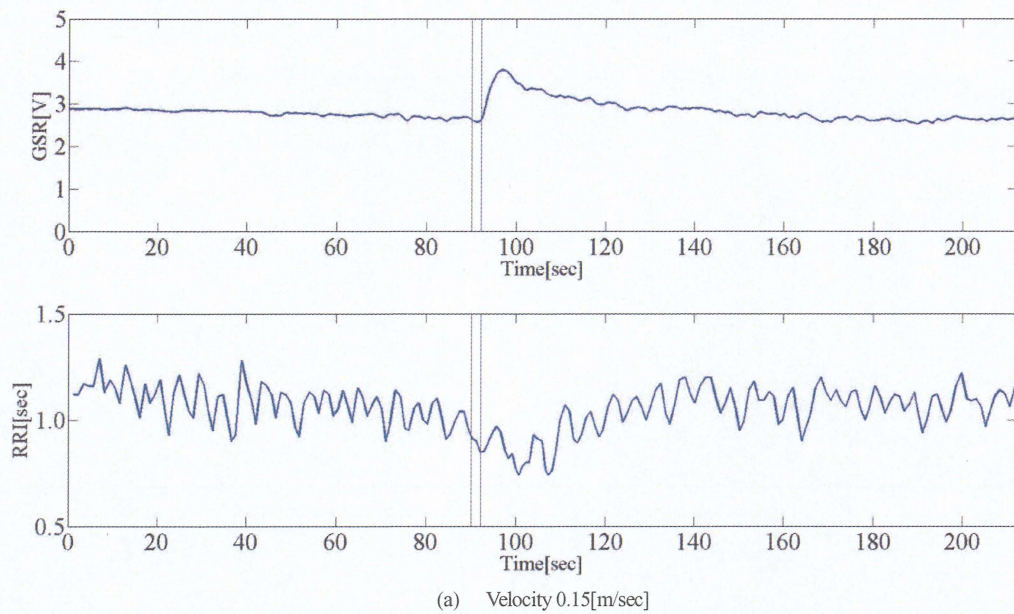


Fig.3.6 被験者 A の昇降加速度  $1.0[\text{m}/\text{sec}^2]$ における実験結果



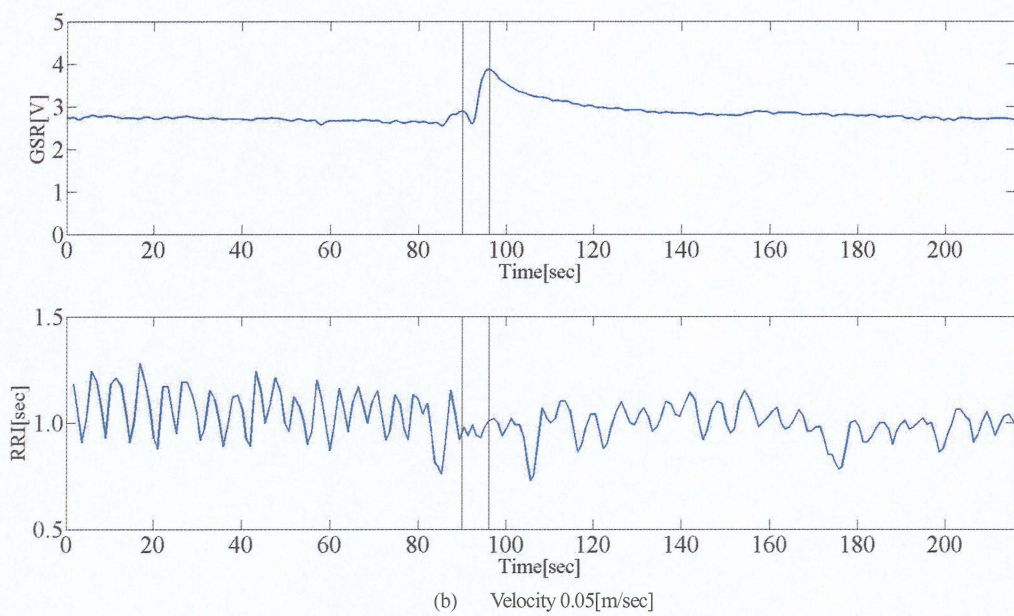
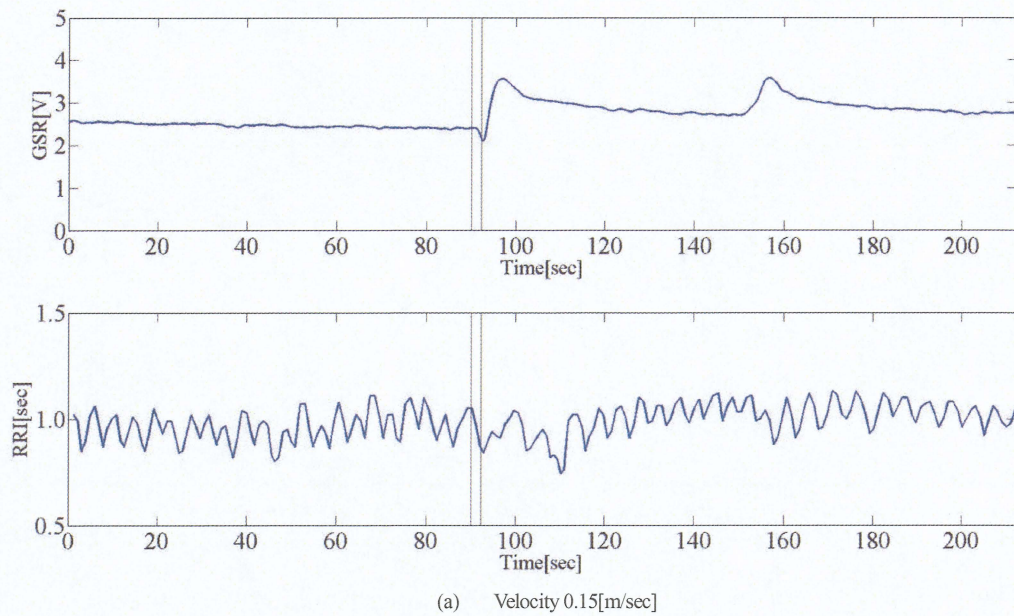


Fig.3.7 被験者 A の昇降加速度  $0.50[\text{m}/\text{sec}^2]$  における実験結果



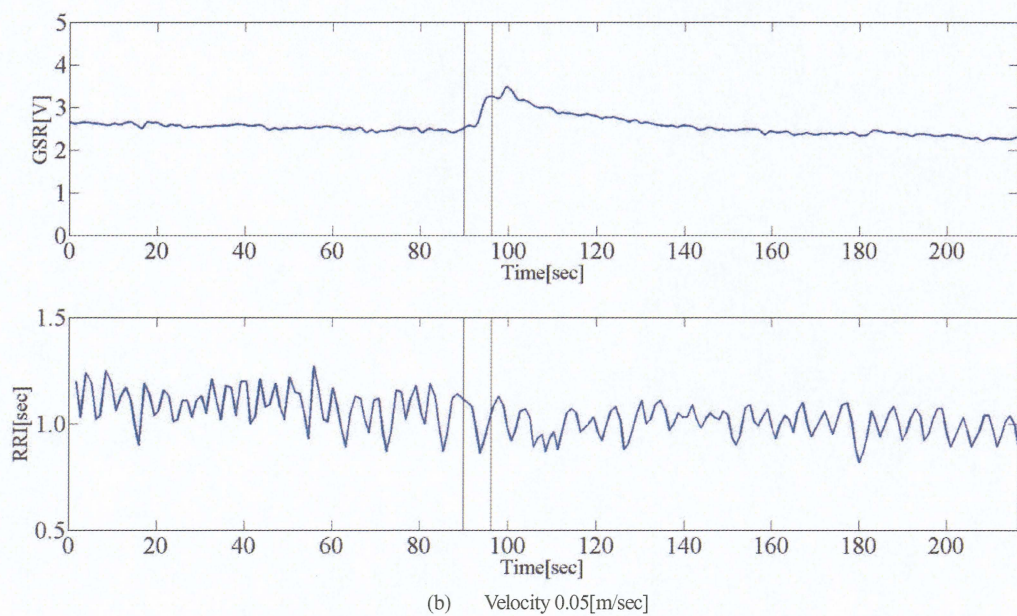
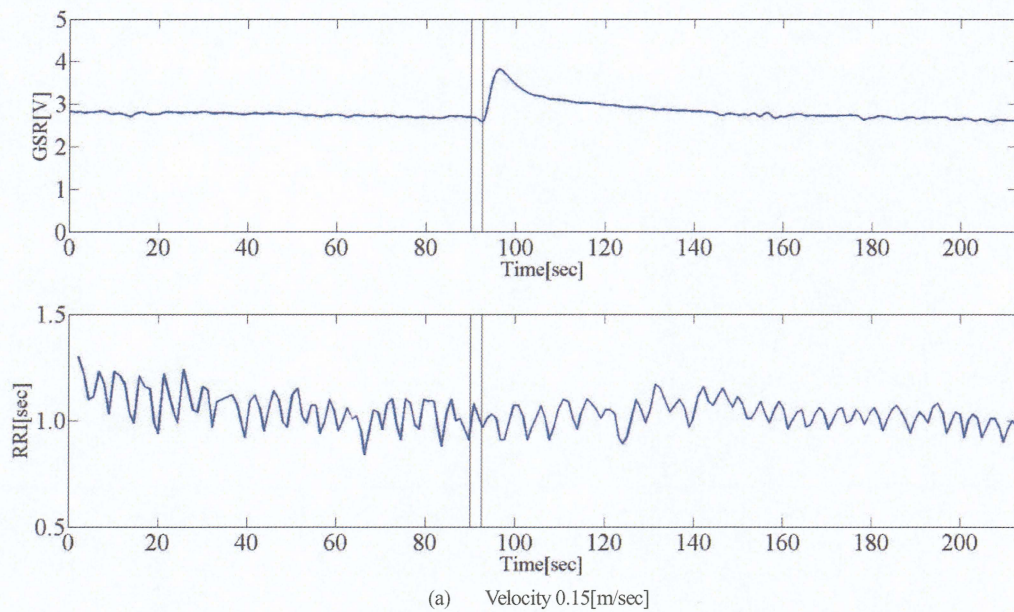


Fig.3.8 被験者 A の昇降加速度  $0.25[\text{m/sec}^2]$  における実験結果



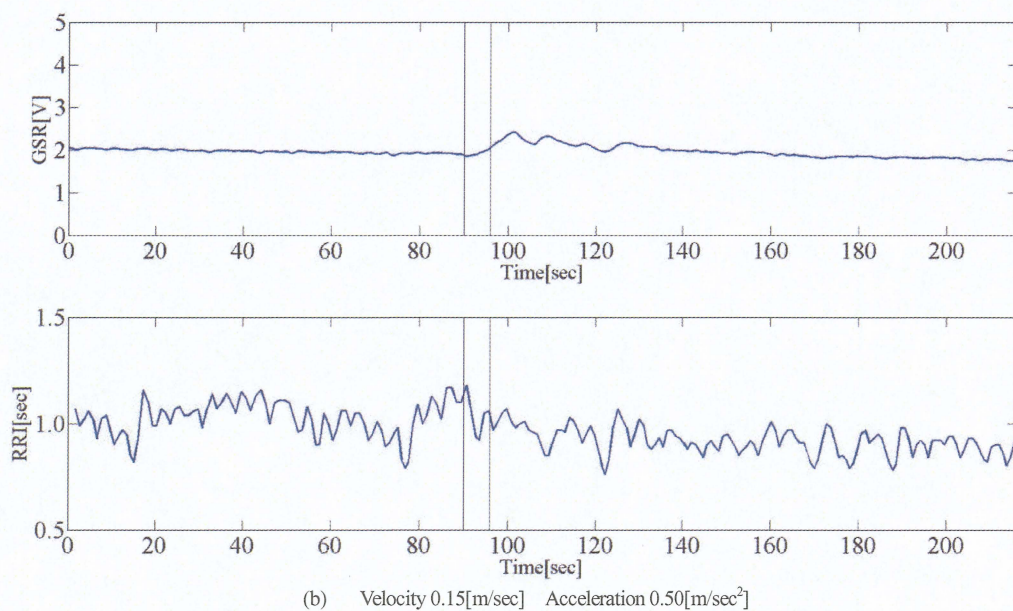
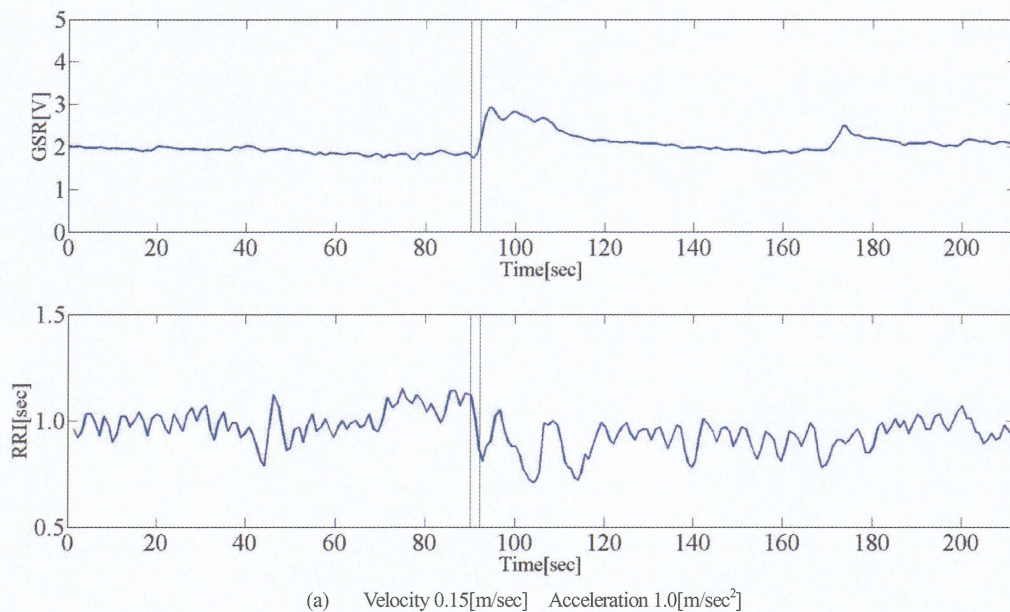


Fig.3.9 被験者 C の昇降加速度 1.0[m/sec²]における実験結果



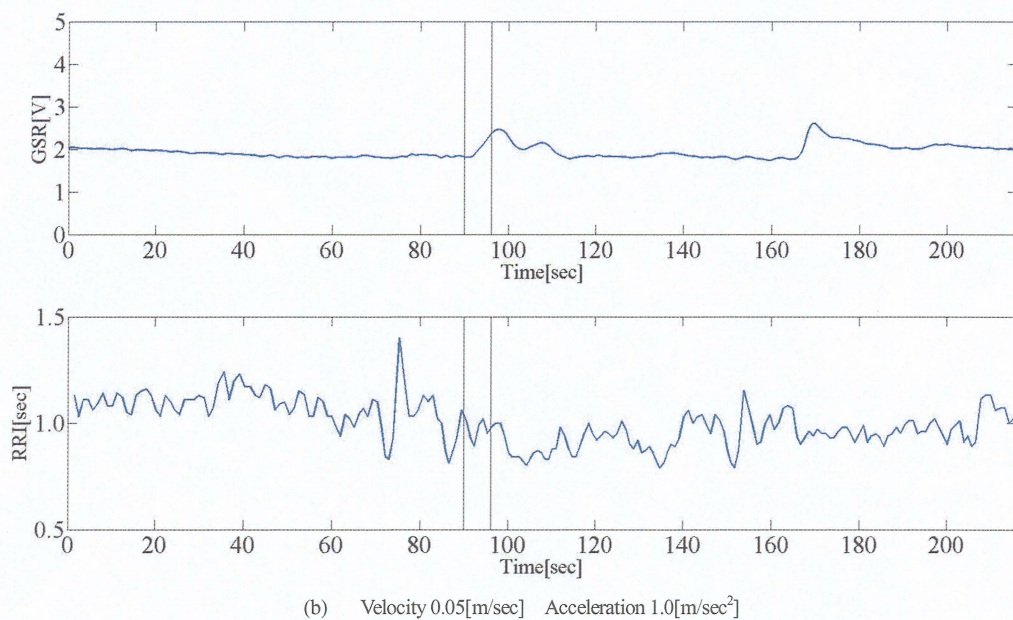
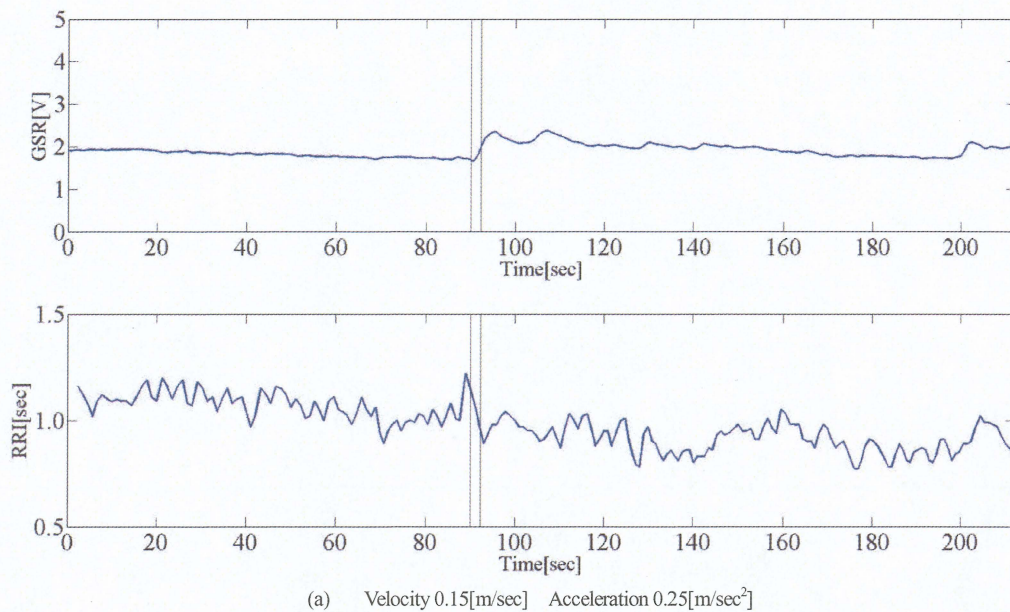


Fig.3.10 被験者 C の昇降加速度 0.50[m/sec<sup>2</sup>]における実験結果



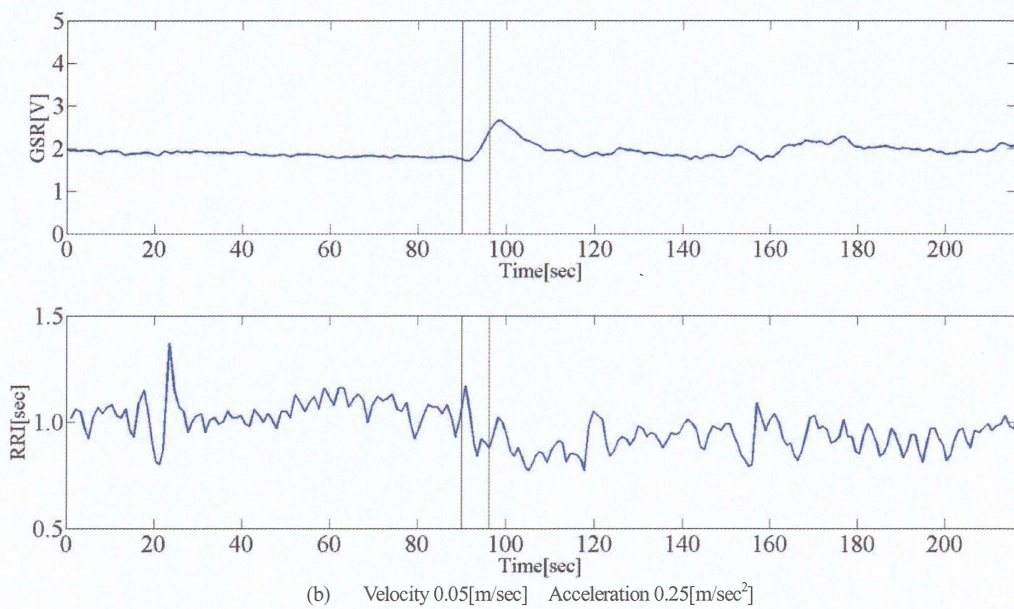
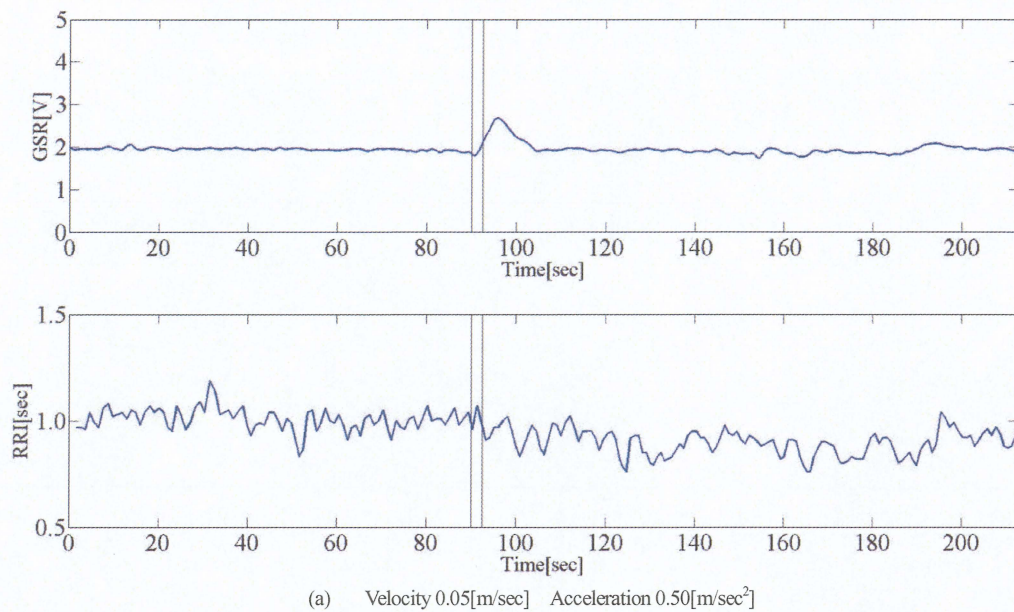


Fig.3.11 被験者 C の昇降加速度 0.25[m/sec²]における実験結果



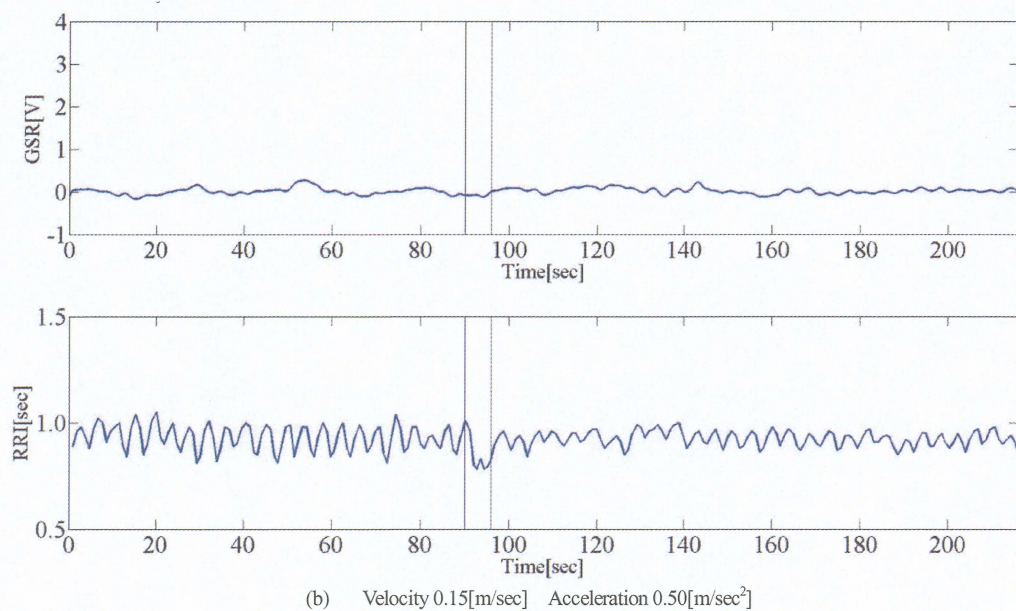
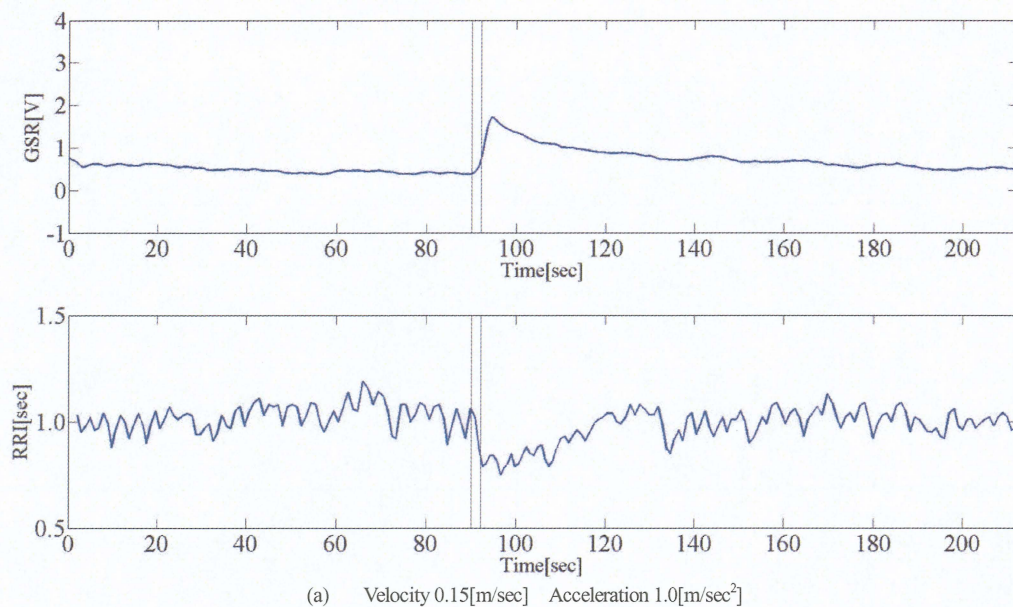


Fig.3.12 被験者 E の昇降加速度  $1.0 \text{ m/sec}^2$  における実験結果



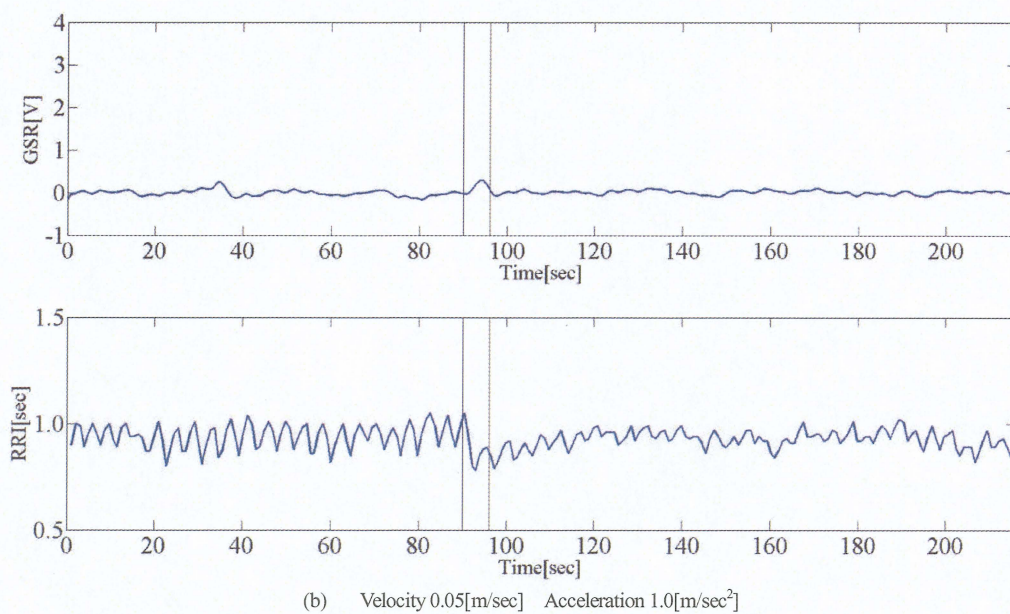
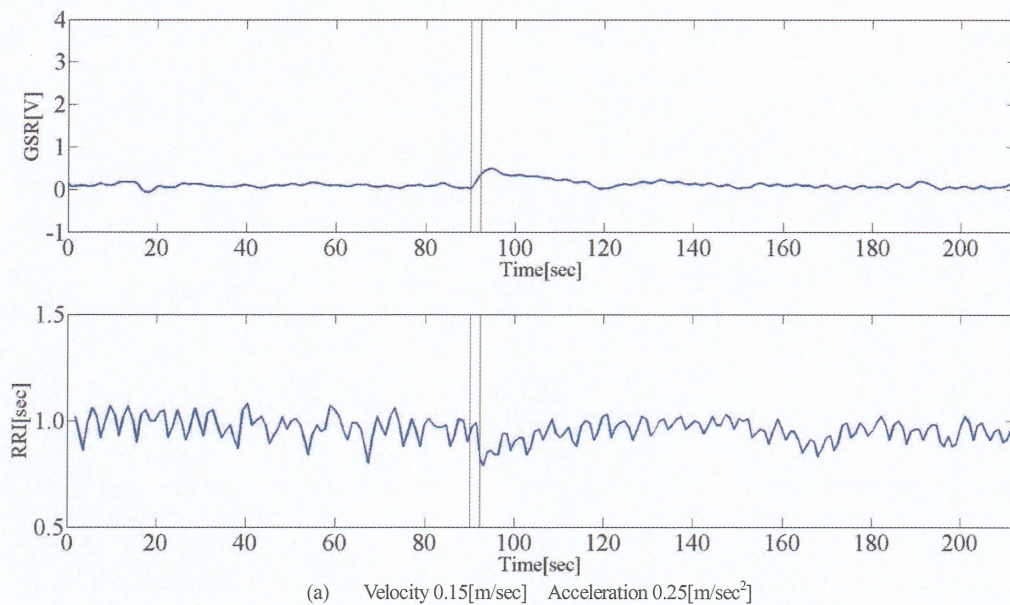


Fig.3.13 被験者 E の昇降加速度 0.50[m/sec<sup>2</sup>]における実験結果



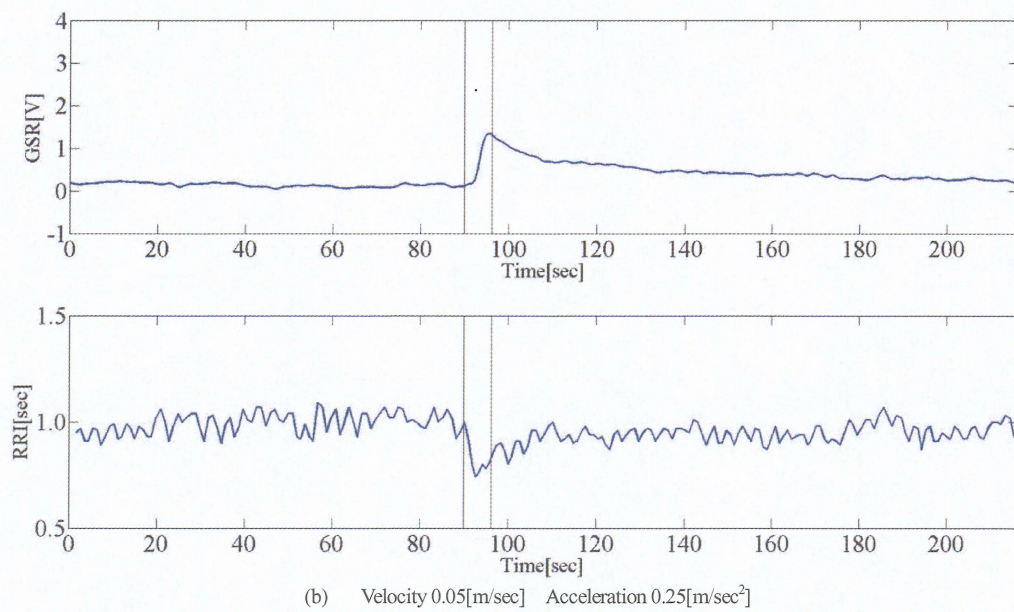
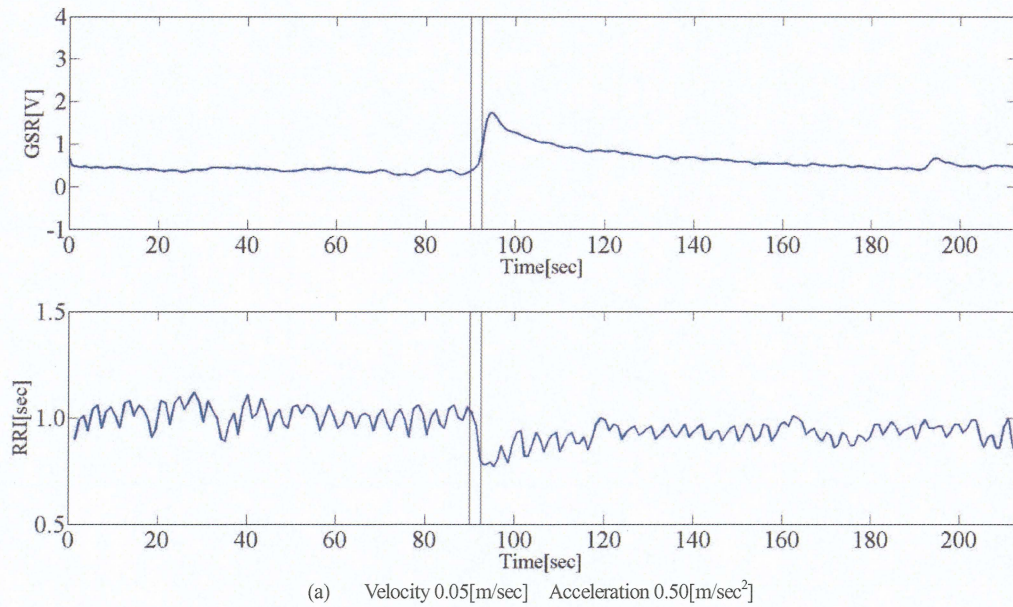


Fig.3.14 被験者E の昇降加速度 0.25[m/sec²]における実験結果



Table 3.1 被験者 A の各昇降速度パターンでの吊り上げ前後の SDNN と増加率

Acceleration [m/sec <sup>2</sup> ]	Velocity [m/sec]	SDNN [sec]		Ratio [-]
		Before	After	
1.00	0.15	0.301	0.272	0.90
	0.05	0.299	0.257	0.86
0.50	0.15	0.286	0.263	0.92
	0.05	0.304	0.255	0.84
0.25	0.15	0.313	0.253	0.81
	0.05	0.301	0.261	0.87

Table 3.2 被験者 C の各昇降速度パターンでの吊り上げ前後の SDNN と増加率

Acceleration [m/sec <sup>2</sup> ]	Velocity [m/sec]	SDNN [sec]		Ratio [-]
		Before	After	
1.00	0.15	0.252	0.242	0.96
	0.05	0.271	0.238	0.88
0.50	0.15	0.265	0.244	0.92
	0.05	0.273	0.237	0.87
0.25	0.15	0.226	0.225	1.00
	0.05	0.258	0.241	0.93

Table 3.3 被験者 E の各昇降速度パターンでの吊り上げ前後の SDNN と増加率

Acceleration [m/sec <sup>2</sup> ]	Velocity [m/sec]	SDNN [sec]		Ratio [-]
		Before	After	
1.00	0.15	0.243	0.230	0.95
	0.05	0.259	0.237	0.91
0.50	0.15	0.260	0.244	0.94
	0.05	0.252	0.245	0.97
0.25	0.15	0.259	0.230	0.89
	0.05	0.239	0.224	0.94

Table 3.4 全被験者の各昇降速度パターンでの SDNN 増加率

Acceleration [m/sec <sup>2</sup> ]	Velocity [m/sec]	SDNN increase ratio [-]				
		A	B	C	D	E
1.00	0.15	0.90	1.02	0.96	1.08	0.95
	0.05	0.86	1.00	0.88	0.96	0.91
0.50	0.15	0.92	1.17	0.92	0.92	0.94
	0.05	0.84	1.07	0.87	0.95	0.97
0.25	0.15	0.81	1.15	1.00	0.89	0.89
	0.05	0.87	1.11	0.93	0.96	0.94

Table 3.5 全被験者の各昇降速度パターンでの GSR 増加値

Acceleration [m/sec <sup>2</sup> ]	Velocity [m/sec]	GSR increase value [V]				
		A	B	C	D	E
1.00	0.15	1.44	1.44	0.84	1.97	1.13
	0.05	1.36	1.51	0.59	1.90	1.12
0.50	0.15	1.31	1.27	0.55	2.08	1.29
	0.05	1.13	1.57	0.41	1.61	0.47
0.25	0.15	1.19	1.21	0.28	2.09	0.87
	0.05	1.03	0.95	0.61	2.20	1.18

Table 3.6 全被験者の各昇降パターンでの緊張のアンケート評価値

Acceleration [m/sec <sup>2</sup> ]	Velocity [m/sec]	Nervousness [-]				
		A	B	C	D	E
1.00	0.15	2.0	3.0	3.0	1.5	1.0
	0.05	2.0	3.0	3.0	1.0	1.0
0.50	0.15	1.5	3.0	2.0	1.0	1.0
	0.05	1.0	3.0	1.5	1.0	1.0
0.25	0.15	1.0	3.0	2.0	1.0	1.0
	0.05	1.5	3.0	2.0	1.0	1.0

Table 3.7 全被験者の各昇降パターンでの驚きのアンケート評価値

Acceleration [m/sec <sup>2</sup> ]	Velocity [m/sec]	Surprise [-]				
		A	B	C	D	E
1.00	0.15	2.5	2.5	3.0	2.0	3.0
	0.05	2.0	2.5	3.0	1.5	2.5
0.50	0.15	2.0	2.0	2.5	1.0	2.5
	0.05	1.5	2.0	2.0	1.0	1.0
0.25	0.15	1.5	2.0	1.5	1.0	1.0
	0.05	1.0	2.0	1.5	1.0	1.0

Table 3.8 全被験者の各昇降パターンでの痛みのアンケート評価値

Acceleration [m/sec <sup>2</sup> ]	Velocity [m/sec]	Pain [-]				
		A	B	C	D	E
1.00	0.15	1.0	1.0	1.0	1.0	3.5
	0.05	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0
0.50	0.15	1.0	1.0	1.0	1.0	3.5
	0.05	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0
0.25	0.15	1.0	1.0	1.0	1.5	3.0
	0.05	1.0	1.0	1.0	2.0	3.5

### 3.3 考察

3.2 節の実験結果の考察を述べる。SDNN の結果に着目すると、吊り上げ後に SDNN の減少が見られ、吊り上げによって被験者に緊張が生じている場合が多くみられる。しかし、被験者 B のように吊り上げ後に SDNN が増加する場合もあり、これは吊り上げに対して身構え、吊り上げ後に緊張が緩んだ結果と考えられる。また、全ての被験者において昇降速度及び加速度と SDNN に相関が見られなかった。アンケート評価値においても緊張の評価値と昇降速度及び加速度との相関がみられない為、昇降速度及び加速度は吊り上げ時の被験者の緊張に影響していないことが分かった。

次に GSR の結果に着目すると、全ての被験者において吊り上げ直後に GSR の値の増加が見られ、吊り上げによって被験者に驚きが生じている。しかし、各昇降速度及び加速度と GSR 増加値には相関が見られない。驚きのアンケート評価値に注目すると、同じ加速度では昇降速度が速い場合に値が高く、同じ速度では加速度が速い場合により値が高くなる傾向が見られる。また痛みのアンケート評価値に着目すると、全ての昇降パターンにおいてほぼ一定の評価となったことから、昇降速度及び加速度による痛みへの影響は少ないといえる。これらの結果より、吊り上げ時の昇降速度及び加速度は被験者の緊張及び痛みには影響を与えていないと考える。本実験で用いた昇降速度パターンでは GSR の増加値に差異が認められなかったが、アンケート調査の結果では昇降速度、昇降加速度共に驚きとの相関が見られた。そこで、さらに速い昇降速度及び加速度において同様の評価をすることで、昇降速度及び加速度と、吊り上げ時の被験者の驚きの関係を明らかにする必要があると考える。しかし、実際の移乗動作に近い条件での実験では吊り上げ距離が短く加速時間が微小であり、また加速度と比較して昇降の高速化に繋がるという点からも、さらに高速化した昇降速度についての調査を行い、その報告を次章で述べる。

## 第 4 章

### 高速化した昇降速度による影響の調査

本章では、前章の実験結果の考察より、さらに高速化した昇降速度が被験者に与える影響の調査について述べる。4.1 節で実験手順を、4.2 節では実験結果を、4.3 節では実験結果についての考察を述べる。

#### 4.1 実験手順及び条件

本実験では介護リフトの昇降速度による被介護者の負担への影響を評価する。そこで昇降速度の異なる昇降速度パターンにおいて、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、本実験に用いる昇降速度パターンについて述べる。昇降速度パターンは前章の実験と同様に台形速度パターンとする。昇降速度は一般的な介護リフトの昇降速度より 0.05 [m/sec] と、JIS T9241 移動・移乗支援用リフトにて規定されている昇降速度より 0.15 [m/sec]、さらに 0.1 [m/sec] 刻みに 0.25 [m/sec] と 0.35 [m/sec] を加えた 4 種類を用いる。昇降距離は 0.3 [m]、昇降加速度は  $1.0 \text{ [m/sec}^2\text{]}$  で一定とし、計 4 種類の昇降速度パターンでの実験計測を行う。昇降速度パターンの速度線図を Fig.4.1 に示す。

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応用トランスデューサ、音による影響を低減する為の耳栓、2.1 節で述べた介護リフト用の吊り具を装着してベッドに仰向けに寝てもらい計測を開始する。姿勢を保持したまま 2 分間の計測を行い、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。吊り上げ後さらに姿勢を保持したまま 2 分間の計測を行い、ベッドに降ろし計測を終了する。計測終了後に主観的評価に用いるアンケート調査を行う。この手

順を1つの昇降速度パターンにつき3回、計12回の計測を行う。被験者は24歳の健常者の男性5名、昇降速度パターンの順序はランダムで被験者には通知しない。

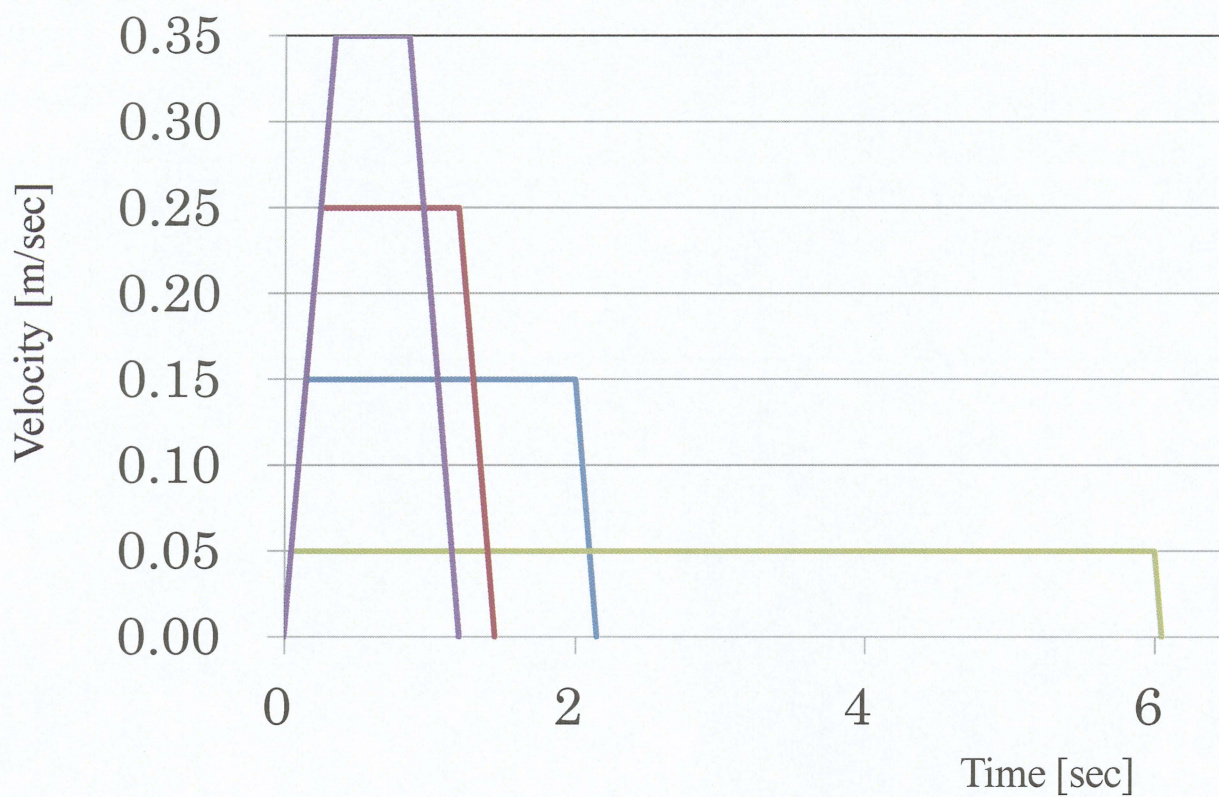
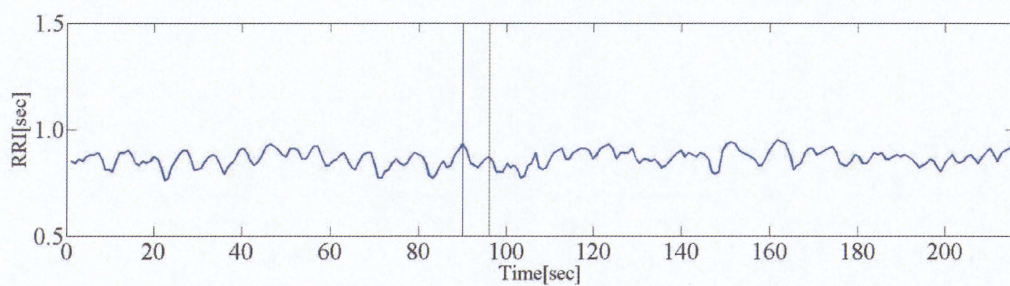
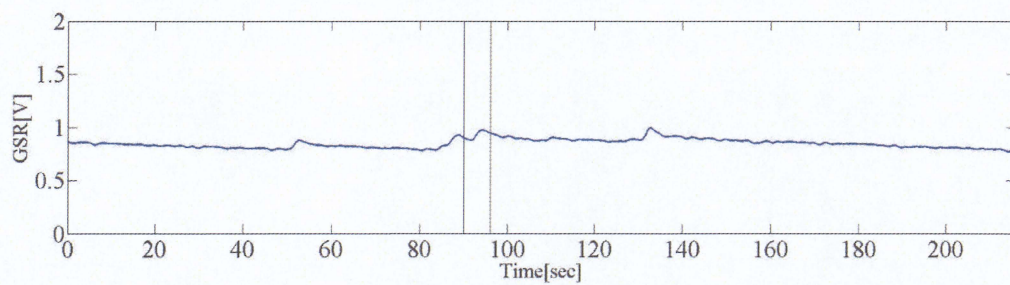


Fig.4.1 昇速度パターンの速度線図

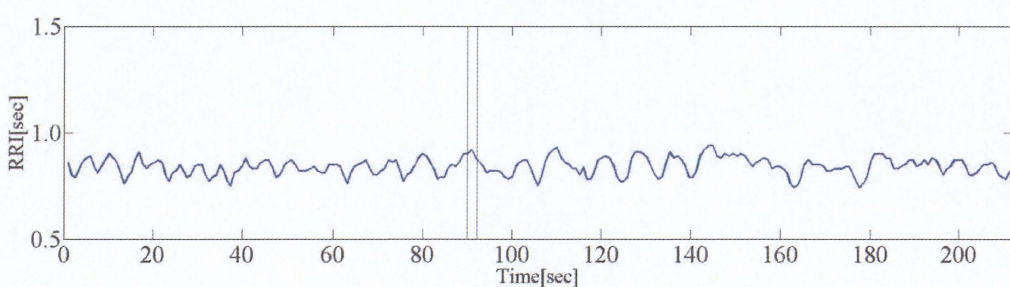
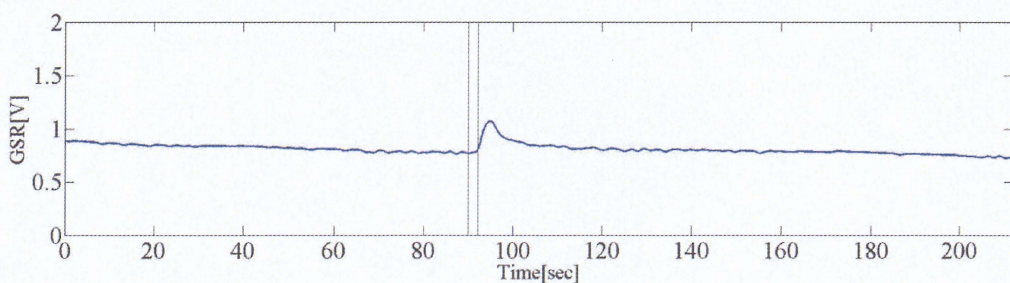
## 4.2 実験結果

4.1.項で述べた昇降速度及び加速度の異なる昇降速度パターンにおける昇降実験の結果を述べる。Fig.4.2～Fig.4.4 と Table 4.1～Table 4.6 に実験結果を示す。Fig.4.2～Fig.4.4 は被験者 A, C, E の GSR と RRI の各昇降速度パターン一試行分の結果を示し、縦軸は上から GSR[V], RRI[sec], 横軸は計測時間[sec], グラフ中央の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)～(d)は昇降速度パターンを示す。Table 4.1～Table 4.3 は被験者 A, B, C の各昇降速度パターンにおける、吊り上げ前と吊り上げ後の SDNN の値と, SDNN の吊り上げ前に対する吊り上げ後の増加率を示す。Table 4.4 は被験者 A～E の各昇降速度パターンにおける SDNN の吊り上げ前に対する吊り上げ後の増加率を示す。Table 4.5 は被験者 A～E の各昇降速度パターンにおける GSR の増加値を示す。各被験者には主観評価として驚きの度合いを全く驚かない 1 からとても驚いた 5 まで, 緊張の度合いを全く緊張のない 1 からとても緊張している 5 まで, 痛みの度合いを全く痛くない 1 からとても痛い 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～E の各昇降速度パターンにおける驚きの度合いの評価平均値を Table 4.6, 緊張の度合いの評価平均値を Table 4.7, 痛みの度合いの評価平均値を Table 4.8 に示す。



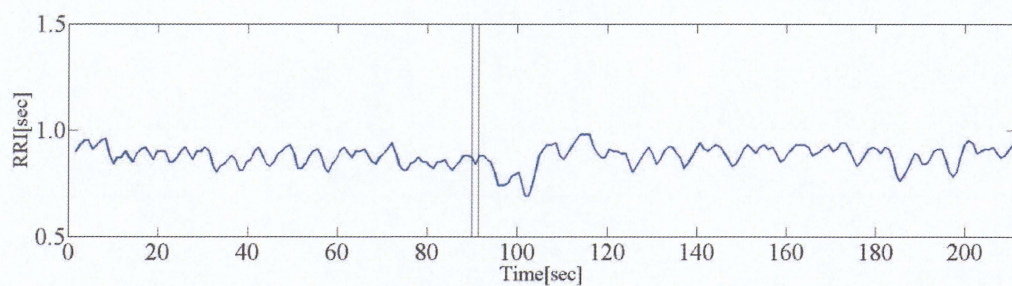
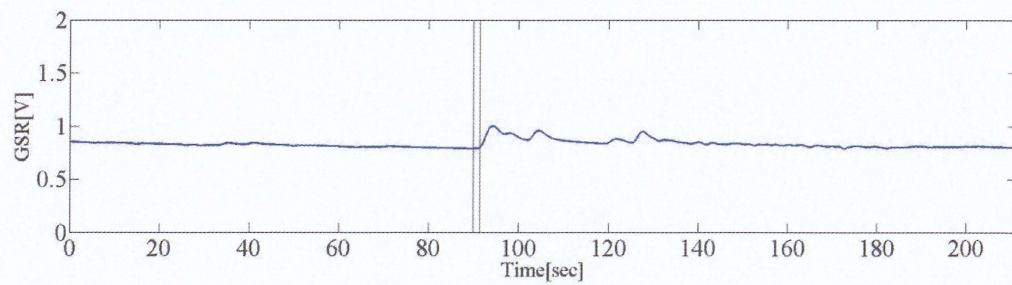


(a) Velocity 0.05[m/sec]

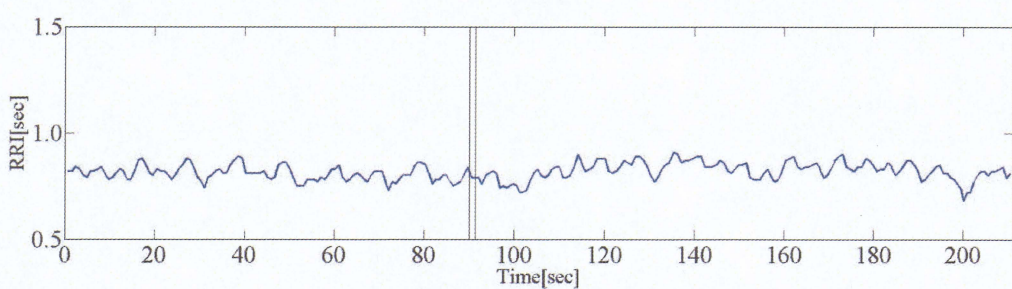
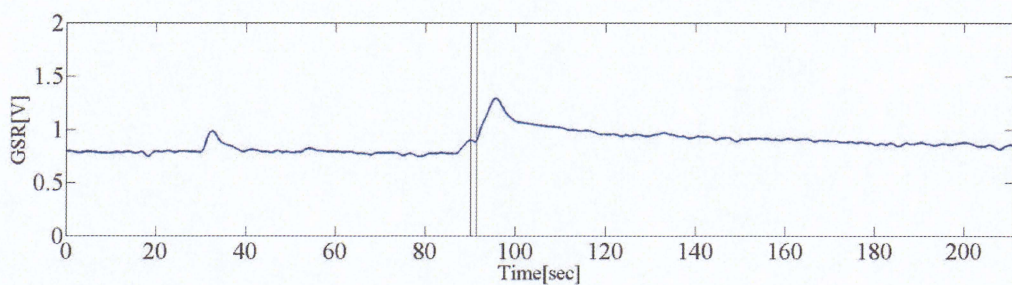


(b) Velocity 0.15[m/sec]





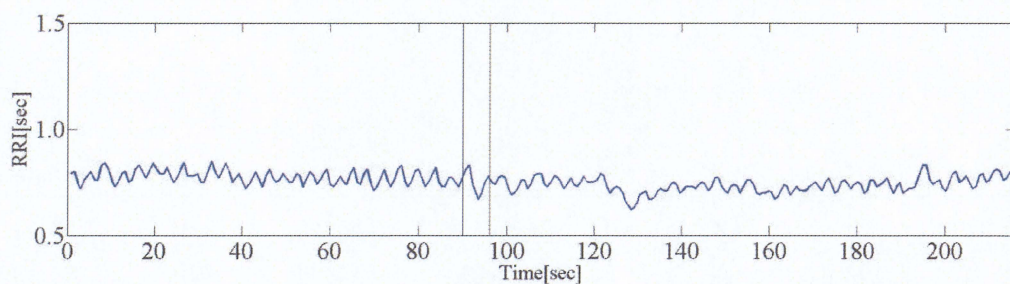
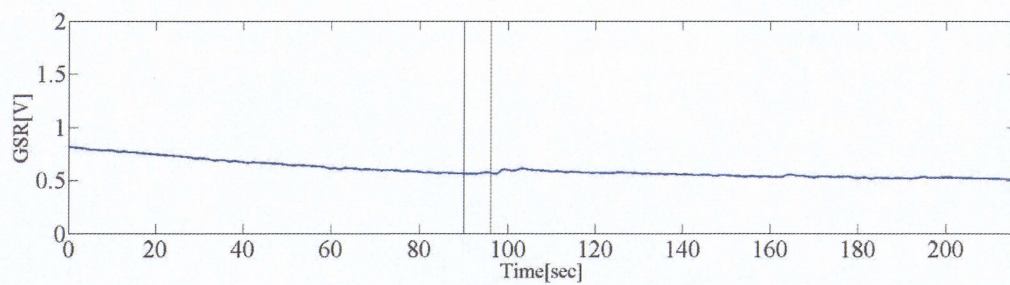
(c) Velocity 0.25[m/sec]



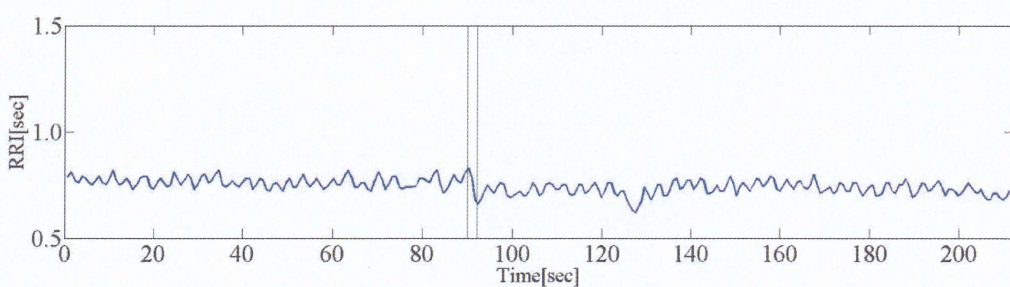
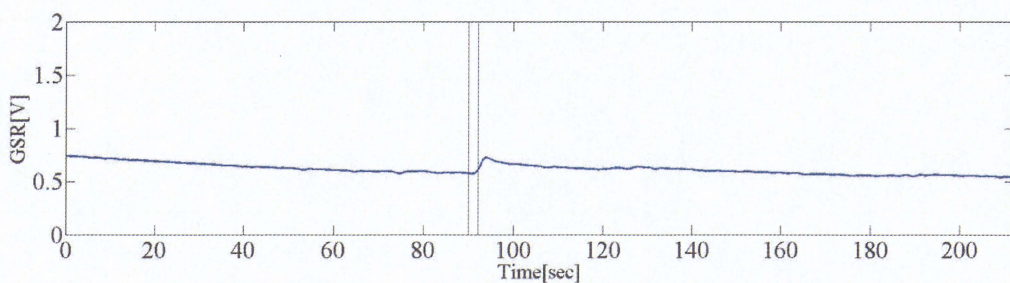
(d) Velocity 0.35[m/sec]

Fig.4.2 被験者 A の実験結果





(a) Velocity 0.05[m/sec]



(b) Velocity 0.15[m/sec]



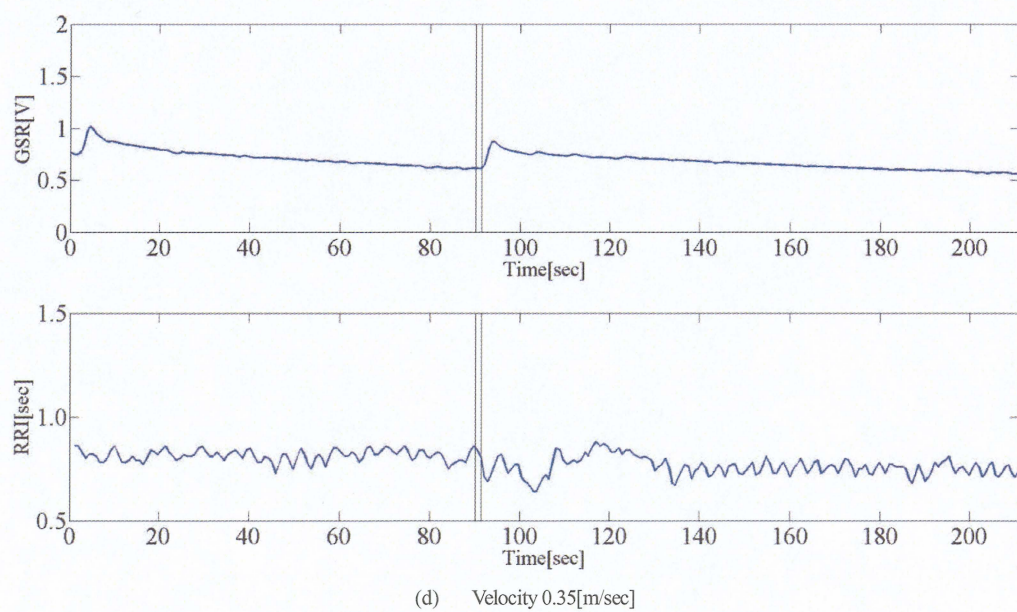
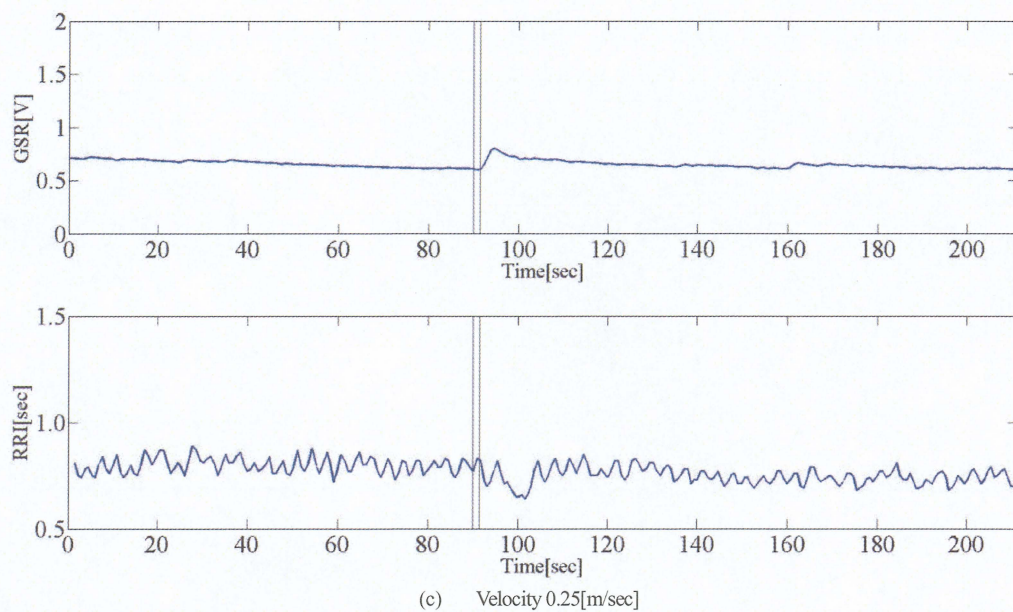
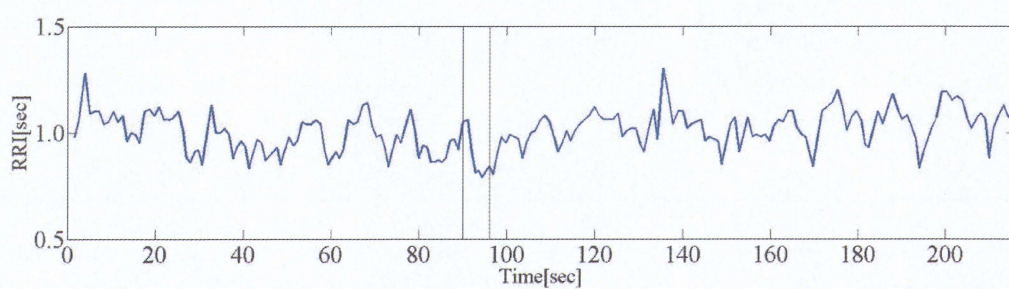
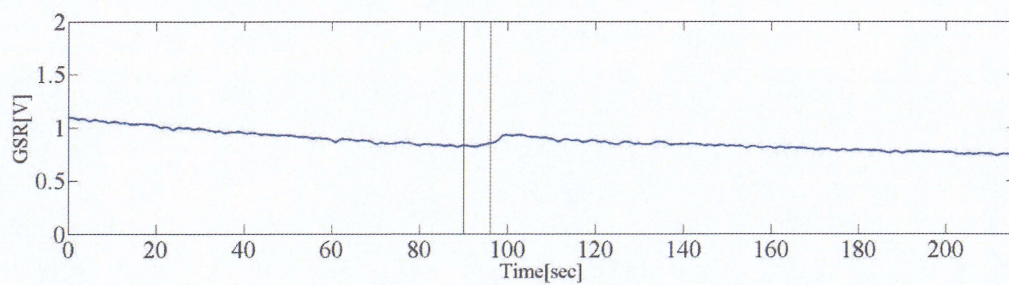
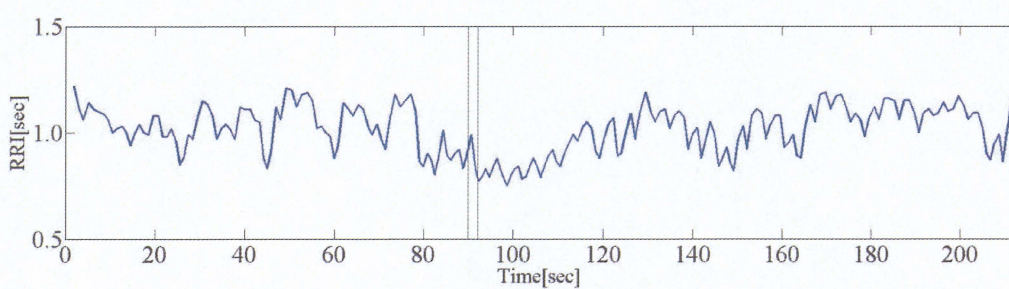
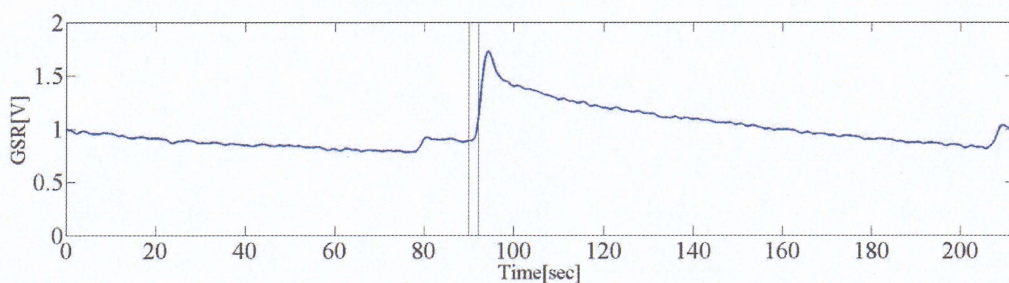


Fig.4.3 被験者 B の実験結果





(a) Velocity 0.05[m/sec]



(b) Velocity 0.15[m/sec]



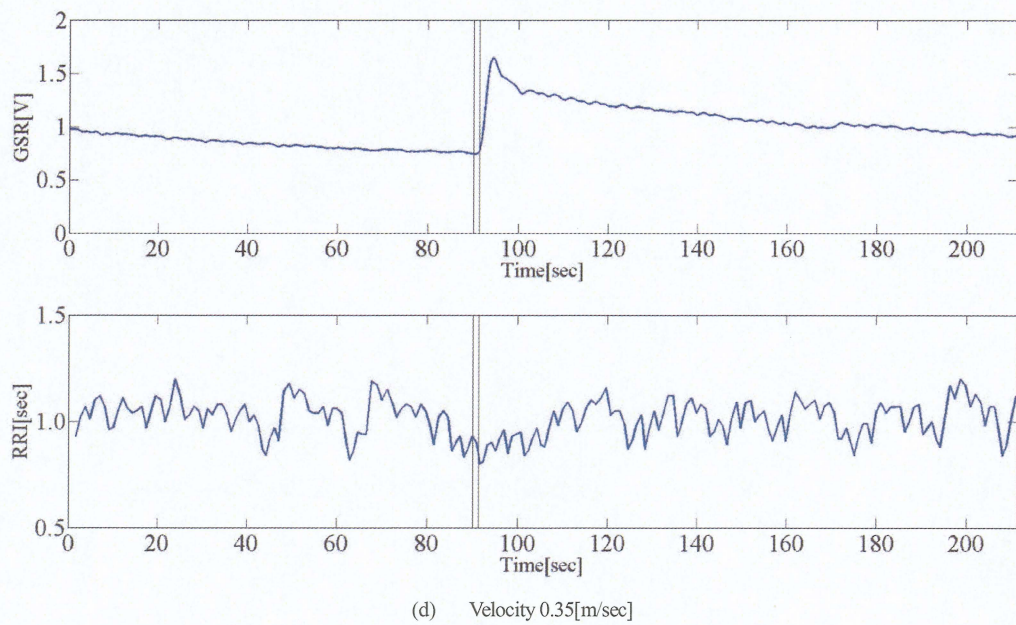
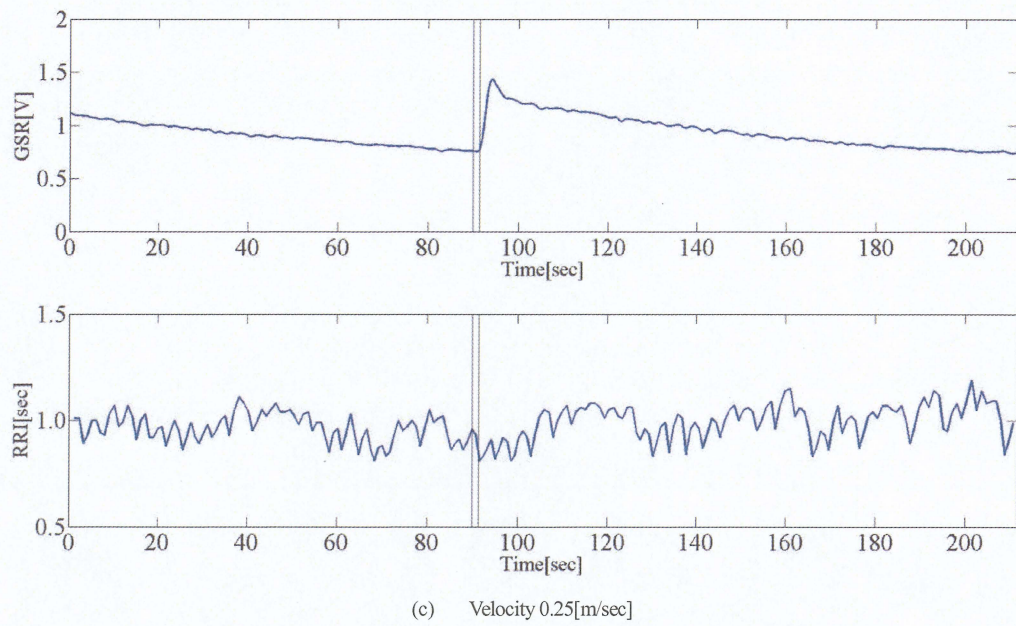


Fig.4.4 被験者 C の実験結果

Table 4.1 被験者 A の各昇降速度パターンでの吊り上げ前後の SDNN と増加率

Velocity [m/sec]	SDNN [sec]		Ratio [-]
	Before	After	
0.05	0.191	0.190	1.00
0.15	0.193	0.215	1.12
0.25	0.205	0.222	1.08
0.35	0.205	0.201	0.98

Table 4.2 被験者 B の各昇降速度パターンでの吊り上げ前後の SDNN と増加率

Velocity [m/sec]	SDNN [sec]		Ratio [-]
	Before	After	
0.05	0.172	0.192	1.12
0.15	0.185	0.173	0.93
0.25	0.203	0.188	0.93
0.35	0.181	0.194	1.07



Table 4.3 被験者 C の各昇降パターンでの吊り上げ前後の SDNN と増加率

Velocity [m/sec]	SDNN [sec]		Ratio [-]
	Before	After	
0.05	0.284	0.277	0.97
0.15	0.283	0.301	1.06
0.25	0.269	0.271	1.01
0.35	0.277	0.276	1.00

Table 4.4 全被験者の各昇降パターンでの SDNN 増加率

Velocity [m/sec]	SDNN increase ratio[-]				
	A	B	C	D	E
0.05	1.00	1.12	0.97	0.88	1.15
0.15	1.12	0.93	1.06	0.87	1.16
0.25	1.08	0.93	1.01	0.90	1.09
0.35	0.98	1.07	1.00	0.84	1.14

Table 4.5 全被験者の各昇降パターンでの GSR 増加値

Velocity [m/sec]	GSR increase value [V]				
	A	B	C	D	E
0.05	0.142	0.091	0.172	0.046	0.056
0.15	0.179	0.100	0.413	0.115	0.115
0.25	0.212	0.169	0.696	0.117	0.165
0.35	0.349	0.226	0.901	0.130	0.142

Table 4.6 全被験者の各昇降パターンでの緊張のアンケート評価値

Velocity [m/sec]	Nervousness [-]				
	A	B	C	D	E
0.05	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
0.15	2.0	2.0	1.7	1.0	2.0
0.25	2.0	2.0	1.7	1.0	3.0
0.35	3.0	2.0	1.7	2.0	3.7

Table 4.7 全被験者の各昇降パターンでの驚きのアンケート評価値

Velocity [m/sec]	Surprise [-]				
	A	B	C	D	E
0.05	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.15	1.7	1.7	3.0	2.0	2.3
0.25	2.0	2.7	4.7	2.0	3.3
0.35	3.3	3.0	5.0	2.7	4.3

Table 4.8 全被験者の各昇降パターンでの痛みのアンケート評価値

Velocity [m/sec]	Pain [-]				
	A	B	C	D	E
0.05	1.7	1.0	2.3	1.0	1.0
0.15	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0
0.25	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0
0.35	1.3	1.0	2.3	1.0	1.0



### 4.3 考察

4.2 節の実験結果の考察を述べる。SDNN の結果に着目すると、各昇降パターンの吊り上げ前の SDNN に対する吊り上げ後の SDNN の増加率に差は見られるものの、全ての被験者において昇降速度と SDNN の相関が見られない。緊張のアンケート評価値に注目すると、昇降速度が速くなるほど評価値が大きくなる傾向があるが、被験者 B, C, D のように低い評価値が多く見られる。この結果から、昇降速度による吊り上げ時の被験者の緊張への影響は少ないと考える。

次に GSR の結果に着目すると、ほぼ全ての被験者において吊り上げ直後に GSR の値の増加が見られ、吊り上げによって被験者に驚きが生じている。また、昇降速度が速くなるほど GSR の増加値が大きくなる傾向が見られた。驚きのアンケート評価値に注目すると、昇降速度が速いほど評価値も高く、GSR の増加値の傾向と一致が見られる。痛みのアンケート評価値に注目すると、全ての昇降パターンにおいてほぼ一定の評価となったことから、昇降速度による痛みへの影響は少ないといえる。これらの結果より、吊り上げ時の昇降速度は被験者の痛みには影響を与えておらず、被験者の緊張への影響も少ないと考える。吊り上げ時の被験者の驚きへの影響は GSR による評価、アンケートによる評価共に、昇降速度が速いほど驚きを強く感じていることが分かった。しかし、GSR 増加の傾向には個人差が大きく、最適な昇降速度は人によって異なると考えられる。主観評価においては一般的な介護リフトの昇降速度である 0.05[m/sec]場合に全被験者が驚きを感じておらず、0.15[m/sec]では低評価ながらも驚きを感じていることから、この中間の速度において人は驚きを感じ始めると考えられ、驚きを感じない最速の移乗速度が最適な移乗速度であるといえる。

## 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昇降動作において、昇降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、移乗の高速化及び、被介護者の負担を軽減する最適な介護リフトの昇降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昇降速度及び加速度の異なる昇降動作を行い、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 より吊り上げ前後の SDNN を導出し、その増加率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、吊り上げ時の昇降速度及び加速度が被験者の精神的負担（緊張・驚き）に与える影響を評価した。

客観的評価では被験者の緊張と驚きに与える影響は昇降速度と加速度共に少なく、主観評価では緊張への影響は少なく、驚きに与える影響は昇降速度及び加速度が速いほど大きくなった。その為、昇降加速度と比較して、より移乗の高速化に寄与する昇降速度を高速にした場合において、吊り上げ時の被験者の ECG 及び GSR の計測と、アンケート調査を行った。結果、高速であっても吊り上げ時の被験者の緊張への昇降速度の影響は少ないことが分かった。吊り上げ時の被験者の驚きへの影響は、昇降速度が高速であるほど大きく、アンケート結果とも一致がみられた。しかし GSR の増加値には個人差が見られ、主観評価の結果から一般的な介護リフトの昇降速度である 0.05[m/sec] から 0.15[m/sec] の間の昇降速度で驚きを感じ始めているということが分かった。

## 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昇降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。また昇降動作においても吊り上げ時の評価だけでなく吊り下ろし時の評価を行う。
- 昇降速度と被介護者の精神的負担の関係を調査したが、加速度についても同様の調査を行い、最適な移乗パターンを導出する。



## 参考文献

- [1] : 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>
- [2] 渡邊龍也, 大原瑛一, 矢野賢一, 青木隆明, 西本裕：頸髄損傷者を対象とした上肢動作支援ロボットによる伸展動作支援制御：ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2010, 2A1-C27(1)-2A1-C27(2), 2010
- [3] 湯海鵬, 豊島進太郎, 星川保, 川端昭夫：車椅子への移乗介護動作に関する運動学的分析研究：バイオ誌, Vol.27, No.1, pp.37-42, 2003
- [4] 住居広士, 塩川満久, 國定美香, 日高正巳, 宇野真智子, 山岡喜美子, 松本百合美, 武田留美子, 三宅恵子, 三浦美子：移乗介護におけるベッドからの車椅子設定角度のバイオメカニクス解析：広島県立保健福祉大学誌人間と科学, Vol.5, No.1, pp.97-107, 2005
- [5] 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
- [6] 伊丹君和, 安田寿彦, 豊田久美子, 石田英實, 久留島美紀子, 藤田きみゑ, 田中勝之, 森脇克巳：下肢の支持性が低下した人に対する移乗動作の身体的・心理的負担の評価：人間看護学研究, Vol.3, pp.11-21, 2006
- [7] 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
- [8] 疋津正利, 関啓明, 神谷好承, 吉本智：介護リフトのためのパワーアシスト技術の改善：精密工学会誌, Vol.71, No.10, pp.1250-1254, 2005
- [9] : ロボディックベッド：Panasonic プレスリリース,

[online] <http://panasonic.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/jn090918-1/jn090918-1.html>

[10] 岩切一幸, 高橋正也, 外山みどり, 平田衛, 久永直見: 高齢者介護施設における介護機器の使用状況とその問題点: 産業衛生学雑誌, Vol.49, No.1, pp.12-20, 2007

[11] : 介護リフトの基礎知識: 株式会社モリトー

[online] <http://www.morito.co.jp/>

[12] : 移動・移乗支援用リフトー第3部: 設置式リフト: JIS T9241-3

[13] Task Force of The European Society of Cardiology and The North American : Guidelines Heart rate variability : European Heart Journal, Vol.17, pp. 354-381, 1996

[14] 新美良純, 白藤美隆: 皮膚電気反射ー基礎と応用: 医歯薬出版, 1969

[15] 朝倉弘美, 坂口勇人, 古川公宜: 介護老人保健施設における福祉用具の活用状況について: 理学療法学, Vol.35, No.2, pp.180, 2008

[16] 石毛英子: 家族の変貌と介護の社会化: からだの科学[臨時増刊], pp.58-64, 1996

## 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．

お忙しい中，本研究への御助言を賜りました名古屋市立大学 横山清子 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理化学研究所と，システム設計研究室の皆様にご心から御礼申し上げます．