准 ○ 松 田 光 央 (日 大 院) 正 坂 野 進 (日大工)

A Basic Research for Discrimination of Living Body Tissues
(Discrimination of Meats using Tactile Sensor)

Mitsuo Matsuda, Susumu Sakano

*4Dept. of Mechanical Engineering, College of Engineering, Nihon University
1 Nakagawara, Tokusada, Tamura-cho, Koriyama-shi, Fukushima, 963-8642

The palpations are used for the diagnosis of liver cirrhosis, peritonitis, mammary cancer, thyroid cancer, etc., in the medical institutions. In the operations, the doctors carry out the treatment by palpating the organs of the patient. The trials for automatically operation are carried out using robot and image sensor. It is dispensable to develop the discriminating method of the human body tissues for the automation of the operation using robots. The piezoelectric elements are used as the sensor to measure the qualities of the living body. The discrimination for various meats as the living body is tried using the developed tactile sensor. It is shown that the discrimination among the living tissues is possible using the tactile sensor.

Key Words: Tactile Sensor, Piezoelectric Element, Human Body Tissue, Euclid Distance,
Discrimination of Body Tissues

1. 緒 言

医師は触診により病状を診断することが多く、肝硬変、腹膜炎、乳がん、などのいろいろの病状の診断に触診が用いられている。また、癌などの開腹手術においては医師が直接に臓器に触れることによって治療を行っている。このように触診から得られる情報は患者の患部の位置や状況を見極める上で非常に重要なものとなっている。本研究では、生体組織の識別を目的として圧電素子を基本とした触覚センサーおよびセンシングシステムを構成した。触覚センサーにより生体組織上をなぞることにより得られる生体組織の硬さ・軟らかさによる時系列データを解析の基とした。得られた時系列データを最大エントロピー法・MEM(Maximum Entropy Method)により周波数スペクトル化する。さらに、EED法(Evaluation by Euclid Distance)法を用いて解析することにより生体組織の識別を試みる。本研究では、生体組織として各種の食肉を用いた。食肉の種類と肉の部位の識別を試みた。

2. センサーおよびセンシングシステム

ジルコンチタン酸鉛(PZT)の圧電素子を市販のボールペン軸に組み込むことにより触覚センサーを構成した。圧電素子を用いた予備実験で、一定の上下位置で食肉の表面をなぞるためには人が筆記する要領で行えばよく、また、文字「2」を描くようにして食肉の表面をなぞれば繰り返しの誤差の少ない圧力を得られることが解った。そこで、触覚センサーの構成にはボールペンを用いた。図1にセンサーの構成と圧力のセンシングの方法を示す。一個の円筒状のPZTがボールペン軸に固定され、ボールペン軸を共振するために使われる。もう一個の円筒状のPZTがその外側に設けられ、振動の検出に使われる。共振状態にあったボールペン軸が何かの測定対象物に接触すると共振振動数は変化する。測定対象物の音響負荷の違いにより共振振動数が変化することを利用する。生体組織の表面を触覚センサーでなぞった時に得られる共振振動数の変化を時系列データとして用いる。

Fig. 1 Structure of ballpoint pen and measuring circuit

3. 食肉の識別実験

3.1 実験方法 圧電素子を組み込んだボールペンを用いて食肉の表面に「2」の字を描くようにしてなぞった。「2」の字を描くようにしてなぞるのはボールペンの筆圧をほぼ一定にでき、肉の硬さの検出が安定して得られるからである。いろいろの文字を描いて安定性を確認し、「2」の文字とした。食肉の表面をなぞることにより得られる時系列データを用いて識別実験を行った。用いた食肉とその部位を表1に示す。識別実験手順は以下のとおりである。

(1) 基準となる食肉部位(もも肉)の表面に「2」を10回描き、圧電素子から得られる時系列データを収集する。

(2) 時系列データをMEM(最大エントロピー)法により周波数スペクトル化する。

(3) 周波数を255等分し、対応する周波数に対する10個のデータの平均パワーを求め、次式で示される2水準のデータを直交表に割り付ける。式の中で、+を第1水準のデータに、-を第2水準のデータとした。これは平均値から $\pm 10\%$ で仮想データを生成することを示している。

$$\text{データ} = \text{平均パワー値} \times (1 \pm 0.10) \quad (12)$$

なお、直交表は $L_{256}(2^{255})$ を作成し、用いた。

(4) 直交表から得られる仮想データ群を用いて、ユークリッドの基準空間を作成する。前述のように、この空間においては基準となる食肉の部位に対する距離(ユークリッドの距離)は1.0周辺に分布する。

(5) 他の部位の肉に対して上記と同様にして時系列データを収集する。これらのデータに対して周波数スペクトラム化し、式(3)によりユークリッドの距離を求める。

(6) ユークリッドの距離の大小により食肉および部位の識別を行う。

Table. 1. Meats used in the experiment

Beef	Pork	Chicken
Thigh	Thigh	Thigh
Lever	Lever	Lever
Chuck roll	Loin	White meat
Tongue	Tongue	Breast
Tender loin	Tender loin	Gizzard
Short plate	Spareribs	—
Strip loin	Heart	—

3.2 実験結果 牛肉の部位の識別: もも肉を基準データとした実験結果を図2に示す。もも肉に比べてバラ肉、サーロイン、牛タン、牛レバーは距離が負になっているので軟らかく、ロース、ヒレは距離が正になっているので硬い。図に示すようにそれぞれの肉のユークリッドの距離は離れており、識別が可能である。

Fig. 2 Discrimination result of beef

5. 結 言

本研究では、ボールペン軸にPZT圧電素子を組み込んだ触覚センサーを用いて食肉の表面をなぞることにより得られる時系列データの変化から食肉の硬軟を測定した。時系列データにMEM解析を施すことにより得られる周波数スペクトラム値を特徴量として、EED法を用いることにより食肉の部位の違い、種類の違いを識別可能であることを示した。本研究における結論は以下のとおりである。

(1) EED法を基本とした解析により、食肉の種類と部位の識別を可能とした。牛肉、豚肉および鶏肉の3種の肉に対してユークリッドの距離の大小により識別が可能であることを示した。

(2) 圧電素子を用いたボールペン型の触覚センサーを用いて触診することにより、医師の触診に代わるセンサーによる触診の可能性を示した。