

C-Band: 柔軟なカラー環状タグシステム

宮奥 健人¹ Anthony Tang² Sidney Fels²

¹NTT サイバーソリューション研究所, ²ブリティッシュコロンビア大学

あらまし - 色パターンを有する枠として構成される柔軟なビジュアルタグシステム C-Band を提案する。カメラにより読み取れるデータタグを利用したユビキタスアプリケーションのさらなる進展に向けて、"実用的データサイズ"と、美観へ配慮した"デザインの柔軟性"を共にサポートするタグシステムが望まれる。C-Band は、これらの要求を満たすことを意図したものである。C-Band タグは、短い URL を内包できるので、物理オブジェクトを直接オンラインアプリケーションへ連携する手段として利用できる。また、C-Band タグは、幾何学的パターンによらず、枠上の色変化パターンによってデータを符号化する色差信号方式を用い、高いデザイン柔軟性を実現している。基本的アルゴリズムを実装した試行システムによって、解像度 640x480 で 28byte の URL を含むタグが十分検出可能であることを確認した。これらの特徴から、C-Band は、雑誌などの物理オブジェクト、パブリックスクリーンなどの電子メディアとカメラ端末を連携し、視覚的にも魅力のあるユビキタスアプリケーションの実現に向け有効な手段となり得る。

C-Band: A Flexible Color Ring Tag System

Kento Miyaoku¹, Anthony Tang² and Sidney Fels²

¹NTT Cyber-Solutions Labs, ²University of British Columbia

Abstract - C-Band is a flexible visual tag system comprised of a multicolor border around any figure. We created C-Band to support a *practical data size* and *aesthetic design flexibility* for enhancing ubiquitous applications using camera-based tagging techniques. A C-Band tag provides a means to link physical objects with online applications via its self-contained data such as a URL, and is flexible enough to allow various aesthetic designs for the tag's surface. This aesthetic flexibility is derived from its color difference-based encoding method, which uses a simple color-change pattern along the band. A prototype using a common web camera shows that a C-Band tag containing a 28 byte URL is effectively decoded with a 640×480 pixel resolution image. Taken together, these features suggest that C-Band is an effective method to build various attractive camera-based ubiquitous applications for both static physical objects (e.g. a magazine ad) and dynamic digital objects (e.g. large public displays).

1. はじめに

雑誌、商品パッケージ、ポスター、パブリックスクリーンなどの実世界オブジェクトとオンラインコンテンツとの連携はユビキタスコンピューティングの有望なアプリケーションの一つである[1]。このようなサービスの実現に向け、多様なシステムが開発されている[2-17]。中でも、高性能なカメラデバイスを有する端末の普及に伴い、カメラを活用するシステムが特に注目されている[3-14]。

対象オブジェクトにカメラ可読なデータを付与する技術は、次の3つに大別される。一つは、バーコードやQRコードなどのビジュアルタグによる手法である[3-9]。さらに、画像に非可視な情報を埋め込む画像電子透かし[10-12]と、対象画像そのものの特

徴量を識別情報として利用する画像特徴量マッチングが挙げられる[13,14]。

いくつかのビジュアルタグは埋め込み可能なデータサイズが大きく、URL、e-mail アドレス、その他のデータを直接内包できる[3,4]。これにより、リゾバサーバなどを用いず、端末上のビジュアルタグシステム単独で、簡易かつ低コストに多様なアプリケーションを実現できる。しかし、ビジュアルタグの多くは、そもそも情報メディア上へ提示されることなど意図されずに設計された。それゆえ、その概観は無機質で柔軟性がなく、人間が理解可能な意味情報/デザインと統合することが難しい。結果、対象上のグラフィックデザイン内の一定スペースを無意味に占有してしまい、美観を損なうという問題がある。

これに対して、画像電子透かし[10-12]や画像特徴量マッチング[14]では、基本的に任意の画像にデータを関連付けることができる。それゆえ、グラフィックデザインへの影響はない。しかし、添付可能なデータサイズが比較的小さくかつ固定であり、URL情報などを連携するためにリゾルバサーバの利用が必要となる。この制約により、連携システム構築の柔軟性が低くなり、構築コストも高くなる。

本研究では、これらの既存手法の制約を考慮し、以下の二つのデザイン要求をともに満たすビジュアルタグシステムの実現を目指す。

(1) URL や e-mail アドレスなど既存のアプリケーションで一般に利用されるデータを埋め込むために十分な"実用的データサイズ"を実現すること。これにより、タグシステムが、リゾルバを用いず、簡易かつ低コストに多様なアプリケーションを実現することを可能とする。

(2) タグの外観に関して、人間が理解可能な意味情報/デザインとの統合および美観へ配慮した"デザインの柔軟性"を実現すること。これにより、タグが、データが連携された Hotspot を示しつつ、周囲のグラフィックデザインと自然に調和し、人間にとって意味/デザイン的な存在価値を有することを可能とする。

これらの要求を満たすシステムは、カメラを活用したユビキタスアプリケーションの利用範囲を広げ、さらなる進展に寄与できると考えられる(図1)。

	可視性	データサイズ (最大サイズ)	デザインの 柔軟性	効果
ビジュアルタグ (QR-code)	Yes	非常に大きい (100 bytes以上)	No	✓ フルURLを内包可能。 - グラフィックデザインに影響。
C-Band	Yes	中程度 (28 bytes)	Yes	✓ 短いURLを内包可能。 ✓ グラフィックデザインに適合。
画像電子透かし	No	やや小さい (16 bytes)	Yes	- リゾルバが必要。 ✓ グラフィックデザインに影響なし。
画像特徴量 マッチング	No	なし	Yes	- リゾルバが必要。 ✓ グラフィックデザインに影響なし。

図1. 汎用カメラ(解像度 640x480)で読み取るタグシステムのデザインの比較

本論文では、これらのデザインコンセプトの実現に向けた新しいビジュアルタグシステム"C-Band"を提案する。このシステムは、色差信号によるデータ符号化方式を用いることにより、上記デザイン要求を満たす柔軟なタグを実現するものである(図2, 3)。また、試行システムを用いた評価により、カメラ端末が一般にサポートする解像度 640x480 の入力動画画像から、28byte のデータを保持するタグを検出できることを確認した。

以下、本稿では、まず、他の既存のタグシステムを概観した後、C-Band のシステムとその実装について述べ、屋内実験室での性能評価結果を示す。また、いくつかの具体例を用いて、C-Band の利点とその潜在的な用途を示し、カメラを用いる新たなインタラクション技法やアプリケーションへの展開可能性を示す。

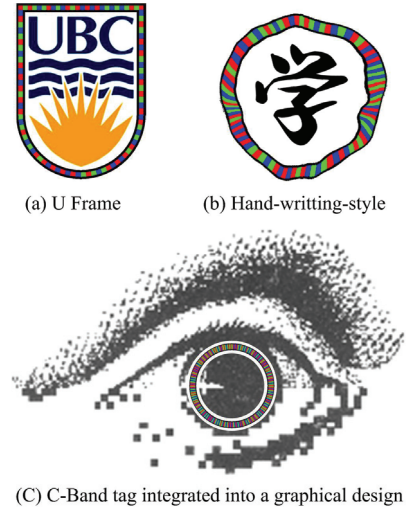


図2. C-Band タグの例



図3. 名刺に添付された C-Band タグ付き画像(上)と、検出された e-mail アドレス(下)。

2. 関連研究

これまで、オブジェクトに機械可読なデータを付与する仕組みとして、多様な手法が開発されている[3-17]。しかし、多くは高解像度イメージスキャナ/専用リーダによってデータを読み取ることを前提している。汎用カメラで撮像した画像からデータを取得できる手法は次の3つに大別される。

(1) ビジュアルタグ

バーコードや2次元バーコードの多くはカメラ画像からでも検出できる。QRコード[3]は、仕様上最

大 2953bytes の情報を埋め込み、高速に検出できるという特徴を有する。また、バーチャルリアリティ/拡張現実感の分野では位置合わせのための多様なビジュアルタグが開発されている[5-9]。

これらのタグは正方形もしくは円形の内部を白黒のパターン領域で埋めた無機質な外観を有する。このためデザイン性が重視される場所に表示することはあまり望まれない。ユーザに理解可能な意味情報とデザインの統合し難いことも問題である。ColorZip 社[9]は、色を利用することで内部デザインにある程度の柔軟性を有した ColorCode を実現している。しかし、任意の図柄を表現できるわけではなく、埋め込み可能な情報量も小さい。一方、紫外線を反射するインクなどを用いてタグを非可視にする方法がある。しかし、特殊光源を要する上、スクリーンに適用できない

(2)画像電子透かし

画像電子透かし[10-12]は、任意の画像に非可視な状態で ID を埋め込む技術でありデザイン上の制約はない。しかし、視覚的な影響を抑え、かつ、ロバスト性を確保する条件の下では、埋め込めるデータサイズが制限される。これまでに様々な方式が開発されているが、現状、30 万画素(640x480)の画像を利用する場合、検出可能なデータサイズは 128bit(16byte)が最大となっている[12]。

(3)画像特徴量マッチング

対象画像に処理を加えるのではなく、その特徴量を識別子として利用する手法も開発されている[13,14]。事前に、対象画像またはその特徴量をリゾルバに登録しておき、撮像された画像の特徴と比較する。当然、この手法では、リゾルバの利用が前提となる。また、類似画像に異なるデータを割り当てられないという制約が生じる。

以上のように、携帯端末カメラで読み取り可能な既存タグシステムには、実用的データサイズとデザインの柔軟性を共にサポートできるものがない。この制約を克服は、カメラベースのタグシステムの進展に向けた重要なデザイン要求である。本研究では、この要求に向け、ビジュアルタグのデザイン柔軟性を向上するというアプローチを検討する。

普及したタグシステムでは、モノトーン（白黒）のビジュアルタグの利用が主流である。しかし、近年、色を用いるビジュアルタグも実用化に至っている[10]。カメラ付き携帯端末には、オートホワイトバランスやフラッシュ(白色 LED)などの機能を搭

載したものが一般化してきている。色再現性を向上するこれらのハードウェアのサポートによって、色情報の利用を実現することはビジュアルタグの自然な進化と考えられる。この点を踏まえ、本研究では、前述したデザインコンセプトの達成に向け、色を利用するシステムを提案する。

3. C-Band：カラー環状ビジュアルタグシステム

目的とするビジュアルタグは、対象上のグラフィックデザインにうまく調和できるものである。基本的に、ビジュアルタグはデータを表現するパターン領域により構成される。したがって、パターン領域をどのように構成すればデザイン全体への影響が少ないか、また、多様なデザインと調和できるかが問題となる。提案するアプローチでは、さまざまなグラフィックデザインにおいて、領域の明示、強調、区切りなどの目的で用いられる“枠”に着目する。そして、枠そのものをパターン領域として利用する手法“C-Band”を提案する。

3.1 C-Band タグの構成

C-Band タグの例を図 2 に示す。C-Band タグは、任意の図形を含むコンテンツ領域と、それを囲むリング(枠)により構成される。リングは埋め込まれたデータのサイズに応じた数の色セクタに分割される。検出(2 値化)処理において、リング成分をうまく抽出できるように、リングはその内側と外側に黒い縁を有する。また、リング内側のコンテンツ領域との間に白色のマージンを設けている。また、リング外側にもマージンを設ける。

3.2 色差信号によるデータ符号化

既に提案されているカラータグシステムでは、タグの形状が矩形に限定される[9]。形状の柔軟性を達成するために、C-Band では、3 色による色相差信号[18]を用いる。この方式では、色相値が $2/3\pi$ 増加する色変換によりデータ値 0 を表現し、 $4/3\pi$ 増加する色変化によりデータ値 1 を表現す。例えば、赤(R)(色相値= $0(2\pi)$)、緑(G)(色相値= $2/3\pi$)、青(B)(色相値= $4/3\pi$)を用いる場合、 $R \rightarrow G, G \rightarrow B, B \rightarrow G$ の色変化は 0 を示し、 $R \rightarrow B, B \rightarrow G, G \rightarrow R$ の色変化は 1 を示す。データコード n bit と誤り検出のためのチェックビット c bit を含むバイナリコードは上述した方式により色差信号へ変換され、リング上に反時計回りの方向に出現する色パターンとして表現される。色パターンの始点終点間で 1 セクタを調整用を用いるため、 n bit のデータコードをエンコードする場合、リングは $n+c+2$ 個の色セクタに分割される。

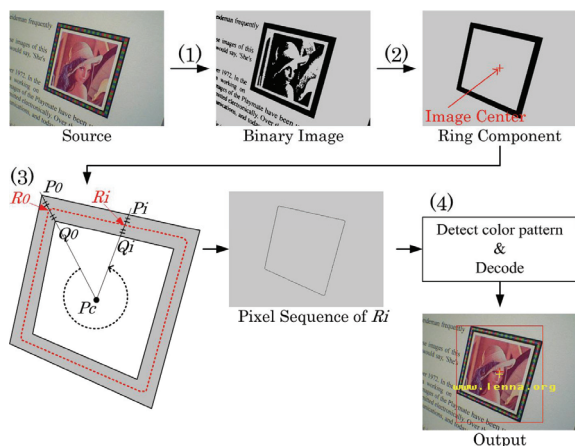


図 4. C-Band タグの検出アルゴリズム

3.3 検出アルゴリズム

以下に、R,GB の 3 色を用いたタグの検出のための基本的なアルゴリズムについて述べる(図 4)。このアルゴリズムは、以下の 4 つのステップからなり、ユーザがカメラ画像の中心でポインティングした一つタグ（カメラ画像中心に位置するタグ）を検出するものである。また、以下に述べる各ステップの実装は、簡易処理での機能実現を意図した初歩的なものである。

(1) 2 値化

カメラより入力されたカラー画像を、輝度に対する固定閾値を用いて 2 値化する。なお、輝度値として式 $Y=0.299 \times R+0.587 \times G+0.114 \times B$ により得られる値を 1000 倍した整数値を処理する。

(2) リング成分の抽出

2 値化画像中の連結成分の境界をラベリングし、画像中心点の位置、および、他の連結成分との内包関係を考慮して、リング成分を抽出する。

(3) リング上の点列の抽出

縁との境界部分に位置するピクセルでは色混ざりが発生し、正確な色の抽出が難しくなる。そこで、色混ざりの影響を低減するため、リング縁から離れたリング帯中央の点列を抽出する。一般的な細線化アルゴリズムでは計算量を要するため、次の手順でリング帯中央の点列を抽出する。

リング成分の外側境界上の各点 P_i とリング内部から選択した点 P_c を結ぶ線分 P_iP_c とリング成分の内側境界の交点 Q_i を検出し、 P_iQ_i の中点 R_i をリング上の点として抽出する。この手順では、リングが凸包形状である限りカラーパターンの色順を正確に保持した点列が取得される。

(4) 点列の色パターンの復号

各点 R_i の色をその R,G,B 成分のいずれが最大かに

基づく単純な方法で 3 色にクラスタリングした後、点列の色を抽出する。次に、抽出された色列から、ノイズ（孤立した色成分）を除き、リングの色変化パターンを抽出する。その色変化パターンの示す色相差信号をビット列に変換し、このビット列をシフトして得られる全てのビットパターンに対してエラーチェックを試みる。エラーがない場合に、得られたデータコードを検出結果として出力する。

4. C-Band の基本性能の評価

4.1 試行システムの構成

C-Band の基本的性能を評価するため試行システムを構成した。検出アルゴリズムは、PDA や高機能携帯電話でも実行可能と考えられる。本評価向けには、実装の容易さ考慮し、Windows を搭載した小型 Laptop 上で MS-DirectShow を用いて検出アルゴリズムを実装し、Web カメラ(Sony PCGA-UVC11A, レンズ: F3.4, 焦点距離 $f=2.8\text{mm}$ ($f=40\text{mm}$, 35mm カメラ換算))を用いるシステムを構成した(図 5)。このカメラはオートホワイトバランス機能を有しており、試行システムはホワイトバランス処理を施された入力画像を処理している。検出対象となる C-Band タグは、チェックビットに 16bit-CRC を用いた。したがって、データサイズが $n \text{ bit}$ の場合、リングは、 $n+18$ 個のセクタに分割される。C-Band タグの紙面への印刷には、小型インクジェットプリンタ(HP Deskjet 5740)を用いた。

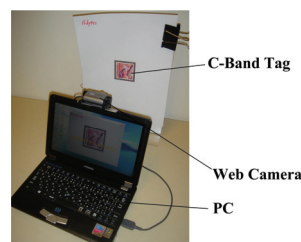


図 5. 性能評価のための試行システム

4.2 理想条件下での性能評価

まず、提案手法の基本的な性能を明らかにするため、屋内白色蛍光灯照明下での性能を評価した。また、検出率(Reliability)として、タグを撮像するカメラから連続して入力される画像フレーム 1000 個に対して検出を行い、データコードがうまく受信できた割合を評価した。なお、下記実験では、エラーチェックが機能せず誤ったデータコードを受信したケース(False-Positive)はなかった。

4.2.1 検出可能なデータサイズ

検出可能なデータサイズは、正確に検出可能なセ

クタ数に関係し、これはカメラ解像度に依存する。そこで、各解像度で、理想的な条件下では、どの程度のサイズのデータが安定して検出可能か評価した。

まず、2種類の形状のタグ(図6)に対して、異なるByte サイズ(4,8,12,16,20,24,28,32)のデータを埋め込み、高さが5cmとなるように紙面に印刷した。これらのタグをその正面8cmの距離に固定したカメラから撮像し、検出率を測定した。この条件下では、各タグは画像中央にその高さが画像全体の高さの概ね80%となるように撮像される。図7に、640x480, 320x240, 160x120の各解像度により評価した結果を示す。なお、これらのタグではリング幅がタグの高さ(5cm)の1/14(約3.6mm)になっている。

解像度 640x480 では、いずれの形状に対しても、28byte までであれば、90%以上の高い検出率を達成する。カメラ入力画像に対して連続的に検出処理を行う場合、1 フレーム辺りの検出成功率が 90%以上なら十分に実用的だと考えられる。解像度 320x240 では、Square では、16byte, Oval では 20byte まで 90%以上の検出率を達成できる。また、8byte であれば解像度 160x120 であってもほぼ 100%の検出率を達成している。

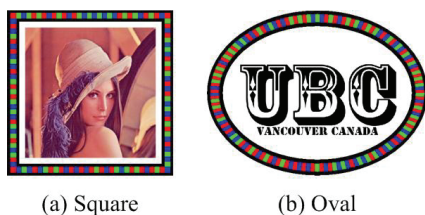
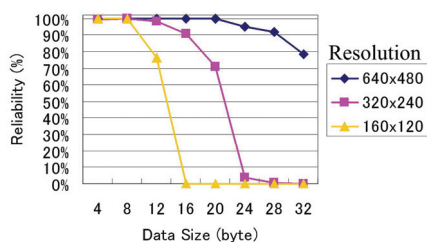
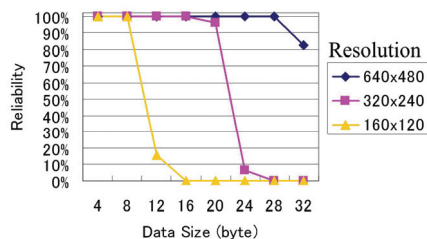


図6. 評価テストに用いたタグ形状



(a) Square



(b) Oval

図7. データサイズと検出率の関係

4.2.2 検出可能距離

ユーザが手に持ったカメラ端末とタグとの距離を固定することは困難である。このため、実用上、ある程度の距離範囲で安定して検出が行える必要がある。そこで、タグ(Square)に対して検出可能な距離を評価した。タグが印刷された紙面とタグを正面より撮像するカメラとの距離を 8cm から 16cm まで 1cm ずつ変化させ検出率を測定した。図8の棒グラフは、各コードサイズにおいて検出率90%以上を達成した範囲を示している。なお、検出の可否は、距離ではなく画像中にどの程度の割合でタグが撮像されるかというカメラのレンズ特性に依存する。それゆえ、図8中には、距離 8cm, 11cm, 15cm 時の撮像画像も示している。なお、利用したカメラは手動で焦点距離を調節可能であるが、8cm の距離で鮮明に撮像されるよう調整した後、焦点距離を変化させず評価を行った。

結果、16byte のタグについて見ると、今回の実験条件では、640x480 であれば、11cm まで離しても安定して検出可能であった。しかし、320x240 の場合には距離 9cm で検出率が低下した。

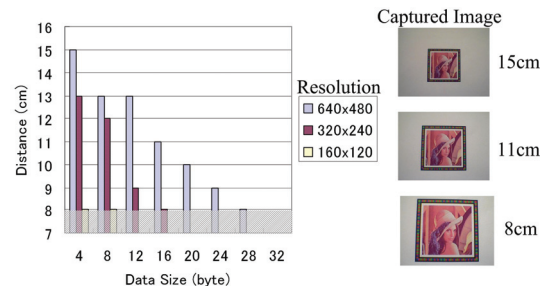


図8. データサイズと検出距離の関係

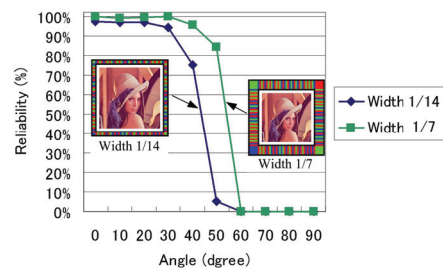


図9. カメラと紙面方向の成す角度と検出率の関係

4.2.3 検出可能な角度

同様に、実用上、カメラ端末の傾きについてもある程度ロバストである必要がある。そこで、16byte のタグ(Square)を用いて検出可能な角度について評価した。タグの中心とカメラの距離を 8cm に固定し、タグを印刷した紙面の向きを 10 度ずつ傾けて検出率を評価した(図9)。本実験では、リング幅がタグ

幅の 1/14 であるものに加えて、リング幅を 1/7(約 7.1mm)としたタグについても評価した。結果、リング幅 1/14 である場合、30 度まで 90%以上の検出率を達成できた。また、リング幅を 1/7 に広げた場合、40 度まで 90%以上の検出率を達成した。

4.3 各種条件下での性能評価

上記試行システムを用いて屋外光下での動作を確認した(図 1 0)。照明条件が良ければ、屋内での結果とほぼ同等の性能を達成した。ただし、照明条件によって検出率が低下もしくは検出不可能となる場合があった。要因として、明るさが不十分もしくは他の物体の影の影響で 2 値化処理時にリング成分がうまく分離できない問題があった。また、環境光色の影響でホワイトバランスがうまく取れず、色パターン検出に失敗する場合も見られた。この問題は、携帯電話のフラッシュライト(白色 LED)を用いたライティングにより改善されることが期待できる。実際、3.6V、30mA の白色 LED をカメラに取り付けてテストしたところ、タグ表面の光条件が安定するため、検出性能が改善することが確認できた。

その他、タグ面が若干曲面になっている場合でも検出できることを確認した(図 1 1 左)。また、スクリーン(LCD)に表示したタグの検出ができることも確認した(図 9 右)。特に LCD は、そのものが色を発光するため周囲光の影響が低く、極めて安定して検出できた。このことから、液晶 TV やパブリックスクリーンでの利用は特に有効だと考えられる。

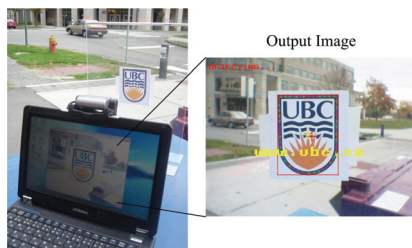


図 1 0. 屋外光下でのタグの検出



図 1 1. 曲面(左)や LCD(右)上のタグの検出

4.4 検出アルゴリズムの処理速度

Pentium M 1GHz を搭載した小型ラップトップ (Victor MP-XP7310)による検出処理時間を計測した。4.2.1 章の実験と同じ条件下で 1000 回検出を繰り返し処理時間の平均値を求めた。その結果、解像度 640x480 では 68.0msec、320x240 では 14.8msec、160x120 では 3.5msec であった。特に、リング成分抽出時のラベリング処理、次いで、リング上の点列の抽出処理に時間を要している。この結果からの単純な予測では、104MHz-425MHz の CPU を搭載した携帯電話での処理速度は、上記 PC の 2-10 倍になると推定できる。ただし、最新の高機能携帯電話に搭載されている GPU(Graphics Processing Unit)を画像処理に活用すれば、処理速度はさらに低下できると考えられる。

5. 議論

5.1 C-Band と既存手法との比較

図 1 に示すように、C-Band は、中程度のデータサイズ(28bytes)とデザインの柔軟性をともに達成する唯一の手法である。さらに、既存のビジュアルタグシステムに比べ以下のような利点を有する。

色差信号データ符号化方式では、幾何学的情報をデコードに用いず、カラーパターン上での色変化のみを用いる。結果として、多様な形状のタグを実現できるとともに、不規則な幅のカラーパターンを有するリングなども実現できる(図 2 (b))。これらの特徴により、デザイナーは、グラフィックデザイン全体のトーン/印象にうまく調和する様に、柔軟かつ創造的に C-Band タグの外観をデザインできる。また、タグ単体のデザインでも、連携機能の意味や美しさ、楽しさを考慮し工夫を凝らすことが可能である。このような視覚的工夫は、C-Band を利用するアプリケーションの魅力を大きく高めると考えられる。一方、このような柔軟性は、既定の形状情報を用いてデコードされる既存のタグでは決して実現できない。

また、理論的には、色差信号データ符号化方式は、白黒マトリクスコード方式に比べて高い情報密度を実現できる。検出可能な最小のセル/セクタ面積は、カメラの分解能に依存し、基本的に両方式に差異はない。そのため、セル/セクタ数は必要な面積を決定する。マトリクスコードは、いくつかのセルをその幾何学的構造を認識させるためのマーカーとして利用する。QR コード[3]では、3 つの box 型マーカーを用いており、各マーカーは 81 個のセルを用いる。それゆえ、潜在的に、 n 個のセルから成る QR コー

ドは, $n-243$ bits の情報領域を持つ. 一方, 3 色の色差信号データ符号化方式では, n 個のセル(セクタ)より構成されるリングが $n-2$ bits の情報領域を持つ.

それゆえ, C-Band は, スペースを有効に活用するパターン領域の構造を導入することで, データサイズ特性を向上できる. 例えば, 複数のリングを用いることで, データサイズが向上できる. 一方, 利用する色を増やすことにより, 情報密度を増加させるという可能性も有する.

5.2 潜在的なアプリケーション

以下に, C-Band の機能的な側面での利点を活かす応用例のいくつかを示す.

(1) ホットフレーム - 図形への URL 連携

図 1 に示すように, 画像周囲に配置された C-Band タグ“ホットフレーム”は, URL などのデータの連携だけでなく, ホットスポット領域を明示するキューとしての役割を果たす. また, 図 2 の例のように, グラフィックデザインの一部としてホットフレームを配置することもできる.

カメラの分解能を 0.3mm 程度とすると, QR コード[3]は, 少なくとも 1 平方 cm 程度の正方形スペースを占有する. ある図形に 9 平方 cm の印刷スペースが予め割り当てられているとする. この限られたスペースに 1cm 角の QR コードを追加することはより効率的ではない(図 1 2). 一方, C-Band では, 印刷スペースに応じた枠をデザインし, 図形を内包することで有効にスペースを活用できる. それゆえ, C-Band は, ロゴマークなど印刷/スクリーン提示面積の小さい画像図形へのタグ付けに適する.

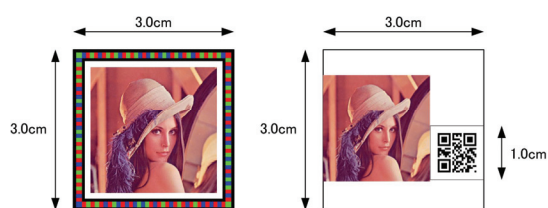


図 1 2 既定スペースへのタグの追加

(2) ペーパーキーパッド

文字や記号コード, コマンドコードなど含む複数のタグを用途に応じて配置した紙片“ペーパーキーパッド”は, カメラによるポインティング操作に基づく仮想入力デバイスとなる. 操作方法が単純なので, 小型端末での汎用なデータ入力手段として活用できる可能性がある. 一例として, 文字コードを含むタグを配置した仮想キーボードを図 1 3 に示す.

従来のビジュアルタグを用いる場合では, 対応する文字図形がタグの横に提示される. このため, ユー

ーザは位置関係から文字図形とタグとの対応を識別する必要がある. さらに, タグが密に配置されると, 文字とタグとの対応がわかり難くなる. これに対して, C-Band タグでは, 入力したい文字図形(を含む枠内の領域)を直接ポインティングすれば良く自然でわかりやすい. この特徴は, テキスト入力速度や正確さの向上に寄与すると考えられる.

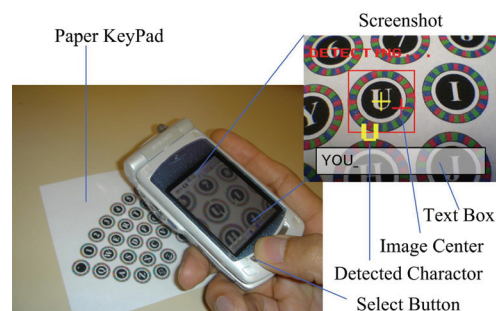


図 1 3. ペーパーキーパッドの利用イメージ

(3) スクリーンインタラクション

スクリーンへの提示は C-Band の有望な応用である. 特に, C-Band タグには, アニメーションを内包できるというユニークな特徴がある. これまでに, この特徴を活かしたモグラ叩きゲームを構築した(図 1 4). ゲーム画面には, 9 個の C-Band タグがあり, モグラの出てくるホールを示し, 各ホールの ID を含む. 各ホールからは 2 種類のキャラクターがゆっくりと出てくる. 一つは敵であり, 一方は味方(撃つと減点される). ユーザはカメラを用いて, 出てきた敵(を含むホール)をポインティングしてシュートボタンを押し, 敵を撃つ.

C-Band タグはホールとしてゲーム画面内の大きな領域を占有できる. このため, ホールの横に小さなビジュアルタグを添付する場合より, 効率良く, 広い範囲(遠く)から検出可能である. 数人のユーザは利用してもらったところ, ゲームとして楽しんでもらえたともに, 画面デザインについても総じて良い印象を持った様子であった.

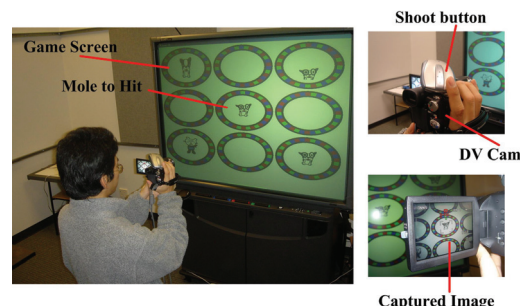


図 1 4 C-Band タグを用いたモグラ叩きゲームスクリーン

6. まとめ

本研究では、カメラベースタグシステムの進展に向けて、実用的データサイズとデザインの柔軟性を共に達成する新しいビジュアルタグシステム C-Band を提案した。これまでに、初歩的なアルゴリズムを実装し、主に屋内での基本性能を評価した。その結果、解像度 640x480 の画像から 28byte 以下のデータが検出可能であることが確認できた。なお、多重リングの利用など比較的単純なタグ構造の改良により埋め込み可能なデータサイズは改善できる。色差信号データ符号化方式に基づく C-Band タグは、デザインの高い柔軟性を実現し、デザイナーに、グラフィックデザインとの調和、美しさ、楽しさなどを考慮し柔軟かつ創造的にビジュアルタグをデザインする機会を与える。また、C-Band は、アニメーションの内包など、機能面でも有用な特性を持つ。このような特徴から、C-Band は、用途/コンテンツに合わせてうまくデザインし活用することで、機能的にも視覚的にも魅力的でユニークな応用を数多く実現できる可能性を有した有望なシステムだと言える。それゆえ、カメラを用いたユビキタス入力インタフェースの進展に寄与することが期待される。

今後、本技術の実用化に向け、残された課題に取り組む。特に、多様な光条件下での性能評価と、ロバスト性向上に向けたアルゴリズムの改良が重要である。また、タグオーサリングシステムの開発や高性能携帯電話や PDA への実装を進める予定である。

謝辞

本研究をご支援頂いたブリティッシュコロンビア大学 HCT-Lab, MAGIC の皆様, NTT サイバーソリューション研究所の皆様に感謝します。また、電子透かし技術に関してご教示頂いた NTT サイバースペース研究所 中村高雄氏に感謝します。

参考文献

- [1] Rekimoto, J., Nagao, K. The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments, Proc. UIST'95, pp.29-36, 1995.
- [2] 宮奥健人, 重吉宏樹, 阿久津明人, 外村佳伸, "VisionMark: 情報伝達メディアとインターネットの協調に向けたメディア連携方式," 信学論, Vol.J86-D-I, No.6, pp.421-430, 2004.
- [3] QR-Code.com, <http://www.qrcode.com/>
- [4] Semacode, <http://semacode.org/>
- [5] Rekimoto, J., Ayatsuka, Y. CyberCode: Designing Augmented Reality Environments with Visual Tags. Proc. DARE2000, pp.1-10, 2000.
- [6] 佐藤清秀, 内山晋二, 田村秀行, "複合現実感における位置合わせ手法," 日本 VR 学会論文誌, Vol.8, No.2, pp.171-180, 2003.
- [7] Toye, E., Sharp, R., Madhavapeddy, A., Scott, D. Using Smart Phones to Access Site-Specific Services. IEEE Pervasive Computing, Vol.4, No.2, April-June 2005, pp.60-66, 2005.
- [8] 磯俊樹, 倉掛正治, 杉村利明, "携帯電話機搭載カメラを用いた読取り条件にロバストな ID 読取り方式," 信学論, Vol.J87-D-II, No.12, pp.2188-2198, 2004.
- [9] ColorZip, <http://www.colorzip.co.jp/ja/>
- [10] Alattar, A.M. Smart images using digimarc's watermarking technology. in Security and Watermarking of Multimedia Contents II, Proc. SPIE, Vol.3971, pp.264-273, 2000.
- [11] 中村高雄, 片山淳, 山室雅司, 曾根原登, "カメラ付き携帯電話機を用いたアナログ画像からの高速電子透かし検出方式," 信学論, Vol.J87-D-II, No.12, pp.2145-2155, 2004.
- [12] 三洋電気ニュースリリース(2004年7月20日), <http://www.sanyo.co.jp/koho/hypertext4/0407news-j/0720-3.html>
- [13] Kato, H., Billinghurst, M. Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. Proc. IWAR1999, pp.85-94, 1999.
- [14] C4Technology 技術情報 - 特徴量抽出技, <http://capg.c4t.jp/technology/extraction/>
- [15] DataGlyphs, <http://www.parc.com/research/projects/dataglyphs/>
- [16] Want, R., Fishkin, K., Gujar, A. Harrison, B. Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags. Proc. CHI'99, pp.370-377, 1999.
- [17] Konomi, S. QueryLens: Beyond ID-Based Information Access. Proc. Ubicomp2002, pp.210-218, 2002.
- [18] Miyaoku, K., Higashino, S., and Tonomura, Y. C-blink: A Hue-Difference-Based Light Signal Marker for Large Screen Interaction via Any Mobile Terminal. Proc. UIST 2004, pp.147-156, 2004.