



「良い」3D立体視ゲームを作るためのプログラミングとデザイン入門

福本正紀 大戸友博

株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント

ソフトウェアソリューション開発部



## 本セッションの内容

- 3D立体視とは何か？なぜ今3D立体視ゲームなのか？
- 3D立体視の理論と、ハイクオリティの3D映像を作る方法
- 3D立体視映像のレンダリング方法
- ケーススタディ



- 3D立体視とは何か？
- なぜ今3D立体視ゲームなのか？

# 3D立体視とは？



- わずかに異なる視点からの画像を左右の目で見ると
- 2つの画像の間の差を視差(Parallax)と呼ぶ
- 脳が2つの画像を結合して、3D世界を再構築する



# 3D立体視は目新しいものではない...

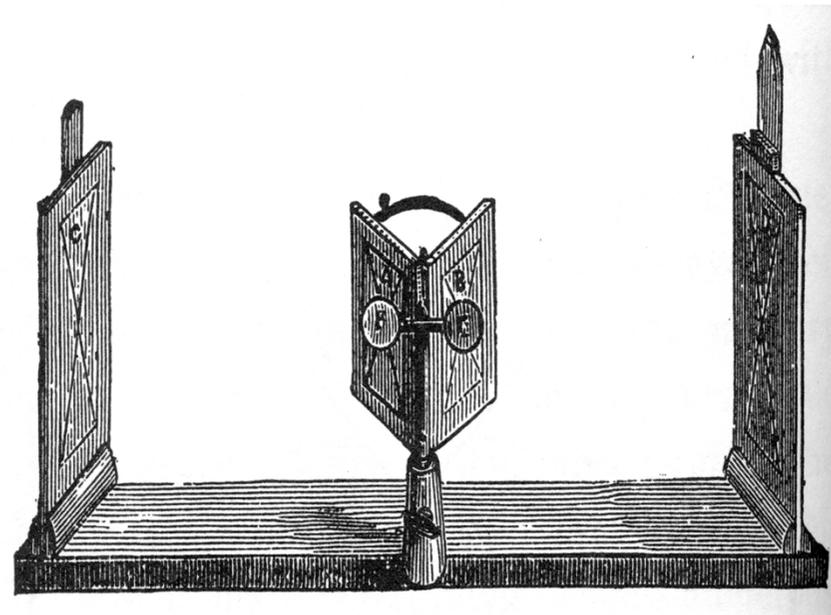


Le petit journal pour rire 1859

# 3D立体視は目新しいものではない...



1832年 世界初の3D立体視のための装置



Sir Charles Wheatstoneによる  
反射式立体スコープ

# 3D立体視は目新しいものではない...



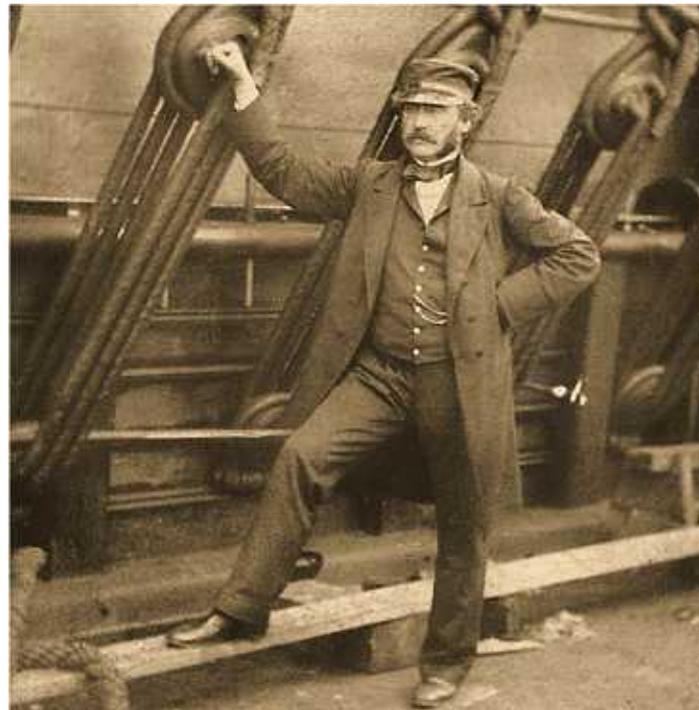
1832年 世界初の3D立体視のための装置

1844年 3Dフォトビューア

Brewsterの  
立体スコープ  
と立体カード



Col Ian Bickerstaff



Robert Howlett's 3D  
image of "Great  
Eastern" Captain  
William Harrison, 1857

# 3D立体視は目新しいものではない...



1832年 世界初の3D立体視のための装置

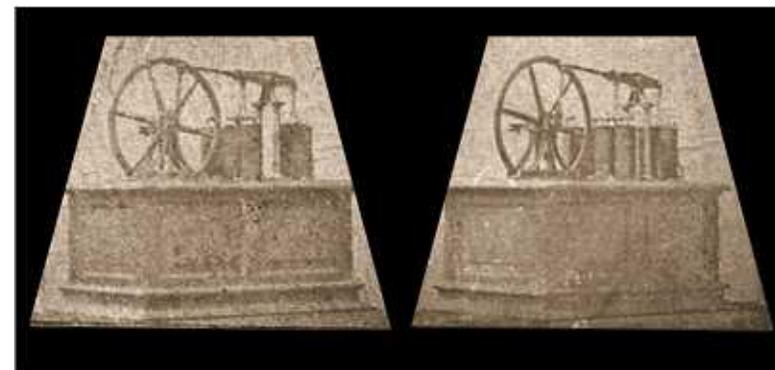
1844年 3Dフォトビューア

1852年 3Dムービー (交換可能なディスクで供給)

Jules Duboscq  
によるバイス  
コープディスク



Col Joseph Palteau, University of Ghent



交差法で見る

# 3D立体視は目新しいものではない...

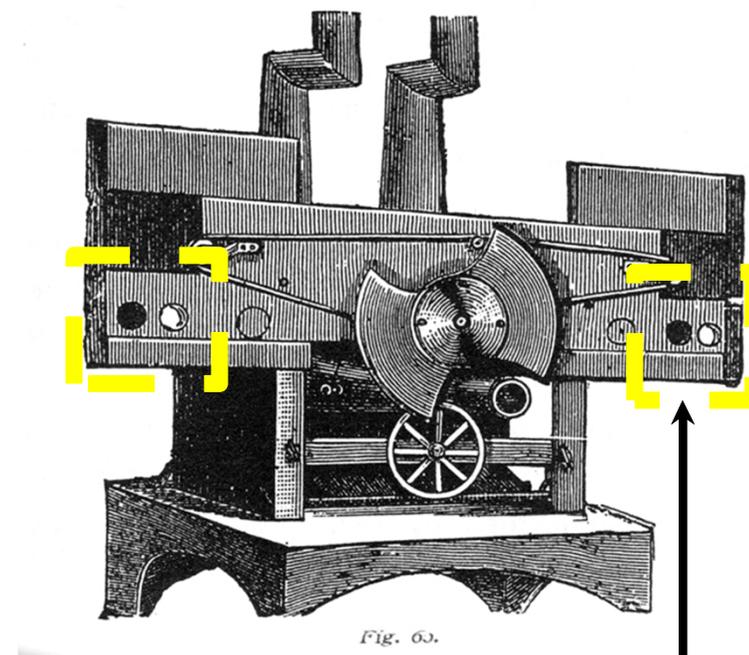


1832年 世界初の3D立体視のための装置

1844年 3Dフォトビューア

1852年 3Dムービー (交換可能なディスクで供給)

1858年 3Dシャッターめがね (機械式)



ここから見る

D Almeida Eclipse  
のステレオスコープ

# 3D立体視は目新しいものではない...



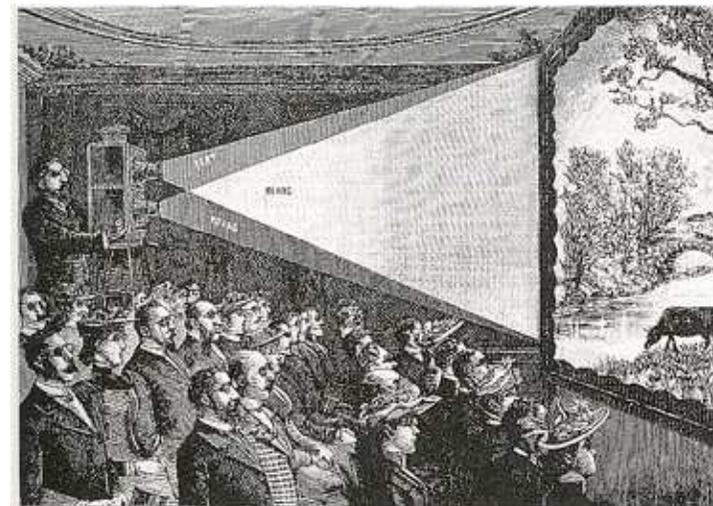
1832年 世界初の3D立体視のための装置

1844年 3Dフォトビューア

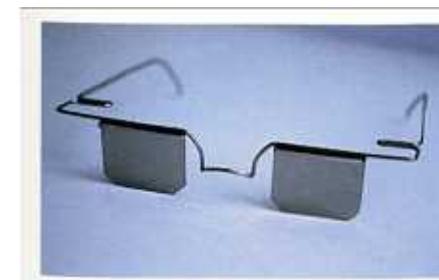
1852年 3Dムービー (交換可能なディスクで供給)

1858年 3Dシャッターめがね (機械式)

1893年 3D偏光めがね (円偏光)



John Andersonの「円偏光光用ステレオスコープ」



1930年代の偏光3Dめがね

# 3D立体視は目新しいものではない...



1832年 世界初の3D立体視のための装置

1844年 3Dフォトビューア

1852年 3Dムービー (交換可能なディスクで供給)

1858年 3Dシャッターめがね (機械式)

1893年 3D偏光めがね (円偏光)

1896年 電氣的同期によるシャッターめがね

Paul Mortierの電  
氣的同期による  
シャッターめがね



1930年代の3Dシャッターめがね

# 3D立体視は目新しいものではない...



1832年 世界初の3D立体視のための装置

1844年 3Dフォトビューア

1852年 3Dムービー (交換可能なディスクで供給)

1858年 3Dシャッターめがね (機械式)

1893年 3D偏光めがね (円偏光)

1896年 電氣的同期によるシャッターめがね

1903年 カラー3D写真



リュミエール兄弟の  
オートクロームプロセス



Col Ian Bickerstaff

# 3D立体視は目新しいものではない...



1832年 世界初の3D立体視のための装置

1844年 3Dフォトビューア

1852年 3Dムービー (交換可能なディスクで供給)

1858年 3Dシャッターめがね (機械式)

1893年 3D偏光めがね (円偏光)

1896年 電氣的同期によるシャッターめがね

1903年 カラー3D写真

1928年 3D TVデモンストレーション

Radio News, November 1928

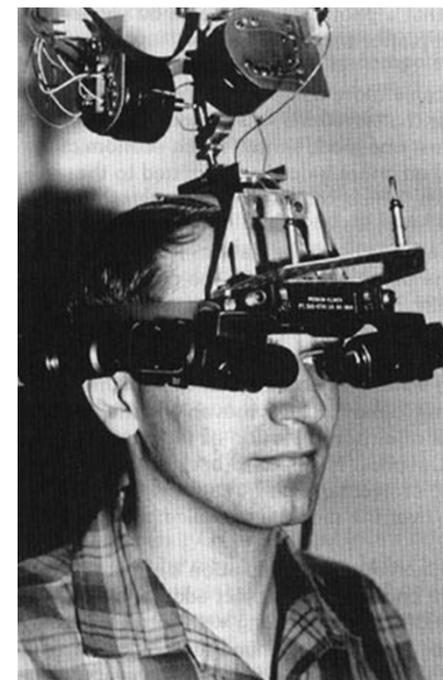


Bairdの3D TV

# 3D立体視は目新しいものではない...



- 1832年 世界初の3D立体視のための装置
- 1844年 3Dフォトビューア
- 1852年 3Dムービー (交換可能なディスクで供給)
- 1858年 3Dシャッターめがね (機械式)
- 1893年 3D偏光めがね (円偏光)
- 1896年 電氣的同期によるシャッターめがね
- 1903年 カラー3D写真
- 1928年 3D TVデモンストレーション
- 1965年 インタラクティブ3Dコンピュータグラフィックス

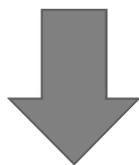


Ivan Sutherlandの  
ヘッドマウンテッドディ  
スプレイ

# なぜ今ふたたび3D立体視か？



- 最新式の液晶TVが、手頃な値段で高画質3Dを実現
- HDMI標準が3Dを規定
- 3D立体視画像を生成できるほどパワフルな機器が登場



- 3D立体視ゲームが普及開始



# なぜ3D立体視ゲーム？



- 没入感とリアリティの向上



# なぜ3D立体視ゲーム？



- 識別能力の向上



# なぜ3D立体視ゲーム？



- 識別能力の向上



# なぜ3D立体視ゲーム？



- 奥行き認知の向上



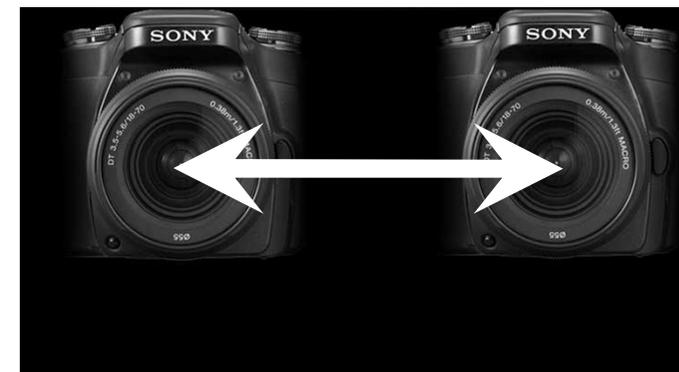


- 3D立体視の理論
- ハイクォリティの3D立体視映像を作る方法

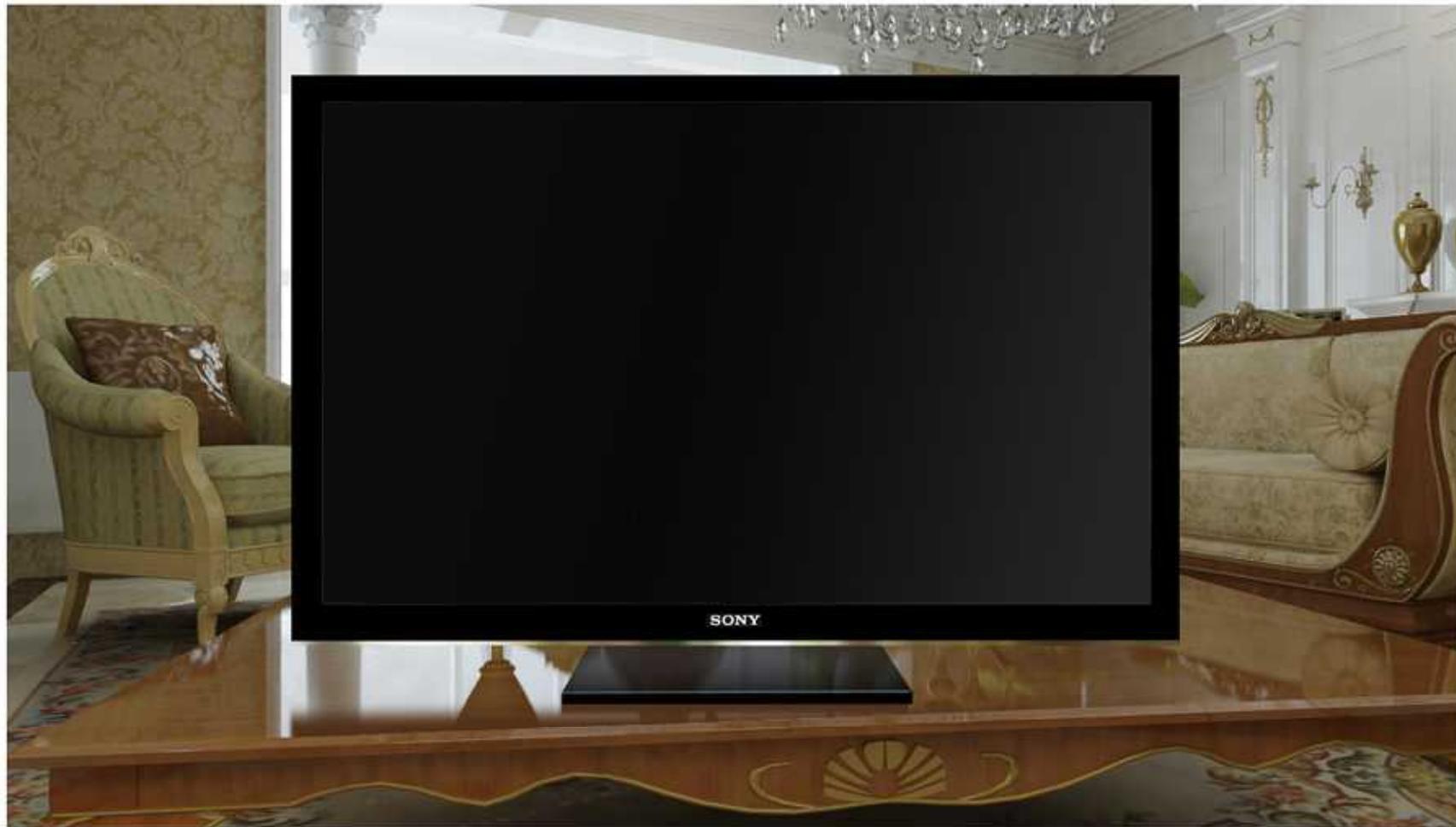
# 3D立体視の動作原理



- 見る人の左右の目の位置の違いが視差(parallax)を生む
- 見る人に近いものほど、大きな視差を生む
- 遠くにあるものは、ほとんど視差がない
- 目のかわりにカメラを使用することで3D立体視の効果を撮ることができる
- カメラ間の距離を離すと、視差が増える



# 3D立体視の動作原理



# 立体視の動作原理 理想の立体視TV



# 立体視の動作原理 視差が背景と一致



# 立体視の動作原理 カメラを設置して表示



立体視を再現できるでしょうか？

# 立体視の動作原理 視差の不一致



横方向への補正をしてみると・・・

# 立体視の動作原理 補正つき表示



# 立体視の動作原理 – 必要なことは何か？



視差シフト(parallax shift) : 映像の奥行き方向のものものの配置を制御します

# 立体視の動作原理 確認

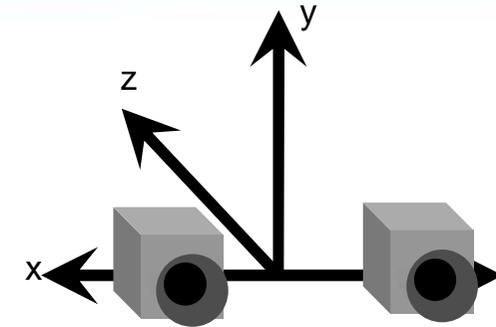


オルソ立体視

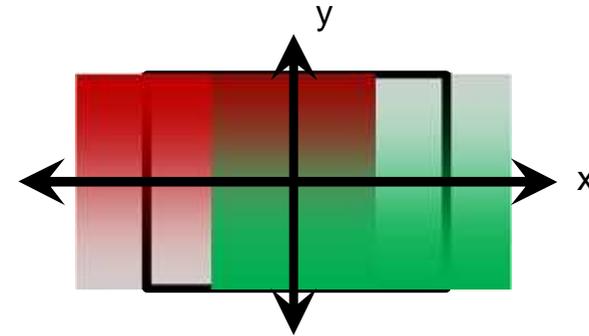
# カメラ間距離と視差シフトの実装法



カメラ間距離: カメラ空間でのx軸への  
平行移動



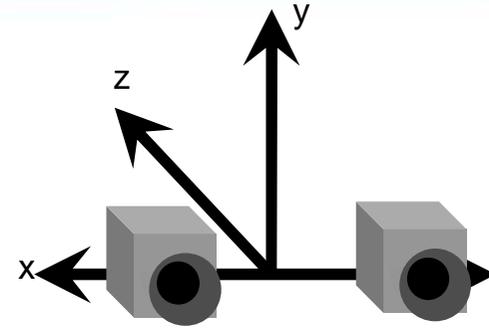
視差シフト: スクリーン空間でのx軸への  
平行移動



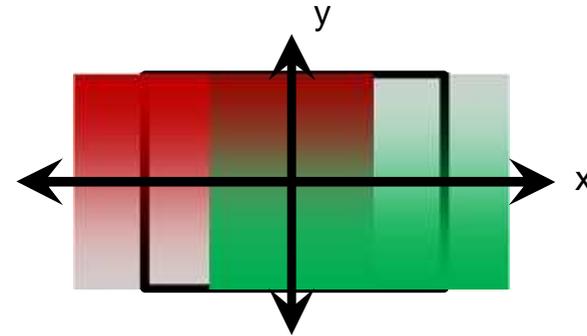
# カメラ間距離と視差シフトの実装法



カメラ間距離: カメラ空間でのx軸への  
平行移動



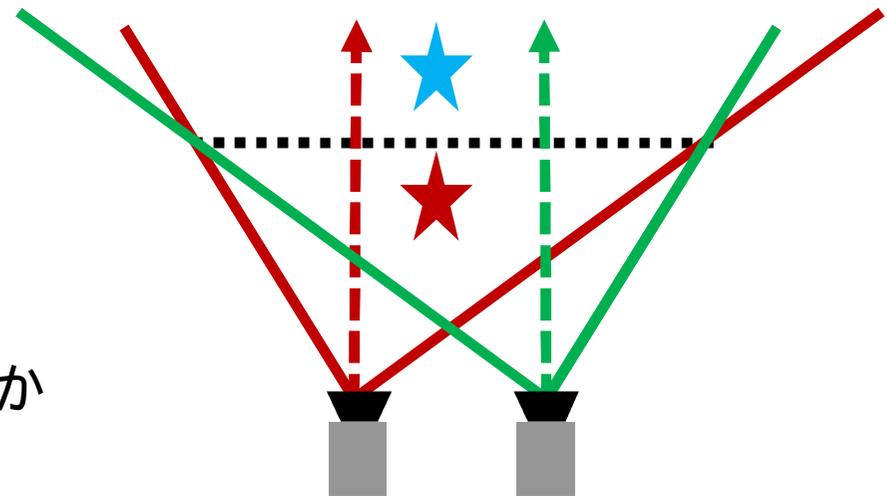
視差シフト: スクリーン空間でのx軸への  
平行移動



非対称の視錐台

「スクリーン面」

オブジェクトが画面のどちら側にあるか  
を決める



# カメラ間距離と視差シフトの実装法

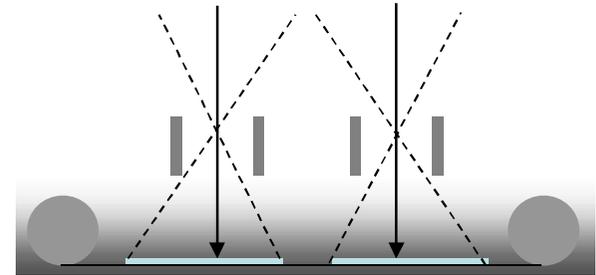


立体視カメラ:

- 視差シフトが本体に実装

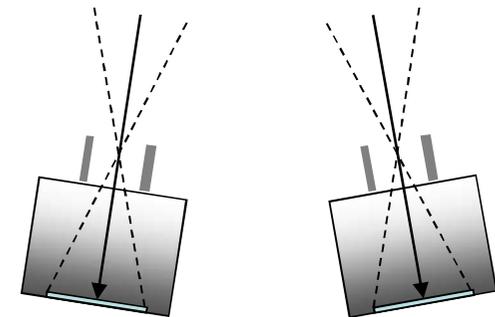


Stereo Realist 35mm camera 1947



2つのカメラ:

- カメラを内向きに傾けることで視差シフトを実現



# 実写用のカメラ 内向きに傾けたときの問題点



キーストーン歪みが発生！  
カメラを内向きに傾ける方法は使用しないでください

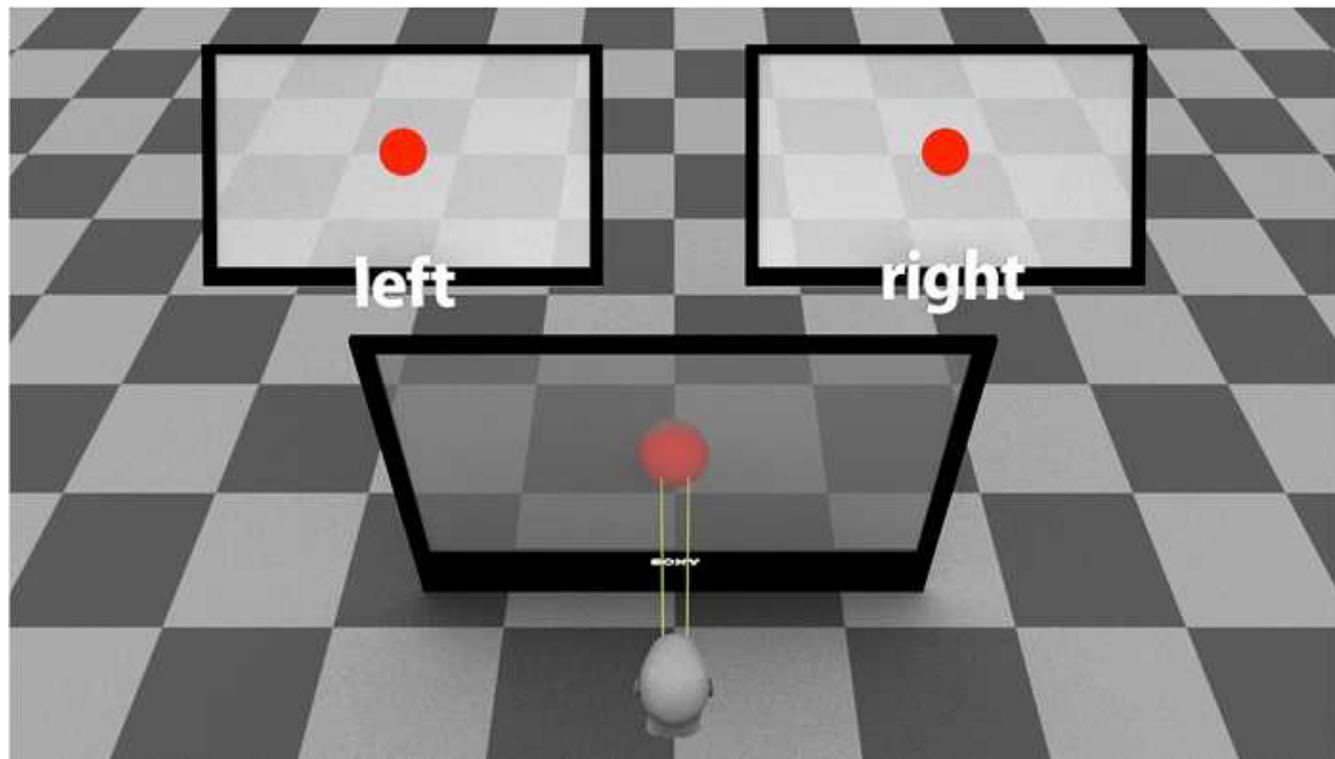
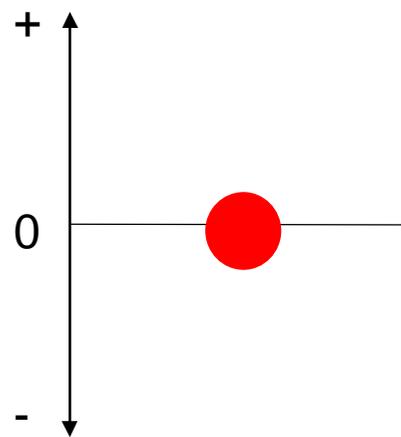
# まとめ



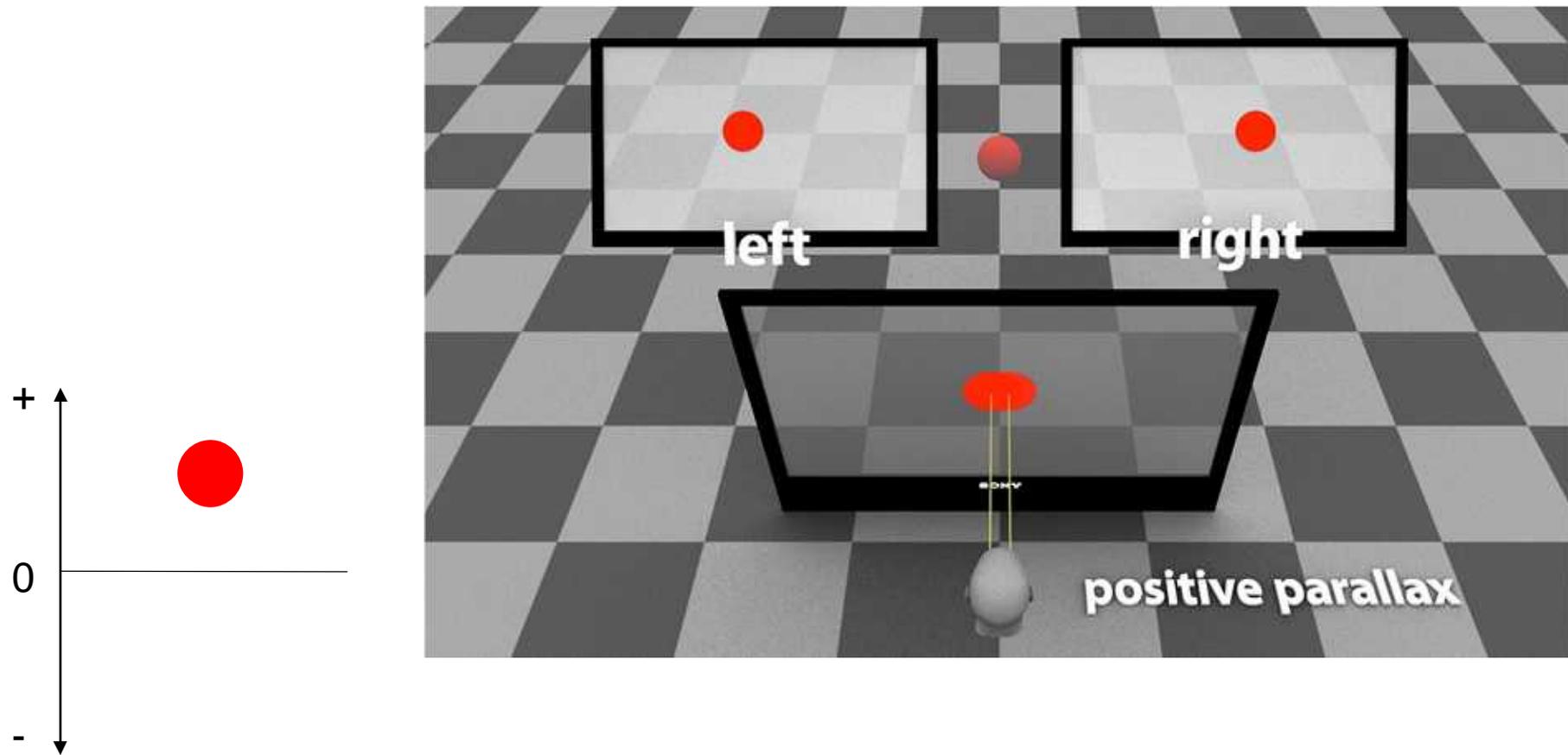
- カメラ間距離の調整
- 視差シフト量の調整
- 現実を再現することができた！



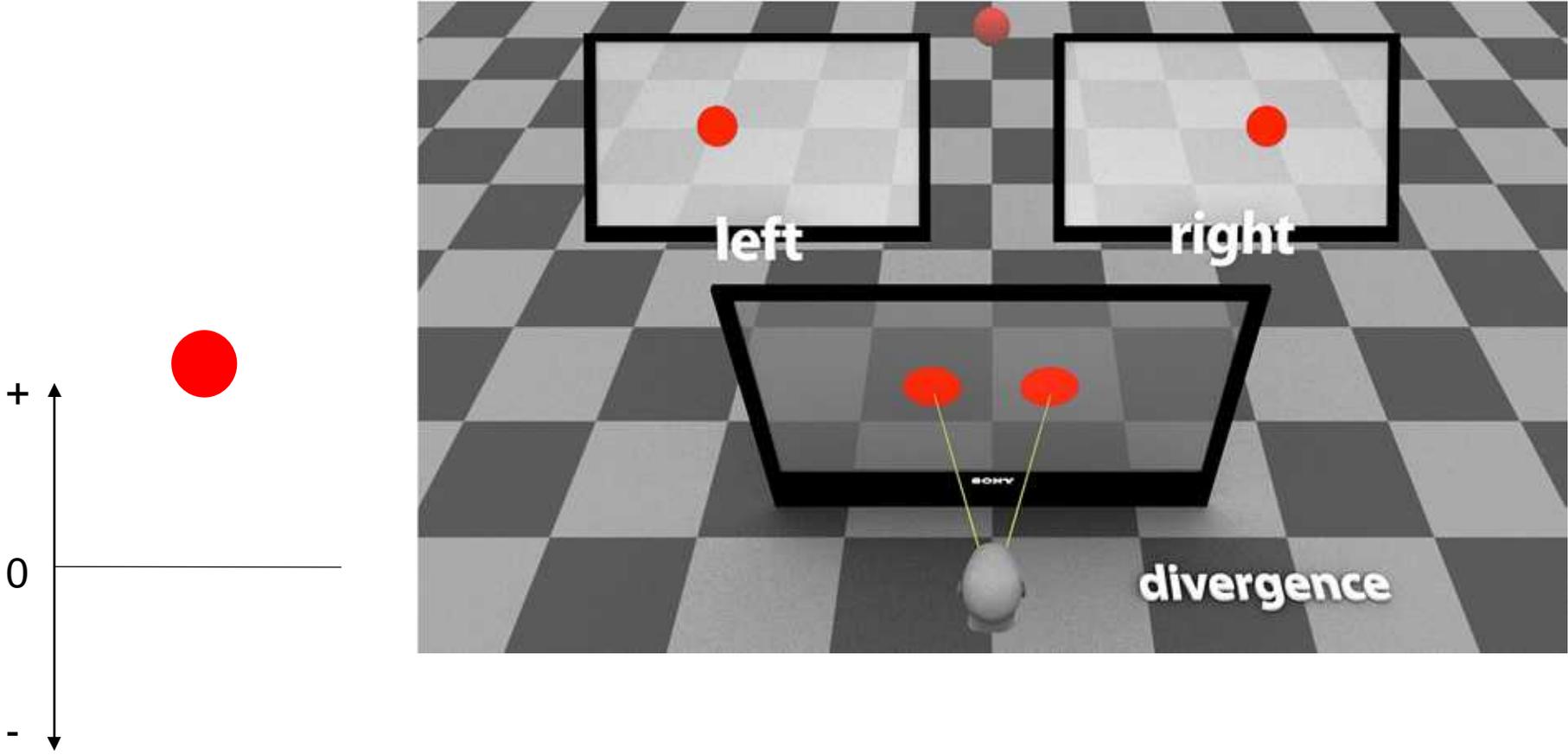
# 視差量 ゼロの視差量



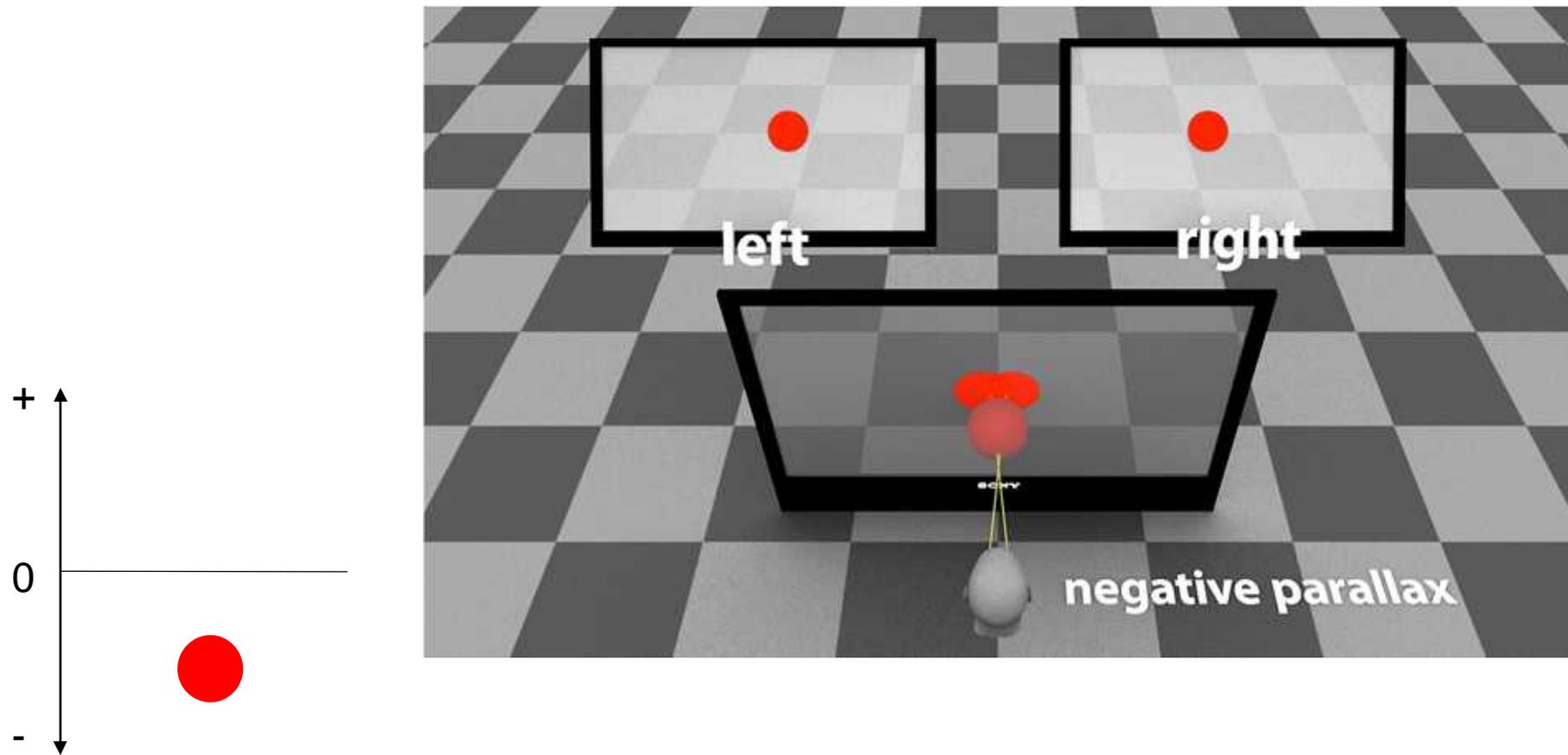
# 視差量 正の視差量



# 視差量 - 開散(divergence)



# 視差量 負の視差量



# 負の視差量 画面から飛び出す表現



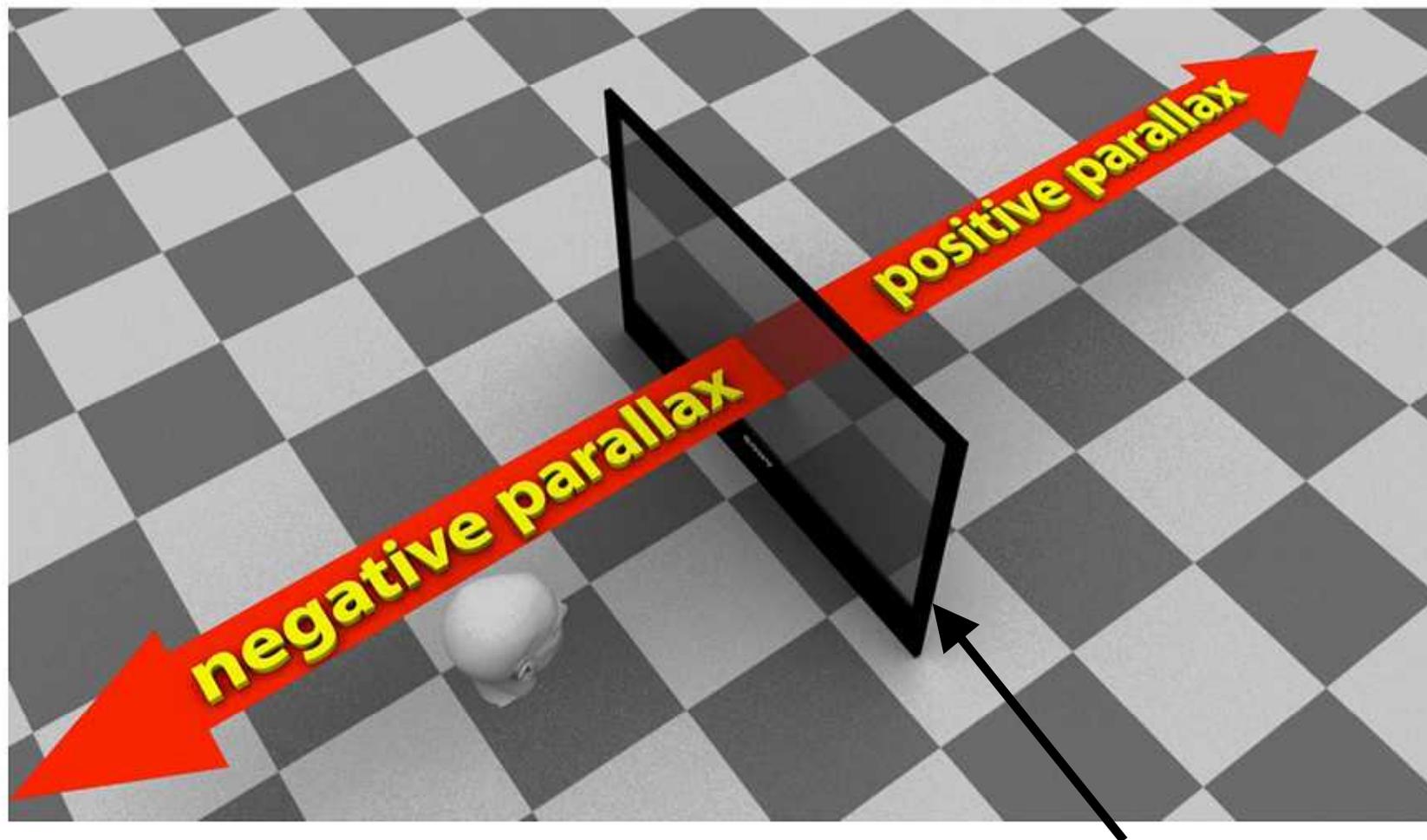


「ウィンドウ違反」



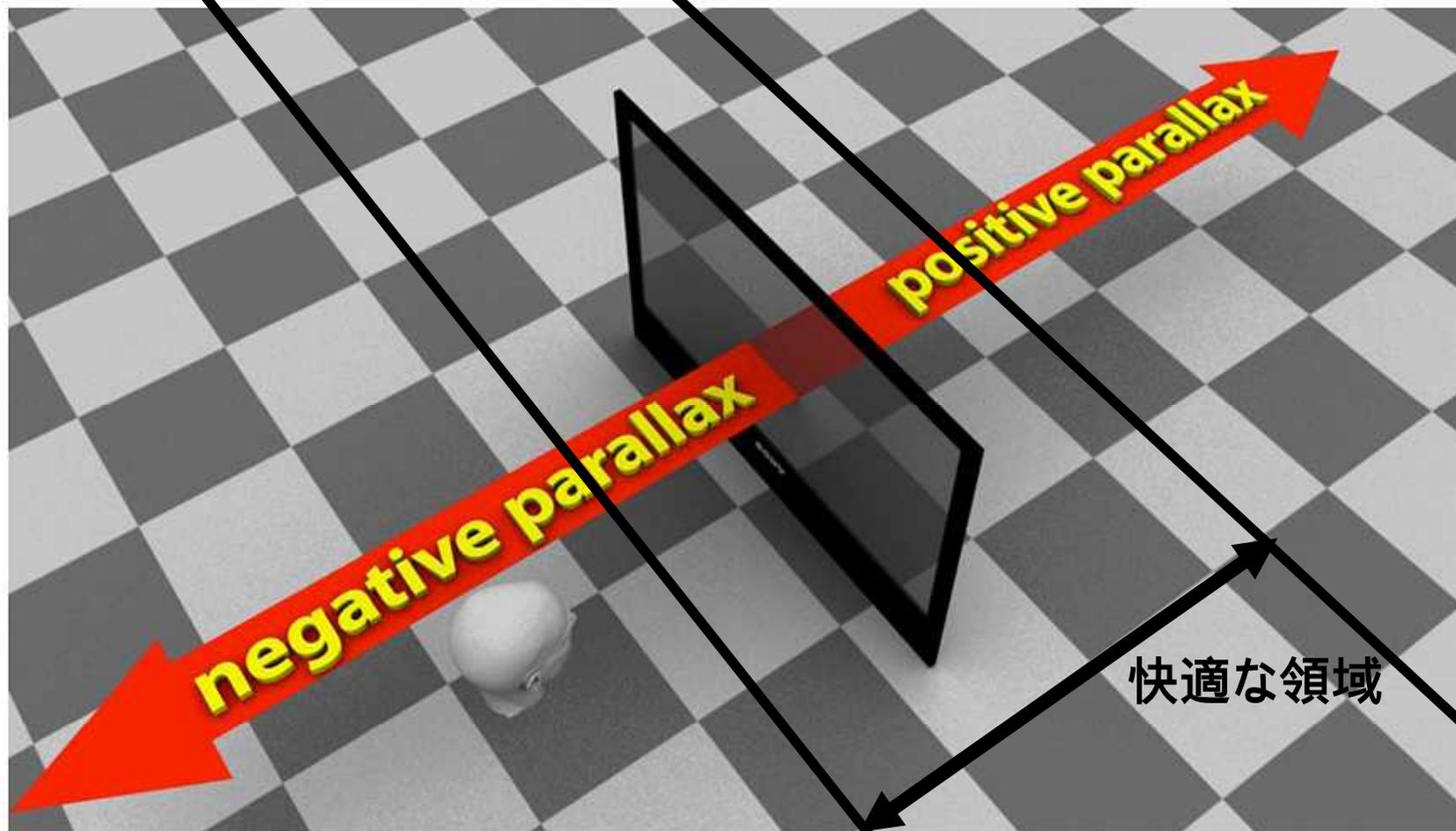


# 視差量の制限 認識の難しさ



焦点は常にTVの面

# 視差量の制限 – 正と負の視差



快適な領域

# 視差量の制限:方法1



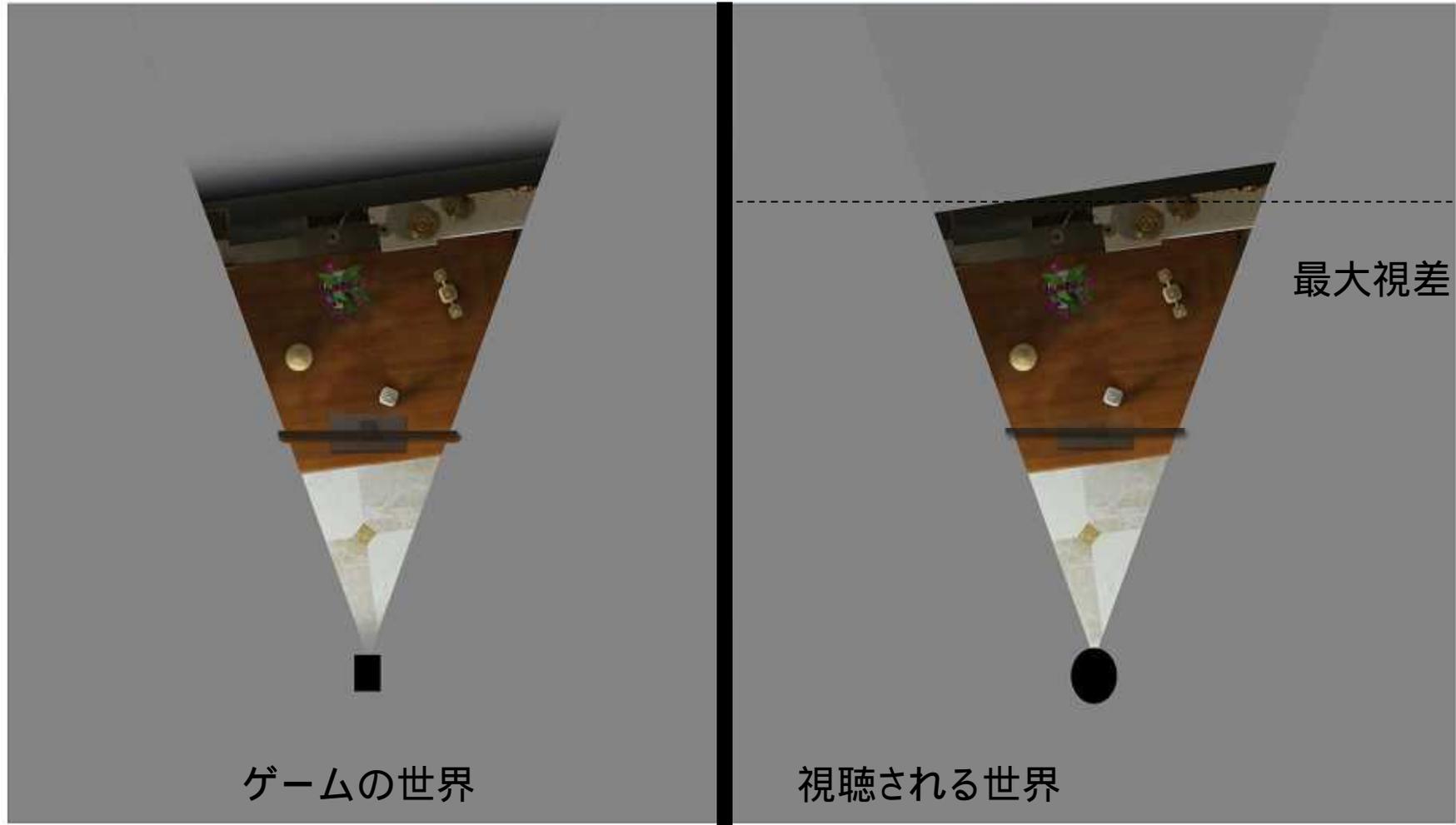
ゲーム世界の中で深さを調整

# 視差量の制限:方法1



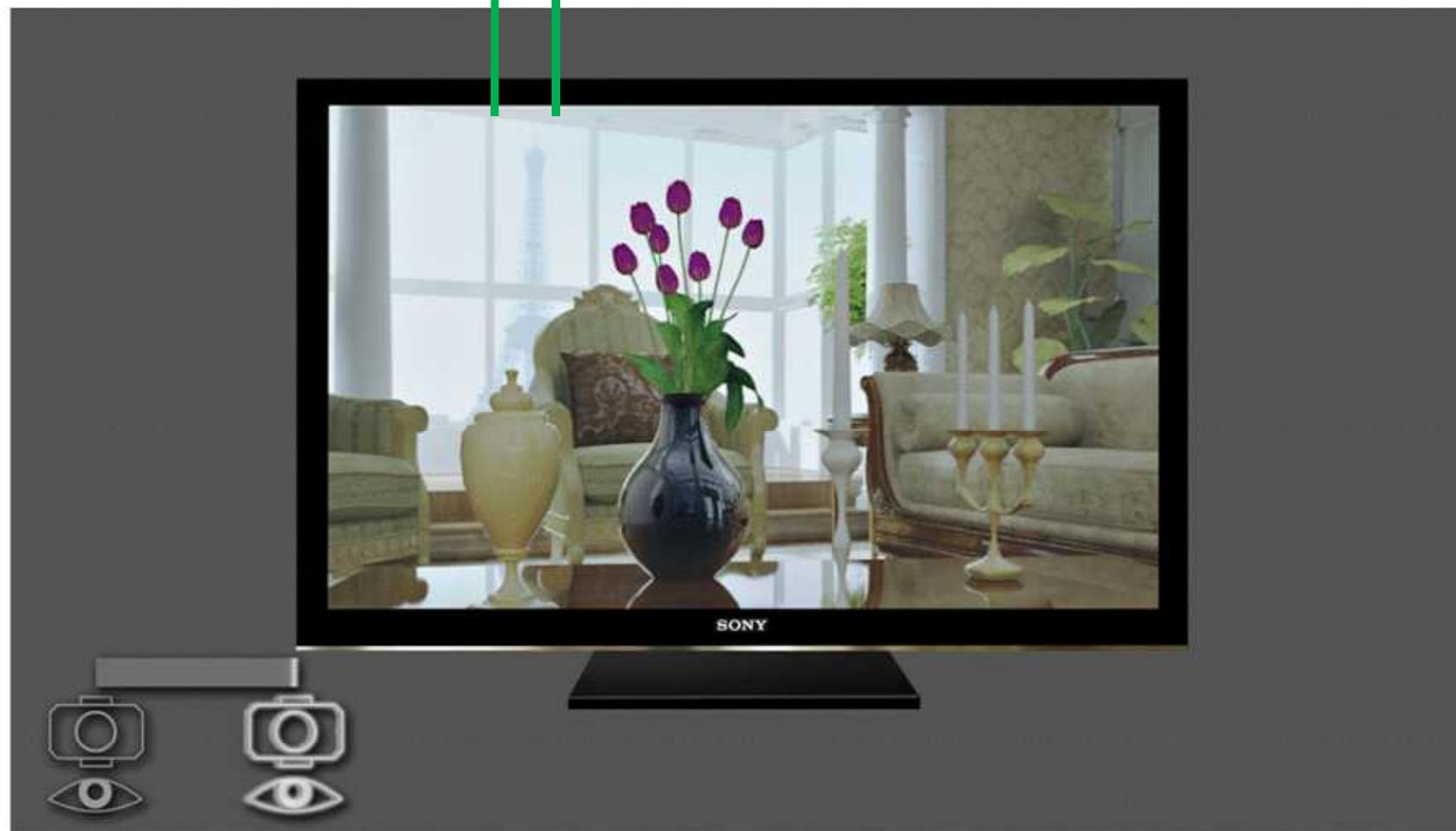
ゲーム世界の中で深さを調整

# 視差量の制限:方法1



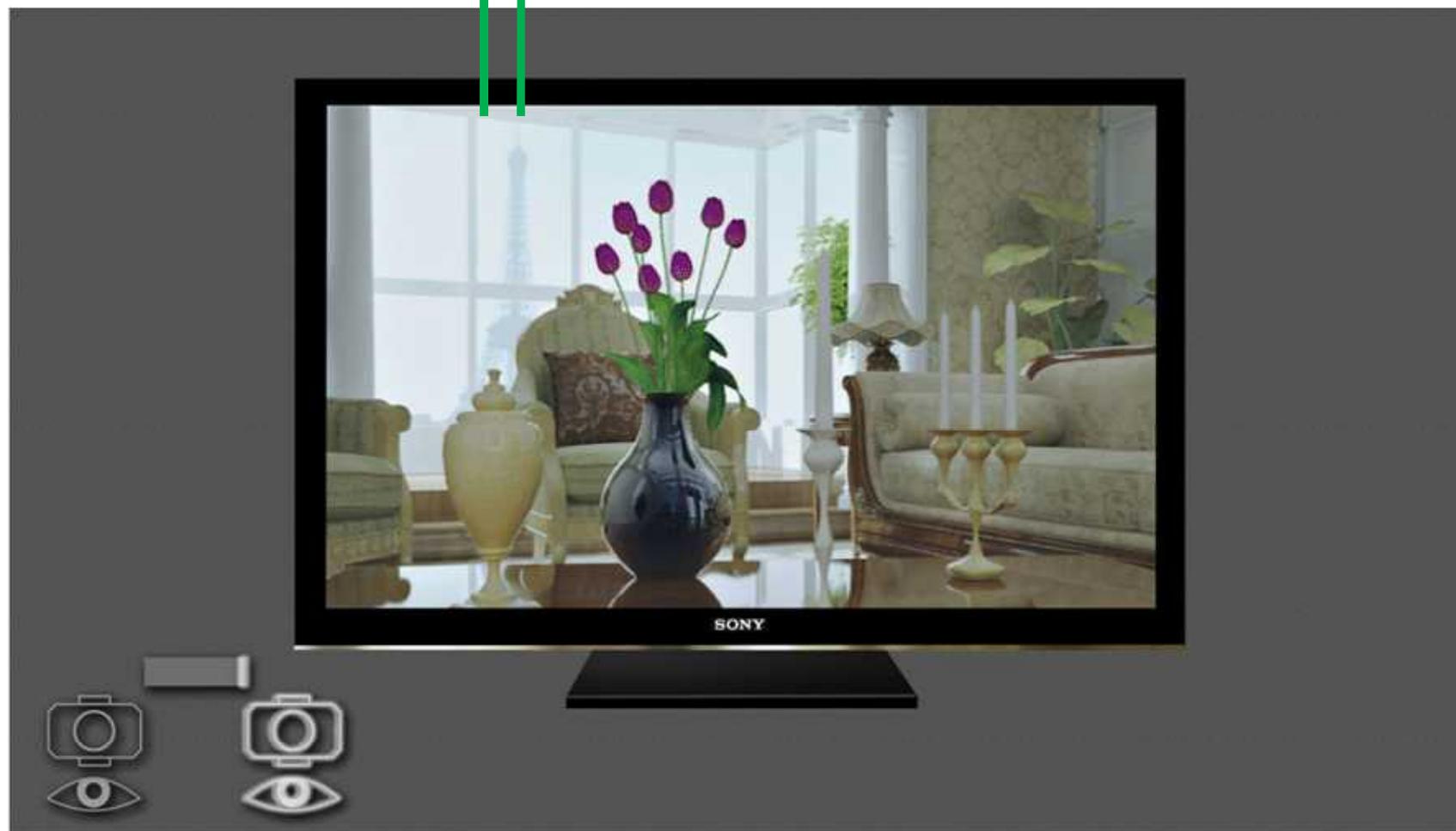
ゲームデザインに大きな影響を与える

# 視差量の制限:方法2



視差シフト量を減らす

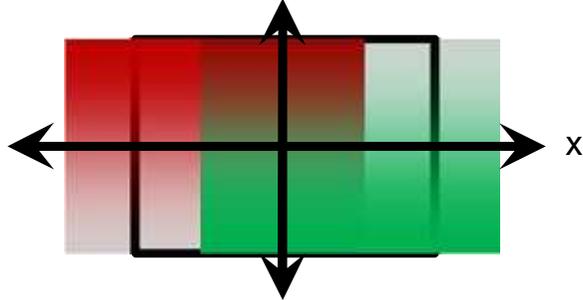
## 視差量の制限:方法2



視差シフト量を減らす

しかし、いくつかの物が画面から飛び出してしまう・・・

視差シフトを減らすと



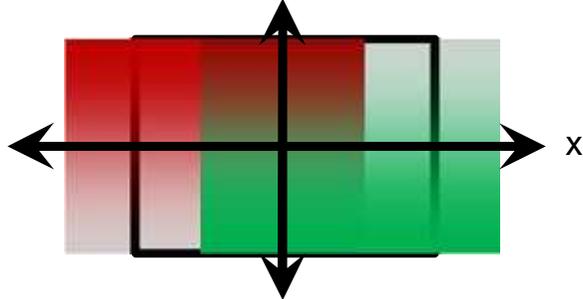
すべてのものが

- 視聴者に近くなる
- 奥行き方向のサイズが小さくなる

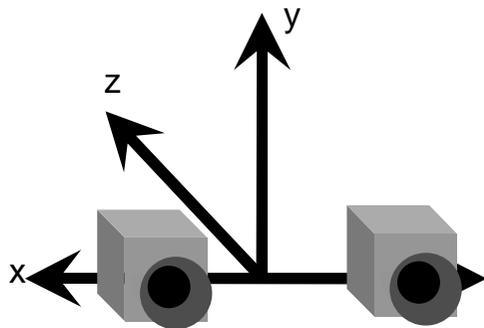
# 補足：視差シフトとカメラ間距離 と 見え方の関係



視差シフトを減らすと



カメラ間距離を減らすと



すべてのものが

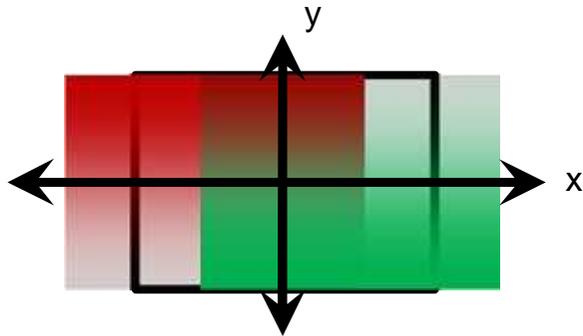
- 視聴者に近くなる
- 奥行き方向のサイズが小さくなる

前景にあるものが奥に動く

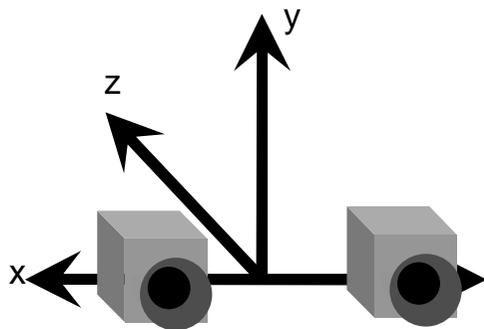
前景にあるものは大きくなる

背景になるものは、変わらない

# 補足：視差シフトとカメラ間距離 と 見え方の関係

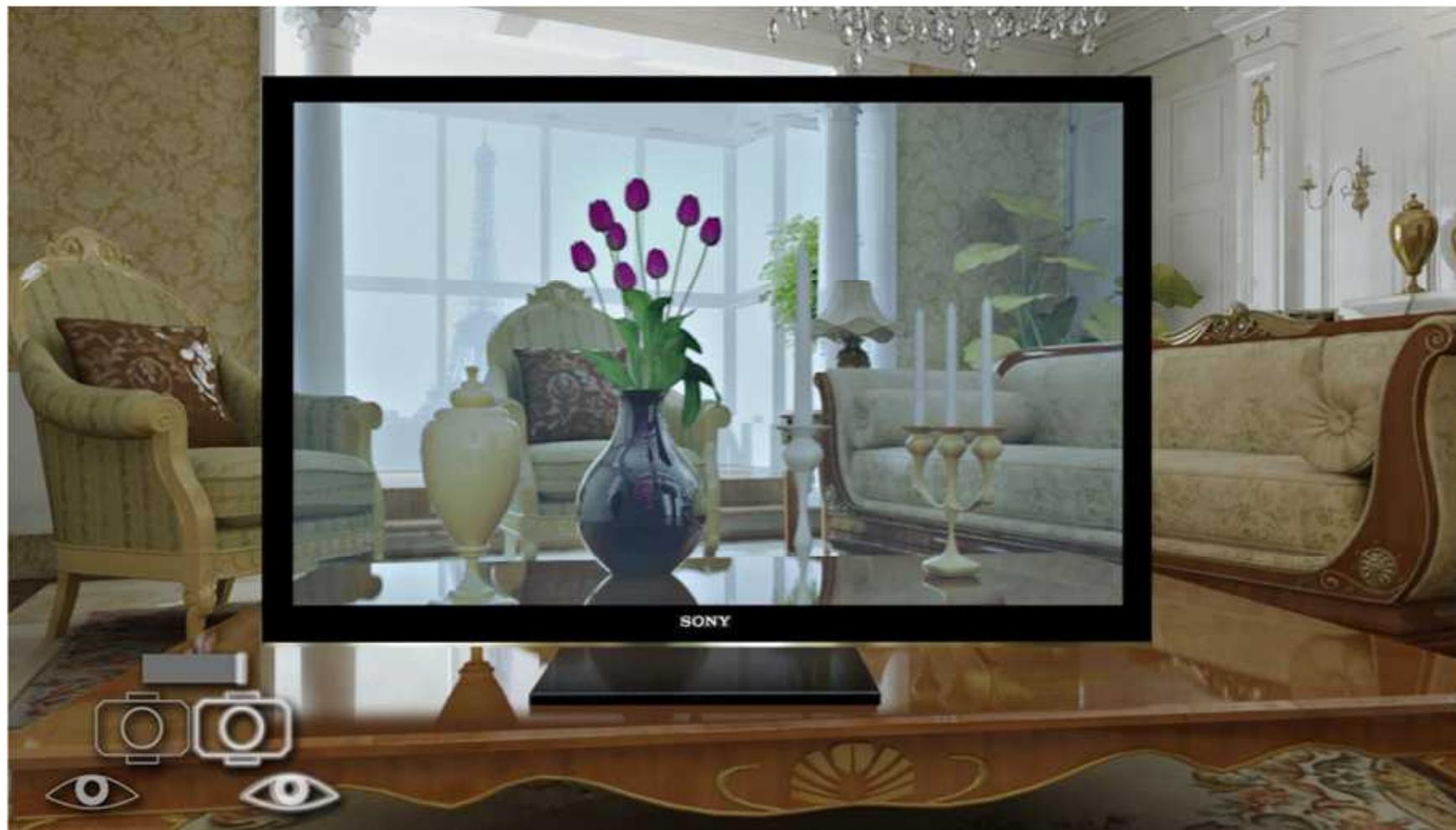


視差シフト量を背景にあわせて調整する



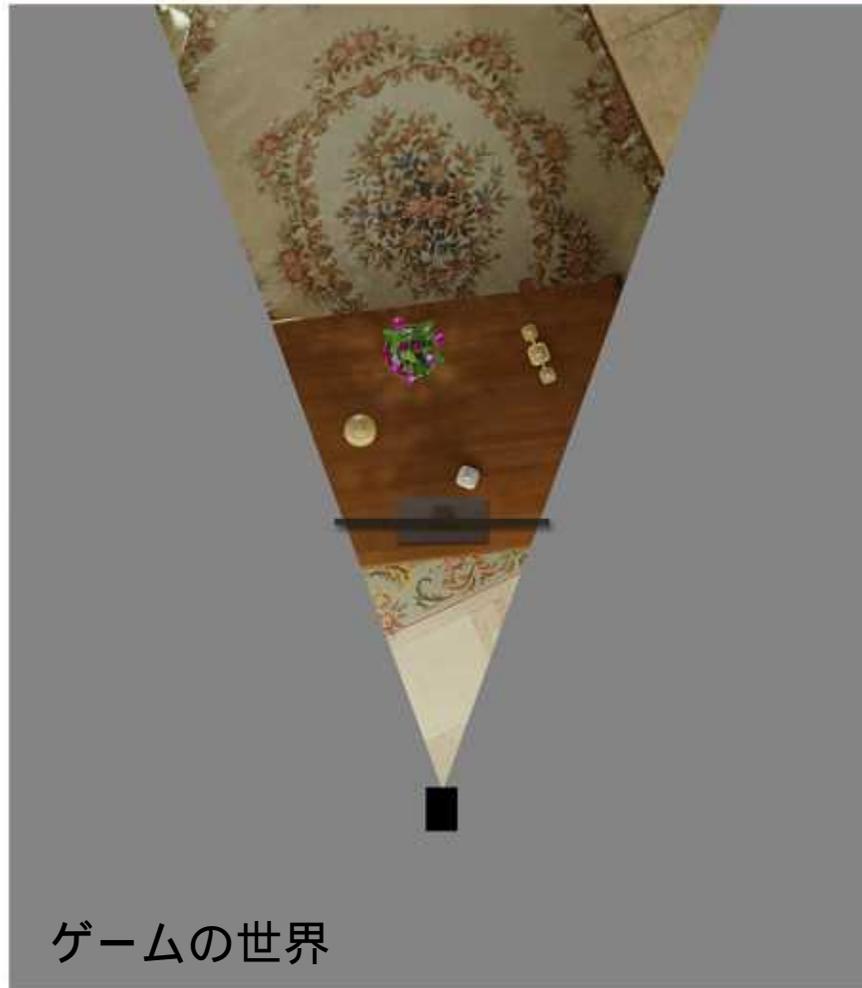
カメラ間距離を前景にあわせて調整する

## 視差量の制限:方法2

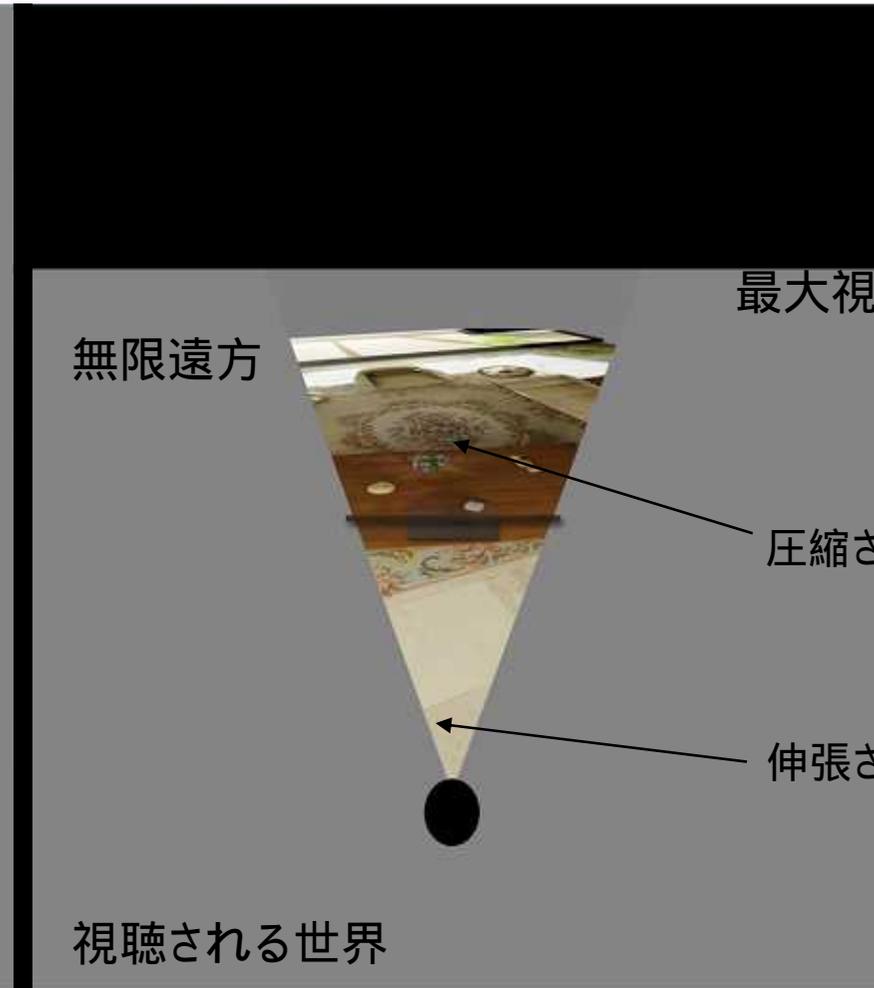


前景が正しく、画面の向こう側に配置されるようになった

# 視差量の制限:方法2



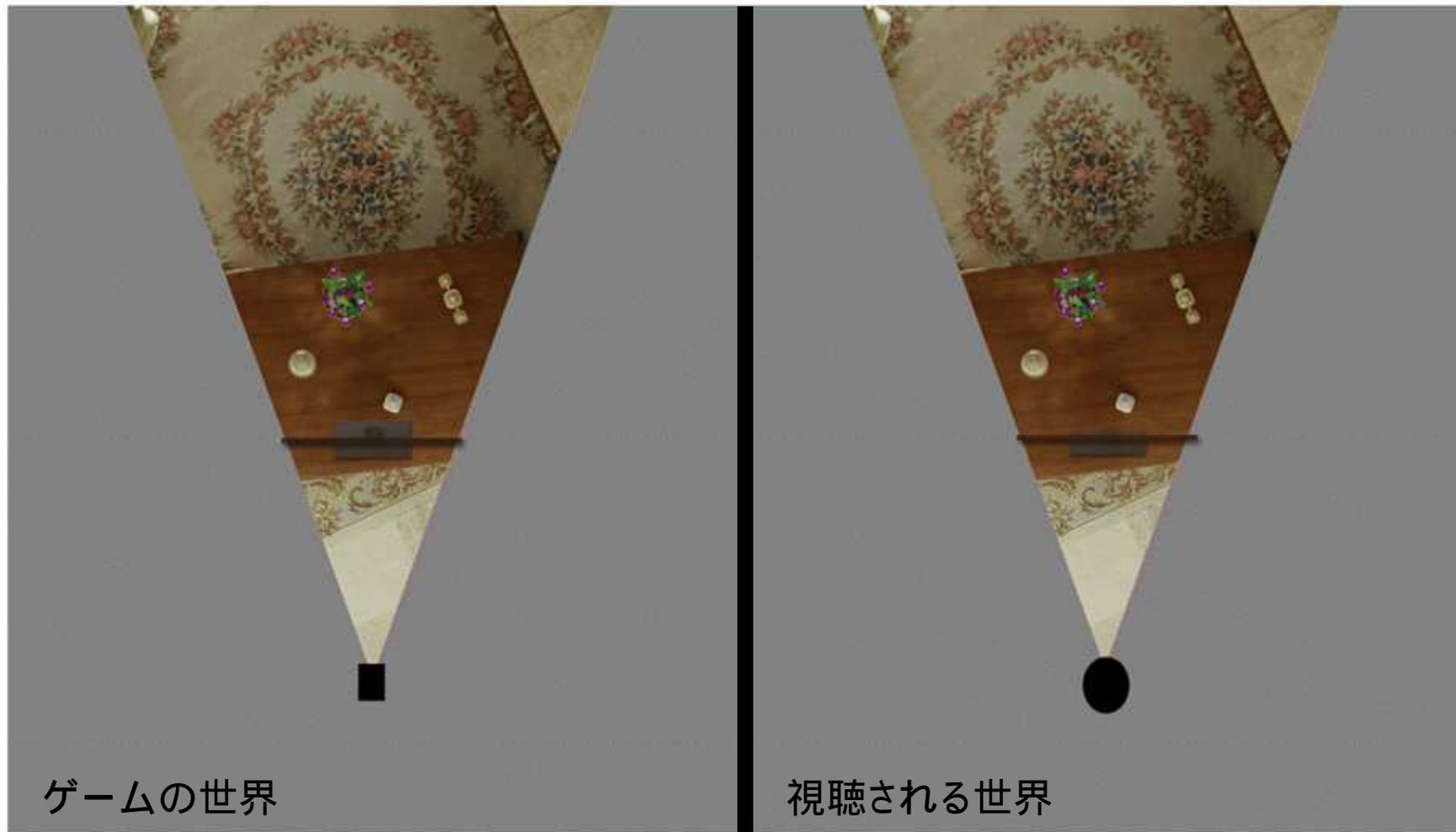
ゲームの世界



視聴される世界

視差は許容範囲  
ただし、世界がゆがんでしまう

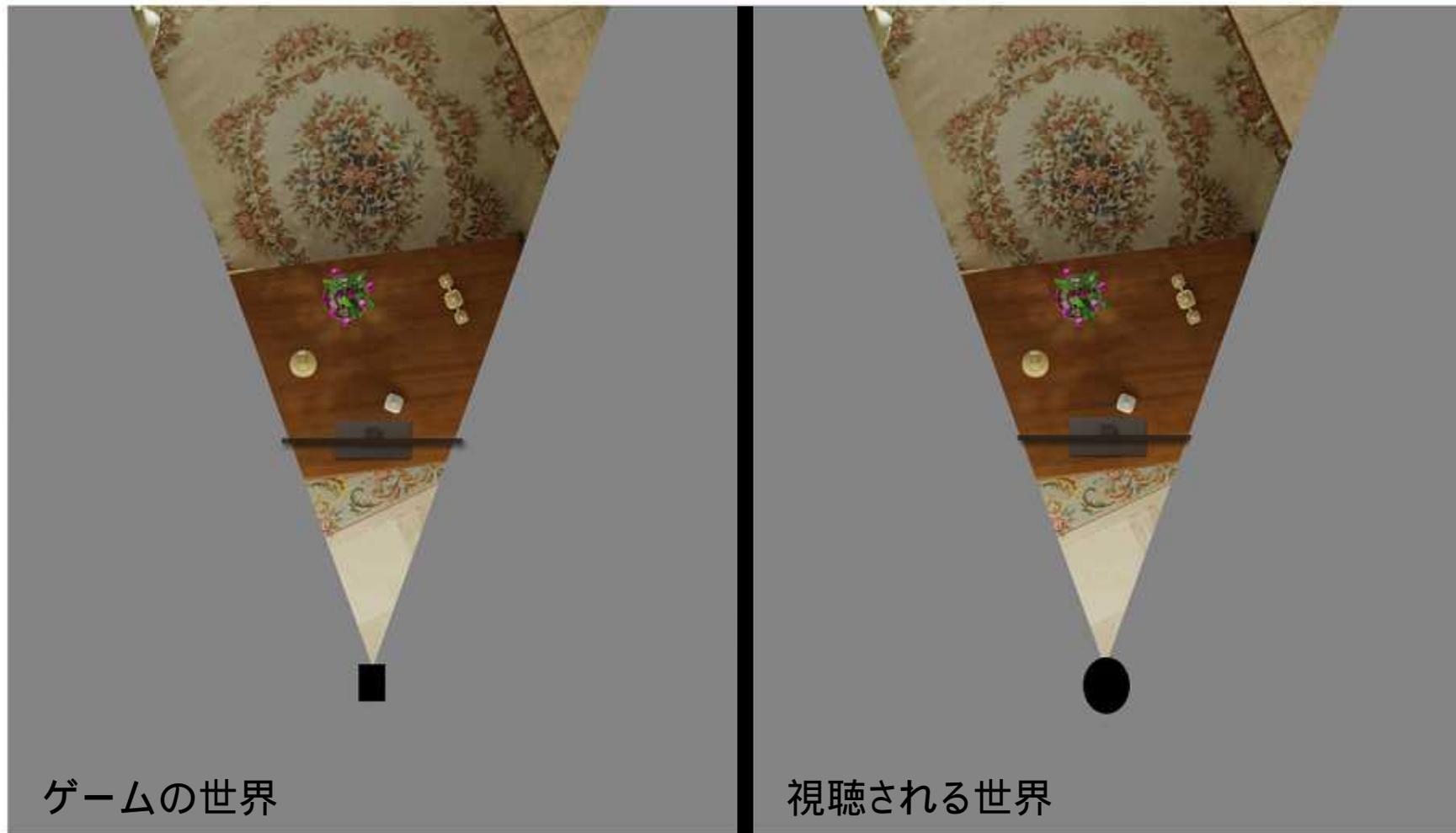
# 視聴位置を変更したら？



ゲームの世界

視聴される世界

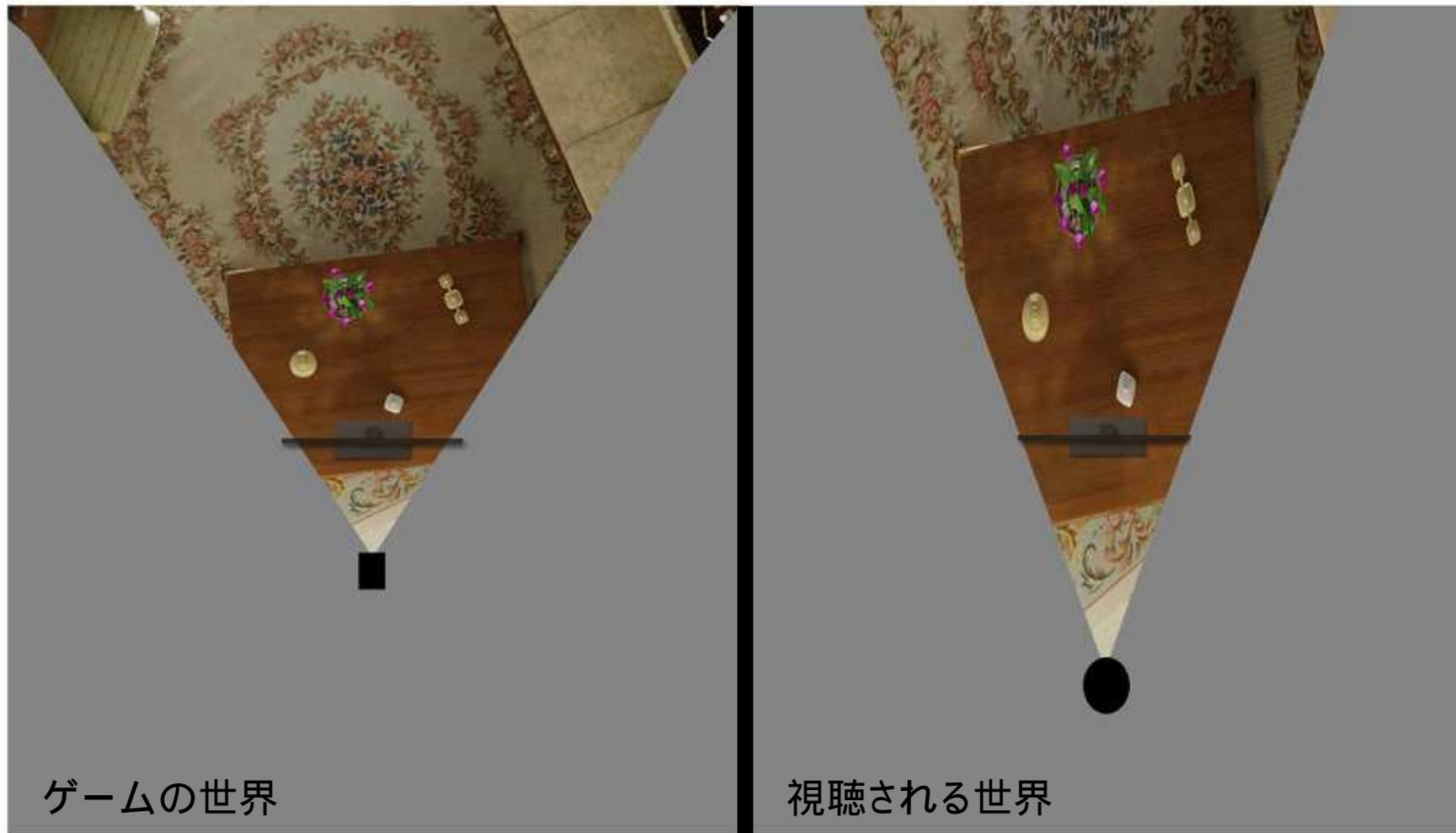
# カメラの画角を変更してみると



ゲームの世界

視聴される世界

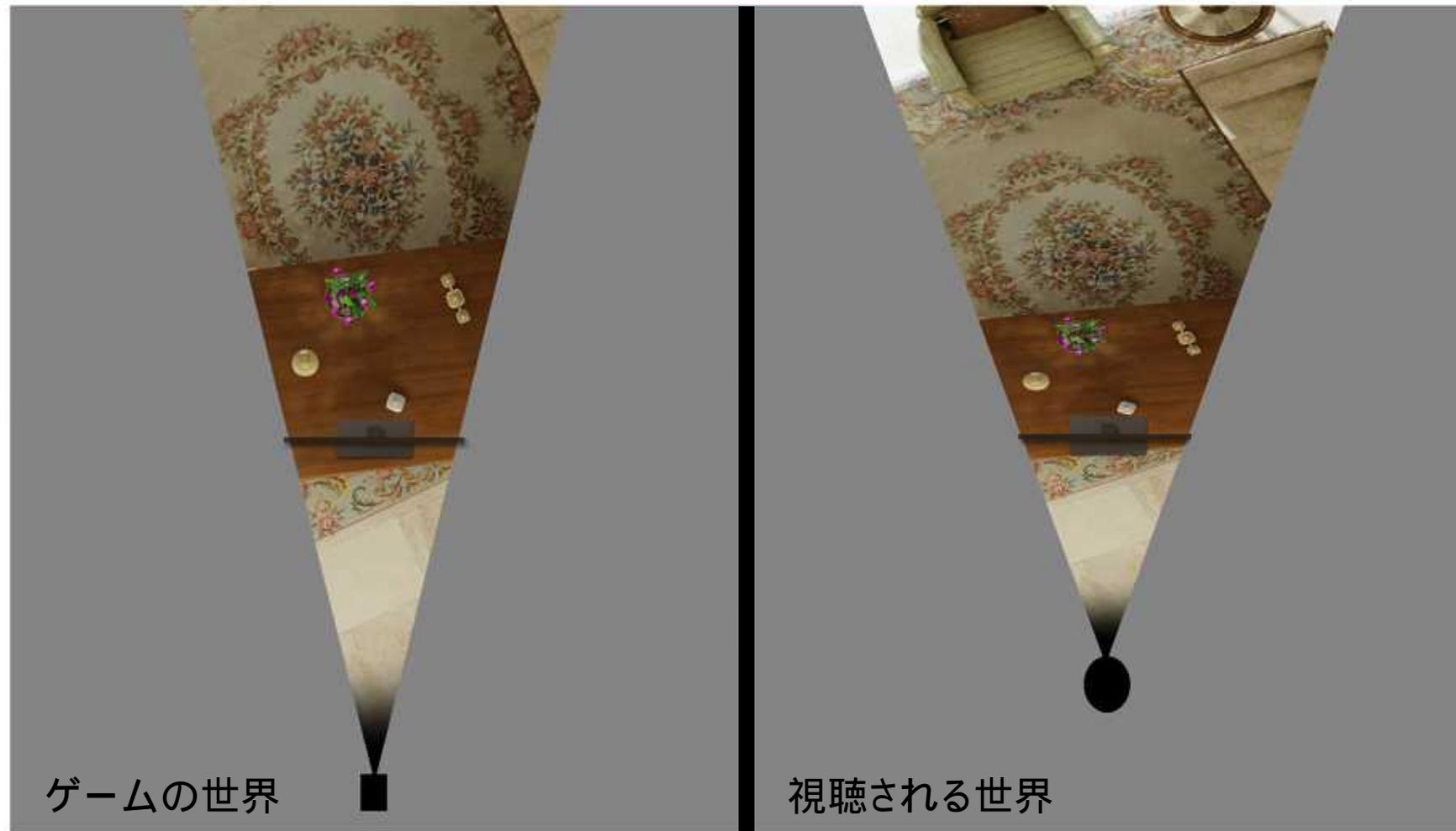
# カメラの画角を変更してみると 広角レンズ



ゲームの世界

視聴される世界

# カメラの画角を変更してみると ズームレンズ



# 方法2と画角の変更: 適用前



# 方法2と画角の変更: 適用後



正の視差量は、視聴するテレビによって制限される  
ゲーム世界の中で深さの制限をする(ゲームデザインに影響)  
または  
3D設定を変更する(歪みが発生する)  
けれども3D設定を調整することで歪みを制御できる  
この調整こそが3D立体視表現の肝！



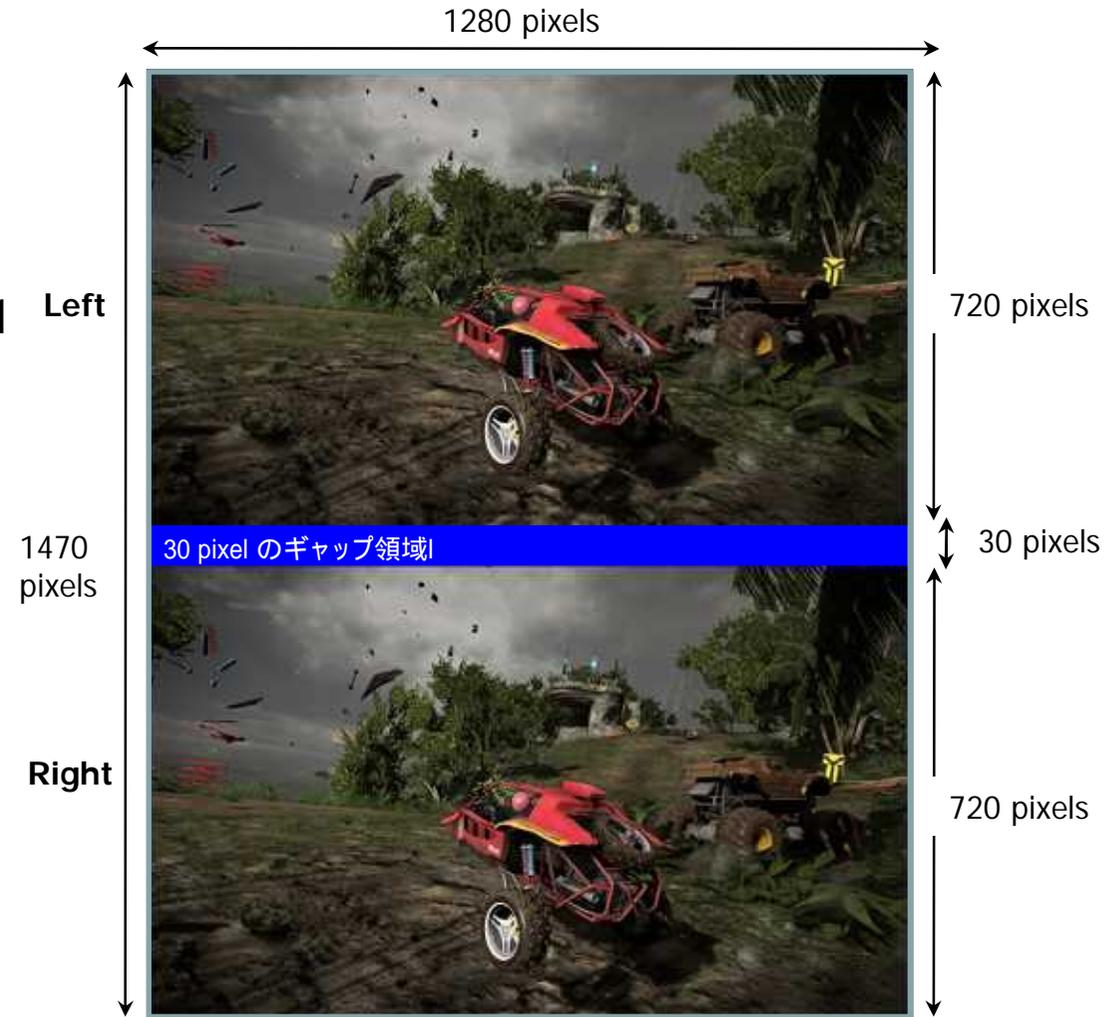
# 3D立体視映像のレンダリング方法

# 3D立体視ゲームのレンダリング方法



## Step 1 2つの同じ絵をレンダリング

- ゲームロジックや物理エンジンは1回だけ更新
- 差異がないことを確認
- システム固有のフォーマットを使用
  - 1280x1470ピクセル
  - 最大59.94Hzのフレームレート
  - ハードウェアスケーラで低解像度バッファもサポート

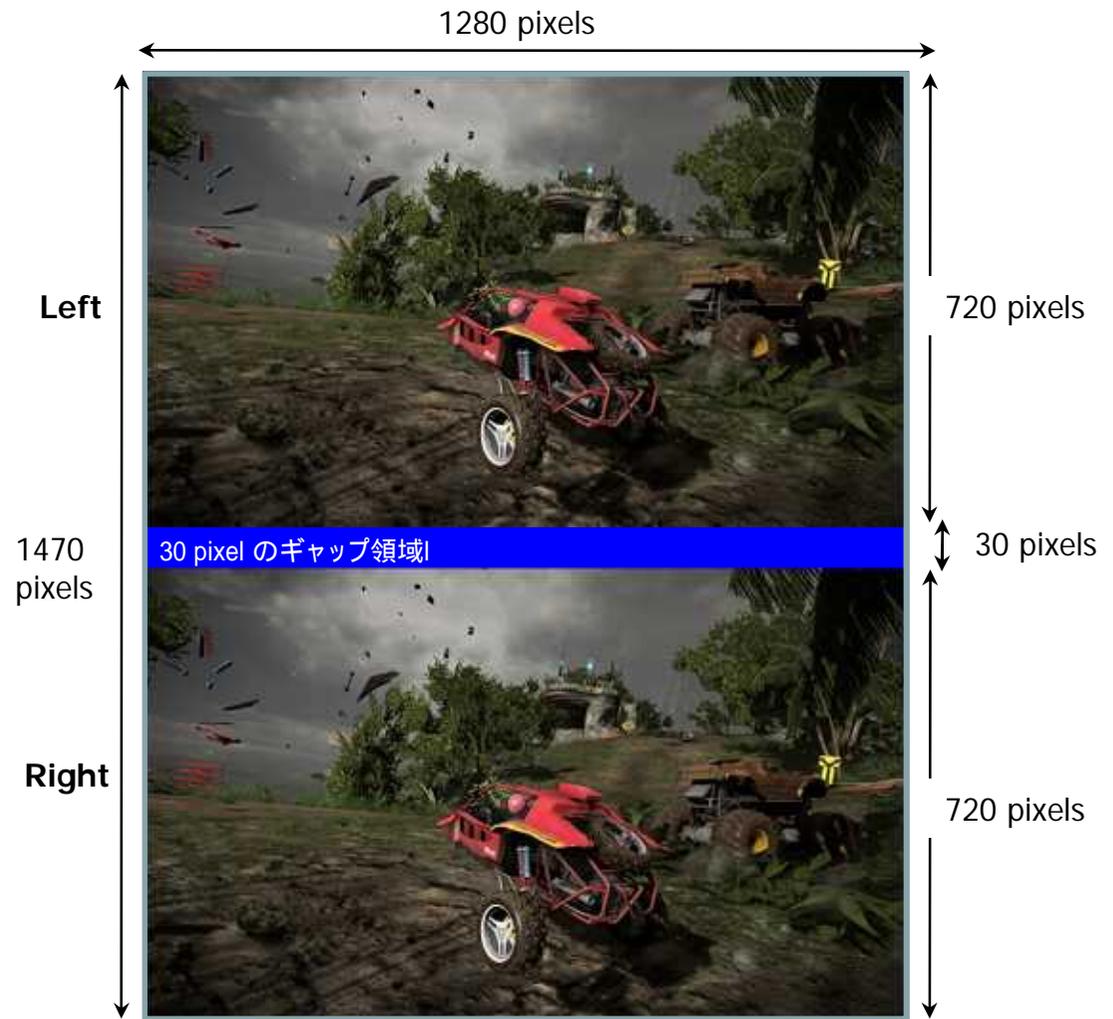


# 3D立体視ゲームのレンダリング方法



## Step 2: カメラを立体視カメラに変更

- 射影行列を3D立体視用行列に変更
- パラメータ
  - 画角
  - 視差シフト量
  - カメラ間距離



## Step 3: 立体視パラメータの調整

右目用 / 左目用フレームを交互に表示

- 初期値として
  - 視差シフト量は画面の3%を目安に
  - カメラ間距離はスクリーン平面が一番近いオブジェクトのちょっと前になるように
- スクリーン平面の位置を保ったまま調整
- 画角やカメラの位置を変更することも考慮する



# 3D立体視映像のチェック項目



- 左右の映像が正しく見えるように描画されている
- すべてのオブジェクトが両方に描画されている
- 同じ時間を描画している
- 視差の量がちょうどいい
- 深さ情報に矛盾がない
- ウィンドウ違反していない
- クロストークがきつくない

## ケーススタディ

- **wipEout HD**
- **MotorStorm 2**
- **STAR STRIKE HD**

# WipEout HD



## WipEout HD

- パフォーマンス
  - 最大解像度:  
1080P
  - 最大リフレッシュレート:  
60Hz



## WipEout HD

- 3Dユーザインターフェース



# WipEout HD

- ・ ミサイルマーカー



# MotorStorm 2



## MotorStorm 2

- パフォーマンス
  - 最大解像度:  
720P
  - 最大リフレッシュレート:  
30Hz



# MotorStorm 2

- 半透明ユーザーインターフェース



# STAR STRIKE HD



# STAR STRIKE HD

- パフォーマンス
  - 最大解像度:  
1080P
  - 最大リフレッシュレート:  
60Hz



# STAR STRIKE HD

- 負の視差を活用



## 研究中の技術

- 深度バッファから視差を生成する方法

## 深度バッファから視差を生成

- 片方の映像をレンダリングして、深度バッファの情報を使ってもうひとつの映像を生成する



## 深度バッファから視差を生成

- 隠れているところは、推定する
- 半透明や反射(映り込み)などの効果は苦手



# Acknowledgements



- "Le petit journal pour rire": French magazine published in 1869
- F Drouin, "The Stereoscope and Stereoscopic Photography" published in 1894
- © Ian Bickerstaff
- Reynaud, Tambrun & Timby "Paris in 3D; from Stereoscope to Virtual Reality 1850-2000" published in 2000
- F Drouin, "The Stereoscope and Stereoscopic Photography" published in 1894
- Radio News November 1928
- © Ivan Sutherland

## 3D立体視ゲーム体験デモ



Thank you



Q&A