

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：32608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2016

課題番号：25560122

研究課題名(和文)裸眼3D視線一致型TV会議システムを利用した遠隔教育の効果と身体的負荷の研究

研究課題名(英文)Research on the Effect of Distance Education and Physical Load Using the Autostereoscopic Eye-contactable Video Conferencing System

研究代表者

谷田貝 雅典 (YATAGAI, Masanori)

共立女子大学・文芸学部・准教授

研究者番号：70469485

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：かつて3D(立体)映像による通信は、SFに登場する未来の技術であった。本研究では、裸眼3D視線一致型テレビ会議システムを完成させた。開発した新システムは、現行のテレビ会議システムの不備を解消し「撮られる意識の軽減」「視線一致環境」「ゲイズアウェアネス環境」「空間認知環境」を実現した。また、新システムを利用した教育効果と、現時点で未解明である裸眼3D映像による負の側面となる身体への負荷も同時に研究した。本研究結果より、新システムにおける遠隔学習活動は、生体侵襲を引き起こす身体負荷は認められず、「ディスカッション」「プレゼンテーション」「運動技能指導」の学習に効果的であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：Previously stereoscopic video communication was a future technology to appear in SF. In this research, Autostereoscopic Eye-contactable Video Conferencing System was completed. This developed new system canceled incompleteness of the present video conferencing system and achieved "reduction in taken consciousness" "eye contactable environment" "gaze awareness environment" "spatial recognition environment". In addition, it researched also educational effect and the load to a body becoming the negative side with the autostereoscopic image unexplained at present which utilize this new system. The research results, the distance learning activities in this new system, did not cause physical load and it is effective for learning "discussion" "presentation" "exercise skill instruction".

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 遠隔教育 テレビ会議システム 立体映像 視線一致 学習効果 脳波測定 多変量解析

1. 研究開始当初の背景

テレビ会議システムを利用した双方向遠隔教育は、1980年代より実用的な研究が開始され、近年では各大学で多様な遠隔教育が実践されている。しかし、現行のテレビ会議システムでは撮影カメラと映像を映すモニタが離れており、双方の映像は視線が合わず、実際に対面する場合に比べ不自然な環境¹である。申請者らはこれまでの研究において、この視線の不自然さを解決した視線一致型テレビ会議システムを開発²し、多様な教育方法を実践し、その教育効果を測定³⁻⁴し、視線一致型が対面環境に近い環境²⁻⁴であり、現行の視線が合わないテレビ会議システムは学習環境格差が生じる²⁻⁴ことなどを明らかにしてきた。

これまでの研究過程で、視線一致型による実験時に、学習者が画面をのぞきこむ動作が観測されたが、視線が合わない現行のテレビ会議システムによる環境ではこのような動作は観測されなかった。この動作が意味することは、映像を3次元空間で捉えようとする欲求である。しかし、視線一致型であっても、モノリザ効果(位置を変えても視線が合う)などに代表される2次元平面画像(以下2Dと称す)の限界により、対話空間に重要なゲイズアウェアネス環境(相手の見つめる方向の認知)の実現には至っていない。よって、より対面環境に近い遠隔学習環境をめざし、視線が一致し裸眼で3次元空間像(以下3Dと称す)を認知できる遠隔学習環境の構築が必要と考え、裸眼3D視線一致型テレビ会議システムの開発を計画した。裸眼3D視線一致型テレビ会議システムを遠隔教育に導入することにより、さらに自然な対話環境へ近づけ、これまで遠隔では実施が困難であった、制作解説(立体物の工作やいけばなの指導など)や協同動作(ダンスや各種スポーツの指導など)などを伴う教育方も展開できるなど、多くの教育効果が期待できる。このような遠隔通信環境は、これまでSFの世界で描かれていた、未来の新たな遠隔教育環境を実現しようとするものである。

他方、本研究で採用する3D映像は、一般的に「3D酔い」(動揺病)と言われる症状が知られている。本症状に関しては「3次元映像に関するガイドライン試案」(機械システム振興協会)、「3DC安全ガイドライン」(3Dコンソーシアム)などで、適切な提案がなされているが、いずれも、現在市販されている眼鏡型3D映像を中心としたもので、本研究で採用する裸眼3D映像(レンチキュラー型)については未解明な部分が多い。また、本研究では3D映像を凝視する映画やゲームなどの、比較的受動的な映像表出の場合とは用途が違う。双方向遠隔コミュニケーションでは、画面に注視する場合と、画面外の情報(例えば手元のメモなど)へ目を向けることもある。また、発言や発表時などは、能動的に3D映像空間に働きかけ(例えば、発言、議論、

ジェスチャー、アイコンタクトなど)、時に極度の緊張を伴う場合もある。こうした行動が「3D酔い」を発症するのか、または新たな症状(以下3D症状と称す)を発症するのは、未解明であり、このような潜在的な負の側面が予想される場合は、システムの開発者が同時に研究する義務があると考えた。よって、本研究では、「ポケモンショック」で周知された光過敏性発作の研究経験がある臨床神経生理を専門とする医師を研究組織に加え、医学的見地からも研究し、予想される各症状の有無や個人差などを調査分析することとした。

以上より、裸眼3D視線一致型テレビ会議システムの効用と副作用(3Dにおける教育効果と身体的負荷)および、進化の方向性を明らかにする必要があると考え、本研究計画に至った。

[1]佐藤利喜夫,三浦彰,永田邦一:映像電話における撮像管の位置に関する検討,昭和42年電気四学会連合大会講演論文集, pp.2316(1967)

[2]M.Yatagai, S.Sakai: Analysis of the Educational Effect of Eye-Contact and Former-Type Systems of Distance Learning through Video Conferencing Systems and Face-to-Face Learning, Educational Technology Research Vol.31, pp.49-60 (2008)

[3]谷田貝雅典,永岡慶三,坂井滋和,安田孝美:視線一致型及び従来型テレビ会議システムを利用した遠隔授業と対面授業によるディベート学習の教育効果測定,教育システム情報学会論文誌28巻2号, pp.129-140 (2011)

[4]M.Yatagai, K.Nagaoka, S.Sakai, T.Yasuda: Comparison Education Effect Measurement according to Educational Environment including Eye-Contact Type, e-CASE & e-Tech 2011, pp.2165-2184 (2011)

2. 研究の目的

本研究では、裸眼3D視線一致型テレビ会議システムを開発し、その基礎性能や進化を試みる研究を行うとともに、同システムによる遠隔教育環境を構築し、さまざまな教授法を試行し、その効果を明らかにする。同時に、専門医立会いのもと脳波測定などを行い、医学的知見から同システムの身体への負荷を明らかにする。これらの研究により、未来の実用化を想定し、実用的な効果や利点と、万が一を想定した身体への危険性を明らかにし、研究の初出より安全で安心して利用できる指針を探る。

3. 研究の方法

(1)裸眼3D視線一致型テレビ会議システムの開発

半世紀前、SF映画などに描かれていた3D映像通信は、見つめ合いながら対話しており、あたかも対面しているかのような自然な姿であった。本研究は、かつての空想上の通信を具現化し、これを教育利用する試みである。とくに教育利用における「自然な姿」に近づけるためには、これまでの研究結果から下記の条件が必須と考えた。

とられる意識の軽減:カメラが見えないことにより撮影されていることを意識しない環境

視線一致環境:アイコンタクトが可能で表

情を理解できる対話環境

ゲイズアウェアネス環境：相手の視線がどこを見ているのかを認識できる対話空間

空間認知環境：多人数時の空間配置や、立体動作の理解が可能な空間

まず、を満たすにはシステム内にカメラレンズを完全に内包することが必要である。

においては映像の中心に撮影カメラの光軸が配置される必要がある。の実現には立体映像が必要である。の実現には立体映像に加え裸眼で視聴できることが必要である。

現行のテレビ会議システムは、上記の～のどれも満たしていないことからリアリティーが削がれ、対面環境に比べ学習環境格差を生じている(1.の文献2~4)。これまでの2D視線一致型テレビ会議システムにおける研究で、を実現し、においても一定の効果を見たが、2D映像では「ポスター効果」による限界がある。よって、及びのさらなる向上や実現に向けて、図1に示す構成で、裸眼3D視線一致型テレビ会議システムを設計した。

(2) 実施学習環境

各研究は、比較のために以下の4つの学習環境で行った。

対面環境

裸眼3D視線一致型テレビ会議システム利用遠隔環境

2D視線一致型テレビ会議システム利用遠隔環境

現行のテレビ会議システム(2D視線不一致型)利用遠隔環境

(3) 実施学習活動

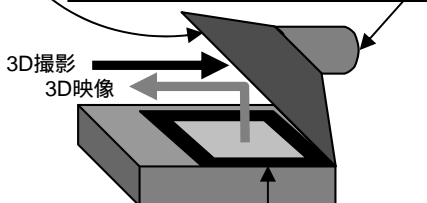
各研究における学習活動は、以下の7つに分類する内容を実施した。被験学習者は、岡崎女子大学、共立女子大学、早稲田大学の学部生(一部大学院生、教職員も含む)である。

非課題型交流：自己紹介やコミュニケーションゲームなど

ディスカッション：ディベートや課題討論など

ハーフミラー(45度に傾けて設置し、視線一致を実現)：条件を満たすための構成

3Dカメラ(筐体内に内包し、被撮影者には見えない)：条件を満たすための構成



裸眼3Dモニター(レンチキュラー型)：条件を満たすための構成

図1 裸眼3D視線一致型テレビ会議システムの構成

プレゼンテーション：研究報告や課題発表など

一斉講義：座学授業やプレゼンテーションの聴衆参加など

輪読：課題文の輪番制発表やブックトークなど

ものづくり学習：ブロックを用いた課題動作を可能とする製作工程の指導

運動技能指導：野球、サッカー、ゴルフなどのおもにスポーツにおける基本動作やテクニックの指導など

(4) 教育効果測定と身体負荷測定

教育効果と身体負荷を明らかにするために、被験学習者に対し学習中および学習の前後に、以下に示す各種測定を行った。各種測定データは、多変量解析手法で分析し、各学習環境間で比較考察した。

質問紙調査：事後調査として全実験共通36項目の質問紙を開発し、これにより主観学習評価、疲労感、学習環境評価などを取得した。また、各実験の事前事後に、必要に応じ知識や技能の調査を行った。

効果測定：効果測定試験、学習行動評価、ピアレビュー評価を実施し、客観学習評価を取得した。

映像解析：おもに運動やものづくり活動において、技能の向上を比較するために事前・事後の記録分析を行うとともに、学習活動中の動作を記録し学習行動の分析を行った。なお、一部の学習活動中の記録は脳波測定と同時にを行い、脳波と学習行動をシンクロさせて分析した。

視線解析：学習活動時の注視行動(被験学習者がどこに注目しているのか)を取得するために、アイトラッキング測定(測定器はTobii Technology社のX2-60 Eye Tracker Compact Editionによる)を行った。分析は、視点の停留が200ms以上を閾値(これ以下は視点移動となる)とし、これを注視点と定め、分析統計ツール(Tobii Studio Ver.3.2)より、注視点と同期がとれている視野動画データに、適時動作や動きに合わせたAOI(Area of Interest)を設定し被験学習者がおもにどこに注目しているのかを分析評価した。

フリッカーテスト：眼疲労を測定する事前事後のフリッカーテスト(竹井機器工業T.K.K.501cフリッカー値測定器II型(自動型))を行った。各回の学習活動実施前後に、フリッカー値測定器による、赤色光点減周波数(20~60Hz)の判別測定(通常35Hz前後を判別できるが眼疲労時は判別周波数が低下する)を行った。各測定は周波数上昇時と周波数下降時の計2回測定し平均値を求め、学習活動の実施前から実施後を後引いた差分周波数を求め、眼疲労度を測定した。

脳波測定：脳波測定には日本光電のNeurofax EEG-1214、脳波測定結果の分

析には EEG-1214 Ver.02.02、脳波分析結果の表示には EEG-1200 Review Application Ver.01-96を用いた。測定は、国際 10-20 法による頭部 8 部位 (Fp1, Fp2, C3, C4, T3, T4, O1, O2) に Ag/AgCl 電極を装着し実施した。記録は両耳朶連結を基準電極として単極導出し、デジタルフィルタを用いて時定数 0.1 秒、高域遮断周波数 30Hz に設定し、さらに眼球運動によるアーチファクトの混入を監視するため右目下より EOG (眼電図)、鎖骨周辺から ECG (心電図) を導出し記録した。

なお、安全性の確認と実験前基礎検査として、機能的異常や器質的な障害の有無を調べるために、医師(日本臨床神経生理学会専門医(脳波))立会いのもと、次の脳波検査を行った。安静覚醒閉眼時仰臥位による開閉眼試験、閃光刺激検査を行った。以上より、安全が確認できた被験学習者を対象とし、学習活動中の脳波測定を行った。

4. 研究成果

(1) 裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システム

開発した裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムの主要部品は、2 眼式 3D ビデオカメラ (H.264/MVC 方式でフル HD1920×1080 px) 50inch 高詳細 4K2K 裸眼 3D モニタ (28 視差レンチキュラー型、3840× 2160px : 4K 画質は HD ステレオ画像を表示するために 4 倍以上の画素が必要なため) 遠隔会議用マイクスピーカー (アレイマイクスピーカー型 : 複数のマイクとスピーカーで話者の位置が分かるように立体音場を生成する) システム制御用コンピュータである。なお、2D および 3D 映像は、適宜切り替えが可能である。図 2 に開発した裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムの外観を示す。

(2) 各学習活動における効果について

本研究で実施した、4 つの学習環境による 7 分類の学習活動に対する質問紙調査、効果測定、映像解析、視線解析の結果、各学習環境への相対的な向き不向きの結論を「最適、適す、適応可、不適 x、未測定 -」の基準で模式的に表したものを表 1 にまとめる。表 1 より、4 つの学習環境の特徴を以下に記す。

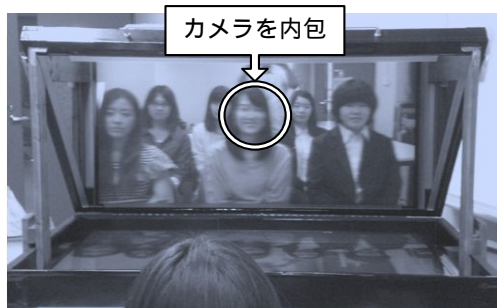


図 2 裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システム (50inch) の外観

表 1 7 分類の学習活動に対する 4 つの学習環境の適応性

	対面	3D	2D	現行
非課題型交流		x	x	x
ディスカッション			x	x
プレゼンテーション	()	()	()	(x)
一斉講義				x
輪読	()	(x)	()	-
ものづくり学習	()	(x)	(x)	(x)
運動技能指導				x

対面:対面環境、3D:裸眼 3D 視線一致型、2D:2D 視線一致型、現行:2D 視線不一致型
母数が少なく差の検定が不十分であったものは () で示す。

対面環境 : 「非課題型交流」「ディスカッション」「ものづくり学習」「運動技能指導」において「最適」となり、これらの学習は他の 3 つの学習環境よりも有意に大きな主観学習評価や学習効果が示された。また、ほか 3 つの学習活動も「適応可」以上となった。

裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システム利用遠隔環境 : 「ディスカッション」「プレゼンテーション」「運動技能指導」において「適す」となり、「一斉講義」が「適応可」となった。適応できる学習活動が対面環境に次いで多く、本研究で比較した遠隔環境では最も対面に近い環境であることが分かった。また「プレゼンテーション」は、2D・裸眼 3D 視線一致型が対面を超えて「適す」となったが、これは、事後質問紙調査の結果から、モニタを介すことにより、緊張や遠慮の意識を軽減し、テレビに話しかけるように気兼ねなく発表が行えたためであることが分かった。

2D 視線一致型テレビ会議システム利用遠隔環境 : 「プレゼンテーション」「輪読」において「適す」となり、「一斉講義」「運動技能指導」が「適応可」となった。裸眼 3D 視線一致型に次いで、適応できる学習が多く、特徴として裸眼 3D 視線一致型や 2D 視線不一致型よりも主観的な疲労感が低かった。よって、遠隔学習環境では、2D 視線一致型をメインに活用し、必要に応じて裸眼 3D 視線一致型に切り替える方術を立てることが最適である。現行のテレビ会議システム(2D 視線不一致型)利用遠隔環境 : 7 分類全ての学習活動において「不適」となった。本結果は、例えば図 3 に示すように、学習中の視線解析より導いた、話者の目と体への注視率(%)が、2D 視線不一致型(図 3 では「従来型」)は、同じモニタ越しの遠隔環境であるにもかかわらず、他の 2 つの遠隔環境の 1/3 程度の割合で、ほとんどノンバーバルコミュニケーションが成立していないことから明らかとなった。よって、先行研究でも示されたように、

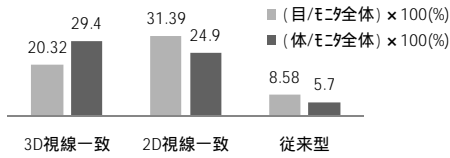


図3 各遠隔環境における「目」「体」をAOIとした注視率(%)

視線が合わず 2D 映像の遠隔学習環境では、他の2つの視線が一致する遠隔学習環境に比べ学習環境格差が生じていることが追認された。

(3) 裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムによる遠隔学習の身体負荷について

身体負荷について、学習者の主観評価となる質問紙調査結果において「疲労・違和感」は裸眼 3D 視線一致型が高い値となった。よって主観的「疲労・違和感」を軽減する措置が必要であると考えられる。他方、客観評価となる、フリッカーによる眼疲労度、学習時の脳波測定による突発性異常波の有無より、裸眼 3D 視線一致型に対する顕著な身体負荷は認められなかった。

図4に負荷試験時の脳波振幅スペクトルのトポグラフィを示す。なお、本研究における負荷試験とは、3回続けて同じ実験(ディベート)を行い、中間の2回目に対照環境(現在流通している 2D 視線不一致型)を設定することにより、1回と3回目に現れる身体負荷の有無を調査することである。図4の視察より、開眼座位であることから 波共に低電位となる。また、1回目から3回目まで、ほぼ 波のパワーが 波よりも優位で、疲労

による顕著な覚醒度の低下は認められなかった。特に負荷試験の視察として、1回目と2回目で 波のパワー優位性は変わらず、1回目の実験に由来する高い身体負荷は認められない。続いて、2回目と3回目においては、3回目の実験においても、2回目と変わらず、波のパワー優位性が認められることから、2D 視線不一致型に比べ裸眼 3D 視線一致型の顕著な身体負荷は認められないものと考えられる。特に、2回目の肯定側第二反駁では1、3回目に比べ 波の減衰が認められ、中だるみが起きていることが読み取れるが、むしろ3回目の肯定側第二反駁では、1回目2回目を上回る 波のパワー優位性が認められ、通常学習行動に見られるラストスパートが読み取れ、負荷試験の最終段階であっても裸眼 3D 視線一致型環境における特段の高い身体負荷は認められなかった。

よって、本研究結果からは、ディベート学習実施時の開眼覚醒時座位脳波検査において、裸眼 3D 視線一致型環境に対する生体侵襲を引き起こす身体負荷は認められないと結論付けられる。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計14件)

米谷雄介, 金田将志, 谷田貝雅典, 永岡慶三、遠隔プレゼンテーションにおける挨拶が及ぼす内容理解の促進とプレゼンターに対する印象の違いの検証、電子情報通信学会技術研究報告 116(517)、pp.13-18、2017.3.10、新居浜工業高等専門学校(愛媛)

濱上佳奈, 谷田貝雅典, 米谷雄介, 永岡

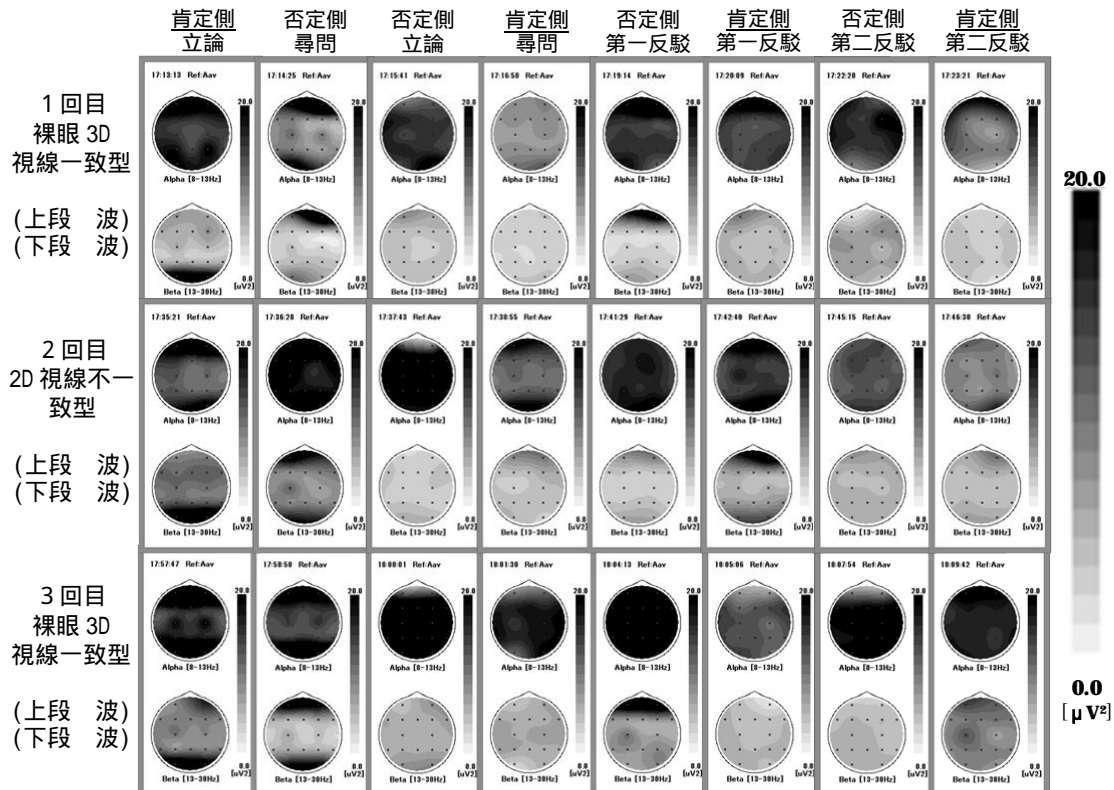


図4 負荷試験時(ディベート)の 帯域における振幅スペクトルのトポグラフィ表示 (図は、 波 8-13Hz, 波 13-30Hz の頭皮上の分布を示し、上側が正面として頭上から見たもの)

慶三、遠隔教育における大学生を対象としたゴルフスイング指導の検証、電子情報通信学会技術研究報告 116(517)、pp.55-60、2017.3.10、新居浜工業高等専門学校(愛媛)

山本理沙、永岡慶三、米谷雄介、谷田貝雅典、裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムにおける遠隔実演販売の実用性について、電子情報通信学会技術研究報告 116(517)、pp.195-200、2017.3.10、新居浜工業高等専門学校(愛媛)

村田梨奈、永岡慶三、米谷雄介、谷田貝雅典、裸眼 3D 視線一致型・従来型テレビ会議システムおよび対面環境における目の疲労度の比較、電子情報通信学会技術研究報告 116(517)、pp.201-206、2017.3.10、新居浜工業高等専門学校(愛媛)

抜井杏美、中沢彩弥、村田梨奈、永岡慶三、谷田貝雅典、視線一致型テレビ会議システム(2D・3D を含む)におけるノンバーバルコミュニケーションの伝達性に関する比較評価、2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集、p.145、2016.9.20~23、北海道大学(北海道)

村田梨奈、中沢彩弥、抜井杏美、永岡慶三、谷田貝雅典、新しいテレビ会議システムの実用化に向けた研究計画、2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集、p.145、2016.9.20~23、北海道大学(北海道)

谷田貝 雅典、根来 民子、永岡 慶三、裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムを利用した遠隔学習の効果と身体負荷について、教育システム情報学会、2016.3.16、東京工芸大学

嶋田 啓太、島村 梨紗子、米谷 雄介、谷田貝 雅典、永岡 慶三、裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムを用いた遠隔サッカー指導効果の検証、日本教育工学会、2016.3.5、香川大学(香川)

千嶋崇、橋場杏奈、米谷雄介、谷田貝雅典、永岡慶三、裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムを用いた遠隔スポーツ指導におけるスポーツオノマトペの効果、日本教育工学会、2016.3.5、香川大学(香川)

谷田貝雅典、和田真澄、片岡智史、米谷雄介、永岡慶三、視線一致型テレビ会議システム(2D・3D 映像を含む)による多様な遠隔交流学習について、教育システム情報学会、2015.3.21、香川大学(香川)
米谷雄介、堂園武史、谷田貝雅典、永岡慶三、テレビ会議システムを利用したスローイング技術の遠隔指導とその効果、教育システム情報学会、2015.3.21、香川大学(香川)

谷田貝 雅典、安田 孝美、根来 民子、喜多秀文、永岡慶三、裸眼 3D 視線一致型および従来型テレビ会議システムによる

交流学習の注視点解析と学習効果の比較検討、教育システム情報学会、2014.3.15、名古屋学院大学(愛知)

米倉幸司、山本 雄大、和田真澄、谷田貝雅典、永岡慶三、3D テレビ会議システムを用いた 2 大学間での交流学習における平面映像と立体映像の効果比較検証、2014.3.1、愛知工業大学(愛知)

谷田貝雅典、安田孝美、根来民子、喜多秀文、永岡慶三、裸眼 3D 視線一致型テレビ会議システムの実現、日本教育工学会、2013.9.20~23、秋田大学(秋田)

〔図書〕(計 1 件)

谷田貝雅典、大学教育出版、新しいテレビ会議システムを利用した教育効果の比較、2014、162

〔その他〕

専門誌からの取材「共立女子大学が視線一致型テレビ会議システムを開発」(Video Journal 2015 年 9 月 15 日号)
被験学習者の成果「文芸学部の学生が、北海道大学において行われた電子情報通信学会で、発表を行いました。」(2016 年 10 月 04 日)

<http://www.kyoritsu-wu.ac.jp/academic/undergraduate/bungei/act/detail.html?id=68>

被験学習者の成果「文芸学部の学生が、国立新居浜工業高等専門学校において行われた電子情報通信学会で、発表を行いました。」(2017 年 03 月 13 日)

<http://www.kyoritsu-wu.ac.jp/academic/undergraduate/bungei/act/detail.html?id=79>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷田貝 雅典 (YATAGAI Masanori)

共立女子大学・文芸学部・准教授

研究者番号：70469485

(2) 研究分担者

永岡 慶三 (NAGAOKA Keizou)

早稲田大学・人間科学学術院・教授

研究者番号：90127382

(3) 連携研究者

安田 孝美 (YASUDA Takami)

名古屋大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：60183977

根来 民子 (NEGORO Tamiko)

日本福祉大学・子ども発達学部・教授(医師・日本臨床神経生理学会専門医(脳波))

研究者番号：40172754

(4) 研究協力者

喜多 秀文 (KITA Hidehumi)

群馬県立がんセンター・呼吸器外科・外科部長(医師・博士(医学))