

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：32408

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K17332

研究課題名（和文）素材の物理的性質との比較による動的質感知覚の解明

研究課題名（英文）Elucidation of material perception from visual motion based on comparison with physical properties

研究代表者

増田 知尋（Masuda, Tomohiro）

文教大学・人間科学部・准教授

研究者番号：60449311

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000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多様な質感について、物理的に定義される各種素材に関するパラメータ（物性パラメータ）と心理学実験による質感の評定値との比較から、動的な質感知覚の規定要因を解明することである。水平方向のバネ振り子運動について、その際のバネの本数と伸びをそれぞれ系統的に変化させることでバネ定数や弾性係数などの物性パラメータを操作したところ、そのモーションを観察した際の傾向が2種類に分かれたものの、弾性係数の変化と関連して視覚による弾性判断が系統的に変化することが示された。このことから、動的な視覚による弾性判断は、素材の物理的特性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）：Our purpose was to identify factors for the material perception from motion and to illustrate the perceptual law of material perception by comparison with the parameters defined by physics. We elucidate whether the number of springs and length of spring stretch changes to systematically change the spring rate or elastic modulus in the horizontal spring oscillation influence the visual impressions of elasticity. We found that elasticity impressions varied in accordance with the number of springs change in the horizontal spring oscillation, although tendencies of observers' response were separated into 2 patterns. Our results provide evidence of the partial relationship between material impressions such as elasticity related to physical properties in spring oscillation motion. Our 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 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

われわれの知覚系は、2次元画像の時間的な変化による視覚情報から、空間内にある対象の奥行き形状や位置などの3次元情報だけでなく、重さやかたさ、滑らかさなどの材質的特性をはじめとする多彩な情報までもピックアップすることができる。例えば、日常生活において、対象の運動をみるときに、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、対象の素材の種類やそれぞれの程度に関する情報までも瞬時に知覚することができる。

このような対象の素材感の判断には視覚情報も大きく関与しており、またその素材の物理的性質(物性)^{*}と関連した判断も可能であることが示されている。その一方で、視覚情報による素材感判断が物理的に記述される各種物性パラメータによる値とどの程度一致しているのか、包括的な研究はなされていない。

^{*}ここでは材料の持つ力学的特性(機械的性質)をさす

2. 研究の目的

視覚情報により生じる各種素材感(質感)について、静止状態においてはMotoyoshi et al. (2007)が二次元画像内の各ピクセルの輝度値の度数分布形状を操作し、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報告して以降、多くの研究成果が報告されてきた。運動を伴う事態では、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(Masuda et al., 2011)や主観的輪郭図形の誘導図形の振り子運動における時間差(位相差)の程度により、知覚される素材感の種類が変化すること(Masuda et al., 2013)などの要因が見いだされてきた。これらの知見は、対象の質感が視覚的な運動情報によっても規定されることを示している。

一方、これらの研究では、素材感や物性と対応する相対的な値の判断の変化について言及されており、弾性や粘性などに代表される種々の物理的な性質(物性)のうち、どの性質がどの程度正確に判断できるのか、詳細な検討は行われていない。そこで本研究では、視覚的な運動情報により知覚される素材感について、実験心理学的な手法を用いて測定した素材感の評定値と、物理的に定義される物性パラメータの値との比較を行うことで、視覚的な運動による対象の素材感知覚の基本原理を見いだすことを目的とした。

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

3. 研究の方法

素材感の知覚と物性パラメータとの関連

を精査するためには、まず各種素材と関連すると考えられる物性パラメータを操作した運動を実際に測定し、それらがどの程度視覚情報として異なるのかを解析する必要がある。その上で、それらの運動パターンを観察した際の視覚情報による素材感判断が、物性パラメータの物理量と比べてどの程度正確に行うことが可能なのかを検討する必要がある。

本研究では、水平方向のバネ振り子運動を用いて、バネの本数と運動開始時の初期のバネの伸びを系統的に変化させることでバネ定数や弾性係数などの物性パラメータを操作した複数条件下での運動の測定を行った。その後、それらの運動情報について、コンピュータ・グラフィックスを用いて運動情報以外を統制したパターンを作成し心理学実験を行った。実験では、バネ振り子運動の測定に用いたバネを実験参加者が指で引っ張った際の触覚による弾性感を基準として評価を行うことで、物性パラメータとしての弾性と評定値との比較を行った。

(1) 水平方向のバネ振り子運動の測定について

力学滑走台(PK-200, ウチダ)上に滑走体を設置し、その左右に滑走台の運動方向に沿うように、それぞれ同じバネ定数を持つバネで固定した(図1)。バネの本数は左右それぞれで1本~5本の範囲で同数ずつ変化させた。また、バネの本数が奇数の条件では滑走台中央部との摩擦により振幅の減衰が生じるため、1本するときのみ滑走台中央部にバネを固定する条件と、中央部で摩擦が生じないようにオフセットした条件を含む計6条件を設定した。バネの初期位置は中央から10cm移動させた状態から開始した条件と、20cm移動させた状態から開始した条件の2条件を設定し、開始時のバネのエネルギーを変化させた。これらバネの本数6条件と開始位置条件2条件を3回ずつ測定し、計36回の測定を行った。測定には、光学的モーションキャプチャ装置(ProReflex MCU120 Motion Capture System, Qualisys社)を用い、モーションキャプチャ用の光学マーカーを滑走体中央に取り付け、120Hzの時間分解能で位置情報の測定を行った。

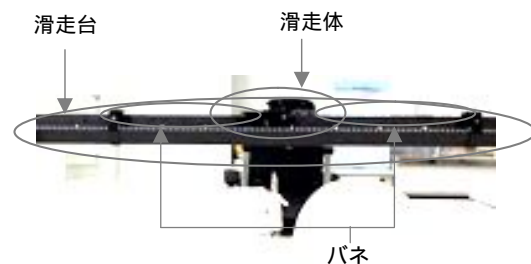


図1 力学滑走台

(2) 水平ばね振り子運動のバネ条件の変化による運動情報の違いが視覚による弾性判断へ及ぼす影響について

実験計画：測定を行った全 36 種類のバネ振り子運動について、測定した運動情報をコンピュータ・グラフィックス上のオブジェクトに反映させたパターンを作成し、バネの本数と初期位置の違いによる運動情報の変化と視覚的な弾性判断との関連を検討した。

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。

実験パターン・装置：図 2 に実験で用いたばね振り子運動を模したパターンを示した。滑走体に相当する部分に水平方向に左右に往復運動する球状の対象を配置し、その対象の左右部分それぞれに球状の対象の運動に伴い横方向に伸縮する対象を配置した。球状の対象の運動は、(1) で測定したばね振り子運動の位置座標を 60Hz に変換し反映させた。パターンの作成には Blender 2.77a.ver (Blender Foundation) を使用した。画像サイズは横 800 ピクセル、縦 600 ピクセル、フレームレートは 60fps、再生時間は 5 秒とした。36 種類の振り子運動に加え、左右反転を含む計 72 種類のパターンを作成した。弾性判断には、バネ振り子運動の測定で用いたものと同様のバネを 2 本及び 4 本並列に吊し、バネ定数を変化させた装置を用いた。それぞれのバネのセットの端にはリングが付いており、実験参加者はそれを左手で下側に引き、それぞれのバネの弾性を基準とした触覚による弾性判断を行った。

手続き：計 72 種類のパターンをランダムな順で提示した。実験参加者は、触覚による 2 種類のバネの弾性判断を基準とした際のバネ部分の弾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 53cm であった。

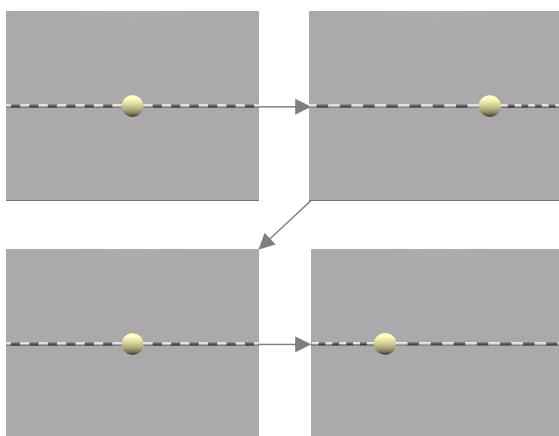


図 2 実験で用いた水平ばね振り子運動パターン

4. 研究成果

(1) 水平方向のバネ振り子運動の測定について

図 3 にモーションキャプチャシステムにより測定した水平ばね振り子運動の実測値の

例を示した。図 3a はバネと滑走台との間で摩擦が生じ、振り子運動が減衰するバネ本数が 1 本、3 本、5 本の条件を、図 3b は摩擦が生じず減衰の少ないバネの本数が 1 本オフセット、2 本、4 本の条件下での運動を示している。どちらの条件でもバネの本数による周期の違いについてノイズの少ない計測が可能であった。加えて、減衰が生じる条件下においてもノイズが少なく振幅が減衰していく運動情報の測定が可能であることが示された。

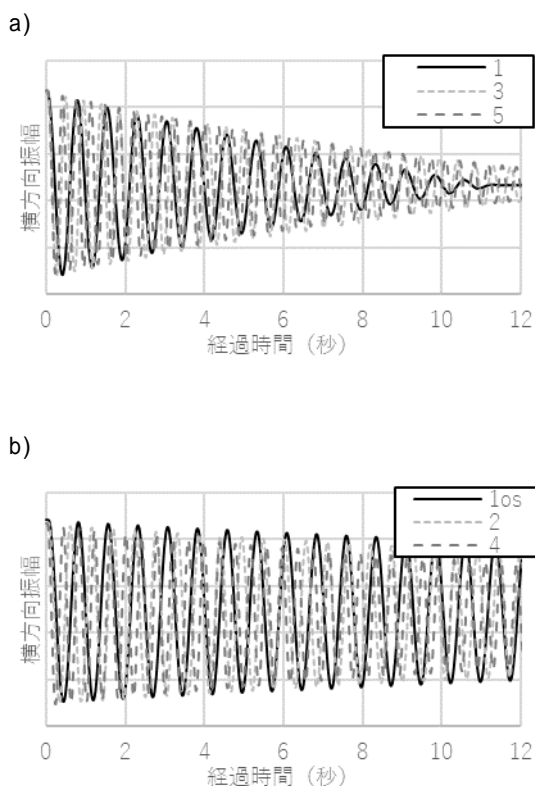


図 3 水平ばね振り子運動の横方向の運動の測定値 (開始時伸び 10 cm 条件) a) バネ本数 1, 3, 5 本条件; b) バネ本数 1 本オフセット (1os), 2, 4 本条件

(2) 水平ばね振り子運動のバネ条件の変化による運動情報の違いが視覚による弾性判断へ及ぼす影響について

バネの本数及び開始位置条件別に弾性の評定値の平均値を算出した。この値が 2 であれば触覚によるバネの引っ張り判断の 2 本のときと、4 であれば 4 本のときと同様の弾性として判断されていたことを示している。弾性判断の傾向について、バネの本数の増加に伴い弾性評定値が増加する傾向を示した実験参加者と、減少する傾向を示した実験参加者がほぼ同数であったため、増加傾向群 (5 名) と減少傾向群 (4 名) の 2 群それぞれで分析を行った (図 4)。

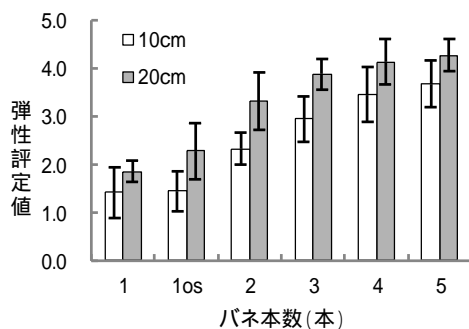
評定傾向毎に、弾性判断の評定値を従属変数、バネの本数及び開始位置を独立変数とした 6×2 の 2 要因分散分析を行った結果、評定値増加傾向群では、バネの本数による主効

果が有意であった ($F(5, 20) = 35.43, p < .01$)。多重比較の結果、バネ本数が2本条件と1本オフセット、3本、4本条件間、1本条件と5本条件間、3本条件と4本条件間を除く全ての条件間にそれぞれ有意差が認められた。

評定値減少傾向群では、バネの本数及び開始位置の主効果がそれぞれ有意であった ($F(5, 15) = 11.79, p < .01; F(1, 3) = 41.68, p < .01$)。多重比較の結果、バネ本数が1本条件と1本オフセット、2本、3本、4本条件間に、バネ本数が5本条件と3本、4本条件間にそれぞれ有意差が認められた。

増加傾向群に関しては、バネの本数の増加に伴い評定値が増加していること、バネの伸びる量によって弾性判断に差は無いこと、加えてバネ本数が2本、4本のときの評定値がそれぞれ2、4に近いことから、バネ振り子の視覚的運動から物理的な性質と類似した弾性判断が可能であることを示している。一方で減少傾向群では、物理的な性質と逆の傾向を示していることに加え、バネ定数は変化しないバネの開始位置の変化による伸びの量によって弾性評定値が変化していることから、こちらの群では物理的な性質とは異なる傾向があったことが示された。この傾向が教示や判断等の手続きと関連した錯誤によるものなのか、判断の熟達を含む個人による判断の特徴に起因するものなのか、今後の検討が期待される。

a)



b)

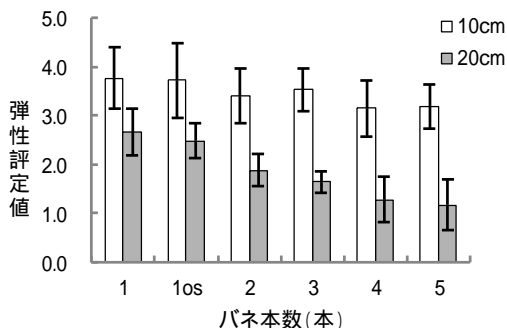


図4 弾性判断の評定値 a)増加傾向群、b)減少傾向群 ((error bars = SD; a) $N = 5$; b) $N = 4$)

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4件)

- (1) Tomoko Imura, Tomohiro Masuda, Nobu Shirai, Yuji Wada (2015). Eleven-month-old infants infer differences in the hardness of object surfaces from observation of penetration events. *Frontiers in psychology*, **6**, 1005. (査読有)
DOI: 10.3389/fpsyg.2015.01005
- (2) 徳永康祐・小川将樹・池畑諭・増田知尋・妹尾武治 (2016). 日本のアニメーション作品に見られるベクションシーンのデータベースの作成と、心理実験による評価, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 21(1), 35-47. (査読有)
DOI: 10.18974/tvrsj.21.1_35
- (3) 増田知尋・村越琢磨・木村敦・日野明寛・和田有史 (2016). 聴講者応答システムを利用した食の安全講義の効果測定, 日本官能評価学会誌, 20(1), 22-29. (査読有)
- (4) Tomoko Imura, Tomohiro Masuda, Yuji Wada, Masaki Tomonaga, Katsunori Okajima (2016). Chimpanzees can visually perceive differences in the freshness of foods. *Scientific Reports*, **6**, 34685. (査読有)
DOI: 10.1038/srep34685

[学会発表](10件)

- (1) Tomoko Imura, Tomohiro Masuda, Yuji Wada, Masaki Tomonaga, & Katsunori Okajima 2016年8月23日 Chimpanzees (Pan troglodytes) can perceive the freshness of foods. The 2016 Joint Meeting of the International Primatological Society and the American Society of Primatologists, in Chicago, USA
- (2) 増田知尋・松原和也・森 数馬・和田有史 2015年9月22日 魚眼画像の鮮度判断に画像統計量が及ぼす影響 日本心理学会第79回大会, 大阪, ポスター発表
- (3) 松原和也・増田知尋・北澤裕明・和田有史 2015年11月13日 熟練者による青果損傷の評価と画像分析による再現 日本官能評価学会 2015年度大会, 東京, ポスター発表
- (4) 徳永康祐・小川将樹・池畑 諭・増田知尋・妹尾武治 2015年11月16日 映画、アニメ中のベクションシーンを心理実験で検討する。その2 日本バーチャルリアリティ学会 VR 心理学研究委員会 ヒューマンインフォメーション研究会

- (HI), 映情学技報, 39(43), HI2015-59, 5-6, 鹿児島, 口頭発表
- (5) 新井哲也・五十嵐由夏・大森馨子・相澤裕紀・増田知尋・谷口清 2015年11月28日 奥行反転模型における lightness 知覚 日本基礎心理学会第34回大会プログラム, 19, 大阪, ポスター発表
 - (6) 井上紗奈・増田知尋・和田有史 2016年6月11日 お茶パッケージの食品機能性表示が消費者の商品選択へ与える効果について 第25回日本健康教育学会学術大会, 12, 沖縄, ポスター発表
 - (7) 新井哲也・五十嵐由夏・大森馨子・相澤裕紀・増田知尋 2016年10月30日 奥行き反転模型における lightness 知覚(2) 日本基礎心理学会第35回大会プログラム, 80, 東京, ポスター発表
 - (8) 鎌田晶子・新井哲也・宮本恵理子・増田知尋 2016年10月29日 色の選択行動に対象の価値変化が及ぼす影響 日本基礎心理学会第35回大会プログラム, 56, 東京, ポスター発表
 - (9) 徳永康祐・妹尾武治・藤井芳孝・小川将樹・池畑諭・増田知尋 2016年11月5日 アニメーション業界に表現技法としてのベクシオンを浸透させる試み 映像情報メディア学会 日本バーチャルリアリティ学会 VR心理学研究会, 映情学技報, 40 (37), HI2016-61, 1-2, 愛知, 口頭発表
 - (10) 松原和也・葛西智・増田知尋・庄司俊彦・風見由香里・早川文代・吉村正俊・池羽田章文・日下部裕子・和田有史 2017年3月10日 りんごふじの内部褐変の熟練者による評価とそのモデル化 電子情報通信学会 ヒューマン情報処理研究会, 信学技報, vol. 116, no. 513, HIP2016-93, 105-108, 大阪, 口答発表

6. 研究組織

(1) 研究代表者

増田 知尋 (MASUDA TOMOHIRO)

文教大学・人間科学部・心理学科・准教授

研究者番号：60449311