

プロテウス効果による内発的な肌の潤い向上・保持支援システムの検討

香川大学創造工学部

北村 尊義

Maintaining skin moisture is crucial for both physiological health and psychological comfort. However, many people face difficulty continuing conventional physical interventions such as moisturizers or humidifiers due to environmental or practical constraints. This study explores a novel wellness support system that uses virtual avatars resembling the user (self-avatars) to promote intrinsic motivation for skincare. Based on the Proteus Effect, which suggests that avatars can influence user behavior and perception, we developed a virtual environment that visually simulates warmth (a sauna space) and compared it to a neutral space (a library). We evaluated four conditions: with or without self-avatars in each environment. Twenty participants created their own avatars using VRoid Studio, and viewed the virtual scenes passively. Physiological changes were assessed using thermal imaging of the face, and subjective impressions of skin condition and circulation were measured via Visual Analogue Scales. Results showed that the sauna space with a self-avatar led to notable increases in facial temperature and subjective feelings of warmth and circulation. Moreover, participants who viewed their self-avatar reported a greater sense of self-identification and immersion, with many expressing that they felt physically warmer when their avatar appeared flushed. These effects were less pronounced or absent in conditions without avatars. The findings suggest that visually observing one's own self-avatar in a contextually warm environment can evoke internal bodily responses related to skincare, potentially supporting self-motivated maintenance of skin health. This research highlights the practical potential of affective interfaces using virtual representations for everyday wellness.

1. 緒言

皮膚（以下、肌と記す）は人体の最大の器官であり、外部環境から身体を保護するバリア機能を有している。特に肌の潤いは、このバリア機能を適切に維持するために不可欠な要素であり、健康的かつ美しい肌の基盤を形成するとされている¹⁾。近年では、空調機器の使用や季節的な気象条件などにより、空気中の湿度が低下することで肌の乾燥が進行しやすくなっている^{2,3)}。また、心理的ストレスや自覚的な肌の状態評価など、主観的要因も肌の健康状態に大きく影響することが報告されている^{4,5)}。これらの課題に対しては、保湿剤の使用、加湿器の導入による湿潤環境の提供といった外的手段が主流である。しかし、保湿剤が肌に合わない、加湿器のメンテナンスが煩雑である、使用が許されない環境にあるなど、物理的対策の継続的実践が困難なケースも少なくない。その結果、肌の乾燥による不快感を抱えながらも対策が取れていない人々が存在するのが現状である。一方で、近年のヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) の分野では、仮想空間における自己表象（アバター）を用いることによるポジティブな心理効果が注目されている。その一例として、「プロテウス効

果 (Proteus Effect)」が挙げられる。これは、ユーザーが仮想空間内で自身に似た、あるいは理想化されたアバターを用いることで、実世界での態度・行動・感情にまで変化が生じるという心理現象である⁶⁾。過去の研究では、外見が知的なアバターを使用すると認知課題の成績が向上したり⁷⁾、アバターの身体的特徴が行動に影響を与えたりすることが確認されている⁸⁾。

本研究では、このプロテウス効果に着目し、「仮想空間に存在する自己に似せたアバター（自己アバター）を観察すること」が肌の生理状態、特に潤い保持に影響を与える可能性があるという仮説のもと、新たなスキンケア支援システムの構築と評価を試みた。そのために、仮想空間内に配置された自己アバターと、その背景となる文脈的な空間（例：サウナ、図書館）との組み合わせによって、ユーザーの肌の表面温度や血行、潤い感などの生理的反応を喚起するシステムの検討を行った。

2. 方法

2.1. システム設計

本研究では、仮想空間において自己に似せて作成されたアバター（以下、自己アバター）を視覚的に観察させることで、ユーザーの生理状態、特に肌の潤い保持に関連する反応を促す支援システムの構築を試みた。仮想空間には、視覚的に温熱感を喚起する「サウナ空間」と、温熱感の少ない「図書空間」の2種類を用意し、実験では、仮想空間の種類とアバターの有無によって4つの提示条件を設定し、以下の通りに分類した。

・タイプS：サウナ空間（図1、自己アバターなし）



Enhancing and Sustaining Skin Hydration Through the Proteus Effect: Toward an Intrinsically Motivated Cosmetic Support System

Takayoshi Kitamura

Kagawa University

- ・タイプSA：サウナ空間（図2、自己アバターあり）
- ・タイプT：図書空間（図3、自己アバターなし）
- ・タイプTA：図書空間（図4、自己アバターあり）

サウナ空間においては、自己アバターの肌に赤みを帯びた加工を施し、火照り感を想起させる演出を行った。これにより、視覚情報から温熱性発汗や血行促進を喚起する効果を期待した。また、ユーザーの没入感や自己同一性を高めるため、自己アバターは参加者自身によって作成されたものを用いた。

2.2. アバター作成および実験環境

自己アバターの作成には、3Dアバター作成ツール「VRoid Studio¹⁰⁾」を使用した。各実験参加者には、10分程度で自分自身に似せたアバターを自力で作成してもらい、作成時には衣装や姿勢などを統制した。作成されたアバターは、それぞれサウナ空間または図書空間に配置し、PCディスプレイ上に提示した。実験は、外部の音や温度変化などの影響を最小限に抑えるため、大学構内の個室研究スペースにおいて実施した。室温は平均20.1℃、湿度は40.3%に保たれた。なお、実験中の映像提示にはノートPCとカラーディスプレイを用いた。

2.3. 実験手順

実験参加者は20名（男性9名、女性11名）であり、事前にサウナ環境への耐性や健康状態の確認を行った上で参加を依頼した。以下の手順で実験を進めた。なお、実験参加者には自己アバターを含む画面を視聴する以外の操作を行わず、受動的な観察に集中してもらった。

- ①事前アンケート：体調、肌状態、仮想環境への印象などを評価。
- ②アバター作成：VRoid Studioを用いて自己アバターを作成。
- ③導入フェーズ：白背景の中に自己アバターのみを提示し、アバターとの同期感を約5分間確認。
- ④主実験フェーズ：乱数によって提示順を決定した上で、4タイプの空間映像をそれぞれ1回ずつ提示（5分間ずつ）。
- ⑤事後アンケート：各空間の印象、肌の潤い感、血行感、システムへの満足度などを評価。

2.4. 評価指標と測定方法

本研究では、以下の2種類の指標に基づき、仮想空間と自己アバターが肌状態に与える影響を評価した。

(1) 客観的指標：肌の表面温度変化

肌の表面温度の変化を定量的に把握するために、サンワサプライ製サーモグラフィカメラ（PSC-TMCM2）を使用し、各空間提示時の0分・2分30秒・5分のタイミ



図1 タイプS：サウナ空間（自己アバターなし）⁹⁾



図2 タイプSA：サウナ空間（自己アバターあり）⁹⁾



図3 タイプT：図書空間（自己アバターなし）⁹⁾



図4 タイプTA：図書空間（自己アバターあり）⁹⁾

ングで顔を撮影した。カメラは被験者の左側1mに設置し、90度左回転して定点撮影を行った。画像内のピクセルごとにRGB値から温度を推定し、35.5℃以上のピクセル数を算出して生理的反応の指標とした。

(2) 主観的指標：VASアンケート

肌の状態や血行感についての主観的変化を測定するため、VAS (Visual Analogue Scale) 形式のアンケートを使用した。特に、肌の潤い・油分の感覚、血行の実感、環境の快適性、局所的な不快感や発熱感について評価した。また、2次元VASを用い、水分量（Y軸）と油分量（X軸）の印象を同時に取得した。

3. 結果

3.1. 客観的評価：顔面表面温度の変化

顔面表面温度については、提示開始時（1st）、2分30秒経過時（2nd）、5分経過時（3rd）にサーモグラフィカメラにより撮影を行い、35.5℃以上のピクセル数を集計した（図5参照）。対応のある一元配置分散分析を行った結果、以下のような有意差が認められた。

- ・タイプT（図書空間、自己アバターなし）では、1st～3rd間において有意な温度上昇（ $p=0.0435$, $r=0.45$ ）が確認された。
- ・タイプSA（サウナ空間、自己アバターあり）でも、1st～3rd間において有意傾向（ $p=0.0588$, $r=0.45$ ）が見られた。
- ・他の条件（タイプSおよびTA）では統計的に有意な変化は確認されなかった。

以上より、自己アバターを表示したサウナ空間（SA）においては、温熱感を喚起する視覚情報と自己投影の相互作用から肌表面温度に変化が生じた可能性が示唆される結果を得た。

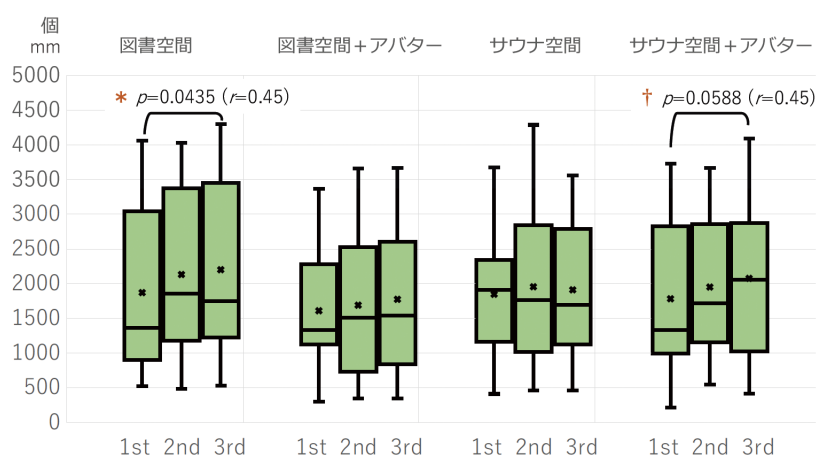


図5 35.5℃以上のピクセル数の分析結果⁹⁾

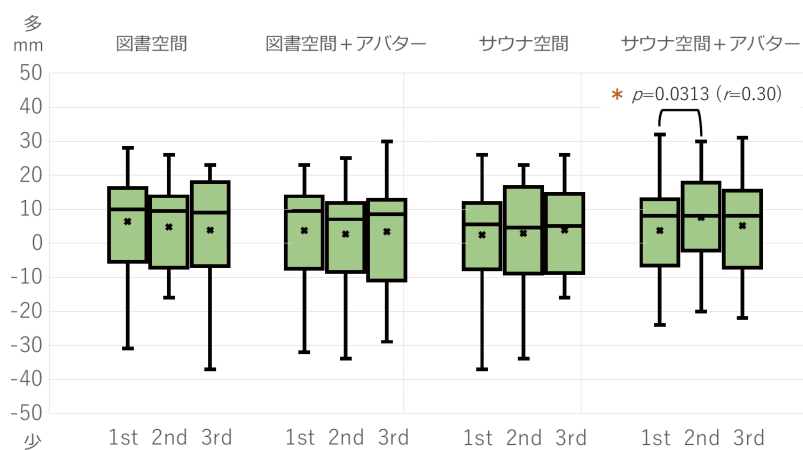


図6 主観評価による油分量の分析結果⁹⁾

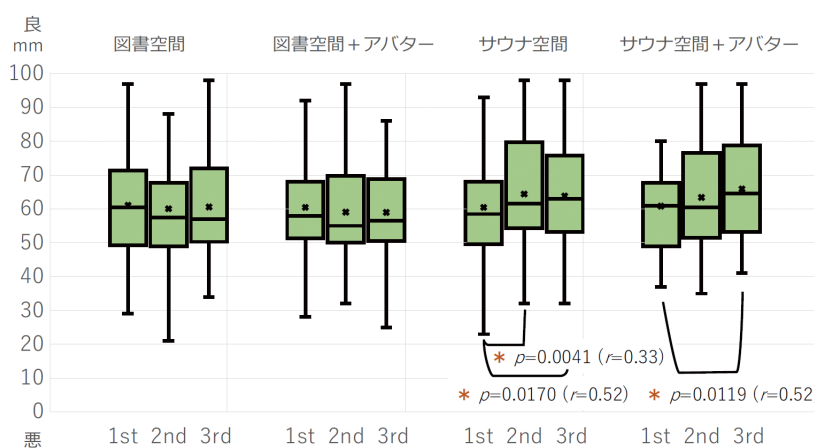


図7 主観評価による血行の分析結果⁹⁾

3.2. 主観的評価：血行感・潤い感の変化

VASアンケートによる主観的評価の結果から、以下のような傾向が得られた。

- ・肌の油分量に対する印象については、タイプSAにおいて1st～2nd間で有意な上昇 ($p=0.0313$, $r=0.30$) が確認された (図6参照)。

- ・血行に関する主観評価では、タイプSにおいて1st～2nd ($p=0.0041$, $r=0.33$) および1st～3rd ($p=0.0170$, $r=0.52$) 間で有意な上昇が認められた。
- ・タイプSAにおいても、1st～3rd間での血行感に有意な上昇 ($p=0.0119$, $r=0.52$) が確認された (図7参照)。
- ・水分量および快適性の評価については、いずれの条件に

においても有意な差は確認されなかった。

なお、提示中に報告された局所的不快感・発熱感に関しては以下の通りである。

- ・タイプT：喉の乾燥および目の違和感（各1名）
- ・タイプTA：右腕の違和感、肌寒さ（各1名）
- ・タイプS：右腕の違和感（2名）
- ・タイプSA：鼻周り、頬、耳、手のひら、全身の火照りなど（計16件）

この結果からも、自己アバターが提示されたサウナ空間（SA）において、身体感覚の変化が最も多く報告されたといえる。

3.3. 自己アバター投影方法に関する調査

実験前のアンケートでは、自己アバターを画面上に投影したいと回答した参加者は19名、実際の自身の映像を投影したいと回答した者は1名であった。アバター投影を希望した理由としては、「自分自身を見つめ続けるのは恥ずかしい」「アバターの方が客観的に見られる」といった回答が多く見られた。実験後のアンケートでは、「自己アバターを自分自身と思えた」と回答した参加者が13名、「思えなかった」が7名であった。前者の理由には「作成時に自分に近づけたから」、後者には「理想通りに作成できなかったから」などが挙げられた。システムの有効性について、「効果があると思う」と回答した者は17名、「効果がない」と答えた者は3名であり、多くの参加者が仮想空間とアバターによる影響を実感していた。自由記述には、「アバターが火照っていると、自分も暑く感じた」「空間に臨場感があった」といったコメントが寄せられた。

3.4. 一対比較法による提示条件の評価

参加者による提示条件ごとの印象評価については、シェッフェの一対比較法（中屋の変法）により解析を行った。6段階評価（-5～+5）に基づく結果から、最も高く評価されたのはタイプSAであり、次いでタイプTA、S、Tの順となった（図8参照）。また、自己アバターの有無による主効果は統計的に有意であり（ $F=102.871, p<0.001$ ）、

個人差との交互作用も有意であった（ $F=5.179, p<0.001$ ）。これらの結果から、視覚的に温熱感を演出する空間と自己アバターの併用が、参加者の生理的・心理的評価の両面において最も肯定的な影響を与えていたことが明らかとなった。

4. 考 察

4.1. 自己アバターの存在による生理的变化の解釈

本研究において、自己アバターを提示したサウナ空間（タイプSA）では、顔面表面温度や血行感の上昇など、客観・主観両面において肯定的な変化が見られた。これは、アバターの火照り表現と背景環境が視覚的に温熱感を喚起し、ユーザー自身の身体に温熱的な知覚が生じた結果と解釈できる。さらに、自己アバターの存在は、仮想空間と自身との心理的な「同期感」(self-presence) を高める働きを持ち、それが温熱感の内受容的体験として身体に現れることで、顔面温度の変化に結びついた可能性がある。このような知覚・生理的反応の変容は、視覚刺激が感覚間相互作用（クロスモーダル知覚）を通じて身体感覚を変化させるという既存の知見とも整合的である。たとえば、Moseleyら⁸⁾は、視覚的操作によって被験者の痛覚や体温知覚が変化することを報告しており、視覚的自己表象が内受容的感覚に影響を与えるメカニズムが存在することを示唆している。また、Kilteniら⁷⁾の研究では、仮想身体の視覚情報が身体所有感や身体的反応に及ぼす影響が実験的に確認されており、アバター提示による身体感覚の変容可能性が裏付けられている。これらの知見と本研究結果を照らし合わせることで、視覚的に提示された自己アバターが身体所有感や生理的覚醒を媒介し、顔面温度や血行感といった身体反応の変化に結びついたと考えることができる。

4.2. 主観的評価における効果の持続性とその意義

主観評価においては、特に血行や油分量に対するポジティブな変化が、自己アバター提示条件で有意に見られた点が注目される。タイプSAでは提示後も主観評価が継続して上昇する傾向が見られたのに対し、自己アバターを提

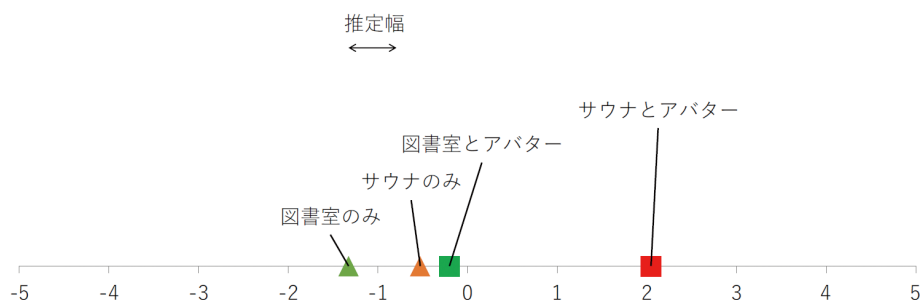


図8 シェッフェの一対比較法（中屋の変法）による結果

示しない条件（タイプS）では一時的な上昇の後に減退する傾向があった。これは、自己アバターの存在がユーザーの意識の維持や仮想空間への感情的な関与（emotional engagement）を高めたことに起因する可能性がある。このような関与の持続性は、自己効力感やセルフケア行動の継続性と密接に関連しており、Bandura¹¹⁾の自己効力理論によれば、「自己が状況をコントロールしている」という感覚が動機づけの維持に重要であるとされている。仮想空間内で自らに似たアバターを通してポジティブな体験を得ることは、そのような自己効力感を強化し、結果としてスキンケアに対する内発的動機づけの促進につながったと考えられる。また、近年の研究では、没入型体験を通じた感情的共鳴が、身体的感覚の自己評価に影響を与えることが示唆されている（Takahashi et al.¹²⁾）。本研究における主観評価の持続的な上昇も、アバターを介した没入感と感情的共鳴によって説明できる可能性がある。したがって、自己アバターの提示は、単なる視覚刺激にとどまらず、ユーザーの身体意識を内側から支援する新たなインタラクション手法としての意義を持つといえる。

4.3. 投影対象としての自己アバターの受容性と応用可能性

自己アバターを投影したいと考える参加者が多数派であったこと、また自己アバターに対して「自分自身と感じた」と回答した参加者が過半数を占めたことから、仮想環境におけるアバターの受容性は高いといえる。特に、外見的類似性を好ましく追求できるツール（VRoid Studioなど）を用いることで、アバターと自己の一体感が促進される点は、本システムの今後の実用化を進める上で大きな利点となる。このような仮想的自己表象の心理的影響については、先行研究でも注目されており、例えばYee and Bailenson^{13, 14)}は「プロテウス効果」として、アバターの外見がユーザーの行動や態度にまで影響を及ぼすことを示した⁶⁾。また、Ratan and Dawson¹⁵⁾は、アバターへの同一視が高まることで自己効力感や感情的安定性が強化されることを報告している。これらの知見と照らし合わせても、本研究における「アバターが火照っていると自分も暑く感じた」という感覚的報告は、アバターへの投影が生理的体験に及ぼす影響を示す実証的な裏付けとなりうる。さらに、アバターを通じて身体感覚や環境印象が変容する可能性は、これまでゲームや教育といった領域で注目されてきたが、美容やスキンケアといった日常生活に近い応用例は少ない。そうした意味でも本研究は、プロテウス効果を美容ウェルネス支援の文脈に応用した初期的試みとして、新たな知見を提示したといえる。このような比較的受容されやすい仮想的自己表象を用いた介入は、将来的にスマートフォン

やミラー型ディスプレイとの連携によって家庭内でも展開可能であり、化粧品や美容機器と組み合わせた新たなユーザー体験を提供する可能性がある。

4.4. 本研究の限界と今後の課題

本研究では、提示時間を5分間に制限し、短期的な変化に着目した評価を行った。一方で、肌の生理的な変化、特に角質層の水分保持やターンオーバーの改善には数週間の継続が必要であるという報告もあり、長期的な使用における効果の検証が今後の課題である。

また、アバターの没入感には個人差があり、「自分自身と感じられなかった」と回答した参加者も一定数存在した。アバターの作成支援、身体の動きとの連動、あるいは聴覚・嗅覚といった他感覚の併用などによって、自己同一性の強化を図る必要がある。さらに、今回は肌表面温度のみを生理指標として用いたが、皮膚水分量・油分量の実測値や血流センサなどを併用することで、より多面的な評価が可能となると考えられる。

5. 総括

本研究では、仮想空間内に提示される自己アバターの視覚的観察が、肌の潤い保持や血行感といった生理的・心理的側面にどのような影響を与えるかを検証することを目的とし、短期的な実験を通じてその有効性を評価した。その結果、自己アバターが提示されたサウナ空間（タイプSA）では、顔面表面温度の上昇や血行感の改善、肌の油分量に対する主観的な肯定的変化が確認され、視覚的な自己投影が身体感覚に働きかける可能性が示唆された。加えて、自己アバターを投影したいと考える参加者が多数を占めたことから、こうしたシステムが受容されやすいものであることが明らかとなった。本研究の成果は、従来の物理的アプローチによるスキンケアとは異なり、ユーザーの内発的動機づけを支援する新しい補助的アプローチとしての意義を持つ。特に、肌状態の改善・維持に対する自発的な意識を促進する手段として、視覚的な自己表象の活用は有望であると考えられる。

今後は、本システムの長期的な使用における肌への継続的影響を検証することに加え、アバターの個別最適化、他感覚（聴覚・嗅覚など）の統合による没入感の向上、表示メディアの小型化・モバイル化といった応用展開が求められる。また、美容機器やスキンケア製品との連携を図ることで、家庭内におけるウェルネス支援ツールとしての実装可能性も視野に入る。

最後に、本研究が美容領域における感性インタフェースや心理的アプローチの実践的可能性を広げる一助となれば幸いである。

謝 辞

本報告書は著者の共同研究者である、間瀬朱璃さん、荒川雅生先生、福森聡先生とでHAIシンポジウム 2023で共著発表し、最優秀発表賞を受賞した論文⁹⁾をまとめなおしたものです。氏らとの協力なくして本研究および成果は実現困難でした。ここに深謝いたします。また、本研究は、コーセーコスメトロジー研究財団によるコスメトロジー研究助成なくしては実現し得ませんでした。ここに深く感謝の意を表しますとともに、貴財団の今後ますますのご発展を心よりお祈り申し上げます。

(引用文献)

- 1) 日本皮膚科学会編：皮膚科学、第11版、金原出版、2018、p.105.
- 2) Yano K., Hara M. : Effects of indoor humidity on skin hydration, *Skin Research and Technology*, Vol.21, pp.54-60, 2015.
- 3) 加藤明子、小川晶子：冬季における肌乾燥と空気中湿度の関連、*日本化粧品技術者会誌*、Vol.48, pp.93-98, 2014.
- 4) 高橋志保、佐々木正信：ストレスと皮膚状態の関係性に関する検討、*心理学研究*、Vol.85, pp.211-219, 2014.
- 5) Tschachler E., Morizot F., Ledger J. : Self-perception of skin condition and its psychological implications, *International Journal of Cosmetic Science*, Vol.36, pp.123-130, 2014.
- 6) Slater M., Sanchez-Vives M. V. : Enhancing our lives with immersive virtual reality, *Frontiers in Robotics and AI*, Vol.3, Article 74, 2016.
- 7) Kilteni K., Groten R., Slater M. : The sense of embodiment in virtual reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol.21, pp.373-387, 2012.
- 8) Moseley G. L., Gallace A., Spence C. : Is mirror therapy all it is cracked up to be? *Pain*, Vol.138, pp.7-10, 2008.
- 9) 間瀬朱璃、荒川雅生、福森聡、北村 尊義：自分に似せたアバターが環境情報による肌への影響を制御できるかもしれない、HAIシンポジウム 2024 (2024年3月5-6日、静岡大学浜松キャンパス).
- 10) VRoid Studio. pixiv Inc., <https://vroid.com/studio>, (参照 2025年3月1日)
- 11) Bandura A. : Self-efficacy: The exercise of control, W.H. Freeman, 1997, p.3.
- 12) Takahashi H., Watanabe K., Fujimoto R. : Emotional resonance and body self-consciousness in immersive environments, *Journal of Media Psychology*, Vol.33, pp.72-84, 2021.
- 13) Yee N., Bailenson J. N. : The Proteus Effect: The effect of transformed self-representation on behavior, *Human Communication Research*, Vol.33, pp.271-290, 2007.
- 14) Peña J., Hancock J. T., Merola N. A. : The priming effects of avatars in virtual settings, *Communication Research*, Vol.36, pp.838-856, 2009.
- 15) Ratan R. A., Dawson M. V. : When Mii is me: A psychophysiological perspective on avatar identification, *Media Psychology*, Vol.19, pp.98-112, 2016.