日本 AEM 学会誌　Volume 5　Number 3　SEPTEMBER　1997

学術論文

触覚感性の計測（人間の触感とＡＥセンサ出力の対比）

Measurement and Valuation of Touch Sensation (Tactile Perception of Forefinger Compared with AE Sensor Readings)

田中　真美　(東北大学)　　長南　征二　(東北大学)
江　鐘偉　(東北大学)　　疋田　智弘　(東北大学)

Mami TANAKA, Member of JSAEM, Tohoku University,
Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku,Sendai
Seiji CHONAN, Member of JSAEM, Tohoku University
Zhong-Wei JIANG, Member of JSAEM, Tohoku University
Tomohiro HIKITA, Tohoku University

This paper is concerned with the measurement and evaluation of human touch sensation. First, the fablics such as crepe, velvet and corduroy are laid inside a blind box and touched and stroked by the forefingers of examiners and their feelings of touch are obtained and classified upon the questionnaires. Next, the AE sensor is pressed and slid over the same samples and the output signals from the sensor are recorded. The features on collected data are then extracted by using the auto-correlation function and the FFT analysis and compared with the evaluation by the forefinger. It is seen that the AE sensor readings are in good correspondence with the tactile perception of the forefingers.

Key words : Tactile Perception, Measurement, Active Sensing, Piezoceramic AE Sensor

1　緒　言

触覚は視覚と共に人間の生活において必要不可欠な感覚であり，我々は日常生活でいろいろなものに触れ，それらとの接触を通して生活している．特に，指先は単に物に触れるという動作だけでなく，なでるこするといった触運動をアクティブに行うことによって質感や手触り感などの感性量を収集している．ところで従来，触覚センサと呼ばれるものは圧力を中心とした物理量を検出するものが大部分であり，人間の感性や感性量を計測するセンサ[1]，ならびにそれらの評価方法については未だ十分な研究はなされていない．

以上の現状に鑑み，本研究は触覚感性量を計測する第一段階として，対象物に対する人間の触覚感性とセンサ出力の対応を比較するものである．具体的には始めに対象物として種々の布を選び，なでるこする等の動作によって人間の得る布の手触り感の表現を求める．次にセンサ情報とそれらの触覚情報との対応を調べるため，布表面をセラミック圧電センサ[2]で掃引し出力波形を測定，信号処理を行う．圧電センサは外圧の時間変化率に比例した電圧信号を出力し，ステップ状の入力に対しては起ち上がり起ち下がり時に鋭い過渡波信号を出す一方で，入力が一定に維持されている状態では出力は得られない．この特長は人間の圧力感覚受容器であるパチニ正体の出力電圧特性[3]と極めて似ており，圧電センサが人間の感覚代替器官として使用できる可能性を示している．以下，人間の触感と圧電センサにより得られた情報の対応を調べ，合せてマイクロスコープにより布の表面状態を観察し，人間の視覚と触覚の対応についても確認することとする．

2　人間のの手触り感についての調査（実験１）

触覚感性の測定を行う対象物としては紙や木あるいは金属など様々な物が考えられるが，ここでは衣服に使われる身近な布を用いて手触り感の実験を行い触覚感性を調べた．

まず，ウール，ビロード，コーデュロイ，絹（縮緬）およびポリエステルの５種類の布を被験者２０名（男性１０名，女性１０名）に触ってもらい，それぞれの衣について感じたこと，ならびに５種類の衣の中で手触り感の良いもの悪いものについてのアンケート調

査を行った．この際，触覚感性だけで対象物を判断してもらうため，布が何であるかが見えないようそれらを箱の中に置き，さらに擦る方向によって手触り感が違うことのないよう指を一定方向（指の横方向）に擦らせるよう指示した．実験は上記5種類の布について行ったが，ウールとポリエステルは被験者の手触り感の良さにばらつきがあり一定の傾向が得られなかった．このため以下，残りの3種の布，すなわちビロード，コーデュロイおよび絹（縮緬）について得られた結果を以下に示すこととする．それぞれの布を触って得られた印象をまとめたものを表1 (a)-(c) に示す．各表において回答数の多い答がそれぞれの布の代表的な印象であると考えられる．ビロードとコーデュロイでは一部似かよった印象を与えることが分かる．また手触り感については，図1に示すごとく被験者が一致してビロードとコーデュロイは手触り感が良く，絹（縮緬）は悪いとする結果が得られた．

Table1　Feelings on Fabrics

(a)Velvet

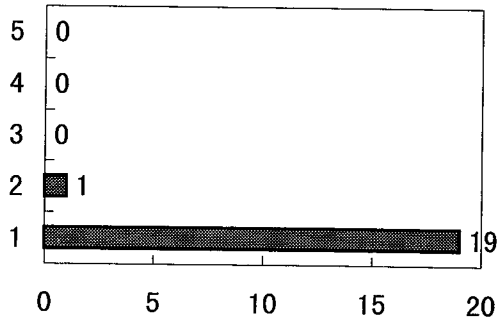
	Male	Female	total
Soft	3	4	7
Thick	1	3	4
Light	7	1	8
Fine	0	2	2

(b)Corduroy

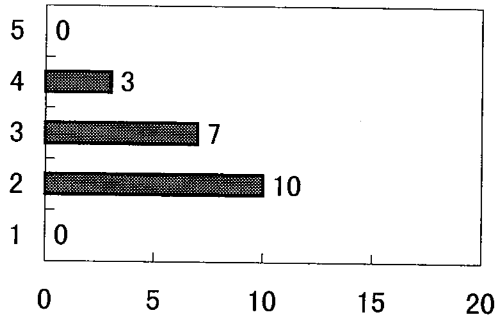
	Male	Female	total
Soft	2	2	4
Thick	2	2	4
Light	2	1	3
Fine	1	2	3

(c)Silk Crepe

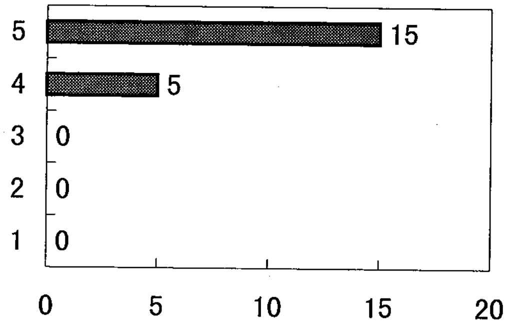
	Male	Female	total
Rough	9	9	18
Thin	1	2	3



No. of　persons
(a)Velvet



No. of　persons
(b)Corduroy



No. of　persons
(c)Silk Crepe

Fig.1　Overall evaluation of touch.　1 = Very comfortable; 2 = comfortable; 3 = normal; 4 = uncomfortable; 5 = very uncomfortable.

3　圧電センサによる測定及び信号処理（実験2）

次に，セラミック圧電センサを用いて，実験1で使用した3種類の布を人間の指のように擦り，出力波形を調べた．実験で使用したセラミック圧電センサ [FN Electric Instrument AE-900S-WB] の概観を図2に示す．このセラミック圧電センサは PZT（ジルコン酸チタン酸鉛磁器）を使用したもので本来 AE 信号を測定する為のものであるが，高感度な広帯域周波数

特性をもちかつ雑音を小さく抑えるように設計されているため，トライボセンサとしても使用が可能である．人間が指を滑らせる場合常に一定力で滑らせるわけでなく，軽く擦ることで表面情報を把握し，強く擦ったり押したりすることで硬さや弾力等の情報を得ているが，この点を考慮して布表面を軽く擦った場合と強く擦った場合のそれぞれについて，センサ出力の電圧波形を記録した．

図3～5に軽く擦った場合と強く擦った場合のセンサ出力波形の一例を示す．図より，各波形にはそれぞれ特徴が見られることが分かる．各3回の測定データより求めた peak-to-peak 振幅の平均値を表2に示す．振幅はそれぞれの布に対して軽く擦った場合と強く擦った場合とも，ちりめん，コーデュロイ，ビロードの順に小さくなっている．また強く擦った方はどの対象物に対しても出力振幅は大きくなっていることが分かる．

さらに，出力波形の周波数特性を調べるため，図3～5に示された波形に対して自己相関関数を求めた．結果を図6～8に示す．更に得られた相関関数に FFT 処理を行いその周波数特性を調べた．結果を図9～11に示す．軽く擦った場合には高周波数成分が広い周波数範囲で捕らえられており，また強く擦った場合には低周波成分が大きく捕らえられている．これは，人間が指の押付け力を加減すること必要な情報を取捨選択していることと良く対応している．

以上の結果より，圧電センサによるアクティブセンシングは人間の触覚動作を模擬する動作として有効であることが言える．

Table2 Average peak–to–peak amplitude

Fabric	Soft Stroke	Hard rubbing
Velvet	1.2mV	1.9mV
Corduroy	1.6mV	3.5mV
Silk Crepe	3.0mV	8.2mV

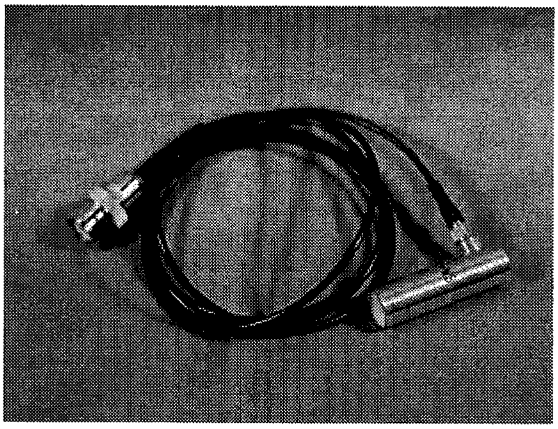


Fig.2 Ceramic piezoelectric sensor.

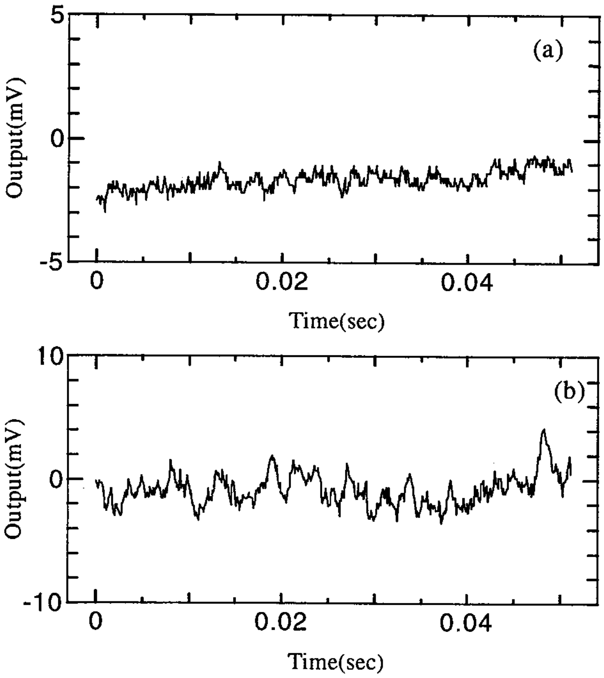


Fig.3 Output of sensor when the velvet is (a) stroked gently and (b) rubbed strongly.

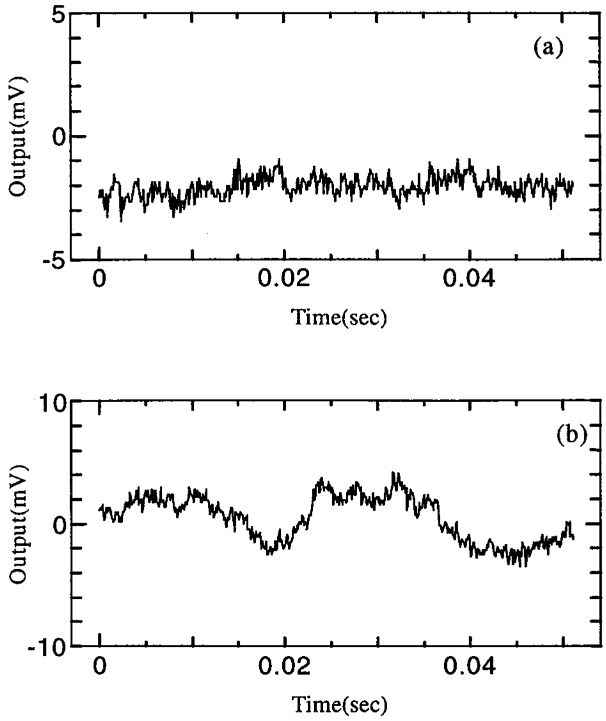


Fig.4 Output of sensor when the corduroy is (a) stroked gently and (b) rubbed strongly.

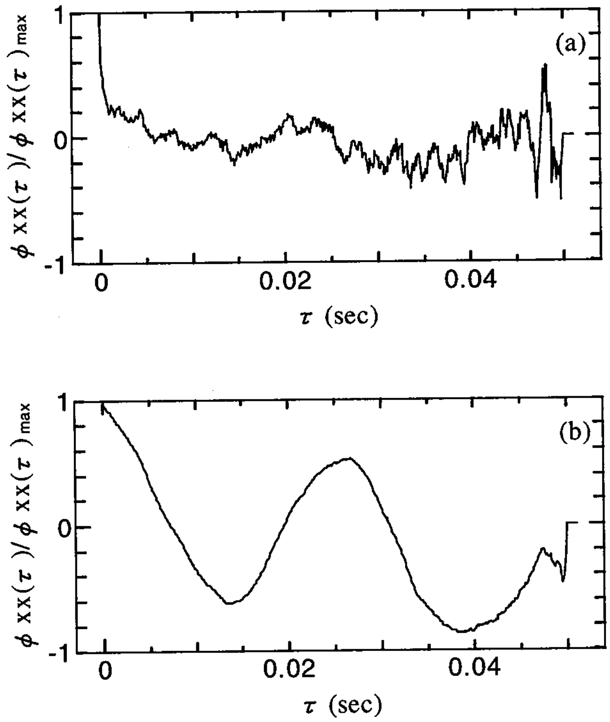


Fig.5 Output of sensor when the silk crepe is (a) stroked gently and (b) rubbed strongly.

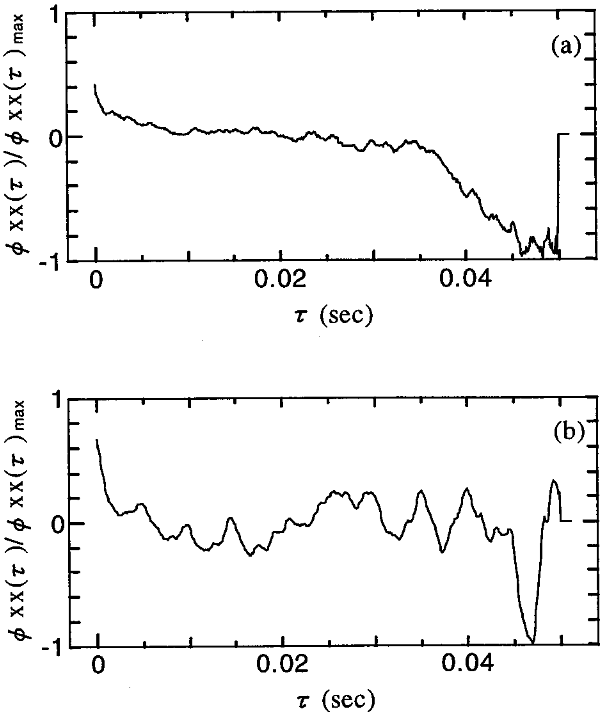


Fig.6 Auto-correlation function when the velvet is (a) stroked gently and (b) rubbed strongly.

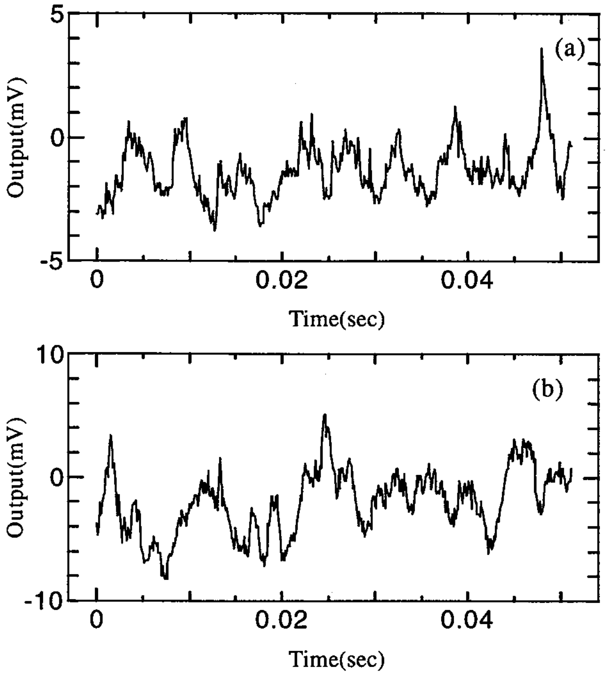


Fig.7 Auto-correlation function when the corduroy is (a) stroked gently and (b) rubbed strongly.

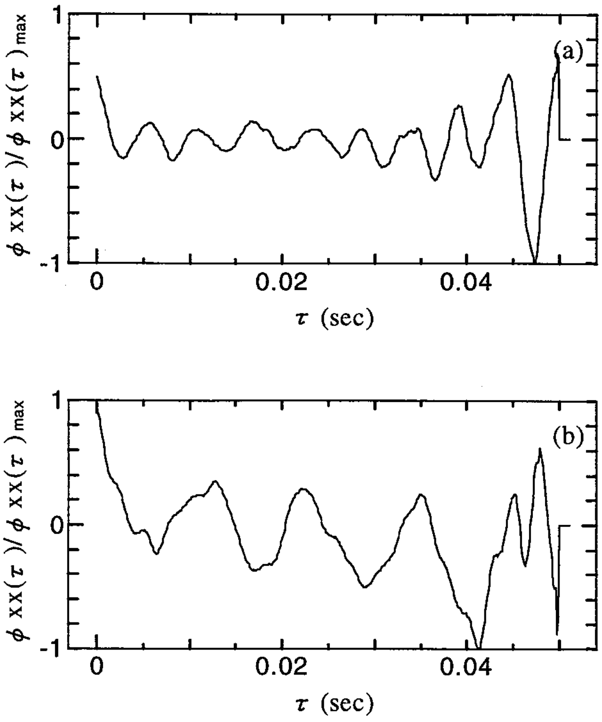


Fig.8 Auto-correlation function when the silk crepe is (a) stroked gently and (b) rubbed strongly.

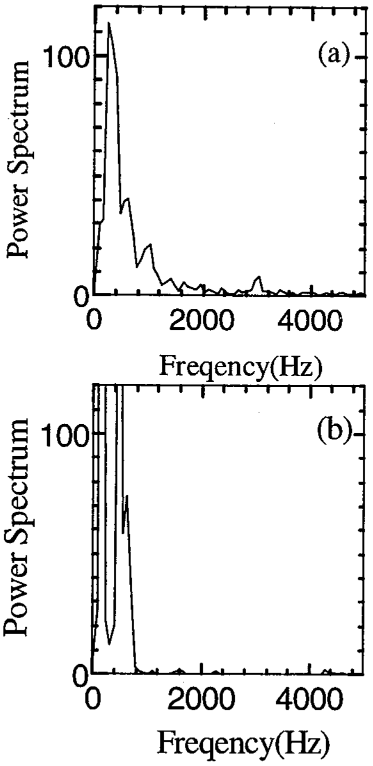


Fig.9 Power spectrum on sensor's measurement when the Velvet was (a) stroked gently and (b) rubbed strongly.

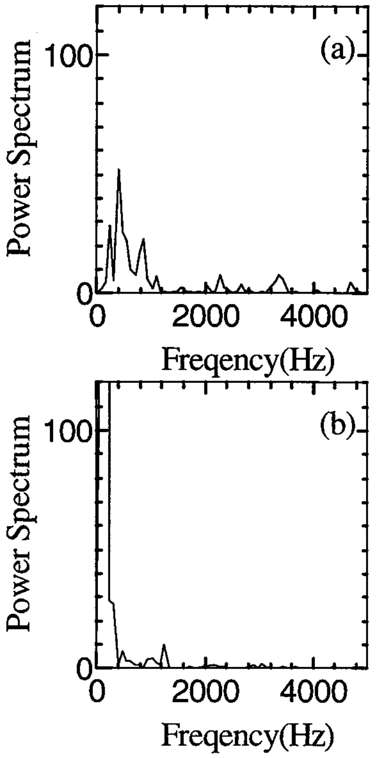


Fig.10 Power spectrum on sensor's measurement when the corduroy was (a) stroked gently and (b) rubbed strongly.

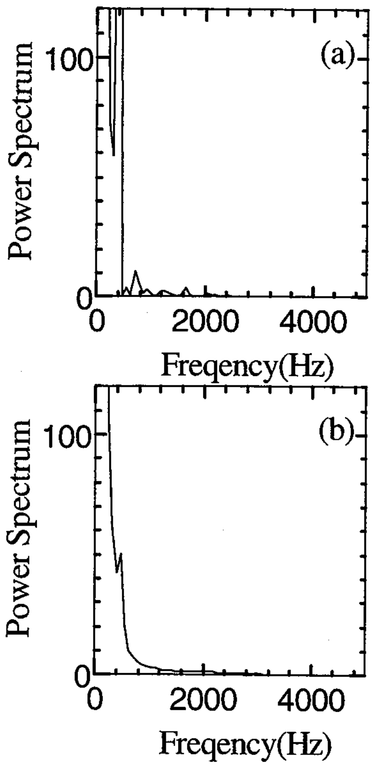


Fig.11 Power spectrum on sensor's measurement when the Velvet was (a) stroked gently and (b) rubbed strongly.

4　人間の手触り感とセンサ出力の比較

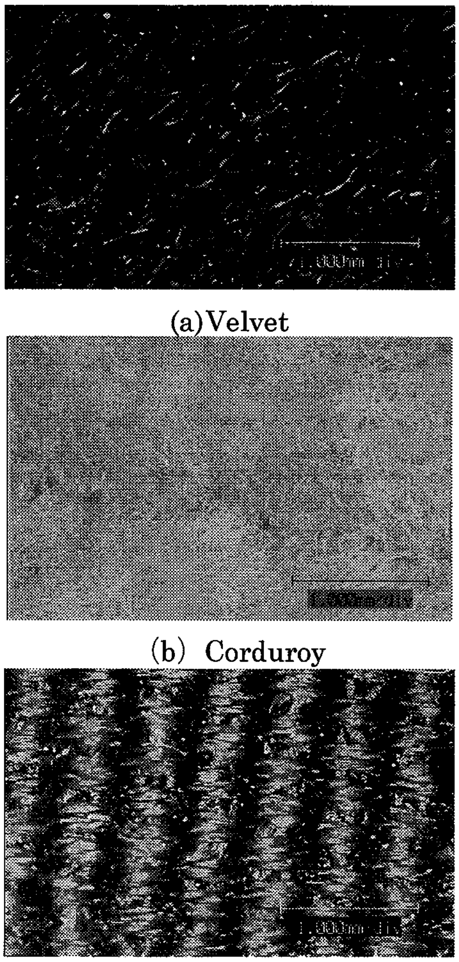
ここで，第2章で得られた布の手触り感と第3章で得られたセンサの出力波形，ならびにその信号処理結果との対応を考える．

まず絹（縮緬）について見ると，表2に示すようにセンサの出力電圧振幅が他の布に比べ非常に大きく，また図10より明らかなように400Hz以上の高周波成分はほとんど見られない．これは，表1 (c) に極だって表れている感性情報「ざらざら」に対応しているものと考えられる．一方，ビロードとコーデュロイについてはセンサ出力の振幅が小さく，また図8および9より明らかなように400Hz以上の高周波成分がかなり現れているこれは絹に対するセンサ情報とは対照的であり,「ざらざら」に相対する表1 (a),(b) の感性情報「さらさら」に対応しているものと考えられる．

次に，これらの布の表面状態を確認するためマイクロスコープを用いて布表面を観測した．図12に得られたの表面の形状を示す．ビロード やコーデュロイは毛足が長く，それが「ふわふわ」,「柔らかい」あるいは「厚みがある」等の接触情報を与えていると思われる．また，ちりめんは表面には規則的な凹凸が見られる一方で繊維の毛羽立ちが無い．これが「ざらざら」を感じさせる要因であると思われる．最後にセンサの判断能力についての問題点をまとてみる．人間の触動作によるとビロードとコーデュロイは手触り感が良いと判断されているが，これは「ふわふわ」「柔らかい」「厚みがある」および「さらさら」という情報の総合評価の結果であり，また絹（縮緬）の触感が悪いという判断は「ざらざら」「うすい」の評価によるものである．一方センサは「ざらざら」「さらさら」という触感を判断できるが,「ふわふわ」「柔らかい」「厚みがある」「うすい」などの質量感は実験2で示したスペクトル密度解析では判断できていない．これはFFT解析の過程でデータが平滑化され，本来のデータが有する時間的変化の特性が失われたことも一因と考えられる．このため，時系列のデータを周波数領域で分解すウエーブレット変換等の解析を導入し，さらに新たなデータ処理を行ってみる予定である．

5　結　言

触覚感性量を計測する第一段階として，対象物に対する人間の触覚感性と圧電セラミックセンサの出力の対応を布の表面状態の計測を通して検討した．得られた結果を要約すると以下のようになる．



(a)Velvet

(b) Corduroy

(c)Silk crepe

Fig.12 Surfaces Conditions of fabrics observed by microscope.

1. アクティブセンシングで得られた布表面のセンサ情報は，人間の触覚感性に対応している．
2. 圧電セラミックセンサはアクティブセンシングによる人間の感性情報計測のセンサとして使用可能である．

（1997年7月10日受付）

参考文献

[1] 森和男：トライボセンサ開発の展望, トライボロジスト,37 − 2(1992), 91-95

[2] 長南, 江, 森, 宗片, ニューラルネットワークを用いたトライボセンサシステムの開発（セラミック圧電体を用いたトライボセンサ）機論C, 61-587(1995),2996-3003

[3] Shepherd, G.M,Neurobiology（Third Edition）,Oxford University Press, NewYork, Oxford, 1994,270.