



東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

自動視差調整手法を持つ アクティブステレオカメラシステムの開発

物理情報システム専攻
博士後期課程 王磊
指導教員： 佐藤 誠、張 曉林

アウトライン

- ▶ 背景
- ▶ 3D映像制作の難題
- ▶ 研究目的
- ▶ 自動視差調整手法
 - 視差範囲調整手法
 - 被写体知覚形状調整手法
- ▶ ステレオカメラシステムの開発
- ▶ 評価実験
- ▶ 考察
- ▶ 結論



背景

- ▶ 2009年、ジェームズ・キャメロン監督作品『アバター』の公開により、ステレオ映画の注目度が一気に上がった。
- ▶ 近年、ステレオ技術が急速に進められ、次世代のメディアとして期待されている。これに伴い、コンテンツへの関心が高まっている。



3D映画「アバター」



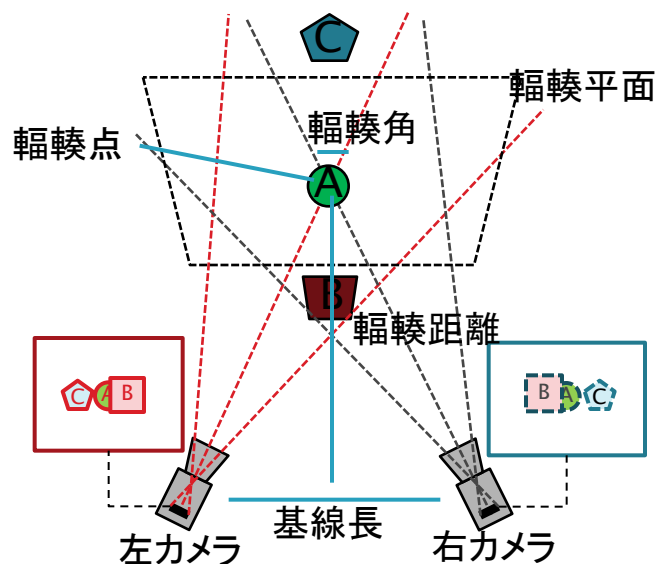
アクティブステレオカメラ
BinoQ-P4B (Bi2-Vision社製)



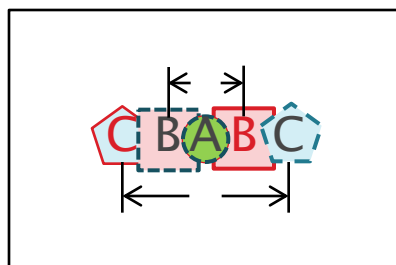
3Dテレビ
LC-46LV3 (シャープ社製)

3D撮影の原理

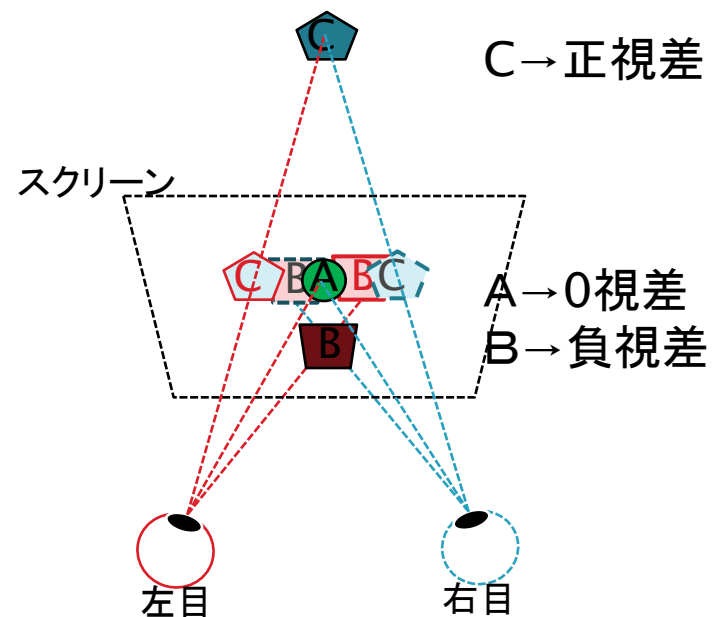
3D撮影の原理は、**我々両眼で見るモノをレプリケートすること**である。



撮影側



視差



鑑賞側

C→正視差

A→0視差

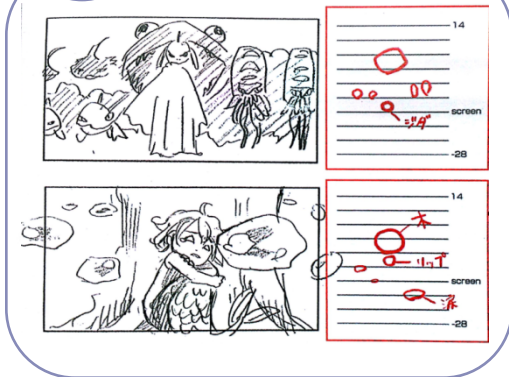
B→負視差

被写体視差の計算：（右画像上の横座標-左画像上の横座標）/画像の幅*100%

視差は3D映像の**奥行きを示す**もっとも**重要な要素**である。

3D映像制作の流れ

1 プリプロ



企画
奥行きシナリオなど

2 プロダクション



設計通りの奥行き感
を有する3D映像にならず

3 ポスプロ



奥行き感調整などの
手作業が多い

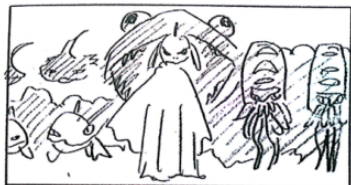
不自然な立体感、頭痛、目疲れ、3D酔い

視差調整効果は3D映像の品質に大きく影響し
現在3D映像制作の難題になっている。



視差調整

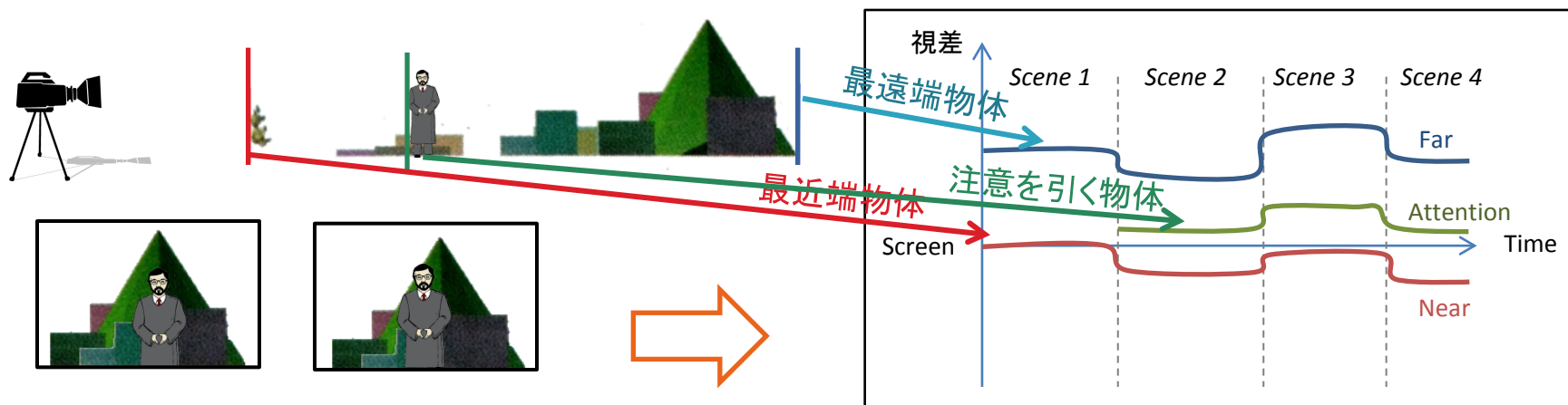
Scene 1
全体(遠)



Scene 2
人物(近)



Scene 3 ...
人物(対話)



奥行きシナリオ/視差スクリプト
(奥行き/視差のつながり)

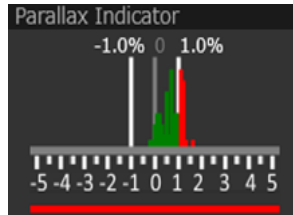
基線長(IAD)

輻輳角(Conv.)

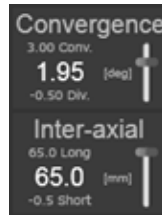
一般的な視差調整方法



3D映像



視差分布



カメラ
レンズ
情報

Stereographers



撮影側



基線長, 輻輳角

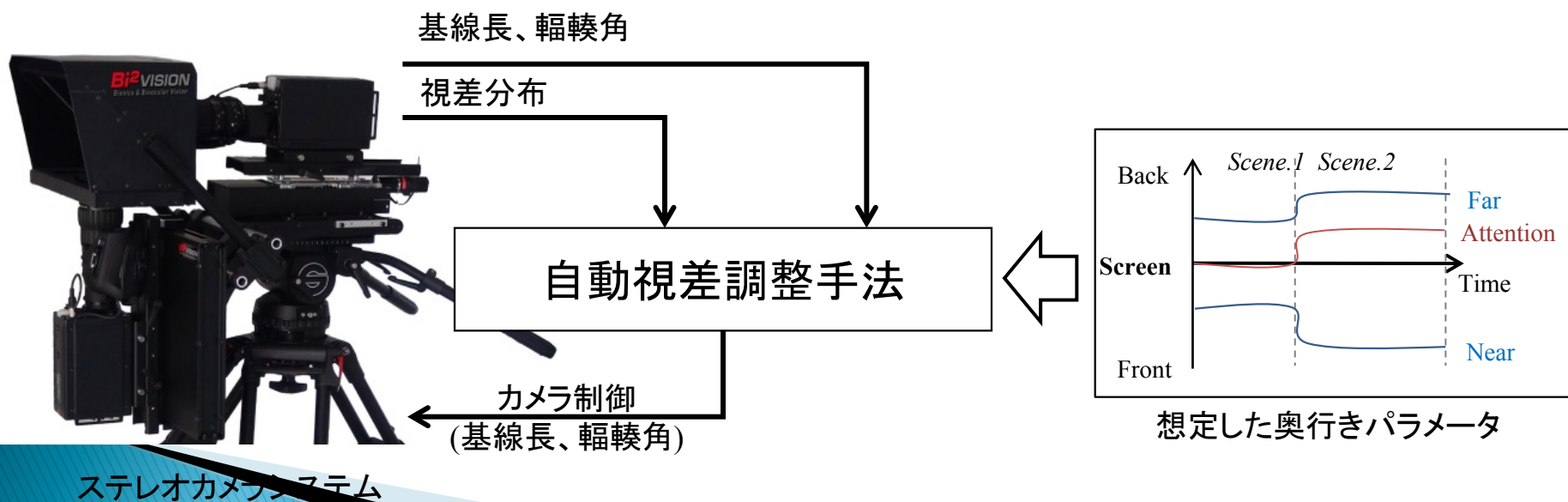
負荷が大きい

経験に頼り

簡単かつ高精度の視差調整手法が必要

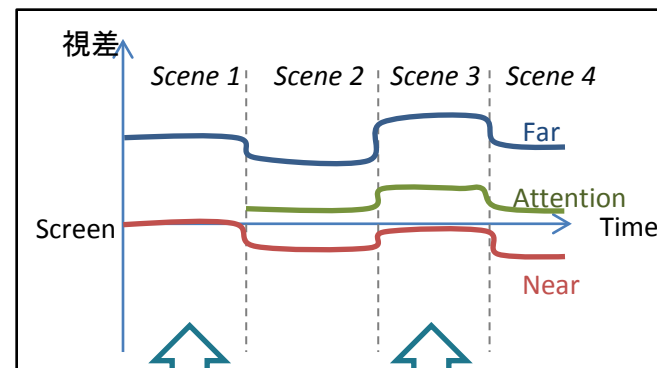
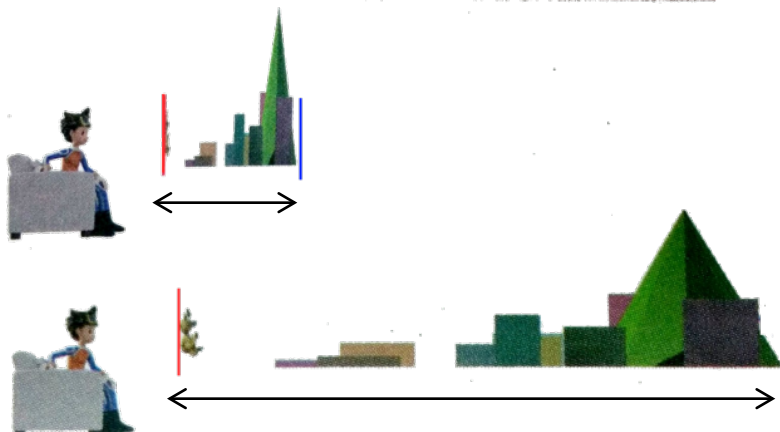
研究目的

- ▶ ①視差情報、基線長、輻輳角及び画角の相互関係を明らかにし、画像上視差情報を利用し、**想定した奥行き感を実現する自動視差調整手法**を提案する。
- ▶ ②①の提案手法を持つ**ステレオカメラシステムを開発し、視差調整手法の有効性を実証する。**



視差範囲調整手法

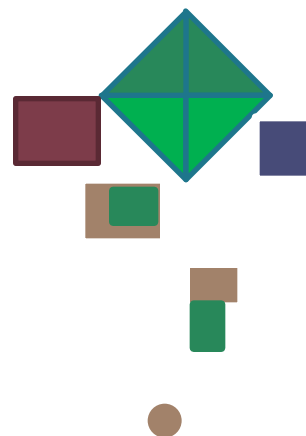
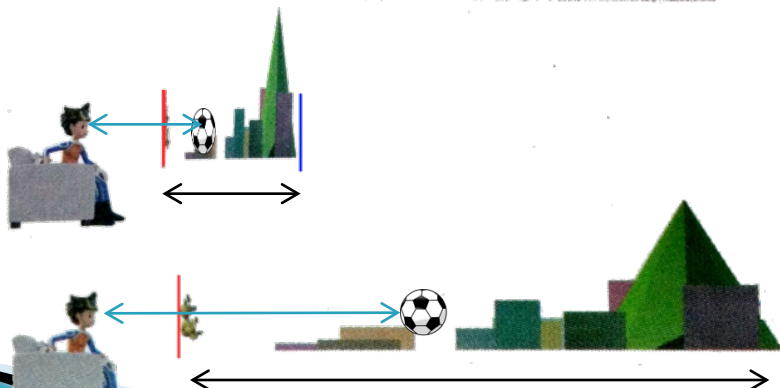
a. 全画面視差範囲調整手法



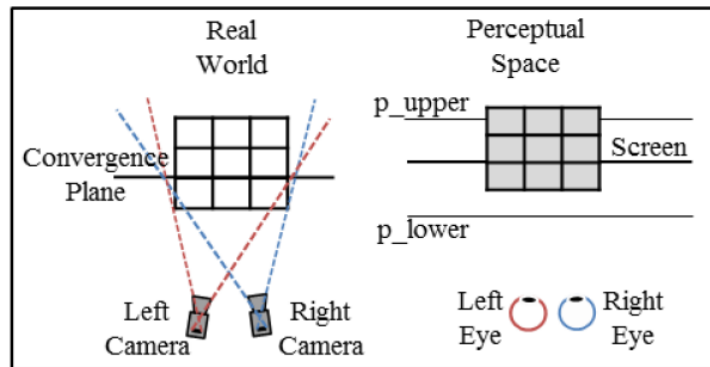
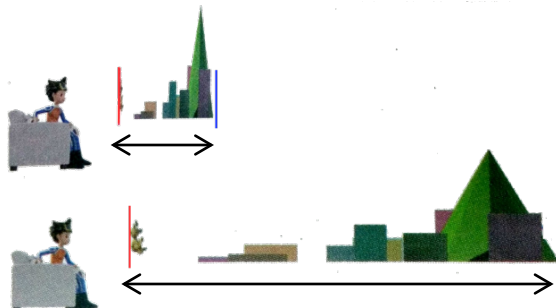
遠景(全体)
ボリューム感を重視

近景(人物)
感知距離も重視

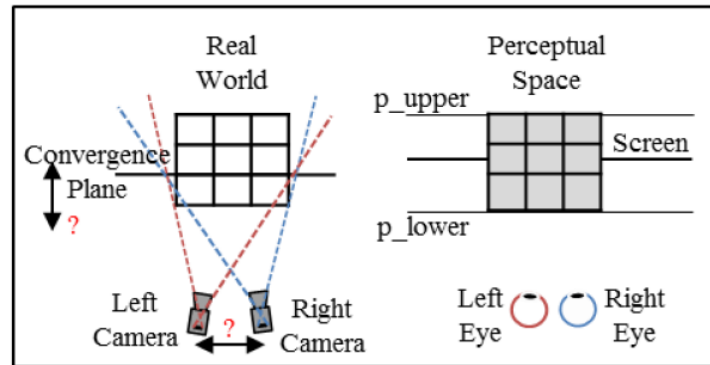
b. 注目する被写体の感知距離を考慮した視差範囲調整手法



a. 全画面視差範圍調整手法



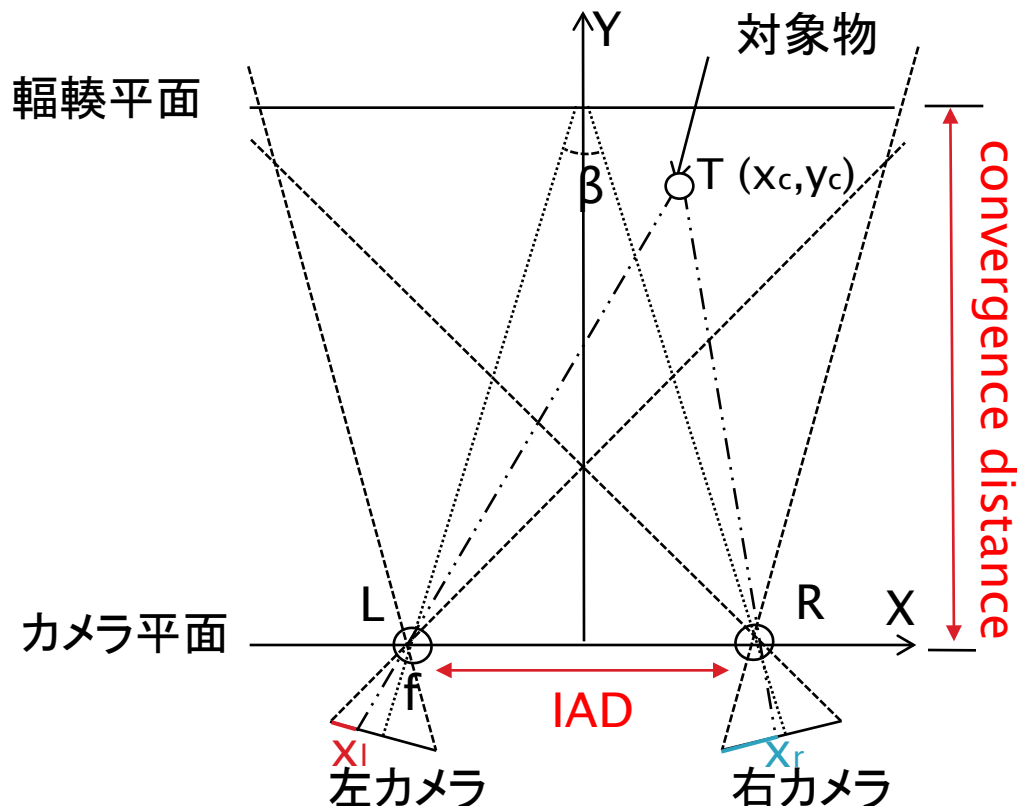
Perceptual Space
Fill the Specified Range



撮影空間のモデル化

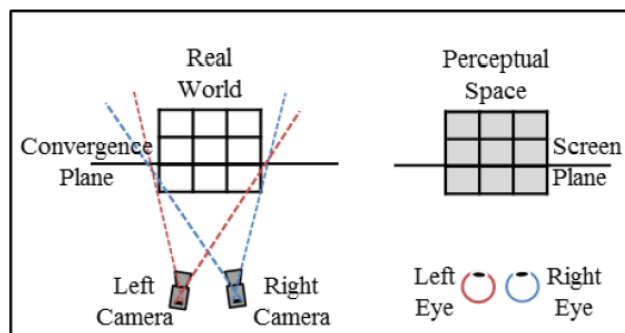
T(x_c, y_c)の視差の近似式:

$$Parallax = \frac{x_l - x_r}{film_size} = \frac{IAD * focal_length}{film_size} \left(\frac{1}{convergence_distance} - \frac{1}{y_c} \right)$$

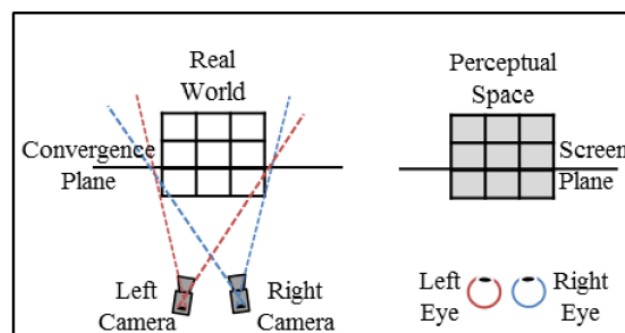
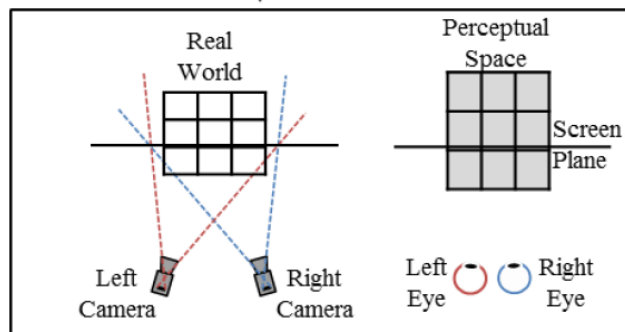


視差調整理論

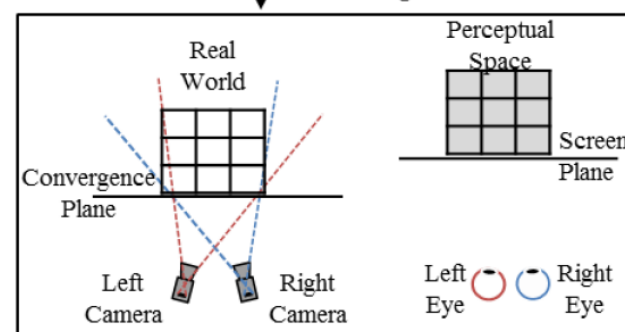
$$Parallax = \frac{x_l - x_r}{film_size} = \frac{IAD * focal_length}{film_size} \left(\frac{1}{convergence_distance} - \frac{1}{y_c} \right)$$



Camera Inter-axial
Changed



Camera Convergence
Changed

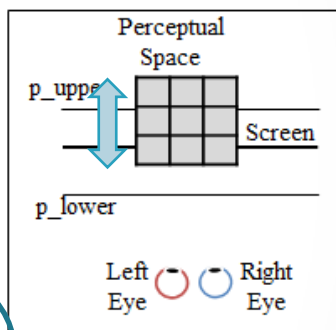
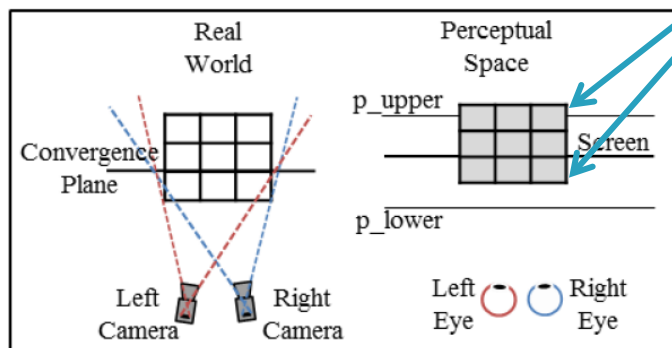


基線長 (IAD) 変化 → ボリューム感変化

輻輳角変化 → 感知距離変化

a. 全画面視差範囲調整手法

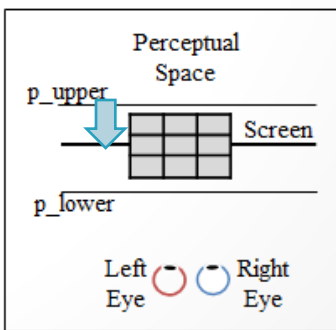
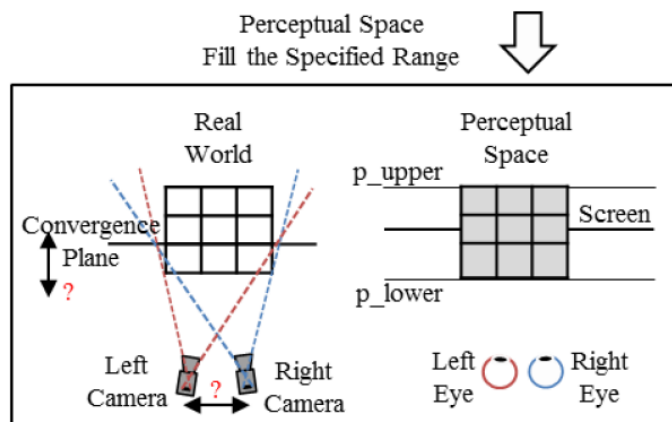
画面上視差の最大値 $p_{\max}(t)$ と
最小値 $p_{\min}(t)$ を算出



$$e_b(t) = (p_{\text{upper}} - p_{\text{lower}}) - [p_{\max}(t) - p_{\min}(t)]$$

$$b(t+1) = b(t) + \kappa_b e_b(t) + \lambda_b [e_b(t) - e_b(t-1)]$$

基線長の調整



$$p_{\text{mid}} = \frac{p_{\text{upper}} + p_{\text{lower}}}{2}$$

$$p_{\text{cen}}(t) = \frac{p_{\max}(t) + p_{\min}(t)}{2}$$

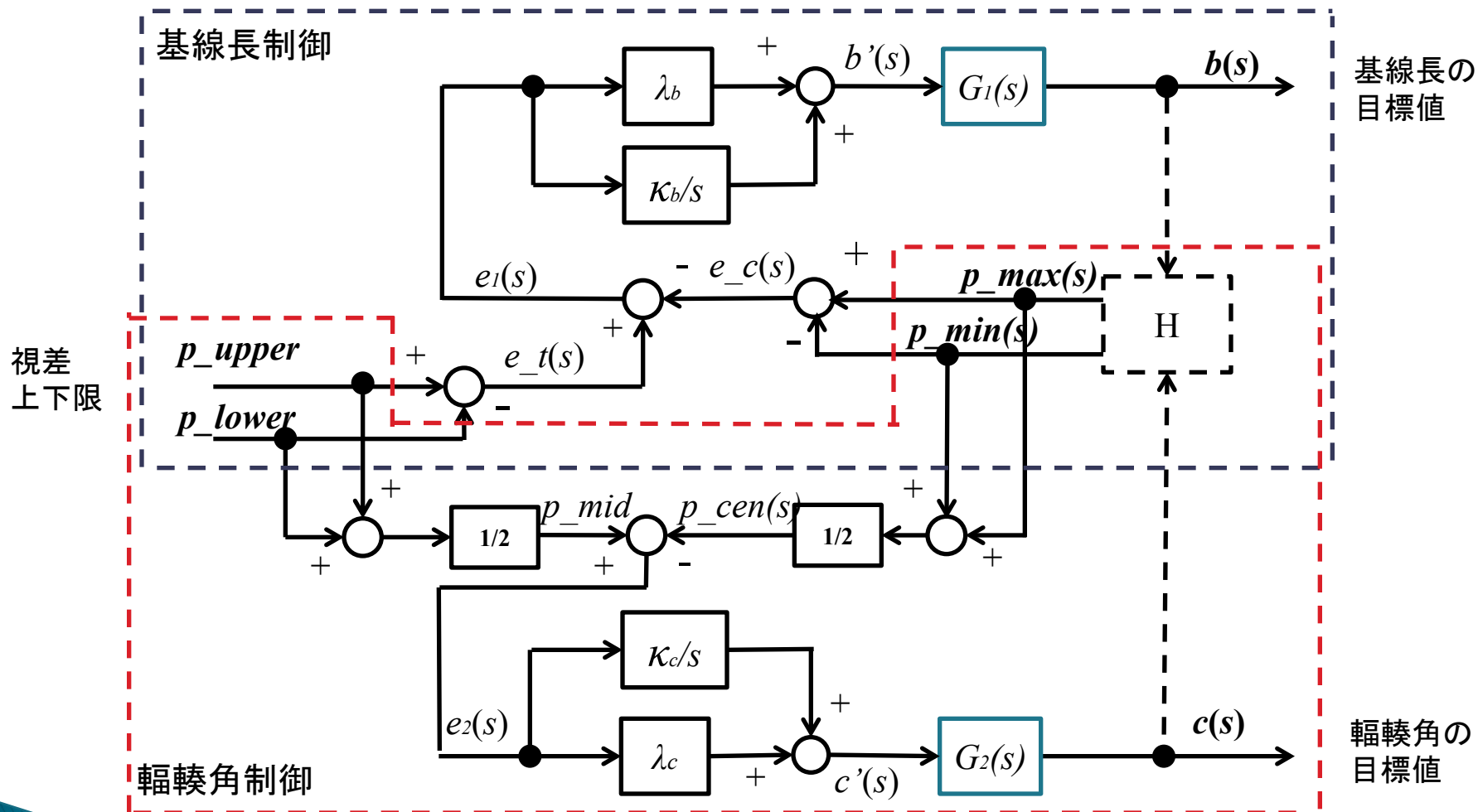
$$e_c(t) = [p_{\text{mid}} - p_{\text{cen}}(t)]$$

$$\beta(t+1) = \beta(t) + \kappa_c e_c(t) \delta + \lambda_c [e_c(t) - e_c(t-1)] \delta$$

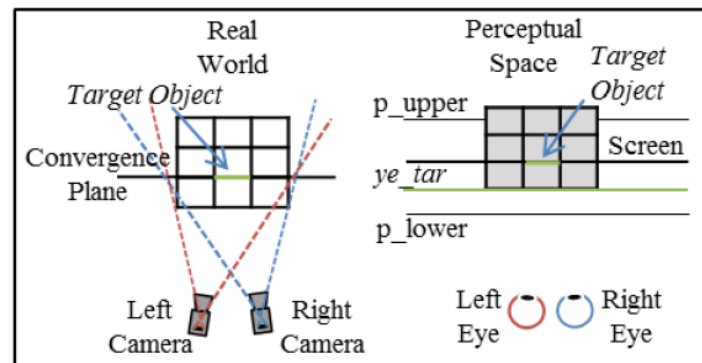
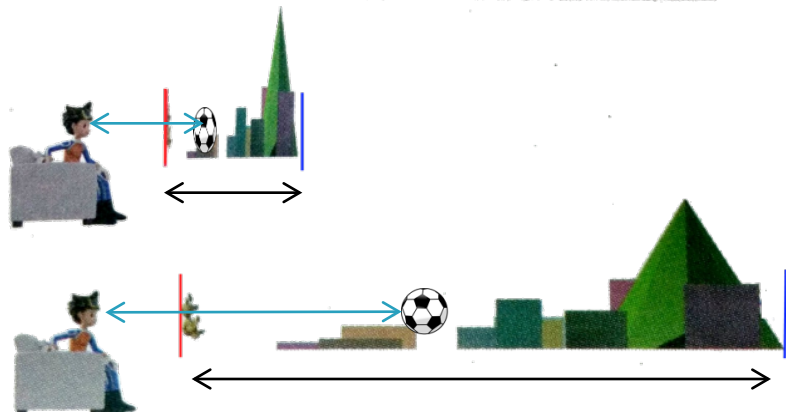
輻輳角の調整

視差調整目標: 指定した視差範囲の**上・下限**に一致させる

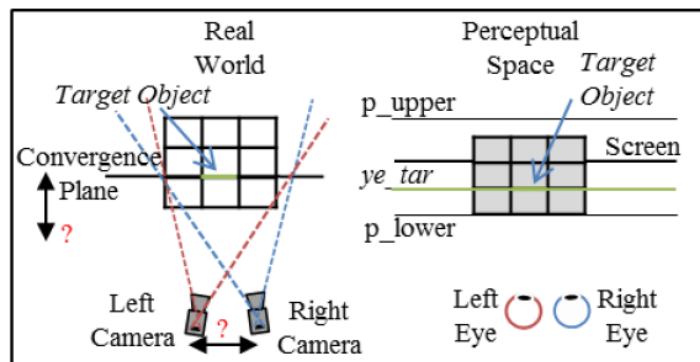
a. 基線長、輻輳角制御ブロック図



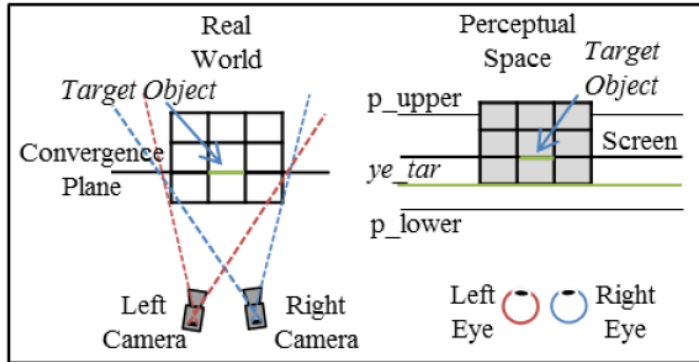
b. 注目する被写体の感知距離を考慮した視差範囲調整手法



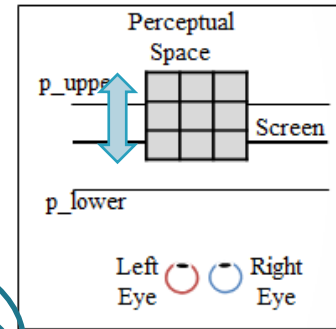
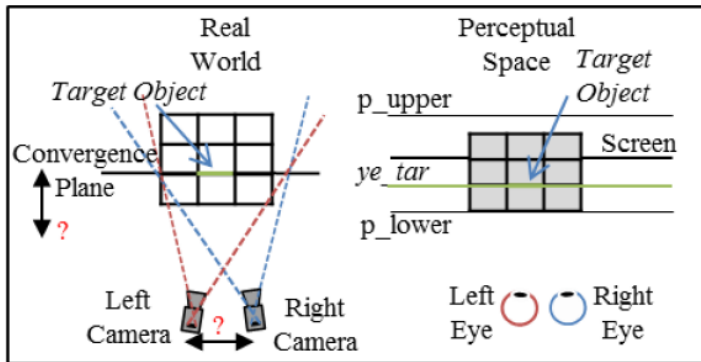
Target Object appear in the Specified Distance and Perceptual Space Not Exceed the Specified Range



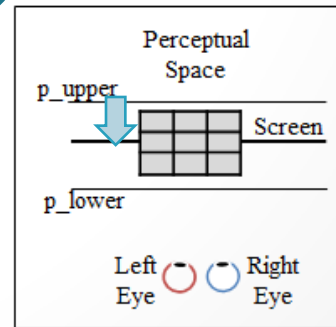
b. 被写体の感知距離を考慮した視差範囲調整手法



Target Object appear in the Specified Distance and Perceptual Space Not Exceed the Specified Range



基線長の調整



輻輳角の調整

$$e_u(t) = (p_{upper} - p_{tar})$$

$$- [p_{max}(t) - p_{cur}(t)]$$

$$e_l(t) = (p_{tar} - p_{lower})$$

$$- [p_{cur}(t) - p_{min}(t)]$$

$$e'_b(t) = \min[e_u(t), e_l(t)]$$

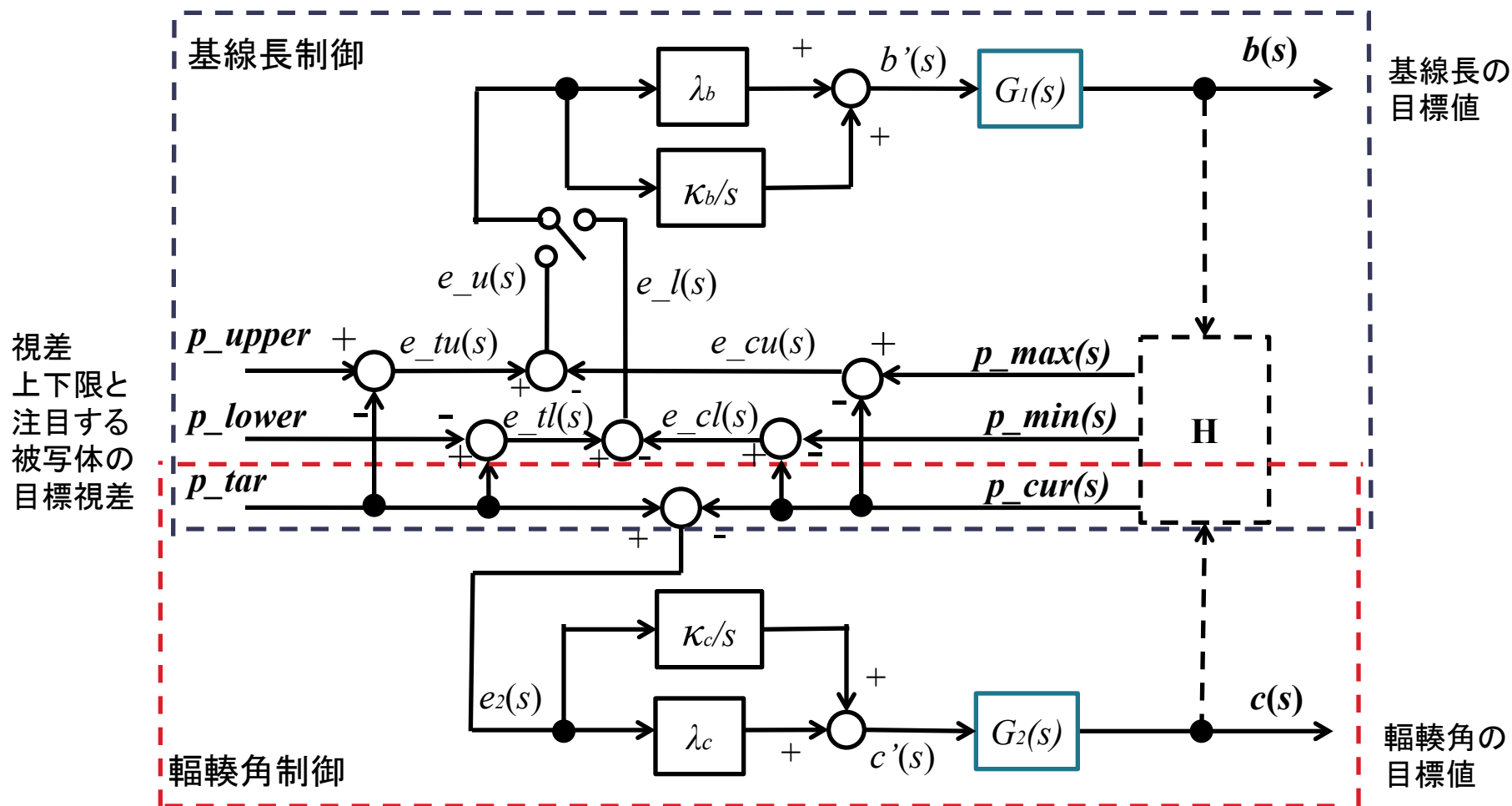
$$b(t+1) = b(t) + \kappa_b e'_b(t) + \lambda_b [e'_b(t) - e'_b(t-1)]$$

$$e'_c(t) = [p_{tar} - p_{cur}(t)]$$

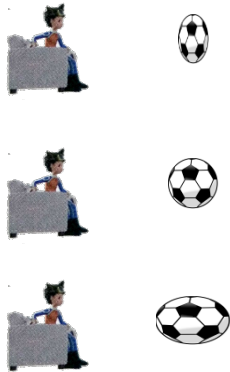
$$\beta(t+1) = \beta(t) + \kappa_c e'_c(t) \delta + \lambda_c [e'_c(t) - e'_c(t-1)] \delta$$

視差調整目標： 被写体の視差は指定した目標視差に一致させる
視差範囲を超えない前提で、ボリューム感を最大にする

b. 基線長、輻輳角制御ブロック図



知覚形状変形の問題



知覚形状

接写などのシーンでは重視

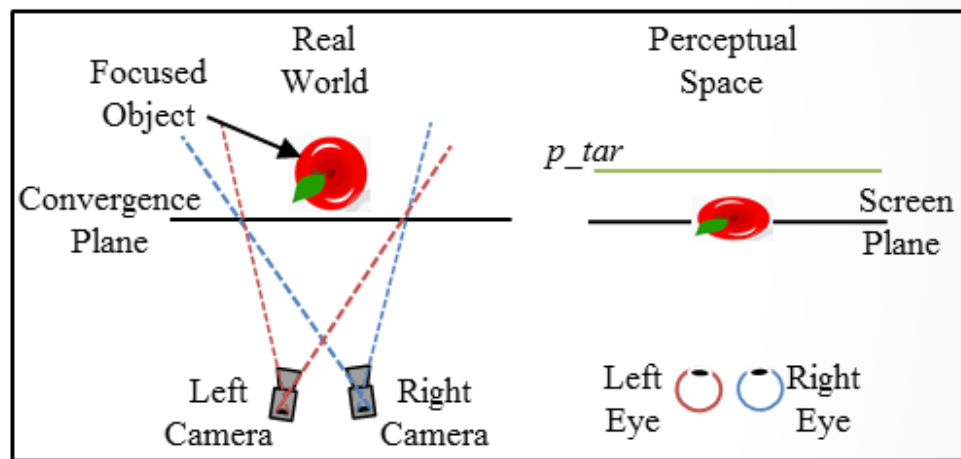
撮影環境パラメータ

基線長、輻輳角、画角

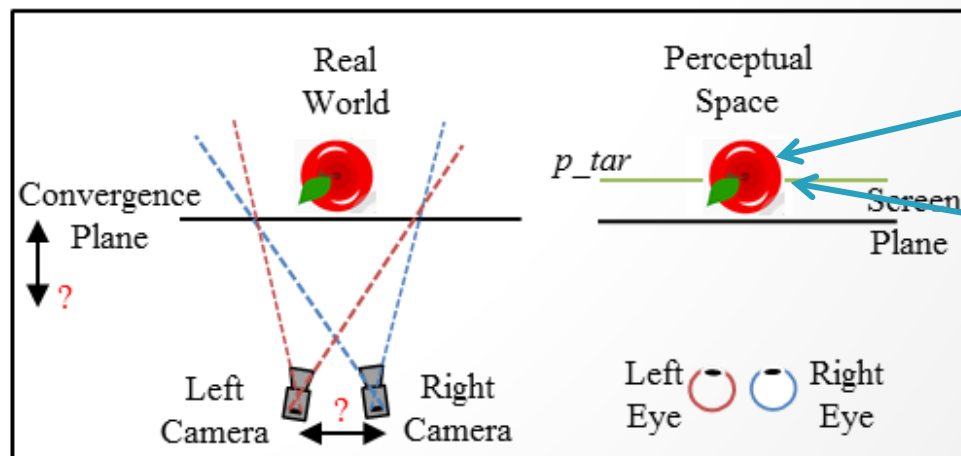
表示環境パラメータ

スクリーンサイズ、
視距離、
観客の瞳孔間隔

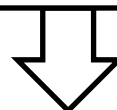
2. 被写体知覚形状調整手法



Focused Object appear in the Specified Distance and Perceptual Shape is same with the Focused Object



輻輳角調整



感知距離

自然な形状
歪みなし

事前に表示環境のパラメータを決めることが必要

知覚区間のモデル化

$T(x_e, y_e)$ の感知距離

$$y_e = \frac{\text{瞳孔間隔} * \text{視距離}}{\text{瞳孔間隔} - \text{Parallax} * \text{スクリーンの幅}}$$

撮影空間の $T(x_c, y_c)$ と知覚空間の $T(x_e, y_e)$ の関係式

$$x_e = \frac{Cx_c}{Ay_c + B} \quad y_e = \frac{Dy_c}{Ay_c + B}$$

$$A = i - \frac{bw}{gr}, B = \frac{bw}{r}, C = \frac{iw}{r}, D = di$$

b: 基線長(カメラの間隔)

g: 原点から輻輳平面までの距離

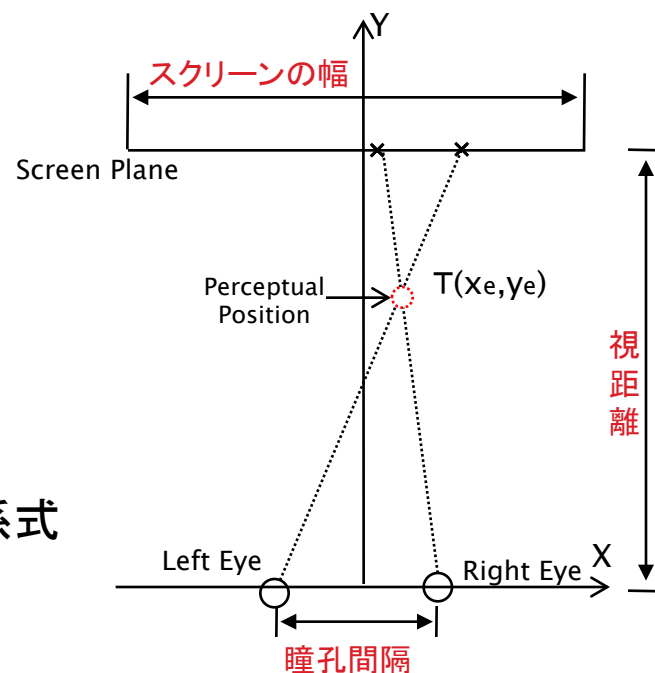
r: 正規化した画角

i: 観客の両眼距離

d: 観客からスクリーンまでの距離

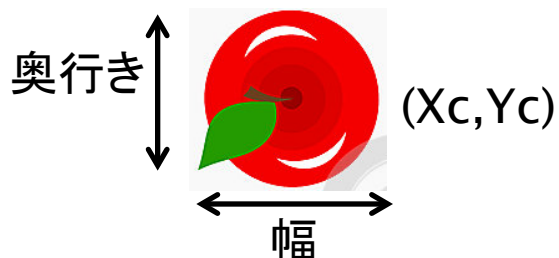
w: スクリーンのサイズ

p: Tの視差

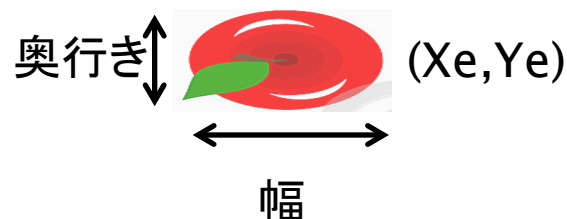


知覚形状の調整

撮影空間



知覚空間



$T_c = \text{撮影空間奥行き} / \text{幅}$

$T_e = \text{知覚空間奥行き} / \text{幅}$

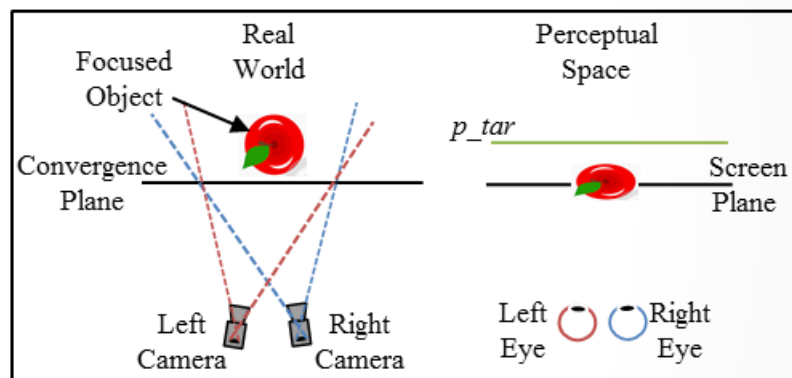
自然な形状: $T_c = T_e$

レンズのフォーカス値など

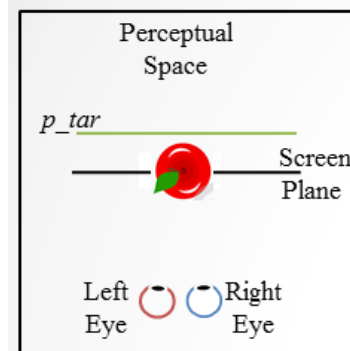
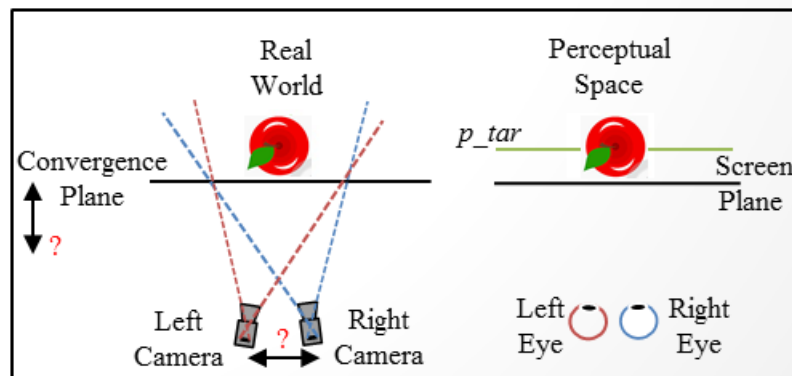
$$IAD = \frac{Y_c * \text{瞳孔間隔} * T_c}{Y_e T_e}$$

視差と表示環境パラメータで計算する

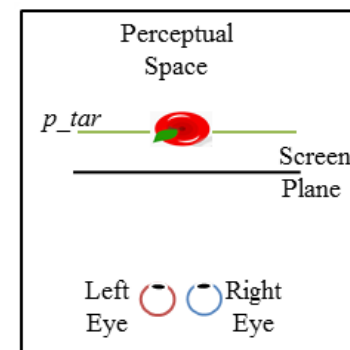
2. 被写体知覚形状調整手法



Focused Object appear in the Specified Distance and Perceptual Shape is same with the Focused Object



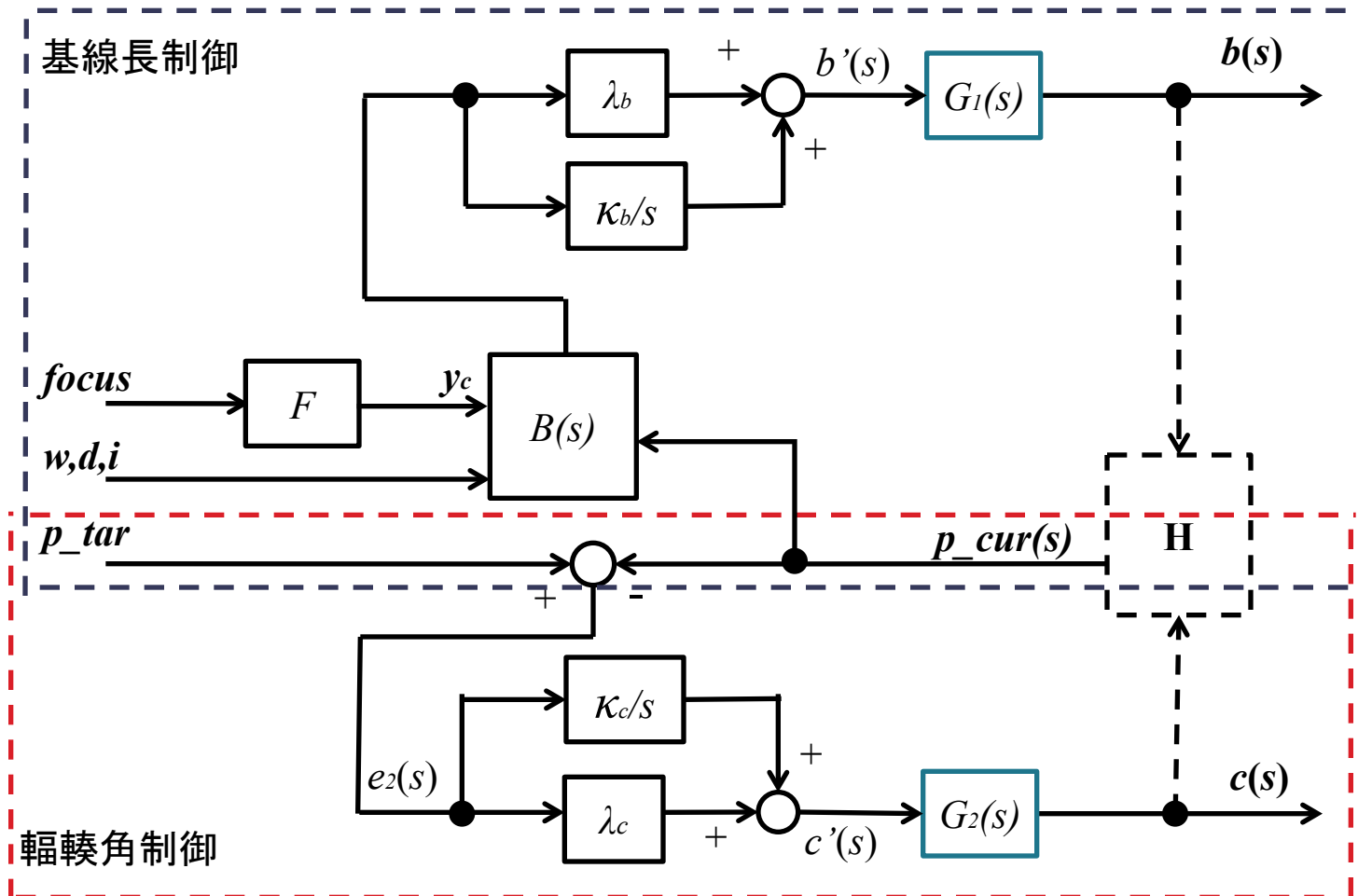
基線長調整



輻輳角調整

視差調整目標： 被写体の視差は指定した目標視差に一致させ、知覚形状は実際の形状と一致する。

2. 基線長、輻輳角制御ブロック図



撮影雲台への実装



水平式撮影リグ BinoQ-P3-70



垂直式撮影リグ BinoQ-P4



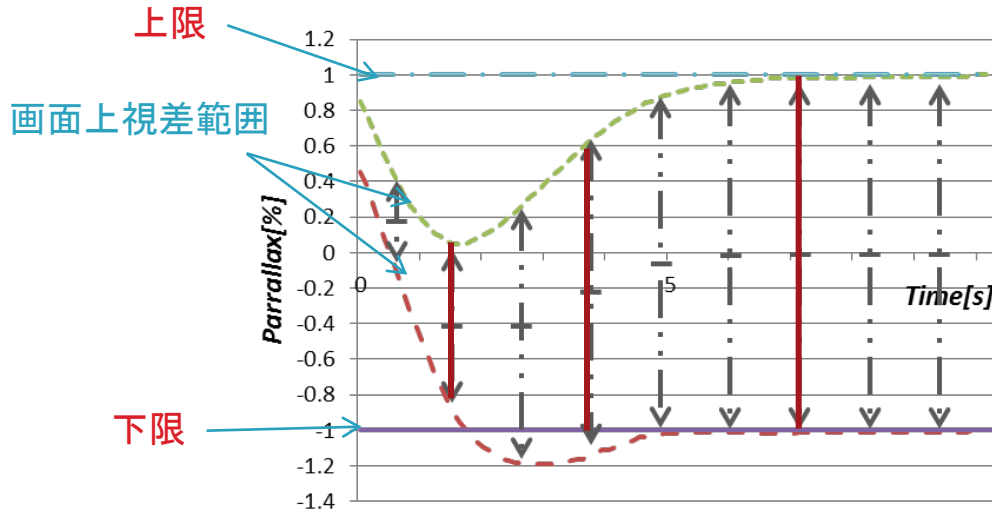
Image Processing Board
(ARM TI8168 Cortex-A8)



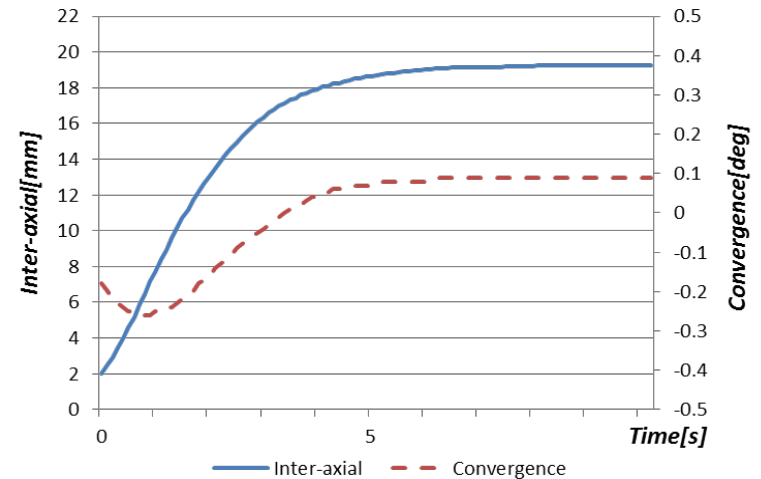
Motor Controller
(FPGA Cyclone III)

1-a. 全画面視差範囲収束実験

視差範囲の上・下限をそれぞれ $\pm 3.0[\%]$ 、 $\pm 2.0[\%]$ 、 $\pm 1.0[\%]$ 、 $\pm 0.5[\%]$ 、 $\pm 0.3[\%]$ 、 $\pm 0.2[\%]$ の6つのパターンで各20回ずつ行った。

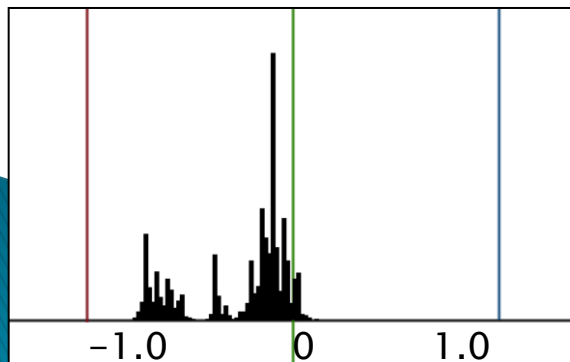


画面上視差の変化

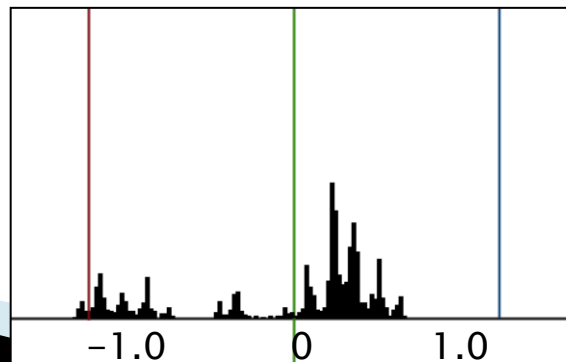


基線長と輻輳角の調整

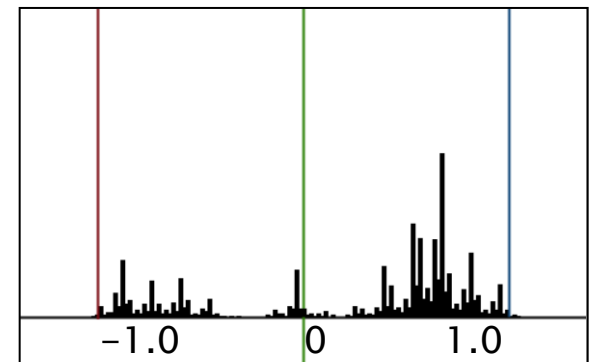
1.5s後の視差分布



3.5s後の視差分布



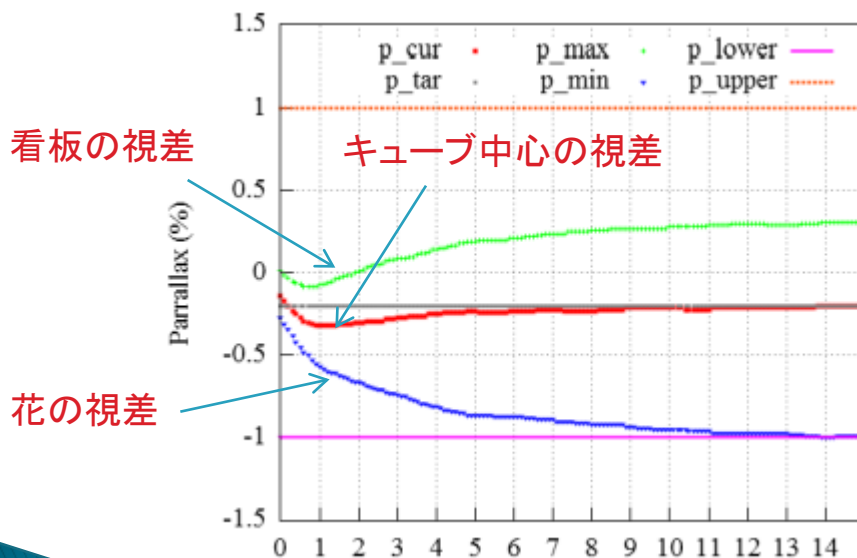
7s後の視差分布



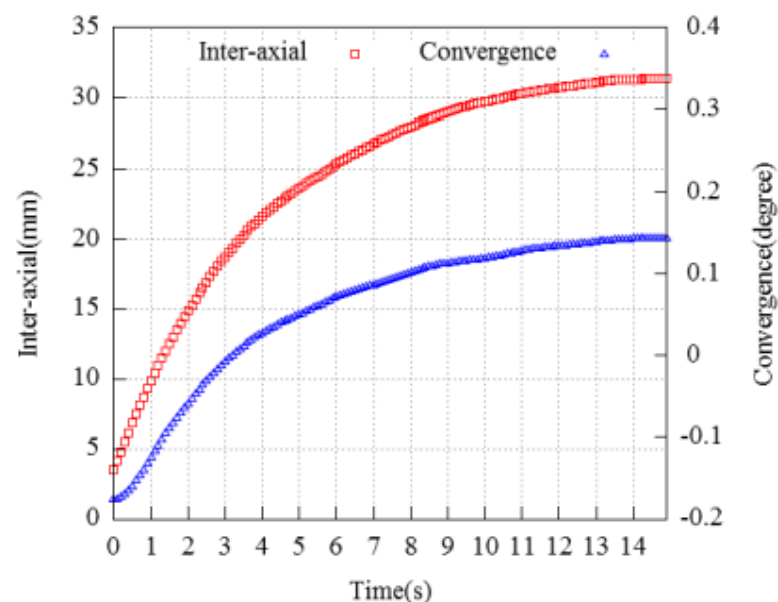
1-b.被写体感知距離収束実験

キューブの中心を注意を引く被写体とし、目標視差をそれぞれ ± 0.5 [%]、 ± 0.2 [%]、 ± 0.1 [%]、 0.0 [%] の7つのパターンで各20回ずつ行った。

画面の視差上下限を ± 1.0 [%]に固定した。



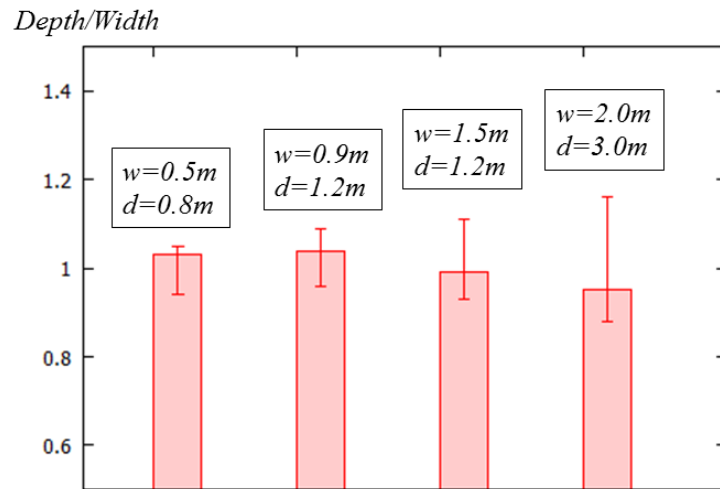
画面上視差の変化



基線長と輻輳角の調整

2.被写体知覚形状調整手法

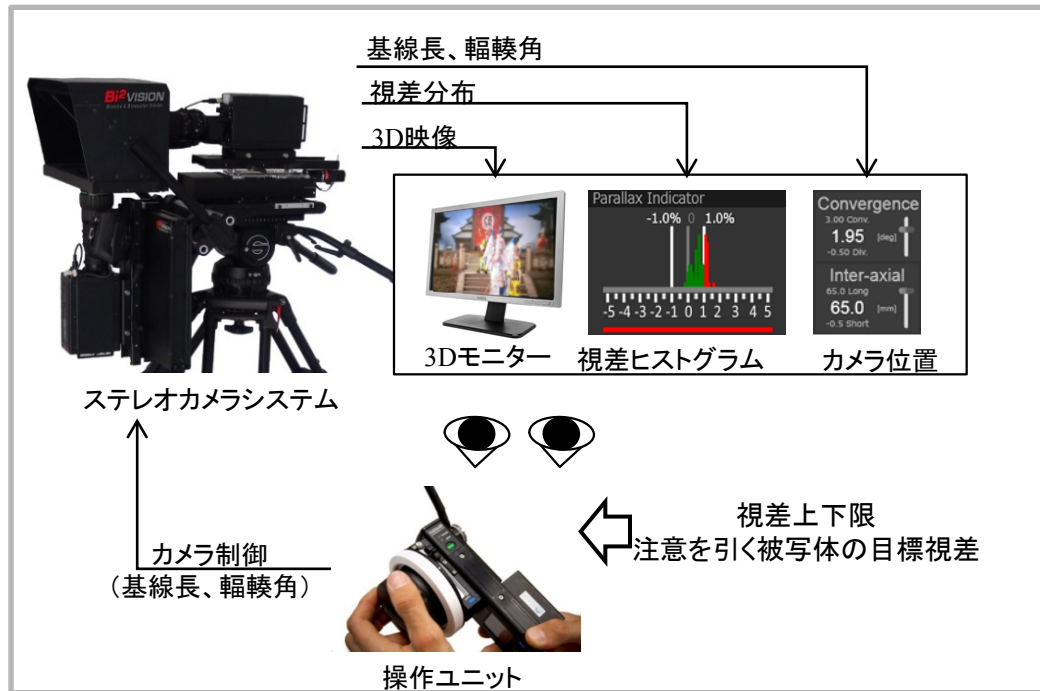
正方形のチャストボードを撮影物とし、カメラまでそれぞれ0.3m、0.6m、0.8mに設置し、目標視差を0%、目標奥行き幅比を1に設定した。
観客の瞳孔間隔を6.5cmにし、目標スクリーン幅 w と視距離 d をそれぞれ
[$w=0.5m$, $d=0.8m$]、[$w=0.9m$, $d=1.2m$]、[$w=1.5m$, $d=1.2m$]、
[$w=2.0m$, $d=3.0m$]の4つのパターンで各10回ずつ行った。



$$y_e = \frac{id}{i - Parallax * w}$$

知覚形状調整後
奥行き幅比の平均値は
0.95~1.04

従来の調整手法との比較実験



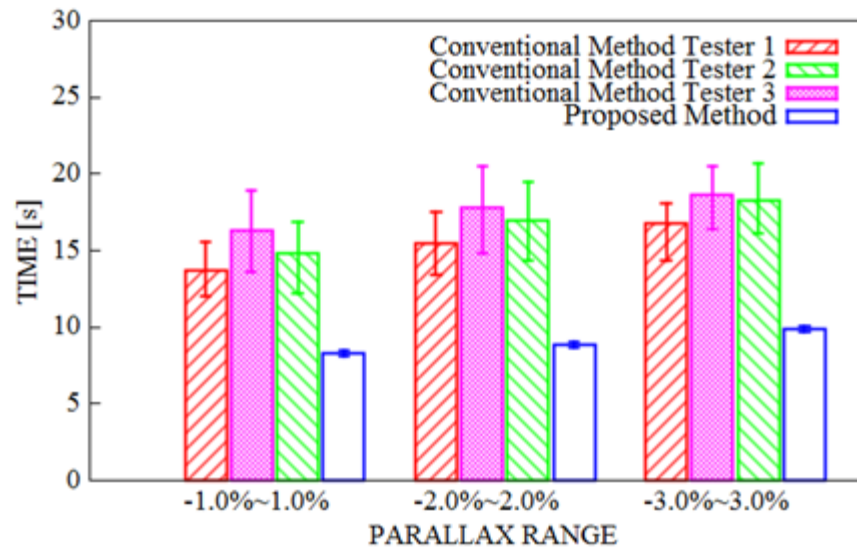
C-Motion

被験者は 3 名
6パターン x 10回



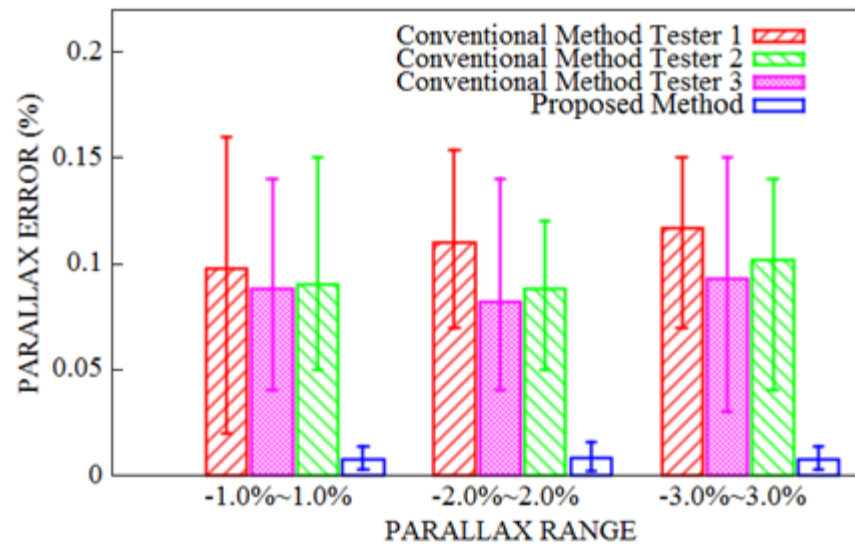
速度評価

調整時間の比較:



精度評価

誤差の比較:



撮影現場の考察

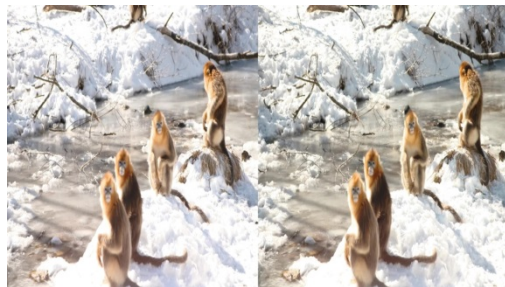
テレビ番組テスト撮影



京劇撮影



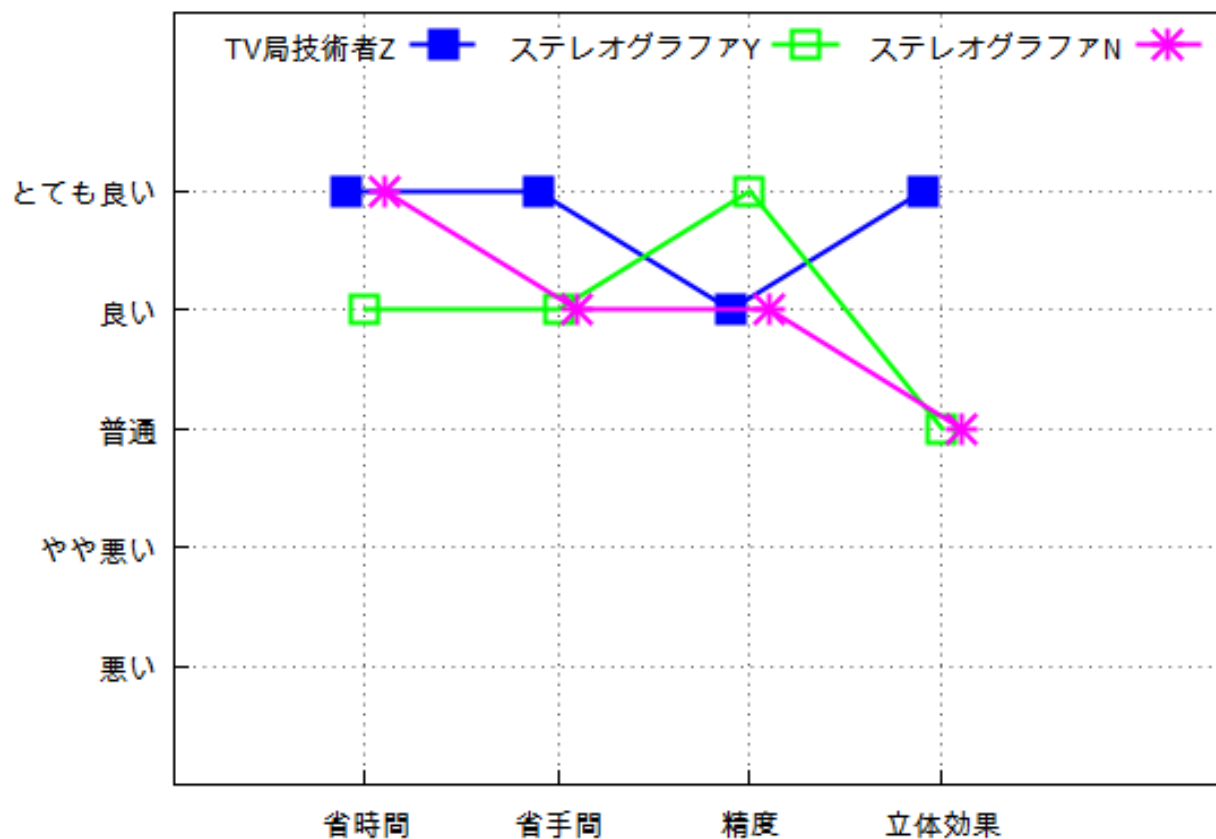
金糸猴番組撮影



スキー場撮影



撮影現場の考察



まとめ

- ▶ 本研究により以下の結論を得た
- ▶ ① アクティブステレオカメラの撮影モデル上の幾何計算により、撮影パラメータと視差の相互関係を示した。
- ▶ ② ①で示した関係に基づいた**簡単かつ高精度な自動視差調整手法**を提案した。
- ▶ ③ ②の手法を実装した実機での評価実験と従来手法との比較実験により**定量的**に提案手法の**有効性を示し**、実際撮影現場でテスト撮影を行い、**定性的**にも提案手法の**有効性を評価**した。

今後の予定

- ▶ 3Dに対する生理実験の結果をまとめ、多くの状況に適する**統合的な視差調整手法**を考える。

ご清聴ありがとうございました