

先端VRドクトラルシンポジウム (2021.07.16)

錯視・錯覚研究からみる Virtual Realityとその技術

東京大学 大学院情報理工学系研究科
稲見研究室 博士課程2年

久保田 祐貴

略歴・研究歴

久保田 祐貴（稲見研・博士後期課程2年）

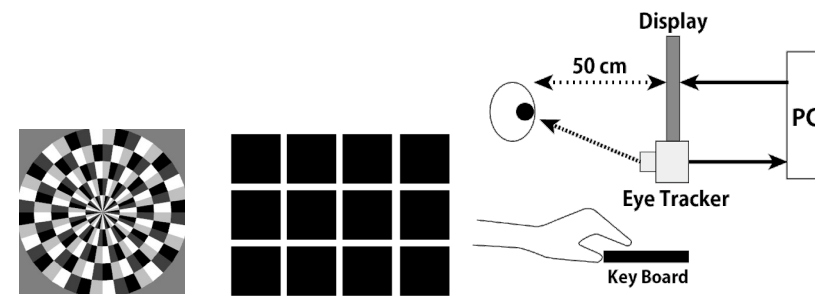


2017-2018 石坂研究室 工学部物理工学科（物性研究）

卒論: 超伝導体 α -PdBi₂におけるトポロジカルバンド構造の観測

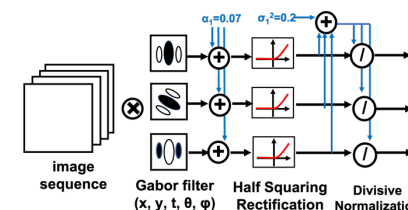
2018-2020 石川グループ研究室 情報理工学系研究科

修論: 眼球運動に同期した錯視の動的視覚補償



2020-Now 稲見研究室 情報理工学系研究科

研究テーマ: 錯覚の計算論的・心理物理学的理解と人間拡張工学への応用



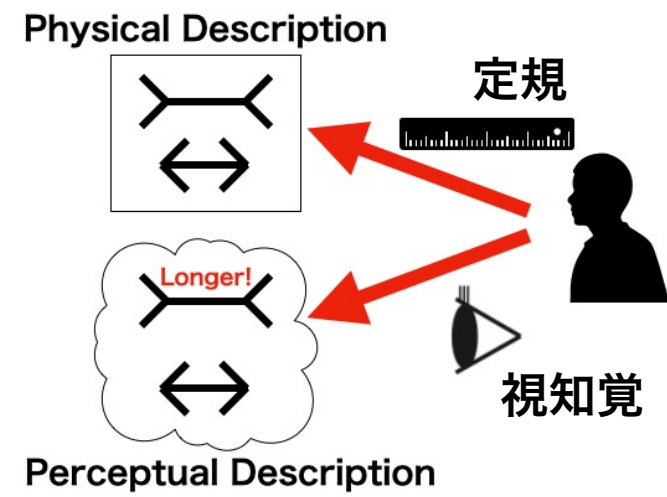
その他, 研究活動とともに, 科学コミュニケーション（科学を伝える）活動を実践（2014-Now）

錯視研究とVirtual Reality

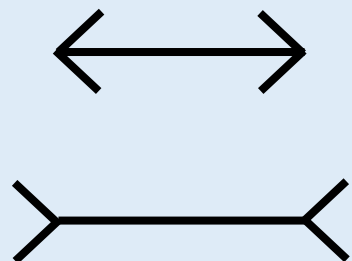
錯覚 = 「物理的描像」と「知覚的描像」の間の齟齬

e.g. Müller-Lyer錯視

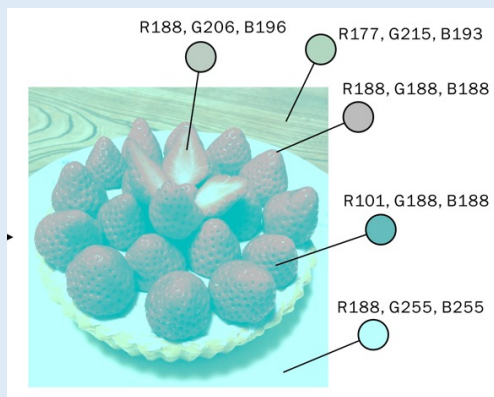
- 物理的描像：「定規で測った時の」矢印の長さは同一
- 知覚的描像：「見たままの」矢印の長さは異なる



Müller-Lyer錯視



色の恒常性



<http://www.psy.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/VSJ2017.html>

坂道錯視



Four-Stroke Apparent Motion

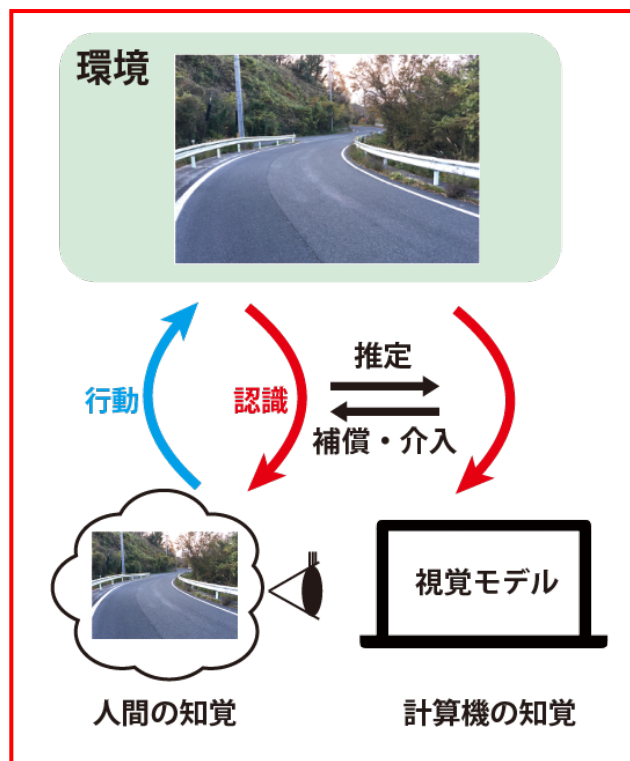


錯視研究とVirtual Reality

Virtual Reality研究とのつながり

錯覚理解

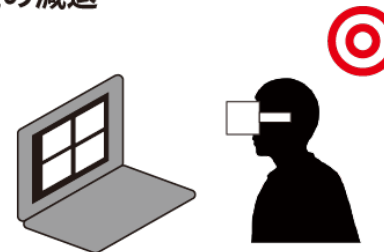
計算機モデル
心理物理実験



錯覚への気づき



錯覚の減退



錯覚応用

錯覚への気づき
錯覚の減退

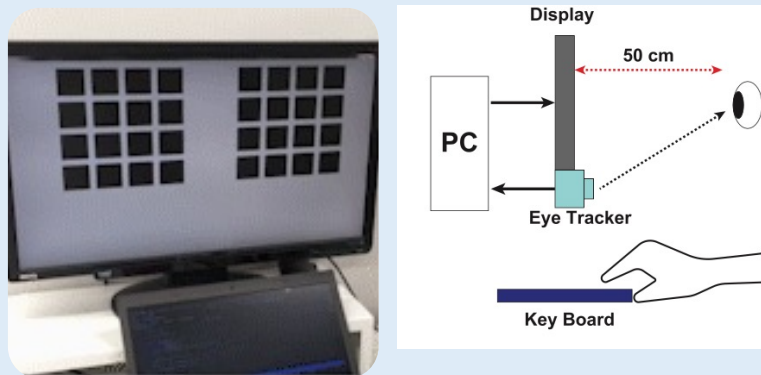
錯覚・錯視現象：人間の知覚特性を色濃く反映

→錯視・錯覚理解を通じて、VR環境を構成する手がかりを得る

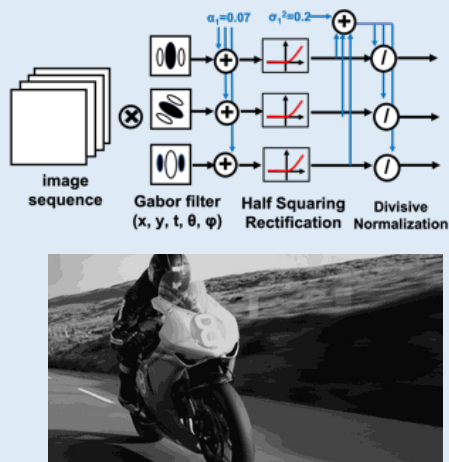
→気づかない「錯覚」への気づきを与える & 不要な「錯覚」を適切に減退させる

これまでの研究の概略

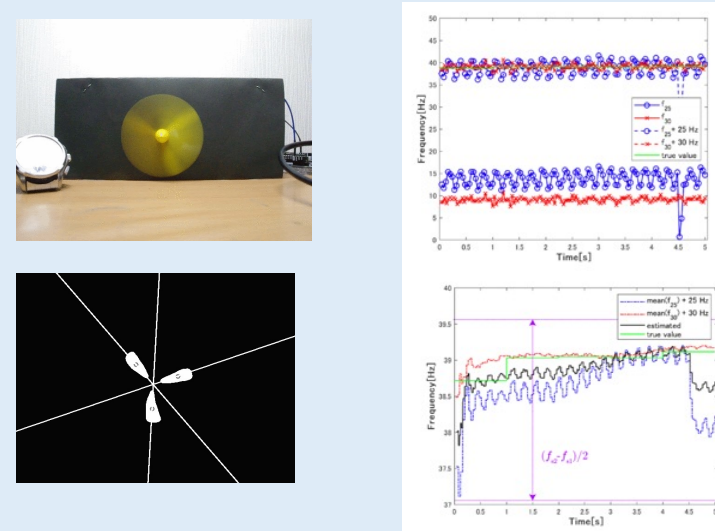
眼球運動に依存する錯視効果の減退



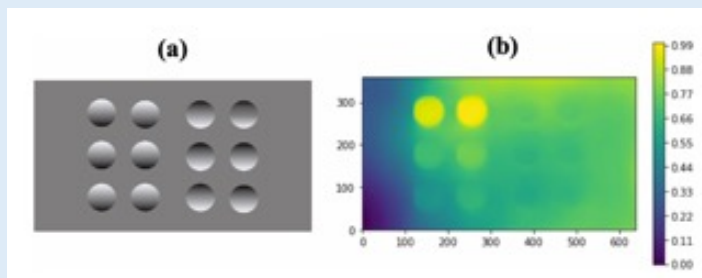
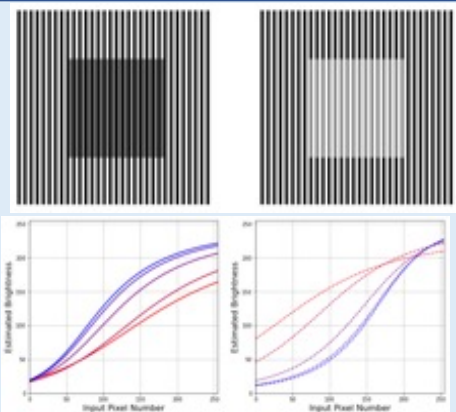
視覚モデルに基づく錯覚生成



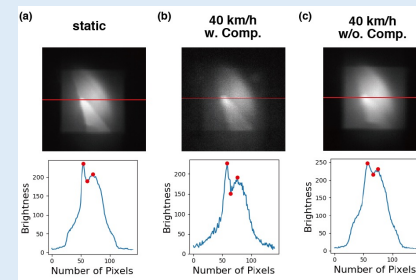
複数カメラを用いた角周波数測定



“錯覚する”機械学習モデル評価



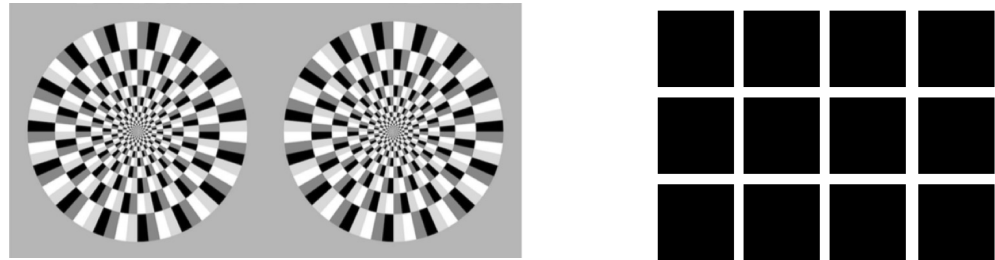
浮き・剥離の高速点検



研究例① 眼球運動に依存した錯覚補償

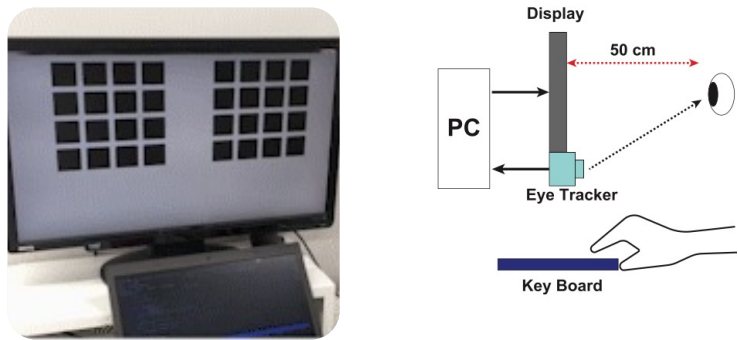
Y. Kubota, T. Hayakawa, M. Ishikawa, PLoS ONE 16(3) / e0247937 (2021).

眼球運動に依存する錯視群

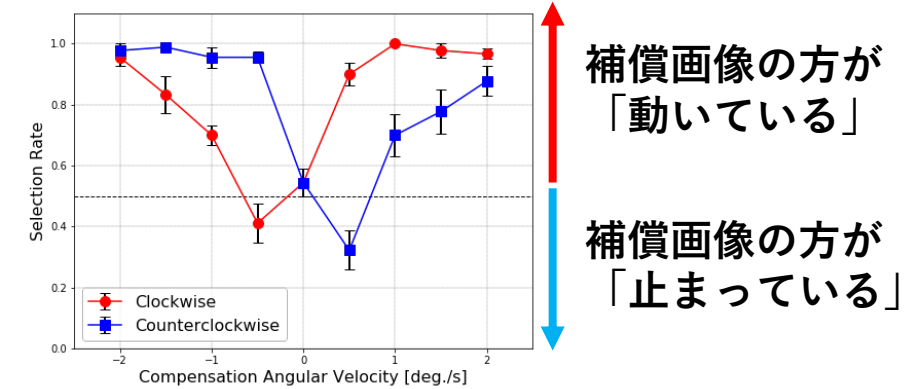
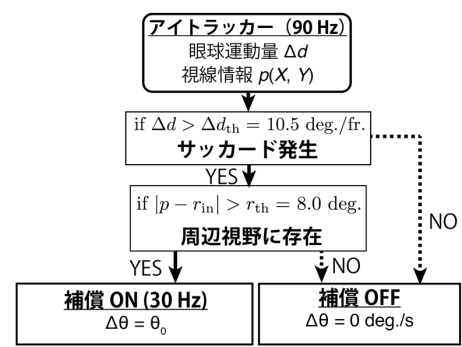


眼球運動に依存する知覚成分を、アイトラッカーを組み込んだシステムを用いて、補償・補正することは可能か？

アイトラッカーを組み込んだ補償システム

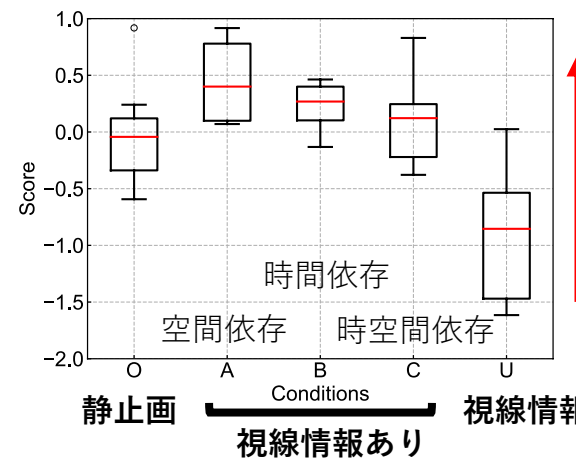


補償アルゴリズム



補償画像の方が「動いている」

補償画像の方が「止まっている」



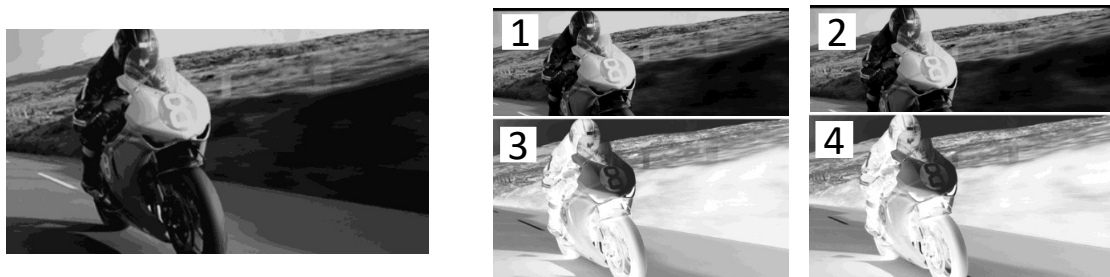
減退効果大

眼球運動に依存する錯視群の錯視効果を減退できるか？

- ✓ アイトラッカーを組み込んだ補償システム & 錯視効果に合わせた補償アルゴリズム開発
- 視線情報を用いた補償が、視線情報を用いない場合よりも錯視効果を適切に減退することを実験で確認

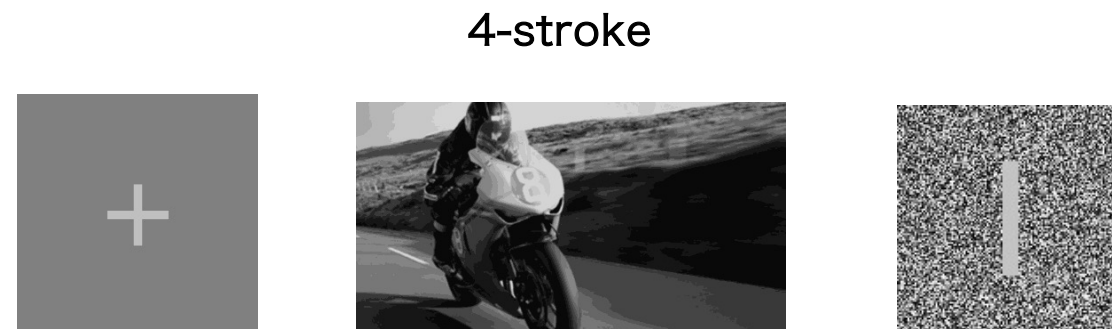
研究例② 視覚モデルに基づく錯覚生成

Four Stroke Apparent Motion



4枚の画像の繰り返しで、一方向の運動が知覚される錯覚現象
→この錯覚を「画像最適化」により生成・検証できないか？

Takahiro Kawabe, Yuki Kubota, and Taiki Fukiage, Vision Sciences Society (VSS) 2021, Poster D83

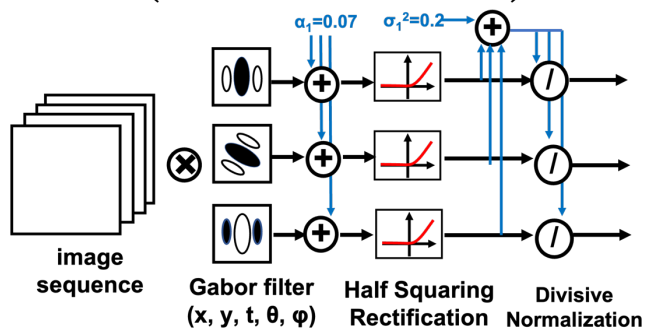


3-stroke

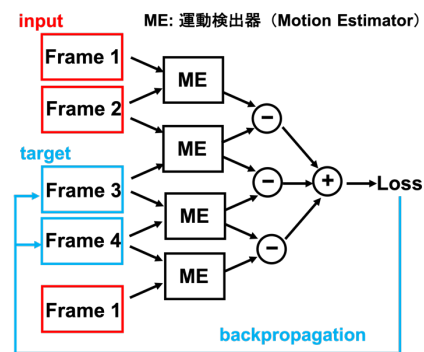
5-stroke



運動推定器 (Motion Estimator)



最適化による錯覚生成



Four-Stroke Apparent Motion (FSAM) 錯覚は、画像最適化を用いて生成可能か？

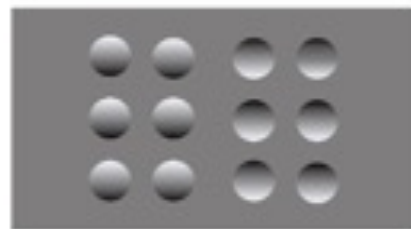
- ✓ 初期視覚モデル (V1) を用いた運動推定器 & 一方向の運動が生成されるように画像最適化
- 4-strokeの錯覚のほか、3-strokeや5-strokeなどの錯覚も生成可能に

研究例③ “錯覚する”機械学習モデル評価

Munker-White錯視

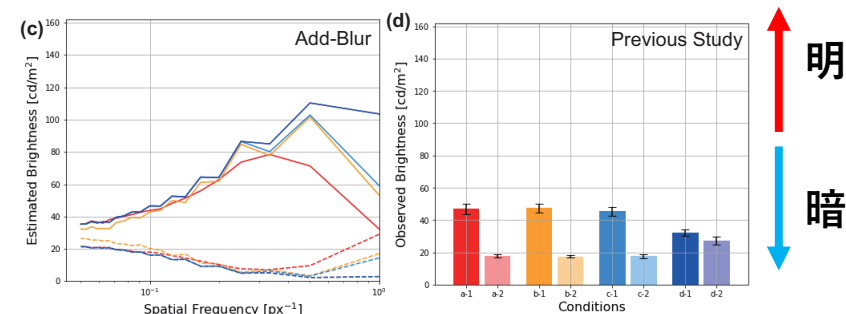


Crater錯視

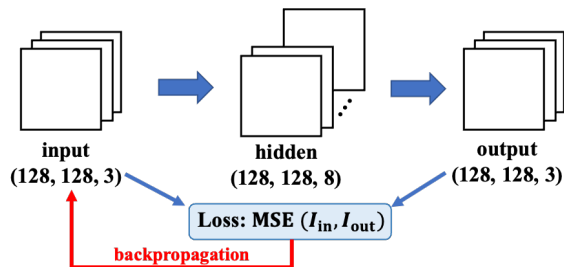


Yuki Kubota, Atsushi Hiyama, Masahiko Inami, Augmented Humans (AHs) 2021, Proceedings, pp.174-182
Ryota Mima, Yuki Kubota, and Masahiko Inami, Artificial Life (ALIFE) 2021 [accepted]

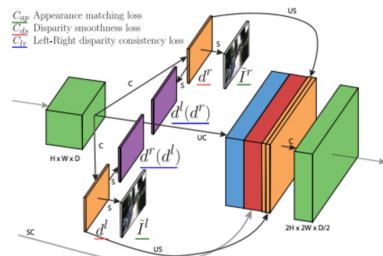
機械学習モデルにおける“錯覚”をどのように評価すべきか？



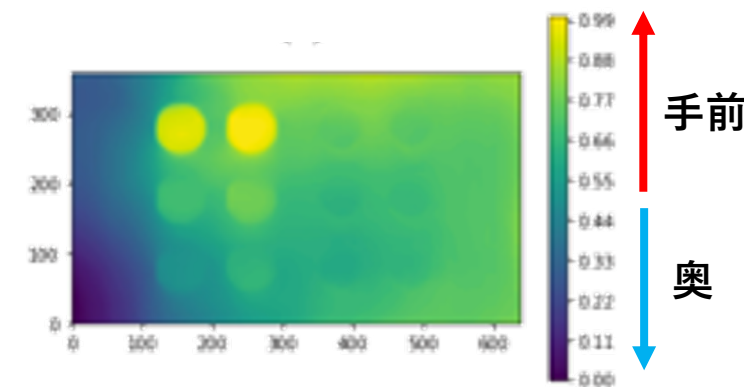
CNNモデル



MonoDepth (単眼奥行き推定)



Godard, Clément, Oisín Mac Aodha, and Gabriel J. Brostow. "Unsupervised monocular depth estimation with left-right consistency." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2017.



機械学習モデルは“錯覚”するのか？ 学習モデルにおける錯覚をどのように評価すべきか？

- ✓ 単眼奥行き推定モデルでの奥行き錯覚推定・心理物理実験と計算機モデルの出力を対応させた輝度錯覚評価
- Munker-White錯視やCrater錯視の心理物理的な特性を再現する結果を得た

Virtual Realityと錯覚研究の可能性

Virtual Reality

みかけは現実ではないが
実質的には現実であること

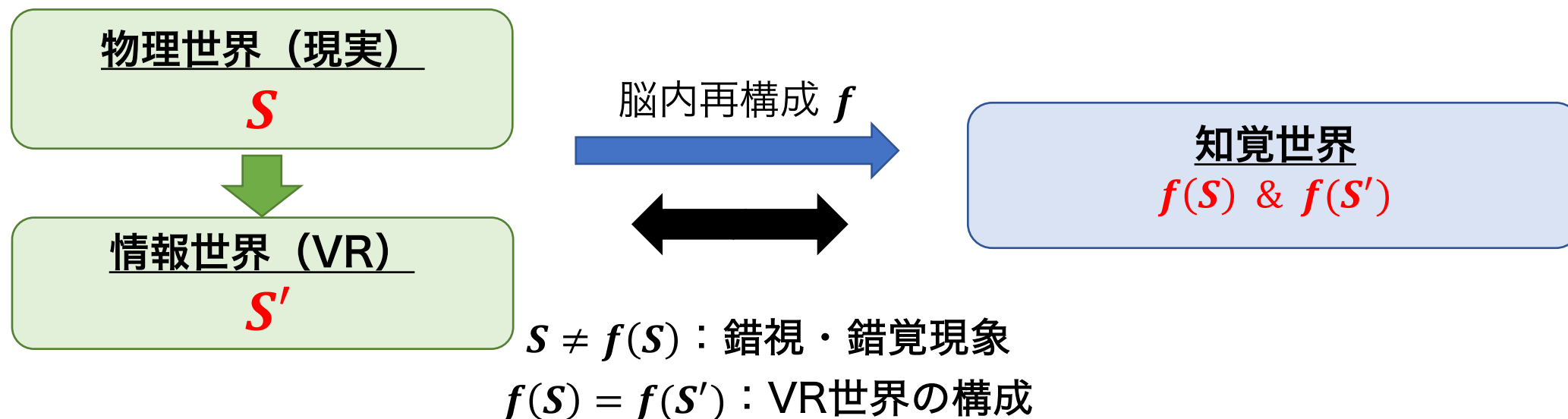
『バーチャルリアリティ学』（日本バーチャルリアリティ学会）

錯覚・錯視

観察対象の物理特性と

知覚されたもの（知覚表象）が異なる現象

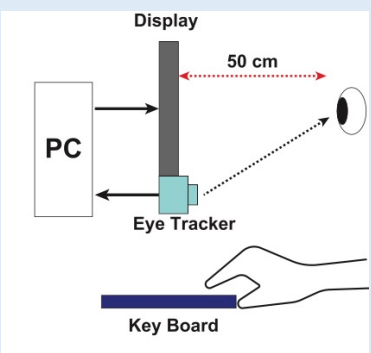
北崎充晃."ユビキタス・イリュージョン." 日本バーチャルリアリティ学会誌10.1 (2005): 13-18.



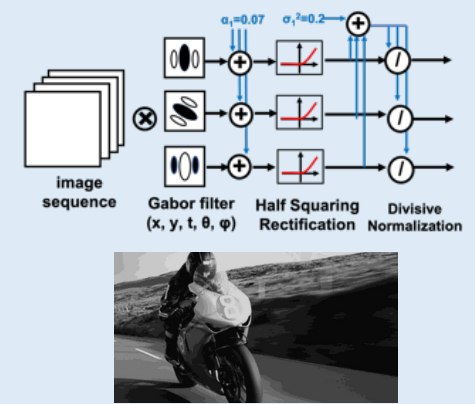
物理世界と知覚世界のずれ＝錯覚・錯視を活用することで、
（より効率的に） 「実質的に同じ」 現実を生成できる可能性

錯覚とVirtual Realityを取り巻く可能性

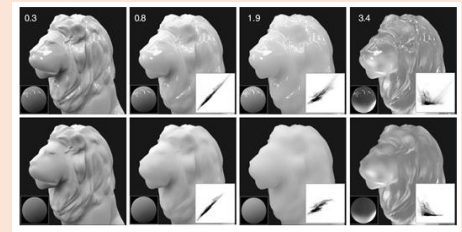
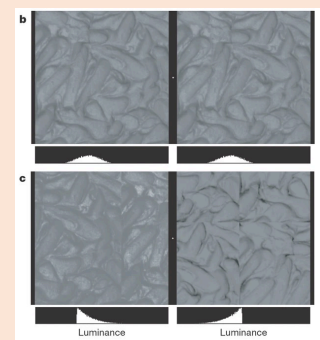
眼球運動に依存する錯視効果の減退



視覚モデルに基づく錯覚生成



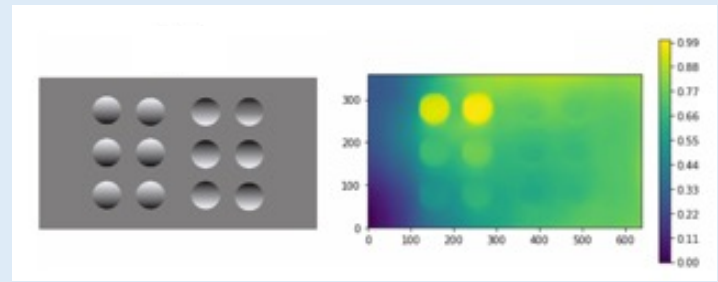
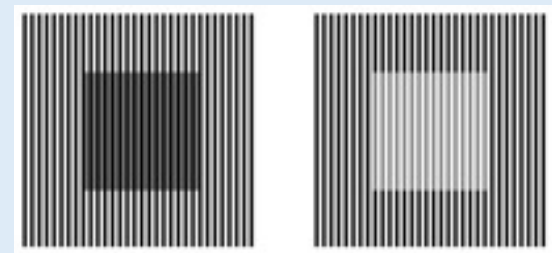
歪度操作に基づく半透明感操作



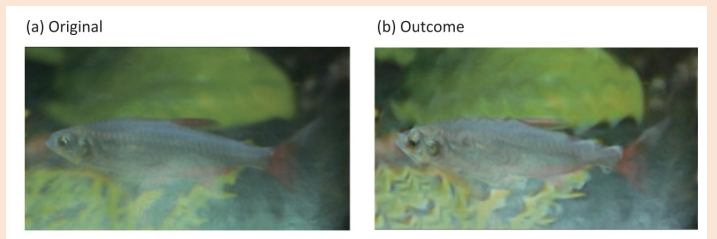
Motoyoshi, Isamu, et al. "Image statistics and the perception of surface qualities." *Nature* 447.7141 (2007): 206-209.

Motoyoshi, Isamu. "Highlight-shading relationship as a cue for the perception of translucent and transparent materials." *Journal of vision* 10.9 (2010): 6-6.

“錯覚する”機械学習モデル評価



変幻灯 (Deformation Lamps)



Kawabe, Takahiro, et al. "Deformation lamps: A projection technique to make static objects perceptually dynamic." *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)* 13.2 (2016): 1-17.

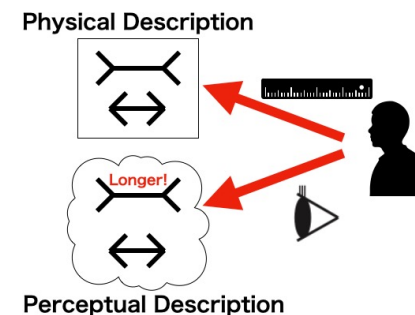
錯覚・錯視を通じた知覚特性の理解と活用

→効率的な情報提示・「錯覚」への気づきや減退などに応用可能

まとめ

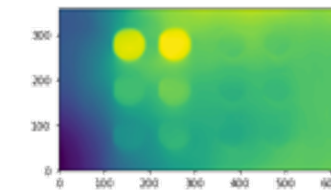
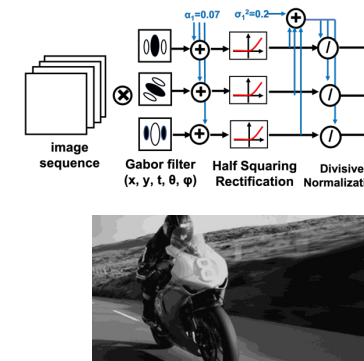
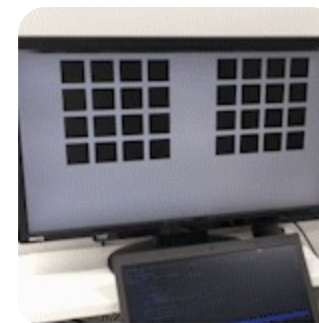
✓錯覚研究とVirtual Reality

- 錯覚：「物理的描像」と「知覚的描像」の齟齬
 - 錯覚・錯視理解を通じたVR環境構成のための手がかり
 - 錯覚への気づきや効果減退を行うシステム構築



✓これまでの研究例

- 眼球運動に依存した錯覚補償
- 視覚モデルに基づく錯覚生成
- “錯覚する”機械学習モデル評価



✓議論：錯覚とVRの関係と可能性

- 物理世界と知覚世界のずれ＝錯覚・錯視を活用することで、
(より効率的に) 「実質的に同じ」現実を生成できる。

