

ビデオチャットにおいて 擬似的な運動視差付き映像が及ぼす影響の評価

川路 崇博¹ 平岡 勇作² 坂本 竜基³

概要：

音声と映像を介したコミュニケーションにおいて、閲覧者の視点の動きに即した運動視差を映像に適用するとテレプレゼンスが増強されるという研究結果が報告されている。中でも視点の前後方向の動きに同調して、対話相手のビデオカメラを物理的に数メートル前後させるシステムは著名であるが、必要なクリアランスの問題から一般的なデスクトップ PC の環境には適用できない。これに対し、通常のカメラの代わりに深度センサ付きカメラを代替品とすることで、閲覧者の視点位置の検出および、対話相手の映像を擬似的な運動視差付き映像に変換するシステムが提案されている。しかし、その変換された映像は、深度センサの性質に起因する見え方に不自然な部分を伴う場合がある。本稿は、この完全ではない運動視差付きの映像がテレプレゼンスに及ぼす影響を被験者実験で明らかにすることで、通常デスクトップ PC 環境への適用可能性を議論する。実験の結果、このような擬似的な運動視差はテレプレゼンスを増強することが明らかになった。

1. はじめに

これまでに行われてきた遠隔地間での協調作業を支援する研究を通じて、リアルタイムなビデオ映像を介したコミュニケーション支援で同室感や対面感が演出されつつある ([1], [2], [3] など)。

このような同室感や対面感を演出する一手段として、運動視差に着目した研究が行なわれている。カメラを通じて得られる映像は、人間の両眼で得られる視覚からの映像とかけ離れており、遠隔地にいる相手の存在感を得ることができない [4]。両者の大きな違いはカメラには運動視差と両眼視差 [5] が無い点であり、これまでもこれらを提供する研究がなされてきた [6], [7]。このうち 1 対 1 のビデオチャット環境で、ユーザ A からみてユーザ B に設置されたカメラやディスプレイを物理的に前後移動させることにより得られる運動視差は、テレプレゼンスを高めることが報告されている [8], [10]。

加藤らは、測距センサ (レーザレンジファインダ) を用いることにより一方のユーザ (被験者) の前後方向の動きに合わせて、相手方 (説明者) にあるカメラが前後方向に動く環境を作り、被験者が能動的にカメラを操作しない状態での運動視差がテレプレゼンスに及ぼす影響を調べた [8]。

その結果、ユーザの動きと相手側のカメラの動きが同期していればこのような運動視差はテレプレゼンスを増強させるということを示した。この研究では、被験者はディスプレイから 3000mm 以上離れた地点から測距センサが設置されている 1455mm までを前後方向に移動する。さらに説明者とディスプレイ間にはレール上を前後移動するカメラが設置されており、説明者とディスプレイの距離は 2185mm である。このように測距センサやカメラを設置するクリアランスが必要となるため、一般的なデスクトップ PC の環境へには適用できない。

本研究で想定する一般的なデスクトップ PC の環境では、すでに Skype^{*1} や Google ボイス&ビデオチャット^{*2}, FaceTime^{*3} などのビデオチャットサービスが利用されている。さらに卓上に置ける深度センサ付きカメラも普及しつつある。平岡ら [11] はこの装置を閲覧者と対話相手側に 1 台ずつ設置し、これを利用して閲覧者の視点位置の検出と、対話相手側全体の映像検出ならびに説明者の位置と背景位置を検出した。これにより対話相手側の人物の映像と背景の映像を分割したうえでそれぞれに異なるズーム率を適用し、閲覧者に対して擬似的な運動視差付き映像に変換して表示するシステムを提案している。

しかし物理的なカメラの前後移動で得られる運動視差と

¹ 大月市立大月短期大学経済科
² 和歌山大学大学院 システム工学研究科
³ Yahoo! JAPAN 研究所

^{*1} <http://www.skype.com/>
^{*2} <https://www.google.com/chat/video/>
^{*3} <http://www.apple.com/ios/facetime/>

は異なり、この研究で得られる運動視差を疑似的なものであるため、先行研究 [8] と同様にテレプレゼンスを増強させるかは分かっていない。そこで本研究では、一般的なデスクトップ PC の環境で深度センサ付きカメラで変換した疑似的な前後方向の運動視差付き映像がテレプレゼンスを増強させるか検証実験する。

2. 先行研究

ビデオチャットに関する研究において、その映像がテレプレゼンスに与えるさまざまな効果が示されており [12], ビデオ映像は遠隔地の対話者に存在感を伝えることができる [13], [14]. アイコンタクトや立体映像によってもさらにテレプレゼンスが増強される [15], [16].

田中ら [10] はメディアスペース [17] において、遠隔の対話者の前後移動にあわせ、ディスプレイを前後に移動させるときテレプレゼンスを増強させることを示した。このときカメラのズームとの比較もされており、ディスプレイが前後に移動するときには遠隔の対話者の動きと同期していなくても、その増強が確認されている。この研究では 30 インチワイドディスプレイを縦置きして移動させている。60mm のディスプレイ移動でテレプレゼンスの増強が報告されているものの、縦置きした 30 インチワイドディスプレイやそれを動かす装置は一般的なデスクトップ PC の環境に導入しづらい。

また石井らは、運動視差映像コミュニケーションシステム、MoPaCo(Motion Parallax Communication video system) とよばれるシステムを提案している [18]. これは通常のテレビ電話環境におけるユーザ同士が、あたかも同室内で対面しているかのような臨場感の高い映像コミュニケーションシステムの実現を目指すものであり、画像処理によって特別なデバイスを必要とせずソフトウェアだけで運動視差を模した映像をリアルタイムで生成するアプローチをとっている。加藤ら [8] の環境では、カメラは前後方向の運動視差を扱っているのに対して、MoPaCo では特に明記はされていないが、横方向の運動視差を提供することを想定しているようである。実験では、通常のテレビ電話と MoPaCo を用いた条件で比較がおこなわれ、映像処理による画像の破綻や画質の低下は特に問題にならず、対面感や実在感が増したという結果が報告されている。本研究は物理的な移動物体がなくリアルタイムな画像処理を施すという点で MoPaCo と類似しているが、疑似的な前後方向への運動視差を提供している点で異なる。また MoPaCo では背景があらかじめ撮影された画像を用いることが想定されているが、本研究のシステムではオンタイムな背景が表示できないという欠点がなく、また深度センサを用いるため映像セグメンテーションの頑健性でも勝ると考えられる。

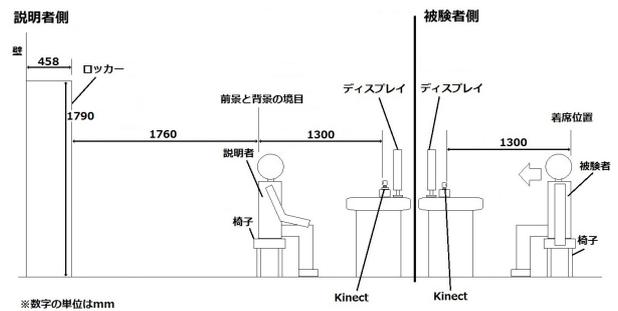


図 1 実験環境



図 2 疑似的な運動視差付き映像の見え方

3. 実験環境

一般的なデスクトップ PC の環境を想定し、図 1 のように実験環境を設定した。この実験環境では 1 対 1 のビデオチャットをおこなうことができる。図内の左側の人物が説明者であり、右側の人物が被験者である。両者間は壁で仕切られており、それぞれにネットワーク接続された計算機とディスプレイ、深度センサ付きカメラとして Kinect^{*4} を設置した。説明者と Kinect、被験者と Kinect のそれぞれの距離はそれぞれ 1300mm である。また、説明者と背景部にあるロッカーまでの距離は 1760mm である。被験者側には 24 インチワイドディスプレイを設置し、フル画面表示で説明者の映像を表示した。この映像の解像度は 640pixel × 480pixel であり、フレームレートは 30fps 程度であった。被験者と説明者間の音声チャットには Skype を使い、デバイスは計算機に接続されたマイクとノイズキャンセリングイヤフォンとした。

Kinect は近接センサを内蔵しているため、被験者側の Kinect で、Kinect から被験者の視点位置を検出することが

^{*4} <http://www.xbox.com/ja-JP/kinect>

できる。つまり被験者の前後方向への動きを検出できる。さらに説明者側の Kinect で、Kinect から説明者までの位置と説明者側の背景の位置の検出もできる。説明者と説明者側の背景に異なるズーム率を適用することで、疑似的な運動視差付き映像に変換できる。このとき変換された映像は、深度センサの性質に起因して見え方に不自然な部分を伴う場合がある。

本システムで被験者に対して表示する疑似的な運動視差付き映像を図 2 に示す。上段は被験者が椅子に腰掛けているときに表示される初期状態の映像で、下段は被験者が身を乗り出した時に表示される映像である。

4. 実験 1

我々は「一般的なデスクトップ PC の環境でのビデオチャットで、疑似的な前後方向の運動視差付き映像はテレプレゼンスを強化する」という仮説を立て、これを検証するために実験した。

4.1 実験概要

実験の方法は以下のとおりである。実験環境で、説明者は被験者に日本の城の写真を見せながらその説明をした。このとき説明者からの一方的な説明にならないように、双方向コミュニケーションが成り立つ質疑応答を含む説明内容とした。

また説明のなかで、被験者が身を乗り出す動作が必要があると考え、遠隔地ユーザの近接運動を考慮した加藤ら [8] を参考に、城の説明の流れを設定した (図 4)。説明では、被験者が説明者または城の写真をよく見ようとする動作を誘発する問いかかけを 1 条件 (条件の詳細については次節で述べる) につき数回行ない、被験者が身を乗り出す動作を 2 回以上行なうよう設定した。

被験者は初期状態では深く椅子に腰掛けた状態であり、説明者に城の説明をされる前に、画面を見たまま身を乗り出した元の状態に戻ってもらった。初期状態において、ディスプレイから被験者までの距離は 1300mm で、身を乗り出すと約 330mm 近づいた。

1 回の実験は、1 名の説明者が 3 条件続けて 1 名の被験者に対して行なった。その際条件の出現順はランダムに選び、カウンターバランスをとった。説明には 1 条件につき約 3 分を要した。なお被験者数は 19 名である。

図 3 に実験の様子を示す。左が被験者で右が説明者である。

4.2 比較条件

仮説を検証するため、以下の 3 つの条件を用意した。各条件の映像の見え方を図 5 に示す。上段が初期状態、下段が身を乗り出した状態で見える映像である。

条件 N (Normal) : 一般的なビデオチャットシステムで



図 3 実験の様子

説明者：こんにちは
被験者：こんにちは
説明者：これから日本のお城について説明します。
被験者：はい
説明者：(1 つ目の城の写真を見せる)
説明者：この写真のお城は何城かわかりますか？
被験者：(身を乗り出して映像を見る)
被験者：(分かるまたは分からない旨回答)
説明者：(城の名前を教える、または別名を問う)
説明者：このお城には特徴的な部分があります。
説明者：それがなにか分かったら教えて下さい。
被験者：(身を乗り出して映像を見て、特徴を探す)
被験者：(思いついた特徴を言う、または分からないと答える)
説明者：(お城の特徴を教える)
説明者：このお城には他にも (城の特徴や逸話など) があります。
被験者：(感想を言う)
説明者：これで 1 つ目のお城の説明を終わります
説明者：アンケートにご回答ください
被験者：(アンケートを記入する)
(アンケートの記入が終わったら、映像の条件を切替える)
(説明者：2 つ目の城の写真を見せる)
説明者：これから 2 つ目の城の説明をします。
説明者：この写真のお城は何城かわかりますか？
[中略]
(3 条件で城の説明を行なう)
説明者：以上で終わります。ありがとうございました。

図 4 説明者と被験者の典型的な会話プロトコル

用いられる映像である。被験者が身を乗り出して映像を見ても、ズーム率などに変化はない。

条件 Z (Zoom) : 深度センサ付きカメラで得られるデジタルズームイン・ズームアウト (以下、デジタルズームとする) 映像である。被験者が身を乗り出したり元の位置に戻ったりする動作に合わせて、画像を一部を切りだして拡大するため、人物と背景の拡大率に違いはない。この条件は先行研究 [8] でも試されていること、また映像が動作するだけでテレプレゼンスが増強されることも考えられることから設定した。

条件 P (Parallax) : 深度センサ付きカメラで変換した疑似的な運動視差付き映像である。被験者が身を乗り出したり元の位置に戻ったりする動作に合わせて、疑似的な前後方向の運動視差付き映像を表示する。

4.3 実験結果

本節では実験結果を述べる。表 1 にアンケート項目およ



図 5 各条件の映像の見え方 (左: 条件 N, 中: 条件 Z, 右: 条件 P)

び結果を示す。アンケートの結果について、一元配置の分散分析と Tukey の多重比較を適用した。

先行研究 [8], [10] では、Q1 から Q3 を「説明の品質」、Q4 から Q7 を「社会的テレプレゼンス」に関するアンケート項目と分類している。「説明の品質」の項目、Q1 ($F(2, 54) = 1.803, p = 1.74$), Q2 ($F(2, 54) = 2.962, p = 0.06$), Q3 ($F(2, 54) = 1.725, p = .19$) で、相互作用は認められなかった。「社会的テレプレゼンス」の項目、Q4 ($F(2, 54) = 41.738, p < .01$), Q5 ($F(2, 54) = 59.314, p < .01$), Q6 ($F(2, 54) = 39.569, p < .01$), Q7 ($F(2, 54) = 38.943, p < .01$) では、相互作用が認められた。

相互作用が認められた社会的テレプレゼンスの項目で、各条件を比較した。まず条件 N と条件 Z を比較したところ、有意差が認められた ($p < .01$)。これは、通常の映像よりもデジタルズーム映像が、テレプレゼンスを強化することを示唆する。

次に条件 N と条件 P を比較したところ、有意差が認められた ($p < .01$)。これは、通常の映像よりも擬似的な前後方向の運動視差付き映像が、テレプレゼンスを強化することを示唆する。

さらに条件 N と条件 P の比較で有意差が認められた ($p < .01$)。つまり、デジタルズーム映像よりも擬似的な前後方向の運動視差付き映像がテレプレゼンスを強化することを示唆する。

以上の結果は、仮説「一般家庭向けビデオチャット環境において、擬似的な前後方向の運動視差付き映像はテレプレゼンスを強化する」を支持する。

図 5 のとおり擬似的な前後方向への運動視差付き映像には他の条件と比べて、画像にみだれがある。しかし映像のきれいさを評価する Q1 に関し、有意差が認めれない。

よって、物理的なカメラ移動時と同様、擬似的な前後方向の運動視差付き映像はテレプレゼンスを増強することができる。

5. 実験 2

実験 1 では、デジタルズーム映像と擬似的な前後方向の運動視差つき映像において、ディスプレイに表示される人物の大きさに変化がある。しかし通常の映像では、被験者が前後移動してもその大きさに変化がないため、表示される人物の大きさがテレプレゼンスを増強している可能性がある。

そこで、人物を表示する際、できる限り拡大率を高めた通常の映像を準備した。この大きさに合わせてデジタルズームする映像と擬似的な前後方向への運動視差映像を比較し、その影響を確かめる。

この時「一般家庭向けビデオチャット環境において、拡大率の大きい擬似的な前後方向の運動視差付き映像は、テレプレゼンスを強化する」という仮説を立てた。

5.1 実験概要

実験環境は実験 1 と同じもの (図 1) を利用した。実験方法も同一としたが、城の写真は別なものを利用した。被験者数は 19 名で実験 1 での被験者と同一である。なお各条件終了時のアンケート項目も同一のものとした。

5.2 比較条件

仮説を検証するために、次の条件を設定した。各条件の映像の見え方を図 6 に示す。上段が初期状態、下段が身を乗り出した状態で見える映像である。

条件 NB (Normal(Big)): 条件 N の拡大率を高めた映

表 1 アンケート項目および結果
Table 1 Questionnaire result for experiment.

分類	アンケート項目	条件内容	平均	分散
説明の品質	Q1: 映像は十分にきれいだと感じた.	条件 N	5.42	0.70
		条件 Z	6.11	2.10
		条件 P	5.32	3.01
	Q2: 音声は十分にきれいだと感じた.	条件 N	6.74	4.65
		条件 Z	7.47	3.60
		条件 P	8.16	1.47
	Q3: 城の説明は分かりやすかった.	条件 N	7.63	2.47
		条件 Z	8.32	1.01
		条件 P	8.26	1.32
社会的テレプレゼンス	Q4: 実際に机越しに直面して会話している感じがした.	条件 N	4.63	0.58
		条件 Z	6.21*	1.40
		条件 P	7.74†‡	1.32
	Q5: 説明者を机越しに眺めている感じがした.	条件 N	4.68	0.45
条件 Z		6.42 *	1.15	
条件 P		7.79 †‡	0.73	
Q6: 説明者から机越しに眺められている感じがした.	条件 N	4.68	0.89	
	条件 Z	6.00*	1.22	
	条件 P	7.63†‡	1.02	
Q7: 机越しに直面している距離感を感じた.	条件 N	4.47	0.82	
	条件 Z	6.16*	1.58	
	条件 P	7.79†‡	1.62	

*: 条件 N と条件 Z 間に有意差あり ($p < .01$). †: 条件 Z と条件 P 間に有意差あり ($p < .01$). ‡: 条件 N と条件 P 間に有意差あり ($p < .01$).



図 6 各条件の映像の見え方 (左: 条件 NB, 中: 条件 ZB, 右: 条件 PB)

像である。

条件 ZB (Zoom(Big)): 拡大率の大きいデジタルズーム映像である。拡大したときの人物の大きさは、条件 NB をもとにした。

条件 PB (Parallax(Big)): 拡大率の大きい擬似的な前後方向の運動視差付き映像である。条件 ZB 同様、拡大したときの人物の大きさは、条件 NB をもとにした。

これらの条件を、実験 1 の 3 条件と合わせて合計 6 条件を比較する。

5.3 実験結果

本節では実験結果を述べる。表 2 に条件 NB, 条件 ZB, 条件 PB のアンケート結果を示す。アンケートの結果から、6 条件について一元配置の分散分析と Tukey の多重比較を

表 2 実験 2 のアンケート結果
 Table 2 Questionnaire result for experiment 2.

分類	アンケート項目	条件内容	平均	分散
説明の品質	Q1: 映像は十分にきれいだと感じた.	条件 NB	6.53	2.37
		条件 ZB	6.84*†	1.80
		条件 PB	5.47	3.70
	Q2: 音声は十分にきれいだと感じた.	条件 NB	7.53	2.26
		条件 ZB	8.16	1.47
		条件 PB	8.16	1.47
	Q3: 城の説明は分かりやすかった.	条件 NB	7.95	2.16
		条件 ZB	8.37	0.80
		条件 PB	8.47	0.81
社会的テレプレゼンス	Q4: 実際に机越しに直面して会話している感じがした.	条件 NB	5.68‡	1.22
		条件 ZB	6.84**	0.36
		条件 PB	8.00§¶	1.33
	Q5: 説明者を机越しに眺めている感じがした.	条件 NB	5.63‡	1.02
		条件 ZB	6.84**	1.14
		条件 PB	8.11§¶	1.43
	Q6: 説明者から机越しに眺められている感じがした.	条件 NB	5.53	1.26
		条件 ZB	7.00**	1.00
		条件 PB	7.63§	1.69
	Q7: 机越しに直面している距離感を感じた.	条件 NB	5.47	1.04
		条件 ZB	6.95**	0.71
		条件 PB	7.95§	1.38

*: 条件 N と条件 ZB 間に有意差あり ($p < .05$). †: 条件 P と条件 ZB 間に有意差あり ($p < .05$).
 ‡: 条件 N と条件 NB 間に有意差あり ($p < .05$). **: 条件 NB と条件 ZB 間に有意差あり ($p < .01$).
 §: 条件 NB と条件 PB 間に有意差あり ($p < .01$). ¶: 条件 NB と条件 PB 間に有意差あり ($p < .01$).

適用した。

「説明の品質」の項目, Q1 ($F(5, 108) = 2.298, p < .01$), 「社会的プレゼンス」の項目, Q4 ($F(5, 108) = 29.838, p < .01$), Q5 ($F(5, 108) = 32.240, p < .01$), Q6 ($F(5, 108) = 23.335, p < .01$), Q7 ($F(5, 108) = 29.342, p < .01$) で, 相互作用が認められた。「説明の品質」の項目, Q2 ($F(5, 108) = 2.962, p = 0.071$), Q3 ($F(5, 108) = 1.332, p = 0.256$) では, 相互作用は認められなかった。

表示される人物の大きさの影響を調べるため, 相互作用が認められた項目で条件 N と条件 NB, 条件 Z と条件 ZB, 条件 P と条件 PB をそれぞれ比較する。

Q4, Q5 で, 条件 N と条件 NB に有意差が認められた ($p < .05$) が, 条件 Z と条件 ZB, 条件 P と条件 PB には認められなかった。また Q6, Q7 では, 条件 N と条件 NB, 条件 Z と条件 ZB, 条件 P と条件 PB のすべてで有意差は認められなかった。

これは拡大率の大きい通常の映像は, テレプレゼンスを増強する傾向にあるが, 拡大率の大きいデジタルズーム映像と拡大率の大きい擬似的な前後方向の運動視差付き映像は, その増強にはいたらないことを示す。また通常の映像と拡大率の大きい通常の映像を比較したとき, 拡大率の大きい通常の映像は, テレプレゼンスを増強する傾向がある。その理由として, 画面に大きく表示された人物の目元や口

元が大きく見えることにより存在感や臨場感が感じられることが考えられる。

また Q4, Q5, Q6, Q7 で, 条件 NB と条件 ZB, 条件 NB と条件 PB のそれぞれで有意差が認められた ($p < .01$)。このことから拡大率の大きいデジタルズーム映像と拡大率の大きい擬似的な前後方向の運動視差付き映像は, 拡大率の大きい通常映像よりもテレプレゼンスを増強させることを示唆する。

さらに Q4, Q5 で, 条件 ZB と条件 PB に有意差が認められた ($p < .01$)。これは拡大率の大きい擬似的な前後方向の運動視差付き映像が, 拡大率の大きいデジタルズーム映像よりもテレプレゼンスを増強する傾向にあることを示唆する。

以上から, 仮説「一般家庭向けビデオチャット環境において, 拡大率の大きい擬似的な前後方向の運動視差付き映像は, テレプレゼンスを強化する」は棄却される。

6. 結論

本研究では, 深度センサ付きカメラを閲覧者と対話相手側に 1 台ずつ設置し, 閲覧者の視点位置の検出と, 対話相手側全体の映像の検出ならびに対話相手の位置と背景位置を検出した。これにより対話相手側の人物の映像と背景の映像を分割したうえでそれぞれに異なるズーム率を適用

し、閲覧者に対して擬似的な運動視差付き映像に変換して表示した。この映像から得られる運動視差は擬似的なものであることから物理的なカメラの前後移動で得られるそれとは異なる。よって同様にテレプレゼンスを増強させるかは分かっていないため、擬似的な前後方向の運動視差付き映像がテレプレゼンスが増強するかを検証実験した。

まず通常のビデオチャット映像と、深度センサで閲覧者の前後方向の距離を検出することでデジタルズームイン・ズームアウトする映像、深度センサで対話相手側の人物と背景を分割しそれぞれに異なるズーム率を適用することで変換した擬似的な前後方向の運動視差付き映像の3つを比較した。その結果、擬似的な前後方向の運動視差付き映像がもっともテレプレゼンスを増強することが分かった。また擬似的な前後方向の運動視差付き映像の画質は、通常のビデオチャット映像ほど確保しなくてもよいことが分かった。

次に通常の映像での人物の大きさによってテレプレゼンスに影響はなかったかを調べるため、24インチワイドディスプレイを横置きして、通常のビデオチャット映像の拡大率を高めて等身大表示した映像と、拡大率の大きいデジタルズームインする映像、拡大率の大きい擬似的な前後方向の運動視差付き映像の3つを合わせて比較した。その結果、拡大率の大きい擬似的な前後方向の運動視差付き映像はテレプレゼンスを強化しないことが分かった。

謝辞 研究初期の段階で有益な示唆を頂戴した大阪大学工学研究科 中西英之准教授に感謝する。また説明者として主体的に活動して頂いた、大橋美佐緒氏と細井絵里香氏に感謝する。

参考文献

- [1] 森川治: 超鏡: 魅力あるビデオ対話方式をめざして, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 3, pp 815-822,(2000).
- [2] 平田圭二, 高田敏弘: 超臨場感を達成するための同室感というアプローチ, 電子情報通信学会誌, Vol. 93, No. 5, pp. 410-414(2010).
- [3] 吉野孝, 藤田真吾: 重畳表示型ビデオチャットにおける枠の3次元的な移動と存在の効果, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 1, pp. 249-255 (2013).
- [4] Heath, C. and Luff, P.: Disembodied conduct: communication through video in a multi-media office environment, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Reaching through technology*, pp. 99-103 (1991).
- [5] Cutting, J.E. and Vishton, P.M.: Perceiving layout and knowing distances: The integration, relative potency, and contextual use of different information about depth, *Perception of space and motion*, Vol. 5, pp. 69-117 (1995).
- [6] Towles, H. and Chen, W.C. and Yang, R. and Kum, S.U. and Kelshikar, H.F.N. and Mulligan, J. and Daniilidis, K. and Fuchs, H. and Hill, C.C. and Mulligan, N.K.J. and others: 3d tele-collaboration over internet2, *International Workshop on Immersive Telepresence, Juan Les Pins*, (2002).
- [7] 末永剛, 松本吉央, 小笠原司: 非拘束な運動視差提示 3次元ディスプレイの提案と評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 9, No. 2, pp. 49-56 (2007).
- [8] 加藤慶, 村上友樹, 中西英之: 可動式カメラによる社会的テレプレゼンスの強化, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 4, pp. 1635-1643 (2011).
- [9] 村上友樹, 中西英之, 野上大輔, 石黒浩: ロボット搭載カメラの移動がテレプレゼンスに与える影響: 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 1, pp. 54-62 (2012).
- [10] 田中一晶, 加藤慶, 中西英之, 石黒浩: 人の移動の表現方法: ズームカメラと移動ディスプレイによる社会的テレプレゼンスの向上: 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 4, pp. 1393-1400 (2012).
- [11] 平岡勇作, 宮田慎也, 坂本竜基: 前後移動時の運動視差を模した擬似視差映像の生成: 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-HCI-146, No. 5, pp. 1-5(2012).
- [12] Buxton, W.A.S.: Telepresence: Integrating Shared Task and Person Spaces, *Proc. Graphics Interface 92*, pp. 123-129(1992).
- [13] de Greef, P. and Ijsselstein, W.: Social Presence in a Home Tele-Application, *CyberPsychology & Behavior*, Vol. 4, No. 2, pp. 307-315 (2001).
- [14] Isaacs, E.A. and Tang, J.C.: What Video Can and Can't Do for Collaboration: A Case Study, *Multimedia Systems*, Vol. 2, No. 2, pp.63-73 (1994).
- [15] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D.: Determinants of Social Presence in Videoconferencing, *Proc. AVI2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access*, pp.1-9 (2004).
- [16] Prussog, A., Muhlbach, L. and Bocker, M.: Telepresence in Videocommunications, *Proc. Annual Meeting of Human Factors and Ergonomics Society*, pp.25-38 (1994).
- [17] Bly, S.A. and Harrison, S.R. and Irwin, S.: Media spaces: bringing people together in a video, audio, and computing environment, *Communications of the ACM*, pp. 28-46 (1993).
- [18] 石井亮, 小澤史朗, 川村春美, 小島明, 中野有紀子: 映像コミュニケーションにおける窓越しインタフェース MoPaCo によるテレプレゼンスの増強: 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J96-D, No. 1, pp. 110-119(2013).