

複数のマイクを用いたコイン落下時のセンシング精度に関する検討

A Consideration for Sensing Accuracy of Falling Coin Sound by Multiple Microphones

本田 悟[†] 勝間 亮[†]
Satoru Honda Ryo Katsuma

概要

近年では、多くの人がモバイル端末を持ち歩いており、複数端末を持ち歩く人も多い。このような人が複数存在するとき、あるイベントに対して複数台の端末でセンシングを行える状況にある。センシング対象として音に着目した場合、複数台の端末から得られた音声情報を組み合わせることで起きたイベントを詳細に分析できる可能性がある。しかし、イベント発生位置の直近のセンシングデータと比べて、遠く離れたセンサではノイズの割合が増大する。イベント音の分析においてはノイズの少ない信用できるデータを重要視するため、同一イベントに対して複数のセンシングデータがある場合はデータごとに信用度を数値化する必要がある。

本研究ではコインの落下をイベントとして、イベント発生位置からの距離とイベント音の減衰の関係を調査し、信用度の考察を行った。

1. はじめに

近年では、誰もがスマートフォンやスマートウォッチ等のモバイル端末を持ち歩いており、複数端末を持ち歩く人も多い。このような人が複数存在するとき、あるイベントに対して複数台の端末でセンシングを行える状況にある [1]。

日常生活においてお金を落としてしまった経験がある人が多い。特に焦っている場合であれば、本当に自分が落としてしまったコインを全て拾いきれないままにその場から去ってしまうこともありうる。このような時に手持ちの複数端末の録音情報から、落としてしまったコインの枚数や金額が分かれば、探す時間の短縮になり、他の人にかかる迷惑も少なくなる。

コインの落下をイベントとした場合、まずこのイベントが起こったのかを判別することが必要となる。起こったか否かを高精度で判別するためには、周囲のノイズの中からコインの落下音をセンサ（以降、単純にマイクと呼ぶ）により検出可能でなければいけない。特に、周囲に複数のマイクが存在し、多くのマイクがコインの落下音を検出した場合、高い確率でコインの落下イベントが発生したことが分かる。しかし、イベント発生位置の直

近のセンシングデータと比べて、遠く離れたマイクではノイズの割合が増大する。イベント音の分析においてはノイズの少ない信用できるデータを重要視するため、複数台の機器で同一のイベントを検出する際には、録音端末の音源からの距離によってデータの信用度に差が出ることになる。よって、重点的に分析を行うべき信用度の高いデータと、ノイズ割合が高く信用度の低いデータとを分けるため、データごとに信用度に応じた重み付けが必要となる。本稿では、重み付けのための数値化を行うためイベント音の大きさの距離減衰量を信用度の数値化の基準とし、実験において、コイン落下時の音の大きさの減衰量と距離との関係を調査する。実験では、2本の同じ種類のマイクを地上から異なる高さに設置し、コインを複数条件で落下させた際の録音ファイルから、コインが落ちた箇所の振幅の最大値を記録し、真下に落とした時の最大振幅を基準として、距離を離れていった際の振幅の減衰量を導出した。そして、得られた減衰量からセンシングの信用度を付与可能かどうかを考察した。

2. 関連研究

従来のコイン判別の研究では、コインが何らかの物体に衝突した際の音を利用されることが多い。吉田らは500円硬貨の真贋判別のために、衝撃音の固有振動数の計測が有効である可能性を示した [2]。横田らは、打音検査から着想を得て、コインの落下音の音響信号の特徴量を使用して5円玉と10円玉の硬貨判別を行う [3]。落下場所として非常に特徴的な音の出る陶器、グラス、スチール缶の蓋を選定している。コインの落下音からの種類判別という目標は本稿と一致するものであるが、これらの研究では至近距離での録音が前提となっている。本研究ではコイン落下が発生したかどうかの検出とコイン種別の分類において、落下場所から離れたマイクの利用可能性を検討する。

複数マイクを利用したイベント音検出の研究も行われてきている。梶村らは、路側設置マイクによる車両検出における精度向上法を提案している [4]。道路側部に設置した2台のマイクロフォンで車両走行音を取得して音の到達時間差を示すサウンドマップを描き、その波形を解析することで車両を検出する。これまでにはステートマシンやDTW（Dynamic Time Warping）を用いる検出手法を提案した [5], [6], [7]。実証評価を行った結果、F

[†] 大阪府立大学, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka, 599-8531, Japan

値 0.83 という精度で車両を検出できることを確認した。

コインと車両で題材は異なるが、イベント音検出において複数のマイクを利用することが有効であることが示されている。このような複数マイクを用いる場面に対して、本研究におけるマイクごとのデータの信用度の重み付けが実現できれば、さらなる精度の向上が期待できる。

3. 実験

実験では測定用マイクとして BEHRINGER ECM8000 を使用した。オーディオインターフェースを経由して録音し、オーディオ編集ツールである Audacity で解析を行う。

使用するコインは、日本の硬貨で重量の最も軽い 1 円玉と最も重い 500 円玉の 2 枚を用いた。今回はコインの種類の判別ではなく、コインの落下音の検出であるため、音色の違いではなく、音量の違いが重要となるため、単純なコインの重さでこの 2 枚を選択した。

マイクの位置は、実際に端末を身につけていることを想定して二か所に設定した。1 つ目はスマートフォンを入れて持ち歩くであろうボトムスのポケットや、スマートウォッチを手首につけているであろう腕を下ろしたときの高さである、腰周りの高さの地上 0.8m に設置した。2 つ目はワイヤレス接続したイヤホンの高さである、耳の高さの地上 1.6m に設置した。

実際にコインを落下させる場所については、屋内では床（クッションフロア）、木製のトレー上、屋外としてベランダ（樹脂）を選択した。床に関しては実際に落とす可能性が非常に大きく、あまり落下音が鳴らないことから、センシング可能な範囲を調査する目的もあるため選定した。トレーに関しては落下音が大きく、減衰度合の調査に適しているため選定した。ベランダに関しては屋外の騒音下での落下音の変化を調査するために選択した。

コインを落下させる位置とマイクの距離については、マイクの真下とそれを基準に 0.5m ずつ遠ざけ、1.5m まで離れた位置まで計測した。コインを落下させる際の高さは、ポケットや手元から落としてしまう場合を想定して、低い方のマイクの位置と同じ地上 0.8m から落とす。

録音したデータにおいて、どこで落下したかどうか分からないほどの大きなノイズは、実験設定上発生しないものと考えられるため、ノイズの除去等の処理は行わずに最大振幅を計測した。

3.1 実験方法

2 本の同じ種類のマイクを地上から 0.8m の位置に 1 本、1.6m の位置に 1 本設置した。室内ではトレー、床、屋外ではベランダ上の計 3 つの異なる材質に、マイクの真下、真下から 0.5m、1m、1.5m 離れたところ、の計 4 箇所の地点で、それぞれ 5 回ずつ落下させる。落下させ

るコインは、1 枚の 1 円玉のみ、1 枚の 500 円玉のみ、そして 1 円玉と 500 円玉の 2 枚同時の 3 種類とした。

1 回落とすたびに録音していき、その最大振幅値を記録し、真下に落としたところでの最大振幅の平均値を基準として距離を離していった際の各最大振幅の減衰量を導出した。

3.2 実験結果

コインを落とした各材質において、距離ごとの最大振幅の平均値の減衰量のグラフは図 1, 2, 3 のようになった。これらのグラフにおいて、赤色が 1 円玉、青色が 500 円玉、黄色が 1 円玉と 500 円玉を一緒に落とした場合を表し、各グラフの実線が低い位置のマイク、破線が高い位置のマイクでの録音をそれぞれ表している。

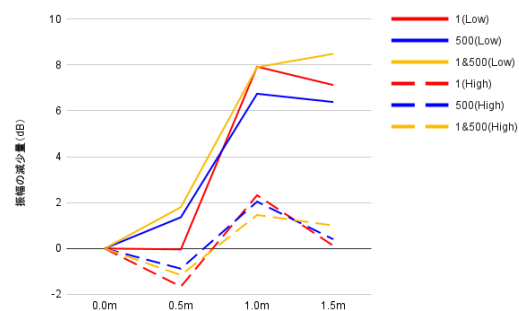


図 1: トレーにコインを落とした場合

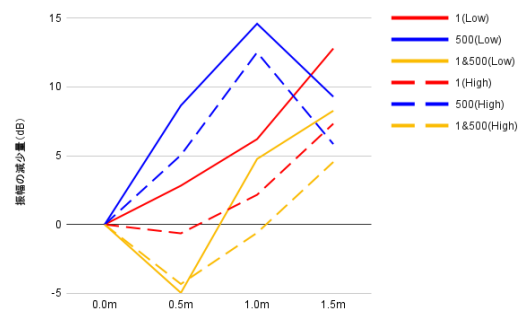


図 2: 床にコインを落とした場合

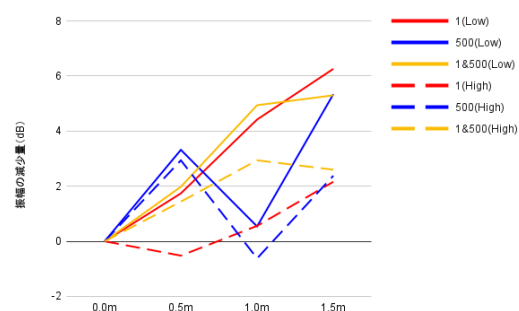


図 3: ベランダにコインを落とした場合

以上より、音源から近いマイクと遠いマイクの間には dB 値 [8] において確実に差が生じるが、この差に法則性があるとまでは言えないことが分かった。つまり、落下音の振幅の減衰量のみを信用度とするのは、あまり良いとはいえないことが分かった。それに伴い、2つのマイクの距離の差から、音源から遠い方のマイクに対する重み付けに関しても、振幅の減衰量のみを信用度とするのは、あまり良いとはいえないことも分かった。

3.3 考察

屋内ではトレーと床での実験を行ったが、録音される音量が単純に大きくなるトレーの方が距離に比例したグラフになるというわけではなく、むしろ、確実に大きい衝突音になるため、各コイン毎の音量の違いが出にくくなることが分かった。単純な距離だけを考えれば、0.5m 離れた時の高い方のマイクと落下地点の距離と、1.5m 離れた時の低い方のマイクと落下地点の距離がほぼ同じとなるが、今回の測定では、全く別の値が得られた。コインが落ちた場所との衝突角度によって、重量が重く、衝突音の低音成分が多い 500 円玉であっても、高い金属音が鳴ったりするため、逆に重量が軽く、衝突音の高い金属音が安定して鳴る 1 円玉の方が、グラフが比例直線的になった。また、1 円玉と 500 円玉を一緒に落とした場合は、2 枚のコイン同士の衝突音が落下音よりも大きい音となるため、落下音の大きい 500 円玉のグラフとは異なる結果が得られた。

本稿の内容とは少し話が逸れるが、1 円玉、500 円玉共に音声ファイルのスペクトラムにおいて振幅値の大きくなる周波数帯が存在するため、今後の研究で特徴量検出の際に活用できうであろうことも分かった。

4. まとめ

本稿では、コインの落下をイベントとし、音の大きさの減衰量を信用度の数値化の基準として設定した。減衰量の測定のため 2 本の同じ種類のマイクを地上から異なる高さに設置し、コインを複数条件で落下させた際の振幅の最大値を記録し、真下に落とした時の最大振幅を基準として、距離を離していった際の振幅の減衰量を導出した。そして、この減衰量から信用度の考察を行った。

しかし、コインが落ちた場所との衝突角度や、2 枚のコイン同士の衝突が起こることにより、落下音の振幅の減衰量のみを信用度とするのは、あまり良いとはいえない結果となった。それに伴い、2つのマイクの距離の差から、音源から遠い方のマイクに対する重み付けに関しても、振幅の減衰量のみを信用度とするのは、あまり良いとはいえない結果となった。そのため、イレギュラーな場合への対策と、減衰量以外での判定が必要であることが分かった。

参考文献

- [1] 小野 順貴, Trung-Kien Le, 宮部 滋樹, 牧野 昭二, :”アドホックマイクロホンアレイ-複数のモバイル録音機器で行う音響信号処理-”, *IEICE Fundamentals Review Vol.7 No.4*, pp.336-347(2014).
- [2] 吉田 勉, 櫻田 邦彦, :”硬貨判別への衝撃音技術の応用 (トランスデューサ/一般)” 電子情報通信学会技術研究報告. *Vol.108, No.221*, pp.11-14(2008).
- [3] 横田 渉, 大淵 康成, :”機械学習による硬貨落下音の分析”, 映像情報メディア学会技術報告 *Vol.41, No.12*, (2017).
- [4] 梶村 順平, 石田 繁巳, 内野 雅人, 田頭 茂明, 福田 晃, :”路側設置マイクによる車両検出における連続車両検出精度向上に関する検討”, 情報処理学会研究報告 *Vol.2018-ITS-72 No.5*.
- [5] Ishida, S., Mimura, K., Liu, S., Tagashira, S. and, Fukuda, A. : ”Design of Simple Vehicle Counter using Sidewalk Microphones”, *Proc. ITS EU Congress*, EU-TP0042, pp.1-10(2016).
- [6] 石田 繁巳, 三村 晃平, 劉 嵩, 田頭 茂明, 福田 晃, :”路側設置マイクロフォンによる車両カウントシステム”, 情報処理学会論文誌, *Vol.58, No.1*, pp. 89-98(2017).
- [7] Ishida, S., Liu, S., Mimura, K., Tagashira, S. and, Fukuda, A. : ”Design of Acoustic Vehicle Count System using DTW”, *Proc. ITS World Congress*, AP-TP0678, pp.1-10(2016).
- [8] 小野測器, :”騒音計とは”,
https://www.onosokki.co.jp/HP-WK/c_support/newreport/noise/NewSoundLevelMeter.pdf, (2009).