

風刺激と視聴覚刺激の時間・空間的同期による風印象及び感情状態の変化

鷹觜 慧¹ 細井 十楽¹ 伴 祐樹¹ 割澤 伸一¹

概要：

快適な風の再現によるリラックス効果や感情改善効果の創出に関する研究が複数行われているが、従来の研究においては視聴覚刺激の強度や提示タイミングの風刺激との同期による効果は検証されていない。本研究では、実験参加者に対し時間・空間的に変化する視聴覚刺激を提示し、風刺激と強度や提示タイミングを同期させ検証を行った。その結果、非同期の場合に比べ視聴覚刺激と風刺激の同期提示では刺激間の整合性や風の解放感、風による感情状態改善効果が向上する傾向がみられた。これは、各刺激が同一の風刺激として統合して知覚されたことおよび視聴覚刺激からの予測と実際の風刺激が一致したことにより、視聴覚刺激と風刺激の整合性を高め効果的に自然風の模擬が可能となったためと考えられる。

1. はじめに

精神的ストレスは鬱病やパニック障害などの健康問題の原因となるため、リラックス効果やポジティブ感情の創出によるストレス軽減が重要である。その一環として、快適な風の再現に着目した研究が行われてきた。再現手法としては、風の物理特性自体の制御と、視聴覚の付加的な刺激による風印象の向上の二通りが存在する。

風の物理特性制御の例として、自然環境における風を模擬した風（模擬自然風）が一定の風に比べ快適性が高いことを示した研究 [1] が報告されている。

一方、視聴覚刺激を用いたクロスモーダルなアプローチでは、風に関連する視聴覚情報の付加のみで風の印象やユーザーの感情状態を効果的に改善できることが示されている [2]。この事例では、実験参加者に風刺激を提示し、同時に複数環境のバーチャルリアリティ (VR) 映像と風音の立体音響により風の存在を示唆する視聴覚刺激を提示した。結果として、屋外の草原環境では屋内のオフィス環境

や物体が設置されていない無地の空間に比べ風の印象や感情状態が向上することが示された。このように視聴覚刺激による風印象の向上は有効な手法であるが、より自然な風体験の実現という観点からは改善の余地が残されている。

この事例において用いられた視聴覚刺激と風刺激は、一定周期で繰り返される音量や風速、映像中の物体の揺れの時間変化を除き、時間的・空間的に変化しなかった。一方で、特に先行研究のような広い屋外空間での自然風は、風による音や物体の運動といった視聴覚刺激の時間・空間的变化を伴い、実際の風による触覚刺激に先行する場合が存在する。本研究で取り扱う模擬自然風においても、触覚刺激に先行する視聴覚刺激により触覚刺激の提示前に触覚刺激の提示タイミングや種類に対する予測を生起させることで、風知覚に影響を及ぼしうると予想される。

また、先行研究では各刺激が独立して提示され、風が強まる際に風音の音量が増加するなどの刺激間の同期は考慮されていなかった。しかし、自然風では風刺激と視聴覚刺激の提示タイミングや強度が一貫して変化する。本研究で取り扱う模擬自然風においても、刺激間の同期が統合を促し、風知覚に影響を与えうると予想される。

そこで、本研究では新たに風に関連する視聴覚刺激の時間、空間的变化とそれに対する風の同期を行い、視聴覚刺激による風の印象や感情状態向上効果に改善がみられるか検証を行う。具体的には、時間経過に伴い実験参加者に近づく視聴覚刺激を提示し、実際の風刺激の提示タイミングを視聴覚刺激と同期する場合と非同期の場合について刺激間の整合性と風の印象、感情状態の比較を行う (図 1)。

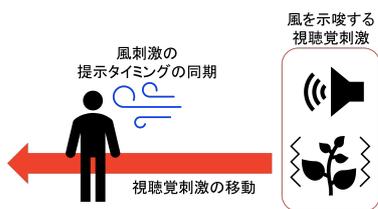


図 1 提案手法のイメージ

¹ 東京大学

2. 関連研究

2.1 快適な風の物理的な再現

快適な風を物理的に再現し、ユーザーに提示した研究例としては、模擬自然風を生成し一定の機械風に比べ温熱快適性が高いことを示した事例 [1] が存在する。

2.2 風知覚におけるクロスモーダル効果の活用

複数の感覚刺激の提示により感覚が統合され知覚に変化が生じる現象としてクロスモーダル効果が存在する。この効果を利用し、風知覚の間接的提示が試みられてきた。視聴覚刺激と風刺激の組み合わせによる風知覚の操作事例としては、風向知覚 [3] や風速知覚 [4] の操作の例がある。

前節のような物理的再現によらず、クロスモーダル効果を利用して風の快適性を高めた研究では、風刺激と同時に風音の立体音響による聴覚刺激と VR 映像による視覚刺激を提示し、実験参加者の周囲環境の違いにより提示される風の印象や環境への印象、感情状態が向上することを示している [2]。先行研究では刺激間の同期は考慮されていなかったが、本研究は、提示する視聴覚刺激を時間・空間的に変化させ、風の提示タイミングと視聴覚刺激の同期により先行研究で示された効果を向上させることを目的とする。

3. アプローチ

本研究では、風の存在を示唆する視聴覚刺激と時間・空間的に同期して変化する風刺激の提示により自然風の効果的再現や風刺激の印象および感情状態改善効果の向上が可能であるか検討する。

自然風は時間・空間的な変化から視覚や聴覚により実際の触覚刺激が提示される前に接近を予測可能である点が特色である。

視覚刺激が触覚刺激に与える影響として、時間経過に伴い実験参加者に接近する視覚刺激によって触覚刺激に対する予測が生じ、実際の体性感覚知覚に影響を与えることが知られている [5]。

この事例のように、風知覚においても視聴覚的に風が接近することにより触覚刺激としての風刺激の様子や提示タイミングが予測され、知覚に影響を与えると推測される。そのため、風を示唆する視聴覚刺激を提示することによって、実際に風刺激を提示する前に風刺激に対する提示タイミングや提示される風の様子に対する予測を生じさせ、予測に合致する形で風刺激を提示することで効果的に屋外空間における自然風を演出できると考えられる。

さらに、クロスモーダル効果の数理モデル [6] では、共通した原因を持つと推定された刺激間では感覚間統合が生じやすいという考えが提唱されている。本研究においても、視聴覚刺激と風刺激の時空間的な同期により感覚間の統合が生じやすくなり、各刺激が一つの風刺激として整合性を

持って知覚されやすくなり風の印象や感情状態がより向上すると考えられる。

以上から、以下の2つの仮説について検証を行う。

- (1) 視聴覚刺激により予測された風刺激と実際の風刺激が合致することにより、自然風としての整合性が向上し風に対する印象や風による感情向上効果が改善する
- (2) 視聴覚刺激と風刺激の同期により各刺激が一つの風刺激として知覚され、自然風が効果的に模擬され風に対する印象や風による感情向上効果が改善する

具体的な検証方法としては、草原の植物が風により揺れる VR 映像と風音の立体音響を用意し、時間経過に伴い実験参加者に植物が揺れる位置と音源を接近させる。植物の揺れと音源が実験参加者を通過するタイミングで風を提示することで、視聴覚刺激と風刺激を同期させる。

なお、本研究では空間的に広く見晴らしの良い屋外空間における自然風の模擬を対象とする。実際のこのような空間では遠方に存在する風の様子を視覚的に把握・予測しやすくと考えられる。そのため、本実験においても同様に空間的变化が視認しやすいよう実験参加者の前方から視聴覚刺激を接近させる。

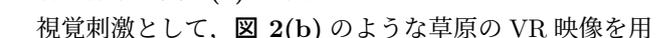
また、このような空間では時間・空間的に移動する視聴覚刺激、風刺激に加え、それらに比べ比較的明瞭で強度が弱く、常に環境中に存在するアンビエントな刺激も存在すると考えられる。時間・空間的に移動する明瞭な刺激が対比されより強調される効果や、明瞭な刺激が提示された際の唐突さの軽減効果、空間中の広い範囲における風の存在を示唆することにより空間の広がり演出する効果を期待し、アンビエントな刺激の提示も行う。

4. 刺激間の同期が風知覚に与える影響の検証

4.1 概要

視聴覚刺激と風刺激を同期させた場合と同期させなかった場合を比較し、視聴覚刺激と同期して風刺激を提示することによる、風の印象や風による感情状態改善効果の向上について検証する。

4.2 視聴覚刺激

実験参加者はヘッドマウントディスプレイ (HMD / Meta Platforms, Inc., Meta Quest2) を頭部に装着するように指示された。HMD には制御用 PC を利用して Unity (ゲームエンジン) で作成した VR 映像が提示された。実験中の参加者の様子を  に示す。

視覚刺激として、 のような草原の VR 映像を用意し、HMD を用いて実験参加者に提示した。草原の映像は、Unity アセット「Advanced Terrain Grass^{*1}」を改変、

^{*1} forst. Advanced terrain grass. 2024 年 11 月 20 日閲覧。
url: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/terrain/advanced-terrain-grass-100014>.



(a) デバイスを装着した参加者 (b) 草原の VR 映像の様子

図 2 実験に使用したデバイスと VR 映像

使用し作成した。このアセットは風に揺れる植物の映像を生成するスクリプトとシェーダを収録している。アセットを使用し、地表を覆うように植物を配置した。植物の揺れは、後述する風の音とともに時間経過に合わせて移動する風を示唆する視覚刺激として用いられ、揺れる位置及び強さが変化した。

また、実験参加者はノイズキャンセリングイヤホン（ボーズ合同会社, Bose QuietComfort Ultra Earbuds）を装着するよう指示された。ノイズキャンセリングイヤホンからは風の音が提示された。

移動する明瞭な風により植物が揺れる音と、背景となるアンビエントな風音を分離するため、1つの音声データを500 Hzのローパスフィルタをかけた音声データと500 Hzのハイパスフィルタをかけた音声データの2種類に分離した。ローパスフィルタをかけた音声データは主に低周波の環境中のノイズ音が含まれ、風により植物が揺れる音が一部含まれた。この音声データはアンビエントな風音として利用され、常に一定の音量で提示された。ハイパスフィルタをかけた音声データは風により植物が揺れる音が主に含まれ、低周波の環境中のノイズ音が一部含まれた。この音声データは立体音響化され、風による草の揺れとともに時間経過に合わせて移動する風を示唆する聴覚刺激として用いられ、音源位置及び音量が変化した。

また、実験中に参加者に与えられる聴覚刺激を統制するため、参加者はノイズキャンセリングイヤホンの上からノイズキャンセリングヘッドホン（SONY 社, WH-1000XM4）を装着するよう指示された（図 2(a)）。ノイズキャンセリングヘッドホンからはホワイトノイズが提示され、実験に関連しない聴覚刺激を遮断した。

4.3 視聴覚刺激の移動

実験参加者から見た草原の前方から植物の揺れが実験参加者に近づき、参加者を通り過ぎるように移動した。同時に、上述した植物が風により揺れる音を含むハイパスフィルタをかけた音声データの音量が揺れの接近と共に大きくなり、揺れが通り過ぎると小さくなった。

音声は透明な音源から立体音響として発信され、音量と植物の揺れの強さは音源からの距離により計算された。

4.3.1 音源の移動と音量の計算

実験開始時の実験参加者の位置を原点とし、実験開始時

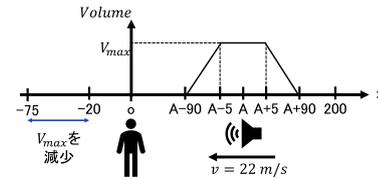


図 3 音量の計算方法

の実験参加者の前方の方向を正の方向とする座標軸を考える（図 3）。音源は3つ用意され、 $v = 22 \text{ m s}^{-1}$ の速さで座標軸の負の方向に移動した。移動の始点は実験参加者の前方200 mの位置（ $x = 200$ ）、終点は $x = -75$ の位置であった。音源は座標軸に変更な方向にのみ移動した。音源の座標を A 、音源から実験参加者に提示される音量を $Volume$ 、 $Volume$ の最大値を V_{\max} としたとき、原点（実験参加者の位置）での $Volume$ は下記のように計算される。

$$90 \leq |A| \text{ のとき : } Volume = 0$$

$$5 < |A| \leq 90 \text{ のとき : } Volume = \frac{V_{\max}}{85} (90 - |A|)$$

$$|A| \leq 5 \text{ のとき : } Volume = V_{\max}$$

また、 $-75 \leq A \leq -20$ のとき、 V_{\max} は $A = -75$ で無音になるよう移動距離に応じて線形に減少した。

なお、3つの音源の実験開始時の位置は $x = 200$ から $x = -20$ までの間で無作為に決定された。また、各音源は $x = -75$ まで移動した後、音源毎に異なる時間幅（それぞれ0.1から0.5秒、0.5から3秒、1秒から5秒）の中でランダムなタイミングで $x = 200$ まで戻り、音量を戻して移動を再開した。結果として、初期位置に依存した周期性を持ちつつ、一定程度ランダムなタイミングで1分間当たり平均約12.5回の視聴覚刺激が提示された。

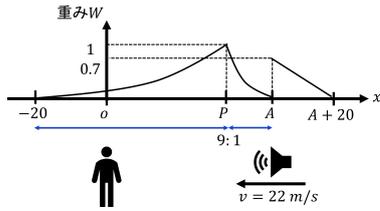
4.3.2 植物の揺れの位置と強さの計算

視聴覚刺激として表現された風が前方から実験参加者に向かい移動する。映像中の各位置について、風の接近に伴い植物の揺れが大きくなり、風の通過後は揺れが収まるように植物の揺れを計算する。

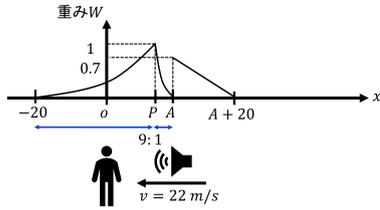
植物の揺れの位置及び強さは、音源の位置をもとに計算された。3つの音源について独立に植物の揺れの強さに適用する重みの計算を行い、各位置について最も値の大きい重みを選出した。選出した重みを用い、Advanced Terrain Grass^{*1}のスクリプトとシェーダにより計算された植物の揺れの強度に対し重みづけした。以下で重みの設定意図及び計算方法を説明する。

音量の計算と同様、実験参加者の位置を原点とし、音源の座標を A 、参加者の前方を正の方向とする座標軸を考える（図 4）。この座標軸に垂直な方向では、全ての位置で重みの大きさは等しい。重みを $W (0 \leq W \leq 1)$ とする。

重み W は、VR 映像中での風の接近に伴い増加する。 $x = -20$ から $x = A$ を結ぶ線分を 9:1 に内分する位置をピーク位置（ $x = P$ ）とし、この位置で W が最大値を取る



(a) 音源が実験参加者の遠方にある場合



(b) 音源が実験参加者の近隣にある場合

図 4 植物の揺れの重みの計算方法

よう $-20 \leq x < P$ の範囲で非線形に増加した。 P の位置については、音量が最大になる A の周辺を中心に複数の方法で配置した予備実験を実施し、最も視聴覚刺激間の提示位置が合致して知覚されたものを採用した。

ピーク位置 P は音源 A に伴い移動するため、 W が増加する領域は実験参加者の位置 (原点 o) から音源位置 A までの距離が遠い時は長く (図 4(a))、近い時は短く (図 4(b)) なる。それに従い、実験参加者から音源までの距離が遠い時は W の大きさが増加する傾きが緩やかになり、距離が近い場合は傾きは急になる。音源が実験参加者から見て遠方に位置し、重みの傾きが緩やかな場合は遠方ほど揺れが徐々に強まりながらピークが接近してきていることが視認しやすくなる。よって、風の存在及び風の接近を視覚刺激から予測しやすくなると考えられる。また、音源が実験参加者の近隣に位置し、重みの傾きが急である場合は揺れが参加者の周囲を移動して通り過ぎていく様子が視認しやすくなる。よって、風が参加者の位置に到達するタイミングを視覚刺激から予測しやすくなると考えられる。

音量 (図 3) および後述する同期条件での風刺激の強度 (図 5) が最大値に達した後に減少する変化に対応付けし、風の通過による植物の揺れの大きさの減少を表現するため、 $P < x \leq A$ の範囲では重み W の大きさは 0 最大値から 0 まで非線形に減少する。

また、ピーク位置 P から音源位置 A にかけて 0 まで下降した重みは、 $A < x < 20$ の範囲で一度 0.7 まで上昇後それまでより緩やかに下降する。この処理を行わない場合、揺れの大きさが最大に達した後急激に弱まり、その後植物の揺れは殆ど生じなくなる。これによる唐突さの軽減と風が通過した後の余韻の演出のため、一度揺れが収まった後に再び緩やかに揺れの大きさを減少させる処理を挿入した。

以上より、各座標での重みは以下のように計算される。

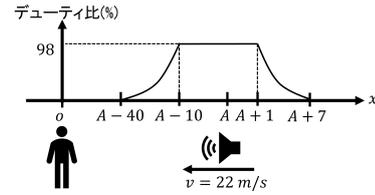


図 5 ファンに送信する PWM 信号の計算方法

$$-20 \leq x < P \text{ の地点 : } W = \left(\frac{x+20}{P+20} \right)^2$$

$$P \leq x < A \text{ の地点 : } W = \left(\frac{x-A}{P-A} \right)^2$$

$$A \leq x \leq 20 \text{ の地点 : } W = 0.7 \left(\frac{-x+A+20}{20} \right)$$

上記に合致しないか $W < 0.05$ となるとき : $W = 0.05$

4.4 風刺激

風提示用の装置 (風覚ディスプレイ) として直径 60 mm の 1 台のファン (山洋電機株式会社, San Ace 60 9GA0612P7G01) を用い、フィンガーガード (山洋電機株式会社, 109-139E) を取り付けた。

風覚ディスプレイはマイクロコントローラ (Arduino UNO R3) を用いてパルス幅変調 (PWM) 制御した。

風覚ディスプレイは 3D プリンタで作成した治具によりヘッドマウントディスプレイ (HMD / Meta Platforms, Inc., Meta Quest2) に装着した。風覚ディスプレイにより、実験参加者の顔の下部に風刺激が提示された。

後述の同期条件では、植物の揺れの位置と強さの計算と同様、音源からの距離の座標軸に平行な成分を基準にファンに送信する PWM 信号のデューティ比を計算した (図 5)。参加者の位置 (原点) での計算方法を以下に示す。PWM 信号のデューティ比を $D(\%)$ とする。

$$10 < A \leq 40 \text{ のとき : } D = 98 \left(\frac{40-A}{30} \right)^2$$

$$-1 \leq A \leq 10 \text{ のとき : } D = 98$$

$$-7 \leq A < -1 \text{ のとき : } D = 98 \left(\frac{7+A}{6} \right)$$

上記のいずれにも当てはまらないとき : $D = 0$

4.5 アンビエントな視聴覚刺激・風刺激の提示

3 節で述べたように、これまでの節で述べた明瞭な刺激に加えアンビエントな視聴覚刺激や風刺激を提示する。

アンビエントな聴覚刺激として、4.2 節で述べたローパスフィルタをかけた音声を提示した。この音声は立体音響化せず一定音量で提示され、低周波の環境中のノイズ音を主として含み、風により植物が揺れる音もわずかに含んだ。

また、環境中に常に存在する視覚刺激として、4.3.2 節で述べたように、草の揺れの重みの最低値を 0.05 とすることで、わずかな植物の揺れを常に提示した。

さらに、設置型の風覚ディスプレイ (山洋電機株式会社,

表 1 刺激間の整合性評価指標の回答項目

質問項目
VR 環境とのインタラクションは自然でしたか？
VR 空間の物体の挙動は自然でしたか？
VR 空間の体験は、実際の経験とどの程度一致していましたか？

San Ace 172 109E1712M50) を実験参加者の前方 0.75 m に設置し、常に 0.5 ms^{-1} の風を提示した (図 2(a)). 加えて、後述する同期条件において、視聴覚刺激としての風が提示されていないタイミングであっても HMD に固定したファンから最低で 0.49 ms^{-1} の風を提示した。

4.6 実験条件

実験条件として、同期条件と非同期条件の 2 種を用意する。両条件では、視聴覚刺激は共通して移動し、視聴覚刺激に対する風刺激の同期の有無が変化する。

同期条件では、4.4 節で述べたように、視聴覚刺激の移動に合わせて風刺激の大きさを変化させる。予め風速計 (STRATOVISION, ULSA BASIC) を用いて吹き出し口の前方 0.1 m の位置での平均風速を測定したところ、1 分間の平均風速は 1.06 ms^{-1} だった。

非同期条件では、視聴覚刺激の強度にかかわらず一定の風速の風刺激を提示する。非同期条件の風速は、同期条件の平均風速と凡そ一致する 1.05 ms^{-1} とした。

刺激の提示順は参加者ごとにランダム化された。各条件について 3 分間提示を行った後、実験参加者は各刺激間の整合性評価、風の印象評価、感情状態の主観評価アンケートに回答するよう指示された。

4.7 評価手法

各刺激間の整合性評価、風の印象評価、感情状態の評価の 3 種を主観評価アンケートにより行った。それぞれについて、試行毎に質問の順番は無作為化された。

視聴覚刺激と風刺激が参加者に整合性をもって知覚されたかを検証するため、VR 環境の動作の合理性と予測可能性の程度である coherence を反映するとされる PQ [7] の naturalness サブスケール [8] を和訳し使用した。参加者は質問項目に対し 7 段階リッカート尺度で回答した (表 1)。

風の印象評価アンケートとして、八木ら [9] の研究で使用されたアンケートを用いた。八木らは、模擬自然風に対する主観評価をもとに因子分析を行い、心地よい風の印象を快適感・強弱感・開放感の 3 因子に分類した。実験参加者は、質問に対し 7 段階の SD 法で回答した (表 2)。

感情評価指標として、感情をポジティブ情動 (Positive Affect : PA) とネガティブ情動 (Negative Affect : NA) の 2 要因から評価する主観評価手法である日本語版 PANAS [10] を使用した。実験参加者は、表 3 に示した項目について 6 段階リッカート尺度で回答した。

表 2 風印象の評価指標の回答項目

因子	項目
快適感	いらいらする/ゆったりする, 不安な/安らぐ, 嫌いな/好きな, 居心地が悪い/居心地が良い, 疲れる/疲れしない, 不快な/快適な
強弱感	弱い/強い, 遅い/速い, 単調な/変化に富んだ, うっとろしい/さわやかな, 眠い/さえた, 緊張した/くつろいだ, 厳しい/優しい
開放感	圧迫感のある/開放的な, 不自然な/自然な, 気が散る/落ち着く, 不健康な/健康的な

表 3 感情評価指標の回答項目

NA	びくびくした, おびえた, うろたえた, 心配した, 苦悩した, びりびりした, 恥じた, いらだった
PA	活気のある, 誇らしい, 強気な, 気合の入った, きっぱりとした, わくわくした, 機敏な, 熱狂した

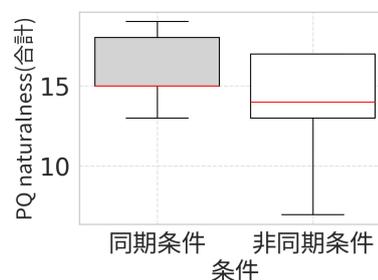


図 6 各刺激間の整合性評価指標の得点

また、実験終了後に参加者が感じた感想を口頭による自由回答形式で集計した。

5. 実験結果・考察

20 代の男性 5 名を対象とし、各刺激間の整合性評価、風の印象評価、感情状態の評価を行った。実験開始時の平均室温は $20.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、平均湿度は 51.4% であった。

5.1 主観評価アンケートの結果及び定性的考察

各刺激間の整合性評価のため使用した PQ [7] の naturalness サブスケールについて、各参加者、各条件毎に回答値の合計を計算した (図 6)。回答値の合計が大きいほど coherence が高い [8] ことを示す。同期条件では非同期条件に比べ中央値が高いことから、同期条件では非同期条件に比べ視聴覚刺激と風刺激間の整合性が高く、自然風が効果的に模擬されたと考えられる。

風の印象評価指標 [9] について、各回答項目の回答値に因子負荷量をかけた値を合算し因子得点を算出した (図 7)。各因子に関し、同期条件では非同期条件に比べ中央値が高く、特に開放感因子において刺激間の同期により得点が向上した。先行研究で見られた視聴覚刺激による風の快適感・開放感向上効果 [2] のうち、特に開放感については刺激間の同期により効果が向上すると推測される。

感情評価指標 [10] についても同様に因子得点を算出した

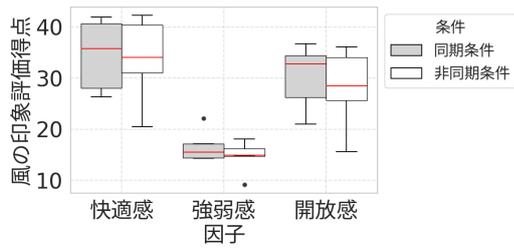


図 7 風の印象に関するアンケート回答の得点

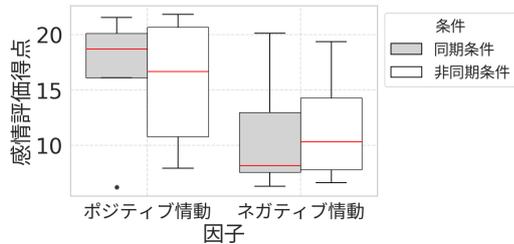


図 8 感情評価指標の回答の得点

(図 8). ポジティブ情動因子については非同期条件に比べ同期条件で得点が高い一方、ネガティブ情動因子については同期条件で得点が低くなった。先行研究 [2] で見られた視聴覚刺激による感情向上効果は、非同期条件に比べ同期条件で向上すると考えられる。

以上から、視聴覚刺激と風刺激を同期させることで、視聴覚刺激と風刺激の整合性を高め効果的に自然風を模擬することが可能となり、風の解放感や風による感情改善効果が向上することが示唆された。

5.2 自由回答の結果と考察

自由回答において、視聴覚刺激が存在しない場合に弱いアンビエントな刺激を除いた風刺激が提示されず、風速が視聴覚刺激に合わせて変化したことにより体験の質が向上したと回答した参加者が存在した。一方で、視聴覚刺激が存在しない場合でもある程度の風刺激が存在したほうが開放感がある、あるいは今回の実験で用いた広い屋外空間においてはアンビエントな風がより強い方が現実に近いと回答した参加者も存在した。これらの結果からは、アンビエントな風刺激は、3 節で述べたように、空間の広がりを出し開放感を向上させる効果があるが、本研究での環境においてはより大きな風速が適切であったと推測される。

6. まとめ

本研究では、実験参加者に対し時間・空間的に変化する視聴覚刺激を提示し、自然環境における風を模擬した風刺激と同期させることによる風印象及び風による感情改善効果への影響について検証を行った。具体的には、両刺激の同期により視聴覚刺激から予測される風刺激と実際の風刺激が合致すること、および両刺激が同一の風刺激によるものとして統合して知覚されることにより自然風が効果的に

模擬され、風の快適感や開放感、風による感情改善効果が向上するという仮説を立て、風刺激と提示タイミングを同期させた場合と非同期の場合について比較を行った。

その結果、視聴覚刺激と風刺激を同期した場合、非同期の場合と比較して刺激間の整合性評価指標と風の解放感指標、ポジティブ情動指標に増加傾向がみられ、ネガティブ情動指標に下降傾向がみられた。これらのことから、視聴覚刺激と風刺激の同期により視聴覚刺激と風刺激の整合性を高め効果的に自然風を模擬することが可能となり、風の解放感や風による感情改善効果が向上することが示唆された。さらに、自由回答の結果からはアンビエントな風刺激の強度が適切でなかったことも示唆された。

本研究では、同期条件と非同期条件で用いた風刺激の平均風速は凡そ一致していたが、風速が一定で変化しない非同期条件に対し、同期条件では風速が動的に変化した。本研究の課題として、両条件間の最大・最小風速の違いや同期刺激での風速の時間変化による風知覚への影響により風刺激の強さが知覚的に等価とならず、実験結果に影響を与えた可能性が考えられる。この影響の排除のためには、複数の風速条件での検証および本検証前に参加者が風刺激の強さを等価に知覚するよう予備的検証を行い調整を行うことが有効であると考えられる。

参考文献

- [1] Jinjing Hua, et al. A dynamic air supply device used to produce simulated natural wind in an indoor environment. *Building and Environment*, Vol. 47, pp. 349–356, 2012.
- [2] Kenichi Ito, et al. Wind comfort and emotion can be changed by the cross-modal presentation of audio-visual stimuli of indoor and outdoor environments. In *2023 IEEE VR*, pp. 215–225. IEEE, 2023.
- [3] 伊東健一ほか. 視聴覚間のクロスモーダル効果による風向知覚操作. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 26, No. 4, pp. 277–287, 2021.
- [4] 西牧侑哉ほか. VR 環境下での風の強さ知覚における視触覚統合. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 26, No. 1, pp. 14–21, 2021.
- [5] Tsukasa Kimura. Approach of visual stimuli facilitates the prediction of tactile events and suppresses beta band oscillations around the primary somatosensory area. *Neuroreport*, Vol. 32, No. 7, pp. 631–635, 2021.
- [6] Konrad P Körding, et al. Causal inference in multisensory perception. *PLoS one*, Vol. 2, No. 9, p. e943, 2007.
- [7] Bob G Witmer and Michael J Singer. Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, Vol. 7, No. 3, pp. 225–240, 1998.
- [8] Richard Skarbez, et al. Immersion and coherence in a stressful virtual environment. In *Proceedings of the 24th ACM symposium on virtual reality software and technology*, pp. 1–11, 2018.
- [9] 八木由紀ほか. 変動気流の前後風向持続時間が温熱的快適性に及ぼす影響. *空気調和・衛生工学会 論文集*, Vol. 29, No. 93, pp. 97–103, 2004.
- [10] 佐藤徳, 安田朝子. 日本語版 panas の作成. *性格心理学研究*, Vol. 9, No. 2, pp. 138–139, 2001.