

# バーチャルサイクリングにおけるコース風景による運動促進効果 Promoting Physical Activity by Course Scenery in Virtual Cycling

近藤 拓弥<sup>1\*</sup> 北村 泰彦<sup>2</sup>  
Takuya Kondo<sup>1</sup> Yasuhiko Kitamura<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 関西学院大学大学院 理工学研究科 情報科学専攻

<sup>1</sup> Department of Informatics, Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

<sup>2</sup> 関西学院大学 理工学部 情報科学科

<sup>2</sup> Department of Informatics, School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

**Abstract:** 運動促進を目的として、仮想環境と固定式自転車を組み合わせたバーチャルサイクリングシステムが開発されている。Street View を用いたバーチャルサイクリングシステムは、自転車のペダリング速度に合わせて Google Street View が変化し、世界中のコースを仮想的にサイクリングすることが可能である。本研究では、どのようなコース風景が運動促進効果を高めるのかを明らかにすることを目的とする。評価実験を行った結果、走行する道が明確なコース風景は運動強度を、風景の変化が大きいコース風景は運動の継続性を高めることが明らかとなった。

## 1 はじめに

近年、運動不足による体重超過や肥満が深刻な社会問題となっており、健康に対する意識が高まっている [12]。そのような中、自転車産業振興協会による過去 10 年間の自転車小売 1 店舗あたりの新車合計販売台数のデータによると、新車販売台数に対するスポーツ車の割合が高くなっていることが示されており、運動としてサイクリングを行う人が増加傾向にある [8]。サイクリングは、屋外で行うため景色を見たり、風を感じたりすることができるという面白みがあることや、自分のペースに合わせて運動強度を調節できる運動である。しかし、悪天候の際、屋外でサイクリングを楽しむことができないという問題点がある。そこで、サイクリングを室内で行う自転車運動装置としてエアロバイクがあるが、これは単にその場でペダルを漕ぐだけのため、屋外でのサイクリングと比べると面白みに欠け、より強く、また長く運動させる運動促進効果が得にくい。

より高い運動促進効果を得るため、仮想環境において自転車運動を行うバーチャルサイクリングシステムがこれまでに開発されてきた [5, 6]。自転車運動を行うシステムの一つである Street View 画像を用いたバーチャルサイクリングでは、運動促進効果を高めることが明らかされた [4, 11]。本システムでは、ペダルを漕ぐことに合わせて Google Maps の Street View 画像が

遷移し、風景の流れを再現することで、屋外でサイクリングをしているような面白みを感じさせることにより、運動促進につながっている。また、Street View 画像を利用していることにより、世界中どこでも走行可能である。そのため、ユーザにとって運動に適したコース風景を提示することで、さらなる運動促進効果を得ることができると考えられる。本研究では、Street View 画像を用いたバーチャルサイクリングにおいて、どのようなコース風景が運動促進効果を高めるのかを明らかにする。

本論文の構成は以下のとおりである。2 節でこれまで開発されてきたバーチャルサイクリングシステムについて述べる。次に、3 節で評価実験を通して、バーチャルサイクリングのコース風景と運動促進効果について述べる。最後に、4 節では、バーチャルサイクリングと HAI の関連について述べ、5 節でまとめと今後の課題を述べる。

## 2 バーチャルサイクリング

### 2.1 運動促進とサイクリング

サイクリングは、屋外で行うため、景色を見たり風を感じることができるという面白みがあり、自分のペースに合わせて運動強度を調節できる運動である。しかし、悪天候の際、屋外でサイクリングを楽しむことができないという問題点がある。そこで、サイクリング

\*連絡先： 関西学院大学大学院 理工学研究科 情報科学専攻  
兵庫県三田市学園 2-1  
E-mail: takuya-kondo@kwansai.ac.jp

を室内で行う運動装置として、エアロバイクやローラ台に設置した自転車などがある。これらは、主に有酸素運動を目的として利用されている自転車型の運動器具であり、負荷の大小を調節できる機能を備えているため、運動強度を調整しやすいという強みがある。しかし、単にその場でペダルを漕ぐだけのため面白みに欠け、運動促進効果を得にくい。より高い運動促進効果を得るため、仮想環境において自転車運動を行うバーチャルサイクリングシステムが考案・開発されてきた。

## 2.2 バーチャルサイクリングシステム

バーチャルサイクリングシステムとは、より高い運動促進効果を得るため、仮想環境において自転車運動を行うシステムの総称である。これまでに、自転車を漕ぐ速度に合わせて予め作成しておいた3DCG映像を流して見せるシステム [6] や、自転車を漕ぐ速度に合わせて地図上に置かれたマーカーを移動させる機能を有するアプリケーション [2] などが開発されてきた。IJsselsteijnらは、仮想環境が自転車運動のモチベーションに与える影響について調査するため、エアロバイクを用いたバーチャルサイクリングシステムを開発した [5]。このシステムは、エアロバイクの前にモニタを設置し、予め撮影・録音しておいた映像と音響を、自転車を漕ぐ速度に合わせて流し、屋外でのサイクリングに近い仮想環境を再現したシステムである。自転車運動を室内で行うにあたり、実際に屋外で走行することに近い仮想環境を提供することが、モチベーションを高めると考え、評価実験とアンケートによる分析を行った。結果、没頭度の高い仮想環境、つまり映像などを用いてより現実に近い環境を再現し、提供することで、モチベーションが高まり、エアロバイクのペダルを漕ぐ速度が上昇するということが明らかとなった。

## 2.3 Street View 画像を用いたバーチャルサイクリング

図1で示す Street View 画像を用いたバーチャルサイクリングは、ペダルを漕ぐことに合わせて Google Maps の Street View 画像を遷移させる。現実的な風景の流れを再現することで、屋外でサイクリングをしているような面白みを感じさせ、より高い運動促進効果を得ることを目的に開発されたシステムである。従来のサイクリングシステムとは異なり、Google Maps の Street View 画像を利用しているため、世界中の好きな場所を走行することができる。

廣瀬 [4]、中山 [11] は、評価実験とアンケートによるシステムの評価を行った。評価実験では、Street View 画像が運動促進に与える影響を調査した。IJsselsteijn



図 1: Street View 画像を用いたバーチャルサイクリング

らの研究 [5] を参考に、運動強度に関係している平均速度を評価基準とした。実験方法は、実験参加者 24 名全員に、まずスクリーンに何も映さない状態で 5 分間自転車を漕いでもらい、平均速度の変化量を求めるための基準となる平均速度を記録した。十分休憩をとった後、各 8 人の実験参加者を 3 つのグループに分け、1 つ目のグループはスクリーンに何も映さない状態で漕ぐ、2 つ目のグループは Google Map 上の走行位置を示すマーカーを見ながら漕ぐ、3 つ目のグループは Street View 画像による風景を見ながら漕ぐ、という 3 つの方法で、再度 5 分間自転車を漕いでもらい、それぞれの速度を記録した。そして、1 回目と 2 回目の平均速度の変化量を 3 つの方法ごとに算出し、それぞれ比較した。実験の結果、Street View 画像を用いた方法の平均速度の変化量が、ほかの 2 つの方法の平均速度の変化量に比べ大きかった。t 検定を行った結果、スクリーンに何も映さない状態で自転車を漕ぐ方法と Street View 画像を用いた方法の平均速度の変化量の間、5%水準で有意差が認められた ( $t(13) = 3.02; p = 0.013$ )。つまり、Street View 画像による風景を見ながら走行する方法が何も映さない方法よりも、運動強度を高めており、運動促進に効果的であることが明らかとなった。また、Street View 画像の方法におけるアンケートにおいても、「楽しかった」、「また乗ってみたい」などポジティブな回答が得られ、Street View 画像の有用性が裏づけられた。

### 2.3.1 コース風景と運動促進効果

本研究では、世界中どこでも走行可能であるという Street View 画像を用いたバーチャルサイクリングの特徴に着目し、ユーザにとって運動に適したコース風

景を提示することで、さらなる運動促進効果を得ることができると考えた。そこで、走行する道が明確であれば、進行方向が認識しやすくなり、自転車を漕ぐことに集中すると考えた。また、風景の変化が大きければ、風景が移り変わりに飽きることなく、もっと走行してみたいと感じると考えた。以上より、「走行する道が明確な」コース風景は運動強度を高め、「風景の変化が大きい」コース風景は運動の継続性を大きくするという仮説を立てた。

## 3 評価実験

### 3.1 目的と方法

コース風景の違いによって、運動促進効果に差が生じるのかを明らかにすることを評価の目的とする。表1に示すように、仮説に準じて「走行する道が明確かどうか」、「風景の移り変わりが大きいかどうか」を組み合わせた計4種類のコース風景を用意し、評価実験を行った。実験参加者10名に、各コース風景を3分間ずつ走行してもらい、走行速度を測定する。コース風景は順序効果が出ないように提示した。各コース風景走行後、内発的動機づけに関するアンケートであるIMI (Intrinsic Motivation Inventory) [1]を実施し、アンケートへの回答と同時に、十分な休憩をとってもらった。そして、全コース風景走行後、街路空間の形容詞語対 [9, 10] を利用した風景に関するアンケートとシステムに関するアンケートを実施した。アンケートはすべて、「1. 全くそう思わない」、「2. そう思わない」、「3. あまりそう思わない」、「4. どちらともいえない」、「5. 少しそう思う」、「6. そう思う」、「7. 非常にそう思う」の7段階 (1pt~7pt) で回答する。

### 3.2 運動促進効果の評価

運動促進効果の評価における定量的指標は「運動強度」と「運動の継続性」であり、定性的指標は内発的動機づけの測定を行うIMIである。本研究における評価では、運動強度として走行速度を測定し、運動の継続性として「もっと長い時間走行したい」、「また走行してみたい」かを尋ねるアンケートを実施した。加えて、内発的動機づけを測定する。内発的動機づけを測定は、IMIの7領域の内、本研究の調査対象ではない2領域 (Perceived Choice, Relatedness) を除いた5領域 (Interest / Enjoyment, Perceived Competence, Value / Usefulness, Pressure / Tension, Effort / Importance) を実施する。使用したアンケート項目を表2に示す。

## 3.3 結果と考察

### 3.3.1 運動強度

走行速度の測定結果を表3に示す。走行速度に対して分散分析を行ったところ、走行する道が明確なコース風景 (アトランティックロード, シルバーストーン) ほど、運動促進効果における運動強度を高める傾向があると明らかとなった。実験参加者が走行する道をどのように認識しているかを確認するために、風景に関するアンケート結果に対して分散分析を行ったところ、アトランティックロード, シルバーストーンの方がタイムズスクエア, ドバイの砂漠よりも走行する道が明確であると認識していた ( $p < 0.05$ )。

### 3.3.2 運動継続性

運動の継続性に関するアンケート結果を表4示す。運動の継続性に関するアンケート結果に対して分散分析を行ったところ、風景の変化が大きいコース風景 (アトランティックロード, タイムズスクエア) ほど、運動促進効果における運動の継続性を大きくすることが明らかとなった。実験参加者が走行する道をどのように認識しているかを確認するために、風景に関するアンケート結果に対して分散分析を行ったところ、アトランティックロード, タイムズスクエアの方がシルバーストーン, ドバイの砂漠よりも、風景の変化が大きいと認識していた ( $p < 0.05$ )。

### 3.3.3 内発的動機づけ

内発的動機づけの結果を項目ごとに、表5に示す。

走行する道が明確なコース風景は、そうでないコース風景よりも、Interest / Enjoyment, Perceived Competence, Value / Usefulness, Pressure / Tension, Effort / Importance の5領域すべてが高かった。

風景の変化が大きいコース風景は、そうでないコース風景よりも、Interest / Enjoyment, Perceived Competence, Value / Usefulness, Effort / Importance の4領域が高かった。

内発的動機づけの結果より、走行する道が明確なコース風景、風景の変化が大きいコース風景とも、ユーザの内発的動機づけを高めることが明らかとなった。そして、ユーザの内発的動機づけを高めるという結果が、運動強度と運動の継続性が高まるという結果の裏づけとなった。

表 1: 評価実験のコース風景

コース風景	走行する道が明確	走行する道が曖昧
風景の変化が大きい	アトランティックロード 	タイムズスクエア 
風景の変化が小さい	シルバーストーン 	ドバイの砂漠 

### 3.3.4 コース風景の特徴と運動促進効果の相関

「走行する道の明確さ」と「風景の変化の大きさ」以外のコース風景の特徴について、どのコース風景の特徴が運動促進効果と関連が強いのかを明らかにするという目的で、コース風景の特徴と運動強度、運動の継続性の相関分析と無相関検定を行った。コース風景の特徴は、風景に関する事後アンケートにおいて、「走行する道の明確さ」、「風景の変化の大きさ」に加え、従来の景観研究 [9, 10] で用いられていた街路空間の形容詞語対から抜粋したもの 12 対 24 語 (表 6) を、実験参加者にそれぞれ 7 段階 (1pt~7pt) で回答してもらった。

相関分析と無相関検定の結果を項目ごとに、表 7 に示す。運動強度については、「心が休まる」風景のみに弱い相関がみられた。一方、運動の継続性については、「風景の変化が大きい」、「気分が高揚する」、「美しい」、「好きな」、「快適な」、「親しみやすい」、そして「印象が良い」風景に強い相関がみられ、「心が休まる」風景にやや相関があり、「明るい」風景に弱い相関がみられた。

以上、相関分析の結果より、「心が休まる」という特徴を持つコース風景は運動強度を高め、「風景の変化が大きい」、「気分が高揚する」、「美しい」、「好きな」、「快適な」、「親しみやすい」、「印象が良い」、そして「心が休まる」という特徴を持つコース風景は運動の継続性を大きくすることが明らかとなった。

## 4 バーチャルサイクリングと HAI

HAI (Human Agent Interaction) は人間とロボットやアバターなどのエージェントとの関わりを扱う研究分野である [7]。これまで、人を支援するロボットと

のインタラクションをより円滑にしたり、家具・家電・日用品をエージェント化することでより使いやすくすることを応用の目的としていた。すなわち、いかにしてエージェントを人にとって使いやすくするかに着目していた。その一方で、エージェントが人に対して影響を与え、人の考えや行動を変えさせる説得技術 (Persuasive Technology) の研究も行われている [3]。本研究は人に運動させることを促す説得技術の 1 つを扱っているといえる。エアロバイクなどの固定式自転車を仮想環境の中におき、風景と連動させることにより、没入感が高まり、運動促進効果が得られる [5]。本研究ではさらに高い運動促進効果を得るために、どのような環境 (コース風景) が適しているのかを明らかにしようとしている。固定式自転車をエージェントと見なすならば、本研究は HAI の文脈において、人とエージェントのインタラクションにおける環境の重要性を明らかにしようとしているといえる。

## 5 まとめと今後の課題

Street View 画像を用いたバーチャルサイクリングにおいて、本研究では、そのコース風景に着目し、どのようなコース風景が運動促進効果を高めるのかを明らかにした。「走行する道が明確であること」、「風景の変化が大きいこと」を運動促進効果を高めるコース風景の特徴と仮定し、4 種類のコース風景に対して分析、評価を行った。結果として、走行する道が明確なコース風景は運動強度を、風景の変化が大きいコース風景は運動の継続性を高めることが明らかとなった。

また、「走行する道の明確さ」と「風景の変化の大き

表 2: IMI

領域	質問項目 (R) : 逆転項目
Interest/ Enjoyment	このサイクリングをとても楽しんだ
	サイクリングは面白かった
	このサイクリングは面白かった
	退屈な活動だと思った (R)
	このサイクリングに全く興味がそそられなかった (R)
Perceived Competence	このサイクリングはかなり楽しいものだった
	このサイクリングをしているとき、自分がどのくらい楽しんでいるのか考えた
	このサイクリングが得意だと思う
	他の人と比べて、自分はかなりよくできたと思う
	このサイクリングをした後、自分に能力があると感じた
Value/ Usefulness	自分のパフォーマンスに満足している
	自分はこのサイクリングにかなり熟練していたと思う
	このサイクリングをあまりうまく出来なかった (R)
	このサイクリングは、自分にとって意味のあるものだと思う
	このサイクリングは、健康維持に役立つと思う
Pressure/ Tension	このサイクリングをすることは、健康維持ができるから重要だと思う
	このサイクリングは、価値があるのでもう一度してみてもいい
	このサイクリングをすることは、健康維持のサポートになると思う
	このサイクリングは、自分にとって利益があると思う
	このサイクリングは、重要な活動だと思う
Effort/ Importance	このサイクリングをしているとき、不安を感じなかった (R)
	このサイクリングをしているとき、とても緊張した
	このサイクリングをしているとき、とてもリラックスしていた (R)
	このサイクリングをしているとき、落ち着かなかった
	このサイクリングをしているとき、プレッシャーを感じた
Effort/ Importance	このサイクリングに、多くの努力をした
	このサイクリングに、あまり一生懸命に取り組まなかった (R)
	このサイクリングを、とても一生懸命しようとした
	このサイクリングをうまく出来ることが、自分にとって重要だった
	このサイクリングに、あまりエネルギーを注がなかった (R)

さ」以外のコース風景の特徴について、どのコース風景の特徴が運動促進効果と関連が強いのかを明らかにするという目的で、コース風景の特徴と運動促進効果の相関分析を行った結果、「心が休まる」という特徴を持つコース風景は運動強度を高め、「風景の変化が大きい」、「気分が高揚する」、「美しい」、「好きな」、「快適な」、「親しみやすい」、「印象が良い」、そして「心が休まる」という特徴を持つコース風景は運動の継続性を大きくすることが明らかとなった。

今後の課題として、コース風景の特徴と運動促進効果の相関分析の結果を踏まえ、運動促進効果と正の相関があると明らかとなった「心が休まる」コース風景を用いて、運動強度と運動の継続性それぞれとの相関を、より実験参加者人数を増やすなどさらに高い精度で分析することで、運動促進効果を高めるコース風景の特徴を明らかにする。

表 3: 運動強度 (平均走行速度)

コース風景	走行する道が明確 14.665 km/h	走行する道が曖昧 13.528 km/h
風景の変化が大きい 14.338 km/h	14.898 km/h	13.779 km/h
風景の変化小さい 13.855 km/h	14.433 km/h	13.278 km/h

\*  $p < 0.1$

表 4: 運動の継続性 (アンケートのポイント平均)

コース風景	走行する道が明確 20.60 pt	走行する道が曖昧 16.15 pt
風景の変化が大きい 24.05 pt	25.20 pt	22.90 pt
風景の変化が小さい 12.70 pt	16.00 pt	9.40 pt

\*\*  $p < 0.05$

また、運動の継続性について、今回の評価実験ではアンケートによる定性的評価のみを行ったが、走行時間 (短期的継続性) や走行期間 (長期的継続性) を測定することによる定量的評価も行う。具体的には、走行時間を最低 3 分、最高 10 分と設定し、実験参加者が飽きた時点でやめてもらう方法や、実験参加者一人に対して実験を 1 回だけ行うのではなく、数週間にわたり繰り返し実験を行う方法を試みたい。

## 参考文献

- [1] J. Choi, T. Mogami, and A. Medalia. Intrinsic motivation inventory: an adapted measure for schizophrenia research. *Schizophrenia bulletin*, 36(5):966-976, 2009.
- [2] Elite. My e-training. <http://www.elite-it.com/en/products/us/trainers/app/app-my>

表 5: 内発的動機づけの結果

	走行する道 が明確	走行する道 が曖昧	風景の変化 が大きい	風景の変化 が小さい
Interest/ Enjoyment	5.07 pt	- 4.06 pt **	5.24 pt	- 3.89 pt **
Perceived Competence	4.87 pt	- 4.21 pt **	4.89 pt	- 4.18 pt **
Value/ Usefulness	5.67 pt	- 4.91 pt **	5.71 pt	- 4.87 pt **
Pressure/ Tension	2.47 pt	- 3.29 pt **	2.64 pt	- 3.12 pt
Effort/ Importance	5.41 pt	- 4.51 pt **	5.53 pt	- 4.39 pt **

\*\*  $p < 0.05$

表 7: コース風景の特徴と運動促進効果の相関

	運動強度	運動の継続性
走行する道が明確	0.175	0.309
風景の変化が大きい	0.063	0.769 **
開放的な	0.173	-0.107
スケールが大きい	0.071	0.294
気分が高揚する	0.184	0.807 **
美しい	0.198	0.842 **
好きな	0.183	0.854 **
快適な	0.223	0.791 **
心が休まる	0.343 **	0.594 **
明るい	0.181	0.341 **
親しみやすい	0.216	0.730 **
印象が良い	0.126	0.824 **

\*\*  $p < 0.05$

表 6: コース風景の特徴

進行方向が明確－進行方向が曖昧
変化に富む－単調
開放的－閉鎖的
雄大だった－小じんまり
気分が高揚する－気もちが沈む
美しい－醜い
好き－嫌い
快い－不快
心が休まる－落ち着かない
明るい－暗い
親しみやすい－親しみにくい
印象的－印象に残らない

e-training, 2017. 2017年10月20日アクセス.

- [3] B. J. Fogg. *Persuasive Technology*. Morgan Kaufmann, 2003.
- [4] S. Hirose and Y. Kitamura. Preliminary evaluation of virtual cycling system using google street view. In *International Conference on Persuasive Technology*, pp. 65–70. Springer, 2015.
- [5] W. IJsselsteijn, Y. de Kort, R. Bonants, M. de Jager, and J. Westerink. Fun and sports: Enhancing the home fitness experience. *Entertainment Computing-ICEC 2004*, pp. 73–81, 2004.

- [6] S. Mokka, A. Väättänen, J. Heinilä, and P. Väikkynen. Fitness computer game with a bodily user interface. In *ICEC '03 Proceedings of the second international conference on Entertainment computing*, pp. 1–3. Carnegie Mellon University, 2003.
- [7] 山田誠二. 人とロボットの<間>をデザインする. 東京電機大学出版局, 2007.
- [8] 自転車産業振興協会. 自転車小売1店舗あたりの販売台数データ. <http://www.jbpi.or.jp/statistics.php>, 2016. 2017年10月20日アクセス.
- [9] 柴田滝也, 加藤俊一. 街路の景観画像データベースのイメージ語による検索. 電子情報通信学会論文誌 D, 82(1):174–183, 1999.
- [10] 船越徹, 積田洋. 街路空間における空間意識の分析 (心理量分析): 街路空間の研究 (その1). 日本建築学会論文報告集, 327:100–107, 1983.
- [11] 中山拓郎. バーチャルサイクリングにおけるコース変化による継続的運動促進効果. 関西学院大学理工学部情報科学科卒業論文, 2015.
- [12] 文部科学省. 体力・スポーツに関する世論調査. <http://www.mext.go.jp>, 2013. 2017年10月20日アクセス.