

# 情報表示における反射光と透過光の違いが心理に与える影響の評価 Psychological Evaluation of The Effect of Information Presentation Using Reflected and Transmitted Light

中津 良平<sup>†</sup> 宮田 愛恵<sup>‡</sup> 川田 浩孝<sup>‡</sup> 土佐 尚子<sup>†</sup> 楠見 孝<sup>†</sup>  
Ryohei Nakatsu Manae Miyata Hirotaka Kawada Naoko Tosa Takashi Kusumi

## 1. はじめに

情報の表示法・視聴法として、プロジェクター（以下「PJ」）でスクリーンなどに情報を表示し人はその反射光により情報を受け取る方式と、LED ディスプレイや液晶などのフラットパネルディスプレイ（以下「FPD」）を用いて自発光により人が情報を受け取る方式がある。FPD は、高輝度が得られるため昼間でも見やすい表示が行える特徴を持っている。一方 PJ は、スクリーンや壁面のような平面への投射のみならず、プロジェクションマッピングで用いられるように、曲面や複雑な凹凸がある面への投射が可能であり投影面の影響を受けにくいという特徴を持っている。

このような特徴の違いによって、それぞれの場面で PJ と FPD が使い分けられているが、反射光を用いるか自発光を用いるかという異なる方式による情報表示が、人間の心理にどのような影響を与えるかに関する基礎的なデータはまだほとんど蓄積がない。

本心理実験では、PJ と FPD による見えの違いを明らかにすることをめざして、できるだけ各種の条件を合わせた上で、PJ と FPD における見えの違いを心理実験を通して明らかにする試みを行った。本実験は、今後 PJ と LED/FPD の使い分けを行う上における基礎データを提供できると考えられる。

## 2. 関連研究

### 2.1 大画面表示におけるプロジェクターとディスプレイの表示の比較

PJ と FPD の比較に関しては筆者がすでにいくつかの実験を行なっている。その際は、大画面に PJ と FPD (LED ディスプレイ) を用いて表示した際の見えに関して、特に周囲の証明条件などを変えた効果に関する実験を行なった[1][2]。

2019 年に行なった実験では、200 インチの LED ディスプレイを用いた表示と、10,000 ルーメンのプロジェクターを用いて 200 インチのスクリーンに表示した際の比較を行った[1]。この際はコンテンツとしてアートコンテンツ（具体的には土佐尚子のビデオアート）とテキスト主体のコンテンツの比較を行った。また照明条件としては実験室の照明を点灯した条件と消灯した条件下での比較を行った。その結果、(LED ディスプレイ+アートコンテンツ+消灯) > (LED ディスプレイ+アートコンテンツ+点灯) = (プロジェクター+アートコンテンツ+消灯) の順で高い評価が得られ、アートコンテンツと LED ディスプレイの組み合わせが適していることがわかった。

2020 年に行った実験では、実際の環境として講演などを聴講する場合を想定して比較的長時間コンテンツを視聴した場合における PJ と FPD の比較を行った[2]。具体的には 2019 年の実験と同様に、200 インチの LED ディスプレイを用いた表示と、10,000 ルーメンのプロジェクターを用いて 200 インチのスクリーンに表示した際の比較を行った。コンテンツとしては京都大学の教員による講義ビデオを 20 分間視聴してもらった。また照明に関しては、実験室の照明を全灯した場合、半灯した場合、消灯した場合の比較を行った。その結果、PJ に関しては環境を暗くするほど評価値が上がり、反対に FPD に関して照明を暗くするほど評価値が下がるという逆の傾向が得られた。

ただ、これらの実験では PJ と FPD の輝度調整などを行わなかったため、デバイスの表示条件が結果に大きく影響している可能性があり、より詳細な実験が必要である。

### 2.2 反射光と透過光

一方で、PJ と FPD の表示方法の違いに関しては、PJ は反射光が人の目に入り、FPD は透過光が人の目に入るという違いがある。反射光と透過光に関してはマーシャル・マクルーハンが著書「メディアの法則」の中で「反射光が人を論理思考にし、透過光が人を感情思考にする」というよく知られた記述をしている[3]。

これは例えば、テキストの誤りを見つける際にディスプレイ（透過光）より紙に印刷（反射光）したほうが誤りを見つけやすいという通説と結び付けられ、ネット上で種々の議論が行われている[4][5][6]。一方でこれを確かめるための実験もいくつか行われているが[7][8]、厳密に条件を統制した上で PJ（反射光）と PFD（透過光）の見えの違いを比較評価した実験は行われていないと考えられる。

これを踏まえて本実験では、PJ と PFD の表示条件をできるだけ合わせて上で、コンテンツとして感性に訴えるコンテンツと論理的な処理の必要なコンテンツを用意して、多数の被験者による心理実験によって、反射光と透過光が人の感性処理と論理処理にどう影響するかという課題にチャレンジすることとした。

## 3. 実験環境

### 3.1 表示デバイス

先に述べたように、これまで 200 インチの大画面表示において PJ と LED の見えを比較する実験を、2019 年、2020 年に行なった[1][2]。この時は、PJ と LED という表示デバイスの違いが、大画面表示に用いてかつ周囲環境の明るさが変わる際に、見えにどのような影響を与えるかを調べる比較実験を行なった。

それに対して今回は、輝度などの条件をできるだけ合わせておいた場合に、反射光を用いるか自発光を用いるかというデバイスの違いが、見えにどのように影響するかに関

<sup>†</sup> 京都大学 Kyoto University

<sup>‡</sup> セイコーエプソン (株) Seiko Epson Corp.

する基礎データを収集することを目的とした実験を行った。具体的な使用環境としては、家庭や小規模の教室・講演会などで使われることを想定し、デバイスのサイズは 55 インチ（画面サイズ：139.7cm（対角線）×121.7cm（横）×68.5cm（縦））で統一することとした。以下の表示デバイスを実験に用いて比較した。

**表示デバイス 1：**55 インチ FPD（液晶方式、SONY KD-55X8500B）。

**表示デバイス 2：**小型プロジェクター（エプソン：EF-11、明るさ：1000 ルーメン、解像度：FullHD、レーザー光源）を用いて表示面が表示デバイス 1 と同様の大きさになるよう白色スクリーンもしくは白色の壁に表示した。実験に用いた FPD とプロジェクターを図 1 に示す。



図 1. 実験に用いたディスプレイとプロジェクター

### 3.2 表示面と被験者の位置関係

一般に、最適な視聴距離は（画面高さ×3）と言われている。68.5×3=205.5cm なので、画面から 2m 離れた位置に被験者に着席してもらい、表示されるコンテンツを視聴してもらったこととした。

### 3.3 実験環境のセッティング

実験環境全体のセッティングを図 2 に示す。FPD とプロジェクターを約 10m<sup>2</sup> の実験室の正面および側面にセッティングし、そこから 2m 離れた位置に被験者が座って実験に参加するものとした。表示デバイスを変える場合は、被験者が座る位置を変えることによって常に表示デバイスの正面に座るようにした。また後述するように、(1)画面に向かって座り画面を注視する、(2)画面に向かって座り、画面を注視しながら作業を行う、の 2 種類の実験を行ったので、それらが可能なセッティングとした。

また、PJ の表示面はスクリーンと壁面の比較を行ったが、自立式のスクリーンはスクリーン面を完全に平面にセットするのが困難なので、スクリーンの代わりに白色の壁面を用いることとした。



図 2. 実験環境のセッティング

### 3.4 表示デバイスの条件設定

PJ と FPD で条件をできるかぎり揃えることとした。具体的には以下のような条件設定を行なった。

- ・画面サイズ：55 インチ
- ・輝度：163cd/m<sup>2</sup>
- ・解像度：フル HD
- ・sRGB（カバー率は PJ、FPD とともに 94%、面積比は PJ/107%、FPD/96%）
- ・白色の色温度：PJ/7231K FPD/6792K
- ・コントラスト PJ/580 FPD/1148
- ・枠：PJ と FPD の見えをできるだけ同じにするために、PJ によって壁面に投影された画面の周囲に黒テープで枠を設置した。その様子を図 3 に示す。



図 3. プロジェクターによる投影面に枠を設置した様子

### 3.5 照明条件

当初は、作業に必要な最低の照度を保つため、作業机上で 200 ルクス程度の照度を確保する予定であった。しかしながら予備実験の結果、PJ による投影の場合は投影面に照明が映り込み、輝度・コントラストなどを低減させ FPD との平等な比較とはならないため、照明を消した条件下で実験を行った。

## 4. 実験条件

### 4.1 シーン

以下の 2 つのシーンを対象とした。また、実際の実験にあたっては被験者を長時間拘束することは好ましくないため、予備実験を行い 1 時間以内に心理実験が終わることを確認した上で本実験を行った。

**シーン 1：**表示された画像・映像（風景映像）を受動的に視聴する。家庭などの環境で画像・映像を鑑賞する場面を想定した。

**シーン 2：**表示された画像・映像（算数の課題）を能動的に視聴する。教室などで教材を使って学習する場面を想定した。

### 4.2 被験者

京都大学の学生 34 人を被験者として用いることとした（内訳、男性：22 名、女性：13 名）。

#### 4.3 コンテンツ

シーン1で用いるコンテンツ 1：風景映像、世界遺産映像など。

シーン2で用いるコンテンツ 2：乗算などの課題を表示したコンテンツ。

コンテンツは複数個用意し、実験計画法に従って各条件や被験者ごとにバランスよく振り分けることとした。具体的には以下のコンテンツを用いた。

##### コンテンツ 1：4種類

山中湖の風景

<https://www.youtube.com/watch?v=Q98ACV6SVe8>

八ヶ岳の風景

<https://www.youtube.com/watch?v=mee3u5jJTts>

ヨーロッパの風景

<https://www.youtube.com/watch?v=4ijYpgSkxPo>

[https://www.youtube.com/watch?v=E5hZKq\\_broQ](https://www.youtube.com/watch?v=E5hZKq_broQ)

実際に被験者が風景映像を見ている状況を図4に示す。



図4. 被験者が風景映像を見ている様子

##### コンテンツ 2：3桁×3桁の乗算

当初は問題だけを画面に表示し作業机上で乗算をしてもらうことを考えたが、表示画面を注視してもらうことが必要のため、表示画面上でキーボードを用いて乗算を行ってもらうこととした。図5に画面に表示した乗算の問題を示す。

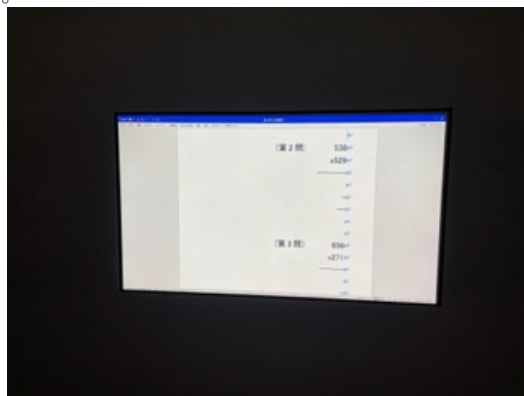


図5. 画面上に表示した乗算の問題

キーボードを見ながら画面を注視して乗算を行うという経験はほとんどの被験者が行ったことがないため、最初に数問の練習を行ったのちに本実験を行うこととした。実際には、ほぼ全ての被験者が1問の練習を行うだけで、キーボードと画面を用いた乗算に慣れることができた。

#### 4.4 実験方法

主観評価に基づく心理実験とする。主観評価方法としてSD法を採用し、7段階の評価尺度を用いた。予備実験によって、風景映像の鑑賞は5分間、乗算は7分間に決定した。

#### 4.5 評価項目

文献[1][2]に用いた評価項目から選んだ、以下の項目を、評価項目とした。また、シーン2では課題の解答数、正答率も評価した。

- 1) どのように感じたか
  - 居心地がいいー居心地が悪い
  - 親しみのあるー親しみのない
  - 美しいー美しくない
  - 落ち着きのあるー落ち着きのない
  - おもしろいーつまらない
  - 暖かいー冷たい
  - 変化のあるー変化のない
  - 派手なー地味な
  - 個性的なー平凡な
  - 好きー嫌い
- 2) どのような効果があるか
  - 仕事はかどるーはかどらない
  - リラックスできるーリラックスできない
  - アイデアがわくーアイデアがわかない
  - やる気が出るーやる気が出ない
  - 困難に立ち向かえるー困難に立ち向かえない
  - 疲れが取れるー疲れが取れない

#### 5. 実験結果

##### 5.1 平均値の比較

風景画像を対象とした場合のFPDとPJの比較を図6に、乗算を対象とした場合のFPDとPJの比較を図7に示す。

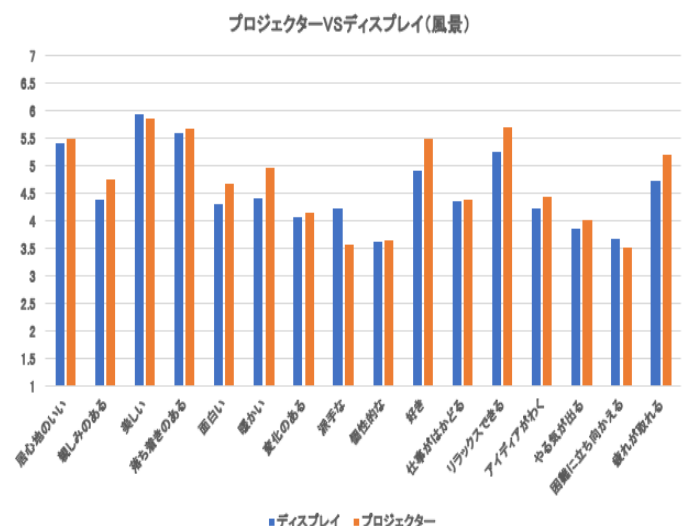


図6. 風景画像を対象とした場合のディスプレイとプロジェクターの比較



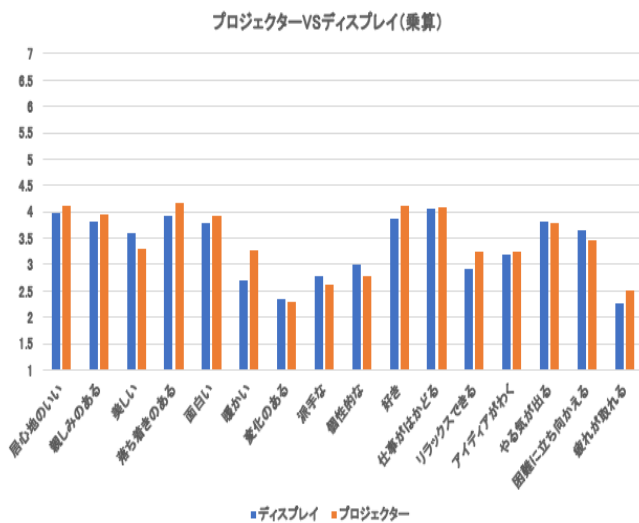


図 7. 乗算を対象とした場合のディスプレイとプロジェクターの比較

また乗算における解答数（時間内に行った乗算の回数の平均値）に関する FPD と PJ の比較を図 8 に、正答率（得られた解答のうち正解の割合の平均値）に関する FPD と PJ の比較を図 9 に示す。

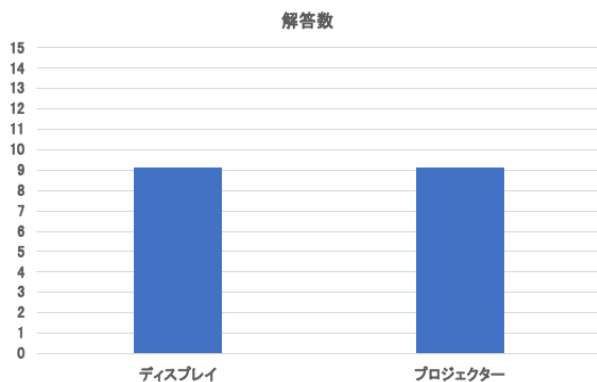


図 8. 乗算における解答数に関するディスプレイとプロジェクターの比較

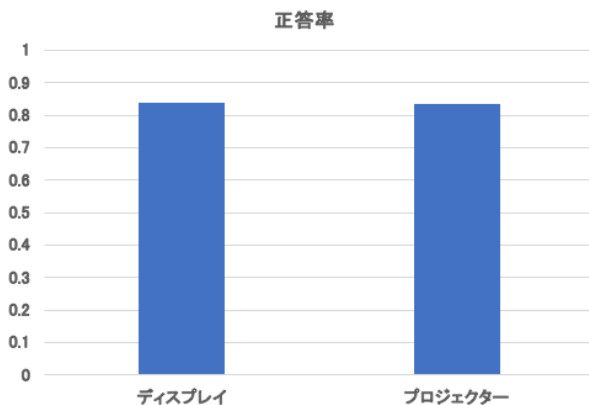


図 9. 乗算における正答率に関するディスプレイとプロジェクターの比較

## 5.2 考察 1

### （1）風景映像を対象とした場合のディスプレイとプロジェクターの比較

中間値である 4 との比較でみると、多くの場合 4 以上の評価値を得ており、風景映像を見る場合、PJ であっても FPD であっても高い評価を得ている。中間値である 4 以下の項目は以下の項目である。

#### <PJ の場合>

- ・派手な
- ・個性的な
- ・困難に立ち向かえる

#### <FPD の場合>

- ・個性的な
- ・やる気がでる
- ・困難に立ち向かえる

風景映像は、いずれもリラックスさせたり癒しを与えたりすることを目的として撮影されたものであり、「派手な」、「個性的な」、「やる気がでる」、「困難に立ち向かえる」のような心を奮い立たせる効果があるかどうかを聞く質問とは反対の極にあるので、これらの質問に対して低い評価地が得られていることは納得できる。

また評価項目ごとの PJ と FPD の評価値の関係に関しては、いずれも一方が高ければ他方も高いという同様の傾向が見られており、両者がよく似た特性を持っていると被験者に評価されていることがわかる。また値の大小に関してもそれほど大きな差がなくて同じような評価を得ていることを示している。比較的 PJ の方が高い評価を得ているのは以下の項目である。

- ・暖かい
- ・好き
- ・疲れが取れる

一方で、FPD の方が高い評価を得ているのは以下の項目である。

- ・派手な

この差が有意なのかどうかに関しては後述する分散分析によって確認する。

### （2）乗算を対象とした場合のディスプレイとプロジェクターの比較

中間値である 4 との比較でみると、多くの場合 4 以下の評価値となっており乗算などの論理的な処理を行うには、PJ であっても FPD であってもあまり適していないという結果になっている。中間値である 4 以上の項目は以下の項目である。

#### <PJ の場合>

- ・居心地のいい
- ・落ち着きのある
- ・好き
- ・仕事はかどる

#### <FPD の場合>

- ・仕事はかどる

また評価項目ごとの PJ と FPD の評価値の関係に関しては、いずれも一方が高ければ他方も高いという同様の傾向が見られており、両者がよく似た特性を持っていると被験者に評価されていることがわかる。また値の大小に関してもそれほど大きな差がなくて同じような評価を得ているこ

とを示している。比較的 PJ の方が高い評価を得ているのは以下の項目である。

・暖かい

この差が有意なのかどうかに関しては後述する分散分析によって確認する。

### （3）乗算の解答数・正答率を対象とした場合のディスプレイとプロジェクターの比較

解答数・正答率に関しては、PJ と FPD の比較に関してはほとんど差がないという結果が得られた。具体的には、解答数の平均値では全く同じ平均値が得られており、正答率の平均値に関してもほとんど同じ平均値が得られた。

## 5.3 分散分析

本心理実験を構成する要素は表示方法（PJ、FPD）、コンテンツ（風景映像、乗算）の2要因である。図6、図7で得られた結果の差が統計的に有意かどうかを確かめるために、2要因の分散分析を行った。分析結果をまとめたものを表1に示す。

表1. 2要因分散分析結果

|      |           | 主効果      |          | 相互作用       | 多重比較            |                 |
|------|-----------|----------|----------|------------|-----------------|-----------------|
|      |           | 表示方法     | コンテンツ    | 表示方法×コンテンツ | Disp対Proj at 風景 | Disp対Proj at 乗算 |
| 1-1  | 居心地のいい    | .437     | .000(**) | .837       |                 |                 |
| 1-2  | 親しみのある    | .088(+)  | .014(*)  | .478       | 0.066           | 0.562           |
| 1-3  | 美しい       | .227     | .000(**) | .421       |                 |                 |
| 1-4  | 落ち着きのある   | .331     | .000(**) | .548       |                 |                 |
| 1-5  | 面白い       | .206     | .007(**) | .336       |                 |                 |
| 1-6  | 暖かい       | .004(**) | .000(**) | 1.000      | .037(*)         | .037(*)         |
| 1-7  | 変化のある     | .920     | .000(**) | .694       |                 |                 |
| 1-8  | 派手な       | .034(*)  | .000(**) | .054(+)    | .018(*)         | 0.521           |
| 1-9  | 個性的な      | .697     | .009(**) | .402       |                 |                 |
| 1-10 | 好き        | .033(*)  | .000(**) | .318       | .031(*)         | 0.374           |
| 2-1  | 仕事がかどる    | .881     | .276     | 1.000      |                 |                 |
| 2-2  | リラックスできる  | .113     | .000(**) | .744       |                 |                 |
| 2-3  | アイディアがわく  | .460     | .000(**) | .701       |                 |                 |
| 2-4  | やる気が出る    | .654     | .645     | .499       |                 |                 |
| 2-5  | 困難に立ち向かえる | .403     | .841     | .908       |                 |                 |
| 2-6  | 疲れが取れる    | .107     | .000(**) | .554       |                 |                 |

\*\*：p<.01, \*：p<.05, +：p<.1

表示方法に関する主効果を見ると「暖かい」は1%の有意水準で、「変化のある」、「好き」は5%の有意水準で主効果があることが示されている。また「風景」「乗算」というコンテンツの相違は明らかなので、これに関する主効果は無視することとする。

次に、表示方法に関する主効果が有意であった上記の項目に関して多重比較を行った。その結果、コンテンツが風景の場合「暖かい」「好き」に関して5%の有意水準でプロジェクターがディスプレイに対して優れていることがわかった。また「派手な」に関しては5%の有意水準でディスプレイがプロジェクターに対して優れていることがわかった。またコンテンツが乗算の場合は、「暖かい」に関して5%の有意水準でプロジェクターがディスプレイに対して優れていることがわかった。

## 5.4 考察2

上記の分散分析の結果から、風景映像を見る場合はPJを用いた方が有意に「暖かい」「好き」という感覚を持ち、またFPDを用いた方が有意に「派手な」という感覚を持つことがわかった。また表示画面上で乗算をする場合にはPJを用いた方がFPDに比較して「暖かい」という感覚を持つことがわかった。

しかし同時に16の評価項目において1～3項目しか有意な差がないということは、逆に言えばデバイスの表示条件を合わせた場合のPJとFPDは人にほとんど同じ感覚を与えているといえることができる。

## 6. おわりに

ディスプレイを透過光、プロジェクターを反射光と解釈すると、これまでの通説では透過光が人を感情的にするとされており、それが正しければ風景映像のように人の感性に訴えるコンテンツの場合、ディスプレイの方が高い評価値が得られるはずである。しかし結果としては、ディスプレイとプロジェクターの差は少ない、むしろプロジェクターの方がいくつかの評価項目でディスプレイに対して優れているという結果が得られた。すなわちこれまでの通説は正しくないということが結論付けられる。

同時に、これまでの通説では反射光が人を論理的にするとされている。このことは表示画面を見て乗算を行う場合、プロジェクターを用いた方が解答数や解答率が高くなることが期待される。しかし本実験では、プロジェクターとディスプレイではほぼ同一の結果が得られた。すなわちデバイスの表示条件を合わせておけば、いずれが人を論理的にするかということとは言えないと結論される。

## 参考文献

- [1] 中津良平、土佐尚子、高田浩之、楠見孝、「大画面 LED ディスプレイおよびプロジェクションによる画像・映像表示の心理評価」芸術科学会論文誌、Vo. 20, No. 1, pp. 45-54 (2021. 3).
- [2] 中津良平、土佐尚子、高田裕之、楠見孝、「大画面 LED ディスプレイおよびプロジェクションを用いたコンテンツ視認の心理実験による比較評価」第20回情報科学技術フォーラム、第3分冊、pp. 277-280 (2021. 8).
- [3] マーシャル・マクルーハン、エリック・マクルーハン、「メディアの法則」NTT出版 (2002).
- [4] 「透過光と反射光で人間の認知モードが違うというのは本当か？」  
[https://blogs.itmedia.co.jp/doc-consul/2019/05/post\\_107.html](https://blogs.itmedia.co.jp/doc-consul/2019/05/post_107.html)
- [5] 「回転窓：反射光と投射光の違い」日刊建設工業新聞、論説・コラム (2015).  
<https://www.decn.co.jp/?p=26493>
- [6] 「紙に印刷すると間違いに気づく理由」リコー経済社会研究所 (2020).  
[https://blogs.ricoh.co.jp/RISB/new\\_virus/post\\_604.html](https://blogs.ricoh.co.jp/RISB/new_virus/post_604.html)
- [7] 松山麻珠、池内淳、「表示媒体の違いが誤りを探す読みに与える影響」情報処理学会研究報告、Vol. 2015-ICH-162, No. 2 (2015).
- [8] 曽根原士郎、斎藤敦子、「情報記録手法と記憶定着・理解度の関係についての実験報告」情報処理学会誌、Vol. 20, No. 1, pp. 32-37 (2020).