

Bokobox 開発 検証 第 2 回

西川大翔

2025 年 2 月 24 日

1 はじめに

このプロジェクト「Bokobox」の目的は、叩く強さや位置に応じて鳴る音が変わる楽器を開発することだ。実装には、複数のコンタクトマイクを Bokobox 上面の板に取り付け、叩かれた際の音圧を検出してそのデータをマイコンが処理し、設定された音を再生する仕組みを用いる。この楽器は、ユーザーが複雑な操作方法を覚えることなく、直感的に Bokobox を叩くことで音楽を楽しむ体験を提供することを目指す。

2 実験目的

第 1 回の実験を踏まえて、板の表裏に緩衝材 1 枚ずつを貼ったときのマイクの配置が、音圧検出に与える影響を調査する。最適なマイクの配置を決定し、音を効果的に鳴らす楽器の実装を目指す。

3 設定

前回の実験から何も変更しておらず、材料と座標設定と音圧取得アルゴリズムとそのパラメータは同様とする。

4 実験手法

以下の実験を各マイク配置パターン（1～5）に対して行った。

- 1 中央にマイクが 1 個 $\{P_0\}$
- 2 左右にマイクが 2 個 $\{P_1, P_5\}$
- 3 三角にマイクが 3 個 $\{P_3, P_6, P_8\}$
- 4 四隅にマイクが 4 個 $\{P_2, P_4, P_6, P_8\}$
- 5 菱形にマイクが 4 個 $\{P_1, P_3, P_5, P_7\}$

1. 9 点の位置に対して、板を一定の力で叩き、各マイクが検出する音圧を 10 回ずつ測定した。
2. 測定結果から得られた平均音圧 \bar{P}_x とチャンネルごとの割合 $\bar{R}_{x,c}$ をグラフ化した。

5 実験結果

図 1,3,...,9 のグラフに関して、円グラフの位置は板を叩いた位置 x に対応し、円グラフの半径は平均音圧 \bar{P}_x を示している。また、各円グラフのセグメントの大きさは、チャンネルごとの割合 $R_{x,c}$ に対応している。

図 2,4,...,10 の表に関して、叩いた位置 x とマイクのチャンネル c に対する 10 回の試行の平均音圧 \bar{P}_x と、その標準偏差を示している。

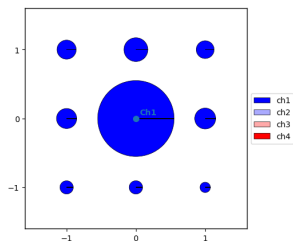


図 1 実験 1 グラフ

	ch1	ch2	ch3	ch4
P_0	66.07 ± 27.53	0.08 ± 0.05	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_1	18.18 ± 6.87	0.01 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_2	15.47 ± 5.81	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_3	20.71 ± 6.66	0.02 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_4	16.62 ± 9.04	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_5	17.49 ± 6.52	0.01 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_6	11.51 ± 6.11	0.01 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_7	11.60 ± 6.40	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_8	8.98 ± 2.71	0.01 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

図 2 実験 1 データ

実験 1 では、中央での叩き (P_0) が最も大きな音圧を検出し、他の位置では音圧がほとんど検出されず、中央のみに敏感だった。

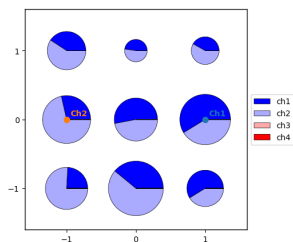


図 3 実験 2 グラフ

	ch1	ch2	ch3	ch4
P_0	113.84 ± 29.18	89.68 ± 29.66	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_1	135.31 ± 75.51	31.00 ± 8.96	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_2	76.38 ± 38.20	41.06 ± 22.20	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_3	64.80 ± 51.10	48.19 ± 27.12	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_4	66.81 ± 36.77	76.29 ± 16.56	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_5	15.29 ± 10.99	108.49 ± 7.34	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_6	6.22 ± 5.63	84.03 ± 30.24	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_7	28.01 ± 14.00	85.38 ± 19.44	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
P_8	33.77 ± 18.87	75.30 ± 36.62	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

図 4 実験 2 データ

実験 2 では、左右方向 (P_1 と P_5) では高い音圧が検出され、他の位置でもある程度の音圧が検出された。それぞれのマイク付近の位置では、音圧の比率に明確な差が見られた。

実験 3 では、それぞれのマイク付近の位置で検出された音圧には、ばらつきが生まれていた。音圧の比率に差が見られたものの、 P_8 などで本来想定される比率とは異なる結果が出ることも

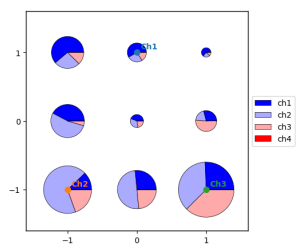


図 5 実験 3 グラフ

	ch1	ch2	ch3	ch4
P_0	30.25 ± 14.96	26.00 ± 19.45	19.72 ± 21.29	0.02 ± 0.02
P_1	35.33 ± 17.38	28.88 ± 27.61	57.39 ± 33.64	0.04 ± 0.03
P_2	32.46 ± 9.21	15.35 ± 11.13	7.02 ± 4.21	0.01 ± 0.01
P_3	50.95 ± 39.87	33.93 ± 31.78	25.60 ± 22.92	0.02 ± 0.02
P_4	105.32 ± 17.51	53.63 ± 20.46	27.58 ± 15.58	0.02 ± 0.01
P_5	82.63 ± 48.16	99.63 ± 58.97	11.35 ± 10.18	0.01 ± 0.01
P_6	37.50 ± 18.78	178.67 ± 52.28	60.98 ± 27.93	0.05 ± 0.03
P_7	62.21 ± 43.74	106.27 ± 40.00	55.63 ± 27.90	0.04 ± 0.02
P_8	86.66 ± 35.93	118.27 ± 48.21	115.77 ± 41.10	0.10 ± 0.04

図 6 実験 3 データ

あった。

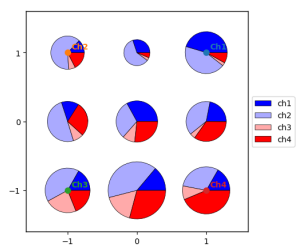


図 7 実験 4 グラフ

	ch1	ch2	ch3	ch4
P_0	11.35 ± 5.16	38.38 ± 27.13	33.51 ± 24.34	62.77 ± 36.67
P_1	83.74 ± 33.15	23.16 ± 9.72	3.17 ± 2.03	131.15 ± 51.48
P_2	190.89 ± 66.88	46.79 ± 24.23	8.95 ± 9.93	99.02 ± 38.62
P_3	69.44 ± 42.57	95.48 ± 34.52	9.35 ± 3.50	19.51 ± 9.88
P_4	24.49 ± 19.79	99.10 ± 28.65	33.94 ± 16.57	11.91 ± 8.73
P_5	15.50 ± 6.00	74.57 ± 28.90	50.95 ± 28.10	11.87 ± 9.03
P_6	13.49 ± 7.66	21.69 ± 5.59	86.01 ± 11.85	61.09 ± 11.97
P_7	2.96 ± 2.50	35.69 ± 30.28	21.16 ± 13.40	118.76 ± 58.37
P_8	6.32 ± 4.19	16.08 ± 11.20	9.67 ± 9.37	127.26 ± 57.00

図 8 実験 4 データ

実験 4 では、四隅の位置で同じくらいの音圧が検出される傾向があった。それぞれのマイク付近の位置で音圧の比率に差が見られたものの、ch3($c = 3$) の比率が想定されるよりも小さいなど、異なる結果が出るがあった。

実験 5 では、全体的に同じくらいの音圧が検出される傾向があった。それぞれのマイク付近の位置で音圧の比率に差が見られたものの、ch2($c = 2$) の比率が想定されるよりも大きいなど、異なる結果が出るがあった。

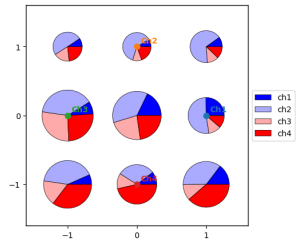


図 9 実験 5 グラフ

	ch1	ch2	ch3	ch4
P_0	77.70 ± 33.50	150.13 ± 59.51	102.20 ± 45.04	90.90 ± 32.62
P_1	76.81 ± 33.94	158.00 ± 60.95	39.46 ± 27.74	39.63 ± 27.06
P_2	24.00 ± 12.91	182.90 ± 60.74	35.69 ± 16.55	36.22 ± 14.94
P_3	23.92 ± 14.15	147.19 ± 54.96	28.65 ± 16.57	46.20 ± 17.98
P_4	27.46 ± 15.34	117.35 ± 39.32	41.81 ± 22.39	66.61 ± 36.79
P_5	38.45 ± 8.05	175.17 ± 52.33	124.44 ± 32.74	106.08 ± 25.42
P_6	29.17 ± 18.00	177.57 ± 76.78	73.17 ± 32.02	136.10 ± 28.94
P_7	37.65 ± 18.77	108.01 ± 40.27	47.59 ± 33.44	151.25 ± 21.93
P_8	58.49 ± 23.69	149.32 ± 52.46	51.34 ± 29.17	139.81 ± 40.64

図 10 実験 5 データ

6 考察

各実験から、マイク配置は音圧の検出感度に大きく影響することが確認された。特に、実験 1(図 1) の配置では、特定の位置に敏感であるが、他の位置では感度が低下する傾向が見られた。一方で、実験 4(図 7)、実験 5(図 9) の配置では、音圧の検出範囲が広がり、より均等な検出が可能だった。また、実験 2(図 3) の配置では、シンプルな配置ながら特定の方向に敏感で、効率的な検出が可能だった。

特定のマイクや叩く位置で、想定外の音圧比率が検出されるケースが見られた。特に実験 3(図 5) の配置では、音圧比率が想定とは異なる結果が多く見られ、マイク位置間の干渉や検出感度のばらつきが課題として浮かび上がった。これに対し、実験 2(図 3) では全体的に均等な検出が見られるため、配置による感度の偏りが少ないと評価できる。

上記の考察から、実験 2(図 3) の配置はシンプルでありながら、左右の感度が高いため、簡易なリズム楽器や方向性を重視する用途に適していると言える。一方、実験 5(図 9) の菱形配置では、音圧の検出がより均一に行えるため、全体的なバランスが優れており、幅広い用途に対応可能だと言える。

今後の展望として、実験 2 の左右配置は簡易的な実装が可能であり、シンプルなリズム楽器の実現が期待される。一方、実験 5 の菱形配置は楽器用途に適しているものの、期待される音圧比率と実際の比率の差をプログラムで修正する必要がある。また、実際の Bokobox に組み込む際の設計が課題となる。