

拡張現実感を用いた漢字教育システム作成に関する研究

2006MI082 近藤 淳樹

2006MI098 蓑島 伸明

指導教員 金 知俊

1 はじめに

今日、コンピュータにおける仮想 3 次元空間で扱われる 3D ユーザインタフェース (3DUI) の研究が多く行われている。それらの研究目的の多くは、ユーザに直感的で分かり易いユーザインタフェース (UI) を提供することである。UI は CUI(Character UI) から GUI(Graphical UI) へと変化し、さらに 3D 空間への応用も行われており、より直感的で分かり易いものへと発展してきている。中でも現在注目されている UI の技術の 1 つとして拡張現実感 (AR) 技術がある。この AR 技術は現実世界と仮想世界の間において実時間で 3D 仮想オブジェクトを現実世界に存在する物体のように取り扱うことができ、初心者にも直感的で分かり易い UI を実現可能である。

この AR 技術の本格的な研究は 1990 年代の初頭から始まった。コンピュータの高性能化などによって現在 AR はインターネットやモバイル機器の未来に大きな影響を与える技術であり、初心者にも直感的で分かり易い UI を実現することができると注目され、実用化が進められている。

そこで本研究では、AR 技術を用いてユーザに直感的で分かり易いアプリケーションを提供することを目的とし、AR 技術の応用として今回は漢字を用いた教育システムのコンテンツを作成し、その効果を確認することにした。今回は複数の漢字を組み合わせる 1 つの複合漢字を作成する漢字パズルを AR 技術を用いて 3D 仮想オブジェクトで実現することにした。今回取り扱う漢字は小学 1、2 年で習う漢字に限定し、その中から 20 程度の漢字を用いて行うことにした。アプリケーションの実現手法として、AR 技術を用いたソフトウェアを容易に構築できる ARToolKit、OpenGL で立体文字を生成できる FTGL、仮想物体作成のために CG ソフトウェアの blender を用いている。

なお、近藤は主にシステムの構築を、蓑島は主に 3DUI の調査、及び AR の調査を担当した。

2 3D ユーザインタフェース

UI とは、ユーザとコンピュータ間のコミュニケーションが行われるときに用いられる媒体である。また、ユーザとコンピュータの動作と状態 (入力、出力) を相互に理解し作用できる表現に変換するものである [5]。UI には CUI(Character UI) と呼ばれるキーボード入力と画面の文字表示のみでコンピュータを操作する方法と GUI(Graphical UI) と呼ばれるウィンドウやアイコン

などをマウスで操作してコンピュータを操作する方法がある。

3DUI とは、3D インタラクションに伴う UI のことである。3D インタラクションはユーザの行った作業が、3D 空間の与えられた条件で直接的に実行されるヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) のことである。3DUI が使用される技術分野の例として仮想環境 (VE)、仮想現実感 (VR)、拡張現実感 (AR) などがある [5]。

また 3DUI はユーザの動作とその動作の結果を示すシステムのやり取りとの間で任意の状態間の動作に要する距離が小さい。これによってユーザは、たとえばシミュレーションがどのように働くかについての複雑なモデルを確立できる。これによりコンピュータアプリケーションのための UI は、ますます多様になっている。

3 AR

AR(Augmented Reality) は現実世界にデジタル情報を重ね合わせて利用者の活動を支援する UI の技術である。言い替えると AR は現実の世界に情報を「上書き」することができる技術である [3]。AR では、カメラで撮影された画像からマーカを認識し、空間の中でどの角度からカメラが見ているかを逆算し位置と方角を決定してマーカ上に表示する。つまりマーカが現実世界に存在すればカメラの認識によって 3 次元空間の中で作られた AR が簡単に実現できる。

また、マーカを使用しない方式に代表的なものとして PTAM(Parallel Tracking and Mapping) がある。

3.1 AR を利用したアプリケーション

人間は「物を見る」など現実空間と常にインタラクションしている。現実世界にデジタル情報を重ね合わせて利用者を支援する AR は様々な分野に用いられる。例えば、遺跡などでヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着して、画面に 3D 仮想オブジェクトを重畳することで当時の環境を再現するといったことが可能である。

また、2008 年 9 月に行われた WEB ビジネスイベントの「Tech Crunch50」では AR 技術を用いたアプリケーションとして、セカイカメラが紹介されている [1]。「セカイカメラ」とは、日常のある場所をデバイスである携帯電話のセカイカメラ越しに見ると、他の誰かがそこに残した情報がセカイカメラ越しに浮かび上がり、画面を通じて見える情報が、そのまま自分の情報として得られるというものである。このように、AR は今、研究領域から実用領域に移ってきている。要素技術的にはかなり実用的に使えるものがあるので、それらを実際に使えるアプリケーションやコンテンツに適用し、我々の日常生活

活に役立つことが期待されている。

3.2 ARToolkit

本来、ARのシステムを作るためには、高性能なコンピュータやカメラ、センサ類といった高価な機材に加え、画像処理や射影幾何に関する高度な知識が必要である。しかし、近年PCの性能が飛躍的に向上し、PCに接続できるカメラ（Webカメラ）を安価に入手できるようになったことに加え、ARToolkitというライブラリによって、比較的簡単にARアプリケーションを作れるようになった。ARToolkitとは拡張現実を実現するためのC言語またはC++用のライブラリ群であり、奈良先端科学技術大学院大学の加藤博一教授が開発したものである [2]。

本研究では、このARToolkitを利用してアプリケーションの作成を行う。本来ならキャプチャした画像の中からマーカを検出し、その位置や向きを取得するといった処理が必要だが、ARToolkitはその部分をブラックボックス化してくれるので、容易にARアプリケーションを作成できる。ARアプリケーションとは、Webカメラを使用して現実世界をキャプチャして、キャプチャ画像の中にあるマーカに3D仮想オブジェクトを描画するアプリケーションのことである [3]。図1は、そのWebカメラとマーカの座標系である。

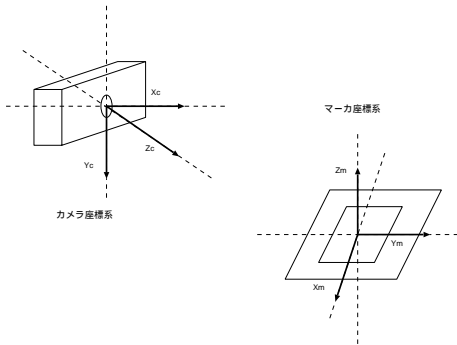


図1 マーカに文字を表示

マーカの3次元位置を求めるためにはマーカ座標からカメラ座標系への変換行列 T_{cm} を推定する必要がある。また、システムの座標系の説明として、まず式 (1) により、 X_m - Y_m 平面内の点 $(X_m, Y_m, 0)$ は、理想スクリーン座標系上の点 (X_c, Y_c) へと変換される。式 (1) の C は、マーカの大きさと4頂点の座標値によって求められ、 h はマーカの大きさによって決まる比例定数である。マーカ内部のパターンはこの式によって画像の正規化が行われる。次に式 (2) により、マーカ座標系からカメラ座標系へと変換される。このとき $R_{3 \times 3}$ は回転移動成分、 $T_{3 \times 1}$ は平行移動成分を表している。最後に式 (3) によってカメラ座標系から理想スクリーン座標へ変換される。これにより、マーカ座標形状で表現されたCGモデル

を実環境にそれが存在する場合に、画面上に投影される場所と同位置に表示することができる。つまり、ユーザに仮想物体がマーカと結びついているような感覚を与える。式 (3) におけるパラメータ P はカメラキャリブレーションによって求められる [4]。

$$\begin{bmatrix} hx_c \\ hy_c \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = T_{cm} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & T_{3 \times 1} \\ 000 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} hx_c \\ hy_c \\ h \\ 1 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & 0 \\ 0 & P_{22} & P_{23} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

4 本研究の概念

ARでは仮想物体が現実世界に存在するかのように表現できるので、教育ツールに取り入れることで子供達の興味を引き、教育効果が高まるのではないかと我々は考えた。我々はその一例として漢字を覚えるための教育システムを試作した。本研究のシステムは、予めマーカごとに文字を設定しておき表示するものである。次に、2つのマーカを組み合わせると1つの複合文字になる場合、対応するマーカ同士を正しい位置関係で近づけると、マーカ間に複合文字が表示されるというものである。また、キーボード操作によりマーカに設定された文字に対応した3D仮想オブジェクトが振り仮名が表示される。このシステムの概念図を図2に示す。

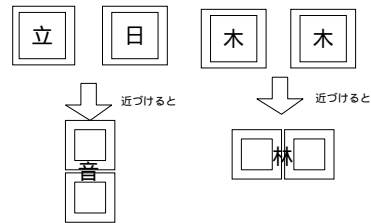


図2 システムの概念図

表 1 取扱うことのできる漢字と 3D 仮想オブジェクト

単独文字	複合文字	仮想物体
木	林	木
立	音	日
日	町	雨
田	村	
丁	雲	
寸	絵	
雨	記	
云	校	
糸		
会		
言		
己		
交		

本研究のシステムは FTGL と ARToolKit を組み合わせることによって実現している。したがって、カメラ画像の所得及び表示は ARToolKit で処理している。また、FTGL とは OpenGL において立体文字などの様々な文字を描画させることのできる C++ ライブラリである。

本研究において取り扱うことのできる漢字と 3D 仮想オブジェクトの種類を表 1 に示す。

4.1 関連研究

Daniel Wagner 氏らは、AR を用いて漢字の学習を行う Augmented Reality Kanji Learning[8] のアプリケーションを開発した。この論文で開発されたアプリケーションはより多くのカードを探し勝敗を競う対戦型の漢字学習ツールである。これは、ユーザが漢字に対応した 3D 仮想オブジェクトを見て、それに対応した漢字単語を直感的に覚えることができるものである。したがって、このアプリケーションは漢字がほとんど分からない人を対象として作られている。これに対して、本研究のシステムは、小学校低学年のように多少漢字を理解しているユーザ向けに作成している。また、文字を漢字に対応した 3D 仮想オブジェクトと切替えて表示する事も可能なので、このアプリケーションと同様に 3D 仮想オブジェクトを見て、直感的に漢字を学習することが可能であると考えられる。

5 本研究のシステム

本研究のプログラムの仕組みについて説明する。まず、FTGL を用いることでマーカ上に予め設定した文字を表示する。次に、複数のマーカを認識した場合はマーカの位置を所得して、マーカ間の距離、マーカ同士の位置関係を計算する。そして、2 つのマーカに設定してある文字が組み合わせると 1 つの文字となり、さらにそれらのマーカ間の距離が一定より近づき、正しい位置関係の場合に複合文字が表示される。また、キーボード入力を行うことで漢字に対応した 3D 仮想オブジェクトが振り仮名が漢字の代わりに表示されるものである。

5.1 実行結果と考察

図 3 ではマーカごとに文字が表示されている様子を示す。図 6 では組み合わせると 1 つの文字となるマーカ同士を近づけた場合を示し、図 4 ではそうでない場合の様子を示す。図 5 では対応するマーカ同士の位置関係が異なっている場合を示す。これらから、対応するマーカ同士が正しい位置関係で近づけた場合のみ複合文字が表示され、マーカ間の距離が遠いか位置関係が異なっている場合複合文字が表示されないことが分かる。図 7 では漢字に対応する 3D 仮想オブジェクトが描画されている様子を示す。また、図 8 では、漢字の振り仮名が描画されている様子を示す。



図 3 すべてのマーカ上に文字を表示



図 4 マーカ同士が離れている場合

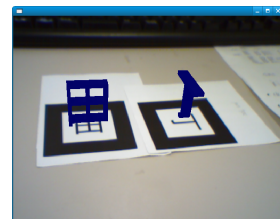


図 5 マーカ同士の位置関係が間違っている場合

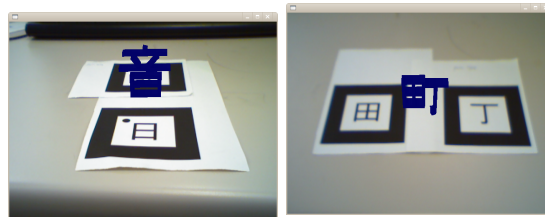


図 6 マーカ同士を正しい位置関係で近づけた場合



図 7 3D 仮想
オブジェクトの
場合



図 8 振り仮名の場合

5.2 本研究の手法の考察

第 3 章で述べた ARToolKit を用いて AR アプリケーションを実現し、第 4 章で述べた FTGL を組み合わせることで、漢字を直感的に学習するという AR を用いた教育コンテンツのシステムを試作した。我々は、本研究の手法の検証として、本学の学生 5 人に図 9 の漢字ゲームである漢字博士と本研究のシステムを実際に使ってもらった上で、本研究のシステムに関して 5 段階評価で以下のようなアンケートを行った。

アンケート結果

1. 実際に使ってみて楽しく学べたかどうか:2.4
2. 教育効果が期待できそうかどうか:3.6
3. 取り扱うことのできる漢字の数は十分かどうか:1.2
4. 実際に使ってみて扱いやすいかどうか:2.4
5. 感想



図 9 漢字博士 No.1

5.3 アンケートの考察

項目 2 では平均 3.6 となり、どちらかといえば教育効果が期待できそうであるという結果になった。これは、本研究のシステムにある程度の教育効果が期待でき、有用であるという結果と考えられる。それ以外の項目で評価が低かった原因として、カメラの撮影範囲内にマーカを置かなくてはいけないこと、素早くマーカを動かしたり、マーカが指で隠れてしまうと 3D 仮想オブジェクトが表示されないこと、取り扱うことのできる漢字の種類が少ないこと等が考えられる。感想からは、漢字に対応した 3D 仮想オブジェクトの数を増やし、その形状をよりリアルにすることや持ち運びがしやすいシステムが求められていることが分かった。

6 おわりに

本研究は AR 技術を用いて直感的で分かりやすいアプリケーションを提供することを目的とし、その一例として漢字教育システムを試作した。手法として、AR 技術の実装には ARToolKit を用いた。また、3D 仮想オブジェクトの作成は Blender を、3D 仮想オブジェクトの描画には OpenGL を取り入れた。次に、OpenGL で立体文字を生成できる FTGL を取り入れた。これらの手法により、AR 環境で漢字、振り仮名、漢字に対応した 3D 仮想オブジェクトの表示を可能とした漢字教育ツールのインタフェースを構築した。また、アンケートの結果から、本研究のシステムは、試作した教育ツールとしては教育的な効果が期待され、有用だという結果が得られた。

現状の問題点としては、取り扱うことのできる漢字の数が 21 種類だけであることや漢字に対応した 3D 仮想オブジェクトの数が少ないこと、その形状が簡易すぎることなどが挙げられる。また、ライブラリの問題点として、複数のマーカを用いた場合と複雑な 3D 仮想オブジェクト表示の際の処理速度が遅れることやそのために複数のマーカを同時に取り扱った場合に複合文字が表示されないことがある。これは、現在使っているライブラリである ARToolKit よりもマーカ認識がよいライブラリなどを用いることで改善されると考えられる。したがって、取り扱うことのできる漢字、3D 仮想オブジェクトの数を増加し、3D 仮想オブジェクトの形状をよりリアルにし、ケータイデバイスやゲーム機での実装を行うことで、本研究のシステムがユーザに直感的に学習することができるツールであるということに、より説得力をもたらすことができると考えられる。

参考文献

- [1] 林哲史：AR のすべて ケータイとネットを変える拡張現実, 日系コミュニケーション編 (2009).
- [2] 橋本 直：ARToolKit, 拡張現実プログラム入門 (2008).
- [3] 谷尻豊寿：拡張現実感を実現する ARToolKit, プログラミングテクニック (2008).
- [4] 加藤博一, Mark Billingham, 浅野浩一, 橋啓八郎：マーカ追跡に基づく拡張現実感システムとそのキャラリレーション, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.4, pp.607-616, (1999).
- [5] 松田晃一, 細部博史, 由谷哲夫：3D ユーザインタフェース, 丸善株式会社 (2005).
- [6] 橋本 直：工学ナビ Engineering Navi, <http://kougaku-navi.net/about.html>.
- [7] FTGL による文字表示, <http://www.kushiroct.ac.jp/yanagawa/project/ftgl/>.
- [8] Daniel Wagner, Istvan Barakonyi：Augmented Reality Kanji Learning, Proceedings of the 2nd ISMAR, pp.335, (2003).