

# プロソディー情報の 聴覚情報処理に関する一考察\*

丸島 歩<sup>†</sup>・城生 佰太郎<sup>††</sup>

キーワード： ERP、脳波実験、プロソディー

## 1 はじめに

城生 (2008:129-131) では、日本語において物理的に高い部分は同時に強い傾向があることが実験により示されている。また、丸島 (2007) ではピッチ変動と発話速度の聴覚的印象に相関があることが明らかになっている。つまり、あらゆるプロソディー情報が聴覚的に相関を持っていると言えるが、それらを聴覚音声学的に検証した研究は私見の及ぶ限りほとんど見られない。そこで、誘発電位の一種である事象関連電位 (ERP) を用いて複数種のプロソディー情報がどのように認知処理されているかを探ることにした。ここでは特に音圧・ピッチ・音質について検証した。

## 2 目的

したがって本研究は、音圧・ピッチ・音質といったプロソディー情報の認知の様相の一端に触れ、その相関の有無を認知の面から検証することを

---

\*本稿は、平成 20 年度科学研究費補助金 (課題番号：20652028) の交付を受けて行われた、「誘発脳波を用いた音節境界の画定に関する実験音声学的研究」における研究成果の一部を公にしたものである。

<sup>†</sup>筑波大学大学院人文社会科学研究所一貫制博士課程

<sup>††</sup>筑波大学大学院人文社会科学研究所

目的とする。

### 3 課題①：音圧課題

#### 3.1 方法

##### 3.1.1 実験機器

本実験の取り込みには、筑波大学人文社会系棟 B613 音声実験室内に設置されている機器を用いた。以下の図 3-1 に機器のおおまかな配置図を示す。

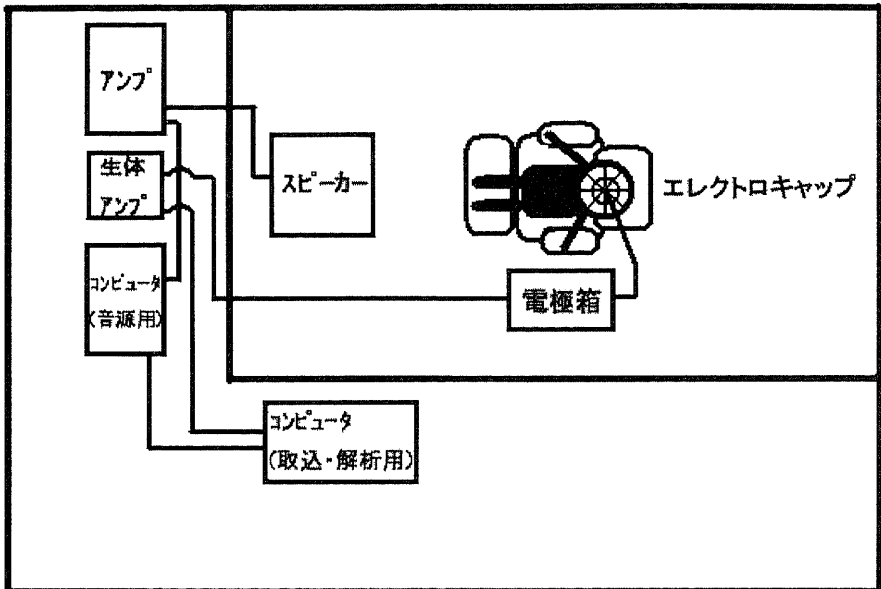


図 3-1：本実験における機器および被験者の配置

### 3.1.1.1 収録機器

被験者に装着したエレクトロ・キャップ<sup>1</sup>から導入した脳波を、電極箱を介して生体アンプで増幅し、コンピュータで記録した。使用した機器の詳細は以下の通り。

エレクトロ・キャップ： ECI-2 (Electro-Cap International 社製)。電極配置は国際 10-20 法<sup>2</sup>に基づいて、F3・F4・C3・C4・P3・P4・O1・O2・F7・F8・T5・T6・Fz・Cz の 14 チャンネルを選択した (図 3-2 参照)。これを被験者に被せた上で、同社製の electro-gel を電極と頭皮の間に注入した。

基準電極： 耳朶、同側耳朶方。(Electro-Cap International 社製) を使用。

電極箱： NEC ELECTRODE BOX / TYPE 6R12-2。

生体アンプ： NEC BIOTOP 6R12-2。低域遮断フィルタ 0.5Hz、高域遮断フィルタ 60Hz、感度 50 $\mu$ V/fs に設定した。

収録・記録用コンピュータ： PC98xv20 (OS は NEC98 対応の MS-DOS6.1)。用いたソフトは EPLYZER2.1 (キッセイコムテック社)。標本化 500Hz、プレトリガ-100msec、取り込み時間-100~1948msec に設定した。

---

<sup>1</sup>電極を頭皮上の正しい位置に固定できるよう、あらかじめ定位置に電極が取り付けられた伸縮性のある帽子。

<sup>2</sup>頭の前後径、左右径、周径をそれぞれ 10 等分した上で、さらに電極間の距離をそれぞれの 10%か 20%となるようにする電極の配置方法のこと (城生 百太郎 1997:248)。

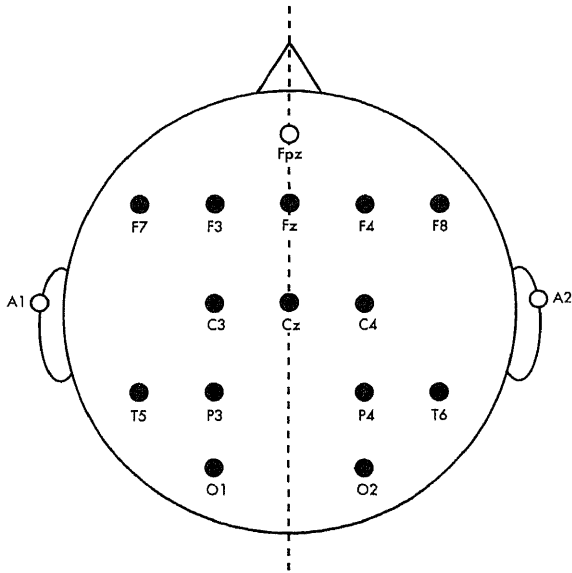


図 3-2 : 電極配置図

### 3.1.1.2 刺激発生装置

コンピュータから再生させた刺激音を、ライン・アウト端子を介してアンプ類で増幅、シールド・ルーム内のスピーカから発出させ、被験者にフリーフィールド<sup>3</sup>の状態で聴取させた。また、同コンピュータから音声発出と同時にトリガを発し、生体アンプを介して収録用コンピュータに送ることで刺激音発出と脳波収録のタイミングを同期させた。使用した機器の詳細は以下の通りである。

刺激発生用コンピュータ：IBM Vision PS/V Model 2408 (OS は Windows3.1)。用いたソフトは Winstim (榊氏作製、私家版ソフト)。3000msec の提示間隔で、標的刺激が 35% の確率で繰り返し発出されるように設定した。

アンプ類：Technics Stereo Cassette Desk /RS-678U、Technics Stereo Flat Preamplifier /SU-9070、Technics Stereo Universal Frequency Equalizer /

<sup>3</sup>ヘッドフォンを用いず、スピーカから流れる音声を両耳で聴取した、ということ。

SH-9010E、Technics Peak/Average Meter Unit/SH-9020M、Technics Stereo Power Amplifier/SE-9060 (全て松下電器産業社製)。被験者の耳元の位置で normal の再生音圧が 65dB<sub>SL</sub><sup>4</sup>になるように設定した (音圧計はリオン社製・型式 NL-14 を使用)。

スピーカ：Technics Linear Phase Speaker System (松下電器産業社製)。

### 3.1.2 被験者<sup>5</sup>

被験者は以下の 2 名である。

KT 氏：22 歳、男性、右利き。言語形成地は高知県土佐清水市。

YY 氏：21 歳、女性、右利き。言語形成地は岩手県盛岡市。

### 3.1.3 刺激音

刺激音は全て日本語自然言語音の [papapa]<sup>6</sup> で、筆者 (MA)<sup>7</sup> が調音した。普通の強さで発音したもの (normal\_a) に対して強く発音したもの (large\_pa)・弱く発音したもの (small\_pa)、日本語自然言語音の [bababa] を普通の強さで発音したもの (normal\_b) に対して強く発音したもの (large\_ba)・弱く発音したもの (small\_ba) の計 6 種類である。

以下の図 3-3 に normal\_a / large\_pa / small\_pa の音圧曲線と、図 3-4 に normal\_b / large\_ba / small\_ba の音圧曲線を示す。

<sup>4</sup>デシベル表示には SPL (sound pressure level) と SL (sensation level) の 2 種類のレベルが設けられている。成人男性の聞き取ることのできる最も小さい音と言われている 0.00002Pa を 0Hz として、物理的に規定した SPL に対し、SL はヒトの感覚を基準としたレベルで、被験者の最小可聴域をもとにしている (城生 2005:458)。

<sup>5</sup>本来、実験音声学的研究を目的とする実験データは網羅的に公開されるべきであり、被験者についての情報についても例外ではない。父母の出身地・本人の言語生活についてなども記載すべきだが、個人情報の扱いに關しての法制限により被験者名はイニシャルのみとし、年齢・性別・言語形成期の居住地以外の情報は割愛する。また、敬称は省略する。以下同様。

<sup>6</sup>最も脳が鋭敏に反応する子音であることがわかっている /p/ (林実・寛一彦 1989) と、分節音の差異を考慮するために、それに対応する有声音 /b/ を用いた。母音は最も安定した /a/ (城生 佑太郎 1997) を用いた。また刺激音を 3 音節としたのは、過去の基礎実験で 3 音節課題が最も安定した結果が得られることが明らかになっているためである。後述のピッチ課題・音質課題についても同様である (ただし、ピッチ課題においてはピッチ変化を伴う課題を行うため、被験者の負担を考慮して [papapa] のみとした)。

<sup>7</sup>25 歳、女性。言語形成地は東京都東久留米市。

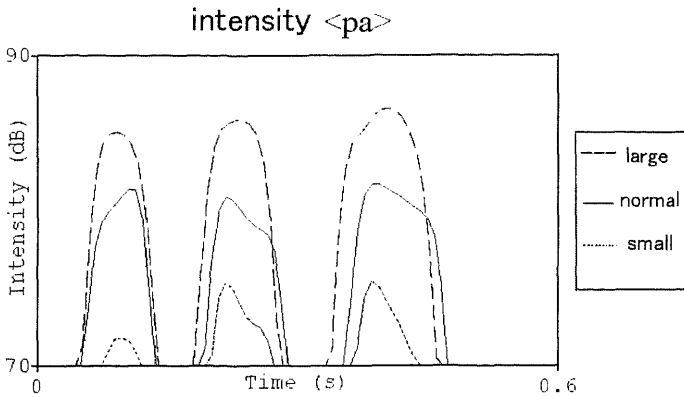


図 3-3 : normal\_a / large\_pa / small\_pa の音圧曲線

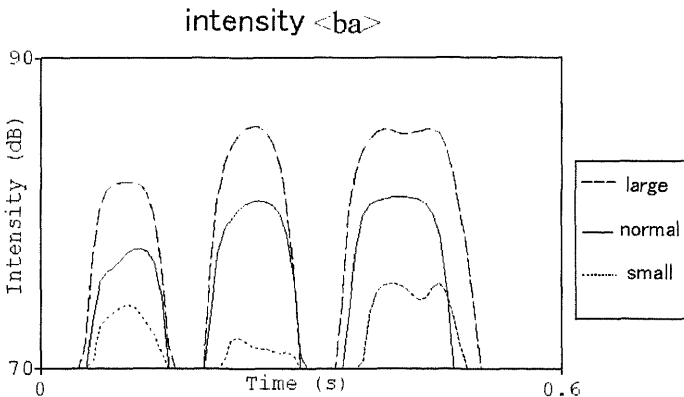


図 3-4 : normal\_b / large\_ba / small\_ba の音圧曲線

### 3.1.4 実験手順

まずは音声実験室に設置されたシールド・ルーム内にある安楽椅子に被験者を座らせ、エレクトロ・キャップの装着などを行なう。電極の状態を確認後、被験者に「今から2種類の音声の流れますが、その音声を頭の中

で繰り返してください」と指示し、実験中は目を半眼にしてリラックスした状態を保つように伝えた。

刺激音は全て odd-ball 課題によって被験者に聴かせた。すなわち、非標的刺激 normal\_a に対する標的刺激として large\_pa と small\_pa を、非標的刺激 normal\_b に対する標的刺激として large\_ba と small\_ba を組み合わせた。被験者それぞれに刺激音一組ごとに一回、合計 4 回の試行を行なった。標的刺激の出現確率を 35% に設定し、各試行では標的刺激が 30 回分に達するまで 3000ms の間隔で提示<sup>8</sup>した。

### 3.1.5 解析方法

被験者の瞬目などによるアーチファクト<sup>9</sup>を除去するため、取り込みに使用したソフト (EPLYZER) を用いて RAW データ再加算<sup>10</sup>を行なった。その際、再加算波形の S/N 比を考慮して非標的刺激の RAW データの加算数を調整した。

次に、解析ソフト ATAMAP の波形とトポグラフィー<sup>11</sup>を摺り合わせ、ソフト搭載のマーキング機能で陰性波・陽性波<sup>12</sup>で最も色濃くトポグラフィーが反応したところでカーソルを立てた。

---

<sup>8</sup>各試行の冒頭は脳波の状態が安定しないため、収録コンピュータのモニターで脳波の安定が確認されてから収録を開始した。従って、実際に被験者に刺激音が提示される回数は標的課題で 30 回強である。また刺激発出ソフトの仕様上、標準刺激の提示回数は試行により異なる。以下、課題②③でも同様である。

<sup>9</sup>収録中、特に電極に近い部分を動かすと、脳波に重畳してしまう筋電によるノイズのこと。

<sup>10</sup>収録した脳波の中からアーチファクトなどの見られないものだけを選び、再加算すること。

<sup>11</sup>図 3.5 のトポグラフィー参照。脳のどの箇所がどの程度反応しているかを視覚的に見ることの出来る色分け分布図。実際はディスプレイ上に陰性の電位を帯びた部分が赤く、陽性の電位を帯びた部分が青く表示される。電圧が強ければ強いほど色濃く表れる。

<sup>12</sup>図 3.5 の波形参照。陰性波は上向き、陽性波は下向きに表示される。

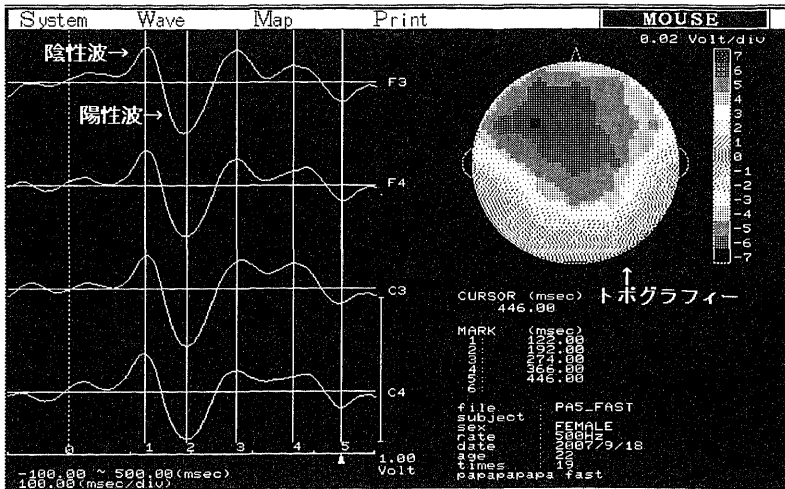


図 3-5 : 波形とトポグラフィー の例

### 3.1.6 データ処理方法

ピーク潜時 (PL<sup>13</sup>)・ピーク間潜時 (IPL<sup>14</sup>) をもとに情報処理を行った。

## 3.2 結果

解析の結果、得られた潜時を以下の表 3-1~3-2 に示す。太字になっている部分は二峰性の波形のうちより電圧が強いものを示している。なお、単位は msec である (以下同様)。

<sup>13</sup>Peak Latency の略。

<sup>14</sup>各ピーク潜時間の時間長のこと。Inter Peak Latency の略。



表 3-1：被験者 KT のピーク潜時

	N1	P2	N2a	N2b	P3
normal_a (pa)	132	208	322	322	—
large(oddball)	120	208	290	290	—
normal_a (pa)	122	202	296	296	—
small(oddball)	132	236	312	312	384
normal_b (ba)	136	226	300	300	—
large(oddball)	128	196	308	308	340
normal_b (ba)	114	228	330	330	356
small(oddball)	128	212	312	312	336

表 3-2：被験者 YY のピーク潜時

	N1	P2	N2a	N2b	P3
normal_a (pa)	124	200	274	274	—
large(oddball)	114	188	266	266	324
normal_a (pa)	122	212	284	284	340
small(oddball)	128	210	280	280	332
normal_b (ba)	130	200	296	296	—
large(oddball)	114	212	274	274	—
normal_b (ba)	92	164	290	290	434
small(oddball)	122	202	308	<b>378</b>	—

### 3.3 考察

本研究では、主に N1・P2 潜時に着目した。各課題・各刺激において、N1・P2 潜時の傾向性を見るためにそれぞれの平均の値を取ってグラフ化したものを、以下の図 3-6~3-7 に示す。

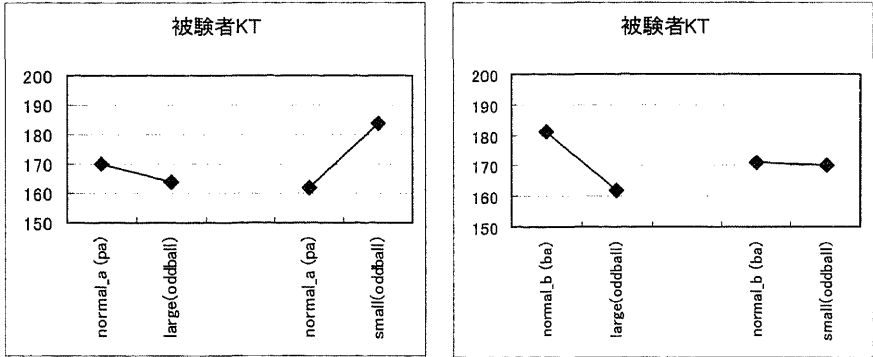


図 3-6：被験者 KT の N1・P2 潜時の平均値

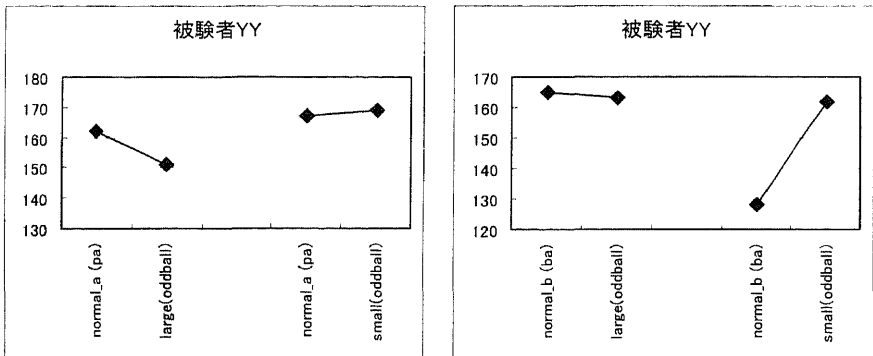


図 3-7：被験者 YY の N1・P2 潜時の平均値

以上の図 3-6~3-7 から被験者 KT に一部の例外はあるものの、相対的に刺激音の音圧が大きいものの方が N1・P2 潜時が早くなっていることが見て取れる。非標的刺激が normal\_a の課題 ([papapa]) についても非標的刺激が normal\_b の課題 ([bababa]) についても、標的刺激が (large) の課題に関しては標的刺激が、標的課題が (small) の課題に関しては非標的刺激がより潜時が早くなっている。

従って音圧の大きさの認知に対する反応が N1・P2 潜時に影響を及ぼすことが示唆された。

次に、N2・P3 といったやや高次な処理反応を反映する電位について述べる。N2 に関しては、被験者 KT は無声音 [papapa] について音圧の高いものほど潜時が早くなる傾向があるが、有声音 [bababa] についてはこの全く逆で音圧の高いものほど潜時が遅くなる傾向が見られる (表 3-1)。被験者 YY については、全体的に標的課題の方が潜時が早くなっている (表 3-2)。したがって被験者 KT については、N2 成分波の潜時に音圧の違いと分節音の差異が反映されている蓋然性があるが、被験者 YY についてはその傾向は見られなかったと言える。

また、本研究の音圧課題では両被験者とも P3 があまり出現しなかったことが一つの特徴と言えるだろう。一般に言語音を聴取した時は P3 は出現しにくいと言われているが、今回の結果が実験課題を反映したものか被験者の個人的特徴によるものかは現時点で定かでない。今後追験によって検証していきたい。

## 4 課題②：ピッチ課題

### 4.1 方法

#### 4.1.1 実験機器

実験機器は、課題①と同様である。3.1.1 を参照。

#### 4.1.2 被験者

被験者は以下の 3 名である。

SS 氏：20 歳、女性、右利き。言語形成地は秋田県秋田市 (5～10 歳)、同鹿角市 (11～12 歳)。

TE 氏：22 歳、女性、右利き。言語形成地は神奈川県横浜市 (~6 歳)、アメリカ合衆国ニュージャージー州 (6～12 歳)。

YK 氏：21 歳、女性、右利き。言語形成地は埼玉県さいたま市 (旧大宮市)。

### 4.1.3 刺激音

刺激音は日本語自然言語音の [papapa] をまずは全体のピッチの高さが認知にどのように作用するかを見るために、普通の高さで発音したもの (normal\_c) に対して高く発音したもの (high)・低く発音したもの (low) を得た。さらに、ピッチの変動の影響を見るために平坦に発音したもの (normal\_d) に対して次第にピッチを上げて発音したもの (up)・次第にピッチを下げて発音したもの (down) を得た。従って刺激音は 計 6 種類である。調音は課題①と同様、筆者 (MA) が行なった。

以下の図 4-1 に normal\_c / high / low のピッチ曲線と、図 4-2 に normal\_d / up / down のピッチ曲線を示す。

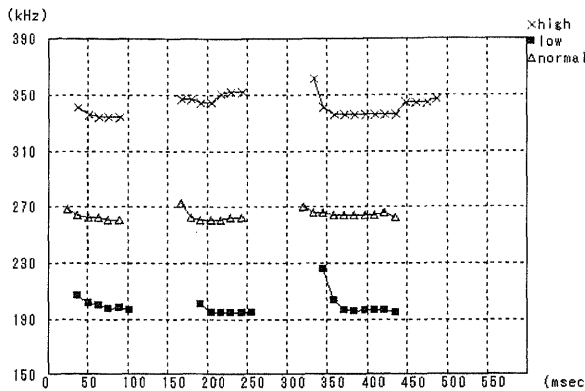


図 4-1 : normal\_c / high / low のピッチ曲線

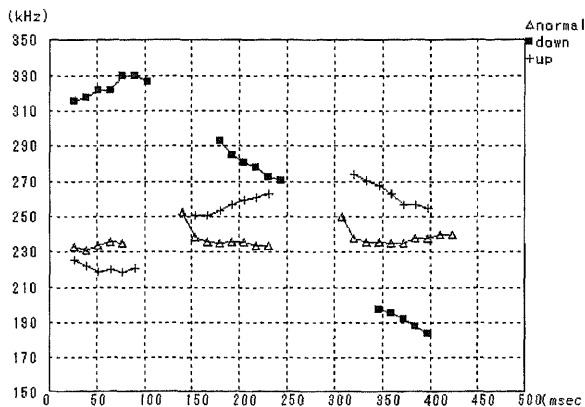


図 4-2 : normal\_d / up /down のピッチ曲線

#### 4.1.4 実験手順

課題②も課題①と同様の手順で実験を行なった。

刺激音は非標的的刺激 normal\_c に対する標的的刺激として high と low を、非標的的刺激 normal\_d に対する標的的刺激として up と down をそれぞれ組み合わせさせた。被験者それぞれに刺激音一組ごとに一回、合計 4 回の試行を行なった。標的的刺激の出現確率を 35% に設定し、各試行では標的的刺激が 30 回分に達するまで 3000ms の間隔で提示した。

#### 4.1.5 解析装置

解析に用いた装置は課題①と同様である。3.1.5 参照。

#### 4.1.6 解析方法

解析の方法は課題①と同様である。3.1.6 参照。

#### 4.1.7 データ処理方法

課題①と同様、ピーク潜時 (PL)・ピーク間潜時 (IPL) をもとに情報処理を行った。

## 4.2 結果

解析の結果、得られたピーク潜時を以下の表 4-1~4-3 に示す。

表 4-1：被験者 SS のピーク潜時

	N1	P2	N2a	N2b	P3a	P3b
normal_c	128	188	280	280	356	356
high(odd-ball)	116	192	266	266	348	348
normal_c	128	188	274	274	376	376
low(odd-ball)	138	200	284	284	362	362
normal_d	82	196	282	282	400	<b>492</b>
up(odd-ball)	128	204	264	264	344	344
normal_d	112	188	<b>280</b>	426	<b>544</b>	632
down(odd-ball)	120	188	276	276	364	364

表 4-2：被験者 TE のピーク潜時

	N1	P2	N2a	N2b	P3a	P3b
normal_c	128	196	276	276	360	424
high(odd-ball)	120	194	272	272	354	404
normal_c	122	208	276	276	358	428
low(odd-ball)	138	204	280	280	346	442
normal_d	120	192	274	274	356	522
up(odd-ball)	120	180	284	<b>320</b>	370	398
normal_d	106	192	274	274	380	436
down(odd-ball)	130	216	272	272	354	460

表 4-3 : 被験者 YK のピーク潜時

	N1	P2	N2a	N2b	P3a	P3b
normal_c	122	192	282	282	348	348
high(odd-ball)	118	204	272	272	342	342
normal_c	124	196	314	314	364	364
low(odd-ball)	112	164	252	252	352	352
normal_d	132	210	282	282	<b>392</b>	448
up(odd-ball)	144	200	252	252	340	340
normal_d	128	194	268	268	348	348
down(odd-ball)	84	212	280	280	306	306

### 4.3 考察

#### 4.3.1 N1・P2 潜時の平均値

課題①と同様、課題②でも N1・P2 潜時に着目した。各課題・各刺激において N1 潜時と P2 潜時の平均の値を取ってグラフ化したものを、以下の図 4-3~4-5 に示す。

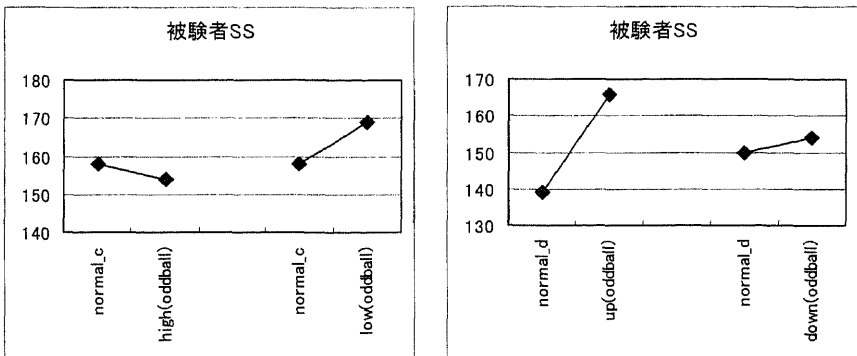


図 4-3 : 被験者 SS の N1・P2 潜時の平均値

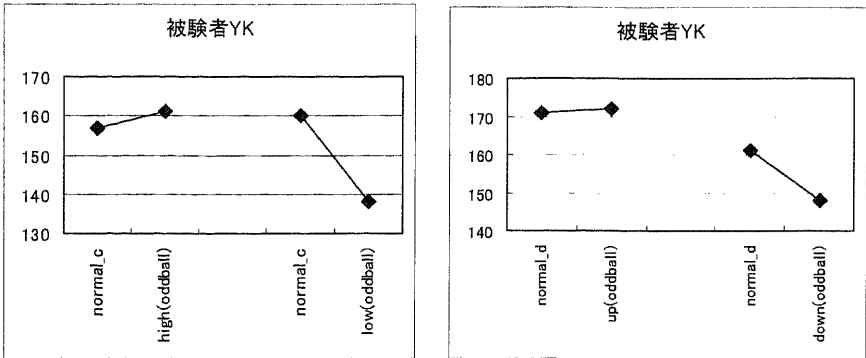


図 4-4 : 被験者 YK の N1・P2 潜時の平均値

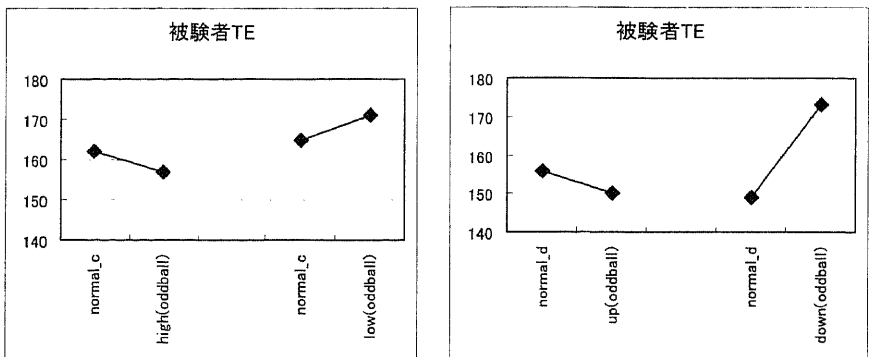


図 4-5 : 被験者 TE の N1・P2 潜時の平均値

まずは、normal\_c / high と normal\_c / low について考察する。被験者 SS と TE で同様の結果になっていることが見て取れる。両者とも非標的課題と標的課題を比較した時、ピッチの高いものの方が数値は小さくなっている。従って、ピッチの高いものほど N1・P2 潜時が早くなると言える。それに対し、被験者 YK においては全く逆の結果が得られた。非標的課題と標的課題を比較した時ピッチの高いものの方が、数値が大きくなっている。

以上のことから、言語音の高さの認知は N1・P2 潜時に影響を及ぼすことが示唆された。被験者によって全く正反対の結果が得られたことが、この結果を否定するものだと筆者は考えていない。あくまでも被験者 YK



が高さに対する認知処理の過程において他の二者とは異なる方略をとっていたに過ぎない。N1・P2 潜時が言語音の高低の認知を反映しているという結果の蓋然性を何ら否定するものではないと考える。

次に normal\_d/up と normal\_d/down の結果について観察する。上のグラフを比較すると、normal\_c を非標的的刺激として用いた課題 (すなわち言語音全体の高低を扱った課題) に値の関係性が非常に似通っていることが読み取れる。具体的には、被験者 YK は normal\_d と比較してピッチが上昇していくもの (up) は潜時が遅くなり、下降していくもの (down) は潜時が早くなっている (図 4-4)。つまり、up が high に、down が low に近い結果になっている。また被験者 TE においては、normal\_d と比較してピッチが上昇していくもの (up) は潜時が早くなり、下降していくもの (down) は潜時が遅くなっている (図 4-3)。従って、被験者 TE においても up が high に、down が low に近い結果になっている。被験者 SS は normal\_d と down の関係においてはほかの二者と同様に low と類似した関係性が見られるが、up の結果は今までの観察からは例外になっている。この例外的な結果が得られた原因について、筆者は up の刺激音が被験者 SS にとって非常に奇異なものであったためではないかと考えている。表 4-1 で全体的な潜時情報を概観すると up はどの成分潜時においても、他の刺激音の成分潜時と比較して最も早いか遅いかのどちらかである。すなわち、被験者 SS にとって up の刺激音は他の刺激音とは異質なものであり、そのため安定した成分潜時が得られなかったと思われる。

以上のことから、ピッチ変動の認知においても N1・P2 潜時が大きく影響していることが示唆された。さらに normal\_c/high と normal\_d/up において、被験者 YK では normal より oddball の潜時がやや遅くなっており (図 4-4)、被験者 TE では normal より oddball の潜時が早くなっている (図 4-5) という点で共通した特徴が見られる。また normal\_c/low と normal\_d/down において被験者 SS と被験者 TE で normal より oddball の方が潜時が遅くなっており (図 4-3・4-4)、被験者 YK では normal より oddball の方が潜時が早くなっている (図 4-5) という点で共通していた。このことから、ピッチが上昇しているものは全体のピッチも高く、ピッチが下降しているものは全体のピッチも低く認知されている可能性が示唆された。

また N2・P3 の潜時を比較すると、被験者 SS と被験者 YK で標的課題の方が非標的課題よりも全体的に早い傾向があるが (表 4-1・4-3)、被験者 TE においては特筆すべき特徴は見られなかった。

#### 4.3.2 ピッチ変化を伴う課題における N1・P2・N2 潜時

次に、normal\_d/up と normal\_d/down における N1・P2・N2 潜時に着目した。以下の図 4-6 に、3 名の被験者の N1・P2・N2 (二峰性の場合は N2a) 潜時を示す。

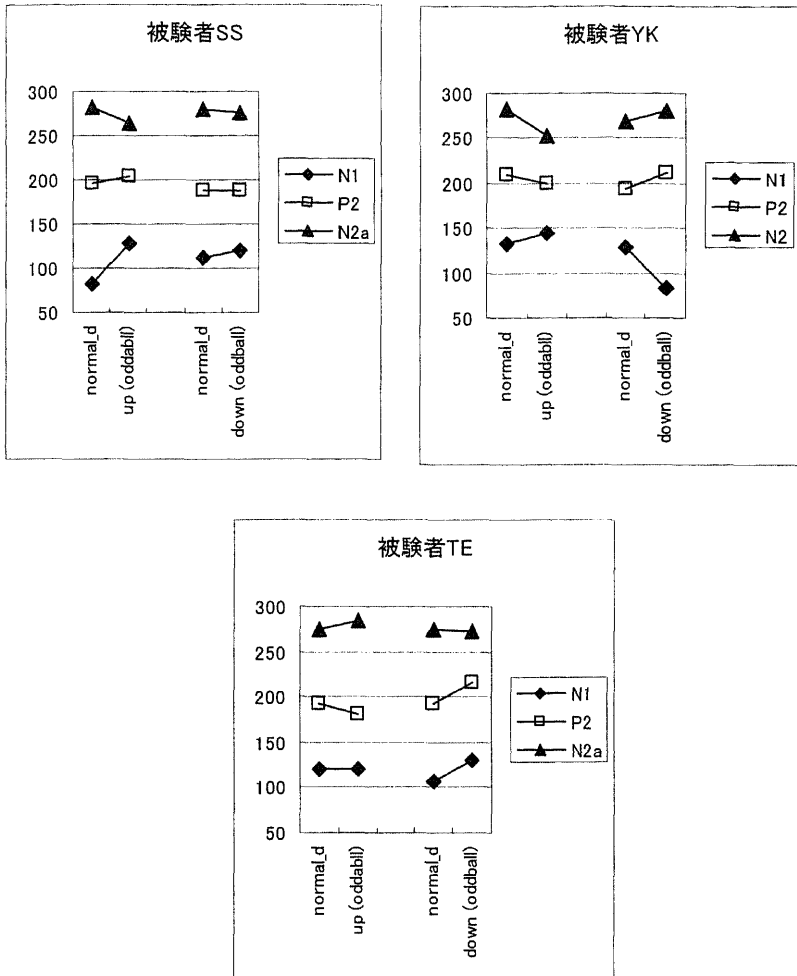


図 4-6 : ピッチ課題における N1・P2・N2 潜時

図 4-6 の被験者 YK のグラフ (右上) の N1 については、normal\_d / up において normal\_d の方が潜時が早くなっているのに対し、normal\_d / down においてはその逆に normal\_d の方が潜時が遅くなっている。P2・N2 についてはどちらも normal\_d / up において normal\_d の方が潜時が遅くなってい

るのに対し、normal\_d / down においてはその逆に normal\_d の方が潜時が早くなっている。したがって被験者 YK について、N1～N2 潜時は up と down で normal\_d との関係性が逆になっている。

被験者 TE のグラフ (下) の N1・P2 については、どちらも normal\_d / up において normal\_d の方がおおむね潜時が遅くなっているのに対し、normal\_d / down においてはその逆に normal\_d の方が潜時が早くなっている。したがって被験者 TE についても、おおむね N1～N2 潜時は up と down で normal\_d との関係性が逆になっている。

被験者 SS では上で述べた 2 名のような結果は得られなかったが、これは被験者 SS が他の 2 名とピッチを聴き取る時の方略が異なっていたというだけに過ぎない。音圧課題では見られなかった特徴がピッチ課題で一部の被験者に現れたということは、音圧とは違う方略をも用いてピッチの変化を聞き分けている可能性を示唆するものであると考える。

なお、丸島 (近刊予定) では発話速度とピッチ変動の認知を反映する波形として N4a が指摘されているが、本研究では遅い潜時の成分波が現れないものも多く、比較することは出来なかった。

## 5 課題③：音質課題

### 5.1 方法

#### 5.1.1 実験機器

実験機器は、課題①②と同様である。3.1.1 を参照。

#### 5.1.2 被験者

被験者は以下の 2 名である。

KN 氏：21 歳、女性、右利き。言語形成地は埼玉県鶴ヶ島市。

TE 氏：22 歳、女性、右利き。言語形成地は神奈川県横浜市 (~6 歳)、アメリカ合衆国ニュージャージー州 (6~12 歳)。

### 5.1.3 刺激音

刺激音は日本語自然言語音の [papapa] を普通に発音したもの (normal\_e) に対してハンカチで口を塞いで発音したもの (hand\_pa)・ペットボトルのキャップを 2 つ口に含んだ状態で発音したもの (cap\_pa)<sup>15</sup>、日本語自然言語音の [bababa] を普通の強さで発音したもの (normal\_f) に対してハンカチで口を塞いで発音したもの (hand\_ba)・ペットボトルのキャップを 2 つ口に含んだ状態で発音したもの (cap\_ba)、の計 6 種類である。調音は課題①②と同様、筆者 (MA) が行なった。

下の図 5-1 に [papapa] の刺激音の一部のスペクトログラムを、図 5-2 に [bababa] の刺激音の一部のスペクトログラムをそれぞれ示す。なお、どちらも左から normal / cap / hand の順である。

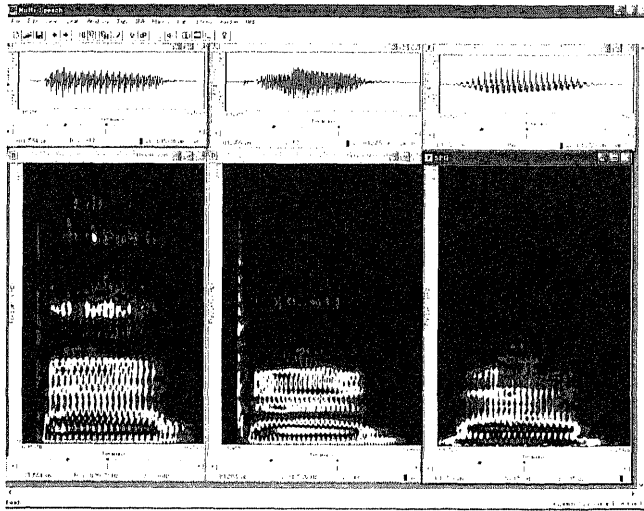


図 5-1 : [papapa] 3 種の刺激音のスペクトログラム

<sup>15</sup> 子音の歪んだ音声を得るためハンカチを押し当て、母音の歪んだ音声を得るためキャップを口に含んだ。

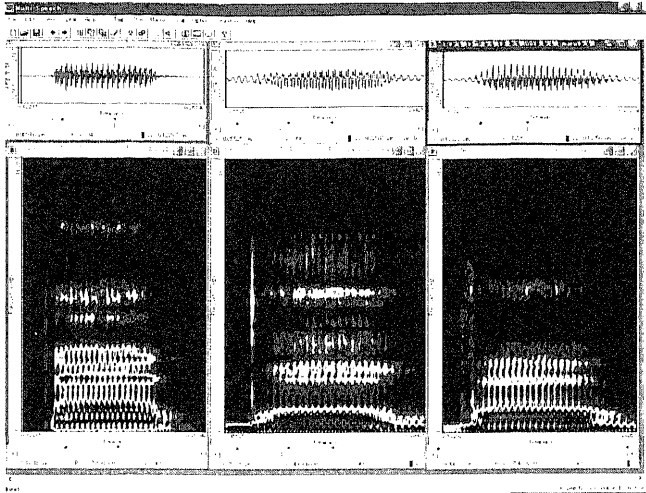


図 5-2 : [bababa] 3 種の刺激音のスペクトログラム

以上の図から、hand ではそれぞれ子音部が歪んでいることがわかる。[papapa] では spike & fill がまったく確認できない。[bababa] では spike がほかの 2 種のように鋭く立ち上らず、かすれたようになっていることがわかる。以上の点から、当初の目的の通りハンカチで口を覆うことで子音の歪んだ刺激音を得られたことが確認された。

次に下の図 5-3 に刺激音の母音部分の第 1・第 2 フォルマントをプロットした散布図を示す。なお、フォルマントは 3 音節のうち最も安定したものの中の定常部分を測定した。

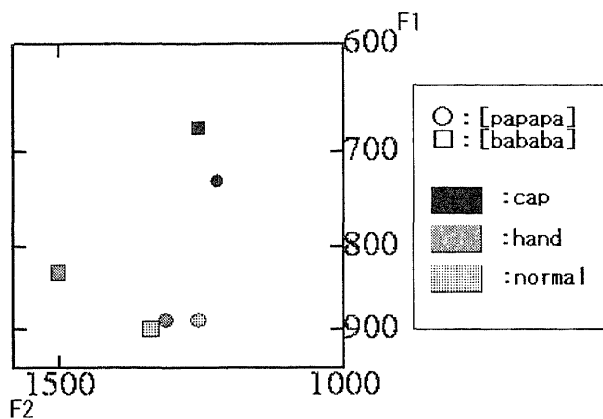


図 5-3 : 音質課題の刺激音の F1・F2 散布図

上のグラフから、cap の音質が特に normal からかけ離れた値になっていることがわかる。したがって、当初の目的通り cap で母音部分が歪んだ刺激音が得られたことが確認できた。

#### 5.1.4 実験手順

課題③も課題①②と同様の手順で実験を行なった。

刺激音は非標的刺激 normal\_e に対する標的刺激として hand\_pa と cap\_pa を、非標的刺激 normal\_f に対する標的刺激として hand\_ba と cap\_ba を組み合わせた。被験者それぞれに刺激音一組ごとに 1 回、合計 4 回の試行を行なった。標的刺激の出現確率を 35% に設定し、各試行では標的刺激が 30 回分に達するまで 3000ms の間隔で提示した。

#### 5.1.5 解析装置

解析に用いた装置は課題①②と同様である。3.1.5 参照。

#### 5.1.6 解析方法

解析の方法は課題①②と同様である。3.1.6 参照。

### 5.1.7 データ処理方法

課題①②と同様、ピーク潜時 (PL)・ピーク間潜時 (IPL) をもとに情報処理を行った。

## 5.2 結果

解析の結果、得られた潜時を以下の表 5-1～5-2 に示す。

表 5-1：被験者 KN のピーク潜時

	N1	P2a	P2b	N2a	N2b	P3
normal_e (pa)	128	192	192	296	464	564
hand(oddball)	114	184	184	282	426	536
normal_e (pa)	124	194	194	380	476	576
cap(oddball)	122	188	188	282	444	576
normal_f (ba)	120	184	184	274	400	570
hand(oddball)	124	184	184	292	360	452
normal_f (ba)	120	180	180	296	400	
cap(oddball)	160	208	256	416	530	630

表 5-2：被験者 TE のピーク潜時

	N1	P2a	P2b	N2a	N2b	P3
normal_e (pa)	116	232	232	298	298	354
hand(oddball)	108	176	176	306	306	336
normal_e (pa)	130	216	216	292	292	352
cap(oddball)	114	218	218	280	280	324
normal_f (ba)	120	196	196	268	268	352
hand(oddball)	136	200	200	272	272	328



normal_f(ba)	120	186	186	284	284	354
cap(oddball)	200	264	264	348	348	428

### 5.3 考察

課題①②と同様、課題③でも N1・P2 潜時に着目した。各課題・各刺激において N1 潜時と P2 潜時の平均の値を取ってグラフ化したものを、以下の図 5-4~5-5 に示す。

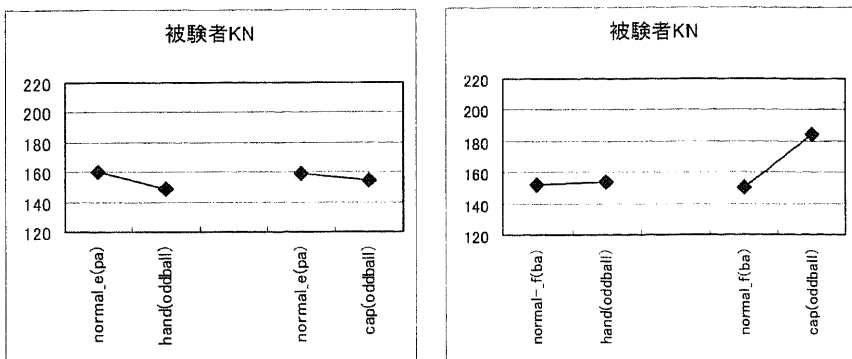


図 5-4：被験者 KN の N1・P2 潜時の平均値

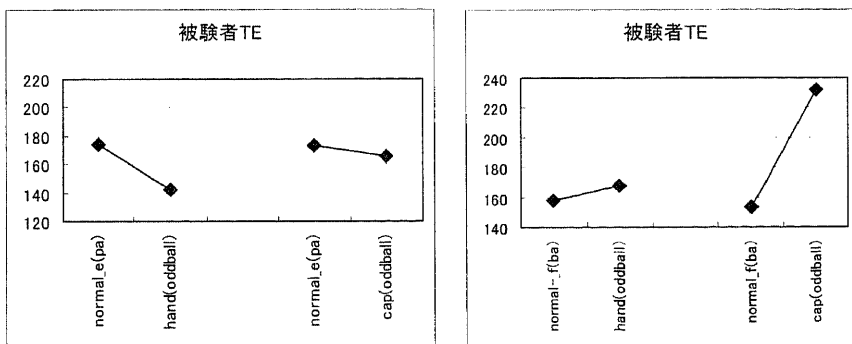


図 5-5：被験者 TE の N1・P2 潜時の平均値

まずは、normal\_e/hand と normal\_e/cap について考察する。これらは全ての刺激音に [papapa] を用いたものである。被験者 KN も被験者 TE も音質を歪めた標的課題の方が、潜時が早くなっていることが上の図 5-4・5-5 から見て取れる。さらに、normal\_e/hand の方が normal\_e/cap よりも標的的刺激と非標的的刺激との差が大きいこともここから判断できる。従って、[papapa] においては不明瞭な音声の方が N1・P2 の反応が早まり、さらに子音の歪みが大きいと考えられる hand の方が cap よりも normal\_e との認知的な落差が大きい傾向があることが示唆された。

次に normal\_f/hand と normal\_f/cap について考察する。これらは全ての刺激音に [bababa] を用いたものである。被験者 KN も被験者 TE も音質を歪めた標的課題の方が、潜時が遅くなっていることが図 5-4・5-5 からわかる。これは、normal\_e を用いた課題とは全く逆の結果である。さらに、normal\_f/cap の方が normal\_f/hand よりも標的課題・非標的間の差異が大きいことが見て取れる。これも、normal\_e の課題とは全く逆の結果になっている。従って、[bababa] においては不明瞭な音声の方が N1・P2 の反応が早まり、さらに母音の歪みが大きいと考えられる cap の方が hand よりも normal\_f との認知面での落差が大きい傾向があることが示唆された。

以上の結果から、音質の認知についても N1・P2 潜時に反映される可能性が示唆された。ただし、分節音の差異によってその結果の傾向性は全く逆になっている。すなわち、音質認知の方略は分節音の種類に大きく左右される蓋然性が大きいと言える。特に各 normal と標的刺激の差に着目すると、[papapa] では子音が歪んでいる hand との差が大きく、[bababa] では母音が歪んでいる cap との差が大きかった。normal との差のより大きいものがより normal とかけ離れた音として認知されているのであれば、子音が有声音か無声音かで、音声の明瞭さを保証する部分としてより重要な箇所が異なると考えられる。分節音の認知と音質というプロソディー情報の認知の相関関係が認め得ると筆者は考える。

次に N2・P3 潜時について比較する。被験者 KN においては、[papapa] の N2 において非標的課題よりも標的課題の潜時が早くなる傾向があるが、[bababa] の N2 においてはこの逆の傾向が見られ、例外はあるものの非標的課題よりも標的課題の潜時が遅くなる場合が多かった (表 5-1)。被験者

KN の P3 潜時、被験者 TE の N2・P3 潜時については、特筆すべき特徴は見出せなかった。

なお、この結果を裏付ける先行研究として高・福盛 (2003) がある。高・福盛 (*ibid.*) では韓国語の語頭両唇破裂音の平音 / 濃音 / 激音 (pa / p'a / pha) の違いが N1・P2 成分のピーク潜時に反映されることが明らかになっている。韓国語のこれらの音は弁別的対立を成すものであるが、音響的には VOT (Voiced Onset Time) の差異として現れる。本研究では必ずしも VOT の差異を反映するような結果を得たわけではない。しかし、分節音や音質の差異が N1・P2 成分のピーク潜時に影響を及ぼしたという点において高・福盛 (*ibid.*) の結果と一致している。

ちなみに、ピーク間潜時の情報からは確たる傾向を見出すことはできなかった。

## 6 まとめ

以上 3 つの課題から、N1・P2 のような比較的早い潜時の ERP 成分波にプロソディー認知が反映される傾向が示唆された。特にピッチ情報と音圧情報の処理には相関関係があるということが、認知の面からも確認されたと言えよう。具体的には、①ピッチ課題では高いものや上昇するものが潜時が早い傾向があり、②音圧課題では大きいものの方が潜時が早い傾向があった。従って、ピッチの高さと音圧の大きさという異なるプロソディー情報に強い相関関係があることが示唆される。

③音質課題では、上の 2 つの課題のように明確な対応があるわけではなく単純な対応関係があるとは考えられないが、処理過程が①②同様 N1・P2 潜時に反映されていることに鑑みれば音質に至ってもピッチ情報や音圧情報と並行的に処理されている可能性が想定できる。今回実験を行なった複数のプロソディー情報は別々に処理されているのではなく、音声を聞き始めて 100~200ms の段階である程度処理されていると考えられる。また③音質課題の結果から、分節音の認知に至ってもある程度プロソディー情報と並行して処理されている部分がある可能性が高い。城生 (2007) はモーラについての研究であるが、ここでも脳波実験の結果からピッチ変化

と分節音を切り離してモーラを抜うことに警鐘が鳴らされている。したがって、認知の面からは分節音の情報とプロソディー情報が必ずしも截然と分かれているわけではないことを、ここに主張しておきたい。

## 7 展望

本研究では、各プロソディー情報の認知について 2~3 名ずつの被験者のデータを観察した。今回、それらにいくつかの共通性が見られたが、差異も少なからず存在した。ピッチ課題がその最たるもので、被験者 YK がほかの被験者とは全く逆の傾向が現れた。城生佰太郎 (1997) でも一部のデータに被験者によって正反対の特徴が見られるものが存在している。今後は、被験者によってどのようなパターンが現れうるかを、追験によって詳細に探っていく必要があると考える。

また、本研究では日本語母語話者のプロソディー認知のみに迫った。日本語は一般的に高さアクセントを持つ言語だと言われているが、強さアクセントや声調を持つ言語を母語とする話者の認知についても検証し、比較検討していく必要があるだろう。

今後の課題としたい。

### 【参考文献】

- 林実・寛一彦 (1989) 「音素・音節検出実験に基づく音声知覚の基本単位の検討」『日本音響学会講演論文集 — I —』355-356.
- 城生佰太郎 (1997) 『実験音声学研究』 勉誠社
- 城生佰太郎 (2005) 『日本音声学研究』 勉誠出版
- 城生佰太郎 (2007) 「モーラの正体再考 —ERP を用いた実験音声学的研究—」『文藝言語研究 言語篇』52 : 23-36.
- 城生佰太郎 (2008) 『一般音声学講義』 勉誠出版
- 高慧禎・福盛貴弘 (2003) 「脳波実験を用いた韓国語閉鎖子音に関する一考察」『言語学論叢』22 : 19-38.

丸島歩 (2007) 「発話速度の実験音声学的研究 ―聴取側の視点から―」修士論文、筑波大学

丸島歩 (近刊予定) 「事象関連電位を用いた発話速度の認知実験」『言語学論叢』 特別号 城生百太郎教授退職記念論文集

# Brain wave experiment about recognition of prosody

Ayumi MARUSHIMA & Hakutarô JÔO

We conducted experiments about prosody recognition.

In these experiments, Japanese native speakers heard a set of Japanese natural speech sounds which have different prosodic patterns each other. These ERPs (event-related potentials) were recorded, and later analyzed in order to investigate how they recognized the sounds.

These results suggest that Japanese native speakers use similar strategies on distinguishing speech sounds with different prosodic information; intensity, pitch or voice qualities.

*Doctoral Program in Literature and Linguistics*

*University of Tsukuba*

*1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8571, Japan*

*E-mail: ayumi\_marushima@yahoo.co.jp*

*Doctoral Program in Literature and Linguistics*

*University of Tsukuba*

*1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8571, Japan*