

現実空間と VR 空間のリンク度が VR 体験者の心理評価に及ぼす影響 -VR お風呂に着目して-

環境都市専攻 建築都市デザインコース 6143190019-9 横田 芙実子
(指導教員 山田 悟史)

1. はじめに

VR 空間における価値は現実では不可能な場や事象を体験できる点にあり、それが本物である実感が大きいほど VR の価値を引き出しているといえる。近年では現実とは違う自分らしい生き方ができる場所としての価値が評価され、多様な VR 空間が生まれた。

しかし現実空間で蓄積された設計理論は VR 空間に活用できるものの、VR 空間の特徴（コストや構造、法律などの制約が少なく、また距離感覚が現実空間と異なること）を加味した空間デザインの知見が希薄である。よって臨場感の高い快適な VR 空間を安定して供給することは困難であり、VR 空間に入り込めなくなる瞬間の増加が懸念される。この問題に対し、三次元情報において見たものを見たままに触れると触った対象の存在感の向上する（南澤¹⁾）ことから、VR 体験者の居る現実空間を構成する空間要素^{注1}を VR 空間に再現すれば臨場感を高めることができると考えた。

VR で創造される空間は多岐にわたり、臨場感を妨げる原因を全て特定するのは困難である。そこで入浴という状況に注目した。理由には好みの空間に改造しづらい浴室には VR の可変性が活かすことや、入浴しながら VR 空間を楽しむコンテンツ（以下 VR お風呂）が自宅で外の世界を楽しみたいという需要に応じて 2020 年に発表されたことが挙げられる。このように VR お風呂は新しいため、VR としての価値を十分に引き出せていないのが現状だ。

以上より、VR の創造性を損なったり臨場感を妨げたりする空間要素のない、人の居場所として快適な VR 空間を提供できる VR 用の設計理論を体系的に示すことを目標とする。本稿では入浴時において VR 空間の多様性を損なわずに心理評価^{注2}を高められる空間要素のリンク度^{注3}を段階的に検証する。

2. 浴室のリンク度が心理評価に及ぼす影響（実験 1）

2.1 研究概要

浴室のリンク度が心理評価に及ぼす影響を検証する。リンク度（3：高・中・低）×場（3：海・山荘・草原）の 9 種類の空間を被験者に体験させた。VR 空間の場を図 1 に、現実の被験者の様子を図 2 に、VR 空間での被験者の様子を図 3 に示す。VR 空間の浴室は実験で使用する浴室を模したものである。

2.2 実験手法

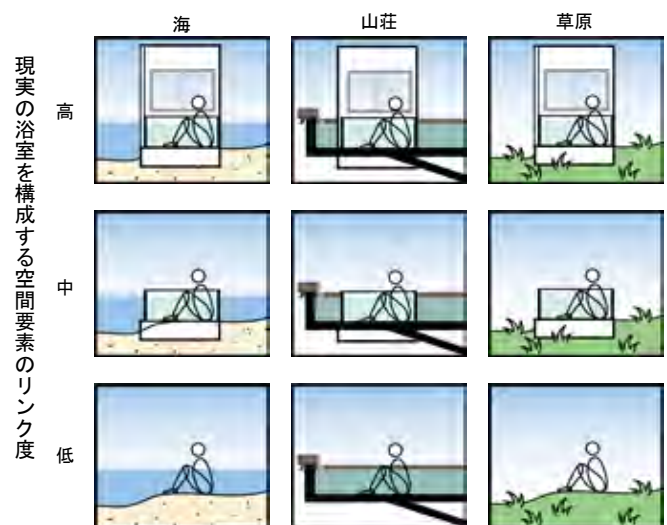
被験者が図 4 のように入浴してヘッドマウントディスプレイ（以下 HMD）を被った後、図 3 の VR 空間のうち 1 つを呈示した。現実の実験の様子を図 5 に示す。水温は 37℃²⁾である。1 分間入浴するごとに、表 1 のごとく 14 の調査項目³⁾⁴⁾⁵⁾について 5 段階評価させた。これを 9 種類分繰り返した。被験者は 22~31 歳の健康な男性 5 名である。



図 1 VR 空間の各場の全容



図 2 現実の場



現実の浴室を構成する空間要素のリンク度

図 3 VR 空間で体験する場

An effect of linking level between real space and virtual space on psychological evaluation of VR users

-Focusing on VR bath-

2.3 結果

図6より心理評価は山荘（低）で最も高かった。VR空間に水があり、さらにそれが温かいと認識されたことが高評価に影響したと考えられる。リンク度は高と中で評価に差はなかった。

3. 現実－VR間の遷移体験が心理評価に及ぼす影響と浴槽の広さが心理評価に及ぼす影響（実験2）

3.1 研究概要

実験2の一つ目の目的は、現実－VR間で意識を移行するための特定の遷移体験を、被験者が入浴前後に行うことで心理評価を高められるかを検証することである。現実の実験場にあるカーテンをVR空間の脱衣所に再現した。カーテンを開けて露天風呂にワープする過程を導入体験、入浴後に脱衣所にワープし、カーテンを開けてHMDを外すと現実に戻る過程を終了体験とした（図7）。被験者がコントローラーをVR上のカーテンにかざすとそのカーテンが開く仕組みとなっている。VR空間で見えている位置に現実のカーテンがある状態で視覚的にも触覚的にも同時に開けることで、その体験が現実の浴室とVR空間の露天風呂を自然に繋ぐと仮定した。

二つ目の目的は現実の浴槽の縁とVR空間の浴槽の縁の位置の一致度（以下縁のリンク度）が心理評価に及ぼす効果の検証である。2種類の異なる広さの浴槽を設けた時、現実の浴槽の縁とVR空間の浴槽の縁が一致する辺の数は狭い浴槽の方が多く注4、リンク度は高い。よって、狭い浴槽の方が心理評価が高くなると仮定し、両浴槽での評価を比較した。

体験するVR空間は実験1で最も心理評価が高かった架空の山荘の露天風呂を利用した（図8）。広い浴槽では体と浴槽の位置関係から眺望が狭い。

3.2 実験手法

遷移体験の有無(2)×浴槽の広さ(2)の4回行った。カーテンを開ける操作や入浴の順序を口頭で指示し、自由時間1分の入浴を体験させた。水温は37°で、被験者の身体に関しては両手のみ呈示した。終了体験の終了後にアンケート形式で気分³⁾⁶⁾（10項目）と臨場感⁵⁾（評価性因子、迫力因子、活動性因子、機械性因子の4因子19項目）についての評価を行った。被験者は22~32歳の健康な男性16名である。



図4 実験空間の平面図



図5 実験中の被験者の様子
※実験1では実際にコントローラーは持たない。

表1 心理評価

気分評価	緊張・興奮因子	気持ちが高ぶっている 気持ちが引き締まっている
	爽快感因子	頭の中がすっきりしている 心静かな気分だ
心理的機能	居場所の精神的安定因子	無理をしないでいられる おもしろい 満足する
	思考・内省因子	物思いに耽る
臨場感	評価性因子	好きな—嫌いな 気持ちの良い—気持ちの悪い 違和感のない—違和感のある リアリティのある—リアリティのない
	迫力因子	開放的—閉塞的
	活動性因子	動的な—静的な

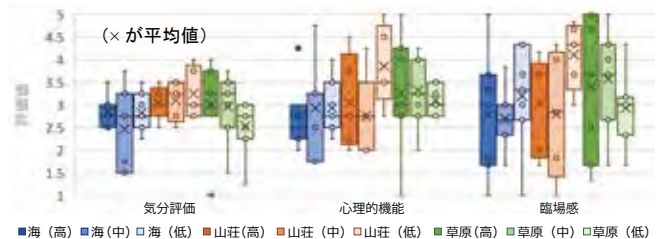


図6 心理評価の箱ひげ図

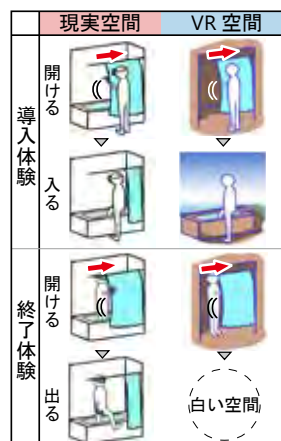


図7 各遷移体験の概略



※広い浴槽と狭い浴槽を同時表示

図8

実験2のVR空間の全容（上）
および被験者視点の景色（下）

表2 二要因分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
広さ	1	275.6	275.62	5.926	0.02 *
遷移体験	1	0.2	0.23	0.005	0.945
交互作用効果	1	15.6	15.63	0.336	0.566
残差	36	1674.3	46.51		

Signif. codes : 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

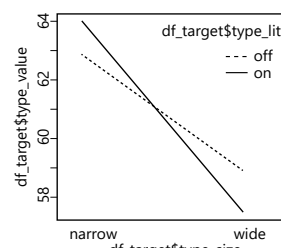


図9 評価性因子と浴槽の広さ

3.3 分析結果

図9と表2より遷移体験の主効果は小さく、有意とはいえないことが判明した。また、浴槽の広さの主効果は中程度で有意であり、特に没入感評価の評価性因子における浴槽の大きさの違いに中程度の主効果が認められた。ただし、この主効果は眺望と縁のリンク度の複合的な影響と考えられたため、実験3ではこの二つの影響について分析した。

4. 評価と視覚及び触覚の因果関係 (実験3)

4.1 研究概要

実験3では視覚情報と触覚情報が評価に及ぼす影響を調べる。被験者は浴槽内の自由な移動が可能で、各地点での滞在時間が長いほど心理評価が高くなると仮定した。そのうえで、被験者の位置から見える空や海などの空間要素がどのように滞在時間に及ぼすかを検証する。また、移動することによって縁のリンク度が変化することから、縁のリンク度が滞在時間に及ぼす影響も検証する。VR空間は実験2と同様に露天風呂を使用した。

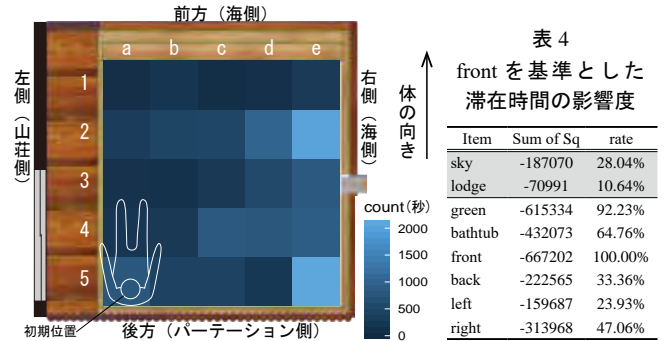
4.2 実験手法

広い浴槽と狭い浴槽の2水準で行った。被験者の身体に関しては右手のみ呈示し、水温は38[°]注⁵とした。入浴時間は各10分でその間の被験者の位置座標を取得し、浴槽内の各地点での滞在時間を分析した。アンケートでVR空間に対する評価も行った。被験者は22~32歳の健康な男性23名である。

4.3.1 客観評価 (滞在時間) の分析結果

広い浴槽の滞在時間を1マス560mmに分割して表したものを図10に示す。この図の滞在時間の分布から被験者の居場所が偏っており、特徴的に滞在時間が長いのはe列であることが読み取れる。

このような居場所選択が生じた要因分析をダミー変数を用いた重回帰分析により分析した。目的変数は滞在時間、説明変数は表3に示す空間変数と接触変数である。空間変数はVR空間の場を構成するそれぞれの空間要素(空、海、緑^{注6}、浴槽^{注7}、山荘^{注8})が全方位中に占める視野率を表し、接触変数はVR空間の浴槽の縁のリンク度を表す。多重共線性を加味したAIC情報量を基準とした変数選択を行った結果、green, bathtub, front, back, right, leftに有意



※現実の浴槽の広さは約1.1列×2.5行分
図10 客観評価 (滞在時間) 結果

表3 客観評価 (項目別滞在時間への影響) 結果

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-631.33	853.05	-0.740	0.48333
空間変数 ^{*1}				
sky2	635.96	421.67	1.508	0.17523
sky3	-1109.55	827.69	-1.341	0.22194
sky4	-1737.19	914.61	-1.899	0.09930
lodge2	-170.16	321.86	-0.529	0.61337
lodge3	-1196.17	1061.13	-1.127	0.29678
lodge4	-1031.17	1149.11	-0.897	0.39934
green2	-725.71	300.24	-2.417	0.04629 *
green3	-17.32	198.78	-0.087	0.93299
green4	1180.11	305.03	3.869	0.00614 **
bathtub2	479.74	264.90	1.811	0.11304
bathtub3	1200.78	519.28	2.312	0.05400 .
bathtub4	2070.43	641.97	3.225	0.01455 *
接触変数 ^{*2}				
front1	303.64	119.87	2.533	0.03905 **
front2	948.57	221.06	4.291	0.00361 **
back1 ^{*3}	1382.87	527.72	2.620	0.03439 .
left1 ^{*3}	654.24	294.75	2.220	0.06191 .
right1 ^{*3}	2149.43	690.61	3.112	0.01702 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 180 on 7 degrees of freedom

Adjusted R-squared: 0.8835, F-statistic: 11.71 on 17 and 7 DF, p-value: 0.001447

※1 視界を占める各空間変数の割合が高いほど数字が大きいく。

※2 back, left, right は2段階あり、縁がリンクするのが1、リンクしないのが0、frontのみ3段階ある。front2は浴槽の前方が現実空間の浴槽と近似する2行目、front1がVR空間で余剰部分をもつ3-5行目である。front0は1行目であり、この位置に移動すると、現実空間で伸ばした足が仮にVR空間にあるとすればVR空間の浴槽を突き抜く位置である。

※3 back1, left1, right1は縁がリンクしている。変数の表す場所は図10においてそれぞれback1: 5行、left1: a列、right1: e列である。

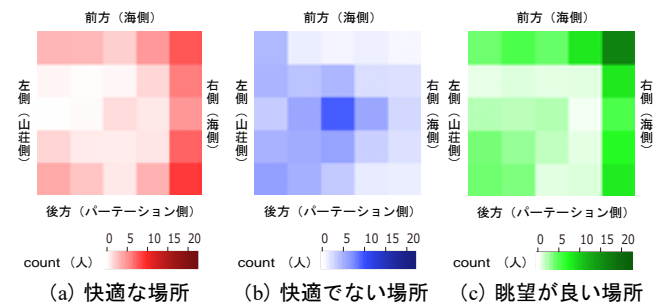


図11 主観評価 (項目に該当する範囲の描画) 結果

表5 描画による主観評価及び客観評価 (滞在時間) の相関係数

	快適な場所	非快適な場所	眺望が良い場所	滞在時間
快適な場所		-0.5746326	0.8714933	0.5069835
非快適な場所			-0.5408256	-0.3623928
眺望が良い場所				0.5335741
滞在時間				

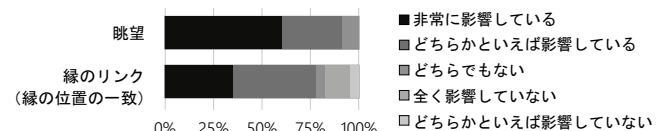


図12 主観評価 (項目別快適性への影響) 結果

性が認められた (p 値 < 0.5). 次に, 各空間変数の滞在時間への影響度を残差分析によって行った^{注9}. 表4のrateは最も残差への影響が大きかったfrontに対する他の項目の残差の大きさ, つまり影響度を示している. 影響度が最も大きいのはfront, 次にやや低い度合でgreen, 以下は表の通りであった. このような結果はe列の中でも特に2e (front2, green1, right2) と5e (green4, bathtub1, right2, back2) で滞在時間が特に長いことと, a列においては5a (bathtub1, back2, left2) が相対的に長いことから肯定できる.

4.3.2 主観評価 (アンケート) の分析結果

主観評価を図11に示す. この図は被験者が各項目に対して平面図に囲んで示した人数を図10と同じセル数で示している. この3項目及び滞在時間の相関係数を表5に示す. これより, 快適な場所と眺望が良い場所で相関係数が約0.8714と高いことが読み取れる. また快適な場所と滞在時間との相関係数は約0.5069であり, 滞在時間は快適性という主観評価を中程度に写像していると考えられる (p 値 < 0.5). このことは両者の無相関仮説検定が棄却され, 相関係数の有意性が示されたことから肯定でき, 客観評価の要因分析の妥当性を支持している ($t = 2.8208$, $df = 23$, p -value = 0.009695).

この相関係数の差異は評価を決定する要因との因果構造に異なる傾向があることを示唆している. 客観評価は接触変数の影響が総じて強く, 眺望に関しては緑と浴槽に対する見え方が影響する. いっぽう主観評価は眺望の影響が強いと考えられる. このことは図12に示す快適な場所が影響した要因からも読み取れる.

5. 考察とまとめ

実験1でリンク度を変化させて心理評価を検証した. その結果リンク度が低い場合, つまり体験するVR空間が現実と大きく乖離した場合に心理評価は下がり, 好まれないことが判明した.

実験2で検証した遷移体験は主効果は小さく, 臨場感の評価性因子は浴槽の広さと中程度の主効果が認められた. つまり, 心理評価に対する効果は現実—VR間の遷移体験にはなく, 浴槽の広さによる影響が強い結果となった.

実験3では人がVR空間で空間要素を要因として居場所を選択することを把握した. 次にVR空間において現実空間の空間要素と接触することがVR体験の滞在時間に影響することを明らかにした. その程度はfront, right, back, leftの順に強い. また視覚も影響していることを明らかにした. 特にVR空間の眺望の広がり, frontのリンクと同様に滞在時間に影響し, 浴槽の見え方もrightのリンクよりやや強めに影響している.

本研究より, VR空間において空間デザインは視覚だけでなく触覚を設計変数として取り入れることが重要であると判明した. つまり質の高いVR空間をデザインする際には, VR空間でもものを触った時に現実空間でもその接触感覚が得られることが, 視覚的なデザインと同等に必要ということである. 以上より, 空間デザインは現実空間と同様にVR空間においても重要であり, 建築分野が寄与し得る新たな設計対象といえる.

注釈

- 注1. ある空間を構成する要素. 本稿では以下が登場する. 実験1: 浴室を構成する躯体, 浴槽, シャワー, 蛇口, 照明, 実験2: カーテン, 浴槽, 実験3: 浴槽, 海, 空, 緑, 山荘
- 注2. 実験1-実験3で調査する気分評価, 居場所の心理的機能, 臨場感の総称.
- 注3. 現実空間の環境要素がVR空間に再現される度合い.
- 注4. 広い浴槽では背中と右手側の2か所, 狭い浴槽ではそれに足側と左手側を加えた4か所の縁が一致する.
- 注5. 実験は1月の冬期に行ったため, 1時間を要する実験途中に水温が低下することを考慮した.
- 注6. 島の樹木や地面を含む自然の空間要素. 砂浜は含まれない.
- 注7. VR空間の浴槽の木枠だけでなく水面も含む.
- 注8. 露天風呂はこの山荘の設備で, 図8.9に軒下や壁が映っている.
- 注9. 回帰係数を影響度と素朴に解釈することは不適切であるという主張がある. 根拠は重回帰分析の前提にある. この前提をふまえると, 影響度と解釈可能な事例は実際には極めて少ない. 変数間の相関係数が弱い場合でも, 変数が多いと共変量が複雑になり正しい読解が困難であると指摘されている.

参考文献

- 1) 南澤孝太: 皮膚感覚刺激による把持・質量感の提示, 日本ロボット学会誌, Vol.30, No.5, pp.491-493, 2012
- 2) 石澤太一: 入浴法および入浴習慣が心身に及ぼす影響に関する研究, 博士論文要旨 Abstract, 2014
- 3) 坂野雄二, 福井知美, 熊野宏昭, 堀江はるみ, 川原健資, 山本晴義, 野村忍, 末松弘行: 新しい気分調査票の開発とその信頼性・妥当性の検討, 心身医, Vol.34, No.8, pp.629-636, 1994
- 4) 杉本希映, 庄司一子: 「居場所」の心理的機能の構造とその発達的变化, 教育心理学研究, Vol.54, No.3, pp.289-299, 2006
- 5) 寺本渉, 吉田和博, 浅井暢子, 日高聡太, 行場次朗, 鈴木陽一: 臨場感の素朴な理解, 日本バーチャルリアリティ学会論文集, Vol.15, No.1, pp.7-16, 2010
- 6) 横井梓, 齋藤美穂: VR空間における心理的影響の評価に関する検討—大型スクリーンを用いた居住空間シミュレーションにおけるVR空間の感性評価, 日本建築学会環境系論文集, Vol.78, No.683, pp.1-7, 2013