

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：33918

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23530963

研究課題名(和文)自己運動知覚強度を規定する視覚刺激の画像的特徴の統合的理解に関する実験的研究

研究課題名(英文) Experimental study aiming systematic understanding on pictorial attributes of visual stimulus which can determine strength of self-motion perception

研究代表者

中村 信次 (NAKAMURA, Shinji)

日本福祉大学・子ども発達学部・教授

研究者番号：30351084

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：自然環境下での視点移動時に得られる網膜像流動と等価な視覚刺激(実世界画像)を誘導刺激として用い、視覚誘導性自己運動知覚(ベクション)に及ぼす視覚刺激が持つ画像特徴の効果を分析する心理実験を行った。ベクション強度を計測する心理実験において、1)画像処理による「ミニチュア化」を用い、刺激動画像の運動成分を保持したまま画像の印象や意味を大きく変化させた、また2)特殊な仮現運動知覚を用いることにより、刺激動画像に含まれる運動情報と変位情報とを分離した。複数の心理実験の結果、ベクション強度が画像印象やその意味によらず、視覚刺激に含まれる運動成分に強力に規定されることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Effects of pictorial and scenic attributes on visually induced self-motion perception (vection) were investigated by psychophysical experiments employing visual stimulus which can be assumed as equivalent with retinal image flow under natural self-motion situation (real world image). In vection experiments, 1) observer's impression against the visual stimulus were tried to manipulate while motion components contained in the stimulus was kept identical, by applying "miniaturization" based on image processing techniques. 2) Motion information were also tried to be extracted from the visual inducer independently of visual displacement, by using a kind of apparent motion phenomenon (2 stroke and 4 stroke apparent motions). Results acquired from psychophysical experiments clearly indicated that vection strength is determined strictly by motion component contained in the visual inducer, irrelevant to the scenic meaning or the visual impression.

研究分野：実験心理学

キーワード：自己運動知覚 運動知覚 画像特徴

## 1. 研究開始当初の背景

視覚情報は、我々の環境への行動的適応に必要な不可欠な自己身体運動知覚に大きな影響を及ぼしている。本研究では、視野の大部分にわたる広い領域に提示された視覚刺激運動を観察した際に生じる自己身体の錯覚的運動知覚(ベクション)を用い、自己の空間定位における視覚情報の効果を分析することを主たる目的とする。

これまでのベクション研究においては、ランダムドットパターンやストライプパターンなどの抽象的な運動刺激を用い、そのパラメータを変化させることにより、自己運動知覚に及ぼす視覚情報の関与を検討することが多かった。本研究計画では、視覚刺激の画像的特徴の効果が、ベクションに及ぼす視覚刺激の効果の統一的理解を阻害するミッシングリンクになっているのではないかと考え、その影響を総合的に分析する。その際、CG画像やビデオカメラで撮影された自然動画像を用いることにより、これまでのベクション研究で利用されてきた抽象的視覚刺激(ストライプやランダムドット等)では検討することのできなかった、画像の意味的特徴の効果を分析することを可能とする。

## 2. 研究の目的

これまでベクション研究では用いられることの少なかった、移動カメラにより撮影された自然動画像(実世界画像)を誘導刺激とするベクション実験を実施し、自己運動知覚に影響を及ぼす視覚刺激要因を詳細に検討する。実世界画像を用いた実験により、従来の抽象的視覚刺激を用いた実験では検討が困難であった画像の「意味」や、画像に対する観察者の「印象」といった要因が、自己運動知覚にどのような影響を及ぼすのかを分析することを試みる。

## 3. 研究の方法

### 1) 「ミニチュア化効果」実験

ベクション駆動刺激としての実世界画像に、「ミニチュア効果」を付与することにより、刺激動画像に対する観察者の印象を操作することを試みた。ミニチュア効果とは、チルトシフトレンズを搭載したカメラによる撮影を模擬し、画像処理により周辺部分の「ぼかし」等の操作を行うと、実際の風景を撮影した動画像であっても、あたかもミニチュア模型を撮影したかのような印象を与える画像が得られることを指す。さまざまな画像特徴がミニチュア効果に関与することが知られているが、本研究ではそれらの中でも効果が大きいとされている、画像の「彩度強調」と視野周辺部の「ぼかし」を取り上げ、両処理の動画像への付与がベクション知覚に及ぼす影響を検討

した。視覚刺激は、ビデオプロジェクタ(Viewsonic PJD6381)により観察者の前方に設置されたリアプロジェクションスクリーン(縦1.4m×横2.7m)に呈示された。観察距離は1.5mであった(刺激サイズ $50^{\circ} \times 84^{\circ}$ )。視覚刺激として、郊外の直線路を走行中の電車の先頭からビデオカメラで撮影された動画像シーケンスを用いた。上記観察条件において、ほぼ実物大の刺激観察がなされるよう、撮影画角を調整した。撮影時の電車の走行速度は約60km/hであった。原画像に対しするミニチュア効果操作として、「彩度強調」、「(視野周辺[天地]の)ぼかし」、およびその双方(「彩度強調+ぼかし」)を付与する条件を設定し、原画像とあわせ4条件下でベクション強度を測定した。刺激提示時間は60秒であった。刺激観察終了後、観察者は刺激観察中に感じられた自己運動の強さの評定を行った。強度評定の基準として、原画像観察時の自己運動知覚の強度を用い、これを「100」として各試行で知覚された自己運動の強さを評定した。また観察者は、刺激画像の評価として、自然らしさ及びミニチュア感の評定を行った。11名の観察者(大学生)がボランティアとして実験に参加した。

### 2) 仮現運動実験

本実験では、4 stroke apparent motion(4SAM)および2 stroke apparent motion(2SAM)と呼ばれる特殊な仮現運動を用いて、実世界画像において視覚刺激に含まれる運動情報と変位情報とを分離し、そのベクションに及ぼす影響を検討した。

2SAMおよび4SAMでは、実際には2枚もしくは4枚の静止画像シーケンスを連続的に反復提示しているのみであるが、輝度パターンの反転による知覚運動方向の逆転(リバースファイ現象)により、観察者は一定方向への持続的な運動を知覚することとなる。これらの刺激においては、視覚対象はその位置を変化させることはなく、一方への運動のみが持続的に知覚されることとなる。これにより、視覚刺激の持つ「運動情報」のみを「変位情報」とは独立に観察者に与えることが可能となる。

先述の実験と同等の装置、手続きを用いた。実際運動条件においては、原刺激画像シーケンスを60Hzのリフレッシュレートで提示した。4SAM条件および2SAM条件では、原刺激画像シーケンスから静止画を切り出し、前記の方法で動画像シーケンスを構築した(1フレーム167ミリ秒、インターバル0ミリ秒)。また、原刺激動画像のリフレッシュレートを6Hzに低減させ、通常のベータ運動が観察される条件(ベータ運動条件)も設定した。すべての視覚刺激条件において、単位時間当た

りの視覚刺激の運動量が同一となるよう、フレーム選択がなされた。11名の観察者（大学生）がボランティアとして実験に参加した。刺激観察終了時（刺激提示時間 60 秒）観察者はベクション強度評定とともに、刺激運動の滑らかさの評定を行った（実際運動条件において知覚された刺激運動の滑らかさを 100 とする）。

#### 4. 研究成果

##### 1) 「ミニチュア化効果」実験

図 1 に各刺激条件におけるベクション強度、および視覚刺激の自然らしさ、ミニチュア感の評定値の観察者間平均値を示す。ベクション強度には、刺激条件間に差異は認められなかった ( $F < 1.0$ )。すなわち、本実験において用いられた視覚刺激画像によって誘導されたベクションは、全刺激条件下で同等の強度のものであったと結論することができる。一方、自然らしさ及びミニチュア感の評価は、ミニチュア効果操作により有意に変動した（それぞれ、 $F(3,30)=10.68, p < .01$ ,  $F(3,30)=20.88, p < .01$ ）。彩度強調とぼかしの双方の操作を行った場合に、ミニチュア感が最も高く、自然らしさが最も低くなった。原画像はミニチュア感が極端に低く、自然らしさは全条件中最も高かった。彩度強調のみ、ぼかしのみ条件では、自然らしさ、ミニチュア感とも上述の 2 条件の中間的な評定値を取った。今回の実験において、動画像シーケンスの運動成分を保持したまま、画像処理操作により系統的に動画像のミニチュア感を向上させ、自然らしさを低減させることができた。しかしながら、そのようなミニチュア化画像を用いても、比較的高い自然らしさを持つ原画像を用いた場合と同程度の強度の自己運動知覚を誘導することが可能であることが示された。この結果は、より自然らしさが高い視覚刺激がより強い自己運動知覚を誘導すると考える「自然らしさ仮説」とは背反するものである。

##### 2) 仮現運動実験

図 2 に、各刺激画像条件において得られたベクション強度評定値、および刺激の滑らかさ評定値の被験者間平均値を示した。実際運動条件において最もベクションが強く、次いでベータ運動条件と 4SAM 条件が同程度の強度となり、2SAM 条件ではベクションが最も弱くなった ( $F(2,20)=7.42, p < .01$ )。視覚刺激運動の滑らかさの評定値も刺激条件操作により変化した ( $F(2,20)=5.47, p < .01$ )。概略、ベクション強度と同様の変動を示し、2SAM 条件は、4SAM、ベータ運動条件に比べ円滑性評価値が有意に低くなった。

今回の実験では、4SAM、2SAM とともに、強度の制限はあるものの、十分有効に自己運動を誘導可能であることが明らかにされた。今回の実験で検討したすべての刺激条件において、刺激の運動エネルギー成分（輝度の時空間勾配）は同一であると考えられる。では、実験で得られた条件間の差異は何に起因するのであろうか。図 2 に示されているとおり、ベクション強度と視覚刺激の運動の滑らかさの評定とは、刺激条件に対しほぼ同一の変動を示す。ベクション強度と刺激運動の滑らかさ評定値との間に有意な相関が得られることから ( $r=0.61, p < .01$ )、刺激運動の知覚された滑らかさがベクション強度を規定する要因となっていることが理解できる。

今回の実験で用いた 4SAM および 2SAM では、同一の静止画シーケンスを繰り返し提示することにより、観察者に一定方向への連続的な運動を知覚させる。したがって、ある特定の視覚対象は、特定の空間的位置の間の移動を反復することとなり、知覚的な運動と位置の変移が乖離することとなる。このような刺激状況下においても自己運動知覚が有効に生起することから、視覚誘導性自己運動知覚においては位置の変化の知覚は重要ではなく、運動知覚そのものが現象生起の基盤となっていることが示唆された。

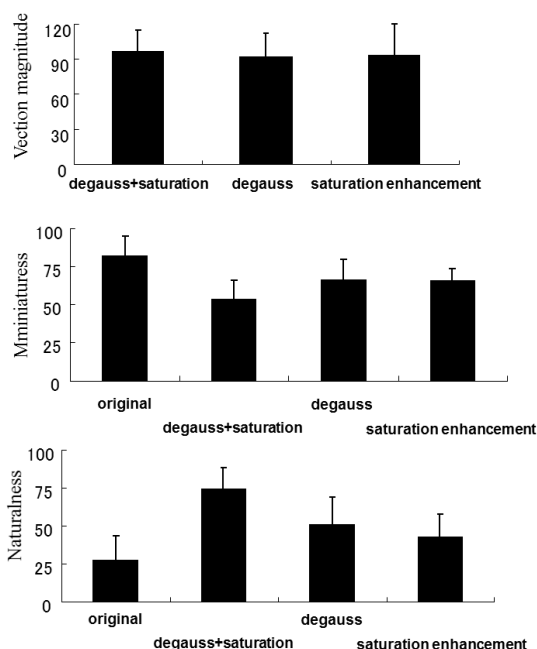


図 1 ミニチュア化効果実験の結果

(上段：ベクション強度評定値、中段：ミニチュア感評定値、下段：自然らしさ評定値)

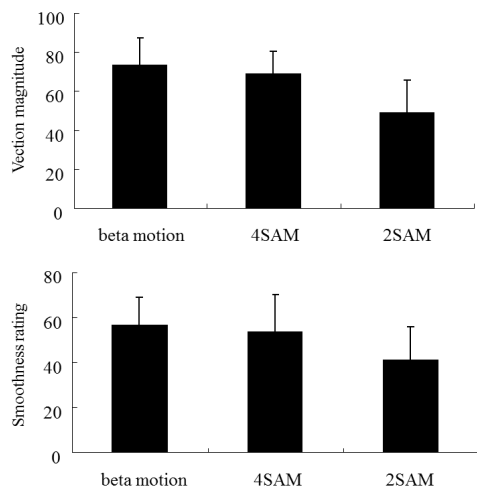


図2 仮現運動実験  
 (上段:ベクション強度評定値、  
 下段:視覚刺激運動の円滑さ評定値)

### (3) 成果のまとめ

本研究計画においては、視覚刺激の画像的特徴が自己身体運動知覚に及ぼす影響を分析するために、実世界画像をベクション駆動刺激として用いた心理実験を実施した。実験によって得られた結果は、視覚刺激に含まれる運動情報がベクション知覚を強力に規定することを示唆しており、これまでの抽象的視覚刺激を用いたベクション研究と同等のものでしかない。今後の追加検討により、刺激画像の持つ意味やそれに対する印象など、これまでのベクション研究が刺激の抽象化を行うことで見落としてしまっていた要因の分析を継続することにより、自然環境下での自己知覚と実験室環境におけるベクション知覚の相違を明らかとする。

### 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 11件)

Seno T, Palmisano S, Riecke BE, Nakamura S (2015) "Walking without optic flow reduces subsequent vection" *Experimental Brain Research*, **233**, 275-281 DOI: 10.1007/s00221-014-4109-4 (査読有)

Palmisano S, Allison R, Ash A, Nakamura S, Apthorp D (2014) "Evidence against an ecological explanation of the jitter advantage for vection" *Frontiers in Psychology*, **5**:1297 DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01297 (査読有)

Nakamura S (2014) Rotational jitter around the observer's line of sight can facilitate visually induced perception of forward self-motion (forward vection) *Multisensory Research*, **26**, 553-560 DOI: 10.1163/22134808-00002431 (査読有)

中村信次 (2013) "実世界画像を用いたベクション実験" 基礎心理学研究, 31, 65-69 <http://psychonomic.jp/journal/3201.html> (査読無)

Nakamura S (2013) "Visual jitter inhibits roll vection for an upright observer" *Perception*, **42**, 751-758 DOI: 10.1068/p7494 (査読有)

Nakamura S (2013) "Effects of additional visual oscillation on vection under voluntary eye movement conditions—retinal image motion is critical in vection facilitation" *Perception*, **42**, 529-536 DOI: 10.1068/p7486 (査読有)

Nakamura S (2013) "Separate presentation of additional accelerating motion does not enhance visually induced self-motion perception" *Multisensory Research*, **1**, 277-285 DOI: 10.1163/22134808-00002410 (査読有)

中村信次 (2013) "刺激動画像に対するミニチュア効果付与が視覚誘導性自己運動知覚に及ぼす影響" 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, **18**, 3-6 <http://www.vrsj.org/transaction/archive/> (査読有)

Nakamura S (2013) "The minimum stimulus conditions for vection: two- and four-stroke apparent motions can induce self-motion perception" *Perception*, **42**, 245-247 DOI: 10.1068/p7394 (査読有)

Nakamura S, Seno T, Ito H, Sunaga S (2013) "Effects of dynamic luminance modulation on visually induced self-motion perception: Observers' perception of illumination is important in perceiving

self-motion” *Perception*, **42**, 153-162 DOI:  
10.1068/p7321 (査読有)

Nakamura S (2012) “Effects of stimulus eccentricity on the perception of visually induced self-motion facilitated by simulated viewpoint jitter” *Seeing and Perceiving*, **25**, 647 - 654 DOI:  
10.1163/18784763-00002398 (査読有)

〔学会発表〕(計 4 件)

中村信次 「視覚誘導性自己回転運動知覚における大域 - 局所運動間相互作用」日本視覚学会 2015 年 1 月 21 日 (工学院大学・東京都新宿区)

Nakamura S “The presentation styles of visual jitter/oscillation are critical in facilitating vection” Asia-Pacific Conference on Vision 2013 年 7 月 9 日 (中国・蘇州)

中村信次 「実世界画像を用いたベクシヨン実験」日本基礎心理学会 2012 年 11 月 3 日 (九州大学・福岡県福岡市)

Nakamura S “Two and four stroke apparent motions can induce self-motion perception” Asia-Pacific Conference on Vision 2012 年 7 月 14 日 (韓国・仁川)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中村信次 (NAKAMURA, Shinji)  
日本福祉大学・子ども発達学部・教授  
研究者番号：3 0 3 5 1 0 8 4