

アコースティックタグの提案と考察

有本 茜 (指導教員：椎尾 一郎)

1 はじめに

人やものからコンピュータに効率よく確実に情報を伝達する手段の多くは電力を必要とする。自然なジェスチャー、会話音声、手書き文字などにより無電力で情報を伝えることは可能であるが、認識率や効率に課題がある。一方で、バーコードや2次元マーカなどの光学タグは、コンピュータに適した人工的な模様を利用して、物や場所の情報を効率よく無電源で伝達している。たとえばCODE 39などのバーコードでは、白と黒からなる縞模様を使い、それぞれの細い線とその2倍の太い線を組み合わせて情報を表現している。

本論文では、人工的な音を出す打楽器のような道具を考案し、音の違いに情報を載せて伝達する音のタグ(これをアコースティックタグと呼ぶ)の実現を目指す。たとえば、凹凸部分を棒で擦って音を出す打楽器ギロのような道具の、凹凸部分に細工を施しデジタル情報を組み込むことで、特殊な音信号による情報伝達が可能になるだろう。将来は、このような無電力の道具を、人や物の意図や動きを伝えるリモコンやセンサとして利用する事を目指している。なお、空中伝搬する音を利用したデータ転送の研究にはマイクロソフト社のDhwani[1]などがある。本研究では音の有無の組み合わせで情報表示をするタグ「アコースティックタグ」の提案と初期段階の実験をし、考察を行った。

2 アコースティックタグ

バーコードは、白黒の線を交互に並べつつ、その太さを変えることで情報を確実に読み出せるよう工夫されている。今回提案するアコースティックタグにおいても、音を定期的に発生させつつ、その一部を変化させることで、確実に情報を伝えることが可能である。

今回の研究では、アコースティックタグを発生させる道具や、音の出し方についていくつか提案、実験、検討を行い、今後の実装の為の下準備を行った。

本研究では、最初に、図1上に示すブロックトイを木製棒で擦る方式を評価した。突起が等間隔で並び、組み合わせや長さ容易に変更出来る利便性を考えての選択である。しかしながらいくつかの課題が確認出来たため、次に図1下に示すように、レーザーカッターで凹凸を加工したアクリル板を作成し、これをアクリル片で擦る方式を検討した。以下でブロックトイによる結果とアクリル板による結果を報告する。

2.1 ブロックトイ

ブロックトイを用いた実験を3種類行った。それぞれの結果について、以下で述べる。

2.1.1 一定間隔の突起

最初に、ブロックトイの一定間隔の突起12個を擦る実験を行った。ブロックを用いて行った結果は図2の上段のグラフのようになった。縦軸は音の強さ、横軸は時間で、320msにわたる結果を示す。

実験では1つ目の突起に棒を引っ掛けた状態から擦り始める為、実際には2つ目から12個目までの突起

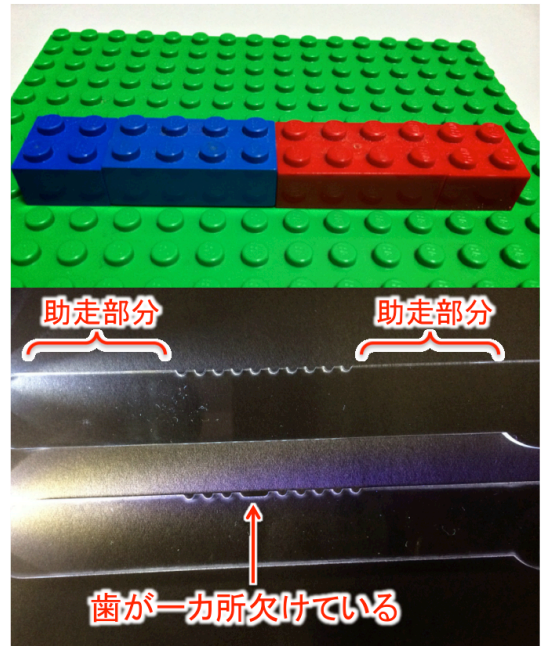


図1: 上:ブロックトイ 下:アクリル板で作った音源

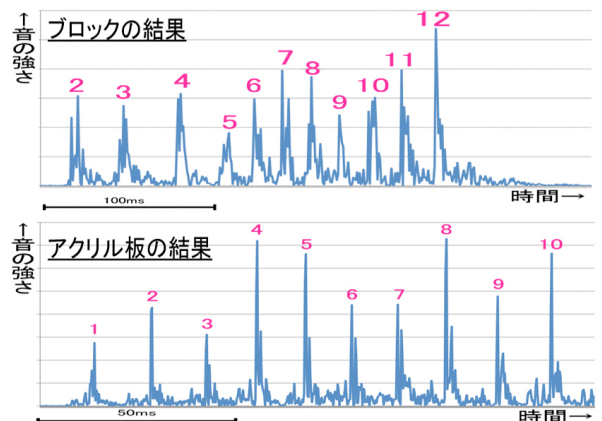


図2: 全て同じ素材の突起を等間隔に並べた結果。(上段:ブロック 下段:加工アクリル板) 縦軸は音の振幅、横軸は時間。それぞれ320msおよび125msにわたる結果。

にぶつかった音が合計11個出ることになる。結果を見ると、突起11個分の音を確認出来る。前半は音の出る間隔にばらつきが見られるが、後半部分ではほぼ一定である。これは、前半では棒を加速する必要がある、擦る速度が安定しないためだと思われる。

2.1.2 欠けた突起

ブロックの5番目の突起をヤスリで削ることで一部の突起がかけたブロックをつくった。これにより、欠けた突起位置を利用して情報を伝達出来ると考えた。このブロックを用いて実験してみた結果の一つを図3の上段に示したが、ここからは欠けた突起の位置を特

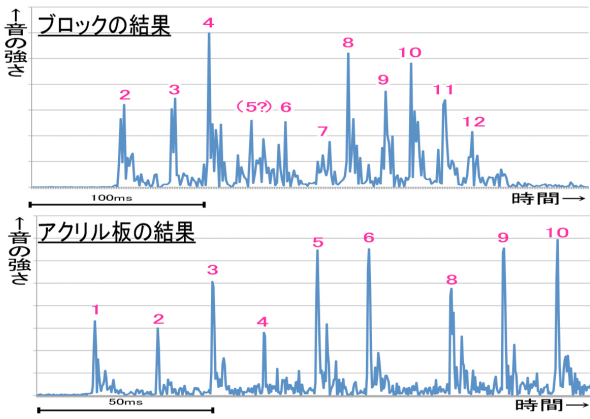


図 3: 欠けた突起。(それぞれ 7 番目と 6 番目の突起)
(上段: ブロック 下段: 加工アクリル板)

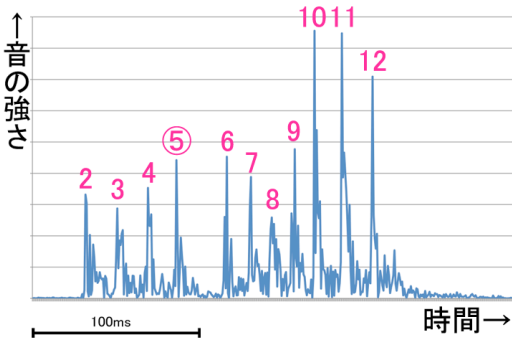


図 4: 音の出にくい突起

定するのは困難であった。1つ目の実験と同様、擦る速度が一定でないため、現れるべき音の位置を確実に推定出来ないことも原因である。

2.1.3 音の出にくい突起

次に、音が出にくくなるように、ブロックの突起にシリコンのカバーを被せた状態で音のデータを取った。擦り始める側から 5 番目の突起にカバーを被せた。結果は図 4 のようになった。シリコンカバーをした突起の音は出なくなると予想していたが、実際にはカバーをした突起にぶつかった部分もしっかりと音が鳴る結果となった。音量の差を得ることは出来なかったが、このシリコンカバーの突起の後には他の部分より長く無音の部分が出る事が分かった。これは棒がシリコンカバーに接した際に、シリコンが滑り止めの役割となってスムーズに進めなくなるからであると考えられる。

2.2 アクリル板

ブロックトイでの実験結果をふまえて、次にレーザーカッターを用いて図 1 下のようなアクリル板を作成し、実験を行った。ブロックトイでは、速度が一定にならないため、突起のパターンや欠けた突起の検出が困難であった。そこで、速度を安定させるような助走部分を凹凸部分の前に設ける事で、速度を一定にして検出を容易に出来ると考えた。光学バーコードにおいても、前後に空白部分を起し、人がペン型リーダーで読む際、速度を一定にする工夫がされている。

2.2.1 一定間隔の突起

図 1 下に示すように、2mm 厚アクリル板の縁に、6mm 間隔で直径 3mm の半円形くぼみを 10 個形成した。くぼみの深さは 3mm になる。半円のくぼみと直径部分は小さなアールを付けて滑らかに接続するようにした。凹凸部分の長さは 60mm になるが、その前後に 40mm 以上の直線部分を設けた。図 2 の下段のグラフはこのアクリル板を擦った際の結果である。ブロックの時と比べて、初めの方も音の出る間隔が均等になった。

2.2.2 欠けた突起

一カ所だけ突起がかけた形のものをアクリル板でも作成し、実験を行った。図 1 下に示すように、6 番目と 7 番目のくぼみの最深部を直線で接続し、6 番目のくぼみの縁を無くしてここに当たる音が出ないようにした。この結果が図 3 の下段のグラフである。ブロックで実験した際には欠けた突起を検出出来なかったが、アクリル板で行ったところ、突起が欠けた部分には他より長い無音部分が現れた。これを用いれば、任意の突起を無音に出来るので多くの情報を表示出来ると考えられる。

3 応用

今回試作した凹凸アクリル板を用いれば、打楽器ギロで音を出すような操作で、家電製品などのリモコンを実現出来る。マイクロフォンによるセンサは必要であるが、リモコン自体には電池や電子回路が不要となる。一辺を擦ることで種類の情報を送信するが、凹凸パターンを工夫することで、たとえば機器の音量の上げ下げを擦る方向で指定することも可能である。ギロリモコンでは、音源をユーザーが擦る事で情報を発信し、電力を使わずにアプリケーションの操作や家電の制御をする事ができるようになる。

一方、この擦るという動作をユーザーが直接行うのではなく、人が動かす物の動作により間接的に行う方法も考えられる。例えば、ドアに凹凸部品を取り付け、扉が開くときに擦れる事で音が鳴ると、「扉が開いた」という状態を検出して送信することが出来る。逆に扉が閉まる時には、開く時とは反対の方から擦れるため、鳴る音も変わってくる。このほか、「引く・押す」「点ける・消す」などを伝達する無電源の手段として活用出来ると考えている。

4 まとめと今後の予定

音を利用して無電源で情報を伝達するアコースティックタグを提案し、その初期実験及び考察を行った。

今後はまず、今回の実験の結果を踏まえて、有音部分、無音部分の長さを確実に認識できるプログラムを作成する。そしてそれを用いて家庭内のリモコンやセンサなどの実装をすすめたい。

参考文献

- [1] Rajalakshmi Nandakumar, Krishna Kant Chintalapudi, Venkat Padmanabhan, and Ramarathnam Venkatesan. 2013. Dhvani: secure peer-to-peer acoustic NFC. In Proceedings of the ACM SIGCOMM 2013 conference on SIGCOMM (SIGCOMM '13). ACM, New York, NY, USA, 63-74.