

# 人間の仰臥状態における傾斜の知覚について

## On a perceptual characteristics of human body inclination in dorsal position

○林毅\*, 王鋒\*\*, 伊茂治公介\*, 猪岡光\*

○Tsuyoshi Hayashi\*, Feng Wang\*\*  
Kousuke Imoji\*, Hikaru Inooka\*

\*東北大学大学院情報科学研究科

\*\*東北大学大学院工学研究科

\*Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

\*\*Graduate School of Engineering, Tohoku University

キーワード: 救急車用ベッド (ambulance stretcher), 加速度 (Acceleration), 乗り心地 (riding comfort)  
傾斜 (inclination), 仰臥状態 (dorsal position)

連絡先: 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉01 東北大学 機械系2号館 猪岡研究室

林毅, Tel.: (022)217-7021, Fax.: (022)217-7019, E-mail: hayashi@control.is.tohoku.ac.jp

## 1. 緒言

現在、救急車で患者を搬送中に容体が急激に悪化し、病院に到着したときには既に心肺機能停止の状態にある、いわゆるDOA(Dead On Arrival)が社会問題となっている。この背景には、今日の救急業務組織は、全国をほぼ100%カバーするまでに普及しているが、DOA症例に対して完全に社会復帰するまでに回復した症例(社会復帰率)は向上していないという問題がある。DOA症例の社会復帰率の低迷の原因として、医療機関に搬送されるまで患者に対して行なわれる医療行為(プレホスピタルケア)の欠如が考えられる。この問題は、医学的立場から行なわれたDOA症例の治療と予後に関する調査の中で、多く指摘されている。現在、プレホスピタルケアを行なうために、医師が救急車に同乗して医療現場

に出動するドクターカーを使用する方法と、救急搬送を行ないながら応急処置を施すことのできる救急救命士の普及が注目されている。

一方、救急搬送中に患者が嘔吐したり、容体が急変するといったことがままあることから、走行中の振動が患者に悪影響を与えていると考えられる。近年、このような問題を解決するため、人間がもっとも敏感に感じる振動や、生体内の臓器が共振する周波数帯の振動を吸収する、防振機能を備えた救急車用ベッドが使用されるようになってきた<sup>1)7)8)9)10)</sup>。一方、佐川らは、頭足方向に加速度が作用したときに血圧が大きく変動することに注目し、ベッドの傾斜角を動的に制御することにより、頭足方向に作用する加速度を効果的に抑制する救急車用アクティブ制御方式ベッドを開発した<sup>3)4)5)6)</sup>。

そこで筆者らは、頭足方向の加速度が乗り心地に

与える影響を確認するために、健康人を対象として仰臥状態で搬送する状態を再現して走行実験を行った。その結果、進行方向に対し、頭を後ろ向きにしたほうが、前向きの場合より乗り心地が良くなることを確認した。また、胸から頭方向に加速度が加わった場合、胸から足方向に加わった場合のよりも血圧の変動が大きいことも確認されている。これらのことより、進行方向に対する頭の向きの見なおしや、ベッドに傾斜をつけ頭足方向の加速度を抑制することにより、救急患者の負担が軽くなると考えられる。

そこで本研究では、健康者を対象とした仰臥状態での走行実験を行ない頭足方向の加速度と乗り心地の関係を探るとともに、ベッドの傾斜に対する乗り心地の感性評価と、頭を下げた場合と足を下げた場合の傾斜の知覚に関する実験を行ない、ベッドの傾斜角が患者に与える影響について調べる。

## 2. 頭足方向の加速度と乗り心地の関係

救急車で搬送される患者は、頭を進行方向に向けストレッチャーに仰向けに寝た姿勢で運ばれる場合が多い。王は頭を進行方向にむけた場合と逆方向にむけた場合とでは、逆方向を向いている場合のほうが乗り心地が良いと指摘している<sup>2)</sup>。しかし、それは発進から停止まで走行全体を通してのもので、人体に対する加速度の向きに関しては考慮したものではなかった。本章では乗用車を用いて患者を搬送する状況を再現し、人体に対する加速度の向きと乗り心地の関係について考察する。

### 2.1 乗り心地の主観評価

乗り心地を評価するためには、乗り物の走行に伴う加速や振動に起因する感覚を何らかの方法で測定し、定量化する必要がある。そこで、本実験では以

下のような評価尺度を用いた、言語報告法を採用する。

- 主観評価値=0:快適である。
- 主観評価値=1:やや不快である。
- 主観評価値=2:不快である。
- 主観評価値=3:かなり不快である。
- 主観評価値=4:非常に不快である。

各被験者は配布されたスイッチパネルを用い、1拍/秒のメトロノームにあわせて各ボタンを押し、乗り心地を評価する。

### 2.2 実験方法

実験にはワゴンタイプの普通乗用車(TOYOTA HIACE SUPER CUSTUM G 3.0D EFI turbo)を使用する。加速度計(Analog Devices, ADXL05EM-3)を車体に取り付け前後方向の加速度を、サンプリング周波数100[Hz]で収集する。被験者は健康な20~30代の成人男女3名。仰向けに寝た状態で、頭を進行方向にむけた状態と逆方向に向けたの状態について行なう。長さ4.2[km]の水平直線道路で、一般始動、一般停車、急起動、急ブレーキを含む約5分間の走行を頭の向きそれぞれについて3回ずつ、計6回行なう。

### 2.3 実験結果

Fig. 1に走行時の加速度 $[m/s^2]$ の分布、Fig. 2~4にそれぞれ走行全体、加速時、減速時の乗り心地の主観評価割合分布を示す。乗り心地の主観評価値は数値が大きいかほど乗り心地が悪いことを表す。進行方向に対して頭の向きが同じ場合を白いグラフ、逆向きの場合を黒いグラフで表す。

Fig. 1より自動車が走行する場合、加速時より減速時のほうが大きな加速度を発生することがわかる。これは、エンジンやブレーキの性能によっても変

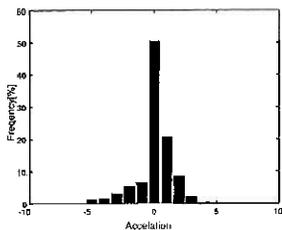


Fig. 1 加速度の分布

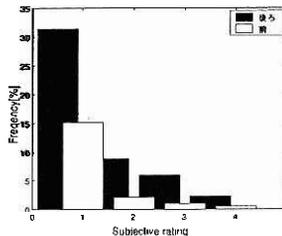


Fig. 3 加速時の主観評価値の割合分布

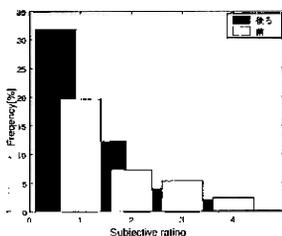


Fig. 2 走行全体の主観評価値の割合分布

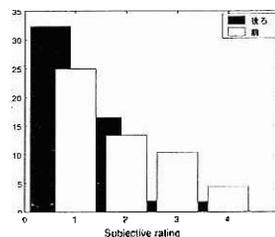


Fig. 4 減速時の主観評価値の割合分布

わるが、一般の乗用車の場合は同じような傾向が見られる。

Fig. 2より頭の向きが進行方向と同じ姿勢のほうが、非常に不快という評価値“4”の発生率が高いことがわかる。しかしFig. 3・4より、加速時には頭の向きが逆のほうが乗り心地が悪く、減速時には頭が進行方向にあるほうが乗り心地が悪くなっている。これらより、頭方向の加速度と足方向の加速度では、同じ値でも頭方向の方が不快に感じることがわかる。

加速度分布より、減速時のほうが大きな加速度を発生するので全体としては頭を進行方向に向けたほうが乗り心地が悪くなったと予想できる。

### 3. 傾斜と乗り心地の関係

前章では実際に車を走行させ、寝た状態での乗り心地を調べた。その結果、頭から足方向への加速度

に対し、足から頭方向への加速度は、同じ大きさでも、より不快に感じる事が分かった。このことより、ベッドに傾斜をつけ、頭を上げることにより、頭から足方向に重力加速度が加わるようにすることで、足から頭方向への加速度を緩和することにより、乗り心地が向上すると考えられる。そこで本章では、傾きを手動で変えられるシーソー型のベッドを作成し、ベッドの傾斜と乗り心地の関係について言語報告法を用いて調べる。

### 3.1 実験装置

実験装置の概略図をFig. 5に示す。ベッド部の中央下部に軸を取りつけ、角度が自由に変えられるようになっている。土台の脇のメモリから角度を読み取ることが出来る。ベッドが水平な状態を0度とする。

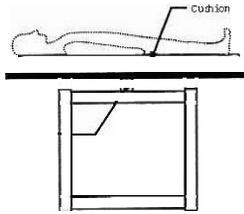


Fig. 5 実験装置

### 3.2 実験方法

被験者はベッドに仰向けの状態で乗る。ベッドを傾けた際の乗り心地を評価してもらう。被験者は20代の健康な男性6人。評価尺度は、以下のものを用いる。

- 主観評価値=1:快適である。
- 主観評価値=2:やや不快である。
- 主観評価値=3:不快である。
- 主観評価値=4:かなり不快である。
- 主観評価値=5:非常に不快である。

実験は以下の手順で行なう。

- 1) ベッドを20度傾け、その姿勢における主観評価値を5と覚えてもらう。
- 2) ベッドを水平にする。
- 3) 頭を1度下げ、被験者はその状態の乗り心地を報告する。
- 4) 20度まで同様な手順を繰り返す。

足を下げる場合についても同様な実験を行なう。また、あらかじめ20度まで下げた状態から1度づつ角度を戻す実験も行なう。周囲から情報が得られぬよう、被験者は目を閉じてもらう。

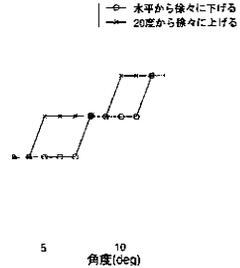


Fig. 6 頭を下げた場合の主観評価値

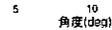


Fig. 7 足を下げた場合の主観評価値

### 3.3 実験結果

ある被験者の実験結果をFig. 6, 7に示す。横軸は水平な状態を0度としたベッドの傾斜角の絶対値、縦軸は主観評価値を表し数値が大きいくほど不快に感じることを表す。Fig. 6は頭を下げた場合、Fig. 7は足を下げた場合で、○は水平から傾けた場合、×は20度の傾斜から水平な状態に戻す場合の実験結果である。これらより、同じ傾斜角でも傾きがきつくなる場合とゆるくなる場合とでは評価が違うことが分かる。

頭を下げた状態、足を下げた状態、それぞれの水平から傾けた場合、傾けた状態から水平に戻す場合の乗り心地を比較するために以下のような乗り心

Table 2 乗り心地評価値Eの比較

	a	b	c	d	e	f
Hdown-Hup	-7	10	1	-2	-15	-10
Fdown-Fup	10	14	1	-6	2	9
Hdown-Fdown	6	0	7	10	2	10
Hup-Fup	23	4	7	6	19	29

5 10  
 角度(deg)

Fig. 8 頭を下げた場合と足を下げた場合の比較

Table 1 乗り心地評価値E

	a	b	c	d	e	f
Hdown	67	71	66	69	68	68
Hup	74	61	65	71	83	78
Fdown	61	71	59	59	66	58
Fup	51	57	58	65	64	49

地評価値Eを設定した。

$$E = \sum_{\theta=0}^{20} e_{\theta} \quad (1)$$

ここで $e_{\theta}$ は角度 $\theta$ における、ベッドの傾斜角の絶対値である。値が大きいかほど不快なことを表す。Table. 1に被験者a~fの乗り心地評価指数Eを示す。表の各項目は次の意味を持つ。

Hdown：水平な状態から頭を下に傾けた場合の乗り心地評価値。

Hup：頭を下にして20度ベッドが傾いた状態から水平に戻した場合の乗り心地評価値。

Fdown：水平な状態から足を下に傾けた場合の乗り心地評価値。

Fup：足を下にして20度ベッドが傾いた状態から水平に戻した場合の乗り心地評価値。

各評価値の比較をするためにそれぞれの差をとる。その結果をTable. 2に示す。Hdown-HupはTa-

ble. 1のHdownからHupを引いた値である。表の各項目は次の意味を持つ。

Hdown-Hup：この値が小さいほど、頭を下げた際の不快さが残ることを意味する。

Fdown-Fup：この値が小さいほど、足を下げた際の不快さが残ることを意味する。

Hdown-Fdown：この値が大きいかほど、頭を下げた場合のほうが足を下げた場合よりも不快であることを意味する。

Hup-Fup：この値が大きいかほど、頭を下げた場合のほうが足を下げた場合よりも不快であることを意味する。

Table. 2のHdown-Hupより、頭を20度まで下げた際の不快さがなかなか回復しない人が多いことが見て取れる。またFdown-Fupより、足を下げた場合の不快感はずっと回復する人が多いことが分かる。頭を下げた場合と足を下げた場合の乗り心地は、全員足を下げたほうが、頭を下げた場合のほうが不快感が少ないことが分かる。Fig. 8に被験者全員の足を下げた場合と頭を下げた場合の乗り心地の平均を示す。これよりもまた、足を下げた場合のほうが不快感が小さいことが分かる。

また、被験者からは以下のような感想が得られた。

- 滑ると怖い。
- 頭に血が上る。

滑りは足頭方向に関しては対称であり、乗り心地の非対称性は人間の感覚器に起因するものと考えら

れる。ベッドの乗り心地に関して調べる際には、滑りと感覚器官の両方について考える必要がある。

#### 4. 傾斜の知覚の対称性

前章では、足を下げた場合より、頭を下げた場合の方が、乗り心地が悪いことが分かった。ベッドの傾斜がきつくなると乗り心地が悪くなることから、足を下げた場合よりも、頭を下げた場合では傾斜をきつく感じている可能性が考えられる。そこで本章では、前章で用いたシーソー型ベッドを用いて、頭を下げた場合と足を下げた場合の、傾斜の知覚の対称性について調べる。

##### 4.1 実験方法

実験は以下の手順で行う。

- 1) ベッドの足側(頭側)を任意の角度まで下げ、その位置を10秒程度維持する。被験者に角度は伝えない。
- 2) ベッドを水平に戻す。
- 3) ベッドの頭側(足側)をゆっくり下げる。被験者は、1)の角度と同じだけベッドが傾いたと感じたところで合図をする。

頭側、足側それぞれについて行なう。実験の間、辺りの風景から情報を得られないよう目隠しをする。今回の実験で手順1)で被験者に覚えてもらう角度は、10,15,20度の3つである。被験者は健康な男性7人。

##### 4.2 実験結果

実験結果をTable. 3およびFig. 9, 10に示す。Table.3の「足から頭」はベッドの足側を下ろして角度を覚えてもらった後、頭側を下ろして角度を判定してもらった場合。「頭から足」は頭側を下ろして角度を覚えてもらった後、頭側を下ろして角度を判

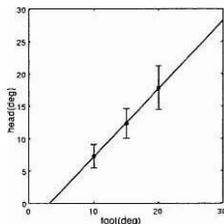


Fig. 9 傾斜角の知覚の対称性(足から頭)

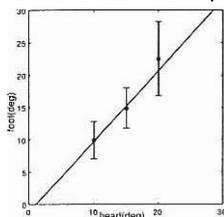


Fig. 10 傾斜角の知覚の対称性(頭から足)

断してもらった場合の結果である。表の数値は被験者a~gが10度,15度,20度と判断したベッドの傾斜角の絶対値である。「足から頭」の結果は全体的に目標値よりも低い値が多い。また、「頭から足」の結果は被験者a,eを除き、「足から頭の結果より小さい値を取っている。このことより、足を下げた場合の傾斜角に対して頭を下げた場合は、実際の傾斜角より過大評価している可能性が考えられる。

Fig. 9, 10は、実験結果の回帰直線と標準偏差である。横軸は手順1)で被験者に覚えてもらった角度で、縦軸は手順3)で被験者が手順1)と同じ角度になったと判断した角度である。図中の線は実験結果の回帰直線で、係数をTable. 4に示す。また、図中の点と縦線は、手順1)で覚えてもらった各角度に対して、手順3)で同じと判断した角度の平均値と標準偏差である。傾斜が大きくなるほど、結果にばらつきが出ていることがわかる。回帰直線に関しては、傾きは非常に似ているが切片に関しては2度ほどの差がある。このことより、足を下げて傾けた場合より、頭を下げて傾けた場合の方が同じ傾斜角でも大きく傾

いていると感じていると考えられる。

Table 3 傾斜角の絶対値の知覚

	a	b	c	d	e	f	g
10	9	5	9	7	9	5	7
足から頭	15	14	8	15	13	13	12
20	18	11	21	18	19	21	16.5
10	9	7	12.5	8	8	15	10
頭から足	15	10	13	16	15	13	18
20	13	19	28	28	20	22	27.5

Table 4 回帰直線の係数

	傾き	切片
足から頭	1.0500	-3.2976
頭から足	1.0929	-1.1786

## 5. 結言

本研究では、救急車用ベッドの乗り心地について調べるため以下のことを行なった。

- 救急搬送時と同じ状況を作り、乗車姿勢ごとの乗り心地の比較を行なった。また、加速度の向きと乗り心地の関係を検討した。
- シーソー型ベッドを用い、ベッドの傾斜と乗り心地の関係について調べた。
- シーソー型ベッドを用い、頭を下げた場合と足を下げた場合の傾斜角の知覚の対称性について調べた。

第2章では実際の救急車に似た条件で健康な被験者を搬送し、乗車姿勢と乗り心地の関係について調べた。救急車の加速度の分布は前後対象ではないことが分かった。また、進行方向に頭を置いた場合と、逆に置いた場合とでは、進行方向と逆向きに置

いたほうが乗り心地がいいことが分かった。また、頭方向に加速度を受けた場合、足方向に受けるよりも不快に感じる事が分かった。

第3章ではシーソー型のベッドを用い、頭方向に加速度を受けた場合と足方向に加速度を受けた場合の乗り心地の違いについて調べた。その結果、頭足方向の加速度に対する乗り心地は対称ではない事が確認された。また、乗り心地の基準となり得る値を得ることが出来た。

第4章では、ベッドの傾斜の感じ方の頭を下げた場合と足を下げた場合の対称性を調べる実験を行なった。その結果、足を下げた場合に比べ頭を下げた場合では傾斜角を過大評価している可能性が見られた。このことは、第2章の結果と一致する。

本研究において、救急車の加速度の非対称性と、頭から足方向と足から頭方向の加速度に対する人間の感じ方の非対称性が得られた。救急車用ベッドを設計する際、これら二つの非対称性を考慮することにより、搬送される患者の負担を減らすことができると考えられる。

## 参考文献

- 1) S BLOK: Improvement of vibration isolation in transports by bearing flats, *Journal of the society of environmental engineers*, 3-8 (1973)
- 2) 王 鋒: 自動車の加速度と乗り心地に関する研究, 東北大学博士学位論文 (1999)
- 3) 佐川貢一, 猪岡光, 猪岡英二: 救急車用アクティブ制御ベッドに関する研究, 東北大学博士学位論文 (1994)
- 4) 佐川貢一, 猪岡光, 猪岡英二: 救急車用アクティブ制御ベッドの開発, *日本機械学会論文集(C編)*, **63-609**, 1533/1539 (1997)
- 5) K.Sagawa, H.Inooka, E.Ino-oka, and T.Takahashi: On an ambulance stretcher suspension concerned with the reduction of patient's blood pressure variation, *Proc. Instn. Mech. Eng.*(Part H), **2121**, 199/208 (1997)
- 6) 佐川貢一, 猪岡光, 猪岡英二: 救急車用アクティブ制御ベッドの血圧変動抑制の効果, *医用電子と生体工学*, **37-3**, 260/268 (1999)
- 7) C.W. Stammers & D. Leysnon: Ambulance stretcher suspensions, *Proc. Instn. Mech. Eng.*, **199-D2**, 151/160 (1985)
- 8) J.K. Raine & R.J.Henderson: A two-degree-of-freedom ambulance stretcher suspension Part1: system overview, *Proc. Instn. Mech. Eng.*, **212-D**, 93/102 (1998)
- 9) 村田義弘, 前森健一: 救急車用ERダンパの最適設計, *日本機械学会論文集(C編)*, **64-626**, 3735/3742 (1998)
- 10) 大嶋茂幸, 村田義弘, 前森健一: 救急車用ベッドの最適設計 (患者最大加速度の最小化), *日本機械学会論文集(C編)*, **bf63-616**, 4128/4133 (1997)