視力回復を目的としたVRゲームの若年層に対する効果の検証

河盛 真大[1,a)]　井村 誠孝[1,b)]

概要：ICT 端末の使用による視力低下は，主に眼の毛様体筋が過度の疲労や緊張状態になることで生じる「偽近視」に分類される症状であり，毛様体筋のストレッチにより回復が見込まれる．本研究では，毛様体筋のストレッチとして効果的な「遠近体操法」「遠方凝視法」「両眼立体視」の三要素を取り入れた VR ゲームを開発している．本発表では，実装した VR ゲームの若年層に対する視力回復効果について報告する．

1. はじめに

パソコン・スマホ・タブレットなどの ICT 端末の普及に伴い，「眼精疲労」や「視力の低下」が深刻な社会問題となっている．また，視力の低下は視機能の問題のみに留まらず，「視力が良好であると将来の認知症発症リスクを大きく抑えられる」などの認知機能障害との強い関連性が報告されており [1], [2], [3]，視力を維持・回復・改善する必要性や重要性が高まっている．

ICT 端末の使用による視力低下は，主に眼の毛様体筋が過度の疲労や緊張状態になることで生じる「偽近視（調節緊張症）」[*1]に分類される症状である．この症状は，放置し続けると「真性近視（軸性近視）」に進行することもありうる [4] 危険な状態であるが，毛様体筋のストレッチにより視力の回復が見込める状態でもある．毛様体筋の緊張をほぐすためには，遠くの 1 点と近くの 1 点を交互に見る「遠近体操法」や遠くの 1 点を凝視し続ける「遠方凝視法」の他，ステレオグラムなどを用いた「両眼立体視」が効果的とされている [5], [6], [7]．両眼立体視により立体映像を注視している際にも，自然視と同様に立体像に追従して水晶体調節と輻輳運動が行われる [8] ことから，ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いた両眼立体視を行っている状態においても遠近体操法や遠方凝視法により毛様体筋のストレッチが可能であり，HMD による VR 体験を通じた視力回復効果についての関心が高まっている [9], [10], [11], [12].

斜視や弱視の治療を目的としたゲームコンテンツが存在する [13], [14], [15] 一方で，偽近視の治療を目的としたゲームコンテンツは例に乏しく，それは HMD を用いた VR コンテンツにおいても同様である．

そこで我々は，HMD を用いて毛様体筋のストレッチを効果的に行うことを目的とした VR ゲームの提案と開発を行った [16]．本稿では，開発した VR ゲームの視力回復効果を検証することを目的に，若年層を対象として行った実験とその結果について述べる．

2. 視力回復を目的とした VR ゲーム

VR ゲームは Unity[*2]2021.3.23f1 を用いて開発し，商用 HMD Meta Quest 2[*3]で実行するアプリケーションとして実装した．

2.1 ゲームのデザイン

以下の指針に基づき，ゲームのデザインを行う．

- 毛様体筋のストレッチを促すため，プレイヤが遠くの 1 点と近くの 1 点を交互に見たり，遠くの 1 点を凝視し続ける要素を設ける
- プレイヤが HMD を用いた VR 体験に慣れていなくても，大きな負荷無くプレイできるように，プレイヤに複雑な入力操作や激しい身体動作を要求しない
- プレイヤに反復的なトレーニングやゲームプレイを促すため，プレイヤの腕前に応じた何らかのフィードバック要素を設ける

[1] 関西学院大学
Kwansei Gakuin University, Sanda, Hyogo, Japan
[a)] lightgreen.ws@gmail.com
[b)] m.imura@kwansei.ac.jp

[*1] 一般的には「仮性近視」と呼ばれる

[*2] https://unity.com/
[*3] https://www.meta.com/jp/quest/products/quest-2/

© 2025 Information Processing Society of Japan.

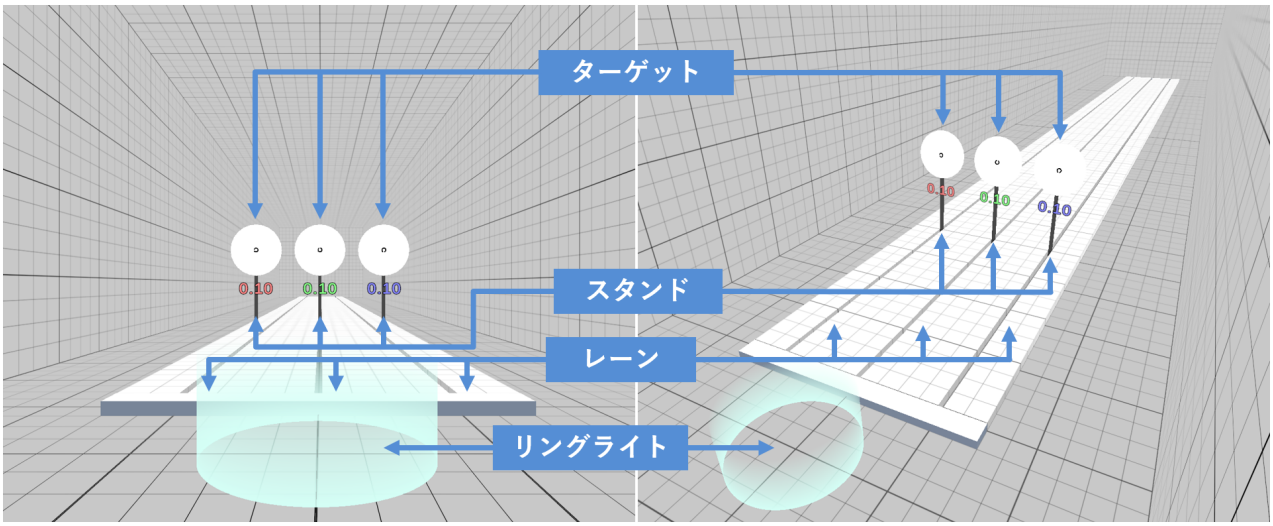

図 1　ゲームの舞台

2.2　ゲームの説明

2.2.1　ゲームの概要

ゲームの基本ルールは「時間経過で接近する複数のターゲットを，遠く離れた位置まで押し返し続ける」ことである．

2.2.2　ゲームの舞台

ゲームの舞台となるのは，ゲーム内尺度で 6 m × 5 m × 34 m サイズのグリッドルームである．グリッドルームにはプレイヤの立ち位置を示すリングライトの他，奥行き 30.5 m のレーンが 3 つ並んでおり，各レーンの上にはスタンドに繋がれたターゲットが設置されている (**図 1**)．ターゲットの中央には直径 75 mm のランドルト環 (**図 2**) が表示されており，各ターゲットは各レーン上 30 m の範囲内を前後に移動できるようになっている (**図 3**)．ターゲットがレーン上で到達可能な最前の位置は，リングライトの中心から 1 m の位置である．各ターゲットの下部には，ターゲットに表示されているランドルト環のサイズとプレイヤとの距離に対応した小数視力の値が小数第二位まで表示されている．

2.2.3　ゲームの場面構成

ゲームには「チュートリアル」と「トレーニング」の 2 つの場面が設けられており，プレイヤはゲーム空間内に配置されたボタンを操作することで 2 つの場面を自由に切り替えることができる．

チュートリアル

ゲームの基本操作確認や，トレーニングに向けたウォーミングアップなどを行う場面．プレイ時間に制限はない．

トレーニング

定められた制限時間内で可能な限りのスコア獲得を目指す場面．制限時間が経過すると 1 プレイが終了し，プレイ内容に応じた成績が記録される．

図 2　ランドルト環

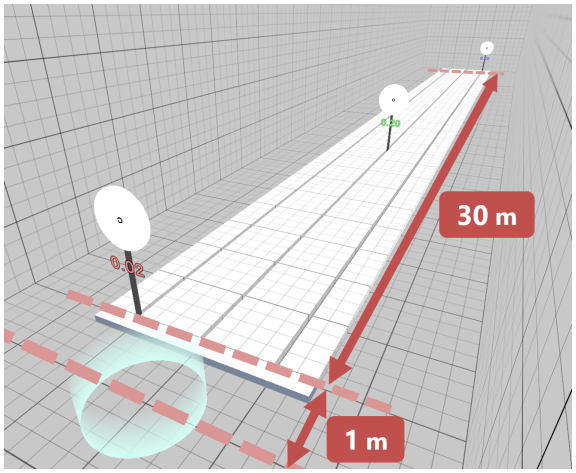

図 3　ターゲットの移動可能範囲とレーン位置

2.2.4　ゲームの仕様

プレイヤは Meta Quest 2 のコントローラを 1 つまたは 2 つ使用してゲームをプレイする．コントローラのトリガーボタンを入力すると，ゲーム空間内で最後にトリガーボタンを入力した方のコントローラからレーザーポインタが射出され続ける．このレーザーポインタをターゲットまたはレーンに照射すると，照射されているターゲットとレーンのペアがエイム（＝狙いをつけた）状態になる．エイム状態のターゲットはアウトラインが表示され，レーンはハイライト表示される（**図 4**）．エイム状態のターゲットに表示されているランドルト環に対し，いずれかのコントローラのスティックキーから方向入力操作を行うと，入力した方向とランドルト環の切れ目のある方向（上下左右の全 4 パターン）に応じたリアクションがエイム状態

© 2025 Information Processing Society of Japan.

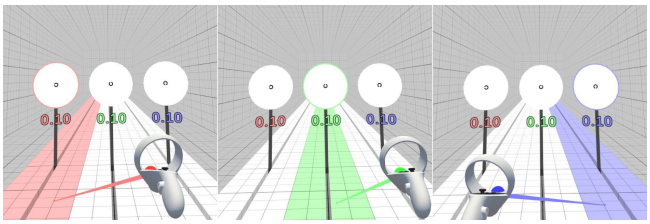

図 4　エイム状態によるアウトラインとハイライト表示の変化（左・中央・右）

のターゲットに発生する．発生するリアクションは「Hit」「Combo」「Miss」の 3 パターンのいずれかであり，入力した方向がランドルト環の切れ目のある方向と一致していれば Hit または Combo が，そうでなければ Miss が発生する．各リアクション毎に発生する効果は以下のとおりである．

Hit（ヒット）

- ターゲットを奥へ押し返す
- ゲーム内の状況に応じたスコアが加算される
- ランドルト環の方向がランダムに変わる
- スタンドの色が黒であれば黄に変化し，他レーンのスタンドの色が全て黒に戻る
- スタンドの色が黄であれば（＝前回の Hit が現在エイム状態のターゲットに発生していれば），代わりに Combo が発生する

Combo（コンボ）

- ターゲットを Hit 時よりも強い力で奥へ押し返す
- ゲーム内の状況に応じたスコアが加算される
- ランドルト環の方向がランダムに変わる
- スタンドの色が黄から黒に戻る

Miss（ミス）

- 何も起こらない

実際のゲームプレイ時の様子を**図 5** に示す．トレーニング場面でゲームを開始すると，「制限時間」「Lv（レベル）」「Score（スコア）」が UI として表示され，時間経過と共に各レーン上のターゲットがプレイヤ（リングライト）の方向に迫ってくる．ゲームプレイ中は，ゲームの難易度を示すレベルが以下の条件に応じて変動する．

レベルが増加する条件

- Hit と Combo の発生回数が一定回数に達する

レベルが減少する条件

- ターゲットがレーンの最前位置に到達する
- ターゲットがレーンの最前位置に留まり続けている（一定時間ごと）

レベルが増加するとターゲットの接近速度が速くなる他，Hit または Combo 発生時のターゲットを押し返す力が強化される．つまり，レベルの増加に伴いターゲットはより高速・長距離の前後移動を行うようになる．Hit または Combo 発生時に加算されるスコアは，レベルが高いほど・

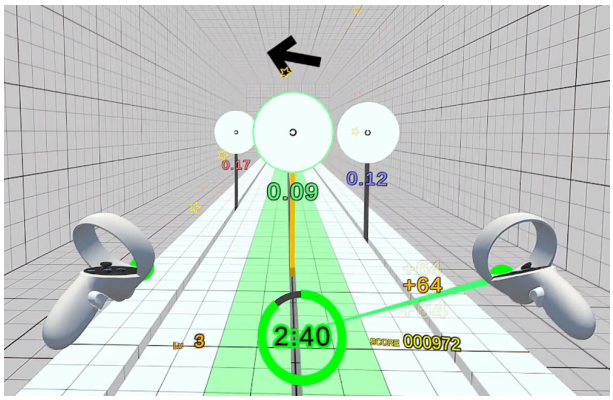

図 5　ゲームプレイ中の様子

ターゲットの位置がプレイヤから遠いほど高くなる．ただし，3 つのターゲットの内，スコアの算出に関わるのはプレイヤに最も近い位置にある 2 つのターゲットのみであり，残る 1 つの最も遠い位置にあるターゲットは無視される．そのため，1 つのターゲットのみを集中して奥へ押し返し続けていると，その間に他の 2 つのターゲットがプレイヤに接近し続けるため，常に最前位置にあるターゲットを押し返し続ける場合と比較すると獲得スコアは大きく減少する．つまり，プレイヤが制限時間内で可能な限りのスコア獲得を目指す場合，全てのターゲットを満遍なく順繰りに注視しながら奥へ奥へと押し返し続けるプレイを要求される．Hit または Combo により遠く離れてゆくターゲットから他の最前位置にあるターゲットへと視線を移動させる仕組みによって遠近体操法を，ターゲットを効率的に押し返す Combo を目的として Hit 後に遠く離れてゆくターゲットを凝視させ続ける仕組みによって遠方凝視法を誘発させることで，ゲームプレイを通してプレイヤの毛様体筋のストレッチを促すことを意図している．

制限時間が経過するとゲームの 1 プレイが終了し，1 プレイ中の「Hit・Combo・Miss の回数」「到達レベル」「総獲得スコア」がリザルトとして表示される（**図 6**）．プレイヤの腕前に応じたフィードバック要素として総獲得スコアなどの項目を設けることで，プレイヤに反復的なトレーニングやゲームプレイを促すことを意図している．

図 6　リザルト表示

© 2025 Information Processing Society of Japan.

3. 実験

開発した VR ゲームの視力回復効果を検証することを目的として実験を行った．

3.1 実験参加者

実験は眼疾患の無い 22 歳から 36 歳までの 10 名（裸眼 3 名，眼鏡装用 6 名，コンタクトレンズ装用 1 名）20 眼を対象とした．参加者には事前にインフォームドコンセントを行い，同意を得た上で実施した．本実験は，関西学院大学 人を対象とする行動学系研究倫理委員会の承認を得ている（承認番号 2023-106）．

3.2 実験内容

実験は 6 週間に渡り実施した．参加者には「1 週間に 1 回以上」かつ「実験期間中，平均で 3 日に 1 回以上」実験用 VR ゲームのトレーニング場面をプレイすることを要求した．1 日あたりのプレイ回数に制限は設けなかった．トレーニング場面での 1 プレイ後に記録される成績には，リザルト画面で表示される項目の他，「日付」「前回のプレイ日からの間隔（日数）」「プレイ日数（合計）」「プレイ回数（合計）」が含まれており，それらのデータは全て専用の Google スプレッドシート（以下「実験用シート」と呼ぶ）上に記録された．実験用シートには，記録された成績に基づいて，各参加者ごとの上位 3 つまでのスコアがランキング形式で表示されており，参加者は Web ブラウザ上で全参加者の全記録を確認できる状態であった．参加者には実験に関する感想などを自由に発話させ，その内容を記録した．実験初日と最終日に，参加者に対してランドルト環を用いた小数視力測定と他覚的屈折検査を片眼ずつ行い，実験前後での視力と等価球面度数の変化を調べた．

3.2.1 小数視力と LogMAR

小数視力は順序尺度であり，視力の定量的な評価には適していない．そのため，本研究では間隔尺度である LogMAR（Logarithm of Minimum Angle of Resolution）を視力の指標として用いる．LogMAR は以下の式で算出され，小数視力の値が大きくなるほど LogMAR の値は小さくなる．

$$\text{LogMAR} = \log_{10}(1/\text{小数視力})$$

3.2.2 他覚的屈折検査と等価球面度数

本研究では，実験前後における参加者の真性近視の程度変化を測定するため，他覚的屈折検査と等価球面度数の算出を行った．

他覚的屈折検査は眼球の「球面度数（球面屈折力）」「乱視度数（円柱屈折力）」「乱視軸方向」を測定する検査であり，眼の屈折力から近視・遠視・乱視の度数を評価する．本研究では，他覚的屈折検査にオートケラトレフラクトメータ（KR-8100P，トプコン）（**図 7**）を用いた．

図 7 オートケラトレフラクトメータ
（KR-8100P，トプコン）

等価球面度数（Spherical Equivalent, SE）は，屈折の度数と乱視の度数を総合した数値で，近視や遠視の度合いを示す指標である．等価球面度数は球面度数（S）と乱視度数（C）を用いて以下の式で算出され，マイナスの値が大きいほど近視の度合いが強いことを意味する．

$$SE = S + C/2$$

4. 結果

実験前後における参加者の小数視力と LogMAR の変化を**表 1** に，LogMAR の変化を**図 8** に示す．実験前後における参加者の LogMAR の平均値は，実験前 0.057 ± 0.121 から実験後 -0.186 ± 0.084 へ有意に小さくなり（$p < 0.005$，ウィルコクソンの符号順位検定），実験前後で参加者の視力が有意に回復していることが確認された．

実験前後における参加者の等価球面度数の変化を**表 2** と**図 9** に示す．実験前後における参加者の等価球面度数の平均値は，実験前 -3.431 ± 2.524 から実験後 -3.425 ± 2.574 へ有意な変化はみられず（$p > 0.05$，ウィルコクソンの符号順位検定），実験前後で参加者の真性近視の程度に有意な変化は生じていないことが確認された．

実験用シートの記録より，参加者全体の「総プレイ日数」「総プレイ回数」と実験前後での LogMAR 変化量との相関を分析した．各相関をスピアマンの順位相関係数

表 1 小数視力と LogMAR の変化

参加者（眼）	小数視力（前）	小数視力（後）	LogMAR（前）	LogMAR（後）
A（左）	0.7	1.8	0.155	-0.255
A（右）	1.1	1.8	-0.041	-0.255
B（左）	1.0	1.7	0.000	-0.230
B（右）	0.9	1.7	0.046	-0.230
C（左）	1.0	1.8	0.000	-0.255
C（右）	1.2	1.8	-0.079	-0.255
D（左）	0.9	1.5	0.046	-0.176
D（右）	0.8	1.5	0.097	-0.176
E（左）	0.6	1.3	0.222	-0.114
E（右）	0.7	1.8	0.155	-0.255
F（左）	1.1	1.6	-0.041	-0.204
F（右）	0.6	1.2	0.222	-0.079
G（左）	0.5	1.2	0.301	-0.079
G（右）	0.8	1.7	0.097	-0.230
H（左）	1.5	1.7	-0.176	-0.230
H（右）	1.3	1.8	-0.114	-0.255
I（左）	0.9	1.8	0.046	-0.255
I（右）	0.9	1.3	0.046	-0.114
J（左）	0.7	0.9	0.155	0.046
J（右）	1.0	1.3	0.000	-0.114

© 2025 Information Processing Society of Japan.

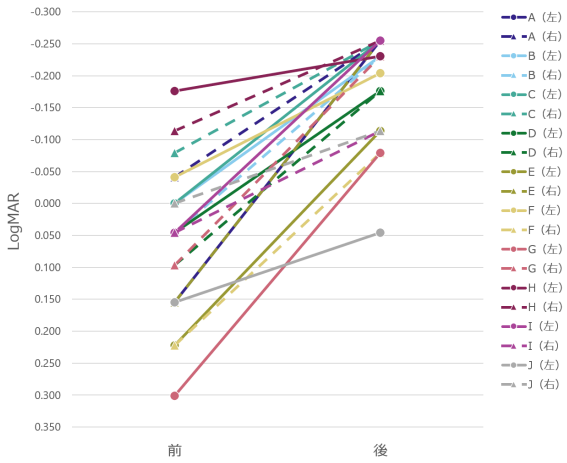

図 8　LogMAR の変化

表 2　等価球面度数の変化

参加者（眼）	SE（前）	SE（後）
A（左）	-0.375	-0.250
A（右）	-0.250	-0.250
B（左）	-0.500	-0.500
B（右）	-1.000	-1.000
C（左）	-0.750	-0.750
C（右）	-0.750	-0.250
D（左）	-0.875	-0.875
D（右）	-0.500	-0.625
E（左）	-3.625	-4.000
E（右）	-4.125	-3.875
F（左）	-5.125	-5.000
F（右）	-3.250	-3.125
G（左）	-4.875	-5.250
G（右）	-5.500	-5.125
H（左）	-5.250	-5.250
H（右）	-6.000	-6.125
I（左）	-5.875	-6.125
I（右）	-6.125	-6.500
J（左）	-6.750	-6.625
J（右）	-7.125	-7.000

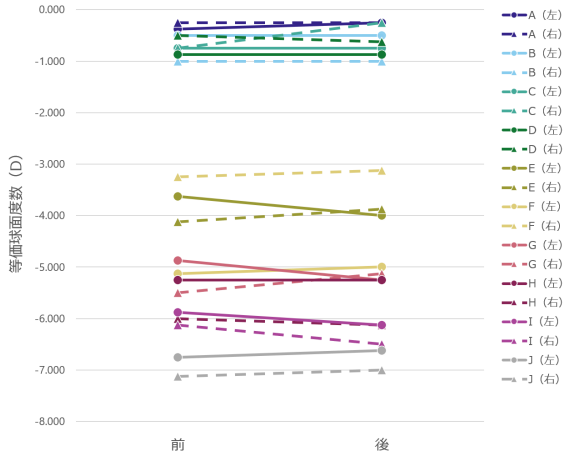

図 9　等価球面度数の変化

（r_s）を用いて算出し，ヒートマップで表したものを**図 10** に示す．参加者全体に対する分析では，LogMAR 変化量との相関において $|r_s| > 0.6$ を示す項目は確認されなかった．ここで，参加者を等価球面度数より「近視の程度

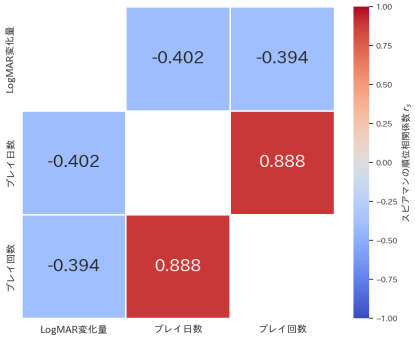

図 10　参加者全体における相関

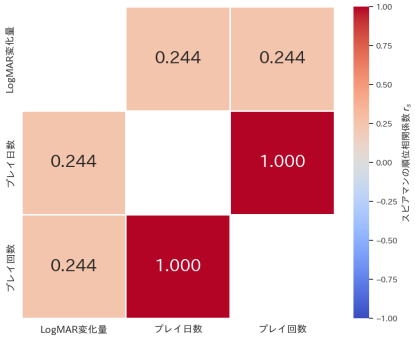

図 11　近視の程度が軽い群における相関

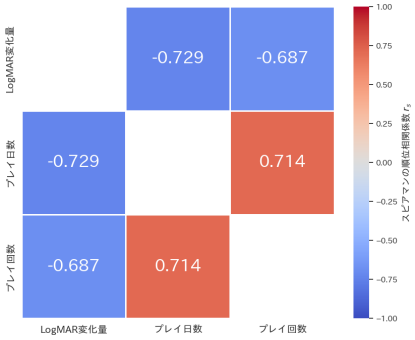

図 12　近視の程度が重い群における相関

が軽い群（$SE > -3.0\,\mathrm{D}$）」8 眼と「近視の程度が重い群（$SE \leqq -3.0\,\mathrm{D}$）」12 眼の 2 群に分け，再び実験前後での LogMAR 変化量との相関を分析した．近視の程度が軽い群では，LogMAR 変化量との相関において $|r_s| > 0.6$ を示す項目は確認されなかった（**図 11**）が，近視の程度が重い群では，LogMAR 変化量との相関において「プレイ日数」と「プレイ回数」が共に負の相関（$r_s < -0.6$）を示した（**図 12**）．このことから，近視の程度が重い群においては，実験用 VR ゲームのプレイ日数とプレイ回数が多いほど視力回復効果も高い傾向があることが示唆された．

5.　考察

実験結果より，6 週間の実験期間で有意な視力回復効果が確認され，20 眼中 20 眼全てで視力が向上した．実験の前後において等価球面度数に有意な変化が見られなかったことから，実験用 VR ゲームは，眼球の形態変化を伴うこ

© 2025 Information Processing Society of Japan.

となく（真性近視の程度が変化することなく）毛様体筋のストレッチにより視力回復効果が得られるコンテンツである可能性が示唆された．一方で，本実験の参加者は全てICT 端末に触れる機会の多い情報科に属する若年層の学生であったことから，毛様体筋のストレッチによる視力回復効果が極端にあらわれやすい重い偽近視の状態であった可能性がある．そのため，異なる年齢層や環境に属する参加者を対象に含めたさらなる実験が必要である．

また，毛様体筋のストレッチ以外の要素が視力の回復に影響を及ぼした可能性を考慮する必要がある．実験用 VR ゲームにおいて，異なるターゲットに視線を移す際に「外眼筋運動」が，遠く離れたターゲットや壁面を見る際にピントの合わない画像・映像を見続けることによって「ガボールパッチ・雲霧効果」が発生していたと考えられ，外眼筋運動・ガボールパッチの両要素共に視力回復効果が報告されている [17], [18], [19] ことから，今後それらの要素を分離したゲーム場面を用意し，対照実験を行うことを検討している．

実験用 VR ゲームの視力回復効果について，近視の程度が重い群ではプレイ日数とプレイ回数との相関が示されたが，近視の程度が軽い群では類似する相関は見られなかった．その理由のひとつとして「視力の頭打ち」が考えられる．近視の程度が軽い参加者は元々の視力が高い傾向が見られ，実験実施から早期に視力の回復効果が頭打ちとなり，視力変化量も少ない状態であったことが考えられる．また，実験用 VR ゲームの仕様上，視力の高い参加者ほど獲得スコアが伸びやすいため，ハイスコアを巡って他の参加者との競争意識が高くなり，特定の参加者のハイスコアを超えるまで何度もプレイを繰り返すなどの極端なプレイ日数・回数の変動も見られ，これらが相関に影響を及ぼしていた可能性も考えられる．

6. おわりに

本研究では，開発した毛様体筋ストレッチ用 VR ゲームの視力回復効果を検証するため，若年層を対象として実験を行った．実験の結果，6 週間の実験期間で若年層に対する有意な視力回復効果が確認された．引き続き，毛様体筋ストレッチ用 VR ゲームを用いた視力回復効果についての継続的な実験・検証を行う予定である．

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP22H03681 の助成を受けたものです．

参考文献

[1] Lee, C. S. et al.: Association Between Cataract Extraction and Development of Dementia, *JAMA Internal Medicine*, Vol. 182, No. 2, pp. 134–141 (2022).
[2] Mine, M. et al.: Association of Visual Acuity and Cognitive Impairment in Older Individuals: Fujiwara-kyo Eye Study, *BioResearch Open Access*, Vol. 5, No. 1, pp. 228–234 (2016).
[3] Rogers, M. A. M. and Langa, K. M.: Untreated Poor Vision: A Contributing Factor to Late-Life Dementia, *American Journal of Epidemiology*, Vol. 171, No. 6, pp. 728–735 (2010).
[4] Sun, W. et al.: Pseudomyopia as an independent risk factor for myopia onset: a prospective cohort study among school-aged children, *British Journal of Ophthalmology*, Vol. 108, No. 6, pp. 873–878 (2024).
[5] 仲上紀政：近視 遠視 弱視はこれで治せる，大泉書店 (2008).
[6] 東京視力回復センター：眼科医による視力回復の見解，東京視力回復センター（オンライン），入手先 ⟨https://www.tokyo-shiryoku.co.jp/training/konkyo.shtml⟩（参照 2024-11-25）.
[7] 岡　義隆：自宅で視力回復？眼のためにできるトレーニング 5 つのやり方，先進会眼科（オンライン），入手先 ⟨https://senshinkai-clinic.jp/blog/sightrecovery-training/⟩（参照 2024-11-25）.
[8] 塩見友樹：立体映像の視機能への影響に関する人間工学的研究，博士論文，名古屋大学 (2013).
[9] Yihua, B. et al.: Experiment Report on the Impact of Long-Term Use of Virtual Reality (VR) Head-Mounted Displays on theVision of Pre-teen Users, Technical report, Advanced Innovation Center for Future Visual Entertainment in Beijing, Beijing Institute of Technology, Beijing Blue Focus E-Commerce Co., Ltd. (2017).
[10] 久保田瞬：VR を 5 ヶ月毎日続けて視力が回復 詳しく話を聴いてみた，Mogura（オンライン），入手先 ⟨https://www.moguravr.com/vr-eyesight/⟩（参照 2024-11-25）.
[11] MoguLive 編集部：VR ヘッドセットを毎日利用して視力が回復したユーザーに詳しい話を聞いてみた，Mogura（オンライン），入手先 ⟨https://www.moguravr.com/vr-headset-user-vision-recovery/⟩（参照 2024-11-25）.
[12] バーチャル美少女ねむ：VR で視力が回復する！？ メタバース住人何%の効果を実感？ 原理や可能性まとめてみた，(オンライン)，入手先 ⟨https://note.com/nemchan_nel/n/n69de2f181bf7⟩（参照 2024-11-25）.
[13] Lee, H.-J. and Kim, S.-J.: Effectiveness of binocularity-stimulating treatment in children with residual amblyopia following occlusion, *BMC Ophthalmology*, Vol. 18, p. 253 (2018).
[14] Xiao, S. et al.: Randomized Controlled Trial of a Dichoptic Digital Therapeutic for Amblyopia, *Ophthalmology*, Vol. 129, No. 1, pp. 77–85 (2022).
[15] Jiménez-Rodríguez, C. et al.: Rehabilitation of visual functions in adult amblyopic patients with a virtual reality videogame: a case series, *Virtual Reality*, Vol. 27, No. 1, pp. 385–396 (2023).
[16] 河盛真大，井村誠孝：視力改善を目的とした VR ゲームの提案，エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2023 論文集， Vol. 2023, pp. 386–389 (2023).
[17] Shareef, H. et al.: The Impact of Eye Exercises on High Myopia and Visual Acuity in Patients Aged (15-30) Years, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1660, No. 1, p. 012108 (2020).
[18] DeLoss, D. J. et al.: Improving Vision among Older Adults: Behavioral Training to Improve Sight, *Psychological science*, Vol. 26, No. 4, pp. 456–466 (2015).
[19] Sterkin, A. et al.: Vision improvement in pilots with presbyopia following perceptual learning, *Vision Research*, Vol. 152, pp. 61–73 (2018).

© 2025 Information Processing Society of Japan.