

キャラクターを用いたデジタルサイネージが 通行人の注意を引きつけるための視線制御

三武 裕玄^{1,a)} Hsuehhan Wu¹ 長谷川 晶一^{1,b)}

概要: 大型画面に等身大の人型キャラクターを表示し人々の興味を惹くデジタルサイネージが多く開発されている。これらはキャラクターの外見だけでなく振る舞いによっても人目を惹く事ができる。特に人は他者の視線に敏感であり、通行人がキャラクターから注目されていると感じさせることで通行人の注意を惹くことができると考えた。一方で、二次元ディスプレイに表示された顔の視線方向認知はモノリザ効果の影響を受けるため、キャラクターエージェントの視線を活用する上では、モノリザ効果を考慮した手法を構築することが必要である。二次元ディスプレイによるデジタルサイネージを用いて、キャラクターの視線の振る舞いにより通行人の注意を引きつけるようなキャラクターの視線生成手法の確立を目指す。

1. はじめに

人の代替やエンタテインメントを目的として、人との擬似的なコミュニケーションを実現するロボットやキャラクターが実社会に普及しつつある。特に映像ディスプレイとセンサを組み合わせたインタラクティブなキャラクターシステムは、実ロボットのように移動することは難しい一方で、実ロボットのように動きがアクチュエータの性能に左右されず、見た目を自由に変更できる特長をもつ。そのためエンタテインメント用途においては人気のキャラクターの外見を用いて生き生きとした動作をさせることができ、活用されている。

こうしたキャラクターエージェントは例えば挨拶や会話 [1][2] のほか、タッチパネルを用いて触れ合うインタラクション [3] などさまざまな対面インタラクションを可能にするようなものが登場している。一方で対面インタラクションへと持ち込むまでの方法、すなわち公共空間におかれたキャラクターがいかに通りかかった人の注意を引き、立ち止まらせ、インタラクションを開始させるかについて工夫がされた物は少ない。

ところで近年ではデジタルサイネージが普及し、大型ディスプレイが至る所に存在している。これらのディスプレイは等身大キャラクターエージェントの表示装置としても利用でき、キャラクターエージェントは今後ますます街頭へと普及すると考えられる。と同時に、デジタルサイネージ

の目的である人目を引きつけて宣伝をするという観点でも、インタラクティブなキャラクターを用いることは利用価値が高い。キャラクターは見た目の魅力で興味を惹くだけでなく、人としての振る舞いによって人の注意を引きつける機能も期待できる。

人は社会的な動物であり、他者の視線に敏感である。視線が向けられているかもしれないと感じさせることは、人の注意を引きつける原因となりうる。コミュニケーションにおいても、視線を合わせることは互いの存在を認識したことの理解と見なされ、対話開始のきっかけとなる。このことから、キャラクターが通行人を注視するかのような映像を提示することで、通りかかった人の注意を引き、キャラクターとの対話の開始を自然に促すことが可能になると考えた。

一方で、平面のディスプレイを用いた場合、表示された顔の視線方向の認識はモノリザ効果の影響を受けることが知られている。モノリザ効果は、平面に描画された正面向きの顔がどの方向から見ても自分に視線を向けているように感じられる現象であり、逆に正面を向いていない顔画像はどの方向から見ても自分に視線を向けているとは感じられづらい。モノリザ効果を避けるには顔を模した曲面や球体に顔をプロジェクションしたり [4]、裸眼立体映像を用いたり [5] する方法が知られているが、これらは特殊な装置を必要とするため広く普及したデジタルサイネージの活用とは相性が悪い。そのため、キャラクターエージェントの視線を活用する上では、モノリザ効果が発生することを許容した上で効果的な手法を構築することが必要である。

そこで本研究では、

¹ 東京工業大学

^{a)} mitake@haselab.net

^{b)} hase@haselab.net

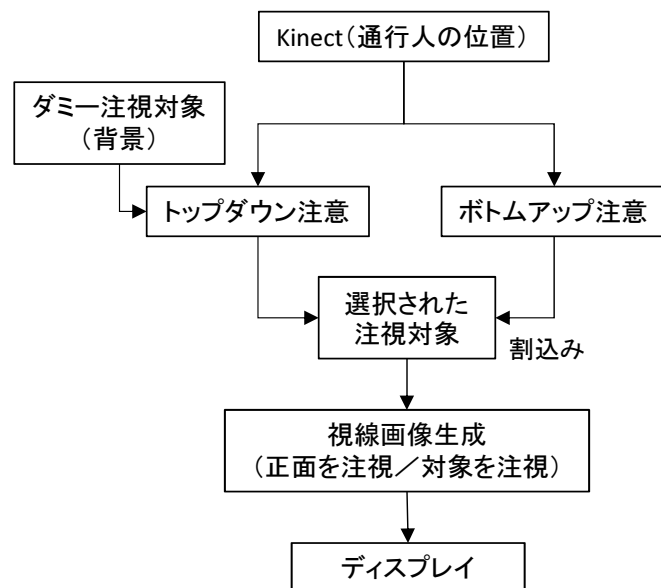
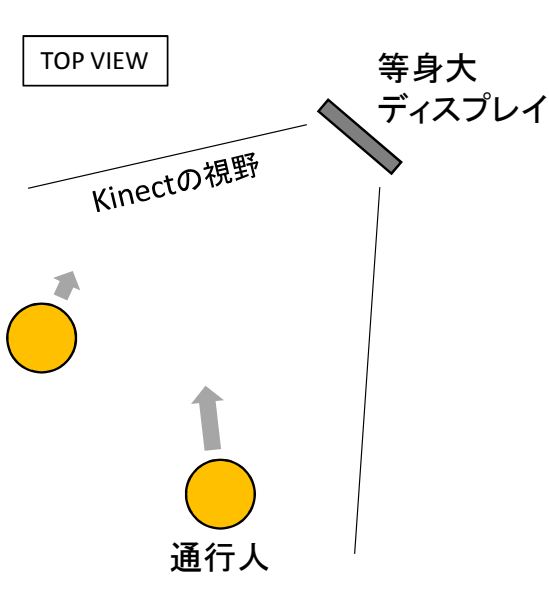


図 1 提案システムの全体像

- 二次元ディスプレイによるデジタルサイネージを用いて
 - キャラクタの視線の振る舞いにより
 - 通行人の注意を引きつける
- ようなキャラクタの視線生成手法の確立を目指す。

2. 提案手法

本手法では、平面ディスプレイにキャラクタを表示し、通行人の位置（向きと距離）が Kinect 等のセンサーで検出できる環境（図 1 左）を想定する。本稿で提案する手法はだまかには

- 興味があると感じさせる視線を実現するため、通行人および背景オブジェクトの中から注意モデルにより注視対象を選択する
- 注視対象が通行人である場合は、モノリザ効果を考慮して通行人の位置にかかわらず正面向きの視線を提示する

の 2 点である。これらを実現するシステムの概要を図 1 右に示す。

以降の項目では手法の詳細について述べる。

2.1 注意モデル

通行人の注意を視線によって引きつけるためには、通行人に対して興味を示しているかのような視線を生成することが有効であると考えた。興味を示している様子を示す視線を自動生成する方法として、筆者らはボトムアップ注意とトップダウン注意に基づく視線生成モデル [6] を提案している。このモデルは視野内の対象の動きに反応するボトムアップ注意モデルと、対象の選好度によって決まるトップダウン注意モデルの競合によって対象への興味を示す視

線を生成する一方で、ユーザに動きがない時には視線移動が起きないという欠点があった。

そこで本提案では、トップダウン注意モデルとして「注意度が大きい対象ほど高頻度で注視する」ような確率モデルを用い、ボトムアップ注意モデルと組み合わせて使用する。

2.1.1 トップダウン注意モデル

本提案においてトップダウン注意モデルは、通行人を気にしている、と感じさせるような視線を生成する。

まず、自然な視線移動を実現する確率モデルとして、Lee らの研究 [7] に着目した。この研究では人の視線の計測に基づいて視線移動角度の確率分布、および視線移動間隔の時間の確率分布を表す近似式をそれぞれ提案している。この確率分布は「小さな視線移動はよく起こり、大きな視線移動はたまに起こる」「視線移動の間隔は短い事が多いが、たまにじっと視線を移動せず見つめることがある」という人間の自然な視線移動の性質を表す。このことから本提案手法は Lee らの確率分布を基盤として用いる。

また、トップダウン注意モデルを作るにあたって以下の仮定をおいた。

- 通行人の距離が近いほど、その通行人への興味の度合いは大きくなる
- 興味の度合いが大きい対象ほど、注視する時間の割合が増える

この仮定は、『通行人が遠巻きに見ている時はキャラクタは通行人以外の場所（背景）をきょろきょろと見回し、通行人が近づいていくと時々気になるかのようにちらちらと視線を伺い、十分近くまで来ると通行人を正面から見つめつつ、時折ちらちらと背景の方にも視線を向ける』といった振る舞いを想定したものである。

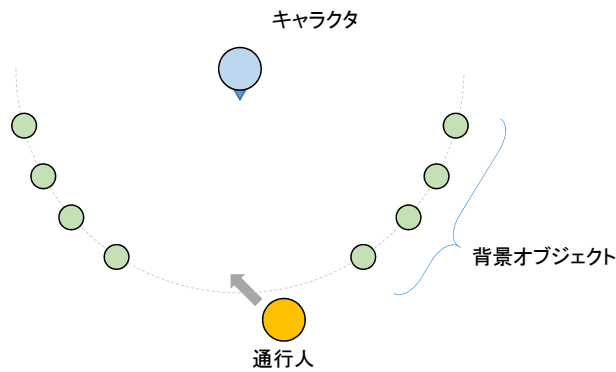


図 2 キャラクタの周囲に配置されるオブジェクト

Lee らの確率モデルには興味の度合いによる注視対象の選好は含まれていない。そこで、Lee らの確率モデルに興味の度合いを加算して興味の度合いの大きな対象が注視対象として選ばれやすいようにする手法を提案する。

前提として、キャラクターの周囲には、通行人オブジェクト、および背景に設置された複数の背景オブジェクトが配置される (図 2)。各オブジェクトは興味の度合いを持つ。トップダウン注意モデルは、これらのオブジェクトの方向と興味の度合いに基づいて次の注視対象を選択し、同時に次の視線移動までの時刻を求める。視線移動までの時刻が経過したら再びトップダウン注意モデルが起動され、注視対象の選択と視線移動時間の決定が繰り返される。

トップダウン注意モデルの処理を以下に示す。

- (1) 各オブジェクトに対して、キャラクターから見たオブジェクトの方向と、現在のキャラクターの視線方向との成す角 $\Delta\theta_i$ を計算する。
- (2) 各オブジェクトに対して、オブジェクトの興味の度合いと、現在の注視対象オブジェクトの興味の度合いとの差 Δa_i を計算する。
- (3) 成す角と興味の度合いの差を元に、次式に従って確率 (正規化前) を計算する。この式は Lee らの確率モデルを本手法に適合するよう係数の調整を行ったものである。グラフを図 3 に示す。

$$P_i = e^{\Delta\theta_i/10} + 20\Delta a_i$$

- (4) 全オブジェクトにわたる確率が 1 となるよう正規化した上で、確率に従って注視対象オブジェクトを選択する。
- (5) 次の視線移動までの時間を、図 4 の確率分布に従う乱数によって決定する。

2.1.2 ボトムアップ注意モデル

ボトムアップ注意は、視野内の顕著な刺激に対して誘起される注意である。本提案では過去の筆者らの提案 [6] と同様に、視野内の物体の動きに対してのボトムアップ注意モデルを用いる。通行人の動きに対して一瞬だけ反応するような視線を見せることにより、自分に対し意識して反応していると感じさせることを目的とする。

確率(正規化前)

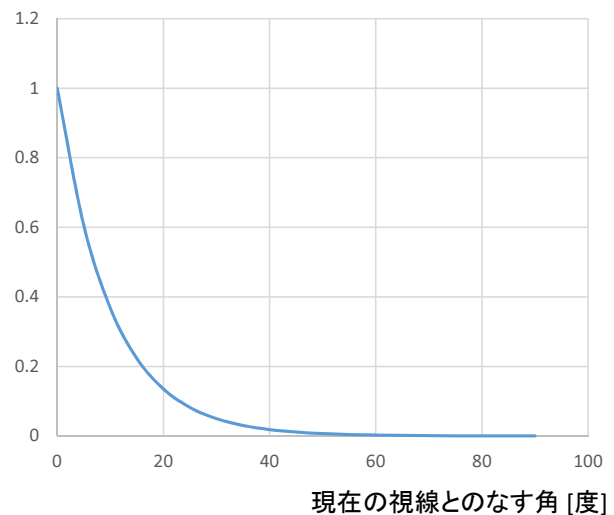


図 3 現在の視線との成す角に対する注意対象選択確率

確率(正規化前)

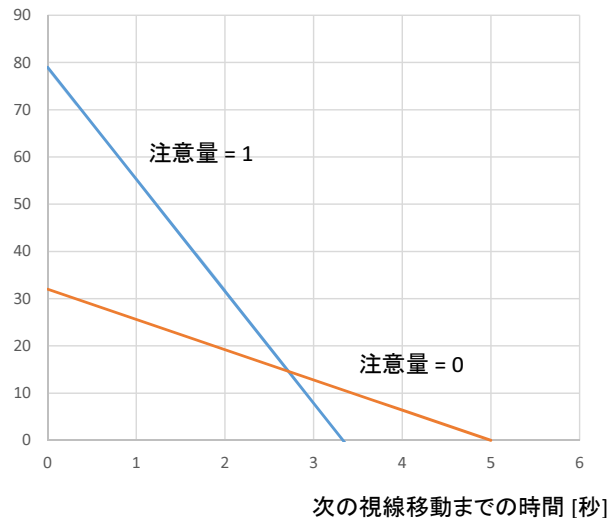


図 4 次の視線移動までの時間の確率分布

具体的なボトムアップ注意の処理について述べる。本提案のボトムアップ注意モデルでは、通行人の手や頭などの身体部位の動く速さが一定の閾値を超えた時にボトムアップ注意が発生する。ボトムアップ注意が発生した場合、トップダウン注意モデルによる注視対象選択が書き換えられ、ボトムアップ注意の発生源となった通行人が注視対象となる。また、次の視線移動が起きるまでの時間も改めて計算する。この時、興味の度合いに相当する係数として、ボトムアップ注意の原因となった身体部位の動きの速さに比例する数値を用いる (すなわち、軽い動きは一瞬だけのボトムアップ性注視を、大きな速い動きは比較的長い時間のボトムアップ性注視を生起する)。

2.2 視線画像生成

注意モデルにより注視対象が選択されたのち、実際に注

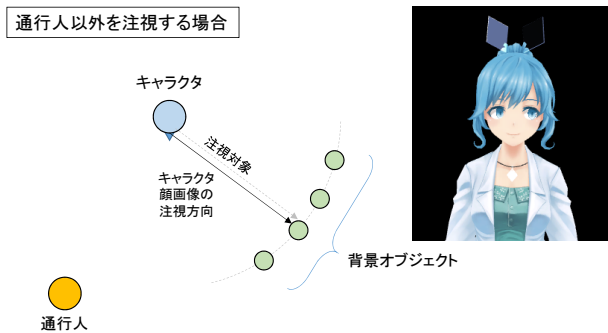
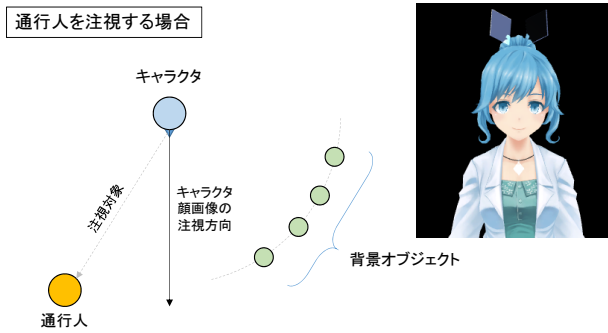


図 5 視線生成の概要

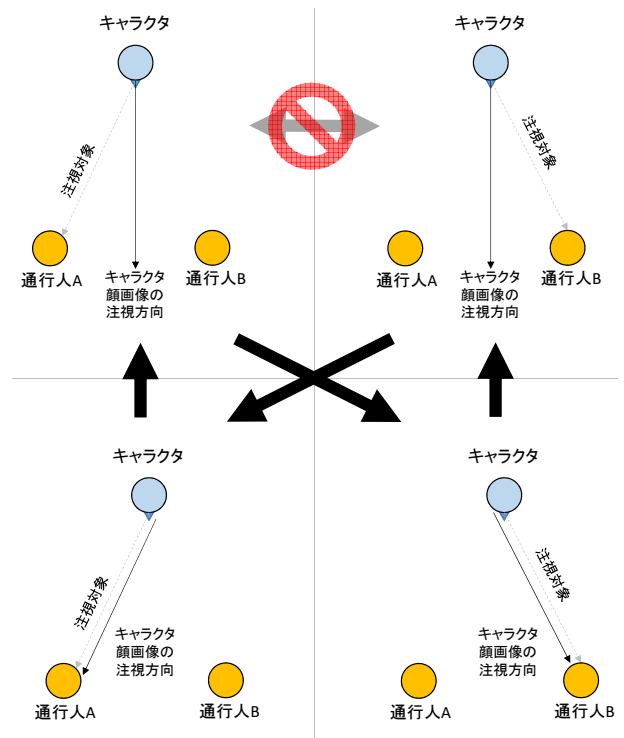


図 6 歩行者から歩行者へ視線移動する場合

視対象を注視する顔・目の映像を生成する。

2.2.1 モナリザ効果を考慮した視線生成

注視対象が歩行者である場合、歩行者が見た時に自分が見られていると感じさせることが注視の目的である。この目的のためには（モナリザ効果の影響を考慮すると）歩行者を注視する際は歩行者の位置にかかわらず常にキャラクターの正面を向いた視線を提示するのが良い。

したがって、視線画像生成部ではまず注視対象が歩行者であるか背景オブジェクトであるかによって処理を分岐し、歩行者であれば正面向きの視線を描画（図 5 上）し、背景オブジェクトであればオブジェクトの方向を向いた視線（図 5 下）を描画する。

この手法は、注視対象となりうる歩行者が同時に複数いる場合には問題となる。歩行者が複数いる場合、注意モデルによる注視対象選択の結果として、ある歩行者から別の歩行者へ視線移動する場合があります。この場合にどちらも歩行者であるからといって正面向きの映像を提示すると、注視対象が変化しているにもかかわらず映像上は視線移動そのものが生じなくなってしまう。

そこで、歩行者から歩行者への視線移動の場合に限り、いったん正面ではなく歩行者のいる方向への視線を描画したのちに再度正面向きの視線を描画する、という方法をとる。概念を図 6 に図解する。歩行者 A から歩行者 B に視線を切り替える際（左上→右上）、いったん歩行者 B の位置を見る視線（右下）を挟むことで、視線が切り替わった事を見せつつ再び正面向きの視線に戻し「自分が見られているような顔画像」を描画することができる。

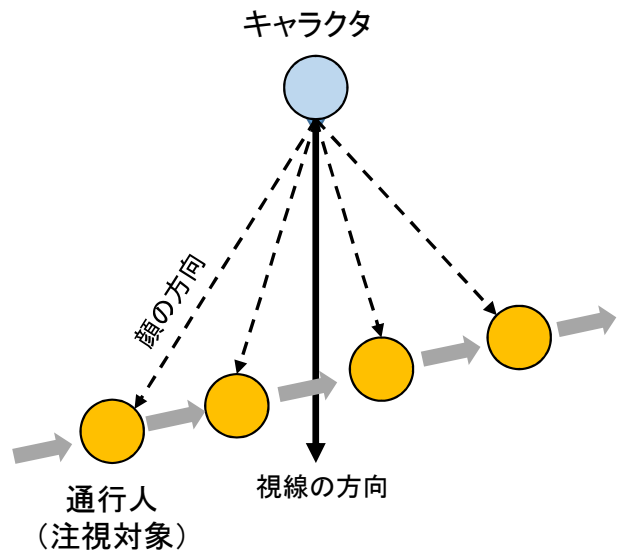


図 7 歩く対象への視線と頭部運動



図 8 頭部運動の生成例

2.2.2 頭部運動

本研究が対象とするインタラクティブキャラクターは、視線によって歩行者の注意を引きつける事を目的とすることから、歩行者は必ずしも立ち止まった状態でキャラクターを



図 9 SID2018 展示の様子

見るとは限らず、むしろ歩きながらキャラクターを見る事が多いと考えられる。

モナリザ効果を考慮すると、通行人にとってキャラクターが通行人を真っ直ぐ見つめていると感じさせるには、通行人の位置によらず視線も頭も正面向きの映像を表示することが望ましいことになる。しかしこの場合、通行人がキャラクターの前を歩いて通り過ぎたとしてもキャラクターの映像には一切動きが見られないことになり、通行人を「視線で追いかけている」という感覚を欠いてしまう。

そこで、通行人を注視する場合、視線は正面向きとしつつも、頭の向きは通行人の方を向くような映像を生成し表示する方法をとる。概念を図 7 に図解し、実際に生成された視線画像の例を図 8 に示す。この場合、通行人が歩きながらキャラクターの前を通り過ぎた場合、キャラクターの頭部が通行人の移動にあわせて動く様子が見られるため、通行人に「自分を視線で追いかけている」という感覚を与えることができる。

このようにして生成した顔画像は、実際には目と頭部の向きが一致していないため、静止してじっくり眺めた場合には横目で見られているかのように感じられ、違和感を生じる可能性もある。ただし通常、静止して眺めるような場面では画面に正対した位置で立ち止まることが多いと思われるので、あまり問題にはならないと考える。一方で通りすぎながら眺める場合は、細部の特徴よりも顔の動きの方が目立つことで視線で追いかけてくれているという感覚の方が勝る可能性があり、その場合本手法は効果的に機能する。

3. 展示

提案手法を組み込んだインタラクティブキャラクターシステム「朝比奈硝子」を、2018 年 5 月に米国ロサンゼルスにて開催された SID2018 の AGC 社企業展示ブースにおいて展示した。

展示ではインタラクティブキャラクターはブース入口と出口の 2 箇所に設置した。入口側のキャラクターは視線・挨拶・音声の呼びかけにより来場者をブースへ勧誘するとともに、ブース内に向かう来場者の名札をスキャンする受付の機能を備える。一方で出口側のキャラクターは出口に人が

近づくと注視し、出て行く際に手を振って来場への感謝を示す短い挨拶をするものとした。両者とも視線生成には本研究での提案手法を用いた。展示の様子を図 9 に示す。

展示中に出口の周辺で 15 分間の観察を行ったところ、キャラクターの前を歩いて出口を出て行った通行人 41 名のうち、キャラクターの方を見た人が 22 名、手を振り替えてくれた人が 3 名であった。もっとも、出口を出ようとするとき必ず目にとまる位置に設置されていることや、こうしたキャラクターシステム自体が目新しいこと、視線だけでなく動きや音声などでも注意を引きつけていることなどを考えると、この観察によって提案手法自体の有用性が示されるわけではないため、今後条件を整えて検証を行う必要がある。

4. 課題と展望

提案手法の効果の検証が今後の課題である。提案手法を用いることでキャラクターへの注目を増大させられるかどうかを検証することが望ましいが、現時点ではこうした等身大キャラクター自体が目新しいもので、それ自体注意を引きつける傾向があるため、比較対象となるアルゴリズムを用意するなどして同じ等身大キャラクターに用いた場合に提案手法の方がより注意を引きつける傾向が大きいことを示す必要がある。将来、街頭にインタラクティブキャラクターが存在することが普通になれば目新しさによる効果は無くなるため、その時にはキャラクターの振る舞いによって注意を引きつける効果がますます有用性を発揮することになると考えられる。

また、歩いて通り過ぎる通行人に向けて頭部のみ運動する映像を示すことの効果も検証が必要である。この手法は当初は筆者および周囲の数名において効果が感じられたことから実装し提案したものである一方で、効果を定量的に評価するために開始した予備実験では、まだ評価人数が少ないため確証はないものの効果に否定的な結果が得られつつある。実験の不備の可能性もあるため、引き続き検証を行う予定である。

今後の展望としては、通行人の顔向きを検知することでより適切な視線生成を可能にすることが考えられる。モナリザ効果は視線の提示に関して非常に強い制約となるため、キャラクターの前に通行人が複数いるとき、それぞれを異なるタイミングで注視するようなことは難しい。そのため、キャラクターの前に大勢の人が集まったような状態になってしまうと、本手法はただランダムに正面とそれ以外の顔を切り替えているのほとんど変わらなくなり、通行人の位置や動きに反応しているという様子を見せることは難しくなってしまう。

しかし、実際にはキャラクターの前にいる人全てがキャラクターを視界に入れているわけではない。キャラクターが全く視界に入らない状態の通行人に対して注視するような動作

を行っても意味は薄い。そこで通行人の顔向きを検知し、キャラクターが視界に見えている可能性のある通行人のみを注視対象候補とするような方法が考えられる。

謝辞

本研究の一部は、AGC 株式会社との共同研究により実施されました。

参考文献

- [1] 名古屋工業大学：メイ&タクミ，<https://www.nitech.ac.jp/mei/>. (参照 2018-8-7).
- [2] Gatebox: Gatebox, <https://gatebox.ai/>. (参照 2018-8-7).
- [3] 有限会社エムツ－：ふれあえるシアンちゃん，<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000001.000031512.html>. (参照 2018-8-7).
- [4] Moubayed, S. A., Edlund, J. and Beskow, J.: Taming Mona Lisa: Communicating Gaze Faithfully in 2D and 3D Facial Projections, *ACM Trans. Interact. Intell. Syst.*, Vol. 1, No. 2, pp. 11:1–11:25 (online), DOI: 10.1145/2070719.2070724 (2012).
- [5] Pan, Y. and Steed, A.: Effects of 3D Perspective on Head Gaze Estimation with a Multiview Autostereoscopic Display, *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, Vol. 86, No. C, pp. 138–148 (online), DOI: 10.1016/j.ijhcs.2015.10.004 (2016).
- [6] 三武裕玄, 青木孝文, 長谷川晶一, 佐藤 誠：精緻なフィジカルインタラクションにおいて生物らしさを実現するバーチャルクリーチャの構成法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 3, pp. 449–458 (オンライン), 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008712339/>) (2010).
- [7] Lee, S. P., Badler, J. B. and Badler, N. I.: Eyes Alive, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 21, No. 3, pp. 637–644 (online), DOI: 10.1145/566654.566629 (2002).