

原著論文

Wii Fit を用いたトレーニングが視覚－運動の統合に与える効果

後藤幸枝¹⁾ 中島そのみ²⁾ 池田千紗¹⁾ 中村裕二²⁾ 仙石泰仁²⁾

要旨：家庭用ゲーム機器の一つである Wii Fit を用いたトレーニングが、発達障害児における視覚－運動の統合に与える影響を明らかにするため、健常成人を対象とした予備的研究を行った。1回15分、2週間の中で任意の4日間、Wii Fit を用い立位姿勢での重心移動を行う課題を実施した。結果、閉眼時の重心動揺検査および片脚直立検査の成績が向上し、ゲーム中の姿勢制御はより微細になった。眼球運動は、操作対象とその付近を注視するパターンが見られたが、介入後はより前方を注視し、周辺視を活用した操作に移行した。運動介入の結果、動作の改善だけでなく眼球運動にも変化が見られ、Wii Fit を用いた介入が視覚－運動の統合に及ぼす効果が示された。

キーワード：Wii Fit, 視覚－運動統合, 姿勢制御

はじめに

近年、家庭用ゲーム機器を用いたりハビリテーション介入の試行が行われており、中でも日本で開発された任天堂 Wii Fit を用いた介入は、欧米では既に“Wiihabilitation”と呼ばれ注目されている¹⁾。Wii Fit は、板状のコントローラである専用のバランス Wii ボードの上に乗る体を動かすことで、無線で接続したスクリーン中の指標がリアルタイムに反応する仕組みとなっている。これまでに脳卒中片麻痺患者を対象に、Wii Fit の使用による閉眼時のバランス機能向上が報告されており、視覚と運動の統合促進が姿勢制御に影響を与えたと考えられている²⁾。しかしその統合過程は明らかにされておらず、他の疾患でも同様の変化が生じるかについては検討されていない。

姿勢制御に関する神経系の要素には、視覚系、

前庭感覚系、そして体性感覚系の組織化と統合からなる感覚・知覚過程が含まれるとされる³⁾。姿勢制御に関して、一般に幼児は固有受容感覚を始めとする体性感覚系の情報よりも視覚情報への依存が高いとされ、その原因として幼児期では各器官から感受された情報を円滑に処理するための中枢神経系の発達が未熟であるためと推測され⁴⁾、6歳過ぎには成人と同様の体性感覚優位の立位姿勢制御に変換するとされている⁵⁾。この姿勢制御機能の発達的变化によって、発達障害児では視覚情報に依存しやすく身体イメージの形成が遅れたり、姿勢制御能の問題を抱えやすいことも報告されている⁶⁾。そのため、姿勢制御に必要な要素の1つである視覚と固有受容感覚の感覚間統合の促進を図ることがリハビリテーション介入の目的の一つとなることが考えられる。

1) 札幌医科大学大学院保健医療学研究科

2) 札幌医科大学保健医療学部作業療法学科

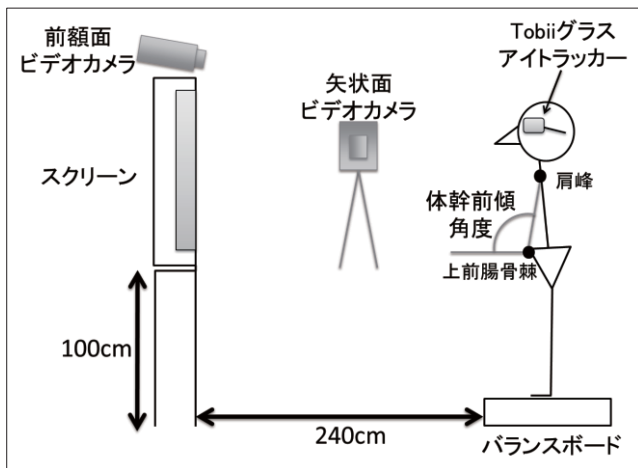


図1 実験環境

本研究では、健常者を対象に Wii Fit を用いる際の有効性を視覚-運動の統合という視点から明らかにし、発達障害児への治療介入の有用性を示す際の一般的指標を見出すことを目的とし研究を行った。

方法

1. 対象

対象は、Wii Fit の使用経験がなく、本研究に影響するような既往歴がない健常成人 6 名（男性 1 名、女性 5 名）、平均年齢 23 ± 2.2 歳であり、全ての被験者が右利きであった。また、事前に本研究の目的および方法、予期される危険性について紙面にて被験者に説明した。同意しない場合でも不利益を受けないこと、同意をいつでも撤回できること、プライバシーの保護など被験者の人権に係る事項は保障されることを紙面にて伝達し、同意を得た。

2. 実験環境

実験環境は、床面より 100cm の高さに下端が位置するように設置したスクリーン（52 インチ）と Wii Fit 専用のバランスボードとの距離が 240cm となるように設置し、前方・右側方にそれぞれ家庭用ビデオカメラを三脚にて設置した。眼球運動の測定には Tobii グラスアイトラッカー（トビー・テクノロジー・ジャパン株式会社製、サンプリング周波数 30Hz）を使用した（図1）。また、重

心動揺検査では、重心動揺計（共和電業製 PCD-300A、サンプリング周波数 100Hz）の 3m 前方にホワイトボードを設置し、被験者の正中かつ目線の高さとなる位置に固視点となる指標を設置した。

3. 測定・調査項目

1) 実験手順

被験者には、2 週間の中で任意の 4 日間、1 回 15 分、Wii Fit のバランスゲームの中の 1 課題である「バランス Mi」を行ってもらった。また、介入前と介入後には、重心動揺検査（開眼・閉眼）、片脚直立検査（開眼・閉眼）を実施した。

重心動揺検査では被験者に重心動揺計の上で立位保持を求め、開眼・閉眼の各条件において 60 秒間ずつ計測した。なお、開眼条件では前方に設置した固視点を見つめるよう教示し、開眼・閉眼条件の間には 30 秒間の休憩を設けた。片脚直立検査では、床から足を 5cm 程度浮かせるよう指示し、開眼・閉眼条件、左右それぞれにおいて 30 秒を上限に実施した。

Wii Fit の実施に関しては口頭にてルール説明を行い、Wii Fit のバランスゲームの中でも重心移動が要求されるゲームである「バランス Mi」を実施した。このゲームは障害物を回避しながらプレイヤーを操作し、制限時間内にゴールを目指すものである。この運動課題では被験者が専用のバランスボード上に開脚立位の姿勢をとる。被験者は主に前方への重心の偏位が要求され、さらに左右方向への重心位置の微調整が必要となる。

介入初日・最終日のゲーム実施中の動作は、額・肩峰・上腕骨外上顆・橈骨茎状突起・臍部・上前腸骨棘・大腿骨外顆・足関節外果にマーカーを貼付した状態で、前額面・矢状面に設置したビデオカメラにて撮影した。同時に、眼球運動についてはキャリブレーションにて被験者の眼球を検出した上で測定を行った。

4. 分析方法

1) 姿勢分析

分析には介入前後における開眼・閉眼時の重心動揺検査・片脚直立検査、介入初日と最終日にお

けるゲーム実施中の動作分析・眼球運動測定の結果を用いた。重心動揺検査において外形面積の分析を行い、検査に影響するような既往がなく、検査時に健康状態が良好であった大学生 128 名（男性 64 名，女性 64 名）の平均値を標準値として採用し，介入後の効果判定の指標の 1 つとして使用した。なお，標準値について，開眼条件では男性 334.4mm²，女性 347.4mm²，閉眼条件では男性 472.5mm²，女性 503.5mm²であった。

2) 動作分析

Dartfish（株式会社ダートフィッシュ・ジャパン製，サンプリング周波数 30Hz）を用い，ゲーム実施中に右側方から矢状面の動きを記録した動画データを取り込み，貼付したマーカーを基に姿勢戦略を検討した。指標として，肩峰と上前腸骨棘を結ぶ線と，上前腸骨棘を通る床への平行線がなす角（体幹前傾角度）（図 1）を用い，開始肢位およびゲーム実施中の角度変化を計測した。画面上に現れる操作方法の説明が終了した直後から 5.0sec を分析対象とし，角度の平均値を算出した。

3) 眼球運動分析

バランス Mii 実施中に Tobii グラスアイトラッカーを用いて測定したデータのうち，ゲーム開始後，画面上に現れる操作方法の説明が終了した直後から，0.0sec，2.5sec，5.0sec の 3 場面を分析対象とした。3 場面における眼球運動の軌跡を画像データとしてそれぞれ出力した。操作対象であるプレイヤーに一辺が 68×1 pixel の十字を指標として重ね，この指標を基準に画像データのサイズを統一した。次に，出力した画像に Az Painter

を用いて 1 pixel の方眼を重ね，注視点の座標を求めた。操作対象の中心点，すなわち指標とした十字の交点から，最も近い座標および最も離れた座標を算出し，二点間の距離を注視範囲として算出した。介入前後において，分析対象とした 3 場面それぞれについて同様の手順で注視距離を求めた後，平均値を算出した。

結果

1. 姿勢・運動機能指標

1) 片脚直立検査

介入後，左足・閉眼条件において全ての被験者で改善が認められ，1 名を除き計測時間の上限である 30 秒に達した。また，開眼条件および右足での施行では大きな変化は見られなかった。

2) 重心動揺検査

介入後，外形面積において，開眼条件では 1 名のみ面積が減少する傾向があったが全体として著変なく，閉眼条件では減少傾向があった。介入前に面積の広がった被験者で顕著に減少し，介入後には全員が標準値を下回った（図 2）。

3) 動作分析

介入前後を比較して，被験者各々のゲーム場面の開始肢位を基準（0°）としたとき，介入後は 5 名が 8.3° 以下の範囲となり，体幹前傾角度が開始肢位に近づく傾向であった。しかし，1 名のみが前傾を強める戦略でコントロールしていた（図 3）。

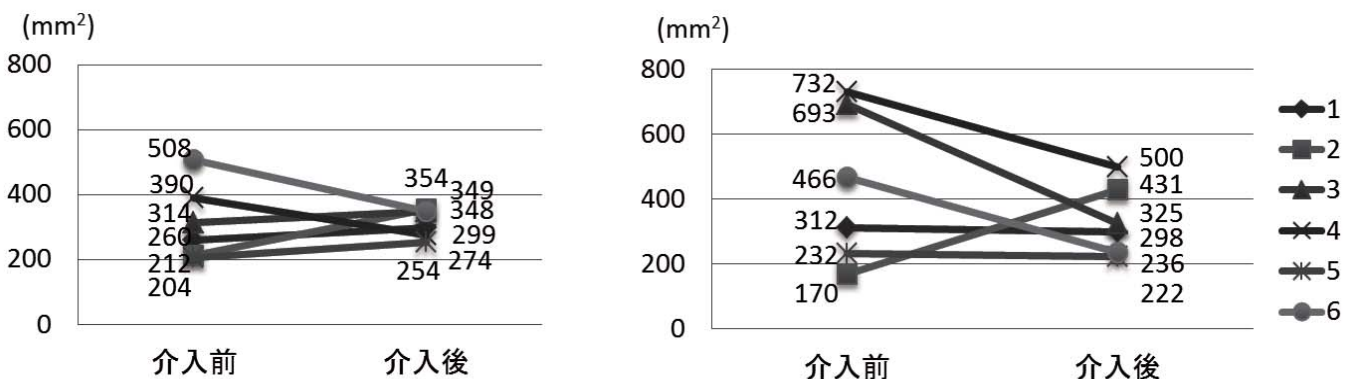


図 2 介入前後における重心動揺外形面積の変化（左：開眼，右：閉眼）

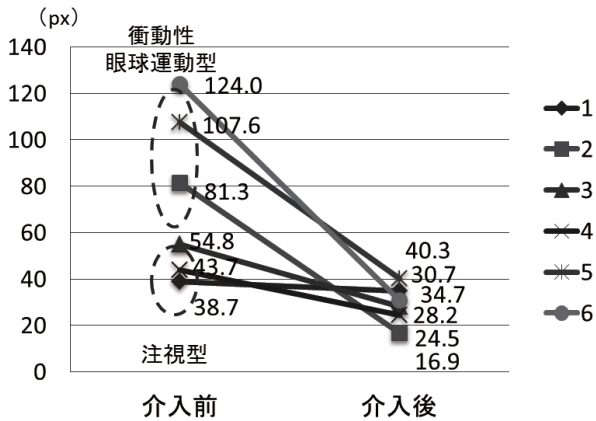


図3 介入前後の開始肢位を基準 (0°) とした体幹前傾角度の変化

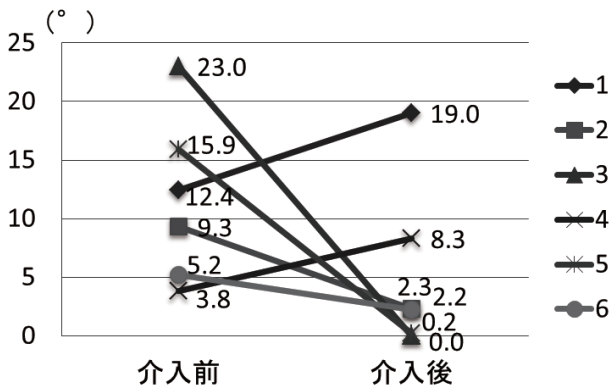


図4 介入前後における注視距離の変化

4) 眼球運動測定

介入前の注視範囲について、範囲の広い被験者2, 5, 6 (以下、衝動性眼球運動型) と、範囲の狭い被験者1, 3, 4 (以下、注視型) として2つの傾向があった (図4)。さらに注視型については、

操作対象である画面上のプレイヤーの中心を基準位置として注視の方向を座標から検討し、前方と側方注視の2つのタイプに分類した。介入前は、進行方向である前方を注視していた者が1名 (A: 注視型・前方)、障害物である側方の壁付近を注視していた者が2名 (B: 注視型・側方)、進行方向と操作対象を交互に注視していた者が3名 (C: 衝動性眼球運動型) という3つのパターンがあった (図5)。介入後、注視範囲の縮小とともにすべての被験者が注視型へ移行し、さらに注視の方向は前方であり、いずれのパターンもAに移行した。

考察

1. 各指標の変化についての解釈

一般に右利きの人では重心が右に位置しているといわれており⁸⁾、今回の結果でも介入前後で右足単脚立位では大きな変化は見られなかった。一方、全ての被験者で閉眼・左足条件の片脚直立検査において成績が向上しており、介入による何らかの効果があったと考えられる。具体的には、今回実施した運動課題では前後左右への重心移動が要求され、それを反復することで左方向への重心移動が容易に行えるようになったことも要因の一つと考えられる。また、片脚直立検査・重心動揺外形面積において開眼条件では著変なく、閉眼時の成績が向上するという先行研究と同様の変化が認められており、固有受容感覚を姿勢制御に適切に用いていけるように方略が変化していることも推測される。動作分析では、多くの被験者において体幹前傾角度が減少した一方で、角度が増加した被験者も存在していた。筋活動から見た安定性を獲得するための戦略として、外側を硬くして内

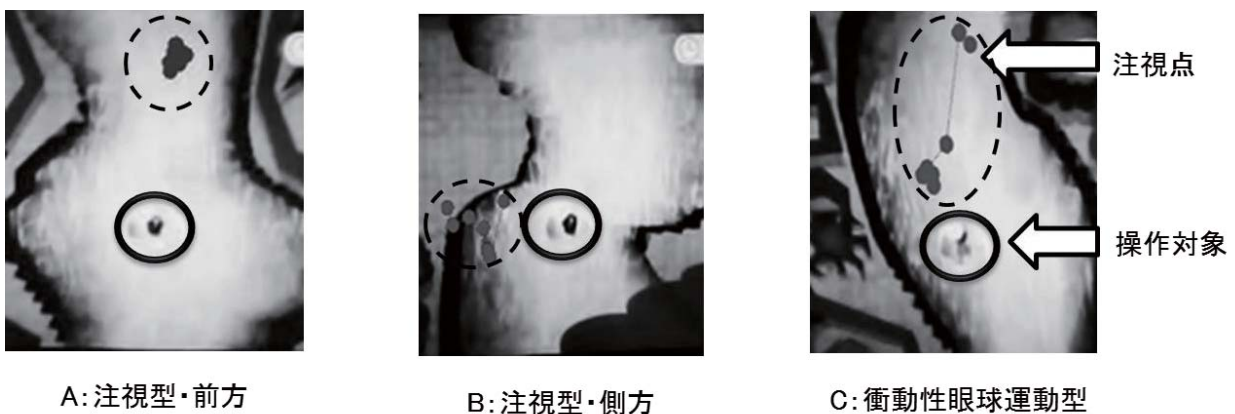


図5 バランス Mii 実施時の眼球運動

側の柔らかい筋で動かす外骨格形の防御を主体とした戦略と、内側に硬い骨を持ち外側に柔らかい筋が付着した内骨格形の戦略があるといわれている。体幹前傾角度が増加した被験者は、表在の大きな筋を同時収縮させ、前者のような外骨格形に近い姿勢戦略をとり、自由度を凍結する⁹⁾ことで安定性を図っていたと考えられる。また、偶然誤差による影響を回避するため今回の結果には示していないが、全ての被験者においてゲームの成績が向上し、プレイ時間が長くなった。姿勢戦略の取り方は異なっていたが、介入後はより正確で微細な運動へ移行したことが推測される。また、動作の変容に伴って眼球運動にも変化が見られ、介入前後における変化として、進行方向である前方を注視するパターンへ移行した。介入前後における注視距離の減少より、衝動性眼球運動によって操作対象を中心視で捉える方略が変化したことが考えられる。さらに、操作対象から離れた地点を注視するパターンへの移行から、周辺視野内でプレイヤーを操作する方略へ変化したことが推測される。運動面だけでなく、それに伴う眼球運動の変化から、視覚と運動の協応が促進した可能性を示すと考えている。先行研究においても、視覚への負担を軽減するために固有受容感覚、つまり運動機能を刺激する必要があることが指摘されており¹⁰⁾、本研究の結果と併せて視覚と運動には密接な関係があると思われる。さらに、中心視野と周辺視野では、周辺視野の情報の方が姿勢制御系へ重要な役割を果たしていることも指摘されており¹¹⁾、周辺視野からの情報取得が可能となったことで、姿勢コントロールが微細になったと本研究結果を解釈することも可能かもしれない。また、視覚機能に焦点を当てると、周辺視野のうち、我々の認知に寄与する有効視野¹²⁾が、周辺視野の活用とともに広がり、より多くの環境情報を取得できるようになった可能性も推測される。

本研究では、Wii Fit を用いて画面からリアルタ

イムの視覚的フィードバックを得ながら運動学習を反復して行った結果、運動だけでなく注視パターンにも変化があり、視覚-運動の統合が促進された可能性が示唆され、今回用いた各指標の評価

としての妥当性も確認できた。

2. 今後の課題

本研究では、Wii Fit を用いた介入が視覚-運動の統合に与える効果について傾向の分析のために、姿勢・運動機能分析および眼球運動分析とともに、最大限の定量的な効果判定を試みた。しかし、運動と視覚の関連性をより明確に提示するためには、対象者を増やし、統計学的な処理を行うことが必要になると考えられる。また、今後は、発達障害児を対象に同調査を行い、視覚-運動の統合過程と姿勢制御の関連について、健常者との違いを示した上で、日常生活へどのように般化するかについて検討していく必要がある。

文献

- 1) 松尾篤, 盛岡周, 冷水誠, 他: 家庭用ゲーム機器を使用した運動介入が身体機能・脳活動に及ぼす影響. 健康医科学研究助成論文集 25: 82-90, 2010.
- 2) 細井真弓, 田中実希, 矢崎進, 他: 脳卒中片麻痺患者のバランス能力向上を目的としたWiiFitの使用経験. 八千代病院紀要 30:52-53, 2010.
- 3) Anne Shumway - Cook, Marjorie H Woollacott: モーターコントロール 原著第3版 運動制御の理論から臨床実践へ. 田中繁, 高橋明・編, 医歯薬出版, 東京, 2009, pp. 183-208.
- 4) 後藤洋子, 早川ひろみ, 脇田裕久: 幼児の静的バランス能力. 三重大学教育学部研究紀要 52: 53-63, 2001.
- 5) 松田雅弘, 新田收, 宮島恵樹, 他: 軽度発達障害児と健常児の立位平衡機能の比較について. 理学療法科学 27: 129-133, 2012.
- 6) 島谷康司: 発達障害児と健常児の障害物回避能力に関する研究. 人間科学研究 4: 63-66, 2009.
- 7) 日比優子, 熊田孝恒, 山口真美, 他: 視覚探索課題を用いた発達障害児の注意機能に関する実験的検討. 発達研究 26: 121-130, 2012
- 8) 細野剛史, 天野光教, 山田剛, 他: 静的姿勢

- の簡易検査 第二報. 東洋療法学校協会学会誌 33 : 99-103, 2010.
- 9) 富田昌夫 : 定位と姿勢調整の原点～横紋筋の筋緊張調整の起源を探る～. 理学療法兵庫 12 : 21-28, 2006.
- 10) Gauchard GC. Jeandel C. Perrin PP: Physical and sporting activities improve vestibular afferent usage and balance in elderly human subjects. *Gerontology*47 : 263-270, 2001.
- 11) 小谷 恵美, 鈴木 直人 : 中心視野情報と周辺視野情報が姿勢制御に及ぼす影響. *Equilibrium Res*61 : 210-215, 2002.
- 12) 石松一真, 三浦利章 : 有効視野における加齢の影響 交通安全性を中心として. 大阪大学大学院人間科学研究科紀要 28:15-36, 2002.
- 13) Patla AE. Vickers JN : Where and when do we look as we approach and step over an obstacle in the travel path? . *Neuroreport*8 : 3661-3665, 1997.

The effect of training using Wii Fit on visual motor integration

By

Yukie Goto¹⁾ Sonomi Nakajima²⁾ Chisa Ikeda¹⁾ Yuji Nakamura²⁾ Yasuhito Sengoku²⁾

From

1) Graduate School of Health Sciences, Sapporo Medical University

2) Department of Occupational Therapy, School of Sciences, Sapporo Medical University

Abstract : In recent years, there have been reports that a home-use game console device can be used as a therapeutic tool in occupational therapy. The Wii Fit software of Nintendo's game machine, Wii is attracting attention. We examined changes in visual motor integration skills using Wii Fit in normal adults for a certain period. Six healthy adults were included in our study. They performed "balance bubble" in Wii Fit for a 15-min set 4 times in 2 weeks. They operated their players on the screen by moving the center of gravity while standing. We assessed eye movement using Tobii Glasses Eye Tracker and physical function, that is, one-leg standing test and stabilometry, before and after the intervention. After intervention, the ability of one-leg standing and stabilometry with eyes closed had improved and fine posture control had enhanced. The pattern of eye movement before the intervention involved observation of the area around the player on the screen, but that after the intervention involved the use of peripheral vision for a point distant from the player on the screen. In this study, the intervention improved both physical function and eye movement and thus shows that, Wii Fit improved visual motor integration.