

# 中国人と日本人における言語文化の図形と文字の認知への影響、およびそれぞれに適切なオフィス照明条件

謝, 倩

<https://doi.org/10.15017/1866315>

---

出版情報：九州大学, 2017, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：



中国人と日本人における言語文化の図形と文字の認知への影響、およびそれから評価された適切なオフィス照明条件

Appropriate office lighting conditions evaluated from effects of language cultures on cognition of figures and letters in Chinese and Japanese

謝 千エ

XIE QIAN

2017年6月

## 目次

<b>第1章 序</b> .....	<b>1</b>
1.1 はじめに .....	1
1.2 言語文化が認知に及ぼす影響.....	3
1.3 照明が覚醒水準に及ぼす影響.....	3
1.4 本論文の構成 .....	4
<b>第2章 言語文化が認知に及ぼす影響</b> .....	<b>5</b>
2.1 序論 .....	5
2.1.1 言語文化とオフィス作業.....	5
2.1.2 図形と文字に対する認知性 .....	5
2.1.3 目的.....	5
2.2 方法 .....	6
2.2.1 被験者 .....	6
2.2.2 実験条件.....	6
2.2.3 刺激条件.....	6
2.2.4 事象関連電位の測定部位 .....	6
2.2.5 事象関連電位による刺激の評価 .....	7
2.2.6 測定項目 .....	7
2.2.7 データの解析.....	8
2.3 結果 .....	9
2.3.1 反応時間.....	9
2.3.2 誤答率 .....	10
2.3.3 CNV 早期成分の平均振幅 .....	11
2.4 考察 .....	12
2.4.1 CNV 課題の反応時間（認知性の指標） .....	12
2.4.2 CNV 早期成分（覚醒水準） .....	12
2.4.3 反応時間と覚醒水準の相関関係 .....	13
2.5 結論 .....	13

<b>第 3 章 半視野刺激提示法を用いた言語文化が漢字、仮名、および図形に及ぼす影響</b>	<b>14</b>
3.1 序論	14
3.1.1 刺激条件	14
3.1.2 半視野瞬間呈示法からみた左右大脳半球間の優位性	14
3.1.3 目的	15
3.2 方法	15
3.2.1 被験者	15
3.2.2 実験条件	15
3.2.3 刺激条件	16
3.2.4 事象関連電位の測定部位	16
3.2.5 事象関連電位による刺激の評価	17
3.2.6 測定項目	18
3.2.7 データの解析	18
3.3 結果	19
3.3.1 反応時間	19
3.3.2 誤答率	20
3.3.3 P300 潜時	21
3.3.4 P300 振幅	24
3.4 考察	26
3.4.1 反応時間	26
3.4.2 誤答率	27
3.4.3 P300 潜時	27
3.4.4 P300 振幅	28
3.4.5 まとめ	28
<b>第 4 章 言語文化を配慮した中国人、日本人それぞれに適切なオフィス照明条件</b>	<b>30</b>
4.1 序論	30
4.1.1 言語文化が漢字認知性に対する右半球優位性の程度に及ぼす影響	30
4.1.2 オフィス照明と生産性	30
4.1.3 オフィスにおける中国人と日本人に対する照明の影響	31
4.1.4 目的	31

4.2	方法	32
4.2.1	被験者	32
4.2.2	環境条件	32
4.2.3	実験条件	32
4.2.4	CNV 課題における刺激呈示条件	33
4.2.5	実験手順	33
4.2.6	測定項目	34
4.2.7	データの解析	36
4.3	中国人被験者の結果	36
4.3.1	CNV パラダイムにおける選択反応課題（反応時間、誤答率）	37
4.3.2	CNV 振幅	37
4.3.3	$\alpha$ 波率	38
4.3.4	KSS	38
4.3.5	相関関係	39
4.4	日本人被験者の結果	42
4.4.1	CNV パラダイムにおける選択反応課題（反応時間、誤答率）	42
4.4.2	CNV 振幅	43
4.4.3	$\alpha$ 波率	44
4.4.4	KSS	44
4.4.5	相関関係	45
4.5	考察	49
4.5.1	CNV における選択反応時間および誤答率からみた生産性と照明の影響	49
4.5.2	覚醒水準への照明の影響	50
4.5.3	逆 U 字を想定した覚醒水準に対する反応時間との関係からみた照明の評価	51
4.6	まとめ	52
<b>第 5 章 総括</b>		<b>54</b>
引用文献		56

# 第1章

## 序

### 1. 1 はじめに

近年、働く人の多くがホワイトカラー化している状況にあつて、知的創造空間としての「働きやすいオフィス」に関するさまざまな取り組みが行われている。2006年12月に発表された、(株)社会生産性本部の統計によると、日本のGDP労働生産性は、OECD(経済協力開発機構)30カ国第19位であつた(図1-1)。

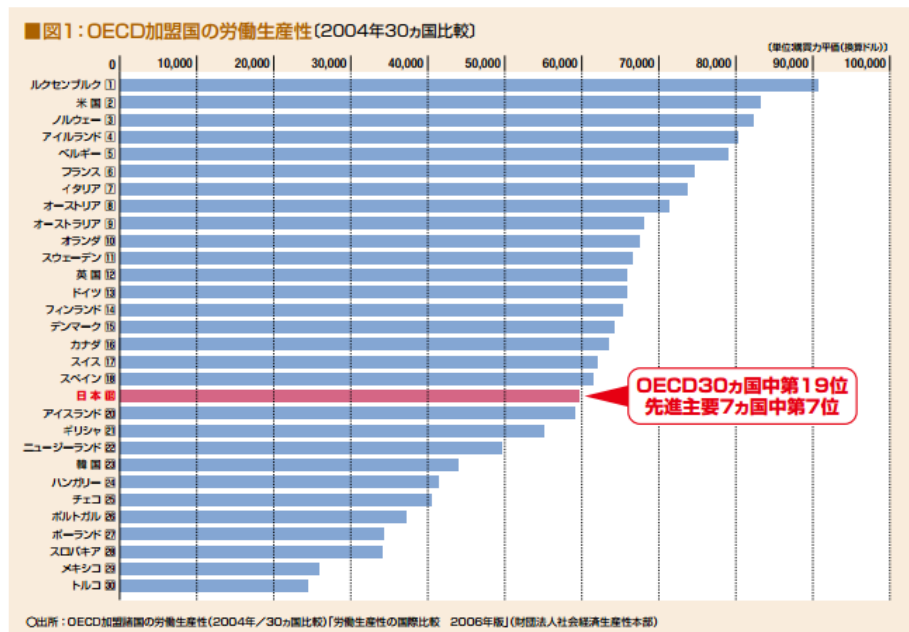


図 1-1 OECD 加盟国の労働生産性

また、経済のグローバル化にともなつて、国境を越えて働く人が増えてきた。平成27年10月末現在、外国人労働者を雇用している事業所数は152,261か所であり、外国人労働者数は907,896人であつた。これは平成26年10月末現在の137,053か所、787,627人に対し、15,208か所(11.1%)の増加、120,269人(15.3%)の増加となつた。外国人を雇用している事業所数、及び外国人労働者数ともに平成19年に届出が義務化されて以来、過去最高の数値を更新した(図1-2)。

表 1-1 外国人雇用事業所数及び外国人労働者数の前年比較

各年10月末現在

単位：所、人、%

	事業所数	対前年増減比	外国人労働者数		対前年増減比	
			男性	女性		
平成25年	126,729	5.8	717,504	369,461	348,043	5.1
平成26年	137,053	9.1	787,627	409,250	378,377	9.8
平成27年	152,261	11.1	907,896	479,670	428,226	15.3

国籍別にみると中国が最も多く 322,545 人で、外国人労働者全体の 35.5% を占める。次いで、ベトナム 110,013 人（同 12.1%）、フィリピン 106,533 人（同 11.7%）、ブラジル 96,672 人（同 10.6%）の順となっている（図 1-3）。

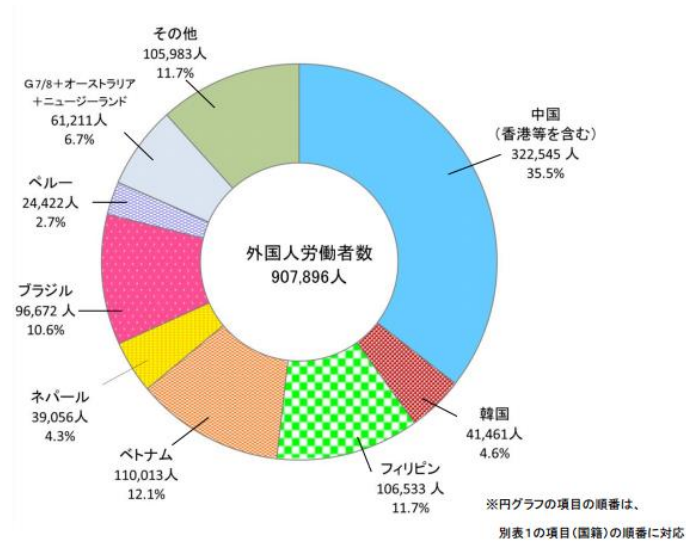


図 1-2 国籍別外国人労働者の割合

オフィス空間等の設計には在室者の快適性や健康性に加えて、知的生産性の向上が求められる。近年の研究では、欧米を中心に、室内環境改善による経済効果を評価する研究が行われており、執務者の人件費の高さから、室内環境を改善することで執務者の知的生産性が上がれば、経済的にも効率が良いことが報告されている。Fisk<sup>1)</sup>による報告では、アメリカにおける室内環境改善がもたらす経済効果は、疾患や健康被害によるものを除き、作業効率の向上だけで 1.2~12.5 兆円にのぼる可能性があるとしている。ヒトが何らかの意識的な活動を円滑に行うためには、脳がある範囲の活動レベルを維持していることが必要である。この活動レベルを維持する働きを喚起(覚醒) arousal という。覚醒は意識の活性化の程度であり、作業成績に影響を与えると考えられている。室内環境は、心理状態と生理状態に影響を与え、その状態は活動に関連し、作業成績に影響を与えると考えられる。本研究では、室内環境として照明に注目し、知的生産性向上に適切な照明条件を検討する。

Yerkes and Dodson<sup>2)</sup>の法則では、知的生産性は、覚醒が中程度の場合に最も高くなり、それより高くても低くても生産性は低下するとされている。さらに、複雑作業はそれ自体が覚醒を促し、単純作業よりも、高い覚醒レベルにおいて作業成績が良くなるとしている。Hebb<sup>3)</sup>は、作業効率（生産性）は持続的覚醒水準の至適水準で最高となり、それよりも低すぎても高すぎても成績は落ちるという逆U字の関係を一つの概念として示している。Kuller<sup>4)</sup>は、この概念を環境評価に適用している。逆U字の頂点を中心にとすると、左の相は覚醒水準が上がるほど作業効率も上がるが、右の相は覚醒水準が上がるにしたがって逆に作業効率は低下する。したがって、覚醒水準と作業効率の関係において、少なくとも逆U字の右相に入る環境を招かないような条件を検討することが重要となる。

## 1. 2 言語文化が認知に及ぼす影響

人間の脳は、刺激条件によってその認知に関して左右の半球機能間で異なる優位性をもつことが知られている。一般的に左脳半球機能は言語的、音声的、算術的な刺激に対してその優位性が考えられる。しかしながら、言語の文字文化として、漢字、仮名、アルファベットを対象としたとき、漢字は表意文字（意味を形に置き換えて表した文字）、仮名やアルファベットは表音文字（一つの文字で音素または音節を表す文字）である。従来図形や空間の認知性については民族を越えて右脳の優位性が指摘されている<sup>5)6)</sup>。しかしながら文字文化を考えると、右脳半球機能は非言語的ではあるが、前述のように視空間的、図形的な認知に優れていることから表意文字の漢字そのものの認知は右脳半球優位と考えられることから、図形の認知については右脳の優位性の程度に言語文化が影響することが予測される。実際の報告によると漢字の認知は右脳優位、仮名やアルファベットの表音文字については左脳の優位性が示されている<sup>7)8)9)</sup>。したがって、図形を含む空間認知が右脳優位であることを考えると、表意文字と表音文字のいずれかの母国語文化を有するかによってかたちの認知に関与する脳の半球間の優位性とその程度が異なることが考えられる。オフィス作業では漢字や仮名を含む言語やアイコンを取り扱う作業が主となるため、中国人と日本人においてはオフィス作業における認知性も異なる可能性がある。従って、図形や文字に対する認知性（生産性）への言語文化の影響、さらには生産性と覚醒水準の関係に対する言語文化の影響を検討していく必要がある。

## 1. 3 照明が覚醒水準に及ぼす影響

過去の多くの研究により、照明の照度、色温度は覚醒水準に影響を及ぼすことが知られている<sup>10)11)12)13)</sup>。Deguchi and Sato<sup>10)</sup>の研究が事象関連電位における随伴陰性変動（Contingent Negative Variation）を用いて評価した最初の報告であるが、CNV早期成分振幅からみた覚醒水準は、1000lxの条件下で、高色温度条件（7500K）が低色温度条件（3000K）より有意に高かったが、反応時間に差は見られなかった。佐藤（1993）の研究によると、7500Kの色温度が3000Kの色温度に比べ事象関連電位の

N100 と P300 の振幅を高めた。これらの多くの先行研究によると、高色温度照明が低色温度照明より覚醒水準を高めることを示している。

一方で中国人に対する照明の覚醒水準へ及ぼす影響を示す研究がほとんど見られない。したがって、中国人における図形や文字の認知性に及ぼす照明の影響や、認知に至る反応時間と覚醒水準の関係に及ぼす照明の影響に注目する必要がある。

本研究では、図形や文字の認知への言語文化の影響を事象関連電位を用いて検討し、その認知に至る反応時間への照明の影響、および反応時間と覚醒水準の関係に及ぼす照明の影響をみることで、オフィスにおける中国人と日本人に適切な照度と色温度の組み合わせを提案することを目的とする。

#### 1. 4 本論文の構成

各章の構成を以下に示す。

第 1 章では、本研究の意義および目的、研究範囲について明確にし、本論文の構成を示した。

第 2 章では、中国人と日本人を被験者とし、オフィスを想定した図形、数字、アルファベットを刺激とした随伴陰性変動 (CNV: Contingent Negative Variation) から生産性としての反応時間と覚醒水準を評価した。それにより、中国人と日本人における空間認知処理に対する右脳優位性の違いを検討した。

第 3 章では、中国人と日本人を被験者とし、オフィス作業を想定した漢字と仮名を刺激としたオドボール課題から生産性としての反応時間と覚醒水準を評価した。それにより、中国人と日本人における空間認知処理に対する右脳優位性の違いを検討した。

第 4 章では、中国人と日本人を被験者とし、オフィス作業を想定した漢字と仮名を刺激とした CNV 課題から反応時間と覚醒水準を評価し、それらに及ぼす照度と色温度の組み合わせ条件の影響を検討し、中国人と日本人において適切な照明条件を提案した。

第 5 章では、全論文に対する総括をした。

## 第2章

### 第一実験 言語文化が図形、文字認知の覚醒水準に及ぼす影響

#### 2. 1 序論

##### 2. 1. 1 言語文化と認知性

オフィス作業では漢字や仮名を含む言語やアイコンを取り扱う作業が主となっていることが知られている。多国籍のワーカーを擁するオフィスが増えることにより、中国人が働いているオフィスも少なくない。一般的に、中国人は表意文字となる漢字を使い、日本人は漢字と表音文字となる仮名両方を使う。従って、中国人と日本人は言語文化が異なるため、オフィス作業における図形や文字の認知性も異なる可能性がある。

##### 2. 1. 2 図形と文字に対する認知性

人間の脳は、刺激条件によってその認知に関して左右の半球機能間で異なる優位性をもつことが知られている。Levy<sup>14)</sup> は空間的課題において右半球は左半球よりも機能的に優位であると結論づけた。この結論は繰り返し確認されている<sup>15) 16)</sup>。そして、空間的認知障害は右半球損傷に関連する傾向があるという知見と一致している。沼田ら<sup>17)</sup>の実験では、右半球が左半球に比べて視野認知過程に要する時間が短いことを示しており、図形認知における右半球優位性が支持された。一方で大脳半球間機能の優位性と言語との関係を考えてとき、一般的に左大脳半球機能は言語的、音声的、算術的であることから左半球機能の優位性が考えられる。しかしながら、言語の文字文化として、漢字、仮名、アルファベットを対象としたとき、漢字は表意文字、仮名やアルファベットは表音文字である。すなわち、右大脳半球機能は非言語的、視空間的、形態的であるといわれていることから表意文字の漢字を図として認知するときは右大脳半球機能優位となり、仮名やアルファベットの表音文字について左大脳半球機能優位となる。

つまり、漢字のみの文化で育ってきた中国人と仮名文化を併せ持つて育ってきた日本人は、同じ図的刺激に対しては右半球機能の優位性程度が異なると考えられる。この異なる言語文化により、漢字や仮名を含む言語やアイコンを取り扱う作業が主となるオフィスでは、中国人と日本人の認知性の違いに伴う作業効率に影響を及ぼすと考えられる。

##### 2. 1. 3 目的

本研究では、漢字文化の中国人、漢字と音韻の仮名文字をもつ日本人について、漢字を想定した図形、表音文字のアルファベット及び両民族に共通文化をもつ数字の3

刺激条件に対する認知性の違いを覚醒水準から検討することによって、言語文化がオフィス作業における認知や覚醒水準に及ぼす影響を検討することを目的とした。

## 2. 2 方法

### 2. 2. 1 被験者

被験者は健康な男子大学生の中国人 7 名、日本人 7 名の計 14 名とし、全員右利きであった。被験者の年齢は日本人  $24.9 \pm 1.7$  歳、中国人は  $27.0 \pm 2.7$  歳であった。すべての被験者は生まれてから少なくとも成人まで母国語の環境で育った。中国人の被験者はすべて日常的に漢字を使用する民族であった。彼らは九州大学に在籍する学生であり、日本に来て 2 年未満、日本語 2 級レベルの試験水準に達していない留学生であった。また、本実験を行うにあたっては実験内容を説明した後、全ての被験者から同意を得た。被験者には前日、当日の飲酒及び当日の激しい運動を禁止した。

### 2. 2. 2 実験条件

本実験は、2012 年 2 月～2012 年 6 月にかけて行った。九州大学大橋キャンパス 1 号館 1 階演習室を実験室として使用し、室温を  $27^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度を 50% 目指して制御し、着衣は自由とした。

### 2. 2. 3 刺激条件

ディスプレイ上に呈示する CNV 課題における刺激は黒を地とした図形、アルファベット、数字の 3 条件であった (図 2-1)。図形刺激は赤と青色を使用し、類似した丸と四角で構成した 2 種類の図形であった。数字刺激は白を使った 4 桁のアラビア数字の 2 種類であった。アルファベット刺激は白を使った類似し無意味の 4 桁のアルファベット文字の 2 種類であった。各刺激は、 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$  の大きさにディスプレイ提示された。



図 2-1 CNV 課題の提示刺激

(左：図形刺激、中：数字刺激、右：アルファベット刺激)

## 2. 2. 4 事象関連電位の測定

電極はすべて銀塩化銀電極を使用し、国際 10-20 法の電極配置に従って、前頭部 Fz、中心部 Cz の位置に脳波電極を装着し、Polymate AP1000 シリーズ(デジテックス研究所社製)を使用して測定を行った。両耳朶を基準にして、時定数を 3.0s、ローパスフィルタを 30Hz、サンプリング周波数は 1000Hz に設定した。脳波を単極誘導した。アースとリファレンスを前額部に装着した。眼球運動に伴うアーチファクト混入を検出するため、眼電図 (electro-oculogram: EOG) を記録した。刺激前 100ms 間の平均電位をベースラインとした。電極抵抗値は 5k $\Omega$  以下とした。

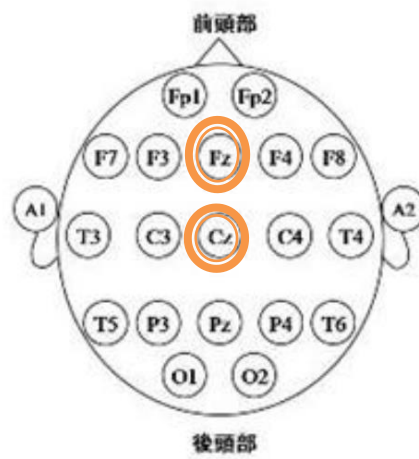


図 2-2 国際 10-20 法の電極配置

## 2. 2. 5 事象関連電位による刺激の評価

事象関連電位として随伴陰性変動 (CNV) を実施した。CNV 課題の流れを図 2-3 のように示す。まず標準刺激 (S1) が視野中央に 100ms 提示され、2 秒後に命令刺激 (S2) が視野中央に 100msec 提示された。被験者には、S1 と S2 が同じであるかを判断し、同じである時にできるだけ速くボタンを押すよう教示した。S2 から S1 の間隔は 10sec であった。1 回の実験では刺激呈示が 90 回で、内 60 回の S2 がターゲット刺激であった。

被験者はパソコンの前に座り、目からディスプレイまでの視距離は 60cm であった。刺激提示は Multi Trigger System(メディカルトライシステムズ社製)を使った。刺激条件の順序については被験者間でカウンターバランスした。

## 2. 2. 6 測定項目

特定の刺激に対する覚醒水準の指標として S1 刺激後 500-1000ms における振幅の平均の値を CNV 早期成分とし<sup>6)</sup>、S2 のターゲット刺激が出現してからボタンを押す

までの時間を反応時間として測定した。ターゲット刺激出現後 100msec~1000msec にボタンを押すことを正反応範囲とし、この範囲以外の試行を誤反応とした。また、ターゲット刺激が出た場合ボタンを押してなかった試行とノンターゲット刺激が出た場合ボタンを押した試行も誤反応とした。

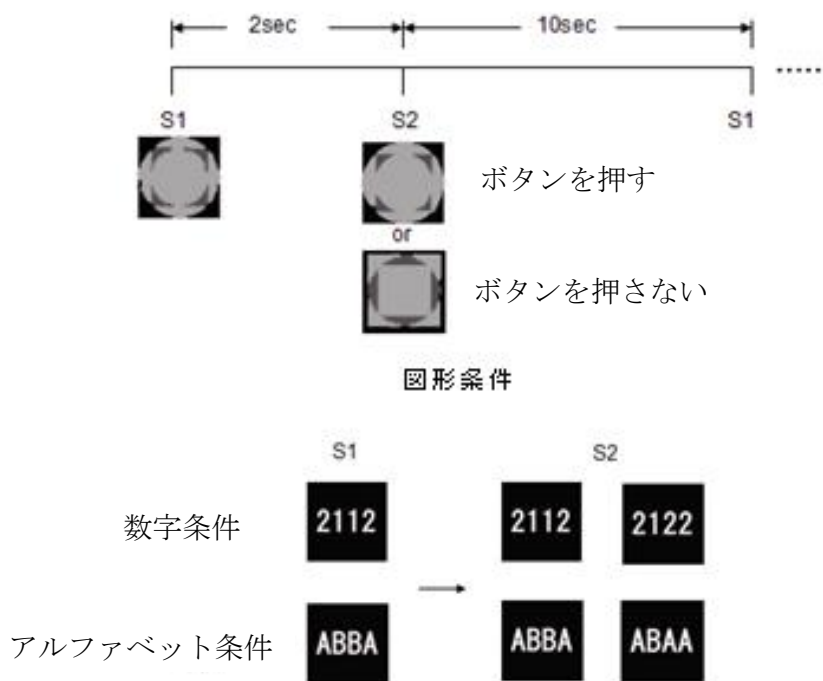


図 2-3 CNV 課題の流れ

## 2. 2. 7 データの解析

マルチモーダル脳波解析プログラム EMSE で脳波波形を加算平均した。誤反応と EOG の電位が  $150\mu\text{V}$  以上の場合は加算から除外した。加算回数は 20 回以上であった。

IBM SPSS Statistics で CNV 早期成分の平均振幅、反応時間、および誤答率それぞれについて CNV 課題における刺激条件、民族を要因とした 2 元配置分散分析を行い、有意の場合には Bonferroni の下位検定を行った。ANOVA を使った統計は球面性の検定を配慮した。統計的有意性の判定は、危険率が 5%未満を有意、10%未満を有意傾向であると判定した。

## 2. 3 結果

### 2. 3. 1 反応時間

CNV 課題における反応時間のグラフを図 2-4 に示す。民族、刺激条件の 2 元配置分散分析を行った結果、主効果は有意ではなく、民族、刺激条件の交互作用で有意であった ( $F=4.412, P<0.05$ )。下位検定の結果 (図 2-4)、図形条件において、中国人被験者の反応時間は日本人被験者より有意に短く ( $P<0.05$ )、アルファベット条件において、中国人被験者の反応時間は日本人被験者より有意に長かった ( $P<0.05$ )。

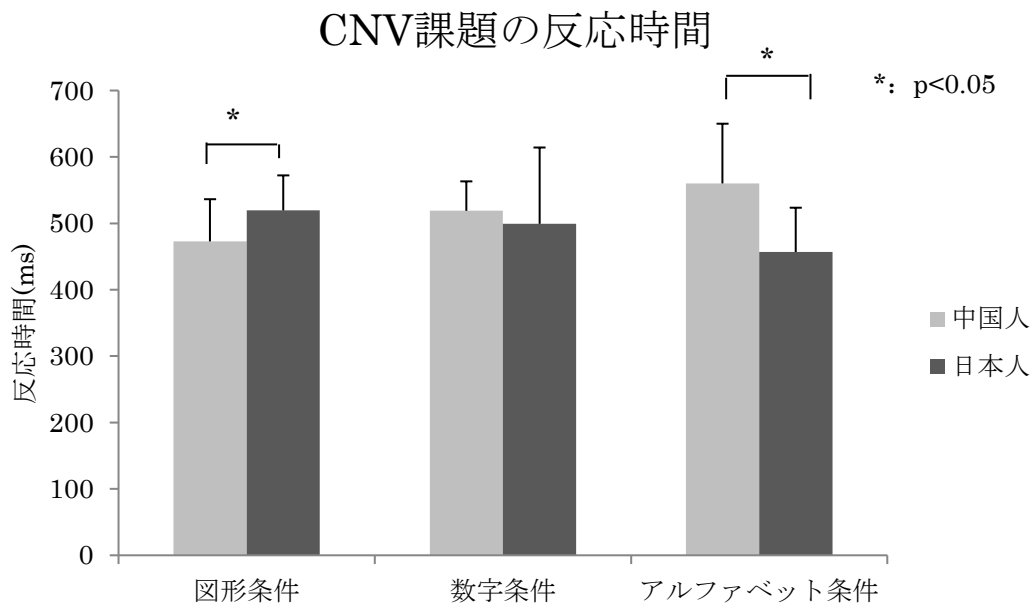


図 2-4 CNV 課題の反応時間

### 2. 3. 2 誤答率

誤答率のグラフを図 2-5 に示す。民族、刺激条件の 2 元配置分散分析を行った結果、主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

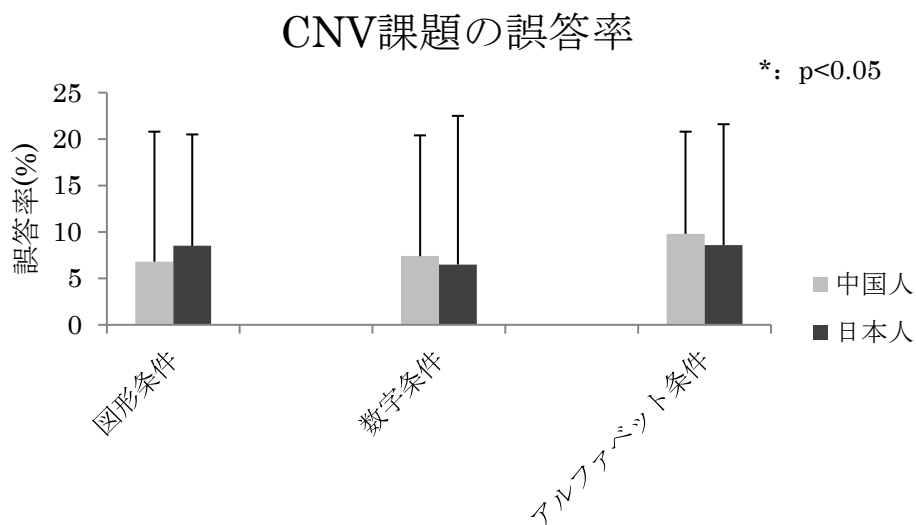


図 2-5 CNV 課題の誤答率  
(平均値と標準偏差を示す)

### 2. 3. 3 CNV 早期成分の平均振幅

Fz 及び中心部 Cz における CNV 早期成分の平均振幅のグラフをそれぞれ図 2-6(a) および (b) に示す。民族、刺激条件の 2 元配置散分析を行った結果、いずれの部位についても主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

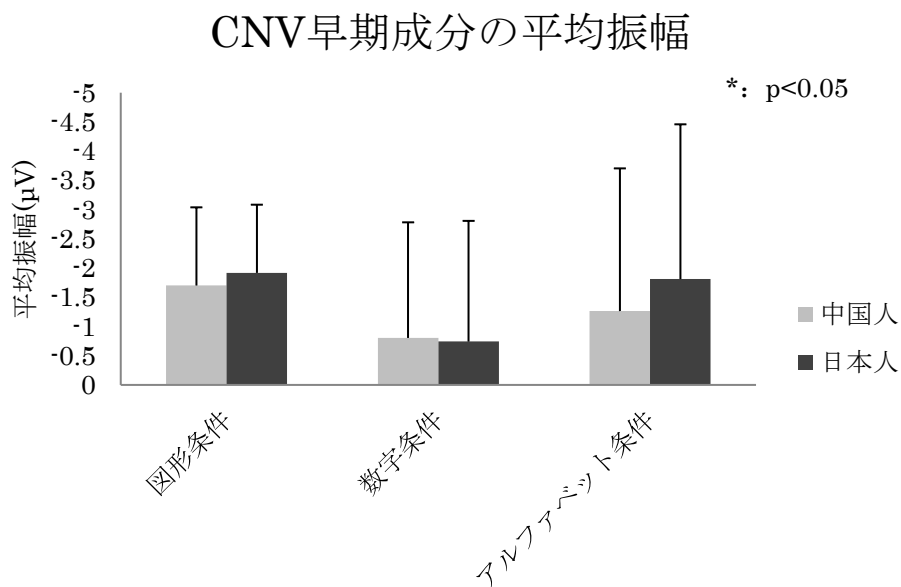


図 2-6 (a) Fz 部位における CNV 早期成分の平均振幅  
(平均値と標準偏差を示す)

## CNV早期成分の平均振幅

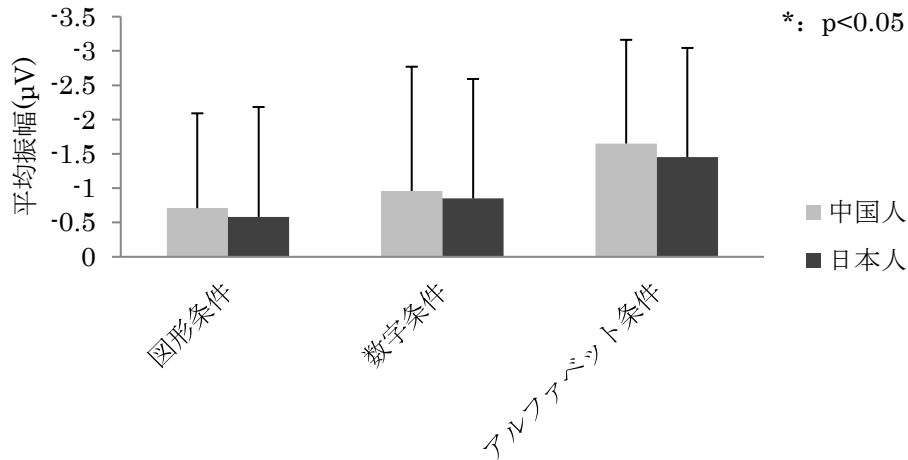


図 2-6 (b) Cz 部位における CNV 早期成分の平均振幅  
(平均値と標準偏差を示す)

## 2. 4 考察

### 2. 4. 1 CNV 課題の反応時間(認知性の指標)

過去の多くの研究で、言語性刺激の左半球優位性については、かなり一貫している<sup>18) 19) 20) 21) 22)</sup>。曾<sup>7)</sup>の実験では、半視野瞬間刺激提示法を用いて、漢字 1 文字、漢字の単語、英語単語の認知に関する実験を行った。その結果、中国人は英語の処理について右半視野の反応時間が短かった。漢字を単独で提示すると、左視野の反応時間が短かった。これは漢字が右脳で処理されることを示している。右脳は図形、空間などの分析に長けており、漢字は単独で提示されると図形として認知されるため、右脳で処理されると考えられる。Hatta<sup>8)</sup>の実験では漢字 1 文字、仮名 1 文字と熟語の漢字 2 文字をそれぞれ左、右の半視野に提示して判断させると、漢字 1 字のみが提示された場合には右半球で優位、仮名 1 文字と漢字 2 文字は左半球優位になる。曾と Hatta の実験では、漢字 1 文字は右半球優位となり同じ結果であった。漢字 1 文字認知を図形 (かたち) 認知と同等と想定すれば、漢字のみからなる母国語文化を持つ中国人は図形 (かたち) 認知が日本人より速いことが仮定される。

本研究は、異なる母国語文化を持つ被験者にそれぞれ図形、数字、アルファベットの刺激を呈示し、刺激の一致性を判断させたものである。すなわち、無意味の図形、数字、アルファベットについてかたちとしての異同判断に焦点をあてた。異同判断刺激とすることで表音刺激でも意味解釈前の反応となり、3 刺激のいずれも空間認知的反応としてみるができる。これにより、異なる母国語がオフィス作業における認知と覚醒水準に及ぼす影響を検討する。

図 2-5 に示すように、CNV 課題の反応時間については民族と刺激条件の 2 要因間で有意な交互作用が認められ、下位検定の結果、母国語が表意文字のみになる中国人が図形認知において日本人より反応時間が有意に短縮し、アルファベット認知においては日本人より反応時間が有意に延長した。これは、漢字のみからなる母国語文化を持つ中国人被験者は日本人被験者より図形の認知が速く、表音文字となるアルファベットでは認知が遅れることが考えられる。しかしながら、数字に対しては民族間に共通する文化であり、母国語の影響は小さかった。同じ文化かどうかがかたち異同判断課題の反応時間に影響することが考えられる。これにより、図形とアルファベットの認知には、母国語の影響を受けるといえる。

#### 2. 4. 2 CNV 早期成分 (覚醒水準)

CNV 早期成分の振幅は、覚醒水準と関連付けた多くの報告が存在し<sup>11) 13) 23)</sup>、CNV 振幅を覚醒水準や心理過程を反映する脳内情報処理の指標として使用している<sup>24)</sup>。CNV 早期成分は振幅が負の方向に振れているほど覚醒水準が高いことを示し、また、西平ら<sup>25)</sup>の研究では CNV の振幅が大きい時に反応時間の短縮が観察されるとの報告がある。

本研究の CNV 早期成分では、図 2-6(a)、2-6(b)が示すように、Fz 部位、Cz 部位ともに CNV 早期成分の平均振幅には表意文字、表音文字からなる刺激条件や民族の要因について主効果、交互作用ともに有意ではなかった。このことは、中国人被験者が図形刺激に対する反応時間の速さは覚醒水準の違いから生じられたものではないと考えられる。つまり、言語文化は図形認知の右半球優位性の程度には影響を及ぼすが、CNV 早期成分からみた覚醒水準には影響を及ぼさない可能性がある。

#### 2. 4. 3 図形の複雑性が右半球優位性の程度に及ぼす影響

本実験は、空間認知に対する右半球優位性の程度について、言語文化の影響を検討した。しかし、過去の多くの研究で、図形の右半球優位性については、一義的な結果が得られていないことが指摘されている<sup>26) 27) 28) 29) 30)</sup>。Dee & Fontenot<sup>31)</sup> がランダム図形認知に関する実験を行ない、複雑性の高い図形については右半球機能の優位性を立証したと報告していた。Fontenot<sup>32)</sup>は、ランダム図形を刺激として用い、複雑性として 6-point 図形 (シンプル図形) と 12-point 図形 (複雑図形) を左右視野に呈示した結果、6-point 図形は視野差がみられず、12-point 図形で左視野 (右半球) 優位であった。図形の複雑性によって異なる視野効果について、彼は図形の *codability* (符号化可能性) の観点から解釈している。すなわち、単純図形は複雑図形より *codability* が高いゆえに、左半球での処理が可能となり、視野差がなくなるが、言語化が困難な複雑図形は、視空間情報の処理に優位な右半球での再認がよくなったとしている。本研究で用いた図形は、複数の幾何図形を組み合わせた複雑図形になるため、視空間情報の処理に優位な右半球で処理されると考えられる。漢字文化を持つ中国人は日本人

より図形認知の右半球優位性が優れていると言える。しかし、Bryden & Rainey<sup>33)</sup>や Fontenot<sup>32)</sup>の研究により、図形の複雑さを変えると右半球優位性がみられないことから、単純な図形の認知は左右半球間の優位性に影響するかどうかを改めて検討することが必要となる。

## 2. 5 結論

本研究では、母国語が表意文字の漢字の中国人、漢字と音韻の仮名文字をもつ日本人について、図形、アルファベット、及び両民族に共通文化をもつ数字の 3 刺激を被験者の正面（全視野）に呈示し、これに対して意味の解釈でなく連続する刺激が一致するか否かという異同判断課題について事象関連電位から検討した。その結果、図形とアルファベットの認知については、母国語が表意文字のみか表意文字と表音文字の両方であるかによって影響されることが示唆された。CNV 早期成分からみた覚醒水準は、言語文化の影響を受けていなかった。

## 第3章

### 第二実験 半視野瞬間提示法を用いた言語文化が漢字、仮名、および図形に及ぼす影響

#### 3. 1 序論

第一実験では、図形を漢字と想定し、漢字文化を持つ中国人は図形に対する右脳の優位性の程度は日本人より大きいという仮設のもとで、図形、アルファベット、数字を刺激として随伴陰性変動を測定することにより検討した。この際、刺激は意味認知に至る前の異同判断処理（空間認知処理）を求めるものとした。その結果、図形条件に対する中国人の反応時間が日本人より有意に短縮した。つまり、図形に関する右脳優位性の程度は、母国語が表意文字のみか表意文字と表音文字の両方であるかによって影響されることが示唆された。

したがって、本章は第二章の結果を踏まえて、次の課題への対応を試みた。

#### 3. 1. 1 刺激条件

第一実験では刺激文字として図形を漢字と同等の刺激と想定したが、第二実験では実際に漢字を刺激条件として用いる。またアルファベットは日本人にとって母国語ではないため、音韻文字の仮名を用いる。Hirata & Osaka<sup>34)</sup>の研究では、仮名の単語認知は左視野に比べて右視野が優位であることを報告した。Hatta<sup>35)</sup>の実験でも、ひらがな文字の認知は右視野（左半球）優位であった。図形については、Bryden & Rainey<sup>32)</sup>や Fontenot<sup>32)</sup>の研究により、図形の複雑さを変えると右脳の優位性の程度が変わることが示唆されたことから、第二実験では簡単な図形を用い、第一実験と比較して異なる複雑性の空間認知処理の違いをみる。

したがって、第二実験では刺激として漢字、仮名、幾何図形を呈示するが、第一実験に合わせて異同判断処理を求める。

#### 3. 1. 2 半視野瞬間呈示法からみた左右大脳半球間の優位性

第一実験では、図形に対する右脳の優位性の程度を中国人と日本人で比較したが、第二実験では右脳の優位性の程度をより客観的に検討できるように、左右半視野瞬間提示法を採用した。半視野瞬間提示法は視認知における左右大脳半球機能差研究に用いられる方法の一つであり、注視点より左半視野に瞬間提示された視覚刺激は右大脳半球へ伝達され、逆に右半視野の視覚刺激は左大脳半球へ伝達されるという人間の視覚経路の特徴に基づいたものである。このような、一側視野瞬間呈示法を用いた視覚

情報処理におけるラテラルティの検討は、様々な情報処理の左右半球優位性を明らかにしてきた<sup>36)</sup>。

また、第一実験で随伴陰性変動を用いたが、第二実験では認知処理時間の左右半球間の違いを併せて検討できるようにオドボール課題を用いた事象関連電位を用いる。オドボール課題とは、2種類のカテゴリーに属する複数の視覚刺激をランダムに呈示し、低頻度刺激を標的として注目及び弁別させる方法である。

### 3. 1. 3 目的

本実験の目的は、無意味文字の漢字と仮名に加えて簡単な図形の3つの刺激条件について異同判断を求めるオドボール課題により、中国人と日本人における空間認知処理に対する右脳の優位性の程度の違いを検討することである。

オフィス作業では漢字や仮名を含む文字やアイコンなどの図形を取り扱うことを前提として、第二実験では中国人と日本人の言語文化の違いによるこれらの刺激の認知性への影響を検討し、この影響が覚醒水準の影響を受けているかをみる。

## 3. 2. 方法

### 3. 2. 1 被験者

被験者は健康な男子大学生の中国人10名、日本人10名の計20名とし、全員右利きであった。被験者の年齢は日本人 $23.6\pm 2.2$ 歳、中国人は $26.4\pm 2.5$ 歳であった。すべての被験者は生まれてから少なくとも成人まで母国語の環境で育った。中国人の被験者はすべて日常的に漢字を使用する民族であった。彼らは九州大学に在籍する学生であり、日本に来て2年未満、日本語2級レベルの試験水準に達していない留学生であった。また、本実験を行うにあたっては実験内容を説明した後、全ての被験者から同意を得た。被験者には前日、当日の飲酒及び当日の激しい運動を禁止した。本研究は九州大学大学院芸術工学研究院の2014年度実験倫理審査委員会の承認を受けた。

### 3. 2. 2 実験条件

本実験は、2014年7月～2014年9月にかけて行った。九州大学環境適応研究実験施設の人工気象室NO.8を実験室として使用し、室温を $27^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度50%を目指して制御し、着衣はTシャツと短パンとした。

### 3. 2. 3 刺激条件

ディスプレイ上に呈示するオドボール課題における刺激は黒を地とした図形、漢字、仮名の3条件であった(図3-1)。図形条件は白の三角と四角の幾何図形であった。漢字条件は白の漢字1文字の「見」と「自」であった。仮名条件は白の平仮名の「あ」と「お」であった。各刺激は3cm×3cmの大きさであった。

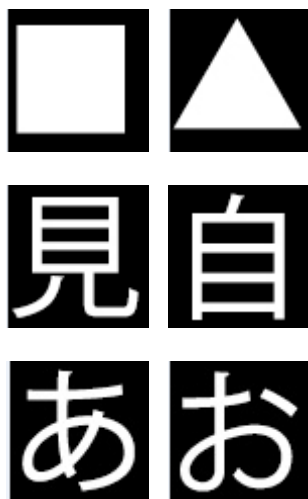


図 3-1 オドボール課題の提示刺激

### 3. 2. 4 事象関連電位の測定部位

脳波の測定は Polymate AP1000 シリーズ(デジテックス研究所社製)を使い、時定数を 3.0sec、ローパスフィルタを 30Hz とした。電極はすべて銀塩化銀電極を使用し、国際 10-20 法の電極配置に従って、F3、C3、P3、F4、C4、P4 の 6 位置で脳波をマルチ・トリガ・システム(Multi Trigger System、メディカルトライシステムズ社製)で測定した(図 3-2)。両耳朶を基準にして、高周波カットオフ 30Hz で、脳波を単極誘導した。アースとリファレンスを前額部に装着した。眼球運動に伴うアーチファクト混入を検出するため、眼電図(electro-oculogram: EOG)を記録した。刺激前 100msec 間の平均電位をベースラインとし、電極抵抗値は 5k $\Omega$  以下とした。

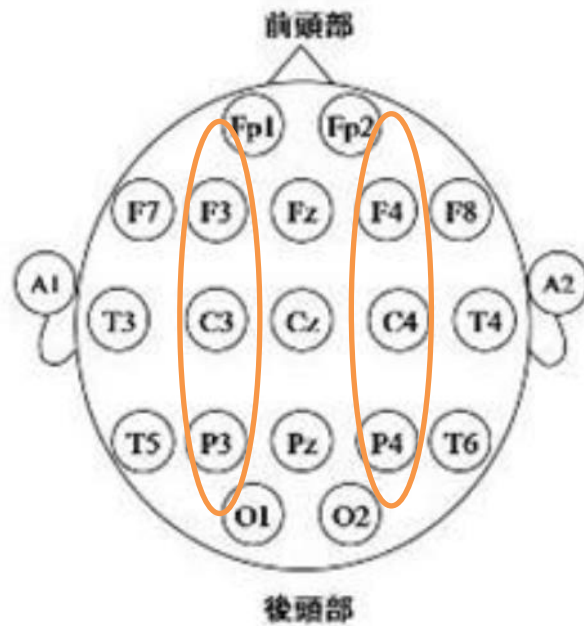


図 3-2 国際 10-20 法の電極配置

### 3. 2. 5 事象関連電位による刺激の評価

視野中央視確認として、ディスプレイ画面中央に 1cm×1cm の白の丸を提示した。視覚刺激は、被験者から 50cm 離れたディスプレイの黒色画面上に白色で提示し、提示時間は 100msec、提示間隔は 5sec であった。視野の中心から刺激の中心まで左または右に 10.70° (85mm) 離れた位置に提示した。この位置は、網膜盲点から外れていた。ディスプレイの画面の大きさは 270×220mm であった。

実験は 3 種類の刺激を左提示と右提示一回ずつ行い、計 6 回であった。1 回の実験では刺激提示が 200 回で、内 40 回がターゲット刺激であった。被験者は事前にターゲット刺激とノンターゲット刺激を知られ、実験中は白い丸をずっと見つめ続け、ターゲット刺激が提示された場合ボタンをできる限り速く押すように指示された。刺激呈示は Multi Trigger System(メディカルトライシステムズ社製)を使った。刺激条件の順序については被験者間でカウンターバランスした。

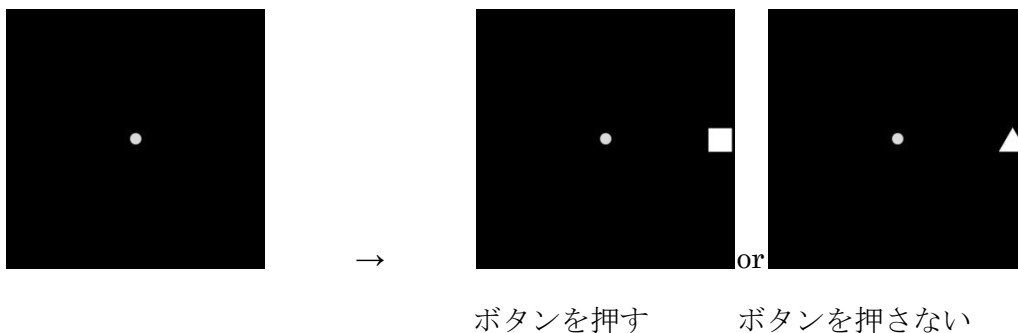


図 3-3 オドボール課題の 1 例 (図形条件)

### 3. 2. 6 測定項目

ターゲット刺激が出現してからボタンを押すまでの時間を反応時間とし、刺激後 250-500ms の範囲内の最大振幅を P300 頂点振幅（以下 P300 振幅）とし、ターゲット刺激が出現してから P300 頂点出現までの時間を P300 潜時として測定した。また、ターゲット刺激出現後 100msec～1000msec にボタンを押すことを正反応範囲とし、この範囲以外の試行を誤反応とした。ターゲット刺激が出た場合ボタンを押してなかった試行とノンターゲット刺激が出た場合ボタンを押した試行も誤反応とした。

### 3. 2. 7 データの解析

マルチモーダル脳波解析プログラム EMSE で脳波波形を加算平均した。各部位における P300 の grand average 波形を図 3-4 に示す。誤反応と EOG の電位が 150 $\mu$ V 以上の場合は加算から除外した。加算回数は 20 回以上であった。IBM SPSS Statistics で反応時間、誤答率について民族、刺激条件、左右視野を要因とした三元配置分散分析を行い、P300 潜時、P300 振幅については民族、刺激条件、左右視野、測定部位を要因とした四元配置分散分析を行い、有意の場合には Bonferroni の下位検定を行った。ANOVA を使った統計は球面性の検定を配慮した。統計的有意性の判定は、危険率が 5%未満を有意と判定した。また、相関関係をみる際は個人差分散を除くため、データを標準化した。データの標準化は以下の式を用いた。

$$\text{標準化データ} = (\text{データ} - \text{平均値}) / \text{標準偏差}$$

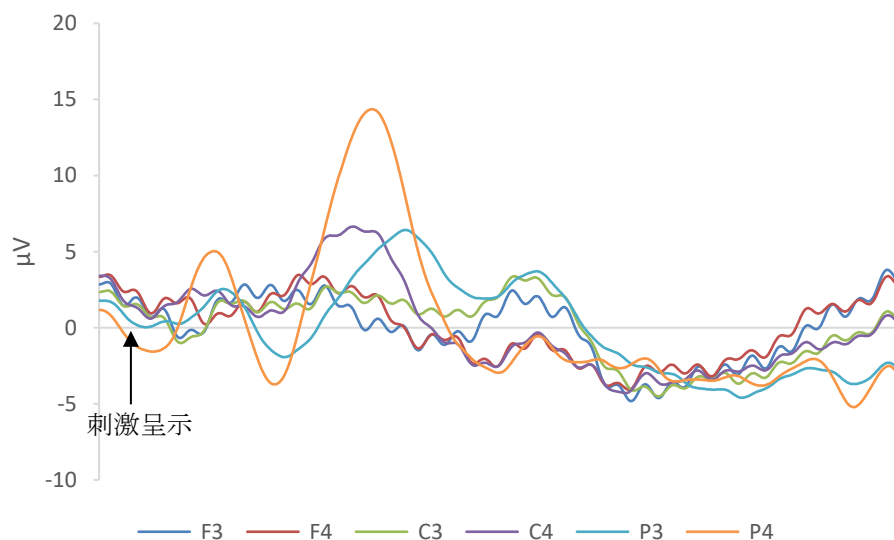


図 3-4 各部位における P300 の grand average 波形

### 3. 3 結果

#### 3. 3. 1 反応時間

反応時間について民族、刺激条件、左右視野を要因とした3元配置分散分析を行った結果、主効果で民族 ( $F=23.43, P<0.01$ ) と刺激条件 ( $F=18.98, P<0.01$ ) で有意であった。(図 3-5)。

#### オドボール課題の反応時間

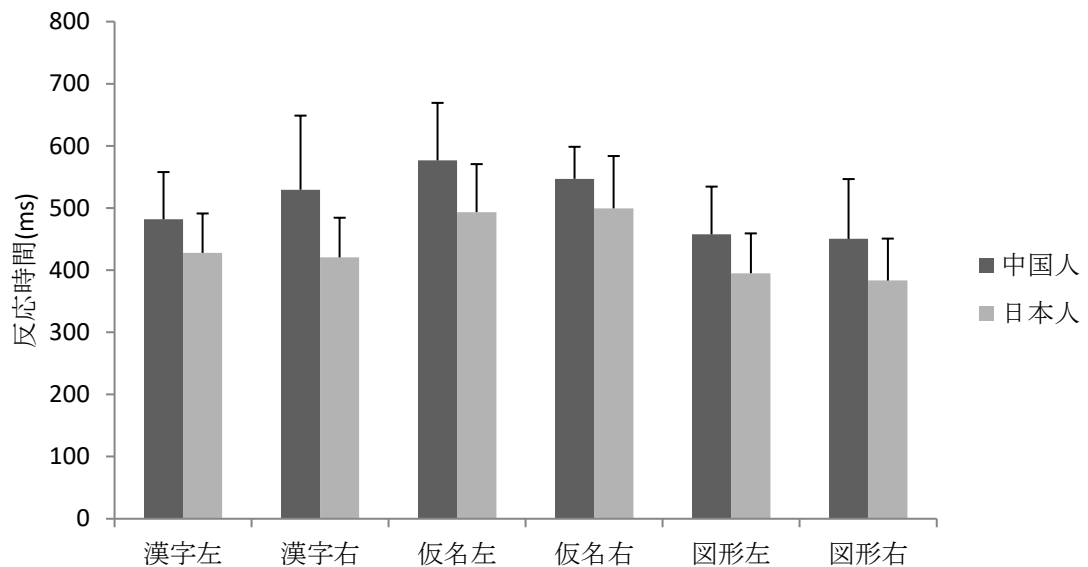


図 3-5 オドボール課題の反応時間

(平均値と標準偏差を示す)

下位検定の結果、図 3-6 に示すように、中国人は日本人より反応時間が有意に長かった ( $P<0.05$ )。刺激条件間では、図 3-7 に示すように、漢字条件は仮名条件より反応時間が有意に短く ( $P<0.05$ )、図形条件より反応時間は有意に長かった ( $P<0.05$ )。仮名条件は図形条件より反応時間が有意に長かった ( $P<0.05$ )。また、交互作用では有意ではなかった。

### オドボール課題の反応時間

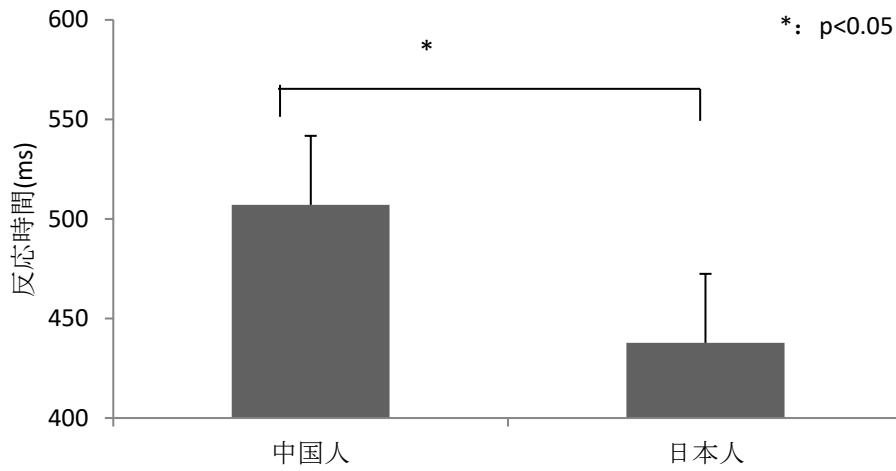


図 3-6 オドボール課題の反応時間-民族間の比較  
(平均値と標準偏差を示す)

### オドボール課題の反応時間

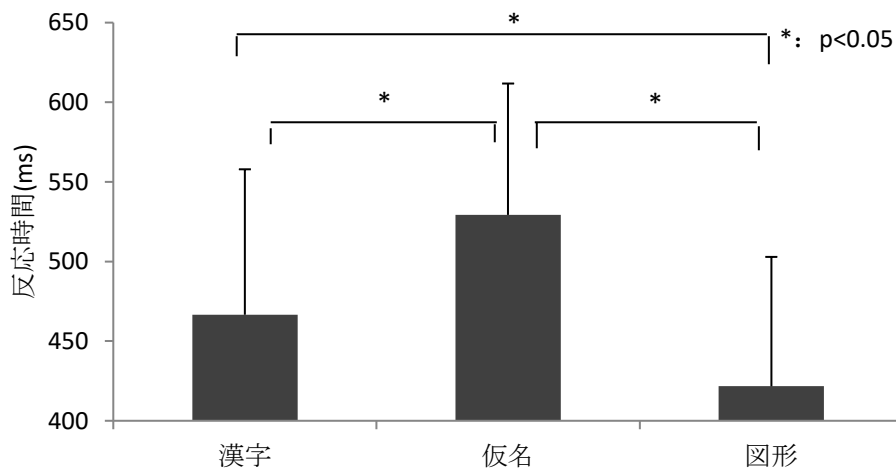


図 3-7 オドボール課題の反応時間-条件間の比較  
(平均値と標準偏差を示す)

### 3. 3. 2 誤答率

誤答率について民族、刺激条件、左右視野を要因とした三元配置分散分析を行った結果、主効果では刺激条件間で有意であり ( $F=8.33, P<0.01$ )、仮名条件は漢字条件と図形条件より誤答率が有意に大きかった ( $p<0.05$ ) (図 3-8)。交互作用では有意ではなかった。

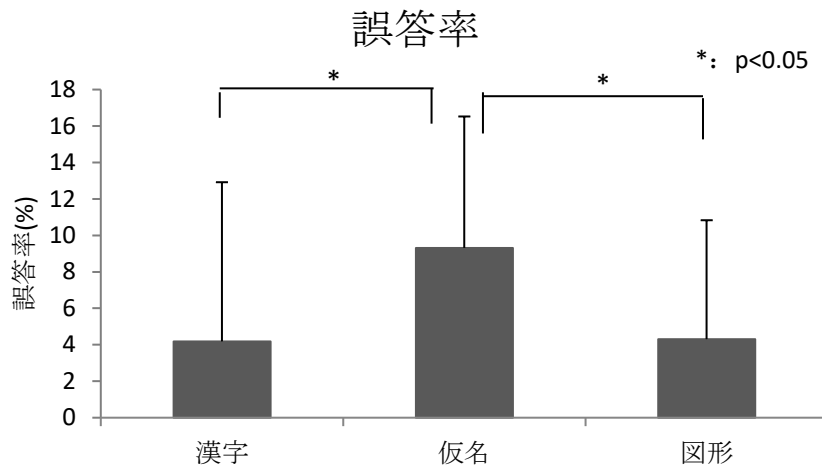


図 3-8 オドボール課題にての誤答率  
(平均値と標準偏差を示す)

### 3. 3. 3 P300 潜時

P300 潜時について民族、刺激条件、左右視野、測定部位を要因とした四元配置分散分析を行った結果、主効果にて民族 ( $F=14.76, P<0.01$ )、刺激条件 ( $F=18.05, P<0.01$ ) で有意であった。下位検定の結果、中国人被験者は日本人被験者より P300 潜時が有意に長く ( $P<0.05$ ) (図 3-9)、仮名条件は漢字、図形条件より P300 潜時が有意に遅かった ( $P<0.05$ ) (図 3-10)。

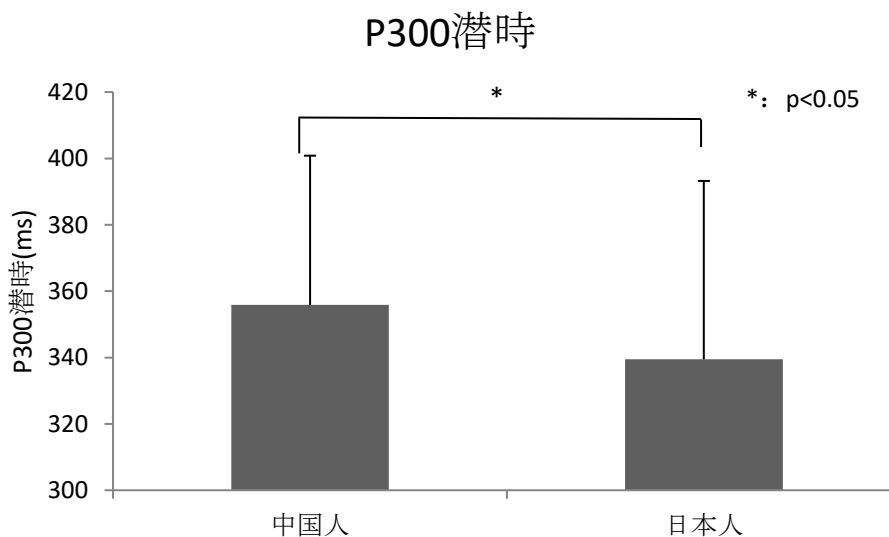


図 3-9 オドボール課題の P300 潜時-民族間の比較  
(平均値と標準偏差を示す)

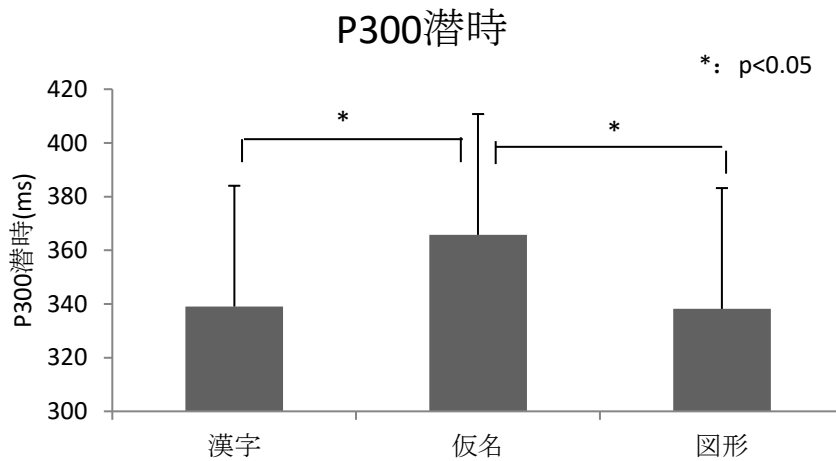


図 3-10 オドボール課題の P300 潜時・条件間の比較  
(平均値と標準偏差を示す)

交互作用にて、民族 × 刺激条件 ( $F=11.49, P<0.01$ )、左右視野 × 刺激条件 ( $F=11.08, P<0.01$ ) で有意であった。下位検定の結果、漢字条件では中国人が日本人より P300 潜時が有意に長く ( $P<0.05$ ) (図 3-11)、図形条件では中国人が日本人より P300 潜時が有意に長かった ( $P<0.05$ ) (図 3-12)。仮名条件については、両民族間で有意ではなかった。

また、左視野で仮名条件が漢字条件、図形条件より P300 潜時が有意に長く ( $P<0.05$ ) (図 3-13)、右視野で仮名条件が図形条件より P300 潜時が有意に長かった ( $P<0.05$ ) (図 3-14)。

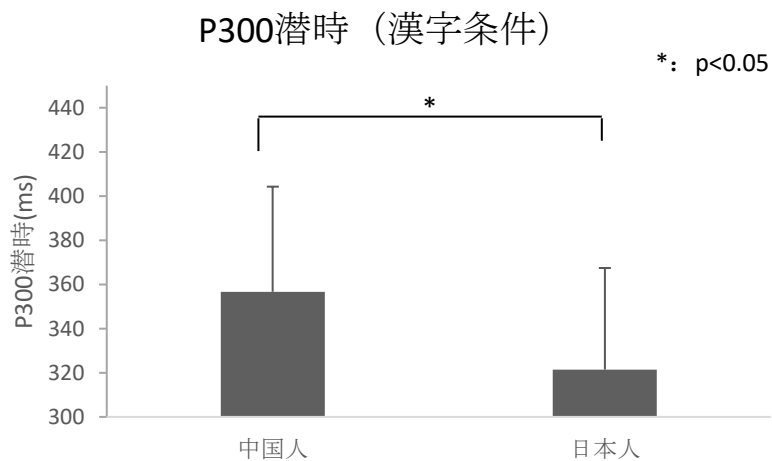


図 3-11 漢字条件にて中国人と日本人の P300 潜時  
(平均値と標準偏差を示す)

### P300潜時（図形条件）

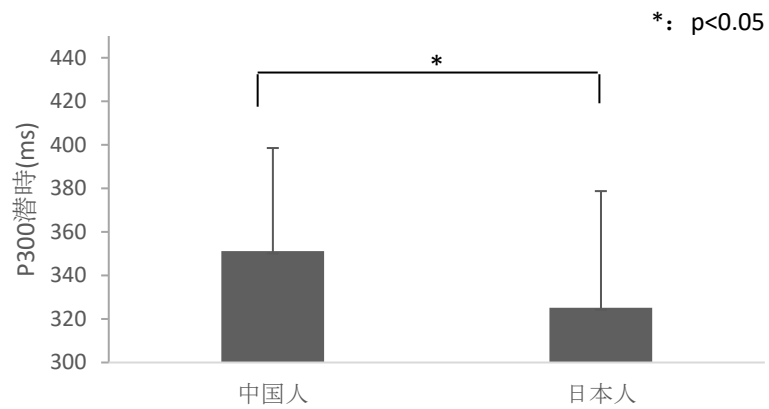


図 3-12 図形条件にて中国人と日本人の P300 潜時  
(平均値と標準偏差を示す)

### P300潜時（左視野）

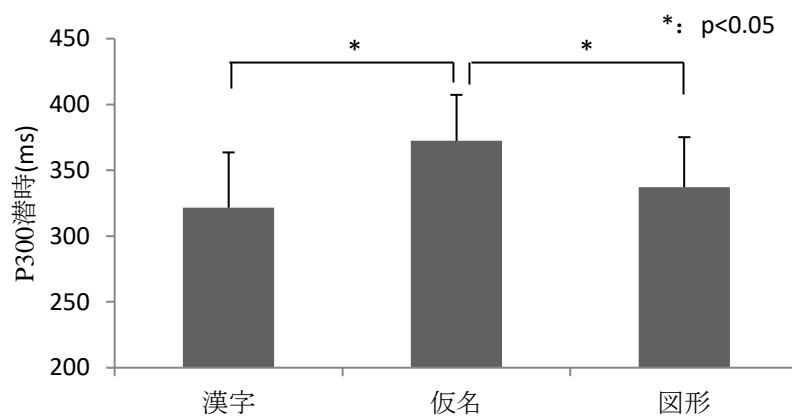


図 3-13 左視野にて各条件の P300 潜時  
(平均値と標準偏差を示す)

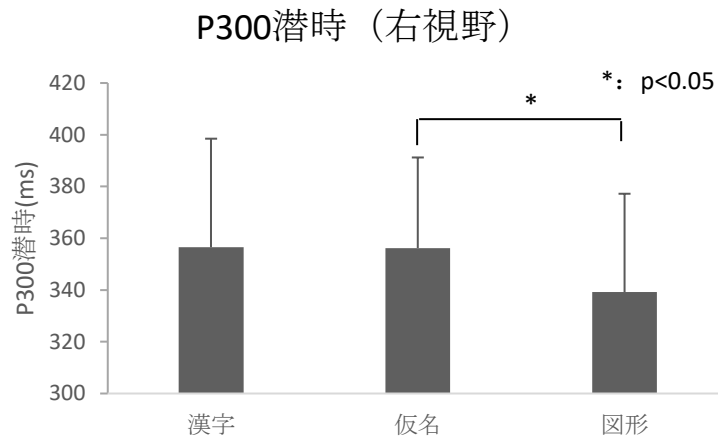


図 3-14 右視野にて各条件の P300 潜時  
(平均値と標準偏差を示す)

### 3. 3. 4 P300 振幅

P300 振幅について民族、刺激条件、左右視野、測定部位を要因とした四元配置分散分析を行った。その結果、主効果、交互作用共に有意ではなかった。また、中国人と日本人を分けて刺激条件、左右提示、測定部位を要因とした三元分散分析を行った。その結果、中国人被験者では主効果では刺激条件間で有意であり、下位検定の結果、仮名条件が図形条件より P300 振幅が有意に小さかった ( $P < 0.05$ ) (図 3-15)。

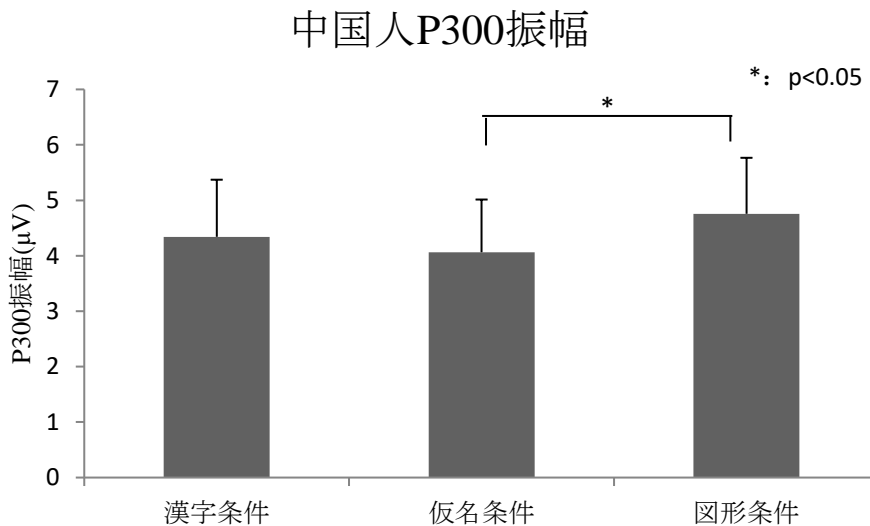


図 3-15 中国人被験者における P300 振幅  
(平均値と標準偏差を示す)

日本人被験者には有意ではなかった。

### 3. 3. 5 相関関係

P300 潜時が反応時間に及ぼす影響の程度の民族間の違いをみるために、全てのデータを標準化後、中国人と日本人を分けた P300 潜時と反応時間の相関関係をそれぞれ図 3-15 と図 3-16 に示す。

中国人被験者では有意な相関関係がみられず (図 3-16)、日本人被験者は P300 潜時と反応時間で正の相関関係 ( $r=0.705, p<0.05$ ) を示した (図 3-17)。

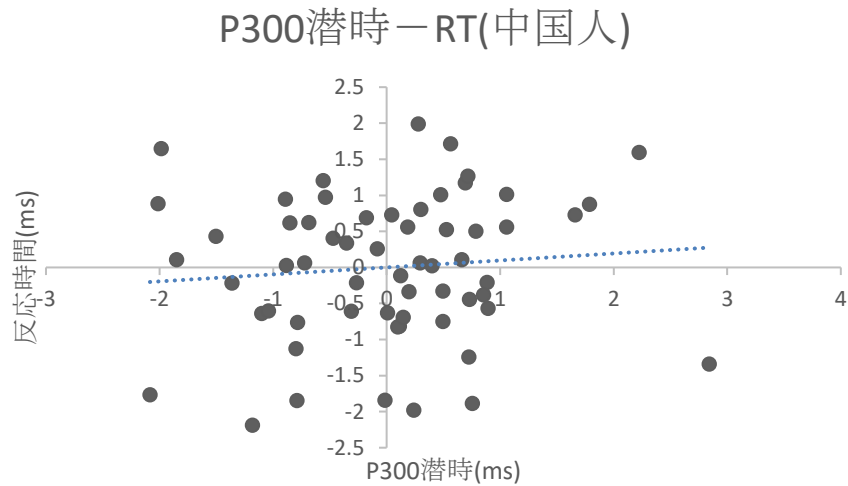


図 3-16 中国人被験者における P300 潜時と反応時間の相関関係

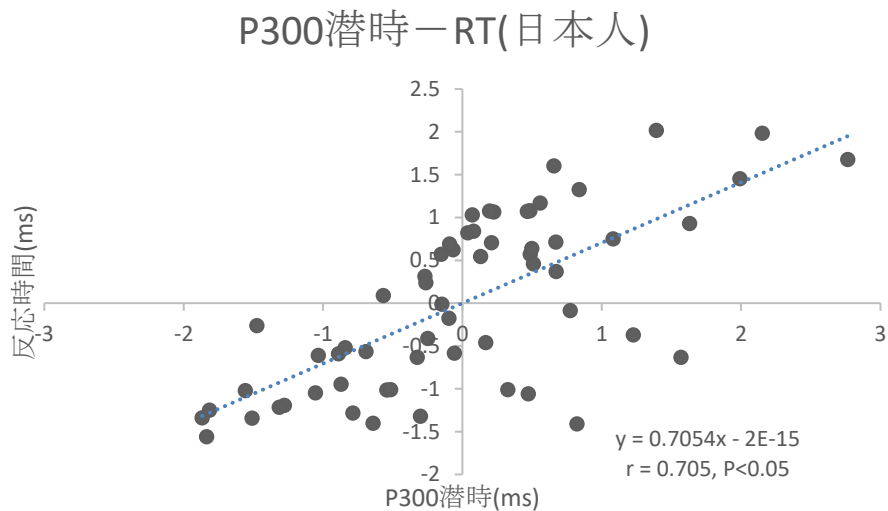


図 3-17 日本人被験者における P300 潜時と反応時間の相関関係

### 3. 4 考察

本実験は無意味文字の漢字と仮名に加えて簡単な図形の3つの刺激条件について異同判断を求めるオドボール課題により、中国人と日本人における空間認知処理に対する右脳の優位性の程度の違いを反応時間、誤答率、P300 潜時、P300 振幅から検討した。

#### 3. 4. 1 反応時間

反応時間について、民族、左右視野、刺激条件における3元配置分散分析を行った結果、民族と刺激条件のそれぞれ有意な主効果がみられた。民族については、中国人は日本人より刺激と左右視野の条件に関わらず遅く、第一実験と異なる結果となった。この原因については後で考察する。刺激条件については、民族に関係なく仮名より漢字が、漢字より図形がそれぞれ速くなり、特に中国人がこの傾向を強く示すことはなかった。また民族別にみると、日本人において仮名より漢字と図形の反応時間が有意に速かったのに対して中国人では仮名と図形の間には有意ではあったものの仮名と漢字の間には有意ではなかった。このことから、漢字や図形に対する中国人の右脳の優位性の強さをみることができなかった。

さらに第一実験と異なり、民族と刺激の交互作用がなかった。第一実験の結果では、図形条件において、中国人被験者の反応時間は日本人被験者より有意に短縮し、アルファベット条件において、中国人被験者の反応時間は日本人被験者より有意に延長した。第二実験の図形条件において両民族間で有意ではなかったことは、本実験の検討事項のひとつである図形の複雑性が関係していると考えられる。Fontenot<sup>32)</sup>の研究で示唆されたように、複雑な図形は右半球の優位性が増し、シンプル図形は半球間の優位性の違いがみられないという結果が反映された可能性が考えられる。

刺激条件や左右視野に関わらず、中国人の反応時間が日本人より遅かった。原因について、反応時間に関わると思われるP300 潜時との関係を見ると、日本人被験者では両者の間に有意な正の相関関係がみられたのに対し、中国人では有意な相関関係はみられなかったことに注目する。

下河内ら<sup>37)</sup>の研究によると、P300 潜時と反応時間には相関が認められる場合と認められない場合があることを指摘している。Ruchikin & Sutton<sup>38)</sup>はP300 潜時と反応時間の関連性を刺激の“equivocation”の違いから説明した。“equivocation”とは刺激呈示後にもなお残る不確かさのことを意味しており、“equivocation”が増加するので、P300 振幅が減少し、P300 潜時が延長すると想定した。おそらく、刺激に対する弁別判断の不確かさや、その不確かさの程度にバラツキがあるためにP300 潜時、あるいはP300 振幅と反応時間との間に有意な相関関係が形成されなくなると考えられる。本実験で日本人被験者では両者の間に有意な正の相関関係がみられたのに対し、中国人では有意な相関関係はみられなかったのは、前述のように中国人の弁別判断の不確かさを反映している可能性がある。また、民族に関わらず、刺激に対する反応時間が

図形<漢字<仮名となった結果においても、中国人の右脳優位性は日本人より大きいとは言えなかった。

また、反応時間が中国人の方が日本人より一貫して長いのは、実験に対する態度やモチベーションの差が反映されていることが危惧されている。しなし、本実験ではそれを客観的に示すことはできなかった。また、被験者の人数が少ないのも、本研究の欠点ではある。

### 3. 4. 2 誤答率

本実験の誤答率にて、刺激の主効果により、誤答率は、民族に関わらず仮名がもっとも大きく、これに対して漢字と図形は有意に小さかった。民族別にみると、中国人においては刺激と左右視野の各主効果、及び両者間の交互作用のいずれも有意ではなく、仮名に対する漢字の認知判断の正確さや左半球視野の正確さの優位性を示すことはできなかった。日本人被験者では刺激条件間で有意な主効果があり、漢字と図形の条件はおのこの仮名条件より誤答率が有意に小さかった。以上の結果により中国人の漢字に対する空間認知の優位性の強さを誤答率においても示すことができなかった。

### 3. 4. 3 P300 潜時

P300 潜時は、情報の処理に要する時間を反映する。沼田憲治ら<sup>17)</sup>の実験では、事象関連電位における P300 潜時により、図形認知の大脳半球優位性を検討した。健常者を対象に、左右いずれかの半側視野に呈示した図形に対する弁別課題中の ERP を Fz および Pz から記録した。ERP の P300 潜時を呈示視野半側間で比較した結果、Fz、Pz 共に左視野呈示の方が右視野呈示に比べて有意に短かった。これは右半球が左半球に比べて視野認知過程に要する時間が短いことを示しており、図形認知における右半球優位性が支持された。

本実験の P300 潜時にて、民族、左右視野、刺激条件、測定 6 部位の 4 元配置分散分析を行った結果、民族、刺激条件のそれぞれで有意な主効果がみられた。中国人被験者は日本人被験者より P300 潜時が有意に遅かった。ここにおいても中国人の P300 潜時と反応時間の相関関係が無かったことから、中国人の遅い P300 潜時は弁別判断に対する「不確かさ」を反映していることが推測された。

交互作用では、民族と刺激条件の間で有意性がみられた。日本人被験者は仮名条件が図形と漢字条件より P300 潜時が遅く、中国人は刺激間で有意ではなかった。この中国人の結果は、反応時間においては仮名より図形が速かったが P300 潜時においては差が消失していた。したがって、中国人の P300 潜時はここにおいても刺激情報の処理時間を反映していない可能性が示唆された。また、左右視野と刺激条件の間で有意な交互作用がみられた。すなわち漢字では左視野が右視野より速く、仮名では右視野が左視野より速かった。これらの結果は過去の研究と一致したが、中国人と日本人

の民族間の差はみられなかった。一方、図形については民族に関係なく左右の視野間で差はなかった。この結果は第一実験で使われた複雑な図形と違って、簡素な図形を使用したことが原因と考えられる。

左右視野に分けて P300 潜時を民族、刺激条件、左右部位（左 3 か所の平均値及び右 3 か所の平均値）における 3 元配置分散分析を行った結果、左視野にて民族と刺激のそれぞれについて有意な主効果がみられた。中国人は日本人より P300 潜時が遅かった。このことも中国人の左視野における弁別判断の「不確かさ」が原因していることが推測された。また、刺激条件については、仮名条件が図形条件と漢字条件より P300 潜時が有意に遅く、民族による交互作用はみられなかった。ここにおいても中国人の漢字や図形に対する右脳の優位性が日本人より勝っていることは示されなかった。

#### 3. 4. 4 P300 振幅

先行研究では、事象関連電位における P300 振幅について刺激に対する認知機能が高いときに振幅が大きく、潜時が短くなり、覚醒水準が低下するときに振幅が小さく、潜時が長くなることが報告されている<sup>39)</sup>。また、ヒトは複数の課題に注意を配分することが可能であり、P300 振幅は刺激に対する注意度の程度を反映することなどが確認されている<sup>40)</sup>。本実験にて P300 振幅の民族、刺激条件、左右視野、左右部位（左 3 か所の平均値及び右 3 か所の平均値）の 4 元配置分散分析を行った結果、主効果、交互作用共に有意ではなかった。これは少なくとも、P300 振幅による中国人と日本人被験者が刺激の認知機能や注意程度に有意な差はみられなかったと言える。また、P300 振幅と反応時間との相関関係をみると、中国人では第一実験と同じく関係はみられなかったが、日本人の場合は第一実験と異なって相関関係をみることができなかった。P300 振幅は認知判断や注意に関連し、覚醒水準を反映することが知られているが、これを前提とすると中国人と日本人はいずれも反応時間は P300 振幅による覚醒水準には依存していないことが示唆された。

#### 3. 4. 5 まとめ

以上より、刺激の異同判断処理まで求めた本実験条件下では、仮名（表音文字）と漢字（表意文字）に関する一連の測定項目からみた結果から、中国人の右脳の優位性の程度が日本人より強いとは言えなかった。

また、左半視野の優位性は漢字でみられたのに対して簡素化した図形ではみられなかったことから、中国人と日本人のいずれにも簡素化された図形は右脳優位とはいえないこととなった。

反応時間と覚醒水準との関係から、中国人と日本人のいずれも反応時間というパフォーマンスに対して、オドボール課題より得られる覚醒水準の関与は小さいと考えられた。さらに反応時間と P300 潜時との関係から、中国人においては本実験下の視覚

刺激に対して“不確かさ”が日本人より強く反映されたことが示唆された。あるいは、中国人の反応時間に反映される視覚的空間認知処理過程は日本人とは異なる可能性が考えられるのではないだろうか。

## 第4章

### 第三実験 言語文化を配慮した中国人、日本人それぞれに適切なオフィス照明条件

#### 4. 1 序論

##### 4. 1. 1 言語文化が漢字認知に対する右半球優位性の程度に及ぼす影響

第一実験では、図形を漢字と想定し、図形、アルファベット、数字を刺激として随伴陰性変動を測定することにより言語文化が図形認知に及ぼす影響を検討した。その結果、図形に関する右脳優位性の程度は、表意文字か表音文字のいずれが主として構成される母国語であるかによって影響されることが示唆された。第二実験では実際に漢字を刺激条件として、半視野刺激瞬間提示法を用いた。図形の複雑さを変えると右脳の優位性が消失することが示唆されたことから、第二実験では簡単な図形を用いた。その結果、漢字や図形に対する中国人の右脳の優位性の強さをみることができなかった。

第二実験では無意味漢字を用い、意味の解釈に至る前までの間で、中国人の右脳優位性の程度は日本人より強いことが言えなかった。第三実験では実際のオフィス作業を想定し、意味の解釈を含む認知過程の評価のもとで中国人と日本人に対する適切な照明条件を検討する。

##### 4. 1. 2 オフィス照明と生産性

オフィスは、生産性が求められる場所である。適切な照明環境は、作業への影響も大きい。照明は人に心理的側面だけでなく生理的な影響も与える。多くの行為や生理的な現象、例えば、睡眠覚醒、血圧、心拍数、体温などには概日リズムがある。従って、午前と午後の異なる時刻ではオフィス作業に対して適切な照明条件は異なることが考えられる。

目から入った光は、視覚野へいく視覚経路と、網膜－視床下部路を經由して非視覚経路を通ると考えられている。非視覚経路における光の信号は、視交叉上核では生体リズムの調節に、視床下部の室傍核においては自律神経の活動度に、脳幹網様体においては脳の覚醒水準にそれぞれ影響する。従来の研究により、光の非視覚的作用は照度だけではなく、色温度も影響を与えている<sup>10)41)</sup>。従って、本研究における最適な照度と色温度の組み合わせ条件を求める必要があり、そのためには生産性や照明の非視覚的作用を評価し、併せて概日リズムを配慮した作業時刻にも注目しなければならない。

#### 4. 1. 3 オフィスにおける中国人と日本人に対する照明の影響

経済のグローバル化にともなって、国境を越えて働く人が増えてきた。厚生労働省の調べによると、日本で働く外国人も増えている。その内、4割くらいが中国人である。オフィス作業でパーソナルコンピュータなどのディスプレイを用いることを想定した場合、漢字や仮名を含む言語を取り扱うことが多い。第二実験では、漢字を刺激呈示した場合では中国人の右脳の優位性の程度が大きいという結果は見られなかった。さらに反応時間は P300 潜時にも依存していなかった。これに対して日本人の反応時間は P300 潜時との有意な相関関係を示した。結果的に、中国人の漢字文化による右脳の優位性の程度が大きいと判断される刺激は第一実験で示した複雑な図形に限られ、漢字や仮名についてはみられなかった。

これまでのオフィス照明の作業へ及ぼす影響の評価は、照度や色温度が中枢神経系や自律神経系の覚醒水準への影響を介したものであり、多くは日本人を被験者とするものであった。従来、日本ではオフィスにおける JIS の推奨照度は 750 lx とされている。東日本大震災以降、節電対策として照明を減灯するオフィスが増加しているが、一般的に、照度が下がると覚醒度が低下すると考えられており、「知的生産性」への影響が危惧される。そのため、「知的生産性」の観点から照度が不足する状態が継続することは好ましくないと考えられる。近年、「知的生産性」を維持しながら省エネを実現することを目的とした研究も増えている。

一方、中国では《建築照明設計標準》により、オフィス照明は 300lx～500 lx を基準としている。しかし、今まで中国人被験者におけるオフィス照明と知的生産性に関する研究は少ない。したがってオフィス作業における中国人の適切な照明条件を検討する必要もある。

第一と第二の実験では、いずれも刺激の意味の解釈にいたる前の反応を検討した。オフィスを想定した第三実験では、漢字と仮名を刺激として意味の解釈までをともなう反応を検討し、その反応に対する中国人と日本人における適切な照明条件を検討する。

#### 4. 1. 4 目的

本研究はオフィス作業を想定した日中の午前と午後で、照度と色温度を組み合わせた照明条件への暴露で、日本人及び中国人に漢字及び仮名を呈示したときの CNV 課題を実施して、照明光が作業効率と覚醒水準に及ぼす影響を検討した。また、オフィス作業に対して、漢字、仮名文字への意味解釈をともなう認知に対する両民族への影響と併せて検討した。これを踏まえて、日本人、中国人それぞれに、午前と午後でオフィス空間にとって望ましいと考えられる照明条件を提案することを目的とした。

## 4. 2 方法

### 4. 2. 1 被験者

健康な男子日本人大学生 8 名(平均年齢  $22.4 \pm 1.0$  歳)、中国人大学生 8 名(平均年齢  $24.4 \pm 1.0$  歳)を被験者とした。被験者は喫煙者を除き、実験開始前の三ヶ月以内に夜間アルバイト、海外旅行をしていないものとした。また事前に生活習慣質問用紙と朝型・夜型質問紙(MEQ テスト)に回答してもらい、MEQ スコアが 42 点以下の夜型でない者を被験者とした。被験者には実験の 1 週間前から生活統制(6:30 に起床、23:30 に就寝)を義務付けた。また、事前に実験内容を実験対象者に十分に説明し、同意を得た。実験日の前日と当日は、概日リズムの位相を変化させてしまう恐れがあるためアルコール、カフェインの摂取を禁止した。本研究は九州大学大学院芸術工学研究院の倫理審査委員会の承認を受けた。

### 4. 2. 2 環境条件

実験は、九州大学大橋キャンパスの環境適応研究実験施設 NO.5 で行った。照明は天井埋め込み型で、色温度 3000K(パナソニック社製、FHF-32EX-L-H)と 6000K(パナソニック社製、FHF-32EX-D-H)を用いた(図 4-1)。室内温度  $26^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 50%で一定とした。実験は、2013 年 8 月上旬から 11 月中旬にかけて行った。

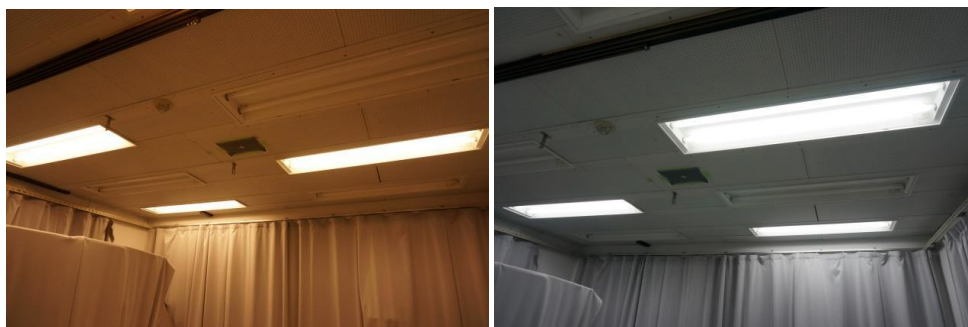


図 4-1 色温度 3000K の照明(写真左)と色温度 6000K の照明(写真右)

### 4. 2. 3 実験条件

照明条件は、照度 400lx 及び 750lx、色温度 3000K 及び 6000K を組み合わせた 4 条件、実験の実施時間は午前と午後の 2 条件として、午前を 9:00~11:00、午後を 16:00~18:00 に設定した。また、CNV 課題における刺激条件をひらがな及び漢字の 2 条件とし、上記の 8 条件の中で実施した(表 4-1)。

表 4-1 実験条件

	6000K				3000K			
	400lx		750lx		400lx		750lx	
文字条件	仮名	漢字	仮名	漢字	仮名	漢字	仮名	漢字
午前条件	●	●	●	●	●	●	●	●
午後条件	●	●	●	●	●	●	●	●

#### 4. 2. 4 CNV課題における刺激呈示条件

刺激呈示はひらがなと漢字の2種類の文字を用いて各々3パターンを作成し、照明と時刻の8条件の各実験でひらがなまたは漢字の文字の3パターンをランダムに提示した。CNV課題におけるノンターゲットとターゲットの刺激を図4-2に示す。また、準備刺激はグレーの丸を提示した。

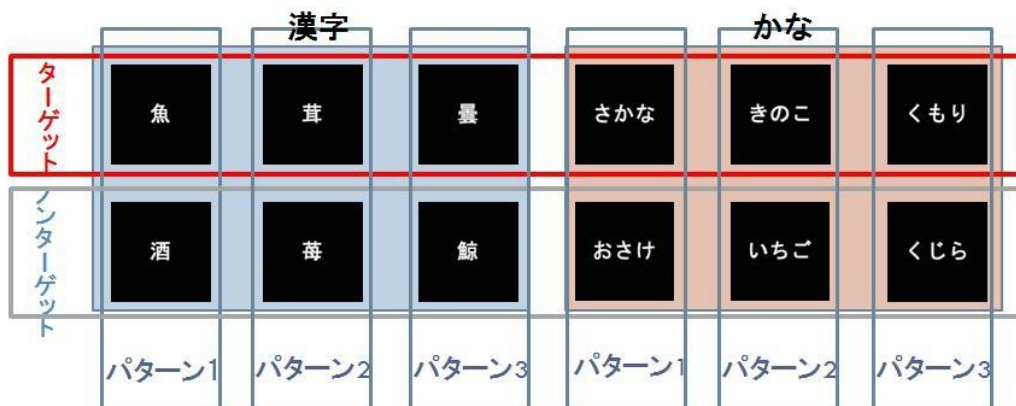


図 4-2 刺激条件

#### 4. 2. 5 実験手順

実験プロトコルを図4-3に示す。本実験前に、予備実験を一回行い、実験に慣れてもらった。本実験では、被験者には実験開始40分前には実験室に入室してもらい、座位安静の状態各センサーの装着を行った。実験内容を総称してオフィスワークとする、オフィスワークは2時間行い、実験終了後はセンサーを取り外し、帰宅してもらった。被験者一人につき実験は一日一回までで、予備実験を含め計17回実験に参加してもらった。実験は午前午後ともに一回につき被験者2人を同時に測定し、一日

に4人の測定を行った。各測定項目の測定時間を図3中に示す。α波率は一回の測定につき3分間行い、1実験につき3回を測定した。CNVは一回の測定につき15分間行い、1実験につき3回測定した。実験前と実験後に主観評価を行った。また、単語分類タスクは本研究では対象外とした。

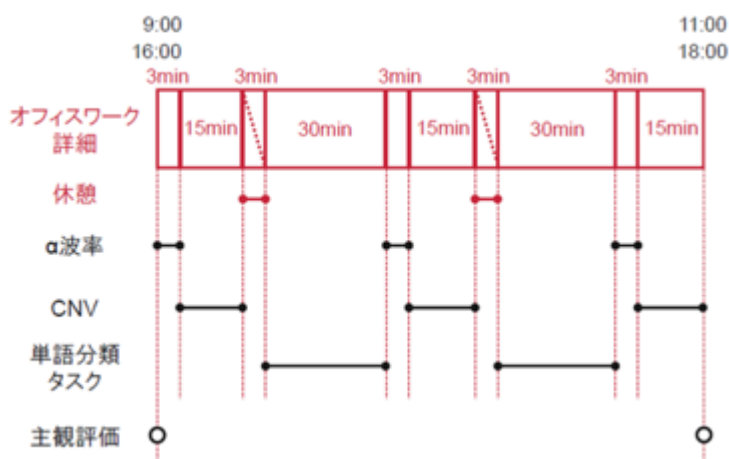


図 4-3 実験のプロトコル

#### 4. 2. 6 測定項目

被験者の頭部に脳波電極を装着し、Polymate AP1000 シリーズ(デジテックス研究所社製)を使ってα波率とCNVの測定を行った。電極はすべて銀塩化銀電極を使用し、国際10-20法の電極配置に従って、Fz、Czの位置で脳波を測定した。両耳朶(A1・A2)を基準にして、脳波を単極誘導した。アースとリファレンスを前額部に装着した。眼球運動に伴うアーチファクト混入を検出するため、眼電図(electro-oculogram: EOG)を記録した。電極抵抗値は5kΩ以下とした。

##### (1) CNV

CNVは時定数を3.0sec、ローパスフィルタを30Hzとした。刺激提示はMulti Trigger System(メディカルトライシステムズ社製)を使って測定を行った。刺激前100msの間の平均電位をベースラインとした。被験者には安静座位の状態、卓上のPCディスプレイ上に準備刺激(S1: グレーの円)が表示された後、命令刺激(S2)としてターゲット刺激もしくは非ターゲット刺激(後述)が表示され、ターゲット刺激が表示された時のみスイッチを押してもらった。準備刺激と命令刺激の提示時間を100msとし、準備刺激の提示から命令刺激の提示までの時間は2500msとした。刺激呈示は漢字と仮名の2種類の文字を用いて各々3パターンを作成し、照明と時刻の8条件の各条件で漢字と仮名をそれぞれ刺激呈示したため実験は一人あたり16回となった。各文字の刺激呈示においては3パターンをランダムに提示した。1回の測定では刺激

呈示回数は 90 回となっており、このうちターゲットは 60 回であった。本研究は CNV パラダイムにおける準備刺激呈示後 500-1000ms を CNV 早期成分とし、加算平均した波形から平均振幅を算出した（以下 CNV 振幅）。正反応を判断する反応時間は 100-1000ms とし、それ以外のターゲット刺激に対する反応あるいは無反応、およびノンターゲット刺激への反応は誤反応とした。S1 提示前 500ms から S2 までの電位変動を加算対象としたが、EOG の電位が 150 $\mu$ V 以上の場合加算から除外した。なお、正反応の CNV 早期成分の平均振幅と反応時間および誤答率を評価対象とした。

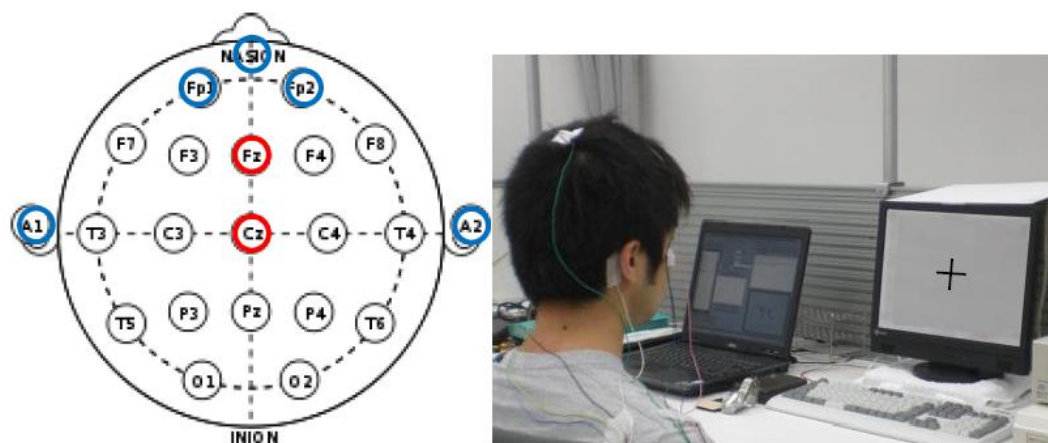


図 4-4 電極測定部位と実験時のイメージ

## (2) $\alpha$ 波率

$\alpha$  波率は椅座安静状態の開眼時に測定した脳波から、高速フーリエ変換（Fast Fourier Transform）により算出した  $\alpha$  波 Power と  $\beta$  波 Power から導いた。開眼時の  $\alpha$  波率は眠気の程度として用いられる。 $\alpha$  波率が高い場合被験者の覚醒水準の低下を示す。被験者の頭部に脳波電極を装着し、Polymate AP1000 シリーズ(デジテックス研究所社製)を使って測定を行った。脳波測定部位は Cz 及び Fz とし、CNV 測定部位と同じである。測定は CNV 課題開始前の 3 分の安静座位状態で、モニターに設置された注視点を見続け、測定は 1 実験につき 3 回行った。

## (3) KSS : Karolinska Sleepiness Scale [日本版](眠気尺度)

日本版眠気尺度(KSS)を用いて、アンケート形式による 9 段階の眠気評価を行ってもらった。測定は実験開始前と終了後に行った。被験者には、現在の眠気状態について、アンケート形式で回答をしてもらった。“非常にはきり目覚めている”= 1 点、“目覚めている”= 3 点、“どちらでもない”= 5 点、“眠い”= 7 点、“とても眠い”= 9 点として、最も当はまるスコアを選択もらった。KSS は眠気の内省的な指標として多くの研究で使われている。

#### 4. 2. 7 データの解析

マルチモーダル脳波解析プログラム EMSE で脳波波形を加算平均した。Fz、Cz における CNV の grand average 波形を図 4-5 に示す。誤反応と EOG の電位が  $150\mu\text{V}$  以上の場合は加算から除外した。加算回数は 20 回以上であった。IBM SPSS Statistics 各測定項目で、刺激条件、照度、色温度、時刻の要因を対象として分散分析を実施した。有意の場合には Bonferroni の下位検定を行った。ANOVA を使った統計は球面性の検定を配慮した。統計的有意性の判定は、危険率が 5%未満を有意、10%未満を有意傾向であると判定した。また、相関関係をみる際は個人差分散を除くため、データを標準化した。データの標準化は以下の式を用いた。

$$\text{標準化データ} = (\text{データ} - \text{平均値}) / \text{標準偏差}$$

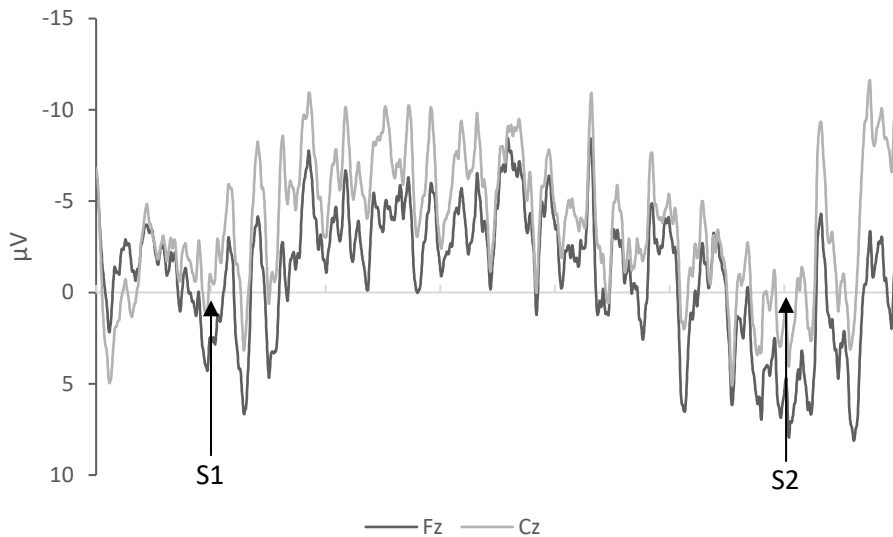


図 4-5 Fz、Cz における CNV の grand average 波形

#### 4. 3 中国人被験者の結果

中国人と日本人それぞれに適切するオフィス照明条件を検討するため、中国人と日本人のデータを分けて解析した。

全てのデータを刺激条件、照度、色温度、時刻を要因とした四元配置分散分析を行った結果、刺激の要因を含む主効果、交互作用ともに有意ではなかったため、漢字、仮名のデータを込みにして解析した。

#### 4. 3. 1 CNV パラダイムにおける選択反応課題（反応時間、誤答率）

##### (1) 反応時間

反応時間の照度、色温度、時刻の三元配置分散分析を行った結果、主効果では有意ではなく、照度×色温度で有意な交互作用があった( $F=5.84, p<0.05$ )。下位検定の結果、6000K 条件で 750lx が 400lx より反応時間が長かった( $p<0.05$ ) (図 4-6(a))。

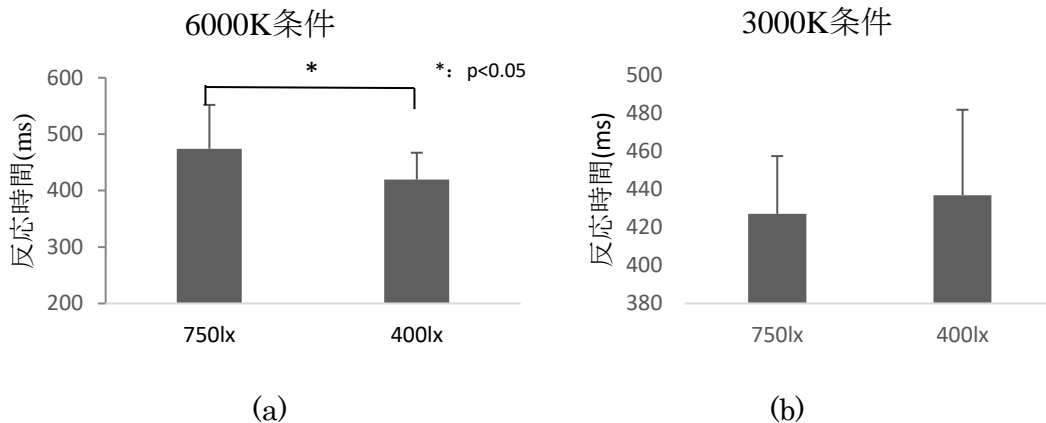


図 4-6 中国人被験者の CNV 課題反応時間  
(平均値と標準偏差を示す)

##### (2) 誤答率

誤答率の照度、色温度、時刻の三元分散分析を行った結果、主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

#### 4. 3. 2 CNV 振幅

##### (1) Fz 部位

Fz 部位における CNV 振幅の照度、色温度、時刻の三元分散分析を行った結果、主効果は色温度で有意であった( $F=1.09, p<0.05$ )。下位検定の結果、3000K 条件は 6000K 条件より CNV 振幅が有意に大きかった( $F=4.55, p<0.05$ ) (図 4-7)。

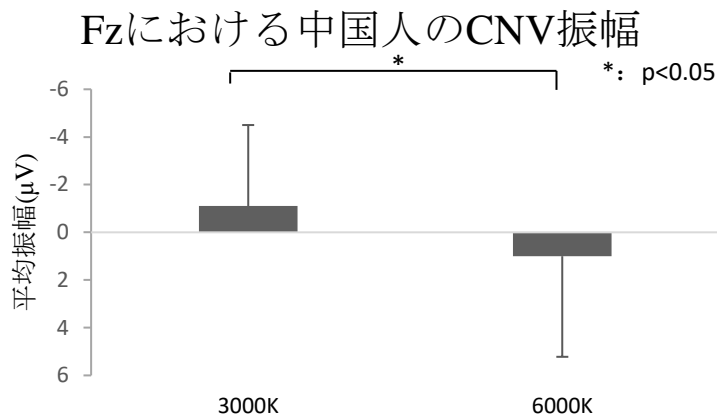


図 4-7 Fz 部位における中国人被験者の CNV 振幅  
(平均値と標準偏差を示す)

## (2) Cz 部位

Cz 部位における CNV 振幅の照度、色温度、時刻の三元配置分散分析を行った結果、主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

## 4. 3. 3 α 波率

### (1) Fz 部位

Fz 部位の α 波率について照度、色温度、時刻の三元分散分析を行った結果、主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

### (2) Cz 部位

Cz 部位の α 波率について照度、色温度、時刻の三元分散分析を行った結果、主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

## 4. 3. 4 KSS

KSS の照度、色温度、時刻の三元配置分散分析を行った結果、効果は時刻で有意であり ( $F=7.57, p<0.01$ )、下位検定の結果、午前条件は午後条件より KSS 点数が高かった ( $p<0.05$ ) (図 4-8)。

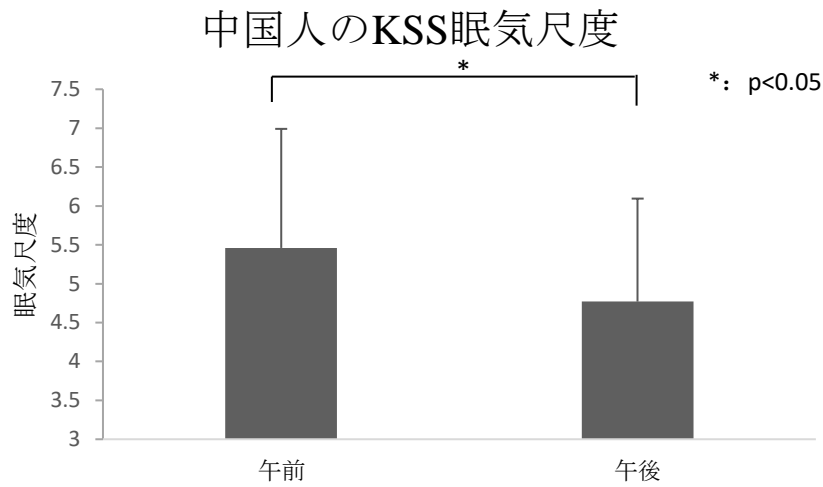


図 4-8 中国人被験者の KSS 眠気尺度  
(平均値と標準偏差を示す)

#### 4. 3. 5 相関関係

全体的な指標間の関係を把握するため、すべてのデータを標準化した上、時刻、照度、色温度の全要因を込みにした全体の資料を対象に相関関係をみた。なお、KSS については、時刻、照度、色温度、実験前後の全要因を込にした全体の資料を対象に相関関係を見た。

##### (1) α 波率—反応時間

α 波率と反応時間の相関関係をみた結果、Fz、Cz 部位ともに有意な相関関係はみられなかった (図 4-9、4-10)。

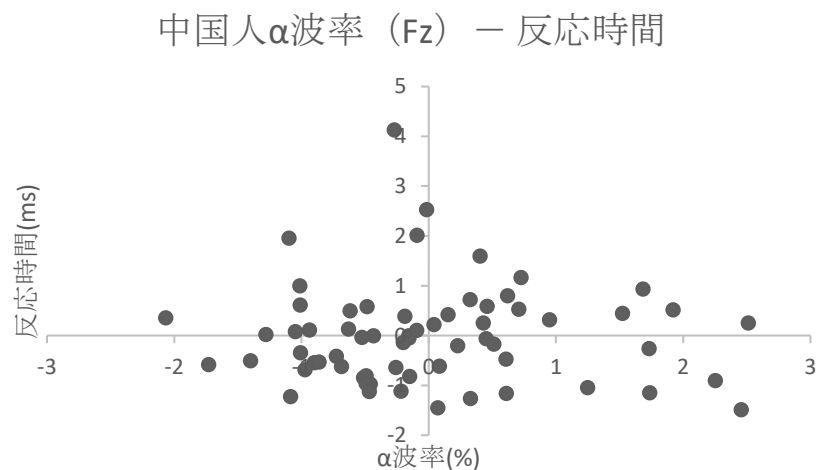


図 4-9 Fz 部位にて中国人被験者の α 波率-反応時間の相関関係

中国人 $\alpha$ 波率 (Cz) — 反応時間

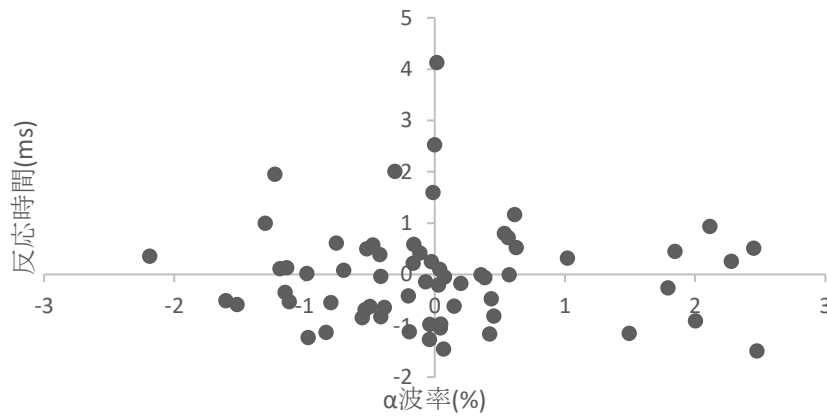


図 4-10 Cz 部位にて中国人被験者の  $\alpha$  波率-反応時間の相関関係

(2) CNV 振幅—反応時間

CNV 振幅と反応時間の相関関係をみた結果、Fz、Cz 部位ともに有意な相関関係はみられなかった (図 4-11、4-12)。

中国人CNV振幅(Fz)—反応時間

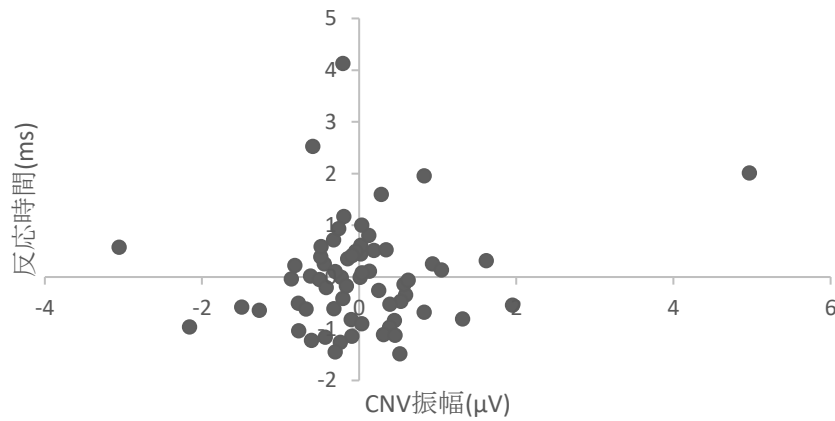


図 4-11 Fz 部位における中国人被験者の CNV 振幅-反応時間の相関関係

中国人CNV振幅(Cz)－反応時間

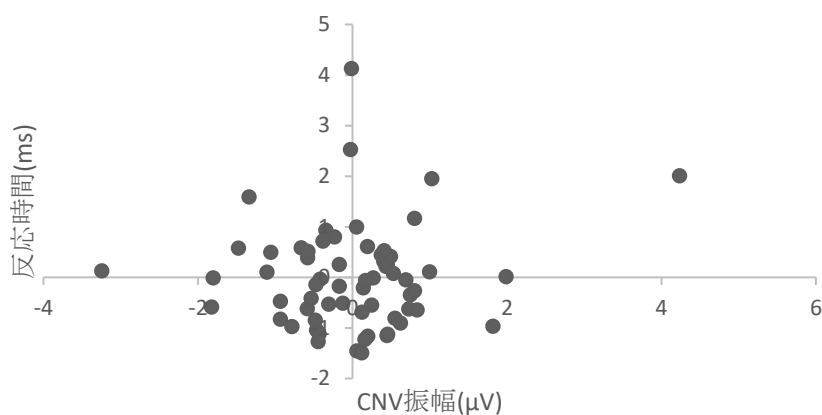


図 4-12 Cz 部位における中国人被験者の CNV 振幅-反応時間の相関関係

### (3) CNV 振幅— $\alpha$ 波率

$\alpha$  波率と CNV 振幅の相関関係をみた結果、Fz 部位、Cz 部位ともに有意な相関関係はみられなかった (図 4-13、4-14)。

中国人CNV振幅— $\alpha$ 波率 (Fz)

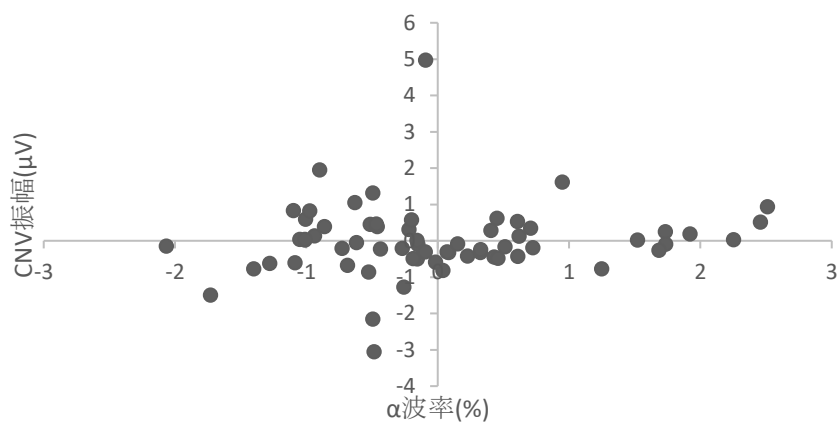


図 4-13 Fz 部位における中国人被験者の CNV 振幅- $\alpha$  波率の相関関係

### 中国人CNV振幅—α波率 (Cz)

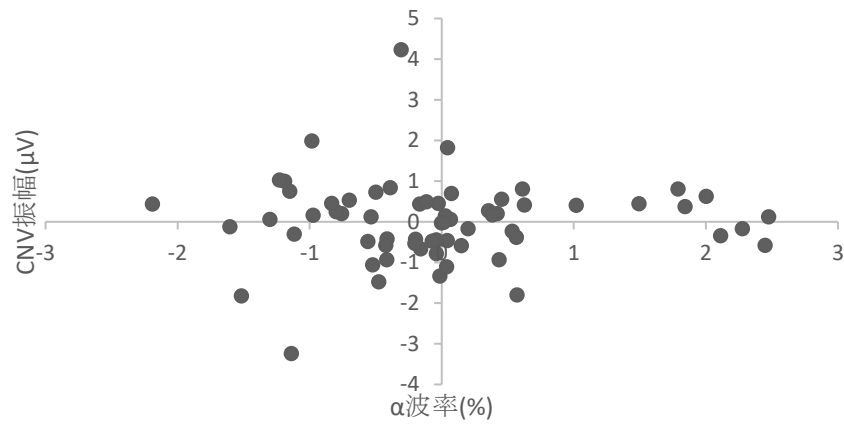


図 4-14 Cz 部位における中国人被験者の CNV 振幅-α 波率の相関関係

#### (4) KSS—α 波率

KSS と α 波率の相関関係をみた結果、Fz 部位、Cz 部位ともに実験前後にて有意な相関関係はみられなかった。

#### (5) KSS—CNV 振幅

KSS と CNV 振幅の相関関係をみた結果、Fz 部位、Cz 部位ともに実験前後にて有意な相関関係はみられなかった。

#### (6) KSS—反応時間

KSS 反応時間の相関関係をみた結果実験前後ともに有意な相関関係はみられなかった。

### 4. 4 日本人被験者の結果

全てのデータを刺激条件、照度、色温度、時刻を要因とした四元配置分散分析を行った結果、刺激の要因を含む主効果、交互作用ともに有意ではなかったため、漢字、仮名のデータを込みにして解析した。

#### 4. 4. 1 CNV パラダイムにおける選択反応課題 (反応時間、誤答率)

##### (1) 反応時間

反応時間の照度、色温度、時刻の三元配置分散分析を行った結果、主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

## (2) 誤答率

誤答率の照度、色温度、時刻の三元分散分析を行った結果、主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

### 4. 4. 2 CNV 振幅

#### (1) Fz 部位

Fz 部位における CNV 振幅の照度、色温度、時刻の三元分散分析を行った結果、主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

#### (2) Cz 部位

Cz 部位における CNV 振幅の照度、色温度、時刻の三元分散分析を行った結果、照度×色温度×時刻で有意であり ( $F=0.496$ ,  $p<0.05$ )、下位検定の結果、午前条件の照度 400lx において、6000K 条件は 3000K より CNV 振幅が有意に大きかった ( $p<0.05$ ) (図 4-15(a))。

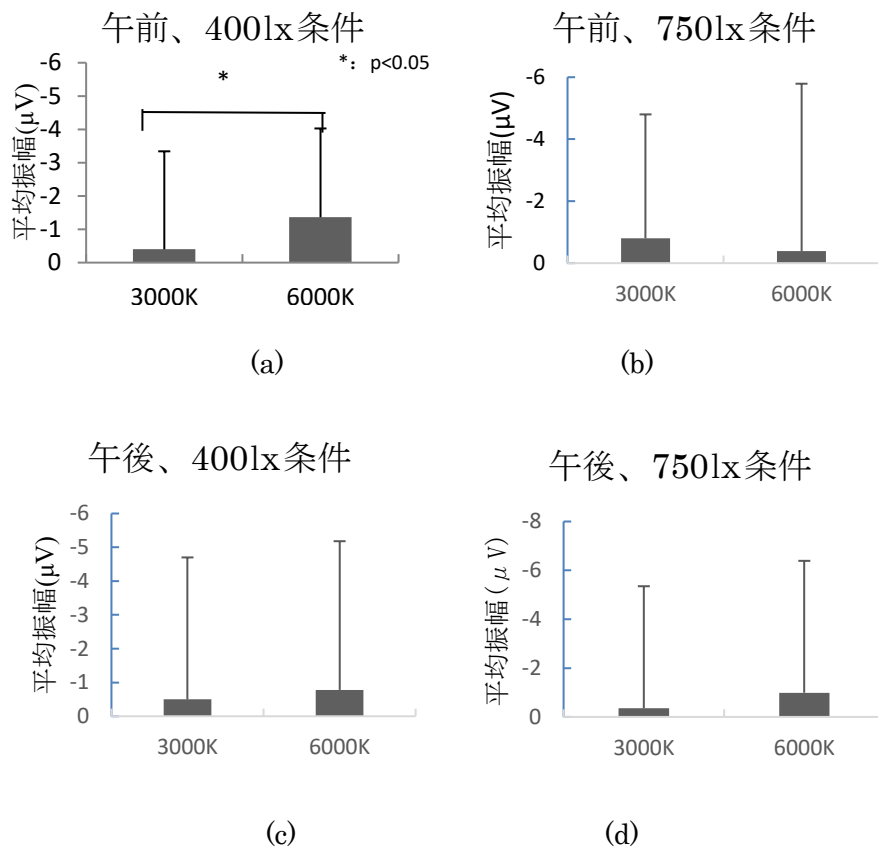


図 4-15 Cz 部位における日本人の CNV 振幅  
(平均値と標準偏差を示す)

### 4. 4. 3 $\alpha$ 波率

#### (1) Fz 部位

Fz 部位の  $\alpha$  波率について照度、色温度、時刻の四元分散分析を行った結果、主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

#### (2) Cz 部位

Cz 部位の  $\alpha$  波率について照度、色温度、時刻の四元分散分析を行った結果、主効果、交互作用ともに有意ではなかった。

### 4. 4. 4 KSS

KSS の照度、色温度、時刻の三元分散分析を行った結果、色温度×時刻で有意であり ( $F=3.20, p<0.05$ )、6000K 条件で、午前が午後より KSS 点数が高く ( $p<0.05$ ) (眠い) (図 4-16)、午後条件で、6000K が 3000K より KSS 点数が低かった ( $p<0.05$ ) (図 4-17)。

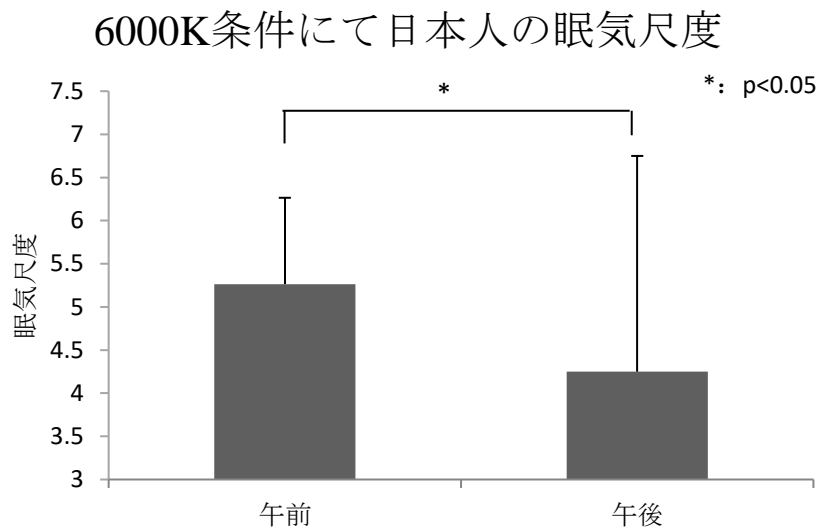


図 4-16 6000K 条件にて日本人被験者の眠気尺度  
(平均値と標準偏差を示す)

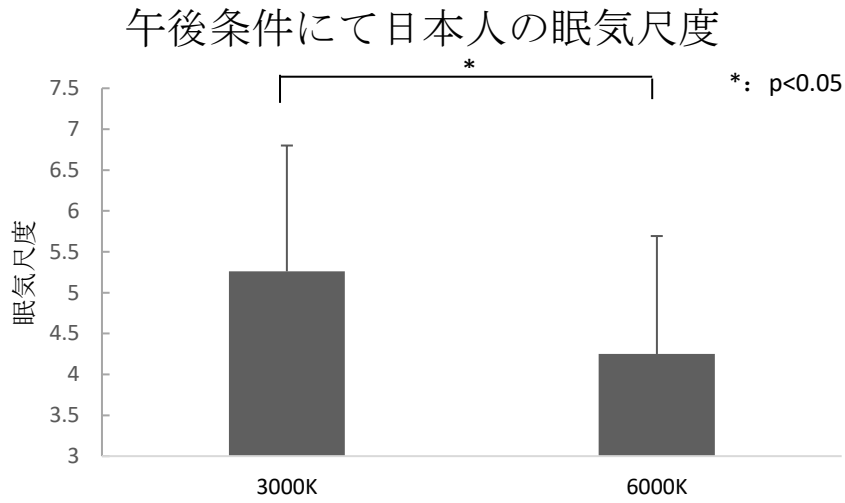


図 4-17 午後条件にて日本人被験者の眠気尺度  
(平均値と標準偏差を示す)

#### 4. 4. 5 相関関係

全体的な指標間の関係を把握するため、すべてのデータを標準化した上、時刻、照度、色温度の全要因を込みにした全体の資料を対象に相関関係をみた。なお、KSS については、時刻、照度、色温度、実験前後の全要因を込にした全体の資料を対象に相関関係を見た。

##### (1) $\alpha$ 波率—反応時間

$\alpha$  波率と反応時間の相関関係をみた結果、Fz 部位は有意ではなかった (図 4-18)。Cz 部位は有意な正の相関関係を示した (4-19)。つまり、覚醒度が高ければ高いほど、反応時間が速くなった。

日本人α波率 (Fz) - 反応時間

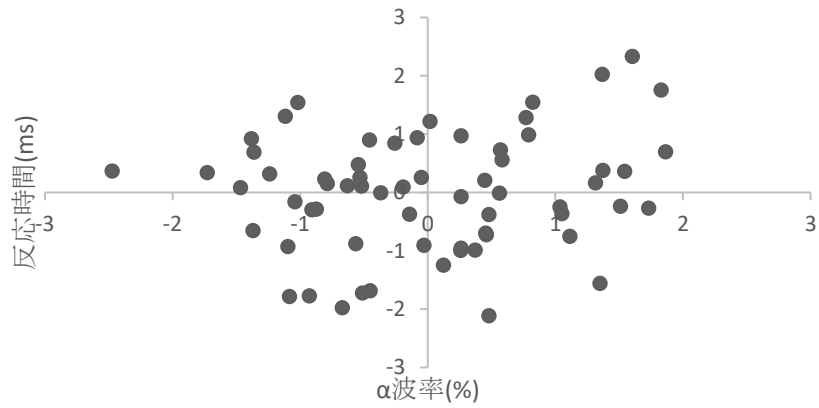


図 4-18 Fz 部位における日本人被験者の α 波率-反応時間の相関関係

日本人α波率 (Cz) - 反応時間

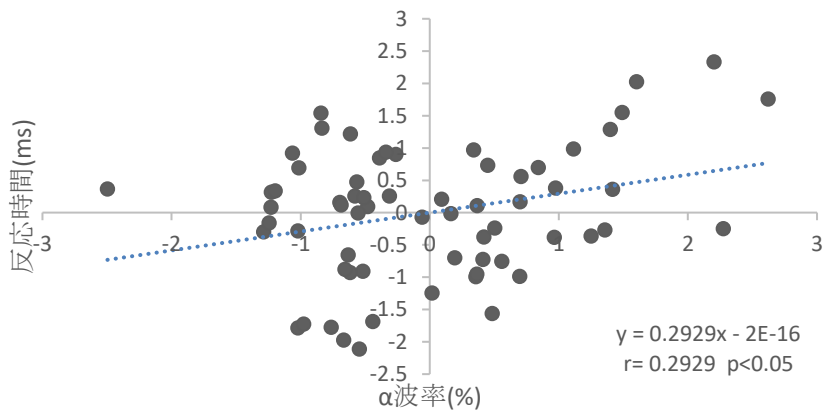


図 4-19 Cz 部位における日本人被験者の α 波率-反応時間の相関関係

## (2) CNV 振幅—反応時間

CNV 振幅と反応時間の相関関係をみた結果、Fz、Cz 部位ともに有意な負の相関関係がみられた (図 4-20、4-21)。

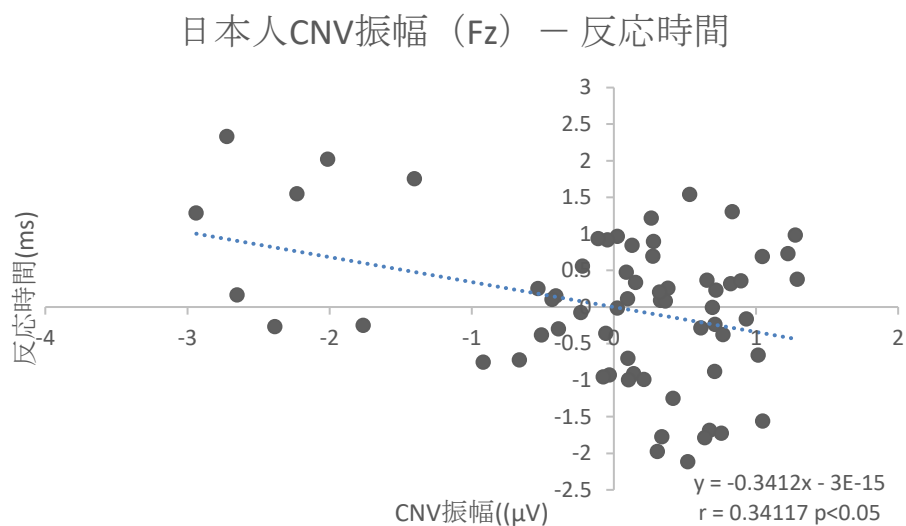


図 4-20 Fz 部位における日本人被験者の CNV 振幅-反応時間の相関関係

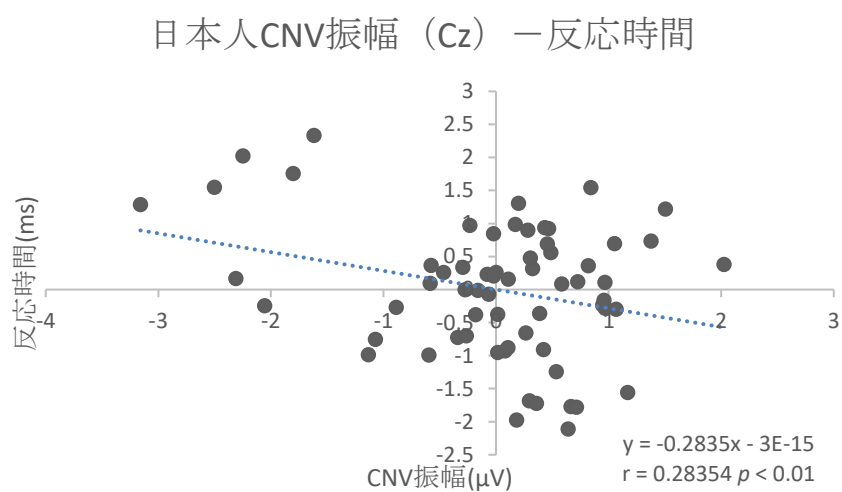


図 4-21 Cz 部位における日本人被験者の CNV 振幅-反応時間の相関関係

### (3) CNV 振幅—α 波率

α 波率と CNV 振幅の相関関係をみた結果、Fz、Cz 部位ともに有意な負の相関関係がみられた (図 4-22、4-23)。つまり、持続的覚醒水準が高くなる程、相動的覚醒水準は高くなった。

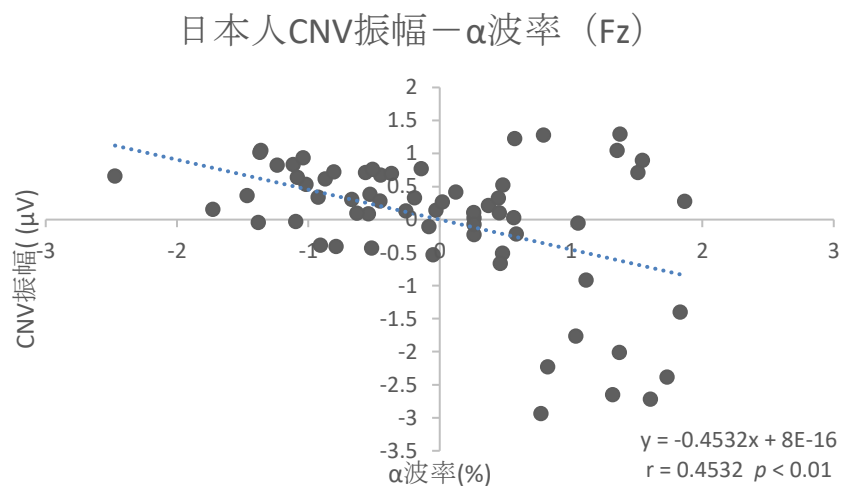


図 4-22 Fz 部位における日本人被験者の CNV 振幅-α 波率の相関関係

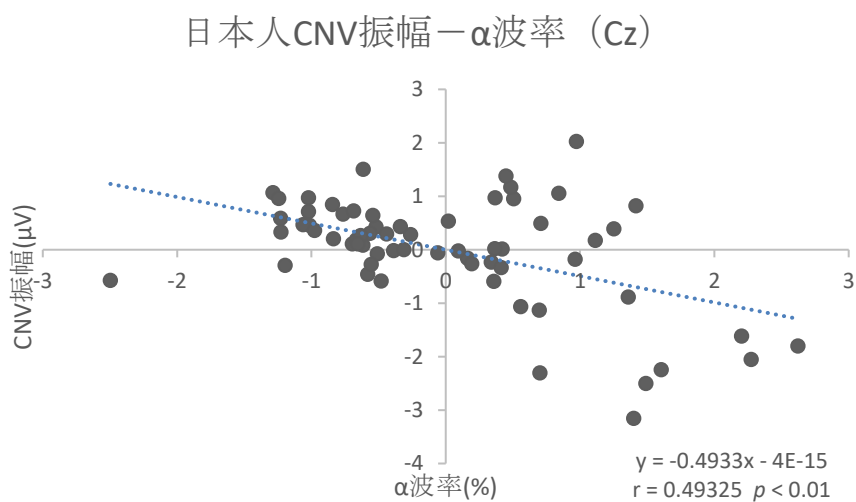


図 4-23 Cz 部位における日本人被験者の CNV 振幅-α 波率の相関関係

#### (4) KSS— $\alpha$ 波率

KSS と  $\alpha$  波率の相関関係をみた結果、Fz 部位、Cz 部位ともに実験前後にて有意な相関関係はみられなかった。

#### (5) KSS—CNV 振幅

KSS と CNV 振幅の相関関係をみた結果、Fz 部位、Cz 部位ともに実験前後にて有意な相関関係はみられなかった。

#### (6) KSS—反応時間

KSS 反応時間の相関関係をみた結果実験前後ともに有意な相関関係はみられなかった。

### 4. 5 考察

本実験では、中国人と日本人に対して、日中におけるオフィスの生産性を漢字と仮名の刺激に対する反応時間と誤答率から評価し、その作業時の覚醒水準とともに照明の影響を検討した。また両民族において、作業を午前と午後に分けて、それぞれに適切な照度と色温度の組み合わせを提案することを目的とした。

#### 4. 5. 1 CNV における選択反応時間および誤答率からみた生産性と照明の影響

Deguchi & Sato<sup>10)</sup>は、少なくとも日本では最初に CNV を用いて照明の照度と色温度の影響を検討した研究である。その結果、照度を一定にした場合、CNV 振幅の早期成分にみられる覚醒水準は色温度の影響を受け、3000K に対して 7500K では有意に高くなった。しかし、反応時間に照度、色温度の影響はみられなかった。その後の一部の研究において<sup>42)</sup>7500K 条件で得られた反応時間が 3000K 条件下でより有意に遅くなる結果が得られたが、多くの研究では反応時間について照度や色温度の影響はみられていない。また誤答率に対する照明の影響を検討した資料は少ないが、安河内ら<sup>43)</sup>は、午前から夕刻にわたる日中の CNV 課題において照度 750 lx に対して 400 lx 条件は有意に高い誤答率を示し、低照度による覚醒水準の低下との関連を考察している。

本実験において、日本人被験者のみの解析をみると、反応時間や誤答率について、照度もしくは色温度のいずれの影響もみられず、反応時間についてはこれまでの多くの研究を追認するものであった。

一方、中国人被験者のみの解析では、誤答率に照明の影響はみられなかったものの、反応時間については照度と色温度間で有意な交互作用があった。すなわち、6000K 条件下で 750lx が 400lx より反応時間が長いという結果が示された。これについては、Fz 部位の CNV 振幅が 3000K より 6000K において有意に低くなった (図 4-7) というこれまでの日本人被験者の研究ではみられなかった結果との関連が考えられる。しかし後述のように中国人の CNV にみられる覚醒水準と反応時間との間に有意な相関

関係はみられていない。いずれにしても、中国人については、高照度の高色温度照明では作業効率が低下する可能性を示唆する。一つの原因としては、中国でのオフィス証明基準が 300lx~500lx で、日本人の 750lx の基準より低いと考えられるが、さらなる研究が待たれる。

これまでの結果から、中国人については、高照度、高色温度照明では作業効率が低下する可能性を示し、中国人についてはこの照明条件はオフィスの作業環境としては相応しくないといえる。

#### 4. 5. 2 覚醒水準への照明の影響

覚醒水準の評価は、 $\alpha$  波率および CNV 振幅から検討した。 $\alpha$  波率は持続的な覚醒水準の指標として用いられ、 $\alpha$  波率は高いほど覚醒水準が低下していることを示す<sup>47)</sup>。CNV の早期成分は脳の相動的覚醒水準の程度を示し、覚醒水準が高い場合は振幅が陰性方向に高値を示し、覚醒水準が低い場合は振幅が低値を示す<sup>48)</sup>。持続的覚醒水準は長期にわたる多数の刺激に対する反応の持続的水準であり、相動的覚醒水準は特定の刺激の“新奇性”に対する反応である。また、主観的覚醒水準については眠気尺度 (KSS) からそれぞれ照明の影響を検討する。

本実験の日本人被験者では、CNV 振幅において午前の 400lx のもとで 6000K が 3000K より有意に高い結果を示した。しかしながら、反応時間に対する CNV 振幅の関係は負の有意な相関関係があり、相動的覚醒水準が上がるほど反応時間が遅くなるという関係を示した。一方で反応時間に対する  $\alpha$  波率の関係は Cz 部位で正の有意な相関関係を示し、持続的覚醒水準が上がるほど反応時間は速くなった。このことから、日本人における CNV 課題にみられる作業効率は持続的覚醒水準の寄与が大きいと考えられる。しかしながら、 $\alpha$  波率そのものに対しては照明条件の影響はみられなかったことから、日本人の作業効率に対して、 $\alpha$  波率や CNV 振幅の資料のみから適切な照明条件を検討することはできない。

一方で、中国人被験者については、Fz 部位で午前、午後ともに 3000K 条件は 6000K 条件より CNV 振幅が有意に大きい (図 4-7) という結果が示された。多くの文献では低色温度より高色温度の方が覚醒水準は高くなることを示しているが、中国人では逆の結果が得られた。また日本人の結果とは異なり  $\alpha$  波率と同様に CNV 振幅についても反応時間との有意な相関関係は全く得られなかった。

KSS による主観的眠気評価では、日本人被験者のみを解析した場合、午後の時間帯で 6000K の方が 3000K より覚醒する方向を示し、日本人にとっては眠気が増す昼食後の始めの時間帯に有効であると思われた。中国人の場合は、時刻の主効果のみがみられ、照明の影響を受けることはなかった。

### 4.5.3 逆U字を想定した覚醒水準に対する反応時間との関係からみた照明の評価

本実験の日本人における結果では、CNV課題からみた選択反応時間と誤答率という生産性（作業効率）について、時刻や照明条件を要因とした分散分析から特徴的な影響がみられなかった。しかしながら、 $\alpha$ 波率に対して反応時間は有意な相関関係を示した。Hebb<sup>3)</sup>は、作業効率は持続的覚醒水準の至適水準で最高となり、それよりも低すぎても高すぎても成績は落ちるという逆U字の関係を一つの概念として示している。Kuller<sup>49)</sup>は、この概念を環境評価に適用している。逆U字の頂点を中心にする、左の相は覚醒水準が上がるほど作業効率も上がるが、右の相は覚醒水準が上がるにしたがって逆に作業効率は低下する。前述の定義からすると、右の相は生理的に余分な緊張を示すことになる。このことから、持続的覚醒水準と作業効率の関係において、少なくとも照明によって右相となる環境を招かないような条件を検討することが重要となる。また逆U字の関係は一つの概念であるため、その左相か右相かの判断は、覚醒水準と作業効率の相関関係が正であれば左相、負であれば右相とする。さらに相関関係がみられない場合、測定された覚醒水準指標が至適水準付近に存在することが想定されるが、この場合作業効率である反応時間が最も速くなることを示す。しかしながら、本実験では照明条件で反応時間の差は認められなかったため、反応時間と相関関係のない照明条件については評価の対象から外した。

照明条件ごとの $\alpha$ 波率と反応時間の相関関係をみた結果、Fz、Cz両部位にて、午前では400lx、6000Kの条件、また午後では400lx、3000Kの条件においてそれぞれ有意な正の相関関係がみられた。すなわち、持続的覚醒水準が上がる（ $\alpha$ 波率が小さくなる）ほど反応時間は速くなり、これは逆U字の関係からみると左相に位置すると考えられる。また400lx、6000Kにおいても正の相関関係がみられた。午後のこの照明条件では、KSSで評価された眠気も減少することから、昼食後の早い時間帯に適用するが有効と思われる。午後の遅い時間帯では、サーカディアンリズムの観点から400lx、3000Kが有効と思われる。一方、 $\alpha$ 波率と反応時間の間で負の相関関係を示す照明条件、つまり右相となる条件はみあたらなかった。

表 4-2 日本人における $\alpha$ 波率と反応時間との間にみられる相関係数

	午前				午後			
	3000K		6000K		3000K		6000K	
	400lx	750lx	400lx	750lx	400lx	750lx	400lx	750lx
Cz	NS	NS	0.449*	NS	0.378**	NS	0.477*	NS
Fz	NS	NS	0.463*	NS	0.475*	NS	NS	NS

したがって日本人被験者については、午前は 6000K の 400lx、午後の早い時間帯は 6000K の 400lx、遅い時間帯は 400 lx の 3000K が逆 U 字の関係や眠気の観点から照明環境として適切な条件であるといえる。

本実験の午後条件は 16 時から 18 時の結果である。先にも触れたが、午後の昼食後の眠気を増しがちな 1 時間程度は、KSS の結果から 6000K の高色温度が推奨される。本研究では、概日リズムへ及ぼす照明の影響を直接反映する客観的資料は測定していない。これまでの研究においては、午前の早い時間帯の光曝露は概日リズムの位相を早める作用が指摘され、この作用へは高色温度、高照度の条件がより効果的であることが報告されている<sup>44) 45) 46)</sup>。さらに安河内ら<sup>43)</sup>の研究では、メラトニン分泌増大開始時刻の計測から午前中の照明として 750lx の 6000K の条件が 400lx の 5000K 条件より有意にリズム位相を前進させることを示している。これらのことから、本研究で想定する勤務開始時刻の 9 時から 1 時間程度は 750 lx の 6000K の条件が推奨され、本研究結果を反映する 750 lx の 3000K 条件は 10 時から 12 時までがよいと思われる。なお、午前における 6000K の 750lx 条件は、本研究で得られた測定値から少なくとも逆 U 字の右相を示していない。

以上により、日本人被験者にては、オフィスワークの時間を 9 : 00 から 18 : 00 までと想定すると、

09 : 00-10 : 00    6000K, 750lx

10 : 00-12 : 00    6000K, 400lx

13 : 00-14 : 00    6000K, 400lx

14 : 00-18 : 00    3000K, 400lx

がオフィスにおいて適切な照明環境条件であると提案する。ただし、9 時から 10 時までと 13 時から 14 時までについては、本実験で得られた測定値というよりもこれまでの複数の報告にもとづくものであり、ここでは参考として提案する。しかしながら、これらの照明条件はオフィス作業の内容や特性によって変わり得るものであり、今後の更なる研究が待たれる。

一方中国人被験者については、 $\alpha$  波率と反応時間との間について、いずれの照明条件においても有意な相関関係を見出すことができなかった。このため逆 U 字の関係からの考察ができなかったが、反応時間あるいは誤答率そのものに対する照明の影響が認められたことから高照度、高色温度照明では作業効率が低下する可能性を示した。以上のことから、中国人に対してはこの条件を避けるべきと考えられる。

#### 4. 6 まとめ

本実験では、第二実験と同様に漢字に対する中国人の右脳半球機能の優位性の程度の強さは検出されなかった。また、中国人被験者については、適切な照明条件を示す

積極的な資料は得られなかったが、高照度高色温度条件を避ける方が良いと考えられた。

日本人被験者に対して、オフィスの照明環境として午前は 400lx の 6000K、午後は 400 lx の 3000K が推奨された。

## 第5章

### 総括

本研究では、中国人と日本人は言語文化が異なるという観点から、図形に対する右脳優位の程度が両民族間で異なると考えたうえで、図形と文字、また同じ文字でも表意文字と表音文字ではそれぞれ民族間で認知が異なるという仮説をたて、オフィス作業において両民族それぞれに適切な照明条件を検討することを目的とした。

第一実験では、表意文字が母国語である中国人被験者と、表意文字と表音文字両方が母国語である日本人被験者において、複雑図形とアルファベットの認知に対する反応時間の差から、中国人被験者の右脳優位性の程度が日本人より大きいことが示唆された。

しかし第二実験では提示刺激のうち図形を単純化し、また文字をそれぞれの母国語の漢字、仮名に変えると、漢字や図形に対する中国人の右脳の優位性の強さをみることができなかった。

第三実験では実際のオフィス作業を想定し、漢字と仮名に対して意味の解釈を含む認知過程の評価のもとで中国人と日本人に対する適切な照明条件を検討した。漢字刺激に対しては、第二実験と同様に中国人の右脳半球機能の優位性の程度の強さは検出されなかった。中国人と日本人を分けて、持続的覚醒水準と反応時間についての逆 U 字関係からそれぞれに適切な照明条件を検討した。

中国人被験者については、すべての照明条件において  $\alpha$  波率と反応時間の間で有意な相関関係がみられなかったため、適切な照明条件を示す積極的な資料は得られなかった。しかしながら、反応時間や誤答率の結果より高照度高色温度条件を避ける方が良いと考えられた。

日本人被験者については、逆 U 字から得た結果より、オフィスの照明環境として午前は 400lx の 6000K、午後は 400 lx の 3000K が推奨された。

以上をまとめると、本研究の仮説となった中国人と日本人における言語文化の違いによる中国人の相対的な右脳の優位性の強さは、オフィス作業を想定した漢字の認知については検証することはできなかった。一方、図形のうち複雑さをともなう刺激に対しては中国人の認知が日本人より速くなったことから、中国人の右脳優位の相対的な強さが反映された可能性がある。しかしながら、日常的なオフィス作業であらわれるアイコンのような比較的単純な図形や漢字や仮名の処理については、いずれも日本人の反応時間が速く、中国人におけるこれらの刺激に対する認知は劣ることが示唆された。

漢字と仮名の刺激に対する照明の影響をみると、中国人と日本人では異なることが示唆された。それは刺激に対する反応時間と覚醒水準もしくは P300 潜時との関係でみられ、日本人では有意な関係があったのに対して中国人ではなかった。さらに一般に脳の覚醒水準は低色温度より高色温度条件の方が高くなることが指摘されているが、中国人の場合は逆に高色温度の方が低くなる結果が示された。このようなことから、照明の非視覚的影響は両民族間で異なることが考えられ、今後の更なる研究が待たれる。

最後に、オフィス環境改善の重要性が増していく中、今後も知的生産性の向上は求められていくと考えられる。本研究で推奨された照明条件が、オフィスの知的生産性向上に役立つことを願い、結びとする。

## 引用文献

- 1) Fisk, W. J., Rosenfeld, A. Estimates of improved productivity health from better indoor environments, *Indoor Air*, Vol.7, 158-172, 1997
- 2) Yerkes, R. M., Dodson, J. D. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation, *F.Comp. Neural. Psychol.*, No.18, 459-482, 1908
- 3) Hebb, D. *The organization of behavior*. New York, Wiley, 1949
- 4) Kuller, R. *Environmental Assessment from a Neuropsychological Perspective*. *Environmental Cognition and Action*, 111-147,1991
- 5) Hatta, T. ランダム図形認知における大脳半球機能の非対称性について. *心理学研究*, 42, 152-161, 1975
- 6) 岩永竜一郎,船瀬 広三,東登志夫.CNV解消過程における成人一児童間の違い. *崎大学医学部保健学科紀要*16(1):19-23,2003
- 7) 曾志朗. 論文字組合在閱讀歷程及認知能力間的關係: 兼論中文閱讀研究在當代認知科學上的地位, *中国語文的心理学研究*, 文鶴出版有限公司, 85-101,1982
- 8) Hatta, T. Tachistoscopic recognition of Kana and Kanji. *Neuropsychologia*,15, 685-688, 1977
- 9) Jones, B, Anuza T. Effects of sex, handedness, stimulus and visual field on "mental rotation". *Cortex*, 18, 501-514, 1982
- 10) Deguchi, T., Sato, M. The effect of color temperature of lighting sources on mental activity level. *Ann. Physiol. Anthropol.*, 11(1): 37-43, 1992
- 11) 山本卓二, 遠藤四郎, 斉藤泰彦, 酒本好浩. 部分的断眠のCNVに及ぼす影響. *臨床脳波*, 24(4):252-256, 1982
- 12) 岩切一幸, 安河内朗. 光源の色温度と演色性が覚醒水準に及ぼす影響. *日本生理人類学会誌*, 2(4) : 173-178, 1997
- 13) 金村早穂, 川崎通昭, 印藤元一, 福田秀樹, 鳥居鎮夫. 香料のCNVおよびSPLに及ぼす影響. *第20回味と匂いのシンポジウム論文集*, 201-204, 1986
- 14) Levy, J. Possible basis for the evolution of lateral specialization of the human brain. *Nature*, 224, 614-615, 1969
- 15) Funnell, M. G., Corballis, P. M., Gazzaniga, M. S. A deficit in perceptual matching in the left hemisphere of a callosotomy patient. *Neuropsychologia*, 38, 441-450, 1999

- 16) Hatta, T. ランダム図形認知における大脳半球機能の非対称性について. 心理学研究, 42, 152-161, 1975
- 17) 沼田憲治, 中島祥夫, 清水忍. 図形認知の右大脳半球優位性: 半側視野図形呈示を用いた事象関連電位による研究. The Journal of Japanese Physical Therapy Association 25(1), 1-5, 1998
- 18) Bryden, M. P., Rainey, C. A. A left-right difference in tachistoscopic recognition. Journal of Experimental Psychology, 66, 568-571, 1963
- 19) Heron, W. Perception as a function of retinal locus and attention. American Journal of Psychology, 70, 34-48, 1957
- 20) McKeever, W. F., Huling, M. D. Lateral dominance in tachistoscopic word recognition performances obtained with simultaneous bilateral input. Neuropsychologia, 9, 15-20, 1971
- 21) Hines, D., Satz, P. Superiority of right visual half fields in right handers for recall of digits presented a varying rates. Neuropsychologia, 9, 21-25, 1971
- 22) Olson, M.E. Laterality differences in tachistoscopic word recognition in normal and delayed readers in elementary school. Neuropsychologia, 11, 343-350, 1973
- 23) Tecce, J. Contingent negative variation(CNV) and psychological processes in man. Psychological Bulletin, 1982
- 24) 柿木昇治, 森敏昭, 光井信三. 言語的情報処理とCNV波形の関係—刺激の文字数及び単語数がCNVのコンポーネントに及ぼす効果. 心理学研究, 54, 196-199, 1983
- 25) 西平賀昭, 荒木秀夫. 感覚—運動統合過程の遅速について—一体性感覚刺激大脳誘発電、運動電位、CNVからの考察. 体力科学, 32, 141-150, 1983
- 26) Beaumont, J. G. Divided visual field studies of cerebral organization. London: academic press, 1982
- 27) Bradshaw, J. L., Nettleton, N.C. Human cerebral asymmetry. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1983
- 28) Bryden, M. P. Laterality: Functional asymmetry in the intact brain. New York: Academic Press, 1982
- 29) Ernest, C. H. Spatial-imagery ability, sex differences, and hemispheric function. In J.C. Yuille(Ed.), Imagery, memory and cognition. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1-38, 1983
- 30) Walsh, K. W. Neuropsychology: A clinical approach. Churchill Livingstone, Edinburgh: Longman Group Limited. 椿忠雄 (監訳), 相馬芳明 (訳) 神経心理学—臨床的アプローチ, 医学書院, 1983

- 31) Dee, H. L., Fontenot, D. J. Cerebral dominance and lateral differences in perception and memory. *Neuropsychologia*, 11, 167-173, 1973
- 32) Fontenot, D. J. Visual field differences in the recognition of verbal and nonverbal stimuli in man. *Journal of Comparative Physiological Psychology*, 85, 564-569, 1973
- 33) Bryden, M. P., Rainey, C. A. Left-right differences in tachistoscopic recognition. *Journal of Experimental Psychology*, 66, 568-571, 1963
- 34) Hirata, K., Osaka, R. Tachistoscopic recognition of Japanese letter materials in left and right visual fields. *Psychologia*, 10, 7-18, 1967
- 35) Hatta, T. Asynchrony of lateral onset as a factor in difference in visual field. *Perceptual and Motor Skills*, 42: 163-166, 1976
- 36) Hugdahl, K., Westerhausen, R. The two halves of the brain: Information processing in 125 the cerebral hemispheres. Cambridge: The MIT Press, 2010
- 37) 下河内稔, 投石保広, 楊井一彦, 小山幸子. P300の基礎. *神経進歩*, 32, 149-162, 1988
- 38) Ruchikin, D., Sutton, S. Positive slow wave and P300: association and dissociation. In A. W. K. Gaillard & W. Ritter (Eds.), *Tutorials in event-related potential research: endogenous components*, 233-250, 1983
- 39) Koshino, Y., Nishio, M., Murata, T., Omori, M., Murata, I., Sakamoto, M., Isaki, K. The influence of light drowsiness on the latency and amplitude of P300. *Clin Electroencephalogr*, 24, 110-113, 1993
- 40) Gaillard, A. W. K. 1988 Problems and paradigms in ERP research. *Biological Psychology*, 26, 91-109, 1988
- 41) Kobayashi, H., Sato, M. Physiological responses to illuminance and color temperature of lighting. *Ann. Physiol. Anthropol.*, 11(1): 45-49, 1992
- 42) 岩切一幸, 綿貫茂喜, 安河内朗, 枋原裕. 光源色がその曝露中と曝露後にCNVの早期成分に及ぼす影響. *日本生理人類学会誌*, 2(3), 139-145, 1997
- 43) 安河内朗, 南瓊, 戸田直宏, 野口公喜. 日中の照度色温度可変照明制御がパフォーマンスおよびサーカディアンリズムに及ぼす影響. *第45回照明学会全国大会講演論文集*, 8-40, 2012
- 44) Zisapel, N. Circadian rhythm sleep disorders: pathophysiology and potential approaches to management. *CNS Drugs*, 15: 311-28, 2001
- 45) Khalsa, S., Jewett, M., Czeisler, C. A Phase Response Curve to Single Bright Light Pulses in Human Subjects. *The Journal of Physiology*, 549: 945-952, 2003

- 46) Vetter, C., Juda, M., Lang, D., Wojtysiak, A., Roenneberg, T. Blue-enriched office light competes with natural light as a zeitgeber. *Scand J Work Environ Health*, 37: 437-45, 2011
- 47) 樋口重和. (1997). 随伴陰性変動(CNV)を用いた覚醒水準の評価力法に関する基礎的研究 . 九州芸術工科大学 博士論文.
- 48) Tecce, J. (1972). Contingent negative variation(CNV) and psychological processes in man. *Psychological Bulletin*.
- 49) Kuller R. Environmental Assessment from a Neuropsychological Perspective. *Environmental Cognition and Action*, 111-147, 1991