

学習に適切な色とは？

～英単語の暗記で悩む全ての高校生たちへ～

楠本晴樹 竹内悠貴 田中達宏 田邊和香菜 新原茜 松本瑠子
兵庫県立神戸高等学校総合理学科 2年

はじめに

私たちは脳波に興味を持ち、英単語を暗記している時の脳波を調べたいと思った。そこで、英単語の暗記に最適な色を見つけ出すことを目的とした実験を行った。

- 英単語の暗記に最適…高校生がリラックスし、かつ集中して学習に臨んでいる状態
- リラックスしている状態… $\alpha 2$ 波が高い状態
- 集中度が高い状態… $\beta 1$ 波、 $\beta 2$ 波が高い状態

英単語の暗記に最適な色

「 $\alpha 2$ 波、 $\beta 1$ 波、 $\beta 2$ 波の全ての脳波を高める色」と定義

以下の3つの方法で分析

分析① 各色での脳波の平均の差

英単語を覚えるときの脳波の平均値が、黒色と他の色とで差があるかを、対応のないt検定(有意水準は5%、両側検定)で検証した。

$$t = \frac{|\text{平均A} - \text{平均B}|}{\sqrt{\frac{SD_A^2 \cdot N_A + SD_B^2 \cdot N_B}{N_A + N_B - 2} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_B} \right)}}$$

SD:標準偏差、N:データ数

表2 t検定(対応なし)

	有意差	赤	青	橙	緑
$\alpha 2$	⊕	2	3	3	3
	⊖	4	5	6	4
	×	10	8	7	9
$\beta 1$	⊕	5	3	4	4
	⊖	4	6	6	5
	×	7	7	6	7
$\beta 2$	⊕	6	3	3	3
	⊖	4	7	7	6
	×	6	6	6	7

- ⊕…有意差ありと出たうち、黒と比べて脳波の平均値が高い
 - ⊖…有意差ありと出たうち、黒と比べて脳波の平均値が低い
 - ×
- 数字…人数

表3:検定結果別の人数の合計を色で比較

- $\alpha 2$ 波…赤、青、緑、橙のいずれも×が最も多い
 - $\beta 1$ 波、 $\beta 2$ 波…青、橙、緑は⊖も×も⊕を上回る
- 赤は若干ではあるが⊕が⊖を上回る

$\alpha 2$ 波…黒色が最も脳波の平均値を上げる
 $\beta 1$ 波、 $\beta 2$ 波…赤色が最も脳波の平均値を上げる

分析③ 各色での脳波の時間変化の差

同じ被験者が各色の英単語を覚えるときに、脳波の時系列変化にパターンがあるかを調べた(図3は、被験者aの $\alpha 2$ 波の時系列変化を表す)。

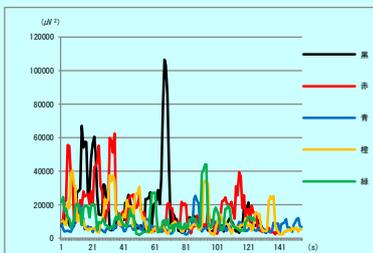


図3: $\alpha 2$ 波の時系列変化(被験者a)

- 赤、青、橙、緑の4色のうち、黒と同じような時系列変化を示す色は見られない

同一被験者内の脳波の時系列変化に規則性があるとは言えない

実験方法

本校総合理学科1年(男子13名、女子3名計16名)を被験者として実験を行った。

- ①被験者は、注意事項(暗記時は黙って、あまり体を動かさない等)を読み、5色の中で最も好きな色を記入する。
- ②MindWave Mobileの電極と、被験者の額と左耳の耳たぶを、アルコール消毒液をつけたティッシュで拭く。
- ③10秒間目を閉じてから、3分間英単語を暗記する。
- ④2分間英単語テストに取り組む。
- ⑤2分間休憩した後、異なる色で③以降を繰り返す。



図1: MindWave Mobile



図2: 実験風景

取得データ

time(s)	$\alpha 2(\mu V^2)$	$\beta 1(\mu V^2)$	$\beta 2(\mu V^2)$
22	1170	2797	1383
23	3156	5117	4885
24	22239	11599	5291
25	2316	2775	2842

表1 取得した脳波データ(一部)

分析② 各色での脳波の分布の差

各被験者の $\alpha 2$ 波、 $\beta 1$ 波、 $\beta 2$ 波の75%値、中央値、25%値をとった上で、黒の値を1として各色の相対値をとり、平均した(表2)。

	値	赤	青	橙	緑
$\alpha 2$	75%値	1.06	1.04	0.90	1.03
	中央値	1.07	1.03	0.97	1.00
	25%値	1.13	1.08	1.04	1.02
$\beta 1$	75%値	1.17	1.00	0.96	0.97
	中央値	1.08	0.99	0.93	0.96
	25%値	1.07	0.99	0.95	0.98
$\beta 2$	75%値	1.33	1.08	1.04	1.03
	中央値	1.27	1.09	1.05	1.05
	25%値	1.23	1.17	1.12	1.09

表4: 黒に対する相対値の平均

- $\beta 1$ 波…赤以外の色は青の75%値を除いて全て黒より値を下げ、赤だけは75%値、中央値、25%値のいずれにおいても黒より大きな値になる
- $\beta 2$ 波…全ての色の75%値、中央値、25%値が黒の値より大きくなり、赤の相対値が最も大きくなる

$\beta 1$ 波、 $\beta 2$ 波…赤色が最も脳波の値を大きくする

結論

- $\alpha 2$ 波…最適な色を見つけることはできなかった
- $\beta 1$ 波、 $\beta 2$ 波…赤色の英単語が集中度を最も高める

赤色が英単語の暗記に最適である

※ただし、「 $\alpha 2$ 波、 $\beta 1$ 波、 $\beta 2$ 波の全ての脳波を高める色」という条件をすべて満たしてはいない

今後の展望

I. 移動平均

- $\alpha 2$ 波、 $\beta 1$ 波、 $\beta 2$ 波が変化するタイミングが一致している

緊張とリラックスは同時に起こりうる



図4: 黒色の英単語を覚えるときの脳波(被験者a)

II. 四分位範囲

- $\alpha 2$ 波には青、 $\beta 1$ 波には橙、 $\beta 2$ 波には赤が、黒とは異なる影響を与えている
- 色の好みと脳波に与える影響の大きさには関係がない

被験者	脳波が高くなった色				
	赤	青	橙	緑	黒
被験者1	○	○	○	○	○
被験者2	○	○	○	○	○
被験者3	○	○	○	○	○
被験者4	○	○	○	○	○
被験者5	○	○	○	○	○
被験者6	○	○	○	○	○
被験者7	○	○	○	○	○
被験者8	○	○	○	○	○
被験者9	○	○	○	○	○
被験者10	○	○	○	○	○
被験者11	○	○	○	○	○
被験者12	○	○	○	○	○
被験者13	○	○	○	○	○
被験者14	○	○	○	○	○
被験者15	○	○	○	○	○
被験者16	○	○	○	○	○

表5 形状が異なる色と好きな色($\beta 1$ 波)

参考文献
[1] 市川忠彦(2006)「新版 脳波の旅への誘いー楽しく学べるわかりやすい脳波入門」星和書店
[2] 菅原部(2013)「Excelで学ぶ統計解析入門」オーム社
[3] 向後千春・高永敦子(2007)「統計学が分かる」技術評論社
[4] 藤本巻(2014)「Excelでできるらくらく統計解析」自由国民社
[5] 福田周・卯月研次(2009)「心理・教育統計法特論」放送大学教育振興会
[6] 八杉 貞雄・可知 直哉「生物事典」(2000) 旺文社
[7] 神戸市立工業高等専門学校「電気工学科(2010)「脳波センサとマイコンを連携させたモバイル端末用教育ツールの開発」
[8] 統計WEB 箱ひげ図の作り方(棒グラフ編) http://software.srri.co.jp/statweb2/tips_17.html
[9] mindwavemobile[NeuroSky Developer-Docs] http://mindwavemobile.neurosky.com
[10] 公立はこだて未来大学 2011年度 システム情報科学実習グループ報告書 www.fun.ac.jp/~sisp/old_report/2011/23/d_oument23_0.pdf