

공간사용자의 본능적 시선탐색활동에 나타난 주사경로 알고리즘 특성

The feature of scanning path algorithm shown at natural visual search activities of space user

김종하* · 김주연**†

Jong-Ha Kim* · Ju-Yeon Kim**†

*동양대학교 건축소방행정학과

*Department of Architecture & Fire Administration, Dongyang University

**송실대학교 건축학부 실내건축전공

**Department of Architectural Design, Soongsil University

Abstract

This study has analyzed the scanning path algorithm shown at the process of exploring spatial information through an observation experiment with the object of lobby in subway station. In the estimation of observation time by section, the frequency of scanning type was found to increase as the observation time got longer, which makes it possible that the longer the observation lasts the more the observation interruptions occur. In addition, the observation slipped out of the range of imaging when any fatigue was caused from the observation or the more active exploration took place. Furthermore, when the trend line was employed for the examination of the changes to the scanning type by time section, “concentration” “diagonal or vertical” showed a sharp and a gentle increases along with the increase of time section respectively, while ‘circulation, combination, horizontal“ showed a reduction. The observation data of the subjects observing a space include various visual information. The analysis of the scanning type found at “attention concentration“ enabled to draw this significant conclusion. The features of increase and decrease of scanning types can be a fundamental data for understanding the scanning tendency by time.

Key words: Public space, Eye-tracking, Scanpath, Spatial navigation, Neuro Design, Primacy Effect

요약

본 연구는 지하철 로비공간을 대상으로 한 주시실험을 통해 공간정보의 본능적 시선탐색과정에서 나타나는 주시특성에 나타난 주사경로 알고리즘을 분석하였다. 주시시간 구간별 분석에서 주시시간이 오래 경과할수록 주사유형 횟수가 증가하고 있었는데, 오래 주시할수록 주시단절이 많이 일어난 것으로 해석이 가능하며, 주시에 따른 피로나 활발한 탐색이 자연스러운 공간탐색과정에서 일어나는 과정에서 화상범위를 벗어나는 경우가 많았던 것으로 보인다. 또한 시간구간의 변화에 따른 주사유형의 변화를 추세선으로 살펴본 결과, 「집중」은 시간구간의 증가와 함께 가파른 증가, 「대각·수직」은 완만한 증가를 보이는 반면, 「순환·혼합·수평」은 감소 경향을 보이고 있다. 공간을 주시한 피험자의 주시데이터에는 다양한 시각정보가 포함되어 있는데, 「주의집중」에 나타난 주사유형을 분석한 결과, 이상과 같은 의미 있는 결론을 도출할 수 있었다. 이러한 주사유형의 증감특성은 시간의

※ 이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2013R1A1A2062911)

† 교신저자 : 김주연 (송실대학교 건축학부 실내건축전공)

E-mail : k jy@ssu.ac.kr

TEL : 02-820-0994

경과에 따른 주사경향을 파악함에 있어 기초자료가 될 수 있다.

주제어: 공공공간, 시선추적, 주사경로, 공간탐색, 뉴로디자인, 주시특성

1. 서론

1.1. 연구의 배경

인간의 눈은 오감 중에서 가장 많은 정보를 획득하는 역할을 담당하고 있으며, 정보를 탐색하는 과정에서 시각적 주의집중은 의도, 흥미, 기존지식, 움직임, 무의식적 동기, 그리고 맥락 등에 의해 주도된다. 즉 도발적이거나 흥미를 끄는 특징이 탐지되면 그 대상을 눈의 중심와(中心窩)에 초점을 맺도록 눈동자나 머리를 움직여 대상을 탐색하게 되는데, 눈은 초점을 맞춘 후에 계속해서 이동하기를 반복하면서 공간을 탐색한다. 물론 공간의 종류와 개인 특성에 따라 주시하는 관심이나 정도에 차이가 발생한다.

피험자들을 균일한 시계에 장시간 노출시킨 실험을 보면, 사람들은 시계에 기준점을 삼을 만한 무언가를 위치시키려 하고, 이것이 여의치 않을 때 방향 감각을 상실하거나, 일시적인 시력 상실을 경험하기도 한다. 공간을 주시하면서, 눈은 계속적으로 정보탐색을 위해 움직이는데, 눈이 빠르게 움직이는 것을 단속적 운동(saccades), 시각 정보를 받아들이기 위해 잠시 시선이 머무는 것을 고정(fixation)이라 한다. 눈을 통해 획득한 정보는 곧바로 뇌로 전달되지만, 우리의 뇌는 입수한 모든 시각적 정보를 인지할 수 없다. 예를 들어 책을 읽을 때 뇌가 입수한 시각정보의 3/4는 무시된다고 한다. 시각정보를 지각으로 받아들이기 위해서는 시선의 고정이 필요하다. 공간을 탐색하는 과정에서 고정과 이동을 살펴보게 되면, 눈이 공간정보를 탐색하고 정보를 획득하는 과정을 알 수 있다. 시선의 자연스러운 활동은 공간에 대한 인간의 시각반응이며, 이러한 시각 활동을 통해 획득된 주시데이터가 뇌로 전달되어 지각·인지되는 과정에서 어떤 의사결정이 내려지게 된다. 하지만, 어떤 정보가 의사결정에 결정적인 역할 혹은 계기가 되었는지에 대한 정의는 확립되지 못한 상태이며, 과정에 대한 탐구활동도 미흡한 실정이다. 정보가 뇌로 전달되어 인간의 행동으로 이

어지는 일련의 과정에서 어떤 시각정보가 유효한 데이터로 뇌에 전달되고 행태를 유발하는 촉매가 되었는지 알 수 있다면, 공간과 인간과의 커뮤니케이션을 보다 효과적으로 컨트롤이 가능할 것으로 보인다. 인간의 뇌 속에서 의사결정이 내려지는 과정을 디자인과 접목시킨 것이 “뉴로 디자인(Neuro Design)”이다. 뉴로 디자인은 다양한 공간 중에서 어떤 특정 공간을 대상으로 사용자의 잠재의식을 과학적으로 탐구함으로써 사용환경에 적합한 디자인을 찾아내려는 시도이다. 인간의 잠재의식의 중요성을 공공공간디자인에 접목시키기 위해서는 시각정보를 체계적으로 분석하는 것이 필요하다. 시각 활동은 주시되는 상황에 대한 탐색활동이다. 공간정보를 획득하는 과정을 유형화를 통해 살펴봄으로써 사용자와 디자이너의 커뮤니케이션을 증진시키는 것이 가능하며, 이를 위해서는 자연스러운 시선의 공간탐색활동 과정과 특징을 체계적으로 분석할 필요가 있다.

1.2. 연구의 목적

본 연구는 공간사용자의 자연스러운 공간탐색활동을 분석하기 위해 사람의 왕래가 빈번한 공공 공간 중에서 지하철 로비공간을 선택하였다. 지하철 홀 공간은 방문자가 개찰구를 나와 처음 접하는 공간인 동시에 길 찾기와 같은 사인정보에 대한 수요가 있는 공간이다. 따라서 주변에 대한 활발한 정보탐색활동이 예상된다. 공간탐색과정에서 사인과 공간정보와의 관계 속에서 시각탐색활동의 특성을 찾아낼 수 있다면 공간계획과정에서 효과적인 사인계획이 가능하며, 인간과 공간(사인을 포함)과의 상호작용 메커니즘 규명에 대한 실마리를 제공할 수 있다. 이러한 관점에서 본 연구는 공간사용자의 자연스러운 시각탐색활동에 나타난 주시데이터로부터 주사경로를 유형화시키고, 시각 활동 특성을 분석함으로써 공간탐색알고리즘에 대한 기초 자료를 제공하는 것을 목적으로 하였다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

연구의 방법으로는 지하철 로비공간의 사진을 대상으로 피험자 시선추적실험을 통해 공간사용자의 탐색활동의 특징을 분석하였다. 연구과정은 다음과 같다.

- ① 선행연구에 나타난 주시특성연구를 분석하고, 주사경로 추적에 필요한 주시시간을 정의한다.
- ② 주시실험을 위한 공간을 선정하고, 시선추적실험을 통해 주시데이터를 추출한다. 실험대상은 성별에 따른 공간지각에 차이가 있다는 기존연구를 바탕으로 피험자 그룹 「여성」으로 한정하였다.
- ③ 주시데이터에서 유효성 검증을 통해 분석대상을 선정하고, ①에서 정의한 주시시간을 근거로, 연속주시관정을 위한 데이터의 속성을 정리한다.
- ④ 피험자별 주시데이터로부터 주사빈도를 추출하고, 분석 대상 유효 주시데이터의 범위로부터 분석 대상 피험자의 데이터를 선정하였다.
- ⑤ 주사경로의 특성을 분석하기 위해서는 시간구간의 범위를 설정할 필요가 있다. 본 연구에서는 시간구간을 30초로 설정하여 실험시간 3분 동안 출현한 주사유형을 판정하고, 6개 유형화로 정리하였다.
- ⑥ 시간구간별 주사유형을 분석하여 특징을 기술하고, 주사유형과 주사개수의 증감에 따른 공간탐색특성 정리를 통해 공간탐색과정에 나타난 주사경로 알고리즘을 분석한다.

2. 이론적 고찰 및 실험공간의 구성

2.1. 주사시간의 선행연구

공간을 주시하고 탐색하는 과정에서 눈은 고정과 이동을 반복하면서 시각정보를 받아들인다. 공간에는 많은 정보가 혼합되어 있으며, 이것을 시각정보를 획득하는 과정에 많은 자극으로 받아들여지게 된다. 이러한 자극들 중에서 어떤 자극이 시각 정보로서 의미가 있는지, 또한 주의를 집중시키고 있는지를 측정하는 것은 뉴로 디자인을 구현함에 있어 중요한 역할이 내재되어 있다. 제시된 지각을 강화시키는 과정이 시각

적 주의(visual attention)인데, 이것을 측정하게 되면, 공간사용자의 관심대상을 확인할 수 있으며 공간정보의 인지과정을 이해하기 위한 단서를 얻을 수 있다.

IT기술의 발달로 시선이동을 추적할 수 있게 되었는데, 이를 이용하면 인간의 무의식적인 시각 활동의 영역까지 파악하는 것이 가능하다. 시선추적을 통해 획득된 주시데이터를 연결시키면 주시특성을 분석할 수 있다. 주시와 관련된 선행연구를 보면, Kim, J.H.(2011)는 주시구역을 분석하여 주시특성 분석과정의 타당성을, Yoo, J.Y.(2011)은 주시성향과 공간·매체의 관계분석을 하였다. 공간은 다양한 요소로 구성되는데, Kim, J.H. (2007)는 공간단서 간의 상호작용을 탐색적으로 확인하여 공간구조와 공간을 구성하는 요소에 대한 상호관계를 분석하고 있으며, Ban, Y.S · Kim, J.H.(2012)는 주시정도의 변화를 추정하고 있다. Kim, J.H.(2014)는 주시지점을 연결시킨 주사경로 추적을 통해 주사유형을 5개로 정의하여 공간탐색특성을 분석하고 있다. 이러한 일련의 연구들은 정지된 영상(2D)을 대상으로 주시구역의 특성이나 빈도분석, 주사유형의 추적을 통해 주시특성을 분석하고 있다. 한편 3D 공간을 대상으로 한 실험은 한계가 지적되는 등 실험과정 및 분석에 많은 시행착오가 필요한 실정이다. 시각활동을 뇌의 지각과 연계시키기 위해서는 피험자의 공간정보 탐색활동에 대한 보다 세분화된 접근 분석방법이 필요하다.

공간을 주시하는 과정에서 사람은 눈을 깜빡이게 되는데 그것은 뇌가 휴식을 필요로 하기 때문이다. 눈을 깜빡일 때 시각적 자극과 집중력을 제어하는 뇌속 시각피질과 감각피질이 순간적으로 변화를 보이는데, 이는 집중력을 높이기 위해 짧은 순간 뇌의 휴식에 필요한 혈액교체가 일어나고, 눈을 깜빡이는 순간 뇌는 일시정지 상태가 된다. 이러한 의미에서 눈 깜빡임의 역할을 살펴보면, 단순히 눈의 수분을 유지하기 위한 역할을 넘어, 시각정보가 뇌로 전달되는 과정에도 영향을 끼침을 알 수 있다. 이러한 눈 깜빡임은 의도적인지 자연스러운 것인지를 구분함으로써 구글 글래스에서는 눈 깜빡임 탐지기능의 정확성을 확보하고, 정보신호의 역할까지도 가능하게 되었다. 하지만 시각을 통한 공간정보를 획득하는 과정에서 눈 깜빡임은 공간정보의 단절로 이어질 수 있다. 눈 깜빡임으

로 인해 획득되던 공간정보의 단절이 발생하고, 따라서 다시 공간정보에 재 초점을 맞추는 과정을 반복하게 된다. 이러한 공간사용자의 자연스러운 시각 활동에 초점을 맞춰, 눈이 반복적으로 만들어 내는 고정과 이동을 주사경로의 특성으로 분석함으로써 주시특성과 주사경로 알고리즘을 정의하는 것이 가능하다. 한편, 실제 공간에서는 실험에 참여한 피험자가 공간을 주시하는 과정에서 눈 깜빡임 동작만이 정보획득을 단절시키는 요인으로 작용하지만, 실험공간에서의 주시활동에서는 주시대상이 되는 화상의 범위를 벗어난 주시이탈도 주사경로를 단절시키는 요인으로 작용한다. 이러한 주사경로 이탈로 인한 정보획득의 단절을 매개로 주사경로 추적을 통한 공간탐색 활동을 분석하는 것은 시각정보탐색활동의 특성을 분석하고 실험 환경을 조절함에 있어 유용한 정보를 제공할 수 있다.

2.2. 시선고정에 필요한 주시시간의 정의

공간의 주시를 대상으로 공간정보의 지각과 인지과정에 나타난 주시이론에서 살펴보면, 첫인상이나 시각정보의 이해도에 따른 최소 필요시간을 정리한 것이 많다. <표 1>을 보면, 0.03초 시각정보가 획득되면 「정보식별과 그 다음 반응을 결정하는 과정」이 생겨나게 되며, 대상이 연속적으로 지각되기 위해서는 최소 0.05초가 필요하지만, 주의가 집중된 것으로 지각되려면 0.1초가 필요하다. 본 연구에서 사용하는 주사경로는 “한 장면을 볼 때 눈이 만들어내는 반복적인 고정과 이동을 기술”을 일컫는 용어로, 피험자는 각자의 독자적인 주사경로를 가지고 있으며, 동일인에게도 상이한 그림마다 서로 다른 독자적인 주사경로가 나타났다(Solso, R.L., 2000). 공간으로부터 정보를 획득하는 동안 시선은 이동과 고정을 계속하게 되는데, 특히 빠른 이동에서는 획득된 시각정보가 지각되지 않기 때문에 주사경로를 분석하기 위해서는 어떤 주시데이터를 고정된 데이터7)로 할 것인가에 대한 정의가 필요하다.

7) 실험데이터는 [x,y]좌표로 소수점 4째자리까지 저장된다. 시선이 고정된 것처럼 보이더라도 미세한 움직임이 발생하고, 주시데이터의 좌표에 “미세한 움직임”으로 기록된다.

Table 1. The Definition of Observation Time per Researcher

Researcher	Observation Time		Continuous Observation (times)	Definition of Time
	sec	ms		
Park jung yong	0.03	30	0.9	The process that determines reaction right after the initial identification of information.
A.A.B	1/20=0.05	50	1.5	Time that enables continuous
Park chan woong	0.1	100	3	Detecting the light
Kim young jin	0.1	100	3	Concentration of attention
Diederik Stapel	0.11	110	3	- Time for experiment that measures how long it takes to press a certain keyboard (based on which side it appears), when something appears on the screen - It is impossible to conclude what exactly it is : one can only feel something appears & press

따라서 시선고정에 필요한 시간을 얼마로 설정할 것인가에 따라 주시특성을 해석하는 내용이 달라질 수 있는데, 본 연구에서는 시각정보가 뇌에 기억되기 위해서는 지각을 필요로 하며, 지각되기 위해서는 대상에 「주의가 집중」이 필요하다. 따라서 0.1초 동안 해당 공간의 특정 위치에 시선데이터가 나타나면 시선이 고정된 것으로 판단하였다. 시선고정에 대해서는 2.3.2항에서 다루고 있다.

2.3. 주사경로 추적 실험

2.3.1. 실험공간의 설정

지하철을 내려 출구에서 나온 보행객은 홀 공간과 마주하게 되는데, 개방된 공간인 동시에 각종 사인물로 인해 많은 시각탐색활동이 예측되는 공간이다. 실험 이미지의 조망점은 홀로 나온 내방객은 건축구조물 사이에 배치된 안내사인이나 각종 요소로부터 목

적하는 정보를 획득하기 위해 공간을 탐색하게 되는 <그림 1>의 공간을 선정하였다.

실제 상황에서는 실험시간마다 보행자의 움직임이 달라지는 문제가 있으므로, 보행환경을 고정하였다.

사진촬영은 2013년 11월 10·19일 출퇴근 시간대와 한가한 시간대에 1.5m 높이에서 촬영하였다. 공간 촬영에는 사람의 눈이 보는 각도와 비슷한 35mm~50mm의 렌즈의 초점거리 카메라를 사용하는 것이 일반적이지만, 본 실험에서 사용되는 시선탐색 기기의 모니터가 광폭인 점을 고려하여 넓게 조망되는 28mm(화각 75°) 초점거리 렌즈를 사용하였다.

공간에 대한 주시실험은 정지상과 실제 상황을 대상으로 하는 실험이 있으나, 본 연구에서는 정지상을 통한 모니터 실험을 하였다. 실제상황을 대상으로 실험을 하면, 실험마다 주시상황이 달라지고, 동영상을 대상으로 실험하게 되면, 각 상황에 따른 3차원적인 시선헌동을 모두 주사경로에 포함시켜 분석해야 하는데 데이터량이 방대해질뿐만 아니라 상황을 한정할 수 없게 됨으로써 실험 데이터의 객관성을 확보할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 따라서 정지상으로 제한한 실험환경에 국한하여 공간탐색알고리즘을 파악하는 것을 목적으로 두고 주사경로를 분석하고 있다.

한편 공간에서는 어떤 목적을 가지고 주시하는가에 따라 시각의 탐색활동이 달라지는데, 본 실험에서는 “지하철 개찰구를 나온 후에 보이는 모습입니다. 지하철 홀 공간의 특징이 어떻게 구성되어있는지 살펴보세요.”라는 목적 문구를 피험자에게 제시한 후 공간을 주시하게 하였다.



Figure 1. An Image of Experiment

2.3.2. 실험환경

주시 실험은 건축 및 실내디자인학과에 재학 중인 30명의 여학생을 대상으로 실시하였다. 안경이나 렌

즈를 미착용한 상태에서 시력 0.8 이상에 학생을 대상으로, 2013년 11월 19일·25일에 피험자 개별 실시하였다. 피험자가 모니터에 제시된 화상에만 집중할 수 있도록 주변 환경을 어둡게 하고, 시각장치를 착용한 상태에서 30초간 순응시간을 갖게 하였다. 실험에 사용된 시각장치(ViewPoint Eye Tracker PC-60 scene Camera)는 턱과 이마를 고정시켜 진행하는데, 피험자의 눈과 모니터와의 거리는 650mm이며, 모니터의 크기는 509×286mm이다. 암실 순응 후 화상에 대해 측정점과 눈의 초점을 맞추는 캘리브레이션을 16개의 주시포인트에 대해 실시하고, 다른 모니터를 통해 측정자가 실험상황을 통제하였다. 실험시간 1분이 경과한 시점에 피험자에게 실험장치의 정상작동여부를 표시하게 하고, 오류가 나타난 경우 2회까지 재실험을 실시하지만, 통과하지 못하면 제외하였다.

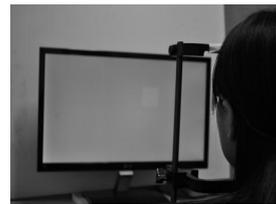


Figure 2. Adjustment of Calibration



Figure 3. Process of Experiment

2.4. 주시데이터 조정과 연속성 설정

2.4.1. 시지각 특성과 주시데이터 조정

인간이 공간을 주시하면 눈은 자연적으로 어느 한 곳에 초점을 맞추게 되는데 약 2°의 중심와 범위에 포함된 영상만이 선명하게 인식된다. 따라서 눈은 흥미를 끄는 요소를 탐지하기 위해 끊임없이 움직이는 고정과 이동을 반복하게 된다. 피험자의 주시데이터는 「0~1」범위에 좌표(x, y)로 저장되는데, 해당공간을 벗어난 곳을 주시하여나 눈을 깜빡이면, [0]미만 혹은 [1]을 초과한 데이터로 저장된다. 본 실험에서 사용된 기기는 1초에 60개의 데이터로 기록되는데, 기록횟수가 높을수록 주시점이 연속적으로 기록되어 연속된 주사경로를 가지는 것으로 볼 수 있으나, 기록된 시각데이터 모두를 유효한 정보로 볼 수는 없다. 왜냐하면 인간의 눈은 잔상효과를 가지고 있는데, 30회/1초 이

상 반복해서 보여주어야 연속된 것으로 인식되고, 인간이 감지할 수 있는 가장 짧은 시간은 100분의 3초 (=30ms)이기 때문이다. 이러한 기존 시각과 지각에 대한 이론을 근거로 본 연구에서는 분석을 위한 주시데이터의 최소 시간을 0.03초로 설정할 수 있는데, 이러한 이유에서 60개/1초로 기록된 데이터를 30개/1초로 감량하여 주사경로 분석에 사용하였다.

2.4.2. 주시데이터의 추출 과정

주시데이터에서 어떤 특정 지점을 연속적으로 고정해서 주시했다는 것을 증명하기 위해 프로그램을 자체 제작하여 연속주시를 판정하였다. 시선의 집중을 나타내는 중심와는 원형으로 해당 공간을 주시했는데 비해, 실험에서 얻어진 주시데이터는 [x, y]축으로 [0~1]의 동일한 범위로 기록되었다. 즉 실험에 사용된 화상의 「가로×세로」의 크기가 다른 관계로, 주시데이터에 대한 가로방향의 크기를 보정하여 [x, y]축이 같은 비례를 가진 데이터로 조정하였다.

Talbe 2. A Data Character for Analysis of Three Consentive Observations

Observation Data		Declaration	Decision
① Analysis Included	②First Two Data of Three Consentive Observation	Initially Ignored	×
	③Scanning Data	(x,y) coordinate	●
	④Data that are out of forvea	Out of Circle	×
⑤ Analysis Excluded		Out of Screen	×

● : valid tata, × : invalid data

주사경로를 분석하기 위한 주시데이터의 연속성을 3회 이상으로 설정하여 기록된 주시데이터를 분석하였다. 최초 기록된 주시데이터에는 <표 2>와 같이 ① 분석포함 데이터와 ⑤분석제외 데이터로 나눌 수 있다. ①은 실험화상의 범위에 들어 온 데이터를 의미하는데, 이것은 다시 ②③④의 3가지 데이터로 분리된다. 최종적으로 주사경로 판정을 위해 사용된 데이터는 ③번이며, ②번 데이터는 연속3회를 만들어 주기 위해 앞에 존재하는 2개의 데이터이며, ④번 데이터는 중심와 범위에 벗어난 경우이다. 연속주시3회의 판정

에 따른 <표 3>의 데이터를 대상으로 한 분석과정을 선형화 모식도로 나타낸 것이 <그림 4>이다. 수평선을 중심으로 하단에 표기된 번호가 주사분석을 위한 프로그램을 통해 최종 선정된 데이터이다.

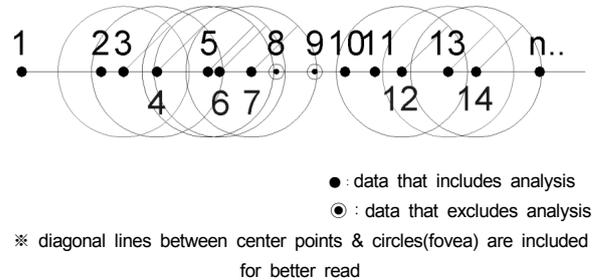


Figure 4. Linearization Decision Figure of Scanning Path of Three Consentive Observation

Table 3. Example of Three Consentive Observation Decision

Data No.	Analysis include		Analysis excluded
	③	②	④
	x	y	⑤
1	Initially Ignored		
2	Initially Ignored		
3	Out of Circle		
4	0.5016	0.5733	
5	Out of Circle		
6	0.4992	0.5554	
7	0.5019	0.59	
8			Out of Screen
9			Out of Screen
10	Initially Ignored		
11	Initially Ignored		
12	0.5296	0.5674	
13	Out of Circle		
14	0.532	0.5848	
n..	Out of Circle		

* Numbers in the left are from figure 4 & numbers in the upper column are from figure 2

3. 주시데이터 조정과 시간범위 설정

3.1. 피험자별 주사빈도 특성

각 피험자에게서 얻어진 최초의 주시데이터는 <표 4>의 [전]와 같이 평균 5391.6개, 평균 주사는 61.3회로 나타났다. 주시빈도도 피험자에 따라 편차가 넓게 나타났는데, 가장 적은 피험자는 15회(28번 피험자), 가장 많았던 피험자는 174회(22번 피험자)였다. 주사개수가 너무 적으면 하나의 주사에 너무 많은 주시데이터가 모이게 되므로, 복합유형이 되며, 주사개수가 너무 많으면 점적인 주사형태로 나타나는 경향이 있었다. 전체 피험자의 주사 횟수의 분포를 살펴본 결과, <그림 5>와 같이 40회와 130회 전후에서 큰 변화가 있는 것으로 나타나고 있다.

피험자의 전체적인 경향을 살펴보기 위해 본 연구에서는 주사 40회 이하와 130회 이상을 제척하였다. 그 결과 40회 미만이 6명, 130회 이상이 3명의 피험자가 대상이 되었으며, 이를 제척한 결과, <표 4>의 [후]와 같이 71.9회의 주사빈도에 평균 2.7초로 나타났다. <표 2>에서 정의한 연속주시에 따른 판정을 통해 최종 분석에 활용하는 주사 데이터는 <표 5>의 평균 2,998.2개로, 55.6%가 유효한 것으로 나타났다.

시선이 특정 영역에 집중하다가 눈을 깜빡이거나 해당 공간 밖으로 시선이 벗어나게 되면, 눈은 계속되는 정보탐색을 위해 다시 해당 공간에 재 초점을 맞추는 과정을 갖게 된다.

Table 4. Mean of Data Before & After Adjustment

	Original Data	Scanning Data				Invalid Data	
	Number of Data	numbers	number of scanning	Mean	Time(sec)	Frequency	numbers
Before	5,391.6	3,031.6	70.0	68.1	2.3	506.6	2,360.0
After	5,391.7	2,998.2	71.9	45.7	1.5	513.8	2,393.5

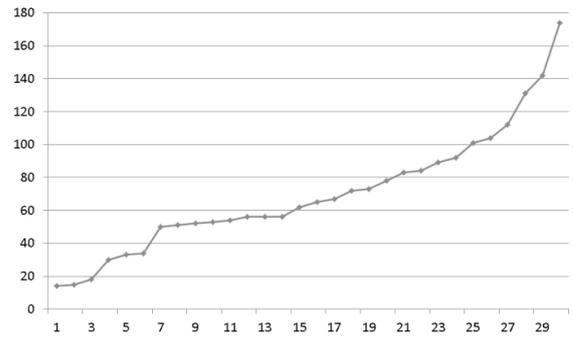


Figure 5. Scanning Frequencies Distribution of Subjects (before adjustment)

본 연구에서는 눈 깜빡임과 공간에서 이탈한 시간을 해당 공간에 대한 탐색활동이 단절된 시간으로 보았다. 즉 해당 공간에 시선이 머문 시간과 단절된 시간으로 구분하고, 머문 시간대의 주시데이터를 연속적으로 연결한 주사경로가 가지는 특징을 분석대상으로 하였다. <표 5>의 내용을 보면, 전체 시간에서 주사를 위해 사용된 시간은 약 99.9초⁸⁾이다. 연속3회에서 주사개수가 평균 71.9개이므로, 약 45.7회 주사가 일어나며, 1회 주사에 평균 1.5초로 나타났다.

Table 5. Original Data & Scanning Data after Consentive Observation decision per Subject

Subject No.	Original Data	Scanning Data				Invalid Data	
	Data Number	Number	Observation Time	Mean	Time (Sec)	Frequency	Number
1	5389	2660	101	26.3	0.88	667	2729
3	5392	3876	53	73.1	2.44	462	1516
4	5393	3473	72	48.2	1.61	532	1920
5	5391	3403	92	37.0	1.23	576	1988
6	5390	874	83	10.5	0.35	432	4516
8	5392	1934	67	28.9	0.96	679	3458
9	5391	4074	65	62.7	2.09	345	1317
10	5391	3691	56	65.9	2.20	483	1700
11	5394	2038	112	18.2	0.61	634	3356
12	5392	4177	51	81.9	2.73	407	1215
13	5391	3394	84	40.4	1.35	426	1997
14	5389	3616	54	67.0	2.23	502	1773
15	5393	1948	78	25.0	0.83	584	3445

8) 2998.2×1/30=99.9(초)

Subject No.	Original Data	Scanning Data				Invalid Data	
	Data Number	Number	Observation Time	Mean	Time (Sec)	Frequency	Number
16	5393	3361	56	60.0	2.00	506	2032
17	5391	3548	104	34.1	1.14	416	1843
18	5392	1207	56	21.6	0.72	567	4185
21	5391	4031	50	80.6	2.69	456	1360
26	5391	3487	89	39.2	1.31	522	1904
27	5392	3000	52	57.7	1.92	588	2392
30	5395	2171	62	35.0	1.17	492	3224
Mean	5,391.7	2,998.2	71.9	45.7	1.5	513.8	2,393.5

3.2. 주사경로 분석을 위한 시간범위 설정

3.2.1. 시간구간 설정

주사경로 분석에 사용되는 주사경로의 유형과 시간 값은 피험자가 공간을 주시하는 과정에서 자연스러운 주시활동의 결과이다. 주사경로 알고리즘을 분석하기 위해 본 연구에서는 <표 6>과 같이 주시시간의 구간을 30초 간격으로 설정하여, 시간구간별 주사경로에 나타난 탐색특성을 분석하였다.

Table 6. Range of Time Sections & Observation Data

Symbol	I	II	III	IV	V	VI
Range of Time (over - below)	0 - 30	30 - 60	60 - 90	90 - 120	120 - 150	150 - 180
Observation Data	1 - 900	901 - 1800	1801 - 2700	2701 - 3600	3601 - 4500	4501 - 5400

3.2.2. 주사유형 출현과 판정

<표 6>의 6개 시간구간에 나타난 주사유형을 분류하는 과정에서 주사유형이 시간구간의 경계에 걸쳐 출현하는 경우가 다수 발생하게 되었다. 2개의 시간구간에 걸쳐 주사가 출현하는 경우에는 주사의 시점이 된 것은 앞 시간구간에 속하므로, 앞 시간구간에 포함시켜 각 시간구간별 주사유형의 출현빈도와 유형특성을 분석하였다. <표 7>은 8번 피험자의 I 시간구간에 나타난 15개의 주사유형 사례와 판정이다. 집중(▼), 혼합(◆)과 수평(≡)이 각 4개씩(26.7%)으로 전체의 80%를 차지하고 있었다.

Table 7. Scanning Example of #Eight Subject in I time Section (0-30 second)

No.	Scanpath	Decision	No.	Scanpath	Decision
1		◆	9		≡
2		▼	10		
3		≡	11		≡
4		\	12		▼
5		≡	13		▼
6		○	14		▼
7		◆	15		◆
8		◆	Legend of Decision Type Circulation: ○, Horizontal: ≡, Vertical: , Mixed: ◆, Concentration: ▼, Diagonal: \		

3.3. 주사경로 유형화

기존 연구에서는 순환/수평/수직/혼합/집중의 5가지 유형을 통해 주사경로를 분석하고 있다(Kim, J. H. 2014). 하지만 주사유형을 보다 세분해서 분류할 경우, 순환에는 「시계·반시계 방향」이 있으며, 수평에는 「좌측·우측 수평이동」, 수직에는 「상·하 수직이동」이 있었다. 그리고 수직과 수평사이에 대각선 방향으로 이동하면서 「상·하↔좌·우」로 이동하는 경로가 나타나고 있어 일반적으로 유형에 방향을 합치면 총 12개의 주사유형을 추출할 수 있으나, 여기서는 방향의 차이에 구분을 두지 않고 <표 8>과 같이 「순환·수평·

수직·혼합·집중·대각」의 6개 유형으로 분류하여 정리가 가능하다.

Table 8. Changed Pattern of Scan path Type

Scan Type	Circulation(Clockwise · Counter Clockwise)	Horizontality (Left · Right)	Verticality(Top · Down)
Pattern			
Symbol	○	≡	
Type	Mixed*	Concentration	Diagonal(Top-Down↔Left-Right)
Pattern			
Symbol	◆	▼	/

*Mixed : A case that two or more types are overlapped

4. 시간구간에 나타난 주사경로 특성

4.1. 주사경로 출현 빈도

4.1.1. 시간구간별 주사유형 출현 특성

<표 9>의 시간구간별 평균 주사유형의 횟수를 보면, 시간구간 「I→II, III→IV」에서 약간 감소하는 경향이 있으나, <그림 5>와 같이 이동 평균선으로 보면, 오래 주시할수록 주사유형 횟수가 증가했다.

Table 9. Scanning Frequency of Subject per time section

Time Range	I	II	III	IV	V	VI	Subtotal
Mean	10.8	10.6	12.3	12.2	13.0	13.0	71.7

동일한 시간구간에서 주사유형의 「적고·많음」은 연속성의 단절과 깊은 관련이 있다. 주사유형이 「많음」으로 나타나면 시선이 자주 단절된 것이며, 「적음」은 그 반대로 해석된다. 이러한 의미에서 볼 때 주사유형 횟수의 증가는 오래 주시할수록 주시단절이 많이 일어난 것으로 해석이 가능하다.

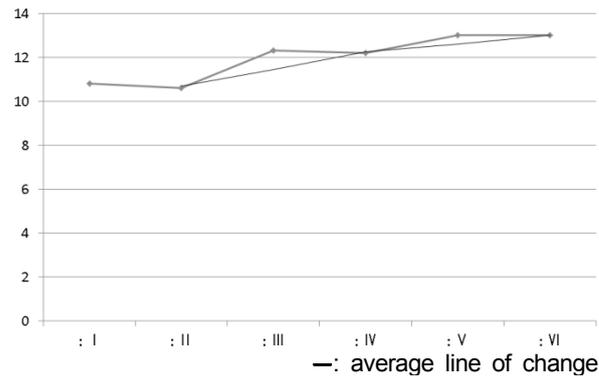


Figure 5. Mean Number of Scanning Type per Time Section

4.1.2. 시간구간「I」에 나타난 주사유형

6개 시간구간 중에서 시간구간 「I」을 사례로 유형별 특징을 살펴보았다. 피험자별 주사빈도가 다르게 나타난 관계로, 시간구간의 출현빈도를 비율로 정리한 것이 <표 10, 그림 6>이다. 「순환」이 평균 28.4%로 가장 높았으며, 다음으로 「집중(25.6%), 혼합(25.4%)」로 나타났다. 「수직」은 빈도가 매우 낮았으며, 「수평·대각」은 평균 13.5%·5.7%의 빈도로 매우 낮게 나타났다.

한편 피험자별 주사유형의 횟수를 비율로 나타내어 평균으로 분석할 경우 주사유형을 일반화시킬 수 있다. <표 10>에서 「가장 높은 비율로」표시된 주사유형의 출현빈도를 정리한 것이 <표 11, 그림 7>이다.

<그림 6>은 피험자별 주사유형의 평균을 나타낸 것이며, <그림 7>은 「가장 높은 비율」의 출현빈도를 비율로 나타내어 정리한 것이다. <그림 6>의 전체 평균에서는 「집중·혼합·순환」에 큰 차이가 없으나, <그림 7>의 출현빈도에서는 「혼합·순환」이 낮아지고, 「집중」이 높아진 것을 확인할 수 있다. 분석의 의미가 있는 비율을 가진 「집중·혼합·순환」을 대상으로 분석해 보면, <그림 6>의 비율분포에서는 「집중·혼합·순환」의 3가지 주사유형이 비슷한 정도로 분석이 가능하다. <그림 7>에서 의 출현이 매우 높다는 것은 피험자의 주시특성에서 집중이 우세한 경우가 많다는 것이며, <그림 6>과 같이 보면 「집중」은 피험자별 비율이 높지 않은 경우가 많은 것으로 해석이 가능하다. 즉 자주 출현되는 유형이지만, 전체적으로는 출현 비율이 없거나 낮게 나타나는 유형이다. 이에 비해 「혼합·순환」은 「집중」에 대한 상대적인 해석으로, 출현빈도는 낮지만 전체적인 피험자의 비율이 높은 주사유형이다.

Table 10. Scanning Type Ratio per Subject in Section

Type Subject Symbol	Concentration ▼	Horizontal ≡	Vertical 	Diagonal \	Circulation ○	Mixed ◆	Subtotal
4	42.1	21.1			31.6	5.3	100
15	12.5				37.5	50.0	100
19	25.0		12.5		25.0	37.5	100
20	27.3	18.2	9.1	9.1	18.2	18.2	100
32	53.3	13.3		6.7	13.3	13.3	100
34	26.7	33.3		6.7	6.7	26.7	100
35		37.5		12.5	12.5	37.5	100
36	28.6				57.1	14.3	100
37	40.0	13.3	6.7	6.7	6.7	26.7	100
38					87.5	12.5	100
39	50.0	33.3		16.7			100
40					57.1	42.9	100
41	25.0	25.0			25.0	25.0	100
42	14.3	14.3		14.3	28.6	28.6	100
43	68.4	10.5			10.5	10.5	100
44	38.5	15.4			30.8	15.4	100
47		12.5		12.5	50.0	25.0	100
56	33.3	13.3		20.0	13.3	20.0	100
57					28.6	71.4	100
60	27.3	9.1		9.1	27.3	27.3	100
Mean	25.6	13.5	1.4	5.7	28.4	25.4	100

: Highest Ratio

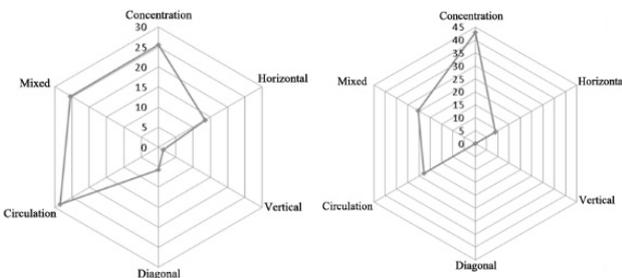


Figure 6. Scanning Type Ratio Figure 7. Occupancy Ratio of High Ratio

4.2. 시간구간별 주사경로 특성

시간구간별 전체 주사유형의 출현개수가 다른 관계

로, 본 절에서는 전체 주사유형에 대한 비율로 주사유형의 분포 분석을 통해 공간 탐색과정에서 시간구간의 변화에 따른 주사경로의 특성을 분석하였다. 「집중」은 시간구간 II에서 「순환」보다 낮아지지만, 그 이후 시간구간에서는 계속해서 높아져 V~VI에서는 전체 주사유형의 40.8%에 이르고 있으며, 이것은 「집중」이 가장 낮은 시간구간 II에 비해 14.7% 높다. 2순위로 높은 비율을 가진 주사유형을 보면 「순환(25.1%)→집중(26.1%)→혼합(19.6%)→혼합(19.3%)→순환(14.6%)→순환(16.5%)」로 나타났다. 시간구간에 따라 주사유형의 비율에 변화가 있었는데, 전체적인 경향을 살펴보기 위해 선형 추세선을 통한 변화특성을 살펴본 것이 <그림 8>이다.

「집중」은 시간구간의 증가와 함께 가파른 증가를 보이고 「대각·수직」은 완만한 증가를 보이는 반면, 「순환·혼합·수평」은 감소 경향을 보이고 있다. 즉 시간구간의 증가에 따라 「집중·대각·수직」주사유형은 증가했으며, 「순환·혼합·수평」은 감소했다. 「수직·대각·수평」은 비율이 15%이하에서 움직이는 관계로 전체 주사경로에 영향이 낮은 것으로 볼 경우, 「집중·순환·혼합」의 3개 유형이 전체 주사경로에 영향력이 큰 것으로 볼 수 있다.

Table 11. Scanning Types per Subject in Section 1

Range Time Scanning Type Contents	Time						Subtotal	
	I	II	III	IV	V	VI		
Concentration	Number	66	55	85	91	106	106	121
	Ratio	30.7	26.1	34.7	37.4	40.8	40.8	-
Horizontal	Number	31	23	33	32	30	29	54
	Ratio	14.4	10.9	13.5	13.2	11.5	11.2	-
Vertical	Number	3	10	8	8	18	11	13
	Ratio	1.4	4.7	3.3	3.3	6.9	4.2	-
Diagonal	Number	12	24	30	27	34	29	36
	Ratio	5.6	11.4	12.2	11.1	13.1	11.2	-
Circulation	Number	54	58	41	38	38	43	112
	Ratio	25.1	27.5	16.7	15.6	14.6	16.5	-
Mixed	Number	49	41	48	47	34	42	90
	Ratio	22.8	19.4	19.6	19.3	13.1	16.2	-
Subtotal	Number	215	211	245	243	260	260	-
	Ratio	100	100	100	100	100	100	-

: Rank-one (Ratio) : Rank-two (Ratio)

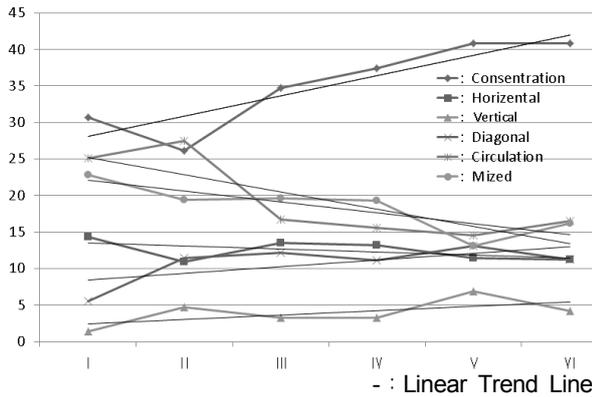


Figure 8. Ratio Distribution of Scanning Types based on Time Section Change

<표 11>의 시간구간별 소계를 보면, 시간이 증가함에 따라 주사개수의 소계가 증가했는데, 오래 주시할수록 단절이 많이 생기고, 주사유형이 많았다. 전체 주사경로에 영향력이 큰 「집중·순환·혼합」에서 「순환·혼합」이 감소하고, 「집중」이 증가했다는 점에서, 시간구간별 주사유형 개수의 증가는 「집중」의 증가이다. 즉 오랫동안 공간을 주시할 경우, 단절과 주사유형의 개수가 증가하고 있으며, 「순환·혼합」은 조금씩 감소하지만, 「집중」주사가 크게 증가하는 경향이 있다.

5. 결론

본 연구는 지하철 로비공간을 대상으로 한 주시실험을 통해 공간정보의 탐색과정에서 나타나는 자연시 활동에 나타난 주사경로 알고리즘을 분석하였다.

공간을 주시한 피험자의 주시데이터에는 다양한 시각정보가 포함되어 있는데, 「주의집중」에 나타난 주사유형을 분석한 결과, 다음과 같은 몇 가지 의미 있는 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 전체 시간에서 주사를 위해 사용된 시간은 99.9초이다. 연속 3회에서 주사개수가 평균 71.9개이므로, 약 45.7회 주사가 일어나며, 1회 주사에 평균 1.5초로 나타났다.

둘째, 주시시간 구간별 분석에서 주시시간이 길어질수록 주사유형 횟수가 증가하고 있었는데, 긴 시간 동안 주시할수록 주시단절이 많이 일어난 것으로 해석이 가능하며, 주시에 따른 피로나 활발한 탐색이 공

간탐색과정에서 일어나는 과정에서 화상범위를 벗어나는 경우가 많았던 것으로 보인다.

셋째, 시간구간의 변화에 따른 주사유형의 변화를 추세선으로 살펴본 결과, 「집중」은 시간구간의 증가와 함께 가파른 증가, 「대각·수직」은 완만한 증가를 보이는 반면, 「순환·혼합·수평」은 감소 경향을 보이고 있다.

넷째, 오랫동안 공간을 주시하게 되면, 눈 깜빡임이나 화상범위를 벗어나는 주시단절이 많아지면서 주사유형 개수가 증가하게 되는데, 주사유형으로 「순환·혼합」은 조금씩 감소하지만, 「집중」주사가 크게 증가하는 경향이 있다. 이러한 주사유형의 증감특성은 시간의 경과에 따른 주사경향을 파악함에 있어 기초자료가 될 수 있다.

본 연구에서 분석된 알고리즘특성은 향후 인간의 감성과 감각이 융합되어 접목 가능한 뉴로 디자인 분야에 DB를 제공하는 단초가 될 수 있다.

REFERENCES

Ban, Y. Sun. & Kim, J. H. (2012). A study on the Estimation of Observation amount and the Analysis of observation characteristics depending on the change of observation degree In Housing Space. Journal of Korean Institute of Interior Design, 21(1)

Berger, A. A. (2011) Seeing is believing: An Introduction to Visual Communication. 4th ed. Columbus: McGraw-Hill Education.

Gratzer, M. A. & McDowell, R. D. (1971). Adaptation of an eye movement recorder to esthetic environmental mensuration. Connecticut: Research report No.36 of the Storrs Agricultural Experiment Station, University of Connecticut.

Kim, J. H. et al. (2007), The Effect of Size, Position, and Partially Occlusion of Advertising on Consumer's Visual Behavior, Korean Educational Psychology Association, 8(3)

Kim, J. H. (2014), Gaeyoung Choi and Eunkil Cho, Characteristics of Space Search Determined by Tracking Scanning Paths, JOURNAL OF ASIAN ARCHITECTURE AND BUILDING

ENGINEERING, 13(1)

Kim, J. H. & Ban, Y. S.(2012). A Study on Observation Characteristics of Space seen at Eye Fixations and Saccades, Journal of Korean Society of Basic Design and Art, 12(5)

Park, C. W. (2009). Seeing is believing? Physiology of vision. Seoul: Euihakseowon.

Solso, R. L. (1996) Cognition and the visual arts. Cambridge: The MIT Press.

Yoo, J. Y. et al. (2011). A Study on the basic research of eye fixation in the space of exhibition at a museum. Journal of Korean Institute of Interior Design, 20 (2)

원고접수: 2014.05.30

수정접수: 2014.06.27

게재확정: 2014.06.30