

苗村 健

東京大学大学院情報理工学系研究科・准教授

局所性・指向性制御に基づく多人数調和型情報提示技術の構築と実践

§1. 研究実施体制

(1) 東大グループ

① 研究代表者: 苗村 健 (東京大学大学院情報理工学系研究科, 准教授)

② 研究項目

研究項目 1-1: ディスプレイの物理的制約への挑戦

- ◎ privateとpublicを切り分けるディスプレイ
- 実オブジェクトと情報を繋ぐディスプレイ
- ◎ 対面コミュニケーションのためのディスプレイ

研究項目 1-2: 局所性・指向性制御に基づく空間的整合性の実現

- ◎ 局所性のある情報投影
- 指向性のある情報投影
- ◎ 情報投影の多重化

研究項目 2-1: インタラクションやコンテンツをデザインするための環境整備

- インタラクションのためのツール
- コンテンツデザインのためのツールとAPI

研究項目 2-2: 実践的なユーザスタディ

- ◎ ゼミ形式講義の開講

* 東大は全ての研究項目に携わるが、中心となって行う課題を◎, 他機関と協力して行う課題を○で示す.

(2) 慶大グループ

① 主たる共同研究者: 笥 康明 (慶應義塾大学環境情報学部, 准教授)

② 研究項目

研究項目 1-1: ディスプレイの物理的制約への挑戦

- privateとpublicを切り分けるディスプレイ
- ◎ 実オブジェクトと情報を繋ぐディスプレイ
- 対面コミュニケーションのためのディスプレイ

研究項目1-2: 局所性・指向性制御に基づく空間的整合性の実現

- 局所性のある情報投影
- 指向性のある情報投影
- 情報投影の多重化

研究項目2-1: インタラクションやコンテンツをデザインするための環境整備

- ◎ インタラクションのためのツール
- ◎ コンテンツデザインのためのツールとAPI

研究項目2-2: 実践的なユーザスタディ

- ゼミ形式講義の開講

*慶大は全ての研究項目に携わるが、中心となって行う課題を◎、他機関と協力して行う課題を○で示す。

(3) NICT グループ

①主たる共同研究者: 吉田 俊介 (独立行政法人 情報通信研究機構ユニバーサルコミュニケーション研究所, 主任研究員)

②研究項目

研究項目1-2: 局所性・指向性制御に基づく空間的整合性の実現

- ◎ 指向性のある情報投影
- 情報投影の多重化

研究項目2-1: インタラクションやコンテンツをデザインするための環境整備

- インタラクションのためのツール
- コンテンツデザインのためのツールとAPI

*NICTが携わる研究項目の中で、中心となって行う課題を◎、他機関と協力して行う課題を○で示す。

§ 2. 研究実施内容

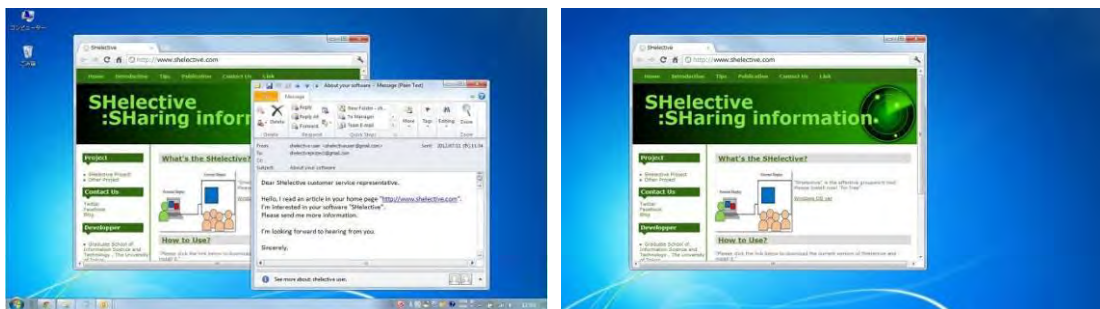
(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

本課題では、場に集う多人数に調和した情報重畳手法を確立することを目的として、年次研究計画書に示した下記の項目をそれぞれ実施した。

研究項目1-1: ディスプレイの物理的制約への挑戦

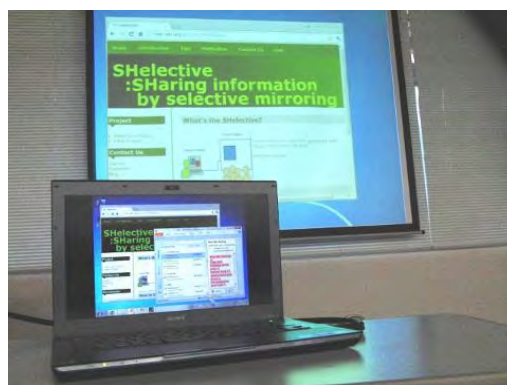
■ 東大

privateな情報とpublicな情報を切り分ける試みとして、図1-1-1に示すように、アプリケーションウィンドウ単位で、共有すべきもののみを選択的に複製表示する画面共有手法「SHelective」を考案・実装した。この選択的複製は、従来、外部ディスプレイを他者と共有する場合に実現されていた複製・拡張に代わる第3の手法と位置付けられる。SHelectiveをより多くの人に使ってもらうためにデジタルコンテンツEXPOで展示を行い、さらにオープンな形で公開するための開発にも取り組んだ。



(a) メインディスプレイには全てのウィンドウを表示

(b) 外部ディスプレイには選択されたウィンドウのみを表示



(c) システム使用の概観

図1-1-1 : SHelective: 選択的な画面共有によるprivate/publicの切り分け

また、対面コミュニケーションのためのディスプレイとして、これまで行ってきた透明性を有するディスプレイや両面型ディスプレイの調査・検討をさらに進めた。特に、これまで両面型ディスプレイ研究の一環で開発を進めてきた、サブディスプレイでWebブラウザ画面を共有するInter-Personal Browsing システムをさらに進め、Webブラウザに限定しない画面共有と情報(データ)共有を実現する仕組みとして、「SHelectivePlus」を提案・実装した。さらに図1-1-2に示すユーザスタディを通じて、この仕組みを使って積極的なコミュニケーションが行われることを確認した。



図1-1-2 : SHelective Plus: 両面ディスプレイによる画面共有・情報共有

実オブジェクトと情報をつなぐ試みとして、これまで実オブジェクトの空間的配置を制御するための伸縮アクチュエータ[4]や、それらを応用した立体形状表現システムMorPhys(図1-1-3)の開発を進めてきた。また、アウトリーチ活動として、MorPhysを東京都現代美術館MOTブルームバーグ・パヴィリオン・プロジェクト メディア・パフォーマンス部門 受賞展にて2週間の展示を行うことで、当研究を一般に広く公開する試みを行った。

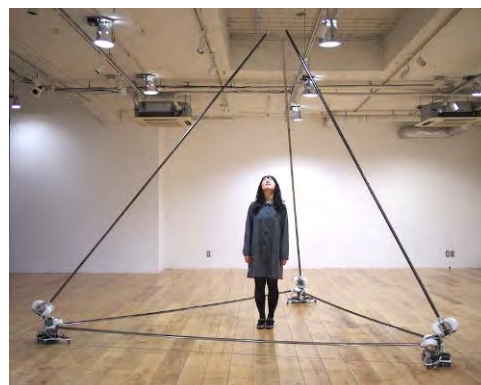


図1-1-3 : MorPhys

■慶大

実オブジェクトと情報をつなぐ試みとして、いくつかの身近に存在する素材に着目し、その素材の振る舞いや位置を制御することで、情報を表現するためのディスプレイシステムの検討を行った。

1つは霧の渦輪をピクセルとする実体ディスプレイ(living floccus)である(図1-1-4)。今年度は特に、空間中に二次元的、三次元的にピクセルのパターンを浮かべて見せるハードウェア構成を試し、さらに音や指の動きや実物体の位置にインタラクティブに反応する機能を付与した。慶應義

塾大学 SFC Open Research Forum やいしかわ夢未来博, IIT Techfest2013 にて実際に展示を行い, 広くその反応や意見を集める機会を得た.

もう一つは, テーブル内部に並べられた電磁石アレイによって磁力球群の位置と姿勢を制御する tamable looper である(図 1-1-5). 磁力球群の動きのパターンを増やした他, ユーザの手指の動きによるインタラクションの機能を付け加えた. このシステムも, 慶應義塾大学 SFC Open Research Forum やいしかわ夢未来博, Habilis 展 (ITOKI TOKYO INNOVATION CENTER) などで展示を行い, 体験者の反応を集めた.

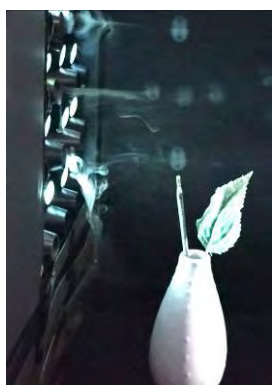


図1-1-4 living floccus



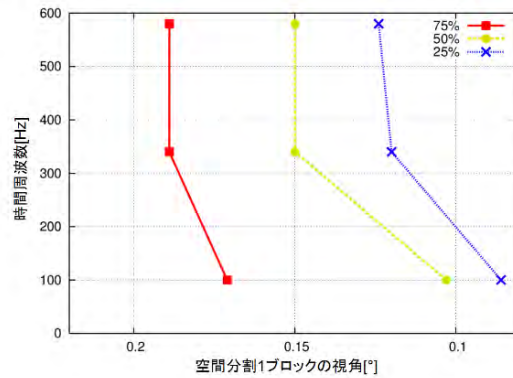
図1-1-5 tamable looper

この他, 新たな素材に着目したディスプレイの基礎検討として, 超音波スピーカアレイを用いて粒子を空中に浮遊させる実験を行い, 基礎的な情報表現を行った.

研究項目1-2:局所性・指向性制御に基づく空間的整合性の実現

■東大

局所性のある情報投影として, 光路に実像鏡を挿入することで位置情報を局所的に有した空中像を提示する仕組みの検討や, 空間分割型可視光通信(PVLC)利用時に見えるちらつきの原因を探り, ちらつきを軽減した信号設計を行うための基礎的な心理実験を昨年度に引き続き行った. まず, 一般的なフリッカ知覚では, 画面(刺激)全体が点滅するのに比べて, 提案するPVLCでは画面が分割された上で個々に点滅するため, 特に視線移動時に分割の境界線などでちらつきが強く知覚されることが明らかになった. 一方で画面分割の時間周波数と空間周波数を上げるとちらつきが軽減され, 特に空間周波数の影響が大きいことが示唆された. 具体的には, 図1-2-1 に示すように, 空間周波数が十分に高い(1区画分の視角が 0.086° 程度)場合には, 時間周波数が比較的低い100Hzの場合でもちらつきの認識率が25%程度に抑えられることがわかった.

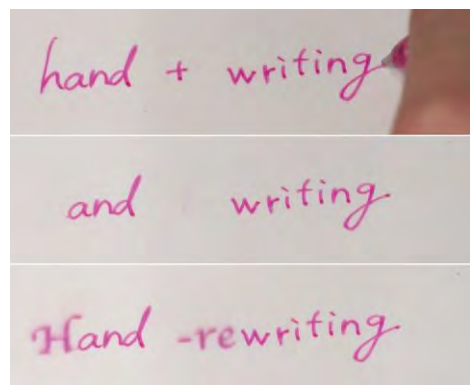
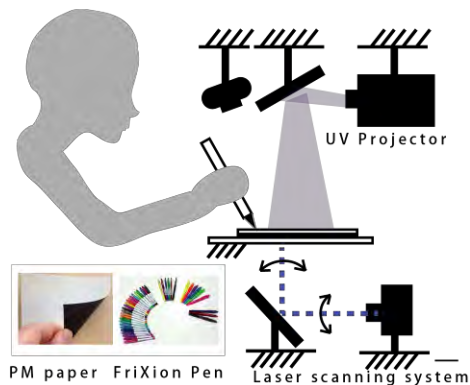


(a) 点滅パターン提示の様子

(b) 空間分割数とノイズ認識率の関係

図1-2-1 可視光通信プロジェクタ鑑賞時のちらつき実験

情報投影の多重化に関しては、外部刺激によって発色や消色を制御できる機能性材料に対し、局所的な熱制御と局所的な紫外光投影を組み合わせることで、紙面を入出力インタフェース化するHand-rewritingシステムを検討・開発した[8]。これは紫外線による発色制御の研究[1]を発展させたものであり、昨年度までのPhotochromic Projectionでは、紙面に発色であらかじめ用意した情報を提示するだけにとどまっていたのに対し、Hand-rewritingでは制御を多重化することで、図1-2-2に示すように、紙面の手書きスケッチを局所的に消すことと、手書きスケッチに関係した情報を発色で紙面に提示することを実現した。研究成果をACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies[5]や、経済産業省Innovative Technologiesにおいて展示し、広く一般に公開した。



(a) システム構成図

(b) 手書き文字の消去と修正情報の自動発色提示

図1-2-2 Hand-rewriting: 紙面における手描きと情報投影の多重化

■慶大

局所性と指向性を両方満たす情報提示デバイスの実現に向けて、可視光通信可能な2台のプロジェクトから、入射角を変えて拡散制御フィルムLumistyをスクリーンとした平面に映像を投影する実験を行った。Lumistyスクリーン上で方向によって異なる映像が観察される状況は確認できた。また、このスクリーン上でそれぞれのプロジェクトからの可視光通信を受信する端末の設計に関して、基礎的な検討を行った。

また、指向性スピーカの搬送波の周波数を周期的に切り替えることにより、音情報と付加情報を同時に届けるスピーカシステムSteganoSonicに関して、昨年度に引き続き検討を行った。今年度は、デバイスの回路やソフトウェアを改良し、FM方式の指向性スピーカを用いてシリアル通信のプロトコルを利用して75bpsの通信を可能にした(図1-2-3)。また、慶應義塾大学SFC Open Research ForumやHabilis展において、複数の指向性スピーカを用いて、ユーザの立つ位置に応じて異なる情報が耳に届き、デバイスをかざすとスピーカから流れる音声情報に関連したウェブサイトが表示されるアプリケーションに関して実証実験を行った。



図1-2-3 SteganoSonic

昨年度から引き続き行っている、局所的に電波を発信するWi-Fiアクセスポイントを複数組み合わせることで、特殊なアプリケーションを介さず既存のブラウザを通して位置・向きに応じた情報を受け取ることができるウェブ表示システムに関して、検討を進めた。今年度は特に、アプリケーションの一つとして、Wi-Fiアクセスポイントを椅子に組み込み、同じ場で作業するユーザが椅子を介して情報を共有できるシステムの基礎検討を行った。

■NICT

指向性制御に基づく空間的整合性の実現として、現実に存在する物体から作成した立体データと、3DCGとして用意されたバーチャルな物体の立体データとが同様に扱えるフレームワークを検討した。まず、昨年度の成果として得られた立体ディスプレイと視域との関係からコンテンツを配置するのにふさわしい領域を利用し、実写用コンテンツの撮影結果とCG用コンテンツのレンダリ

ング結果とが同列に利用できる環境を構築した。次に、4次元空間(球表面座標:2次元, 方角:2次元)でサンプリングしたデータベース(図1-2-4)を実写とCGの共通フォーマットとし、そこからテーブル型裸眼立体ディスプレイ用の立体映像コンテンツ生成を実現した(図1-2-5)。特に、事前処理する比較的計算負荷の高いデータベース作成部分までと、並列計算可能な後段の立体映像コンテンツを切り分けることにより、実時間でも適時情報更新ができるアルゴリズムとした。

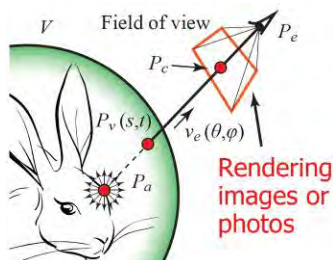


図1-2-4 パラメータ化

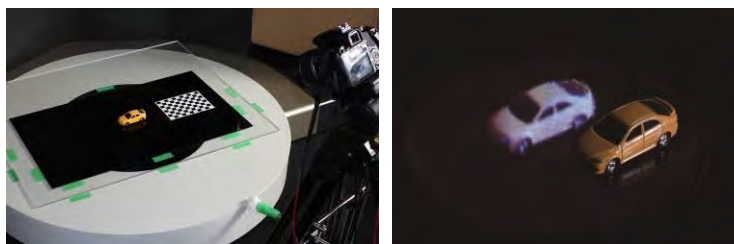


図1-2-5 実写コンテンツの撮影風景とその再生像とオリジナル

研究項目2-1: インタクションやコンテンツをデザインするための環境整備

■ 東大

インタクションのためのツールとして、多人数が集うプレゼンテーションなどの場を想定して、簡易なボタン操作で短い効果音を鳴らしかうことにより、匿名性を有しつつ感想共有を行うことを可能とするソフトとしてラジへえの開発を進めた[10]、デジタルコンテンツEXPOで展示を行った。さらに図2-1-1に示すように、学会(WISS2012)において実際に導入してユーザ実験を行ったところ、ラジへえの効果音に対して発表者が返答するなど、発表そのものや、聴取体験を変化させ得ることがわかった。この仕組みを広く一般に使ってもらうためのオープン化についても検討を進めた。

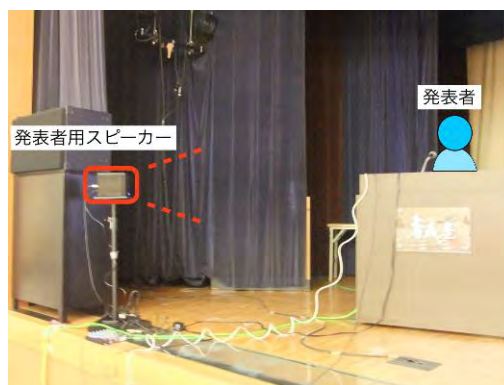
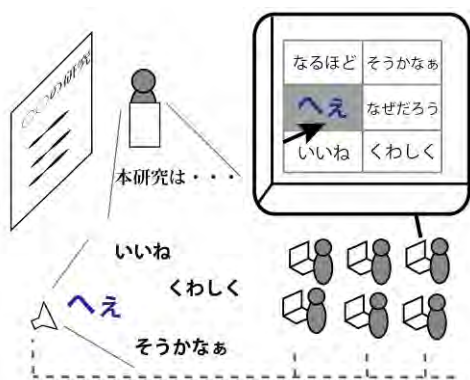


図2-1-1 ラジへえ

また、より自然で直観的な紙を用いたインタフェースデザインとして、昨年度から行っている筆記

行為を支援する仕組み[2]に関しては、アニメーションの動画制作スタジオへの導入と、プロのアニメーターによるユーザスタディを行った。図2-1-2に示すように、動画作業を行うアニメーター4名に、筆記音を強調してフィードバックするシステムを提供し、6週間に渡るユーザスタディを行った結果、期間中93%の日で平均5.0時間システムを自発的に使用していたことから、ユーザにとって継続性のあるシステムであることが分かった。また、質的には、筆記音から手掛かりを得て濃く均一な太さの線を描くことができたなど、肯定的な意見が得られた。

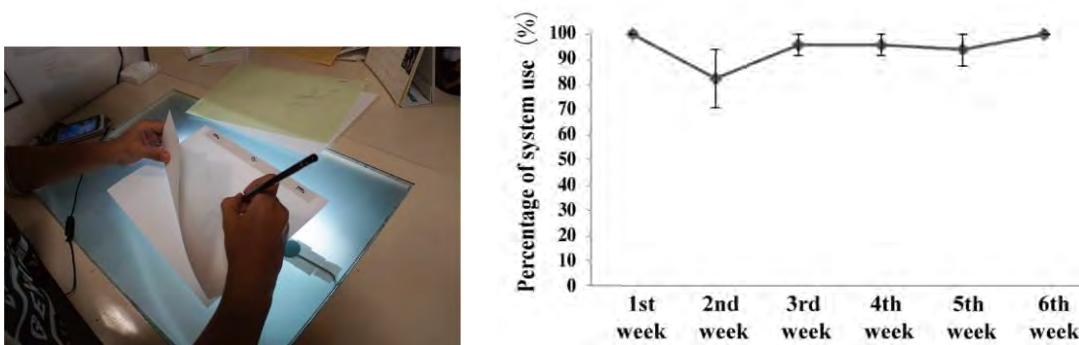


図2-1-2 アニメーション制作における筆記音の強調フィードバック

コンテンツデザインのためのツールに関しては、慶大と協力して可視光通信プロジェクタのコンテンツデザインのためのAPI整備に取り組んだ。

■慶大

東大と協力して可視光通信プロジェクタ制御のためのAPI整備に取り組んだ。また、多人数での直感的なインタラクションを実現するために、今年度は素材に着目したインタフェースのデザインについて検討を進めた。

1つは、導電性を有する小麦粘土に着目し、粘土内にフルカラーLEDを埋め込み、粘土自体の色を操作する粘土細工(NeonDough)に関して昨年度に引き続き開発を行った。いしかわ夢未来博にて子供向けのワークショップを行い、本インタフェースを用いたコンテンツ作成の過程について観察・分析を行った[3]。

2つ目は、導電性を有する布に着目し、針でその布を縫うという行為をセンシングするインタフェース(NUI: Needle User Interface)も引き続き開発を行った。縫う過程をデータとしてアーカイブし、ファイルで共有できるソフトウェアを開発し、そのデータをデバイスを通して縫いながら閲覧できるプロジェクションシステムに関する実装した[7]。

3つ目は、形状情報や素材情報を有する映像を直感的に操作する麺棒型の力覚提示デバイス(ペタンコ麺棒)も昨年度に引き続き開発を行った。今年度は特に、デバイスに内蔵されたモータやブレーキの数を増やし、情報の解像度を高める取り組みを行った。XD Exhibition 2013(二子玉川Catalyst BA)や、3D&バーチャルリアリティ展にて展示を行い、広くその体験についてフィ

ードバックを得た。



図2-1-3 展示・ワークショップの様子

(左:NeonDough, 中:Needle User Interface, 右:ペタンコ麵棒)

今年度より新たに、日用品や身体性の機能拡張によるユーザの作業支援インタフェースの基礎的な検討を行った。具体的には、ボールペンのペン先の強磁性を利用し、テーブル内部に磁石を埋め込むことで、ペンを誘導し、ユーザに筆記や描画のアシストをしたり、書く／描くことによるコミュニケーションのプラットフォームとしての利用を考える。このシステムをdePENdと名付け、その基本的な装置を実装した(図2-1-4)。



図2-1-4 dePENd

また、今年度は「さわれる人間調和型情報環境の構築と活用」プロジェクト(代表:舘璋教授)と連携して、TECHTILE toolkitの対面コミュニケーション支援への応用に関する基礎的な検討を行った。まず、共同でTECHTILE toolkitの小型化および無線化を施したプロトタイプを開発した[6]。

そして複数人での利用シーンでの実践として、ザ・フォーサイズ・カンパニーの安藤洋子氏および山口情報芸術センターの協力を得た数回の実験を行った。この実験では、複数人のダンスの振り付けのために、身体や小道具にTECHTILE toolkitを取り付けて、ダンサー同士の位置関係や姿勢の情報を、触覚情報に変換して提示するという取り組みを行い、応用可能性や課題について議論を行った(図2-1-5)。



図2-1-5 YCAMでの「Reactor for Awareness in Motion」ワークショップ
におけるTECHTILE toolkit利用の様子

また、触覚を通してリアリティの高い情報提示やコミュニケーションの誘発を行うための取り組みとして、ユーザの腕にあたかも鳥がとまっているかのような表現力のある感触を提示できる装置 Perch on My Arm および、対面環境でユーザの視線を認識し、目が合うと相手の顔に着けた眼鏡が振動するという基礎的なシステム Eyefeel を制作した(図2-1-6)。Perch on My Arm は Laval Virtual 2013 で、Eyefeel は TECHTILE 集中ワークショップ や Habilis 展 にて 展示 を 行い、ユーザの反応を確かめた。



図2-1-6 Eyefeel

■NICT

コンテンツをデザインするための環境整備として、立体ディスプレイに精通した開発者以外のユーザも幅広く創作活動が行えるフレームワークについての検討を進めた。具体的には、一般に普及しているコンピュータグラフィックス言語を用いて、テーブル型立体ディスプレイ用の立体映像コン

テンツが作成できるフレームワークについての検討を進めた。本年度は、それを実現するためのハードウェアであるレンダリングシステムを構築した。

研究項目2-2:実践的なユーザスタディ

■東大・慶大

実践的なユーザスタディとして「Groupwork of Future -テクノロジーで作る未来の教室-」という講義名で、H24 年度夏学期に駒場の全学体験ゼミナールを、全 13 回にわたり開講した。紙と、Google Docs などの PC と、昨年度開発した対面式画面共有システム(IPB:Inter-Personal Browsing)との 3 つの方式を講義の中で設け、行動観察やアンケートを通して比較検討した。具体的には、「Q1:あなたはグループワークに積極的に参加できましたか」と「Q2:あなたのグループは活発に議論ができましたか」といったアンケートに対し、Google Doc などの PC を用いた場合にはそれぞれ 63%と 44%の人のみが Yes と答えたのに対し、IPB を用いた場合にはいずれの質問にも 100%の人が Yes と答えた。また、行動観察の結果も、提案した IPB を用いた場合にはアイコンタクトや発言回数が多く(図 2-2-1b), 既存の Google Docs などの PC を使ったグループワーク(図 2-2-1 a)と比べて、提案した IPB を使うことで、コミュニケーションが活発になることが示唆された[9]。



(a) PC を用いたグループワーク



(b)対面式画面共有を用いたグループワーク

図 2.2.1 グループワーク講義の様子

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

- [1] 橋田 朋子, 筧 康明, 苗村 健, “ソラ・カラ: 太陽光を活用した屋外空間の発色制御”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 17, no. 3, pp. 279-288, 2012.9
- [2] 金 ジョンヒョン, 橋田 朋子, 大谷 智子, 苗村 健, “筆記音のフィードバックが単純な筆記作業に及ぼす影響の検討”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 17, no.3, pp. 289-292, 2012.9
- [3] 山岡 潤一, 筧 康明, “NeonDough: 導電性粘土を用いた光る粘土細工”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 14, No. 4, pp. 341-350, 2012. 11
- [4] 武井 祥平, 飯田 誠, 苗村 健, “3次元形状表現のためのリール式伸縮アクチュエータの提案”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 17, no. 4, pp. 439-445, 2012.12
- [5] Tomoko Hashida, Kohei Nishimura, and Takeshi Naemura, “Hand-rewriting: Automatic Rewriting like Natural Handwriting,” ACM SIGGRAPH 2012, Emerging Technologies (Article No. 10), 2012.8.
(DOI:10.1145/2343456.2343466)
- [6] Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Soichiro Mihara, Susumu Tachi, “TECHTILE toolkit,” ACM SIGGRAPH 2012, Emerging Technologies, 2012.8
(DOI: 10.1145/2343456.2343478)
- [7] Ken Nakagaki and Yasuaki Kakehi, “Needle user interface: a sewing interface using layered conductive fabrics,” 25th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST), Pages 1-2, 2012.10
(DOI: 10.1145/2380296.2380298)
- [8] Tomoko Hashida, Kohei Nishimura, and Takeshi Naemura, “Hand-rewriting: Automatic Rewriting Similar to Natural Handwriting,” ACM Interactive Tabletops and Surfaces (ITS2012), pp. 153-162, 2012.11
(DOI:10.1145/2396636.2396660) (Acceptance Rate: 29.1%) (Best Paper Nominee: 4.9%)
- [9] Tomoko Hashida, Makoto Iida, and Takeshi Naemura, “Inter-Personal Browsing: Supporting cooperative web searching by face-to-face sharing of browser pages,” accepted to 10th Intern. Conf. Computer Supported Collaborative Learning (CSCL2013), 2013.6 (accepted)
- [10] 加藤 由訓, 苗村 健, “ラジへえ: ラジオ聴取時における感想共有システム”, インタラクシオン 2013, pp. 32 – 39, 2013.3 (採択率 41%)