

# タスク依存性に着目した遠隔コミュニケーション環境の比較評価

小刀禰理英<sup>†</sup> 松本拓也<sup>†</sup> 杉野公美<sup>††</sup>  
丸山剛史<sup>††</sup> 大崎美穂<sup>†</sup> 片桐 滋<sup>†</sup>

## Comparative Evaluation of Remote Communication Environments from the Standpoint of Task Dependency

RIE KOTONE,<sup>†</sup> TAKUYA MATSUMOTO,<sup>†</sup> KUMI SUGINO,<sup>††</sup>  
GOSHI MARUYAMA,<sup>††</sup> MIHO OHSAKI<sup>†</sup> and SHIGERU KATAGIRI<sup>†</sup>

### 1. はじめに

様々な形態の遠隔コミュニケーション環境が研究開発され、実用化も進みつつある。遠隔コミュニケーション環境へのアプローチは、実環境の再現性を重視するもの、コミュニケーションの支援機能を重視するものに大別される。前者は、映像メディアの高品質化<sup>1)</sup>、人の空間配置の再現<sup>2)~4)</sup>により、遠隔地の利用者と実際に会っているような環境を目指している。後者は、ホワイトボードの利用や補足情報の提示<sup>5)</sup>、人工的な空間の再構成や視点の切替え<sup>6)</sup>により、コミュニケーションに役立つ情報が豊富な環境を目指している。どちらのアプローチが有効かは用途によるが、表情やジェスチャー等の非言語情報の重要性を考慮すると、実環境の再現性を確保した上で支援機能を追加するステップが望ましいであろう。こうした視点に立ち、我々は実環境の再現性を向上させる遠隔コミュニケーションに着目する。

実環境を再現するには第一に、利用者が「相手と同室にいる」と感じられるように(同室感)、人の空間配置を再現すべきと思われる。しかしながら、コミュニケーションにおいて空間配置の再現が本当に重要なのか、タスクによって重要性が異なるのではないかと等、不明な点は多い<sup>2)</sup>。そこで、本研究ではタスクと環境の様々な組合せでコミュニケーションの実験を行い、

これらを検証する。具体的には、協調型タスクと議論型タスクの2つを用いて、同室と遠隔(条件2種類)の計3環境を比較評価する。そして、これらの実験で得られた知見をまとめるとともに、遠隔コミュニケーション環境の改善と評価尺度について提言する。

### 2. 本研究で扱う環境とタスク

#### 2.1 コミュニケーション環境

比較対象のコミュニケーション環境は図1に示すように3種類とする。遠隔・条件1や遠隔・条件2のコミュニケーションが同室のコミュニケーションにどの程度近いかを調べることで、空間配置の再現の重要性を問う。

同室：同室で利用者4名が会話する。座席位置は図1の上段の通りである。遠隔・条件1：人の空間配置を再現した遠隔コミュニケーション環境を介し、2箇所の遠隔地に2名ずつに別れた利用者が会話する。座席位置は図1の中段のように隣同士を同室とする。遠隔・条件2：人の空間配置を再現した遠隔コミュニケーション環境を介し、2箇所の遠隔地に2名ずつに別れた利用者が会話する。座席位置は図1の中段のように対面同士を同室とする。

遠隔・条件1, 2には文献<sup>3)</sup>で開発されたt-Roomを用いた。t-Roomとは、ディスプレイとスピーカの空間配置によって遠隔地間でメディア情報を対称に再現し、同室感を高める遠隔コミュニケーション環境である(図2参照)。t-Room実機1台は、パーソナルコンピュータ8台(DELTA XPS720, WindowsXP)、大型ディスプレイ4台(SAMSUNG SyncMaster 400P、

<sup>†</sup> 同志社大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Doshisha University

<sup>††</sup> 同志社大学理工学部 Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

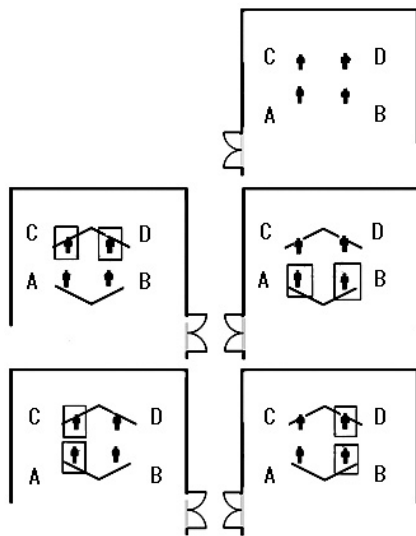


図1 比較対象とした3種類のコミュニケーション環境。上段：同室，中段：遠隔・条件1，下段：遠隔・条件2。

Fig.1 Three types of communication environment. The upper, middle, and lower denote each of the environments (nearby, remote #1, and remote #2), respectively.

最大画素数 1,366 × 768 ドット，標準 JPEG)，スピーカ 2 台 (DELL XPS720 付属品)，マイク 2 台 (ELECTRONIC MS-HS59SC) で構成し，各部屋に 1 台ずつ配備した。ディスプレイには，人間の上半身を実物大で表示した。以上の仕様から分かるように，今回用いた t-Room ではパーソナルコンピュータの標準的な映像メディア品質を確保している。

## 2.2 タスク

今回用いたタスクは下記の 2 種類である。タスク 1 は我々が考案したもので，全員が協力して 1 つの課題を達成する協調型のコミュニケーションを意図している。一方，タスク 2 は文献<sup>4)</sup>で考案されたもので，全員が意見交換して 1 つの結論を出す議論型のコミュニケーションを意図している。これらの異なるタスクにより，空間配置の再現の重要性がタスクに依存するかを調べる。

タスク 1：タスクの名称は What am I? Task である。被験者 4 名がヒントを出し合い，自分の前額部に貼られた (本人のみ見えない) 単語を推測する。全員が単語を言い当てた時点で終了となる。タスク 2：タスクの名称は Desert Survival Task である。砂漠に取り残された前提で，被験者 4 名が物品リストを見て生き残りに必要な物品の優先順位を決める。意見が 1 つに集約された時点で終了となる。



図2 遠隔・条件1, 2 に用いた t-Room。

Fig.2 The t-Room which was used for remote environments #1 and #2.

## 3. 実験 I

### 3.1 目的と条件

実験 I では 3 つの環境でタスク 1 を実施し，被験者からアンケート結果と発話データを得る。アンケートとデータの分析により，遠隔・条件 1, 2 と同室におけるコミュニケーションの類似点や相違点を調べ，空間配置の再現の重要性を検討する。

被験者は 20 代の男女 28 名 (1 試行 4 名 × 7 試行に相当) とした。コミュニケーションを均質化するため，同試行には面識がない被験者を組み合わせ，慣れによるバイアスを排除するため，試行順序でカウンターバランスを取った。単語には，NTT データベースシリーズ「日本語の語彙特性」<sup>7)</sup> から，単語親密度を基準にしてランダムに語彙を選定した。1 試行 4 つの単語のうち，3 つは単語親密度を等しく 1 つは単語親密度を低くして，タスクの難易度と時間のばらつきを抑制した。

コミュニケーションの良し悪しを判断する評価基準を表 1 に示す。評価基準 1 は試行開始から終了までの時間，評価基準 2, 3, 4 はアンケートによる 5 段階の主観評価点の集計結果，評価基準 5 は以下の手順で数えた発話数である。全試行後，実験風景を撮影した映像から発話をテキストに書き起こした。そして，1 秒 1 発話として各座席の発話数を数え上げた。

表 1 コミュニケーションの量と質を評価する基準。

Table 1 Criteria to evaluate the quantity and quality of communication.

評価基準	概要
1	タスク達成にかかった時間。
2	相手との距離感。
3	タスク達成に対する積極性。
4	相手と同一物を見る視線の一致性。
5	タスク達成までの発話数。

## タスク依存性に着目した遠隔コミュニケーション環境の比較評価

### 3.2 結果と考察

表2に評価基準1~5に対する結果を整理して示す。表中、有意差1は同室と遠隔・条件1の間、有意差2は同室と遠隔・条件2の間で平均の差の検定を行った結果である。\*\*は有意水準1%、\*は有意水準5%を意味しており、その横には良い結果を示した環境を表記している。

評価基準1に関しては、値が小さいほど短時間で作業できた、すなわち、コミュニケーションが成功したと言える。同室と遠隔・条件1の間で有意差が見られ、同室と遠隔・条件2の間に有意差が見られ、遠隔・条件1,2の間には有意差が見られなかった。よって、遠隔・条件1,2はタスク達成時間はほぼ同じであるが、同室のそれには及ばないと分かった。

評価基準2に関しては、値が大きいほど距離が近く感じた、すなわち、コミュニケーションが成功したと言える。同室と遠隔・条件1の間、同室と遠隔・条件2の間に有意差が見られず、遠隔・条件1,2の間には有意差が見られなかった。よって、遠隔・条件1,2ともに相手との距離感は同室に近いと分かった。

評価基準3に関しては、値が大きいほど積極的になった、すなわち、コミュニケーションが成功したと言える。同室と遠隔・条件1の間、同室と遠隔・条件2の間に有意差が見られず、遠隔・条件1,2の間には有意差が見られなかった。よって、遠隔・条件1,2ともにタスク達成に対する積極性は同室に近いと分かった。

評価基準4に関しては、値が大きいほど視線が一致した、すなわち、コミュニケーションが成功したと言える。遠隔・条件1の方が同室よりも有意水準1%で、遠隔・条件2の方が同室よりも有意水準1%で、視線が一致しにくかった。また、遠隔・条件1,2の間には有意差が見られなかった。よって、遠隔・条件1,2は視線の一致性はほぼ同じであるが、同室のそれには及ばないと分かった。

評価基準5に関しては、値の大小でよし悪しは言えないが、少なくとも同室と同等の値ならばコミュニケーションが成功したと言える。遠隔・条件1の方が同室よりも有意水準1%で、遠隔・条件2の方が同室よりも有意水準5%で、発話数が多かった。また、遠隔条件1,2の間には有意差が見られなかった。よって、遠隔・条件1,2は発話数はほぼ同じであるが、同室のそれには及ばないと分かった。

実験結果より、協調型タスクに関して、遠隔・条件1(同室者が隣同士、遠隔者は対面)、遠隔・条件2(遠隔者が隣同士、同室者は対面)が全評価基準で同等の性能を持つと分かった。このことから、遠隔環境によ

表2 実験Iの結果。

Table 2 Results of Experiment I.

評価基準	[単位]	同室環境	遠隔環境1	遠隔環境2	有意差1	有意差2
1	[sec]	329.5	628.8	418.7	*同	*同
2	[点]	4.8	3.75	3.81	なし	なし
3	[点]	4.81	4.58	4.31	なし	なし
4	[点]	5	2.42	2.81	**同	**同
5	[回]	42.2	117.4	75.9	**同	*同

る空間配置の再現では、同室利用者と遠隔利用者の相対位置を自由に配しても良いと考えられる。

また、遠隔・条件1,2が2つの評価基準(距離感、積極性)では同室に近く、3つの評価基準(タスク達成時間、視線一致性、発話数)では同室に及ばなかった。よって、今回用いた標準的な映像メディア品質のt-Roomでも、ある程度、同室に近いコミュニケーションを実現できたと言える。映像メディア品質の向上により、本実験で同室に及ばなかった点も解決される可能性がある。以上より、遠隔・条件における空間配置の再現は、同室にいるかのような円滑なコミュニケーションを得る上で重要と考えられる。

## 4. 実験 II

### 4.1 目的と条件

実験IIでは3つの環境でタスク2を実施し、実験Iと同様の手続きで空間配置の再現の重要性を検討する。実験条件は実験Iとほぼ等しく、異なる点は下記の通りである。被験者は20代の男女48名(1環境あたり4名×12試行に相当)とした。コミュニケーションの評価には表1の評価基準2,3,4を用いた。実験IIでは試行時間が20分に固定されていること、および、発話数は現在分析中であることから、評価基準1,5は除いた。

### 4.2 結果と考察

表3に評価基準2,3,4に対する結果を整理して示す。表3の構成や見方は表2と同じであるが、実験IIで除いた評価基準1,5には--を記入した。

評価基準2に関しては、遠隔・条件1の方が同室よりも有意水準5%で、遠隔・条件2の方が同室よりも有意水準5%で、相手との距離感が遠かった。また、遠隔・条件1,2の間には有意差が見られなかった。よって、遠隔・条件1,2は相手との距離感はほぼ同じであるが、同室のそれには及ばないと分かった。

評価基準3に関しては、遠隔・条件1の方が同室よりも有意水準5%で、遠隔・条件2の方が同室よりも有意水準5%で、積極性が低かった。また、遠隔・条件1,2の間には有意差が見られなかった。よって、遠

表 3 実験 II の結果 .  
Table 3 Results of Experiment II.

評価基準	[単位]	同室環境	遠隔環境 1	遠隔環境 2	有意差 1	有意差 2
1	[sec]	-	-	-	-	-
2	[点]	5	2.50	2.13	*同	*同
3	[点]	4.69	3.63	2.69	*同	*同
4	[点]	5	2.63	2.81	*同	*同
5	[sec]	-	-	-	-	-

隔・条件 1, 2 はタスク達成に対する積極性はほぼ同じであるが, 同室のそれには及ばないと分かった .

評価基準 4 に関しては, 遠隔・条件 1 の方が同室よりも有意水準 5% で, 遠隔環境・条件 2 の方が同室よりも有意水準 5% で, 視線が一致しにくかった . また, 遠隔・条件 1, 2 の間には有意差が見られなかった . よって, 遠隔・条件 1, 2 は視線の一致性はほぼ同じであるが, 同室のそれには及ばないと分かった .

実験結果より, 議論型タスクに関して, 遠隔・条件 1(同室者が隣同士, 遠隔者は対面), 遠隔・条件 2(遠隔者が隣同士, 同室者は対面) が全評価基準で同等の性能を持つと分かった . 協調型タスクと一貫して, 遠隔環境による空間配置の再現では同室利用者と遠隔利用者の相対位置を自由に配しても良いと言える . 一方, 遠隔・条件 1, 2 は全評価基準で同室に及ばなかった .

#### 4.3 総合的な考察

実験 I, 実験 II の間の傾向の違いを共通の評価基準 2, 3, 4 に基づき検討する . 同じ t-Room にも関わらず, 遠隔・条件 1, 2 は協調型タスクでは評価基準 2, 3 で同室と同等の性能であり, 議論型タスクでは全評価基準で同室より低い性能であった . このことから次の仮説が考えられる . 仮説 1 : 空間配置の再現の重要性はタスクに依存する . 仮説 2 : 空間配置の再現の重要性はタスクに依存しないが, 要求される空間配置再現の品質がタスクごとに異なる . 今後の追加実験により, どちらの仮説が妥当であるかを調べるとともに, 仮説 2 が妥当であれば様々なタスクに共通する空間配置再現の品質を得る必要がある .

また, 実験 I, II の評価基準 5 の分析過程では, 遠隔コミュニケーション環境と発話の関係に関する知見が得られた . 定性的ではあるが, 遠隔・条件 1, 2 と同室では発話の遷移 (ターンテイキング) に異なる傾向が見られた . その傾向とは, 同室に比べて遠隔環境では会話を割り振る進行役が現れやすい点であり, これはタスクに依存しないようである . 今後, ターンテイキングの定量的評価基準を導入すれば, 遠隔環境のコミュニケーションの質 (同室にどこまで近い) を, 異なるタスクに共通する形で分析可能と期待される .

## 5. おわりに

本研究では実環境の再現性を目指す遠隔コミュニケーション環境に着目し, 空間配置の再現の重要性とそのタスク依存性を検証した . 実験では協調型タスクと議論型タスクを用い, 同室, 遠隔・条件 1(同室の被験者は隣り同士), 遠隔・条件 2(同室の被験者は対面同士) のコミュニケーションの質と量を調べた . 協調型タスクでは, 距離感, 積極性に関して遠隔・条件 1, 2 が同室と同等の性能を持ち, 空間配置がコミュニケーションに重要であると示唆された . 一方, 議論型タスクでは遠隔・条件 1, 2 と同室に及ばなかった . これより, 空間配置の再現の重要性がタスクに依存する (仮説 1), あるいは, 重要性はタスク非依存であるが再現に要求される品質がタスクに依存する (仮説 2) が得られた . 今後はどちらの仮説が妥当であるか, および, 仮説 2 が妥当である場合は様々なタスクに共通する空間配置再現の品質を検証したい .

## 参考文献

- 1) Cisco TelePresence Meeting, [http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns669/networking\\_solutions\\_solution\\_segment\\_home.html](http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns669/networking_solutions_solution_segment_home.html)
- 2) 井上智雄ら: 空間設計による対面会議と遠隔会議の融合: テレビ会議システム HERMES, 電子情報通信学会論文誌 D-II, vol.J80-D-II, no.9, pp.2482-2492 (1997).
- 3) Hirata, K. et al.: t-Room: Next Generation Video Communication System, World Telecommunications Congress at IEEE Globecom WTC'08, pp.5536-5539 (2008).
- 4) Yamashita, N. et al.: Impact of Seating Positions on Group Video Communication, ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work CSCW'08, pp.177-0-186 (2008).
- 5) Mann, P. et al: The Role of Sketches in Supporting Near-Synchronous Remote Communication in Computer Supported Collaborative Design, Computer Supported Cooperative Work in Design II, pp.72-81 (2006).
- 6) Nakazawa, A. et al.: Use of Multiple Tools in Distance Learning: International Distance Learning Using "HyperMirror", Distance Learning and the Internet Conference DLI'08, pp.119-123 (2008).
- 7) 天野ら: NTT データベースシリーズ「日本語の語彙特性」第 1 巻・単語親密度, 三省堂 (1999).