

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25540170

研究課題名(和文) 漫画とアニメにおける動きの表現の実証的研究

研究課題名(英文) Expressions of Motion with Lines Used in Manga and Anime

研究代表者

伊藤 裕之 (Ito, Hiroyuki)

九州大学・芸術工学研究科(研究院)・教授

研究者番号：40243977

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：漫画やアニメにおいて動きを表現する線について調べた。漫画雑誌10誌に掲載された223タイトル4578ページ、21,493コマについて調べた結果、約40%のコマにこのような線がみられた。アニメについても30分枠54番組16,541ショットを調べたところ、平均5.2%のショットに線による動きの表権がみられた。軌跡を表す線、高速移動のぶれを表す線、目やカメラの動きを模した背景の動きを表す線が多く用いられ、動画であるアニメにおいては、線に動きを加えることでさらなる効果を引き出していることが確認された。線による動きの滑らかさの知覚的变化について心理物理学の実験を行い、その可能性を確認した。

研究成果の概要(英文)：How motion lines were used in modern Japanese Manga and Anime was investigated. We made a survey of the motion-related lines. We found that motion lines were used in 40% of panels in Manga. Even in Anime, motion lines were used in 5% of shots. Expressions of motion with motion lines used in Anime were extended from those used in stationary panels in Manga. We further investigated an effect of motion lines in apparent-motion displays. The smoothness of two-frame apparent motion was enhanced by presentation of a motion line between the frames, and even by simultaneous presentation of a motion line attached to an object in the first or the last frame. We additionally proved that the effect of motion lines extended the spatial limit of apparent motion. The use of motion lines may contribute to production of various types of movies from the point of smoother motion impression with reduced computational load.

研究分野：知覚心理学

キーワード：漫画 アニメ 動きの表現 仮現運動

### 1. 研究開始当初の背景

画家は、絵画における動きの表現技法として線を用いてきた。漫画においては、スピード線、流線、動線、集中線などの用語で知られ、動きの速度、方向、軌跡等を示唆し、静止面に躍動感を与える。アニメにおいては、もともと動画であるから、このような動きの表現は不要とも思えるが、実際はアニメの中には線などによる動きの表現がみられる。

### 2. 研究の目的

静止画における動きの表現について調べ、動画であるアニメーション映像においても、静止画で用いられる動きの表現が、さらに拡張された形で、動きの重要な表現手法となっていることを示す。さらに動きの表現としての線について、心理物理学の実験においてその効果を実証することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 漫画における動きの表現

国内発行の漫画雑誌(週刊誌及び月刊誌)で50万部以上の発行部数を持ち、書店の店頭で容易に入手可能な平成25年12月発行の10誌(「週刊少年ジャンプ」「週刊少年マガジン」「月刊コロコロコミック」「週刊ヤングジャンプ」「月刊少年マガジン」「ビッグコミックオリジナル」「ちゃお」「週刊ヤングマガジン」「週刊ヤングジャンプ」「週刊少年サンデー」「少年チャンピオン」)に掲載された223タイトル4,587ページにおける21,493コマについて、動きの表現法の使用実態を調査した。多重像、ボケ・かすれ、物体の後ろにつく線、物体の背景の線(スピード線、流線)、放射線(集中線)等について頻度をカウントした。

#### (2) TVアニメにおける線の使用

平成27年1月29日から2月1日まで福岡で受信した地上波及び衛星放送の30分枠アニメ54番組を調査した(「アイカツ」「GOGOたまごっち」「ポケットモンスターXY」「アブリュートデュオ」「弱虫ペダル」「冴えない彼女の育てかた」「戦国無双」「四月は君の嘘」「新妹魔王の契約者」「神様はじめました」「ナノインバーターズ」「それいけ!アバンマン」「妖怪ウォッチ」「ドラえもん」「クレヨンしんちゃん」「少年ハリウッド」「クロスジュー 天使と竜の輪舞」「艦隊これくしょん-艦これ-」「カリメロ」「遊戯王5D's」「フューチャーカードバディファイト」「デュエル・マスターズ VS」「暗殺教室」「プリパラ」「フェアリーテイル」「ログ・ホライズン2」「まじっく快斗1412」「名探偵コナン」「山賊の娘ローニャ」「スイートリキョウ♪」「境界の彼方」「デュララ!!×2 承」「アルトリア・セロ」「Gのレコンギスタ」「蒼穹のファフナー」「DOG DAYS」「幸腹グラフィティ」「銃皇無尽のファフニール」「牙狼<GARO>-炎の刻印-」「東京喰種√A」「ISUCA-イスカ-」「ワールドトリガー」「レディ ジュエルペット」「GO!プリンセスリキョウ」「ダイヤのA」「ドラゴンボール改」「ふるさと再生 日本の昔

ばなし」「ワンピース」「カードファイト!!ヴァンガード G」「七つの大罪」「遊戯王 ARC-V」「ちびまる子ちゃん」「サエさん」「ガンダムビルドファイターズトリイ)。各アニメのオープニングとエンディングの歌と予告を除く本編について、ショット(shot)ごとに線による動きの表現の有無を調べた。「線」としたものは、必ずしも細いくっきりとした線だけではなく、ぼかされたものや太さのあるもの等の拡張表現も含む。

#### (3) 線の使用と仮現運動

刺激は基本的に3フレームの画像の連続提示で構成された。第一フレームと第三フレームによって、右(ないしは左)方向への黒丸の仮現運動が提示された(図1)。

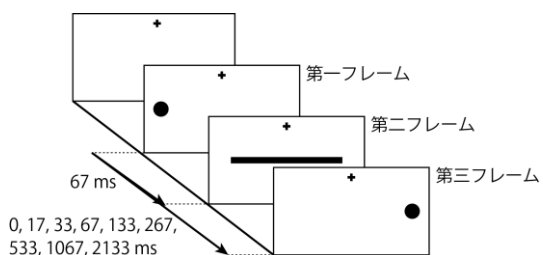


図1. 実験刺激試行手順の模式図

第二フレームに3条件あり、空白が提示される条件、画面中央に運動の途中にあたる黒丸が提示される条件、黒丸の代わりにモーションラインとしての水平線が提示される条件があった。黒丸と水平線は、被験者の目の高さに提示された。黒丸の大きさは視角2.3度、水平線の太さは0.23度で一定とした。被験者の目の高さから視角8.2度上方に注視点として大きさ視角1.6度の十字提示された。左右の黒丸の中心間距離は視角35度であった。注視点、黒丸、水平線(0.49cd/m<sup>2</sup>)は白背景(232cd/m<sup>2</sup>)の上に提示された。

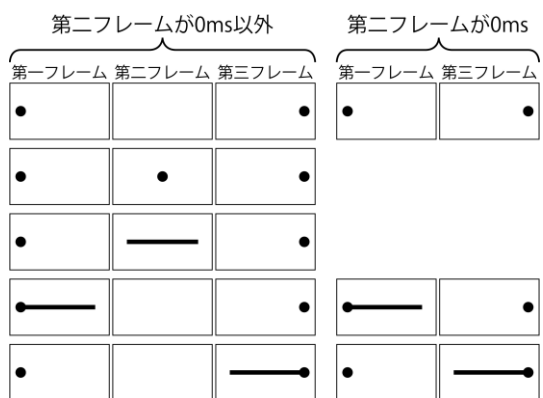


図2. 刺激タイプの一覧

第一フレームにおいて、画面左右どちらかに黒丸が67ms(fps60で4フレーム)提示された後、第二フレームに3条件のいずれかが提示され、その後第三フレームで第一フレームと反対側に黒丸が67ms提示された。第二フレームの提示時間は、17、33、67、133、267、533、1067、2133msの8水準であった

(図2)。さらに図2の下側に示したように、運動要素である黒丸と同時に線分(モーションライン)が提示されるという条件を追加した。この追加2条件と第二フレームが空白である条件の3条件においてのみ、第二フレームの提示時間を0msとする条件を追加したで行った(図2右側)。被験者は、「運動の滑らかさ」を0から10の11段階で評価した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 漫画における動きの表現

「コロコロコミック」等比較的低年齢向けの雑誌において線による動きの表現が多く、タイトルによっては87%のコマに何らかの動きを示す線がみられた(平均約40%)。放射状の線群(集中線)と軌跡を表す線、背景の平行な直線群(流線)とボケなど、複合的な使用もこれらのタイトルに多くみられ、タイトルによっては、56%のコマに複数の種類の動きを表す表現が用いられていた(平均約13%)。多重像による動きの表現はほとんど用いられていない。低年齢層(特に男子)向けの漫画では、文字情報より動きを表す派手な線に頼った描写が多く用いられる傾向が読み取れる。全体的に、静止画の中にアニメ風な動きの描写を表現していると考えられる。

##### (2) TVアニメにおける線の使用

線による動きの表現は、静止画だからこそ必要な工夫であり、TVアニメには不要とも考えられるが、実際は、総数16,541ショットのうち885(5.2%)ショット(1番組平均306ショットのうち16ショット)に線による動きの表現が見られた。漫画で約40%のコマに線が用いられていたのと比べて確かに使用頻度は低いが、「ドラゴンボール改」では18.4%ものショットに線による動きの表現が使用されていた。線の使用ショットの比率は、高い番組から低い番組までまんべんなく分布し(図3参照)、30分枠の放送中に線による動きの表現が1ショットもないのは6番組だけであった。動画であるTVアニメにおいても、線による動きの表現は欠かせない技法と考えられる。なお、線の動きを用いていても、対象や背景の動きを表現していない例も339ショット(2.0%)あった。

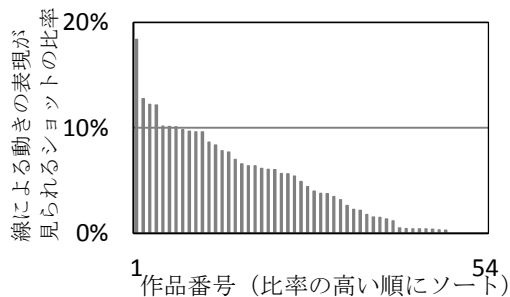


図3. 線による動きの表現を使用したショットの比率

##### (3) TVアニメにおける線の種類

本調査において抽出した線による動きの表現について、分類して述べる。図4は対象の動きを表現するために、対象自身に付帯する線である。

Aは(以下A-0の記号は図4-5の記号と対応)、漫画だけでなくTVアニメにおいても最もよく用いられていた(全ショット中1.5%)。これは、動く対象の軌跡を示したものと考えられ、網膜上の残像にも類似している。漫画とアニメにおいて異なる点は、アニメにおけるこのような線の提示の際に、出現、消失のタイミングのコントロールにより、静止画にはない動きの印象を作り出す、あるいは線自体に動きを付加可能な点である。このような線の効果は、実証例がある。またタイミングによっては、ラインモーション錯視による動きの効果を加えることもできる。BやCは対象の回転を示す曲線で、Aの延長上の表現とみなせるが、動きの始点と終点がない。Cにおいては、回転する対象の外側にある線なので、厳密には対象の特徴点が動いた軌跡でもない。D、E、Fは、動いている対象の高速な移動や振動を表現するために対象の輪郭に描かれた短い線である。DとEは動きの方向と線が平行であり、Aの用法と似ているが、Fは動きの方向と線は平行ではなく、震える輪郭の残像に近い。Dのタイプ(輪郭の一部が運動方向の短い線を伴う)は3番目に多く用いられていた(0.7%)。

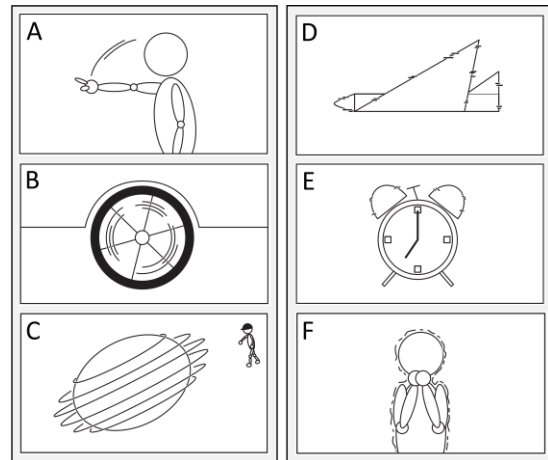


図4. 線が対象に付帯する動きの表現

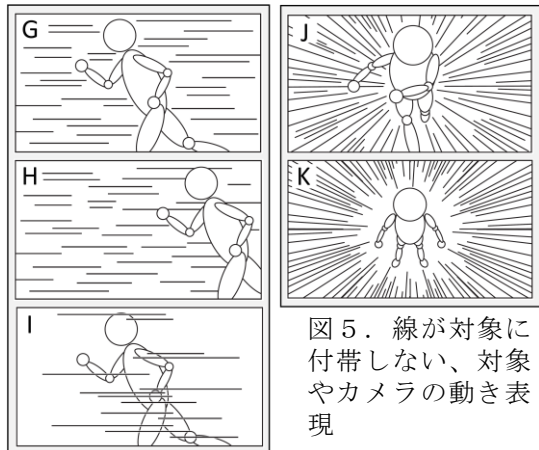


図5. 線が対象に付帯しない、対象やカメラの動き表現

図5は、線が対象に付帯しない例である。Gは漫画でよく用いられる手法（流線）であるが、アニメにおいても144ショット(0.9%)と2番目に多くみられた。対象の位置は画面上で固定され、背景で線が動いている。動く対象に注目して目やカメラが追従して動く場合の、背景の動きの軌跡や流れを表していると解釈される。HはGのバリエーションで、対象自身は画面上で移動する場合と静止している場合があり、カメラのパンニングを模した映像に相当する。Iは動く対象の背景ではなく、手前に線が描かれており、目やカメラと対象の間に存在する「何か」が相対的に後方に流れる光景と解釈できる。一方、Jの集中線は、線自体が中心に向かって高速に動いており、目やカメラの動きでは説明できず、対象の動きに付随したものでもない。このような線が軌跡として生じるのは、カメラが対象の進行方向に動きながら、後ろにいる対象を映す場合に限られよう。Kでは対象は動かないが、カメラのズームインに対応する背景の動きが描かれている。線自身が拡散方向に動くことで奥行き方向の動きを表現している。図5の表現は、いずれも映画におけるカメラワークと関連付けて解釈可能であろう。

#### (4) 線とアニメーションの相乗効果

図4A(動く対象の後について軌跡を示すもの)、D(高速で動くものぶれ)、図5G(動く対象の背景に動きの表現をしたもの)は、静止画である漫画においても最もよく用いられる表現であり、TVアニメにおいてもそれは同様である。TVアニメにおいてこれらの線を用いると、Aにおいては、前述のように、タイミングを適切に設定すると「おぼけ」と同様に滑らかな仮現運動に貢献する。「おぼけ」は、アニメ制作においてコマとコマの間に、ふくらんだものがのびるように描かれるものであるが、単純な線においても同様の効果がある。また、線が弧を描いている場合は、仮現運動の知覚的な軌跡は、その弧にそったものになる。たとえばAにおいては、腕が上にあるコマの次に弧を描き、その次に振り下ろされた腕を描くことで、なめらかな曲線状の動きを作り出している。このような動画における線の機能は、仮現運動の補助として直接人間の知覚に関わるものであり、静止画における線の機能とは異なっている。また、動く対象に付帯した線は、ラインモーション錯視を起こしている可能性がある。これは、注意の向いた対象の後に線分を提示すると、その対象から線が延びるように運動を知覚する現象である。アニメにおいては、線による仮現運動の促進とラインモーション錯視を明確に区別することは難しいが、いずれにしろ、静止画において線から動きを認知すること以上の機能がある。Dにおいては、アニメの中でぶれの線自体を振動させるという使い方がなされている。Gにおいても、静止画では背景の線は運動の方向を示さないが、ア

ニメにおいては、背景の線を実際に高速に動かす表現が用いられ、対象に誘導運動を起こす例もあった。誘導運動とは、動く大きな視野領域の中で、小さな対象が反対方向に動いて見える現象であり、静止画の線には起こらない現象である。さらにアニメにおいては線が実際に動くので、速度が感覚として感じられる。

図5Jは、静止画においては集中線であるが、アニメで用いられたように、線が実際に収束・拡散運動をすると、上述の誘導運動により、中央の対象に逆方向の運動を感じさせる効果がある。線が収束運動すると、線は対象の後方に下がっていく印象となる一方で、中央の対象は手前に出てくる印象となる。Kにおいては、線の収束・拡散運動により、ズームイン・アウトの表現が可能になる他、画面が大きいつき、拡散する線により、視聴者自身が奥行き方向に対象に近づいていく自己移動の感覚を与える例があった。これらは静止画の集中線にはない効果である。アニメの中においては、線自体の動きと提示タイミングの操作により、静止画における線の使用よりさらに拡張された動きの表現が可能となっている。

#### (5) 線の使用と仮現運動

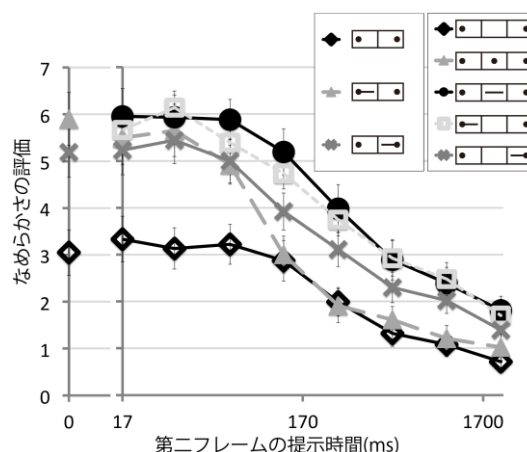


図6. 運動の滑らかさの主観評価の結果

図6に運動の滑らかさの評価結果を示す。刺激タイプ5水準、第二フレームの提示時間8水準、運動方向(左右)2水準の3元配置分散分析を行った。その結果、刺激タイプの主効果が確認された( $F(4, 36) = 9.604, p < 0.01$ )。第二フレームの提示時間にも主効果が確認された( $F(7, 63) = 34.024, p < 0.01$ )。運動方向の主効果は見られなかった( $F(1, 9) = 1.960, p > 0.05$ )。

また、刺激タイプと第二フレームの提示時間の交互作用が有意であったため、ライアン法を用いた下位検定を行った。まず、第二フレームが空白である条件と水平線を提示した条件の比較において、第二フレームの提示時間が17、33、67、133、267、533、1067msにおいて有意差が確認された( $p < 0.05$ )。



このことから、モーションラインを提示した場合に、運動の印象が「より滑らか」に知覚されたことがわかった。

次に第二フレームが空白である条件と第二フレームに黒丸を提示した条件においても、第二フレームの提示時間が 17、33、67、133、267、533、1067 ms の場合に有意差が見られ ( $p < 0.05$ )、水平線の提示と同様に運動の滑らかさが向上した。しかし、第二フレームが黒丸の条件と水平線の条件との間には、有意差が確認されなかった ( $p > 0.05$ )。

さらに、第二フレームに空白を提示した条件と第一フレームないしは第三フレームに運動要素の黒丸と水平線を同時に提示した条件の間には、提示時間が 17、33、67 ms の場合に有意差が確認された ( $p < 0.05$ )。

そして、第一フレームに黒丸と水平線を同時に提示した条件と、第二フレームに水平線を提示した条件の間に、第二フレームの提示時間が 133、267、533 ms の条件で有意差が確認された ( $p < 0.05$ )。また、第三フレームに黒丸と水平線を提示した条件と、第二フレームに水平線を提示した条件の間に、第二フレームの提示時間が 133 ms の条件で有意差が確認された ( $p < 0.05$ )。つまり、第 2 フレームの提示時間によっては、モーションラインを単独で提示した方が、なめらかさの向上が効果的に起こった。

次に、第二フレームの提示時間が 0ms の場合も含め、刺激の提示タイプ 3 水準、第二フレームの提示時間 9 水準、運動方向 (左右) 2 水準の、3 元配置の分散分析を行った。上述の分散分析と同様に刺激の提示タイプと提示時間の交互作用が有意であったため ( $F(16, 144) = 7.25, p < 0.01$ )、ライアン法を用いた下位検定を行った。その結果、提示時間が 0ms の場合、第一フレームないしは第三フレームに黒丸と水平線を同時に提示した条件と、線を提示しなかった条件の間に有意差が確認された ( $p < 0.05$ )。

黒丸の間に水平線を提示した条件と黒丸自身を提示した条件で、滑らかさの評価に差がなかったことから、仮現運動において、運動の始点と終点の間に運動要素を提示できる状況においては、その運動要素そのものを描いても、モーションラインのように物体の形状を変化させたものを描いても、運動の滑らかさは変化しないことが明らかになった。

黒丸と水平線を同時に提示した条件においても運動の滑らかさの評価が向上したことから、モーションラインは、そのために 1 フレームを設けずとも、効果を持つことが明らかになった。

第二フレームの提示時間によっては、黒丸と水平線を同時に提示した場合に比べ、黒丸の間に水平線を提示した場合がより滑らかに知覚されたことから、モーションラインと運動要素を分けて提示した方が、モーションラインの効果はより大きくなることがわかった。第二フレームの提示時間が長くなると、

運動の滑らかさが低減する傾向は、モーションラインと運動要素を同時提示する条件において、より顕著に確認された。

#### (6) 静止画における錯視による動きの知覚

静止画において線以外にも動きを感じさせるものがある。放射線の中央におかれた円盤が、目の動きと共に動いて見える錯視について、その背景のテクスチャを放射線以外のものについても調べ、最適な錯視が起こる条件とその原因を調べた。形態的な条件としては、背景が放射線のときに最も錯視が強くなり、放射線との相対運動が関係していることを見出した。

### 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 2 件)

- ① 伊藤裕之、小泉智美、徳永唯香、TV アニメーションに用いられる動きを表現する線、日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol. 21, No. 3 印刷中
- ② Bai, Y., & Ito, H., Effect of surrounding texture on the pursuit-pursuing illusion. *i-Perception*, 5(1), 20-40, 2014

[学会発表] (計 1 件)

- ① Ito, H., Illusions appearing in aftereffects. Tokyo Symposium on Optical Illusion 2015 (招待講演)

[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]

<http://www.design.kyushu-u.ac.jp/~ito/>

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

伊藤 裕之 (ITO, Hiroyuki)  
九州大学・芸術工学研究院・教授  
研究者番号：40243977