

Space Syntax 기반 에이전트 분석을 활용한 혼잡 역사 이용객의 공간 이용행태 연구

A Study on Spatial Behavior of Passenger in Crowded Subway Station Using Agent Analysis Based on Space Syntax

최요한*, 지봉근*, 남성원**, 김영옥*†

Yo Han Choi*, Bong Geun Ji*, Seung Won Nam**, Young Ook Kim*†

초 록 철도역사에서의 혼잡문제가 지속적으로 발생하고 이를 개선하기 위해 정량적인 분석을 통한 예측이 필요하다. 이를 위해, 시각적 정보를 기반으로한 행위자 분석을 통해 혼잡시간 승객의 공간 이용행태를 분석하는 것이 중요하다. 이에 본 연구는 Space Syntax 기반 에이전트 분석을 통한 보행 예측 값과 실제 측정된 보행량 간의 상관관계 검증을 목적으로 한다. 이를 위해 출근시간 강남역을 대상으로 하여, 측정 보행량과 에이전트 분석 값을 비교하여 상관관계를 확인했다. 그 결과 개찰구에서 출구로 향하는 최단 동선 구간에서 보행행태와 에이전트 값이 높은 상관관계를 가지는 것으로 드러났다. 본 연구는 철도역사 내에서 Space Syntax 기반 에이전트 분석의 활용성을 검증하였고, 이를 통해 향후 철도역사의 혼잡도 예측 및 공간적 방안 마련에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

주요어 : Space Syntax, 공간구조, Agent-Based Model, 혼잡도, 지하철

1. 서 론

철도역사에서의 혼잡문제가 지속적으로 발생하고 있으며, 특히 서울교통공사의 자료는 출퇴근 시간대에 승하차량과 혼잡도가 가장 높다고 보고하고 있다. 혼잡문제는 승객의 길찾기와 안전에 영향을 준다. 이에 따라 철도역사의 혼잡도를 개선하기 위해 철도역사 이용객의 공간 이용행태에 대한 정량적인 분석을 통한 혼잡문제 예측이 요구되고 있으며, 특히 보행연구에 가장 적합하다고 알려진 행위자기반 모형(agent based model)분석이 시도되고 있다(Oh,2014).

지하철 역사에서 승객 피난 시 혼잡도를 예측하는 방법으로는 일반적으로 Kim et al. (2007)과 Choi(2010)의 연구와 같이 Simulex나 Exodus 등의 피난 프로그램을 활용된다. 이상의 프로그램은 순간적으로 많은 양의 하차객이 이동하는 역사의 혼잡도 예측에 활용될 수 있으나, 피난 시물레이션의 특성상 행위자의 이동 경로 및 동선의 분석 및 예측보다, 출발지부터 목적지까지 이동하는데에 소요되는 시간을 예측하는데 그 목적이 있다. 따라서 위와 같은 경로장 모형(potential field model)에서는 목적지 설정이 필수적이며, 행위자가 이동 경로를 선택함에 있어 별도로 주어진 공간 정보를 통해 목적지에 도달하게 된다. 즉, 행위자가 이동 중 시각을 통해 습득하는 공간적 정보를 기반으로 경로를 선택하는 상황은 고려되지 않는다는 한계를 가진다.

경로 선택에 있어서 공간 형태에 따른 시각적 정보는 매우 중요한 요소이며, 이를 기반으로한 행위자분석 방법론이 시도될 필요

† 교신저자: 세종대학교 공과대학 건축학과 (yokim@sejong.ac.kr)

* 세종대학교 일반대학원 건축학과

** 한국철도기술연구원, 공학박사 기술사

본 연구는 한국철도기술연구원의 연구비 지원 (과제번호 PK2001C4-1)에 의해 수행되었습니다.

가 있다.

이에 본 연구는 시각 그래프(visual graph)를 기반으로 하는 Space Syntax의 에이전트 분석을 활용하여, 승하차량이 많은 철도역사의 출근 시간대의 지하철 역사를 대상으로 에이전트 분석 결과와 실제 보행량 간의 상관관계를 분석하고 방법론을 검증하는 것을 목적으로 한다.

본 연구는 Space Syntax 분석 소프트웨어인 Depthmap X에서 제공하는 에이전트 분석을 진행하였으며 이를 통해 혼잡 역사에서 승객 하차 시 공간이용 패턴 및 혼잡문제를 예측하고자 한다.

2. Space Syntax 기반 에이전트 분석

Space Syntax의 에이전트 모델은 '에이전트'가 시각 그래프(visual graph) 기반 가상 영역에 기초하여 경로를 선택하는 이동 시뮬레이션을 말한다. 이때 에이전트는 공간 내에서 단위 공간마다 시각적으로 보이는 사전 계산된 공간 정보를 통해 다음 공간으로 이동하게 된다.¹⁾

Space Syntax를 기반으로 한 소프트웨어인 Depthmap X에서 제공하는 에이전트 분석은 전체 분석 시간, 투입되는 에이전트의 수, 출발 위치를 지정할 수 있으며, 투입되는 에이전트의 시야각, 방향 전환 주기, 움직임 패턴 등의 설정이 모든 에이전트에 적용된다. 이때, 분석 시간의 단위는 timesteps로 분석 대상 공간을 단위 공간(Cell)로 나누고 이 단위 공간을 이동하는 시간을 의미한다. 투입되는 에이전트의 수는 각 timestep마다 몇 명의 에이전트를 투입할지 설정하는 방식이며, 어느 위치에서 출발할 것인지 지정할 수 있다.

Turner(2002)는 에이전트 분석을 활용하여 런던의 테이트 브리튼 갤러리를 대상으로 에이전트 분석 결과와 10분간 보행량 측정 결과의 상관관계를 분석하였다. 해당 연구에서 에이전트의 설정 값을 다양하게 설정하여 실험을 진행한 결과, 시야각이 약 170°이고 3 step마다(1 timestep을 한 걸음 기준인 750mm로 설정하여, 3 step은 1.5초) 방향 전환 여부

를 결정하는 에이전트가 실제 보행량과 가장 높은 상관관계를 가짐을 밝혔고($R^2=0.76$), 미술관 외의 다른 건축물 유형에서의 실험이 필요하다고 언급하였다.

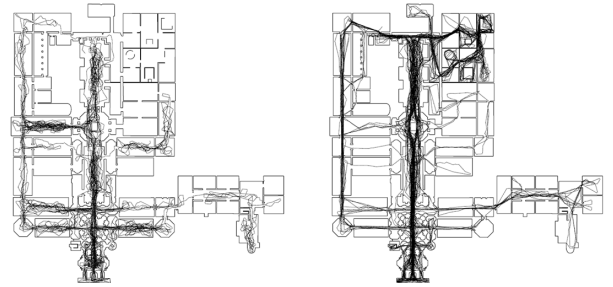


Fig. 1 Agent Trails in Tate Britain Gallery

3. 연구 방법

연구의 공간적 범위는 서울교통공사의 조사 자료를 통해 이용객이 가장 많은 2호선 강남역을 대상지로 선정하였고, 철도역사의 공간 이용행태를 확인할 수 있는 관찰기 이후 대합실에서 출구까지의 공간으로 한정하였다.

연구의 시간적 범위는 하차객에 의한 심각한 혼잡문제가 발생하는 출근 시간대(8~9시)로 하였다.

연구의 주요 내용은 강남역의 Space Syntax의 에이전트 분석 결과 값과 실제 보행량 간의 상관관계 분석을 하는 것이며, 이를 위한 연구 방법은 첫째, 문헌조사 및 도면 분석을 통해 강남역의 기본 현황 및 이용행태를 분석하고 게이트별 보행량을 파악한다. 둘째, Space Syntax의 에이전트 분석 시뮬레이션을 통해 출근 시간대 강남역의 공간 이용행태를 분석한다. 마지막으로 역사 내 구간 유형별 실제 측정 보행량과 에이전트 분석 결과 값의 상관관계를 분석하여 방법론을 검증한다.

1) Penn, A. & Turner, A. (2002), Space Syntax Based Agent Simulation, Pedestrian and Evacuation Dynamics

4. 분석 결과

4.1 강남역 보행량 측정 게이트 유형화

보행량 데이터는 Kim et al. (2007) 연구에서 조사한 데이터를 활용하였고, 총 48개 게이트 중에서 출퇴근 시간대 승객의 보행행태를 볼 수 있는 지하 1층 대합실의 28개의 게이트를 최종적으로 선정하였다. 선정된 게이트는 구간별 공간 이용행태의 특성이 다르며 특성에 따른 구분이 필요하다.

Jung et al. (2016)에 따르면 보행자는 보편적으로 최단 동선으로 이동하고, 강남역은 지하상가로 인한 체류 인원이 역사 내에 있어 구간별 다른 공간 이용행태를 보여준다. 이에 따라, 선정된 게이트를 최단 동선 구간, 지하상가 이후 출구 구간, 최단 동선 이외 구간으로 유형을 나눠 분석하였다. (Fig. 2)

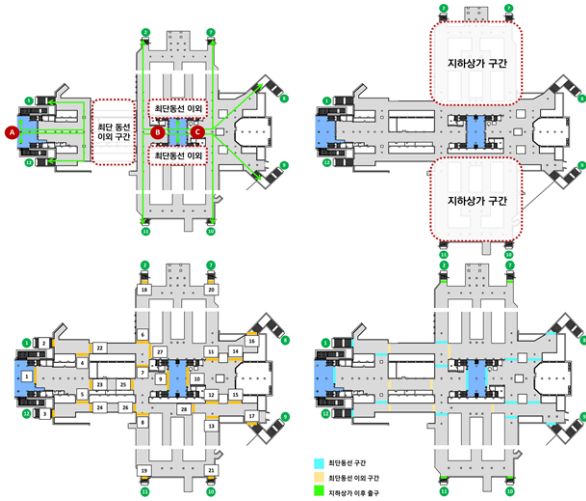


Fig. 2 Gate Typology

4.2 보행량과 에이전트 값의 상관관계 분석

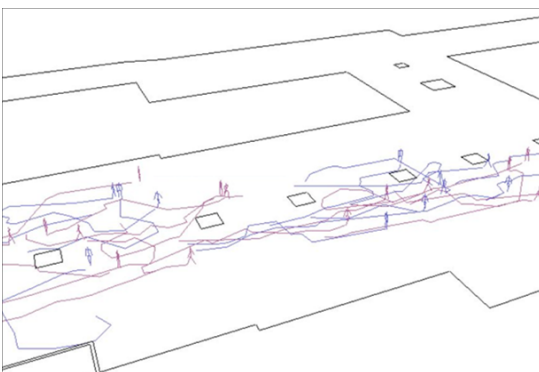


Fig. 3 Agent Analysis in Depthmap X

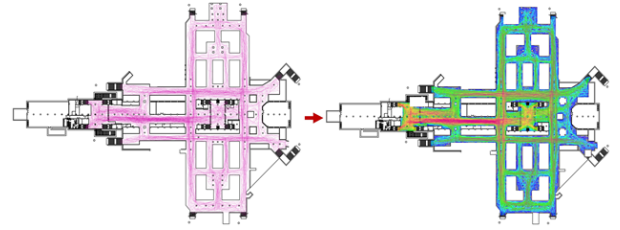


Fig. 4 Agent Analysis in Gangnam station
(Left: Agent Trails, Right: Gate Count)

게이트 통과 보행량(사람)은 Kim et al.(2007)에서 실제 측정한 강남역의 보행량이며, 게이트 통과 보행량(Agent)는 셀 단위의 게이트마다 측정되는 에이전트의 통과 빈도를 의미한다.

에이전트 분석 결과, 최단 동선 구간에서 게이트 통과 보행량(사람) 값과 게이트 통과 보행량(Agent) 값이 유사한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 게이트 혼잡도 값이 게이트 통과 보행량(Agent) 값보다 공간 이용행태를 잘 설명할 수 있고, 이에 따라 상관관계 분석에 게이트 혼잡도 값을 활용하였으며 분석 결과는 다음과 같다. (Fig. 5)

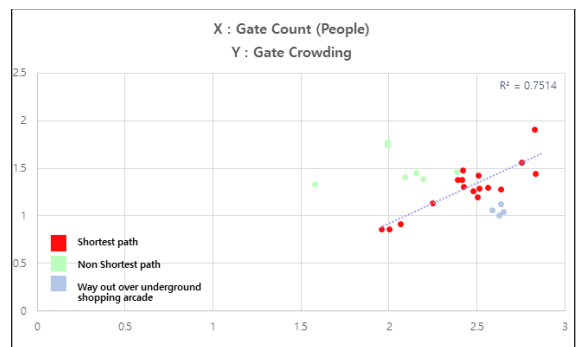


Fig. 5 Correlations between Gate Count and Crowding

전체 게이트에서의 상관관계는 $R^2=0.013$ 로 전체 구간에서는 승객들의 이용행태를 설명하지 못하는 것으로 나타났다(녹색). 최단 동선 이외 구간을 제외한 게이트에서의 상관관계는 $R^2=0.424$ 로 전체 게이트에서의 상관관계보다 높게 나타났다(청색).

마지막으로 최단 동선 구간의 게이트에서의 상관관계는 $R^2=0.751$ 로 최단 동선 이외 구간만 제외했을 때보다 높은 설명력을 보였다(적색). 이는 강남역 이용객 중 직장인 비율이 가장 높은 출근 시간대의 특성에 따라 최단 동선 이외 구간에서 양호한 가시성과 무

관하게 실제 승객 이용 빈도가 낮기 때문으로 분석된다. 또한 지하상가 이후 출구의 경우, 외부적인 요인(버스정류장, 업무시설 밀집 지역 등)으로 해당 출구를 이용하는 승객이 많으며 보행량 측정 시 지하상가 이용으로 측정 시작 시점 이전부터 체류하던 승객들이 집계될 수 있다. 이러한 원인으로 인해 에이전트 분석 값보다 측정 보행량이 월등히 높게 나타나며, 이로 인해 지하상가 이후 출구 구간을 제외한 최단 동선 구간의 상관관계가 가장 높게 나타났다고 분석된다.

5. 결론

본 연구는 서울시의 지하철 역사의 보행행태를 예측하기 위해 Space Syntax의 방법론 중 에이전트 분석을 이용하여 강남역 출근 시간대 승객 보행 패턴을 분석하였다. 철도 역사에서 보행에 영향을 미치는 요인을 파악하고, 에이전트 분석을 통해 강남역 지하 1층의 공간 이용행태를 분석하였으며, 이를 검증하기 위해 실제 측정된 보행량과의 상관관계 분석을 진행하였다.

분석 결과에서 구간 유형별로 설명력에 차이가 있었다. 모든 구간 중에서 최단 동선 구간에서의 에이전트 분석의 혼잡도 결과 값과 실제 측정 보행량이 높은 상관관계를 보이는 것을 확인하였다($R^2=0.751$).

Space Syntax의 에이전트 분석은 미술관, 철도역사 등 해외에서는 다양한 유형의 건물에서 학술 및 실무적으로 활용되고 있다. 본 연구를 통해 국내 사례에서 목적 동선을 가지는 철도역사 공간에서의 보행행태 예측 설명력이 검증되었다는 점에서 그 의의가 있다. 본 연구의 결과를 기반으로 향후 철도역사 내 혼잡문제 개선 및 예방에 활용될 수 있을 것으로 예상되며, GTX와 같은 신설 환승 철도역사 계획에도 적용이 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] SungJin. Oh (2015) A study on the Spatial Configuration Analysis using Agent-based model, Graduate School, Kookmin University.
- [2] Turner. A (2006) The Ingredients of an Exosomatic Cognitive Map: Isovist, Agents and Axial Lines?, *Space Syntax and Spatial Cognition: Proceedings of the Workshop held in Bremen*
- [3] Penn, A. (2002) Encoding natural movement as an agent-based system: An investigation into human pedestrian behaviour in the built environment, *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol.29 no.4
- [4] Penn, A, Turner, A (2002) Space Syntax Based Agent Simulation, *Pedestrian and Evacuation Dynamics*
- [5] SeungJae, Lee(2012) An Analysis of Visual Dynamics Using Agent-based Simulation Model, Graduate School, Korea University.
- [6] JongHo. Lee (2008) Review on Microscopic Pedestrian Simulation Models focused on Agent-Based Models, Conference of Korean Society of Transportation, Vol.46 No.59
- [7] Kim et al. (2007) The effect of spatial layout on space use pattern in subway station, The Korean Society For Railway.
- [8] Kim, Kim (2007) A Study on the Movement Pattern of Passengers in Subway Station, Architectural institute of korea, Vol.23, No.11
- [9] Jung et al. (2016) Analysis of Route Choice Behavior in Subway Station : Focusing on Walking Distance, The Korea Spatial Planning Review, Vol.88
- [10] Kim et al (2007) A study of evacuation time in a subway carriage fire, The Korean Society For Railway
- [11] SeokYong, Choi (2010) A Comparative Study on Evacuation Simulation Tools of Subway Station Disaster, Architectural institute of korea, Vol.41, No.12