

動作再現支援システムを用いた 他者感性・感覚の伝達

山上 潤^{1,a)} 榎堀 優¹ 吉田 直人² 間瀬 健二¹

概要：伝統工芸品の新たな価値基準として「感性価値」が注目されている。一方で、感性価値の伝達は困難であることも知られている。そこで我々は伝統工芸品の「感性価値」を効果的に伝えることを目的として動作模倣による感性伝達を検討してきた。本研究では、動作模倣を発展させ、比例ソレノイドバルブによる空気圧の動的制御により他者の開缶時の感触を再現する動作再現支援システムを構築し、その効果について調査した。先行研究と同様に、他者の動作を再現した時の印象値が、各位の自由な開け方の時の印象値から、再現対象者の印象値に接近した場合に感性伝達が行なわれたものとした。印象値は、開缶動作時に受けた印象を76対の形容詞対を用いたSemantic Differential法で評価した数値を用いた。k-meansとシルエット係数でクラスタリングし、分析を加えた結果、乖離優位のクラスタが存在しないことを確認し、動作再現支援システムにおける感性伝達効果を確認した。さらに先行研究手法と比較して、感性伝達効果が高まることを確認した。以上より、感性伝達効果における動作再現支援の優位性を示す結果となった。

キーワード：感性伝達、動作再現、伝統工芸品、茶筒

1. はじめに

伝統工芸の価値基準として、感性に働きかけ、感動や共感を得ることで顕在化する「感性価値」[1]が注目されている。感性価値を効果的に伝えることで、製品の魅力をさらに伝えられるだけでなく、今後の製品開発の促進にも繋がる可能性がある。例えば、消費者が製品のこういった所に魅力を感じるのか、また職人がこういった感覚に拘っているのか、といったことがより伝えやすくなると考えられる。

一方で、感性価値は、その伝達・共有が難しいという問題がある。特に伝統工芸は、その価値の感じ方が多種多様であり、個々人の人生経験や知識、文化背景、および、利用経験に依存するところが大きい。そのため、単純に伝統工芸品を見たり触ったりしただけでは、作り手の思いとは全く違った「誤解」を持っている使い手が存在したり[2]、何を持って価値を感じれば良いのか分からない、という状況に陥ることが珍しくない。

そこで我々は、他者間における価値感覚・感性の伝達方法の実現に向けて検討を進めている。我々は、価値感覚・感性が無意識のうちに利用動作に反映されていると考え、先



図1 開化堂の茶筒（開化堂ウェブサイトより引用）

行研究[3]で動作模倣により他者の価値感覚・感性が伝達・共有され得るかを検討した。京都の伝統工芸工房である株式会社開化堂^{*1}の茶筒（図1）を対象に検証した結果、動作模倣による感性伝達の有効性が支持される結果を得た。

本研究では、先行研究[3]の発展を目指し、比例ソレノイドバルブによる空気圧制御で、被験者の模倣努力以外で動作感触を再現した結果を報告する。評価方法は先行研究と同様である。被験者自身が気持ち良いと感じる開け方をした時と、他者が気持ち良いと感じる開け方を再現した時について、Semantic Differential法[4]（以下、SD法）で取得した印象評価を比較し、動作再現による感性伝達効果を明らかにした。また、先行研究手法と比較して、伝達効

¹ 名古屋大学 情報学研究科
Graduate School of Informatics, Nagoya university

² 名古屋大学 未来社会創造機構
Institute of Innovation for Future Society, Nagoya university

a) yamagami@cmc.is.i.nagoya-u.ac.jp

^{*1} 開化堂: <https://www.kaikado.jp/>（最終閲覧: 2022/5/11）



図 2 計測用茶筒の外観

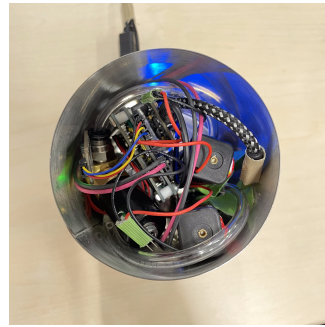


図 3 計測用茶筒の内部

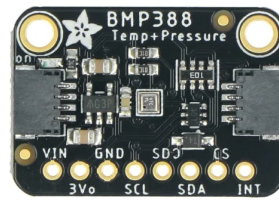


図 4 BMP388

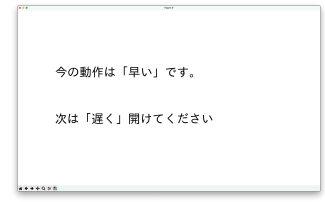


図 5 簡易フィードバック画面

果が高まることを確認した。

本稿の構成は以下のとおりである。第 2 章で関連研究について、第 3 章で提案手法、第 4 章で実験概要、第 5 章で動作再現精度、第 6 章で感性伝達効果、最後に第 7 章で総括および今後の研究課題について述べる。

2. 関連研究

本研究に関連して、伝統工芸品の印象を扱った研究や、感性伝達を検討した研究、身体動作と感性の関係に関する研究、そして我々の先行研究を示す。

伝統工芸品の魅力・印象について分析したものとして、山下らの九谷焼を対象にデザインと形状の影響を分析したもの [5] や、井上らの店頭工芸品に関する動画コンテンツにおける製品印象を分析したもの [6] が存在する。しかし、これらは製品の図柄、形状、および、商品提示などの外的要因が製品に及ぼす影響について扱っており、感性価値の伝達や共有については十分に議論が成されていない。

感性の伝達を行った研究として、川野らの作曲者の感性・意図の伝達を分析したもの [7] や、佐藤らの曲の送り手と受け手の印象評価の一致度を分析したもの [8] が存在する。しかし、伝統工芸に関する感性伝達については検討が十分ではない。

我々は、身体動作が人間の感性を反映していると考え、他者の動作を再現することで感性が伝達されるのではないかと考えた。身体動作と感性特徴を関連付けている研究として、岩館らのダンスの動作から感性特徴の抽出を検討したもの [9] や、阪田らの日本舞踊から感受される主観的な情報と計測された物理的な情報との対応関係を分析したもの [10] が存在する。このように、身体動作と感性特徴は関連づけて考えられているため、身体動作を再現することで個人の感性を伝達しようとする試みは検討する価値があると考えられる。

これらを踏まえ、我々は先行研究にて、動作模倣訓練システムを用いた他者感性・感覚の伝達を検討した [3]。動作の模倣に関して、茶筒開缶時の動作情報を計測し、リアルタイムで視覚化・提示するシステムを構築した。開缶動作時に受けた印象は Semantic Differential 法により印象値と

して数値化し、他者の動作を模倣した時の印象値が、各位の自由な開け方の時の印象値から、模倣対象者の印象値に接近した場合に感性伝達がなされたものとした。結果、接近割合から乖離割合を引いた値が、「苦しい-楽しい」で最大値の 48.0、「軽率な-慎重な」で最小値の -11.6、全形容詞対の平均として 22.2 ± 10.8 であった。また、接近割合から乖離割合を引いた値が負 (-11.6) である形容詞対は一つのみであり、それも変化なしの割合が 55.8 と高く、全体として乖離優位の形容詞対は無かった。これらの結果から、動作模倣による感性伝達の有効性が支持される結果を得た。

本研究では、システムを改良し、被験者が動作を再現するコストを軽減することで、感性伝達効果を高めることを目的としている。改良システムおよび実施実験については、次章以降に示す。

3. 動作再現支援システム

本研究では、先行研究 [3] での動作模倣訓練システムを改良し、感性伝達効果を高めることを目的としている。動作模倣訓練システムでは、被験者が気圧グラフを注視し、再現対象の波形をなぞるように練習する必要があった。そこで、簡易的な開缶速度フィードバックのみで動作を再現するため、比例ソレノイドバルブにより空気圧を動的に制御する再現支援を検討した。

図 2、図 3 に動作再現支援システムを示す。ベースとした茶筒は銅の平型、高さ 110 mm × 底面の直径 91 mm、容量 200 g (茶葉) である。開缶時の内部空気圧を計測するため、Mouser Electronics 社のデジタル気圧センサ BMP388 (図 4) を用いた。計測した内部空気圧が、同時刻の再現対象の内部空気圧よりも低い場合、底面部に空けた穴に繋がる比例ソレノイドバルブを開弁させることで内部空気圧を調整した。茶筒に穴を開ける工程に関して、京都の茶筒工房の開化堂の協力のもと、機密性を確保し、元来の開缶動作感触に影響が出ないようにした。ソレノイドバルブは、SMC 社の小型比例制御弁 PVQ31 と 3 ポートソレノイドバルブ S070 を用いて、比例制御を行なった。

被験者に表示する簡易的な開缶速度に関する言語的フィードバックの画面を図 5 に示す。各開缶動作後に、再現対象

表 1 被験者と再現対象者

		再現対象者								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
被験者	1	○	○			○			○	○
	2	○		○			○	○		○
	3		○		○		○	○	○	
	4	○		○	○	○		○		
	5		○	○	○		○		○	
	6	○	○			○		○	○	
	7			○		○	○		○	○
	8		○	○	○	○			○	
	9	○			○		○		○	○
	10	○	○			○		○	○	○
被再現回数		6	6	5	5	6	5	6	6	5

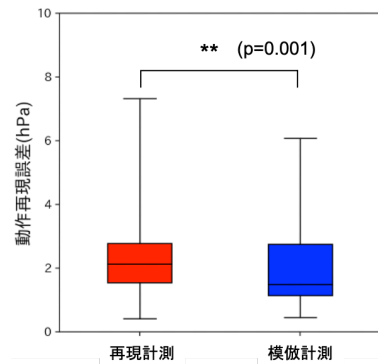


図 6 最初 5 回における再現対象との再現誤差（初期誤差）

動作と開缶速度を比較し、「早い」、「遅い」、「少し早い」、または、「少し遅い」と表示する。被験者はこのフィードバックに従い、開缶を行う。

4. 動作再現による他者感性・感覚の伝達実験

第 3 章で構築したシステムを用いて、動作再現による価値感性・感覚の伝達・共有が可能であるかを検証する実験を行った。詳細を以下で述べる。

4.1 実験方法

実験の被験者は 10 人（20 代，男性 8 人，女性 2 人）であり、いずれの被験者も茶筒を常用していなかった。被験者に実験説明を行った後、被験者自身の開缶動作の評価を行った。被験者は開化堂の茶筒を常用していないため、気持ち良い開け方を模索し、被験者自身の開け方として一定にするため 5 分間の開缶時間を設けた。印象評価は、4.2 項にて詳しく述べる SD (Semantic Differential) 法を用いた。その後、被験者が気持ち良いと感じる開缶動作の空気圧変化を計測した。

次に、動作再現支援システムおよび動作模倣訓練システムそれぞれで、他の被験者の開缶動作の再現および評価を行った。以降、説明の簡素化のため、動作再現支援システムを用いた動作再現における計測を「再現計測」、動作模倣訓練システムを用いた動作再現における計測を「模倣計測」とする。実験時間の増大を考慮し、再現計測および模倣計測ともに被験者 1 人あたり 5 人分の再現試行を行った。1 被験者の 1 再現試行につき 5 回の練習と 20 回の開缶動作計測を行った後、茶筒の印象を SD 法により評価した。

再現対象は、先行研究 [3] で収集した 11 人のうち、事前テストで再現可能であった 9 人とした。被験者 10 人を 1 から 10 で、再現対象 9 人を A から I で表した被験者と再現対象者の関係を表 1 に示す。なお、再現対象による影響を考慮し、各再現対象が少なくとも 5 回は採用されるよう設定した。実験で取得した感性評価得点は、被験者自身の開け方における評価 10 データと再現時評価 50 データ × 2 計測の全 110 データとなった。

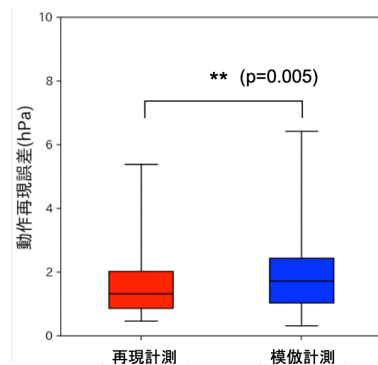


図 7 最後 5 回における再現対象との再現誤差（最終誤差）

4.2 Semantic Differential 法による評価

本実験では感性評価の際に、予め用意しておいた評価項目を評価してもらう SD (Semantic Differential) 法によるアンケートを行った。SD 法とは、Osgood ら [4] が考案した印象やイメージを測定する代表的な手法である。評価対象に関連した形容詞を反対の意味を持つ形容詞と対にして複数用意し、各評価項目に対して主に 5 段階又は 7 段階で評価する。既存研究 [2, 5, 6, 11–21] から 10 対から 30 対程度の形容詞対を用いる場合が一般的であることがわかる。しかし、本研究では茶筒の感性評価に適した形容詞対を選別するために形容詞の選別は行わず、因子分析における形容詞対選定のための形容詞対表 [22] を参考にし、76 対の形容詞対を使用した。評価時に 76 対の形容詞対の順番を無作為化して 7 段階で感性評価得点を取得した。

5. 動作再現精度

第 4 章で述べた他者の感性・感覚の伝達実験では、10 人の被験者が再現対象 5 人分の動作を 2 手法で再現し、それぞれ、評価を行った。1 被験者 1 再現試行の 20 回の開缶動作のうち、最初と最後の各 5 回に着目することで動作再現の初期誤差と最終誤差を分析した。

被験者 10 人 × 再現対象 5 人の全 50 回の再現試行における、初期誤差と最終誤差について、2 種類の手法に関する箱ひげ図および多重比較検定結果 (Pairwisel Welch's t-test with Holm adjustment) を図 6、図 7 に示す。誤差は、開

缶動作時の茶筒内部空気圧に関する、再現対象データと被験者データの平均絶対誤差を用いた。

図 6 から、全 20 回の開缶動作のうち、最初の 5 回の平均誤差である初期誤差は、模倣計測の方が小さいことがわかる。また、図 7 から、全 20 回の開缶動作のうち、最後の 5 回の平均誤差である最終誤差は、再現計測の方が小さいことがわかる。

従って、数回で感性伝達を行いたい場合、例えば、店頭での使用などでは、動作模倣訓練システム [3] が向いていると考えられる。一方、より正確に感性伝達をなしたい場合、動作再現支援システムの方が向いていると考えられる。

6. 動作再現による他者感性・感覚の伝達効果

第 4 章で述べた他者の感性・感覚の伝達実験で取得した感性評価得点に対して、形容詞対ごとの伝達効果を検証するため得点変化に着目した分析を行った。第 6.1 節で伝達効果について述べる。そして、本研究で改良を行った動作再現支援システムによる伝達効果への影響を検証するため、再現計測と模倣計測における感性伝達効果の比較分析を行った。第 6.2 説で感性伝達効果の比較分析について述べる。

6.1 伝達効果の詳細分析

動作の再現によって生じる形容詞対の変化傾向と、使用したシステムの影響を明らかにするため詳細分析を行った。動作模倣訓練システムを用いた模倣計測は、我々の先行研究 [3] と同様の結果を確認した。模倣計測の詳細については繰り返しとなるため本稿では割愛し、改良システムを用いた再現計測について述べる。50 個の再現時評価データに対して、動作再現による伝達効果を形容詞対ごとに算出し、類似した形容詞対をクラスタ化するためクラスタリングを行った。第 6.1.1 項では伝達効果の指標化手法について、第 6.1.2 項ではクラスタリング結果について説明する。

6.1.1 伝達効果の指標化手法

本項では、開缶動作を再現することによる形容詞対ごとの伝達効果を指標化する手法について説明する。指標イメージを図 8 に示す。

本研究では、SD 法の評価値を下記のように用いて伝達評価指標を構築した。まず、ある形容詞対に対して、Self (以降 slf) を被験者自身の気持ち良い開け方における評価、Reference (以降 ref) を再現対象者自身の気持ち良い開け方における評価、Reproduction (以降 rep) を被験者による再現対象者の開け方を再現した際の評価とする。例えばある形容詞対についての被験者自身の評価得点が 3 ならば $slf = 3$ と表すこととする。本研究では伝達による影響として、ある形容詞対に関する評価得点について、rep が ref に接近する場合と、乖離する場合、変化しない場合、および、その他の場合に分けて考察した。その他の場合とは slf

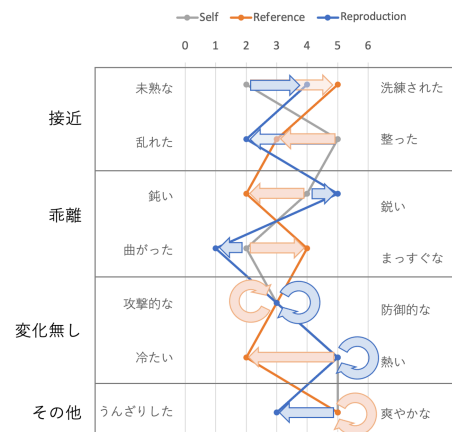


図 8 伝達効果指標のイメージ

と ref が同じ、かつ、rep が変化したときに、再現による影響を再現対象者の得点と比較することができない場合である。これらの分類は以下のフローで決定した。

```

評価得点変化傾向の分類フロー
if slf == rep: 変化なし
else if slf == ref: その他
else if (self-ref)(self-ref) > 0: 接近
else: 乖離
    
```

この基準に基づき、各形容詞対に対して再現計測および模倣計測における各 50 個の再現時評価データについて分類を行い、各形容詞対について 50 評価のうち接近する割合、乖離する割合、変化しない割合、その他の割合を算出した。この割合のうち、その他の割合を除いた 3 つの割合の和が 1 になるよう正規化し、接近割合の強度を示す指標として、接近割合から乖離割合を引いた値（以下、相対的接近割合）を含めた 4 値を形容詞対ごとの伝達効果指標とした。相対的接近割合は、例えば、接近割合が 30%、乖離割合が 30% である場合、変化割合としては実質 0 である。その場合、相対的接近割合は 0 を示す。

6.1.2 クラスタリング結果

本項では各形容詞対に付加された指標値に基づきクラスタリング解析を実施した結果を述べる。クラスタリング手法は k-means 法を用い、クラスタ数には、先行研究 [3] で採用された $k=5$ を採用した。クラスタリング結果を表 2、表 3、図 9 に示す。また、クラスタの特徴分析に用いるため、相対的接近割合について、箱ひげ図および多重比較検定結果 (Pairwise Welch's t-test with Holm adjustment) を、図 10 に示す。

表 2 より、cluster1 および cluster2 には相対的接近割合が高い形容詞対が多く分類された。動作再現によって再現対象者の評価得点に接近する傾向の強い形容詞対だと解釈できる。また、図 10 より cluster1 と cluster2 は、相対的接近に有意差が無く、伝達に対して同傾向で、その活性

表 2 再現計測に関するクラスタリング結果

cluster	形容詞対		接近	乖離	変化なし	接近 - 乖離
1	単純な	複雑な	61.9	11.9	26.2	50.0
	冷淡な	親切な	57.1	7.1	35.7	50.0
	軽率な	慎重な	57.4	10.6	31.9	46.8
	失敗した	成功した	58.0	12.0	30.0	46.0
	下品な	上品な	54.5	9.1	36.4	45.5
	未熟な	洗練された	61.2	18.4	20.4	42.9
	些細な	重要な	55.3	12.8	31.9	42.6
	不調和な	調和した	53.2	12.8	34.0	40.4
	柔らかい	硬い	53.5	16.3	30.2	37.2
	成熟した	若い	53.3	17.8	28.9	35.6
	軽い	重い	57.1	26.2	16.7	31.0
	タイミングの悪い	タイミングの良い	50.0	20.8	29.2	29.2
	暗い	明るい	48.8	22.0	29.3	26.8
2	乱れた	整った	54.0	6.0	40.0	48.0
	穏やかな	厳しい	51.2	4.7	44.2	46.5
	異端な	正統な	52.1	6.2	41.7	45.8
	意味のない	意味のある	50.0	6.5	43.5	43.5
	曲がった	まっすぐな	51.1	8.5	40.4	42.6
	懐疑的な	軽信的な	51.1	11.1	37.8	40.0
	従順な	強情な	49.0	10.2	40.8	38.8
	偶然の	意図的な	46.9	8.2	44.9	38.8
	愚かな	賢い	47.6	9.5	42.9	38.1
	丸みがかかった	角張った	48.9	11.1	40.0	37.8
	非社交的な	社交的な	48.6	10.8	40.5	37.8
	悲観的な	楽観的な	46.7	8.9	44.4	37.8
	不完全な	完全な	46.7	8.9	44.4	37.8
	私的な	公的な	46.7	8.9	44.4	37.8
	ざらな	まねな	43.5	6.5	50.0	37.0
	利己的な	利他的な	44.4	8.3	47.2	36.1
	間違った	正しい	41.7	8.3	50.0	33.3
	おどけた	真面目な	45.0	12.5	42.5	32.5
	悪い	良い	44.7	12.8	42.6	31.9
	狂気の	正気の	41.7	12.5	45.8	29.2
傲慢な	謙虚な	42.9	14.3	42.9	28.6	
明確な	曖昧な	42.6	14.9	42.6	27.7	
3	恥辱な	名誉な	22.2	4.4	73.3	17.8
	古い	新しい	18.8	8.3	72.9	10.4
	まずい	おいしい	11.1	4.4	84.4	6.7
4	左右非対称の	左右対称の	39.6	2.1	58.3	37.5
	乾いた	湿った	39.5	2.3	58.1	37.2
	非競争的な	競争的な	38.6	6.8	54.5	31.8
	不安定な	安定な	39.6	8.3	52.1	31.2
	低い	高い	37.5	6.2	56.3	31.2
	退歩的な	進歩的な	35.4	6.2	58.3	29.2
	遠い	近い	33.3	4.4	62.2	28.9
	酔った	しらふの	31.0	2.4	66.7	28.6
	不潔な	清潔な	36.2	8.5	55.3	27.7
	不健全な	健全な	34.8	8.7	56.5	26.1
	主観的な	客観的な	36.2	12.8	51.1	23.4
	地味な	鮮やかな	34.1	14.6	51.2	19.5
	女性的な	男性的な	29.2	10.4	60.4	18.8
	冷たい	熱い	28.9	11.1	60.0	17.8
	同質の	異質の	26.7	8.9	64.4	17.8
	苦しい	楽しい	28.9	13.3	57.8	15.6
5	不確実な	確実な	32.6	17.4	50.0	15.2
	鈍感な	敏感な	30.4	15.2	54.3	15.2
	うらめしい	ありがたい	21.7	15.2	63.0	6.5
	うんざりした	爽やかな	22.7	20.5	56.8	2.3
	寛大な	つまましい	45.7	17.4	37.0	28.3
	一時的な	継続的な	42.9	16.7	40.5	26.2
	落ち着いた	興奮した	45.7	19.6	34.8	26.1
	消極的な	積極的な	39.0	17.1	43.9	22.0
	広い	狭い	43.5	21.7	34.8	21.7
	感情的な	理性的な	38.3	17.0	44.7	21.3
	自由な	窮屈な	45.8	25.0	29.2	20.8
	温和な	粗暴な	42.9	23.8	33.3	19.0
	防御的な	攻撃的な	42.6	25.5	31.9	17.0
	地味な	派手な	42.2	26.7	31.1	15.6
	醜い	美しい	36.2	21.3	42.6	14.9
	遅い	速い	36.2	21.3	42.6	14.9
鈍い	鋭い	38.1	26.2	35.7	11.9	
退屈な	面白い	36.4	25.0	38.6	11.4	
小さい	大きい	33.3	24.4	42.2	8.9	
習得的な	生得的な	31.1	24.4	44.4	6.7	
弱い	強い	34.9	34.9	30.2	0.0	
受動的な	能動的な	27.3	29.5	43.2	-2.3	

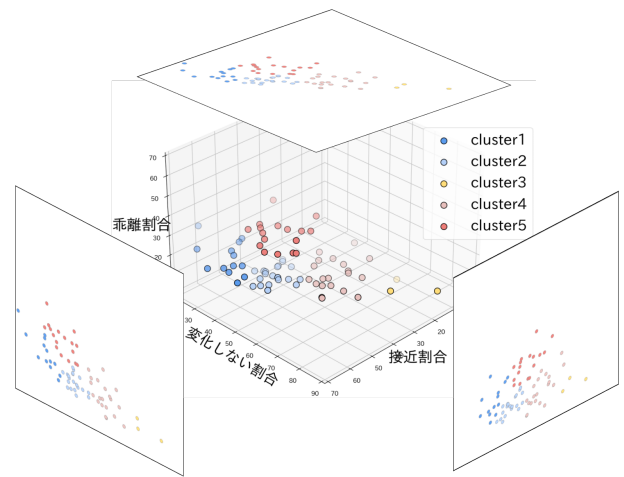


図 9 再現計測におけるクラスタリング結果

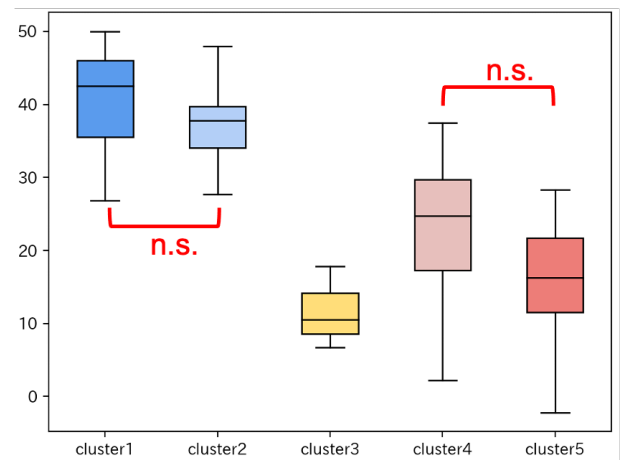


図 10 再現計測に関するクラスタごとの相対的接近割合 (n.s. 明記以外の組合せは全て Pairwise Welch's t-test with Holm adjustment にて $p < 0.05$)

が異なるものと考えられる。したがって、cluster1 および cluster2 は、動作再現によって感性伝達が活性化される項目群と結論づけた。

次に、cluster3 には、変化しない割合が最も大きく、乖離する割合が極めて小さい形容詞対が分類された。接近は表 3 より $17.4 \pm 4.6\%$ 発生しているため、動作再現の影響を受けづらいながらも、副作用なく少量の伝達が行われる項目群であると解釈した。

そして cluster4 および cluster5 には、接近、乖離、変化なしの各割合が一定数見られる形容詞対が分類された。また図 10 より cluster4 と cluster5 は、相対的接近に有意差が無く、伝達に対して同傾向で、その活性が異なるものと考えられる。従って、cluster4 および cluster5 は動作再現による影響を受け変動するが、その傾向は一貫していない無作為な傾向を持つ項目群だと結論づけた。

そして、クラスタごとの変化傾向割合を表した図 11 より、乖離する傾向が最も多いクラスタが存在しないことがわかる。つまり動作再現の副作用の方が強い形容詞対クラ

表 3 再現計測に関するクラスタごとの 4 指標の平均 ± 標準偏差

	接近	乖離	変化なし	相対的接近
cluster1	55.5 ± 3.7	15.2 ± 5.4	29.3 ± 5.4	40.3 ± 7.5
cluster2	47.1 ± 3.5	9.5 ± 2.7	43.3 ± 3.0	37.6 ± 5.4
cluster3	17.4 ± 4.6	5.7 ± 1.8	76.9 ± 5.3	11.6 ± 4.6
cluster4	32.8 ± 5.2	9.8 ± 5.1	57.4 ± 4.4	23.1 ± 9.3
cluster5	39.0 ± 5.2	23.2 ± 4.6	37.8 ± 5.2	15.8 ± 8.3

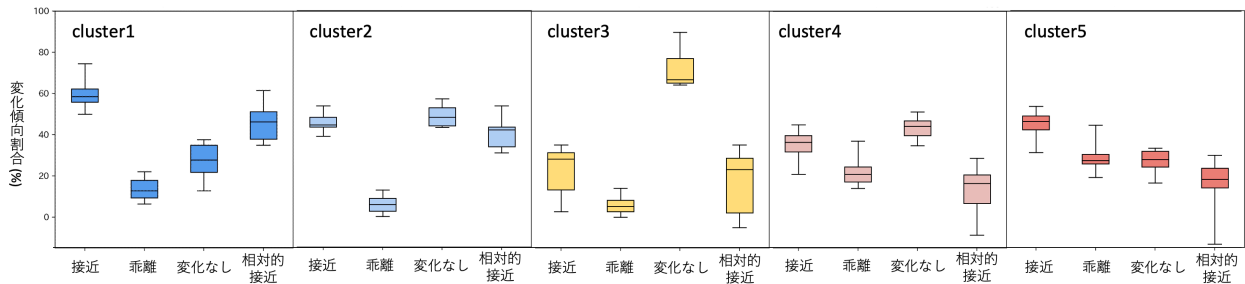


図 11 再現計測に関するクラスタごとの変化傾向割合

スタは存在しないと言える。

以上の分析から、動作再現による他者感性・感覚の伝達効果が複数の形容詞対に見られ、また、明確な副作用が見られなかった。従って、改良を行った動作再現支援システムを用いた動作再現においても、他者感性・感覚の伝達を確認できたと考えられる。

6.2 感性伝達効果の比較分析

本研究では、先行研究 [3] の動作模倣訓練システムを改良し、感性伝達効果を高めることを目的としていた。そのため、第 6.1.1 節で述べた各形容詞対の伝達効果指標について、再現計測と模倣計測の差分値を取ることで、システムの影響を分析した。第 6.2.1 項で各形容詞対の差分結果について、第 6.2.2 項で感性伝達効果の変化に対する考察について示す。

6.2.1 感性伝達効果の比較結果

表 4 に各形容詞対の差分値を示す。相対的接近割合が正および負の形容詞対を強調した。再現計測と模倣計測の差分値のうち、相対的接近割合が正の形容詞対が 41 対であった。これは、システムを改良することで、全 76 形容詞対のうち、半数以上の形容詞対において相対的接近割合が増加しことを表している。また、相対的接近割合が最も増加した形容詞対は「一時的な-継続的な」の 42.5% 増加であり、最も減少した形容詞対は「感情的な-理性的な」の 23.1% 減少であった。以上より、先行研究 [3] からシステムを改良することで、感性伝達効果が高まったと考えられる。

6.2.2 感性伝達効果の変化に対する考察

システム改良によって感性伝達効果が大きく変化した形容詞対について考察する。

相対的接近割合が最も増加した 2 項目は、「一時的な-継続的な」と「軽い-重い」であった。これらは開缶時の感触に関する形容詞対と考えられる。茶筒を素早く開ける際には、1 秒未満の短い（一時的な）時間で、抵抗感の強い（重い）感触が得られる一方、慎重に開ける際には、2 秒を超えるような（継続的な）間、抵抗感の弱い（軽い）感触が得られるためである。こうした開缶時の感触に関する形容詞対、の伝達効果が高まったことから、システムの改良により動作模倣訓練システム [3] における気圧グラフへの注視

リソースを軽減し、開缶時の感覚により集中しやすくなった可能性が考えられる。

また、相対的接近割合が最も減少した 2 項目は、「感情的な-理性的な」と「受動的な-能動的な」であった。これらは、システムとのインタラクションに対する意識に関する形容詞対と考えられる。例えば、情報量の多いシステムを用いる際には、理性的、能動的に思考を行うことで情報を処理する必要がある。動作模倣訓練システム [3] では、内部空気圧を情報量の多いグラフとして提示した一方、改良した動作再現支援システムでは、開缶速度に関して「速い」、「遅い」のような情報量の少ないフィードバックを提示した。このように、システムから受ける情報量が減ったこと、つまり刺激が減少したことで、活性度合いが減少した可能性が考えられる。

以上の分析・考察から、本研究では、動作模倣訓練システム [3] から被験者の再現コスト軽減を図った改良を行ったことで、開缶時の感触に集中しやすい動作再現支援システムを構築し、感性伝達効果を高めることができた結論づける。

7. おわりに

本稿では、伝統工芸品の茶筒を対象として、感性価値・感覚の伝達という問題に、茶筒開缶動作の再現という物理的な観点からのアプローチを検討した。先行研究である動作模倣を発展させ、比例ソレノイドバルブによる空気圧の動的制御により他者の開缶時の感触を再現する動作再現支援システムを構築し、その効果について調査した。開缶動作時に受けた印象は Semantic Differential 法により印象値として数値化した。先行研究と同様に、他者の動作を再現した時の印象値が、各位の自由な開け方の時の印象値から、再現対象者の印象値に接近した場合に感性伝達がなされたものとした。k-means とシルエット係数でクラスタリングしたところ接近、副作用の極少ない弱接近、無作為変化に分類され、動作再現による感性伝達を確認した。更に、システム改良による感性伝達効果への影響を見るため、伝達指標の差分値を算出した。全 76 形容詞対のうちの半数以上の形容詞対において接近割合から乖離割合を引いた値が増加していることなどから、システムを改良することで、

表 4 各形容詞対の感性伝達指標に関する差分値

形容詞対		接近	乖離	変化なし	接近 - 乖離
一時的な	継続的な	31.3	-11.2	-20.0	42.5
軽い	重い	24.5	-6.4	-18.2	31.0
意味のない	意味のある	4.5	-18.5	14.0	23.0
穏やかな	厳しい	2.4	-18.6	16.3	20.9
異端な	正統な	8.3	-12.6	4.2	20.8
自由な	窮屈な	8.3	-8.3	0.0	16.6
愚かな	賢い	8.5	-7.9	-0.6	16.4
丸みがかかった	角張った	5.4	-10.6	5.2	16.1
下品な	上品な	9.0	-6.8	-2.2	16.0
不調和な	調和した	4.2	-11.7	7.5	15.9
軽率な	慎重な	9.5	-6.1	-3.5	15.6
恥辱な	名誉な	7.0	-8.6	1.6	15.6
不完全な	完全な	8.1	-7.0	-1.1	15.1
地味な	鮮やかな	3.1	-11.6	8.3	14.7
退歩的な	進歩的な	10.4	-4.2	-6.3	14.6
従順な	強情な	8.2	-6.1	-2.1	14.3
おどけた	真面目な	12.4	-1.5	-11.0	13.9
利己的な	利他的な	5.7	-7.8	2.0	13.5
乾いた	湿った	2.5	-10.7	8.1	13.3
乱れた	整った	1.9	-10.7	8.8	12.6
遠い	近い	10.4	-1.8	-8.6	12.2
苦しい	楽しい	0.6	-10.6	10.0	11.3
未熟な	洗練された	12.3	1.4	-13.6	11.0
懐疑的な	軽信的な	9.8	0.2	-10.0	9.6
うらめしい	ありがたい	2.1	-6.5	4.3	8.7
酔った	しらふの	4.7	-2.9	-1.7	7.5
不安定な	安定な	-3.9	-11.3	15.1	7.3
鈍い	鋭い	3.2	-4.0	0.8	7.2
地味な	派手な	3.9	-3.1	-0.8	7.1
醜い	美しい	-4.2	-10.6	14.9	6.4
左右非対称の	左右対称の	4.2	-2.1	-2.1	6.3
古い	新しい	7.2	1.3	-8.5	5.7
退屈な	面白い	2.3	-2.3	0.0	4.6
冷淡な	親切な	2.8	-1.6	-1.3	4.3
成熟した	若い	-1.2	-4.9	6.2	3.8
私的な	公的な	2.0	-1.7	-0.3	3.8
狂気の	正気の	1.3	-2.4	1.1	3.7
単純な	複雑な	1.4	-2.1	0.6	3.5
失敗した	成功した	-1.2	-4.3	5.5	3.1
柔らかい	硬い	-4.6	-7.0	11.6	2.3
消極的な	積極的な	-8.6	-9.1	17.7	0.6
女性的な	男性的な	0.0	0.0	0.0	0.0
暗い	明るい	2.5	2.5	-4.8	0.0
溫和な	粗暴な	-4.7	-4.8	9.5	0.0
悪い	良い	-1.0	-0.2	1.3	-0.7
防衛的な	攻撃的な	4.8	5.5	-10.3	-0.8
明確な	曖昧な	3.8	4.7	-8.4	-0.9
タイミングの悪い	タイミングの良い	-3.1	-1.6	4.7	-1.4
ざらな	まねな	0.3	2.0	-2.3	-1.6
小さい	大きい	2.9	4.8	-7.8	-2.0
まずい	おいしい	-5.2	-2.6	7.7	-2.6
間違った	正しい	-10.5	-6.9	17.4	-3.7
曲がった	まっすぐな	-8.5	-4.3	12.7	-4.2
落ち着いた	興奮した	-2.2	2.9	-0.6	-5.1
偶然的	意図的な	-15.3	-9.6	24.9	-5.6
寛大な	つつましい	-3.2	2.5	0.8	-5.7
非競争的な	競争的な	-5.8	0.1	5.6	-6.0
不確実な	確実な	-1.4	4.6	-3.2	-6.1
些細な	重要な	4.2	10.7	-14.9	-6.3
遅い	速い	-4.2	2.2	2.2	-6.4
鈍感な	敏感な	-2.9	6.3	-3.5	-9.2
同質の	異質の	-7.4	2.1	5.3	-9.5
低い	高い	-15.7	-4.4	20.1	-11.4
傲慢な	謙虚な	-9.6	1.8	7.9	-11.4
非社会的な	社会的な	-7.0	5.2	1.6	-12.2
主観的な	客観的な	-6.0	6.1	0.0	-12.2
不潔な	清潔な	-6.0	6.3	-0.3	-12.3
広い	狭い	-8.7	4.3	4.4	-13.1
悲観的な	楽観的な	-11.8	1.6	10.3	-13.4
うんざりした	爽やかな	-4.0	11.6	-7.6	-15.5
不健全な	健全な	-11.9	4.3	7.6	-16.1
弱い	強い	-8.0	8.7	-0.8	-16.7
冷たい	熱い	-10.2	6.8	3.5	-17.0
習得的な	生得的な	-14.6	4.8	9.6	-19.4
受動的な	能動的な	-15.6	5.7	9.9	-21.3
感情的な	理性的な	-17.3	5.9	11.4	-23.1

感性伝達効果が高まったと結論づけた。

今後は、動作模倣訓練システムの内部空気圧提示機能と、動作再現支援システムの内部空気圧の動的制御機能を併せ持ったシステムを用いた動作感覚再現手法を検討する予定である。動作模倣訓練システムの初期収束性能と動作再現支援システムの感性伝達効果を最大限引き出すことで、数

回の開缶動作で動作再現を行いたい店頭での使用に更に適したシステムを目指す。

また、今回は同国籍、学生、かつ、10人中9人が同専攻という、バックグラウンドが類似した被験者間での感性伝達効果を検討したため、感性伝達に影響を与える要因を考察することを目的に、国籍や専攻などが異なるバックグラウンドを持った被験者間での感性伝達効果についても今後検討する予定である。

謝辞

本研究は株式会社開化堂との共同で実施したものである。本研究の実施にあたって製品や情報の御提供ならびに種々の御助言を賜りました。心より感謝申し上げます。

本研究は、名古屋大学未来社会創造機構未来社会創造プロジェクトの支援を受けた「常設フィードバックと思考機会増加による伝統工芸職人感性の促成・強化手法の開発」により実施されたものです。

参考文献

- [1] 経済産業調査会：感性価値創造イニシアティブ-第4の価値軸の提案- (2007).
- [2] 桐本泰一：本物の漆器の「気持ち良さ」可視化に向けた連携研究，金沢大学文化資源学研究= Kanazawa cultural resource studies, No. 18, pp. 12-13 (2018).
- [3] 山上 潤，榎堀 優，吉田直人，間瀬健二ほか：動作模倣システムを用いた開缶動作再現による他者感性・感覚の伝達効果の検討，研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol. 2021, No. 21, pp. 1-8 (2021).
- [4] Osgood, C. E., Suci, G. J. and Tannenbaum, P. H.: *The measurement of meaning*, No. 47, University of Illinois press (1957).
- [5] 山下幸裕，領家美奈，中森義輝：九谷焼図柄と九谷焼洗面ボールの感性評価データの比較分析，日本感性工学会論文誌, Vol. 12, No. 1, pp. 145-155 (2013).
- [6] 井上博行，小岡 由：伝統工芸のプロモーションにおける動画コンテンツが与える影響の分析，日本知能情報ファジィ学会ファジィシステムシンポジウム講演論文集 第35回ファジィシステムシンポジウム，日本知能情報ファジィ学会, pp. 592-597 (2019).
- [7] 川野邊誠，亀田昌志，宮原 誠ほか：作曲者の感性・意図の伝達楽譜に色付けしない演奏装置による演奏音の評価，情報処理学会研究報告オーディオビジュアル複合情報処理 (AVM), Vol. 2000, No. 89 (2000-AVM-030), pp. 43-48 (2000).
- [8] 佐藤真梨，内堀悠紀，相川清明ほか：効果音による感知情報の伝達，情報処理学会研究報告音声言語情報処理 (SLP), Vol. 2008, No. 68 (2008-SLP-072), pp. 105-110 (2008).
- [9] 岩館祐一，井上正之，鈴木良太郎：身体動作からの感性特徴量の抽出に関する検討：インタラクティブダンスへの応用，映像情報メディア学会技術報告 24.29，一般社団法人 映像情報メディア学会, pp. 7-12 (2000).
- [10] 阪田真己子，丸茂祐佳，八村広三郎，小島一成，吉村ミツほか：日本舞踊における身体動作の感知情報処理の試み-motion capture システムを利用した計測と分析，情報処理学会研究報告人文科学とコンピュータ (CH), Vol. 2004, No. 7 (2003-CH-061), pp. 49-56 (2004).
- [11] 山下幸裕，領家美奈，中森義輝：商品価格の提示が伝統工芸品の感性評価に及ぼす影響，日本感性工学会論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 163-172 (2014).

- [12] 山下幸裕, 領家美奈, 中森義輝: デザイン要素を用いた伝統工芸品のポジショニング分析, 日本感性工学会論文誌, Vol. 11, No. 3, pp. 443-452 (2012).
- [13] 領家美奈, 長瀬可奈, 中森義輝: 伝統工芸素材の感性評価とデータ解析, 感性工学研究論文集, Vol. 7, No. 4, pp. 633-640 (2008).
- [14] 乃生将也, 佐藤敬子, 下川房男, 石塚裕己: なぜ, 包丁の切断により異なる感覚が生起されるのか?, 日本感性工学会論文誌, Vol. 19, No. 3, pp. 301-307 (2020).
- [15] 鴨下隆志, 矢野 宏: 厨房用刃物の切味試験, 計量研究所報告, Vol. 29, No. 4, pp. p51-59 (1980).
- [16] 岩淵裕史, 布川博士, 板垣良直: 花から受ける印象と購買行動との関係について-推薦システムを構築するための基礎的考察を目的として, 日本感性工学会論文誌, Vol. 19, No. 3, pp. 317-324 (2020).
- [17] 土山真未, 正本博士, 重松幹二ほか: “かわいい香り”の認知構造の検討, 日本感性工学会論文誌, Vol. 18, No. 4, pp. 315-320 (2019).
- [18] 林 里奈, 加藤昇平: ロボット・セラピーにおける柔らかい触感の重要性, 日本感性工学会論文誌, Vol. 18, No. 1, pp. 23-29 (2019).
- [19] 山口穂高, 吉田宏昭, 上條正義: 鉄道車両のシート色が座り心地に与える影響, 日本感性工学会論文誌, Vol. 14, No. 2, pp. 291-297 (2015).
- [20] 韓 青松, 大澤茂治, 尾崎功一: 座面傾斜による身体動作インタフェースを用いた電動車椅子の評価, 日本感性工学会論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 55-62 (2014).
- [21] 姜 南圭, 高宮浩平: 経験を用いた医療情報システムの構築と感性評価, 日本感性工学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 489-498 (2009).
- [22] 福田忠彦, 福田亮子: 増補版 人間工学ガイド感性を科学する方法, サイエンティスト社 (2009).