

感性工学の分野における視知覚特性の評価と応用

2015年1月17日

公立大学法人首都大学東京
産業技術大学院大学・産業技術研究科・創造技術専攻

助教 井ノ上寛人

目次

● 感性工学とは

- ✧ 感性とは何か, 感性に着目することで得られる知見は?
- ✧ 感性工学の概要, 方法論について

● 感性評価の事例

- ✧ 心理計測, 生体計測, およびそれらを併用した評価方法
- ✧ 映像コンテンツの主観評価と眼球運動の計測

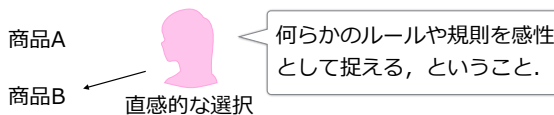
● 運動の知覚と錯視

- ✧ ヒトは「動き」をどのように知覚しているのか?
- ✧ 視知覚特性, 特に視運動性眼振, 固視微動, 視力, コントラスト感度について

感性とは何か?

● 感性の定義

- ✧ 外界の刺激に応じて, 感覚, 知覚を生ずる感覚器官の感受能力 (感受性)
- ✧ 曖昧な情報に対する直感的な処理能力¹⁾
- ✧ 感性判断は, 原因帰属や言語化が難しい¹⁾
- ✧ 無意識的, 直感/直観的, 情報統合的²⁾



1. 三浦佳代, 感性印象の知覚的・認知的研究, VISION, 15, 3, pp.143-149, 2003
2. 相田孝徳, 感性への認知科学的アプローチ, 電子情報通信学会誌, 92, 11, pp.923-925, 2009

感性価値/感性品質³⁾

● 商品やサービスの価値

- ✧ 機能性と感性, 当り前品質と魅力的品質⁴⁾
 - ✧ 動力性能: 理化学的検査
 - ✧ 乗り心地: 主観評価, 官能評価 (sensory evaluation)
 - ✧ ブランド: 主観評価

↓
感性的な満足感
(感性価値)

一級の感性を持つデザイナーやクリエイター, マーケティング担当者が, 直感的に実践してきた領域に工学的手法を導入.

3. 井ノ上寛人, デザインと感性, 高文堂, p.14, 2005
4. 狩野昭冠, 顧客価値, 高橋文夫, 注視一魅力の品質と当り前品質, 品質, 14, 2, pp.147-156, 1984

感性の工学的応用

● 感性工学の定義

- ✧ 人間が持っているイメージや感性を, 物理的なデザイン要素に翻訳し, 具体的に設計する技術⁵⁾
- ✧ より豊かで安全な社会にするための新しい科学技術⁶⁾

● 基本的な考え方

- ✧ 事例: ウォーク/フライスルー型の3DCGコンテンツ
 - ✧ コンテンツの価値として, 迫力感に着目する.
 - ✧ 迫力感を与えるカメラワークの運動パターンを解明する.
 - ✧ CGカメラワークを最適に制御して, 映像コンテンツに迫力感という感性価値を付加する.

5. 長町三生, 感性工学: 感性をデザインに活かすテクノロジー, 高文堂, p.26, 1989
6. 日本学術会議, 現代社会における感性工学の役割, <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-19-1033-5.pdf>, 2005

感性工学の方法論

● 提唱者による整理^{7, 8)}

- ✧ カテゴリ分類法
- ✧ 順行性感性工学
- ✧ ハイブリッド感性工学
- ✧ バーチャル感性工学
- ✧ 協調型/コンカレント型

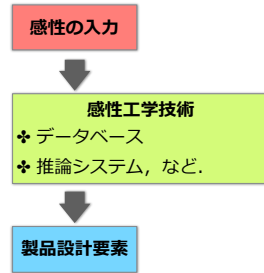


7. Nagamachi, M., Kansei/Affective Engineering, CRC Press, 2010
8. 長町三生, 第1回 感性工学入門: 顧客満足度を高めるための新製品開発技術, ヒューマンインタフェース学会誌, 3, 4, pp.3-10, 2001

感性工学の方法論

● 提唱者による整理 7, 8)

- ❖ カテゴリ分類法
- ❖ 順行性感性工学
- ❖ ハイブリッド感性工学
- ❖ バーチャル感性工学
- ❖ 協調型/コンカレント型



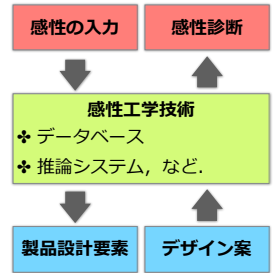
7. Nagamachi, H., Kansei/Affective Engineering, CRC Press, 2010

8. 長野三生, 第1回 感性工学入門: 顧客満足をもたらす新製品開発技術, ヒューマンインタフェース学会誌, 3, 4, pp.3-10, 2001

感性工学の方法論

● 提唱者による整理 7, 8)

- ❖ カテゴリ分類法
- ❖ 順行性感性工学
- ❖ ハイブリッド感性工学
- ❖ バーチャル感性工学
- ❖ 協調型/コンカレント型



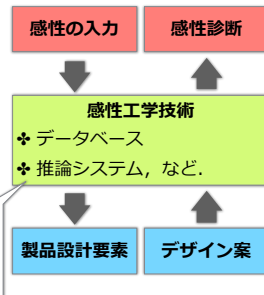
7. Nagamachi, H., Kansei/Affective Engineering, CRC Press, 2010

8. 長野三生, 第1回 感性工学入門: 顧客満足をもたらす新製品開発技術, ヒューマンインタフェース学会誌, 3, 4, pp.3-10, 2001

感性工学の方法論

● 提唱者による整理 7, 8)

- ❖ カテゴリ分類法
- ❖ 順行性感性工学
- ❖ ハイブリッド感性工学
- ❖ バーチャル感性工学
- ❖ 協調型/コンカレント型



7. Nagamachi, H., Kansei/Affective Engineering, CRC Press, 2010

8. 長野三生, 第1回 感性工学入門: 顧客満足をもたらす新製品開発技術, ヒューマンインタフェース学会誌, 3, 4, pp.3-10, 2001

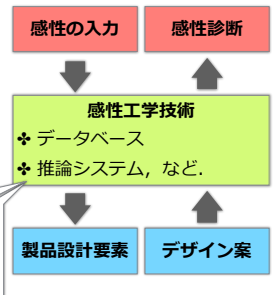
感性工学の方法論

● 提唱者による整理 7, 8)

- ❖ カテゴリ分類法
- ❖ 順行性感性工学
- ❖ ハイブリッド感性工学
- ❖ バーチャル感性工学
- ❖ 協調型/コンカレント型

複数人で開発するための機能など

- ❖ ネットワーク機能,
- ❖ 結果の相互確認/改案機能, など



7. Nagamachi, H., Kansei/Affective Engineering, CRC Press, 2010

8. 長野三生, 第1回 感性工学入門: 顧客満足をもたらす新製品開発技術, ヒューマンインタフェース学会誌, 3, 4, pp.3-10, 2001

感性工学の基礎

● 設計の枠組みの構築/解明 9, 10)

- ❖ 意図した感性価値を付加するための「制約条件」や「デザイン原則」について検討する.
- ❖ 何らかの評価手法によって感性情報を収集する.

● 心理計測の積極的な利用 11)

- ❖ 官能評価 (sensory evaluation): 官能特性を人の感覚器官によって調べることの総称.
- ❖ 感性評価 (kansei/affective evaluation): 嗜好, イメージ, 理化学的検査も含めた総合評価.

9. 井ノ上寛人, マルチメディア情報処理の感性評価に関する研究, 宇都宮大学博士学位論文, 2012

10. 井ノ上寛人, 「マルチメディア情報処理の感性評価に関する研究」とその発展, 第14回日本感性工学学会大会予稿集, C3-01, 2012

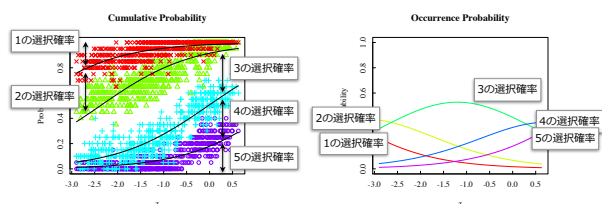
11. 長沢伸也, 感性をめぐる商品開発: その方法と実例, 日本出版サービス, pp.3-36, 2002

心理計測データの統計処理

● 質的データ解析/カテゴリカルデータ解析

- ❖ 例えば, 次のような尺度を用いて主観評価実験を行い, 順序ロジスティック回帰分析を適用してみる.

非常に 1 やや 2 どちらともいえない 3 やや 4 非常に 5
女性的な 男性的な



目次

● 感性工学とは

- ❖ 感性とは何か, 感性に着目することで得られる知見?
- ❖ 感性工学の概要, 方法論について

● 感性評価の事例

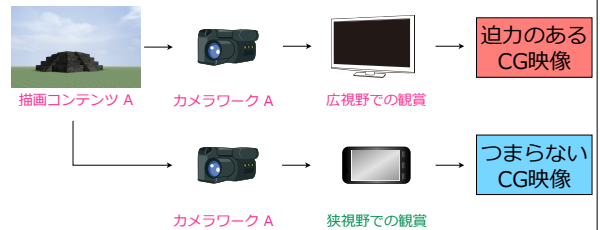
- ❖ 心理計測, 生体計測, およびそれらを併用した評価方法
- ❖ 映像コンテンツの主観評価と眼球運動の計測

● 運動の知覚と錯視

- ❖ ヒトは「動き」をどのように知覚しているのか?
- ❖ 視知覚特性, 特に視運動性眼振, 固視微動, 視力, コントラスト感度について

3DCG映像に対する評価の観点

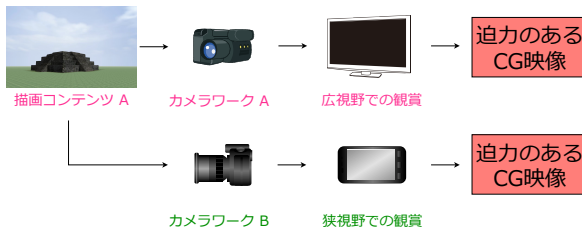
① 観賞条件



<http://prof.povray.org>

3DCG映像に対する評価の観点

① 観賞条件

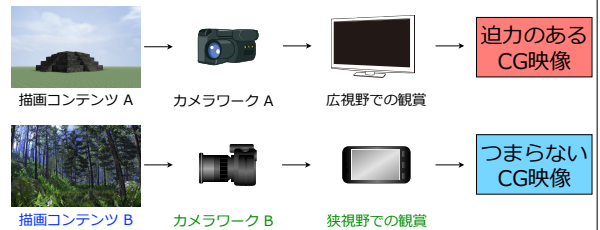


カメラワーク（運動パターン）と感性的な印象の関連づけ

<http://prof.povray.org>

3DCG映像に対する評価の観点

② 描画コンテンツ



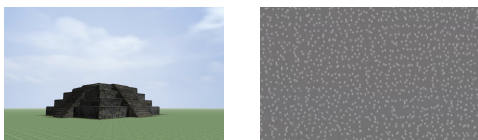
描画コンテンツによる交互作用の特徴も明らかにする必要がある（コンテンツ依存性の解明）.

<http://prof.povray.org>

研究目的

● 交互作用の特徴解明^{9, 10)}

- ❖ カメラワーク, 観賞条件（画角）, 描画コンテンツの交互作用の特徴について解明することを目的とした.
- ❖ 描画コンテンツの効果を評価するために, 任意の映像をランダムドットに変換するシステムを開発した.
- ❖ 同じ運動パターンを異なる描画内容で表現し, 比較した.



9. 井ノ上寛人, マルチメディア情報感性評価に関する研究, 宇都宮大学博士学位論文, 2012.

10. 井ノ上寛人, 「マルチメディア情報感性評価に関する研究」とその関連, 第14回日本感性工学学会大会予稿集, C3-01, 2012.

質問票の設計

● カメラワークと画角の複合的な評価の観点

- ❖ **映像酔い**に関する印象（酔いそうな, 目が回る, など）
- ❖ **演出効果**に関する印象（楽しい, 迫力のある, など）
- ❖ **表現品質**に関する印象（自然な, 違和感のない, など）
- ❖ これらの評価の観点は, 関連研究や先行研究¹²⁾の結果に基づいて整理, 予測している.

● 評価尺度

- ❖ 設問例: 楽しい動きだと思いますか? (4段階で回答)

12. 井ノ上寛人, 島村秀江, 佐藤美恵, 野高博, 小黒久史, 青日正男, 観賞条件に適合したCG映像の生成方法に関する基礎的検討, 映像情報メディア学会誌, 65, 7, pp.959-961, 2011.

印象評価の特徴

評価項目	PC 1	PC 2	PC 3	Kendallの一致度係数	順位
酔いそうな	-0.815	-0.120	-0.178	0.428	11
目が回る	-0.776	-0.089	-0.293	0.442	9
目が疲れる	-0.753	-0.166	-0.200	0.490	7
気持ち悪い	-0.753	0.043	-0.191	0.403	12
快適な	0.576	-0.442	-0.371	0.444	8
乱れた	-0.486	-0.116	-0.100	0.436	10
楽しい	0.030	-0.853	0.128	0.625	1
迫力のある	-0.104	-0.834	0.171	0.610	2
心を惹き付ける	0.160	-0.815	0.164	0.550	4
活発な	-0.241	-0.793	0.177	0.588	3
目で追いやすい	0.294	-0.198	-0.660	0.540	6
自然な	0.485	-0.257	-0.572	0.544	5

考察

● カメラワークによる感性価値の付加^{9, 10)}

✦ 演出効果に関する印象 (楽しい, 迫力のある, など)

- ✧ 映像酔いに関する印象と比べて, カメラワーク, 画角, 描画内容の相互作用を受けない.
- ✧ 狭視野条件で楽しさや迫力感を与えるカメラワークは, 広視野条件でも楽しさや迫力感を与える.

✦ 映像酔いに関する印象 (酔いそうな, 目が回る, など)

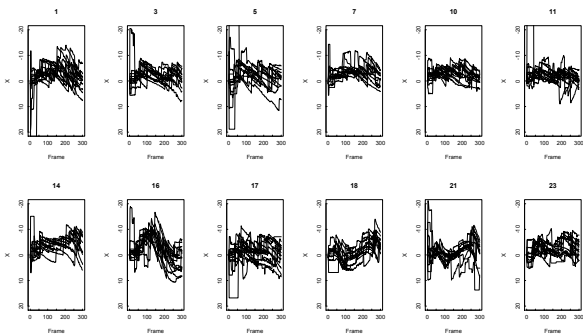
- ✧ 演出効果に関する印象と比べて, カメラワーク, 画角, 描画内容の相互作用を受ける.
- ✧ 狭視野条件で酔いや疲労感を与えないカメラワークが, 広視野条件では酔いや疲労感を与えることがある.

9. 井ノ上寛人, マルチメディア情報感性工学に関する研究, 宇都宮大学博士学位論文, 2012

10. 井ノ上寛人, 「マルチメディア情報感性工学に関する研究」とその発展, 第14回日本感性工学大会予稿集, C3-01, 2012

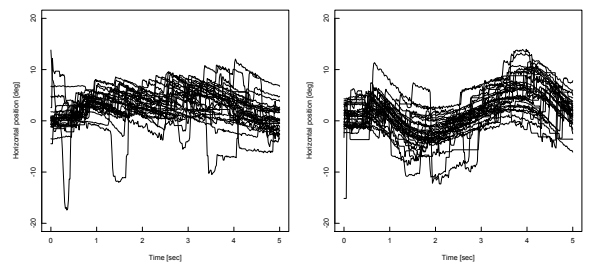
眼球運動の計測

● 映像観賞で生じた視運動性眼振の特徴



眼球運動の計測

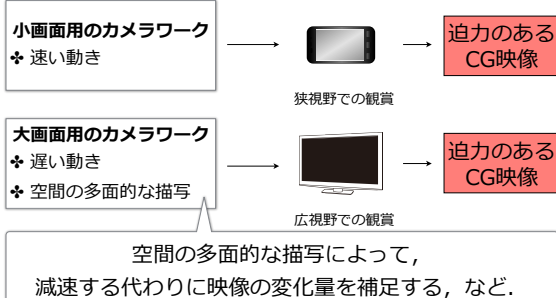
● 映像観賞で生じた視運動性眼振の特徴¹³⁾



13. M. Hashimoto, M. Sato, H. Inoue, H. Ogura, G. Sumi, A Factor Analysis of Impression Changes Related to Camerawork, Proceedings of the International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT2013), pp.963-966, 2013

応用

● CGカメラの制御の枠組み^{9, 10)}



9. 井ノ上寛人, マルチメディア情報感性工学に関する研究, 宇都宮大学博士学位論文, 2012

10. 井ノ上寛人, 「マルチメディア情報感性工学に関する研究」とその発展, 第14回日本感性工学大会予稿集, C3-01, 2012

発展

● 視覚系, 視知覚特性の分析

✦ 視線計測における雑音の個人差が大き過ぎないか?

- ✧ ヒトの眼球は, ある1点を固視しているときであっても, 常に微小に動いている (固視微動) .
- ✧ ヒトは, 動きをどのように知覚しているのか?
- ✧ 静止している部分が, 周囲の動きによって動いて見える (誘導運動) .
- ✧ 映像の動きによって, 自分自身が動いているように感じる (視覚誘導性自己運動感覚/ベクシオン) .
- ✧ 静止画が動いて見える錯覚がある.

目次

● 感性工学とは

- ❖ 感性とは何か, 感性に着目することで得られる知見は?
- ❖ 感性工学の概要, 方法論について

● 感性評価の事例

- ❖ 心理計測, 生体計測, およびそれらを併用した評価方法
- ❖ 映像コンテンツの主観評価と眼球運動の計測

● 運動の知覚と錯視

- ❖ ヒトは「動き」をどのように知覚しているのか?
- ❖ 視知覚特性, 特に視運動性眼振, 固視微動, 視力, コントラスト感度について

固視微動

● 雑音として計測される微小眼球運動

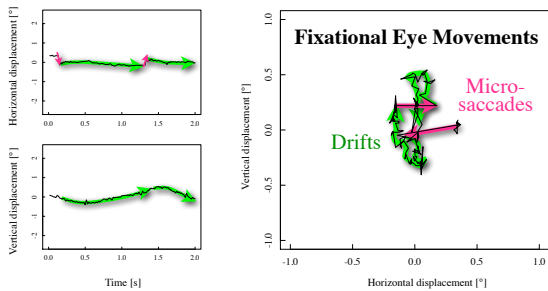
- ❖ ヒトの眼球は, ある1点を固視しているときであっても, 常に微小に動いている.
- ❖ 固視微動は, 通常, 知覚されない (視界は, 固視微動によって常に揺れて見えるわけではなく, 安定している).
- ❖ 固視微動は, 跳躍性眼球運動の誤判別要因となる. 雑音 (固視微動) の特性解明は, 雑音除去フィルタを開発する上で重要である.
- ❖ 固視微動によって視界が揺れない理由を解明できれば, 手ぶれ補正システムなどに応用できる.
- ❖ 運動錯覚が生じる原因の一つ考えられている¹⁴⁾

14. 北岡明彦, 運動の知覚と錯視, 光学, 39, 2, pp.75-81, 2010

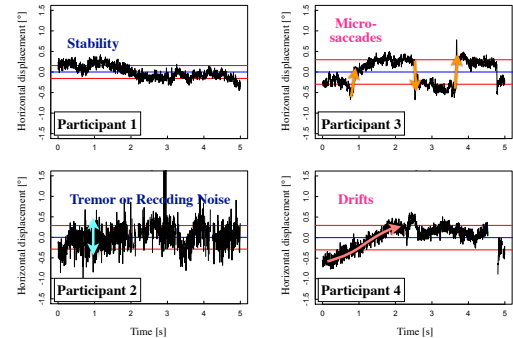
固視微動の種類

● 三つの成分 (パルス, 低周波, 高周波)

- ❖ (1) Micro-saccades, (2) Drifts, and (3) Tremor.



固視微動の個人差^{15, 16)}



15. 井ノ上真人, 藤谷直二, 「蛇の回転」の知覚に関わる要因と固視微動の個人差に関する基礎的検討, 画像電子学会第41回年次大会予稿集, R1-1, 2013

16. H. Inoue, S. Arai, N. Tetsutani, Research on Perceptual Abilities of Illusory Motion Based on Frequency Characteristics of Eye Movements, Proceedings of the International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT2014), pp.38-41, 2014

固視微動の機能

● 固視微動と錯視の関係

- ❖ 固視微動を特殊な器具や薬剤などによって抑制すると, 視覚情報が消失するといった現象が生じる.
- ❖ この現象は, ある1点を固視し続けることで生じる (トロクスラー現象).
- ❖ 幾つかの動く錯視は, ある1点を固視し続けると, 知覚できなくなる.
- ❖ エニグマ錯視
- ❖ オオウチ-シュピルマン錯視
- ❖ フレーザー-ウィルコックス錯視 (蛇の回転¹⁷⁾ など)

17. 北岡明彦, <http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/>

フレーザー-ウィルコックス錯視

● 基礎的な知覚特性^{15, 16)}

- ❖ 特定の方向に, 滑らかで連続的な動きが知覚される.
- ❖ 動きは周辺視でよく知覚され, 中心視では知覚され難い.
- ❖ 動きの速度 (錯視量) は, 色彩によって強まる.
- ❖ ある1点を凝視し続けると, 動きが知覚されなくなる.
- ❖ 知覚には個人差や不安定性がある.
- ❖ 動きを知覚できない人が5%程度の割合で存在する.
- ❖ 一般とは逆方向に動いて見える, ランダムに揺れ動いて見える, 視線移動や瞬目時にのみ動いて見える, 日によっては全く動いて見えない, といった人がいる.

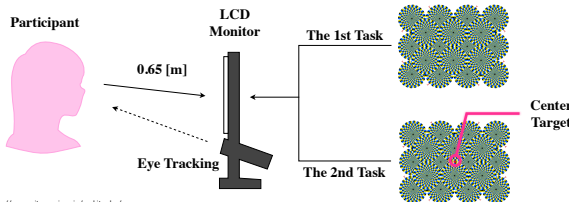
15. 井ノ上真人, 藤谷直二, 「蛇の回転」の知覚に関わる要因と固視微動の個人差に関する基礎的検討, 画像電子学会第41回年次大会予稿集, R1-1, 2013

16. H. Inoue, S. Arai, N. Tetsutani, Research on Perceptual Abilities of Illusory Motion Based on Frequency Characteristics of Eye Movements, Proceedings of the International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT2014), pp.38-41, 2014

固視微動の計測

● 実験方法

- ❖ 「蛇の回転」を, 次の2条件下で観賞しているときの眼球運動を計測する.
- ❖ 条件1: 制約なし (動きが知覚できるか4択で回答)
- ❖ 条件2: 中心固視 (動きが知覚できなくなるまで凝視)



<http://www.ritsumei.ac.jp/~akiyaka/>

固視微動の計測

● 実験参加者

- ❖ 21歳~68歳の17名 (男性15名, 女性2名)

全く動いて見えない	わずかに動いてみえる	動いて見える	よく動いて見える
3名	3名	3名	8名

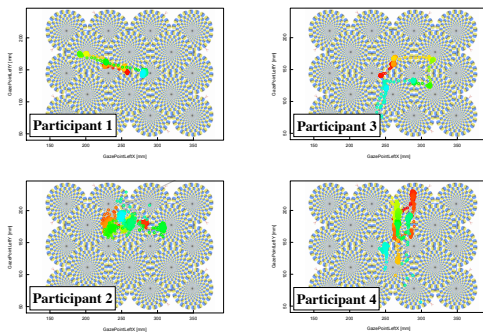
● 計測装置 (Tobii TX300)

- ❖ サンプル周波数: 300 Hz
- ❖ モニタ: 付属のLCD (23-inch)
- ❖ 視距離: 0.65 m
- ❖ 精度: 0.05~0.12°
- ❖ 確度: 0.4~0.8°



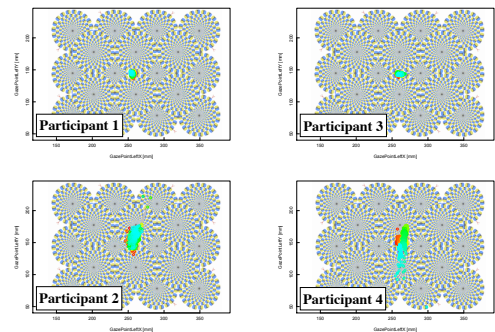
<http://www.tobii.com/ja-jp/eye-tracking-research/japan/products/hardware/tobii-tx300-eye-tracker/>

条件1: 制約なし



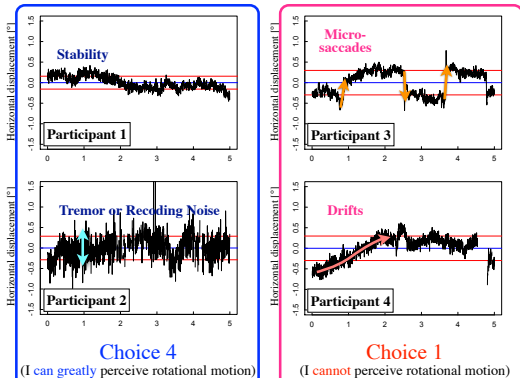
<http://www.ritsumei.ac.jp/~akiyaka/>

条件2: 中心固視



<http://www.ritsumei.ac.jp/~akiyaka/>

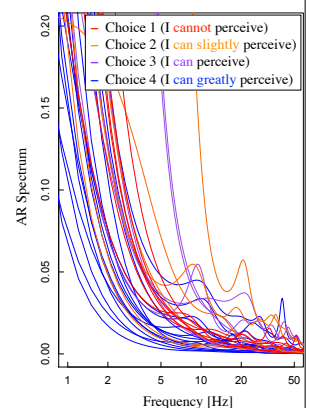
条件2: 中心固視



条件2: 中心固視

● 周波数解析

- ❖ 欠損区間のスクイズ
- ❖ 3点の移動平均 (カットオフ周波数: 45 Hz)
- ❖ ARモデルの適用
- ❖ 条件1での回答に応じたスペクトル曲線の色分け



考察

- **固視微動の個人差と錯視の関係** ^{15, 16)}
 - ❖ 固視微動の個人差は大きく, 固視微動の不安定性には, Micro-saccade, Drift, Tremorのいずれか, もしくは複数が関与する.
 - ❖ 動きを知覚できなかった観賞者と知覚できた観賞者では, 固視微動の動特性が異なり, 前者の固視微動には, Micro-saccadeの繰返しやDriftに起因した低周波成分が含まれている.
 - ❖ フレーザー-ウィルコックス錯視の知覚には, 固視微動そのものか, 固視微動に関わる視機能が作用しているといえる.

15. 井ノ上真人, 森谷健二, 「蛇の回転」の知覚に関わる要因と固視微動の個人差に関する基礎的研究, 画像電子学会第41回年次大会予稿集, R1-1, 2013

16. H. Inoue, S. Arai, N. Tetsutani, Research on Perceptual Abilities of Illusory Motion Based on Frequency Characteristics of Eye Movements, Proceedings of the International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT2014), pp.38-41, 2014

形態覚

- **視力の影響**
 - ❖ 感性的な印象や錯覚の強さ（錯視量）は, 視力の影響を受けている.
 - ❖ 高精細映像（HDTV, 1920×1080 pixel など）の画質の主観評価は, 画面高の3倍の視距離から実施する ¹⁸⁾
 - ❖ この距離は, 標準視距離（3H）などと呼ばれる.
 - ❖ 視力1.0（最小分離閾1'）の観賞者が走査線構造を知覚できない, といったことが考慮されている.
 - ❖ フレーザー-ウィルコックス錯視（FWI）から知覚される動きの速さ（錯視量）は, 視力と相関する ^{15, 19)}

15. 井ノ上真人, 森谷健二, 「蛇の回転」の知覚に関わる要因と固視微動の個人差に関する基礎的研究, 画像電子学会第41回年次大会予稿集, R1-1, 2013

18. ITU-R Recommendation, BT.710, Subjective Assessment Methods for Image Quality in High-Definition Television

19. 北岡明佳, <http://www.pay.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/kyoto-asumi2014.html> (Kitaoka, in press)

FWIと視力の関係

- **実験方法** ¹⁵⁾
 - ❖ 蛇の回転（FWI）の錯視量を主観評価すると共に, その回答と視力（最小分離閾）に相関があるか確認する.
 - ❖ なお, 静止画であるFWIを, 運動錯覚して見える方向と逆に回転させると, 実回転しているFWIが静止して見える（この速度を「相殺速度」と呼ぶ ²⁰⁾）.
 - ❖ 著者らは, 先行研究 ²¹⁾ において相殺速度を計測しているが, 相殺速度の計測は, （1）トロクスラー現象によって錯視図形そのものが見えなくなること, （2）FWIに知覚の不安定性があることから, 実験参加者にとって難しい評価手段といえる.

15. 井ノ上真人, 森谷健二, 「蛇の回転」の知覚に関わる要因と固視微動の個人差に関する基礎的研究, 画像電子学会第41回年次大会予稿集, R1-1, 2013

20. I. Murakami et al., A positive correlation between fixation instability and the strength of illusory motion in a static display, Vision Research, 46, pp.2421-2431, 2006

21. 新井健, 井ノ上真人, 森谷健二, 運動錯視の知覚に関する視覚特性に基づく基礎的研究, 第12回情報科学技術フォーラム論文集, F-004, 2013

FWIと視力の関係

- **実験参加者** ¹⁵⁾
 - ❖ 4歳～65歳の49名（男性38名, 女性11名）

年齢の区分	20歳未満	20～29歳	30歳以上
頻度	10	25	14

視力の区分	1.0未満	1.0	1.1以上
頻度	17	23	9

15. 井ノ上真人, 森谷健二, 「蛇の回転」の知覚に関わる要因と固視微動の個人差に関する基礎的研究, 画像電子学会第41回年次大会予稿集, R1-1, 2013

FWIと視力の関係

- **結果** ¹⁵⁾
 - ❖ 視力と錯視量：相関あり
 - ❖ 年齢と錯視量：相関なし
 - ❖ 年齢との負の相関性が無視できないとの報告もある ¹⁹⁾

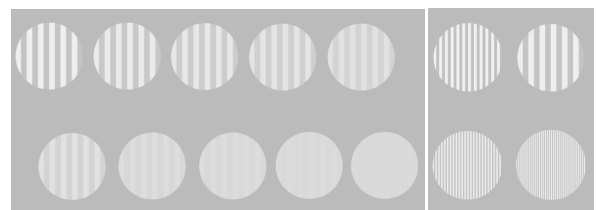
FWI（蛇の回転）			錯視量		錯視量との相関	
No.	色彩	視距離	平均値	年齢	視力	
1	モノクロ	5.0 m	1.00	0.092	0.415*	
2	カラー	5.0 m	1.12	0.137	0.492*	
3	モノクロ	1.5 m	1.79	0.035	0.424*	
4	カラー	1.5 m	2.39	-0.043	0.363*	

15. 井ノ上真人, 森谷健二, 「蛇の回転」の知覚に関わる要因と固視微動の個人差に関する基礎的研究, 画像電子学会第41回年次大会予稿集, R1-1, 2013

19. 北岡明佳, <http://www.pay.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/kyoto-asumi2014.html> (Kitaoka, in press)

FWIとコントラスト感度の関係

- **視力の様々な定義**
 - ❖ 最小分離閾（minimum separable acuity）
 - ❖ 縞視力（fringe acuity）
 - ❖ コントラスト感度特性（contrast sensitivity function）



(a) コントラストの違い

(b) 空間周波数の違い

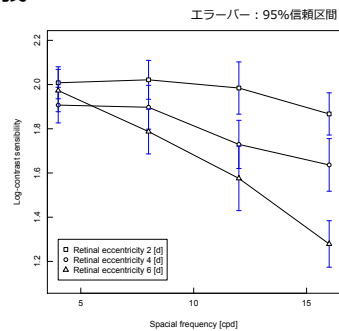
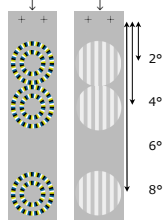
FWIとコントラスト感度の関係

● 視力の様々な定義

❖ 中心視力

❖ 周辺視力

交互に点滅する注視点



21. 奥村真二, 井ノ上寛人, 秋谷真二, 周辺視野のコントラスト感度と「蛇の目転」の知覚特性に関する研究, 画像電子学会第42回年次大会予稿集, S1-1, 2014

まとめ

● 視知覚特性の評価と応用

- ❖ 感性工学の分野では, 主観評価 (心理計測) を積極的に用いる.
- ❖ 理化学的計測や生体計測に加えて, 心理計測を併用すると, 製品やサービスに感性価値を付加するための設計の枠組みが明らかにできる.
- ❖ 当然ながら, 感性価値を高めるためには, 知覚特性についても分析する必要がある.