

表情認知科学実験データベースの設計と構築

安 部 智 貴[†] 金 子 邦 彦^{††} 牧 之 内 順 文^{††}

私たちは、医学者と共同研究をしている。共同研究している医学者は、事象関連電位と呼ばれる人間にいかに刺激を与えることで頭皮に発生する電位を測定する実験を行っている。事象関連電位を測定し、分析することで人間の神経の下位組織の機能的な特性の関係を調べることが出来る。実験はおまかにいいうと準備、測定、分析に分けられる。準備は、事象関連電位を得る為の刺激の作成を行う。測定は、準備で作成した刺激を用いて事象関連電位を測定する。分析は、測定した事象関連電位を分析し、次回の実験の指針を得る。私たちは、その実験を支援する為の統合データベースを提案する。まずは、試作データベースの設計を行った。Hitachi HiRDB Version 7 を用いた。実験で使用した画像、得られた事象関連電位、実験の情報を格納した。実験に必要な画像の作成を行った。この試作データベースを用いることで、実験に必要な画像の作成が行うことができた。

Design and Implementation of a Database for Facial Expression Recognition Test

TOMOTAKA ABE,[†] KUNIHIKO KANEKO^{††} and AKIFUMI MAKINOUCHI^{††}

We are doing joint research to the medical researchers. They have measured event related potentials, evoke potential which a person are generated to relate event on scalp. Measuring and analyzing event related potentials provides additional information regarding the functional properties of human neuronal subsystems. This experiment consist of preparing, measuring and analyzing. First, we make event to measure event related potentials. Second, we measure event related potentials using event to make in preparation. In the end, we analyze measuring event related potentials and get next experiment's indicator. We make integrated database system for support recognition test. First we performed a design and implementation of a database using Hitachi HiRDB Version 7. We store images, event related potentials and information on the experiments. We make images to do experiments. We can make images to do experiments, using the database.

1. はじめに

視覚、聴覚、言語、感覚、筋肉、および思考記憶などの人間の脳の高次機能は、神経学、精神医学、神経精神医学の分野で重要な研究課題になっている。医用工学と電気生理学的実験、神経画像処理分析という非侵襲の実験心理学技術で有効なアプローチである。非侵襲な方法は、脳波(EEG)、誘発電位、脳磁計(MEG)、陽電子造影法、機能的磁気共鳴画像がある¹¹⁾。これらの方法は、人間の脳の高次機能の分析や自閉症のような脳に関する病気の診断に役に立つ。実際の方法の質

と量が増加するにつれて、方法を管理するためのIT技術の重要性も増加する。

この論文は、人間の視覚システムの研究と分析を支援する統合データベースシステムを述べる。私たちの研究の目標はデータベース技術を用いて人間の視覚システムの顔認知と表情認識のメカニズムを見つけることである。視覚誘発電位と事象関連電位という二つのタイプの人間の脳の神経の伝わりによる誘発電位が私たちの研究に必要である。また、眼球運動電位のデータは誘発電位の雑音を見つける為に必要である。顔画像をフィルタをしたもの、フィルタをしていないものも非侵襲的な医学実験を行うのに必要である。重要な問題は、それらを管理することである。私たちはデータの管理の為のデータベース技術を紹介する。

私たちはこの論文で人間の視覚システムの研究と分析のための統合データベースシステムを述べる。このデータベースシステムは色々なタイプのデータを格納

† 九州大学大学院 システム生命科学府
Graduate School of System Life Sciences,
Kyushu University
†† 九州大学大学院 システム情報科学研究院
Graduate School of Information Science and Electrical
Engineering,
Kyushu University

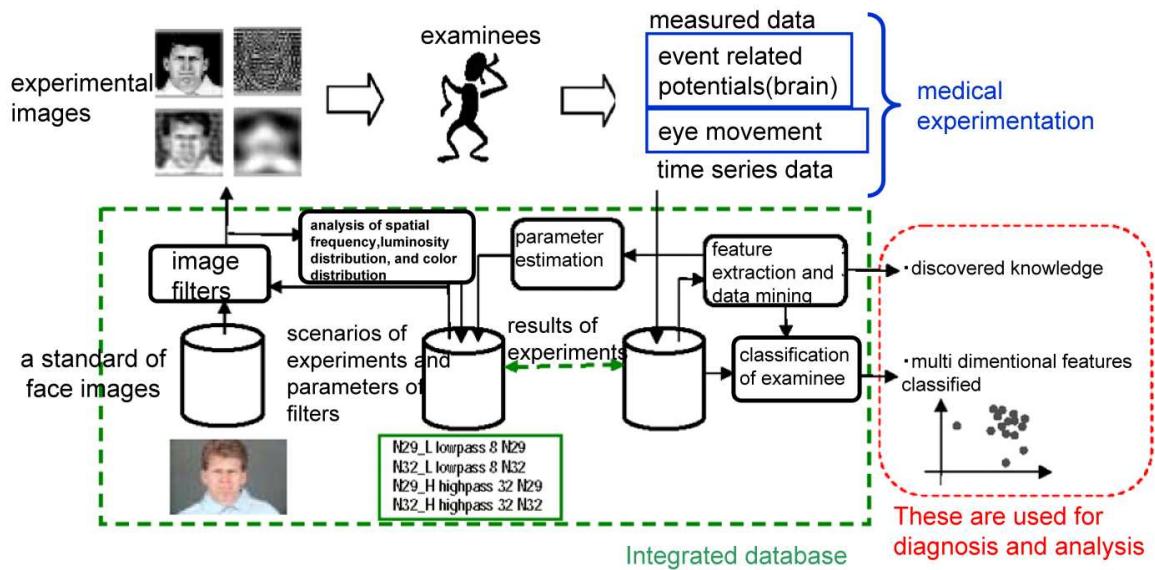


図 1 表情認知実験支援の為の統合データベースシステム

したデータベースとデータベースに使う為のソフトウェアの道具からなる。これらふたつは、一緒に統合する。この論文では、私たちは、統合データベースシステムの設計を説明する。この論文の構成は以下のとおりである。2 節では、統合データベースのシステム設計を述べる。3 節では、データベースのデータタイプと構築を説明する。4 節では、試作データベースを構築し、使用した。この節では、医学的な実験を通してわれわれの経験を報告する。

2. 統合データベースシステム

私たちは、医学者と共同研究している。共同研究している医学者は事象関連電位¹⁰⁾を測定する実験を行っている。事象関連電位とは、被験者に何か刺激を与え、その刺激により発生した頭皮の電位のことである。頭皮の電位を測定し、分析することで人間の神経の下位組織の機能的な特性の関係を調べる。頭皮の電位を測定する時は、国際 10-20 法⁸⁾に従い、頭皮に電極をつける。

私たちの実験では、事象関連電位を測定する時の刺激としてエクマンの顔⁷⁾を使用する。エクマンの顔とは、日本人と白人の顔の表情画像である。エクマンの顔の画像に 2 次元高速フーリエ変換⁹⁾を用いたローパス・ハイパスフィルタリング²⁾を行い実験を行うための画像を作成する。

実験の方法の説明をする。被験者にイスに座ってもらう。被験者の前に画像を表示する為のモニタを置く。被験者に事象関連電位を測定する為の電極をつける。

今回は、10 個の電極をつけた。部屋全体を暗くし、実験をはじめる。実験は、セッションと呼ばれる画像を断続的に表示する時間で構成される。一人の被験者で複数のセッションを行う。ひとつのセッション中に表示される画像の種類は、決まっている。今回は、4 種類表示した。セッションをはじめる前に前もって画像を 4 種類選択した。ひとつのセッション中で表示する画像の回数は、それぞれ決まっておらず、複数の種類の表示回数の和が決まっており、各画像に表示する確率を与える。今回は、4 種類の画像の表示回数の和は、200 回、4 種類の画像を表示する確率は、ある一種類は 10%、他の 3 種類は 30% とした。ひとつのセッションでは、画像を断続的に表示するが、画像を表示する時間と画像を表示しない時間（画像が表示されてから次に画像が表示されるまでの時間）は前もって決められる。今回の各画像の表示時間は、300 msec で、画像を表示しない時間は、600 msec ~ 900 msec でランダムとした。セッションを一回行うのにかかる時間は、3 ~ 4 分である。画像にはトリガという番号がつけられる。今回は、4 種類の画像を使用するので、1 ~ 4 の番号が付けられた。セッション中では、刺激が与えられた前後の事象関連電位を測定する。今回は、画像が表示される前 75 msec から画像が表示されてから 625 msec までを 0.75 msec 刻みで測定した。

私たちは、データベースシステムを用い、実験で使用する画像、実験で得られる事象関連電位データ、実験を行った時のデータ（セッション、トリガ、被験者など）を格納し、次回の実験の為に測定した結果の分類、

```

CREATE TABLE
    grayscale_1024x1024 (
        imagename char(200),
        image BINARY(1050000)
    );

```

図 2 濃淡画像データを格納する為の関係表 属性は、画像の名前とデータ 格納できる画像データのサイズは最大で 1050000 バイト

```

CREATE TABLE triggerinfo (
    sessionid INTEGER NOT NULL,
    triggerno INTEGER NOT NULL,
    imageid INTEGER NOT NULL,
    measuretime INTEGER ARRAY[1024],
    use_Cz INTEGER NOT NULL,
    Cz INTEGER ARRAY[1024],
    use_Pz INTEGER NOT NULL,
    Pz INTEGER ARRAY[1024],
    ...
);

```

図 3 実験を行った時のトリガの情報を格納するための関係表 属性は、セッション ID、トリガ番号、画像 ID、計測時間、使用した各電極のデータ (集約値)

```

CREATE TABLE sessioninfo (
    expid INTEGER NOT NULL,
    sessionid INTEGER PRIMARY KEY,
    sessionno INTEGER NOT NULL,
    personid INTEGER NOT NULL,
    sessiondate INTEGER,
    numoftrigger INTEGER,
    showimagenum INTEGER
);

```

図 4 セッションの情報を格納する為の関係表 属性は、実験 ID、セッション ID、セッション番号、被験者 ID、セッション実施日、トリガ数、画像提示回数

```

CREATE TABLE expinfo (
    expid INTEGER PRIMARY KEY,
    sessionnum INTEGER,
    numofperson INTEGER,
    numofelectrode INTEGER
);

```

図 5 各実験情報を格納する為の関係表 属性は、実験 ID、セッション数、被験者数、使用した電極数

分析などを行う表情認知実験支援のための統合データベースシステムの立ち上げを行う (図 1)。実験で使用する画像をデータベースに格納しておく。実験を行う時は、その画像をフィルタに通して使用する。実験を行うと、事象関連電位が得られる。得られた事象関連電位をデータベースに格納する。得られた事象関連電位を分類、分析し、何らかの知見、次回の実験の指針を得る。

そのための試作データベースシステムとして、Hitachi HiRDB Version 7¹⁾ を用い、設計を行った。

3. 試作システムの構築

私たちは、Hitachi HiRDB Version 7 を用いて、実

```

CREATE TABLE personinfo (
    personid INTEGER PRIMARY KEY,
    personname CHAR(64) NOT NULL
);

```

図 6 被験者の情報を格納する為の関係表 属性は、被験者 ID、被験者名

```

CREATE TABLE wavedata (
    sessionid INTEGER NOT NULL,
    triggerno INTEGER NOT NULL,
    measuretime INTEGER,
    Cz INTEGER,
    Pz INTEGER,
    ...
);

```

図 7 各電極で得られた事象関連電位データを格納する為の関係表 属性は、セッション ID、トリガ番号、計測した各時間、各電極で得られた事象関連電位データ

```

CREATE TABLE selectimage (
    imageid INTEGER,
    imagename CHAR(200),
    relation CHAR(100)
);

```

図 8 各画像に ID を付ける為の関係表 属性は、画像 ID、画像名、格納した関係表

```

SELECT sessioninfo.expid,
    sessioninfo.sessionid,
    sessioninfo.sessionnum,
    triggerinfo.triggerno,
    selectimage.imagename
FROM sessioninfo, triggerinfo
    selectimage
WHERE sessioninfo.sessionid
    = triggerinfo.sessionid
    AND triggerinfo.imageid
    = selectimage.imageid;

```

図 9 各セッションで用いた画像データを問い合わせをする時の例 実験の ID、セッションの ID、セッション番号、トリガ番号、画像の名前を表示

験で使用した画像データ、実験で得られた事象関連電位、眼球運動の電位、実験を行った時のデータ (セッション、トリガ、被験者など) を格納した。関係表の作成に、HiRDB で提供されている "create table" という SQL を埋め込み SQL を用いた C 言語プログラムを用いた。C 言語プログラムでは、埋め込み SQL を用い、HiRDB とのコネクションの接続を行い、埋め込み SQL を実行。その後、HiRDB とのコネクションの切断を行う。

実験で得られる事象関連電位は、実験で用いた画像データによって異なる。実験で用いた画像データを管理する必要がある。実験で得られる事象関連電位は、トリガによって異なる。どのトリガのものかわかる必要がある。トリガ情報だけでは、いつ行われたものか、

The screenshot shows a Windows application window titled "HiRDB SQL Executor - 接続中(abe) -". The menu bar includes "ファイル(F)", "編集(E)", "操作(O)", "設定(S)", "ウインドウ(W)", and "ヘルプ(H)". The "SQL入力" tab is active, containing the following SQL query:

```
selectimage.imagename FROM sessioninfo, triggerinfo, selectimage
WHERE sessioninfo.sessionid = triggerinfo.sessionid AND
triggerinfo.imageid = selectimage.imageid;
```

The "検索結果" tab displays the query results in a table format:

EXPID	SESSIONID	SESSIONNO	TRIGGERNO	IMAGENAME
1	11	11		3 N29.GO-1C01_done
1	4	4		3 N29.GO-1C01_done
1	5	5		2 N29.GO-1C01_done
1	8	8		3 N29_low_105
1	10	10		1 N29_low_105
1	2	2		1 N29_low_105
1	6	6		1 N29_high_1225
1	12	12		2 N29_high_1225
1	1	1		2 N29_high_1225
1	4	4		2 E6.BM-1C22_done
1	12	12		1 E6.BM-1C22_done
1	7	7		3 E6.BM-1C22_done
1	11	11		2 E6_low_105
1	8	8		2 E6_low_105
1	1	1		1 E6_low_105
1	5	5		1 E6_high_125
1	9	9		2 E6_high_125
1	3	3		3 E6_high_125
1	3	3		2 E39.JL-1C03_done

図 10 各セッションで用いた画像データを問い合わせの結果

どのセッションのどのトリガなのかがわからない。トリガの情報とセッションの情報をつなぐ必要がある。私たちのデータベースでは、複数の違う趣旨の実験のデータを格納する。違う実験のセッションを同じものとしない為に実験ごとに ID を与えることで区別をする。実験では、複数の被験者により実験を行う。被験者の情報を管理する必要がある。実験では、使用した各電極より事象関連電位のデータを得ることが出来る。各電極で得られたデータを管理する必要がある。複数の実験を行うと、複数の画像を用いることになる。複数の画像のフォーマットが異なる可能性がある。そこで、私たちは、実験に使用した濃淡画像データ、実験を行った時のトリガの情報、セッションの情報、各実験情報、被験者の情報、各電極で得られた事象関連電位データを格納する為と各画像に ID を付ける為の関係表を作成した（図 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8）。

実験の分析を行う時、どのセッションでどのような画像を使用したか確認する必要がある。表情認知科学実験データベースにデータを格納した後、ユーザが格納されているデータに問い合わせをする時の例を挙げる。問い合わせには、Hitachi HiRDB Version 7 付属の対話 SQL ツール HiRDB SQL Executer を使用した。各セッションで用いた画像データを問い合わせをする時の例を挙げる。実験の ID、セッション ID、セッション番号、トリガの番号、画像の名前を表示する（図 9、10）。セッションの情報、トリガの情報、画像選択の関係表をセッション ID、画像 ID を結合し、

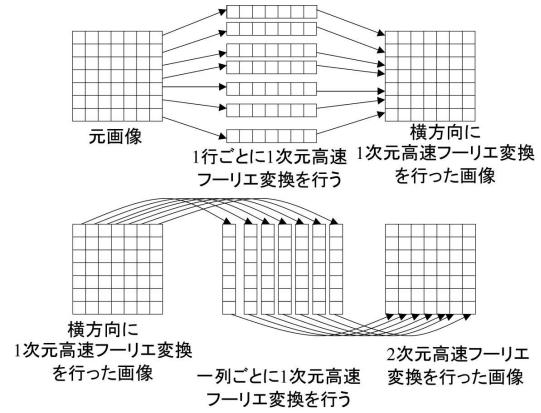


図 11 2 次元高速フーリエ変換の行き方

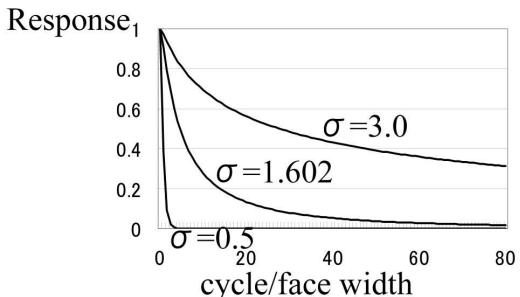


図 12 ローパスフィルタの特性関数 $\sigma = 0.5, 1.602$, and 3.0

表示した。

4. 試作データベースを使った実験画像の作成

私たちは、実際の医学実験の為にこのデータベースシステムを使った。人の顔の表情を認識する境界を指示するローパスフィルタの最適な閾値を見つけるという医学的な実験の為の画像、閾値は同じで異なる特性関数をもつローパスフィルタでの反応を見る医学的な実験の為の画像を作成した。

私たちは、エクマンの顔画像⁷⁾とその他のモノ画像を用いた。私たちは、データベースの上にいくつかの画像フィルタを実装した。

ここで、2次元高速フーリエ変換を用いたローパス・ハイパスフィルタリングを述べる。まず、元の画像に2次元高速フーリエ変換を行う。2次元高速フーリエ変換を行うとは、画像の画素を横方向に1行ずつ1次元高速フーリエ変換を行い、その後、縦方向に1列ずつ1次元高速フーリエ変換を行ったものである（図11）。2次元高速フーリエ変換を行った後、画像は、周波数であらわされる。このとき、特性関数というもの

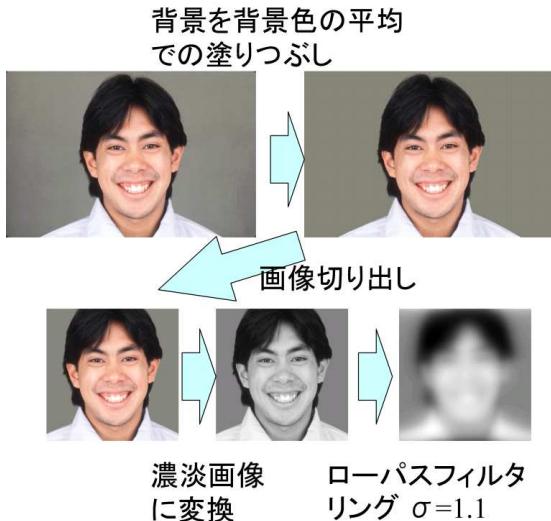


図 13 エクマンの顔のオリジナル画像から背景を背景色の平均で塗りつぶし、切り出し、2次元高速フーリエ変換を用いたローパスフィルタリングした画像

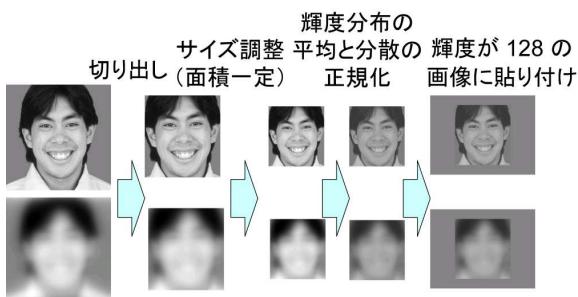


図 14 再度切り出し、サイズ調整、輝度分布の平均と分散の正規化、輝度が 128 の画像の中心に貼り付けを行った画像

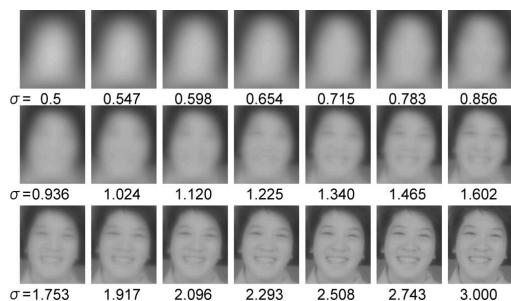


図 15 ローパスフィルタの σ の値を変化させた画像 σ の値が大きくなるほど画像がはっきりとする

を用いフィルタリングする。特性関数とは、周波数をどのようにフィルタリングするか決定する為のものである。低い周波数を残すように特性関数を決め、フィルタリングを行うとローパスフィルタリングになる。高い周波数を残すように特性関数を決め、フィルタリ

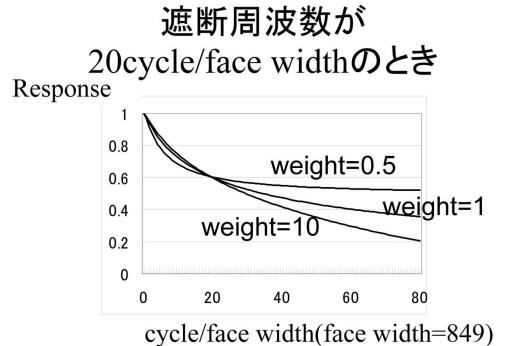


図 16 閣値は同じで特性関数が異なるローパスフィルタの weight の値を変化させた画像 weight の値が大きくなるほど特性関数の値が 0 に近くなる

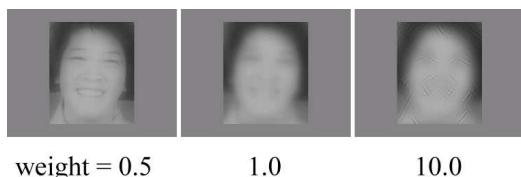


図 17 閣値は同じで特性関数が異なるローパスフィルタの特性関数 weight = 0.5, 1.0, and 10.0

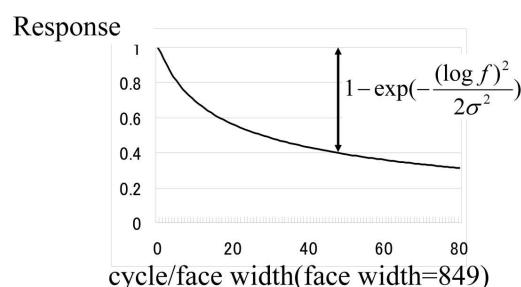


図 18 閣値は同じで特性関数が異なるローパスフィルタの特性関数の特徴 $1 - \exp\left(-\frac{(\log f)^2}{2\sigma^2}\right)$ に weight をかけることで Response が増減

ングを行うとハイパスフィルタリングになる。フィルタリングを行った後、2次元逆高速フーリエ変換を行う。最後に逆2次元高速フーリエ変換を行うとは、2次元高速フーリエ変換を行った後のものに、横方向に1行ずつ逆1次元高速フーリエ変換を行い、その後、縦方向に1列ずつ逆1次元高速フーリエ変換を行ったものである。文献2)では、12.4 cycle/face width 以上の成分をカットしたローパスフィルタリング、12.4 cycle/face width 以下の成分をカットしたハイパスフィルタリング、特性関数に周波数の対数上で対称となる Gaussian band-pall profile を用い4種類の通過中心空間周波数 (6.2, 12.4, 24.8, 49.7 cycle/face

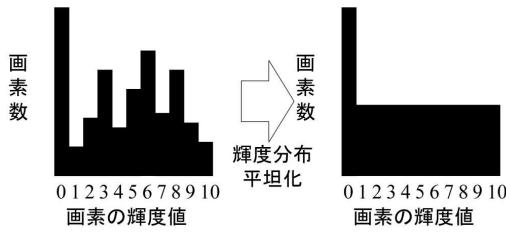


図 19 画像の輝度の階調が 11 の時の輝度分布の平坦化 0 以外の画素の輝度値の画素数を一定にする

width) をもつ帯域幅 1 オクターブの成分をカットした帯域通過フィルタリングを行っている。文献 3) では、周波数次元でのフィルタリングを行う場合には、特定の周波数以上あるいは以下の成分を、急峻にカットすると、フィルタリングを適用した後の画像において、明るさの変動の特定のパターンが繰り返し現れることがある(ringing)、これを避けるため、周波数成分をカットする際に、特性関数に周波数の対数上で対称となるような正規分布曲線の片側を用いている。その特性関数を用いることで周波数が 16cycle/face width の成分が 61%、32cycle/face width の成分が 1% 通過するようなローパスフィルタを作成している。すべての成分が通過するのは 11.3cycle/face width 以下である。遮断周波数を、通過する成分が 61% 通過する cycle/face width 数としている。このときのローパスフィルタの遮断周波数は 16cycle/face width である。また、遮断周波数を 16cycle/face width とするハイパスフィルタも作成している。私たちは、文献 3) で用いられた特性関数を使っている。遮断周波数も文献 3) のものを使っている

ローパス・ハイパスフィルタリングに用いた特性関数として、

ローパスフィルタリング $\exp\left(\frac{(\log(x))^2}{2\sigma^2}\right)$ (図 12)

ハイパスフィルタリング $1 - \exp\left(\frac{(\log(x))^2}{2\sigma^2}\right)$ (図 ??) を用いた。

私たちは、ローパスフィルタの最適な閾値を発見する為の色々な画像を作成した。背景部分の平均色で背景部分を塗りつぶし、濃淡画像にした。画像を切り出し、2 次元 高速フーリエ変換を用いたローパスフィルタリングを行った(図 13)。再度切り出し、サイズ調整、輝度分布の平均と分散の正規化、輝度が 128 の画像の中心に貼り付けた(図 14)。サイズ調整は、各画像で面積を一定にするようにした。輝度分布の平均と分散の正規化は、輝度の平均を 128、分散を 40 にするように各輝度に 1 次式を適用し、新しい輝度の平均が 128、分散が 40 になるまで行うことである。適用する一次式を次に示す。

$$\text{新しい輝度値} = (40 * \text{古い輝度値}/\text{分散}) - \text{平均} + 128$$

図 12 は、この画像の作成の時に用いたローパスフィルタの特性関数である。次の式が閾値の値である。

$$\exp(\sigma) \times \frac{\text{facewidth}}{1024}$$

σ は、可変で、閾値を変化させる引数である。facewidth とは、切り出しを行った後の画像の幅のことである。私たちは、 σ の値を 21 通りに変化させて、21 枚の画像を作成した(図 15)。

次に、閾値は同じで異なる特性関数をもつローパスフィルタでの反応をみる医学的な実験の為の画像も作成した。画像作成の手順は、ローパスフィルタの最適な閾値を発見する為の画像を作成する時にローパスフィルタリングに用いる特性関数の式が違う以外は、ローパスフィルタの最適な閾値を発見する為の画像を作成した時と同じである。最適な閾値を決定する時に使ったローパスフィルタの特性関数から 1 を引いたものにある数(weight)をかけ、それを 1 から引いたものを新しく作成したローパスフィルタの特性関数とした。こうすることで、元にした特性関数の値が 1 に近い x のときはほとんど変化せず、0 に近い x のときは、weight の値に応じて変化する(図 18)。weight が 1 の時は、元のローパスフィルタと同じ特性関数を示す。weight が 1 よりも大きい時は、元のローパスフィルタに比べて高い周波数を通過させないようにする。weight が 1 より小さい時は、元のローパスフィルタに比べて高い周波数を通過させるようにする。特性関数の式は次である。

$$1 - \text{weight} \times \left(1 - \exp\left(\frac{(\log(x))^2}{2\sigma^2}\right)\right)$$

図 16 は、この実験で使ったローパスフィルタの特性関数である。weight を 3 通りに変化させて、3 枚の画像を作成した(図 17)。

この試作データベースと画像の処理の方法を用いて、実験に必要な画像の作成を行った。画像の作成の時、データベースに格納した画像を用いて作業を行った。これらを用いることで電気生理実験の際の画像の作成にどのような画像が作成したいということを決めるこことで画像が作成できるようになる。

5. おわりに

この論文で私たちは、電気生理学実験の為の医学実験を支援するための新しいデータベースシステムの設計を発表した。

画像データ、実験の情報、実験の結果を格納した試作データベースを構築、使用した。私たちは、私たちの

試作データベースは電気生理学実験の画像の作成に、どのような画像が作成したいということを決めることで画像が作成できるので、電気生理学実験の研究の支援システムとして使用できると考える。

謝辞 本論分作成にあたり、ご意見・ご助言を頂いた九州大学大学院医学研究院 後藤純信助手、同大学院医学系学府 中島大輔様に感謝いたします。「日立 HiRDB アカデミック支援プログラム」に参加させていただいた株式会社 日立製作所様に感謝いたします。

参考文献

- 1) (株) 日立製作所 : HiRDB Version 7, <http://www.hitachi.co.jp/Prod/comp/soft1/hirdb/>
- 2) 永山 ルツ子 : 顔知覚の空間周波数特性, 心理学評論, Vol.43, pp.276-292, (2000)
- 3) 吉田 弘司, 利島 保 : 顔の画像認識における空間的特性, 広島大学教育学部紀要 第一部 (心理学), 第 44 号, (1995)
- 4) 向田 茂 : 顔画像合成システムと年齢特徴操作に関する研究, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報処理学専攻博士論文, (2003)
- 5) 片山 幸治, 小西 修 : 知識発見支援のための気象画像データベースの構築, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.5, pp.69-78 (1999)
- 6) 北本 朝展 : "「デジタル台風」 - 人工知能的アプローチに基づく台風解析", 情報処理学会技術報告, Vol. CVIM123-8, pp. 59-66, (2000)
- 7) Matsumoto, D., & Ekman, P. (1988): Japanese and Caucasian Facial Expressions of Emotion and Neutral Faces (JACFEE and JACNeuF). Human Interaction Laboratory, University of California, San Francisco, 401 Parnassus Avenue, San Francisco, CA, 94143.
- 8) Jasper, H. H. : Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 10:371-373. (1958)
- 9) P. Corsini, G. Frosini : Properties of the multi-dimensional generalized discrete Fourier transform, IEEE Trans. Comput. C 28 819-830. (1979)
- 10) Shlomo Bentin, Truett Allison, Aina Puce, Erik Perez and Gregory McCarthy : Electrophysiological Studies of Face Perception in Humans, Journal of Cognitive Neuroscience 8:6, pp.551-565 (1996)
- 11) 池田 恵朗, 村田 昇 : 「Independent Component Analysis を用いた MEG データの解析」 電子情報通信学会技術研究報告, NC98-28, pp.29-36 (1998)