

# 수렴타입의 스테레오 영상 획득방법을 모사하는 변형평행타입에서의 주요인자의 정의

이광훈<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 신기술융합과  
☎ 143-701 서울시 광진구 화양동 1번지

김동욱 · 김성규<sup>†</sup>

<sup>2</sup>한국과학기술연구원 영상미디어센터  
☎ 136-791 서울시 성북구 하월곡동 39-1

(2008년 5월 19일 받음, 2008년 6월 30일 수정본 받음, 2008년 7월 4일 게재 확정)

스테레오 카메라를 사용하여 입체영상을 획득하는 대표적인 방법으로는 수렴 및 평행방식이 있다. 본 연구는 수렴 및 평행타입의 장점을 갖추고 자연스런 입체영상을 획득할 수 있는 평행타입 기반의 변형평행타입 입체영상 획득 방법을 사용하여 수렴방식의 입체영상 획득방법을 모사할 수 있는 인자들의 추출 및 정량적 분석을 통하여 중요 핵심인자를 정의하였다. 결과적으로 변형평행 타입에서 수렴타입을 모사할 수 있는 인자들은 스테레오 카메라의 간격, 화각 및 수렴각이고, 융합영역 내에서의 핵심인자는 수렴각의 변화이다. 결론적으로 변형평행타입으로 수렴타입을 완벽히 모사할 수 있는 인자들의 정량적 범위는 사용환경에 따라 다르며, 초점깊이가 짧을 수록, 수렴각이 작을수록 근거리 물체에 대한 수렴타입과 변형평행타입의 영상좌표의 오차량은 적다.

주제어: 수렴방식 스테레오 영상 획득, 변형평행방식 스테레오 영상 획득, 화각, 물체공간, 깊이감

## I. Introduction

변형평행타입방식은 스테레오 영상을 획득하는 카메라 정렬방식중의 하나로서, 기본적으로는 평행타입의 정렬을 취하고, 부가적으로는 획득된 영상정보의 위치를 이동 및 수정함으로써 마치 평행타입으로 수렴타입을 모사하는 결과를 얻는 방법이다. 수렴타입은 두 카메라의 광축이 물체공간에서 교차하는 수렴점을 기준으로 수평, 수직방향에 대한 각각의 시차가 발생한다. 특히 수평시차는 이격된 좌우 카메라로 사영된 물체점에 대한 영상좌표가 수평방향으로 차이를 갖는 물리적 현상이며, 그 양을 수평시차량으로 정의한다. 수직시차는 좌우카메라로 사영된 물체점이 수직방향으로 이격된 영상좌표값을 의미하는 물리적 현상이며, 수렴타입에서는 수렴각에 의하여 수직시차가 발생하고, 이는 입체시를 방해하는 요인으로 작용한다. 평행타입은 두 카메라의 광축이 평행하고 물체공간에서 교차하지 않는 정렬방식이고 수평시차만 존재한다. 따라서 수직시차가 존재하지 않으므로 수렴방식보다는 수월한 입체시를 제공하는 장점이 있다. 변형평행타입은 수렴, 평행타입의 장점을 모두 갖춘 것으로서, 기본적으로는 평행타입의 정렬을 기준으로 물체공간에 대한 수평시차량을 확보하고, 수렴타입이 갖는 특정 수렴각에 해당하는 수렴점의 수평시차량을 보정함으로써 양방향의 깊이감을 나타낼 수 있는 수렴타입의 효과를 모사한다. 그러나 변형평행타입은 수렴타입의 특정 수렴점을 기준으로 주변 물체공간에 대해서만 모사가 가능하다는 단점을 지니고 있다.

이유로는 수렴타입은 모든 물체공간에 대한 수렴각이 존재하여 각 수렴점에 대한 상대적인 시차량으로 물체공간의 깊이감을 나타내지만, 변형평행타입에서는 수렴타입에서의 특정 수렴점에 대한 단일시차값만을 보정하여 모든 물체공간에 대한 깊이감을 모사하므로 수렴점의 물체공간을 제외한다면 나머지 물체공간에 대해서는 수렴타입과 상이한 영상좌표 및 시차량을 얻기 때문이다. 이는 곧 변형평행타입으로 획득한 스테레오그램을 재생할 시, 모사가 가능한 부분은 수렴타입에서 수렴점 부근의 일정 물체공간이며 그 외 나머지 영역에 대해서는 불가하게 되어 수렴타입에서 획득한 입체영상과 비교시 영상의 왜곡 및 이로 인한 시차량의 왜곡의 발생으로 관찰자에게 올바르지 않은 깊이감을 제공하는 문제가 발생한다. 따라서 변형평행타입에서 수렴점에 대한 시차보정치를 기준으로 최소의 영상좌표차를 갖고 수렴타입을 최대한 모사할 수 있는 주요인자를 추출하고, 추출된 주요인자의 가중치를 부여하여 변형평행타입으로 수렴타입을 잘 모사할 수 있는 핵심 주요인자를 확정한다. 핵심 주요인자는 변형평행타입과 수렴타입으로 획득한 각 스테레오 영상좌표간의 차이를 발생시키는 가장 큰 요인으로 해석할 수 있으며, 추가적으로는 영상좌표의 차이는 영상 왜곡 및 깊이감 왜곡발생의 근본적 원인으로 볼 수 있으므로 핵심인자의 정의는 매우 중요하다. 영상왜곡에 대한 보정방법으로는 하드웨어적인 광학적 접근방법이 있고, 소프트웨어적인 영상처리방법이 있으나 본 논문은 전자의 경우를 들어 카메라 내부 변수에 의한 핵심인자를 정의하였다. 본 논문의 목적은 변형평행방식을 사용하여 수렴타입의 스테레오 영상획득을 모사하는 방법 중, 영상왜곡 및 깊이감 왜곡을 야기하는 하드웨어적 주

<sup>†</sup>E-mail: kkk@kist.re.kr

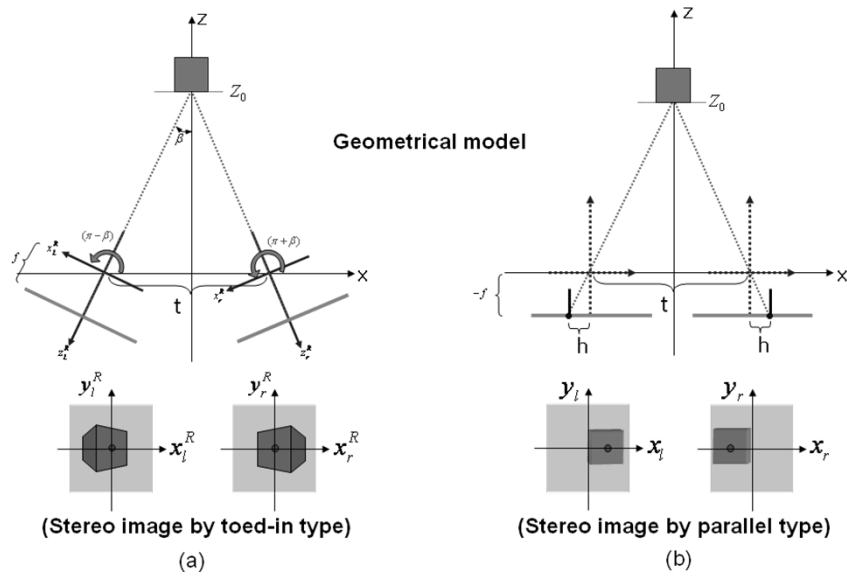


그림 1. 수렴타입 및 평행타입의 기하적 모식도.

요인자를 산출하고 그 중 가중치가 높은 핵심인자를 정의하는 데 있다. 본 연구의 결과를 통하여 기대할 수 있는 가장 큰 효과는 변형평행방식으로 최적의 입체시를 구현할 수 있는 정성적, 정량적의 데이터의 기반을 마련하고, 이를 활용하여 입체영상을 획득하고 재생할 시, 최소의 영상왜곡을 갖는 물체공간을 정의함으로써 관찰자에게 수렴방식의 시각계와 같은 자연스런 입체영상 및 전, 후 양방향의 깊이감 제공이 가능한 것을 들 수 있다. 그림 1-(a), (b)는 각각 수렴 및 평행타입으로 촬영된 물체영상을 획득하는 방법에 대한 기하적인 모식도이다. 변형평행타입은 그림 1-(b)의 기하모식도에서 카메라 영상좌표에 해당하는 부분의 ‘h’ 값(수렴점에 대한 시차보정값)이 적용된 경우이다

한 시차량을 0으로 보정한다. 수렴타입으로 촬영된 물체공간 내의 수렴점은 좌우 영상좌표의 원점에 위치하게 되지만 평행타입에서는 이격된 영상좌표를 얻는다. 변형평행타입은 시차보정값을 사용하여 수렴타입으로부터 얻은 영상좌표와 같게 만드는 것을 기본으로 한다. 그러나 물체의 영역이 수렴점으로부터 멀어질수록 변형평행타입은 수렴타입을 완벽히 모사할 수 없다. 이에 대한 이유를 이미지 좌표계의 관점으로 그림 2에 도식화 하였다. 그림 2-(a)는 수렴타입으로 수렴각( $\beta$ )를 갖고 물체공간내에 있는 특정물체의 거리( $Z_0$ )를 수렴점으로 하였을 경우, 좌우 카메라로 촬영된 이미지를 좌우 카메라의 원점을 일치시켜 획득한 스테레오 그래프이고, 그림 2-(b)는 동일 물체를 평행타입으로 촬영시켰을 경우 얻은 스테레오 영상을 수렴타입의 수렴점과 같게 하기 위하여 시차보정값을 적용한 변형평행모델에서의 스테레오그램이다. 각 두 타입으로 획득한 스테레오그램은 모두 특정점( $Z_0$ )의 영상좌표가 0으로 영상좌표의 원점이 일치되었음을 알 수 있다. 그러나 수렴타입을 모사하고자 도입하였던 변형평행타입으로는 수렴타입의 특정 수렴점을 중심으로 일부 영역에 대해

## II. Materials & Method

### 2.1 정성적 분석 - 수렴타입

서론에서 언급한 바와 같이 변형평행타입은 평행타입을 기본으로 시차보정값을 사용하여 수렴타입에서의 수렴점에 대

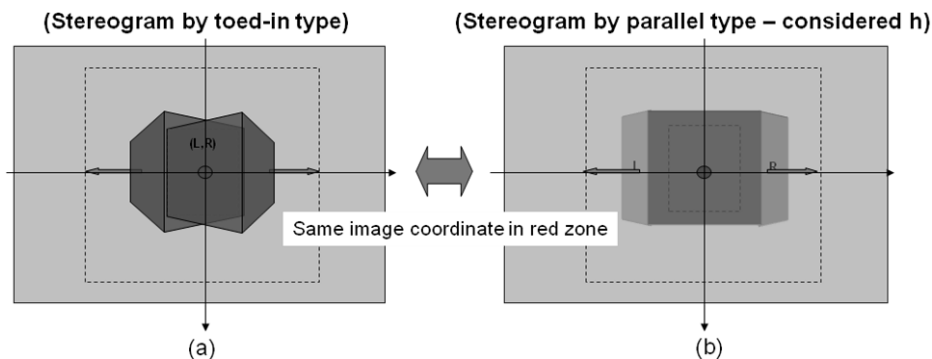


그림 2. 수렴타입과 변형평행타입으로 얻은 스테레오그램.

서만 완벽한 모사가 가능하고 수렴점으로부터 멀어지는 물체공간에 대해서는 부분모사만 가능하다. 물론 컴퓨터비전과 같은 학문의 접근으로 영상처리와 같은 기법등을 사용하여 그 외의 영역에 대해서도 완벽한 모사가 가능하겠지만, 본 연구에서의 논점과는 거리가 있으므로 그 방법에 대해서는 논외로 한다. 따라서 단일 시차보정값만을 고려한 변형평행타입을 사용하여 인간의 시각계와 비슷한 양안입체시를 모사하려면 전체 물체공간에 대한 고려가 아닌 특정공간에 대해서만 가능하다는 결론을 얻게 된다.<sup>[2]</sup>

그림 2에서 표현한 내부 점선 영역은 단일 'h'값이 고려된 변형평행타입으로 수렴타입을 모사할 수 있는 영역이고, 외부 점선 영역은 내부 점선 영역외의 물체공간에서는 영상좌표값이 상이하여 완벽히 모사할 수 없음을 나타내는 영역이다. 따라서 단일 시차보정값으로 모사할 수 있는 물체공간의 영역을 정의하여 변형평행타입의 유용성을 정량화하고, 물체공간에 대해 모든 시차보정값을 정량화해야한다. 이를 위하여 각 타입별 정성적 분석으로 보정치의 관계식을 유도한다. 각 카메라 타입별 정량적 분석을 위해 Andrew Woods의 논문<sup>[3]</sup> 참조하였다

**2.2 정성적 분석 - 변형평행타입**

변형평행타입에서 물체공간에 대한 이미지 좌표계의 획득 방법은 평행타입과 같다. 그러나 변형평행타입의 주목적은 수렴타입의 모사이므로 수렴타입의 수렴점이 각 카메라의 검출기 상에 결상된 이미지 좌표가 원점에 위치한 것과 동일한 형태를 만들어주어야 한다. 그 보정치를 'h'라 하고 이는 수렴타입에서의 수렴각  $\beta$ 의 함수이므로  $h = -f \tan(\beta)$ 가 된다. 식 (1)은 수렴각  $\beta$ 에 대한 변형평행타입에서의 좌우 카메라에 해당하는 이미지 좌표값을 나타낸다. 그림 3은 변형평행타입에서의 'h'값 보정의 물리적 의미를 나타내는 모식도이다. 식 (1)에 사용된 변수의 정의는 다음과 같다.  $X_{d,cr}^R$ ,  $X_0$ ,  $Z_0$ ,  $t$ ,  $\beta$ ,  $f$ ,  $h$ 는 각각 수렴타입에서 획득한 영상좌표의

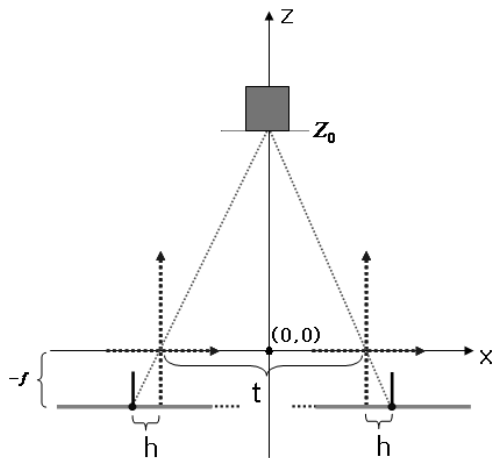


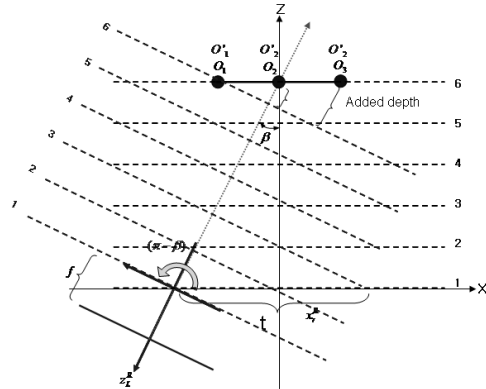
그림 3. 변형평행타입에서의 'h' 보정치에 대한 모식도.

원점, 물체공간에서의 물체점의 x, z좌표, 카메라 이격거리, 수렴각, 카메라의 초점거리 그리고 시차보정치를 의미한다.

$$\begin{aligned} \therefore X_d^R &= f \cdot \tan\left(\tan^{-1}\left[\frac{X_0 + \frac{1}{2}t}{Z_0}\right] - \beta\right) - h \\ \therefore X_{cr}^R &= -f \cdot \tan\left(\tan^{-1}\left[\frac{\frac{1}{2}t - X_0}{Z_0}\right] - \beta\right) + h \end{aligned} \quad (1)$$

**2.3 정량적 분석 - 기하적 모델**

앞서 기술한 정성적인 분석을 기반으로 동일 물체공간에 대한 사영된 이미지좌표의 값을 정량적으로 비교하여 변형평행타입으로 수렴타입을 모사할 경우 허용할 수 있는 동일 물체에 대한 이미지 좌표의 오차량을 정량화하고, 영상좌표의 오차를 발생시키는 주요인자를 산출한다. 그림 4에서 보인 바와 같이 좌우 카메라 렌즈의 중심간의 거리의 중점을 원점으로 하는 global 좌표계(x, y) 내에서 위치한 동일 z 값을 갖고 서로 다른 x축의 위치에 놓여있는 경우, 수렴타입에서의 물체공간은 깊이가 다른 상대적 물체공간이 된다. 평행타입에서의 세 물체점은 모두 동일 깊이를 가지므로 평행타입으로 사영된 좌우 영상좌표의 차 즉 시차량은 모두 같다. 그러나 수렴타입에서의 세 물체는 상대적으로 각기 다른 x, z 값을 갖는다. 따라서 global 좌표계의 동일 물체공간에 대해 수렴타입의 카메라에 사영된 영상 좌표와 평행타입에서의 영상좌표 값은 다르다. 이를 확장하여 각 타입별로 얻어진 좌우 이미지 좌표값의 차 즉 시차값을 비교해 보더라도 평행타입은 세 물체점에 대해 동일한 시차량을 갖는 반면, 수렴타입은 그렇지 않다.<sup>[4]</sup> 이것의 물리적인 의미는 동일한 물체공간이라도 수렴타입과 평행타입으로 얻어진 시차량이 다르고 이를 스테레오그램으로 변환하여 입체영상을 디스플레이 했을 경우, 관찰자는 수렴 및 평행 타입에 대한 각기 다른 깊이감을 인식하게 된다. 그러므로 동일 물체공간에 대



Parallel type :  $O_{z1} = O_{z2} = O_{z3} \Rightarrow (O_{x3} - O_{x1}) \neq (O'_{x3} - O'_{x1})$   
 Toed in type :  $O'_{z1} \neq O'_{z2} \neq O'_{z3}$

그림 4. 수렴 및 평행타입에서 바라본 상대적 물체공간.

한 깊이감을 사용하고자 하는 스테레오 카메라의 타입에 따라 다르게 나타난다. 이것을 우리는 카메라 방식에 따른 스테레오 영상획득에 대한 ‘왜곡된 영상’이라 정의한다. 즉 왜곡된 영상은 왜곡된 시차량을 유발하고 최종적으로 관찰자에게 다른 깊이감을 제공하는 1차적인 깊이왜곡의 요인이 된다는 것과 같다. 따라서 직관적으로 볼 때, 변형평행타입으로 수렴타입을 모사할 경우, global 좌표계 내에서 수렴점 부근의 일정 물체공간에 대해서만 모사가 가능하고 그 외의 부분은 다른 깊이감을 전달하거나 입체시 융합조건에서 벗어난 잘못된 모사가 될 수 있다. 그러므로 수렴타입의 모사가 가능한 새로운 물체공간의 정의가 필요하다.

그림 5는 수렴 및 평행타입에서 동일 물체점이 사영된 이미지 좌표값의 차를 나타낸 기하적 모식도이고, 그림 6은 물체공간을 x 방향으로 -5 m에서 5 m까지(총 10 m)의 범위를 정하고, z 방향으로 카메라 렌즈를 기준으로 +0.1 m에서 10 m까지의 범위를 정하여 수렴타입과 변형평행타입에서의 사영된 이미지 좌표값을 얻는 모식도이다. 상대적인 물체공간을 정량화 하기 위하여 그림 6은 범위 내의 각 교점에 물체가 놓여있다고 가정하여 수렴각  $\beta$ 로 수렴한 수렴타입을 변형평행타입으로 모사할 수 있는 물체공간을 나타낸다.

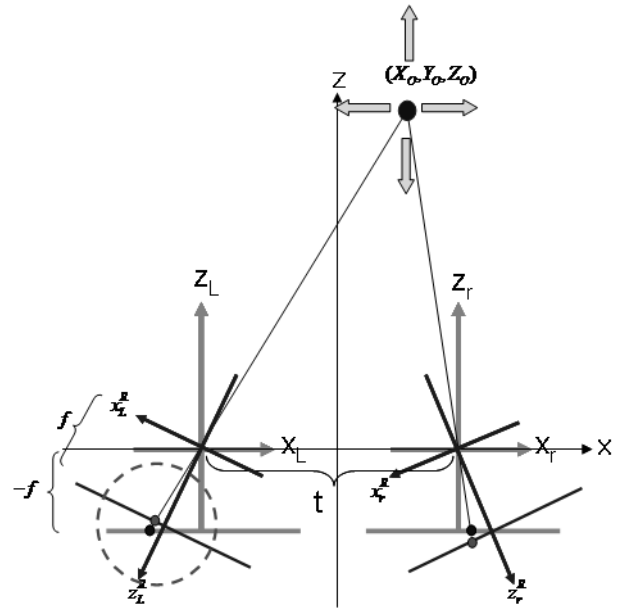


그림 5. 수렴 및 평행타입으로 사영된 동일 물체에 대한 이미지 좌표값의 차를 나타내는 기하적 모식도.

### 2.3 정량적 분석 - 입체시 융합영역

수렴 및 변형평행타입으로 획득한 동일 물체공간에 대한 영상좌표의 차를 각 타입에서의 시차량으로 정의한다. 따라서 물체공간에 대한 시차량은 식 (1)에서 획득한 좌,우 영상좌표의 차이이다. 변형평행타입으로 수렴타입을 모사할 시 가장 완벽한 모사는 수렴타입에서의 시차량과 변형평행타입에서의 시차량을 비교하여 두 시차량의 차이값이 0이 되는 물체공간을 정의하면 된다. 그러나 시차량의 차이가 없다고 하여 두 타입에서의 입체시 융합조건을 모두 만족하는 것은 아니다. 입체시 융합조건은 스테레오 카메라의 화각이 중첩되는 영역을 의미하며 그 외의 영역은 좌우 각각의 영상좌표와 광축을 연장하였을 때, 물체공간상에서 서로 교차하지 못하는 영역이다. 따라서 왼쪽 또는 오른쪽만의 영상정보만 존재하므로 스테레오 정합조건에 위배된다. 따라서 스테레오 카메라로서는 물체의 위치 및 깊이에 대한 정량적인 데이터를 얻을 수 없는 영역이고 더불어 입체시 될 수 없는 영역이므로 두 타입의 시차량 차이를 구하기 전에 반드시 입체시가 가능한 융합영역을 정의하고 그 영역내의 시차량 차이를 구하여야 한다. 그림 6의 물체공간을 기준으로 그림 7은 각각 수렴타입과 변형평행타입에서의 융합영역, 시차지도 그리고 시차량의 차이값이 0이 되는 그래프이고, 두 타입의 시차량 차이가 0가 되는 물체공간의 영역을 빗금영역으로 나타내었다.

### 2.4 주요인자의 산출

변형평행타입으로 수렴타입을 모사하기 위하여 각 타입에 대한 정성적 정량적 분석을 통해 모사가 가능한 물체공간 및 시차량에 대한 정보를 획득하였다. 이를 기반으로 서론에서

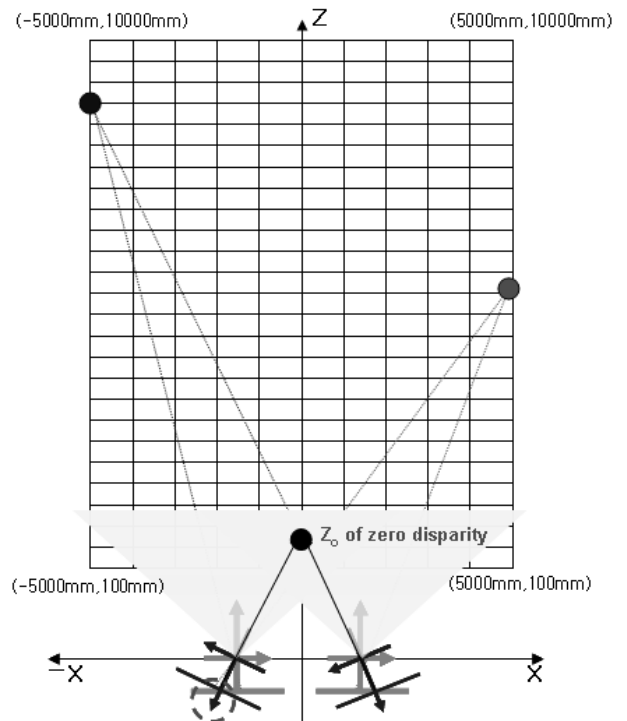


그림 6. 정의된 물체공간의 교점에서 수렴 및 평행타입으로 사영되는 물체점에 대한 모식도

언급하였던 바와 같이 하드웨어적인 변수들 중, 모사시 영향을 미치는 주요인자들을 정량적으로 비교, 분석하여 그 중, 핵심인자를 정의하였다. 아래와 같은 임의의 카메라 변수들을 선택하여 주요인자로서의 타당성을 검증한다.

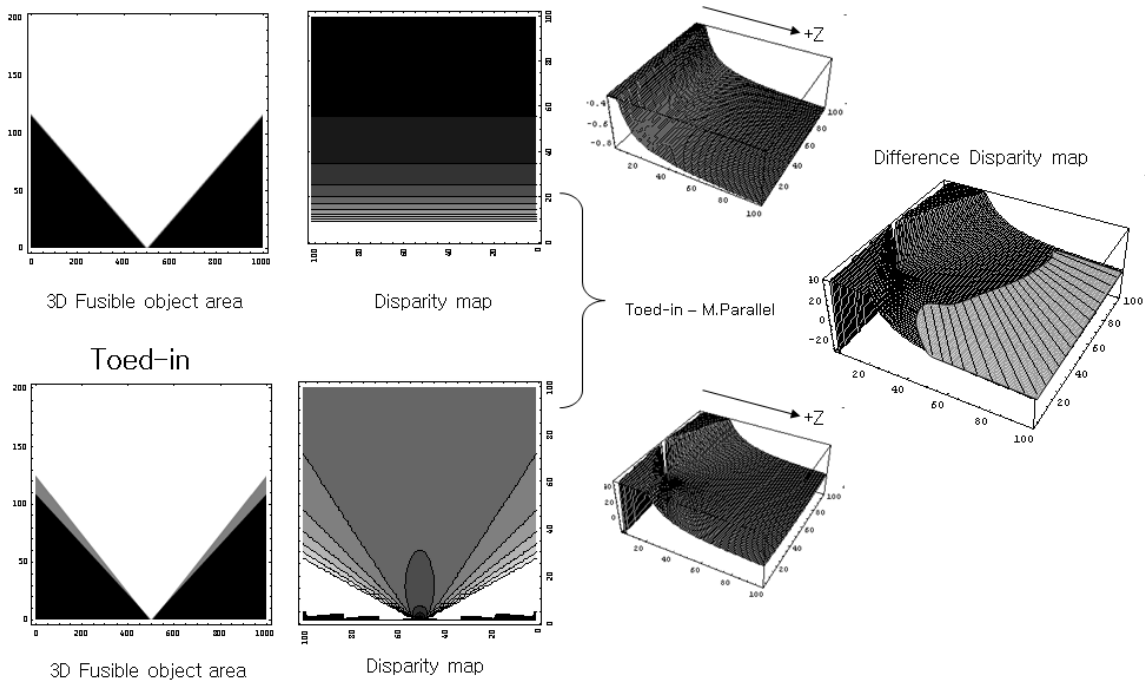


그림 7. 변형평행 및 수렴타입의 융합영역, 시차지도 그리고 시차량이 0이 되는 물체영역에 대한 그래프.

구속조건

- 카메라간 거리(t) :  $t = 20 \sim 100$  mm, step 20 mm @  $f(6.5$  mm),  $\beta(1$  deg)
- 카메라 시야각( $\beta$ ) :  $\beta = 1 \sim 5$  deg, step 1 deg @  $t(65$  mm),  $f(6.5$  mm)
- 렌즈 초점길이(f) :  $f = 3.5 \sim 9.5$  mm, step 3 mm @  $\beta(1$  deg),  $t(65$  mm)
- 물체공간 폭(X) :  $X = -5000 \sim 5000$  mm, step 1000 mm
- 물체공간 거리(Z) :  $Z = 100 \sim 10000$  mm, step 100 mm

수렴/변형평행 타입간, 영상좌표간의 차가 비교적 많은 카메라 변수들을 위와 같은 범위로 구속조건을 설정하였다. 설정된 변수들 중 카메라 내부변수들은 스테레오 카메라의 간격(t), 수렴타입에서의 수렴각( $\beta$ ), 카메라 초점길이(f)이며, 외부 변수로서는 물체공간(x, z), 카메라 검출기 크기(sensor size - 화각을 결정)등을 선택하였다. 그러나 본 논문의 목적에 맞추어 카메라 내부변수만을 주요인자로 선정하였고, 나머지의 외부 변수들은 상수로 놓고 주요인자에서 제외 하였다. 이유는 앞서 정량적 분석의 융합영역과 시차량 차이 비교에서 기술하였듯이 두 타입의 영상좌표차를 비교하기 위하여 같은 조건들을 두어야 하기 때문이다.

카메라 간격 변화에 대한 영상좌표차의 변화를 검출하기 위해 수렴각은 1도 초점길이는 6.5 mm를 기준으로 카메라 간격을 20 mm에서 100 mm까지 20 mm씩 증가하여 계산하였다. 수렴타입 및 변형평행타입으로 획득한 영상좌표의 비교는 영상좌표의 차이값 산출방식을 선택하였다. 그림 8은 카메라 간격에 대한 수렴/변형평행타입으로 획득된 영상좌표

의 차에 대한 그래프를 나타낸다. 가로축은 물체거리(z)를 나타내고 세로축은 영상좌표값의 차이값(mm)을 나타낸다.

식 (1)에서 보듯, 수렴타입으로 획득한 물체공간에 대한 영상좌표는 h를 제외한 식이고, 물체공간(x, y)의 함수이다. 따라서 수렴타입에서는 물체좌표 z 및 x에 대하여 시차량이 변한다. 이는 동일 z에 대하여 x의 변화에 영향을 받지 않는 평행타입에서 획득한 물체좌표의 시차량과 차이를 나타낸다. 평행타입은 식(1)에서  $\beta$ 가 0인 경우이다. 그림 8에서 보듯, 물체좌표 z가 감소할수록 영상좌표의 차는 증가하는 결과를 가져온다. 그러나 카메라 간격 변화에도 불구하고 물체의 x 값 변화에 대하여 두 타입의 영상좌표의 차가 매우 작으므로 이는 핵심 주요인자가 아님을 알 수 있다.

카메라의 초점길이 변화에 대한 영상좌표차의 변화를 검출하기 위해 수렴각은 1도, 카메라 간격은 65 mm를 기준으로 초점길이를 3.5 mm에서 9.5 mm까지 3 mm씩 증가하여 계산하였다. 그림 9는 초점길이 변화에 대한 수렴/변형평행타입의 영상좌표값의 차에 대한 그래프를 나타낸다. 그래프 축의 설명은 그림 8과 같다.

그림 9에서 보듯, 물체좌표 z가 감소할수록 영상좌표의 차는 증가하는 결과는 그림 8에서 보는 바와 같이 카메라 간격에 대한 경우와 같다. 그러나 카메라 초점길이의 변화에 대하여 장초점 일수록, 동일 물체거리 z에 대하여 x의 위치에 따라 영상좌표값의 차가 증가한다. 따라서 카메라 초점거리의 변화는 수렴타입을 모사할 시 반드시 고려해야 하는 핵심 인자로 정의할 수 있다.

마지막으로 카메라의 내부 수렴각의 변화에 대한 영상좌표차의 변화를 검출하기 위해 카메라 초점길이는 6.5 mm, 카

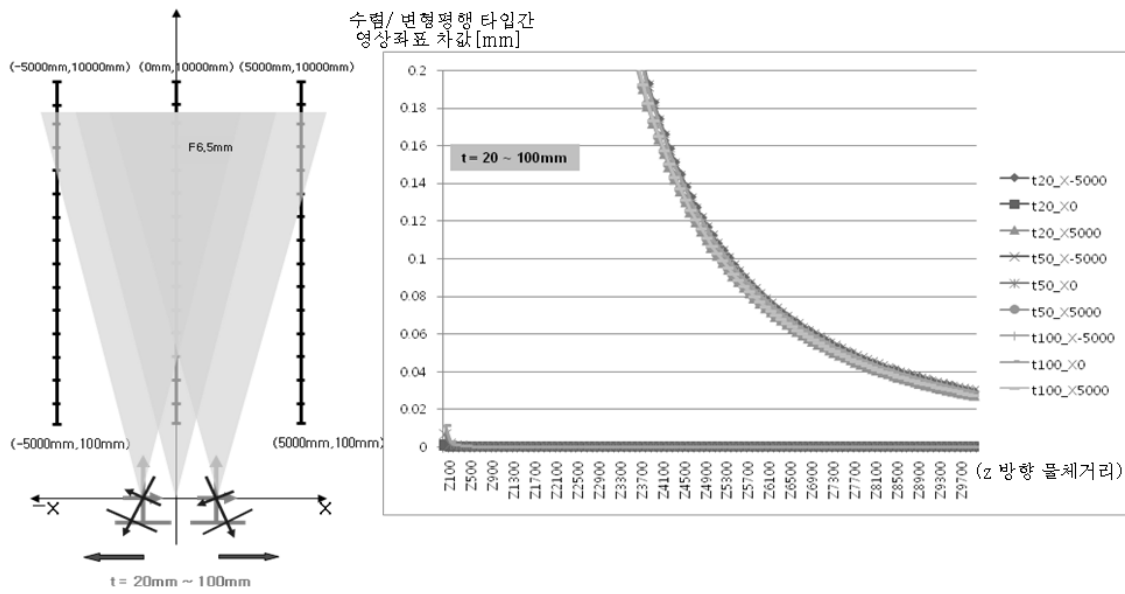


그림 8. 카메라 간격 변화에 대한 수렴/변형평행 타입간 영상좌표값의 차 그래프.

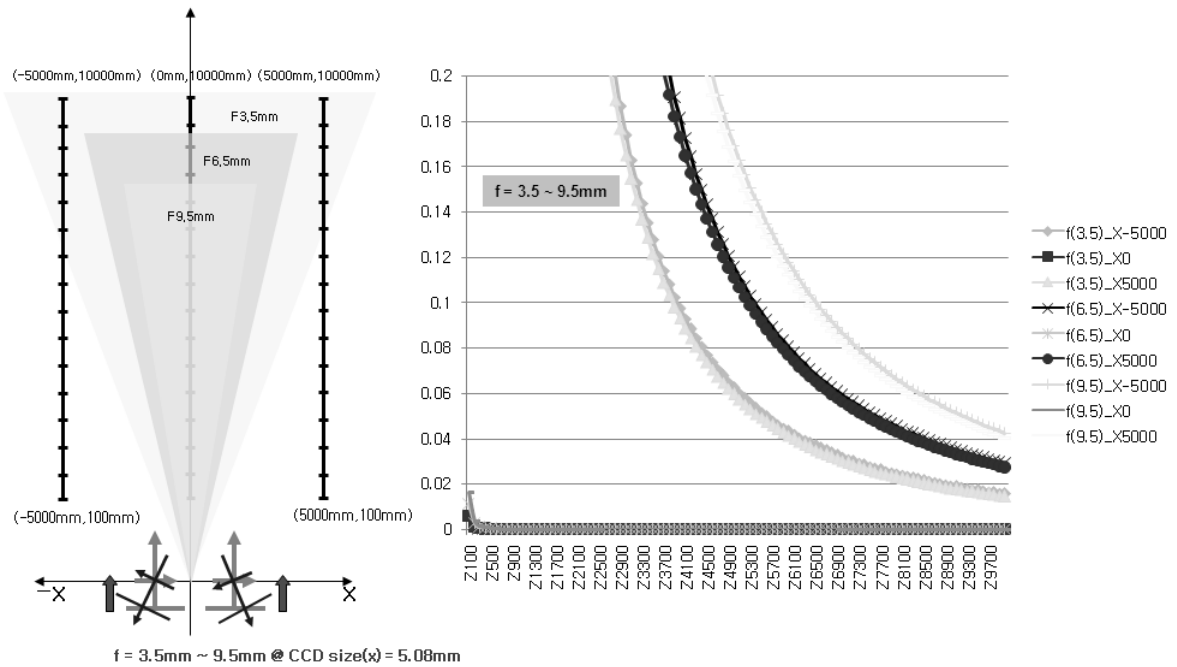


그림 9. 카메라 초점길이 변화에 대한 수렴/변형평행 타입간 영상좌표값의 차 그래프.

메라 간격은 65 mm를 기준으로 수렴각을 1도에서 5도까지 1도씩 증가하여 계산하였다. 그림 10은 카메라 내부 수렴각의 변화에 대한 수렴/변형평행타입의 영상좌표값의 차에 대한 그래프를 나타낸다.

그림 10에서 보듯, 물체좌표 z가 감소할수록 영상좌표의 차는 증가하고 수렴각이 증가할수록 영상좌표간의 비율은 증가한다. 이는 또한 물체의 x 위치에 대하여도 영상좌표간의 비율이 증가하는 결과를 나타낸다. 따라서 동일 물체공간

에 대한 수렴/변형평행타입의 영상좌표간의 변화에 가장 민감한 변수는 카메라 내부 수렴각이며, 이는 변형평행타입으로 수렴타입을 모사할 시 반드시 고려해야 하는 핵심인자로 정의할 수 있다.

이와 같이 주요인자의 후보선정 및 핵심인자 선정을 위한 정량적인 비교는 정당하다고 사료되며 그 결과로서 카메라 초점길이의 변화 및 카메라 내부 수렴각의 변화를 변형평행타입으로 수렴타입을 모사할 수 있는 핵심인자로 선정하였

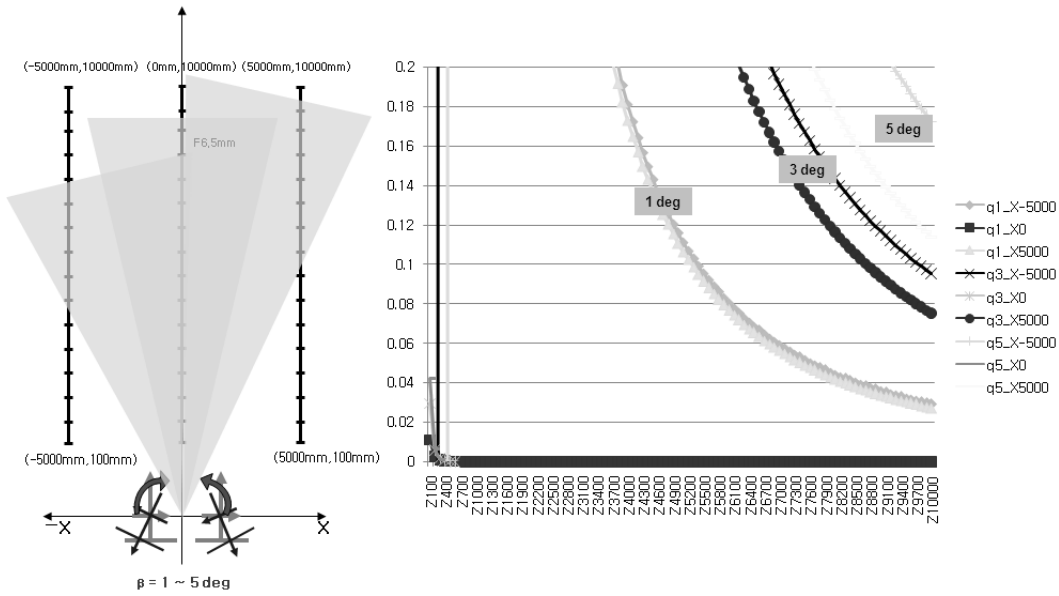


그림 10. 카메라 내부 수렴각의 변화에 대한 두 타입의 영상좌표간의 비율 그래프.

다. 따라서 선정된 핵심인자를 기준으로 실제 카메라 모델을 통하여 최소 영상좌표차를 임의의 대입하였을 경우, 핵심인자의 변화에 대하여 수렴타입과의 충분한 모사가 가능한 변형 평행타입에서의 물체공간을 정의한다.

### III. Results

#### 3.1 핵심인자 변화에 대한 영상좌표값의 변화

변형평행타입의 수렴타입 모사시 영상좌표값의 변화를 구하기 위하여 동일 물체공간에 대한 수렴, 변형평행 타입으로 획득한 이미지 좌표의 차를 그래프화 하였다. 앞서 논의에서는 주요인자에 대한 영상좌표간의 비율로 표기하였으나 실질적인 관점에서 보다 적절하고 합리적인 비교는 비율이 아닌 차이값으로 정의하는 것이 사용하는 카메라의 센서크기

및 해상도에 대한 대응으로 옳은 방법이라 사료되었고, 이에 핵심인자를 통한 수렴타입의 모사시 발생하는 영상좌표간의 변화값을 영상좌표의 차이값으로 정의하였다. 그림 11은 핵심인자가 고려된 수렴 타입으로 획득된 이미지 좌표와 변형 평행타입으로 획득한 이미지좌표의 차를 나타낸 그래프이며, 가로축은 물체공간의 z 범위를, 세로축은 영상좌표의 차 값을 각각 mm의 단위로 나타내었다. 결과적으로 물체공간에 대한 두 타입의 영상좌표의 차이값은 최대한 모사가 가능한 정량치를 의미하며, 그 정량치는 인지, 지각 심리학을 기반으로 정의되어야 한다. 그러나 본 논의는 스테레오 영상 획득에 대한 카메라 내부변수에 대한 요인을 다루므로, 카메라 검출기내 단위 픽셀길이의 2배에 해당하는 길이를 변형평행 타입으로 수렴타입을 모사할 수 있는 최소의 허용치로 정의 하였다. 이와 같은 기준으로 수렴타입을 최대한 모사할 수

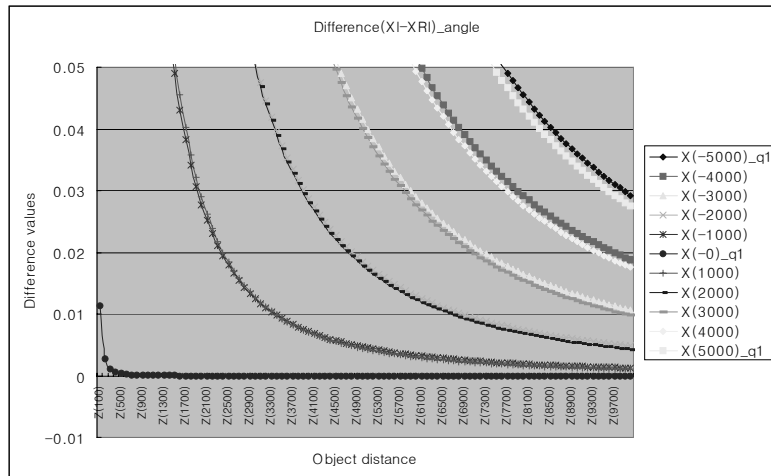


그림 11. 동일 물체공간에서 변형평행타입으로 수렴타입을 모사할 시 발생하는 영상좌표의 차이값에 대한 그래프.

있는 변형평행타입에서의 최소 물체공간을 정의할 수 있다. 그림 11은 수렴 및 변형평행 타입으로 촬영된 물체공간에 대한 영상좌표값의 차 그래프로서 변형평행타입에서 왼쪽 카메라에 해당하는 결과이다. 오른쪽 카메라에서의 결과는 그림 11과 형태는 같고, 물체공간의 x 값에 대한 부호가 반대인 결과를 얻는다.

카메라 수렴각은 2도를 기준으로 하였다. 단위는 mm이다. 모사를 위한 환경은 다음과 같다.

- Pixel size : 11.0 um, Thus let us define, about 0.022 mm.
- (FOV : 96.93 deg @ f-length = 5 mm, Resolution : 1024, CCD size : 1"/1.8 = H11.29 mm)

결과적으로 변형평행타입으로 수렴타입을 모사할 경우, 물체공간내 위치한 물체의 위치가 두 카메라의 중심에 있는 경우( $x=0$ )는 완벽한 모사가 가능하나, x 값이 증가할수록 영상좌표값의 차이가 크게 나타남을 알 수 있다. 본 전산모사의 결과를 토대로 변형평행타입으로 수렴타입을 모사할 수 있는 최소 영상좌표값을 정량화한다면 최소 허용물체공간 또한 정의할 수 있다.

### 3.2 변형평행타입의 수렴타입 모사시 허용 물체공간의 정량화

3.1의 전산모사결과를 토대로 실제 카메라 변수 및 물체공간에 대한 실질적인 영상좌표의 차이값을 산출하였다. 이를 위하여 다음과 같은 내부 변수를 설정하였다. 실제 카메라

검출기에 대한 값이며, 검출기의 크기, 해상도 및 픽셀사이즈를 정량화 하였다. 본 논의에 사용된 기종은 Canon EOS 5D이며 표 1의 첫 행의 데이터를 기준으로 하였다.

이 밖에 사용된 내부변수는 다음과 같다.

- Pixel size : 8.02 um, Thus let us defining permission range is 2 time which is about 0.016 mm
- (FOV : 100.075 deg @ f-length = 15 mm, Resolution : 4463, CCD size : 1:1 = H35.8 mm, Standard distance = 500 mm,  $q = 3.718$ )
- If Resolution : 1024, Pixel size = 34.9 um and permission range = 0.069 mm

변형평행타입의 전산모사를 위하여 핵심인자값을 카메라 내부 수렴각인 3.718도로 정의하였고, 다른 핵심인자인 카메라 초점길이 변화를 변수로 하여 수렴타입으로의 모사가 가능한 최소 영상좌표값의 산출 및 물체공간을 정의하였다. 카메라 초점길이는 상용화된 대표적 렌즈군과 가장 유사한 것을 선택하였으며, 대입 값으로는 광각부터 표준 그리고 망원에 이르는 초점길이인  $f=15, 25, 50$  그리고  $100$  mm를 대입하여 이에 대한 영상좌표차를 분석하였다. 그림 12는 수렴각은 3.718도를 기준으로 각 초점길이 변화에 따른 물체공간 z, x 범위에 대한 영상좌표차를 나타내는 그래프이다.

그림 12에서 보듯, 변형평행카메라 타입으로 수렴타입을 완벽히 모사할 수 있는 물체공간의 범위는, 앞서 정의된 실제 카메라 해상도를 고려할 시 물체가  $x < 1$  m내에 위치하

표 1. 실제 카메라 내부 변수표.

	Sensor size [mm]		X_pixel	Y_pixel	Pixel size [um]
DSLR_5D [1:1]	35.8	23.9	4463	2980	8.02
DSLR_1D_MII/N [1:1.3]	28.7	19.1	3588	2388	8.03
DSLR_20D [1:1.6]	22.5	15	3571	2381	6.3
Compact_850i [1"/2.5]	8.128	6.096	3266	2450	2.488
Compact_G7 [1"/1.8]	11.29	8.47	3651	2739	3.092

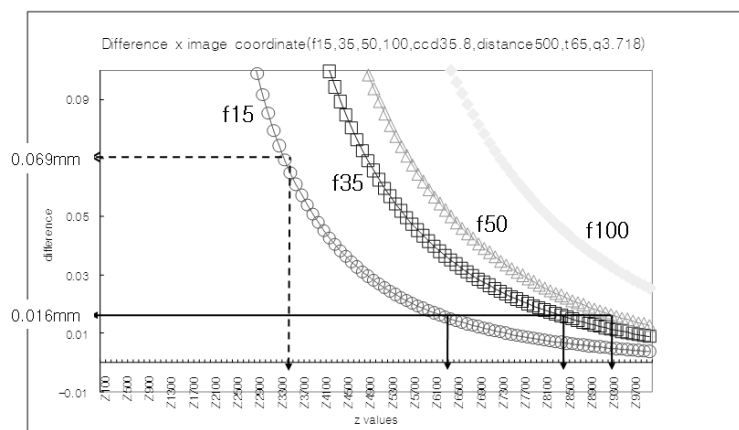


그림 12. 핵심인자가 고려된 수렴/변형평행 타입간 영상좌표값의 차 그래프.



고 초점거리가 가장 작은  $f=15\text{ mm}$ 인 경우, 물체거리는 최소  $z>6\text{ m}$ 이다. 이는 사영된 영상좌표값의 차를 단위픽셀크기 배로 정의하였을 때의 경우이고 실선으로 표기하였다. 단위픽셀크기는 내부변수에서 정의 하였듯이  $8\text{ }\mu\text{m}$ 이고 따라서 영상좌표값의 차는 최소  $16\text{ }\mu\text{m}$ 이다. 결과적으로 변형평행타입을 사용할 시 수렴타입의 모사가 가능한 적절한 물체의 위치는 최소 영상좌표 차이값을 만족하는 영역 이내여야 하고 결과적으로  $6\text{ m}$  이상이 되는 물체공간만이 수렴타입의 모사가 가능하다. 그러나 실질적인 관점에서 본다면 물체가  $5\text{ m}$  이상에 위치하므로 재생시 관찰자에게 효과적인 입체시를 제공하기가 어렵다.<sup>[4,5]</sup> 이에 수렴타입의 모사를 허용할 수 있는 물체공간을 앞당길 수 있는 방법을 모색하였고 다음과 같다. 실제 카메라 검출기의 해상도로 영상좌표를 얻는 경우 최소 영상좌표의 차이값을 단위픽셀크기 배로 정의하였으므로 실 공간에서의 물체가 근거리에서 위치할 범위는 매우 작다. 그러나 획득된 입체영상(스테레오그램)을 재생할 시 재생기의 해상도를 낮춘다면 상대적으로 검출기의 해상도를 낮게 책정해도 무방하다는 결론을 얻을 수 있다. 이는 최소

영상좌표의 차이 기준을 단위픽셀크기 배로 한정하여도 상대적으로 오차량의 허용범위가 증가된 것으로 분석될 수 있으며, 점선으로 표기된  $y$ 축의 값이 실선의 경우와 비교하여 그 값이 크므로 수렴타입의 모사시 허용 가능한 물체공간이 넓어진다. 실질적인 예로, 만약 검출기의 물리적 크기는 같고 가로방향의 해상도가 기존의  $4463\text{ pixs}$ 에서  $1024\text{ pixs}$ 로 약  $1/4.4$ 배가 될 경우, 변형평행모델로 수렴타입의 모사가 가능한 물체공간의 범위는  $x < 1\text{ m}$ ,  $z > 3.3\text{ m}$ 로 확장된다. 따라서 원거리의 물체만 모사가 가능하였던 물체공간의 허용범위가 근-중거리로 증가함을 알 수 있다. 물론 정량적으로 사용된 카메라의 초점길이는  $15\text{ mm}$ 인 경우이고, 광각의 화각을 가지고 있는 경우이며 심도는 무한대일 경우이다. 그림 12에서 점선의 화살표는 확장된 허용물체범위를 나타낸다. 변형평행타입의 수렴타입 모사는 초점이 짧을수록, 내부수렴각이 작을수록 가장 유사한 모사가 가능하고, 근거리의 물체 및 넓은 영역의 물체에 대해 모사가 가능하다. 단 카메라의 내부변수 중 초점길이(Back focal length)는 물체의 위치에 상관없는 고정값이다. 그림 13-16은 카메라의 초점길이 변화

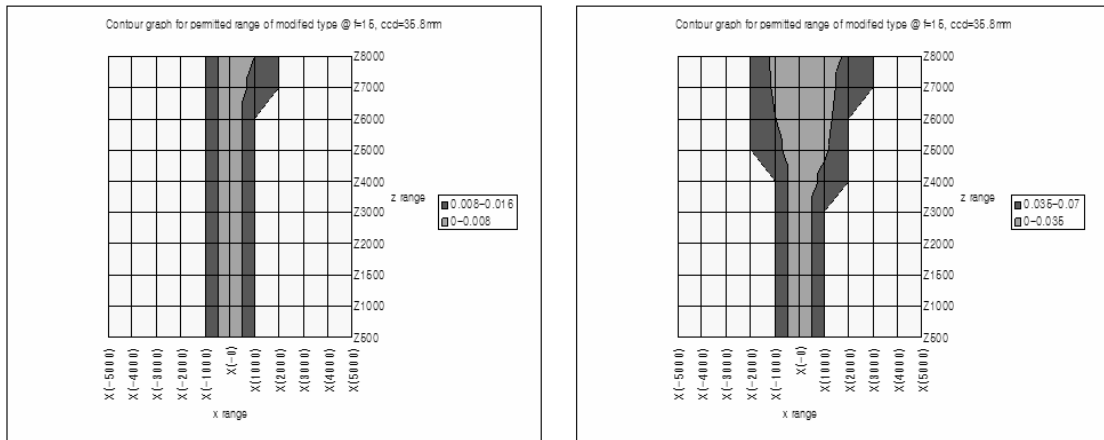


그림 13. 내부변수 고려 및 초점길이 15 mm일 경우의 허용물체공간.

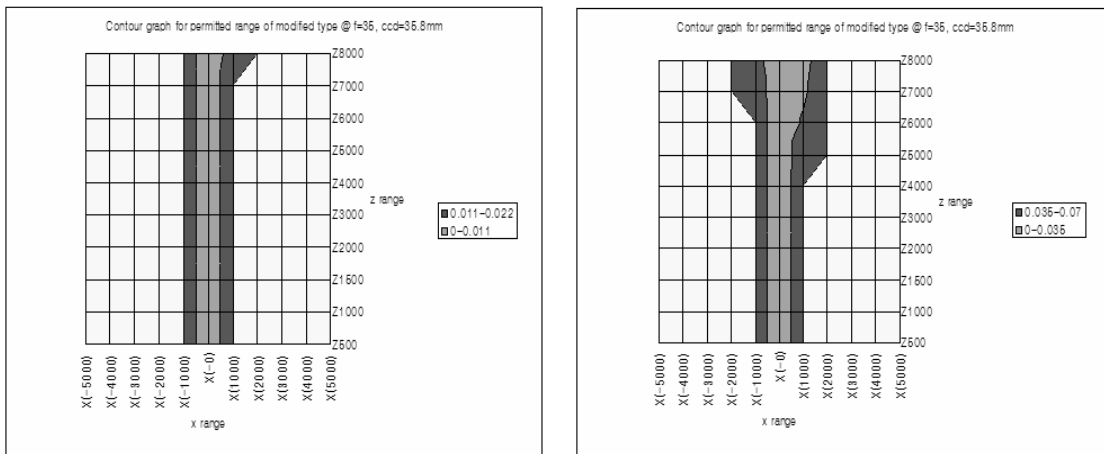


그림 14. 내부변수 고려 및 초점길이 35mm 일 경우의 허용물체공간

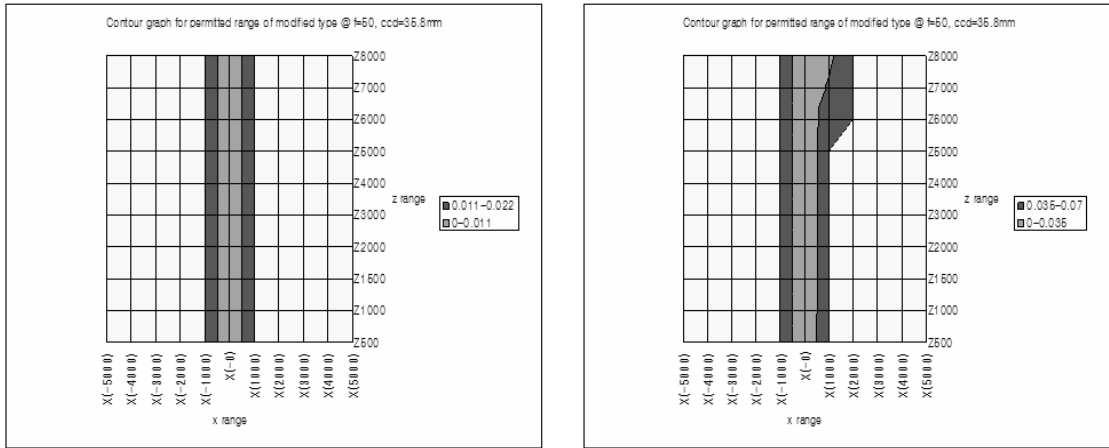


그림 15. 내부변수 고려 및 초점길이 50 mm일 경우의 허용물체공간.

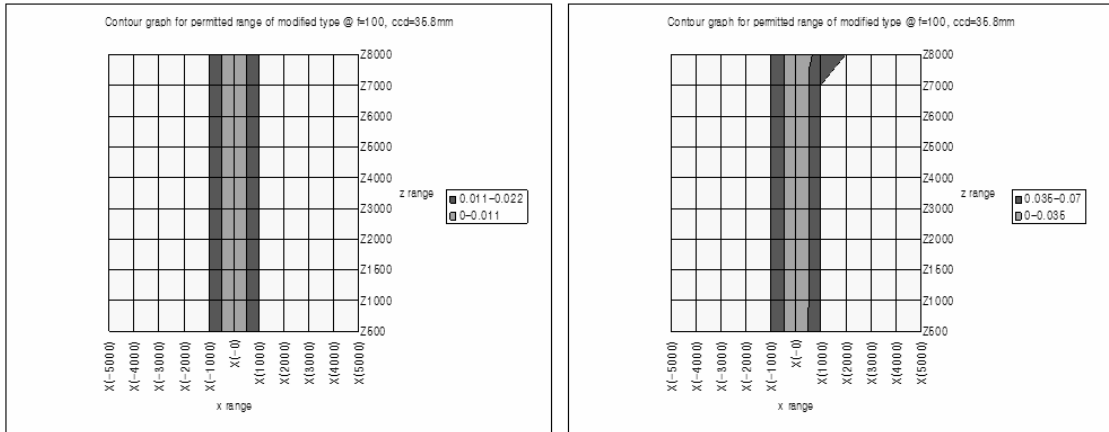


그림 16. 내부변수 고려 및 초점길이 100 mm일 경우의 허용물체공간.

에 대한 허용 물체공간에 대한 결과이며 각 왼쪽은 디스플레이의 해상도를 원래의 가로해상도(4463 pixs)로 재생하였을 경우의 허용물체공간이고, 오른쪽은 가로해상도를 약 1/4.4 배(1024 pix)로 낮추어 재생했을 경우의 허용물체공간이다.

#### IV. Conclusion

변형평행타입으로 수렴타입을 모사할 수 있는 주요인자들을 추출하고 그 중 변인요인이 가장 큰 핵심인자를 선출하였다. 핵심인자로는 카메라의 초점길이 변화 및 카메라 내부 수렴각 변화이며, 수렴 타입과 가장 유사한 모사를 위하여 영상좌표값의 차이를 사용하는 카메라의 단위픽셀의 2배 값으로 제한하여 완벽한 모사를 위한 근거를 마련하였다. 또한 영상좌표의 차이 값을 이용하여 실질적으로 입체시가 가능할 수 있는 물체공간을 제시함으로써, 카메라 - 관찰자 사이의 관계에 집중되었던 기존의 입체 연구의 시선에서 벗어나 카메라 - 물체공간의 관계를 통해 입체영상 획득 부분에 있

어서 보다 정량적인 연구를 수행하였다. 이는 영상획득 시 평행타입의 하드웨어적인 단순한 정렬 및 재생시 수렴타입의 자연스런 깊이감인지를 모두 만족시키는 변형평행방식의 소프트웨어적인 정량적 분석 결과이다. 본 연구의 결론은 다음과 같다. 변형평행타입으로 수렴타입을 모사시, 각 타입으로 획득한 영상좌표값의 차이가 작을수록 보다 완벽한 모사가 가능하고 이를 위해서는 수렴타입의 수렴각이 작을수록, 카메라 렌즈의 초점길이 단 초점일수록, 검출기 면적이 클수록 영상좌표간의 차이는 작고, 영상입력시 물체공간의 폭은 1 m 이내에서, 길이는 3 m 이상에서 효과적이며 물체의 폭이 적을수록 완벽한 모사가 가능하다. 더불어 물체는 두 카메라의 중심에 위치할수록 좋고, 주변부 영상은 물체공간의 넓은 폭에 위치할수록 좋으며, 주목하고자 하는 중심물체와 물체공간의 폭 차가 크면 클수록 좋다. 그러나 중심부 물체가 근거리의 물체공간에 위치할수록 물체의 크기는 입체시 융합영역을 만족하여야 한다.

본 논의에서는 제외되었지만, 입체감을 관장하는 중요 요

인으로는 인지, 지각심리적인 요인이 있으며 이는 반드시 고려되어야 한다. 차후 연구를 통하여 인지심리적인 요인을 분석하고 입체시에 관한 관계성을 정량화 하고자 한다.

### 참고문헌

- [1] Kwang-Hoon Lee, Soo-Ho Kim, Young-Soo Youn, Jung-Young Son, Min-Chul Park, and Sung-Kyu Kim, "Constraints for stereoscopic vision in stereo camera phone," *SPIE Optics East'07*, V6778.
- [2] Jung-Young Son, Kyung-Hoon Cha, Sung-Kyu Kim, Min-Chul Park, and Sung-Hwan Jang, "Stereo-photography with handphone," *SPIE ITCOM'06*, V6382-6.
- [3] A. Woods, T. Docherty, and R. Koch, "Image Distortions in Stereoscopic Video Systems," *Proc. SPIE V1915*, pp. 36-48, 1993.
- [4] NHK 방송기술연구소, 3차원영상의 기초, 1997.
- [5] Fundamental of 3-D Imaging Techniques (Japanese Edition), T. Izumi (Supervisor), NHK Science and Technology Lab., Ohmsa, Tokyo, 1995, ch. 3, pp. 55-60.

## Key-factors in the Modified Parallel Type to Convert Toed-in Type Stereoscropy

Kwang-Hoon Lee<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Dept. of Advanced Technology Fusion, Konkuk Univ.*

Dong-Wook Kim and Sung-Kyu Kim<sup>†</sup>

<sup>2</sup>*3D-Lab, IMRC, Korea Institute of Science and Technology*

<sup>†</sup>*E-mail: kkk@kist.re.kr*

(Received May 19, 2008; Revised manuscript June 30, 2008; Accepted July 4, 2008)

The representative alignments for taking a stereo image by using a stereoscopic camera are the toed-in and the parallel alignment. In this paper, we tried to find important factors in the process that captures the stereo image by modifying parallel type 3D camera alignment to take the same object information as, for instance, when toed-in type was used. The modified parallel type 3D camera has merits in both types. As a result, three important factors are found by simulation to be inter-camera distance, field of view and convergence angle for both types. And the change of the convergence angle is known to be the most important factor at the stereo fusible area in processing. The effective ranges of these factors to simulate perfectly toed-in type by modified parallel type are strongly dependent on a user's circumstances such as mobile, official, theater and so on. Additionally, the error of the simulation is reduced when the focal length of the stereo camera is short and the convergence angle becomes smaller.

OCIS codes: (100.6890) Three-dimensional image processing; (110.6880) Three-dimensional image acquisition; (100.0100) Image processing.