

修士論文

近年のスマートフォンに搭載されて
いる

SoCの性能評価の研究

（Research on performance evaluation of
SoC installed in recent smartphones）

立命 太郎

立命館大学大学院
理工学研究科電子システム専攻

2023年3月

概要

近年, 半導体の微細化と高集積化, 低消費電力化, 及び大量生産等の技術向上により, 小型で高性能・多機能な電子機器が多数開発され, 特にスマートフォンに代表されるモバイル端末の保有率は非常に高くなっています, さらに増加し続けている。高性能・多機能化が著しいスマートフォンだが, その中でも全てのスマートフォンに必ず備わっていると言ってよいカメラ機能の向上が特にめざましい。画素数の向上にとどまらず, 一般的な広角レンズだけでなく超広角・望遠レンズといった複数のレンズを備える, LiDAR センサによる被写体距離測定, 顔認証技術に深層学習を導入する等, 人々が手軽に高品質の写真や動画を撮影できる環境が構築された。

目 次

内容梗概	i
第1章 序論	1
1.1 研究背景	1
1.2 本研究の目的	3
第2章 LED 照明を用いたデジタルサイネージについて	5
2.1 一般のデジタルサイネージ	5
2.2 デジタルサイネージの有効性に関する研究	6
2.3 デジタルサイネージに関する技術	7
参考文献	9
謝辞	15
発表論文リスト	17

図 目 次

1.1 オレンジ LED が使用されたサイネージ	1
1.2 フルカラー LED が使用されたデジタルサイネージ	2
1.3 電子化された意見箱	2
1.4 デジタルサイネージジャパンの来場客数の推移	3
2.1 3D 大型ビジョン広告	5
2.2 RGB カメラを用いた骨格推定によるデジタルサイネージの表示	6
2.3 データマイニング技術を用いた広告効果の実験環境	7
2.4 4K と 8K の画素数	7
2.5 SONY が発売する空間再現ディスプレイ	8
2.6 カバー画像による QR コードの秘匿	9

表 目 次

第1章 序論

1.1 研究背景

近年、駅構内の広告や、バスの運賃表、ビルの広告等に多くのデジタルサイネージが使用されており、我々に身近なものとなっている。デジタルサイネージとはディスプレイやタブレット等の電子表示媒体を活用した情報発信システムの総称であり [1]、LED を利用したものが多い。背景には、1993 年に中村修二氏らの研究チームにより青色 LED が発明された事が挙げられる [2]。青色光源の発明によって、赤、緑、青と光の三原色が揃うこととなり、白色を表現することが可能となった。

当初、LED をサイネージに利用する際には、青色の光を生み出せないために白色を表すことができなかった。そのため文字の表示にオレンジ色の LED を使用していた(図 1.1)。これが現在では、フルカラーの表示が可能となった(図 1.2)。



図 1.1: オレンジ LED が使用されたデジタルサイネージ¹

¹<http://tikutetsuzuki.blog64.fc2.com/blog-entry-664.html> より引用



図 1.2: フルカラー LED が使用されたサイネージ²

デジタルサイネージの用途は幅広く、公共交通機関の掲示板から、ショッピングモール内の広告、ビルの広告などに使われている。最近ではペーパーレス化の流れを受け、紙媒体であった商業施設内の顧客用意見箱を電子媒体にしている事例もある(図 1.3)。

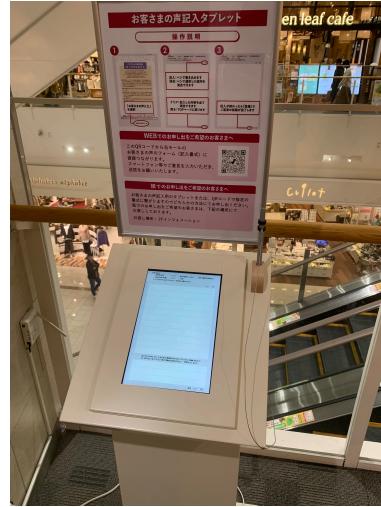


図 1.3: 電子化された意見箱³

デジタルサイネージに対する需要の高さはデータからも伺える。図 1.4 はデジタルサイネージジャパンの来場客数の推移を表したものである。ここでデジタルサイネージジャパン (DSJ) とは、デジタルサイネージの最新動向を伝える目的として毎年開催されている展示会のことである [3]。図 1.4 から分かるように、2020 年以降は新型コロナウイルスの影響で一時的に会場の来場者が大幅に減少したものの、オンライン開催の来場者も含めると、毎年約 10 万人が参加している。また、

²https://www.neyagawa-np.jp/uploads/livedoor-blog/neyagawa_np/imgs/8/4/848dc93a.jpg
より引用

2021年から会場での来場者数は年々回復し、2020年以前の来場者数まで回復することが見込まれる。

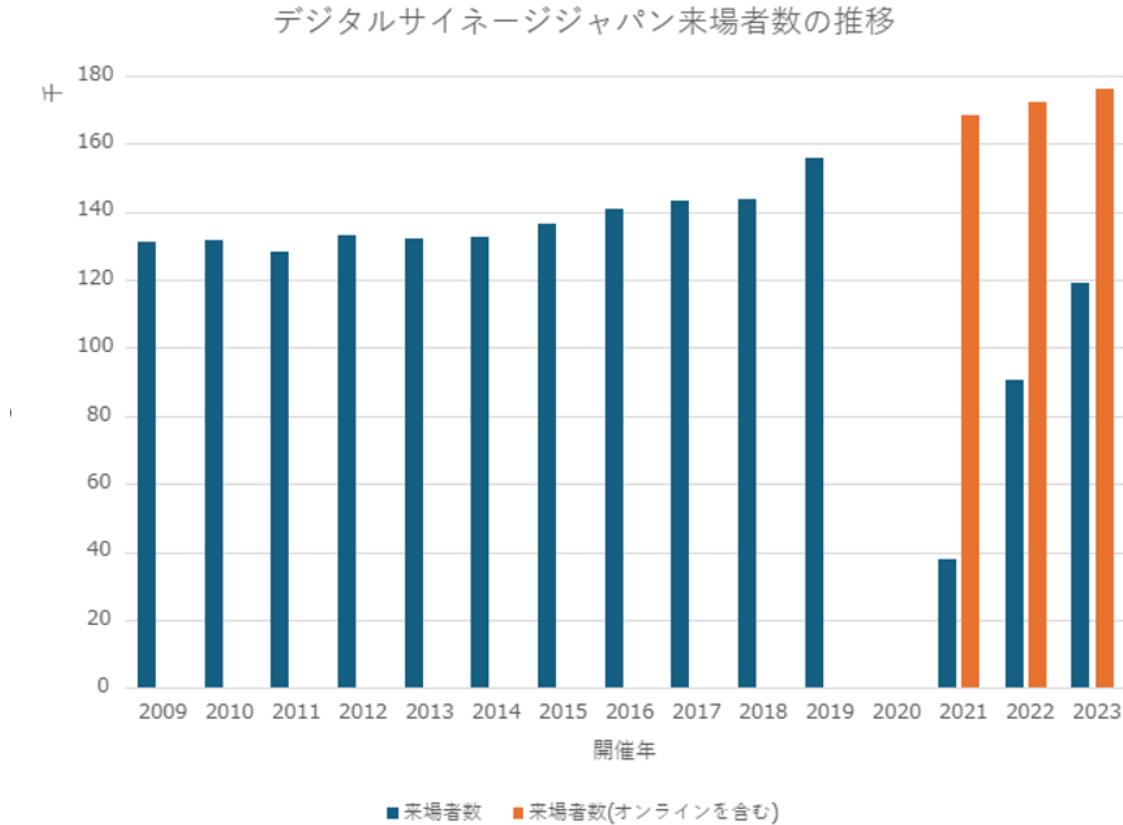


図 1.4: デジタルサイネージジャパンの来場客数の推移⁴

1.2 本研究の目的

本研究では、1.1節で述べたデジタルサイネージの普及を背景として、デジタルサイネージに対する新たな情報の付加手法を提案する。デジタルサイネージは限られた表示領域の中でより多くの情報を表示できることが望ましい。そこで本研究が提案する情報の付加手法が次の二つである。一つ目は、肉眼では視認できないが、カメラで読み取ったときにのみ情報を視認できる情報表示照明装置であり、これをステゴパネルと呼称する。これまで、ステゴパネルの小型化と高解像度化を進めており、更なる機能向上のため異なる点灯方式を用いた仕様の実装を目指す。

二つ目は、同時に複数の情報読み取りが可能なデジタルサイネージであり、これをトリケラパネルと呼称する。この情報付加手法は、光の三原色を個別に読み取ることで複数の情報を提供するものであり、特に、複数のQRコードを一度に表示することを想定して開発する。サイネージ内に複数のQRコードを並べること

第 1 章

は、QR コードの誤読み取りや、表示領域の低下につながる。そこで、各 QR コードをカラーに変換し、3枚の画像を重ね合わせて表示する。その後、読み取り時に抽出を行うことで各 QR コードを別々に読み取る事を目指す。

第2章 LED 照明を用いたデジタルサイネージについて

本章では、LED を用いたデジタルサイネージについての技術と本論文に関わる研究について述べる。はじめに、2.1節で一般に使用されているデジタルサイネージについて述べる。次に2.2節、及び2.3節で、その関連研究を述べる。

2.1 一般的なデジタルサイネージ

デジタルサイネージとは、交通機関や、店舗、公共空間等で、電子的な表示装置を使って情報を発信するメディアのことである [4]。過去には木製の看板や、張り紙等を用いて情報の発信を行っていたが、LED 及びディスプレイ技術の発展やネットワークの普及、制御回路の小型化に伴いデジタルサイネージが増加してきている。

最近では、建物に取り付けられた3D ビジョンを用いた、モノや動物が飛び出してくれるような広告が話題となっている(図2.1) [5]。



図 2.1: 3D 大型ビジョン広告¹

¹<https://www.rbbtoday.com/article/2023/06/26/210153.html> より引用

2.2 デジタルサイネージの有効性に関する研究

ここでデジタルサイネージの有効性を示す論文を二つ紹介する。論文 [6] では、デジタルサイネージに人々の注意を向ける方法として視聴者側によるタッチ操作等のインタラクティブ要素を取り上げ、各エフェクトに対する消費者の購買意欲を評価している。本論文に用いられているアプリケーションは、ディスプレイ上部に取り付けられたRGBカメラから人物の画像を取得し、骨格推定からユーザの動作を検知する。検知した動作をもとに、ユーザの動きに合わせてサイネージを覆ったぼかしが取り除かれることで、ユーザの広告に対する注意力の向上を図っている。この様子を図 2.2 に示す。

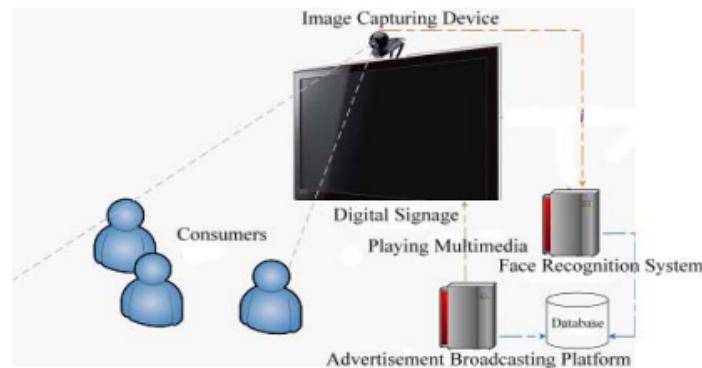


図 2.2: RGB カメラを用いた骨格推定によるデジタルサイネージの表示²

研究の結果として、表示するエフェクトの違いと被験者に行った質問の正答率に有意差は見られていない。一方で、操作性が楽しいと感じるエフェクトほど購買意欲が高い傾向にあるという結果が得られている。

また、論文 [7] では、データマイニング技術を使用してデジタルサイネージ広告の効果を調査している(図 2.3)。デジタルサイネージ上部に消費者を撮影するカメラを取り付けることで、顔認識による広告視聴の有無や、視聴時間の追跡を行い、集めたデータの分析を行っている。研究の結果として、データマイニング技術を用いた広告効果の評価は、広告提供者がマーケティング手法を考える際の有益な評価手段になると結論付けている。

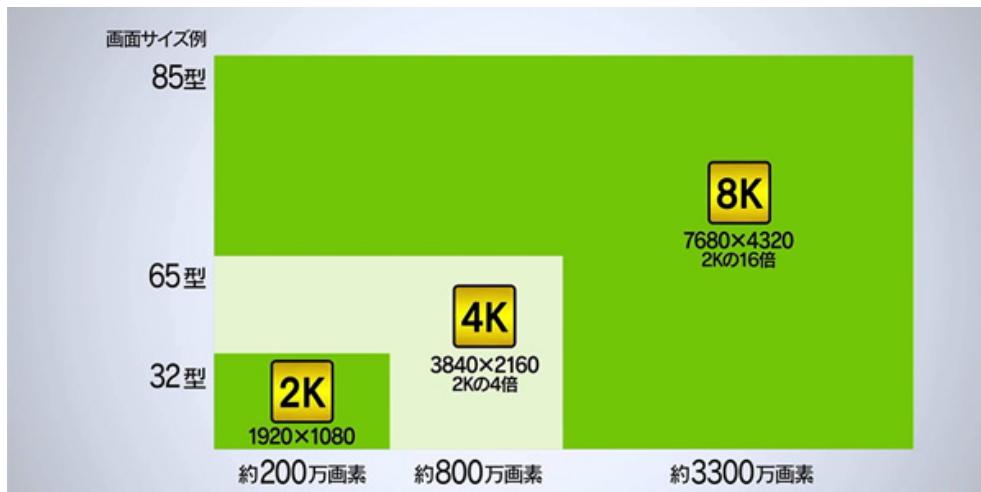
² インタラクティブデジタルサイネージにおける映像エフェクトの違いによる広告効果の検証 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej/76/2/76_297/_pdf/-char/ja) より引用

図 2.3: データマイニング技術を用いた広告効果の実験環境³

2.3 デジタルサイネージに関する技術

昨今のデジタルサイネージに関する技術傾向として、高解像度ディスプレイ、透明ディスプレイ、裸眼立体ディスプレイ等が挙げられる。

高解像度ディスプレイについて、現在はハイビジョンや2Kと呼ばれる $1,920 \times 1,080$ 、即ち、約200万画素で構成されるディスプレイが一般に普及している。これに対し、次世代の映像規格である4K、8Kが登場し、製品化がなされている(図2.4)。

図 2.4: 4K と 8K の画素数⁴

³A Study on the Effectiveness of Digital Signage Advertisement(<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6228274>) より引用

⁴総務省、4K8Kとは(https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/housou_suishin/4k8k_suishin/about.html) より引用

また、4K、8K の映像では高精細化の他に、表現可能な色の範囲が拡大する広色域化、画面の高速表示、多階調表現等、現実に近い輝度表現が可能になっている [8].

透明ディスプレイについて、論文 [9] では、PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystals) 技術と呼ばれる液晶中に特殊な高分子を利用するディスプレイ手法により、透過ディスプレイの作成を行っている。ここで、PDLC 技術には印可電圧が OFF である高分子の散乱時と、印可電圧が ON である透過時が存在するが、作成したディスプレイでは、散乱時で透過率 1.27%，透明時には透過率 15.87% に達したと述べられている。

裸眼立体ディスプレイについて、映像を投影し、立体的に見せる手法や、三面にディスプレイを配置することで奥行きを表現する手法など様々あるが、特徴的な例として、SONY により開発、販売がされている空間再現ディスプレイを紹介する 2.5. SONY の Spatial Reality Display (空間再現ディスプレイ) ではディスプレイに取り付けられたカメラからユーザーの瞳の位置を捉えることで、視点位置に合わせた立体映像を表示する [10].

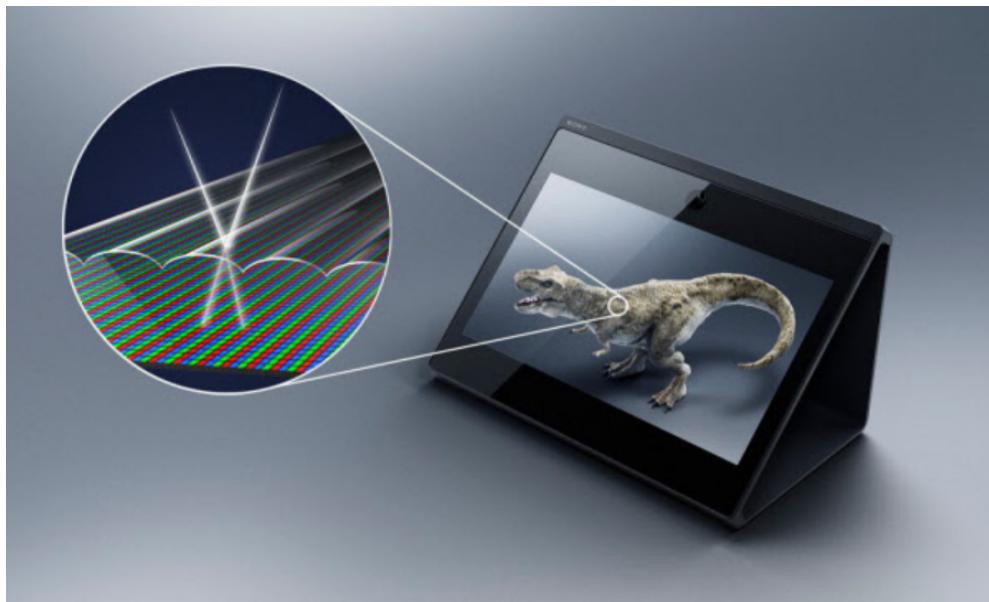
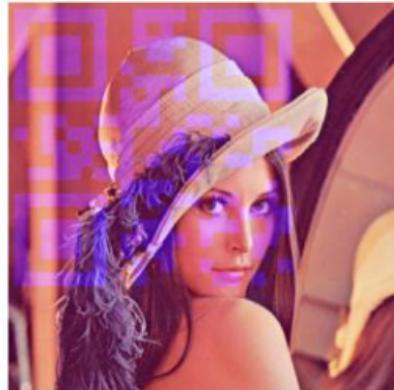


図 2.5: SONY が発売する空間再現ディスプレイ⁵

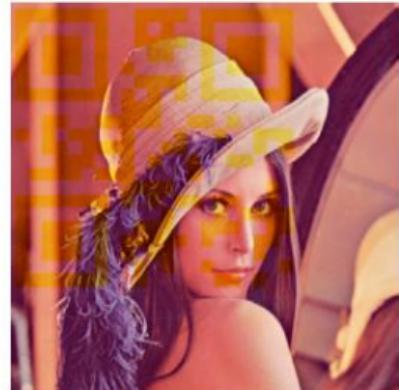
更に、本論文に直接関連する論文を紹介する。論文 [11] では、色を混ぜる事で画像内に二次元コードを埋め込む手法を提案している(図 2.6)。人間が高速に画面が切り替わるディスプレイを見た際には、視覚システムにより加法混色が発生する。一方で、CMOS センサを用いたカメラでシャッタースピードを速めて観測した際には、画面の切り替わりを捉えることができる。この原理を用いて、肉眼では QR コードを視認できない情報隠匿技術の開発を試みている、結論として、QR

⁵<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO72038730Z10C21A5000000/> より引用

コードを覆うカバー画像に対して、画像のような静的なものであれば実用的であるが、動画のような動的なカバー画像に対しては実用的でないと述べている。



(a) Plus (+96) variation



(b) Minus (-96) variation

図 2.6: カバー画像による QR コードの秘匿⁶

⁶ [11]Mimetic Code Using Successive Additive Color Mixture より引用

関連図書

- [1] “一般社団法人デジタルサイネージコンソーシアム, デジタルサイネージとは.” <https://digital-signage.jp/about/>.
- [2] 中村 修二, “InGaN 高輝度青色 LED に関する研究,” 1994.
- [3] “LED デジタルサイネージジャパン 2023.” <https://www.dsignage-expo.jp/2023/about/>.
- [4] “RICOH, デジタルサイネージとは? 仕組みから活用までをご紹介.” <https://www.ricoh.co.jp/signage/column/signage.html>.
- [5] “渋谷の大型ビジョンから巨大な秋田犬が飛び出す!? 肉眼 3D 動画が公開に.” <https://www.rbbtoday.com/article/2023/06/26/210153.html>.
- [6] 猪野志織, 小室孝, 小川賀代, “インタラクティブデジタルサイネージにおける映像エフェクトの違いによる広告効果の検証,” 映像メディア学会誌, vol. Vol. 76, No.2, 2022.
- [7] Yin, Kuo-Cheng and Wang, Hsin-Chieh and Yang, Don-Lin and Wu, Jung-pin, “A study on the effectiveness of digital signage advertisement,” 2012 International Symposium on Computer, Consumer and Control, pp. 169–172, 2012.
- [8] 総務省, “4K8K とは 4K8K の魅力.” https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/housou_suishin/4k8k_suishin/about.html.
- [9] Su, Chun-Wei and Liao, Chia-Cheng and Chen, Mei-Yung, “Color transparent display using polymer-dispersed liquid crystal,” Journal of Display Technology, vol. 12, no. 1, pp. 31–34, 2016.
- [10] 日本経済新聞, “ソニー「空間再現ディスプレイ」 裸眼で OK 迫力 3D.” <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO72038730Z10C21A5000000/>.
- [11] S. Komuro, S. Kuriyama, and T. Jinno, “Mimetic code using successive additive color mixture,” IEIEC trans. inf. & SYST., vol. VOL.E98-D, no. NO.1, january 2015.

付録

クロスフリック式ステゴパネル制御プログラム

sutego3.c

2段ダイナミック式ステゴパネル制御プログラム

sutegoR1219.c

```
%lstinputlisting[label=sutegoR1219]sutegoR1219.c
```

トリケラパネル制御プログラム

tricolor1127.c

謝辞

本論文の作成にあたり、貴重な助言、ご指導をして頂いた立命館大学理工学部電子情報工学科 熊木 武志教授に深く感謝の意を表します。また、本研究に関わりご助言をして頂いた立命博士氏、琵琶太郎氏、草津悟志氏に深く感謝致します。そして、実験を行うにあたってご協力をして頂いた衣笠智樹氏、茨木慎太郎氏に感謝致します。最後に、日頃から様々な事においてお世話になりましたX期生を始めとするマルチメディア集積回路システム研究室の皆様に最大の感謝をお贈り致します。

2023年3月 立命 太郎

研究業績リスト

【国内研究会等発表】

- 立命太郎, 逢坂京太郎, 安藤義男, 竹 信孝, 熊木武志, "2nm プロセスルールの SoC の製造技術可能性," ET&IoT West 2021, Jul., 2021.

【国外研究会等発表】

- Taro Ritsumei and Takeshi Kumaki, "Possibility of 2nm process rule SoC manufacturing technology," International Computers and communications (ICC), 2021.

【その他研究活動】

- ET&IoT West 2021, Jul., 2021.
- ET&IoT 2021, Nov., 2021.

【受賞】

- Yuta Moritake, Yutaro Shimomura, Ryuya Kiriwhara, Yuki Hirota, Xiangbo Kong and Takeshi Kumaki, "Development of invisible information lighting display "Stego-panel IV"," IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), Excellent Demo! award, Gold prize, Oct., 2021.