

大阪市立大学工学部

学生員 ○野竹 壮一郎

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 吉田 長裕

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員 日野 泰雄

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 内田 敬

関西医科大学医学部

非会員 木村 穰

1. 研究の背景・目的

わが国の都市部では、軽車両である自転車の歩道走行が常態化している。歩道は歩行者優先のため、自転車は低速で走行しなければならない。また、現状の自転車利用は、大部分が5km圏内であるが、1km以内の移動が約7割にも及び、移動距離の短い端末交通手段としての利用が多くなっている¹⁾。諸外国では、自転車利用が健康に効果のある研究事例が報告されているが、我が国の自転車利用では健康に効果があるとは考えにくい。

しかしながら近年、自転車走行空間整備が進められており、自転車の走行場所が現在の対面通行の歩道走行から、一方通行の車道走行も可能になり、自転車の高速走行が期待できる。また、これらのネットワーク整備により、通勤通学者の交通手段が自動車から自転車へ、端末交通手段から代表交通手段としての利用に転換することで、長時間の高速走行により健康便益を得られる可能性がある。そこで、本研究では、低速での歩道走行から高速での車道走行に変わることによる健康便益への影響を実走行実験により、分析することを目的とする。

2. 研究方法

以下の手順で行う。①低速での歩道走行時と高速での車道走行時の消費エネルギーを比較する。②走行空間ごとに心拍数増加の影響要因を分析する。

2.1 研究のフロー

実験室で被験者ごとの心拍数と消費エネルギーの関係を表す回帰式を用いて、実際に走行したときの心拍数から、消費エネルギーを推定する。図1に研究のフローを示す。

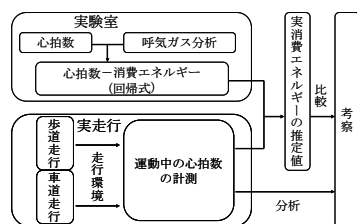


図1 研究のフロー

2.2 消費エネルギーの推定方法²⁾

エネルギー消費量の測定は、間接熱量測定法を用いる。これは、呼気ガス分析を行い、酸素消費量と炭酸ガス産出量を求め、間接的にエネルギー消費量を算出する方法である。その他の方法として、呼気ガス分析機を実際の走行中に行うことも考えられるが、被験者への負担が大きく、消費量の測定誤差も大きくなる傾向があるため、間接法を用いることとした。

上記の測定は、実験室で行い、交通場面では心拍数のみを測定する。そして、実測の心拍数と、実験室で得られた心拍数と消費エネルギーの関係を表す回帰式から消費エネルギーを推定することとした。

3. 実験室での測定と回帰式の結果

関西医科大学附属枚方病院・健康科学センターで心肺運動負荷試験(CPX)に基づいて、被験者に徐々に負荷のかかる自転車エルゴメーターを限界までこいでもらい、経過ごとの心拍数と呼気ガスを分析した。被験者は8人の男子大学生である。代表として、被験者 A,F の心拍数と消費エネルギーの関係を表す回帰式を図2に示す。METS数とは運動時代謝量が安静時代謝量の何倍であるかを表し、消費エネルギー(kcal)はMETS数に体重(kg)、運動時間(h)、係数1.05をかけて求まる。回帰式は心臓が停止した際に身体エネルギー消費が0となるように3次式を用いたが、運動中は1次式がよく当てはまる³⁾。そこで、3次式と1次式の交点を境にして、安静時から低強度までの運動を3次式で、低強度以降の運動は1次式で表すこととした。

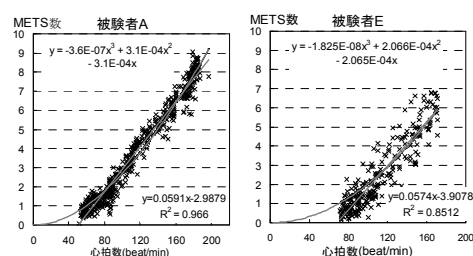


図2 心拍数と消費エネルギーの関係を表す回帰式

4. 実走行実験

走行空間の異なる3つのルートを24インチのギアなし自転車で行き、同時に心拍数や速度等を計測した。速度は歩道：10～12km/h、車道：15～17km/hを目安に走行してもらった。走行ルートの情報を表2に示す。

表2 走行ルートの走行場所と特徴

	走行帯	特徴
ルート1	歩道と車道	坂・信号なし
ルート2	自転車道	坂が多い、信号間隔広い
ルート3	歩道と車道	信号多い、信号間隔狭い

5. 実験結果の比較・分析

5.1 消費エネルギーによる走行場所の比較

代表として被験者Aの結果を図3に示す。走行空間の違いによって、単位時間当たりの消費エネルギーは異なることがわかる。すべての被験者でルート1,3において歩道走行時よりも車道走行時の方が単位時間当たりの消費エネルギーは大きくなった。しかし、被験者によって増加率は大きく異なっていた。ルート1,3の車道走行とルート2の単位時間当たりの消費エネルギーの大小は、被験者ごとの信号停止時間・回数の影響で異なっていた。

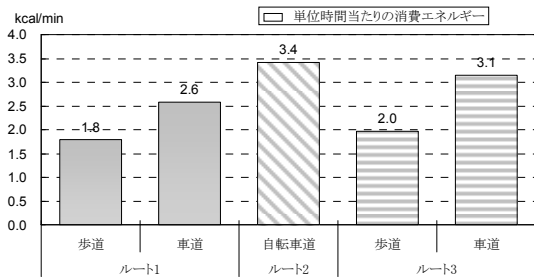


図3 被験者Aの消費エネルギーの比較

5.2 心拍数の変動要因の分析

心拍数の変動が消費エネルギーを増減させているので心拍数の変動要因を調べた。解析手法として、目的変数に心拍数、説明変数に影響要因として、被験者ごとの走行時の5秒ごとのデータを、走行ルートごとに重回帰分析した。説明変数の経過時間とは、走行時間の長さによる疲労の影響を表す。また、信号停止による影響は速度変化であるので速度に含まれていると考える。ここでは、被験者Aの結果を表3に示す。

(1) ルート毎の重相関係数

重相関係数はルートごとに大きく異なる。心拍数は安静時や一定の運動中でも変動するという特性がある。速度変

化、坂、及び信号がないルート1では、走行状態や走行空間が心拍数に与える変動が小さくなり、心拍数の特性による変動の影響が大きくなり、重相関係数は低くなった。また、ルート3のように信号が多いと停止時間が長くなり、安静状態が続くことでルート1と同様の状態になることや、信号停止時の回復の仕方がそのときどきで異なるために、重相関係数は低くなった。

(2) 係数の評価

標準偏回帰係数の符号がすべて正であることから、心拍数は、速度、経過時間、勾配に比例して増加することがわかる(表-3)。また、ルート2やルート3のように勾配があるルートでは、係数のt値が最も大きく、心拍数の増加は勾配に大きく影響されることがわかった。

表3 ルート(車道・自転車道)ごとの分析結果

	ルート1		ルート2		ルート3	
変数名	標準偏回帰係数	t値	標準偏回帰係数	t値	標準偏回帰係数	t値
速度(km/h)	0.27	4.364 **	0.24	9.304 **	0.28	6.251 **
経過時間(s)	0.29	4.618 **	0.18	6.492 **	0.35	7.466 **
勾配(%)			0.76	27.212 **	0.42	8.854 **
定数項	72.81	21.587 **	81.79	52.424 **	85.06	55.034 **
サンプル数	228		270		272	
重相関係数	0.3766		0.9071		0.6927	

6. 研究のまとめと今後の課題

自転車走行時の心拍数は、速度に比例して増加する。また、一般的に速度上昇によって運動強度が大きくなれば、疲労の影響は大きくなる。したがって、走行空間によらず、低速での歩道走行よりも高速での車道走行の方が、心拍数は増加し、単位時間あたりの消費エネルギーも増加し、効率的にエネルギーを消費することができるとわかった。しかし、重相関係数が低いルートもあり、影響度を正確に表せていない部分があるため、今後、心拍数の変動を表す分析方法を検討し、信号停止時の心拍数の回復のメカニズムについても詳細に分析する必要がある。

<参考文献>

1)第82回交通工学講習会「自転車～ひとつの交通モードとして～」
2)本多竜・塚口博司・里見潤「身体エネルギー消費量を考慮した歩行行動評価に関する一考察」土木計画学研究・講演集 Vol.32 (2005)
3)橋本勲・山川喜久江・小林修平・長嶺晋吉「心拍数による1日のエネルギー消費量の測定に関する研究」日本栄養改善学会講演集 Vol.30 1983