

携帯端末を用いた指し示し動作による機器選択 操作手法のユーザビリティ検討

松元崇裕[†] 瀬古俊一[†] 青木良輔[†] 宮田章裕[†] 井原雅行[†] 山田智広[†]

近年、DLNA や ECHONET Lite など宅内において多数の電子機器がネットワークへ繋がる事で、ネット経由で機器を操作できたり、機器同士を相互に連携させたりする環境が整いつつある。本研究では、携帯端末を用いた指し示し動作による視界内の機器選択において、操作手法の違いがユーザビリティへ与える影響について比較評価を行う。比較では、指し示し動作を実対象に直接行う場合とディスプレイ内に表示された対象へ向けて行う場合、また視覚フィードバックを実空間上へ重畳する場合とディスプレイ内で表示する場合の2項目の条件が異なる手法に対して実験を行う。実験を通じて、指し示し場所と視覚フィードバック表示場所の違いがユーザビリティへ与える影響について報告する。

Usability Evaluation of Manipulation Method for Pointing Multi-Device Selection by Mobile Controller

TAKAHIRO MATSUMOTO [†] SHUNICHI SEKO [†] RYOUSUKE AOKI [†]
MIYATA AKIHIRO [†] MASAYUKI IHARA [†] TOMOHIRO YAMADA [†]

In recent years, many home electronic devices beginning to connect to the network by home network protocols such as DLNA or ECHONET Lite. And these protocols make it possible to control the devices from network and to work different devices together. In this research, we evaluated usability of three different multi-device selection methods that use pointing metaphor by mobile controller devices like smartphone or tablet PC. In our experiment, the selection method was divided by two requirements. First divided condition is a pointing target. One is pointing to real electronic devices and the other is pointing to photographic electronic devices on display. And second divided condition is a position of showing visual feedback. One is showing on the real environment and the other is showing on the controlling display. In this report, we report on the usability difference by the pointing target and visual feedback position difference.

1. はじめに

近年、DLNA や ECHONET Lite と呼ばれる通信プロトコルの標準化が進んでおり、ローカルエリアネットワーク (LAN) に接続可能な宅内電子機器が増加している。宅内の電子機器が互いに LAN 内で繋がる事で、LAN 経由で機器を操作できたり、機器同士を相互接続して連携させたりする環境が整いつつある。例えば、(1)ポータブルオーディオプレイヤー・テレビなど音出力を持つ全ての機器を連携させ、状況に応じて適切なオーディオスピーカーから出力するサービス、(2)音楽とシーリングライトを連携させ、光と音の空間を演出するサービス、(3)睡眠計とエアコンを連携させ快適な睡眠に合わせ空調管理を行うサービスなどが考えられる。加えて、宅内機器が繋がっている LAN に携帯端末を追加することで、携帯端末から宅内の電子機器を操作できる。

しかしながら、ユーザが携帯端末を用いて宅内の各電子機器の操作や複数の電子機器の連携を指示する為には、操作可能な全ての電子機器の中から操作したい電子機器、もしくは連携させたい複数の機器を選択しなければならない。

図1は携帯端末上で代表的なメニューリストによる操作

機器の選択画面の例を示している。図1のようなメニューリストによる機器選択手法では、操作する対象機器が増えるほどリストの項目数が増加してしまう。その為、メニューリスト手法では対象機器が増加する程、選択に要する時間や操作時のユーザの認知負荷が増加してしまう。更に、機器同士を連携させる際には、複数の機器を選択する必要があり、機器選択の手間は単独の機器を操作する場合より増えてしまう。

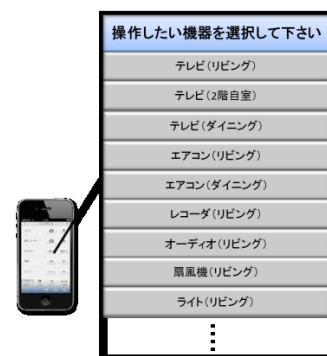


図1：携帯端末のメニューリストによる操作機器選択

そこで、本研究では宅内環境において携帯端末から身の回りにある、あらゆる電子機器の中から1つの電子機器を選択し操作を行う又は連携させる2つの機器を選択し機器を操作する操作手法について、ユーザに求められる UI デザインの検討を行う。

[†] 日本電信電話株式会社
NTT サービスエボリューション研究所
NTT Service Evolution Laboratories, NTT Corporation

特に本稿ではユーザと機器との位置関係を利用し、操作機器へ指し示す事による対象を選択、または連携させる機器を選択するアプローチについて着目する。本アプローチにおいて、指し示し動作を行う対象と視覚フィードバックを表示する場所が異なる3手法について述べ、各操作手法がユーザビリティへ与える影響の違いについての比較評価を行う。

本稿の以下の流れは次のようになる。第2章では本研究における関連研究を示す。また、第3章では機器選択・連携を指し示し動作で実現する3手法の分類に関して述べ、3つ目の分類にあたる実物体重畳手法について提案する。第4章では3種類の手法に対する比較実験について述べ、第5章では比較実験の結果を述べる。また第6章では比較手法における考察を述べ、最後に7章では本稿のまとめについて述べる。

2. 関連研究

2.1 操作対象機器の実物を指し示して操作する手法

赤外線リモコンが登場して以来、操作したい機器を指し示す動作は広く行われている。その為、指し示す動作はユーザにとって慣習的な手法であり、指し示しを機器操作・選択に用いる手法が現在まで数多く提案されてきた。例えば、任天堂のWiiリモコン[1]やLGのマジックリモコン[2]などは1つのディスプレイに対する操作として既に製品化されている。また、指し示しにより複数のディスプレイ機器間でコンテンツを操作・移動させる研究としては、カメラとスマートフォンを用いた手法の提案がされている[4]。

一方、ディスプレイ以外の機器にも指し示す動作による操作・選択の手法が提案されている。例えば、Xwand[6]では杖状のコントローラを向ける事で操作を行う手法であり、ディスプレイ以外に照明機器も操作可能な対象としている。また、Hyper-draggingでは実世界の名刺・模型などの物体を指し示しの対象として扱う事で、物体に紐づいたコンテンツをドラッグ&ドロップによりPCへ取り込む操作の提案が行われている[5]。

指し示す操作をディスプレイに対して適用する場合、指し示した先へカーソル表示などのフィードバックを行う事で、操作している機器や操作状況をユーザが視認する事が出来る。しかしながら、ディスプレイを持たない機器に対しては、カーソルやマウスオーバ等の表示が出来ないため、機器や操作の状態を把握する手段が乏しく、操作結果とユーザ操作意図の間で祖語が生じ易くなってしまう。その為、非ディスプレイ機器を含む対象の操作や連携には操作時フィードバックが1つの問題となっている。

実物体を指し示しながらユーザへの視覚フィードバックを実現する手法として、スマートフォンを用いたARを利用する方法が提案されている[7]。背面カメラによる手法では、カメラを操作対象へ向ける事で操作機器を選択する。

そして、カメラ映像をタッチパネルへ表示し、映像に対してタッチ操作を行う事で機器を操作が可能となる。また操作状況を画面上でAR表示する事で操作状況のフィードバックを行っている。また2つの機器の連携を行う際には、操作対象となる片方の機器の選択操作を行いながら、指し示す先をもう一方の機器へ変え、初めに選択した機器の選択を離すことで、ドラッグ&ドロップ操作による連携を実現する事が可能となる。

スマートフォンを用いたARを利用する方法の問題点として、実物体の端末を指し示しながら画面上の視覚フィードバック表示を確認する為には、端末を掲げなければならない問題が存在する。その為、対象の選択時において姿勢が制限されてしまう問題や、指し示し先と手元の2つを意識しながら操作しなければならない問題が存在する。

2.2 画面上に表示された機器を指し示して操作する手法

操作対象機器実物を直接指し示さずに、指し示す操作に近い操作感とフィードバックを実現する方法としてWorld-In-a-Miniature-Interface(WIMI)が挙げられる。WIMIでは操作対象の実環境をカメラより映像として取り込む。そして映像をディスプレイへ表示し、映像中の機器をマウスやタッチで選択する事で操作対象を決定できる。WIMIはディスプレイ上で操作を行うため、各機器や操作の状態を画面上にフィードバックとして表示できる。また、写真や動画等のコンテンツを機器から機器へドラッグ&ドロップする事で、機器間でコンテンツの移動を移動させる機器連携を行う事が出来る。

Cristalでは天井のカメラによる映像を直下のテーブルトップ画面へ表示することで、ユーザはテーブルトップ上に表示された機器をタッチする事で操作が可能となる[15]。

WIMIによる操作では、実際の位置関係を利用する事で画面内に表示された端末と、実際の端末との対応付けを楽にしているものの、依然として両者の間で対応付けを行う必要がある。

2.3 操作対象機器に直接触れて操作する手法

操作対象の機器を選択する手法の1つとして、NFCを用いたタッチによる手法が提案されている[11]。NFCでは非常に簡単で直観的な機器選択が可能である。しかし、操作開始時に機器に触れる距離まで近づく必要がある為、エアコンやテレビのように離れた距離から操作する機器を選択する場合には適さない。

3. 指し示しによる機器選択・操作手法の分類

3.1 従来研究に基づく分類

2章で述べた各先行研究は、指し示す対象と視覚フィードバック表示場所の違いで、まず次の2つの操作方法に分類する事が出来る。

1つ目は指し示しを実物体に対して行い、視覚フィードバックは画面内で行う操作手法という分類である。2.1 説

で述べたスマートフォンを用いたモバイル AR による操作手法[7]はこれに分類される。以降本論文では1つ目の分類をモバイル AR と呼ぶ。

2つ目に指し示しをディスプレイ画面内で行い、視覚フィードバックも画面内で行う操作手法である。2.2節で述べた Cristal[15]による操作手法は2つ目に分類される。本分類手法は操作対象の機器がある室内の俯瞰画像に対して、指し示しによる操作を行う事から、以降本論文では、2つ目の分類を俯瞰図手法と呼ぶ。

3.2 実物体重畳手法

指し示す対象の位置と視覚フィードバック対象の位置に基づく分類から、指し示しと視覚フィードバックをどちらも実世界で行う手法が考えられる。そこで、3つ目の手法として指し示しと視覚フィードバックをどちらも実世界で行う手法を新たに提案する。本論文では、本提案手法を実物体重畳手法と呼ぶ。実物体重畳手法では、実世界に視覚フィードバックを重畳する事でカーソルやマウスオーバーによるハイライト表示、ドラッグ時におけるドラッグ対象の表示やドロップ可否・ドロップ後の効果の表示などを行い、PCにおけるクリックやドラッグ&ドロップ操作を機器の選択操作や機器間の連携操作へ拡張する。実物体重畳手法におけるクリックとドラッグ&ドロップ操作を図2・図3にそれぞれ示す。

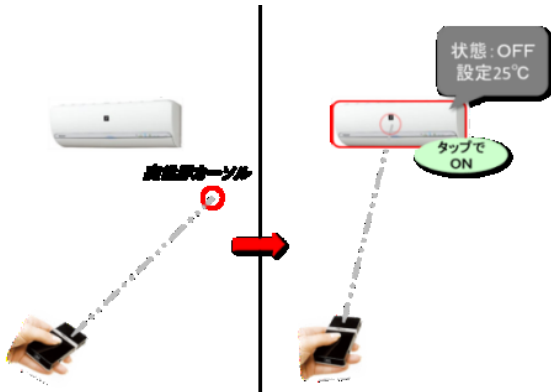


図2：実物体重畳手法におけるクリック

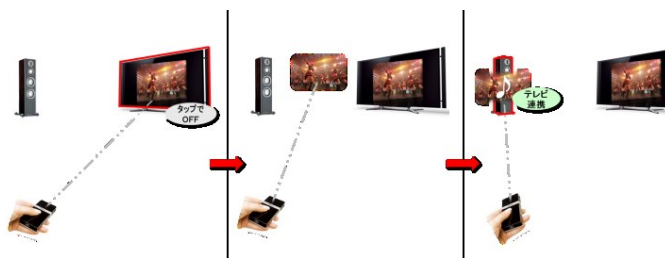


図3：実物体重畳手法におけるドラッグ&ドロップ

実物体重畳手法では図2のように、実世界の電子機器へ携帯端末を向ける事で、向けた先の機器の選択を行う。その際、機器が選択された際に非機器選択状態(図2左)から、機器選択状態(図2右)へ重畳されている表示を変更する事で、ユーザに操作の状態のフィードバックを機器と同位

置で行う。更に、図3のように異なる2つの端末同士を連携する際には、片方の電子機器へ端末を向けて対象を選択し、選択し続けた状態で連携させたい機器へ携帯端末を向け(ドラッグ)、連携させたい機器上で選択を離す(ドロップ)することで連携操作を実現する。実物体重畳アプローチでは物体と同位置に映像を表示するため、操作対象と画面内で視線を行き来させる必要が無く、選択や連携といった操作を行う際に、操作対象の機器とフィードバック表示画面との間で視線を行き来させなくても良いという利点や、指し示す際に携帯端末を掲げなくて良い利点がある。

最後に、指し示す対象の位置と視覚フィードバック表示の位置の分類から、指し示しを画面上の機器に行い、視覚フィードバックを実世界に表示する手法が考えられる。しかしながら、画面上にフィードバックの表示が無い状態でユーザが指し示し操作を画面へ行う事は、操作ユーザにとって困難であるため本研究の検討から除外した。上記の分類をまとめたものが表1となる。

表1：指し示しとフィードバック位置による操作法分類

操作手法	指し示し対象位置	フィードバック表示位置
モバイルAR手法	実対象	画面内
俯瞰図手法	画面内	画面内
実物体重畳手法	実対象	実対象

4. 比較評価実験

4.1 目的

比較評価実験においては、ユーザが携帯端末を用いた指し示し動作で周囲の電子機器の選択・連携を行う際、指し示し対象とフィードバック表示位置が異なる3手法について比較実験を行い、各手法の違いがユーザビリティに対してどのような影響を与えるかについて評価を行う。3手法においてはモバイル AR 手法・俯瞰図手法・実物体重畳手法の3つに基づき行う。

4.2 実験環境構成

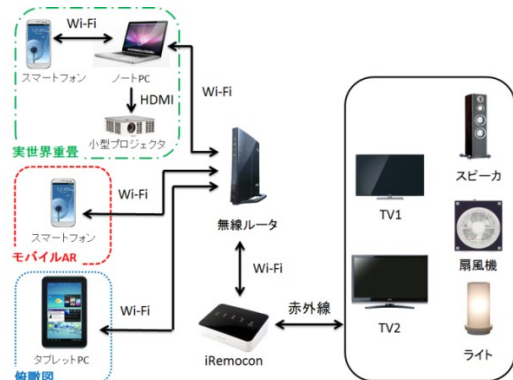


図4：実験環境構成図

図4に本実験環境の構成例を示す。比較実験においては各操作対象機器の操作を iRemocon[3]を用いて3手法とも Wi-Fi 経由で行った。一方で、ユーザが扱う操作端末は各手法で異なり、モバイル AR による手法ではスマートフォン(Galaxy S3)のみを用いて実現される。また、俯瞰図手法においてはタブレット PC(Galaxy Tab SC-01C)のみを用いて行った。

実物体重畳手法においては、実世界上に映像を表示する機能が必要となる。そこで、本評価実験における実装では、手で持てる小型のプロジェクタ(3M M410)を用い、端末を向けた先にプロジェクタによる映像の重畳を行う形で実装を行った[9][10]。その際、小型プロジェクタへの映像表示はノート PC 経由で行い、ユーザのタッチ操作や指し示し動作のセンシングは携帯端末のタッチパネルと方位センサを用いて行う。

以降では各手法における機器選択・連携手法のシステム構成と UI デザインについて述べる。

4.2.1 モバイル AR 手法における UI



図5：モバイル AR における操作

モバイル AR 手法における操作を図5に示す。図5左上は操作対象に携帯端末を掲げた際の表示である。スマートフォンの背面カメラを操作対象に向ける事で、画面の淵に赤い枠と左下に機器の状態を表示する。機器の状態表示には、電源の On-Off 状態や連携時の連携状態がアイコンとして描画される。そして、赤い枠が表示された状態で画面の端末へタップ操作する事で操作対象を選択する事が出来る。また、図5左上の状態において画面の操作対象をロングタップする事で操作対象のイメージをホールドでき(図5右上)、イメージをタッチし続けたまま他の機器にカメラを向け、タッチを話す事でドラッグ&ドロップを実現できる(図5左下・図5右下)。また、ドラッグの際はドロップ先の機器が連携可能か否かの表示を行う。連携できない場合は、ホールドしたイメージに対して NG マークを重畳し(図5左下)、連携できる場合にはプラスマークの重畳を行う事でユーザに操作の状態と可能な操作のフィードバックを行う(図5右下)。

本実験においてモバイル AR 手法の指し示した先の機器認識にはスマートフォンの方位センサを用いた。被験者の

操作位置と操作対象となる機器位置を固定し、端末内に被験者の操作位置からの各機器の方位を予め記録しておくことで、端末が向けられた先の機器を識別可能としている。本実験において、3手法における指し示し対象とフィードバック表示位置によるユーザビリティの違いを純粋に評価するため、カメラの画像処理による認識などよりも、速度や精度に影響が少ない方式を用いた。

4.2.1 俯瞰図手法における UI

俯瞰図手法における操作の様子を図6に示す。俯瞰図手法では、部屋の天井から撮影された俯瞰画像がタブレットに表示される。そして、俯瞰画像上の操作対象となる機器は赤い四角形の枠で表示される。また枠の左下には、モバイル AR と同様に各機器の状態が表示される。

各機器の選択時には、画面内の対象となる機器に対して、枠内へタッチ操作を行う事で対象機器を選択する事が出来る(図6上)。また、枠内に対してタッチし続ける事で各機器対応したアイコンをドラッグする事ができ、アイコンを連携させたい機器の枠内にドロップする事で2つの端末を連携させることができる(図6下)。

俯瞰図手法における、部屋全体の俯瞰画像は予め撮影された静止画を用いた。静止画は実験において被験者が操作位置からタブレットを見た際、俯瞰画像の向きは被験者のいる位置を一致するように撮影されている。また、俯瞰画像中の各機器の位置は予め固定されたものとして端末に記録している。

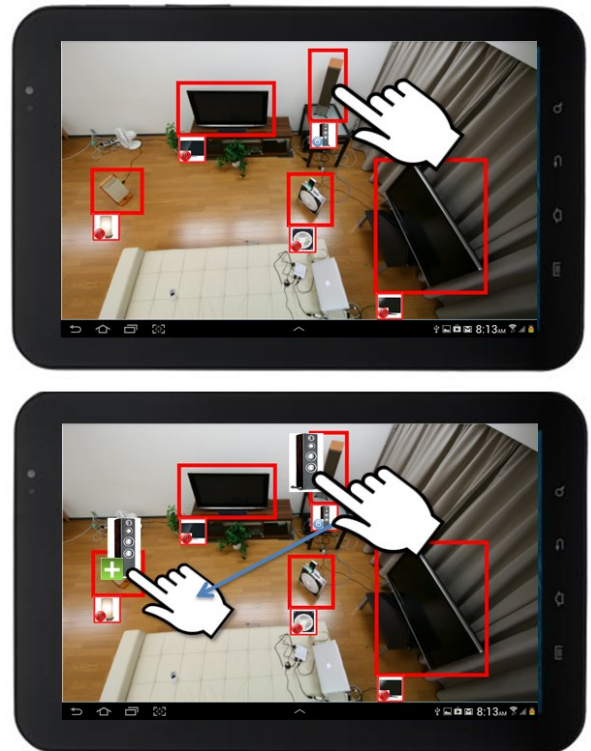


図6：俯瞰図手法による操作

4.2.2 提案アプローチにおける UI とシステム構成

図7は提案アプローチ手法において用いるプロトタイプ
の操作端末であり、スマートフォンに手で持つことが可能
な小型のプロジェクタを取り付けたもので操作を行う。本
研究で利用した小型プロジェクタの光量は300ルーメンの
物を利用している。

図8は、上記の操作端末を用いた操作の様子である。図
8a に示す様に操作機器に対して携帯端末を向けると、モバ
イルAR・俯瞰図手法と同様に赤い枠と指し示した先の機
器状態が左下に表示される(図8b)。図8bの状態ですマ
ーホン画面の任意の場所に対してタップ操作を行う事で、
指し示した先の端末を選択することができる。また、図8b
の状態ですマーホンの画面に対して長押しによるホ
ールド操作をすることで、指し示した先の機器アイコンをド
ラッグする事が出来る(図8c)。ドラッグ操作時には、指
し示す先を変えることでドラッグ位置を自由に変えること
ができ、連携可能な機器以外に端末を向けるとアイコンの
左下に禁止マークが表示される(図8d)。また、ドラッグし
ている端末とドロップ先の端末が連携可能な場合はプラス
マークが表示され(図8e)、図8eの状態ですタップ状態を
離す事でドラッグ元とドロップ先の端末を連携できる。



図7：実物体重量手法における操作端末

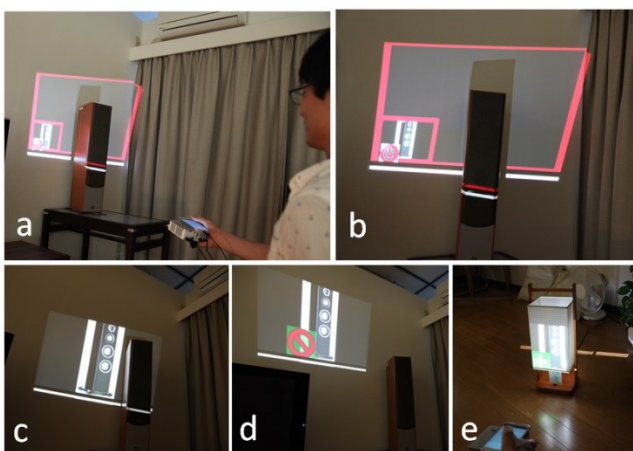


図8：実世界重量手法における操作

4.3 検証方法

実験には図9に示す宅内を模した環境において、2台の
テレビとライト・扇風機・オーディオスピーカの5つの機
器を操作対象機器として用いた。全ての手法において、被
験者は部屋の中央部のソファに座った状態で機器選択・
連携の操作を行った。

実験では、被験者には予め決められた実験操作シナリオ
に沿って機器の選択・連携を行わせた。被験者は3つの操
作手法を用いて、表2に示す実験シナリオをそれぞれ1度
ずつ取り組む。シナリオはそれぞれ単体機器の選択タスク
4つと2つの機器の連携タスク4つの計8つのタスクから
構成され、実験時には1つずつ口頭で被験者にタスクが伝
えられる。またシナリオ操作開始前には、実験者から被験
者に対して、それぞれの手法における選択操作と連携操作
の方法の説明を行い、選択と連携操作を一度だけ被験者に
行わせた。

シナリオ終了毎に、被験者には操作手法に関するアンケ
ートの回答を行ってもらった。アンケートの項目は新規技
術に関する Social Acceptance を調査する Technology
Acceptance Model(TAM)に基づき単項目から構成される有
用性(perceived usefulness)・簡易性(easy to use)・面白さ
(perceived enjoyment)・使いたさ(intention to use)における評
価を行った[8][14]。各評価項目の関係をモデル化すると図
10として示される。その際、各単項目の評価は、7段階の
Likert スケールを用いた。

実験中は被験者の操作の様子に対してビデオ撮影を行
った。また全手法によるシナリオ終了後に、実験者により
操作内容に関するインタビューを行った。

実験ではタブレットやスマートフォン等の端末の操作
経験のある24歳~28歳(平均26.1 男性9名、女性4名)の
13名が被験者として比較評価を行った。シナリオを行う操
作手法の順序においては被験者間においてカウンタバラン
スをとった。



図9：比較実験環境

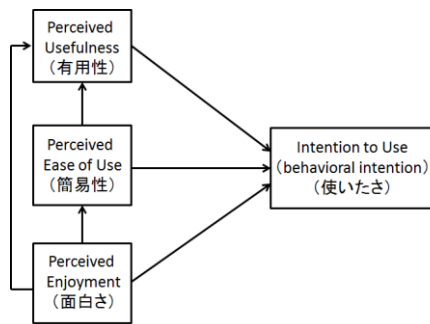


図 10:Technology Acceptance Model[14]

表 2：検証実験シナリオ

実験タスク	
Task1	ライトを選択して、点灯したことを確認して下さい
Task2	正面テレビを選択して、映像が流れる事を確認して下さい
Task3	正面テレビとスピーカを連携させて、テレビ音声から流れる事を確認して下さい
Task4	スピーカとライトを連携させて、音声に合わせてライトが変化する事を確認して下さい
Task5	スピーカを選択して、音声が進む事を確認して下さい
Task6	右手のテレビを選択して、映像が流れる事を確認して下さい
Task7	右手のテレビとスピーカを連携させて、テレビ音声から流れる事を確認して下さい
Task8	右手のテレビと扇風機を連携させて、映像に合わせて風量に変化する事を確認して下さい

黒字: 単独機器選択タスク
 赤字: 連携選択タスク

5. 実験結果

5.1 アンケート評価結果

アンケートによるユーザビリティ評価の結果を図 11 から図 15 に示す。図 11 から図 14 はそれぞれ有用性・簡易性・面白さ・使いたさにおける単項目の評価結果であり、縦軸は 1 (低評価) ~7 (好評価) とした場合の各被験者のアンケート評価の平均と標準誤差を示している。また、図 15 は有用性・簡易性・面白さ・使いたさにおいて各単項目の結果を平均したデータを示している。

図 11 では有用性の単項目として、各操作方法を利用して選択・連携を行う際の、操作の素早さ・効率良さ・間違えにくさ・有効さについての評価結果である。評価結果に対して 3 手法間でそれぞれ t 検定を用いた所、素早い操作が可能かという質問に対しては、モバイル AR と俯瞰図、俯瞰図と実物体重畳の手法間でそれぞれ有意差が生じた ($t(12)=4.38, p<.000089$), ($t(12)=3.48, p<.0045$)。また、効率の良さについてもモバイル AR と俯瞰図、俯瞰図と実物体重畳の手法間で ($t(12)=3.74, p<.0028$), ($t(12)=2.45, p<.0031$) と有意差が生じた。

次に図 12 は簡易性の単項目である、操作の直観性・覚え易さ・忘れにくさ・明確さ・簡単さについての評価結果である。簡易性の単項目では、簡単さにおいてのみモバイル AR と俯瞰図の間で優位傾向が見られた ($t(12)=1.81, p<.097$)。

更に図 13 は面白さにおける単項目として面白さと興味

深さについての評価結果である。俯瞰図と実物体重畳の手法間では面白さ・興味深さの両項目で有意差が見られた ($t(12)=3.27, p<.0067$), ($t(12)=3.28, p<.0066$)。一方、モバイル AR と実物体重畳の手法間では両項目で優位傾向が見られた ($t(12)=1.87, p<.086$), ($t(12)=1.87, p<.086$)。

更に、図 14 は使いたさにおける単項目評価の結果である。使いたさの単項目においては、各手法間での評価の差は認められなかった。

最後に、図 15 の有用性・簡易性・面白さ・使いたさにおける単項目をまとめた評価結果である。有用性においてはモバイル AR と俯瞰図・俯瞰図と実物体重畳の手法間で有意差が生じた ($t(12)=2.65, p<.021$)・($t(12)=2.31, p<.039$)。また、面白さに関しては実物体重畳と俯瞰図の手法間で有意差が生じた ($t(12)=3.53, p<.0041$)、実物体重畳とモバイル AR の操作手法間で優位傾向が見られた ($t(12)=1.87, p<.086$)。

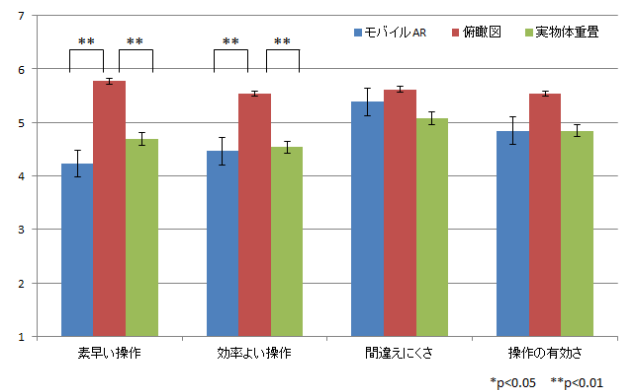


図 11：有用性における単項目評価

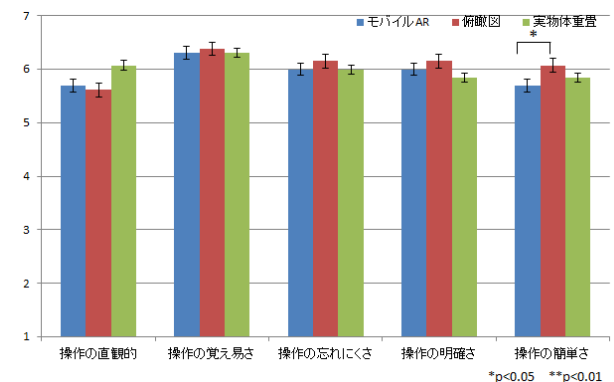


図 12：簡易性における単項目評価

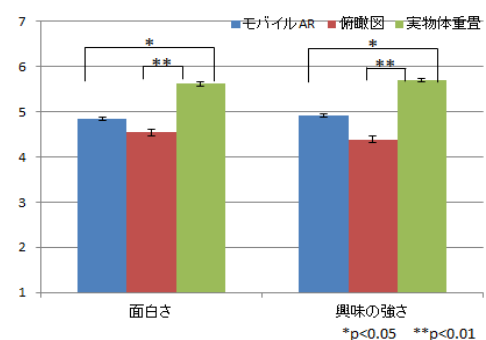


図 13：面白さにおける単項目評価

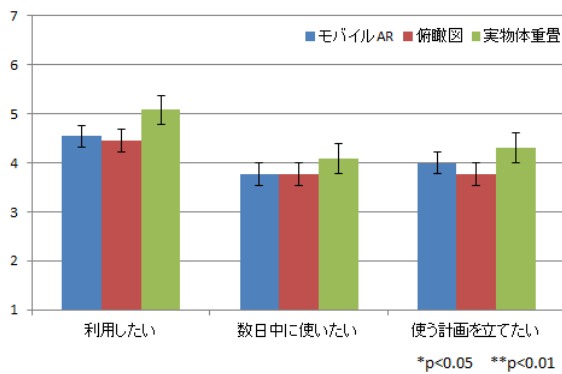


図 14：使いたさにおける単項目評価

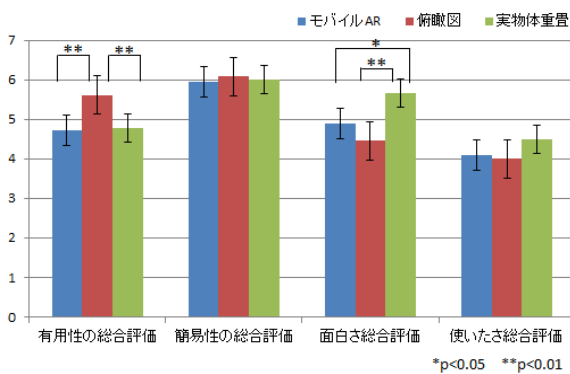


図 15：アンケート総合評価

5.2 インタビューによる被験者コメント

インタビューにおいて、モバイル AR に対する主なコメントとして、スマートフォンを掲げる動作に対して煩わしいとコメントをした人が全 13 人中 8 人から挙げた。

カメラ AR による操作手法は操作時に画面をのぞきこんで見なければならず使いづらかったです。また、表示がプロジェクタの手法と比べ小さく手前の画面で見ることが大変でした。また、かざす操作は両手でしなければいけないため手がかかるし、同じ向ける操作でも掲げる行為はリモコンと違い違和感がありました。

また、俯瞰図手法のコメントとしては他の 2 手法と比べ、指し示しを行うため実際に体を動かす量が少なく操作が一番早く・楽に出来そうというコメントが 6 人より挙げられた。また、操作時に全体の状態を把握できる事が良いというコメントが 3 人より挙げられた。一方で、俯瞰図手法の問題点として、実際の機器とタブレット間で視線を行き来させる必要がある事に対して良くなかったというコメントが 4 人から指摘された。

タブレット（俯瞰図手法）は慣れてしまえば一番素早くできそう。でも少し使いづらかったです。機器と（タブレット上の）アイコンの対応を取らなければいけないのが面倒で、数が増えた際に迷いそうだと思います。実際に実験中にも少し躊躇しました。

最後に、実物体重畳における主なコメントとしては、プ

ロジェクタ光による視覚フィードバックが見えづらいというコメントが 7 人より挙げられた。

テレビに重畳した時や扇風機上に重畳した時など、場所によってはプロジェクタの表示が見えにくかった。見やすかったらより良かったと思う。

また、実物体重畳手法は操作自体が面白いと感じたというコメントが 7 人より挙げられた。自発的に面白いとコメントをした被験者に対して、更に面白いと感じた理由を尋ねたところ、3 人から目新しさによるものと言うコメントが得られ、4 人から実世界に対する表示の効果でドラッグ&ドロップ時に自分が機器操作している感覚を強く感じるという声が挙げられた。

プロジェクタは使っていて一番楽しかった。理由としては自分で操作・連携させている、実際に操っている感を一番強く感じたからです。（操作する機器は）実世界が対象なので、その場に映像が表示されていると操作感を強く感じたのだと思います。

対象に向けて映像が表示される事で、魔法を使っている気分になりました。杖を向けている感覚でメディア系としての用途が面白いと思います。ただ掲げるのは少し面倒ではあるので、タブレットの方法（俯瞰図）が日常で単純に操作するならベストの様に感じました。

6. 考察

本実験条件において 3 手法の比較した際に、操作を素早く行える、操作を効率よく行えるという点で、俯瞰図手法がモバイル AR や実物体重畳の手法と比べて優位であるという事が示された。その理由として、端末を実対象へ向けるモバイル AR や実物体重畳手法は大きな動作が必要だったことが挙げられる。時に、スピーカとライト連携させる実験タスクでは、体を捻って指し示さなければならないほど大きな動作を行わなければならなかった。一方で俯瞰図手法は指し示し先がタブレット上で閉じているため、手元の操作だけで済んでいた。以上の事から、画面内への指し示しの操作時の動作の少なさは実物体への指し示しの動作の大きさに対して素早さや効率の面で良い影響がある事が分かった。一方で、俯瞰図手法において画面内の操作対象と実際の対象とで対応を取らなければならない問題に関しては、実対象と画面の間で視線の行き来が必要という点で被験者からのインタビューコメントが述べられた。しかしながら、本タスクにおいては物理的な身体動作と比べて、視線の行き来が操作の素早さや効率性といった項目に与える影響は小さかったことが示唆される。

一方、簡易性に対する評価から指し示しによる選択やドラッグ&ドロップによる連携操作は、操作方法の違いにより、操作の明確さ・覚え易さ・忘れにくさという項目で差が見られなかった。各項目においては 3 手法ともユーザ評

価による値が高く、覚え易さではモバイルARでAve = 6.31, SE = 0.20, 俯瞰図 Ave = 6.38, SE = 0.17, 実物体重畳 Ave = 6.31, SE = 0.23 となった。また、忘れにくさではモバイルARでAve = 6.00, SE = 0.22, 俯瞰図 Ave = 6.15, SE = 0.18, 実物体重畳 Ave = 6.00, SE = 0.22 となった。更に明確さではモバイルARでAve = 6.00, SE = 0.24, 俯瞰図 Ave = 6.15, SE = 0.21, 実物体重畳 Ave = 5.84, SE = 0.38 となった。その為、本実験タスクを実行する上で、各手法の操作はどれも十分覚えやすく・忘れにくく、明確であった事が示唆される。

更に、面白さに対する評価において実物体重畳手法は持俯瞰図手法の間で有意な差がある事が示された。その理由の1つとして、機器連携の際に実物体上に映像を重畳し、実対象を指し示す動作で重畳された映像をドラッグして連携する操作が、機器同士を直接連携（ダイレクトマニピュレーション）している感覚を他の2手法と比べ得やすかったという事がユーザインタビューの結果より考えられる。直接操作感をユーザが得る条件としては「操作対象および動作の連続的な表示」「複雑な構文ではなく、物理的動作やボタンによる操作」「操作対象への影響が即座に見られる高速で逐次的かつ可逆的な操作」の3つが重要であることが従来研究において挙げられている[13]。一方、本研究における実物体重畳手法は、ドラッグ&ドロップを機器に直接映像を重畳して実現する事で連携操作の開始から機器が連携して動作するまでを、3手法の中で唯一視線を変える事無く連続的に行う事が出来る手法である。その為、実物体重畳手法は「操作対象および動作の連続的な表示」「操作対象への影響が操作に見られる操作」という点で直接操作感を得やすい手法であったと考えられる。

最後に、使いたさに対する評価においては各手法とも有意な差は見られなかった。図10のTAMの関係から、有用性に対する俯瞰図手法のメリットと、面白さに対する実物体重畳手法のメリットとの間で評価が相殺され、最終的な使いたさの評価で差が生じなかったものと考えられる。

7. まとめ

本研究では、携帯端末を用いた指し示し動作による機器選択手法を行うアプローチとその関連研究において分類を行った。そして、操作手法の違いがユーザビリティへ与える影響について比較評価を行った。比較では、指し示し動作の対象位置と、視覚フィードバック表示位置の2項目の条件が異なる、モバイルAR・俯瞰図・実物体重畳の3手法に対して実装し、各手法に対するユーザ評価実験を行った。実験を通じて、ディスプレイ内で指し示しと視覚フィードバックを行う俯瞰図の方式が操作を素早く・効率よく行う際に効果的であることが明らかになった。その為、家電機器の操作など宅内における日常的なタスクにおいては俯瞰図手法が有効であると考えられる。一方で、実物体重

畳の方式はユーザにとって面白さ・興味の強さの項目で俯瞰図手法よりも良いことが示され、ゲームやアミューズメント施設での利用など広く室内用途で活用する際は各々の手法の強みに応じた活用が望ましい。

本研究により得られた手法の違いによるユーザビリティへの影響に関する結果は、ユーザが周囲にある対象を指し示し動作で操作する際のユーザインターフェースデザインにおける有益な知見であると考えられる。

参考文献

- 1) 任天堂 Wii コントローラ
<http://www.nintendo.co.jp/wii/>
- 2) LG マジックリモコン(AN-MR300)
<http://www.lg.com/jp/tv-accessories/lg-AN-MR300>
- 3) iRemocon, <http://i-remocon.com/>
- 4) 松元崇裕, 瀬古俊一, 青木良輔, 井原雅行, 小林透, "携帯端末を用いたマルチディスプレイ間でのコンテンツ操作手法", ユビキタスコンピューティング研究会(UBI), 2013.
- 5) 暦本純一. InfoRoom: 実世界に拡張された直接操作環境, インタラクション, pp.9-16, 2000.
- 6) Andrew Wilson and Steven Shafer. "XWand: UI for intelligent spaces," Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp545-552, (CHI'03).
- 7) Bastian Kriesten, Rene Tunnermann, Christian Mertes and Thomas Hermann. "Controlling ambient information flow between smart objects with a mobile mixed-reality interface" Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, Pp405-406, (Mobile HCI'10).
- 8) Davis, F. D. User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. International Journal of Man-Machine Studies vol. 38, Issue 3, 475-487, 1993
- 9) Dominik Schmidt, David Molyneaux and Xiang Cao. "PICOntrol: using a handheld projector for direct control of physical devices through visible light," Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp379-388, (USIT'12).
- 10) Fahim Kawsar, Enrico Rukzio and Gerd Kortuem, "An explorative comparison of magic lens and personal projection for interacting with smart objects", Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, pp157-160, (MobileHCI'10).
- 11) Jun Rekimoto, Yuji Ayatsuka, Michimune Kohno and Hauro Oba, "Proximal Interactions: A Direct Manipulation Technique for Wireless" Networking, In Proceedings of INTERACT2003.
- 12) Pranav Mistry, Pattie Maes and Liyan Chang, "WUW - wear Ur world: a wearable gestural interface", CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp4111-4116, (CHI EA'09).
- 13) Shneiderman, B. and Plaisant, C. "Designing the User Interface 4th Ed. Person/Addison-Wesley, Boston, MA, 2005.
- 14) Sun, Heshan and Zhang, Ping "Causal Relationships between Perceived Enjoyment and Perceived Ease of Use: An Alternative Approach," Journal of the Association for Information Systems: Vol. 7: Iss. 9, Article 24, 2006.
- 15) Thomas Seifried, Michael Haller, Stacey D. Scott, Florian Perteneder, Christian Rendl, Daisuke Sakamoto and Masahiko Inami, "CRISTAL: a collaborative home media and device controller.", Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, pp33-40, (ITS'09).