

# 보편적 주시특성을 반영한 시야각 보정 공간구조 분석

김석태\*

<sup>1</sup>인제대학교 디자인학부

## Spatial Structure Analysis of View Angle Correction reflecting Characteristics of Universal Observation

Suk-Tae Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Design, Inje University

**요약** 인간의 시각구조는 시야각과 가시거리에 의해 형성된다. 그러나 시지각에 기반한 대다수의 공간구조분석이론은 시야각을 반영하고 있지 않거나 평면적인 시야각만을 고려하고 있다. 일부 반영하는 이론들도 시야각에 포함된 부분과 제외된 부분을 이분법적으로 분리시킨 이론으로서 인간의 보편적 주시특성이 배제되어 있다. 본 연구는 아이트래킹 실험을 통하여 시야각의 한계를 실증적으로 파악하고 시야각별 주시확률을 도출하여, 이를 3차원 가시성 분석이론에 적용하였다. 그리고 시야각체 제한이 가능한 공간 시지각 분석어플리케이션을 제작하고 여기에 시야각별 Multiple frustum culling의 개념을 적용하여 그 가능성을 파악하였다. 주시특성 파악은 33명을 대상으로 이동형 아이트래커를 이용하여 임의의 공간에 대한 3분간의 보행과정을 측정하여 데이터를 수집하였으며, 각도별로 주시고정 빈도 확률을 분석하여 데이터를 마련하였다.

**Abstract** The universal nature of humans is formed by the view angle and the visibility range. However, the majority of theories on spatial structure analysis based on the visual perception do neither reflect the view angle nor consider only the flat view angle. Some theories that reflect them is a theory where the part included in the view angle and the part excluded in the view angle have been separated in a dichotomous way, excluding the universal characteristics of humans. This study applied an observing probability to a 3-D visibility analysis theory by conducting a eye-tracking experiment, empirically determining the limits of the field of view, and deriving the observing probability by view angle. In addition, it attempted to identify the probability by manufacturing an application of spacial, visual perception analysis and applying the concept of multiple frustum culling. For the characteristics of observation, the data were measured and collected regarding the walking course for 3 minutes for an optional space, aimed for 33 people as subjects. Subsequently, the data were prepared by analyzing the observation fixation frequency probability.

**Keywords** : 3D Graphics, Eye Tracking, Isovist, Spatial Analysis, Viewing Angle, Visibility

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 들어 유도사인 배치와 관련한 가독성 분석, 랜드마크 요소 입지선정, 전시 및 관람시설과 같이 시각적 성능을 중시하는 분야에 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 가시

도 분석기법이 많이 활용되고 있다.

이러한 가시분석의 기초는 탠디(Tandy 1967)의 Viewshed[1]와 베네딕트(Benedikt, 1979)의 Isovist[2]에 있다고 볼 수 있다. 그러나 고전의 이론들은 주로 개방된 영역의 면적을 토대로 지표를 산출하기 때문에 시야각 속성은 반영되어 있지 않다.

본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2012R11A1A2005147)

\*Corresponding Author : Suk-Tae Kim (Inje University)

Tel: +82-55-320-3722 email: demolish@inje.ac.kr

Received June 5, 2015

Revised July 13, 2015

Accepted October 8, 2015

Published October 31, 2015

인간의 시야각은 180도에 가깝다고 하지만 실제 안구의 최대 회전각은 상향 약25도, 하향 약35도에 불과하며, 이는 동물의 시야각에 비하면 상당히 좁은 것이다. 따라서 공간인지 특성을 파악함에 있어서 시야특성은 중요한 고려대상이 되며, 시각적 속성에 기반한 공간구조 분석 과정에 시야각의 도입방안은 상당히 의미 있는 연구가 될 수 있다.

이와 관련하여 아치(Archea, 1984)는 시각적 특성을 양면적(접근과 노출)으로 파악하기 위하여 시야각을 적용한 바 있으며[3], 뎀퍼드(Bamford, 2000)는 경관평가를 위해 고도각의 개념을 도입하기도 하였다.[4] 그러나 이들은 평면적인 분석의 틀을 가진 2차원 이론으로서, 입체화된 복잡한 공간을 분석하는데는 많은 제약을 가지고 있다.

국내의 3차원 가시분석이론으로는 김충식(2005)의 3D-Isovist[5]와 김석태(2008)의 다차원 가시성분석이론(MDVC이론)[6] 등이 있는데, 시야각의 개념이 없거나 설정기준이 모호하고, 시야각의 구분에 따라 가시영역(내부)과 비가시영역(외부)으로 이분화 시켜 분석한다는 한계가 있다.

이에 본 연구에서는 기존의 MDVC이론을 토대로 시야각에 따른 확률적 주시특성을 반영한 3차원 공간 시지각 분석이론을 제시하고 그 가능성을 파악해 보고자 하였다.

## 1.2 연구의 방법

연구의 내용은 크게 인간의 시야각별 특성분석과 이를 적용한 3차원 분석기술의 가능성 파악으로 구분되며, 연구절차 및 방법은 다음과 같다.

첫 번째, 이동형 아이트래커를 이용하여 실제공간에서의 주시데이터(패턴)를 수집하고, Fixation(주시고정)들의 위치를 데이터화 한다.

두 번째, 시야각을 작도한 조준지를 아이트래커로 촬영하여 가이드라인을 설정하고, 이를 각 레코드(피실험자 데이터)의 주시패턴과 일치시킨다.

세 번째, 가이드라인을 기준으로 관심영역 (Area of Interest; AOI)를 설정하여 시야각별 Fixation의 빈도를 얻어낸다.

네 번째, 시야각별 주시확률들을 기존의 MDVC분석 어플리케이션에 적용하여 시점별 가시도(로우데이터)를 산출한다.

다섯 번째, 로우데이터를 캐드시스템에서 통계 처리하여 변수를 도출하고, 예시모델에 적용하여 보정시야각 시도를 산출하고 특성을 평가한다.

## 1.3 연구의 범위 및 한계

본 연구는 시야각을 적용한 3차원 가시분석이론의 발전적 가능성을 파악하기 위한 시도로서, 공간구조론이 가지고 있는 가치중립성을 유지시키기 위하여 비환경적 상황과 개체의 고유속성은 모두 배제하였다. 따라서 기존의 3차원 가시성 분석이론에 안구의 움직임에 의한 각도별 주시확률 변수만을 고려하고 있다.

또한 아이트래커는 제품마다 특성이 다르고, 특히 이동형 장비는 정밀한 각도를 측정하기에는 아직까지는 상당부분 오차가 발생하는 것으로 파악되고 있으므로 본 연구에서는 확률적인 방법을 사용하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 시지향성 다차원 가시도 분석(MDVC-V)

다차원 가시도 분석이론(MDVC)은 2001년 배티(M.Batty)가 제안한 래스터 기반 가시장(Isovist field)이론[7]을 3차원으로 확장하고, 시점(Viewing point)과 대상점(Target point)을 분리시킨 목적지향적 공간가시구조 분석방법론이다.

MDVC에서 제안하고 있는 가시연결도는 분석대상 범위의 설정방법에 따라 경로가시연결도( $pV$ )와 시야가시연결도( $vV$ )로 구분할 수 있다.

경로가시연결도( $pV$ )는 특정하게 지향하는 목표점(target point) 없이 전체 대상점에 대한 시각적 연결도를 분석하는 비지향성 이론인데 반하여 시야가시연결도( $vV$ )는 목표점과 시야각, 가시한계라는 속성을 갖는 시지향성(視志向性) 이론이다.

시야가시연결도는 시점에서 목표점을 바라볼 때 발생하는 각뿔모양의 시야장내에 시각적 연결대상을 한정지어 분석하는 방식으로, 3차원 분석기술인 MDVC의 특성상 입체화된 각뿔체는 인간의 시지각 구조에 따라 근거리 한계와 원거리 한계의 가시범위(environmental range)와 시야각이라는 시야장의 개념을 갖게 된다.[8]

Fig.1(上)과 같이 절두체(Frustum)의 외부를 제외하게 되면 입체사다리꼴 형태의 3차원 시야장이 발생하게 되

며, 분석알고리즘에서도 절두체 내부의 대상점만을 분석하는 프러스텀 컬링(Frustum Culling) 알고리즘을 적용하게 된다. 이렇듯 시야각을 고려한 지지향성 가시도 분석방법(시야가시연결도)을 MDVC-V로 명칭하도록 한다.

그러나 MDVC-V는 가시범위 내부와 외부가 명확하게 구분되는 이분법적 분석방법만을 제시하고 있다. 이러한 방법은 CCTV의 감시영역 분석과 같이 가시영역권에 명확한 경계가 존재하는 경우에는 실효성을 가지지만, 인간의 시선과 같은 불명확한 가시영역에 대한 평가에서는 신뢰도가 떨어질 수 있다. 동일한 가시영역이어도 그 내부의 가시확률이 다를 것이라는 전제라면 영역 내부에 발생하는 보편적 주시확률변수가 필요하며, 이를 적용한 특수한 절두체 컬링 알고리즘의 개선이 요구된다.

절두체 컬링은 게임제작 분야를 중심으로 몇몇의 선행연구에서 이미 적용되어 온 기술이지만, 본 연구는 각도에 따라 절두체 내의 지지각적 영향력에 변수를 둔다는 점에서 차이가 있다. 따라서 여기에서 의미하는 절두체는 완전하게 영향권을 제한하는 것이 아닌 경계가 흐려지는 Blur frustum culling의 개념이 된다.(Fig.1)다

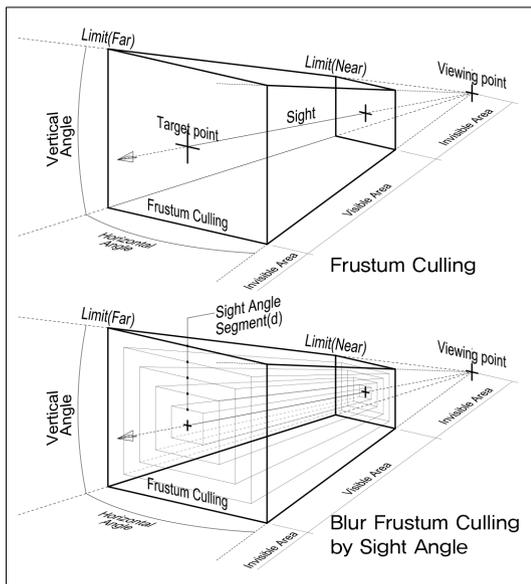


Fig. 1. Concept of Blur Frustum Culling

## 2.2 보편적 시각구조

인간의 시야각은 공간환경의 상황에 따른 대응적 측

면이 크게 작용하므로, 공간적 한계를 규정하는 명확한 기준을 정의하기는 어렵다.

그러나 일반적인 환경과 상황에서 공간을 인지함에 있어서 순수 안구운동에 의존한 시선변화는 집중과 다음 정보의 단서취득이라는 관점에서 일정한 확률을 가질 수 있다.

안구의 움직임만으로 시선을 움직였을 때, 시선중심의 주시확률이 높고 주변으로 흩어질수록 주시확률이 떨어질 짐을 의미하며, 그 감소정도를 확률적으로 파악할 수 있다는 전제이다.

그레고리(Gregory)의 관찰에 의하면 공간을 지지각하는 눈동자의 연속동작은 서서히 움직이지 않고, 순간적인 점프를 하게 되며, 이러한 안구의 순간적 이동을 사카드(Saccade)라고 정의하고 있다.[9] 또한 솔소(Solso)는 사카드에 할애하는 시간을 약 10%정도로 보았으며, 이 시간에 시선이 방문하는 영역을 정확한 해독이 불가능한 “시각적 흐려짐(Visual Smear)”으로 보았다.[10]

주시(Fixation)는 이러한 사카드의 사이구간에서 발생하게 되는 고정적인 응시동작을 의미한다. 주시는 사카드와 달리 특정한 형태를 지각하여 인지에 필요한 정보를 취득하는 과정이다.

일반적으로 주시는 시각들의 중앙에 위치하는 소실점(Vanishing Point)을 중심으로 퍼져나가게 된다. 이 점을 중심으로 주시의 각도별 빈도를 안구추적을 통해 확률화하고자 하였으며, 심리생리학적 측정장비인 아이트래커를 측정에 사용하였다.

## 3. 시야각별 주시확률 도출

### 3.1 Eye Tracker Calibration

시선추적실험은 글래스 타입의 이동형 아이트래커(Tobii-X2)를 사용하였다. 이 장비는 좌우 56도, 상하 40도 까지 눈동자의 위치를 기록할 수 있는 1.3M화소(640×480)의 카메라가 부착되어 있으며, 우측 눈동자만을 추적하는 모노콜라 시스템이다.

캘리브레이션은 9점 포인트를 2차에 걸쳐 수행하였으며, 조정실패(Fail)된 피실험자는 측정에서 제외하여 최종적으로 1:1 성별로 배분된 33명이 피실험자로 참여하였다.

측정실험은 이동형 아이트래커를 착용하고 3분간 입

의의 목적지로 자유롭게 보행하며 눈동자의 움직임을 기록(저장)하는 방식으로 진행되었다. 이 과정에서 야외, 계단, 실내, 복도 등의 익숙한 공간들을 무작위 경로로 이동하도록 하였으며, 정지상태로 머물러 주변을 둘러보거나 담화를 나누는 등 특정한 시각적 목적을 갖는 동작은 금하였다.

측정 후 피실험자별 기록데이터(레코드)분석을 통해 센서의 인식율이 40%이하인 데이터 1개는 바로 삭제하였다.

### 3.2 시야각별 AOI기준선 추출

시야각별 주시특성을 파악하기 위해서는 기록된 수많은 주시지점(Fixation location)들이 어느 정도의 각도범위에 분포되는지에 대한 파악이 필요하다. 이를 본 연구에서는 심리학, 마케팅 분야의 연구에서 많이 활용되고 있는 AOI추출방식을 사용하였다.

아이트래커 분석화면에서는 각도별 AOI영역의 마킹이 불가능하므로, 본 연구에서는 다음과 같은 절차를 거쳐 영역(각도 경계선)을 도출하였다.

첫 번째, Fig.2와 같이 1미터 거리에서 중심점으로 5도 단위로 시야각을 설정하여 Concentric rectangle(同心正四角) 형태의 각도별 가시한계들을 정의한 조준지를 작도한다.

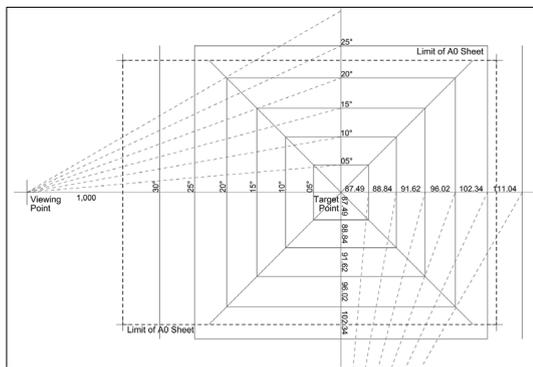


Fig. 2. Guidelines of Visibility Limit by Angle

두 번째, Fig.3과 같이 준비된 조준지를 글래스로부터 1미터 거리의 벽면에 설치하고 아이트래커를 착용하여 부착된 카메라로 조준지를 촬영한다.

이는 실험에 사용된 이동형 아이트래커 제품이 캘리브레이션과정에서 글래스와 IR조준 마커와의 거리 1미

터를 두어 시선정렬을 하도록 하는 것과 동일한 원리로서, 예비실험을 통해 1미터 거리에서 아이트래커의 상하 좌우 한계각도가 촬영되는 것을 확인하였다.

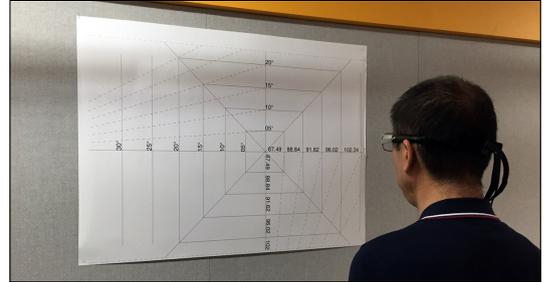


Fig. 3. Calibration Process using Aiming Sheet

세 번째, 촬영된 조준지 영상이미지를 분석소프트웨어(Tobii Studio)로 불러들여 조준지 이미지를 기준으로 표준 AOI를 설정한다. 시야각 범위별로 설정하기 때문에 20도는 5도, 10도, 15도의 Fixation이 포함되고, 15도는 5도와 10도가 포함되며, 10도는 5도 범위가 포함되게 된다.

측정범위인 25도 영역을 벗어난 Fixation은 레코드별로 최소 0.08%에서 최대1.27%가 발생하였으나, 시야 외로 간주하여 분석에서는 제외하였다.



Fig. 4. Standard AOI Set up

네 번째, 위의 표준 AOI를 그룹으로 묶어서 정의하고, 이를 각 피실험자 데이터(레코드)로 불러들여 각 레코드별 시선의 중심점과 표준 AOI중심점을 정렬시킨다.

모든 장면의 정중앙을 무조건 AOI의 중심으로 설정할 수 없는 이유는 피실험자마다 시선의 정중앙점이 약

간씩 차이를 갖기 때문이다. 이는 예비실험과정에서 제시된 선행해결 과제로서, 여러 가지 이유가 있겠지만 캘리브레이션의 정중앙이 클래스의 정중앙과 반드시 일치할 필요가 없는 장비의 특성과, 캘리브레이션 당시 IR마커와 눈높이에 차이가 발생할 경우, IR마커의 설치면과 시선이 정확히 직각이 되지 않은 경우 등이 이유가 될 수 있다.

이러한 문제가 관심영역 파악을 위한 주시추적 연구 주제 등에서는 큰 문제가 되지 않지만, 본 연구와 같이 중앙점을 기준으로 분산되는 주시분포를 얻어내기 위해서는 반드시 중심점에 대한 보정이 필요하다.

본 연구에서는 시선 중심점을 찾기 위하여 주시분포도(Heat map)분석을 이용하였으며, 2단계의 검증을 통해 중심점을 찾아내고, 이 과정에서 발견된 오류레코드 2개를 추가로 제외시켰다.

중심점 발견 및 정렬은 다음과 같은 방법을 적용하였다.

1. heat map도출을 위한 주시필터(Fixation filter)는 일반적으로 적용되는 clear view fixation filter를 사용하고, velocity threshold를 50pixel로, duration threshold는 75ms로 설정하였다.
2. 1차 검증은 heat map의 Scale max value를 3초~7초, absolute duration radius를 50~150범위에서 타임 슬라이더를 조정하면서 직관적으로 중심점을 찾아내는 방식이다. 이때 의심되는 레코드는 별도로 기입해 놓고, 2단계 검증을 수행하였다.
3. 2차 검증은 타임 슬라이더를 사용하지 않고 Absolute duration radius를 30이하로 좁혀서 전 과정 기록(Accumulate) 이미지를 캡처하여 조준지각도선에 대고 중심점을 찾는 방법이다.

위의 두 가지 검증결과를 상호 비교하여 중심점과 불량데이터를 결정하였다.

Fig.5는 우수레코드의 사례로서, 중심점이 명확히 한 점에 모여 있는 경우이다. 영상관독결과 중심점은 일반적으로 소실점의 위치에 형성되며, 특히 복도와 같이 길고 좁은 구간에서 명확히 나타난다. 소실점과 Heat map이 일치하면 양호한 기록이라고 할 수 있다.

반면에 Fig.6는 불량레코드의 사례이다. 좌측도는 주시특성이 산만하게 흩어져 있어서 중심점을 특정하지 못하는 경우이며, 우측도는 중심점이 모호할 뿐 아니라 아래 심하게 치우쳐 하단의 많은 Fixation들이 측정범위

를 벗어난 경우이다. 촬영된 영상분석결과 이러한 문제들은 보통 시력의 문제나 측정 중 글래스가 캘리브레이션 당시의 위치에서 이탈하는 경우에 발생하는 것으로 보인다.

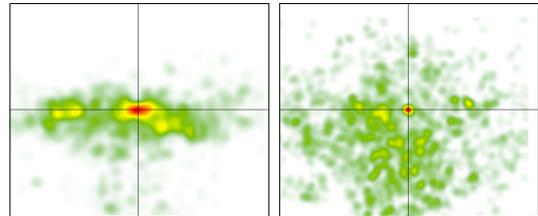


Fig. 5. Case of Fine Data(partial)

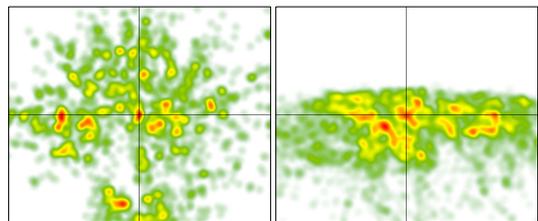


Fig. 6. Case of Bad Data(partial)

### 3.3 시야각별 주시(Fixation)빈도 도출

Fig.7은 Heat map분석을 통해 소점으로 나타나는 점을 한 개의 중앙점에 정렬시키고 Absolute Duration의 Radius를 30으로 조정하여 각 Heat map의 반경을 줄인 후, 각 레코딩별로 캡처하여 한 개의 이미지로 중첩시킨 것이다.

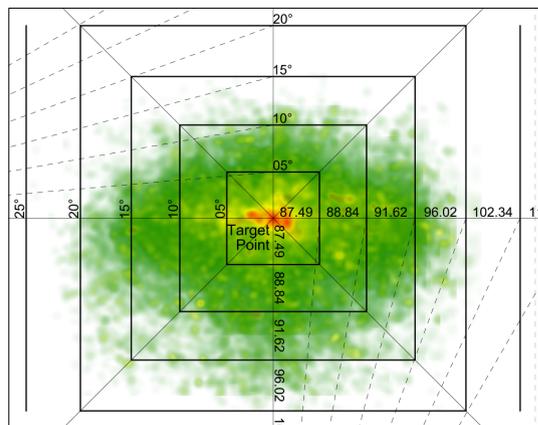


Fig. 7. Heat Map(All Data Overlapped)

Fixation은 수직방향으로 상하 20도 수평방향으로 좌우 25도 범위에 분포되어 있으며, 상향보다는 하향으로 밀도가 높게 나타남을 알 수 있다.

데이터의 일반화를 위하여 각 레코드와 전체 평균 간의 상관계수(Correlation) 산출을 통해 상관계수 0.8이하에 해당되는 레코드의 Heat Map을 재분석하여, 측정개이지의 범위를 벗어난 5개의 레코드를 데이터에서 추가로 제외하였다.

따라서 최종 분석에 사용된 데이터는 25개로 확정되었으며, Table 1과 같이 상관계수( $\tau$ )의 평균도 0.89에서 0.94로 상향되었다.

이러한 절차로 도출된 각도별 평균값을 최종 주시확률로 확정하였다. 다만 상하 또는 좌우의 값을 별도로 반영하지는 않았다.

Table 1. Fixation Ratio by Sight Angle Area

degree	<5	>=5	>=10	>=15	>=20	$\tau$
Rec.N	<10	<15	<20	<25		
01	0.21	0.35	0.26	0.14	0.04	0.83
02	0.32	0.34	0.18	0.13	0.03	0.99
03	0.29	0.38	0.23	0.09	0.00	0.96
04	0.39	0.31	0.20	0.07	0.02	0.99
05	0.25	0.30	0.25	0.12	0.08	0.93
06	0.42	0.23	0.17	0.13	0.05	0.88
07	0.44	0.26	0.15	0.12	0.03	0.90
08	0.28	0.26	0.20	0.15	0.12	1.00
10	0.24	0.32	0.24	0.17	0.04	0.89
11	0.39	0.30	0.17	0.11	0.03	0.98
14	0.54	0.29	0.13	0.04	0.00	0.90
16	0.24	0.28	0.24	0.17	0.07	0.92
17	0.40	0.36	0.20	0.03	0.00	0.99
18	0.28	0.36	0.22	0.10	0.03	0.96
19	0.26	0.37	0.26	0.10	0.02	0.92
22	0.55	0.30	0.09	0.04	0.01	0.88
23	0.27	0.32	0.23	0.14	0.04	0.97
24	0.26	0.38	0.24	0.10	0.02	0.93
26	0.28	0.33	0.20	0.14	0.05	0.97
27	0.37	0.33	0.14	0.09	0.06	0.96
28	0.30	0.39	0.19	0.09	0.03	0.96
29	0.25	0.36	0.22	0.11	0.05	0.93
30	0.32	0.32	0.24	0.10	0.03	0.99
31	0.63	0.26	0.06	0.03	0.02	0.82
32	0.34	0.28	0.21	0.13	0.04	0.99
average	0.34	0.32	0.20	0.11	0.04	0.94

Fig.8은 위의 Table 2를 Scatter diagram으로 그래프화하여 3차항 추세선을 도출한 결과이다. 그래프를 살펴

보면 중심영역에서의 데이터 오차는 크지만 외부영역으로 갈수록(시야각이 적어질수록) 오차가 작아짐을 알 수 있다.

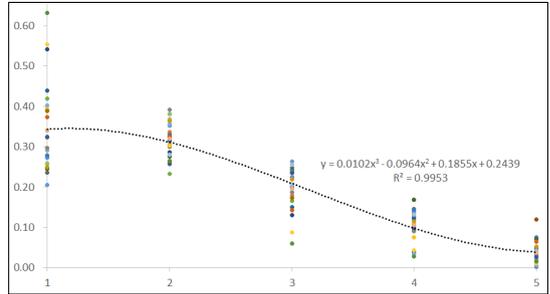


Fig. 8. Visibility Characteristic by Degree

## 4. 지향성 시야가시도 적용평가

### 4.1 예시모델의 설정

시야각 가중 가시도 분석의 적용실험을 위해 Fig.9와 같이 각도로 90도 절곡된 복도공간을 예시모델로 설정하였다. 내부에 x, y, z방향으로 100mm 등간격의 36192 개의 대상점을 설치하고, 복도의 중심점을 따라 300mm간격으로 이동하는 과정에서 21개의 각 시점(측정지점)의 시야각 내에 들어오는 대상점의 개수를 카운트하였으며, 시야각은 가중치 산출 방법과 동일하게 5단계(5도, 10도, 15도, 20도, 25도)로 설정하였다.

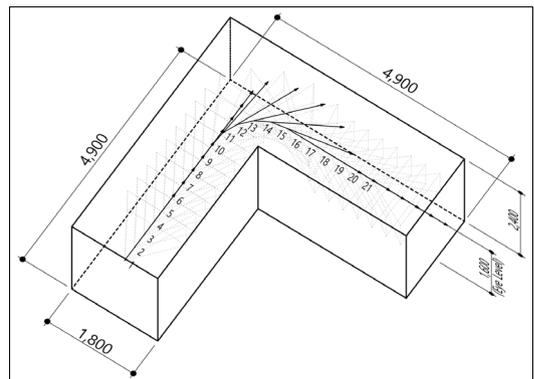


Fig. 9. Example Model

가시거리한계는 20미터로 설정하였으나, 예시모델의 최대 크기가 5미터 정도로서, 사실상 가시한계의 제약은 없다고 볼 수 있다.

90도로 꺾어져 있는 공간이므로, VP-1에서 가장 높은 값을 보이고, 벽면에 가까워짐에 따라 점차적으로 줄어들게 된다. VP-11부터 방향전환이 일어남에 따라 가시도는 급속히 상승하였다가 다시 벽면에 다가갈수록 가시도가 줄어들어 VP-21은 VP-10의 수준까지 줄어들게 될 것이다.

#### 4.2 가중치의 적용 및 MDVC-V 분석결과

MDVC-V분석을 통하여 산출된 각도별 시야가시도( $vV$ )는 Table 2와 같다. 시야각이 커질수록 그 안에 포함되는 대상점의 수는 크게 증가하게 되며, 체적연산이므로 가시도도 각도의 제곱에 비례하여 증가하게 된다.

Table 2. Visibility

	$vV$	N of Node per VP		
		min.	max.	avg.
5	0.15	0	164	53.71
10	0.80	32	1016	290.48
15	1.57	64	1940	569.14
20	3.18	116	4012	1149.33
25	4.63	172	5720	1674.19
30	7.05	284	8170	2551.67

언어진 시각연결빈도에 시야각별 가중치( $P_n$ )와 중첩 회수( $d-n$ )를 적용하여, 각 시점별 보정가시도를 산출하였다. 전장의 연구를 통해 도출된 가중(보정)치를 적용하기 위해 2가지 방법을 적용하였다.

첫 번째 방법은 시야각의 범위별로 측정된 데이터를 그대로 사용하는 방법(m1)으로서,  $i$ 번째 시점의 보정가시도 $cvV(i)$ 는 구간별 각 노드의 가시도( $vV_n$ )에 가중치 지수( $p_n$ )를 보정한 것이다.

$$cvV(i) = \sum_{n=1}^d vV_n \cdot \frac{p_n \cdot (d-n)}{d} \quad : m1$$

두 번째 방법은 범위별 빈도를 각도구간별로 먼저 분류하고 가중치 지수( $p_n$ )를 적용하는 방법이다.(m2)

$$cvV(i) = \sum_{n=1}^d (vV_n - vV_{n-1}) \cdot p_n \quad : m2$$

Fig.10은 두 가지 방법으로 가중치를 적용한 보정가시도와 단순합계(비보정) 상태의 시점시퀀스별 가시특성을 그래프로 나타낸 것이다.

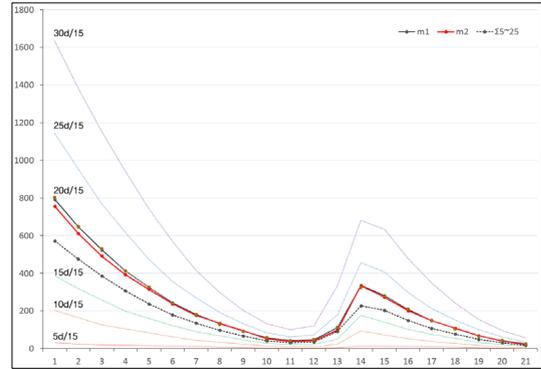


Fig. 10. Result

예상과 같이 시작점 VP-1에서 매우 높게 나타나며, 결국부로 진행하면서 시각정보량이 2차원 곡선으로 급속히 감소하고, 감소폭은 중심점보다 주변으로 갈수록 크게 나타난다.

방향전환이 일어나는 VP-12부터 일시적으로 증가한 후 완료되는 VP-14부터는 다시 감소한다.

비보정상태와 비교하였을 때, 가시도 특성은 유사하게 나타나지만, 방향이 전환되면서 새로운 가시영역이 확보되는 VP-14에서 VP-16까지의 구간에서 차이를 보이고 있다. 이러한 차이점은 전체영역을 파악할 수 있는 25도 각도의 가시특성과 비교하면 더욱 확연해진다.

## 5. 결론

이상으로 시야각별 주시확률을 반영한 Blur Frustum Culling의 개념을 제안하고, 주시위치와 빈도를 측정하여 시야각도별 보편적 가시특성을 도출하였하였다. 그리고 시지향성 다차원 시각구조분석(MDVC-V)에 시야각별 가시확률을 보완하여, 예시모델을 통해 가시특성을 도출해 낼 수 있었다.

그 결과 시야각별 가중치를 적용하여 보정하였을 때, 상대적인 가시특성에는 큰 차이가 발생하지 않았으나, 방향전환 과정에서 보다 정확한 데이터를 얻어낼 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구는 기존의 이론에 시야각별 가시확률 적용의 가능성을 파악하기 위한 기초적인 연구로서, 추후 시선 추적장비의 정밀도가 향상된다면 더욱 많은 데이터 수집을 통해 보다 정확한 분석이 가능해질 것이다.

주시특성을 파악하는 과정에서 상하방향으로의 빈도

에 차이가 있음을 알 수 있었다. 향후 연구에서는 이러한 방향에 따른 차이도 고려되어야 해볼 필요가 있다. 또한 분석과정에서 보다 복잡한 공간일수록 뚜렷한 특성을 얻을 수 있다는 단서를 발견하였다. 이에 후속연구에서는 분석어플리케이션의 정밀도를 개선시키고 입체적인 다양한 형태의 예시모델에 적용하여 현실공간에 적용할 수 있도록 발전시켜 나갈 것이다.

## Reference

- [1] Tandy, C R V. The isovist method of landscape survey. Methods of Landscape Analysis. London, Landscape Research Group, pp.9-10, 1967.
- [2] Benedikt, Michael L. To take hold of space: isovists and isovist fields. Environment and planning B, 6.1: pp. 47-65, 1979.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/b060047>
- [3] Archea, John Charles. Visual access and exposure: An architectural basis for interpersonal behavior, PhD Thesis. Pennsylvania State University, 1984.
- [4] Cheyne Landon Bamford, The Perception of Volumetric Form, Arizona State University, 2000.
- [5] Kim, Chung-Sik et al. Development of an Visibility Analysis Method of Cityscape through Three Dimensional Expansion of ISOVIST, Journal of Korea Planning Association, 40(2), pp.183-192, August, 2005.
- [6] Kim, Suk-Tae, A Study on the Multi-Dimensional Space Analysis Model using 3D Graphic Design, Doctoral Thesis, Hanyang University, 2008.
- [7] Batty, M. Exploring isovist fields: space and shape in architectural and urban morphology. Environment and Planning B, 28(1) pp.123-150, 2001.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/b2725>
- [8] Kim, Suk-Tae, A Study on the Deduction of 3-Dimensional Visual Structure and measurement of Quantitative Openness in Accordance with Spatial Probe Routes, Korea Institute of Interior Design Journal, 19(6), pp.112-120, December, 2010.
- [9] Gregory, R. L, Eye and brain, Princeton, NJ : Princeton University, 1997.
- [10] Solso. R. L. Cognitive and the Visual Art, MIT Press, 1994.

김 석 태(Suk-Tea Kim)

[정회원]



- 1995년 2월 : 국민대학교 대학원 건축학과 (건축학석사)
- 2008년 8월 : 한양대학교 대학원 건축공학과 (공학박사)
- 1995년 1월 ~ 1999년 10월 : 서울 건축 종합건축사사무소 설계실
- 2001년 9월 ~ 현재 : 인제대학교 디자인학부 교수

<관심분야>

환경디자인, 공간시뮬레이션, 공간구조론