Vol.2021-GN-113 No.7
2021/3/16

図形と校正課題における視線共有を用いた遠隔共同作業支援方法とその評価

藤浪孝倫 [1]　中村喜宏 [1]

概要：ICT を利用したテレワークが推進され，それに伴い遠隔地での共同作業も増えている．遠隔共同作業は，実空間であるような視線や身振り手振りなどの非言語コミュニケーションが取りづらいため，言語コミュニケーションによる具体的な情報の擦り合わせを必要とする．遠隔共同作業支援として，相手の視線を画面に表示することで非言語コミュニケーションを補完する方法をコミュニケーション精度の向上を目的として提案する．共同作業の課題として，図形によるものと，文章の校正によるものを設定し実験を行った．結果として，相手の視線を提示することで発話内の情報量を下げながらも従来と同じパフォーマンスを出せることを確認した．

キーワード：遠隔共同作業，CSCW，アイトラッキング，テレワーク，非言語コミュニケーション，視線共有

Method for Supporting Remote Collaboration Using Gaze Sharing in Figure and Calibration Tasks and Its Evaluation

TAKAMICHI FUJINAMI[†1]　YOSHIHIRO NAKAMURA[†1]

Abstract: With the promotion of telework using ICT, opportunities for remote collaboration are increasing. Since it is difficult to have non-verbal communication such as eye contact and gestures as in real space, it is necessary to communicate with each other by verbal communication. In this paper, we propose a method of supplementing non-verbal communication by displaying a partner's gaze on a screen as a remote collaboration support for the purpose of improving communication accuracy. We conducted experiments using a graphic task and a text editing task. As a result, it was confirmed that the same performance as before could be achieved while reducing the amount of speech and its information.

Keywords: Remote Co-Operation, CSCW, Eye-Tracking, Telework, Non-Verbal Communication, Gaze-Sharing

1. はじめに

近年，ICT（情報通信技術）を利用したテレワークが国により推進されている．このテレワークで行われる仕事には，一人での作業から複数人での会議や共同作業などがある．その中で遠隔地との共同作業は，同一空間で行う共同作業に比べ作業効率が落ちる．これは同一空間での共同作業で用いることができる，指差しや視線，うなずき，手ぶり等の非言語コミュニケーションを取りづらく，コミュニケーションのハードルが上がるためである．非言語コミュニケーションの中で視線は，意思表示や相互注視，対象物を見ているかなど様々な効果を持ち合わせている[1]．遠隔地での共同作業は，同一空間での共同作業に比べ，言語コミュニケーションの比率が高まり，より具体的な会話から情報をすり合わせる必要がある．しかし，チャットを含む言語コミュニケーションのみで情報の確度を高めていくには大きな労力を要する．他人から受け取る情報の 65%-93%が非言語的な内容[2]であり，会話に載せられた情報量は非常に少ない．

1 日本大学大学院 生産工学研究科
Graduate School of Industrial Technology, Nihon University, Narashino, Chiba 275-8575, Japan

そこで，本研究では，コミュニケーション精度向上の一助を目的に，遠隔地での共同作業に不足しがちな非言語コミュニケーションとして相手の視線を画面に表示するシステムを提案し，その有効性の評価を効率の観点から行う．

2. 関連研究

岡田ら[3]は，発話内容の言語特徴量や頭部動作量などから，コミュニケーション能力値を推定するモデルを構築した．しかし，タスクと意思疎通に関する能力の関係性は評価されていない．

鈴木ら[4]は，目的志向型の課題を通して言語・非言語行動の関係性を調べ，必ずしも相関が無いことを示した．しかし，この実験で用いられた非言語行動はアイコンタクトのみであり，その他の非言語行動について調べられていない．

3. 提案方式

3.1 概要

本研究では，同一空間におらず，リアルタイムで行う共同作業を対象に，2 者間で指導的な立場にある者の視線を共有することで，コミュニケーション難易度の低下を図る

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

方式を提案する．提案方式の有効性を評価するため，抽象的な作業として図形のパズルと具体的な作業として文章の校正を行う課題を用意した．

実験において，2 者は協力者・作業者の役割をそれぞれ持ち，協力し課題の完成を目指す．協力者の視線を取得（Tobii eye tracker 4c）し，作業者の画面に表示させることで，共同作業を支援し，コミュニケーション難易度の低下を図る．作業者の操作画面は協力者に共有され，協力者の画面には，操作画面の他に作業の解答を表示させている．

前回行った実験では，協力者の視線を作業者の画面に表示し，作業者の視線を協力者の画面に表示させた[5]．しかし，画面上に動く視線ポインタが表示されていると，そのポインタに視線が引っ張られ，注視による位置の指示を行い難いという意見があった．そこで本実験では，協力者の視線を取得し，作業者の画面上に表示するが，作業者の視線は取得せず，表示しない．視線は，赤い円環でリアルタイムに表示される．

参加者には従来方式と提案方式で協力者・作業者を 1 回ずつ担当してもらう．そのため，同じ種類のタスクを各 4 回行う．タスクごとの難易度の違いが結果に影響を与えないように，従来方式と提案方式の順番をペア毎に切り替えて実験を行った．

3.2 図形課題

作業者は，図 1 に示すようにバラバラになった画像を完成に向け組み替えていく．協力者のメインモニターには，相手の作業画面が表示され，サブモニターには課題の解答が表示されている．協力者は，作業者にアドバイスを行い完成へ導く．

3.3 文字課題

文字課題は，3 つの課題で構成される．課題は，北原らによる研究[6]を参考にし，CSCW を用いた文章校正に必要な 3 要素をテーマに設定した．

第 1 タスクは，構成・レイアウトに関する校正として，句読点や行間，ルビ振りを行うタスクを設定した．第 2 タスクは，フォントなどの属性に関する校正として，特定の単語にマーカーを塗るタスクを設定した．第 3 タスクは，内容自体に関する校正として，文調を修正するタスクを設定した．

図 1　図形実験（練習）の課題画面

4. 評価実験

提案方式の作業支援効率を比較するため，声のみの方式（従来方式）を比較対象とし，実験を行った．

図形実験は，4 組 8 名に協力してもらい，説明の後，練習と本番に分けて実験を行った．練習は，3×3 の 9 個に切り分けた画像を用いた．操作確認のための練習であるため，完成形がイメージしやすい画像を用いた．この練習では，協力者・作業者の役割に分けず，共に作業者として操作方法を学んだ．図 1 は図形実験の練習の様子である．左が課題，右が完成形であり，協力者側に提示されている解答である．本番では，4×4 の 16 個に切り分けた画像を用いた．発話からコミュニケーション量を推定するため，会話が行われなくてはならない．そのため，すぐにイメージのつかない画像を用意した．実験後，アンケートを行った．

文字実験は，2 組 4 名に協力してもらった．構成されるタスクの説明を行った後，第 1 タスクから順に作業を行った．こちらも実験後にアンケートを実施した．作業画面は，どのタスクもタスク画面と操作説明から構成される．協力者は作業画面の横に手本を表示している．

第 1 タスクは，句読点や行間，ルビを抜いた文章を課題として用意し，それぞれを適切に書き込むタスクである．協力者には，手本として全てが書き込まれている文章を用意し，表示した．

第 2 タスクは，プログラムコード内にある指定された単語に対しマーカーを塗るタスクである．同一の単語には同色のマーカーを塗る．協力者には，マーカーを塗る単語を指定している．また，手本として指定された単語にマーカーが塗られているプログラミングコードを用意し，表示した．

第 3 タスクは，論文調でない表現を用いられた文章を論文調に修正するタスクである．明らかに論文調ではない表現を用いられた文章を，作業者の知識に則り修正していく．参加者が論文作成に慣れているとは限らないため，協力者に手本として修正し論文調となった文章を用意し，表示させた．手本の修正した箇所は色付けを行い，修正箇所だと分かるようにした．また，手本は解答ではない旨を記載した．

4.1 実験順

実験は，参加ペアを A・B の 2 パターンに振り分けた．A パターンでは，提案方式の作業を先に行い，その後，従来方式で作業を行う．B パターンでは，従来方式の作業を行い，その後，提案方式で作業を行う．各パターンで 2 度実験を行う．同パターン内では同じ役割を 2 度行うことはない．実験の組み合わせを表 1 に示した．

表 1　実験の組み合わせ

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
A	提案方式	提案方式	従来方式	従来方式
B	従来方式	従来方式	提案方式	提案方式
参加者 1	協力者	作業者	協力者	作業者
参加者 2	作業者	協力者	作業者	協力者

4.2 計測方法

図形実験の様子は，作業者，協力者共に録画を行った．録画から会話の書き起こしを行い，テキストデータを作成した．RMeCab を用い，テキストデータから，形態要素解析を行い，発話内容を単語に分解し，単語の品詞情報を得た．

品詞は，「感動詞」，「記号」，「形容詞」，「助詞」，「助動詞」，「接続詞」，「接頭詞」，「動詞」，「フィラー」，「副詞」，「名詞」，「連体詞」に分類され，「感動詞」，「記号」，「名詞」，「連体詞」の 4 項目を用いる．「感動詞」は，「はい」，「うん」，「なるほど」などを含み，相手への返答が主である．「記号」は，句点「。」と読点「、」であり，句点から作業中の発話数を読み取ることができる．「名詞」は，「これ」，「花」，「右」などを含み，発話対象に関する情報を読み取ることができる．「連体詞」は，「その」，「この」などを含み，位置に関する情報を読み取ることができる．

図形・文字実験共に，参加者には，評価実験後に選択式のアンケートに回答してもらった．アンケートでは，主に「意思伝達の効果」，「指示の出しやすさ」，「指示の分かりやすさ」，「やり取りの齟齬」，「作業のスムーズさ」，「疲労度」，「視線の有益な場面」，「視線が無益な場面」等について回答してもらった．また，文字実験ではどのタスクが提案方式に適しているかについて調べるため，タスク毎にスコア付けを行った．アンケート後，アンケート結果についてインタビューを行い，背景を探った．アンケート項目を図 2 に示す．アンケート項目は，従来方式と提案方式それぞれ，意思伝達・間違い・疲労度について行い，意思伝達・指示の出しやすさ・分かりやすさ・進捗具合についてどちらが優れているかの計 10 項目である．文字実験後のアンケートでは，意思伝達・指示が出しやすい・分かりやすい・間違いの 4 項目について第 1 タスクから第 3 タスクまでスコア付けを行った．

5. 実験結果

5.1 発話数と出現頻度

実験中の会話に含まれる句点数から会話数を知ることができる．名詞は意味のある単語を多く内包しているため，細かく分類を行った．

五段階評価(図形・文字)
[従来方式]・[提案方式]
1. 意思伝達はうまくできたか
   できなかった　1　2　3　4　5　できた
2. やり取りの齟齬はどのくらいありましたか
   多くあった　1　2　3　4　5　なかった
3. 作業を通しての疲労度はどのくらいありましたか
   疲れた　1　2　3　4　5　疲れていない

[共通]　従来方式　1　2　3　4　5　提案方式

1. 「従来方式」と「提案方式」はどちらが意思伝達を行いやすかったですか
2. (協力者)「従来方式」と「提案方式」のどちらが指示を出しやすかったか
3. (作業者)「従来方式」と「提案方式」のどちらの指示が分かりやすかったか
4. 「従来方式」と「提案方式」はどちらが作業の進み具合がスムーズでしたか

[文字のみ] スコア付け　一位 3点　二位 2点　三位 1点

1. 意思伝達がうまくできた
2. 指示を出しやすい
3. 指示が分かりやすい
4. 作業がスムーズだ
5. やりとりに齟齬が少ない

図 2　アンケート項目

分類は，「指示」，「位置」，「特徴」，「その他」とした．「指示」は，指示語，若しくはそれに準ずる言葉（「それ」や「これ」等）を示す．「位置」は，画像のある場所や移動先の場所に関する言葉（「上」や「隅」等）を示す．「特徴」は，画像に関する情報や特徴に関する言葉（「枝」や「青い」等）を示す．「その他」は，前述の 3 分類に含まれない言葉（「了解」や「画像」等）を示す．文字実験では，内容に言及することで実験の主旨に必要でない品詞情報が含まれてしまう．そのため，内容言及は記号で代用を行った．名詞分類に「内容」の項目を増設し，比較をしている．

発話にどれくらいの情報が含まれているかが分かる平均発話長(MLU)を(合計数-記号数)/句点数により算出した．

5.2 図形結果

品詞情報を図 3 に，名詞の分類を図 4 に示す．記号の内訳は，従来方式の句点 921 個であり，提案方式の句点 804 個であった．このため，従来方式では 921 回，提案方式では 804 回の会話が行われたことが分かる．　MLU と平均作業時間について，有意水準 5%で両側 t 検定を行った．MLU では有意差が認められ，平均作業時間では有意差が認められなかった．

5.3 文字結果

句点数はまとめて表 2 に示す．品詞情報，名詞の分類を第 1 タスク，第 2 タスク，第 3 タスクの順に図 5 から図 10 に示す．　文字実験では，サンプル数が少ないため，t 検定を行っていない．

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

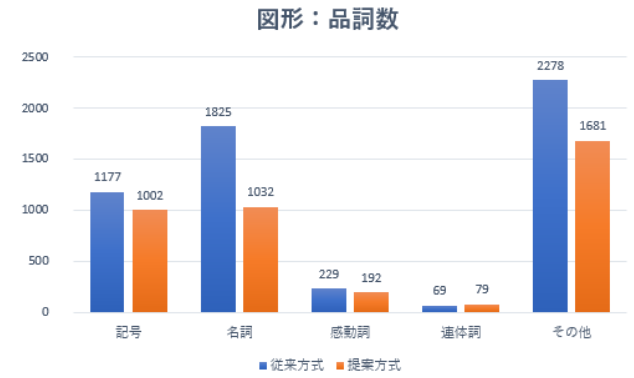

図 3　図形：品詞の出現数

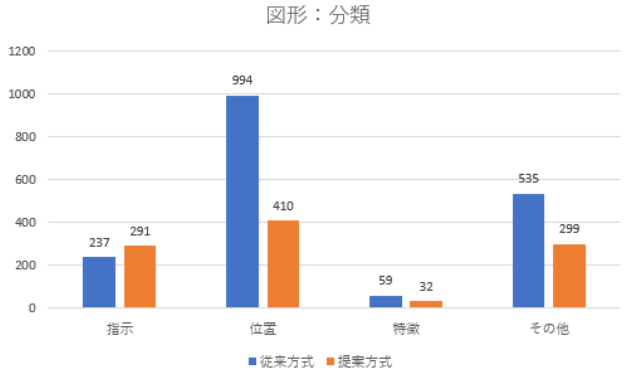

図 4　図形：分類ごとの出現数（名詞）

表 2　文字：記号内訳

	第1従来	第1提案	第2従来	第2提案	第3従来	第3提案
句点	461	361	268	244	272	223
読点	104	60	75	44	49	42
内容	566	447	185	131	309	253

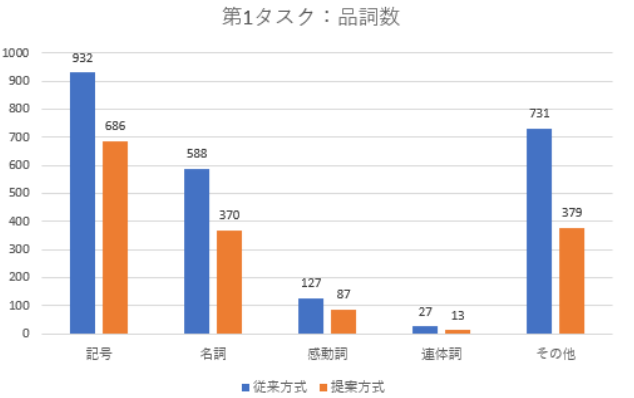

図 5　第 1 タスク：品詞情報

表 3 にタスク全ての発話数，MLU，平均作業時間をまとめた．各セルの下が従来方式の値，上が減少数を示している．どのタスクにおいても数値が減少した．

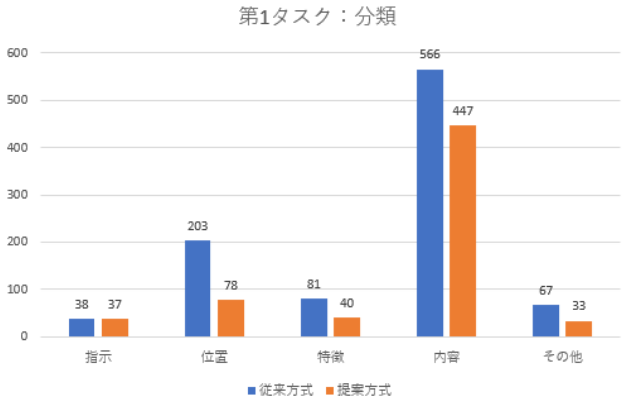

図 6　第 1 タスク：名詞分類

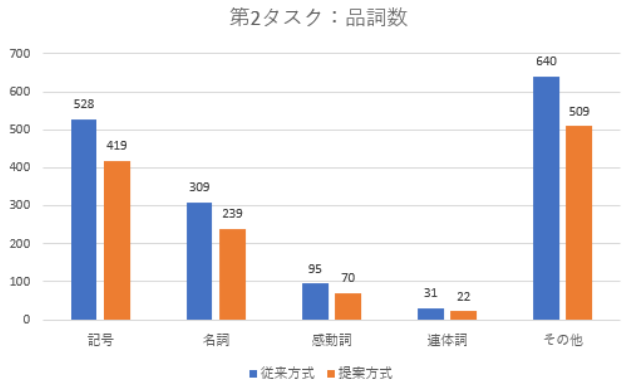

図 7　第 2 タスク：品詞情報

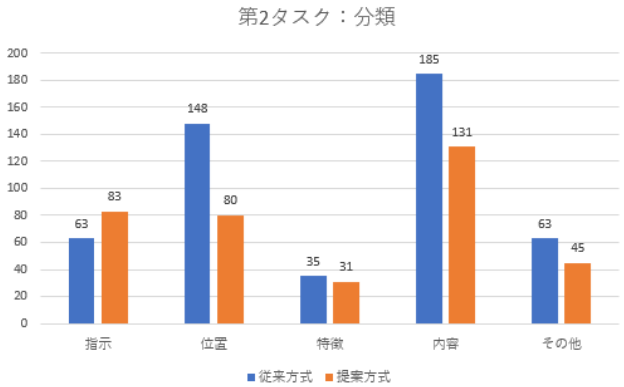

図 8　第 2 タスク：名詞分類

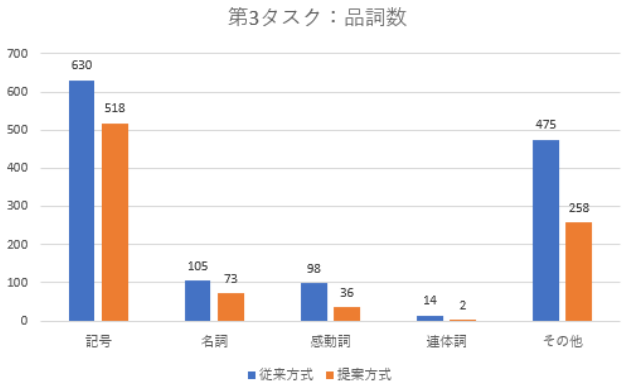

図 9　第 3 タスク：品詞情報

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

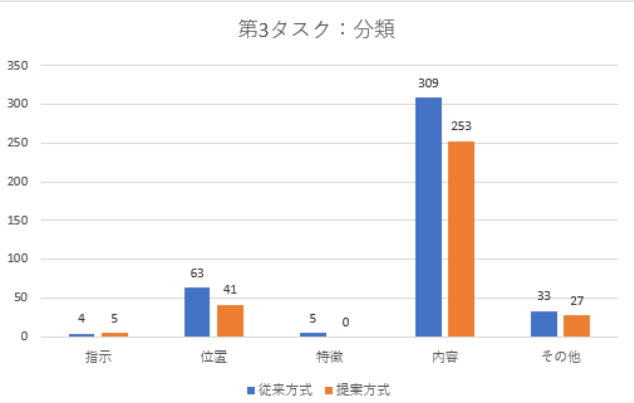

図 10　第 3 タスク：名詞分類

表 3　発話数・MLU・平均作業時間まとめ

	発話数	ＭＬＵ	平均作業時間
図形	117 921 減少	1.07 4.78 減少	0:33 5:28 減少
第 1 タスク	100 461 減少	0.91 2.76 減少	1:04 8:05 減少
第 2 タスク	24 268 減少	0.57 4.01 減少	0:26 4:08 減少
第 3 タスク	49 272 減少	0.89 2.54 減少	0:19 6:27 減少

5.4 アンケート結果

図形実験後のアンケートで得られた結果を図 11，図 12 に示す．文字実験後のアンケートで得られた結果を図 13，図 14，に示す．全て提案方式優位な結果であった．

文字実験タスクの視線適正に関する設問で得た回答に対し，1 位に 3 点，2 位に 2 点，3 位に 1 点を割り振り，タスク毎に集計したものを図 15 に示す．従来方式では，第 1 タスク>第 2 タスク>第 3 タスクの順であったが，提案方式では，第 2 タスク＞第 1 タスク＞第 3 タスクとなった．第 1 タスクのスコアは従来方式と提案方式で差が少ない. 第 2 タスクは大きくスコアを伸ばしていることから，提案方式が有効であることが分かる．第 3 タスクは大きくスコアが下がっていることから，提案方式があまり有効でないことが分かる．

実験後に行ったインタビューでは，相手の視線と会話の文脈から位置に言及する前に行動を起こすことが出来たという意見があった．また，こそあど言葉を使いやすく，視線があるため情報の確度も高く，楽であったとの意見もあった．疲労度に関して，従来方式と提案方式の疲労度は種類が違うという意見があった．従来方式は，相手にどう伝えたら分かりやすいか，また会話から相手の意図をくみ取るために頭を使い，提案方式は，伝え方や理解にリソースを使わなくなった一方で, 位置を伝えるための注視により，眼球への疲労が溜まるとのことであった．もし今後使うなら，従来方式と提案方式どちらが良いかという問いに対しては，全ての参加者が提案方式を使いたいと答えた．

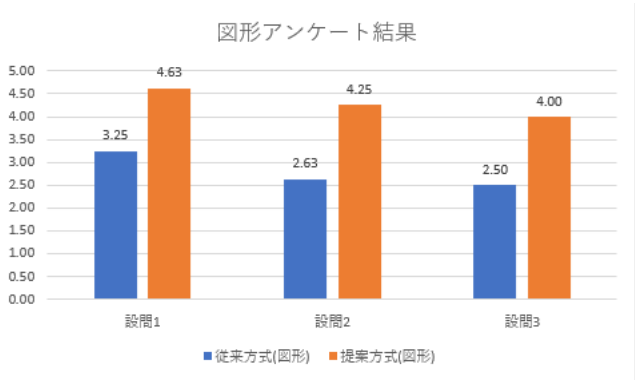

図 11　図形アンケート結果（個別項目）

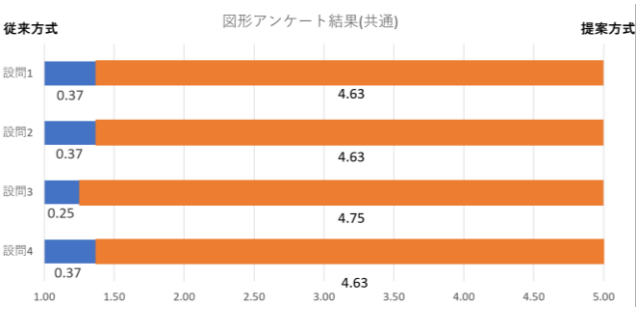

図 12　図形アンケート結果（共通項目）

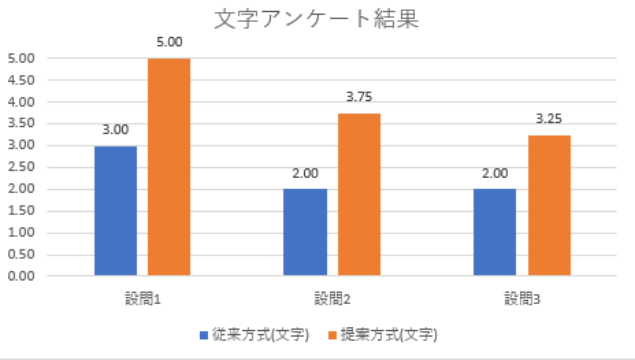

図 13　文字アンケート結果（個別項目）

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

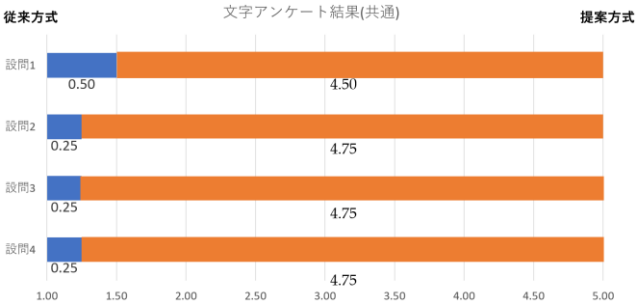

図 14　文字アンケート結果（共通項目）

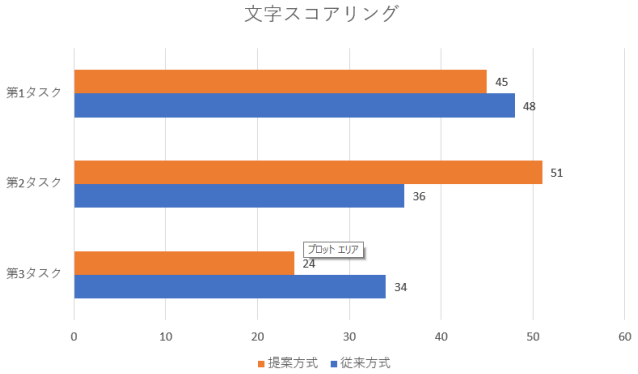

図 15　文字タスクスコア（合計）

6. 考察

6.1 品詞，名詞分類

品詞の項目では,図形実験で連体詞の増加が確認された．名詞分類では，殆どの実験で指示が増加し，位置は大幅に減少が確認された．連体詞や指示語は，対象の決まった名詞に対して用いられることが多く，表現の省略を行うことができる．連体詞は，明確な対象に関して具体性の省略を行うことができ，指示語は，連体詞と名詞を省略することが可能である．連体詞や指示語による省略は，対象の名詞が何であるか共通の認識があることで可能となる．だが，遠隔共同作業で共通の認識を築くには位置を伝える手数が必要となる.そのため,一つの画像を移動させるのにも「上」や「隣」などの「位置」に関する語句を複数用いなければならない．提案方式は，視線の効果で対象の位置を判別できることにより，必要な手数の省略が行われたと考えられる．図形実験でのみ連体詞が増加したのは，図形課題が文字課題に比べ直感的な作業を必要とするため，情報量の多い表現を使用したためだと考えられる．

6.2 発話数，MLU

発話数が減少したのは，視線の効果により確認や誤りが減少した結果であると考えられる．アンケート結果においても，それぞれの意思伝達・齟齬の数値や，共通設問による意思伝達・指示の出しやすさ・分かりやすさ・スムーズさの数値は提案方式が優位であり，視線の効果を裏付けるものとなっている．また，図形課題の MLU は，有意水準 5%の両側 t 検定で有意差が認められた．このことから，図形課題において視線があることで 1 発話あたりの情報量を減らすことができるといえる．これは，対象へのアプローチが簡単になり，同じ情報量を少ない発話で端的に表すことができたといえる．

第 2 タスク・第 3 タスクにおいて従来方式と提案方式の発話数に大きな差は見られなかった．共通の理由として，実験中の会話数自体が少なかったことが原因である可能性が挙げられる．個別の理由として，第 2 タスクは，平均作業時間が他のタスクに比べ短かった．そのため，平易なタスクであった可能性を否定できず，差が生まれにくかったと考えられる.MLU の減少数が第 2 タスクで少なかった理由も同様であると考えられる．第 3 タスクは，3 つのタスクの中で特に言語性の高いタスクであった．そのため，手本を読み上げ，読み上げられた文章に沿うよう校正を行うパターンが非常に多かった．このパターンでは，意見や情報の交換が行われにくく，視線を用いる場面が減少したために，作業に差が生じにくかったと考えられる．

6.3 平均作業時間

平均作業時間は第 1 タスクが突出して短くなった．第 1 タスクに存在するルビ振りでは,難解な単語へ仮名を振る．この際，協力者は単語の読み方が提示されているため，読むことが出来るが，作業者は読み方から該当の単語を見つけなくてはならない.若しくは,難解な単語へ導くために，協力者が単語を漢字へ分割し，漢字それぞれの読み方や漢字の特徴を探し，教える必要がある．これらの過程に戸惑っている実験参加者を多く確認できた．提案方式では，単語が読めなくとも位置を指し示すことができるため，大きな時間の削減につながったと考えられる．言及したい対象についての説明が難しい時，視線がより有効になると判明した．しかし，図形課題の平均作業時間は，有意水準 5%の両側 t 検定による有意差が認められなかったため，一概に視線を表示することで作業時間が短くなると断言することはできない．

第三者として実験を観察していた限りでは，ペアの関係性により作業時間は大きく前後していた．フランクな関係なほど作業時間は短く，遠い関係にあるほど作業時間は長くなる傾向があった．実験参加者数が少なく，個人の能力によるところも大きかったといえる.フランクな関係では，発話数が少なくとも意思が伝わりやすく，発話長が短い．遠い関係では，意思が伝わりにくく，丁寧に説明する必要があるために発話の長さが長くなる．遠い関係のペアであっても複数回実験を行うことで，よりフランクな関係に近づき，意思が伝達しやすくなると予想される．

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

6.4 疲労度

疲労度に関して，従来方式と提案方式で疲労の種類が違うという意見があった．従来方式では，相手への情報の伝え方や，会話から情報を読み取ることに疲労を感じる．提案方式では，伝えたい位置を注視するために，眼への疲労を感じるとのことであった．しかしながら，アンケートでは，疲労度についても提案方式が優位である．また，提案方式は，思考による疲労をそこまで感じなかったとの意見もあった．これらより，相手にどう伝えるかを考え言語化する過程を簡略化する効果が提案方式にあったと考えられる．一方で，従来方式は会話数も多いため，会話疲れの可能性も否定できない．

6.5 文字タスクのスコアリング

文字実験のタスクについて行ったスコア付けから，第 2 タスクの文章の属性に関わる校正が従来方式から提案方式に代わることで大きく増加していた．このことから，3 つのタスクの中で第 2 タスクが提案方式に適しているといえる．第 2 タスクの作業は，文字実験の中で位置の情報が特に必要なタスクであった．位置情報が必要なタスクという側面では，第 1 タスクも位置に関する作業が一部含まれていた．しかし，第 3 タスクは，位置に関する作業が必要とされておらず，言語性の高い具体的な作業が必要とされていた．タスクに含まれる位置に関する作業の割合と，提案方式のスコアには相関がみられる．位置は，視線効果により補える情報の最たるものである．つまり，位置に関する作業割合が大きいほど視線で作業の代用・簡略化を行い易いと考えられる．

また，アンケートでは，文字の記入を行うタスクでは，視線サークルにより文字の修正が行い難いとの意見や，視線の移動が速く，作業を行いながら次の作業について話し合うことが出来なかったという意見があった．任意で視線のオンオフを選択できる機能と注視により注視箇所に跡が残る機能を付けることで上記二つの意見に対応できると考える. また, 跡を残すことで注視し続ける必要がなくなり，提案方式の疲労の原因となっている眼への負担を減らすこともできると考える．

7. おわりに

本研究では，視線共有により遠隔地コミュニケーションの難易度低下を目的とした，遠隔地共同作業支援のシステムを提案した．また，直感的課題と言語的課題を通して，その有効性の評価を効率の観点から行った．本方式は，協力者の視線を画面に表示することで遠隔共同作業に不足している非言語コミュニケーションの割合を高めるものである．

結果として，視線を表示させることでコミュニケーションの難易度が低下し，直感的なタスクでは，より効率的な効果を確認することができた．このことにより，目的を達成できたといえる．また，本方式は，方向や場所などの位置に関する直感的な作業を要するものに適正が高い．逆に詳細の説明や読み上げが必要な言語的な作業への適正は高くないことが分かった．情報の補足や確度を上げることができる視線は, 発話を簡略化させる効果を持つと判明した．

今後は，より正確なデータを集めるために追加・継続実験と更なる分析に取り組んでいきたい．

参考文献

[1] 岡田謙一，西田正吾，葛岡英明，仲谷美江，塩沢秀和（2007）“ヒューマンコンピュータインタラクション”オーム社

[2] 黒川隆夫（1994）“ノンバーバルインタフェース”オーム社

[3] 岡田将吾，松儀良広，中野有紀子，林佑樹，黄宏軒，高瀬裕，新田 克己“マルチモーダル情報に基づくグループ会話におけるコミュニケーション能力の推定”人工知能学会論文誌 31 巻 6 号 p. AI30-E_1-12, (2016).

[4] 鈴木紀子，坂田真己子，稲田香織“共同作業がうまくいくコツとは? -マシュマロ・チャレンジを例として-”日本認知科学会大会発表論文集 31 巻 ROMBUNNO. p. 2-31, (2014).

[5] 藤浪孝倫，中村喜宏“視線共有による遠隔共同作業支援方式の検討”情報処理学会第 82 回全国大会講演論文集 2020 巻 p.49-50, (2020).

[6] 北原明, 千種康民“CSCW を用いた文章校正システムの開発”情報処理学会研究報告システムと社会環境(IS) 1995 巻 34(1994-IS-053)号 p.1-6, (1995).