

地震動による人の心理学的・生理学的影響に関する研究

Study on Psychological and Physiological Influence of Earthquake Shock

建部 謙治[†], 青木 徹彦^{††}, 宮治 眞^{†††}, 天野 寛^{††††}, 井出 政芳^{†††††}, 宮下 邦義^{††††††}
TATEBE Kenji, AOKI Tetsuhiko, MIYAJI Makoto, AMANO Hiroshi, IDE Masayoshi, MIYASHITA Kuniyoshi

Abstract The purpose of this research is to clarify the psychological and physiological influence of the seismic ground motion. So, a few exercises which testees were experienced the observed seismic wave including a vertical vibration, were performed and analyzed by sex and the age. The main results are summarized as follows;

- 1) In many cases, blood pressure elevated immediately after exercise.
- 2) The salivary amylase score were showing the level of stress elevated immediately after exercise.
- 3) Pressure rate product representing myocardial oxygen consumption was larger in the elderly than in young subjects.
- 4) Between the man and woman were different in psychology and physiological influence.

1. 序論

1・1 研究の背景

ものづくり地域を抱える東海地方においては、東海地震、南海・東南海地震などの大地震あるいは直下型地震の到来に備え万全の地震対策が望まれる。そのためには、建物、各種設備の耐震化などのハード面とともに、地震動による人体への影響を踏まえた対策を強化させる必要がある。地震時による人の心理・生理への影響に関する研究は、これまでは中島ら¹⁾の『地震時における人間の心理・行動に関する研究』のように体験的な地震時における人間の心理・行動に関するアンケート調査などが行なわれている。しかし、観測地震波を用いた実験研究についてはあまり行われておらず、特に鉛直方向を含んだ地震動による人の心理学的・生理学的な影響については明らかでない。また、高齢社会となったわが国では高齢者などの災害弱者対策も重要課題であるが、これまで地震動による年齢別の影響についても十分な研究がなされているとは言い難い。したがって、縦揺れを含めた地震動による人体への影響を把握したうえで、地震予防対策の一環としての、揺れの体験の効果や地震情報提供の仕方などについても知見を得ることが喫緊の課題とされている。

1・2 研究の目的

本研究では、鉛直方向の振動を含む観測地震波を用いた被験者実験を行い、振動予告による問題や、年齢別、性別の違いによる人体への影響を人の心理・生理の変化から明らかにして、大地震への予防対策立案のための基礎資料とすることを目的とする。そのうえで、地震予防対策の一環としての、揺れの体験の効果や地震情報提供の仕方などについての知見を得る。

1・3 既往研究

1995年に濱川らの『アンケート調査に基づく人体感覚と地震観測記録との関係について』²⁾は、兵庫県南部地震について実際に地震を体験した人へ「恐怖感」、「驚き方」、「振動継続時間」、「揺れ方」、「屋内の被害」の5項目のアンケート調査をした。揺れの人体感覚と地震観測記録との関係を分析し、地震動の人体感覚および被害状況と地震観測記録とは、ほぼ整合するというを明らかにしている。また2004年の石川らの『鉛直振動に対する感覚評価に関する実験的研究』³⁾は、鉛直振動に対する知覚閾および、感覚評価を知るために実験範囲をより実状に近づけ、鉛直方向の連続した正弦振動に対する被験者実験を実施している。実験は振動台上に居室空間を設置し、体感による評価を知ることを目的としている。今回の研究では性別や年齢別の感覚評価の違いを見るためにアンケート調査を実施し、分析を行った。

いままでの人体の振動実験は石川らの研究のように、閾値および快、不快等の情緒に関する一般振動感覚実験

[†] 愛知工業大学 工学部 建築学科 (豊田市)
^{††} 愛知工業大学 工学部 都市環境学科 (豊田市)
^{†††} 名古屋市立大学病院 (名古屋市)
^{††††} 愛知県医師会総合政策研究機構 (名古屋市)
^{†††††} 愛知県厚生連足助病院 (豊田市)
^{††††††} 愛知工業大学大学院 工学研究科博士前期課程 (名古屋市)

や乗心地実験、許容限界実験など主として 3 種に大別されて行なわれてきた⁴⁾。しかし、本研究のように鉛直方向の振動を含む観測地震波を使用した実験環境での振動に対する心理的・生理学的影響を分析した研究はまだ行なわれていない。

1・4 研究方法

図 1-1 に研究のフローチャートを示す。本研究は既往研究の調査、また本研究の実験方法の検討、実験測定項目の選定を行い、より具体的な実験計画及び実験測定項目の決定を行なう。その後、予備実験を実施して、生理反応、心理変化また感覚評価の特性の確認を行い、実験計画の問題点等を抽出する。予備実験から得られた知見を利用し、再び実験計画を検討した後に本実験の実施を行なう。考察は年齢層別、性別、振動予告の有無別の生理学的、心理学的変化について分析・考察を行い、結果をまとめていく。



図 1-1 研究のフローチャート

2. 予備実験

2・1 目的

鉛直方向の振動を含む観測地震波による被験者実験を行い、地震動による心理・生理の変化特性を予備実験を通して確認するとともに、実験計画・手法の問題点を抽出し、改善を行う。それらで得た知見を利用して本実験の計画をより精度の高いものにするを目的とする。

2・2 実験概要

- 日時…2009 年 12 月 17 日
- 場所…愛知工業大学耐震実験センター
- 地震波…兵庫県南部地震(1995 年、観測点…神戸海洋気象台)及び新潟県中越地震(2004 年、観測点…小千谷)の観測地震波
- 被験者姿勢…立位
- 実験の種類…被験者 1 人に対し、振動予告有りの場合と振動予告無しの場合の 2 種類

2・2・1 実験環境

表 2-1 に実験の組合せ条件を示す。被験者は健康な男子学生 2 人(被験者 A、B)である。被験者には事前に実験概要と安全性について説明した。実験は 1 人につき 2 回実施し、振動体験前後に各種測定を行なった。また被験者の安静時の生理、心理の測定に関しては、実験終了後の翌日に、被験者の安静状態での各種測定及びエゴグラム・POMS の心理テストを行なった。

被験者	性別	年齢	入力地震波	実験回数	振動方向	姿勢	振動予告
A	男	26	兵庫県南部地震	1	前後上下	立位	有り
			新潟県中越地震	1			無し
B	男	21	兵庫県南部地震	1	前後上下	立位	有り
			新潟県中越地震	1			無し

2・2・2 振動装置の説明

実験で使用した振動装置は縦 3.6m、横 3.6m の上下水平動加振振動台(2 軸)である。油圧式アクチュエータを 2 本使用している。表 2-2 に油圧式アクチュエータの詳細を示す。静的最大加振力および動的加振力は約 250kN であり、加振機最大変位は±200mm である。振動台前方に水平方向加振用、振動台後方には鉛直方向加振用のアクチュエータをそれぞれ設置している。なお本実験でも同一の振動装置を用いて実験を行なった。

表 2-2 MTS 社製油圧式アクチュエータ 250kN 動的加振機仕様

静的最大加振力	: 約250kN
動的加振力	: 約250kN
加振機最大変位	: ±200mm(トータル400mm)
加振機両端	: スイベルヘッド、スイベルベース付き
ロードセル	: 約250kN型 披露試験用ロードセル付き
サーボバルブ	: 680L/分型を1台1本の加振機に取り付け
制御最大流量	: 680L/分(加振機台当り)

実験で使用する振動台は図 2-1 に示すように、縦 3.6m、横 3.6m である。被験者は振動台上中央に自然な姿勢で立ち、上下方向、正面前後方向に加振を行った。写真 2-1 に示すように安全性のため振動台周囲には落下防止のため手すりを設置した。

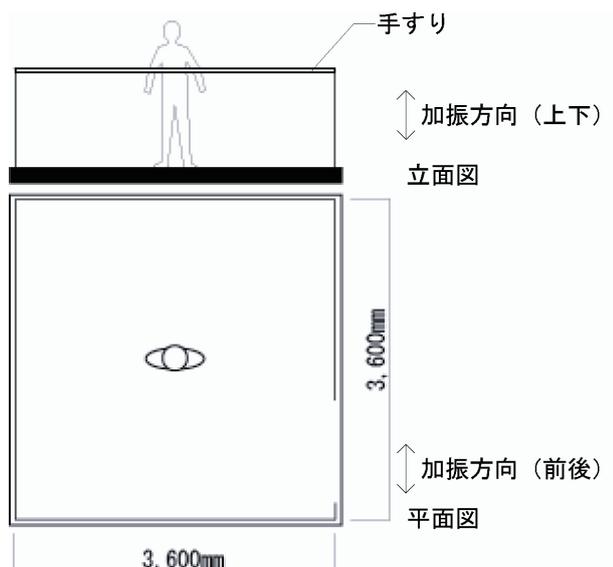


図 2-1 振動台装置詳細



写真 2-1 振動台装置

2・2・3 測定項目

測定は生理測定、心理測定、感覚測定、ビデオ撮影の4項目である。

①生理測定

被験者の恐怖感やストレスの数値化を行うため、振動体験の前後及び翌日の安静時に被験者の血圧・心拍数及び唾液アミラーゼの生理的測定項目である。

②心理測定

振動体験時の被験者の生理的变化や行動と性格との関連の分析を行うため、振動体験の翌日に被験者の気分状態を評価するエゴグラム・POMSの心理テストを行った。

③感覚測定

振動実験の揺れを体験するごとに揺れに対する評価を5段階評価で回答してもらう。感覚測定は5項目(表2-3)である。

④ビデオ撮影

実験中は被験者行動観察のためにビデオ撮影を行った。

表 2-3 感覚評価項目

項目	評価				
	1	2	3	4	5
大きさ	とても小さい	小さい	どちらでもない	大きい	とても大きい
強さ	とても弱い	弱い	どちらでもない	強い	とても強い
不安感	まったく不安を感じない	あまり不安を感じない	不安を感じる	かなり不安を感じる	非常に強く不安を感じる
恐怖感	まったく恐怖を感じない	あまり恐怖を感じない	恐怖を感じる	かなり恐怖を感じる	非常に強く恐怖を感じる
緊張感	まったく緊張しない	あまり緊張しない	緊張した	かなり緊張した	非常に強く緊張した

2・2・4 実験手順

実験手順を以下の①～④に示す。①～③については一人につき2回ずつ実施。

- ① 振動台横に設置した机にて血圧・心拍数、唾液アミラーゼ測定及び記憶テスト(記憶)を実施し、その後振動台へ移動。
 - ② 振動台にて振動体験(1回目振動予告有り、2回目振動予告無し)、ビデオ撮影による行動を観察。
 - ③ 振動体験後、振動台から振動台横の机へ移動。血圧・心拍数、唾液アミラーゼ及び記憶テスト(書出し)、感覚評価アンケートを実施。
 - ④ 翌日、被験者の安静時の各種測定及び記憶テスト、またPOMS・エゴグラムの心理アンケートを実施。
- 表2-4は各種測定の目的と特徴を示す。

各種測定	目的	特徴
血圧 心拍数	振動の影響による血圧・心拍数の変化を分析する	外部環境、肉体的活動および精神的な興奮、不安、ストレスなど身体の状態を敏感に反映し変動する。
唾液 アミラーゼ	振動前後で被験者が受けたストレスを分析する	交感神経が刺激され興奮状態になると、神経作用により唾液アミラーゼが分泌される
感覚評価 アンケート	被験者の振動に対する体感の評価を知るため	振動実験の揺れを体験するごとに揺れに対する評価を5段階評価で回答してもらう
記憶テスト	実験時と平常時の結果を比較し、振動による精神的動揺を分析する	20枚の写真を並べて3分間眺めて、それを後で思い出して書き出すというテスト
POMS エゴグラム	バイタルの変化や行動と性格との関連をみる	被験者の気分状態(気分や感情の変化)、また個性を知るための性格検査
ビデオ撮影	実験時の人間の行動分析	実験中の被験者行動を観察するためにビデオ撮影を行う

表 2-4 各種測定の目的と特徴

2・3 実験計画の問題点

予備実験では観測地震波による振動実験を行い、地震動における人の心理・生理の変化の特性を確認すると同時に、実験計画の問題点を洗い出した。ここでは計測結果の詳細は本実験で触れることとし、要点のみを述べる。

- 1) 周辺環境に関しては、振動台上から周囲が視界に入る状態であったのと、振動台等の機械音により被験者が周囲へ気を取られ実験に集中出来ない状況であった。それにより測定値への影響の恐れがあるため、振動台上に実験室を作るなど、周辺環境の整備を考慮する必要がある。
- 2) 心拍・血圧の測定に関しては、すぐに正常値に戻ろうとする生理反応が働くため、振動前後に被験者が移動して計測を行なうのではなく、振動台上で計測する必要がある。
- 3) 唾液アミラーゼに関しては、被験者Bは振動を体験する前後で測定値に明確な違いが見られた。個人差が生じると思われるが振動によるストレスをどれだけ感じているかを即座に簡単に数値化出来るため、今後の実験データとしての活用性が期待できる。
- 4) 感覚評価においては、同じ規模の振動実験を2回ずつ行った結果、振動予告有りの時よりも振動予告無しの際の評価が上回った。
- 5) 予備実験での被験者の姿勢に関しては、立位の場合には転倒の恐れが生じるため高齢者の実験の際には注意が必要となる。そのため実験中の姿勢の検討が必要である。

2・3 実験計画の改善点

予備実験から得られた問題点を以下のように改善し、本実験を実施する。

- 1) 周辺環境に関して被験者が周囲からの影響を受けないように振動台上に実験室を設置。
- 2) 被験者の心拍・血圧の測定に関して、振動台上で振動体験前後に直ちに測定を実施。
- 3) 被験者の姿勢に関して立位では危険性が高いため、振動台上にイスを設置し、椅子座の姿勢で実験を実施。
- 4) 個人、施設への倫理的配慮として、愛知県医師会総合政策研究機構内の第三者を含む倫理委員会の承認を得た。被験者の了解は口頭、文書にて実施。同時に、愛知工業大学工学部研究科教授会、厚生連足助病院の了承を得た。

3. 本実験

3・1 目的

観測地震波による水平及び鉛直方向の振動実験を行い、地震動による人の心理・生理への影響を明らかにすることを目的とする。

3・2 実験概要

- 日時…2010年11月16日～12月10日
- 場所…愛知工業大学耐震実験センター
- 地震波…兵庫県南部地震(1995年)の観測地震波(神戸海洋気象台)約45秒
- 被験者姿勢…椅子座
- 実験の種類…ケース1(1人当たり所要時間45分)、ケース2(1人当たり所要時間15分)
- 被験者概要…61人(若年者30人18歳～22歳、高齢者31人59歳～76歳)

表3-1に実験の組合せ条件を示す。被験者は年齢層別、性別、振動予告の有無に分けて実験を行なった。本実験では被験者1人に対して1回の振動体験としている。

年齢層	性別	ケース1 ¹⁾		ケース2 ²⁾		
		予告有	予告無	予告有	予告無	
若年者	男	5		5	5	15
	女	5		5	5	15
高齢者	男	5		9	7	21
	女	5		2	3	10
計(人)						61

なお、ケース1では血圧・心拍数測定が実験前後に4回ずつ測定(計8回:振動体験15分前、10分前、5分前、直前、振動体験直後、5分後、10分後、15分後)、ケース2では血圧・心拍数測定が実験前後に1回ずつ測定(計2回:振動体験直前、振動体験直後)とする。

3・2・1 実験環境

図3-1に実験室及び待機場所の配置図を示す。実験時、被験者には待機場所から通路を通り振動台へと移動してもらった。振動台上実験室は図3-2に示すように、振動台上に3.63m四方の実験室を壁面は鋼材と木材パネル、天井はポリカーボネートによって構成した。まず鋼材を振動台に固定し、実験室のフレームを組上げる。その後、壁面には木材パネル、天井にはポリカーボネートを取り付けている。

写真3-1は実験室内を撮影したものである。実験室内には椅子と机を設置し、転倒防止のため、机は振動台に固定している。また、実験室の閉塞感を与えないため被験者の正面の壁に間接照明を使用し、正面右上にビデオ撮影のためのカメラを設置している。写真3-2は被験者の待機場所である(大きさ2.0×2.0×2.0m)。組み立て式のパイプで躯体を作り、周りに乳白色のポリカーボネートを使用。中心に間仕切りを立て、2人同時に待機可能となっている。

地震動による人の心理学的・生理学的影響に関する研究

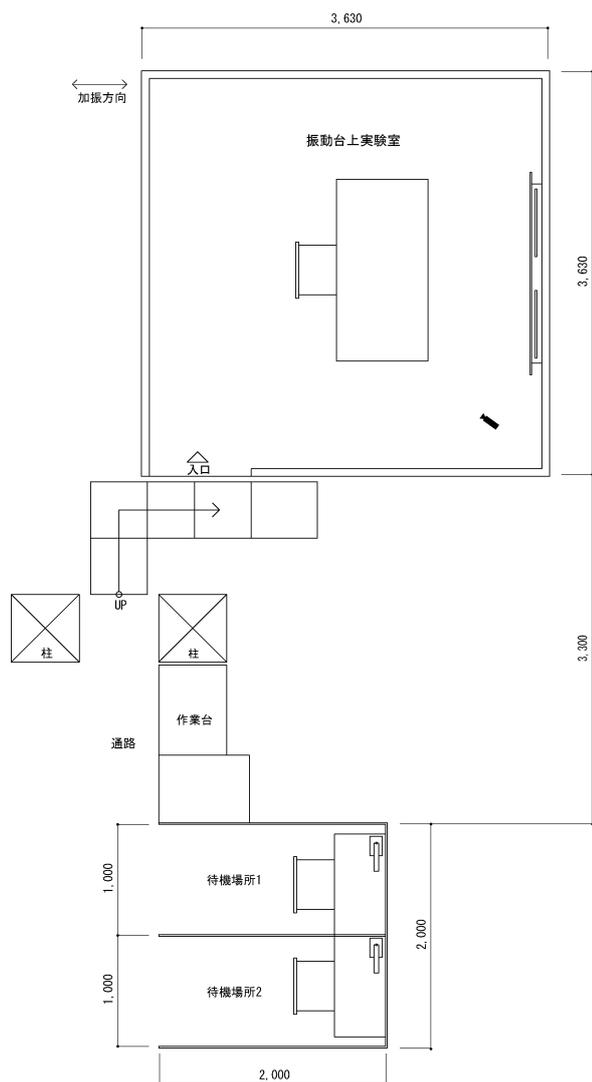


図 3-1 実験室周りの配置図

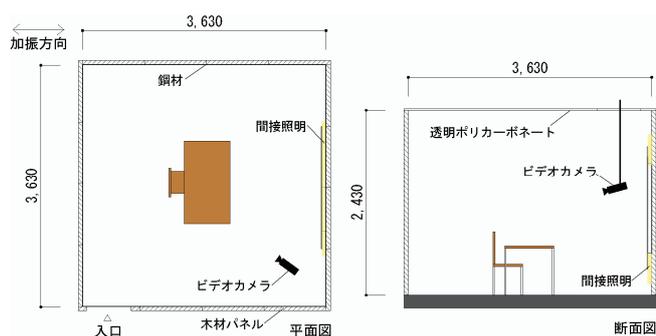


図 3-2 振動台上実験室



写真 3-1 実験室内



写真 3-2 待機場所

3・2・2 測定項目

測定は予備実験と同様に、以下の4項目である。心理測定と感覚評価については一部変更をしている。

①生理測定

被験者の恐怖感やストレスの数値化を行うため、振動体験の前後及び後日の安静時に被験者の血圧・心拍数及び唾液アミラーゼの生理的測定を行った。

②心理測定

振動体験時の被験者の生理的变化や行動と性格との関連の分析を行うため、振動体験の後日に被験者の気分状態を評価するエゴグラム・POMSの心理テストを実施。

③感覚測定

振動体験の揺れを体験するごとに揺れに対する評価を5段階評価で回答してもらう。感覚測定は5項目(表3-2)。アンケート項目は「体感時間」、「部屋の閉塞感」を新たに追加した。

④ビデオ撮影

実験中は被験者行動観察のためにビデオ撮影を行った。

表3-2 アンケート項目

項目	評価				
	1	2	3	4	5
揺れの大きさ	とても小さい	小さい	どちらでもない	大きい	とても大きい
揺れの強さ	とても弱い	弱い	どちらでもない	強い	とても強い
恐怖感	全く感じない	あまり感じない	普段と同じ	少し感じる	かなり感じる
体感時間	とても短く感じた	やや短く感じた	普段と変わらない	少し長く感じた	とても長く感じた
部屋の閉塞感	とても息苦しい	やや息苦しい	気にならない	やや快適だ	かなり快適だ

3・2・3 実験手順

実験手順を以下の①～⑥に示す。

- ① 振動台へ移動する前に、振動台横に設置した待機場所にて STAI-state-、実験前アンケートを実施。
- ② 振動台上の実験室では振動体験直前に唾液アミラーゼ測定、振動体験前の血圧・心拍を測定(予期不安値測定)。
- ③ 振動体験中のVTRによる行動観察
- ④ 振動体験直後の血圧・心拍を測定(振動によるストレス体験値測定)。
- ⑤ 唾液アミラーゼ測定(振動によるストレス体験値測定)、振動台を降りた直後、振動台横の待機場所にて STAI-state-と感覚評価シート、実験後アンケートの実施。
- ⑥ 後日コントロール条件として、平常時の血圧・心拍数、唾液アミラーゼ測定(安静値測定)、及び STAI-state-、POMS・エゴグラムの心理テストの実施。

各種測定の方法と特徴について表 3-3 に示す。

表3-3 各種測定の方法と特徴

各種測定	目的	特徴
血圧 心拍数	振動の影響による血圧・心拍数の変化を分析する	外部環境、肉体的活動および精神的な興奮、不安、ストレスなど身体の状態を敏感に反映し変動する。
唾液 アミラーゼ	振動前後で被験者が受けたストレスを分析する	交感神経が刺激され興奮状態になると、神経作用により唾液アミラーゼが分泌される
STAI-state	振動前後の状態不安の変化を分析する	不安を喚起する事象に対する一過性の状況反応を測る尺度である
感覚評価 アンケート	被験者の振動に対する体感の評価を知るため	振動実験の揺れを体験することに揺れに対する評価を5段階評価で回答してもらう
意識調査 アンケート	実験的に揺れを体験したことによる意識変化を見る	揺れを体験する前と後で、地震に対する意識変化をチェックする共通項目を設定している
POMS エゴグラム	バイタルの変化や行動と性格との関連をみる	被験者の気分状態(気分や感情の変化)、また個性を知るための性格検査
ビデオ撮影	実験時の人間の行動分析	実験中の被験者行動を観察するためにビデオ撮影を行う

3.3 実験結果

3.3.1 全体結果

観測地震波による水平及び鉛直方向の振動実験を行い、地震動による人の心理・生理学的な影響を調査した結果を以下に示す。図 3-3 は実験ケース 1 の被験者の平均血圧値、図 3-4 は実験ケース 1 の被験者の平均心拍数をそれぞれ時間経過ごとに示している。

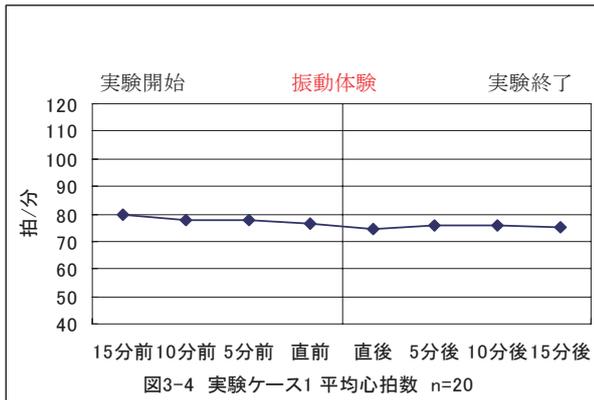
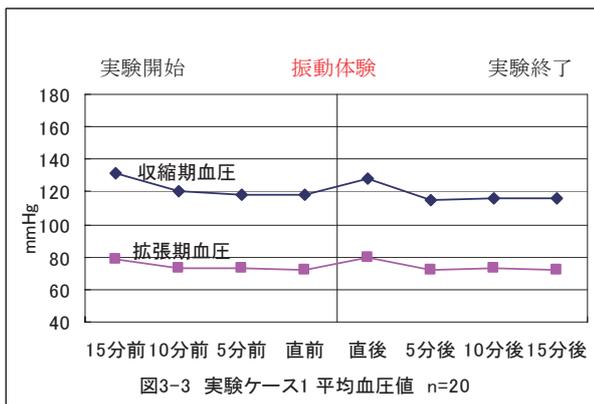


表 3-4 は収縮期血圧、表 3-5 は拡張期血圧、表 3-6 は心拍数の計測結果をそれぞれ時間経過ごとに「最大値」、「最小値」、「平均」、「標準偏差」の値を示した。有意差検定は t 検定で行い、0.05 以下を有意差ありとした。図 3-3 から実験ケース 1 の被験者の平均血圧値は振動体験直前から直後にかけて収縮期血圧は有意に上昇している ($t=2.84$ $p<0.05$)。図 3-4 の実験ケース 1 の被験者の平均心拍数では振動体験直前から直後にかけて血圧値とは逆に若干下降する傾向が見られた。また血圧に関しては、振動 15 分前の測定値が振動直後と同様に数値が高く、その後に下降傾向となる結果となった。

表3-4 収縮期血圧測定結果 実験ケース1(n=20)

	実験前				実験後			
	15分前	10分前	5分前	直前	直後	5分後	10分後	15分後
最大値	175	170	159	154	174	149	154	156
最小値	103	92	98	97	104	95	95	99
平均	131	121	119	119	128	116	117	116
標準偏差	19.92	19.54	17.11	16.87	21.35	16.14	15.98	15.68

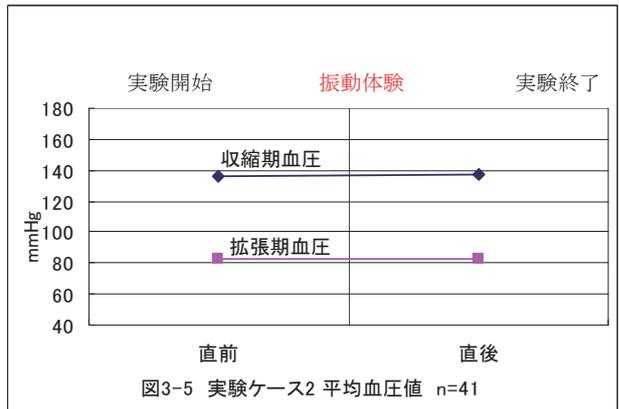
表3-5 拡張期血圧測定結果 実験ケース1(n=20)

	実験前				実験後			
	15分前	10分前	5分前	直前	直後	5分後	10分後	15分後
最大値	108	98	92	95	141	102	96	95
最小値	57	54	55	54	59	52	50	56
平均	79	73	73	72	79	72	73	72
標準偏差	14.41	12.00	9.78	11.21	18.13	12.43	10.61	9.78

表3-6 心拍数測定結果 実験ケース1(n=20)

	実験前				実験後			
	15分前	10分前	5分前	直前	直後	5分後	10分後	15分後
最大値	116	110	108	109	109	105	113	103
最小値	53	51	51	52	47	53	51	47
平均	80	78	78	76	75	76	76	75
標準偏差	18.54	15.82	15.52	15.20	16.68	14.32	14.57	12.64

図 3-5 は実験ケース 2 の被験者の平均血圧値、図 3-6 は実験ケース 2 の被験者の平均心拍数をそれぞれ振動体験直前と直後で示している。表 3-7 は収縮期血圧、表 3-8 は拡張期血圧、表 3-9 は心拍数のそれぞれ計測結果を実験ケース 1 の測定結果と同様に示した。図 3-5、図 3-6 から実験ケース 2 の被験者の平均血圧値及び平均心拍数は振動体験直前から直後にかけて、あまり差が見られなかった。



地震動による人の心理学的・生理学的影響に関する研究

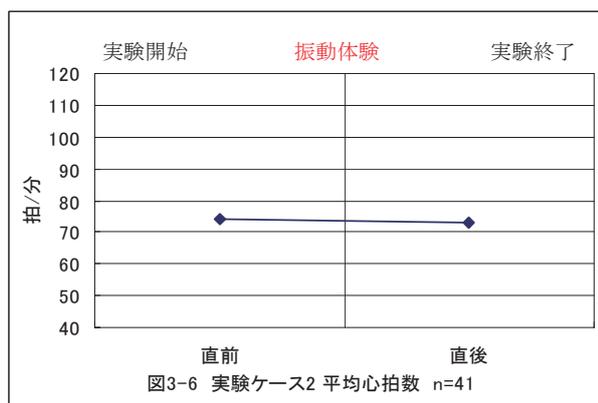


表3-7 収縮期血圧測定結果 実験ケース2(n=41)

	実験前		実験後	
	直前	直後	直前	直後
最大値	193	195	193	195
最小値	98	103	98	103
平均	136	137	136	137
標準偏差	21.86	22.80	21.86	22.80

表3-8 拡張期血圧測定結果 実験ケース2(n=41)

	実験前		実験後	
	直前	直後	直前	直後
最大値	106	109	106	109
最小値	59	58	59	58
平均	83	83	83	83
標準偏差	12.56	11.92	12.56	11.92

表3-9 心拍数測定結果 実験ケース2(n=41)

	実験前		実験後	
	直前	直後	直前	直後
最大値	93	92	93	92
最小値	56	56	56	56
平均	74	73	74	73
標準偏差	10.68	10.41	10.68	10.41

しかし表 3-4、表 3-5 の血圧測定結果と表 3-7、表 3-8 の血圧測定結果と比較した場合、振動体験直前の「最大値」、「最小値」、「平均」の項目において実験ケース 2 の測定結果が実験ケース 1 よりもほとんど高かった。

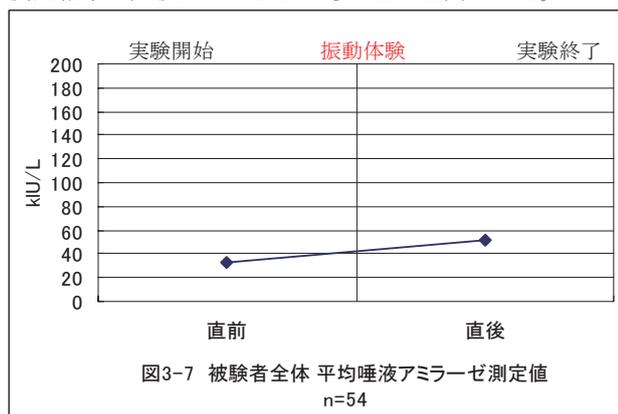


表3-10 唾液アミラーゼ測定結果 被験者全体(n=54)

	実験前		実験後	
	直前	直後	直前	直後
最大値	124	195	124	195
最小値	3	3	3	3
平均	33	51	33	51
標準偏差	29.41	38.39	29.41	38.39

図 3-7 は全被験者の平均唾液アミラーゼ測定値を示した。また表 3-10 に唾液アミラーゼ測定結果の値を示した。図 3-7 から被験者全体の平均唾液アミラーゼ測定値は振動体験直前から直後にかけて有意に上昇 ($t=3.22$ $p<0.01$) した。

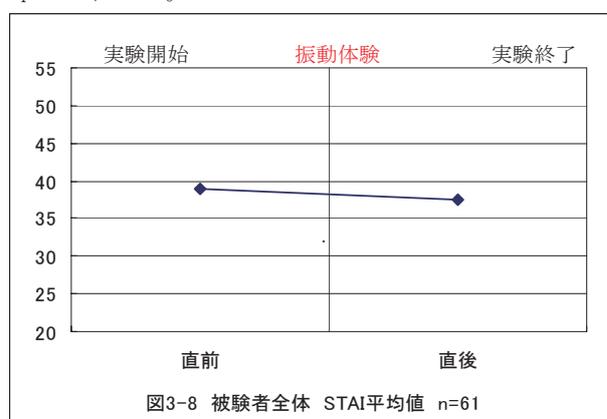


表3-11 STAI測定結果 被験者全体(n=61)

	実験前		実験後	
	直前	直後	直前	直後
最大値	50	54	50	54
最小値	30	24	30	24
平均	39	38	39	38
標準偏差	5.15	6.07	5.15	6.07

図 3-8 は被験者全体の振動体験直前と直後の STAI の測定値を平均値で示したものである。また表 3-11 は STAI 測定結果を振動体験直前と直後でそれぞれの値を示している。STAI の被験者全体の傾向を見ると、振動直前から振動直後にかけて状態不安得点が有意に下降した ($t=2.11$ $p<0.05$) (図 3-14)。

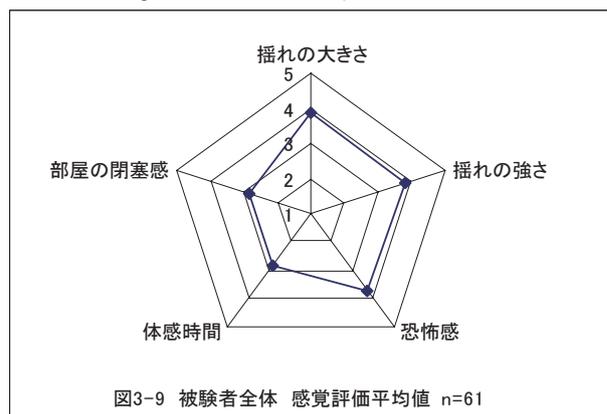


表3-12 感覚評価測定結果 被験者全体(n=61)

	揺れの大きさ	揺れの強さ	恐怖感	体感時間	部屋の閉塞感
平均	3.9	3.8	3.7	2.9	2.9
標準偏差	0.72	0.76	0.98	1.06	0.53

図 3-9 は被験者全体の振動体験に対する感覚評価 (5 段階、「1」は低い、「5」は高い) の結果である。表 3-12 では感覚評価の測定結果の「平均」と「標準偏差」の値を示した。図 3-15 から「揺れの大きさ」では「大きい」、「揺れの強さ」では、「強い」と感じている被験者が多い傾向にあり、「恐怖感」については「少し感じる」と感じている被験者が多くいた。体感時間についての回答では、被験者はやや短く感じていてばらつきがあった。図 3-10 は被験者全体の振動体験前後の意識調査アンケート結果である。表 3-13 では意識調査アンケートの測定結果を振動体験の前後で「平均」と「標準偏差」を示した (4 段階評価、0 は「いいえ」、3 は「はい」)。振動体験前後での意識調査アンケートでは各項目において全被験者で見た場合、「地震対策の必要性はそれほど感じていない」という項目において振動体験をしたことによって地震対策に対する意識の向上が有意に上昇した ($t=2.79$ $p<0.01$)。

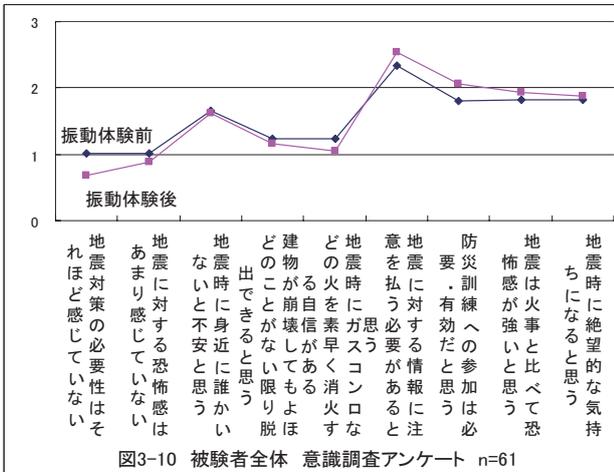


図3-10 被験者全体 意識調査アンケート n=61

表3-13 意識調査アンケート結果 被験者全体(n=61)

質問項目	測定結果													
	振動体験前	振動体験後	振動体験前											
地震対策の必要性はそれほど感じていない	1.0	0.7	1.0	0.9	1.7	1.6	1.2	1.2	1.2	2.3	2.1	1.8	1.8	1.8
地震にあまり感じていない	1.0	0.7	1.0	0.9	1.7	1.6	1.2	1.2	1.2	2.3	2.1	1.8	1.8	1.8
地震に対する恐怖感はないと不安と思う	1.7	1.6	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.93	0.98	0.94	0.90	0.90
建物が崩壊してもよほど自信がある	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.93	0.98	0.94	0.90	0.90
地震時にガスコンロの火を素早く消火する	2.3	2.1	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	0.79	0.81	1.01	1.04	1.04
地震に対する情報に注意を払う必要がある	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	0.79	0.81	1.01	1.04	1.04
防災訓練への参加は必要・有効だと思う	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	0.79	0.81	1.01	1.04	1.04
地震が火事と比べて恐怖感が強いと思う	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	0.79	0.81	1.01	1.04	1.04
地震時に絶望的な気持ちになると思う	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	0.79	0.81	1.01	1.04	1.04

3・3・2 個別結果

個別事例として実験ケース 1 で実験を行なった被験者 No. 36 (67 歳、男性) の場合の結果を以下に示す。図 3-11

に血圧値、図 3-12 に心拍数、図 3-13 に唾液アミラーゼ測定値として示す。

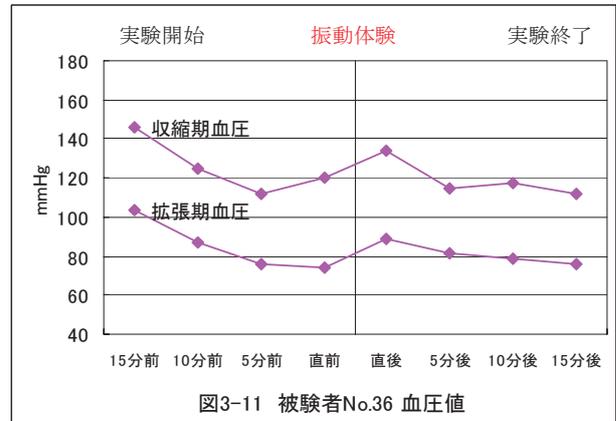


図3-11 被験者No.36 血圧値

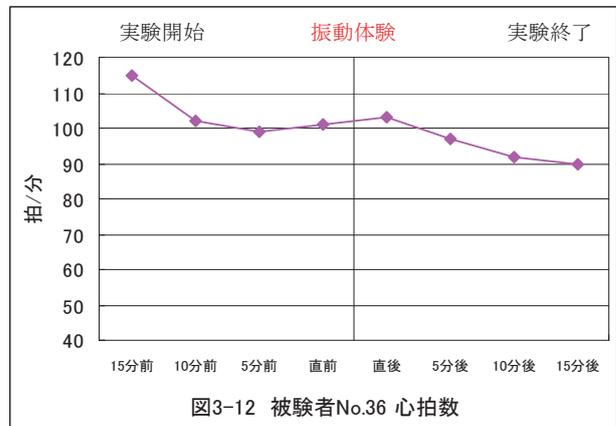


図3-12 被験者No.36 心拍数

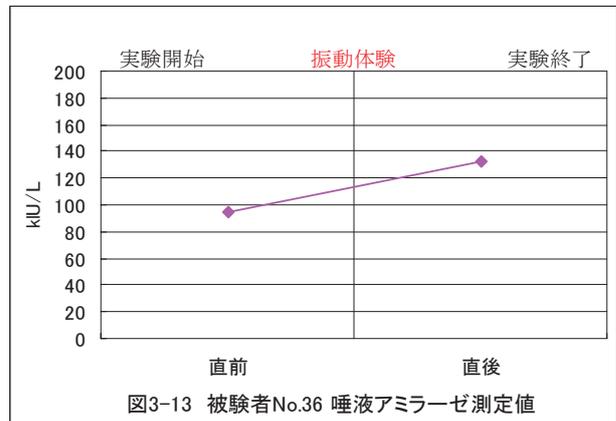


図3-13 被験者No.36 唾液アミラーゼ測定値

被験者 No. 36 は実験ケース 1 で実験を行ったため、実験開始から振動体験直前までと振動直後から実験終了までそれぞれ 4 回ずつの計 8 回血圧値と心拍数を測定した。唾液アミラーゼに関しては振動体験の直前と直後で 1 回ずつ測定を行なった。

図 3-11 から血圧値は振動体験直前から直後にかけて上昇しており、図 3-12 の心拍数では振動体験直前から直後にかけて若干の上昇が見られた。また図 3-13 の唾液アミラーゼ測定値でも振動体験直前から直後にかけて上昇しており、振動による影響が見られる。振動 15 分前の血圧値と心拍数に関しては、全体結果と同様に振動直後と

同じように数値が高く、その後は下降傾向にあるため、被験者 No. 36 は振動実験に対する予期不安の影響が出ていると考えられる。

図 3-14 は振動体験前後の状態不安の得点結果を示したものである。全体結果では下降傾向にあったが、被験者 No. 36 の場合、振動直前から振動直後にかけて状態不安得点が若干上昇する傾向が見られた。

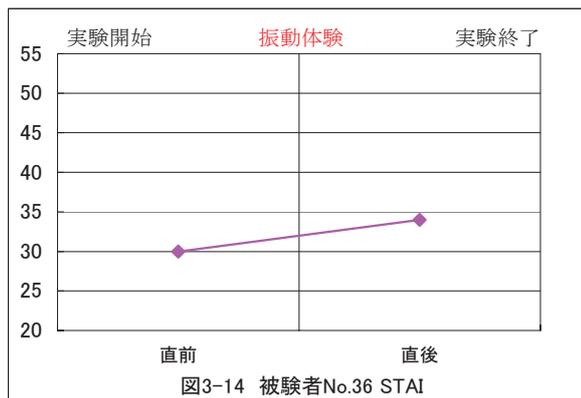
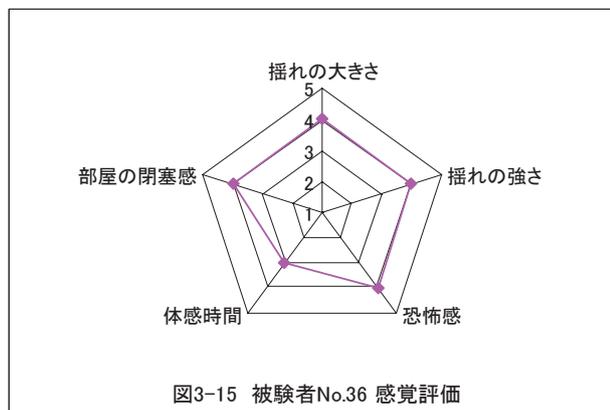


図 3-15 は被験者 No. 36 の振動体験に対する感覚評価を示したものである。各項目について 5 段階評価で回答してもらった結果、「揺れの大きさ」、「揺れの強さ」、「恐怖感」について若干強く感じている結果となった。

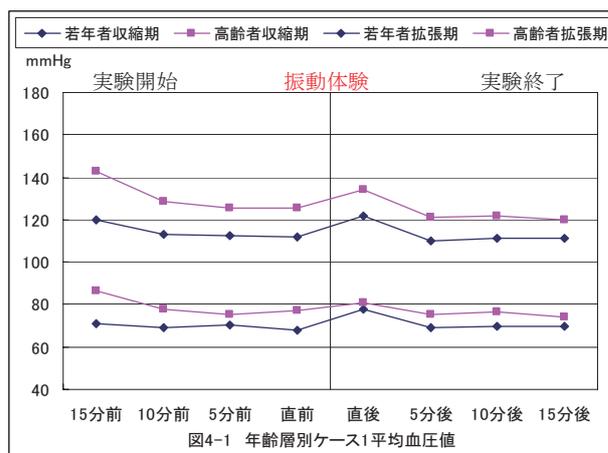


4. 分析・考察

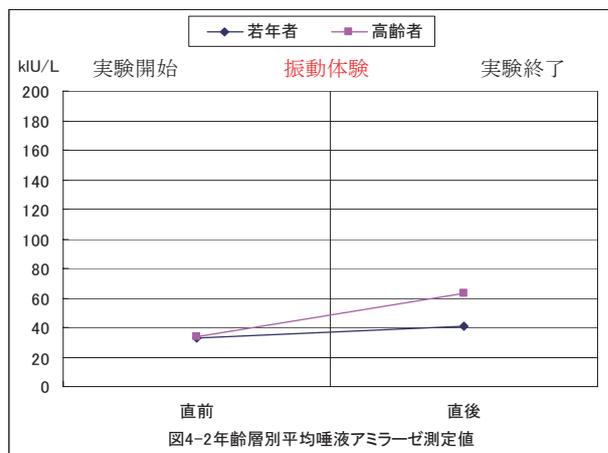
年齢層別、性別、振動予告の有無の違いによる生理的・心理的变化の分析・考察を以下に示す。

4・1 年齢層別

図 4-1 は実験ケース 1 の全被験者のうち若年者 (n=10) と高齢者 (n=10) で血圧値を比較したものである。その結果、高齢者の収縮期血圧において振動体験の直前と直後の比較で有意に上昇 ($t=2.51$ $p<0.05$) した。



実験ケース 2 の全被験者の心拍数を若年者 (n=20) と高齢者 (n=21) で比較した場合、血圧とは逆に若干の下降傾向がみられ、高齢者の心拍数においては振動体験の直前と直後で有意に下降した ($t=2.56$ $p<0.05$)。図 4-2 は全被験者の唾液アミラーゼ測定値を年齢層別に比較 (若年者 n=29、高齢者 n=25) した。唾液アミラーゼについても直前と直後で高齢者に有意 ($t=2.82$ $p<0.05$) な変化が見られ、上昇傾向となった。



これらのことから、今回の振動体験によって受けた生理的影響は若年者に比べ高齢者の方に影響が大きく現れることが分かる。

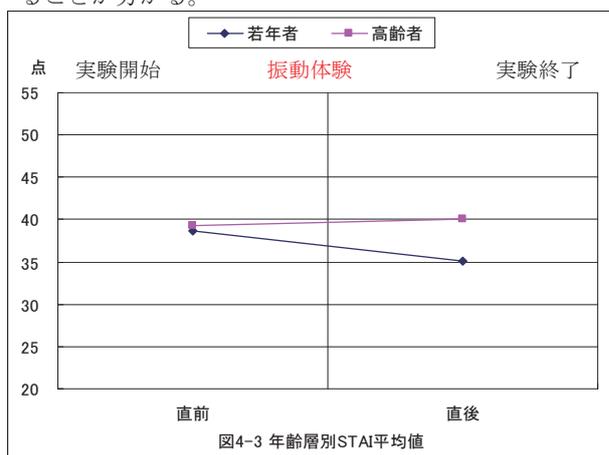


図 4-3 は、年齢層別（若年者 n=30、高齢者 n=31）で振動体験直前と直後での S T A I の比較を示したものである。この結果、振動体験直前から直後にかけて若年者の状態不安得点が有意に下降した ($t=4.50$ $p<0.01$)。若年者の方が振動実験後の開放感による気分の変化が現れる。

4・2 性別

図 4-4 は実験ケース 1 の全被験者のうち男性 (n=10) と女性 (n=10) で血圧値を比較したものである。図 4-4 の男性の収縮期血圧に関しては振動体験直前から直後にかけて有意に上昇した ($t=2.31$ $p<0.05$)。

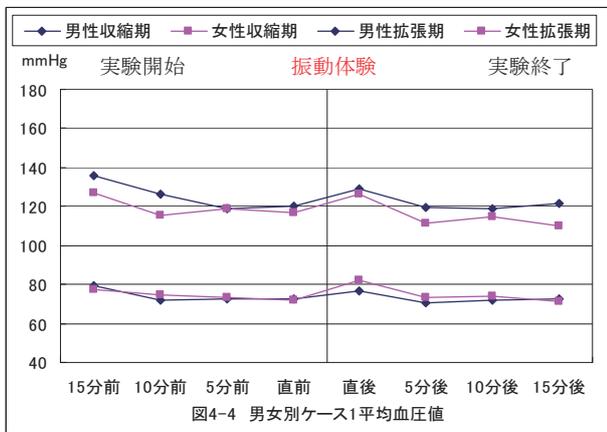


図 4-5 は全被験者の唾液アミラーゼ測定値を男女別（男性 n=31、女性 n=23）で比較した。その結果、男性の唾液アミラーゼ測定値が振動体験直前から直後にかけて有意に上昇した ($t=2.71$ $p<0.05$)。

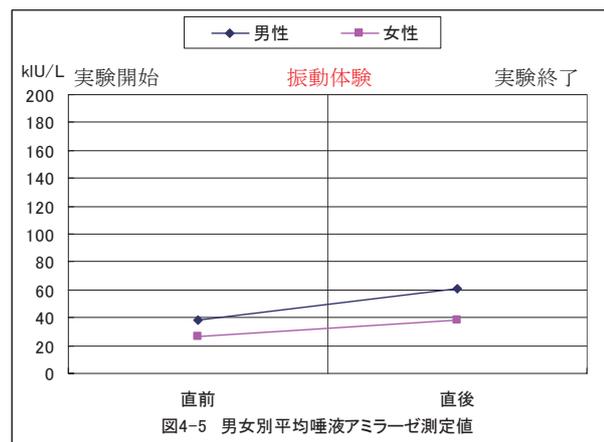


図 4-6 は男女別に見た振動体験直前から直後にかけての S T A I の変化を示している。男女別の S T A I において、振動体験直前から直後にかけて女性の状態不安得点が有意に下降した ($t=3.33$ $p<0.01$)。男性に比べ女性の方が振動前の平均値が高く、振動後の平均値が低くなっていることから、女性の方が実験前の精神的負荷が高く、振動後との気分の振幅があることが考えられる。

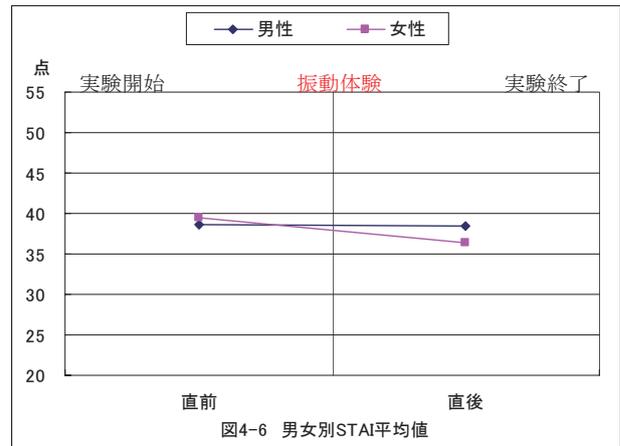
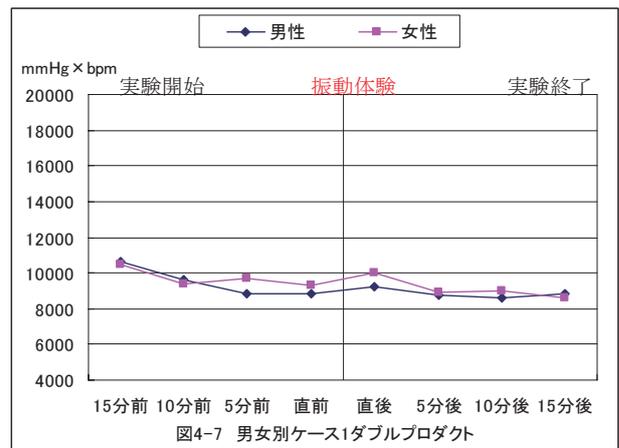


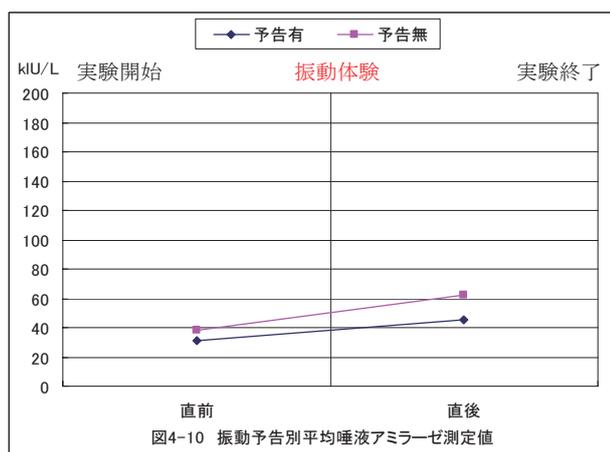
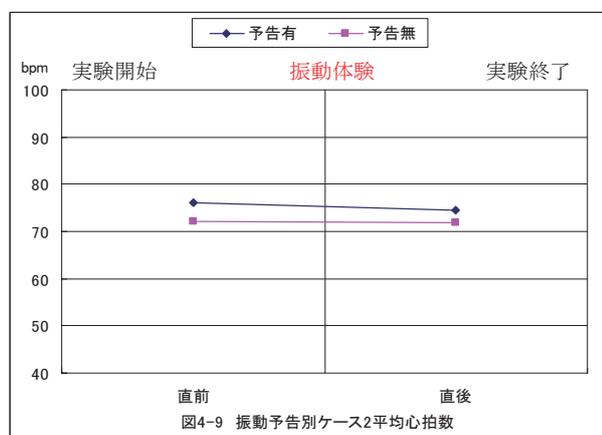
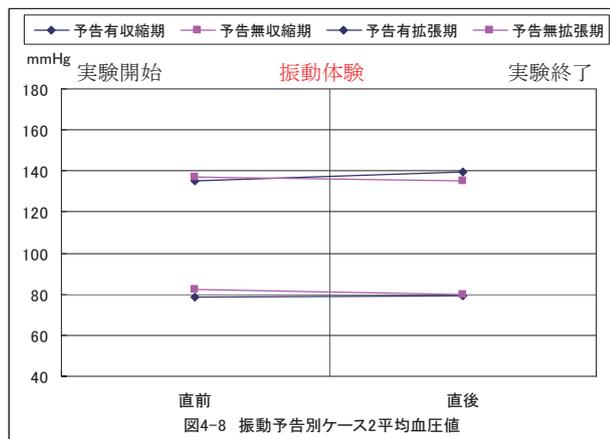
図 4-7 は実験ケース 1 の全被験者のダブルプロダクトの数値を男女別に示した。ダブルプロダクトは心筋の酸素消費量の指標であり「収縮期血圧×心拍数」によって計算する。これにより心臓にどの程度の負荷がかかっているかを調べることができる。ダブルプロダクトに関しては、女性の振動体験直前から直後にかけて有意に上昇 ($t=2.28$ $p<0.05$) している。



4・3 振動予告の有無

図 4-8 は実験ケース 2 の全被験者の血圧値を振動予告の有無別（予告有 n=21、予告無 n=20）に示したものである。振動予告無に対し振動予告有では振動体験直前から直後にかけて有意に上昇 ($t=2.53$ $p<0.05$) している。血圧値と同様に実験ケース 2 の全被験者の心拍数を振動予告の有無で比較した (図 4-9)。心拍数においても振動体験直前から直後にかけて振動予告有の被験者の変化に有意性 ($t=2.22$ $p<0.05$) が見られ、下降傾向にあることがわかった。図 4-10 では全被験者の唾液アミラーゼ測定値を振動予告の有無によって振動体験の直前、直後と比較したものを示している。その結果、血圧値、心拍数の場合と同様に唾液アミラーゼ測定値でも振動予告有の場合の被験者の変化に有意性が見られ、振動体験直前から直後に関して有意に上昇 ($t=2.14$ $p<0.05$) している。

地震動による人の心理学的・生理学的影響に関する研究



振動予告の有無別で実験を行なうにあたり、振動予告無の方が心理的・生理的影響が大きく現れると考えていたが、振動予告の有無別で比較した場合、振動体験前後で血圧値、心拍数、唾液アミラーゼ測定値など生理的な変化に有意な差が見られた。振動予告を行なうことにより被験者は振動に対して身構えることから生理的な影響が生じたのではないかと考えられる。

5. 総括

5・1 結論

本研究は、鉛直方向を含む観測地震波を使用した振動実験を行い、地震動による人の心理・生理への影響や、年齢別、性別の特徴などを明らかにすることを目的とした。その結果、以下のことが明らかとなった。

■生理的变化

- 血圧値は、実験直後に上昇する傾向がある。これは、実験に対する予期不安から、被験者が緊張感や不安感を抱いたと考えられる。
- 心拍数は、振動体験直後に下降傾向にあり、血圧値と心拍数は正の相関関係にない。
- ストレス状況をみる唾液アミラーゼに関しては、振動直後に上昇する。

■心理的变化

- STAIの被験者全体の傾向を見ると、振動直前から振動直後にかけて状態不安得点が下降する。

■高齢者層の特徴

- 心拍数に関しては、高齢者の方が若年者に比べ数値が高く、ばらつきが見られる。
- 唾液アミラーゼ測定値は、高齢者の変化が大きいのに対し、若年者は変化があまり見られない。
- 酸素消費量を示すダブルプロダクトに関しては、若年者に対して高齢者の方が数値が高い。
- 意識調査アンケートに関しては、若年者は防災意識の向上がみられるのに対し、高齢者は振動体験前後で意識の変化があまり見られない。
- 状態不安をみる STAI に関しては、振動体験前後での年齢層、性別の違いによる変化の差が明らかである。
- 高齢者層は、生理的な変化が振動体験後に表れ、若年者には心理的な変化が生じやすい傾向がある。

■性別での特徴

- 男性のほうが生理的な変化が生じやすく、女性は、振動体験前後に心理的な変化が生じやすい傾向がある。
- 意識調査アンケートにおいて性別で比較した場合、意識の向上では女性の振動後にほとんどの項目において若干高くなるという結果となった。また「地震時に身近に誰か居ないと不安と思う」、「地震に対する情報に注意を払う必要があると思う」、「地震時に絶望的な気持ちになると思う」の項目において性別による回答の結果が異なる傾向が出た。

■振動予告の影響

- 振動予告有の方が振動体験前後で血圧値、心拍数、唾液アミラーゼ測定値など生理的な影響が表れやすい傾向がある。

5・2 今後の課題

実験環境について

- ・ 実験室を設置することにより実験室内が暗くなる。そのため本実験ではその対策として被験者の正面に間接照明を設置し室内が暗くなることによる閉塞感の軽減を行なった。しかし被験者へのアンケートの結果、実験室内の閉塞感についての項目で「やや息苦しい」と答える被験者が 60 人中 11 人いたため更に改善する必要がある。

実験時の計測について

- ・ 実験の測定項目の中に唾液アミラーゼモニターによるストレス値の測定があるが、測定を行なう際に被験者が食後などの場合、口腔内に異物が残っている可能性があり、唾液アミラーゼモニターでの計測に影響を与える恐れがあるため配慮する必要がある。
- ・ 実験結果から被験者は実験開始直後に実験に対する緊張感や不安感などの予期不安から生理的・心理的な影響が見られた。本研究では実験日とは別の日に被験者の平常時の各種計測を行い、予期不安のデータと比較、検討を行なっている。今後は被験者の予期不安の軽減を考慮に入れ、より正確なデータの計測を行なえるよう改善する必要がある。

本研究では、観測地震波による水平及び鉛直方向の振動実験を行い、地震動における人の心理・生理の変化の影響を明らかにすることを目的とした。その結果、これまで明らかではなかった大地震時の震動による人の生理学的・心理学的な変化の傾向や情報提供の方法など学術的にも有力な知見を得ることができた。一方で実験環境の改善や計測時の注意点、また振動体験に対する予期不安の軽減など、多くの実験計画の改善点も見られる。

今後、今回の基礎データをもとに周辺環境や地震波の違いによる振動予告による問題や、年齢別、性別などの心理・生理学的影響に関する研究に取り組んでいきたい。

謝辞

本研究の実験にあたり、ご協力いただきました被験者の皆様に深く御礼申し上げます。

付記

本研究は、松下大輔氏に実験の協力をしていただいた。また、平成 21・22 年度文部科学省科学研究費補助金（基盤 (c)、代表：建部謙治）を受けて実施した。

参考論文

- 1) 中島康雅、楳木紀男：地震時における人間の心理・行動に関する研究-震度推定のための 2 つのアンケート調査に基づく分析-、日本建築学会大会学術講演梗概集、209-210、1990、10
- 2) 濱川尚子、大場新太郎：アンケート調査に基づく人体感覚と地震観測記録との関係について、日本建築学会大会学術講演梗概集、105-106、1995、8
- 3) 田中舞、石川孝重、野田千津子：鉛直振動に対する感覚評価に関する実験的研究～その 1、実験の概要と知覚確率～、日本建築学会大会学術講演梗概集、307-308、2004、8
- 4) 三輪俊輔、米川善晴：正弦振動の評価法（振動の評価法 1）、日本音響学会誌、27 巻 1 号、1971
- 5) 宮下邦義、建部謙治：地震動による人の心理・生理学的影響に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1023-1024、2010、9

(受理 平成 23 年 3 月 19 日)