

エンジン音の影響を考慮した タイヤ音パワースペクトルのリアルタイム計測

安達愛華[†] 黒山喬允[†]
[†]岐阜高専 電子制御工学科

1. はじめに

近年、路面の凍結による自動車のスリップといった事故を未然に防ぐために、タイヤ内臓の振動センサ[1]や路上に設置したマイクで取得したタイヤ音から路面やタイヤの状態を検出する手法[2]が提案されている。また、凍結などの危険を瞬時に運転者に注意喚起するために車上でタイヤ音を取得し路面判別を行うためのシステムが提案されている。車上計測においてはタイヤ音にエンジン音が重畳するため、その影響を除く必要がある。これまでに、線形モデルに基づく低減手法が考案されてきた[3]。しかしながら、この手法では処理に長時間の収録音を用いるため、路面状況の検出をリアルタイムに行うことができなかった。そこで本研究では、エンジン音の影響を除去したタイヤ音のパワースペクトルをリアルタイムに得る手法を提案し、その妥当性を検証する。

2. 計測原理

図1にタイヤ音の計測系を示す。エンジン音、タイヤ音、エンジンルーム内とタイヤハウス内に設置したマイクで取得した音をフーリエ変換したものをそれぞれ $M(j\omega)$, $R(j\omega)$, $F_i(j\omega)$, $F_o(j\omega)$ とすれば次式を得る。

$$F_i(j\omega) = M(j\omega) + H(j\omega)R(j\omega) \quad (1)$$

$$F_o(j\omega) = R(j\omega) + H(j\omega)M(j\omega) \quad (2)$$

ここで j は虚数単位、 ω は角周波数、 $H(j\omega)$ はマイク間の伝達関数である。エンジン音とタイヤ音が無相関であればマイクで取得した音のパワースペクトルは右辺各項のパワースペクトルの和となる。したがって、タイヤ音のパワースペクトルは次式で得られる。[3]

$$|R(j\omega)|^2 = \frac{|F_o(j\omega)|^2 - |H(j\omega)|^2 |F_i(j\omega)|^2}{1 - |H(j\omega)|^4} \quad (3)$$

リアルタイムにパワースペクトルを得るため、マイクからの信号をアナログ-デジタル変換しサンプリング点数 N で $N/2$ サンプルおきに離散フーリエ変換を行い Eq. 3 によってタイヤ音のパワースペクトルを得る。 M 回の離散フーリエ変換毎に、計算したパワースペクトル過去 M 回分の平均値を計算し、現時点でのパワースペクトル推定値とする。

3. 実験

提案手法によるエンジン音の影響低減手法の効果を検証するために実験を行った。実験系は図1のとおりである。マイクからの信号はサンプリング周波数 80 kHz のアナログ-デジタル変換器をしてコンピュータに取り込んだ。 $N = 16$, $O = 1$, $M = 5000$ としたため、パワースペクトルは約 60 ms

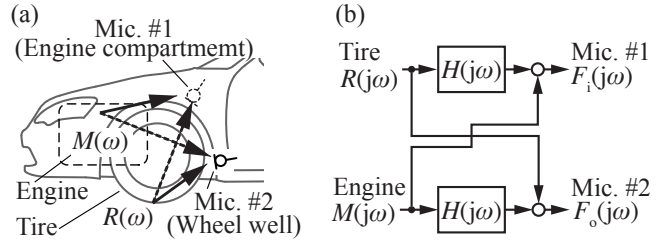


図1. タイヤ音の計測系

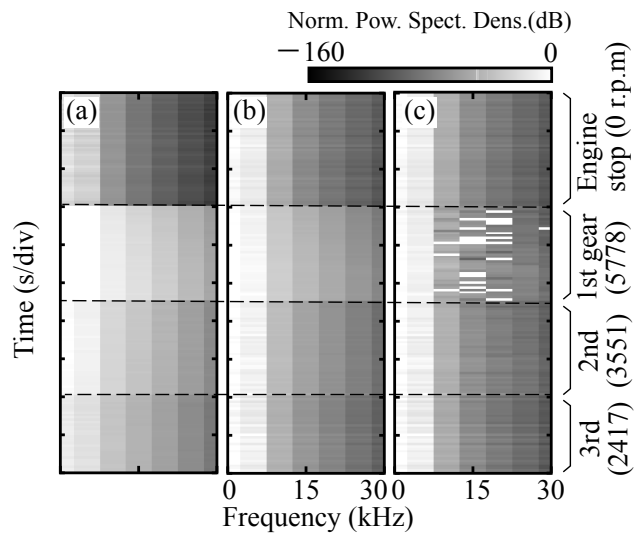


図2. 実験結果 (a)マイク#1 および(b)マイク2から取得した音のスペクトログラム(b) Eq. 3 に基づき補正した音のスペクトログラム。間の平均値となる。

図 2(a), 2(b) に 50 km/h 走行時にエンジンを 0, 5778, 3551, 2417 (r.p.m) で運転時のマイク#1, #2 で取得した音のパワースペクトルの時間変化を示す。マイク 1 とマイク 2 のパワースペクトルに相関があり、マイク 2 の取得音はエンジン音の影響を受けていることがわかる。図 2(3)に同条件で Eq. 3 に基づき補正を行った結果を示す。全時間にわたってスペクトルが概ね一定となっておりエンジン音の影響を低減ができていることがわかる。

4. まとめ

取得した音をリアルタイムに補正し、タイヤ音のパワースペクトルを得る手法を提案した。本手法によって、異なるエンジンの運転状態においても一定速度で走行中であれば一定のタイヤ音パワースペクトルを得ることができ、本手法の妥当性を確認した。

参考文献

[1] 花塚泰史ら: 日本雪工学会, September 2010.
 [2] 鎌倉友男ら: IEICE Fundamentals Review 9 (2015) 84.
 [3] 黒山喬允ら: 騒音・振動研究会資料, N-2016-53(2016).