

ランダムドットマーカを用いた 置き型レスポンスアナライザの提案

伊藤 学歩^{1,a)} 三浦 元喜^{2,b)}

概要: クリッカーを代表とするレスポンスアナライザシステムには、AR マーカが書かれた紙を生徒が掲げそれを認識するといったデバイスフリーなシステムも存在する。しかし、紙を掲げるといったジェスチャーは生徒にとって授業への集中を切らす行動である。そこで我々はより簡易的に回答ができる置き型のレスポンスアナライザを提案する。さらに AR マーカには隠蔽に強いランダムドットマーカを利用し、より遠くにあるマーカの認識精度の向上を目指す。

Setting Device-free Response Analyzer System with Random Dot Markers

ITO MANABU^{1,a)} MIURA MOTOKI^{2,b)}

Abstract: Device-free response analyzer systems with papers printed AR markers are developed, and don't require devices like clicker tools. But holding papers is vain actions for student in the lecture. So we proposed new response analyzer system setting a cubic figure on the desk. In addition, we adopted random dot markers because of robustness against hiding a part of markers.

1. はじめに

双方向型のアクティブな授業を展開するため、クリッカーツール、スマートフォンなどの電子デバイスを用いたレスポンスアナライザの研究が行われている [1]。レスポンスアナライザの特徴はリアルタイムで生徒の回答を集計できることである。実際に授業でクリッカーを使用し、多数の生徒が能動型学習のためのクリッカーを評価している [2]。しかし、このシステムではデバイスの管理やそれらを貸し出し、回収するといった作業の負担が問題とされる。上記の問題を解決するために紙を用いたレスポンスアナライザが開発された [3][4]。そのシステムでは紙に AR マーカが印刷され、マーカの向きを教室の前方に用意したカメ

ラで認識することによって、生徒の回答を即座に知ることができる。紙を用いたレスポンスアナライザは電子デバイスを用いるより比較的安価であり、レスポンスアナライザを用いた授業の導入・運営コストを削減することで、時間的余裕などから質の高い教育につながると考えられる。

一方、生徒の授業への集中や学習のモチベーションの維持には生徒の理解度に合わせた授業展開が必要である。そこで教師は生徒の授業理解度を知ることが大切なのだが、生徒が授業の内容を理解しているかどうかを授業中にリアルタイムで知るのは難しい。なぜなら、理解しているかどうかを教師が問いかけても、ほとんどの生徒は黒板の模写に必死であるか、周りの目を気にして理解できていないことを教師に伝えられないからである。

そこで我々は AR マーカを用いた置き型レスポンスアナライザを提案する。置き型レスポンスアナライザを使用することで、生徒は簡単に問題に回答できるだけでなく、授業の理解度を迅速かつ匿名性を持って教師に提示することができる。さらに AR マーカにはランダムドットマー

¹ 九州工業大学 工学部 総合システム工学科
Department of Integrated System Engineering, Kyushu Institute of Technology

² 九州工業大学 基礎科学研究系
Faculty of Basic Sciences, Kyushu Institute of Technology

a) ito@ist.mns.kyutech.ac.jp

b) miuramo@mns.kyutech.ac.jp

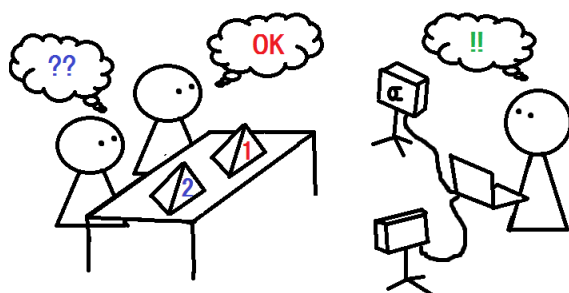


図 1 置き型レスポンスアナライザを用いた授業

カ [5] を採用し、一部の隠蔽に強く多様なデザインに対応できるようにする。

2. 置き型レスポンスアナライザの概要

図 1 が置き型のレスポンスアナライザを用いた授業イメージである。図 2 のように側面の 4 面に AR マーカが印刷された四角錐を生徒 1 人 1 つ用意し、机の上に置く。そして、どのマーカを前方に向けているかをカメラに繋がれた PC で認識することにより、教師はどの生徒が何を回答をしているかを得ることができる。なお、4 つの面に印刷されたマーカは全て異なるものとする。

2.1 「置き型」の利点

通常、AR マーカを用いたレスポンスアナライザは生徒がマーカを掲げる形で使用する。しかし、置き型にすることによって筆記の中断などの支障を減らすことができる。例えば、先生からの択一問題に対して生徒は四角錐を回転させるだけで回答をすることができるので、マーカを回転後、集中を切らすことなく次の問題に取り組むことができる。また、マーカを回転するというジェスチャーはマーカを掲げることと比べ動作が大きくないため、周りの目を気にすることなく回答を行うことができる。

さらに生徒の回答の集計とは別に、教師は生徒が授業を理解しているかどうかの数段階の評価をリアルタイムで得ることができる。例えば、生徒が授業を理解できなくなるとマーカを回転させることを前もって説明し、実際に理解できていない生徒が多くなると教師は補足の説明を追加することができる。これを利用することで教師は生徒の理解度に合わせた授業展開を行うことができる。

2.2 ランダムドットマーカ

内山氏によって開発されたランダムドットマーカは多数のドットを持ち、そのドットとデータベースとのキーポイントマッチングによってマーカの認識を行う。そのため一般的な AR と違い四角く黒い枠を必要としない。よって、四角錐の側面のような三角形の中にもマーカを埋め込むこともできる。また、キーポイントマッチングに LLAH (Locally Likely Arrangement Hashing) [6] という手法を用いること

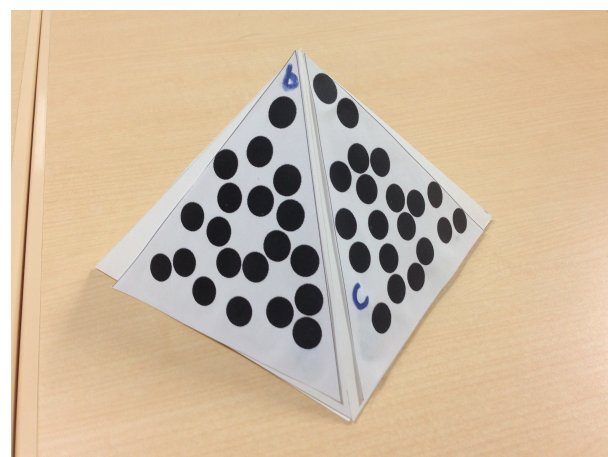


図 2 置き型レスポンスアナライザ

で、一部の隠蔽に対するロバスト性を持ち合わせている。

3. 実装

内山氏が Web サイト [7] で公開しているランダムドットマーカの作成プログラムと認識のためのソースコードを改良し、四角錐のレスポンスアナライザとして使用できるようにした。作成プログラムでドットの数や半径などを自由に設定し、そのパターンファイルを登録して認識できるようになっている。四角錐の側面を認識しているかどうか確認するために、検出結果としてマーカに三角形を重畳表示するようにした。また、それに合わせてマーカも三角形の内側にドットが存在し、それらすべてが重ならないように設定した。また、実際に図 2 が示す置き型レスポンスアナライザの試作品を用いた。マーカの部分に a (面)、b (面)、c (面) など自由に記載できるのはランダムドットマーカの特長で、認識に影響しないためである。

4. 予備実験

実際にレスポンスアナライザとして使用できるのか、予備実験を行った。以下で行う実験で、認識のために用いた PC (Core i5-2540M vPro 2.60GHz、メモリ 4GB)、PC の Web カメラ (1280 × 720 ピクセル)、すべてのマーカの大きさは 15cm × 15cm で共通である。

4.1 ドット数の決定

まず、1 つのマーカに対するドットの個数を決定するための予備実験を行った。これにより、ランダムなドットの配置が最低どのくらいのドットの数で 1 つのマーカと成りうるのかを知ることができる。ドットを 1 つから順に増やして行き、いくつで認識できるのかを検証した。マーカとカメラの距離は 50cm、ドットの半径は 8 ピクセルである。結果、安定的にマーカとして認識できる最低のドット数は 11 個である。ドットの半径 13 ピクセル、18 ピクセルでは 10 個でも認識できた。12 個以上のドットで構成された

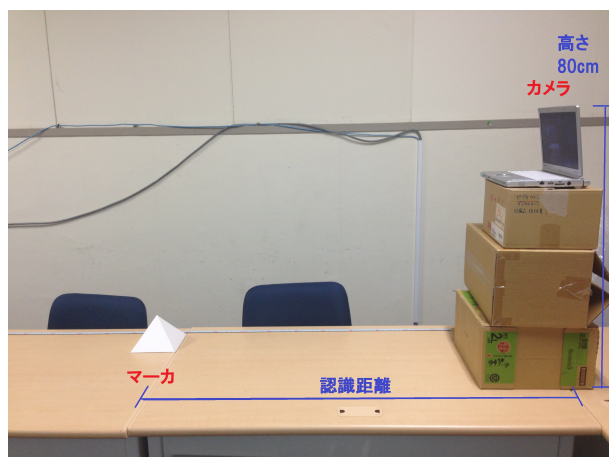


図 3 認識距離の実験環境

マーカはドット数が多いほど隠蔽に対してのロバスト性が向上すると考えられる。レスポンスアナライザとして、ある程度の隠蔽に対応したいので、我々は1つのマーカに対するドット数を20個と定めた。

4.2 ドット半径の決定

ドットの半径は大きければ大きいほど遠くから認識できるが、ドットの占める割合が高くなってしまふのでランダム唯一性が失われてしまう。つまり1つのマーカとして認識できなくなるということである。そこで、マーカがランダムでドットを配置したマーカを200個作成でき、かつドットの半径がなるべく大きくなるような値を調べる。マーカを3回実行し、200個のマーカすべてを作成できるかを確認した。ここで用いたドットの数20個である。結果、ドット数20個の時、半径31ピクセルがランダムで作った最適の半径である。半径32ピクセルでは途中で処理がとまってしまい、ランダムに配置できる余地がなかったと考えられる。よって我々はドット数20個、ドット半径31ピクセルを用いて次の実験を行った。

4.3 認識距離の測定

最後に、図2のようにa面、b面、c面の順に並んだ3面のマーカ（それぞれドット数20個、ドット半径31ピクセル、またa面とc面の間の面は白紙である）の認識距離を調べた。また、マーカに対してカメラは高さ80cmの場所にある（図3）。

3面とも安定して認識できた距離は140-170cmの間であった。a面は120-130cmの間では認識されず、140-170cmでは認識できた（他の2面は認識できた）。これは場所によって光の当たり方が違い、ドットが白くなってしまう場合、そのドットを認識できないことが原因なのではないかと考える。

5. まとめと今後の展望

ARマーカを用いるレスポンスアナライザに新しいマーカの形態とランダムドットマーカを用いることを提案した。マーカを置き型にすることで、より簡易的な操作で回答でき、また授業の理解度も自動的に集計できるようになる。また、ランダムドットマーカを用いることで、一部の隠蔽に対してもマーカを認識できるようになった。

現在の課題は、認識距離を伸ばすことである。より高解像度のカメラを使用するかドットの半径を大きくすれば認識距離は伸びると予想されるが、それらには限界がある。レスポンスアナライザとして教室などの広いスペースで用いる場面では、カメラを複数台設置することが解決策の1つと考えられる。また、ARの認識は光の当たり具合によって大きく左右される。よって光源が多い教室での認識のコントロールが難しくなることも問題である。

現在、ランダムドットマーカの認識結果の反映には三角形をキャプチャ画像に重畳表示している。その過程で射影変換を用いるためにRANSACという手法を用いているのだが、[5]で述べられているようにキャプチャ画像に含まれるマーカが多くなれば多くなるほど検出に時間がかかってしまう。そこで、レスポンスアナライザとして用いる際には検出結果を収集できればよいので、射影変換を用いる必要がない。よって計算コストの減少という点からタブレット端末での実装や新たな機能の追加が期待できる。

謝辞 本研究の一部はJSPS科研費（課題番号15K00485）の支援によるものです。

参考文献

- [1] Caldwell, Jane E.: *Clickers in the large classroom: Current research and best-practice tips*. CBE-Life Sciences Education 6.1 (2007): 9-20.
- [2] 武田直仁, 田口忠雄: クリッカー (授業応答システム) を用いた双方向授業の比較と評価: 学生中心学習の構築を目指して名城大学教育年報. (2012): 11-19.
- [3] Andrew Cross, Edward Cutrell, and William Thies: *Low-cost audience polling using computer vision* Proceedings of the 25th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '12, pp. 455-464, New York, NY, USA, 2012. ACM
- [4] Motoki Miura, Toyohisa Nakada: *Device-Free Personal Response System based on Fiducial Markers* Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education (WMUTE2012), Takamatsu, Kagawa, pp. 87-91, March 2012.
- [5] Uchiyama, Hideaki, and Hideo Saito: *Random dot markers* Virtual Reality Conference (VR), 2011 IEEE. IEEE, 2011.
- [6] 中居友弘, 黄瀬浩一, 岩村雅一: 処理速度とメモリ効率の改善されたLLAHによるカメラベース文書画像検索画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008) (2008).
- [7] Hideaki UCHIYAMA http://limu.ait.kyushu-u.ac.jp/~uchiya/me/index_e.html