

# 複数人ユーザ間における身体接触を検知する 電子楽器システムを事例としたセンシングモジュールの開発

馬場 哲晃<sup>†</sup> 牛尼 剛聡<sup>††</sup> 富松 潔<sup>††</sup>

## Development of a Sensing Module for detecting Combination of Users' Touching, As a Case of Electronic Musical Instruments

TETSUAKI BABA,<sup>†</sup> TAKETOSHI USHIAMA<sup>††</sup> and KIYOSHI TOMIMATSU<sup>††</sup>

### 1. はじめに

本稿では、身体接触を電子楽器インタフェースに応用したインタラクションシステム<sup>1)2)</sup>を発展させ、複数ユーザ間の身体接触検知を実装した電子楽器事例及びその手法を述べる。筆者らが提案した従来の接触検知手法では、ユーザの一人が電流のアウトプット、残りのユーザがインプットとなる仕組みであった。このためユーザが3人以上の場合、図1左に示すインプットにつながれたユーザ2,3同士の接触を検知できない問題があった。この問題を解決するため、図1右に示すような、ユーザが接続される電極のInput/Outputを高速に切り替えることで複数人の接触を検知する手法を提案する。

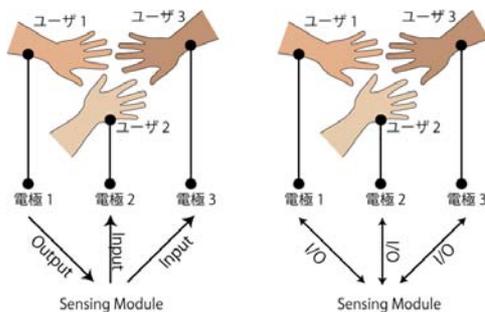


図1 左：従来の手法。ユーザ2,3同士の接触が検知できない。  
右：本手法。Input/Output(I/O)を高速に切り替えて、複数人の組み合わせを検知する

### 1.1 流入電流の安全性

JIS T 0601-1 医用電気機器-第一部：安全に関する一般要求事項によれば人体への許容漏れ電流は $10\mu A$ 以下とされている。そこで試作したセンサデバイスをプロトタイプへ実装する際には、ユーザへの漏れ電流をそれ以下となるように設計した。ただしペースメーカ等の機器を体内に埋め込んでいるユーザには、その利用を制限する。

### 2. センサモジュールの実装

組み合わせセンサデバイスの試作にあたり、ユーザの足もとから生じるアースノイズの影響を考慮する必要がある。そこで回路図を設計したのち、試作したセンシングモジュールを用いて予備実験を行った。各電極のI/O切り替え直後に接触のチェックをするだけでは、アースノイズの影響から、正確な検知ができなかった。これは、入力回路部のトランジスタをON状態にするために、ユーザの身体に蓄積される電荷量が一定量に達する必要があるため、出力に切り替えた直後では十分な電荷量が身体に蓄積されていないためであると考えられる。また接触判定のチャタリング処理の有無も影響していると考えられる。そこでI/O切り替え後の待ち時間を $t_1$ 、チャタリング間隔時間 $t_2$ をとり、接触検知が正しく行える $t_1, t_2$ の値を実験により求めた。

### 2.1 実験

試作したセンシングモジュールを基に、最適な $t_1, t_2$ に関する知見を得るべく実験を行った。ユーザのアースノイズが接触検知の正確性に大きく影響するため、履物時と裸足時の2の場合に分けて実験をおこなった。電極板を5つ用意し、 ${}_5C_2 = 10$ の各組み合わせ

<sup>†</sup> 首都大学東京システムデザイン学部  
Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

<sup>††</sup> 九州大学芸術工学研究院  
Faculty of Design, Kyushu University

をセンシングモジュールが順に検知する。2人の被験者が電極板に触れ、お互いの手を載せた状態で、その接触を正確に検出できているかを調べる。実験試行時の概観を図2に示す。この試行を  $t_1, t_2$  を変更しながら繰り返し、アースノイズの影響を受けずらい最適な値  $t_1, t_2$  を探る。なおセンシングモジュールの電源はバッテリーから供給される。

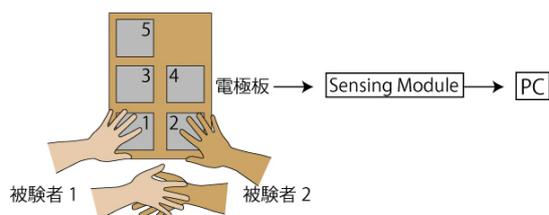


図2 各電極を人体を用いて通電させることで、正しく組み合わせが検知できたかをコンピュータ側で記録する。

### 2.2 エラー回数計測結果

前述より、 $t_1 = 0$  ではセンシングモジュールが正しく機能しないことが分かっているため、 $t_1 = 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5[m.s]$  の場合で行った。チャタリング間隔においてはこれまでの経験的知見<sup>2)</sup>を踏まえ、 $t_2 = 1, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15[m.s]$  の場合とした。各  $t_1, t_2$  の計測する最大値をそれぞれ  $5, 15[m.s]$  としたのは、他の処理も含めた場合、インタラクシオンと音のズレが  $30[m.s]$  以上にならない為の配慮である。 $t_1, t_2$  の計 49 試行の組み合わせを、それぞれ履物と裸足の場合で実験した。各試行では、二人の被験者が各 1, 2 チャンネルに電極を介して接続され、相手と手の平を合わせた状態で 10 秒間静止してもらう。この間にノイズの影響により ON/OFF を繰り返す場合や、または他のチャンネルからの出力等の関係のない出力回数をカウントし、エラー数とする。結果を表 1, 2 にまとめる。1 を結果 A, 2 を結果 B とする。なお測定時の室内環境は、室温 28.4℃, 湿度 51%。

表 1 エラー数値計測結果 (履物) – 結果 A

$t_1 \setminus t_2$	1	2.5	5	7.5	10	12.5	15
0.1	1600	381	326	278	231	153	120
0.5	110	74	240	55	170	44	98
1	162	0	4	2	10	103	4
2	32	0	0	0	0	33	60
3	0	0	0	0	0	0	22
4	20	0	0	0	0	26	8
5	4	0	0	0	0	0	36

### 2.3 考察

先の表より、エラー回数が 0 となった場合は結果 A では 20, B では 15 回である。結果 A の履物を履いた場合の方が、ユーザはアースノイズの影響を受け

表 2 エラー数計測結果 (裸足) – 結果 B

$t_1 \setminus t_2$	1	2.5	5	7.5	10	12.5	15
0.1	1495	250	266	258	200	138	126
0.5	834	200	332	71	134	30	132
1	192	18	18	90	0	110	4
2	78	0	0	0	0	47	43
3	148	12	0	0	0	0	32
4	43	2	0	0	0	40	24
5	78	4	0	0	0	5	58

にくいことが見て取れる。 $t_1$  に関して、結果 A, B 共に 2, 3, 4, 5 の場合は大差が見られない。 $t_2$  では 2.5 ~ 10 の間でエラー回数が減っているが、チャタリング間隔を大きく取りすぎると、エラー回数は増加している。この結果を踏まえ、反応速度と正確性の観点から  $t_1 = 3, t_2 = 7.5$  を実装値とした。

### 3. アプリケーションモデル

開発したセンシングモジュールを電子楽器アプリケーションモデルに実装した。図3に外観を示す。本体のグリップ電極を各ユーザが一人ひとつ握り、他のユーザの身体に触れることで様々な電子楽器音を奏することができる。本モデルは 4 人まで参加できるため、6 通りの組み合わせ接触を検知する。



図3 左：アプリケーションモデル表面、右：裏面

謝辞 アプリケーションモデル制作における木工作業にご協力頂いた、首都大学東京システムデザイン学部、渡邊義徳氏に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 馬場哲晃, 富松潔. Freqtric drums/strings: 人と触れ合う電子楽器デバイスの実装. インタラクシオン 2006 論文集, pp. 61-62. 情報処理学会シンポジウム, 2006.
- 2) 馬場哲晃, 牛尼剛聡, 富松潔. Freqtric drums : 他人と触れ合う電子楽器 (音楽インタフェース, <特集>インタラクシオン技術の原理と応用). 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp. 1240-1250, 20070315.