

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330249

研究課題名(和文) タブレット端末の特徴を活用した即時の情報共有手段に関する研究

研究課題名(英文) Study on Instant Information Sharing Methods Utilizing Useful Characteristics of Tablet Terminals

研究代表者

高田 秀志 (TAKADA, HIDEYUKI)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：30378830

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、タブレット端末に内蔵されている様々なデバイスの特徴を活かし、ユーザ間で即時的な情報共有を行えるようにするための手法の確立と、そのような手法の評価を行った。具体的には、端末のカメラでお互いの端末を認識し合った際の方向を取得してジェスチャによる情報共有を可能にする手法、端末をお互いに振ることにより手渡し動作によって文書を受け渡しできる方法、テーブル上に置かれた複数の端末で仮想共有空間を覗き見できる仮想テーブルトップ環境について、実装と評価を行った。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research was to establish useful techniques to enable users to instantly share digital contents stored in tablet computers, exploiting the characteristics of various devices equipped with such computers. The following three methods and systems have been implemented and evaluated: (a) a gesture-based information sharing method by recognizing the terminal orientation obtained with gyroscopes when facing terminals each other, (b) a hand-passing method to deliver digital contents by detecting the shaking gesture, and (c) a virtual tabletop environment allowing users to peep a virtual shared space on a tabletop using tablets.

研究分野：計算機科学

キーワード：情報共有 携帯端末 即時性

1. 研究開始当初の背景

近年、Apple 社の iPad などのタブレット型端末が普及するにつれて、紙媒体で扱われていた書籍や雑誌、資料などを電子媒体のまままで利用する機会が増えている。また、このような端末を日常的に持ち歩き、Web から得た情報や自分が作成した資料を会議などの場で用いるようなことも行われるようになってきている。

このような環境において、「ユーザ間の即時的な情報共有」という側面に着目した場合、現状では不十分な点が多い。例えば、研究に関する議論を行なっている場面において、誰かが有益な論文を Web 検索で見つけたときに、その論文を他人と共有するには、PDF ファイルをサーバ上に置く、あるいは、電子メールで送信する、検索キーワードや URL を口頭で伝える、といった煩わしい作業が必要である。もし、紙媒体の論文のように「さっと」他人に渡すことができれば、議論や意思決定の効率が格段に上がると考えられる。

従来から、ノート PC やデスクトップ PC、壁掛けディスプレイ、テーブルトップディスプレイ等で構成された環境において、端末間で容易に情報を共有するためのシステムに関する研究が行われてきた。このようなシステムでは、手元のノート PC にある情報をドラッグ操作などにより共有ディスプレイに送ることができるようにすることで、ユーザ間の情報共有が達成されている。一方で、現在のタブレット PC には、容易に持ち運べること、タッチスクリーンなどの高度な入力デバイスを備えていること、Bluetooth や WiFi Direct、NFC (近接無線通信) のようなアドホックネットワークが構築できること、加速度センサなどのセンシングデバイスが利用可能であることなど、従来の機器にはない特徴があり、このようなタブレット端末の特徴が即時的な情報共有に対してどの程度有効に機能するかについては、ほとんど明らかにされていない。

2. 研究の目的

タブレット端末の特徴を活かした即時的な情報共有の方法として、ジャイロセンサとカメラを活用してタッチパネル上でのフリック操作による情報送信を可能にするための「近接端末間方向認識」、加速度センサを活用した「手渡し動作による情報共有」、机の上においてスライドできる平坦性を活用した「仮想テーブルトップ環境」について、以下のような目的で研究を行った。

(1) 近接端末間方向認識

端末のタッチパネル上で共有相手の方向へフリック操作などのジェスチャを行うことによって情報共有を行う方法は、直感的であり有用であるが、ジェスチャが行われた方向にどの端末が存在するかを認識できる必要がある。本研究では、前触れなく発生するアドホックな対面協調作業を対象として、

作業者が端末同士を互いのカメラに映るように向き合わせるだけで方向を認識することが可能な手法を検討する。また、認識した方向を用いてフリック操作によってどの程度正しく送信先端末が特定できるのかを評価する。

(2) 手渡し動作による情報共有

モノをつまみ上げて渡す動作や、モノを投げ渡す動作のような日常的動作を活用した情報共有システムに関する研究では、日常的動作がユーザにとって容易な情報共有方法であるかという点に重きを置いた評価が行われている。しかし、日常的動作を活用することによってユーザやグループの活動にどのような効果を与えているかについては、これまで明らかにされていない。そこで、本研究では、日常的動作の一つである紙の文書を配布するときに行われる手渡し動作を活用した情報共有システムを構築し、協調作業に適用した際にコミュニケーションにどのような違いが生まれるのかの検証を行う。

(3) 仮想テーブルトップ環境

テーブルトップ PC を用いたシステムでは、テーブルのように水平にディスプレイを設置することにより、複数の作業者がディスプレイを囲む形で作業を行うことができる。これに加え、テーブルトップ PC に搭載されたマルチタッチ機能により、ディスプレイに表示されたコンテンツの同時操作が可能である。これらの特徴により、複数の作業者は、ディスプレイ上のコンテンツを他の作業者と共有しながら、円滑に作業を進めることができる。このような特徴を持ったシステムを、複数のタブレット PC を用いて手軽に実現するための方法として、テーブル上でタブレット PC をスライドすることによって仮想空間を「覗き見」するような仮想テーブルトップ環境を構築する。また、作業者が個別に端末を持ち、作業空間をスワイプスクロールによって利用するシステムと比べて、どのような有益性、また、問題を持つかを明らかにする。

3. 研究の方法

先に述べた 3 つの即時的情報共有の手法について、それぞれの手法を実現するシステムの構築方法について述べる。

(1) 近接端末間方向認識

本研究では、他の作業者が持つ端末の方向にカメラを向けたとき、端末は相手が存在している方向を向いていることを利用した方向認識を実現する。本手法では、図 1 のように、端末同士を互いのカメラに映るように向き合わせたときに、端末に搭載されているカメラであらかじめ登録された特徴に基づいて相手の端末を認識し、そのときに端末の OS から取得できる向きの情報を相手端末との相対角度とする。取得した相対角度は、本手法による方向認識が開始されたときの端末の方向を正面とし、端末から見て右方向に正の角度、左方向に負の角度を設定する。



図 1：カメラによる相手端末の認識

カメラで端末を認識したとき、それがどの端末なのかを特定する必要がある。本手法では、複数の端末の中から、互いにカメラで認識している端末を特定するために、通知情報を端末間で送信しあう方法をとる。

端末間の情報送信には、送信先の端末が存在する方向にタッチパネル上でコンテンツを弾く（フリックする）方法をとる。フリック操作による直感的な送信先の端末の特定を行うために、まず、画面をタッチしたときに発生するタッチイベントから始点と終点の座標を取得することでフリック操作による角度を計算する。次に、得られたフリック操作による角度が、各端末との相対角度に対してある閾値以内に収まっている端末を送信先として決定する。閾値以内に収まる端末が複数あった場合には、相対角度との差分が一番小さいものを送信先とする。また、閾値以内に収まる端末が一つもなかった場合には、送信先なしとする。以上のようにして、送信先の端末を決定することにより、概ね意図している端末の方向へフリック操作が行われた場合には、その端末へ情報が送信されるようにし、フリック操作のミスなどによってフリック操作の方向がずれてしまったような場合には、意図していない端末に情報が送信されないようにする。

本研究では、実装を行う端末として、Apple社の iPad を利用する。また、近接している iPad 間での通知情報の送受信を実現するために、iOS 上のソフトウェア開発において P2P 通信を実現するために提供されている Multipeer Connectivity フレームワークを利用する。さらに、マーカレスの画像認識を行うために metaioSDK を利用する。ここでは、iPad に搭載されているカメラで認識対象となる画像を映すことで端末の検出を行う。また、今回の実装では、認識対象として、Apple ロゴの画像を登録する。iPad のカメラで対象の画像を認識したとき、CoreMotion フレームワークから得られる 3 軸角度センサの yaw 方向の値を検出した端末との相対角度として取得する。

(2) 手渡し動作による情報共有

本研究では、共有する電子ファイルを URL で識別されるインターネット上の Web ページとする。手渡し動作を活用して情報共有を行

う際の操作手順は以下のとおりである（図 2 参照）。送信者は、受信者と共有したい Web ページをブラウザ上で表示しておき、受信者に向かって紙の文書を渡すように自身の端末を横に振る。受信者は、送信者と同様に、送信者に向かって紙の文書を受け取るように自身の端末を横に振る。

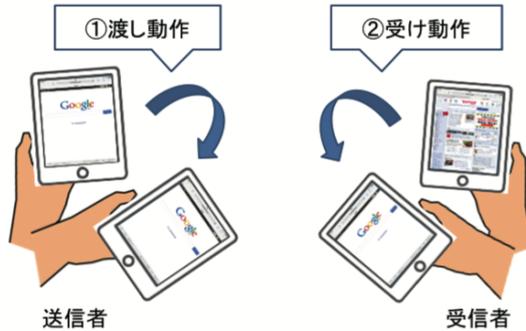


図 2：手渡し動作による情報共有

手渡し動作の検知は、振り始めと振り終わりを検知することによって行われる。本システムは、タブレット端末に内蔵されている加速度センサの X 軸方向の値を取得し、取得された値と時刻がある条件を満たした場合、手渡し動作を検知する。取得している X 軸方向の値がある閾値を超えた場合に振り始めと検知される。また、振り始めを検知した際に、X 軸方向の値と検知時刻を保持しておく。先に保持した X 軸方向の値と正負が逆の値がある閾値を超え、かつ、先に保持した検知時刻と現在時刻の差が 1 秒未満の場合に、振り終わりとして検知される。

(3) 仮想テーブルトップ環境

仮想テーブルトップ環境上での協調作業の様子を図 3 に示す。実在するテーブルの上には仮想的な作業空間が存在し、ユーザはタブレット端末を通してこの作業空間を「覗き見」することができる。作業空間上で見たい位置を変えたいときは、机上でタブレット端末を滑らせて移動すると、画面上に表示されている作業空間が端末の移動量に応じてスクロールされる。作業空間はタブレット端末間で共有されているため、机上の同じ位置にタブレットを置くと、どのタブレットでも同じ作業空間が表示される。

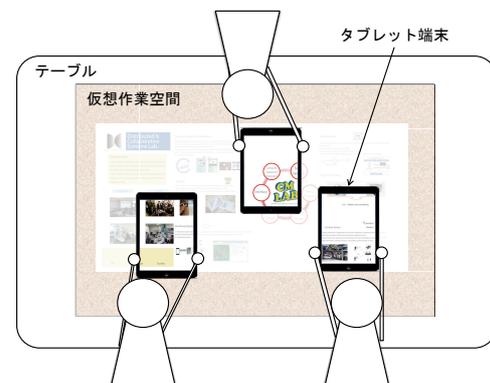


図 3：仮想テーブルトップ環境

端末移動を用いてタブレット端末の可視範囲を移動するには、端末の物理的な移動量に合わせて、画面に映っている作業空間をスクロールさせる必要がある。本研究では、タブレット端末にマウスを取り付けることで、端末移動を行った時の移動量をマウスの移動量として取得する。その移動量をBluetoothによってPCへ送信し、スクロール量へ変換してタブレット端末へWi-Fi(UDP/IP)を用いて送信する。これにより、端末移動の移動量分だけタブレット端末の可視範囲をスクロールすることができる。

仮想空間上のコンテンツを操作および閲覧するための機能として、ドラッグ機能とズーム機能を実現する。ドラッグ機能に関しては、コンテンツにタッチしている指の移動に合わせてそのコンテンツを移動させることにより実現している。また、コンテンツに指がタッチされている状態で画面がスクロールされた際には、スクロールに合わせてコンテンツを移動させることにより、閲覧領域の変更とコンテンツの移動を同時に行えるようになっている。ズーム機能に関しては、2本の指を使ってピンチイン操作が行われた際に作業空間全体が表示されるように表示倍率を下げ、端末移動が行われた際に表示倍率を元に戻すように実現されている。

4. 研究成果

以下、それぞれのシステムを評価して得られた知見について述べる。

(1) 近接端末間方向認識

取得したそれぞれの端末に対する角度を用いて送信先端末を決定することで、送信先の端末が期待どおりに決定されるかを定量的に評価する。被験者(25名)は3つの方向に配置されたiPad(端末A、端末B、端末C)に対して、本手法による方向認識を行う。次に、被験者の端末上に表示されたオブジェクトを指示された方向にフリック操作する。本実験では、作業者間の距離を考慮した(a)長距離条件、(b)中距離条件、(c)短距離条件の3つの条件で端末が配置されており、被験者が利用する端末に対して、端末Bは正面、端末Aと端末Cは、(a)±35°、(b)±25°、(c)±15°に置かれている。

被験者は、利用端末を用いて端末A、端末B、端末Cの順序でカメラによる方向認識を行った上で、利用端末を元の位置に戻す。次に、各方向に配置された端末に対して、フリック操作による情報送信を行う。被験者は、画面上で指示された端末を対象オブジェクトが届くように意識しながら、フリック操作を行う。これを(a)(b)(c)の順序で行う。また、フリック操作が行われた方向に端末が存在しているかを判定する閾値として、10°、15°、20°を設定し、各閾値と各配置条件の組み合わせごとに評価を行う。

各配置条件と各閾値における成功(正送信)回数、成功(非送信)回数、失敗(非送

信)回数、失敗(誤送信)回数の結果を図4に示す。ここで、成功(正送信)は指示どおりの端末に送信された場合、成功(非送信)は送信先なしと判定されたもののうち、指示された端末が存在する方向と10°以上離れた方向へフリック操作が行われていた場合、失敗(非送信)は送信先なしと判定されたもののうち、指示された端末が存在する方向から10°未満の方向へフリック操作が行われていた場合、失敗(誤送信)は指示された端末とは異った端末に送信された場合を表す。

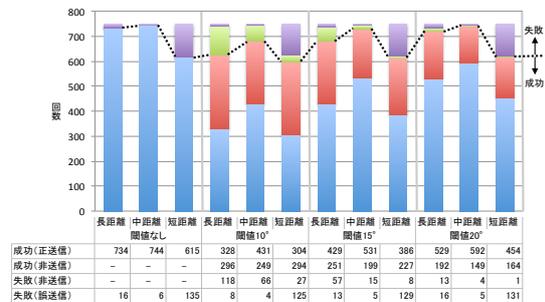


図4：フリック操作による送信結果

実験で設定した各閾値において、3つの配置条件を合計した成功割合は、閾値10°で84.5%、閾値15°で89.9%、閾値20°で92.4%であった。また、各配置条件において、各閾値を合計した成功割合は長距離条件が90.0%、中距離条件が95.6%、短距離条件が81.3%であった。閾値を設定しない場合には、長距離条件・中距離条件において成功(正送信)回数が98%以上となった。

また、失敗(誤送信)回数は、長距離条件と中距離条件で10回前後であった。一方で、短距離条件では、閾値を設定しない場合も含めて、いずれの閾値においても100回以上となり、他の2つの条件に比べて顕著に多くなった。

実験の結果、閾値が10°の場合と、短距離条件の場合を除いて、成功割合が9割程度を達成している。また、成功割合のうち、成功(非送信)回数が多い原因について分析を行った結果、正面に配置している端末Bにフリック送信する場合、両端に配置している端末Aや端末Cに誤って送信しないように注意を払う必要があるため、慎重にフリック操作する一方で、両端に配置している端末Aや端末Cのように、片方に別の端末が存在しない場合、そのような注意を十分に払わずフリックをおこなったため、フリック操作の角度が端末の相対角度との閾値内に収まらなかった場合が大部分であることが分かった。これにより、隣接する端末が存在しない側の閾値を大きくすることにより、成功(正送信)の回数を増やすことができると考えられる。

失敗(誤送信)回数は、短距離条件が他の2つの条件に比べて著しく多くなったが、実際の対面協調作業においては、参加者同士が短距離条件のように密接することは考えにくい。したがって、短距離条件で失敗(誤送信)が多くなったことに関しては、実用上問

題にならないと考えられる。

(2) 手渡し動作による情報共有

本システムを利用することによるコミュニケーションの違いを検証するために、協調作業中のグループの「発話」と「沈黙」を観察する。また、「発話」をさらに「会話」「呼応」「発案」「雑談」に分類する。実験時のグループ内で発生した発話を、この発話分類カテゴリを基に2名の観察者によって分類し、カテゴリごとに回数を計測する。

本実験では、情報系学生18名に協力してもらい、3名1グループの計6グループを形成した。各グループには、情報共有における日常的動作を活用したシステムと活用していないシステムのそれぞれを利用してもらい、一回ずつ協調作業を行ってもらった。本実験では、情報共有における日常的動作を活用したシステムとして本システムを利用し、活用していないシステムとしてはApple社が提供しているAirDropを利用した。協調作業の内容は、広島県あるいは長崎県での1日観光プランを立てる協調Web検索である。実験中はボイスレコーダによる会話の録音を行った。

6グループの内、グループ1、2、3では、前半にAirDropを利用した広島県での計画を立ててもらい、後半に本システムを利用した長崎県での計画を立ててもらった。グループ4、5、6では、前半に本システムを利用した広島県での計画を立ててもらい、後半にAirDropを利用した長崎県での計画を立ててもらった。

前半グループの発話分類カテゴリを表1に、後半グループの発話分類カテゴリを表2に示す。発話分類カテゴリの結果を基に分散分析を行った結果、前半グループの作業において、AirDropを利用したグループと本システムを利用したグループの間に、会話(F(1,4)=9.53, p < 0.05)、呼応(F(1,4)=9.76, p < 0.05)、独話(F(1,4)=17.06, p < 0.05)に有意差が見られた。一方で、発案(F(1,4)=0, p > 0.05)と雑談(F(1,4)=0.42, p > 0.05)に有意差が見られなかった。後半グループの作業においては、会話(F(1,4)=0.27, p > 0.05)、呼応(F(1,4)=1.23, p > 0.05)、発案(F(1,4)=0, p > 0.05)、雑談(F(1,4)=0, p > 0.05)、独話(F(1,4)=0.41, p > 0.05)に有意差が見られなかった。

前半グループの作業においては、本システムを利用することによって会話・呼応回数が多くなり、独話回数が少なくなることが示された。本システムを利用する場合、情報を共有する際に呼応が多く行われ、呼応がきっかけとなり会話が行われやすかったことが考えられる。しかしながら、後半グループの作業においては、本システムとAirDropの間に有意差は示されなかった。この要因として、後半の作業では練習効果が影響したと考えられる。本実験において、前半の作業と後半の作業の違いは観光地の場所のみであった。

表1：前半グループの発話分類カテゴリ

	AirDrop		手渡し動作	
	会話(呼応/発案)	グループ1 グループ2 グループ3 平均	326(5/5) 393(0/5) 371(4/5) 363.3(3.0/5.0)	グループ4 グループ5 グループ6 平均
雑談	グループ1 グループ2 グループ3 平均	13 49 0 20.7	グループ4 グループ5 グループ6 平均	0 0 28 9.3
独話	グループ1 グループ2 グループ3 平均	8 10 12 10	グループ4 グループ5 グループ6 平均	0 5 2 2.3

表2：後半グループの発話分類カテゴリ

	AirDrop		手渡し動作	
	会話(呼応/発案)	グループ4 グループ5 グループ6 平均	437(4/7) 360(6/4) 531(6/5) 442.7(5.3/5.3)	グループ1 グループ2 グループ3 平均
雑談	グループ4 グループ5 グループ6 平均	10 4 41 18.3	グループ1 グループ2 グループ3 平均	42 7 7 18.7
独話	グループ4 グループ5 グループ6 平均	3 11 1 5	グループ1 グループ2 グループ3 平均	5 3 2 3.3

したがって、後半の作業では、前半の作業と比べると、計画を立てる上で要点を絞った会話が行われたため、手渡し動作を行ったグループの会話が大きく増加しなかったと考えられる。

(3) 仮想テーブルトップ環境

仮想テーブルトップにおける作業として、仮想的な作業空間上には存在するが、作業者の端末画面に表示されていないコンテンツを操作しようとするときに、コンテンツが表示されるように画面をスクロールする場面を抽象化したタスクを行ってもらうことにより、コンテンツの探索方法に関する調査を行う。タスクの内容は、コンテンツに見立てて作業空間上に配置された1から9までの数字を順に探索し、それらをダブルタップ操作により削除するという内容である。実験は、情報系の学生8人に協力してもらい、1回目と2回目で利用するシステムと探索する数字の配置パターンを変更し2回のタスクを行うこととした。また、数字の配置パターンとしては、図5に示す二通りのパターンを用意した。実験後には、各被験者に一対比較に基づくアンケートに答えてもらい、アンケート結

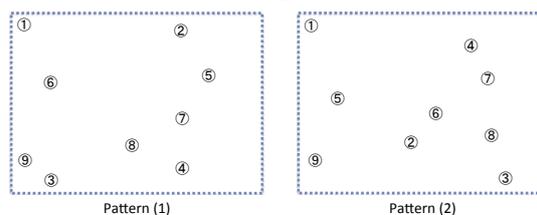


図5：探索タスクにおける配置パターン

果を基に階層分析法による評価を行う。階層分析法による評価の結果は表3に示す通り、スワイプスクロールの方が今回の作業を行ううえで有益であるという結果となった。各要因の重要度から、今回のタスクにお

いては、スクロールのしやすさが重要であると評価されたことが分かる。また、要因毎の評価値から、スワイプスクロールの方がかなりスクロールがしやすいと評価されたことが分かる。また、現在の閲覧領域の把握のしやすさと、一度見た数字の場所の覚えやすさに関しては、端末移動によるスクロールの方が高く評価される結果となった。この結果は、端末移動によるスクロールの領域閲覧における直感性を示していると考えられる。しかし、これら二つの要因の重要度があまり高く評価されていないことから、今回のタスクではこの有益性が活かされなかったことが分かる。

表 3：階層分析法による評価結果

各要因の重要度			
	スクロールのしやすさ		0.538
	一度見た数字の場所の覚えやすさ		0.148
	現在の閲覧領域の把握のしやすさ		0.314

要因毎の評価値			
	スクロール	数字の場所	閲覧領域の把握
スワイプ	0.805	0.432	0.401
端末移動	0.195	0.568	0.599

総合評価値	
スワイプ	0.622
端末移動	0.378

さらに、複数人でのコンテンツ操作方法に関する評価を行うため、作業間でコンテンツの共有および整理を行う段階に焦点を置いた実験を行うことにより、作業者が協調する場面における仮想テーブルトップ環境の性質を調査する。作業は、1 から 9 のいずれかの数字が数十文字記述されたラベルをコンテンツとし、作業空間にランダムに配置されたそれらのラベルを複数の作業員で同じ数字が記述されたラベル毎にまとめてもらうという内容である。この作業を端末移動に連動したスクロールをベースにしたシステムと、スワイプスクロールをベースにしたシステムの、二つのシステムを用いて行ってもらおう。被験者は、情報系の大学生 8 人 (4 人ずつの 2 グループ) である。

アンケートの結果、すべての被験者がスワイプベースの方が基本的な操作は容易であると回答しているのに対し、コミュニケーションのとりやすさや、協調性の感じやすさに関しては端末移動ベースが高く評価されている。

これらをまとめると、仮想テーブルトップ環境の持つ特徴的な性質は以下のようになる。一つ目に、仮想テーブルトップ環境には、自身の閲覧領域、および、他者の閲覧領域を容易に把握できるという性質があると考えられる。二つ目に、仮想テーブルトップ環境には、実空間と仮想の作業空間を対応付けて認識できるという性質があると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

① Kazunori Shiomi, Ryo Nishide, Hideyuki Takada, “Terminal Group Formation with Detection of Relative Position Using Camera Image Recognition”, Proceedings of the 18th ACM Conference Companion on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing (CSCW’15 Companion), 査読有, Vol.1, pp.1-4, 2015, DOI: 10.1145/2685553.2702669

② 伊藤直人, 北口達也, 森口友也, 高田秀志, “協調検索を対象としたダイナミックグループコラボレーション環境におけるグループ間ウェアネス機能”, 情報処理学会論文誌, 査読有, 55 巻, 143-150 頁, 2014, <http://id.nii.ac.jp/1001/00098328/> [学会発表] (計 5 件)

① 井上忠, 筒井薫平, 今本恕, 北田哲也, 高田秀志: “タブレット端末を用いた仮想テーブルトップ環境上での協調 Web 検索支援システムの構築”, 情報処理学会研究報告 2016-GN-98, No. 8, 2016 年 3 月 15 日, 大妻女子大学 (東京都千代田区)

② 今本恕, 高田秀志, “協調作業支援システムへの紙媒体による作業の特徴の活用に関する考察”, 情報処理学会研究報告 2015-GN-96, No. 13, 2015 年 10 月 3 日, 高山市民文化会館 (岐阜県)

③ 塩見和則, 高田秀志, “携帯端末を利用するアドホックグループのための Orientation-Aware な情報共有環境”, 情報処理学会研究報告, 2015-GN-96, No. 14, 2015 年 10 月 3 日, 高山市民文化会館 (岐阜県)

④ 今本恕, 伊藤直人, 高田秀志, “タブレット端末間での手渡し動作による情報共有方法の協調作業への効果の検証”, 情報処理学会研究報告 2015-GN-95, No. 9, 2015 年 5 月 15 日, 津田塾大学 (東京都小平市)

⑤ 伊藤直人, 高田秀志, “協調作業支援のためのタブレット端末を用いた仮想テーブルトップ環境”, グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2014, 2014 年 11 月 28 日, ニューウェルシティ湯河原 (静岡県)

[その他]

ホームページ等

<http://www.cm.is.ritsumeai.ac.jp/lab/research.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高田 秀志 (TAKADA, Hideyuki)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：30378830