

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19700125  
 研究課題名（和文）非対称な知識を持つ集団の対面協調作業支援に関する研究  
 研究課題名（英文）Research on supporting face-to-face collaboration among asynchronous knowledge holders  
 研究代表者  
 松下 光範（MATSUSHITA MITSHUNORI）  
 関西大学・総合情報学部・准教授  
 研究者番号：50396123

## 研究成果の概要(和文)：

本研究の目的はテーブルを囲む少人数参加者の合議に焦点を当て、知識の非対称性を有する参加者間のコミュニケーション様態と議論結果との関連性を明らかにすること、及びその協同を円滑に支援するためのテーブル型システム実現のためのデザイン指針を明らかにすることである。そのために、対面協調作業参加者の間のコミュニケーション行為に着目し、そこで行われるインタラクションの特徴を3つの実験を用いて観察した。実験の結果、(1)反射的応答を必要とする課題では、指を用いた直示行為の利用可否が発話内容と課題達成度に影響する、(2)熟考することが求められる課題では、他の参加者の非言語モダリティの参照可否は課題達成度に大きな影響を及ぼさない、(3)発話長や発話頻度は課題のタイプや非言語モダリティの利用可否に影響を受けない、(4)結合型課題では、グループ全体の効用が参照可能な状況下、かつ全ての参加者の代替案集合に対する評価が静的である場合に、より参加者全体にとって効用の高い案で合意できる可能性がある、ということが観察された。

## 研究成果の概要(英文)：

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 research investigates how humans communication acts are influenced by the availability of non-verbal communication modalities, and types of information they are able to refer. We conducted three 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; (3) the differences in the environments do not affect the utterance frequencies, their length, or their content; and (4) average utility of a participant rises significantly only when expected total utility of his/her group is available and his/her utility is invariant over time.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	0	1,600,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	480,000	3,680,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学(B)

キーワード：協調作業支援、テーブル型システム、知識の非対称性

## 1. 研究開始当初の背景

今日、我々が取り組む課題は複雑化・分野横断化しており、異なる専門知識を有する人々による協同の重要性がますます高まっている。対面協調作業はこのような協同を行う上で効果的な方法と認識されており、それを支援する計算機システムが CHI や CSCW 分野を中心に数多く提案されている。特に近年では、テーブル型の協調作業支援システムが注目を集めている。

異なる専門知識を有する人々による協同の場面では、協同の参加者間に知識の非対称性（“無知の対称性 (symmetry of ignorance)”とも呼ばれる）が存在する。この知識の非対称性をもたらす多様性は複雑な問題の解決にとって不可欠であるが、一方でその非対称性自身がしばしば誤解や意見の対立を引き起こす原因となることが知られている。そのため、その知識の非対称性を持つ有益な側面を活かしつつ、それによって生じる問題を克服することが効果的かつ効果的な協同の鍵となる。

これまで提案されている協調作業支援システムの主たる関心は、参加者の非言語モダリティの共有や情報のシームレスな利用の促進であり、このような知識の非対称性を考慮していなかった。そのため、参加者間に利害関係や反駁関係があるような場面での支援が十分ではなかった。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、テーブルを囲む少数人参加者の合議に焦点を当て、知識の非対称性を有する参加者間のコミュニケーション様態と議論結果との関連性を明らかにし、その協同を円滑に支援するためのテーブル型システム実現のためのデザイン指針を明らかにすることである。特に、参加者間に利害の対立が存在する状況を扱うことで、交渉を伴ったコミュニケーション場面の人間行動の特徴を調べ、そのような状況下での合議を支援することを目指す。具体的には、対面協調作業参加者間のコミュニケーション行為に着目し、相互の意思疎通に身体表現や視線などの非言語モダリティがどのように機能するのか、非言語モダリティと言語モダリティの特性の違いとその相互変換可能性（例えば非言語モダリティが利用できない場合にその行為が言語モダリティを介して伝達するにはどのくらいの量の発話が必要で、誤解の発生率がどの程度上昇するのか）、利用可能な情報やインセンティブ構造の変化が結論にどのような影響を及ぼすのか、について統制実験を通じて明らかにする。また、得られた知見を整理し、非対称な知識を持つ人々の協同を的確に支援するシステムの

デザイン指針構築を行う。

## 3. 研究の方法

本研究では、Stainer の協同の3類型（加算型、分離型、結合同型）に着目し、そのうちの分離型、結合同型の二つの協同類型に該当する課題を作成して被験者実験を行うことで、特徴分析を行った。この際、各参加者の満足度や情報伝達度といった主観的指標ではなく、対象とする課題の達成度や達成時間といった客観的指標を対象とした。

分離型課題とは、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である。この分離型課題として、本研究では迷路ゲーム課題と地図作成課題の二つを用意した。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操作して行うリアルタイム性のある追跡ゲームであり、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名が互いの情報を交換しあいながら探索し追跡者を捕まえるという内容である。また、地図作成課題は4人1組のグループを構成して行う課題であり、各参加者に与えられた異なる地理情報の断片を、対話を通じてひとつの整合した情報に纏め上げ、最終的に1枚の地図を完成させるという内容である。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、地図作成課題は時間制約については比較的緩く、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。以下、前者を反射的分離型課題、後者を熟考的分離型課題と呼ぶ。

また、結合同型課題は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る。この結合同型課題として、本研究ではワンナイン課題を用意した。ワンナイン課題は、参加者が3人1組のグループを構成して行う課題で、提示された9つの代替案集合の中から1つの案を選択することが求められる。加えてワンナイン課題では、各代替案の選好誘因 (=効用) が参加者ごとに操作され、初期状態で3人の参加者が同程度に満足する案は存在しないようになっている。そのため、議論を通じて他の参加者を納得させることが求められる。

本研究では、まず二つの分離型課題を用いて、非言語モダリティの利用有無が課題達成度に及ぼす影響ならびに発話に及ぼす影響を調査した。また、結合同型課題を用いて、利用可能な情

報とインセンティブ構造の二つを操作した場合の議論に与える影響を調べた。

#### 4. 研究成果

##### ① 反射的分離型課題におけるやりとりの特徴

本課題について、非言語モダリティの利用有無を操作し、以下の特徴を観察した。

##### (a) 非言語モダリティの利用有無が課題達成度にもたらす影響

ジェスチャやアイコンタクトなどの非言語モダリティが利用可能な実験状況下では、それらが利用できない環境に比べて課題達成度が1割程度向上することが観察された。前者の条件では、グループのメンバー間での齟齬が少なく、直示行為(指さし)によって即応的な位置情報のやり取りが可能であったため、課題向上が図られたと考えられる。

##### (b) 非言語モダリティの利用有無が発話にもたらす影響

非言語モダリティの利用有無は平均発話長や語彙数には影響を与えない、すなわち、発話量そのものには影響を与えないが、発話内容に影響を与えることが観察された(図1)。非言語モダリティが利用可能な条件下では、指示代名詞の利用割合が増えるのに対し、非言語モダリティが利用できない条件下では、名付け行為(特定のオブジェクトに対して、グループのメンバーのみが諒解する呼び方をする行為)が観察された。これらはいずれも限られた時間の中で、効率良く情報交換を行うための合理的な行動と考えられる。

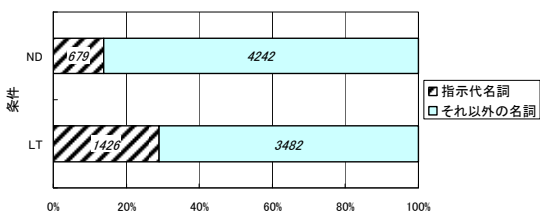


図1: 発話中の指示代名詞の割合(反射課題)

##### ② 熟考的分離型課題におけるやりとりの特徴

本課題について、非言語モダリティの利用有無を操作し、以下の特徴を観察した。

##### (a) 非言語モダリティの利用有無が課題達成度にもたらす影響

本課題では、非言語モダリティが利用できない条件のほうが、非言語モダリティが利用可能な条件に比べて課題達成度が高まる傾向が観察された。これは、後者の条件では指さし行為はできないものの、代替手段(マウスカーソル)を用いることで位置情報の共有が可能になるためと考えられる。本課題では、情報共有の効率よりも、

共有された情報をまとめあげる際の整合性が課題達成に大きく影響するため、非言語モダリティの利用有無が課題達成に影響を及ぼさなかったと考えられる。

##### (b) 非言語モダリティの利用有無が発話にもたらす影響

非言語モダリティの利用有無は平均発話長や語彙数には影響を与えない、すなわち、発話量そのものには影響を与えないことが確認された。また、反射的分離型課題とは異なり、指示代名詞の利用にも影響しないことが確認された(図2)。一方で、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、この取り扱いについては両条件間での差がみられた。非言語モダリティが利用できない条件では、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を無視するといった反応をすることで、それを除外できているが、非言語モダリティが利用できる条件では、あるメンバーの意見が的外れであることが明白な場合であっても、他のメンバー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。これが達成度の低下の原因になっていたと考えられる。

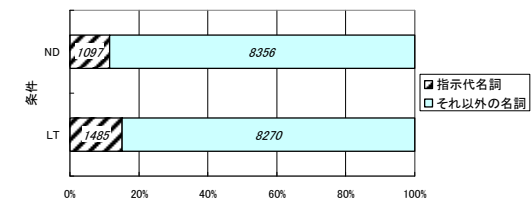


図2: 発話中の指示代名詞の割合(熟考課題)

##### ③ 結合型課題におけるやりとりの特徴

本実験では、グループで一つの代替案を選択することが課題達成条件であるが、個人ごとに報酬額を設定することで、結論にどのような影響を与えるかを調べた。具体的には時間経過に伴う報酬額の変動の有無とグループの報酬額合計の提示の有無のふたつを操作し、それらが議論にどのような影響を及ぼすかを調べた。

本実験では、ある被験者にとって最も効用が高い案は他の参加者にとって最も効用が低くなるように設定されている。また、メンバー間の効用が均衡している案ほど他者との合意は取りやすいが全体としての効用が低下するような実験設定になっている。そのため、グループ全体の効用がより高い案(=報酬の平均額が高くなる案)を選択するにはある被験者が利他的に振る舞う必要がある。

操作された要因のうち、時間変動に伴う報酬額の変動は、新しい指示が与えられるたびにそれまで報酬が低かった群の額が上昇するかどうか

かを操作したもので、報酬額が変動する条件は、参加者の意識の変化と効用が連動するモデルを想定している。また、グループの報酬額合計の提示の有無は、他の参加者を含めた報酬額合計を知ることができるかどうかを操作したもので、報酬額合計が提示される条件は、参加者が全体の効用を意識して代替案を選択するモデルを想定している。

実験の結果、グループ全体の効用が参照可能な状況下、かつ全ての参加者の各代替案に対する評価が静的である場合に、より参加者全体にとって効用の高い案で合意できる可能性があることが観察された。

次に、議論を通じて合意に至ったグループと、合意に至らなかったグループで議論の過程にどのような違いがあったかを比較したところ、次のような傾向が観察された。

・ 議論の進め方

条件に関わらず、合意に至らなかったグループでは、与えられた実験時間の多くを各代替案に対する賛成・反対の立場表明に費やす傾向が観察された。一方、合意に至ったグループでは、実験開始段階では合意に至らなかったグループ同様、各代替案に対する賛成・反対の立場表明を行っていたものの、途中で「どのような観点で議論を進めるか」というメタな観点からの議論が行われ、代替案を区分する様子が観察された。

・ 特定の代替案に対する固執

合意に至らなかったグループの幾つかでは、ある参加者が自分にとって効用の高い案に固執して他の参加者に対する説得に多くの時間をかけ、全ての案を検討する前に実験終了を迎える様子が観察された。これは、合意に至ったグループではほとんど観察されなかった。

・ 沈黙の時間

合意に至らなかったグループの幾つかでは、各参加者の代替案に対する賛成・反対の表明によってグループのメンバが共通して満足する代替案が存在しないことに気付いた段階で議論が停滞し、しばしば沈黙が生じる様子が観察された。これは、合意に至ったグループでは観察されなかった。

④ 非対称な知識を持つ人々の協同の支援に関する可能性

上記の実験結果から、異なる知識や選好を持つ人々の議論の場面では、(1) 対象とする課題が反射的な応答を必要とする場合、外在化オブジェクトのもつ情報を多重化して、非言語モダリティの促進と非対称な情報アクセスの両立を図る、(2) 議論の過程を外在化し、同じ議論の繰り返しや勘違いを回避させる、(3) 結合型課題の場合は、プリプロセスとして全ての代替案に関する検討を各参加者に促し、議論の進行に伴う態度変容を最小限に抑えるよう図ると共にグループ

全体の効用を提示し、代替案選択の方針を決めるメタな議論の必要性を参加者に意識させる、といった支援の可能性が示唆される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

① 松下光範、松田昌史、対面協調作業における非言語モダリティの影響、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、査読あり、15巻2号、2010年

② 松下光範、加藤恒昭、情報編纂研究促進のための試み、人工知能学会論文誌、査読あり、24巻2号、pp. 272-283、2009

[学会発表] (計4件)

① 松下光範、非対称な知識を持つ人々の合意形成の支援に向けて、ヒューマンインタフェース学会 第1回インタラクションのデザインと評価専門研究委員会、pp. 49-52、2010年3月4日

② 松下光範、異なる知識を持つ人々の合意形成に関する分析: 選好要因が動的に変化する場合を対象として、電子情報通信学会WEBインテリジェンスとインタラクション研究会、pp. 97-98、2009年3月25日

③ 松下光範、松田昌史、非対称な情報を持つ人々の協調作業に関する分析: 対面環境と遠隔環境の比較、人工知能学会ことば工学研究会 SIG- LSE-A702、pp. 31-38、2007年12月15日

④ 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、第107巻308号、pp. 57-62、2007年11月4日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松下 光範 (MATSUSHITA MITSUNORI)

研究者番号 : 5 0 3 9 6 1 2 3