

感性評価に基づく音環境が創造性に与える影響分析

廣田 智也[†] 杉本 匡史^{††} 山崎 陽一^{†††} 張 帆[†] 長田 典子[†] 宮田 哲^{††††}

[†]関西学院大学理工学部/感性価値創造インスティテュート 〒669-1330 兵庫県三田市学園上ヶ原 1 番

^{††}阪南大学国際学部 〒580-8502 大阪府松原市天美東 5-4-33

^{†††}長崎県立大学情報システム学部 〒851-2195 長崎県西彼杵郡長与町まなび野 1-1-1

^{††††}TOA 株式会社開発室 〒665-0043 宝塚市高松町 1-10

E-mail: [†]{t.hirota2477, zhangfan, nagata}@kwansei.ac.jp ^{††}sugimoto@hannan-u.ac.jp ^{†††}yamazaki@sun.ac.jp

あらまし 本研究では音環境による価値創出を目的として、異なる立体音響を用いて音環境が創造性に与える影響を分析した。3種類の実験の結果、創造性が必要とされる空間においては、拡散的思考および収束的思考に繋がる空間的・非空間的な印象が求められ、これらの印象は非騒音性、独立性、爽快感、さらに広さ感といった要素によって構成されることが明らかになった。また、課題成績においても広さ感や非騒音性の違いによる成績の差が見られ、拡散的課題においては広さ感があり、音圧が高いほど成績が向上する傾向が見られた。一方、収束的課題においては音圧が低いほど成績が向上した。ただし課題実施時の生理的反応に基づく個人差分析では、クラスタによって影響を受ける音環境が異なるという結果が得られた。

キーワード 価値創出, 立体音響空間, 印象, 広さ感, 生理指標

Analysis of the Influence of Sound Environment on Creativity Based on Affective Evaluation

Tomoya HIROTA[†] Masashi SUGIMOTO^{††} Yoichi YAMAZAKI^{†††} Fan ZHANG[†]

Noriko NAGATA[†] Satoshi MIYATA^{††††}

[†]Kwansei Gakuin University 1 Gakuen-Uegahara, Sanda-shi, Hyogo 669-1330, Japan

^{††}Hannan University 5-4-33, Amami Higashi 5-chome, Matsubara, Osaka 580-8502, Japan

^{†††}University of Nagasaki 1-1-1 Manabino, Nagayo-cho, Nishisonogi-gun, Nagasaki 851-2195, Japan

^{††††}TOA Corporation 1-10 Takamatsu-cho, Takarazuka City, 665-0043, Japan

E-mail: [†]{t.hirota2477, zhangfan, nagata}@kwansei.ac.jp ^{††}sugimoto@hannan-u.ac.jp ^{†††}yamazaki@sun.ac.jp

Abstract In this study, we analyzed the effects of sound environments on creativity using three-dimensional sounds of different types. The results of three experiments revealed that spatial and non-spatial impressions that lead to diffuse and convergent thinking are required in spaces where creativity is needed, and that these impressions are composed of non-noise, independence, and freshness, as well as a “spaciousness” feeling. The results of the task revealed that the impression is composed of non-noise, independence, freshness, and a “sense of spaciousness”. In the diffusive task, the more “spaciousness” and the higher the sound pressure, the better the performance. In the convergent task, on the other hand, performance improved with lower sound pressure. However, individual difference analysis based on physiological responses during the task showed that the affected sound environment differs depending on the cluster.

Keywords value creation, 3D sound space, impressions, spaciousness feeling, physiological responses

1. はじめに

社会の急速な進展により、新たな価値創出・価値向上が求められている。この中で産業空間や生活空間など人を取り巻く環境の効果に着目し、価値創出に繋げる研究が多方面から行われている[1-5]。

例えば「天井高効果」として知られる Meyers-Levyらの研究[1]では、高い天井の下では自由に関連した概念が活性化されることにより関係的处理が促進され、結果として統合・抽象化処理が促進されることが示さ

れた。別の研究[2]では、低い照度の下ではリラックスに関連した概念が活性化されることにより対話相手への心理的・物理的接近処理が促進され、結果としてコミュニケーションが促進されることが確認された。このように先行刺激としての環境（天井が低い、薄暗いなど）が、関連した概念（自由、リラックスなど）が活性化されることにより後続する認知や行動（統合・抽象化処理、コミュニケーションなど）に影響するという「プライミング効果」として捉えられている[3]。

またキャンパス内のテント空間における創造性に関する研究では[4]，感性評価で得られた開放的な・陽気なといった印象が創造性課題の成績に影響を及ぼし，その影響の正負は個人によって異なることが示唆された。

一方で，脳の情報処理における処理の流暢性に関する研究[5]では，アンケートにおける文字のフォント種と都市間の距離推定の課題とを巧みに組み合わせ，読みにくい，すなわち非流暢性が増すと，都市間の推定距離が長くなり，かつ都市に関する説明文が抽象的になることを示した。これは非流暢性によって広さの知覚（広さ感）が変化することで抽象的な処理が促進される可能性を示唆している。また音環境における創造性の研究[6]では，背景騒音の音圧が創造性に及ぼす影響を分析し，中程度の音圧が非流暢性を引き起こすことで高い解釈レベルと抽象的な処理を誘発し，結果として創造性の独創性と適切性の両側面を強化することが明らかになった。この結果から音圧が創造性に影響を及ぼす一因である可能性が示唆されたが，音源の種類の見直しは行われていない。

そこで本研究では，音環境による価値創出を目的として，さまざまな立体音響を用いて，音環境が創造性に与える影響を感性評価に基づく3つの実験により分析する。実験1では，音環境がどのような印象や価値を喚起するかを評価グリッド法[7]を用いて構造化する。実験2では，構造化で得られた評価語を用いた感性評価により，創造性に影響を与える音環境を選出する。実験3では，選出された音環境のもとで創造性の測定を行い，あわせて生理指標による個人差分析を実施し，音環境が創造性に与える影響を検討する。

2. 実験 1

実験1では，音環境が喚起する印象および実現する価値について，評価グリッド法に基づくインタビューを用いて構造化と可視化を行う。評価グリッド法[7]は，オープンクエスチョンを用いた半構造化インタビュー手法であり，ラダーアップ質問とラダーダウン質問を繰り返して評価項目の因果関係をたどることによって，

表 1 実験刺激

空間	背景音	幅×奥行×高さ
無響室	ギター	11.2×9.2×6.2
無響室	風鈴	11.2×9.2×6.2
会議室	ギター	3.5×7.2×2.6
会議室	風鈴	3.5×7.2×2.6
EVホール	ギター	1.7×27.8×2.4
EVホール	風鈴	1.7×27.8×2.4
教会	ギター	10.4×16.3×7.0
教会	風鈴	10.4×16.3×7.0
アカデミックコモンズ小	人の声や人音	17.5×15.0×2.5
アカデミックコモンズ大	人の声や人音	18.3×29.6×7.4
植物園	鳥の鳴き声や風音	n/a

人間の評価構造を階層的に可視化する手法である。手法の結果として得られる評価構造図は，図1に示す感性の階層モデル（物理量－印象－価値）[8]と同様の構造とみなせ，感性的な評価構造の可視化に適している。

2.1. 方法

(1) 参加者 聴力が正常な大学生・大学院生および社会人21名が参加した。男性が15名，女性が6名であり，平均年齢は26.3歳（21～48歳）であった。

(2) 刺激 実験刺激に用いた音環境は，表1に示すように，空間の広さや広がり方，および背景音が異なる11種類であった。なお，アカデミックコモンズ小（以下「コモンズ小」）は，関西学院大学三田キャンパスアカデミックコモンズのクレセントラウンジで，アカデミックコモンズ大（以下「コモンズ大」）は，同アクティブラーニングゾーンで収録した。

各音環境の音場は二次アンビソニック方式のマイクロホン（Voyage Audio Spatial Mic）を用いて収録した。また，実験室内に空間的に配置した12種類のスピーカアレイにより構成される，7.1.4チャンネル音響再生システムから収録音源を呈示することで，実験室内に各音環境の音場を精密に再現した。図2に実験空間の様子を示す。なお，立体音響再生システムは，PCからオーディオインターフェース（MOTU 16A），アンプ（8チャンネルアンプ×1，2チャンネルアンプ×2），およびスピーカー（サテライトスピーカー（TOA BS-301B）×11とサブウーファー（TOA BS-301B）×1）から構成した。参加者は中心におかれた椅子に座り，低い方のスピーカーと耳の高さが合うように椅子の高さを調整した。参加者とスピーカーの距離は低い方までが1.6m，高い方までが1.39mであった。

(3) 実験課題と手順 評価グリッド法[7]に基づくインタビューを実施するため，参加者には万博の展示企画のアイデアを考えるための場所として，どれを選びたいかを考えるという課題を呈示した。

実験手順は以下のとおりである，まずそれぞれの刺激を聞き，その場所にいることをイメージしてもらった。そのうえでアイデアを考えるための場所として1位から順に順位付けしてもらった。次に，1位と2位，2位と3位といった全ての順位の比較を行い，上位の



図1 感性の階層モデル

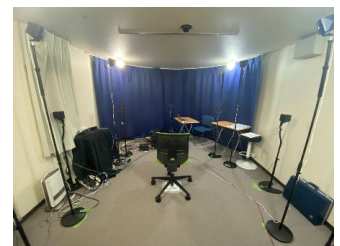


図2 実験空間の様子

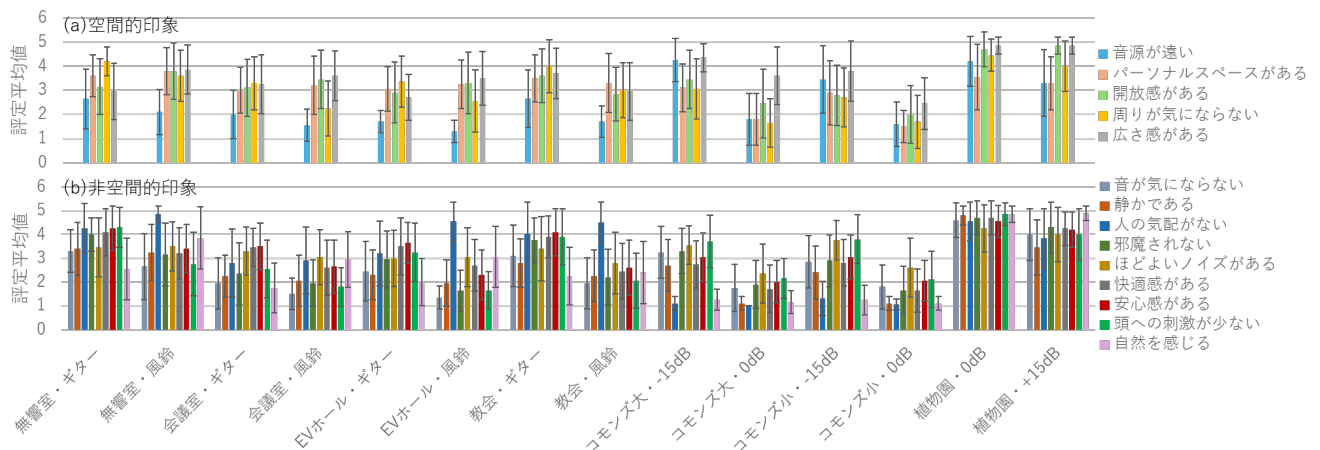


図 4 音刺激の評定平均値と標準偏差

表 2 評価語の因子分析結果

	非騒音性	独立性	爽快性
頭への刺激が少ない	0.852	0.097	-0.213
邪魔されない	0.829	0.041	0.069
音が気にならない	0.820	0.009	0.048
音源が遠い	0.800	-0.293	-0.051
安心感がある	0.505	0.215	0.160
静かである	0.497	0.116	0.250
快適感がある	0.486	0.216	0.271
ほどよいノイズがある	0.476	-0.123	0.209
人の気配がない	-0.407	0.784	0.248
パーソナルスペースがある	0.023	0.705	-0.078
周りが気にならない	0.351	0.687	-0.170
自然を感じる	-0.106	0.032	0.905
開放感がある	0.266	-0.058	0.613

13 個の評価語に対して分析を行った。結果を表 2 に示す。因子数は平行分析により決定し、非騒音性、独立性、爽快性の 3 因子を抽出した。

評定平均値に大きな差が見られたコモンズと植物園の 6 種類の音源について、各音源がどの評価語によって特徴付けられるかを明らかにするために多重比較 (Bonferroni 法) を行った。その結果、コモンズ大・0dB と小・0dB では「広さ感がある」のみで有意差があり、コモンズ大・0dB、小・0dB と植物園では、すべての評価語で有意差があり、また、コモンズと植物園では第 3 因子の爽快性の評価語 (開放感がある、自然を感じる) で有意差があることが明らかになった。

3.3. 考察

評定平均値と因子分析の結果から、コモンズと植物園の間で評価に大きな差が見られること、コモンズでは広さ感だけでなく、音圧の変化により評価が変わることが明らかになった。また、コモンズと植物園とでは、植物園の方が広さ感があることが確認された。ただし、音圧が大きくなり、処理の非流暢性が促進されることによる広さ感の変化は見られなかった。以上の結果により、これら 6 種類の音源に対して、参加者が評価語で表される印象を主観的に感じていることが確認されたので、次の実験 3 では創造性に与える影響を定量的に評価する。

4. 実験 3

実験 3 では、実験 2 において音環境によって印象や価値の変化が確認された評価語が、創造性にどのように影響するのかを、拡散的課題、収束的課題の成績を用いて明らかにする。また課題実施時の生理計測を行い、音源や課題に対する影響の個人差を検討する。

4.1. 方法

(1) 参加者 聴力が正常な大学生・大学院生および社会人 20 名 (男性 14 名, 女性 6 名) が参加した。

(2) 刺激 実験 2 の結果から選定されたコモンズ大(-15dB), コモンズ大(0dB), コモンズ小(-15dB), コモンズ小(0dB), 植物園(0dB), 植物園(+15dB) の 6 種類の音源を用いた。音源の再生環境および再生条件は実験 1 と同様であった。

(3) 課題 実験 1 では、創造性に繋がる価値として拡散的・収束的思考が抽出されたので、これらを定量的に測定し、創造性との関係を調べた。

拡散的思考を測定する課題 (拡散的課題) として代替用途課題 (AUT) を用いた。この課題では日用品の本来の使い方以外の使い方について、なるべく多く、かつ独創的な回答を求めた。題材は 4 つで 1 組とし、6 回の実験で難易度に差が出ないように調整した。1 題材当たりの回答制限時間は 5 分間で、制限時間が過ぎると自動的に回答が記録されるようにした。1 回の実験での所要時間は約 20 分であった。収束的思考を測定する課題 (収束的課題) として単純加算課題を用いた。この課題では簡単な足し算課題に回答してもらった。10 秒間の練習試行の後、60 秒間の待機時間を設け、その後、1 セット 60 秒間の本試行を 10 秒間の休憩をはさみながら 5 セット実施した。1 回の実験での所要時間は約 6 分であった。AUT, 単純加算課題の回答はパソコンを使って行った。

(4) 生理計測 課題実施時の参加者の生理反応を計測し、刺激による差、またその個人差を分析する。使

表 3 拡散的課題における各指標の採点基準

指標	採点項目	採点基準	
		すべて満たしている	1つでも満たしていない
妥当性	1.想像できる程度に具体的である		
	2.本来の使い方とは異なる	1点	0点
	3.性質を活かしている		
独自性	1.妥当性が1点である		
	2.同一参加者の同一題材に対する回答と重複していない	1点	0点
創造性	1.妥当性が1点である	どの程度創造的だと感じられるかを1~5点	0点

用した計測機器は、心拍センサー (myBeat)、皮膚電気反応センサー、視線センサー (Tobii Pro Glasses 2)、姿勢計測カメラ (Azure Kinect DK) の 4 種類である。なお本稿では心拍センサーによる計測結果のみ報告する。心拍センサーでは心拍変動 (HRV) を計測した。計測データから自律神経活動を推定し、参加者が課題中に感じるストレス、覚醒度を分析することができる [10]。

(5) 実験手順 実験 3 は実験 1 と同じ実験空間で実施した。音刺激を呈示しながら AUT または単純加算課題を行ってもらい、同時に生理計測を実施した。実験は 6 日に分けて行い、課題に対する慣れや疲れを防いだ。音源を呈示する順番および音源と題材の組み合わせはランダムとした。実験参加者は生理計測機器を装着し、実験環境に慣れてもらうために 3 分間音刺激を聞いてもらい、その後 AUT、単純加算課題の順で課題を行った。課題は実験空間に参加者が 1 人の状態で行った。

4.2. 結果

(1) 拡散的課題 各参加者の回答を、妥当性、独自性、創造性の 3 つの指標で採点した [11]。各指標における採点基準は表 3 のとおりである。採点は 2 名で行い、その平均を各回答のスコアとし、指標ごとに合計点を算出した。創造性に関しては、回答数により得点が左右されるため、創造性の合計点数を回答数で割った平均点も算出した。採点の妥当性を確認するため、カッパ係数を用いて 2 名の採点の一致率を求めたところ、妥当性、独自性、創造性の順に 0.759, 0.529, 0.533 となり、妥当であることが確かめられた。

3 つの指標それぞれについて、環境 (3) × 音圧 (2) の 2 要因分散分析を行った結果、創造性指標 (平均) において環境と音圧の交互作用のみ有意 ($F(2, 38) = 4.28, p = .021$) となった (図 5)。低 dB 条件でコモンズ小、コモンズ大より植物園で成績が上昇した ($p = .016$)。コモンズ小では高 dB 条件で成績が上昇 ($p = .094$)、植物園では逆に低 dB 条件で成績が上昇する ($p = .074$) 傾向が見られた。

(2) 収束的課題 各参加者の回答から、回答数 (セッ

表 4 生理指標の因子分析結果 (拡散的課題)

	心拍変動性	自律神経バランス	心拍数パワー
SDNN	0.926	0.154	0.051
RMSSD	0.880	0.009	0.216
pNN50	0.744	-0.173	0.104
HF	0.682	-0.118	0.070
LF	0.521	0.193	0.114
NN50	0.510	-0.107	0.003
HFnorm	0.045	-0.989	-0.079
LF/(LF+HF)	-0.069	0.996	0.063
LFnorm	-0.234	0.795	-0.154
HR_Ave	-0.360	0.231	-0.204
LF/HF	0.151	0.214	0.059
Totalpower	-0.009	0.008	1.000
CVRR	0.410	0.093	0.766

トごとの回答数の平均値)、正答数 (セットごとの正答数の平均値)、正答率 (正答数/回答数のセットごとの平均値) の 3 つの指標を算出した。

3 つの指標それぞれについて、環境 (3) × 音圧 (2) の 2 要因分散分析を行った結果、正答数指標において、音圧の主効果 ($F(1, 19) = 5.06, p = .036$)、および環境と音圧の交互作用 ($F(2, 38) = 3.26, p = .049$) が有意であった (図 6)。高 dB 条件で環境の単純主効果が有意傾向 ($t(19) = 1.99, p = .061$)、コモンズ大で音圧の単純主効果が有意であった ($F(1, 19) = 6.26, p = .022$)。

(3) 生理指標による個人差分析

さらに課題実施時の生理指標の違いによって参加者を分類し、個人差の影響を検討した。分類は課題ごとに実施した。まず課題実施時の心拍変動 (HRV) データから算出される 13 種類の指標に対して、課題ごとに因子分析を行った。拡散的課題では表 4 のように 3 因子 (心拍変動性、自律神経バランス、心拍数パワー) が抽出された。次に 3 因子を用いて K-means 法によるクラスタリングを実施し、参加者を生理的反応が異なる 2 クラスタに分類した。拡散的課題では表 5 のように、交感神経が有意で変動性が弱いクラスタ 1 と副交感神経が有意で変動性が強いクラスタ 2 に分類された。

このクラスタを用いて、環境 (3) × 音圧 (2) × クラスタ (2) の 3 要因分散分析を行い個人差の影響を調べた。拡散的課題では、創造性指標 (平均) において 3 要因の交互作用が有意 ($F(2, 36) = 3.62, p = .036$) になった (図 7)。クラスタ 1 は環境の主効果が有意傾向 ($F(2, 26) = 3.01, p = .067$) であり、コモンズ大でコモンズ小より成績が向上する傾向が見られた ($t(14) = 2.54, p = .074$)。クラスタ 2 は環境と音圧との交互作用が有意 ($F(2, 10) = 5.44, p = .025$) であり、低 dB 条件において、植物園の成績がコモンズ大の成績と比較し、有意に向上した ($t(5) = 3.54, p = .050$)。また植物園において、低 dB 条件での成績が高 dB の成績と比較し、有意に向上した ($F(1, 5) = 5.83, p = .060$)。一方、収束的課題ではクラスタによる成績の差はみられなかった。

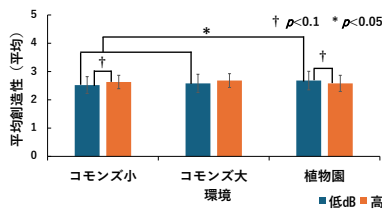


図 5 平均創造性 (拡散的課題)

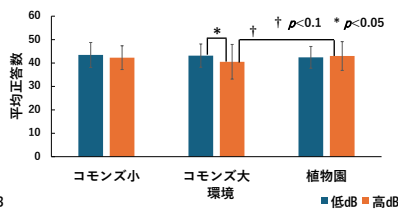


図 6 平均正答数 (収束的課題)

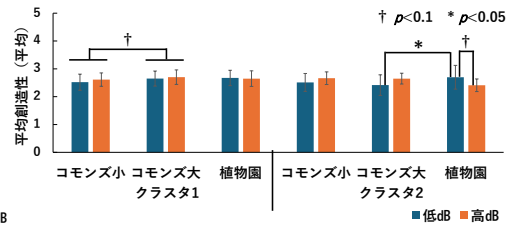


図 7 クラスタによる比較 (平均創造性 (平均))

表 5 クラスタリング結果 (拡散的課題)

参加者	心拍変動性	自律神経バランス	心拍数パワー	クラスター
1	-0.128	0.390	-0.065	1
2	-0.192	0.705	-0.069	1
3	2.097	-0.493	-0.034	2
4	1.431	0.910	2.229	2
5	0.729	0.530	-0.042	2
6	-0.330	0.660	-0.070	1
7	-0.049	0.162	0.111	1
8	0.367	0.312	0.073	1
9	0.452	-1.017	-0.049	2
10	-0.290	0.366	0.266	1
11	0.015	0.718	-0.067	1
12	0.367	0.561	-0.062	1
13	-0.585	0.268	-0.069	1
14	-0.377	-0.257	-0.063	1
15	-0.513	0.427	-0.070	1
16	0.805	-0.434	-0.035	2
17	0.638	-0.119	-0.054	2
18	0.385	0.716	-0.063	1
19	-0.258	0.555	-0.068	1
20	-0.256	0.692	-0.069	1

4.3. 考察

全体分析において拡散的課題では、コモンズでは音圧が高いと成績が向上し、植物園ではその逆となった。それに対して収束的課題では、コモンズでは音圧が低い条件で成績が向上したが、植物園ではその傾向が見られなかった。これらの結果によって、音圧の高低が課題によって逆の影響を示し、さらにその影響の方向が環境の種類によって異なることが示された。

さらに、課題時の生理指標の違いによるクラスタ間の比較では、拡散的課題においては環境のみに影響を受けるクラスタと、環境と音圧の両方に影響を受けるクラスタが存在することが確認された。今後、他の生理計測データも含めた個人差特性を調べ、音環境と創造性の関係を詳細に検討する。

5. まとめ

本研究では、異なる立体音響を用いて音環境が創造性に与える影響を分析した。評価グリッド法による評価構造分析では、音環境により空間的・非空間的印象が喚起され、それが拡散的思考および収束的思考などの価値に繋がることを示された。感性評価では、非騒音性、独立性、爽快性、さらに広さ感といった印象を構成する要素が抽出され、これに基づき創造性に影響を与えうる音環境が選出された。創造性の測定では、広さ感や非騒音性の違いにより課題成績の差が見られ、拡散的課題では広さ感があり、音圧が高いほど成績が向上する傾向が見られた。一方、収束的課題では音圧が低いほど成績が向上した。ただし課題実施時の生理

的反応に基づく個人差分析では、クラスタによって影響を受ける音環境が異なるという結果が得られた。今後は、生理計測データをはじめとした個人差特性の検討や、創造性だけでなく他のさまざまな価値創出に向けて音環境の研究を進めていく予定である。

文 献

- [1] J. Meyers-Levy, R. Zhu, "The influence of ceiling height: The effect of priming on the type of processing that people use," *Journal of Consumer Research*, vol.34, no.2, pp.174-186, June 2007.
- [2] A. Ishikawa, T. Kusumi, "How do the indoor illumination levels affect social and cognitive behaviors?," *International Journal of Affective Engineering*, vol.21, no.3, pp.169-179, 2022.
- [3] 杉本匡史, 楠見孝, 栗田季佳, 石川敦雄, 坂口武司, 鍋谷めぐみ, 西田恵, "天井高が認知課題成績に及ぼす効果: 拡散-収束課題, 空間記述文読解を用いた検討," *日本認知科学大会発表論文集*, vol.29, no.P1-12, 2012.
- [4] 大塚栄輔, 破田野智己, 張帆, 杉本匡史, 山崎陽一, 長田典子, "キャンパス内のテント空間が創造性に及ぼす影響," 第 17 回日本感性工学会春季大会, vol.17, no.1B1-04, 2022.
- [5] A. L. Alter, D. M. Oppenheimer, "Effects of fluency on psychological distance and mental construal (or why New York is a large city, but New York is a civilized jungle)," *Psychological Science*, vol.19, no.2, pp.161-167, February 2008.
- [6] R. Mehta, R. Zhu, and A. Cheema, "Is noise always bad? Exploring the effects of ambient noise on creative cognition," *Journal of Consumer Research*, vol.39, no.4, pp.784-799, December 2012.
- [7] 讚井純一郎, "ユーザーニーズの可視化手法: 評価グリッド法 (EGM)," *人間工学*, vol.36, no.Supplement, pp.60-61, 2000.
- [8] 片平建史, 武藤和仁, 橋本翔, 飛谷謙介, 長田典子, "SD 法を用いた感性の測定における評価の階層性," *日本感性工学会論文誌*, "vol.17, no.4, pp.453-463, August.2018.
- [9] M. Sugimoto, Y. Yagi, and N. Nagata, "How different tourist sites evoke different emotions: Investigation focusing on the urban and rural sites in Japan," in *Human-Computer Interaction*, ed. M. Kurosu and A. Hashizume, *Lecture Notes in Computer Science*, vol.14012, pp.332-343, Springer, Cham, 2023.
- [10] 山口勝機, "心拍変動による精神負荷ストレスの分析," *志學館大学人間関係学部研究紀要*, vol.31, no.1, pp.1-10, 2010.
- [11] J. P. Guilford, et al., "Alternate uses. Form A. Berverly Hills, CA: Sheridan Supply, 1960.