

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K11383

研究課題名（和文）無意識的気づきの検出に基づく周辺人物の微小変化の間接的検出

研究課題名（英文）Indirect detection of small changes of surrounding persons based on unconscious awareness detection

研究代表者

山添 大丈（Yamazoe, Hirotake）

兵庫県立大学・工学研究科・准教授

研究者番号：70418523

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、微小変化として、対話に集中している状況（集中条件）と、集中している振りをしてしながら、実際には対話には集中していない状況（非集中条件）という2つの状況に着目し、集中・非集中推定モデルを構築することを目指し、研究を進めた。条件に応じた対話データを取得し分析した結果、集中時と非集中時では、上半身、顔、視線の動きに違いがあることが分かった。現在は推定モデルの構築に向けてデータ処理などを進めている。

また、ロボットから人への働きかけを通じた内部状態推定や、内部状態推定のための基礎技術である視線推定、視線や生体信号を利用した内部状態（視認・気づき）の推定についても研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、集中している振りをしてしながら、実際には対話には集中していないといった、微小な変化の推定を目指し研究を進めてきた。これまでに、集中時・非集中時の間で、いくつかの行動の違いが生じていることを確認できており、今後、推定モデルが構築できれば、教育支援や高齢者の見守りなど、様々な応用につながる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on two situations: a situation in which the listener participant is concentrating on the presentation (concentration condition) and a situation in which the listener participant pretends to be concentrating but is not actually concentrating on the presentation (non-concentration condition), and aimed to construct an estimation model of concentration/non-concentration. The data obtained in the experiments showed that there were differences in the movements of the upper body, face, and gaze in the conditions of concentration and non-concentration. Currently, we are conducting experiments toward constructing an estimation model.

We have also studied internal state estimation through interaction from robots to humans, gaze estimation as a basic technique for internal state estimation, and internal state estimation (visual cognition estimation and awareness) using gaze and biosignals.

研究分野：知覚情報処理

キーワード：内部状態推定 視線 顔表情 生体計測 触覚

### 1. 研究開始当初の背景

感情・意図といった人の内部状態を推定する手法として、これまでに多くの研究がある。表情や音声特徴を観測したり、視線の動きや瞳孔の変化を計測したりすることで、人の内部状態推定を実現している。我々もこれまでに視線を用いた興味推定や、高齢者同士がテレビ電話を通じて対話する際の映像・音声を含む様々な情報を用いた集中度推定などの研究を行ってきた。これらの手法で対象とする内部状態は、感情などの外部から観測しやすいものに限られており、例えば嘘をついているかどうかといったより観測しにくい内部状態については、人でも判断が難しい。一方で、このように意識的に判断が難しい状態であっても、無意識的な判断によって、意識的な判断よりも高精度に判断できている可能性が示されている。知覚と身体運動の研究において、潜在的に知覚された情報が、身体運動に影響するとの報告もある。このことから、それら身体運動の変化を内部状態推定に利用することを考えた。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、このように人が判断を行う際の無意識的な動作を含む一連の動作を観測・取得し、人物の行動と無意識的な気づきに関連があるか、どういった動作に無意識的な気づき・判断が含まれるのか、無意識的な気づきを利用することで、従来手法では推定困難な周辺の人物・環境の微小変化の推定が可能か、という問いに関して研究を進めた。

また、ロボットから人への働きかけを通じた内部状態推定や、内部状態推定のための基礎技術である視線推定、視線や生体信号を利用した内部状態(視認・気づき)の推定についても研究を進めた。

### 3. 研究の方法

本研究では、微小変化として、対話に集中している状況(集中状況)と、集中している振りをしていながら、実際には対話には集中していない状況(非集中状況)という2つの状況に着目し、それらを推定することを目指し実験を行った。対話に集中する振りをしていても、無意識的な行動として違いが生じると考えられるため、そういった集中・非集中状況における振る舞いの違いを分析し、その違いから集中・非集中状態の推定モデルの実現を目指した。

そのために、図1、2に示す実験環境を構築し、2名の実験参加者のいくつかの条件における対話データを取得し、条件の違いによる行動の違いを分析した。各実験参加者の視線・顔部方向、上体の動きを取得するため、実験参加者の前(テーブルの真ん中)にカメラ、視線計測装置それぞれ1台ずつが設置されている。また、実験環境全体を撮影するためのカメラ1台も設置されている。視線計測装置としては、Gazepoint GP3を利用した。

また、ロボットから人への働きかけを通じた内部状態推定の検討に関しては、働きかけ方法として触覚に着目し、人に対して様々な触り方を実現できる、ぬいぐるみ型ロボットを作成し、ロボットによる触り方による人への影響についても調査した。



図2 実験環境(実験1)



図1 実験環境(実験2)

### 4. 研究成果

#### 4.1 実験

対話における集中・非集中の推定については、予備実験と2回の本実験(実験1、2)の計3回のデータ取得実験を行った。予備実験では、数字が書かれたカードを用いた数字当てゲームをタスクとした実験を行い、その結果も踏まえ本実験(実験1、2)のタスクを決定した。

本実験では、実験参加者を話し手(教師役)と聞き手(生徒役)に分け、話し手が説明し、聞き手が決められた条件に従って、その説明を聞いてもらい、その様子を記録し、行動の違いを分析する。図1、2に示すように、それぞれの前にはノートパソコンが設置され、説明資料が表示される。集中・非集中の違いによる行動の違いを分析するため、聞き手の実験参加者には、集中条件と非集中条件を設定した。実験1では、1種類の非集中条件を、実験2では、3種類の非集中条件を設定した。集中条件では、聞き手は集中して話し手の説明を聞き、非集中条件では、頭の中で別のタスクを行ってもらいながら、話し手に対しては集中して話を聞いている振りをして

てもらった。タスクとしては、以下の3種類であり、実験1ではタスク(a)のみを行った。

- (a) 実験前に与えられた4つの数字から、四則演算で決められた数字にする式を考える
- (b) 実験前に与えられた3×3の数字を記憶し、実験後に回答してもらう
- (c) 実験中に画面に表示される数字の足し算を行う

話し手の実験参加者には、資料を基に1分ほどの説明をしてもらう。その際、両方のノートパソコンに資料(PowerPoint)が表示されている。話し手には、事前に説明内容が渡されており、説明内容を十分に把握している。また、実験中、説明しながら聞き手の集中状態について推測してもらい、実験後に回答してもらった。

被験者の視線、頭部方向、上体の動きを取得するための処理の流れは以下の通りである。視線方向は、視線計測装置を用いて直接計測できる。頭部方向は、カメラで撮影された顔画像に対して、顔特徴点の検出から顔形状復元、顔姿勢推定を行うことで、頭部姿勢を推定する。上体の動きについては、OpenPose[1]によるスケルトン検出と、それから3次元姿勢復元を行う手法[2,3]を用いて3次元姿勢を推定した。このように、カメラと視線計測装置を用いて視線・姿勢データの取得を行うが、同期したデータ取得はできていない。ここで、視線計測装置・カメラの両方で、閉眼・開眼の変化タイミングが観測できることに着目し、これを用いて視線・画像データ間の時間合わせを行う。そのために、実験開始前に、一定時間被験者に目を閉じてもらい、合図と共に目を開けてもらうという手順をとり、このタイミングを利用して時間合わせを行った。

実験1では、実験参加者数は、話し手4名、聞き手8名である。聞き手1名につき集中条件、非集中条件をそれぞれ1回ずつ行った。集中時、非集中時それぞれ8回ずつ、計16回分のデータを取得した。実験2では、話し手2名、聞き手4名で、聞き手1名につき集中条件、非集中条件(3条件)の計4条件を2回ずつ、計32回分のデータを取得した。

#### 4.2 結果

実験1では、実験前に、非集中時の傾向についていくつかの仮説を立てた。視線方向に関しては、注視対象の時間分布に偏りが生じると仮定し、特に話し手の顔とノートパソコン(説明資料)を見ている時間に変化が生じると仮定した。頭部の動きに関しては、非集中時に傾きが少なくなると仮定し、上体については、非集中時に動きが少なくなると仮定した。

これらに着目した分析を行うため、聞き手の視線については、相手(話し手)の顔、説明資料(ノートパソコンの画面)、その他の3種類に分割し、その時間割合を求めた。頭部方向については、前述の処理により推定された頭部方向から傾き検出を試みたが、傾きの際の姿勢変化が小さく、頭部方向の推定誤差と区別することができなかつたため、目視で傾きの回数とその長さを測定した。上体の動きについては、推定された首の位置の三次元座標と腰の位置の三次元座標から、上体の角度を計算した(図3)。



図3 上体の姿勢の定義

表1に話し手による聞き手の集中・非集中に推測結果を示す。結果より、聞き手が非集中条件の8回のうち4回は、教師役は生徒役が話を聞いていたと推測できていた。このことは、集中時と非集中時の違いだけでなく、聞き手が話を聞いていないことを話し手が推測できた場合とできなかった場合の間にも、行動の違いがある可能性を示しているため、以下の分析では、(1) 聞き手が話に集中していた場合(集中時)、(2) 集中していなかったが話し手に気づかれなかった場合(非集中時(推測失敗))、(3) 集中していないことが話し手に気づかれた場合(非集中時(推測成功))、の3種類に分けて分析を行うこととした。

表2は、聞き手の注視対象を、相手(話し手)の顔、ノートパソコンの画面(説明資料)、それ以外の3種類に分けた時の注視割合を示す。結果より、相手の顔を注視する時間の割合が、集中時、非集中時(推測失敗)、非集中時(推測成功)の順で下がっていることがわかる。このことから、集中時には、集中していない時に比べて相手の顔を見る比率が高く、人はそれに基づいて、話に集中しているかどうかを判断している可能性があると考えられる。

表3は、聞き手の傾きの回数とその時間を、3種類の集中状態と男女別に分けて分析した結果である。結果より、相手の顔への注視比率(表2)と同様に、集中時、非集中時(推測失敗)、非集中時(推測成功)の順で傾きの回数が減っていることがわかる。また、男女の比較では、集中



時であっても男性はあまり頷きをしない傾向があることがわかる。このことから、まだ被験者数が少ないものの、男女別でのモデル化の必要性が示唆される結果と言える。

表 4 には、聞き手の上半身の角度の平均と分散を示す。上半身の角度の分散についても、視線、頷きと同様に、集中時、非集中時（推測失敗）、非集中時（推測成功）の順で下がっていることがわかる。集中時には、非集中時よりも上半身の角度変化が大きくなっており、逆に、特に推測が成功した非集中時に関しては、上半身の動きがほとんどなかったといえる。また、上半身の角度については、見抜かれなかった非集中時が最も角度が小さく、前のめりになっていた。このことは集中しているふりをしようとした際に、集中して聞いている時よりも、過剰に聞いている状態を演出してしまった可能性が考えられる。

以上の結果より、上半身、顔、視線の動きに関して、集中時と非集中時の差が見られることが分かった。また、話し手が聞き手の非集中状態を推測できた場合とできなかった場合についても、聞き手の動きに差が見られることもわかった[4]。実験 1 の結果も踏まえ、実験 2 では、より細かくデータを分析するため、画面に表示される発表資料を複数の領域に分割し、それらに基づく分析を進めている。

表 1 話し手による聞き手の状態の推測

		話し手の推測	
		集中	非集中
聞き手	集中時	7	1
	非集中時	4	4

表 2 聞き手の注視対象の比率(%)

	顔	画面	その他
集中時	18.5	78.0	3.6
非集中（推測失敗）	13.7	62.2	24.1
非集中（推測成功）	4.8	84.3	10.9

表 3 聞き手の頷き回数・長さ

	男性		女性	
	回数	長さ	回数	長さ
集中時	1.5	0.8	17.7	0.6
非集中（推測失敗）	0	0	6.7	0.6
非集中（推測成功）	0	0	0	0

表 4 聞き手の上半身の姿勢

	角度	分散
集中時	82.87	12.36
非集中（推測失敗）	77.40	3.82
非集中（推測成功）	101.22	1.82

#### 4.3 その他の研究成果

ロボットから人への働きかけ手法として触覚に着目し、人に対して様々な触り方を実現できる、ぬいぐるみ型ロボットを作成し（図 5）、ロボットによる触り方による人への影響についても調査した。人間の上腕部に対し、撫でる、ポンポン叩く、抱きしめる、といった様々な触れ方を実現し、それらの変化による影響を調査した。その結果、ロボットの触り方が変化すると、ロボットの内部状態の解釈も変化することなどの結果が得られた[5]。

また、内部状態（視認・気づき）の推定についても検討を進め、VR 環境において複数の視覚探索タスクを連続して行うシーンを想定し、視線行動からの視認推定について検討した。さらに、視認推定に基づく注意誘導を行うことで、効率的な視覚探索タスク支援の枠組みについても検討した。視覚探索を要する VR ゲームを対象として、視認難易度に基づく視認推定と、それを用いた視覚探索タスクの支援手法を実装し、その有効性を確認した（図 5）[6,7]。

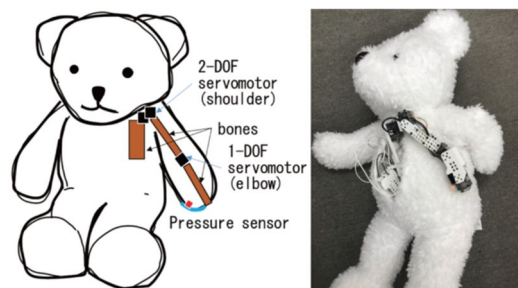


図 4 人への様々な触り方を実現するぬいぐるみロボット



図 5 視認推定のための VR タスク

<引用文献>

- [1] Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei, and Yaser Sheikh. Realtime multi-person 2D pose estimation using part affinity fields. CVPR2017, pp. 7291-7299, 2017.
- [2] Iro Laina, Christian Rupprecht, Vasileios Belagiannis, Federico Tombari, and Nassir Navab. Deeper depth prediction with fully convolutional residual networks. 3DV2016, pp. 239-248, 2016.
- [3] Julieta Martinez, Rayat Hossain, Javier Romero, and James J Little. A simple yet effective baseline for 3d human pose estimation. ICCV2017, pp. 2640-2649, 2017.
- [4] 廣畑 美樹, 山添 大丈, 李 周浩, 上体と視線の動きを用いた対話時の集中・非集中の違いの分析, 第174回ヒューマンインタフェース学会研究会, 2020.
- [5] 米澤朋子, 山添大丈, 人間とロボットの相互接触における感情理解と接触行動発現モデルの実装, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2019, 3T-D7, 2019.
- [6] Syunsuke Yoshida, Makoto Sei, Akira Utsumi, Hirotake Yamazoe, Preliminary analysis of visual cognition estimation in VR toward effective assistance timing for iterative visual search tasks, VRST2021, Poster, Article No. 89, pp.1-3, 2021.
- [7] Syunsuke Yoshida, Makoto Sei, Akira Utsumi, Hirotake Yamazoe, Preliminary analysis of effective assistance timing for iterative visual search tasks using gaze-based visual cognition estimation, IEEE VR2022, Poster, pp. 656-657, 2022.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Sei Makoto, Utsumi Akira, Yamazoe Hirotake, Lee Joo-Ho	4. 巻 -
2. 論文標題 Personalized face-pose estimation network using incrementally updated face shape parameters	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Intelligence	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10489-021-02888-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計54件（うち招待講演 0件／うち国際学会 23件）

1. 発表者名 Syunsuke Yoshida, Makoto Sei, Akira Utsumi, Hirotake Yamazoe,
2. 発表標題 Preliminary analysis of visual cognition estimation in VR toward effective assistance timing for iterative visual search tasks
3. 学会等名 The 27th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST2021), Poster (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoko Yonezawa, Hirotake Yamazoe,
2. 発表標題 Toward Internal-state-based Parameterized model of Robot 's Touching Manners based on Subjective Evaluation
3. 学会等名 The Ninth International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2021), Poster (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Syunsuke Yoshida, Makoto Sei, Akira Utsumi, Hirotake Yamazoe,
2. 発表標題 Preliminary analysis of effective assistance timing for iterative visual search tasks using gaze-based visual cognition estimation
3. 学会等名 IEEE Conference on Virtual Reality 2022 Poster (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田峻亮, 施真琴, 内海章, 山添大丈,
2. 発表標題 視認難易度に基づく視認推定とVR環境における視覚探索タスク支援への応用
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田峻亮, 施真琴, 内海章, 山添大丈,
2. 発表標題 視線情報に基づく視認推定とその視覚探索タスク支援への応用
3. 学会等名 第18回コンピューテーショナル・インテリジェンス研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田峻亮, 施真琴, 内海章, 山添大丈
2. 発表標題 視認推定に基づく視覚探索タスク支援とVR環境における有効性評価
3. 学会等名 インタラクション2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣畑 美樹, 山添 大丈, 李 周浩
2. 発表標題 上体と視線の動きを用いた対話時の集中・非集中の違いの分析
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会研究会 SIG-AC1-25
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 米澤朋子, 山添大丈
2. 発表標題 人間とロボットの相互接触における感情理解と接触行動発現モデルの実装
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirotake Yamazoe, Tomoko Yonezawa
2. 発表標題 Analysis of Effects on Postural Stability by Wearable Tactile Expression Mechanism
3. 学会等名 International Conference on Human-Computer Interaction (HCI2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 米澤朋子, 山添大丈
2. 発表標題 触れ合いにおける内部状態表出と感情解釈におけるモデル化の一検討
3. 学会等名 HAIシンポジウム2018
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	桑原 教彰  (Kawahara Noriaki)  (60395168)	京都工芸繊維大学・情報工学・人間科学系・教授    (14303)	



6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	米澤 朋子  (Yonezawa Tomoko)  (90395161)	関西大学・総合情報学部・教授     (34416)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関