

水面および水中でのインタラクションに向けた電気インピーダンストモグラフィの検討

平田 駿輔 高橋 亮 笹谷 拓也 川原 圭博
東京大学

1 はじめに

風呂場などの水がある環境では、防水でない電子機器は使用できないため、タッチパネルなどの入力インターフェースが利用できないことが多い。水場でのタッチインタラクションを実現するため、過去に水面でのタッチ入力に向けて深度カメラを用いた水面タッチディスプレイ [1] が提案されたが、大量の入浴剤が必要でかつカメラと水面の見通しを確保する必要があるため利用ケースが限られる。そこで本稿では電気インピーダンストモグラフィに着想を得た水面・水中におけるジェスチャ検出手法を提案する。本手法は水槽に設置した多数の電極間のインピーダンス変化を機械学習により分類することでジェスチャを検出するものであり、カメラと異なり遮蔽物の影響を受けない。本稿では予備実験を通じて水面・水中における 5 個のジェスチャを 70%の精度で認識できることを明らかにした。

2 システム概要

本研究が提案するシステムを図 1 に示す。本システムは 10 個の電極端子が水面端に配置された水槽（縦 16.3 cm, 横 28.6 cm, 高さ 11.5 cm）と、測定回路で構成される。測定回路は、高周波特性を測定する装置であるベク

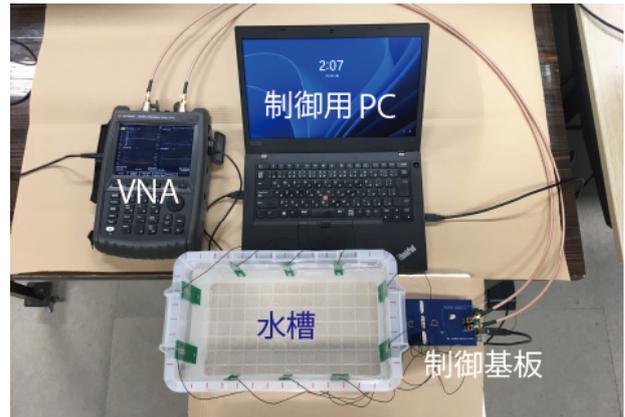


図 1 システムの概要図。本システムは水面端に 10 個の電極端子が配置された水槽, VNA, 測定電極を選択する制御基板, そして PC からなる。

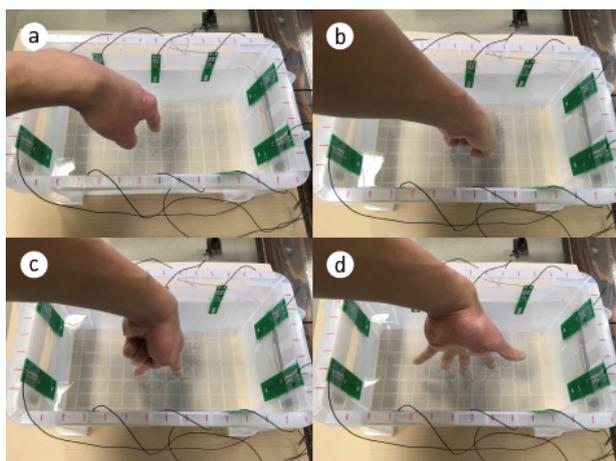
ターネットワークアナライザ (VNA)・測定電極を選択する制御基板・そして PC からなる。

電気インピーダンストモグラフィ (Electrical Impedance Tomography, EIT) とは、複数の電極を導体の周縁部に配置し、ある電極に交流電圧を印加した際他の電極間の電圧を測定し、導体内部のインピーダンス分布を計算して可視化する手法である [2, 3]。他の手法が主に導電性物質や導電性に加工した表面で EIT を適用するのに対して、本研究では日常的な水面を導体として利用する点が異なる。

3 水のインピーダンスの周波数応答

プラスチックの箱に水を入れた水槽に電極を配置し、VNA で 300 kHz から 15 MHz までの電極間のインピーダンスを測定した。その結果、1 MHz より小さい周波数においては、水のインピーダンスを安定して測定できないため、手を水につけたときのインピーダンス

Investigation of electrical impedance tomography for surface and underwater interaction
Shunsuke HIRATA, Ryo TAKAHASHI, Takuya SASA-TANI and Yoshihiro KAWAHARA
The University of Tokyo



e

ノータッチ	73	28	0	0	0
指先	11	90	0	0	0
グー	0	101	0	0	0
チョキ	0	0	88	13	0
パー	0	0	0	19	82
	ノータッチ	指先	グー	チョキ	パー

f

ノータッチ	80	19	2	0	0
指先	0	88	0	10	3
グー	0	0	62	23	16
チョキ	0	0	0	62	39
パー	0	0	0	35	66
	ノータッチ	指先	グー	チョキ	パー

図2 ノータッチ, (a) 指先, (b) グー, (c) チョキ, (d) パーの5種類のジェスチャを用いた。(e)は1組の電極対について1 MHz から 10 MHz まで測定したとき, (f)は5 MHz で全ての電極対を測定したときのジェスチャ認識の混同行列である。

変化の検出が難しいことが分かった。また, 10 MHz より大きい周波数においては手を水につけたときのインピーダンス変化が小さかったため, 水槽内のジェスチャ認識には 1 MHz から 10 MHz におけるインピーダンス値を利用した。

4 機械学習を用いたジェスチャ認識

水中の静的ジェスチャを認識するために, 測定データを機械学習により分類した。評価に

は次の二通りの測定方法を用いた: (a) 1 組の電極間のインピーダンスの周波数特性を利用する方法 [2] と, (b) 45 組の電極対について, 単一の周波数 (5 MHz) における電極間インピーダンスを用いる方法 [3]。実験した結果, 正答率は (a) が 51%, (b) が 70% と (b) の方が良かった (図 2)。本実験では決定木分析により電極間のリアクタンスの測定値を分類した。

5 まとめと今後の課題

本稿では, 複数の電極間のインピーダンスを機械学習により分類することで水中のジェスチャ認識が可能であることを示した。各電極間のリアクタンスを決定木分析で学習することで, 70%の精度でジェスチャ認識が可能であることを明らかにした。今後は実際の利用ケースを想定し, 一般的な家庭の浴槽といったより体積が大きい水面・水中におけるインタラクション創出を目指す。

謝辞 本研究は JST ACT-X (JPMJAX21K9) および JSPS 特別研究員奨励費 (JP22J11616) の一環として実施されました。

参考文献

- [1] H. Koike, Y. Matoba, and Y. Takahashi, "Aquatop display: Interactive water surface for viewing and manipulating information in a bathroom," *ACM ITS*, 2013.
- [2] M. Sato, I. Poupyrev, and C. Harrison, "Touché: Enhancing Touch Interaction on Humans, Screens, Liquids, and Everyday Objects," *ACM CHI*, 2012.
- [3] Y. Zhang, G. Laput, and C. Harrison, "Electrick: Low-cost touch sensing using electric field tomography," *ACM CHI*, 2017.