

タイトル	赤外LED アレイを用いたAR（拡張現実感）用マーカーの開発
著者	菊地，慶仁； KIKUCHI，Yoshihito
引用	工学研究：北海学園大学大学院工学研究科紀要(14): 9-12
発行日	2014-09-30

赤外 LED アレイを用いた AR（拡張現実感）用 マーカーの開発

菊 地 慶 仁*

Development of AR (Augmented Reality) marker utilizing IR-LED array

Yoshihito KIKUCHI*

要旨（Abstract）

AR (Augmented Reality：拡張現実感) は、現実世界の視覚情報を入力とし、これにコンピュータによって情報を付加してユーザに提示することで、ガイダンス、ナビゲーションなどを効率的に行うことを目的としている。初期に開発されたライブラリ ARtoolkit などは白黒画像をマーカーとし、この画像を検出した後に合成用の 3D オブジェクト情報を付加している。しかし白黒画像のマーカーは美観上の問題から敬遠され、マーカーレス AR が研究されている。本報告では、人間からは直接感知することが不可能な赤外 LED (IR-LED) のアレイをマーカーとし、また必要に応じてマーカーパターンも変化できる方式の提案及び試作システムの開発について報告する。

1. AR の基本的な方式

AR (Augmented Reality) は強化現実感、もしくは拡張現実感と呼ばれ、人間が知覚できる視覚的な外界情報にコンピュータによって情報を付加して観察者に提示することで認識の範囲を拡大する技術である¹⁾。入力される外界情報及び付加される情報は、画像情報が用いられることが多い。付加される情報では 3D の CG 画像や 2 次元平面画像、文字情報も画像化して付加する。応用分野としては、ナビゲーションや手術、航空機整備などのガイダンスで視覚情報へ付加することで用いられることが多い。また航空機で用いられる HUD (Head Up Display) やディスプレイ内蔵ヘルメットも AR 技術の一種と見ることができる。

AR では、視覚情報の入力と追加する画像情報をユーザの視覚（もしくはモニタ画像）内で何らかの形で同定させる必要がある。初期に実用化された ARToolKit²⁾ では、黒い淵取りの画像をマーカーとしていた(図 1)。マーカー内部の文様は予めシステムに登録されており、合成する画像の種類を指定する為に用いる。マーカーの太い淵は、

カメラで撮影した際に画面上での外形形状からマーカーの姿勢を求め、マーカーの法線上のあるオフセット位置に対象を表示するために必要とされる。

AR におけるマーカーの機能としては

- 1) カメラ座標系内で付加すべき情報の位置を指

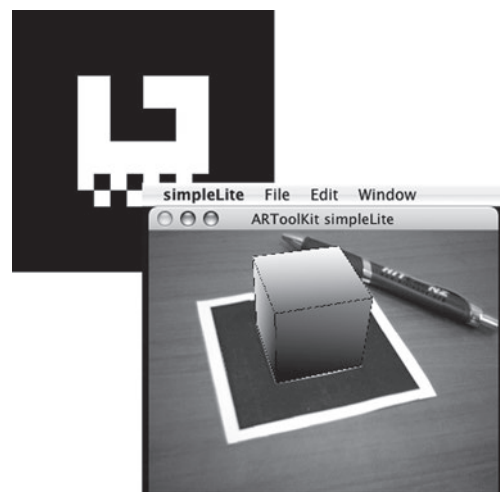


図 1 ARToolKit で用いられる典型的なマーカーと 3D オブジェクトを合成した結果

* 北海学園大学大学院工学研究科電子情報工学専攻

Graduate School of Engineering (Electronics and Information Eng.), Hokkai-Gakuen University

定する。

- 2) 付加する情報（画像）のカメラ座標系内での姿勢を指定する。

の2点に関する情報を提供しており、逆に同種の情報を提供できればマーカーを用いなくてもAR処理を実行することができる。

2. マーカー方式ARの問題点と本研究の目的

ARToolkitのような2次元のマーカーを使う方式では

- 1) 白黒画像で姿勢を認識する必要から、一定のサイズ以上のマーカーを配置する必要があり、これによる美観上の問題が生じる。
- 2) マーカーのマークそのものは一旦配置されると動的に変更することが出来ない。表示内容の変更などはソフト的に行うしかない。
- 3) 他の物体によって遮られてマーカーの一部がカメラに映らなくなるとAR処理を継続できなくなる。

と言った問題点がある。対して2次元マーカーを用いないマーキング技術としては

1) 2D マーカーレス

幾何学的にデザインされた明確なマーカーではなく、事前に設定された2次元パターンをマーカーとする方式。印刷物の文様や文字列、標識などが考えられる。

2D マーカーレスのバリエーションとして白地に黒のドットを散りばめたパターンをマーカーとする方式がある³⁾。この方式では、各ドットの対象位置関係が予め決めておくことで、ドットパターンの一部が撮影できれば映っているドットのIDを同定することが可能である。全体の70%程度が視認可能であればAR処理を行うことができ、特に一部を遮られる事態にも対応が可能である。白地に黒斑点ではマーカーであることが一目瞭然なので美観上の問題は残るが、複数の画像特徴点を前述の黒斑点パターンとすることは可能であると考えられる。

2) 3D マーカー

3Dの物体形状（画像）をマーカーとして登録しておく方式である。3D物体でのカメラへの映り込みが常に一定となる訳ではないので、この方式ではマーカー物体の画像を多数の視点から撮影して登録しておく必要がある。またマーカーの一部

が他の物体に隠蔽された際の影響は2次元マーカーと同様になる。

3) GPS&デジタルコンパス

マーカーは用いずにマーキングポイントを緯度経度情報で予め設定しておき、GPSから得られる地点情報とマッチさせて判断する。また方向情報を得るためにデジタルコンパスも併用する方式である。

4) LLA (stands for latitude, longitude, altitude codes) マーカー⁴⁾

室内でGPS情報の精度が限定されてしまう場合に、GPS情報を代替するために用いられる。このマーカーには緯度経度情報を記録しておくことができるので、読み込んだマーカーに記載された緯度経度情報を元に、GPS&デジタルコンパスの方式と同様の情報の付加を行う。

GPS&デジタルコンパス方式はマーカーの設置や管理が難しい屋外での利用を想定されている。またLLAマーカーのように組み合わせて使うこともGPS方式の難点を克服することも行われている。

これまで主にマーカーの方式について述べて来たが、美観を損ねる2次元マーカーを用いない方式が依然として追求とされている。本報告では、このような必要性に対して人間の目からは見えない赤外線放射をマーカーとするAR技術を提案する。またこのマーカーは外部プログラムなどで自身のパターンを動的に変更することが可能となるものとする。具体的には赤外線LEDを格子状に配置した配列（アレイ）を構成してマイコンボードから制御し、これを赤外カメラで撮影してAR処理を行う。



図2 本研究で用いた赤外USBカメラ（HANWHA DC-NCR300U）

赤外 LED はオーディオやテレビなどのリモコンとして用いられている。通常光の LED 発光は目に対して刺激的であるが、赤外 LED の発光は人間の目からは見えないので美観上の問題が生じにくいと考えられる。また赤外光は薄い紙や布地を通して到達可能なので、ポスターや壁掛けの背後など、より人目につかない形で展示することも可能であり、プログラマブルに発光を制御することでパターンを変動させることができる。

3. 赤外 LED アレイによる AR マーカー

3.1 LED アレイ制御部

図 3 に本研究で開発した、赤外 LED アレイによる AR マーカーの外観と LED アレイ部の回路図を示す。赤外 LED は 4×4 の格子状に配置し、任意のパターンで点灯できる。

制御には Atmel AVR マイコンを CPU とする Arduino を用いた。図 3 右の回路図で赤外 LED のカソードとアノードは Arduino ではデジタル I/O ポートに接続している。Port 01~04 が VCC 側の制御で Port 05~08 が GND 側の制御に用いられる。通常は Port 01~04 は GND に、Port 05~08 は VCC を出力する。この状態では全ての LED が発光しない。

LED を発光させるためには、例えば図 3 の破線の楕円で囲った LED 一個を点灯させる場合には、Port 04 を Vcc に、Port 05 を GND に制御する。この組み合わせによって破線で囲った LED

1 個だけが点灯する。ただしこの方式では同時に点灯できるのは 1 個の LED だけなので、実際にあるパターンで点灯させるには、発光する LED の配置をデータとして配列に格納し、Port 05~08 をループで順に GND に変更し、その行で点灯する LED があるかどうかをサーチし、該当する LED を点灯させる際にだけ Port 01 から Port 04 の一つを GND から Vcc に変更して点灯させる。

通常の USB カメラは 1 秒間に 30 フレームの画像取り込みを行っているので、1 フレームを取り込む 30 分の 1 秒以内に 16 個の LED の点灯制御を完了できる必要がある。冗長性を持たせるとすれば、1 フレームを取り込む間に 2~3 回程度各 LED が点灯できれば良いと考えられる。

本研究で用いた Arduino MEGA はクロック 16 Mhz 駆動で 1 秒に 1600 万回命令を実行できる。Arduino 用プログラムの 1 ステップが何クロックで実行されているかは不明だが、1 個の LED 制御に 1000 クロックかかったとしても、16 個の LED の制御を 10^{-3} 秒で完了できる。

また 16 個の LED 点灯を実行してすぐに点灯パターンを変更することは有りえないので、画像フレームの取り込みと LED の点灯サイクルが同期して特定 LED が消えて映るような不具合が起こることは無いと考えられる。

3.2 画像処理

本報告で用いた赤外 USB カメラからの画像は、通常のグレースケール画像と同様に処理する

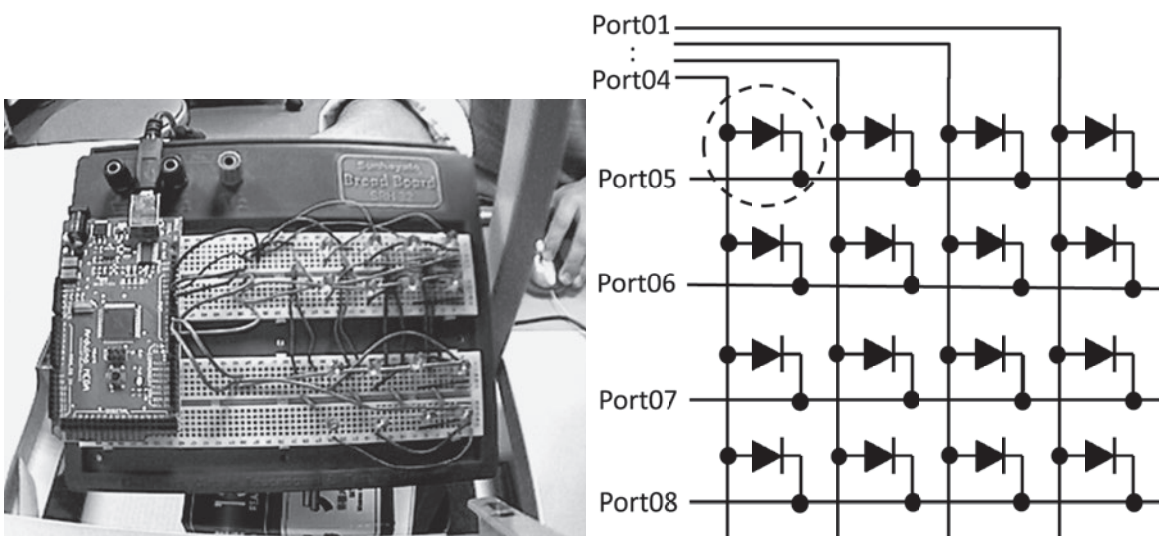


図 3 (左) Arduino を用いて構成した赤外 LED アレイによる AR マーカー、(右) LED アレイ制御回路

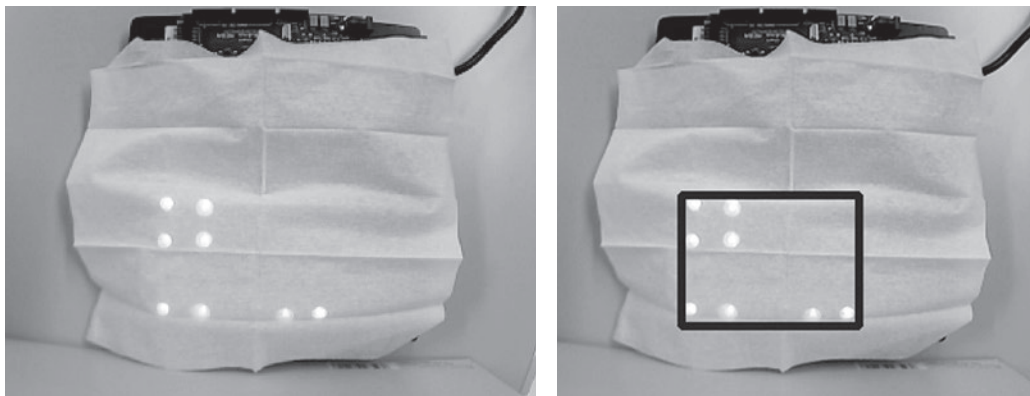


図4 （左）ティッシュペーパーを透過して赤外LEDを赤外USBカメラで撮影した画像，（右）赤外LEDの発光パターンを画像認識して領域を表示した結果

ことができる。赤外USBカメラからの画像を処理するために画像処理用ライブラリであるOpenCV⁵⁾を用いた。2次元のマーカを用いる場合にはARToolkitを用いて3Dオブジェクトの合成までを自動で行うことができるが、今回はLED制御回路及び制御用ソフトの開発を主に行っているために、赤外LED画像の処理はごく初歩的なレベルで行った。すなわち、赤外LEDの発光している画像から背景部分を削除した画像をテンプレートとして登録し、発光している画像を赤外USBカメラで撮影してテンプレートマッチングを行い、認識できた領域を矩形のパターンで囲むまでを行った。

4. 実験結果及び考察

図4に赤外LEDを点灯させてティッシュペーパーを透過させ、赤外USBカメラで撮影した。図に示されたように薄い素材を通して赤外LEDの発光を検知することが可能で、かつ検知した領域を囲うことができた。

5. 結論

本報告では以下の報告を行った。

- 1) 赤外LEDアレイをAR用のマーカとして

用いる方式の提案を行った。

- 2) 実際にArduinoを用いたLED発光制御システムを開発し赤外LEDを発光させ、OpenCVを用いて発光パターンの認識とマーキングを行うことで、本提案の有効性を確認することができた。

今後の展開としては、LED発光の画像から3Dオブジェクトの位置と姿勢を求めて画面上で合成することが必要となる。また赤外USBカメラの画像はグレイスケールなので、マーカ検知この画像で行い、実際のユーザ向けの画像出力はカラー画像で行う取り組みも必要と考えられる。

【参考文献】

- 1) 佐野 彰：AR入門〔改訂版〕―身近になった拡張現実，工学社。
- 2) 拡張現実感を実現するARToolkitプログラミングテクニック，谷尻 豊寿，カットシステム。
- 3) Hideaki Uchiyama, Hideo Saito: Random dot markers, Virtual Reality Conference (VR), IEEE, 35-38, 2011.
- 4) 日経コミュニケーション編集部：ARのすべてケータイとネットを変える拡張現実，日経BP社。
- 5) OpenCV 2プログラミングブック制作チーム（著）：OpenCV 2プログラミングブック，マイナビ（2011）。