

1. 研究動機

色聴とは音を聞いて色を感じる共感覚の1つであり、共感覚を持つ人は約2000人に1人と言われている。私たちは色聴を持っている人を色聴保持者、持っていない人を非色聴保持者とよび、非色聴保持者に関する実験をすることにした。

音と色の関係について、色聴保持者の音に対して見える色の研究は多いが、非色聴保持者の音に対する色のイメージに関する研究は少ない。しかし、私たちの多くは非色聴保持者である。私達が持つ、別の感覚である視覚と聴覚の関係について調べることは他分野に応用できる。そこで私たちは基礎研究として非色聴保持者が音に対してイメージする色について、音と色を数値にして関係性を調べるとともにその関係性が生じる理由について考察するためにこの実験を行った。

2. 先行研究について

2-1. 先行研究のあらまし

「音と色のノンバーバルマッピング—色聴保持者のマッピング抽出とその応用—」¹において長田典子氏等は色聴保持者が感じる色と色の対応関係を調べ、同じ手法を用いて非色聴保持者が音に対して色を感じるかどうかの研究を行った。結果的に、この実験方法では、非色聴保持者は音に対して色を感じないということが分かった。私たちはこの実験がすでに非色聴保持者にも行われているということに着目した。そして、非色聴保持者に色聴保持者用の実験手法をそのまま適用するのではなく、改良して行うことで非色聴保持者の音に対して連想する色を調べられると考え、私たちの研究を進めることにした。まずは、長田氏らの実験手法を紹介する。

2-2. 先行研究における色聴保持者への実験手法

・音について

調、音色、音高という3つのパラメーターを使用している。

調：G3～F4から始まるハ～ロ長調、ハ～ロ短調、乱数をもとに発生させた30個の音列

音色：音調波を含まない純音やピアノなど8種類

音高：音高D1, D3, D5から始まる二長調の上昇スケール

・色について

全部で166色を使用している。色相とトーンの組み合わせで決まっている。

色相：24色からなる色相環のうち1つとびに12色

トーン：横軸に彩度、縦軸に明度をとった座標軸上に配置される15のカテゴリーのうち無彩色の3つを除いた12カテゴリー、それに無彩色系でよく使われる4系列を加えたもの

・実験の手順

1. カラーチャートを見せ、被験者に色の配置を記憶するよう要請する。

2. カラーチャートを隠し、音刺激を提示する。
3. 音刺激によって喚起された色を頭の中でイメージするよう求める。できるだけ直観的なものとなるように、10秒間の制限時間を設ける。
4. カラーチャートを再提示し、イメージした色に近い色を問う。これについても同じ理由から、10秒の制限時間以内とする。

3. 本研究の実験環境

実験に入る前に本実験の実験環境を説明する。

3-1. 使用した実験器具

- ・音刺激の提示：iphone7, HUAWEI nova lite2 (FIG-LA1) 上のアプリケーション「onsA440」
- ・カラーチャートの印刷機：Canon Satera MF8380Cdw
 インク：Canon cartridge 418 シアン/マゼンタ/ブラック/イエロー
 紙：上質紙

3-2. 実験した場所, 時間

前橋女子高校 2-6, 3-5, 3-6, 3-7 の教室 (2019 年度時点), 生物室で主に昼休みや放課後に行った。

4. 実験

4-1. 実験 1 (先行研究をもとにした実験)

4-1-1. 実験方法

・音について

実験回数を少なくし、音を振動数として扱えるようにした。

調：ハ長調に固定

音色：スマートフォンのアプリケーションである「onsA440」を使用 (設定した振動数の音が出せる。)

音高：ハ長調のスケール

このようにして定めた音をランダムに聴かせた。また、国際的な基準周波数である 440Hz の音をすべての実験で使う。

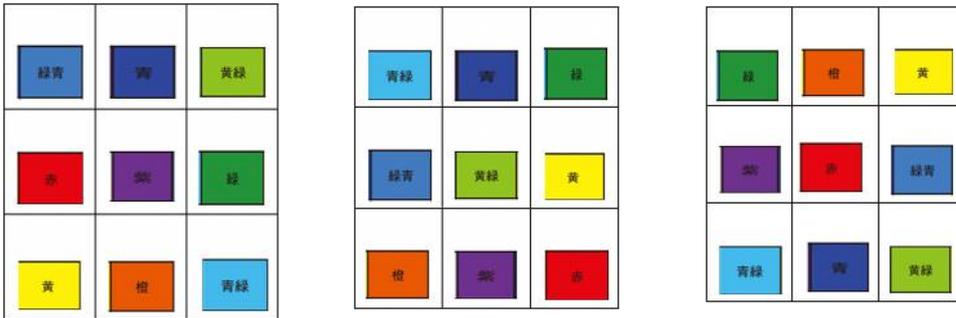
・色について

色は波長として扱えるようにした。そのため、トーンは考えず、色彩のみを扱った。使用したのは 380nm から 780nm の波長の色のうち 9 つで、画像として図 1 を使用した。この 9 つの色をバラバラにし、ランダムに組み替えて図 2 のようにして被験者にはランダムに配った。

図 1 使用した色の画像

紫	青	緑青	青緑	緑	黄緑	黄	橙	赤
380	430	480	490	500	560	580	595	650

図2 ランダムに並べたカラーチャート（実験ではこれらをバラバラに被験者に配った）



・被験者について

非色聴保持者である前橋女子高校 1~3 年 22 人

・実験の手順

先行研究の手法を非色聴保持者用に改良するにあたり、必要だと考えたのは色を連想できる時間の確保と音から色を連想する手がかりである。ただし、手がかりについてはむやみに用意すると私たちが被験者をおある一定の結果に導いてしまいかねないため、実験に使用するカラーチャートを隠さずに見せておくのみにした。

1. カラーチャートを見せたまま、音刺激を提示した。
2. 音刺激から連想される色をカラーチャートから選んでもらった。色を連想する時間を確保するため、被験者が色を書き始めてから音刺激を提示するのをやめた。

4-1-2. 結果と考察

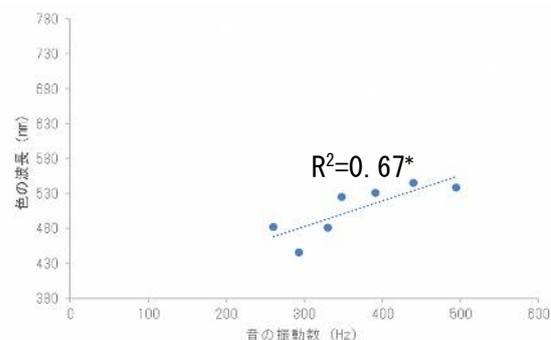
結果から非色聴保持者は相対的に振動数の少ない音には波長の短い色を、振動数の多い音には波長の長い色を選ぶと考えられる。

表1は音の振動数と連想された色の波長の平均、その波長の色を表している。対応する色は平均波長の色が一般に呼ばれている名前を示した。また、非色聴保持者が音を区別して色を選んでいるかを Tukey の多重比較検定を用いて調べた。表1の同じ英文字間には Tukey (5%) で有意差が認められなかったことを示す。この結果から音の振動数がある程度離れていないと音を区別して色を選べていないことがわかる。

表1 音に対してイメージされる色

	平均波長(nm)	対応する色	
ド	482	緑青	ab
レ	446	青	a
ミ	482	緑青	ab
ファ	525	緑	bc
ソ	531	緑	bc
ラ	545	緑	c
シ	538	緑	bc

次に音の振動数と連想された色の波長について相関関係が見られるかどうか回帰分析を使って調べた。高い信頼度 (5% 有意) で r (相関係数) = 0.82 であった。したがって音の振動数と連想された色の波長について正の相関があることが分かった。



しかしこの実験では被験者になじみのあるハ長調を使ったため、実験1がこの結果を導いた可能性がある。

図3 音の振動数と連想された色の波長の相関関係

そこで実験 2, 調査 1 を行って, 実験 1 の結果が導かれたものではないことを確かめる。

4-2. 実験 2 (音階とは関係のない色を使用した実験)

実験 1 の結果は音階の代わりに音階とは関係のない振動数の音を聞かせても得られるのかを調べるために行った。

4-2-1. 方法

・音について

340Hz, 360Hz, 380Hz, 400Hz, 420Hz, 440Hz, 460Hz, 480Hz, 500Hz, 520Hz の 10 音を使用した。

音色については実験 1 と同様の音色を使用した。

・色について

実験 1 と同様の色を用いた。

・被験者について

非色聴保持者である前橋女子高校 1~3 年 31 人

・実験手順

実験 1 と同様の手順でおこなった。

4-2-2. 結果と考察

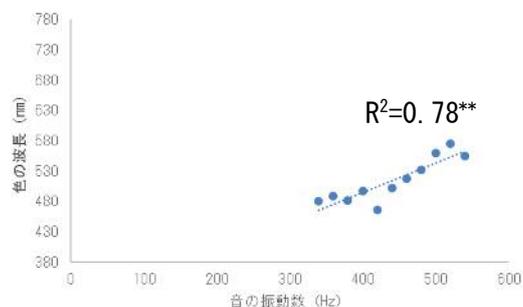
結果から, 音階とは関係のない音を使用しても非色聴保持者は相対的に振動数の少ない色には波長の短い色を, 振動数の多い音には波長の長い色を選ぶと考えられる。

表 2 は音の振動数と連想された色の波長の平均, その波長に対応する色を表している。また, 非色聴保持者が音を区別して色を選んでいるかを Tukey の多重比較検定を用いて調べた。表 2 の同じ英文字間には Tukey (5%) で有意差が認められなかったことを示す。この結果から音の振動数がある程度離れていないと音を区別して色を選べていないことがわかる。

次に音の振動数と連想された色の波長について相関関係が見られるかどうか回帰分析を使って調べた。高い信頼度 (1%有意) で r (相関係数) = 0.88 であった。したがって音の振動数と連想された色の波長について正の相関があることが分かった。

表 2 音に対してイメージされる色

音の振動数(Hz)	色の波長(nm)	対応する色	
340	480	緑青	ab
360	489	緑青	ab
380	481	緑青	ab
400	498	青緑	ab
420	465	青	a
440	502	緑	ab
460	517	緑	abc
480	532	緑	bcd
500	560	黄緑	cd
520	575	黄緑	d
540	554	緑	cd



4-3. 調査（音名に対して連想する色の調査）

図4 音の振動数と連想された色の波長の相関関係

ハ長調の音をドレミ・・・という音名は知らせずに聞いてドレミ・・・という音名がわかる場合、音ではなくて音名に沿って色を選んでいる可能性がある。そこで、ドレミという音名から連想する色を調査することでその可能性を調査することにした。

4-3-1. 調査方法

・音名と色について

ドレミファソラシの音名をランダムに書いたアンケート用紙を4パターン用意し、色は実験1と比較するために実験1, 2で使用した3パターンのカラーチャートを使用した。

・被験者について

非色聴保持者である前橋女子高校1~3年 19人

・調査手順

ドレミファソラシをランダムに書いたアンケート用紙を見て、それぞれの音名から連想される色をカラーチャートから選んでもらった。

4-3-2. 調査結果と考察

表3は音名から連想した色の波長の平均と実験1の音から連想した色の波長の平均、これらの間に有意な差が認められるかを調べた結果を示している。ファ以外は音名から連想する色と音から連想する色に有意な差が認められた。したがって、ドレミの音を聞いて音名を思い浮かべ、その音名から色を連想している可能性は低いと考えられる。

表3 音から連想した色と音名から連想した色

	音から連想した色の波長(nm)	音名から連想した色の波長(nm)	有意差
ド	482	585	**
レ	446	565	**
ミ	482	567	**
ファ	525	525	n.s.
ソ	531	474	**
ラ	545	450	**
シ	538	456	**

**は1%水準で有意差があることを、n. s. は有意差がないことを示す。

4-4. 結論

実験1, 2, 調査の結果より非色聴保持者は相対的に振動数の少ない色には波長の短い色を、振動数の多い音には波長の長い色を選ぶといえる。

5. 非色聴保持者が実験のように色を連想する理由の調査（調査2）

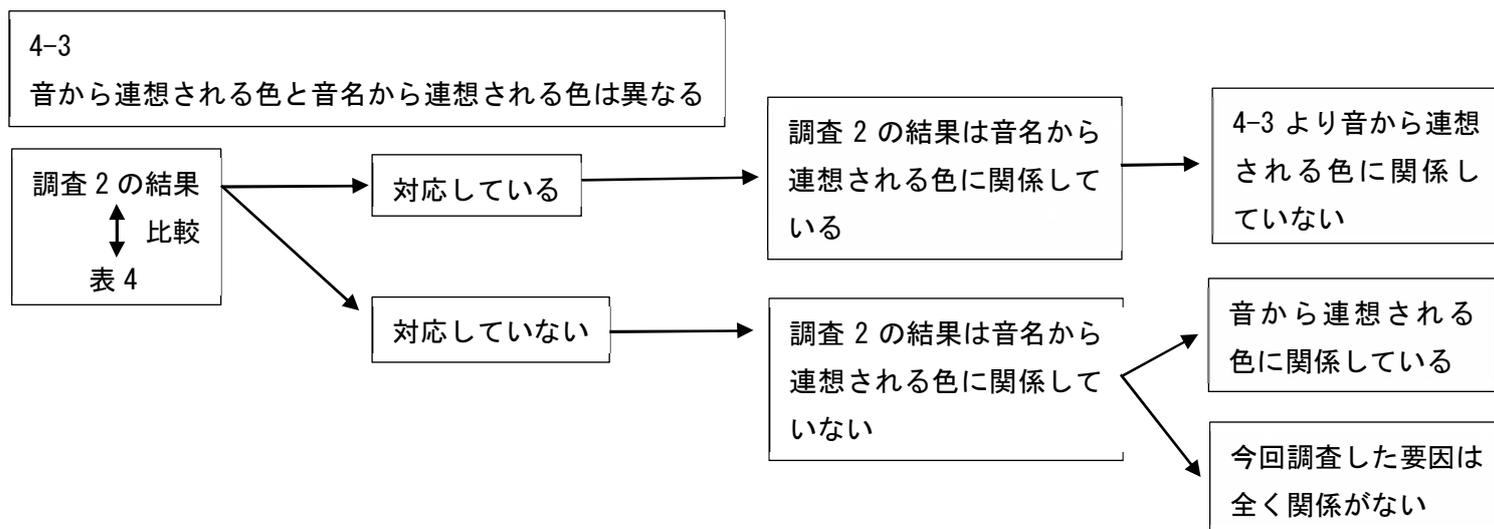
実験の結論のように非色聴保持者が音から色を連想する理由について考察するため、調

査を行った。何らかの経験をもとに音から色を連想していると考えられるが被験者全員の今までの経験をすべて調べるわけにはいかない。そこで、今回は幼児期に注目して調査をすることにした。1つ目は幼稚園や保育園で鍵盤ハーモニカを指導する際に使われた色シールの調査、2つ目は楽器玩具の鍵盤の色の調査である。2つとも色の波長を調べるのが困難であるため調査には色の名前を使用した。これにより色の扱いが波長から色の名前になってしまうため単純に実験結果と調査結果を比較することができない。したがって図5のように比較していく。図5における表4とは前橋女子高校の生徒20人に音名から連想される色を自由に記述してもらった結果である。色の隣の数字は選んだ人数の割合を百分率で表したものである。

表4 前橋女子高校の生徒が音名に対して連想した色(1~5位までを示す)

	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ
1位	赤 85	黄 70	緑 35	黄緑 30	水色 40	青 35	紫 25
2位	茶 5	オレンジ 10	オレンジ 35	緑 15	青 40	オレンジ 20	白 25
3位	黒 5	レモン 5	黄 15	オレンジ 10	緑 10	紫 20	虹 10
4位	緑 5	きいろ 5	みかん 5	ピンク 10	空 5	金 15	水色 10
5位		赤 5	青 5	青 5	こん 5	茶 5	茶 5

図5 実験と調査2の比較の仕方



5-1. 幼稚園、保育園、認定こども園における音と色の対応付けに関する調査

調査2を行うにあたって幼稚園の先生に話を伺ったところ、幼稚園、保育園、認定こども園などでは鍵盤ハーモニカを使う際に鍵盤に色のシールを貼って指導することがあるという話を聞いた。そこで25人の保育士、幼稚園教諭に調査に協力してもらった。

5-1-1. 調査方法

ドレミファソラシの音名を書いたアンケート用紙に鍵盤ハーモニカを指導する際にどの鍵盤にどの色シールを貼っているかを書いてもらった。幼稚園や保育園、こども園ごとの方針で色が決まっている場合もあるため、4か所の園の先生に協力してもらった。

5-1-2. 調査結果と考察

調査結果から幼稚園や保育園，こども園での音楽教育は音から色の連想よりも音名から色の連想に関係していると考えられる。

表 5 は音名ごとに保育士，幼稚園教諭が書いた色のランキングである。色の隣の数字は選んだ人数の割合を百分率で表したものである。表 5 と表 4 を比較すると上位に選ばれている色に対応していることがわかる。したがって，鍵盤ハーモニカに貼る色シールは音から連想する色には関係がないと考えられる。

表 5 鍵盤ハーモニカに貼る色

	ド		レ		ミ		ファ		ソ		ラ		シ	
1位	赤	100	黄	96	緑	92	橙	88	青	96	紫	88	ピンク	68
2位			オレンジ	4	水色	4	はだいろ	4	黄緑	4	緑	4	白	28
3位					黄	4	紫	4			橙	4	紫	4
4位							緑				藍	4		

5-2. 幼児が使う楽器玩具の鍵盤などの色に関する調査

次にピアノや木琴の玩具の鍵盤とその色の関係について調べた。また，配色の理由について4社に問い合わせを行った。

5-2-1. 調査方法

Google の検索サービスで楽器玩具と調べて出てきた商品のうち，日本の会社で，問い合わせに返信があった4社13商品の鍵盤と色の関係を調べる。また，その配色にした理由を調査する。このとき，鍵盤の色はカラーチャートに使用した9つの色のうち一番近い色その色の名前とした。ただし，ピンクだけはカラーチャートにのっていないが使うことにする。また，音は鍵盤が右にあるほど振動数が多い。木琴などの玩具の場合は玩具に記載された音名に従った。

5-2-2. 調査結果と考察

調査結果から玩具の鍵盤の色は音と色の関係よりは音名と色の関係に関わっていると考えられる。

表 6 は鍵盤ごとの配色のランキングである。色の隣の数字は選んだ人数の割合を百分率で表したものである。表 6 と表 4 を比較すると上位に選ばれている色に対応していることがわかる。したがって，鍵盤ハーモニカに貼る色シールは音から連想する色には関係がないと考えられる。また，配色の理由としては「一番目立つドを赤色にすること以外は特に意識していない」や「キャラクター玩具であり，そのキャラクターのイメージに合わせた配色にしている」というのが多く，ドレミの音を意識して配色しているものは少なかった。しかし，楽器玩具も製造している楽器メーカーによると「40年以上前に色分けを始めたので正確な理由はわからないが，音名と色を対応付けることが幼児教育によいのではないかという考えからはじめた。」ということであった。

表 6 玩具の鍵盤の色

	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ
1位	赤 89	橙 56	黄緑 44	橙 33	青 44	青 44	紫 33
2位	ピンク 11	黄 33	黄 33	黄 22	青緑 33	青緑 33	白 22
3位		ピンク 11	橙 11	黄緑 22	緑 11	紫 11	ピンク 11
4位			緑	緑 22	黄緑 11	緑 11	青 11

5-3. 結論

実験からわかるように音に対して連想する色と音名に対して連想する色は異なっている。音名に対して連想される色は5-1, 5-2の調査から幼児期の経験の影響が大きいと考えられるが、音に対して連想される色は今回調査した要因とは関係ないと考えられる。

6. 振動数の多い音（高音）と振動数の少ない音（低音）についての調査

調査 2 で実験のような色の選び方をする理由を突き止められなかったため、被験者に直接アンケートを行う。同じ音名でも音の高さが異なる音を使用して、高音と低音から連想される色の波長について調査した。（調査①）また、音に対して連想した色について、なぜその色を選んだのか被験者にその理由を書いてもらった。（調査②）

6-1. 調査方法

・音について

調査①②共通 低音として 220Hz, 高音として 880Hz を使用した。

・色について

調査① 実験と同じカラーチャート

調査② これまでとは別の白色光の連続スペクトルを使用した。画像として図 5 を使用した。左端から等間隔に 1, 2, 3, 4, 5 という番号を振った。

・被験者について

調査① 非色聴保持者である前橋女子高校 1~3 年 22 人

調査② 非色聴保持者である前橋女子高校 1~3 年 12 人

・調査手順

調査① 実験 1 と同様の手順で行った。

調査② 1. カラーチャートを見せたまま、音刺激を提示した。
 2. 音を連想される色によって 5 段階評価してもらった。色を連想する時間を確保するため、被験者が色を書き始めてから音刺激を提示するのをやめた。音を聞かせる順番については高音を先に聞く人と低音を先に聞く人を半分ずつにした。また、前に聞いた音に影響されないように高音、低音を聞かせる前に 440Hz の音を聞かせるようにした。
 3. 実験後に音からその色を連想した理由を書いてもらった。

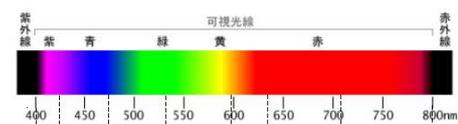


図 6 使用したスペクトル

6-2. 調査結果と考察

・調査①

結果から同じ音名の音であっても振動数が多いと波長の長い色を、振動数が少ないと波長の短い色を選ぶことがわかる。よって、調査②ではこの色の選び方をする理由を問うことになる。

次の表 8 は音の振動数と連想された色の波長の平均、その波長に対応する色を表している。この2つのデータの間の有意差があるか対応のある t 検定 (5%) を用いて調べたところ有意差が認められた。

表 8 同じ音の高い音と低い音で連想する色

使用した音(Hz)	平均波長(nm)	対応する色
880	567	黄緑
220	439	青

・調査②

音の高さと色の明るさのイメージは被験者達に刷り込まれていて理由が結局聞き出せなかった。しかし、理由として音の高さと色の明るさのイメージ以外を答えた数人のアンケート結果から実生活に基づいた経験とメディアの影響が示唆された。次の表 9 はアンケートで音の高さと色の明るさのイメージを答えた人数とそれ以外のことを答えた人のアンケート結果である。

表 9 アンケートの結果

	アンケートの答え	人数
刷り込まれたイメージ?	高い音には明るい色を、低い音には暗い色を連想する	4
	高い音は暖色で低い音は寒色を連想する	2
	音に高さや聞いた感じの雰囲気の影響された	1
実生活に基づく?	ヒーターが低い音だから	1
	ソの音を基準に高いか低いかな	1
	高くて細い音は女子みたいで明るめな色のイメージ 低めで太い音は男子みたいで濃い色のイメージ	1
メディア?	映画の効果音	1
	高い→天使感→最も白っぽい黄色	1
	低い音だったので闇の奥底から響いてくるイメージができた	1

6-3. 結論

音に対して連想される色は調査から実生活に基づく経験やメディアの影響が示唆された。

7. 結論

非色聴保持者は相対的に振動数の多い音には波長の長い色を、振動数の少ない音には波長の短い色を連想する。理由として今までの経験とメディアの影響があると考えられる。

8. 今後の展望

今回の実験では 1 音を聞かせて色を連想してもらうという 1 回の実験を何回も続けてお

こなったため、相対的な音の評価になった。次は、1人に1回の実験のみを行うことで絶対的な音の評価を取り入れた実験を行ってみたい。また、現在、6の調査から得られた結果を深めるために私達が幼児であったときに見ていたアニメに絞って音と色の関係を調べることを計画している。

9. 引用・参考文献

・引用文献

図1 KEYENCE (株) 『FAの画像処理を基礎から学べるサイト 画像処理.com』

<http://www.keyence.co.jp/>

閲覧日 2019年 7月20日

図6 京都エネルギー・環境研究協会-エネカン 『「音感と色感」アヴェ・マリアの色符』

http://www.enekan.jp/archives/2011/04/post_43.html

閲覧日 2019年 8月18日

1. 岩井大輔 長田典子 津田学 和気早苗 井口征士 (2002)

『音と色のノンバーバルマッピング—色聴保持者のマッピング抽出とその応用—』

<https://ci.nii.ac.jp/naid/110003311584>

・参考文献

福田邦夫 2001年 『色の名前事典』 主婦の友社

日本色彩研究所編 2005年 『色の百科事典』 丸善株式会社

大山正 2000年 『視覚心理学への招待—見えの世界へのアプローチ』 サイエンス社

野村順一 2015年 『色の秘密』 文芸春秋

趙彦 濱里 茜 2015年 『音と色の関係性による色聴情報の視覚化について

—カール・ジーツの色聴情報の中心に』

adada.info/2015japan/proceedings/b1-2.pdf

10. 謝辞

実験には群馬県立前橋女子高校の皆さんに協力していただきました。