

B208 着座時における人体圧力分布測定システムの開発 —初期実験結果—

田畑 力[○], 早野 誠治, 齋藤 兆古(法政大学)

堀井 清之(白百合女子大学)

Development of Perpendicular Pressure Distribution Measuring System When Sitting a Chair —Initial Experiment—

Chikara TABATA, Seiji HAYANO, Yoshifuru SAITO and Kiyoshi HORII

ABSTRACT

Principal purpose of this study is to exploit a fully computerized monitoring system while a hospitalized patient is sleeping or moving on a bed without any personal privacy violation by measuring a dynamic pressure distribution. In order to develop a system, we have previously proposed a transformer type pressure sensor, which keeps cushioniness as well as toughness to any types of pollution. This transformer type pressure sensor is composed of the spring coils as a primary coil, which keeps cushioniness as a bed, and secondary coils to measure a pressure as an induced voltage.

In the present paper, we have tried to develop a new dynamic pressure distribution sensor mat using magnetic fluid. As an initial test of our dynamic pressure-sensing mat, we have measured the static as well as quasi-dynamic pressure distributions when changing the sitting pose on a chair. To cognize the situation of sitting pose, we have applied the monochrome image cognition methodology. As a result, it is revealed that major sitting pose can be cognized. Thus, we have succeeded in an initial test of our fully computerized patient monitoring system without any violation of human privacy.

Keywords: Pressure measurement system, Magnetic fluid, Image cognition system

1. 緒 論

近年、福祉環境を向上させるための一方途として、人間が日常的に使用するベッドや椅子などの道具類に多種のセンサーを装着した医療介護システムの需要が高まっている。¹⁾ 例えば、無意識状態の時に症状が見られる睡眠時無呼吸症候群(Sleep Apnea Syndrome)は、患者に対し長期間の負担を掛けない無拘束な観察が必要であり、これを医療機関が行うことは比較的困難である。²⁾ 圧力センサーをアレイ状に配置した医療ベッドであれば、呼吸により生ずる横隔膜の振動からこれを感知することが可能である。さらに、体動から寝相、新陳代謝による冷え性など、現代社会において蔓延している症状に対し、人間の就寝状態や着座状態の荷重分布を測定することで、様々な有用な情報抽出が期待できる。

本論文では、垂直応力測定システム開発の初期実験として、体感性と高感度の両面を考慮した磁性流体圧力センサーマットを試作した。磁性流体の流動性を利用してこのセンサーマットの特性を、鎖交磁束数の変化に

よるコイルのインピーダンス変化から実験的に評価・検討する。また、形状・重量の異なる物体が平面に与える垂直応力を、測定し可視化する。これらの圧力分布画像から得られる力学的情報について検討する。

また、実用化を勘案して、測定した対象物の圧力分布画像に離散値系直交ウェーブレット変換を適用してデータ量を削減する方法について検討した結果、圧力分布画像の誤差を拡大することなくデータ量の削減が可能であることが判明したのでここに報告する。

2. 磁性流体圧力センサー

2.1 磁性流体

磁性流体とは、強磁性体の超微粒子を溶媒中に界面活性剤を介して、安定に拡散させたコロイド溶液である。その直径は非常に小さく、水分子の数十倍程度の大きさである。ここまで小さくさせているのは、超微粒子をブラウン運動によって自然に拡散させるためである。

また、この超微粒子間の「磁力」・「ファン・デル・ワールス力」によって凝縮・沈黙させないようにするため、

Fig. 1 のように界面活性剤を粒子に吸着させている。界面活性剤の吸着の方法は、強磁性体の超微粒子を拡散させる溶媒に応じて変わる。溶媒が油のように水となじみにくい物質である場合は、Fig. 1(a)のような単分子層吸着をし、水の場合はFig. 1(b)のような二分子層吸着を行う。これは、溶媒と接触する部分を油成分となじみやすい無極性基にするか、或いは水となじみやすい極性基にするかの違いである。

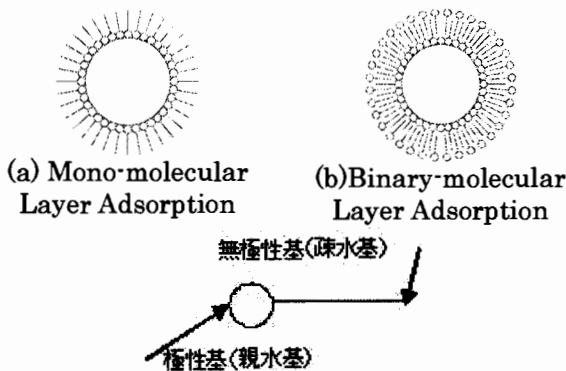


Fig. 1 Ultra-corpuscule of Ferromagnetic Substance and Surfactant

以上のようにして、本来溶け込むことのない強磁性体の固体材料を、まるで溶け込んでしまっているかのような振る舞いをさせているものが磁性流体である。

本論文で用いた溶媒が水である磁性流体、(株)シグマハイケミカル製の「M300」についての仕様を Table 1 に示す。

Table 1 Magnetic Quid

Saturated magnetic-flux density	Coefficient of viscosity (20°C)	Incipient permeability
32.0×10^{-3} [T]	21×10^{-3} [Pa · s]	1.5

2.2 磁性流体圧力センサーの原理

コイルの自己インダクタンスは①コイルの形状、②巻数、③コイルの磁心及び空間の透磁率によって変化する。ここで、①と②が一定であるとする、③によってコイルの自己インダクタンスの大きさが決定される。すなわち、コイルの自己インダクタンスの大きさは磁心中、またはその空間にどのような磁性体がどれだけ存在するかによって左右されるのである。Fig. 2 に磁性流体圧力センサーの基本原則を示す。ここでFig. 2(a)からFig. 2(b)のように圧力を加えることで磁性流体量に変化があった場合、圧力を加えた場合、加えてない場合と比較してコイルの中心軸上における磁性流体の割合が明らかに少なくなっていることが判る。すなわち、コイルの自己インダクタンスが小さくなる。また、使用するセンサーコイルは単一であるため、インピーダンス Z は回路の内部抵抗 R 、リアクタンスを X 、自己インダクタンスを L とすると式

式(1)で表される。

$$Z = \frac{V}{I} = R + jX = R + ja\omega L \quad (1)$$

式(1)のインピーダンス Z は実数部と虚数部を含んでおり、実数部に当たる内部抵抗は一定であるから、圧力センシングは虚数部であるコイルのインダクタンス変化によって行う。

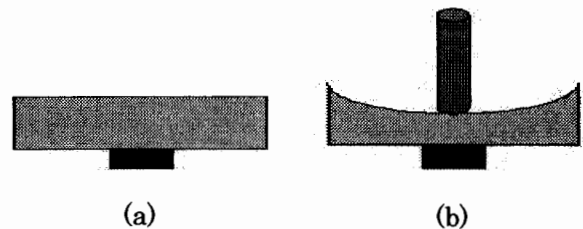


Fig. 2 Operation Principle of Pressure Sensor Used Magnetic Fluid

3. 測定試験

3.1 測定試験装置

Fig. 3 に本論文で試作した磁性流体圧力センサーマット測定試験装置の概略図を示す。95×95×30mm の容器の中に前章で示す磁性流体を 180.5cc 入れ、上面を厚さ 0.2mm の薄型ゴムで覆う。薄型ゴムを圧力感部面に採用した理由は、磁性流体に直接触れずに形状を変化させることが可能であり、また張力より圧力の算出が可能になる点にある。センサーコイルの形状を Table 2 に示す。被測定対象物は、非磁性材料であるアクリル材の形状を変えて使用する。

Table 2 Various Constants of a Tested Pressure Sensor

Radius	Length	Number of Turns	Diameter of Conductor
[mm]	[mm]	[Turn]	[mm]
6.2	2.8	350	0.2

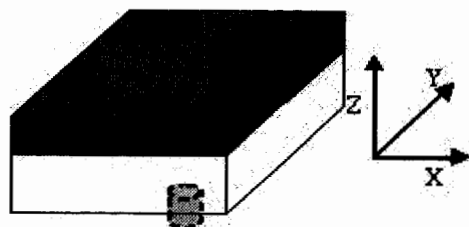


Fig. 3 Schematic Diagram of a Tested Pressure Sensor of Magnetic Fluid

3.2 センサー感度試験

コイルに抵抗 1Ω を直列接続して、正弦波交流電流を 100mA、100kHz で通電した。Fig. 4 にセンサー感度試験として、磁性流体圧力センサーマットの中央に置いたコイルに、圧力を 0.25Pa 毎に加えていった場合のイ

インピーダンス変化を Fig. 4 に示す。被測定対象物は断面積が $12\pi\text{mm}^2$ の円筒状アクリル材であり、片方を感部面に当てもう一方を固定している。

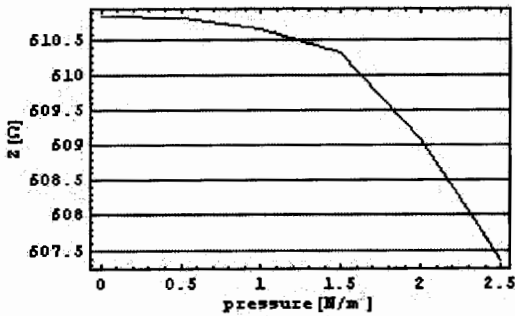


Fig. 4 Impedance Change by Impressed Pressure

Fig. 4 に示す測定結果から、印加圧力が増加するに従いインピーダンスは減少している。これは本センサーで採用した薄型ゴムの垂直方向における弾性応力と同様の傾向である。すなわち、薄型ゴムの垂直方向変位の大きさによって、インピーダンスは減少する。本試作センサーは 1.5 Pa から 2.5 Pa の範囲でほぼ線形な応答を示す。以上のことから、本論文で提案する磁性流体圧力センサーの実現性の可能性が判る。

3.3 圧力分布測定

断面積が $12\pi\text{mm}^2$ の円筒状アクリル材を被測定対象物とする圧力分布測定結果を Fig. 5 に示す。Fig. 5(a) は圧

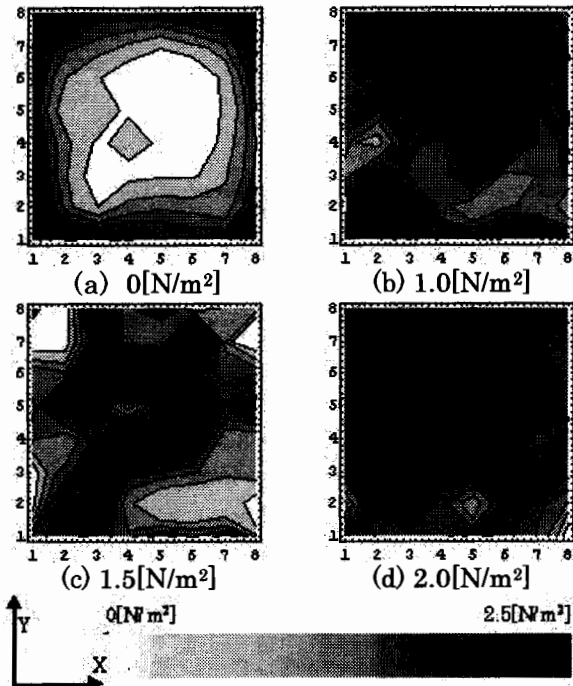


Fig. 5 Initial Test Results of Pressure Distribution Measurement

力の加えていない無負荷状態であり、空間に存在する磁性流体の量が異なるため、センサーマット端部に近くで

インピーダンスが小さい。すなわち、圧力が大きく測定される。この無負荷状態を基準として被測定対象物の圧力分布を Fig. 5(b) (c) (d) に示す。Fig. 5 に示す様に 0 から 1.5 N/m^2 ではインピーダンス変化が小さく、被測定対象物の圧力は明確でない。しかし、 2.0 Pa では、被測定対象の与える圧力分布が濃く明確に測定される。中央に置かれた被測定対象物の断面積が感部面に対して非常に小さく、被測定対象物の断面形状が中央部に濃く反映され、圧力分布が明確となる。

4. ウェーブレット変換によるデータベース圧縮

圧力分布自動認識システムの構築には大量のデータベースが必要不可欠となる。³⁾ そこで、Fig. 5 に示した圧力分布画像により構成されるデータベースを圧縮するために離散値系ウェーブレット変換を適用する。⁴⁾ 圧力分布画像を映像情報とみなし、ウェーブレット変換を圧力分布に適用するとマザーウェーブレット近傍にデータ情報が集まる。よって、マザーウェーブレット近傍を残し、他の部分のデータを零にする領域法でデータベースの画像データを圧縮することが可能である。今回はドビッシーの基底関数を用いてデータ圧縮を試みた。

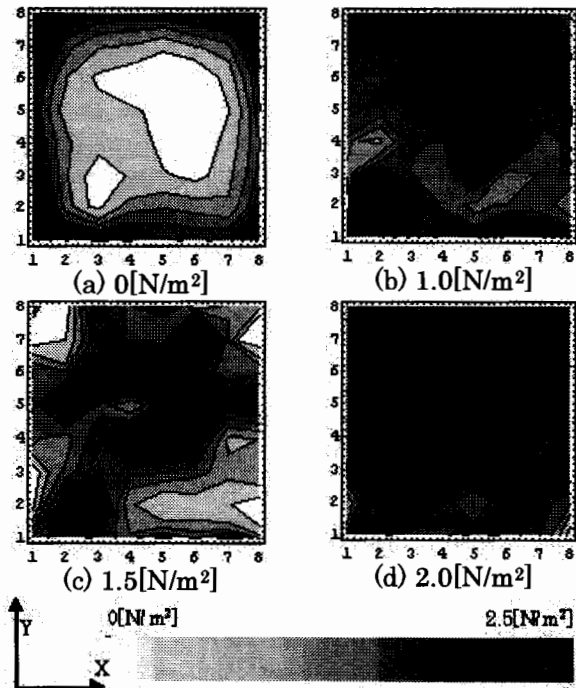


Fig. 6 Pressure Distributions Recovered from 6.25% Compressed Data by using Daubechies 2nd order Base Function

ドビッシーの 2 次基底を基底関数として採用し、4.69%のウェーブレットスペクトラムから再現した圧力分布画像を Fig. 6 に示す。Fig. 6 に示した元の圧力分布画像と Fig. 5 を比較すると、圧力分布画像の平均的情報は両者に大きな相違なく圧縮されていることがわかる。すなわち、ウェーブレット変換は圧力分布の画像情報に

含まれる位置情報を失うことなく圧縮可能であることが判明した。

5. まとめ

本論文では、磁性流体の流動性を利用した圧力分測定センサーの開発を提案・試作した。比較的圧力が小さい場合、感度が低いですが、圧力が一定の範囲で線形な動作が期待できることを実験的に検証した。さらに、圧力分布画像圧縮法として離散値系ウェーブレット変換の適用を試みた。その結果、離散値系ウェーブレット変換は圧力分布画像を効率良く圧縮可能であるとの見通しを得た。

参考文献

- 1) 稲垣大, 田口敏行, 安田栄一, 土井俊一: シート感性品質評価法, 豊田中央研究所 R&D レビュー, Vol. 35, No. 4 (2000-12).
- 2) 西田佳史, 森武俊, 溝口博, 佐藤知正: 視覚情報による睡眠時無呼吸症候群診断手法, 日本ロボット学会誌, Vol. 16, No. 2 (1999).
- 3) 妹尾 勇, 早野 誠治, 斎藤 兆古: 画像処理的手法による磁気センサー信号解析, 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-00-115 (2000-6).
- 4) 斎藤兆古 著, ウェーブレット変換の基礎と応用, 朝倉書店, (1998-4).