

神戸大学工学部 学生員 ○中村 優介
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 井料 隆雅

1.はじめに

観光地や商業地区において、観光活動と消費活動を含む回遊行動のメカニズムを解明することは、それらの地区の魅力の向上や商業の活性化のために重要である。回遊行動のメカニズムを実証的に解明には観光客の行動を実際に観測する方法がある。しかし、実空間での観測には多くの困難がともなうほか、実験条件の制御が難しく、結果に何が影響を及ぼしたのか特定することが容易でないといった問題がある。

本研究では、被験者の行動の取得が容易で高精度であり、実験条件を自由に設定可能なバーチャルリアリティ(VR)システムを回遊行動の観測用に開発する。開発したシステムを用いた実験により、過去に新宅¹⁾と妹尾²⁾により実施された仮想空間ないし現実空間での回遊行動実験で確認された知見と同様の知見が観測されるかを確かめる。

2.VRによる実験

本研究で構築する回遊行動観測用のVRシステムは、被験者がPC内に構築された仮想空間内を仮想的に移動することを可能とするものである。このシステムはIryo et al.³⁾による混雑下での歩行者交通流モデルの実験で用いられた、3枚のスクリーンと3台のプロジェクターによる半没入型のVRを回遊行動向けに改良して構築した。半没入型の空間では、臨場感を高めることができ、再現性を向上できる。被験者の行動は肩と腰に装着したiPod touchにより取得した。肩のiPod touchでは加速度センサーにより歩行速度を取得、腰のiPod touchではジャイロセンサー

による体の向きを取得している。取得したデータはWi-FiによってPCへ送信され処理される。図-1に実験装置の構成を示す。

新宅¹⁾と妹尾²⁾によりそれぞれ実施された仮想空間/現実空間での実験と同様の条件を設定した。これらの実験では目的地が決まっていなくてより効用の高い目的地を探すと定義される「回遊探索行動」を分析している。本研究では、0から10の数字が書かれた箱を仮想空間内に用意し、数字の小さい箱がより効用の高い目的地に対応するとした。実験では3×3ブロックで構成される街区の仮想空間を用意した。図-2に実際にVRスクリーンに投影された図の例を示す。図-3に街区の地図を示す。箱は各街区ブロックの各辺に1個ずつ計36個配置した。箱に設定する数字の配置には複数のものをを設定し、同一被験者に同じ配置のものは出していない。実験に際し被験者には「発見した箱から一つだけを選択する」「スタート、ゴールは同一の地点」「選択後も回遊行動は続行してもよい」「選択した箱に書いてある数字に応じた時間だけペナ

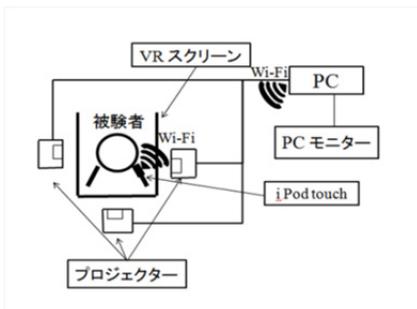


図-1 VR 実験装置の構成



図-2 VR 上で投影された仮想空間

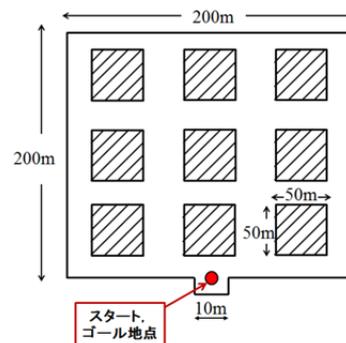


図-3 仮想空間の街区構成

ルティ（仮想空間内の指定経路の歩行）を行う」という条件を課した。本研究のシステムでは歩行速度は外生的に与えるが、それには、一般的な歩行速度である 1.3m/s と、その 5 倍の 6.5m/s の 2 種類のいずれかを用いた。ペナルティとしては前者の場合は数字の 0.5 倍、後者の場合は数字と同じだけの時間（単位は分）だけ歩行することとした。被験者数は 8 名、1 名あたり 1.3m/s の実験を 2 回（ただしうち 1 名は 1 回）、6.5m/s の実験を 1 回行った。

3.実験の分析

Iryo et al.⁴⁾によって提案された探索打ち切りモデルを適用して探索を停止する際の店の数字の理論値 u_{stop} を求める。この理論値 u_{stop} は

$$2\tau = \frac{1}{11} \sum_{i=n}^{10} (u_i - u_{stop}) \quad (1)$$

を解いて求められる。ここで、 $u_i = (10-i)$ (min) (歩行速度 6.5m/s のとき)、 $u_i = 0.5(10-i)$ (min) (歩行速度 1.3m/s のとき) である。 n は $u_n \geq u_{stop}$ を満たす最小の n であり、箱に示される点数に対応する。 τ は新しい目的地（箱）を 1 個発見するのに要する時間の平均値である。これは実験で実測された値を用いて計算した（1.3m/s のとき $\tau = 0.82(\text{min})$ 、6.5m/s のとき $\tau = 0.25(\text{min})$ ）。これらの値を式(1)に代入すると、それぞれの速度の場合で、 $u_{stop} = 1.00(\text{min})$ および $u_{stop} = 7.19(\text{min})$ を得る。

実際の行動が理論値 u_{stop} からどの程度ずれているかを調べるために以下の二項ロジットモデルを仮定した。

$$P_j = \frac{\exp(\beta_1(u_j - u_{stop}) + \beta_2)}{1 + \exp(\beta_1(u_j - u_{stop}) + \beta_2)} \quad (2)$$

ただし β_1, β_2 : 推定するパラメータ
 P_j : 数字 j の箱を見つけたときに、
 その箱を選ぶ確率

β_1 は効用に対する被験者の感度を示す。 β_2 は理論値からのずれを示す。 β_2 が負であることは、被験者が理論で推測されるよりも長く探索を続けていたことを意味する。

パラメータ β_1, β_2 の推定結果を表-1 に示す。1.3m/s についてはどのパラメータも十分有意であるが、6.5m/s については β_2 の有意性が低い（有意水準 5%で棄却できない）。これは単純にサンプル数の不足が原因と見られる。

表-1 パラメータの推計結果

1.3[m/s]	推定値	標準偏差	t値	P値	β_2 / β_1
β_1	3.636	0.945	3.848	0.000119	-2.45
β_2	-8.893	2.149	-4.139	3.49E-05	
6.5[m/s]	推定値	標準偏差	t値	P値	β_2 / β_1
β_1	2.758	1.231	2.241	0.0251	-1.22
β_2	-3.351	1.783	-1.879	0.0602	

有意である 1.3 m/s のケースについてパラメータの値を見ると、 β_2 が負となっていることがわかる。このことは、探索を停止する効用 u_{stop} を被験者が理論値よりも低く評価していることを意味する。このような理論との乖離、すなわち、実際の歩行者は理論で推測されるよりも探索を継続する傾向がある、という特徴は、新宅¹⁾と妹尾²⁾による過去の実験結果と整合する。これにより、本研究で構築した VR システムは、少なくとも上述の点においては過去の実験と同じ結果を再現できるものであることがわかった。

4.本研究のまとめ

本研究では、VR を利用した回遊行動実験を行い、過去の回遊行動実験と同様の結果が得られるかを確認した。その結果、理論的に推測されるよりも実際の歩行者は長く探索を続けるという、既存の実証研究と同様の知見が得られた。本研究で開発した VR を活用することにより、このような理論との乖離が発生する原因を分析できよう。これにより、より正確に回遊探索行動を記述できる理論モデルの構築が可能となることが期待できよう。

参考文献

- 1) 新宅弘明：歩行者のネットワーク回遊探索モデルの実証分析，神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻，修士論文，2010。
- 2) 妹尾志保：歩行者回遊探索行動の実空間における実証分析，神戸大学工学部市民工学科，卒業論文，2012。
- 3) Iryo T. et al: Examining Factors of Walking Disutility for Microscopic Pedestrian Model – A Virtual Reality Approach, to be presented at ISTTT20, 2013.
- 4) Iryo, T. et al.: Modelling Dynamic Generation of a Choice Set in Pedestrian Networks, In : Transportation and Traffic Theory 2009, Springer : New York .p.517-539.