

# テレメトリックスキンの実装

東京農工大学 箱崎光弘 中村克彦 篠田裕之

## Implementation of Telemetric Skin

Mitsuhiro HAKOZAKI, Katsuhiko NAKAMURA and Hiroyuki SHINODA  
Tokyo University of Agriculture & Technology

**Abstract:** Robots of new generation to coexist with human harmoniously will require the soft sensor skin to cover the whole body. But it would be very difficult to fabricate the soft skin with the existing technology, because it is laborious to place and wire vast amount of sensor elements on the 3dimensionally configured robot surface. We previously proposed a method to fabricate such a sensor skin using telemetric tactile sensing chips. In this paper we describe the telemetry chip fabrication, experimental results of multiple chip signals detection, and a design of a mesh type of a ground coil.

### 1 はじめに

ロボットの指先のセンサとして、これまで様々なセンサが開発されてきたが、それらの技術を用いて自由曲面を有するロボット表面全体に、柔軟なセンサスキンを被覆することは困難である。そこで昨年我々は、テレメトリ技術を用いた新しい手法、「テレメトリックスキン」を提案し、その動作の原理を示した[1]。本稿では、その原理に基づいてテレメトリチップを試作して動作確認を行った結果と、複数のセンサチップの信号の識別処理方法、および電力供給用コイルの実装方法について論じる。

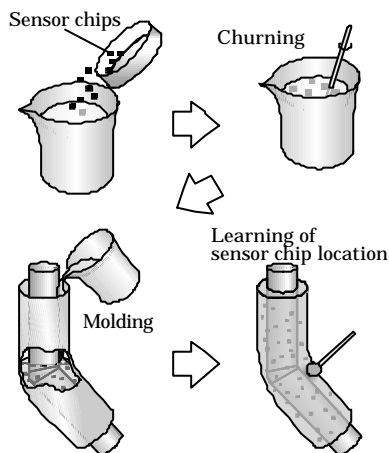


Fig. 1: The process of sensor skin fabrication.

### 2 テレメトリックスキン

本研究の最終的な目標は Fig. 1 に示すような作製のプロセスを確立することである。すなわちまず無配線で電力の供給と信号の伝送が可能でセンサチップを成形材料に混入し、かくはんする。これを任意の形状に成形し、センサスキンが完成する。完成後、センサ素子の配置を学習させる。

センサチップの構造とセンシングの原理は文献 [1] に示された通りである。Fig. 2 に示すように 1. 受電コイル、2. 信号伝送とセンシングを兼ねたコイル、3. ICチップ の3つの部分からなる。

チップへの電力の供給は、チップ上のコイル $L_0$ と皮膚底部のコイルとの誘導結合を介して行う。本チップにおいては Fig. 2 (b) のようにコイル $L_0$ とコンデンサ $C_0$ で共振系を形成し、特定周波数についてのみ誘導電力を受け取る。

触覚のセンシングは、センシングコイルの変形によってそのインダクタンスが変化し、コルピッツ発振回路の発振周波数が

FM 変調されるので、それを皮膚底部のコイルで検出することによって行う。個々のチップの電力供給周波数  $w_0$  と自励発振周波数  $w$  により、チップの識別・同定を行う。つまり用意する電力供給、信号伝送、両方の周波数チャンネル数の積の素子が識別可能となる。

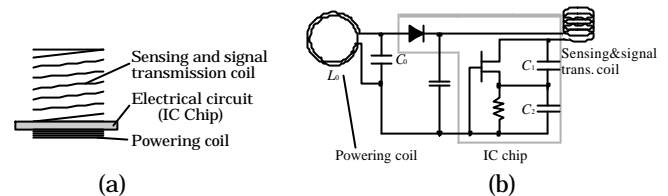


Fig. 2: Structure of the sensor chip. The sensing coil  $L$  and capacitance  $C_1$  and  $C_2$  form a Colpitts oscillator.

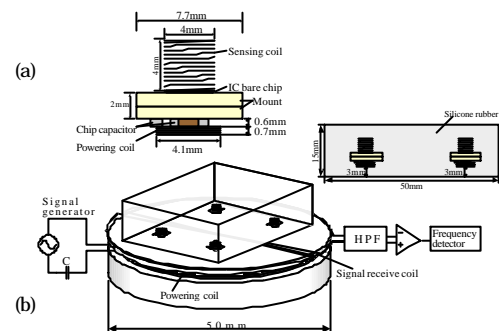
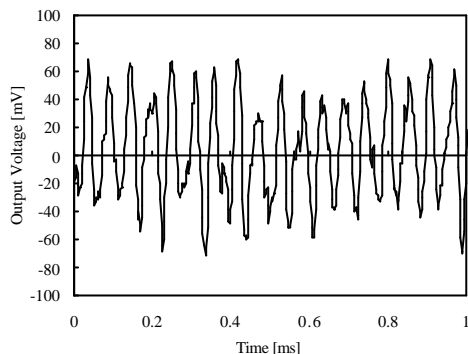


Fig. 3: (a):Prototype of the sensor chip. (b):Experimental setup of telemetric tactile sensing. The ground sensing loop is twisted to remove the induction of powering.

### 3 センサチップの試作

センサチップの回路部分は、電気学会 E 部門の集積回路マルチチップサービス MCS01 を利用して試作した。試作した IC チップを用いて、Fig. 3 (a) に示すようなセンサチップを作製した。その IC チップに受電コイル (40 巻)、チップコンデンサ (10 [nF], 2200 [pF]) およびセンシングコイルを基板に接続した。

巻数が 20~40 巻の 4 種類のセンシングコイルを用いて、発振周波数がそれぞれ 20、25、30、35 [MHz] となるような 4 つのセンサチップを作製した。これらのセンサチップをシリコンゴムでモールドしたセンサスキンに対し、グラウンドコイル (直径 50 [mm]、50 巻) にインピーダンス整合用のコンデンサを介し 12 [Vp-p]、1.3 [MHz] の電圧を印可し、電力を供給した。(Fig. 3(b) 参照。) 信号受信コイルにおいて、Fig. 4 に示すように 4 つの周波数の複合された信号が観測された。



**Fig. 4:** Output voltage of the ground sensing loop in Fig. 3. Mixture of the four chip signals.

#### 4 受信信号の識別

Fig. 5 に信号検出のブロック図を示す。個々のチップを逐次検波していく方法を計画している。受信コイルで得られた信号にシンセサイザの出力を乗算して周波数をシフトさせ、バンドパスフィルタを通過した信号をカウントする。

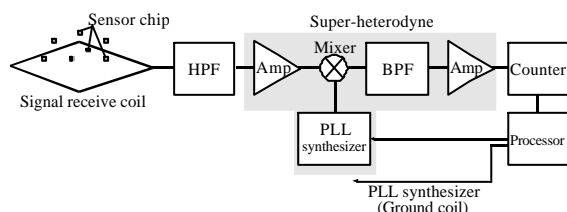
発振周波数が 20 [MHz] のセンサチップの信号を特定してその周波数をカウントする実験を行った。Fig. 6 は 10 [MHz] の信号を受信信号に乗算し、中心周波数が 10.7 [MHz] のバンドパスフィルタを通過させた信号である。

このチップの直上のセンサスキン表面に対し、物体（直径 2mm のアクリル円柱）を押し込むことで、Fig. 7 に示すような発振周波数の変化が確認できた。

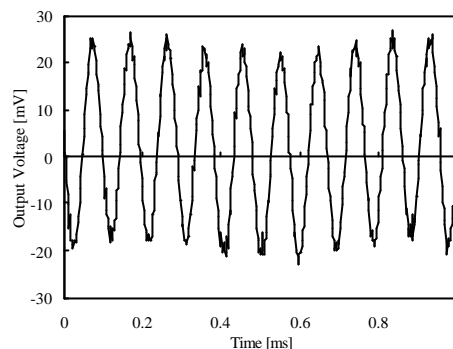
例えば 10 ~ 40 MHz に 30 種類のチップ周波数を設定し、0.1% の周波数検出精度を仮定した場合、全チップ信号の観測時間の最小値は 1.5 ms 程度となる、

#### 5 グランドコイルの実装法

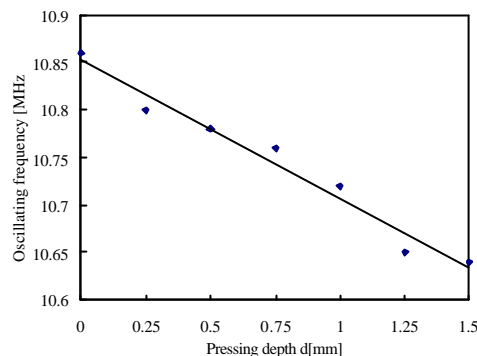
グランドコイルは Fig. 8 のように網状に構成する。チップコイルは皮膚表面と平行になるように配置されることを前提とし、グランドコイルの垂直磁界によって電力供給を行う。各網目を Fig. 9 のような 4 つの領域 1,2,3,4 に分割し、各領域を担当するコイルを異なる周波数で駆動するかスキャンすることにすれば各サイトの一邊程度(編み目の粗さ)の厚みに局在した磁場が形成される。大きさ 10 cm × 10 cm、網目間隔 2.5 cm のグランドコイルについて、そこから 1 cm 以内にチップを配置すれば 0.4 W の総消費電力でチップを駆動できることを確認した。



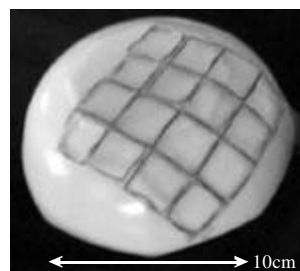
**Fig. 5:** Block diagram of received signal identification.



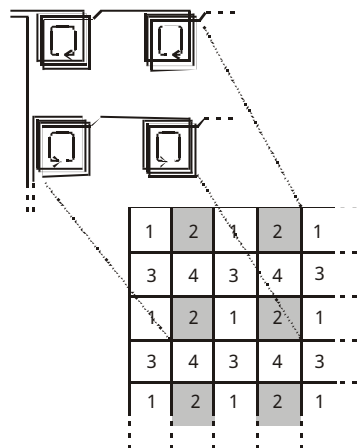
**Fig. 6:** Selected signal waveform.



**Fig. 7:** Oscillating frequency vs. pressing depth.



**Fig. 8:** Photograph of a prototype of a ground coil.



**Fig. 9:** The four regions 1, 2, 3 and 4 of the net are driven independently.

なお本研究は日本学術振興会未来開拓推進事業 JSPS-RFTF96P00801 の支援のもとで行われた。

#### 参考文献

- 1) 箱崎, 大麻, 篠田: テレメトリック センサスキン, 第 39 回 計測自動制御学会学術講演会予稿集, pp. 413-414, 1998.