

3次元会議空間でのコミュニケーションの分析

中西英之 西村俊和 石田亨
京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻

我々は、従来のデスクトップ会議システムや対面でのコミュニケーションと3次元仮想空間を用いたデスクトップ会議システム(3次元環境)でのコミュニケーションとの比較実験を行った。3次元環境として我々が開発したFreeWalkを用いた。分析の結果、3次元仮想空間の2種類の効果が分かった。1つはデスクトップ会議システムでのコミュニケーションを対面でのものに近づける効果で、雑談の発生と参加者の行動の2点において発揮される。もう一つは、3次元仮想空間特有のもので、3次元仮想空間内では他の会話環境に比べ、発話量が参加者間でより均等になり、話者切替え回数が増加し、時には自由な会話を行うために参加者が活発に移動する。

Communication Analysis in a Three-Dimensional Meeting Space

Hideyuki Nakanishi Toshikazu Nishimura Toru Ishida
Department of Social Informatics, Kyoto University

We compared communications in a desktop conferencing system with a three-dimensional virtual space (3-D environment) to a conventional desktop conferencing system and a face-to-face meeting. We used FreeWalk as a 3-D environment. As results of the analysis, we categorized the effects of a 3-D environment into two types. The first type is to make video communication resemble face-to-face one. It is found in the frequency of chat and participants' behavior. The second type is peculiar to 3-D environment. 3-D environment equalizes the amount of utterances for each participant, increases the number of turns, and sometimes stimulates participants in moving around.

1 はじめに

従来のデスクトップ会議システム(従来型ビデオ環境)で行われるコミュニケーション(従来型ビデオコミュニケーション)と対面で行われるコミュニケーション(対面コミュニケーション)の違いを調べた研究がこれまでにいくつかある[1, 2]。これらの研究を通して、従来型ビデオコミュニケーションの様々な特徴が明らかになっている。一方、3次元仮想空間を用いたデスクトップ会議システム(3次元環境)で行われるコミュニケーション(3次元コミュニケーション)の特徴は明らかになっていない。我々は、対面コミュニケーションや従来型ビデオコミュニケーションと比較して、3次元コミュニケーションがどのような特徴を持つのかを明らかにするため

に、これら3つのコミュニケーションを比較する実験を行った。従来型ビデオ環境と3次元環境の比較における我々の論点を次に示す。

- 従来型ビデオ環境では他の全参加者の顔が常に画面に表示されており、正面から向かい合う形で固定されている。このため参加者が緊張する傾向があり、会話が円滑に進まない。3次元仮想空間内では各参加者は自由に移動でき、他の全参加者と常に向かい合っている必要がないので、このような緊張感が取り払われる。
- 従来型ビデオ環境では実世界で見られる移動をともしないコミュニケーションが再現されないが、3次元仮想空間内では再現可能である。

従来型ビデオ環境として SGI 社の InPerson[3] を使用した。InPerson を用いたミーティングの各参加者の画面には全参加者のカメラ画像が表示され、また全参加者の音声合成されて各参加者に聞こえるので、常に単一の会話グループを構成して会話しなければならない。2 人でミーティングを開くには、一方がもう一方を InPerson を通して呼び出す。ある人が InPerson 上で行われているミーティングに参加するには、参加者の誰かから呼び出してもらう必要がある。3 次元環境として、我々が開発した FreeWalk[4, 5] を使用した。このシステムの特徴は全参加者が集まる 3 次元仮想空間を提供し、参加者間の位置関係に基づいて、視野や音像を提供する点である。各参加者は空間内を自由に動き回ることができ、参加者同士が近づいて会話グループを作れる。他の会話グループの声が聞こえて来ないように十分な距離を置いて集まれば、複数の会話グループを同時に構成することができる。これら 2 つのデスクトップ会議システムの機能的な違いを表 1 にまとめる。従来型ビデオ環境と 3 次元環境では再現可能なミーティングの形式が異なる。今回の実験では双方で再現可能な形式を用いた。

2 会話環境に対する仮説

対面コミュニケーションとコンピュータ支援によるコミュニケーションを比較した研究の中からいくつかの例を挙げる。Fish らは CRUISER というインフォーマルコミュニケーションを支援するデスクトップ会議システムを使って、23 人の間のコミュニケーションを 21 日間観察した [6]。この実験で、CRUISER での会話の内容があいさつやスケジュール調整が中心であり、電話に近い使われ方をしたという結果が出た。McDaniel らは、対面での会話とテキストチャットシステムでの会話の違いを調べる実験を行った [7]。結果は、チャットシステムの会話にはしばしば複数のスレッドが存在したが、両方の会話の内容は類似するというものであった。Isaacs らは、対面と Forum というシステムで繋いだ遠隔地間の 2 つの環境でのプレゼンテーションの違いを調べる実験を行った [8]。この実験で、Forum の方が対面よりも観衆は多くなるが議論の質は低下し、観衆は Forum を通して見ることを好むが発表者は対面環境で発表することを好む、という結果を得た。

Sellen は、Hydra と PIP という 2 つのデスクトップ会議システムと対面との間でコミュニケーションの比較実験を行った [2]。Hydra は 1 人の参加者に対し複数のカメラ、モニタ、スピーカを用いており、頭の向きや視線による合図を伝えることができるので、誰が誰に話しているのかを第三者が識別することが可能である。PIP は従来型デスクトップ会議システムである。この実験で、発話量や話者切替え(会話の主導権の移動)回数は、異なる会話環境の間に差が無いが、発話の衝突量は、対面が 2 つのデスクトップ会議システムに比べて多いという結果を得た。

3 次元コミュニケーションは従来型ビデオコミュニケーションに比べて、対面コミュニケーションにより近いと我々は考える。そこで Sellen の実験を参考にして、会話パターンについて次の仮説を立てる。

- H1 発話量は、異なる会話環境の間に差が無い。
- H2 話者の切替え回数は、異なる会話環境の間に差が無い。
- H3 発話の衝突量は、対面環境、3 次元環境、従来型ビデオ環境の順に多い。

3 次元コミュニケーションについては、比較実験による評価の前例が無いので、次の仮説を追加する。

- H4 対面環境と 3 次元環境の両方の会話環境において、参加者は同様の移動パターンを取る。

3 実験

実験の参加者は全て大学生で、男性 18 名、女性 3 名である。比較実験を行うために以下に示す 3 つの会話環境を用意した。

1. 対面環境 (FTF)

参加者は小さな会議室 (25m²) で議論した (図 1(a))。議論の間移動できるように、立ち続けることを要求された。

2. 従来型ビデオ環境 (InPerson)

100Mbps のイーサネットに接続された 7 台の SGI 社のワークステーション O2 を用意し、その上で InPerson を動作させた。各参加者の画面には全参加者のカメラ画像が図 1(b) に示すように表示された。

3. 3 次元環境 (FreeWalk)

FreeWalk を InPerson と同じワークステーション上で動作させた。図 1(c) に FreeWalk の画

表 1: 機能比較

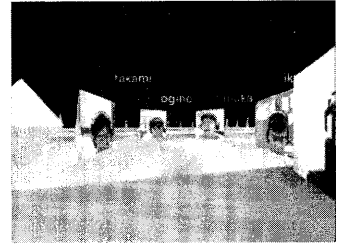
	FreeWalk	InPerson
参加手順	自由意志で3次元仮想空間に入る	参加者の誰かに呼ばれる
最大参加可能人数	無制限 (実用上 20 人程度)	7 人
会話の発生	参加者の意志で近づくことにより開始	ミーティングの主権者によるシステムの起動
会話グループ	複数可	単一



(a) FTF



(b) InPerson



(c) FreeWalk

図 1: 3つの異なる会話環境

面を示す。

ミーティングにおいて行うタスクとして、過去の研究などを参考に以下の3つを設定した。

1. 旅行先の決定 (タスク 1)

これは全員の意思決定を行うタスクである。参加者は一ヶ月後に皆でどこに旅行に行くかを決定した。

2. 社会問題についての議論 (タスク 2)

これは他人との議論を通して自分の考えをまとめるタスクである。参加者は同じ講義を受講していて、レポートを提出するという設定でタスクを行った。キーワードとして、高齢化社会、消費税、年金制度、終身雇用、年功序列、情報化社会の6つを与えた。

3. 自由な会話 (タスク 3)

参加者は何の指針も与えられずに会話をした。

3つの会話環境と3つのタスクの組み合わせによる9つのミーティングが行われた。この組み合わせを表2に示す。実験全体は一日で遂行され、次のように進められた。実験の参加者はまず、声と顔を一致させるために各グループ内で自己紹介を行った。また実験を始める前に、FreeWalkの移動操作を5分間練習した。参加者は男性6名、女性1名の計7名のグループ3つに分けられてミーティングを行った。各グループは異なる会話環境で各タスクを行った。各ミーティングは20分間であった。ミーティングの

表 2: タスクとグループの組み合わせ

	タスク 1	タスク 2	タスク 3
グループ 1	FTF	FreeWalk	InPerson
グループ 2	InPerson	FTF	FreeWalk
グループ 3	FreeWalk	InPerson	FTF

議長をあらかじめ指定することはしなかった。各グループは3つのタスクを行った後、アンケートを書いた。

実験データの取得にはビデオ録画とアンケートを用いた。それに加えて、ミーティング中の3次元仮想空間内での参加者の移動パターンを調べるために、FreeWalkのシステムログを分析した。

4 分析結果

4.1 会話

会話の分析は以下の5つの項目について行った。

発話量 は、各参加者の発話時間の合計である。

発話率の標準偏差 は、全参加者の発話量に占める各参加者の発話量の割り合い (%) の標準偏差である。

話者の切替え回数 は、会話の主導権が移った回数である。話者の切替えは、ある参加者が話している間または話し終わった後に、別の誰かが話し始めると起こる。

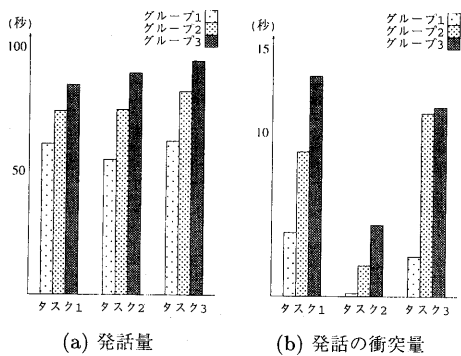


図 2: 発話の量と衝突量

発話の衝突量は、複数の参加者が同時に話している時間の合計である。

雑談の発生は、タスクの達成に直接貢献しない会話の始まりを指す。

雑談の発生はミーティング中の 18 分間を調べた。それ以外の値は各ミーティング中の 2 分間取り出して調べた。この 2 分間においては、FreeWalk を用いたどのミーティングでも、参加者全員が互いの声を聞ける位置関係にいた。

1. 発話量

図 2(a) を見ると、発話量はグループの違いに影響を受けており、タスク及び会話環境からは影響を受けていない。グループを発話量の多さの順に並べたものを次に示す。

グループ 3 > グループ 2 > グループ 1

2. 発話率の標準偏差

表 3 は各ミーティングでの発話率の標準偏差をまとめたものである。各タスクにおいて会話環境を標準偏差の大きさの順に並べたものを次に示す。

表 3: 発話率の標準偏差

	タスク 1	タスク 2	タスク 3
FTF	13.93	19.19	14.07
InPerson	12.31	15.97	17.25
FreeWalk	9.28	15.45	13.45

タスク 1 FTF > InPerson > FreeWalk

タスク 2 FTF > InPerson ≈ FreeWalk

タスク 3 InPerson > FTF ≈ FreeWalk

発話率の標準偏差はタスクと会話環境から影響を受けている。興味深いことに、どのタスク

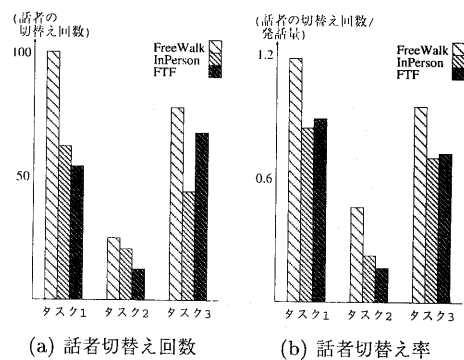


図 3: 話者切替え回数

においても FreeWalk における標準偏差が最小である。これは FreeWalk が、発話量を参加者間でより均等に作る会話環境であることを意味する。

3. 話者切替え回数

図 3(a) を見ると、タスク 2 における話者切替え回数が全タスク中で最少であることが分かる。図 3(b) の話者切替え率とは、話者切替え回数を発話量で割ったものである。これを見ると、話者切替え率と会話環境の間に明確な関係があることが分かる。よって、話者切替え回数はタスクや会話環境の違いから影響されている。タスクと会話環境を話者切替え回数の多さの順に並べたものを次に示す。

タスク 1 ≈ タスク 3 > タスク 2

FreeWalk > FTF ≈ InPerson

タスク 2 では、問題提起や主張を述べる事が中心で、話者切替え回数が少ないのに対し、タスク 1 とタスク 3 では、質疑応答などの短いやり取りが多く、話者切替え回数が多い。会話環境の違いによる影響は、FreeWalk の 3 次元仮想空間が話者の切替えを促進することを示している。

4. 発話の衝突量

図 2(b) を見ると、発話の衝突量はタスクとグループの違いに影響されていることが分かる。タスクとグループを発話の衝突量の多さの順に並べたものを次に示す。

タスク 1 ≈ タスク 3 > タスク 2

グループ 3 > グループ 2 > グループ 1

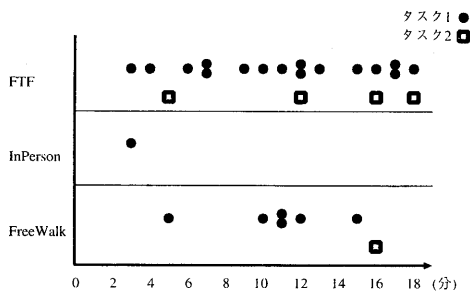


図 4: 雑談の発生

タスクの違いが発話の衝突量に影響する理由は話者の切替え回数の場合と同様である。タスク3におけるグループ2のミーティングでの発話の衝突量が多過ぎるように見える。これは会話環境からの間接的な影響である。このミーティングの会話環境はFreeWalkで、参加者の移動の様子が他のFreeWalkを用いたミーティングとは著しく異なった。

5. 雑談の発生回数

図4は各会話環境におけるタスク1とタスク2での雑談の発生を示したものである。

これを見ると、タスク1はタスク2に比べて雑談の発生がより活発である。また、対面はFreeWalkに比べて発生がより活発であり、InPersonではほとんど発生がない。タスクと会話環境を雑談の発生の活発な順に並べたものを次に示す。

タスク1 > タスク2

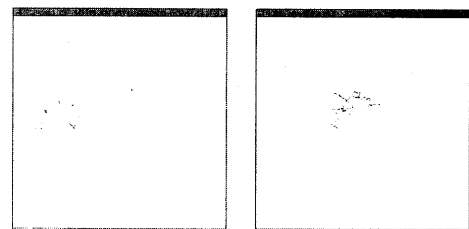
FTF > FreeWalk > InPerson

InPersonでは他の全参加者と向き合って会話を行ったのに対し、FreeWalkでは円陣を組んでいたため、参加者の間の緊張感が緩和されたと考えられる。

4.2 参加者の移動

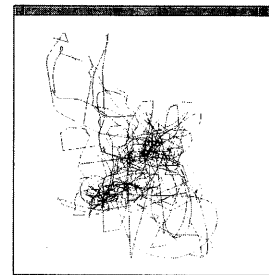
対面でのミーティングでは、参加者は会話を行うために円陣を組んだ後はほとんど移動しなかった。InPersonでのミーティングでは、各参加者は画面に表示された他の全参加者のカメラ画像を見ながら会話をを行った。

図5にFreeWalkを用いたミーティングにおける15分間の参加者の移動の軌跡を示す。タスク1とタスク2では対面と同様に、参加者は円陣を組んだ



(a) タスク1

(b) タスク2



(c) タスク3

図 5: 3次元仮想空間内での移動パターン

後はほとんど移動しなかった。これら2つのタスクとは異なり、タスク3では図5(c)に示すように参加者は3次元仮想空間内を活発に移動した。これは自由な会話を行うタスク3のミーティングにおいて、3次元仮想空間が参加者の移動を活性化したことを意味する。

4.3 アンケート

全員の答えをまとめたものを表4に示す。“G1”はグループ1を意味する。この表から、グループ1とグループ2の答えは一樣に分布しているのに対し、グループ3の答えは偏っていることが分かる。

表 4: 最も面白かったタスク

	タスク1	タスク2	タスク3	合計
FTF	2 (G1)	2 (G2)	2 (G3)	6
InPreson	3 (G2)	0 (G3)	3 (G1)	6
FreeWalk	5 (G3)	2 (G1)	2 (G2)	9
合計	10	4	7	

5 おわりに

我々は、3次元仮想空間を用いたデスクトップ会議システム(3次元環境)でのコミュニケーションと、対面環境でのコミュニケーションや従来のデスクトッ

表 5: 仮説と結果

仮説	結果
話す量について H1. 発話量は、異なる会話環境の間で差が無い。	(受理) 発話量はグループにのみ依存し、異なる会話環境の間で差が無い。 (棄却) 雑談の発生は3次元環境より対面環境の方が活発であり、従来型ビデオ環境ではほとんど発生しなかった。
話す頻度について H2. 話者の切替え回数は、異なる会話環境の間で差が無い。	(受理) 話者の切替え回数は従来型ビデオ環境と対面環境の間で差が無かった。 (棄却) 3次元環境においては、話者の切替え回数は他の会話環境より多く、さらに興味深いことに、他の会話環境に比べて各参加者の発話量がより均等になる。
話し易さについて H3. 発話の衝動量は、対面環境、3次元環境、従来型ビデオ環境の順に多い。	(棄却) 会話環境の違いによる発話の衝動量への明確な影響は無かった。
移動について H4. 対面環境と3次元環境の両方の会話環境において、参加者は同様の移動パターンを取る。	(受理) 対面環境と3次元環境の両方において、円陣を組んで会話をする光景が見られた。 (棄却) 参加者は対面環境ではほとんど移動しなかったが、3次元環境では移動を楽しんだ。

ブ会議システム（従来型ビデオ環境）でのコミュニケーションを比較する実験を行った。実験には我々が開発した FreeWalk という3次元環境を使用した。

仮説とそれに対応する結果を表5にまとめる。分析の結果、デスクトップ会議における3次元仮想空間の2種類の効果が明らかになった。1つ目の効果は、デスクトップ会議システムでのコミュニケーションを対面環境でのコミュニケーションに近づける効果である。これは雑談の発生と、参加者の行動の2点において発揮される。2つ目の効果は、3次元仮想空間特有のものである。3次元仮想空間内では他の会話環境に比べ、発話量が参加者間でより均等になり、話者切替え回数が増加し、時には自由な会話を行うために参加者が活発に移動する。3次元仮想空間の自由度によって参加者が移動することを楽しむようになり、緊張感が緩和された雰囲気によって参加者が気軽に話すようになると考えられる。

参考文献

- [1] Cohen, K. M.: Speaker Interaction: Video Teleconferences versus Face-to-Face Meetings, *Teleconferencing and Electronic Communications*, pp. 189-199 (1982).
- [2] Sellen, A. J.: Speech Patterns in Video-Mediated Conversations, *CHI92*, pp. 49-59 (1992).
- [3] 日本シリコングラフィックス: InPerson デスクトップ会議ソフトウェア, http://www.sgi.co.jp/Products/inperson_main.html.
- [4] Nakanishi, H., Yoshida, C., Nishimura, T. and Ishida, T.: FreeWalk: Supporting Casual Meetings in a Network, *CSCW96*, pp. 308-314 (1996).
- [5] 中西英之, 吉田力, 西村俊和, 石田亨: FreeWalk: 3次元仮想空間を用いた非形式的なコミュニケーションの支援, 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 5 (1998) (to appear).
- [6] Fish, R. S., Kraut, R. E. and Root, R. W.: Evaluating Video as a Technology for Informal Communication, *CHI92*, pp. 37-48 (1992).
- [7] McDaniel, S. E., Olson, G. M. and Magee, J. C.: Identifying and Analyzing Multiple Threads in Computer-Mediated and Face-to-Face Conversations, *CSCW96*, pp. 39-47 (1996).
- [8] Isaacs, E. A., Morris, T., Rodriguez, T. K. and Tang, J. C.: A Comparison of Face-to-Face and Distributed Presentations, *CHI95*, pp. 354-361 (1995).