

情報配信システムにおける拡張現実感を用いた 情報表示方法評価の検討

Evaluation of Information Display Method with Augmented Reality for Information Provision System

諏訪 紀之†

Noriyuki Suwa

笠原 誠人†

Masato Kasahara

鷹野 孝典†

Kosuke Takano

1. まえがき

音声、画像、動画像を対象としたマルチメディア・データ処理技術の発達に加えて、小型で高性能なカメラやセンサ機器の普及により、様々な応用分野で拡張現実感技術が用いられるようになった。拡張現実感技術では、現実の環境から受ける知覚情報に、コンピュータによって作り出された情報を重ね合わせることで、現実世界の情報に価値を付与して利用者に伝達することができる。

情報検索・配信の分野では、このような拡張現実感技術を用いて、情報検索や推薦結果等を現実環境に存在するオブジェクトに対応付けて提示する新しい情報可視化方式の実現が重要な課題となっており、パーソナルコンピュータのみではなく、スマートフォンで実行可能なソフトウェアも登場し始めている。例えば、セカイカメラ⁵⁾では拡張現実感技術を用いて、カメラにより撮影されたビデオ映像に、位置情報に応じた関連情報をコンピュータグラフィックス（以下、CG）として重ねて合成することにより、インタラクティブ性の高い情報可視化機能を実現している。

本研究では、拡張現実感技術を用いた情報表示機能の実現において、閲覧者に対して配信情報を伝達するための、効果的な描画方法があると考えた。しかしながら、Web ページ等を用いた情報提供においては、効果的な情報伝達の観点から Web ページ内における情報コンテンツの表示方法のレイアウトや配色に関するユーザビリティ研究が盛んに行われている一方、拡張現実感技術はまだ新しい情報可視化技術であるために、効果的な情報表示や可視化方法についての研究は少ない。

本研究では、今後劇的に普及すると期待される拡張現実感技術を用いた情報表示および可視化方法に関する指針を得ることを目的として、その情報表示・可視化方法の評価を行うためのプロトタイプシステムの設計・開発を行う。実現したプロトタイプシステムは、家具の購入のために家具店舗を散策する利用者を想定し、家具本体の 3 次元 CG の表示に加えて、価格やサイズなどの付属情報の表示を行うものである。情報表示・可視化方法の評価においては、主となる家具等の情報オブジェクト（以下、主情報オブジェクト）とその属性情報を示す文字列やアイコン等の情報オブジェクト（以下、副情報オブジェクト）を対象として、情報オブジェクトの大きさ、表示位置、表示時間等をパラメータとして設定することにより実施する。

本研究では、実際に、家具情報を 3 次元 CG コンテンツとして配信するプロトタイプシステムを実現し、情報表示・可視化方法について評価実験を行う。評価実験では、

被験者を対象としたアンケートを実施し、そのアンケート結果に基づいて、拡張現実感技術を用いた効果的な情報表示・可視化方法の考察、および検討を行う。

2. 研究動機と関連研究

拡張現実感技術を用いた情報表示では、カメラにより撮影された現実空間のビデオ映像に、立体感のあるオブジェクトを合成して表示することで、Web ページや紙に記載された写真などに比べ、より実在感が加味された情報を提供し、情報の伝達効果を高めることができる。例えば、部屋に家具を配置する際に、実在しない家具を 3 次元 CG として、部屋のカメラ映像を合成して表示することにより、実際にその家具を配置した際の部屋の雰囲気や家具の大きさの具合などを直観的に把握できる。

本研究におけるプロトタイプシステムでは、スマートフォン等のモバイル端末の利用者が家具店において家具の購入を行う場合を想定し、モバイル端末のディスプレイ上に家具本体の外観に加えて、価格、サイズなどの家具購入のための付属情報を拡張現実感を用いて表示を行うシステムを想定している。プロトタイプシステムにおける家具情報や付属情報の表示例を図 1 に示す。

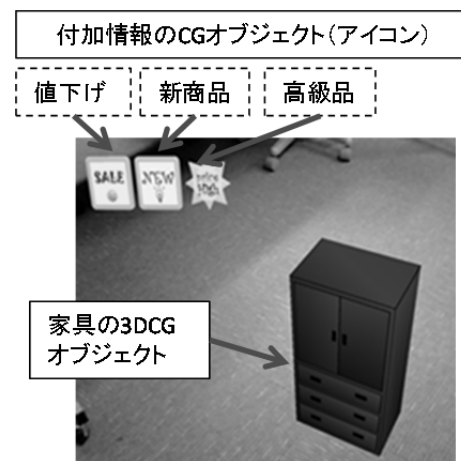


図 1. AR を用いた情報表示の例

拡張現実感を活用した情報表示方法としては、ドラッグや回転操作が可能な 3 次元 CG をビデオ映像に重ねて表示する方式^{1,2,3)}、およびアイコン画像や文字情報等より構成されるタグ情報をビデオ映像に配置する表示する方式⁵⁾が見られる。前者の方式では、3 次元 CG とのインタラクティブ機能を主眼においており、現実空間上への仮想的な物体配置、仮想的な物語の登場キャラクターとのインタラク

† 神奈川工科大学 情報学部情報工学科

ションが可能な絵本²⁾、医療分野における手術の際の情報支援等に応用されている^{9,10)}。また、後者の方式では、ナビゲーションシステム⁸⁾、現実空間に対する「タグ付け」による情報共有システム⁵⁾等に応用されている。

拡張現実感を伴った情報コンテンツを対象とした情報表示デバイスとしては、携帯電話、スマートフォン、タブレット PC、メガネ型ディスプレイ等が主流となっている。特に、携帯性とディスプレイの画面サイズのバランス性から、4 インチ程度の画面サイズのディスプレイを備えたスマートフォンの普及が目覚ましい。しかしながら、このような携帯端末のディスプレイは基本的に画面サイズが小さいため、利用者に対して効果的な情報伝達を行うためには一度に表示する情報量を制御したり、視認性の高いオブジェクトのみを表示する等、提示したい情報の表示方法に工夫を施す必要があると考えられる。

本研究においては、利用者に対して配信する情報コンテンツが、(A)主体となる情報オブジェクト、および(B)その付属情報を示す情報オブジェクトといった 2 種類の情報オブジェクトより構成されるものと規定する。また、このような情報コンテンツに対して、情報オブジェクトの(i)表示時間、(ii)表示位置、(iii)サイズ等の視点から、拡張現実感を伴った情報表示方法評価における基本設計を行う。

3. 情報表示方法評価のための基本設計

本章では、拡張現実感技術を用いた情報表示方法として、どのような形式が利用者にとって望ましいかを評価するための基本設計について説明する。

3.1. 情報オブジェクト

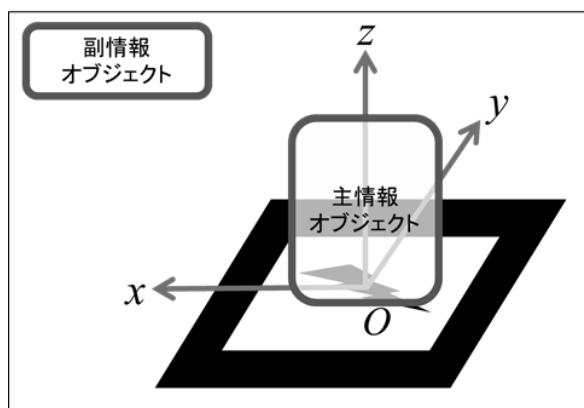


図 2. 主情報オブジェクトと副情報オブジェクト

本研究で実現するプロトタイプシステムにおいて、利用者に配信・表示する情報コンテンツは、複数の情報オブジェクトから構成されるものとし、特に、主となる家具等の情報オブジェクト（以下、主情報オブジェクト）とその属性情報を示す文字列やアイコン等の情報オブジェクト（以下、副情報オブジェクト）を設定する（図 2）。主情報オブジェクトはドラッグや回転操作が可能な 3 次元 CG であり、副情報オブジェクトは主情報オブジェクトの情報を補完するための文字列、2 次元 CG、3 次元 CG 等を基本要素とする（表 1、表 2）。主情報オブジェクト、副情報オブジェクトの例を図 3 と図 4 に示す。

表 1. 主情報オブジェクトの基本要素

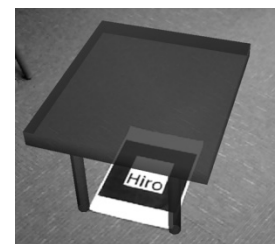
要素	説明
3 次元 CG	- ポリゴン形状の 3 次元オブジェクト - ドラッグ、回転操作が可能

表 2. 副情報オブジェクトの基本要素

要素	説明
文字列	- 短いもの - 中程度のもの - 長いもの
2 次元 CG	- 写真や CG - アイコン
3 次元 CG	ポリゴン形状の 3 次元オブジェクト

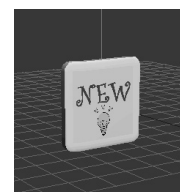


(a) 筆筒



(b) 机

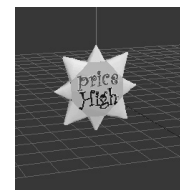
図 3. 主情報オブジェクト（家具）の例



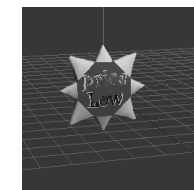
(a) 新商品



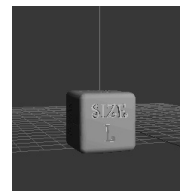
(b) 値引き商品



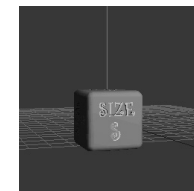
(c) 高価な商品



(d) 安価な商品



(e) 大きなサイズ



(f) 小さなサイズ

図 4. 副情報オブジェクト（アイコン）の例

3.2. 情報オブジェクト表示の座標系

プロトタイプシステムでは、マーカ座標系とカメラ座標系の 2 つの座標系を用いて、情報オブジェクトを表示する。マーカ座標系は、拡張現実感機能を用いてモニタ上で表示すると、原点の位置、各軸の角度や値が、マーカの向きや角度、カメラからの距離によって動的に変化する座標系

である．また，カメラ座標系はカメラの角度や位置に関係なく，画面左上を原点として一定な座標系である．モニタ上で表示した場合のマーカ座標系とカメラ座標系の関係を図 5 に示す．

プロトタイプシステムでは主情報オブジェクトをマーカ座標系によって表示させる．これにより，マーカを移動することで主情報オブジェクトも移動が可能である．また，副情報オブジェクトをカメラ座標系によって表示させることにより，認識したマーカの位置に影響を受けず，常に指定した場所に表示させることが可能となる．

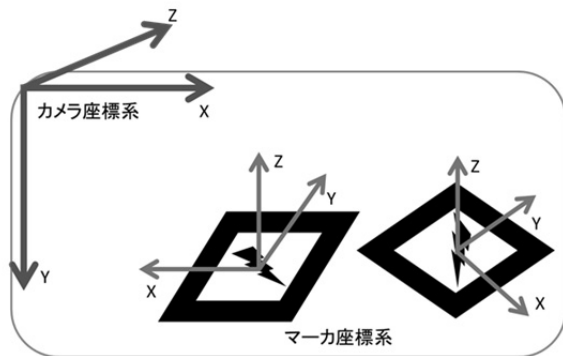


図 5. カメラ座標系とマーカ座標系

3.3. 情報オブジェクト表示のパラメータ設定

主情報オブジェクト，および副情報オブジェクトから構成される情報コンテンツの表示方法を評価するために，各情報オブジェクトの表示パラメータを，表 3 と表 4 に示すように設定する．情報オブジェクトの表示位置については，図 6 に示すように分割したレイアウトを用いて設定を行う．

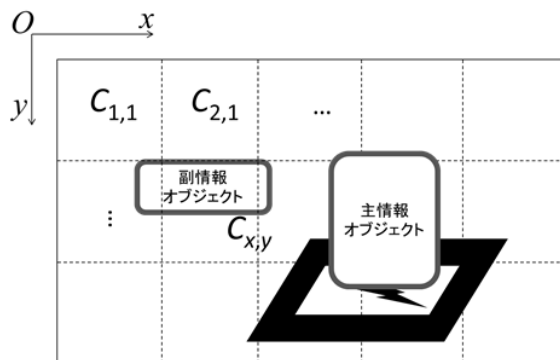


図 6. 表示画面のレイアウト分割

表 3. 主情報オブジェクトの表示パラメータ

項目	説明
表示時間	常に表示するか．
大きさ	情報端末のモニタサイズに対して，どの程度の大きさで表示させるか．
配色	背景色，時間帯などを考慮し，どのような色で表示させるか．
アニメーション効果	動的なモーションをさせるか．
位置	マーカ座標系を用いて，どの位置に表示させるか．（主情報オブジェクトとマーカ座標系の位置関係は図 2 を参照．）

表 4. 副情報オブジェクトの表示パラメータ

項目	説明
表示時間	マーカを認識してから何秒間表示し続けるか．
大きさ	主情報オブジェクトや情報端末のモニタサイズに対して，どの程度の大きさで表示させるか．
配色	背景色，主情報オブジェクト，時間帯などを考慮し，どのような色で表示させるか．
アイコン	文字情報の他にアイコンを表示させるか．
アニメーション効果	文字情報やアイコンに動的なモーションを付与するか．
位置	カメラ座標系を用いて，情報端末のモニタを分割し，分割した画面のどこに表示させるか（図 6 を参照）．

4. プロトタイプシステムの構成

本研究で実現したプロトタイプシステムの構成を図 7 に示す．本プロトタイプシステムは，主に(1)マーカ座標系を用いて主情報オブジェクトを表示させる機能，(2)認識したマーカの位置に関係なく，カメラ座標系で副情報オブジェクトを表示させる機能，(3)家具データベースと連携して，複数の主情報オブジェクトや副情報オブジェクトを表示させる機能を持つ．(2)の機能では，2 次元 CG イメージを 3 次元 CG オブジェクトにテクスチャとして張り付けることによる 2 次元 CG イメージの描画，3 次元 CG オブジェクトの描画，および，文字情報の描画が可能である．

プロトタイプシステムは，カメラでマーカを認識することにより，そのマーカに応じた情報オブジェクトを描画する．また，キー入力により，表示された情報オブジェクトの変更や，副情報オブジェクトのカメラ座標系を用いた移動を行う．

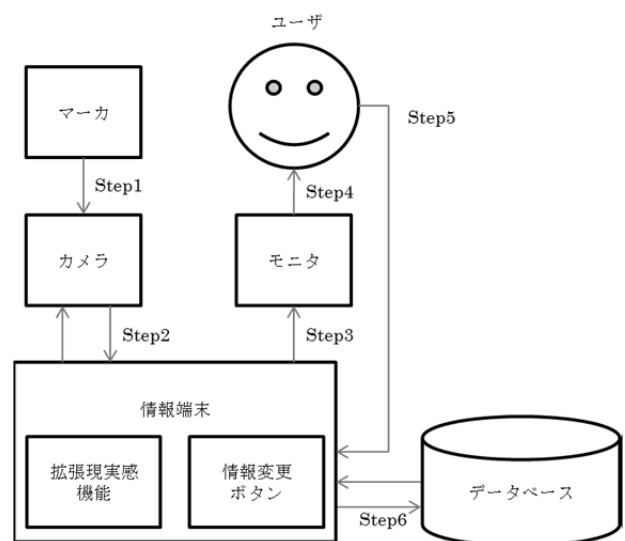


図 7. プロトタイプシステムの構成

プロトタイプシステムにおける情報オブジェクトの表示処理は、下記のステップにより実施する。

- Step-1:** 情報端末に接続されたカメラが、リアルタイム映像を撮影する。
- Step-2:** 情報端末に接続されたカメラを用いて、カメラが出力しているリアルタイム映像を情報端末が取得する。その映像内にマーカを認識した場合、拡張現実感機能を用いてマーカ上に標準装備された主情報オブジェクト（家具）と副情報オブジェクトの表示準備をする。
- Step-3:** 情報端末からモニタにカメラが撮影したリアルタイム映像を出力する。情報端末がマーカを認識した場合、拡張現実感機能を用いてマーカ上に標準装備された主情報オブジェクトと副情報オブジェクトとリアルタイム映像を合成し、合成後の映像をモニタに出力する。
- Step-4:** 情報端末からモニタにカメラが撮影したリアルタイム映像を表示し、利用者がそれを閲覧する。情報端末がマーカを検出した場合、合成映像が表示されるので、実際には存在しない主情報オブジェクトと副情報オブジェクトを閲覧することができる。
- Step-5:** 利用者が情報端末のボタン等を操作することにより表示する主情報オブジェクトや副情報オブジェクトを変更する。
- Step-6:** 利用者が情報端末を操作した場合、主情報オブジェクトや副情報オブジェクトを標準で表示しているものと置き換える。

5. 実験

5.1. 実験目的

4 章で述べた評価方法の基本設計に基づいて、拡張現実感を伴った情報表示の評価を行い、情報コンテンツの効果的な表示パターンについて考察を行う。

5.2. 実験環境

利用者が、家具店において家具（箆簞）の購入を検討するケースを想定し、主情報オブジェクトとして、家具（箆簞）3 次元 CG（図 3(a)）を設定する。また、副情報オブジェクトとしては、「新商品」、「値引き品」、「高級品」に対応する、3 種類のアイコン画像（図 4(a), (b), (c)）と文字情報を作成した。また、Web ページに書かれた商品情報を閲覧した場合との比較のため、副情報オブジェクトとして Web ページのスナップショット画像も準備した。

また、今回の実験においては、実験装置としてウェブカメラが接続されたパソコンを使用し、情報表示の出力先として 17 インチのパソコンモニタを用いた。

5.2. 実験方法

実験では、副情報オブジェクトの表示形式として、「3 種類のアイコン画像のみ」、「アイコン画像と文字情報の組み合わせ」、「3 種類の文字情報のみ」、「Web ページのスナップショット画像」を用意する。さらに、表 5 に示

すパラメータを適用する事により、合計 32 種類の表示方法（図 8）について評価対象とする。32 種類の表示方法のうち、表示時間のパラメータ（常に表示、または 10 秒後に非表示）については情報コンテンツの表示内容は同一なので、図 8 には 16 種類の表示内容が示されている。

実験では、5 名の被験者に、32 種類の表示内容を閲覧してもらう事により、アンケート形式による 10 段階評価を行う。さらに、表 5 の各表示パラメータについても個別に、どのパラメータ値が利用者への情報伝達に効果的であったかをアンケート結果に基づいて評価する。

表 5. 設定した表示パラメータ（副情報オブジェクト）

項目	パラメータ	
表示時間	1	常に表示
	2	10 秒後に非表示
大きさ	1	大
	2	小
位置	1	左上
	2	中央上
	3	右上
オブジェクト形式	1	アイコン画像のみ
	2	アイコン画像と文字情報の組み合わせ
	3	文字情報のみ
	4	Web ページのスナップショット画像

5.3. 実験結果

32 種類の表示方法について、アンケート形式による 10 段階の評価結果を表 6 に示す。また、表 5 の表示パラメータ「表示時間」、「大きさ」、「位置」、「オブジェクト形式」について個別に評価した結果を、それぞれ図 9～12 に示す。

表 6. 10 段階の評価結果

ケース	平均点	順位	ケース	平均点	順位
case1	8.1	1	case9	4	15
	4.5	11		2.8	30
case2	6.4	4	case10	7.3	2
	4.0	15		4.7	8
case3	6.8	3	case11	5.8	5
	4.2	14		3.8	19
case4	4.0	15	case12	4.9	6
	2.9	29		4.8	7
case5	3.4	23	case13	4.6	9
	3.1	25		2.8	30
case6	4.0	15	case14	4.5	11
	3.5	21		3.1	25
case7	3.7	20	case15	4.6	9
	3.1	25		3.1	25
case8	3.4	23	case16	4.3	13
	2.8	30		3.5	21

上段：常に表示、下段：10 秒後に非表示

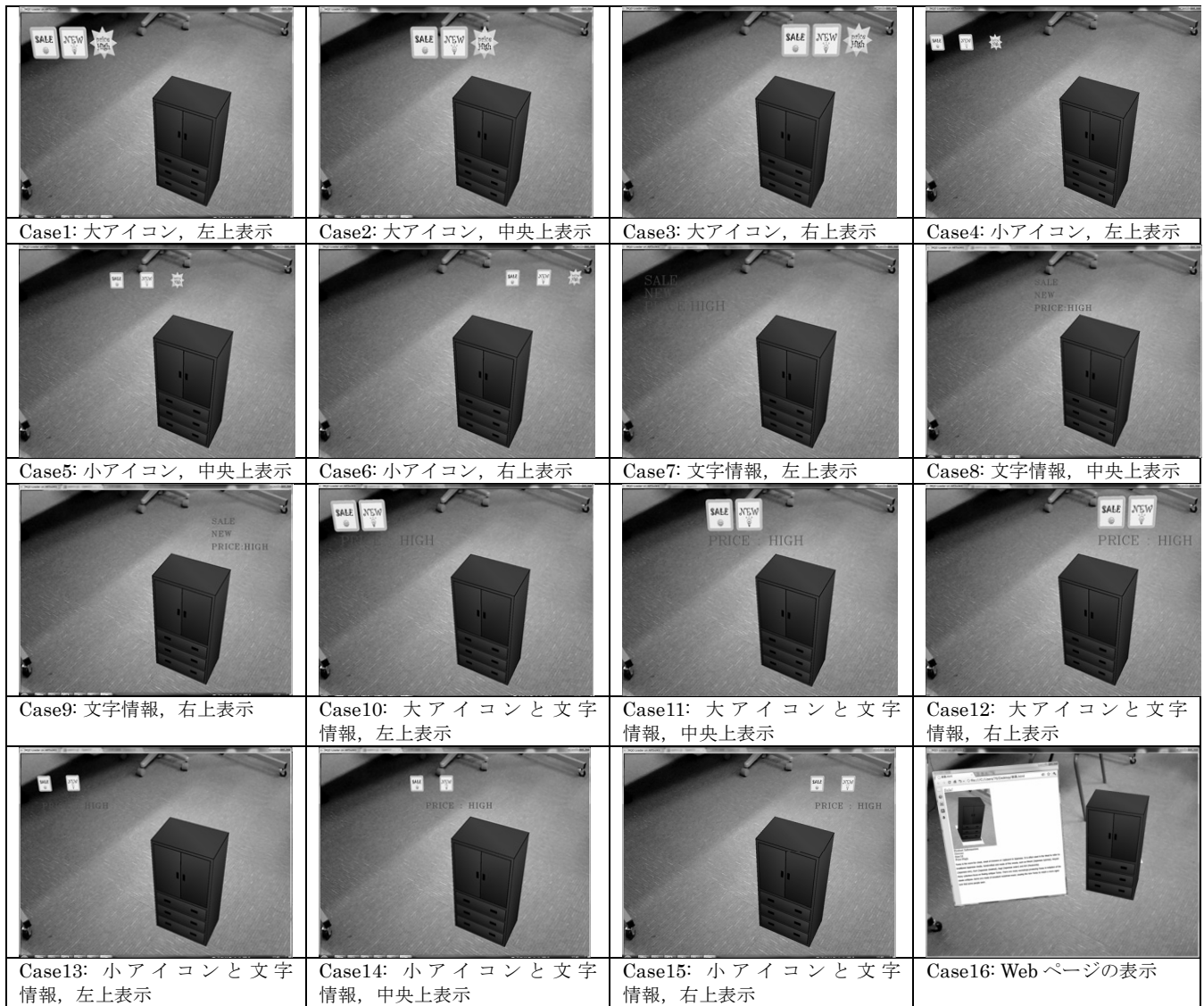


図 8. 評価に用いた表示方法

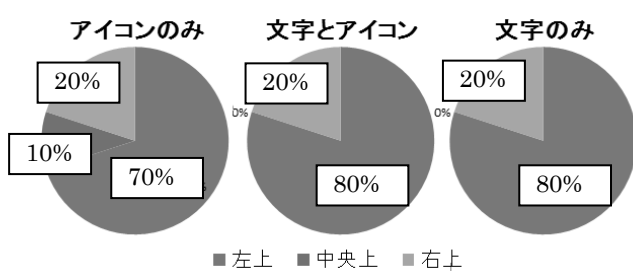


図 9. 表示位置の評価結果

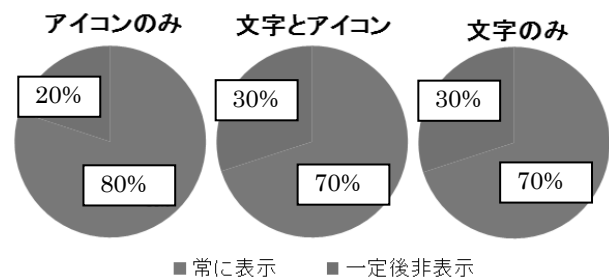


図 10. 表示時間の評価結果

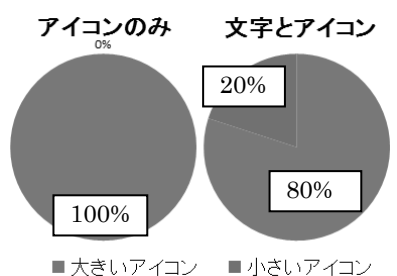


図 11. アイコンの大きさの評価結果

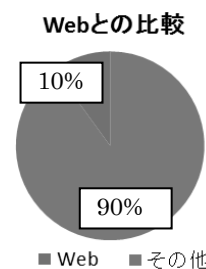


図 12. Web ページを用いた場合との比較結果

5.4. 実験考察

表 6 の実験結果より、全 32 種類の表示方法のうちケース中、評価が高かったのは、Case1(平均点 8.1 点)、Case3(平均点 6.8 点)、Case10(平均点 7.3 点)であった。これら上位 3 ケースにおいては副情報オブジェクトの表示方法について、(1)大きなアイコンを用いている、(2)画面の隅に表示している、(3)一定時間後非表示にならないという共通点があげられる。また、これらの(1)(2)(3)の設定条件が、一つ以上当てはまるケースはその他のケースに比べ、評価が高いことが分かった。この結果により、(1)(2)(3)の 3 つのパラメータが拡張現実感技術を用いた副情報オブジェクトの効果的な情報表示・可視化方法であると考えられる。

以下に、「表示位置」、「表示時間」、「大きさ」、「オブジェクト形式」について、評価結果および考察を述べる。

【表示位置】まず、表 6 の実験結果より、副情報オブジェクトの表示位置について評価平均値は、左上のケース(Case1, 4, 7, 10, 13): 4.6、中央上: 4.0(Case2, 5, 8, 11, 14)、右上(Case3, 6, 9, 12, 15): 4.3 という結果が得られた。また、表示位置について個別に評価した結果(図 9)は、「左上が良い」という結果が 76.7%、「中央上」が 3.3%、「右上」が 20%となった。以上の結果より、副情報オブジェクトの表示位置として、中央よりも隅の方が良く、左上が最も好まれるのと考えられる。

【表示時間】表 6 の結果より、常に表示する場合の評価平均値は 5.0、一定時間後非表示の評価平均値は 3.5 であった。また、表示時間について個別に評価した結果(図 10)では、常に表示したほうが良い方は 73.3%、一定時間後非表示は 26.6%となった。表示時間については、常に表示がされていた方が情報確認が確実であるため好ましいと感じた利用者多かったと思われる。

【大きさ】表 6 の結果では、大きいアイコンを用いているケースの評価平均値が 4.9、小さいものが 3.6 であった。また、個別の評価結果(図 11)では、90%が大きいものが良いと答えた。この結果より、多くの利用者にとって、アイコンに関しては大きいものが良いと考えられる。これはスマートフォン等の小さな画面を想定していることも関係していると考えられる。

【オブジェクト表示形式】表 6 の結果より、アイコンのみ、文字のみ、アイコンと文字列の表示方法では、アイコンのみのケースの評価平均値が 4.6、文字のみが 3.3、アイコンと文字が 4.5 となった。また、Web ページを拡張現実感上のオブジェクトにテキストチャとして張り付けて情報を表示する Case16 と比較した結果(図 12)、90%はアイコンや文字列を用いて直感的に表示した方が良い回答した。この結果は、パーソナルコンピュータや携帯電話のブラウザで表示することを前提としている Web ページは、拡張現実上で表示することに適しているものばかりではないと考える被験者が多かったためと考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、情報配信システムにおける拡張現実感を伴った情報表示機能の実現において、閲覧者に対して効果的に情報を伝達するための可視化方法に関する指針を

得ることを目的として、表示方法評価の基本設計、およびプロトタイプシステムを用いた評価実験を行った。

評価実験では、利用者が、家具店において家具(筆筒)の購入を検討する場合を想定し、利用者に提示する情報コンテンツとして、商品(筆筒)の 3 次元 CG(主情報オブジェクト)、およびその付属商品情報としてアイコン画像や文字列情報(副情報オブジェクト)を設定した。被験者のアンケートに基づいた実験結果より、拡張現実感を伴った情報表示における副情報オブジェクトの表示方法について、(1)大きなアイコンを用いる、(2)画面の隅に表示する、(3)長い時間表示することが、効果的な情報伝達のために重要な要素であることが確認できた。また、情報オブジェクトの表示形式として、単純な文字情報や可読性の低い Web ページよりも、視認性・判別性の高いアイコン画像を用いた方が多くの利用者が好ましいと感じることも確認できた。

今回の実験では、情報コンテンツの表示形式を、主情報オブジェクトと副情報オブジェクトに限定して評価を行った。このため、拡張現実機能を伴った様々なアプリケーションに対応できるような汎用的な評価にはなっていない。しかしながら、アプリケーションとして情報配信システムを想定した場合において、本研究で規定したような「情報コンテンツの主体となる 3 次元 CG」と「その付属情報」を提示する形式は、タグ画像を列挙して配置・描画する形式とともに、今後、情報コンテンツの基本的な表示形式となっていくと考えられる。また、今回、情報コンテンツの表示パラメータとして、情報オブジェクトの配色、時間帯、アニメーション効果、ドラッグ&ドロップ等の操作による情報オブジェクトの移動等は考慮しなかった。今後の課題として、このような表示パラメータを追加した実証実験を行う必要がある。さらに、実証実験の結果に基づいて利用者のフィードバックを得ることにより、拡張現実感ユーザインターフェースを伴った情報表示・可視化方式をより実的に評価するための方式を提示していく予定である。

参考文献

- [1] Nektarios N. Kostaras, Michalis N. Xenos, "Assessing the Usability of Augmented Reality Systems", 13th Panhellenic Conference on Informatics, PCI2009, Proceedings, pp. 197 - 201, Corfu, Greece, 10 - 12 September 2009.
- [2] 加藤博一, Mark Billinghurst, 浅野浩一, 橋啓八郎, マーカー追跡に基づく拡張現実感システムとそのキャリブレーション, TVRSJ(日本バーチャルリアリティ学会論文誌), Vol.4 No.4, 1999.
- [3] 加藤博一, Mark Billinghurst, Ivan Poupyrev, 橋啓八郎, 拡張現実感技術を用いたタンジブルインターフェース, 芸術家科学会論文誌, Vol.1.1, No.2, pp.97-104, 2002.
- [4] 石井裕剛, 藤野秀則, 卞志強, 関山友輝, 中井俊憲, 下田宏, 拡張現実感応用広域トラッキングシステムの開発, 日本保全学会第 2 回学術講演会, pp.123-126, 2005.
- [5] セカイカメラ, <http://sekaicamera.com/>
- [6] 小倉 利文, 杉浦 龍也, 鷹野 孝典, 拡張現実技術を用いたインタラクティブな学習教材の検討, 教育システム情報学会 2010 年度第 5 回研究会報告, pp.39-42, 2011.

- [7] 栗田祐輔, 小木哲郎, 携帯プロジェクターを用いた拡張現実型情報提示技術の研究, pp.1-40, 2010.
- [8] 藤本義治, 小野哲雄: 拡張現実感を用いた新たな観光パンフレットの提案, 全国大会講演論文集 第 72 回平成 22 年 No.4, pp.4-437-4-438, 2010-03-08
- [9] 薫田佳剛, 田中佑樹, 小笠原将也, 金知俊, 拡張現実技術を用いたユーザインタフェースに関する研究
- [10] 森口 裕樹, 黒田 嘉宏, 滝内 秀和, 井村 誠孝, 山本 新吾, 大城 理, AR 手術のための較正不要な斜視内視鏡カメラモデル推定, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.34 No.25, pp.43-46, 2010-06-29.
- [11] 金守 恒志, 黒田 嘉宏, 滝内 秀和, 田ノ岡 征雄, 井村 誠孝, 黒田 知宏, 山本 新吾, 大城 理, 体内術中計測に基づくレジストレーション手法の臨床評価への試み, 電子情報通信学会技術研究報告. MI, 医用画像 Vol.109 No.270, pp.7-12, 2009-11-04