

アドホック環境における協調 AR プラットフォームの開発

坂部 義篤¹ 藤田 琢磨¹ 島田 秀輝² 佐藤 健哉¹

概要: 近年, スマートフォンの普及に伴って, 拡張現実感 (AR:Augmented Reality) 技術に注目が集まっている. AR 技術の応用例は多岐にわたり, テレビゲームへの応用例も現れているが広く普及しているとは言い難い. 主な理由の一つとして, その多くが個人での利用であることが挙げられる. これを解決するために, 複数人・複数端末で手軽に AR 技術が開発・利用できる環境を整え, 「アドホック環境における協調 AR プラットフォーム」として開発を行った. 具体的な試みとしては, 携帯端末のみでネットワークを構築し, AR 技術の利用に必要な情報を共有・同期できる機能に加え, 端末の位置に影響されることなく利用できる AR オブジェクトの操作機能や, ネットワークからの意図せぬ切断から復旧できる機能を持たせることで, より手軽に開発・利用できる環境を目指した. 関連研究との比較により, 目的に沿った有用性が期待できることを確認した.

A Development of Cooperative AR Platform for Ad-hoc Environment

YOSHIATSU SAKABE¹ TAKUMA FUJITA¹ HIDEKI SHIMADA² KENYA SATO¹

1. はじめに

近年, 拡張現実感 (AR : Augmented Reality) 技術を用いた様々なアプリケーションが登場しており, テレビゲームへの利用も始まっている. 例えば Nintendo3DS の内臓ソフトである「顔シューティング」[1] や Play Station3 専用ソフトの「THE EYE OF JUDGMENT」[2] などがある. 「顔シューティング」のプレイイメージを図 1, 「THE EYE OF JUDGMENT」のプレイイメージを図 2 に示す. 前者は端末を周囲に向けることでターゲットとなる AR オブジェクトを探し出し, 撃墜するゲームである. 後者はスタンド型のカメラで専用のカードを映すと, テレビ画面内でカードの上に AR オブジェクトが重畳表示され, 臨場感のあるゲーム体験が可能となっている.

しかし, 現時点では AR 技術を用いたテレビゲームが普及しているとは言い難い状況である. これは, 「顔シューティング」のようにその多くが個人でしか楽しめないことに起因していると考えられる. また, 現在の複数人における利用では「THE EYE OF JUDGMENT」のように特別な機器や設備を用意する必要があり, 利用への敷居が高く

なっている. こういった理由から, AR 技術を用いたテレビゲームの普及を目指すには, 複数人・複数端末で手軽に AR 技術が利用できる環境が必要である. そのため本稿では, アドホック環境における協調 AR プラットフォームの開発について述べる.

以下, 第 2 章で協調 AR プラットフォームの概要とアド

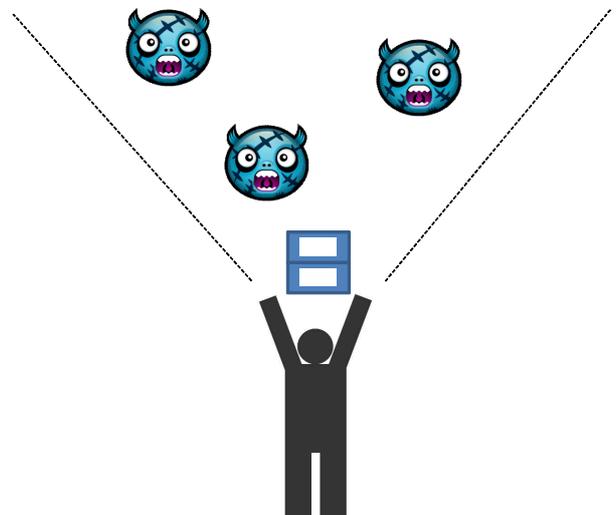


図 1 顔シューティングのプレイイメージ

¹ 同志社大学大学院理工学研究科情報工学専攻

² 同志社大学研究開発推進機構

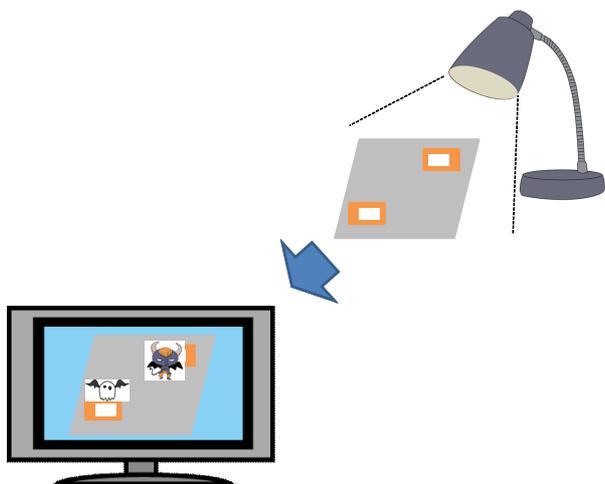


図 2 THE EYE OF JUDGMENT のプレイイメージ

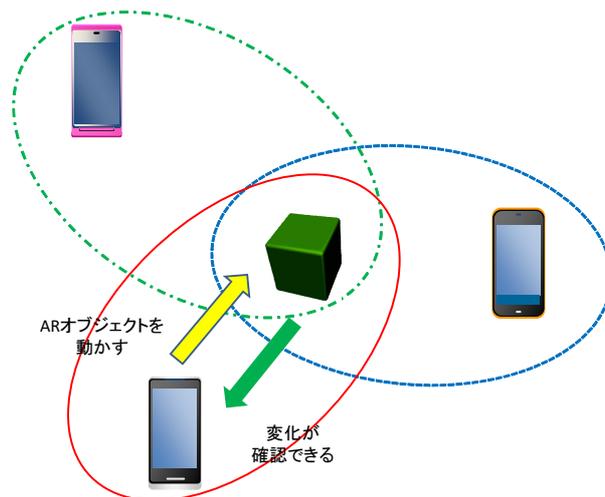


図 3 非協調 AR プラットフォーム

ホック環境を考えた場合における問題点について述べる。第 3 章でその設計を解説し、第 4 章で実装内容と動作結果について述べる。第 5 章では関連研究について触れ、それらとの比較から考察を行う。最後に第 6 章で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2. 協調 AR プラットフォーム

2.1 システム概要

本システムは端末同士でネットワークを構築し、AR 技術に必要な情報を端末間で共有・同期することが基本となる。通常の AR プラットフォーム (非協調 AR プラットフォーム) を図 3 に、協調 AR プラットフォームを図 4 に示す。端末からの入力により表示されている AR オブジェクトに何かしらの変化があったとすると、非協調 AR プラットフォームでは入力を行った端末からのみ変化が確認できる。しかし、協調 AR プラットフォームを利用した場合、ネットワークを構築している端末全てから変化が確認できるようになる。実際の利用例としては、テレビゲームや協調作業などへの応用が考えられる。

2.2 協調 AR プラットフォームの動作フロー

協調 AR プラットフォームの動作フローを図 5 に、各動作の説明を以下に示す。

- (1) まず各端末でネットワーク構築のための接続準備を行う。
- (2) 次に一つの端末が周囲にある接続可能な端末を検索、発見する。
- (3) 発見した端末から選択し、接続要請を送る。
- (4) 接続要請を受けた端末は、接続を許可するかどうかを選択する。
- (5) 許可があった端末との間にアドホックネットワークを確立し、接続要請を出した端末の持つ初期情報を他の端末へ送信する。初期情報にはマーカーを認識するた

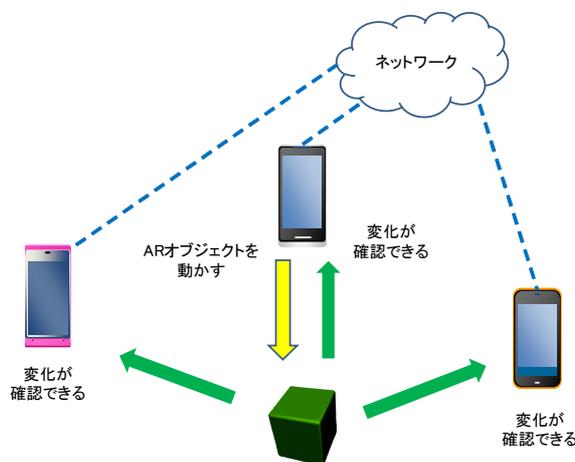


図 4 協調 AR プラットフォーム

めのパターンファイル、表示する AR オブジェクト、AR オブジェクトの初期位置が含まれる。

- (6) ここで端末 A からの入力により、AR オブジェクトの状態が変更されたとする。変更内容は接続している他の端末へ送信される。
- (7) 先ほどの変更内容が各端末で描画される。

2.3 アドホック環境における問題点と目的

ネットワークの構築に無線 LAN アクセスポイントなどを必要とするインフラストラクチャネットワークは、利用する場所に制約があるので AR と相性のいい携帯端末の長所を消してしまっている。これに対して端末のみで構築が可能なアドホックネットワークの場合を考えると、利用場所を選ばないので協調 AR プラットフォームとの相性が良い。本稿のタイトルにあるアドホック環境とは、「複数の端末間で構築された一時的なアドホックネットワーク」のことを指す。

しかし、アドホック環境で AR 技術を利用するにあたって、いくつか考慮しておかなくてはならない問題点がある。

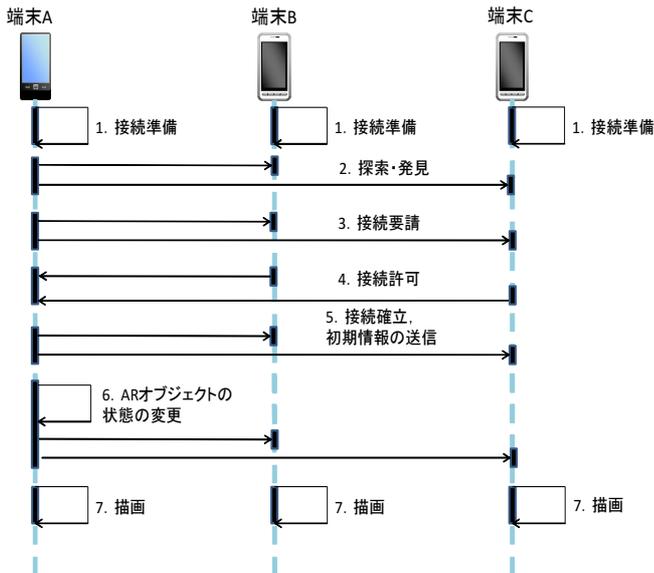


図 5 動作フロー

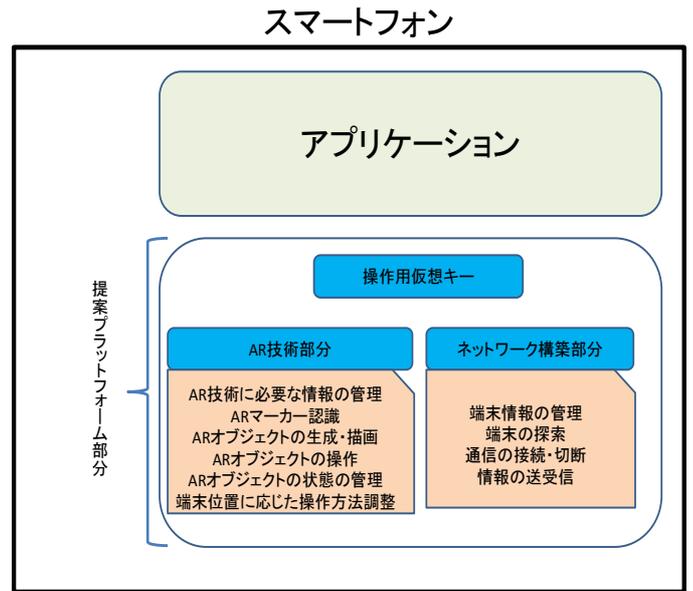


図 6 全体の構成

まず一つ目にネットワークの瞬断に対応する必要がある。二つ目に複数端末における操作を、同じ座標軸上で実現できるように調整する必要がある。本稿はこれらを解決できる機能を設計・実装することで、AR 技術を複数人・複数端末で手軽に開発・利用できる環境を整えることを目的とする。そのために必要な要素として、利用に特別な機器を必要としないこと、操作が分かりやすいこと、トラブルに対応する手段を持つことを挙げる。

3. アドホック環境における協調 AR プラットフォームの設計

3.1 全体の構成

全体の構成を図6に示す。本稿の協調 AR プラットフォームが提供するの大きく分けて、AR 技術部分、ネットワーク構築部分、操作作用仮想キーの3つとなる。AR 技術部分にはマーカ―ベース方式の AR を利用する際に必要な機能と、それに関する情報の管理機能、AR オブジェクトの操作機能、端末位置に応じた操作方法調整機能がある。マーカ―ベース方式を採用しているのは、ある程度近い距離での利用を想定しているためである。ネットワーク構築部分には端末間でネットワークを構築、それを管理する機能が備わっている。また、それぞれの機能を利用するために必要な操作作用仮想キーが配置されている。開発としての利用を考えると、これらを用いてアプリケーションを開発することになる。

3.2 端末間ネットワークの構成

端末同士で形成されるアドホックネットワークを用いるので、必要なものはスマートフォンと AR マーカ―のみとなり、手軽に利用することが可能である。またネットワー

クはマスタスレーブ方式をとるので、端末には親機と子機の2種類が存在することになる。接続要請を出した端末が親機、接続要請を受けて許可を返した端末が子機となる。接続確立時に親機の持つ初期情報 (AR オブジェクトの状態、パターンファイル、描画される AR オブジェクト) を子機へと渡す。

3.3 AR オブジェクトの操作

複数の端末で同時に AR 技術を利用するメリットを強くするために、AR オブジェクトを操作する機能を搭載する。操作はユーザーがスマートフォンへ入力を行うことで実現する。入力用の仮想キーとして、十字キー一つと四角キー二つを搭載する。これは標準のパターンであり、必要に応じて開発者が自由に変更可能である。十字キーでは AR オブジェクトの移動が可能である。四角キーはその他のなんらかの動作を開発者が自由に割り振ることができる。

AR オブジェクトの操作は接続を確立する前でも利用可能である。このことにより、接続時に互いの端末で AR オブジェクトの状態が異なっている可能性が考えられ、初期状態に差がでてしまうことになる。しかし、前述したように、接続時に親機の AR オブジェクトの状態が子機へ伝えられて共有されるので、接続時の初期状態に違いが出ることはなくなる。

3.4 端末位置に応じた操作方法の調整

マーカ―ベース方式を採用しているので、複数人での使用においてはマーカ―の周囲に端末保持者がぐるりと並ぶスタイルが想定される。その場合、マーカ―に対しての向きの違いが生じ、マーカ―の構築する座標軸への向きに差が表れる。こうなった場合、十字キーによる AR オブジェ

クトの移動に関して全ての端末で自然に操作でき、同じように動きを確認するには座標の調整が必要になる。

調整の方法として、AR マーカーに対しての端末位置に応じて、十字キーによる移動方向を変更する。図説を図7に示す。十字キーによる操作は右を押すとX方向へ+1、上を押すとY方向へ+1という風になっている。これは1の視点から見ると自然な操作方法だが、他の2, 3, 4の視点からだとおかしくなってしまう。これに対応するために、端末から見たAR マーカーの回転角によって移動する向きを変更する。変更基準として、図7の赤い点線のように領域を決める。例えば2の視点になった場合は、右を押すとY方向へ-1、上を押すとX方向へ+1移動するようになる。同じように3の視点、4の視点でも自然な操作ができるように調整することで、複数端末でもひとつの座標系を利用できるようになる。

3.5 情報の管理・共有

管理・共有する情報とそれらの説明を以下に示す。

AR オブジェクトの状態

AR オブジェクトの位置情報などがこれにあたる。アプリケーションを利用しているときは、主にこの情報がネットワークを通じて送受信される。

パターンファイル

AR マーカーを認識する際に必要となる。これを各端末で共有することにより、同一のAR マーカーが利用可能になる。

描画されるAR オブジェクト

AR マーカー上で描画されるAR オブジェクトの情報を共有することにより、同じものを表示することが可能になる。

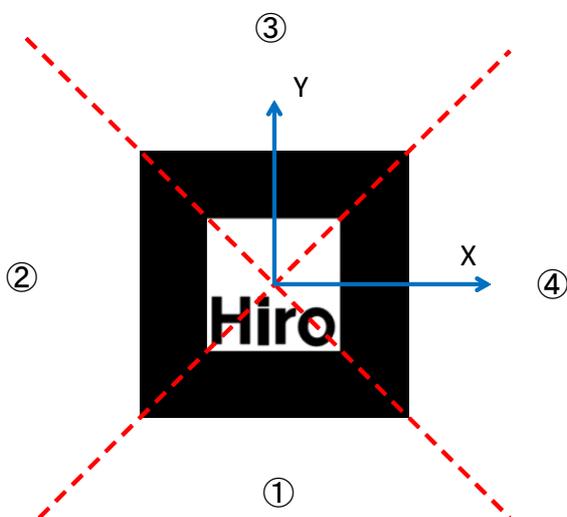


図7 端末位置による操作の調整

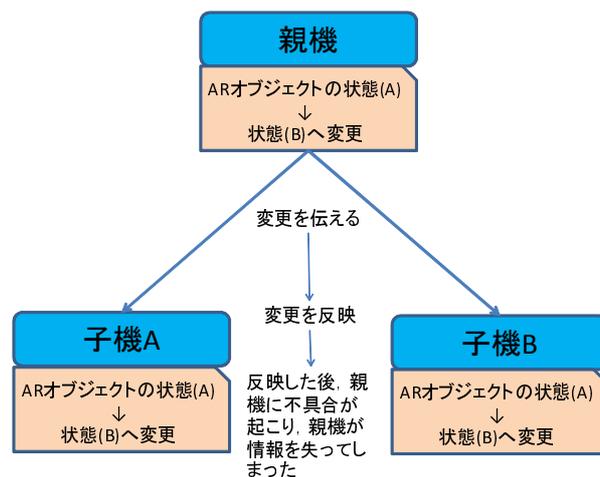


図8 接続トラブル前の状況例

端末情報

探索で発見した端末や接続先端末を、IP アドレスを用いて管理する。

接続状況

接続台数、接続の可否などを管理する。端末の離脱を検知することができる。

3.6 情報の同期・復旧

AR オブジェクトに何かしらの変化があった際に、情報を同期することで複数人での利用を実現する。また、端末の複数接続において、接続トラブルに対処するために、端末の接続が切断された場合の処理を考慮する必要がある。また、端末の複数接続において、接続トラブルに対処するために、端末の接続が切断された場合の処理を考慮する必要がある。図説としてトラブルの状況例を図8、復旧例を図9に、解説を以下に示す。

トラブルが起こる前に親機からの入力により、すべての端末でAR オブジェクトがBという状態になったとする。ここで親機に不具合が起こり、情報を失ってしまった場合を考える。この場合、図9のように情報を保持できている子機が改めて接続し直すことで対応できる。先ほどまでの親機が子機となり接続する際に、保持していた情報を再び伝えることで、以前の状態から再開することができる。これにより、端末の離脱や変動に対応することができる。

4. アドホック環境における協調ARプラットフォームの実装

4.1 実装環境

プロトタイプの実装環境を表1に示す。携帯端末にはAndroid OSを搭載したスマートフォン2台を用いた。ま

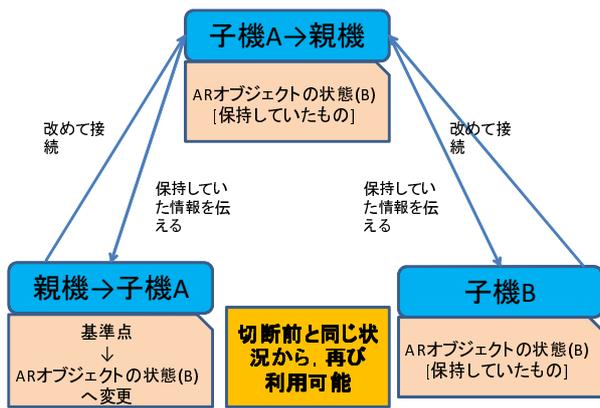


図 9 接続トラブルからの復旧例

表 1 実装環境

	機種名	AQUOS PHONE 102SH
スマートフォン 1	OS	Android OS 4.0.4
	CPU	OMAP4430 1GHz
スマートフォン 2	機種名	AQUOS PHONE 302SH
	OS	Android OS 4.2.2
	CPU	MSM8974 2.2GHz
開発言語	Java	
AR 描画	NyARToolKit	
端末の接続	Wi-Fi Direct	

た、開発言語には Java, AR の描画には NyARToolKit[3] を利用した。端末の接続は Wi-FiDirect[4] を用いて実装した。これは Android OS 4.0 から搭載された機能で、端末の一つが擬似的にアクセスポイントになることで、アドホック環境の構築を可能にするものである。

4.2 実装内容と動作確認

今回はネットワークの構築, 十字キーによる xy 平面での平行移動と端末間での共有切断からの復旧を実装した。実際の動作について説明する。画面を図 10 に示す画面で行う。まずは図 10 の左上にある接続画面でアドホックネットワークを構築する。検索ボタンを押すと周囲にある接続可能な端末名がボタンの下にリストアップされる。端末名をタップし選択状態になり、その状態で接続ボタンを押すと選択した端末へ接続要請が送られる。この段階で、接続要請を出した端末が親機になる。接続要請を受けた端末には図 10 の右上のような通知が現れる。ここで OK を押すと接続要請を受けた端末が子機となって接続が確立される。

その後、親機側でゲーム開始ボタンを押すと AR 表示画面へ移る。AR 表示画面では左下に表示されている十字キーで AR オブジェクトの平行移動を行う。右下にある四角キーには今回は何も割り振っていない。実際に動かした結果、ネットワークの構築, 十字キーによる動作と動作結果の共有, 切断からの復旧を確認できた。



接続画面

接続要請画面



図 10 実装画面

5. 関連研究と考察

5.1 関連研究

複数のタブレット端末間での通信を用いた協調 AR システム

宇塚らは複数のタブレット端末間での通信を利用した協調 AR システム [5] を提案した。直方体マーカーとタッチによる操作で遊べるゲームを展示し、利用差からのアンケートによる調査を行った。調査の結果、操作が難しいことや、マーカー認識に関する難しさが問題として挙げられている。

AR² ホッケー: 協調型複合現実感システムの実現 [6]

大島らはシースルー型の HMD(Head Mounted Display) を利用し、卓上で遊べる AR² ホッケーを開発した。利用実験を行った結果、実際のエアホッケーとほぼ同じように遊べたが、HMD の利用による視野角の減少に対応するため、頭部を動かす必要が生じ、それによって認識が上手くいかない事象が報告されている。

5.2 関連研究との比較と考察

宇塚らの研究と本稿の大きな差は、AR マーカーの形状と操作方法である。宇塚らが利用した立方体の AR マーカーを用意するのは、本稿で利用している平面の AR マーカーに比べて手間がかかると言える。ここからシステムを利用するための敷居は本稿のほうが低くなっている。操作方法に関して宇塚らの提案では操作用のキーが存在せず、どこ

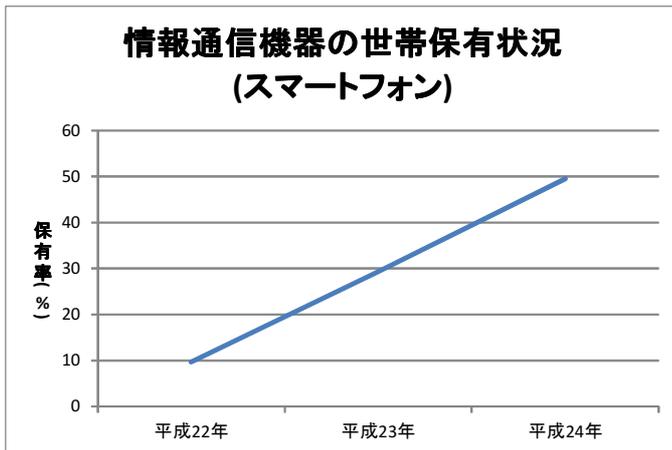


図 11 スマートフォンの世帯保有状況

を押してよいのか、押すことで何が起こるのかが一目では分からない。対して本稿では操作用キーが表示されており、操作が易しいものになっている。特に十字キーについては財団法人日本規格協会情報技術標準化研究センターの調査 [7] から、幅広い年代においてその意味するところが理解できていることがうかがえる。

また、大島らの研究との大きな差は利用に必要な機器が違ふことである。大島らの研究では HMD を用いているが、現在は広く一般に普及しているとは言い難い。本稿で必要な機器はスマートフォンのみである。総務省の調査 [8] によると、図 11 に示すように情報通信機器の世帯保有状況においてスマートフォンは平成 22 年は 9.7% であったが、平成 23 年には 29.3%、平成 24 年には 49.5% にまで達しており、普及率が著しい増加傾向にあることが分かる。広く普及している機器を利用できることは、開発者と利用者の両方にとって有益かつ容易に利用が可能であると言える。

さらに前川らの研究 [9] では、AR 技術を同時利用する際に使う機器の違いがユーザーにどういった感情を抱かせるかについて言及されている。端末を手に持つ場合と HMD を使用する場合は、周囲にいる人間をどう感じるかに差が出る結果となっており、前者のほうが共に作業をしている相手を強く認識できるという意見が多かった。このことから AR 技術を用いてゲームを遊ぶ際に端末を手に持って操作することは、HMD を利用する場合に比べて一緒に遊んでいるという感覚をより強く得ることができると考えられ、複数人での利用意義へ繋がることになる。

これらのことから本稿が提案するプラットフォームは、AR 技術を用いたゲームの普及、また AR 技術のさらなる発展と利用の促進に有効性が期待できる。

6. おわりに

近年、スマートフォンの普及に伴って、拡張現実感 (AR:Augmented Reality) 技術に注目が集まっている。AR 技術の応用例は多岐にわたり、テレビゲームへの応用例も

現れているが広く普及しているとは言い難い。主な理由の一つとして、その多くが個人での利用であることや、複数人・複数端末での利用に特別な設備が必要なことが挙げられる。そこで本稿ではこれを解決するために、複数人・複数端末で手軽に AR 技術が開発・利用できる環境を整えることを目的として、「アドホック環境における協調 AR プラットフォーム」の開発を行った。そのために端末同士でのネットワーク構築と、AR 技術の利用に必要な情報の同期・共有、AR オブジェクトの操作が可能なプラットフォームを設計した。さらに携帯端末同士で AR 技術を利用する際に生じる問題点を考慮し、ネットワークのトラブルに対応すること、端末の位置に左右されない自然な利用を可能とする機能も設計し、より手軽に開発・利用できる環境を目指した。また、実装したプロトタイプと既存の研究を比較することで、目的に沿った有用性が期待できることを確認した。

今回の動作確認は簡単な動作を 2 台の端末間で行ったので、台数を増やした場合や複雑な動作を行った場合の動作結果を確認することなどから、性能を評価する必要があると考えられる。

参考文献

- [1] ニンテンドー 3DS 顔シューティング, <http://www.nintendo.co.jp/3ds/software/built-in/face/index.html> (2014.05.15).
- [2] THE EYE OF JUDGMENT BIOLITH REBELLION ~機神の叛乱~ SET.1, <http://www.jp.playstation.com/software/title/bcjs30007.html> (2014.05.15).
- [3] NyARToolKit, <http://sourceforge.jp/projects/nyartoolkit-and/wiki/FrontPage>, (2014.05.15).
- [4] Wi-Fi Direct, <http://www.wi-fi.org/discover-and-learn/wi-fi-direct>, (2014.05.15).
- [5] 宇塚 貴紀, 鳴海 拓志, 谷川 智洋, 廣瀬 通孝: 複数のタブレット端末間での通信を用いた協調 AR システム: 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2012).
- [6] 大島登志一, 佐藤清秀, 山本裕之, 田村秀行: AR 2 ホック: 協調型複合現実感システムの実現: 日本バーチャルリアリティ学会論文集, Vol.3, No.2, pp.55-60 (1998).
- [7] 携帯用情報機器の 4 方向キーインタラクションに関する標準化成果報告書, 財団法人日本規格協会情報技術標準化センター (2010). http://www.jsa.or.jp/stdz/instac/syoukai/H21_houkoku/h21annual-report/01_04.pdf (2014.05.15).
- [8] 平成 24 年通信利用動向調査ポイント, http://www.soumu.go.jp/main_content/000230980.pdf (2015.05.15).
- [9] 清川 清, Mark Billinghurst, Daniel Belcher, Arnab Gupta: 拡張現実感インタフェースを用いた対面協調作業のコミュニケーション過程: 日本バーチャルリアリティ学会論文集, vol7, No2, pp.159-168 (2002).