

テーブル上における戦略的な協調作業に関する検討

山口 徳郎[†] スリラム サブラマニアン[‡] 北村 喜文[†] 岸野 文郎[†]

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1

[‡] Department of Computer Science, University of Saskatchewan, 110 Science Place,
Saskatoon, Saskatchewan, Canada S7N 5C9

E-mail: [†] {yamaguchi.tokuo, kitamura, kishino}@ist.osaka-u.ac.jp, [‡] sriram@cs.usask.ca

あらまし 互いに個人の利益を競い合いながらも、グループとしてある1つの共通の利益を求めるタイプのグループワークとして戦略的な協調作業がある。デジタルテーブルにおけるこのような作業についての先行研究は少なく、あまり知られていない。そこで我々は、戦略的協調作業を支援するシステムを設計することができるかどうかを検討するため、戦略的な要素を含むタスクを協調して行う際の人の行動を分析する。まず、実テーブル上での作業における戦略的な交渉について調査する。その結果、適切なタイミングを図ること、交渉の計画を練るためのEpistemic Action、交渉の価値を評価するプロセスという特徴的な3つの行動を観察した。そして、3種類のデジタルテーブル上での行動と比較・検討することから、戦略的な協調作業を支援するための新たなデジタルテーブル設計の指針を示す。

キーワード CSCW, 対面型協調作業, デジタルテーブル, テーブル型ディスプレイ, 戦略的協調作業

A Study of Strategic Tabletop Negotiations

Tokuo YAMAGUCHI[†] Sriram SUBRAMANIAN[‡]
Yoshifumi KITAMURA[†] and Fumio KISHINO[†]

[†] Human Interface Engineering Laboratory, Osaka University, Suita, Osaka 565-0871, Japan

[‡] Department of Computer Science, University of Saskatchewan, 110 Science Place,
Saskatoon, Saskatchewan, Canada S7N 5C9

E-mail: [†] {yamaguchi.tokuo, kitamura, kishino}@ist.osaka-u.ac.jp, [‡] sriram@cs.usask.ca

Abstract Strategic negotiations in digital tabletop displays have not been well understood. There is little reported in the literature on how users strategize when group priorities and individual priorities conflict and need to be balanced for a successful collaboration. We conducted an observational study on three digital tabletop systems and a real-world setup to investigate similarities and differences in real-world and digital tabletop strategic collaborations. Our results show that in the real world, strategic negotiation involves three phases: identifying the right timing, using epistemic actions to consider a task plan and evaluating the value of the negotiation. We repeated the real-world experiments with different digital tabletops and found several differences in the way users initiate and perform strategic negotiations.

Keyword CSCW, Face-to-Face Collaboration, Digital Tables, Tabletop Displays, Strategic Negotiations.

1. まえがき

グループで意見やアイデアを交換したり、協調して何かの作業をしたりする際には、テーブルなどを囲んで一所で顔を合わせて打合せなどを行うことが多い。そのため、そのような対面型の協調作業を支援するためのデジタルテーブルシステムも多く提案されてきた[4, 6, 12, 17-19]。

このような場での協調作業を詳しく観察すると、個々に作業を行う場面や複数人での共同作業を求められる場面など様々な状況がある。また目的達成のためには協調するばかりではなく、時には互いに意見を対

立させ合うような状況や、自分の利益だけを追求する状況などもあり得る。例えば、複数のチーム編成担当者が参加する野球などの選手トレード会議においては、各担当者はスポーツ界全体の繁栄という会議全体の最終的な目標を持ちながら、個々のチームの利益を図っている。他にも、会社などの組織で人的資源の再配置に関する会議や、また、物々交換やオークションといった例も挙げられる。友人や家族などとカードゲームやボードゲームなどを楽しむ場合にも同様の状況は生じると考えられる。

「協調」と「競争」の2つの側面を持った協調作業

では、参加者は作業全体を注意深く観察し、適切なタイミングで適切な相手と交渉を行う必要がある。このような交渉を通じて、参加者は個々の利益を追求すると同時に、グループ全体の利益を高める。このプロセスは「戦略的な協調作業」と呼ばれ、効率的な作業のためには、作業の状況に応じた協調と競争のバランスが求められる。しかしながら、こういった戦略的な協調作業は、ビジネスの分野ではしばしば議論がなされているものの[1, 3]、デジタルテーブルの設計のための指針としてはあまり検討されてこなかった。

一般に、情報を共有し合いながら戦略的に交渉を行うためには、手持ちの情報のうちどの範囲までを他人に見せるべきか、または逆に、どの情報は他人に見せるべきではないのかなどについて、常に注意を払う必要がある[2]。重要な決定を行う際に、それまで他人と共有していなかった秘密の情報を交渉の材料とすることができ、その情報のインパクトや価値が最も高まった時点で特定の交渉相手に内容を提示するといった交渉を行うことができる。そのため、個人の情報と公共の情報を同様に扱うことのできる仕組みが求められる。しかしながら、今日まで提案されてきたテーブル型ディスプレイは、このような戦略的な交渉を支援することに適していなかった。

そこで我々は、デジタルテーブル上で戦略的協調作業をすることや、こういった作業を支援するシステムを設計することができるかどうかを検討するため、戦略的な要素を含むタスクを協調して行う際の人の行動を分析する。まず、実テーブル上での作業における戦略的な交渉について調査する。そして、3種類のデジタルテーブル上での行動と比較・検討することから、戦略的な協調作業を支援するための新たなデジタルテーブル設計の指針を示す。

2. 関連研究

近年、テーブル上でのインタラクションを支援する様々なシステムや技術が提案されている。本章ではまず、そのようなデジタルテーブルとテーブル上でのインタラクションの先行研究を述べる。続いて、公共の空間における情報の保守性について述べる。

2.1. デジタルテーブル

古くはアーサー王の円卓の例にあるように、人々が集まって重要な決定を行う際には、テーブルを囲んで議論を行うことが多い。今日では、このような協調作業を支援するためのインタラクティブなテーブル型ディスプレイは数多く提案されている。例として、DiamondTouch[4]は複数人で操作可能なタッチセンサ付きディスプレイである。ConnecTables[19]は移動可能なテーブル型ディスプレイを物理的に接続することにより、1つの共有のディスプレイを作ることで文書な

どの共有・交換を可能としている。また、Augmented Surfaces[12]は壁掛け型やテーブル型のディスプレイ、ラップトップ PC 等を1つの作業空間に統合した例である。さらに、タンジブルインタフェースを利用したディスプレイシステムとして、metaDESK[21]やSenseable[10]なども挙げられる。その他のディスプレイシステムとしては、文献[9,16]に詳しい。

テーブル上で人が協調して作業を行う際の行動の分析やその特性の調査も行われている。Pinelleらはテーブル上での協調作業を数種類の低次元のアクションに分類した *mechanics of collaboration* を提案した[11]。Krugerらは、協調作業時におけるテーブル上でのオブジェクトの方向に関して論じた[7]。彼らは、オブジェクトの方向によって、個人空間や共有空間の生成や、オブジェクトの所有者を明示できると述べた。またRyallらは、協調作業を行う際の適切なテーブルのサイズと人数について調査を行った[13]。さらにScottらは、テーブル上での作業空間の領域が協調作業にどのように影響するかを詳しく検証し、*personal, group, storage* の3つの種類の領域を提案した[14,15]。最近では、Tangらが2人組で行う協調作業について、6つの作業スタイルがあると述べた[20]。

しかしながら、これまで述べてきた多くのシステムやその上でのインタラクションに関する先行研究には、より効果的に協調作業を行うための行動や、目的達成に直接的に関与する行動 (*Pragmatic Action*) に着目したものが多く、戦略的な協調作業を支援するための知見は明らかにされていない。また、戦略的に協調作業を行う際に、どのように情報やそれを表示する空間を扱うかといったことなども明らかではない。

2.2. 公共の空間における情報の保守性

本稿では、他の利用者に見せたくない情報や秘密にするべき情報などを表示する領域をプライベート空間とし、他の利用者が見ることができるが操作することができない情報を置く領域を個人空間、また、特定の利用者とは共有する情報を表示する領域を共有空間、利用者全員が見ることも操作することもできる情報を表示する領域を公共空間と分類する。

前節で述べたデジタルテーブルの多くでは、すべての利用者がすべての情報を等しく見ることができるため、戦略的な協調作業を十分に支援しているとは言えない。戦略的に作業を進めるためには、隠しておきたい情報は他の利用者とは共有せず、適切な時期に望む相手とだけ情報を共有し合うために、その情報を他の利用者の目の届かないプライベート空間に置いておく必要がある。そのため、公共の空間に表示される情報の保守性について述べる。

Augmented Surfaces[12]では、利用者は *hyperdragging*

と呼ばれる手法を用いて、統合されたディスプレイ間で情報をやり取りすることができる。手元のディスプレイなどをプライベート空間として、他の利用者から隠しておきたい情報を置いておくことができる。また、他の利用者から見られないように手で隠すなどのジェスチャを利用して、プライベート空間を利用者の手元に生成する RoomPlanner も提案されている [22]。Lumisight Table [8] は、利用者ごとにそれぞれ異なる情報を提示できるが、情報を共有する相手を状況に応じて選択したりすることが困難なため、適切な時期に望む相手と情報を共有することは難しい。UbiTable [17] では、各利用者が持つ個人の端末をプライベート空間とし、それらとテーブル型ディスプレイ（公共空間）の間を利用者は望む情報を自由に移動させることができる。Storage Bins ではテーブル上の任意の場所にオブジェクト（情報）をまとめた塊を生成することができる [15]。この電子的な情報の塊を用いることで、他の利用者から情報を隠すといったことも可能である。さらに、複数人が個人の情報と公共の情報を同時に操作することができるテーブル型ディスプレイも提案されている [6]。利用者の視点位置を計測することで、動的にプライベート空間を生成し、各利用者の表示領域の重なりを共有・公共空間として利用している。

このように個人の情報と公共の情報を扱うことができるデジタルテーブルはいくつか提案されているが、戦略的に情報を扱う手法については議論されていない。また、戦略的な協調作業のために、デジタルテーブルがプライベート空間や個人空間、共有・公共空間などの空間をどのように支援するかについても明らかでない。

3. 実テーブルにおける戦略的協調作業

実テーブル上での戦略的な交渉の特徴や要因を明らかにするため、戦略的な要素を含む 3 種類のタスクを設定し、その様子を観察する。

3.1. タスクと実験方法

4 人から 6 人用の戦略的な要素を持った 3 種類のタスクを設計した。それぞれ、オークションでの交渉などのような公共空間を用いての交渉、トレーディングカードゲームのような特定の参加者との共有空間を用いての交渉、そして、会議室などでのミーティングのような公共空間と共有空間の両方の空間を用いた交渉を想定している。

3.1.1. タスク 1

大きな 1 枚のシート（ストーリーボード）上に、あるテーマに沿った簡単な物語を 10 枚の画像カードを用いて構築するタスクである。参加者には、まず、それぞれ異なる 10 枚ずつの画像カードが与えられる。物語のテーマが与えられた後、10 枚の画像カードの中

から各々 5 枚を選択する。参加者は各自選んだ 5 枚の画像を用い、他の参加者と一緒に 1 つの物語を構築する。しかしながら、物語には全部で 10 枚の画像カードしか用いることができず、参加者は各自が選んだ 5 枚の画像カードの中から他の参加者よりもできるだけ多く用いるように努力しながら物語を構築する。このタスクによって参加者の公共空間での戦略的な交渉を観察する。

3.1.2. タスク 2

公共空間での交渉と同時に、特定の参加者と動的に作り出す共有空間での交渉を観察する。タスク 1 と同様に物語を構築するタスクであるが、参加者は 2 つのグループに分かれ、それぞれが物語を構築し、最後に全体で 1 つの物語を構築する。タスク 1 と同様に各被験者にはそれぞれ 10 枚ずつの画像カードが与えられ、その中から 5 枚の画像カードを選択する。このタスクでは、物語に使用できる画像カードは 8 枚とし、2 つのグループの被験者はそれぞれ選んだ 5 枚の画像カードをできるだけ多く用いるように努力しながら物語を構築する。最後、2 つのグループを合わせた全体で物語を構築する際には、残った画像カードの中からさらに 1 枚画像を選択し、物語に利用する。

3.1.3. タスク 3

"Pit" と呼ばれるトランプを使ったターン制のゲームを設計する。各参加者には 5 枚ずつのカードが配られ、テーブルの場には 1 枚のカードが上向きに置かれる。参加者は順番にカードを交換しながら、手持ちのカードをポーカールのフラッシュのようにすべて同じスートにする。カードの交換方法には 2 通りある。テーブルの中央に置かれたカードと手持ちのカードを交換する方法と、他の参加者 1 人と交渉して、カードを交換する方法がある。後者の場合は、いつでも交渉を中止することができるものとする。このタスクによって、特定の相手との間に作り出す共有空間における戦略的な交渉を検証する。

3.1.4. 参加者と実験方法

様々な人種から構成される 24 歳から 30 歳までの男女、大学生 26 人を被験者とし、6 組のグループに分けて実験を行った。タスク 1 と 2 では、それぞれ 4 人グループを 2 組ずつ、タスク 3 では、4 人グループと 6 人グループの 2 組で行った。タスク実行時間はタスク 1 と 2 では 15 分間、タスク 3 は 30 分間とした。被験者にはあらかじめ実験方法の説明をしており、実験の最中には、被験者はテーブル上の文具など（ペンやはさみなど）は自由に利用してよいこととした。また、実験の様子はビデオ撮影した。

3.2. 結果と考察

実験中の各タスクの様子を図 1 に示す。ビデオの解



図1. 各タスクの様子（左からタスク1、タスク2、タスク3）

析を通して、戦略的な交渉の際には、タイミングと Epistemic Action, そして評価のプロセスの3つの特徴的な行動を観察することができた。本節では、これら3つの行動について述べる。

3.2.1. タイミング

戦略的な協調作業にとって、他人の注意を引きつけ、注目を集めることは重要な要素である。タスク1と2では、被験者は主にテーブルの中央（公共空間）と被験者同士の間（共有空間）で交渉を行った。被験者は手持ちの画像カードを、自分の手前の領域（個人空間）からテーブルの中央や交渉相手との間の領域（公共・共有空間）へと移動させながら提示する様子が観察された。例えば、物語の中の移動手段について議論している際に、ある被験者が飛行機の画像の代わりに船の画像を提示する場面があった。その際、自分の個人空間から公共空間へ画像を移動させながら提案した。結局、その提案は採用されなかったが、この被験者は適切なタイミングで他の被験者の注意を引き、戦略的に交渉を行っていたと考えられる。

タスク3はターン制のゲームであるため、効果的にタイミングを図るという場面はあまり観察することができなかった。しかしながら、このタスクでは場に置かれたカードや交換のために差し出されたカードによって、他の被験者が何のスートを集めているのかを推測することができる。そのため、例えば、次順の被験者が場のカードとの交換をしようとするのを妨げるために、意図的に場のカードと交換するといった場面が見られた。

3.2.2. Epistemic Action

Kirsh と Maglio は、認知の分野において、Epistemic Action という考えを提唱した[5]。Epistemic Action とは、人が認知的な負荷やエラーを軽減するためにとるタスクの達成に直接的には関係の無い行動のことである。我々の実験においても、被験者は、(1) 何度も画像の内容やカードのスートを確認したり、(2) 何度も画像を並べ替えたり、カードのスートでまとめたり、(3) 交渉を始める際に、何度も画像やカードを差し出

すことを躊躇したり、差し出すカードを変えたりするといった行動が観察された。タスク1と2では、被験者は自分の頭の中での物語に沿って画像カードを何度も並べ替えたり、物語について議論している際にも繰り返し画像を手元で動かしたりする様子が確認できた。タスク3では、順番を待っている間に、手持ちのカードを何度も確認したり、交換のために差し出されたカードと手持ちのカードを比較したりしている間も同様の様子が見られた。また、カードを交換のために提示する際は、相手の前にカードを差し出すのを躊躇っている場面も見られた。

3.2.3. 評価のプロセス

公共空間に画像カードが提示されたり、交換するために、相手の個人空間にカードを差し出したりする際など、情報の価値を議論・評価する時には、被験者らは2ステップで評価している様子が観察された。最初のステップとでは、画像カードなどが提示される最中や提示された時点において、被験者らはその情報の価値を即座に評価する。第2のステップでは、最初のステップにおいて価値が認められた場合に、その情報についてさらに時間をかけて評価する。この第2のステップでは、議論が伴う場合も多い。物語を構築するタスクでは、被験者は自分の手持ちの画像カードを他の被験者に提示する際には、まず自分の手元の領域（個人空間）、または直接ストーリーボード上（公共空間）に提示した。他の被験者はその行動を認識し、提示された情報をまず簡単に評価した（ステップ1）。そしてポジティブに判断された場合には、その画像カードは公共空間上の適切な位置へと移動され、議論が続けられた（ステップ2）。この評価プロセスは、効果的な方法として多くの場面において観察することができた。

カード交換のタスクでは、交換のために差し出されるカードは他の被験者に見られないように注意深く扱われた。差し出されたカードは、大抵の場合、目の前の領域でカードの端をちらりとだけ見ることで評価された（ステップ1）。もし不必要なカードであると判断されれば、そのままの状態でもカードを差し出した相手に戻されたが、即座に判断できない場合には、手元に



図 2. 3 つのデジタルテーブル

移動し、手持ちのカードと比較しながら再度評価を行った (ステップ 2)。

3.2.4. まとめ

すべてのタスクにおいて、戦略的な交渉における被験者の特徴的な 3 つの行動を観察することができた。また、被験者は交渉の適切なタイミングを図ったり、自身の提案を相手に気づかせたり、他者の提案を評価したりするためのジェスチャなどの非言語コミュニケーションは、特に個人空間で行われることも観察された。

4. デジタルテーブルにおける戦略的協調作業

戦略的な交渉のために、実テーブル上で観察された被験者の特徴的な 3 つの行動について、デジタルテーブル上での交渉と比較・検討するため、3 種類のシステムを用いて、先と同様の実験を行う。

4.1. タスクと実験方法

デジタルテーブル上での実験は、実テーブルの際と同様の環境で、4 人 1 組の 6 グループで行った。既存のテーブル型ディスプレイの構成を参考にした 3 種類のテーブル型ディスプレイを用いる。机のサイズは 1,261×1,530mm であり、その上に 635×1,030mm のプラズマディスプレイを水平に置いたものとする。

タスク内容は、被験者の実験時間を考慮し、実テーブル上で行った物語の構築タスク (タスク 1) に限定する。タスク 1 と同様に、合計 40 枚の画像を用いるが、デジタルテーブル上での操作として、画像カードの表示位置を変える操作のみ許す。実験の前に、被験者に簡単な操作の説明をした後、それぞれのシステムの操作に慣れてもらうために 3 分間の練習を設けた。各システムのタスク実行時間は 15 分間とした。

4.2. デジタルテーブル

この実験で用いる 3 種類のデジタルテーブルを図 2 に示す。それぞれは、UbiTable[17]と DiamondTouch[4]を参考したもの、論文[6]で戦略的な協調作業のためのテーブル型ディスプレイとして記述されている SharedHole を用いる。

UbiTable-Inspired : 図 2 (a)に示すように、公共空間として水平に置かれたプラズマディスプレイと、各々のプライベート空間として 4 つの PC (2 つのラップトップ PC と 2 つのタブレット PC) を用いる UbiTable を参考としたシステムである。各被験者の PC のスクリーン上部は水平に置かれたプラズマディスプレイの各辺と繋がっており、被験者は PC のスクリーンの上端を越えて画像カードを移動させることで、プラズマディスプレイへと移動させることができる。ただし、各被験者は自分の PC スクリーン上とプラズマディスプレイ上を自由に移動させることができるが、他の被験者のスクリーン上へは移動させることはできない。

DiamondTouch-inspired : 公共空間以外の空間を持たない DiamondTouch を参考としたシステムである。図 2 (b)に示すように、被験者はすべての画像カードを見ることができ、入力デバイスを通して自身のカーソルを操作することで、すべてのカードを操作することができる。

SharedHole : 各被験者の視点位置を計測し、図 2 (c)に示すように、水平ディスプレイの上に置かれたマスクの穴を通じて見ることで、ディスプレイ面のある一部の領域だけを見ることができる。この穴によって、個人情報を保ちながらテーブルの周りを移動することができる。被験者はお互い近づき合い、穴を通して見ることができる領域を重ね合わせることで、情報を共有する共有空間を生成することができる。特定の相手と交渉をしたい場合は、その相手に近づくことで重なり合う領域を生成し、交渉することができる。

すべてのシステムでは、4 人の被験者に対し、4 色 (赤、緑、青、黄色) を割り当て、その色によって、自分の画像カードやカーソルを区別する。入力デバイスとしては、ゲームコントローラーを用いた。

4.3. 結果

先の実験と同様にビデオによる解析と、画像カードの移動ログを用いて、各デジタルテーブル上での戦略的な交渉の様子を観察した。

4.3.1. UbiTable-Inspired

実験開始時には、個々の PC スクリーン上（プライベート空間）に画像カードが 10 枚ずつ表示されており、その空間内で画像カードを並べ替えたり、選択したりする様子を観察した。このような Epistemic Action は、先の実験結果から重要な役割を果たすことが分かっている。また、物語構築のために、選んだ画像カードをすべて公共空間であるプラズマディスプレイへと移動させてしまう被験者と、そのままプライベート空間内に置いておく被験者に分かれた。後者の場合では実験が進むにつれ、必要に応じて選んだ画像をプラズマディスプレイへと移動させた。これは適切なタイミングで画像カードを他の被験者に提示するため、選んだ画像カードをプライベート空間内に留めていたと考えられる。また、議論や交渉のために提示した画像カードに対して他の被験者の賛同が得られなかった際に、再び自分のプライベート空間へと画像カードを戻す様子も観察された。

4.3.2. DiamondTouch-Inspired

実験開始時には、被験者の前のディスプレイ端に画像カードが 10 枚ずつ表示されており、被験者はその目の前の領域で画像カードを選んだり、並び替えたりした。また画像カードを選ぶ際には、選んだ画像カードは目の前の領域に残し、選ばなかった画像カードをディスプレイの自らの左右隅へと移動させた。実験中、被験者は公共空間であるディスプレイの中央だけで画像カードを扱い議論を行った。手持ちの画像カードを他の被験者に提示する際には、目の前の空間から公共空間へ直接移動させたが、会話やジェスチャなどを用いて、移動を他者へ気づかせることも多く見られた。例えば、ある被験者は公共空間に並んでいる画像カードに対して、自分が提示したい画像を上に乗せることで、他の被験者に交渉を持ちかけ、提示した画像カードの評価を求めていた。しかしながら、このように評価のプロセスはほとんど 1 ステップでしか行われなかった。

4.3.3. SharedHole

SharedHole システムは、人の動きに応じて動的に生成される共有空間を用いて、協調作業を支援することができる。他のシステムと比べ、交渉を始めたり、終了したりする際には、交渉相手に近づく・離れるといった物理的な行動が強要される。実験開始時には、各被験者は自分のプライベート空間の大きさを保つため、テーブルから離れ、お互い距離を取る形を取っていた。交渉の際には、お互いに近づき、生成される共有空間を用いて議論を行った。実際、適切と思われるタイミングに自身のプライベート空間から 2 人でもしくは 3 人で共有している共有空間へと画像カードを移動する

様子が観察できた。このような行動はすべての被験者に見られ、Epistemic Action を有効に利用されていることが推察される。また、共有空間へと移動された画像カードは、その時点で素早く他の被験者に評価される。これは第 1 のステップの評価であり、交渉相手や提示する画像カードを変え、何度も観察された。交渉が進むにつれ、移動された画像カードは第 2 のステップとして注意深く議論された。

5. 考察

2 つの実験結果から、実テーブルとデジタルテーブル上における戦略的な交渉の差異について考察する。

5.1. 実テーブルとデジタルテーブルとの比較

タイミング： 戦略的な協調作業において、利用者は一般的に、プライベート空間に情報を隠しておくことで、特定の交渉相手にその情報のインパクトや価値が最も高まった時期にその情報の内容を相手に提示することができる。しかし、UbiTable-Inspired システムでは、被験者はプライベート空間として扱うべき個々の PC 画面を効果的に利用できていなかった。被験者は実験が始まるとすぐに、選んだ画像カードを各々のプライベート空間から公共空間へと移動した。これは、明示的な個人空間がなかったためと考えられる。また、DiamondTouch-Inspired システムでは、被験者はすべての情報を見ることができると、適切なタイミングを図ることは難しかった。一方、SharedHole システムの被験者は、適切なタイミングで他の被験者に近づき、適切な相手にもみ情報を提示することができる。しかしながら、このような身体的な行動を強要することで、被験者に適切なタイミングを失わせてしまう場合もあつたり、無駄な労力を要したりしたことも考えられる。

Epistemic Action： 実テーブル上では、他の被験者の交渉の様子や Epistemic Action などが容易に観察できる。例えば、誰が誰と交渉をしているのかや、その結果など、全ての被験者は平等に交渉の状態を把握することができる。本実験での DiamondTouch-Inspired システムは、間接指示環境ではあるが、最も実テーブルに近い環境である。しかし、他の被験者のカーソル操作は気づきにくく、適切に Epistemic Action を認識することが難しかった。一方 UbiTable-Inspired システムでは、被験者はプライベート空間を持ち、その領域内で Epistemic Action を行うことができる。SharedHole システムにおいても同様に、他の被験者との距離を計り、自身のプライベート空間の大きさを調節しながら、Epistemic Action を行うことができる。

評価のプロセス： プライベート空間から個人空間へ、または個人空間から公共・共有空間へ画像カードを移動させる際に、被験者はその画像の価値を評価していた。画像カードの明示的な移動によって、他の被

験者の注意を引きつけ、評価のきっかけが生まれる。実テーブル上では、戦略的な交渉のためには2ステップの評価プロセスが重要であると述べた。デジタルテーブル上での実験結果から、効果的な評価プロセスのために個人空間が果たす機能に着目した。SharedHoleシステムでは、空間間の情報の移動によって、情報の受け渡しを行うことができるため、効果的な評価プロセスを行うことができた。一方、DiamondTouch-Inspiredシステムでは、画像カードを直接手で示したり、会話を伴って画像カードを受け渡したりしていた。またUbiTable-Inspiredシステムでは、被験者は特にタイミングを意識せず、プライベート空間から公共空間へと画像カードを移動させた。これによって、適切な第1ステップの評価の機会を失ってしまったと考えられる。

5.2. デジタルテーブル上での戦略的な協調作業支援

タイミング、Epistemic Actionと評価のプロセスの3種類の行動から、デジタルテーブルのより効果的な戦略的協調作業の支援について述べる。

個人空間の重要性： 実テーブル上での戦略的な協調作業において最も重要な要素の1つとして、個人空間への情報の移動がある。まず、他の利用者に特別な指示などを与えることなく、移動された情報は交渉の価値のあるものとして認識させることができ、利用者が適切なタイミングを図って行動することができる。また、個人空間への情報の提示は、公共空間への情報提示の前段階として、他の被験者に評価され、効率的に議論を行うことができる。戦略的交渉のためには、デジタルテーブルはプライベート空間と個人空間を明確に区別する必要がある。Scottらは、たとえシステム側が個人空間を提供していなくても、利用者は自分の目の前に個人空間を生成するとしている[14,15]。しかしながら、前節でも述べたように、UbiTable-InspiredシステムやDiamondTouch-Inspiredシステムにおいては、ほとんどの利用者が個人空間を生成せず、効率よく作業領域を扱うことができなかった。そのため、システムは直感的で容易に操作することのできる個人空間を明示的に提供する必要があり、作業空間内において、柔軟に、そして動的に空間を生成・縮減したり、移動させたりする手法が求められる[15]。

ジェスチャに対する感受性： 実テーブルでのタスクでは、手や体などのジェスチャを用いて、利用者は交渉の機会を作り出しており、このような非言語コミュニケーションによって、お互いの意図を汲み取り、次の行動を予測している。手持ちのカードを並べ替えたり、カードの提示を何度も躊躇ったりするようなジェスチャは、他の利用者の注意を引きつける手かかりとなり、こういった手かかりを用いて、利用者は、他

の利用者のプライバシーを損なわない程度に次の行動を予測し、交渉を有利に進めている。戦略的に交渉を進めるためには、このような他者への気づきが重要である。それゆえ、システムは身体や手のジェスチャなどの利用者の行動に対して敏感でなければならず、同時にプライバシーを保つことも求められる。

他者への妨害と Epistemic Action： 他の利用者の注意を引きつけたり、交渉のための情報を提示したりする際に、利用者は実に巧妙に他の利用者の作業を中断させる様子が観察された。本実験では、特に他者への妨害に着目して調査していないが、他者への妨害をデジタルテーブルならではの方法で支援することも可能であるかもしれない。4.3節で述べたように、利用者は、他の利用者の注意を引くために、画像カードを空間間で移動させたり、ジェスチャなどを交えて情報の価値を判断したりするなど、交渉の提案や評価をEpistemic Actionに依っている。より戦略的に交渉を行うためには、システムは人と人が行う自然なコミュニケーションチャンネルを支援するようしなければならない。

5.3. デジタルテーブル設計のための指針

これまでの考察を踏まえて、戦略的な協調作業を支援するためのデジタルテーブルの設計指針を示す。

5.3.1. 個人空間の生成を支援すること

効果的な戦略的交渉のためには、プライベート空間や公共空間だけを提供するのではなく、個人空間の提供が重要である。また、間に個人空間を挟まずに、直接プライベート空間から公共空間へと情報を移動するべきではない。そのため、デジタルテーブルは明示的な個人空間の生成を支援する必要がある。

5.3.2. 空間間の容易な移動を支援すること

戦略的な協調作業では、情報は、プライベート空間、個人空間、共有空間や公共空間の間を頻繁に移動する。逆に、空間間を情報が容易に移動できることは、効果的な戦略的交渉にとって重要である。現在多くの空間間の情報の移動を支援する手法が提案されているが、我々の結果はこれを再確認するものである。

5.3.3. ジェスチャに敏感であること

実テーブル上での戦略的交渉では、交渉を始めたり、終わらせたりするためにジェスチャなどの非言語コミュニケーションに頼っている部分が多い。また、そういった動作によって他者の行動に対する気づきも可能となる。そのため、SharedHoleシステムのような明示的な動作ではないにせよ、デジタルテーブルはジェスチャに対し敏感であるべきであり、効果的な交渉を支援するためにうまく利用すべきである。

5.3.4. Epistemic Action を支援すること

実験中、被験者は繰り返し Epistemic Action を行っ

た。実験に用いたデジタルテーブルは、この行動を明示的に支援するために設計されたわけではないが、実テーブル上と同様の行動を行う様子が観察できた。そのため、デジタルテーブルではこの行動を考慮に入れて設計する必要があると考えられる。

6. おわりに

実テーブル上での協調作業における戦略的な交渉について調査し、3種類のデジタルテーブル上での交渉と比較・検討した。結果から、戦略的な交渉のためには、適切なタイミングを見極め、そのタイミングを図りながら、他者の気を引くための Epistemic Action を行い、そして、交渉のための情報の価値を、2つのステップに分けて評価するという3種類の行動があることを示した。また、次世代のデジタルテーブル設計のための指針を示した。今後、さらに戦略的な協調作業を理解するため、個性やリーダーシップなどの有無による影響を調査する必要があると思われる。また、利用者の行動の機微を捕らえることができる新たなテーブル型ディスプレイの設計・検討をする予定である。

謝辞：本研究の一部は、文部科学省グローバル COE プログラム（研究拠点形成費）の補助によるものである。

文 献

- [1] Bui, T. X. and Shakun, M. F. Introduction of the negotiation support system minitrack. In Proceedings of HISS, Hawaii, 23, (2000).
- [2] Elwart-Keys, M., Halonen, D., Horton, M., Kass, R., and Scott, P. User interface requirement for face to face groupware. In Proceedings of the ACM CHI. ACM Press, NY, pp.295-301, (1990).
- [3] Dietmeyer, B. and Kaplan, R. Strategic negotiation: A breakthrough four-step process for effective business negotiation. Kaplan Business, 2004.
- [4] Dietz, P. and Leigh, D. DiamondTouch: A multi-user touch technology. In Proceedings of the 14th Annual ACM UIST. ACM Press, NY, pp.219-226, (2001).
- [5] Kirsh, D. and Maglio, P. On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive Science* 18, 4, pp.513-549, (1994).
- [6] 北村喜文, 大澤渉, 竹村治雄, 岸野文郎. SharedHole: 個人情報と公共情報を共存表示できる対面型協調作業ディスプレイ, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2598-2607, (2003).
- [7] Kruger, R., Carpendale, S., Scott, S. D., and Greenberg, S. Roles of orientation in tabletop collaboration: comprehension, coordination and communication. *Journal of Computer Supported Cooperative Work*, 13, 5-6, pp.501-537, (2004).
- [8] Matsushita, M., Iida, M., Ohguro, T., Shirai, Y., Kakehi, Y., and Naemura, T. Lumisight table: A face-to-face collaboration support system that optimizes direction of projected information to each stakeholder. In Proceedings of ACM CSCW. ACM Press, NY, pp.274-283, (2004).
- [9] 松下光範, 土方嘉徳, 杉原敏昭 (編). 技術展望 (小特集)「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)
- [10] Patten, J., Ishii, H., Hines, J., and Pangaro, G. Sensetable: A wireless object tracking platform for tangible user interfaces. In Proceedings of ACM CHI. ACM Press, NY, pp.253-260, (2001).
- [11] Pinelle, D., Gutwin, C., and Greenberg, S. Task analysis for groupware usability evaluation: modeling shared-workspace tasks with the mechanics of collaboration. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 10, 4, pp.281-311, (2003).
- [12] Rekimoto, J. and Saitoh, M. Augmented Surfaces: A spatially continuous work space for hybrid computing environments. In Proceedings of ACM CHI. ACM Press, NY, pp.378-385, (2000).
- [13] Ryall, K., Forlines, C., Shen, C., and Morris, M. R. Exploring the effects of group size and table size on interactions with tabletop shared-display groupware. In Proceedings of ACM CSCW. ACM Press, NY, pp.284-293, (2004).
- [14] Scott, S. D., Carpendale, S. T., and Inkpen, K. M. Territoriality in collaborative tabletop workspaces. In Proceedings of ACM CSCW. ACM Press, NY, pp.294-303, (2004).
- [15] Scott, S. D., Carpendale, S. T., and Habelski, S. Storage Bins: Mobile storage for collaborative tabletop displays. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25, 4, pp.58-65, (2005).
- [16] Scott, S. D., Grant, K. D., and Mandryk, R. L. System guidelines for co-located, collaborative work on a tabletop display. In Proceedings of ECSCW, pp.159-178, (2005).
- [17] Shen, C., Everitt, K., and Ryall, K. UbiTable: Impromptu face-to-face collaboration on horizontal interactive surfaces. In Proceedings of Ubicomp, pp.281-288 (2003).
- [18] Streitz, N., Geibler, J., Holmer, T., Konomi, S., Muller-Tomfelde, C., Reischl, W., Rexroth, P., Seitz, P., and Steinmetz, R. i-LAND: An interactive landscape for creativity and innovation. In Proceedings of the ACM CHI. ACM Press, NY, pp.120-127, (1999).
- [19] Tandler, P., Prante, T., Muller-Tomfelde, C., Streitz, N., and Steinmetz, R. Connectables: Dynamic coupling of displays for the flexible creation of shared workspaces. In Proceedings of the 14th Annual ACM UIST. ACM Press, NY, pp.11-20 (2001).
- [20] Tang, A., Tory, M., Po, B., Neumann, P., Carpendale, S. T. Collaborative coupling over tabletop displays. In Proceedings of ACM CHI. ACM Press, NY, pp.1181-1190, (2006).
- [21] Ullmer, B. and Ishii, H. The metaDESK: Models and prototypes for tangible user interfaces. In Proceedings of the 10th Annual ACM UIST. ACM Press, NY, pp.223-232, (1997).
- [22] Wu, M. and Balakrishnan, R. Multi-finger and whole hand gestural interaction techniques for multi-user tabletop displays. In Proceedings of the 16th Annual ACM UIST. ACM Press, NY, pp.193-202, (2003).