

グループディスカッション支援のための 振動によるフィードバックの提示

市野 順子^{1,a)} 八木 佳子² 西野 哲生² 小澤 照²

受付日 2018年7月30日, 採録日 2019年1月15日

概要: 本稿では、グループディスカッションを支援するために提示するフィードバックの、モダリティと提示対象者の要因が、グループメンバのコンピュータに対する反応に与える影響を検討する。我々は、企業の実際のブレインストーミングをフィールドとした実験を行い、4つのフィードバック条件——3つは触覚モダリティ（椅子の振動）を使用し、1つは視覚モダリティ（スポットライトの点滅）——を比較した。触覚モダリティを使用した3つのフィードバック条件は、フィードバックの提示対象者が異なる：(1) 参加が期待されるメンバ（潜在的話者）にのみ提示、(2) 現在発言中のメンバ（現行話者）にのみ提示、(3) 全メンバに提示。実験の結果、モダリティの要因に関しては、触覚は視覚よりも、議論への集中を妨げない程度ではあるが議論からメンバの注意を逸らし、フィードバック提示直後のターンテイキングを促した。提示対象者の要因に関しては、全メンバあるいは現行話者に提示する方が、潜在的話者に提示するよりも、ターンテイキングを促した。その一方で、潜在的話者に提示する方が、現行話者に提示するよりも、メンバは、システムの意図がわかりやすく、快適だと感じた。

キーワード: CSCW, 振動フィードバック, ディスカッション支援, 対面インタラクション, フィールド実験, ブレインストーミング

Supporting Group Discussions Using Vibrotactile Feedback

JUNKO ICHINO^{1,a)} YOSHIKO YAGI² TETSUO NISHINO² TERU OZAWA²

Received: July 30, 2018, Accepted: January 15, 2019

Abstract: We present a study that investigates how group members modify their responses to computers depending on the modality used to provide feedback and who among group members receive feedback in group discussion support systems. We conducted field experiments at brainstorming sessions at a company and compared four feedback conditions: three using the vibrotactile modality (vibration of a chair) and one using the visual modality (on/off of a spotlight). Three feedback conditions using the vibrotactile modality differ in who among group members receive feedback: (1) a member whom other members would like to hear speak, or a member who is willing to speak in front of other members (potential speaker), (2) a member who is currently speaking (current speaker), and (3) all members. Regarding the feedback modality, our results show that although the vibrotactile modality distracted more members than the visual modality, and encouraged active turn-taking. Regarding who receives feedback, our results show that providing feedback to all members or to the current speaker encouraged more active turn-taking than providing feedback to the potential speaker, and members felt that it was easier to understand the intent of the system and felt comfortable when feedback was provided to the potential speaker rather than to the current speaker.

Keywords: CSCW, Vibrotactile feedback, Discussion support, Face-to-face interaction, Field experiment, Brainstorming

1. はじめに

コンピュータのインタフェースが異なれば、人間のコンピュータに対する反応は異なる。ReevesとNassはさまざまな実験を通してそのこと——例えば、お世辞を言うコンピュータだと、人間はそのコンピュータを高く評価す

る；自分と同じチームであるというレッテルを持ったコンピュータだと、人間はそのコンピュータに対して協力的になる——を明らかにした [1]。高度な知能を持ったコンピュータと人間が共存する社会へと変遷しつつある中、将来的には、人間の知的・創造的な活動の場に、コンピュータが参加している状況が予想される。そのような状況において、知的なコンピュータのインタフェースが、人間のコンピュータに対する反応、ひいては人間の知的・創造的な活動にどのような影響を与えるだろうか？

人間の知的・創造的な活動はさまざまあり、その1つにグループディスカッションがある。グループディスカッショ

¹ 東京都市大学
Tokyo City University, Yokohama, Kanagawa 224-8551, Japan

² 株式会社イトーキ
Itoki Co., Ltd., Chuo, Tokyo 104-0052, Japan

a) ichino@tcu.ac.jp

ンは、オフィスや非公式の場面で非常に一般的であるが、効果的な対話を行うことは必ずしも容易ではない [2]。企業は重要な会議で社外のファシリテータを投入する場合もあるが、コスト面から日常的な選択肢にはならない。それゆえコンピュータを利用したファシリテーションの支援への期待は古くからある。コンピュータを用いたグループディスカッション支援に関する従来の研究は、インタフェースのどのような要因が、グループメンバーのコンピュータに対する反応や、グループディスカッションに影響を与えるのかを数十年に渡り探求してきた。それら従来研究においては、メンバーの議論への参加（主に発言）の促進や抑制を図るために、コンピュータが、個々のメンバーの議論の関与に関するフィードバックを視覚モダリティを用いて表現し、全メンバーに向けて提示するものが多い [3], [4], [5]。しかし、これらのアプローチは必ずしも成功していない：視覚モダリティは議論からメンバーの注意を逸らしたり、全メンバーへの提示は議論に消極的なメンバーの否定的な反応を招いたりする場合がある。

本研究の目標は、コンピュータを用いたグループディスカッションの支援において、インタフェースに関する2つの要因——フィードバックのモダリティとフィードバックの提示対象者——が、グループメンバーのコンピュータに対する反応に与える影響についての洞察を得ることである。

この目標を達成するためには、コンピュータが人間のファシリテータと同程度に知的である必要があるが、現時点ではそのレベルには至っていない。かつ、人間の社会的行動を実験室実験で観察することは容易でない。それゆえ我々は、Wizard of Oz法を用いて、企業の実際のブレインストーミングをフィールドとした実証実験を行う。フィールド実験では、フィードバックのモダリティとフィードバックの提示対象者の2つの要因を操作する。具体的には、4つのフィードバック条件——触覚モダリティを用いた3つのフィードバック（各メンバーの椅子が振動する）と視覚モダリティを用いた1つのフィードバック（天井のスポットライトが点滅する）——を比較する。触覚モダリティを使用した3つのフィードバックの条件は、フィードバックの提示対象者が異なる：(1) 参加が期待されるメンバー（潜在的話者）にのみ提示、(2) 現在発言中のメンバー（現行話者）にのみ提示、(3) 全メンバーに提示。

2. 関連研究

コンピュータを用いたグループディスカッションの支援に関する多くの研究が行われ、グループ活動に影響を与えるさまざまな試みがなされてきた。それらのシステムの多くは、グループの言語 [6], [7] または非言語 [8], [9], [10] コミュニケーションをモニターし、コミュニケーションの特定の側面についてグループにフィードバックをリアルタイムに提示する [11]。それらの多くのシ

ステムの基本的な考え方は、グループダイナミクス（議論が開始してからその時点までの、各メンバーの発言頻度や総発言時間など、主に発言行動に着目した参加のバランス [3], [4], [5], [6], [12], [13], [14], [15], [16], [17]) の側面にグループのメンバーの注意を向けることで、彼らに気付きを与え、結果として有益な方法でコミュニケーションがとられるようになるであろう、というものである [7]。以降では、これらの先行研究を2つの観点から分析する。

1つ目の観点は、フィードバックのモダリティである。グループディスカッションを支援する既存システムの多くは、グループダイナミクスに関するフィードバックを、視覚情報（グラフィック [3], [4], [5], [6], [8], [12], [14], [16], アニメーション [6], [9], [17], [18], テキスト [6], [18], 光 [15], [19], [20] 等の視覚モダリティの情報）を用いて提示している。しかし、視覚情報は主タスクである議論からグループメンバーの注意を逸らす可能性があるため、それを抑えるべく、ambientあるいはperipheralなインタフェースの設計を試みている研究 [9], [14], [15], [16], [18], [19] も多い。それでもなお、視覚情報によって注意を逸らされたと感じるメンバーも依然としていることがわかっている [6], [9], [15], [18]。様々なアウェアネスや通知に関するインタフェースの中で、触覚（振動）は有望なモダリティと考えられる。なぜならば、ユーザの視覚と聴覚のモダリティが主タスクや社会的・環境的要因によって占有・制限されている場合に利用できるからである。例えば、Pielotら [21] は、振動パターンを工夫すれば、ユーザの注意を逸らさない軽量の情報提示を形成できることを示した。振動などの触覚刺激を用いて、スマートフォン [21], [22], スマートウォッチ [23], 靴 [24] 等のウェアラブルデバイス [25], [26] に情報の提示を試みる研究は多数存在する。触覚（振動）モダリティの利用は、グループディスカッションを含め、視覚や聴覚を十全に使用しているコミュニケーション活動の支援においても有効なのではないかと期待される。しかし、グループディスカッションの支援において、フィードバックのモダリティを操作することが、議論からメンバーの注意を逸らすかどうかを含め、メンバーのコンピュータに対する反応に与える影響を探求する研究は見当たらない。

2つ目の観点は、フィードバックの提示対象者である。グループディスカッションを支援する既存システムの多くは、グループダイナミクスに関するフィードバックを、全メンバーに提示している [3], [4], [5], [6], [9], [12], [15]。このようなシステムを使用したいくつかの事例では、グループの各々のメンバーが、フィードバックに反応して自己調整し、その結果グループの参加のバランスを改善することに成功した [3], [7], [12], [13], [14], [17]。これらの多くは参加過多のメンバーに対しては、彼らの参加を減らす効果をもたらした。しかし、参加過少のメンバーに対しては、彼らの参加を増やさなかったり [3], [13], [15]、自分の参加レベルが

他人に知られることへの不快感・参加しなくてはならないというプレッシャ・十分に参加できていないという疎外感といった否定的な反応を招いたり [15], [16], [17], [18] する事例が報告されている。これらの結果は、グループディスカッションを支援するシステムにおいて、全メンバに様にフィードバックを提示する方法は、少なくとも消極的なメンバにとっては最適ではないことを示唆する。つまり、フィードバックを誰に提示するかということが、グループディスカッションの支援にとって重要な要因の1つである可能性が考えられる。しかし、グループディスカッションの支援において、フィードバックの提示対象者を操作することが、消極的なメンバを含め、メンバのコンピュータに対する反応に与える影響を探求する研究は見当たらない。

3. 研究課題

前節の分析を踏まえ、以下の研究課題を設定した。

RQ1: フィードバックのモダリティが異なると、グループメンバのコンピュータに対する反応が異なるか?

RQ1-1: フィードバックのモダリティが異なると、メンバのコミュニケーションパターンが異なるか?

RQ1-2: フィードバックのモダリティが異なると、メンバの体験(感じ方や考え方)が異なるか?

RQ1-3: フィードバックのモダリティが異なると、議論からメンバの注意を逸らす程度が異なるか?

RQ2: フィードバックの提示対象者が異なると、グループメンバのコンピュータに対する反応が異なるか?

RQ2-1: フィードバックの提示対象者が異なると、メンバのコミュニケーションパターンが異なるか?

RQ2-2: フィードバックの提示対象者が異なると、メンバの体験(感じ方や考え方)が異なるか?

4. フィードバックのデザイン

2節で述べたように、既存システムにおいて提示されるフィードバックは、グラフィック等の視覚モダリティの情報为主であり、それらはグループメンバの注意を逸らす可能性がある。フィードバックのモダリティという根本的な問題を扱う第一歩として、本研究は、触覚(振動)モダリティに焦点を合わせ、極単純なフィードバックを扱う。具体的には、「そろそろ話して下さい」あるいは「そろそろ誰かに話を振って下さい」という2つのメッセージを意味するフィードバックである。4.1節では、フィードバックにおける2つのメッセージを表現するためにどのような振動パターンを用いるかについて検討し、フィードバックを提示するインタフェースをデザインする。4.2節では、フィードバックの提示対象者に関して検討する。

4.1 触覚(振動)モダリティを用いたフィードバック

2節で述べたように、グループダイナミクスのリアルタ

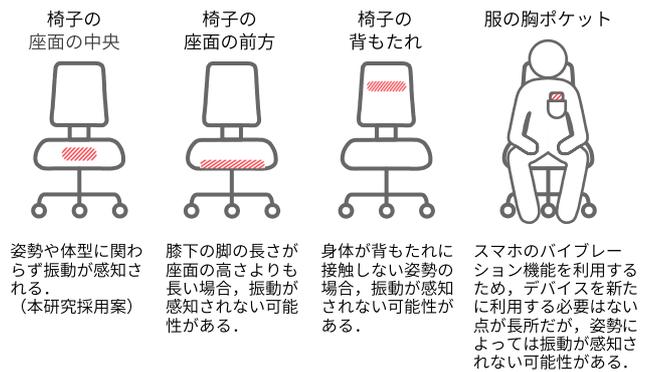


図 1 振動を提示する場所の検討

Fig. 1 Possible Locations of a Vibration Interface.

タイムフィードバックに関する多くの先行研究が、フィードバックがメンバの注意を逸らすことがないようにデザインすべき [9] と考えている。本研究もこの方針を受け継ぎ、振動を用いてフィードバックを提示するインタフェースをデザインする。

まず、我々は、注意を逸らさない振動とはどのようなものかを検討する。その際、振動をベースにしたインタフェースデザインのためのガイドライン [22] を参照する。Saketら [22] は、3つの基礎的な要因(空白の長さ、空白の数、振動の長さ)が、ユーザが振動の通知で知覚する緊急性と関係することを発見した。具体的には、彼らは10種類の振動パターンを比較し、「短めのon(振動)の後、長めのoff(空白)」のパターンが緊急性が最も低く知覚されることを発見した。知覚される緊急性が低いほどより注意を逸らさないと見なすことができるため、我々は彼らの知見を適用する。〈短めのon(振動)の後、長めのoff(空白)〉のonやoffの長さを変えて試す予備実験を経て、最終的に我々は〈1秒間on(振動)の後2秒間off〉というパターンを3回繰り返すデザインを採用した。

次に、振動をメンバのどこに提示するかを検討する。図1に示す各候補に対する検討を踏まえ、最終的に椅子の座面の中央(図1、一番左)を採用した。

触覚(振動)と比較するモダリティとして、我々は、多くの先行研究が扱っている視覚を用いる。我々は、視覚モダリティを用いたフィードバックとして光(照明)を採用する。なぜなら、光は振動と同様に、主タスクに視線を向けたままで知覚できるため、比較対象としてより公平であると考えられるからである。予備実験を経て、光も振動と同様に、〈1秒間on(点灯)の後2秒間off(消灯)〉というパターンを3回繰り返すデザインを採用した。

4.2 フィードバックの提示対象者

本小節では、消極的なメンバの心理を考慮した上で、どのメンバにフィードバックを提示すべきかを検討する。

本研究では、フィードバックが、消極的なメンバを含む

- (a) 他者選択 (他選) : 現行話者が次話者を選択する
 (b) 自己選択 (自選) : (a)が行われなければ, 次話者が自己を選択する
 (c) 継続 : (a)も(b)も行われなければ, 現行話者が継続して話す

図 2 ターンテイキングのルール

Fig. 2 Turn-Taking Rules.

メンバの発言の促進や抑制に関与する, つまり, ターンテイキングに関与することを期待している. 本段落では, 一般的に会話のターンテイキングがどのようにして行われるのかを説明する. 2人での会話では常に聞き手は1人のため, 現行話者が話すことをやめると聞き手は必ず次話者になれる. これに対して, 3人以上の会話では聞き手が常に2人以上いるため, 現行話者が話すことをやめると誰が次話者になれるかという問題が重要になる. Sacksらの理論 [27]によれば, 図 2 に示すルールに基づき次話者が決まる. このルールに基づけば, もし聞き手が次話者になろうと思ったら, ルール (a) によって現行話者に選択されるべく現行話者に対して視線やジェスチャによってその意思を提示するか, ルール (b) が適用されるべく自ら発言する必要がある.

グループディスカッションを支援する既存システム [3], [4], [5], [6], [9], [12], [15] では, グループダイナミクスに関するフィードバックの提示を通して, 参加過多のメンバが自発的に発言を減らすか, 参加過少のメンバが自発的に発言を増やすことが期待されていた. メンバが発言を減らそうとした場合, 単に自らの発言を控えれば良いため, 達成は比較的容易である. 一方, 発言を増やそうとした場合, ターンテイキングを行う必要があるため, 達成は前者ほど容易でない. 参加過少のメンバが内気な性格であることは往々にしてあり, そのようなタイプの人にとっては, さらに困難が増すことが予想される. 2節で述べた, 参加過少のメンバの参加を増やさなかったり, 否定的な反応を招いたりした先行研究の結果は, 自然な結果と考えられる.

以上の考察を踏まえ, 我々は, フィードバックの提示対象者として3つのバリエーションを設定する.

1つ目のバリエーションは, フィードバックを, 発言が期待されるメンバ (以降, 潜在的話者) にのみ提示する. フィードバックを受け取ったメンバは, それ以降に自らターンをとって発言する. 現在聞き手であるこのメンバは, 自分が次話者になるために, 図 2 のルール (a) または (b) が適用されるべく行動する. この方法は, 自発的な行動が求められるという点では従来手法と同じである. しかし, 従来手法とは異なり, 自分の参加レベルが他人に知られることがないため, 不快感を招きにくいことが期待される.

2つ目は, フィードバックを現行話者にのみ提示する. フィードバックを受け取ったメンバは, 他のメンバの中から潜在的話者を特定し, 特定した潜在的話者に対して発言を促す. 現在話し手であるこのメンバは, 他者にターンを譲

るために, ルール (a) が適用されるべく行動する. 現行話者は, その場のファシリテータ役・リーダー役を担っている可能性があるため, 潜在的話者を特定しターンを譲ることは比較的容易であると予想される. この方法は, 現行話者の協力を利用して, 潜在的話者の発言が促されることが期待される.

3つ目は, フィードバックをグループの全メンバに提示する. この方法は, 1つ目と2つ目の方法を足し合わせた方法である. フィードバックを受け取った全メンバは, 自分を含む全メンバの中から潜在的話者を特定する. もし, 現在聞き手であるメンバが自分を潜在的話者だと特定した場合は, 自らターンをとって発言する. もし, 現在話し手であるメンバが自分以外の誰かを潜在的話者だと特定した場合は, その潜在的話者にターンを譲る.

5. フィールド実験

3節で述べた研究課題に取り組むために, 企業の協力を得て, 実際の業務として行うブレインストーミングを利用したフィールド実験を行った. 以下の理由により, 実験室ではなく現場で実験を行うことが重要と考えられる. 実験室よりもフィールド実験の方が, 人々の社会的行動を再現するのが容易である [28]. その結果, 実験室で即席に作ったグループを使った実験室実験よりも, 既存のグループを使ったフィールド実験の方が, 人々は自然に協力してフィードバックを利用できる. 但し, フィールドで実験を行ったため, すべての変数 (例えばグループの構成) を制御することやグループの数を増やすことには限界があった.

実験条件は4つのフィードバック条件を設定した (表 1).

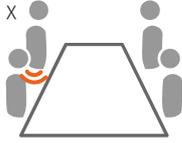
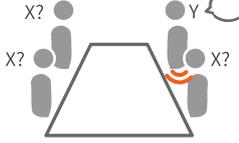
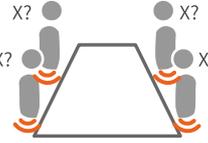
- Haptic-Potential Speaker (以降, Haptic-PS) : 潜在的話者に対してのみ, 振動によるフィードバックを提示する. フィードバックを受け取ったメンバは自ら発言する.
- Haptic-Current Speaker (以降, Haptic-CS) : 現行話者に対してのみ, 振動によるフィードバックを提示する. フィードバックを受け取ったメンバは潜在的話者を特定し, その潜在的話者に発言を促す.
- Haptic-All : 全メンバに対して, 振動によるフィードバックを提示する. フィードバックを受け取った全メンバは潜在的話者を特定する. もし現在聞き手であるメンバが自分を潜在的話者だと特定したら, 自ら発言する. もし現在話し手であるメンバが自分以外の誰かを潜在的話者だと思ったら, その潜在的話者に発言を促す.
- Visual-All : 全メンバに対して, 光 (照明) によるフィードバックを提示する. 以下 Haptic-All と同様.

5.1 参加者

17名の参加者 (女性5名, 平均年齢39歳, 範囲: 25~59歳) が実験に参加した. 参加者は全員, 同じ職場の同僚であり, 互いを知っている. 彼らは研究開発に従事しており, 定常的にブレインストーミングを行っている.

表 1 実験条件

Table 1 Experimental Conditions.

	Haptic-Potential Speaker (H-PS)	Haptic-Current Speaker (H-CS)	Haptic-All	Visual-All
フィードバックのモダリティ		触覚 (椅子の振動)		視覚 (スポットライトの点滅)
フィードバックのパターン		[1秒間振動+2秒間空白]×3回		[1秒間点灯+2秒間消灯]×3回
フィードバックの提示対象者	<p>潜在的話者 (X)</p> 	<p>現行話者 (Y)</p> 	<p>全メンバ</p> 	<p>全メンバ</p> 
参加者への教示	<p>「システムは、この後意見を聞き出したい人・言ってくれそうな人(X)を特定したら、Xさんに椅子を振動させて合図を送ります。Xさんは可能なら話して下さい。タイミングは自由です。」</p>	<p>「システムは、この後意見を聞き出したい人・言ってくれそうな人(X)を特定したら、現在の話し手(Y)に椅子を振動させて合図を送ります。Yさんは『Xさんかな』と思う人がいたら、可能ならXさんに話して振って下さい。タイミングは自由です。」</p>	<p>「システムは、この後意見を聞き出したい人・言ってくれそうな人(X)を特定したら、全員に椅子を振動させて (スポットライトを点滅させて) 合図を送ります。皆さんは『Xさんかな』と思う人がいれば、可能ならXさんに話して振って下さい。Xを自分自身だと思う場合は、可能なら話して下さい。タイミングは自由です。」</p>	

5.2 Wizard of Oz 法によるフィードバック提示

将来的には、進展しつつある非言語情報の認識技術 [29] や会話認識技術 [30] が、会議をファシリテーションするための状況理解を、ある程度までは自動的に行えるようになることが予想される。しかし現段階では実用レベルには至っていない。フィードバック以外の要因による影響を極力小さくするために、本研究では Wizard of Oz 法を採用した。Wizard of Oz 法とは、人間 (Wizard) がシステムのふりをしてユーザと対話することにより、実際のシステムとの対話に近いデータを取得する手法である。この手法では、ユーザに人間がシステムを演じていることは知らされない。

5.2.1 Wizard of Oz 法のための実験環境

Wizard 役が実験中の参加者の様子を観察できるようにするために、実験環境に2台のビデオカメラ——1台は実験で使用するテーブルの上、もう1台は天井——を設置した (図 3 (b))。参加者には、ビデオカメラの設置は事後の分析用であると説明した。実験中、Wizard 役は、別室からビデオカメラの映像と音声をリアルタイムで視聴し、本実験用に開発したフィードバック提示用アプリケーションを操作した。Wizard 役がアプリケーションのトリガボタンをタッチすると、会議室の各メンバの椅子 (図 3 (c)) または天井のスポットライト (図 3 (a)) にトリガ信号が送られ、参加者にフィードバックが提示された。実験を通して、参加者が、別室にいる Wizard 役の存在に気づくことはなかった。

5.2.2 Wizard 役がフィードバックを提示する要件

Wizard 役は、以下の要件を満たすようにフィードバックを提示 (トリガボタンをタッチ) した。

- 以下のいずれかに該当するメンバを発見したら、フィードバックを提示する
 - 発言の頻度が少ないため、そろそろ発言が期待される
 - 顔の表情・ジェスチャ・姿勢といった非言語行動から、何か発言することがありそうな様子が伺える
- セッション中、できるだけ多くフィードバックを提示する。また、セッション中に各参加者が少なくとも1

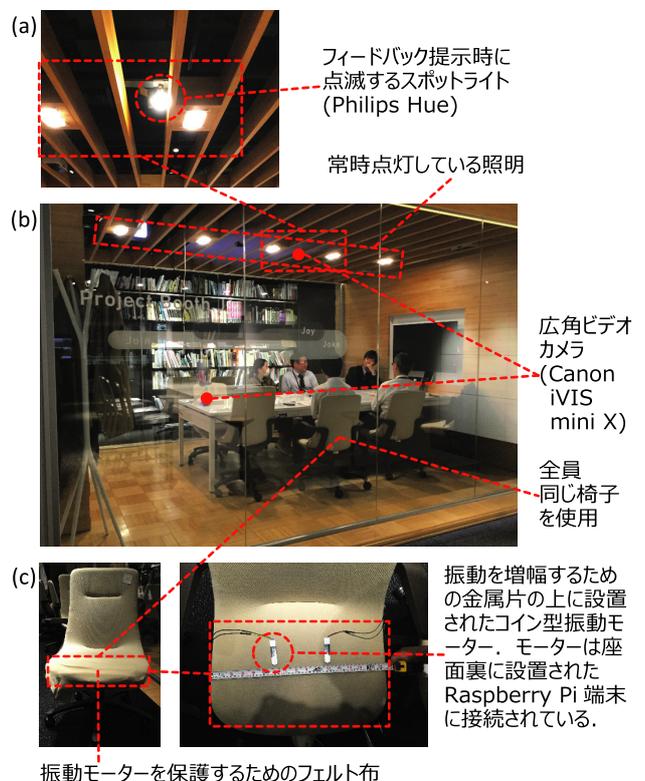


図 3 実験環境

Fig. 3 Experimental Environment.

回はフィードバックを体験するようにする

- 議論の状況や文脈上、フィードバックの提示が適切 (例えば、同じ「沈黙」という状況であっても、議論が煮詰まった状況での提示は適切だが、全メンバが資料を黙読している状況での提示は不適切である) だと判断される場合にのみ、フィードバックを提示する

5.2.3 Wizard 役を担当するプロのファシリテータ

Wizard 役が適切にフィードバックを提示することを保証するために、プロのファシリテータを Wizard 役として雇用した。実験開始当初、我々は、全16回のセッションで同一のファシリテータが Wizard 役を担当する予定であっ

た。しかし、10回を終えた時点でファシリテータ A が事情により継続不可能になったため、残り 6回は別のファシリテータ B が担当した*1。

5.3 実験方法と手順

5.3.1 実験方法

実験のすべての会議が、企業のオフィス内の同じ会議室(図 3(b))で開催された。実験では参加者にテーブルを囲んで座ってもらった。この企業の通常の会議と同様に、ホワイトボード(テーブルの天板にアナログ型ホワイトボードが埋め込まれている)、付箋紙、紙の書類、参加者が持ち込んだノート PC の利用に関する制限は設けなかった。

被験者内計画(グループ内計画)を使って、参加者は 4~5名からなる 4組の男女混合のグループに割り当てられた。各グループは 4つのフィードバック条件を実施した(表 1)。振動を提示する 3つの条件では、参加者の椅子の座面が振動した(図 3(c))。光を提示する条件では、スポットライトが点滅した(図 3(a))。Haptic-PS や Haptic-CS 条件下で振動を提示された参加者の周囲にいる参加者が、振動音によってそのことに気付くことはないことが事前に確認された。

グループは、1回約 40分間のブレインストーミングセッションを 4回実施するよう求められた。2セッションが休憩を挟んで連続して実施された後、約 1週間後に残りの 2セッションが実施された。グループには 4つのトピック——社員が健康かつ生産的に働けるように社員の〇〇を支援するソリューション：(1) ソロワーク、(2) グループワーク、(3) 休憩時間中の活動、(4) 社外ワーク——が与えられた。この企業は、オフィス家具の開発や、オフィス環境を改善するためのソリューションの提供を行っている。これらのトピックは実験のために準備されたものではなく、実験を実施する時点でこの企業がブレインストーミングを実施する予定のあったトピックであった。

以上より、4つの条件と 4つのトピックがラテン方格法を用いて配置され、カウンターバランスがとられた。

5.3.2 手順

各セッションの前に、システムの動作とその意味がグループに説明された(表 1)。セッション中に参加者がシステムからのフィードバックに気付いたときに、システムの期待通りに行動するかどうかや、そのタイミングは任意であることも説明された。その後全参加者にフィードバックを 2~3 回体験してもらった。

*1 ファシリテータ A の Wizard 役としての行動パターン(フィードバック提示の頻度や間隔、参加が期待されるメンバの選定等)に、ファシリテータ B のそれをできるだけ近づけるために、次の 2 点の措置をとった：(1) B には、A をよく知っておりかつ A よりも経験が豊富な人物を選定した。ファシリテータとしての経験年数は A が 9 年、B が 26 年であった。(2) B は、A が担当した 10 回のセッションの動画(2 台のビデオカメラで記録した動画と、Wizard 用アプリケーションの画面操作を録画した動画を同期再生するように結合した動画)を用いて、A の行動パターンを学習した。

セッション中は、2 台のビデオカメラを用いて映像と音声記録された(図 3(b))。Wizard 役は、ビデオカメラの映像と音声をリアルタイムで視聴しながら、フィードバック提示用アプリケーションを操作し、5.2.2 節で示した要件を満たすように参加者に対してフィードバックが提示された。

各セッションの終了後、参加者にアンケートに回答してもらった。全セッションの終了後、参加者に、4つのフィードバックの比較に関するアンケートに回答してもらった。その後、半構造化グループインタビューが行われた。

全セッションが終了してから約 2 週間後、参加者に、向性指数に関するアンケートに回答してもらった。

5.4 データの収集と分析

各研究課題を解決するために、量的および質的データを収集した。量的データについては、フィードバック提示後のターンテイキングの状況、参加のバランス、セッション中の各発言のタイプ、参加者の主観的アンケート、参加者の向性指数を収集した。質的データは、参加者の主観的アンケートの自由回答、半構造化グループインタビューから収集した。

5.4.1 フィードバック提示後のターンテイキングの状況

RQ1-1 と RQ2-1 の疑問に答えるために、フィードバック提示後に、フィードバック提示によってターンテイキングが発生したかどうかを判定した。表 2 にその判定基準を示す。判定は、フィードバック提示後 10・20・30 秒経過した 3つの時点で行った。

5.4.2 参加のバランス

RQ1-1 と RQ2-1 の疑問に答えるために、メンバ間の参加のバランスを測定した。複数の先行研究 [7], [12], [13], [17], [18] が、グループの各メンバの発言や視覚的注意に関する参加のバランスを測定するために、ジニ係数 [31] を変形した指標を採用している。ジニ係数は所得不均衡を表す指数で、0(完全に平等)から 1 までの値をとる。本研究も上述の先行研究に基づき、1 からジニ係数を引いた値を参加のバランスの指標とした。先行研究に従って、総発言長(メンバごとの各発言の発言長の合計)と発言頻度(メンバごとの発言頻度)の 2 つについて参加のバランスを求めた。

5.4.3 発言のタイプ

RQ1-1 と RQ2-1 の疑問に答えるために、セッション中のグループの発言を分析した。グループの各発言を、文献 [6] を

表 2 フィードバック提示後のターンテイキング発生時の判定基準

フィードバック条件	フィードバックの提示対象者	フィードバック提示時点のグループの状態	話者交替の判定基準
Haptic-PS	X	X以外が発言している 誰も発言していない(沈黙)	Xが発言した Xが発言した
Haptic-CS	Y	Yが発言している	Y以外が発言した
Haptic-All, Visual-All	全員	Zが発言している 誰も発言していない(沈黙)	Z以外が発言した 誰かが発言した

(表中の「発言」は、あいづちや独り言は対象外)

表 3 発言のタイプ

Table 3 Types of Remarks.

タイプ	内容
Idea	トピックに関する解決案の提示
Agreement	他者の発言に対する同意の表明や乗っかり
Disagreement	他者の発言に対する非同意の表明や反論
Discussion	アイディアに関する議論 (アイディアへの質問や疑問の提示と、それに対するアイディアの詳細や根拠等の説明)
Facilitation	ミーティングのファシリテーションに関する言及
Other	本題から外れた発言

参考にして表 3 に示す 6 つのタイプにコード化した。あいづち [32], 笑い声, フィラーは除外した。発言の単位は, ターンテイキングによって境界づけた [33]。発言途中の聞き手によるあいづち・笑い声・フィラーがあっても, ターンテイキングが発生したとはみなさなかった [33]。コード化は, 2 名のコーダが独立して行った。2 名のコーダの一致率は 85% で, 不一致だったものについては協議してタイプを決定した。

5.4.4 参加者の主観的アンケート

各セッションの終了後に実施したアンケートは, 15 項目——コミュニケーションに関する 3 項目, システムの一般的な有用性に関する 3 項目, 達成感・満足感に関する 3 項目, 不快感に関する 3 項目, 議論からの注意の逸脱に関する 3 項目——で構成された。各項目に対して, 5 段階のリッカート尺度 (1: まったく当てはまらない, 2: あまり当てはまらない, 3: どちらともいえない, 4: やや当てはまる, 5: 非常に当てはまる) で評定してもらった。アンケートの最後に, 体験したシステムに関するコメントや意見を自由回答形式で記述してもらった。

全セッションの終了後に実施したアンケートは, 「どのシステムが最も好きですか」, 「どのシステムが最も快適でしたか」, 「どのシステムが, 会議の生産性の観点で最も満足しましたか」の 3 項目で構成された。各項目に対して, いずれか 1 つのフィードバック条件を選択してもらった。アンケートの最後に, 体験したシステムに関するコメントや意見を自由回答形式で記述してもらった。

5.4.5 半構造化グループインタビュー

参加者がそれぞれのフィードバック条件で行われたセッションに参加してどのように感じたかを理解するために, 全セッションの終了後に各グループを対象とした半構造化グループインタビューを実施した。

5.4.6 参加者の向性指数 VQ

参加者の性格特性と主観的評価結果との関係を検討するために, 淡路・岡部式向性検査 [34] を用いて向性指数 (VQ: Version Quotient) を求めた。本向性検査は, 外向性の徴候に関する 25 項目, 内向性の徴候に関する 25 項目の計 50 項目の質問で構成され, 質問に対して, 「はい」, 「いいえ」, 無回答のいずれかで回答する。向性指数は, 文献 [34] の数式に基づき算出され, 0 から 200 までの値をとる。100 以下であれば内向的, 100 より大きければ外向的とされる。

5.4.7 統計的処理

フィードバック提示後のターンテイキングの発生確率 (図 4), 参加のバランス (表 4), 各発言タイプの時間占有率 (表 6) に対しては, フィードバック条件をグループ内要因とした反復測定分散分析を行った。フィードバック条件の主効果が有意であった場合には, 下位検定として Bonferroni 法を用いて, フィードバック条件間で多重比較検定を行った。

各セッションの終了後に実施した 5 段階リッカート尺度によるアンケートの結果 (表 5) に対しては, まずグループの集団内類似性を評価するために, 級内相関係数を求めた。15 項目のすべての項目において級内相関係数が 0.1 以下であったため, グループの階層性はないと判断した。よって, フィードバック条件 (Haptic-PS, Haptic-CS, Haptic-All, Visual-All) を被験者内要因とした 1 要因反復測定分散分析を行った。フィードバック条件の主効果が有意であった場合には, 下位検定として Bonferroni 法を用いて, フィードバック条件間で多重比較検定を行った。

全セッションの終了後に実施した順序尺度によるアンケートの結果 (図 5) に対しては, カテゴリカルデータ (対象とした各カテゴリの度数の割合) であるため χ^2 検定を行った。 χ^2 検定で有意であった場合には, 下位検定として Ryan 法を用いて, フィードバック条件間で多重比較検定を行った。

6. 結果

合計 16 回実施されたブレインストーミングセッションの時間は, 平均 40 分 51 秒であった。セッション中に Wizard 役が提示したフィードバックは, 平均 21.9 回であった。

参加者の平均向性指数は 110.4 (80~158) であった。参加者の向性指数と総発言長間のピアソンの相関係数を求めたところ, すべてのフィードバック条件において, 強い正の相関が見られた (Haptic-PS: $r = .729$, $p = .0014$; Haptic-CS: $r = .739$, $p = .0011$; Haptic-All: $r = .728$, $p = .0014$; Visual-All: $r = .676$, $p = .0040$)。向性指数と発言頻度間にも同様の相関が見られた。

以降の小節におけるグラフ内の誤差バーは標準誤差を表す。グラフおよび表中の記号*は前節で示した下位検定における有意水準 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$) を表す。

6.1 フィードバック提示後のターンテイキング発生確率

表 2 で示した判定基準に基づき, セッション中に Wizard 役が提示したフィードバックの合計回数のうち, フィードバック提示後にターンテイキングが発生したと判定された回数の割合を求めた。3 つの時点それぞれで分散分析を行った結果, すべての時点でフィードバック条件の主効果が有意であった (10 秒後: $F(3, 9) = 22.178$, $p = 1.71E-04$; 20 秒後: $F(3, 9) = 10.00$, $p = 0.003$; 30 秒後: $F(3, 9) = 7.983$, $p = 0.007$)。下位検定の結果, 図 4 に示す条件間で有意差が

見られた。すべての時点で Haptic-PS が他のすべての条件よりも発生確率が有意に低かった。また10秒後の時点では、Haptic-All が Visual-All よりも発生確率が有意に高かった。

フィードバックを提示するメンバの人数は、Haptic-PS と Haptic-CS は1人、All (Haptic-All と Visual-All) はグループの人数 (4~5人) であり、ターンテイキングが発生する確率は理論上 All の方が4~5倍高い。しかし結果はそれとは異なるものであった。また Haptic-All と Visual-All の発生確率も同じではなかった。

6.2 参加のバランス

グループの個々のメンバの総発言長および発言頻度を用いて、グループの参加のバランスを求めた (表4)。総発言長の参加のバランスおよび発言頻度の参加のバランスそれぞれに対して分散分析を行った結果、いずれもフィードバック条件の主効果は有意でなかった。

6.3 各発言タイプの時間割合

コード化されたグループの各発言タイプの発言長の合計が全発言時間に占める割合を求めた。表6に割合をパーセンテージで示す。各発言タイプにおいて分散分析を行った結果、いずれのタイプに関してもフィードバック条件の主効果は有意でなかった。

6.4 参加者の主観的アンケート

各セッションの終了後に実施したアンケートの結果を表5に示す。参加者は、Haptic-PS と Haptic-CS が Visual-All よりもメンバからの多様な意見を引き出した (Q3)、Haptic-PS が Haptic-CS よりもシステムの意図がわかりやすかった (Q5)、Visual-All が Haptic-CS よりも議論の結果に合意・納得している (Q9)、Haptic-All が Visual-All よりも注意を逸らされた (Q14)、と評価した。さらに、

各項目に対する参加者の評定値と向性指数間のピアソンの相関係数を求めたところ、Visual-All 条件に対する Q7 ($r = -.499, p = .049$)・Q9 ($r = -.575, p = .020$) の評定値と向性指数間、および、Haptic-PS 条件に対する Q15 ($r = -.609, p = .012$) の評定値と向性指数間に、有意な負の相関——参加者の向性指数が低い (内向的である) ほど評定値が高くなる——が見られた (表5の赤色の箇所)。

次に、全セッションの終了後に実施したアンケートの結果を図5に示す。円グラフから、全般的に Haptic-CS が選択されなかったことがわかる。各項目に対して χ^2 検定を行ったところ、快適さにおいてフィードバック条件の主効果が有意となり ($\chi^2(3) = 8.00, p = 0.046$)、下位検定の結果、Haptic-PS が Haptic-CS よりも割合が有意に高かった ($p = 0.008$) (図5中央)。さらに、各項目に対して得られた各フィードバック条件の度数 (カテゴリカルデータ) と向性指数との相関比を求めたところ、いずれにおいても相関は見られなかった。

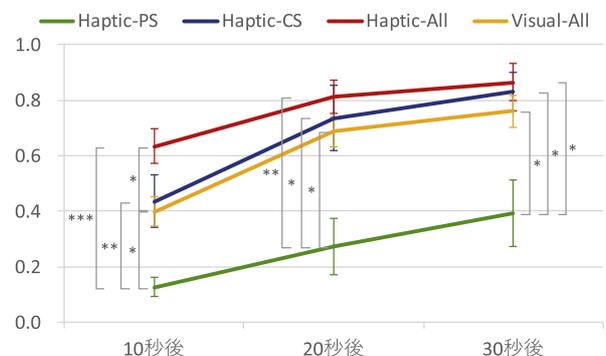


図4 フィードバック提示後のターンテイキング発生確率
Fig. 4 Probability of Turn-Taking after the Feedback.

表4 総発言長と発言頻度の参加のバランス

Table 4 Balance of Participation.

	Haptic-PS	Haptic-CS	Haptic-All	Visual-All
総発言長	0.71	0.74	0.69	0.68
発言頻度	0.76	0.75	0.73	0.73

表5 リッカート尺度によるアンケートの結果 (向性指数との相関が有意だった項目を赤で表示)

Table 5 Results of Likert Scale Questionnaire.

RQ	質問項目	H-PS	H-CS	H-A	V-A	分散分析		下位検定	
						F(3,45)	p値		p値
RQ1-1, コミュニ	Q1 システムはメンバの平等な発言を促した	3.38	3.00	3.00	3.00	1.246	0.304		
RQ2-1 ケーション	Q2 システムはメンバの協調的な参加を促した	3.38	3.13	3.31	2.94	2.064	0.118		
	Q3 システムはメンバからの多様な意見を引き出した	3.19	3.00	2.88	2.44	5.792	0.002 **	H-PS > V-A	0.001 **
								H-CS > V-A	0.026 *
RQ1-2, システムの	Q4 他のミーティングでもこのシステムを使いたい	2.56	2.75	2.94	3.00	2.143	0.108		
RQ2-2 全般的な有用性	Q5 システムの意図がわかりやすかった	4.44	3.63	4.13	3.81	3.025	0.039 *	H-PS > H-CS	0.045 *
	Q6 システムは総合的にみて有用だと思った	3.06	2.81	2.88	2.69	1.398	0.256		
	達成感・満足感	Q7 議論の結果 (質) に満足している	3.56	3.25	3.56	3.56	0.531	0.663	
	Q8 議論の結果 (量) に満足している	3.69	3.13	3.63	3.81	2.778	0.052		
	Q9 議論の結果に合意・納得している	3.94	3.44	3.88	4.19	3.987	0.013 *	V-A > H-CS	0.009 **
不快感	Q10 システムからプレッシャを感じた	2.81	2.69	2.44	2.38	0.968	0.416		
	Q11 システムは、押し付けがましい・介入し過ぎだと思った	3.06	2.56	2.94	2.31	2.682	0.058		
	Q12 システムに不気味さを感じた	2.56	2.19	2.38	2.19	1.983	0.130		
RQ1-3 議論からの注意の逸脱	Q13 システムからの合図にすぐに気付いた	4.50	4.31	4.69	3.94	2.284	0.092		
	Q14 システムからの合図を受けたとき注意を逸らされた	3.38	3.00	3.63	2.50	3.108	0.036 *	H-A > V-A	0.038 *
	Q15 システムから合図が気になって議論に集中できなかった	2.25	2.13	2.00	1.75	2.075	0.117		

(H-PS: Haptic-Potentila Speaker, H-CS: Haptic-Current Speaker, H-A: Haptic-All, V-A: Visual-All)

表 6 各発言タイプの時間割合
Table 6 Time Percentages of Remark Types.

	Haptic-PS	Haptic-CS	Haptic-All	Visual-All
Idea	28.1	28.0	31.2	30.2
Agreement	11.3	13.4	9.8	10.6
Disagreement	7.2	6.5	8.0	4.7
Discussion	33.2	35.4	37.0	34.2
Facilitation	4.1	4.3	4.0	7.7
Other	16.1	12.4	10.0	12.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

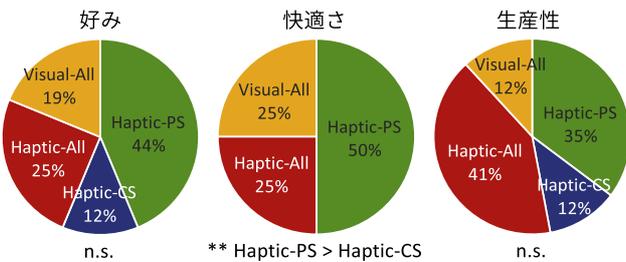


図 5 いずれか 1 条件を選択してもらうアンケートの結果

Fig. 5 Results of the Questionnaire on the Most Effective Feedback Condition.

6.5 質的データ

グループインタビューの記録と、参加者に自由回答形式で記述してもらったアンケート結果を用いて、質的帰納的分析を行った。

6.5.1 フィードバックのモダリティ (RQ1)

●行動の後押し

振動によるフィードバックは、参加者の行動を後押しするきっかけになっていることを伺わせる内容のデータが多く見られた。一方で、光によるフィードバックはそうには機能していなかった。

[振動]

- 振動が議論を進めようという意識付けになった (P11, VQ:92).
- 聞こう、話そう、と背中を押されている感じがした (P15, VQ:124).
- 振動が発言するモチベーションにつながるように感じた (P13, VQ:112).

[光]

- 振動よりプレッシャを感じないが、その分無視してしまった (P01, VQ:88).
- 活動を促す力にはあまりなっていないと感じた (P02, VQ:158).
- 光は他人事のように感じた (P18, VQ:116).

●共有意識と当事者意識

フィードバックを受け取ったメンバが抱く、共有意識や、その共有意識に伴って生じるグループの問題を自分のこととして取り組もうとする当事者意識に関する、振動と光のフィードバックの違いを言及した意見が、グループインタビュー中に 1 人の参加者から示され、他の参加者の賛同を大いに得ていた。

- 光は全員が同時に受け取ったことが明らかなので、(フィード

バックを) 共有する感覚が強い。それゆえに、「他の人も知っているのだから自分が何かしなくてもいいか」という他人任せな気持ちになりやすかった。それに対して、振動は全員が受け取ったことはわかっているけど、見えないため共有感は弱い。それゆえに、他人任せな気持ちになりやすかった (P05, VQ:80).

6.5.2 フィードバックの提示対象者 (RQ2)

●当事者意識

フィードバックを潜在的話者 (Haptic-PS) に提示する条件に対して、フィードバックを受け取ったメンバ (潜在的な話者) の、フィードバックに反応しなくても問題ないであろう、という消極的な姿勢や、当事者意識の低さを伺わせるデータが複数見られた。一方で、現行話者 (Haptic-CS) や全メンバ (Haptic-All, Visual-All) に提示する条件に対しては、そのようなデータは確認されなかった。

[Haptic-PS]

- 仮に発言しなくても、他の人に気付かれないし、周囲に「あの人が話していない」と思われない (P16, VQ:108).
- 自身が話さなくても迷惑にならない (P05, VQ:80).

●潜在的話者の特定

参加者に潜在的話者の特定を期待する条件は、Haptic-CS と All (Haptic-All, Visual-All) である。そのときに、Haptic-CS と All の間では、参加者の心理に違いが見られた。Haptic-CS の場合、参加者が潜在的話者の特定を試みようとした結果、それを困難に感じたことに言及したデータが多数確認された。一方で、All にはそのようなデータは観察されず、参加者に潜在的話者の特定を委ねられている自由さ・曖昧さを肯定的に捉えたものも見られた。

[Haptic-CS]

- システムからの合図で誰に話を振っていいかわからなかった (P10, VQ:142).
- 自分が今話していることと、誰かに話しを振ることを同時に考えなければいけないことが難しかった (P09, VQ:84).
- Haptic-CS はファシリテーションスキルがある程度高い人には有効なのかもしれない (P06, VQ:128).

[Haptic-All, Visual-All]

- 自分かも、違うかも、くらいで合図を受け取るほうが能動的になれた (P18, VQ:116).
- 自由意思を認められていると思った (P17, VQ:116).

●共有意識・安心感

参加者は、全メンバ (Haptic-All, Visual-All) に提示したフィードバックに対して、共有意識や安心感を抱いている示すデータが複数確認された。

[Haptic-All, Visual-All]

- 全員に知らせている点で、みんなが話を進めなければという共有意識が生まれたような気がする (P03, VQ:92).
- 全員が知っているので話しを進めやすい (P10, VQ:142).
- 全体に周知された方が皆の認識レベルが上がると感じた (P15, VQ:124).
- 自分だけに合図が来ているというプレッシャがないので、発言しやすかった (P03, VQ:92).

6.5.3 フィードバックの提示方法の改良

フィードバックの提示方法の改良を示唆するデータも得られた。

- Haptic-PS と Haptic-CS を組み合わせた仕組みだともっと良い (P05, VQ:80).
- 発言を促す合図と議論の展開を促す合図が区別されてもいいのではと思った (P02, VQ:158).
- 合図に慣れてくると気にしなくなるのでパターンを変える等あった方がよかった (P12, VQ:96).

7. 考察

7.1 フィードバックのモダリティ (RQ1)

7.1.1 コミュニケーションパターン (RQ1-1)

本研究の結果は、触覚モダリティ (振動) の方が、視覚モダリティ (光) よりも、フィードバック提示直後 (10 秒後) のターンテイキングを促した (図 4) ことを示す。メンバは振動によって、行動を後押しされるように感じ (6.5.1 節)、その結果ターンテイキングが促されたと考えられる。

しかし、本研究では、モダリティの違いは、参加のバランス (表 4) や各発言タイプの時間割合 (表 6) にまでは影響を及ぼさなかった。前述したように、本実験の参加者は皆、定常的にブレインストーミングを行っている。本実験で 1 セッション当たりの平均フィードバック提示回数は 21.9 回であった。ブレインストーミングの不慣れなグループを対象にしてより頻繁にフィードバックを提示すれば、会議全体に及ぼす影響が大きくなり、参加のバランスにも影響を及ぼした可能性も考えられる。

7.1.2 体験 (RQ1-2)

本研究の結果は、モダリティの違いは、システムの全般的な有用性、達成感・満足感、不快感に関するメンバの主観的評価 (表 5, Q4~Q12) や、好み、快適さ、生産性に関するメンバの主観的評価 (図 5) に影響を及ぼさなかったことを示す。

加えて、触覚モダリティ (振動) の方が視覚モダリティ (光) よりも、フィードバックを受け取ったメンバの共有意識と当事者意識を高めたようであった (6.5.1 節)。振動によるフィードバックを全メンバに提示すると、メンバは共有意識を持ちにくく、それゆえ彼らの当事者意識が強められた (社会的補償 [35] の効果)。それとは逆に、光によるフィードバックを全メンバに提示すると、メンバは共有意識を持ちやすく、それゆえ彼らの当事者意識が弱められた (社会的手抜き [36] の効果)。これらの結果は、モダリティと、集団で課題を遂行する状況での動機づけに何らかの関連がある可能性を示唆する。この点については今後のさらなる検証を要する。

7.1.3 注意の逸脱 (RQ1-3)

本研究の結果は、触覚モダリティ (振動) に対しての方が、視覚モダリティ (光) に対してよりも、メンバは注意を逸らされたと感じた (表 5, Q14) ことを示す。

しかし、両モダリティ間で有意差があったものの、振動によって、注意を逸らされたかに対する評定値が高くなかった

(表 5, Q14) こと、振動が気になって議論に集中できないほどではなかった (表 5, Q15) こと、振動による注意の逸脱を指摘したデータが観察されなかった (6.5.1 節) ことを踏まえると、本研究で用いた振動によるフィードバックが、メンバの注意を逸らした程度はそれほど大きくなかったと判断される。

一方、本研究で用いた光によるフィードバックがメンバの注意を逸らした程度は、振動と比較して低かった (表 5, Q13~Q15) もの、その程度が、メンバに無視される (6.5.1 節) ほど低い可能性も示唆された。

7.2 フィードバックの提示対象者 (RQ2)

7.2.1 コミュニケーションパターン (RQ2-1)

本研究の結果は、全メンバ (Haptic-All) または現行話者 (Haptic-CS) にフィードバックを提示する方が、潜在的話者 (Haptic-PS) に提示するよりも、ターンテイキングが促された (図 4) ことを示す。フィードバックのモダリティ (RQ1) と同様に、提示対象者の違いは、参加のバランスや各発言タイプの時間割合にまでは影響を及ぼさなかった。

提示対象者の違いが、ターンテイキングの発生確率に影響を及ぼした点について考察する。Haptic-All 条件の場合、全メンバがフィードバックを受け取るため、メンバ間の共有意識が高められ、それにより個々のメンバは行動を起こしやすと感じ (6.5.2 節)、最終的にターンテイキングが促されたと考えられる。Haptic-PS 条件と Haptic-CS 条件の場合、フィードバックを受け取るメンバはどちらも 1 人であるが、ターンテイキングの発生確率は異なっていた。Haptic-PS 条件では、フィードバックを受け取ったメンバ (潜在的話者) の当事者意識が低い (6.5.2 節) ため、他の条件よりターンテイキングが促されなかった (図 4) と考えられる。Haptic-CS 条件では、フィードバックを受け取ったメンバ (現行話者) の当事者意識が低くはなかった (Haptic-PS 条件で観察されたような、当事者意識の低さを示すコメントは観察されなかった) ため、Haptic-PS 条件よりターンテイキングが促されたと考えられる。

7.2.2 体験 (RQ2-2)

本研究の結果は、フィードバックを潜在的話者 (Haptic-PS) に提示する方が、現行話者 (Haptic-CS) に提示するよりも、メンバは、システムの意図がわかりやすく (表 5, Q5)、快適だ (図 5, 中央) と感じたことを示す。これらについて以降で考察する。

Haptic-PS 条件では、フィードバックを受け取ったメンバに期待される行動は、自分自身が発言することであり、すべきことは明白である。それゆえ、メンバはシステムの意図をわかりやすいと感じ (表 5)、快適なシステムとして選んだ (図 5) と考えられる。

Haptic-CS 条件では、フィードバックを受け取ったメンバに期待される行動は、潜在的話者を特定し、特定した潜在的話者に発言を促すことである。4.2 節で述べたように、当

初我々は、現行話者が潜在的話者を特定することは比較的容易であろうと予想していた。しかし予想に反し、フィードバックを受け取った現行話者は、潜在的話者を特定することや、発言しつつ同時に潜在的話者の特定を行うことに、困難を感じた(6.5.2節)。それゆえ、Haptic-PS条件と比べて、メンバはシステムの意図をわかりにくいと感じ(表5)、快適なシステムとして選ばなかった(図5)と考えられる。

Haptic-All条件では、フィードバックを受け取ったメンバに期待される行動は、自ら発言するか、あるいは、潜在的話者を特定し発言を促すことである。Haptic-All条件の場合、Haptic-CS条件と同様に、潜在的話者の特定を期待されているにも関わらず、潜在的話者の特定の難しさを指摘するコメントは見られなかった。逆に、潜在的話者の特定がメンバに委ねられていることを肯定的に評価したコメントさえ見られた(6.5.2節)。フィードバックを1人で受け取るHaptic-CS条件に対して、Haptic-All条件は全メンバで受け取るために、システムの期待に独りで応える必要がないため、人間側に裁量を委ねるシステムの振る舞いを許容でき、システムの意図のわかりやすさ(表5)や快適さ(図5)に対する評価が、Haptic-CS条件ほど低くならなかったと考えられる。

7.2.3 有効なフィードバック提示対象者

RQ2に関する本研究の結果を表7にまとめる。表より、得られた結果を総合的に検討すると、フィードバックの提示対象者として本研究が設定した3つのバリエーションの中で最も有効であったのは、全メンバに提示する方法(Haptic-All)と判断される。また、フィードバックを現行話者に提示する方法(Haptic-CS)も、有効となる見込みがある。例えば、フィードバックを提示するメンバ(現行話者)に潜在的話者の特定を委ねるのではなく、何らかの方法で潜在的話者に関する情報をあわせて提示する(8節参照)ことで、フィードバックを現行話者に提示する方法の体験(RQ2-2)に対する評価が向上する可能性がある。

7.3 消極的なメンバに与えた影響

本小節では、メンバの性格特性を考慮して、本研究の結果を考察する。メンバの性格特性が本研究の結果に影響を及ぼしたのは、以下に示す2点においてであった。

1点目は、視覚モダリティ(Visual-All)を用いて提示する場合の、達成感・満足感に関してであった。視覚モダリ

表7 RQ2に対する結果のまとめ
Table 7 Summary of Results for RQ 2.

	Haptic-PS	Haptic-CS	Haptic-All
RQ2-1 コミュニケー ションパターン	ターンテイキングが 発生しにくい	ターンテイキングが 発生しやすい	ターンテイキン グが発生しやす い
RQ2-2 体験	<ul style="list-style-type: none"> メンバは、システ ムの意図がわかり やすいと思う メンバは、最も快 適なシステムだと 思う 	<ul style="list-style-type: none"> メンバは、システ ムの意図がわかり にくいと思う メンバは、最も快 適ではないシステ ムだと思う 	Haptic-PSと Haptic-CSの中 間に位置づけら れる

ティを用いたフィードバックでは、メンバが内向的であるほど、議論の結果(質)に満足している(表5, Q7)、議論の結果に合意・納得している(表5, Q9)と評価した。触覚モダリティ(Haptic-All)では、同様の傾向は見られなかった。つまり、どちらのモダリティにおいても、メンバが内向的である場合にのみ否定的な反応を招くことはなかった。

2点目は、潜在的話者(Haptic-PS)に提示する場合の、議論からの注意の逸脱に関してであった。フィードバックを潜在的話者に提示する場合、メンバが内向的であるほど、システムからの合図が気になって議論に集中できなかったと評価した(表5, Q15)。しかし、その評定値は高くなかった(向性指数100以下の参加者のQ15の平均評定値:2.87)。それゆえ、本研究が用いた、潜在的話者にフィードバックを提示する方法は、内向的なメンバの注意を大きく逸らすものではなかったと判断される。

以上を踏まえると、本研究が用いた4つのフィードバックに対して、消極的なメンバの反応は概ね肯定的であったと判断される。2節で述べたように、グループダイナミクスに関するフィードバックを全メンバに提示する既存システムでは、消極的なメンバの、不快感・プレッシャ・疎外感といった否定的な反応を招く事例が報告されている[15], [16], [17], [18]。本研究の結果からは、そのような反応は確認されなかった。

8. 今後の課題

我々は、対面のグループディスカッションを支援するために、振動を用いてフィードバックを提示する場合の効果についての初歩的な知見を得た。今後、触覚(振動)モダリティの可能性についてのより深い理解を得るためにさらなる研究が必要である。

今後の研究の一つの方向性は、振動によるフィードバックの情報量を増やすことである。振動に関するパラメータ(ピッチ, ボリューム, 継続時間等)を変えて提示された情報を、ユーザはある程度識別できることが先行研究[22], [24], [25]でわかっている。本研究が扱ったフィードバックは、極単純なメッセージである。本研究の質的データ分析から得られた知見に基づけば、グループメンバに求める発言の種類(トピックに関する発言なのかそれともファシリテーションに関する発言なのか)や、潜在的話者(発言が期待されるメンバは誰なのか)に関する情報が有用となる可能性がある。例えば、本研究から、現行話者にフィードバックを提示した場合、現行話者の当事者意識は高いが、潜在的話者を特定することに負荷を感じていることがわかったため、彼らに提示するフィードバックに潜在的話者についての何らかの情報を付与することで、有効性が増す可能性も考えられる。

また、別の方向性は、本研究が扱った4つのフィードバックを組み合わせて使用した場合の効果を検討することである。例えば、Haptic-PS条件とHaptic-CS条件におけ

るフィードバックを組み合わせて利用することで、両方の効果が得られる可能性がある。

9. おわりに

本稿では、グループディスカッションを支援するために提示するフィードバックの、モダリティと提示対象者の要因が、グループメンバのコンピュータに対する反応に与える影響を検討した。企業の実際のブレインストーミングをフィールドとして実験を行った結果、モダリティの要因に関しては、触覚（振動）は視覚（光）よりも、議論への集中を妨げない程度ではあるが議論からメンバの注意を逸らし、フィードバック提示直後のターンテイキングを促した。提示対象者の要因に関しては、全メンバあるいは現行話者に提示する方が、潜在的話者に提示するよりも、ターンテイキングを促した。その一方で、潜在的話者に提示する方が、現行話者に提示するよりも、メンバは、システムの意図がわかりやすく、快適だと感じた。これらの結果を総合的に考察すれば、本研究が用いた4つのフィードバックの中で最も有効だったのは、触覚（振動）モダリティによるフィードバックを全メンバに提示する方法（Haptic-All）と判断される。

グループディスカッションを支援する既存システムの多くは、視覚モダリティを用いてフィードバックを提示しており、議論からメンバの注意を逸らすことがある。これに対して、本研究が用いた触覚モダリティ（椅子の振動）は、視覚モダリティ（照明の点滅）よりはメンバの注意を逸らすものであったが、議論に集中できないほどではなかった。また、グループディスカッションを支援する既存システムの多くは、全メンバにフィードバックを提示しており、議論に消極的なメンバの否定的な反応を招いたりすることがある。これに対して、本研究が試みた潜在的話者・現行話者・全メンバへのフィードバックの提示に対して、消極的なメンバの反応は概ね肯定的であった。

本研究の結果は、グループディスカッション支援において、コンピュータが提示するフィードバックのモダリティや提示対象者が異なると、グループメンバのコンピュータに対する反応が変わることを示す。本研究で得られた知見は、コミュニケーション・コラボレーション・グループワークの支援に関する研究だけでなく、振動を用いたアウェアネスや通知のインタフェースに関する研究にも貢献することが期待される。今後は、振動モダリティの表現方法（どんな振動パターンでどんな情報を伝達するか）と有効性の関係を知るために、体系的な研究が必要である。

謝辞 本研究の一部はJSPS 科研費（18K11409）の助成を受けたものである。

参考文献

[1] Reeves, B. and Nass, C.: *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media*

- Like Real People and Places*, US: Cambridge University Press (1996).
- [2] Doyle, M. and Straus, D.: *How to make meetings work: The new interaction method*, Berkley Trade (1993).
- [3] DiMicco, J.M., Pandolfo, A. and Bender, W.: Influencing group participation with a shared display, *Proc. CSCW '04*, pp.614–623, ACM (2004).
- [4] Bergstrom, T. and Karahalios, K.: Seeing more: Visualizing audio cues, *Proc. INTERACT 2007*, pp.29–42, Springer (2007).
- [5] Kim, T.J., Chang, A., Holland, L. and Pentland, A.S.: Meeting Mediator: enhancing group collaboration using sociometric feedback, *Proc. CSCW '08*, pp.457–466, ACM (2008).
- [6] Leshed, G., Perez, D., Hancock, J.T., Cosley, D., Birnholtz, J., Lee, S., McLeod, P.L. and Gay, G.: Visualizing real-time language-based feedback on teamwork behavior in computer-mediated groups, *Proc. CHI '09*, pp.537–546, ACM (2009).
- [7] Tausczik, Y.R. and Pennebaker, J.W.: Improving teamwork using real-time language feedback, *Proc. CHI '13*, pp.459–468, ACM (2013).
- [8] Nowak, M., Kim, J., Kim, N.W. and Nass, C.: Social visualization and negotiation: effects of feedback configuration and status, *Proc. CSCW '12*, pp.1081–1090, ACM (2012).
- [9] Balaam, M., Fitzpatrick, G., Good, J. and Harris, E.: Enhancing interactional synchrony with an ambient display, *Proc. CHI '11*, pp.867–876, ACM (2011).
- [10] Sanchez-Cortes, D., Aran, O., Mast, M.S. and Gatica-Perez, D.: A Nonverbal Behavior Approach to Identify Emergent Leaders in Small Groups, *IEEE Trans. Multimedia*, Vol.14, No.3, pp.816–832 (2012).
- [11] Soller, A., Martínez, A., Jermann, P. and Muehlenbrock, M.: From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol.15, No.4, pp.261–290 (2005).
- [12] Terken, J. and Sturm, J.: Multimodal Support for Social Dynamics in Co-located Meetings, *Personal Ubiquitous Computing*, Vol.14, No.8, pp.703–714, Springer-Verlag London (2010).
- [13] DiMicco, J.M., Hollenbach, K.J., Pandolfo, A. and Bender, W.: The Impact of Increased Awareness While Face-to-Face, *Human-Computer Interaction*, Vol.22, pp.47–96 (2007).
- [14] Streng, S., Stegmann, K., Hußmann, H. and Fischer, F.: Metaphor or diagram? Comparing different representations for group mirrors, *Proc. OZCHI '09*, pp.249–256, ACM (2009).
- [15] Bachour, K., Kaplan, F. and Dillenbourg, P.: An interactive table for supporting participation balance in face-to-face collaborative learning, *IEEE Trans. Learning Technologies*, Vol.3, No.3, pp.203–213 (2010).
- [16] Tausch, S., Hausen, D., Kosan, I., Raltchev, A. and Hussmann, H.: Groupgarden: Supporting Brainstorming through a Metaphorical Group Mirror on Table or Wall, *Proc. NordiCHI '14*, pp.26–30, ACM (2014).
- [17] Tausch, S., Ta, S. and Hussmann, H.: A Comparison of Cooperative and Competitive Visualizations for Co-located Collaboration, *Proc. CHI '16*, pp.5034–5039, ACM (2016).
- [18] Schiavo, G., Cappelletti, A., Mencarini, E., Stock, O. and Zancanaro, M.: Overt or subtle? Supporting group conversations with automatically targeted directives,

Proc. IUI '14, pp.225-234, ACM (2014).

[19] Snyder, J., Matthews, M., Chien, J.T., Chang, P.F., Sun, E., Abdullah, S. and Gay, G.: MoodLight: Exploring Personal and Social Implications of Ambient Display of Biosensor Data, *Proc. CSCW '15*, pp.143-153, ACM (2015).

[20] Occhialini, V., Essen, H. and Eggen, B.: Design and Evaluation of an Ambient Display to Support Time Management during Meetings, *Proc. INTERACT '11*, pp.263-280, Springer-Verlag Berlin (2011).

[21] Pielot, M. and de Oliveira, R.: Peripheral Vibro-Tactile Displays, *Proc. MobileHCI '13*, pp.1-10, ACM (2013).

[22] Saket, B., Prasojo, C., Huang, Y. and Zhao, S.: Designing an Effective Vibration-Based Notification Interface for Mobile Phones, *Proc. CSCW '13*, pp.1499-1504, ACM (2013).

[23] Blum, J.R. and Cooperstock, J.R.: Expressing Human State via Parameterized Haptic Feedback for Mobile Remote Implicit Communication, *Proc. AH '16*, p.41, ACM (2016).

[24] Meier, A., Matthies, D.J.C., Urban, B. and Wettach, R.: Exploring vibrotactile feedback on the body and foot for the purpose of pedestrian navigation, *Proc. iWOAR '15*, No.11, ACM (2015).

[25] Schneider, O.S., Seifi, H., Kashani, S., Chun, M. and MacLean, K.E.: HapTurk Crowdsourcing Affective Ratings of Vibrotactile Icons, *Proc. CHI '16*, pp.3248-3260, ACM (2016).

[26] Birnholtz, J., Gergle, D., Liebman, N. and Sinclair, S.: Feeling Aware: Investigating the Use of a Mobile Variable-Friction Tactile Display for Awareness Information, *Proc. MobileHCI '15*, pp.16-25, ACM (2015).

[27] Sacks, H., Schegloff, E.A. and Jefferson, G.: A simplest systematics for the organization of turn-taking in conversation, *Language*, Vol.50, No.4, pp.696-735 (1974).

[28] Hornecker, E. and Nicol, E.: What do lab-based user studies tell us about in-the-wild behavior?: Insights from a study of museum interactives, *Proc. DIS '12*, pp.358-367, ACM (2012).

[29] Gatica-Perez, D.: Automatic nonverbal analysis of social interaction in small groups: A review, *Image and Vision Computing*, Vol.27, No.12, pp.1775-1787 (2009).

[30] McGregor, M. and Tang, J.: More to Meetings: Challenges in Using Speech-Based Technology to Support Meetings, *Proc. CSCW '17*, pp.2208-2220, ACM (2017).

[31] Weisband, S.P., Schneider, S.K. and Connolly, T.: Computer-Mediated Communication and Social Information: Status Salience and Status Differences, *Academy of Management Journal*, Vol.38, No.4, pp.1124-1151 (1995).

[32] Den, Y., Yoshida, N., Takanashi, K. and Koiso, H.: Annotation of Japanese response tokens and preliminary analysis on their distribution in three-party conversations, *Proc. O-COCOSDA 2011*, pp.168-173, IEEE (2011).

[33] 高梨克也: 基礎から分かる会話コミュニケーションの分析法, ナカニシヤ出版 (2016).

[34] 淡路円治朗, 岡部弥太郎: 向性検査と向性指数 (上), 心理学研究, Vol.7, No.1, pp.2-10 (1932).

[35] Williams, K.D. and Karau, S.J.: Social loafing and social compensation: The effects of expectations of co-worker performance, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.61, No.4, pp.570-581 (1991).

[36] Latané, B., Williams, K. and Harkins, S.: Many hands make light the work: The causes and consequences of

social loafing, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.37, No.6, pp.822-832 (1979).



市野 順子 (正会員)

1998年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了。1998～2001年大日本印刷(株)。2001～2006年TIS(株)。2003～2006年(独)情報通信研究機構けいはんな情報通信融合研究センター自然言語グループ特別研究員。2007年神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。2007～2014年電気通信大学大学院情報システム学研究科助教。2010～2011年カルガリー大学コンピュータサイエンス学部客員研究員。2014～2017年香川大学工学部准教授。2017年より東京都市大学メディア情報学部情報システム学科教授。協調活動・感性的活動の支援、ユーザーの認知・行動特性の理解に関する研究に従事。電子情報通信学会, ACM各会員。博士(工学)。



八木 佳子

1998年大阪市立大学大学院生活科学研究科前期博士課程修了。現在,(株)イトーキ商品開発本部ソリューション開発部所属。オフィスにおける健康, コミュニケーション, 生産性等を向上する働き方と, その働き方を支える環境に関する研究およびソリューションの開発に従事。



西野 哲生

1997年三重大学工学部電気電子工学科卒業。現在,(株)イトーキにてICT技術を活用したソリューションの企画・開発～営業推進に従事。



小澤 照

2016年関西学院大学理工学部人間システム工学科卒業。現在,(株)イトーキにて, オフィス空間におけるヒューマンコンピューターインタラクションを活用した, 生産性向上を図るアプリケーションの研究開発に従事。