

A Study on the Evaluation of the Usefulness of Human Behavior Simulation Reflecting the Gait Characteristics of Pedestrians in Atypical Architectural Design

비정형 건축디자인에서 보행자의 보행특성을 반영한 인간행동 시뮬레이션의 유용성평가에 관한 연구

Yun Gil Lee¹

이윤길¹

¹ Professor, Department of Architecture, Hoseo University, Republic of Korea, yglee@hoseo.edu

Abstract: In the existing escape simulation, human behavior simulation is often performed without sufficient consideration of the user's physical characteristics. Human behavior simulation that does not take into account the walking characteristics has a lot of difference from the real situation, so the effectiveness of the simulation is inevitably lowered. In particular, in the case of atypical architectural spaces, there is a high possibility that more diverse behavioral characteristics will be expressed according to the user's gait characteristics, so a simulation that reflects the user's gait characteristics is required. This study focused on developing an agent that reflects the user's gait characteristics. By improving ActoViz, the previously developed human behavior simulation tool for atypical space design, an agent that performs autonomous behavior based on the user's gait characteristics in atypical architectural space was developed and applied to ActoViz. Experiments and questionnaires were conducted to analyze the effectiveness of the developed technology for creative problem finding, and the analysis was conducted. Through the analysis, several significant results were obtained, and they were mainly about dangerous situations that could occur in the relationship between atypical architectural design and users. And, it helped to identify functional errors centered on functional safety and convenience. On the other hand, there was no statistically significant result for the support for design novelty.

Keywords: Human Behavior Simulation, Behavioral Characteristics, Intelligent Agent, Atypical Architectural Design, Architectural Design Process

요약: 기존의 탈출 시뮬레이션에서는 사용자의 신체적 특성을 충분히 고려하지 않고 인간 행동 시뮬레이션을 진행하는 경우가 많다. 보행 특성을 고려하지 않은 인간 행동 시뮬레이션은 실제 상황과 많은 차이가 있어 시뮬레이션의 효율이 떨어질 수밖에 없다. 특히 비정형 건축 공간의 경우 사용자의 보행 특성에 따라 보다 다양한 행동 특성이 표현될 가능성이 크므로 사용자의 보행 특성을 반영한 시뮬레이션이 필요하다. 본 연구는 사용자의 보행 특성을 반영한 에이전트 개발에 중점을 두었다. 기존에 개발된 비정형 공간 설계를 위한 인간 행동 시뮬레이션 도구인 ActoViz를 개선하여 비정형 건축 공간에서 사용자의 보행 특성을 기반으로 자율적 행동을 수행하는 에이전트를 개발하여 ActoViz에 적용하였다. 개발된

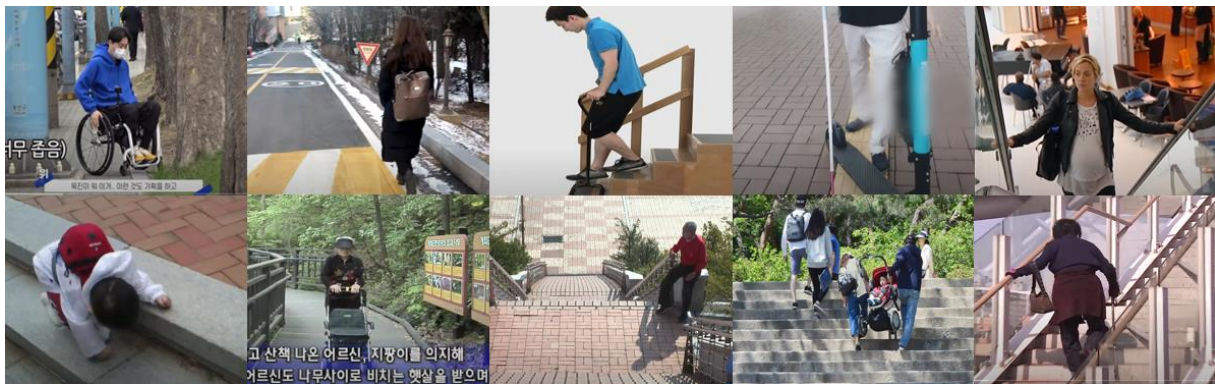
Received: November 03, 2022; 1st Review Result: December 17, 2022; 2nd Review Result: January 19, 2023
Accepted: February 28, 2023

기술의 창의적 문제발견 효과를 분석하기 위해 실험 및 설문조사를 실시하여 분석을 진행하였다. 분석을 통해 몇 가지 유의미한 결과를 얻었으며, 주로 비정형 건축설계와 사용자의 관계에서 발생할 수 있는 위험한 상황에 대한 것이었다. 그리고 기능적 안전성과 편의성을 중심으로 기능적 오류를 식별하는 데 도움을 주었다. 반면 디자인 참신성 지원은 통계적으로 유의한 결과가 나타나지 않았다.

핵심어: 인간 행동 시뮬레이션, 행동 특성, 지능형 에이전트, 비정형 건축설계, 건축설계 프로세스

1. 서론

건축 분야에서 인간행동 시뮬레이션은 설계된 물리적인 공간을 기반으로 한 사용자의 행동을 미리 가시적으로 검토할 수 있으므로 유용하다. 현대의 건축물은 점차 대형화, 복잡화, 비정형화되고 있으므로 인간행동 시뮬레이션에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 비정형 건축물에 대한 사회적인 요구가 높아지고 있는 현실에서 인간행동 시뮬레이션의 가치는 재조명되고 있다. 왜냐하면 비정형 건축물의 디자인 과정에서 외형적인 특수성에 집착한 나머지 건축물의 사용자에게 대한 고려가 상대적으로 적어질 수 있기 때문이다. 인간행동 시뮬레이션이 성공적으로 이루어지 위해서는 사람 형상의 에이전트의 행동이 얼마나 실제와 유사한가에 달려있다. 건축 공간에서 인간의 행동은 예측하기 어렵고 다양하게 나타나기 때문에 보다 지능화된 에이전트의 개발이 이루어질수록 더 성공적인 인간행동 시뮬레이션이 가능하다. 특히, 그림1과 같이 건축물을 사용하는 사용자는 다양한 신체적인 특성이 있다는 것에 주목할 필요가 있다. 기존의 탈출 시뮬레이션 등에서 사용되는 도구에서는 사용자의 신체적인 특성에 대한 충분한 고려 없이 인간행동 시뮬레이션 진행되는 경우가 많다. 이와 같은 인간행동 시뮬레이션은 현실과 많은 차이가 있으므로 시뮬레이션의 효과가 떨어질 수밖에 없다. 특히, 비정형 건축공간의 경우에는 사용자의 신체적인 특징에 따라 더 다양한 행동 특성이 발현될 가능성이 크기 때문에 사용자의 보행특성을 반영한 시뮬레이션이 필요하다[1][2].



[그림 1] 신체적 특성에 따른 인간의 행동

[Fig. 1] Human Behaviors Based on Their Physical Characteristics

본 연구는 비정형 공간디자인 과정에서 인간행동 시뮬레이션을 수행할 수 있는 도구의 개발을 목적으로 하고 있다. 즉, 비정형 건축디자인 도구 상에서 설계된 디자인 안을 대상으로 시뮬레이션 환경이 구성되고 지능화된 인간형상의 에이전트들이 이를 기반으로 자율행동을 수행하는 전산 환경의 구축을 목적으로 한다. 이와 같은 과정은 실시간으로 이루어지며 건축가에서 가시적으로 자신이 디자인한 설계안의 인간행동과 관계된 성능을 파악할 수 있도록 지원한다. 특히, 본 연구는 사용자의 보행특성을 반영한 에이전트를 개발에 중점을 두었다. 기존에 개발된 비정형 공간디자인을 위한 인간행동 시뮬레이션 도구인 ActoViz를 개선하여 사용자의 보행특성을 기반으로 자율행동을 수행하는 에이전트를 개발하여 ActoViz에 적용하였다. 개발된 기술의 창의적인 문제발견에 대한 효과성을 분석하기 위하여 실험 및 설문이 수행되었으며 이에 대한 분석이 진행되었다[3]. 본 연구는 본 연구자의 사전연구 연속선상에 있는 연구로서 앞서 논의한 것과 같이 본 연구는 비정형 건축공간에서 보행특성을 반영한 인간행동 시뮬레이션의 효과에 관한 연구가 주가 된다[4]. 이전연구를 통하여 비정형 공간에서의 인간행동 시뮬레이션의 효과에 대한 몇 가지 연구가 진행되었다. 이들을 통하여 비정형 건축디자인 과정에서 인간행동 시뮬레이션의 효과를 일부 확인하였으나 에이전트 행동이 구체화하지 못하고 행동특성을 반영하지 못한 한계가 있었다. 본 연구에서는 이와 같은 한계를 고려한 연구로써 이전연구와 차별화되고 그 의의가 있다고 할 수 있다.

2. 인간 행동 특성 기반 인간 행동 시뮬레이션 기술 개발

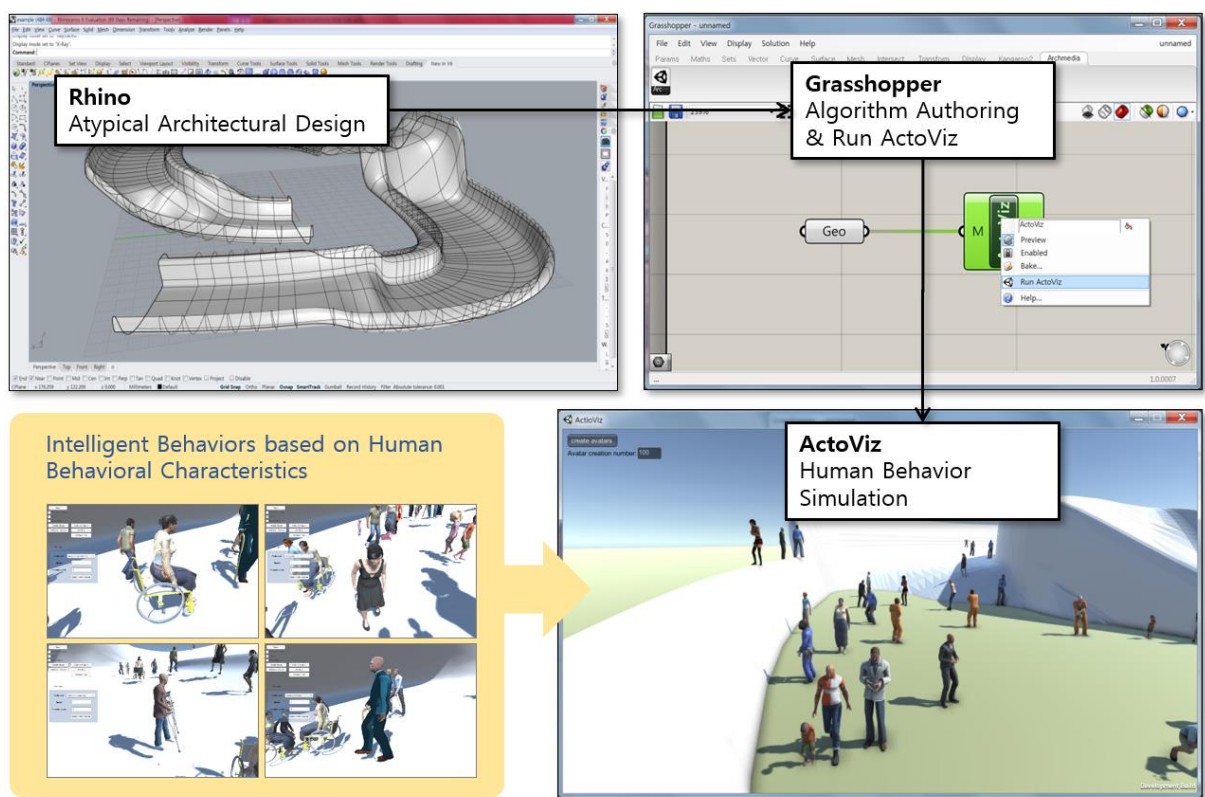
[그림 2]는 본 연구에서 활용한 인간형상의 디지털 모델을 보여주고 있다. 기존의 ActoViz에서 활용한 인간형상의 에이전트들은 행동 제약이 없는 일반적인 성인의 행동을 활용하였다. 이에 반하여 본 연구는 아래 [그림 2]와 같은 대표적인 행동특성을 에이전트들이 수행하게 하고 인간형상의 디지털 모델 또한 이와 유관한 형태를 띠도록 구성되었다. [그림 3]은 기존에 개발된 ActoViz를 개선한 것을 도식화한 것이다. 인간형상의 에이전트들이 보행특성을 가지고 비정형 공간에서 자율주행 할 수 있도록 개발하였다. 현장 및 영상을 통하여 보행특성을 분석하여 특징적인 동작을 모델링하여 적용하였다. 본 연구에서 노인, 임산부, 휠체어 탑승자, 목발 이용자, 어린이의 보행특성이 적용되었다.



[그림 2] 대표적인 보행특성을 반영한 인간형상의 디지털 모델들

[Fig. 2] Digital Models of Human Figures Reflecting Typical Gait Characteristics

[그림 4]는 이러한 보행특성이 적용된 에이전트들이 비정형 공간에서 어떻게 자율행동을 하는가에 대하여 보여주고 있다. 이들은 행동적인 특징과 함께 보행속도, 반복 속도 등도 차이가 있다. ActoViz의 사용자 인터페이스를 개선하여 보행특성이 있는 에이전트와 그렇지 않은 에이전트를 선택하여 시뮬레이션에 활용할 수 있도록 하였다. 또한, 특정 보행특성이 있는 에이전트를 원하는 곳에 배치하여 설계된 비정형 공간의 특성을 시각적으로 파악할 수 있도록 하였다. 이는 보행특성이 있는 에이전트의 행동과 그렇지 않은 에이전트의 행동을 비교할 수 있으므로 더욱 건축가에게 주는 피드백의 효과가 높을 것으로 판단되었다. 비정형 건축디자인과 인간행동 시뮬레이션의 과정은 실시간으로 이루어지며 건축계에서 많이 활용되는 도구인 Rhino와 Grasshopper를 기반으로 개발되었다. 인간행동 시뮬레이션을 위해서는 게임 엔진인 Unity3D를 기반으로 개발이 이루어졌다[3].



[그림 3] 비정형 건축 공간에서의 인간 행동 특성을 기반으로 한 인간 행동 시뮬레이션을 위한 ActoViz

[Fig. 3] Actoviz for Human Behavior Simulation Based on Human Behavioral Characteristics in Atypical Architectural Spaces

건축디자인 과정에서 인간행동 시뮬레이션은 건축가에게 디자인된 설계안에서 가능한 사용자 행동을 예측할 수 있는 가시적인 정보를 제공하기 때문에 유용하다. 특히, 비정형 건축디자인과 같이 설계된 건축물에서의 사용자의 행동이 건축가의 예측밖에 있을 가능성이 큰 경우는 더욱 그러하다. 이는 교육 현장에서 더 유용할 수 있는데 건축 설계에 충분한 경험이 없는 학생들은 사용자의 행동에 대한 예측이 어렵기 때문이다. 더욱이 사용자의 행동특성을 고려한 인간행동 시뮬레이션은 학생들이 미처 생각하지 못한 다양한 상황을 재현할 가능성이 있다. 설계안에서 인간행동의 재현은 창의적인

문제해결과 관련이 높다고 밝혀져 왔다[4].



[그림 4] ActoViz에서 인간의 행동 특성에 기반한 지능형 에이전트의 행동
[Fig. 4] Intelligent Agent's Behaviors Based on Human Behavioral Characteristics in Actoviz

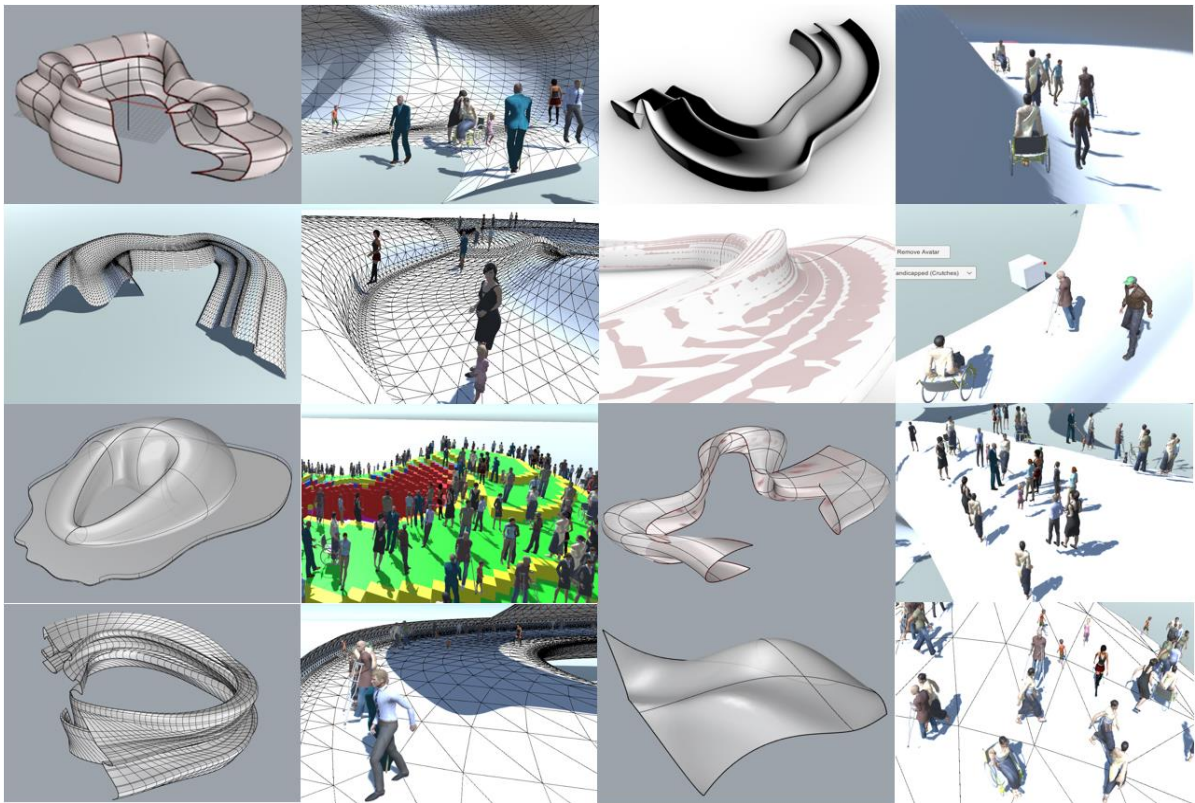
3. 창의적 문제해결 기반의 비정형 건축설계에서 인간행동 특성에 기반한 인간행동 시뮬레이션의 유용성 평가

건축가에 가장 중요시되는 능력 중의 하나는 창의성이다. 왜냐하면 창의적인 건축물이 보다 가치 있게 평가되기 때문이다. 따라서 건축디자인 교육에서 창의성의 개발은 매우 중요한 덕목이다. 창의성은 다소 모호한 개념일 수 있고 정의하는 기준도 다양하다. 본 연구에서는 창의성을 새로운 것과 적절한 것을 포함한 개념으로 정리하였다. 즉, 현대 심리학에서 창의성은 참신성(Novelty)과 적합성(Appropriateness)을 동시에 고려한 개념을 의미한다. 건축설계는 일종의 내적 대화과정(Intro-communication)으로써 인간행동을 모사한 에이전트의 모습을 통하여 창의성의 발현이 가능하다[4]. 본 연구에서는 개발된 보행특성에 기반한 인간행동 시뮬레이션 기술의 창의적인 문제해결의 유용성에 대한 연구가 실험과 설문조사 및 분석으로 진행되었다. 건축디자인의 과정은 건축가가 새로운 것과 보다 적절한 것을 찾는 일종의 내적 대화 과정으로 이러한 내적 대화와 관련된 경험이나 생각이 많이 촉발될수록 창의적인 결과물이 생산될 가능성이 높다. 따라서 창의성의 측정은 외적 결과물로도 가능하지만 건축 디자인 과정에서는 경험이나 생각의 발현으로 가늠할 수 있다[4][5].

3.1 개요

35명의 학생이 디지털 디자인 랩1이라는 교과목을 2022년 봄학기에 수강하였다. 본 교과목은 디지털 미디어를 활용하여 건축설계를 하는 능력을 배양하기 위한 과목이다.

본 교과목은 대한민국 H대학교 건축학과(5년제 건축학사 프로그램)에서 개설되었고 참여한 모든 학생은 본 과정의 3학년 학생들이었다. 담당 교수는 비정형 건축 디자인 도구인 Rhino 3D를 이용하여 비정형 형태의 놀이터를 디자인하게 하였으며 ActoViz를 이용하여 인간행동 시뮬레이션을 수행하게 하였다. 또한 보행특성을 기반으로 한 시뮬레이션과 그렇지 않은 시뮬레이션을 비교하며 수행하도록 요구하였다. 또한, 두 가지 시뮬레이션을 비교하도록 하였다. [그림 5]는 학생들이 디자인한 비정형 형태의 놀이터와 ActoViz를 기반으로 인간행동 시뮬레이션을 수행한 결과를 보여주고 있다[6][7].



[그림 5] Rhino3D를 이용한 학생들의 비정형 디자인(좌)과 ActoViz를 이용한 행동 특성 기반의 인간 행동 시뮬레이션(우)

[Fig. 5] Students' Atypical Design Using rhino3d (Left) And Human Behavior Simulation Based on Behavioral Characteristics Performed Using Actoviz (Right)

이러한 놀이터 디자인 작업을 마친 후 학생들은 디자인과 인간의 상호 작용을 평가하기 위해 보행특성을 반영한 시뮬레이션 기능을 사용하기 전과 후에 디자인 결과를 비교했다. 그런 다음 그들은 비정형 건축 디자인 프로세스에서 외부 상황변화 기능의 유용성에 대한 질문에 응답했다. 설문지는 7점 Likert 척도(1=매우적다, 2=적다, 3=다소 적다, 4=중간이다, 5=다소 많다, 6=많다, 7=매우 많다)를 사용하였다. 기준은 창의적 문제발견에 중점을 두었고 다음의 사항들이 포함되었다. 이러한 기준은 주어진 디자인 작업의 맥락에 맞게 변경된 일반적인 창의성 원칙에 기반을 두고 있다[8].

- (1)외부 상황변화 기능은 비정형 공간디자인 전반에 유익했다.
- (2)이 기능은 비정형 공간을 계획하는 과정을 용이하게 했다.
- (3)이 기능은 최종 디자인의 유용성/합리성에 대한 자신감을 높였다.

- (4)이 기능은 새로운 모양을 디자인하는 데 도움이 되었다.
- (5)이 기능은 공간에 대한 다양한 기능을 설계하는 데 도움이 되었다.
- (6)이 기능이 디자인의 안전성과 편의성을 향상시켰다.
- (7)이 기능은 적절한 비정형 공간을 계획하는 데 도움이 되었다.
- (8)이 기능은 문제 및 설계 오류를 식별하는 데 도움이 되었다.

3.2 결과

대응표본 t-검정은 보행특성을 반영한 시뮬레이션 기능을 사용하여 디자인을 평가하기 전과 후에 창의적 문제 찾기에 대한 학생의 자체 평가 점수를 비교하기 위해 연구와 함께 수행되었습니다. [표 1]은 보행특성을 반영한 시뮬레이션 기능을 사용하기 전과 후에 시뮬레이션의 효과를 비교하며 실험에 참여한 학생들이 설문결과를 대응표본 t-검정으로 분석한 결과이다. [표 1]과 같이 몇몇 항목에서 통계적으로 유의미한 결과가 도출되었다. 본 연구에서는 창의적인 문제해결의 결과물보다는 학생들의 경험과 생각에 대한 분석을 중점적으로 고찰하였다. 따라서 디자인된 결과물보다는 학생들의 설문결과를 중심으로 연구가 진행되었다. 이는 창의적인 결과물에 대한 본 기술의 효과에 대하여 알아볼 수 없는 한계가 있지만 본 기술이 지향하는 설계지원 도구의 역할에 대한 설계자의 경험과 생각에 대하여 보다 중점적으로 고찰할 수 있는 장점이 있다.

[표 1]에서 (6)번 항목이 통계적으로 유의미한 결과를 보여주고 있다. 본 항목의 질문은 '디자인의 안전성과 편의성을 향상시켰다.'이다. 즉, 보행특성을 반영한 인간행동 시뮬레이션이 그렇지 않은 인간행동 시뮬레이션과 비교해 설계안의 안전성과 편의성을 증진하는 데 도움이 됐다는 것이다. 이는 이동이 다소 불편한 보행특성을 가진 사용자의 행동을 직관적으로 볼 수 있기 때문인 것으로 생각될 수 있다. 이와 관련된 서술식 응답에서도 '생각하지 못 했던 안전성과 편의성에 대해 생각해 볼 수 있었다', '사람들이 떨어지거나 멈칫멈칫하는 듯한 제스처들이 여기가 불편하구나를 알게됨', '비정형 매스의 어떠한 부분에 안정성을 주어야 할지 알 수 있었다' 등의 이와 유관한 대답이 있었다.

(8)번 항목(문제 및 설계 오류를 식별하는 데 도움이 되었다)이 또한 통계적으로 유의미한 결과를 보여주었다. 즉, 보행특성이 반영된 인간행동 시뮬레이션이 그렇지 않은 시뮬레이션 보다 설계안의 문제 및 오류를 식별하는데 보다 도움이 되었다는 것이다. 관련된 서술식 응답에서 '수정 전의 비정형 계획 공간에서는 사람들의 이동에 제한이 많았었지만, 수정 후 이동에 대한 제한을 다소 줄일 수 있었다', '근본적으로 디자인한 건물이 매우 불편한 건물임을 깨달았고 그럼에도 보완할 부분을 찾고 디자인을 변경하는 데에 도움을 받음', '비정형 디자인을 위해 사용했던 곡선이나 급격한 커브 등의 디자인이 어떠한 오류를 범하고 있는지 확인 가능하다는 점에서 도움을 받을 수 있었다' 등의 내용이 있었다. 서술식 대답에서는 보행특성이 반영된 인간행동 시뮬레이션의 효과라기 보다는 인간행동 시뮬레이션 자체의 효과에 대한 내용으로 생각될 수 있다. 그러나, 본 항목에서 이전과 이후의 차이가 크게 나는 것을 보면 보행특성을 활용한 시뮬레이션에서 에이전트의 행동이 설계안의 오류를 확인하려는 생각을 불러일으키는 시발이 되었다고 볼 수 있다.

창의성을 '새로운 것'과 '절절한 것'의 곱으로 정의했을 때 본 설문은 이에 대한 질문이 적절히 섞여있다. 즉, 질문(4), (5)와 같은 것은 창의성의 새로운것을 발견하는 측면에 대한 질문이다. 본 설문결과를 통하여 볼 때 보행특성을 반영한 인간행동 시뮬레이션은

디자인 과정에서 새로운 것의 발견에는 크게 도움이 되지 못한다고 평가된다. 주관식 설문결과를 통하여 추론할 수 있는 것은 인간형상의 에이전트의 행동적인 특성이 공간의 활용하는 다양성보다는 특정 목적이나 안전에 더 집중하게 하였고 따라서 다양한 상상을 지원하기 어려운 상황이 만들어졌다고 평가된다.

[표 1] 인간 행동 특성의 함수를 사용하기 전과 사용한 후의 창의적 문제 찾기에 대한 대응표본 t-검정

[Table 1] Paired-Samples T-Tests on Creative Problem Finding Before and After Using Functions of Human Behavioral Characteristics

	Mean (Standard Deviation)		Mean Difference	P (*p < .05)
	Before Using Functions of Human Behavioral Characteristics (n = 35)	After Using Functions of Human Behavioral Characteristics (n = 35)		
(1) Helped improve the quality of your atypical spatial design	4.5429 (0.82)	4.5143 (1.01)	0.0286	0.869
(2) Facilitated the process of planning an atypical space	4.2571 (0.98)	4.4286 (0.74)	-0.1715	0.447
(3) Increased your confidence in the usefulness/rationality of the final design	4.0286 (1.15)	4.3429 (1.14)	-0.3143	0.094
(4) Helped you design new shapes	4.3429 (1.24)	4.4000 (1.17)	-0.0571	0.800
(5) Helped you design various functions	4.2857 (1.05)	4.7143 (1.10)	-0.4286	0.096
(6) Improved safety and convenience	4.0000 (1.31)	4.8857 (0.90)	-0.8857	0.001*
(7) Helped you plan an appropriate atypical space	4.2286 (1.19)	4.5714 (0.92)	-0.3428	0.090
(8) Helped you identify problems and design errors	3.9143 (1.29)	4.8286 (1.15)	-0.9143	0.001*

4. 논의 및 결론

본 연구는 사용자의 보행특성을 반영한 에이전트를 개발에 중점을 두었다. 기존에 개발된 비정형 공간디자인을 위한 인간행동 시뮬레이션 도구인 ActoViz를 개선하여 사용자의 보행특성을 기반으로 자율행동을 수행하는 에이전트를 개발하여 ActoViz에 적용하였다. 개발된 기술의 창의적인 문제발견에 대한 효과성을 분석하기 위하여 실험 및 설문이 수행되었으며 이에 대한 분석이 진행되었다. 분석을 통하여 두 가지 항목에서 유의미한 결과를 얻었으며 이들은 주로 비정형 건축디자인과 사용자의 관계 속에서

벌어질 수 있는 위험한 상황에 대한 것이었다. 즉, 기능상의 안전과 편의를 중심으로 한 기능상의 오류를 확인하는 데 도움이 되었다는 것이다. 이를 통하여 비정형 건축디자인에서 보행특성을 반영한 인간행동 시뮬레이션은 기능적인 완성도를 높이는 데 도움이 되었다고 판단할 수 있다. 이에 반하여 디자인의 참신성 지원에는 통계적으로 유의미한 결과를 보이지 않았다. 이는 인간행동 시뮬레이션에서 보행특성이 반영되면 자유로운 인간행동보다는 보행특성이 있는 보행자의 보호 및 안전에 더 관심이 집중되기 때문이라고 할 수 있다. 따라서 인간행동 시뮬레이션이 비정형 건축디자인의 참신성을 지원하기 위해서는 자유로운 행동을 취하는 에이전트의 개발이 필요할 것이다.

본 연구를 통하여 보행특성이 반영된 인간행동 시뮬레이션의 기능적인 측면의 지원에 대한 긍정적인 결과를 얻을 수 있었다. 그럼에도 불구하고 더욱 완성도 있는 인간행동 시뮬레이션 도구를 실현하기 위해서는 다음과 같은 향후 연구가 요구된다. 첫째, 다양한 보행특성을 가진 에이전트의 개발이 필요하다. 이번 연구에는 특정된 몇몇 보행특성을 활용했는데 이를 다양화하여 시뮬레이션 효과를 높일 수 있어야 한다. 둘째, 보행특성과 결부된 사회적인 상황에 대한 묘사가 요구된다. 본 연구에서는 주변 보행자와의 관계 및 상호작용에 대하여는 고려되지 않았는데 이에 대한 후속 개발이 필요시 된다. 셋째, 상황변화와 같은 복합적인 상황에 대한 고려가 필요하다. 외부상황변화에 따른 보행특성이 반영되면 보다 시뮬레이션의 현실성이 높아질 수 있을 것이다.

5. 감사의 글

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (NRF-2018R1A2B6005827).

References

- [1] S. W. Hong, A Study on the Effects of a Virtual-Users Model Computing the Semantics of Spaces for the Operation and Understanding of Human Behavior Simulation of Architecture-Major Students, *Journal of KIBIM*, (2016), Vol.6, No.3, pp.34-41.
DOI: <https://doi.org/10.13161/KIBIM.2016.6.3.034>
- [2] H. Heft, *Ecological psychology in context: James Gibson, Roger Barker, and the legacy of William James's radical empiricism*, Psychology Press, (2005), pp.109-142.
- [3] H. J. Kim, H. S. Jang, H. M. Jo, Y. S. Jang, Y. G. Lee, Developing Human Behavior Simulation Technology that Considers Pedestrians' Physical Characteristics in Atypical Architectural Spaces, *HCI International 2022 Posters*, Springer, pp.73-77, (2022)
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06394-7_11
- [4] S. W. Hong, Y. G. Lee, A Study on the Effectiveness of Using Human Behavior Presentation on Creative Motivation in Architectural Design Process, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, (2014), Vol.30, No.3, pp.93-100.
DOI: https://doi.org/10.5659/JAIK_PD.2014.30.3.093
- [5] M. A. Runco, *Creativity: Theories and themes: Research, development, and practice*, London, United Kingdom: Academic Press, (2014)
Available from:
<https://books.google.co.kr/books?hl=ko&lr=&id=XwjUAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Creativity:+Theories+and+themes:+Research,+development,+and+practice&ots=b1EEE5Oof5&sig=YxNZWZNnzpJLyUcY3SbKTC02j7w#v=onepage&q=Creativity%3A%20Theories%20and%20themes%3A%20Research%2C%20development%2C%20>

nd%20practice&f=false

- [6] S. W. Hong, D. Schaumann, Y. E. Kalay, Human behavior simulation in architectural design projects: An observational study in an academic course, *Computer, Environment, and Urban Systems*, (2016), Vol.60, pp.1-11.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.07.005>
- [7] D. Simeone, Y. E. Kalay, D. Schaumann, S. Hong, Modeling and simulating use processes in buildings, In 2013 *Proceedings of Education and Research in Computed Aided Architectural Design in Europe*, (2013), pp.59-66.
DOI: <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2013.2.059>
- [8] M. A. Boden, *Creativity and Arts: Three Roads to Surprise*, Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, (2012)
Available from: <https://www.amazon.com/Creativity-Art-Three-Roads-Surprise/dp/0199659397>