Vol.2018-GN-103 No.32
Vol.2018-CDS-21 No.32
Vol.2018-DCC-18 No.32
2018/1/27

カラーセンサを用いた平面位置検出手法のアプリケーションへの適用

武田 悠暉[1,a)]　高田 秀志[2,b)]

概要：本論文では，カラーセンサを用いた平面位置検出手法のアプリケーションへの適用について述べる．適用の例として，タンジブルデバイスの位置に応じてタブレット端末上に仮想空間の一部を表示するようなアプリケーションを構築した．その例の一つである画像管理アプリケーションでは，読み取った色に応じた配色の画像を表示することで，色の印象に基づいて操作を行えるようになっている．また，アプリケーションの今後の発展として，複数人の協調作業の場面に適用していくことが挙げられる．

キーワード：カラーセンサ，タンジブルデバイス，位置検出，アプリケーション

Application of Position Detection of Tangible Devices Using Color Sensor

Takeda Yuki[1,a)]　Takada Hideyuki[2,b)]

Abstract: In this paper, we introduce some application of a position detection method using color sensor. We built an application that displays a part of the virtual space on the tablet terminal according to the position of the tangible device. Photo management application has been also developed to enable the user to perform intuitive operation based on the color impression. We will expand the application by adding the function of simultaneously viewing and managing photos by multiple people so that it can be used in the scene of collaborative work.

Keywords: color sensor, tangible device, position detection, application

1. はじめに

近年，タンジブルユーザインタフェースと呼ばれる物理的な実体を直接触れることで情報機器を操作するシステムの構築が行われている．このタンジブルユーザインタフェースの利点として，操作性が向上すること [1]，記憶や学習の面において優れた効果があること [2] などが示されている．タンジブルユーザインタフェースの形態に，作業平面上のタンジブルデバイスの位置を検出して，その位置に応じたイベントを起こすものがあり，それらは，作業平面をタッチパネルなどで覆う方法 [3]，カメラでデバイスを撮影し，その画像から位置を検出する方法 [4][5]，マウスや加速度センサを用いて基準点からの相対的な位置を得る方法 [6][7] などで実現されている．しかし，これらは絶対的な平面上の位置検出が行えることと，機器の準備やコスト面からの簡易さを両立することが難しい．

そこで我々はこれらの問題を解決するために，カラーセンサを用い，平面上の座標によって色が一意に定まるように配置したカラーパターンの一部を読み取ることでデバイスの位置を検出する手法をこれまでに提案している [8]．提案手法は，準備やコストの面において簡易でありながら，絶対的な位置認識を可能にする．

[1] 立命館大学大学院情報理工学研究科
Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University
[2] 立命館大学情報理工学部
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan
[a)] y_takeda@cm.is.ritsumei.ac.jp
[b)] htakada@cs.ritsumei.ac.jp

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

Vol.2018-GN-103 No.32
Vol.2018-CDS-21 No.32
Vol.2018-DCC-18 No.32
2018/1/27

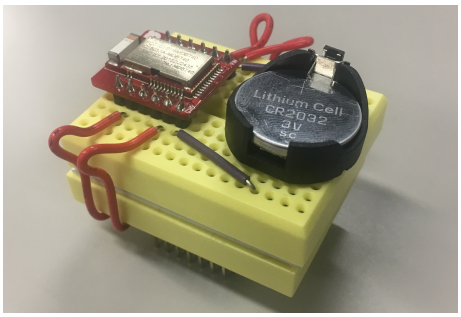


図 1 タンジブルデバイス

本論文では，このような位置検出手法を適用したアプリケーションについて述べる．また，このアプリケーションの実際の動作から，提案手法がより有効に機能する環境について考察する．さらに，提案手法を用いたアプリケーションの今後の発展可能性についても検討する．

2. カラーセンサを用いた位置検出手法

本章では，これまでに提案しているカラーセンサを用いた位置検出手法の概要について述べる．

2.1 手法概要

カラーセンサを用いた位置検出の方法について述べる．本研究で利用するカラーセンサとは，色を検出したい物体に対して白色の LED 光を照射し，その反射光を読み取ることで対象物の色の情報を取得するセンサを指す．

位置検出は以下のような方法で行う．

(1) あるカラーパターンが印刷された紙を配置した作業平面を用意する．
(2) カラーセンサを搭載したタンジブルデバイスは BLE モジュールを通して，得られた RGB 値を計算機端末へ送信する．
(3) 計算機端末は受け取った RGB 値を基に，カラーパターンに応じて平面上の座標を計算する．
(4) 初期設定としてキャリブレーションのためのサンプルを取得しておき，座標の計算時に用いる値を補正する．

図 1 に実際の位置検出で使用するタンジブルデバイスを示す．今回の実装では，BLE モジュールである RedBear-Lab 社の BLENano に，TAOS 社の TCS34725 が搭載されたカラーセンサモジュールと電源を接続したものをタンジブルデバイスとしている．また，計算機端末には iOS 端末を利用している．

2.2 カラーパターン

図 2 に位置検出のために用いるカラーパターンを示す．このカラーパターンでは HSV 色空間を利用しており，中心からの距離が彩度の変化，偏角が色相の変化となるような極座標系を用いた円形となっている．センサから取得した RGB 値を HSV 値に変換し，色相と彩度のパラメータによって座標を一意に決定する．



図 2 カラーパターン

このカラーパターンを用いるのは，彩度が低い部分の面積を減らすためである．色の特性より，彩度が低くなるにつれて色相の変化は小さくなることから，彩度が低い点において色相の取得精度が低くなる．そのため，彩度が低い部分の面積を小さくすることで，平面全体での位置検出の精度向上を図る．

2.3 キャリブレーション

位置の検出にあたっては 2 種類のキャリブレーションを行う．

一つは，白黒値を用いたキャリブレーションである．カラーセンサから得られる値は RGB それぞれについて最小値 0 から，最大値 65535 の範囲となっているが，実際にセンサで得られる値はこの範囲ではなく，印刷の精度やセンサの個体差によって異なる．そのため，あらかじめ最小値が得られる黒色と，最大値が得られる白色へデバイスを配置したときに得られる値を取得し，その範囲に収まるようにセンサからの RGB 値を補正する．

もう一つは，彩度の最大値を用いたキャリブレーションである．彩度は最も鮮やかな点を 1 とする値であるが，センサから得られる値はそれよりも小さな値になる．そのため，そのままの値を用いる場合は作業空間を有効に扱うことができない．そこで，あらかじめ彩度が最大となる点を広い色相で取得し，得られた彩度の値をその色相における彩度の最大値とする．この値を用いて得られたセンサの彩度を再計算することで，作業空間を広く扱えるようになる．

2.4 位置検出の精度

提案手法の精度を，位置の検出に必要な色相と彩度の 2 つのパラメータに着目して調査した結果について述べる．先に述べたように提案手法では，RGB 値の変換から得られる色相と彩度の 2 つのパラメータによって座標が決定される．そのため，提案手法の精度の調査はこの 2 つのパラ

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

Vol.2018-GN-103 No.32
Vol.2018-CDS-21 No.32
Vol.2018-DCC-18 No.32
2018/1/27

メータの精度の調査によって行った．それぞれのパラメータの調査は，印刷に用いた色の値とセンサを配置して実際に得られた値の比較によって行う．

調査の結果，色相については，平均 3.84%の誤差で値が得られることが分かった．また，彩度については，誤差が大きく発生し，彩度が大きくなるにつれてセンサ側の値の変化が小さくなることが分かった．

3. アプリケーションへの適用

本章では，カラーセンサを用いた位置検出手法を適用する具体的なアプリケーションについて述べる．

3.1 提案手法の特徴

提案する位置検出手法のアプリケーションへの適用にあたり，より提案手法が有効な場面を検討するために，提案手法の特徴について考察する．提案手法の特徴は以下の通りである．

- タンジブルデバイスの作業空間上における絶対的な位置の検出が可能
- 作業空間に紙などに印刷されたカラーパターンが展開される

これらの特徴を踏まえて，構築したデモアプリケーションについて以下に述べる．

3.2 仮想空間を覗くアプリケーション

これまでに 1 章で述べたような，平面上のデバイスの位置に応じて仮想空間の一部を表示するようなアプリケーションが研究されている．このようなアプリケーションを，カラーセンサを用いた位置検出手法を用いて実現することが考えられる．

我々が作成したアプリケーションでは，タンジブルデバイスの位置に応じて仮想空間の一部をタブレット端末上に表示し，仮想空間上に存在するオブジェクトをタッチ操作によって移動させることが可能である．図 3 に，作成したアプリケーションのイメージを示す．この図の場合では，作業空間でタンジブルデバイスをカラーパターンの上に配置したとき，その位置に応じた仮想空間の一部をタブレット端末上に表示している．このように，実際のタンジブルデバイスの位置と仮想空間の表示位置が対応することで，ユーザにとって閲覧している位置が把握しやすいインタフェースになることが期待される．

3.3 画像管理を行うアプリケーション

提案する位置推定手法において，実際の作業空間に展開されるカラーパターンが印刷された用紙は，座標の検出を行うためだけのものとしている．しかし，アプリケーションへ適用するにあたっては，作業空間にカラーパターンが配置されていることを活かすことも考えられる．そこで，

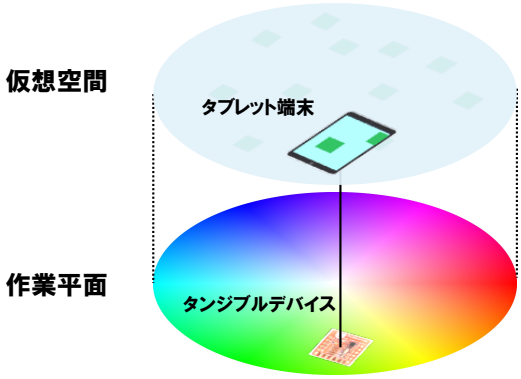


図 3 仮想空間を覗くアプリケーションのイメージ

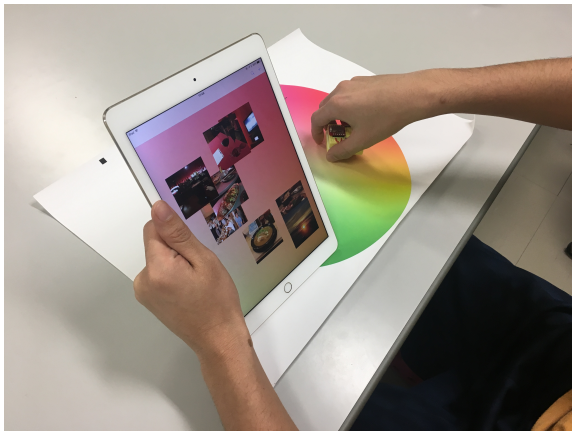


図 4 画像管理アプリケーションの動作の様子

作業空間にカラーパターンを配置していることを活かした画像管理アプリケーションを構築した．このアプリケーションでは，画像の色とカラーパターンの色が対応する仮想空間の位置にその画像を配置することで，実際にタンジブルデバイスが置かれている位置の色に近い色を持つ画像をタブレット端末上で表示する．

図 4 にアプリケーションを実際に利用している様子を示す．タブレット端末上には仮想空間が展開され，その仮想空間には位置検出のために実際の作業空間に配置されているものと同様のカラーパターンが配置されている．ユーザがタブレット端末上で任意の画像を選択すると，端末では選択された画像の平均色を計算し，平均色とカラーパターンの色が対応する仮想空間上の位置へ，画像を配置する．この操作を繰り返すことで，複数の画像が仮想空間へ配置される．このアプリケーションでは，タンジブルデバイスの置かれた位置の色に応じた配色の画像を表示することから，色の印象に基づいた操作ができるようになることを期待している．

現在の画像管理アプリケーションにおいては，カラーパターンが色相と彩度の 2 つのパラメータのみを扱うために，画像を仮想空間に配置する上で明度は考慮していない．

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

Vol.2018-GN-103 No.32
Vol.2018-CDS-21 No.32
Vol.2018-DCC-18 No.32
2018/1/27

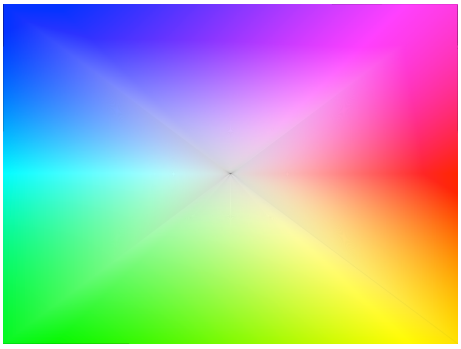


図 5 長方形のカラーパターン

4. アプリケーションの発展

本章では，作成したデモアプリケーションを踏まえ，提案する位置検出手法とその応用の可能性について検討する．

4.1 カラーパターンの形状

これまでに作成している極座標系を用いた円形のカラーパターンは，作業空間全体で位置検出の誤差を減らした上で座標を検出できるという利点がある．しかし，実際に作業を行う卓上などにおいては，長方形の形状が求められることも多い．そのため，円形以外のカラーパターンについても検討する必要がある．

図 5 は現在検討している長方形のカラーパターンである．このカラーパターンでは，これまでの円形のカラーパターンを長方形に引き伸ばすような形で長方形を実現している．しかし，色相によって彩度の縮尺が異なるため，円形のカラーパターンと比較して位置検出の精度が座標によって偏る．

4.2 協調作業への適用

現在作成しているデモアプリケーションは全て個人で利用するアプリケーションであるが，今後は複数人で扱えるようなアプリケーションとしての発展させていくことが考えられる．複数人での協調作業では，以下のような点において，提案する位置検出手法が有効に働くと予想している．

- 参加者間で位置の認識の共有が可能
  タンジブルデバイスの位置がタブレット端末上の表示位置となることから，他の参加者が閲覧している領域を把握しやすい．
- 参加者間で色の認識の共有が可能
  タンジブルデバイスの位置が閲覧されている色を示すことから，他の参加者がどの色のコンテンツを閲覧しているかを把握しやすい．
- 作業空間の大きさの自由度が高い
  カラーパターンは，紙というサイズの自由度が高い物体に展開されるので，作業空間を複数人で広く扱うことが可能である．

以上の利点を活かして今後，作成したアプリケーションの協調作業への適用を行う．例として，先に述べた画像管理アプリケーションでは，同一の画像が配置された仮想空間の共有などが考えられる．参加者がそれぞれにタンジブルデバイスを配置することで，お互いにどの色のコンテンツを見ているかを把握しやすくなることが期待できる．

5. おわりに

本論文ではカラーセンサを用いた平面位置検出手法のアプリケーションへの適用について述べた．アプリケーションへの適用にあたっては，提案手法を適用する利点について考察し，仮想空間を覗くようなアプリケーションを作成した．また，位置検出のためのカラーパターンをアプリケーションにおいても活用する方法についても検討した．今後は作成したアプリケーションを協調作業の場面で利用できるように拡張し，評価を行う．

参考文献

[1] 石井裕他：仮想と現実の融合: 3. タンジブル・ビット-情報と物理世界を融合する, 新しいユーザ・インタフェース・デザイン, 情報処理, Vol. 43, No. 3, pp. 222–229 (2002).
[2] Schneider, B., Sharma, K., Cuendet, S., Zufferey, G., Dillenbourg, P. and Pea, R.: Using mobile eye-trackers to unpack the perceptual benefits of a tangible user interface for collaborative learning, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol. 23, No. 6, p. 39 (2016).
[3] Patten, J., Ishii, H., Hines, J. and Pangaro, G.: Sensetable: a wireless object tracking platform for tangible user interfaces, in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 253–260ACM (2001).
[4] Rädle, R., Jetter, H.-C., Marquardt, N., Reiterer, H. and Rogers, Y.: HuddleLamp: Spatially-aware mobile displays for ad-hoc around-the-table collaboration, in *Proceedings of the Ninth ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*, pp. 45–54ACM (2014).
[5] 相馬啓佑, 間博人, 松井健人, 村上広記, 三木光範他：プロジェクタとモバイル端末を用いた仮想タッチスクリーンの提案, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, pp. 1369–1373 (2016).
[6] Ito, N., Takada, H. and Piumarta, I.: Effectiveness of tabletop interaction using tablet terminals in a shared virtual workspace, in *CYTED-RITOS International Workshop on Groupware*, pp. 98–114Springer (2016).
[7] Inoue, T., Piumarta, I. and Takada, H.: Collaborative Web Search Using Tablet Terminals on a Virtual Tabletop Environment, in *International Conference on Collaboration Technologies*, pp. 159–173Springer (2016).
[8] 武田悠暉, 高田秀志：カラーセンサを用いたタンジブルデバイスの平面位置検出に関する精度検証, ワークショップ 2017 （GN Workshop 2017） 論文集, pp. 1–6 (2017).

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan