

平成23年度

筑波大学第三学群情報学類

卒業研究論文

題目 色による時刻の表現手法の評価

主専攻 知能情報メディア主専攻

著者 益子 渉

指導教員 三末和男、志築文太郎、高橋伸、田中二郎

要 旨

時刻に関するデータを扱う可視化表現は数多く見られる。データが大規模になった場合、これらは判別が困難になる。数ピクセルの小さい領域でも時刻の情報を表現する事が出来れば、時刻を扱うデータの可視化表現において大きな貢献になると考えられる。また、色を利用した可視化表現は多くの利点を持ち、色という属性は小さな領域でも表現が可能である。そこで本研究では、時刻を色によって表現する方法を見出すことを目的とする。時刻と単色を対応付けた評価用の図を作成し、評価実験を行う。その結果をもとに、色を用いた表現について考察する。

目次

第1章	序論	1
1.1	色を利用した可視化表現	1
1.2	時刻を扱ったデータの表現	1
1.3	本研究の目的	1
1.4	本研究のアプローチ	1
1.5	本研究の貢献	2
1.6	本論文の構成	2
第2章	関連研究	3
2.1	視覚表現に関する研究	3
2.2	評価実験を用いた研究	3
第3章	評価実験	4
3.1	評価実験の準備	4
3.2	使用する図	4
3.2.1	色相を変化させた図	5
3.2.2	明度を変化させた図	5
3.2.3	不規則な割り当て方の図	6
3.3	評価タスク	7
3.3.1	タスクの手順	7
3.3.2	被験者の好む図	7
3.3.3	タスクについての補足	7
3.4	被験者について	8
第4章	実験結果と考察	9
4.1	実験結果	9
4.1.1	精度の比較	9
4.1.2	被験者の好み	10
4.2	結果に関する考察	10
4.2.1	規則性	11
4.2.2	色の推測	11
4.3	今後の課題	11

第5章	まとめ	13
	謝辞	14
	参考文献	15
	付録	16

図目次

3.1	評価実験で利用する図	4
3.2	色相を変化させた図	5
3.3	明度を変化させた図	5
3.4	不規則な割り当て方の図	6
3.5	タスク実行の例	7
4.1	誤差の比較	10
4.2	被験者の好み	10
4.3	推測の絞り込み	11
4.4	気温の変化	12
4.5	空の色の変化	12

表目次

4.1 実験結果	9
--------------------	---

第1章 序論

1.1 色を利用した可視化表現

色は色相、彩度、明度で表現され、これを利用した可視化表現は数多くみられる。色を用いる事によって要素の判別が容易になり、色の持つイメージを利用する事が出来る。また、色の持つイメージは多くの人の中で共通しているものであると言われている。例えば、赤や黄は暖色と言われるなど温度に関するイメージを持ち、他にも感情や心理等に関するイメージを持つ。色が持つこれらの点は他の表現手法には無い、より優れた要素である。

1.2 時刻を扱ったデータの表現

時刻を扱うデータは多種存在し、各時刻の表現には数値やアナログ時計の長針、短針の位置が用いられる。この様なデータに関する可視化表現において、時刻の判別を容易にする事は有益である。しかしデータが大規模になった場合、利用できる領域は減少し、既存の表現では判別が困難になる。従って、数ピクセルの小さい領域でも時刻の情報を表現する事が出来れば、時刻を扱うデータの可視化表現において大きな貢献になると考えられる。

1.3 本研究の目的

本研究の目的は、色を用いて時刻を表現する為の効果的な手法を考え、その有効性を評価する事である。効果的な表現方法とは、被験者に直感的にかつ正確に時刻を理解してもらえらるような表現である。加えて、より多くの被験者が同じように時刻をイメージ出来るものが望ましいと考える。この表現手法は、時刻や時間帯に単色を対応付ける事で、その時刻、時間帯を表現できる様なものとする。

1.4 本研究のアプローチ

本研究では、色を用いた時刻表現の視覚効果について評価実験を行い、効果的な表現方法を考察、設計する。時刻の判別のために色を用いた評価用の図を作成する。2時間毎の時間帯と色の対応を表す評価用の図を作成し、色相や明度などを変化させた対応付けの候補を複数作成し、効果的な対応付けを発見するための評価実験を行う。

1.5 本研究の貢献

色を用いて時刻を表現する事が可能となれば、時刻を扱ったデータの可視化において判別が容易になり、大きさや形、位置、数値等の色以外の表現を自由に利用できる。また、大規模なデータを扱う際に、小さな領域で時刻を表現することが可能となる。さらに色の持つイメージの活用が可能となり、直感的な時刻の認識にも役立つ。時刻の表現方法に色を利用する事によって可能となる表現手法の発展例としては、Twitterの発言に色でラベル付けして発言時刻の傾向を知ったり、タグクラウドに色付けをして頻度と時刻の関係を知る事が出来る事などが考えられる。

1.6 本論文の構成

第2章では、本研究と関連する研究について述べる。第3章では評価実験についての説明を行う。第4章では評価実験の結果について考察を行い、今後の課題を見出す。最後に第5章で本論文をまとめる。

第2章 関連研究

本章では、本研究に関連する既存の研究について述べる。

2.1 視覚表現に関する研究

ピクセルベースの可視化の有効性に関しては、Shneiderman が言及しており [1]、それに関する研究も行われている [5]。また、位置や大きさ、色などの視覚的な属性の表現力に関しては Cleveland らがすでに調査している [2]。さらに、本研究と関連して、時間空間上の情報を参照するためのタグ可視化の研究がある [3]。この研究では、色や空間配置を変化させる事でタグの頻度や発生時期を参照し易くする内容が含まれており、定義された複数の評価基準に従って有効性が評価されている。本研究では時刻情報を色の表現そのもので表す事を目的としており、その点が既存の研究と異なる部分である。

2.2 評価実験を用いた研究

評価実験を中心とした研究に、ホワイトボード上に生成される図表について議論したものが [4]。視覚的な思考過程の支援に役立つ為、新しい情報可視化の生成に情報を提供する事を目的としている。ホワイトボード上で使用される図表の特徴に広範囲で注目し、自発的な可視化生成の研究をしている。

第3章 評価実験

本章では、評価実験に関する説明をする。実験方法や使用する図、評価の方法について述べる。

3.1 評価実験の準備

色を用いて時刻を表現する為の効果的な手法を考え、その有効性を評価するために評価実験を行う。これを行うに際し、色の割り当て方や利用する色空間など評価実験のバリエーションについて、検討すべき事項が複数挙げられた。これに関して事前に議論を行った。

3.2 使用する図

評価実験で使用する、24時間を2時間毎に区切った図を作成した。この図に単色を割り当て、評価実験で使用する図を複数用意した。時刻と色の割り当てについての説明を次に述べる。

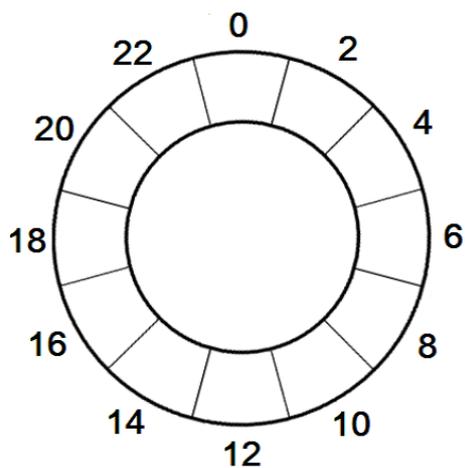


図 3.1: 評価実験で利用する図

3.2.1 色相を変化させた図

色相を順序立てて円環状にして並べたものを色相環という。この色相環の並びに倣い、色相を変化させた図を作成する。色相以外の要素は一定のまま、色相のみを変化させる。



図 3.2: 色相を変化させた図

3.2.2 明度を変化させた図

明度を変化させた図を作成する。この図における色の割り当てについては、風景の明るさのイメージを利用する。つまり、昼間は明るく夜は暗いというイメージを用いたものが図 3.3 左である。しかし、この図の場合、同色になってしまう時刻が存在する為、さらに午前と午後に分けて色相を変化させる。図 3.3 右に示したものが、明度と色相を変化させた図である。

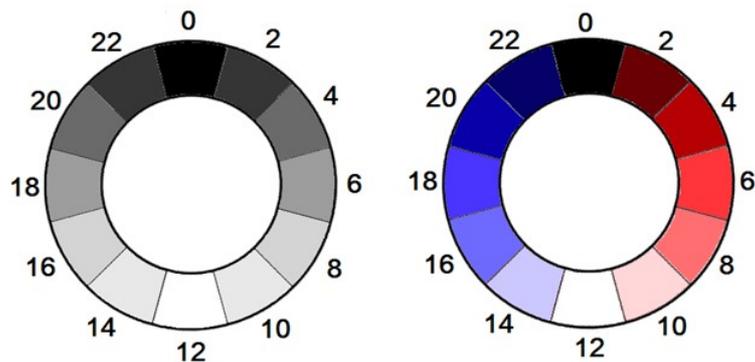


図 3.3: 明度を変化させた図

3.2.3 不規則な割り当て方の図

先に述べた図は規則性に従った割り当て方を採用しているが、ここでは不規則な割り当て方を用いた図を用意する。色相、明度、彩度をランダムに設定した色を割り当てた。この中に同色となるものは含まれない。

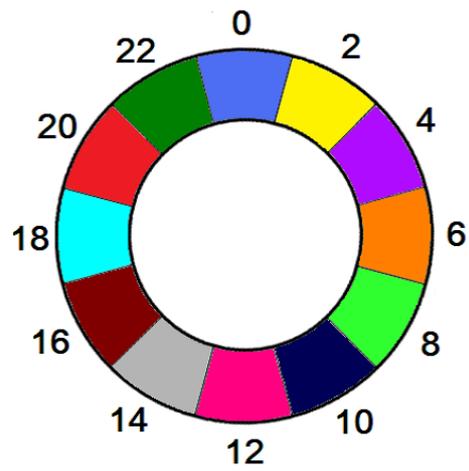


図 3.4: 不規則な割り当て方の図

3.3 評価タスク

作成した図についての評価実験を行うにあたり、PowerPointにて評価用のタスクを作成した。評価用タスクの手順を説明する。

3.3.1 タスクの手順

はじめに被験者に対してタスクについての説明を行う。次に、時刻に色を割り当てた図を画面に表示し、割り当てを覚えるよう指示する。ここで図を見せる時間は20秒とし、その後問題を出題する。次に画面に単色を表示し、その色が割り当てられた時刻を回答させる。この問題は1つの図につき3問出題する。これらの問題を3つの図について回答してもらう。

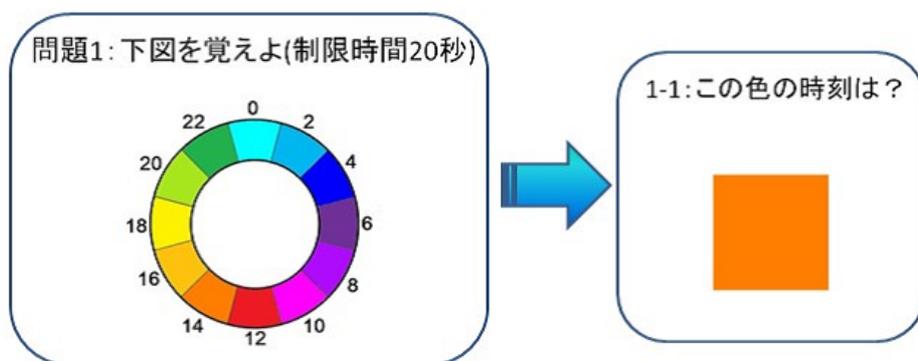


図 3.5: タスク実行の例

3.3.2 被験者の好む図

最後に、タスクで使用した3つの図の中から、時刻と色の割り当てが最も適切だと思う(理解し易かった)もの、適切でないと思うものをそれぞれ選ばせた。これによって、被験者の好む図の傾向が分かり、タスクの結果との比較が可能となる。

3.3.3 タスクについての補足

回答は評価用に作成した用紙に記入してもらい、タスク終了後に結果を集計した。また、回答に偏りを出さない為に、使用する図や問題の順番を変更したタスクを複数用意した。

3.4 被験者について

評価実験の被験者は、21～54才の男女11人（男性10人、女性1人）である。また、評価実験を行う際に色覚に異常が無い事を口頭で確認した。

第4章 実験結果と考察

本章では、前章で述べた評価実験の結果について、またそれに関する考察について述べる。

4.1 実験結果

前章で説明した評価実験を行い、被験者からの回答を集計した。結果を下図に示す。項目はそれぞれ被験者の年齢、性別、各図における正解との誤差、良いと思った図と悪いと思った図を表す。正解との誤差とは、例えば正解が12時で回答が20時だった場合、誤差は8となる。誤差の最大は12である。下図における誤差は一问あたりの平均を取ったもので、小数第三位を四捨五入したものである。

No.	年齢	性別	色相	明度	不規則	良い	悪い
1	25	男性	4.00	0.00	4.00	明度	不規則
2	54	男性	0.67	0.67	7.00	色相	不規則
3	55	女性	3.33	2.00	6.00	色相	不規則
4	25	男性	2.00	1.33	5.33	明度	不規則
5	24	男性	1.33	2.00	7.33	明度	不規則
6	26	男性	6.67	4.67	7.67	明度	色相
7	28	男性	1.33	1.33	7.33	明度	不規則
8	25	男性	3.33	1.33	5.33	色相	不規則
9	21	男性	2.00	1.33	8.67	明度	色相
10	27	男性	2.67	1.33	4.67	明度	不規則
11	25	男性	2.00	2.00	6.67	色相	不規則

表 4.1: 実験結果

4.1.1 精度の比較

評価タスクにおける正解と被験者の回答の誤差をまとめた。誤差が少ないものほど精度が高く、良い結果である事が考えられる。

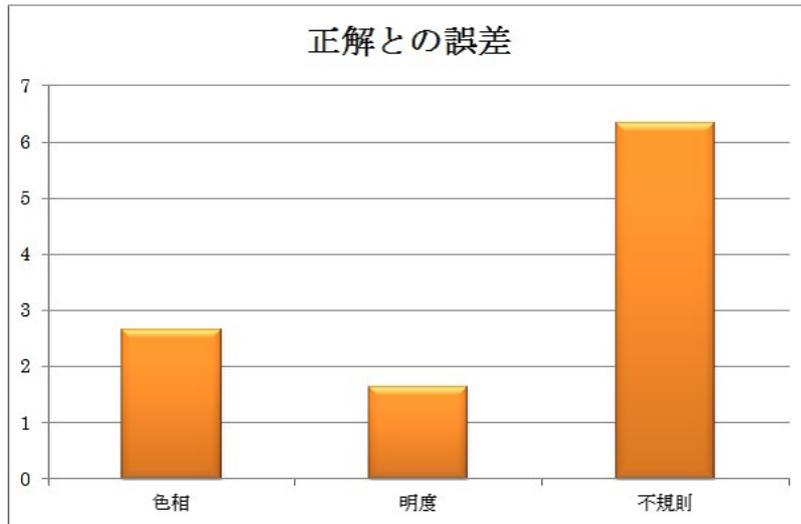


図 4.1: 誤差の比較

4.1.2 被験者の好み

評価タスクの最後で回答させた、被験者の好む図との比較を行った。

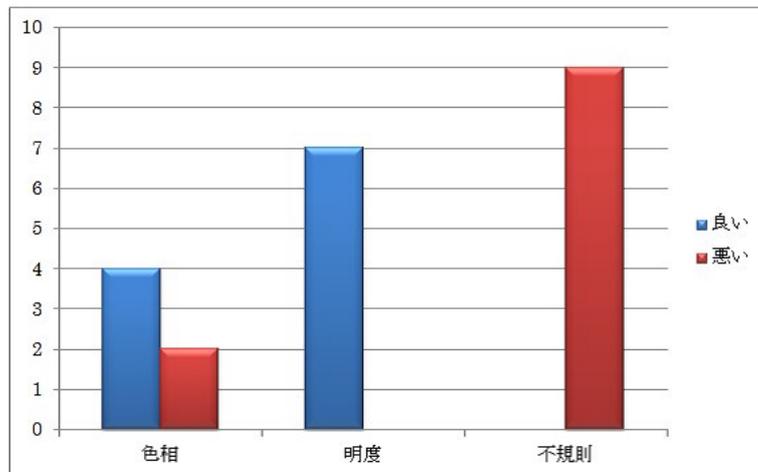


図 4.2: 被験者の好み

4.2 結果に関する考察

評価実験の結果に関して複数の視点から考察を行う。

4.2.1 規則性

今回の評価実験では、規則性を持つ色空間を利用した図の精度が高かった。このような図の結果では、回答が正解でない場合であっても比較的近くの時刻を選び、全体的に誤差が少ないという傾向が見られた。これは被験者が規則から色を推測出来る為だと考えられる。これに対し不規則な色空間を利用した図においては、誤差が大きく見られた。

4.2.2 色の推測

評価実験において誤差が少ない図では、色を推測する事が可能である。明度を変化させた図においては、12時に近いほど明度が高く、さらに左右（午前と午後）で色相が分かれている為、図 4.4 に示されるような推測が可能となる。この様に複数の規則性を組み合わせると、推測を絞り込みやすくなると考えられる。また、多くの人の間で共通している明るさのイメージを明度の変化に利用した事も、直感的な理解に繋がったと予想する。同様に、色相を変化させた図においても、色の割り当てを部分的に覚えていれば、推測が可能である。一方で、不規則な割り当て方の図では推測が殆ど不可能なため、精度が悪くなったと考えられる。

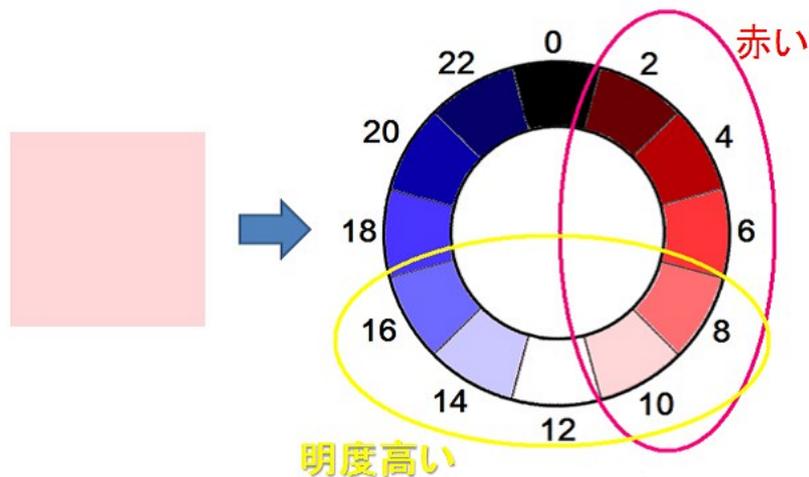


図 4.3: 推測の絞り込み

4.3 今後の課題

色や図のバリエーションを増やし、評価実験の精度を高める事が期待される。また、色の持つイメージを利用するにあたって、被験者の民族的、文化的背景が影響する事が予想される。国籍や地域により色や時間の感覚が異なる場合、評価の結果が異なると考えられる。本研究では色を用いた表現の対象を時刻としているが、対象の範囲を広げた形として、曜日や

月、季節などの色表現についても興味を持っている。時刻を色で表現した図の中で、今回の評価実験では使用しなかったものを以下に掲載する。直感的な理解の為に、これらに色を割り当てる際にはその時刻からイメージされるものを利用したことが多い。

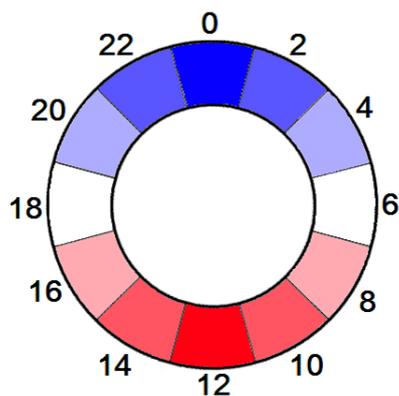


図 4.4: 気温の変化

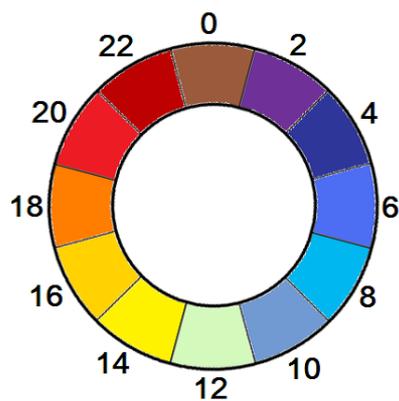


図 4.5: 空の色の变化

第5章 まとめ

本研究では、色を用いた時刻の表現の有効性に関する評価を行った。評価のバリエーションに関する議論をもとに、時刻に単色を対応付けた図を作成し、評価実験を行った。評価実験の結果について考察を行い、実験で得られた知見や今後の課題についてまとめた。時刻の表現方法に色を用いる事により、要素の判別を容易にし、色の持つイメージを有効に使用できる。時刻情報の視認性を向上させる事は、可視化研究において有益な事である。

謝辞

本論文の執筆にあたって、指導教員の三末和男先生、志築文太郎先生、高橋伸先生、田中二郎先生には多くのアドバイスを頂き、研究活動において様々な事を学びました。心より感謝を申し上げます。また、研究室の皆様にも、ゼミや議論を通して意見を交わし、とても有意義な研究活動を行う事が出来ました。大学生活を支えて頂いた家族や友人たちにも深い感謝を示したいと思います。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] Ben Shneiderman “ Extreme visualization: squeezing a billion records into a million pixels ”Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data (2008),Pages:3-12,NY,USA , 2008
- [2] William S. Cleveland, Robert McGill. “ Graphical Perception: The Visual Decoding of Quantitative Information on Graphical Displays of Data ”, Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), Vol. 150, No. 3 (1987), pp.192-229, 1987
- [3] Dinh Quyen Nguyen, Christian Tominski, Heidrun Schumann, Tuan AnhTa. “ Visualizing Tags with Spatiotemporal References ”, 15thInternational Conference on Information Visualisation, pp. 32-39, 2011.
- [4] Jagoda Walny, Sheelagh Carpendale, Nathalie Henry Riche, Gina Venolia, Philip Fawcett. ”Visual Thinking In Action: Visualizations As Used On Whiteboards,” IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 17, no. 12, pp. 2508-2517, Sept. 2011.
- [5] Martin Eisemann, Georgia Albuquerque, and Marcus Magnor. ”Data Driven Color Mapping”,in Proc. EuroVA: International Workshop on Visual Analytics, Bergen, Norway, May 2011.

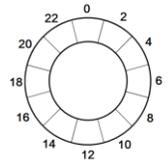
付録

評価実験で使用した PowerPoint のスライドと回答用紙のコピーを次ページより掲載する。

評価実験用スライド

説明

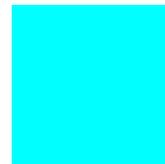
- はじめに時刻と色を対応付けた図を見せます。
- その後色のみを表示します。
- その色と対応している時刻を解答用紙に記入してください。
- 1つの図につき質問は3問。
- 図は3つあります。



問題1: 下図を覚えよ(制限時間20秒)



1-1: この色の時刻は？



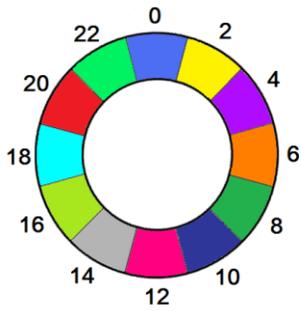
1-2: この色の時刻は？



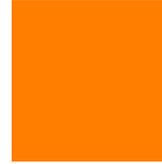
1-3: この色の時刻は？



問題2: 下図を覚えよ(制限時間20秒)



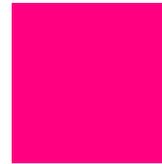
2-1: この色の時刻は？



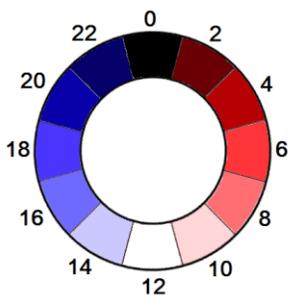
2-2: この色の時刻は？



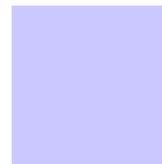
2-3: この色の時刻は？



問題3: 下図を覚えよ(制限時間20秒)



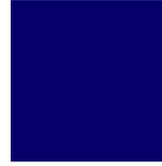
3-1: この色の時刻は？



3-2:この色の時刻は？



3-3:この色の時刻は？

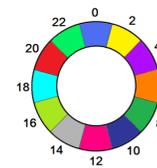


問題4

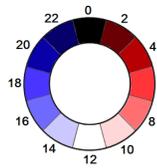
- 問題1~3の図の中で時刻と色の割り当てが最も適切だと思う(理解し易かった)もの、適切でないと思うものをそれぞれ選べ



問題1



問題2



問題3

おわり

ご協力ありがとうございました。

①

評価用シート

問題 NO.[3]

年齢[25]

性別[(男)・女]

問題 1

1-1:[4]時

[10] 6

1-2:[0]時

[0] 0

1-3:[8]時

[14] 6

問題 2

2-1:[4]時

[6] 2

2-2:[2]時

[12] 10

2-3:[10]時

[10] 0

問題 3

3-1:[4]時

[4] 0

3-2:[14]時

[14] 0

3-3:[22]時

[22] 0

第 4 問

良かったもの:[3]

悪かったもの:[2]

ご協力ありがとうございました。

②

評価用シート

問題 NO. [1]

年齢 [54]

性別 [男 · 女]

問題 1

1-1: [4] 時 [0]

1-2: [20] 時 [2]

1-3: [8] 時 [0]

問題 2

2-1: [6] 時 [8]

2-2: [10] 時 [10]

2-3: [16] 時 [2]

問題 3

3-1: [2] 時 [2]

3-2: [14] 時 [0]

3-3: [20] 時 [0]

第 4 問

良かったもの: [1]

悪かったもの: [2]

ご協力ありがとうございました。

③

評価用シート

問題 NO.[2]

年齢[54]

性別[男・女]

問題 1

1-1:[8]時

[12]

1-2:[10]時

不

[4]

1-3:[2]時

[2]

問題 2

2-1:[16]時

[2]

2-2:[4]時

明

[2]

2-3:[20]時

[2]

問題 3

3-1:[10]時

[8]

3-2:[6]時

色

[2]

3-3:[4]時

[0]

第 4 問

良かったもの:[3]

悪かったもの:[/]

ご協力ありがとうございました。

④

評価用シート

問題 NO.[3]

年齢[25]

性別[(男) ・ 女]

問題 1

1-1:[8]時 [2]

1-2:[0]時 [0]

1-3:[18]時 [4]

問題 2

2-1:[10]時 [4]

2-2:[2]時 [10]

2-3:[8]時 [2]

問題 3

3-1:[4]時 [2]

3-2:[16]時 [2]

3-3:[22]時 [0]

第4問

良かったもの:[3]

悪かったもの:[2]

ご協力ありがとうございました。

5

評価用シート

問題 NO.[3]

年齢[24]

性別[男・女]

問題 1

1-1:[8]時 [2]

1-2:[0]時 [0]

1-3:[16]時 [2]

問題 2

2-1:[20]時 [10]

2-2:[8]時 [4]

2-3:[2]時 [8]

問題 3

3-1:[4]時 [2]

3-2:[14]時 [0]

3-3:[18]時 [4]

第 4 問

良かったもの:[3]

悪かったもの:[1]

ご協力ありがとうございました。

④

評価用シート

問題 NO.[1]

年齢[26]

性別[男]・女]

問題 1

1-1:[10]時 [6]

1-2:[8]時 [10]

1-3:[4]時 [4]

問題 2

2-1:[8]時 [2]

2-2:[2]時 [2]

2-3:[6]時 [8]

問題 3

3-1:[8]時 [4]

3-2:[12]時 [2]

3-3:[6]時 [~~8~~]

第 4 問

良かったもの:[3]

悪かったもの:[1]

ご協力ありがとうございました。

8

⑦

評価用シート

問題 NO.[2]

年齢[28]

性別[(男)・女]

問題 1

1-1:[8]時

不

[12]

1-2:[14]時

[0]

1-3:[10]時

[10]

問題 2

2-1:[16]時

明

[2]

2-2:[2]時

[0]

2-3:[20]時

[2]

問題 3

3-1:[18]時

正

[0]

3-2:[10]時

[2]

3-3:[2]時

[2]

第 4 問

良かったもの:[2]

悪かったもの:[(]

ご協力ありがとうございました。

8

評価用シート

問題 NO.[3]

年齢[25]

性別[男・女]

問題 1

1-1:[8]時

[2]

1-2:[4]時

[4]

1-3:[18]時

[4]

問題 2

2-1:[4]時

[2]

2-2:[20]時

[8]

2-3:[16]時

[6]

問題 3

3-1:[4]時

[2]

3-2:[16]時

[2]

3-3:[22]時

[0]

第 4 問

良かったもの:[1]

悪かったもの:[2]

ご協力ありがとうございました。

9

評価用シート

問題 NO. [1]

年齢 [21]

性別 [(男) ・ 女]

問題 1

1-1:	[4]	時	[0]
1-2:	[20]	時	[2]
1-3:	[12]	時	[4]

問題 2

2-1:	[8]	時	[12]
2-2:	[20]	時	[4]
2-3:	[4]	時	[10]

問題 3

3-1:	[4]	時	[0]
3-2:	[16]	時	[2]
3-3:	[20]	時	[2]

第 4 問

良かったもの : [3]

悪かったもの : [1]

ご協力ありがとうございました。

10

評価用シート

問題 NO. [2]

年齢 [27]

性別 [男 ・ 女]

問題 1

1-1: [18] 時

[2]

1-2: [8] 時

[6]

1-3: [6] 時

[6]

下

問題 2

2-1: [14] 時

[0]

2-2: [4] 時

[2]

2-3: [20] 時

[2]

明

問題 3

3-1: [~~7~~²⁰] 時

[2]

3-2: [8] 時

[0]

3-3: [10] 時

[6]

色

第4問

良かったもの: [2]

悪かったもの: [1]

ご協力ありがとうございました。

①

評価用シート

問題 NO.[3]

年齢[25]

性別[(男) ・ 女]

問題 1

1-1:[8]時

[12]

1-2:[12]時

[2]

1-3:[6]時

[6]

問題 2

2-1:[~~12~~¹⁶]時

[2]

2-2:[4]時

[2]

2-3:[20]時

[2]

問題 3

3-1:[18]時

[0]

3-2:[10]時

[2]

3-3:[0]時

[4]

第 4 問

良かったもの:[3]

悪かったもの:[1]

ご協力ありがとうございました。