

7. 交通弱者の安全・安心のためのシステムや装置に関する研究

情報・知能工学系 准教授 金澤 靖

7-1 全周プロジェクションシステムのオンライン化

(1) はじめに

既存の建物に立体的な映像を投影するプロジェクションマッピングに代表されるように、プロジェクタによる映像投影は単に臨場感のある映像を投影するだけでなく、その場所ではありえない映像を投影し、仮想的・幻想的な空間を作る手段ともなっている。そのようなシステムの一つである全周マルチプロジェクションシステムは、複数台のプロジェクタを用いて部屋の全ての壁にシームレスな全周パノラマ映像を投影することが可能なシステムであり、臨場感のある映像を投影できるだけでなく、仮想的な空間を作り出すこともできる。

現在、我々の研究室では図 7-1-1 に示すような全周マルチプロジェクションシステムの開発を進めており¹、本研究ではこのシステムを安全・安心のための教育コンテンツの提示システムとして用いることを考える。例えば、危険な交差点での走行や横断の際に全方位カメラで周囲を撮影しておくことにより、実際の現場ではなく、仮想的かつ安全な空間において、臨場感のある映像を投影することができる。これを車の立場での映像だけでなく、歩行者の立場での映像を利用することで、高齢者や子供、ドライバーに対する交通安全教育や各種シミュレーションなどにも利用可能である。

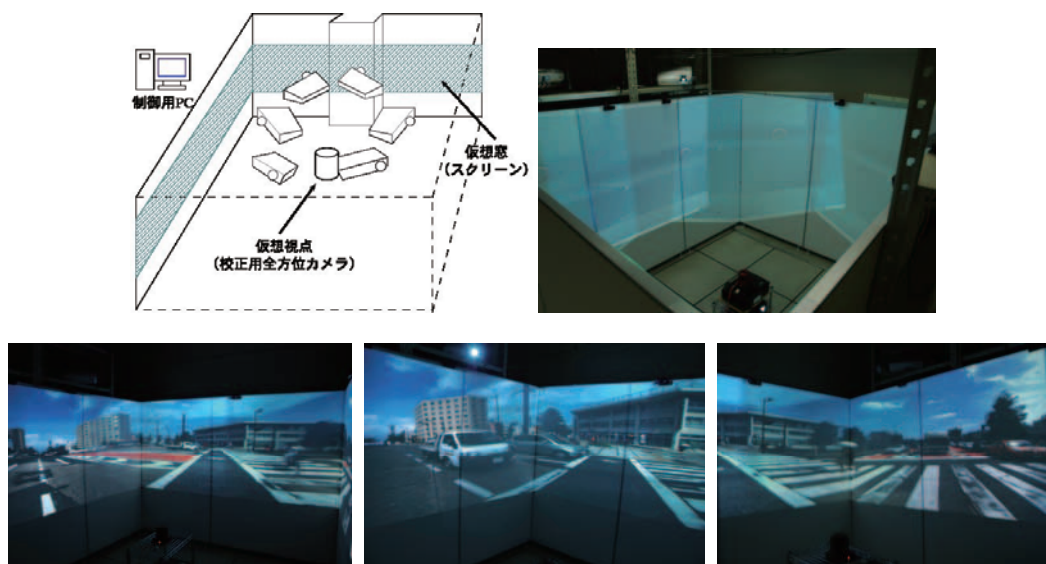
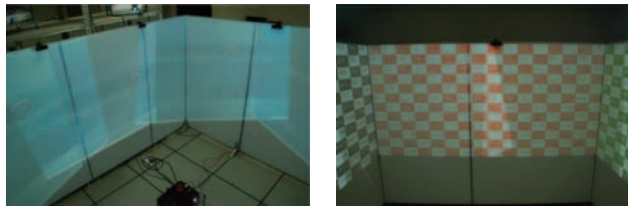


図 7-1-1 システムの構成と実際のシステムおよび投影例

¹ (株)ファンテックス（愛知県豊橋市）との共同研究による。

(2) 映像の変換の高速化とシステムのオンライン化



幾何学的補正前（左）と補正後（右）



光学的補正前（左）と補正後（右）

図 7-1-2 映像の変換

全周カメラで撮影した映像を全周マルチプロジェクションシステムで投影するためには、投影すべき映像に対し、図 7-1-2 に示すように、

- 幾何学的補正: プロジェクタがスクリーンに正対していない場合の映像の変換や壁の凹凸に対する映像の変換。
- 光学的補正: プロジェクタの投影像のムラやプロジェクタの投影像が重なりあっている場合の色や明るさの補正。

の各補正が必要となる。これらは画像の変形や画像内の画素毎の色の調整を行う必要があり、一般に時間のかかる処理となる。また、現在システム全体の処理は

- ① 全周カメラで映像を撮影し、ファイルに保存する。
- ② 全周映像ファイルをオフライン処理により、各プロジェクタ用の映像に変換し、投影用のコンピュータにコピーする。
- ③ 投影用のコンピュータは個々の担当の映像ファイルを読み込み、同期を取りながら投影する。

となっており、カメラで撮影した映像をそのまま投影することはできないこと、また映像変換処理に非常に時間が掛かっていたことなどから、本年度は映像変換処理を高速化し、カメラで撮影した映像をそのまま投影できることを目指した。

図 7-1-3 にオンライン化の際の改良箇所を示す。ここでは、各処理モジュールでボトルネックになっている箇所を洗い出して高速化するとともに、入出力における動画ファイルへの対応およびマルチスレッド化を行うことで、高速化を図った。

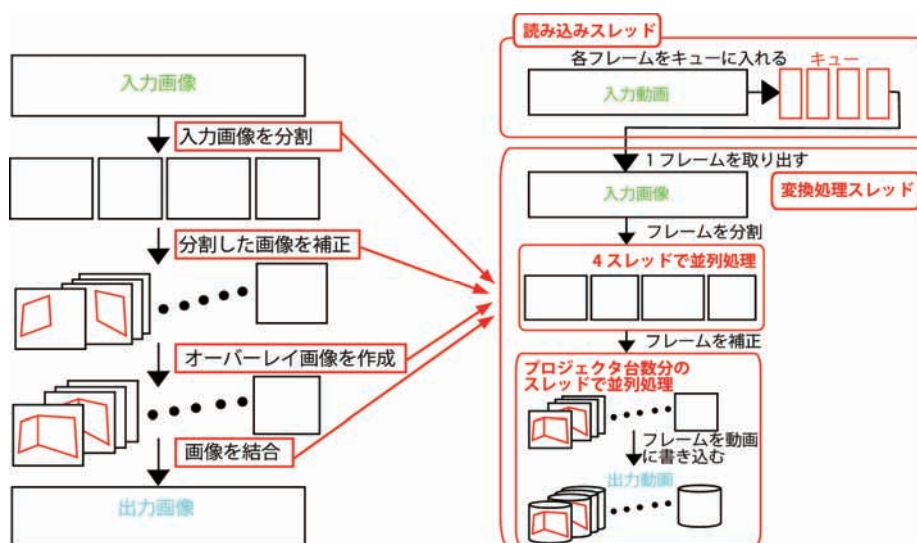


図 7-1-3 従来の処理（右）と高速化後の処理（左）

表 7-1-1 実行時間の測定結果（時:分:秒）

処理フレーム数	高速化前	高速化後	比率
1000	03:46:54	00:01:49	124.9
2000	07:40:43	00:03:40	125.7
4000	15:19:49	00:07:30	122.6

この結果、表 7-1-1 の通り、およそ 120 倍以上の高速化を実現できた。また、ファイルを介さずネットワークを経由して画像の転送を行うことで、カメラからの映像をそのまま 5[fps]程度で投影することも可能となった。

（3）今後の展開

これまで撮影した実際の映像や、車載した場合の映像、歩道や横断歩道での映像等を撮影し、本システムにて投影することで、仮想的な環境を用いた交通安全・モラル教育に活かすことを考えている。更に、高齢者の視覚シミュレーションや色覚障害の方の色覚シミュレーションなどで処理した映像を投影することで、交通弱者の立場を健常者が体験できるような映像コンテンツの作成も進めていく。

7-2 全方位カメラを用いた危険検知に関する研究

(1) はじめに

高齢化社会に伴い、高齢者や子供などの交通弱者に対する安全・安心のための技術の必要性が年々高まっている。現在注目を浴びている自動車に関する安全・安心に関する先進技術の一つにSUBARUのEyeSight²に代表される「プリクラッシュセーフティシステム」がある。これは自動車が主に前方の障害物を感知して衝突に備える機能の総称であり、カメラやレーダーを使って障害物を検出し、自動的にブレーキをかけたり、ドライバーへの警告を行うものである。しかし、歩行者や自転車などを検知できるものは少なく、主に前方車両などの前方にある大きな障害物しか検知できないシステムも多い。一方で、「高度道路交通システム (Intelligent Transport System, ITS)」では、情報通信技術を用いた安全な車の開発、道路インフラの利用および管理の効率化などに関する技術開発が進められている。これも、そのほとんどが車やドライバーを中心とした技術の開発となっている。一部、子供や高齢者、視覚障害者向けのシステムとしてアイセイフティ³や、歩行者等支援情報通信システム (PICS)⁴が存在するが、いずれも子供や視覚障がい者、高齢者に携帯情報端末を持たせる必要があり、更にドライバーがその注意喚起に気付くことが必要となっているだけでなく、交差点での受信設備など、交通インフラの整備も必要である。しかし、交通事故はいつどこで起こるか予想することは極めて困難であることから、これらのような特別な装置やインフラ整備を必要とせず、いつでもどこでも使える安全・安心のための装置やシステムの開発が必要とされている。そこで我々は、昨年度から、自分の周囲360度の視界を持つカメラを交通弱者に持たせ、その画像を解析することで自身に向かってくる車などの危険物の検知を行うシステムの開発を目的とし研究を進めている。昨年度は全方位カメラ画像からの向かってくる車に対する危険度の計算方法について検討を行った[1]。今年度は実際に映像中から車を検出することを中心として研究を進めた。

(2) 危険の検知

まず、昨年度の危険度の計算方法[1]について説明する。

全方位カメラとは図7-2-1に示すようなカメラであり、通常のカメラはカメラの前方しか撮影できないが、全方位カメラは後方も含めて周囲360度を全て撮影することができる。

この全方位カメラでは、画像の中心がカメラの位置を表しており、カメラに向かってくる物体は画像上で中心に近づいてくるが、カメラに向かってこない物体は画像の中心に向かってこない、という性質を利用して危険検知に応用している。ここで、次のような危険度 D を定義する。

$$D = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^n w_{\alpha}} \left(w_1 D^t + w_2 D^{t-1} + \cdots + w_n D^{t-n} \right)$$

² <http://www.subaru.jp/eyesight/>

³ <http://www.nttdata.co.jp/release/2005/111600.html>

⁴ <http://www.utms.or.jp/janapese/system/pics.html>

ここで、 D' は瞬間的な危険度を表し

$$D' = D_p D_d, \quad D_p = \cos \theta, \quad D_d = \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma^2}\right)$$

とする。また w_α は重みで、次のようにとる。

$$w_\alpha = \frac{1}{2^\alpha}$$

を用いる。この危険度を歩行者の危険度として評価する。

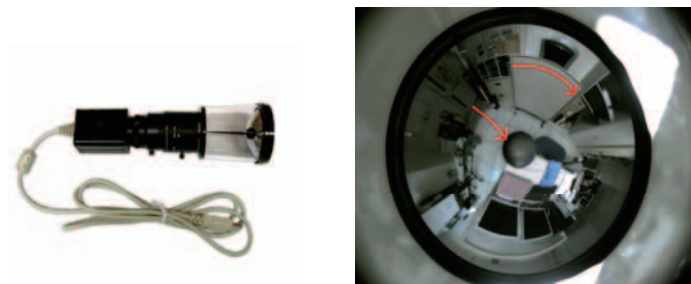


図 7-2-1 全方位カメラとその映像

(3) AdaBoost による車両の検出

上で述べた危険度を検出するためには、全方位画像内の車両を検出する必要がある。一般に向かってくる車はそのフロント部分が見えることになる。そこで、ここでは、Viola-Jones 法[2]による車両フロント部分の検出を試みる。

画像内の顔検出で有名な Viola-Jones 法[2]は、Haar-Like 特徴と呼ばれる非常に単純な特徴を用いており、大量の学習データから AdaBoost により識別器を学習してカスケード構造で識別することで、ロバストで高速に顔の検出を行うことができる。全方位カメラ映像は車両の位置によりその像の見え方が異なることから、通常のカメラと同じ透視投影画像に変換してから検出する。

実験では、Internet 上の画像を用い、図 7-2-2 に示すように、正解画像として車両のフロント部分が写っている画像を 200 枚、不正解画像として道路や市街地の車のない画像を 700 枚用意し、OpenCV⁵を用いて、カスケード型識別器を学習させて実験を行った。結果を図 7-2-3 に示す。見てわかる通り、車両を含む画像においては、車両のフロント部分を正しく検出しているものの、ウィンドウや背景の部分にも多く検出されてしまっている。また車両が含まれていない画像においても検出されてしまっている。これは、学習させる画像の枚数が少ないこと、人の顔における目や鼻、口といったパーツと違い、車両のフロント部分はそのパーツの配置などが車によって大きく異なることなどが理由として挙げられる。今後は、学習に用いる画像枚数を増やすとともに、車種別に識別器を構成することで、正確な検出を目指す。

⁵ <http://opencv.jp/>



正解画像



不正解画像

図 7-2-2 学習に用いた画像



正解画像に対する検出例



不正解画像に対する検出例

図 7-2-3 車両前方部分の検出結果

(4) まとめと今後の展開

AdaBoost を用いて、全方位画像から車両フロント部の検出を試みた結果、まだ十分な精度での検出ができていないことが分かった。今後は車両フロント部の検出手法を改良し、検出精度向上を図るとともに、実画像実験により、実際に手法を評価していく。

7-3 2色覚者のためのノイズ付加による色の識別率向上に関する研究

(1) はじめに

ユニバーサルデザインの考え方を色や配色に適用した設計をカラーユニバーサルデザイン (Color Universal Design) と呼び、高齢者や色覚障害者など、色覚機能に衰えや障害を持つ方に対しても、識別しやすい配色デザインとすることで、正しく情報が伝わるようにしようとするものである。現在、Webでの配色の指針のほか、チョークの色や、リモコンのボタンの色、地下鉄の路線図、建物の案内図など、さまざまな個所で見ることができるが、一歩建物の外に出た場合、ありふれている道路標識の配色はこのカラーユニバーサルデザインにのっとしておらず、図7-3-1のように色覚障害者や高齢者等にとって、背景と標識の識別が難しかったり、また見逃してしまう場合も多い。小佐ら[3]は、このカラーユニバーサルデザインの考え方に準じ、交通弱者に対して安全・安心な交通システムを提案・開発することを目的として、色覚障害者や高齢者に対して、シーン内の標識検出技術により検出した道路交通標識を強調提示することで視認性を高める方法を提案した。しかし、小佐らの方法では、交通標識のみに限定しているため、それ以外の危険を表す掲示等には対応できない。そこで、本研究では画像に特定のノイズを付加することで、2色覚と呼ばれる色覚障害者に対し、いかなる画像に対してもその色の違いが知覚できるような画像の処理方法を提案する。



健常者の見え方 (左) と2色覚者の見え方 (右)



左から20歳、60歳、70歳の見え方

図7-3-1 交通弱者の道路標識の見え方

(2) ノイズ軸の付加による弁別可能空間の拡張

健常者（3色覚）の方は色を検知する錐体がL錐体、M錐体、S錐体の3種類あるのに対し、いずれか一つの錐体が機能不全である場合に2色覚と呼ばれる。その中でもM錐体あるいはL錐体が機能不全である1型2色覚および2型2色覚の方が多く[4]⁶、赤と緑の色の弁別に困難が生じている。この赤と緑は“注意喚起”と“正常／問題なし”のそれぞれに多用される色であり、交通標識や渋滞情報を表すパネルにも利用されている。従って、これらを弁別できるようにすることは重要なこととなる。

健常者は色を3つの異なるセンサーで検知するのにに対し、2色覚者は2つのセンサーで検知している。これは、例えば健常者は3次元空間内の1点として色を知覚しているのに対し、2色覚者は2次元空間すなわち平面上の1点として色を知覚していることに相当する。本研究では、この知覚可能な色平面における色に対し、画像処理を行って人工的に異なる軸を加えることで、疑似的に3次元空間内の1点となるようにすることを考える。その際、健常者にもできる限り違和感が生じないように付加するために、ここでは弁別しづらい色の画素にノイズを付加することを提案する。画像に対するノイズを用いる理由は以下の通りである。

- 軸の向きに対しノイズの強度や発生確率を対応させることで、色の微かな差を表現できる。
- 健常者にとってノイズの付加された画像は「ざらつき」として見え、違和感を減少できる。

似たアプローチとして嶋村ら[5]のアプローチがあるが、嶋村らはグラフなどの人工的な画像に対し、その識別率を向上させるためにハッチングを加えるなどの処理を提案しているが、これが色数が少ない場合には有効であるが、自然画像に適用すると“不自然”になってしまう。

健常者の各錐体への刺激値を L, M, S 、1型2色覚者の刺激値を L_p, M_p, S_p とすると、Vienot[6]による1型2色覚モデルより、これらの関係は次式で表せる。

$$\begin{pmatrix} L_p \\ M_p \\ S_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.0 & 2.02 & -2.52 \\ 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix}$$

ここで、 $M_p = M, S_p = S$ であるから、 L の差 $|L - L_p|$ が健常者と2色覚者の色の知覚の差となる

と考えられる。そこで、ノイズの発生確率 p をこの差 $|L - L_p|$ に比例するように次式で求める。

$$p = \frac{|L - L_p - 0.1477|}{0.255}$$

ここで、分子分母の定数は正規化のための定数および実際に表せる空間に対するオフセットであ

⁶ 日本では約5%の方が1型2色覚または2型2色覚とされる[4].

る。このような発生確率に対し、輝度と色相の2種類のノイズを考える。

- ノイズ付加後の輝度： $I_N = I + N(0, \sigma_I) + \alpha$
- ノイズ付加後の色相： $H_N = (H + N(0, \sigma_H) + \beta) \bmod 360$

ここで、 σ_I 、 σ_H はそれぞれのノイズの分散、 α および β はそれぞれのオフセット値を表す。このようなノイズを加えることで、グラデーションのような色が滑らかに変化するものや自然画像に対しても識別率を向上させられると考える。

(3) 主観評価実験

図 7-3-2 に示すような1型2色覚者にとって識別しづらいグラデーションに対し、提案法によるノイズの付加画像4種類（輝度／色相，オフセット有／無）を作成し，原画像も加え，5段階の主観評価を行った。実際に用いた画像の一部を図 7-3-3 に示す。

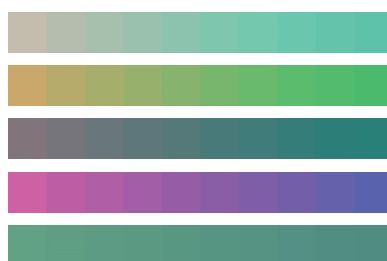


図 7-3-2 評価画像

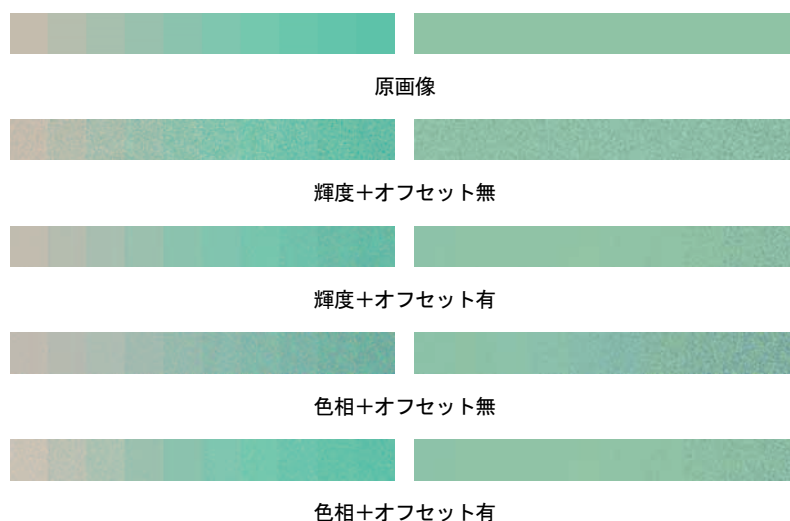


図 7-3-3 ノイズ付加画像（右）と2色覚シミュレート画像（左）

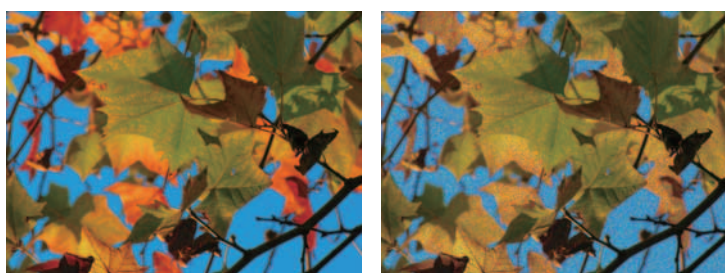
主観評価の結果を表 7-3-1 に示す。表より色相ノイズ+オフセット有が最も有効であることがわかった。しかし、グラデーションのような滑らかに変化している画像に対し、滑らかに変化しているように見えるかどうかについては今後も検討が必要であることもわかった。また自然画像に対する適用例を図 7-3-4 に示す。見てわかる通り、見分けが付きづらい箇所にノイズが付加され

たことはわかるものの、原画像ほど目立ってはいないことがわかる。

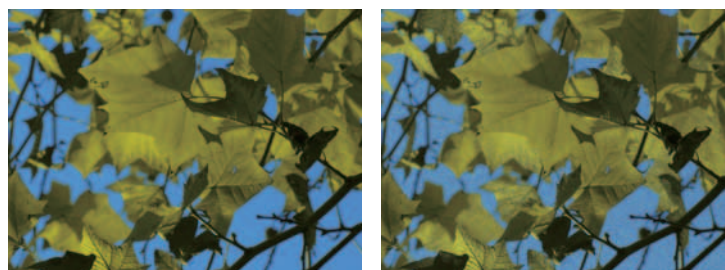
以上より、ノイズを付加することに対し、一定の有効性は確認できたものの、今後更なる検討が必要であることがわかった。

表 7-3-1 主観評価の集計結果（数値は評価値の平均）

	ノイズ無	輝度＋無	輝度＋有	色相＋無	色相＋有
原画像	4.41	4.02	4.25	4.06	4.26
2色覚	1.62	1.61	3.00	3.00	3.37



3色覚画像



2色覚シミュレート画像

図 7-3-4 自然画像への適用例. ノイズ無（左）／ノイズ有（右）

（４）まとめと今後の展開

2色覚者の弁別可能な2次元の色空間に対し、人工的なノイズ軸を加えることで疑似的に3次元空間に拡張し、弁別率を向上させる方法を提案した。人工的なグラデーションなどでは一定の有効性が確認できたものの、自然画像に対してはまだ検討の余地があることがわかった。今後の課題として、より識別しやすく、かつ健常者にとってより自然なノイズおよび付加方法を検討し、交通弱者のためのシステムに組み込むことを考える。

謝辞

本研究を実施するに当たり，補助金を頂いた豊橋市に感謝します。また，全方位カメラによる危険検知システムならびに全周マルチプロジェクションシステムに対し，有益なご意見を頂いた豊橋警察署交通課の小田聡課長はじめ交通課の皆様に感謝いたします。

参考文献

- [1] 小野 勝也，金澤 靖，全方位画像における直線当てはめの標準変位を用いた衝突検知，平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会，2012/9/24,25，豊橋技科大.
- [2] P. Viola, M. Jones, Robust Real-time Object Detection, IJCV, 2001.
- [3] 小佐 亮太，金澤 靖，交通弱者のための道路交通標識の強調提示の一検討，電子情報通信学会技術報告，福祉情報工学会，WIT2011-17, pp.91-96, 2011.
- [4] カラーユニバーサルデザイン機構，カラーユニバーサルデザイン，ハート出版，2009.
- [5] 嶋村 謙太，武田 真弓，鬼頭 伸一郎，洪 博哲，色覚異常者と健常者が認識可能なカラー文書画像変換方式の提案，KONICA MINOLTA TECHNOLOGY REPORT, vol.6, pp.59-63, Jan. 2009.
- [6] F. Vienot, H. Brettel, J.D. Mollon, Digital Video Colourmaps for Checking the Legibility of Displays by Dichromats, COLOR research and application, vol.25, no.4, pp.243-252, Aug. 1999.

対外発表

- [1] 小野 勝也，金澤 靖，全方位画像における直線当てはめの標準変位を用いた衝突検知，平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会，2012/9/24,25，豊橋技科大.
- [2] 脇元 翔，橋本 尚孝，金澤 靖，太田 直哉，色覚障害者の識別率向上のための画像への情報付加に関する検討，平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会，2012/9/24,25，豊橋技科大.