

基礎論文

対面協調作業における非言語モダリティの影響

松下 光範^{*1}松田 昌史^{*2}

Influences of Non-Verbal Modalities on Face-to-Face Collaboration

Mitsunori Matsushita^{*1} and Masafumi Matsuda^{*2}

Abstract – The goal of this research is to formulate the design criteria for developing a successful collaboration support system to be used among different professionals. As a first step to meet this goal, this paper investigates how humans communication acts are influenced by the availability of non-verbal communication modalities. We conducted two types of experiments in two environments and observed the achievement ratio of the given task and subject utterances. Our experiments have revealed the following: (1) the availability of deictic references (e.g., pointing with a finger) affect the achievement ratio and the content of subject utterances; (2) the visibility of other subjects does not affect the achievement ratio; and (3) the differences in the environments do not affect the utterance frequencies, their length, or their content.

Keywords : non-verbal modality, tabletop system, face-to-face collaboration

1 はじめに

近年、対面による協同を円滑に行う支援システムとしてテーブル型システムに大きな注目が集まっている [16, 12]。テーブル型システムの主な利点は、(1) テーブルを囲む参加者の間に視界を妨げる遮蔽物 (CRT や LCD など) が存在しないため、相手の表情や身体動作、視線方向などの非言語モダリティの認識・共有が容易であり、コミュニケーションが円滑に行える、(2) 映像投影面が水平であるため、その上に実オブジェクトを配置し、画面に表示された情報とオブジェクトとを適宜利用しながら効果的に協同を行うことができる、という点である。

特に、(1) については対面場での協同の優位性として認識されている。これは、対面場に比べて非言語モダリティの共有・認識が難しい遠隔地間の協同支援システムの設計などで、いかにそれを改善するかが目標の一つになっていることから伺える。例えば、広帯域のネットワークで遠隔地間を結び、周囲を取り囲むディスプレイに高精細な映像や音声をユーザに提供することで、遠隔地の非言語モダリティの共有を促進し、同室感の向上を図る [3]、遠隔地間でも視線一致ができるよう撮像系を工夫する [4]、などが試みられている。遠隔地であっても対面場と同様に非言語モダリティの自然な利用が必要とされているのである。

一方で、課題達成への寄与という点から見れば、必

ずしも非言語モダリティを共有することが協同を支援するシステムの絶対的な条件ではないという知見も示されている。例えば、非常に疎なコミュニケーションメディア (lean media) である電子メールや BBS であっても、メンバー間の協同に一定の貢献をすることが指摘されている [21, 20]。また、協同によって得られた結果の“質”にのみ着目した場合、必ずしも非言語モダリティの利用可否が課題の達成度に寄与しないという例も報告されている [1, 18]。

この「非言語モダリティの共有が絶対的な条件ではない」という観点に基づけば、テーブル型システムの利点の一つである非言語モダリティの利用可能性は課題遂行に対する直接的な効用に繋がらないことになる。しかし、実際のユーザの協同行為の観察から視線やアイコンタクトの重要性が指摘されている研究も存在している (例えば [19] など)。この一見矛盾する知見は、対象とする課題の類型やその達成度の評価軸によって生じていると推測される。従って、どのような課題がテーブル型システムの利点を活かせるかを明らかにし、効果的・効率的なテーブル型システムのデザイン指針を整理することが必要だと考える。

本稿では、その足がかりとして、非言語モダリティの利用可能性が発話行為にどのような影響を及ぼすかについて、二つの被験者実験を通して考察する。

2 非言語モダリティの利用可能性の操作

非言語モダリティの利用の可否がユーザ間のコミュニケーション行為にどのような影響を及ぼすかについては、ユーザが利用可能なチャネルの有無 (例えば、

^{*1}関西大学

^{*2}日本電信電話株式会社

^{*1}Kansai University

^{*2}NTT Corporation

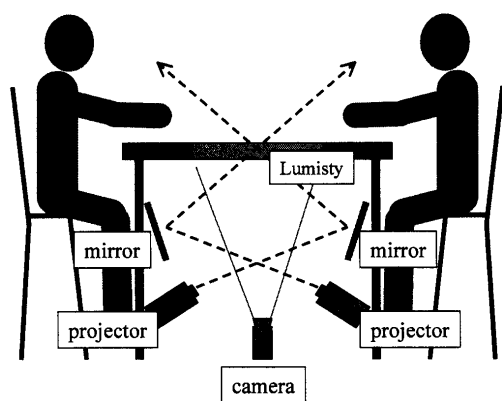


図 1 Lumisight Table のハードウェア模式図
Fig. 1 Overview of Lumisight Table hardware

ジェスチャが伝達可能か否か) といったコミュニケーションパタンの差異として捉えることができる。

Rutter らは「空間の共有」と「視覚的手がかり」の各々の有無によってコミュニケーションパターンが異なることを示している [15]。すなわち、「コミュニケーションの相手の存在が感じられるか」ということと、「相手の非言語モダリティが観測可能であるか」ということは弁別して考えなくてはならない。本稿ではこの知見に基づき、非言語モダリティのうち、特に「視覚的手がかり」の有無に着目して実験をデザインした。つまり、他者の存在や様子を視覚的に観測可能な状況と、そこにユーザ間の視界を遮る衝突を設置した状況とを用意し、これらの状況の違いでコミュニケーション行為、特に発話行為がどのように異なるかを課題達成の観点から考察することにした。両状況の差異は視覚情報のみであり、それ以外の要因 (音声や物理距離等) は差異がないように統制されている。以下で「非言語モダリティ」と記述する箇所は、特に断りがない限り「視覚的手がかり」について言及しているものとする。

本研究ではこのような実験環境を実現するために、非言語モダリティが利用できる実験環境としてテーブル型情報ディスプレイ Lumisight Table [6] を、非言語モダリティの利用が制限された環境として通常の液晶ディスプレイを各々利用した。

2.1 テーブル型情報ディスプレイ Lumisight Table

Lumisight Table は、同一平面上に見る方向に応じて異なる映像を提示できるテーブル型の情報ディスプレイである。本節では実験で用いた Lumisight Table の構造について簡単に説明する。なお詳細に関しては文献 [6] を参照されたい。

Lumisight Table のハードウェアの模式図を図 1 に示す。Lumisight Table では映像投影面に Lumisty フィルム [7] を貼付した透明アクリル板を用いている。

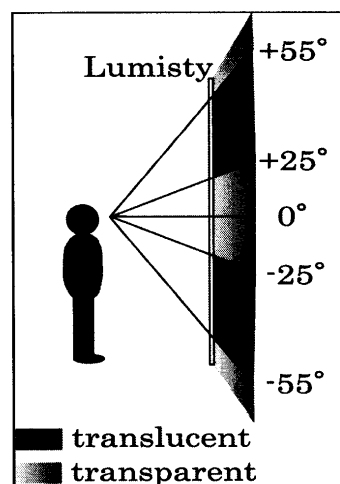


図 2 本稿で用いた Lumisty フィルムの光学特性 [5]

Fig. 2 Optical characteristics of Lumisty film [5]

Lumisty フィルムは図 2 のような特性を持ち、特定の角度範囲から入射した光だけを拡散させ、それ以外の角度に対しては高い透過性を有する素材であり、従来は主に建築用素材として利用されてきたものである。Lumisty フィルムは、光を拡散させる方向からプロジェクタで映像を投影することで、プロジェクタに正対する方向へのみ映像提示が可能なスクリーンとして使用できる。Lumisight Table ではこの Lumisty フィルムを複数枚重ねて貼付することで、映像の方向別多重化を実現している。これにより、ユーザに偏光眼鏡などの特殊な機器を装着させることなく、「同一平面を共有しながらも、方向に応じて異なる映像を見ることができる」という機能を実現している。

今回用いた Lumisight Table はテーブルの周囲に 4 人のユーザが座るということを想定した筐体である。この筐体は床面からの高さが 85cm で、テーブル面は一辺が 100cm の正方形である。テーブル面の中心には 55cm 四方の透明な天板が映像投影面としてはめ込まれている。この透明な天板には 2 枚の Lumisty フィルムが視界制御方向が直交するように重ねて貼られている。1 枚の Lumisty フィルムに対して 2 台のプロジェクタから映像を投影することで対向する 2 方向の映像投影ができるため、4 台のプロジェクタを用いることで 4 方向への映像投影が実現できる。

2.2 実験課題

本研究ではこの Lumisight Table を非言語モダリティが円滑に利用できる環境とし、市販の液晶ディスプレイを参加者毎に互いの視界を遮るように配置した環境を非言語モダリティの利用が制限された環境とする。

我々はこのふたつの環境で、2 種類の課題を用いた

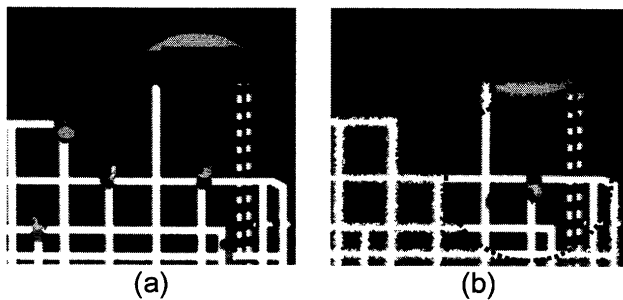


図 3 (a) 逃亡者に提示される映像と (b) 追跡者に提示される映像。逃亡者は全ての領域の情報を見ることができるが、追跡者は点線で示されている範囲内 (実際の映像には点線は写っていない) しか見ることができない。

Fig.3 Image examples for fugitive (a) and chasers (b). Fugitive can see all information displayed on the entire region. In contrast, each chaser can only see a neighboring region (i.e., inside dotted line in (b)).

実験を実施した。ひとつは迷路ゲーム課題であり、もうひとつはブックマーク X 課題である。各々の課題を用いた実験の詳細を次節以降に示す。これらの実験はどちらも参加者が協調して行う課題であるが、前者が即応的な反応を必要とするのに対して、後者は参加者間での議論を通じた熟考を必要とする。同一の環境で異なる実験を行う理由は、このように力点の異なる実験を比較することで、特定の課題構造に依存しない協同行為の因子が観察できると考えたためである。

3 実験 1: 迷路ゲーム

本章では、即時的な反応を要する状況下での協同行為について調べる¹。

3.1 迷路ゲーム課題の概要

迷路ゲーム課題は、4 人の参加者がディスプレイに表示される迷路上で各々のキャラクターをジョイスティックで操作して行う追跡ゲームであり、逃亡者役の参加者 (1 名) が目的地へ向かうのを追跡者役の参加者 (3 名) が協力して探索して追跡者を発見し捕まえるという内容である²。逃亡者が目的地に到達すれば追跡者側の敗北であり、追跡者が逃亡者を捕まえれば勝利となる。リアルタイム性を持つ課題であるため、各参加者には即時的な判断や行動が要求される。追跡者役の参加者は、限られた時間内に効率良く情報を共有して逃亡者の位置を正確に把握することが課題達成の重要な鍵となる。

参加者に提示される映像はその役割によって異なっ

¹本実験は、文献 [9] で行った実験の映像および発話書き起こし文を対象として分析した。

²課題で使用した迷路は京都中心部を模しており、清水寺や JR 路線などのランドマークが描かれている。

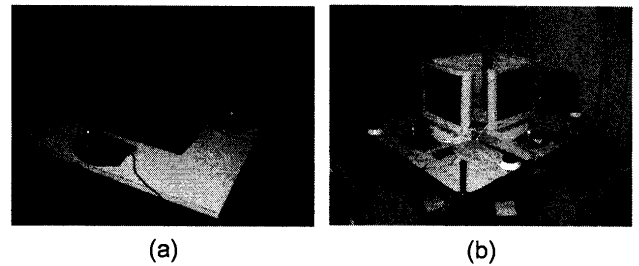


図 4 実験環境: (a) Lumisight 条件、(b) LCD 条件

Fig.4 Experimentation environment: (a) Lumisight condition, (b) LCD condition

ている。逃亡者役の参加者は迷路全体ならびに他の追跡者の位置を全て見ることができる (図 3-(a)) のに対して、追跡者役の参加者は自らの操作するキャラクターの周辺のみが見えるようになっている (図 3-(b)) ため、他者が接近しない限り彼らの姿を見ることができない。すなわち、各キャラクターの位置認識に関して追跡者間に情報の非対称性が存在し、たとえ追跡者のうちの 1 名が逃亡者を発見しても、明示的に伝えない限り他の追跡者はそれが分からない。また、逃亡者の目的地も追跡者は見ることができないため、目的地付近での待ちぶせという戦略を採ることもできない。

3.2 実験手続き

実験は、人材派遣会社によって集められた 20 代の男女 28 名を参加者として行われた。初対面同士の実験参加者 4 名で 1 集団を構成し (計 7 グループ)、必ず男女が半数ずつになるよう操作された。

本実験は被験者内要因のもと 1 要因 2 水準配置で行った。各参加者は Lumisight Table を用いた場合 (図 4-(a)、以下 Lumisight 条件と呼ぶ)、および個別の 18 インチ液晶ディスプレイを用いた場合 (図 4-(b)、以下 LCD 条件と呼ぶ) の 2 条件での実験を行った。

Lumisight 条件では、迷路の天地は全員にとって一致している。すなわち、参加者 A の着座する方角が北であれば、他の参加者の角度から見ても参加者 A の方角が北となる。この条件と一致させるため、LCD 条件では参加者の座席位置によって地図の方向を操作し、Lumisight Table の映像をそのまま縦の画面に投影した形で表示されるようにした。したがって LCD 条件で各参加者が見る映像は、必ずしも画面上部と地図の北方向とが一致しない。

Lumisight 条件ではテーブル卓上の共有ディスプレイを用いて迷路ゲームを行うため、参加者は非言語モダリティによるコミュニケーションが容易に行える。それに対して LCD 条件では、参加者は個人ごとに独立した液晶ディスプレイを用いて迷路ゲームを行う。この条件では、同一画面を全員で共有することができ

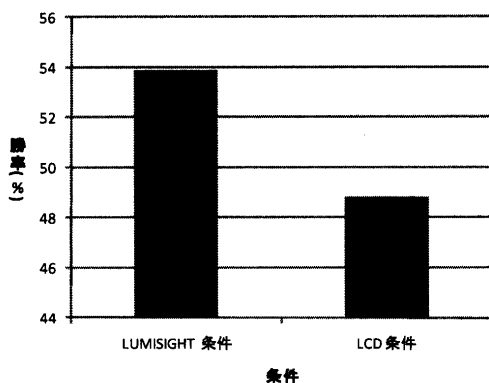


図 5 追跡者の勝率 [9]

Fig. 5 Winning percentage of chasers[9]

ない上、互いの顔がディスプレイで遮られるため、非言語モダリティによるコミュニケーションが行いにくい³。

参加者は控え室で実験の教示を受けた後、迷路ゲーム用の機器が設置された部屋に移動した。実験の様子は 2 台の VTR と 4 台のワイヤレスマイクで収録した。本実験では、ゲーム開始後、逃亡者がゴールに辿り着くか、もしくは追跡者が逃亡者を捕まえるまでを 1 試行とした。そして、1 セッションを 10 分間とし、セッションが終了するまで、何度も試行を行わせた。1 セッション終了するごとに参加者を時計回りに移動させ、ゲームでの役割と着席位置を変更した。これは特定の実験参加者が逃亡者役として固定されることを防ぐためと、地図の向きによる被験者間の認識の差異を中和するための措置であった。4 セッション終了後 20 分間の休憩を挟み、もう一方の条件で 4 セッションの実験を行った。条件順序は実験全体でカウンターバランスをとった。実験中、発話内容やジェスチャなどに特に制限を与えなかった。

3.3 結果

Lumisight 条件と LCD 条件での追跡者の勝率を図 5 に示す。全体として Lumisight 条件のほうが勝率が高いことが確認された [9]。

コミュニケーションチャンネルに着目すると、Lumisight 条件と LCD 条件での主要な相違は、アイコンタクトやジェスチャ⁴ などの非言語モダリティが利用可能であるか否かという点である。録画された実験の様子を確認したところ、ゲーム中は Lumisight 条件において各被験者は画面を注視しており、ほぼアイコンタ

クトが行われていないことが確認された。そのため、盤面の指さしなどのジェスチャが可能かどうかは両条件での主要なコミュニケーションチャンネルの違いであると言える。

グループ毎の各条件下での総発話数と単語数、平均発話長 (総単語数/総発話数) を表 1 に示す。ここで、総発話数は話者交替時もしくは 3 秒以上の無音区間が生じた時を区切りとして数え、単語数は書き起こした各グループの発話全体を茶筌 [11] で形態素解析した結果に基づいて数えた。条件間の比較を行ったところ、総発話数、総単語数、平均発話長のいずれにおいても有意差は見られなかった (表 2)。

事前段階では、LCD 条件では自らのキャラクタの位置や発見した追跡者の位置を伝達する際に指さしによる直示参照 (deictic reference) が行えないために、Lumisight 条件に比べ (1) 発話数が増える、もしくは (2) 平均発話長が長くなる、と推測していたが、これらはいずれも棄却された。すなわち、発話の量的な観点からは、両条件間での発話行為に相違は見られないことが分かった。ただし、発話量とジェスチャには相関性があり、例えば、ジェスチャができないよう身体的制約 (手の拘束など) を与えると、自然な状態に比べて発話頻度が低下することが知られている [13, 14]。迷路ゲーム課題の LCD 条件では物理的な身体拘束を行っているわけではないので、必ずしもこれらの先行研究をそのまま当てはめることはできないものの、画面によって遮られ参加者間の非言語モダリティの共有が妨げられていることから、心理的にジェスチャの抑圧が行われ発話頻度の低下を招いている可能性が考えられる。この点に関しては後述のブックマーク X 課題で検証する。なお、直示参照の平均回数は 1 セッションあたり 16.1 回であった。

次に、発話の内容に関して調べる。LCD 条件では指さしなどのジェスチャを用いたコミュニケーションが行えないため、言語モダリティを活用してその差異を埋めようとする行為が観察された。例えば、画面上に表示されているランドマークを起点とした表現 (e.g., 「大文字の前の道」「JR の側」「金閣寺らへん」) や方角を用いた表現 (e.g., 「北側の道」「南にいる」) が多用される傾向が確認された。これに対して Lumisight 条件では指示代名詞を用いた表現 (e.g., 「こちらへん」「そっち側」) が多用された。発話中の名詞に着目し、各条件下での指示代名詞とそれ以外の名詞の比を求めたものを図 6 に示す。また、図 7 に、ランドマーク表現、相対位置関係表現 (「上のほう」「右いった」など)、方角表現、指示代名詞表現を含む発話の割合を示す。

また、LCD 条件のグループでは、特定の場所やア

³実験機材の都合上、LCD 条件 (図 4-(b)) では体を反らしたり首を大きく曲げれば他の参加者を覗くことができる状況であったため、事前に他の参加者の様子を覗きこまないよう教示を行った。

⁴人が自発的に行うジェスチャには、発話内容に関係なくリズムを取るために行われるビートと、発話内容に関係し動きや形状などを示すために行われる表象的ジェスチャがある [8] が、本稿では後者を対象とする。

松下・松田：対面協調作業における非言語モダリティの影響

表 1 グループ毎の条件別総発話数、総単語数、平均発話長
Table 1 Total number of utterances, words, and utterance lengths under both conditions in each group

グループ	Lumisight 条件			LCD 条件		
	総発話数	総単語数	平均発話長	総発話数	総単語数	平均発話長
G1	382	2822	7.39	157	1320	8.41
G2	64	690	10.78	70	518	7.40
G3	798	4590	5.75	723	5116	7.08
G4	172	1410	8.20	439	2655	6.05
G5	326	2425	7.44	375	2228	5.94
G6	532	3263	6.13	454	3021	6.65
G7	580	4279	7.38	582	3263	5.61

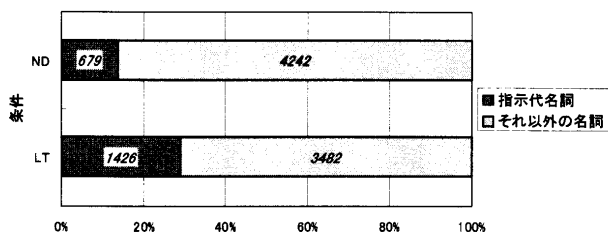


図 6 迷路ゲーム課題における発話中の指示代名詞とその他の名詞の比較。図中の数字は出現頻度を表す。なお、ND は LCD 条件、LT は Lumisight 条件を各々意味する。

Fig.6 Comparison between number of demonstrative pronouns and other nouns that appeared in utterances in our maze game task. ND and NT denote LCD and Lumisight conditions, respectively.

アイコン等にグループ内でのみ了解可能な名前を与える行為 (labeling) が観察された。例えば、「2 階建ての家」(二条城のアイコン) や「Y 字のところ」(加茂川の分岐点) などがその例である。この名付け行為は Lumisight 条件では殆んど観察されず、追跡者間でのランドマークの共通理解を得るための言語的工夫と考えられる。

このような言語的工夫にも関わらず LCD 条件における課題成績が Lumisight 条件に比べて劣るのは、ランドマークや方向表現による指示は指で画面を指し示す行為 (直示行為) に比べて曖昧さがあるために、位置の伝達に関する精度が落ちることが原因であろうと推測される。また、LCD 条件では画面の天地が人によって違うことが教示されているにも関わらず、しばしば「右側」や「上の方」といった相対的な表現を用いてしまい誤解を生じさせている場合が観察された。このような発話は Lumisight 条件でも観察されたが、Lumisight 条件では、画面を指さしながら発話される場合が多いためにあまり誤解の原因とはならない。え、間違った発話を行った参加者がすぐに言い直す行為 (e.g., 「上、(すぐに間違いに気づいて) 西に向かっ

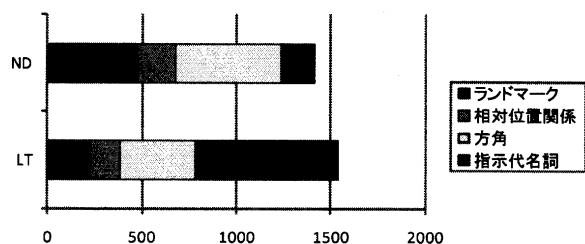


図 7 迷路ゲーム課題における各表現パターンの発話数の比較。なお、ND は LCD 条件、LT は Lumisight 条件を各々意味する。

Fig.7 Comparison among numbers of utterances that contain each expression pattern. ND and NT denote LCD and Lumisight conditions, respectively.

表 2 条件別総発話数、単語数、平均発話長の比較。なお、ND は LCD 条件、LT は Lumisight 条件を各々意味する。

Table 2 Comparison among total number of utterances, word numbers, and average utterance lengths under each condition. ND and NT denote LCD and Lumisight conditions, respectively.

	LT	ND	t 検定
総発話数	2854	2800	t(6)= 0.131, n.s.
単語数	19479	18121	t(6)= 0.563, n.s.
平均発話長	6.83	6.47	t(6)= 1.247, n.s.

ています」) がしばしば観察された (1 グループあたり平均 1.43 回)。これは、他の参加者の姿が視界にあるために、相対的な表現が不適切であることに気づきやすいからではないかと推察される。

4 実験 2: ブックマート X

本章では、議論を通じて熟考することを要する状況下での協同行為について調べる。

4.1 ブックマート X 課題の概要

ブックマート X 課題は、参加者が 4 人 1 組のグループを構成して行う課題であり、その目的は各参加者に

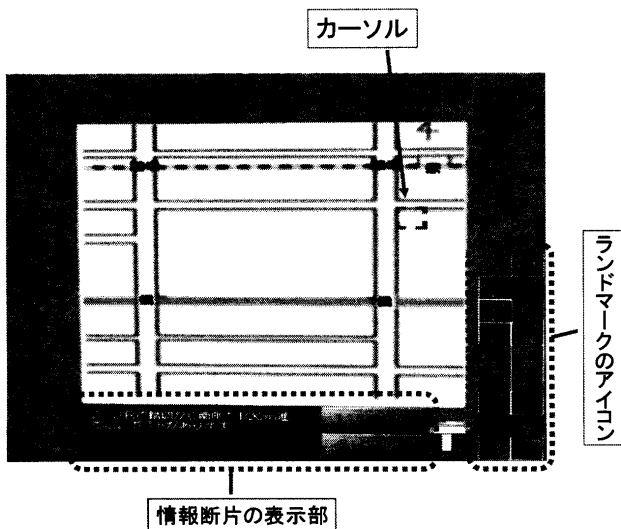


図8 ブックマート X 課題 (初期状態)
Fig.8 A snapshot of an initial state of the bookmart X task

与えられた異なる情報断片を、対話を通じてひとつの整合した情報に纏め上げることである。課題では、まずグループに 1 枚の白地図が提示される。各参加者には地図上のランドマークに関する断片的な情報 (e.g., 「CD ショップはブックマート X とケーキ屋の隣にあります」「公園の向かい側にコンビニがある」) が与えられる。情報断片は 20 種類あり、各参加者にはその中からランダムに各々 5 つずつ重複がないように割り当てられる。参加者は互いに協力しながらそれらの情報断片を元に正しい地図を完成させなくてはならない。

図 8 に課題の開始状態の画面スナップショットを示す。画面中央に白地図が表示され、画面下部には地図上に配置するランドマークに関する情報断片が表示されている。白地図の部分は全ての参加者に、その方向も含め同じように見えているが、情報断片の部分は自分の情報以外は覗けないようになっており、他者との情報交換は口頭のみで行うことが求められる。また、画面右側にはランドマークを示すアイコンが表示されており、各参加者はこのアイコンを白地図上に配置して地図を完成させていく。

各参加者は各々マウスを用いて操作を行う。3.3 節で述べたように、非言語モダリティの障害が発話量に影響する可能性が指摘されるため、本実験では、画面上に各人のマウスカーソルを各々異なる色で表示し、地図上で誰がどの操作を行っているかを識別することができるようにすることで、間接的にはあるが他者に直示行為などの非言語モダリティを伝えられる手段を用意することにした。

4.2 実験手続き

実験は、人材派遣会社によって集められた 20 代の男女 48 名を参加者として行われた。初対面同士の実験参加者 4 名で 1 集団を構成し (計 12 グループ)、必ず男女が半数ずつになるよう操作された。

実験では、各グループが無作為に Lumisight 条件、LCD 条件のいずれかに割り振られた (被験者間要因)。数分間の機器習熟操作の後、課題を開始させた。課題の制限時間は 35 分としたが、35 分以内に正解に達しない場合は更に最大 15 分の延長時間を与えることとした。実験の様子は 2 台の VTR と 4 台のワイヤレスマイクで収録された。

なお、課題のデザインに関しては文献 [10] を参照されたい。

4.3 結果

正解に達したグループ数は、Lumisight 条件では 2 グループ (所要時間: 31、33 分)、LCD 条件では 4 グループ (同: 34、43、47、50 分) であった。非言語モダリティが円滑に利用できる環境が最も協同を行いやすい環境であるという立場に立てば Lumisight 条件において課題達成率が高まると予測されるが、本実験ではそれと反する結果が得られた。

次に参加者間で行われた対話に着目する。各実験グループでの総発話数、直示行為数、課題達成時間、課題成否、課題条件を表 3 に示す。なお、課題達成に失敗したチームの達成時間は 50 分としている。本実験ではマウスカーソルが他の参加者に見えるようになっていたため、画面上の場所を直示する際に利用可能である。すなわち Lumisight 条件ではマウスカーソルと指が、LCD 条件ではマウスカーソルが他者へ場所を伝達する際の直示行為に利用できるようになる。

条件間での総直示行為数を比較すると、Lumisight 条件で平均 152.8 回、LCD 条件で平均 81.0 回で、前者の条件のほうが有意に多かった ($t(5.7) = -2.87$, $p < .05$)⁵。マウスカーソルによる直示回数だけに着目すると Lumisight 条件は平均 82.3 回で、両条件間に有意差はなかった ($t(5.7) = 0.056$, $n.s.$)。これは、両条件の平均直示行為数の差が指さしの利用可否に因ることを示唆している。また、発話中の名詞に着目し、各条件下での指示代名詞とそれ以外の名詞の比を求めたものを図 9 に示す。総直示行為数が大きく異なるにも関わらず、Lumisight 条件と通常ディスプレイ条件とで指示代名詞の割合がほぼ等しいことが分かる。

LCD 条件のほうが課題達成率が高いことを鑑みると、課題遂行のための参加者間の意思疎通において、マウスカーソルによる直示行為だけで十分であり、指さしが冗長なコミュニケーションチャネルになってい

⁵ 二群の分散が等しくなかったため、Welch の t 検定を用いた。

松下・松田：対面協調作業における非言語モダリティの影響

表3 各条件の実験グループ毎の総発話数、直示行為数、課題達成時間、課題成否および各条件の平均値

Table 3 Total number of utterances, that of deictic references, task achievement times, task completion rate, and the numbers of their average under both conditions in each group

条件	グループ	総発話数	1分あたりの 発話数	直示行為数 (指 / マウス)	時間	課題成否
Lumisight 条件	G3	523	10.46	126 (57 / 69)	50:00	失敗
	G7	678	13.56	217 (66 / 151)	50:00	失敗
	G8	360	7.20	116 (82 / 34)	50:00	失敗
	G9	760	15.20	234 (83 / 151)	50:00	失敗
	G4	392	12.65	140 (76 / 64)	31:31	成功
	G12	281	8.52	84 (59 / 25)	33:00	成功
	条件平均	499.00	11.27	152.83 (70.50 / 82.33)	44:05	成功: 2/6
LCD 条件	G2	442	8.84	71 (0 / 71)	50:00	失敗
	G5	423	8.46	92 (0 / 92)	50:00	失敗
	G1	287	6.11	89 (0 / 89)	47:21	成功
	G6	476	9.52	104 (0 / 104)	50:00	成功
	G10	417	12.26	85 (0 / 85)	34:34	成功
	G11	325	7.56	45 (0 / 45)	43:16	成功
	条件平均	395.00	8.79	81.00 (0.00 / 81.00)	45:52	成功: 4/6

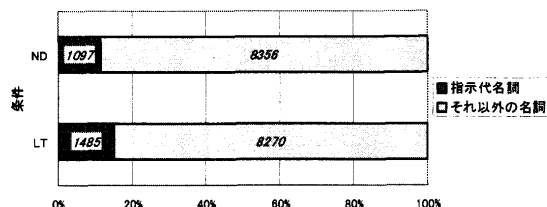


図9 ブックマート X 課題における発話中の指示代名詞とその他の名詞の比較。図中の数字は出現頻度を表す。なお、ND は LCD 条件を、LT は Lumisight 条件を各々意味する。

Fig.9 Comparison between number of demonstrative pronouns and other nouns that appeared in utterances in the bookmart X task. ND and NT denote LCD and Lumisight conditions, respectively.

る可能性が指摘される。

また、条件間の総発話量の差異についてグループを単位として比較した。ゲームの終了時刻による影響を避けるため単位時間当たりの発話量で比較したところ、両条件間での有意差はなかった ($t(6.9) = -1.868$, $n.s.$)。この結果と迷路ゲーム課題の発話量の結果を鑑みると、どちらの条件でも発話行為に相違は見られないことが確認された。

次に発話内容に関して調べる。本課題は各参加者が情報断片を分散的に保持し、それらの整合性が保たれるように議論をしながらアイコンの位置を決定するものである。この過程において、勘違いや条件の見落としなどの理由により「的外れな提案」がなされる場合がしばしば見受けられたが、この対応について両条件間での差異が観察された。LCD 条件では、的外れな意

見を述べる参加者の発話に対して、他の参加者は単に合槌をするだけで実質的にその意見が無視するといった反応をしていた。このような反応が生じるきっかけとなった発話例を図 10 に示す。このグループでは参加者 B が「全ての配置を左右逆にする」という的外れな提案をした (図 10 中の発話 ID:1) のに対して、他の参加者が強い語調で反対を表明し (図 10 中の発話 ID:9、11、18)、結局この提案は棄却された。参加者 B はその後外的外れな提案を続けるが、この発話以後他の参加者は参加者 B の提案を無視するようになった。

それに対して Lumisight 条件では、ある参加者の意見が的外れであることが明白な場合であっても、他の参加者はそれを無視せず代替案のひとつとして検証する様子が観察された。このような反応が生じるきっかけとなった発話例を図 11 に示す。このグループではほぼ全てのランドマークが正確に配置できたにも関わらず、最終段階で参加者 D が残りの配置に関して間違っ了解釈をして「全てをやり直す」という的外れな提案をしている (図 11 中の発話 ID:10)。他の参加者が反対を婉曲に表明するものの (図 11 中の発話 ID:15 から 17)、結局この発話の後全てのランドマークを取り除き、最終的には時間内の課題達成に失敗した。この例のように、的外れな意見であっても無視しない振舞いが結果的に Lumisight 条件の課題達成率を低下させる一因となっていた。

この差異は、的外れな発言であってもその参加者の姿が視界にある場合には、関係を悪化させるような振舞いをする行動を取りにくいためだと推察される⁶。

なお、どちらの条件においても迷路ゲーム課題で観

⁶ただし、LCD 条件において、論理的に正しい意見にも関わらず他の参加者に“無視”される場合も観察されている。

ID	発言者	発言
1	B	その通りにある地図は、全部逆やと思いますよ。
2	A	でも、このやつ…病院とポストのある十字路を北に進むと、右手に教会があって更に進むと、木橋なんで…
3	B	ですよ。だったら、これは、左の通りでも同じことになる。
4	D	なんで、逆にする…
5	A	あ、でもバス停が木橋に近くないとダメなんです。
6	D	あ、じゃあバス停左について事ですか？
7	B	だから、木橋と石橋も逆にするんですよ。
8	A	あー
9	D	え、何ですか？なんか、なんかある？
10	B	いや、それでも成り立つて事なんです。
11	C	全部移動しなあかんのですか？
12	D	お寺と幼稚園に行くには、石橋を通らなくてはダメって書いてあるんですよ。
13	B	えーと、幼稚園は、あの一、幼稚園から北に進むと右側に駐輪場があり、あ、すいません、駐車場があり、更に進むと、ポストのある十字路があります。
14	D	どっちもやな。
15	A	あってるっちゃ、あってるんですね。
16	B	あってるっちゃ、あってるんですけど、どっちも合ってるんですよ。
17	D	逆にしたら、幼稚園の位置が右になるって事ですか？
18	A	これを逆にしたら、どうなるんですか？何を変えるんですか？

図 10 LCD 条件下での参加者の発話例
Fig. 10 An example of participants' dialogue under LCD condition

察されたような名付け行為は確認されなかった。

5 議論

Steiner によれば、集団による協調課題達成は加算型 (additive)、結合型 (conjunctive)、分離型 (disjunctive) に分けられる [17]。加算型は運動会の玉入れのように、各メンバの遂行量の合計値がそのままその集団の遂行量になる課題状況である。また、結合型は集団での山登りのように、メンバ全員がゴールに達することで課題が完了するものであり、分離型は、例えばチーム対抗クイズのように、チーム内の少なくとも一人が正解すればチーム全体が課題完了となるような課題状況である。これを本稿の実験に照らすと、迷路ゲーム課題では追跡者のいずれかが逃亡者を捕まえれば課題達成となり、ブックマート X 課題では参加者のいずれかが正しい位置関係を同定できれば課題達成となることから、いずれの課題も分離型の課題構造を有しているといえる。そして、逃亡者と追跡者の速度が同じである (迷路ゲーム課題) ことや、情報が断片化され参加者内で分散して保持されている (ブックマート X 課題) といった理由から、課題解決には他者との協同が不可欠である。したがって、本稿で用いた課題では、いずれの課題においても“円滑な協同”が行わ

ID	発言者	発言
1	D	いろいろ全部変わります。
2	C	あー。
3	D	こっちにしてみよう。どうしよ…
4	A	しかも木橋があるんで、北に進んだら。これ、石と 変わってしまう。
5	C	変わってしまうな…
6	D	やってみようか。
7	B	全部間違ってますね。ほんなら…
8	D	ここを始点にして全部作ってたら…できないかな？
9	A	はい。やってみますか？
10	D	一応、全部消して…
11	C	じゃあ、この木橋と石橋、逆にせんなあかんって事？かなあ。
12	B	わあ、いややなあ。
13	A	あ、でもそれこそ、木橋を渡って100メートル行くと、噴水のある公園とか、書いてある
14	D	でもなんか、あいそうな気がする、そうしたら…
15	A	正反対にしたらって事もないですかねえ～？
16	D	結構矛盾してるのがあるから。
17	B	わあ、いややなあ、消すん。

図 11 Lumisight 条件下での参加者の発話例
Fig. 11 An example of participants' dialogue under Lumisight condition

れたか否かが課題達成度の向上において主要な因子となる。

これらふたつの課題の主要な差異は課題遂行に要求される発話の“質”、すなわち反射的な応答と熟考的な応答 [2] のどちらが要求されるか、という点である。迷路課題は刻一刻と変化する状況下で、極めて短時間の間に逃亡者の位置情報の特定と捕獲戦略の立案遂行といった即時的反応が要求されるのに対して、ブックマート X 課題は時間制約は比較的緩く、情報の整合性の検証や代替案の提示といった論理的思考が要求される。両実験で明らかになった発話行為の差異はこの点に帰着されよう。すなわち、前者の実験では効率良く他者と情報を交換し自律的に行動することが求められるのに対して、後者の実験では情報断片の論理的整合性を参加者全体で段階的に検証していくことが求められる。

迷路ゲーム実験で観察されたような、LCD 条件下における名付け行為の出現や Lumisight 条件下における指示代名詞の多用は、効率の良い情報交換という観点に基づく合理的な行動といえよう。一方、ブックマート X 実験で観察されたような、的外れな意見による課題遂行の妨げは、参加者全体による段階的な検証が求められるという課題構造に内含される現象であろう。これら課題構造に起因する現象を除外すれば、両実験環境下で非言語モダリティの利用可否の違いに基づく発話内容の相違は見られなかった。また、発話量に関してもふたつの実験ともに両条件間に有意差は見られな

かったことから、分離型の課題においては、非言語モダリティの利用可能性が協同の遂行に関わる発話そのものには影響を与えない、すなわち対面であることによって「議論が活発になる」ことや「参加者の発話内容に影響が生じる」ことはない、と結論づけられる。

また、課題達成成績については、迷路ゲーム課題では非言語モダリティを利用できる環境での課題達成率が有意に良い結果となったが、ブックマート X 課題では非言語モダリティを利用できない環境のほうが課題達成率が良い傾向となった。前者の優位性は、指さしが共有できることが課題達成に寄与したためであり、非言語モダリティが利用できない環境であってもマウスカーソルの位置が共有できる後者の実験では課題達成率が良くなっている。このことから熟考型の課題において「相手の顔が見える」ことは課題達成率の向上には直接的に寄与しない可能性を示唆している。

6 おわりに

本稿では、非言語モダリティの利用可能性が発話行為にどのような影響を及ぼすかについて、迷路ゲーム課題とブックマート X 課題というふたつの異なる課題を用いた実験を実施し、課題達成率の比較と発話行為の違いに関する分析を行った。その結果、分離型課題においては (1) 反射的な応答を要する場合には直示行為の有無が課題達成率に影響する、(2) 熟考を要する場合には他者を視認できるか否かは課題達成率の向上には寄与しない、(3) 発話頻度や発話内容は非言語モダリティの利用可能性に影響されない、ということが明らかになった。

文献 [18] で情報の「伝達度」と当事者が主観として感じる「伝達感」が一致しないと指摘されているように、各参加者の課題が達成された際の主観（例えば満足感や達成感など）には非言語モダリティの利用の可否が影響を及ぼす可能性はある。本研究では課題達成率という客観的に検証可能な指標のみを対象とすることでテーブル型システムの非言語モダリティ共有の有効性を検証したが、テーブル型システムが利用者の主観に影響するという効用を否定するものではない。

今回の実験では Steiner の分類でいう分離型の課題を用いたが、現実の協同の場面では、結合型や加算型の課題、ないしこれらの複合的性質を持つ課題も多い。このような課題に関しても今後検討を進め、テーブル型システムが有効に利用できる課題を明らかにし、それに即したデザイン指針の創出につなげていきたい。

また、今回の実験では視覚的手掛かりの有無を操作するためにテーブル型ディスプレイと液晶ディスプレイという異なる情報提示媒体を利用して比較を行った。本研究では対面場における参加者間のコミュニケーション

ン行為、特に発話行為に焦点を絞っているため、参加者個人の情報の知覚プロセスについては考慮しておらず、提示される情報が同じであれば情報提示媒体が異なっても発話行為に影響しないという立場を取っている。この点に関しては、今後テーブル型ディスプレイと液晶ディスプレイの認知特性の差異ならびにコミュニケーション行為への影響の分析を通じて今後より厳密に検証していきたい。

謝辞

実験の実施・分析に協力いただいた高瀧浩司氏、赤塚大典氏、太田和美氏に感謝する。本研究は文部科学省科学研究費（課題番号：19700125）の助成を受けたものである。なお、本稿の各実験は、日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所の倫理委員会の承認を受けて実施されたものである。

参考文献

- [1] Gale, S.: Adding Audio and Video to an Office Environment, *Studies in Computer Supported Cooperative Work* (Bowers, J. M. and Benford, S. D.(eds.)), North-Holland Publishing Co., pp. 49-62 (1990).
- [2] 長谷川隆明, 中野有紀子, 加藤恒昭: 反射と熟考の相互作用に基づく協調的対話モデル, 情報処理学会研究報告 1996-NL-114, pp. 127-134 (1996).
- [3] Hirata, K., Harada, Y., Ohno, T., Yamada, T., Yamato, J. and Yanagisawa, Y.: t-Room: Telecollaborative Room for Everyday Interaction, *Proc. 66th IPSJ Annual Convention, 4B-3* (2004).
- [4] Ichikawa, Y., Okada, K., Jeong, G., S., T. and Matsushita, Y.: MAJIC Videoconferencing System: Experiments, Evaluation and Improvement, *Proc. ECSCW'95*, pp. 279-292 (1995).
- [5] 寛康明, 飯田誠, 苗村健: インタラクティブな多人数用方向依存ディスプレイ Lumisight Table の提案, 第 2 回情報科学技術フォーラム情報技術レターズ, pp. 293-294 (2003).
- [6] Kakehi, Y., Iida, M., Naemura, T., Shirai, Y., Matsushita, M. and Ohguro, T.: Lumisight Table: Interactive View-Dependent Display-Table for Multiple Users, *IEEE CG&A*, Vol. 25, No. 1, pp. 48-53 (2005).
- [7] 川村和充: 製品紹介 視界制御フィルム「ルミステイア」, 新素材, Vol. 4, No. 11, pp. 71-75 (1993).
- [8] 喜多壮太郎: ジェスチャー 考えるからだ, 金子書房 (2002).
- [9] 松田昌史, 松下光範, 苗村健: 社会的分散認知環境における集団課題達成の促進要因: 集団成員間の親密さの影響, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J90-D, No. 4, pp. 1043-1054 (2007).
- [10] 松田昌史, 高塚陽亮, 松下光範, 苗村健, 大坊郁夫: 集団問題解決における他者の存在感の影響 - 他者の姿が課題解決を阻害する事例, 電子情報通信学会技術報告 HCS2007-62, pp. 57-62 (2007).
- [11] 松本裕治: 形態素解析システム「茶筌」, 情報処理, Vol. 41, No. 11, pp. 1208-1214 (2000).
- [12] 松下光範, 土方嘉徳, 杉原敏昭 (編): 技術展望: テーブル型システムの現状, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 9, No. 1, pp. 35-58 (2007).

- [13] Morsella, E. and Krauss, R. M.: The Role of Gestures in Spatial Working Memory and Speech, *American Journal of Psychology*, Vol. 117, pp. 411-424 (2004).
- [14] Rauscher, F. H., Krauss, R. M. and Chen, Y.: Gesture, Speech, and Lexical Access: The Role of Lexical Movements in the Processing of Speech, *Psychological Science*, Vol. 7, pp. 226-231 (1996).
- [15] Rutter, D., Stephenson, G. M. and Dewey, M. E.: Visual communication and the content and style of conversation, *British Journal of Social Psychology*, Vol. 20, pp. 41-51 (1981).
- [16] Scott, S. D. and Carpendale, S.: Interacting with Digital Tabletops, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 26, No. 5, pp. 24-27 (2006).
- [17] Steiner, I. D.: *Group Process and Productivity*, Academic Press (1972).
- [18] 杉谷陽子: CMC でも言いたいことはきちんと伝わるか? (2) メッセージの伝達における視覚的手がかりの効果, 日本社会心理学会第 48 回大会発表論文集, pp. 134-135 (2007).
- [19] Wang, H. and Blevis, E.: Concepts that Support Collocated Collaborative Work Inspired by the Specific Context of Industrial Designers, *Proc. CSCW2004*, pp. 546-549 (2004).
- [20] 山下直美, 石田亨, 野村早恵子, 早水哲雄: 電子メールを用いた組織間交渉事例の分析, 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 11, pp. 3355-3363 (2002).
- [21] Yamauchi, Y., Yokozawa, M., Shinohara, T. and Ishida, T.: Collaboration with Lean Media: How Open-Source Software Succeeds, *Proc. CSCW2000*, pp. 329-338 (2000).

(2009 年 11 月 27 日受付)

[著者紹介]

松下 光範 (正会員)



1995 年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻制御工学分野博士前期課程修了。同年日本電信電話(株)入社。2008 年 関西大学総合情報学部准教授、2010 年 同教授、現在に至る。自然言語理解、情報可視化、ヒューマンコンピュータインタラクションに関する研究に従事。博士(工学)。

松田 昌史



2003 年北海道大学大学院文学研究科・人間システム科学専攻・博士後期課程単位取得退学。同年日本電信電話(株)入社。現在、NTT コミュニケーション科学基礎研究所勤務。対人信頼関係の形成過程、行動科学、実験ゲーム研究等の研究に興味を持つ。博士(文学)。