

自歩道交差点部の断面構造を考慮した自転車走行の快適性分析

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○大崎 拓哉

名古屋工業大学大学院 正会員 藤田 素弘

中央コンサルタンツ株式会社 非会員 前田 翔哉

1. はじめに

近年において自転車は、健康志向や環境保護意識等の高まり、あるいは高齢化社会における重要な交通手段として社会的需要が高まっている。しかし、自転車は歩行者、自動車とも曖昧な位置づけになっており、ここ 10 年間の自転車事故は増加傾向にある。

そこで本研究は、先行研究で行われた走行実験および交差点部の断面形状測定データのデータをもとにして、縁石付近で発生する振動と交差点部の断面形状との関係性を調べる。その後、モデルをもとに逆算することで、自転車利用に適した交差点の断面形状について検討する。

2. 先行研究における走行実験と断面測定

縁石付近で発生する振動と快適性評価の関係性を調べるために走行実験を行った。走行実験の概要と取得データの詳細を表 - 1 に示す。

走行実験の結果をもとにして、ZY 合成軸方向の散布図を図 - 1 に示す。ZY 軸の算出式を式 (1) に示す。以上より、快適性評価値の閾値である 3 (普通) を下回るような段差では ZY 軸方向の振動レベルが 164dB 以上であることが考えられ、振動レベルを 164dB 以下にすることで快適な段差を導くことができると考えられる。

その後、ZY 軸振動レベルに影響を与える断面形状を特定するために断面形状の測定を行った。断面形状の測定箇所を図 - 2 に示す。

本研究では実験コースにおける交差点部を 2 種類に分ける。一つは縁石部分の段差が小さく斜面上に衝突することで振動する段差 (斜面衝突)、そして縁石部分の盛り上がりによって衝突することで振動する段差 (突起物衝突) である。なお今回は、自転車道を含む斜面衝突の段差を

対象に断面形状と振動レベルの関係性を分析していく。

表 - 1 実験概要と取得データの一覧

実験概要	
実施日	2012年 12月
実験地区	名古屋市鶴舞地区 ※自転車通行環境整備モデル地区
対象人数	20代の男女計16名
自転車	シティサイクル (26inch) タイヤの空気圧3bar
信号機等による停止	同様の速度で進行できるまでの距離をとって待機
取得データ	
速度 (Contour GPS)	低速走行・普通走行・高速走行 ※速度指定なし
快適性評価値 (Arduino利用)	1: 不快 2: やや不快 3: 普通 4: やや快適 5: 快適 ※段差の直後に押しボタンで評価 ※訂正可能
振動レベル (MVP-SD)	三軸加速度計に記録した加速度波形をFFT、人体補正することで表現 X軸(左右方向)・Y軸(進行方向)・Z軸(鉛直方向)

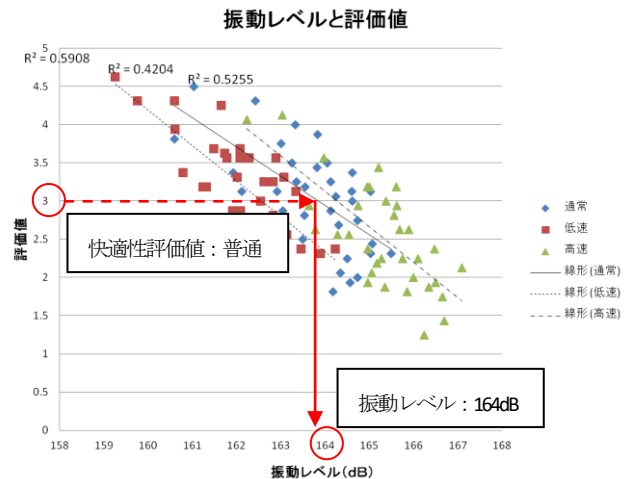


図 - 1 ZY 軸方向の振動レベルと快適性評価値

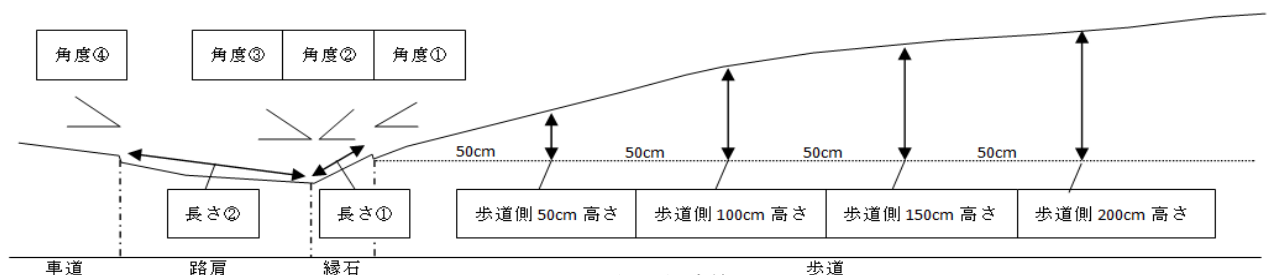


図 - 2 断面形状の測定箇所

$$L_{zy}(ZY \text{ 合成軸}) = \sqrt{L_z^2 + L_y^2} \quad \cdots \text{式 (1)}$$

L_z : Z 軸(鉛直方向)振動レベル(dB)
 L_y : Y 軸(進行方向)振動レベル(dB)

3. 振動レベルと断面形状の関係

本研究では、断面形状の測定で得られた交差点の断面情報からより具体的な交差点部の構造を把握するために、測定値を合成することで現実的な断面形状を表現する。縁石角度とは、歩道から縁石にかけて境界部分の角度を示している。また衝突エネルギーとは、歩道側 50cm 地点の高さより加速度を求め、衝突時の水平方向の加速度を算出することで表現している。そして、衝突判定とは歩道側 150cm 地点の高さからの角度と、衝突側（路肩）角度が車輪の角度よりも大きいかを表現している。分析で用いた合成変数の算出式を表 - 2 に、合成変数のなかで最も精度の高かった衝突エネルギーを構成する「歩道側 50cm 高さ」と振動レベルの散布図を図 - 3 に示す。

表 - 3 に合成変数を用いて分析を行った交差点前（歩道－交差点）のモデルを示す。全体の結果から見ると、 R^2 値は 0.44 となった。次に、有意になったパラメータを見ると、「走行速度」「縁石角度」「衝突エネルギー」「衝突判定」が大きいことで振動レベルの上昇に影響を与えていると考えられる。以上のことから、速度の速い状態で走行している自転車が、角度のある縁石を走行することでさらに加速し、その後加速度が上昇した状態で、角度のある境界部（縁石－路肩）に衝突することで振動レベルが上昇すると予想される。

5. 断面構造の逆算

合成変数を用いて作成した交差点前（歩道－交差点）の ZY 軸方向振動レベルのモデルをもとにして、交差点部の振動レベルを減少させる構造を推定する。

表 - 4 に示す重回帰モデルおよび変数の設定と、表 - 2 に示す合成変数の作成式より、各変数の値を逆算する。逆算の手順としては、逆算する変数以外の値を表 - 4 に示す平均値で固定する。その後、逆算する変数の値を変動させ、振動レベルの閾値となる境界条件を求める。

逆算の結果、図 - 2 と照らし合わせて見ると「角度①」と「角度②」が 3.9 度以下、「角度③」が 4.7 度以下となり、縁石と歩道の境界部から 50cm 離れた「歩道側 50cm 高さ」が 3.7 cm 以下、同様に「歩道側 150cm 高さ」

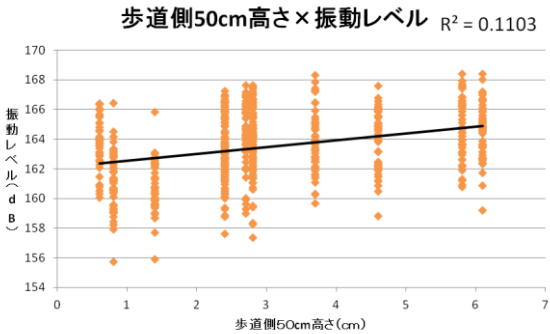


図 - 3 ZY 軸方向の振動レベルと歩道側 50cm 高さ

表 - 2 合成変数の算出式

変数	算出式
縁石角度	歩道から縁石にかけての角度変化 180-角度①+角度②
衝突エネルギー	運動エネルギーの変化による衝突に伴うエネルギー量 →歩道側50cm高さによる加速度aの水平成分 $a=(\sqrt{(v_1+2gh)}-v_1)/2L$ $\theta_1=\tan^{-1}(h/L)$ v_1 : 基準速度(=4.617m/s) h_1 : 歩道側50cm高さ L_1 : 50cm
衝突判定	車輪の角度を考慮した衝突判定 →車輪の角度と衝突する斜面を比較 角度③+ $\tan^{-1}(h/L)$ >車輪角度(7度) =1となるif関数 h_2 : 歩道側150cm高さ L_2 : 150cm

表 - 3 断面形状を考慮した交差点前の重回帰分析

目的変数	ZY軸方向振動レベル	
説明変数	パラメータ	t値
走行速度	1.10269	13.23
縁石角度	0.3736	11.99
衝突エネルギー	4565.507	16.04
衝突判定	0.332	1.93
R^2 値	0.44	
N	576	

表 - 4 断面形状の逆算を行うための条件

重回帰モデル	ZY軸振動レベル=4564.51(衝突エネルギー)+1.10(走行速度)+0.37(縁石角度)+0.33(衝突判定)
変数の設定	ZY軸振動レベル=164(快適性評価値の閾値) 歩道側150cm高さ=7.75cm(平均値) 歩道側50cm高さ=3.01cm(平均値) 角度①=3.92度(平均値) 角度②=6.34度(平均値) 角度③=3.04度(平均値)
逆算条件	角度①は縁石角度が180度となる状態(=角度②) →角度変化による加速がない理想状態

が 13.8 cm 以下の時に振動レベルは 164dB を下回り、快適性評価値が平均レベルになると考えられる。

6. おわりに

本研究では、先行研究で行われた走行実験と断面形状の測定値を用いて、交差点部の断面形状を逆算するためのモデルを作成した。快適性評価値が平均レベルとなるような交差点部の ZY 軸方向の振動レベルと断面形状との関係性を調べた。最後に、分析で作成したモデルをもとにして、断面形状の逆算を行った。

今後の課題としては、逆算した数値の信頼性を高めるためにデータ数を増やして、モデルの精度を高める必要がある。