

対面会議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} 八木佳子^{†2} 西野哲生^{†2} 小澤照^{†2}

概要：本稿では、対面会議の支援において、参加メンバにリアルタイムにフィードバックを提示する際の、フィードバックのモダリティと提示対象者の要因が、メンバのフィードバックに対する反応に与える影響を検討する。我々は、企業でブレインストーミング会議を行うフィールド実験を行い、4つのフィードバック条件——3つの振動触覚モダリティ（椅子の振動）と1つの視覚モダリティ（スポットライトの点滅）——を比較した。3つの振動触覚モダリティは、フィードバックの提示対象者が異なる：(1) 発言が期待されるメンバ（潜在話者）、(2) 現在発言中のメンバ（現行話者）、(3) 全メンバ。実験の結果、モダリティの要因に関しては、振動触覚は視覚よりも、適度な強さでメンバの注意をひき、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、潜在話者に提示する方が、現行話者に提示するよりも、メンバは肯定的に（「システムの意図がわかりやすい」、「快適だ」）感じた。全メンバあるいは現行話者に提示する方が、潜在話者に提示するよりも、ターンテイキングを促した。

Supporting Face-to-Face Meeting Using Vibrotactile Feedback

JUNKO ICHINO^{†1} YOSHIKO YAGI^{†2} TETSUO NISHINO^{†2} TERU OZAWA^{†2}

1. 序論

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[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・創造的な活動の1つに会議がある。会議は、オフィスや非公式の場面で非常に一般的だが、効果的な議論を行うことは容易ではない。企業は重要な会議に社外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会議のファシリテーションの支援への期待は大きい。

コンピュータを用いた会議支援の研究は、コンピュータのインタフェースに関するどのような要因が、会議の参加メンバのコンピュータに対する反応に影響を与えるのかを長期に渡り探求している。従来研究では、メンバの議論への参加の促進や抑制を図るために、コンピュータが、各メンバがどの程度議論へ参加しているかについてのフィードバックを、(a)視覚モダリティを用いて、(b)全メンバへ提示するものが多い[2][3]。しかし、このアプローチは必ずしも成功していない——(a)視覚モダリティを用いたフィードバックがメンバの注意を逸らしたり、(b)全メンバに提示するフィードバックが参加に消極的なメンバの否定的な感情を招いたりする場合がある。

本研究の目標は、会議を支援するコンピュータの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、メンバのフィードバックに対する反応に与える影響を検討することである。この目標を達成するためには、会議を支援する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。それゆえ本稿では、人間のファシリテータを使った Wizard of Oz 法を用い、企業の実際のブレインストーミング会議をフィールドとした実験を行う[4]。

2. 関連研究

コンピュータを用いた会議支援の研究の多くは、グループ内での言語[5][6]または非言語[7][8]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メンバにフィードバックをリアルタイムに提示する[9]。以降では、関連研究を3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。従来手法の多くは、フィードバックを提示するのに、視覚モダリティ（グラフィック[2][3][5][8]、アニメーション[5][7][10]、テキスト[5][10]、光[11][12]等）を用いる。しかし、視覚モダリティはメンバの主活動である議論から、メンバの注意を逸らす可能性がある。この可能性を減らすために、ambientあるいはperipheralなインタフェースを提案した研究[11][7][10][12]もあるが必ずしも成功していない[5][11][7][10]。一方で、振動触覚は有望なモダリティと考えられる。振動触覚モダリティは、ユーザの視覚と聴覚が主活動や社会的・環境的要因によって占有・制限されていても利用できるため、ユーザの注意を逸らしにくいからである。例えば、Pielotら[13]は、特定の振動パターンを選べば、振動触覚モダリティを用いたフィードバックは、ユーザの注意を逸らさないことを示した。振動触覚モダリティのこのような可能性に着目し、振動などの触覚刺激を用いて、スマートフォン[13][14]やスマートウォッチ[15]等のウェア

^{†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

アラブルデバイスに情報を提示するインタフェースの研究も多数存在する。以上より、振動触覚モダリティを用いてフィードバックを提示することは、会議のようにメンバの視覚や聴覚を占有しているコミュニケーション活動を、メンバの注意を逸らすに支障をきたさないかと期待される。しかし、このことを探求した研究は見当たらない。

2 つ目の観点は、誰にフィードバックを提示するか、である。従来手法の多くは、フィードバックを全メンバに提示する[2][3][5][11][7]。参加に消極的なメンバはフィードバックを受け取ると、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社会的プレッシャ・十分に参加できていないという疎外感、といった否定的な感情を抱く[11][10]ことが報告されている。これらの結果は、全メンバにフィードバックを提示する方法は、消極的なメンバには適さないことを示唆する。全メンバでなく特定のメンバに提示した場合、メンバ（特に消極的なメンバ）はどのような感情を抱くだろうか？しかし、このことを探求した研究は見当たらない。

3 つ目の観点は、フィードバックが会議のファシリテーション（円滑な進行）に影響を与えるか、である。会議支援の研究では、基本的に、発言者や発言内容の偏りが小さい、すなわち、多様なメンバによる多様な内容の発言が出る状況を、会議が円滑に進行している状況と考える。従来手法の多くは、グループダイナミクス（発言頻度や総発言時間など、主に発言行動に着目したメンバ間での会議への参加のバランス[2][3][5][11]）や発言内容を、フィードバックとしてメンバに提示することで、メンバが自らのコミュニケーション行動に注意を向け、その結果、各メンバが行動を自己調整し、多様なメンバによる多様な発言が出ることを期待する[6]。フィードバックに対するメンバの反応を評価する指標としては、ターンテイキング[2][3]、参加のバランス[2][3][11][6][10]、発言内容のタイプ[5][6][12]等の客観的な指標や、それらに関するメンバの主観的な指標[2][11][8][10] が用いられる。従来手法の中には、メンバがフィードバックに反応して自己調整し、フィードバックが会議の円滑な進行に貢献したものもある[2][6]。しかし、参加に積極的なメンバは自身の参加を減らしたが、消極的なメンバは参加を増やさなかったものもある[2][11]。上述のフィードバックのモダリティと提示対象者の観点から、フィードバックが会議の円滑な進行に与える影響を探求した研究は見当たらない。

3. 研究課題

2 節を踏まえ、本研究の研究課題を設定する。2 節で述べた、フィードバックのモダリティ（観点 1）が RQ1、提示対象者（観点 2）が RQ2 に対応する。会議のファシリテーション（観点 3）は、R1-2 と R2-2 に分解される。

RQ1: フィードバックのモダリティの要因は、メンバのフ

ィードバックに対する反応に影響を与えるか？

RQ1-1: モダリティの要因は、メンバの注意を逸らす程度に影響を与えるか？

RQ1-2: モダリティの要因は、会議のファシリテーション（円滑な進行）に影響を与えるか？

RQ2: フィードバックの提示対象者の要因は、メンバ（特に消極的なメンバ）のフィードバックに対する反応に影響を与えるか？

RQ2-1: 提示対象者の要因は、メンバの感情（心理状態）に影響を与えるか？

RQ2-2: 提示対象者の要因は、会議のファシリテーション（円滑な進行）に影響を与えるか？

4. フィードバックのデザイン

本研究では、フィードバックによる影響を検討しやすくするために、フィードバックが伝えるメッセージを「話して下さい」または「誰かに話しを振って下さい」という単純なものとする。これを前提として以降のデザインを行う。

4.1 フィードバックのパターン

本節では、フィードバックのどのようなパターンが、メンバの注意を逸らさないか（RQ1-1）を検討する。

まず、振動触覚モダリティについて検討する。Saket ら[14]は、振動に関する 3 つの要因（空白の長さ、空白の数、振動の長さ）が、振動からユーザが感じる緊急性と関係する——〈短い on（振動）の後、長い off（空白）〉のパターンがユーザが感じる緊急性が最も低い——ことを発見した。ユーザが感じる緊急性が低いほど、ユーザの注意を逸らさないと思わせるため、本研究はこの知見を適用する。予備実験を経て、〈1 秒間 on（振動）の後 2 秒間 off（空白）〉というパターンを 3 回繰り返して、フィードバックとして提示することにした。

次に、視覚モダリティについて検討する。本研究は、視覚モダリティのフィードバックとして光（照明）を採用する。光は振動と同様に、メンバの主活動に視線を向けたままで知覚できるため、振動との比較対象として公平と考えられるからである。予備実験を経て、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 回繰り返して、フィードバックとして提示することにした。

4.2 フィードバックの提示対象者

本節では、どのメンバにフィードバックを提示すると、メンバの否定的な感情を招かないか（RQ2-1）を検討する。

どのメンバにフィードバックを提示すれば、会議の場で、メンバ（特に消極的なメンバ）の否定的な感情を招かずにいられるのだろうか？会議を形成しているのは会話であり、会話においては、一般的に以下のようにターンテイキング（話者交替）が行われる。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。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き、誰が次話者になれるかが問題になる。Sacksらの理論[16]によれば、図1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したら、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。

- (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1 ターンテイキングのルール

以上を踏まえ、消極的なメンバの否定的な感情を招きにくいことが期待されるフィードバック提示対象者として、以下の3つを検討する。

1つ目は、フィードバックを発言が期待されるメンバ(潜在話者)にのみ提示する。フィードバックを受け取ったメンバは、自ら発言する、つまり、図1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、フィードバックの提示があったことが他のメンバに知られないため、消極的なメンバの否定的な感情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在発言中のメンバ(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話者を特定し、ルール(a)に基づき、その潜在話者に話しを振る。現行話者は、その場のファシリテータ役を担っている可能性があるため、潜在話者を特定し話しを振ることは比較的容易だと予想される。この方法は、消極的なメンバがフィードバックを人間(現行話者)を介して間接的に受け取るため、消極的なメンバの否定的な感情を招きにくいことが期待される。

3つ目は、フィードバックを全メンバに提示する。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話者を特定する。もし自分自身を潜在話者だと特定したら、自ら発言する。もし自分以外を潜在話者だと

と特定したら、その潜在話者に話しを振る。前者の場合、誰が潜在話者なのかを他のメンバに明示されないため、後者の場合、他のメンバを介してフィードバックを間接的に受け取るため、消極的なメンバの否定的な感情を招きにくいことが期待される。

5. フィールド実験

企業の協力を得て、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、表1に示す4つのフィードバック条件のもとで行った。RQ1に答えるために、Vibe-All条件とLight-All条件を比較し、RQ2に答えるために、Vibe-PS条件、Vibe-CS条件、Vibe-All条件を比較した。

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、職場の同僚であり、互いを知っていた。

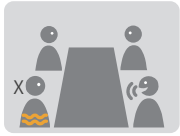

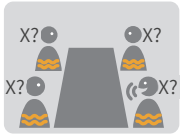
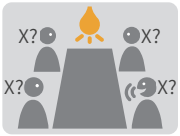
5.2 実験方法

実験のすべての会議が、同じ会議室(図2(a))で開催された。参加者はテーブルを囲んで座った。この企業の通常の会議と同様に、ホワイトボード(テーブル天板型)、付箋紙、書類やノート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、参加者を4~5名からなる4組の男女混合のグループに割り当てた。各グループは4つのフィードバック条件(表1)を実施した。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2(c))。光を提示する条件では、スポットライトが点滅した(図2(b))。Vibe-PSやVibe-CS条件下で振動を受け取った参加者の周囲にいる参加者には、振動音が聞こえないことを事前に確認した。

各グループは、1回約40分間のブレインストーミングセッションを4回実施した。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

表1 実験条件

	Vibe-PS (Potential Speaker)	Vibe-CS (Current Speaker)	Vibe-All	Light-All
モダリティ		触覚 (椅子座面の振動)		視覚 (スポットライトの点滅)
提示対象者	潜在話者 (X)	現行話者 (Y)	全メンバ	全メンバ
概要	潜在話者に対してのみ、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。	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話者を特定し、その人に話しを振る。	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、潜在話者を特定する。もし自分自身を潜在話者だと特定したら、自ら発言する。自分以外の誰かを潜在話者だと特定したら、その人に話しを振る。	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Vibe-All条件と同様)
参加者への指示	 「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。」	 「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さんに話しを振って下さい。タイミングは自由です。」	 「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、椅子を振動させて合図を送ります。皆さんは『Xさんかな』と思う人がいたら、可能ならXさんに話しを振って下さい。Xを自分自身だと思えば、可能なら話して下さい。タイミングは自由です。」	 「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、スポットライトを点滅させて合図を送ります。(以下Vibe-All条件と同様)」

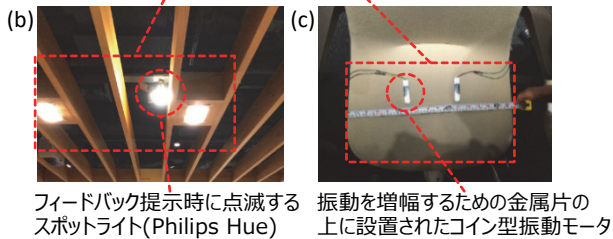
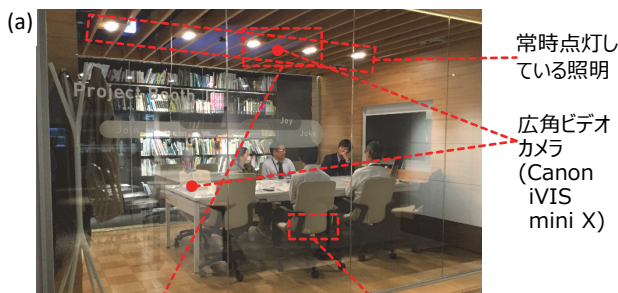


図 2 実験環境

中の活動, (4) 社外ワーク——が与えられた. これら 4 つ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アイデア出し会議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 つのトピックをラテン方格法を用いて配置シカウンターバランスをとった.

5.3 手順

各セッションの前に, 実験で使うシステムの動作とフィードバックのメッセージの意味をグループに説明した (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を受け取ったときに, 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した. その後全参加者がフィードバックを 2~3 回体験した.

セッション中, 2 台のビデオカメラ (図 2(a)) を用いて映像と音声を記録した. Wizard 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ながら, 本実験用に開発したフィードバック提示用アプリを操作した. Wizard がアプリのトリガボタンをタッチすると, 会議室の椅子 (図 2(c)) または天井のスポットライト (図 2(b)) 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. Wizard には, 以下のいずれかに該当するメンバを発見したときは常に, トリガボタンをタッチするよう依頼した.

- (i) 発言の頻度が少ないためそろそろ発言が期待される
- (ii) 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

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後, 半構造化グループインタビューを行った.

全セッションが終了してから約 2 週間後, 参加者の積極性を特定するための検査を行った.

5.4 評価指標

図 3 に, 各研究課題に対して設定した評価指標を示す.

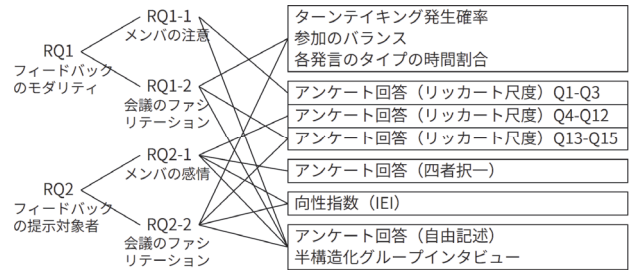


図 3 各研究課題と評価指標

5.4.1 ターンテイキング発生確率

ターンテイキング発生確率を以下のように求めた. 表 2 に示す判定基準に基づき, セッション中に Wizard 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ターンテイキング発生確率とした. フィードバック提示後 10・20・30 秒経過した 3 つの時点で求めた.

表 2 ターンテイキング発生の判定基準

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
Vibe-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
Vibe-CS	Y	Yが発言している	Y以外が発言した
Vibe-All, Light-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)

5.4.2 参加のバランス

メンバ間の発言量の均衡度合いを表す参加のバランスを以下のように求めた. 複数の先行研究[6][2][10]が, メンバ間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[17]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. 総発言長と発言頻度について参加のバランスを求めた.

5.4.3 各発言タイプの時間割合

各発言タイプの時間割合を以下のように求めた. セッション中のグループの各発言を, 文献[5]を参考にして, 表 3 に示す 6 つのタイプにコード化した. あいづち[18], 笑い声, フィラーは除外した. 各発言は, ターンテイキングによって境界づけた[19]. コード化は, 2 名のコードが独立して行った. 2 名のコードの一致率は 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. コード化された各発言の発言長の合計が全発言時間に占める割合を各発言タイプの時間割合とした.

表 3 発言のタイプ

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

5.4.4 アンケート回答

アンケート（リッカート尺度） 各セッションの終了後に実施したアンケートは、15項目——メンバの注意に関する3項目、メンバの感情に関する9項目（有用性に対する意識に関する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）、会議のファシリテーションに関する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で評定してもらった。

アンケート（四者択一） 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、ブレインストーミング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、4つのフィードバック条件のうちのいずれか1つを選択してもらった。

アンケート（自由記述） 上述した2つのアンケートでは、体験したシステムに関するコメントも自由記述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

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 向性指数（IEI）

メンバの積極性（積極的あるいは消極的）が、メンバの感情（RQ2-1）および会議のファシリテーション（RQ2-2）に与える影響を検討するために、淡路・岡部式向性検査[20]を実施した。本検査は50項目の質問で構成され、どのくらい内向的あるいは外向的かを示す向性指数（IEI）が算出される。向性指数は0から200までの値をとり、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。我々は、積極性を向性とほぼ同義とみなし、本検査を採用した。

具体的には、メンバの積極性がメンバの感情（RQ2-1）に与える影響を検討するために、参加者の向性指数と参加者のアンケート（リッカート尺度、Q4-Q12）の評定値との相関と、参加者の向性指数とアンケート（四者択一）で参加者が選択したフィードバック条件の度数との相関を調べた。また、メンバの積極性が会議のファシリテーション（RQ2-2）に与える影響を検討するために、向性指数とターンテイキング発生確率との相関と、向性指数とアンケート（リッカート尺度、Q13-Q15）の評定値との相関を調べた。

5.5 統計的処理

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5）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。参加者の向性指数とターンテイキングの発生確率間の相関は、ピアソンの相関係数を用いて分析した。

リッカート尺度によるアンケートの回答に対しては、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項目すべてで級内相関係数が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。参加者の向性指数とアンケート（リッカート尺度）の評定値の相関は、ピアソンの相関係数を用いて分析した。

順序尺度によるアンケート（四者択一）の回答に対しては、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。参加者の向性指数とアンケート（四者択一）において各フィードバック条件を参加者が選択した度数の相関は、相関比を用いて分析した。

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40.85分であった。各セッション中に Wizard が提示したフィードバックは、平均21.9回であった。各セッション中に各参加者が受け取った平均フィードバック回数は、Vibe-PS: 6.1; Vibe-CS: 4.6; Vibe-All: 21.5; Light-All: 20.3であった。参加者の向性指数の平均値は110.4（80～158）であった。以降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 ターンテイキング発生確率

図4に、フィードバック提示後の3つの時点（10・20・30秒後）のターンテイキング発生確率を示す。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。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 Vibe-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、Vibe-All が Light-All よりも発生確率が有意に高かった。

各参加者のターンテイキング発生確率と向性指数間のピアソンの相関係数は、Vibe-PS・Vibe-CS・Vibe-All いずれの条件においても、有意でなかった。

6.2 参加のバランス

表4に、参加者の総発言長および発言頻度を用いた、参加のバランスを示す。総発言長および発言頻度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

表5に、各発言タイプの時間割合を示す。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。

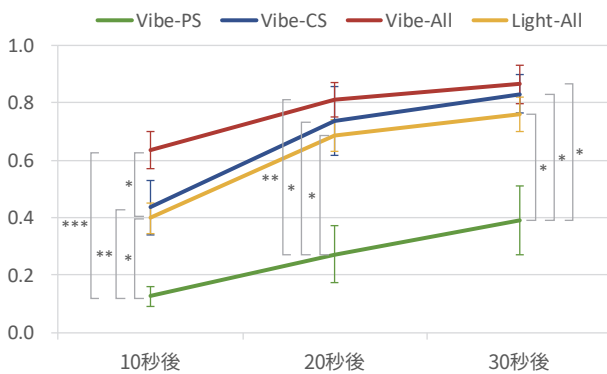


図 4 フィードバック提示後のターンテイキング発生確率

表 4 総発言長と発言頻度の参加のバランス

	Vibe-PS	Vibe-CS	Vibe-All	Light-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 各発言タイプの時間割合

	Vibe-PS	Vibe-CS	Vibe-All	Light-All
アイデア	28.1	28.0	31.2	30.2
賛同・乗っかり	11.3	13.4	9.8	10.6
否定・反論	7.2	6.5	8.0	4.7
議論	33.2	35.4	37.0	34.2
進行	4.1	4.3	4.0	7.7
その他	16.1	12.4	10.0	12.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

6.4 参加者のアンケート

表 6 に、アンケート（リッカート尺度）の結果を示す。参加者は、Vibe-All が Light-All よりも注意を逸らされた（Q2）、Vibe-PS が Vibe-CS よりもシステムの意図がわかりやすかった（Q5）、Light-All が Vibe-CS よりも議論の結果に合意・納得した（Q9）、Vibe-PS と Vibe-CS が Light-All よりも多様な意見を引き出した（Q15）、と評価した。参加者の向性指数と項目 Q4~Q12 および Q13~Q15 に対する参加者の評定値間のピアソンの相関係数は、Vibe-PS・Vibe-CS・Vibe-All いずれの条件においても、有意でなかった。

図 5 に、アンケート（四者択一）の結果を示す。3 項目いずれも、Vibe-CS が最も選択されなかった。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

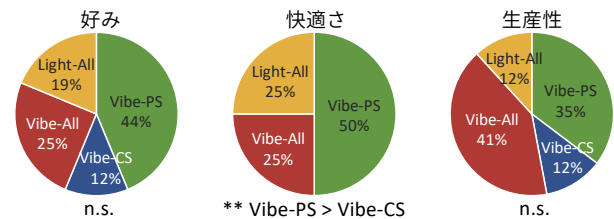


図 5 アンケート（四者択一）の結果

定の結果、Vibe-PS が Vibe-CS よりも割合が有意に高かった ($p=0.008$) (図 5 中央)。参加者の向性指数と各フィードバック条件を参加者が選択した度数との相関比は、3 項目いずれにおいても有意でなかった。

6.5 参加者のコメント

グループインタビューの音声を書き起こしたテキストと、自由記述形式によるアンケート結果を用いて、質的帰納的分析を行った。その結果、「行動の後押し」、「共有意識」、「当事者意識」、「潜在話者の特定」という高次のテーマが得られた。共有意識は、グループ内で同じ目標・価値を共有している感覚、当事者意識は、グループの問題を自分のこととして取り組もうとする意識を指す。

6.5.1 フィードバックのモダリティ (RQ1)

● 行動の後押し

振動による提示は、メンバの行動を後押しすることが示唆された。一方で、光による提示はそのようには機能していないことが示唆された。

[振動]
 - 振動が議論を進めようという意識付けになった (P11).
 - 聞こう、話そう、と背中を押されている感じがした (P15).
 - 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).
 [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 (P1).
 - 活動を促す力にはあまりなっていないと感じた (P2).
 - 光は他人事のように感じた (P8).

● 共有意識と当事者意識

光による提示は、メンバの共有意識を促すが当事者意識を促さないことが示唆された。一方で、振動による提示は、メンバの共有意識を促さないが当事者意識を促すことが示唆された。グループインタビュー中に、ある参加者が、共

表 6 アンケート（リッカート尺度）の結果 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

RQ	質問項目	Vibe-PS	Vibe-CS	Vibe-All	Light-All	分散分析		下位検定	
						F(3,45)	p値		p値
RQ1-1 メンバの注意	Q1 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		
	Q2 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 *	Vibe-All > Light-All	0.038 *
	Q3 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		
RQ2-1 有用性 に対する 意識	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		
	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 *	Vibe-PS > Vibe-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		
メンバ 達成感・ の感情 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 *	Light-All > Vibe-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		
RQ1-2,RQ2-2 会議の ファシリテーション	Q13 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		
	Q14 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		
	Q15 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 **	Vibe-PS > Light-All Vibe-CS > Light-All	0.001 ** 0.026 *

有意識と当事者意識に関する振動と光の違いを以下のように言及し、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。だから「他の人も知ってる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。だから他人任せな気持ちになりにくかった (P5)。

6.5.2 フィードバックの提示対象者 (RQ2)

● 当事者意識

潜在話者 (Vibe-PS) への提示は、メンバの当事者意識を促さないことが示唆された。一方で、現行話者 (Vibe-CS) と全員 (Vibe-All, Light-All) への提示では、そのような傾向は示唆されなかった。

[Vibe-PS]
- 仮に発言しなくても、他の人に気付かれないし、周囲に「あの人が話してない」と思われぬ (P16)。
- 自身が話さなくても迷惑にならない (P5)。

● 潜在話者の特定

参加者が潜在話者を特定する条件は、Vibe-CS と All (Vibe-All, Light-All) である。現行話者 (Vibe-CS) に提示すると、現行話者は潜在話者の特定を困難だと感じることを示唆された。一方で、全員 (Vibe-All, Light-All) に提示すると、メンバは潜在話者の特定を肯定的に捉えていることが示唆された。

[Vibe-CS]
- 合図が来ても誰に話しを振って良いかわからなかった (P10)。
- 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 (P9)。
- これ (Vibe-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 (P6)。

[Vibe-All, Light-All]
- 自分かも、自分じゃないかも、くらいで合図を受け取る方が能動的になれた (P8)。
- 自由意思を認められていると思った (P17)。

● 共有意識

全員 (Vibe-All, Light-All) への提示はと、メンバの共有意識を促すことが示唆された。共有意識が促されて、メンバは行動を起こしやすくと感じるようであった。

[Vibe-All, Light-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 (P3)。
- 全員が知っているので話しを進めやすい (P10)。
- 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)。
- 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 (P3)。

7. 考察

7.1 フィードバックのモダリティ (RQ1)

7.1.1 メンバの注意 (RQ1-1)

実験結果は、振動 (Vibe-All) の方が光 (Light-All) よりも、メンバは注意を逸らされたと感じた (表 6, Q2) ことを示す。しかし、振動と光との間に有意差があったものの、評定値は振動 (3.63) も光 (2.50) も高くなかった。また、

Q3「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」に関しては、振動と光との間に有意差はなく、いずれも評定値は低かった (表 6, Q3)。また、実験結果は、光は、メンバに無視されることがある (6.5.1 節) ほどメンバの注意を引く程度が低かったことを示唆する。フィードバックは、メンバの注意を逸らしてはならないが、同時にメンバに無視されるほど弱くてもならない。以上より、実験結果は、2つのフィードバックモダリティでは、振動の方が光よりも適度な強さでメンバの注意をひいたことを示す。

7.1.2 会議のファシリテーション (RQ1-2)

実験結果は、振動 (Vibe-All) の方が光 (Light-All) 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。これは、振動によってメンバが行動を後押しされたように感じ (6.5.1 節)、その結果ターンテイキングに積極的に関与したからと考えられる。

また、実験結果は、振動 (Vibe-All) は、メンバの共有意識を促さないが当事者意識を促し、光 (Light-All) は、メンバの共有意識を促すが当事者意識を促さなかった (6.5.1 節) ことを示唆する。これは、振動を用いると社会的補償[21]の効果が、光を用いると社会的手抜き[22]の効果が生じている——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。

7.2 フィードバックの提示対象者 (RQ2)

7.2.1 メンバの感情 (RQ2-1)

実験結果は、潜在話者 (Vibe-PS) に提示する方が、現行話者 (Vibe-CS) に提示するよりも、メンバは、肯定的——システムの意図がわかりやすく (表 6, Q5)、快適だ (図 5, 中央)——に感じたことを示す。その理由を考察する。Vibe-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、自ら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く、快適だ、と肯定的に感じたと考えられる。一方、Vibe-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、潜在話者を特定しその人に発言を促すことである。メンバは、これを困難だと感じた (6.5.2 節)。それゆえ、メンバはシステムの意図をわかりにくく、快適ではない、と否定的に感じたと考えられる。

潜在話者の特定が求められるという点では、Vibe-CS 条件だけでなく Vibe-All 条件も同様である。しかし実験結果は、両条件に対してメンバが示した反応は異なっていた——Vibe-CS 条件とは異なり、Vibe-All 条件では、潜在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)——ことを示す。その理由を考察する。フィードバックを 1 人で受け取る Vibe-CS 条件に対して、Vibe-All 条件は全メンバで受け取るため、システムの期待に独りで応える必要がないため、潜在話者の特定を求めるシステムの振る舞いを許容でき、シ

システムに対する評価が肯定的になったと考えられる。

7.2.2 会議のファシリテーション (RQ2-2)

実験結果は、全メンバ (Vibe-All) または現行話者 (Vibe-CS) に提示する方が、潜在話者 (Vibe-PS) に提示するよりもターンテイキングを促した (図 4) ことを示す。その理由を考察する。Vibe-All 条件の場合、全メンバに提示するため共有意識を促し、個々のメンバは行動を起こしやすいと感じ (6.5.2 節)、その結果、Vibe-PS 条件よりも、ターンテイキングを促したと考えられる。Vibe-PS 条件と Vibe-CS 条件は、フィードバックを受け取るメンバはいずれも 1 人だが、ターンテイキング発生確率は異なっていた。Vibe-PS 条件では、フィードバックを受け取ったメンバの当事者意識を促さない (6.5.2 節) ため、Vibe-CS 条件よりもターンテイキングを促さなかったと考えられる。

7.2.3 参加者の積極性の影響 (RQ2-1, RQ2-2)

参加者の積極性が、参加者の感情 (RQ2-1) および会議のファシリテーション (RQ2-2) に影響を与えたかどうかについて考察する。本実験では、参加者の積極性 (向性指数) と参加者から得られた各結果との間で、有意な相関は見られなかった (6.1 節, 6.4 節)。つまり、実験結果は、参加者の積極性は参加者の感情や会議のファシリテーションに影響を与えなかったことを示す。しかし、サンプルサイズが小さいがゆえに相関が見られなかった可能性もある。

8. 結論

本稿では、対面会議を支援するためにフィードバックを提示する際、フィードバックのモダリティと提示対象者の要因が、メンバのフィードバックに対する反応に与える影響を検討した。表 7 および表 8 に、設定した研究課題に対する答えをまとめる。表 7 より、フィードバックのモダリティの要因 (振動触覚, 視覚) に関しては、振動を用いた方法 (Vibe-All) が、メンバのフィードバックに対する反応が総合的に良好であった。表 8 より、フィードバックの提示対象者の要因 (潜在話者, 現行話者, 全メンバ) に関しては、全メンバに提示する方法 (Vibe-All) が、メンバのフィードバックに対する反応が総合的に良好であった。

表 7 RQ1 に対する答え

	Vibe-All	Light-All
メンバの感情 (RQ1-1)	適度な強さでメンバの注意を引いた	メンバに無視されることがあるほど注意を引く程度が低かった
会議のファシリテーション (RQ1-2)	ターンテイキングが発生しやすかった	ターンテイキングが発生しにくかった

表 8 RQ2 に対する答え

	Vibe-PS	Vibe-CS	Vibe-All
メンバの感情 (RQ2-1)	メンバは肯定的に感じた	メンバは否定的に感じた	Vibe-PSとVibe-CSの中間に位置づけられる
会議のファシリテーション (RQ2-2)	ターンテイキングが発生しにくかった	ターンテイキングが発生しやすかった	ターンテイキングが発生しやすかった

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究 (C) (課題番号: 18K11409) の助成を得て行われた。

参考文献

- [1] Reeves, B. and Nass, C. 1996. The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places. Cambridge University Press.
- [2] DiMicco, J.M., Hollenbach, K.J., Pandolfo, A. and Bender, W. 2007. The Impact of Increased Awareness While Face-to-Face. *Human-Computer Interaction*, 22, 47-96.
- [3] Kim, T, Chang, A., Holland, L. and Pentland, A.S. 2008. Meeting mediator: enhancing group collaboration using sociometric feedback. *Proc. ACM CSCW '08*.
- [4] 市野順子, 八木佳子, 西野哲生, 小澤照. 2019. 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. *情報処理学会論文誌*, 60(4). (印刷中)
- [5] Leshed, G., Perez, D., Hancock, J.T., Cosley, D., Birnholtz, J. et al. 2009. Lightizing real-time language-based feedback on teamwork behavior in computer-mediated groups. *Proc. ACM CHI '09*.
- [6] Yla R. Tausczik and James W. Pennebaker. 2013. Improving teamwork using real-time language feedback. *Proc. ACM CHI '13*.
- [7] Balaam, M., Fitzpatrick, G. et al. 2011. Enhancing interactional synchrony with an ambient display. *Proc. ACM CHI '11*.
- [8] Nowak, M., Kim, J., Kim, N.M. and Nass, C. 2012. Social visualization and negotiation: effects of feedback configuration and status. *Proc. ACM CSCW '12*.
- [9] Soller, A., Martínez, A., Jermann, P. and Muehlenbrock, M. 2005. From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning. *Int. J. Artificial Intelligence in Education*, 15, 4, 261-290.
- [10] Schiavo, G., Cappelletti, A., Mencarini, E., Stock, O. et al. 2014. Overt or subtle? Supporting group conversations with automatically targeted directives. *Proc. ACM IUI '14*.
- [11] Bachour, K., Kaplan, F. et al. 2010. An interactive table for supporting participation balance in face-to-face collaborative learning. *IEEE Trans. Learning Technologies*, 3, 3, 203-213.
- [12] Snyder, J., Matthews, M., Chien, J.T., Chang, P.F., Sun, E. et al. 2015. MoodLight: Exploring Personal and Social Implications of Ambient Display of Biosensor Data. *Proc. ACM CSCW '15*.
- [13] Pielot, M. and Oliveira, R.D. 2013. Peripheral Vibro-Tactile Displays. *Proc. ACM MobileHCI '13*.
- [14] Saket, B., Prasajo, C., Huang, Y., Zhao, S. 2013. Designing an Effective Vibration-Based Notification Interface for Mobile Phones. *Proc. ACM CSCW '13*.
- [15] Blum, J.R. and Cooperstock, J.R. 2016. Expressing Human State via Parameterized Vibe Feedback for Mobile Remote Implicit Communication. *Proc. ACM AH '16*.
- [16] Sacks, H., Schegloff, E.A. and Jefferson, G. 1974. A simplest systematics for the organization of turn-taking in conversation. *Language*, 50, 4, 696-735.
- [17] Weisband, S.P., Schneider, S.K. et al. 1995. Computer-Mediated Communication and Social Information: Status Salience and Status Differences. *Academy of Management Journal* 38, 4, 1124-1151.
- [18] Den, Y., Yoshida, N., Takanashi, K. and Koiso, H. 2011. Annotation of Japanese response tokens and preliminary analysis on their distribution in three-party conversations. *Proc. IEEE O-COCOSDA 2011*.
- [19] 高梨克也. 2016. 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.
- [20] 淡路円治朗, 岡部弥太郎. 1932. 向性検査と向性指数(上), *心理学研究*, 7, 1, 2-10.
- [21] Williams, K.D. and Karau, S.J. 1991. Social loafing and social compensation: The effects of expectations of co-worker performance. *J. Personality and Social Psychology*, 61, 4, 570-581.
- [22] Bibb Latané, Kipling Williams, Stephen Harkins. 1979. Many hands make light the work: The causes and consequences of social loafing. *J. Personality and Social Psychology*, 37, 6, 822-832.