

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 21 年 6 月 19 日現在

研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2007～2008
課題番号：19500182
研究課題名（和文） 共感覚のメカニズム解明とメディアコンテンツ制作への応用
研究課題名（英文） Studies on the Mechanism of Synesthesia and its Applications to Contents Creation
研究代表者 長田 典子 (NAGATA NORIKO) 関西学院大学・理工学部・教授 研究者番号：50368453

研究成果の概要：

「音を聴くと、色が見える」という現象は「色聴(colored hearing)」と呼ばれており、心理学の分野で共感覚(synesthesia)の1つ、すなわち1つの感覚が本来独立であるはずの別の感覚を喚起する興味深い現象として知られている。本研究では、色聴現象の中でも音楽の調性に対して色を感じる現象に注目し、脳機能イメージングを行った。音楽聴取時の色聴保持者において、色知覚部位であるV4連合領域(V4/V8/V4R) および右下頭頂小葉・補足運動野・小脳の3つの部位から色聴保持者特有の賦活を確認した。これに基づき色聴のメカニズムを提案した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性情報学，脳・神経，マルチモーダルインタフェース，共感覚，色聴，fMRI

1. 研究開始当初の背景

「音を聴くと、色が見える」という現象がある。これは「色聴(colored hearing)」と呼ばれており、心理学の分野で共感覚(synesthesia)の1つ、すなわち1つの感覚が本来独立であるはずの別の感覚を喚起する非常に興味深い現象として知られている。こうした共感覚保持者は数万人に1人と言われていたが、最近になって、共感覚は実は万人に起こっているものの、限られた人にだけ意識にのぼっているとの説が浮上している。

本研究の目的は、共感覚（とくに視覚と聴覚の共感覚）のメカニズムを解明するとともに、

このメカニズムを応用して共感覚を保有しない一般人にとっても調和の取れた映像音楽コンテンツを提供することにある。一般人であっても、映像のイメージに合う音楽や逆に音楽に合う映像によって、互いの印象が強調されていると感じられることがしばしばある。これは、共感覚を意識することなくとも、音楽と映像のマルチモーダルなインタラクションを感じる何らかの潜在的能力があることの証である。共感覚現象のメカニズムに則って、共感覚保持者が感じる音楽と映像の相互関係をノンバーバルマッピング（非言語的な対応付け）として抽出し、これ

をメディアコンテンツ制作に利用する技術を開発できれば、一般人にとってもより感覚・感性に訴えかける良質なコンテンツ創りを行える。

2. 研究の目的

本研究ではこうしたコンテンツ制作に貢献することを最終的な目標として、具体的の下記の技術を開発する。

- (1) 脳活動イメージング技術による共感覚現象のメカニズム解明：共感覚保持者の脳内活動から共感覚現象のメカニズムを解明する。
- (2) 感性的アプローチによる視覚と聴覚間のノンバーバルマッピングの抽出：共感覚保持者あるいは一般人が音楽要素と映像要素に関してどのようなマッピングを持っているのか明らかにする。
- (3) 映像音響メディアにおける共感覚現象の利用技術の開発：上記(1), (2)で得られた知見に基づき、楽曲が持つムードを色彩で表現する可視化インタフェースの構築を行う。

3. 研究の方法

(1)「調性に対応して色が見える(ハ長調は白、イ長調は赤といったもの)」という色聴能力を持つ人2名および色聴能力を持たない11名について音楽聴取時の脳活動をfMRIを用いて計測を行い、比較解析を行った。実験はブロックデザインで構成され、課題条件では音楽、統制条件ではbeep音を実験刺激として用いた。課題条件の音楽刺激は、ジャズ、クラシック、ポップスの3ジャンルからなっており、それぞれについて調性が異なる8曲を使用した。音楽刺激の長さはすべて12secである。実験デザインは課題と統制の組み合わせを1ブロックとし、合計4ブロックから構成されている。各ブロックは統制条件として周波数の異なるbeep音を8音(合計16sec)提示し、続いて課題条件として調性の異なる音楽を2曲(合計24sec)提示した。fMRI計測データの画像処理および解析には、SPM99 (Department of Cognitive Neurology, University College London)を用いた。

(2) 音楽のムードを形成する重要な構成要素の一つであるコード進行に注目し、コード進行とそのイメージを表す形容詞との関係を示したサウンドイメージスケールを構築する。多数のコード進行データと多数の形容詞のマッピングを行うのは難しいとされてきた。

本研究では、評価実験を2段階に分けて行うことによりこの問題を解決する。まずコード進行に対し多次元尺度法(以下MDS法)による実験を行い、印象の異なる主要なコード進行をいくつか選出する。次に、これらを対

象としてSD法で評価し、コード進行の印象空間を求める。そこに残りのコード進行を、先に求めた主要なコード進行との相対距離を用いてマッピングする。以上の手続きにより、多数のコード進行と印象の関係を示したサウンドイメージスケールを構築する。

(3) 和音性に関する定量的評価モデルを利用し、入力音のムードを3つの成分へと分解し、それらを明度、彩度、色相へとそれぞれマッピングすることで出力される色彩を決定する。和音性の定量的評価モデルでは、システムに入力された和音の評価を行う。モデルは2音の音程から定義される「協和性」と、3音の音程構造(音程差)から定義される「緊張性」および「モード感」の3成分から構成される。和音性が持つムードを色彩で表現するために、3つの成分をそれぞれ連続的な色空間であるCMYK色空間へとマッピングした。

4. 研究成果

(1) fMRIデータより、小脳、紡錘状回、下頭頂小葉、補足運動野が賦活していることが確認された。これより色聴共感覚のメカニズムとして以下の2つの仮説を提案した。1つは小脳と紡錘状回のcross-wiring仮説であり、もう1つは補足運動野における下頭頂小葉へのフィードバックおよびHyperbinding仮説である(図1)。

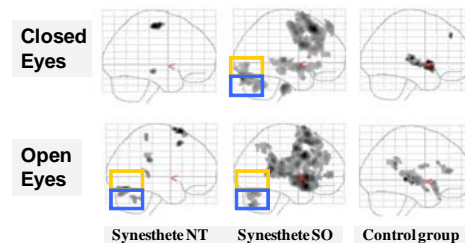


図1 色聴保持者の紡錘状回と小脳の同期的活動(高橋他, 2007)

(2) 多数のコード進行と印象の関係を示したサウンドイメージスケールを構築できた(図2)。MDS法により選択された主要なコード進行に対してSD法を行った結果、イメージスケールとして、活動性、高揚の次元が採用され、軸が「cool-warm」、「active-passive」となった。さらに因子負荷量により尺度(形容詞)をイメージスケール上に配置し、因子得点により主要なコード進行も同じスケール上に表し、加えて直接評価を与えていない残りのコード進行についても印象間距離を利用してスケール上にマッピングし、コード進行におけるサウンドイメージスケールの構築を実現した。

このように、複数のコード進行と形容詞を結

びつけ、コード進行とイメージの関係を明示した。また MDS 法による印象間距離と SD 法による因子得点とを組み合わせることで、さらに多数のコード進行と形容詞との関係を表す大規模なサウンドイメージスケールを構築できる可能性を示唆した。本研究で得られた結果は、環境にふさわしい音楽のデザインや自動作曲など様々な分野に役立てられると考えられる。また将来的には、カラーイメージスケールと組み合わせることにより、色彩と音楽双方のイメージからその場の雰囲気や環境にふさわしいコンセプトデザインができることも期待される。

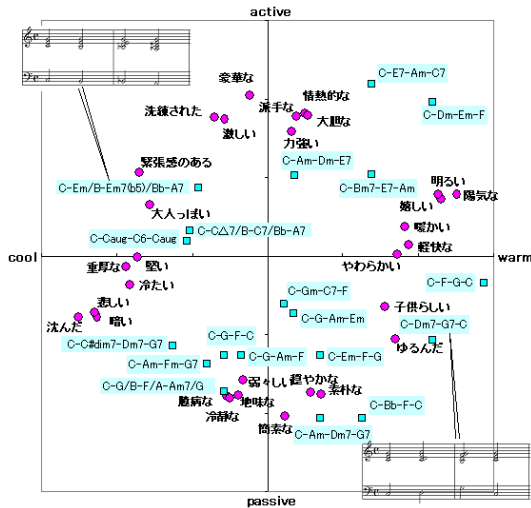


図2 サウンドイメージスケール (Sangenya et al. 2008)

(3) 本システムは入力音の MIDI 信号から各和音性の値を計算し、割り当てられたカラーのパッチをリアルタイムで出力する。システムの概要を図3に示す。入力形態にはキーボードとファイルの2通りがある。実験により、個々の和音を持つ微妙なニュアンスの違いを色彩の違いで表現することが確認された。



図3 音楽ムードビジュアライザ M³ (M-CUBE) (藤澤ら, 2008)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

- ① Aida, K., & Nagata, N. (accepted). Virtual Noctiluca: Interaction between Light and Water using Real-time Fluid Simulation and 3D Motion Measurement. ICEC2009, Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag. 査読有
- ② 藤澤隆史・谷光彬・長田典子・片寄晴弘 (2009). 和音性の定量的評価モデルに基づいた楽曲ムードの色彩表現インタフェース, 情報処理学会論文誌, 50 (3), 1133-1138. 査読有
- ③ 北原鉄朗・勝占真規子・片寄晴弘・長田典子 (2009). ペイジアンネットワークを用いた自動コードヴォイシングシステム, 情報処理学会論文誌, 50 (3), 1067-1078. 査読有
- ④ 長田典子・藤澤隆史 (2009). 共感覚の脳機能イメージング, システム制御情報学会誌, 53 (4), 149-154. 査読無
- ⑤ 谷光彬, 三軒谷友美, 藤澤隆史, 長田典子 (2009). ルーミックキューブ:フルカラーLEDを用いて音楽ムードを表現するインタラクティブアート, インタラクシオン 2009. 査読無
- ⑥ 藤澤隆史・谷光彬・長田典子・片寄晴弘 (2008). M3(M-CUBE):新しい和音知覚モデルに基づいた音楽ムードの可視化インタフェース. インタラクシオン 2008 論文集, 179-180. 査読有
- ⑦ 長田典子 (2008). fMRIによる共感覚現象の脳機能解析. 第 47 回日本生体医工学会大会, OS15-5. 査読無
- ⑧ 藤田徹, 北原鉄朗, 片寄晴弘, 長田典子 (2008). アーティストの個性を表す音楽的特徴に関する一考察, 情報処理学会研究報告 2008-MUS-74, 2008(12), 199-204. 査読無
- ⑨ 勝占真規子, 北原鉄朗, 片寄晴弘, 長田典子 (2008). ペイジアンネットワークを用いたコード・ヴォイシング推定システム, 情報処理学会研究報告 2008-MUS-74, 2008(12), 163-168.pdf. 査読無
- ⑩ Sangenya, T., Fujisawa, T. X., & Nagata, N. (2008). Sound-Image Scale - Quantification of the Images of Chord Progressions with Impression Evaluation Used -. 2008 IEEE Int'l Conf. on Systems, Man and Cybernetics (SMC 2008), 1905-1909. 査読有

- ⑪ Takahashi, R., Fujisawa, T. X., Nagata, N., Sugio, T., Inokuchi, S. (2008). Brain Activity in Colored-hearing Synesthetes When Listening to Tonal Music. Proc. 14th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, 700T-PM. 査読有
- ⑫ Takashima, A., Nishimoto, M., Takahashi, R., Fujisawa, T. X., & Nagata, N. (2008). Colored-hearing synesthesia: the relationship between color and music tonality. Proc. 4th Annual Meeting of the UK Synaesthesia Association, 18. 査読有
- ⑬ Takahashi, R., Fujisawa, T. X., Nagata, N., Sugio, T., & Inokuchi, S. (2007). An fMRI Study of Synesthesia - Brain activity in colored-hearing by listening to music -. Proc. 13th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping. 204 TH-PM. 査読有
- ⑭ Takahashi, R., Fujisawa, T. X., Nagata, N., Sugio, T., & Inokuchi, S. (2007). Brain Activity in Colored-hearing by Listening to Music: An fMRI Study. CDROM Proc. Second Int'l Congress Synaesthesia, Science & art, RIUMA.pdf. 査読有

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

藤澤隆史, 長田典子. イメージスケール作成方法、その装置、及びイメージスケール作成プログラム. 出願日: 2008 年 8 月 22 日, 特願 2008-214048.

〔その他〕

- ① 長田典子. 「ランボーの詩に秘められた謎～共感覚とは」NHKテレビ「解体新ショー」, 2009. 1. 16.
- ② 長田典子 (2008. 9. 16-18, 東京). デジタルメディアの感性的リアリティを支援する技術, イノベーション・ジャパン 2008-大学見本市.
- ③ 長田典子. 共感覚, CBCラジオ「多田しげおの気分爽快!!朝からP・O・N」に出演, 2008. 7. 7.
- ④ 長田典子. 効果的メディア表現, ラジオNIKKEI「関西学院大学”アイデア・カプセル”」に出演, 2008. 5.
- ⑤ 音に色が、痛みから色や形が—知られざる「共感覚」の世界. Magazine ALC, 2007 August.
- ⑥ ホームページ:
<http://ist.ksc.kwansei.ac.jp/~nagata/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長田 典子 (NAGATA NORIKO)
関西学院大学・理工学部・教授
研究者番号: 50368453

(2) 研究分担者

井口 征士 (INOKUCHI SEIJI)
宝塚造形芸術大学・メディア・コンテンツ学部・教授
研究者番号: 90029463

藤澤 隆史 (FUJISAWA X. TAKASHI)
関西学院大学・理工学研究科・博士研究員
研究者番号: 90434894