

マイクロホンアレイによる搔破音の無拘束多点観測および
MUSIC 法を用いた就寝中における搔破部位の判別

Unconstrained multi-point monitoring of scratching sounds with a microphone array and classification of scratching site using MUSIC method during sleep

堀池 哲平[†] 栗原 陽介[†]
Tepei Horiike Yosuke Kurihara

1. はじめに

厚生労働省の調査によると、1980 年代からアトピー性皮膚炎の患者数が増加しており、2002 年に約 28 万人だった患者数が、2020 年には約 125 万人に達し、18 年間で約 100 万人増加している [1]。アトピー性皮膚炎などの皮膚疾患においては、患者は痒みを軽減する為に患部を搔破してしまう。医療機関受診時には、搔破の回数や頻度、どの部位を搔破したのかを医療従事者に伝える事で、疾患治療の決定を行う事が多い。しかし、搔破行動は自分でコントロールできない事も多く、特に就寝中においては無意識に搔破を行ってしまい皮膚を傷付けてしまう可能性が高く、自己把握が難しいという問題がある。その為、就寝中にどの程度の頻度で搔破を行ったかをモニタリングする事が可能となれば、搔破時間・回数から、かゆみ止めの薬の強さを変更する、搔破箇所から処方する薬の種類の変更を行うなど、疾患治療の指針を検討するための一助となる [2]。

搔破行動をモニタリングする研究として、小型マイクを直接爪に装着することで搔破音を計測し、高速度カメラを用いて搔破行動の回数と搔破行動の力学的特徴の評価を行った [3]。また著者らは、圧力セラミックセンサを用いて、無拘束で搔破行動を計測する手法を提案してきた [4]。

しかしこれらの先行研究では、カメラを用いると死角が発生してしまう可能性がある事、小型マイクを身体に直接装着する必要がある為拘束性が高い事、圧電セラミックセンサを用いた手法では搔破行動の検出は可能であるものの、搔破位置の推定が困難であり、部位ごとの評価が難しいなどの課題がある。そこで本研究では、就寝時における搔破行動を、無拘束で多点観測を行い、MUSIC 法を用いて搔破部位を判別する検証実験を行う。

2. 検証実験

2.1 搔破条件および無拘束センシングデバイス

本提案手法では、20 代男性 1 名を対象に実験を行う。実験協力者にベッドマットレス上に仰臥位状態になってもらい、直接肌を搔破してもらい。本実験では搔破対象部位を $P_i (i = 1, 2, \dots, 6)$ とし、 $P_1 =$ 右肩、 $P_2 =$ 左肩、 $P_3 =$ 右腹部、 $P_4 =$ 左腹部、 $P_5 =$ 右大腿、 $P_6 =$ 左大腿とする、各部位はそれぞれ 10 回ずつ搔破してもらい。ベッドの下に無拘束センシングデバイスを設置することで、センサを身体に取り付けることなく搔破音を取得する。

図 1 に作成した無拘束センシングデバイスを示す。水色のスチレンフォームに 6 個のコンタクトマイク $d_j (j = 1, 2, \dots, 6)$ を埋めマイクがずれないように固定し、ベッドマットレスとベッドフレームの間に設置する事で、就寝時に

無拘束で搔破音を取得する。コンタクトマイクは、左右にそれぞれ 60cm ずつ、上下にそれぞれ 40cm ずつ離れるように固定した。

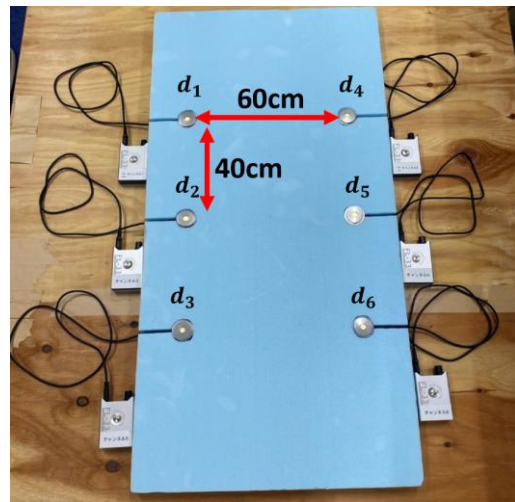


図 1 無拘束センシングデバイス

マイクからの出力信号は A/D コンバータを用いて PC に取り込む。本実験では全部で 60 データの取得を行った。この際のサンプリング周波数は 6000Hz とする。無拘束センシングデバイスでは、 d_i の各マイクでそれぞれ搔破音 $S_j(k)$ を取得し、デジタル上でノイズ処理を行い、ホワイトノイズやハムノイズ、低周波ノイズを取り除く。 k は離散時間ステップとする。

2.2 MUSIC 法を用いた搔破部位判別

ノイズを除去した搔破音にたいし、各マイク間に生じる伝搬遅延を元に、MUSIC 法により音源方向の推定を行い、搔破部位の判別を行う。

まず、各マイクで取得した $S_j(k)$ の共分散行列を計算し、これを固有値分解することで、搔破音に対応する成分を含む信号空間と、環境雑音などの搔破音以外の成分を含むノイズ空間に分離する。その後、全ての方向 (360°) に対して、その方向から搔破音が届いたと仮定したときのマイク信号の理論的な到来パターンを表す指向性ベクトルを定義する。この指向性ベクトルが、実際に取得された信号とどれだけ整合するかを、ノイズ空間との直交性を用いて評価することで、実際に搔破音が発せられた方向にピークを持

[†] 青山学院大学 Aoyama Gakuin University

つスペクトルを得ることができる。このスペクトルの中で最大値を示す方向を搔破音の到来方向と判断する。各搔破部位 P_i の方向と照合することで、搔破が行われた部位 \hat{P} を推定する。

反対方向への誤推定も生じており、精度が低下している原因となっている。今後としては、マイクロホンアレイの最適な配置の検討を行い、さらなる精度向上を目指す。

3. 実験結果および考察

図 2 に今回取得した時系列波形を、表 1 に実験結果を示す。図 2 では、 P_5 = 右大腿部を搔破した際に得られた $S_5(k)$ を表示しており、実際に搔破した箇所を赤印で示している。身体に記している青い丸は、 d_j の位置を示しており、各 d_j で計測された $S_j(k)$ を示す。

表 1 では、右肩=60%、左肩=60%、右腹部=80%、左腹部=80%、右大腿=50%、左大腿=70%の精度で、全体としては 67%の精度で搔破部位の判別が可能という結果を得た。両腹部での判別精度が高かった理由としては、腹部は身体を中心に近く、マイクとの距離や角度が安定しているため、搔破音が他部位よりも明瞭に届きやすい点と考えられる。また、左右の腹部はマイク配置から見た方向の違いがはっきりしており、方向の違いを正確に捉えられたと考えられる。

一方で、右肩および右大腿では、真反対の部位方向に誤って推定されるケースが 4 データ確認された。これは本実験で、 d_j を上下左右対称な配置にしたためと考えられる。このような構造では、ある方向とその反対方向からの音で、マイクに届く到達時間のずれが類似しやすい。たとえば左肩と右大腿のように、上下左右が反転した位置関係にある部位では、それぞれのマイクに音が届く時間の順序や差がほとんど同じになってしまう、MUSIC 法がそれらを区別できずに反対方向にピークを示してしまう可能性がある。その結果、今回のような誤判別が生じたと考えられる。

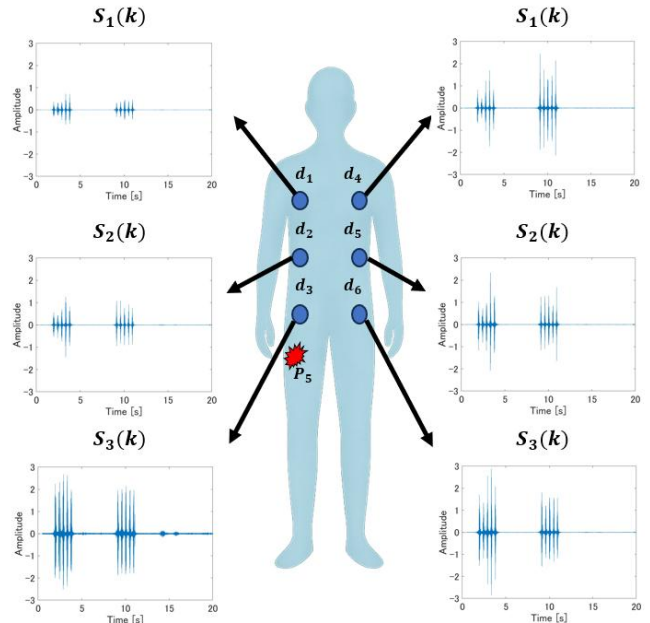


図 2 P_i : 右大腿部搔破時の $S_j(k)$

表 1 実験結果

		推定結果					
		右肩	左肩	右腹部	左腹部	右大腿	左大腿
真 値	右肩	6	0	0	1	1	2
	左肩	0	6	0	1	0	3
	右腹部	0	1	8	0	1	0
	左腹部	1	1	0	8	0	0
	右大腿	0	2	0	0	5	3
	左大腿	0	0	1	1	1	7

まとめ

本研究では、無拘束センシングデバイスを用いて搔破音の無拘束かつ多点観測を行い、MUSIC 法によって就寝中の搔破部位を推定する手法を提案した。実験の結果、無拘束センシングデバイスを用いる事で、身体を拘束せずに搔破音を取得する事が可能であるとわかった。また部位判別では、全体で 67%の識別精度を得る事ができ、特に腹部では高い精度が得られるなど、本手法の有効性が示された。一方で、対称的なマイク配置に起因して肩部や大腿部では

参考文献

- [1] 厚生労働省政策統括官, “患者調査 傷病分類編 (傷病別年次推移表)”, (2020).
- [2] 緒方孝行, 畠山規明, 鶴田悦子, 森博美, 松野英子, “リバスチグミンの皮膚障害に対して薬局薬剤師が処方提案し奏功した 1 例”, 薬局薬学, pp.158-164, (2019).
- [3] 奥山武志, 畠山一樹, 田中真美, “引っ掻き音計測による引っ掻き動作評価に関する研究”, 日本 AME 学会誌, 23 巻 1 号, pp.80-85, (2015).
- [4] Takashi Kaburagi, Yosuke Kurihara, “Algorithm for Estimation of Scratching Time”, IEEE Sensors Journal, Vol.17, No.7, pp.2198-2204, 2017.