

字情報が確定し、文字情報入力画面（図2）が消える。また、ボタン（図2(c))によって再入力を取りやめ、文字情報入力画面（図2）が消える。本機能では、システム利用者が話題にしたい情報を利用者自身の顔に投影する。図1に情報が投影された様子を示す。図1(a)に投影したい文字情報を入力する。入力終了後、図1(b)で投影情報が確定し、本システムが顔を認識することで入力された情報が投影されるようになる。図3に文字情報が投影されている様子を示す。なおこの文字情報は、左から右へスクロールする。

3.4 心拍情報投影機能

本節では、心拍情報提示機能について述べる。「被投影者」の身体情報として心拍数を色情報に変換して投影する。投影の様子を図4に示す。心拍数は以下のように算出した [10]。

- (1) Kinect センサから Depth, Body, BodyIndex フレームを取得
- (2) スクリーン上の人体胸部の位置を、骨格トラッキングで取得した、左肩、右肩、背骨肩、背骨中央の4関節を Camera 系座標から Depth 系座標へ変換した矩形情報を取得する。
- (3) BodyIndex の情報から人体位置のデプス値を選択的に加算平均する。
- (4) 基底遷移アルゴリズムでノイズ除去する。
- (5) 矩形波相関フィルタをかける。

小林らによると心拍数の計測では、10秒測定での符号なし誤差の平均は3~4bpm(拍/分)とあり [11]、これを考慮し、本システムでは、会話中に色の変化を閲覧者が着目しやすくするために、このように求めた値を約12秒間(400フレーム分)算出し続け、加算平均した数値が投影される心拍数となるようにしている。秋山によると、人の安静時心拍数は正規分布を示し、全体の中央値は68拍/分、上下2パーセント値は、それぞれ98拍/分、48拍/分とある [12]。投影する色については、これを用いて、68拍/分を基準値として緑色とし、48拍/分から98拍/分の間で色が青から赤に変化するように算出している。また、脈を打った瞬間(心拍のピーク時)には、白色に変化する。脈を打った瞬間の投影の様子を図5に示す。なお、本機能は、上記処理を NtKinect¹ と NtUnity² を改良して実装した。

4. 評価実験

4.1 実験概要

本システムの心拍数提示機能の実験を行った。検証項目は以下の4つである。

- (1) システムを用いると目をそらさない会話の実現する可能性がある。
- (2) システムを用いると会話が盛り上がる可能性がある。
- (3) 閲覧者が、身体情報投影機能を用いて会話をしているときに、投影しているのが心拍であると気づく。

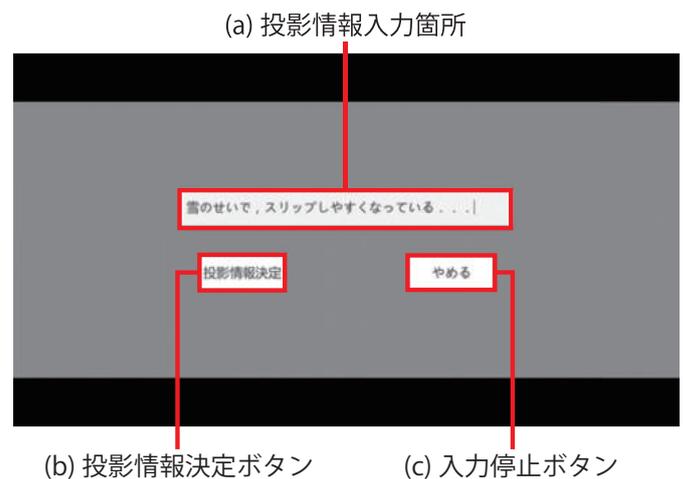


図2: 文字入力画面



図3: 情報が投影されている様子



(1) 文字に色をつけた場合 (2) ハート型の図形に色をつけた場合

図4: 心拍数に対応した色が投影された様子



(1) 文字に色をつけた場合 (2) ハート型の図形に色をつけた場合

図5: 脈を打った瞬間の色(白色)が投影された様子

¹<http://nw.tsuda.ac.jp/lec/kinect2/>

²<http://nw.tsuda.ac.jp/lec/NtKinectDLL/#NtUnity>

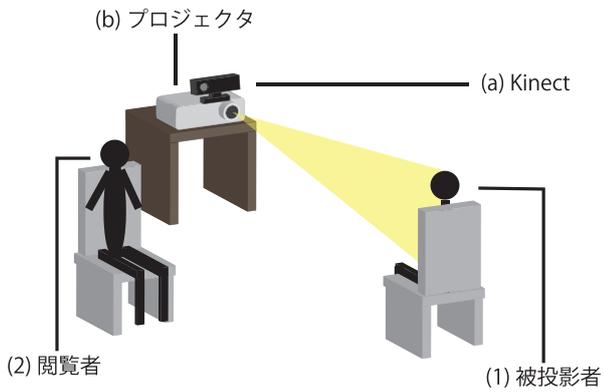


図 6: 実験時のシステム構成

(4) 閲覧者が、心拍を取得していると理解したうえで心拍を変えるような会話を展開しようとした。

図 6 に実験時のシステム構成を示す。実験協力者は、和歌山大学システム工学部学生 24 名であり、2 名 1 組として計 12 組に対して行った。組については、会話の盛り上がりなどの影響を考慮し、同性とした。この 2 名には以下のような役割がある。

被投影者

被投影者（図 6(1)）は、文字情報、心拍数から変換された色情報を投影される役割を持つ。

閲覧者

閲覧者（図 6(2)）は、被投影者に投影されている情報を見る役割を持つ。

2 名の距離は山口らの調査結果 [13] をもとに、パーソナル・スペースの平均値の 86cm に設定している。本実験は、システムを用いて話題のみを投影する「心拍なし手法」、心拍の色を話題の文字の色に適用して投影する「文字色手法」、心拍の色を話題の文字情報とは別にハート型の図形に色を付加して投影する「ハート型手法」の 3 手法を用いた 5 分間の会話をを行った。図 7 に心拍なし手法での会話実験の様子を、図 8 に文字色手法での会話実験の様子を、図 9 にハート型手法での会話実験の様子をそれぞれ示す。本実験では、順序効果を考慮して各組に対して表 1 の順に行った。話題については、会話実験に参加した協力者以外の学生 3 名から「大学生同士で話せること」を条件に抽出した。実験時に投影した話題と組・手法の組み合わせについて表 2 に示す。また、3 つの手法についてどの順番で行われるか話さずに投影すると説明した。実験協力者には話題以外にある個人の情報を投影することは伝えたが心拍数であることは伝えておらず、すべての手法を用いた会話実験の終了後に、実験協力者に心拍を取っていたことを説明した。

4.2 結果と考察

会話が終了するたびに閲覧者は、各手法の会話に対するアンケート記入を行った。表 3 に、顔を見ながらの会話の実験したかに関するアンケート結果を示す。各手法において、「私は相手の顔を見ながら会話ができたと感じた」（表 3）と質問したところ、5 段階リッカートスケール（5 段階評価）において、心拍なし手法を用いた場合は、中央値、最頻値

表 1: 実験時の組と手法の順番の組み合わせ

組番号	1 回目	2 回目	3 回目
1	心拍なし	文字色	ハート型
2			
3	心拍なし	ハート型	文字色
4			
5	文字色	心拍なし	ハート型
6			
7	文字色	ハート型	心拍なし
8			
9	ハート型	心拍なし	文字色
10			
11	ハート型	文字色	心拍なし
12			

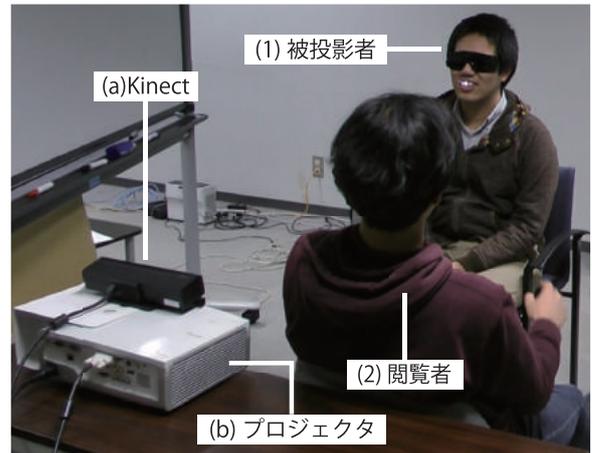


図 7: 心拍なし手法の場合の実験の様子

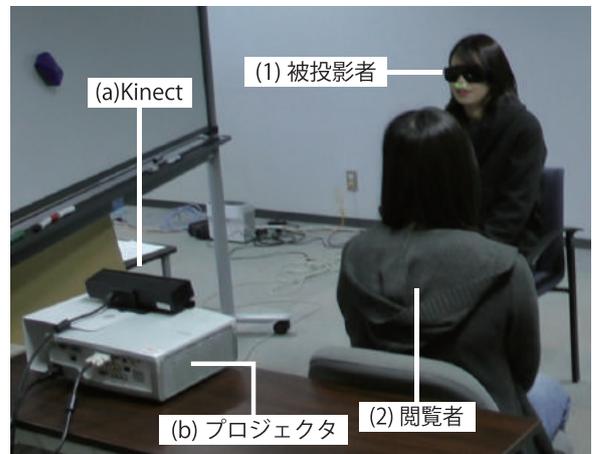


図 8: 文字色手法の場合の実験の様子

表 2: 実験時に投影した話題と組・手法の組み合わせ

話題	話題として用いた組番号	用いた手法
何回も練習していたことってありますか？	1, 3, 5, 7, 9, 11	心拍なし
大学の購買でおいしいお菓子は？		文字色
好きな音楽は何？		ハート型
休日にしていること	2, 4, 6, 8, 10, 12	心拍なし
今まででどの授業がためになったか？		文字色
今までやってきた習い事		ハート型

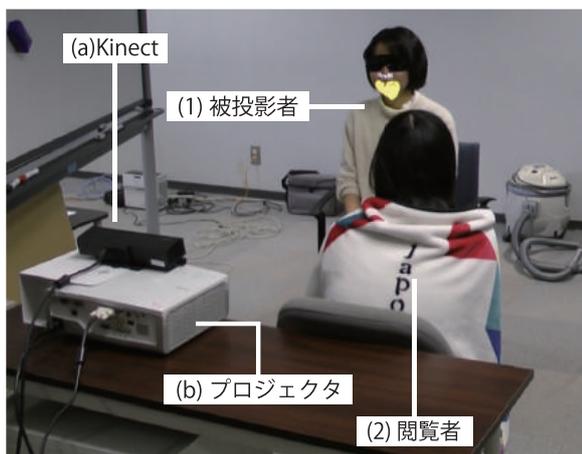


図 9: ハート型手法の場合の実験の様子

がともに 4 という高い評価を得た。自由記述では、「投影されている文字の方に目がいった」という意見が多く得られた。文字色手法を用いた場合は、中央値、最頻値がともに 4 という高い評価を得た。自由記述では、心拍なしの場合と同じく「投影されている文字に目がいった」という意見や「文字の色が変化したので自然と注目した」などの意見が得られた。ハート型手法を用いた場合は、中央値 4.5、最頻値 4 と 5 という高い評価を得た。自由記述では、「顔に表示されたマークが気になった」「大きいハートがあったので目がいった」「ハートマークの色の変化とかを見るのが面白くて目がいった」などの意見が得られた。これらのことから、話題に心拍情報を色として付加した手法の会話は、目をそらさない会話が実現する可能性があるが、心拍情報なしの場合とでは違いは見られないと考えられる。

表 4 に、会話の盛り上がりに関するアンケート結果を示す。各手法において、「私は相手との会話が盛り上がったと感じた」（表 4）と質問したところ、5 段階リッカートスケール（5 段階評価）において、心拍なし手法を用いた場合は、中央値、最頻値がともに 4 という評価を得た。自由記述では、「システムによって話題が提供されているので話しやすかった」「話す話題が顔に書いていたので話しやすかった」という意見が得られた。「両名ともインドア派だったので話題を広げづらかった」との意見も見られたが、これは投影する話題を話者ではなく、実験前に著者（第 3 者）が決めてしまっていたためだと考えられる。文字色手法を用いた場合は、中央値、最頻値がともに 4 という評価を得た。自由記述では、「心拍なしの場合と同じ」「発展しやすい話題

表 3: 顔を見ながらの会話の実現したかに関するアンケート (5 段階評価)

手法	評価の分布					中央値	最頻値
	1	2	3	4	5		
心拍なし手法	0	0	3	5	4	4	4
文字色手法	0	0	1	6	5	4	4
ハート型手法	0	0	0	6	6	4.5	4,5

評価項目：(1: 強く同意しない, 2: 同意しない, 3: どちらとも言えない, 4: 同意する, 5: 強く同意する)

表 4: 会話の盛り上がりに関するアンケート (5 段階評価)

手法	評価の分布					中央値	最頻値
	1	2	3	4	5		
心拍なし手法	0	0	3	5	4	4	4
文字色手法	0	1	1	7	3	4	4
ハート型手法	0	0	0	7	5	4	4

評価項目：(1: 強く同意しない, 2: 同意しない, 3: どちらとも言えない, 4: 同意する, 5: 強く同意する)

だった」などの意見の他に「会話の内容に関わらなかったが、文字色だけでも会話が進んだ」などの意見が得られた。ハート型手法を用いた場合は、中央値、最頻値がともに 4 という評価を得た。自由記述では、「ハートも話題と関連付けることが出来た」などの意見の他に、「知らなかった相手の情報を知れた」「共通の事柄があったから」などの意見が得られた。これらのことから、話題に心拍情報を色として付加した手法の会話は、会話の盛り上がりそのものには直接関係ないものと考えられる。

表 5 に、色情報の意味の認識に関するアンケート結果を示す。各組において、「どのフェーズで心拍を色で表示していると気づきましたか？」(表 5) と質問したところ、12 組中 11 組が 5 の「この質問まで気づけなかった」と回答した。自由記述では、「ランダムに色を出していたと思った」という意見が得られた。実験前に実験協力者には、個人のある情報を投影することは説明していたが、文字色、ハート型の両手法でも、心拍数を取得しているということには気づきにくいと考えられる。

表 5: 情報の表示内容の認識に関するアンケート

気づいたタイミング	回答数
心拍なしのとき ^{a)}	0
文字色手法のとき ^{a)}	0
ハート型手法のとき ^{a)}	1
その他	0
この質問まで気づけなかった	11

5. おわりに

本研究では、対面上のコミュニケーションの新たな支援システムとして、顔をスクリーンとして情報を投影するシステムにおいて、会話する人の心拍数を色に変換して提示する機能を追加した。本システムを用いて、話題のみ投影した場合と話題と心拍数から変換された色を話題の文字の色に適応して投影した場合と心拍数から変換された色を話題の擬似的に作成したハート型図形の色に適応して投影した場合における会話の実験を行った。実験の結果以下の知見が得られた。

- (1) 心拍による色に変化する会話では、目をそらさない会話を実現する可能性があるが、心拍による色の変化がない場合との違いは見られない。
- (2) 心拍による色に変化する会話と変化のない会話のいずれにおいても、会話の盛り上がりに関係がない可能性がある。
- (3) 色の変化が身体情報（心拍の情報）の変化であることに気づきにくい。

これらの結果となった理由として、顔をスクリーンとすることそのものがユーザにインパクトを与え、心拍情報の提示という機能の有無による変化が得られなかったことがあげられる。今後、心拍などの身体情報を投影する際には、それらがどのような情報を指し示しているのか明確に認識できるような工夫が必要と考えられる。

また、本システムの課題点として、投影される側の人眩しさが軽減しきれていないこと、投影位置が正確でないこと、話題が1種類しか投影できないことが挙げられる。

今後の課題は、眩しさを軽減する工夫を施すこと、投影位置の精度をあげること、投影する話題を複数にしていくことである。また、話題以外に投影する情報によって会話にどのような変化が生じるかについても調査する。

参考文献

- [1] 総務省:平成 26 年版情報通信白書, 入手先 http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/hakusyo/index.html (参照 2017-07-20) .
- [2] 小川一美:対人コミュニケーションに関する実験的研究の動向と課題, 教育心理学年報, 第 50 集, pp.187-198(2011).
- [3] 石井健太郎ほか: 投影型遠隔コミュニケーションにおけるユーザとアバタの視点の一致, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1413-1421 (2013).
- [4] 前田真季子ほか:自然対話におけるジェスチャーの相互関係の分析, ヒューマンインタフェース, Vol.102, pp.39-46 (2003).
- [5] Jorbi Agud Ruiz, Jiang Xu, Shigeru Shimamoto : Experimental Evaluation of Body Channel Response and Digital Modulation Schemes for Intra-body Communications, Communications, 2006 IEEE International Conference on Communications, Vol.1, pp.349-354 (2006).
- [6] Jorbi Agud Ruiz, Shigeru Shimamoto : Propagation Characteristics of Intra-body Communications for Body Area Networks, CCNC 2006. 3rd IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Vol.1, pp.509-513 (2006).
- [7] Virag Varga, Gergely Vakulya, Alanson Sample, Disney Research, Thomas R. Gross : Enabling Interactive Infrastructure with Body Channel Communication, Journal Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies archive Vol.1, No.4, Article 169, pp.1-29 (2017).
- [8] 渡辺富夫, 荻久保雅道, 石井裕:身体的バーチャルコミュニケーションシステムにおける呼吸の可視化と評価, ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol.3, No.4, pp.319-326 (2001).
- [9] 木塚あゆみ, 柳英克, 美馬義亮 : ホタル通信 : 呼吸情報を用いたコミュニケーションツール, 情報処理学会シンポジウム論文集, Vol.2008, No.4, pp.63-64 (2008).
- [10] 中村薫, 杉浦司, 高田智広, 上田智章 共著 : KINECT for Windows SDK プログラミング Kinect for Windows v2 センサー対応版, 秀和システム (2014).
- [11] 小林宏光, 津幡美江, 大泉直子, 表絵美, 林悠佳, 森下道子, 中田弘子, 川島和代: 脈拍数測定 of 正確さと測定時間との関係, 日本看護研究学会雑誌, Vol.32, No.1, pp.131-136 (2009).
- [12] 秋山俊雄: 秋山俊雄の心電図講義, 心電図に含まれる予後推定情報, 安静時心拍数と予後の関係, 心電図, Vol.31, No.4, pp.425-441 (2011).
- [13] 山口千晶, 山祐嗣: 現実世界状況法によるパーソナル・スペースの測定, 対人社会心理学研究, No.16, pp.1-8 (2016).