

乳がん検診用ロボットシステムの開発 —硬さ分布測定装置—

Development of Robot System for Breast Cancer Examination —Development of Hardness Distribution Measuring Device—

○ 岩下鷹志（芝浦工大） 小山浩幸（芝浦工大） 米田隆志（芝浦工大）
花房昭彦（芝浦工大） 佐藤正行（芝浦工大）

Takashi IWASHITA, Shibaura Institute of Technology, Graduate School of Engineering
Hiroyuki KOYAMA, Shibaura Institute of Technology, Department of Bioscience and Engineering
Takashi KOMEDA, Shibaura Institute of Technology, Department of Bioscience and Engineering
Akihiko HANAFUSA, Shibaura Institute of Technology, Department of Bioscience and Engineering
Masayuki SATOH, Shibaura Institute of Technology, Department of Bioscience and Engineering

Key words: Breast Medical Examination, Earlier Detection, Palpation, Strain Gauge, Hardness Distribution

1. 緒言

乳がんとは乳腺(乳管や小葉)にできるがんである。乳がんは、ごく早期(0期)ならほぼ100%、しこりが小さいうち(2cm以下I期)なら90%近くが治る病気⁽¹⁾だと言われている。しかし、乳がんの死亡者数は年々増加の一途をたどっている。この原因の一つとして、定期検診を受信しない人が多いことがあげられる。受診しない理由として「触診への嫌悪感」、「恥ずかしい」、「検診が痛そう」⁽²⁾などが挙げられる。

2. 研究目的

乳がん検診用ロボットには、超音波プローブと触診装置を搭載する。そこで本研究では、触診の代わりとなる乳房の硬さ分布を測定する装置の開発を目的としている。

3. 乳がん検診用ロボットシステム

乳がん検診用ロボットシステムは、次の4点から構成され、超音波診断と触診が行えるよう開発されている。

- (1) 検診ロボット
- (2) コントローラ
- (3) 制御装置
- (4) 超音波診断装置・触診装置

Fig.1 にシステム構成を示す。Fig.1 のように、カーテンなどを用いて医師と検診者はお互いに見えないようにし、医師側にコントローラ、検診者側に検診ロボットを設置し、制御装置で繋ぐ。検診ロボットには、超音波診断装置のプローブと触診装置をそれぞれ取り付け、医師がコントローラを用いて操作することで乳がん検診を行う。このため、検診者は医師に触れられずに検診を受けることが可能である。また医師は、1人1人に検診を行うため、しこりを圧迫した時の痛みなど、検診者の情報をリアルタイムで得ることが可能である。

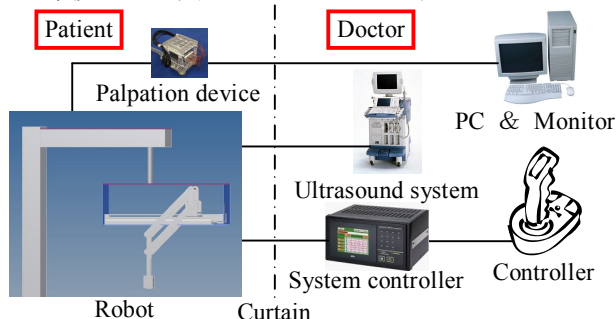


Fig.1 System configuration

4. 硬さ分布測定装置

硬さは、モータを用いて押し込む変位量を一定にし、押し込んだ時の反力をセンサにより測定する。この反力をフックの法則にあてはめることで、硬さを算出可能であると考えられる。そこで、力が測定可能なセンサを製作する。また、数点の硬さを測定し比較することにより、乳がんの識別を容易にできると考えられる。そこで、製作したセンサを束ね力の分布が測定可能な硬さ分布測定装置を製作する。

センサは、10mm×10mm×50mmの角柱の中心を両側から4mmずつ削り、その両面にひずみゲージを2枚ずつ張り付けた。そのセンサをFig.2に示す。なお材料は、アクリル樹脂を用い、ひずみゲージの結線方法は4ゲージ法を用いた。硬さ分布測定装置は、このセンサを9本束ね製作した。その装置をFig.3に示す。なおセンサを束ねる際、細い棒を格子状に通し、センサ同士が触れないようにした。

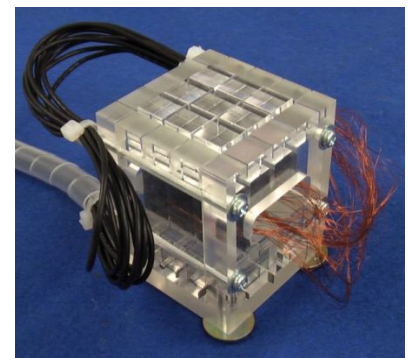
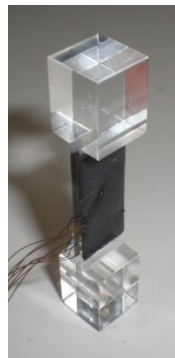


Fig.2 Sensor Fig.3 Hardness distribution measuring device

センサに加わった力により生じたひずみの関係性を求めるため、キャリブレーション実験を行った。測定は10回行い平均をとった。センサ9本の結果をTable1に示す。Table1より、十分な線形性があると考えられる。また、ヒステリシスや10回の測定値のバラツキはほとんど生じなかった。

温度がセンサに与える影響を検証するため、体表温度(32[°C]~35[°C])⁽³⁾における温度補償実験を行った。センサ9本の結果をTable2に示す。Table2を見ると、線形性が低いものがある。この原因の一つとして、熱が均一に伝わらず、ひずみゲージ貼り付け面に生じるひずみにバラツキが生じてしまったためと考えられる。実験を行った範囲では、線形性が低く温度補償を行えないと考えられる。しかし、1[°C]

程度の温度変化ならば、十分な線形性があると考えられる。そこで、測定を行う前に検診者の体表に装置を接触させ、センサの温度を体表温度に近づけ、センサの温度上昇を 1[°C]程度に抑えようと考えている。

Table1 Linearity(Load)

Sensor	Grad	R ²
1	-0.3659	0.9980
2	-0.4016	0.9984
3	-0.3655	0.9976
4	-0.3816	0.9984
5	-0.4030	0.9981
6	-0.3889	0.9983
7	-0.4120	0.9970
8	-0.4110	0.9974
9	-0.4013	0.9984

Table.2 Linearity(Temperature)

Sensor	Grad	R ²
1	4.7010	0.9959
2	4.6874	0.9929
3	3.1074	0.9586
4	4.2235	0.9970
5	4.3880	0.9978
6	4.3037	0.9825
7	3.3869	0.9822
8	4.0307	0.9923
9	3.5581	0.9824

5. 硬さ分布測定実験

開発した硬さ分布測定装置を乳がんモデル（ファントム）に押し当て、硬さ分布を測定し、腫瘍が検出可能か検証した。また、触診に対する嫌悪感を緩和するため、服の上からでも腫瘍が検出可能か検証した。

ファントムおよび腫瘍の位置、硬さ分布測定装置を押し当てた位置を Fig.4 に示す。実験方法を以下に示す。

- (1) 装置を乳房に対し垂直に接触させる
- (2) 装置を 12.5[mm]押し込み、測定する
- (3) (1), (2)を 5 回繰り返し平均をとる

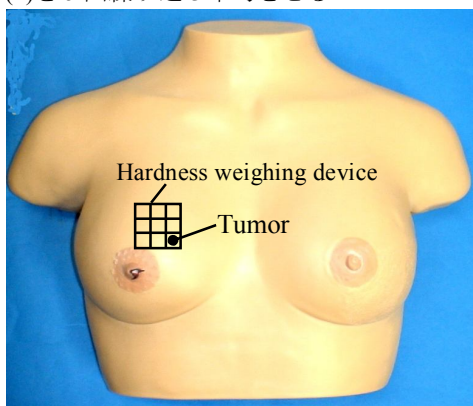


Fig.4 Phantom⁽⁴⁾

測定結果を Fig.5 に示す。各硬さセンサの配置(Fig.5[a]), 測定値(Fig.5[b]), 硬さ分布(Fig.5[c])を示している。測定値の単位は[gf]であり、硬さ分布は 40[gf]ごとに 10 段階で色分けした。Fig.5 を見ると、腫瘍を当てた個所の測定値が大きく、乳房の硬さ分布を測定することで、腫瘍の検出が可能であると考えられる。

服を着たまま検診を受けられるか検証するため、ファントムに布をかぶせた状態で同様の実験を行った結果を Fig.6 に示す。各測定値(Fig.6[a]), 硬さ分布(Fig.6[b])を示している。

また比較のため、ファントムの正常部に装置を押し当てた結果を Fig.7 に示す。Fig.5 と Fig.6 を比較すると、測定値に変化はあるものの、腫瘍を当てた個所の測定値が特出して大きく、布をかぶせた状態においても、腫瘍の検出が可能であると考えられる。また、Fig.6 と Fig.7 を比較すると、Fig.7 には Fig.6 のように特出して大きい測定値はなく、正常部と腫瘍部の識別が可能であると考えられる。以上より、受診者が服を着た状態においても、乳房全体の硬さ分布を測定し比較することにより、正常部と腫瘍部を区別し、乳がんの検出が可能であると考えられる。

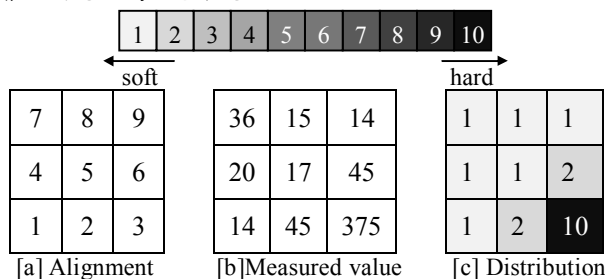


Fig.5 Hardness distribution of direct measurement method

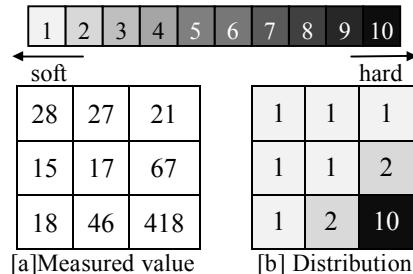


Fig.6 Hardness distribution of indirect measurement method

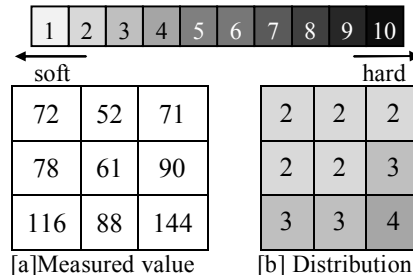


Fig.7 Hardness distribution at normality part

6. 結語

開発した硬さ分布測定装置を用いて、乳がんの検出は可能であると考えられる。また、服を着た状態で乳がん検診を受診することが可能なため、触診に対する嫌悪感や恥ずかしさの大幅な緩和が可能であると考えられる。そのため、検診の受診者が増加し早期発見者が増え、乳がんによる死亡者数が減少すると考えられる。しかし、乳がんモデルがファントムしかないため、どの程度の腫瘍まで検出可能か検証不可能である。そこで、シリコンを用いて様々な状態の乳がんモデルを製作し、硬さ分布測定装置が測定可能な腫瘍の検証を行う。また、その乳がんモデルを用いて、腫瘍の硬さや深さと測定値との関係を検証し、数値計算を用いて解析を行い、実験結果の妥当性を検証する必要がある。

参考文献

- (1) 霞富士雄, 福田護, 島田菜穂子, 増田美加, 乳がんの早期発見と治療 これ你放心, 小学館, 2007.
- (2) goo リサーチ結果 第 5 回乳がんに関する女性の意識調査, <http://research.goo.ne.jp/database/data/001080/>
- (3) Robert A, Freitas Jr, Nanomedicine, Volume I : Basic Capabilities, 1999.
- (4) 株式会社高研, 乳癌教育用視触診モデル(精密型).