

ばね振動子の軌跡を利用した路面プロファイルの生成手法の検討 (第2報)

鹿島道路 技術研究所 正 ○ 金井 利浩
 同 上 正 富澤 健
 中央大学 理工学部 フェロー 姫野 賢治

1. はじめに

路面凹凸が車両等における乗り心地に直接影響を及ぼすことは周知のとおりである。また、路面のラフネスによって喚起される大型車両などの衝撃荷重が舗装ダメージを助長することも看過できない。このように、路面凹凸は、道路舗装の現在ならびに将来的な供用性評価にとって重要な情報となっている。しかしながら、路面の絶対高さを簡便かつ精度よく測定する方法は十分に普及しているとはいいがたいのが現状である。そこで、著者らは、ばね振動子の動きを取り入れた路面凹凸の自動生成プログラムを開発し、温度と粘性抵抗の水準をいくつか変化させた検討を行っている¹⁾。今回は、ばね定数も新たに変数に加え、変数の大量の組合せパターンで路面プロファイルを生成させた。その結果から、代表的な *IRI* が得られる変数の組合せを抽出し、変数の組合せによる *IRI* の変化や路面プロファイルの質的な違いについて調べたので、以下に報告する。

2. ブラウン運動するばね振動子の軌跡

ばねの先についた振動子はニュートンの運動方程式にしたがって単振動するが、振動子に粘性抵抗や衝突力が作用するとブラウン運動をする。その動きは、ランジュバン方程式の成分を導入して式(1)のように書ける。

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -Kx - \zeta \frac{dx}{dt} + F(t) \quad \cdots (1)$$

ここに、 x : 振動子の変位、 t : 時間、 m : 振動子の質量、 K : ばね定数、 ζ : 粘性抵抗、 $F(t)$: 衝突力である。右辺に注目すると、第1項はばねから振動子に働く力であり、第2項は粘性抵抗による速度の減衰項、第3項は振動子に作用する衝突によるゆらぎを表している。衝突力 $F(t)$ のランダム性は、ゆらぎを表す乱数と熱運動の大きさを左右する温度により決まる。なお、振動子の変位の近似解はルンゲクッタ法によった。

3. *IRI* の計算手順

今回の検討では、表-1 に示すように温度、粘性抵抗ならびにばね定数を変化させて振動子の変位を計算した。なお、振動子の質量は一定とした。前報と同様、計算は 0.01 秒間隔で 1100 ステップ行い、安定状態に落ち着く 101~1100 回の変位を抽出した。抽出した変位を 250mm 間隔の路面高さ (単位: mm)

表-1 計算条件

変数名	水準	水準数
温度	0~3000 (10間隔)	301
粘性抵抗	1~10 (1間隔)	10
ばね定数	50, 75, 100	3

として延長 250m の路面プロファイルを生成した。以上の処理を同一条件下で繰り返し 3 回実施し、各プロファイルの *IRI* を計算プログラム RoadRuf²⁾により求めた($n=27,090$)。

4. *IRI* の計算結果と考察

IRI の計算結果を、ばね定数の水準別に温度と粘性抵抗との関係で整理したものを図-1 に示す。この図を見ると、いずれのばね定数においても温度が高いほど、また粘性抵抗が小さいほど、*IRI* の値とバラツキが大きくなっている。なお、ばね定数についてみると、それが大きくなるにつれ *IRI* の当該傾向がより顕著になっている。これらのことを詳細にみるために、*IRI* が切り目のよい整数値となる温度と粘性抵抗の組合せを抽出しプロットしたグラフを図-2 に示す。この図より、ばね定数が 50 の場合には *IRI* の最大値は 3 mm/m であるが、ばね定数が 75, 100 と大きくなるにしたがい、それぞれ 4 および 5 mm/m と順次増加していることがわかる。なお、いずれのばね定数においても、*IRI* が等しくなる温度と粘性係数の組合せ (図-2 の回帰線) は右肩上が

キーワード 路面プロファイル, ブラウン運動, *IRI*, 平坦性, RoadRuf

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 042-483-0541 FAX 042-487-8796

りとなっていることから、温度が高ければ粘度抵抗も大きく設定する必要がある。

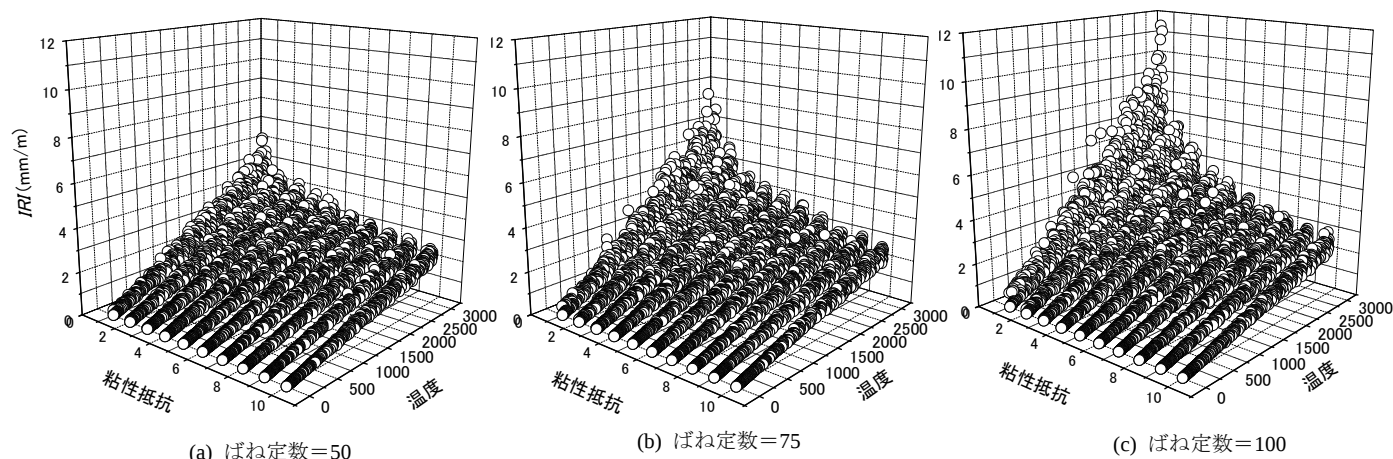


図-1 IRI の計算結果

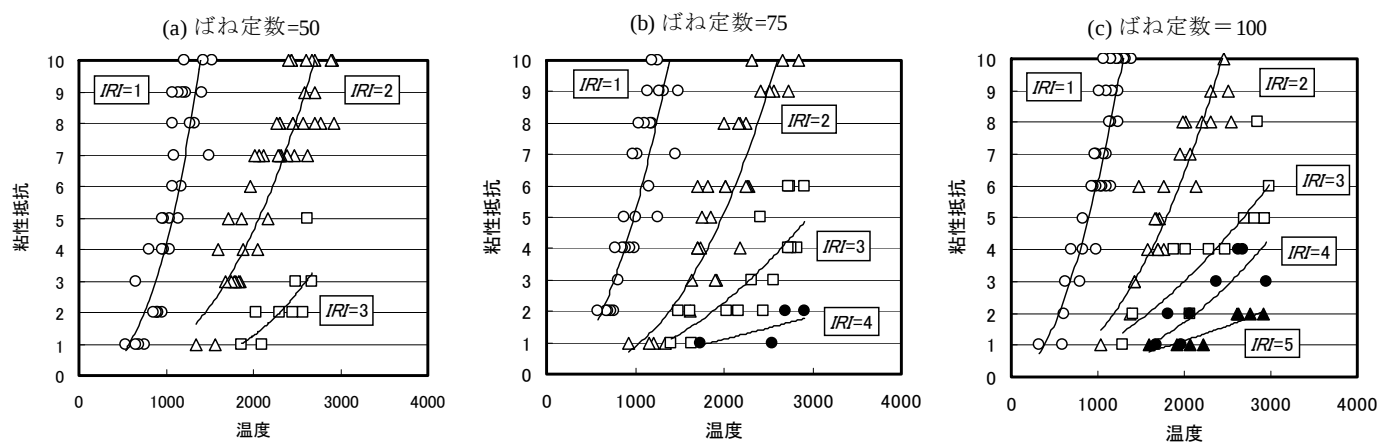


図-2 IRI が整数値となる温度と粘性係数の組合せ (IRI の単位:mm/m)

5. 路面プロファイルの質的検討

図-2 よりばね定数毎に、粘性抵抗が 1, 5, 9 のときに IRI が 2 mm/m となる点の中から回帰線に最も近い点を選定しプロファイルと比較した。一例としてばね定数が 75 のときの 3 本の路面プロファイルを図-3 に示すが、粘性抵抗が増加するにしたがい波の凹凸が増えているように見える。そこで、波の勾配変化点の数を調べてみた結果、粘性抵抗 1, 5, 9 の順に、40, 55, 82 と漸増していることがわかった。このことは、他のばね定数についても同様であり、IRI は同じでも変数の設定により質的に異なるプロファイルを生成できることを示唆していると言えよう。

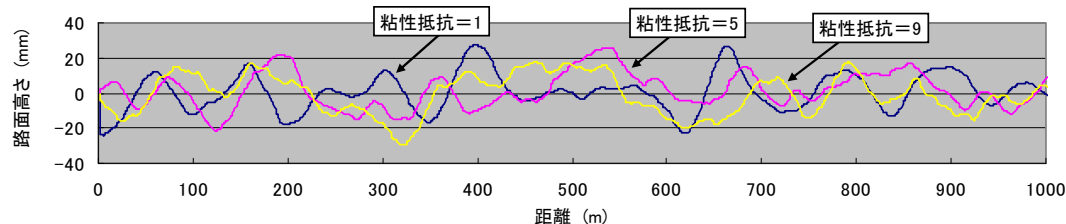


図-3 路面プロファイルの比較 (ばね定数 75, IRI=2 mm/m)

6. おわりに

本プログラムによる大量の生成プロファイルに基づき、所要の IRI となるプロファイルを広範囲の候補の中から選択できるようになった。また、変数の設定次第で路面プロファイルを質的に変えられることから、現場データとの比較を通じて実際の路面形状に近いプロファイルの生成も可能であると考えられる。今後も引き続き、本プログラムで生成したプロファイルを各種シミュレーションに有効活用していく所存である。

【参考文献】

- 1)金井利浩, 佐藤聡明, 姫野賢治: ブラウン運動するばね振動子の軌跡を利用した路面プロファイルの生成手法の開発, 第 63 回土木学会年次学術講演会, V-125, CD-ROM, 2008, 2)土木学会: 路面のプロファイリング入門, 舗装工学ライブラリ 1, 2003.1