

携帯プロジェクトを使った コミュニケーション支援システム

花田 雄一^{†a)} 馬田 孝博[†]
守部 峰生[†] 森 信一郎[†]

コミュニケーション技術はリアルタイム技術とアンタイム技術とにわけられる。前者は電話が相当し、後者はメールやブログなどが相当する。近年では、アンタイム技術に相手の限定性が付加された SNS が広がりを見せている。アンタイム技術の特徴であった匿名性が変化し、より個人の情報を公開するようになりつつある。限定性がアンタイムコミュニケーションに影響を与えていると言える。従って、今後はより相手が限定されたコミュニケーションが望まれ、それらに対応したコミュニケーション技術が必要とされる。より限定的なコミュニケーションとして、同席者との会話がある。目前の人とのコミュニケーションは現実であり、より限定的であると言える。これまでのコミュニケーションの補間技術が距離を仮想化して実現してきたのに対し、これらの限定的なコミュニケーションを補間する技術は、人と人との理解度を仮想化する技術であると言える。本稿では、理解度を仮想化する技術として、共有画面と共有操作を持つ携帯端末を提案する。携帯電話に搭載されている小型プロジェクトと携帯カメラを使った端末を試作し、モバイル環境の外光の変化に対して正しく動作する事を示す。

Communication Support System with Portable Projector

YUICHI HANADA[†] TAKAHIRO UMADA[†]
MINEO MORIBE[†] SHINICHIRO MORI[†]

This paper describes the face-to-face communications technology. Communication technologies are classified into the real-time technology and the un-time technology. The former corresponds to the telephone. The latter corresponds to the e-mail and blog systems. The individual information disclosures like the Facebook are now spreading the SNS. And the disclosure of personal profile was achieved the restrictive communication.

[†]株式会社富士通研究所 ITS 研究センター
FUJITSU LABORATORIES LTD.
a) E-mail: hanada.yuichi@jp.fujitsu.com

Therefore, it is considered that the future development of communication technology has made more realistic. Reality as excellent communication, assuming a conversation with a neighbor. In order to smooth the conversation, it is necessary to consider the technology to complement each other's understanding. This paper shows how to use a share screens and a share operation on the mobile phone, and shows that can be used in a mobile environment using a prototype.

1. はじめに

これまでのコンシューマ向けコミュニケーション技術の歴史を顧みると、最も古い技術は手紙のシステムと言える。しかし、手紙は送り手から受け手に対して時間がかかるのはもちろん、その応答にも時間がかかってしまう。その問題を解決したのが電話であり、実時間（リアルタイム）における遠距離コミュニケーションを実現した。その後、ネットワーク技術が高度化し、テキストでメッセージをやり取りするチャットシステム [1]やファイル共有システム、イメージを共有する画面共有システム [2]、相手のアプリを操作するための遠隔操作システムなども開発されている。

一方、実時間でない（アンタイム）コミュニケーション技術は、1995年のインターネット元年を始めに急激に世の中に浸透し、ホームページや電子メールを中心に、情報を幅広く提供する土台として確立された。その後、個人の情報に特化した情報提供としてブログが普及した。さらに2002年には Friendster が登場し、友人の招待者のみ参加できるコミュニティとして、参加に制限があるにも関わらず、2004年には数百万人規模のネットワークサービスに成長した。これらはソーシャル・ネットワーク・サービス（Social Network Service : SNS） [3] [4]と呼ばれ、その後、誰でも参加可能な Myspace が登場し、2006年には会員数が1億人を超えた。2009年には Facebook [5]の会員数が Myspace を逆転し、現在、およそ6億人規模のネットワークサービスに成長している。文献 [6] [7]では、相手の状況をより詳細に知る事で、自身のプロフィールをより積極的に相手に提供するようになり、それがコミュニケーションの活性化を促す事を報告しており、これらの SNS は人々のコミュニケーションに対する要望に応える形で発展してきた。また、リアルタイムで情報発信を行う SNS として、Twitter も増加しており、1日あたり1億数千万件の情報がやり取りされている。これらの情報ネットワークサービス増加の背景には、携帯電話を代表とするモバイル端末の普及が大きい。これは、遠距離にも関わらず、誰とでもコンタクトが可能であり、距離を仮想化している技術であると言える。

図1に上記コミュニケーションサービスを、相手に対する限定性と、コミュニケーションのリアルタイム性を軸に分類したものを示す。コミュニケーションに対するプロフィールの限定性が高く、アンタイムなサービスとして Facebook が位置づけられる。また、限定性も低く、アンタイムなサービスは従来のサービスが位置づけられ、限定性は低いリアルタイムなサービスとして Twitter や電話サービスが位置づけられる。

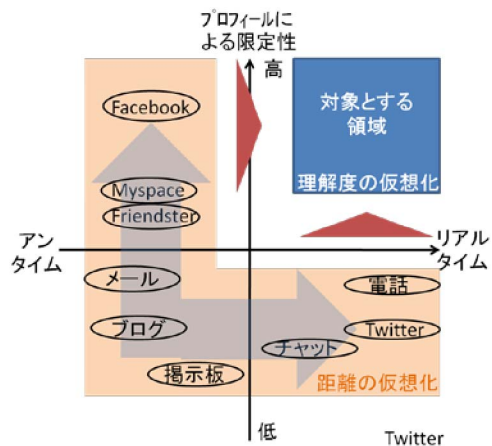


図 1. コミュニケーションサービスの分類

これらの技術は、人と人の物理的な距離を仮想化したことで、これまでお互いのコンセンサスを取得するのに困難だった状況を簡単にした。しかし、遠距離におけるコミュニケーション技術が発展する一方で、近距離におけるコミュニケーションの多くは、未だに会話や文字などで行われている。コミュニケーションする相手が目前にいる事は、相手が限定された状態でリアルタイムな会話を要求される。この状態でのお互いのコミュニケーションを促進させる技術は、これまでの物理的な距離を仮想化する技術と違い、人と人の理解度を仮想化する技術、つまり、相手の意思がより容易に理解できるようになり、早期なコンセンサスを得られる技術であると言える。

現実でのコミュニティにおいて早期なコンセンサスを取得するには、これまでのネット上でのコミュニティとは違い、大人数には適しておらず、数人レベルでのコミュニティが適しているとされている [8]。従って、人と人の理解度を仮想化する技術は、数人レベルでのコミュニティが考えられる。数人のコミュニティが想定される場所は、会議室などの決まった部屋だけではなく、学生食堂や談話室などモバイル環境での活用が考えられる。数人のコミュニティにおいて利用されるコミュニケーションツールとして、プロジェクタがある。プロジェクタはお互いが共通の画面を見ることで、相手に対して自分の意思伝達を容易にし、早いコンセンサスを実現している。しかし、プロジェクタは表示する機能のみであり、他人の意思が利用者を介して画面に反映されるまでには時間がかかってしまう。一方、ホワイトボードは、お互いの意見を一つのボードに書き込みながらコミュニケーションを行うことで、早いコンセンサスを

ることができる。つまり、一つの物を共有して操作する（共有操作）事で早いコンセンサスを取得する手段の一つである。しかし、書き込むボードや、細部の情報共有は困難なため、他技術との組み合わせが望ましい [9]。共有画面を見ながら、共通の物をお互いに操作してコミュニケーションを図るものとして、画面の大きい（A5 サイズ）モバイル端末が開発されている。これらは複数人で閲覧できる画面の大きさと、高い共有操作性を備えているが、画面の大きさに比例して重量が増加し、可搬性が低下するため、モバイル環境での利用は困難である。そこで、近年増加してきている携帯（携帯一体型、分離型）プロジェクタを使って、複数人で閲覧できる共有画面を創出し、携帯電話に装備されたカメラを使って共有操作を実現することで、可搬性の面での問題を解決する、理解度を仮想化させる端末技術としての検討を行う。

本稿の構成を述べる。2章では、関連研究と共有操作性に関する課題について述べ、3章ではそれらの課題を解決する方式について述べる。4章では実機検証と考察を述べ、5章でまとめを述べる。

2. 従来技術

近年、プロジェクタとカメラを使って、共有画面と共有操作を実現したプロジェクタ技術がある。これらは、プロジェクタによって画像が表示された画面を、直接スクリーンに触れる事で、画面遷移などの制御を実現している。例えば、文献 [10]では、スクリーンにかざした手の影をカメラで認識することで、タッチパネルの機能を仮想化しており、予め手と影の領域を設定しておくことで、手と影が重なった時に、手がスクリーンに触れた（画面タッチ）と判断する仕組みである。しかし、この技術はスクリーンに投影された手の影を認識させるため、プロジェクタとカメラ間に視差が必要となり、影の認識精度を向上させるためには、視差を大きく取ることが必要である。そのため、基本的には常設された会議室など、据え置き型のプロジェクタでの利用に適しており、携帯電話のような小型の機器の場合、プロジェクタとカメラの視差を大きくすることが難しい。

また、指先にカラーマーカを装着し、カメラがカラーマーカの動きや数を認識して、プロジェクタを制御する技術がある [11]。この技術は可搬性に優れており、いろいろな場所での利用が想定されている。しかし、指先にカラーマーカを装着する必要があるため、利用者以外が使えないという点で、共有操作が困難である。

以上より、プロジェクタを使った、人と人のコミュニケーションを支援するための携帯端末として、次の2点の検討が必要である。

- 携帯電話のカメラとプロジェクタが隣接する構造での画面タッチの検出
- 指にマーカを付けない構造での指の位置の検出

3. 提案手法

本稿では、携帯電話のプロジェクタを利用して共有画面を表示し、携帯電話に装備されたカメラを使って共有操作を実現する端末について検討を行う。これまでに提案されてきたプロジェクタのスクリーンは反射型を利用しており、携帯電話のプロジェクタが投影した画面が操作を行う手指に重畳されて表示される為、手指の認識や画面タッチの認識を困難にしていた。そこで、図2に示すように、反射型ではなく透過型のスクリーンを使って、検討を行った。こうする事で、従来、投光された画像が手指に重畳された為に認識が困難であった手指と画像の認識が視認者にとって容易になり、操作性を向上する事ができる。また、携帯電話のカメラによる手指の認識や画面タッチの検出も容易にする事ができる。

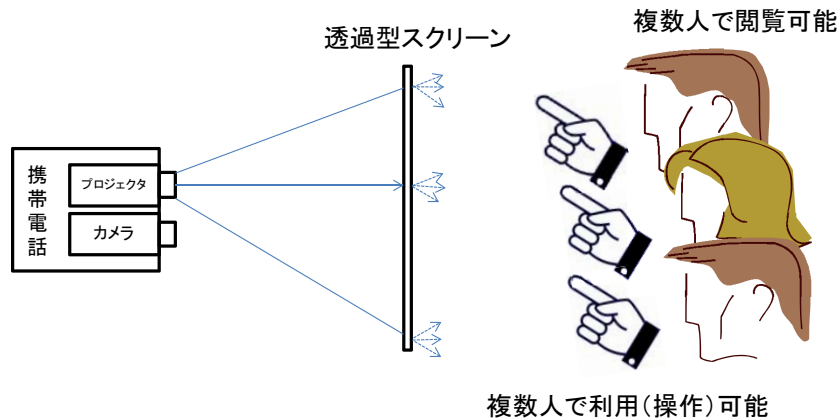


図 2. 利用シーンの構成

3.1 画面タッチの検出方法

ここでは、画面タッチの検出方法について述べる。透過型スクリーンは、スクリーン上にプロジェクタの映像を表示するために擦りガラス状となっており、スクリーン上で投射光が発散することにより、プロジェクタの反対側から映像を見ることができる。一方、カメラ側（プロジェクタ側）からは、図3左のように、プロジェクタの投射光が反射する光とスクリーンを通過する外光の合成光が見える。しかし、反射光よりも外光の方が、光量が大きいため、さらに擦りガラスの特徴から、図4左のように、真っ白な状態となる。この状態で、図3右のように、スクリーンに手指でタッチする

と、その部分のみ外光を遮断し、さらに、手指によってもプロジェクタの投射光を反射させるので、図4右のように、画面をタッチしたことを確認することができる。我々は、この擦りガラスの特徴を活かすことによって、画面タッチの検出を行えるのではないかと考えた。

この現象を、論理的な式で表すと以下のようになる。

$$Qc[r, g, b] = Qp[r, g, b] * (S + F) + Qo[r, g, b] \dots (1)$$

Qp はプロジェクタが発する光量（画素値）であり、 S はスクリーンが光を反射させる反射効率、 F は指をスクリーンに接触させた際に光が反射する反射効率である。また、 Qo は外光の光量である。 Qc はプロジェクタの光がスクリーンを反射して戻ってきた光量と外からの光量の和となる。

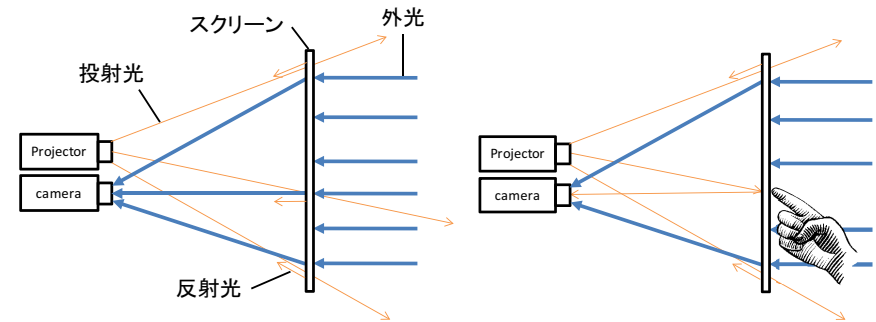


図 3. プロジェクタの投射光とカメラへの反射光の関係

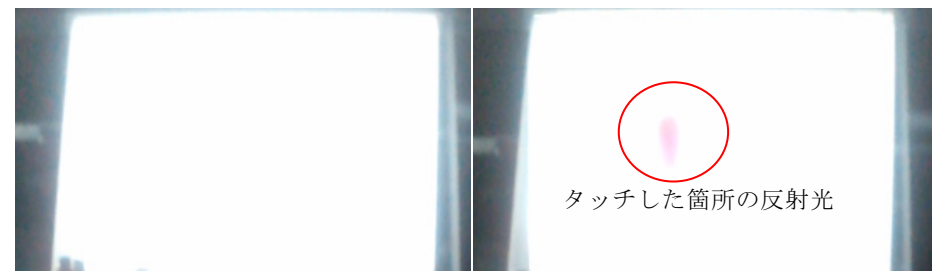


図 4. プロジェクタ側からの画像

この関係が正しいかを、簡単な実験によって検証を行った。赤・緑・青の画像をプロジェクタでスクリーンに投射し、指で触れる前と後の画素値の変化を調べた。結果を図 5-7 に示す。横軸は時間で、縦軸が画素値を表している。図中の赤線は R 成分、緑線は G 成分、青線は B 成分を表している。これら进行分析し、以下のことがわかった。

- 指で触れる前：全画像において、RGB 成分の画素値が全て 255 を示していた。
- 赤画像投射：G 成分と B 成分が 200 前後まで減衰したが、R 成分は減衰しなかった (図 5)。
- 緑画像投射：G 成分と B 成分は 230 前後に減衰し、R 成分が 100 以下にまで減衰した (図 6)。
- 青画像投射：G 成分は 170 前後、R 成分は 100 前後まで減衰したが、B 成分は多少の揺らぎはあるものの、ほぼ減衰しなかった (図 7)。

このことから、画面タッチをすると RGB 成分の画素値に何らかの変化があることがわかった。従って、この変化に対して閾値を設けることによって、閾値を下回った瞬間を手の接触と捉えることができると考えた。

3.2 画面タッチの位置検出方法

次は画面のどの位置にタッチしたかを検出する方法について述べる。一般的には、変化した箇所の中心座標を算出し、その座標を触れた位置とする方法が考えられる。しかし、この場合、撮影した画像の全画素を処理する必要があり、携帯電話のような低いスペックでは、処理量が多すぎるため、他の機構に影響を与える可能性がある。そこで、携帯電話での処理量を極力減らすために、必要最低限の箇所でのみ観測を行うことが望ましいと考えた。

必要最低限の観測ポイントを決めるためには、確実に画面タッチの位置を観測できる必要がある。図 8 左のように、処理量を減らすために観測ポイントを減らし過ぎると、観測ポイントの谷間に画面タッチしてしまった場合は、位置を検出することができない。従って、図 8 右のようにタッチする指の範囲内に必ず観測ポイントが来るようにしなければならない。

プロジェクタで赤画像を投射し、指で触れた時の G 成分の変化分布を調べた。図 9 にその一例を示す。色の違いが G 成分の減衰量を表しており、指の中心にいくにしたがって、G 成分が減衰している。3.1 節より、画素値が閾値を下回った時に画面タッチと判断するため、図 9 より、横幅は約 10 (pix)、縦幅は約 20 (pix) となり、この間隔で観測ポイントを設けることで、もれの無いように位置検出ができると考えられる。

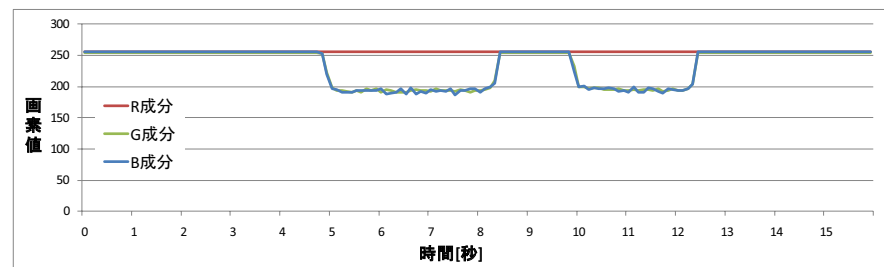


図 5. 赤画像を投射したときの RGB 成分の関係

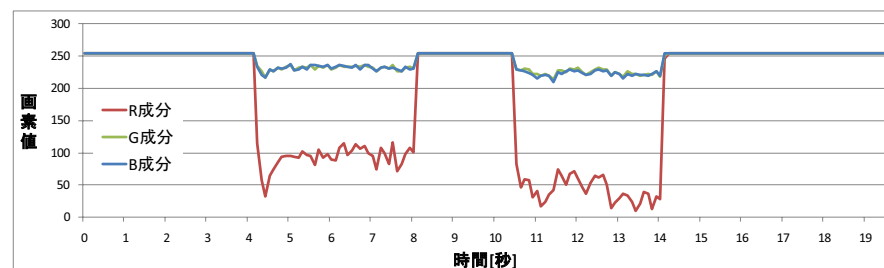


図 6. 緑画像を投射したときの RGB 成分の関係

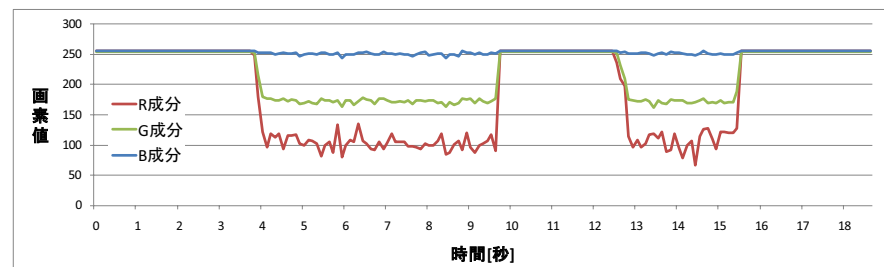


図 7. 青画像を投射したときの RGB 成分の関係

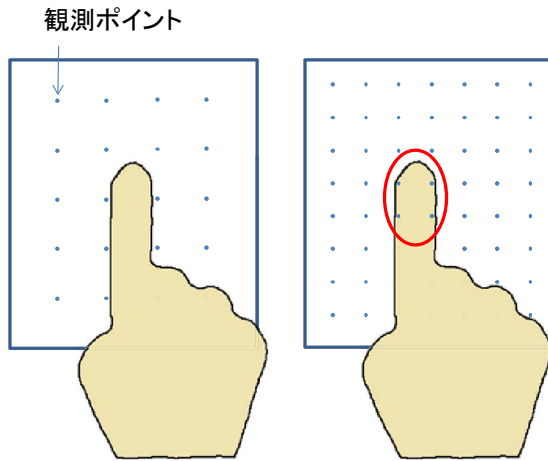


図 8. 観測ポイント間隔と画面タッチ位置の関係

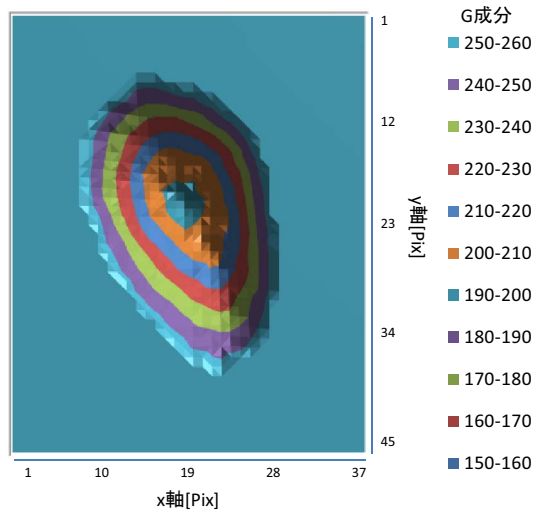


図 9. 指の接触分布と輝度の関係

4. 実装評価

3章で提案した手指による画面タッチ検出と位置検出を、実機を用いて評価検証を行った。

4.1 実験環境

本実験では、携帯電話は F-04B (カメラ解像度 320×160)、プロジェクタは F01 (明るさ 9ルーメン) を用いた。プロジェクタを用いて、携帯画面のサイズを A5 サイズにするためには、図 10 に示すように、スクリーンとプロジェクタの距離を 40～50cm 程度離さなければならない。しかし、実験を行う上で、携帯プロジェクタの設置が煩雑であり、操作性が悪いため、図 11 の実験系を作成した。これは、携帯電話をスクリーンの下に設置し、反射鏡を用いることにより、40～50cm の距離を創出して、画面サイズが A5 サイズとなるような構造になっている。

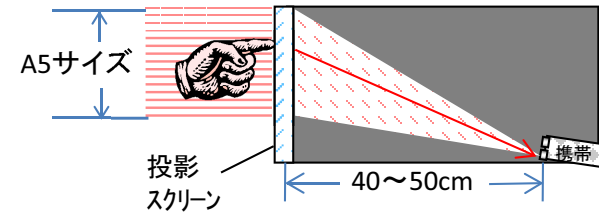


図 10. 投影サイズと投射距離の関係



図 11. 実験系

実験では、基本的な赤・青・緑の色を用いた。まず、図 12 左のような赤と青の二つのボタン画面をスクリーンに投影する。赤ボタンをタッチすると、赤が選択されましたと表示された戻るボタンのある画面に切り替わる。同様に、青ボタンをタッチすると、青が選択されましたと表示された戻るボタンのある画面に切り替わる。そして、緑の戻るボタンをタッチすると、元の赤と青の二つのボタン画面に戻る。この画面切り替えがスムーズに行えるかどうか検証を行う。

画面切り替えの閾値は、3.1 節により各ボタンで以下のように設定した。

- 赤ボタンタッチ：緑・青の輝度が両方 230 以下
- 青ボタンタッチ：赤の輝度が 150 以下
- 緑ボタンタッチ：赤の輝度が 150 以下

位置検出の観測ポイントは、3.2 節より、横には 10pix 間隔の 32 個、縦には 20pix 間隔の 8 個、合計 256 箇所とした。

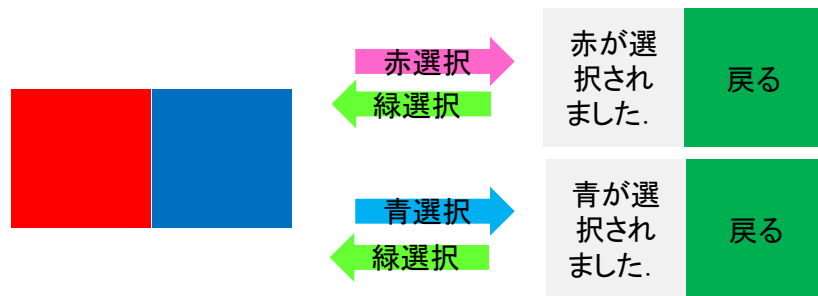


図 12. 実験概要

また、本提案は、モバイル環境を想定しているため、オフィスや会議室、食堂、屋外などを考慮しなくてはならない。そこで、いくつかの場所を想定して、スクリーン周辺の明るさを変化させて実験を行う。想定場所を以下に示す。

- ・夜（屋外，屋内両方）：0 ルクス
- ・会議室やオフィス：700 ルクス
- ・昼（屋外，食堂の窓際）：3000 ルクス～

4.2 評価結果

実験結果を表 1 に示す。結果から、700 ルクスでの一般的な会議室やオフィスなどでは画面遷移をスムーズに行うことができた。しかし、0 ルクスの暗い場所では、画面に触れていないにも関わらずに画面遷移が行われてしまった。また、3000 ルクス以上の屋外などの明るい場所では、画面タッチをしても、画面が切り替わらなかった。

表 1. 画面切替成功と外光の強度

投射画像	0ルクス	700ルクス	3000ルクス
赤	×	○	×
青	×	○	×
緑	×	○	×

4.3 考察

図 13～15 に分析結果を示す。各図は 0 ルクス、700 ルクス、3000 ルクスの時の画面タッチをした時としていない時の RGB の変化を示しており、左から赤画像、青画像、緑画像の結果である。図 13 の 0 ルクスの結果を見てみると、画面タッチしていない時の RGB がすべて 255 となっていないことがわかる。これは、外光がないため、スクリーンからの反射光によって、各成分が強く表れた結果となった。しかし、画面タッチをした時には、各画像ともに変化が見られた。図 14 の 700 ルクスの結果は、3.1 節でも述べたように、赤画像は G と B が 230 を下回っており、青画像と緑画像は赤が 150 を下回っているため、画面遷移を行えたことがわかる。図 15 の 3000 ルクスの結果からは、画面タッチをしても、画素値の変化が 700 ルクスの時よりも小さくなってしまい、閾値を下回らなかったために、画面遷移を行えなかったことがわかる。

以上から、利用場所の明るさによって、カメラがとらえる画像が変わってきまうことがわかった。従って、今回の実験では、閾値を固定にしていたが、利用環境によって閾値を動的に変更する必要がある。しかし、外光の明るさを判断することは、携帯電話の機構では難しい。そこで、画面タッチしていない時とした時の画素値の差分によって画面遷移を行い、その差分となる閾値を、画面タッチした時に常に変更していく。

上記方法で検証を行った結果を表 2 に示す。結果より、閾値を動的に変更することでほぼすべての画像、また環境で画面遷移を行うことができた。しかしながら、3000 ルクスの赤画像においては、一回目に画面遷移した時の RGB の変化量が大きかった場合、それによって閾値を変動させると、次にタッチした時に、その閾値を超えないケースがでてしまい、スムーズに画面遷移を行うことができなかった。

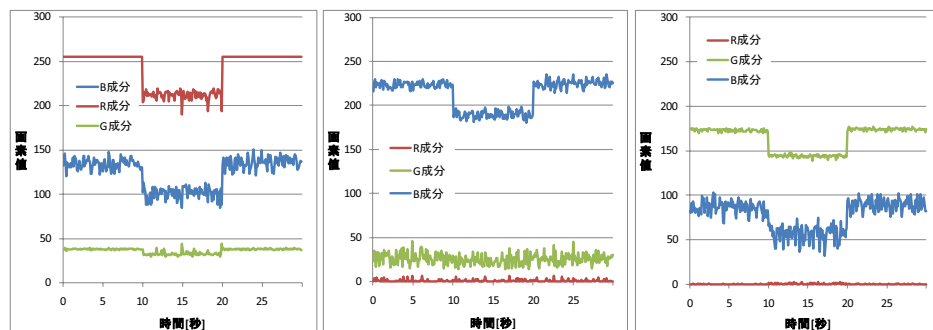


図 13. 0 ルクス（真っ暗）の時の RGB の変化

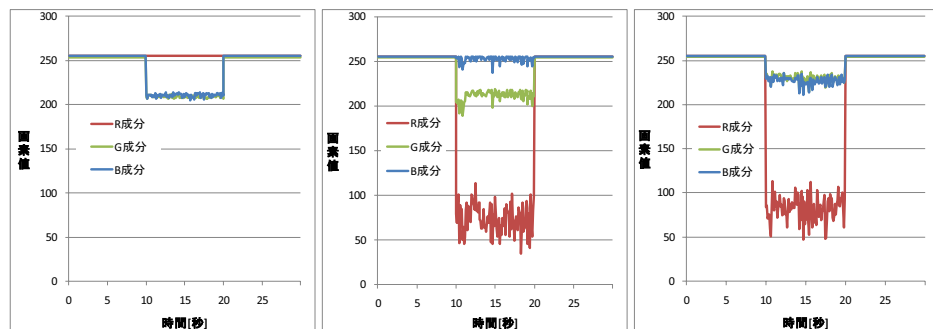


図 14. 700 ルクス（オフィスなど）の時の RGB の変化

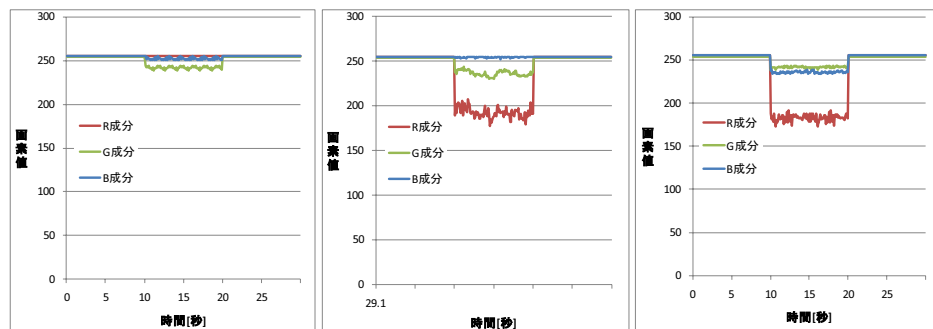


図 15. 3000 ルクス（食堂の窓際など）の時の RGB の変化

表 2. 閾値の動的変更時の画面切替成功と外光の強度

投射画像	閾値固定			閾値動的変更		
	0ルクス	700ルクス	3000ルクス	0ルクス	700ルクス	3000ルクス
赤	×	○	×	○	○	△
青	×	○	×	○	○	○
緑	×	○	×	○	○	○

5. まとめ

本稿では、これまでのコミュニケーション技術は距離を仮想化してきた事を説明し、今後は人と人の理解度を仮想化する技術が増加するとした。理解度を仮想化する技術として、画面共有と操作共有がある事を示し、モバイル環境上での利用が考えられる事から、携帯電話に搭載されている小型のプロジェクタとカメラを使った端末の検討をおこなった。携帯電話で画面共有と操作共有を実現する為には、画面タッチと手指の位置の認識が必要である事を示し、透過型スクリーンを利用することで解決する手法を提案した。画面タッチは、透過型スクリーンの特徴を利用し、画面タッチの瞬間をプロジェクタの反射光として認識可能である事を示した。手指の位置検出に対しては、携帯電話の低いスペックで対応する為、指の大きさから最小操作エリアを限定する事で処理量を減らす方法を提案した。これらの技術を試作機に搭載し、モバイル環境にて評価したところ、屋外や窓際での利用を除き、正しく動作する事を確認した。

今後は、不特定の画像に対しての画面タッチ検出の閾値の算出方法、人によって異なる手指の形状に対応した観測ポイントの自動化方法、より細かな操作（スライド、ドラッグ&ドロップなど）やマルチタッチなどに取り組む予定である。よりモバイル性の高いものにするため、透過スクリーンではなく、反射型スクリーンや屋外での利用も想定した使い方についても検討する予定である。

引用文献

- 尾崎裕史, 吉野考, 伊藤淳子, 宗森純, "円滑なコミュニケーション構築のための情報共有システムの開発," 情報処理学会, 情報処理学会研究報告. データベース・システム研究会報告, 2006(9), 25-30, 2006-01-26.
- 三浦元喜, "画面転送・遠隔操作に基づくコミュニケーションツールの設計," 情報処理学会, インタラクシオン 2003 論文集, 263-270, 2003.

3. 津川翔, 杉山浩平, 大崎博之, 今瀬真, ” ソーシャルネットワークのトポロジ構造を用いた開発型オンラインコミュニティの成功度推定手法, ” 電子情報通信学会, 電子情報通信学会技術研究報告. IN, 情報ネットワーク 108(204), 105-110, 2008-09-04.
4. 湯田聡夫, 小野直亮, 藤原善久, ” ソーシャル・ネットワーク・サービスにおける人的ネットワークの構造, ” 情報処理学会, 情報処理学会論文誌 47(3), 865-874, 2006-03-15.
5. Facebook. (オンライン) (引用日: 2011年05月31日.) <http://ja-jp.facebook.com/>.
6. 松尾豊, 安田雪, ” SNS における関係形成原理: mixi のデータ分析, ” 人工知能学会, 人工知能学会論文誌, AI22, 531-541, 2007-11-01.
7. S. Wasserman, F. Katherine, M. Granovetter, and D. Iacubucci, ” Social network Analysis: Methods and Applications, ” Cambridge University Press, ISBN 0521387078, 1994.
8. 森岡和子, ” コンセンサス会議における円滑なコミュニケーションのための考察: 「遺伝子組換え作物の栽培について道民が考える『コンセンサス会議』」を事例として, ” 科学技術コミュニケーション No.1, 96-104, 2007-03.
9. 横松清史, 中嶋信生, ” 円滑なコミュニケーションのための無線を用いた個人対個人情報交換の検討, ” 電子情報通信学会, 電子情報通信学会技術研究報告. MoMuC, モバイルマルチメディア通信 106(161), 31-34, 2006-07-07.
10. 加島隆博, 中島克人, ” プロジェクタとカメラによるタッチスクリーンのタッチ精度向上, ” 映像情報メディア学会, 映像情報メディア学会技術報告 34(31), 33-36, 2010-07-23.
11. P. Mistry, P. Maes, and L. Chang, ” WUW - Wear Ur World - A Wearable Gestural Interface, ” CHI2009, Spotlight on Works in Progress, Boston, MA, USA, 2009.