

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25780452

研究課題名(和文) 視覚的運動による質感知覚メカニズムの解明

研究課題名(英文) Elucidation of material perception from visual motion

研究代表者

増田 知尋 (MASUDA, Tomohiro)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所食品機能研究領域・契約研究員

研究者番号：60449311

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、視覚的な運動から知覚される質感を規定する要因の特定と、それに伴う知覚法則を明らかにすることである。正方形の主観的輪郭を生じさせる誘導図形の垂直線分を、正方形の頂点を支点として振り子運動させ、その際の振幅と周期をそれぞれ時間的に変化させたところ、主観的な面の質感と関連する、かたさや粘性の判断が系統的に変化することが示された。この傾向と物性研究領域で示されているモデルとを比較し、動的な質感知覚は、素材の物理的特性と外力を含む応力との関連から説明できる可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：The purpose in this study was to identify factors for the material perception from motion and to illustrate the perceptual law of material perception. The kinetic subjective contour was used that the vertical boundaries oscillated around the center of the inducers. It was examined whether amplitude and frequency changes in an inducer's oscillation influence the visual impressions of an illusory surface's hardness and viscosity. The results indicated that hardness and viscosity impressions varied in accordance with the amplitude and frequency change in inducers' pendular motion. These facts provide evidence of the partial relationship between material impressions such as hardness and viscosity related to amplitude and frequency changes in pendular motion. These findings indicate the possibility that material perception derived from motion is explicable in relation to physical motion based on the physical property of a material and force related to motion.

研究分野：実験心理学

キーワード：運動知覚 質感知覚

1. 研究開始当初の背景

映画の画面は、物理的にはスクリーン上における2次元の光学パターンの時間的な変化に過ぎない。しかしながら、われわれは、そのスクリーンの中で動く対象の3次元的な形状や、さらにはそれらの固さや重さ、弾力などの材質に関する情報まで知覚することができる。すなわち、われわれの知覚系は、2次元画像の時間的な変化から、環境内にある対象のかたさや滑らかさなどの素材に関する特徴をはじめとする多彩な情報をピックアップしている。

また、風に揺られてしなる枝や食材の調理や摂食時など、日常生活を見回すと、対象の変形する運動をみると、私たちは“なめらかさ”や“弾力”の程度、さらには野菜のシャキシャキ感やクッキーや煎餅のポリポリ感などの、対象の素材感(質感)までも知覚することができる。このような対象の素材感は、一般的には手や口で触れたときの触覚情報との関連で考えられてきたが、近年の知覚心理学研究においては、素材感の判断には触覚情報のみならず、視覚情報も大きく関与することが示されてきた。これらのことから、視覚情報に起因する素材感の解明は重要な課題となっている。

2. 研究の目的

各種素材感(質感)を規定する視覚情報に関する研究は重要な課題である一方で、変形などの運動を伴うものについては、対象の変形に関する視覚研究そのものが少ないこともあり、現在までなされてこなかった。対象の変形の知覚に関する研究の多くは、変形運動が検出される光学的条件の検討にのみ主眼が置かれており、変形運動から生じる種々の素材感や質感への知覚メカニズムについては、解明されるべき課題が山積している。静止画における質感に関しては、Motoyoshi et al. が二次元画像内の各ピクセルの輝度値の度数分布の図示である輝度ヒストグラムの歪度(skewness)を操作し、知覚される表面質感(surface quality)を変化させることが可能であることを明らかにした。視覚的運動を伴うパターンにおいても、このような質感を規定する特定の光学的パラメータを明らかにしていくことが、質感知覚メカニズムの解明に不可欠である。このような背景の中、ある対象が別の対象に入り込む運動(貫入運動)を用いて、貫入する深さや時間が同等であっても、貫入速度の時間的な変化(加速度)に応じて、被貫入対象のかたさ知覚が変化することが見いだされた。この知見は、対象の質感が視覚的運動情報によっても規定される可能性を示している。

そこで本研究では、運動を伴う対象の、視覚による質感知覚を規定する要因を心理物理的な実験手法により明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

対象の質感知覚に関する運動情報の効果を検討するためには、多様なカテゴリが考えられる質感について、それぞれが知覚される規定要因を特定することが不可欠である。

そこで本研究では、物理学領域で素材の物理的性質(物性)を記述するために用いられている用語を中心に精査し、各種物性パラメータによる典型的な運動を参考に、素材感判断を規定する視覚的運動の要因について心理物理学的実験により検討した。

また、対象の運動には輪郭などの形状変化が伴うが、運動による影響と輪郭形状による影響を切り分けるため、主観的輪郭による運動パターンを用いて(図1)これら二つの効果を独立に検討した。このことにより、形状による影響を極力減らし、質感知覚への運動情報の効果を検討した。

輪郭線に沿った輝度や色の変化が存在しないにも関わらず、輪郭線が知覚される現象。

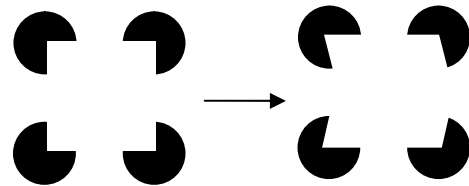


図1 主観的輪郭による運動の例。垂直線分の傾きを変化させると、物理的には存在しない輪郭形状の変化が知覚される。

先行研究により、正方形の主観的輪郭を生じさせる誘導図形の垂直線分を、正方形の頂点を始点として振り子運動させるパターンにおいて、上下の時間差(位相差)を、系統的に変化させると、位相差の程度に応じて、しなりやはためきなどの素材感と関連する主観的な面が知覚されることが示されている。しなりは弾性の高い素材で、はためきは弾性の低い素材で生じる運動であることから、物体の部位間の運動の位相差が視覚による素材感を規定する一因であることを示唆している。

上記の位相差の程度と素材感に関して、物性研究領域で示されている粘弾性モデルとの関連が考えられる。粘弾性モデルでは、物体に力が加わった際に、その後変形が始まるまでの時間的な間隔が素材の性質と関連があるとされており、その間隔が0に近いほど、弾性的な素材の性質を持ち、大きくなれば粘性的な素材の性質を持つ。弾性は外力による変形が生じて、外力が無くなれば対象が一定の形状に戻るといった固体的な性質を示し、粘性は粘りけに代表される変形する際の抵抗に関する性質を示している。また、これらの性質は、振動する物体では周期の長短や減衰などの程度と関連するとされている。

そこで、素材感の指標として、“粘性”と“かたさ”に着目し、誘導図形の垂直線分の

振り子運動について、周期の長短や減衰などの時間的な変化が、知覚される“かたさ”や粘性判断の強度にどのように影響を及ぼすのか、検討を行った。

(1) 振り子運動の振幅と周期の時間的な変化が、主観的な面の“粘性”判断へ及ぼす影響について

実験計画：“しなり”と“はためき”の異なる素材の運動が知覚される傾向にあった位相差 30°と 90°条件それぞれについて、振り子運動の振幅と周期をそれぞれ時間的に変化させ、主観的な面への粘性判断について検討した。

実験参加者：裸眼または矯正視力により正常な視力を有する 9 名であった(平均年齢 33.4 歳 (SD = 7.26))。

実験パターン：図 2 a に実験で用いた主観的輪郭図形を示した。同心円の直径は視角度数 1.98°、各同心円間の中心間の距離は視角度数 4.94°であった。着色部分の頂点を支点とし、垂直線を振り子運動させた。振り子の振れ角は鉛直方向から左右に 15°、1 周期に要する時間は 1.67 秒であった。上下の同心円の振り子運動の位相差は、30°と 90°とした(図 2 b)。各位相差条件で振り子運動の振幅の減衰(減衰無・減衰小・減衰大)と、周期の時間的な変化(減速小・減速大・変化無・加速小・加速大)を操作した(図 2 c, d)。それぞれの位相差条件で、上記の振幅変化と周期変化を組み合わせた 15 種類のパターンに加え、上下左右を反転させたパターンを含む計 60 パターンをランダムな順で提示した。手続き：全てのパターンは、減衰・周期ともに変化しない運動(基準パターン)を提示後に続けて提示した。実験参加者は、基準パターンと比べた主観的な面の“粘性”についてビジュアルアナログスケール(VAS)を用いて評定した。観察距離は約 143cm であった。

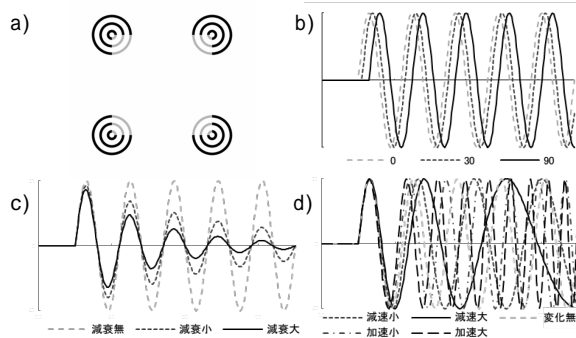


図 2 a) 実験で用いた主観的輪郭図形、b) 位相差条件、c) 振幅変化条件、d) 周期変化条件。それぞれのグラフの縦軸は振れ角、横軸は時間を表している。

(2) 振り子運動の振幅と周期の時間的な変化が、主観的な面の“かたさ”判断へ及ぼす影響について

実験計画：粘性判断と同様に、“しなり”と

“はためき”の異なる素材の運動が知覚される傾向にあった位相差 30°と 90°条件それぞれについて、振り子運動の振幅と周期をそれぞれ時間的に変化させ、主観的な面への“かたさ”判断について検討した。

実験参加者：裸眼または矯正視力により正常な視力を有する 9 名であった(平均年齢 33.4 歳 (SD = 7.26))。

実験パターン：粘性判断の実験と同様のものを用いた。

手続き：粘性判断の実験と同様の提示方法で、実験参加者は、基準パターンと比べた主観的な面の“かたさ”について VAS を用いて評定した。

4. 研究成果

(1) 粘性判断について

それぞれの位相差条件において、振幅変化及び周期変化別に主観的な面の“粘性”評定の平均値を算出した(図 3 a, b)。この値が 0 であれば基準パターンと同様の“粘性”、正の値であればそれより“粘っこい”、負の値であればそれより“さらさらしている”と判断されたことを示している。

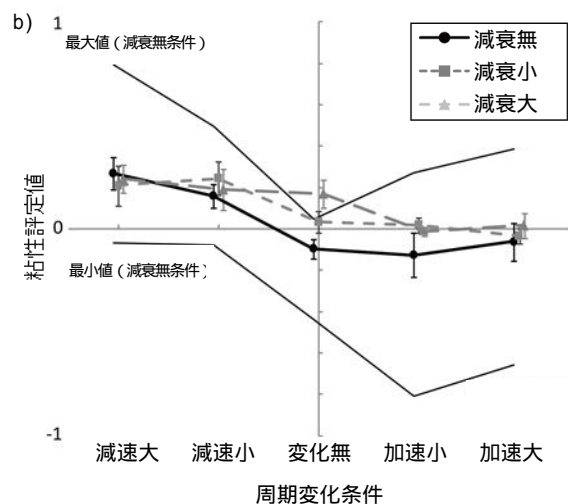
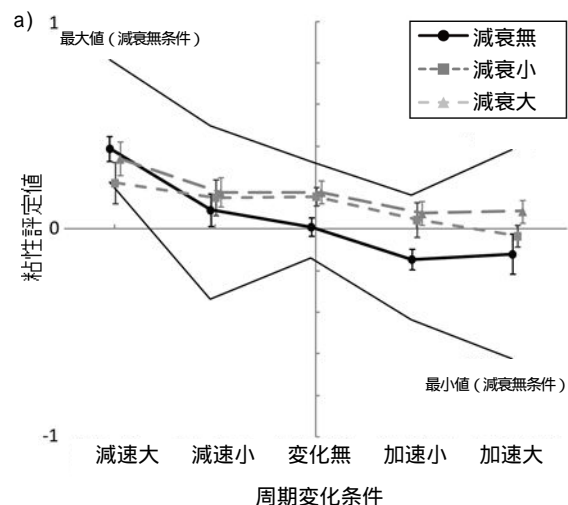


図 3 粘性評定の平均値 a) 位相差 30°条件、b) 位相差 90°条件 (error bars = SE; N=9)。

位相差毎に、粘性評定値を従属変数、振幅変化及び周期変化を独立変数とした2要因の分散分析を行った結果、30°条件では周期変化及び振幅変化の主効果が有意であった ($F(4, 32) = 5.22, p < .01$; $F(2, 16) = 4.50, p < .01$)。多重比較の結果、周期が長くなっていく程度が大きい(減速大条件)と、周期が短くなっていく(加速小・大条件)に比べ、また振幅の減衰が大きい(減衰大条件)と減衰が無いとき(減衰無条件)に比べ“粘っこい”と判断されることが示された ($p < .05$)。

90°条件では周期変化の主効果主効果が有意であった ($F(4, 32) = 5.66, p < .01$)。多重比較の結果、周期が長くなっていく(減速大・小条件)と、周期が短くなっていく(加速大・小条件)ときに比べ“粘っこい”と判断されることが示された ($p < .05$)。

振幅の変化は、位相差が30°の条件下でのみ、粘性判断に影響を及ぼしたことから、位相差により生じる質感判断の違いによって、振幅変化の効果が異なることが示された。加えて、どちらの位相差条件でも、時間経過に伴って周期が長くなると面の粘性が高く判断された。一般的な一定応力下での運動を前提とした粘性モデルでは周期は変化しないことから、われわれの質感知覚は、このようなモデルと完全に一致するものではなく、運動中に対象に応力が加わるか、自己に運動が発生するような一定応力下でない運動を前提とした傾向がある可能性を見出した。

(2) かたさ判断について

それぞれの位相差条件において、振幅変化及び周期変化別に主観的な面の“かたさ”評定の平均値を算出した(図4a, b)。この値が0であれば基準パターンと同様の“かたさ”、正の値であればそれより“かたい”、負の値であればそれより“やわらかい”と判断されたことを示している。

位相差毎に、かたさ評定値を従属変数、振幅変化及び周期変化を独立変数とした2要因の分散分析を行った結果、30°条件では振幅変化の主効果が有意であった ($F(2, 16) = 11.42, p < .01$)。多重比較の結果、振幅の減衰が大きいと、減衰が無いときに比べ“かたい”と判断されることが示された ($p < .05$)。90°条件では主効果及び交互作用は有意ではなかった。これらのことから、かたさ判断への周期及び振幅変化の影響は、位相差により生じる“しなり”や“はためき”等の知覚される運動の種類によって異なり、“しなる”素材が観察されるときのみ、振幅の減衰によって、主観的な面がより“かたい”ものとして判断されることが示された。主観的な“かたさ”判断は一義的ではなく、脆さや粘性など複数の物理的な性質との関連が考えられる。本実験における“かたさ”判断は、関連する性質が位相差により異なったため、周期や振幅の変化の影響が位相差によって変化したと考えられる。また、物理的には、

周期は一定応力下においては物体の持つ固有振動数に依存し、時間の経過に伴い変化しないため、動的質感知覚においては素材の物理的性質のみならず運動中に変化する対象への応力を考慮する可能性があることが示唆された。

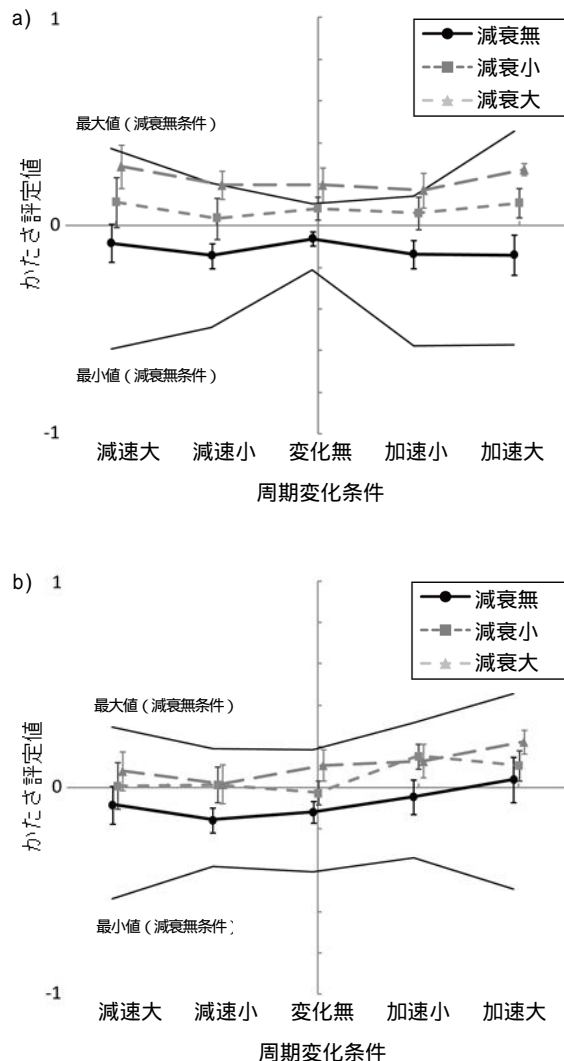


図4 かたさ評定の平均値 a)位相差30°条件、b)位相差90°条件 (error bars = SE; N=9)。

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) Tomohiro Masuda, Kazuya Matsubara, Ken Utsumi, Yuji Wada (2015). Material perception of a kinetic illusory object with amplitude and frequency changes in oscillated inducer motion. *Vision Research*, 105(B), 201-208. (査読有)
DOI: 10.1016/j.visres.2014.11.019
- (2) Tomohiro Masuda, Kazuki Sato, Takuma Murakoshi, Ken Utsumi, Atsushi Kimura, Nobu Shirai, So

Kanazawa, Masami K. Yamaguchi, Yuji Wada (2013). Perception of elasticity in the kinetic illusory object with phase differences in inducer motion. *PLoS ONE*, **8(10)**, e78621. (査読有)
DOI: 10.1371/journal.pone.0078621

〔学会発表〕(計 7 件)

- (1) 伊村知子・白井 述・増田知尋・和田有史 2014 年 12 月 6 日 乳児における運動情報による対象表面の素材質感の知覚 日本基礎心理学会第 33 回大会プログラム, 63, 東京, ポスター発表
- (2) 増田知尋・和田有史 2014 年 9 月 10 日 誘導図形の振り子運動の振幅及び周期の変化が主観的な面の“かたさ”判断に及ぼす影響 日本心理学会第 78 回大会, 京都, ポスター発表
- (3) 増田知尋・松原和也・和田有史 2014 年 9 月 4 日 動的な主観的輪郭図形の素材感判断に誘導図形の振り子運動の時間的变化が及ぼす影響 YPS・若手会ジョイントセミナー, 口頭発表
- (4) 増田知尋・和田有史 2014 年 3 月 27 日 誘導図形の振り子運動の周期変化による主観的な面の素材感変化 第 47 回知覚コロキウム
- (5) 増田知尋・和田有史 2014 年 1 月 23 日 動的な主観的な面の素材感に誘導図形の振り子運動の時間的变化が及ぼす影響, 日本視覚学会 2014 年冬季大会, 東京, ポスター発表
- (6) 松原和也・増田知尋・和田有史 2014 年 1 月 23 日 両眼立体視がキャベツの鮮度知覚に与える影響, 日本視覚学会 2014 年冬季大会, 東京, ポスター発表
- (7) 増田知尋・和田有史 2013 年 12 月 7 日 誘導図形の振り子運動の周期変化が主観的な面の素材感に及ぼす影響 日本基礎心理学会第 32 回大会プログラム, 金沢, ポスター発表

6. 研究組織

(1) 研究代表者

増田 知尋 (MASUDA TOMOHIRO)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所・食品機能研究領域・契約研究員

研究者番号：60449311