

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月27日現在

機関番号：	15501
研究種目：	挑戦的萌芽研究
研究期間：	2011～2012
課題番号：	23651167
研究課題名（和文）	都市の広告用大型ディスプレイ群により引き起こされる有害な光刺激抑制の基礎検討
研究課題名（英文）	Basic study on suppression of harmful optical stimulation due to the group of large-size displays as advertisement medium in the urban area
研究代表者	
	多田村 克己 (TADAMURA KATSUMI)
	山口大学・大学院理工学研究科・教授
	研究者番号： 30236533

研究成果の概要（和文）：本研究では、大型高出力デジタルサイネージ群により引き起こされる可能性のある、有害な光刺激の発生を未然に防止する手法の基礎検討を行った。まず、ディスプレイ間の情報のやりとりを効率的に行う光無線通信システムを試作し、伝送実験によってその性能を評価した。伝送実験の結果、従来の方式に比べてビット誤り率特性を改善できることを明らかにした。そして、現在の情報通信環境に適した装置構成を含めた管理手法、および有害光刺激に起因する健康被害発生を回避するために必要な情報やそれを利用した危険性の評価方法を考案した。

研究成果の概要（英文）： In this research, we carried out a basic study for a method for preventing from the occurrence of the harmful optical stimulus of which the large-sized high-output digital signage group has a possibility to cause. We firstly produce experimentally the optical wireless communication system which efficiently communicates between displays, and evaluate the bit error rate (BER) performance of this system by the transmission experiment. As a result of data transmission experiment, we clarified that this system can improve the BER performance compared with a conventional system. Then, we considered about indispensable information for avoiding the occurrence of health impairment which is caused by the harmful optical stimulus. Moreover, we designed a management method including the equipment configuration which fits current circumstance of information and communication and a method for evaluating risk of the occurrence of the health impairment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：マルチメディア工学

科研費の分科・細目： 社会・安全システム科学，社会システム工学・安全システム

キーワード： 光害，デジタルサイネージ，光無線通信，光過敏性発作

1. 研究開始当初の背景

都心部では、高輝度の大型ディスプレイがデジタルサイネージとして街路沿いに設けられる一方で、建物全体の照明を制御して人目を引くようにしたメディアファサードが浸透してきている。今後これらが普及すると、

より目立たせるために高出力で変化の激しい表示を競うようになると考えられ、夜間の都心部は、複数の大型テレビに異なる番組を映した天井からの照明の無い部屋に等しくなると考えられる。一方、テレビの視聴により子供が健康被害（光過敏性発作の発症）に

あう事件(いわゆるポケモン事件)の発生を受け、1998年にテレビ番組では強い光の点滅や画面の急激な切替えは3Hz(1秒に3回)以下にするガイドラインが定められた。この中で、明滅する光の発生源であるテレビの視聴を止めない限り、健康被害発生をゼロにできないと指摘されている。したがって、都心部での大型高出力デジタルサイネージの設置が進むと、想定もされない場所で第2のポケモン事件が起きる可能性を否定できない。このため、光過敏性発作の発症等の健康被害が実際に発生してしまった際に迅速に対応可能なように、現在の法規での対応可能性を明らかにし、不足する事項については、有害な光刺激発生危険性の評価方法と、そのために必要な情報を明らかにしておく必要があった。

2. 研究の目的

本研究では、今後都心部に多数設置されると予想される大型高出力ディスプレイ群がもたらす可能性のある有害な光刺激の発生を未然に防止する手法の基礎検討を行い、技術開発の指針を得ること及び技術的に対処可能と考えられる事項と法令規則で規定もしくは規制すべき事項とを明確にすることを目的とする。具体的には、以下の3点に関する研究を行う。(1)屋外におけるディスプレイ間での情報交換を可能とする通信方式の開発と実機シミュレーションに基づくその適用限界の把握、(2)有害な光刺激発生を回避するための自律的な表示制御を実現するために不可欠なディスプレイ間通信により伝達する内容及び通信手順の考案と検証、(3)ディスプレイ間通信内容の生成方法考案と有効性の検証。

なお、後述するように、(2)の検討を進めていく過程で、ディスプレイ間通信では有害な光刺激発生抑制に十分対応できないことが判明した。このため、項目(1)の研究は、ディスプレイと有害光刺激抑制を目的とする情報収集用の通信機との間での通信の実現を目的とするように変更した。

3. 研究の方法

(1) 光無線通信方式の開発

近赤外LED素子とアバランシェフォトダイオード(APD)素子、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)素子を用いて、ディスプレイ間での情報交換を行う光無線通信システムを試作して、ディスプレイ間の情報のやりとりを効率的に行う通信方式の検討を行った。本システムでは、伝送速度と誤り率特性の向上を目指し、それぞれ9個のLED素子とAPD素子を格子状に配置して、多対多の並列伝送が行えるようにした。9個のLEDを用いた多重通信でも希望するLED以外の

LEDからの光信号による干渉を抑圧するために、異なる符号間で完全に直交する光ZCZ符号を用いた符号分割多元接続(CDMA)技術を適用した。この試作した通信システムを用いて、背景光の少ない環境、液晶ディスプレイや太陽からの外乱光のある環境で通信実験を行い、本システムを評価した。

また、計算機シミュレーションによって、シンチレーションと背景光、APD雑音、熱雑音による干渉と他信号による干渉によるビット誤り率特性への影響を解析した。

(2) 有害光刺激抑制のための条件検討

デジタルサイネージコンソーシアムにより、デジタルサイネージ標準システムガイドラインが定められている。しかし、その標準が、イドラインにおいては、デジタルサイネージにより有害な光刺激が発生し得る可能性は考慮されておらず、実際にシステムを運用する上で不十分であることが明らかとなった。またその他のガイドライン、関連法規については、屋外広告物の観点から、光害の観点からのどちらに關してもデジタルサイネージについての議論が行われておらず、今後デジタルサイネージが普及していく上で、現時点では制度の面で十分であるとは言えないことが明らかとなった。

光過敏性発作の発症条件に関しては、医学的な見地から検討がなされているが、ある特定の条件下での結果であり、本研究が対象にしている環境とは極めて異なる環境下で得られた知見である。そこで、指標の検討の際には、指標として用いる物理量もしくは測光量の種類と、それを評価指標とするための計算方法を示し、規制のための閾値は具体的な数値ではなく、変数として表現することにした。

また、抑制対象とする有害な光刺激を定義するための前提条件として、中心市街地の歩道上の歩行者が、夜間に高出力のディスプレイ群から映像を中心とする光刺激を受ける状況、すなわち、幾つもの大型ディスプレイに囲まれて異なるテレビ番組を視聴する状況と同等の状況を想定し、テレビ放送に関して定められたガイドラインに基づき定めることとした。さらに、都心部の歩道を想定した際、歩行中に受ける光刺激の発生源となるディスプレイは、場所ごとに異なる。このため、ただ単に対面するディスプレイ間の表示内容の評価を行うだけでは不十分であり、何らかの客観指標に基づく有害刺激発生可能性評価と、それに基づく歩道上のサンプリング点での評価手法を確立する必要がある。以上の条件を考慮した検討を実施した。

(3) 具体的な表示制御プロトコルの検討

本研究で考案する仕組みは、既に構築されているデジタルサイネージシステムに対しても有効に機能する必要がある。そのため、

デジタルサイネージコンソーシアムから提示されている、デジタルサイネージ標準システムを基本とする機器構成を検討した。本研究開始当初は、ディスプレイ間通信により自律的にシナリオ情報を交換し、有害な光刺激の発生を自己判断して抑制するための方策を取ることを基本的な考え方としていた。しかし、検討を進めるにつれ、必ずしもすべてのディスプレイがその表示内容に関する制御機能を備えている訳ではないこと、そのため、ディスプレイ間で情報交換をしたとしても、その内容の評価を行うに足る情報処理能力が備わっていないことが判明した。そこで、有害な光刺激発生可能性評価も含めた計算負荷を、ディスプレイではなく専用の装置が集中して対処する構成を取ることにした。したがって、その専用装置とディスプレイに表示する内容を管理している装置との間での交換すべき情報の内容とタイミングとを検討した。

前節で検討した有害光刺激の定義と客観指標に基づき、ディスプレイ間での有害光刺激の発生の有無について評価を行うために必要な情報は、すべて自動的に収集可能な訳ではない。そこで、有害性評価のための計算に必要な情報のうち、デジタルサイネージの設置者にディスプレイ固有の情報として強制的に入力させるべき情報と、ディスプレイに表示させるコンテンツの付帯情報として、コンテンツ制作者に作成させるべき情報とを明確にすることとした。

4. 研究成果

(1) 光無線通信方式の開発

試作した通信システムを使用して、背景光の少ない環境、液晶ディスプレイや太陽からの外乱光のある環境で1対1、1対多、多対多の伝送実験を行ない、この通信システムを評価した。9つの信号をそれぞれ別の光 ZCZ 符号によって拡散変調して、9つのLEDで並列伝送することで伝送速度を9倍にし、9つのAPD素子で受信した信号を相関処理によって分離し、合成することで、信号対雑音電力(S/N)比を改善し、ビット誤り率(BER)特性を改善できることを明らかにした。また、この方式によって、背景光の少ない環境の場合に比べてBER特性は劣化するものの、外乱光のある環境でも問題なく送受信できることを確認した。

また、シンチレーションと背景光、APD雑音、熱雑音による干渉と他信号による干渉を考慮した計算機シミュレーションによって、従来の光直交符号を用いた同様のシステムと本システムを比較した結果、本システムの方がBER特性を向上できることが明らかになった。

(2) 有害光刺激の定義とその抑制のための

システム構成

3の(2)で述べたとおり、本研究では、テレビ放送に関して定められたガイドラインに基づき、抑制対象とする有害な光刺激を以下の3項目として定義する。

- ① 複数のディスプレイの発する映像の点滅シーンおよびシーンチェンジが重なることで、3Hzを超える点滅が発生する場合
- ② 縞模様のパターンが動く映像が、複数のディスプレイにおいて同時に発生する場合
- ③ 渦巻き模様および同心円状の模様が動く映像が、複数のディスプレイにおいて同時に発生する場合

歩行可能な場所におけるデジタルサイネージによる影響を評価するための客観的な指標については、「場」としての照度値を用いる。これは、ディスプレイから発するエネルギーを表す単位に輝度(cd/m^2)が用いられ、照度は、輝度値を基にして求めることができる。照明の分野では、大きさを持つ光源に対して、発光面の輝度が一定と仮定した場合の、計測点と発光面との相対的な位置関係ごとに場合分けした照度計算方法が確立されている。発光面をディスプレイと見なし、歩道上の一定の高さにおけるそれぞれのディスプレイからの影響度を予測するための客観指標に、そのディスプレイにより生じる最大照度を用いる。したがって、図1のようにディスプレイの発光面が計測点に対して正対している事を仮定して照度計算を行う。それぞれのディスプレイの影響度の大きさ評価、および次節で説明する再生コンテンツによる有害光刺激発生可能性評価を行うためには、最小限以下の事項が既知であることが必要であることを明らかにした。

- ・ディスプレイの仕様(縦、横の長さ、最大輝度値)
- ・設置場所(ビル名称と地上からの高さ、可能であればGPSから得られた緯度、経度、屋内/屋外の別)
- ・発光面の方向

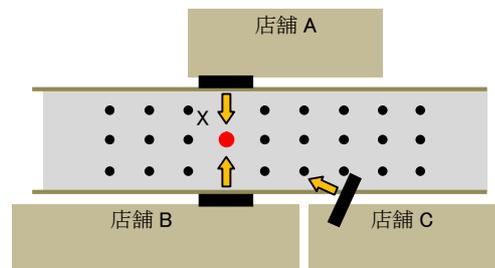


図1 デジタルサイネージによる影響評価

- ・ディスプレイ稼働開始時間
- ・再生コンテンツのシナリオデータ

これらのデータは、自動的に取得することが困難であるため、大型のディスプレイを利用するデジタルサイネージは、オンラインでの認証を受けなければ稼働できない仕組みが必要であり、認証を受ける手続きの中で設置者に入力させる方法を提案した。上記の5項目の中で、最後の再生コンテンツのシナリオデータに関しては、コンテンツの付帯情報として作成して付加することを義務づけ、それ以外は、ディスプレイ固有の情報として入力させる。さらに、認証情報の集中的管理や、大型ディスプレイによる歩道上での有害光刺激発生の評価を行うために専用のサーバを備え、次節で説明する表示コンテンツのタイミング制御を効率よく行うための管理情報を円滑に配信するためのシステム構成として、図2に示すようなマネージャ・サーバ・プレーヤ・ディスプレイの階層構成とすることを提案した。

(3) ディスプレイ表示制御実現のための仕組み

本研究では、図2に示す階層構造を持つ機器構成として、それぞれの装置間において交換すべき情報の内容とそのタイミングを規定した。デジタルサイネージコンソーシアムから提示されている、デジタルサイネージ標準システムでは、前述のようにディスプレイの表示コンテンツは、図2のサーバに蓄積されており、ディスプレイに表示する映像や画像は、プレーヤでシナリオに基づき表示用の素材データが再生されることにより生成される。本研究では、この基本構成に有害光刺激発生の評価を行うための機器(図2ではマネージャと記載)を追加し、既設の機器には以下の機能を追加することで、基本構成を変更することなく、システム全体を有害光刺激発生抑制可能なものへと変更できると考えた。

- ・サーバの追加機能
 - 管理する再生コンテンツのフレームレベルシナリオを生成
 - マネージャに対して管理下にあるすべてのプレーヤおよびディスプレイの情報を伝達する。管理の変動(新設および廃止)の場合も逐次伝達する
 - マネージャからプレーヤに対して発せられた再生シナリオ変更指示に従い、当該プレーヤの登録情報の変更と、変更された再生シナリオに基づく再生制御データを作成してプレーヤに伝達し、変更完了を確認する
- ・プレーヤの追加機能
 - ディスプレイ設置時に、位置や大きさ及び出力などマネージャに登録する情報を設置者に入力させ、サーバに送信

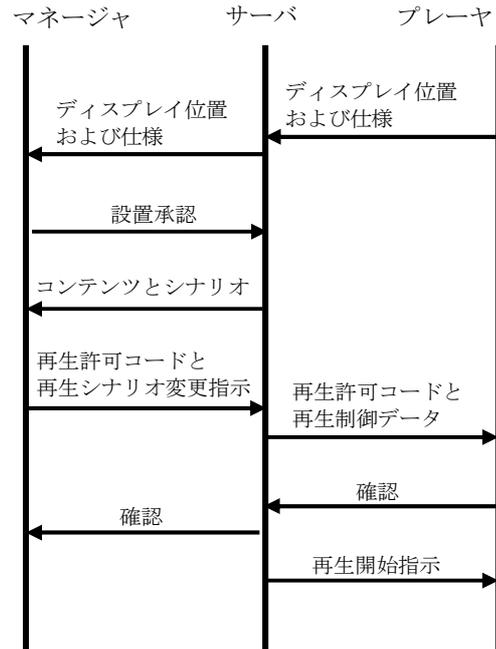


図3 デジタルサイネージ新設時の手続きシーケンスの例

する

- サーバ経由でマネージャから、再生制御データ変更を受信した場合は、それに従い再生データを変更し、その完了をサーバに通知する

図3に、デジタルサイネージ(プレーヤ及びディスプレイ)を新設する際の情報の流れを示す。前述のとおり、プレーヤには、デジタルサイネージ設置者に対してディスプレイの仕様などを入力させるためのユーザインタフェースを備えており、それを通して有害光刺激抑制のために必須となる情報を得ることができる仕組みにしている。また、プレーヤでは、図3において「再生許可コード」と表しているマネージャのみが発行可能なコードが設定されないとディスプレイの電源を投入しても再生が開始されない仕組み

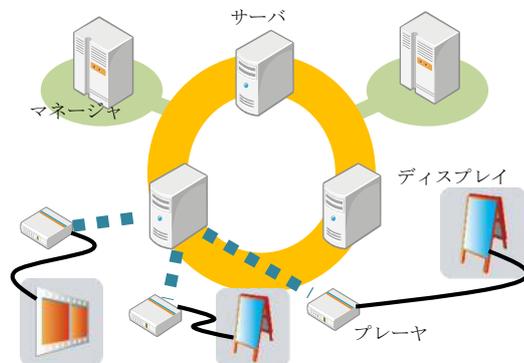


図2 デジタルサイネージ管理システム

を想定している。また、図中の「確認」情報は、再生許可コード及び再生制御情報をプレーヤが確かにセットしたことを、プレーヤからサーバおよびマネージャに対して通信するためのものであり、必ずしも必要ではない。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 9 件)

- (1) T. Matsumoto, H. Torii, S. Matsufuji, “Theoretical Analysis of BER Performance of Optical ZCZ-CDMA System,” International Journal of Computers and Communications, issue 1, vol.7, pp. 18-25, 2013 (査読有).
- (2) T. Matsumoto, T. Nishikawa, H. Torii, S. Matsufuji, “Matched Filter Bank Implementation on FPGA for a Mutually Orthogonal Set of ZCZ Codes Using Hadamard and ZCZ Codes,” Proc. of the 15th International Conference on Advanced Communication Technology (ICTACT2013), pp. 764-767, 2013 (査読有).
- (3) A. Abudoukeremu, S. Matsufuji, T. Matsumoto, “On Optical ZCZ Codes With a Good Aperiodic Autocorrelation Property,” Proc. of the 15th International Conference on Advanced Communication Technology (ICTACT2013), pp. 586-589, 2013 (査読有).
- (4) T. Matsumoto, H. Torii, S. Matsufuji, “Comparison of Optical ZCZ-CDMA System with Zero Correlation Zone $4n - 2$ by Electrical and Optical Processing,” Proc. of the 3rd European Conference of Communications (ECCOM'12), pp. 268-273, 2012 (査読有).
- (5) T. Matsumoto, H. Torii, S. Matsufuji, “Theoretical Analysis of BER Performance of Optical ZCZ-CDMA System With Smallest Zero Correlation Zone Using Optical Correlator,” Proc. of the 2012 IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS 2012), pp. 549-552, 2012 (査読有).
- (6) T. Matsumoto, M. Inoue, H. Torii, S. Matsufuji, “Study on BER Performance of Atmospheric Optical CDMA System Using Optical ZCZ Code,” Proc. of the 2012 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'12), pp. 210-213, 2012 (査読有).
- (7) T. Matsumoto, H. Torii, S. Matsufuji, “Theoretical Analysis of BER Performance in ASK-SS and M-ary/ASK-SS Systems Using Compact Matched Filter Bank for an Optical ZCZ Code Over Rayleigh Fading

Channels,” Proc. of the 2011 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2011), pp. 171-175, 2011 (査読有).

(8) T. Matsumoto, S. Matsufuji, “Theoretical Analysis of BER Performance in ASK-SS and M-ary/ASK-SS Systems Using Compact Matched Filter Bank for an Optical ZCZ Code over AWGN Channels,” Proc. of the Fifth International Workshop on Signal Design and Its Applications in Communications (IWSDA'11), pp. 161-164, 2011 (査読有).

[9] K. Miyazaki, Y. Mizukami and K. Tadamura, “A simple color calibration method for full-color LED lamp”, Proc. of The 26th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2011), pp. 231-234, 2011 (査読有).

[学会発表] (計 7 件)

(1) 宮崎, 水上, 多田村, “高出力デジタルサイネージに起因する有害な光刺激抑止に関する基礎検討”, 画像電子学会第264回研究会, 2013年2月28日-3月1日 (高知県香美市, 高知工科大学).

(2) 上鉄穴, 松元, 松藤, “ZCZ-CDMA方式の同期確立について”, “電子情報通信学会無線通信システム研究会, Jan. 31-Feb. 1, 2013 (広島県呉市, ビューポートくれ).

(3) 西川, 松元, 鳥井, 松藤, “アダマール符号とZCZ符号から得られる直交符号に対するマッチドフィルタバンクの小規模化の検討”, “第14回IEEE広島支部学生シンポジウム, Nov. 17-18, 2012 (岡山県総社市, 岡山県立大).

(4) A. Abudoukeremu, S. Matsufuji, T. Matsumoto, “On Optical ZCZ Codes and Their Aperiodic Autocorrelation Properties”, “第14回IEEE広島支部学生シンポジウム, Nov. 17-18, 2012 (岡山県総社市, 岡山県立大).

(5) 宮崎, 水上, 多田村, “フルカラーLED照明用簡易カラーキャリブレーション手法の開発”, 平成24年度(第45回)照明学会全国大会, 2012.9.6-8 (山口市, 山口大学)

(6) 井上, 松元, 松藤, “光ZCZ-CDMA方式とOOC-CDMA方式の性能比較”, “第13回IEEE広島支部学生シンポジウム, Nov. 12-13, 2011 (広島県東広島市, 広島大学).

(7) 貞末, 松元, 松藤, “同期信号に使用できる光ZCZ符号の符号発生器の小規模構成法”, “第13回IEEE広島支部学生シンポジウム, Nov. 12-13, 2011 (広島県東広島市, 広島大学).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

多田村 克己 (TADAMURA KATSUMI)

山口大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：30236533

(2) 研究分担者

松元 隆博 (MATSUMOTO TAKAHIRO)

山口大学・大学評価室・准教授

研究者番号：10304495

(3) 連携研究者

()

研究者番号：