QTVR による都市空間回遊行動シミュレーションツールの再現性の考察

— 熊本市の中心市街地における視覚情報と来訪者の回遊行動の関係に関する研究 —

ASSESSMENT OF THE LINKED QTVR SIMULATOR FOR OBSERVING STROLLING
ACTIVITIES OF CITIZENSOn the relationship of strolling activities and visual information given
by the environment in downtown Kumamoto

末 繁 雄 一*, 両 角 光 男**

Yuichi SUESHIGE and Mitsuo MOROZUMI

An important task of urban design is to provide an attractive environment in which both strangers and frequent visitors to a city may be stimulated into diverse pleasurable activities such as window-shopping and strolling. Past studies on the relationship between citizens' activities and visual information given by the environment, suggest that such studies can provide general guidance for urban design. Limiting subject of the study to observing the relationship between visual information and the behavior of people, the authors developed a prototype of an interactive visual simulation system in which one can virtually experience window-shopping and strolling activities in a specific area. It is an objective of this paper to assess the system as a tool for such studies.

Keywords : Visual Information, Strolling Activities, Behavioral Simulation, Protocol Analysis, System Assessment

視覚情報, 回遊行動, 行動シミュレーション, プロトコル分析, 再現性評価

1. 序

1-1. 研究の背景と目的

多くの地方都市中心市街地では、郊外型ショッピングセンターなどとの激しい顧客誘致競争に直面する中、そこに滞在して様々な空間体験や行動体験を重ねながら回遊すること自体を楽しめるような環境を形成することが、競争力強化につながるとの認識が高まっている。街路等の公共空間と隣接の建物群などで形成される空間を都市空間と定義するとき、中心市街地来訪者の活発な回遊行動を促すには、都市空間における店舗等の配置はもとより、歩き易さや街並みの魅力、レジビリティ^{注1)}など、都市空間の特性に関する多面的検討が必要であり、計画論としては、事例研究を踏まえて都市空間の特性と来訪者の行動特性との関係を解明することが課題となる。

本研究では、都市空間の様々な構成要素の中でも来訪者が目にする物的要素、すなわち視覚情報が回遊行動を誘発あるいは抑止する要因になっているとの仮説に基づいて、両者の関係を明らかにし、来訪者の回遊行動を促す都市空間形成の指針を探ることを大局的な目的としている。具体的には両者の関係を考察するツールとして、リンク付き QTVR (QuickTimeVR) を用いた都市空間の回遊行動シミュレータを開発し、熊本市の中心市街地を事例に研究を進めてきた。本報では第一報として、当該地区における回遊行動誘発要因としての視覚情報の位置づけを考察すると共に、観察ツールとしてのシミュレータの有効性と考察上の制約などを検討する。具体的には、熊本市中心市街地（実空間）における被験者の回遊行動を観察すると共に、同じ被験者のシミュレータにおける回遊行動の観察結果を比較考察する。

1-2. 既往の関連研究と本研究の位置づけ

これまでも都市空間における行動観察を通して、空間認知や行動解析を扱った研究は多い。例えば舟橋^らは不整形街路網地区を対象に初期情報の与え方や教示条件によって不慣れた歩行者の経路探索行動や空間把握がどのように異なるのかを探索した。日色^らは経路探索行動実験の分析から、被験者の発話を8種類のコードに分類し、経路探索行動をモデル化した。添田^らは視覚的情報を系統的に変化させた都市空間模型を用いた実験から、経路記憶や探索の方略の違いを明らかにした。これら一連の研究は、あらかじめ定められた目的地到達のための経路探索の分析が中心となっている。一方、森^らは地下街における歩行者の身体動作と環境との関係を考察した。これらの研究を踏まえて本研究は、移動の過程で次々と目的地を想起しながら移動する、あるいは特定の目的地が無いまま移動自体を楽しむような回遊行動と視覚情報との問題に展開しようとするものである。

一方、行動観察の手法に着目すると、実際の都市空間で観察する方法とシミュレーションツールを利用する方法に大別される。前者では、ビデオ撮影による行動記録が一般的であり、三浦^らは被験者にアイマークレコーダを装着させて視線を記録し、さらに実験者が被験者に付き添って背後からビデオカメラで撮影する方法を採った。森^らは特定地点に固定したビデオカメラと、被験者の背後を追うビデオカメラで撮影する方法を採った。しかし、このような実空間における行動観察では、被験者の体力的負担とそれに伴うサンプル数の制約、実験データ採取の困難さ、などの問題がある。そこで、シミュレーションによる行動観察手法が提案されてきた。模型

* 熊本大学大学院自然科学研究科 大学院生・修士(工学)

** 熊本大学工学部環境システム工学科 教授・工博

Graduate Student, Graduate School of Science and Tech., Kumamoto Univ., M. Eng.
Prof., Dept. of Architecture and Civil Engineering, Kumamoto Univ., Dr. Eng.

とコンピュータ制御によるシュノーケルカメラを用いるものと、CGを使って動画を操作するものがその代表例である。添田⁹⁾は被験者がモニター上の映像を見ながらジョイスティックで都市空間模型内に設置したシュノーケルカメラを操作する方法で経路探索の過程をシミュレートし、カメラの映像記録を観察した。一方、徐¹⁰⁾は都市空間の3DCGモデルを用いてPC画面に透視図を表示し、テンキー操作で視点移動させる方法でシミュレートし、PC画面の映像記録を観察した。最近ではPCで操作できるCGシミュレーションツールの性能が向上しており、都市空間を移動しながら動的視点で景観評価するような研究¹¹⁾も登場してきている。また森¹²⁾は想定される移動経路の各区間全てについて実空間を移動しながらビデオ撮影しておき、交差点ごとに被験者が進入する経路を選択すると当該区間のビデオ映像が表示されるという、ビデオクリップを相互にリンクさせたシミュレーションツールを提案した。一連のツールは、モニターやスクリーン越しに都市空間を見る点や、歩行する、首を振る、視線を上下させるなどの行為をマウス、あるいはジョイスティックなどの操作に置き換えている点、音やにおい、運動感覚などの視覚以外の刺激を再現できないなどの制約がある。しかし、これらの手法は行動観察の負担も軽く、しかも研究対象地区へ実際に向うことなく実験でき、特にPCで操作するツールの場合は、遠方に出向いて、研究対象地区への来訪経験の無いような被験者を対象に実験することも可能になるなどメリットも多い。そこで、研究目的を明確に限定し、それに必要十分な実験環境を提供できれば良いとの判断に基づいて、筆者らは視覚的空間体験ツールとして開発されたQTVRを用いたシミュレーションツールを構築し、これを用いて行動観察することにした。QTVRと他のシステムとの比較は次節で改めて述べる。

2. 研究の方法

2-1. シミュレーション技術の選択

QTVRは、Appleのマルチメディア技術QuickTimeの拡張仕様のひとつで、複数の画像を3次元的につなぎあわせて現実に近い視界を実現するための技術である。「VR」はVirtual Reality(人工現実感)の略である。任意の地点の周囲360度を収めた複数枚の写真を接合して筒状のパノラマ画像を作成すれば、PC画面上でマウスドラッグしながら全周囲を見回すことができ、あたかもその場所に立っているかのような臨場感を演出できる。さらに、街路にそって複数のQTVRを作成しておき、隣接する複数のQTVRの間で相互に「ホットスポット」と呼ばれるリンク領域を用意しておく、マウス操作でQTVR間を移動でき、街路を歩行しているような感覚を体験することができる。

本研究の目的を勘案すると、シミュレータでは回遊行動の領域として十分広さを持つ都市空間を視覚的に再現する必要があり、その中で被験者が自由に視線を動かし、経路を選択しながら動き回れる必要がある。また視覚情報としては実在の空間に匹敵するような密度が求められる。後者の条件についてはビデオクリップを用いる方法が優れており、模型や都市の3DCGモデルを用いる方法でも実空間で撮影した画像を模型や3DCGモデルに貼り付けることである程度解決できる。しかし、自然な回遊行動を再現するためには模型内におけるシュノーケルカメラの操作や3DCGモデル内における

視点の移動操作は習熟を要し、被験者の負担が大きいと判断した。またビデオクリップはあらかじめ撮影された映像の再現であり、首ふりや注視などの自由な視行動が再現できない。一方、実際の人間の視野に近い広い画角と、沿道店舗の内部を覗き込むといった視行動を再現できるような高い画像解像度を持ったQTVRを作成しようとすると、現地撮影に手間がかかるという問題もあったが、改善技術を開発できたため¹³⁾、リンク付きQTVRを用いたシミュレータを用いることにした。

図1. QTVRシミュレータの概念図

図2. QTVRシミュレータの表示例

2-2. シミュレータと研究対象地区の概要

研究対象地区は、熊本市の中心市街地の中でも個性があり、若者の回遊行動の場として知られる上通地区の約33ha(500m×650m)を選定した。地区は南北に伸びる幅員の広いアーケードを軸に、東西に旧城下町の面影を残した昔ながらの町割やヒューマンスケールの路地空間が存在し、低層で高密度な広がりを見せている。

シミュレータは上通地区の全街路、総延長約7kmについて、10m間隔¹⁴⁾で合計779箇所のQTVRを相互にリンクして構築した。

2-3. シミュレータによる行動観察方法

シミュレータ実験では、被験者が2人1組でシミュレータ画面を見ながら対話し、一方がシミュレータを操作する方法で、30分間の回遊行動を疑似体験する。行動観察では被験者の思考を的確に発話してもらう必要があり、その過程を自然に再現する方法として2人1組による実験を計画した。^{注4)} 被験者の発話はデジタル音声レコーダをマイクとし、シミュレータの映像と同期させてDVDレコーダに記録した。

図4. シミュレータ実験での行動観察の方法

2-4. 実空間における行動観察方法

実空間実験では、歩行中の被験者の目線の映像を記録するため、2人1組の被験者の一方に、小型CCDカメラを取り付けた帽子を装着させ、実験者が背後で持つデジタルビデオカメラに接続した。また一方の被験者が持ったデジタル音声レコーダもデジタルビデオカメラに接続し、2人の歩行中の会話を歩行中の映像と同期させて記録した。^{注5)}

図5. 実空間実験での行動観察の方法

2-5. シミュレータの再現性検証の方法^{注6)}

本研究では、熊本県内の大学生12組24名^{注7)}の協力を得て、それぞれシミュレータと実空間の回遊行動実験を連続して実施した。

^{注8)} 両実験では、被験者達の発話の音声データと回遊中の映像データを得ることができる。前者からは、被験者が受ける刺激の内容や被験者の関心の所在を把握することができ、後者からは被験者の辿った経路や注目した物を把握することができる。まず、実空間実験記録から、視覚情報が発端になった発話、音やにおいなど視覚情報以外の要素が発端になった発話に分類し、シミュレータが再現していない視覚以外の情報が発端となった発話が少ないことを検証する。また、熊本市中心市街地における回遊行動に関するシミュレータの再現性については両実験の記録を次の視点で比較し、それぞれの結果に大きな差が無いことを確認する。

- i) 行動中の会話の再現性(発話・話題の内容、行動企図の展開)
- ii) 回遊経路の再現性(歩行距離、回遊経路)

表1. 被験者の属性

被験者ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	平均年齢・男女比
年齢	24	23	25	23	22	22	24	23	22	22	23	24	22.8
性別	男	男	女	女	男	男	女	女	男	女	女	女	男:11 女:13

2-6. 分析資料作成方法

発話分析する際の分析ユニットを話者が交代した点、または一定間隔以上の沈黙があった点と定義して被験者の発話を区切り、Microsoft Excelに音声データを書き起こし発話データベースを構築した。次に、発話内容の分類基準をシミュレータが再現できているものと、再現できていないものという視点で表2のように設定し、発話データベースに入力した。

表2. 発話分類項目

発話分類項目	発話例	
①視覚情報に関連した発話	「このお店ステキね。」	シミュレータで再現されている
②視覚情報に関連しない発話		
②-1 行動に関連する発話	「これからどこに行こうか?」	
②-2 雑談	「そういえば、この前さ...」	シミュレータで再現されていない
③音情報に関連する発話	「あ、サイレンの音が聞こえる。」	
④におい情報に関連する発話	「向こうからいいにおいがしてきたね。」	
⑤身体感覚に関連する発話	「疲れたね。」「寒くなってきた。」	
⑥その他の情報による発話 (突発的な出来事や環境でのインタラクション)	「(接近してきた自動車に)あ、危ない!」 「(通行中の知人に)あ、こんにちは!」	

3. 実空間での回遊行動における視覚情報以外の要因の影響

実空間実験における発話データを分類項目ごとに集計し、シミュレータでは再現されていない刺激に関する発話(表2 ③~⑥)の割合を調べた。その結果、これらの発話の合計の全発話数に対する割合は、平均で総発話数の3.1%、最大でも8.5%であった(表3)。このことから、実空間において、シミュレータでは再現されていない刺激による発話は、寡少だと言える。一部のグループで突発的な出来事などによる発話(表2 ⑥)がやや多かったが、本研究の目的からすれば影響は無視できる。^{注9)}

表3. 実空間実験での分類項目ごとの発話数

被験者ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	平均
①視覚情報	174	266	286	227	256	221	309	144	322	227	324	278	253
②-1 行動関連	97	12	37	83	37	43	35	23	49	28	76	69	47
②-2 雑談	125	128	83	136	199	378	100	418	335	284	101	141	202
③音情報	1	0	2	5	0	0	0	4	0	3	6	0	2
④におい情報	0	1	0	0	3	1	3	0	0	4	0	0	1
⑤身体感覚	6	11	9	10	8	2	2	10	0	6	12	8	7
⑥その他情報	0	5	6	24	6	7	0	2	1	6	14	7	7
③~⑥構成比	1.7%	4.0%	4.0%	8.5%	3.3%	1.5%	1.1%	2.7%	0.1%	3.4%	6.0%	2.6%	3.1%

4. 行動中の会話の再現性

4-1. 発話数と内容の比較

(1)発話数

シミュレータでは再現されていない刺激に関する発話を除いた、実空間実験とシミュレータ実験の発話数を比較した。シミュレータ実験の方が実空間実験に比べ平均で5%減少していたが、グループ間の多少差は両実験とも一致していた(表4・表5・図6)。

(2)実験中の沈黙時間の割合

発話数のみの検討では、単位発話あたりの長さに応じてばらつきが生じる可能性があるため、実験中の沈黙時間を測定し^{注10)} 実験時間に対する割合を算出した。発話数と同様に、各グループは両実験で一致する傾向を示している。このことから、単位発話あたりの発話長さも両実験で差は少ないことがわかった(表4・表5・図7)。

(3)発話内容

シミュレータで再現されている発話(表2 ①・②)について、実空間実験とシミュレータ実験でその割合を比較した。視覚情報に関

連した発話(表2①)の割合の平均は、実空間実験とシミュレータ実験でそれぞれ52%、56%だった。経路選択などの行動に関する相談や雑談などの発話(表2②)の割合の平均もそれぞれ48%、44%で、ほぼ同じ割合となった。また、①と②の構成のグループ差を比較しても、両実験で同じ傾向がでており、グループ間の個体差もシミュレータで概ね再現されていた(表4・表5・図8・図9)。

表4. 実空間実験での発話集計結果

被験者ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	平均
発話数	396	408	406	428	492	642	444	585	706	539	501	488	503
沈黙時間割合	56%	51%	53%	52%	47%	25%	52%	40%	40%	39%	51%	51%	46%
発話構成													
視覚情報	44%	66%	70%	53%	52%	34%	70%	25%	46%	42%	65%	57%	52%
行動関連	24%	3%	9%	15%	8%	7%	8%	4%	7%	5%	15%	14%	10%
雑談	32%	32%	20%	32%	40%	59%	23%	71%	47%	53%	20%	29%	38%

表5. シミュレータ実験での発話集計結果

被験者ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	平均
発話数	297	446	436	396	372	577	476	503	684	511	528	459	474
沈黙時間割合	65%	46%	49%	60%	54%	35%	48%	41%	42%	44%	55%	54%	49%
発話構成													
視覚情報	48%	66%	68%	64%	59%	35%	67%	39%	49%	57%	60%	65%	56%
行動関連	28%	5%	15%	9%	8%	7%	14%	15%	24%	18%	18%	25%	16%
雑談	25%	29%	17%	27%	33%	58%	19%	46%	27%	25%	23%	10%	28%

図6. 発話数

図7. 沈黙時間の割合

図8. 実空間実験での発話構成

図9. シミュレータ実験での発話構成

4-2. 話題と行動企図の展開の比較

回遊行動にはあらかじめ設定した目標^{注11)}に向かって経路探索しながら歩く、特に具体的な目標もないまま歩く、話題の中から新たな目標が設定されそれに向かって歩くといった、いくつかの行動企図^{注12)}が想定される。回遊中の行動企図の一端を探るため、話題の変化にしたがって発話の切れ目を探り、表6の分類にしたがって被験者ごとに話題の総数、話題の種類ごとの構成比を比較すると共に、グループが回遊行動中に設定した目標数を集計した。また、目標の検討から決定、達成に至る流れを話題から読み取り、1分単位で時系列にプロットして、両実験における各グループの行動タイプを抽出した。

表6. 話題分類項目

話題分類項目	内容
①視覚刺激への反応	環境から受けた視覚刺激に対する反応や印象評価などに関する話題
②目標の検討・決定	目標や目的などの行動方針を相談している話題
③経路選択・位置把握	どの経路を選ぶか相談したり、現在地点や目的地を確認している話題
④雑談	まち歩きに直接関係がない話題

(1)話題数

話題数^{注13)}を集計すると、両実験において、グループ間の差異はほとんど見られなかった。平均でも、実空間実験が97、シミュレータ実験が93という僅かな差であった(表7・表8・図10)。

(2)話題内容の構成比

分類した話題の構成比では、視覚刺激への反応(表6①)、目標の検討・決定(表6②)については、グループ間の差異はほとんど見られなかった。しかし、経路選択・位置把握(表6③)に関しては、平均で実空間実験が9%、シミュレータ実験が14%と、シミュレータ実験のほうが上回った(表7・表8・図11・図12)。次節で述べるように、時間内における歩行距離の違いを反映した結果であると考えられる。

(3)設定目標数

設定目標数は、先と同じ理由で、ほとんどのグループが実空間実験よりシミュレータ実験の場合のほうが多かった(表9)。

(4)行動タイプ

図13~図16は、両実験における、代表的行動タイプについて、行動目標の検討から決定、達成の経過を時系列に図示したものである。図13・14に示した両実験でのグループBの行動の展開をみると、目標の設定から到着までの時間が非常に短く、1分以内に目標の決定と到着が発生している場合も多い。これは視野に入ったものを目標として設定するといった行き当たりばったりな行動が多いことがわかる。また、目標のない時間も実験中に多く存在する。一方で、図15・16に示した両実験でのグループCの行動の展開をみると、遠くにある目標を設定し継続的に目標に向かって歩行しながら、その途中で並行して別の目標の設定、到着を繰り返していることがわかる。

このように被験者の行動は、ひとつひとつ目標を達成するシングルプランタイプ(S)、ひとつの目標に向かう過程で他の異なる目標をイメージして回遊するマルチプランタイプ(M)の2タイプに大別できることがわかった。^{注14)}また、ほとんどのグループが実空間実験においてもシミュレータ実験においても同様の行動タイプだった(表10)。

表 7. 実空間実験での話題集計結果

被験者ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	平均
話題数	85	94	98	95	100	76	105	81	99	84	125	116	97
話題構成	視覚刺激	48%	70%	54%	56%	85%	52%	58%	51%	57%	62%	66%	58%
	目標の検討	36%	13%	23%	18%	9%	20%	16%	15%	26%	16%	21%	19%
	経路・位置	4%	8%	12%	11%	10%	9%	11%	6%	10%	6%	11%	9%
	雑談	11%	8%	10%	15%	16%	19%	17%	24%	11%	12%	8%	13%

表 8. シミュレータ実験での話題集計結果

被験者ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	平均
話題数	83	94	92	80	86	74	95	90	104	94	126	95	93
話題構成	視覚刺激	48%	69%	55%	58%	61%	58%	66%	47%	52%	55%	72%	58%
	目標の検討	30%	11%	23%	13%	13%	23%	15%	23%	23%	22%	17%	21%
	経路・位置	8%	16%	17%	19%	14%	11%	16%	12%	16%	16%	11%	14%
	雑談	14%	4%	5%	10%	12%	7%	4%	17%	9%	7%	1%	8%

(話題数)

図 10. 話題数

図 11. 実空間実験での話題構成

図 12. シミュレータ実験での話題構成

表 9. 設定目標数

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	平均
実空間	15	7	19	9	7	10	14	13	21	8	13	11	12.3
シミュレータ	16	10	18	7	10	14	14	19	24	21	13	23	15.8

表 10. 行動タイプ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	S/M
実空間	M	S	M	S	S	S	M	S	M	S	S	S	8/4
シミュレータ	S	S	M	S	S	S	S	S	M	S	S	M	9/3

S: ひとつひとつ目標を達成するタイプ
M: 複数の目標を同時に設定するタイプ

図 13. 実空間実験における S タイプの行動企図の展開 (グループ B)

図 14. シミュレータ実験における S タイプの行動企図の展開 (グループ B)

図 15. 実空間実験における M タイプの行動企図の展開 (グループ C)

図 16. シミュレータ実験における M タイプの行動企図の展開 (グループ C)

4-3. 会話の再現性の総合評価

両実験での発話、話題の各項目についてサンプルの対応がある場合の有意差検定を、有意水準 10%、5%、1%で行った。

発話における視覚情報の構成比と行動関連の構成比については、有意水準 5%では有意差が認められ、また話題における経路選択と雑談の構成比および、発話における雑談の構成比の 3 項目は有意水準 1%においても有意差が認められるとの判定になった。事実、経路選択・位置把握のような行動に直接的に関わるような話題は、シミュレータ実験の割合が大きい。これは、シミュレータの視野の狭さなどに起因して位置が確認しにくくなっており、またシミュレータ操作を伴うことが、雑談に見られる会話の余裕を多少奪ったこと、さらには 2 人の被験者に役割の差を生じていることが影響したと考えられる。^{注 15)}

しかし発話数、沈黙時間については、有意水準 10%では両者の差は認められるが 5%に有意水準を絞ると両者の差を認定できなくなるという判定になっており、特に話題数、話題数における視覚刺激への反応の構成比と、同じく目標の検討の構成比については、有意水準 10%に緩和しても両者の差を認定できないとの判定になった。被験者の会話の話題に着目すると、シミュレータにおいても被験者は環境からの視覚的な情報に同じよう反応し、その話題の内容、展開も同程度であった。これらから、QTVR によるシミュレータは観察ツールとしての目的を達成する障害となるような事項は被験者の会話からは見当たらなかった。

表 11. 会話の再現性の総合評価

評価項目		実空間平均	シミュ平均	有意確率	有意差検定
発話数		502	474	0.095	○
沈黙時間		46%	46%	0.071	○
発話構成	視覚情報	52%	56%	0.037	△
	行動関連	10%	16%	0.012	△
	雑談	36%	28%	0.007	-
話題数		97	93	0.209	◎
話題構成	視覚刺激	58%	56%	0.676	◎
	目標の検討	19%	21%	0.464	◎
	経路・位置	9%	14%	0.00007	-
	雑談	13%	8%	0.00064	-

●: 有意水準10%で有意差なし
○: 有意水準 5%で有意差なし
△: 有意水準 1%で有意差なし
-: 有意水準 1%でも有意差あり

5. 回遊経路の再現性

(1) 歩行距離

両実験における各グループの歩行距離は、一部のグループを除いて圧倒的にシミュレータ実験のほうが長い(図 17)。シミュレータは、1クリックで10m進むことができる上、疲労を伴わないため、実空間に比べ早い速度で歩行することが可能であることが理由だと考えられる。一方、グループによってばらつきがあったのは、システムに馴染みにくいグループいたこと、さらには、好奇心旺盛で、ゲーム感覚で行動範囲を広げたグループがいたためである。このことから、シミュレータでの擬似歩行は実空間歩行に比べ効率的に回遊行動を展開することができる一方、実験の際には実験時間の設定やゲーム感覚の操作を抑制するような配慮が必要である。^{注16)}

(2) 目標達成にかかる歩行距離

前述の歩行距離を設定目標数で除して、ひとつの目的地到達までの歩行距離を算出した。両実験をグループごとに比較すると多少のばらつきがあるものの、歩行距離ほどの乖離は見られなかった(図 18)。実空間実験での歩行距離がシミュレータ実験より長いグループは、設定目標数も比例して多いことがわかる。

(3) 回遊経路について

両実験での各グループの回遊経路を図示して比較した。図 19・図 20 は両実験における回遊経路の例である。前述のように、シミュレータは実空間に比べて移動可能速度が速いため、行動範囲こそ異なるものの、アーケードを基点に、路地への侵入と引き返しを繰り返すような、実空間にも見られる自然な回遊経路をほとんどのグループで確認することができた。

図 17. 歩行距離

図 18. 歩行距離 / 設定目標数

図 19. 実空間実験の回遊経路図

図 20. シミュレータ実験の回遊経路図

6. まとめ

本研究では、QTVR シミュレータと実空間との実験を考察した結果、次のことが明らかになった。

- ① 実空間実験における、音やにおいなど、シミュレータでは再現されていない刺激に関する発話は、全体からすれば寡少な割合であった。つまり実空間において来訪者の行動を誘発する刺激の大部分は視覚刺激であった。
- ② シミュレータ実験においても被験者は環境からの視覚的な情報に実空間と同じよう反応し、会話の内容とその展開も同程度だった。
- ③ 歩行距離は一部のグループを除いてシミュレータ実験のほうが長い。しかし、ひとつの目標当たりの歩行距離は、歩行距離ほどの乖離は無かった。また、両実験の回遊経路は、実空間実験で見られるような、アーケードを基点に、路地への侵入と引き返しを繰り返すような回遊経路をシミュレータ実験においても、ほとんどのグループで確認することができた。

これらの結果から、QTVR シミュレータは実空間の画像で構成されている事による高い視覚的再現性を有しており、被験者はシミュレータ内の視覚的な環境情報を認知し、実空間と大差ない話題を展開しながら自然に回遊していることが確認できた。また、実空間に比べ、移動可能速度が速く効率的に回遊を展開できることから、実験に際し配慮すべき点もあるが、擬似歩行の経路においては、実歩行と変わらない回遊行動が展開されており、経路の再現性も確認できた。以上の結果から、リンク付き QTVR によるシミュレータは来訪者の回遊行動観察ツールとして必要十分な再現性を有していることがわかった。

今後は、このシミュレータを利用して、課題として挙げられた実験時間の設定などに配慮した上で、実空間実験では不可能な、研究対象地区への来訪経験の無いような遠方の被験者を対象に実験を行い^{注17)}、経験の違いによる回遊行動特性の差異などを、発話分析、経路分析を通して明らかにしていきたい。

謝辞

本研究を実施するにあたり、熊本大学大学院自然科学研究科大学院生 永野賢作君に多大なる御協力をいただきました。ここに記し、感謝申し上げます。

注

- 1) ここでは、都市の空間構造の把握しやすさと定義する。
- 2) 筆者らは 1999 年より QTVR によるシミュレータの構築に取り組んできたが、操作性や空間イメージの再現性を高める為の試行錯誤を繰り返し、2001 年に魚眼レンズを用いて素材撮影する、現在のシミュレータを構築した。魚眼レンズを用いることで、QTVR の上下方向の画角が拡大し、より広い視野を確保できた。さらに、1 地点あたりの素材撮影枚数を 12 枚から 6 枚へと半減できシステム構築の効率化にも成功した。詳細は、両角光男、末繁雄一ほか：Linked QTVR System for Simulating Citizens' Strolling Around Activities, ACADIA, 2002.10 参照。
- 3) 店舗の間口を考慮すると 5m 間隔が求められるが、データ作成の手間や PC で扱えるデータベースの大きさの制約から、20m 間隔と 10m 間隔のシステムを試作し、実験を実施したところ 20m では違和感があり特に交差点を認識しにくいとの感想が聞かれたが、10m で特に違和感が無いとの意見が多く、10m 間隔でシステムを構築した。
- 4) 試行実験を繰り返した結果、シミュレータでの 30 分間は、進む速さや実際に店舗に入らない分の時間を考慮すると実空間歩行における、2～3 時間に相当すると判断し、まちをぶらぶらするのはちょうど良い時間であると考えた。また、一般的に被験者の思考を発話として記録する際、実験という非日常な環境のため発話に不自然さが出てしまいがちであるが、2 人 1 組の対話形式としたため、そのような不自然さは認められなかった。
- 5) CCD カメラは、図 21 のように後方の実験者が持つデジタルビデオカメラに接続されており、実験者はデジタルビデオカメラの液晶モニターで CCD カメラの映像を確認しながら実験を行った。マイクが手持ちであることなどから、実験開始直後は不自然な会話もあったが、どの被験者もすぐに順応し普段どおりの回遊行動を展開していた。

図 21. 実空間実験概略図

- 6) シミュレーションツールによる行動観察の有効性の検証について、西應ら⁹⁾は実空間で実験者の先導のもと経路の事前学習をおこなうグループと CG の 3D 動画によるルート案内で経路を学習するグループが実験後描画した認知地図を比較する方法を採用し、格子状街路においては、CG の 3D 動画によるルート案内でも実空間同様の学習効果が得られるという結論を得ている。また森ら⁸⁾は実空間映像のビデオクリップを相互にリンクさせたシミュレーションツールで経路学習するグループと実空間で経路学習するグループに被験者を分け、経路を記憶させた。そして、認知地図や行動経路の分析などから、ビデオシミュレーションツールの実空間に対する再現性を実験的に比較した。その結果、環境要素の把握や距離感に関しては実空間に近い再現性がある一方、空間構成の認識や方向定位については実空間に比べ難しくなる傾向があるという結論を得ている。本報告では西應ら⁹⁾、森ら⁸⁾の方法に示唆を得ながら、シミュレーションツールによる実験の有効性を検証した。
- 7) サンプル数が多ければ、属性を区分したより細かい比較考察ができると思われるが、今回は実空間とシミュレータにおける観察の比較が可能だった 12 組のサンプルの範囲内で明らかにできることを、統計処理を踏まえて考察した。
- 8) シミュレータ実験、実空間実験の順に連続して行ったため、実空間実験においては被験者にシミュレータ実験のイメージが残っていることが想定される。しかし、いずれの場合においても被験者は地区についてのメンタルマップを持って行動していたことが会話の内容から観察でき、シミュレータのイメージが比較観察の障害とはなっていないと思われる。
- 9) 実空間実験において突発的な出来事による発話が他に比較して多く見られたグループ D とグループ K の被験者は、その発話のほとんどが自動車などの通過交通を避けようとするものだった。

- 10) 沈黙時間は、実験中の被験者の会話の音声データを再生しながら、会話が途切れた瞬間から次の会話が始まるまでをストップウォッチで記録して算出した。
- 11) ここでの目標とは、被験者の 2 人が話し合って決めた目的地、あるいは視野に入ったものにその場で反応し入店しようとしたもののいずれかとした。
- 12) 被験者が共有している行動に関する意識を行動企図と定義する。ここでは特に、回遊中に目標を定めて行動しているか、無目的にぶらぶら歩きをしているかといった、被験者の意識を指す。
- 13) 話題は複数の発話のまとまりであるため、ひとつの話題の中に複数の分類項目が含まれる場合もある。ここでの発話数は重複を含まない純粋な発話のまとまりの数であり、話題内容の構成比は重複を含んだ全話題抽出数をもとに算出している。
- 14) 人間の行動タイプは様々であり、分析の視点によって多種多様であると想定されるが、本分析のように、行動目標の検討、決定、達成を時系列にプロットした結果を概観すると、この 2 タイプが明確に現れた。今回の分析のみで人間の行動タイプを抽出できたとは言い難いので、今後、異なった視点からの分析も必要であると思われる。
- 15) 実験結果を見る限り、行動に関連する発話や話題のシミュレータ実験での構成比の多さは視覚刺激に関する発話や話題には影響しておらず、その分、雑談が減少するという形で現れており、再現性の面においてそれほど影響はないと考える。また、操作する被験者と、もう一方の被験者とで役割の差が生じていることは否定できないが、会話内容を見る限り、行動方針は 2 人で話し合って決定しており、役割の差は、マウスで操作するか否かという範囲に留まっている。影響も先に述べた、行動方針決定のための相談による行動関連発話の増大に留まっており、再現性に関して影響はないと考える。
- 16) 本実験においても、道に迷うことを警戒しない、ゲーム感覚での操作を抑制するため、実験終了時点でスタート地点に戻ってくるという条件を設けたが、被験者が地区に精通していたため、完全には抑制できなかった。今後、歩行スピードの抑制など考慮すべき課題があると考えられる。
- 17) 来訪経験の無い被験者の行動特性を探ることで、例えば観光客にとって歩きやすい、認知しやすい街づくりの指針を探るのに有効であると考えられる。またこのような被験者に実験の協力を得ることは、実空間実験ではほぼ不可能であると言える。

参考文献

- 1) 舟橋國男：初期環境情報の差異と経路探索行動の特徴 ―不整形街路網地区における環境情報の差異と経路探索行動ならびに空間把握に関する実験的研究 その 1―、日本建築学会計画系論文集、No.424, pp.21-30, 1991.6
- 2) 日色真帆、原広司、門内輝行：迷いと発見を含んだ問題解決としての都市空間の経路探索、日本建築学会計画系論文集、No.466, pp.65-74, 1994.12
- 3) 添田昌志、大野隆造：視環境シミュレーションによる経路探索の方略に関する研究、日本建築学会計画系論文集、No.512, pp.73-78, 1998.10
- 4) 森傑、奥俊信：自由散策行動にみられるアクションの特性 ―都市空間におけるアクトファインディングに関する基礎的研究―、日本都市計画学会学術研究論文集、No.37, pp.31-36, 2002
- 5) 三浦金作、佐野浩史、田邊和義：歩行経路選択と探索行動 ―街路空間における探索歩行時の注視に関する研究 その 1―、日本建築学会計画系論文集、No.569, pp.131-138, 2003.7
- 6) 徐華、松下聡、西出和彦：経路選択の要因の分析 ―回遊空間における経路選択並びに空間認知に関するシミュレーション実験的研究―、日本建築学会計画系論文集、No.534, pp.109-115, 2000.8
- 7) 加賀有津子、赤城慎太郎、福田知弘、笹田剛史：環境デザインにおけるリアルタイムシミュレーションシステムの考察 ―道路環境デザインのためのシステム構築方法の検討を通じて―、第 24 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、No.24, pp.73-78, 2001.12
- 8) 森一彦、野原裕介、柴田良一、小池啓高：探索型ビデオ環境シミュレーションの再現性に関する考察 ―実環境との探索行動比較実験―、日本建築学会計画系論文集、No.586, pp.57-64, 2004.12
- 9) 西應浩司、材野博司、松原斎樹、藤澄美仁：認知地図からみた街路空間の連続的認識、日本建築学会計画系論文集、No.529, pp.217-223, 2000.3

(2005 年 2 月 10 日原稿受理、2005 年 8 月 3 日採用決定)