

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 元 年 6 月 14 日現在

機関番号：35409

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16108

研究課題名(和文)協調学習のための直観的なスマートインタラクション環境に関する研究

研究課題名(英文)Intuitive Smart Interaction Environment for Collaborative Learning

研究代表者

中道 上(NAKAMICHI, Noboru)

福山大学・工学部・准教授

研究者番号：20454407

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、学修者に対して能動的な学修への参加を促すため、教員と学修者がスクリーンに対して直観的に操作可能なスマートインタラクション講義環境を構築した。スクリーンも離れて見るとタブレット端末のように見える点に着目しており、仮想的なタッチパネルを通してスクリーンに対してポインティングやタップといった操作を可能とする直観的な指差しインタフェース(Remote Touch Panel)を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、現在のスクリーンを用いた講義中心の環境から、教員と学修者がスクリーンに対して直観的に操作可能なスマートインタラクション講義環境へと発展することが期待される。このようなスマートインタラクション講義環境の導入が進むことにより、相互理解の促進が可能な協調学習の導入につながると考えられる。そして提案環境を利用したアクティブラーニングを通して、生涯にわたって学び続ける力・主体的に考える力を持った人材の育成に大きく寄与する。

研究成果の概要(英文)：I developed a smart interaction environment where teachers and students can operate intuitively to the screen for class. The screen looks like a tablet when you look from a seat. Virtual touch panel that can be operated by pointing and tapping is set in front of users. It developed as intuitive pointing interface "Remote Touch Panel".

研究分野：HCI, ソフトウェア工学, グループウェア

キーワード：ポインティング ジェスチャー 協調学習 認知共有 指差し タッチパネル

## 1. 研究開始当初の背景

生涯にわたって学び続ける力、主体的に考える力を持った人材を育成するためにアクティブラーニングの導入が積極的に進められている。アクティブラーニングを進めるためのアクティブラーニングスタジオとして、フレキシブルにレイアウトを変えられるようなスタンフォード大学のウォーレンバークホールやマサチューセッツ工科大学の TEAL (Technology Enable Active Learning)、国内では東京大学の駒場アクティブラーニングスタジオ(KALS)が展開されている。KALS は、ICT の活用によってアクティブラーニングの効果を最大限に引き出す工夫がなされた教室空間であるが、そのため新たに多額の設備投資費用を必要としており、全国的に導入され普及するには時間が必要であると考えられる。

本研究では、学修者に対して能動的な学修への参加を促すため、教員と学修者がスクリーンに対して直観的に操作可能なスマートインタラクション講義環境の構築とそれによる協調学習効果の検証を目指す。本研究におけるスマートインタラクションとは、ヒトの意図や希望を「指差し」として把握・認識し、ヒトが直感的に操作可能で、かつ速やかに「指差し」先の情報を取得可能な環境である。スマートインタラクションがカバーするエリアは、図 1 に示すようにヒトの目に見える範囲全体であり、スクリーンのサイズが大きく、離れている位置にある場合に有効である。

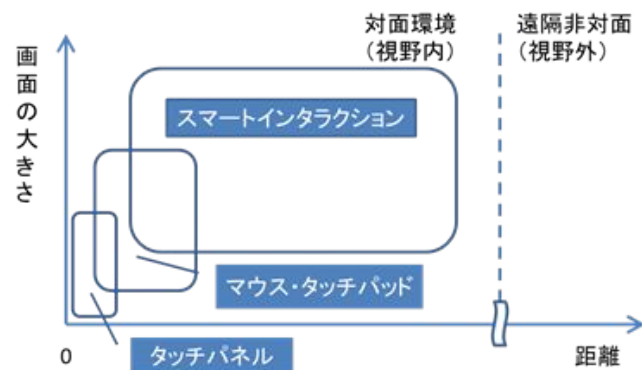


図 1 スマートインタラクションがカバーするエリア

これまでパソコンをマウス・タッチパッドから操作していたが、タッチパネルのほうが直観的である点からスマートフォンやタブレット端末が急速に普及している。申請者は、大きなスクリーンも離れて見るとタブレット端末程度に見えることに着目し、タッチパネルのように操作可能な「リモートタッチポインティング」システムを構築した。教員がこのシステムを利用してプレゼンテーションを実施した場合、学修者にとって直観的でポインティング位置の視認性が高いことが明らかとなっている。

本研究では、これらの研究成果を活用・発展することで、既存のスクリーンを利用した学習環境を教員と学修者が直観的に操作可能なスマートインタラクション講義環境であるアクティブラーニングスタジオとしての発展、導入を進める効果が期待される。

## 2. 研究の目的

本研究では、国内で最も普及しているスクリーンを用いた講義環境から、教員と学修者がスクリーンに対して直観的に操作可能なスマートインタラクション講義環境への発展とそれによる協調学習効果の検証を目指している。従来のスクリーンを用いた講義環境では、おもに教員の振る舞い・学修者の振る舞い・スクリーンの役割から構成されている。教員はあまり動く必要がないため「固定」となり、学修者も常に席に座っているため「固定」となり、スクリーンの役割は教員から学習者への情報伝達手段となる。

研究期間内に、複数のスクリーンを用いて教員と学修者が協調学習可能な環境(サブゴール(3)(4))を提供し、教員・学修者が教室内を移動しながらグループディスカッションやプレゼンテーションのために直観的にスクリーンを利用する環境(サブゴール(1)(2))を構築し、それによる協調学習効果について検証を進める。

以下に研究を進めるにあたっての教員・学修者の振る舞いとスクリーンの役割についてサブゴールを整理する。

サブゴール(1) 学修者が座席からスクリーンに対して直観的なポインティング手法の提案

サブゴール(2) 学修者が移動可能なイスからスクリーンに対して直観的なポインティング手法の提案

サブゴール(3) 教員・学修者がスクリーンで提示された情報を共有可能なポインタ制御

サブゴール(4) 教員・学修者がスクリーンを通して協調学習可能な協調作業支援環境

### 3. 研究の方法

#### (1) 学修者が座席からスクリーンに対して直観的なポインティング手法の提案

これまでの学習環境では、スクリーンは教員が学修者に対して情報を伝達するための手段であり、学修者は受動的な学修が中心となっている。学修者が講義内容に対して疑問があるときなどは挙手という形で示すことが多いが、教員からは把握しにくいという問題点もある。このような問題点を解決するため、学修者が座席からスクリーンに対して直観的なポインティング手法を提案する。これにより、学修者に対して能動的な学修への参加を促す効果が期待される。申請者はこれまでに直観的な指差しインタフェースとして、からだの一部を基点、操作点とし、その延長線上をポインティングすることが可能な Remote Touch Pointing を提案しており、それを応用し、学修者が座席に座っていることを前提条件として基点を固定、操作点である手の動きをセンサーで検出する手法を検討する。

#### (2) 学修者が移動可能なイスからスクリーンに対して直観的なポインティング手法の提案

サブテーマ(1)におけるポインティング手法では、学修者は座席に座っていることが前提条件であるため、アクティブラーニングスタジオで用いられているような小さな机が付いた移動できるイスでは、イスの位置が移動するため、スクリーンの方向や距離が変わってしまう。そのため、スタジオ内のポインティングするための基点となるイスの位置を常に計測し、ポインティング位置を算出する必要がある。本研究ではイスに位置座標を計測するためのセンサーの利用を検討し、イスの位置を自動検出したうえで学修者がポインティング可能であるか実験する。

### 4. 研究成果

#### (1) 生徒と教員の意図表示に対する認知共有支援システムの提案

同時双方向型の遠隔教育環境において、生徒と教員の意図表示に対する認知共有を支援する認知共有支援システム(図2)を提案した。提案する認知共有支援システムの伝えやすさを検証するために、1名の生徒が1名の教員に対して質問や回答といった意見を述べる場面を想定した評価実験を実施した。実験後、被験者は生徒役として意思表示しやすさ(教員に回答意思を伝えやすかったと思うか)と意図表示しやすさ(教員に回答位置を伝えやすかったと思うか)についてアンケートに回答した。被験者が回答したアンケートの結果、意思表示しやすさにおいては従来手法のみを用いた場合、意図表示しやすさにおいては従来手法と同時に提案システムを用いた場合が有効であることが明らかとなった。

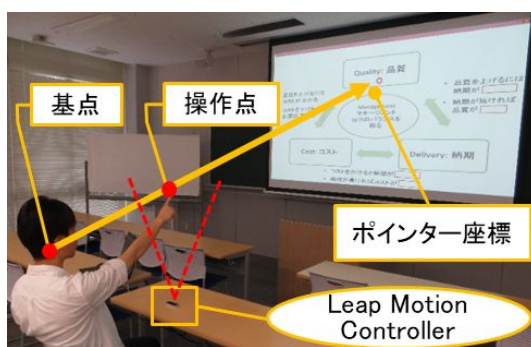


図2 生徒と教員の意図表示に対する認知共有支援システム

#### (2) 姿勢によるポインティングジェスチャーの違いの分析

これまでの研究のポインティング時に想定されていた姿勢として立位が多い、それに対して本研究では教育環境を想定しているため、主に座位によるポインティングとなる。そのため、学修者が移動可能なイスからスクリーンに対して直観的なポインティングすることを想定して立位、座位におけるポインティングジェスチャーの差異(図3)についての検証を行った。評価実験の結果、立位と座位によって参加者の38%が異なるジェスチャーを選択した。その差異の要因としてポインティング位置に着目し、参加者が選択したジェスチャーをポインティング位置ごとに集計した。集計の結果から、腕の移動量が少なくなるようにジェスチャーが選択されていることが明らかとなった。

また、ジェスチャー相違度を算出し、ポインティング位置が異なる各タイルの相違度分布の平均を分析した結果、立位と座位のジェスチャーには、タイル間での相対的な差異があることが明らかとなった。ジェスチャー差異の要因を考察するために、各タイルで選択されたジェスチャーとポインティング時の腕の角度をそれぞれ分析した。その結果、各タイルで選択されるジェスチャーの傾向が明らかとなった。

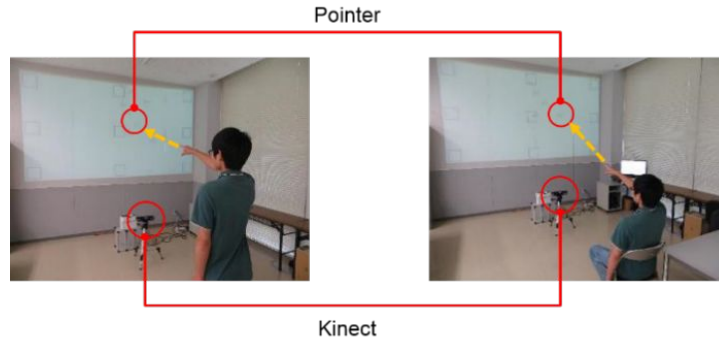


図3 立位、座位におけるポインティングジェスチャーの差異

### (3) 仮想的なタッチパネルを用いた Remote Touch Panel を提案

離れた位置にある画面に対してのインタラクション手法としてタブレット操作を想定した仮想的なタッチパネルを用いた Remote Touch Panel (図4) を提案した。タッチパネル操作の内、最も利用されるジェスチャーである Tap 操作に着目し、提案手法と非接触操作時に利用される2つの関連技術のユーザビリティを評価するために実験を行った。実験の結果、提案手法である Remote Touch Panel をユーザビリティの観点から、「効率の良さ」「エラーの少なさ」「主観的な満足度」において評価が高いという結果になった。今後は、「学習のしやすさ」「記憶のしやすさ」の向上が必要であると考えられる。

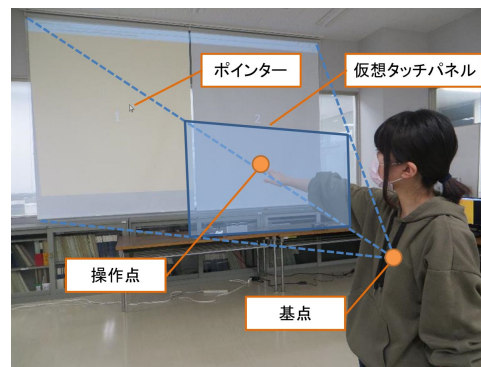


図4 仮想タッチパネルを用いた Remote Touch Panel

アクティブラーニング環境における NUI では、マウス操作のような操作精度よりも指導者がすぐに操作できて学習者と画面上の情報を指差して共有できることが求められる。非接触操作システムの新たな評価指標として即応性について検討し、評価実験を実施した。実験の結果、提案手法であるリモートタッチポインティングが、目的の範囲にマウスカーソルが移動するまでの時間が短く、即応性が高いことを明らかにした。

仮想的なタッチパネルは視認することができないため、指先へのプロジェクションマッピングを適用した可視化について検討した。仮想タッチパネルを光で指に照射することで可視化するための実験を行い、形状と色についてアンケートを行った。アンケートの結果、光の形状は線+空間(後面判定)が多く選択され、線と形状の色の組み合わせは線(白)、空間(青)という結果になった。線には仮想タッチパネルの判定面としての役割があり、空間には判定面に近づいたことを示す役割があると考えられる。これらの直感的なスマートインタラクション環境を実現するための基礎技術となる「仮想タッチパネルポインティングシステム」の特許を取得した。手以外の身体の一部によってもポインティング操作が可能であるポインティングシステムを提供しており、教育環境だけでなく医療をはじめとする多くの分野での応用が期待される。

### (4) スポットライト型ポインティングシステムの提案

本研究では離れた位置にある画面に対してのインタラクション手法としてタブレット操作を想定した仮想的なタッチパネルを用いた Remote Touch Panel を提案し、タップ操作の検討を行った。この仮想タッチパネルを活用し、共有可能なポインタ制御についても検討を進め、スポットライト型のポインティングシステムを提案している。スポットライティングは直観的にオブジェクトに焦点を当てることを目的としたシステムである。過去の研究発表から、求められる要件として、手形状の指定がなく、フォーカスエリアを固定する機能が挙げられた。本研究ではこれらの要件を満たす仮想タッチパネル型スポットライティングを提案する。提案システムは、仮想タッチパネルに触れた状態で手を動かすことでフォーカスエリアが移動し、仮想タッチパネルから手を離すことでフォーカスエリアを固定することが可能となる。



## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計3件)

杉原慶哉, 天早健太, 渡辺恵太, 山田俊哉, 池岡宏, 中道上, ポインティングジェスチャーの差異の分析と要因の考察、福山大学工学部紀要、査読無、41 巻、2018、77 - 84  
中道上, 渡辺恵太, 天早健太, 杉原慶哉, 山田俊哉、Remote Touch Pointing によるプレゼンテーション支援、福山大学工学部紀要、査読無、40 巻、2017、151 - 160  
中道上, 中下航, 大町怜司, 渡辺恵太, 木浦幹雄, 山田俊哉、追従性を考慮した注視点可視化手法の提案と評価、ヒューマンインタフェース学会論文誌、査読有、18 巻、2016、385 - 394

### 〔学会発表〕(計27件)

横山大知, 武田祐樹, 浜信彦, 中道上, 山之上卓, 渡辺恵太、グループ学習における非接触操作の評価指標の検討、情報処理学会第 81 回(平成 31 年)全国大会、2019  
武田祐樹, 横山大知, 中道上, 稲葉利江子, 渡辺恵太, 山田俊哉、透析患者向けベッドにおける仮想タッチパネルの可視化手法の検討、情報処理学会インタラクシオン 2019、2019  
武田祐樹, 横山大知, 中道上, 山田俊哉、ペルソナに基づく透析患者向け医療ベッドの試作、平成 30 年度(第 69 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会、2018  
小島祐里, 横山大知, 中道上, 杉原慶哉, 渡辺恵太, 山田俊哉、腕の可動域を考慮したポインティング環境の検討、平成 30 年度(第 69 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会、2018  
Daichi Yokoyama, Nobuhiko Hama, Noboru Nakamichi, Keiya Sugihara, Keita Watanabe, Toshiya Yamada、Pointing-gestures' Angle Differences between a Standing posture and a Sitting posture、IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)、2018  
横山大知, 浜信彦, 中道上, 杉原慶哉, 渡辺恵太, 山田俊哉、立位・座位におけるポインティングジェスチャーによる関節角度の差異、FIT2018(第 17 回情報科学技術フォーラム)、2018  
中道上、QOL を高める医療ベッドのための天井スクリーンに向けた非接触操作、第 9 回川崎医科大学学術集会、2018  
Nobuhiko Hama, Kenta Amahaya, Keiya Sugihara, Noboru Nakamichi, Shota Morita, Keita Watanabe、Scene Extraction of Oral Explanation for Interaction in a Pointing System、IIAI-AAI2018 International Congress on Advanced Applied Informatics、2018  
天早健太, 木戸瑛一, 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉、Remote Touch Panel : 大画面における直観的なタップジェスチャー、情報処理学会インタラクシオン 2018、2018  
木戸瑛一, 天早健太, 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太、車内システムにおける非接触操作に対する慣れの検証、情報処理学会インタラクシオン 2018、2018  
浜信彦, 天早健太, 杉原慶哉, 中道上, 森田翔太, 渡辺恵太、非接触型インタラクティブコンテンツにおける口頭説明の場面抽出、第 19 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム、2017  
木戸瑛一, 天早健太, 中道上、車内システムにおける非接触操作の受容性検証、平成 29 年度(第 68 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会、2017  
杉原慶哉, 渡辺恵太, 池岡宏, 中道上, 山田俊哉、立位・座位におけるポインティングジェスチャーの相違度分析、ヒューマンインタフェース学会ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017、2017  
天早健太, 木戸瑛一, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉、アイコン変化によるフィードバックが得やすい非接触操作の比較、ヒューマンインタフェース学会ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017、2017  
中道上, 渡辺恵太, 天早健太, 杉原慶哉, 山田俊哉、視認性と直観性を考慮したプレゼンテーション支援: Remote Touch Pointing、日本教育情報学会第 33 回年会、2017  
杉原慶哉, 天早健太, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉、立位・座位の非接触操作におけるポインティングジェスチャーの差異、情報処理学会インタラクシオン 2017、2017  
天早健太, 杉原慶哉, 浜信彦, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉、仮想タッチパネル型スポットライティング、情報処理学会インタラクシオン 2017、2017  
杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉、協調学習のためのスマートインタラクシオン講義環境の提案、電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2016、2016  
天早健太, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉、大画面に対する仮想タッチパネルシステムの提案、電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2016、2016  
浜信彦, 天早健太, 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太、インタラクティブコンテンツ利用支援のための説明場面抽出手法の提案と評価、平成 28 年度(第 67 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会、2016

- ②1 Kenta Amahaya, Keiya Sugihara, Kohei Okuda, Keita Watanabe, Noboru Nakamichi、Evaluation of Feedback Conditions in the Noncontact Operation、IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)、2016

- ②② Keiya Sugihara, Kenta Amahaya, Keita Watanabe, Noboru Nakamichi, Toshiya Yamada, Differences of Pointing Gestures Between a Standing Posture and a Sitting Posture, IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)、2016
- ②③ 中道上, 天早健太, 渡辺恵太, 山田俊哉、スポットライティング：認知共有のためのスポットライト型ポインティングシステム、情報処理学会インタラクシオン 2016、2016
- ②④ 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉、教育環境における認知共有支援システムの提案、第 17 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム、2015
- ②⑤ Kenta Amahaya, Ryuuji Kittaka, Keita Watanabe, Noboru Nakamichi, Toshiya Yamada, Spotlighting for Guiding to Articles on Display, IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)、2015
- ②⑥ 三宅雄太, 中道上, 渡辺恵太、車内における直感的な非接触操作システムの提案、公益社団法人自動車技術会 2015 年秋季大会学術講演会、2015
- ②⑦ 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉、立位・座位によるポインティングジェスチャーの差異、FIT2015 (第 14 回情報科学技術フォーラム) 2015

〔産業財産権〕

取得状況 (計 1 件)

名称：仮想タッチパネルポインティングシステム

発明者：中道上，山田俊哉

権利者：同上

種類：特許

番号：6472252

取得年：2019 年

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

Communication Design Lab.

<http://n2lab.com/index.html>