

# 物理的なアバタの視線を用いた アウェアネス情報提示のための基礎的特性の調査

田之頭 吾音<sup>1,a)</sup> 川口 一画<sup>2,b)</sup>

**概要：**我々は先行研究において、作業中の遠隔二者間の対話生起を目的に、物理アバタを用いてユーザの視線をアウェアネス情報として相互に伝達するシステムを提案した。提案システムでは、視線の検出および提示が可能な物理アバタを用いて視線をアウェアネス情報として伝達し合い、アバタを介して遠隔地間において相互注視が行われた場合に音声通話を開始する機能を実装した。ただし、物理アバタの視線によりアウェアネス情報を提示する場合の基礎的特性（情報への気付きやすさ、情報の理解のしやすさ作業への注意を妨げる度合い、遠隔者の存在感伝達）は明らかではなかった。そこで本研究においては、それらの基礎的特性を明らかにするため、視線を用いるアウェアネス情報提示手法と、テキストおよびライトを用いる手法の比較実験を行った。実験結果より、物理的に提示する視線条件およびライト条件はいずれも、周辺視野において作業者の過度な注意を必要とせず、アウェアネス情報の理解が容易であることが分かった。一方で、存在感については視線条件で最も評価が高くなることが示唆された。

## 1. はじめに

テレワークのような遠隔作業中には、インフォーマルコミュニケーションは生じられにくいという課題がある [1]。インフォーマルコミュニケーションは、日時や議題があらかじめ決まっておらず、偶発的に発生するコミュニケーション形態である [2]。インフォーマルコミュニケーションにより創造性が高められること [3] や、会議室の外のインフォーマルコミュニケーションにより実際の決定がなされると言われていること [4] から分かるように、インフォーマルコミュニケーションは働く上で重要な役割を果たす。そのため、遠隔地間においてインフォーマルコミュニケーションを生起させるためのアウェアネス情報提示システムの研究が行われてきた [5–8]。アウェアネスとは、Dourish ら [9] により「自分自身の活動の背景となる他者の活動の理解」と定義されている。アウェアネス情報を提示することにより、遠隔作業者の応答可否をあらかじめ知ることが可能になり、話しかける行為の心理的負担が軽減されることが期待される。既存のアウェアネス情報提示システムでは、限られた情報（応答可否）しか伝達できなかった。これに対し、遠隔者の忙しさや集中度のような、より細かなアウェアネス情報を提示するシステムの多くは、ビデオを

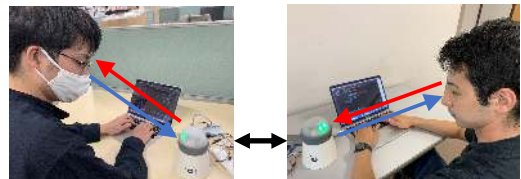


図 1 我々の先行研究におけるシステムを使用している様子。遠隔地間において物理的なアバタを用いて視線のやりとりを行い、相互注視が行われた場合音声通話を接続する。

用いる必要があるため、プライバシーの問題が発生する [10]。そこで我々は先行研究 [11] において、作業中の遠隔対話の生起支援を目的に、視線を伝達する物理アバタを用いてアウェアネス情報を提示することにより、遠隔対話の生起を支援するシステムを製作した (図 1)。提案システムは、対話の開始において視線が重要な役割を果たすという社会的知見 [12] に基づき、物理アバタを用いて遠隔地間において視線を相互に伝達し、アバタを介して相互注視が行われた場合、音声通話を開始する。提案システムを用いて実験を行った結果、相互注視を用いることにより、話しかける行為の心理的負担の低減に有効であることが示唆された [11]。

提案システムは、遠隔地間において非言語情報（視線）を用いてアウェアネス情報を提示する。これにより、対面でコミュニケーションを取る場合と同様に、非明示的にアウェアネス情報を伝達することを意図している。また、人間の行動を模した情報提示により、相手の存在感を向上さ

<sup>1</sup> 筑波大学情報理工学位プログラム

<sup>2</sup> 筑波大学システム情報系

<sup>a)</sup> tanokashira@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

<sup>b)</sup> kawaguchi@cs.tsukuba.ac.jp

せる効果が期待される。しかし、非言語情報を用いて情報を提示した場合に、提示された情報への気づきやすさや内容の理解しやすさ、作業への注意阻害がどのように変化するか、また相手の存在感が実際に向上するか等の基礎的特性の調査はしていない。

そこで本研究において、提案システムの基礎的特性を調査するため、他のアウェアネス情報提示手法との比較実験を行った。実験では、作業中の周辺視野にアウェアネス情報を提示した場合の、気づきやすさ等の基礎的特性を評価した。この結果から、提案システムの基礎的特性を議論し、今後の指針を示す。

## 2. 関連研究

本章では、我々の先行研究にて制作したアウェアネス情報提示システムについて述べた後、アウェアネス情報提示システムのための基礎的特性に関する関連研究を示す。

### 2.1 物理アバタの視線を用いたアウェアネス情報提示システム

本節では、我々の先行研究における提案システムについて述べる。なお提案システムについては [11] にて詳細を述べており、本論文においては簡単な概要を述べる。

提案システムでは、対面状況において提示される非明示的なアウェアネス情報を、ビデオを用いずに提示することを目的としている。そのため、物理的なアバタを介して視線を相互に伝達するシステムを実装した。提案システムは、人間が対話を開始する際に視線が重要な役割を果たすという社会的知見に基づき、対話の開始に至る視線のやり取りを物理的なアバタを用いて再現する。人間同士の対話の開始において、視線は重要な役割を果たしており、相互注視は対話開始の合図とも言われている [12–14]。そこで提案システムでは、遠隔作業者の各環境に物理的なアバタを配置し、アバタを介して視線を相互に伝達し合う（図 1）。物理的なアバタは、視線の検出及び表現が可能であり、遠隔地間における視線の伝達および音声通話が可能である。例として、作業者がアバタに視線を送った場合、遠隔作業側のアバタが遠隔作業者に視線を送る。そして、各遠隔者がアバタに視線を送り、アバタを介して相互注視が行われた場合に音声通話を接続する。また、提案システムが、遠隔対話の生起支援に有用かを検証する実験を行った。実験では、話しかける行為の負担を軽減できるかを調査した。実験の結果、提案システムは話しかける行為の心理的負担の低減に効果的であることが示唆された。

上記の実験においては、提案システムを実際にコミュニケーションの場面で使用しその効果を検証した。しかし、視線を用いてアウェアネス情報を提示する場合に、既存の手法と比較して情報への気づきやすさや理解しやすさ等の基礎的特性がどう変化するかは明らかではなかった。そこ

で本研究においては、提案システムの基礎的特性を調査するための実験を行う。

### 2.2 アウェアネス情報提示のための基礎的特性の関連研究

これまで、周辺視野へ情報を提示するための基礎的特性の設計に関する研究が行われてきた。

Maglio ら [15] は、周辺視野への情報提示による作業の注意阻害および記憶性の関係を調査し、周辺視野にて提示する情報に気づきやすい設計が必要である一方、作業への影響を最小化する必要があることを述べた。白井ら [16] は実環境の掲示板を用いてアウェアネス情報を共有するシステムを提案し、提示されるアウェアネス情報の内容が理解しやすいこと及び人々の活動を阻害しないことの必要性を述べた。以上のように、アウェアネス情報の提示においては、アウェアネス情報に気づきやすく、理解がしやすい一方で、作業の注意阻害をしないことが重要と言われている。

また、高島ら [17] は、オフィスでのインタラクションにおけるアウェアネスの役割をまとめ、存在感を提示することにより、連帯感、共働感、つながり感を生み心理的エネルギーを向上させると述べた。清水ら [18] らはコミュニケーションを支援する空間についてまとめ、コミュニケーションの発生には人間が実際に「いる」ことを自覚することが重要と述べている。以上のことから、コミュニケーションの発生につながるアウェアネス情報の提示には、遠隔者の存在感が重要であると考えられる。

そこで本研究では、提案システムによるアウェアネス情報提示のための基礎的特性として、アウェアネス情報への気づきやすさ、理解のしやすさ、注意阻害の度合い、遠隔者の存在感伝達の度合いを調査する。

## 3. 実験

本研究では、物理アバタの視線によりアウェアネス情報を提示する提案システムの基礎的特性を明らかにするための実験を行った。

### 3.1 アウェアネス情報を提示する場合の基礎的特性

2.2 節にて述べたように、アウェアネス情報の提示にあたっては、提示される情報の気づきやすさや理解のしやすさ等の基礎的特性が重要と言われている。一方、提案システムにより非言語情報を用いてアウェアネス情報を提示した場合の、基礎的特性の調査は行われていなかった。そのため本研究において、提案システムによるアウェアネス情報の提示手法の基礎的特性として、以下の項目の調査を行う。

- **R1.** アウェアネス情報への気づきやすさ
- **R2.** アウェアネス情報の理解のしやすさ
- **R3.** アウェアネス情報による注意阻害
- **R4.** 遠隔者の存在感を伝達する度合い

R1,R2,R4 の度合いが高く, R3 の度合いが低い場合, アウェアネス情報の基礎的特性は高いと考えられる。我々は, 提案システムの基礎的特性を調査する実験を行った。

### 3.2 実験タスク

実験タスクとして, 周辺視野に遠隔作業者のアウェアネス情報が提示される状況下で PC を用いた作業を行うタスクを設定した。提示されるアウェアネス情報は非アクティブ, アクティブ, メッセージ受信の 3 種類の状態を設定した。非アクティブ状態は, 遠隔作業者が不在であることを示し, 取り込み中や離席中で相手が応答できない状態を想定している。アクティブ状態は, 遠隔作業者が在席であることを示し, 応答可能性のある状態を想定している。メッセージ受信状態は, 遠隔作業者が応答を求めている状態を想定している。これらのアウェアネス情報の変化の遷移を図 2 に示す。非アクティブ状態の場合, アクティブ状態に変化することがあり, アクティブ状態の場合は非アクティブ状態もしくはメッセージ受信状態に移移する。本実験では, アクティブ状態からメッセージ受信状態への変化に気づいた場合に, なるべく早く参加者左手側に配置されたボタンを押してもらうよう指示した。ボタンが押された場合, 状態はアクティブ状態に戻る。なお本実験では, 実際に遠隔作業者と接続してアウェアネス情報を提示するのではなく, ランダムに状態を遷移させた。

アウェアネス情報を提示する物理アバタは, 深澤ら [19] による, 周辺視野への視覚的な情報提示の実験設計を参考に, 参加者の左斜め前 45 度に配置した (図 3)。

PC における作業 (主タスク) は, [20] を参考に, ランダムに表示される図形の中から, 指定した図形をクリックして削除するタスクを行なった (図 4)。主タスクでは, 画面右上にて指定された図形を, クリックして削除していく。削除する図形はランダムに指定され, 画面右下にて表示される, 指定された図形に対応する数字を入力しないと削除できない。主タスクの設計においては, 一定の集中力が必要であること, 作業内容によるアウェアネス情報への気付きやすさの影響を減らすことを考慮し, このような設計とした。なお聴覚刺激による影響を取り除くため, 参加者はヘッドフォンによりホワイトノイズを再生し, ノイズキャンセリングを行った。

実験は参加者内配置によって行った。実験参加者は大学生または大学院生 12 名 (男性 11 名, 女性 1 名, 平均年齢 23.0 歳) であった。

### 3.3 実験条件

実験条件は以下の 3 条件である。

- **C1. テキスト条件** ディスプレイ内のテキストによりアウェアネス情報を表示する (図 5)。本条件は, ディスプレイ内において仮想的にアウェアネス情報を提示

アウェアネス情報の変化

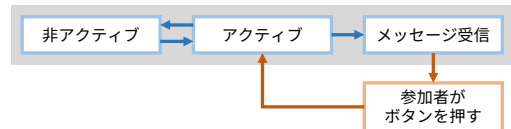


図 2 実験中のアウェアネス情報の変化。非アクティブ, アクティブ, メッセージ受信の状態がランダムに変化し, 参加者はメッセージ受信状態に変化したことに気づいた場合ボタンを押す。ボタンが押された場合, アクティブ状態に戻る。



図 3 実験を行っている様子。参加者が作業用 PC にてタスクを行っている間に, 左斜め前 45 度方向にアウェアネス情報を提示する。メッセージ受信状態に変化したことに気づいた場合, 参加者は左手側に配置されたボタンを押す。

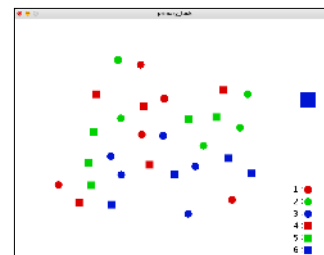


図 4 作業用 PC に行う主タスク。右上にランダムに表示される図形と一致する図形をクリックして削除していく。削除する前に, 画面右下に表示されている, 指定された図形に対応する数字をキーボードにより選択することにより, 指定された図形の削除が可能になる。

する手法と提案手法を比較するために設定した。作業用 PC とは異なるディスプレイを配置し, 画面中央にテキストを表示する。テキストの大きさは, 横 10cm × 縦 3cm であり, 他条件において提示されるライトおよび視線の大きさと同等の大きさになるよう設計した。非アクティブ状態の場合は「inactive」、アクティブ状態の場合は「active」、メッセージ受信状態の場合は「messaging」と表示される。

- **C2. ライト条件** 物理的なライトの点灯によりアウェアネス情報を提示する (図 6)。本条件は, 非言語情報を用いない手法と提案手法を比較するために設定した。提案手法にて製作した物理アバタを用いてライトを提示する。本条件は, 視線を提示するためのライトの回転動作は行われない。非アクティブ状態の場合は

ライトを消灯し、アクティブ状態の場合はライトを緑色に点灯させる。メッセージ受信状態になった場合、ライトを点滅させる。

- **C3. 視線条件** 物理アバタの視線によりアウェアネス情報を提示する(図7)。非アクティブの状態の場合は視線を提示せず(消灯)、アクティブの状態の場合は、参加者とは異なる方向に向けて視線を提示する。メッセージ受信状態になった場合、視線を参加者の方向に向ける。

なお、視線によりアウェアネス情報を提示するためには、C3のように物理的なアバタを用いずに、ディスプレイ内に仮想的なアバタを表示する手法も考えられる。ただし、Tanakaら[21]により、仮想的なアバタと比較し、物理的なアバタの方が存在感が向上することが示されている。そのため、本実験における基礎的特性の一つとして、存在感を向上させるためには物理的なアバタが適していると考え、仮想的アバタを実験条件に含めなかった。

### 3.4 評価項目

本研究では、アウェアネス情報の提示手法の基礎的特性を調査するために、以下の項目を評価する(再掲)。

- **R1.** アウェアネス情報への気付きやすさ
- **R2.** アウェアネス情報の理解のしやすさ
- **R3.** アウェアネス情報による作業阻害
- **R4.** 遠隔作業者の存在感を伝達する度合い

R1, R2, R3の評価にあたっては、Sadat[22]による、周辺視野への情報提示手法を評価するアンケートから、必要項目を抜粋した。このアンケートは、周辺視野への情報提示のためのディスプレイの要件を評価する5つの尺度から構成される。本実験においては、本実験と無関係と判断した尺度を除外した3つの尺度(Noticeability, Comprehension, Division of attention)を用いる。Noticeabilityは、周辺視野におけるディスプレイの気付きやすさを評価する。本尺度の評価が高い場合、アウェアネス情報への気付きやすさが高いと考えられる。Comprehensionは、周辺視野に提示される情報の理解のしやすさを評価する。本尺度の評価が高い場合、アウェアネス情報の理解が容易であると考えられる。Division of attentionは、周辺視野における情報の変化に、作業者がどれだけ注意を払わずに済むかを評価する。本尺度の評価が高い場合、アウェアネス情報による作業阻害が小さいと考えられる。R4について、Tanakaら[21]の、コミュニケーションの場面において、仮想的なアバタおよび物理的なアバタを用いた場合の存在感を評価するためのアンケートを用いた。Tanakaらのアンケート(以後、Telepresence)は、遠隔者が近くにいたように感じたかを評価する。Telepresenceの評価が高い場合、アウェアネス情報の提示にあたり、遠隔者の存在感を感じられると考えられる。各アンケート項目の内容を表1に示す。各



図5 テキスト条件において提示されるアウェアネス情報。

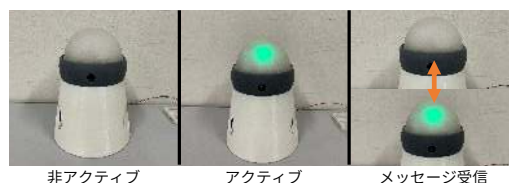


図6 ライト条件において提示されるアウェアネス情報。

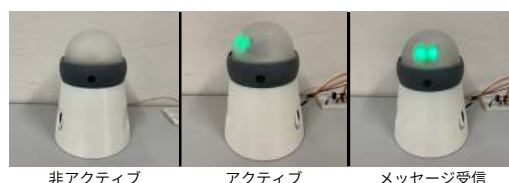


図7 視線条件において提示されるアウェアネス情報。

表1 本実験において用いられたアンケート内容。質問内容の意味が分からなかった場合は実験者が補足を行い、回答してもらった。

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| <b>Noticability</b>                           |
| Q1. ディスプレイに気付きましたか                            |
| Q6. 主タスクを行なっている間、ディスプレイにアクセスする機会があることを意識しましたか |
| <b>Comprehension</b>                          |
| Q2. ディスプレイ内の情報を理解できましたか                       |
| Q4. 情報をチラッと見るだけでその情報を理解することができましたか            |
| <b>Divison of attention</b>                   |
| Q3. ディスプレイはあなたの注意の集中の外にありましたか                 |
| Q5. 適切に主タスクに集中することができましたか                     |
| Q7. 主タスクとディスプレイの注意の切り替えをスムーズに行うことができましたか      |
| <b>Telepresence</b>                           |
| Q8. まるで連絡相手が同じ部屋にいるように感じましたか                  |

アンケートの回答には、5段階のリッカート尺度を用いた。

さらに、R1について、アウェアネス情報への気付きやすさを定量的に評価するため、アウェアネス情報がメッセージ受信状態に変化してから参加者がボタンを押すまでの反応速度を評価した。反応速度が速い場合、アウェアネス情報の変化に速く気づくことができると考えられるため、アウェアネス情報への気付きやすさが高いと考えられる。

また、R3について、アウェアネス情報による注意阻害が小さい場合、主タスクの成績が良くなると考えられる。そのため、主タスクにおいて図形を消した数の評価を行なった。主タスクの成績が高い場合、作業に集中できたと考えられ、アウェアネス情報への注意阻害の度合いが低いと考えられる。また、各条件終了後、参加者に自由記述のアンケートを行った。

## 4. 実験結果および考察

本章では、実験の各評価項目についての結果を示し、考察を行う。なお本研究の各検定において、 $p$  値が 0.05 未満であることを統計的に有意とみなした。

### 4.1 Noticeability

Noticeability は、表 1 のアンケートより Q1, Q6 の項目の平均値を評価値として用いた。本評価値が高い場合、情報への気付きやすさが高いと考えられる。Noticeability の結果を図 8 に示す。この結果に対して、Shapiro-Wilk 検定を行った結果、非正規性が示された。そのため、フリードマン検定を行った結果、有意差が見られた ( $p = 0.012 < 0.05$ )。Bonferroni 補正した Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、有意差が見られなかった。

### 4.2 Comprehension

Comprehension は、表 1 のアンケートより Q2, Q4 の項目の平均値を評価値として用いた。本評価値が高い場合、情報の理解のしやすさが高いと考えられる。Comprehension の結果を図 9 に示す。この結果に対して、Shapiro-Wilk 検定を行った結果、非正規性が示された。そのため、フリードマン検定を行った結果、有意差が見られた ( $p < 0.001$ )。Bonferroni 補正した Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、テキスト条件 - ライト条件間 ( $p = 0.037 < 0.05, d = 0.74$ ) およびテキスト条件 - 視線条件間 ( $p = 0.011 < 0.05, d = 0.75$ ) に有意差が見られた。

### 4.3 Division of attention

Division of attention は、表 1 のアンケートより Q3, Q5, Q7 の項目の平均値を評価値として用いた。本評価値が高い場合、アウェアネス情報による注意障害が小さく、良い結果と考えられる。Division of attention の結果を図 10 に示す。この結果に対して、Shapiro-Wilk 検定を行った結果、非正規性が示された。そのため、フリードマン検定を行った結果、有意差が見られた ( $p < 0.001$ )。Bonferroni 補正した Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、テキスト条件 - ライト条件間 ( $p = 0.016 < 0.05, d = 0.78$ ) およびテキスト条件 - 視線条件間 ( $p = 0.012 < 0.05, d = 0.83$ ) に有意差が見られた。

### 4.4 Telepresence

Telepresence は、表 1 のアンケートより Q8 の項目を評価値として用いた。本評価値が高い場合、遠隔者の存在感を伝達する度合いが高いと考えられる。Telepresence の結果を図 11 に示す。この結果に対して、Shapiro-Wilk 検定を行った結果、非正規性が示された。そのため、フリードマン検定を行った結果、有意差が見られた ( $p < 0.001$ )。Bonferroni

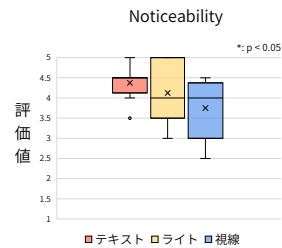


図 8 Noticeability のアンケート結果。

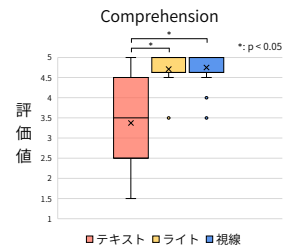


図 9 Comprehension のアンケート結果。

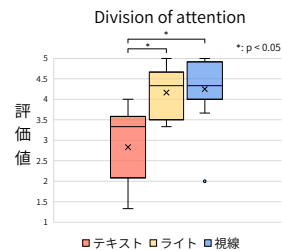


図 10 Division of attention のアンケート結果。

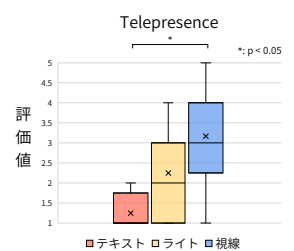


図 11 Telepresence のアンケート結果。

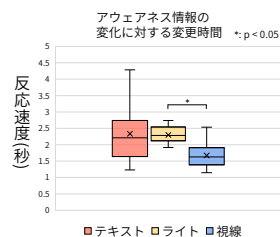


図 12 アウェアネス情報の変化に対する反応速度。

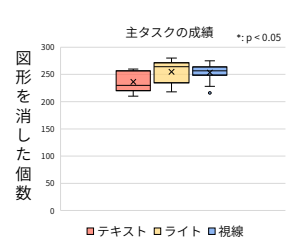


図 13 主タスクの成績。

補正した Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、テキスト条件 - 視線条件間 ( $p = 0.016 < 0.05, d = 0.77$ ) に有意差が見られた。

### 4.5 アウェアネス情報の変化に対する反応速度

本項目では、各参加者の反応速度の平均値を評価値として用いた。アウェアネス情報の変化に対する反応速度が高い場合、情報への気付きやすさが高いと考えられる。本評価項目の結果を図 12 に示す。この結果に対して、Shapiro-Wilk 検定を行った結果、非正規性が示された。そのため、フリードマン検定を行った結果、有意差が見られた ( $p = 0.013 < 0.05$ )。Bonferroni 補正した Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、ライト条件 - 視線条件間 ( $p = 0.013 < 0.05, d = 0.85$ ) に有意差が見られた。

### 4.6 主タスクの成績

主タスクの成績として、主タスクにおいて削除した図形の個数を評価に用いた。主タスクの成績が高い場合、作業に集中できたと考えられ、作業への注意障害が小さいと考

えられる。本項目の結果を図 13 に示す。この結果に対して、Shapiro-Wilk 検定を行った結果、非正規性が示された。そのため、フリードマン検定を行った結果、有意差が見られなかった ( $p = 0.067$ )。

## 5. 考察

### 5.1 R1. アウェアネス情報への気付きやすさ

Noticeability の結果において、視線を用いてアウェアネス情報を提示する場合において、アウェアネス情報への気付きやすさは有意に向上しなかった。この結果には、「ディスプレイにどれだけ注意を払っているか」が反映されている可能性があることが考えられる。実験参加者の中に、アンケート 1 の項目 Q6 について、「ディスプレイに注意を残しておく必要がある」といった捉え方をしたと述べた参加者がいた。すなわち、本結果においては、ディスプレイに常に注意を払い、反応に敏感になったことによる気付きやすさが反映されている可能性がある。

また、アウェアネス情報の変化に気づくまでの反応速度の結果において、ライト条件と比較し、視線条件においてアウェアネス情報の変化に気づく速度が有意に向上した。一方、視線条件のアンケートにおいて、「首が回る音で気づいた部分はある」と述べられた。このことから、視覚情報のみでなく視線を表現するためのモータの音によりアウェアネス情報の変化に気づき、反応速度が向上した可能性がある。一方、Division of attention の評価に示した通り、音により注意を阻害する効果は見られなかった。注意阻害に影響を与えなかった理由として、参加者はヘッドフォンを装着し、ホワイトノイズによりモータ音を軽減したためと考えられる。これらの結果から、実使用においても、注意の阻害にならない程度の音を設計に含めることにより、気付きやすさが向上する可能性が示唆された。反応速度の評価としては、音による影響が見られ、本来の目的である視覚刺激による気付きやすさの調査として適当でないと考えられる。

以上の結果から、物理的な視線の提示により気付きやすさが向上するとは考えにくい。

### 5.2 R2. アウェアネス情報の理解のしやすさ

Comprehension の結果において、テキスト条件と比較し、ライト条件及び視線条件は、情報の理解のしやすさが有意に向上した。この結果は、周辺視野のみで変化内容が捉えられる情報であったことが原因ではないかと考えられる。テキスト条件においては、参加者は提示される情報がどのように変化したかを確認するため、ディスプレイの方に中心視野を移す必要があった可能性がある。実際にテキスト条件の自由記述アンケートにおいて、「メッセージ内容が変化したことはすぐ気付いたが、内容は中心視野で見ないと分からなかった」、「全てのテキストの変化に反応

し、ディスプレイを確認してしまった」と述べられた。これに対し、ライト条件および視線条件は、周辺視野のみで変化内容が理解できたため、アウェアネス情報が理解しやすかったと考えられる。実際に、ライト条件の自由記述アンケートにおいて、「主タスクを行いながら、視野の端にディスプレイを収めることができた」述べられた。そのため、ディスプレイ内における仮想的な情報を提示する場合においても、テキストではなく色の変化であれば情報の理解が容易になる可能性も考えられる。

また、視線条件における評価値の平均値が 5 段階中 4.83 だったことから、提案システムにおいて R2. アウェアネス情報の理解のしやすさは高いと考えられる。

### 5.3 R3. 作業への注意阻害

Division of attention の結果において、テキスト条件と比較し、ライト条件及び視線条件は、作業への注意阻害が有意に小さかった。この結果は、R2. アウェアネス情報の理解のしやすさの評価に起因する可能性がある。アウェアネス情報の変化を周辺視野において十分に理解することができるため、主タスクに集中しつつ変化に気づくことができるためだと考えられる。テキスト条件の自由記述アンケートにおいて、「ずっとディスプレイを気にしている必要があった」、「チラチラとアクティブかどうかを確認しながら作業をした」等の意見があった。すなわち、アウェアネス情報の変化を周辺視野で理解しきれない場合、ディスプレイに注意を割く必要があると考えられる。一方、ライト条件においては、「見逃しているかもしれないという不安がなかった」、視線条件において「アクティブと非アクティブがわかりやすいので気持ちの準備ができた」と述べられた。これらの意見からも、周辺視野においてアウェアネス情報の変化の内容に気付きやすい場合、過剰な注意を払う必要がなかったことと考えられる。

また、主タスクの成績の結果から、作業への注意を妨害する度合いに関して、主タスクの成績に差は見られなかった。本実験においては、タスクの内容及びタスク時間が、差が出るものではなかったのではないかと考えられる。タスクの内容は図形を消し続ける単純なものだった。また時間も 5 分と短く、実験内において集中度の影響によるタスク成績に差が出なかった可能性がある。今後は、実環境における作業へどのような影響を与えるかどうかを検証する必要がある。

以上の結果から、提案システムにおいて R3. 作業への注意阻害は小さいことが示唆された。

### 5.4 R4. 遠隔作業者の存在感を伝達する度合い

Telepresence の結果において、テキスト条件と比較し、視線条件は、遠隔者の存在感を伝達する効果が有意に向上した。視線条件の自由記述アンケートにおいても、「ディ

スプレイ（物理アバタ）に強い存在感を感じた」と述べられた。アウェアネス情報を提示する際に、遠隔者の存在感が伝達されることは、提案システムの目的である遠隔対話の生起支援に有用と考えられる。

以上の結果から、提案システムにおいて R4. 遠隔者の存在感伝達の度合いは高いことが示唆された。

## 5.5 結果及び考察のまとめ

本実験において、R1-R4 の 4 点の基礎的特性の調査を行った。R1. アウェアネス情報への気付きやすさは、高くなったとは考えにくい。R2. アウェアネス情報の理解のしやすさは十分だと考えられる。R3 について、提案システムは作業への注意障害が小さいことが示唆された。R4 について、提案システムは遠隔者の存在感を伝達する度合いが高いことが示唆された。以上より、視線をアウェアネス情報として提示した場合において、アウェアネス情報は十分に理解しやすく、作業への注意障害が小さいことが示唆された。また、存在感を伝達する度合いが高いことが示唆された。すなわち、提案システムの、アウェアネス情報提示のための基礎的特性は十分である可能性が示唆された。

## 6. 本研究の制約および今後の展望

本章では、本研究の制約および今後の展望を述べる。

### 6.1 非言語情報及び記号化された情報の比較

本実験において、対面状況においては無意識に扱われる非言語情報をアウェアネス情報として提示する際の基礎的特性を調査した。結果として、アウェアネス情報の理解のしやすさおよびアウェアネス情報による注意障害について、テキスト条件と比較し、効果的であることが示唆された。一方、これらの項目について、ライト条件との有意差は見られなかった。この結果は、本研究において提示したアウェアネス情報が 3 種類のみだったことが影響している可能性がある。対面状況において表出される非言語情報は、話しかけたい度合い、忙しさの度合い、作業への集中度等の、より細かなアウェアネス情報を伝達する。ライト条件のような記号化された情報提示を用いて非言語情報のような細かな情報を表現する場合、より多くの記号が必要である（ライトの点滅パターン、点灯の色を増やす等）。そのため、情報の理解のしやすさや、学習の必要性に影響があると考えられる。そこで、非言語情報により表現される、より細かなアウェアネス情報と同等の情報量を持つ記号化された提示手法と、提案システムを比較することも検討したい。

### 6.2 実環境において用いられるコミュニケーションシステムとの比較

本実験においては、提案システムと、プロトタイプ段階

のアウェアネス情報提示方法の比較を行なった。これに対し、実環境においては、Discord<sup>\*1</sup>のように、実際に対話を行うためのシステムにより在、不在を伝達する手法も存在する。そのため、実環境において用いられるシステムと比較して、提案手法の気づきやすさや作業への妨害度合いを調査することも検討している。

### 6.3 長時間の作業における注意への影響

本実験は、タスク内容及びタスク時間が制限された環境において調査が行われた。これに対し、実環境では作業内容は、より複雑なタスクの場合が多い。作業時間についても、さらに長時間作業を行う。そういった環境においても、作業の妨害にならないかどうかの検証が必要だと考えられる。今後は実環境における長時間の検証を行いたいと考えている。

## 7. おわりに

本研究においては、我々が先行研究にて提案した、物理アバタの視線を用いてアウェアネス情報を提示するシステムの基礎的特性の調査を行なった。実験より、以下の結果が得られた。

- 提案システムにより提示されるアウェアネス情報は、情報の理解しやすさが高いと考えられる。
- 提案システムにより提示されるアウェアネス情報は、作業への注意障害が小さいことが示唆された。
- 提案システムにより提示されるアウェアネス情報は、遠隔者の存在感を伝達する度合いが高いことが示唆された。

以上の結果から、提案システムの、アウェアネス情報提示のための基礎的特性は十分である可能性が示唆された。今後は、より細かなアウェアネス情報を伝達する手法との比較や、実環境における調査等を行うことを検討している。

## 参考文献

- [1] 広明敏彦, 國枝和雄, 宮井均: 遠隔インフォーマル会話におけるアウェアネス支援, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 1994, No. 96 (1994-HI-057), pp. 33-40 (1994).
- [2] Daft, R. L. and Lengel, R. H.: Information richness. A new approach to managerial behavior and organization design, Technical report, Texas A and M Univ College Station Coll of Business Administration (1983).
- [3] 沼中秀一, 高橋祐樹, 天野健太郎, 谷 英明, 加藤信介, 高橋幹雄: 知的生産性向上を目指した執務空間における外部の自然環境の導入効果に関する実態調査, 空気調和・衛生工学会論文集, Vol. 41, No. 229, pp. 1-14 (2016).
- [4] Egidio, C.: Video Conferencing as a Technology to Support Group Work: A Review of Its Failures, *Proceedings of the 1988 ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, CSCW '88, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 13-24 (online),

<sup>\*1</sup> <https://discord.com/>

- DOI: 10.1145/62266.62268 (1988).
- [5] Kuzuoka, H. and Greenberg, S.: Mediating awareness and communication through digital but physical surrogates, *CHI'99 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 11–12 (1999).
- [6] Greenberg, S.: Peepholes: Low cost awareness of one's community, *Conference Companion on Human Factors in Computing Systems*, pp. 206–207 (1996).
- [7] 児玉裕輝, 葛岡英明, 徐建鋒, 明堂絵美, 原田悦子, 大澤博隆: 雑談を誘発するテレプレゼンスロボットシステム, 研究報告グループウェアとネットワークサービス (GN), Vol. 2018, No. 20, pp. 1–7 (2018).
- [8] Roussel, N., Evans, H. and Hansen, H.: MirrorSpace: using proximity as an interface to video-mediated communication, *International Conference on Pervasive Computing*, Springer, pp. 345–350 (2004).
- [9] Dourish, P. and Bly, S.: Portholes: Supporting awareness in a distributed work group, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 541–547 (1992).
- [10] Neustaedter, C., Greenberg, S. and Boyle, M.: Blur Filtration Fails to Preserve Privacy for Home-Based Video Conferencing, *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, Vol. 13, No. 1, p. 1–36 (online), DOI: 10.1145/1143518.1143519 (2006).
- [11] Tanokashira, A., Kawaguchi, I., Shizuki, B. and Takahashi, S.: Supporting the Initiation of Remote Conversation by Presenting Gaze-Based Awareness Information, *Collaboration Technologies and Social Computing* (Hernández-Leo, D., Hishiyama, R., Zurita, G., Weyers, B., Nolte, A. and Ogata, H., eds.), Cham, Springer International Publishing, pp. 109–116 (2021).
- [12] Salvadori, F. A.: Open office interaction : initiating talk at work(Doctoral dissertation), *King's College London* (2016).
- [13] Kendon, A.: *Conducting interaction: Patterns of behavior in focused encounters*, Vol. 7, CUP Archive (1990).
- [14] Heath, C. and Christian, H.: *Body movement and speech in medical interaction*, Cambridge University Press (1986).
- [15] Maglio, P. P. and Campbell, C. S.: Tradeoffs in Displaying Peripheral Information, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '00, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 241–248 (online), DOI: 10.1145/332040.332438 (2000).
- [16] 白井良成, 大和田龍夫, 亀井剛次, 桑原和宏ほか: 実環境指向のウェアネス情報とその提示手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 12, pp. 3653–3663 (2002).
- [17] 高島健太郎, 妹尾大: Office Teller: 分散オフィスにおける「場のウェアネス情報」伝達による連帯感, 興味, 理解の向上に関する研究, 日本経営工学会論文誌, Vol. 65, No. 3, pp. 238–247 (2014).
- [18] 清水 健, 山下邦弘, 西本一志, 國藤 進: キャラクターエージェントを用いた個人作業状況ウェアネスを提供するシステムの構築, 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI04, pp. 22–22 (オンライン), DOI: 10.11517/pj-sai.JSAI04.0.22.0 (2004).
- [19] 深澤伸一, 下村義弘: 周辺視野への視覚的な動きと音による情報提示が気づきやすさと作業集中性に及ぼす影響, 人間と生活環境, Vol. 24, No. 1, pp. 1–10 (2017).
- [20] Hausen, D., Tabard, A., von Thermann, A., Holzner, K. and Butz, A.: Evaluating Peripheral Interaction, *Proceedings of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, TEI '14, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 21–28 (online), DOI: 10.1145/2540930.2540941 (2014).
- [21] Tanaka, K., Nakanishi, H. and Ishiguro, H.: Comparing Video, Avatar, and Robot Mediated Communication: Pros and Cons of Embodiment, *Collaboration Technologies and Social Computing* (Yuizono, T., Zurita, G., Baloian, N., Inoue, T. and Ogata, H., eds.), Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, pp. 96–110 (2014).
- [22] Shami, N. S., Leshed, G. and Klein, D.: Context of Use Evaluation of Peripheral Displays (CUEPD), Vol. 3585, pp. 579–587 (online), DOI: 10.1007/11555261.47 (2005).