

### 視聴者のコメントによる移動ロボット制御を用いた多人数参加型ゲーム

Yamada, Kazunori / 山田, 和範

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院情報科学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 情報科学研究科編

(巻 / Volume)

14

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

6

(発行年 / Year)

2019-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00021915>

# 視聴者のコメントによる移動ロボット制御を用いた多人数参加型ゲーム Audience Participation Game that Controls Mobile Robot by Comment Inputs on Live Video Broadcasting

山田 和範\*

Kazunori Yamada

法政大学 大学院 情報科学研究科 情報科学専攻

Email: kazunori.yamada.7i@stu.hosei.ac.jp

**Abstract**—This study proposes an audience participation game that controls a mobile robot by comment inputs and lead the robot to a goal on the live video broadcasting. The audience participation game is a game that many people can enjoy simultaneously such as "Suika-wari"(Watermelon Splitting). We regard the mobile robot as a challenger and the comments of audiences as surrounding voices to make an experience like "Suika-wari" on the Internet. The audiences manipulate the robot by comment inputs and lead it to the goal. This method causes us to experience fun of "Suika-wari" on the Internet.

## 1. 序論

今日では、SNS 上でテキストのやりとりだけでなく、画像や動画をアップロードしてやり取りすることができる。動画をアップロードするプラットフォームとして、動画共有サイトは様々存在する。この様々な動画共有サイトの中で、ニコニコ生放送、YouTube Live、そして Twitch.tv などリアルタイムで生放送するプラットフォームが複数存在する。これらのプラットフォームでの生配信により、配信者(生主)に対し視聴者らは、配信者側のライブ動画を介してテキスト入力による会話のやり取りする環境ができた。

生配信で配信者が実況するゲームで、視聴者参加型のゲームの需要がある。従来のゲームでは配信者がゲーム内の一つのキャラクターやオブジェクトを一人で動かす。オンライン対戦のゲームでもゲームプレイしているのは基本配信者だけで視聴者らは見てコメントでやり取りするだけとなってしまふ。最近のゲームでは、部屋を作成する人がサーバーを立てて、その特定の部屋に入りたい人たちがクライアントで ID やパスワードを入力することでゲームに参加できる。このゲーム内の機能と生配信を活用して、視聴者参加型ゲームを構築することができる。配信者が配信中にサーバーを立てて、見ている視聴者らにゲーム参加の募集をしそのサーバーに入ることで、視聴者参加型のゲームとなる。配信者と一緒にゲームを楽しむことができる。

本研究では、Hack U 法政大学 2016 でチーム開発した車型ロボット [1] のように視聴者らのコメント入力によりゴールへ導くゲームを実装した。ゲームの楽しみを共有できるように、複数人で一つの車型ロボットを操作する。ゲームに参加する視聴者らの人数指定ができるバージョンと全員参加できるバージョンを用意し、人数の違いで実行時間、移動経路、コメント取得がどう変化するか調べた。

\* Supervisor: Prof. Takafumi Koike

## 2. 関連研究

### 2.1. 生配信上での視聴者参加型ゲーム

視聴者参加型ゲームはプレイヤーとゲームの関係性を変え、ゲームを見ている人たちが視聴者としてゲーム上で貢献できる。Joseph らは、視聴者参加型ゲームを「ゲームプレイ中に関わり、影響を与える視聴者らに権限を与えるゲーム」と定義した [2]。彼らの研究では試作したゲームを Twitch.tv を用いて実験した。

生配信上での視聴者参加型ゲームが出来る前は、実際に会場に人を集めてゲームしていた。会場に実際に人を集めて多人数で操作して遊ぶ参加型ゲームをやっていた [3]。

オンライン対戦が普及していった後に、動画共有サイト YouTube が登場した。国内ではニコニコ動画が登場し、動画投稿して動画を見ている視聴者とやり取りするようになった。その後リアルタイムに配信ができるニコニコ生放送、YouTube Live、そして Twitch.tv などが登場した。既存のゲームを配信者(投稿者)と視聴者らで楽しむようになっていった [4]。

現在、生配信中のゲーム環境で視聴者らが参加する視聴者参加型ゲームが登場してきた。例えば、Twitch で常時参加できる Twitch Plays Pokemon がある [5]、[6]。このゲームは、Twitch 配信で映し出されるポケモンのゲームをコメント入力で操作する。

本研究ではスイカ割りゲームのように、車型ロボット(プレイヤー)を大人数のコメント入力(群衆)によりプレイヤーのフォローをする。プレイヤーのフォローをする群衆の中には、積極的に参加せず見ているだけの人もいる。本研究では、大勢で気軽に参加できるネットワークゲームを生配信上です。従来のゲームのように、積極的にゲームをする必要はない。全員参加のゲームに参加する人たちは、途中から参加しても良いし、また途中退出しても良い多人数参加型ゲームを作成した。

### 2.2. ロボットを遠隔操作

ロボットの種類は様々存在し、その種類によって操作方法が異なる(表 1)。大型ロボットはショベルカーなどアームを操作する油圧式の機械のことを指す。大型ロボットを遠隔操作する場合は、コンピューターを用いて制御している [7]。対話型ロボットは人とのコミュニケーションをする。このロボットは人の会話を音声認識し自然言語処理をした後に会話の内容に応える [8]。感情表現としてジェスチャーで対話するロボットもある [9]。車型ロボットは、ラジコンのように専用のコントローラーで操作するだけでなく、VPN と TCP/IP を駆使してコンピューターで操作 [10] したりスマートフォ

表 1. ロボットの種類とその操作方法

ロボットの種類	操作方法
大型ロボット	コンピューター
対話型ロボット	音声認識 / 自然言語
車型ロボット	コントローラー スマートフォン・タブレット
ドローン	コントローラー スマートフォン・タブレット
仮想空間に存在するロボット	プログラム (アプリケーション)

ンで操作 [11] することもできる。小型飛行機を制御するドローンも車型ロボット同様に専用のコントローラーで操作したり、スマートフォンやタブレットで操作することができる。仮想空間に存在するロボットの代表格として作業を自動化させるボット (bot) [12] がある。

本研究では、Lego Mindstorms EV3 を用いて車型ロボットを作成し、生配信中に取得するコメントを符号化してゲームする。スイカ割りのように、ヤジを飛ばすのに一人一人専用のコントローラーを用いて操作するのは直感的ではない。生配信上でリアルタイムに取得したコメントをパターンマッチで符号化し、車型ロボットを遠隔操作する。

### 3. ゲームの分類と本研究のゲームの対応

#### 3.1. ゲームの分類

##### 3.1.1. 情報完備ゲーム

情報完備ゲームでは、各プレイヤーに全ての情報が公開されている。将棋、チェス、囲碁などが情報完備ゲームに属する。どのゲームも相手の局面が常に見える。したがって、情報完備ゲームは頭脳戦で戦い抜くゲームとなる。

##### 3.1.2. 不完全情報ゲーム

不完全情報ゲームは、各プレイヤーの持つ情報に差がある。相手に見えない手札を持つトランプゲームや麻雀などが挙げられる。これらのゲームは運で実力を覆す結果も起こりうる。

#### 3.2. 本研究のゲーム

本研究の視聴参加型ゲームは不完全情報ゲームに分類される。不特定多数の視聴者と一緒にゲームするためゼロサムゲームではない。また、視聴参加者らのコメントをスコア化して、スコアの合計が0にならないことを今回の実装に取り入れてないため非ゼロサムゲームでもない。

視聴参加者らには車型ロボット上部からの視点情報と一連のコメントからコメント入力で操作するため、各プレイヤーに全ての情報が公開されているとは限らない。視聴参加者らはリアルタイムで車型ロボット上部から映し出される映像を見て、個々に車型ロボット送る命令を考える。この操作の意図を示す情報が互いに異なるため、本研究の視聴参加型ゲームは不完全情報ゲームの一種となる。

### 4. 提案手法

本研究ではニコニコ生放送のシステムを利用し、リアルタイムでコメントを受けつけながら視聴者参加型ゲー

ムを行う。配信者はニコニコ生放送で生配信を行い、声や放送者コメントでアナウンスしながら視聴者らとゲームの進行をする。視聴者らは視聴者参加型ゲームに挑戦してもらい、みんなで協力し合ってコメント入力で車型ロボットを操作する。以下、システム構成、フローチャート、ニコニコ生放送上でのふるまい、車型ロボットのシステム応答の順に提案手法を示す。

#### 4.1. システム構成

ゲームのシステム構成を図1に示す。生放送サーバー、視聴者ら、そして配信者で構成される。配信者は生放送サーバーを仲介して、視聴者らに現実の車型ロボットを上部に固定した web カメラから撮影した映像を見せる。視聴者らは配信される映像をもとにコメントする。

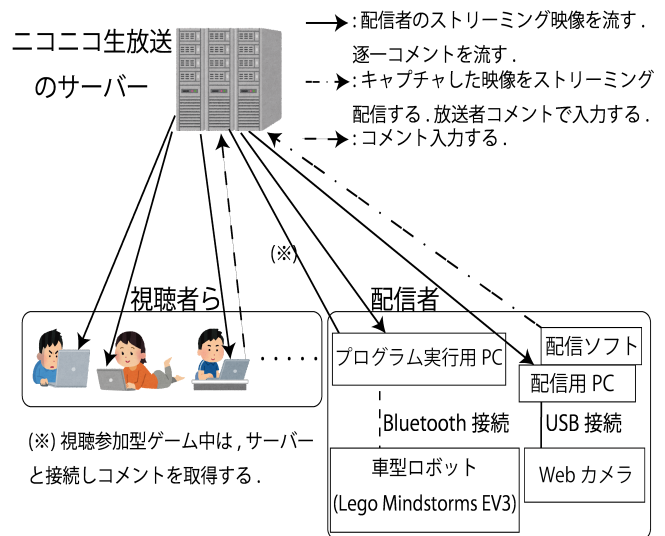


図 1. システム構成図

図1は配信中にある一人の視聴者がコメント入力したときの状況を示す。複数人の視聴者らによって連続的にコメント入力された場合は、ニコニコ生放送のサーバーで入力信号を受け取った順に逐一コメントを受け取り、配信中の画面にコメントを流していく。図中の矢印の転送速度はユーザー間で相異なり、その速度は各ユーザーのネットワークの通信速度 (回線速度) に依存する。

#### 4.2. 処理の流れ

本システムの大きな処理の流れを図2に示す。配信を始めてから視聴者参加型ゲームのセットアップを行った後、ゲーム参加表明をしてもらいゲームを開始する。ゲーム参加表明処理の後に、ゲームが開始され視聴参加型ゲームのメインループに入る。車型ロボットがゴール地点に着くとゲーム終了処理を行いプログラムが終了する。

図2に対応した本システムの処理の流れを図3に示す。図2中の番号が図3の左括弧に添えられた番号に対応する。各々の番号に対し、この左括弧のスコップにかかっている一連の処理が本システム大まかな処理の流れの一部を構成している。

参加人数を指定してゲームする時は、ゲーム開始前に配信者が視聴者らにコメント入力を募る。プログラムで指定した件数のコメントを取得したら、コメントした人の中から user\_id でゲーム参加者を抽選する。ゲームが

始まると抽選で選ばれた人たちがゲームを行う。全員参加の場合は、この処理の流れをスキップしてすぐゲームが開始される。

車型ロボットがゴール地点に着くまで、コメント入力からストリーミング映像を更新する流れが繰り返される。図3中の赤枠で囲まれた部分が視聴参加型ゲームのメインループとなる。このメインループでは一件のコメントを取得してストリーミング映像を更新する一連の処理の流れとなっている。コメントが同時発生的に流れてきたら、ニコニコ生放送のサーバーから取得したコメントの順に処理する。

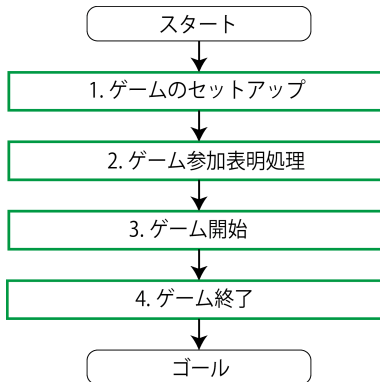


図 2. プログラム実行のフローチャート

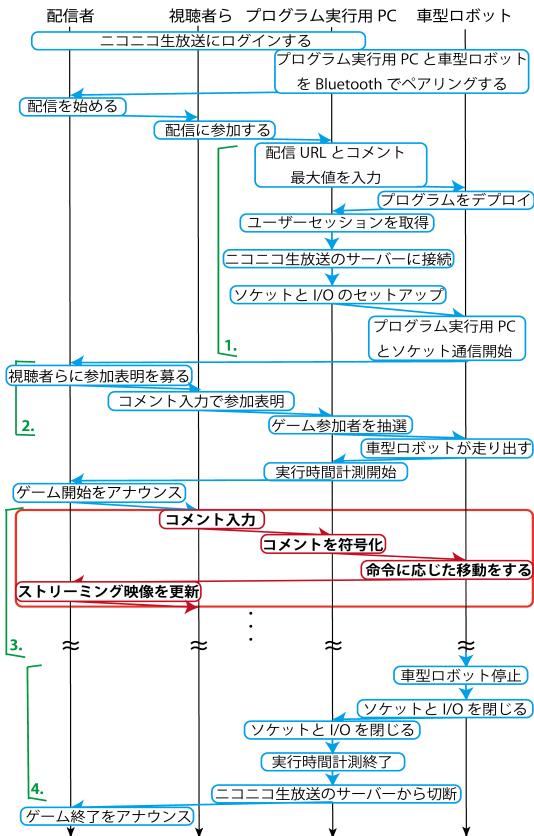


図 3. 本研究システムの処理の流れ

### 4.3. ニコニコ生放送上でのふるまい

視聴者らは図4のような画面を視聴する。視聴者は生配信映像を見ながらコメントを入力する。視聴者らは下部のテキストボックスにコメントを入力しやりとりする。

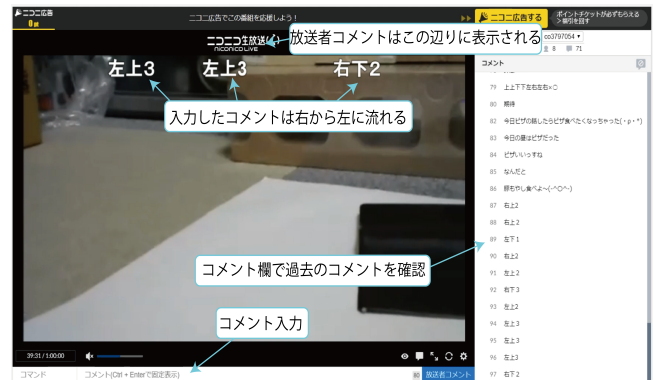


図 4. 視聴者の閲覧画面

### 4.4. 車型ロボットのシステム応答

ゲーム中に視聴者らは決められた命令ルールでコメントする。図4に対応するコメントをもとに、現実空間のマップ上を走る車型ロボットを図5に示す。プログラム実行用からリアルタイムにコメント取得し、符号化された命令を Bluetooth 通信で受け取る。車型ロボットが受理する命令ルールは、一文字目が「右」か「左」、二文字目が「上」か「下」、三文字目が「1」、「2」、または「3」となる文字列が含まれてるかで決まる。「左上3」や「右下2」のようにコメント入力すると、サーバーに受理されて図5のような移動経路に沿って進んでいく。受理するコメントである「左上3」などは、車輪の回転速度を制御する命令に対応し、視聴者らは配信映像を元にゴール地点へ導く。車型ロボットに装着された光度センサーを用いて、床の色情報を識別する。ゲームを開始後、黒を識別したら車型ロボットが停止する。

## 5. 実験

### 5.1. 実験目的

視聴参加者の人数を変えてゲームを行った時、ゴールするまでの車型ロボットの挙動と視聴者らのコメントによる命令の関係を調べる。この関係を明らかにするために、以下三つを調べた:

- ゲームスタートからゴールまでの実行時間。
- ゴールするまでの移動経路。
- コメント符号化のログ。

### 5.2. 実験方法

視聴者らに指定のニコニコ生放送の URL にアクセスし、リアルタイムでコメント受けつけながらゲーム(実験)をする。生配信を開始して視聴者らがある程度人が集まったら、声でゲームの流れを説明する。その後、デモプレイ(視聴参加人数1人)を実際にやってもらった後に、視聴参加人数を1人、3人と増やして、最後に全員参加で遊んでもらい実験を終える。



図 5. 車型ロボットのシステム応答

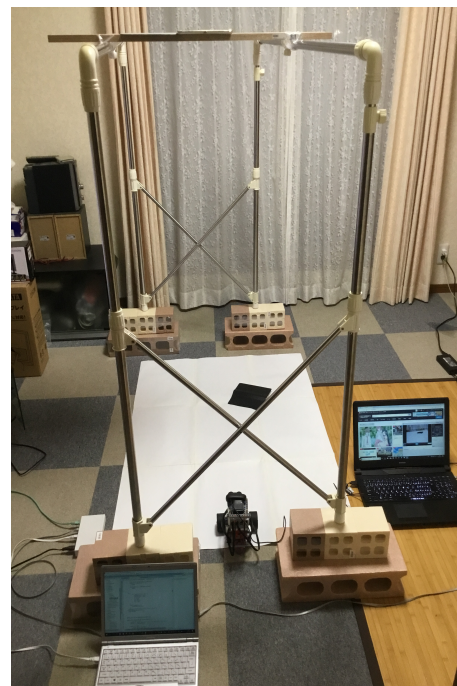


図 6. 配信者側の実験環境

### 5.3. 実験環境

図 6 のように白いマップの上空にカメラを置けるように台座を作った。ニコニコ生放送で生配信を視聴する時、大学内のネットワーク回線だと通信が遮断される為、自宅のネットワーク回線を利用して実験した。視聴者として参加する被験者らも自宅のネットワーク回線などを利用してもらう。マップ上を走る車型ロボットの上部に、ノート PC と接続された web カメラ (Logicool 社 HD WEBCAM C270M) を設置した。視聴者らは、この web カメラからの視点映像をもとにゴール地点 (マップ上の黒い領域) に到達するようにコメント入力力で車型ロボットを操作する。

### 5.4. 実験結果

2018/09/19 と 2018/09/20 の二日間行った。一日目はゲームの視聴参加人数を 1 人, 3 人, 2 人, 全員参加 (4 人) の順に行った。一方、二日目はゲームの視聴参加人数を 1 人, 3 人 (ゲーム失敗), 3 人, 全員参加 (2 人) の順に行った。以下の実験結果は視聴参加人数を 1 人, 3 人, 全員参加に着目した。したがって、初日の 2 人と二日目の 3 人 (ゲーム失敗) は除いている。

#### 5.4.1. 実行時間

スタートからゴールまでの実行時間をグラフにしたものが図 7 となっている。グラフの横軸は視聴参加人数 [人] で、縦軸は実行時間 [秒] となっている。

両日とも、全員参加バージョンがもっとも早く、3 人バージョンがもっとも遅かった。3 人バージョンでは両日とも 3 人が同種のコメントを同時多発的に命令を送っていることにより旋回したり時間がかかっていた。一方、全員参加バージョンでは視聴参加者らゲームに慣れてゴールまで最短コースで行けるようにゲームが進行していた。3 人バージョンと比べて、コメントは控えめ

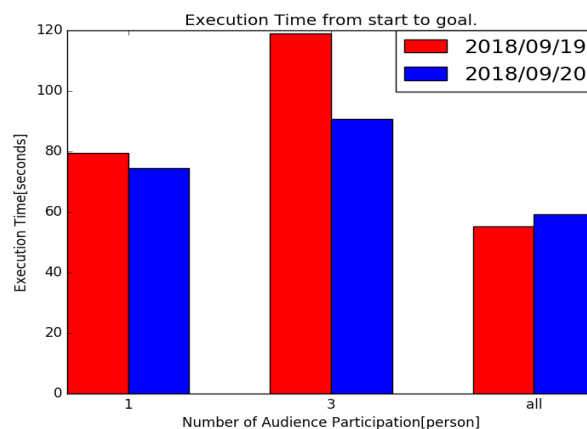


図 7. 実行時間 (赤:一日目, 青:二日目)

にして車型ロボットをゴールに導いていった。

視聴参加人数を増やしていけば、さらに実行時間がかかる可能性があるが、参加人数を指定した実験は今回 3 人までしか出来なかった。今後の研究では、さらに視聴参加人数を増やしていった時の実行時間を調べるのが課題である。

一方、ゲーム操作に慣れてしまう点についても調べる必要がある。実験の最後に全員参加バージョンで試すと、図 7 よりどちらの場合でも一番早い結果となった。この結果の要因として、ずっとゲームに参加してくれた視聴者らがゲーム操作に慣れたからだと考えている。ゴールまでほぼ直線的に進めるように操作していたため、生放送中のコメント入力による操作方法に慣れていると考えられる。したがって、視聴参加人数が多くなれば、ゲーム操作に慣れてしまうか否か調べてみる必要がある。

#### 5.4.2. 車の移動経路

1人の時はコメントする命令とそのタイミングで実行時間が決まる。一方、3人の時はゲームの操作で複雑さが増していた。例えば、3人の時はゴール直前で車型ロボットが旋回し、ゴールするまでに時間がかかった。選ばれた視聴参加者3人各々のネットワーク通信環境が異なり、視聴参加者の視点からは誰のコメントが受理されたかがわからない状態でゲームをする。コメントをするタイミングがわからないままコメントを送ってゴールに導かないといけない。両日とも3人の時は全員が同種の命令を同時に送っている時にロボットが旋回する状態が発生していた。3人バージョンの後に全員参加バージョンをやると、映像の遅延を考慮しながら適宜ゴール方向へのコメントするようになっていた。

#### 5.4.3. 1件あたりのコメント時間

まず、ゲーム中の総コメント数やコメント速度に対応する値を文字で定義しておく(表2)。 $t_e$ は実行時間を $n_c$ で割ったものとなる。一方、 $t_a$ は実行時間を抽選に選ばれた視聴参加者らのコメント件数の総和で割ったものとなる。

表3が2018/09/19の実験結果、表4が2018/09/20の実験結果となっている。表3と表4で人数が3人の時、 $t_e$ と $t_a$ が等しいのはゲーム参加表明からゲーム終了に至るまで、視聴参加者が3人しかいなかったためである。人数が3人の時に着目すると、表4の方が $n_c$ で1件多いにもかかわらず、 $t_e$ や $t_a$ が表3の $t_e$ や $t_a$ と比べて約2.7[秒/件]速い。これは、一度コース外に出てしまった後にもう一度やったためゲームに慣れたと考えられる。また、ゲーム中に声でゴールまでの操作のナビゲーションをしたため、早くゴールに着いたとも考えられる。

全員参加の時、 $t_e$ と $t_a$ が等しいのは誰でもコメントさえしてくれれば参加できるため、 $t_e$ と $t_a$ が一致する。どちらも $n_c$ が8件だが、表3の全員参加時の時の方が早くゴールしたためその分 $t_e$ や $t_a$ が速くなっている。

表2. 総コメント件数とコメント時間で用いるノテーションの定義

記号	記号の定義
$t_e$	抽選に選ばれた視聴参加者らのみの1件あたりのコメント時間 [秒/件]
$t_a$	抽選に選ばれなかった人も含めての1件あたりのコメント時間 [秒/件]
$n_c$	総コメント件数 [件]

表3. 総コメント数とコメント時間 (2018/09/19)

人数 [人]	$n_c$	$t_e$	$t_a$
1	11	26.5	7.2
3	13	9.2	9.2
全員参加 (4人)	8	6.9	6.9

表4. 総コメント数とコメント時間 (2018/09/20)

人数 [人]	$n_c$	$t_e$	$t_a$
1	12	24.9	6.2
3	14	6.5	6.5
全員参加 (2人)	8	7.4	7.4

#### 5.5. 考察

ゲーム実行時間、視聴参加人数、 $n_c$ 、 $t_e$ 、 $t_a$ で相関係数を求めた。相関係数 $r_{xy}$ は $n$ 個のデータ対 $(x_i, y_i)$  ( $i =$

$1, 2, 3, \dots, n$ ) に対し、以下の式1で表される。 $\bar{x}$ や $\bar{y}$ は、各データの平均を表す。

$$r_{xy} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

相関係数が比較的高い値に着目すると、実行時間とスタートからゴールするまでの総コメント件数 $n_c$ の相関係数が0.67、視聴参加人数と抽選に選ばれた視聴参加者らのみの1件あたりのコメント時間 $t_e$ の相関係数が-0.71となった。実行時間とスタートからゴールするまでの総コメント件数に正の相関があるため、実行時間と総コメント件数は正比例する傾向にある。また、視聴参加人数と抽選に選ばれた視聴参加者らのみの1件あたりのコメント時間に負の強い相関がでた。これは視聴参加人数が増えると、選ばれた視聴参加者らのコメントが絶え間なく流れるようになっていくことを示している。

本研究の視聴者参加型ゲームは、スイカ割りゲームの状況を生配信上で再現させている。本研究では配信上でスイカ割りの群衆視点で指示を出す視聴者参加型ゲームを行った。スイカ割りにおいて、ゲームを始める前に目隠しした挑戦者は、平衡感覚を狂わせてからゲームを行う。この挑戦者は、ゴール地点にあるスイカがどこにあるかわからないため、手探り状態でスイカ割りをする。本研究の視聴者参加型ゲームでは、車型ロボットがスイカ割りの挑戦者に対応する。また、スイカ割りでは、群衆が挑戦者にゴール地点まで進行方向の指示を出してゴール地点にあるスイカを割らせる。本研究では、コメント入力で指示が出せるように群衆視点を配信画面にした。車型ロボットの進行方向をコメント入力で行うことで、スイカ割りのようなゲームを実現することができた。

また、本研究の視聴者参加型ゲームは、ゲームに貢献した視聴参加者らが勝利となるゲームである。参加人数を指定してゲームする場合は、特定の小集団によってゲームの局面が左右される。一方、参加人数を指定せず全員参加させてゲームする場合は、真面目にゲーム参加する必要はない。この場合では逐一コメントを取得して、順に車型ロボットに命令を反映させていく。ゲーム途中から参加したり途中で抜けたりしても、ゲーム進行中にコメント入力さえすればゲームに貢献したことになる。

#### 6. 今後の課題

受理するコメントで口語的表現も取り入れられると車型ロボットに命令を送りやすくなると考えられる。本研究の視聴者参加型ゲームはスイカ割りをシステム化したようなものとなっている。車型ロボットに送る命令を「まっすぐ!」、「右右右!」、「45度左に曲がって」など口語的な命令を受けつけると、視聴者らの操作が直感的になる。正規表現で口語的な命令を受けつけるパターンを用意して、パターンマッチしたら特定の命令の送るようすることで実現できる。

車型ロボットを走らせるマップを複雑にして、ゲームを難しくしてみる。視聴者らが見る生配信映像では白いマップとゴール地点しかないため、映像を見る視聴者らが退屈してしまうゲーム設計になっている。平坦な白いマップの上をただ車型ロボットが走るだけでなく、坂道や障害物などを置くことで、難易度が上がり映像を見る視聴者らが退屈しないようなゲーム設計になると期待

できる。

スイカ割りを模した紙風船を置き、車型ロボットが紙風船を割る演出を加えるとよりゲームが面白くなる。実験で用いたマップ上のゴール地点に紙風船を置いておき、車型ロボットの命令系に割るモーション(演出)を送る命令を実装すれば可能となる。実現すれば視聴者参加型ゲームとしてスイカ割りするゲームが成立する。車型ロボットの現場にいらなくても、配信される映像を元に指示を出すことができるため可能となる。

遅延を考慮した視聴者参加型ゲームにする。生配信による遅延は、ネットワークにアクセスする回線の通信速度に依存する。本研究では遅延を考慮したゲーム設計ができなかったため、ユーザーの視点では遅延でゲームしづらいと感じる方がいた。今後は遅延を考慮したゲームを試作していく必要がある。

車輪の回転速度を調整するアルゴリズム必要がある。リアルタイムでコメントしたユーザー数とコメントスピードから車型ロボットの車輪の回転速度を調整するアルゴリズムを考えないといけない。車型ロボットに送る命令で2桁の整数を3桁の整数にする。百の位の値に応じて、車型ロボットの制御で重みづけの値を変える。

相関係数を求めるために100組以上のデータ対で算出できるようにしないとけない。今回の実験では6組のデータから算出したため、相関係数が高いから関係があると結論づけるのは難しい。本研究の視聴者参加型ゲームを100回以上行いデータ取得して調べていく必要がある。

悪意を持ったコメントが優先されないように、生放送中の特定のユーザーのコメントから言葉の極性を解析する。生配信を活用した視聴者参加型ゲームでは遅延が発生し、1秒あたり2,3件コメントできる人もいれば、1件コメントするのに数秒かかってしまう。こういった状況下で、間違った命令が多く送られると数秒かかる視聴者のコメントよりも優先されてしまう。この問題解決のために、遅延を考慮したゲーム設計にする一方で、特定のユーザーのコメント群の極性に注目する。すなわち、感情分析で特定のユーザーのコメント群を解析して得られた結果に応じてユーザーのコメント群の優先度をランク付けして車型ロボットを制御する。

将来的には、ゲーム実況者に生配信で視聴者参加型ゲームを実況してもらいゲームを盛り上げることが期待される。不特定多数のユーザーが遊んでもうためにゲームシステムが充実してきたら、ゲーム実況配信者に配信中のゲーム進行、実況、時には雑談を交えながら場をつないでいただく。配信者の放送を見に来ているユーザーらを感じるストレスを抑えつつ、ゲームが進行していくと視聴者参加型ゲームとして楽しめる。

## 7. まとめ

スイカ割りゲームを、ネットワークを介して再現した。複数人で一つのデバイスを操作する目標で実装した。すなわち、ニコニコ生放送で配信中のコメントをリアルタイムで取得し、プログラム実行用PC側のプログラムでそのコメントを符号化して、プログラム実行用PCとBluetooth接続された車型ロボット(Lego Mindstorms EV3)に命令を送ることで実現した。車型ロボットでは、符号化された命令を逐一受け取り、車輪の回転速度を調整することで車型ロボットの移動制御する。配信中の車型ロボットの視点を見てリアルタイムでコメントする視聴者参加型がスイカ割りの群衆で、車型ロボット自身がスイカ割りのプレイヤーに相当する。

本研究のシステムを大人数でも楽しめるように改良

していくことが期待される。車型ロボットの視点以外に、視聴者らが見れる情報で車の速度情報やマップ上の現在位置などを表示することでコメントによる操作性が増す。その他にも、坂道や障害物を設けてマップの地形を変えたり、リアルタイムで車型ロボットの回転速度を調節したりすることなどが挙げられる。

## 参考文献

- [1] “Hack U 法政大学 2016” *Hack Day Japan (hackday.jp)*. <https://www.youtube.com/watch?v=QadkQCA2EK4>
- [2] Joseph Seering, Saiph Savage, Michael Eagle, Joshua Churchin, Rachel Moeller, Jeffrey P. Bigham, and Jessica Hammer, “Audience Participation Games: Blurring the Line Between Player and Spectator” *Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems*, pp. 429–440, June 10 - 14, 2017. <https://www.cs.cmu.edu/~jbigham/pubs/pdfs/2017/apg.pdf>
- [3] Dan Maynes-Aminzade, Randy Pausch, and Steve Seitz, “Techniques for Interactive Audience Participation” *Proceeding ICMI '02 Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Multimodal Interfaces*, p. 15, October 14 - 16, 2002. <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=847725>
- [4] William A. Hamilton, Oliver Garretson, and Andruid Kerne, “Streaming on Twitch: Fostering Participatory Communities of Play within Live Mixed Media” *Proceedings of the 2014 SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1315–1324, April 26 - May 01, 2014. <https://ecologylab.net/research/publications/streamingOnTwitch.pdf>
- [5] Pascal Lessel, Michael Mauderer, Christian Wolff, and Antonio Krüger, “Let’s Play My Way: Investigating Audience Influence in User-Generated Gaming Live-Streams” *Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video*, pp. 51–63, June 14 - 16, 2017. <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3077556>
- [6] Dennis Ramirez, Jenny Saucerman, and Jeremy Dietmeier, “Twitch Plays Pokemon: A Case Study in Big G Games” *In DiGRA. Digital Games Research Association*, 2014. [https://e-channel.med.utah.edu/wp-content/uploads/2016/04/digra2014\\_submission\\_127.pdf](https://e-channel.med.utah.edu/wp-content/uploads/2016/04/digra2014_submission_127.pdf)
- [7] Luping Chen, Yuqiang Wu, Zhiguo Du, Tao Tao, and Fei Zhao, “Development of an Industrial Robot Controller with Open Architecture” *2017 IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS) and IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM)*, pp. 754–757, November 19 - 21, 2017. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8274873>
- [8] 藤江 真也, 松山 洋一, 谷山 輝, 小林 哲則, “人同士のコミュニケーションに参加し活性化させる会話ロボット” *電子情報通信学会論文誌 A*, Vol.J95-A No.1, pp.37-45, January 1, 2012.
- [9] 松元 崇裕, 瀬古 俊一, 青木 良輔, 宮田 章裕, 渡部 智樹, 山田 智広, “人の情動体験を向上させる感情表出口ロボット” *電子情報通信学会論文誌 A*, Vol.J99-A No.1, pp.45-55, January 1, 2016.
- [10] Xiao Qin, Baojun Jiang, Xingcheng Deng, Xiaotao Zu, Yang Du, and Hui Li, “A robot remote control system based on VPN and TCP/IP protocol” *Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, pp. 285–289, August 5 - 8, 2008. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4798767>
- [11] Baoke Zhou, Wusheng Chou, and Shaobo Wu, “Remote control system of mobile robot based on cloud platform” *2017 2nd International Conference on Robotics and Automation Engineering (ICRAE)*, pp. 94–98, December 29 - 31, 2017. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8291360>
- [12] Emilio Ferrara, Onur Varol, Clayton Davis, Filippo Menczer, and Alessandro Flammini, “The rise of social bots” *Communications of the ACM*, Volume 59 Issue 7, pp. 96–104, July 2016. <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2818717>
- [13] 山田 和範, 小池 崇文, “視聴者のコメントによる移動ロボット制御を用いた大人数参加型ゲーム.” *情報処理学会 第 81 回全国大会 (発表予定)*, March 14 - March 16, 2019.