

平成 29 年度

学士学位論文

fMRI による脳情報復号を用いた
文字情報から誘発される感情の推定

Estimation of emotion induced
from Chinese characters
by brain decoding using fMRI

1180377 松崎 麗奈

指導教員 吉田 真一

2018 年 2 月 28 日

高知工科大学 情報学群

要旨

fMRIによる脳情報復号を用いた 文字情報から誘発される感情の推定

松崎 麗奈

文字は画像としては全て同じ線の集まりの2値画像である。しかし人間は文字によって違う印象を持つことがある。近年、脳情報から人間の感情などの情報を推定する脳情報デコーディングによる研究が行われており、首藤氏は表情の動画を用いて脳情報デコーディングを行う研究をした。そこで、本研究では、より画像としてはほとんど同じような特徴を持つ漢字画像を呈示して誘発される感情を脳情報デコーディングによって判別する。漢字は感性工学の感性語を基に快に感じるものと不快に感じるものを用意し、漢字と漢字でないものを見ているときの反応の差を見るために、漢字を4分割し並べ替え作成したスクランブル画像を用意する。被験者の脳活動はfMRIを用いて撮像し、SPMを用いて有意水準 $p < 0.001$ で統計解析を行い、賦活領域を特定する。判別の学習アルゴリズムにはSVMを、性能評価には交差検証法を用いて判別率を算出する。快漢字、不快漢字、スクランブル画像として判別率を算出した結果、ほとんど全てをスクランブルと判定している結果であった。これを受け、スクランブルを考慮せず、快漢字・不快漢字の判別率を算出したところ、快漢字の判別率は11%から67%、不快漢字の判別率は44%から89%であり、快漢字・不快漢字ともにチャンスレベルである50%を上回っているものが多かった。しかし、全ての被験者において不快漢字の判別率は快漢字の判別率と同じか上回っており、不快であると判定される確率が高かった。また、快漢字・不快漢字のデータ量は同じであり、本実験からは不快と判定されている確率が高い原因は明らかにはできなかった。

キーワード 脳情報デコーディング, 漢字, 感情, fMRI

Abstract

Estimation of emotion induced from Chinese characters by brain decoding using fMRI

Rena MATSUZAKI

A Chinese character is an image which is constructed by lines. However, humans have different impressions when they see different Chinese characters. In recent years, research by brain decoding has been conducted. Shuto have studied on brain decoding using facial expression movie. Therefore, in this research, emotions induced by presenting Chinese character, which are similar images, are studied using brain decoding. Experiment using the subject's brain activity with fMRI is conducted. Then we analyze using SPM. As a result of accuracy, almost all of them were judged to be scramble image. In response to this, accuracy of pleasant Chinese characters and unpleasant Chinese characters was calculated without considering scrambled images. The accuracy of pleasant Chinese characters ranges from 11% to 67%. The accuracy of unpleasant Chinese characters ranges from 44% to 89%. It is not clarified why the accuracy of unpleasant character is high.

key words Brain decoding, Chinese character, emotion, fMRI

目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	提案手法	4
第 3 章	実験	8
3.1	漢字画像呈示実験	8
3.1.1	実験概要	8
3.1.2	被験者	9
3.1.3	実験装置	10
3.1.4	事後アンケート	10
3.2	解析	10
3.2.1	画像変換	11
3.2.2	前処理	11
3.2.3	個人解析	11
3.3	判別	12
第 4 章	結果・考察	13
4.1	事後アンケート結果	13
4.2	実験結果・考察	14
第 5 章	結論	26
	謝辞	27
	参考文献	29
付録 A	実験結果詳細	31

目次

A.1	被験者 A	31
A.2	被験者 B	35
A.3	被験者 C	39
A.4	被験者 D	43
A.5	被験者 E	47
A.6	被験者 F	51
A.7	被験者 G	55
A.8	被験者 H	59
A.9	被験者 I	63
A.10	被験者 J	67

目次

2.1	提案手法のイメージ	4
2.2	快漢字画像	5
2.3	不快漢字画像	5
2.4	スクランブル画像	6
2.5	実験デザイン (1 試行分)	6
3.1	事後アンケートの例	10
4.1	事後アンケート結果	13
4.2	漢字とスクランブル画像の判別率	16
4.3	快漢字と不快漢字の判別率	21
A.1	[1]kanji vs scramble	31
A.2	[2]hukai vs kai	32
A.3	[3]hukai vs scramble	33
A.4	[4]kai vs scramble	34
A.5	[1]kanji vs scramble	35
A.6	[2]hukai vs kai	36
A.7	[3]hukai vs scramble	37
A.8	[4]kai vs scramble	38
A.9	[1]kanji vs scramble	39
A.10	[2]hukai vs kai	40
A.11	[3]hukai vs scramble	41
A.12	[4]kai vs scramble	42
A.13	[1]kanji vs scramble	43

目次

A.14 [2]hukai vs kai	44
A.15 [3]hukai vs scramble	45
A.16 [4]kai vs scramble	46
A.17 [1]kanji vs scramble	47
A.18 [2]hukai vs kai	48
A.19 [3]hukai vs scramble	49
A.20 [4]kai vs scramble	50
A.21 [1]kanji vs scramble	51
A.22 [2]hukai vs kai	52
A.23 [3]hukai vs scramble	53
A.24 [4]kai vs scramble	54
A.25 [1]kanji vs scramble	55
A.26 [2]hukai vs kai	56
A.27 [3]hukai vs scramble	57
A.28 [4]kai vs scramble	58
A.29 [1]kanji vs scramble	59
A.30 [2]hukai vs kai	60
A.31 [3]hukai vs scramble	61
A.32 [4]kai vs scramble	62
A.33 [1]kanji vs scramble	63
A.34 [2]hukai vs kai	64
A.35 [3]hukai vs scramble	65
A.36 [4]kai vs scramble	66
A.37 [1]kanji vs scramble	67
A.38 [2]hukai vs kai	68
A.39 [3]hukai vs scramble	69

図目次

A.40 [4]kai vs scramble 70

表目次

3.1 各試行で提示する漢字	9
4.1 被験者別の判別率	17
4.2 混同行列 (被験者 A)	18
4.3 混同行列 (被験者 B)	18
4.4 混同行列 (被験者 C)	18
4.5 混同行列 (被験者 D)	19
4.6 混同行列 (被験者 E)	19
4.7 混同行列 (被験者 F)	19
4.8 混同行列 (被験者 G)	20
4.9 混同行列 (被験者 H)	20
4.10 混同行列 (被験者 I)	20
4.11 混同行列 (被験者 J)	21
4.12 スクランブル画像を考慮せず算出した判別率	22
4.13 混同行列 (被験者 A : スクランブルを考慮しない)	22
4.14 混同行列 (被験者 B : スクランブルを考慮しない)	23
4.15 混同行列 (被験者 C : スクランブルを考慮しない)	23
4.16 混同行列 (被験者 D : スクランブルを考慮しない)	23
4.17 混同行列 (被験者 E : スクランブルを考慮しない)	24
4.18 混同行列 (被験者 F : スクランブルを考慮しない)	24
4.19 混同行列 (被験者 G : スクランブルを考慮しない)	24
4.20 混同行列 (被験者 H : スクランブルを考慮しない)	25
4.21 混同行列 (被験者 I : スクランブルを考慮しない)	25
4.22 混同行列 (被験者 J : スクランブルを考慮しない)	25

第 1 章

はじめに

文字は線の集まりの 2 値画像であるが，人間は文字によって違う印象を持つ．例えば，人間は文章を読んだ時に，泣いたり，笑ったり，落ち込んだりすることがある．人間が画像を認識する際には，こうした感情が大きく関わっていると考えられる．李氏によれば，漢字には形，音声，意味の 3 つの属性があり，漢字の形そのものが意味を持つと述べている [1]．人間の場合でも，網膜から入った光は低次視覚野では画像と認識するが，その後高次の機能で意味を判別すると考えられる．首藤氏の研究 [2] では，表情の動画や画像を用いた脳情報デコーディングによる感情の推定をした．一般的に感情を相手に伝える手段として表情が主であり，そういった人間の心理状態を脳情報デコーディングによって解読しようとする研究も多く行われている．表情と同じように，文章を読む際にも感情が大きく関わっていると考える．脳情報デコーディングとは，外界からの刺激や記憶されている情報，認知状態などは脳内で神経活動のコードで表現されていると考え，このコードを解読することにより，脳内の情報を読み取ろうという技術である．これは，計測した賦活部位の信号をパターンとして学習させ，それを用いて脳活動から脳の状態を解読する．BCI (Brain Machine Interface : ブレインマシンインターフェース) などに応用される技術である．BCI とは，頭で考えた動作を脳情報からの命令を用いてコンピュータに直接入力して操作するもので，ロボットアームなどの義肢を身体を直接動かすことなく操作することなどが可能となる．

これまで fMRI を用いて人間の表情の画像や動画から感情推定する研究が行われてきた．前原氏 [3] は人間の顔の表情から誘起される感情について「喜び」と「怒り」の 2 つの感情の推定を行なった．結果として，被験者 8 名の内 3 名は 70% から 80% の精度で判別可能であり，人により表情の読み取りは可能であると結論づけた．しかし，5 名の被験者は 40% か

ら 60%の精度であり，チャンスレベルである 50%を下回る被験者もいた．実験中に被験者が判定をした「怒り」の表情については正答率が 88.75%であったことから，静止画における判断が難しく，静止画のみでは感情が感じられにくいことが原因としてあげられる．これを受け，首藤氏 [2] は，怒り・嫌悪・恐怖・喜び・悲しみ・驚きの 6 表情の動画を呈示し脳情報デコーディングによって感情の判別を行い，静止画の判別率との比較を行った．結果としては，静止画の判別率は 11%から 31%，動画の判別率は 13%から 32%であり，被験者 6 名の内 5 名の被験者で動画の方が 1 ポイントから 3 ポイント判別率が向上し，感情判別における脳情報デコーディングでは静止画よりも動画の方が判別率が高くなる傾向を示唆した．

これらのことから，人間は表情を見て感情を誘発され，その感情を脳情報を用いて推定することは人によっては可能であると言える．他にも，文字や文章を読むことでも感情が誘発されることがある．画像としては同じ 2 値画像である文字に対して違う印象を持つ際，人間が脳でどのような処理を行なっているのか解明できれば，人工知能などに発展する可能性がある．

fMRI を用いて漢字などの文字や文章を見たときの脳活動を計測する実験も行われている．岩淵氏ら [4] は，文を処理する脳の仕組みを解明し，言語障害などのリハビリに役立てる研究を行っている．また，Anthony J. Krafnick 氏ら [5] は米国と中国の 1 年生の英単語と漢字に対する反応を調べる研究を行った．Hsiang-Yu Chen 氏ら [6] は，韓国語のわからない中国人の被験者に漢字と韓国のハングル文字を見せ，画数や形を判断させる実験を行なった．Rong Zhao 氏ら [7] は fMRI 研究のメタ分析で漢字を読むための脳領域の機能について述べている．

本研究では，人間の文字認識の特徴を調べるための基礎として漢字画像から誘発される感情のデコーディングを試みる．

本論文の構成について，第 2 章では本研究の提案手法について記す．また，漢字画像の呈示実験について被験者や呈示画像，実験デザインについても記す．第 3 章では，被験者や実験装置についてなどの実験内容や，SPM (Statistical Parametric Mapping) による解析，SVM (Support Vector Machine) による機械学習について記す．第 4 章では，漢字画像の

呈示実験で得られた結果と考察を記す。第5章では、研究全体についてまとめる。

第 2 章

提案手法

本研究では，漢字画像を被験者に呈示し，fMRI により計測した脳活動を用いて感情の推定（図 2.1）をおこなう。



図 2.1: 提案手法のイメージ

呈示する漢字画像は快を感じると考えられるもの（以下，快漢字）と不快を感じると考えられるもの（以下，不快漢字）とスクランブル画像の 3 種類である。快漢字には美・華・笑・愛・夢・楽の 6 種類，不快漢字には死・血・痛・酷・厳・嫌の 6 種類，計 12 種類を用いる。これらは感性工学の感性語に基づいて選んだものである。スクランブル画像は脳が活動している原因が漢字を見た際に起こった感情によるものであるのか，文字を認識するためのものであるのかの区別をするために，漢字画像を編集し作成した意味のない文字である。画像の明るさの違いによっても脳の活動部分が変わる可能性があるため，画像の明るさは同じにした方が良い。しかし，各画像の明るさを同じにすることが難しかったため，快漢字・不快漢

字それぞれの平均画数を同じにすることで代替した。スクランブル画像は快漢字・不快漢字それぞれの平均画数に近い画数である漢字「嫌」と「華」をそれぞれ4分割し、ランダムに並べ替え作成した。実際に提示した画像として、快漢字は図 2.2 に、不快漢字は図 2.3 に、スクランブル画像は図 2.4 に示す。



図 2.2: 快漢字画像



図 2.3: 不快漢字画像

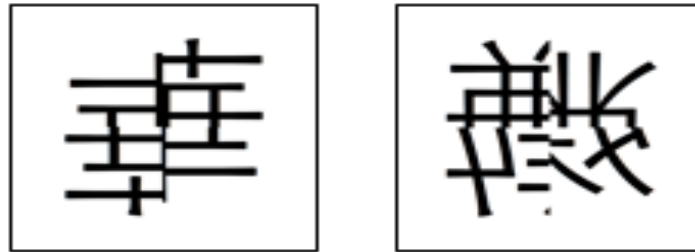


図 2.4: スクランプル画像

実験デザインは図 2.5 に示すようなブロックデザインである。撮像開始後は注視点ありの黒の背景画像であるレストを 9 秒間（3 スキャン分）呈示し，その後，漢字画像およびスクランブル画像とレストを 9 秒間ずつ（3 スキャン分）8 セット呈示し，最後にレストを 18 秒間（6 スキャン分）呈示する。これを 1 試行分とし，合計 9 試行行う。呈示する画像は，漢字画像とスクランブル画像を交互に，それぞれはランダムに呈示する。

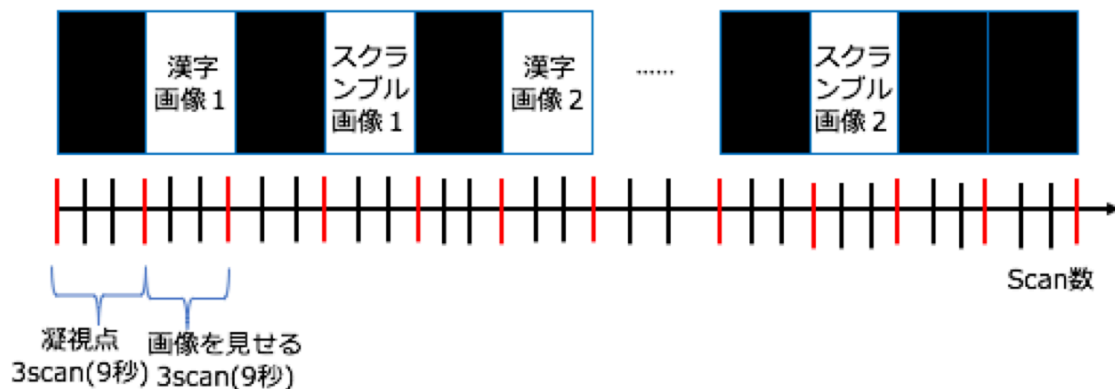


図 2.5: 実験デザイン（1 試行分）

計測した脳活動を解析し，作成した学習データを用いて SVM (Support Vector Machine) による機械学習を行い，判別率を算出する。

脳情報デコーディングとは，外界からの刺激や記憶されている情報，認知状態などは脳内で神経活動のコードで表現されていると考え，このコードを解読することにより，脳内の情報を読み取ろうという技術である。脳情報デコーディングでは，被験者の脳活動の計測を fMRI で行うことが多く，本研究でも fMRI を用いて被験者の脳活動の計測を行う。本研究

の機械学習は SVM を用いる。SVM は教師あり学習を用いたパターン認識アルゴリズムであり、マージン最大化により汎化能力の高い手法である。

第 3 章

実験

本章では，実験内容として実験概要，被験者，実験装置，事後アンケートについて，解析方法として前処理と個人解析について，および判別方法について述べる．

3.1 漢字画像呈示実験

3.1.1 実験概要

本実験では，快に感じると考えられる漢字（以下，快漢字）と，不快に感じると考えられる漢字（以下，不快漢字）と，漢字を 4 分割し並べ替えて作成したスクランブル画像（以下，スクランブル画像）を呈示し，その時の脳活動を fMRI で撮像する．実験は 1 試行約 3 分間を 9 回行う．各試行に提示する漢字画像について表 3.1 に示す．

3.1 漢字画像呈示実験

表 3.1: 各試行で提示する漢字

	1 枚目	2 枚目	3 枚目	4 枚目	5 枚目	6 枚目	7 枚目	8 枚目
1 試行目	死	a	美	b	華	a	血	b
2 試行目	笑	b	嫌	a	痛	b	愛	a
3 試行目	酷	a	敵	a	楽	b	夢	b
4 試行目	笑	b	死	b	嫌	a	美	a
5 試行目	敵	a	血	b	楽	b	華	a
6 試行目	笑	b	痛	a	夢	b	酷	a
7 試行目	敵	a	死	b	楽	a	美	b
8 試行目	笑	b	血	b	華	a	痛	a
9 試行目	酷	a	嫌	a	愛	b	夢	b

^a「華」を並べ替え作成したスクランブル画像

^b「嫌」を並べ替え作成したスクランブル画像

3.1.2 被験者

被験者は心身ともに健康で、本実験に使用する漢字を読むことが可能な、18歳の男性と女性各1名と、20代の男性5名と女性3名の計10名である。各被験者は、高知工科大学倫理学審査承認の内容に基づき、実験前に内容と要する時間、安全性、個人情報保護についての説明を行い、同意を得た上で参加した。なお、未成年である18歳の男女2名の被験者については、保護者の同意も得ている。視力の低い被験者には、MRI対応のメガネを装着してもらい、画像を正確に視覚可能な状態で実験を行う。

3.2 解析

3.1.3 実験装置

本実験の装置は高知工科大学脳コミュニケーションセンターに設置されている SIEMENS 社の MAGNETOM Verio (3T) を使用する。画像はプロジェクターによって fMRI 装置内のスクリーンに呈示して行う。

3.1.4 事後アンケート

被験者には実験終了後、実験に使用した 12 種類の漢字について印象を問うアンケートを実施する。アンケートは 12 種類全ての漢字について以下の 3 項目を図 3.1 のような 7 段階で回答してもらう。

1. 明るい・暗い
2. 安心な・怖い
3. 柔らかい・硬い

1. 死

明るい	1	—	2	—	3	—	4	—	5	—	6	—	7	暗い
安心な	1	—	2	—	3	—	4	—	5	—	6	—	7	怖い
柔らかい	1	—	2	—	3	—	4	—	5	—	6	—	7	硬い

図 3.1: 事後アンケートの例

3.2 解析

撮像した脳画像の前処理および解析には SPM12[8] を使用し、快漢字・不快漢字・スクラブル画像それぞれの画像呈示時に有意な活動を示すボクセルを特定する。

3.2 解析

3.2.1 画像変換

fMRI で撮像した画像は DICOM 形式で保存されるため、SPM で解析が可能な NIFTI 形式に変換する必要がある。変換には MRIconvert[9] を用いる。

3.2.2 前処理

fMRI で撮像し始めの脳画像にはノイズが多く含まれるため、各試行の開始後 2 スキャン分のデータはあらかじめ削除しておく。前処理は、Realign, Normalise, Smooth の順に行う。Realign は実験中に体が動くことなどで生じる頭部の動きを補正するために行う。2 番目以降のボリュームを 1 番目のボリュームに合わせることで補正を行う処理である。Normalise は、Realign で処理した個人の fMRI データを MNI(Montreal Neurological Institute) 標準脳に変換するために行う。Smooth は Realign や Normalise の処理をした際に生じたノイズを取り除いたり、脳の個人差を緩和するために行うフィルター処理である。3 次元のガウス型フィルターを適用させて行う。

3.2.3 個人解析

個人解析は、各被験者の個人レベルでの解析であり、これを行うことで、快漢字・不快漢字・スクランブル画像それぞれの画像呈示時の有意な活動を示すボクセルを特定する。個人解析の流れはデザインマトリクスを作成し、前処理が完了した fMRI データに GLM(General Linear Model: 一般線形モデル) を組み込む。その後、GLM の説明変数の変回帰係数を計算し、比較したい条件間のコントラストを作成しその結果を表示する。本実験の説明変数はレストを含めない快漢字・不快漢字・スクランブル画像の 3 つであり、コントラストとして以下の 3 つを検討した。

1. 「快漢字・不快漢字それぞれの画像呈示時」においてスクランブル画像呈示時に対しての有意な差
2. 「快漢字・不快漢字の区別なく漢字画像呈示時」においてスクランブル画像呈示時に対

3.3 判別

しての有意な差

3. 「不快漢字呈示時」において「快漢字呈示時」に対しての有意な差

3.3 判別

脳情報デコーディングは、BDTB1.2.2[10] を用いて行う。BDTB は Matlab の M-ファイルからなる関数群であり、各条件における脳活動のパターンの違いを学習し、脳活動を分類することで脳情報デコーディングを実現するツールである。BDTB を用いて脳情報をデコーディングする処理の流れは以下のとおりである。

1. Mat ファイルの作成
 - (a) 実験デザインの読み込み
 - (b) 脳情報の読み込み
 - (c) Mat ファイルへの書き出し
2. デコーディング
 - (a) データの前処理
 - (b) モデルの学習
 - (c) データの分類

デコーディングの機械学習には SVM(Support Vector Machine) を用い、クロスバリデーション (Cross-validation: 交差検証法) を用いて判別率を算出する。本研究では、線形 SVM が良い結果を出すとの小池氏らの先行研究 [11] に習い、線形 SVM を用いており、カーネルを用いた非線形対応やハイパーパラメータについては考慮していない。呈示した画像の総数は、快漢字と不快漢字それぞれ 18 画像、スクランブル画像 36 画像であり、その内どのくらいの数が求めたい画像であると判断されたのかで判別率を算出する。

第4章

結果・考察

事後アンケート結果および実験結果・考察を以下に記す。

4.1 事後アンケート結果

事後アンケートの結果を図 4.1 に示す。

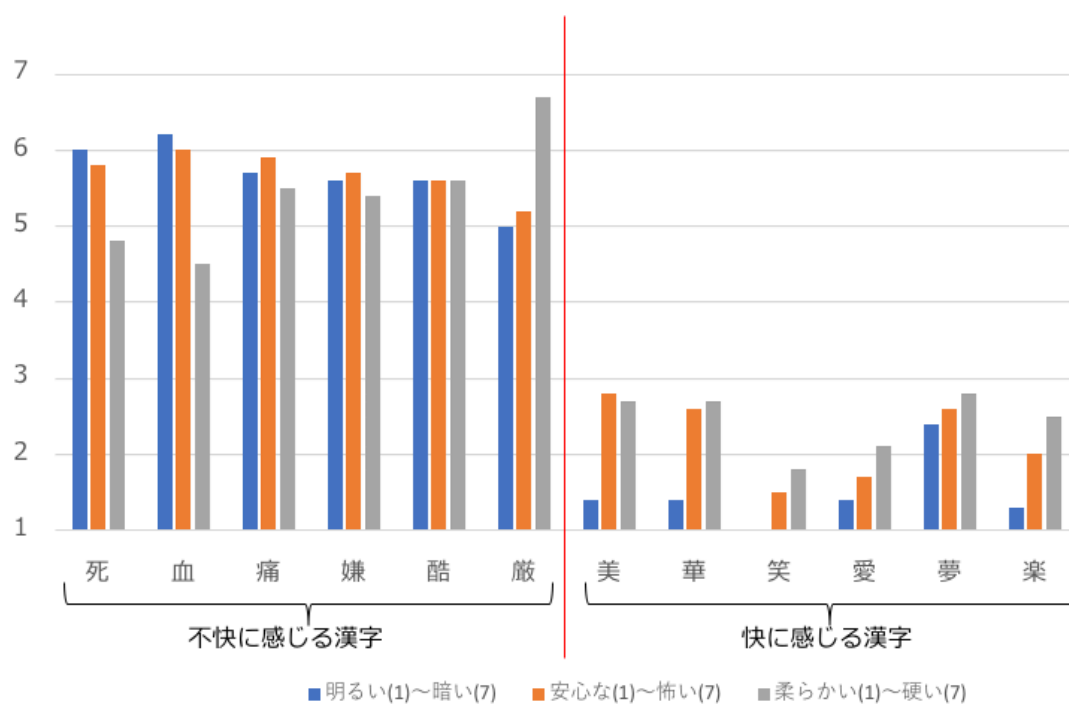


図 4.1: 事後アンケート結果

図から分かるように、不快漢字は暗い、怖い、硬いといった不快な印象が強く、快漢字は明るい、安心な、柔らかいといった快な印象が強い。このことから、不快漢字を見たときに快を感じる、もしくは快漢字を見たときに不快に感じるといったことはなかったと考える。

4.2 実験結果・考察

快漢字・不快漢字別の判別率は0%から50%であり、チャンスレベルである50%以下と判別率の低い結果であった。具体的には、多くの場合がスクランブルと判定されていた。そのため、快漢字・不快漢字の区別なく、漢字であるものを漢字と判別している確率（漢字判別率とする）を算出した。その結果を図4.2と表4.1に示す。また、被験者別の快漢字・不快漢字の判別率の詳細は表4.2から表4.11に示す。漢字として認識されている確率も、ほぼ50%以下と低い結果であり、漢字およびスクランブル画像ともにスクランブル画像として認識されている確率が高かった。これは、スクランブル画像を見て、「嫌」と「華」を並べ替えた文字であることが分かったという意見が多かったため、判別が難しくなったと予想される。また、漢字を見るという行為が退屈なため、眠気を催していたとも考えられる。3クラス（快、不快、スクランブル）の混同行列は、多くの場合データ数が最も多いスクランブルと判定されていた。これは判別に失敗していることを意味している。本研究ではSVMを用いて機械学習を行なったが、それらのカーネルやハイパーパラメータについてはほとんど考慮していないので、それらを検討することで判別率が向上する可能性がある。また、他の分類器を使用することで判別率が向上する可能性も考えられる。さらに、被験者によっては漢字判別率が78%と高いことから、個人差が大きく存在すると思われる。

これを受け、スクランブル画像を考慮せず、快漢字・不快漢字の判別率を算出した。その結果を図4.3と表4.12に、被験者別の詳細を表4.13から表4.22に示す。結果として、快漢字判別率は11%から67%、不快漢字判別率は44%から89%であり、快漢字・不快漢字ともにチャンスレベルである50%を上回っているものが多い。被験者Bにおいては不快漢字、快漢字ともに67%という結果であり、多少判別できているが、他の被験者においてはほとんど判別できていないと考える。また、全ての被験者において不快漢字の判別率は快漢字の判別率と同じか上回っていることから、不快であると判定される確率が高いことが分かる。しかし、快漢字と不快漢字においてはデータ量は同じであり、原因は本実験の結果からは明らかにすることはできなかった。そのため今後、不快と判定される確率が高い理由を検証する

4.2 実験結果・考察

必要があると考える。

スクランブル画像の元の漢字である「嫌」と「華」が分かったなどの意見が多くあったことから、今回は4分割で並べ替えたがさらに多分割で並べ替えを行う、存在しない漢字や韓国語であるハングル文字などの意味がわからない漢字で行うことで判別率向上が見込まれる。他にも、手書きの文字やフォントの変化を用いて感情を誘起させやすくすることや、漢字1文字だけではなく単語や熟語、文章などで行う、漢字と表情を同時に呈示した脳活動を計測することで判別率が上がる可能性も考えられる。

4.2 実験結果・考察

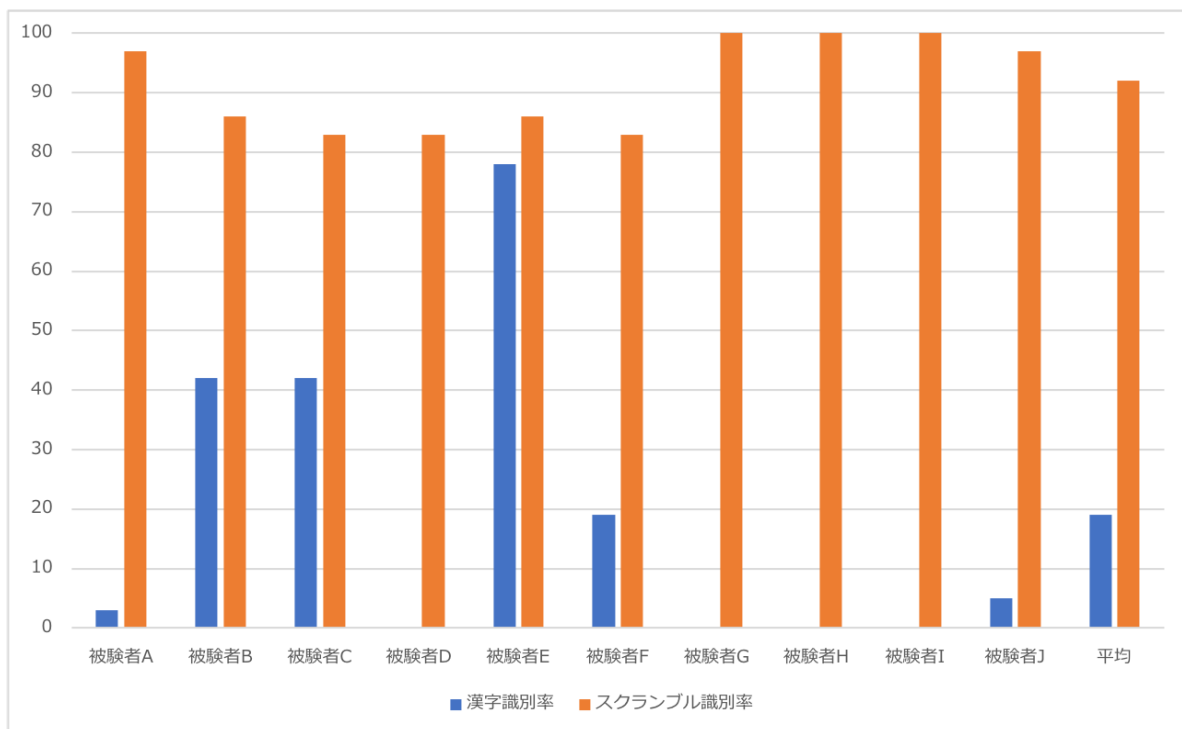


図 4.2: 漢字とスクランブル画像の判別率

4.2 実験結果・考察

表 4.1: 被験者別の判別率

	漢字判別率	スクランブル画像判別率
被験者 A	3%	97%
被験者 B	42%	86%
被験者 C	42%	83%
被験者 D	0%	83%
被験者 E	78%	86%
被験者 F	19%	83%
被験者 G	0%	100%
被験者 H	0%	100%
被験者 I	0%	100%
被験者 J	5%	97%
平均	19%	92%

4.2 実験結果・考察

表 4.2: 混同行列 (被験者 A)

表情	快漢字	不快漢字	スクランブル画像
快漢字	0	0	18
不快漢字	0	1	17
スクランブル画像	0	1	35

表 4.3: 混同行列 (被験者 B)

表情	快漢字	不快漢字	スクランブル画像
快漢字	8	1	9
不快漢字	4	2	12
スクランブル画像	3	2	31

表 4.4: 混同行列 (被験者 C)

表情	快漢字	不快漢字	スクランブル画像
快漢字	3	4	11
不快漢字	2	6	10
スクランブル画像	5	1	30

4.2 実験結果・考察

表 4.5: 混同行列（被験者 D）

表情	快漢字	不快漢字	スクランブル画像
快漢字	0	0	0
不快漢字	0	0	0
スクランブル画像	0	6	30

表 4.6: 混同行列（被験者 E）

表情	快漢字	不快漢字	スクランブル画像
快漢字	9	7	2
不快漢字	11	1	6
スクランブル画像	2	3	31

表 4.7: 混同行列（被験者 F）

表情	快漢字	不快漢字	スクランブル画像
快漢字	0	6	12
不快漢字	1	7	10
スクランブル画像	3	3	30

4.2 実験結果・考察

表 4.8: 混同行列 (被験者 G)

表情	快漢字	不快漢字	スクランブル画像
快漢字	0	0	18
不快漢字	0	0	18
スクランブル画像	0	0	36

表 4.9: 混同行列 (被験者 H)

表情	快漢字	不快漢字	スクランブル画像
快漢字	0	0	18
不快漢字	0	0	18
スクランブル画像	0	0	36

表 4.10: 混同行列 (被験者 I)

表情	快漢字	不快漢字	スクランブル画像
快漢字	0	0	18
不快漢字	0	0	18
スクランブル画像	0	0	36

4.2 実験結果・考察

表 4.11: 混同行列 (被験者 J)

表情	快漢字	不快漢字	スクランブル画像
快漢字	1	0	17
不快漢字	1	0	17
スクランブル画像	1	0	35

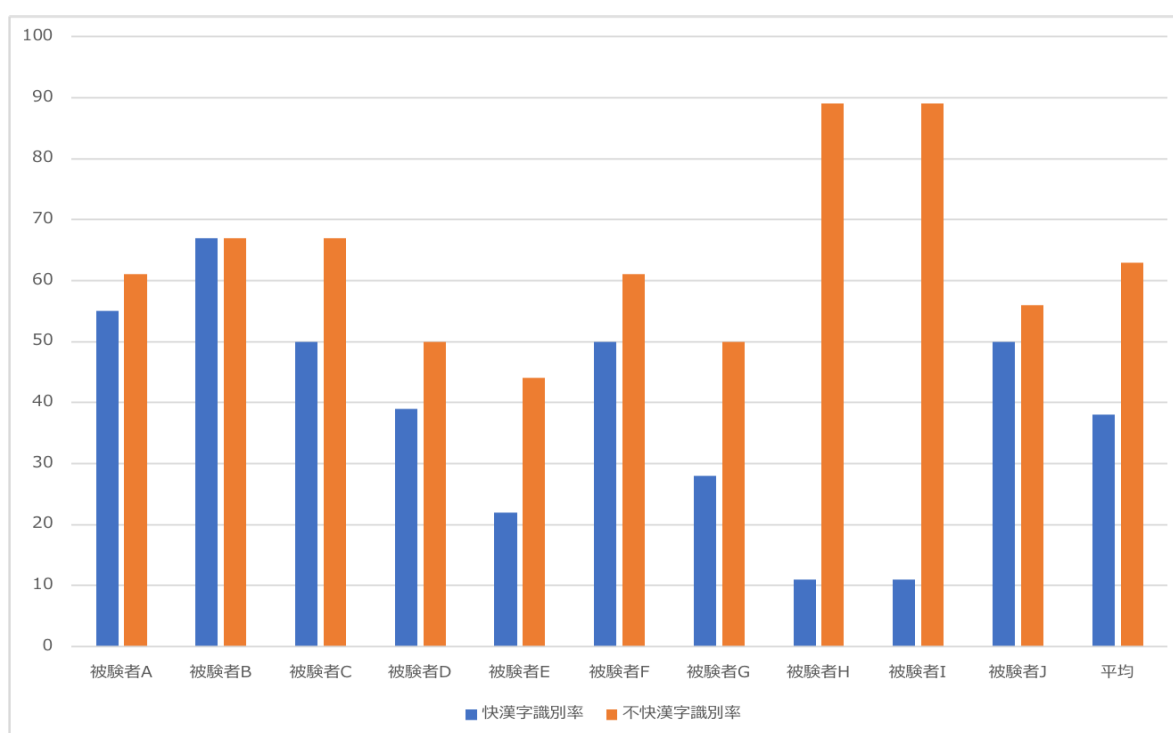


図 4.3: 快漢字と不快漢字の判別率

4.2 実験結果・考察

表 4.12: スクランブル画像を考慮せず算出した判別率

	快漢字判別率	不快漢字判別率
被験者 A	55%	61%
被験者 B	67%	67%
被験者 C	50%	67%
被験者 D	39%	50%
被験者 E	22%	44%
被験者 F	50%	61%
被験者 G	28%	50%
被験者 H	11%	89%
被験者 I	11%	89%
被験者 J	50%	56%
平均	38%	63%

表 4.13: 混同行列（被験者 A：スクランブルを考慮しない）

表情	快漢字	不快漢字
快漢字	10	8
不快漢字	7	11

4.2 実験結果・考察

表 4.14: 混同行列（被験者 B：スクランブルを考慮しない）

表情	快漢字	不快漢字
快漢字	12	6
不快漢字	6	12

表 4.15: 混同行列（被験者 C：スクランブルを考慮しない）

表情	快漢字	不快漢字
快漢字	9	9
不快漢字	6	12

表 4.16: 混同行列（被験者 D：スクランブルを考慮しない）

表情	快漢字	不快漢字
快漢字	7	11
不快漢字	9	9

4.2 実験結果・考察

表 4.17: 混同行列（被験者 E：スクランブルを考慮しない）

表情	快漢字	不快漢字
快漢字	4	14
不快漢字	10	8

表 4.18: 混同行列（被験者 F：スクランブルを考慮しない）

表情	快漢字	不快漢字
快漢字	9	9
不快漢字	7	11

表 4.19: 混同行列（被験者 G：スクランブルを考慮しない）

表情	快漢字	不快漢字
快漢字	5	13
不快漢字	9	9

4.2 実験結果・考察

表 4.20: 混同行列（被験者 H：スクランブルを考慮しない）

表情	快漢字	不快漢字
快漢字	2	16
不快漢字	2	16

表 4.21: 混同行列（被験者 I：スクランブルを考慮しない）

表情	快漢字	不快漢字
快漢字	2	16
不快漢字	2	16

表 4.22: 混同行列（被験者 J：スクランブルを考慮しない）

表情	快漢字	不快漢字
快漢字	9	9
不快漢字	8	10

第 5 章

結論

本研究では、漢字を見た際の感情について、快漢字・不快漢字・スクランブルの画像を用いて判別を行った。実験での被験者の脳活動の計測には fMRI を、機械学習アルゴリズムには SVM を、性能評価には交差検証法を用いて脳情報デコーディングを行い、判別率を算出した。結果として、快漢字・不快漢字別の判別率は 50%以下と低かったため、快漢字・不快漢字の区別なく漢字として判別している確率を算出したが、漢字もスクランブルもほとんど全てがスクランブルと判定されていた。これを受け、スクランブルを考慮せず、快漢字・不快漢字の判別率を算出した結果、快漢字の判別率は 11%から 67%、不快漢字の判別率は 44%から 89%であり、快漢字・不快漢字ともにチャンスレベルである 50%を上回っているものが多かった。しかし、全ての被験者において不快漢字の判別率は快漢字の判別率と同じか上回っており、不快であると判定される確率が高かった。また、快漢字・不快漢字のデータ量は同じであり、本実験からは不快と判定されている場合が多い原因は不明であった。

実験のスクランブル画像は漢字を編集して作成したものであるが、編集する前の元の漢字が何であるかわかったという意見があったため、今回 4 分割で作成したが更に多分割で作成することや、存在しない漢字や韓国語のハングル文字などの日本人には意味の分からない漢字で行うことで判別率が向上する可能性があると考えられる。

実験について、fMRI 内では体を動かさずに画面を見続けることのみ課されるため、被験者の多くから実験中に眠気を感じたという意見があった。今後は、判定ボタンを使用するなどの動作を追加することや、画像呈示およびレスト画面呈示時間を短くするなどの実験デザインの検討が必要である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導いただいた高知工科大学情報学群 吉田真一准教授に心から感謝いたします。吉田先生はいつも優しく、研究の実験の際には朝早くの準備から夕方まで長時間の実験をして頂きました。忙しい中でも添削などをお願いした際は快く引く受けてくださいましたし、梗概作成時には体調が悪いにもかかわらず研究室に足を運んでご指導して頂きました。研究以外でも、先生の学生時代のお話などの様々なお話を聞かせて頂き、気さくに話げできました。研究の指導教員が吉田先生だったからこそ、私は最後まで研究をやり遂げることができたと感じています。研究室配属から今日までの数々のご教授に感謝いたしますとともに、これからの研究室の発展をお祈り申し上げます。

高知工科大学情報学群 中原潔教授、ならびに繁樹博昭准教授には本研究の副査をして頂きました。お二方にはお忙しい中、梗概での至らない点などをご教授いただき、研究をより深いものとすることができました。深く感謝申し上げます。

同研究室の方々にも大変お世話になりました。院生である佐々木氏、笹谷氏、領内氏、中山氏、および卒業された首藤氏、鈴木氏には3年生時の輪講などの研究室の活動で多くの助言を頂きました。特に、笹谷氏には研究に使用するソフトウェアのダウンロードなどで、領内氏には夏休み中の研究中間発表の資料作りなどで、佐々木氏や中山氏には研究の実験に関することで、他にも様々なことでたくさん研究の相談に乗って頂きました。人見知りである私にも皆様たいへん優しく接してくださいましたし、それぞれ尊敬できるところを持っている先輩たちで、素晴らしい先輩たちに囲まれて研究できたこと、心より嬉しく思うと同時に誇りに思います。また、3年生の皆様にも大変お世話になりました。私はあまり先輩らしいことはできませんでしたが、気さくに話しかけてくれたりと明るい方たちばかりなので、これからもより良く明るい研究室を作り上げてくれると信じています。これから就職活動や研究活動などで忙しくなるかと思いますが、残り少ない大学生活を楽しんでください。応援しています。

謝辞

そして、同研究室で2年間共にした同期の今川音生氏、鎌倉晋太郎氏、中井祐貴氏、馬場友哉氏、山口智大氏、山中康寛氏には大変お世話になりましたこと、深く感謝いたします。今川氏は研究室の同期では唯一の同性で研究室の中で一番遠慮せず話のできた相手でした。なんでもないようなことでも話できて楽しかったですし、同性であることから居るだけで安心できました。私の土佐弁（ほこちゅう：埃っぽい）に突っ込んでくれたのが、なぜか一番印象に残ってます。鎌倉氏は話をするといつも笑ってくれる、よく笑っている印象が強いです。研究室での席も隣で、嫌な顔せず応えてくれる優しさに甘えて作業中なのに私が話しかけて邪魔してしまって申し訳ないです。中井氏は研究室にいつもいて全てのことを懸命に努力している印象で、頑張っている姿に感心していました。でも、いかなることでも断っているところを見たことがないことと、頑張りすぎているのではないかということで、少し心配でした。また、私が困った時に助けを求めるとすぐに助けてくれました。私の研究室のコンピュータの設定は全て中井氏が行なったと言っても過言ではないほどだと思います。馬場氏とはいつもくだらない話をしていた気がします。でもそれがとても楽しかったです。研究の際もくだらない邪魔をし合っていました。アルバイトをはじめとして様々なことを行なっていて、積極的なところは素晴らしいと思います。山口氏は、難しい課題でもさらっとこなしてしまって、それに対する努力を他人には見せない、そんな方である印象です。リーダーシップを取れるところ尊敬してます。研究室ではいつも冗談を言い合ったりして楽しかったです。山中氏とは、同じfMRIを用いた研究をしていたので、研究で分からないことがあれば全て頼っていました。私は分からないところばかりで、一方的に教えてもらうことがほとんどで、山中氏がいなければ研究を最後までできなかつたかもしれないと思うくらいです。皆様本当に優しい人ばかりで、未熟者である私はたくさん支えてもらいました。吉田研究室で過ごした時間は本当に楽しかったし、かけがえのない思い出です。ありがとうございました。

最後に、これまで支えてくださった家族や友人へ、被験者の方および研究に協力していただいた方へ、4年間関わってきた全ての皆様へ心からの感謝の気持ちと御礼を申し上げたく、謝辞に変えさせていただきます。

参考文献

- [1] 李艶, “漢字と漢字の認知心理学について,” 聖泉論叢, 16号, pp.55-73, 2008年.
- [2] 首藤舞, “表情動画を用いたfMRIによる感情理解の推定,” 平成28年度高知工科大学学位学士論文, 2017年.
- [3] 前原春奈, “fMRIによる脳情報デコーディングを用いた人の表情理解の推定,” 平成27年度高知工科大学学位学士論文, 2016年.
- [4] 岩渕俊樹, “文処理の脳メカニズム,” http://www.rehab.go.jp/ri/noukinou/hibrain/event/141205/141205_iwabuchi.pdf, 2018年2月閲覧.
- [5] Anthony J. Krafnick, Li-Hai Tan, D. Lynn Flowers, Megan M. Luetje, Eileen M. Napoliello, Wai-Ting Siok, Charles Perfetti, Guinevere F. Eden, “Chinese Character and English Word processing in children’s ventral occipitotemporal cortex: fMRI evidence for script invariance,” *NeuroImage* 133, pp.302-312, 2016.
- [6] Hsiang-Yu Chen, Erik C. Chang, Sinead H.Y. Chen, Yi-Chen Lin, Denise H. Wu, “Functional and anatomical dissociation between the orthographic lexicon and the orthographic buffer revealed in reading and writing Chinese characters by fMRI,” *NeuroImage* 129, pp.105-116, 2016.
- [7] Rong Zhao, Rong Fan, Mengxing Liu, Xiaojuan Wang, Jianfeng Yang, “Rethinking the function of brain regions for reading Chinese characters in a meta-analysis of fMRI studies,” *Journal of Neurolinguistics* 44, pp.120–133, 2017.
- [8] SPM12-Statistical Parametric Mapping, <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/spm12/>, 2017年閲覧.
- [9] MRIConvert, yanifty DICOM file converter, <http://lcni.uoregon.edu/downloads/mriconvert>, 2017年閲覧.
- [10] Brain Decoder Toolbox - ATR - DN_i, <http://www.csn.atr.jp/dni/download/>

参考文献

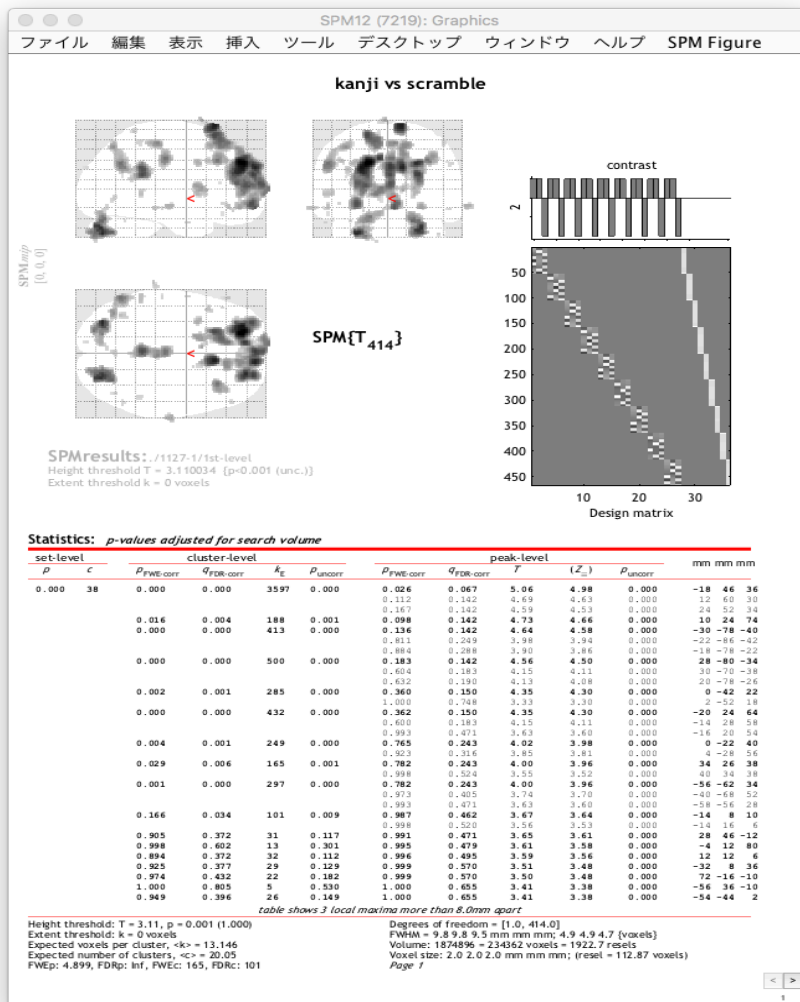
brain-decoder-toolbox/, 2017 年閲覧.

- [11] 小池規伎, “fMRI を用いた脳情報デコーディングにおける特徴選択法に関する研究,”
平成 26 年度高知工科大学修士学位論文, 2014 年.

付録 A

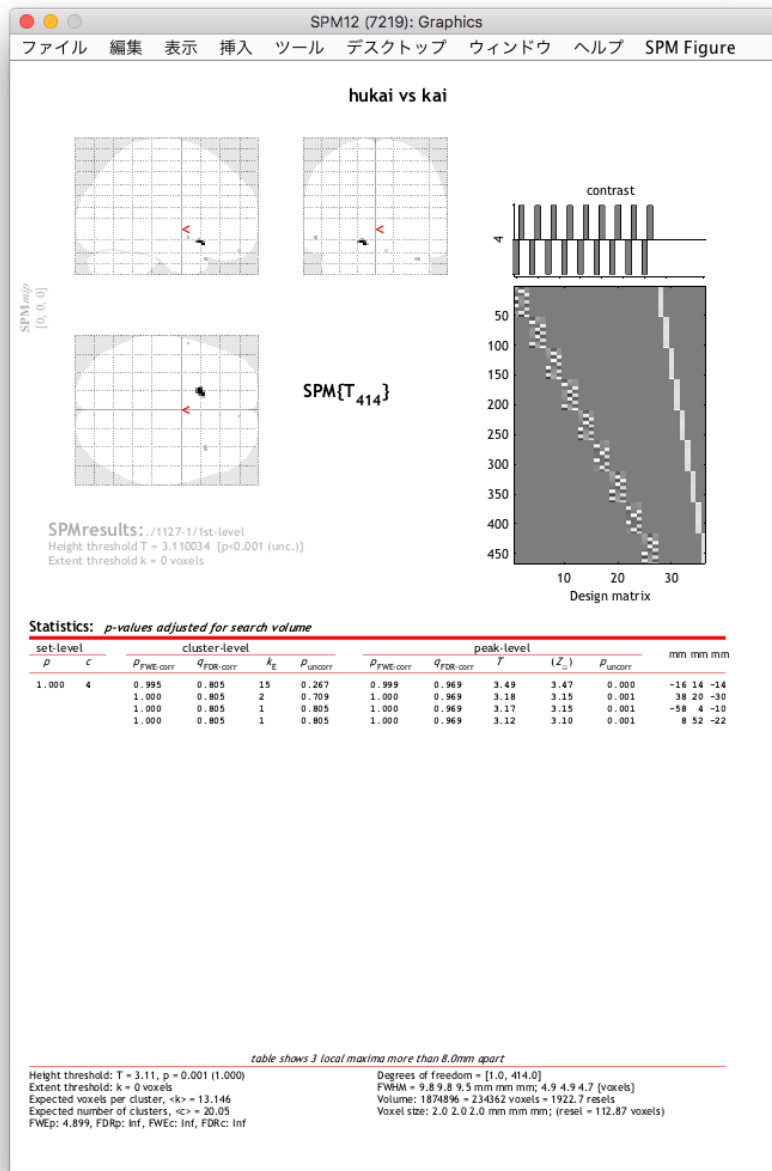
実験結果詳細

A.1 被験者 A



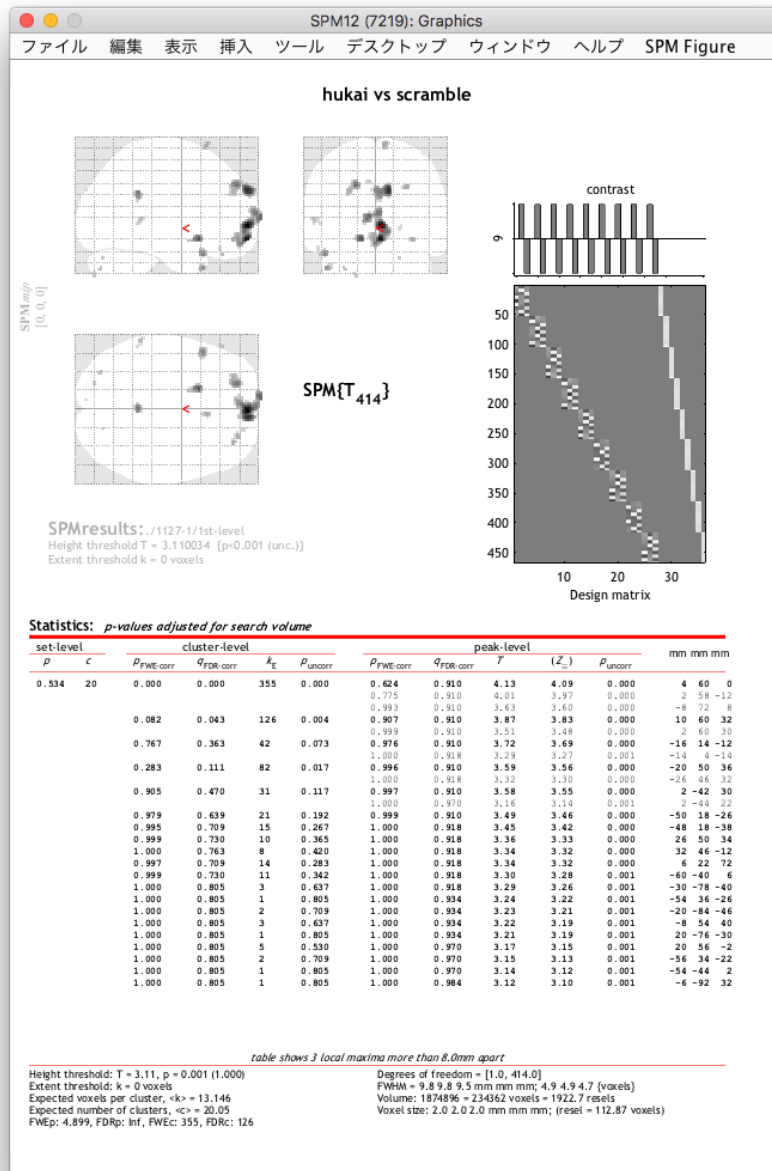
[1]kanji vs scramble

A.1 被験者 A



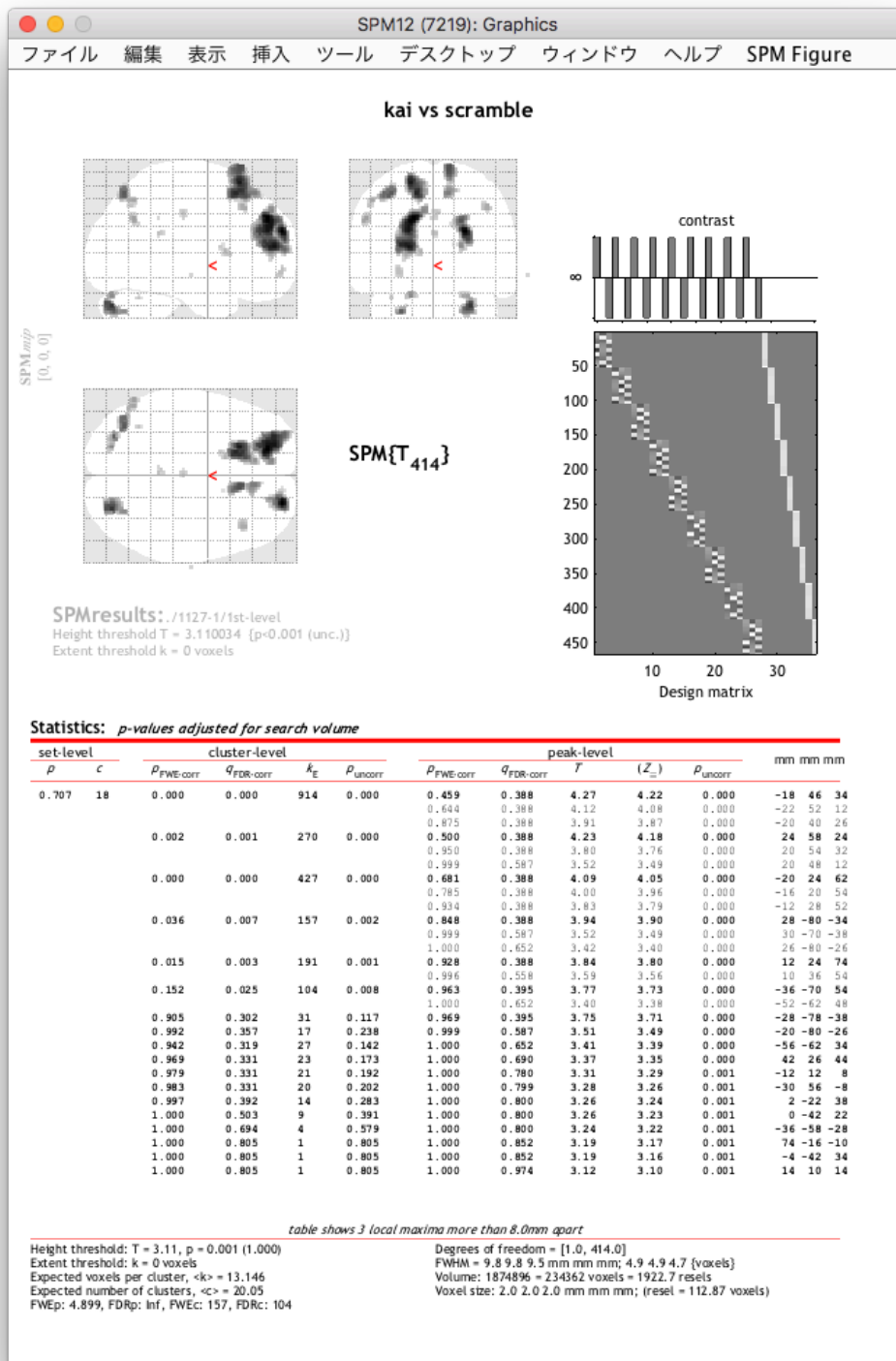
[2]hukai vs kai

A.1 被験者 A



[3]hukai vs scramble

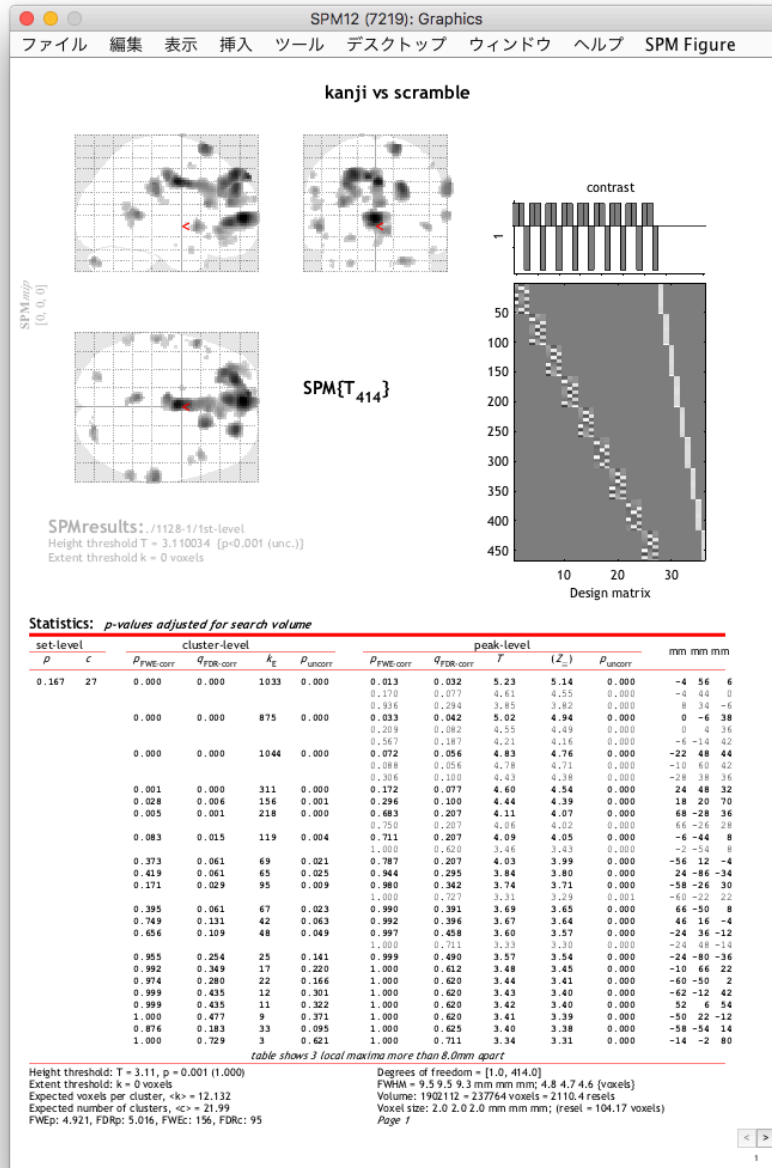
A.1 被験者 A



[4]kai vs scramble

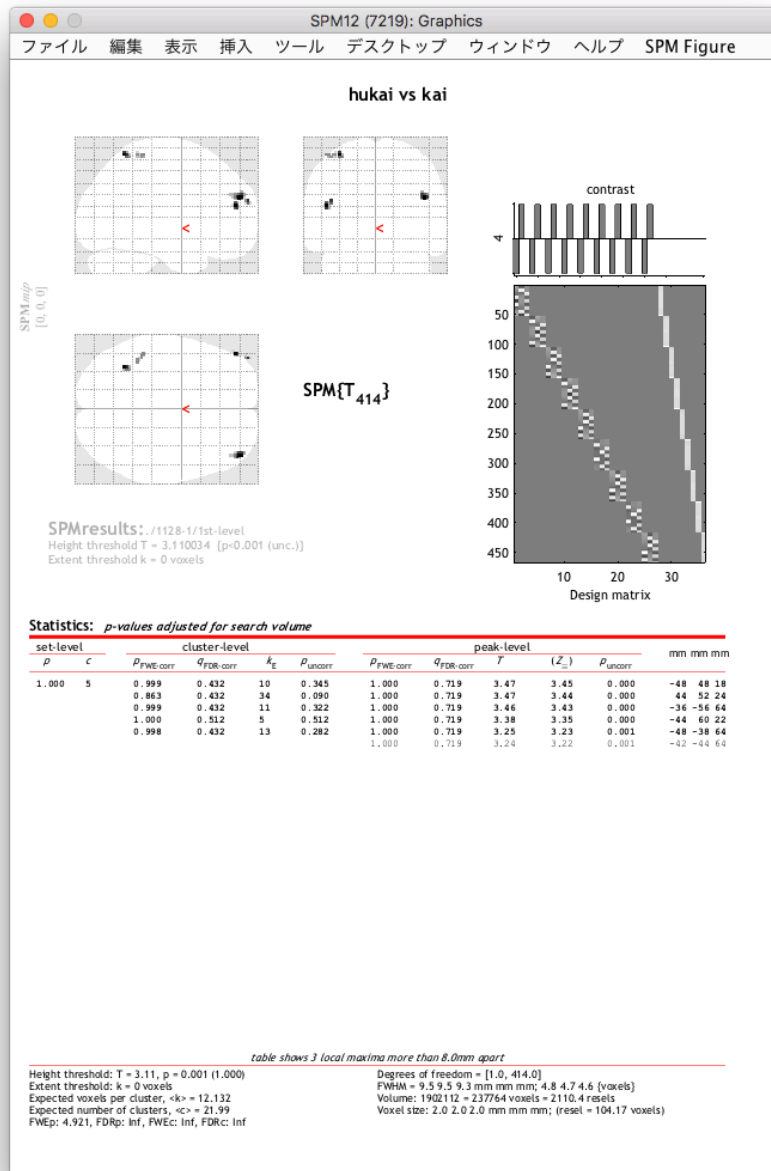
A.2 被験者 B

A.2 被験者 B



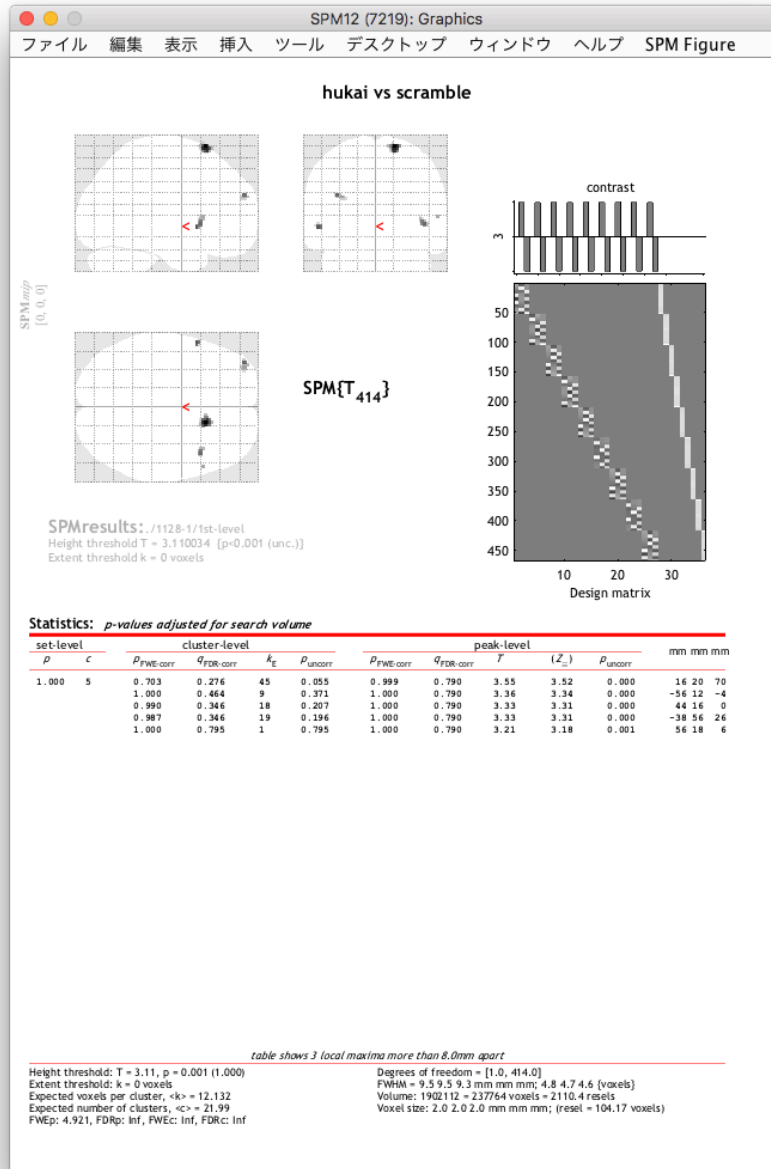
[1]kanji vs scramble

A.2 被験者 B



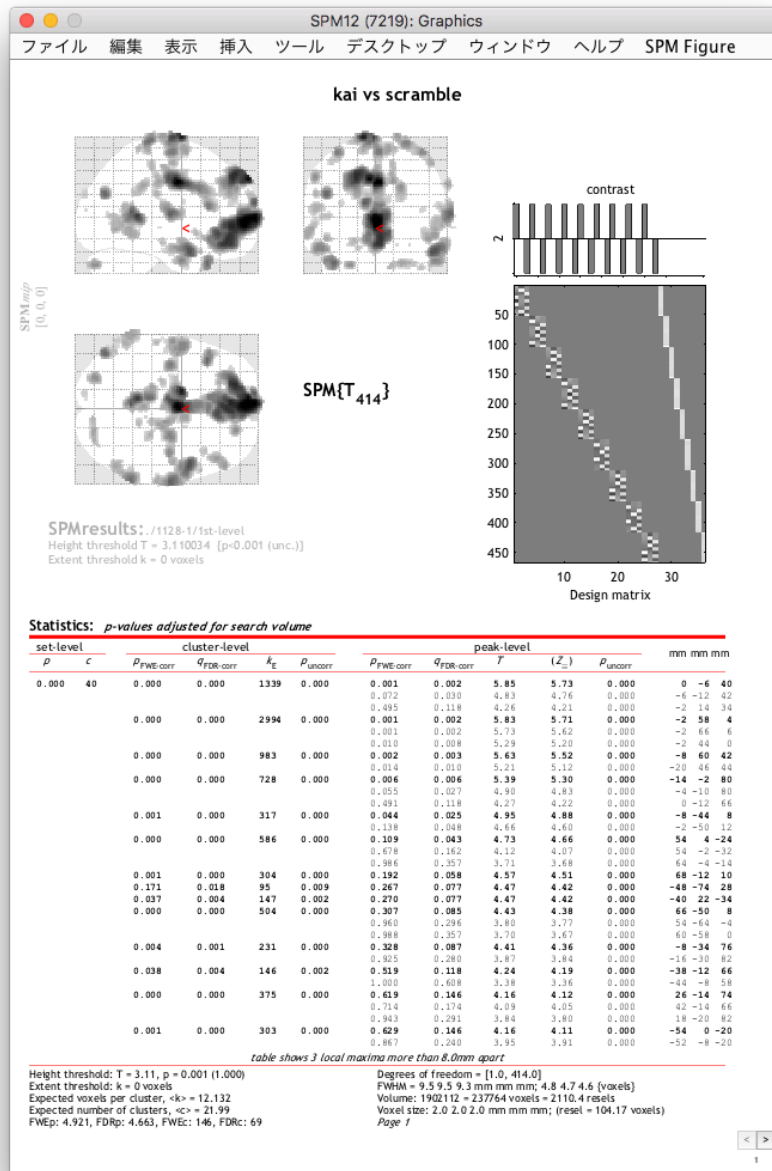
[2]hukai vs kai

A.2 被験者 B



[3]hukai vs scramble

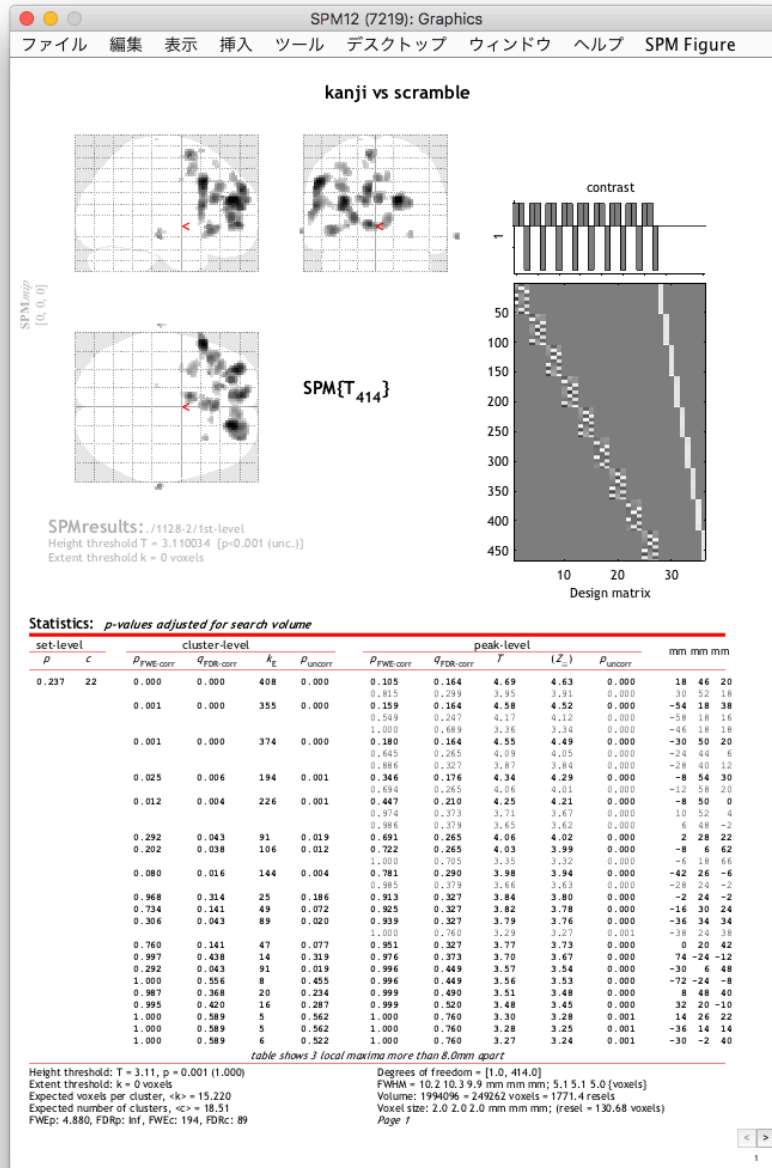
A.2 被験者 B



[4]kai vs scramble

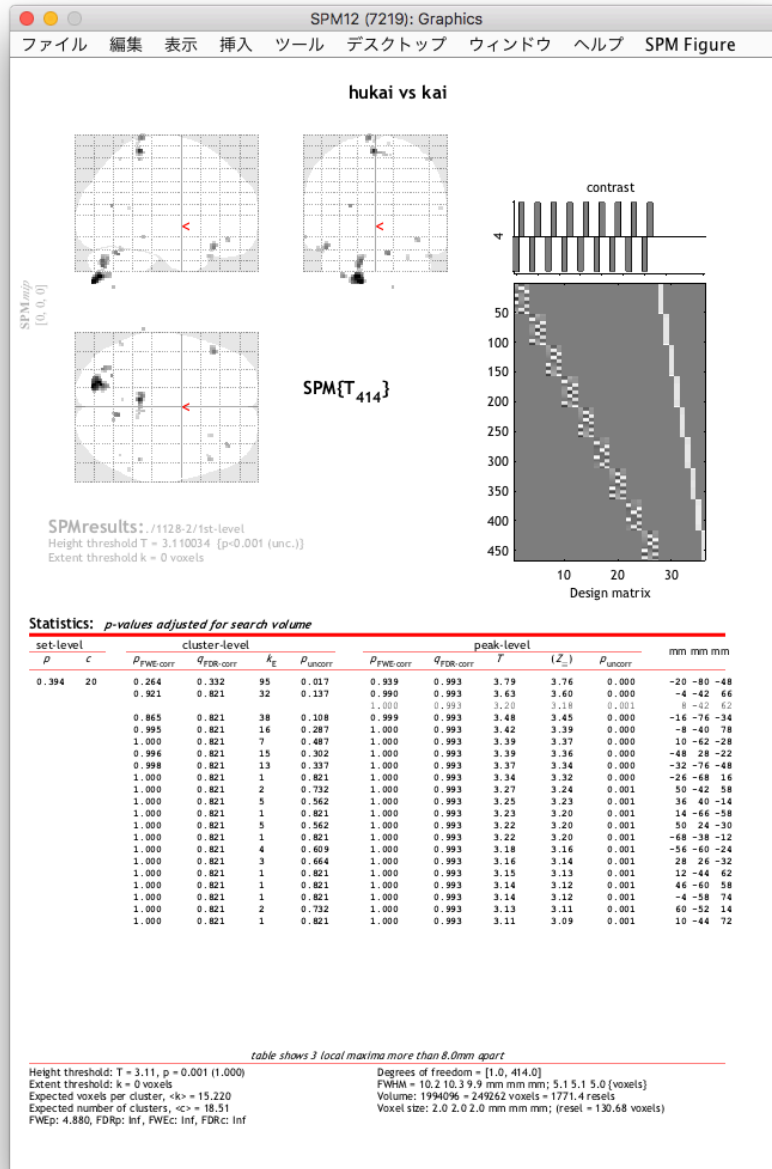
A.3 被験者 C

A.3 被験者 C



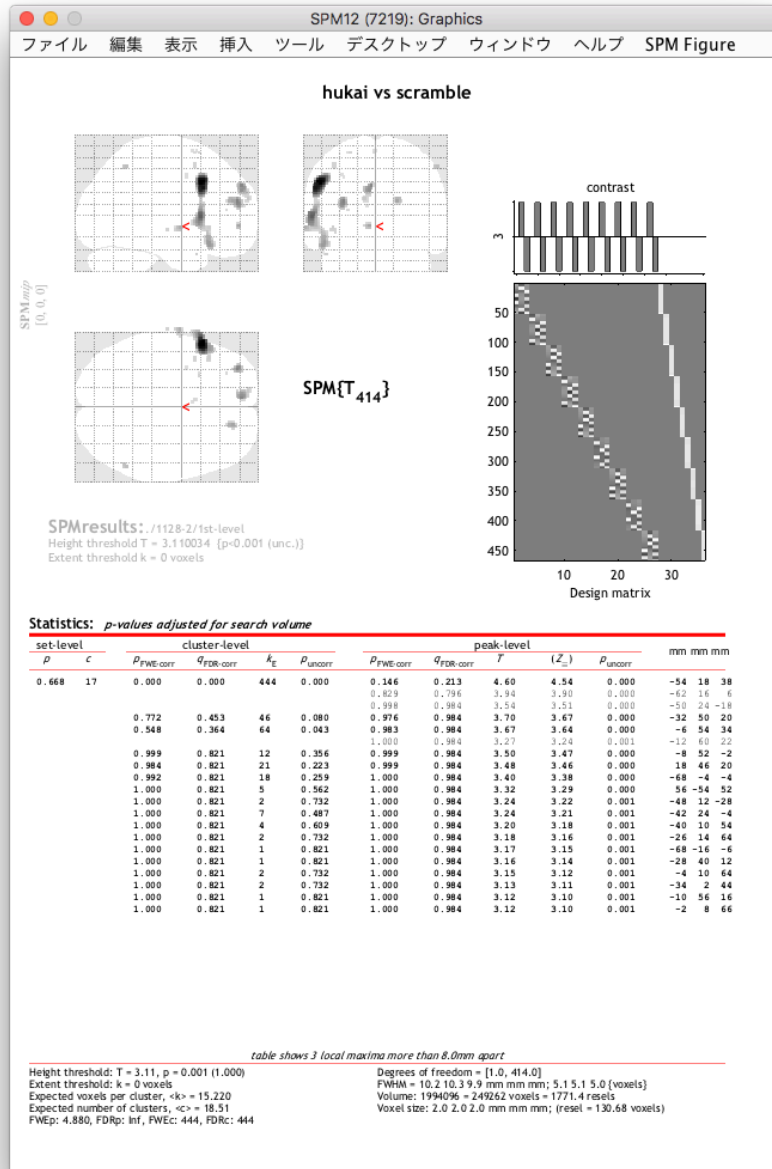
[1]kanji vs scramble

A.3 被験者 C



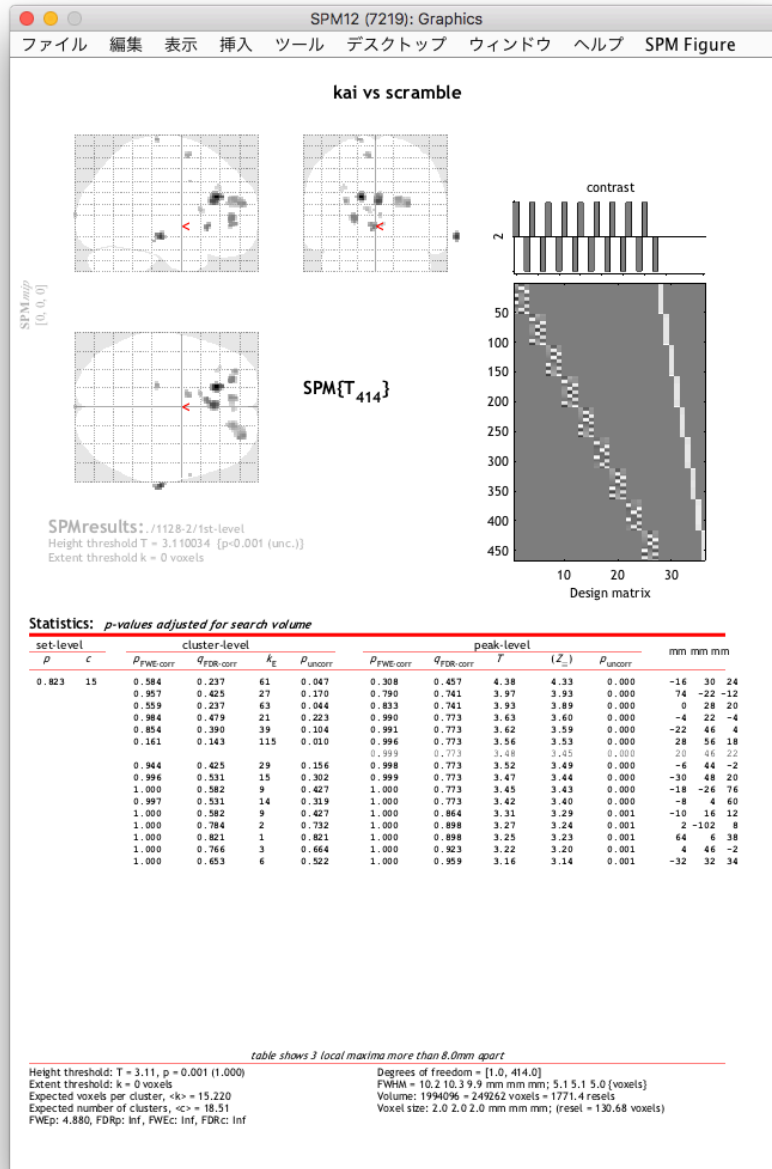
[2]hukai vs kai

A.3 被験者 C



[3]hukai vs scramble

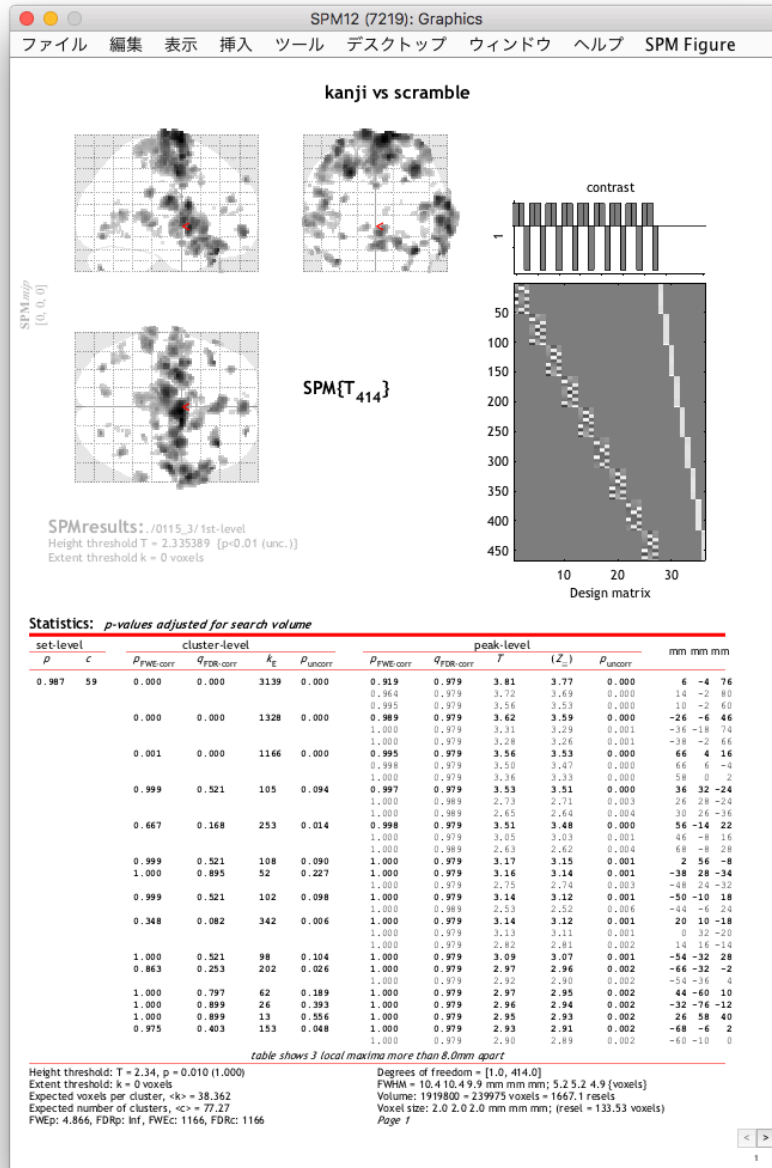
A.3 被験者 C



[4]kai vs scramble

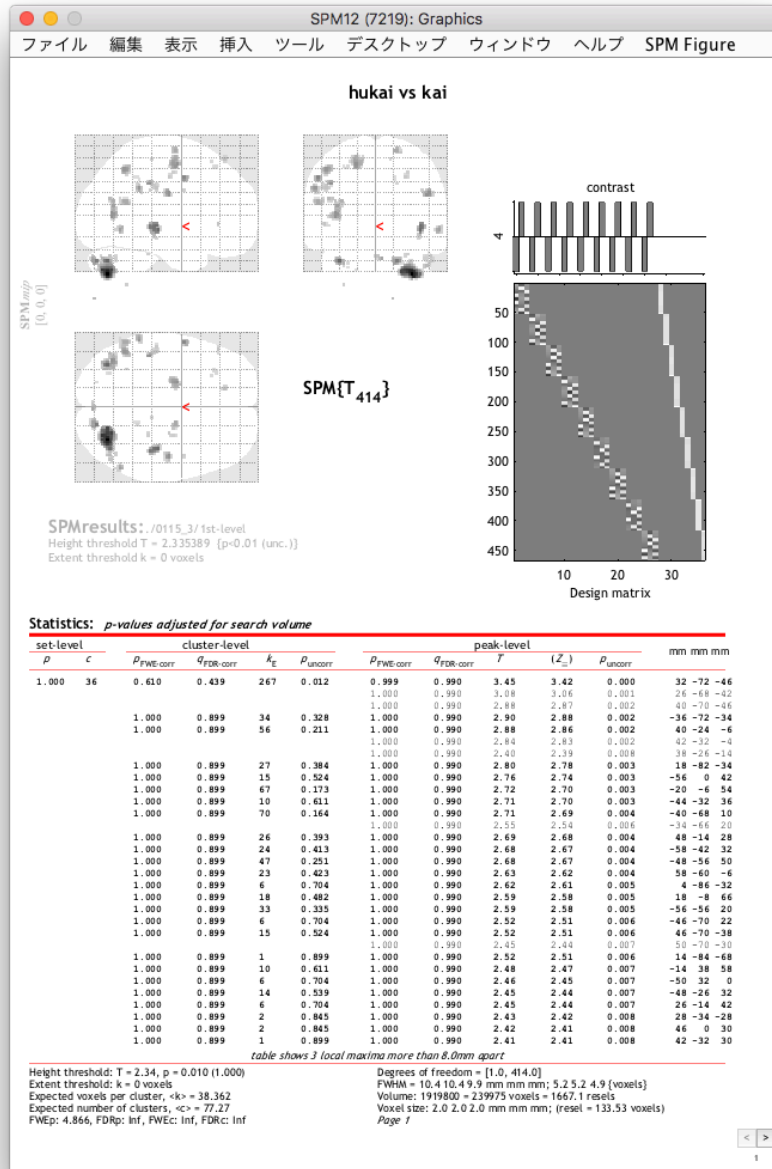
A.4 被験者 D

A.4 被験者 D



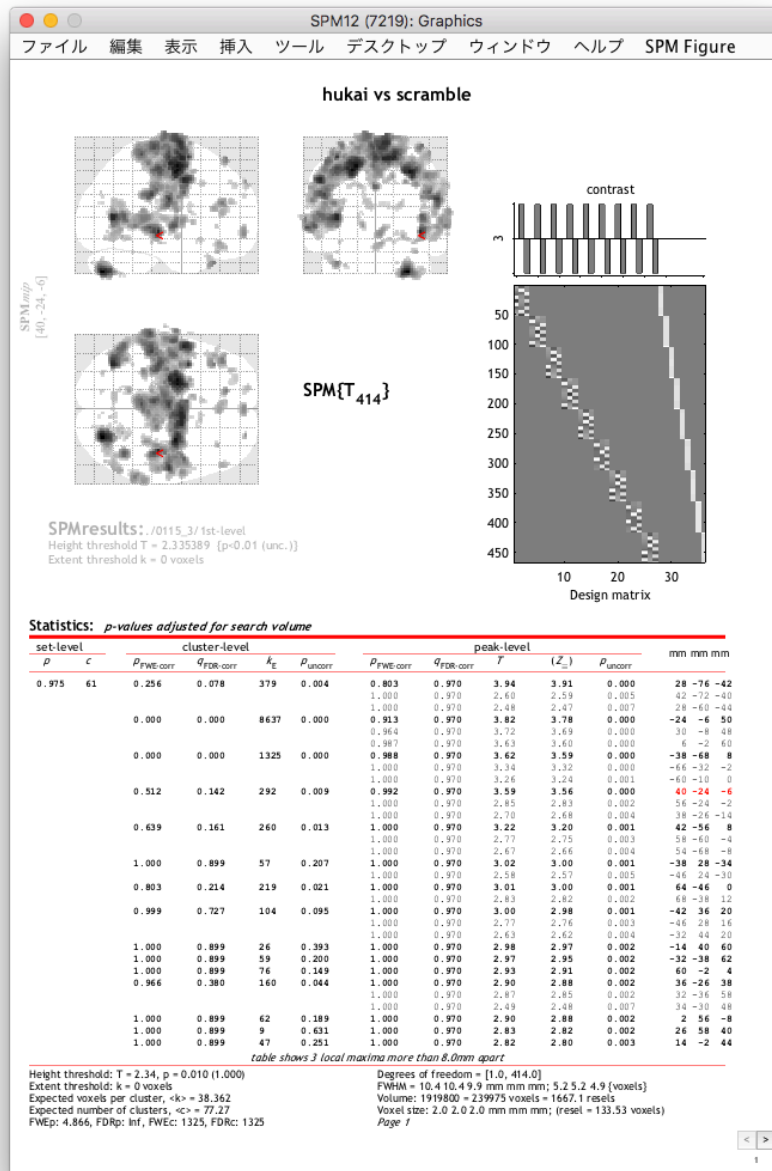
[1]kanji vs scramble

A.4 被験者 D



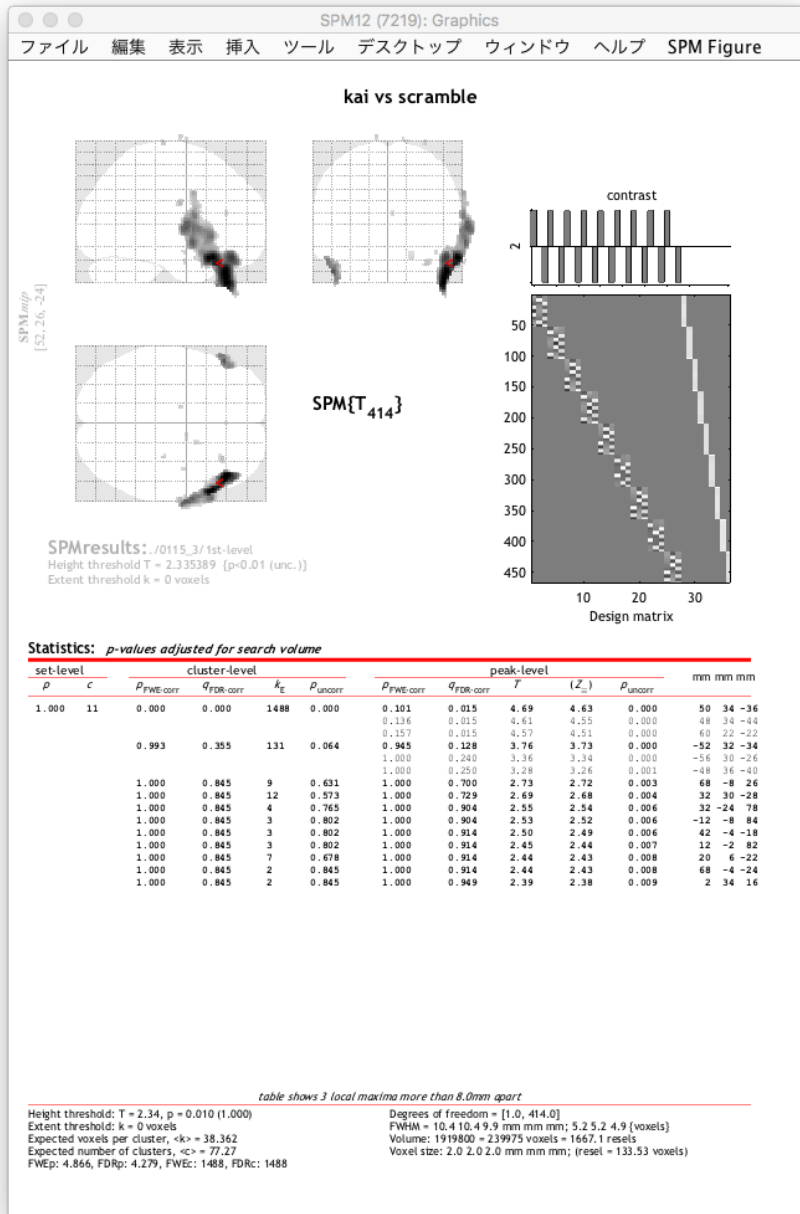
[2]hukai vs kai

A.4 被験者 D



[3]hukai vs scramble

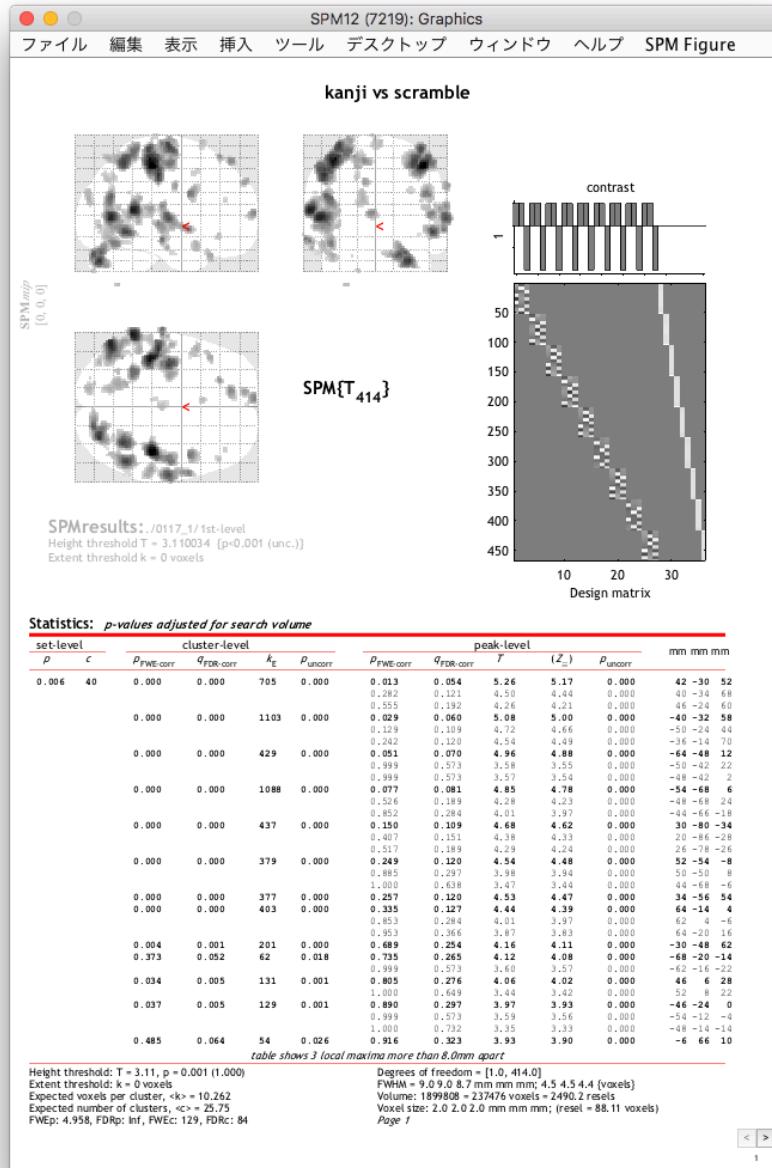
A.4 被験者 D



[4]kai vs scramble

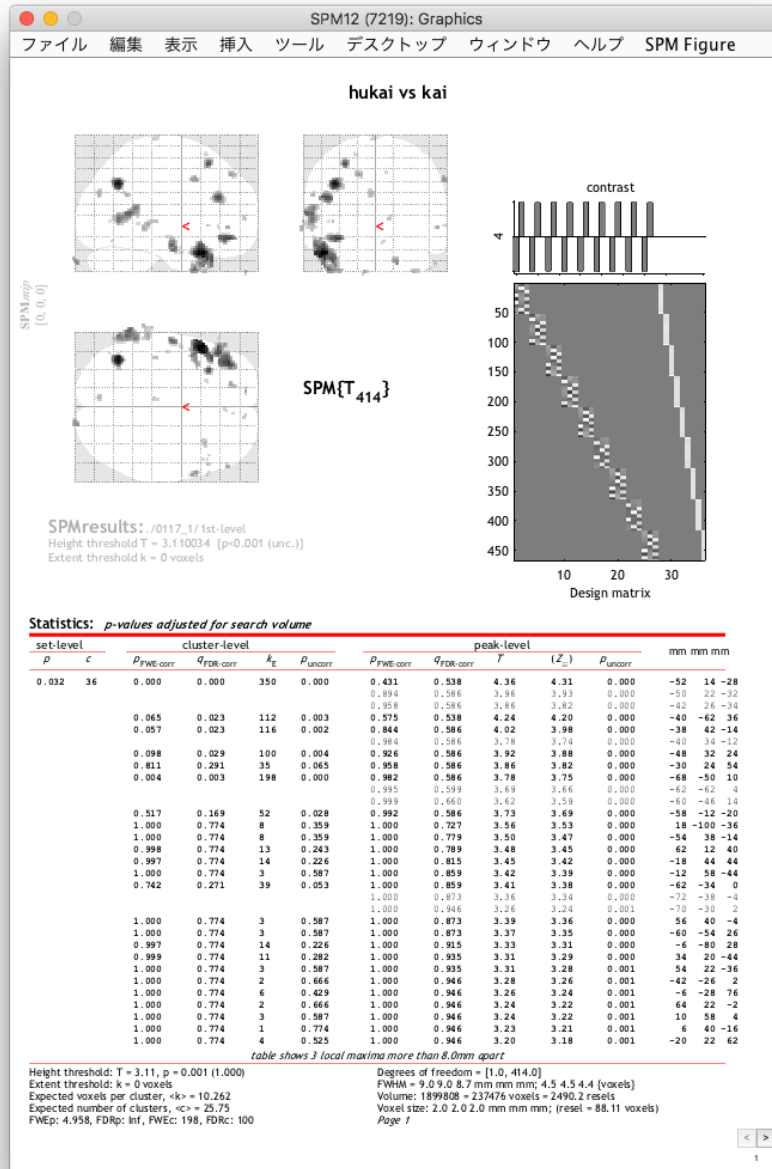
A.5 被験者 E

A.5 被験者 E



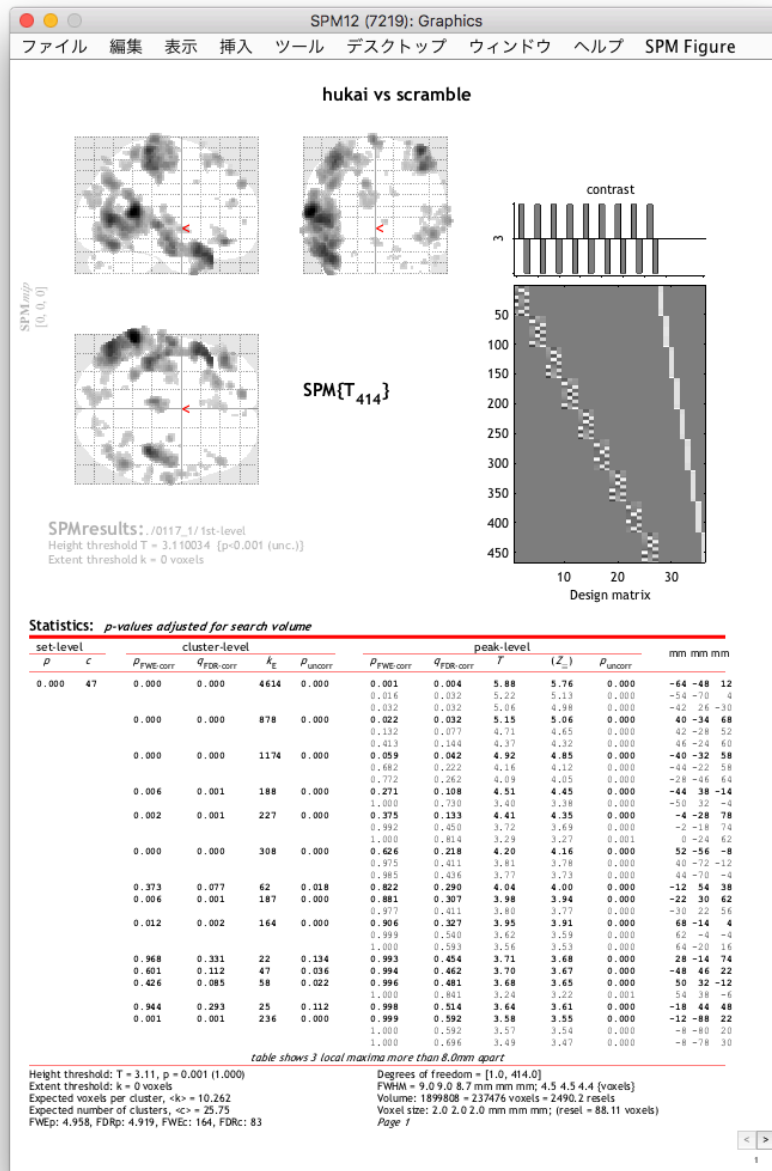
[1]kanji vs scramble

A.5 被験者 E



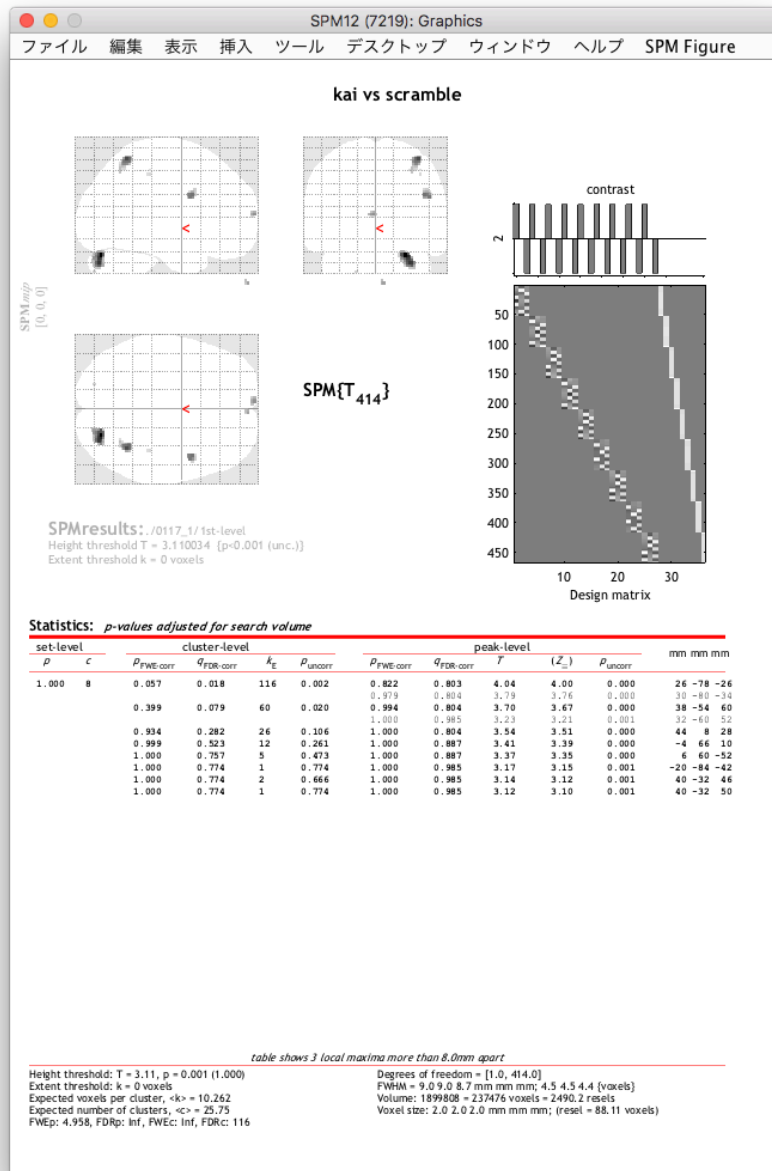
[2]hukai vs kai

A.5 被験者 E



[3]hukai vs scramble

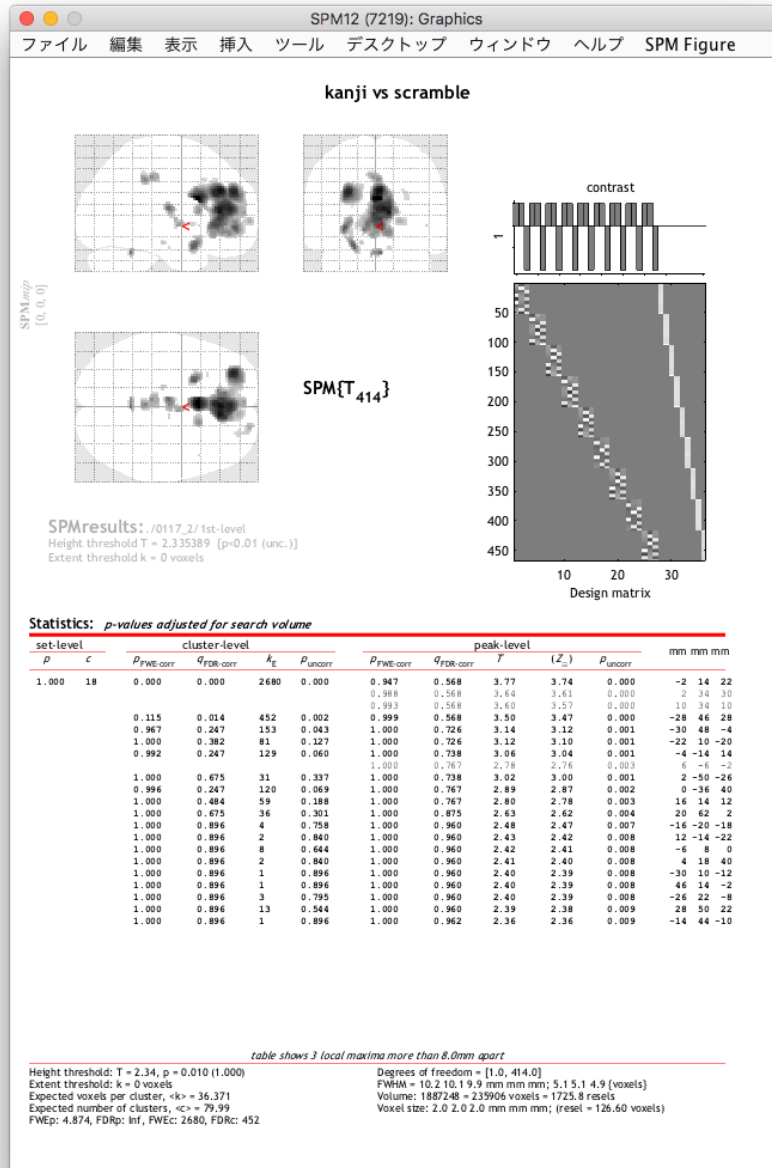
A.5 被験者 E



[4]kai vs scramble

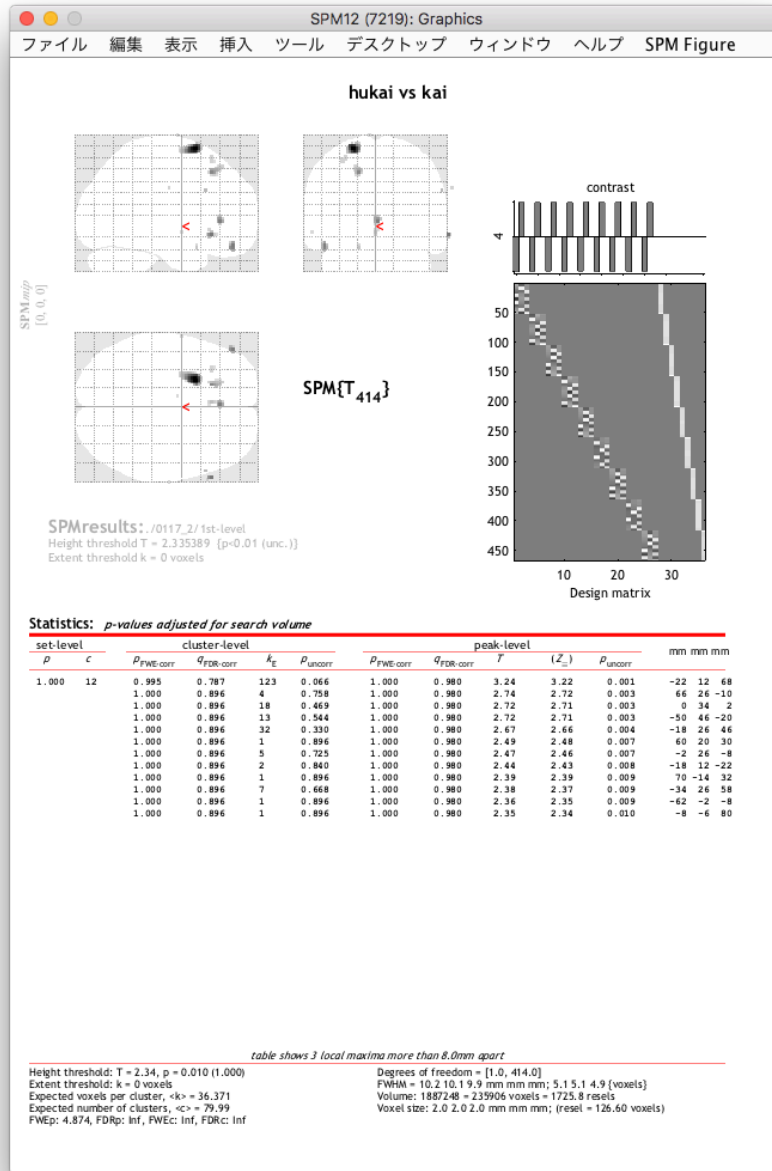
A.6 被験者 F

A.6 被験者 F



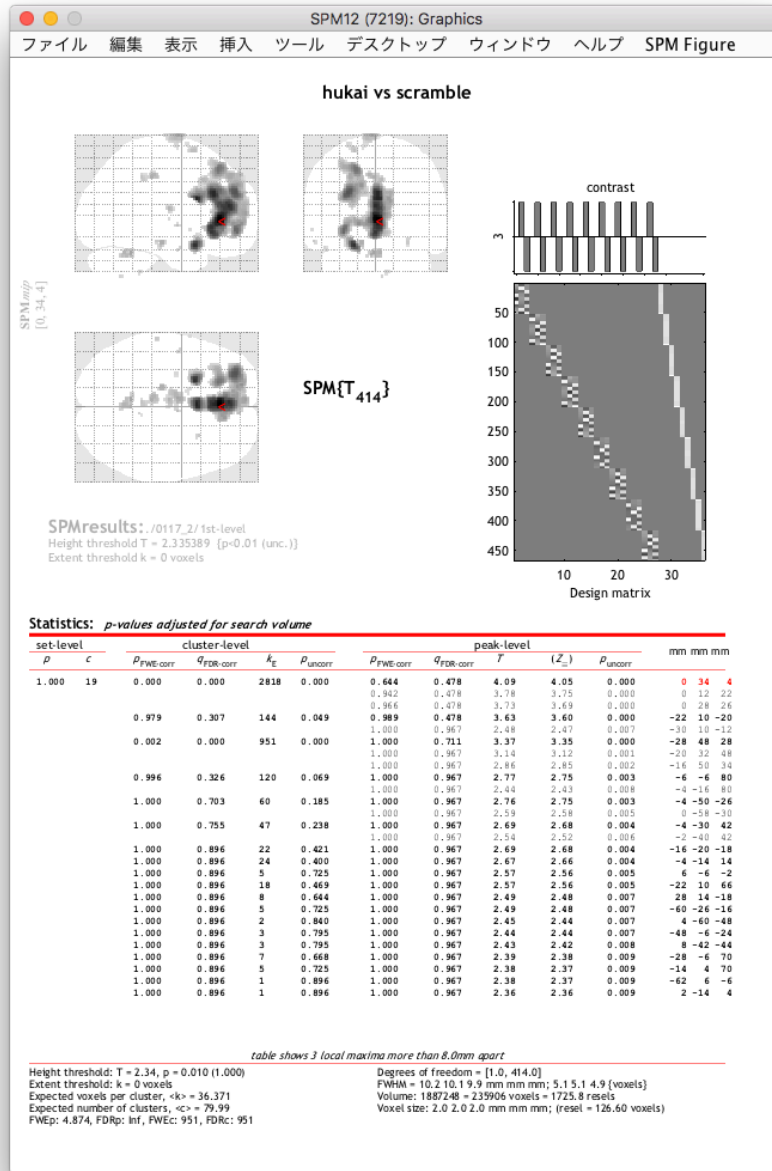
[1]kanji vs scramble

A.6 被験者 F



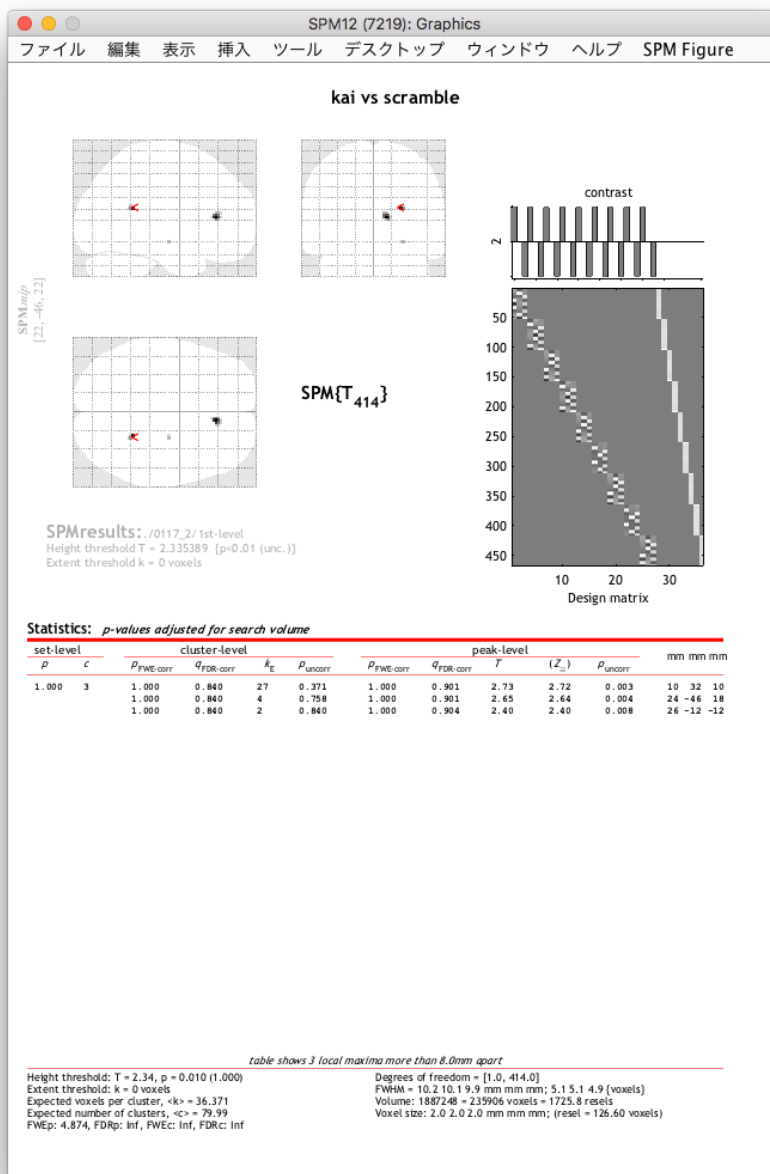
[2]hukai vs kai

A.6 被験者 F



[3]hukai vs scramble

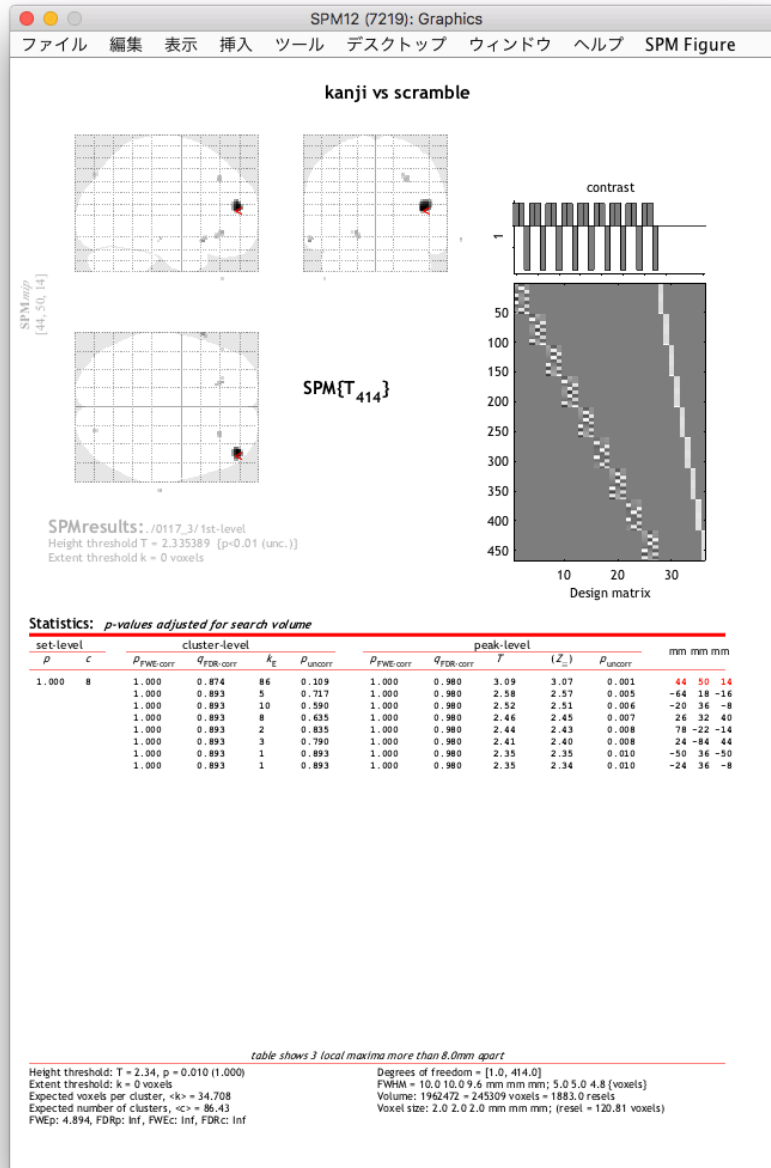
A.6 被験者 F



[4]kai vs scramble

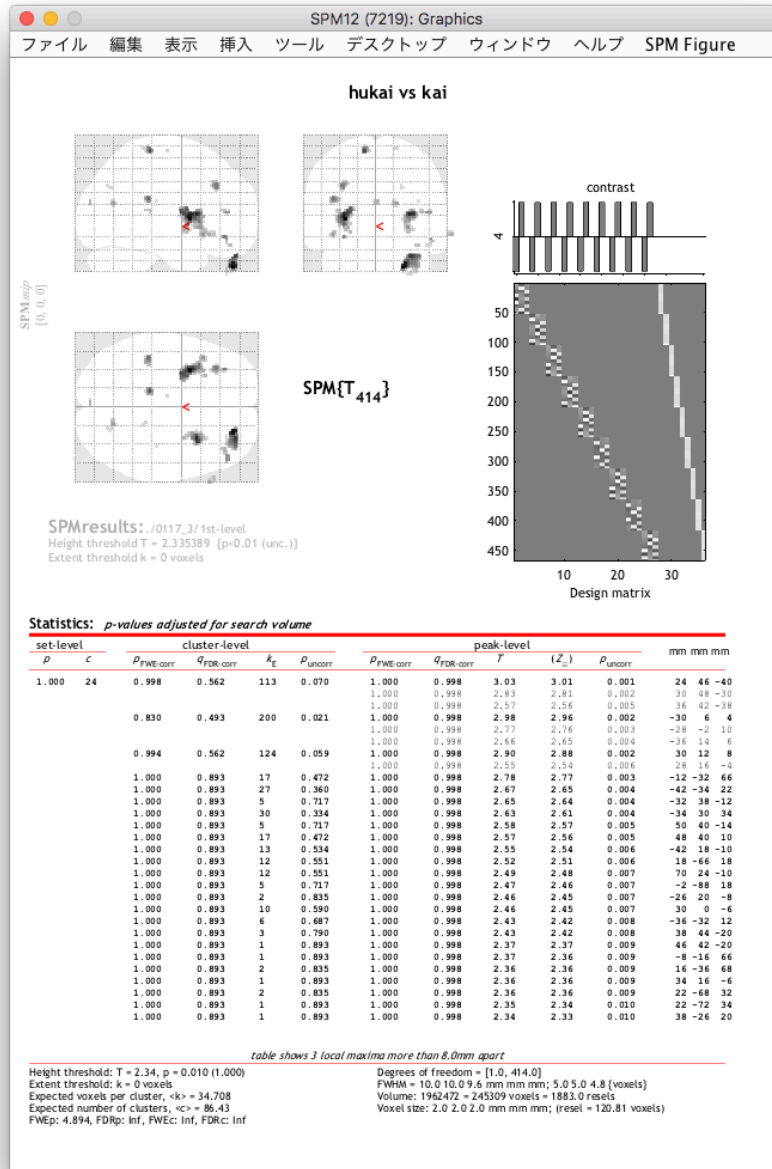
A.7 被験者 G

A.7 被験者 G



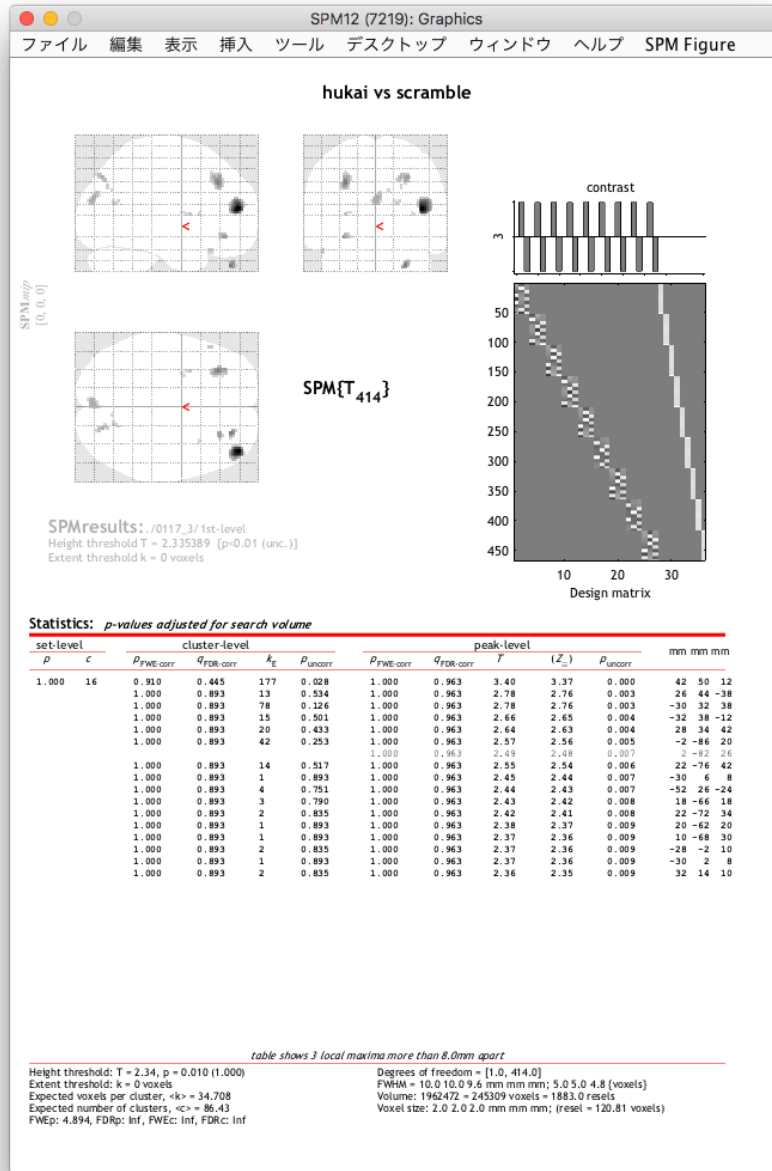
[1]kanji vs scramble

A.7 被験者 G



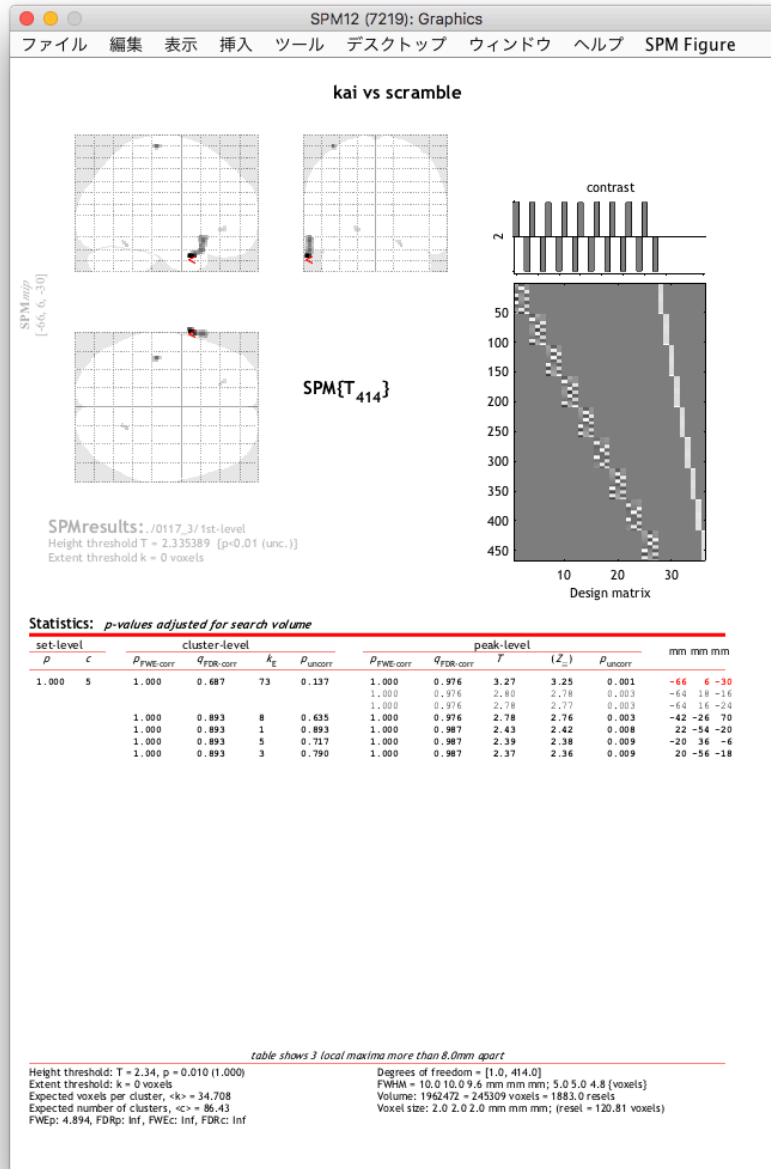
[2]hukai vs kai

A.7 被験者 G



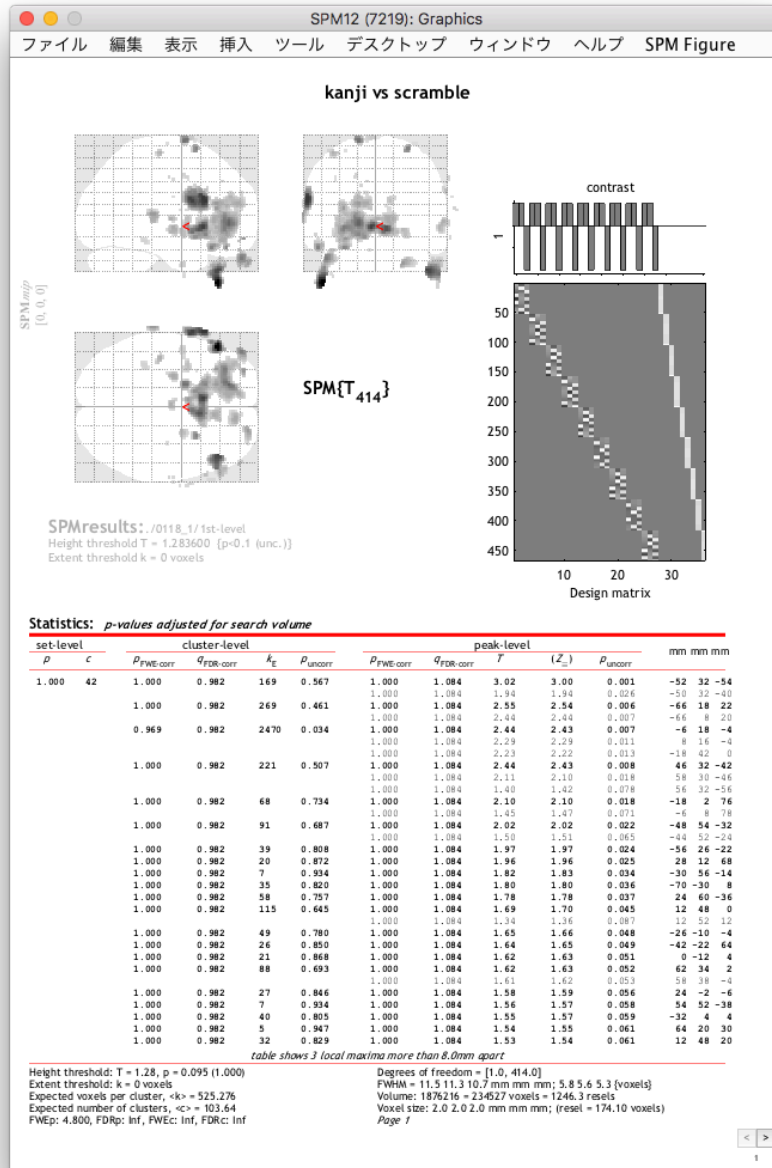
[3]hukai vs scramble

A.7 被験者 G



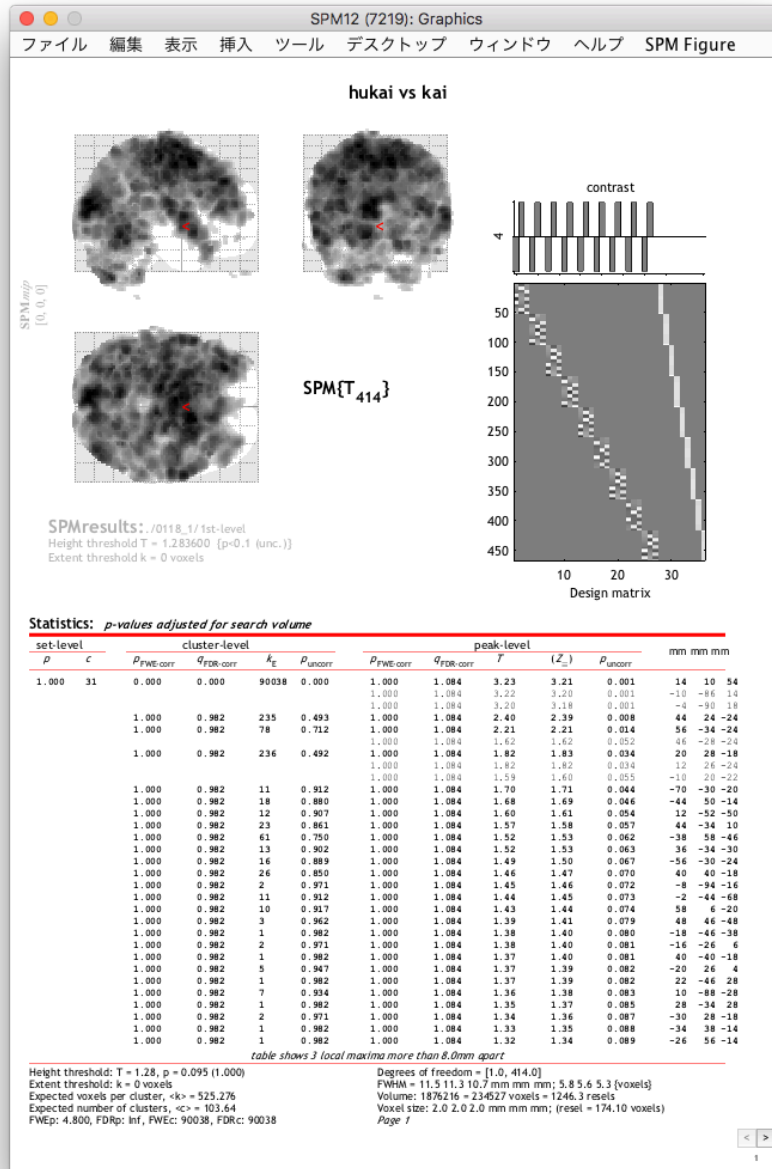
[4]kai vs scramble

A.8 被験者 H



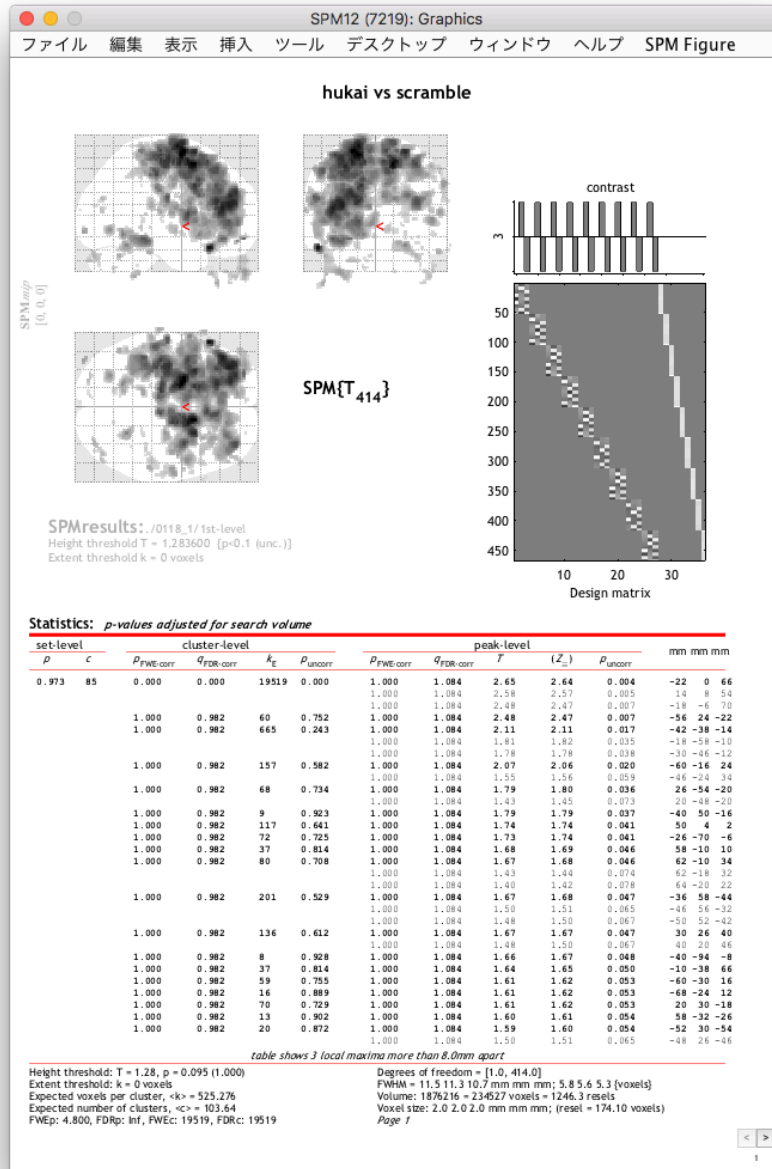
[1]kanji vs scramble

A.8 被験者 H



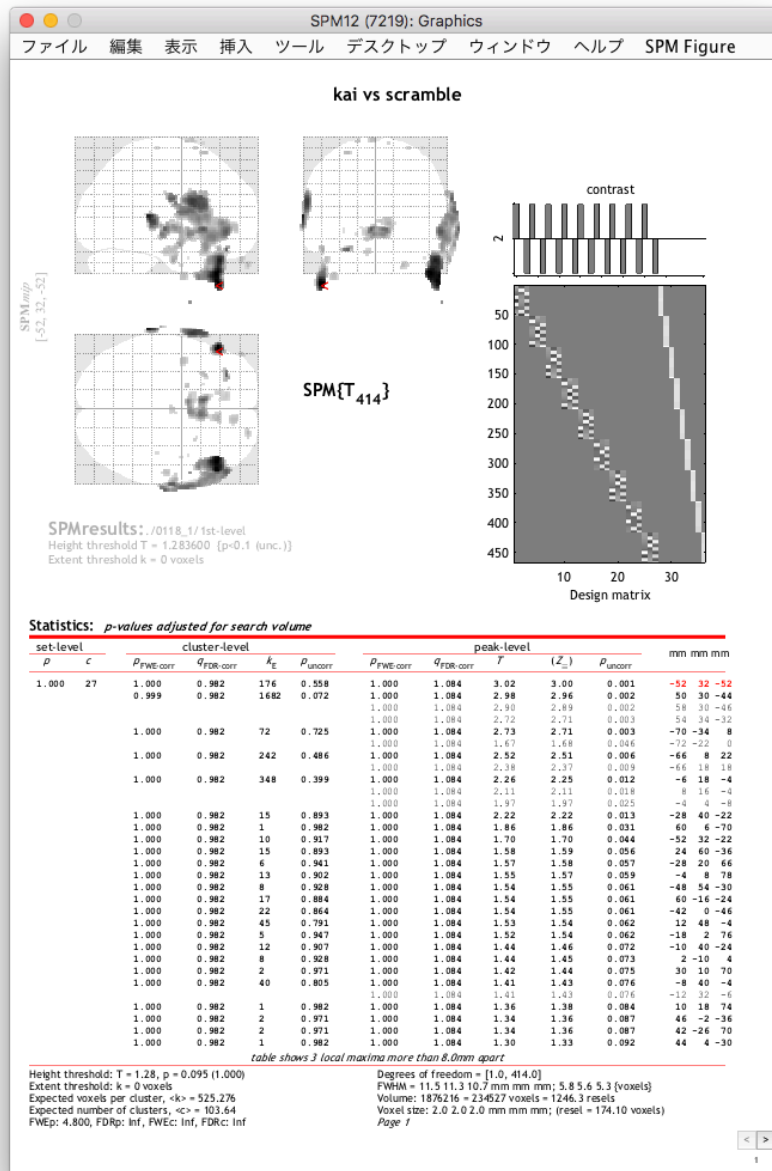
[2]hukai vs kai

A.8 被験者 H



[3]hukai vs scramble

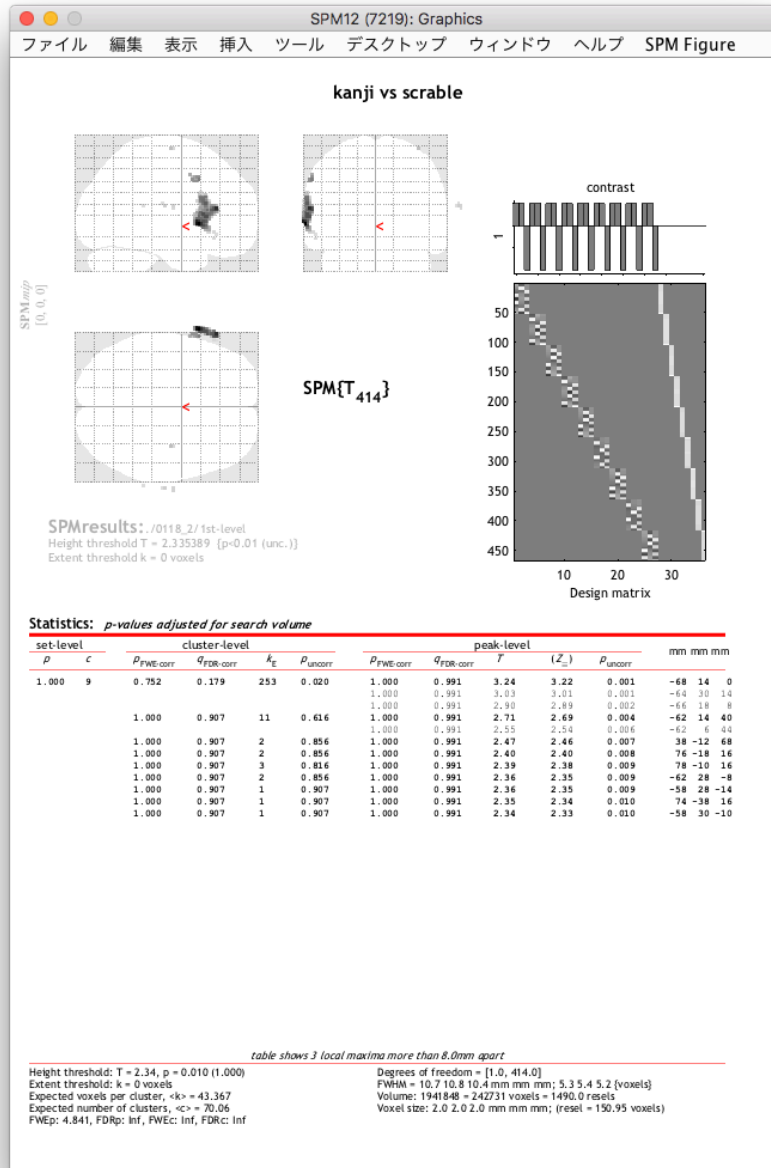
A.8 被験者 H



[4]kai vs scramble

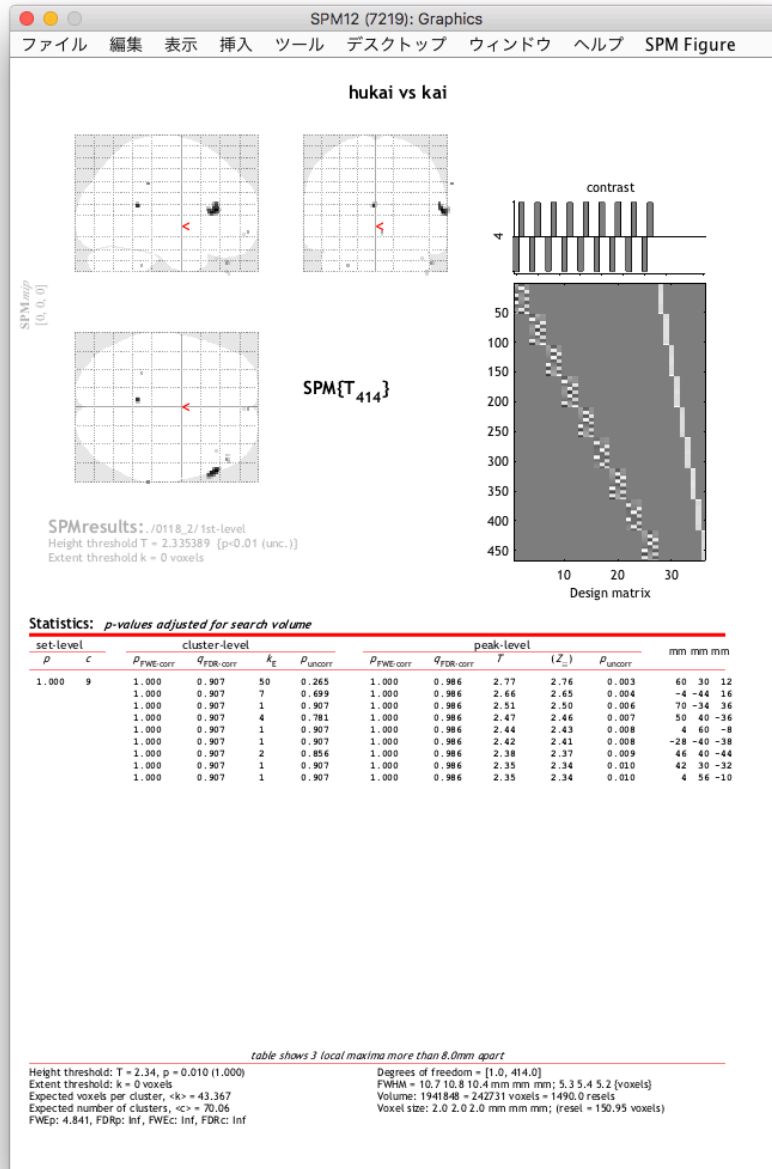
A.9 被験者 I

A.9 被験者 I



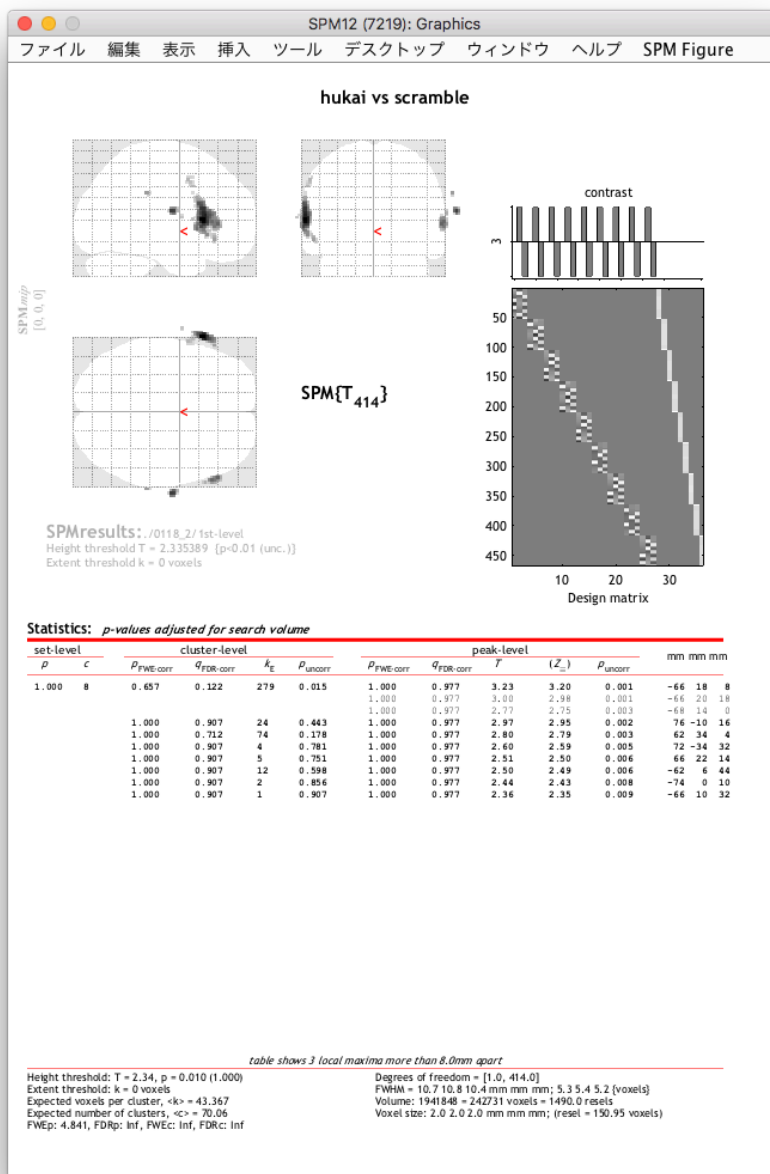
[1]kanji vs scramble

A.9 被験者 I



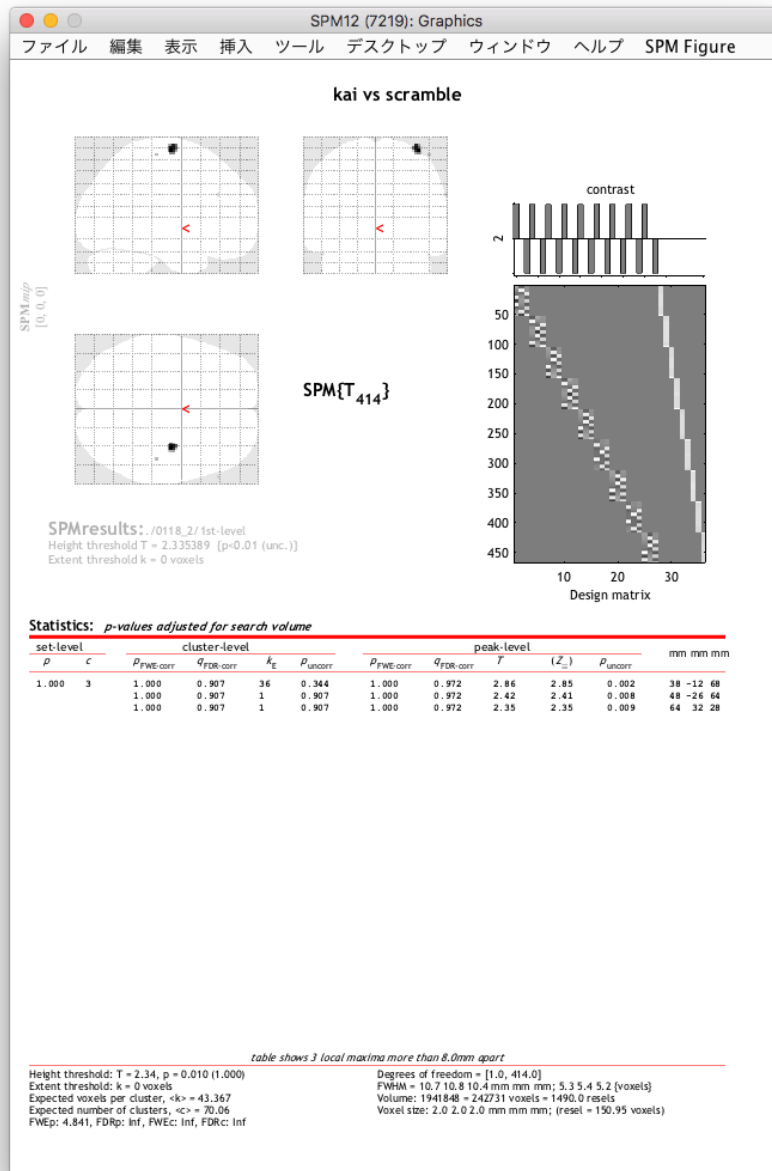
[2]hukai vs kai

A.9 被験者 I



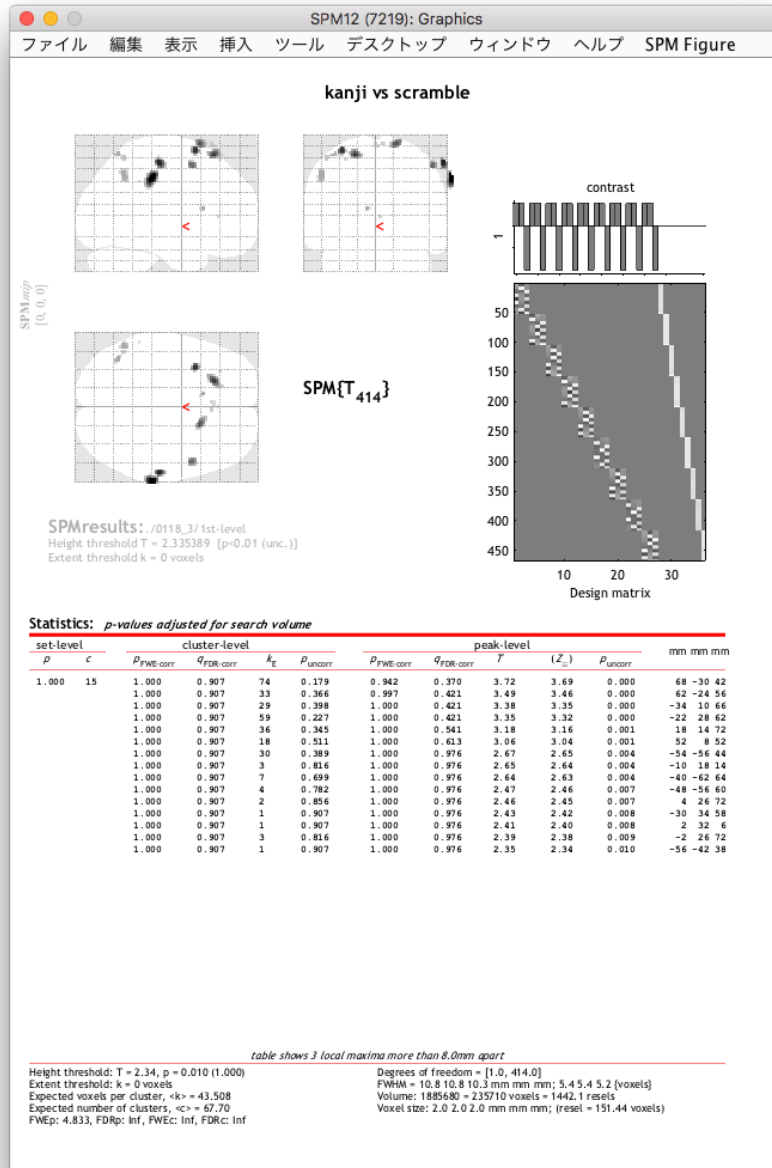
[3]hukai vs scramble

A.9 被験者 I



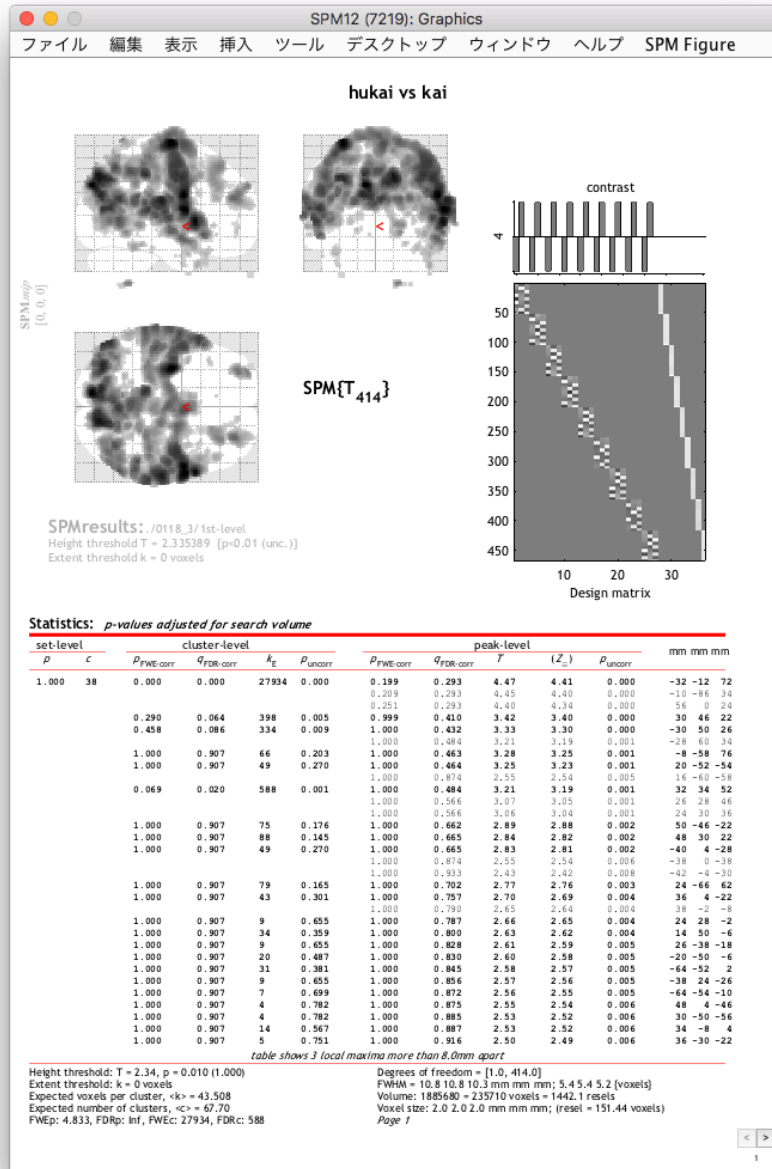
[4]kai vs scramble

A.10 被験者 J



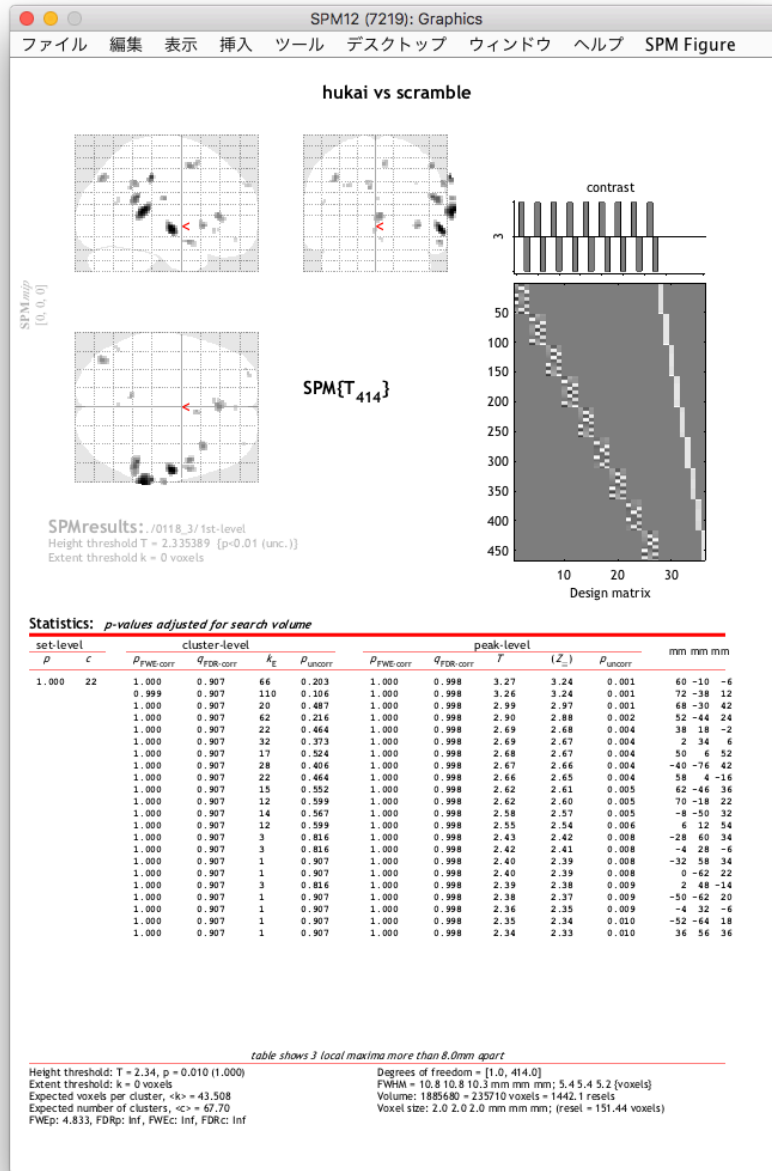
[1]kanji vs scramble

A.10 被験者 J



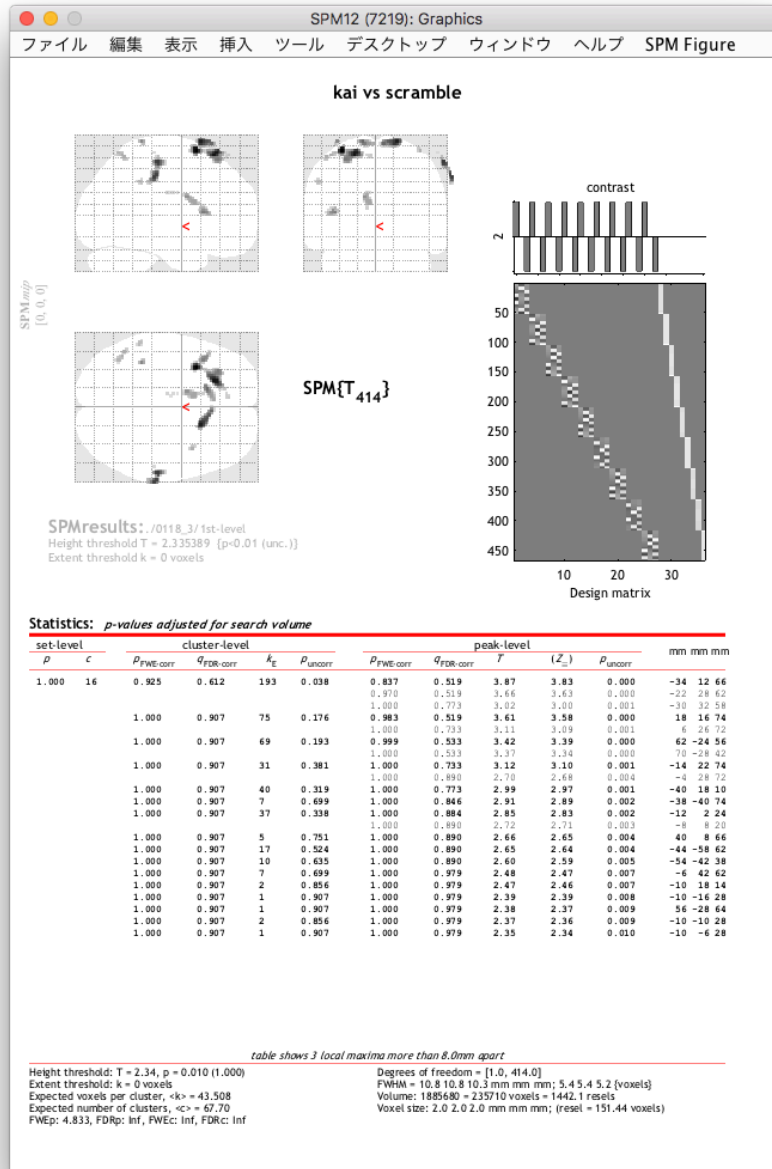
[2]hukai vs kai

A.10 被験者 J



[3]hukai vs scramble

A.10 被験者 J



[4]kai vs scramble