

Title	光トポグラフィーを用いた、人間の食事を与えるワイ ンの影響分析 [課題研究報告書]
Author(s)	盛, 華
Citation	
Issue Date	2011-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/9661
Rights	
Description	Supervisor:小坂満隆, 知識科学研究科, 修士

課題研究報告書

光トポグラフィーを用いた、人間の食事 に与えるワインの影響分析

指導教員 小坂満隆 教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科 知識科学専攻

0950027 盛 華

審査委員： 小坂 満隆 教授（主査）
梅本 勝博 教授
神田 陽治 教授
永井 由佳里 准教授

2011 年 2 月

目 次

第1章 はじめに	1
1. 1 研究の背景	1
1. 2 研究の目的.....	1
1. 3 リサーチクエスション.....	3
1. 4 研究方法.....	3
1. 5 本課題の構成.....	4
第2章 先行研究レビュー	5
2. 1 光トポグラフィーの概要	5
2. 1. 1 脳活動の計測技術	5
2. 1. 2 光トポグラフィー	8
2. 2 アルコールと光トポグラフィーに関する先行研究	9
2. 2. 1 光トポグラフィーを用いて、アルコール摂取後の脳活動の画像化 に成功	9
2. 3 ワインと食事に関する先行研究	12
2. 3. 1 ワインと食生活	12
2. 3. 2 ワインと料理の組み合わせ	12
第3章 光トポグラフィー用いた、人間の脳に与えるワインと食事の影響の計測	14
3. 1 本研究の考え方	14
3. 2 本研究における実験の概要	14

3. 3	本研究の実験の手順	1 5
3. 3. 1	タイムチャートの説明	1 5
3. 3. 2	パッチテストの説明	1 7
3. 3. 3	アンケートの説明	1 8
3. 3. 4	白ワイン、赤ワインの組み合わせ	2 5
3. 3. 5	実験の参加者	2 6
3. 4	実験データの処理の手順	2 6
3. 4. 1	個人のデータの処理の手順	2 6
3. 4. 2	平均データの処理	3 0
第 4 章	実験結果	3 6
4. 1	パッチテストとアンケートの分析	3 6
4. 1. 1	パッチテストの結果	3 6
4. 1. 2	アンケートによる酔っぱらった状況の分析	3 7
4. 1. 3	アンケートによる満足感の分析	3 8
4. 1. 4	パッチテストとアンケートのまとめ	3 9
4. 2	計測されたデータ	4 0
4. 2. 1	平均データの分析結果	4 0
4. 3	アルコールと水のデータ	5 5
第 5 章	実験結果の分析と比較	5 6
5. 1	強い方と弱い方のデータ結果の比較	5 6
5. 1. 1	強い方と弱い方のポイントデータの比較	6 0
5. 1. 2	強い方と弱い方の平均データの比較	6 2
5. 2	実験に関する満足度の結果と検討	6 2

第6章 まとめ	6 7
6. 1 リサーチクエスションへの回答	6 7
6. 2 理論的含意	6 8
6. 3 実務的含意	6 8
6. 4 今後の課題	6 8
参考文献	6 9
謝辞	7 1

目 次

図 1. 1	研究方法	3
図 1. 2	本論文の構成	4
図 2. 1	大脳の構成	5
図 2. 2	光トポグラフィー装置	8
図 2. 3	遺伝子における飲酒前後の脳活動変化	1 1
図 3. 1	光トポグラフィーの実験	1 5
図 3. 2	図 3. 2 実験のタイムチャート	1 6
図 3. 3	アルコールパッチテストの方法	1 7
図 3. 4	実験の 4 パターンの構成	2 5
図 3. 5	POTATo の最初状	2 7
図 3. 6	計測データファイル出力手順	2 8
図 3. 7	最初状態のデータ	2 9
図 3. 8	アンケート調査によるワインを飲めない人のデータ	3 0
図 3. 9	解析の初期状態	3 0
図 3. 1 0	関数を選択手順 1	3 2
図 3. 1 1	関数を選択手順 2	3 2
図 3. 1 2	関数を選択手順 3	3 3
図 3. 1 3	平均データ処理方法	3 4
図 3. 1 4	整理した平均データ	3 5
図 4. 1	実験における時間区分の分割 (H1-H9)	4 0
図 4. 2	小坂先生のデータ分析結果	4 5
図 4. 3	白肌先生のデータ分析結果	4 6
図 4. 4	井本さんのデータ分析結果	4 7
図 4. 5	池田さんのデータ分析結果	4 8
図 4. 6	江さんのデータ分析結果	4 9

図 4. 7	王さんのデータ分析結果	5 0
図 4. 8	張さんのデータ分析結果	5 1
図 4. 9	横尾さんのデータ分析結果	5 2
図 4. 1 0	鈴木さんのデータ分析結果	5 3
図 4. 1 0	長濱さんのデータ分析結果	5 4
図 4. 1 2	chau さんのデータ分析結果	5 4
図 4. 1 3	高さんのデータ分析結果	5 4
図 5. 1	強い人の赤ワインと肉料理の時間による変化	5 7
図 5. 2	弱い人の赤ワインと肉料理の時間による変化	5 8
図 5. 3	摂取後の比較	5 9
図 5. 4	強い方の平均データ	6 0
図 5. 5	弱い方の平均データ	6 0
図 5. 6	各チャネルによる強い方と弱い方平均データの比較	6 1
図 5. 7	強い方と弱い方の時間順に関する比較	6 2
図 5. 8	赤ワインと肉の組み合わせに対して満足した人の平均データ	6 3
図 5. 9	赤ワインと肉の組み合わせに対して不満の人の平均データ	6 3
図 5. 1 0	白ワインと肉の組み合わせに対して満足した人の平均データ	6 4
図 5. 1 1	白ワインと肉の組み合わせに対して不満の人の平均データ	6 4
図 5. 1 2	白ワインと刺身の組み合わせに対して満足した人の平均データ	6 5
図 5. 1 3	赤ワインと刺身の組み合わせに対して満足した人の平均データ	6 6
図 5. 1 4	赤ワインと肉の組み合わせに対して不満の人の平均データ	6 6

表 目 次

表 2. 1	計測機器の機能と特徴	5
表 3. 1	実験のメンバ	2 6
表 4. 1	パッチテストの結果	3 6
表 4. 2	酔っぱらった状況の分析	3 7
表 4. 3	満足感の分析	3 8
表 4. 4	パッチテストとアンケートのまとめ	3 9

第 1 章

はじめに

1.1 研究の背景

ワインは現代社会の中で、人間の生活のひとつの文化形態として存在している。ワインに対する消費者の支持が高まり、ワインの消費は大きな伸びを見せた。これは「ワインが健康によい」という点に多くの人が関心を寄せていることも一因であると思われる。

例えば、日本の国立健康栄養研究所等からも、赤ワインに含まれるポリフェノールは悪玉コレステロール（LDL）の酸化を抑え動脈硬化を予防する効果があると報告されている。このため赤ワインを適量飲む人は心臓疾患に罹りにくいと言われている^{「1」}。赤ワインに含まれているリスベラトロールという物質が強力な抗癌作用のあることが報告されている。また赤ワインを毎日3—4杯飲んでいる老人は痴呆症やアルツハイマー症になる率が少ないという報告もある。また、白ワインの効能はPHが低く、サルモネラ菌、大腸菌に対する抗菌力が強い事や、赤ワインより有機酸が多く、腸内細菌のバランスを整えるのに役立つと言われている。さらに、適度の飲酒は気持をリラックスさせたり、神経の緊張をほぐしたり、ストレスを解消したり等の効果があり、親しい仲間や家族などと、お酒を飲むなら精神衛生上大変メリットがあるとされている。食事時にメニューに合わせてワイン等を飲むのは食材の味をより豊かにふくらませ、食卓を豊かに彩るので食欲増進にもつながる。このように、ワインには様々な効用がある^{「2」}。

しかしながら、人間の食事という意識にワインがどのような影響をもたらすかについてはまた研究されていない。こうしたワインと人間の感じる満足感の関係を脳計測の観点から明らかにしていこうというのが本研究の特徴である。こうした研究はいまだ存在しない。本研究では、光トポグラフィーを活用する。

21世紀は「脳と心の時代」と言われ、脳科学は人間にとって最も身近な科学のフロンティアとして注目を浴びている。人間の脳機能を対象とした研究は、比較的最近

まで、脳を損傷した患者の症状から機能を推測するやり方が主流であった。しかし、近年fMRI（機能的磁気共鳴映像法；Functional Magnetic Resonance Imaging）やMEG（脳磁図；Magnetoencephalogram）といった計測機器技術の進歩により、生きている人間の脳の活動を観察できるようになってきた。こうした脳活動の可視化技術の飛躍的進歩を背景にして、脳科学が著しい発展をみせており、認知、記憶、学習、言語、思考、行動、情動、運動といった人間の精神活動や行動を支える脳の仕組みと、それらを支える情報処理の仕組みとが明らかになりつつある。さらに他領域との融合により、脳神経心理学やニューロエコノミクスといった新たな学問が誕生している。こうした状況の下、様々分野にも脳科学の成果を応用し活用していく動きが急速に芽生え育ちつつある。こうした脳科学の最近の成果を応用することが本研究の特徴である^{「3」}。

現在、ワインはひとつの食文化として世界的にブームになっており、人間が食事をより楽しむ上で重要な要素になっている。人は、異なる品質のワインを見る時やワインを飲む時、あるいはワインの品質を主観的に判断する時と客観的に判断する時、人の脳はどのような活動しているか、満足感と脳活動がどのような関係にあるのか、非常に興味深いテーマであるが、科学的に分析は十分ではない。

本研究では、光トポグラフィーを使って、被験者がワインを飲む時の脳活動の観察実験を実施する。実験で計測された脳活動のデータを分析して解析する。実験後、アンケートを実施し、被験者の主観思想と脳活動の反映を一致するかどうかを検証する。光トポグラフィーのデータとアンケートデータを様々な角度から分析して、結論を導く。

1.2 研究の目的

本研究の目的は、光トポグラフィーを用いて、ワインが人間の食事中的脳活動にどのような影響を与えるかを明らかにすることである。また、ワインの味や色に対し、人の脳活動を定量的に計測して、人の満足とワインの関係を明らかにする点に本研究の特徴がある

1.3 リサーチクエスション

研究目的を達成するためにリサーチクエスションを以下のように設定した。

MRQ : ワインが人間の食事中の脳活動に与える影響は光トポグラフィーを用いて分析できるのか？

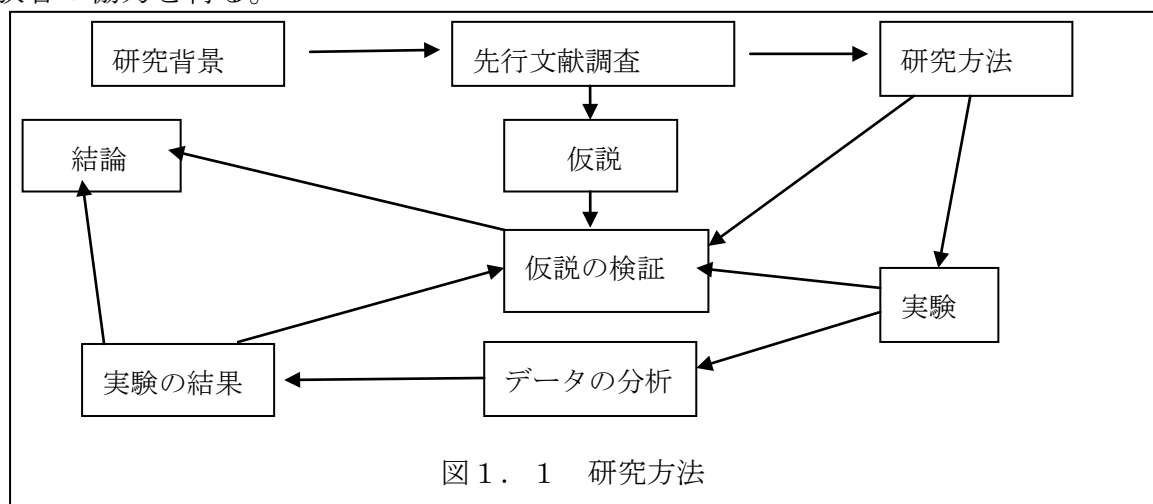
SRQ 1 : 光トポグラフィーを用いて、ワインをおいしいと感じて満足した時に脳はどのように反応するか？

SRQ 2 : ワインを好きな人と嫌いな人では、脳の反応にどのような差が出るか？

SRQ 3 : ワインと食事の組み合わせになって満足感と光トポグラフィーする脳計測結果はどのように変化するか？

1.4 研究の方法

本研究では、被験者を選び、ワインと食事の組み合わせによって、人間の満足度がどのようになり、それが脳活動にどう影響を与えるのかを光トポグラフィーによって評価する。具体的には図 1. 1 のように、光トポグラフィーを使って、被験者がワインと食事の組み合わせを見る時と飲む時の脳活動の観察実験を実施する。実験で計測された脳活動のデータを分析して解析する。実験後、アンケートを実施し、被験者の主観思想と脳活動の反映を一致するかどうかを検証する。光トポグラフィーのデータとアンケートデータを様々な角度から分析して、結論を導く。このために、実験対象として、 日常的ワインを飲んでいる人とワインをあまり飲まない人に設定して、被験者の協力を得る。



1.5 本論文の構成

本論文の構成を図1．2に示す。まず、第2章で先行研究レビューを行い、アルコールに関する脳活動の計測技術を明らかにするとともに、ワインが人間の食事中どのような影響を与えることを示す。第3章は、光トポグラフィーを用いた、人間の脳に与えるワインと食事の影響の計測実験を行う。第4章は、実験の結果を示している。第5章は、実験結果および分析、仮説検証を行っている。第6章、結論として、リサーチクエスションへの答えと今後の課題を示している。

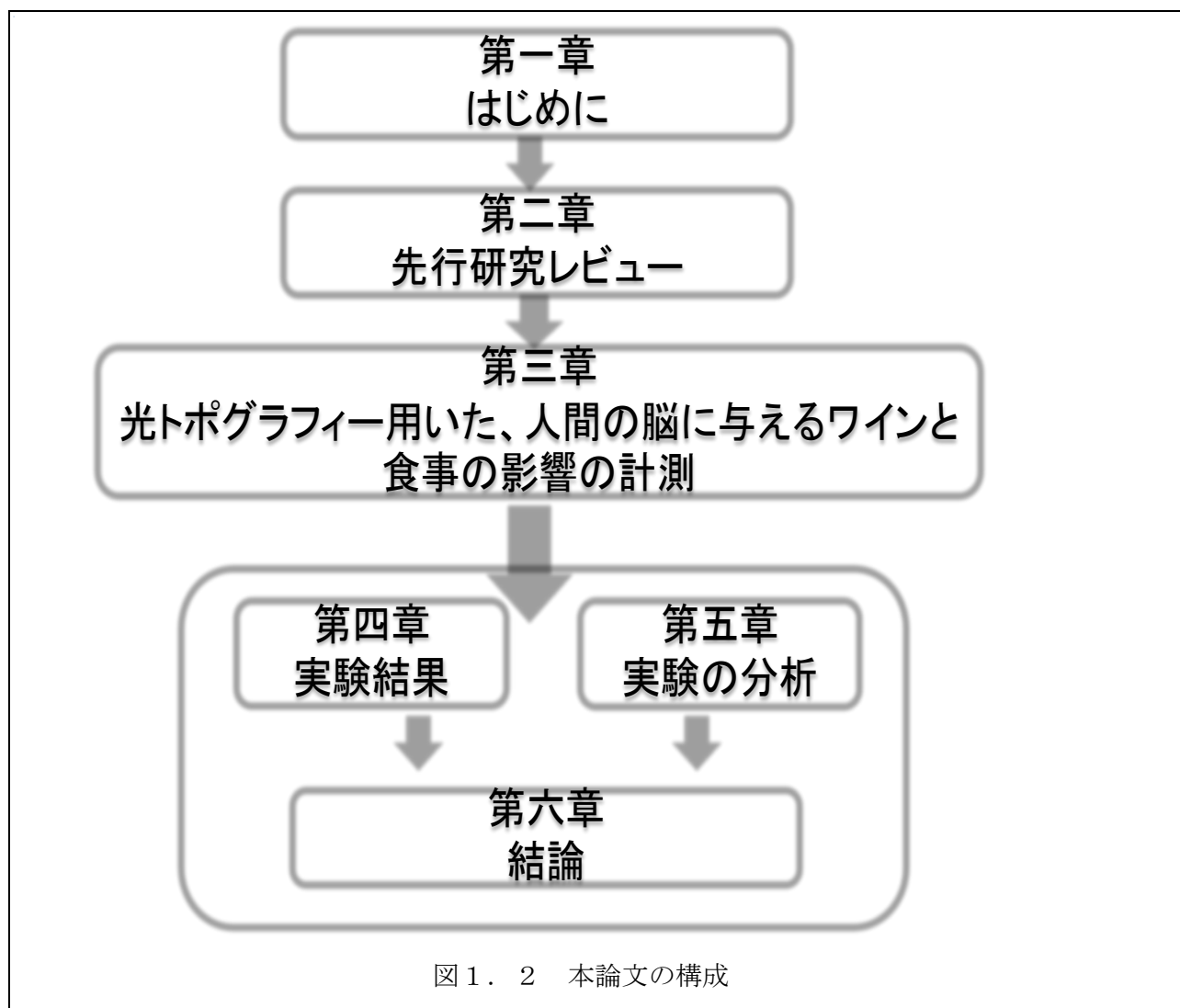


図1．2 本論文の構成

第 2 章 先行研究レビュー

2.1 光トポグラフィーの概要

2. 2.1 脳活動の計測技術^[4]

人の脳は、大脳、間脳、小脳、橋等に別れている、これが薄くて強靱な脳膜に包まれ、脳脊髄液の中に浮かぶようになっており、頭蓋骨がその周りを囲っている。

人間ではこのうち「大脳」が他の動物と比べて発達している。また、人間の大脳は、表面の細かい構造が分化し、折れこんでおり、多くの「溝」をつくっている。これらの「溝」で囲まれた領域は、いくつかの「葉」に分かれている^[5]。

大脳の表面部分、深さ 1.5～5 ミリメートルまでは、「皮質」と呼ばれる層状構造である、ここは、人で最も発達しており、魚類や両生類では、無いか、あっても痕跡程度である。皮質神経細胞の分化と層状化の程度は、進化の度合いと一致する。

この皮質には、人間の様々な機能をつかさどる部位が局在している。これは、その部分が破壊された場合の症状などからほぼ分っている。しかし、それとは別に、各々の機能が総合して行われる意思、理解、判断、記憶、言語などは、これらを統合する「連合野」で処理されていると考えられている^[4]。

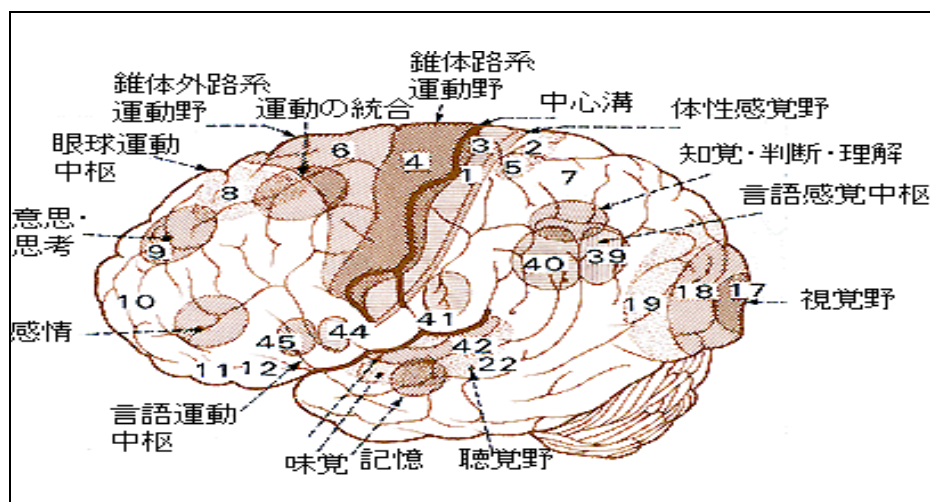


図 2. 1 大脳の構成

例えば、意思などは、図2. 1 : 9, 10, 11, 12 などの「前頭葉連合野」、知覚、判断、理解などは図2. 1 : 5, 7 の「頭頂連合野」、文字を見て意味を理解するなどは図2. 1 : 18, 19 の「後頭葉連合野」といった部位で処理されている。

20 世紀前半より利用されてきた脳波を計測する EEG^{〔2〕}（脳波または脳電図；Electroencephalogram）や、1970 年代から80 年代にかけて実用化されてきた CT（コンピュータ断層法；Computed Tomography）、PET（陽電子断層撮影；Positron Emission Tomography）や fMRI（機能的磁気共鳴映像法；Functional Magnetic Resonance Imaging）は、生きている人間の脳の様子を観察できるようにした計測機器である。

これら非侵襲、低侵襲的な計測技術を用いて、脳内の様子を可視化することを「脳機能イメージング」と呼んでいる。脳機能イメージング技術は、主に医療用技術として開発されてきたが、医療以外の領域においても活用されるようになってきている。外側から脳活動の様子を計測し映像化する技術が開発されたことにより、従来頭蓋骨に穴を開けなければ解明できなかった脳内の様子が明らかになり、脳科学研究の大きな進歩につながっている。

表2. 1 計測機器の機能と特徴

種類	形態観察	神経活動の観察	血流・代謝				電磁		刺激法		
計測・評価技術	病理検査、CT、MRI	微小電極	fMRI（磁気共鳴装置）	SPECT（単一光子放射断層撮影）	PET（ポジトロン断層法）	NIRS（近赤外線分光法）[光トポグラフィ]	MEG（脳磁図）	EEG（脳波）	TMS（経頭蓋的磁気刺激）	脳電気刺激法	
侵襲・非侵襲	侵襲・非侵襲	侵襲	非侵襲	非侵襲	低侵襲	非侵襲	非侵襲	侵襲・非侵襲	低侵襲	侵襲	
対象	脳の形態	神経細胞	脳血流	脳血流	脳代謝・脳血流	脳血流（ヘモグロビン）	脳電位	脳波	電磁誘導	電気刺激	
（脳の部位別）	大脳新皮質	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	大脳辺縁系・基底核等	○	○	○	○	○				○	
	間脳（視床下部等）	○	○	○	○	○				○	
	小脳	○	○	○	○	○					
	脳幹（中脳・橋・延髄）	○	○	○	○	○				○	
	脳髄膜・頭蓋骨	○									
特徴	空間分解能(※)	－	－	高い	高い	高い	低い	やや低い	低い	－	－
	時間分解能	－	非常に高い	やや低い	低い	低い	やや高い	高い	高い	－	－
	場所の自由度	－	△（無線）	×（施設内）	×（施設内）	×（施設内）	△	×（施設内）	△	×（施設内）	×（施設内）
	動作の自由度	－	△（無線）	×（固定）	×（固定）	×（固定）	△	△（安静）	△（安静）	－	－
備考	主に医療目的							対象はα波、事象関連電位（ERP）、運動関連電位等		主に医療目的	

主な計測機器の機能、計測の対象や特徴をまとめたものが、表 2. 1 である。

◎具体事例^[3]

① EEG（脳波または脳電図；Electroencephalogram）

比較的手軽に利用されている計測手法が、EEG である。EEG は脳の表面の電気的な変化を図（グラフ）にしたものであり、計測対象として人々の関心の高い大脳新皮質の担う複雑な高次機能部分の活発さを測定することができる。様々な型の製品があるが、通常小さな金属の円盤の電極を、電気を通すゲル状の薬剤で頭部に固定して計測しており、電極の数は1〜2 個程度の場合もあれば100 個程度使用する場合もある。

一般に名前が知られているアルファ波やベータ波も元はEEG で発見されたものである。またEEG または脳電図の波形（周波数）解析にはいくつかの手法が開発されている。

EEG の長所には、時間分解能が高い点が挙げられる。時間分解能とは、どれだけ時間を細かく計測できるかという能力のことであり、EEG の場合、数ミリ秒に1 回という単位でも計測可能である。一方、空間分解能、すなわちどれだけ空間を細かく計測できるかという能力は、取り付けた電極の数以上に細かく脳を分割することはできないので、低くなっている。脳波の信号からどこでどのように活動が行われたかを正確に知ることは難しく、EEG は脳の全体の活動、あるいは直径1 センチ以上の範囲の活動を調べるときに使われる。

② PET（陽電子断層撮影；Positron Emission Tomography）^[7]

放射性同位体を含む薬剤を血管に注入したうえで、被験者を外から特殊なカメラで撮影する。脳が活発に活動してエネルギー代謝が盛んになると、放射性の薬剤により、脳の各部位の血流量を知ることができる。

脳の活動全体を立体的に見ることができるのが長所であり、空間分解能はEEG より高いが、直径1cm 程度の範囲の活動が分かる程度である。また1 枚の画像をつくるのに数分を要するため時間分解能は低く、放射線を扱うことから被験者の身体への影響を考慮し繰り返し検査をすることはできない。なお機器は高価で装置は大きい。また放射線を用いるため、医師や看護師、放射線診断技師等の専門資格をもっていないと使用することはできない。

③ fMRI（機能的磁気共鳴映像法；Functional Magnetic Resonance Imaging）

強い磁場をかけると脳内の水素原子が特定の周波数の磁気を吸収（共鳴）する。血

液中のヘモグロビン、酸素の量が多いときと少ないときで、磁場にたいして性質が変化する。これらの性質を利用して、脳が活発に働き、ヘモグロビン量の多い血液が多く供給されている部分を表示できる。

脳全体を直径2mm 程度の範囲に区切って、各範囲の活動を調べることも可能で、また全体を見ることができるという点で、空間分解能は高い。また画像を作成するのにかかる時間は1枚あたり数秒ほどであり、PETよりは時間分解能は高い。

ただ、PET 同様、高価な機械であり、測定中の騒音が大きい。また性能の高いコンピュータが必要であり、技術的に高度であるため、専門的な知識をもった人材が必要である。

2.1.2. 光トポグラフィー^[8]

NIRS（近赤外線分光法；Near-Infrared Spectroscopy）

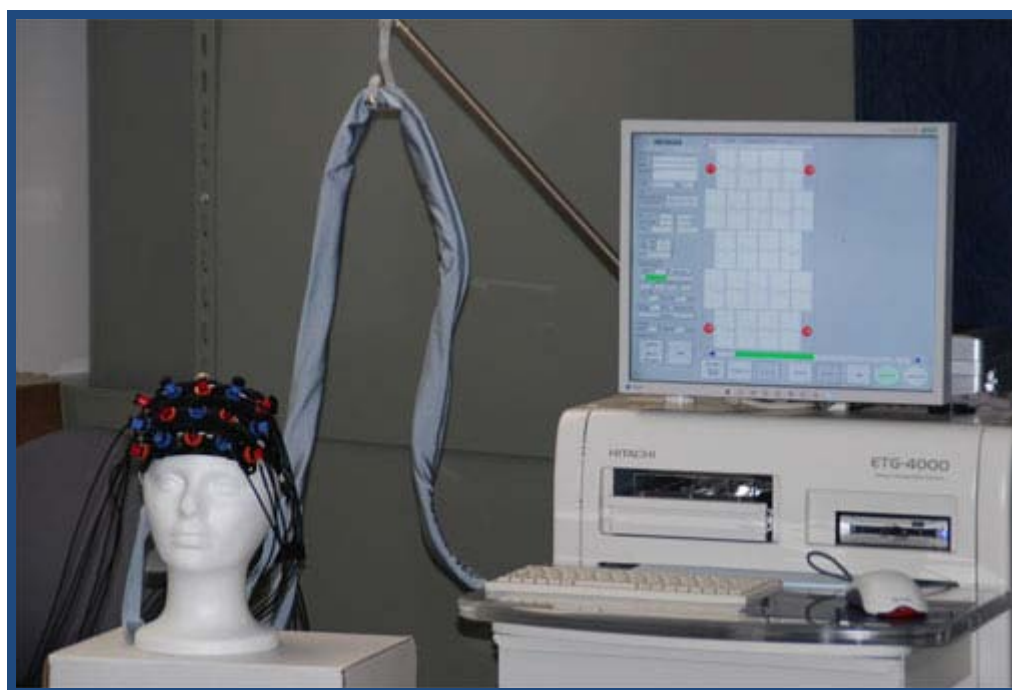


図 2. 2 光トポグラフィー装置

光トポグラフィーとは、図 2. 2 のように1995年に日立が、脳活動の計測・画像化技術として世界で初めて開発した技術で、現在、日立メディコより医療用機器として販売している。人体に無害な近赤外光を光ファイバから照射して、大脳皮質（脳の表

面) から反射して戻ってくる光を測定することで、その様子を知るとというのが基本的な仕組みである。

大脳皮質には視覚や聴覚、感覚などの機能が局在して、脳活動が起こると神経細胞が活性化し、糖と酸素を消費する。そして酸素を含んだ血液が局所的に増加するため、反射して戻ってくる光の強度も変化している。この光を同時に多点で計測することで、光トポグラフィー装置は脳活動にともなう血液量の変化をリアルタイムに映像化することができる。

安全で低エネルギーの近赤外光を用いた無侵襲な方法である、長時間計測しても人体にほとんど影響を与えない。また、頭にかぶせるキャップだけで計測できるため、被験者は計測中も自由な姿勢でいられる。脳活動を測定・画像化する他の装置例えば「PET (陽電子放射断層撮影装置)」や「fMRI (機能的磁気共鳴断層撮影装置)」などと比べると、被験者の身体を固定しなくてもよく、音も出ないことなどから、長時間の計測時にストレスを与えない点が大きな特長である^{「9」}。

飲酒による脳機能への影響を知ることや、薬物の一種としてのアルコールが脳機能へ与える影響を客観的に評価することも、それぞれ重要な課題であると考えられている。これまで、こうした研究ではfMRI・PET・MEG (脳磁図計測装置) という、大型で拘束性の高い装置を用いていたため、飲酒後の長時間にわたる変化を検討するのはかなり難しかったわけである。しかし光トポグラフィー装置なら、容易にこれらの長時間計測が可能となるため、大阪大学と日立との共同研究という形で、飲酒が脳機能に与える影響の研究に取り組むことになった^{「10」}。

2.2 アルコールと光トポグラフィーに関する先行研究

2.2.1 光トポグラフィーを用いて、アルコール摂取後の脳活動の画像化に成功^{「11」}

2005年7月、大阪大学大学院医学系研究科と日立製作所基礎研究所は、光トポグ

ラフイー装置を使用した脳機能の画像計測で、遺伝子型によってアルコール摂取後の脳血液量の増加の程度に違いが生じるのを世界で初めて測定、画像化することに成功したと発表した。

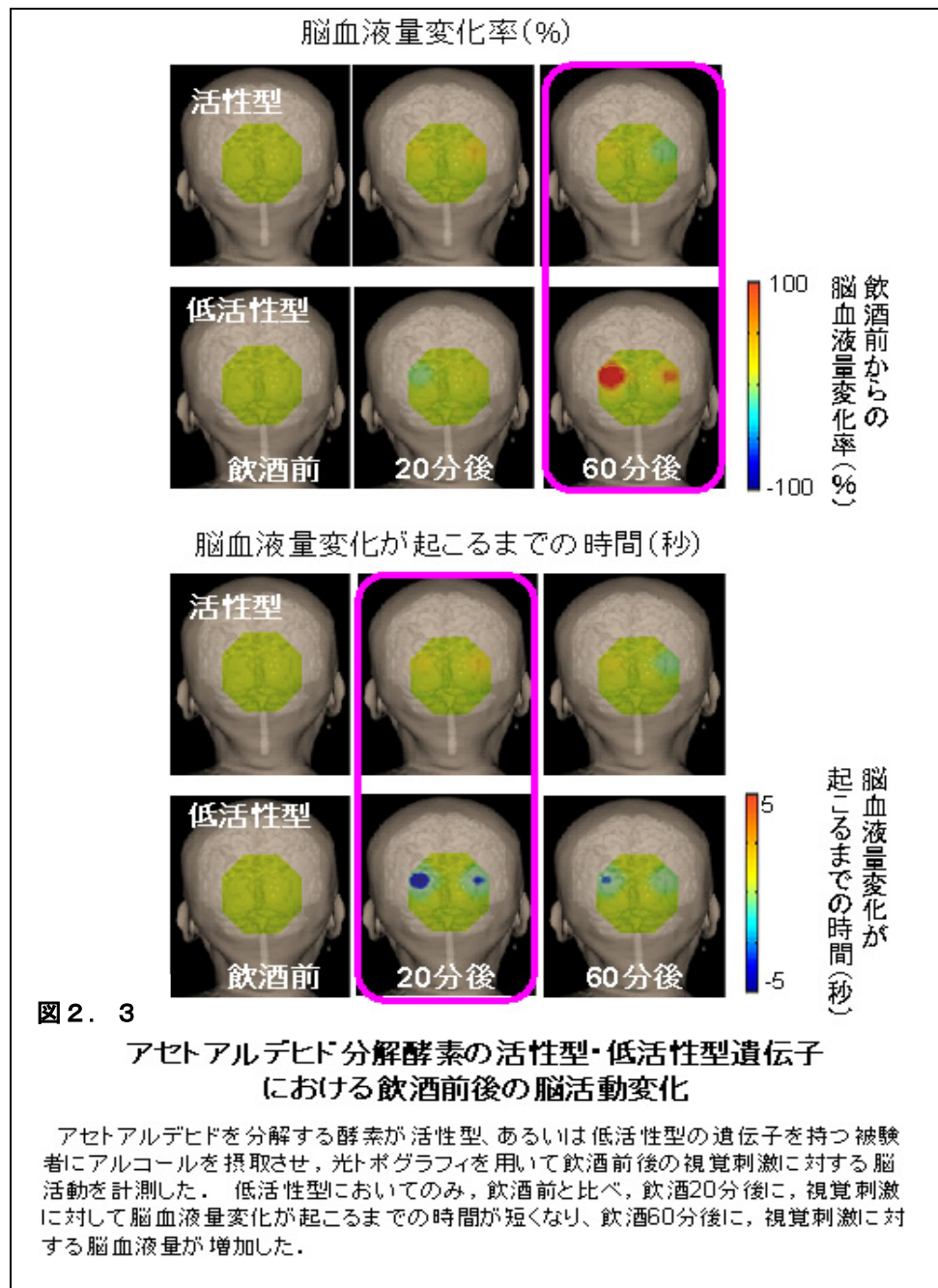
最先端の脳科学研究では、薬物や体内で生成された代謝物が、脳機能にどのような影響を及ぼすかを解明する取り組みが進められている。体内では酵素の働きで物質の代謝が進み、その働き方は遺伝子型で決まる。このため、薬物や代謝物による影響を調べる際には、被験者の持つ、代謝に関わる遺伝子のタイプを考慮して調べるのが重要である。さらに、時間経過に伴う影響を知るために、長時間にわたって脳活動の変化を調べることも重要である。

近年、脳機能の画像計測法が発展し、個々の外部刺激と脳活動の関連を明確に分析できるようになってきた。日立製作所が開発し、日立メディコが製造・販売する光トポグラフィー装置は、近赤外光を頭皮上から照射して脳活動に伴う局所的な脳血液量変化を画像化できる装置である。被検者は装置に固定されずに計測用の専用キャップをかぶるだけで脳血液量変化を計測できるため、時間経過に伴う脳活動の変化を調べるのに適している。

大阪大学と日立の研究グループは、光トポグラフィー装置を使い、アルコールを摂取した際に生じる代謝物(アセトアルデヒド)による脳活動変化の測定を試みした。アセトアルデヒドの代謝に関わる遺伝子型には、アセトアルデヒドの分解酵素の働きが強い活性型と、働きが弱い低活性型、全く働かない不活性型があることが知られている。この実験は、それぞれの遺伝子型をもつ被験者(活性型 6 名、低活性型 4 名)を対象に、体重 1kg あたり 0.4ml の純アルコール量を摂取してもらい、摂取 20 分前、摂取直後、20 分後、40 分後、60 分後の各時間帯に約 10 分間の視覚刺激を与え、脳の視覚機能に関わる部位の脳血液量の変化を計測する。

計測の結果、低活性遺伝子型の被験者では、視覚刺激を加えた時の脳血液量が、飲酒前に比べ飲酒後には増加することがわかる。さらに、その脳血液量の増加の程度を統計処理で詳しく解析すると、飲酒前と比較して、図 2.3 のように： 1. 飲酒 60 分後にかけて徐々に脳血液量が増加すること、 2. 飲酒 20 分後の測定では、視覚刺激を加えて脳血液量変化が起こるまでの時間が短くなることがわかった。この計測結果に

より、アセトアルデヒドの分解酵素の遺伝子型によって、視覚刺激に対する脳血液量の増加の程度が、アルコール摂取後の時間経過に伴って異なることが世界で初めて明らかになる。この結果から、一般にアルコールに弱いといわれている低活性型の遺伝子を持つ人は、体内でアセトアルデヒド濃度が上昇することで、脳機能および生体に影響を受けている。



今回の実験結果は、時間経過に伴う脳血液量増加の程度が、代謝に関わる遺伝子型によって異なることを初めて明らかにしたものであり、代謝物の脳機能への影響を、脳血液量変化から捉えられる可能性を示した。今後、個人の体質に合わせた薬の研究開発などにおいて、薬物や体内で生成された代謝物が、脳機能や生体にどのような影響を及ぼすかを解明していく上で、重要な成果である。

2.3 ワインと食事に関する先行研究

2.3.1. ワインと食生活^[12]

飲酒は生活習慣の一つであり、飲酒に伴う疾患の問題はあるが、一方で「酒は百薬の長」という言葉にあるように一つの側面のみで判断するのはむずかしい。飲酒により肝臓疾患が増えることは疫学的にも実験レベルでも明らかだが、少量の飲酒は動脈硬化性疾患の抑制効果があることも知られている。

ところで、ワインなら、豊かな味や香りとともに、健康効果にも大きな注目が寄せられている。

赤ワインに含まれるポリフェノールは、生活習慣病のひとつである動脈硬化を予防することがわかってきた最新流行の物質だ。ブドウの果皮や種子に由来するポリフェノールの抗酸化機能により、LDL（悪玉コレステロール）が酸化して動脈硬化が起こるのを抑制する。またポリフェノールは、過剰に発生すると害をおよぼす活性酸素と結びつくことで、老化やガンの発生を抑える働きがあるといわれている。

白ワインには、強力な殺菌効果があることをご存知だろうか。白ワインに大腸菌をつけるという実験では、初め24万個あった大腸菌が、10分後に11万個、20分後には200個、そして30分後には20個以下に減るという結果が出た。アルコール、赤ワイン、酢などに比べても効果は絶大。食中毒の原因、サルモネラ菌でも、10分後には、47万個が60個に減ったという。白ワインは有機酸を多く含み酸性度が高いため殺菌力が強い効果がある。

2.3.2. ワインと料理の組み合わせ^[9]

ワインと料理の組み合わせはワイン用語で「マリアージュ（結婚）」といわれ、ワ

インを楽しむための重要な要素である。一般的に「白ワインに魚」「赤ワインに肉」といった組み合わせが合うといわれている、そのメカニズムのすべては解明されていない、一般的に以下のように言われている。

肉料理中心の食生活をしていると、血液中のコレステロールが過剰に増えて、動脈硬化の原因になることがある。欧米で「心臓病」での死亡率が高い、それが原因という。しかし、同じく肉料理中心の食生活をしているフランス人は、肉料理とともに「赤ワイン」を飲んでいるため、動脈硬化を抑えることができている。赤ワインのポリフェノールには、悪玉コレステロールを減らした、血栓をできにくくする働きがある。肉料理が多い方は、ワインと組み合わせ一番よいことである^{「13」}。

また、白ワインに豊富な酒石酸・リンゴ酸・クエン酸等の有機酸とアルコールの相乗効果によるもので、これからの季節、生の魚介類ときりっと冷やした辛口の白ワインは味覚だけでなく、科学的にも理になった組合せということである。

第 3 章 光トポグラフィーを用いた、人間の脳に与えるワインと食事の影響の計測

3.1 本研究の考え方

光トポグラフィーは最新鋭の検査装置として、脳の血流を調べ、精神疾患を診る試みの他、多くの分野で活用されている。しかしながら、人間の食事という意識にワインがどのような影響をもたらすかについて光トポグラフィーを用いた分析はまだ研究されていない。

本研究では、光トポグラフィーを使って、被験者が食事において、ワインを飲む時の脳活動の観察実験を実施する。実験を通じて、計測された脳活動のデータを分析して解析する。実験後、アンケートを実施し、被験者の主観と脳活動の反応が一致するかどうかを検証する。具体的には、ワインをおいしいと感じる時と感じない時の脳活動は異なることを脳科学という視点から実証する。また、ワインと食事の組み合わせによって人間の満足感が異なることをトポグラフィーを利用して、脳科学という視点から実証する。

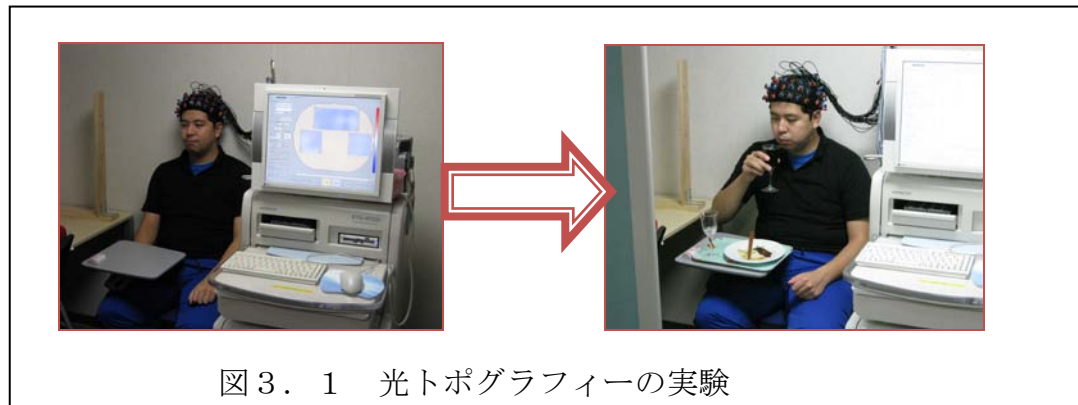
3.2 本研究における実験の概要

本研究の実験は以下ようになる：

まず、被験者についてアンケート調査 1 を行う。人間の食事とワインの関係を理解した上で、ワインに関する実験者（活性型 8 人、低活性型 4 人）を分類する。

それぞれの被験者（活性型 8 名、低活性型 4 名）を対象に、体重 1kg あたり 0.4ml の純アルコール量を摂取する。具体的にはアルコール度数乗飲酒量(ml)乗 0.8 に摂取グラム数になる、ワインならグラス 2 杯弱(220ml)飲酒量である。

そして、赤ワインと白ワインを使って、肉と魚、一種類ずつ4回に分けて、各種類の食材とワインの関係を実験するために、摂取10分前、摂取直後、5分後、10分後の各時間帯に光トポグラフィー装置で脳の活動の変化を計測する。



最後にアンケートを実施し、被験者の意見と感想を書いてもらう。(このアンケート調査の目的は、光トポグラフィーによる変化とアンケート調査による、被験者の満足度、事前期待・事後期待を調査し、光トポグラフィーの特性と人間の満足度との関係を把握する。)

3.3 本研究の実験手順

3.3.1. タイムチャートの説明

実験手順は、図 3.1 のように、まず 17 分のパッチテストを計測する。パッチテストから 7 分後にパッチテストの結果を確認する、そして実験の流れについて実験員から実験者に説明する。パッチテスト 12 分後にトポグラフィー装置を被験者の前頭葉と側頭葉に装着する。(パッチテストについては、第一回目の実験「赤ワインと肉料理」の時に計測する、二回目から 30 分のトポグラフィー実験だけ計測する) トポグラフィー装置を起動して、プローブの状態を確認する。17 分後もう一回パッチテストの結果を確認して、18 分から被験者はプローブ付けながら、30 分のトポグラフィーの実験を行う。

最初 10 分間待機して、5 分経過後に実験員から質問して、被験者が答える。(実

験全体は発言禁止である、そして実験用ベルを準備した、いいえの時に真中のボタンを押す)

次に、被験者が10分かけて、グラス2杯弱ワインを飲みながら、100g食事を食べる。5分経過後に実験員から質問して、被験者を答える。(実験全体は発言禁止である、そして実験用ベルを準備した、いいえの時に真中のボタンを押す)

最後に、被験者はプローブ付けながら、10分ぐらい待機する。5分経過後に実験員から質問して、被験者を答える。(実験全体は発言禁止である、そして実験用ベルを準備した、いいえの時に真中のボタンを押す) 実験を終了する時に、事後アンケートを実施し、被験者の意見と感想を書いてもらう。(事後アンケートは毎回実験後にする、事前アンケートは実験者を決める前を行う)

其々の被験者は赤ワインと白ワインを使って、肉と魚、一種類ずつ4回に分けて、各種類の食材とワインの関係を実験して、光トポグラフィー装置で脳の活動の変化を計測する。

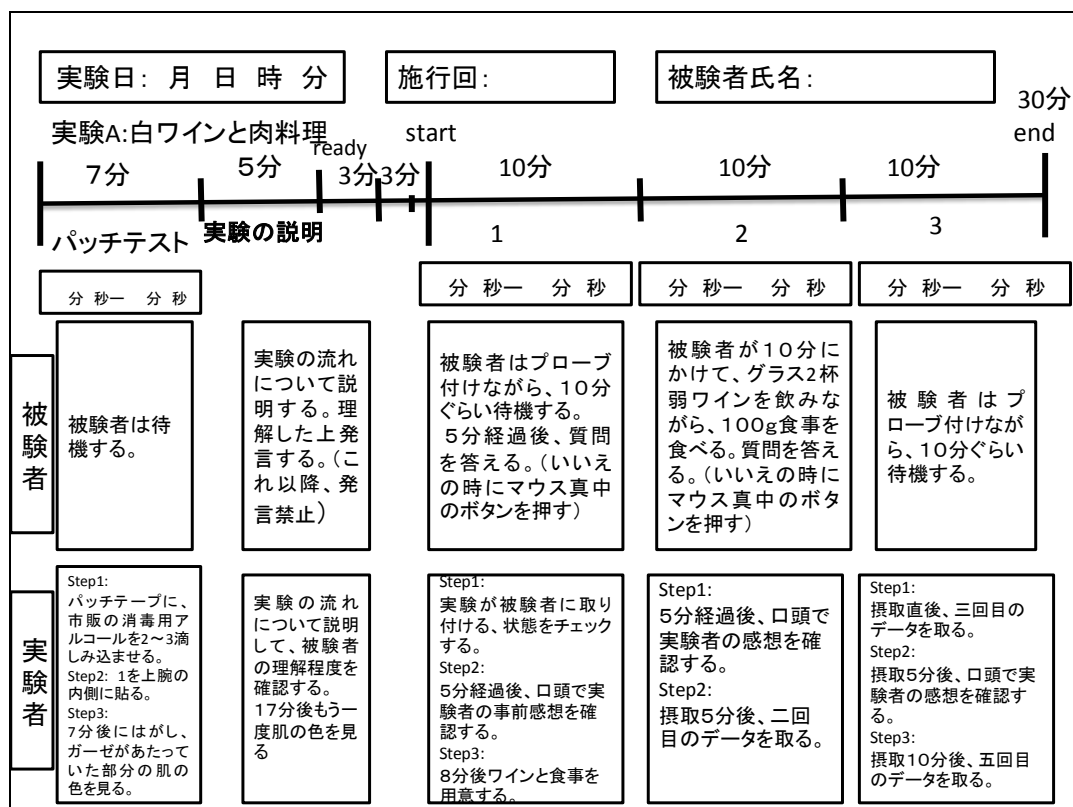


図3. 2実験のタイムチャート

3.3.2. パッチテストの説明^[15]

1) アルコールパッチテストの原理

アルコールパッチテストは、皮膚におけるALDH2の活性反応をみて、アルコールに強いか弱いかを調査する体質判定方法である。

同じ量のアルコールを飲んでもどうしてこんなに差があるのか？実に、人によってお酒に対する体質が違うからである。つまり人によってアルコールを分解する速さが違うことである。

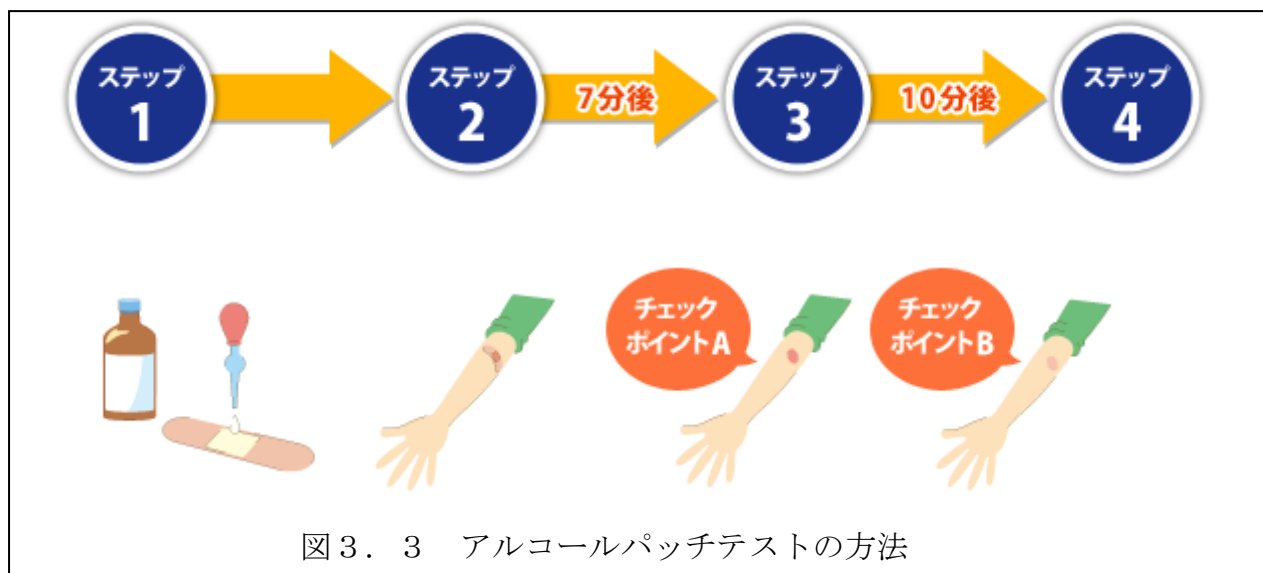


図3. 3 アルコールパッチテストの方法

2) アルコールパッチテストの方法

1. パッチテープ（薬剤のついてないガーゼ付きの絆創膏）に、市販の消毒用アルコールを、2～3滴しみこませる。
2. 絆創膏を上腕の内側に貼る。
3. 7分後にはがし、はがした直後（5秒以内）に、ガーゼが当たっていた部分の肌の色を見る。
4. はがしてから、さらに10分後に、もう一度肌の色を見る。

3) アルコールパッチテストの結果の判断

1. 肌が、はがした直後に赤くなっている。 → ALDH2 不活性型（お酒を飲めない体質である。）

2. はがした直後は赤くなっていなかったが、10 分後には赤くなっている。 → ALDH2 低活性型 （お酒に弱い体質）

3. 肌の色に変化がない → ALDH2 活性型（お酒に強い体質である。逆に言うなら、飲みすぎが問題になるのも、この体質の人である。）

3.3.3. アンケートの説明

本研究で実施したアンケートは以下の 3 種類である。最初のアンケートは、事前アンケートで実験者を分類する。次に、光トポグラフィー実験をする時にそれぞれのパターンに対して口頭アンケート調査を行う。実験の最後に、光トポグラフィーによる変化と特性を把握するために事後アンケートを実施する。実施したアンケートの内容を以下に示す：

1) 事前アンケート調査例：

Date

Name :

アンケート調査の目的：

人間の食事とワインの関係を理解した上で、ワインに関する具体的実験者（活性型 8 人、低活性型 2 人）をする。

I. 個人の状況についてお聞きします。各質問についてそれぞれ当てはまるものを 1 つ選び、○をつけてください。

1、あなたの性別はどちらですか。

- ① 男性 ② 女性

2、あなたの年齢(平成22年8月1日現在の満年齢)は何歳ですか。

() 歳

3、普段飲んでいるお酒は何か？

① 白酒 ② 日本酒 ③ ワイン ④ ウイスキー ⑤ ビール

4、ワインを飲みますか？ (必須)

①はい ②いいえ

Ⅱ. ワインについてお聞きします。各質問についてそれぞれ当てはまるものを1つ選び、○をつけてください。

1、どのくらいの価格なら買ってもいいと思うか

- ① 500 円くらい
② 1000 円くらい
③ 2000 円くらい
④ 3000 円以上

2、ワインをどの程度、飲みますか？

- ①ほぼ毎日 ②一週間に1回以上 ③1カ月に2－3回程度 ④1か月に1回
⑤3か月に1－2回程度 ⑥半年1回以下

3、国産と外国産、どちらのワインを主に飲みますか？

- ①国産ワイン
②外国ワイン

③両方 (記入例) 国産ワイン 50%・外国産ワイン 50%

4、好きなワインの種類は何ですか？(複数選択可)

- ①赤ワイン ②白ワイン ③ロゼ ④スパークリングワイン ⑤フルーツワイン

5、最近よく飲んでいるワイン、もしくは最もおいしかったと思うワインは何ですか？

6、あなたが「普段よく飲むワイン」を定義してください

- ①赤いもの
- ②香り良いもの
- ③おいしい

7、おワインの良いところは？

- ① 現実逃避
- ② 疲労回復
- ③ コミュニケーションツール
- ④ 体に対して健康の効果

8、ワイン選択基準は？

- ① 料理に合わせて
- ② 価額
- ③ タイプ
- ④ メーカー名
- ⑤ 国

9、あなたにとって「ワイン」とはどのようなものですか。

(どのようなことでもかまいませんので、思いつくまま自由に定義してください。)

Ⅲ . ワインと食事の関係についてお聞きします。

1、日々の食事に、一緒に飲めるでしょうか？

- ① はい
- ② いいえ

2、あなたの「理想のワインと食事の組み合わせ」を定義してください

- ① 赤ワインとステーキ
- ② 白ワインとぶりの刺身
- ③ 赤ワインとピザ
- ④ どちらかというと思う

3、あなたにとって「ワイン」と食事はどのような関係ですか。

(どのようなことでもかまいませんので、思いつくまま自由に定義してください。)

2) 事後アンケート調査例：

アンケート調査の目的：

光トポグラフィーによる変化がアンケート調査を用いて、被験者の満足度、事前期待・事後期待を調査し、光トポグラフィーの特性の把握する、これに基づく次の実験計画を作る。

Date :

Name :

I. 全般の印象についてお聞きします

1、今回の実験に対して感じたことはありますか？

- ①非常に感じたことがある ②多少感じたことがある ③あまり感じたことがない
④全く感じたことがない

2、その理由はなぜですか？(感じた点を書いてください)

II. 各段階についてお聞きします。各質問についてそれぞれ当てはまるものを1つ選び、○をつけてください。

1、実験前、ワインと食事を見る時に、一番興味を持ったことはどれですか？

- ①ワインの美味しさ
②料理の美味しさ
③香り

④色

2、ワインを飲む時に美味しさ感じますが？

①はい ②いいえ

3、ワインを飲む時に一番感じることはどれですか？

①色が良い ②香り良い ③おいしさ ④特に考えていない

4、食事という意識に伴う、ワインの美味しさ感じますが？

①はい ②いいえ

5、食事という意識に伴う、ワインを飲む時に一番良いことはどれですか？

①食欲を増加する ②ワインの美味しさ増加する ③疲労回復 ④体に対して健康の効果

Ⅲ．個人的印象についてお聞きします。

1、あなたが今回の食事とワインの組み合わせに対して、どう思いますか。（○はひとつ）

1 大変良い 2 良い 3 少し問題がある 4 問題が多い

2、その理由はなぜですか？(感じた点を書いてください)

--

3、ワインを食事の組み合わせについて、今後どのようにしたいと思いますか。（○はひとつ）

1 今より良くしたい 2 今のままを続けたい 3 特に考えていない

Ⅳ．あなたについてお聞きします。

1、実験に通じて、ワインと食事の関係に関心を持ちましたか？

1. 持った 2. どちらかという持った 3. どちらでもない 4. どちらかという持たなかった 5. 持たなかった

2、今回の実験について、今後どのようにしたいと思いますか。（○はひとつ）

1 今より良くしたい 2 今のままを続けたい 3 特に考えていない

3、その理由はなぜですか？(感じた点を書いてください)

3) 口頭アンケート

①光トポグラフィープレ実験（１）：赤ワインと肉料理

口頭アンケート

1：実験から５分後
①：今の気持ちはいいですか？ ①はい ②いいえ
②：赤ワインは好きですか？ ①はい ②いいえ

2：実験から１５分後
①：ワインはおいしいですか？ ①はい ②いいえ
②：ワインは、食事に合ってますか？
①はい ②いいえ

3：実験から２５分後
①：今回のワインと食事の組み合わせに対して、満足感がありますか？
①はい ② いいえ
②：今は酔っぱらってますか？ ①はい ②いいえ

②光トポグラフィープレ実験（２）：白ワインと肉料理

口頭アンケート

1：実験から５分後
①：今の気持ちはいいですか？ ①はい ②いいえ
②：普段の生活でワインを飲みますか？ ①はい ②いいえ
③：白ワインは好きですか？ ①はい ②いいえ

2：実験から１５分後
①：ワインはおいしいですか？ ①はい ②いいえ
②：前回の実験時に使用した赤ワインと比べて、今回の白ワインはおいしいですか？ ①はい ②いいえ
③：ワインは、食事に合ってますか？
①はい ②いいえ

3：実験から２５分後
①：今回のワインと食事の組み合わせに対して、満足感がありますか？
①はい ② いいえ
②：今は酔っぱらってますか？ ①はい ②いいえ

③光トポグラフィープレ実験（3）：白ワインと刺身

口頭アンケート	
1：実験から5分後	
①：今の気持ちはいいですか？	①はい ②いいえ
②：普段の生活でワインを飲みますか？	①はい ②いいえ
③：白ワインは好きですか？	①はい ②いいえ
2：実験から15分後	
①：ワインはおいしいですか？	①はい ②いいえ
②：前回の実験時に使用した赤ワインと比べて、今回の白ワインはおいしいですか？	①はい ②いいえ
③：ワインは、食事に合ってますか？	①はい ②いいえ
3：実験から25分後	
①：今回のワインと食事の組み合わせに対して、満足感がありますか？	①はい ②いいえ
②：今は酔っぱらってますか？	①はい ②いいえ

④光トポグラフィープレ実験（4）：赤ワインと刺身

口頭アンケート	
1：実験から5分後	
①：今の気持ちはいいですか？	①はい ②いいえ
②：赤ワインは好きですか？	①はい ②いいえ
2：実験から15分後	
①：ワインはおいしいですか？	①はい ②いいえ
③：赤ワインと肉料理の組み合わせに比べて、今回の組み合わせは良かったですか？	①はい ②いいえ
②：ワインは、食事に合ってますか？	①はい ②いいえ
3：実験から25分後	
①：今回のワインと食事の組み合わせに対して、満足感がありますか？	①はい ②いいえ
②：今は酔っぱらってますか？	①はい ②いいえ

3.3.4. 白ワイン、赤ワインの組み合わせ

本実験では、赤ワイン、白ワインと肉料理、魚料理の組み合わせに対して、以下の4つのパターンで実験を行なった。図3.4のように実験について4パターンがある。

①光トポグラフィープレ実験（1）：赤ワインと肉料理



②光トポグラフィープレ実験（2）：白ワインと肉料理



③光トポグラフィープレ実験（3）：白ワインと刺身



④光トポグラフィープレ実験（4）：赤ワインと刺身



図3.4 実験の4パターンの構成

3.3.5. 実験の参加者

今回の実験の被験者は表 3. 1 のように北陸先端科学技術大学院大学の前期博士課程学生 10 名と先生 2 名である。構成は、日本人は 7 人、外国人は 5 人、アルコールの強さ差は強い方が 7 人、普通の方が 3 人、弱い方が 2 人である。

表 3. 1 実験のメンバ：

江さん	池田さん	井本さん
小坂先生	CHAUさん	白肌先生
永濱さん	張さん	高さん
横尾さん	鈴木さん	王さん

3.4 実験データの処理の手順

3.4.1. 個人のデータの処理の手順

今回の実験データの処理は POTATo を使用している。

POTATo とは、光トポグラフィー計測信号の解析において、研究チーム内での情報共有や議論を効率化し、分野全体の解析技術の向上を目的に開発された光トポグラフィーデータの解析プラットフォームである。

プロジェクトが正常に作成されると下記のような画面（図 3. 5）になる。まだプロジェクトは空の状態である。

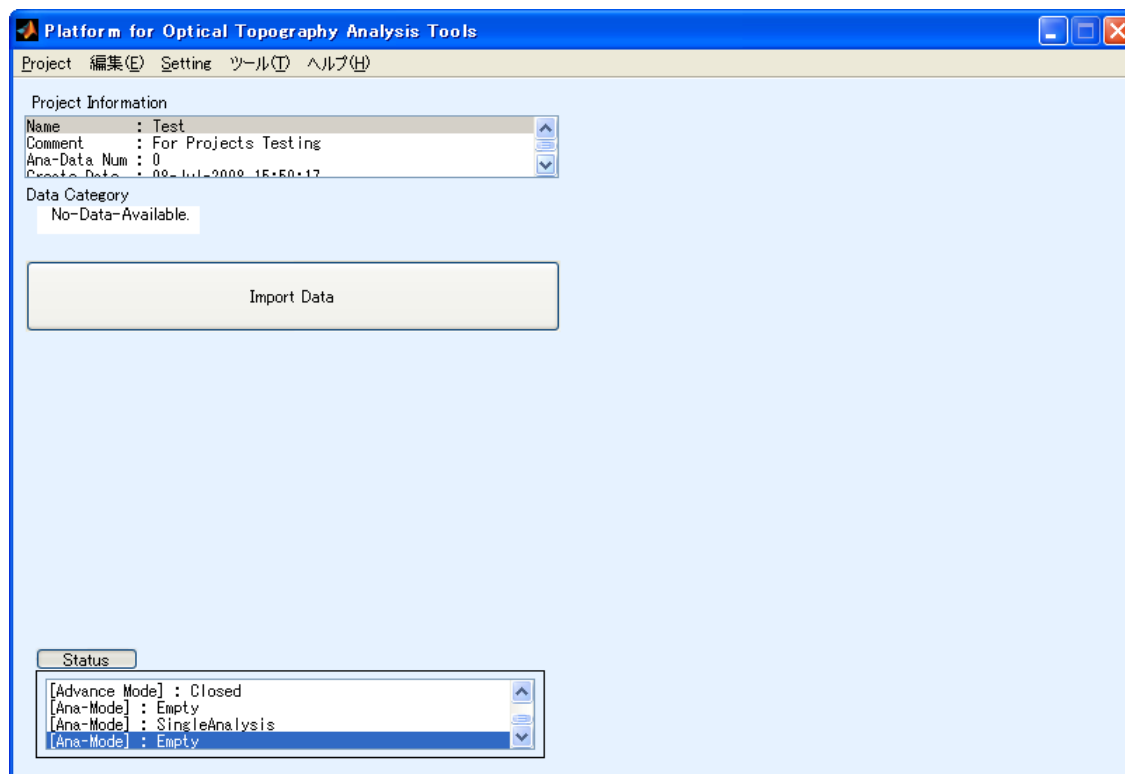
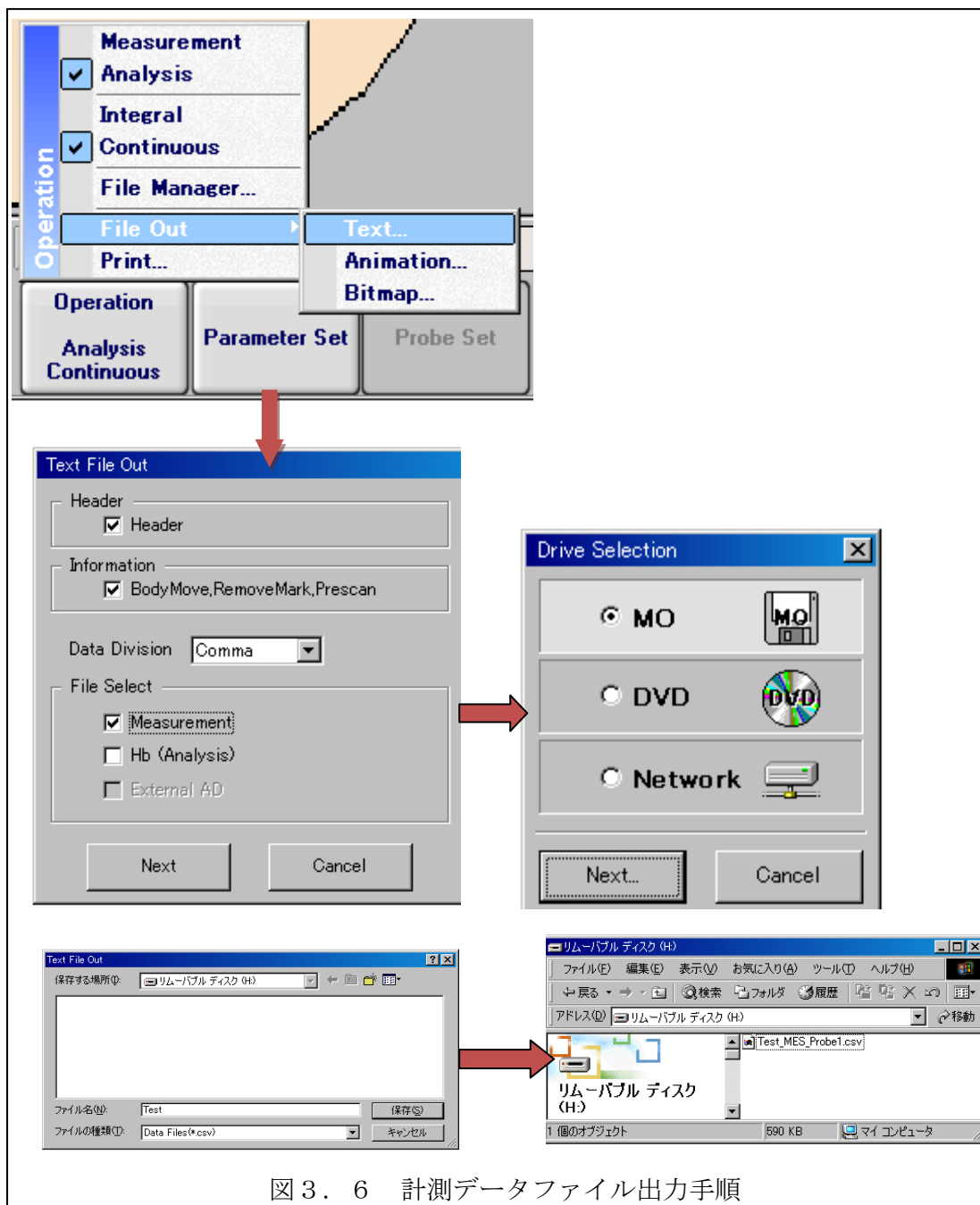


図 3. 5 POTATo の最初状態

1. 光トポグラフィー装置からの計測データファイル出力手順 (ETG-7100)

光トポグラフィー装置から、計測データをファイルに出力し解析に使用している。始めに、光トポグラフィー装置から出力したい計測データを操作画面上にロードしておき。（図 3. 6 のように）次に、Operationメニューから、File Outを選び、Textを選択する。

出力したい計測データの形式を ” Measurement ” に設定し、メディアを選択する。ここでは、MOを選択 ←Measurementを選択、ファイル名を入力し、保存ボタンを押すと、計測データがメディアに保存される。出力した計測ファイルは、解析に使用するPCで行う。



2. 解析手順の設定

“Import Data” で取り込まれたデータが “Data List” に表示される。このリストから解析するデータを選択する。まず始めに、Drawボタンで読込まれたデータを確認する。

Object (C0) 」と呼んでいるものが表示される場合がある。上の図では左上とその下にある、灰色のもの。これは、ユーザーが描画の状態をコントロールするためのインターフェイスである。そして、描画しているもの（ここでは各チャンネルのプロットと、黄緑色の刺激期間を示すボックスで）を「Axis Object (A0) 」と呼んでいる。試しに、左上のControl Object (C0) の「0xy」をクリックすると、プロットの青と黒の線が消え、赤い線だけになり。このControl Object (C0) は描画する「データの種類」を選択するものである。図では赤、青、黒が、それぞれ0xy、Deoxy、Totalに対応している。また、その下にあるC0の上部の台形部分（濃い灰色）をドラッグして。すると、プロットの縦軸の最大値が変化できる。これは、グラフの縦軸を調整するC0である。

3.4.2. 平均データの処理

平均データにおいては、研究チーム内で共通点であるデータを一組として POTATo を利用して、時間を平均処理して、各時間帯のデータを解析することである。具体的な分析方法としては、本実験応じてワイン飲めない人を例として説明する。

まず、図 3. 8 のようにアンケート調査の結果からワインを飲めない人を一組として選択する。

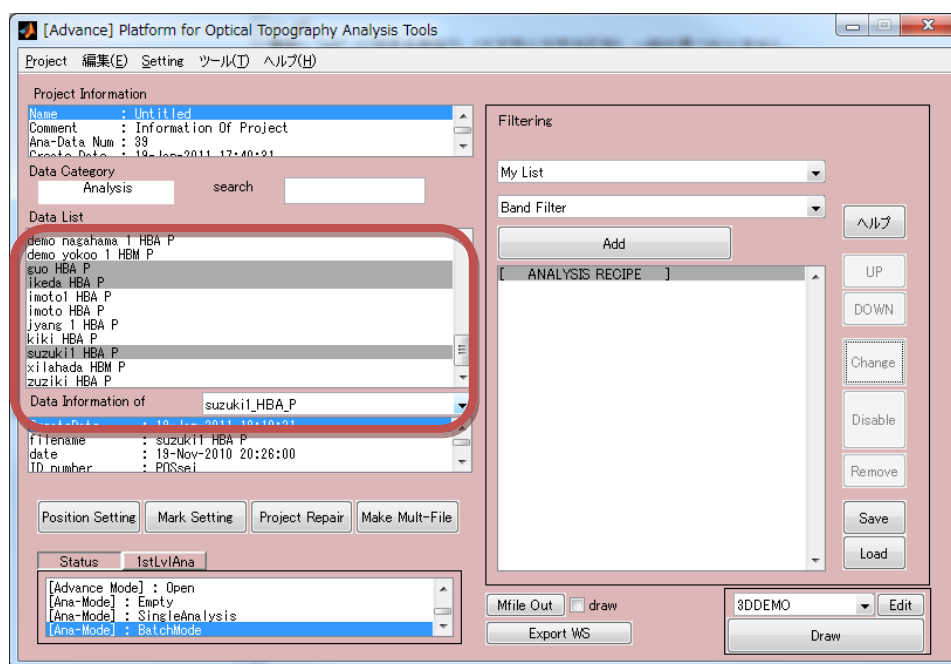


図 3. 8 アンケート調査によるワインを飲めない人のデータ

次に、平均データに対し、解析の手順を設定する。 POTAToでは、データに対して解析の手順を設定し、表示の時に設定された手順で解析を行い表示する。 解析の手順は左側のリストボックスに表示された。 初期状態では、空になっている（図3.9）。

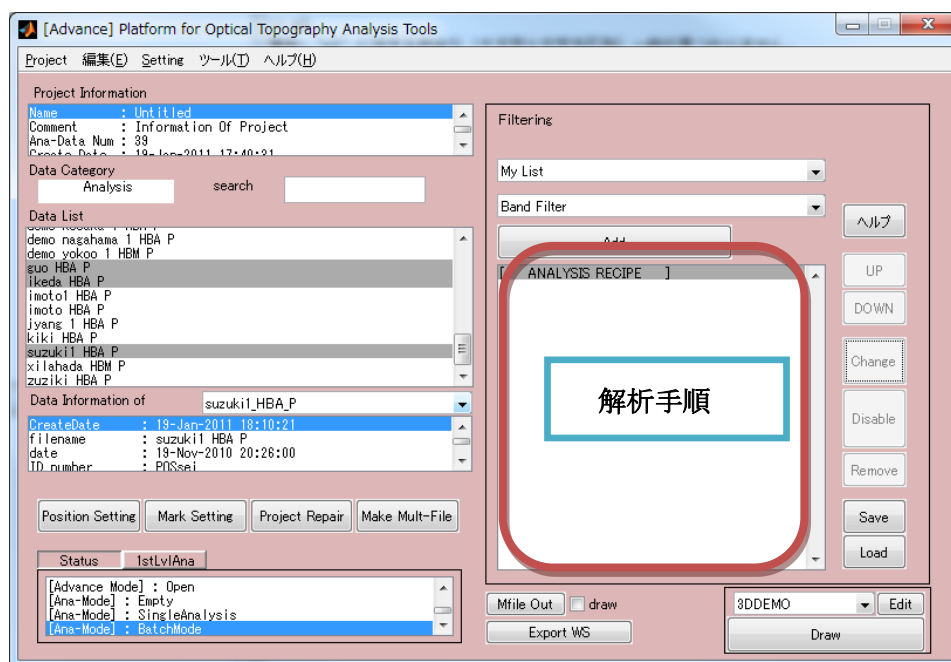


図3. 9 解析の初期状態

実験の解析手順についてはデータを明確するために様々な要素を追加することである。本実験に対しでは雑音の除去、移動平均、信号に見られる細かいノイズ（高周波ノイズ）を取り除きなど解析要素が中心に行った。

ここでは、解析手順として、平滑化（移動平均）の実行を加える方法を例として説明する。図3. 10のように、フィルタを行う関数として、Moving Average を選択する。

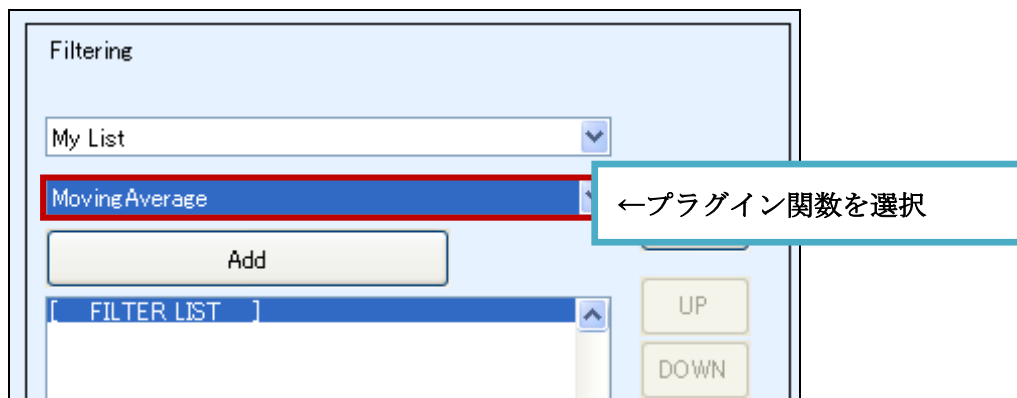


図 3. 1 0 関数を選択手順 1

解析手順に追加するプラグイン関数を選び、Addボタンを押し（図 3. 1 1）。

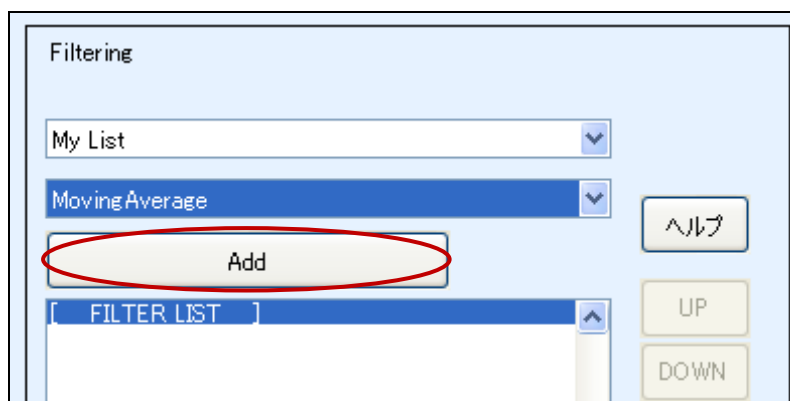


図 3. 1 1 関数を選択手順 2

Moving Average の設定ダイアログが表示された。平均化するデータ点数を入力します。本実験のデータでは、1秒間に 10 点のデータがある。（サンプリング周波数 10 Hz）ここでは、3秒間の移動平均とするため、“30” と入力する。Moving Average の設定が終わりなら、OKボタンを押す。

図 3. 1 2 のように、解析手順に Moving Average が追加された。そして、Moving Average と同じように、様々なデータの処理要素を追加する。

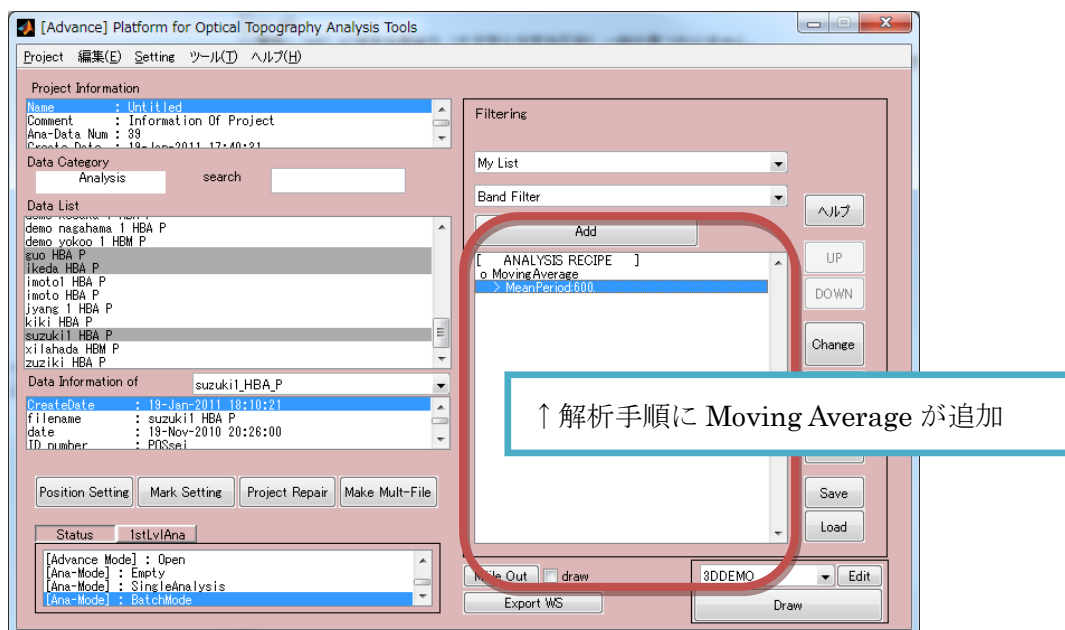
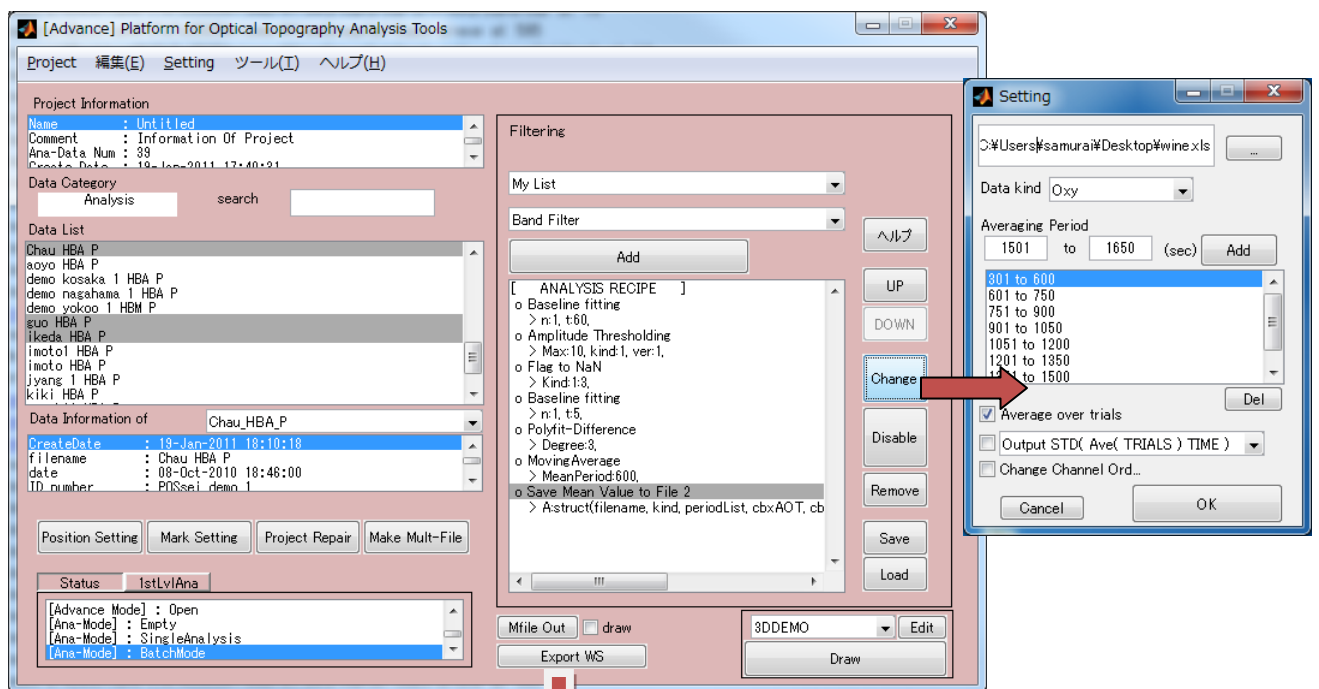


図 3. 1 2 関数を選択手順 3

最後に、時間の設定方法について説明する。図 3. 1 3 のように change というボタンを選択して、時間の設定表が表示された。本実験では、9つの時間区分を作り、それを平均化して、撮取前5分から撮取10分後まで各時間帯の平均データを分析した。次に、Export WSボタンを押し、平均データを表示される。



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Save Meancht [301]	tch2 [301]	tch3 [301]	tch4 [301]	tch5 [301]	tch6 [301]	tch7 [301]	tch8 [301]	tch9 [301]	tch10 [301]	tch11 [301]	tch12 [301]	tch13 [301]	tch14 [301]	tch15 [301]	tch16 [301]	tch17 [301]	tch18 [301]	tch19 [301]
2	Chau_HBA	NaN	NaN	NaN	NaN	-0.55447	0.210305	-0.11008	0.091481	-0.25531	-0.6417	-0.02292	-0.2038	0.132481	0.074063	-0.16837	0.07382	-0.0783	-0.007
3	guo_HBA	-0.11673	-0.31452	-0.07928	0.001527	-0.07512	-0.14167	-0.15957	0.063755	-0.04663	0.099013	0.216625	0.008903	0.173314	0.048307	0.148648	-0.0939	-0.20998	0.052
4	ikeda_HBA	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	0.069632	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	-0.08248	-0.0113	NaN	NaN	NaN
5	zuzuki_HBA	0.155713	0.203145	-0.11404	0.181809	-0.42655	-0.06999	-0.12631	-0.15977	-0.23559	-0.46203	-0.2792	-0.01058	-0.17531	0.015723	-0.21283	-0.10503	-0.03278	0.251
6	Chau_HBA	NaN	NaN	NaN	NaN	-0.55447	0.210305	-0.11008	0.091481	-0.25531	-0.6417	-0.02292	-0.2038	0.132481	0.074063	-0.16837	0.07382	-0.0783	-0.007
7	guo_HBA	-0.11673	-0.31452	-0.07928	0.001527	-0.07512	-0.14167	-0.15957	0.063755	-0.04663	0.099013	0.216625	0.008903	0.173314	0.048307	0.148648	-0.0939	-0.20998	0.052
8	ikeda_HBA	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	0.069632	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	-0.08248	-0.0113	NaN	NaN	NaN
9	zuzuki_HBA	0.155713	0.203145	-0.11404	0.181809	-0.42655	-0.06999	-0.12631	-0.15977	-0.23559	-0.46203	-0.2792	-0.01058	-0.17531	0.015723	-0.21283	-0.10503	-0.03278	0.251

図 3. 1 3 平均データ処理方法

表示された平均データを分かりやすいために、POTATo を利用してデータを整理する。
図のように、整理したデータ図 3. 1 4 が表示された。

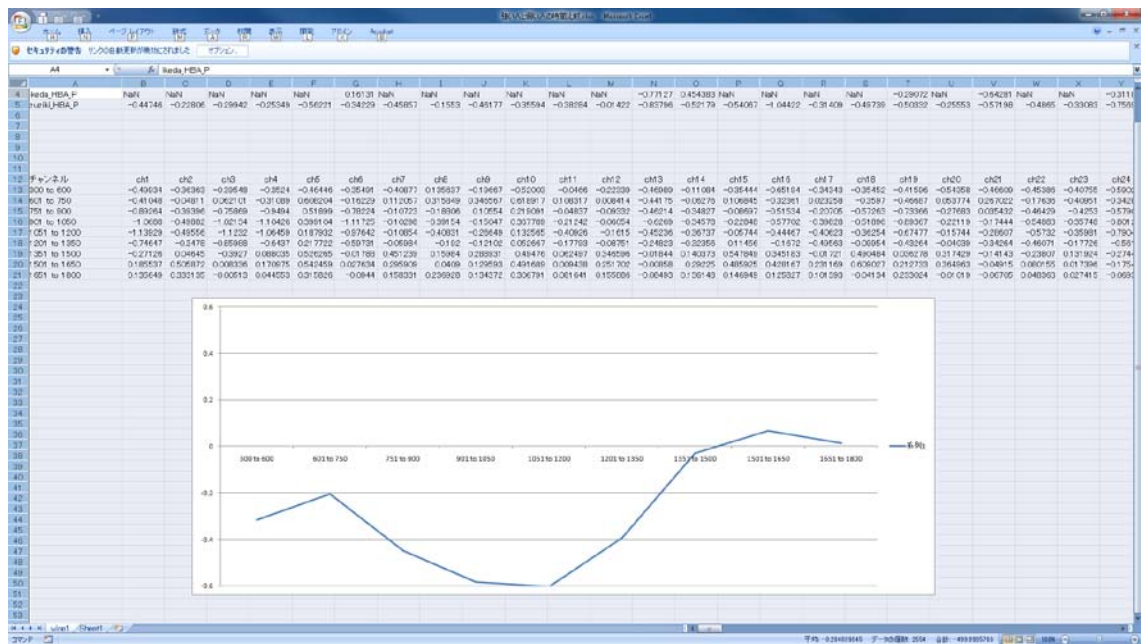


図 3. 1 4 整理した平均データ

第 4 章 実験結果

4.1 パッチテストとアンケートの分析

4.1.1. パッチテストの結果：

パッチテストの結果、表 4.1 を得た。

表 4. 1 パッチテストの結果

	日付	はがした直後 にかった	10分に赤 くなった	変化しな かった	
江さん	10月6日	なし	なし	なし	強い
小坂先生	10月6日	なし	なし	なし	強い
永濱さん	10月6日	なし	なし	なし	強い
横尾さん	10月6日	なし	なし	なし	強い
張さん	10月8日	なし	なし	なし	強い
井本さん	10月20日	なし	なし	なし	強い
王さん	10月20日	なし	なし	なし	強い
池田さん	10月8日	なし	ある		普通
Chau さん	10月8日	なし	ある		普通
白肌先生	10月20日	なし	ある		普通
高さん	10月20日	ある			弱い
鈴木	10月20日	ある			弱い

4.1.2. アンケートによる酔っぱらった状況の分析

アンケートによる酔っぱらいの分析の結果、表 4. 2 を得た。

今は酔っぱらっていますか？ ①はい ②いいえ（はい＝0 いいえ＝1）

表 4. 2 酔っぱらった状況の分析

名前	赤ワイン と肉料理	白ワインと肉 料理	白ワイン を刺身	赤ワイン と刺身	合計
江さん	1	1	1	1	4/4
小坂先生	1	1	1	0	3/4
永濱さん	1	なし	なし	なし	1/4
横尾さん	1	0	1	1	3/4
張さん	1	0	0	1	2/4
井本さん	1	1	1	1	4/4
王さん	1	1	0	0	2/4
池田さん	0	0	1	0	1/4
Chau さん	0	なし	なし		0
白肌先生	0	0	1	0	1/4
高さん	0				0
鈴木	1	0	0	0	1/4

4.1.3. アンケートによる満足感の分析

アンケートによる満足感の分析の結果、表4. 3を得た。

今回のワインと食事の組み合わせに対して、満足感がありますか？

(はい=1 いいえ=0)

表4. 3 満足感の分析

名前	赤ワインと肉料理	白ワインと肉料理	白ワインを刺身	赤ワインと刺身	合計
江さん	0	1	1	1	3/4
小坂先生	1	1	1	0	3/4
永濱さん	1	なし	なし	なし	1/4
横尾さん	1	0	1	0	2/4
張さん	1	1	1	0	3/4
井本さん	1	0	1	1	3/4
王さん	0	0	1	1	2/4
池田さん	0	0	1	1	2/4
chau	0	なし	なし	なし	0
白肌先生	1	0	1	0	2/4
高さん	0	なし	なし	なし	0
鈴木	1	0	1	0	2/4

4.1.4. パッチテストとアンケートのまとめ

本論文のアンケートの分析については、口頭アンケートを中心に分析した。具体的には、口頭アンケートによる酔っぱらい状況と満足に関する問題を分析した。分析結果とパッチテストの分析結果をまとめると、表4. 4を得た。

表4. 4 パッチテストとアンケートのまとめ

お酒 (ワイン)	パッチテスト	酔っぱらい 状況	満足感	合計
強い方				
江	1	4/4	3/4	2.75
井本	1	4/4	3/4	2.75
小坂	1	3/4	3/4	2.5
張	1	3/4	2/4	2.25
横	1	3/4	2/4	2.25
王	1	2/4	2/4	2
長濱	1	1/4	1/4	1.5
普通の方				
池田	1/2	1/4	2/4	1.25
白肌	1/2	1/4	2/4	1.25
Chau	1/2	0	0	0.5
弱い方				
鈴木	0	1/4	2/4	0.75
高	0	0	0	0

4.2 計測されたデータ

今回の実験は各種類の食材とワインの関係を実験して、摂取 10 分前、摂取直後、5 分後、10 分後の各時間帯に光トポグラフィー装置で脳の活動の変化を計測するという考えである。具体的な分析方法としては、まず、各実験者計測された 4 回のデータは 9 時間帯を分けて、図 4. 1 のように時間を分割して、摂取前 5 分から摂取 10 分後まで各時間帯の平均データを分析した。

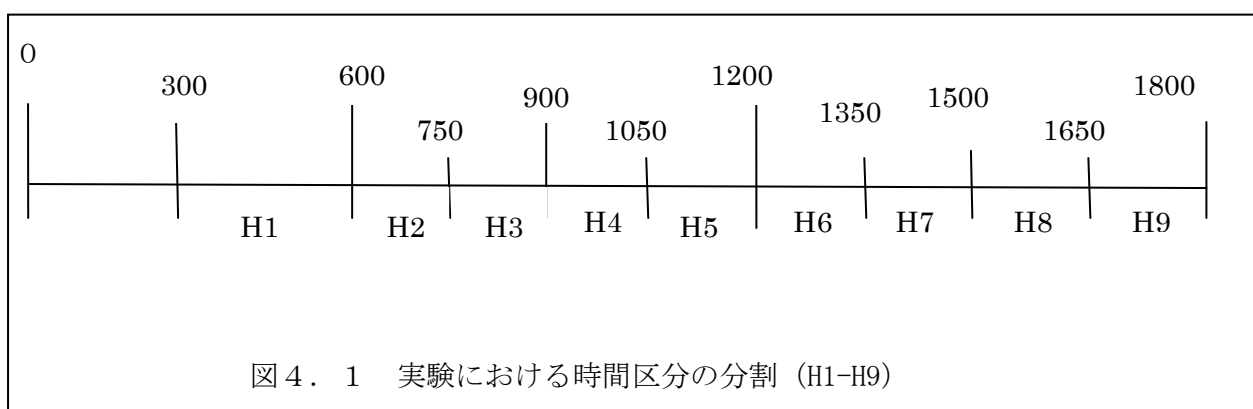


図 4. 1 実験における時間区分の分割 (H1-H9)

4.2.1. 個人平均データの分析結果

1. 小坂先生のデータ分析結果の説明

小坂先生のパッチテストの結果はアルコールに関して強い。アンケート調査の分析結果は、全体の実験に対して酔っぱらった状況がない、満足度について実験（４）：赤ワインと刺身の組み合わせに対して満足感がないことがわかる。

次に、図 4. 2 は小坂先生の脳活動を示している。小坂先生のデータ分析結果から見ると、実験（１）から実験（３）まで、摂取後脳の働きは穏やかである（青表示は脳が活性かしていないこと示す・赤はその逆）実験（４）赤ワインと刺身の脳データについては摂取後の 10 分で脳の反応が赤色になって、脳が活発に活動を行われていることが分かる。

2. 白肌先生のデータ分析結果

白肌先生のパッチテストの結果はアルコールに関して普通である。アンケート調査の分析結果によって、実験（１）と実験（２）と実験（４）が酔っぱらった、満足度について実験（２）と実験（４）の組み合わせに対して満足感がないことがわかる。

次に、図４．３は白肌先生の脳活動を示している。白肌先生のデータ分析結果から見ると、白肌先生の脳活動摂取後のデータが全体的に赤になる。すなわち脳が活発に活動している。特に満足度がない実験（２）と実験（４）の組み合わせに対しては濃い赤色になる、脳の活動が激しく行われていることが分かる。

3. 井本さんのデータ分析結果

井本さんのパッチテストの結果はアルコールに関して強い。アンケート調査の分析結果は、全体の実験に対して酔っぱらった状況でない、満足度について全体の実験が満足感していることがわかる。

次に、図４．４は井本さんの脳活動を示している。井本さんのデータ分析結果から見ると、実験（１）から実験（４）まで、全体の実験に対して脳の働きは穏やか、飲酒前後で脳の反応はほとんど変化がないことが分かる。

4. 池田さんのデータ分析結果

池田さんのパッチテストの結果はアルコールに関して普通である。アンケート調査の分析結果は、実験（１）と実験（２）と実験（４）が酔っぱらった、満足度について実験（１）と実験（２）の組み合わせに対して満足感がないことがわかる。

次に、図４．５は池田さんの脳活動を示している。（池田さんの実験（１）のデータ分析時に失敗になった、ここに表示できない）池田の平均データ分析結果から見ると、池田さんの脳活動摂取後のデータが整体的に赤になる、各程度の脳が活発に活動していることが分かる。

5. 江さんのデータ分析結果

江さんのパッチテストの結果はアルコールに関して強いである。アンケート調査の

分析結果は、全体の実験に対して酔っぱらった状況でない、満足度について実験（1）：赤ワインと肉料理の組み合わせに対して満足感がないことがわかる。

次に、図4．6は江さんの脳活動を示している。江さんのデータ分析結果から見ると：実験（1）から実験（4）まで、全体的には摂取中5分後から脳の働きは穏やかである。また、摂取直後が赤色になって、脳の反応が活発に活動している。最後に摂取5分後から青色になって、脳の働きが落ち着きになることが分かる。

6. 王さんのデータ分析結果

王さんのパッチテストの結果はアルコールに関して強い。アンケート調査の分析結果は、全体の実験について実験（3）と実験（4）が酔っぱらった、満足度について実験（1）：実験（2）の組み合わせに対して満足感がないことがわかる。

次に、図4．7は王さんの脳活動を示している。王さんのデータ分析結果から見ると、実験（1）から実験（4）まで、全体の実験に対して脳の働きは穏やか、飲酒前後で脳の反応はほとんど変化がないことが分かる。

7. 張さんのデータ分析結果

張さんのパッチテストの結果はアルコールに関して強い。アンケート調査の分析結果は、全体の実験について実験（2）と実験（3）が酔っぱらった、満足度について実験（4）：赤ワインと刺身の組み合わせに対して満足感がないことが分かる。

次に、図4．8は張さんの脳活動を示している。張さんのデータ分析結果から見ると、実験（1）から実験（4）まで、全体的には摂取中脳の働きは穏やかである。また、摂取直後が赤色になって、脳の反応が活発に活動している。最後に摂取5分後から青色になって、脳の働きが落ち着きになることが分かる。

また、満足度がいない実験（4）の組み合わせに対しでは摂取直後濃い赤色になる、脳の活動が激しくに行われていることが分かる。

8. 横尾さんのデータ分析結果

横尾さんのパッチテストの結果はアルコールに関して強いである。アンケート調査の分析結果は、実験（2）が酔っぱらった、満足度について実験（2）と実験（4）

の組み合わせに対して満足感がないことが分かる。

次に、図 4. 9 は横尾さんの脳活動を示している。(この方は実験の時に動きが多い、平均データが全体的に不完備になる) 横尾さんのデータ分析結果から見ると、実験 (1) から実験 (4) まで、全体的には摂取中脳の働きは穏やかである。また、摂取直後が赤色になって、脳の反応が活発に活動している。最後に摂取 5 分後から青色になって、脳の働きが落ち着きになることが分かる。

9. 鈴木さんのデータ分析結果

鈴木さんのパッチテストの結果はアルコールに関して弱いである。アンケート調査の分析結果は、実験 (2) と実験 (3) と実験 (4) が酔っぱらった、満足度について、実験 (2) と実験 (4) の組み合わせに対して満足感がないことがわかる。

次に、図 4. 10 は鈴木さんの脳活動を示している。鈴木さんのデータ分析結果から見ると、脳活動のデータが全体的赤になる、各程度の脳が活発に活動している。特に満足度がない実験 (2) と実験 (4) の組み合わせに対しては、濃い赤色になる、脳の活動が激しくに行われていることが分かる。

10. 長濱さんのデータ分析結果

長濱さんのパッチテストの結果はアルコールに関して強いである。

次に、図 4. 11 は長濱さんの脳活動を示している。長濱さんのデータ分析結果から見ると、実験 (1) : 赤ワインと肉料理の組み合わせを計測する時に摂取中脳の働きは穏やかである。また、摂取直後が赤色になって、脳の反応が活発に活動している。最後に摂取 5 分後から青色になって、脳の働きが落ち着きになることが分かる。(実験 (2) から参加していない)

11. chau さんのデータ分析結果

chau さんのパッチテストの結果はアルコールに関して弱い。ほとんどアルコールを飲んだことがない。

図 4. 12 実験では赤ワインと肉料理の組み合わせを計測する時に脳の反応が激しくになった。(アルコール中毒を予防するために実験 (2) から参加していない)

12. 高さんのデータ分析結果

高さんのパッチテストの結果はアルコールに関して弱いである。ほとんどアルコールを飲んだことがない。

図4. 13 実験では赤ワインと肉料理の組み合わせを計測する時に脳の反応が激しくになった。(アルコール中毒を予防するために実験(2)から参加していない)

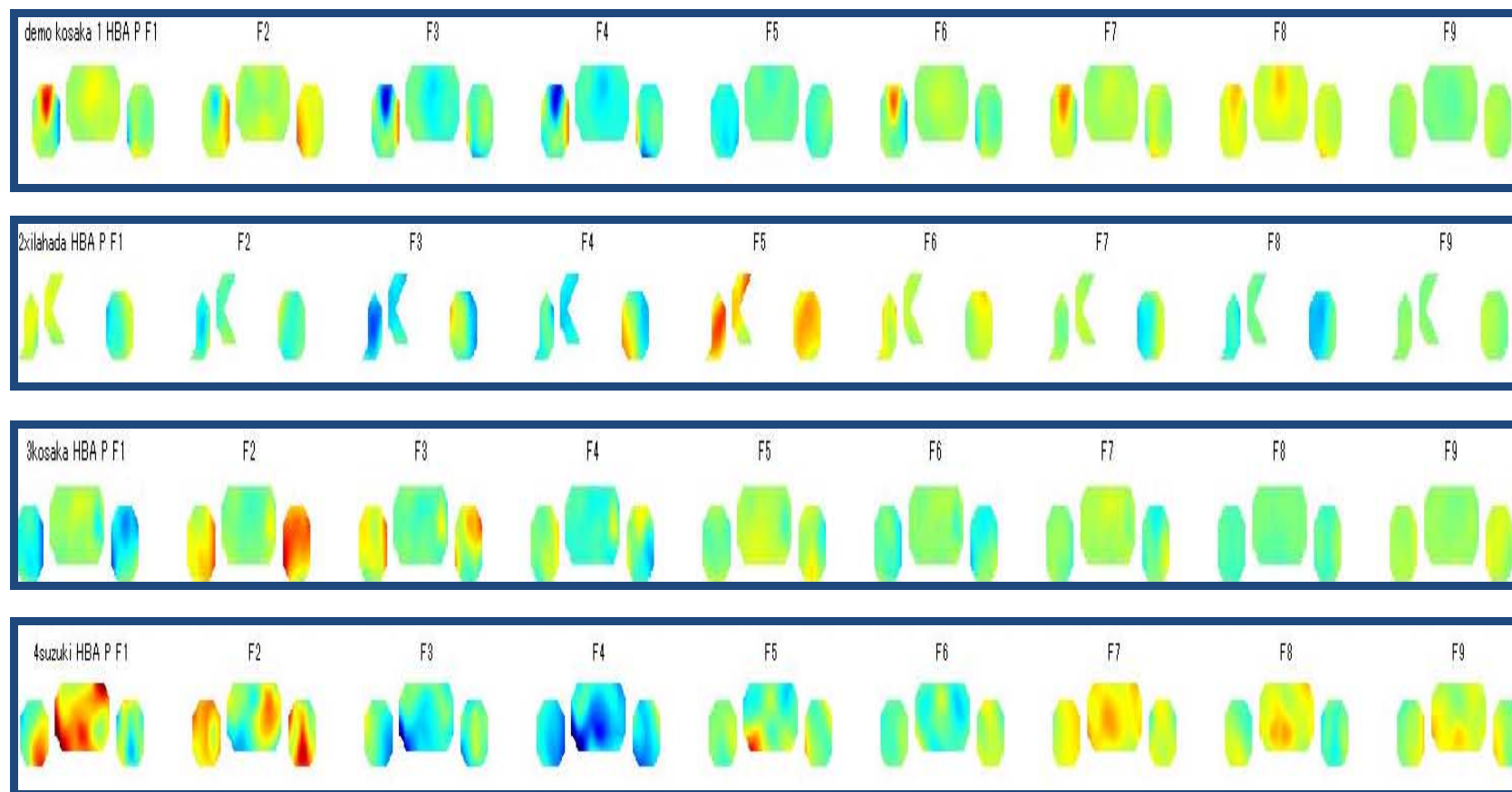


図 4.2 小坂先生のデータ分析結果

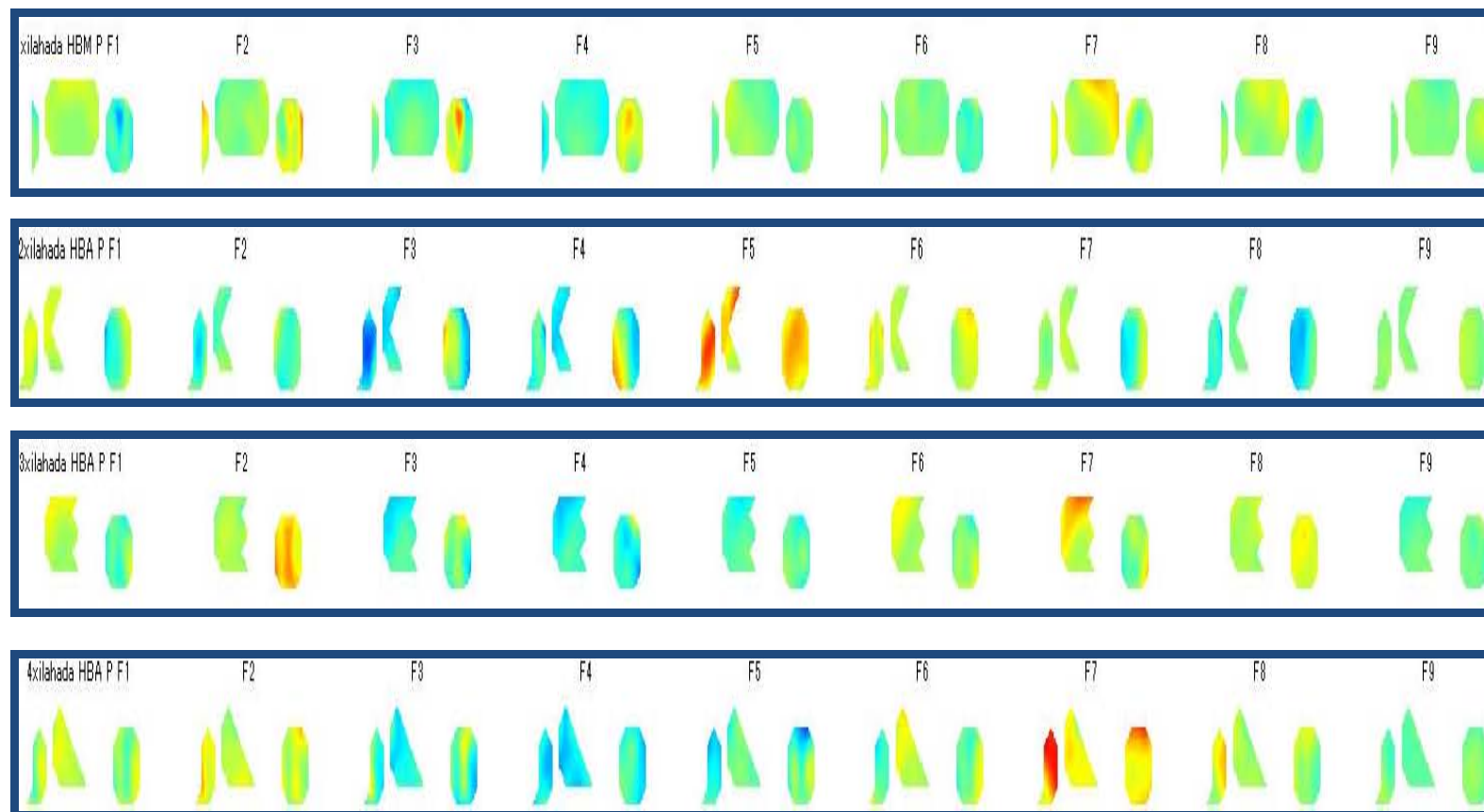


図 4.3 白肌先生のデータ分析結果

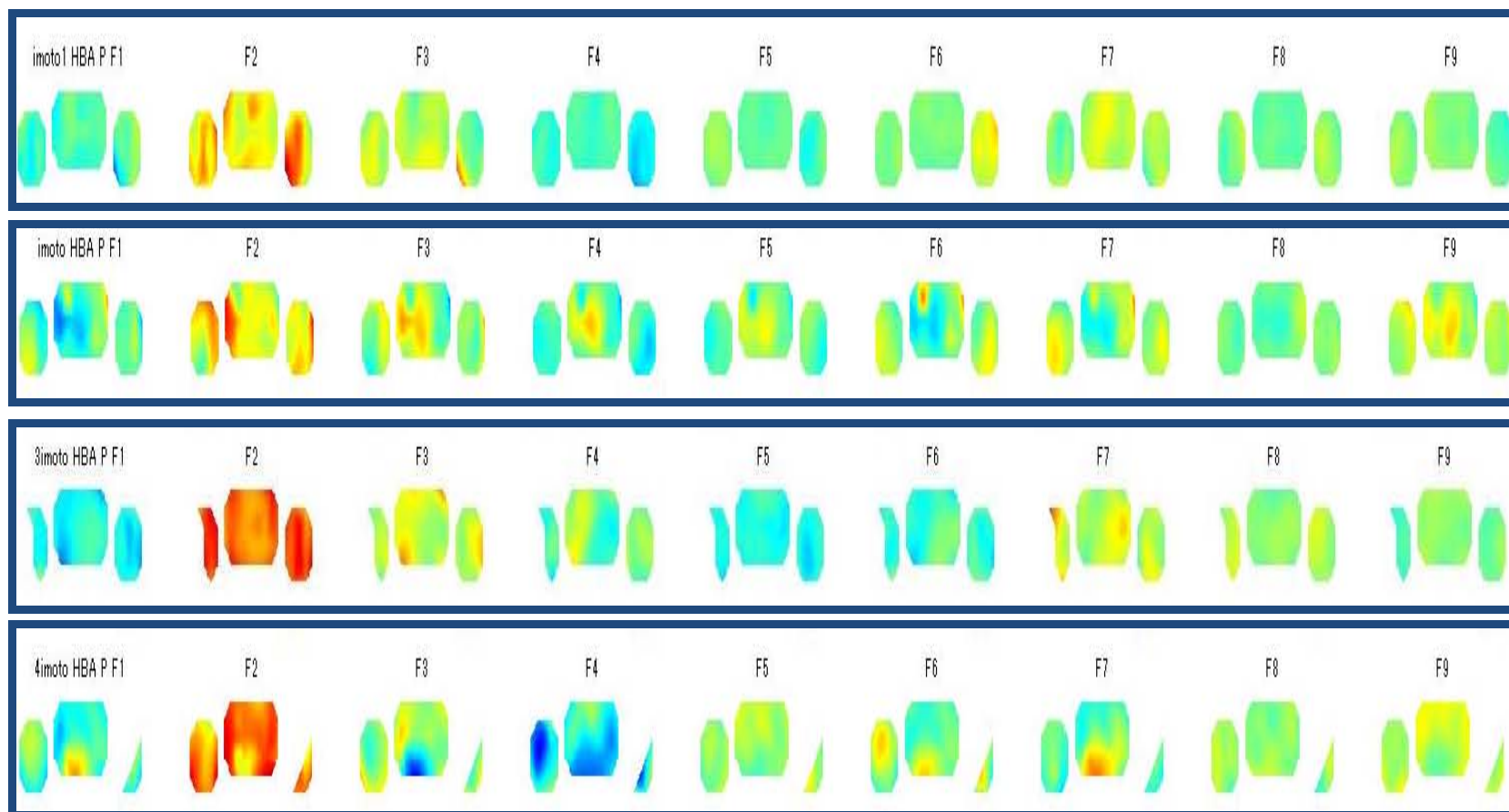


図 4.4 井本さんのデータ分析結果

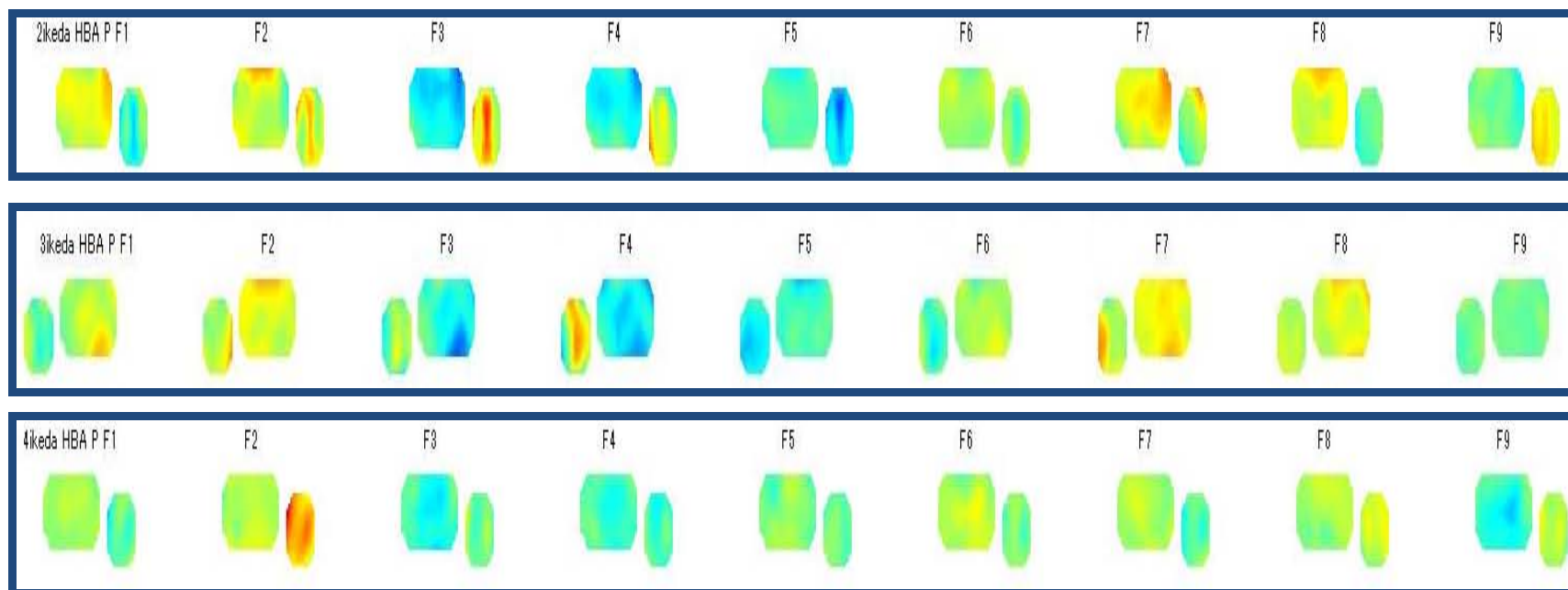


図 4.5 池田さんのデータ分析結果

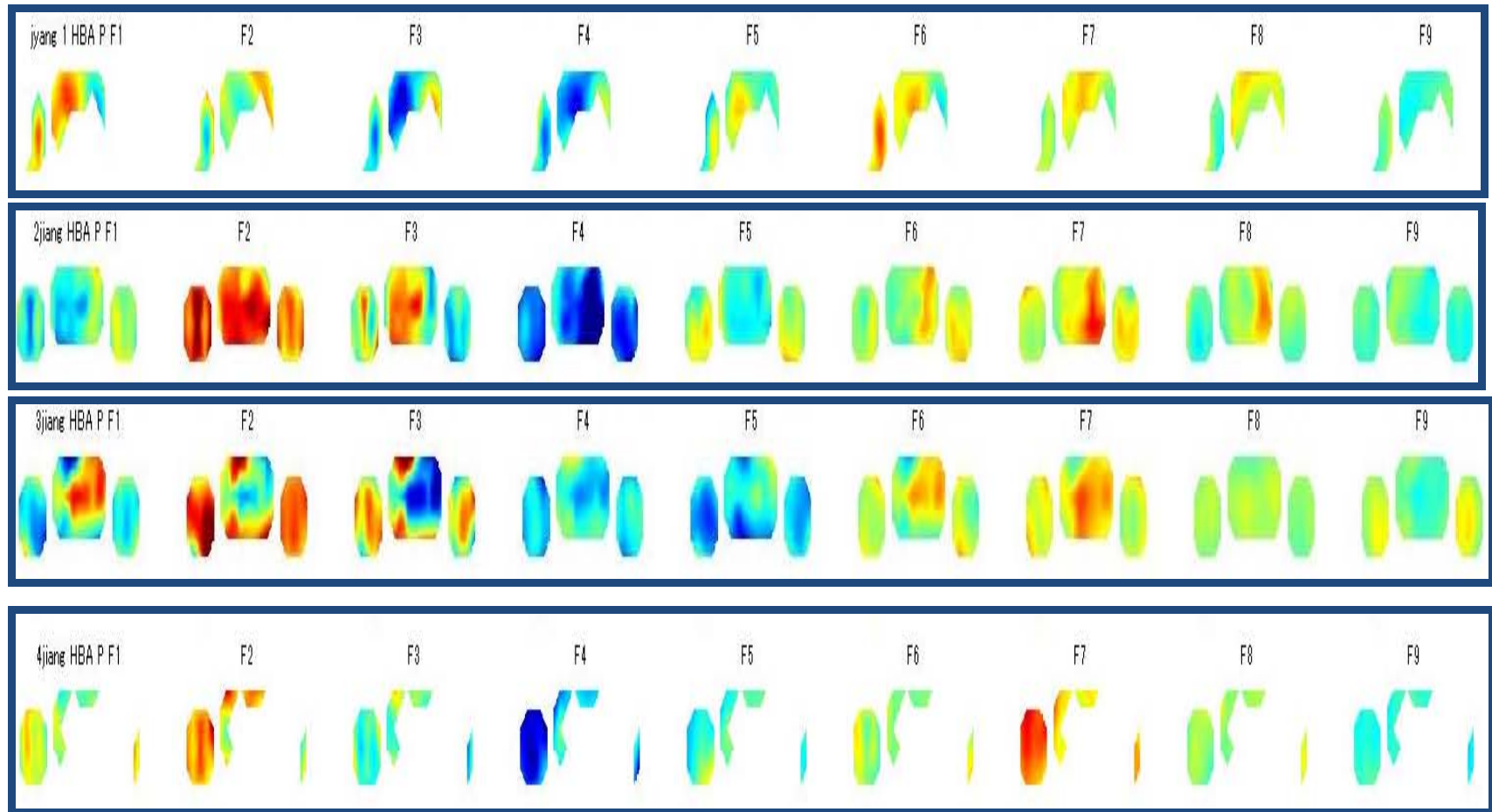


図 4.6 江さんのデータ分析結果

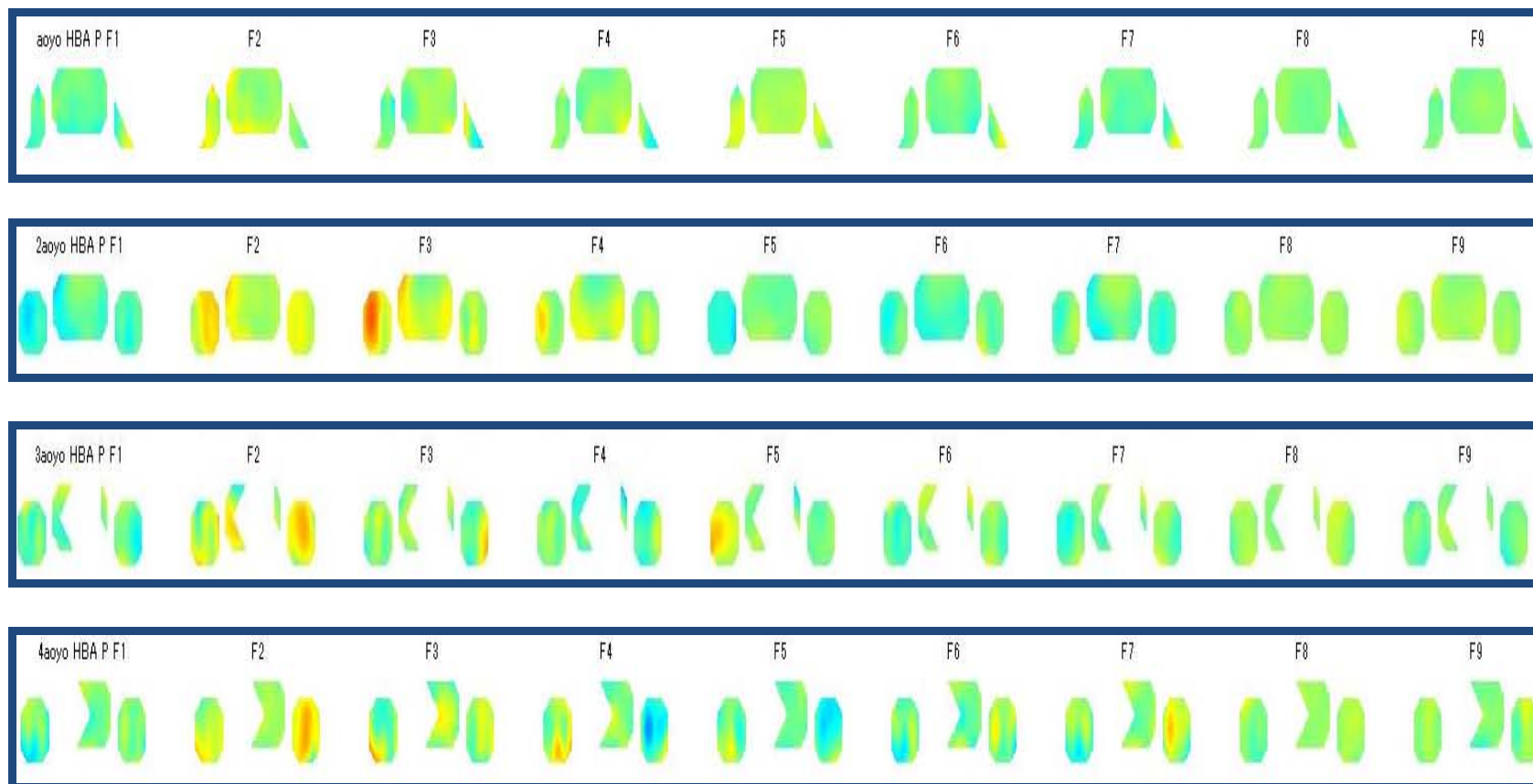


図 4.7 王さんのデータ分析結果

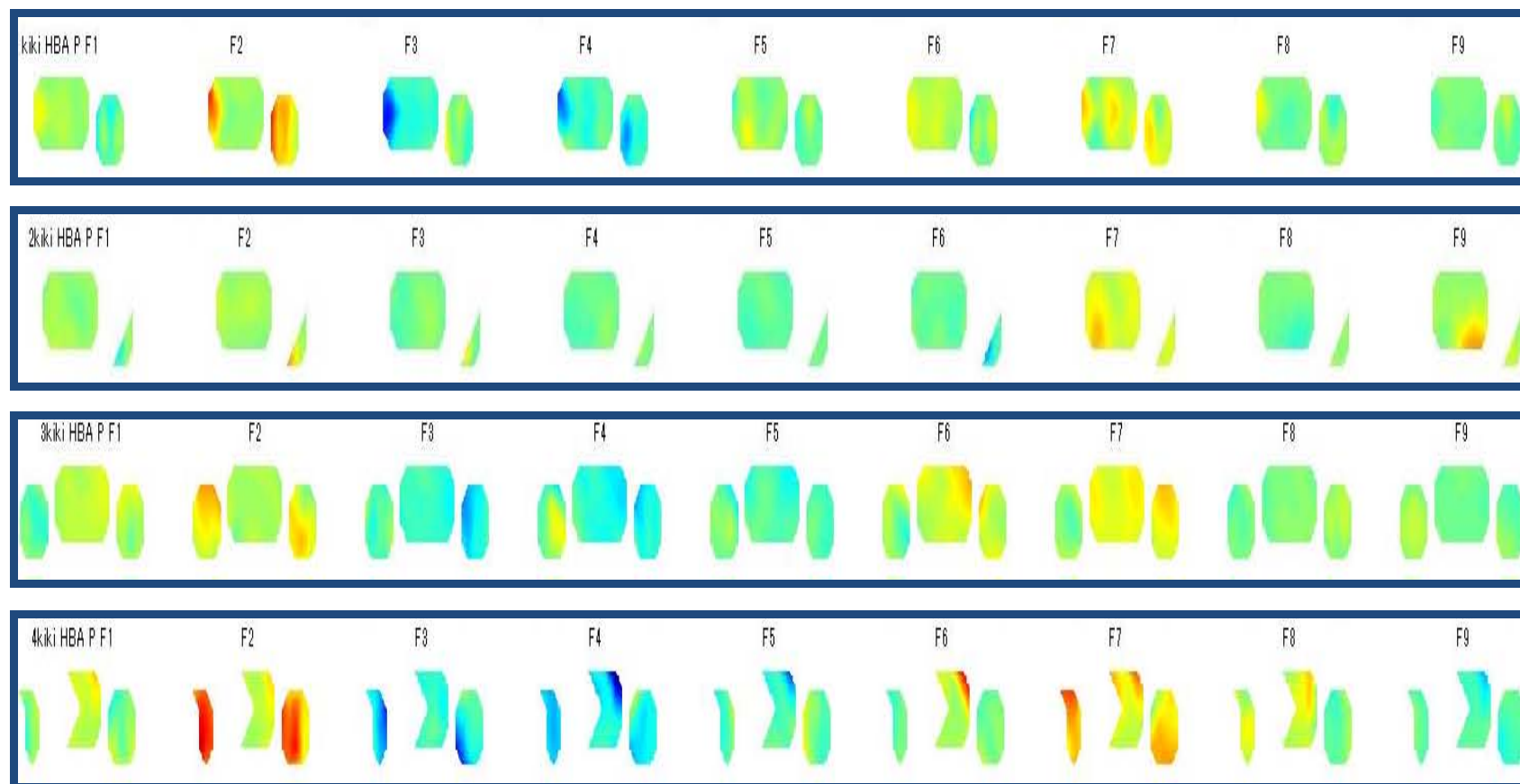


図 4.8 張さんのデータ分析結果

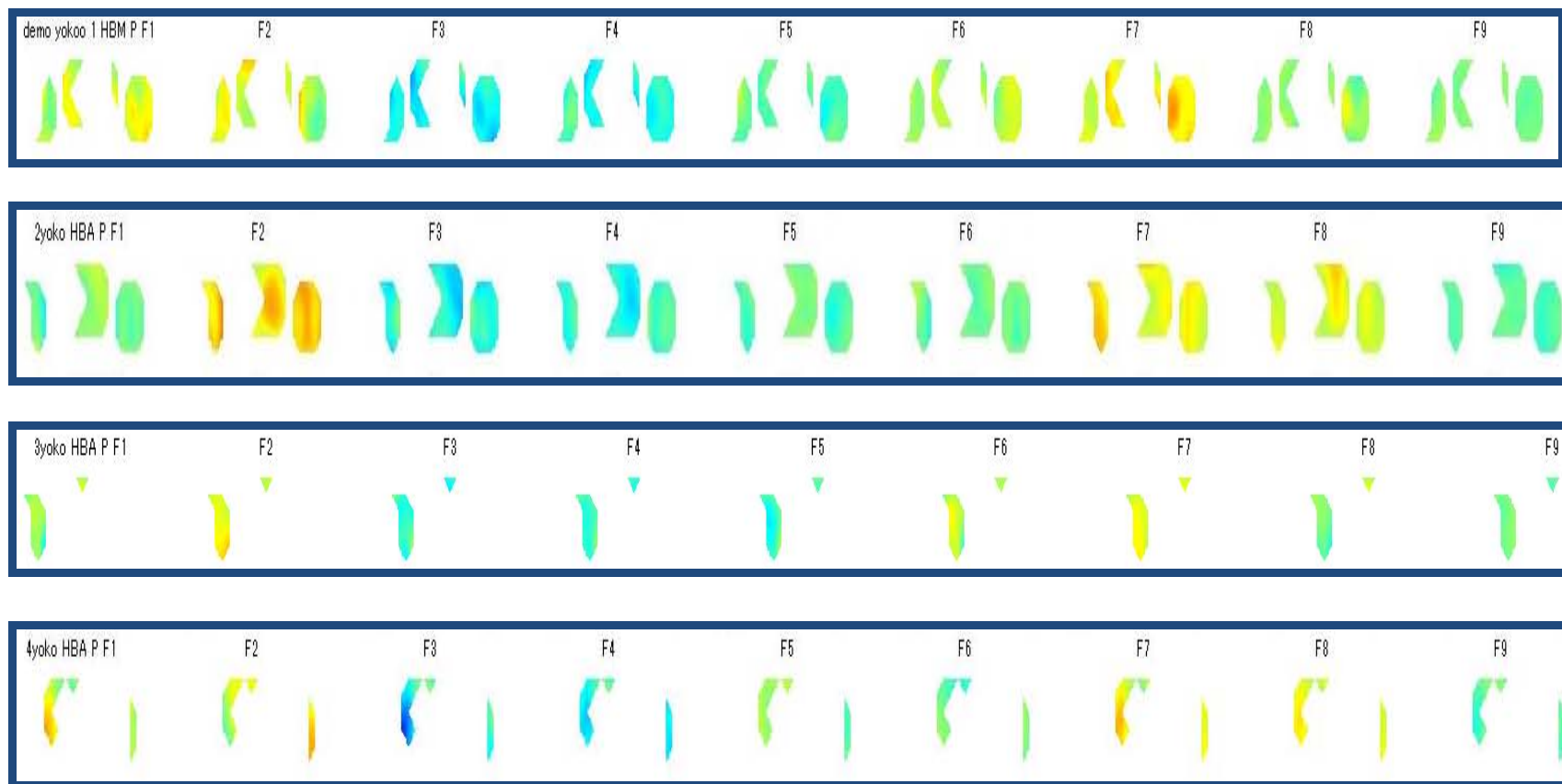


図 4.9 横尾さんのデータ分析結果

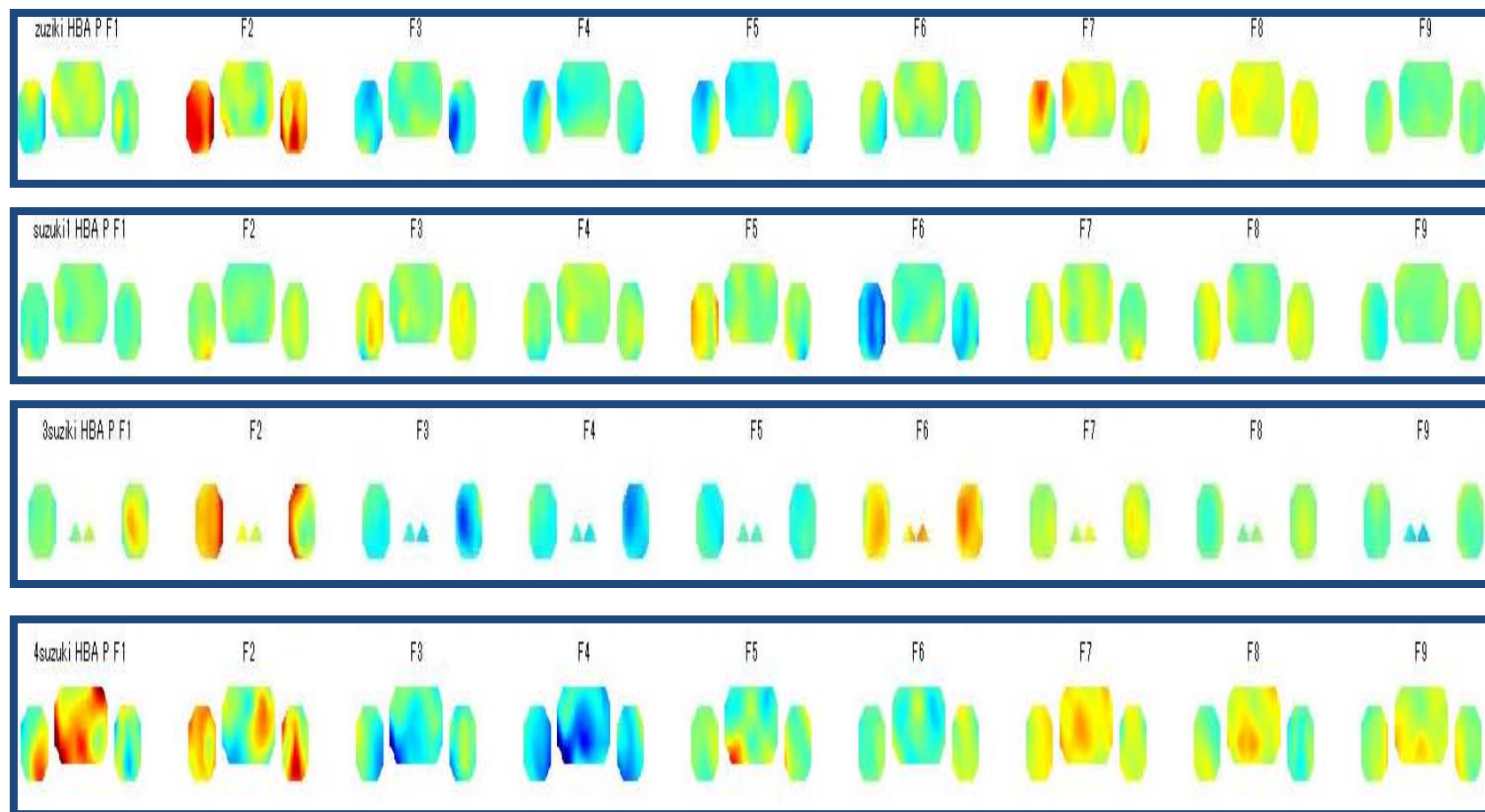


図 4.10 鈴木さんのデータ分析結果

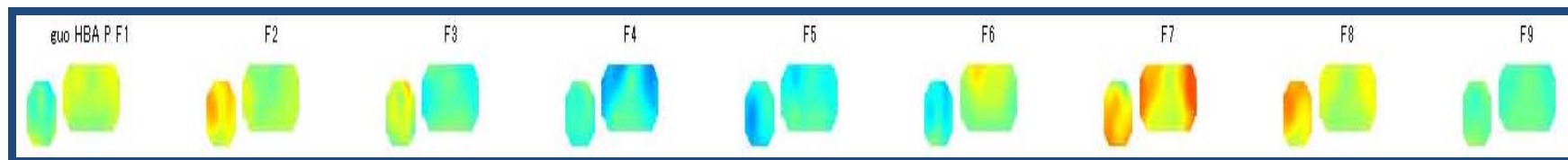


図 4.11 長濱さんのデータ分析結果

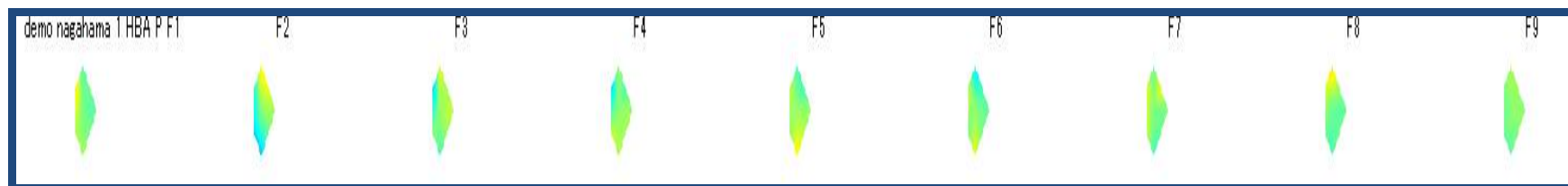


図 4.12 chau さんのデータ分析結果

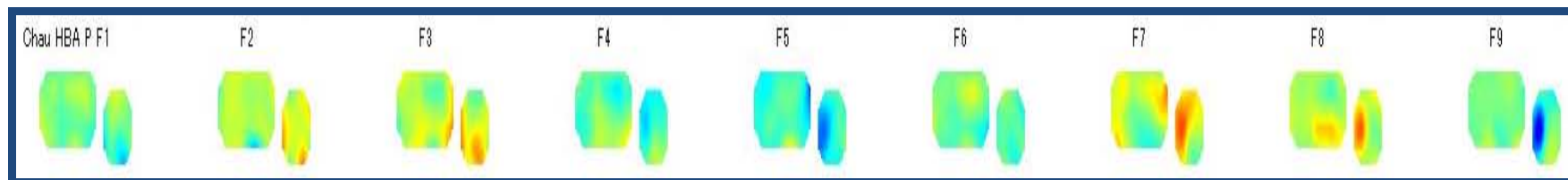


図 4.13 高さんのデータ分析結果

4.3 アルコールと水のデータ

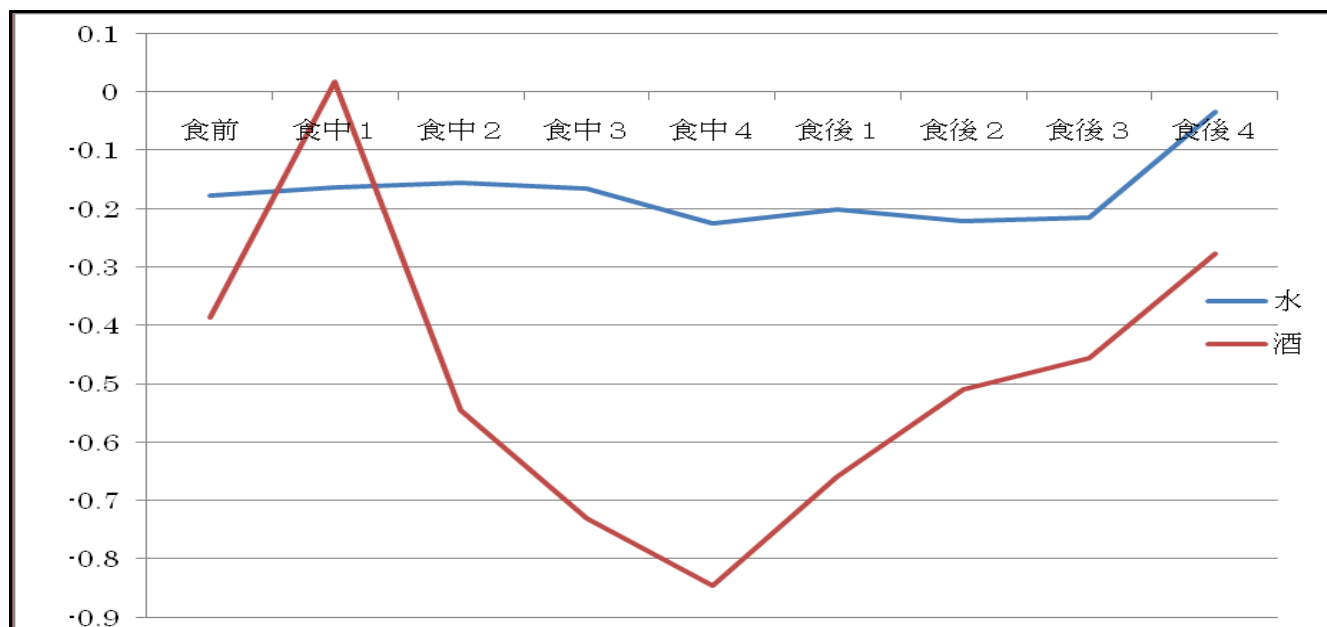


図4. 14 アルコールと水のデータの比較

本実験の分析結果にいつて、ワインの影響が不明確なことである。この問題を明らかにするために実験の最後で水と刺身料理の組み合わせ実験を行った。

ワインと刺身料理の合わせ料理の平均データと水と刺身料理の組み合わせの平均データを比較した。図4. 14のようにワインと刺身の組み合わせデータは脳の反応が激しくになり。逆に、水と刺身の組み合わせデータの結果は脳反応が静かになることが分かる。つまり、本実験データの分析結果はワインの影響が中心になることが分かる。

第 5 章 実験結果の分析と比較

5.1 強い方と弱い方のデータ結果の分析

5.1.1 強い方と弱い方のポイントデータの比較

人間のアルコール代謝にかかわる遺伝子は、「活性型」「低活性型」「不活性型」に分類できる。これは、それぞれ「お酒に強い」「お酒に弱い」「全く飲めない」と呼ばれる分類にほぼ対応するといわれる。本実験では、お酒強い人が7人と弱い人が5人の被験者を対象に測定した。

計測の結果、まず、強い方と弱い方のポイントデータの結果を比較すると、図 5.1 のようになり、以下のことがわかった。

1. 実験 30 分にかけて強い方が脳の反応が徐々に変わる。弱い方では濃い色、すなわち激しく脳活動が行われていることが分かる。

2. 実験 25 分後（摂取始 5 分後）の測定では、強い方の脳の働きが特に穏やか（青色は脳が活性化していないこと示す）、幸せの状態になる。逆に、弱い方では濃い赤色、すなわち激しく脳活動われていることが分かる。

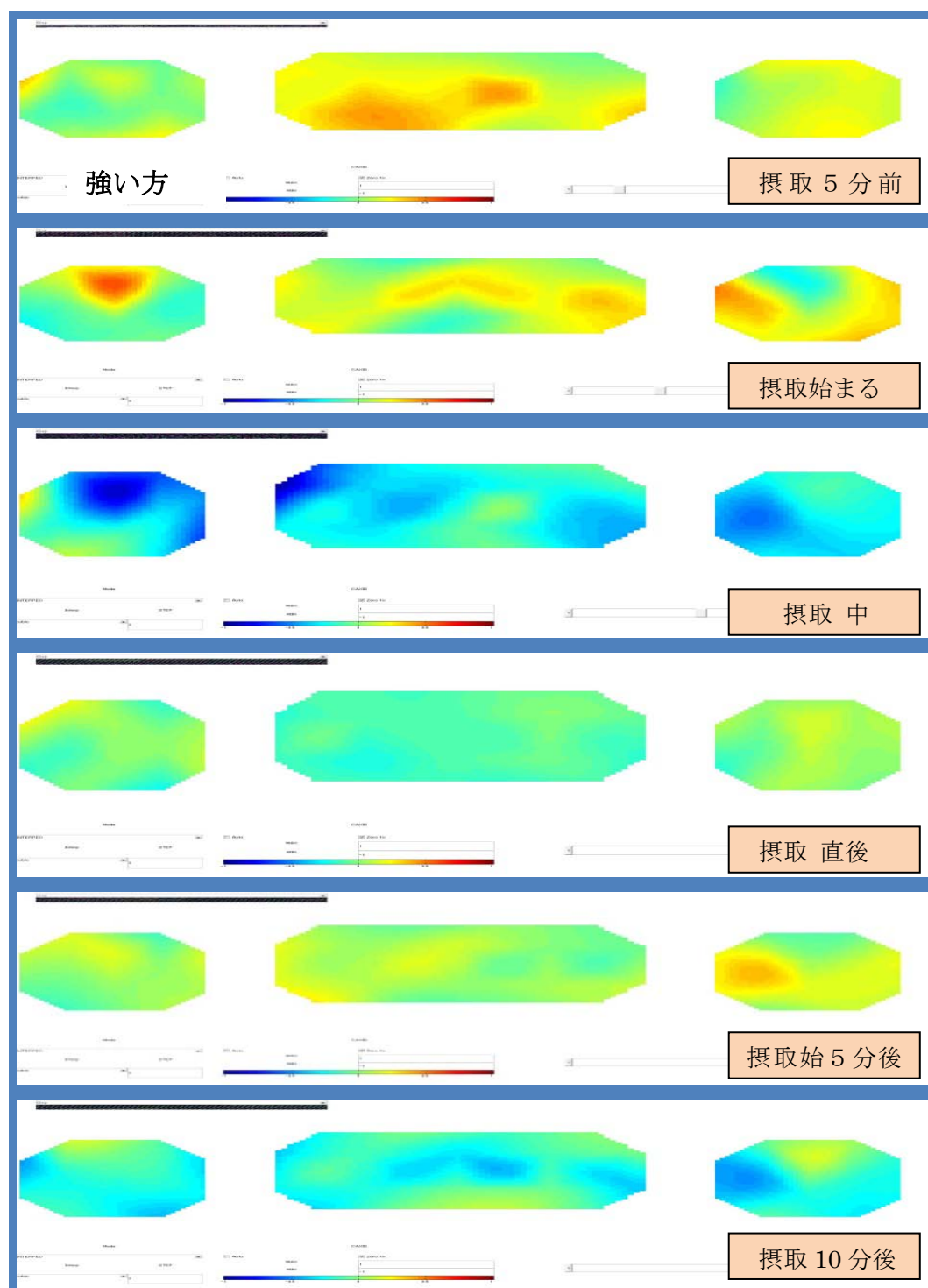


図 5.1 強い人の赤ワインと肉料理の時間による変化

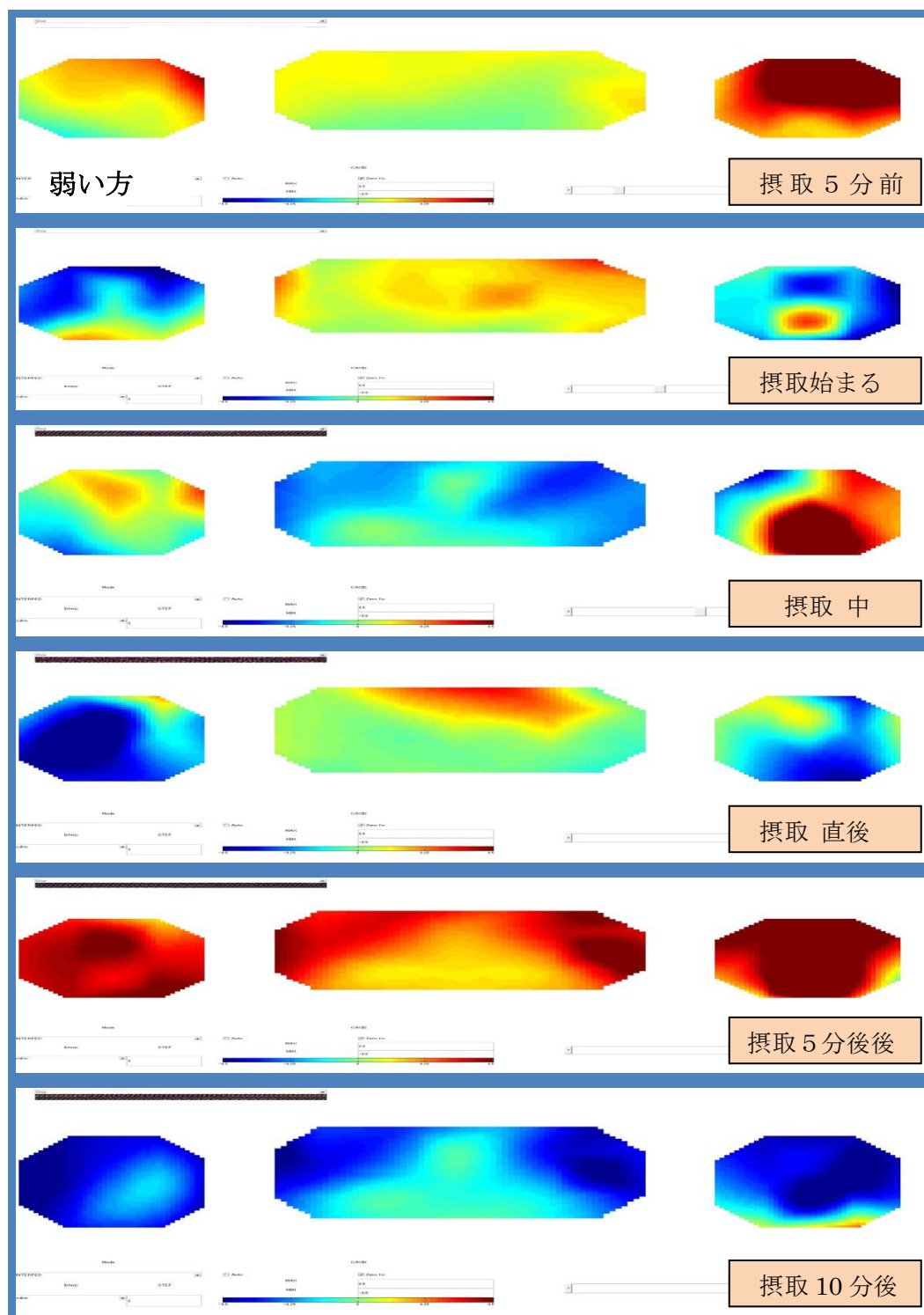
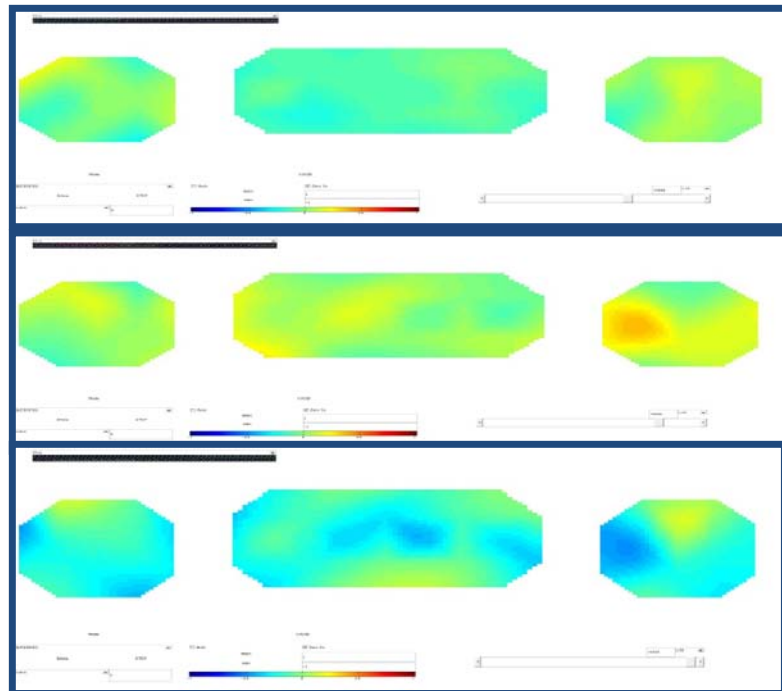


図 5.1 弱い人の赤ワインと肉料理の時間による変化

強い人のデータ



弱い人のデータ

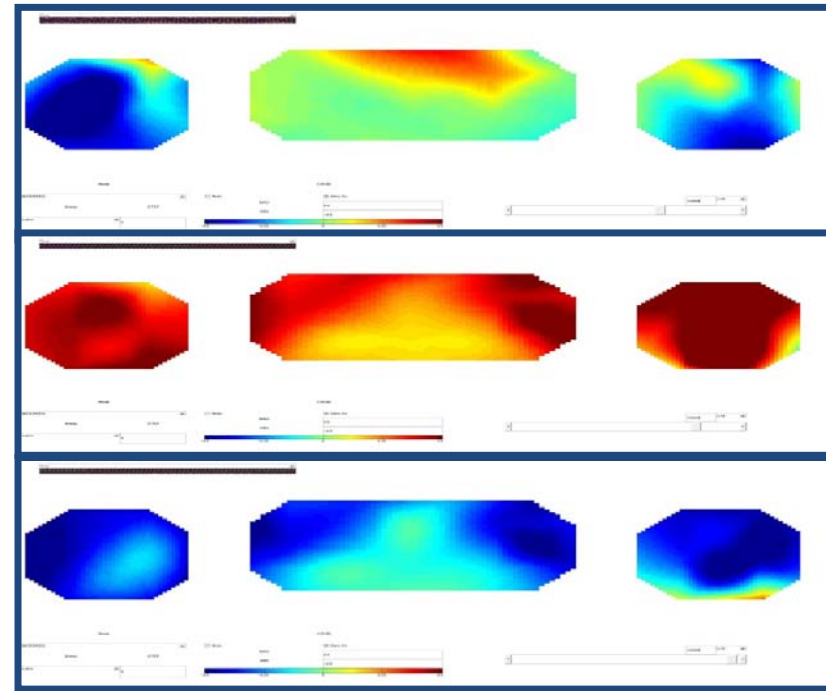


図 5. 3 撮取後の比較

5.1.2 強い方と弱い方の平均データの比較

本実験では、お酒強い人が7人と弱い人が5人の被験者を対象に測定した。5.1.1では強い方と弱い方のポイント結果を説明した。ここで、実験者の全員のデータを二組として（強い方たちと弱い方たち）POTAToを利用して、時間を平均処理して、各時間帯のデータを解析することである。

まず、図5.4と5.5が強い方と弱い方の平均データの図に表示された解析結果である。強い方の平均データと弱い方の平均データを比較して見ると：1、強い方と弱い方の平均データから見ると前頭葉の働きが落ち着くということである。2、弱い方なら側頭葉の働は活発になることが明らかになった。

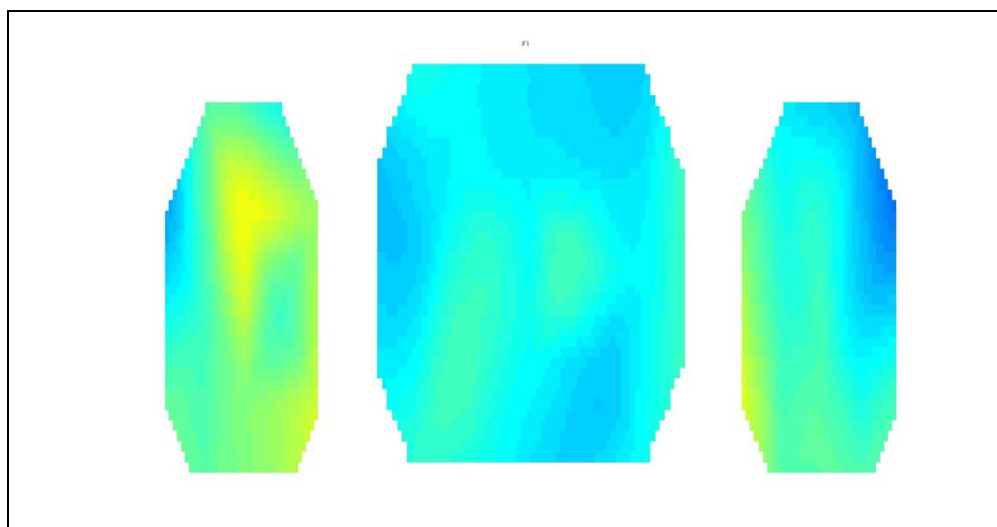


図 5. 4 強い方の平均データ

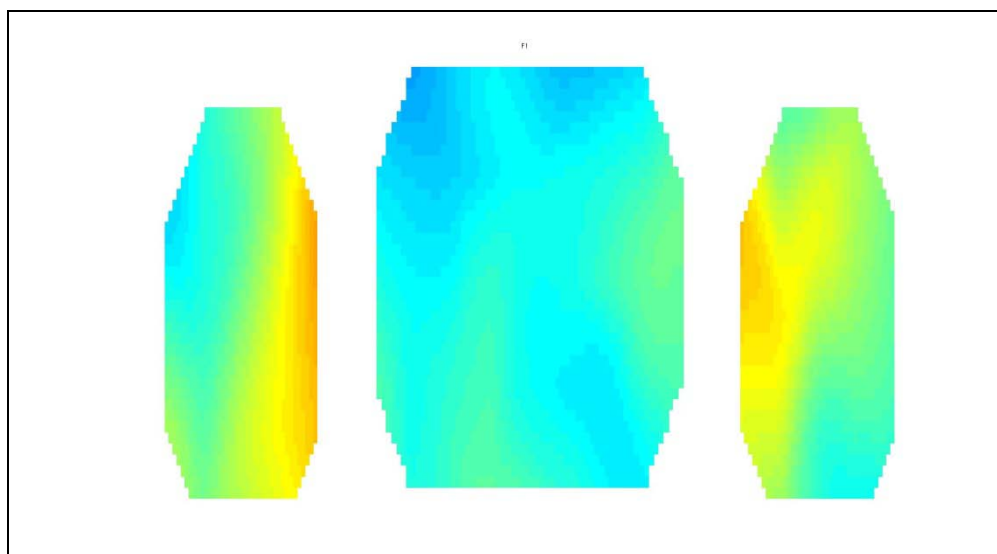


図 5. 5 弱い方の平均データ

次に、表示された平均データを分かりやすいために、POTATo を利用してデータを整理する。図 5. 6 と図 5. 7 のように、整理したデータ表示する。図 5. 6 では各チャンネルによる強い方と弱い方平均データの比較である。

本実験では、光トポグラフィーを被験者の前頭葉と側頭葉に装着する。前頭葉と側頭葉其々で 45 プローブを付けている。1 から 23 チャンネルまでは側頭葉に付ける、24 から 45 チャンネルまで前頭葉に付ける。この 45 チャンネルの平均データを図 5. 6 のように：

- 1、全体的には弱い方脳の反応が強い方により激しくに明らかであることが分かる。
- 2、強い方と弱い方の脳の働き状況については、側頭葉の働きがワインの影響によって激しく変化していることがわかった。

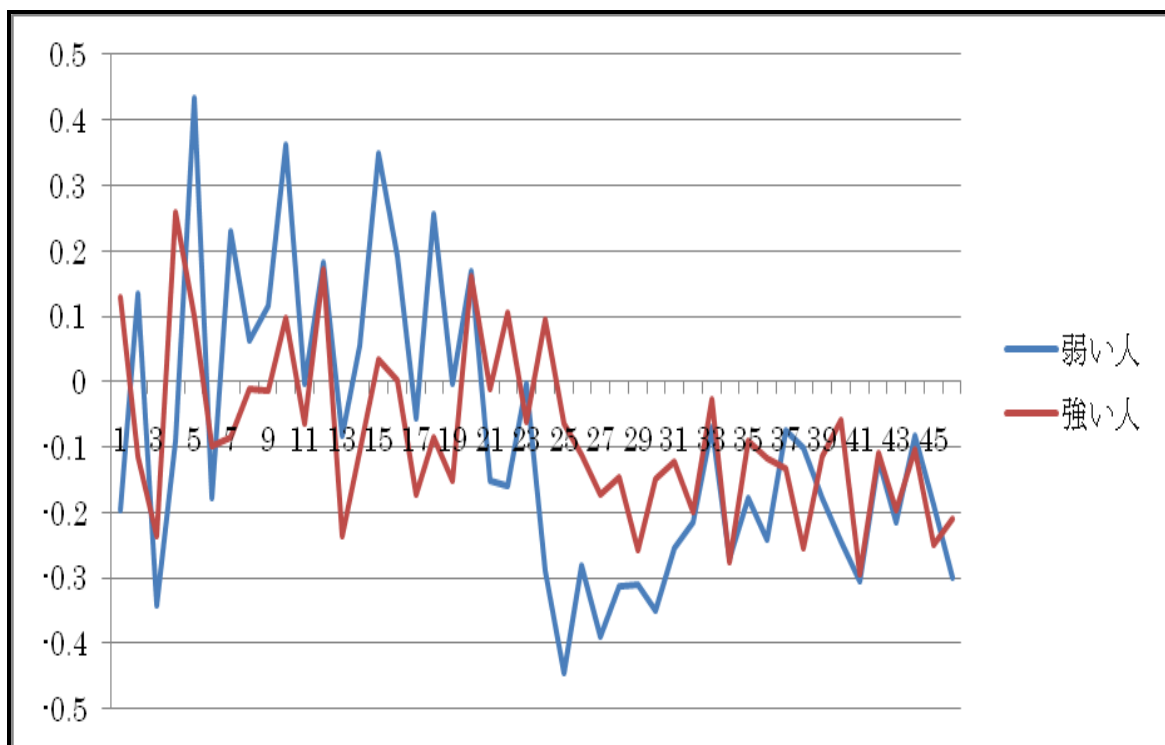


図 5. 6 各チャンネルによる強い方と弱い方平均データの比較

図5. 7では強い方と弱い方の時間順に関する解析データの比較である。本実験は全体的30分にかけて人間の食事に与えるワインの影響を計測した。各実験者計測された4回のデータは9つの時間区分を作り、それを平均化して、摂取前5分から摂取後10分まで各時間区分の平均データを分析した。実験のパターン1：赤ワインと料理の組み合わせ解析結果として、図5. 7のようになり、以下のことがわかった。

1、摂取前5分から摂取中5分まで（図5. 7の300秒から900秒）強い方と弱い方に対して脳の反応リズムが同じ程度である。

2、摂取中5分から摂取後10分（図5. 7の901秒から1800秒）まで、強い方は摂取からデータを下に下がる、摂取中からデータを上に上がる。

3、弱い方なら摂取からデータを下がる、摂取後からデータを上に上がる。まだ、弱い方が摂取5分後の時にもう一回が下に下がる。すなわち、弱い方が強い方により下に下がる差と上に上がる差が幅は大きくになることが分かる。

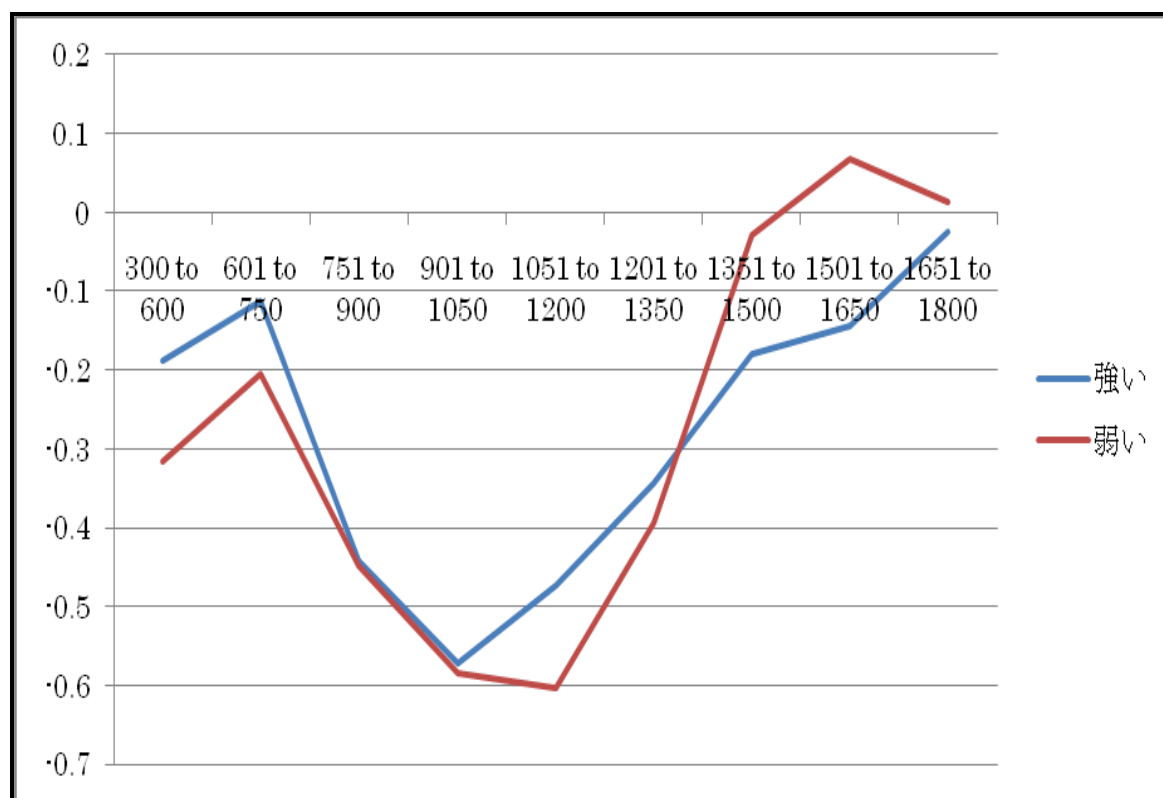


図5. 7 強い方と弱い方の時間順に関する比較

5.2 実験に関する満足度の結果と検討

本実験では、赤ワイン、白ワインと肉料理、魚料理の組み合わせに対して、4つのパターンで実験を行なった。アンケート調査の結果から満足した人と満足しない人がPOTAToを利用して、時間を平均処理して、満足感の平均データを解析した。

1) 実験1 赤ワインと肉料理に関する満足感の比較

光トポグラフィープレ実験（1）：赤ワインと肉料理に関する満足感の平均分析の結果の比較について、図5．8と図5．9を得た。

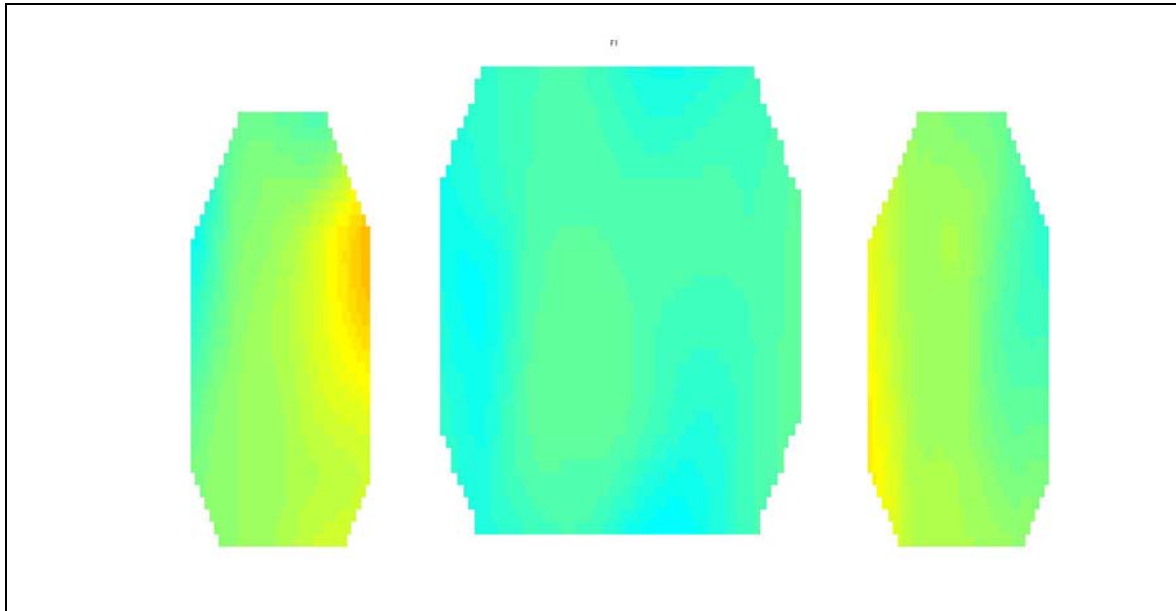


図5．8 赤ワインと肉の組み合わせに対して満足した人の平均データ (Good)

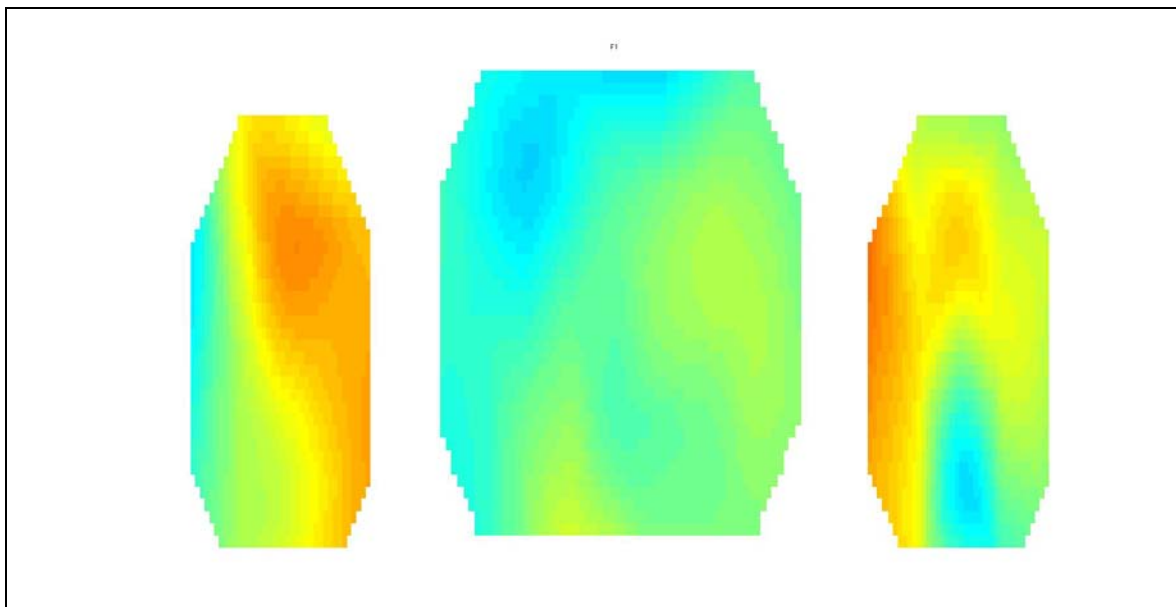


図5．9 赤ワインと肉の組み合わせに対して不満の人の平均データ (Bad)

2) 実験2 白ワインと肉料理に関する満足感の比較

光トポグラフィープレ実験(2): 白ワインと肉料理に関する満足感の平均分析の結果の比較について、図5. 10と図5. 11を得た。

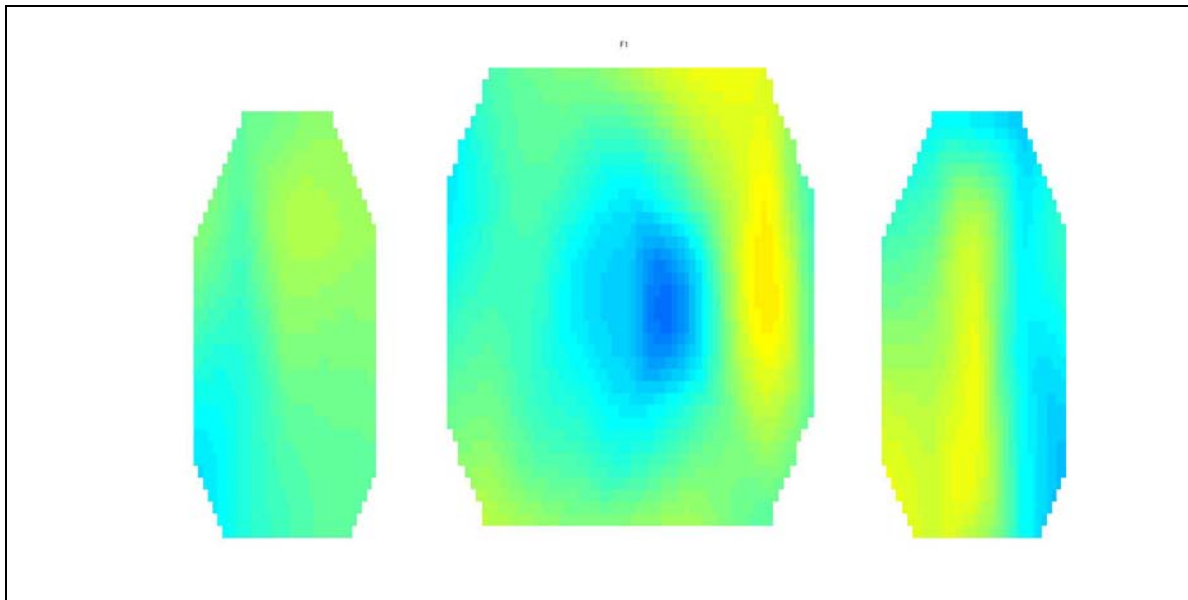


図5.10 白ワインと肉の組み合わせに対して満足した人の平均データ (Good)

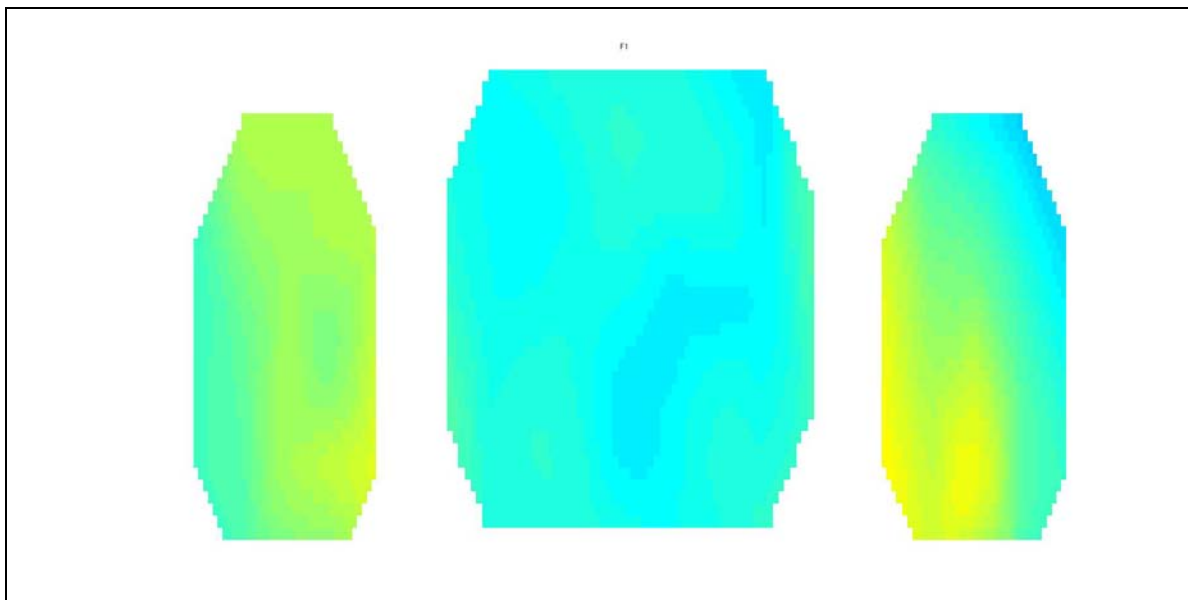


図5.11 白ワインと肉の組み合わせに対して不満の人の平均データ (Bad)

3) 実験3 白ワインと刺身に関する満足度の比較

光トポグラフィープレ実験（3）：白ワインと刺身に関する満足感の平均分析の結果の比較について、図5．12を得た。

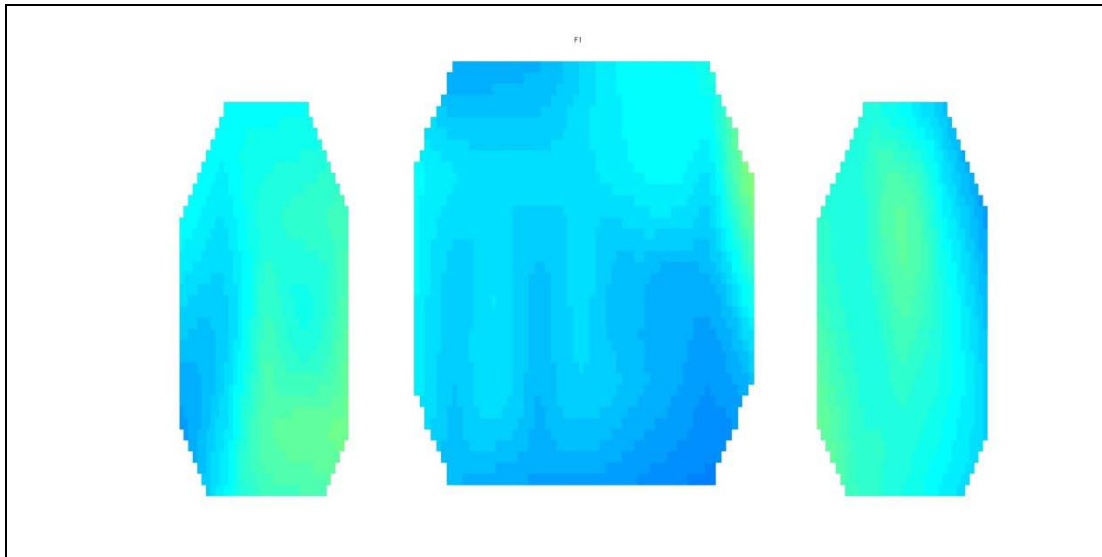


図5．12 白ワインと刺身の組み合わせに対して満足した人の平均データ（Good）

実験3 白ワインと刺身に関する満足度については、アンケート調査から結果が被験者に全員を満足になる。そして、白ワインと刺身の組み合わせに対して被験者全員の満足した平均データを解析して、結果は図5．12のようになり、以下のことがわかった。

1、被験者が全員を満足した、満足度が高くなる。データは青色が多くなることがわかった。

4) 実験4 赤ワインと刺身に関する満足感の比較

光トポグラフィープレ実験（4）：赤ワインと刺身に関する満足感の平均分析の結果の比較について、図5．13と図5．14を得た。

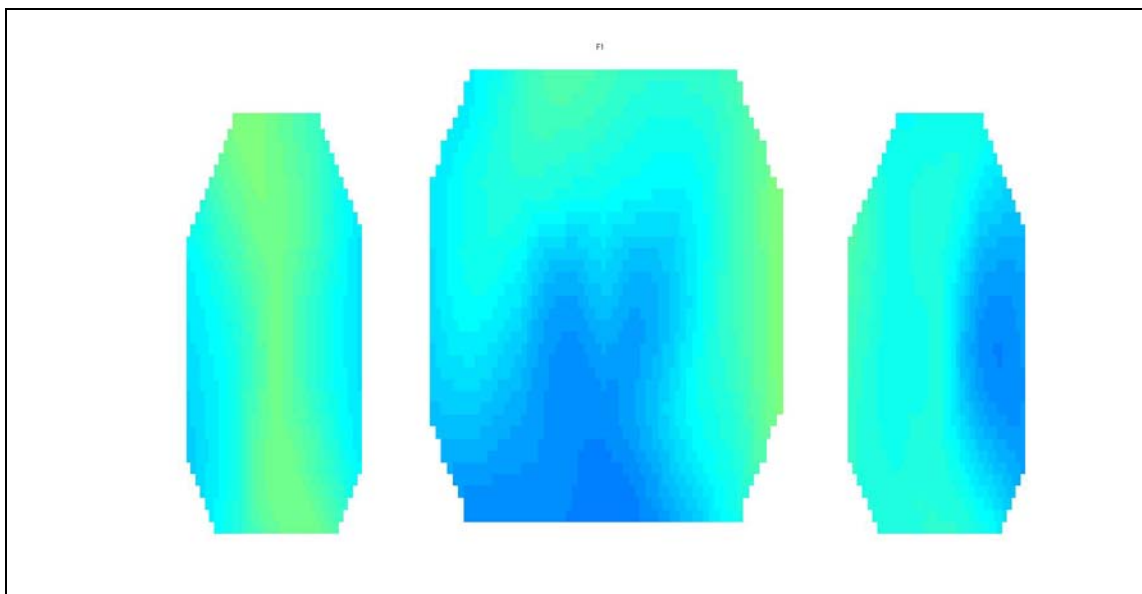


図5．13 赤ワインと刺身の組み合わせに対して満足した人の平均データ（Good）

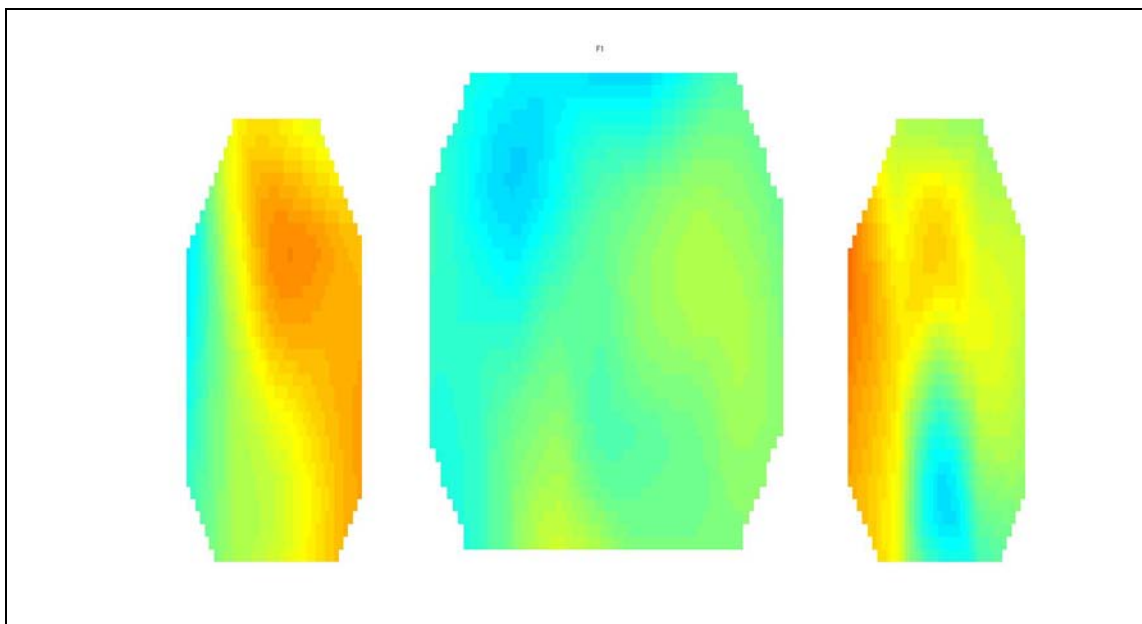


図5．14 赤ワインと肉の組み合わせに対して不満の人の平均データ（Bad）

第 6 章 終わりに

6.1 リサーチクエスションへの回答

SRQ1：光トポグラフィーを用いて、ワインをおいしいと感じて満足した時に脳はどのように反応するか？

ワインをおいしいと感じた人が満足感を感じた時には脳の活動が落ち着く。すなわち光トポグラフィーでは脳は活性化していない。ワインに満足感がない時の脳の働きは活発になることが明らかになった。

SRQ2：ワインを好きな人と嫌いな人では、脳の反応にどのような差が出るか？

ワインを好きな人は脳の反応が静かである。ワインを嫌いな人では脳が濃い赤色になる、すなわち脳の働きが激しくになることがわかる。特に、アルコールに強い人と弱い人でこの差が顕著になる。

SRQ3：ワインと食事の組み合わせによって満足感と光トポグラフィーする脳計測結果はどのように変化するか？

本実験開始する前は、良い組み合わせ時に脳の反応が興奮し、良い組み合わせを食べる時に、脳が理想的な満足状態になった場合、側頭葉が激しく働くのではないかと考えた。逆に、満足しない場合は人がこの組み合わせに対して興味がなくなる、脳の反応が静かになる可能性が高いと考えた。

しかし、今回の実験からこの逆の傾向を明らかになった。良い組み合わせ時に人の脳の反応が落ち着くということである。逆に、悪い組み合わせをする時に脳計測が赤色になって、脳の反応が激しくになることが明らかになった。

このようにSRQの回答に基づき、MRQは以下のようなになる。

MRQ：ワインが人間の食事時の脳活動に与える影響は光トポグラフィーを用いて分析できるのか？

本研究は、光トポグラフィーを使って、被験者が食事という意識に伴う、ワインを見る時と飲む時の脳活動の観察実験を実施した。その結果、ワインと食事の組み合わせに対して満足する時に人間の脳の状態は穏やかであり、そうではない時には、脳は活性化するという結果が得られた。

この実験の結果から、ワインと食物の組合せに対して人間の満足感の評価は、光トポグラフィー（NIRS）を使って可能である。そして、この脳測定は、サービス価値改善のために効果的方法論である。私は、新しい脳科学が人間の満足感に関連があるサービス品質の改善するために適用できると提案する。

6.2 理論的含意

本研究は、ワインと食事の満足度を脳計測により明らかにしたもので、このような人間の満足度を科学的に脳計測手段に基づいて行い。満足度と脳活動の関係を明らかにした研究として意義がある。

6.3 実務的含意

人間の満足度は、サービス品質と大きく関係する。食事やワインで人間が満足する状態は、そうではない状態よりも脳活動(前頭葉)が穏やかである。こうした結果には、今後同種のサービスを開発する場合の大きな指針であり、実務的にも大きな意義がある。

また、サービスサイエンスにおける脳計測の可能性を示したものとしても意義がある。

6.4 今後の課題

ワインと人間の感じる満足感の関係について光トポグラフィー装置を使用して、人がもつ感じた主観的印象とその判断の背後にある脳活動を観察、人の満足度を定量的に測定した。サービス分野における人間の満足度と脳活動の関係を明らかにして、脳計測を活用したサービス向上を実際の応用分野で展開することが、今後の大きな課題である。

参 考 文 献

- [1] <http://www.asahi-net.or.jp/~ny7t-oo.j/kenkob18.html>
- [2] <http://www.health-focus.net/01.html>
- [3] 株式会社N T Tデータ経営研究所 『脳科学の産業分野への展開に関する調査事業』 2008年3月
- [4] <http://www.hitachi-medical.co.jp/info/opt/kaisetsu-6.html>
- [5] 利俊一・外山敬介 編著 , 『脳科学大辞典』 , 朝倉書店, 2000 年
- [6] Takeo Tsuji, Shigeru Watanabe: Neural correlates of dual-task effect on belief-bias syllogistic 「Brain Research」 Vol.1287-9 pp.118-125
- [7] 福田正人編：こころと脳の科学. こころの科学150号 (2010年2月号)
- [8] 株式会社日立製作所ホームページ『光トポグラフィーとは』
<http://www.hitachi.co.jp/products/ot/about/coretechnology.html>
- [9] 福田正人 『精神疾患とNIRS光トポグラフィー検査による脳機能イメージング』 中山書店 2009
- [10] 清原 裕「飲酒と脳卒中との関連を探るー脳卒中に与える飲酒の多彩な影響」先端医学社 2010-01-01
- [11] http://www.hitachi.co.jp/rd/pdf/research/ar1050715nrd_ls.pdf
- [12] 浅田勝美 『ワインの知識とサービス』 柴田書店, 1991
- [13] ジルベール・ガリエ(著)、八木尚子(訳)『ワインの文化史』、筑摩書房、 2004
- [14] <http://www.tanbaya.net/goodtaste/topic16/index.html>
- [15] 化学と教育 1992 40巻11号 アルコールの酸化とアルコールパッチテスト 今井めぐみ

- [16] 小坂満隆『産業のサービス化論』へのアプローチ pp. 255－266, 1998
- [17] 松下晋・中川匡弘 「光トポグラフィーによる感性情報解析」電子情報通信学会技術研究報告. Vol. 104, No. 335 , pp. 7-12 , 2004.
- [18] 三輪 高喜: “近赤外線分光法を用いたにおい刺激時の脳表面の血流変化” 日本味と匂学会誌 14. 519-520 (2007), 1
- [19] 渡辺英寿 (2004) 「特集論文/近赤外光トポグラフィーによる脳機能計測」『MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY』 Vol. 22 No. 3
- [20] Masaaki Shojima et al, “Cerebral blood oxygenation after cerebrospinal removal in hydrocephalus measured by near infrared spectroscopy,” Surgical Neurology ,vol.62, pp.312-318 ,2004
- [21] Watanabe E, Yamashita Y, Maki A, Ito Y, Koizumi H (1996) Non-invasive functional mapping with multi-channel near infra-red spectroscopic topography in humans. Neurosci Lett 205:41-44

謝辞

本研究を遂行するにあたって、多くの方々にお世話になった。この場をお借りして感謝の意を述べさせていただく。

まず、終始熱心なご指導を頂いた指導教員小坂先生には、この2年間の研究室生活全般にわたってお世話になった。なかなか研究が進まない自分をアドバイスしていただき、実験のやり方や図の作り方や文章の書き方の基本に至るまでいろいろな面で指導いただいた。小坂先生がいなければ、この論文を作成することはできなかった。深く感謝したい。

さて、中間審査、最終審査にあたって、副指導教員の井川康夫先生、そして、梅本勝博先生、伊藤泰信先生、神田陽治先生、永井由佳里先生には、様々な御指導・御助言をいただいた。心より感謝申し上げます。

また、本研究の実験を実施あたり、暖かい激励とご指導、ご鞭撻を頂いた白肌邦先生に心より感謝申し上げます。

ワインの実験において試験方法や装置の使用方法について、数多くの御協力・御支援をいただいた修士2年の井本正太氏心より感謝申し上げます。データを分析する際に、日立の桂卓成さんからいろいろなサポートをしていただいた。深く感謝したい。実験を実施するにあたり小坂研究室の全員を被験者としてご協力をいただいた。心より感謝申し上げます。