

# 近赤外分光法を用いて脳血流量変化情報に基づく 色聴感覚優位性の判別

小邑 啓将† 鏑木 崇史† 栗原 陽介†

青山学院大学 理工学部 経営システム工学科†

## 1. 序論

絶対音感[1][2]の学習において、絶対音感を習得させるために共感覚[3]を用いて和音と色を結びつける指導法[4]がある。一般的に、学習の段階はタスクを覚える記憶とその記憶を保つ保持、記憶で覚えたものを思い出す想起の3つの段階に分けられる。

絶対音感学習時に共感覚を使用しているかどうか判別することができれば、共感覚を用いることで学習を効率化している指導法の改善や、正しく学習できていると学習者自身が知ることができるため、学習者の意欲向上にもつながると言える。よって本研究では、絶対音感学習時に共感覚を使用しているか否かの判別することである。

## 2. 提案手法

### 2.1 色聴感覚使用時の脳血流量の変化

一般的にある感覚を使い脳が活動すると脳血流量が増加する。そしてそれは聴覚時、視覚時、色聴時の感覚量による。そして、入力された $u(t)$ は $f\{u(t)\}$ を通り、右脳のそれぞれに $u_1(t), u_2(t) \dots u_n(t)$ と入力される。感覚量 $u_1(t), u_2(t) \dots u_n(t)$ を入力とし、出力を絶対音感学習時の脳血流量それぞれ $x_1(t), x_2(t) \dots x_n(t)$ とすると入力と出力の関係式は以下になると仮定する。

$t$ は連続時間とする。 $M, \mu, T$ は係数とする。

$$M \frac{d^2 x_{1.2 \dots n}(t)}{dt^2} + \mu \frac{dx_{1.2 \dots n}(t)}{dt} + T x_{1.2 \dots n}(t) = T u_{1.2 \dots n}(t)$$

### 2.2 提案システム

観測した脳血流量から2.1で求めた $u(t)$ を推定する方法を提案する。

$\Delta t$ を時間の差分とし $k$ を離散時間とすると感覚

量は上記のモデル式から下記のように表すことができる。

$$x_1(t) = x_{1.2 \dots n}(t)$$

$$x_2(t) = \frac{dx_{1.2 \dots n}(t)}{dt}$$

$$\left(1 - \frac{T\Delta t^2}{2M}\right) = a_1, \left(\Delta t - \frac{\mu\Delta t^2}{2M}\right) = a_2$$

$$\left\{\frac{T}{M} \left(\frac{\Delta t^2}{2} - \frac{\mu\Delta t^3}{6M}\right)\right\} = a_3 \text{ とし,}$$

$$\hat{u}_1(k) = \hat{u}_{1.2 \dots n} \text{ とすると}$$

$$\hat{u}_1(k-1) = \frac{1}{a_3} x_1(k) - \frac{a_1}{a_3} x_1(k-1) - \frac{a_2}{a_3} x_2(k-1)$$

と導出できる。そして、NIRSによって、出力である右脳の酸化ヘモグロビン濃度を計測し、上記のモデル式から感覚量 $\hat{u}_1(k)$ を求める。\*

求めた $\hat{u}_1(k)$ 対し、以下の式から標準偏差 *STD* と $\hat{u}_1(k)$ の差分の最小値を特徴量とし、特徴量ベクトルを作成する。

$$STD = std\{\hat{u}(k)\} = \frac{\sum[\hat{u}(k) - mean\{\hat{u}(k)\}]}{a}$$

$a$ : データ数

$$\text{差分: } \hat{u}(k+1) = \frac{\hat{u}(k+1) - \hat{u}(k)}{\Delta t}$$

$$\text{最小値: } MIN = min\{\hat{u}(k)\}$$

この特徴量ベクトルをもとに自己組織化(SOM)し、2次元空間に写像し、マップを作成し判別する。図1に以上の処理の流れを示す。

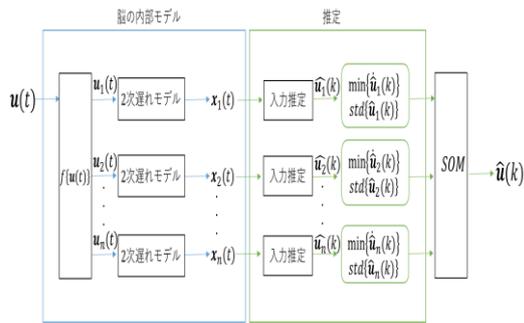


図1 提案システム

3. 実験

3.1 実験目的

本実験では、提案した感覚量と脳血流量のモデル式を用いて、絶対音感学習時に共感覚を用いているか判別し、提案手法の妥当性を検討する。

3.2 実験手順

本実験では、大きく分けて2つの段階に分かれている。タスクを覚えてもらう記銘と、記銘で覚えたものを答えてもらう。記銘時の手順は、30秒間安静→(2秒間タスク+3秒間安静)×6回→30秒間安静の手順で行う。想起時の手順は、30秒間安静→((2秒間タスク)×3+3秒間安静)×6回→30秒間安静の手順で行い、3秒間安静時に記銘したタスクを答えてもらう。

3.3 実験条件

計測機器として、ウェアラブル光トポグラフィ(株式会社日立国際電気サービス WOT-100)を使用する。また、ch7-9の右脳を測定している(上記のモデルのnの値は3とする)。

被験者は絶対音感を持たない19-23歳の15名である。無音の部屋で実験を行う。

3.4 評価方法

正しく判別できたデータ数をすべてのデータ数で割った値が正答率となる。

4. 実験結果

SOMを用いた場合の正答率は2クラス判別,3クラス判別ともにSVMの正答率よりも高くなった。それぞれの結果は表1表2に示す。

表1 正答率

クラス数	正答率(SOM)	正答率(SVM)
2クラス	83.0	70.0
3クラス	63.3	50.0

表2 共感覚と誤って判別した割合(%)

手法	誤答率
SOM	0.0
SVM	10.0

5. 考察

表2からSVMの場合では視覚時,聴覚時のデータを共感覚データと誤って判別していることがわかる。共感覚時データを視覚時,聴覚時のデータと誤って判別してしまうよりも、その逆の方が実際の状況を考えた時に、間違った学習方法を正しいと思いつみ続けてしまうという点で良くないと考えられるため、今回は提案手法の解析方法が有効だと言えると考えた。

6. むすび・今後の展望

今回の実験で2クラス判別では83%と高い正答率が得られ、感覚量と脳血流量のモデル式を用いることで絶対音感学習時に共感覚を判別することができた。しかし、データ数が少ないため信憑性が低いと言える。よって、今後の展望としては、データ数を増やすことである。

参考文献

[1] Miyazaki, Kenichi : “How well do we understand absolute pitch?” Acoustical Science and Technology 25 (6):pp.270-282. June (2004)  
 [2] 榊原彩子: “なぜ絶対音感は幼少期にしか修得できないのか” 教師心理学研究, pp. 485-496 (2004)  
 [3] 櫻井広幸, 神宮英夫: “香料の共感覚表現” 日本官能評価学会誌, pp. 41-45(1997)  
 [4] 江口寿子, 江口彩子: “新・絶対音感プログラム” 全音楽譜出版社, (2001)

Discrimination of Auditory-Color Synesthesia Based on Cerebral Blood Flow Volume Information using Near Infrared Spectroscopy

† T. Komura † T. Kaburagi † Y. Kurihara · Aoyama Gakuin University, Dpt. Of Industrial and Systems Engineering, College of Science and Engineering