

指導教員（主査）：山本祐輔 准教授

副査：大島純 教授

2021 年度 静岡大学情報学部 卒業論文

Distributed Ears: ダイバーシティ理解促進 のための聴覚拡張されたサバイバルゲーム の設計

静岡大学 情報学部 行動情報学科 所属

学籍番号 70812063

森泉 友登

2022 年 2 月

概要

遠方や周囲で鳴る特定の音を可聴化することをコンセプトにしたデバイスを提案する。デバイスは Raspberry Pi を中心とした取り付け可能なデバイスで、無線ネットワークを通じて通信を行う。本稿ではコンセプトデバイスの利用例として、人間の能力拡張とダイバーシティ理解のための新しいサバイバルゲームを提案する。ゲームは、フラッグ戦を基本とし、デバイスの機能によってマジョリティとマイノリティの構造を作り出す。また、ダイバーシティにおけるマジョリティとマイノリティの能力面における関係性といった構造的背景をアナロジーとして盛り込む。実際にこれを遊んでもらい、参加者が人間の能力拡張、縮小とダイバーシティ構造について、どのような洞察を得られたか確認するワークショップを実施する。その結果、新しいゲームはデバイスや人間の能力拡張について好意的な印象を獲得し、参加者のダイバーシティに対する意識を高めることに成功した。

目次

第 1 章	はじめに	5
第 2 章	関連研究	8
2.1	人間拡張	8
2.2	スポーツと IoT	8
2.3	ダイバーシティとインクルージョン	9
第 3 章	聴覚拡張されたサバイバルゲーム	10
3.1	狙い	10
3.2	サバイバルゲームのルール	10
3.3	デバイスの種類	11
3.4	ゲームの流れ	13
3.5	デバイスの構成技術	15
第 4 章	実験	17
4.1	実験協力者	17
4.2	実験の進行	17
第 5 章	結果	20
5.1	ゲームの概要	20
5.2	アンケートの結果	21
第 6 章	考察	25
6.1	ゲーム性の分析	25
6.2	人間の能力の拡張と縮小に関する分析	26
6.3	ダイバーシティに関する分析	27

6.4	明らかになった課題	28
第 7 章	まとめと今後の課題	29
参考文献		31

図目次

1.1	マジョリティデバイス/マウンテッドデバイスの外観	6
3.1	マジョリティデバイスとマイノリティデバイスの性能差	11
3.2	フラッグデバイスの外観	13
3.3	デバイスの通信方法	15
5.1	連携攻撃の様子	21

表目次

5.1	ゲームの結果	20
-----	------------------	----

第1章

はじめに

近年、デバイスを通じて人間の能力を拡張する研究が盛んになりつつある [1][2][3]。拡張の対象は身体や認知能力だけでなく、障害者の能力不足や回復も範囲となっている。本論文では、遠方や周囲で鳴る特定の音を可聴化することをコンセプトにしたデバイスを提案する。そしてこのデバイスの利用例として、サバイバルゲームに盗聴デバイス (図 1.1) を盛り込んだ、IoT による人間拡張・人間縮小的側面を持つ、新しいスポーツを提案する。新しいスポーツには、現実世界のマジョリティとマイノリティの構造をアナロジーとして盛り込んでいる。これを遊ぶことによって、参加者は人間の能力の拡張や縮小に良い印象をもち、未来での技術の利用について洞察を与えられる。これによって、人間能力の拡張、縮小技術の普及が促進される。また、他の人の体験への理解を促進され、ダイバーシティにまつわる諸問題の構造的背景についての洞察を得られる可能性がある。さらに社会的には、こうした技術を利用したスポーツやゲームの開発、発展に貢献できる可能性がある。

ダイバーシティへの関心が高まりつつある。様々な企業や公的機関において、アンコンシャス・バイアス・トレーニングのような、ダイバーシティに関する講義などが行われるようになっており [4]、社会全体で取り組みを推進している。

しかし、こうしたダイバーシティ研修は、具体例を列挙するような形式が多く、マジョリティとマイノリティの存在と、マジョリティが有している意識されづらい優位性の性質 [5] といったダイバーシティの構造的問題 [6] に言及しているものは少ない。そのため、トレーニングで挙げられなかった無意識バイアスなどに気づくのが難しいといった問題が発生する。

提案スポーツは、サバイバルゲームにおけるフラッグ戦をベースとしている。フラッグ戦とは、プレイヤーが2つのチームに分かれて、フィールド上に設置された旗を奪い合う



図 1.1 マジョリティデバイス/マウンテッドデバイスの外観

ゲームである。提案スポーツでは、このフラッグ戦における旗をコンピューターボードを搭載したデバイスに置き換え、参加者にも同様のデバイスを配布し、特殊な盗聴機能を付与する。参加者はチームごとにマジョリティとマイノリティに分けられる。マジョリティ側に分けられた参加者には周囲の環境音が聞こえる盗聴デバイスを、マイノリティ側に分けられた参加者には敵プレイヤーの物音とフラッグが発する音が聞こえる盗聴デバイスを配布する。

提案スポーツを実際にプレイするワークショップを開催した。事後アンケートにおいて、人間拡張・縮小技術を用いた新しいゲームに興味を抱いたか、参加者がゲーム中におけるダイバーシティのアナロジーに気づけたか、参加後にどう捉えたかを確認する。

本論文の主要な貢献は以下の通りである。

- 遠方や周囲で鳴る特定の音を可聴化することをコンセプトにしたデバイスを提案
- デバイスの利用例としてダイバーシティの構造をアナロジーとして盛り込んだ新し

いサバイバルゲームを提案

- 6 人を対象にゲームを実施し，提案スポーツとフラッグ戦を比較
- 人間の能力拡張に対して好意的な印象を獲得
- ダイバーシティに対する意識を高められる

第 2 章

関連研究

2.1 人間拡張

デバイスを通じて人間の能力を拡張する研究が行われている，Rekimoto らは触覚を再現するアクチュエータデバイスの開発を行ない、ユーザが新しい触覚をうまく利用してタスクを行えることを確認した [2]．Inami らは、既存の腕などを妨げることなく取り付けられる追加の義腕を開発し、それを利用したアプリケーションの例を示した [3]．

身体活動の共有を支援する技術について様々な研究が行われている．Kasahara らは他人の一人称視点を確認できるヘッドマウントディスプレイを含んだシステムを開発し、自分の身体と他者の身体の空間的關係を把握できるように視覚を発展させることができると結論づけている [1]．

本稿では、聴覚をイヤホンとマイクを通じて拡張するシステムを構築している．

2.2 スポーツと IoT

近年はスポーツ分野への IoT 技術の統合が取り組まれており、戦略の立案や議論のためにコンピュータ技術が応用されている．また、戦略立案以外にもスポーツオーグメンテーションのためにコンピュータ技術を利用する研究が行われている [7]．

サバイバルゲームは、IoT デバイスを取り込むのに最適なスポーツである．Michinari らによる JackIn Airsoft では、サバイバルゲームに IT デバイスを導入して、視界共有とマップ生成を行っている [5]．Michinari らによれば、サバイバルゲームは軍隊や特殊作戦部隊の実験のようなものであり、コンピュータ技術の統合と大きく関連している．また、サバイバルゲームのプレイヤーは様々なアタッチメントやデバイスを装着してゲームをプ

レイすることが自然であり，IoT デバイスの導入に際して抵抗が少ないことが主張されている．

2.3 ダイバーシティとインクルージョン

ダイバーシティにおける重要な構造的特徴として，見えない特権がある．岩渕によれば，ある能力に注目した時，そこにはマジョリティとマイノリティという 2 つの集団が存在する．また，マジョリティには，労なくして得る優位性（見えない特権）が存在する [8]．例えば，大学に行くのが当たり前という家庭に生まれた人には，そうでない人に比べて親も大卒で経済的に恵まれて育った確率が高い．そのような環境そのものや，大学に行く将来像を具体的に描ける特権を持っている．マジョリティはこうした特権に無自覚であるため，構造的不平等に理解が及ばないという問題点がある．その結果，差別や偏見の構造が放置されたり，差別構造を誤認したりといった問題が残る．

Frederico らは，ボードゲームが主に視覚情報でやりとりすることからアクセシビリティに障害が発生するとして，これを軽減するガイドラインを制作した [9]．提案手法は，聴覚を拡張・縮小することで，サバイバルゲームに元々存在する聴覚能力の差を低減し，ゲームの仕組みに取り込むことで，公平性を確保する働きを持つ．ゲームの仕組みを変化させることで，健常者や障害者といった身体特性上の違いを排除した新しい体験を提供できるという点で共通している．また，聴覚の差を理由として，他の人の助けを必要とせずにゲームをプレイする自律性は重要である [10]．自律性の向上は，彼らの社会的交流を多いに促進し，生活の質や個人的な充実感を向上させる．効果的なインクルージョンを推進するために，聴覚障害者とそうではない人間と一緒にゲームをプレイできることが重要である．

Mtatla らは教育分野において，マイノリティが障害などを抱えているために教育現場から排除されがちであることを指摘した．このマイノリティのアクセシビリティの問題を解消するために，デジタル技術を利用した仕組みを議論する試みも行われている [11]．

Rohde らは，テクノロジーの設計方法によっては，その利用から排除される人々が発生する可能性があることと，その過程について認識を広める必要があることを指摘している．互いに経験を共有するプラットフォームを通じて，ダイバーシティの分野への関心を持つ人々を増やす試みが行われた [12]．

第3章

聴覚拡張されたサバイバルゲーム

3.1 狙い

提案手法では、サバイバルゲームのフラッグ戦をベースとし、そこに IoT デバイスを導入する。提案手法においてマジョリティとマイノリティとは、ある能力について、集団を分ける場合に多数となる人々をマジョリティ、少数となる人をマイノリティと定義する。例えば聴覚について着目した時、伝音難聴を持っていない群をマジョリティ、持っている群をマイノリティと捉えることができる。聴覚障害の場合、ある人がマジョリティに属するかマイノリティの属するか外見からでは判断がつかない。その結果、マジョリティ側に属する人々が行うべき配慮がなされないといった問題が出てくる。マジョリティとマイノリティが構造的背景を理解することで、自らの立場を自覚しやすくなり、問題が解決されやすくなることが期待される。マジョリティとマイノリティの構造として、特に次のものをアナロジーとしてゲームのデザインに落とし込む。

- マジョリティは誰がマイノリティであるかわからないこと
- マジョリティには、マイノリティに対して自らでは気づきにくい優位性を持っていること
- マジョリティには、マイノリティが一方的に優位な能力を持っているように誤認させること

3.2 サバイバルゲームのルール

サバイバルゲームのフラッグ戦は、次のようなルールの下行われる。

	 周囲の物音	 遠方の敵の物音	 フラッグの音
マジョリティ	 聞こえる	 聞こえない	 聞こえない
マイノリティ	 聞こえづらい	 聞こえる	 聞こえる

図 3.1 マジョリティデバイスとマイノリティデバイスの性能差

- プレイヤーは2つのチームに別れて、一定の制限時間の間戦う。
- プレイヤーはBB弾を発射するエアソフトガンを攻撃手段として持つ。
- プレイヤーがBB弾に当たった場合は、当たったプレイヤーが「ヒット」と宣言して、死亡状態（デス状態）となる。死亡状態となったプレイヤーは、スタート地点に戻る。スタート地点に設置されたカウンターを押すことで、復活することができる。すなわち、カウンターの数字はチームのデス数（死亡回数）を表す。
- フィールド上にフラッグが1つ以上設置され、制限時間終了時に過半数を確保しているチームが勝利する。

提案手法では、このルールに基づいてゲームを行う。

3.3 デバイスの種類

3つの特徴を再現するために、マジョリティデバイス、マイノリティデバイス、フラッグデバイスの3種類を用意する。マジョリティデバイスとマイノリティデバイスは図3.1に示すように、聞こえる音が異なる。ゲームの参加者は、通常のフラッグ戦のように2つのチームに分かれるだけでなく、それぞれマジョリティとマイノリティに分かれる。参加

者は、デバイスの種類によって自動的に分けられる。ゲーム開始前に、同じチームの中に特殊な能力を持つプレイヤーがおり、フラッグの位置と敵プレイヤーの音を探知する能力を持っていることを伝える。フラッグ戦におけるフラッグは、フラッグデバイスに置き換えられる。フラッグの位置はプレイヤーには伝えられず、特殊能力を持つプレイヤーの力で見つけ出し確保するように伝える。

マイノリティデバイスは、2つの盗聴機能を備えたデバイスである。まず、プレイヤーが向いている方向にいる敵チームの音声を盗聴できる。次に、プレイヤーが向いている方向にフラッグデバイスがある場合に、フラッグデバイスが発信する音を聞くことができる。

マジョリティデバイスは、周囲の音を聴くことができるデバイスである。通常の人間の聴覚を模している。サバイバルゲームにおいて、自分の周囲の音を聴くことができる機能は重要である。これは、バリケード越しの敵プレイヤーを察知し、仲間プレイヤーと協調するために使用される。しかし、この機能はマイノリティデバイスには搭載されていない。そのため、マイノリティプレイヤーに対する優位性となる。また、通常の人間の聴覚の様に働くことや、この機能がマイノリティ側に搭載されていないことの説明を受けないことによって、マジョリティプレイヤーがこの優位性に気づきにくいように設計している。

すべてのプレイヤーは、マジョリティデバイスまたはマイノリティデバイス(図 1.1)を装着する。どちらのデバイスにもマイクと密閉型のイヤホンが備わっている。これらのデバイスは、内部のプログラムのみが異なり、外観は同じである。これは、外観からそのデバイスを使用しているプレイヤーがマジョリティかマイノリティか判別がつかないようにするためである。プレイヤーはイヤホンをゲーム中必ず使用する。

フラッグデバイス(図 3.2)は、サバイバルゲームのフラッグ戦における旗の役割を担うデバイスである。フラッグデバイスは、マイノリティデバイスが傍受できるように、ネットワークを通じて音楽を送信する。フラッグデバイスは 15cm x 5 cm x 7cm ほどの小さな箱型であり、フィールドの見つかりにくい場所に設置しておく。これによって、マイノリティプレイヤーの協力が、ゲームにおける勝利のためにとても重要になる。

マジョリティプレイヤーにとっては、マイノリティプレイヤーは一方的に優位な能力を持っているように感じられる。なぜなら、マイノリティが持つフラッグの探知や敵プレイヤーの盗聴といった能力は、普段の耳には存在しない機能であり、いわば拡張された聴覚であるからである。一方、マジョリティの持つ周囲の音が聞こえる能力は通常の人間の聴覚と変わらない。そのため、一方的な優位を持っているように感じられる。実際には、密閉型のイヤホンを使用することで、マジョリティプレイヤーは、通常のサバイバルゲーム

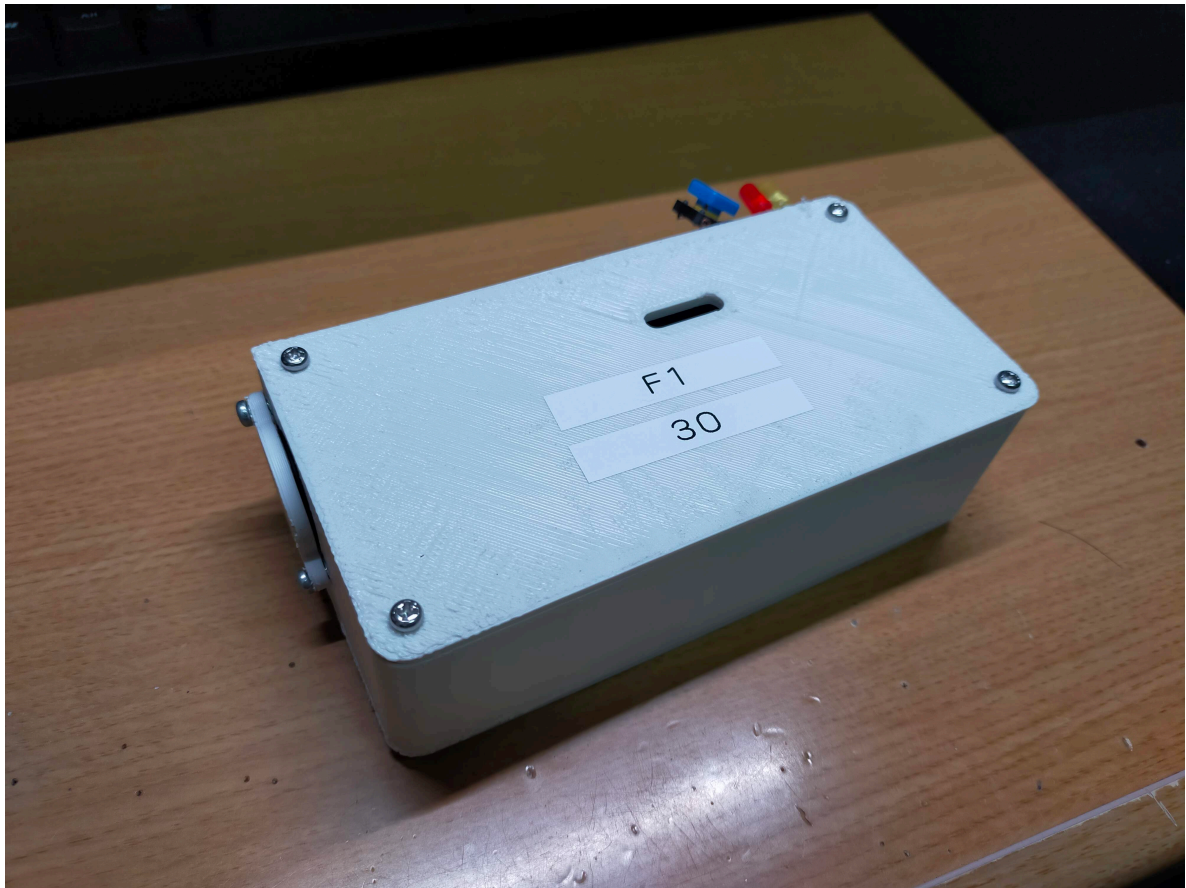


図 3.2 フラッグデバイスの外観

で使えるはずの普通の人間の聴覚を縮小されている．そのため，それぞれが互いに優位点を持つような構造になっている．

3.4 ゲームの流れ

ゲームに必要なプレイヤーは 6 人以上である．ゲームの大まかな流れを以下に示す．

1. フラッグデバイスの設置
2. チーム分け
3. ルール説明
4. 以下を 3 回繰り返す
 - (a) ゲームの開始
 - (b) ゲームの終了

- (c) 休憩とフラッグの再配置
- (d) マイノリティの交代

3.4.1 進行

Wifi と、フラッグデバイスを 2 つ、フィールドに設置する。デバイスは各チームのスタート地点から同程度の距離になるような位置を選ぶ。また、互いのデバイスは可能な限り離して設置する。

プレイヤーを半分に分けて 2 チームにする。それぞれのチームで、マジョリティデバイスとマイノリティデバイスが 2:1 になるようにデバイスとエアガンを配布する。この時、どのエアガンにどのデバイスが装着されているかについては説明しない。

続いて、ゲームのルールを説明する。フラッグが小型の箱型デバイスになっていることと、確保方法を説明する。そして、各チームに 1 人特殊プレイヤーがおり、敵プレイヤーの音声とフラッグの位置を探知できる能力を持つことを説明する。特殊プレイヤーは、自分が向いている方向に敵プレイヤーがいればその音声を、フラッグデバイスがあればそれが再生する音楽を聴くことができることを説明する。通常プレイヤーは、周囲の音が聞こえるだけであると説明する。それぞれのチームにマジョリティとマイノリティが何人いるかについては説明しない。

ゲームを開始する。ゲームの長さは 20 分とする。死亡時の復活は、スタート地点のカウンターを押すこととし、回数は無制限とする。時間切れになった時点で、フラッグを多く支配しているチームが勝利する。

ゲームが終わったら、各チーム内でデバイスを交換する。10 分間の休憩を挟む。この間に、フラッグの位置を移動して、ゲームごとにフラッグの探索が必要なようにする。

これを繰り返し、すべてのプレイヤーがマイノリティを 1 回体験するようにする。

最後に、事後アンケートを実施する。アンケートでは、最初に以下の情報を説明した上で、質問に回答してもらう。

- ダイバーシティという用語についての説明
- 人間のある側面に注目したときに、マジョリティ（多数派）とマイノリティ（少数派）が生まれること
- ゲーム中における特殊プレイヤーと通常プレイヤーが、それぞれがマイノリティとマジョリティを表す例えであること

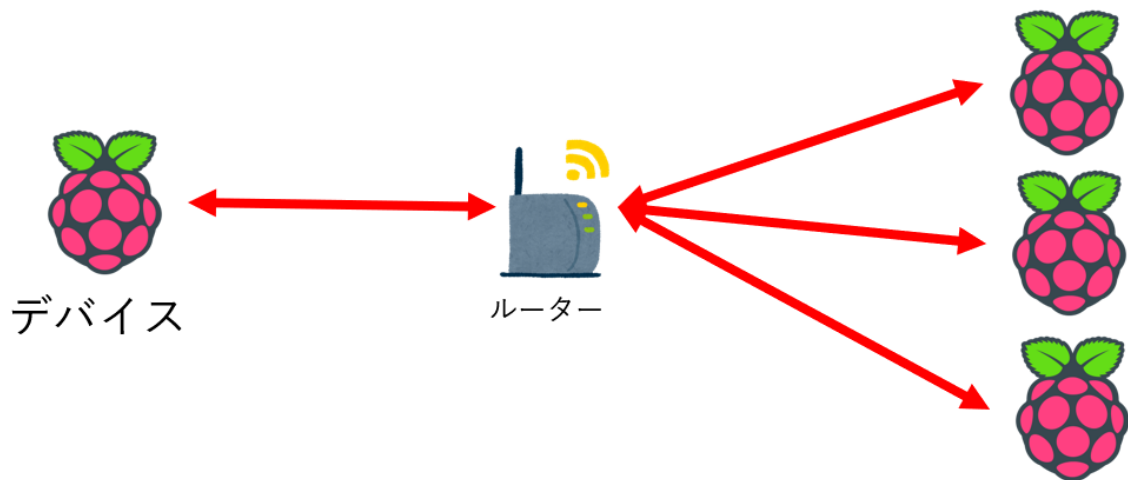


図 3.3 デバイスの通信方法

3.5 デバイスの構成技術

各デバイスは、Raspberry Pi Zero WH, GPS センサ, 地磁気センサ, モバイルバッテリー, イヤホン, マイクを基本として構成されている。フラッグデバイスについては、マイクとイヤホンは使用していない。GPS センサは、秋月電子社製 “GPS 受信機キット 1PPS 出力付き 「みちびき」 3 機受信対応” を使用している。

各デバイスは、図 3.3 で示すように wifi ルーターを用いた LAN で通信し、音声と位置情報を送信する。マジョリティデバイスとマイノリティデバイスは、再生の可否について他デバイスが送信してきた GPS 位置情報と、自デバイスの GPS 位置情報を利用して判定を行う。次のいずれかの条件が満たされた場合に、再生が行われる。

- プレイヤーの進行方向 $\pm 45^\circ$, 20m 以内に送信元デバイスがある場合
- プレイヤーの周囲 5m 以内に送信元デバイスがある場合

なお、デバイス同士の距離の算出には、GPS センサが算出した緯度経度情報を静岡県用の直交座標系である EPSG:6676 に変換して計算している。

プログラムは Python で記述されており、ソケット通信を用いてデータを転送する。デバイス同士は多対多のコネクションを確立する。コネクションの確立は、ローカル IP アドレスの決め打ちによって試行され、何らかの理由で接続を失った場合は、数秒待って同様の手法で再接続を試みる。音声読み取りと再生は主に pyAudio ライブラリを用い

て実装されている．GPS が読み込んだ緯度経度方角の値と，一定フレームごとに区切ったバイト列を連結し，TCP ソケット通信で送信している．音声は 16bit, サンプル幅 2, 44100Hz で，多数のマイクが対応する形式を選んだ．

第 4 章

実験

4.1 実験協力者

実験の協力者は静岡大学の学生 6 人。ゲームの進行に悪影響を与えないよう，サバイバルゲームを既にプレイしたことのある人間を選んだ。

4.2 実験の進行

4.2.1 進行

まず，Wifi ルーターと，フラッグデバイスを 2 つ，フィールドに設置した。デバイスは各チームのスタート地点から同程度の距離になるような位置を選んだ。また，互いのデバイスは可能な限り離して設置した。

次に，1 チーム 3 人 x 2 チームに分けた。それぞれのチームで，マジョリティデバイスが 2 つ，マイノリティデバイスが 1 つになるようにエアガンを配布した。この時，どのエアガンがどのデバイスを装着しているかについては説明しなかった。

チーム分けを行った後，通常のフラッグ戦を 2 回実施した。これは，提案スポーツと通常のフラッグ戦の差異を確認することや，チームの能力差に極端な偏りがないことを事前に確認することを目的としている。ゲームの長さは 20 分とした。ヒット時の復活は，スタート地点のカウンターを押すこととし，回数は無制限とした。時間切れになった時点で，フラッグを多く支配しているチームが勝利することとした。

続いて，提案スポーツの概要を説明した。フラッグが小型の箱型デバイスになっていることと，確保方法を説明した。そして，各チームに 1 人特殊プレイヤーがおり，敵プレイヤーの音声とフラッグの位置を探知できる能力を持つことを説明した。特殊プレイヤー

は、自分が向いている方向に敵プレイヤーがいればその音声を、フラッグデバイスがあればそれが再生する音楽を聴くことができることを説明した。通常プレイヤーは、周囲の音が聞こえるだけであると説明した。それぞれのチームにマジョリティとマイノリティが何人いるかについては説明しなかった。

説明が終了しだい、ゲームを開始した。ルールは、通常のフラッグ戦を実施した際と同様で。

ゲームが終わったら、各チーム内でデバイスを交換した。10 分間の休憩を挟み、この間にフラッグの位置を移動して、ゲームごとにフラッグの探索が必要なようにした。

ゲームの実施とデバイスの交換を繰り返し、すべてのプレイヤーがマイノリティを1回体験するようにした。

最後に、事後アンケートを実施した。

4.2.2 アンケートの設計

アンケートでは、特殊プレイヤーがマイノリティを、通常プレイヤーがマジョリティを表す例えであることを開示した上で、質問に回答してもらった。このアンケートは、以下のねらいを持って設計した。

- 提案スポーツの面白さ
- 提案スポーツは正常に機能したか
- 提案スポーツは、人間の能力拡張・縮小に対し参加者に良い印象を与えられるか
- 提案スポーツは、協力の重要性や立場が入れ替わる可能性があるという考え方を与えることを通じて、ダイバーシティについて参加者の意識を高めることができるか

アンケートの具体的な質問項目は次のとおりである。

- 提案スポーツは、どの程度面白いと感じたか（5段階リッカート尺度）
- 通常プレイヤーがマジョリティを、特殊プレイヤーがマイノリティを再現していることについて、適切と感じるか（5段階リッカート尺度）
- それぞれのゲームについて、自身が通常プレイヤーであるか特殊プレイヤーであるかについていつ気づいたか（記述回答）
- ゲーム中にどちらのプレイヤーであるか気づいた場合はその後どのような行動をとったか（記述回答）
- 通常プレイヤーと特殊プレイヤーの協力は、ゲームの勝利のためにどの程度重要で

あったか（5段階リッカート尺度）

- 通常プレイヤーであったときに、どのように感じたか？（記述回答）
- 特殊プレイヤーであったときに、どのように感じたか？（記述回答）
- 人間の能力を拡張することについてどう考えるか？（記述回答）
- 利用したデバイスは正常に動作していたと感じるか？（5段階リッカート尺度）
- 利用したデバイスは使いやすかったと感じるか？（5段階リッカート尺度）
- 現実世界のダイバーシティの構造がゲームにうまく反映できていると思うか？（5段階リッカート尺度）
- 現実世界のマジョリティマイノリティの関係は、相互に入れ替わる可能性があると思うか？（5段階リッカート尺度）
- 現実社会で、提案スポーツを通じて学んだことが活かせると思うか？（5段階リッカート尺度）
- 自由記述

第5章

結果

5.1 ゲームの概要

ゲームははじめに通常のフラッグ戦を2回，提案スポーツを3回，合計5回行った。ゲームを通して，それぞれのチームのメンバー構成は変更しなかった。各ゲームの勝利チームと，各チームが制圧した制圧したフラッグの個数，フィールド上に設置されたフラッグの個数は以下の通り（表5.1である。

通常のフラッグ戦（第1ゲーム，第2ゲーム）と，提案スポーツ（第3ゲーム，第4ゲーム，第5ゲーム）では，デス数に差が見られた。通常フラッグ戦では，赤色チームの平均デス数は20.5回，黄色チームの平均デス数は20.5回であったのに対して，提案スポーツでは，赤色チームの平均デス数は13回，黄色チームの平均デス数は13.3回であった。いずれのチームも，提案スポーツの方がデス数が減少した。

ゲーム		フラッグ			勝利チーム	デス数	
		確保数		設置数			
種類	番号	赤	黄				赤
通常フラッグ戦	1	0	3	3	黄色チーム	22	21
	2	1	2	3	黄色チーム	19	20
提案スポーツ	3	0	0	2	引き分け	16	13
	4	0	0	2	引き分け	11	13
	5	1	1	2	引き分け	12	14

表 5.1 ゲームの結果



図 5.1 連携攻撃の様子

フラッグ戦と比べ、提案スポーツの方が味方同士の距離が近く、連携攻撃を行う様子がよく見られた。(図 5.1)

5.2 アンケートの結果

ゲーム実施後にアンケートを実施した。各質問は 5 段階のリッカート尺度または自由記述で回答を求めた。5 を良くあてはまる、1 を当てはまらないとした。

5.2.1 ゲーム性に関する結果

ゲームを面白いと感じたかについての評価は平均 4.2 であり、参加者は提案スポーツを面白いと感じた。

ゲーム中に使用したデバイスが正常に動作していたかについては、平均 2.8 であった。参加者の 1 人は、フラッグデバイスの色の切り替え機能が扱いづらかったと回答した。

ゲーム中に使用したデバイスが使いやすかったかについては、平均 2.6 であった。参加者の 1 人は、マウンテッドデバイスが再生する音を聞くためのイヤホンが使用しなかったと回答した。

通常プレイヤーと特殊プレイヤーの協力がチームの勝利に重要であったかについては、平均 4.4 であり、参加者はゲーム中の協力を重要視した。

5.2.2 人間能力の拡張と縮小に関する結果

ゲーム中で、自分が通常プレイヤーと特殊プレイヤーのどちらであるか気づいた参加者は 2 人であった。気づいた参加者は以下のように回答した。

- 2 試合目、1 試合目と音の違いで気づくことが出来た。
- 音の違いで、2 試合目に通常プレイヤーだと気づいた。

また、気づけなかった参加者の 1 人は、実際には 1 度以上特殊プレイヤーを体験しているにも関わらず、ずっと通常プレイヤーだと感じたと回答した。

通常プレイヤーだと気づいた参加者からは、以下のような回答が得られた。

- フラッグ探索は特殊プレイヤーに任せて、自分は索敵とフラッグの守備に集中した。
- 特殊プレイヤーについていくことで有利にゲームが進められた。

通常プレイヤーの体験について参加者に聞いたところ、以下のような回答が得られた。

- これはマイクとイヤホンによる遅延のためだが、訪れが生じていたので普段より聞きづらかったように感じた。
- 環境音が聞こえ、索敵などにはあまり困りませんでした。ただ、音にラグがあり、少し途切れ途切れだった事が気になりました。
- いつもどおりに感じた。ただ、周りが特殊プレイヤーかもしれないと思ったので、誰かについて動くようになった気がする。あと、自分が立てた音がよく分かるので、静かに動くようになった。
- 普段と聞こえ方は変わらなかったなので、判断に迷うようなことはなかった。
- 遠くの音から、敵の位置を探ろうと思った。最初は何が起こったかわからなかった。

特殊プレイヤーの体験について参加者に聞いたところ、以下のような回答が得られた。

- 別の人の声や発砲音が聞こえたため、最初は戸惑ってしまった。フラッグの音には

気づけなかったもので、特別に思考や判断が変わったところはなかったです。

- フラッグの音が聞こえるようになり、ゲームをかなり有利にすすめることができるようになったと感じた。

人間の能力を拡張することについてどう考えるかを参加者に聞いたところ、以下のような回答が得られた。

- 特殊な力を持ち周りの人をリードする重要性がわかったので、能力拡張は便利だと感じた。一方で、行き過ぎた拡張は倫理的に良くない。
- よく離れた場所からの会話を可能にしたり、行方不明の人の救出などに使えるので便利。一方で悪用に気をつける必要がある。
- 人間の能力を拡張することは良いと思う。障害をもつ人は普通の生活を送ることが出来、異常がない人もより良い能力を得ることができるからです。しかし、それにより副作用がないかは確認する必要があります。
- 体につけるデバイスが邪魔にならなければ便利に生活できると思う。
- 自分にとって都合の良い能力の拡張であるなら他の人よりも優位に立てるかもしれないが、普段の生活に支障をきたすような能力の拡張であれば善し悪しを決められない。

5.2.3 ダイバーシティに関する結果

現実世界のダイバーシティ構造のゲームへの反映が、うまくできていると思うかについては、平均 4.0 であった。

現実世界において、マジョリティとマイノリティの協力は重要だと思うかについては、平均 4.5 であった。

現実世界において、マジョリティとマイノリティは、立場が入れ替わる可能性があると思うかについては、平均 3.5 であった。

社会において、今回のサバゲーで学んだことが活かせると思うかについては、平均 3.75 であった。

5.2.4 自由記述の結果

自由記述では参加者は次のように回答した。

- イヤホンのひもがライフルに絡まりやすかった。フラッグのボタンが正常に動作しなかった。デバイスの固定は問題なかった。
- 実験内容としてはとても面白い取り組みと感じた。今までにないサバゲーであり、個々によってルールが違う中、協力しあってプレイするのはとても楽しかった。イヤホンの長さが気になったので、ブルートゥースにすれば、銃の持ち替えも楽になってスピーディーなゲームを楽しめるだろう。
- 有線のイヤホンだと銃に引っかかってしまうので、ワイヤレスのほうが動きやすかった。
- 新しい挑戦として、フラッグを小さくして探し出すのは面白かった。イヤホンが有線なのでずれてしまうことが多々あった。
- イヤホンをワイヤレスにしたほうがあつかいやすいと感じました。デバイスを20mm レールに付けられると便利だと感じた。サイトに当たらないようにつけられると扱いやすいと思う。

第6章

考察

6.1 ゲーム性の分析

通常フラッグ戦と比べて、隠れフラッグ戦は明らかにデス数が減少した。このことは、プレイヤーがより慎重に行動するようになったことを表していると考えられる。慎重に行動するようになった理由としては、2つ考えられる。1つ目は、フラッグが小型になり位置がわからなくなったことで、探索が必要になったことである。フラッグを発見するために通常のフラッグ戦と比べて周囲に注意を払う必要があるため、慎重に行動するようになったと考えられる。2つ目は、インタビューにあるように、通常プレイヤーの場合に自分の立てた物音に敏感になったからである。サバイバルゲームにおいては、敵プレイヤーが立てた物音を使って索敵を行う手法がよく用いられる。通常フラッグ戦ではありえない、自分の立てる物音が再生される機能が追加されたことで、敵の索敵を妨害しようとする意識が強く働いたと考えられる。

隠れフラッグ戦は全てのゲームが引き分けとなった。これには2つの要因が考えられる。1つ目は、フラッグが小型であったことで、発見しづらくなったこと。2つ目は、特殊プレイヤー用のデバイスが正常に機能せず、フラッグの音を正しく捉えられなかったからである。アンケートでは、通常プレイヤーの体験のフィードバックは十分に得られたものの、特殊プレイヤーのフィードバックは少なかった。これは、特殊プレイヤーのデバイスが正常に機能しなかったために、プレイヤーが自身を特殊プレイヤーであると認識できなかったことが原因だと考えられる。

隠れフラッグ戦の面白さについては、4.2のスコアを獲得し、参加者は新しいゲームを面白いと感じた。参加者からは以下のような回答が得られた。

今までにないゲームだと思った。

フラッグを探し出すのが面白かった。

通常プレイヤーと特殊プレイヤーの協力がどの程度重要であったかについては、4.4 のスコアが得られた。隠れフラッグ戦は、協力が重要なゲームであると受け取られた。通常のフラッグ戦と比べ、隠れフラッグ戦ではチームメンバー同士の距離が近くなり、固まって行動することが多くなった。その結果、プレイヤー同士で会話する機会が増加した。

デバイスが正常に動作していたかについて、平均 2.8 のスコアを得た。また、自分が通常プレイヤーか特殊プレイヤーか気づいた参加者は 2 人であった。先も述べたように特殊プレイヤーのデバイスが必ずしも正常に動作していなかった可能性がある他、フラッグデバイスの確保切り替え機能が扱いづらかった、機能しなかったというフィードバックが得られている。このことは、参加者の意識をデバイスの機能が正常に動作するかどうかに向かわせて、人間の機能拡張やダイバーシティ構造などについて考えさせる機会を失わせた可能性がある。

デバイスが正常に動作しなかった理由について、通信設計上の限界が考えられる。デバイスはシステム設計の簡略化のために多対多通信を行っている。しかしながら、音声データを同時に多数のデバイスと送受信することは、Raspberry Pi の処理能力では対応が難しかった。そのため、接続しているデバイスが増加すると音声データが途切れはじめたり、遅延が生じるようになった。

デバイスが使用しやすかったかについては、平均 2.6 のスコアを得た。マウンテッドデバイスでは音声の再生のためにイヤホンを装着したが、すべての参加者が使用しづらかったとアンケートで回答している。また参加者の 1 人は耳とイヤホンがうまくあわず装着に苦勞する様子が見られた他、プレイ中にイヤホンのズレを治すために立ち止まるプレイヤーが散見された。参加者が提案しているように、ワイヤレスイヤホンを採用する必要があると考えられる。

6.2 人間の能力の拡張と縮小に関する分析

自分が通常プレイヤーと判断がついた参加者は、フラッグの探索を特殊プレイヤーに任せるか、共に行動した。探索をまかせたプレイヤーは、通常プレイヤーと特殊プレイヤーで役割分担をし、しばしば別行動を行おうと思考したと考えられる。一方で、共に行動したプレイヤーは、特殊プレイヤーが敵プレイヤーの物音を探知できることを、お互いの会話から認識して、協力して索敵を行うとしたと考えられる。どちらのプレイヤーも、特殊

プレイヤーとコミュニケーションをとって、戦略を共有したという点が共通している。また、マイクで集めた音が大きく再生される機能を利用して、遠くの敵の索敵を試みた参加者もいた。

通常プレイヤーを体験した参加者の多くは、再生までの遅延が気になったと回答している。実際に音声の遅延は 100ms~200ms 程度であった。デバイスはプログラム上での音声加工は一切行わず、OS の提供する音声ボリュームのコントロールのみを利用している。そのため、この遅延はデバイス内部に搭載している Raspberry Pi デバイスの性能の限界だと考えられる。

特殊プレイヤーを体験したと自覚した参加者は少なかったものの、敵の音声やフラッグの音声を認識し、この性質を生かしてプレイを進めたと回答した。フラッグの位置を探知できる能力を持っていることは、通常プレイヤーに対して大きな優位性であると参加者は認識していた。実際のゲーム結果をみてもフラッグの発見が困難であったように、見つけづらいフラッグを発見する役割を特殊プレイヤーがしっかりと果たしていたと考えられる。また、敵の音声や発砲音を索敵に利用した。このことは、敵の音声などの情報が索敵に重要であることを示している。

人間の能力を拡張することについてどう考えるかを参加者に訪ねた。様々な回答があったものの、概ね倫理面に配慮しつつ拡張を行うという方向性で参加者は一致していた。デバイスを利用することによって、今まで体験したことのない感覚を感じた参加者や、面白いと語った参加者があり、このことが人間の能力拡張に対して好意的な印象を抱かせることに影響したと考えられる。

6.3 ダイバーシティに関する分析

ダイバーシティ構造のゲームへの反映については、平均 3.6 というスコアが得られた。このことは、提案スポーツがダイバーシティ構造理解には多少の手助けになったことを表している。ただし、デバイスが正常かつ十分に機能しなかったことは悪影響を及ぼしていると考えられる。

現実世界において、マジョリティとマイノリティの協力は重要だと思うかについては、平均 4.5 というスコアが得られた。提案スポーツは、現実世界においても両者の協力が重要であるという考え方を参加者に与えられたと考えられる。

現実世界において、マジョリティとマイノリティは、立場が入れ替わる可能性があると思うかについては、平均 3.5 であった。提案スポーツでは、ゲーム中に参加者が通常プレイヤーと特殊プレイヤーの両方の立場を経験できるようにデバイスを入れ替えた。このこ

とが、周囲の環境によって立場が規定されうるという考え方を参加者に与えられたと考えられる。一方で、デバイスの不具合により一部の参加者は特殊プレイヤーを体験できたと感じていないため、このことがスコアを押し下げる要因になっていると考えられる。

社会において、今回のサバイバルゲームで学んだことが活かせると思うかについては、平均 3.75 であった。

6.4 明らかになった課題

提案スポーツが参加者のダイバーシティに関する考え方にどのように影響したかを調べるために、リッカート尺度の数値のみで測る方法は難しい。数値を適切に解釈するには、事後アンケートだけでなく事前にアンケートを実施して比較する必要がある。そのため、事後アンケートのみで提案スポーツの効果を測定する方法には限界があり、今後の課題とする。

提案手法では、システムの簡略化のため多対多通信を行っている。デバイスの増加に対して通信量が指数関数的に増加するため、スケーラビリティを欠いている。これを解決するためには、サーバーを設置して、1 対多の通信に落とし込む必要がある。

提案手法では、フィールドのサイズに限界がある。Wifi 通信を利用する関係上、フィールドのサイズが大きくなれば Wifi を多数設置する必要性が出てくる。また、ルーターに電源を供給する必要性があることから、実際にはフィールドは屋内型に限られることが多い。

実際に制作したデバイスは、GPS 精度の限界によって、実測値で $\pm 5\text{m}$ ほどの誤差が発生する。狭いフィールドでの近接戦闘などでは、自身と他のデバイスが実際には近くにいるにも関わらず、デバイスのセンサが遠くにいと誤認して、敵プレイヤーの音声が発知できなかったり、フラッグの音声を正しく再生できないなどの問題が発生した。

第7章

まとめと今後の課題

提案スポーツは，参加者に人間拡張の可能性を伝え，好意的な印象を与えることに成功した．また，提案スポーツは参加者にとって面白く，連携が重要であった．ダイバーシティ構造の理解の促進については，効果はわからなかった．ゲームの進行には，デバイスの機能の点でいくつか問題があった．改善のためには，デバイス自体の信頼性を向上させる必要がある．実験の結果，信頼性を低下されている要因は2つあるとわかった．

- デバイスの計算能力の限界
- センサの精度の限界

音声途切れたり，再生までに遅延が発生する原因は，デバイスの処理能力が限界に近いことである．デバイスの計算能力の限界を改善するためには，2つの方法が考えられる．1つ目は，デバイスをより高性能なものに置き換える方法である．Raspberry Pi Zeroではなく，Raspberry Pi Zero 2やRaspberry Pi 4などの，高性能なコンピュータボードを利用することで，処理能力を向上させる．2つ目は，クライアント・サーバ方式に切り替える方法である．各デバイスで多対多通信を採用しているために通信に関わる処理コストが大きくなっていることや，緯度経度情報の直交座標変換の処理コストが大きいことに着目して，データの加工や通信処理を一括して行うことで，各デバイスで処理に必要なコストを削減する．

また，フラッグデバイスの音声を正しく補足できない原因は，センサの精度の限界が原因である．これについては，より高性能なGPSセンサを使用するか，屋外測位技術ではなく屋内測位技術を用いるといった方法が考えられる．ただし，屋内測位技術は，ビーコン測位法に代表されるように何らかのビーコンにあたるデバイスの設置が必要であり，モビリティを損なう他，設置に必要な物品数が多くなることや資金コストが大きくなるデメ

リットがある。

これらの点を改善すれば、参加者はよりゲームの設計やアナロジーについて意識を向けることができるようになり、ダイバーシティ理解の面でも提案スポーツが役立つことが期待される。また、人間拡張と縮小について良い印象を与えられるこのスポーツは、さらなる人間拡張技術の発展と普及に貢献し、既存スポーツの拡張した新スポーツの開発などに貢献できると考えられる。

参考文献

- [1] Shunichi Kasahara, Mitsuhiro Ando, Kiyoshi Suganuma, and Jun Rekimoto. Parallel eyes: Exploring human capability and behaviors with paralleled first person view sharing. In *Proceedings of the 2016 chi conference on human factors in computing systems*, pp. 1561–1572, 2016.
- [2] Ivan Poupyrev, Shigeaki Maruyama, and Jun Rekimoto. Ambient touch: designing tactile interfaces for handheld devices. In *Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 51–60, 2002.
- [3] Hideki Shimobayashi, Tomoya Sasaki, Arata Horie, Riku Arakawa, Zendai Kashino, and Masahiko Inami. Independent control of supernumerary appendages exploiting upper limb redundancy. In *Augmented Humans Conference 2021*, pp. 19–30, 2021.
- [4] Edward H Chang, Katherine L Milkman, Dena M Gromet, Robert W Rebele, Cade Massey, Angela L Duckworth, and Adam M Grant. The mixed effects of online diversity training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 116, pp. 7778–7783, 2019.
- [5] Michinari Kono, Takashi Miyaki, and Jun Rekimoto. Jackin airsoft: localization and view sharing for strategic sports. In *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, pp. 1–4, 2017.
- [6] Peggy McIntosh. White privilege: Unpacking the invisible knapsack, 1988.
- [7] Marc Pallot, Remy Eynard, Benjamin Poussard, Olivier Christmann, and Simon Richir. Augmented sport: exploring collective user experience. In *Proceedings of the Virtual Reality International Conference: Laval Virtual*, pp. 1–8, 2013.
- [8] Koichi Iwabuchi. 多様性との対話 ダイバーシティ推進が見えなくするもの. 青弓社, 2021.

- [9] Frederico Da Rocha Tomé Filho, Pejman Mirza-Babaei, Bill Kapralos, and Glaudiney Moreira Mendonça Junior. Let's play together: Adaptation guidelines of board games for players with visual impairment. In *CHI*, p. 631, 2019.
- [10] Tânia Medeiros Aciem and Marcos José da Silveira Mazzotta. Personal and social autonomy of visually impaired people who were assisted by rehabilitation services. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, Vol. 72, pp. 261–267, 2013.
- [11] Oussama Metatla, Marcos Serrano, Christophe Jouffrais, Anja Thieme, Shaun Kane, Stacy Branham, Émeline Brulé, and Cynthia L Bennett. Inclusive education technologies: Emerging opportunities for people with visual impairments. In *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–8, 2018.
- [12] Markus Rohde, Nicola Marsden, Kerstin Raudonat, Helmut Hauptmeier, and Michael Ahmadi. Because nothing is more normal than diversity: Implementing diversity in hci education. In *Proceedings of the 9th International Conference on Communities & Technologies-Transforming Communities*, pp. 343–348, 2019.

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方にご支援をいただきました。

指導教員の山本先生からは、研究の進め方、必要な部品や装置の確保など、様々な方面からご支援をいただき、大変感謝しております。

大島先生からは、研究目的に対するアプローチや、結果の評価などについて、重要なご指摘をいただきました。ありがとうございました。

コンセプトの検証にあたっては、研究室の同輩・先輩方には厳しいスケジュールの中お集まりいただき、様々なアドバイスを頂きました。ありがとうございました。

精神面や経済的な面から支えてくださった両親にも大変助けられました。ありがとうございました。

2022 年 2 月 森泉友登