

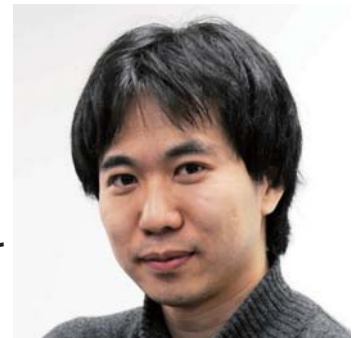
感覚間の相互作用を利用した バーチャルリアリティの技術と その可能性

東京大学大学院情報理工学系研究科 講師/
JST さきがけ
鳴海 拓志



自己紹介

鳴海拓志



- 東京大学大学院情報理工学系研究科
廣瀬・谷川・鳴海研究室 講師
- narumi@cyber.t.u-tokyo.ac.jp
- <http://www.cyber.t.u-tokyo.ac.jp/~narumi/>
- 研究分野
 - バーチャルリアリティ (特に五感インタフェース)
 - 拡張現実感
 - 人間拡張工学

感覚を 変える

Meta Cookie:拡張現実感によって味が変わるクッキー





拡張満腹感

[CHI2012]

- 食品の見た目のサイズをARで変化させ、得られる満腹感を操作 *



ユーザテスト

縮小: 13Cookies

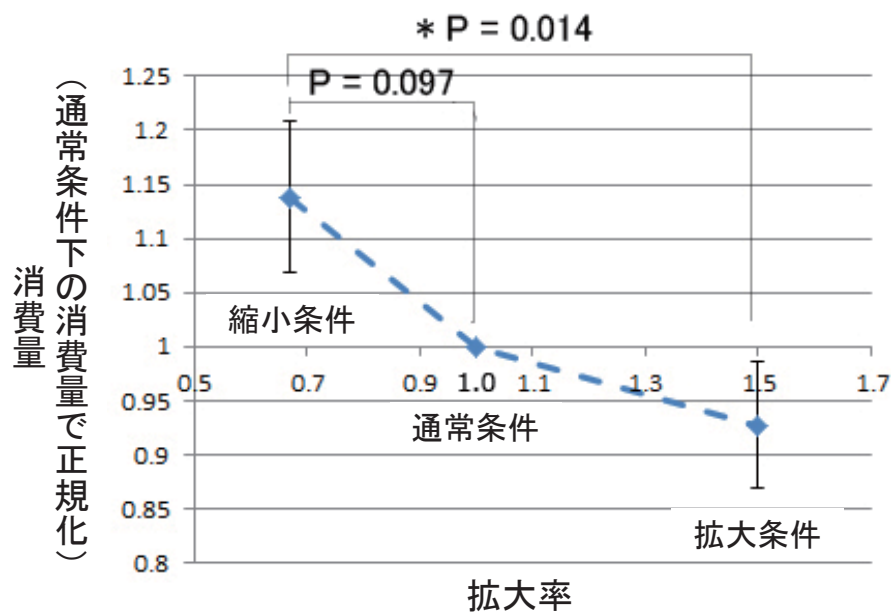
通常: 11Cookies

拡大: 7Cookies

*

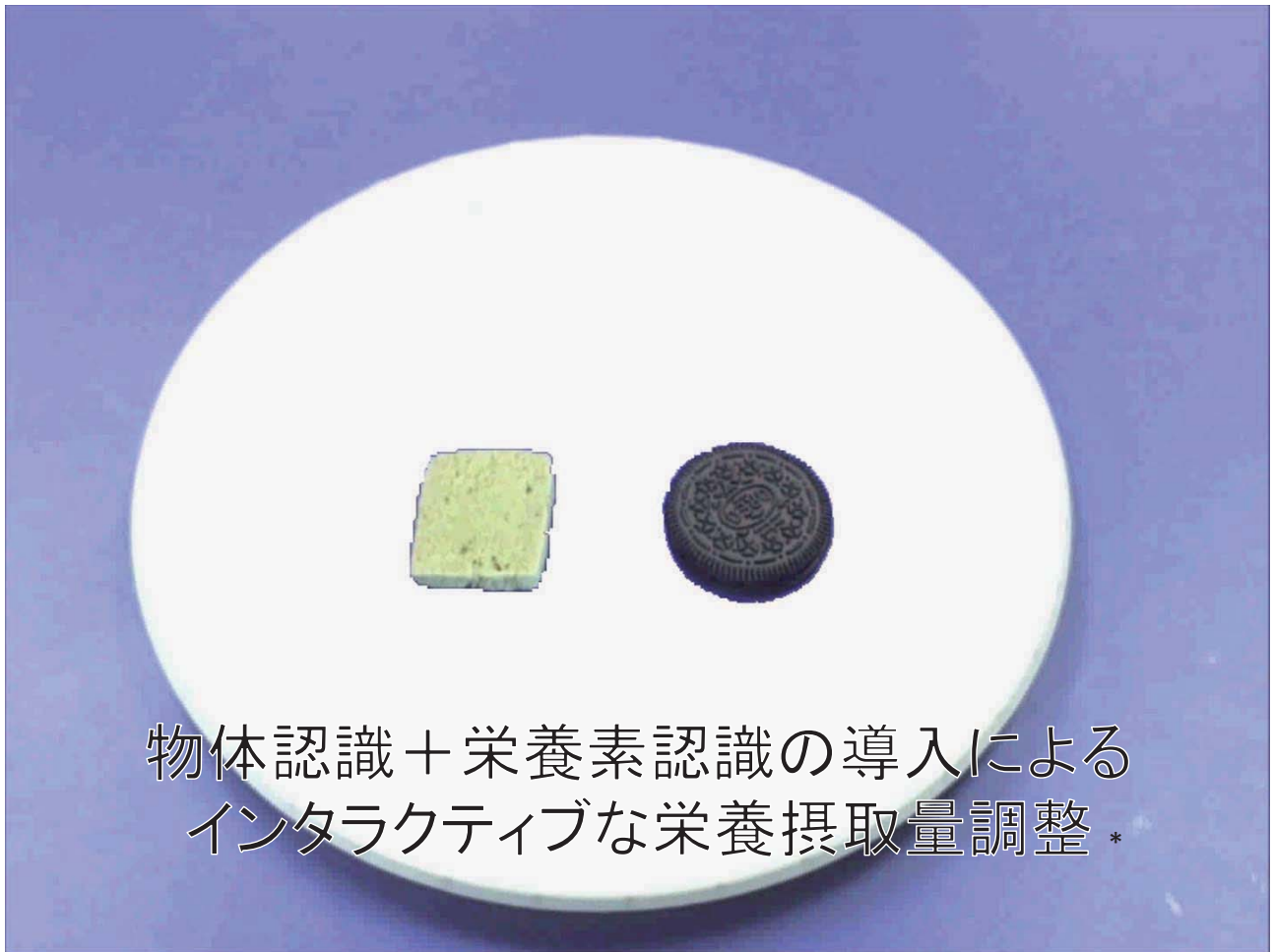


実験結果(食べた量の変化)



- 被験者12名
- 見た目を小さくすることで、食べる量を増やすことができる傾向
- 拡大条件と縮小条件の間で、食べた量に優位差あり

*: $p < 0.05$



物体認識＋栄養素認識の導入による
インタラクティブな栄養摂取量調整*

テーブルトップ型拡張満腹感

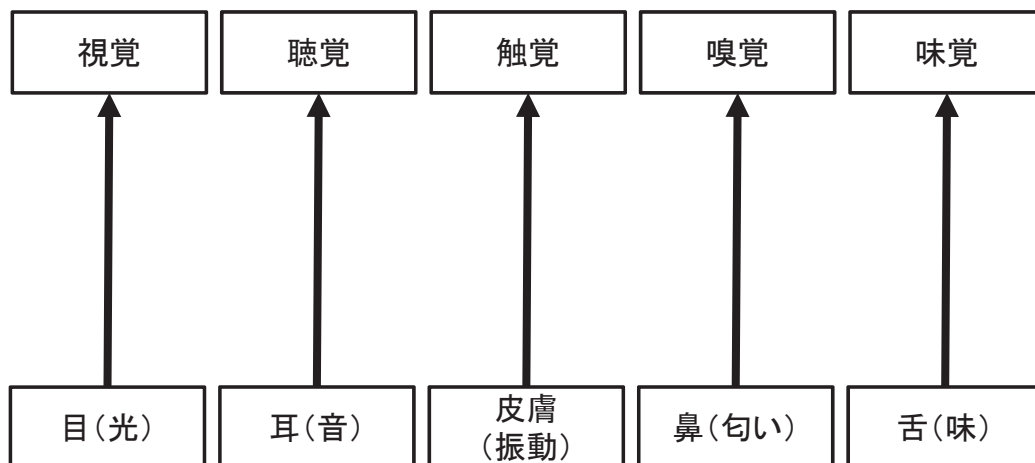
CalibraTable:
Tabletop System for affecting Eating Behavior

Sho Sakurai, Takuji Narumi, Yuki Ban,
Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
the University of Tokyo

多感覚の連関と クロスモーダル

14

古典的な感覚提示モデル

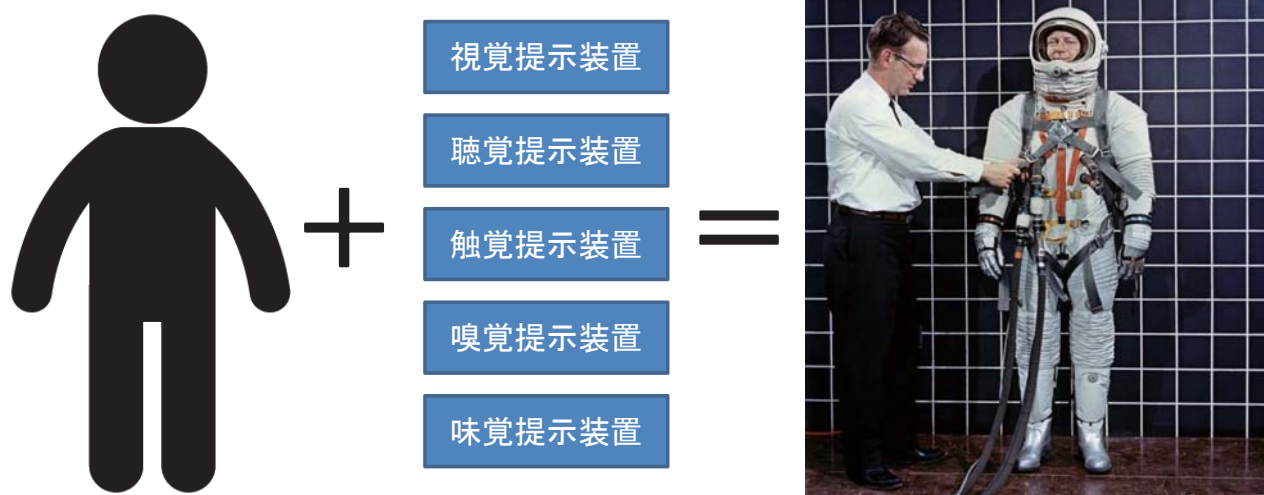


- 提示する刺激と受け取る感覚は1対1対応

五感情報技術の現状



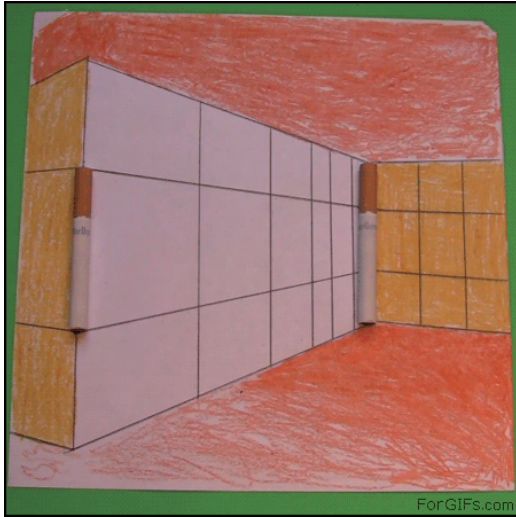
足し算の発想の果て



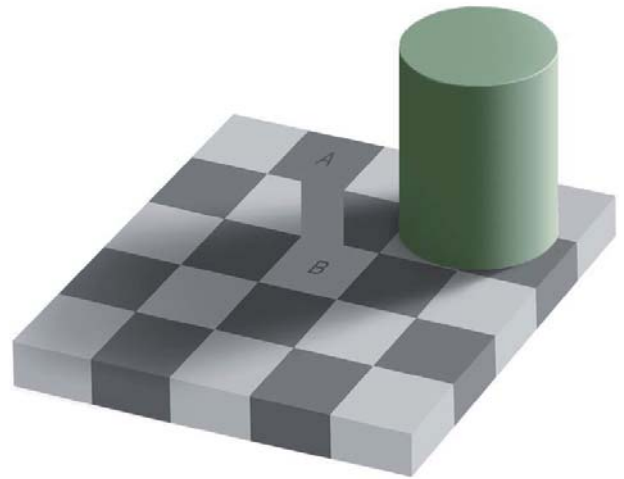
- 個別提示技術の実現の難しさ(特に嗅覚・味覚)
- 組み合わせによるシステムの複雑化
→ 社会における活用が難しい
(コストの増加, メンテナンス困難性, 個人差...)

物理世界と知覚世界は異なる

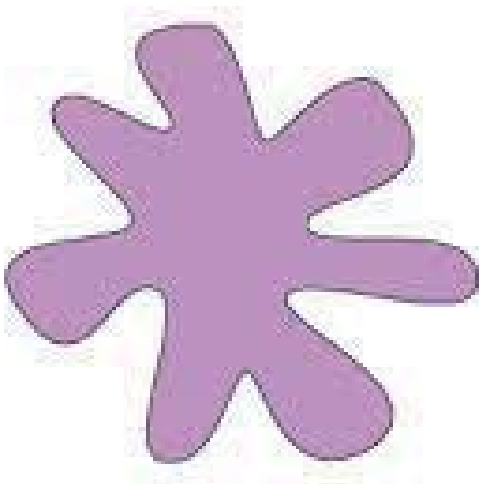
- 実世界の物理特性と、
知覚された脳内世界の特性は必ずしも一致しない



どちらのたばこが長い？



AとBはどちらが明るい色か？



どちらがブーバでどちらがキキ？



+

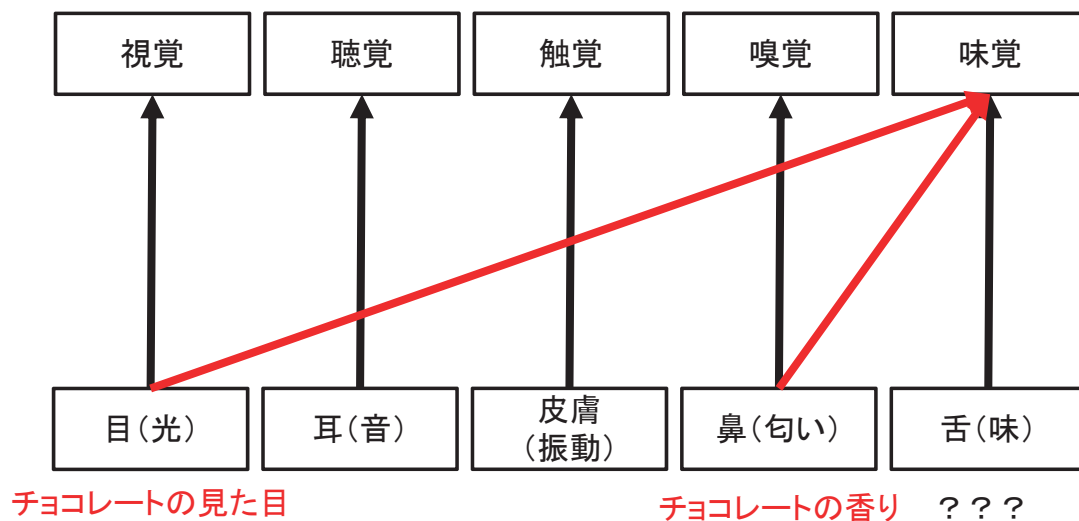


+

*

クロスモーダルな感覚提示

この組み合わせ、
チョコレートの味
に違いがない！



良く起こる感覚同士の結びつきを脳が覚えると、
経験を引き出してきて違う感覚の情報を補完する

URCFクロスモーダルWG website

October 22, 2013



Pseudo-haptic feedback on softness: 柔らかさの錯触覚に関する研究

視触覚のクロスモーダルの研究として、柔らかさに対する研究も実施されています。

電気通信大学の野嶋研では、錯触覚現象の一つとして、物理的硬さの不変な物体を握った際に、適切な視覚刺激を組み合わせることで知覚される硬さ感覚が変化する現象について報告しています。

HOME

ABOUT

人間の感覚がもつクロスモーダルな特性をインタフェース応用する技術の調査と体系化を中心として、新しい種類の五感技術の将来展望を議論するための会です。

WORKSHOP

ワークショップのご案内や開催報告です。

CROSS-MODAL DESIGN EXAMPLES

「これってクロスモーダルデザイン？」という事例を紹介しています。こちらの投稿フォームから掲載してほしい事例を投稿することもできます。

関係する感覚ごとに探すこともできます。
視覚 聴覚 触力覚 嗅覚 味覚 内臓感覚

<http://crossmodal-design.tumblr.com/>

マガーク効果

「ガ」という発音の映像+「バ」という音＝「ダ」？

McGurk Effect

Sound-induced Illusory Flashing

聴覚は他の感覚のタイミング把握を上書きする

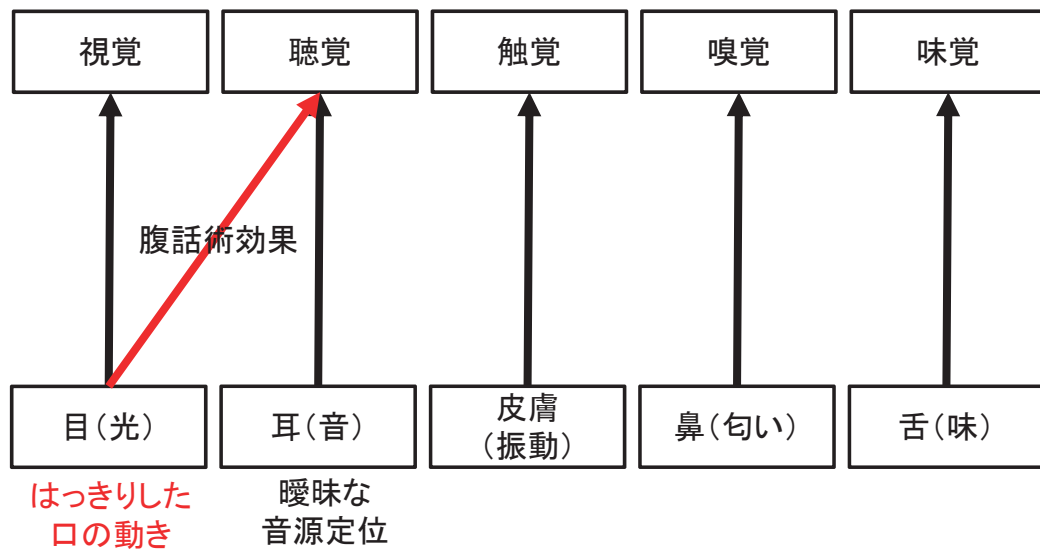
You are about to be FLASHED with black DISKS

How many times does each disk flash?

モーション・バウンス
イリュージョン

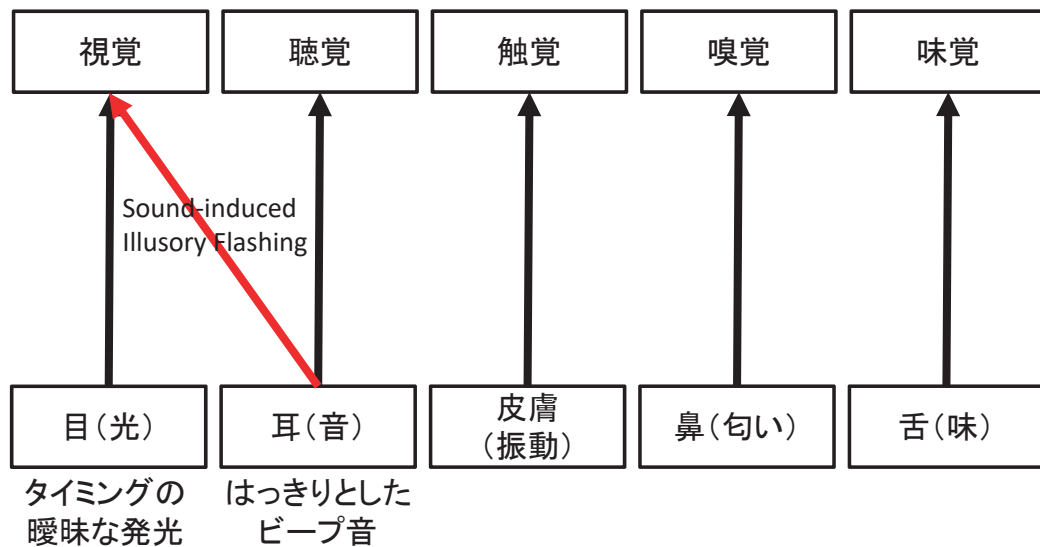
聴覚が視覚の解釈を変化させる

クロスモーダル相補性



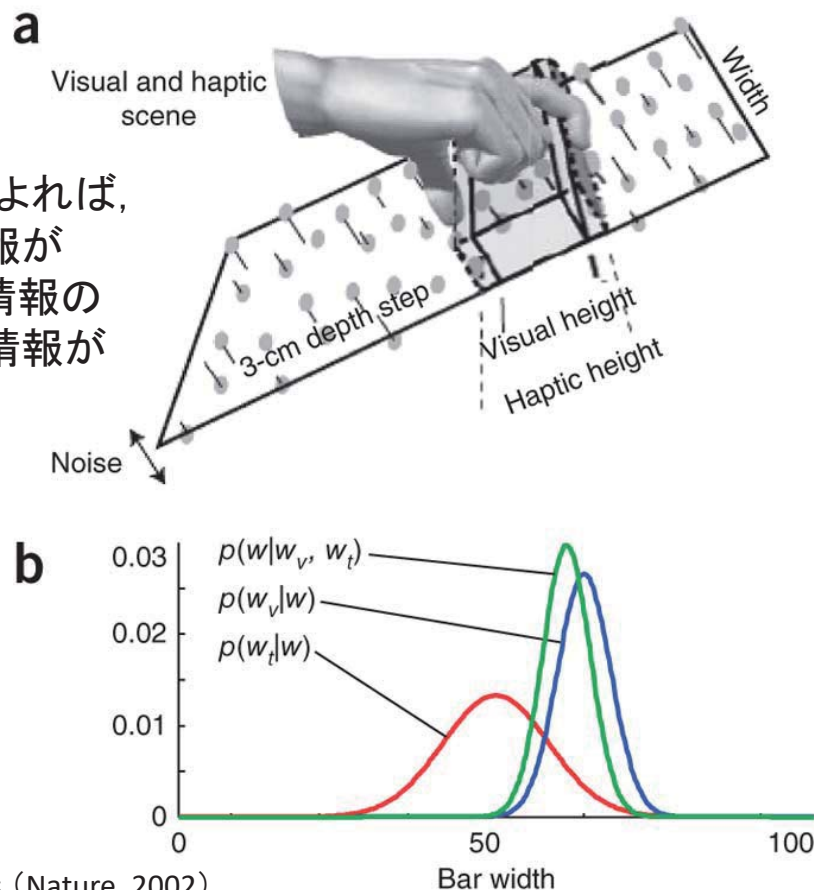
クロスモーダルはどの感覚間でも起きる
曖昧な情報が他の感覚によって補完される

クロスモーダル相補性



クロスモーダルはどの感覚間でも起きる
曖昧な情報が他の感覚によって補完される

Ernst とBanks(1999)によれば,
複数のモダリティに情報が
提示された場合, より情報の
精度の高いモダリティ情報が
有効に利用される

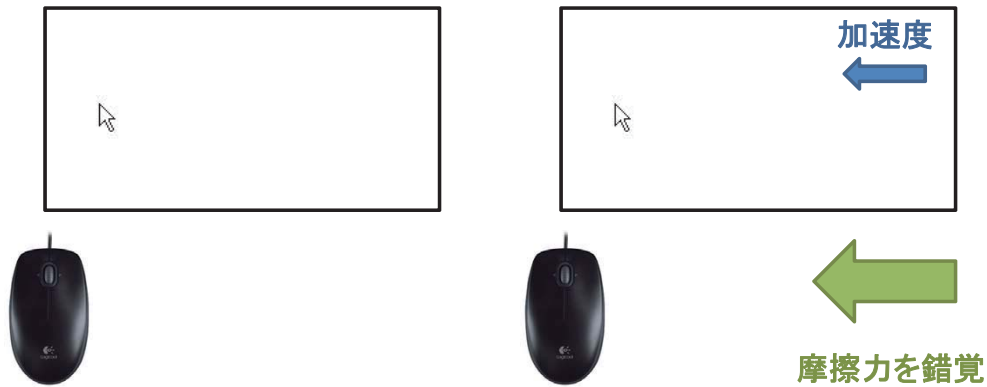


Marc O. Ernst* & Martin S. Banks (Nature, 2002)

クロスモーダル による 感覚の編集

感覚間相互作用の例 : Pseudo-Haptics

- ▶ 視覚中での体の動きと、自分で感じている体の動きとの間に不整合が生じた際に、視覚による情報が優勢になって、擬似的な触力覚が生じる錯覚
- ▶ 例: マウスに追従して動くマウスポインタ



ある感覚を出して他の感覚を感じさせることが可能
= 多感覚情報を効率的に圧縮できる

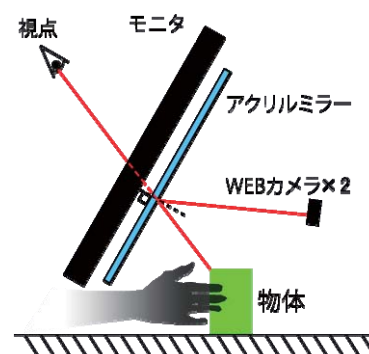
PowerCursor

視覚で触覚を感じさせるためのUI Toolkit

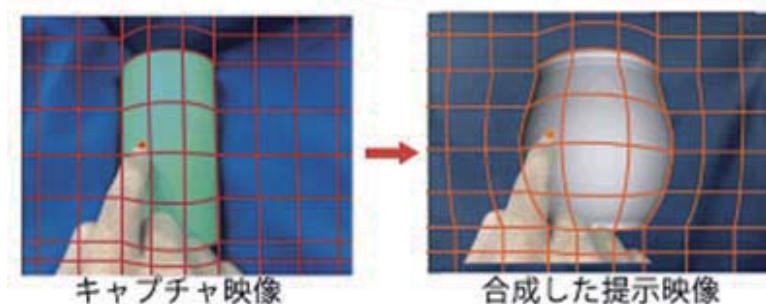


Perception-based Shape Display

[HAPTICS2012,
PRESENCE 他]



映像中の手の位置を適切に変化させることで単一の触対象から多様なバーチャル物体に触れたような触覚を提示



*

34

三次元のなぞりに対する効果の検証

* 実際の様子(形状A)

提示映像(形状B)



visual \ physical	1	2	3	4	5	6
1	85.0	15.0	5.0	20.0	0.0	
2						

手の表示無し

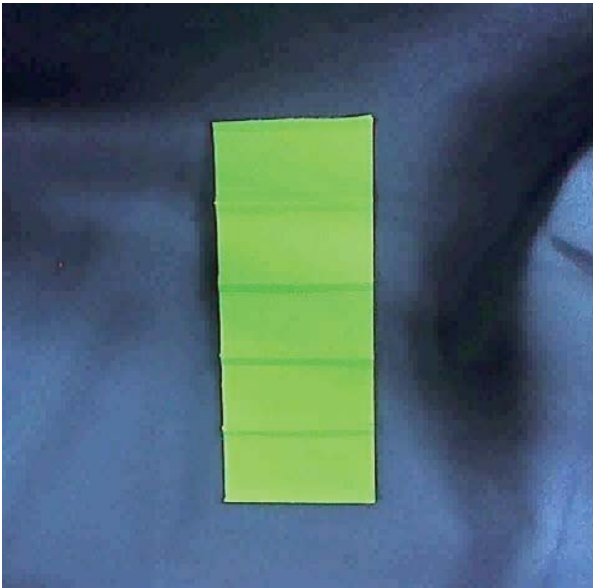
visual \ physical	1	2	3	4	5	6
1	95.0	75.0	80.0	90.0	60.0	
2						

手の補正表示あり

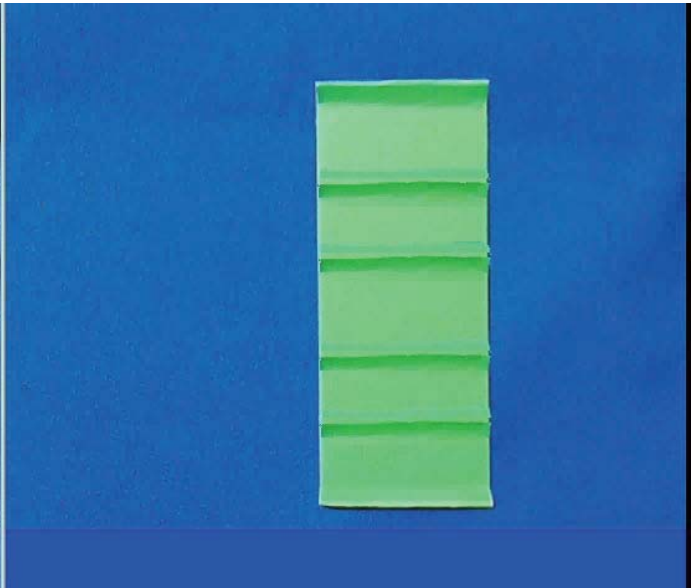
35

空間配置(位置)に対する効果の検証

実際の様子(形状A)



提示映像(形状B)

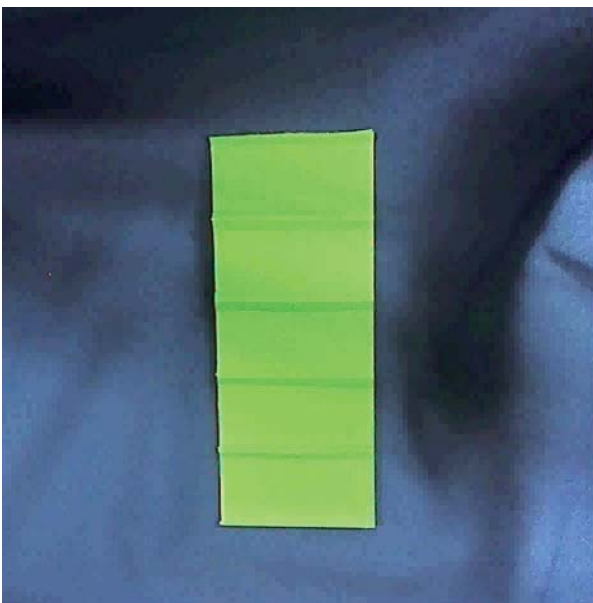


実際に触っている物体と提示映像内の
物体で角を指が通過するタイミングをそろえる

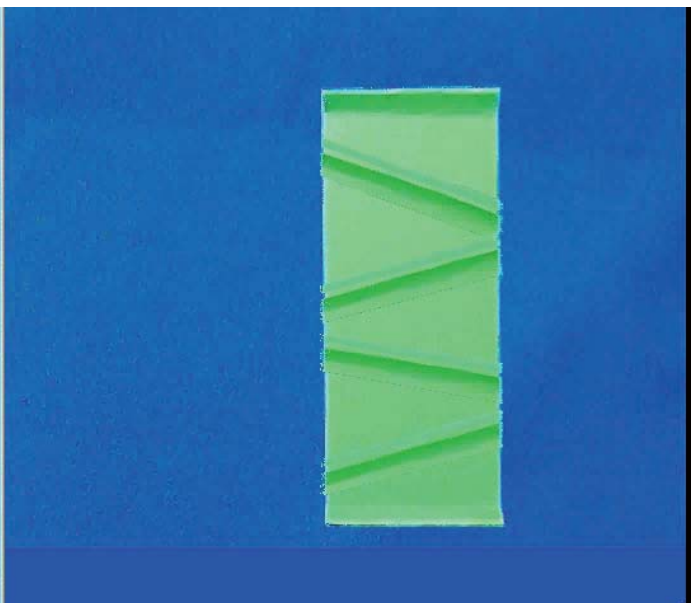
36

空間配置(角度)に対する効果の検証

実際の様子(形状A)



提示映像(形状B)



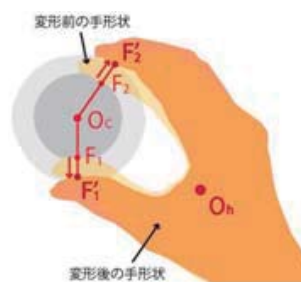
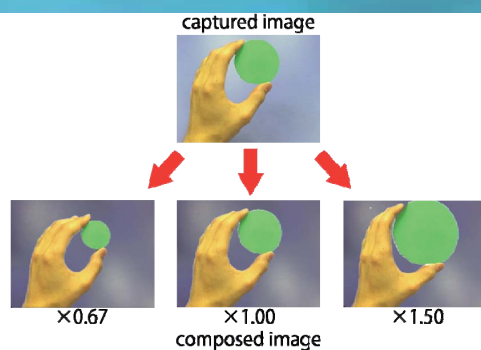
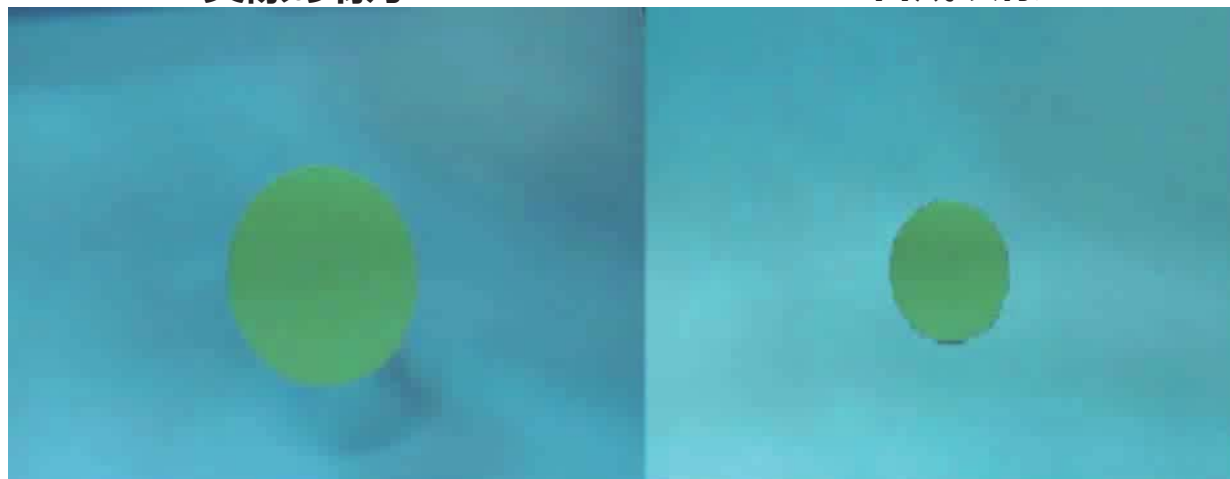
実際に触っている物体と提示映像内の
物体で角を指が通過するタイミングをそろえる

37

握った時の物体の大きさ知覚に対する影響

実際の様子

合成映像

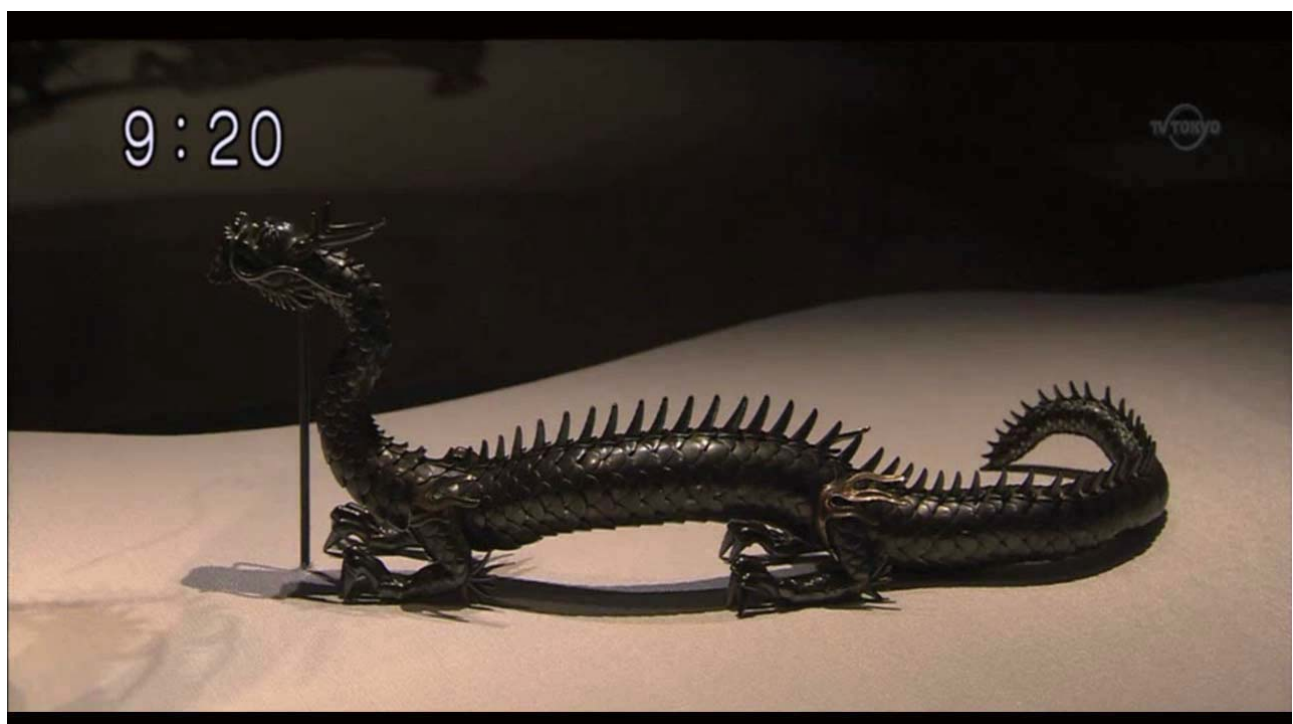


制御点(接触位置, 重心)
の移動を元に
Rigid MLS method
を用いて手画像を変形

38

バーチャルな文化財に 手を触れて操作する感覚の提示

@東京国立博物館



Yubi-toko: 雪上を歩く抵抗感の提示

[SIGGRAPH ASIA2015]

指で触れた場所に応じて、指と画面の移動量の対応関係(CD比)を切替（雪深いところ＝抵抗感増）



擬似触力覚提示による注意誘導（記憶定着）

[EUROHAPTICS2018]

- スクロールして見る画面の閲覧時にユーザに擬似触力覚を提示
- 12個の画像が並ぶページを閲覧, 4つの画像に擬似触力覚を付与
- 擬似触力覚とともに提示された情報が記憶に残るかを調査



疑似触力覚 or 注視時間？

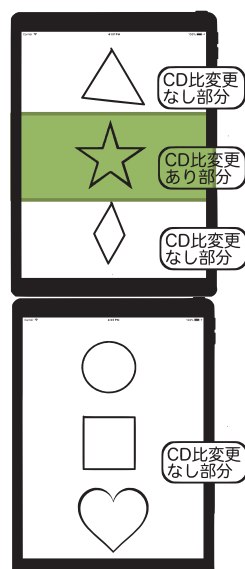
- CD比を低下させると画像の提示時間が延びると考えられる
- 自ら操作して疑似触力覚フィードバックを得たことの効果と、注視時間が延びた効果を分けて見るためにオートスクロール条件を採用
- オートスクロールの画面移動はセルフスクロール条件の再現とした



実験条件

リストビューの種類(2条件)

提案手法を
適用した
リストビュー
(特定画像で
CD比を変更)



提案手法を
適用しない
一般的な
リストビュー

×

スクロール方法(2条件)

セルフ
スクロール



オート
スクロール



2x2の被験者内実験計画

実験参加者は12名(男性8名女性4名平均年齢21.9歳)

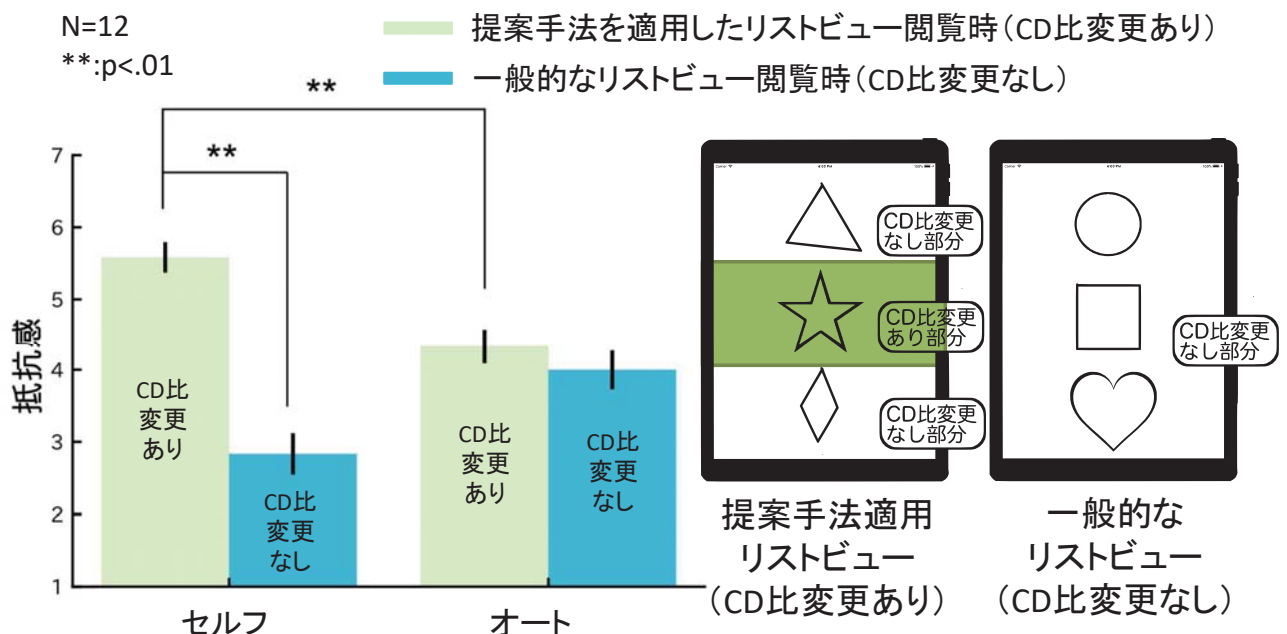
各参加者は 4条件 × 3試行(計12試行)を行う

実験手順と評価

- 45秒間リストビューを閲覧，各画像が表示されていた時間を計測
- 閲覧後，9つ提示された画像の中から覚えている画像を選択・解答（触覚付与画像から2-4個，触覚非付与画像から2-4個，残りは未使用画像）
- 物理的抵抗感をどの程度感じたかを7段階で回答

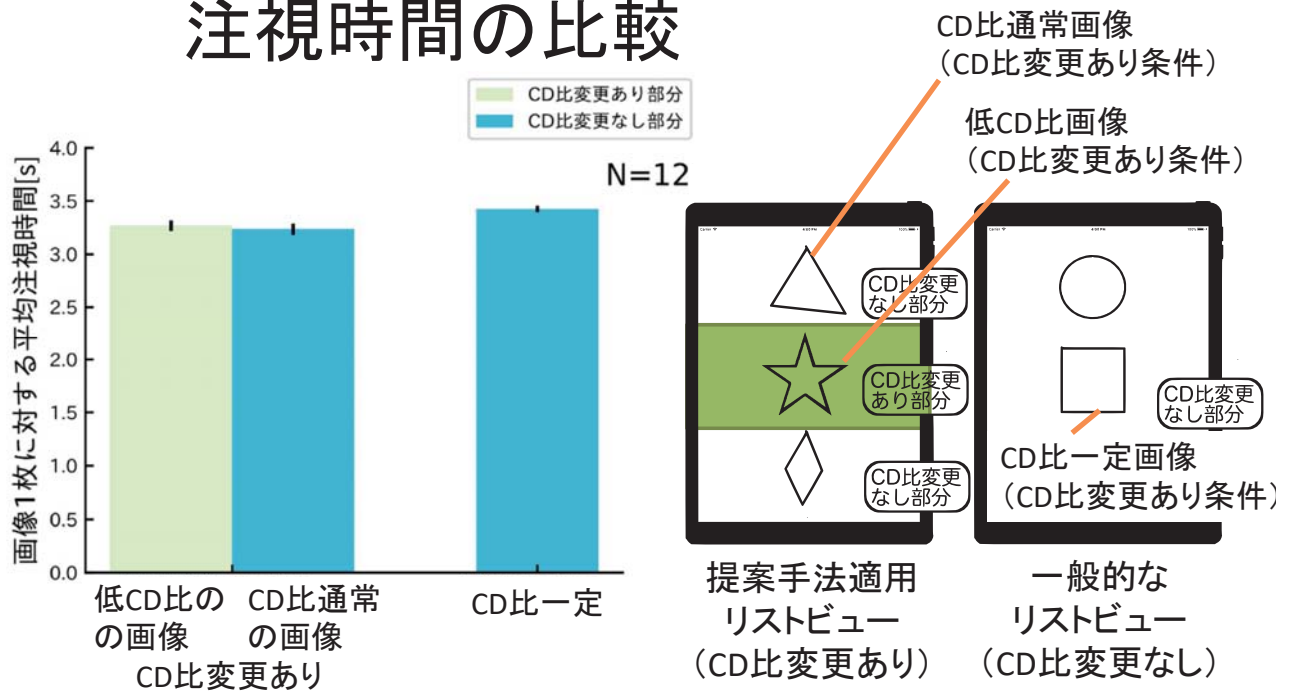


知覚した物理的抵抗感の比較



CD比変更＋セルフスクロール時のみ擬似触力覚が生起されており，正しい実験系が組めていた

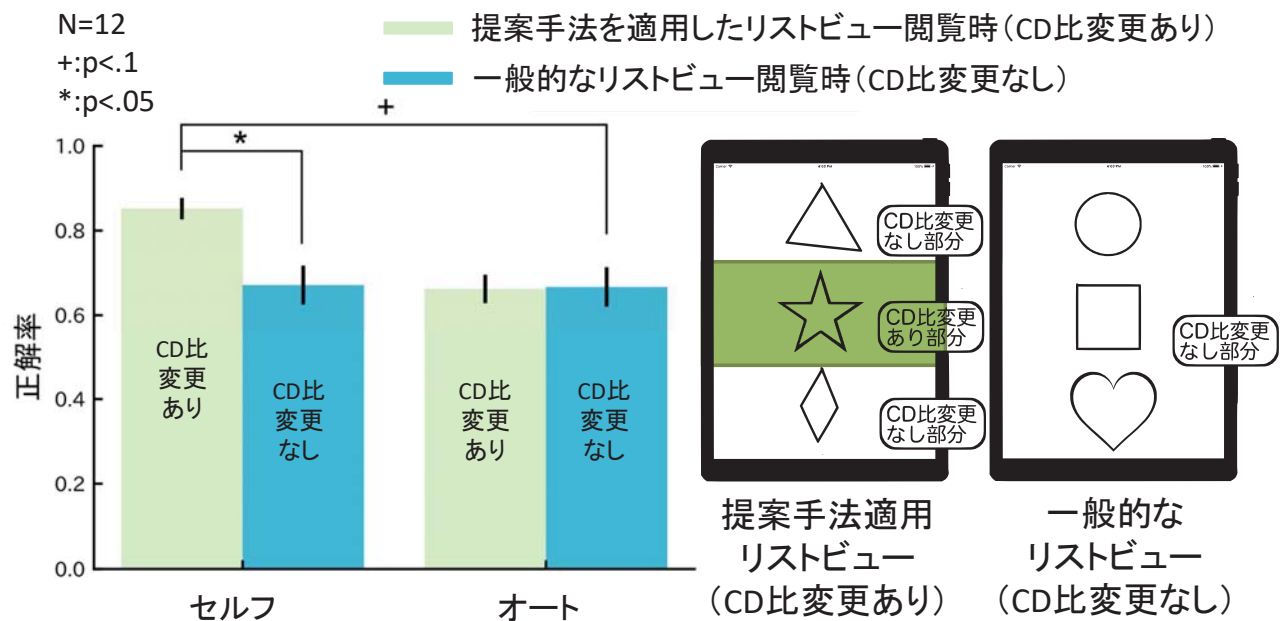
注視時間の比較



- CD比を変更しても、注視時間に変化はみられなかった！
- 擬似抵抗感を感じると反射的に指を早く動かしてしまい画像が画面内に表示されている時間は一定に保たれる

46

画像の正解率の比較



- 擬似触力覚提示を行った条件においてのみ実験後の記憶画像テストの正解率が向上 (記憶の定着を補助)
- CD比を変更していない部分にも悪影響はない

47

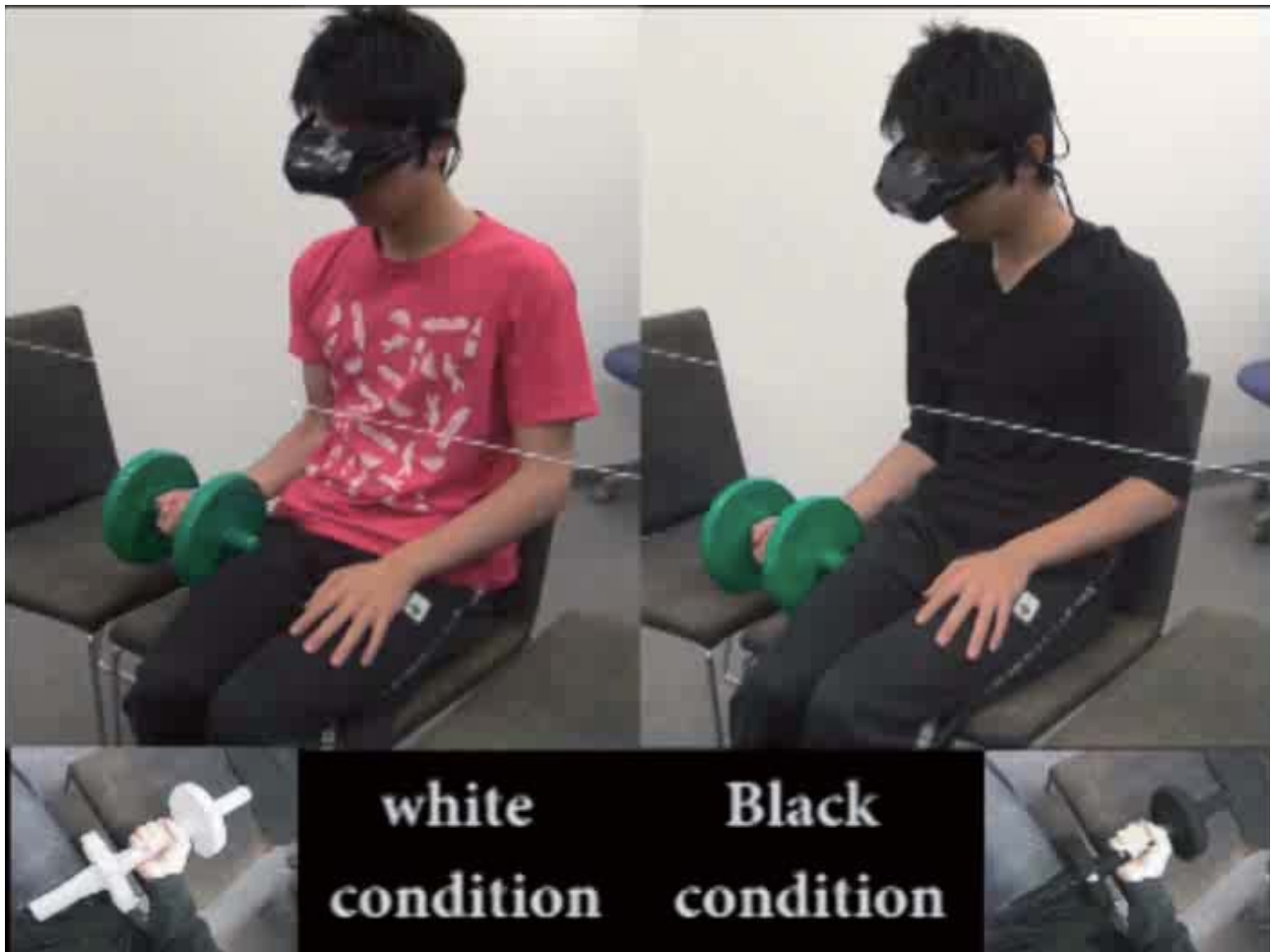
行動の 編集



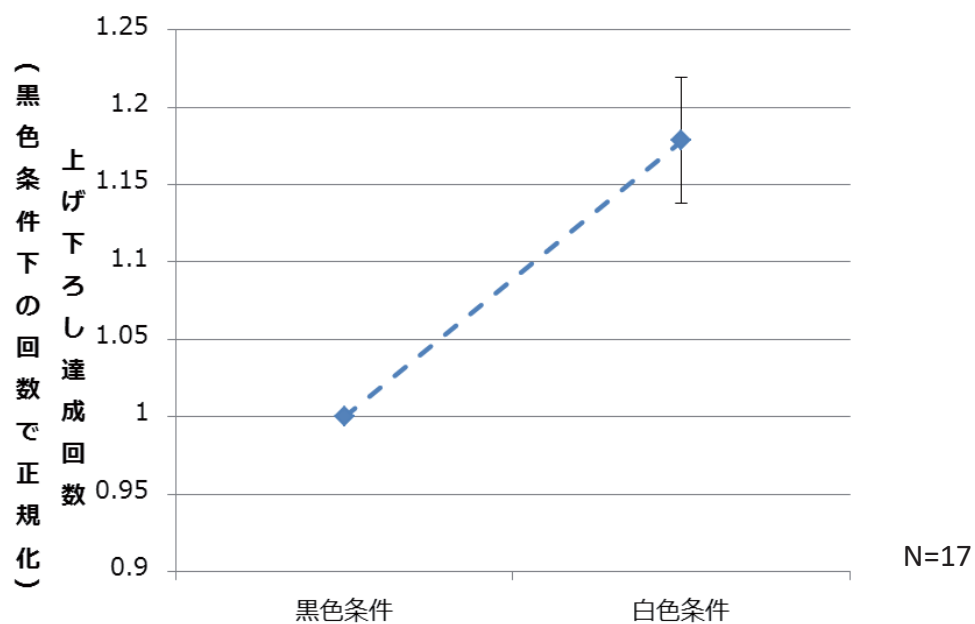
Augmented Endurance:

*

Controlling Fatigue while Handling Objects by
Affecting Weight Perception using Augmented Reality

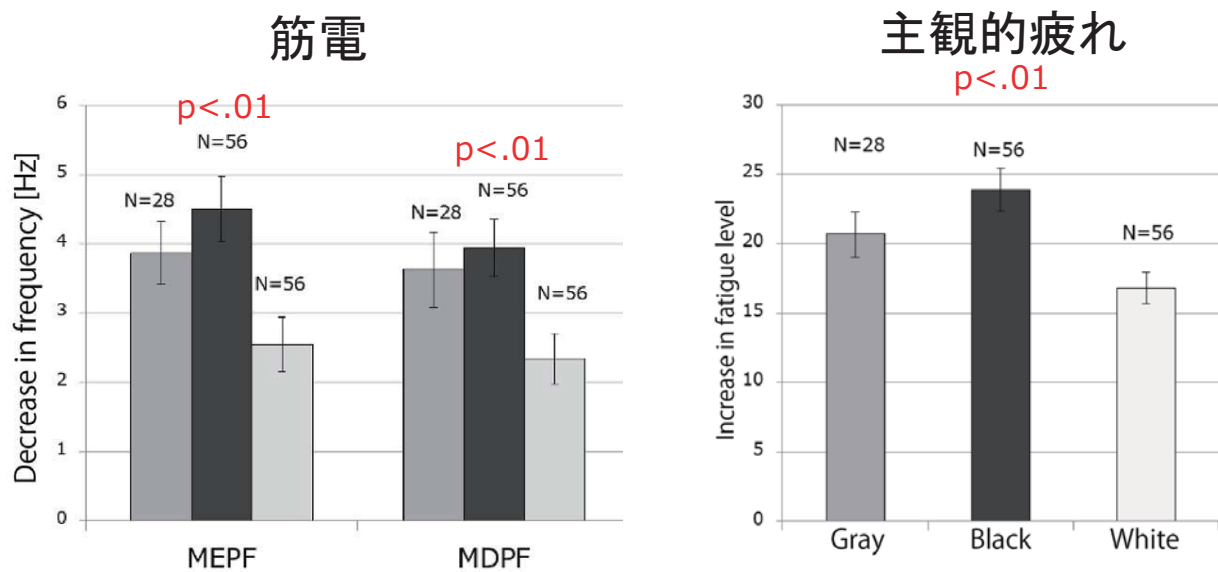


実験結果：上げ下ろし回数の変化率



- 白くすると、黒くしたときに比べて $17.9 \pm 4.1\%$ 達成回数が増加 ($p < .05$)

筋電と主観的疲れ

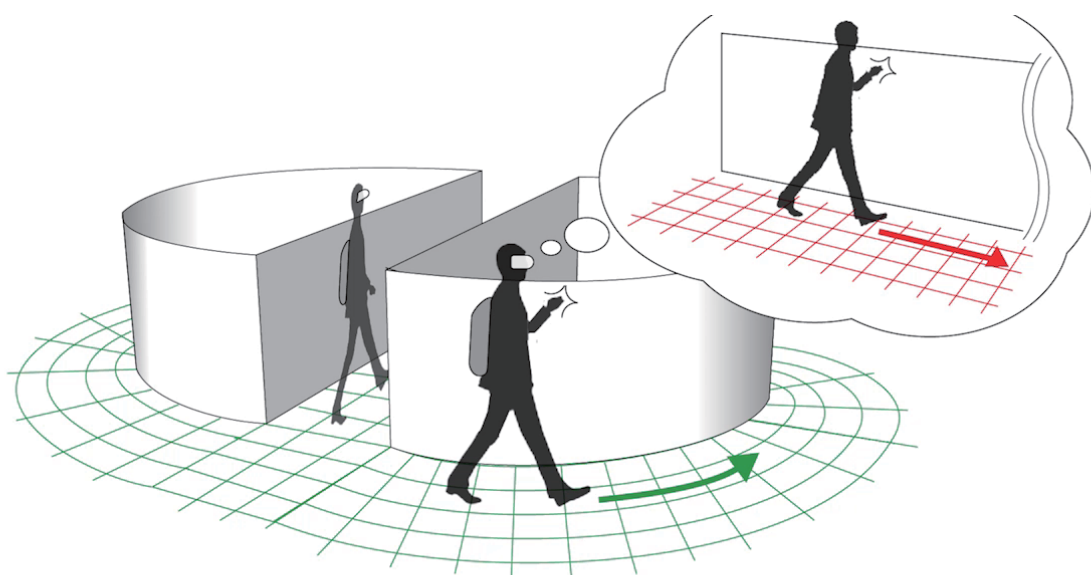


- 筋電計測の結果, 黒く見せると余分な筋力を消費している
- 黒く見せると主観的にも疲れた印象を受ける
- 提案手法は余剰な筋力発揮を抑制する効果がある

52

Unlimited Corridor: 無限に歩いて探索できるVR空間の実現

[3DUI2016,
SIGGRAPH2016]

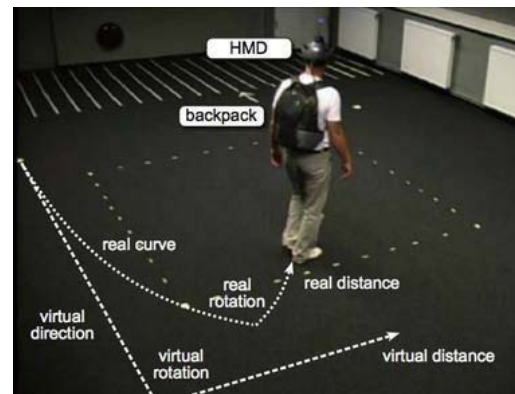


従来のリダイレクテッド・ウォーキングでは視覚のみを操作していましたが、私たちの空間知覚は複数の感覚によって成り立っています

Redirected Walking

20m×20mのVR空間を歩いて体験するのに20m×20mの実空間が必要では意味がない。

まっすぐ歩いていると感じさせつつ実は曲がって歩かせることで、狭い部屋で広い空間を体験させられる。



Real room



Virtual environment

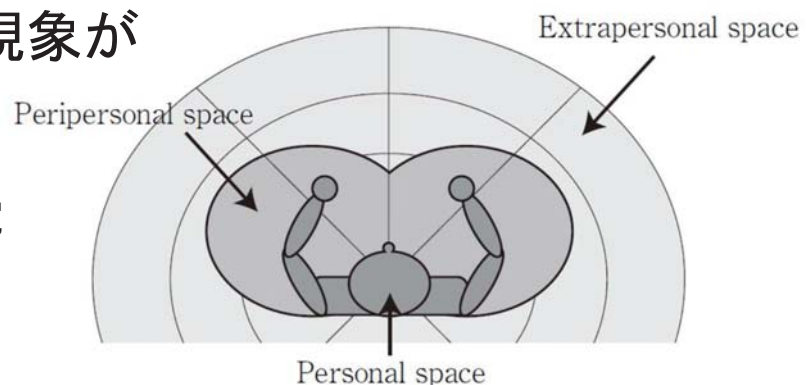


多感覚統合と身体

- 空間は身体を基軸に3つに分類可能
 - 個人内空間： 身体が占める空間
 - 身体近傍空間： おおよそ手(身体)の届く範囲
 - 身体外空間： 身体から離れた空間

- 身体近傍空間では
クロスモーダル現象が
起こりやすい

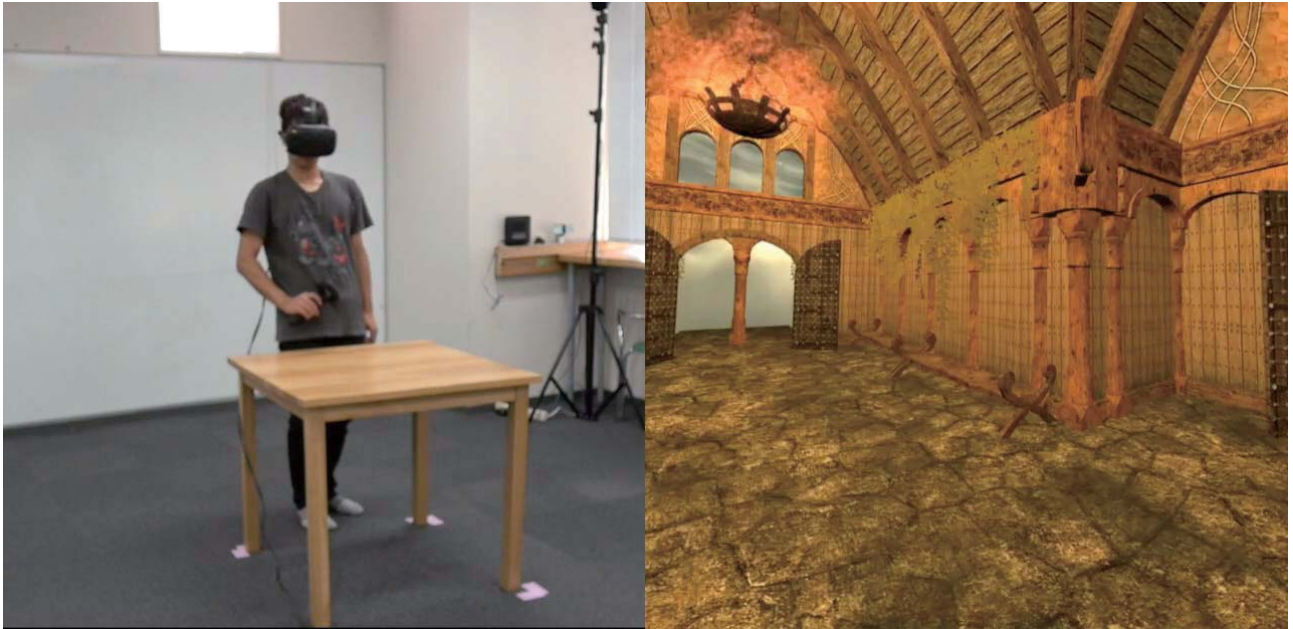
(触れられそうなのを見るだけで体性感覚野が反応する etc.)



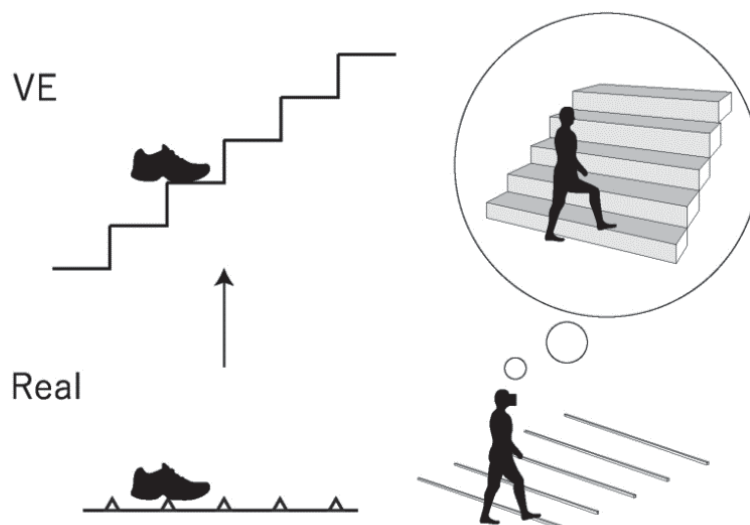
[榎本, 山本 2011より引用]

Magic Table

視点と手の表示位置を個別にずらすことで、四角形のテーブルを触れて歩いているのに三角形・五角形のテーブルのように感じさせることが可能



Infinite Stairs: 視触覚相互作用による無限階段



The visuo-haptic interaction is evoked by haptic stimuli of a small bump under users' feet corresponding to the edge of the stair in the VE and visual stimuli via an HMD.

身体と自己の 編集



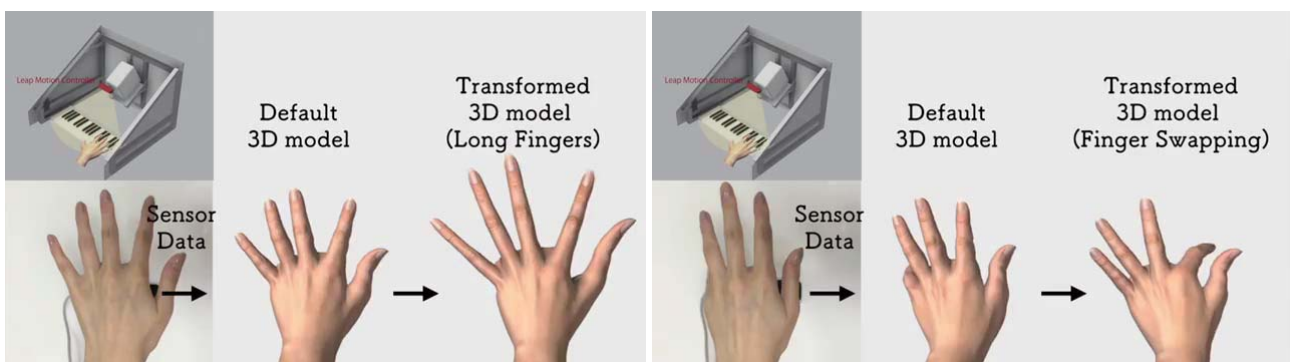
えくす手



60

身体拡張可能な範囲を探る

- 見た目よりも動きの一致が重要
- 見た目は2倍程度ならば身体のように扱えるが、4倍に変形すると難しい
- 視覚だけでなく触覚との同期刺激によって身体と感じられる範囲が拡張できる



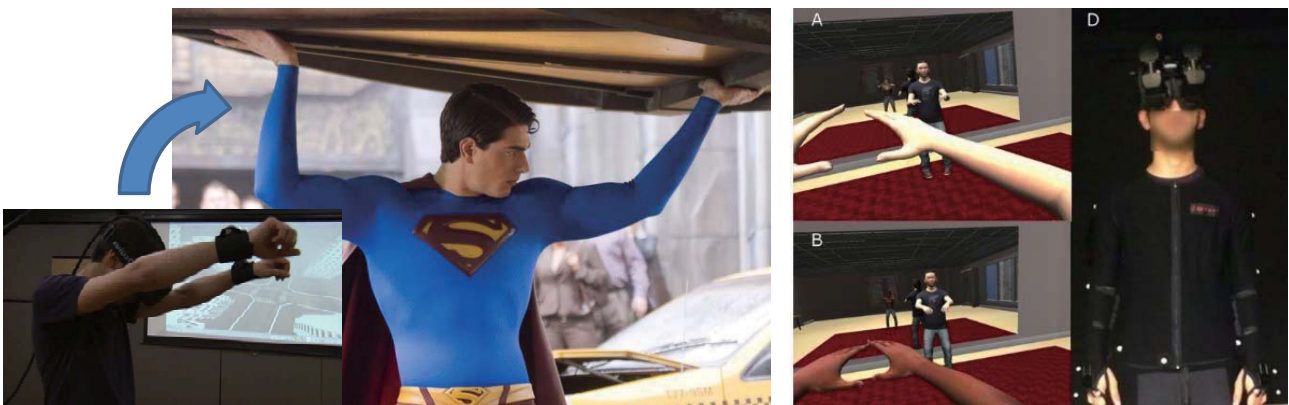
自分は何者だと思うかで パフォーマンスが変わる

K Kilteni et al.: Drumming in immersive virtual reality: the body shapes the way we play, IEEE TVCG, 2013.

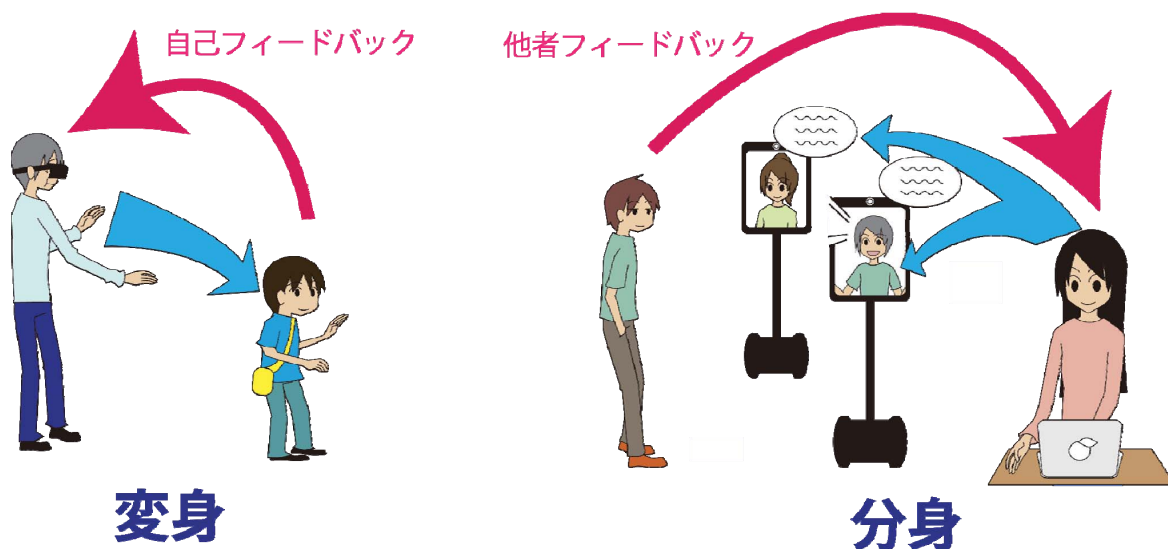


拡張身体と心の関係

- 身体が心や認知能力にどのような影響を与えるかが盛んに研究され始めている
 - スーパーヒーロー実験 (Rosenberg 2013):
VRでヒーローを体験すると利他的行動が増加
 - 人種差別意識軽減実験 (Banakou 2016):
VRで白人が黒人を体験すると差別意識が軽減



ゴーストエンジニアリング： 身体の再デザインによる心と認知のデザイン

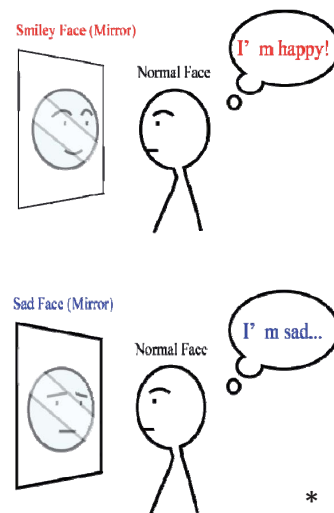


バーチャルリアリティで自分の身体を変えることで、
自らの心的状態や認知を適切に変化させることを支援し、
こころと上手に付き合うための技術が構築できる

64

扇情的な鏡：表情変形（視覚）による情動の操作

リアルタイム画像処理技術を用い、
自身の**表情の疑似的な変化**をフィードバックすることで
快・不快情動やそれに基づく判断・行動に影響を与える



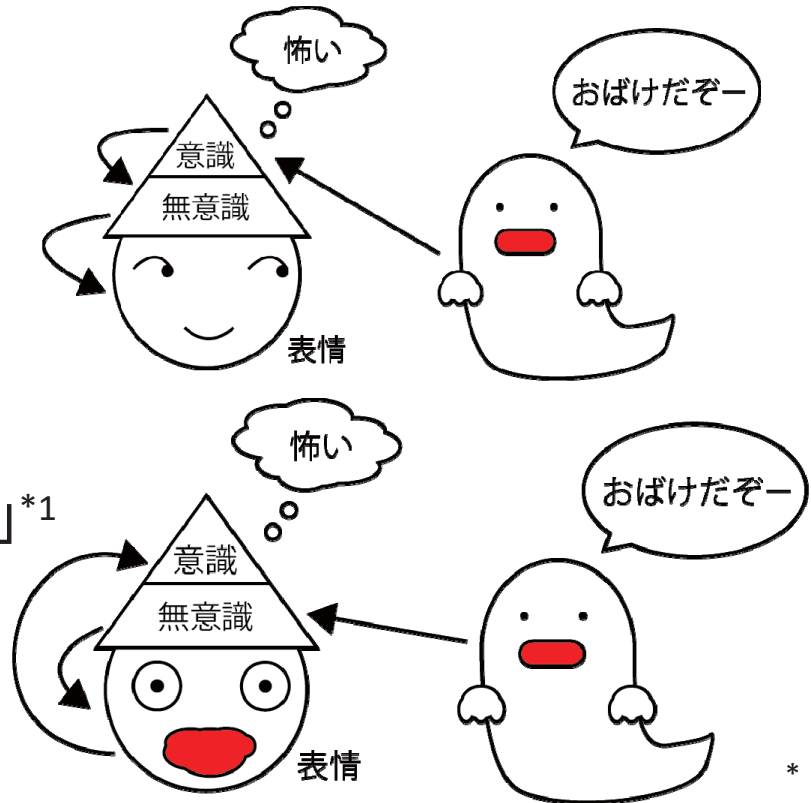
65

感情が先か，身体が先か

「悲しいから泣く」

or

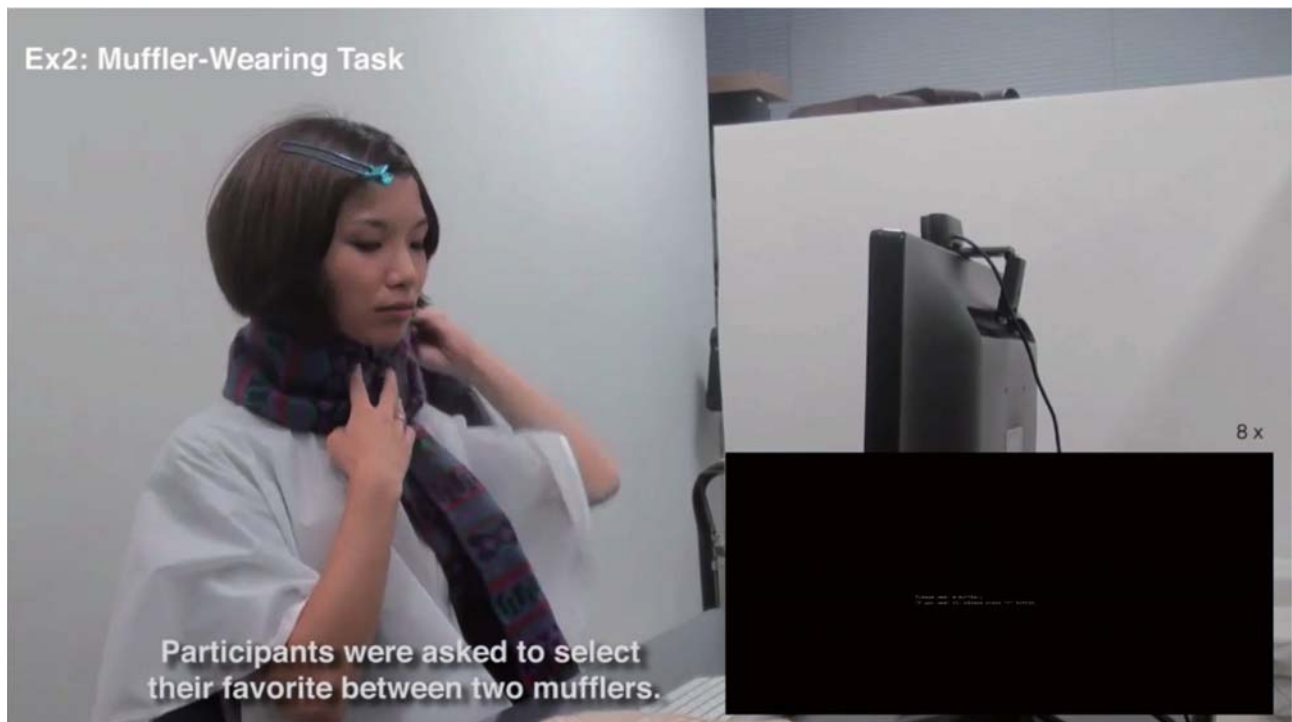
「泣くから悲しい」*¹



66

*1 W.James : The principles of psychology, New York, Dover Publications, Vol.2, 1950.

選好判断(好き嫌い)の操作

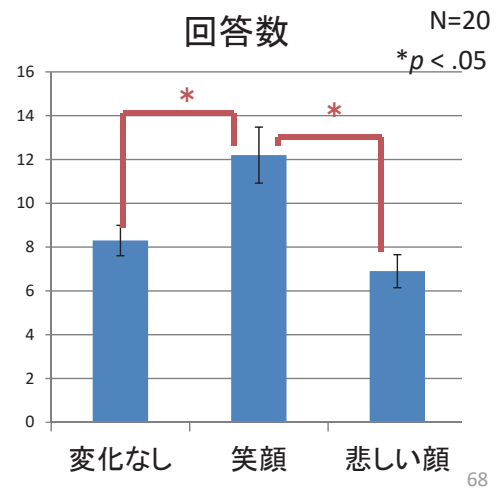


67

*

ゴーストの変化による創造性の向上 (SmartFace)

お互いが笑顔に見えるビデオチャット環境で
ブレインストーミングをすると, 何もしない時に
比べて回答数が1.5倍になった



身体が心・自己を作る



Facerig + Live2D



コミュニケーションにおけるタッチ

- ソーシャルタッチ(社会的行動としてのタッチ)
 - 利他的な行動を誘発する, 承諾率の上昇, ストレスの低減
[Crusco et al. 1984; Gueguen 2002; Koole et al. 2013]
 - 遠隔でのタッチ (Mediated Social Touch) も同じ効果を持つ
[Haans et al. 2006]



*

- タッチの効果は, 性別に大きく影響される
- 同性間(特に男性間)で行われるタッチは異性間よりも不快に感じられやすい [Heslin 1983][Haans et al. 2012]

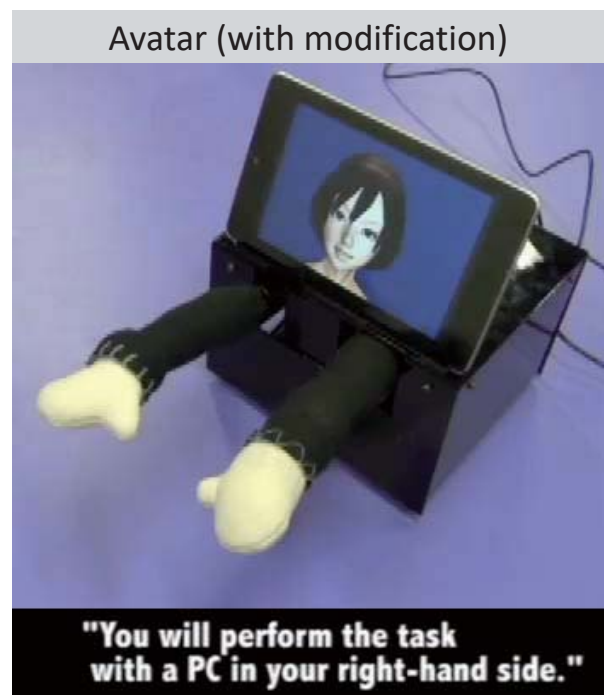
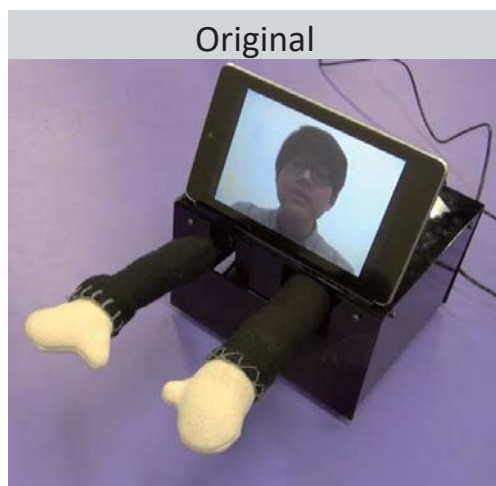
ソーシャルタッチアバター

*



[AH2016]

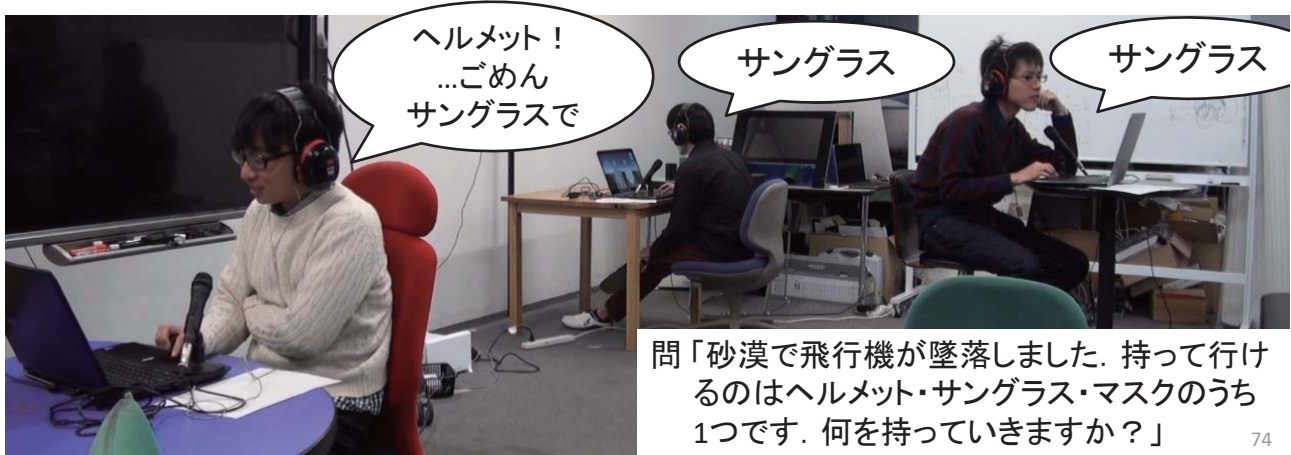
性別変換によるソーシャルタッチ効果増強



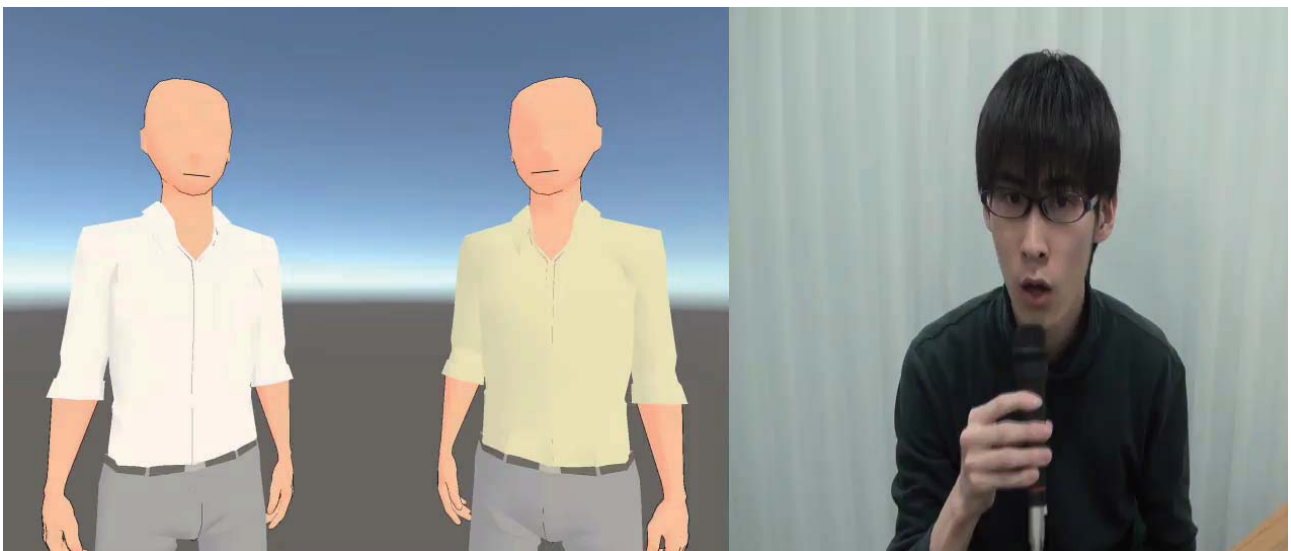
ボイスチェンジャ+触る 条件で
仕事量: +10%
仕事の退屈さ: 減少
相手への友好度, 信頼: 向上

分身による同調圧力低減

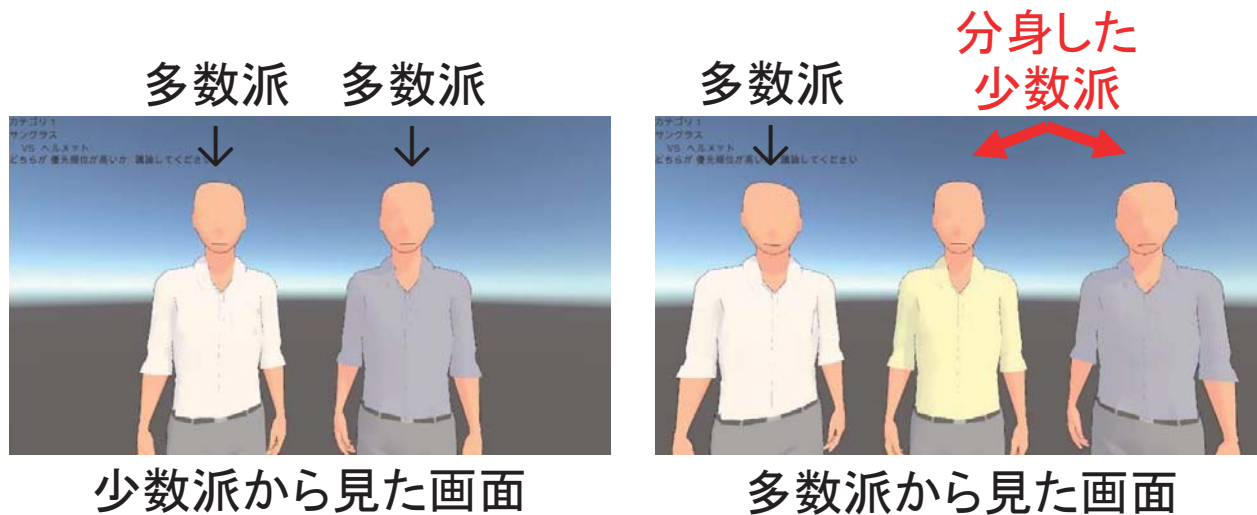
- 認知バイアスの一種である同調圧力を分身の力で低減できないか検討
- 3名で砂漠遭難課題をおこなうと多数派と少数派が現れる. この議論の収束を見る.



試作した擬似同調効果生成システム



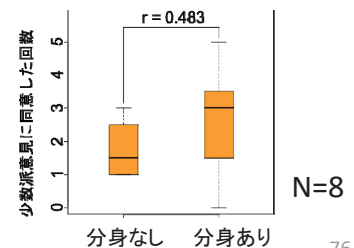
同調圧力調整効果の検証



予備実験の結果

- 少数派意見で合意する回数が増加
- 合意形成時の参加者の納得度が向上

少数派で同意した回数(20回中)



76

クロスモーダルによる現実の編集

- 五感は相互に影響し合っている(クロスモーダル効果). この影響を上手に利用すれば, 提示の難しい感覚情報を自在に提示できる.
- 人は感覚入力を元に行動や判断を決定している. それゆえ(クロスモーダルによる)感覚提示は人の行動や判断を変え, 現実を変えうる. この力は個別の感覚・行動・体験だけではなく自己をデザインすることにも繋がる.
- 薬に用法・用量があるように, 上述のような現実を変える力をどう使うかを議論する必要がある. そのためにはVRで何ができるか/何が起こるかを社会に示す必要がある.

鳴海拓志

narumi@cyber.t.u-tokyo.ac.jp



Cyber Interface Laboratory

<http://www.cyber.t.u-tokyo.ac.jp/~narumi/>