

シューティングゲームにおける視覚障害者とのコラボレーション分析

Collaboration analysis of shooting game between the visually impaired and the sighted.

川崎 直毅*¹
Naoki Kawasaki

大森 正太郎*¹
Shotaro Omori

野口 崇人*¹
Takato Noguchi

矢入 郁子*¹
Ikuko Eguchi Yairi

*¹ 上智大学大学院理工学研究科理工学専攻情報学領域
Graduate Schools of Science and Technology, Sophia University

Supporting collaboration between sighted and visual impaired is very important to promote social progress of the visually impaired. We have analyzed human's collaboration to develop agent system that supports collaboration between sighted and visual impaired. We made shooting game that supply information by tactile information instead of visual information. In this paper, I report about collaboration of 7 pairs consist of visually impaired and the sighted.

1. はじめに

近年の情報技術革新によって人々がコンピュータを利用する機会は増加し、そしてそこから得られる体験は多様化した。その結果、画像処理やクラウドコンピューティング、人工知能による自然言語処理など様々な技術とデバイスが巧みに絡み合い、様々なコンピュータヒューマンインタラクション(以降 CHI とする)が生み出されている。CHI の発展によって CHI を介したコラボレーションの多様性も増す一方である。例えば、床面にレーザーを照射してホッケーやペイントなどの様々な遊びが楽しむことができる BaseLaze や砂場の凹凸をリアルタイムに検出して等高線を映写することで流水シミュレーションや会議を支援する Augmented Reality Sandbox、無数のピンが上下することによって形状が変化する TRANSFORM など様々である。[Müller 2015][Reed 2014][Ishii 2015]そして、この CHI を介したコラボレーションの多様化は今後も継続的に進展していくことが予想される。

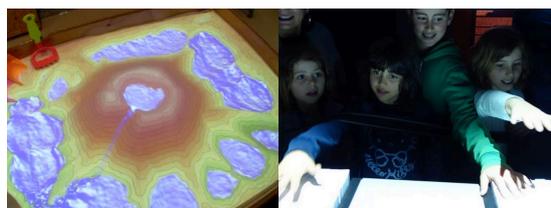


図 1 Augmented Reality Sandbox(左)と TRANSFORM(右)

しかし、視覚障害者がこれらの利益を享受することは大変難しい。視覚障害者支援の大部分は音声ガイドなどによってリアル・バーチャル情報のアクセシビリティを向上させ、個人としての活動をサポートするのみである。また、晴眼者とのコミュニケーションや情報共有などを含めて総合的かつ直接的に支援するものは少ない。視覚障害者と晴眼者が対等な立場でコラボレーションすることのできる空間の実現は視覚障害者の社会参加を促進させるだけでなく、晴眼者の QOL をも向上させる重要な社会的課題である。

2. 視覚障害者とのコラボレーション

コンピュータによってサポートされたコラボレーション空間(CSCW)はコンピュータによる支援(CS)とグループワーク(CW)の二つの概念から構成されており、支援手段と支援対象で構成されている。[石井 1991]一つはコンピュータのインタフェースや通信工学に代表される技術的な側面。もう一つは人類学、社会心理学、認知心理学、言語学などに代表される人間中心的な側面である。この二つの側面が互いに対立することなく、順応し合い、利用者を理解したコミュニケーションや情報共有空間の支援を行うことが重要である。既存のグループワークでは WYSIWIS (What You See is What I See) という基本的な原則がある。つまり、複数の利用者が同一の情報を視認し、共有できるようなデザインが求められている。しかし、この原則を視覚障害者と晴眼者のコラボレーションにそのまま適応させることは不可能であり、両者に適した情報の共有方法や伝達経路が求められている。そこで我々は視覚情報のない条件での視覚障害者と晴眼者との協調作業の様子を観察し、その中から両者のコラボレーション空間における情報共有やコミュニケーションのあり方を考察することにした。

3. シューティングゲームの実装

視覚障害者向けのゲームは多数存在しているが、音声でゲーム情報を与えるものがその大部分を占めている。本稿では視覚障害者・晴眼者の両者に与える情報を操作し、複数の状況下でのユーザ間のコラボレーションの変化の様子を観察することでそのメカニズムを解明することを目指す。そこで我々は、音声だけでなく触覚情報である振動に着目し、振動式スピーカー(iChargeSOUND)を用いた触覚提示デバイスを作成した。振動を用えば両者のコミュニケーションの妨げにならないからである。また、視覚障害者は普段から VoiceOver や上述したゲームのように音声によって不足した情報を補うことに慣れており、それを用いることで両者のゲームにおける能力に差が生まれてしまうことを回避するためである。本稿ではスピーカーから流す音声情報を約 60Hz の sin 波にすることで人間の耳には聞こえず、振動のみを感じることが可能な状態を実現した。本システムではこの振動式スピーカーを用いてシューティングゲームにおける敵の位置情報をフィードバックする。

連絡先: 川崎 直毅, 上智大学大学院理工学研究科理工学専攻情報学領域, 102-0081, 東京都千代田区四番町 4-7
上智大学市ヶ谷キャンパス, kawasaki@yairilab.net



図2 振動式スピーカー

ゲームシステムの構築には iPad 3 台、振動式スピーカー4 台、ステレオスピーカー 1 台を用いた。図に示す 3 台の iPad は Bluetooth によって接続されており、そのうちの 2 台はユーザが実際にハンドルのように傾けて操作するゲームのコントローラとして動作し、残りの 1 台はサーバとしての各種演算や画面出力を担う。本来、このゲームは画面を用いないのでサーバの iPad は不要であるが、ユーザの操作を可視化するために作成した。2 台のコントローラ用 iPad はジャイロセンサで計測した傾きの値をサーバ用 iPad に送信する。サーバ用 iPad はその情報を元にユーザが傾けて操作する宇宙船を移動させ、振動式スピーカーを介した振動として宇宙船と敵との距離をユーザにリアルタイムにフィードバックしている。

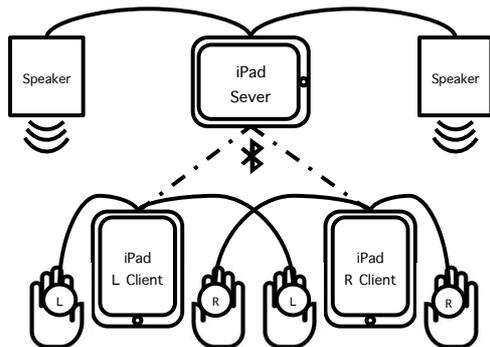


図3 シューティングゲームの概要図

今回作成したゲームでは 2 人のプレイヤーが 1 つの宇宙船を操縦し、ビームを発射してより多くの敵を倒すことがユーザ達の目指すべきゴールとなる。各利用者はコントローラとなる iPad を傾けることで宇宙船を左右に移動させることが可能だが、2 台の iPad の傾きの合成を宇宙船の加速度と設定したため、両者の傾ける方向が一致しないとスムーズに移動しないようになっている。敵を倒すためのビームは画面をタップすることで発射が可能で、敵に命中すると爆発音がスピーカーから流れるようになっている。ユーザがビームを乱射することを防ぐためにビーム発射後 1 秒間は次のビームが打てないように設定した。また、敵や宇宙船が存在するフィールドには移動可能な範囲が定められており、右端、左端のどちらかに宇宙船が到達した場合はそれを知らせる為に衝撃音がスピーカーから流れるようになっている。

ユーザは両手人差し指に振動式スピーカーを装着し、その振動の強弱から宇宙船と敵との距離を推測することが可能である。具体的には宇宙船と敵との距離の平方根に比例した大きさの振動が敵のいる側の指につけたスピーカーからフィードバックされる。

$$\text{Volume} \propto \sqrt{|\text{Distance}|} \dots \text{式}(1)$$

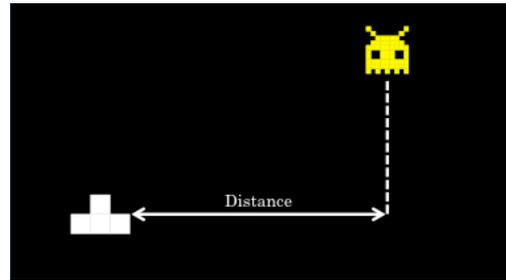


図4 宇宙船と敵との距離と振動の大きさの関係

宇宙船が敵の真下、つまりビームを発射すると命中する位置にいる時は振動が鳴らないようになっている。ユーザは振動を感じる方へ iPad を傾けることで宇宙船を移動させる。振動は距離に応じて小さくなっていき、振動が消えた時に画面をタップすることで敵を倒し、スコアを増やしていく。

また、敵が同時に 2 匹出現する場合のシューティングゲームも作成した。この場合は 2 匹の敵の間に宇宙船が位置する際は左右両方の指にも振動がフィードバックされるので、ユーザは振動の強弱によって左右どちらの敵を倒すのか意思決定が必要になる。また、2 匹の敵が宇宙船から見て同じ側にいる場合 2 近い方の敵の距離に応じた振動がフィードバックされるようになっている。なお、宇宙船が敵を倒すことのできる位置に移動した場合は左右どちらの指も振動が鳴らないようになっている。そして、宇宙船の最大移動速度は敵が 1 匹のみ出現する場合よりも遅くなっている。

本稿では敵が 1 匹の場合と 2 匹の場合の 2 通りのシューティングゲームを作成した。それに加えて各プレイヤーが手に装着する振動式スピーカーの数も両手に装着する場合と外側片手のみに装着する場合の 2 通りを用意し、それぞれの条件の組み合わせによって 4 種類のゲームバリエーションを実現した。

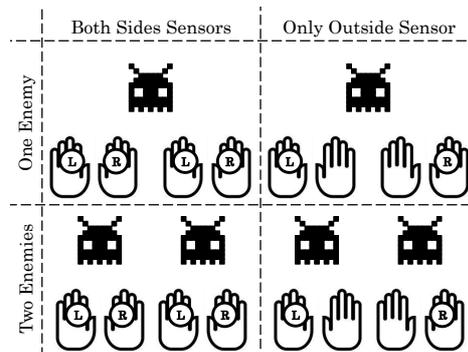


図5 種類のゲームバリエーション

mission1, mission2 では敵の数は 1 匹である。これに対して mission3, mission4 では敵の数は 2 匹となっており、ユーザ間で齟齬が生じると宇宙船は動かなくなってしまう。そのため、ユーザ同士で一つの宇宙船としての意思決定が必要となる。また、mission1, mission3 では振動式スピーカーが両手に装着されているが、mission2, mission4 では片手のみに装着されており、1 人で敵の位置を把握するには情報量が不足している。そのため、ユーザ同士で情報共有し合うことが必要となる。これらの違いによって iPad を傾けてタップするまでのフローが mission 毎に異なる。

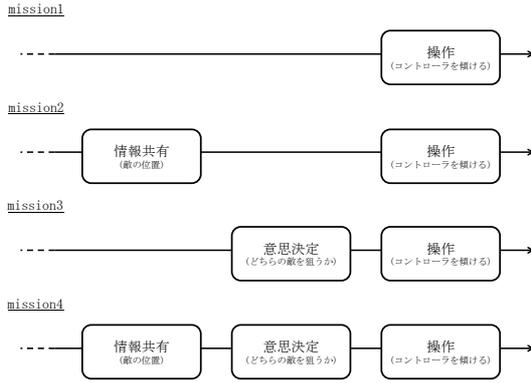


図 6 mission 毎のフローの違い

4. シューティングゲームを用いた評価

4.1 調査内容

全盲に近い重度視覚障害者 7 名と本学学生 7 名からなる 7 組に加え視力の有無によって結果に差異があるかを確認するための晴眼者同士のペア 3 組の計 10 組に対して実験を行った。被験者の一覧を以下に示す。

表 1 被験者一覧

	Visually impaired	Sighted
pair1	Va (sex:f age:18)	Sa (sex:m age:21)
pair2	Vb (sex:f age:21)	Sb (sex:m age:23)
pair3	Vc (sex:f age:22)	Sc (sex:m age:24)
pair4	Vd (sex:f age:20)	Sd (sex:f age:22)
pair5	Ve (sex:m age:23)	Se (sex:f age:23)
pair6	Vf (sex:m age:22)	Sf (sex:m age:22)
pair7	Vg (sex:m age:18)	Sg (sex:m age:22)
	Sighted	Sighted
pairSX	Sx (sex:m age:21)	Sx' (sex:m age:22)
pairSY	Sy (sex:m age:22)	Sy' (sex:f age:22)
pairSZ	Sz (sex:f age:22)	Sz' (sex:f age:29)

実験の順序としては mission1 から順に mission4 までを実施した。mission1, mission3 は振動式スピーカーが両手に装着(DH)されているがそれに対して mission2, mission4 は片手だけに装着(SH)するので不便である。また、mission1, mission2 は同時に出現する敵は 1 体であるのに対して、mission3, mission4 では敵が 2 体同時に出現(DI)するので、ユーザ間での意思決定が必要不可欠となる。

表 2 実験順序

	Enemies	Sensors
mission1	1	Both Sides
mission2	1	Only Outside
mission3	2	Both Sides
mission4	2	Only Outside

実際に調査する前に両者ともに振動式スピーカーを両手に装着し、シューティングゲームを試遊してもらいながら説明した。説明した内容は 1. 振動がある方に敵がいる 2. 敵に近づくにつれて振動は小さくなる 3. 敵の真下にいる時は振動が一切なくなる 4. ビームを撃つ時は画面をタップする 5. ビームが敵に命中すると爆発音が鳴る 6. フィールドには横幅があり、端に到達すると衝突音が鳴る である。両者がゲームについて十分理解したことを確認したところで mission1 から mission4 を各 5 分間ずつ実施した。

4.2 調査結果

pair1 から pair7 の撃墜数一覧、晴眼者同士のペアである pairSX から pairSZ の撃墜数一覧を以下に示す。

表 3 視覚障害者と晴眼者のペアの撃墜数

Hit	mission1	mission2	mission3	mission4
pair1	36	55	52	52
pair2	51	54	51	52
pair3	64	74	55	60
pair4	58	43	45	43
pair5	90	84	85	83
pair6	50	70	53	66
pair7	49	53	44	45

表 4 晴眼者同士のペアの撃墜数

Hit	mission1	mission2	mission3	mission4
pairSX	63	72	74	60
pairSY	44	56	40	59
pairSZ	16	22	22	25

また、ペア内での撃墜数の推移に顕著な特徴が見られたので類似した特徴を持つペア同士をまとめたところ、4 つのグループに分けることができた。mission1 から mission2, mission3 から mission4 で撃墜数が両者共に増加しているペアを SYNC 型とした(図 7 左上)。次に両者の増減が反比例の関係にあり、mission2, mission4 時のみ両者の差が大きく縮まる(両者の推移が魚を模している)ペアを FISH 型とした(図 7 右上)。また、mission1 から mission2 で両者の差が広がり、mission3, mission4 にかけて徐々に差が縮まっていく(両者の推移が鳥の頭部を模している)ペアを WOODPECKER 型とした(図 7 左下)。上記の 3 つのグループに分類できない 3 ペアをその他としていたが、この 3 ペアに関しても共通の特徴が見つかった。この 3 ペアは Mission1 から mission4 を通して片方のユーザの撃墜数は大きく変化することなく安定し、もう一人のペアの撃墜数の変化がそのペアの撃墜数の変化として顕著に現れており、このペアらは CLEAR 型とした(図 7 右下)。

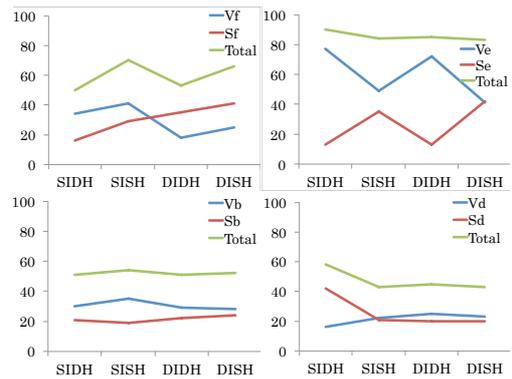


図 7 各型の代表例

5. 考察

本稿ではシューティングゲームをプレイ中の両者の発話を全て書き起こし、発話の量・内容や撃墜数をもとに考察する。書き起こした発話は「情報共有(ex:右にいます)・意思決定(ex:右に行きましょう)・返答(ex:了解)・評価(ex:ナイス)・その他(ex:あと 1 分など上記の 4 つに分類できないもの)」の 5 つに分類する。

5.1 ペア内の性別の組み合わせによる差異

協力者を募る際に性別に関して特に留意せずに実験を実施したのでデータ数としては未だ不十分であるが、おそらく性別についても本質的な差異はないと考えられる。しかし、ゲームに対する慣れや積極性の差はあり、それが間接的に性別による差異として表出した可能性が高く、データ数を増やすことで信憑性の向上と新たな発見に努めたい。データ数こそ少ないものの、女性同士のペアは得点に直結しない会話(返答・評価・その他)が全体に占める割合が多くなる傾向が確認され、一方で男性同士のペアの会話では得点に関係する会話(情報共有・意思決定)が大部分を占めていた。また、男女のペアでは女性同士・男性同士のペアらの中から当たるバランスのとれた会話内容になっているケースが多かった。この違いは限られた時間と発話回数の中でゲームのスコアを取るために発話するか、もしくはペアの人と仲良く楽しく遊ぶために発話するかという目的や考え方の違いが表現されていると考えられる。

5.2 視覚障害の有無による差異

本稿では視覚障害者と晴眼者からなるペアである pair1-7 は晴眼者同士のペアである pairSX-SZ と比較したが撃墜数に関する共通の差異や特徴はなかった。このことから視覚障害の有無によって撃墜数が増減するという事は考えにくく、視覚障害の有無は結果に影響しないインタフェースであると言える。今後、視覚障害者同士のペアについても実施し、信憑性を高めていきたい。

しかし、ペア内での両者の会話内容については明確な差異が確認された。晴眼者同士のペアの方が視覚障害者と晴眼者のペアと比較して全体に占める意思決定の割合が圧倒的に少なくないということだ。これは互いの操作を互いに視認し、声に出すことなく傾ける向きを相互に同調することが可能であるからだと考えられる。一方的な同調は晴眼者が視覚障害者の操作を目で見て真似するという形で pair1-7 内でも確認されており、その結果として視覚障害者がリーダーシップを取るケースが多かったのだと考えられる。また、晴眼者同士であっても片方が目隠しをしてプレイすれば同じ状況になることや視覚障害者同士もしくは両者共に目隠しを着用した晴眼者同士がプレイすれば意思決定に関する発話は増加することが考えられる。このことから視覚障害の有無によってコラボレーションに表層的な差異こそあるものの、本質的な差異はないと考えられる。この点に関しても実験を重ねていくことで信憑性を高めていきたい。

5.3 ペア内での撃墜数の推移の特徴による差異

撃墜数は 2 名のユーザ間のコラボレーションの成果が数値として表現されたものであり、撃墜数の推移の特徴によって分類することで類似したコラボレーションが起きていたペアをまとめられると考え、SYNC 型・FISH 型・WOODPECKER 型・CLEAR 型の 4 つのグループに分類した。

SYNC 型は振動式スピーカーの数が減り、ペアとの協力が強いられる状況で一方が譲ることなく撃墜数を伸ばし、結果としてペアでのスコアを大きく伸ばすことを達成した。SYNC 型は明らかにコラボレーションが成功したグループであると言える。このペアはゲーム実施時間だけでなくゲーム以外の会話や冗談を言い合い、プライベートな話もして楽しんでた。彼らはコミュニケーション能力や相手に対する意欲の高い人同士であった。

FISH 型は技術や姿勢に関して大きな差がある 2 名のペアであることが推測され、mission1,3 の協力を強いられない場合は撃墜数に大きな差が開いてしまう。その反面、mission2 で縮まった差は mission4 ではさらに縮まっていることもあり必ずしもコ

ラボレーションが失敗しているとは言えないが、二人で協力する mission2,4 よりも mission1,3 の方がペアとしての撃墜数は高く、実力のある一方がもう一方にネガティブな形で譲ってしまっている可能性が示唆される。ペアとしての成果こそ増加していないものの、確実に差は縮まっていることから現段階ではコラボレーションが成功しているとは言えないが可能性を秘めているペアであり、素直な結果が出ているペアであると言える。

WOODPECKER 型は両者の技術や姿勢が平均的に低く、両者間に大きな差がないと考えられる。スコアにあまり大きな変化はないが mission2,4 でのスコアは mission1,3 よりも高く、mission4 では両者の差は概ね埋まっている。会話内容に関しても得点に直結しない会話が多いことからハイスコアをとるためにそれほど意欲的に取り組んでいたわけではなかったことがわかる。

CLEAR 型はたとえ状況が変化しても片方の撃墜数に大きな変化が見られないことからコラボレーションが成立していない可能性が高く、自分は自分のやることをこなすという個人プレイな意志が表れていると考えられる。また、もう片方もうまくアプローチすることができずにいたことが考えられる。

本実験から視覚障害の有無や性別からは本質的な差異は見受けられず、個々人の姿勢やコミュニケーション能力に依存している可能性が高いことがわかった。コラボレーションが成功したペアの会話内容は得点に直結するしない会話のどちらにも偏っていないことが確認され、この会話の内容のバランスがコラボレーション成功の重要な要素である可能性が高いと考えられる。

6. おわりに

本稿では触覚に情報を提示可能な視覚情報のないシューティングゲームを作成し、晴眼者同士のペア 3 組を含む 10 組のコラボレーションの様子を観察し、複数の状況下でのコラボレーションの様子とそれがもたらす結果について調査したので報告した。今後は両者の会話の内容をリアルタイムで分析し、その内容に応じて会話に参加することで会話内容のバランスを調整する知的エージェントの作成を目指す。今後も引き続き実験を繰り返すことで信頼性の向上に努めていきたい。

謝辞

本実験に参加してくださった協力者の皆様に感謝します。

参考文献

- [Müller 2015] Müller, Jörg, Dieter Eberle, and Constantin Schmidt. "BaseLase: An Interactive Focus+Context Laser Floor." *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2015.
- [Reed 2014] Reed, S. E., et al. "Shaping watersheds exhibit: An interactive, augmented reality sandbox for advancing earth science education." *AGU Fall Meeting Abstracts*. Vol. 1. 2014.
- [Ishii 2015] Ishii, Hiroshi, et al. "TRANSFORM: Embodiment of Radical Atoms at Milano Design Week." *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2015.
- [石井 1991] 石井裕: コンピュータを用いたグループワーク支援の研究動向, コンピュータソフトウェア Vol.8 No. 2, 1991