

可聴音及び AE による路面状況の評価

日大生産工（院） ○舘野 直久

日大生産工 小幡 義彦 森 康彦

1. まえがき

自動車交通事故の中でも、スリップなどの路面に影響される事故がある。こういった事故は、車両制御により、未然に防ぐことが可能となる。近年、車両制御技術が進歩してきており、RGB、輝度値といった画像処理による路面状況認識やセンサーフュージョンによる路面摩擦係数推定など、様々な研究が行われてきている。しかし、未だ多くの自動車交通事故が発生しており、確立された技術とはなっていない。そこで本研究では、交通事故の減少を目的とし、簡易かつ低コストで実現できるシステムとして、模擬車両による路面とタイヤとのロードノイズを可聴音並びに AE による路面状況の評価が可能か検討を行った。

2. 実験方法

さまざまな路面状況で実験を行うため、実車両の代わりに小回りの利くラジコンを模擬車両とした。ラジコンは、タミヤ社製 TB-02D、全長 375mm、1/10 スケールのものを使用した。計測車輪はモーター音を考慮し前輪のタイヤにした。タイヤは、実際のタイヤに近付けるためゴム製のタミヤ社製 M2 ラジアルタイヤを使用した。マイクロフォンは、AZDEN 社製、単一指向性コンデンサーマイクロフォン「ECZ-990」を使用した。周波数特性は 15Hz～18000Hz である。記録媒体として、SONY 社製の「HDR-SR7」を使用し、サンプリングレートは 44100Hz とした。AE センサーは日本 PAC 社製の「PK61」を使用し、計測車輪の近辺のシャーシ部分に取り付けた。粘着剤は、信越工業社製の「信越シリコン HIVIC-G」を使用した。AE 計測には、日本 PAC 社製の「Pocket AE」を使用し、サンプリングレートは 1msec で記録した。実験車両を Fig.1 に示す。この実験車両

で各路面に対して一定速度走行したときのロードノイズを 30 回測定した。路面は乾燥路面、タイル路面、ビニール路面、砂利路面、壤土路面、湿潤路面の 6 種類とした。測定を行った各路面を Fig.2 に示す。可聴音計測では、実験により得られたロードノイズを PC により wav ファイルで取り込み「MATLAB」に読み込ませ FFT(高速フーリエ変換)をし、周波数成分をスペクトル表示することによりロードノイズの特徴周波数成分の抽出を行った。また、AE 計測で得たデータは「AEwin for PCI2 E2.10」において解析を行った。また、AE 計測でも同様に FFT をし、特徴周波数成分の比較を行った。



Fig.1 実験車両

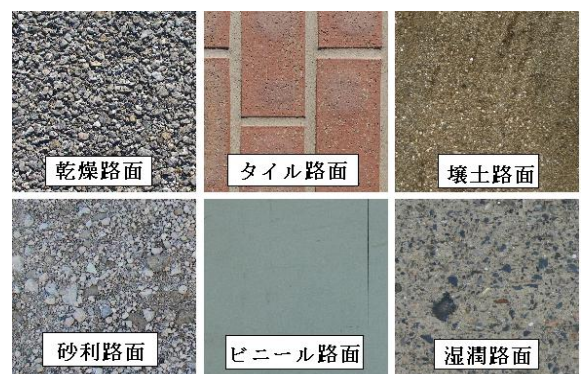


Fig.2 実験路面

3. 実験結果及び考察

3.1 可聴音域におけるロードノイズ計測の計測時間および速度の影響

まず、計測および評価に適した速度を検討した。本実験車両の各速度における結果を Fig.3 に示す。4km/h、10km/h、13km/h では、18km/h と比べ、より低周波数領域にパワースペクトルのピークが現れている。これは走行時に車両の構造音を拾ってしまっており、その構造音が波形に現れてしまっているのだと思われる。また、より実車両に近い速度で実験を行うことが望ましいことも考慮し、本実験では、今回用意した実験車両で最高速度である18km/hが最適な速度だと判断し、以下の実験を18km/hで行うこととした。

次に、計測時間について検討した。各計測時間による結果を Fig.4 に示す。まず、1sec ではその時間を計測した箇所によって路面状況が変化してしまう可能性があり、データにばらつきが見られた。そう考えると、計測時間はより長い方が好ましいと考えられるのだが、そうすると、今度は距離の問題が起きてしまう。今回は18km/hで走行しているため、計測時間によっては走行距離が長くなってしまい、実験のできる路面が限られてしまう。そのため、今回の実験では波形が安定しており即時性もある3secが妥当だと判断し、以下の実験を計測時間3secで行うこととした。

3.2 可聴音域における各路面のロードノイズ比較

乾燥路面、砂利路面、ビニール路面、タイル路面を一定速度走行した際の周波数解析結果、30回の平均を Fig.5 に示す。低周波数領域に特徴的な波形が現れていたため、各路面とも400Hzまでを比較対象とした。まず、パワースペクトルのピークを見てみると、どの路面においても、50Hz付近であり、大きな相違点は見られない。パワースペクトルのピーク付近の波形は各々異なっており、パワースペクトルが発生しや

すい周波数が、乾燥路面ではばらつきが少なく、タイル路面ではばらつきがあるなど、各路面に特徴が見られた。よって、周波数特性により各路面を判別することは可能であると考えられる。

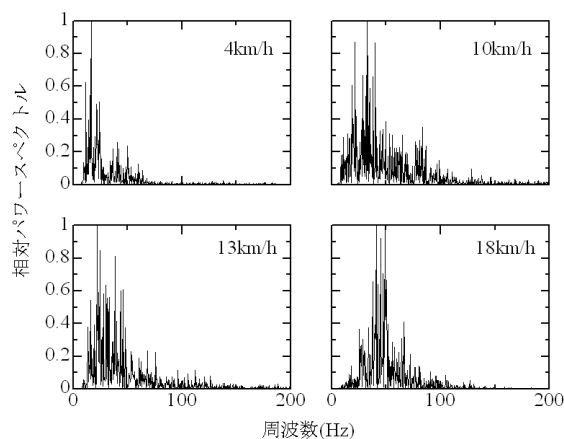


Fig.3 速度変化による周波数特性の比較

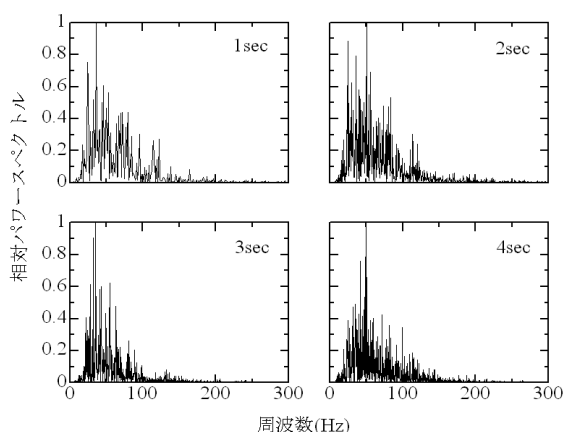


Fig.4 計測時間による周波数特性の比較

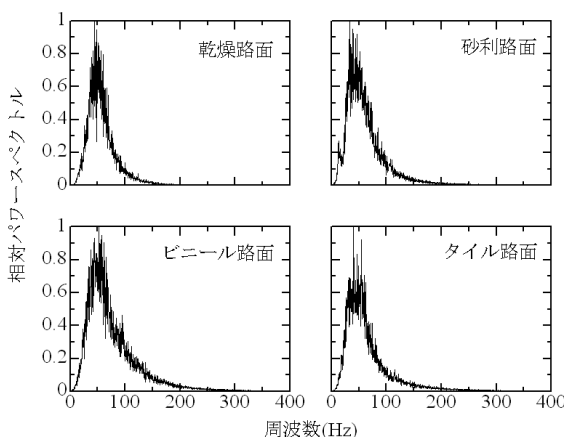


Fig.5 可聴音における各路面の周波数特

そこで、各路面に特徴の見られたパワースペクトルのピーク付近に注目してみる。そこで、各データからパワースペクトルの最大値を上位 3 個ずつ抜き出し、各路面の比較を行った。その結果を Fig.6 に示す。Fig.5 からわかったように、乾燥路面では大きなパワースペクトル発生しやすく、また周波数のばらつきの小ささがより顕著に見られた。他の路面は周波数のばらつきに相違は見られないものの、ビニール路面では小さなパワースペクトルが発生しやすいという特徴がある。しかし、砂利路面とタイル路面においては、はっきりとした相違点が見られなく、判別が困難となっている。よって、パワースペクトルの最大値の抽出による路面の比較は、乾燥路面とビニール路面のように大きく異なる路面の判別は可能なものの、的確な判別は困難であると考えられる。

次に、周波数特性の観点から各路面の比較を行った。今回は、各実験データから周波数特性の平均値を求め、各路面の比較を行った。その結果を Fig.7 に示す。タイル路面、砂利路面、乾燥路面の 3 つは、ビニール路面に比べ、各データにおける平均値のばらつきが小さくなっている。これは、ビニール路面は走行時の安定性が悪く、またビニール路面は外乱物の影響よりも、模擬車両の走行音や構造音に影響されやすい路面であることから、各データの平均値にばらつきが見られたのだと考えられる。またタイル路面は、乾燥路面と砂利路面の両者の性質を持った路面状況となっている。つまり、走行位置によって、路面状況が異なり、Fig.7 のように乾燥路面と砂利路面の間のような結果になったのではないかと考えられる。よって、周波数特性の平均値により各路面を的確に判別することは困難であるが、大まかには判別することは可能であると考えられる。

以上より、可聴音にて路面を大まかに判別することができ、様々な観点からの結果を複合させることで、よりの確な判別が可能になると考えられる。

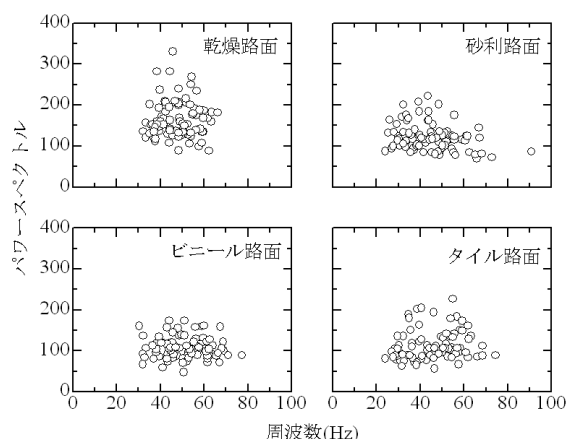


Fig.6 可聴音における周波数特性の最大

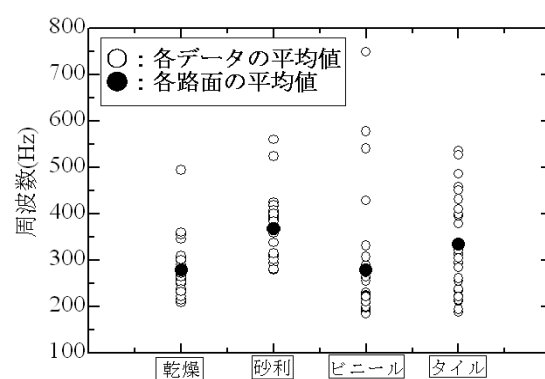


Fig.7 可聴音における周波数特性の平均

3.3 AE における各路面のロードノイズ比較

乾燥路面、ビニール路面、壤土路面、湿潤路面を走行した際の AE 解析結果を Fig.8 に示す。乾燥路面は、9sec 付近で一定速度になっている。そこからは AE 波形に大きな変化は見られない。ビニール路面は、5sec 付近で一定速度になっている。ビニール路面は、小石などの障害物がなく、ほぼ平坦な路面のため加速時から減速時に至るまで波形に大きな変化は見られず、均一かつ小さな AE が発生している。壤土路面は、5sec 付近で一定速度になっている。波形を見てみると、走行時には常に大きな AE が発生している。これは、砂や小石のような障害物の影響により、走行時には大きな AE を発生すると考えられる。湿潤路面では、5sec 付近で一定速度になっている。湿潤路面は、一定速度になる

と乾燥路面よりも多少大きな波形となっている。
これは、水の影響ではないかと考えられる。

次に、各路面の Fig.8 の波形の一定速度走行かつ連続した波形のデータを FFT した結果を Fig.9 に示す。各路面ともパワースペクトルの発生しやすい周波数領域は 25kHz と同様だが、その大きさに特徴が見られ、壊土路面に関しては、100kHz 付近にもパワースペクトルが見られた。これは、他の路面には見られないことから、小石や砂などの影響であると考えられ、やはり AE は外乱物に依存性が高いと考えられる。しかし、ビニール路面と湿潤路面に関しては、大きな相違点が見られなく、AE 波形を FFT することで各路面を的確に判別することは困難であると考えられる。

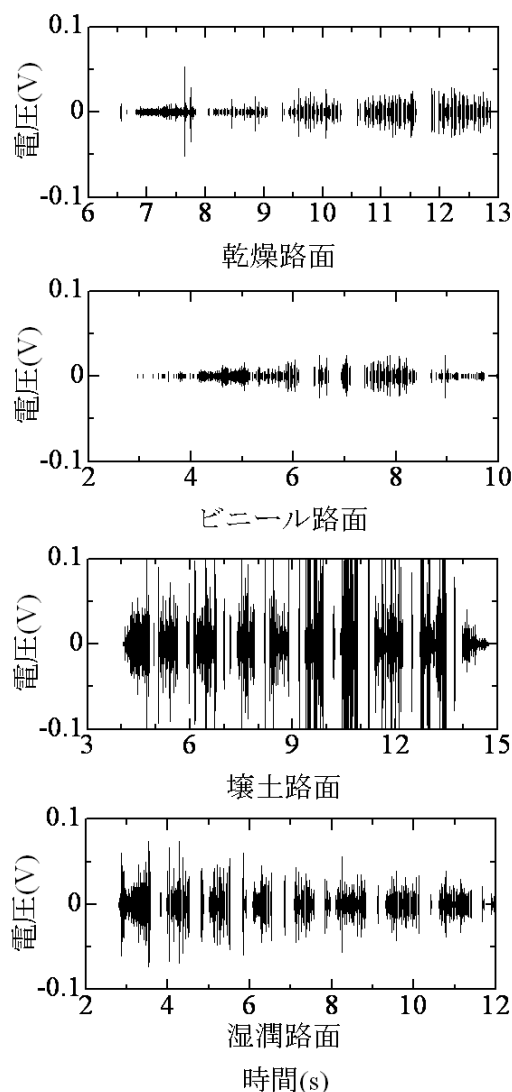


Fig.8 各路面の AE 特性

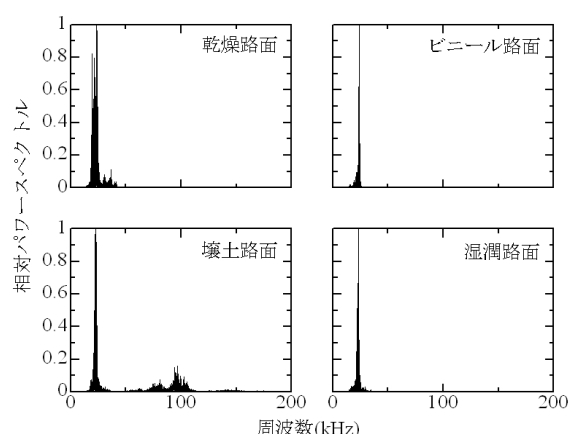


Fig.9 AEにおける各路面の周波数特性

以上のことより、AE は小石や砂、水などの外乱物に依存性が高いと考えられる。判別が困難な路面に関しても、FFT をすることで判別できる可能性があると考えられる。つまり、AE では生波形と周波数特性の両方の観点から見ることで、路面状況をより明確に判別できる可能性が高まると考えられる。

4. 結言

模擬車両による路面とタイヤとのロードノイズを可聴音並びに AE によって路面状況の評価をした結果、以下のことがわかった。

1. ロードノイズを計測する上で、本実験車両では、速度は 18km/h、計測時間は 3sec が適している。
2. 可聴音においては、各路面を的確に判別することは困難ではあるが大まかに判別することは可能であると考えられる。
3. AE は小石や砂、水などの外乱物に依存性が高いと考えられる。
4. AE 波形を FFT することで、各路面をより顕著に判別できる可能性がある。
5. 可聴音、AE とともに、周波数解析では単独の結果のみではなく、様々な観点からの考察を複合させることで、よりの確な路面の評価が可能だと思われる。
6. 今後は、同条件で、本来の目的である凍結路面でも実験を行う必要がある。