

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 8 月 20 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26285165

研究課題名(和文) 視覚的運動の検出と統合メカニズムに関する研究：時空間輝度勾配に基づく分析

研究課題名(英文) Detection and integration of visual motion in terms of spatiotemporal gradients

研究代表者

蘆田 宏 (Ashida, Hiroshi)

京都大学・文学研究科・教授

研究者番号：20293847

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,500,000円

研究成果の概要(和文)：心理物理実験と脳機能測定実験によって、視覚運動の知覚と脳内情報処理の理解を深める数々の新知見を得、論文として発表した。主な成果として、スピナー錯視が示す速度知覚の空間周波数依存性の解明(協力者：H. Ho教授, S. Anstis教授)、視覚運動による自己運動知覚を支える脳領域の同定とそれらを繋ぐ白質神経繊維束の再発見(協力者：上崎麻衣子)、接近運動に特異的な視聴覚の相互作用と位置依存性の発見(協力者：山崎大暉)があげられる。当初研究分担者であったvan Tonder博士による動く錯視の計算モデル研究は一定の成果を得て学会発表を行ったが、現在も改良を進めている。

研究成果の概要(英文)：We have found some new pieces of evidence on the mechanisms of human visual motion perception and the underlying brain mechanisms. Major findings: 1) we found that the spatial frequency dependency in speed perception is the basis of the recently created Spinner illusion (A. Ho & S. Anstis). 2) we found brain areas that are responsible in visual self motion perception, and re-discovered the white matter fascicle connecting these areas. 3) discovery of audio-visual interaction that is specific to looming motion and is dependent on spatial congruence. Dr van Tonder, who was initially a formal member of this project, has developed a computational model for anomalous motion illusions, which was presented at a conference but is still under development for publication.

研究分野：知覚心理学

キーワード：実験系心理学 視知覚 運動視 MRI 心理物理学 計算モデル 錯視

1. 研究開始当初の背景

視覚的な動きの検出・知覚は、古くから知覚心理学の中心的な問題であった。しかし、局所的な信号を統合して動きのパターンを知覚するメカニズムについては今も議論が続く。側頭部の MT/V5 野は運動視の中核としてサル MT/MST 野にはほぼ相同することがわかったものの、その下部構造と機能分化はサルと一致しない可能性がある(Wall et al, 2008: 申請者も参加)。特に、視野中の大域的運動という行動に不可欠な情報はヒトではどのように計算されるのであろうか。さらに、近年第二の運動視中核として注目される V6 野と、位置的に離れた MT/V5 野との関係や機能分化など、未解明な点が多々ある。Smith らは、fMRI を利用して視覚運動情報による自己運動の知覚に関連して pPVC, CSv, p2v など体性感覚関連領域の関与を示してきた(Wall & Smith, 2008 など)が、主観的な知覚や実際の行動との関連は十分にわかっていなかった。

これらを包括的に理解するため、計算モデルに立ち返った議論も必要である。局所的運動を画像の空間、時間偏微分から計算する勾配法モデルは工学的モデルとして用いられてきたが、生物モデルとしての可能性はたびたび提案されつつも十分検討されていない。局所的な運動検出から大域的な速度場まで統一的に考える上で、今一度検討する意義がある。

References

- Wall, M. B., Lingnau, A., Ashida, H., Smith, A. T. (2008) *E. J. Neurosci.* 27(10), 2747-2757.
 MB Wall, M. B. & Smith, A. T. (2008) *Curr. Biol.* 18 (3), 191-194

2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は、視覚運動情報が総合的な視知覚と行動制御に与える影響とその脳内メカニズムの解明である。具体的目標として、当初、以下の諸課題の解明とそれらを総合した考察を行うこととした。

- (1) オプティカルフロー刺激処理の脳内神経基盤の解明
- (2) 拡散強調画像と機能的結合性分析を用いた運動視関連領域間の処理ネットワークの推定
- (3) 視覚運動情報が色・明るさ知覚に与える影響の心理物理学解明と計算モデル
- (4) 静止画による運動錯視の理論的考察
- (5) 心理物理実験と脳画像実験の融合による運動錯視の神経基盤の解明

1-2 は MRI を用いて機能と構造の両面から高次運動視関連領域の動きを解明する。特に、運動視による身体運動の知覚(ベクシオン)を重視した(上崎麻衣子, 研究協力者)。3 については本研究開始前に一定の成果を得たため、代わって勾配法モデルとの関係がより強いと考えられた速さ知覚の問題に関する心理物理学的研究、および運動と位置知覚の関係(フラッシュラグ錯視)に重点を置くことにした。動く対象に隣接して、突然現れる対象は少し遅れて

見える(フラッシュラグ錯視)。この錯視は動きの連続性と関係するので、動く物体が点滅すると影響を受けると考えられた。昨今では自転車のライトで点滅するものが増えており、潜在的な危険がある恐れがある。

また、当初計画通り、4,5 の実験研究は別に採択された共同研究課題において実施することとし、計算モデル構築に注力した(van Tonder, 研究分担者)。また、関連して、今後に向けて運動視に関する視聴覚相互作用の研究が取り入れられた。

3. 研究の方法

本研究の方法は、大きく分けて a) 心理物理実験, b) MRI を用いた脳機能画像実験, c) 計算モデルによる理論的考察、という3つの方法論から成っていた。個々の研究は個別の問題を扱っているが、総合することにより、局所から大域に至る視覚運動情報処理と、それがもたらす心理的、身体的効果の全体像をより鮮明に描き出すことを目指した。

心理物理実験では、動く錯視図形による身体運動の知覚(ベクシオン)と身体応答の測定、速度知覚における空間周波数の影響(Spinner 錯視)の分析と理論的考察、フラッシュラグ錯視における点滅の効果調べた。また、聴覚による視覚的運動情報への影響を調べた。

機能的MRI と心理物理学実験を用いて、オプティカルフロー刺激による自己運動感と、その神経基盤を調べた。また、拡散強調 MRI と最新のトラクトグラフィ法を用いて、関連する脳部位を結ぶ白質繊維束の推定を行った。トラクトグラフィ法に関しては竹村浩昌博士(JSPS/CiNet)の協力を得た。

静止画が動いて見える錯視に関して、計算モデルを構築し、シミュレーション実験を行った。

4. 研究成果

(1) fMRI を用いてベクシオンの自覚的評価に関連する脳部位を明らかにした(論文 5)。特に、運動視関連領域として知られる MT+, V6 野に加え、頭頂の VIP 野と側頭の VIC+野の関与が示された。(研究協力者: 上崎)

(2) (1)で示された、比較的離れた部位を結ぶ情報幹線経路として、拡散強調 MRI とトラクトグラフィ法により、死後脳では 19 世紀に既に報告があった繊維束(SIPS と呼称)を生体脳で同定し運動視関連領域群と比較することができた(論文 4) (研究協力者: 上崎)。

(3a) 同一円周上を回転する物体の数が増えると加速して見える spinner 錯視(2013 年に Ho & Anstis によりコヨーテ錯視として発表された)を心理物理学実験によって分析し、速度知覚の空間周波数依存性が錯視生起の原因となっていることを明らかにした。原作者らと共同で議論を深め、学会発表(6, 10)を経て論文 3 として発表した。この錯視は勾配モデルからも説明できるが、決定的な証拠とは言えなかった。

(3b) 当初、動く対象が点滅するとフラッシ

ユラグ錯視が大きく減少することが示唆されたが、その後の検討により、個人差が大きく一般的な結果ではないことがわかった(学会発表 3,16)。一般的な結論は難しいため論文には至っていないが、個人差の原因も含めて継続して検討している。(研究協力者 Scott-Samuel 博士)

(3c) 接近印象をもたらす拡大視覚刺激が、同方向から聞こえる拡大音を伴う場合、特異的な相互作用が生じて対象が過大視されることがわかった。縮小視覚刺激が縮小音を伴う場合や、視覚と音が不一致の場合、また、音が後ろから聞こえる場合は相互作用は見られなかった。脅威となりうる接近刺激に特化した相互作用が示唆された(学会発表 9, 12, 18, 研究協力者: 山崎)

(4) 網膜の時間応答関数を元に、特定方向への網膜像のぶれが特異的な滲みを生み出しうることを元に、静止画が動く錯視の生起を説明しうる計算モデルを作成、シミュレーションを行った。モデルの有用性を示す結果が得られた(学会発表 7)が、論文化をめざして現在も検討を続けている。(研究分担者-協力者: van Tonder)

(5) その他: 次項に示すとおり本研究に関連する諸成果が得られ、一部は論文化を目指している。研究協力者の Scott-Samuel 博士との論文 2 は運動視とは少し違う内容であったが、Facebook を介した国際共同研究の可能性を示した点で今後にも活きる経験となった。国立台湾大学とは大学間の研究交流が進んでおり、今の研究(学会発表 8,11)を完成させつつ、今後より長期間の共同研究についても協議を進めている。

(6) 当初、2016 年度に英国等から研究協力者を招き、次の研究計画とのつなぎとなる公開シンポジウムを開催する計画であった。EU 脱退を巡る英国の政情により、2016 年度の招へいが困難になったため、基金の繰越を行い、2017 年 10 月にシンポジウムを開催した。MRI 研究に助言を求めて来た Lingnau 博士、Schwarzbach 博士の 2 名を招へいし、また、別の日本学術振興会の短期招へいプログラムにより研究協力者として全体のアドバイスを得てきた Smith 教授の参加を得た(下記 [その他] に URL を記載)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5 件)

- 1) Yamasaki, D., Miyoshi, K., Altmann, C. F., & Ashida, H. (2018). Front-presented looming sound selectively alters the perceived size of a visual looming object. *Perception, Online First* (May 21, 2018) [doi: 10.1177/0301006618777708](https://doi.org/10.1177/0301006618777708) 査読有
- 2) Scott-Samuel, N. E., Ashida, H. Lovell, P. G., Meese, T. S., & Schwarzkopf, D. S.

(2018). Stacking Chairs: Local Sense and Global Nonsense. *i-Perception*, 9:1. published online, Jan 19, 2018, [doi: 10.1177/2041669517752372](https://doi.org/10.1177/2041669517752372) 査読有

- 3) Ashida, H., Ho, A., Kitaoka, A., Anstis, S. (2017). The “Spinner” Illusion: More Dots, More Speed? *i-Perception*, 8:3 DOI: [doi: 10.1177/2041669517707972](https://doi.org/10.1177/2041669517707972) 査読有
- 4) Uesaki, M., Takemura, H., & Ashida, H. (2017). Computational neuroanatomy of human stratum proprium of interparietal sulcus. *Brain Structure and Function, Online First* (Sept 4, 2017) pp.1-19. [doi:10.1007/s00429-017-1492-1](https://doi.org/10.1007/s00429-017-1492-1) 査読有
- 5) Uesaki, M., Ashida, H. (2015). Optic-flow selective cortical sensory regions associated with self-reported states of vection. *Front. Psychol.*, 6:775. [doi: 10.3389/fpsyg.2015.00775](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00775)

[学会発表](計 32 件)

- 1) 藤本花音・蘆田宏 2018 フリッカーする周辺ドリフト錯視がベクション強度および身体動揺に与える影響 日本視覚学会 2018 年冬季大会 東京 査読無
- 2) 服部実香・蘆田宏 2018 傾いた平面上における窓問題解決 日本視覚学会 2018 年冬季大会 東京 査読無
- 3) Ashida, H., Takaoka, M. A., & Scott-Samuel, N. E. (2017) Possible mislocalisation of a moving ickering target. *ECVP 2017, Berlin, Germany.* 査読有
- 4) Uesaki, M., Ashida, H., Kitaoka, A., Pasqualot, A. (2017) Cross-modal size-contrast illusion: Hearing sounds of increasing intensity leads to underestimation of object size by touch. *ECVP 2017, Berlin, Germany.* 査読有
- 5) Uesaki, M., Ashida, H., Kitaoka, A., Pasqualot, A. (2017). Approaching auditory trees make wooden sticks feel shorter. *APCV 2017, Tainan, Taiwan.* 査読有
- 6) Ashida, H. Ho, A., Kitaoka, A., & Anstis, S. (2017) The spinner illusion and the effect of harmonic components. *APCV 2017, Tainan, Taiwan.* 査読有
- 7) van Tonder, G. V., & Ashida, H. (2017) Illusory motion at the photoreceptor level: insights from a computational model of visual transduction dynamics. *APCV 2017, Tainan, Taiwan.* 査読有
- 8) Yang, X., Chen, C.-C., & Ashida, H. (2017) Randomly Updating Images on Coherence Global Motion. *APCV 2017, Tainan, Taiwan.* 査読有
- 9) Yamasaki, D., Miyoshi, K., Ashida, H. (2017). Looming sounds modulate visual size perception depending on the audiovisual spatial consistency. *IMRF 2017, Nashville, USA* 査読有

- 10) 蘆田宏 2017 The spinner illusion: 速度知覚における時空間周波数の影響 第11回錯覚ワークショップ:錯視の文法を探る~視覚モデリングへの諸アプローチ 明治大学 招待講演
- 11) 楊肸蕊・蘆田宏・陳建中 2017 ランダム更新ドット画像における大域的運動知覚 日本心理学会第81回大会久留米大学 査読無
- 12) 山崎大暉・三好清文・Altmann Christian・蘆田宏 2017 身体前後に呈示された視聴覚情報の知覚的統合 日本視覚学会 2017年夏季大会島根大学 査読無
- 13) 藤本花音・蘆田宏 2017 周辺ドリフト錯視によるベクションにおけるフリッカーの効果 日本視覚学会 2017年夏季大会 島根大学 査読無
- 14) Ashida, H. (2016). Human brain network for visual motion processing. ICP2016, Yokohama, Japan. 招待講演
- 15) Takemura, H., Uesaki, M., Ashida, H. (2016). Human white-matter pathway communicating parietal and posterior-insular cortex. Society for Neuroscience 2016 Annual Meeting, San Diego, USA. 査読有
- 16) Ashida, H. & Scott-Samuel, N. E. (2016). Reduced lag for flashing flash-lag. APCV 2016, Fremantle, Australia. 査読有
- 17) Kohmura, M., Uesaki, M., Miyoshi, K., & Ashida, H. (2016). Olfactory effects on visual perception for pictures and words in binocular rivalry. APCV 2016, Fremantle, Australia. 査読有 [Best Poster Award]
- 18) 山崎大暉・三好清文・蘆田宏 2016 Looming sounds による視知覚促進を決定する要因 関西心理学会 128回大会 京都大学 査読無
- 19) 蘆田宏 2016 視聴覚刺激の時間的同期と較正 日本視覚学会 2016年夏季大会新潟市 査読無
- 20) 服部実香・蘆田宏 2016 Motion Silencing 錯視における時空間フリッカー検出モデルの検討 日本視覚学会 2016年夏季大会新潟市 査読無
- 21) Fujimoto, K. & Ashida, H. (2015). Asymmetric effects of stereoscopic depth on simultaneous lightness contrast. ECVF 2015, Liverpool, UK 査読有
- 22) Uesaki, M., Takemura, H., & Ashida, H. (2015). White-matter pathway connecting sensory cortical regions involved in optic-flow processing. ECVF 2015, Liverpool, UK 査読有
- 23) Uesaki, M. & Ashida, H. (2015). Neuronal representation of optic flow as a cue to self-motion. IMRF 2015, Pisa, Italy. 査読有
- 24) 山崎大暉・蘆田宏 2016 聴覚刺激が視覚大きさ判断に及ぼす影響とその時間的変容 日本視覚学会 2016年冬季大会 東京 査読無
- 25) 光村麻衣子・上崎麻衣子・蘆田宏 2015 嗅覚情報が両眼視野闘争に与える影響 日本視覚学会 2015年夏季大会 東京 査読無 ベストプレゼンテーション賞
- 26) 山崎大暉・Christian Altmann・蘆田宏 2015 Looming 聴覚刺激が視覚による大きさ判断に及ぼす影響と、その時間的変容 日本視覚学会 2015年夏季大会 東京 査読無
- 27) 上崎麻衣子・竹村浩昌・蘆田宏 2015 オプティックフロー選択性脳領域を結ぶ白質線維束 日本視覚学会 2015年冬季大会 査読無 ベストプレゼンテーション賞
- 28) Stevanov, J. Ashida, H., & Spehar, B. 2015 Preference for natural image statistics. 日本視覚学会 2015年冬季大会 東京 査読無
- 29) Stevanov, J. Ashida, H., Uesaki, M., Carlson, T. A., Cupchik, G. C., Kitaoka A. (2014). Neural accounts of 'A-ha' experience in preference for ambiguous images. Society for Neuroscience, Washington DC. USA. 査読有
- 30) Ashida, H. (2014). Cortical network underlying perception of real and illusory motions. APCV 2014, Takamatsu, Japan. 招待講演
- 31) Stevanov, J., Ashida, H., Uesaki, M., Kitaoka, A. (2014). Neural substrates of the local-to-global shift in mosaic images. ECVF 2014, Belgrade, Serbia. 査読有
- 32) Uesaki, M. & Ashida, H. (2014). Connectivity between brain regions associated with optic flow processing. APCV 2014, Takamatsu, Japan. 査読有
- [図書](計 0 件)
- [産業財産権]
- 出願状況(計 0 件)
- 取得状況(計 0 件)
- [その他]
- ホームページ
<http://www.psy.bun.kyoto-u.ac.jp/ashida/index-j.html>
 成果報告シンポジウム
<http://www.psy.bun.kyoto-u.ac.jp/ashida/WS201710.html>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
 蘆田宏 (ASHIDA, Hiroshi)
 京都大学・大学院文学研究科・教授
 研究者番号: 20293847
- (2) 研究分担者
 Gert Jakobus van Tonder
 京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・准教

授
研究者番号：30362586
(2014年度まで)

(3)連携研究者
なし

(4)研究協力者

Gert Jakobus van Tonder
2015年度より独立研究者
Andrew T. Smith
Professor, Royal Holloway, UK
Angelika Lingnau
Reader, Royal Holloway, UK
Jens Schwarzbach
Professor, University of Regensburg,
Germany
Nicholas E. Scott-Samuel
Senior Lecturer, University of Bristol
陳建中 (CHEN, Chien-Chung)
国立台湾大学(台湾)・教授
上崎麻衣子 (UESAKI, Maiko)
立命館大学・JSPS 特別研究員
Jasmina Stevanov
Royal Holloway, UK, PD Researcher
Michele Furlan
University of Padua, Italy, PD Researcher
山崎大暉 (YAMASAKI, Daiki)
京都大学文学研究科・博士後期課程
藤本花音 (FUJIMOTIO, Kanon)
京都大学文学研究科・修士課程
服部実香 (HATTORI, Mika)
京都大学文学研究科・修士課程
楊旻蕊 (YANG, Xirui)
京都大学文学研究科・修士課程
光村麻衣子 (KOHMURA, Maiko)
京都大学文学研究科・修士課程(2016年度
まで)

(以上の研究協力者は本研究開始時に協力を合意,あるいは本研究の資金により招へいや研究指導を行いました。業績リストにあり,他に多くの研究者の協力により研究が遂行できたことに感謝します。)