

# 高齢者を対象としたリハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームのデザインおよび制作プロセスに関する研究

松隈, 浩之

<https://hdl.handle.net/2324/2236344>

---

出版情報 : Kyushu University, 2018, 博士 (芸術工学), 論文博士  
バージョン :  
権利関係 :

博士論文

高齢者を対象としたリハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームのデザイン  
および制作プロセスに関する研究

A Study on the Design and Production of Serious Games for  
Rehabilitation and Health Care for the Elderly

九州大学大学院 芸術工学研究院

松隈 浩之

Hiroyuki Matsuguma

2019年 3月

## 目次

### 序論

1. はじめに	1
2. 研究の背景	3
3. 目的	11
4. 研究の方法	11
5. 論文構成	13
6. 用語の定義および解説	16

### 第1章 起立-着席訓練用シリアスゲーム『リハビリウム起立くん』の開発 -リハビリ・ヘルスケアにおけるゲームの有用性、安全性、継続効果の検証-

1-1. 本章の目的	17
1-2. 本章の構成	17
1-3. 企画	19
1-3-1. 利用環境、対象者について	19
1-3-2. 現場理解を経ての用途、運動内容の決定	19
1-4. 制作（ゲームデザイン）	20
1-4-1. 運動とゲームの対応付け	20
1-4-2. ゲームルール設定	21
1-4-3. 表現演出	25
1-4-4. 運動成果の可視化	27
1-4-5. 個人データ記録、活用	28
1-4-6. ユーザインタフェース	28
1-4-7. システム環境	30
1-5. 検証	31
1-5-1. 有用性検証	31
1-5-2. 安全性検証	34
1-5-3. 継続検証	35
1-6 考察	37

## 第2章 開眼片足立ち用シリアスゲーム『ロコモでバラミンゴ』の開発 -高齢者向けヘルスケアゲームにおける有効なゲームデザイン-

2-1. 本章の目的	39
2-2. 本章の構成	39
2-3. 企画	40
2-3-1. 用途、利用環境、対象者および運動内容の決定	40
2-4. 制作（ゲームデザイン）	42
2-4-1. 運動とゲームの対応付け	42
2-4-2. 『ロコモでバラミンゴ』利用の流れ	43
2-4-3. ルール設定と失敗体験の導入	46
2-4-4. 表現演出	47
2-4-5. 個人データ活用と運動成果の可視化	50
2-4-6. システム環境およびユーザインタフェース	51
2-5. ゲームデザインに関する検証	53
2-5-1. 失敗体験導入効果の検証	53
2-5-2. インタフェースについての主観評価検証	55
2-5-3. 表現演出の主観評価検証	56
2-6. 考察	56

## 第3章 半側空間無視用シリアスゲーム『たたけ！バンバン職人』の開発 -特定疾患に対応したゲームデザイン提案-

3-1. 本章の目的	58
3-2. 本章の構成	59
3-3. 特定疾患および既存のリハビリ運動の理解	60
3-4. 利用環境、対象者、運動内容の決定	60
3-5. 制作（ゲームデザイン）	62
3-5-1. 運動とゲームの対応付け	62
3-5-2. 『たたけ！バンバン職人』利用の流れ	63
3-5-3. ゲームルール設定	65

3-5-4. 病状に合わせた難易度設計	66
3-6. 表現演出	68
3-7. ユーザインタフェース	71
3-8. システム環境	73
3-9. 検証用ツール制作および個人データ活用	73
3-10. BIT 通常検査によるリハビリ効果検証および主観評価	74
3-11. 考察	75

#### 第4章 制作プロセスおよびゲームデザイン要件の提案

4-1. 本章の構成	77
4-2. 制作プロセス	78
4-2-1. 用途、利用環境および対象者の決定	80
4-2-2. サポート体制	80
4-2-3. 現場理解	81
4-2-4. 運動決定	82
4-2-5. ゲームデザイン	83
4-2-6. 評価・改良	83
4-2-7. 検証	84
4-3. リハビリ・ヘルスケア用ゲームデザインの要件整理	84
4-3-1. 運動とゲームの対応付け	85
4-3-2. 難易度設定	85
4-3-3. ゲームルール	87
4-3-4. 表現演出	88
4-3-5. 運動成果の可視化	90
4-3-6. 個人データ活用	91
4-3-7. 身体動作入力	91
4-3-8. ユーザインタフェース	92
4-3-9. システム環境	94
4-3-10. 安全性	95
4-4. 制作チェックシート	96
4-5. 考察	98

結論	99
1. シリアスゲームのリハビリ・ヘルスケアの現場での有用性	99
2. リハビリ・ヘルスケア用ゲーム制作のためのデザイン 10 原則	100
3. 今後の取り組みと展望	102
4. 今後の展望	105
謝辞	107
引用文献	108
参考資料	112

# 序論

## 1. はじめに

筆者らは、2009年から福岡市からの委託研究事業としてシリアスゲームプロジェクトを産学官連携により推進している<sup>[1]</sup>。シリアスゲームとは社会問題の解決を目的としたデジタルゲームであり<sup>[2]</sup>、プロジェクトの目的としてゲーム産業の拡大やクリエイティブ人材の育成を掲げている。シリアスゲームであつかわれるテーマとして教育がもっとも多く、そののちに健康と続くが<sup>[3]</sup><sup>[4]</sup>、筆者らはテーマに健康を選択し、リハビリテーション（以下、リハビリと記す）やヘルスケアをおこなうためのシリアスゲームを制作することとした。このテーマを選んだ経緯は二つあり、一つは高杉らの先行研究<sup>[5]</sup>がある。九州大学病院リハビリテーションセンター所属の高杉らは2002年からゲーム制作会社の(株)ナムコと共同でリハビリ用ゲーム開発をおこなっており、実際に制作したアーケードゲーム、『ワニワニパニック』、『ドキドキへび退治』（図1）を用いて、遊びながら筋機能が回復することを実証している<sup>[6]</sup>。一方で、アーケード型ゲームは制作コストが高額であり、また大型筐体のため、設置、移動等も容易ではないなどの理由から普及が難しいという問題を抱えていた。二つめの理由として、2010年に医療法人順和長尾病院（以下、長尾病院と記す）からのリハビリ現場でのゲーム利用に関する相談があげられる。任天堂が発売したゲーム機であるWiiを用いたリハビリは欧米を中心に盛んに行われており<sup>[7]</sup><sup>[8]</sup><sup>[9]</sup>、長尾病院でも、早くからWiiなどの身体を大きく動かして使用するタイプのゲームをリハビリ現場に取り入れている（図2）。リハビリ現場におけるゲーム利用の有効性の研究も行っており、ゲームの導入に積極的な病院であるが、Wii等のエンタテインメント用ゲームは、楽しみながらのヘルスケアとしての機能は十分期待できる一方で、あくまで健常者用のゲームであり身体的な制限をうける患者には難易度が高すぎるというリハビリ現場からの声があった。すなわち、運動やゲームに必要な理解、動作として難易度の低い、あるいは低く調整可能な患者用のゲームが求められていた。

2017年の内閣府による「高齢社会白書」（図3）では日本の高齢化率は27.3%であり、国内における超高齢化社会の到来による医療、介護といった健康面に関する課題は大きく、この問題は先進国を中心に深刻化し、今後、東南アジア等へも波及していく見込みである。ゆえに、健康寿命（図4）を延ばす取り組みは必

須であり、さまざまな手段を講じて実施する段階にいたっている。厚生労働省が2015年にまとめた、「高齢者の地域におけるリハビリテーションの新たな在り方検討会報告書」では、個別性を重視した生きがいに繋がるリハビリが必要と記されている。片や、高齢者が常に健康でいることは重要であるが、高杉氏の言葉を借りると「運動すれば健康になるから、やったほうがいいですよ、では限界がある。解っていても、まず運動しない。」という状況が現実である。さらに高杉氏曰く、「やりなさいではなく高齢者がやりたいと思う状況を作るべきであり、それは心を動かすということであり、「やめられない止まらない」を得意とするゲームは有効である」という意見は大いに賛同できるものであった。日本では、「ゲーム脳」に代表されるようにデジタルゲームはネガティブな存在として扱われてきた歴史があるが、「やめられない止まらない」デザインは使い方によっては有効に働くと考える。九州大学病院と長尾病院という二つの医療機関からのデジタルゲームをリハビリに活かしたいという期待は、コンテンツデザインを研究分野として活動する筆者にとっても新鮮であり、かつ超高齢化社会における健康問題という世界が抱える課題に対して、ゲームが持つ積極性や持続性を向上させるデザインの可能性を示す好機でもあり、本研究を着手するにいたった。



図1 ドキドキへび退治



図2 長尾病院による体操（左）とWiiを用いた運動（右）



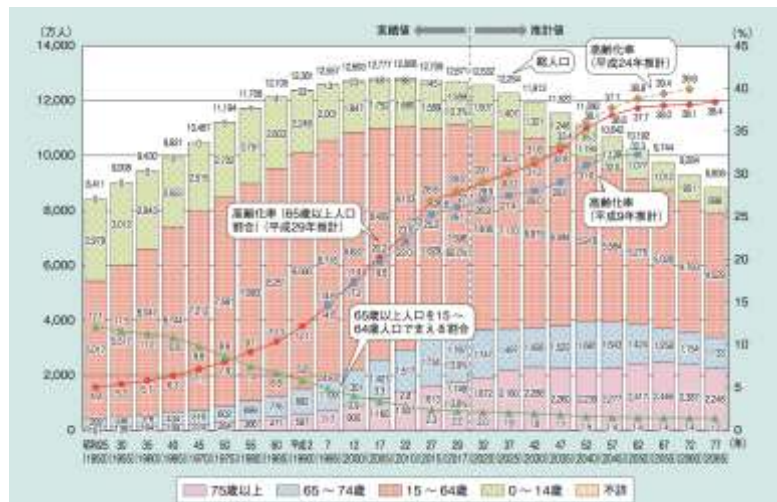


図3 高齢化の推移と将来設計「高齢社会白書」P5

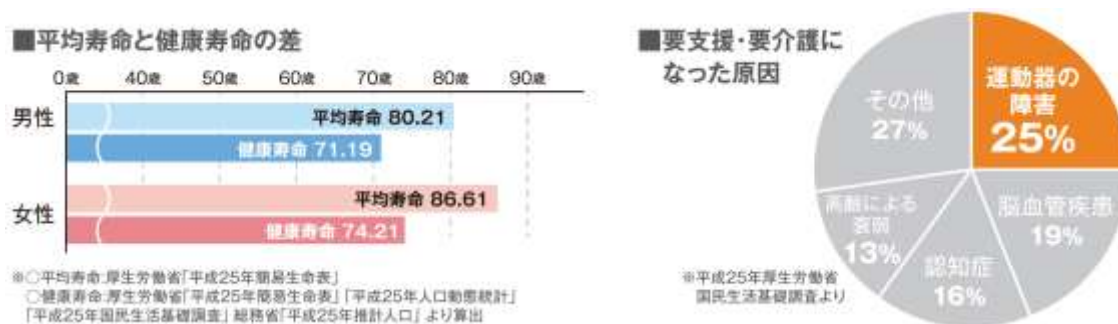


図4 平均寿命と健康寿命

## 2. 研究の背景

### [1]. シリアスゲームについて

本節では研究の題目にも含まれているシリアスゲームについて、歴史や現在の社会における状況について述べる。

ビデオゲームをエンタテインメント以外のジャンルでも活用しようというシリアスゲーム<sup>[2]</sup>と呼ばれる分野は、欧米を中心に盛んになってきており<sup>[10]</sup><sup>[11]</sup>、ゲームの優位点を教育やヘルスケア等へと応用していく活動が活性化している。元来、ビデオゲームはエンタテインメント用として開発され社会に受け入れられているが、教育や医療といった分野とは無縁であり、むしろ敬遠されがちであった。一方で、ビデオゲームが持つ積極性や持続性を向上させる要素

は魅力的であり、モチベーションがあがらないような状況を改善するために活用できるのではないかという期待から生まれたゲームコンテンツである。もっとも著名であり、規模が大きいシリアスゲームとしては、アメリカ軍の活動を学べる体験型コンテンツ、『アメリカズアーミー』がある<sup>[12]</sup>。利用者は無料で自宅でのPCによるプレイが可能である。他に、タンパク質の複雑な問題をゲーム形式で世界中に配布することで、回答をえられたという事例もある<sup>[13]</sup>

<sup>[14]</sup>。アメリカではシリアスゲームに関する議論を行う場として、教育分野で Games for change、健康分野で Games for health という学会が立ち上がりヨーロッパに展開するなど活動を活性化している。一方で、日本においてはシリアスゲームに関する活動事例は多くなく<sup>[15]</sup>、2006年に、大手ゲーム企業（株）スクウェアエニックスと（株）学研の共同出資により SG ラボ<sup>[16]</sup>が設立され、シリアスゲーム分野の産業としての発展を期待されたが、2009年に解散するなど、積極的に展開していく様子はみられなかった。学術分野においては、2011年に日本デジタルゲーム学会<sup>[17]</sup>が、国内唯一のデジタルゲームに特化した学術的団体として発足しており、年次大会等でのシリアスゲーム関連の研究発表は増加傾向<sup>[18]</sup>にある。同様にゲーム開発者会議である CEDEC (Computer Entertainment Developers Conference)<sup>[19]</sup>においては、筆者らが参加発表を開始した2013年では1件のみであったシリアスゲーム研究発表が2018年には6件と増加しており<sup>[19]</sup>、発表者も大学をはじめとした研究機関のみならず、ベンチャー企業によるものも見られる<sup>[19]</sup>。

以上から、欧米にてシリアスゲームという分野が発足して以降、活動事例は増加傾向にある。国内も同様ではあるが、シリアスゲームという分野の認識も含めその速度は非常に遅いといえる。さらにシリアスゲームのテーマとして医療、健康を扱った取り組みは国内においてはみる機会が少ないのが現状である。次節にてリハビリ・ヘルスケアにおけるシリアスゲーム活用について詳細を述べる。

## [2]. リハビリ・ヘルスケア分野におけるシリアスゲーム活用

Voravika Wattanasoontornらは学会誌 Entertainment Computingにて健康に関するシリアスゲーム108作品を対象とした分類調査研究を報告している<sup>[20]</sup>。現状分析調査によると、全体のなかでリハビリ・ヘルスケアが占める割合はあわせて37.04%となっており(図5)さらにそのなかで本研究と関連が深い、筋力、関節等の運動器の状態維持や回復を目的とする身体運動(エクササイズ)を取り

入れた研究は7.4%である(図6)。このように、海外においては転倒を防止するためのバランスゲームをはじめ<sup>[21]</sup>、腕や足(歩行)のリハビリに関するゲーム介入の研究が積極的になされている<sup>[22][23]</sup>。また、これらを詳しくみると研究手法についても既存のゲームをリハビリ・ヘルスケアの運動に取り入れた例や、ゲームそのものを新規で開発した例、制作におけるノウハウを構築、提案するものがみられる。以下に本研究と関連が深い内容を選出し先行事例として説明する。



Fig. 9. Breakdown of the "Game Objective" values present in our survey.

図5 対象とするゲームの用途

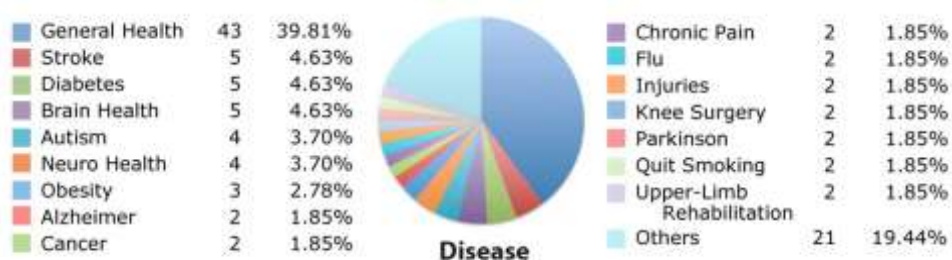


Fig. 11. Breakdown of the "Disease" values present in our survey.

図6 対象とする疾患の分布

●事例1: Physical and psychosocial effects of Wii video game use among older women

Dennis Wollersheimらは平均73.5歳の女性11人の被験者にWii Sportsを利用させ、社会性の変化、身体的効果、心的効果について検証をおこなっている<sup>[24]</sup>。期間は6週間、週2回のペースで単独もしくは4名までのグループにてWiiテニスやWiiボーリングを利用し、6週間後、前半に被験者のうち6名、後半5名に対してアンケート形式の検証をおこなった。結果、社会性の変化に関して、Wiiを用いることで、身体的にも心的にも他のプレイヤーとの境界線がなくなり、よ

り近くなったとされている。身体的効果に関して Wii Sports 利用時に、エネルギー消費の最大値を示した瞬間はあったものの、全体的にみたエネルギー消費に通常訓練時と比べ有意な差はなかった。心的効果に関しては、従来の運動よりも強度が高く、快適と感じる範囲を越えていたが、刺激的であり興味も増し、最新のテクノロジーや今の時代に沿っている感覚を持てたという結果がえられている。総括として Wii では身体的効果の増加はみられなかったものの、身体的、社会的、心的に満足感をえられることがわかったとされている。

本事例にて、ヘルスケアにおけるゲーム利用が身体的、社会的、心的に有用であることが示されており、おおいに参考になる。一方で、Wii Sports は市販されているゲームであり、高齢者のヘルスケア用として作られたゲームではない。よって、ゲームデザインに関する分析や提案等の言及はされていない研究である。

#### ●事例 2 : A feasibility study using interactive commercial off-the-shelf computer gaming in upper limb rehabilitation in patients after stroke

Loh Yong Joo らの研究では<sup>[26]</sup>、Nintendo Wii が、脳卒中後の上肢のリハビリに対して従来の訓練の追加運動として有効かどうかを検証している。Wii Sports 中のボクシング、ボーリング、テニス、ゴルフ、野球を 2 週間、シンガポールリハビリテーションセンターのリハビリ課にて実施し、被験者は脳卒中発症後平均 26.3 日経過した上肢に対するリハビリが必要な患者 16 人としている。結果として主観評価で、75% (12 名) が従来のリハビリ運動よりも優れているとまでは言えないが同等に運動に効果的だったと答え、81.3% (13 名) が、非常に面白かったと回答し、87.5% (14 名) が Wii をリハビリのプログラムに取り入れて欲しい、93.8% (15 名) が他の人にも勧めたいと答えている。また、FMA 値、Motricity Index 値がプレイの前後で計測され、統計学的にスコアに大きな改善が見られた。つまり、上肢を動かす力と機能に関して改善が見られたと報告している。

以上から、「重度の脳卒中患者においても、Wii はプレイできることがわかり、Wii の面白く魅力的であり一般的なリハビリにおいてもゲームによるインタラクティブ性および利用者をゴールへと導くデザインは今後無視できない。また、運動へのやる気を失っている患者にとっても Wii の利用は有用であり、現段階では従来のリハビリの代替にはならないものの、エンタテインメント性によるモ

モチベーションの向上は必要である。」と述べられている。片や、ゲームを利用するには、画面に表示された操作指示情報等を理解するための認知能力が必要とも述べられており、ユーザインタフェースの重要性について言及している。

本事例においては、脳卒中後の患者でもゲーム利用が可能であること、またゲームが持つインタラクティブ性、ゴールへと導くルール設定が有用であることが示されており、本研究の方向性を強固なものとする研究である。また本事例の課題として、リハビリでのゲーム利用時にモチベーション、すなわちやる気の数値化方法、症状が異なる患者への個別対応方法、長期間にわたる使用や、自宅での使用への安全性と利便性があげられており、本研究の参考となる点である。一方で、前例と同様、本事例は、既存ゲームである Wii Sports のリハビリでの応用であり、ゲームデザインの提案ではない研究である。

### ●事例 3 : Mobile, Exercise-agnostic, Sensor-based Serious Games for Physical Rehabilitation at Home

Ana Vasconcelos らは介助者（セラピスト）なしで自宅にて上肢のリハビリをおこなうシリアスゲームをオリジナルで開発している<sup>[26]</sup>。被験者特性として、平均年齢 33 歳、男性 5 人、女性 5 人、計 10 人となっている。本研究ではシンプルな画面を有した三つのタイプのゲームを制作（図 7）しており、被験者はそれぞれのゲームの説明ビデオを見てから実際のゲームを利用している。セラピストの介入、介助なしに問題なくプレイすることができ、被験者はプレイへ集中するという結果が得られ、不快さの主張はみられていない。しかしながら、三つのゲームに関する制限時間の提示や、ゲーム内のルールに一貫性が無く、また、音の要素がまったく入っていないという要因が、利用者に戸惑いを与えたと報告されている。

リハビリ用としてオリジナルのシリアスゲームを制作し、自宅での利用を可能としている点は評価できる。またユーザインタフェースに関する課題も本研究と重なる部分が多く参考になる。一方で、シリアスゲーム研究として重要なゲームの有用性を示すエビデンスの記述に乏しい内容である。



**Figure 1:** The goal of the 'Gates Game' is to open the gates and let the circle go through them. Contracting the muscle makes the gates open, while relaxing it enables the ball to move forward.



**Figure 3:** In the 'Labyrinth Game' the player contracts the correct muscles to make the circle advance through the maze.

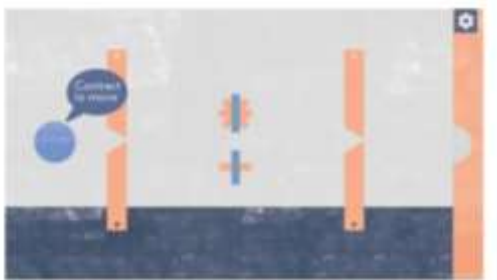


図7 A. Vasconcelos らによる上肢リハビリ用ゲーム

#### ●事例4: Serious Games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis.

Johanna Jonsdottir らは多発性硬化症患者の腕のリハビリ用ゲームをオリジナルで開発し、ゲームの効果検証を Wii の既存ゲームと比較する形でおこなっている<sup>[27]</sup>。被験者特性は、平均年齢 56.8 歳、16 名（オリジナルゲーム群 10 名、Wii 群 6 名）、期間は 4 週間でセラピストとともに病院で行われている。

オリジナルゲームは 4 種類あり（図 8）、センシングには Kinect を用いている。腕を動かす動作を感知する。Wii 群では、既存のゲームのなかから Wii リモコンを用いて握る、ボタンを押すという操作が入ったゲームを選択している。これらのゲームを用いて、評価テストによる動作速度および治療効果について検証をおこなっている。結果として、Wii 群では動作速度、治療効果に関して改善は見られず、オリジナル群では治療効果は改善がなかったが、動作速度については顕著な改善がみられている。考察として、オリジナルゲームではリハビリに必要な機能を意識して取り入れた結果、リハビリ用に特化していない Wii のゲームと差が出たのではと述べている。

本事例では、リハビリ効果を出すための機能を意図的にとり入れたゲームを制作する必要性が示唆されている点が、本研究にとっても参考になっている。一方で、ゲームデザインに関する言及はとくにない。

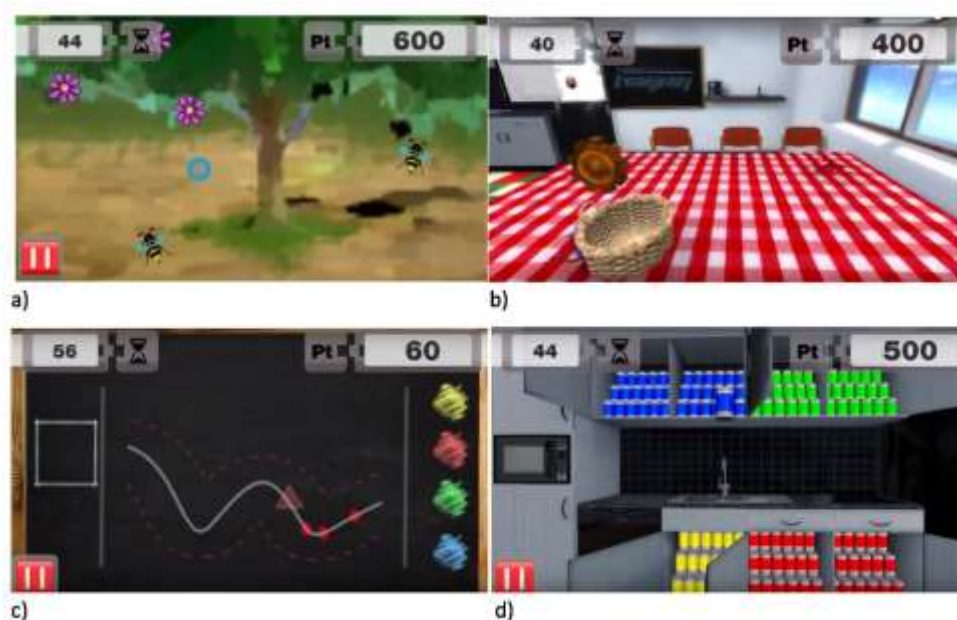


図8 J. Jonsdottir らによる開発ゲーム

### ●事例5: Serious games for health

本節の冒頭で記載した Entertainment Computing に発表された論文「Serious games for health」では、108点のヘルスケア用ゲームの分類と比較をおこなっており、以下に示す14項目が挙げられている<sup>[20]</sup>。制作プロセスおよびゲームデザインの提案にとって参考となる事例である。本研究では、より目的や対象を絞り込んだ提案をおこなっている。

1. 疾患
2. 目的（ヘルスケア、スキルアップ）
3. 対象（認知、身体動作）
4. ツール（入力デバイス）
5. インタフェイス（2D, 3D）
6. プレイ人数（単独、複数）
7. ジャンル（アクション、パズル、エクサゲーム、RPG）
8. 難易度調整あり/なし

9. 進捗度の確認
10. フィードバックの有無
11. 携帯性
12. 開発環境
13. プラットフォーム
14. オンライン/オフライン

研究論文の他に Playful Health. Tips, Taking Games Beyond Entertainment, DIGITALMILL, 2018 では、本研究で制作した、『リハビリウム起立くん』を含む 10 のゲームが世界で発表されたヘルスケアゲームとしてまとめられ、紹介されている<sup>[28]</sup>。10 のうち研究期間によるものが 4 点、企業によるものが 6 点である。海外におけるリハビリ分野へのゲームの介入は有用であると報告もあるものの<sup>[26]</sup> 現場等で利用できるようになるためのゲームの構築には、有効なエビデンスの不足や、検証方法の問題点などが存在する。一定の長期間に渡る検証や、有用性を高めるための更なる研究が必要であるとされており<sup>[29] [30]</sup>、前述した、もっとも活動的な学会の一つである Games for Health によると、シリアスゲームのこれらの分野への介入の成熟度はいまだに低いと報告されている<sup>[31]</sup>。

国内事例としてもっとも顕著なものは、本研究の出発点となった高杉氏らによる取り組みである。これは医療分野とゲーム分野による産学連携プロジェクトの一例であり、リハビリ効果としてのエビデンスを示す論文の発表、かつ商品としての販売がなされている。また、メディアアートをリハビリが必要な児童への運動に役立てようという、『デジリハ』プロジェクト<sup>[32]</sup> や、うつ病や不安障害に効果があるとされる心理療法、認知行動療法を学ぶことのできる、RPG 『SPARX』<sup>[33]</sup> などがあり、CEDEC を代表とするゲーム開発者が集うカンファレンス等で報告がある。一方、高齢者用のリハビリ・ヘルスケアに範囲を絞ると国内における顕著な研究報告はみられず、さらに積極性、持続性を向上させるためのゲームデザイン、エンタテインメント性について深く言及されているものはない。とくに医療分野とデザイン分野の共同による実践をとおしたビデオゲームに関する研究となると皆無である。シリアスゲーム研究者の藤本らはこの件について、「国内でのこの分野の研究は、以前から行われているものの、体系的な理解がすすんでいないのが現状である。個別分野での関心に基づいて進められた開発や授業実践が中心であり、研究の知見が分散したまま知識基盤の形成が



不十分な状態で推移している。この状況では、新たにこの分野に関心を持った研究者が参照すべき先行研究や関連する研究領域からの知見へのアクセスに手間を要し、結果として先行研究調査の不十分なまますでに明らかになったことを上塗りする新規性の低い研究や、有効でない方法で同じ失敗を重ねる有効性の低い研究が繰り返されることが懸念される。」<sup>[34]</sup>と述べている。

### 3. 目的

海外ではゲームとヘルスケアを組み合わせたシリアスゲームに関する研究はみられるが、未だ黎明期の域を出ていない。なかでもゲームデザイン研究はとくに少なく、国内についてはさらにその傾向が強い。加えて、藤本らの提案では、医療とデザインの連携による研究活動が求められている。

海外における先行事例は本研究でもおおいに参考としているが、他方、既存のエンタテインメントゲームに関する研究によると、国独特の文化によって、ゲームのジャンルや表現、ルール等で好まれる傾向が異なるという報告がある。たとえば日本で人気のRPGは海外では不人気であり、とくに映像表現についてはリアル志向の海外と、キャラクター等を多用したデフォルメ志向の日本など、明確な差が出ている<sup>[35]</sup>。シリアスゲームについても映像表現や世界観などにおいて、同一の作品でも国内外で評価が異なる可能性もある。超高齢化社会を目前に控えた国内において必要とされるリハビリ・ヘルスケア用ゲームを考案するにあたり、医療・デザインの連携にてオリジナルのゲーム開発をとおり、制作プロセスやゲームデザインの研究をおこなうことは、デザイン学、リハビリテーション学の双方において、学術的にも意義があると考えられる。

よって、本研究では、国内外の先行研究で得られた知見を基に、高齢者向けリハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームの制作をおこない、医療および健康促進を行う現場での有用性を示すとともに、制作プロセスを整理し、デザイン原則を確立することを目的とする。なお、本研究にて取りあつかうリハビリの範囲は身体能力の維持、回復を用途としており、認知機能や心理面のリハビリは主としないものとする。

## 4. 研究の方法

### [1]. 研究行程

本研究は各章で論じる三つのシリアスゲーム制作をとおり、検証ののち、リハ

ビリ・ヘルスケア分野におけるゲーム利用の有用性を示すとともに、制作過程で得られた知見から制作プロセスおよびデザイン要件を導き出すという手法をとっている。三つのゲームは対象者や取りあつかうリハビリ運動、研究の主たる目的がそれぞれ異なっているが、制作の過程としては同一であり、企画、制作（ゲームデザイン）、評価、改良、検証の工程となる。企画段階ではデザイン研究者のみでおこなわず、必ず医療分野の専門家と共同でおこなっている。制作（ゲームデザイン）、と評価の段階ではデザイン側が主導となり、医療、デザインの間を何度も行き来しながら議論を重ねる形で進行している。検証については、ゲームデザイン関連の検証と、リハビリ効果や安全性のエビデンスをえるための検証の2通りがあり、前者の場合はデザイン側が、後者の場合は医療側が主導となる。（図9）



図9 研究工程

## [2]. 用途および対象者について

本研究で制作したシリアスゲームはリハビリ・ヘルスケアを用途としており対象者は高齢者となるが、リハビリを用途とした場合と、ヘルスケアを用途とした場合で、それぞれ対象者となる高齢者も、「患者」と「元気な高齢者」となり、身体能力や認知機能に差が出てくる。利用場所についても患者の場合は病院であり、元気な高齢者は地方自治体が運営する健康サークルやスポーツジムの場合もありうる。利用環境によって介助者の役割や人数も異なる。結果として制作するゲームの目的や機能も異なってくるため、用途と対象者をどのように設定するかは最初におこなうべき事項となる。詳細は各章で述べるが第1章の、『リハビリウム起立くん』は病院から老健施設、運動サークルまで広範を占める用途と対象者を想定して制作しているが、評価、検証は病院および老健施設を中心におこなっており、介助者はセラピスト、介護士が10人に1人の割合でついている。第2章の、『ロコモでバラミンゴ』は運動サークルでの健康な高齢者の利用

を目的としており、介助者は行政の職員やボランティアによるスタッフ等となり、介助者自体がない場合もある。第3章の、『たたけ！バンバン職人』は病院での認知機能の低下が多く見られる患者の利用となり、セラピストがほぼマンツーマンに近い形で介助をおこなっている。制作したゲームが適用される用途および対象者の範囲を図10に示す。



図10 用途および対象者

## 5. 論文構成

本研究では、デザインの密接なコラボレーションをとおして、リハビリ・ヘルスケアでの運動におけるゲーム利用の有用性を示しつつ、リハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームをデザインする際の制作プロセスの提案をおこない、デザイン要件を整理することを目的としている。有用性提示、制作プロセス提案、デザイン要件の三つの解答を出すため、本論文は序論に三つの本論と結論を加えた五つの章から構成されている。

序論では、本研究の着想と実施に至った背景として、シリアスゲームの現状および超高齢化社会が抱える課題について述べる。さらに高齢者を対象としたリハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームに関する国内外の関連研究を提示し、着想

の正確性と先行事例との相違点を示しつつ、本研究の位置づけを明確にしたうえで、目的の設定をおこなう。

第 1 章では、起立-着席運動をおこなうためのシリアスゲーム、『リハビリウム起立くん』を題材とし、企画からゲームデザインにいたる過程を示したうえで、検証をとおして高齢者施設および病院におけるゲーム利用の有用性および継続効果について明らかにする。

第 2 章では、開眼片足立ち運動用シリアスゲーム、『ロコモでバラミンゴ』を題材とし、企画からゲームデザインにいたる過程を示したうえで、高齢者向け運動サークルにおける検証により、ゲームに失敗体験等の負の要素を付加した場合のゲーム利用の効果について明らかにする。また、ゲームデザイン中の映像表現に関する高齢者の好感度およびユーザインタフェース、ゲームルールの理解度についても明らかにする。

第 3 章では、半側空間無視という症候を抱えた患者のリハビリをおこなうゲーム、『たたけ！バンバン職人』を題材とし、企画からゲームデザインにいたる過程を示したうえで、検証をとおして特定疾患および患者を対象としたリハビリでのゲーム利用の有用性について明らかにする。

第 4 章では、第 1 章から第 3 章のそれぞれでおこなった企画から検証にいたるまでのプロセスをまとめ、リハビリ・ヘルスケア用ゲームの制作プロセスとして提案する。さらに本論文の核となるゲームデザインについて各章を総括し、リハビリ・ヘルスケア用ゲームのデザイン要件を提案する。

結論では各章での有用性を明らかにした検証結果を基に、病院から老健施設、高齢者向け運動サークルという場における、患者から健康な高齢者までを対象者とした上での、リハビリ・ヘルスケア運動でのゲーム利用の有用性について言及する。また、第 4 章で提案した制作プロセスおよびデザイン要件を基にリハビリ・ヘルスケア用ゲームのための、「デザイン 10 原則」を確立する。そして最後に現在進行中の活動について触れ、今後の展開としてまとめる。本論文の全体構成を図 11 に示す。

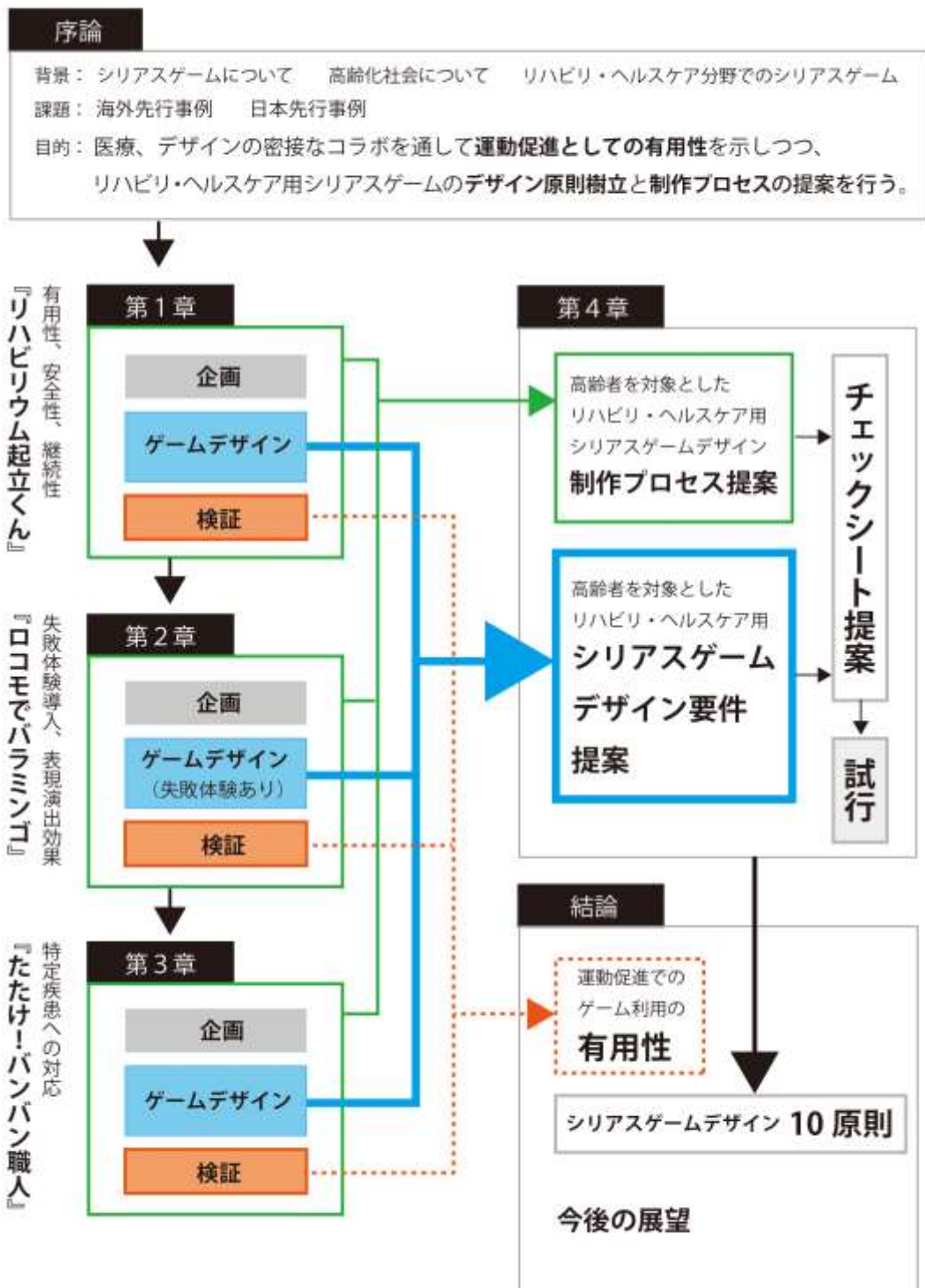


図 11 論文構成

## 6. 用語の定義および解説

本研究にて使用している用語の定義と解説について、以下に述べる。

### [1]対象者

リハビリ、ヘルスケア運動を実際に行う人を総じて対象者としている。大半が高齢者であり、第1章では虚弱高齢者を中心とし、第2章は健康な高齢者、第3章は認知機能が低下した患者となる。

### [2]介助者

介助者：対象者の補助を行う人を総じて介助者としている。第1章および第3章では病院、老人福祉施設で働くセラピスト（作業療法士、理学療法士）、介護士となり、第2章ではサークルのボランティアスタッフとなる。

### [3]有用性

本研究においてゲーム自体が、直接、筋肉や歩行に作用するわけではなく、起立-着席運動等を実施する積極性とやる気を向上させ、結果、運動を継続しておこなうことで健康維持や治癒へとつながることとなる。ゲームが直接的なリハビリ効果を示すわけではないことを加味し、「効く」ことを示す有効性ではなく、「役に立つ」という意味を持つ意味で有用性という言葉を用いている。

## 第1章

### 起立-着席訓練用シリアスゲーム『リハビリウム起立くん』の開発

#### -リハビリ・ヘルスケアにおけるゲームの有用性、安全性、継続効果の検証-

#### 1-1. 本章の目的

地方自治体や企業等で高齢者のリハビリ・ヘルスケアを促進する試みはさまざまおこなわれている。筆者らが推進するシリアスゲームプロジェクトではゲームが有する、「やめられない止まらない」といった積極性、持続性を向上させるデザインが、リハビリ運動を実施する対象者のモチベーションを増幅させ、結果ゲームがリハビリ・ヘルスケアにとって有用であるという仮説をたて、研究活動をおこなっている。本章の目的を大きく二つに分ける。一つは、実際に研究開発したシリアスゲーム、『リハビリウム起立くん』を題材とし、制作を通して企画やゲームデザインの段階でおこなった事項を記したうえで、制作全体のプロセスおよびゲームデザインについて明らかにすることである。もう一つは、ゲームを用いた検証をとおして、病院および老人福祉施設におけるゲーム利用の有用性、安全性、および継続効果を明らかにすることである。

#### 1-2. 本章の構成

本章での研究は、『リハビリウム起立くん』(図 1-1)を題材とし、企画、制作(ゲームデザイン)、評価、検証の行程でおこなっている。企画では用途、利用環境、対象者の決定、サポート体制の把握、現場理解を経てゲームで取りあつかう運動を決定するまでを含む。企画決定後、制作へとうつる。制作には、「運動とゲームの対応付け」、「ゲームルール」、「表現演出」、「運動成果の可視化」、「個人データ活用」、「身体動作入力」、「ユーザインタフェイス」、「システム環境」、「安全性」を含む。なお、本研究をとおして実際にゲームを制作する工程を、「ゲームデザイン」としている。制作の次の工程が評価、改良となる。そして最後の検証は、ゲームが完成したのち、安全性、有用性、継続効果のエビデンスを示すためにおこなわれる。企画から検証までを示したうえで、章末に考察、および次章への導入について述べる。以上本章の構成を(図 1-2)に示す。



図 1-1 『リハビリウム起立くん』メディカ出版より販売

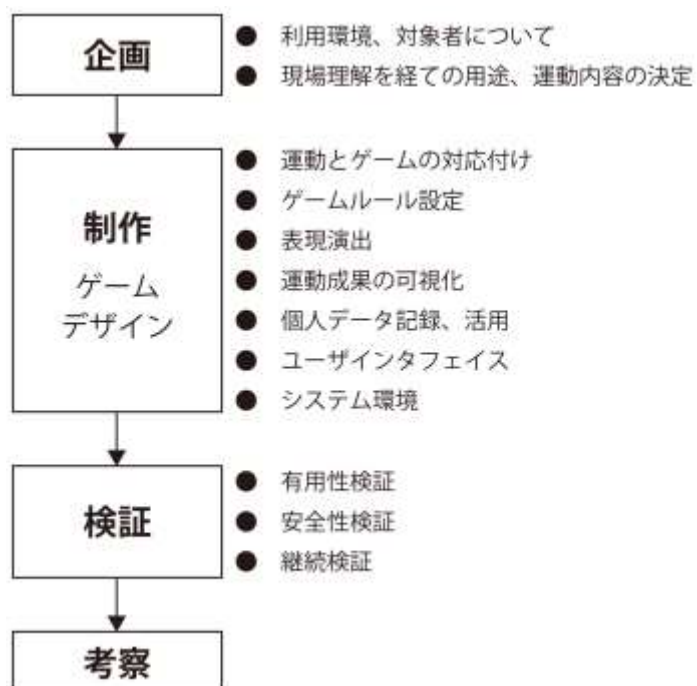


図 1-2 本章の構成



### 1-3. 企画

#### 1-3-1. 利用環境、対象者について

本章での、『リハビリウム起立くん』に関する制作、および研究は長尾病院との共同研究により推進している。長尾病院は同じ敷地内に病院のほかに、介護老人保健施設である、「老健センターながお」を併設する、リハビリに力をいれた病院である。よって、利用環境は病院および介護老人保健施設となる。また、病院や施設の患者、利用者（以下、対象者と記す）が対象となり、かつその大半は後期高齢者である。病院には認知機能が低い高齢者がいる一方で、介護老人保健施設には比較的健康的な高齢者が通っている。身体能力、認知機能ともにその中間に位置する高齢者もあり、対象者層をどこに置くかは介助者であるセラピストと協議を重ねたうえで、病院、対象者を網羅する高齢者全般と決定している。

#### 1-3-2. 現場理解を経ての用途、運動内容の決定

長尾病院において通常行われているリハビリの訓練は、患者の疾患、病状、修復すべき機能や能力、急性期、回復期、維持期等の時期によって、寝返り、起き上がり、立ち上がりの基本的な動作訓練から、歩行、バランス訓練をおこなう理学療法、日常生活上の基本的な動作を基とした作業療法などさまざまある。ゲームで使用する運動の決定の際、長尾病院での実際のリハビリ運動を観察し、さらにここでも多くの協議を重ねたうえで、最終的には長尾病院からの提案である、起立-着席運動を選定した。起立-着席運動は日常生活動作を回復、維持する上で基礎となる訓練であり、脳卒中治療ガイドラインにおいて歩行障害に対するリハビリに対して推奨グレードAと評価されている(脳卒中合同ガイドライン委員会、2009)。そのため、リハビリをおこなう患者から、ヘルスケアをおこなう元気な高齢者までを対象とする強く推奨されている運動であり、長尾病院でも頻繁にこの起立-着席運動が行われている。しかし、これは、立ち座りを繰り返すだけの単調な反復運動であり、患者にとっては退屈で面白くない運動でもある。この退屈な起立-着席運動を、ゲームの、「やめられない止まらない」を実現するデザインで楽しみへと変えるプロジェクトとなる。ゲームの名称である、『リハビリウム起立くん』は、対象とした運動が、起立-着席運動用であることから名付けた。図 1-3 に、『リハビリウム起立くん』と用途、利用環境、対象者、サポート体制の関係を示し、次節から制作工程について述べる。

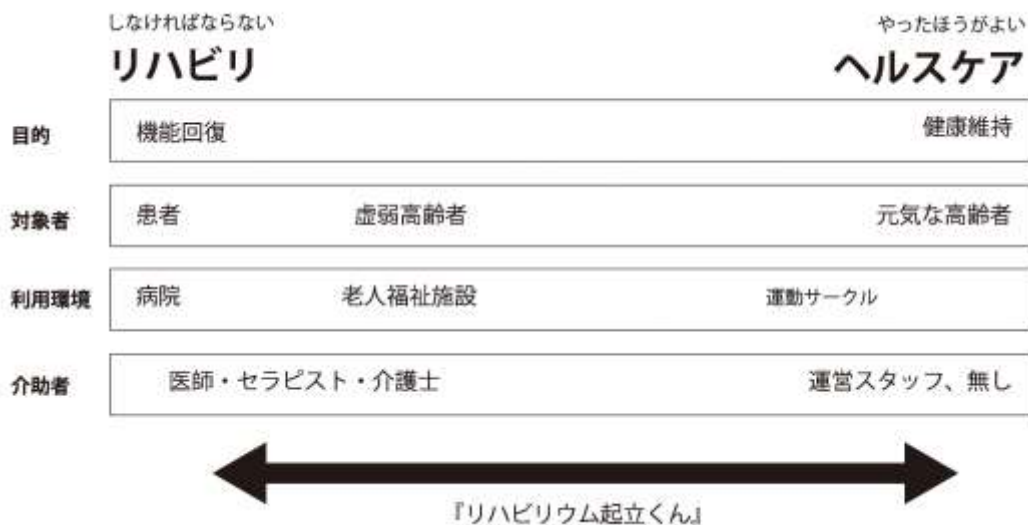


図 1-3 『リハビリウム起立くん』と用途、利用環境、対象者、サポート体制の関係

## 1-4. 制作（ゲームデザイン）

### 1-4-1. 運動とゲームの対応付け

企画によりゲームで取りあつかう運動が決定したのち、最初におこなった工程が、運動とゲーム内の要素の対応付けである。対象者が起立-着席という動作をおこなった際に、ゲーム内の要素がどのように変化をするのか、その対応付けを実施する。この工程も長尾病院のセラピストとの協議によりおこなったが、最初にセラピスト側の発言が、「起立-着席の動作がどうやったら面白くなるのか。」という問いかけであった。セラピストは起立-着席運動が高齢者のリハビリにとって有効であることは専門知識として有しているが、どうやって楽しいものにするかは専門外となる。よって、アイデア創出はゲームデザイン側で主導し、セラピスト側に提案したのち協議をおこなう形で進めていくこととなる。不採用になった提案として、蟻の巣を大きくしていくというアイデアがあり、対象者が起立をすると、地中の蟻の巣が大きく複雑に形成されていくというものであった。不採用の理由として、地中へ潜り、広がっていくという要素がマイナスのイメージとされ、また蟻や土の色から暗い印象をもったとのことであった。最終的に採用されたアイデアは、対象者が立ち上がることで画面中の木が上に向かって伸び、結果立ち座りの運動をとおして木を育てる（伸

ばす) という様式である。これは、映画、『となりのトトロ』の主人公達が身体を伸ばすたびに木が勢いよく伸びていくシーンより着想をえており、木が伸びることで、対象者に運動しながら強い生命力を感じてもらいたいという意図を含んでいる。この利用者が立ち上がるとゲーム中の木が伸びるというシンプルな対応付けが、起立-着席運動とゲームをつなぐ接点となり、『リハビリウム起立くん』の核となっている。

運動とゲームの対応付けをおこなうにあたり、ゲームによって実際のリハビリ運動による動作を阻害しないことを基本としている。起立-着席運動は、それ自体リハビリにとって有効であるというエビデンスは医療分野の研究により既にえられているが、ゲームにより運動そのものを変えてしまうとエビデンス自体が不確かになることが理由である。このことに留意しなければならない。

## 1-4-2. ゲームルール設定

### [1] 『リハビリウム起立くん』利用の流れ

『リハビリウム起立くん』のゲーム利用の流れについて解説する。

対象者はそれぞれ個人 ID が記録されたカード (NFC タグ) を持っており、ゲーム (モニタ) の前まで移動し、カードをリーダーに翳すことで、個人の設定情報が呼び出されゲームがスタートする。個人カードには対象者の1度の起立-着席運動における起立回数、および運動速度の設定データは予めセラピストによりゲーム中に登録されており、各人が自分のカードを持している。個人情報表示後、画面は、「今日は何の日」に移行する。この要素は、当日の日付を毎日確認するという実際に施設で行われている認知症予防訓練を取り入れたものであり、また、その表示をとおした対象者とその他のセラピスト等との交流のきっかけ作りとしての意図もある。そののち、「椅子に座ってお待ち下さい」というアナウンスと画面が提示され、「よーいスタート！」のかけ声とともに運動スタートとなる。対象者が起立-着席運動を通常どおりおこなうことで、モニタ中の木が上方に伸びていく。木は対象者の起立-着席動作に反応して伸びるため、座位を続けると画面中の木も伸びないこととなる。起立-着席を続けることで、木は地面上の芽から、空、宇宙空間へと伸びていき、目標回数に到達すると、「ゴール」、「おめでとう」という声とともに花火と花の演出が表示され、運動終了となる。これが運動中の基本的な流れとなる。

運動終了後もゲームは続き、「スタンプラリー」、「段位認定書」、「履歴シート」、

「週間ランキング」の画面が順次表示されるが、これらの詳細については、「運動成果の可視化」で述べる。

すべての画面が表示し終わると、最初の待機画面へと戻る。図 1-4 に一連の流れを示す。



図 1-4 『リハビリウム起立くん』 利用の流れ

## [2]ルール設定および失敗体験の排除

『リハビリウム起立くん』のルールは、目標回数まで起立-着席を繰り返し、木を伸ばしていくという至ってシンプルなものになっている。

通常のエンタテインメント用ゲームにおいては、プレイヤーの関心を持続させるために、達成感を定期的に与え続けるという手法を取ることが多い。これを作り出すために、最初に困難な障壁を設けストレスを与え、その障壁を乗り越えることで達成感がえられるように設計する。たとえば、敵キャラクターに触れたら減点され、減点が重なるとゲームオーバーになるといった具合である。対象者はこの障壁を越えられない、つまり失敗することもあり、失敗後、練習を繰り返し、障壁を乗り越えることでさらなる大きな達成感をえることができる。一方で、リハビリ用のシリアスゲームの場合、障壁に対するストレスおよび失敗体験がリハビリ訓練を阻害する可能性がある。つまり、障壁に直面し、乗り越える前にストレスや失敗体験が原因となり、ゲームのみならず、起立-着席運動そのものを止めてしまいかねないということである。たとえば素早く身体を動かして何かを避けるなどの身体能力を必要とする障壁であった場合、中断する可能性は重度の患者になるほど高い。そのような対象者にとっては身体能力に起因するストレス、および失敗体験を入れないゲーム設計をする必要があるのではないかという議論が、ゲームデザイン側およびセラピストの双方でなされた。結果、『リハビリウム起立くん』はシリアスゲームプロジェクトにおけるリハビリ・ヘルスケアゲーム制作の最初の取り組みであるため、リハビリ運動を中断する危険性を回避すべく、身体能力に依存する失敗体験は入れない方針をとっている。

## [3]運動強度設定

『リハビリウム起立くん』では、目標起立回数および起立-着席の速度を個人毎に設定できるようになっている（図 1-5）。長尾病院では施設利用者が毎日、起立-着席 40 回を 3 セット実施しており、初期設定は 40 回となっているが、個人で変更可能である。同じ施設においても対象者の身体能力は異なるため、このような個人設定は必須事項となる。



図 1-5 運動強度設定の画面

### 1-4-3. 表現演出

映像と音は、ゲームの大部分を占める重要な要素である。映像は、起立-着席の動作にインタラクティブに反応する要素であり、対象者を画面に惹き付ける役割をもつ。映像制作にあたり、長尾病院院長である服部氏から、「高齢者」を感じさせる絵作りはやめてほしいという要望があった。「高齢者」を感じさせる絵作りとは、剣玉や魚釣り、紙風船をポンポンと打ち上げる等の昔遊びで出てくるような映像のことであり、推奨しない理由は、より、「老い」を感じさせ、躍動感が失われるということであった。「3DCG でのダイナミックな動き等を駆使した若者も夢中になるような絵作りで高齢者も惹きつけてほしい」という要望から、本ゲームの主となる「木」の表現に関してはCG制作経験のあるデザイン系の大学生に依頼した。「木が上に向かって伸びていく」という要件と、明るいイメージであること、常に動いていることの三つの条件以外は自由に各自の発想に任せている。また、対象者の飽きを防ぐために複数の、「木」を用意した(図 1-6)。



図 1-6 複数の木の表現

画面全体に常にアニメーションによる動きを与えることで賑やかさ、楽しさを演出している。これらは基本的に患者を画面へと惹きつけるための工夫であるが、患者が目眩をおこすような安全性を損なう可能性のある激しい画面の動きや色の明滅等は避けている。

音の要素について、BGMとしてサンバ調の軽快な音楽を作成した。木が伸びる時の映像にも、その伸びを強調する効果音を入れている。そして、対象者が起立-着席運動をおこなっている間は、女の子の元気な声により、「立って、座って」の声が繰り返される。途中、「がんばれ」、「その調子」といった励まし



の声や、10回達成毎に映像による演出が入る。設定された目標回数が近づくと、「もうちょっと」、「あと3回」等の励ましの声が多くなるなど、つらさを忘れさせるための工夫を入れている。なお、この励ましの声の内容については、セラピストが長尾病院での通常の起立-着席運動をおこなう際に対象者にかける、「はい、もうちょっとがんばって〜!」といった元気づけの言葉を参考に作成している。

#### 1-4-4. 運動成果の可視化

『リハビリウム起立くん』は、対象者が起立-着席運動を終えたあとも、続けて、「スタンプラリー」、「段位認定書」、「履歴シート」、「週間ランキング」の画面が順次表示される。これらは、日々の運動の成果を用いた楽しみの要素となっており、対象者のゲーム=運動に対する積極性と持続性を向上させることを目的とした要素である。「スタンプラリー」では、日本および世界の観光名所を巡るようになっており、1回訓練をおこなうと一つスタンプが押され、その観光地の写真を見ることができる。日本地図のスタンプが埋まると、世界の名所地図が出現し、これを埋めていくことになる。地図を埋めていく行為と名所の写真を見る楽しみが積極性へとつながる。「段位認定書」は、段位と起立回数を記した賞状である。段位とは起立回数の累計に応じて付与されるもので、「起立見習い」からはじまり、級、段と昇格していき、最後は「起立の神」となる。「履歴シート」は、自分の運動履歴を確認できるシートであり、「週間ランキング」は、1週間の立ち座り回数に応じた対象者同士による順位を表示している。「スタンプラリー」、「段位認定書」、「履歴シート」については、対象者の運動履歴を可視化したものであり、「週間ランキング」は、他者との競争というコミュニケーションを作り出す仕組みである。『リハビリウム起立くん』は、失敗体験を排除した結果、ゲームとしての楽しさが薄くなっているため、運動とは切り離して確認や認識が可能である運動後の楽しみは運動継続のモチベーションを維持するための重要な要素となっている。なお、「段位認定書」および「履歴シート」はそのまま印刷が可能であり、デジタルに馴染みが薄い現在の高齢者への配慮となっている。

他方、開発途中で不採用となった要素としてコレクション性がある。ゲーム中で起立の回数に応じてカードやメダルをえることができ、それらを集めるといった内容であった。カードやコインを集めるという行為は趣味として一般的に

知られ、エンタテインメント用ゲームにおいて頻繁に用いる手法であるが、高齢者にとっては、ゲーム中でカード等が出てくる意味や、収集する理由、そしてデータという実体の無いものを集めるといった行為自体が理解されなかったと考える。デジタルゲームの文化を持ったゲームデザイン側と、そうではない高齢者の経験的背景に乖離があり、ゲーム制作者が当然として使用方法も通じない場合があることは留意しておかなければならない。

#### 1-4-5. 個人データ記録、活用

『リハビリウム起立くん』の対象者による利用データは、名前や性別といった個人情報とともに、ゲーム設定情報、運動の記録が PC 内に蓄積されている。運動の記録の内容は、ゲーム利用日時、累計起立回数となり、前節の運動成果の可視化で述べた段位や週間ランキング等に活用されている。また、別途各対象者の利用状況の統計をとり、検証実験用データとしても用いている。これらの運動ログに関するデータは、楽しみを作り出すサービスや、医療系の研究に積極的に利用すべきと考えている。現時点の課題として、これらのデータは PC 内に蓄積されているため、自宅や施設内の別の環境で対象者個人のデータを引き継いで、『リハビリウム起立くん』が利用できない状況にある。インターネット対応をおこない、ゲームを利用するためのデータをクラウド上に保存する等の対応が求められている。

#### 1-4-6. ユーザインタフェース

##### [1] 対象者向けのユーザインタフェース

ゲームによる起立-着席運動をおこなう対象者のほぼ全員が高齢者であり、ゲーム経験は少ない、もしくは皆無である場合が通常である。したがって、市販されているゲームパッドやキーボード、マウスを対象者が触る必要がないように設計している。対象者がおこなう作業は、ゲーム機の前まで進み、カードをカードリーダーに翳し、モニタをみながら起立-着席運動をおこなうのみで、特別なスキルを必要としない。映像や音を利用した必要最低限のナビゲーションはおこなわれるが、その際に文字は大きくみやすく、音も騒音にならない程度に大きく聞きやすくすることが絶対条件となる。よって、『リハビリウム起立くん』では対象者の運動時においては、モニタに表示する情報は極力少なくし、目標起立回数と、現在の起立回数のみを表示する。以上の理由から、開発当初

は細かいアイコン等が並んでいたが、最終的にはすべて削除している(図 1-7)。



図 1-7 情報表示の推移

## [2]セラピスト向けのユーザビリティ

ゲーム自体の対象者はあくまで運動をおこなう高齢者である。一方、医療の現場においてゲームの設置や内部データの設定、対象者への促しは、セラピストとなる。セラピストにとってゲームの準備、利用を含めた運用が簡単でなければ、仕事の負担が増え、利用しなくなる可能性は十分ある。そのため、本ゲーム制作および研究の対象を、高齢者だけではなくセラピストも追加し、別途システム構築面で検討をおこなっている。セラピストの作業は、主にゲームを利用可能にするまでの準備と、対象者登録の 2 点となる。ゲームの準備は毎日必要となるため極力手間をかけさせないことを前提に以下の手順としている。業者等がシステムを設置して以降の運用として、

①朝、時間がくるとタイマーにより PC が起動し、ゲームが立ち上がり待機画面となる。

同様に TV モニタも電源が入る。

②対象者は、各自カードによりゲームをスタートさせ、終わったら待機画面に戻る。

③夕方、時間がきたら PC および TV は自動で電源が落ちる。

よって、セラピストはトラブルが起きないかぎり、PC やゲームを扱わなくても済む設計である。

利用者登録はゲーム内の UI を用い、ここでは簡単なマウス操作とキーボードによる名前登録が必要となるが、PC に触れた経験があれば難しい作業ではない。

以上、極力 PC やマウス、キーボードを触る機会を減らすことで、IT 関連が苦手なスタッフでも対応可能な環境を作り出している。このような配慮は、ゲー

ムを楽しくすることと同等に重要な項目と考えている。

#### 1-4-7. システム環境

『リハビリウム起立くん』制作の最初に起立-着席運動とゲーム内要素の対応付けをし、対象者が立ち上がるとゲーム内の木が伸びるというルールを決定している。この対応付けを実現するための立ち座りを検知する入力デバイスについては、初期段階で試行錯誤をおこなっている。制作開始当初は入力装置として Wii バランスボード（任天堂）を使用したシステム構成とした。これは、ゲームシステム的には問題がなかったものの、医療現場からのバランスボードの厚みによる対象者の転倒の危険性や車椅子、歩行器等の障壁になる可能性が指摘され、変更することとなった。次に、自動で人の動作情報を取得する Kinect（Microsoft 社製）に変更し、採用している。現時点で長尾病院では毎日、『リハビリウム起立くん』を使用しており、Kinect の運用は可能となっているが、対象者の体型による誤認識や、周りで見ている人を認識してしまう等の課題も残っている。

『リハビリウム起立くん』のプラットフォームは Windows PC とし、視聴環境としては市販のプロジェクターや 32 インチ以上の液晶 TV を利用している。個人認証システムとして NFC タグ、および NFC リーダーを利用している (図 1-8)。

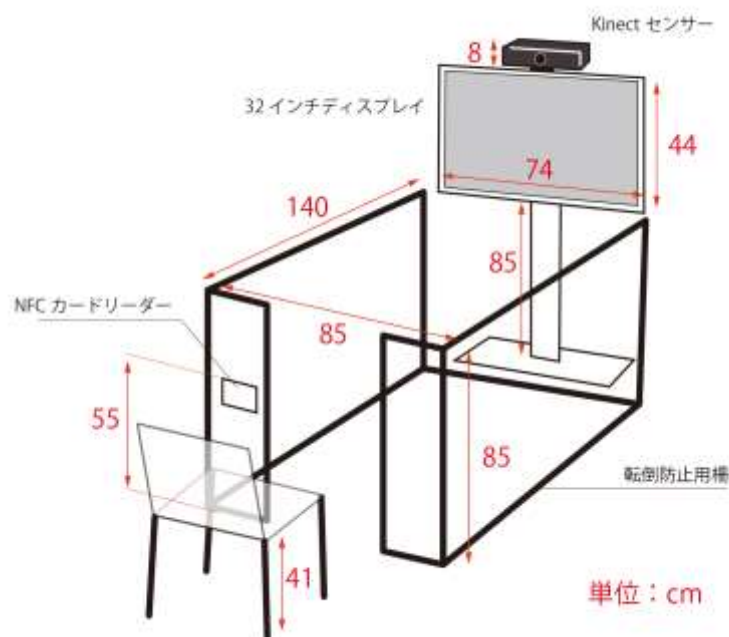


図 1-8 システム構成

ゲーム使用時の安全性を確保するため、起立の際につかまるバーを組んで用意している。これは Kinect の仕様となるセンサーと対象者の距離や、センシングの邪魔にならないような仕組みを考慮した設計となっている。図 1-9 に実際に長尾病院で使用しているシステムの詳細環境を示す。



図 1-9 システム環境詳細

## 1-5. 検証

シリアスゲームは、エンタテインメントの楽しさ問題解決を可能とする機能の二つを併せ持っていなければならない。同時に問題解決が可能であることを示すためのエビデンスが必須となる。『リハビリウム起立くん』完成後、長尾病院において、有用性、安全性、継続効果に関する検証を実施した。以下に詳細を述べる。

### 1-5-1. 有用性検証

2010 年の 12 月から翌年 2 月までの 3 ヶ月間、長尾病院において、セラピストおよび入院患者の協力のもと、『リハビリウム起立くん』を用いて実証実験を実施した (図 1-10)。この実験の目的はリハビリ医療の臨床現場における本研究開発ゲームの有効性と安全性の検証である。なお、実験に用いたのは起立-着席運動をおこなう部分のみで、運動前後の要素については考慮していない。実証実験に参加した被験者は入院病棟の患者 48 名、うち男 19 名、女 29 名平均年齢は 75.5 歳となっている。検証方法について、有効性を検証するために、検証①最大起立回数 (最大で何回立てるのか) と検証②疲労度や積極性、持続性といっ

た主観的評価をアンケートで実施、また安全性のための検証として、検証③血圧や心拍数といったバイタルサインの計測を実施した。これらの検証を3つの条件、1人で行う自主訓練 (Self)、ゲームを用いての起立-着席運動 (Game)、セラピストが介入し一緒に起立-着席しての運動 (Th.) で実施し結果を比較した (図 1-11)。



図 1-10 検証の様子



図 1-11 検証プロトコル

### [1] 最大起立回数

図 1-12 左は 48 名の条件間の最大起立回数、およびその平均値を示している。

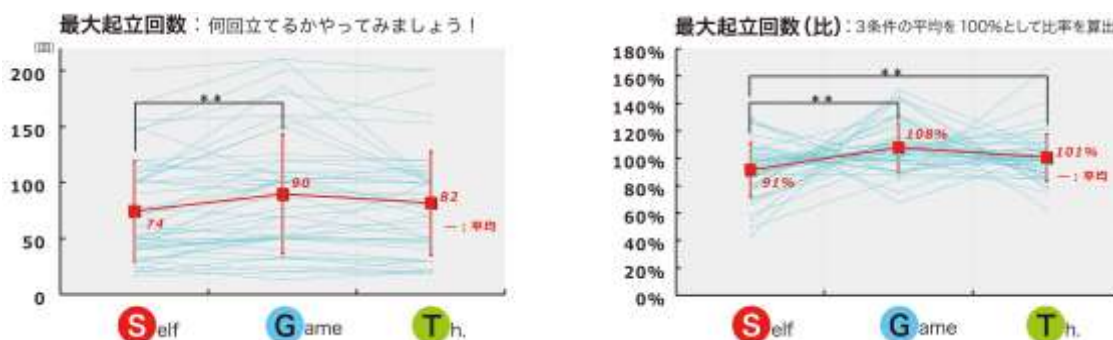


図 1-12 最大起立回数とその平均値

自主訓練よりもゲームを用いた起立-着席訓練が有意に多く起立できていることがわかる。しかしながら、このデータは10回程度の起立しかできない患者

から、200回以上起立できる患者まで含んでおり、患者の身体能力そのものに大きな差があることから、平均値の解釈は困難となる。そこで、図1-12右のように、それぞれの被験者、3条件の平均を100%とした場合の、各条件下で起立をした回数を比率でグラフに示した。自主訓練よりもゲームが、また自主訓練よりもセラピストと起立をした場合において、有意に多く起立できた。ここで、ゲームとセラピストの条件間には有意な差はみられなかった。

最大起立回数の検証は、介護老人保健施設の利用者34名（年齢：80.5±10.3 性別：男8/女26）による追加検証をおこなっている。全対象82名による最大起立回数（比率）の比較結果を図1-14に示す。病院で17%、介護老人保健施設で23%起立回数が向上しており、双方で自主訓練よりもゲームを用いたほうが有意に多く起立できたという結果をえた。



図1-13 最大起立回数(比)

## [2]主観的評価

持続性を示すものとして、「また、やってみたいですか」というポジティブな問いをおこなった。1~5までの5進法を用い、数字が大きいほど、そう思う傾向が強い。自主訓練よりもゲームが、また自主訓練よりもセラピストとの起立-着席訓練が有意にまたやってみたいと思う傾向にある。ゲームとセラピスト間では有意な差はみられない。「積極的な気分でしたか」という問いに対しても、自主訓練よりもゲームが、また自主訓練よりもセラピストとの起立-着席訓練が

有意に積極性を示す結果となった。ここでもゲームとセラピスト間では有意な差はみられなかった。持続性と積極性のどちらにも関連する、「楽しい気分でしたか。」という問いに対して、同様にゲームがもっとも楽しいと思う傾向にあることがわかった。ネガティブなイメージとして、「疲れ果てましたか」という問いに関しては、結果として、自主訓練よりもゲームが、また自主訓練よりもセラピストとの起立-着席訓練が、有意にネガティブなイメージが小さい傾向にあり、ゲームとセラピスト間では有意な差はみられなかった（図 1-14）。

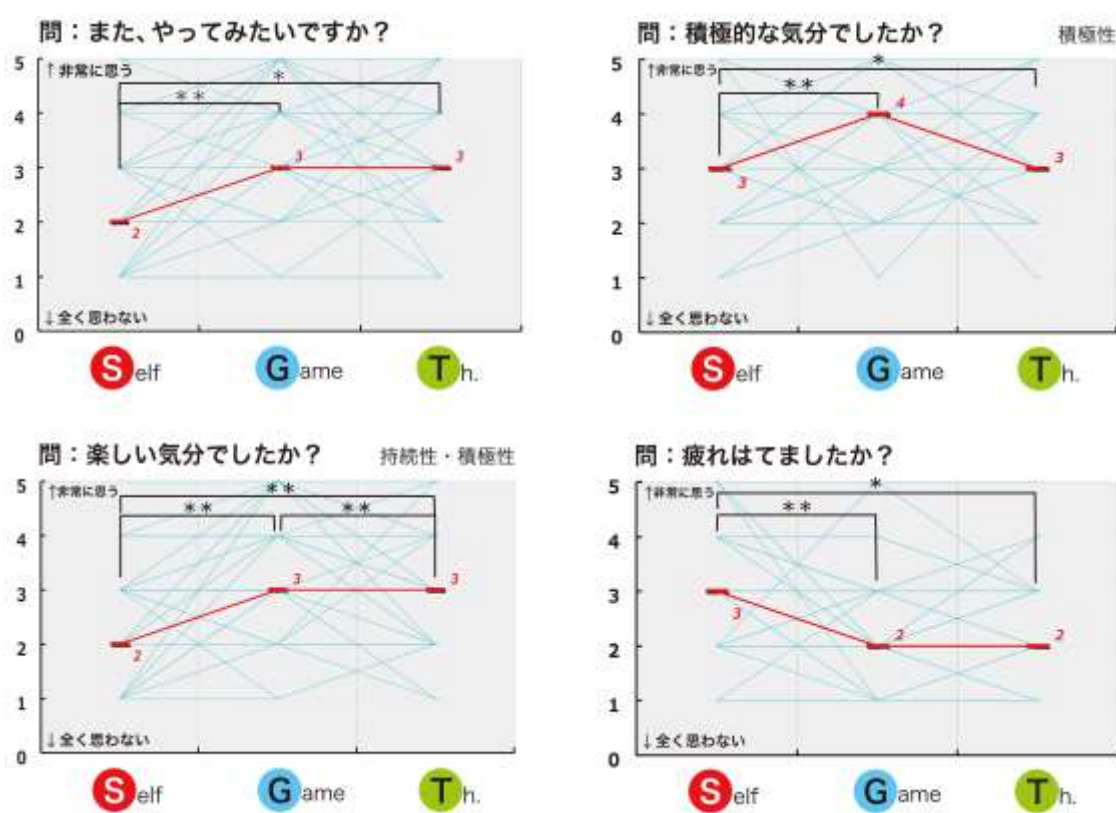


図 1-14 主観的評価

### 1-5-2. 安全性検証

図はそれぞれの条件における起立-着席訓練前後の血圧や心拍数の変化率を示している。条件間の結果に有意な差はみられず、ゲームの条件に特異的にバイタルの異常な変化は生じなかった（図 1-15）。

結果として、何回起立できるかを測定する最大起立回数については、自主訓



練よりはゲームもしくはセラピストが介入した場合で多く起立できた。また、楽しかったか、またやってみたいかというポジティブな問い、および疲れたかというネガティブな問いによる主観的評価においてもゲームを用いた場合に優位性がみられ、またセラピストが介入した場合とほぼ同等の結果となった。安全性については、ゲームを用いた訓練中にめまいや気分不良の訴え、光感受性発作(てんかん発作)は生じなかった。ゲームに誘発されるバイタルサインの異常な変化も観察されなかった。また、ゲームを用いた訓練のための、準備、実施、終了までの全作業工程において、つまずきや転倒事故に繋がるインシデントは発生しなかった。

以上を踏まえ、実証実験の結論として、患者が単独で起立-着席運動をおこなう際も、ゲームを利用することで、セラピストの介入と同様の起立-着席運動を続けることに対する有用性がえられた。また、セラピストの補助があれば、ゲームの利用による生理反応や転倒事故に対する安全性を確認した。

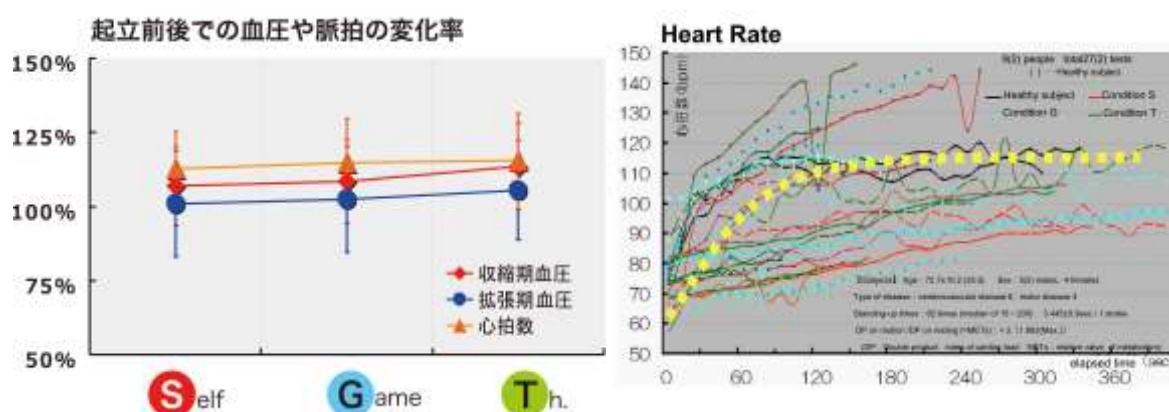


図 1-15 バイタルサイン

### 1-5-3. 継続検証

2012年12月～2013年12月の12ヶ月間、長尾病院内に併設されている介護老人福祉施設、「老健センターながお」にて、『リハビリウム起立の森』を用いた継続利用の効果検証をおこなった。本検証については、運動中、運動前後のすべての要素を用いての検証となる。被験者について、ゲームを用いた起立-着席訓練を実施した、「実施群」(44名)と、実施していない、「非実施群」(38名)に分類した、独立2群間比較により身体機能の変化を比較した。比較項目はリハビリの現場で使用される身体能力測定方法に基づき、10m歩行時の、「速度」

と、「歩数」とした。10mの移動に要する時間が少ないほど運動能力が高く、歩数が少ないほどバランス能力が高いことを意味している。なお、非実施群には、短期間にゲームを利用したが継続利用しなかった対象者を含んでいる。被験者特性について、実施群は、男14名、女30名、年齢77.7 ± 8.7、延べ起立回数が4377 ± 3739回である。非実施群は、男23名、女15名、年齢79.9 ± 9.8、延べ起立回数が282 ± 493回となっている（図1-16）。

属性	実施群 (n=44)	非実施群 (n=38)	
男/女比	14/30	23/15	
年齢	77.7 ±8.7	79.9 ±9.8	n.s.
延べ起立回数	4377 ±3739	282 ±493	**
1利用日当りの起立回数	36.7 ±22.5	7.4 ±11.4	**
実施期間(月数)	8.3 ±2.3	0.9 ±1.6	**

図1-16 被験者特性

図1-17の歩行速度については非実施群においてほぼ変化は無いが、実施群については介入前後で32.0秒から25.9秒と10mを移動する時間が短くなっており、身体能力が改善する方向で有意差がみられる。歩数についても同様に実施群のみ34歩から31.7歩と少なくなっており、バランス能力が改善傾向に有意な差がみられる。結果、ゲームを用いた訓練の継続対象者において、歩行能力に有意な改善を認めることができた。また、非実施群において、歩行速度が速く、歩数が少ないのは、ゲームを使うほど運動能力は悪くないと自覚している利用者であり、総じて運動能力は高かったが、通常のリハビリでは改善はみられなかった。追加検証として、実施群に対して、「なぜゲーム利用を続けたのか」というインタビューを実施したところ、その回答から得られた要因として、ゲームコンテンツそのもの、ゲームの利用環境、身体機能の変化の三つに大きく分かれた。以下に代表的なコメントを記す。

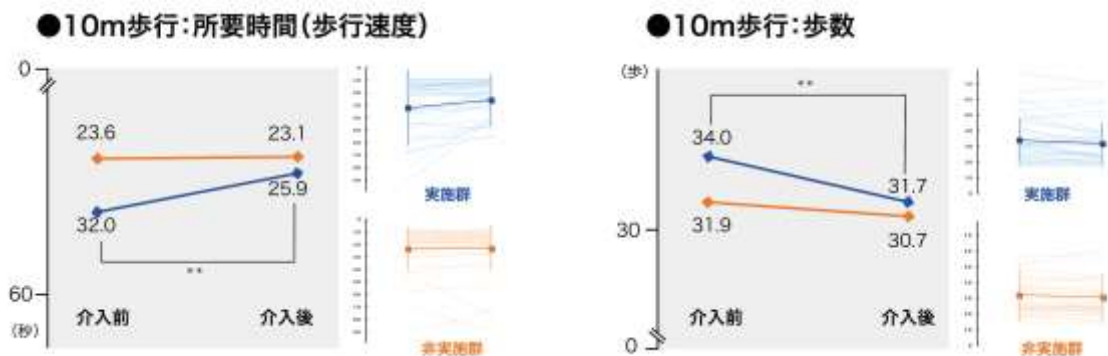


図 1-17 継続検証結果

[1] ゲームコンテンツに関して

週間ランキングや段位取得で、他の利用者に負けちゃおれんと思って頑張ってる (60 歳代 男性)

木が成長していくことや、ゲームの中の女性が応援してくれるから、ついつい頑張ってしまう (70 歳代 女性)

[2] ゲームの利用環境について

1 人で勝手に来てやれるから、誰にも気を使わなくていいので取り組みやすい (70 歳代 男性)

自分専用のカードでピットするのが好き。スタッフや他の利用者から褒められるのも励みになる (70 歳代 男性)

[3] 身体機能の変化について

足が太くなって長く歩いても疲れなくなった。家では買い物にも歩いていけるようになった (60 歳代 男性)

車椅子から歩行器を使って歩けるようになった。半年後、入所施設から自宅へ帰ることができた (80 歳代 女性)

以上からもゲームがリハビリの継続に寄与していることが確認できる。

### 1-6. 考察

本章では、高齢者のリハビリ・ヘルスケア運動にとって研究開発したシリアスゲーム、『リハビリウム起立くん』について、制作プロセスの詳細を記し、検証により安全かつ有用に機能するのかについて論じてきた。

現行のリハビリ現場ではセラピストが介入しながら、起立-着席運動をおこな

う場面が多いが、有用性、安全性の検証から本研究開発によるゲームがセラピスト介入時とほぼ同様の有用性を示したという事実は有益な結果である。また、12ヶ月の継続利用や身体能力の改善という結果もゲームの有用性を示していると言える。ゲームが与える達成感、アニメーション、音楽の楽しさといった心的側面が、対象者の積極性、持続性の向上を促すことが可能である。今後、少子高齢化がより進む近い将来、ゲームがセラピストの作業を補助する役割を担う可能性は十分有り、とくにマンパワーが期待し難い維持期のリハビリで、活用が期待できると考える。

現在も長尾病院では、『リハビリウム起立くん』を利用しており、エンタテイメント性の高いアニメーションや音等の影響により、対象者から、「目新しさから好奇心を刺激された」という意見もえた。

結果、本制作におこなったゲームデザインや全体の制作プロセスにより、リハビリの現場で使用可能なコンテンツを作り出すことに成功したといえる。とくに、ゲームルール設定の節（1-3-2）で述べた、『リハビリウム起立くん』では失敗体験の排除をしており、結果ゲームの面白さが減少しているが、表現演出や運動成果の可視化により創られた楽しさで、長尾病院での継続利用へと繋がっている点は評価すべき点といえる。一方で、『リハビリウム起立くん』を健康な高齢者が集うイベント等にて試遊をおこなった際に、「ゲームとしては物足りない」という意見もえられている。長尾病院の対象者のように、障害者という身体能力の低い対象者にとっては失敗体験を入れないという判断は適正と考えるが、入れた場合にどうなるかは本章では明らかにしていない。この高齢者とゲームの失敗体験の関係については第2章で詳しく述べる。

## 第2章

### 開眼片足立ち用シリアスゲーム『ロコモでバラミンゴ』の開発

#### -高齢者向けヘルスケアゲームにおける有効なゲームデザイン-

#### 2-1. 本章の目的

リハビリやヘルスケアにゲームを用いる場合、ゲームを面白くするための要素である失敗やストレスを伴う体験を入れるかどうかという議論がある。ゲーム研究を専門とするイエスパー・ユールは著書、『しかめっ面にさせるゲームは成功する』において、「失敗はゲームプレイという経験全体にとって原動力という欠かせない要素」である一方、「これ（失敗）には（中略）少なくとも不快が内在」<sup>[36]</sup>と述べている。第1章において、筆者らが開発した、『リハビリウム起立くん』では、リハビリ運動をおこなう対象者の身体能力が低い割合が高いため、対象者が失敗によるストレスからゲーム、つまり運動を止めてしまう可能性を回避するために運動中の失敗体験は排除したことを記した。他方、健康な高齢者が大部分を占めるヘルスケアを用途とする場合、失敗体験をはじめグラフィックスや音楽等、ゲームデザインをどのように設定するかは、楽しみを増しゲーム利用を促進する上で重要となる。身体の機能回復を目的とするリハビリでは、対象者が、「やらなければならない」という状況に置かれているが、健康な高齢者のヘルスケアは、「やったほうがよい」という推奨にとどまり、運動をおこなうかどうかは対象者の積極性に委ねられる。よって、失敗体験を含めたゲームによるやる気を向上させるデザインが果たす役割は一層強くなる。

そこで本章では、『ロコモでバラミンゴ』を題材とし、企画、ゲームデザインの段階でおこなった事項を記した上で、失敗体験を含むルール設計が高齢者にとってどのように機能するかを明らかにする。くわえて、ヘルスケア用ゲームにおける映像表現の好感度についても検証により明らかにする。

#### 2-2. 本章の構成

本章は、『ロコモでバラミンゴ』を題材とし、企画、制作（ゲームデザイン）、検証で構成し、最後に考察を述べる。企画では用途、利用環境、対象者および運動内容の決定について述べている。制作では、最初に運動とゲームの対応付けについて述べ、次にゲーム利用全体の流れを解説したうえで、ルール設定と失敗体験の導入、表現演出、個人データ活用と運動成果の可視化、システム環

境およびユーザインタフェースについて詳細を述べている。なお、検証では本章の主題は、ルール設定と失敗体験の導入、表現演出、ユーザインタフェースの三つをあつかっている。本章の構成を図 2-1 に示す。

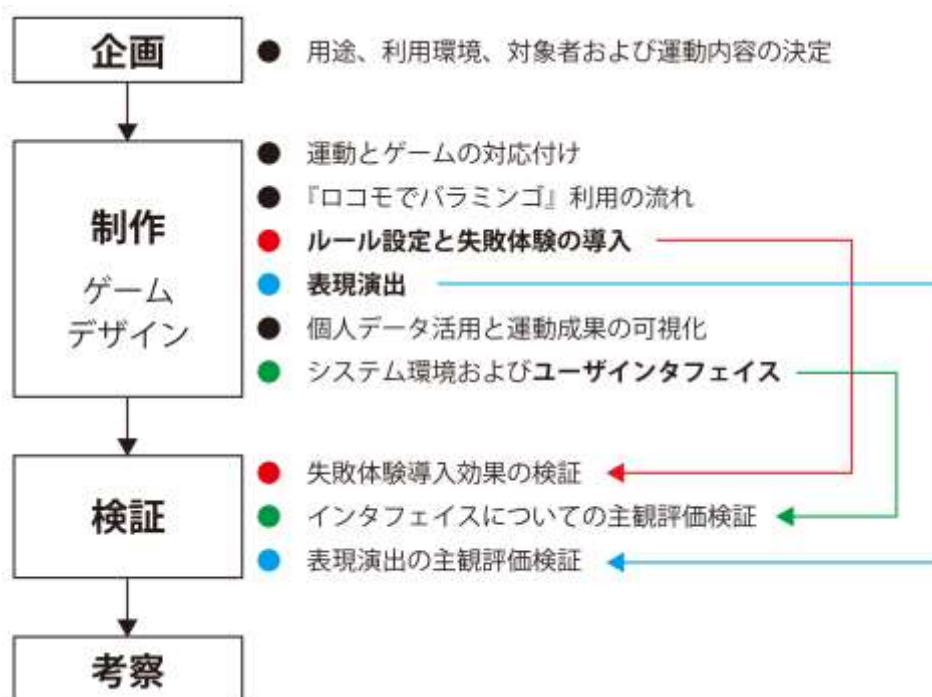


図 2-1 本章の構成

## 2-3. 企画

### 2-3-1. 用途、利用環境、対象者および運動内容の決定

骨や関節・筋肉など運動器の衰えが原因で、歩行や立ち座りなどの日常生活に支障をきたしている症状のことを、「ロコモティブシンドローム」といい、進行すると要介護や寝たきりになるリスクが高くなる。日本整形外科学会では、ロコモティブシンドローム予防として、スクワットと開眼片足立ちを毎日おこなうことを推奨しており、これらのトレーニングを、「ロコトレ」と呼んでいる<sup>[37]</sup>。毎日運動をおこなうことが、健康な状態を保つ上で有効となるが<sup>[38]</sup>単なるスクワットや片足で立つだけでは動作が単調であり続けることが難しい点は第 1 章とも共通する部分である。第 1 章で取りあげた起立-着席運動は、椅子を使ったスクワットとも言えるため、本章では推奨されているもう一つ運動であ

る開眼片足立ちによるバランス訓練を題材にすることとした。目を開いた状態で60秒立ち続ける動作を片足3回ずつおこなう。片足立ちが困難な場合は、椅子、机等につかまっでの運動も可とする。なお、本章で題材としているシリアゲーム、『ロコモでバラミンゴ』については、当時の九州大学病院リハビリテーションセンター、高杉紳一郎准教授の監修の基、運動の選出や運動効果について検証をおこなっている。

対象は健康な高齢者であり、リハビリではなく、ヘルスケアのゲームとなる。ゲームの使用環境は主に自治体や企業が主催する高齢者の運動サークル、イベント、自治体の地域コミュニティも兼ねた運動スペースとなる（図2-2）。

開発したゲームの名称は、「ロコモ」を対象としていること、バランス運動であること、また片足立ちの様をフラミンゴに重ねあわせて、『ロコモでバラミンゴ』としている（図2-3）。



図2-2 『リハビリウム起立くん』と用途、利用環境、対象者、サポート体制の関係



図2-3 『ロコモでバラミンゴ』タイトル

## 2-4. 制作（ゲームデザイン）

### 2-4-1. 運動とゲームの対応付け

開眼片足立ち運動は片足で真っ直ぐ、ふらつかないように 60 秒立ち続ける（図 2-4）というシンプルなものである。『ロコモでバラミンゴ』では正しい姿勢で立ち続けることで対象者がコントロールするゲーム中の対象（以下、アバターと記す）を動かないように固定させるという対応付けを行い、これを基本としている。くわえて、ゲーム中盤から、両手の上げ下げの動作も同時におこなうようにしている。片足でふらつかず立ち続ける動作と、ゲーム内の状況にあわせて手を上下する動作は、二つのことを同時におこなう状況となり、コグニサイズという認知機能維持トレーニングとして推奨されている要素ともなっている。コグニサイズを入れ込むことでゲームを楽しくするのを意図した設計であるが、手を用いた時点で正式な開眼片足立ち運動ではなくなっている。運動効果としてのエビデンスを損う懸念もあったが、監修の高杉氏からはコグニサイズが入った状態であっても、片足立ちをおこなっていれば、ロコトレとしての目的は達成しているという意見がえられ、実施にいたっている。

対象者の真っ直ぐ立つ動作、および両手の上げ下げ動作のゲームへの入力デバイスとして、『リハビリウム起立くん』と同じ Kinect を採用している。



図 2-4 ゲーム利用の様子



## 2-4-2. 『ロコモでバラミンゴ』 利用の流れ

『ロコモでバラミンゴ』のゲーム利用の流れについて図に沿って解説する。ゲームの進行はすべて身体ポーズを用いた操作によりおこなう。

①対象者がモニタの前まで移動し、待機画面時に両手をあげてスタート確認画面に移行する。

②画面の指示に従い、両手を5秒間水平に保つ（Tポーズ）ことで人型グラフのゲージがたまり、ゲームスタートとなる（図2-5）。

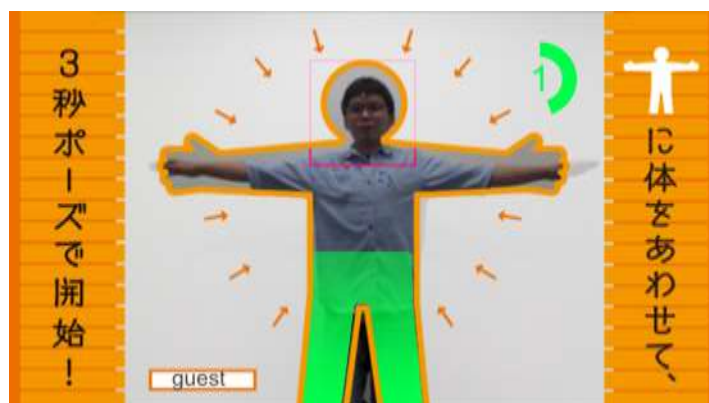


図 2-5 ゲームスタートのための人型ゲージ

③ゲームスタート後、画面に対象者がコントロールする対象（以下、アバターと記す）が画面下部中央にあらわれる。アバターは、対象者の姿勢によって左右に動くようになっており、真っ直ぐ立つと画面中央を進み、身体が左右に傾くとアバターも左右に移動する。

④カウントダウンののち、片足立ちの運動を開始すると同時に、画面中央のアバターが画面奥に向かって自動的に進行を開始する。アバターが進行する軌跡上にはハートやコインが配置されており、これらを獲得しながらゴールを目指す。ゲームのモチベーションはハートを獲得することで高得点を狙うこととなる。途中、シーン中央に出現する輪をくぐることでアバターが進化し、ハート一つで獲得できる点も増える。ランダムで出現するコインはハートよりも得点が高くなっている。

⑤ゴールに到達すると、1回目の運動は終了となる。時間は60秒となっている。なお、各ステージのゴール時に1/10の確立で黄金のバラミンゴ像が出現し高得点が加算される。これは完全な「運」の要素となる。

⑥1 回目終了後、「同じ足でバランスチャレンジ！」というメッセージが表示され、2 回目の運動の説明画面に移る。画面の指示に従い両手をあげると画面上の左右に手が出現し、左右のアイテム（ハートとコイン）を取ると 2 回目のゲームがスタートする。

⑦2 回目から画面の左右にもハートが出現する。手をあげて左右に出現するハートを獲得することで得点を増やす。ただし、ランダムに出現する爆弾に触れると減点となるため、そのときは手を下げる必要がある。片足立ちに加え手の動作が入るため、1 回目のステージに比べて難易度は高くなっている。

⑧3 回目のステージは 2 回目のステージとほぼ同様であるが、中央に配置したハートの量を増やしている。結果、対象者はたくさんのハートを獲得することができるが、ハートを取る間隔が短くなる設計のため、プレイヤーにとって、アバターの進行スピードが 2 回目よりも速く感じられ、かつ 3 回目の運動で足が疲れているためふらつきがちになる。結果、2 回目ステージから難易度はさらに高くなる。

⑨60 秒を 3 回で、計 180 秒間の三つのステージ終了後、得点、ハート等の回収率、称号とランキングが表示される。

⑩ランキングの表示後、待機画面にもどる。(図 2-6)



図 2-6 『ロコモでバラミンゴ』利用の流れ

### 2-4-3. ルール設定と失敗体験の導入

『ロコモでバラミンゴ』は、アバターをコントロールしアイテムを獲得することで高得点を目指すゲームである。1回目のステージでは、対象者は真っ直ぐ片足立ちを続けることで、アバターが画面中央を直進し、結果、そこに配置されたアイテムを取得できるため高得点がえられる仕様となっている。2回目、3回目のステージでは手を用いて左右のハートも獲得し、さらに高得点を狙う。得点が変わるルールとして、以下の要素を設定している。

①ハートを逃さず連続してとり続けることで、徐々に1個のハートによってえられる得点が増加する

②途中、進行方向に出現するリングをくぐるとアバターの形態が変化し、1個のハートで取得できる得点が増加する。リングは3つ設置しており、アバターの変化は3段階となる。

③コインはハートよりも得点が高い

④2回目のステージから画面左右にハートが出現する

⑤ゴール時に1/10の確率で黄金のバラミンゴ像が出現し、高得点がえられる

⑥左右の爆弾を取ると減点となる

全ステージをとおして、体がふらつくとアバターが左右に移動し、ハートやコインが取れない、または、リングをくぐれないという状況になり、減点はされないものの失敗となる。また、2回目、3回目のステージでは左右の爆弾を取ると減点となり、これも失敗となる。『リハビリウム起立くん』では排除した失敗体験が対象者にとってどのように機能するか、懸念事項であるゲーム=運動自体を止めるという状況にいたらないかが本章における主な論点であり、後述する検証にて詳細を述べる。

#### 2-4-4. 表現演出

ゲームにおいてグラフィックスと音は対象者の楽しみを増やし、飽きを防ぐための重要な要素である。本ゲームでは 6 種類の異なるシーンを作成し、利用時にランダムで選出される設計とした。画面構成は各ステージ共通であり、対象者がコントロールするアバターと左右の手、取得対象となるハート、コイン、減点対象となる爆弾、アバターが変化するリング、運要素で出現する黄金のバラミンゴ像である。以下にそれぞれのシーンについて解説する。

##### [1]空

一面に雲が広がる青空のシーンでありゴールである桜が咲く浮島を目指す(図 2-7)。アバターは日本の戦闘機、九五式艦上戦闘機であり、リングをくぐる度に、九六式艦上戦闘機、零式艦上戦闘機(零戦)、烈風と年代が新しい戦闘機へと変化する。主に男性をターゲットとしたシーン設定であり、昔を懐かしむことを想定しているが、一方で同モチーフにネガティブな印象をもつ場合も想定され、とくに海外等での使用時には注意する必要がある。



図 2-7 戦闘機

##### [2]海

海中、竜宮城を目指して進む、童話「浦島太郎」をモチーフとしたシーンである(図 2-8)。アバターは亀に乗った青年で、リングをくぐる度に周囲の魚等が増えて賑やかになっていく。碧い海に華やかな珊瑚礁や煌びやかな竜宮城を配置した主に女性をターゲットとしたシーン設定である。



図 2-8 海中

### [3] 宇宙船

宇宙船の内部を描いたシーンである（図 2-9）。アバターはロボットであり、輪をくぐる度に大型のロボットへと変化していく。ビデオゲームというジャンルと親和性が高い SF のイメージで男性をターゲットとしたシーンである。主たるターゲットではないが、子供（男子）に人気が高いシーンである。



図 2-9 宇宙戦ロボット

### [4] 遺跡

エジプトの遺跡の中を探検するイメージで作成したシーンである（図 2-10）。秘宝を求めて奥へと進んでいく状況を演出している。アバターはエジプトを象徴する生物であるスカラベであり、リングをくぐるごとに青銅から黄金、7色の羽付加、装飾品付加と豪華になっていく。エジプトの遺跡は歴史と浪漫を感じ

させる人気の観光地であり、その中を擬似的に回遊するような楽しさを演出している。



図 2-10 スカラベ

#### [5] 洞窟

洞窟内に流れる川を 1 匹のネズミが舟を漕いで進んでいくシーンである（図 2-11）。ゴールにある黄金のドングリを探す物語となっている。リングをくぐるごとに舟が筏から和船へと豪華になっていく。遺跡と同様にミステリアスな場所を探検するような冒険心を掻き立てる効果を狙っている。



図 2-11 洞窟内のネズミ

#### [6] 和風

和の雰囲気を感じさせる壁や柱に囲まれたシーンである（図 2-12）。アバター

は折り鶴であり、リングをくぐるごとに鶴、孔雀、鳳凰と変化していく。アジアへの展開を意識した和テイストのアーティステックな空間を演出している。



図 2-12 和

音要素について背景音は、和風、エジプト風など各シーンがもつイメージにあわせて作曲している。効果音は、対象者のプレイ状況をわかりやすく伝えるために、ハートやコインの獲得時、リングをくぐる時、爆弾を誤って取得した際に用いている。とくに、ハート獲得時の効果音は頻繁に鳴るため、連続する音そのものが対象者を楽しく、心地よい気分させるように心がけて設定している。

#### 2-4-5. 個人データ活用と運動成果の可視化

病院や老人福祉施設での利用を想定した、『リハビリウム起立くん』では、対象者の継続利用を促すため、個人データを活用し、「スタンプラリー」や「段位認定」といった運動成果の可視化をおこなった。これは、ゲームを一つの場所に長期間設置し、同じ対象者が使い続けることが前提となっている。一方、『ロコモでバラミンゴ』の利用環境は運動サークルやイベントによる短期的な利用を想定しており、同一の対象者の長期間利用を想定しない設計となっている。理由として、健康な高齢者がゲームによりヘルスケアをおこなう施設自体がないという現状がある。よって、『ロコモでバラミンゴ』では個人情報への入力はなく、利用履歴等の記録もおこなっていない。運動成果の可視化についても運動終了後に、称号やランキングの提示はあるが、その場で楽しむための要素であり、継続効果を期待したものではない。しかし、プロジェクトの活動で主催し



ているロコモ運動サークルを開始して以降、同じ対象者がゲームを使い続ける状況となったため、『リハビリウム起立くん』と同様の運動成果の可視化、および個人データの記録、利用が必要となっている。

#### 2-4-6. システム環境およびユーザインタフェース

『ロコモでバラミンゴ』では、ハードウェアとして Windows PC、人の動きのセンシング用に Kinect を利用し、ゲームの進行はすべて身体ポーズを用いた操作によりおこなう。対象者が高齢者であることを考慮し、ゲームコントローラーやキーボード、マウスを用いず、直観的にゲーム操作が可能なインタフェースを以下のとおり構築している。対象者がおこなう身体動作を用いた行動は以下の四つとなる。

①待機画面からゲームをスタートさせる際には両手を上にあげる。

②さらに、スタート確認として両手を水平にあげ、アルファベットの T のポーズをとる。

③アバターのコントロールはすべて体の傾き、重心のズレで行う。左右に重心がかかるとアバターはそれぞれ左右に移動し、中心にあると真っ直ぐ進む

④2回目、3回目のステージでは、最初は両手をあげて左右のアイテムを取りスタートさせる。

また、『ロコモでバラミンゴ』でおこなう運動は片足立ちではあるが、対象者がプレイ中に片足立ちであるか否かは判別していない。マット等を利用したセンシングの検討もしたが、機器設置の負担が増えるデメリットが大きいと判断し採用していない。テレビモニタは画面の見やすさも考慮し、32 インチ以上の大型を推奨している。モニタ上部に Kinect を固定し、対象者はモニタから約 2m 離れた場所に立つ (図 2-13)。Kinect でのセンシングについてはプレイヤーの周りで見ている人等、対象者以外の認識による誤動作を避けるために、センサーにもっとも近い人の動きをセンシングするように設計しているが、可能な限り対象者の後方は壁等にして他の要素が入らないところでの設置が望ましい。補助機能として表示、非表示の切り替えが可能なセンシング状況を確認するための小型ウインドウ (図 2-14) を備えている。

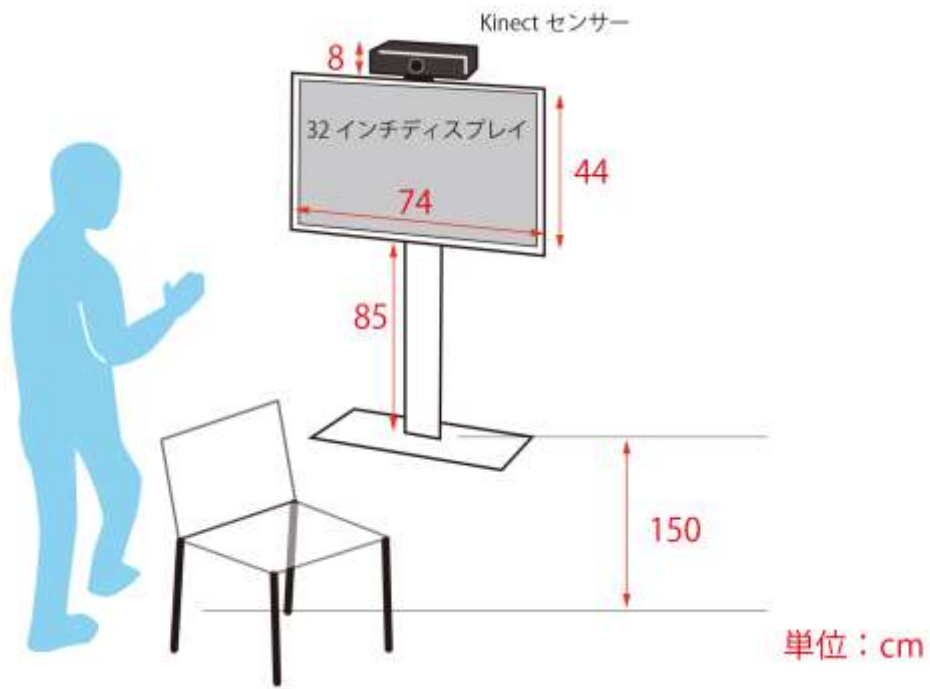


図 2-13 システム構成図



図 2-14 小型ウィンドウ

前節で述べたとおり本ゲームはイベント等での短期的な利用を想定しているため、個人認証はおこなっていない。ゲームスタートの際、同時に対象者の顔撮影し、その顔画像を自分のアバターを示す要素、およびランキング外面での自分との対応付けとして用いている。

## 2-5. ゲームデザインに関する検証

プロジェクトでは、健康な高齢者がゲームによりヘルスケアができる場の提供として、2014年11月から九州大学大橋キャンパス内にて、ロコモ運動サークルを2週間に1回実施している（図2-15）。本サークルへは毎回20名前後の高齢者が参加しており、『ロコモでバラミンゴ』をはじめとした、リハビリ・ヘルスケア用ゲームについては知識、経験を有していると言える。

検証としてロコモ運動サークルに参加している高齢者16名（平均年齢74.1±4.5歳、男性1名、女性15名）を対象に、ロコモでバラミンゴのレベル設計、グラフィックス、インタフェースに関する調査を実施した。



図2-15 ロコモ運動サークル

### 2-5-1. 失敗体験導入効果の検証

『ロコモでバラミンゴ』の三つのステージそれぞれについて、プレイ中の足の使用度（5件法）、プレイ後の疲労感（7件法）、プレイ後の再プレイへのモチ

バージョン（5 件法）を尋ねた。その結果、プレイ中の足の使用度について、3 回目のステージと 1 回目のステージ、2 回目のステージと 1 回目のステージに有意な差がみられ、いずれも後半のステージでの足の使用度が高かった（図 2-16）。

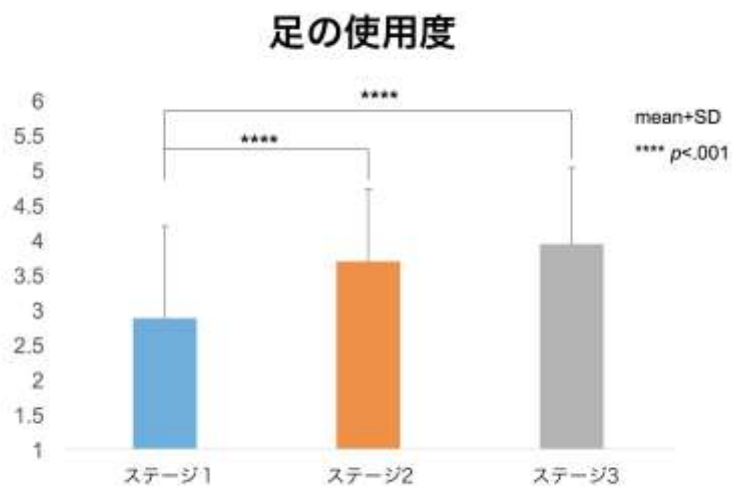


図 2-16 足の使用度

プレイ後の疲労感について、3 回目のステージと 1 回目のステージ、2 回目のステージに有意な差があり、いずれも 3 回目のステージの疲労感が高かった（図 2-17）。

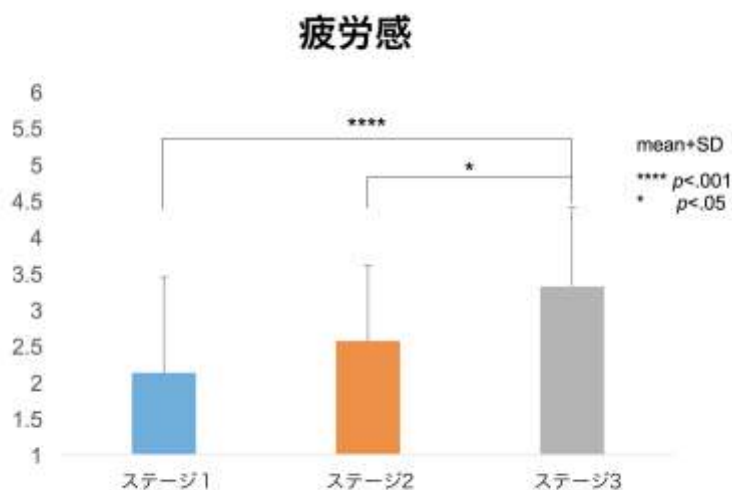


図 2-17 疲労感

最後に、再プレイへのモチベーションも3回目のステージと1回目のステージ、2回目のステージと1回目のステージに有意な差がみられ、いずれも後半のステージの再プレイへのモチベーションが高かった（図2-18）。

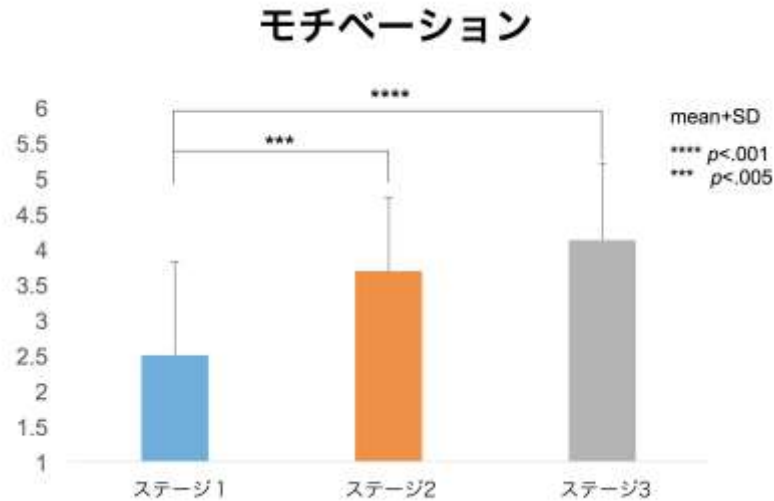


図2-18 モチベーション

また、三つのステージを比較してどのような点に違いを感じるかの自由記述においては、「1回目のステージは何も出てこないで安心してプレイできる」という意見がある一方、1回目のステージは立っただけなので意味がわからない」、「2回目のステージ以降が楽しい」というように失敗体験の付加によりゲーム性があがることについて好意的な意見もえられた。

### 2-5-2. インタフェイスについての主観評価検証

インタフェイスに関して、「ゲーム内のスコアリングの意味」、「アバター表現による重心のズレのフィードバックの意味」、「ゲームの操作方法」について、「まったくわからない」から「非常にわかりやすい（理解できる）」までの5件法で尋ねた。その結果、ゲームの操作方法は約半数が非常にわかりやすいとしたものの、スコアリングおよびフィードバックの意味については、完全には理解されていないことがわかった（図2-18）。

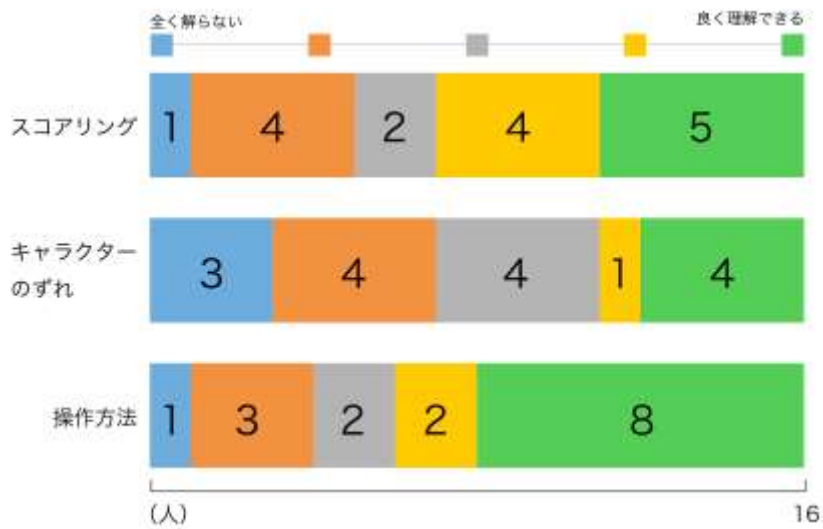


図 2-18 インタフェイスに関する主観的評価

### 2-5-3. 表現演出の主観評価検証

表現演出に関しては、ゲーム内に登場する 6 シーンの順位付けをおこなった。その結果、「和風」のシーンに 1 位をつけた人が 68.75%（16 人中 11 人）と最も多かった。続いて、「空」、「海」のステージと比較的明るく理解しやすいシーンが選ばれた。一方で、「絵については憶えていない」、「ハートと爆弾しか見ていない」、「とくに気にしていない」という意見もあった。

### 2-6. 考察

失敗体験導入効果の検証について、失敗体験を含まない 1 回目のステージと、失敗体験を付加した 2 回目、3 回目のステージで、「足の使用度」、「疲労感」ともに 2 回目、3 回目のステージが高く、一方で再プレイのモチベーションも 2 回目、3 回目のステージが高いという結果から、運動量が増加したにも関わらず、積極性も増していることがわかる。参加者は、サークル開始当初、「難しそう」、「できません」等のゲームに対する拒否反応を示したが、4 年を経た現在では、毎回の開催において順調に利用しており、高得点取得への意識も向上している。主に健常者が対象となる既存のビデオゲームにおいて、ユールは「失敗は（中略）プレイヤーが自分の戦略を見直したり、（中略）最終的にその失敗を克服し

たときには、自分が上達したことを示す何よりの証拠になる」<sup>[36]</sup>と述べているが、本研究を通してヘルスケアを必要とする健康な高齢者にとっても、失敗体験を付加したゲームデザインは、慣れれば積極性を向上させる手段として、すなわち運動促進にとって有効であると考ええる。

表現演出について、見やすさ、わかりやすさは重要であり、とくにハートや爆弾といったゲームのスコアに関連する絵柄は明確に示す必要がある。シーン毎の比較では、綺麗で明るいものが好まれる一方、「シーン（絵）の違いは気にしない」という意見や、暗めの洞窟シーンを1番に好むと答えた人もいた。結果、表現演出については個人の嗜好により意見が分かれることから、不快感を与える絵柄でなければ如何なるシーンでも良いのではという結論にいたっている。

ゲームの操作を含むインタフェースについて、現時点でサークル内から難しい等の声はあがっておらず、Kinectを用いての単純な身体動作を用いた直感的なインタフェースが効果的に機能しているといえる。ゲームスコアのルールについては、理解されておらず、よりわかりやすく示す必要がある。フィードバックについても同様であるが、仕組みそのものの理解はされていないものの、結果的にアバターをコントロールし高得点を取得しているため、とくに改善の必要はないと考える。

以上から、健康な高齢者にとっては失敗体験を含むレベル設計は有効であり、直感的なインタフェースを用意すればゲームリテラシーが低くても操作、理解可能であると考ええる。表現演出について、表現される内容については現段階では不快感を与える内容でなければ問題は無い。総じて、ヘルスケアを目的とした健康な高齢者に対するゲームを制作する場合は、失敗体験の導入は可能であり、エンタテインメントゲームのデザイン手法が応用可能と考える。

本章では、用途をリハビリ・ヘルスケアのもっともヘルスケア側によった健康な高齢者を対象者とした研究をおこなった。ゲームへの失敗体験の導入が効果的であるということは、言い換えると、対象者がゲームで設定されたルールを理解し、失敗というハードルにぶつかり、それを乗り越えるという行為を受入れたとも言える。つまり、対象者は、ゲームを理解し受け入れるという、認知能力は最低限必要ということになる。では、ヘルスケアの対局にあるリハビリの現場での認知能力が低い患者が対象者の場合、ゲーム利用は有用性を示すのか、次章でその詳細を記す。

## 第3章

### 半側空間無視用シリアスゲーム『たたけ！バンバン職人』の開発

-特定疾患に対応したゲームデザイン提案-

#### 3-1. 本章の目的

共同研究機関である長尾病院では、起立-着席運動や歩行運動等の来院する大半の高齢者がおこなう基本的なリハビリを日々実施しているが、他に特定の障害に絞り込んだリハビリも存在している。本章では用途を第2章の基本的なリハビリ、第3章のヘルスケアと比べ、より医療分野に寄った形で、「半側空間無視」という高次脳機能障害を選定している。リハビリ訓練にIT技術とゲームによるエンタテインメント性を付加することで、より楽しく結果訓練に集中しリハビリ効果が向上するのではないかという仮説を立て、訓練用ゲーム、『たたけ！バンバン職人』を開発した(図3-1)。本章では、ゲームの詳細を解説し、それらが訓練時にどのように機能したかについて述べる。これらをとおして半側空間無視患者という医療分野の特定の疾患者にとってリハビリでのゲーム利用が有用であることを明らかにし、ゲームで用いたルールや表現演出、ユーザインタフェース等のゲームデザインを提示することを目的とする。



図3-1 『たたけ！バンバン職人』のタイトル



### 3-2. 本章の構成

本章は、『たたけ！バンバン職人』を題材とし、企画、制作（ゲームデザイン）、検証で構成され、最後に考察を述べている。企画では本章の特徴である特定疾患の理解について詳細を述べ、利用環境、対象者、運動内容の決定について記載している。制作では、最初に運動とゲームの対応付けについて述べ、次にゲーム利用全体の流れを解説した上で、ルール設定と病状に合わせた難易度設計、表現演出、ユーザインタフェース、システム環境の順で解説している。また本章ではゲームとは別に検証用のツールも開発しており、個人データ活用とあわせて解説している。検証ではゲームを用いてリハビリ効果の検証および主観評価をおこなっている。本章の構成を図 3-1 に示す。

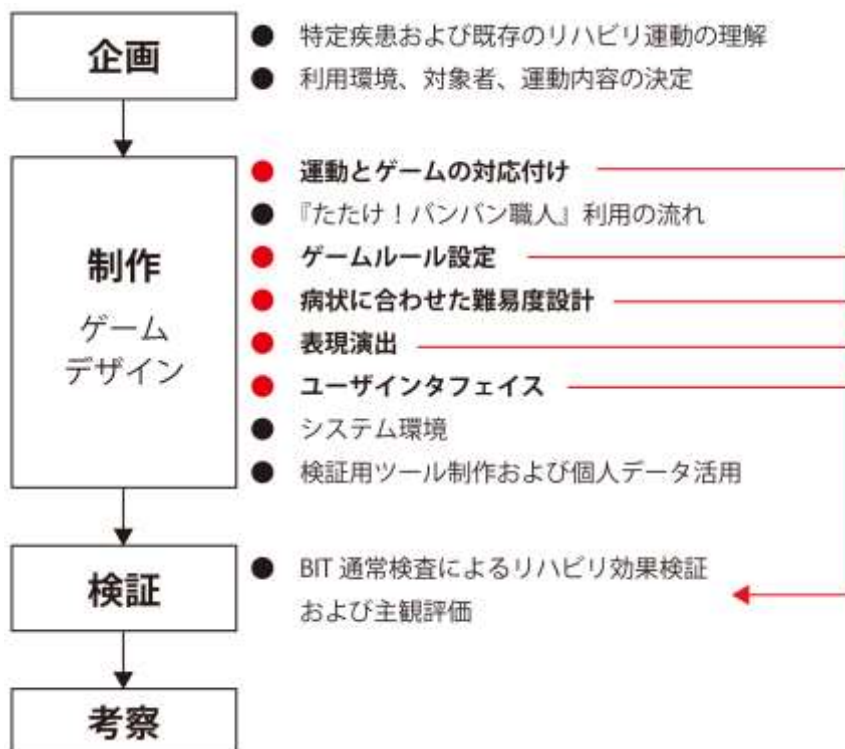


図 3-1 構造

### 3-3. 特定疾患および既存のリハビリ運動の理解

本章で取り上げる半側空間無視とは、脳卒中患者にしばしばみられる視空間の半側にあるものを無視する症状であり、無視側を認識しにくくなる症状である<sup>[38]</sup>。発症により日常生活において、移動時の壁や物へのぶつかりや食事場面では無視側の食べ残し、常に首が無視と反対側を向いてしまう等の問題が生じる。この症状はリハビリ訓練により回復することが可能であり、現段階ではペグや輪投げを用いたリハビリ法が実施<sup>[39]</sup>されている（図 3-2）が、明確なリハビリ法は確率されておらず、医療分野においてはより効果的なリハビリ法に関する模索、研究がすすめられている<sup>[40]</sup><sup>[41]</sup>。とくに、認知機能、注意機能が低い患者にとっては、途中で止めるなど訓練自体の遂行が難しく、介助者側による頻繁な継続の促しが必要となるといった課題も抱えている。



図 3-2 ペグ・輪投げを用いたリハビリ

### 3-4. 利用環境、対象者、運動内容の決定

使用環境は病院であり、利用対象は半側空間無視患者としている。また、半側空間無視には左側無視と右側無視の両方が存在するが、本論文では症例数が多い左半側空間無視を対象にしている（図 3-3）<sup>[42]</sup><sup>[43]</sup><sup>[44]</sup>。患者は後期高齢者が多く、ゲーム自体に慣れ親しんでいない可能性が高い<sup>[45]</sup>。また、脳卒中などの後遺症により認知機能が低下し<sup>[42]</sup>、複雑なルールや操作については理解できな

い可能性がある。不理解は訓練に対する積極性に大きく関わってくるため、難解なものを用いることは避け、より直感的で解りやすいインタフェースやルールが必要となる。とくに、本研究で対象とする対象者は左側に無視空間が存在するという特殊な状況であるため、健常者用のゲームとは異なる特別な設計が必要となる。他方、先行研究として医療分野の研究者によりデジタル機器やビデオゲームを用いた事例はあるが、<sup>[39]</sup> 使いやすさやモチベーションを高めるためのゲーム性についての実験、検証はおこなわれていないのが現状である。

医療現場スタッフとの協議の結果、通常の半側空間無視リハビリ運動にて実施されている、視覚走査（探索）訓練と体幹回旋アプローチを取り入れることとした。視覚走査訓練とは指定された形の指標のみを眼で追うというもので、素早い眼球運動を要する訓練である。体幹回旋は実際に身体をひねる動作をおこなうことで、眼球と頭・体を動かして左側へ注意を向ける訓練となる<sup>[46][47]</sup>。



図 3-3 『たたけ！バンバン職人』と用途、利用環境、対象者、サポート体制の関係

### 3-5. 制作（ゲームデザイン）

#### 3-5-1. 運動とゲームの対応付け

##### [1] デジタルペグゲームの試作

対象者におこなわせたい動作は、視線を可能な限り左へと誘導させることと、それに伴う体の旋回である。輪投げを右から左に移動させるリハビリは、左側の輪投げを移動させる先を意識し続ける訓練である。輪投げを右から左に移動させる動作が身体の旋回となっている。ペグを用いたリハビリは、ペグ配置の完成例をみながら、右に置かれたペグを左のボード上に移動させる訓練である。ペグの配置を完成させるという目的はあるが、机上でおこなうため身体の旋回は小さめである。対象者が左側の対象を見失い、運動が止まった場合は、介助者が輪投げ、もしくはペグを対象者の眼前に提示し、「これをみて下さい」と声をかけ、徐々に左側の目的地まで移動させ、左側を再確認させる促しをおこなう。

最初に、ペグを用いたリハビリに輪投げ移動リハビリの大きな身体の旋回を取り入れたシリアスゲーム、『デジタルペグ』を制作した。大きな身体の旋回を実現するために、60 インチの大型ディスプレイを用い、画面の右から左にペグに相当する色玉を完成図にあわせて配置するゲームである（図 3-3）。長尾病院の対象者による試用をおこない、身体の旋回および左側を注視し続ける状況は確認できたが、病状が軽度の認知機能が高い対象者のみ利用できており、認知機能が低い患者に関しては、ゲームの内容そのものの理解ができないという結論に至っている。



図 3-3 『デジタルペグ』

## [2] 叩く行為の追加

『デジタルペグ』試作および試用から、より認知機能が低い対象者でも利用可能なゲームが求められた結果、何かを叩き続けるという単純な行為を追加し、叩く対象が右から左に動くことで左側に対する認識力を上げる訓練方法をとることとした。叩く行為が注視の継続を促し、叩く対象が移動することにより、視線走査および身体の旋回を実現している。よって、対象者にとっての運動とゲームの対応付けは、大型モニタに映るキャラクター等のオブジェクト（以下メインオブジェクトと記す）を叩いて左に移動させることとなる（図 3-4）。ゲームの名称、『たたけ！バンバン職人』も、この叩き続ける動作が基となっている。



図 3-4 メインオブジェクトを叩き左へ移動

### 3-5-2. 『たたけ！バンバン職人』利用の流れ

『たたけ！バンバン職人』のゲーム利用の流れについて図 3-5 に沿って解説する。

ゲームはタッチ操作可能な 60 インチディスプレイを利用している。画面の基本構成はメインオブジェクト、サブオブジェクト、経過時間で構成されている。

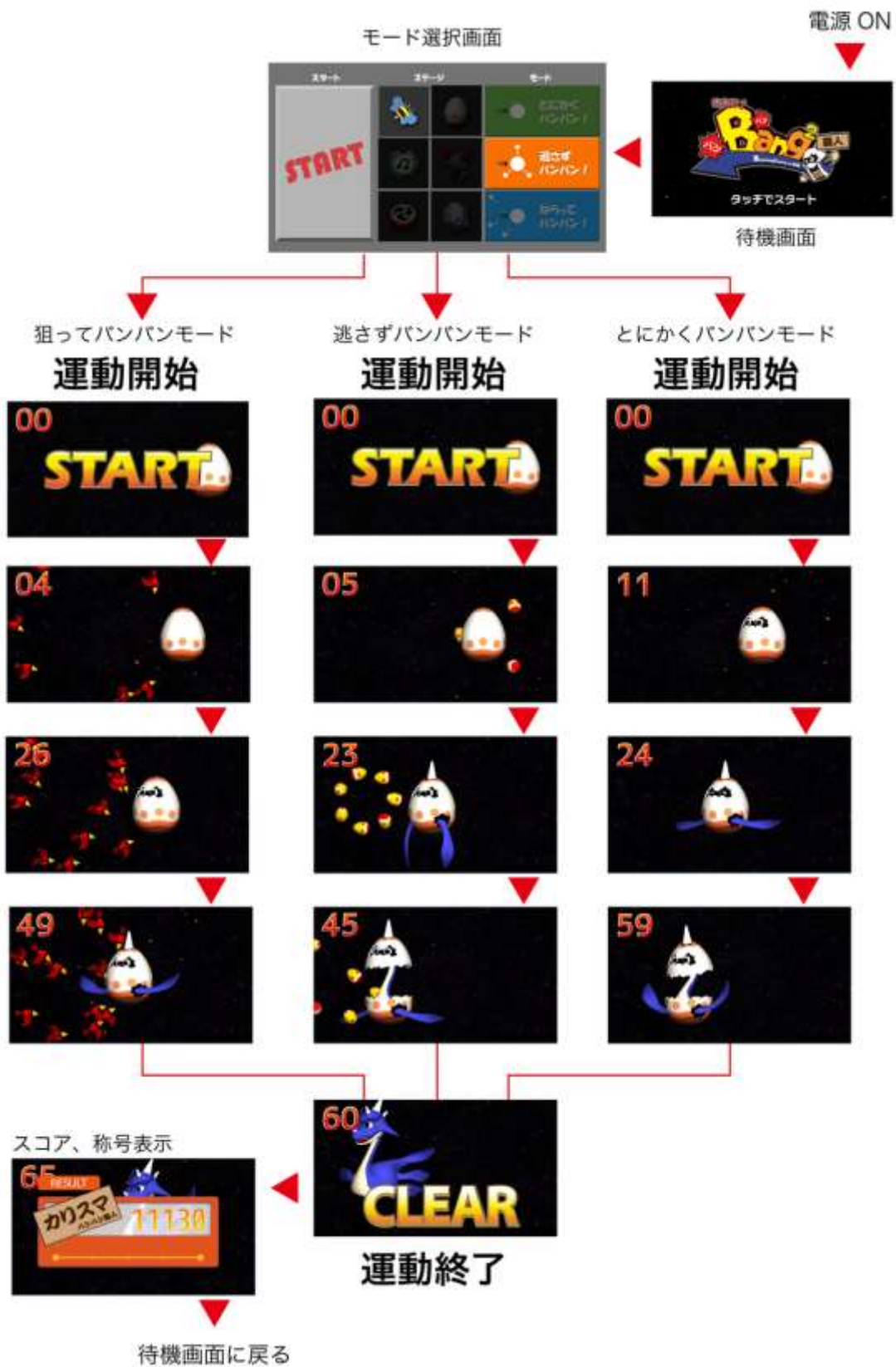


図 3-5 『たたけ！バンバン職人』利用の流れ

- ①対象者は、画面の前中央に座り用意されたスティックをもつ
- ②介助者は、対象者の能力にあわせてモード（難易度）を選び、追ってステージを選択しゲームをスタートさせる。なお、ステージの違いによる難易度の差は設けていない（図 3-6）。
- ③画面右側に現れるメインオブジェクトを叩き続けることで右から左へ移動させる。
- ④途中、メインオブジェクトの形態が変化する。形態変化についてゲームのスコア等に影響はない。
- ⑤メインオブジェクトが左端に到達するとゴールとなる。
- ⑥スコアと称号が表示され、ゲーム終了となり待機画面にもどる。



図 3-6 モード・ステージ選択画面

### 3-5-3. ゲームルール設定

1 回のプレイ時間は、長尾病院における通常訓練と同程度の 60 秒とし、途中対象者が見失い等で動きを止めた場合を考慮し、最長 120 秒まで継続することとしている。対象者がメインオブジェクトを見失い、叩かない時間が一定時間過ぎると大きめの警告音と、オブジェクトから注意を促すサイン（図 3-7）を出し、ゆっくりと右側に後退するようにしている。左へ向ける意識を大きくする要素として、メインオブジェクトを叩いた際に、左側に動く移動量を、画面右側に位置する間は大きくし、左側に進むにつれて小さくしている。



図 3-7 注意を促すサイン

結果、同じテンポで叩いたとしても、最初の段階は早く進み、後半になるにつれてゆっくりと進む。左側ではゆっくりと進むことで見失いを防ぐとともに、右側では早く進むことでの爽快感、達成感を感じてもらうことも期待している。また、メインオブジェクトは叩き続けることで、途中5段階に絵柄が変化する。これは対象者の注意力持続、および達成感と簡単なストーリー性を楽しんでもらうことを期待した要素としている（図 3-8）。ゴールまでにかかった時間が短いほど高得点となり、良い称号がえられる。

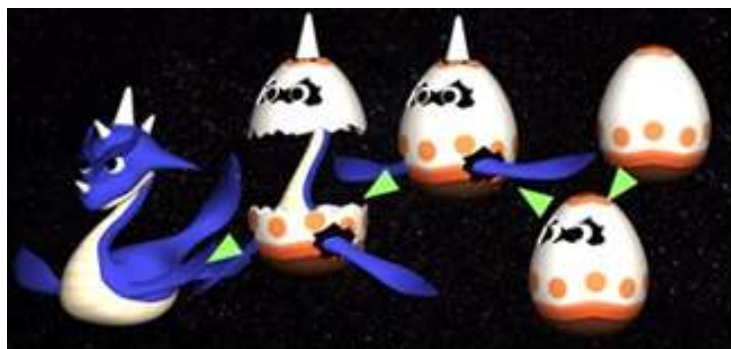


図 3-8 絵柄の変化

#### 3-5-4. 病状に合わせた難易度設計

『たたけ！バンバン職人』は、画面右側に出現するメインオブジェクトを叩き続けることで制限時間内に左端まで移動させることが基本となる。この視線誘導のみをおこなう訓練を、「とにかくバンバン！」モードとしている。くわえ



て、視線誘導に意識範囲拡大を加えた「逃がさずバンバン！」モード（図 3-9）、さらに探索を加え難易度を高めた、「ねらってバンバン！」モード（図 3-10）を作成し、病状にあわせて三つの難易度を選べる構成としている。

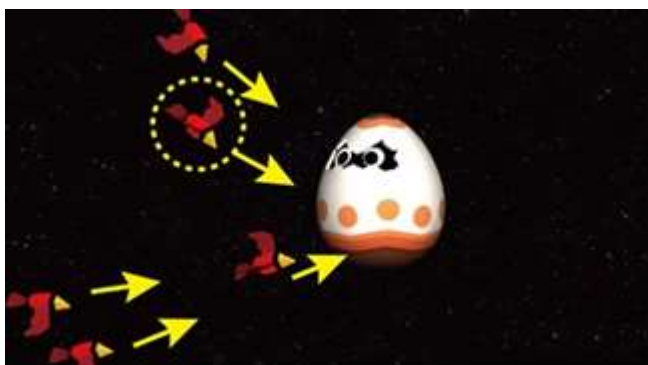


図 3-9 『逃がさずバンバン！』モード

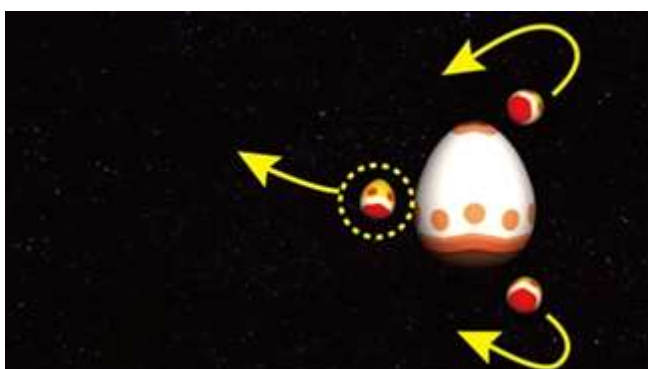


図 3-10 『ねらってバンバン！』モード

「逃がさずバンバン！」モードでは、メインオブジェクトから別の小型のオブジェクト（以下、サブオブジェクトと記す）が定期的に飛び出してくる。このサブオブジェクトも叩いて消さなければならない。メインオブジェクトに加え、サブオブジェクトが動く範囲まで意識を拡大させる訓練が追加されている。「ねらってバンバン！」モードではメインオブジェクトをめがけて画面左側からサブオブジェクトが進行してくる。このサブオブジェクトがメインオブジェクトに当たるとメインオブジェクトが右側に後退してしまうため、当たる前に叩いて消さなければならない。メインオブジェクトを注視しつつ、左側からくるサブオブジェクトを予測探索し、早めにみつけて叩く必要がある。左側でおこる事象の予測、探索が加えられており、左側の認識が難しい対象者にとっては難易度が高いモードとなっている。また、サブオブジェクトを叩き損ねると、メインオブジェクトが後退するという負の要素も入っており、気をつけながら

時間内にゴールするというゲーム性の強いモードでもある。これら難易度が異なる三つのモードを、対象者の病状や認知度にあわせてセラピストが選択し訓練を実施している。

### 3-6. 表現演出

対象者の楽しみや興味を増加させ、利用中の集中力を上げること、また飽きを防ぎ積極的に日々のリハビリ訓練に参加してもらうことを目的とし、6種類の異なるテーマを選定し、ステージを作成した。なお、テーマの違いによる難易度の差は設定しておらず、検証時にテーマ別の好感度等を対象者からえることとしている。以下にそれぞれのステージについて解説する。

#### [1] 卵

卵から竜を誕生させるステージ (図 3-11)。宇宙空間に卵が浮かんでいる状態ではじまり、叩くごとに徐々に割れ、最後は竜が誕生する。卵を割る気持ち良さ、何が出現してくるのか、という期待感を演出している。



図 3-11 卵

#### [2] 蜂の巣

蜂の巣を叩いてその中から蜂蜜を取り出すステージ (図 3-12)。蜂の巣を叩くと徐々に壊れ、中から蜂蜜入りの瓶が出現する。蜂の巣という危険なモチーフを叩いて壊すという恐怖からくる高揚感を演出している。サブオブジェクトである蜂と、蜂蜜をめぐる闘うゲームである。



図 3-12 蜂の巣

### [3] 宇宙怪獣

岩型の宇宙怪獣を叩いて倒すステージ (図 3-13)。叩くことで徐々に怪獣のパーツが壊れ、最後は粉々になる。悪役としての怪獣を破壊して倒すというシンプルな目的設定である。男性向けを意識したデザインである。

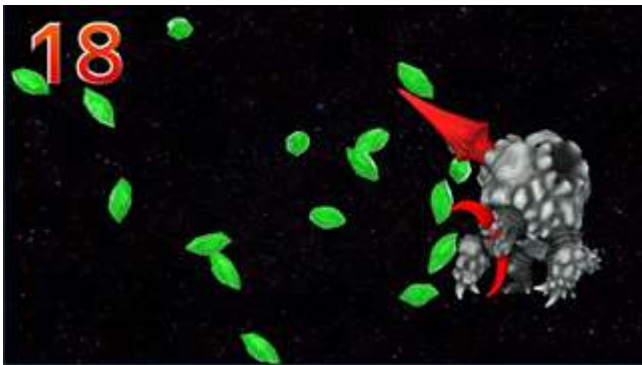


図 3-13 宇宙怪獣

### [4] 音楽隊 (タンバリン)

動物とともにタンバリンを叩いて音を鳴らし、パレードを盛り上げるステージである (図 3-14)。舞台の上を、大型タンバリンを抱えた動物キャラクターが横断し、そのタンバリンを一緒に叩く。叩くごとにタンバリンから音符が飛び出し、回を重ねるごとに豪華な模様になる。キャラクター、音符ともに可愛いらしさを意識した女性向けのデザインである。

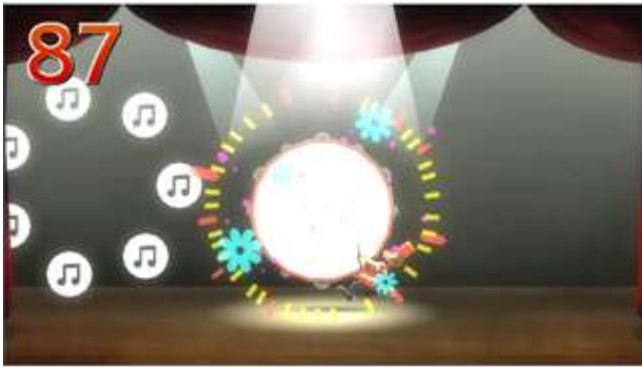


図 3-14 音楽隊 (タンバリン)

#### [5] 宝箱

海賊の宝物を探すステージ (図 3-15)。最初に岩が出現し、叩き続けると、中から鎖が巻かれた宝箱が出現する。さらに叩くと鎖が壊れ、中の宝物が飛び出てくる。利用中に岩を叩いて宝箱を取り出し、宝箱を叩いて鎖と鍵を外すという 2 段階の達成が入っており、また宝箱の中に何が入っているか、という興味を持たせる演出である。

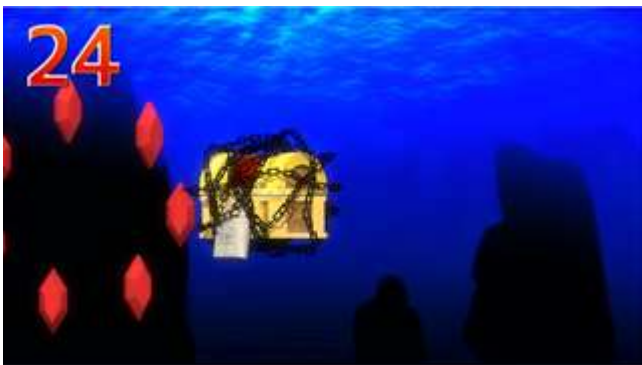


図 3-15 宝箱

#### [6] 和太鼓

和太鼓を叩いて雷神を呼び出すステージ (図 3-16)。筆で描かれた和太鼓が出現し、叩くと本物の太鼓の音が鳴る。叩くにつれ太鼓の外観が豪華になり、最後は太鼓の周りに雷神が現れる。単純に楽器を叩いて鳴らす楽しさを演出している。

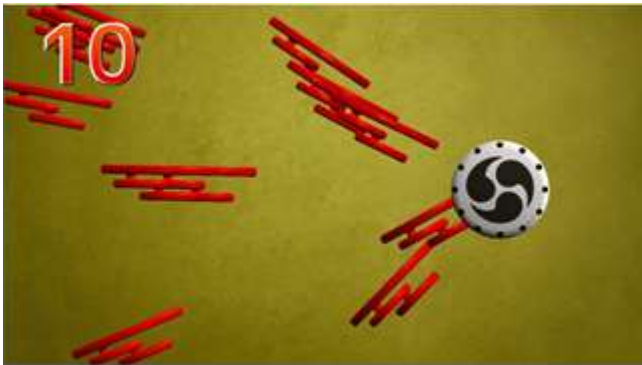


図 3-16 和太鼓

各シーンは共通して、メインオブジェクト、サブオブジェクト、背景、エフェクトで構成されており、テーマに合わせた簡単なストーリー性を付加している。セラピストが対象者にあわせてテーマと難易度を日毎に選出し、訓練に用いている（図 3-17）



図 3-17 モード、ステージ選択画面

### 3-7. ユーザインタフェース

対象者は左側の対象物を無視するという特性があり、メインオブジェクトが左側に行くほど見失うという状況が生じる。よってゲーム側では左側への注意喚起に特化したデザインをおこなっている。インタフェース面では、画面右側にメインオブジェクト以外の動く要素を配置しないようにしている。認識しやすい右側に別の動く要素があるとそちらに意識が向いてしまい、結果メインオブジェクトを見失うことを防ぐため、具体的には時間表示や背景の絵柄、エフェクトによる繊細なオブジェクトなど右側から排している。BGM や効果音は左側の音量レベルを右側よりも大きくしている。

画面表示については、健常者にはみられない特有の状況が確認された。それ

は、背景やエフェクトで右側に注意をひく要素があるとそちら側を注視しメインオブジェクトを見失ってしまうことが多々あったことである。そのため右側に要素を配置しないようにすると、すべての背景およびエフェクトについてオンオフ機能により表示、非表示を選べるようにしている（図 3-18）。

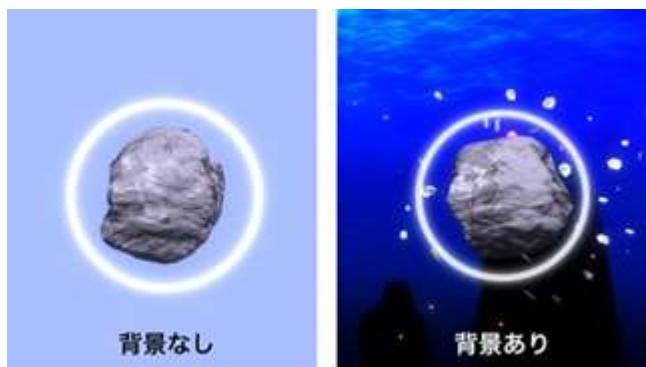


図 3-18 背景の表示・非表示

また、エフェクトがメインオブジェクトよりも手前方向に出て重なると、重なったエフェクト側に注意が向くため、常にメインオブジェクトが手前に来るように配慮している（図 3-19）。



図 3-19 「START」をメインオブジェクトの奥に配置

なお、ゲームの起動、難易度選択、後述するデジタル検証ツールの操作はセラピストがおこなうことを前提としているが、IT 機器の不慣れな場合でも対応できるように、直感的に分かりやすいボタン配置、画面表示、インタラクションを心がけている。

### 3-8. システム環境

ハードウェアとしてWindows PC、60V型の電子黒板BIGPAD(PN-L603B :SHARP)、およびオブジェクトを叩くスティックで構成されている(図3-20)。電子黒板はタッチセンサーを有しており、叩いても壊れない強度設計となっている。スティックは長さが44cmであり、固めの芯を柔らかい素材で包んでいる。



図3-20 システム環境構成

### 3-9. 検証用ツール制作および個人データ活用

検証にあたり、ゲームそのものとは別に、同じハードウェアを用いた検証ツール、『デジタルBIT』も作成し、ゲーム利用の前後に連続しての評価を行った。この検証ツールは、BIT(Behavioural Inattention Test) [51] という机上で紙と鉛筆での検証をデジタル版へと移植したものとなる(図3-21)ここでえられた各患者の結果はデータとして保存され、グラフ等でセラピストが確認可能となっている。



図3-21 デジタルBIT

### 3-10. BIT 通常検査によるリハビリ効果検証および主観評価

被験者については、共同研究機関である長尾病院に入院する患者で、症状を有する3名（以下、症例A、症例B、症例C）とした。症例Aは60代男性（症状：軽度）、症例Bは70代女性（症状：中等度）、症例Cは50代男性（症状：重度）である。3症例ともに、従来の視覚走査訓練に対しては、持続的におこなうことが困難であった。検証方法は60分間の通常作業療法訓練を2週間行い、その後の2週間で通常訓練に加え20分間のゲームを用いた訓練を実施する。これをもう1セット繰り返し、計8週間の検証期間となる（図3-21）。評価項目はBIT通常検査と主観評価となる。BIT通常検査の結果（図3-22）について、縦軸がBITスコアでありCUT-OFF値以下が半側空間無視と診断され、値が小さくなるほど重症となる。症例A・B・Cにおいては付加訓練期間でいずれもスコアの改善がみられた。

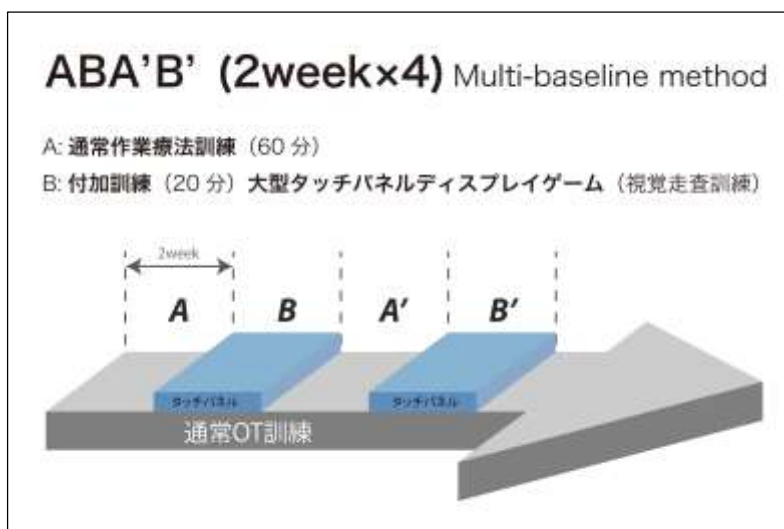


図3-21 検証方法



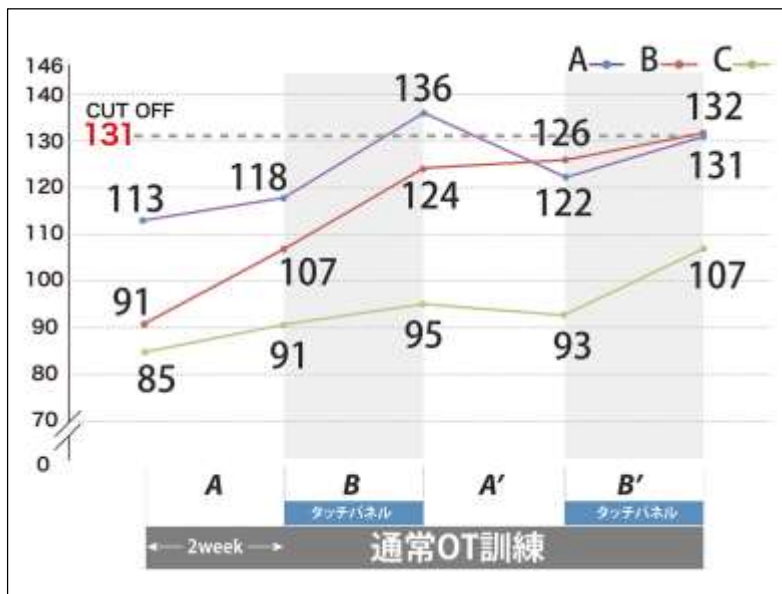


図 3-22 BIT 通常検査結果

主観評価については対象者からは「楽しい」、「叩いてストレス発散になる」等の積極的な声があり、セラピストからは、検証開始当初は注意力散漫であった対象者がゲーム利用により集中して取り組むようになったとの意見もえられている。

表現演出について、各ステージの六つのテーマについて、対象者に対して好感度調査をおこなったところ、もっとも関心を示したのは、「和太鼓」であった。もっとも関心が薄かったのが、「宇宙怪獣」であった。

### 3-11. 考察

半側空間無視というより専門性の高い疾患をあつかう関係から、制作の過程においては、よりセラピストとの連携やデザイン側の疾患に対する理解が重要になることが示唆された研究となった。

ゲームデザインについては、ルールやインタフェースを構築する上で常に対象者の注意を左側に向けること、注意をメインオブジェクトから逸らさないようにすることを考慮して行った。背景やエフェクトで右側に注意をひく要素があるとそちら側を注視し、メインオブジェクトを見失ってしまう等、健常者にはみられない特有の状況が確認された。そのため画面右側に目立つ画像要素を配置しないようにするとともに、背景、エフェクトの表示、非表示、メインオブジェクトの前方に他の要素を配置しない等、通常のゲームデザインではみら

れない手法を用いている。結果として、なるべく動きのある要素は画面に置かないようにし、動くものは左側に集めるという本ゲームのターゲット特有の方法がえることができた。同様に映像表現についても、通常のゲームでは楽しみの要素として多用される背景やエフェクトも場合によっては消したほうが良いという知見もえられた。

表現演出について、各ステージの6つのテーマについて、対象者に対して好感度調査をおこなったところ、もっとも関心を示したのは、「和太鼓」であった。叩く対象としての太鼓というモチーフと、叩いたときに出る音の組み合わせが高齢者にとって馴染みがあり解りやすかったのではと考えられる。もっとも関心が薄かったのが、「宇宙怪獣」であり、和太鼓とは逆に馴染みと理解がえられなかったと言える。その他のテーマについては大きな違いはえられなかった。このようにゲームで用いられがちな怪獣や可愛いらしいキャラクターよりは、より現実のモノに近い対象が好まれる傾向がみられており、現時点でゲーム経験がほぼ無い高齢者にとっては、日常の延長にある要素を提示すべきと考えられた。

リハビリ効果の検証を踏まえた介助者側からのコメントとして、3名の対象者について、「大型タッチパネルを用いた訓練期間において半側空間無視の改善が確認され、視覚走査訓練の一手法として有用性が示唆された」、「画面をタッチする動作、音や映像の演出、楽しさといったゲーム本来の無意識的な没入感が持続性や積極性の向上へ繋がったと推察された」、「難易度調整が幅広く可能なことから、指示理解が困難な重症半側空間無視症例に対しても臨床応用できる可能性が推察される」という意見がえられた。被験者数が多くないことに加え、ゲーム実施群、非実施群に分けた検証ではなく、またスコアの改善が通常訓練、ゲームによる付加訓練、自然治癒のいずれかによるものかの判断もつかないため、半側空間無視の治療効果があるとの判断は難しい。一方で、そもそも半側空間無視患者にゲームプレイが可能かという疑問もあったが、問題なくおこなえており、さらに楽しかったというコメントから、当初の目的であった、楽しむ=訓練に集中するという点については達成できたと考える。よって、半側空間無視という特定疾患でのリハビリでのゲーム利用は有用性があると結論づける。

## 第4章 制作プロセスおよびゲームデザイン要件の提案

第1章から第3章にて、医療分野との共同によるリハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームに関する研究活動を示してきた。高齢者を対象としたリハビリ・ヘルスケアでのシリアスゲーム制作を実施する場合、ターゲットや目的の違いなどから、特化してデザインすべき点が研究活動を通してみいだされてきた。本章ではリハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームをデザインする際の制作プロセスおよびデザイン要件を整理し提案することを目的とする。

### 4-1. 本章の構成

本章は制作プロセス、デザイン要件、制作チェックシートそれぞれの提案である3つの部分から構成されている。制作プロセスは、用途、利用環境および対象者の決定、サポート体制、現場理解、運動決定、ゲームデザイン、評価・改良、検証の順で解説しており、そのなかのゲームデザインをさらに細かく、運動とゲームの対応付け、難易度設定、ゲームルール、表現演出、運動成果の可視化、個人データ活用、身体動作入力、ユーザインタフェース、システム環境、安全性で構成している。チェックシートの提案は、制作プロセス、およびゲームデザインであげられた項目を基に作成されている。本章の構成を図4.1に示す。

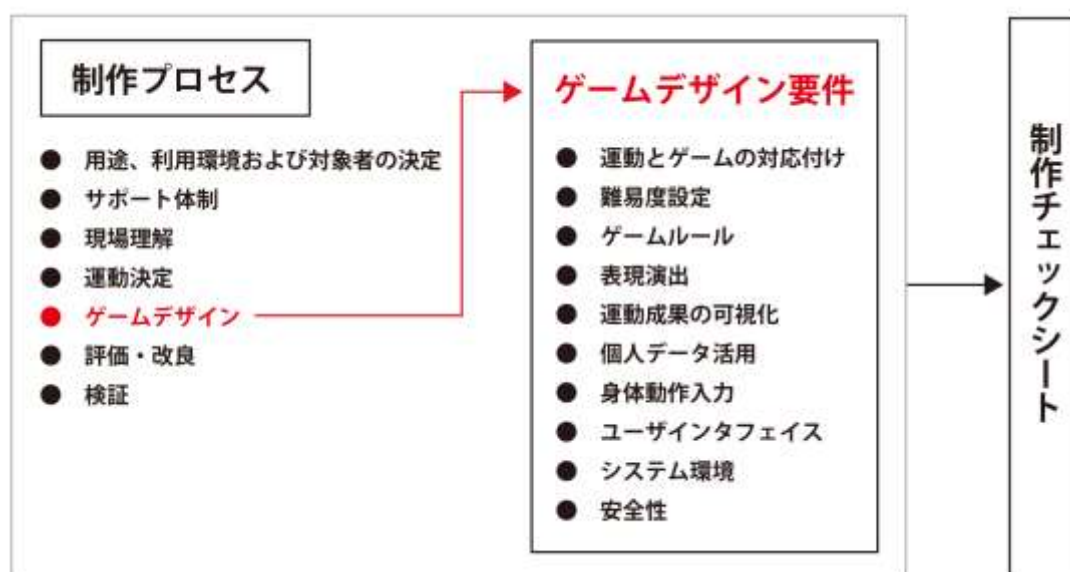


図4-1 本章の構成

## 4-2. 制作プロセス

本節では本研究で制作したゲーム、『リハビリウム起立くん』、『ロコモでバラミンゴ』、『たたけ！バンバン職人』のそれぞれの制作プロセスを俯瞰し、一つにまとめた上で高齢者を対象としたリハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームの制作プロセスとして提案する。

リハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームの制作プロセスは大きく企画、制作、評価・改良、検証に分けることができる。さらに企画段階では、「用途決定」、「利用環境」、「対象者」、「サポート体制」、「現場理解」、そして次のゲームデザインにつながる「運動決定」の6項目に分かれており、それぞれの項目について検討したのち決定する。制作段階は実際にゲームを作るための工程であり、「運動とゲームの対応付け」、「難易度設定」、「ゲームルール」、「表現演出」、「運動成果の可視化」、「個人データ活用」、「身体動作入力」、「ユーザインタフェース」、「システム環境」、「安全性」の10項目に分かれている。評価・改良はゲームそのものが機能しているかどうかのテストおよびフィードバックであり、改良を加える段階である。なお、現在ゲーム制作はラピットプロトタイピングが主流となっており、ゲームがすべて完成したのちの評価ではなく、制作のプロセスを細分化し、試作品ができた段階で評価し、悪い点は改良し、問題がなければ次の制作段階に進むといった形式をとる。最後の、「検証」がゲームのリハビリ・ヘルスケア分野での有用性を示すための段階となる。本論文では、対象者の運動に対する積極性向上に寄与したという意味で、「有用性」を示すためのエビデンスをえているが、医療側の目的によっては運動法としての効果、つまりリハビリ訓練として有効であるというエビデンスを同時に示す場合もある。

以上が、本研究にて提案する制作プロセスの全容となる(図4.2)。図4.3に、『リハビリウム起立くん』、『ロコモでバラミンゴ』、『たたけ！バンバン職人』で決定した制作プロセスの各項目を示し、詳細について以下に述べる。なお、制作(ゲームデザイン)にあたる部分は次節に詳細を記述する。



図 4-2 制作プロセス全容



図 4-3 各ゲームの制作プロセス

#### 4-2-1. 用途、利用環境および対象者の決定

リハビリ・ヘルスケアの活動領域は実施環境、目的等で多岐にわたっておりそれぞれに違いがある。最初に、用途の違いについて知る必要がある。リハビリは損傷、疾患を回復するための治療であり、ヘルスケアは健康を維持するための予防である。健康のため、という点で重なる部分もあり、一括りで語られがちであるが、用途によって利用場所や対象者が変わり、結果、求められるゲームデザインにも違いが生じるので、実際に制作するゲームがどちらの用途に位置するのか、あるいはすべてを網羅するのかについて正確に決定しておく必要がある。『リハビリウム起立くん』は、共同研究機関である長尾病院が病院と老健施設を併設した機関であり、対象者も患者から通所する高齢者まで広範囲であったため、用途もリハビリからヘルスケア全般として研究活動を開始している。利用環境は病院、老健施設となり、対象者は寝たきりに近い虚弱高齢者から通所している高齢者まで広範にわたり、程度は異なるが障害者である。『ロコモでパラミンゴ』では九州大学病院リハビリテーションセンター高杉紳一郎氏（現職：佐賀整肢学園医師）の進言によりヘルスケアに寄せている。利用環境は、自治体が運営する健康サークルやイベント等であり、筆者らが主催する、『ロコモ運動サークル』もその範疇となる。対象者は健康な高齢者であり、サークル等にも自立歩行で公共の交通機関等を不自由すること無く利用できる。『たたけ！バンバン職人』では、ふたたび、長尾病院と共同でヘルスケアとは対側のリハビリを用途としている。利用環境は病院、対象者は入院中の患者であり、脳の損傷に対する後遺症からのリハビリであるため、身体能力、認知能力の両方が低めである。

用途に応じて利用環境や、対象者は異なるが、同一環境においても対象者個々の能力値は同一ではないことに留意したい。老健施設には車椅子を利用する片麻痺等の人もいれば、歩行には問題の無い人もいる。運動サークルにおいても、スポーツジム等に通うことのできる身体活動の高い人もいれば、椅子を補助で使わないと片足立ちできない人もいる。以上のことから、対象者の認知機能や運動能力はスペクトラム状に分布している状態であることを理解しなければならない。よって、最終的にはゲームについては対象者の個々に合わせた難易度等の設定が可能であることが理想となる。

#### 4-2-2. サポート体制

高齢者施設等でゲームを利用する場合、高齢者のほとんどはゲームをはじめIT機器に関するリテラシーは低いため、介助者が準備等をおこなうことになる。ゲームの利用現場にサポートをする介助者がいるかどうかはゲームによるリハビリ運動の運用に加え、シリアスゲームの研究開発の上でも重要な要素となる。また、対象者に対する介助者の人数の割合も状況により異なっており、病院ではマンツーマンの手厚い介助がえられるが、老健施設では対象者10数人に介助者1人という場合もあり、施設によっては介助者自体がないことも考えられる。『ロコモでバラミンゴ』では、運動サークルのスタッフが介助者となるが、人材不足による懸念から、今後は介助者なしでも運用可能な状況設定が求められている。『リハビリウム起立くん』、『たたけ！バンバン職人』の場合は病院および高齢者施設のセラピストがゲームの設置や運動時のゲーム利用の促しをおこなっている。ゲームが高齢者のリハビリ・ヘルスケア運動にとって有用であったとしても介助者にとって作業の負担となるようなものであれば使われなくなり、継続しない可能性が高くなる。よって現場での長期間にわたる利用を考慮した場合、対象者である高齢者と同等に、サポートをする介助者もゲーム利用の対象者としてあつかうことになり、先に述べたとおり、介助者にとっても使いやすいシステム、インタフェイスの構築が重要となる。

ゲームの現場運用とは別に、研究開発の観点でも、現場調査の支援やアイデアについての議論、ゲームの評価や検証等で介助者の存在は重要となる。医療分野には現場で活動する傍ら、研究職として学会等で論文を発表するスタッフもあり、共同研究、開発の際に大学等の研究機関と現場の橋渡し役となる場合も多い。本論文内の活動においても、長尾病院のセラピストや九州大学病院の医師と度重なる議論や共同作業を実施している。現場スタッフ、研究者、場合によっては経営者も含め協力的な介助者とのコラボレーションがシリアスゲーム研究開発を成功させるための非常に重要な要因である。

#### 4-2-3. 現場理解

シリアスゲーム制作では、対象となるシリアスな分野とゲーム制作側の二つの異なる専門家同士のコラボレーションとなる。本論文では医療、介護分野とゲームデザイン分野がそれにあたるが、それぞれの分野で異なる方法論、活動文化があるため、その違いをお互いが認識し、尊重する必要がある。医療側は正しく訓練をし、健康を維持することを目的としており、ゲーム制作者側は楽

しませることに重点を置く。正しい運動ではあるが楽しさが無いと続けるのが難しく、一方で、楽しみを増幅した結果、運動が不正確になるのはリハビリ訓練の運動として本末転倒である。この正しさと楽しさの交わる部分を探るのがコラボレーションの真髄であり、相互理解なしでは効果が薄くなる。とくに、企画段階において両者間のコミュニケーションは必須となり、議論に議論を重ね、最終的な目的をお互いに明確にした上で研究、制作活動を遂行するべきと考える。

もっとも効果的なコミュニケーションは現場理解であり、ゲーム研究開発側は医療の現場に出向き日々のリハビリ運動や介助者の行動等を観察し、また直接のヒアリングをとおして、後のゲーム制作につながる気づきを多く収集することが必要となる。『リハビリウム起立くん』、『たたけ！バンバン職人』の場合、ゲーム制作側は日常では触れる機会が無い、病院、高齢者施設での運動をあつかうことになるため、長尾病院を訪問しての現場観察は必須であった。

#### 4-2-4. 運動決定

リハビリの現場では日々、対象者と介助者による訓練が行われている。運動は個人での場合や、介助者とのマンツーマン、集団による訓練がある。運動の種類も、その場での反復運動、歩行、使用器具の有無、損傷した部位や高齢者の認知度等によりさまざまである。傾向として、認知機能訓練を除く運動器機能の回復や維持においては足や腕等を動かしながらの反復運動がみられる。これらの運動から一つ対象となるものを選出し決定する。その際にリハビリ・ヘルスケアのいずれの場合でも**医療分野にてリハビリ効果に対するエビデンスがえられている運動を選出することが望ましい**。シリアスゲームの場合、楽しさだけではなくシリアス面での目的を達成させること、またそれが可能であるというエビデンスが必要不可欠となる。楽しさを最優先に追求し、その他の部分でのエビデンス等はとくに必須ではないエンタテインメント用ゲームともっとも異なる点である。『リハビリウム起立くん』での起立-着席運動、『ロコモでバラミンゴ』での開眼片足立ちが具体的な運動となるが、これらは医療分野でリハビリとしての効果があるというエビデンスがえられている。すでにエビデンスのある運動を選ぶことで、「その運動はリハビリ効果があるのか」という議論の回避が可能で、積極性、持続性を向上させるゲームデザインの追求に集中可能となる。なお、『たたけ！バンバン職人』では視線走査と身体旋回が運動となる



が、リハビリ効果の有無については明確なエビデンスは無く、運動方法自体も模索、研究段階にある。このように運動そのものが未定である、あるいはエビデンスが不足している場合は、医療機関側との協議により対象者にどのような運動をさせるかを決定することとなるが、ゲームデザイン以前に運動自体のエビデンス創出からの開始となるため、必然的に医療分野側の専門色が強くなる。

運動選出の際に、**対象者の動きのセンシング方法等、入力デバイスに関する技術面を考慮した実現性と、それをゲームに展開可能かといった検討も同時に実施することとなる。**とくに、医療機関側から運動を指定された場合は技術面での実現性検討は言うまでもない。

このように用途、利用環境、対象者を明確にし、サポート体制の有無を含めたりハビリ・ヘルスケア現場での状況を把握したのち、一つの対象とする運動を決定する。この一つの運動をどのようにゲームとして制作するか、というゲームデザインの領域へと入る。

#### 4-2-5. ゲームデザイン

ゲームデザインは本論文の中核を占める部分である。高齢者用のリハビリ・ヘルスケアにとって効果的なシリアスゲームを制作する要素を「9つの原則」としてまとめ、次節にて詳細を論じる。

#### 4-2-6. 評価・改良

センサーの精度確認や、表現についてのアドバイス等、ゲームを制作する過程で評価が必要となった場合は積極的に医療現場に持ち込み評価をおこなう。ソフトウェア、ハードウェアの発達により**短時間でゲームのプロトタイプを作成可能となった現在においては、改良と評価が行き来する期間を短くし、かつそれらの回数を多くすることが完成への近道となる。**評価については、ゲーム制作者によるもの、医療機関の介助者によるもの、実際の対象者（高齢者）によるものと、3段階に分けておこない、後者になるほど評価準備の規模は大きくなる。最終的にゲーム全体のプロトタイプが完成した時点で、医療側、ゲーム制作側の双方による確認、評価をする。この場合は実際の対象者による評価が望ましい。評価項目は、運動が正しく行われているかがもっとも重要な点であり、運動とゲームの対応付けがうまく機能しているか、操作性、映像の見やす

さ、音の聞こえやすさといったユーザインタフェイス等の次節、「ゲームデザイン」で論じる項目となる。評価で出された不具合報告や意見等をベースにゲームデザイン側で検討し、必要に応じて改良するが、問題点および修正の記録は評価毎に作成し、常に確認しながら改良を進める。

#### 4-2-7. 検証

評価、改良を経てゲームが完成した後、エビデンスをえるための実証実験をおこなう。主な検証項目はゲームの積極性、持続性、安全性となる。検証実験によるエビデンスの獲得はシリアスゲームを社会へと送り出す上で必要不可欠であり、とくに医療分野においては重要とされる。検証は内容に応じてゲーム制作側、医療側のどちらかが主体となり実施することになるが、リハビリ・ヘルスケア用ゲームの場合は病院や介護施設のスタッフが主となることが双方間の信頼を増す意味でも望ましい。ゲーム制作側にとっては、検証作業を実施している医療側の研究者をパートナーとしてえられるかは重要となる。『リハビリウム起立くん』では初期段階で積極性、持続性、安全性の検証をしている。くわえて、1年間の継続検証の実施により、ここでは身体能力の向上も示している。『ロコモでバラミンゴ』ではルール設計と映像表現のゲームデザインの有効性に関する検証、『たたけ！バンバン職人』では映像表現と積極性の検証に加え、リハビリ効果の検証をおこなっている。

以上、本研究で提案した制作プロセスの各項目の詳細について述べた。なお、これらのすべてのプロセスはゲームデザイン側と、医療、ヘルスケア分野側の共同で行われるべきであることは強く主張したい。とくに医療側の専門知識が必要となる運動、対象者をあつかう場合は、企画と検証の段階で医療側の知識、作業提供が重要となる。

#### 4-3. リハビリ・ヘルスケア用ゲームデザインの要件整理

企画段階により対象とする運動を決定した後、実際のゲーム制作段階に移行する。『リハビリウム起立くん』、『ロコモでバラミンゴ』、『たたけ！バンバン職人』の制作を経て、リハビリ・ヘルスケア用ゲームの制作における検討すべき要素を、「運動とゲームの対応付け」、「難易度設定」、「ゲームルール」、「表現演出」、「運動成果の可視化」、「個人データ活用」、「身体動作入力」、「ユーザイン

タフェイス」、「システム環境」、「安全性」の10項目に分類した。以下にそれぞれの詳細を示す。

#### 4-3-1. 運動とゲームの対応付け

企画段階で選出された運動は、立ち座りや片足立ち等の固有の動きを有しており、当然ながら現場でおこなわれているものである。一方、モニタの中に表示されるゲーム要素はデザイナーが作り出した仮想のものとして捉えることができる。リハビリ・ヘルスケア用ゲームデザインの出発点として、この現実の動きと、ゲーム内の仮想要素に関する動きの対応付けをおこなう。この対応付けされた運動と仮想要素の組み合わせがリハビリ・ヘルスケア用ゲームの核となる。起立-着席運動である、『リハビリウム起立くん』では立ち座りという現実の運動で仮想の木を伸ばしている。開眼片足立ちをおこなう、『ロコモでバラミンゴ』では目を開いて片足で直立することで、仮想のアバターを中央に固定させている。『たたけ！バンバン職人』では現実の画面を叩く動作で仮想のオブジェクトを左に移動させている。これら、「起立-着席で木を伸ばす」、「直立してアバターを中央に置く」、「画面を叩いてオブジェクトを移動させる」という現実と仮想の組み合わせがゲームの核となる。なお、組み合わせを決定する際に、対応付けについては現実と仮想の関係が複雑ではなく、直感で理解できるものでなければならない。上述したとおり**現実と仮想が1対1の関係となっていることが理想的**である。対応付けが複雑になると、ゲームの利用経験が少ない対象者や高齢者層では理解されない可能性が高くなるため、簡潔な対応付けをおこない核とする。それをゲーム特有の映像やインタラクションで解りやすく伝えることで、対象者はリハビリ・ヘルスケアの運動とゲームをつなげることが可能となる。そして、核をルールで包むことで面白さや楽しさを付加していくことになる。

#### 4-3-2. 難易度設定

##### [1]負の要素の有無

ケイティ・サレンとエリック・ジーマーマンは著書、『ルールズ・オブ・プレイ』で、「ゲームとはプレイヤーがルールで定められた人工的な対立に参加するシステムであり、そこから定量化できる結果が生じるもの」と述べている。ゲーム内には競争や成功、失敗、乗り越えるべきハードルといった要素が用意されて

おり、利用者はこれらから達成感による喜び、失敗からくる悔しさといった感情を繰り返しえることで楽しみを感じている。

リハビリ・ヘルスケア用ゲームの場合、失敗や、減点、そこからくる悔しさという負の要素に関する有無の検討をする必要がある。負の要素が作るハードルに直面し対象者がゲーム=運動を止めてしまう可能性があり、ゲーム利用による積極性向上とは反対の結果を招くこととなる。『リハビリウム起立くん』においてはゲームルールから負の要素は排除しており、声かけによる励ましや褒める等の前向きな要素のみで構成されている。このことによりゲームを中止する懸念はなくなり、かつ有用性、継続性の検証では楽しいという意見がえられているが、一方でゲームが本来もっているべき楽しさが減ったと考えられる。『ロコモでバラミンゴ』では、健康な高齢者を対象者としており、身体がふらつく等の動作や爆弾を取ってしまうことでスコアが減点される負の要素を入れ込んでいるが、検証結果では楽しさの要因となり積極性の向上がえられている。エンタテイメント用ゲームの場合、負の要素は当然として入ってくるが、リハビリ・ヘルスケア用ゲームの場合、用途や対象者の状況により検討事項となることは留意すべきである。なお、負の要素をルールに入れない場合、映像や音、後述する運動結果を用いた持続性向上要素を駆使して楽しさを創り出さなければならず、それを創り出すゲームデザインとしての難易度は高くなると考える。

## [2]運動強度設定

リハビリ・ヘルスケア用ゲームの場合、身体能力や認知機能に差がある対象者に対して、運動強度も段階的なレベルを設定し提供しなければならない。運動強度設定とルール設定の二つの組み合わせにより難易度を設定することになる。『リハビリウム起立くん』では対象者の目標起立回数設定や運動速度といった運動強度の選択は可能となっているが、ルールによる難易度設定は含んでいない。『ロコモでバラミンゴ』では、ゲームが進むにつれて手を使う等のルールとしての難易度が上がっていき、結果、コグニサイズおよび運動継続による足の疲労から運動強度も上がる仕様となっている。難易度について対象者毎の設定はできないが、対象者が手を添えることのできる椅子等を常備し、片足立ちの補助をおこなっている。『たたけ！バンバン職人』では、患者の病状による行動能力、認知能力の違いを基に三つの難易度が異なるモードを用意している。

高齢者の能力はスペクトラム状に分布していることは前述した。それぞれの対象者にあわせて3段階程度ではなく、AI等を活用した個々にあった微細な調整が理想であるが、技術的課題もあり現段階では可能な範囲で難易度設定を細分化することが現実的な対応と考える。

#### 4-3-3. ゲームルール

運動と仮要素を対応付けたゲームの核の周りを包み、楽しみを増幅させる要素の一つがゲームルールであり、前節にある負の要素の有無もゲームルールに含まれる。ビデオゲームはハードウェアの進化にともないより複雑になる傾向にあるが、ゲーム利用の経験が無く、とくに認知力が低い高齢者に対しては、シンプルで解りやすいルールを提示すべきである。不理解は不安となり、ゲーム利用の妨げとなる。シンプルなルールの目安として一文で説明可能なルールを推奨する。『リハビリウム起立くん』および、『たたけ！バンバン職人』は身体能力、認知機能の両面が低い可能性があるため、「立ったら木が伸びるので、目標回数まで起立してください」、「オブジェクトを叩いて左端まで動かしてください」という、一文で説明可能なシンプルなルールとなっている。『ロコモでバラミンゴ』については、健康な高齢者を対象としていることから、片足で立つという基本動作でハートを獲得し続けることに加え、途中から両手も同時に使うコグニサイズ要素を取り入れており、複雑なルールとなっている。ルール理解についての検証ではロコモ運動サークルに参加している高齢者半数がすべてを理解しておらず、より解りやすいルール設定が求められている。一方で半数の対象者はルールを理解しており、かつすべてのルールを理解せずとも核となる部分は理解していることから、継続は可能となっており、徐々に慣れとともに理解を深めることも可能であると考えられる。

ルール設定上の注意点として、ルールで要求する動きが本来のリハビリ・ヘルスケアに必要な運動を阻害しないようにしなければならない。ルールにより運動が変えられると運動効果を示すエビデンスが成立しなくなる可能性がある。ルールによる楽しさを創り出すための工夫が必要であるが、別の動きを追加する等、従来の運動を変更する場合は専門家と協議の上で実装すべきである。『ロコモでバラミンゴ』は、両手を使うことで正式な開眼片足立ち運動ではなくなっているが、共同研究者である医師と協議し、運動効果が損なわれることはないという判断の基にルールとして採用している。

#### 4-3-4. 表現演出

表現演出とは、ゲーム中で用いられる世界観、映像、音であり、ゲームルールとともに、対象者にとっての楽しさを創出する要素である。ゲームの場合、映画や本と異なりインタラクティブ性を有するため、対象者が動くときゲーム中の要素が反応するといったインタラクションが生じ、より自分がその世界に参与しているように感じさせることができる。リハビリ・ヘルスケアでの訓練は反復運動が多く、単調で退屈になりがちである。くわえて、ルールは極力シンプルに構成されるため、退屈な状況を楽しいものに変え、運動していることを忘れてしまうような気持ちを盛り上げるために、映像と音、世界観を作り込む必要がある。そして、それらはシンプルで解りやすいルールのなかに映像、音、インタラクション、およびそれらを組みあわせて作られるリズムやテンポにより、対象者が理解ではなく、気持ち良いと感じられる演出でなければならない。代表的な例として、『リハビリウム起立くん』の対象者が起立時に表示される、木が上方へと勢いよく伸びるアニメーションや、それと連動する、「ニョキニョキ」という効果音、『ロコモでバラミンゴ』の奥へと進む壮快感や、ハート取得時の「チャリン」という効果音、『たたけ！バンバン職人』の画面を叩いたときのオブジェクトが震えるアニメーションや、その際に生じる、「バンバン」という効果音があげられる。

映像全体の表現や世界観について、第2章でも述べたが、『リハビリウム起立くん』制作時での長尾病院院長からの要望に基づいて、本論文での三つのゲームでは3DCGを用い、「高齢者」を感じさせない映像を大学生とともに制作した。その際に、イメージは明るく、動きはダイナミックにするよう心がけた。第3章では、『ロコモでバラミンゴ』の映像を用いての好感度調査の結果、映像として何が描かれているか等の内容や世界観については強いこだわりはなく、部分的に見にくい等の問題はあるものの、運動に対しての影響はでていない。高齢者の好きな表現を調査し、映像表現として採用する方法もあるが、そもそもゲーム自体が新鮮な高齢者にとって、好きな表現はと問われるのも難しいと考える。結果、健康な高齢者には、「高齢者」を感じさせない映像をという要望とあわせて、汚い、耳障り等の不快な内容でない限り、世界観とともにクリエイターが自由に表現したものがうけ入れられるという結論にいたっている。一方、第4章の、『たたけ！バンバン職人』では、現実に存在するモチーフをあつかっ

た映像表現が好まれるという結果がでている。対象者である半側空間無視患者は共通して認知機能が低く、ゲーム経験も無い。被験者数が少ない関係上、断定はできないものの、認知能力が低めの対象者には、現実の物と近い映像、音の表現を用いた方がより解りやすいと考える。

#### 4-3-5. 運動成果の可視化

運動終了後に点数や段位、ランキング（リーダーボード）等の提示は、運動の成果を可視化し運動への積極性、持続性を向上させる要素である。これらは運動中に確認するものではない。よって、直接連動しないことから、リハビリ・ヘルスケアとは距離をおいて内容を構築することが可能であり、エンタテインメント用ゲームで導入されている要素や知見が多く活用できる部分でもある。積極性、持続性を向上させる要素は自己評価によるものと、他者とのコミュニケーション要素の二つに大別されている。『リハビリウム起立くん』では、運動日数や起立回数等が記載された履歴シート、実施日数毎に押印されるスタンプラリー、起立回数に応じて進級する段位認定、および認定書が自己評価にあたる。そのうちの、1週間の起立回数を競う週間ランキングが競争による他者とのコミュニケーションとなる。とくに、運動中に負の要素を入れないルールを用いる場合は楽しさが薄くなるため、運動後に楽しみを多く入れ継続を促すべきである。注意事項として、現時点では、高齢者のゲーム利用の経験が無い場合が多いため、ゲーム利用経験者にとって当然とされる要素も高齢者には理解されない可能性があることは留意すべきである。利用環境の一つである老健センターなおでは、週間ランキングと段位が人気となっている。一方、開発当初、ゲーム内にカードやメダルを登場させ、それらをコレクションするというものがあったが、仮想のカードやメダルを集めるという行為自体に理解と関心を示さず、削除することとなった。今後、世代が進みゲームを利用した世代が高齢化すると状況は変化すると考えられるが、現状を踏まえた上での設計が必要となる。

運動成果の可視化をおこなう際の注意点として、ランキングをはじめとした他者との競争はゲーム利用の積極性を向上させるが、他者とのトラブルにも発展する可能性があるため、別途対策を施す必要がある。また、それらは自己評価や他者とのコミュニケーションの双方において、ゲーム内で決められたルールにより作られたものであり、現実のものではない仮想な要素となる。よって、対象者の認知能力がこれらを理解可能であることが前提となり、そうでない場合は機能しない可能性が高くなる。第4章の、『たたけ！バンバン職人』では患者の認知能力が低いため、点数と段位の提示はおこなっているが理解はされておらず、積極性、持続性向上の機能は果たしていないと考えられる。



#### 4-3-6. 個人データ活用

ゲームを利用するにあたり、対象者の名前、年齢、性別等の個人情報をはじめ、本人の能力に合わせた運動内容設定や、運動成果として継続日数や累積回数等が個人データとして記録される。病院や施設等で実際に運用を開始する際には、個人認証と運動履歴データ記録の両面で個人データをどのように利用、管理するかを検討する必要がある。『リハビリウム起立くん』では、個人認証をIDカードにより実施しており、実施した際の回数や日時等は個人データとして保存されているが、使用するPC中のみ保存されているため、今後クラウド等の利用が検討されている。『ロコモでバラミンゴ』では、イベントでの短期利用を前提としたことから個人認証はおこなっておらず、現段階では個人の継続データは筆記によるもののみとなっている。今後、継続した利用をおこなう場合は、『リハビリウム起立くん』と同等の個人認証およびデータ保存システムが必要となる。『たたけ！バンバン職人』では、介助者であるセラピストが常にマンツーマンで対応するため、セラピストによるユーザ管理がおこなわれている。各患者のデータは検証用も含め個別でPC内に保存されており、これらはセラピストの患者の病状把握、および実証実験のためのデータ作成用として活用されている。

個人データは、ゲーム開始時に認証用として使用され、運動履歴データは持続性を向上させるための成果の可視化である点数や段位認定、ランキング等に利用される。また、介助者による対象者の健康状態確認や、検証、実験時の研究データとしても活用可能である。運動時の個人履歴データは、生活習慣や健康に関する研究で今後大いに活用されることが期待できるため、個人情報保護を留意しつつ、クラウドをはじめとする何らかの方法で蓄積すべきと考える。

#### 4-3-7. 身体動作入力

リハビリやヘルスケアは身体動作を伴うため、対象者の動きをゲーム側に伝える必要がある。「運動とゲームの対応付け」が、リハビリ・ヘルスケア用ゲームの核となることは先に述べたが、対応付けを実現するための要素が身体動作入力デバイスとなる。運動中の動作を正確にゲーム側に伝える上で、身体動作入力デバイスはもっとも重要なハードウェアの一つといえる。既存のエンタテインメント用ゲーム機では専用のパッド型コントローラーや、PCの場合、キーボ

ード、マウスが使用されが、高齢者の場合はほぼ使えないと考えてよい。また体を大きく動かす運動を伴うことからそれらのデバイスは不適切といえる。他方、『リハビリウム起立くん』、『ロコモでバラミンゴ』で用いた Kinect をはじめ、人の動きを検知するセンサーが多く発表されており、これらは、PC と接続して動作入力デバイスとして用いる準備がされている。また著明なゲーム開発エンジンである Unity 等との親和性も高く利用し易い状況である。他にカメラと画像処理を組み合わせた動作検知手法もあるが、いずれにせよ正確に人の動きを検知するのは容易ではないのが現状である。現段階では運動に合わせた入力デバイスを新規に開発するか、既存のセンサーがもつ能力の範囲で検出可能なリハビリ運動を選出するかのどちらかとなるが、前者の場合は費用や制作期間等の懸念もあり、後者となることが多い。

入力デバイスを用いる際に、複雑な準備が必要となることも避ける必要がある。大型なものや、重さがあるものの移動や、保管場所が必要となるものなどは、準備をおこなう介助者側から敬遠され、ゲームから遠ざかる要因となる。

以上から、動作入力デバイスの決定は動作実験や現場で利用する上での利便性も含め、医療関係者、ゲームデザイナー、技術者による入念な試行と議論を重ねて選出する必要がある。

#### 4-3-8. ユーザインタフェイス

対象者である高齢者をはじめ、病院や高齢者施設で働くセラピストは IT 関連を得意としない傾向にある。ゲームのインタフェイスを構築する際に、ゲームを利用する対象者と準備をおこなう介助者双方の使いやすさ、ユーザビリティを考慮しなければならない。

##### [1] 介助者のためのユーザインタフェイス

老健施設等で活動するセラピストや介護士、看護師等は日々、分単位で大勢の高齢者の介護をしている。よってゲームは IT に関する特別な知識が無くても容易に利用可能であり、かつ日々の業務を妨げず、しいては、現状よりも負担が減るような、システム、ユーザインタフェイス設計が必要となる。理想的なシステムは、設置後、電源だけを入れればゲームが利用可能な状態となり、その後、対象者が自分で利用しプレイ後は待機画面に自動的に戻る、というサイクルを無人で行える状態である。家庭用ゲーム機やゲームセンターの大型筐体

では、上記のシステムが用いられている。極力、対象者や介助者の操作を不要とすることで負担軽減となり、かつ対象者にとっては使い易いシステムとなる。『リハビリウム起立くん』を設置している老健センターながおでは、これを実現しており、導入後6年間継続して利用されている。『ロコモでバラミンゴ』、『たたけ！バンバン職人』ではソフトウェアの起動は必要であるが、その後は画面の指示に従うのみで利用可能となっている。画面操作をおこなう際も、キーボードは極力使わないように設計している。常に介助者を迷わせず、負担軽減を心がけながらハードウェア、ソフトウェアのユーザインタフェースを構築しなければならない。

## [2] 対象者のためのユーザインタフェース

ゲーム画面は、キャラクターや背景等で表現される絵画的要素と、得点や地図、ボタン等、操作のための情報を示すインタフェースに分けられる。介助者と同様に、利用者である対象者が戸惑わないように、解りやすく情報を提示する必要がある。ゲームを利用するのみの対象者への情報は、必要最低限に大きく解りやすく提示する。『リハビリウム起立くん』では、運動中に対象者に提示しているのは起立回数情報のみであり、『ロコモでバラミンゴ』では、得点情報、『たたけ！バンバン職人』では、経過時間のみを提示している。また、高齢者は老眼、難聴である場合が多い。したがって情報提示や操作誘導の際に、小さくて見えないような図柄や小さくて聞こえない音は使用してはならない。

## [3] 認知機能が低い対象者のためのユーザインタフェース

対象者の認知機能が低い場合は、より直感で判断できるようにし、場合によっては楽しくするための背景やエフェクト等の要素をも排除するまでの情報の絞り込みをおこなう。本稿で制作した映像は、背景、動く背景、核となるオブジェクト群、エフェクト、UIの5つのレイヤーに別れ構成されている(図4-4)。核となるオブジェクトの部分が主であり、この部分のみでもゲームとして成立する。背景、動く背景は世界観の強調や、賑やかな絵作りの要素であり、エフェクトは強調の演出、UIは時間やスコア等の情報提示となる。通常のゲームでは、これらすべてを表示し利用されるが、『たたけ！バンバン職人』では、各レイヤーのオンオフ機能を付け、対象者である患者の認知機能や病状にあわせて背景やエフェクトの表示、非表示をおこなっている。対象者の能力にあわせて

必要なレイヤーのみを用いてゲームができるようにすることで、さまざまな対象者に対応可能なユーザインタフェースが実現できる。

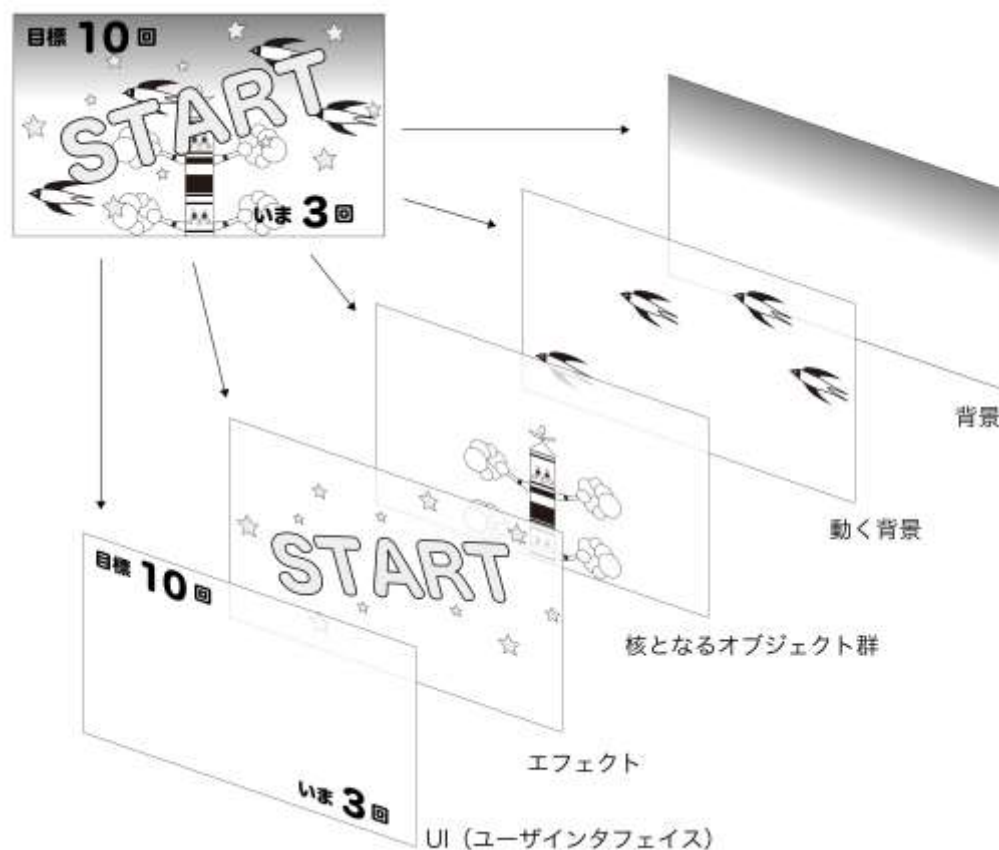


図 4-4 映像のレイヤー構成

#### 4-3-9. システム環境

リハビリ・ヘルスケアの運動を、ゲームを用いて実施する際の環境として、ゲームのプラットフォームや開発環境といったシステム、実際に運動をおこなう場や空間の設計が必要となる。

##### [1] システム

開発環境については、特別な制約が無い限り、研究活動を行う時点で一般的である環境を用いるべきと考える。研究活動は産学連携により実施されることもあり、より円滑にデータや情報のやり取りをおこなうことを想定しての考えである。本研究ではプラットフォームとしてゲーム開発環境では標準的な

Windows PC を利用している。『リハビリウム起立くん』は、C 言語を用いて開発したが、『ロコモでバラミンゴ』以降は、Unity 等のゲームオーサリングツールでの制作に移行している。なお、プラットフォームに関しては医療分野にも普及し、かつ直感的な操作を可能とするタブレット端末への移行も検討している。時代の流れと利用者のニーズに沿う形で開発環境、およびプラットフォームを選択する。なお、身体動作入力デバイスもシステムの一部ではあるが、とくに重要なため、前節で分けて記述している。

## [2]場、空間

ゲーム自体はモニタの中で表示されるが、運動を伴う以上、通常のリハビリ・ヘルスケアと同様に一定の空間が必要となる。取りあうかうセンサーによっては設置場所と対象者の立つ位置なども検討事項となる。『リハビリウム起立くん』、『ロコモでバラミンゴ』で用いた Kinect については赤外線センサーを利用しているため、太陽光が多く入る場所では誤動作が起きがちである。また、対象者の全身をセンシングするため、センサー機器と対象者の距離は 2m ほど空けなければならない。運動を実施している対象者の周辺に別の人が居た場合、そちらを誤検知することも頻繁におこる。これらの問題に対処できるような設置場所を用意し、くわえて、安全面や利便性、場の雰囲気等も考慮しなければならない。

### 4-3-10. 安全性

安全性は、もっともシンプルで、かつ重要な項目である。企画、評価・改良、検証のすべてにおいて安全性が確保されているかについて注意を払わなければならない。安全性については、ゲーム中に危険な要因が含まれていないか、もしくは危険の可能性が示唆された場合どのように対処するか等、医療側からの知見を多くえる必要がある。本論文を進めるにあたり、もっとも指摘された危険因子は、「転倒」であった。起立-着席運動、開眼片足立ち運動は立位が伴う運動であり、とくに、片足立ち転倒の危険性が高い。よって、転倒に関しては企画段階から対処法を考案すべきである。『リハビリウム起立くん』では当初、Wii バランスボードを用いて開発していたが、ボードに乗る際のわずかな段差でさえも転倒の危険性が見出されていた。現在は、前節で示したサポート器具により、転倒を予防している。くわえて、検証によってゲームの利用による生理

反応や転倒事故に対する安全性を確認している。また、対象者がゲームに熱中することにより生じる過度な運動を避けるような設計もおこなっている。『ロコモでパラミンゴ』は、片足立ちをおこなうため、転倒の危険性は常に伴う。ゲームと片足立ちの組み合わせによる安全性は医師による確認のほか、健康な高齢者以外には利用させないよう徹底し、かつ転倒防止用としてふらついた際に掴むことのできる位置に椅子を常に用意している。

ゲームがリハビリ・ヘルスケアの運動にとって有用であることを示すうえで、安全性の確保は必須であり、検証や実験、医師の確認等で明確に提示すべきと考える。

#### 4-4. 制作チェックシート

高齢者向けリハビリ・ヘルスケア用ゲームのプロジェクト推進時に利用するためのチェックシートを作成した。提案した制作プロセスに沿って企画、制作（ゲームデザイン）、評価・改良、検証の4つの大項目で構成され、企画は、「用途決定」、「利用環境」、「対象者」、「サポート体制」、「現場理解」の5つの中項目、制作（ゲームデザイン）は、「運動とゲームの対応付け」、「難易度設定」、「ゲームルール」、「表現演出」、「運動成果の可視化」、「個人データ活用」、「身体動作入力」、「ユーザインタフェース」、「システム環境」、「安全性」の10の中項目に分かれている。さらに、必要に応じて本研究でえられた知見、提案を元に小項目を作成しており、それぞれ、「はい、いいえ」による確認とコメントを記入することで、不足している部分や課題点等を知ることが可能である。

制作したチェックシートを用いて、シリアスゲームの制作および研究をおこなっている大学生5名にて試用を行い、チェックリスト使用后、アンケート調査を実施した。アンケート項目は、以下のとおりである。

Q1：チェックシートの内容を理解できましたか。（5段階評価に自由記述）

Q2：自身のシリアスゲーム制作に活用できそうですか。（5段階評価に自由記述）

Q3：足りない項目はありましたか？（5段階評価に自由記述）

Q4：要らない項目があれば書いてください。（自由記述）

Q5：解らなかった項目があれば書いてください。（自由記述）

Q6：その他、全体を通してコメント、アドバイス等あれば書いてください。（自由記述）

結果は以下のとおりである。

-----

A1: 5. よく理解できた…3人、4…2人

自由記述：運動より学習が目的となるシリアスゲームでは、企画と制作にある運動関連の項目が答えづらかった

A2: 5. 非常に活用できる…3人、4…1人、3…1人

自由記述：安全性のエビデンスはあまり考えていませんでした

A3: 5. 十分足りている…2人、4…3人

自由記述：企画、現場理解の項目にプレイヤーとなる対象者との意見交換も必要ではないか？  
対象者が成功/失敗を理解しやすい演出になっているか

A4、A5 回答なし

A6: 自由記述：

- ・シリアスゲームを作る際にビジネス展開を考える必要があるかは別の議論になりそうだが、システム環境の項目に「プラットフォーム、開発環境、デバイスが一般的なものだけで構築されているか」の評価軸もあれば、広く展開することを考える上で有効ではないだろうか？
- ・ダイナミックなアニメーションや気持ち良いと思える映像などやや抽象的であり、自己評価で判断してよいのかわからない点があったように感じた。一応アンケート等で何度か高齢者の方にとって不快なものかどうかを確認はしているが、高齢者の方にとってはあまりアニメーションに対してとくにこだわりがないらしく、アンケートをとって見たが心地よいアニメーションであるかどうかは判断できなかった。心地よさではなく、どちらの足を上げればよいかが一方向的に提示されているような、分かりやすさが高齢者にとって重要であるようだった。
- ・デザイン検証は制作過程において行う工程なのでは…？
- ・映像、音、UI等の個別調整機能は備わっているか
- ・ゲーム中に音量調節できるということなのか、起立の森のように数パターンから選べるということなのか…
- ・負の要素（失敗体験等）の有無は決定したか、の質問の意図が気になりました。
- ・制作段階（企画・制作等）で項目が分けられていましたが、ゲームの内容に関わること、安全性、エビデンスに関わること等、分野ごとで整理されている方が使いやすいかもしれないと感じ

ました。

-----

#### 4-5. 考察

本章では、リハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームをデザインする際の制作プロセスおよびデザイン要件の提案をした。また、そこでえられた項目を基にチェックシートを作成し、試用を実施した。使用後のアンケートから、チェックリストの内容については十分理解されており、項目も十分でありかつ自身のシリアスゲーム制作のために利用可能であるという結果がえられている。一方、5人中1人は利用の可能性で、「どちらともいえない」と回答しており、自由記述にて、「ダイナミックなアニメーションや気持ち良いと思える映像」が、項目として抽象的であり曖昧であるという意見もあり、今後、追加改良が必要であることは否めない。今後、多くの医療関係者やゲームデザイナーにより、本提案に対する議論をおこない、制作プロセス、およびゲームデザイン要件の項目について発展させていく必要がある。



## 結論

本研究の目的はデジタルゲームのもつ積極性、持続性を向上させる要素を用いて、高齢者のリハビリ・ヘルスケアの運動を支援するシリアスゲームを作成することにある。そして制作したゲームを用いて、医療現場にお疲れ様です。ける有用性のあるエビデンスを示し、かつ研究の過程でえられたシリアスゲーム制作のプロセスやゲームデザインに関する知見をまとめる。それによって今後多くのゲームやサービスが産み出され、結果、高齢者の健康問題解決につながることを期待し、開始している。

第1章では、起立-着席運動を支援するためのゲーム、『リハビリウム起立くん』の研究開発をとおして、制作プロセスおよびゲームデザインについて示し、また医療機関による検証により有用性、安全性、継続効果に関するエビデンスもえられた。本ゲームが起立-着席運動の促進に関して介助者であるセラピストと同等の役割を果たすという結果にいたっている。

第2章では、開眼片足立ちを支援するためのゲーム、『ロコモでバラミンゴ』の研究開発をとおして、失敗体験および表現演出に関するデザインの詳細を示した。そのうえで、高齢者向け運動サークルにおける検証をおこなった結果、ゲームに含まれる失敗体験等の負の要素は、高齢者の積極性を向上させるために有効であることを示した。また、ゲームの主要素である表現演出については個人の嗜好により意見が分かれることから、不快感を与える絵柄でなければ如何なるシーンでも良いという結果がえられており、総じて、ゲームリテラシーが低い高齢者の場合でも、運動促進にとってヘルスケア領域でのゲーム利用は有効であるという結論にいたっている。

第3章では、半側空間無視のリハビリを支援するためのゲーム、『たたけ！バンバン職人』の研究開発をとおして、特定症候を有した患者に対応する場合の企画やゲームデザインのあり方についての知見がえられ、また認知機能が低い患者のリハビリにおいてもゲーム利用が有用であることが示されている。

これら各章の結果を踏まえて、本研究の2つの目的であるリハビリ・ヘルスケアの現場での有用性を示すこと、また制作プロセス、デザイン要件を基に、デザイン原則を確立する。

### 1. シリアスゲームのリハビリ・ヘルスケアの現場での有用性

シリアスゲームは、「楽しさ」を産み出すゲームとしてのエンタテインメント性と問題解決としての機能を併せもつ必要がある。また問題解決について、実際に効果が出せているかどうかを、エビデンスとともに証明しなければ、利用者からの信頼性をえられず製品やサービスとして不完全となる。本研究で制作したゲームはリハビリ・ヘルスケア運動に用いることで、対象者の積極性、持続性が向上し自主訓練の促進に繋がることを目的としている。本節では第2章から第3章で記述した、『リハビリウム起立くん』、『ロコモでバラミンゴ』、『たたけ！バンバン職人』の取り組みでえられた、「有用性」のエビデンスを基に、ゲームがリハビリ・ヘルスケア運動をおこなう高齢者全般において有用性があることを示す。

障害をもつ高齢者を対象とした、『リハビリウム起立くん』では、共同研究機関である長尾病院にてゲームを用いての積極性、持続性、安全性の検証を実施し、各項目での、「有り」のエビデンスを示すとともにゲームが介助者と同等の役割を果たすという結果がえられている。また、1年間の継続検証についても、対象者の運動能力向上の結果とあわせて、ゲーム利用に対する好意的な意見がえられている。健康な高齢者を対象とした、『ロコモでバラミンゴ』では負の要素を加えたより難易度の高いゲーム要素に対する積極性の向上のエビデンスをえられている。特定症候と患者を対象とした、『たたけ！バンバン職人』においても、セラピストから対象者のゲーム=運動への積極性が増し、集中力が高まり運動を中座することがなくなったという報告をえた。

以上から、本研究で制作したゲームは患者から健康な高齢者まで、安全性を確保した上で積極性、持続性を向上させる性質を有しており、ゲームが高齢者全般においてリハビリ・ヘルスケア運動に有用であることが示された。

## 2. リハビリ・ヘルスケア用ゲーム制作のためのデザイン10原則

本研究で制作した、『リハビリウム起立くん』、『ロコモでバラミンゴ』、『たたけ！バンバン職人』は、実際に病院や老健施設、高齢者の運動サークルで利用されており、それぞれの検証にて、「有用性あり」という結果が出せる質を有した設計がなされているといえる。第4章でこれらを可能としたゲームデザインおよび一連の制作プロセスの要件を整理した。また、ゲームデザインの過程を含む制作プロセスの重要となる実施項目をチェックシート形式で提示することで、本研究による提案をより利用しやすくしている。そして、最後に結論とし

て、リハビリ・ヘルスケアのためのシリアスゲーム制作において実施すべき内容を以下に、「デザインの10原則」としてまとめた。

1. 運動とゲームの対応付けは1:1の簡潔な組み合わせにする
2. 対象者にあわせた柔軟な難易度設定をルールと運動強度の双方でおこなう
3. 1文で説明可能な解りやすいルール設定を行う
4. 直感で感覚的に楽しさがえられる表現演出を用意する
5. 運動成果を可視化し継続を促す要素を用意する
6. ゲームでえられた利用者データは常に記録し積極的に活用する
7. ゲームへの身体動作の伝達は正確におこなう
8. 対象者、介助者双方に解りやすい簡潔なインタフェースを用意する
9. ゲーム=運動をおこなうための安全かつ快適なシステムや空間を確保する
10. 医療・ヘルスケア分野とデザイン分野の連携は密にきめ細かにおこなう

原則1~6についてはゲームにより運動への積極性を向上させるための要素であり、原則7~9についてはゲームを安心して快適に利用できるようにするための要素となっている。デザインの原則について代表的な事例として、「ユニバーサルデザインの7原則<sup>[49]</sup>」がありさまざまな製品やサービスに適用できる広い視点で設定されており、企業や団体が7原則をベースに独自のルールを設定している<sup>[50]</sup>。本研究においてもこれを参考としており、とくに、後半の快適に利用可能な状況を実現するための原則は、ほぼユニバーサルデザインの7原則をリハビリ・ヘルスケア用のゲームデザインに適応したものとなっている。言い換えると、積極性を向上させる原則は、「ユニバーサルデザインの7原則」にはみられない。製品やサービスが、「使えない」、「使いづらい」という状況を解消し、問題なく、「使える」ようにすることがユニバーサルデザインの特徴とするならば、さらに、「使いたい」という積極性を喚起する内容を盛り込んだ点が、本研究で提案する原則の特徴である。

ゲーム制作の原則ともいえる提案をおこなっている例もあり、サイトウアキヒロ氏のゲームニクス理論<sup>[51]</sup>がそれにあたる。エンタテインメント用ゲーム開発の経験から知見をえて導き出されたこの理論は、本研究の原則と同様に、積極性向上と使いやすさの両方を含んだゲーム制作者にとって参考になる理論であるが、エンタテインメントゲーム全体を網羅する形でまとめられているため、リ

ハビリ・ヘルスケアという目的や、高齢者や障害者といった対象者の場合には適合しない部分もある。本研究で提案したデザイン原則はユニバーサルデザインの原則に積極性をくわえ、ゲームニクス理論の対象範囲をリハビリ・ヘルスケア分野に絞り込み具体化した内容となっている。

そして、最終項目である上記の項目 10 が、シリアスゲームを制作するうえでもっとも重要な要素である。リハビリ・ヘルスケア用のゲームを制作するにあたっては、デザイン側と医療・ヘルスケア分野の連携が密でなければ成立しないといっても過言ではない。異分野連携は、固有の背景や文化をもっているため、理解し合うのは時として難しいが、お互いを尊重しながら議論できる状況を制作プロセスの企画から制作（ゲームデザイン）、評価、検証にいたるまで一貫して維持するべきである。本研究においても、リハビリ・ヘルスケアに焦点をあて、対象者の積極性を向上させるための、「楽しさ」を確保する項目（1～6）と、安心して快適に運動可能な状況を確保する項目（7～9）で構成した提案はデザイン分野においても新規性を示せていると考える。

### 3. 今後の取り組みと展望

シリアスゲームプロジェクトは現在も推進しており、本研究でえられた結果や新たに見出された課題を材料に活動をおこなっている。本節では、現在の活動のなかから、コミュニティ形成、自宅での利用、近接領域への応用、ビジネス展開の4項目について紹介し、今後の展望としてまとめる。

#### [1]. コミュニティ形成

シリアスゲームでは2014年から高齢者がゲームを用いて運動をおこなう場として、ロコモ運動サークルを2週間に1回の割合で開催している。開催の目的の一つは、ゲームデザインの研究において利用者からのフィードバックをえる機会をもつためである。サークル開催以前は、高齢者がゲームを利用する環境はなく、また継続的利用を要する場合はイベント等での短期利用のみという難しい現状があった。今後は、高齢者のみでゲームによる健康維持コミュニティを形成し、最終的にはサポートスタッフなしでも実施可能とすることで、サークルの自立を目指している。超高齢化社会においてはサポートする人員の不足が予想されるためである。現在、24名の高齢者が参加しており、そのなかで、18人が4年間継続参加している。また、開始当初はゲーム自体に不慣れであり、

抵抗感を抱いていたが、今ではゲームの促しや順番の進行を各自でおこない、新しく入った参加高齢者にゲームの指導ができるまでになっている。コミュニティ形成、ゲームの利用も含めたサークル運営の知見もまとめることで、今後の社会で活用できる指針を作っていきたいと考える。

## [2]. 自宅での利用

当時の九州大学病院リハビリテーションセンター医師の高杉氏から、「病院や施設における運動はまだそれほど難しくなく、もっとも難しいのは家で一人になったときに、高齢者が自主的に運動を継続しておこなうこと」というレクチャーがあった。よって、本研究の最終目的は高齢者が自宅でゲームによるヘルスケアができることとしている。現在、試行としてスマートフォン、タブレットで動作する起立-着席運動用ゲームを、ロコモ運動サークルの参加者3名を含め計6名の高齢者に貸与し、各自宅にて継続利用の検証をおこなっている。その際に、利用結果をクラウド上に保存し、クラウド経由で利用回数やランキングを本検証の参加者が各自で、および運営側も確認できるようにしている。高齢者の自宅での利用はインターネットへの接続や、利用方法のサポート、トラブルへの対応等課題が生じると予想され、検証をとおしてこれらの課題を整理しながら、自宅で利用可能な状況を実現していく。

ロコモ運動サークルに参加している高齢者は24人中23人が女性である。女性は大勢で集まって活動をすることに積極的であると言える。他方、長尾病院においては男性がゲームを好んで利用している。よってゲームは自宅にいる男性のヘルスケアに有効なのではという推測もある。現時点でスマートフォン所持、もしくは家にインターネット環境がある高齢者は多くないが、近年中には増加すると予想しており、参加数も増やしながら検証を進める。

## [3]. 近接領域への応用

本研究の対象は高齢者であるが、同ゲームを利用した近接領域の別対象への展開も開始している。2017年に高齢者用のリハビリ・ヘルスケアゲームを発達障害児の運動意欲、集中力の向上に利用できないかという問い合わせが中学校の特別支援学級教員からあり、試行したところ普段訓練には参加しない生徒が積極的に参加し運動するなどの一定の効果がみられた。対象として高齢者と発達障害児には共通点がみられる。双方ともに社会的弱者であることと、認知力、

運動能力が健常者と比べて低い点があげられる。また、能力値もスペクトラムに拡散している点も同じである。相違点は年齢とゲームに対する親和性であり、子どもの方がゲームに対して意欲を示す。高齢者は今後増加することは確定しているが、発達障害児も増加傾向に有り<sup>[48]</sup>、教育方法含め何らかの対策が求められている。本研究で導き出した結果を利用できる可能性は非常に高いと考える。

#### [4]. ビジネス展開

本研究はビジネスを目的とした活動ではない。しかしながら、デザインという領域は常に社会経済と近い場所に位置し、変わりゆく時代に沿って向き合いながら活動をしていくものと考えている。本研究により提案されたものが、研究者や企業のクリエイターに活用され、製品化されたのち、経済の循環に乗って社会に広く浸透することを望んでいる。『リハビリウム起立くん』は2013年に（株）メディカ出版より販売され、日本国内で約50の病院や老健施設により購入された。しかし、Kinectの生産中止を機に販売を終え、現在は、別企業により、『リハビリウム起立の森』を開発中である。そのなかで、社会へと広げるための仕組みづくりの検討として、九州大学ビジネススクール（QBS）との連携で起立-着席ゲームの市場価値およびビジネス展開としての可能性を探る調査研究をおこなった。QBS学生を中心とした半年間のプロジェクトにより、収益モデル、市場規模とセグメント、ターゲット層の調査を経て、仮想で起立-着席ゲームを販売した場合の、5年後の売上予測10億円を試算している（図6-1）。今後もビジネスとデザインの連携による調査研究を継続し、本研究の成果を社会へと送り出す活動も強化していきたい。

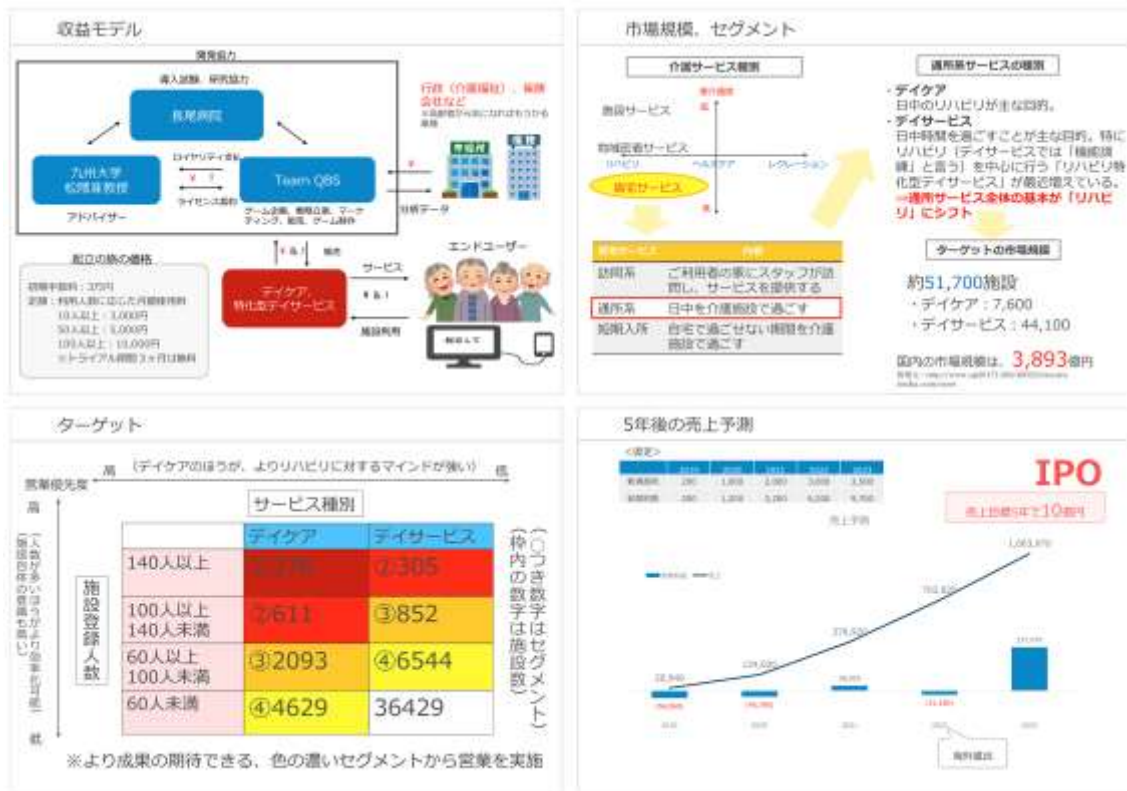


図 6-1 ビジネススクールとの連携による調査結果

4. 今後の展望

シリアスゲームプロジェクトを開始した 2009 年からと比較すると、現在の社会の状況は変化しており、ゲームに対する対応も、エンタテインメントゲームとは無縁であった企業がゲーミフィケーションを既存のサービス等に付加するという事例も増加している。超高齢化社会の進行は日本を筆頭に、今後世界全体に拡大していくこととなり、それに比例してこの問題を解決するための活動やビジネスも多くなっていくであろう。また 10 年、20 年後にはゲーム世代が高齢者となると状況は一変するであろう。

技術の変化もめまぐるしく、動きを検知するセンサー類の充実、汎用化、ゲーム制作用ツールの普及により、より安価に一般人でも手の届く範囲でヘルスケア用のゲーム制作が可能となっている。印刷物や映像が、DTP やソフトウェアの普及により一般化したように、ゲーム制作もいずれ家で簡単に可能となる時代が来ると思われる。スマートフォンの普及とインターネット環境、クラウド等の整備は、場所や時間の制約を小さくし、コミュニケーションの形態そのも

のに多様な選択肢をもたらしている。高齢者と若者が離れた場所であっても、一緒に運動することも可能になる。

本論文ではプロジェクトベースの研究活動をとおしてリハビリ・ヘルスケア分野におけるシリアスゲーム制作のプロセス、およびゲームデザインの在り方について明らかにし論じてきた。第2章では医療介護分野でのゲームの有用性と安全性を示し、第3章ではヘルスケア分野でのゲームの有効性を、第4章では医療分野でのリハビリゲームとしての取り組みを論じた。

デジタルゲームは時として人を夢中にさせることから中毒性と関連付けられ、負のイメージで語られること多々ある。しかし、楽しさは人にとって年齢性別にかかわらず常に必要なことであり、それを産み出すデザイン手法は非常に貴重であるとともに、日本が得意とする分野でもある。なぜ夢中になるのかを科学的に検証し、それらを知識として保存しつつ、健康や教育といったこれまでデジタルゲームとは関わりが薄かった分野に役立てることはこれからの多様性を重要視する社会においても有用だと考え、リハビリ・ヘルスケア用シリアスゲームの制作プロセスの提案およびデザイン原則の確立をおこなった。本研究の成果が、医療、ゲーム両分野のシリアスゲーム制作をおこなう研究者、デザイナーにとって助力となり、新たなコンテンツやサービスが産み出されることに期待したい。またシリアスゲームプロジェクトについては、今後もゲームを主軸としたICT利用による健康促進を広く一般に普及させる活動を継続し、世界の健康寿命拡大へと寄与していく。



## 謝辞

本論文を進めるにあたり、丁寧にご指導頂きました九州大学大学院芸術工学研究院教授の富松潔先生、脇山真治先生、東京工科大学の近藤邦雄先生に心より深く御礼申し上げます。熱心にご指導頂いたおかげで、構成、文言、結論から学術的意義の提示にいたるまで、より質の高い内容で論文を完成させることができました。

第2章、第4章では、研究協力機関となって頂いた長尾病院の院長、服部文忠先生、梶原治朗様をはじめ、多くのセラピストの方々のご協力を頂きました。医療分野の全面的な協力なくしては成立しない分野であるため、皆様の貴重な時間を割いての現場理解のための調査、エビデンスを出すための検証へのご協力を心より感謝致します。

第3章の協力者である高杉紳一郎先生には、調査、検証へのご協力に加え、プロジェクトの冒頭でリハビリとゲームを結びつける意義についてご教授頂き、今の活動へと繋げることができております。心より感謝致します。

九大 TLO 社長の前田真先生には研究の母体となるシリアスゲームプロジェクトの開始時より、運営や推進に全面的にサポートを頂きました。深く感謝致します。

そして、長きに渡りプロジェクトを支えてくれたスタッフの皆様、ゲーム制作や検証実験活動に参加頂いた学生の方々に深く感謝致します。皆様のおかげで本論文をはじめとした多くの成果と現在の活動があります。今後も継続して成果を社会へと発信していくことで皆様の協力を社会貢献へと変えていきたいと思っております。ありがとうございました。

- [1] 松隈浩之：産学官によるシリアスゲーム制作の可能性—受託研究「シリアスゲームプロジェクト」報告をとおして，デジタルゲーム学研究, Vol.4, No.2, pp61-64, 日本デジタルゲーム学会, 2010
- [2] Thompson, D., Baranowski, T., Buday, R., Baranowski, J., Thompson, V., Jago, R. and Griffith, M.: Serious Video Games for Health: How Behavioral Science Guided the Development of a Serious Video Game, *Simulation and Gaming*, Vol. 41, Issue 4, pp.587-606, 2010
- [3] Broeren, J., Bjorkdahl, A., Claesson, L., Goude, D., Lundgren-Nilsson, A., Samuelsson, H., Blomstrand, C., Sunnerhagen K. and Rydmark, M.: Virtual Rehabilitation after stroke, *Studies in Health Technology and Informatics*, Vol. 136, pp.77-82, 2008
- [4] 本田博彦, 川村吉章, 岡崎秀晃, 高橋 宏: モーションセンサを取り入れたリハビリテーションマシンの件検討, 情報処理学会研究報告 EC, エンタテインメントコンピューティング 2009, No.26, pp.7-10, 一般社団法人情報処理学会, 2009
- [5] Takasugi, S., Suzuki, M., Kawamura Y., Nejime, Y., Kawano, I., Kawashima, T., Matsumoto, K. and Iwamoto, Y.: 12-month Intervention of Playing Arcade Games in the Elderly woman, *International Symposium on Preventing Falls and Fractures in Older Person*, 2004
- [6] 上島隆秀, 高杉紳一郎, 河野一郎, 禰占 哲郎, 岩本幸英, 河村吉章, 小野雄次郎, 山下正, 渡辺 睦, 林山直樹, リハビリテーションの視点から開発したゲーム機の効果について, 第42回日本理学療法学会大会 抄録集, Vol.24 Suppl. No. 2, 2007
- [7] J.E. Deutsch, D. Robbins, J. Morrison, P. Guarrera Bowlby, Wii-based compared to standard of care balance and mobility rehabilitation for two individuals post- stroke, *Virtual Rehabilitation International Conference*, 10794513. 2009
- [8] Fraser Anderson, Michelle Annet, Walter F. Bischof, Lean on Wii: Physical Rehabilitation with Virtual Reality and Wii Peripherals, *Annual Review of cybertherapy and Telemedicine*, pp. 229, 2010
- [9] JE. Deutsch, M. Borbely, J. filler, K. Huhn, Phyllis Guarrera-Bowlby, Use of a low-cost, commercially Available gaming for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy, *Physical Therapy*, Volume 88, Issue 10, 2008
- [10] 社団法人コンピュータエンタテインメント協会 (CESA) : テレビゲームのちょっといいおはなし, 入手先<<http://research.cesa.or.jp/handbook/>>, pp.25-29, 2010
- [11] Burke, J., McNeill, M., Charles, D., Morrow, P., Crosbie, J. and McDonough, S.: Augmented Reality Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation. *Proc*, 2nd

International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), pp.75-78, 2010

- [ 1 2 ] <https://www.americasarmy.com/>
- [ 1 3 ] S.Cooper, F. Khatib, A. Treuille, J.Barbero, J. Lee, Michael Beene, Andrew Leaver-Fay, David Baker, Zoran Popovic, Foldit Players, Predicting protein structures with a multiplayer online game, *nature*, 466. Pp.756-760, 2010
- [ 1 4 ] Firas Khatib1, Frank DiMaio, Foldit Contenders Group, Foldit Void, Crushers Group, Seth Cooper, Maciej Kazmierczyk, Mirosław Gilski, Szymon Krzywda, Helena Zabranska, Iva Pichove, James Thompson, Zoran Popvic, Mariusz Jaskolski & David Baker, Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players, *Nature Structural & Molecular Biology*. Vol.18. pp.1175-1177, 2011
- [ 1 5 ] 藤本 徹, シリアスゲーム教育・社会に役立つデジタルゲーム, 東京電気大学出版局, 2007
- [ 1 6 ] <https://www.sglabs.jp/>
- [ 1 7 ] <http://digrajapan.org/>
- [ 1 8 ] 国内のゲーム研究の現状報告, <https://god-bird.net/research/gamestudiesreport2.html>
- [ 1 9 ] <http://cedec.cesa.or.jp/2018/koubo/>
- [ 2 0 ] Voravika Wattanasoontorn, Imma Boada, Ruben Garcia, Mateu Sbert, Serious games for health, *Entertainment Computing*, Vol 4, pp. 231-247, 2013
- [ 2 1 ] Rob Labruyere, Corinna N. Gerber, Karin Birrer-Brutsch, Andreas Meyer-Heim, Hubertus J.A. van Hedel, Requirements for and impact of a serious game for neuro-pediatric robot-assisted gait training, *Research in Developmental Disabilities*, Vol.34, pp.3096-3915, 2013
- [ 2 2 ] James William Burke, Michael McNeil, Darryl Charles, Phillip Morrow, Jacqui Crosbie, Suzanne McDonough, Serious Games for Upper Limb Rehabilitation Following Stroke, *Conference in games and virtual worlds for serious applications*, 2009
- [ 2 3 ] J. Fung, CL Richard, F. Malouin, Bradford J. McFadyen, Anouk Lamontagne, A Treadmill and Motion Coupled Virtual Reality System for Gait Training Post-Stroke, *Cyber-Psychology & Behavior*, Vol.9, No.2, 2006
- [ 2 4 ] Dennis Wollersheim, Monika Merkes, Nora Shields, Pranee Liamputtong, Physical and psychosocial effects of Wii video game use among older women, *International Journal of Emerging Technologies and Society*, Vol.8, No.2, pp.85-98, 2010
- [ 2 5 ] Loh Yong Joo, Tjan Soon yin, Donald Xu, Ernest Thia, Pei Fen chia, Christopher Wee Keong Kuah, Kong Keng He, a feasibility study using interactive commercial off-the-shelf computer gaming in upper limb rehabilitation in patients after stroke, *J Rehabil*

- Med, Vol.42, pp.437-441, 2010
- [ 2 6 ] Ana Vasconcelos, Francisco Nunes, Alberto Carvalho, Catarina Correia, Mobile, Exercise-agnostic, Sensor-based Serious Games for Physical Rehabilitation at Home, Proceeding of the Twelfth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, pp.271-278, 2018
- [ 2 7 ] Johanna Jonsdottira, Rita Bertonia, Michael Lawob, Angelo Montesanoa, Thomas Bowmana, Silvia Gabriellia, Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study, Multiple Sclerosis and Related Disorders 19, pp.25-29, 2018
- [ 2 8 ] Playful Health. Tips, Taking Games Beyond Entertainment, DIGITALMILL, <http://playfulhealth.tips/playfulhealth-faq.html#q4>, 2018
- [ 2 9 ] Nina Skjærreta, Ather Nawaza, Tobias Morath, Daniel Schoenec, Jorunn Lægdheim Helbostada, Beatrix Vereijkena, Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy, International Journal of Medical Informatics Vol, 85 pp.13, 2016
- [ 3 0 ] Lamyae Sardi a, Ali Idri a, José Luis Fernández-Alemán, A Systematic Review of Gamification in e-Health, Journal of Biomedical Informatics 71, pp.31, 2017
- [ 3 1 ] Stefan Gobel, Ralph Maddison, Serious Games for Health: The Potential of Metadata, GAMES FOR HEALTH JOURNAL, Vol.6, No.1, pp. 49, 2017
- [ 3 2 ] <http://www.digireha.com/>, © Ubdobe / Digi-Reha Project / 2018
- [ 3 3 ] <https://www.hikarilab.co.jp/front/sparx>, © HIKARI Lab Inc.
- [ 3 4 ] 藤本徹, 効果的なデジタルゲーム利用教育のための考え方, コンピュータ&エデュケーション, Vol.31, pp.10, 2011
- [ 3 5 ] The Differences between Western and Japanese game design philosophies, Clash of the cultures
- [ 3 6 ] Jesper Juul, しかめっ面にさせるゲームは成功する-悔しさをモチベーションに変えるゲームデザイン -, 株式会社ボーンデジタル, 2015
- [ 3 7 ] ロコモティブシンドローム, 日本整形外科学会, 2015
- [ 3 8 ] H.Ishibashi, On "2015 Guidelines for Prevention and Treatment of Osteoporosis". Osteoporosis in relation to locomotive syndrome, Clinical Calcium, Vol. 25(9): pp.1313-1318., 2015
- [ 3 9 ] 前田真治 「半側空間無視」『高次脳機能研究』, 28 巻, 2 号, pp.86, 2008
- [ 4 0 ] 沼尾拓, 網本和 「半側空間無視の視覚・運動感覚からの治療アプローチ」『PT ジャーナル』, pp.889-890, 第 51 巻第 10 号, 2017
- [ 4 1 ] 石合純夫, 半側空間へのアプローチ, 高次脳機能研究, 第 28 巻, Vol.3, pp.274-254, 2008

- [ 4 2 ] 神田千絵, 稲田亨, 内藤孝洋, 早坂梨紗, 網本和, 半側空間無視の臨床特性と基本的理学療法, 理学情報ジャーナル, 51 巻, Vol.10, pp.845-854, 2017
- [ 4 3 ] 前田真治, 半側空間無視, 高次脳機能研究, 28 巻, 2 号, pp.86, 2008
- [ 4 4 ] 小林一成, 米本恭三, 失行・失認・最新リハビリテーション医学 (米本恭三監修), 医歯薬出版, 東京, pp.133-139, 1999
- [ 4 5 ] Bisiach E, Luzzatti C : Unilateral neglect of representational space. Cortex 1978 ; 14 : pp.129-133
- [ 4 6 ] 平成 30 年情報通信白書概要, pp. 10
- [ 4 7 ] 渡辺学「半側空間無視合併例に対する理学療法」『理学療法科学』, pp.328-329, 22 巻, 3 号, 2007
- [ 4 8 ] Keiichiro Shindo, Ken Sugiyama, Lu Huabao, Kazunori Nishijima, Takeo Kondo and Shin-Ichi Izumi, Long-term effect of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation over the unaffected posterior parietal cortex inpatients with Unilateral Spatial Neglect, J Rehabil Med, pp.65, 2006
- [ 4 9 ] 特別支援学校教育要領・学習指導要領開設, 自立活動編, 文部科学省, pp.1, 2018
- [ 5 0 ] Mace, R, Universal Design: Barrier Free Environments for Everyone, Designers West, 33(1), pp.147-152, 1985
- [ 5 1 ] 中川聡, ユニバーサルデザインの教科書, 日経 BP 社, 2002
- [ 5 2 ] サイトウ・アキヒロ, ゲームニクスとは何か - 日本発、世界基準のものづくり法則, 株式会社幻冬舎, 2007

## &lt;文献&gt;

- [ 1 ] Stefan Gobel, Sandro Hardy, Viktor Wendel, Florian Mehm, Ralf Steinmetx, Serious games for Health-Personalized Exergames, Proceedings of the 18th ACM international conference on Multimedia, pp.1663-1666, 2010
- [ 2 ] Lamyae Sardi, Ali Idri, Jose Luis Fernandez-Aleman, Systematic review of gamification in e-Health, Journal of Biomedical Informatics 71, pp.31-32, 2017
- [ 3 ] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, Lennart Nacke, From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”, Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments pp. 9-15. 2011
- [ 4 ] Annetta, L. A., The “I’s” Have It: A framework for serious educational game design, Review of General Psychology, 14(2), pp.105, 2010
- [ 5 ] Paula Alexandra Rego, Pedro Miguel Moreira, Luis Paulo Reis, Proposal of an Extended Taxonomy of Serious Games for Health Rehabilitation, Games for Health Journal, Volume 7, 2018
- [ 6 ] Bree E. Holtz, PhD, Katharine Murray, MA, Taiwoo Park, PhD, Serious Games for Children with Chronic Diseases: A Systematic Review, Games for Health Journal, Volume 7, 2018
- [ 7 ] Danielle E. Levac, Sujata Pradhan, Debbie Espy, Emily Fox, and Judith E. Deutsch, Usability of the ‘Kinect-ing’ with Clinicians Website: A Knowledge Translation Resource Supporting Decisions About Active Videogame Use in Rehabilitation, Games for Health Journal, Ahead of Print, 2018
- [ 8 ] Hossein Mousavi Hondori, Maryam Khademi, A Review on Technical and Clinical Impact of Microsoft Kinect on Physical Therapy and Rehabilitation, Journal of Medical Engineering, Volume 2012
- [ 9 ] Matthew C. Shake, K. Jason Crandall, Rilee P. Mathews, Dustin G. Falls, A. Kathryn Dispennette, Efficacy of Bingocize: A Game-Centered Mobile Application to Improve Physical and Cognitive Performance in Older Adults, Games for Health Journal, Volume 7, 2018
- [ 1 0 ] Bonnechere, M. Ban Booren, B. Jansen, Patients’ Acceptance of the Use of Serious Games in Physical Reahabilitation in Morocco, B. Games for Health, Published online Oct, 2017
- [ 1 1 ] Thomas Matheve, Guido Claes, Enzo Olivieri, Annick Timmermans, Serious

- Gaming to Support Exercise Therapy for Patients with Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Feasibility Study, Games for Health, Published online, Aug, 2018
- [ 1 2 ] Penelope A. McNulty, Games for Rehabilitation: Wii-based Movement Therapy Improves Poststroke Movement Ability, Games for Health, Published online, Oct, 2012
- [ 1 3 ] Stephanie M. Jansen-Kosterink, Rianne M.H.A. Huis in 't Veld, Christian Schönauer, Hannes Kaufmann, Hermie J. Hermens, and Miriam M.R. Vollenbroek-Hutten, A Serious Exergame for Patients Suffering from Chronic Musculoskeletal Back and Neck Pain: A Pilot Study, Games for Health, Published online, Jul, 2014
- [ 1 4 ] Alana Da Gama, Pascal Fallavollita, Veronica Teichrieb, and Nassir Navab, Motor Rehabilitation Using Kinect: A Systematic Review, Games for Health, Published Online: 13 Mar 2015
- [ 1 5 ] Glenna A. Dowling, Robert Hone, Charles Brown, Judy Mastick, and Marsha Melnick, Feasibility of Adapting a Classroom Balance Training Program to a Video Game Platform for People with Parkinson's Disease, Games for Health, Published Online: 29 Mar 2013
- [ 1 6 ] A.N.Krichevets, E.B.Sirotkina, I.V. Yevsevicheva & L.M.Zeldin, Computer games as a means of movement rehabilitation, Disability and Rehabilitation, Volume 17, 1995
- [ 1 7 ] Loh Yong Joo, Tjan Soon Yin, Donald Xu, Ernest Thia, Chia Pei Fen, Christopher Wee Keong Kuah, Keng-He Kong, A feasibility study using interactive commercial off-the-shelf computer gaming in upper limb rehabilitation in patients after stroke, LJournal of Rehabilitation medicine, Vol 42, 2010
- [ 1 8 ] 白鳥和人, 星野准一, シリアスゲーム, 人工知能学会誌, 23 卷 1 号, 2008
- [ 1 9 ] 野村淳一, 天野圭二, ゲームを用いた経営学教育の実践と課題, 星城大学経営学部研究紀要, Vol 15, 2015
- [ 2 0 ] 大久保友博, 大澤秀匡, 大竹駿希, 古市昌一, メンタルヘルスケア等への利用を目的とした運動療法を線するためのシリアゲームの開発, 第76回全国大会講演論文集, Vol.1 pp.829-831, 2014
- [ 2 1 ] Kinect センサを用いた嚙下体操支援システム, 中谷隆, 澁澤進, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, Vol 12, pp.1-8, 2015
- [ 2 2 ] 野村淳一, 天野圭二, ゲームを用いた経営学教育の実践と課題, 星城大学経営学部研究紀要, Vol 15, 2015
- [ 2 3 ] Thomas M. Connolly, Elizabeth A. Boyle, Ewan MacArthur, Thomas Hainey, James M. Boyle, A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games, Computers & Education Vol.59, pp.661-686, 2012
- [ 2 4 ] Tuomas Alahaivala, Harri Oinas-Kukkonen, Understanding persuasion contexts in health gamification: A systematic analysis of gamified health behavior change support

- systems literature, *International Journal of Medical Informatics* 96, pp.62-70, 2016
- [ 2 5 ] The maturing of gamification research, *Computers in Human Behavior*, Vol.71, pp.450-454, 2017
- [ 2 6 ] Daniel Johnson, Sebastian Deterding, Kerri-Ann Kuhn, Aleksandra Staneva, Stoyan stoyanov, Leanne Hides, *Gamification for health and wellbeing: A systematic review of the literature*, *Internet Interventions*, Vol.6, pp.89-106, 2018
- [ 2 7 ] 本田博彦, 河村吉章, 岡崎秀晃, 高橋宏, モーションセンサを取り入れたリハビリテーションマシンへの検討, *情報処理学会研究報告, EC, エンタテインメントコンピューティング*, No.26, pp.7-10, 一般社団法人情報処理学会, 2009
- [ 2 8 ] Burke, j., MaNeil, M., Charles, D., Morrow, P., Crosbie, J. and McDonough, S.: *Augmented Reality Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation*, *Proc, 2<sup>nd</sup> International Conference on Games and Visual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, pp. 75-78, 2010
- [ 2 9 ] Deterding, S., Sicart, M., Nacle, L., O'Hara, K. and Dixon, D.: *Gamification: Using Game Design Elements in Non-Gaming Contexts*, *Proc. 2011 Annual Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'11)*, Vancouver, Canada, pp.2425-2428, 2011
- [ 3 0 ] 矢野博明, バーチャルリアリティの歩行のリハビリテーション, *理学療法学*, Vol.35, No.4, pp.125-129, 2008
- [ 3 1 ] 藤村誠, 木滑智美, 丸太英徳, 高島秀敏, 今村弘樹, 黒田英夫, 高齢者用リハビリテーション支援システムのユーザーインターフェース評価, *電子情報通信学会技術研究報告 WIT, 福祉情報工学*, Vol.107, No.555, pp.51-56, 2008
- [ 3 2 ] 脳卒中合同ガイドライン委員会, *脳卒中治療ガイドライン*, 2009, pp.300-304, 2009
- [ 3 3 ] 国立保健医療科学院施設科学部全国回復期リハビリテーション病棟連絡協議会, *回復期リハビリテーション病棟の現状と課題に関する調査報告書*, 2011
- [ 3 4 ] 一般社団法人日本リハビリテーション病院・施設協会・リハビリテーションの提供に関わる総合的な調査研究事業「通所系サービスにおける専門的リハビリテーション提供のあり方に関する研究」, 2011
- [ 3 5 ] Borg GA, *Psychophysical Bases of Perceived Exertion*, *Med. Sci, Sports Exerc.*, Vol.14, No.5, pp.377-381, 1982
- [ 3 6 ] Sinclair J., Hingston P., Masek M.: *Considerations for the design of exergames*, *Proceedings of the 5th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australia and Southeast Asia*, pp. 289-295, 2007
- [ 3 7 ] The Japan Machinery Federation, *Digital Content Association of Japan, Present Status Survey report of Serious Games*, 2008



- [ 3 8 ] Biddiss E., Irwin J. : Active Video Games to Promote Physical Activity in Children and Youth: A Systematic Review. Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine, 164 (7), pp.664-672, 2010
- [ 3 9 ] LeBlanc AG., Chaput JP., McFarlane A., Colley R. C., David T., Stuart J. H. B., Ralph M., Scott T. L., Mark S. T.: Active video games and health indicators in children and youth: A systematic review. PLoS ONE, 8(6), e65351, 2013
- [ 4 0 ] Peng W, Crouse JC, Lin JH: Using active video games for physical activity promotion: A systematic review of the current state of research, Health Education and Behavior, pp.1-22, 2012
- [ 4 1 ] U.S. Department of Health and Human Services: Physical Activity and Health. A Report of the Surgeon General, International Medical Publishing, 1996
- [ 4 2 ] Medical Economics Division, Health Insurance Bureau, Ministry of Health , Labour, and Welfare, Physical Activity Guidelines for Promotion of Health, 1997
- [ 4 3 ] Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, Buchner D, Ettinger W, Heath GW, King AC: Physical activity and public health: a recommendation from the Center for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. JAMA, 273(5), pp.402-407, 1995
- [ 4 4 ] Province MA, Hadley EC, Hornbrook MC, Lipsitz LA, Miller JP, Mulrow CD, Ory MG, Sattin RW, Tinetti ME, Wolf SL: The effects of exercise on falls in elderly patients. A preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. Frailty and injuries: Cooperative studies of intervention techniques. JAMA, 273(17), pp.1341-1347, 1995
- [ 4 5 ] 井上明人、ゲーミフィケーション<ゲーム>がビジネスを変える、NHK 出版、2012
- [ 4 6 ] ideo game training enhances cognitive control in older adults, J.A.Anguera et al, Nature volume 501, pp. 97, 2013
- [ 4 7 ] 平成 30 年情報通信白書概要, pp. 10

<Website>

- [ 4 8 ] <https://www.rbbtoday.com/article/2014/09/16/123468.html>, The White House Education Game Jam, Summary: At the first-ever White House Game Jam in September, more than 100 game developers plus 35 teachers, learning researchers, and students gathered together to develop compelling educational software to help teach complex school subjects, Mark DeLoura, <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2014/10/06/white-house-education->

game-jam, 2014

- [ 4 9 ] Wii fit, <https://www.nintendo.co.jp/wii/rfnj>
- [ 5 0 ] Pokémon GO, <https://www.pokemongo.jp/>
- [ 5 1 ] 脳を鍛える大人の DS トレーニング, 任天堂株式会社,  
<https://www.nintendo.co.jp/ds/anmj/introduction/index.html>
- [ 5 2 ] Elude, Enrico Dutto, Federico Giorsetti, Esteban Gaete, Maria Lia Malandrino,  
Sonia Nigro, Moreno Vicentini, Antonino Campo, Federico Malandrino,  
<https://globalgamejam.org/2017/games/empathy-game-about-depression>, 2017
- [ 5 3 ] Re-Mission, HOPELAB, <http://www.re-mission.net/>
- [ 5 4 ] Playforward, the Eunice Kennedy Shriver National Institute on Child Health and  
Human Development (NICHD)/NIH, the play2PREVENT™ (p2P) Lab,  
<http://www.play2prevent.org/>
- [ 5 5 ] Rehabilium, Serious Game Project, <http://macma-lab.heteml.jp/>
- [ 5 6 ] Zombies Run, Six to Start, <https://www.sixtostart.com/>
- [ 5 7 ] Lit2Quit, <https://lit2quit.worldpress.com>
- [ 5 8 ] Pox, Tiltfactor, <https://tiltfactor.org/>
- [ 5 9 ] The Dragon Cancer, Numinous Games, <https://www.thatdragoncancer.com/#home>
- [ 6 0 ] Project EVO, Akili Interactive Labs, Inc, <https://www.akiliinteractive.com/>
- [ 6 1 ] Night Shift, Schell Games, <https://www.schellgames.com/>
- [ 6 2 ] Harpoon 3, Advanced Gaming Systems, [www.advancedgaming.biz](http://www.advancedgaming.biz)
- [ 6 3 ] Tactical Iraqi, University of Southern California Information Sciences Institute,  
[www.isi.edu/stories/101.html](http://www.isi.edu/stories/101.html)
- [ 6 4 ] Angel Five, Visual Purple, [www.visualpurple.com](http://www.visualpurple.com)
- [ 6 5 ] Hazmat: Hotzone, Entertainment Technology Center at Carnegie Mellon  
University, [www.etc.cmu.edu/projects/hazmat](http://www.etc.cmu.edu/projects/hazmat)
- [ 6 6 ] Fire Brigade Commander Training, VStep, [www.vstep.nl](http://www.vstep.nl)
- [ 6 7 ] National Fire Academy Training Simulation, Dynamic Animation Systems,  
[www.d-a-s.com](http://www.d-a-s.com)
- [ 6 8 ] Power Politics III, Kellogg Creek Software, [www.kelloggcreek.com](http://www.kelloggcreek.com)
- [ 6 9 ] Second Life, Linden Labs of San Francisco, [www.secondlife.com](http://www.secondlife.com)
- [ 7 0 ] Objection! and Expert Witness!, TransMedia Games, [www.objection.com](http://www.objection.com)
- [ 7 1 ] Pulse!!, BreakAway Games of Hunt Valley, Maryland, [www.breakawaygames.com](http://www.breakawaygames.com)
- [ 7 2 ] Emergency Room, Legacy Interactive, [www.legacyinteractive.com](http://www.legacyinteractive.com)
- [ 7 3 ] Stone City, Persuasive Games, [www.persuasivegames.com](http://www.persuasivegames.com)
- [ 7 4 ] Take Back Illinois, Persuasive Games, [www.takebackillinoisgame.com](http://www.takebackillinoisgame.com)
- [ 7 5 ] Interactive Parables, GraceWorks Interactive, [www.graceworksinteractive.com](http://www.graceworksinteractive.com)

- [ 7 6 ] Dance Dance Revolution, Konami, [www.konami.com](http://www.konami.com) or [www.ddrfreak.com](http://www.ddrfreak.com)
- [ 7 7 ] リハビリテインメントマシンの開発, (株)ナムコ,  
<https://www.bandainamcoent.co.jp/corporate/press/namco/2000/mar/press-06.html>
- [ 7 8 ] ドライビングシミュレータ, (株)セガ, <http://slds.jp/>
- [ 7 9 ] 「太鼓の達人RT～日本の心～」, <https://www.bandainamcoent.co.jp/>
- [ 8 0 ] ゆるぶら日本一周 伊能忠敬の歩数計, <https://dotapps.jp/products/jp-littlelight-inou>
- [ 8 1 ] Serious games: improving public policy through game, Foresight and Governance Project, Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2001
- [ 8 2 ] 第6回シリアスゲームの最優秀賞はトイレを探すシリアスゲーム「WhereIsTheRestroom」, <https://sqool.net/report/archive/report-sgj-6th.html>, 2017
- [ 8 3 ] McGonigal, J.: Reality is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World, Penguin Books, 2011
- [ 8 4 ] 炭谷大輔, 野地有子, 大島紀子, 我が国の保健医療福祉におけるゲーミフィケーションの活用と課題, Health Sciences Vol. 33, No. 1, 2017
- [ 8 5 ] 鈴木 裕介, 藤本 徹, 徳留 和人, 鈴木 航太, 清水 あやこ, 要因診察室でゲームが「処方」される未来へー医師の視点からみる「ヘルスケア × ゲーム」の先進事例紹介と展望, Computer Entertainment Developers Conference, Session, 2017
- [ 8 6 ] 大室正志, 白岡亮平, 吉岡純希, David Colleen, 清古貴史, 医療に変革を起こすのはエンターテインメント?ゲーミフィケーションが“病院中心”の医療システムを刷新する, Health 2.0 Aisa-Japan, 2017
- [ 8 7 ] The differences between Western and Japanese game design philosophies, Clash of the culture
- [ 8 8 ] 厚生労働省, 要介護認, [https://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/index\\_nintei.html](https://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/index_nintei.html)
- [ 8 9 ] [https://www.joa.orpublic/locomo/locomo\\_phamphlet\\_2015.pdf](https://www.joa.orpublic/locomo/locomo_phamphlet_2015.pdf) The Japanese Orthopedic Association, Locomotive Syndrome, 2015
- [ 9 0 ] <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h25/html/nc123221.html> 2013

チェック項目		確認	備考
企画	用途決定	リハビリ、ヘルスケアの用途の違いについて把握しているか	○×
		用途がリハビリ～ヘルスケアのどこに位置するのか決まっているか	
	利用環境	病院、高齢者施設、運動サークル等、利用環境は決まっているか	
	対象者	患者、虚弱高齢者、健康な高齢者等、対象者は決まっているか	
	サポート体制	利用環境に医師、セラピスト、介護士、ボランティア等の介助者は居るか。	
	現場理解	医療分野の共同研究機関、および協力研究者はいるか	
		現場スタッフ、協力研究者との綿密な意見交換は行っているか	
		利用環境の視察による現場理解は行っているか	
	運動決定	対象とする運動の選択は行ったか	
		運動効果に関する医療的エビデンスはあるか	
運動のセンシング方法の目処はついているか			
制作（ゲームデザイン）	運動とゲームの対応付け	運動による動作とゲーム内要素の動作の対応付け方法は決まったか	
		運動による動作とゲーム内要素の動作は1対1の関係となっているか	
	ゲームルール	負の要素（失敗体験等）の有無は決定したか	
		一文で説明可能なシンプルなルールを考案できたか	
		ルールが運動のエビデンスを侵害していないか。	
		難易度の選択等による運動強度の調整は可能か	
	表現演出	世界観は明るい印象となっているか	
		気分が盛り上がるようなダイナミックなアニメーションは含まれているか	
		ゲーム中、対象者が気持ち良いと感じる映像、音、インタラクションを用意したか。	
		汚い、耳障り等の不快な内容は無い	
	運動成果の可視化	（認知度低めの対象者の場合）世界観が現実の物に近い表現となっているか	
		自己評価要素（点数 段位 履歴シート、スタンプラリー、コレクション等）は入っているか。	
		ランキング等、競争や協力を通じたコミュニケーション要素は入っているか	
	個人データ活用	個人認証方法は決まったか	
		個人データ管理方法は決まったか	
		個人データを研究や実験目的で活用しやすい設計となっているか	
	身体動作入力	身体動作入力デバイスは選定できたか	
	ユーザインタフェース	介助者はゲーム開始前の準備を簡単におこなえるか	
		介助者はゲームの操作を簡単におこなえるか	
		対象者（高齢者）はゲームの操作を簡単におこなえるか	
画面に表示される要素は大きく見やすいか			
音（BGM、効果音、台詞等）は大きく明瞭に聞こえるか			
映像、音、UI等の個別調整機能は備わっているか			
システム環境	WindowsPC 等のプラットフォームや開発環境は選定できているか		
	具体的に必要なスペースは決まっているか		
	利便性や雰囲気を考慮した場の設計ができているか		
安全性	ゲーム利用、利用場所等関連する全てにおいて安全性の確保はできているか		
評価	ラピッドプロトタイプ	プロトタイプ作成と医療機関による評価を短期間で繰り返す状況がつくれているか	
	改良記録	問題点および修正の記録は残しているか	
検証	医療系パートナーの有無	エビデンスを出すための検証をおこなう医療分野の共同研究機関、および協力研究者はいるか	
	安全性	安全性のエビデンスをだす検証方法は決まっているか	
	積極性・持続性	積極性・持続性のエビデンスをだす検証方法は決まっているか。	
	ゲームデザイン	ゲームデザインに関する検証をおこなうか	