

## 壁との衝突音によるボールの速度推定

A-5

Estimation of Balls Speed by Collision Sound with Walls

澤田 貴志<sup>†</sup> 高橋 淳二<sup>†</sup> 戸辺 義人<sup>†</sup>Takashi SAWADA<sup>†</sup> Junji TAKAHASHI<sup>†</sup> Yoshito TOBE<sup>†</sup><sup>†</sup>青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科<sup>†</sup>Department of Integrated Information Technology, Aoyama Gakuin University

## 1. はじめに

本研究では、壁との衝突音を解析することによって、ボールの速度を推定することができる方法、SEnS(Speed Estimation of balls by collision Sound with walls)を提案する。

## 2. 関連研究

本研究の関連研究として[1]が挙げられる。[1]では走行騒音のパワーレベルから速度を推定するものである。本研究は、波数スペクトルに着目し、その成分から速度を推定している点において異なる。

## 3. 解析方法

実験で壁との衝突音を取得し、取得した衝突音を解析し、速度を推定する。本研究では 6 つの解析手法を用いて解析を行った。本章ではそのうちの一部の解析手法について述べる。

## 3.1 解析手法 1(低周波数の割合)

まず、実験で習得した壁との衝突音の波形にハミング窓をかける。ハミング窓を用いた理由は、ガウス窓などと違って、衝突音が最も大きい壁に当たった瞬間を除去することがなく、短形窓に比べピークの周波数をより強調できるからである。次に窓関数をかけた波形の周波数を解析する。周波数解析は高速フーリエ変換で行う。ここで作った周波数と音圧の関数の低周波数の割合  $\eta$  を計算する。計算式は以下の式 1 で示す。S は周波数と音圧の関数を、 $f_0$  と  $f_1$  は閾値を表す。

$$\eta = \frac{\sum_{k=0}^{f_1} S(k)}{\sum_{k=0}^{f_0} S(k)} \quad (\text{式 1})$$

## 3.2 解析手法 2(上位 5 つの音圧の平均の対数)

3.1 節と同様に実験で習得した壁との衝突音の波形にハミング窓をかけ、高速フーリエ変換を行い、周波数を解析する。解析した周波数によって求められた上位 5 つの音圧の平均を求め、その対数の値を求める。

## 4. 評価

評価は相関係数  $r$  の値と解析手法 2 については、遅い速度、遅い速度と速い速度の間、速い速度のときの測定値との誤差の確率分布の 2 つの方法で行う。また相関係数  $r$  は以下の式 2 で表せる。 $x_i$  は解析手法 1 では  $\eta$  を表し、解析手法 2 では上位 5 つの音圧の平均を表し、 $y_i$  は測定した速度を表し、 $n$  はデータ数を表し、 $\bar{x}$  と  $\bar{y}$  はそれぞれ  $x_i$  と  $y_i$  の平均を表す。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (\text{式 2})$$

## 4.1 解析手法 1 の評価

解析手法 1 の評価を行う。相関が最も大きいときは、 $f_0$  が 600 Hz、 $f_1$  が 3000 Hz であり、相関係数は -0.18 であった。

## 4.2 解析手法 2 の評価

3.2 で示した解析手法 2 の評価を行う。相関係数  $r$  は 0.79 であった。式 2 の  $x_i$  にあたるのは 3.2 節で示した上位 5 つの音圧の平均の対数である。次に測定値との誤差の確率分布を示す。

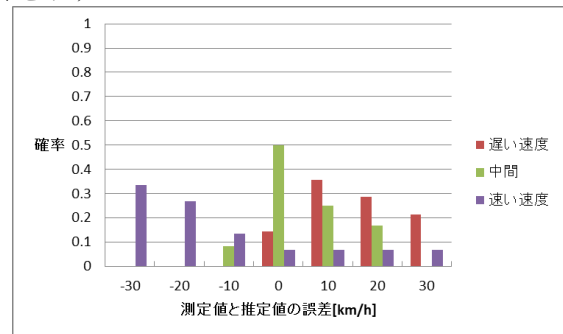


図 1. 解析手法 2 の誤差の確率分布

## 5. 実験・評価

解析手法 1 では相関が最も大きいときの相関係数  $r$  が -0.18 とほとんど相関がみられなかった。解析手法 2 では相関係数  $r$  は、0.79 と高い正の相関があった。これは解析手法 2 から、速度を推定できることが分かる。また誤差の確率分布から、また遅い速度と速い速度の間、誤差が最も小さいことが分かる。

## 6. むすび

本項では、衝突音から速度を解析する方法:SEnS について述べた。解析手法 1 のように、周波数を用いて解析することが困難であった。また解析手法 2 のようにパワーを用いる場合では、高い相関を示した。したがって衝突音から速度を推定する場合、本研究では解析手法 2 が適切であると考えられる。

## 参考文献

[1] 押野康夫, 三上哲夫, 筑井啓介, “自動車走行騒音の特性—速度と音響パワーレベルの関係—”, 日本騒音制御工学会誌, vol 19, No 3, 1995