

スポーツウェア素材の伸張回復性と 人の脳波との関連

金 沢 大 学 松 平 光 男

Relationship Between Extension Recoverability of Sportswear Materials and Human Electro-encephalogram

by

Mitsuo Matsudaira
Kanazawa University

ABSTRACT

Electro-encephalogram of young women was measured after flexing exercise (bending and stretching) of elbows with attached fabrics to find out the difference between stretchable, recoverable fabric and unstretchable, unrecoverable fabric. Integrated percentage of α wave was analysed by FFT method, and following conclusions were obtained. There was no significant difference between stretchable, recoverable fabric and unstretchable, unrecoverable fabric in the α wave attenuation at the state of eye closing. However, it was recognized that α wave attenuation occurred in more subject after flexing exercise of elbows attached with unstretchable, unrecoverable fabric.

要 旨

若い成人女性を被験者とし、伸張回復しやすい布としにくい布を両腕に添付して、腕の屈伸運動をした直後の脳波計測を行った。得られた脳波は

FFT法によりスペクトル解析し、 α 波の積分含有率を検討した結果、以下の結論を得た。被験者全員の平均値の比較では、閉眼時の α 波抑制には、布間の有意差は認められなかった。しかしながら、被験者の個別比較では、伸張回復しにくい布の場

合、より多くの人でα波抑制が認められた。また、運動前後の比較でも、伸張回復しにくい布を添付して運動後に、α波抑制がより多くの人で認められた。

緒言

スポーツウェアの素材的検討は、スポーツ時の大きな変形に対応するため、ポリウレタン系繊維を含有したニット構造布の強度や伸張特性の検討に集中している。しかしながら、どの程度の伸張特性が人にとって快適であるか、人が最もリラックスできるか、運動能力を最も効果的に発揮できるか、等については全くわかっていない。

本研究では、スポーツウェア素材の伸縮性に注目し、布の伸張回復性が人の緊張感をどの程度高めるかあるいは和らげるかを、人の脳波測定によって確認する。今回は、布の伸張回復性の影響が脳波に現れるかどうかの初歩的検討に留まるが、将来的には、理想的なスポーツウェアに要求される伸張回復性を定量化したいと考えている。

1. 実験

1.1 試料

市販のスポーツウェア（上下分離型ジャージ）素材の中から、ポリウレタン系繊維の含有表示のない、ポリエステル/綿混紡糸からなる、ニット

素材を何点か選び¹⁾、その中から、伸張性と回復性の点で、最も伸張しやすく回復もしやすい布1点と、最も伸張しにくく回復もしにくい布1点を実験に供した。それらの布の詳細を表1に示す。また、布の伸張回復性に関係すると考えられる、KESシステム²⁾による基本力学特性値を表2に示す。実験では、KES-FB1を用い、有効試料寸法は5cm×20cmで、ウェール（たて）方向では最大250gf/cmまで伸張し、コース（よこ）方向では最大50gf/cmまで伸張させた時の力学パラメータ、EMT（最大伸び率）、LT（引っ張り特性の線形性）、WT（引っ張りエネルギー）、及びRT（回復性）を求めた。ウェール方向とコース方向で伸張最大荷重を変えたのは、これらの試料のコース方向での伸び率が極端に大きいからである。試料AはBに比べてEMTが大きく、RTが大きくなっている。このことは試料Aは明らかに伸び柔らかく、伸張変形からの回復も大きいことを示している。

1.2 実験方法

人の脳波の計測は、NEC社製の脳波測定機、多用途テレメータSYBNA-ACT-MT11、BIMUTAS（多用途生体情報解析プログラム）を用い、金沢大学の健康な女子学生12名（年齢：20～22歳）を対象とした。電極は10/20法³⁾に従った位置の

表1 Details of Fabric Samples Used in This Experiments

Sample	Fiber Material (%)	Structure	Density (/m)		Thickness * (mm)	Weight (g/m ²)
			Wales	Courses		
A	Cotton (20) -Polyester (80)	Rib	1150	1350	1.50	279
B	Cotton (50) -Polyester (50)	Rib	1400	1200	1.08	227

* Thickness is measured under the pressure 0.5 gf/cm²

表2 Results of Mechanical Parameters of Sportswear Fabrics Measured by KES-FB System

Sample	LT (-)		WT (gf·cm/cm ²)		RT (%)		EMT (%)	
	Wale	Course	Wale	Course	Wale	Course	Wale	Course
A	0.645	0.988	47.6	13.1	41.0	58.4	48.8	50.0
B	0.612	0.896	14.6	4.7	21.0	41.6	19.0	20.8

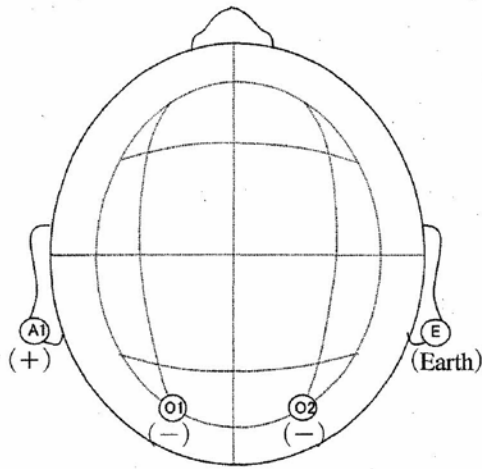


図1 Position of electrode to measure electro-encephalogram.

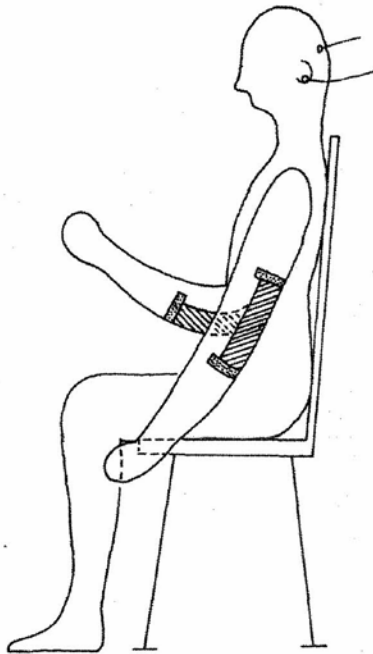


図2 Sitting state in a subject on a chair and the flexing exercise of elbows with attached fabrics.

中から、図1に示す最小限の2点に配置し、いわゆる双極導出法に従った。環境は $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $50 \pm 10\% \text{RH}$ 条件下で測定した。被験者は、図2に示すごとく、背もたれ付きの椅子に腰をかけ、安静状態のもと、両肘に添付した布の伸張回復性を体験し、その時の脳波の変化を追跡した。

脳波の測定手順は以下の通りである。

(1) 被験者の頭皮に脳波計電極を取り付ける。

(2) 被験者の両肘に、肘を中心に上下7~8cmのところ、図2に示すように、ウェール方向で伸縮するようにテーピングテープ(ニチバン製、C-38K)で試料を貼り付ける。被験者の半数では、伸びやすく回復しやすい布を最初に添付し、被験者の半数はその逆とした。

(3) 開眼状態で脳波計測をする。(30秒間)

(4) 閉眼状態で脳波計測をする。(30秒間)

(5) 被験者に両肘を5回曲げ伸ばししてもらい(約2秒/回の速度)、その後閉眼状態で脳波計測をする。(30秒間)

(6) 布を取り替え、(3)~(5)を繰り返す。

(7) 電極を取り除き、終了とする。

実験は全て6月中旬から7月中旬の1ヶ月間で行った。

2. 脳波解析法^{3), 4)}

脳の電気現象は、頭皮上に装着した2つの電極間、あるいは頭皮上と耳朶に装着した電極間の微小な電位差を脳波計やポリグラフ装置で増幅して調べることが出来る。この時々刻々の電位変化を記録したものが脳電図(=Electro-encephalo-gram: 通称脳波)である。

脳波は周波数によって以下のように分類されている。

- ① δ 波: 4Hz 未満
- ② θ 波: 4Hz 以上, 8Hz 未満
- ③ α 波: 8Hz 以上, 13Hz 未満
- ④ β 波: 13Hz 以上

成人の正常脳波とは、正常な成人が安静覚醒閉眼時に出現する脳波をいい、正常脳波は、9~11Hzで振幅が $50 \mu\text{V}$ 前後の α 波が主調をなす。 α 波は、開眼などの感覚刺激、緊張、思考、興奮、等の精神活動によって抑制される (α -attenuation)。

β 波は、開眼時や精神活動時に、 α 波に代わって出現するよう見えるが、実際には閉眼時にも

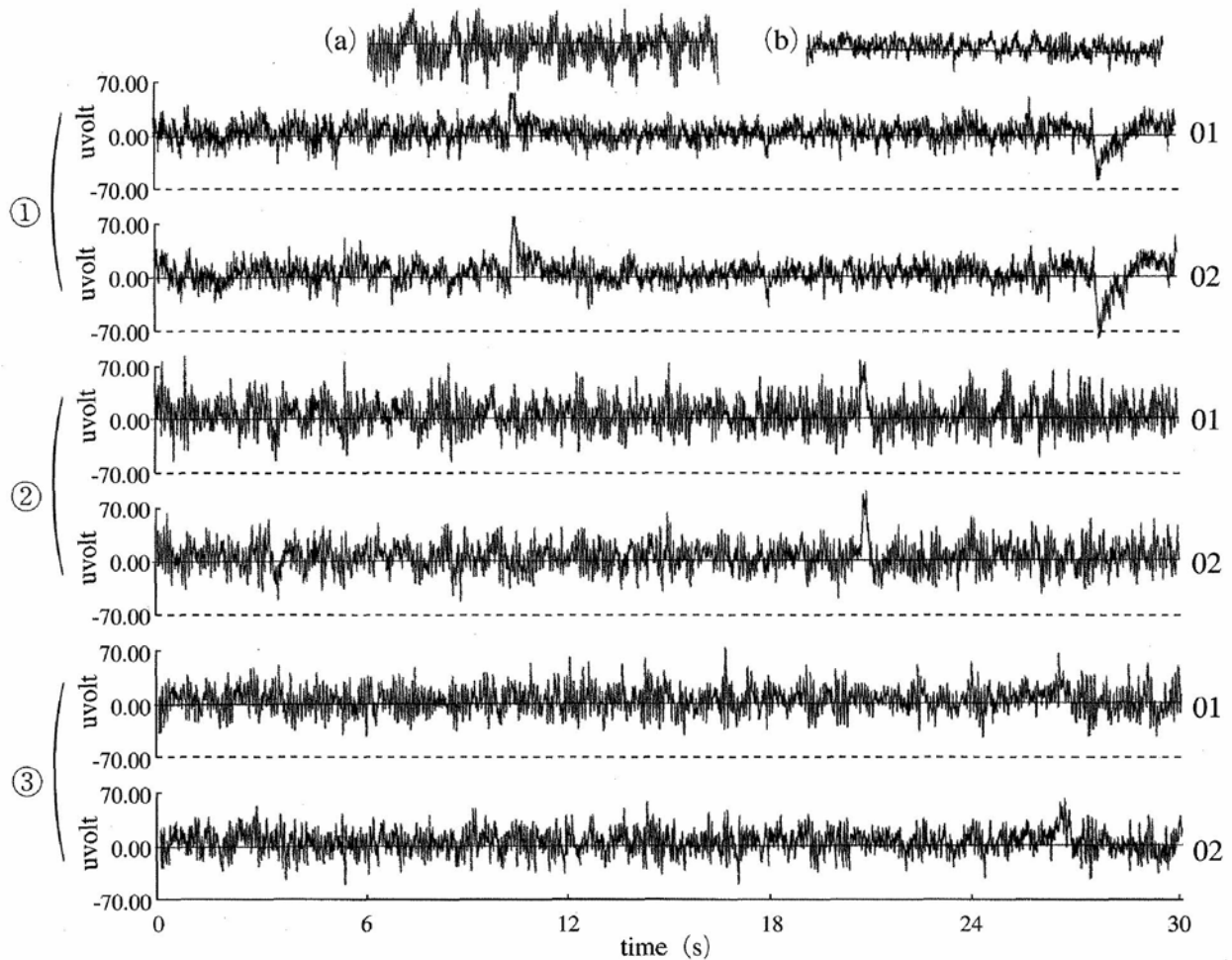


図3 Examples of electro-encephalogram diagrams measured by bipolar lead method.

出現しており、高振幅の α 波に隠されて目立たないだけである。

θ 波は、年少者の基礎律動であり、正常成人の場合覚醒時に目立って出現することはない。

δ 波は、乳幼児の場合覚醒時に出現することもあるが、正常成人では深睡眠期以外は目立って出現することはない。

実際に得られた脳波波形の一例を図3に示す。(a)が α 波の典型例であり、(b)が β 波の典型例である。 α 波はリズム性を有しており、 β 波は様々な刺激によって複雑な波形を描いている。①の開眼状態では β 波が、②の閉眼状態では α 波が主調をなしている。これは目からの光の刺激によって α 波が抑制されていることを示している。③

は両腕の伸縮運動後、閉眼状態での結果であるが、②と比較して、その違いは明確ではない。図3は伸張回復しにくい布の結果であり、腕の伸縮運動によって α 波抑制が起こっていることが予想されるが、波形では判断できない。

本研究では、 α 波に注目し、両腕を曲げ伸ばしするときの人への抵抗刺激によって、いかに α 波が抑制されるかを調べる。伸びやすく回復しやすい布と伸びにくく回復しにくい布の相違が α 波の抑制にいかに寄与するかをスペクトル解析する。

3. 結果

被験者12名の、伸張回復しやすい布 (A) と伸張回復しにくい布 (B) を曲げ伸ばしたときの、脳波の積分含有率 (パワースペクトルの積分値)

表3 Integrated Percentages for the Component of Electro-encephalogram Obtained from Stretchy and Recoverable Fabric (A) and Unstretchy and Unrecoverable Fabric (B)

Panel Sample		θ -Wave (%)			α -Wave (%)			β -Wave (%)		
		①	②	③	①	②	③	①	②	③
1	A	13.5	12.0	12.4	17.7	72.5	69.5	68.8	15.5	18.1
	B	18.0	18.0	9.7	19.5	71.3	63.2	62.5	10.7	27.1
2	A	30.0	4.7	4.3	31.1	84.1	83.5	38.9	11.2	12.2
	B	26.2	3.6	5.3	28.7	83.5	81.5	45.1	12.9	13.2
3	A	23.1	11.9	10.9	27.0	71.0	73.5	49.9	17.2	14.9
	B	39.3	19.2	9.4	19.2	73.7	68.3	41.5	16.9	20.3
4	A	22.2	8.3	8.4	43.8	80.0	75.9	33.9	12.7	15.7
	B	22.0	11.0	10.1	44.5	70.6	73.4	33.5	18.4	16.5
5	A	5.5	5.5	5.2	77.0	82.0	81.1	17.5	12.5	13.7
	B	32.8	4.6	6.0	28.6	80.7	80.6	38.6	14.7	13.4
6	A	26.7	5.9	7.0	23.2	85.9	80.7	50.1	8.2	12.3
	B	30.5	6.1	6.5	21.3	88.7	83.1	48.2	5.2	10.4
7	A	30.3	7.6	8.2	25.6	82.1	83.4	44.1	10.3	8.4
	B	36.2	6.5	7.1	24.3	82.0	77.3	39.5	11.5	15.6
8	A	38.7	5.2	5.0	21.9	83.0	80.1	39.4	11.8	14.9
	B	33.6	4.7	7.1	29.8	84.9	80.8	36.6	10.4	12.1
9	A	21.3	15.3	11.9	24.7	63.0	71.6	54.0	21.7	16.5
	B	26.3	20.8	17.4	23.1	61.1	67.8	50.6	18.1	14.8
10	A	31.4	5.2	6.1	31.0	88.4	88.5	37.6	6.4	5.4
	B	34.0	4.9	5.2	29.5	90.0	87.9	36.5	5.1	6.9
11	A	28.1	13.3	14.3	41.8	73.9	74.4	30.1	12.8	11.3
	B	15.0	14.7	17.7	68.5	76.9	74.6	16.5	8.4	7.7
12	A	31.8	22.2	16.0	28.1	67.4	73.7	40.1	10.4	10.3
	B	33.1	19.2	15.3	24.9	71.8	74.9	42.0	9.0	9.8
Mean	A	25.2	9.8	9.1	32.7	77.8	78.0	42.0	12.6	12.8
	B	28.9	11.1	9.7	30.2	77.9	76.2	40.9	11.8	14.0
S.D.	A	8.93	5.34	3.89	15.88	7.99	5.72	12.94	4.08	3.61
	B	7.50	6.81	4.59	13.83	8.54	7.25	10.99	4.57	5.66

を、 θ 、 α 、 β 波について、表3に示す。正常成人の場合、 δ 波は深睡眠期以外は目立って出現することはなく、また4Hz未満の周波数には顔の筋電が含まれることが考えられるため、 δ 波は省略した。また、高速フーリエ変換 (FFT) 法における解析では、分散の少ないスペクトルを求めるため⁵⁾、平均回数を3回に指定した。これは、指定時間内のデータを平均回数分に分割して、各々のスペクトルを算出して加算平均する。この処理によってスペクトルの推定誤差を小さく出来る。12名の被験者の平均値と標準偏差 (S.D.) も示してあるが、布A、B間の比較では、三つの脳波、及び三つの状態全てにおいて、①開眼-②閉眼間以外では、有意差は全く認められなかった。

状態間の比較では、開眼状態と閉眼状態の差は布によらず明らかであり (有意水準: 0.1%), θ

波は閉眼により減少し、 α 波は閉眼により増大し、 β 波は閉眼により減少した。

以下 α 波のみの結果を取り上げるが、布間で有意差が認められなかったため、被験者個々人に注目して検討する。

A、B間の比較で、被験者12名の中で、 α 波の含有率が多い人の人数を表4に示す。 α 波は伸張回復しやすい布の方が伸張回復しにくい布よりも多い (2%以上の差がある場合) 人が4名であるのに対して、伸張回復しにくい布の方が多い人は2名であり、残りの6名は差が無く、全体として

表4 Number of Panels Having Higher Integrated Percentage of α -Wave within 12 Subjects

Fabric	Stretchy	Unstretchy
Eye Opening	4	2
Eye Closing	1	4
After Exercise	6	1

両者の差は無いと言える。閉眼状態では、伸張回復しやすい布の方が伸張回復しにくい布よりも α 波が多い人が1名、伸張回復しにくい布の方が α 波が多い人が4名という結果であり、他の7名は差が無く、この場合も差がないと言える。これらは両腕の伸縮運動前の段階であるので、差が無くて当たり前であり、当然の結果が出ていると言える。

しかしながら、両腕の伸縮運動後では、伸張回復しやすい布では、12名中6名の α 波が増大しており、伸縮回復しにくい布の結果（12名中1名）に比べて、 α 波が多く出現していると考えられる。

即ち、伸縮回復しにくい布を腕に添付して腕の曲げ伸ばし運動をした場合、より多くの人で α 波抑制が起こっていることを示している。

状態間の比較では、伸張回復しやすい布を添付した場合、両腕の曲げ伸ばし運動によって、 α 波は3名が増大し、3名が減少した（表5）。このことは伸張回復しやすい布では α 波抑制は起こっていないと言える。一方、伸張回復しにくい布の場合、運動によって α 波は3名が増大したが、8名が減少し、 α 波抑制がより多くの人で起こっていることを示している。

表5 Number of Panels Whose Integrated Percentage of α -Wave Changed After Exercise on Eye Closing within 12 Subjects

Fabric	Stretchy		Unstretchy	
	Increased	Decreased	Increased	Decreased
After Exercise	3	3	3	8

4. 考 察

伸張回復しやすい布としにくい布を両腕に添付し、両腕の曲げ伸ばし運動をした直後の α 波の出現含有率を調べたが、被験者12名の平均値の比較では、有意差は認められなかった。しかしながら、 α 波の増減を被験者個々人で考えた場合、伸

張回復しやすい布を添付した場合に比べ、伸張回復しにくい布の方で α 波抑制がより多くの人で現れていた。この点は、単なる閉眼状態との比較でも、伸張回復しにくい布を添付して運動をした場合、伸張回復しやすい布に比べて、より多くの人で α 波抑制が認められたことによっても確認できた。

布を添付して運動時の主観評価では、12名全員が伸張回復しやすい布を動きやすいと判定しており、明らかな差が認められるのにも拘わらず、脳波には影響は出にくいものと考えられる。

今回の結果から、伸張回復しにくいスポーツウェアを着て運動をした場合、伸張回復しやすいウェアを着た場合に比べて、人の精神は緊張しリラックス出来ないことが示唆されたと考える。今後、被験者数を増やし、運動条件を変化してより詳細な検討を行いたい。また、布ではなく、実際のスポーツウェア上下を着用時の効果についても検討したい。

5. 結 論

伸張回復しやすい布としにくい布を両腕に添付して、腕の屈伸運動をした直後の人の脳波をスペクトル解析し、 α 波の積分含有率を検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 被験者全員の平均値の比較では、閉眼時の α 波抑制には、布間の差は認められない。
- (2) 被験者の個別比較では、伸張回復しにくい布の場合、 α 波抑制がより多くの人で認められた。

謝 辞

脳波計測装置を拝借した石川県工業試験場に感謝し、脳波計測で御指導頂いた同場繊維部の守田啓輔博士に御礼申し上げます。

文 献

- 1) 松平光男：デサントスポーツ科学, 19, 152 (1998)
- 2) 川端季雄：繊維機械学会誌 (繊維工学), 26, (10) P721 (1973)
- 3) 末永, 岡田：「脳波標準テキスト」, NECメディカル脳波システムズ研修所, p.18 (1998)
- 4) 吉田倫幸：「快適科学」, 長町三生編, 海文堂出版, p.107 (1992)
- 5) キッセイコムテック：「多用途生体情報解析プログラム・BIMUTAS」補足資料, p.V-21 (1998)