

座席配置替えが遠隔ビデオコミュニケーションに及ぼす影響について

山下直美^{†1} 平田圭二^{†1} 青柳滋己^{†1}
葛岡英明^{†2} 梶克彦^{†1} 原田康徳^{†1}

対面環境において座席配置が議論の形態や進め方に大きな影響を及ぼすことはよく知られている。しかし、ビデオコミュニケーションシステムを介した遠隔環境でも、座席配置がコミュニケーションに同様の影響を及ぼすかについて、まだ明らかにされていない部分は大きい。そもそも、従来のビデオコミュニケーションシステムでは座席配置は固定であり、遠隔地との間で自由な座席配置をとることは想定されていなかった。本論文では、遠隔地間で自由な座席配置をとることを可能とするビデオコミュニケーションシステム t-Room を実験環境として使用する。t-Room を用いて座席配置の違いがビデオコミュニケーションに及ぼす影響を調べた結果、座席配置の違いが話者交代、遠隔ユーザとの一体感、議論の満足度に深く影響を及ぼすことが分かった。

Effects of Seating Arrangements on Remote Video Communication

NAOMI YAMASHITA,^{†1} KEIJI HIRATA,^{†1} SHIGEMI AOYAGI,^{†1}
HIDEAKI KUZUOKA,^{†2} KATSUHIKO KAJI^{†1}
and YASUNORI HARADA^{†1}

Previous studies have significantly demonstrated the effects of seating position on communications in face-to-face settings. Yet it is still unclear whether changes in seating position across different sites have the same effect on video mediated communication between distant members. First of all, most video communication systems do not allow distant parties to take various seating positions. In this paper, we introduce a system called t-Room that enables various seating positions among people in distant locations. Using t-Room, we examined how seating position might affect communication between distant sites. Our results indicate that seating position across distant sites affect people's turn-taking behavior, sense of unity and satisfaction on their discussions.

1. はじめに

対面環境において人々は議論の目的や内容に応じて自然と座席配置を変える⁴⁾。これは、近接学 (Proxemics)⁵⁾ の分野でもいわれているように、座席配置が各人の発話パターン、議論の形態や進め方に大きな影響を及ぼすためである^{6),8)}。しかし、従来のビデオ会議システム^{1),2),13)} では、遠隔地のユーザとの間で自由な座席配置をとることは難しい。たとえば、同じ部屋にいる人との間では座席位置を交替することができるが、遠隔地の人との間では座席位置を交替することができない。また、ローカルの人は一一般的に遠隔地の人が投影されたスクリーンと対面する位置に着席し、遠隔地の人と隣接する位置に着席することは少ない。

本研究の目的は、座席配置の違いがビデオコミュニケーションにどのような影響を及ぼすかを調べることである。我々は、遠隔地との間で自由な座席配置をとれるビデオコミュニケーションシステム t-Room を実験環境として用い、被験者実験を実施した。具体的には、遠隔 2 地点に各々 2 名ずつの被験者を配置し、座席配置を変化させることで彼らの発話パターンやグループ 4 名としての一体感、そしてグループ討論結果に対する満足度がどのように変わるかを調べた。ここで、比較する 2 通りの座席配置とは、従来のビデオ会議システムでよく見られるローカルの人同士が隣接して着席する座席配置 (図 1(a)) と、従来のビデオ会議システムではあまり見られないローカルの人同士が対面して着席する座席配置 (図 1(b)) である。

本論文の構成は以下のとおりである。2 章では本研究に関連する先行研究を紹介し、続く 3 章ではこれらの知見に基づいて座席配置の違いがビデオコミュニケーションに及ぼす影響に関する仮説を立てる。4 章では遠隔地間で自由な座席配置をとることを可能とするビデオコミュニケーションシステム t-Room を紹介し、5 章で t-Room を用いた被験者実験について説明する。6 章で実験結果に分析を加え、7 章で得られた知見と考察を述べる。最後の 8 章でまとめを述べる。

^{†1} 日本電信電話株式会社コミュニケーション科学基礎研究所
Communication Science Laboratories, NTT Corporation

^{†2} 筑波大学大学院システム情報工学研究科
Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

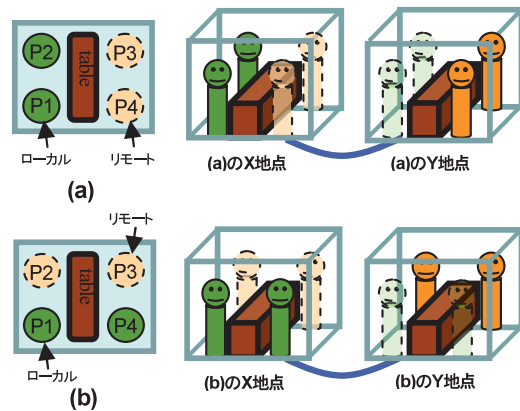


図 1 ローカルの人同士が (a) 隣接して着席する座席配置と (b) 対面して着席する座席配置

Fig. 1 Two people seated in identical locations (a) side-by-side and (b) across from each other.

2. 関連研究

2.1 人の志向や注意の向きを示す非言語情報

コミュニケーションに参加する人の関心物や発話意図を理解するうえで、視線情報、指差し、ジェスチャ、頭の動き、体の向きなど人の志向や注意の向きを示す非言語情報 (nonverbal directional cues) は重要な手がかり情報であると考えられている^{10),17)}。これらの方向性に関する非言語情報は、特に3名以上のグループコミュニケーションでの発話交替¹⁰⁾や合意形成の過程¹⁷⁾に大きな影響を及ぼすことが知られている。もし遠隔地間で方向性に関する非言語情報が正しく伝わらないと、コミュニケーションが非効率になることが報告されている⁷⁾。

方向性に関する非言語情報のうち、遠隔地との間でユーザの視線情報や頭の向きなどを正しく伝達することを目的として研究開発されたビデオコミュニケーションシステムには、MAJIC¹⁶⁾、Hydra²⁰⁾、GAZE-2²³⁾、Multiview¹³⁾などがある。Nguyenらは、体の向きと頭の動きを遠隔地との間で正しく伝達しあうことが遠隔ユーザ間での信頼関係構築に大きく寄与すると報告している¹⁴⁾。Werkhovenらは、これら非言語情報が伝達されると遠隔地にいる人に対する説得力が増すことを示した²⁵⁾。Vertgaalらは、遠隔地の相手に視線の方向を伝えた場合、相手が受ける視線の量と相手が発話機会を得る頻度に有意な正相関があることを見出した²⁴⁾。

2.2 座席配置

上述のように、人の志向や注意の向きを示す非言語情報はグループコミュニケーションにおいて重要な役割を果たす。実際の対話環境では、対話者がすぐ隣に座る場合よりも、正対位置に座る場合の方が相手に視線を向けやすいことから分かるように、座席配置が人の志向や注意を向ける対象を大きく左右する。座席配置がグループコミュニケーションに多大な影響を及ぼすことを明らかにした先行研究には以下のものがある。Steinzorは、発話者の正対位置に座った人に関して次の発話者となる確率が最も高く、隣接位置に座った人に関して同様の確率が最も低いことを発見した²²⁾。Sommerは、競争する相手が正対位置に座ると競争心が激化し言い争いに発展しやすいが、隣接位置に座るとそのような傾向が逆に弱まることを報告している²¹⁾。

座席配置がグループコミュニケーションに様々な影響を及ぼすことは強く認識されているものの、従来のビデオコミュニケーションシステムの多くは、自由な座席配置をとることが困難であった。特に、Multiviewのように1地点につき複数ユーザを許容するシステムでは、同一地点内での横並びの順序を変えることが可能なだけで、遠隔地との間で自由な座席配置をとることはできない。

3. 仮説

本研究の目的は座席配置の違いがビデオコミュニケーションに及ぼす影響を調べることである。しかし、座席配置とビデオコミュニケーションの関係について調べた先行研究が存在しないため、我々は対面環境下での座席配置の影響を調べた先行研究をもとに以下の3つの仮説を立てた。

(1) Steinzorによれば、対面環境では話者の視線を受けやすい人が次の話者となる可能性が高いという²²⁾。ビデオコミュニケーションにおいても同様の傾向が観察されている²⁴⁾。視線の受けやすさ・受けにくさに関して、図1の座席配置(a)と(b)を比較すると、座席配置(a)ではある話者に対して遠隔地の2名が視線を受けやすい正面の位置に着席しており、同室の人は最も視線を受けにくい隣の位置に着席している。一方、座席配置(b)では、遠隔地の2名のうち1名が話者の隣に着席し、同室の人は視線を受けやすい正面の位置に着席している。これより、座席配置(a)では遠隔地の人が次の話者となる確率が高く、座席配置(b)では次の話者が遠隔地の人になる場合と同室の人になる場合の確率が均等化するだろう。よって我々は次の仮説を立てる。

- 仮説 1-a. 話者交代に関する仮説：座席配置(a)の方が座席配置(b)よりも、次の話者

が遠隔地の人に移る頻度が高い。つまり、座席配置 (b) の方が座席配置 (a) よりも、遠隔地の人と同室の人との間で均等に話者交代が生じる。

前述したように、人の志向や注意の向きを示す非言語情報が話者交代に影響を与えることはよく知られている。しかし、話者は議論の内容に応じてしばしば次の話者を明示して話者交代を行う場合があることを勘案すると、議論の内容も話者交代に大きな影響を及ぼしていると考えられる¹⁵⁾。よって、話者が次の話者を明示しない場面で生じた話者交代は議論の内容の影響を受けておらず、相対的に座席配置の影響を強く受けていると考える。つまり、話者が次の話者を明示せずに生じた話者交代では、仮説 1-a の傾向がより顕著に現れるだろう。よって我々は次の仮説を立てる。

- 仮説 1-b. 話者交代に関する仮説：話者が次の話者を明示しない場面で生じた話者交代に関しては、仮説 1-a の傾向がより顕著に現れる。
- (2) もし仮説 1-a が成立するならば、座席配置 (b) の方が座席配置 (a) よりも、遠隔地の人と同室の人が偏りなく均等に議論に参加することが予想される。そのように遠隔地の人と同室の人も分け隔てなく議論に参加すれば、同室（こちら側）と遠隔地（あちら側）といった意識が形成されにくく、グループ全体としての一体感を得やすいだろう。よって我々は次の仮説を立てる。
- 仮説 2. 一体感に関する仮説：座席配置 (a) の方が座席配置 (b) よりも、遠隔地の人と同室の人との間で、あちら側とこちら側といった隔たりを感じる傾向にある。逆に、座席配置 (b) の方が、遠隔地の人も同室の人も含めてグループ全体としての一体感を得やすい傾向にある。
- (3) 遠隔地の人も同室の人も分け隔てなく参加する議論では、議論の参加者は自分の考えや異議を唱えるタイミングを逸して不満を募らせるようなことが少ないだろう。その結果、議論の参加者はお互いの意見を理解しあい、討論結果に納得し、高い満足度を得る傾向にあると推測される。よって我々は次の仮説を立てる。
- 仮説 3. 討論結果に関する仮説：座席配置 (b) の方が座席配置 (a) よりも、議論の参加者は討論の過程で互いに歩み寄り、似た意見を持つようになる傾向にある。その結果、座席配置 (b) の方が討論結果に対してより高い満足度を示す傾向にある。
- この仮説 3 は Werkhoven らが見出した知見に関連している。Werkhoven らは、遠隔地との間で方向性に関する非言語情報を正しく伝達する方が、正しく伝達しない場合よりも、遠隔の人に対する説得力が増すことを示した²⁵⁾。後述するが、t-Room では同室の議論参加者は離れて着席した方が、遠隔地の人との間で方向性に関する非言語情報をより正しく

伝達できる。よって、座席配置 (b) の方が、遠隔地の人との間で互いの意見に歩み寄る傾向にあるだろう。その結果、討論結果により高い満足度を示すことが予想される。

4. t-Room

t-Room は、1 地点につき複数ユーザを許容し、遠隔地のユーザとの間でも動的に自由な座席配置をとれるビデオコミュニケーションシステムである。t-Room では、遠隔地との間で方向性に関する非言語情報をほぼ正しく伝達することができる²⁶⁾。我々はこの t-Room を用いて、グループコミュニケーションで重要視されている座席配置がビデオコミュニケーション環境でどのような影響を及ぼすかを調べるための被験者実験を実施する。

4.1 遠隔作業空間の共有

t-Room は、ユーザのいる空間を囲むように配置された複数のカメラとディスプレイ、マイクとスピーカからなる（図 2）。複数地点に同一構成の t-Room を設置しそれらの間で映像・音声を通信しあい、遠隔地にいる t-Room 内のユーザ同士で同じ作業空間を共有する。同じ t-Room 内の複数ユーザ同士だけでなく遠隔のユーザ同士でも対面環境と同様に自由な座席配置をとることができる。

4.2 ハードウェア構成

図 2 に t-Room のハードウェア構成を示す。モノリスと呼ばれる構成部品が 8 角形の 6 辺に配置され、中央に長方形のテーブルが置かれている。モノリスは液晶ディスプレイ、ビデオカメラ、スピーカ、PC から構成されている。液晶ディスプレイ（40 インチ、解像度

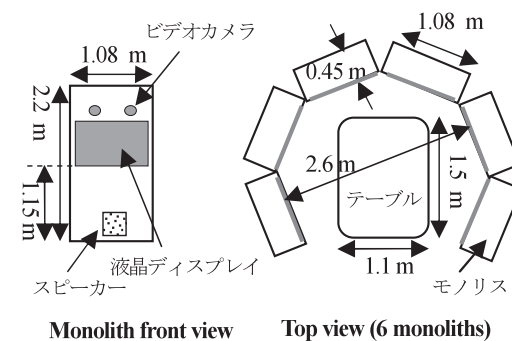


図 2 t-Room のハードウェア構成
Fig. 2 Hardware design of t-Room.



図 3 t-Room 利用例
Fig. 3 An example of t-Room in use.

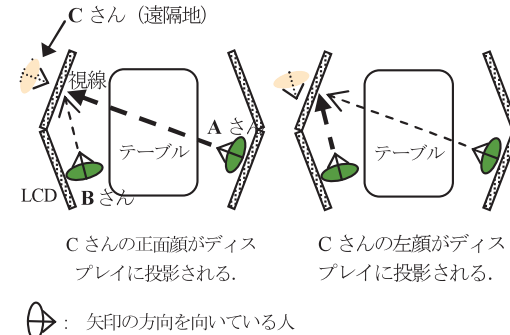


図 4 t-Room がモナリザ効果を軽減する仕組み
Fig. 4 How t-Room alleviates the Mona Lisa Effect.

1280×768)はユーザの上半身と同程度の高さに配置され、ビデオカメラ(解像度720×480)は液晶ディスプレイの上部に配置される。ビデオカメラのレンズ前面には偏光フィルタが取り付けられているので、液晶ディスプレイに表示された映像はその偏光フィルタを透過できないので撮影されず、液晶ディスプレイの前方に存在する物理的な物体だけが撮影される。これより、映像のエコーを抑制できる。なお、ユーザが液晶ディスプレイに近づけば近づくほど、このユーザは遠隔ディスプレイにほぼ等身大の大きさで投影される仕組みとなっている。ビデオカメラが撮影した映像はIEEE1394経由でPCに転送され、映像の歪み補正や解像度の変換が行われた後、Motion JPEGにエンコードされ、ディスプレイを制御するPCへTCP/IPで配信される。

音声は各ユーザが装着するワイヤレスマイクで収録されPCに転送される。PC上で16bit、44.1kHzのリニアPCMにエンコードされ、スピーカを制御するPCにUDP/IPで配信される。スピーカはモニタの下部に設置されており、後述する被験者実験では、被験者の像が表示されているディスプレイに対応したスピーカからその被験者の音声が出力される(図3)。

各PCやネットワーク回線の緒元は次のとおりである。

- CPU: Intel Core 2 Extreme 2.93 GHz
- メモリ: 2 GB
- OS: Windows XP Professional SP2
- グラフィクス処理: Qt, OpenGL
- ネットワーク回線: B-Flets ビジネス 100 Mbps

4.3 座席配置と方向性に関する非言語情報の伝達

2.2節において、従来システムの多くは、方向性に関する非言語情報を遠隔地との間で正しく伝達するために、1地点あたり1ユーザの利用を想定していると述べた。これは、もし1地点に複数名のユーザがいると、モナリザ効果^{*1}が生じて遠隔地の複数ユーザに正しく方向性に関する非言語情報を伝達できなくなるためである。つまり、あるユーザの顔映像が遠隔地のディスプレイに表示されたとき、遠隔地の複数ユーザは、全員がモナリザ効果により同じようにその顔映像を解釈してしまうからである。

t-Roomでも複数ユーザが同じ2次元映像を閲覧する際にモナリザ効果の発生可能性がある(図3)。しかし、t-Roomでは遠隔とローカルにいるユーザ全員が視界に入るすべての物体や人を共有できるので、モナリザ効果が軽減される。以下その仕組みを説明する(図4)。

図中、AとBはある地点に設置されたt-Room内におり、Cは遠隔地に設置されたt-Room内にいるとする。そして、CはBの左隣のディスプレイに表示されており、AはCの正面に着席しているとする。まず、CがAの方向を向いている場合を考える(図4左)。Cの顔の正面がディスプレイに表示されるので、モナリザ効果を考えると、A、B両者ともCが自分の方を向いていると認識するであろう。しかし、t-Room内では、BはCの正面にAがいることを知っているため、BはCが見ているのは自分ではなくAであることを推測する。

*1 モナリザ効果とは、人の正面顔の二次元表示画像は、どの角度から見ても閲覧者自身を向いているように見える認知的な現象のことである。

次に、C が B の方向を向いている場合について考える（図 4 右）。このとき、C の顔の左側面がディスプレイに表示されるので、モニリザ効果を考えると、A、B 両者とも C が自分の方を向いているとは認識しないだろう。しかし、t-Room 内では、B は C の向いている方向に自分しかいないことを知っているため、B は C が自分を見ていると推測する。

実際、これまで t-Room のデモを体験していただいた 600 名を超える方々に、そのデモ中で図 4 の B の役割をお願いした。遠隔の人に A か B のいずれかを見てもらったうえで B に遠隔の人の視線先を尋ねたところ、A と B がディスプレイ 1 台分以上の間を空けて立つほとんどの場合において、B は遠隔の人がだれを見ているかを正確に言い当てることができた。

5. 比較実験

本実験には、互いに面識のない被験者 36 名が有償で参加した²⁷⁾。4 名で 1 グループとし、合計 9 グループを構成した。合意形成に関するグループ課題に、座席配置を変えて 2 回取り組んだ。座席配置は 2 通りあり、同室の被験者が横に並んで座る従来のビデオ会議システムでよく見られる座席配置（図 1 (a)）と、同室の被験者が向かい合わせに座る従来のビデオ会議システムではほとんど見られない座席配置（図 1 (b)）である。図 1 (a), (b) の配置において 1 名の被験者から他の 3 名（ローカル、遠隔地）の被験者が見える位置や方向を考えると、ローカルにいる 2 名の被験者の見る位置や方向の関係はお互い鏡像になっており、ローカル同士の座席配置の交換では物理的な条件が変化しない。したがって図 1 (a), (b) の配置の比較によって、ローカルと遠隔地にいる被験者の座席配置の影響のみを比較することができる。実験計画法に則り、半数のグループは 1 回目に座席配置 (a) をとってから 2 回目に座席配置 (b) をとり、残る半数のグループは逆順の座席配置をとった。

5.1 グループ課題

本実験の課題には、グループトレーニングに頻繁に用いられる「砂漠生き残り問題」¹²⁾を採用した。この課題は、被験者らのグループを乗せた飛行機が砂漠に不時着した状況を想定し、グループメンバが生き延びるために、機内で発見されたアイテムのうちどれから先に機外に持ち出すべきか優先順位を付けるというものである。まず各被験者は個人で順位付けを行い、その後グループ討論を行って合意形成つまりグループとしての順位付けを行う。砂漠生き残り問題が初めて提案されたときは機内で 12 アイテムが発見されたとしていたが、本実験では座席配置を変えて 2 回課題に取り組むため短縮版を作る必要があり、12 アイテムをランダムに 6 アイテムに分割して 2 回分の課題を作成した。

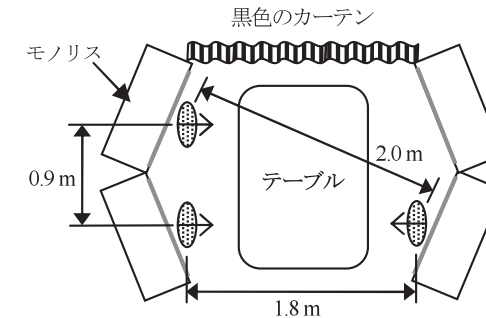


図 5 t-Room の実験環境
Fig. 5 t-Room's experimental setup.

5.2 実験環境

我々は神奈川県と京都府にまったく同じ構造の t-Room を設置し、これら 2 台の t-Room を 100 Mbps の商用光ファイバ（B-Flets ビジネス）1 本で接続した。映像と音声の遅延は、各々約 0.7~0.8 秒と 0.4~0.5 秒であった。本実験の実施環境をより従来のビデオ会議システムの雰囲気近づけるために、被験者の配置されないディスプレイ面には黒カーテンをかけた（図 5）。図中にもあるように、被験者間の距離は、隣同士、テーブルを挟んで真向かい、斜め向かいに座った場合、それぞれ約 0.9 メートル、1.8 メートル、2.0 メートルであった。なお、遠隔地の被験者と同室の被験者が同じサイズに見えるように、実験中は被験者なるべくディスプレイに近い位置に着席し、中央テーブルに近づかないように指示した。

5.3 実験手順

手順 1. 実験開始前、各被験者は実験前に知り合いになることを防ぐため別々の部屋で待機した。各被験者は待機部屋で実験に参加するための同意書に署名し、その後 t-Room に案内された。4 名の被験者は t-Room 内のあらかじめ定められた場所に着席し自己紹介を行った。

手順 2. 以下の内容の課題を、図 1 (a), (b) の座席配置で合計 2 回実施した：各被験者は課題と回答用紙を受け取り、5 分間以内に 6 アイテムの優先順位を各自で考えて回答用紙に記入した。その後、グループ討論を行い 20 分間以内に合意形成を行った。グループ討論の終了後、各被験者がグループ討論の影響をどの程度受けたかを調べるため、各被験者はお互い離れた場所で再び同じ 6 アイテムの順位付けを行った。そしてグループ討論に関するアンケートに答えた。

手順 3. 座席配置を変えて 2 回課題に取り組んだ後、被験者は座席配置の違いに関するアンケートに回答した。特に京都府で実験に参加した被験者は、座席配置の違いと議論の進め方や満足度に関するインタビューを受けた。

6. 分析結果

9 グループのうち 1 つのグループは討論をほとんどせずに多数決やじゃんけんで合意形成を行ったため、本論文の分析対象から除外した。

6.1 遠隔と同室の話者交代の割合

被験者は平均 24 秒に 1 度の割合で話者交代（相槌などは含まない²⁰⁾）を行っていた。

図 6 は、座席配置 (a), (b) に関して、遠隔地の被験者との間での話者交代と、同室の被験者との間での話者交代の占める割合をグループ討論ごとに算出し平均したものである。

仮説 1-a では、座席配置 (b) の方が (a) よりも遠隔地と同室の間で均等に話者交代が生じることを予想したが、その傾向は見られなかった。念のため、遠隔地の人との間の話者交代の割合が座席配置 (a), (b) 間で異なるか否か対応のある t-検定を用いて比較したところ有意差は検出されなかった。図 6 より、いずれの座席配置でも、遠隔地の人との間の話者交代が同室の人との間の話者交代の約 2 倍生じていることが分かるが、これは遠隔地の人が 2 名いて同室の人が 1 名であることに留意すれば、遠隔の人との話者交代と同室の人との話者交代がほぼ均等に生じていたことを示唆している^{*1}。つまり、本実験では遠隔の人との話者交代と同室の人との話者交代はほぼ均等に生じており、座席配置を変えてもその傾向は変わらなかった^{*2}。

次に、仮説 1-b を検証する。Sacks らの文献¹⁸⁾ をもとに、話者が次の話者を口頭で指示する方法を以下の 4 通りに分類した。1) 次の話者を名指しで呼ぶ方法；2) 「だれ？」や「どこ？」といった質問をすることによって回答者を指定する方法；3) 前の話者に発話内容の確認を行うことによって、前の話者が次の話者となるように指定する方法；4) 限られた人だけが関係するような発話を行う方法。これらのうち、4) の例をあげる。生き残りアイテムとしてナイフよりもコートの方が重要であると考えている被験者がグループ内に 1 名しかいないことが分かっている状況を想定する。そこで「ナイフよりコートの方が重要と判断

*1 被験者間で均等に話者交代が行われた場合、遠隔ユーザ間の話者交代が全話者交代に占める割合は 66.6%になる。

*2 座席配置 (a) と (b) における話者交代のパターンを比較したところ、座席配置 (b) では (a) よりも隣の人への話者交代が発生しやすい様子が観測された。斜め向かいの遠隔の人に対する話者交代の割合に顕著な違いは見られなかった。

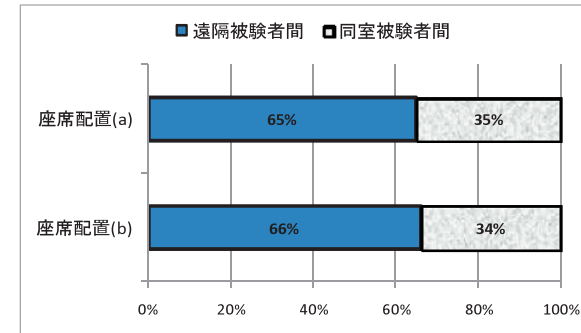


図 6 遠隔被験者同士と同室被験者同士の間で生じた話者交代の割合
Fig. 6 Average proportion of speaker switches between distance-separated and co-located participants.

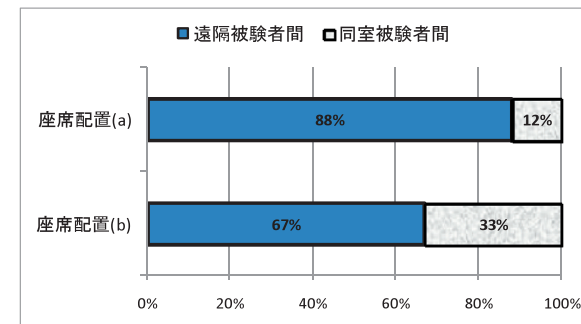


図 7 遠隔被験者同士と同室被験者同士の間で次の話者を明示せずに行われた話者交代の割合
Fig. 7 Proportion of speaker switches (without verbal indication of next speaker) between distance-separated and co-located participants.

された理由は何ですか？」という質問は、次の話者を暗に指示していると考えられる。

Sacks の分類に従って、各話者交代を、次の話者を明示した場合 (1~4) と次の話者を明示しなかった場合に分別したところ、座席配置 (a) と (b) においてそれぞれ 22% と 18% の話者交代が次の話者を明示しなかったと判断された。図 7 は、次の話者を明示せずに行われた話者交代だけに着目して、遠隔の人との話者交代と同室の人との話者交代の割合を座席配置に関して比較したものである。

図 7 より、次の話者を明示せずに行われた話者交代に限定すると、座席配置 (a) の方が

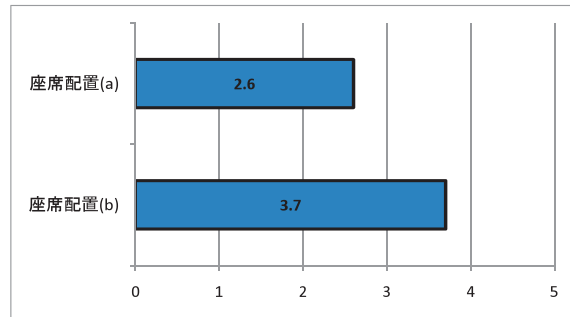


図 8 グループの一体感 (1 = 遠隔地の被験者と完全に離れた場所にいる印象; 5 = 遠隔地の被験者も同室の被験者も同じ部屋にいる印象)

Fig. 8 Ratings for sense of unity by seating condition: 1 = completely separated based on differences in sites; 5 = completely unified with team.

(b) よりも遠隔地の被験者と話者交代が頻繁に生じていたことが分かる。対応のある t-検定を用いて座席配置間の違いを検証したところ有意差が検出された ($t(7) = 3.6, p < .01$)。これより仮説 1-b で予想したとおり、次の話者を明示せずに話者が交代する場面では、座席配置 (b) の方が遠隔地の人と同室の人との話者交代が均等に起きる傾向にあることが分かった。

このように座席配置が話者交代に影響を及ぼす場面は、次の話者を明示せずに行われた話者交代のみに限定されることが分かった。実験後のインタビューにおいても、数名の被験者から、座席配置 (b) の方が皆が均等に話すことができたと感じたという意見を得た。

6.2 グループの一体感

座席配置の違いがグループの一体感に及ぼす影響を調べるために、グループ討論後に実施したアンケートの回答を検討する。具体的には、以下の 4 つのアンケート項目に対する被験者の 5 段階の評価値 (1 = まったくない, 2 = ない, 3 = どちらでもない, 4 = ある, 5 = 強くある) を利用した: グループとしての意識, 遠隔地の被験者に対する親近感, 遠隔の被験者と同じ部屋を共有しているという意識, 遠隔地の被験者との心理的距離の近さ。これらアンケート項目に対する被験者の評価値の相関は高かったので (ピアソンの相関係数 $r = .81$)、これら回答を平均してグループとしての一体感という 1 つの尺度にまとめて検討対象とした⁹⁾。

図 8 を見ると、仮説 2 で予想したとおり、被験者は座席配置 (b) の方が (a) よりもグループとしての一体感が高いと感じている。対応のある t-検定を用いて座席間の違いを検証し

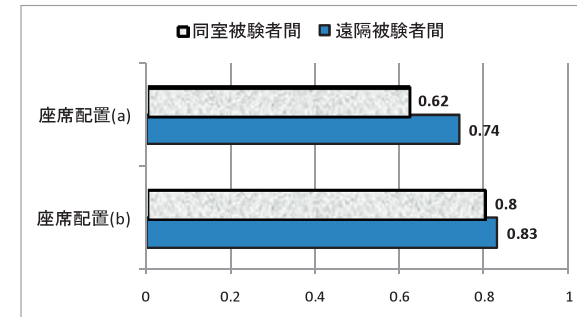


図 9 遠隔地にいる被験者間の意見の相関と同室にいる被験者間の意見の相関

Fig. 9 Average correlation of opinions between distance-separated and co-located participants.

たところ有意差が検出された ($t(31) = -2.74, p = .01$)。実験後のインタビューでも類似の意見が多数見られた。たとえば、座席配置 (a) ではテーブルの向こうに面接官が 2 人いて面接を受けているような印象だったが、座席配置 (b) では 1 人 1 人が対等でチームとして課題に取り組んでいる印象を持ったというコメントを得た。

6.3 討論結果に対する納得の度合い

仮説 3 を検証するために、グループ討論後の各被験者同士の順位付けを比較した。もし討論の過程で被験者が互いに類似した意見を持つようになれば、討論後の被験者間の順位付けの相関は高くなるであろう。そこで討論後、座席配置ごとに、遠隔地にいる被験者との間の順位付けの相関 (Spearman's rank-order correlation coefficient) の平均と、同じく同室にいる被験者との順位付けの相関の平均を算出した (図 9)。ウィルコクソン検定を用いて座席配置 (a), (b) 間の違いを比較したところ、座席配置 (b) の方が、遠隔地の被験者との順位付けの相関は高い傾向にあり ($r(b) = 0.83$ vs. $r(a) = 0.74$; $Z = -1.95, p = .051$)、そして同室の被験者との順位付けの相関は有意に高かった ($r(b) = 0.80$ vs. $r(a) = 0.62$; $Z = -2.11, p < .05$)。

次に、別の観点から被験者のグループ討論結果に対する満足度を測るために、グループ討論による順位付けとグループ討論後の各被験者の順位付けを比較した。もし被験者がグループ討論による順位付けに満足していれば、討論後の順位付けでもグループ討論と似た順位付けを行うだろう。逆に、被験者がグループ討論による順位付けに満足していなければ、討論後の順位付けではグループ討論と異なる順位付けを行うと予想される。これより、座席配置 (a), (b) ごとに、各被験者の討論後の順位付けとグループ討論による順位付けの相関を

求めその平均値を比較した。その結果、座席配置 (b) の方が (a) よりも、この相関が有意に高かった ($r(b) = 0.82$ vs. $r(a) = 0.71$; $Z = -3.01$, $p < .01$)。仮説 3 で予想したように、座席配置 (b) の方が被験者は討論過程を通してお互いに類似した意見を持ちやすく、グループ討論の結果に満足する傾向にあることが分かった。

6.4 体の向きと頭の動き

上述の 6.1 節から 6.3 節までの分析結果がどのような作業過程を経て生じたかを調べるために、実験中に撮影したビデオ (京都および厚木の t-Room の出入口頭上から撮影した鳥瞰カメラ映像) をさらに詳しく分析した。具体的には、座席配置が被験者の志向や注意の向き (体の向きと頭の動き) にどのような影響を及ぼしているかを調べた。

実験の意図を知らない 2 名のラベル付け作業員 (ラベラ) が、各地点で撮影したグループ討論のビデオ映像をもとに、各座席配置における被験者の体の向きと頭の動きに対してラベル付けをした^{*1}。体の向きに関しては、各グループ討論の最後の場面における被験者の体の向きを 0 度 (テーブル中心に向かって座っている場合) から 90 度 (テーブル半径と垂直方向に、横向きで座っている場合) までの 10 段階に分類しラベル付けした。また、頭の動く向きに関するラベル付けは、被験者の様子を常時モニタリングし、頭の向きが明示的に動いたとき (問題用紙を見ている状態からある被験者にフォーカスを変えたときや、ある被験者を見ている状態から別の被験者にフォーカスを変えたとき) に注目してラベル付けした。ラベラ 2 者間のラベル付けの相関は高かった ($r = .93$)。被験者の体の向きはグループ討論の後半になるとほぼ固定されていた。

被験者の体の向きを座席配置 (a), (b) 間で比較したところ、被験者は座席配置 (a) では比較的テーブルに向かってまっすぐ座っているのに対し (平均 6 度)、座席配置 (b) ではテーブルの中心方向に体を向ける傾向が強かった (平均 33 度)。対応のある t-検定を用いて平均値の比較をしたところ有意な差が認められた ($t(31) = -9.12$, $p < .001$)。これは、座席配置 (b) ではすぐ隣のディスプレイに表示された遠隔地の被験者を見るために、体を隣のディスプレイ方向に向けたためと考えられる。実験後のインタビューにおいても、この理由を支持する意見が複数得られた。たとえば、ある被験者は、議論が始まったときは隣の遠隔ユーザが見にくいいため 3 名で議論をしている気分であったが、途中で体の向きを変えたことによって 4 名で話している気分になったと報告した。

*1 実験の実施段階では、座席配置を変えることによって被験者の体の向きや頭の動きが影響を受けることまで推測できていなかったため、センサなどを用いた計測することはできなかった。

次に、座席配置ごとに被験者の頭の動きを使って、遠隔地の被験者に注意を向ける割合と同室の被験者に注意を向ける割合が異なるか否かを調べた。2 名のラベラが各被験者の頭の動きを、遠隔地の被験者の方に動かす場合と同室の被験者の方に動かす場合の 2 種類に分類した。初めにラベラは練習とラベル付けの一貫性検査のため、実験ビデオの冒頭部分のみに対する分類を行った。2 名のラベラ間の合致率 (96%) が十分高いことを確認したあと、残りのビデオを半分ずつ分担して分類した。

被験者の頭の動きを座席配置 (a), (b) 間で比較したところ、被験者は座席配置 (a) では遠隔地の被験者に注意を向ける傾向が強く同室の被験者の方をあまり向かないが (同室被験者に向く割合は平均 14%)、座席配置 (b) では同室の被験者の方にも注意を向ける割合が増えることが分かった (同室被験者に向く割合は平均 25%)。対応のある t-検定を用いて平均値の比較をしたところ有意な差が認められた ($t(31) = -8.24$, $p < .001$)。

以上より、座席配置 (a) では被験者の体の向きが遠隔地の被験者の方に向けられており、その結果としてその被験者に注意が向けられるということが分かった。これに対し、座席配置 (b) では被験者の体の向きが遠隔地の被験者だけではなく同室の被験者にも向けられるので、同室の被験者に注意が向けられる割合が増えるということが分かった。

7. 考 察

本章では、6.1 節から 6.3 節までの分析結果と 6.4 節の分析結果 (被験者の体の向きと頭の動き) の関係について考察する。

7.1 話者交代のバランス

次の話者が明示されず、次の話者となる可能性がだれにもあるような場面では、6.1 節の分析結果より、座席配置 (a) では遠隔地の被験者との間で話者交代が生じやすいが、座席配置 (b) では遠隔地被験者との間での話者交代と同室被験者との間での話者交代が均等に生じる傾向にあることが分かった。この座席配置による話者交代の傾向の違いは、座席配置の変化にともなう被験者の頭の動きの変化によって説明できる。すなわち、座席配置 (a) の話者の方が視線や注意をより遠隔地の被験者に向けたため、遠隔地の被験者が次の話者となりやすかったと考えられる。逆に、座席配置 (b) の話者は注意を同室の被験者にも向けたため、同室の被験者が次の話者になる頻度が増えたと考えられる。

7.2 グループの一体感

座席配置 (b) の被験者の方がグループとしての一体感を得やすいことが 6.1 節の分析結果より分かった。この分析結果は、実験中の被験者の体の向きと関連が考えられる。6.4 節の

分析結果によれば、被験者は座席配置 (a) ではテーブルに向ってまっすぐ座る傾向があり、座席配置 (b) ではテーブルの中心方向に体を向ける傾向があった。被験者らがこのように体の向きを変えた原因の 1 つとして、すぐ隣のディスプレイに表示された遠隔被験者を視界に入れることをあげたが、結果としてグループを意識した F-formation¹⁰⁾ を形成し、そのことによってグループ意識が高まった可能性がある。また、遠隔被験者との話者交代と同室被験者との話者交代が均質化したことも、遠隔地と同室の境界を低くした要因と考えられる。

7.3 討論結果に対する納得度合い

同室の被験者は、座席配置 (b) の方がお互いに類似した意見に落ち着きやすいことが 6.1 節の分析結果より分かった。この分析結果は、隣より対面した相手に説得されやすいという過去の知見⁴⁾ によって説明可能である。座席配置 (a) では同室にいる被験者が隣り合わせに座るのに対して、座席配置 (b) ではテーブル越しに正対して座るため、座席配置 (b) の方がお互いに説得されやすくなり、その結果として類似した意見を持つようになったと考えられる。

遠隔の被験者との間に関しても、わずかではあるが、座席配置 (b) の方が類似した意見に落ち着きやすい傾向が見られた。これは、遠隔ビデオコミュニケーションにおいて、話者の視線が伝わらないよりも伝わる方が説得力が増すという過去の知見²⁵⁾ によって説明可能である。つまり、座席配置 (b) の方が同室にいる被験者間の距離が離れるため、話者が遠隔のどの被験者に注意を向けているかがより伝わりやすく、説得力が増すと考えられる。以上の効果を総合すると、被験者は座席配置 (b) の方が (a) よりお互いに類似した意見に落ち着く傾向が強く、そのため、グループ討論で到達した合意に納得しやすかったと考えられる。

8. おわりに

本研究で得られた知見を簡単にまとめる。4 名の被験者を 2 地点に 2 名ずつ配置し、遠隔地のユーザが対面して着席する場合と隣接して着席する場合を比較した。後者の隣接する座席配置で以下 3 点の現象を見出した。次の話者を明示しない場面では話者交代が遠隔ユーザ間と同室ユーザ間で均等に生じる。グループの一体感が高まる。グループ討論で到達した合意に納得し満足しやすい。

続く分析により、被験者の座席配置だけでなく、遠隔ユーザを投影するディスプレイの配置場所が被験者の体の向きや頭の動きに大きな影響を及ぼしており、それらの結果として、上記 3 点の現象が生じることを明らかにした。具体的には、座席配置 (b) のように遠隔ユーザを投影するディスプレイを被験者の隣に配置すると、その被験者は隣の遠隔ユーザが視界に入るように自ら体の向きを変えた。また、座席配置 (b) のように遠隔ユーザを投影す

るディスプレイ間の距離を十分に離して配置すると、被験者の頭の動きが大きくなり、遠隔地のユーザがだれに注意を向けているかが認識しやすくなった。つまり、本実験で比較した 2 つの座席配置においてコミュニケーションに違いが生じた原因は、t-Room のディスプレイが被験者の体の向きや頭の動き方を変えるように配置されていたためと考えられる。

本研究から得られた知見は従来のビデオコミュニケーションシステム (VCS) にも応用可能である。本実験で採用した遠隔地のユーザが隣接して着席する座席配置は従来の VCS ではほとんど見られないため、t-Room に特有の結果であると考えられるかもしれないが、従来の VCS でも、ディスプレイの配置を工夫することによって類似の結果を得ることが可能と考える。特に、被験者が遠隔ユーザを見るために体の向きを変えざるをえないディスプレイ配置にすることによって、グループの一体感を高めたり、グループ討論で到達した合意に各参加者がより満足するように仕向けたりすることが可能と考える。

本研究全体を通して、座席配置は対面環境だけではなく、VCS を介した遠隔コミュニケーションにおいても大きく影響を与えることが分かった。ここで、遠隔地間で座席配置を変えることは、遠隔の人を投影するディスプレイの配置を変えることと等価であることに注意されたい。今後 VCS が様々な状況で利用されるようになれば、状況に応じて適切に座席配置 (あるいはディスプレイ配置) をとって遠隔協調作業を進めることが要請される。t-Room のように、ディスプレイ配置を毎回変えなくても動的に自由な座席配置がとれることは、大きな長所となるのではないと思われる。

最後に、本実験では被験者の座席配置をあらかじめ固定して座席配置間のコミュニケーションの違いを調べたが、実際の協調作業環境では、作業途中で状況が変化しテーブルの周囲を移動したり、必要が生じホワイトボードに歩み寄り指差しをしたり書き込みを行ったりする。このように人は自発的に適切と思う座席配置を動的に選択する。今後、遠隔コミュニケーションにおいて、内容が複合的かつ動的な作業が与えられたとき、動的にどのような座席配置を選択し、その選択した座席配置が期待どおりの効果をもたらすかを調べる必要があると考えている。

謝辞 本研究は科学研究費基盤研究 (C) 課題番号 20500122 の補助を受け実施したものである。t-Room プロジェクトメンバ諸氏には実験の計画、準備、実施にあたり多大な協力をいただいた。特に松田昌史氏には統計分析手法について指導をいただき、白井良成氏にはたびたびの議論を通して有益な意見や助言をいただいた。ここに深謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) Bly, S.A., Harrison, S.R. and Irwin, S.: Media spaces: Bringing people together in a video, audio and computing environment, *Comm. ACM*, Vol.36, No.1, pp.28–46 (1993).
- 2) Fish, R.S., Kraut, R.E. and Chalfonte, B.L.: The VideoWindow system in informal communication, *Proc. CSCW'96*, pp.1–11, ACM Press (1990).
- 3) Gaver, W.: The affordances of media spaces for collaboration, *Proc. CSCW'92*, pp.17–24, ACM Press (1992).
- 4) Greenberg, J.: The Role of Seating Position in Group Interaction: A Review, with Applications for Group Trainers, *Group & Organization Management*, Vol.1, No.3, pp.310–327 (1976).
- 5) Hall, E.T.: *The Hidden Dimension*, Doubleday, New York (1966).
- 6) Hare, A.P. and Bales, R.F.: Seating Position and Small Group Interaction, *Sociometry*, pp.480–486 (1963).
- 7) Heath, C. and Luff, P.: Disembodied Conduct: Communication Through Video in a Multi-media Office Environment, *Proc. CHI'91*, pp.99–103, ACM Press (1991).
- 8) Howells, L.T. and Becker, S.W.: Seating arrangement and leadership emergence, *Journal of Abnormal and Social Psychology*, Vol.64, pp.148–150 (1962).
- 9) 鎌原雅彦, 大野木裕明, 宮下一博, 中沢 潤: 心理学マニユアル質問紙法, 北大路書房 (1998).
- 10) Kendon, A.: Some functions of gaze direction in social interaction, *Acta Psychologica*, Vol.26, pp.1–47 (1967).
- 11) Kendon, A.: Spatial Organization in Social Encounters: the F-formation System, *Conducting Interaction: Patterns of Behavior in Focused Encounters*, Kendon, A. (Ed.), pp.209–237, Cambridge University Press (1990).
- 12) Lafferty, J.C., Eady, P.M. and Elmers, J.: The Desert Survival Problem, Plymouth, Michigan, Experimental Learning Methods (1974).
- 13) Nguyen, D. and Canny, J.: MultiView: Spatially faithful group video conferencing, *Proc. CHI'05*, pp.799–808, ACM Press (2005).
- 14) Nguyen, D. and Canny, J.: MultiView: Improving Trust in Group Video Conferencing Through Spatial Faithfulness, *Proc. CHI'07*, pp.1465–1474, ACM Press (2007).
- 15) Orestrom, B.: Turn-Taking in English conversation, Lund, Sweden: Liber (1983).
- 16) Okada, K., Maeda, F., Ichikawa, Y. and Matsushita, Y.: Multiparty videoconferencing at virtual social distance: MAJIC design, *Proc. CSCW'94*, pp.385–393, ACM Press (1990).
- 17) Olson, J.S., Teasley, S., Covi, L. and Olson, G.: The (Currently) Unique Advantages of Collocated Work, *Distributed Work*, Hinds, P. and Kiesler, S. (Eds.), pp.113–135, MIT Press, Cambridge, MA (2002).
- 18) Sacks, H., Schegloff, E. and Jefferson, G.: A simplest systematics for the organization of turn-taking in conversation, *Language*, Vol.50, pp.696–735 (1974).
- 19) Schegloff, E.A.: Body Torque, *Social Research*, Vol.65, No.3, pp.535–596 (1998).
- 20) Sellen, A., Buxton, B. and Arnott, J.: Using spatial cues to improve videoconferencing, *Proc. CHI'92*, pp.651–652, ACM Press (1992).
- 21) Sommer, R.: *Personal Space*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. (1969).
- 22) Steinzor, B.: The spatial factor in face to face discussion groups, *Journal of Abnormal and Social Psychology*, Vol.45, pp.552–555 (1950).
- 23) Vertegaal, R., Weevers, I., Sohn, C. and Cheung, C.: GAZE-2: Conveying eye contact in group video conferencing using eye-controlled camera direction, *Proc. CHI'03*, ACM Press, pp.521–528 (2003).
- 24) Vertegaal, R., Van der Veer, G.C. and Vons, H.: Effects of Gaze on Multiparty Mediated Communication, *Proc. Graphic Interface 2000*, Morgan Kaufmann Publishers, pp.95–102 (2000).
- 25) Werkhoven, P.J., Schraagen, J.M., Punte, P.A.: Seeing is believing: communication performance under isotropic teleconferencing conditions, *Displays* 22, pp.137–149 (2001).
- 26) Yamashita, N., Hirata, K., Takada, T., Harada, Y., Shirai, Y. and Aoyagi, S.: Effects of Room-sized Sharing on Remote Collaboration on Physical Tasks, *IPSJ Journal, Digital Courier*, Vol.3 (2007).
- 27) Yamashita, N., Hirata, K., Aoyagi, S., Kuzuoka, H. and Harada, Y.: Impact of Seating Positions on Group Video Communication, *Proc. CSCW'08*, pp.177–186, ACM Press (2008).

(平成 20 年 11 月 21 日受付)

(平成 21 年 9 月 11 日採録)



山下 直美 (正会員)

1999 年京都大学工学部情報工学科卒業 . 2001 年京都大学大学院情報学研究科数理工学専攻修士課程修了 . 同年日本電信電話 (株) コミュニケーション科学基礎研究所入所 . 博士 (情報学) . CSCW , HCI の研究に従事 .



平田 圭二 (正会員)

1987年東京大学大学院工学系研究科情報工学専門課程博士課程修了。工学博士。同年NTT基礎研究所入所。1990～1993年(財)新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)。1999年よりNTTコミュニケーション科学基礎研究所。平成13年度論文賞,平成15年度山下記念研究賞,2005～2007年本会理事。現在,日本ソフトウェア科学会理事,t-Roomプロジェクトリーダー。音楽情報処理に興味を持つ。



青柳 滋己 (正会員)

1965年生。1988年東京工業大学理学部情報科学科卒業。1990年3月東京工業大学大学院理工学研究科情報科学専攻修士課程修了。同年日本電信電話株式会社入社。現在,同社コミュニケーション科学基礎研究所に所属。複合メディア情報処理の研究に従事。電子情報通信学会,日本ソフトウェア科学会各会員。



葛岡 英明 (正会員)

1992年東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻博士課程修了。博士(工学)。同年筑波大学構造工学系講師。現在,筑波大学大学院システム情報工学研究科教授。CSCW, HRI, HCIの研究に従事。



梶 克彦 (正会員)

2007年名古屋大学大学院情報科学研究科博士課程修了。博士(情報科学)。2007年NTTコミュニケーション科学基礎研究所リサーチアソシエイト。人工知能学会,日本ソフトウェア科学会,ヒューマンインタフェース学会各会員。Webコンテンツ処理,音楽情報処理,実世界コミュニケーションに関する研究に従事。



原田 康徳

計算機科学者。ワークショップデザイナー。1963年北海道生まれ。1992年北海道大学大学院情報工学専攻博士後期課程修了。同年日本電信電話株式会社NTT基礎研究所,1998～2001年JSTさきがけ研究員。2004～2006年IPA未踏ソフトウェアプロジェクトマネージャ兼務。現在,NTTコミュニケーション科学基礎研究所。変わったインタフェース,プログラミング言語の研究を行い,2003年にその集大成であるViscuit(ビスケット)を発明する。博士(工学)。