

地下鉄駅での移動が心理的・生理的疲労度に 与える影響について

On psychological and physical fatigue when moving at a
subway station

市原 茂¹・本多 薫²・西田幸夫³
Shigeru ICHIHARA・Kaoru HONDA・Yukio NISHIDA

This study investigated the degree of psychological and physical fatigue when young and aged people move from the platform to the exit at subway stations of Oedo-line in Tokyo, Roppongi and Aoyama-ichome, by using elevators, escalators or by going up the stairs. Young and aged people moved by going up the stairs showed signs of fatigue stronger than the groups moving by elevators or escalators. Especially, the aged group showed the fatigue prominently.

Key Words : subway, fatigue, aged people, young people

1. はじめに

障害者や高齢者などの交通弱者が町に出た時に、健常者と同等のサービスが受けられるような対策（バリアフリー対策）が、ますます強く求められている。特に、地下火災などの非常事態が起こった時に、これらの交通弱者を含めた多くの人々をいかに安全に迅速に避難させるかということは、常に考えておかなくてはならない課題である。そこで本研究では、その基礎的な資料を提供するために、エレベーターやエスカレーターが使えず階段で移動せざるをえなくなった時に、高齢者は、どれくらい疲労感を訴えるものなのかを心理的な指標と生理的な指標を使って調べた。

2. 地下鉄駅での心理実験

2- 1. 方法

実験は、地下鉄大江戸線六本木駅と青山一丁目駅で平成17年7月31日に行った。実験の被験者は、若年者30名と高齢者10名で、若年者は、エレベーター群とエスカレーター群と階段群の3群、それぞれ10名ずつに分かれた。高齢者は、階段群のみであった。なお、被験者の中で3回以上調査駅に来たことがあると答えた人は、六本木駅で12.5%、青山駅で7.5%であり、はじめてという人は、六本木駅で67.5%、青山駅で72.5%であった。エレベーター群は、地下鉄の駅のホームから地上の出口まで、エレベーターを使って移動した。なお、エレベーターが利用できない場所では、エスカレーターを使った。エスカレーター群は、全行程をエスカレーターで移動した。階段群は、全行程を階段で移動した。若年者の平均年齢は、21.4歳、高齢者は、67.7歳であった。さらに各群は、それぞれ2群に分かれ、一方は、六本木駅での実験を先に行い、青山一丁目駅での実験を後で行い、他方は、青山一丁目駅での実験を先に、六本木駅での実験を後に行うことにより、実験順序の効果を相殺した。地下鉄のホームから地上への出口までの深度は、六本木駅が42.3m、青山一丁目駅が27.0mであった。

キーワード：地下鉄、疲労、高齢者、若年者

1 正会員 首都大学東京

2 非会員 山形大学

3 正会員 東京理科大学

被験者は、まず最初に地下鉄大江戸線の都庁前駅に集合し、そこで実験の教示を受け、その後グループ単位で、六本木駅もしくは青山一丁目駅に移動した。それぞれのグループには、インストラクターおよび補助員が同行した。

目的の地下鉄駅に到着した時に、被験者はホームで質問紙に回答した。ここでは、その時点での体調について質問した。「全身が疲れた」「足が疲れた」「息苦しい」「口がかわく」「すわりたい」「足をあげるのおっくう」「いらいらする」「心臓がどきどきする」の8つの項目のそれぞれについて、(1)全然そう思わない、から、(7)非常にそう思う、まで7段階のどれにあてはまるかを答えてもらった。次に、それぞれの移動手段に従って、駅のホームから地上への出口まで移動し、地上の目的地に到着した時に、ホームで質問したものと同じ体調についての質問紙に答えてもらった。さらに、ホームから地上までの深さが何メートルくらいだと思うかという質問に答えてもらった。また、出発地点からゴールまでの地下空間のイメージをSD法により調査した。調査項目は、表2に示した13項目である。

2- 2. 結果

2- 2- 1. 移動による疲労度の上昇について

それぞれのグループ別に移動前と移動後の体調についての平均評定値を求め、次に、各評定項目ごとに移動前の評定値と移動後の評定値の差を取ることで、疲労度の上昇度を求めた。

表1. 疲労度（第1因子）の因子負荷量

評価項目	因子負荷量
全身が疲れた	0.743
足が疲れた	0.843
息苦しい	0.785
口が渴く	0.609
すわりたい	0.703
足を上げるのおっくう	0.771
いらいらする	0.459
心臓がどきどきする	0.649

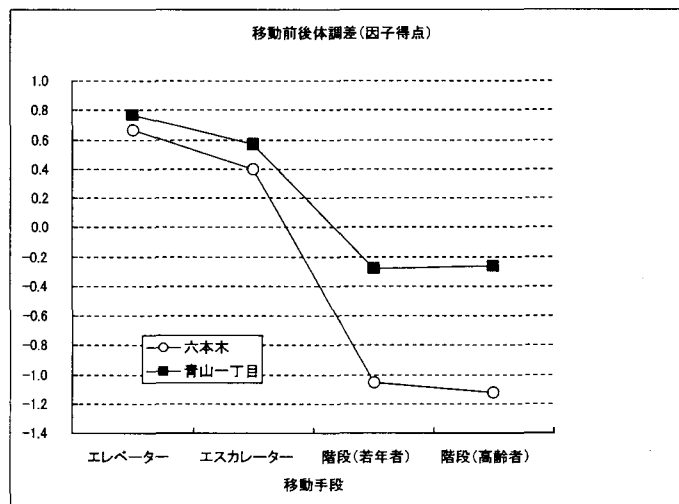


図1. 各群の疲労度の平均因子得点（縦軸の負の値は疲労の増加を示す）

次に8つの評価項目の疲労度の上昇度のデータについて因子分析（主因子法）を行ったところ、1因子構造を示すことが確認された（表1）。因子の寄与率は、50%であった。次に、各群の平均因子得点を求めた（図1）。図1の縦軸は、疲労度の増加の大きさを示すが、負の値が大きい程、疲労度の増加が大きいことを示す。これを見ると、階段群の方がエレベーターやエスカレーター群よりも疲労度の増加が大きい傾向が見られる。また、六本木駅と青山一丁目駅では、六本木駅の方が疲労の増加が大きく、その傾向は、階段群に顕著に見られる。

そこで、調査駅（六本木駅と青山一丁目駅の2水準）、移動手段（エレベーター群、エスカレーター群、階段（若年者）群、階段（高齢者）群）の4水準の要因について二元配置の分散分析を行った結果、調査駅、移動手段の主効果については、1%水準で有意となり（調査駅： $F(1,33)=21.23$, $p<0.01$ ；移動手段： $F(3,33)=17.83$, $p<0.01$ ）、調査駅と移動手段の交互作用は、5%水準で有意となった（ $F(3,33)=3.60$, $p<0.05$ ）。次にTukeyのHSDによる下位検定をしたところ、エレベーター群と階段（若年者）群、エレベーター群と階段（高齢者）群、エスカレーター群と階段（若年者）群、エスカレーター群と階段（高齢者）群との間に1%水準で有意差があった。

以上より、エレベーター群とエスカレーター群では、疲労度の上昇に差がないこと。階段（若年者）群と階段（高齢者）群との間にも差がないこと。エレベーター・エスカレーター群と階段（若年者・高齢者）群との間には、明らかな差があり、階段（若年者・高齢者）群の方が疲労度の上昇が大きいこと。六本木駅と青山1丁目駅では、六本木駅の方が疲労度の上昇が大きく、特に階段（若年者・高齢者）群でその差が大きいことがわかった。

青山1丁目駅よりも六本木駅の方が約15m深いのが、実際に移動してみると、エレベーターとエスカレーターでは、深さの影響はあまり見られなかった。一方、階段で移動した場合には、深さの影響が強くあらわれることがわかった。

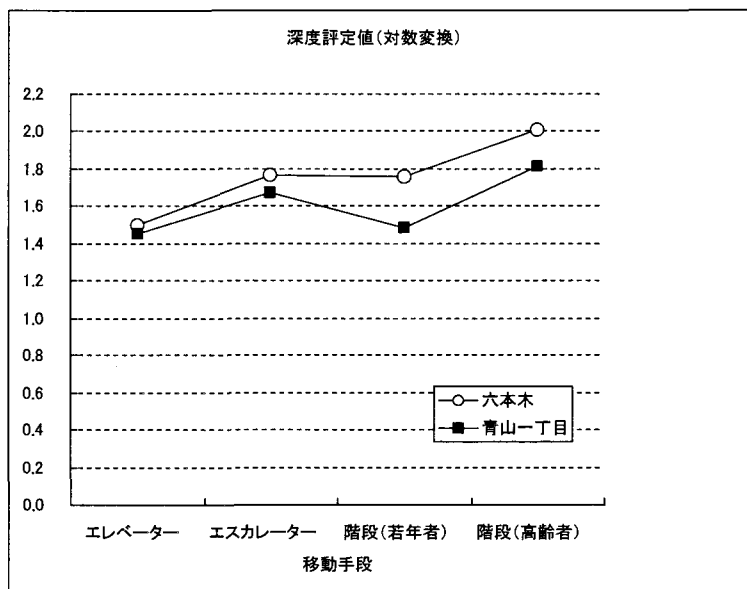


図2 各群の主観的深さの平均評定値

2-2-2. 主観的深度の評定結果

主観的な深度については個人差が大きかったため、各被験者のデータを対数変換したものをを用いて、それぞれのグループごとに平均評定値を求めた（図2）。次に、調査駅（六本木駅と青山一丁目駅の2水準）、移動手段（エレベーター群、エスカレーター群、階段（若年者）群、階段（高齢者群）の4水準）の要因について二元配置の分散分析を行ったところ、調査駅、移動手段の主効果については、1%水準で有意となったが（調査駅： $F(1,36)=19.68, p<0.01$ ；移動手段： $F(3,36)=5.85, p<0.01$ ）、調査駅と移動手段の交互作用は、有意とはならなかった。TukeyのHSDによる下位検定をしたところ、エレベーター群と階段（高齢者）群との間に1%水準で、階段（若年者）群と階段（高齢者）群との間に5%水準で有意差があった。

六本木駅と青山駅では六本木駅の方が深度の評定値が大きく、また階段（高齢者）群は、エレベーター群や階段（若年者）群よりも深度の評定値が大きかった。

2-2-3. SD法による地下空間のイメージについて

被験者が移動した地下空間のイメージを、表2に示した13対の形容詞を用いて7段階尺度で評定してもらった。評定結果をもとに因子分析（主因子法バリマックス回転）を行い、3因子を抽出した。表2に因子負荷量行列を示す。第1因子は、「美しい-醜い」「清潔な-不潔な」「快適な-不快な」「安心な-怖い」などに負荷量が高く、第2因子は、「暖かい-冷たい」「開放的な-閉鎖的な」「にぎやかな-さびしい」に負荷量が高く、第3因子は、「複雑な-単純な」に負荷量が高かった。各群ごとに因子得点の平均値を求め、調査駅と移動手段についての二元配置の分散分析を行ったところ、第1因子と第3因子については、主効果、交互作用とも有意にはならなかった。第2因子は、移動手段の主効果のみが有意となった（ $F(3,34)=4.45, p<0.01$ ）。下位検定を行ったところ、エレベーター群と階段（高齢者）群、エスカレーター群と階段（高齢者）群との間に5%水準で有意差があった。

図3に各群の第2因子の因子得点の平均値を示す。図3より、階段（高齢者）群は、エレベーター群やエスカレーター群に比べて因子得点が低く、階段（高齢者）群の方が、調査駅の地下空間をより暖かく、にぎやかで開放的というイメージでとらえていることがわかった。なお、階段（高齢者）群と階段（若年者）群の間には有意差はなかった。

表2. 因子負荷量

	因子1	因子2	因子3
美しい-醜い	0.844	0.195	-0.053
清潔な-不潔な	0.748	0.326	0.084
快適な-不快な	0.723	0.315	0.268
安心な-怖い	0.524	0.488	0.219
安全な-危険な	0.492	0.583	0.077
気楽な-息苦しい	0.467	0.376	0.359
明るい-暗い	0.421	0.386	0.251
力強い-弱々しい	0.386	0.082	-0.030
広々とした-ごみごみとした	0.384	0.116	-0.354
開放的な-閉鎖的な	0.374	0.598	0.094
にぎやかな-さびしい	0.335	0.580	0.296
暖かい-冷たい	0.054	0.986	-0.035
複雑な-単純な	-0.054	-0.151	-0.708

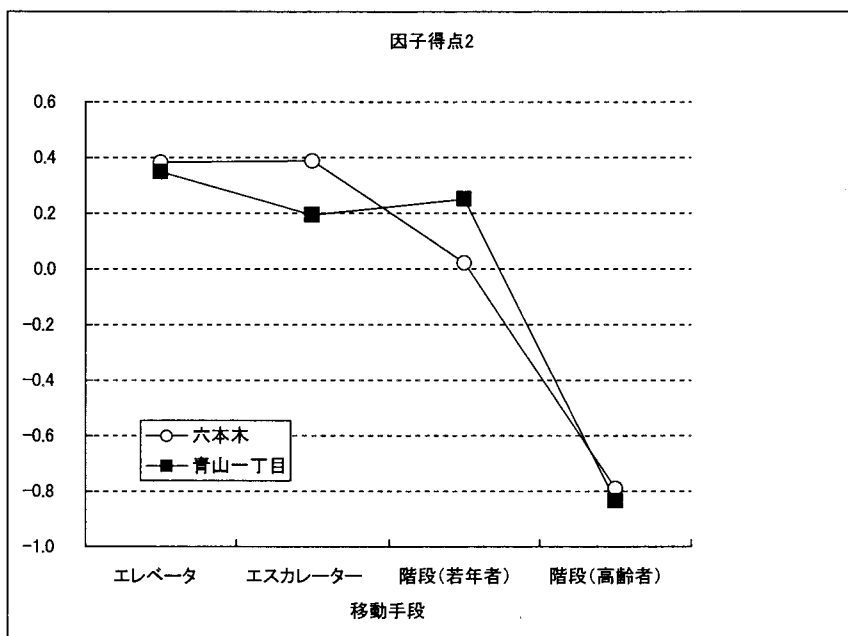


図3. 第2因子の因子得点

3. 地下鉄駅での生理実験

3-1. 方法

心拍は人間工学やスポーツ医学などの分野において、生体負担、疲労および運動量などの評価に用いられている。心拍の測定では、地下鉄の改札口から出口まで階段、エスカレーター、エレベーターの移動手段を用いて移動した時の被験者のR-R間隔時間を測定した。心電図には心筋が収縮するときの一連の電気活動が現れる。P, Q, R, S, Tと名づけられた心電図成分のうち、一般によく用いられるのが、血液を左心室から大動脈に送り出すときに生じるR波である。R波と次のR波の間隔をとってR-R間隔時間とし、このR-R間隔時間の変化から、運動強度、緊張や不安といった交感神経系活動と対応する肉体的・心的事象の動きをとらえる研究が行われている。R-R間隔時間の短縮は、交感神経の活動が活発となり生体負担が大きいことを示し、逆に延長は、交感神経の活動が抑制されたことを示している。

被験者は、各移動手段のグループ群より各1名をランダムに選択した。また、過去および現在に不整脈などがなく循環器機能が正常であることを確認した。

また、各移動手段により移動（歩行）した場合の心拍のR-R間隔時間の変化を検討するために、心拍の変化率（%）を算出した。

$$\text{心拍の変化率（\%）} = \frac{\text{歩行前のR-R間隔時間の平均}}{\text{歩行中のR-R間隔時間の平均}} \times 100$$

3-2. 結果

図4に各移動手段における心拍の変化率（R-R間隔時間の変化）の比較を示す。図4より、エレベータおよびエスカレータの心拍の変化率は、110%前後であり、差は見られない。しかし、階段での心拍の変化率は130%を超えており、六本木駅のほうが、青山一丁目駅より若干ではあるが心拍の変化率が大きい傾向がみられる。

図5に階段移動における高齢者と若者の心拍の変化率の比較を示す。図5より、青山一丁目では高齢者と若者の心拍の変化率に違いはみられない。しかし、六本木駅においては、高齢者の心拍の変化率が170%

の大きな増加がみられた。

次に図6に階段移動時のR-R間隔時間の時系列の変化を示す。図6より、高齢者および若者ともに、移動開始からR-R間隔時間が徐々に短縮し、45 sec/100 前後まで低下している。また、移動後（歩行後）のR-R間隔時間の変化をみると、若者は、移動前のR-R間隔時間が徐々に戻るが、高齢者は、移動前のR-R間隔時間に戻らず、回復までに時間がかかる傾向がみられる。

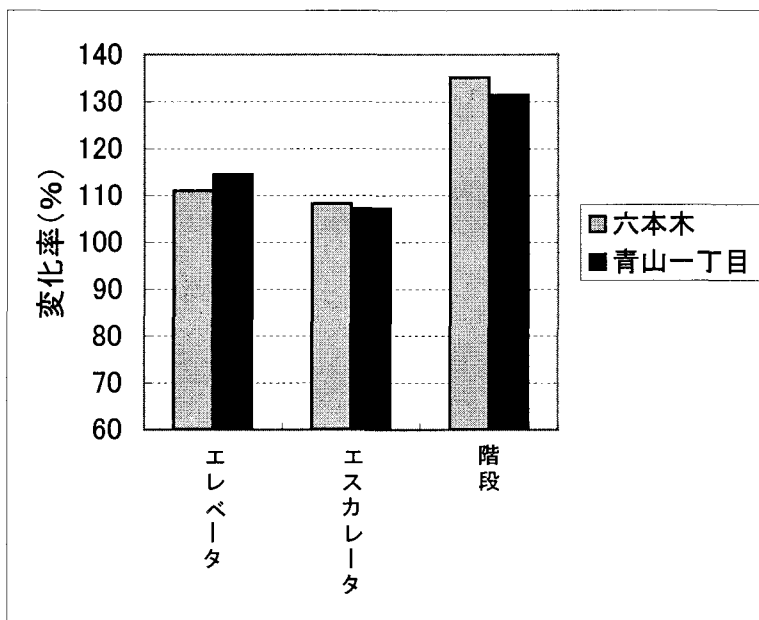


図4 各移動手段における心拍の変化率の比較

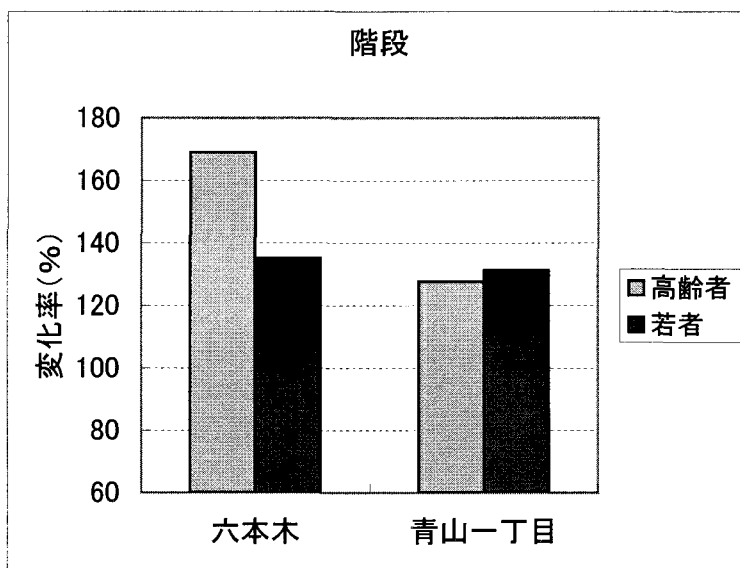


図5 高齢者と若者の心拍の変化率の比較（階段）

3-3. 考察

今回の研究では、各移動手段における被験者の心拍（R-R間隔時間）を測定し、比較検討した。実験結果より、若者のエレベータおよびエスカレータの心拍の変化率は、110%前後であり、差は見られないが、階段での心拍の変化率は、130%を超える結果であった。

このことから、エレベータおよびエスカレータを使用することにより、生体への負担は低く抑えられると考えられる。また、六本木駅と青山一丁目駅は、地上からの深度に違いがあるが、両駅共に心拍の増加は110%程度であり、深度による違いはみられなかった。しかし、階段による移動は、心拍の増加が130%以上となり、生体への負担が大きいと思われる。

高齢者と若者における心拍の変化率の比較（階段による移動）では、青山一丁目駅よりも深度にある六本木駅では、高齢者の心拍が170%の増加がみられた。また、R-R間隔時間の時系列変化では、高齢者および若者ともに、45 sec/100 前後まで低下した（心拍数に換算すると133（拍/分）となる）。日常生活の平均心拍数は、80～90 拍/分であり、133（拍/分）の値は大きな負荷が生体にかかっていることがわかる。また、高齢者のR-R間隔時間の移動後の特徴として、若者と比較して移動前（歩行前）の心拍に戻るのが遅い傾向がみられた。このことは、高齢者は、加齢による心肺の機能の低下があり、生体に負荷がかかった場合には、機能回復が遅くなると推察される。高齢者の場合には、深度が大きくなると生体への負担が大きくなるのではないかと推察される。また、一般的な成人では、「最大心拍数=220-年齢」で算定できると言われているが¹、高齢者の目標心拍数（心臓に負担をかけない目安）は、「最大心拍数×0.70～0.85」と言われている²。今回の高齢者（男性：68歳）の目標心拍数は、120（拍/分）前後となるが、

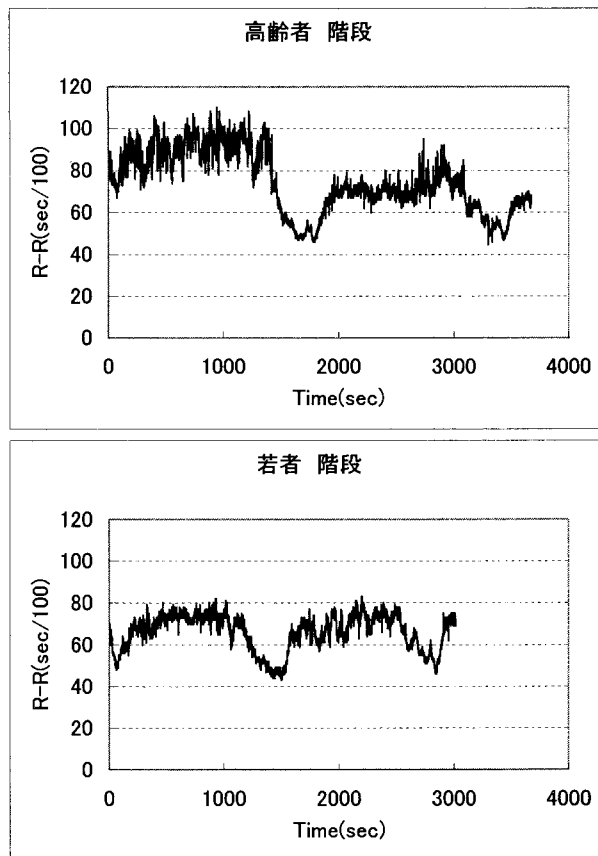


図6 階段による移動時のR-R間隔時間の変化

地下鉄駅での階段による移動時の 133（拍／分）の結果は、高齢者には心臓などへの負担が大きく、望ましくないと考えられる。

4. まとめ

以上の結果をまとめると、以下のことが明らかにされた。

- 1) 移動による疲労の心理的評価については、エレベーター・エスカレーター群と階段（若年者・高齢者）群との間には、明らかな差があり、階段（若年者・高齢者）群の方が疲労度の上昇が大きい。
- 2) 六本木駅と青山 1 丁目駅では、六本木駅の方が心理的疲労度の上昇が大きく、特に階段（若年者・高齢者）群でその差が大きい。
- 3) 主観的深度の評定では、階段（高齢者）群は、エレベーター群や階段（若年者）群よりも深度の評定値が大きい。
- 4) 生理的指標では、六本木駅のほうが、青山一丁目駅より、若干ではあるが心拍の変化率が大きい傾向がみられる。
- 5) 青山一丁目では、高齢者と若者の心拍の変化率に違いはみられないが、六本木駅においては、高齢者の心拍の変化率に大きな増加がみられる。
- 6) 移動後（歩行後）の R-R 間隔時間の変化をみると、若者は、移動前の R-R 間隔時間が徐々に戻るが、高齢者は、移動前の R-R 間隔時間に戻らず、回復までに時間がかかる傾向がみられる。

参考文献

- 1) 山地啓司：運動処方のための心拍数の科学，大修館書店，1981.
- 2) 米国国立老化研究所，東京都老人総合研究所運動機能部門編：高齢者の運動ハンドブック，大修館書店，2001.

謝辞 本研究を実施するに当たりご協力いただきました東京都交通局の北川知正技監、同交通局建設工務部の鹿間貞夫様、NPO ジオテクチャーフォーラム代表の西淳二先生、日建設計シビル設計部の三田武様、（株）オオバ都市再生事業本部の富田剛久様、被験者の皆様方に感謝申し上げます。