

不可能立体の進化

～脳が生み出す不条理の世界～

CREST「数学」領域「計算錯覚学の構築」(2010～2015)

杉原厚吉

(明治大学先端数理科学インスティテュート)

錯視(目の錯覚)の研究

錯視は、普段の生活で役に立っている目の機能が、極端な形で現れたもの。だから、その研究は、目で物を見る仕組みを調べる視覚科学の中心的テーマ。

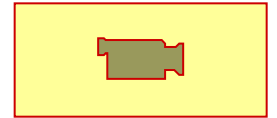
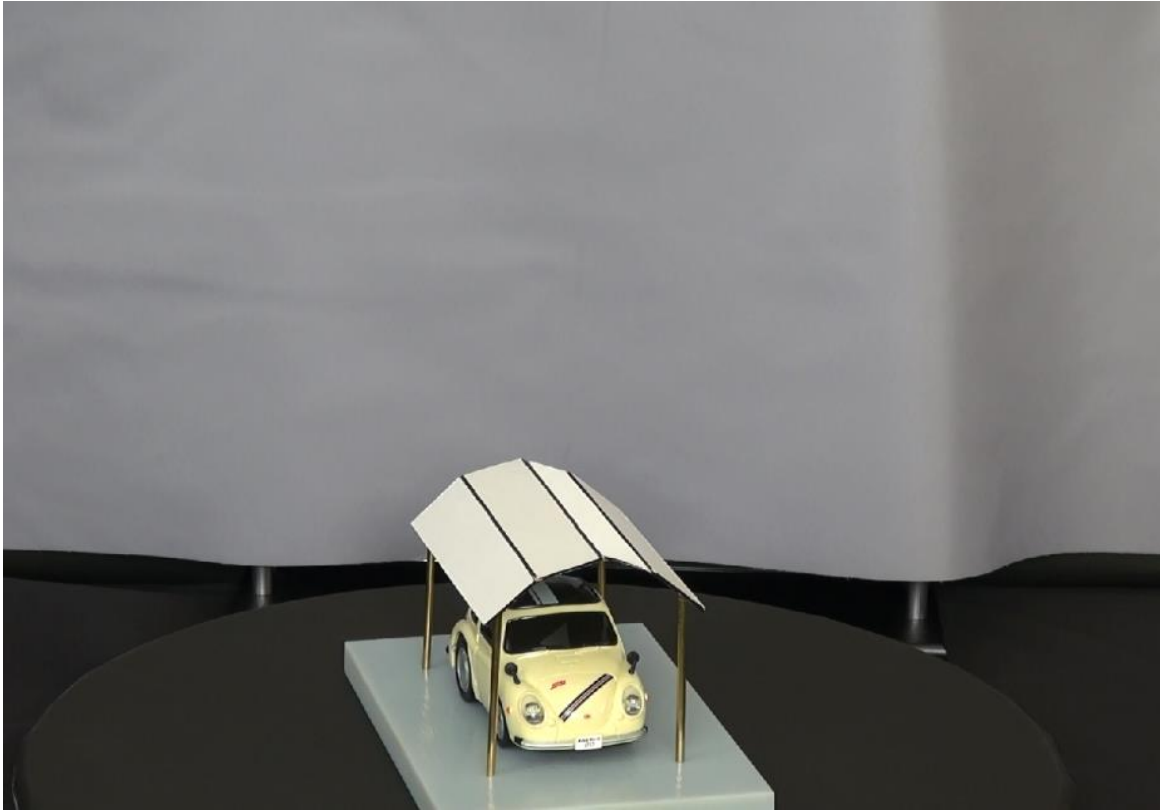
計算錯覚学

錯覚の仕組みを、数学を使って調べる。
錯覚の強さをコントロールできるようになる。
錯覚の最小化による安全な生活環境の整備
錯覚の最大化によるエンタテインメント素材の提供

不可能立体

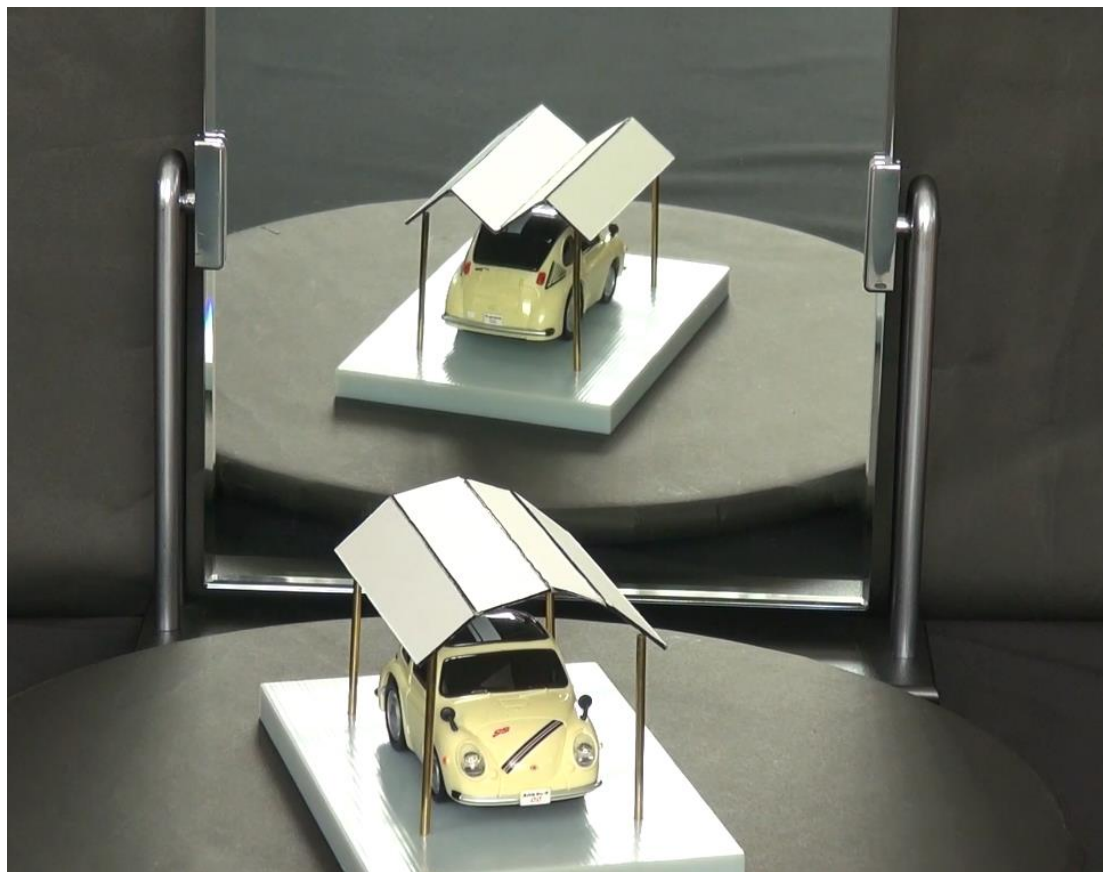
立体を知覚する場面で生じる錯視
新しい立体錯視が次々と発見されている(進化)

2015年ベスト錯覚コンテスト準優勝作品



私たちは、画像を見て立体の形を理解したつもりになります...

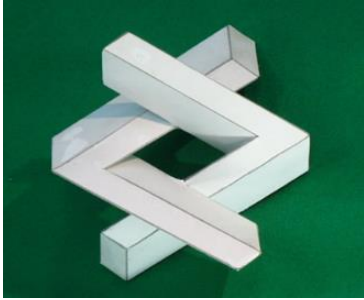
2015年ベスト錯覚コンテスト準優勝作品



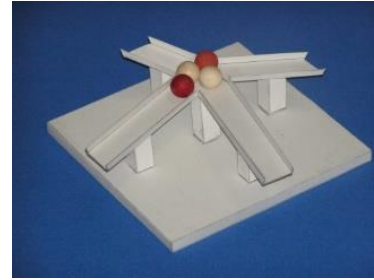
見ることは、非常に危うい作業である。

不可能立体の進化

第1世代:だまし絵立体(1980-)



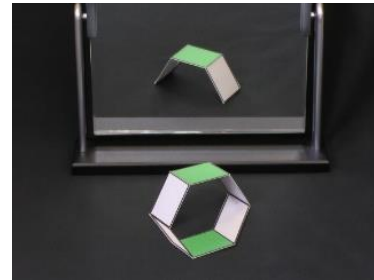
第2世代:不可能モーション立体
(1996-)



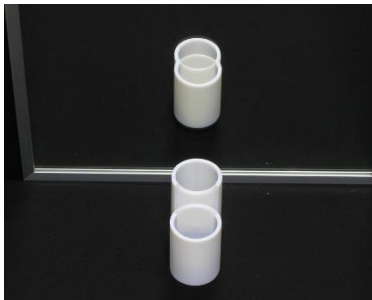
第3世代:変身立体(2014-)



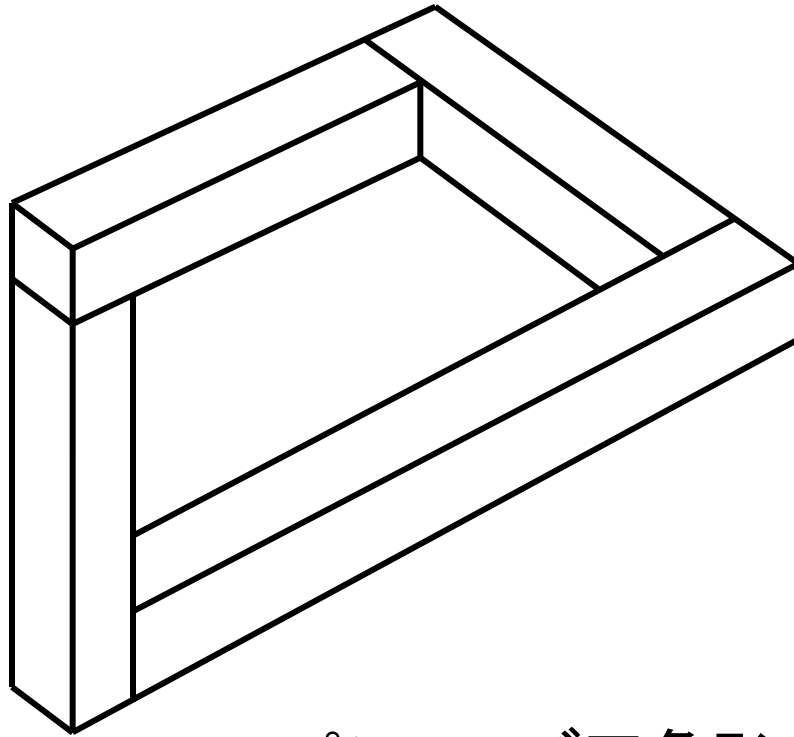
第4世代:透身立体(2015-)



第5世代:トポロジー攪乱立体(2016-)

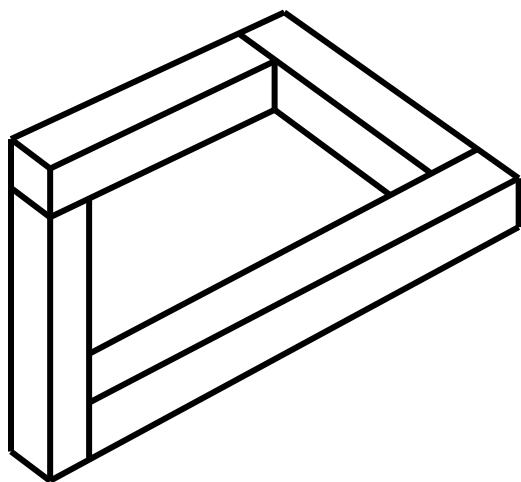


不可能立体のだまし絵

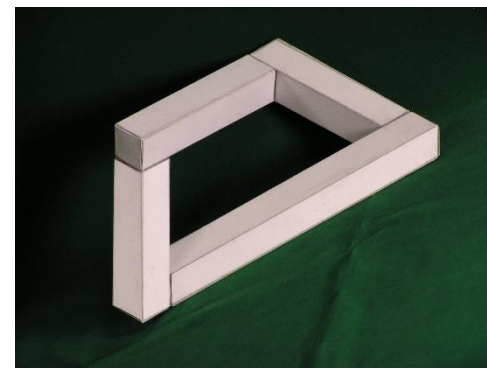
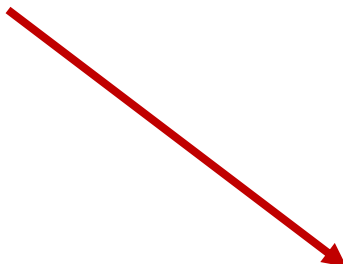
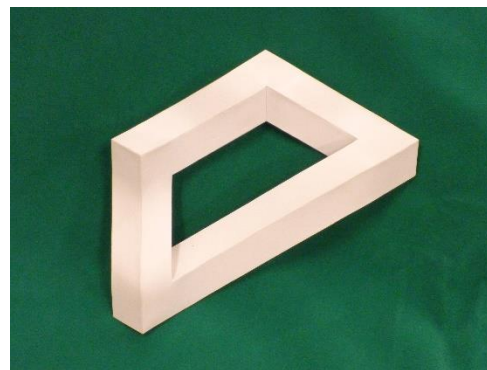
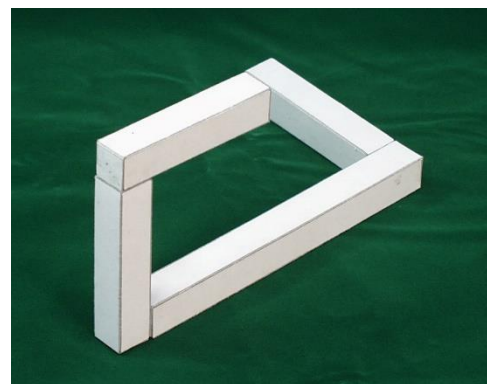
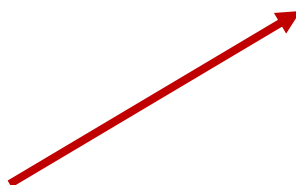


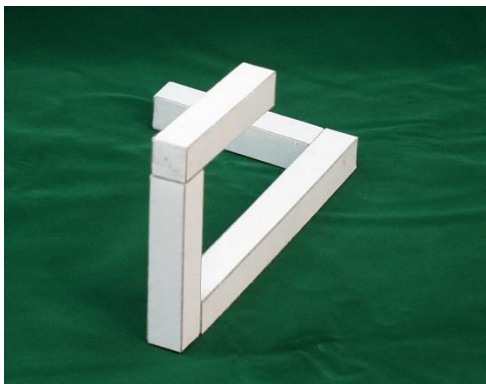
ペンローズ四角形

だまし絵の立体化

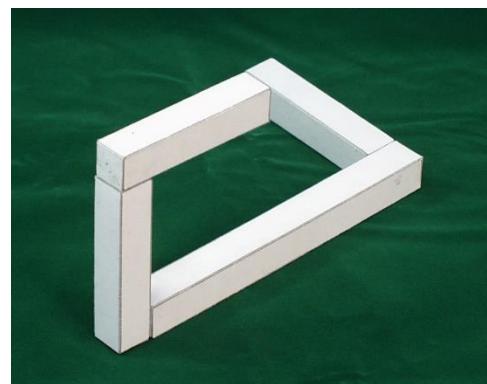
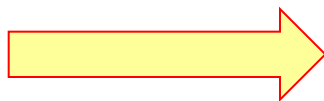


ペンローズ四角形

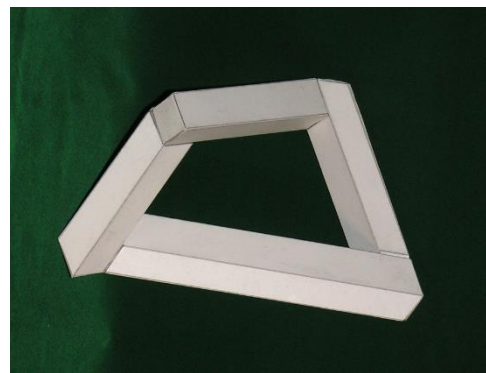
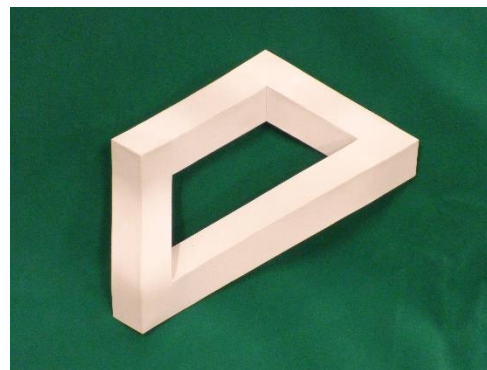
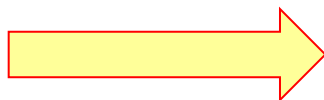




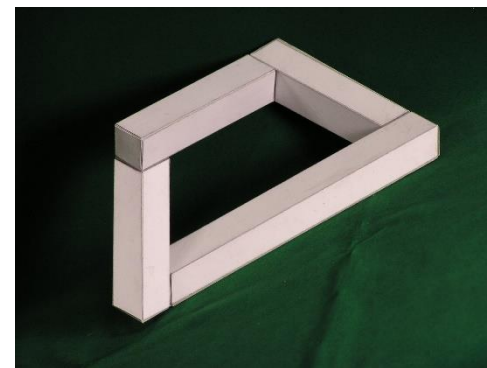
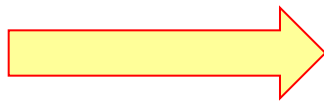
不連続のトリック

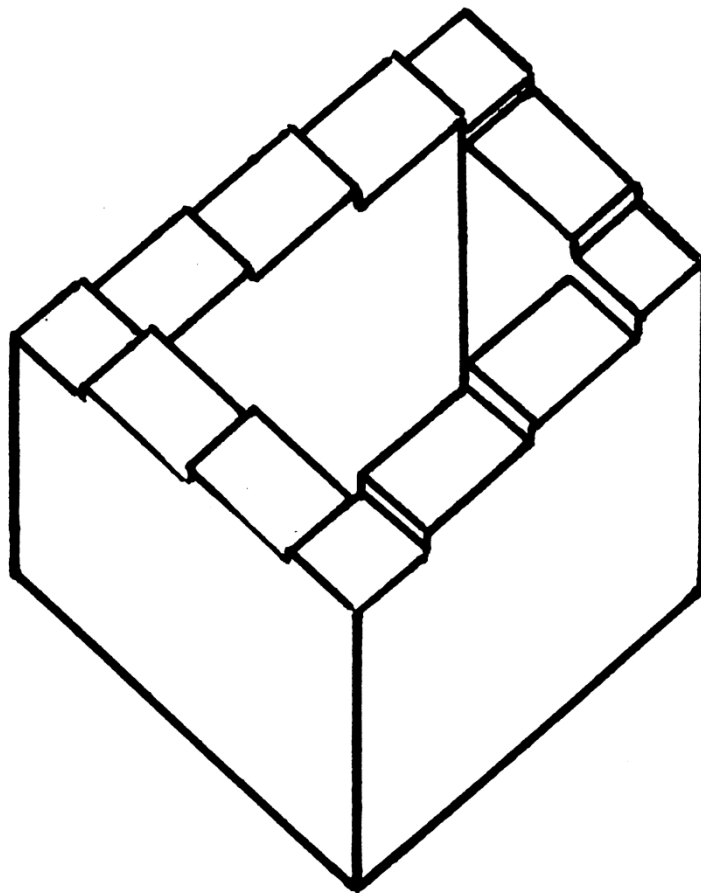


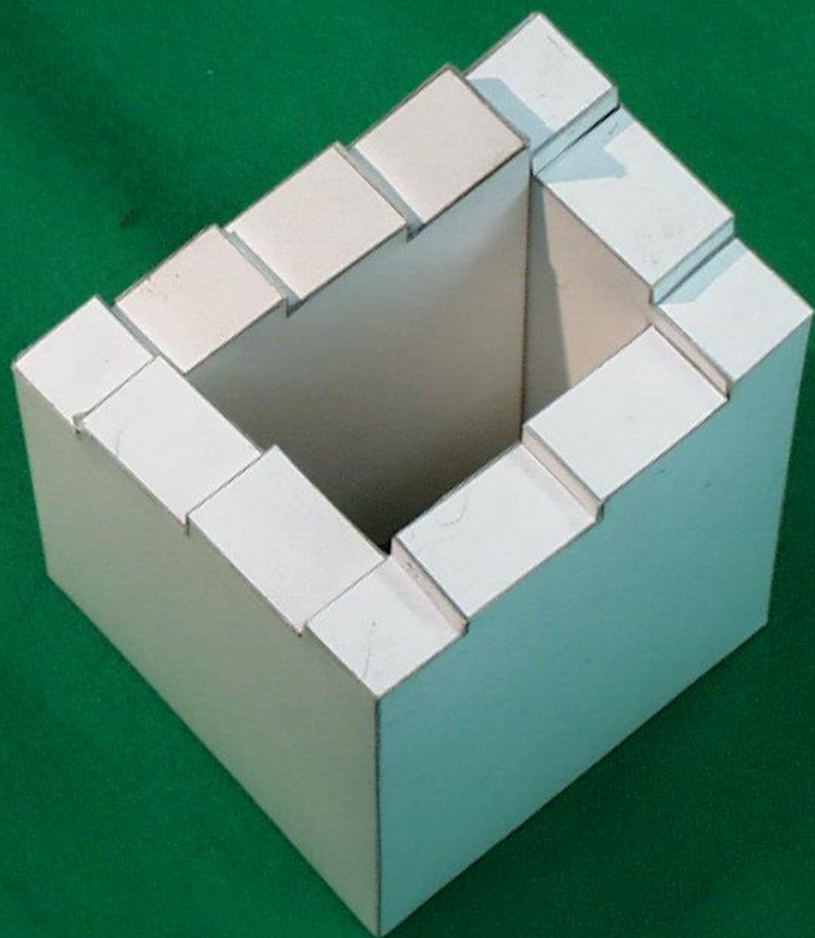
曲面のトリック

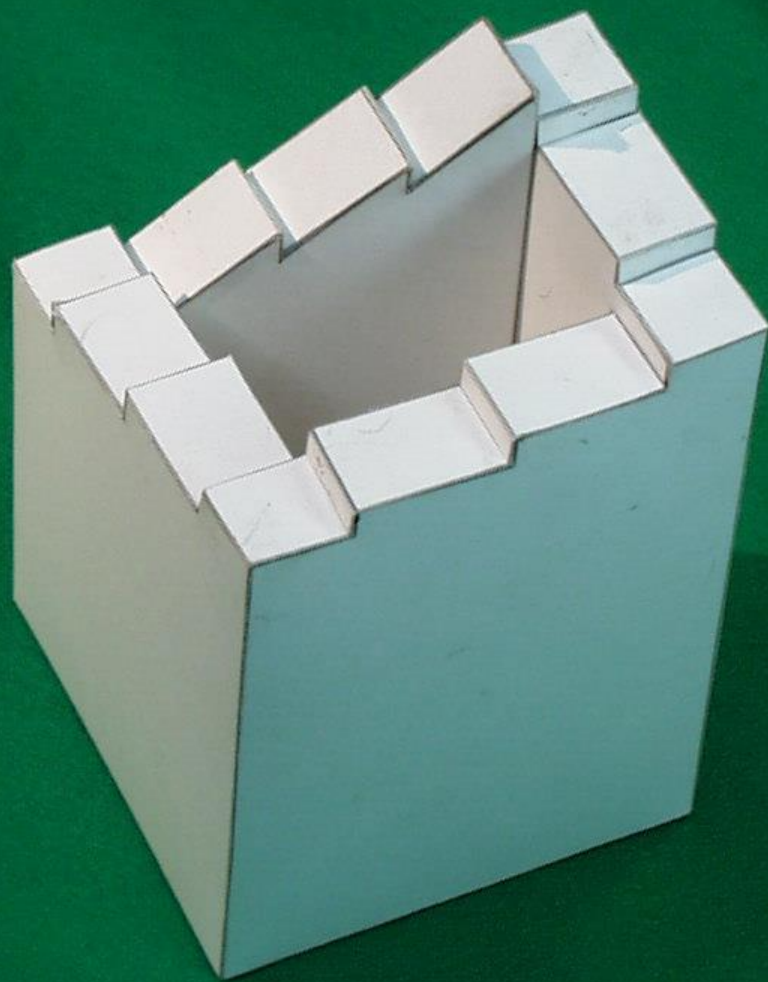


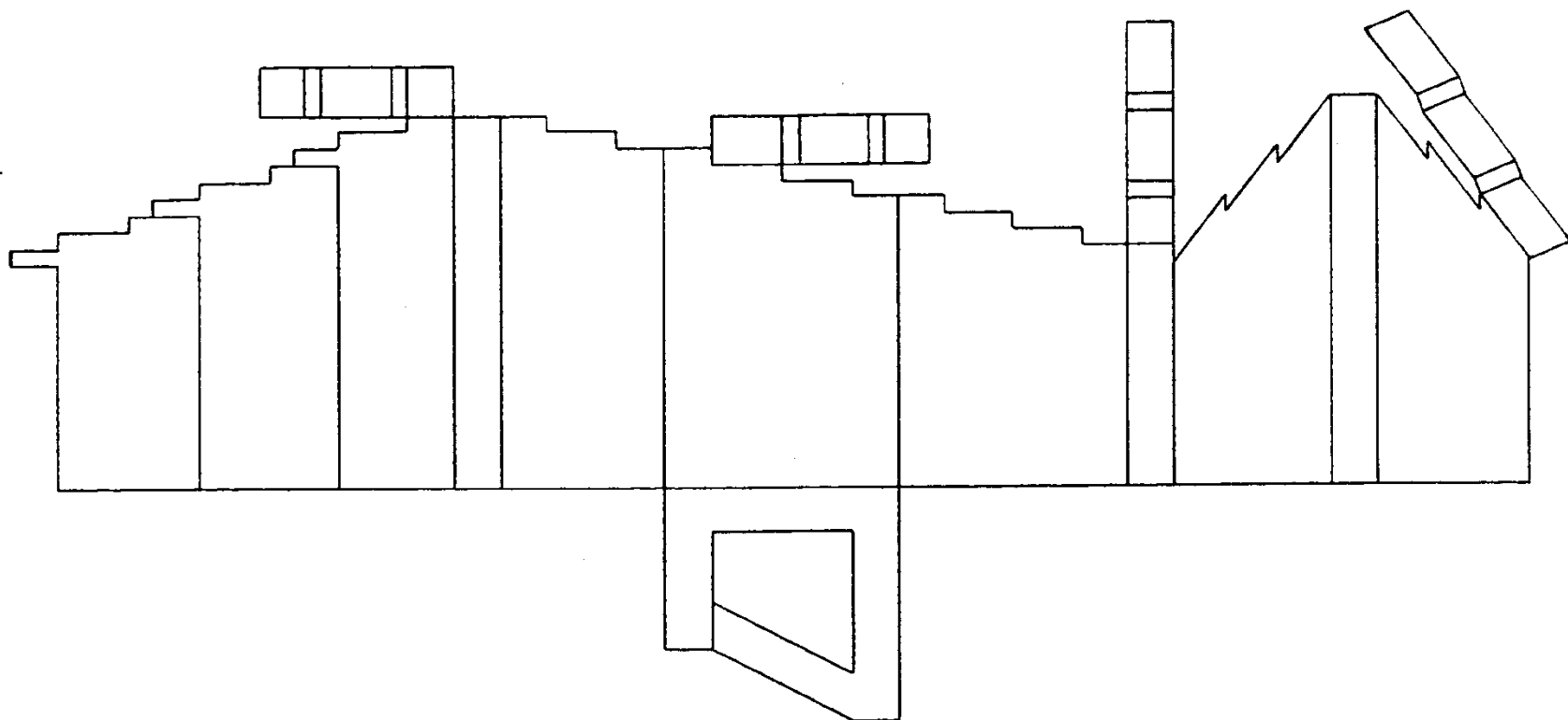
非直角のトリック





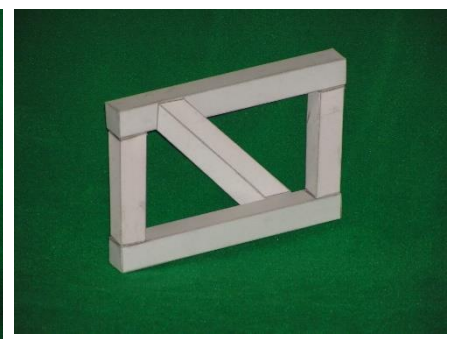
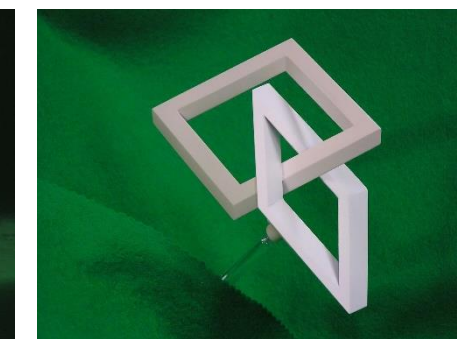
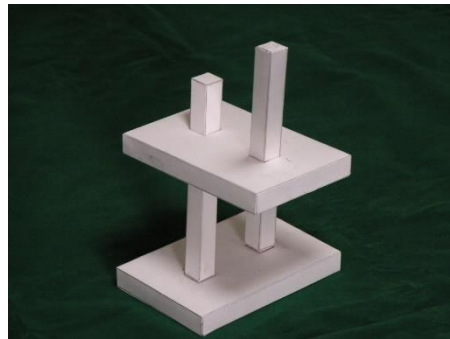
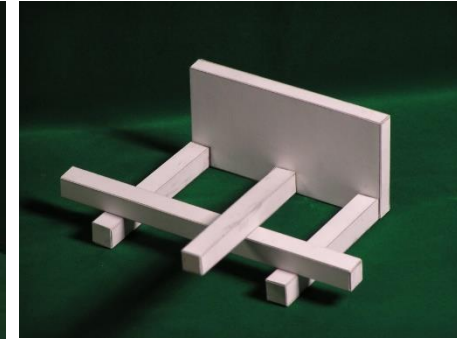
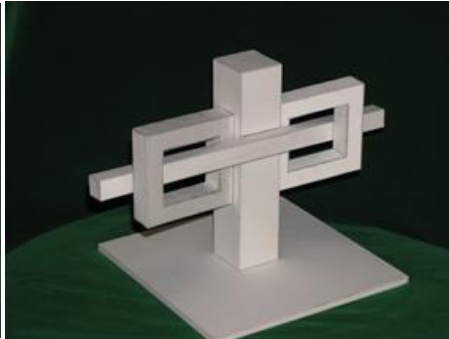
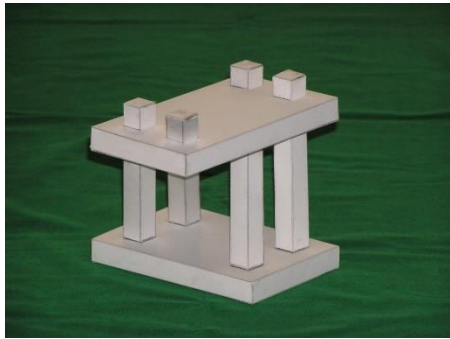
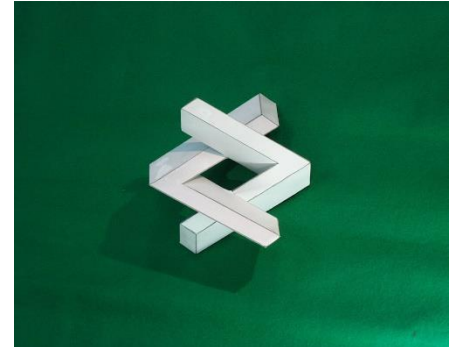
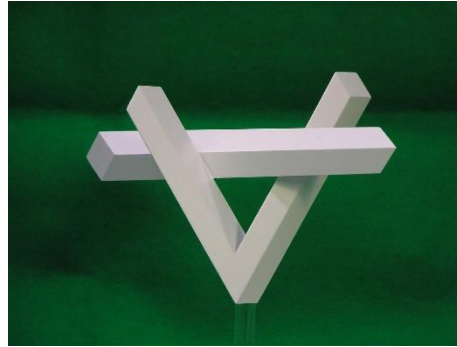
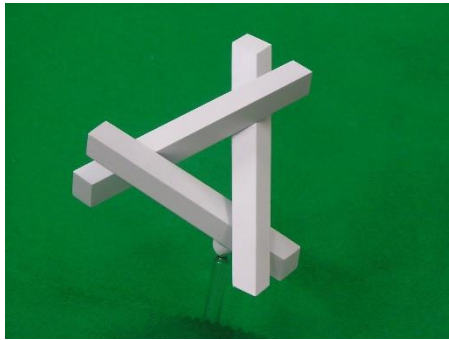
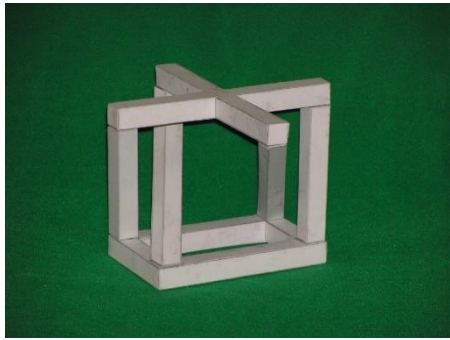






第1世代の不可能立体

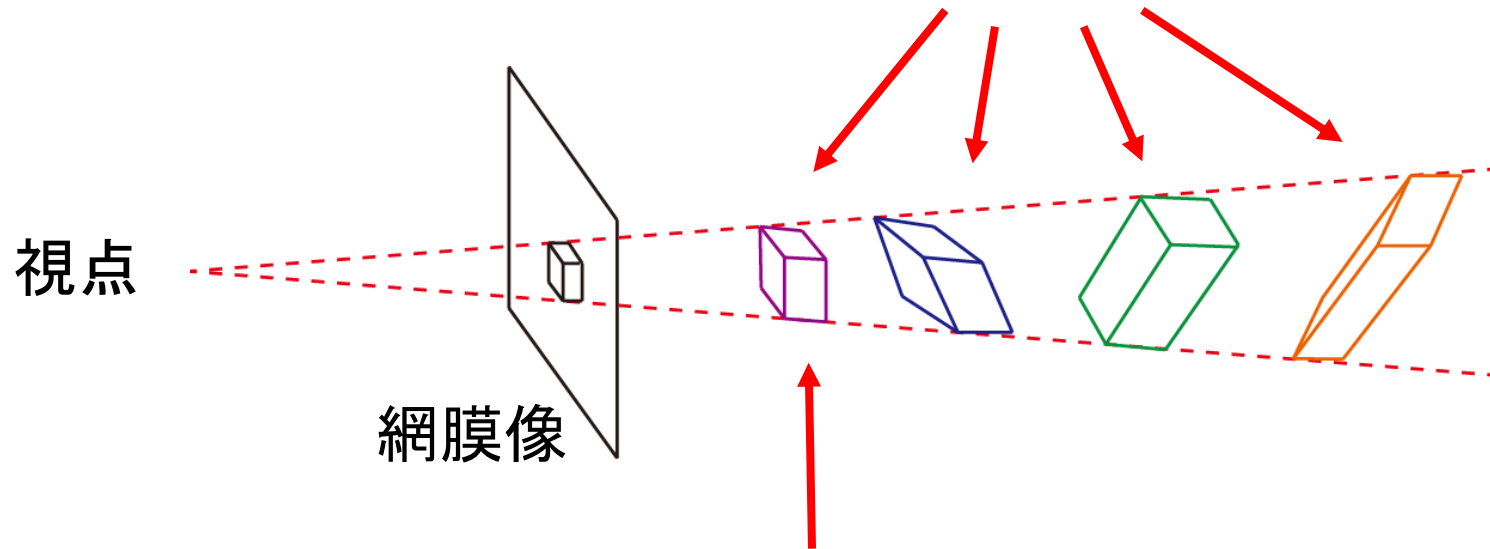
ありえない形が目の前にある「だまし絵立体」



立体錯視が起こる理由

数理的性質

一枚の画像には奥行の情報がない。

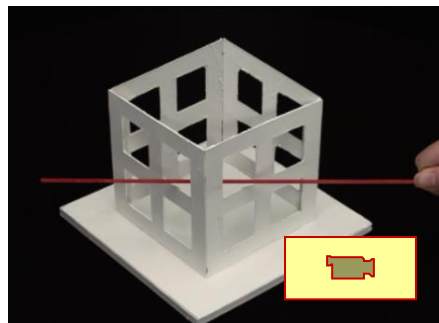
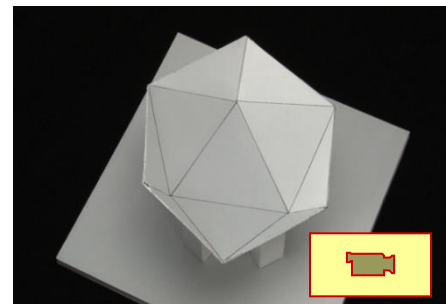
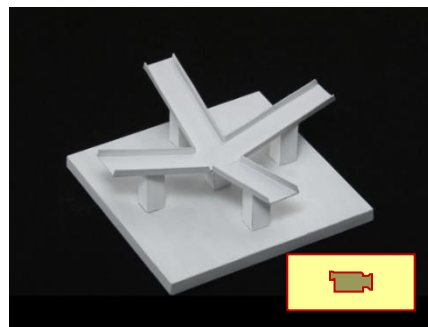
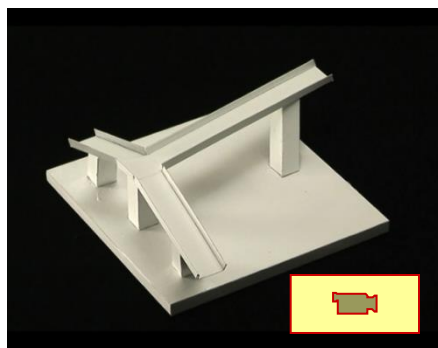
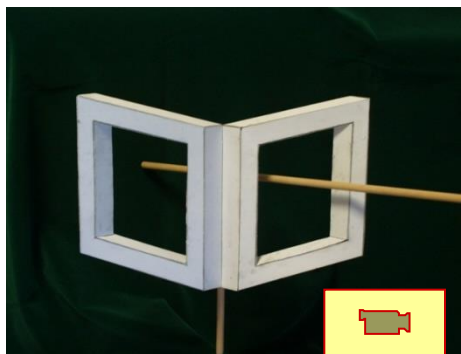


心理学的知見

脳は、特定の立体を思い浮かべる。
ほかの可能性には思い至らない。

第2世代の不可能立体

ありえない動きが見えてくる「不可能モーション立体」



縦断勾配錯視



香川県屋島ドライブウェイのお化け坂

等速接近車の錯視(コリジョンコース現象)

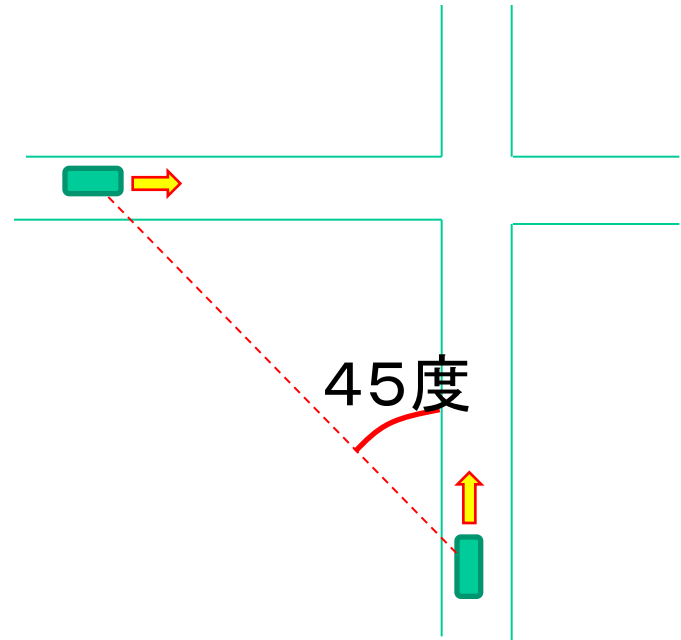
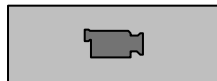
見通しの良い交差点で、出合頭の衝突が起こる。

止まって見える。

そもそも見えない。



直前まで気づかない



道路の錯視現象

1. 縦断勾配錯視(自分が走っている道路が上り坂か下り坂かを間違える現象)
2. 車線の錯視(対向車の車線を誤認する現象)
3. 信号の錯視(近い信号と遠い信号を逆に感じる現象)
4. 等速接近車の錯視(見通しのよい交差点に近づく車に気づかない現象)
5. ライトの高さと距離感(暗い道路でライトの高さから車の距離を誤認する現象)
6. 速度の錯視(トンネルを抜けた後の自分のスピードを遅く感じる現象)
7. 左右を逆に感じる錯視(鏡を通して見る景色を, 直接見る景色と混同する現象)
8. テールランプとブレーキの錯視(テールランプをブレーキランプと誤認する現象)
9. 歩行者を見やすくするために引っ込めた壁(歩行者通路を車室と誤認する現象)
10. 柵による死角(遠くからは見えるのに近づくと見えなくなる現象)

道路の錯視を 素材にした交 通安全教材

シンク出版株式会社

錯視・錯覚に注意して事故を防ごう

錯視・錯覚に 注意して 事故を防ごう

- 下り坂を上り坂と見誤る錯覚
- 上り坂の向うがカーブになっている車線の錯覚
- 車体の大きさによる距離感の錯覚
- 夜間はライトの高い車が遠くに見える錯覚
- カーブミラーに映る車の方向の錯覚

監修 杉原厚吉 (「計算錯覚学の構築」チームリーダー)



【変身するガレージ屋根】
ガレージの屋根が、鏡に映すと
別の形に変わって見えます

シンク出版株式会社
<http://www.shink-sha.com/>

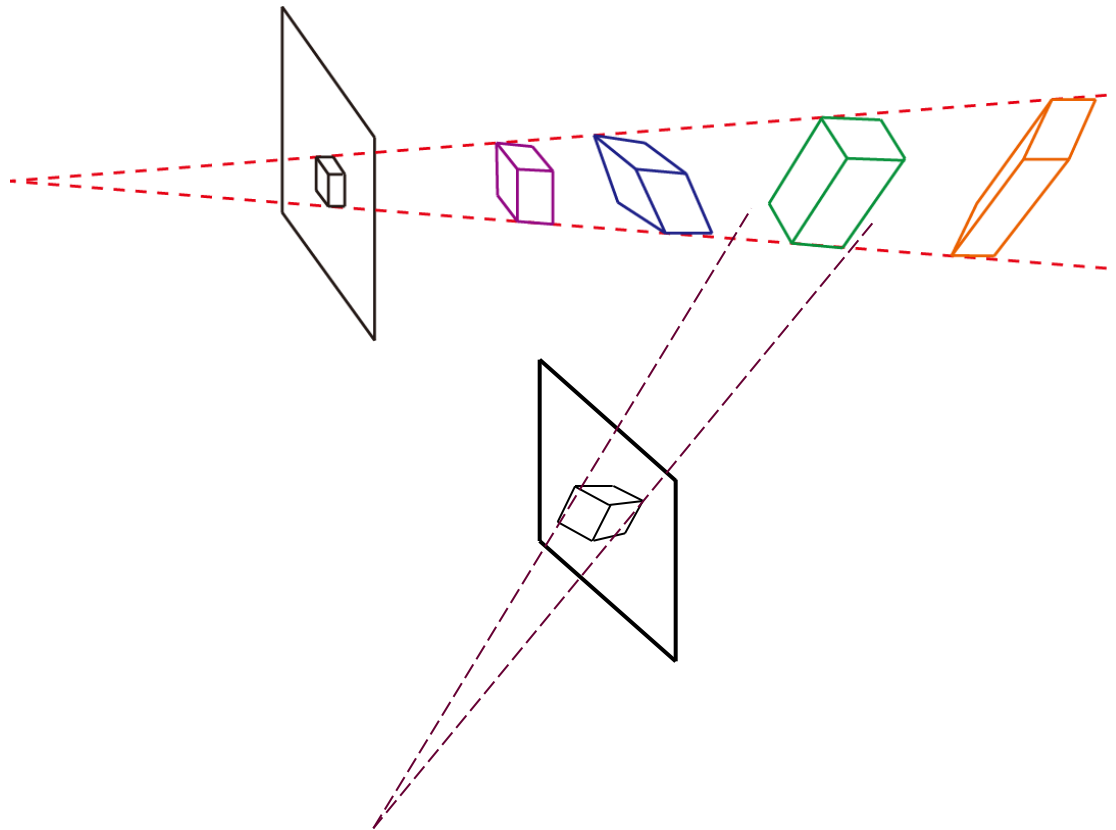
〒530-0041 大阪市北区大崎南1-7-15 (大崎南ビル5F)
☎06-6609-1959 1406-6609-0874
平成28年5月 初版発行 定価(税別)1400円＋税

【不許複製】





二つの方向からの見え方がわかると、立体は一意に確定する。

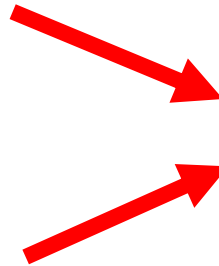


第3世代の不可能立体

鏡に映すと姿が変わる「変身立体」

画像には奥行
情報がない。

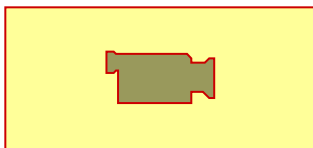
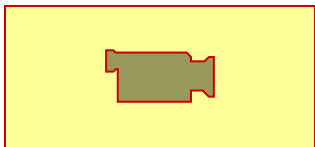
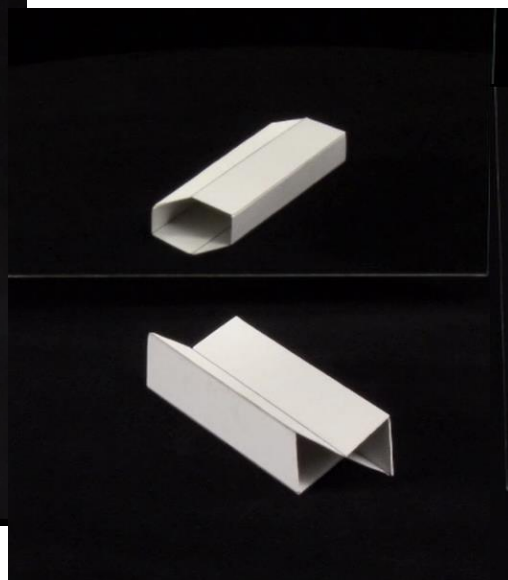
脳は直角が大
好きである。

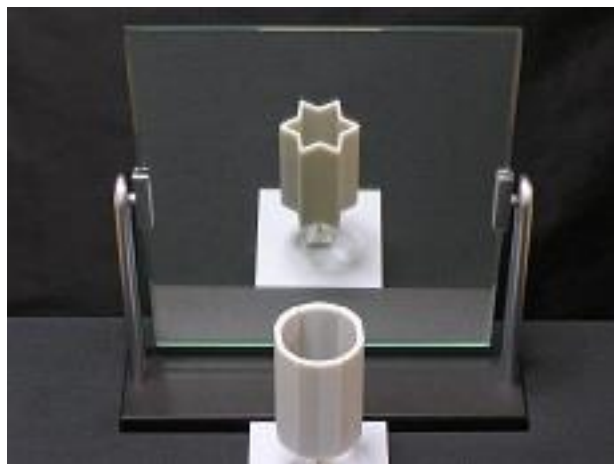


二つの方向から見た
とき、望の形に見える
立体が作れる。

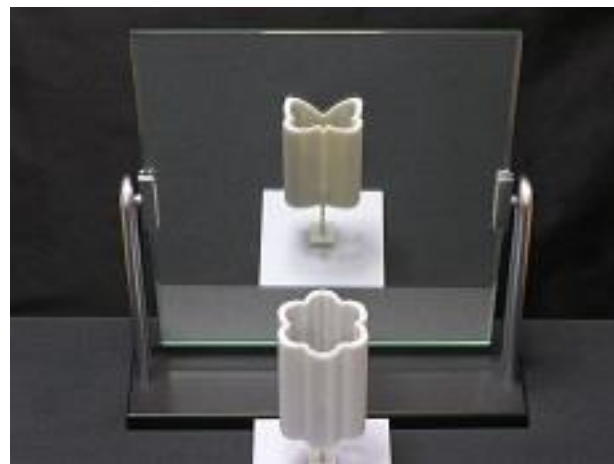
第3世代の不可能立体

鏡に映すと姿が変わる「変身立体」





満月と星



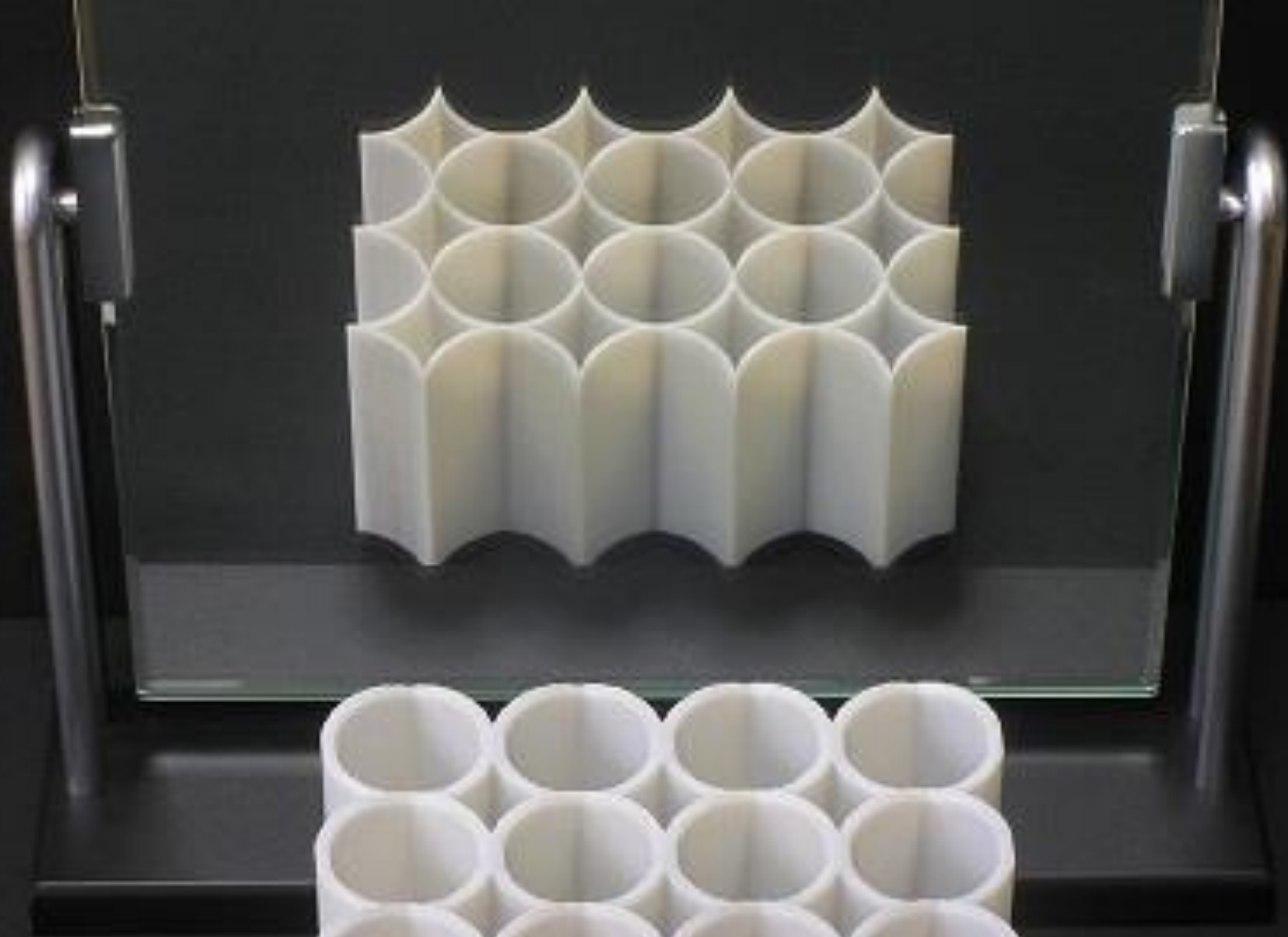
花と蝶



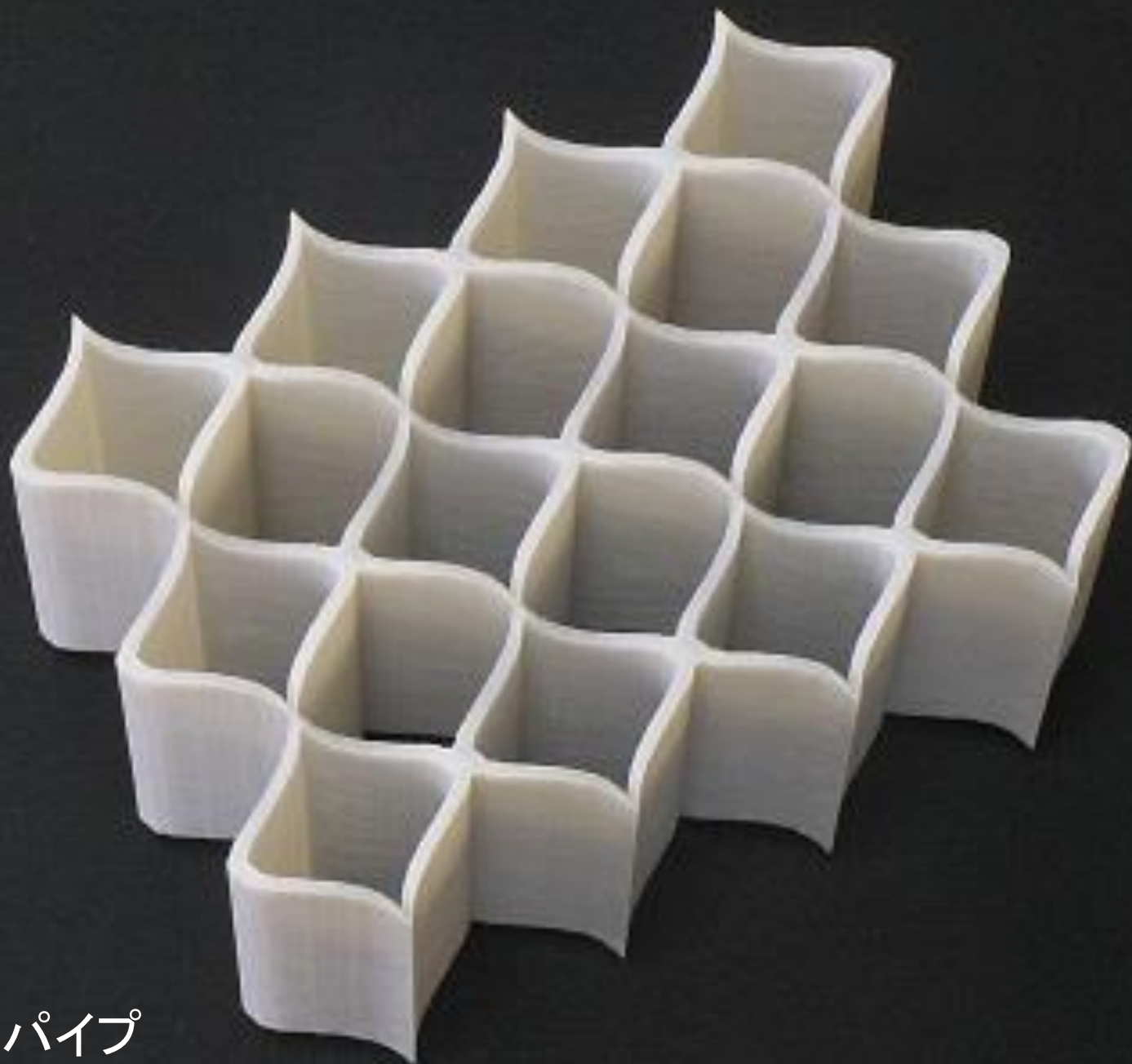
三日月と星



銀杏の葉の90度回転



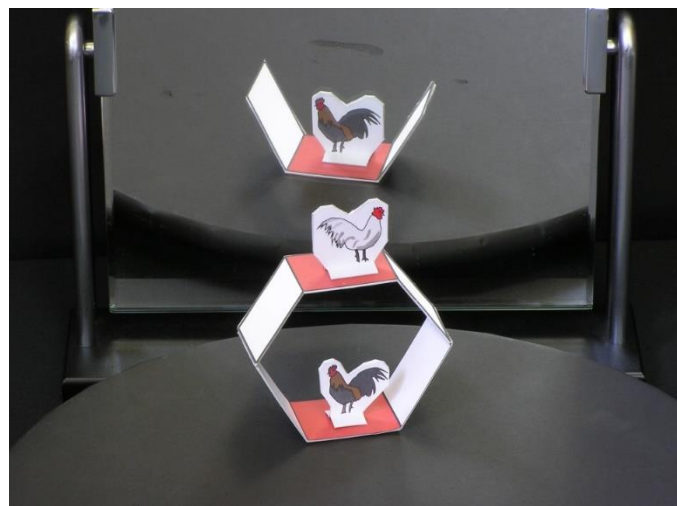
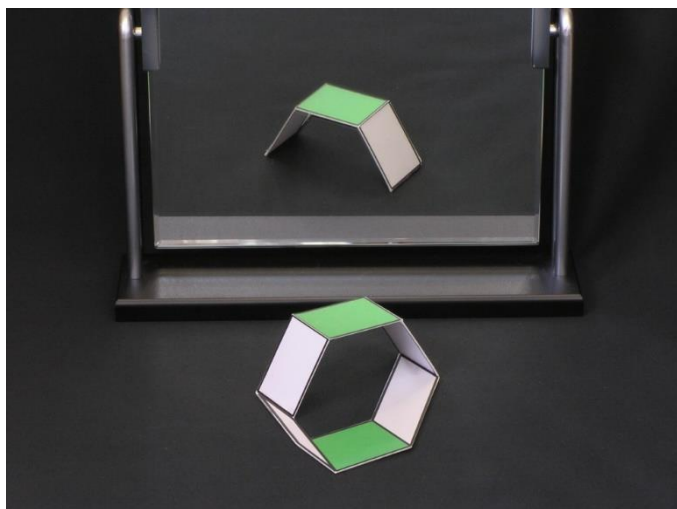
気まぐれパイプ



気まぐれパイプ

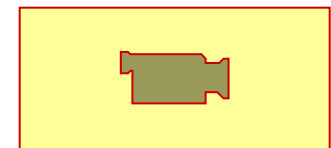
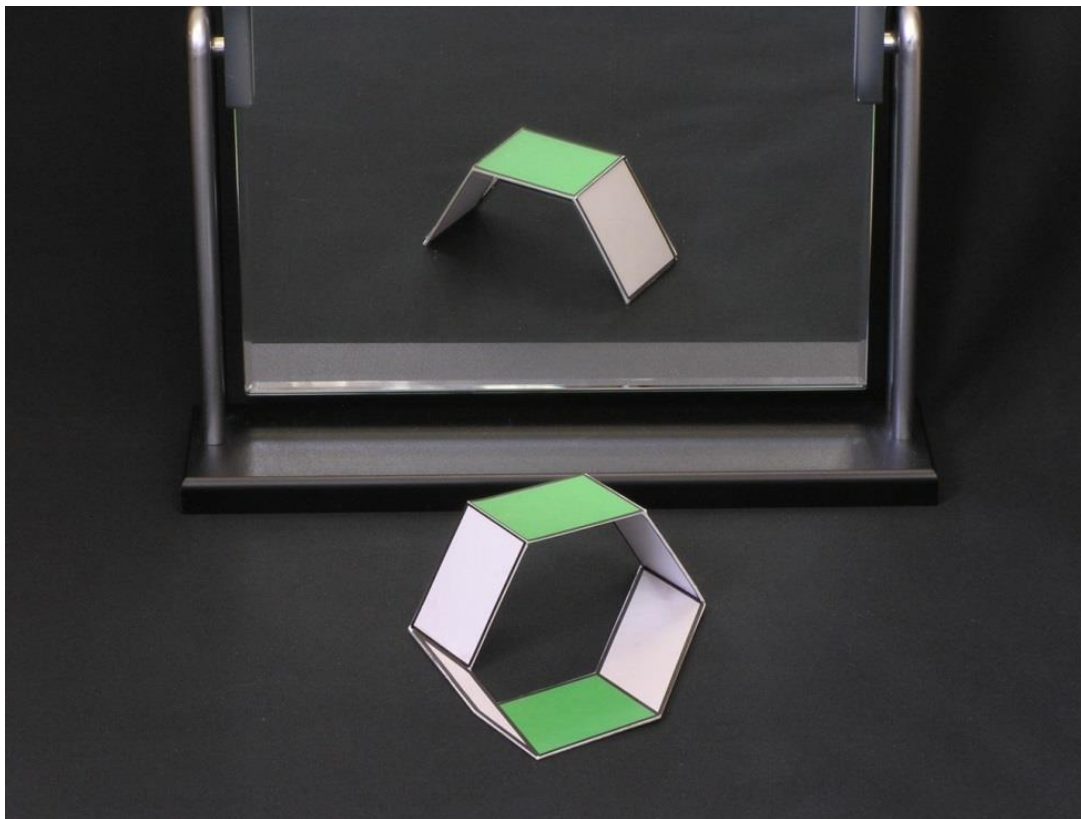
第4世代の不可能立体

鏡に映すと一部が消える「透身立体」



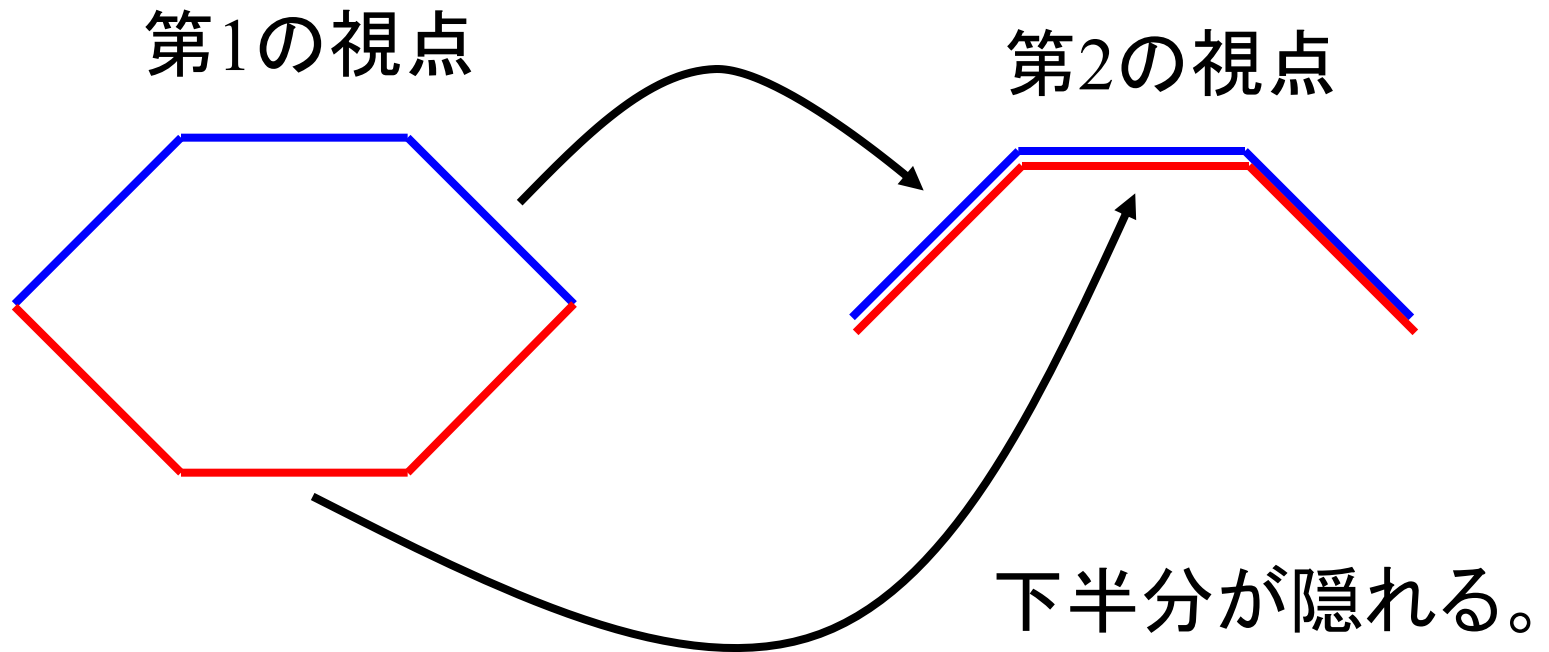
第4世代の不可能立体

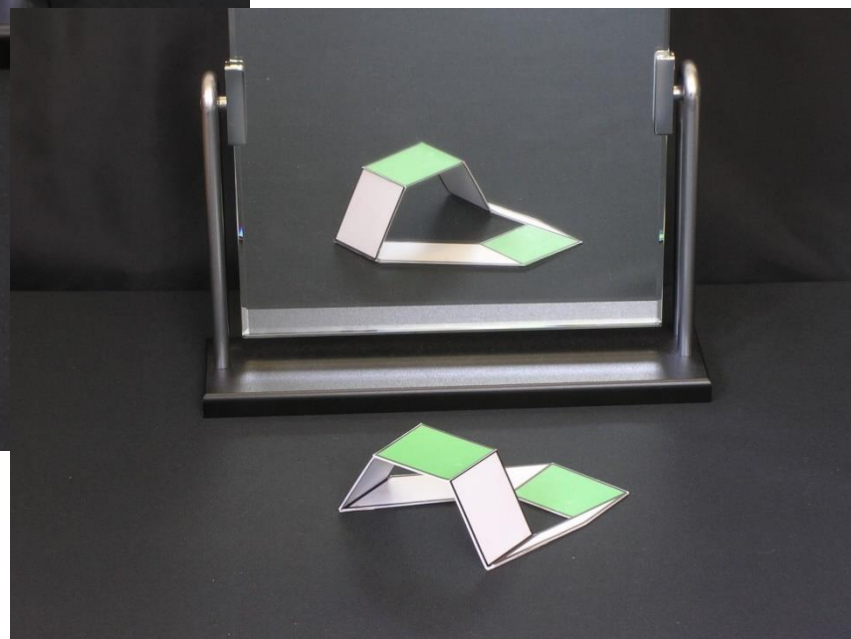
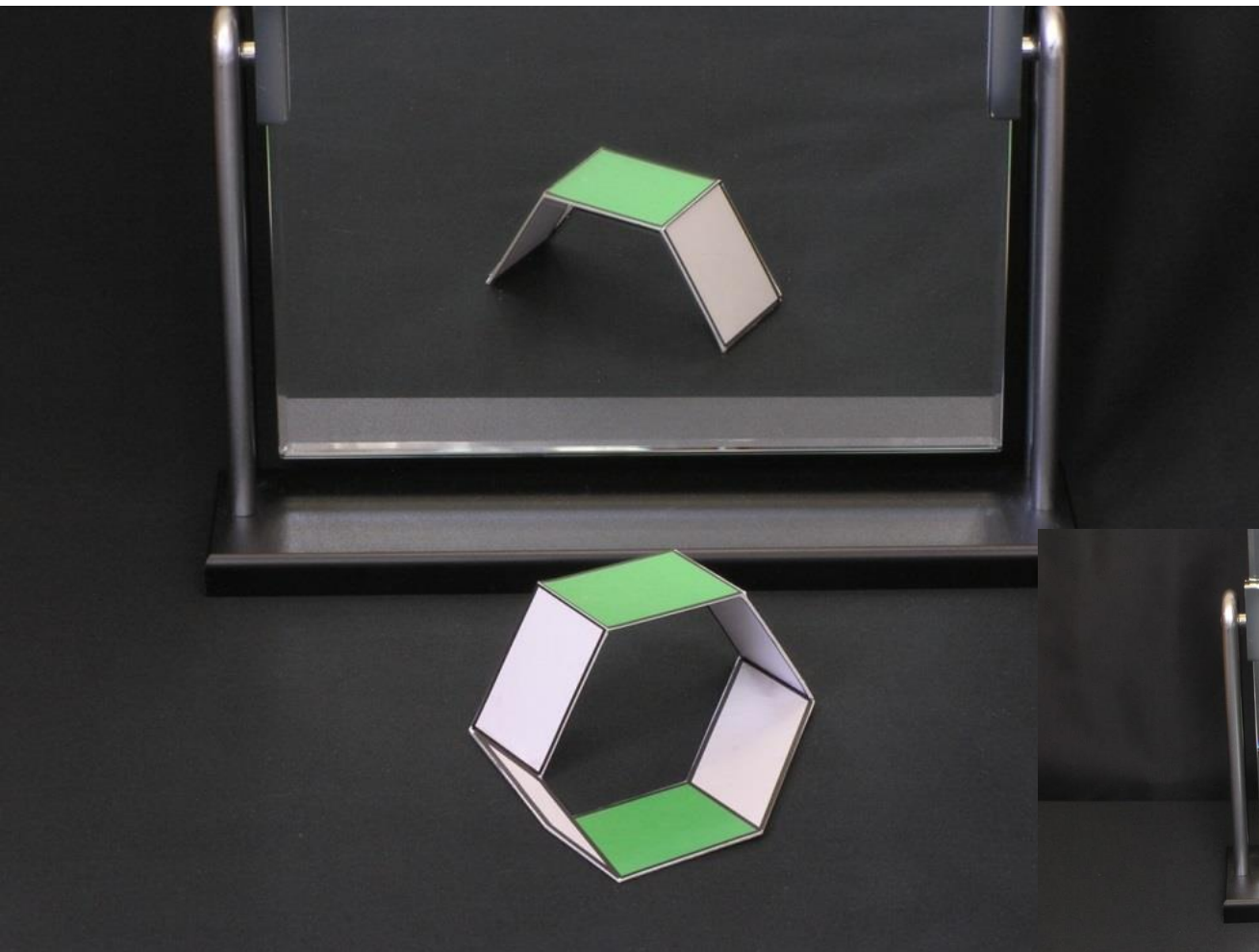
鏡に映すと一部が消える「透身立体」



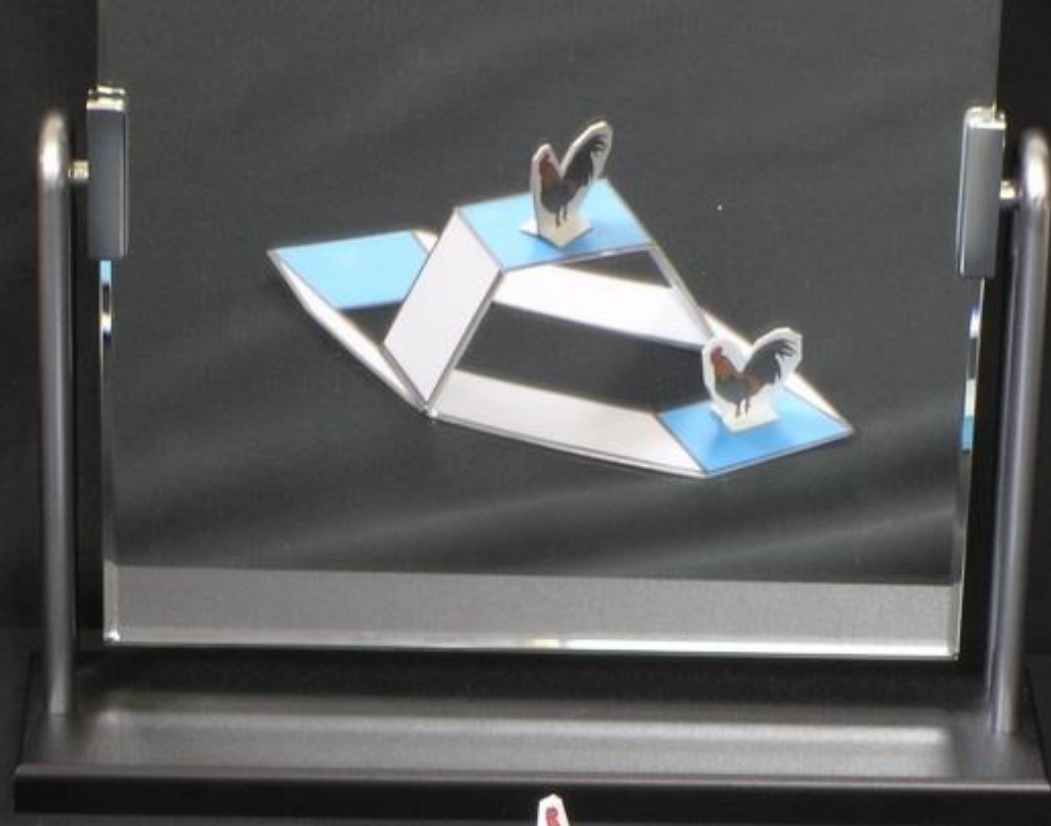
第4世代の不可能立体

鏡に映すと一部が消える「透身立体」





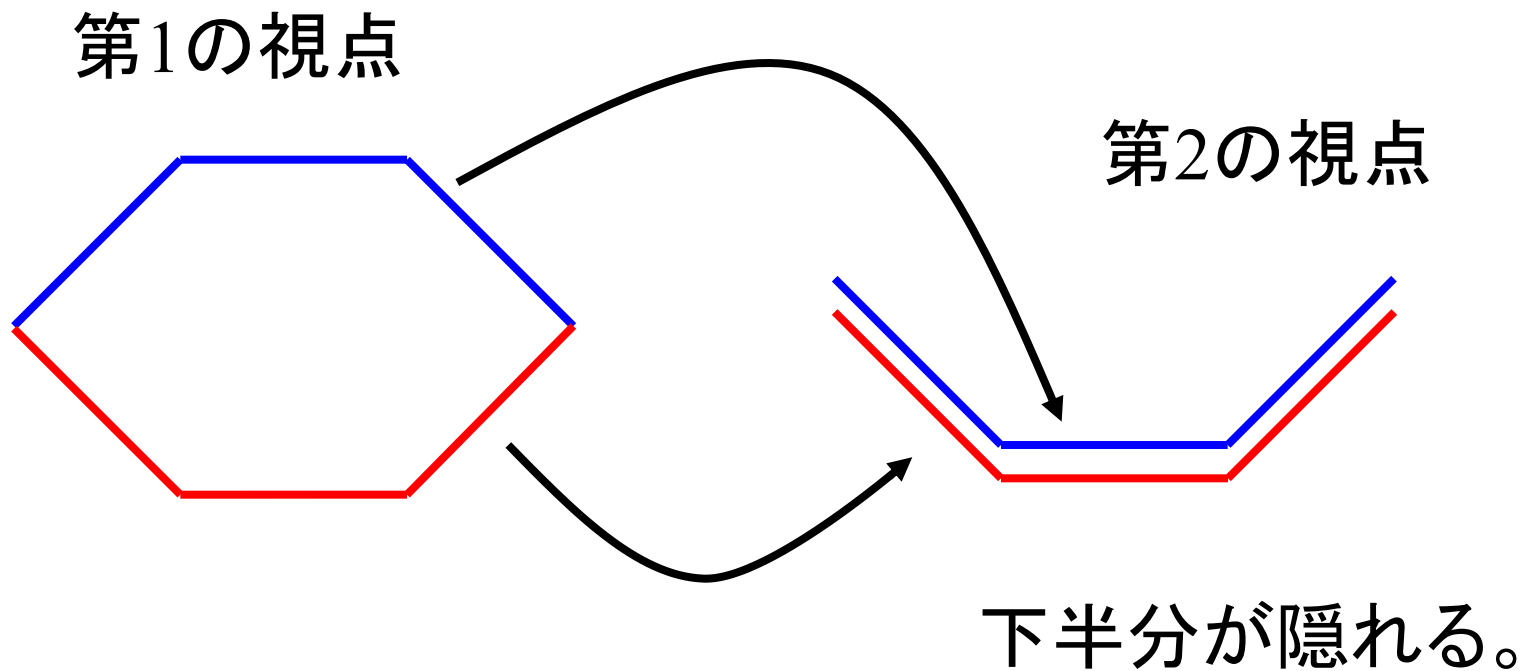


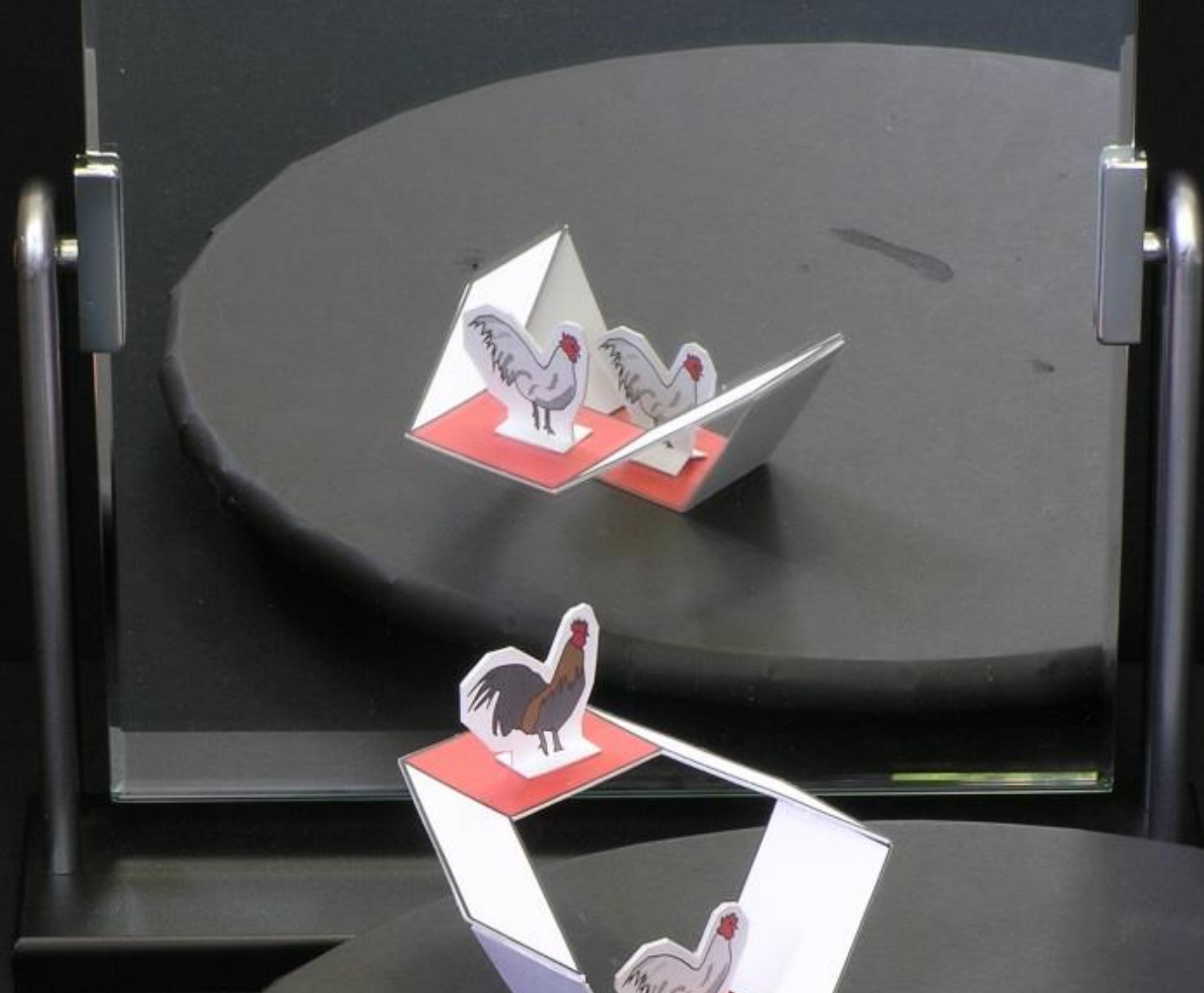




第4世代の不可能立体

鏡に映すと一部が消える「透身立体」



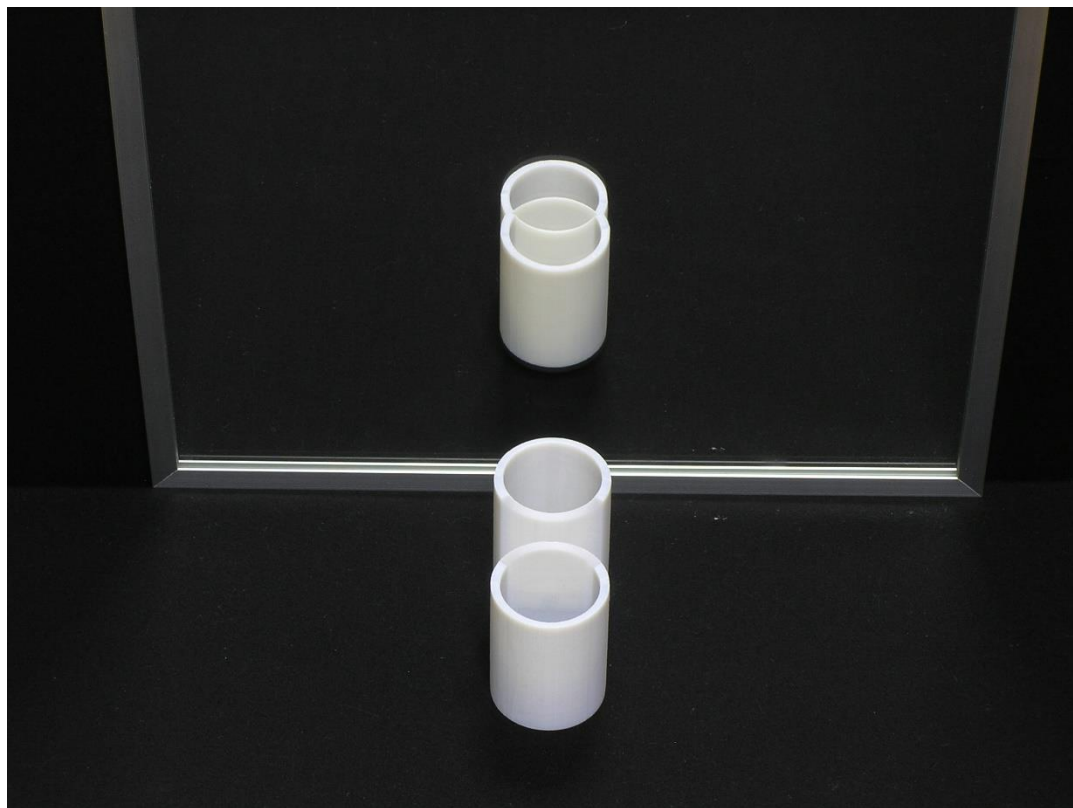




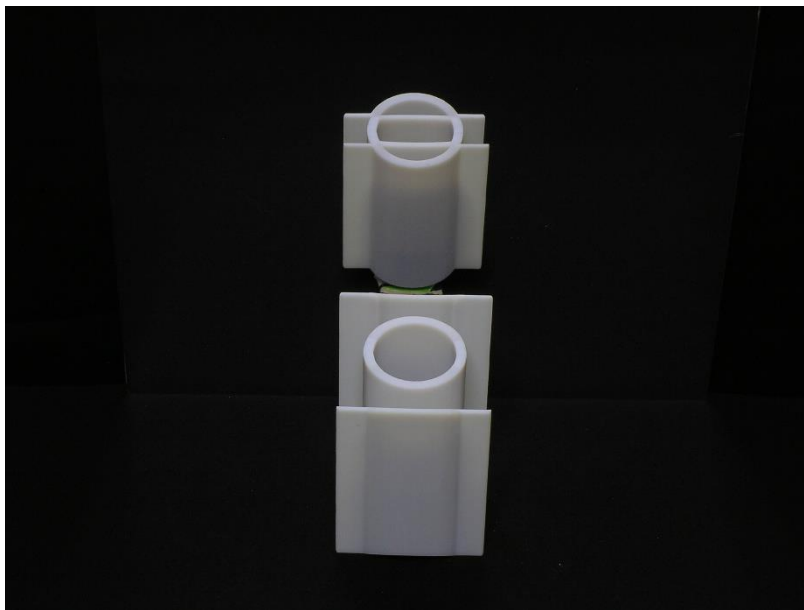
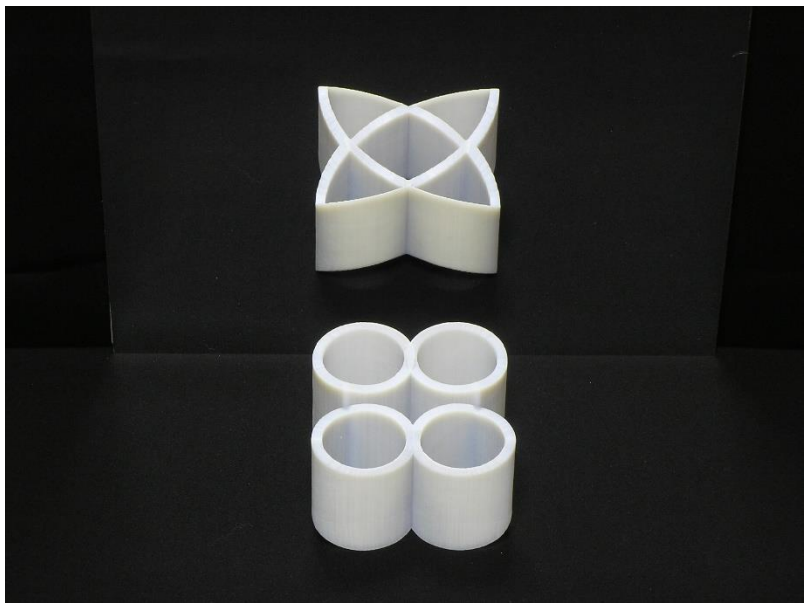
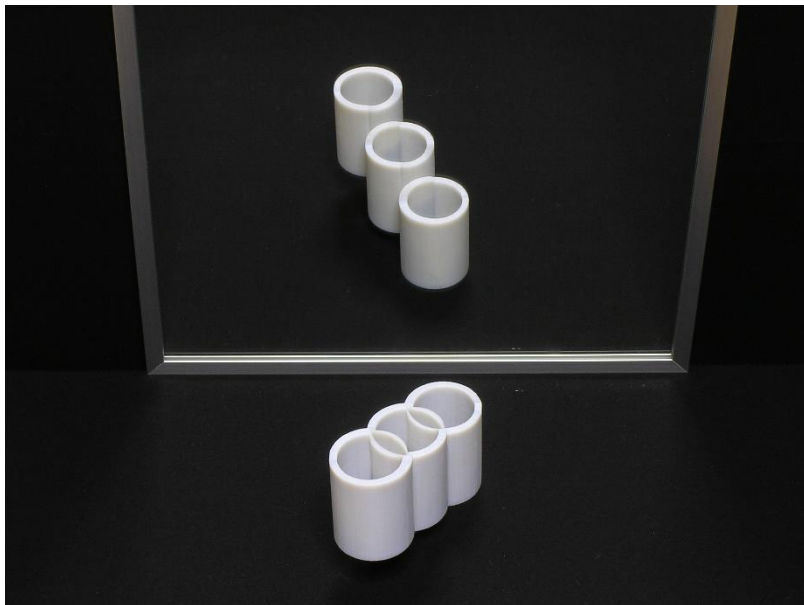
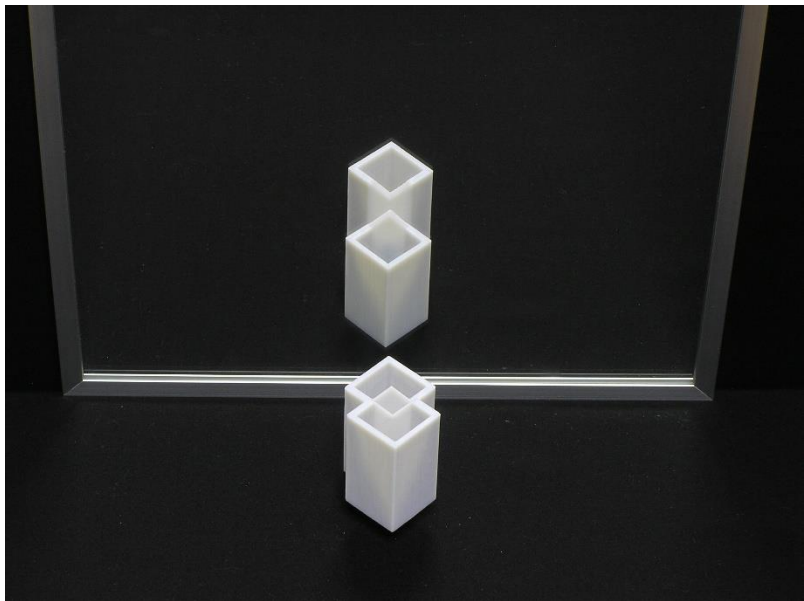


第5世代の不可能立体

接続不変性が破れる「トポロジー攪乱立体」

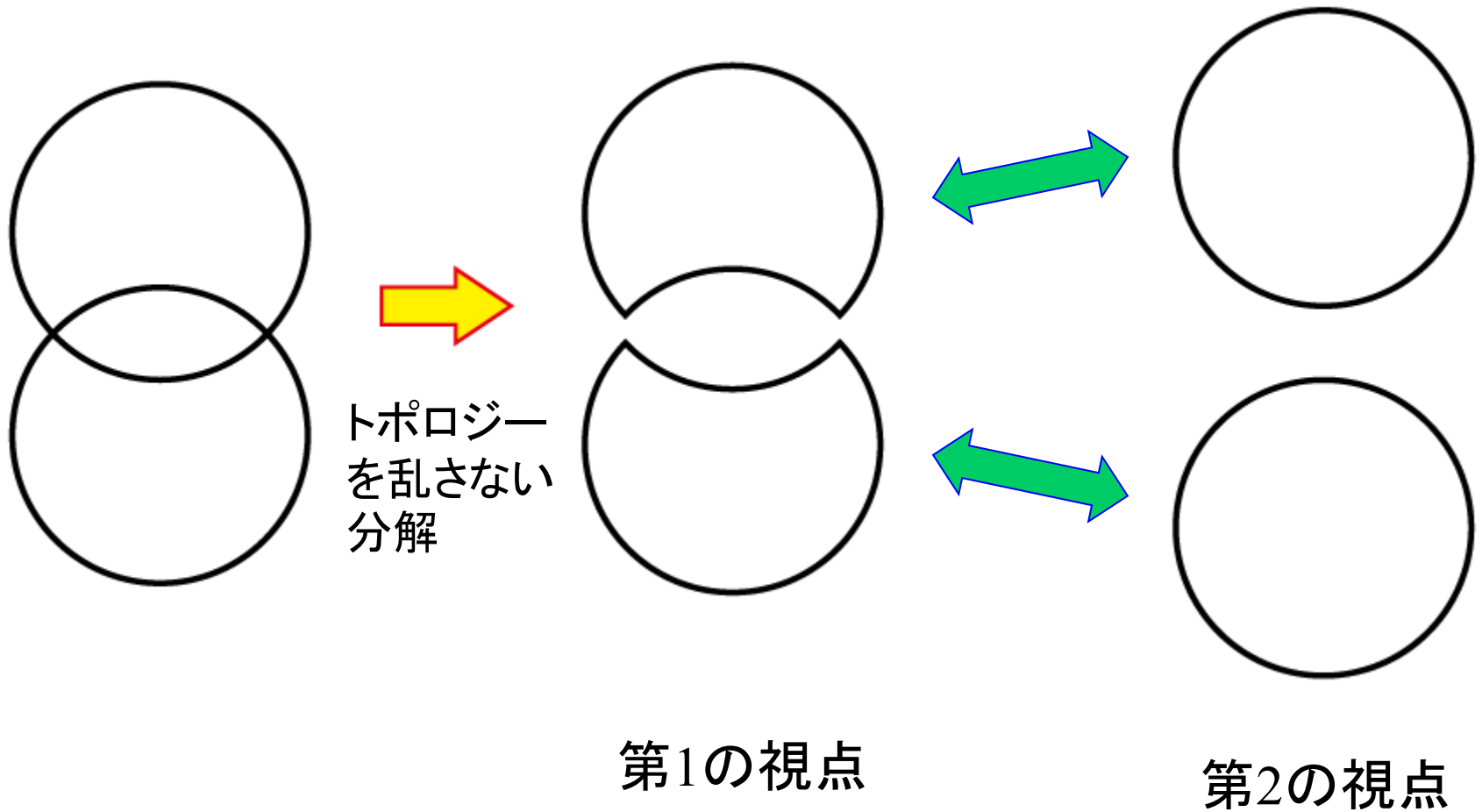


離れた二つの円柱が、鏡の中で交差する。





トポロジー攪乱立体の作り方

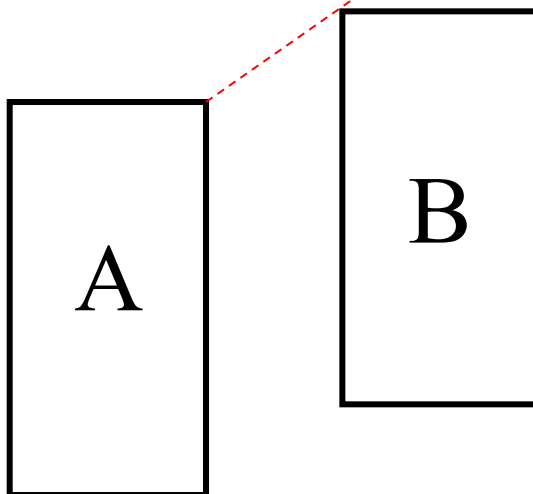


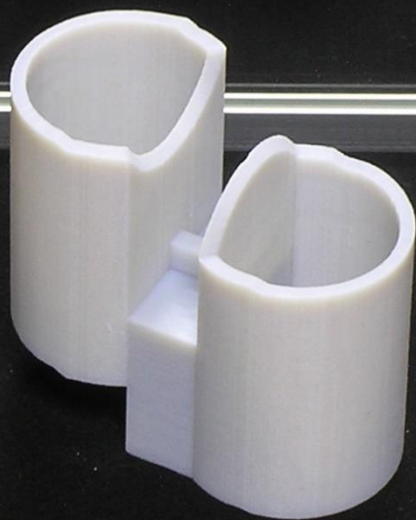
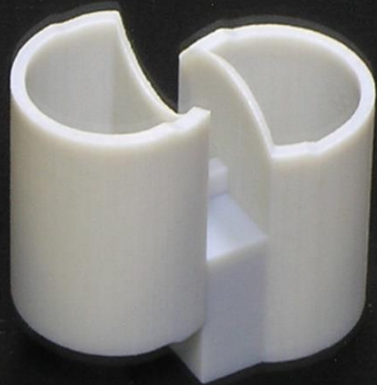
第1の視点

AとBは離れて見える。

第2の視点

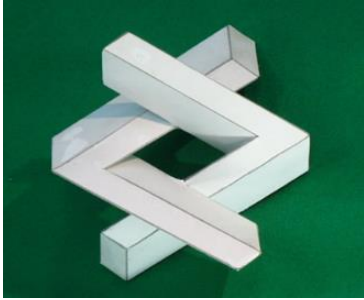
AとBはつながって見える。



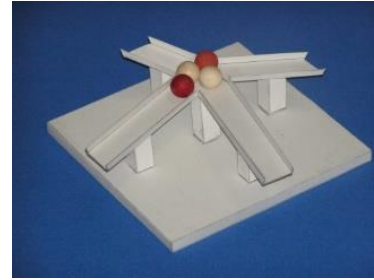


不可能立体の進化

第1世代:だまし絵立体(1980-)



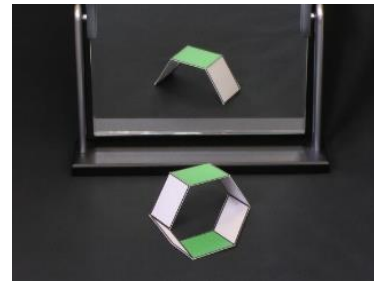
第2世代:不可能モーション立体
(1996-)



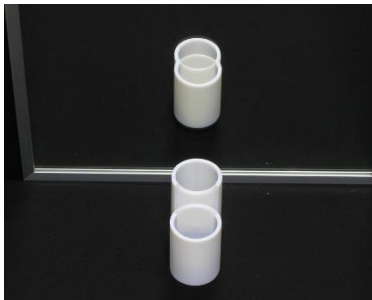
第3世代:変身立体(2014-)



第4世代:透身立体(2015-)



第5世代:トポロジー攪乱立体(2016-)



第6世代？

不可能立体の進化

ありえない立体が目の前にあると感じる「だまし絵立体」

ありえない動きが見えてくる「不可能モーション立体」

鏡に映すと姿が変わる「変身立体」

鏡に映すと一部が消える「透身立体」

接続普遍性を破る「トポロジー攪乱立体」

見ることの危うさへの反省

見ることの限界の再認識

錯視の起りにくい生活環境の整備

立体錯視の不思議さ・面白さの積極的利用

大型錯視立体による遊具の提供

目の仕組みを考える教材の提供

エンタテインメントの素材の提供

変身立体と両眼立体視

1枚の画像は奥行きを持たない。

一方、

2枚あれば、立体の形が決まる。

両眼立体視

二つの目で見ると、立体を決定できる。

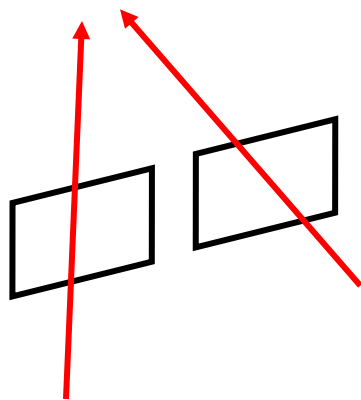
しかし

変身立体とそれが鏡に映った像

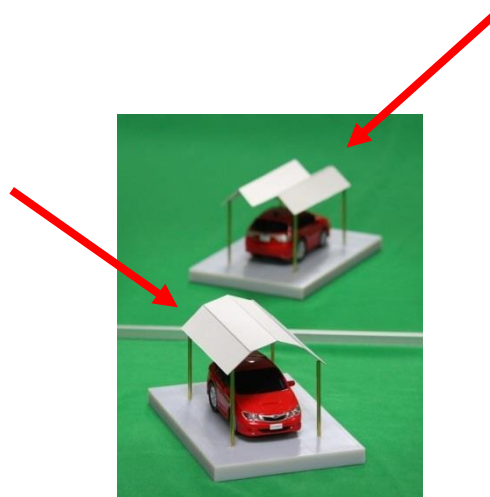
二つの見え方が与えられるのに、立体は復元できない。

これはなぜなのか？

変身立体姿とそれが鏡に映った姿は、両眼立体視と同じ情報を持つのに、脳は立体を復元できない。



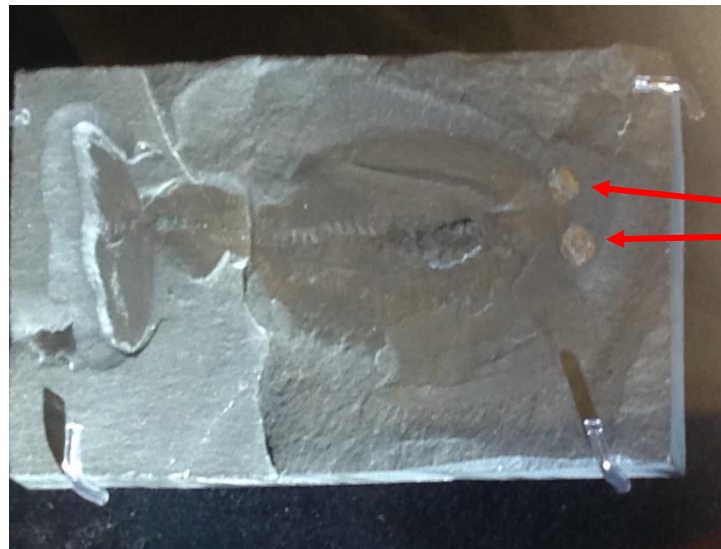
両眼立体視像
立体の形がわかる



直接見た姿と鏡に映った姿
本当の形はわからない

両眼立体視

生物は5億年前に、二つの目を獲得した。



二つの目

カンブリア紀中期の*Odaraia alata*
(「生命大躍進」展、国立科学博物館、2015)

両眼立体視の能力は、5億年かけて進化してきた!

一枚の画像を使った立体視

元旦

大晦日



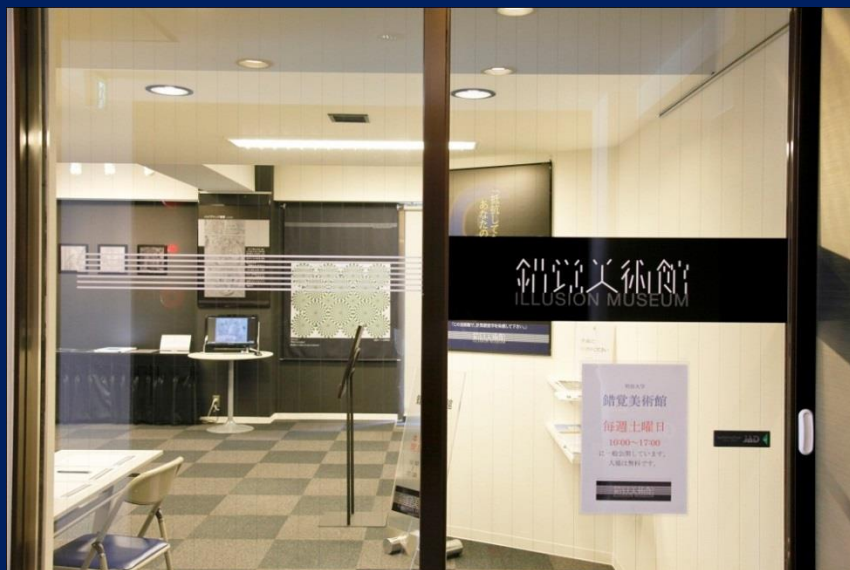
二つの目の獲得

映像技術の発明

カンブリア紀中期
(これが元旦の朝だとすると)

たった数百年前
(最後の30秒ぐらい)

映像技術が生まれたのは、たった数百年前。1枚の画像から立体を復元する能力が進化するには、まだ時間が足りない。



錯覚美術館風景

錯覚美術館の地方巡回展示

2013年春休み、高岡イオンモール

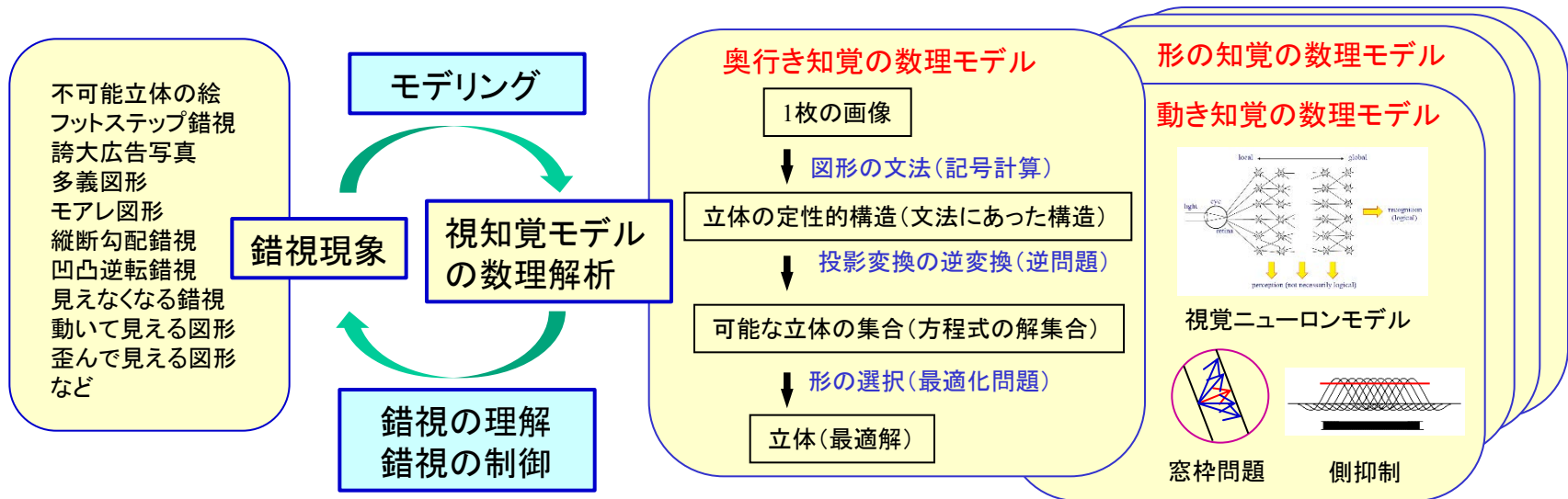




計算錯覚学チームメンバーが著者・編集者となった錯視に関する最近の本

錯視の数理モデリングとその応用

主にJST,CREST事業「数学」領域「計算錯覚学の構築」(2010年度～2015年度)



錯視量の最大化

錯視量の最小化

モデルを利用した錯視図形・立体の設計

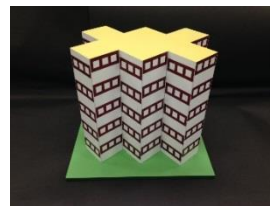


不可能立体



不可能モーション

生活の中の錯視の解析とその軽減対策



傾いて見える壁

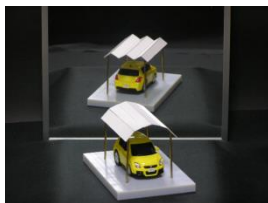


上り坂と下り坂の誤知覚

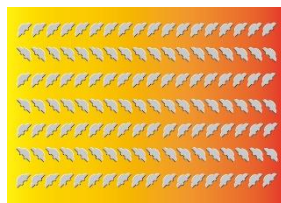
錯覚美術館の運営



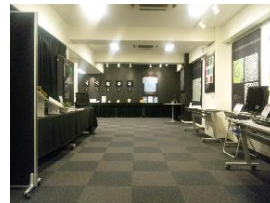
2015年末で閉館



多義立体



動いて見える図形



部屋を広く見せる写真術



歩きにくい階段



地方巡回展示

将来展望

『計算錯覚学』から見える共通原理

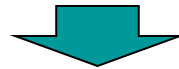
錯覚は、足りない情報を補おうとして失敗したとき生じる。

将来的には

視覚の錯覚だけでなく、聴覚・味覚・触覚・嗅覚を含む五感の錯視も取り込む。

さらに、五感だけでなく、人の社会活動における錯覚を広く取り上げる。

- ・コミュニケーションにおける誤解
- ・広告につられる非合理的な経済活動
- ・化粧・美容・服飾デザインなどにおける錯覚利用
- ・ギャンブル・詐欺犯罪などに現れる錯覚現象



錯覚科学の構築

ありがとうございました