

イントネーション認知に関する基礎実験 —事象関連電位を用いた脳波研究—^{*}

半田 達郎[†]・福盛 貴弘^{††}

キーワード: イントネーション、応答詞「はい」、事象関連電位、N2 成分、
P3 成分

1 序論

本稿では、事象関連電位を用いた実験音声学的手法によりイントネーションの認知過程を探る。

イントネーションについては、文末に弁別的な特徴が現れるということが多くの研究で指摘されてきている。たとえば Greenberg(1963)では言語の普遍性についての研究において、平叙文と疑問文をイントネーションを用いて区別する言語では、イントネーション上の差異が文末において見られることを指摘している。

これに対し、認知的な観点からは、文末よりも文頭における音響的特徴の重要性を指摘する研究も見られる。城生(2001)では母語話者がすでに習得した言語知識をもとに予測的に言語認知を行っている可能性を指摘し、「脳のトップダウン処理」という言葉をもってこのメカニズムを表して

^{*}本研究を遂行するにあたり、多くの方々との協力が得られた。施設使用を許可していただいた城生佰太郎先生、実験助手をつとめた桐越舞氏、そして被験者の皆様に対し、この場を借りてお礼申し上げる。なお、本研究は、現代日本語文法研究会の日本語文法脳機能研究部会において、富樫純一氏と原案を考え、遂行している共同研究の一環であり、平成 19 年度大東文化大学特別研究費の助成をうけた研究である。

[†]筑波大学大学院人文社会科学部研究科院生

^{††}大東文化大学外国語学部

いる。更に盧(2006)では、この「大脳のトップダウン処理」に注目し、

われわれは会話において、音声情報を最後まで聞くことなしに、始まりのほんの 100-200ms 程度の情報を手がかりとしてさえ、ある程度は結末を推論することができる。つまりは、発話の初頭部から、すでに脳のトップダウン機能に依存したイントネーションの聞き分けを行っている可能性が示唆された、ということである。

という指摘がなされており、文全体にかかるイントネーションが文頭位置において音響レベルで十分に予測し得るという結果を示している。これはイントネーション認知において非常に重要な指摘であると思われる。

ただし、盧(*ibid.*)では初頭第一音節におけるピッチの高低を捉えて認知のキューとなっていると述べられているが、ことピッチ変動の認知に関しては単純な初頭位置の高低だけではなく、変化の方向性、度合いなどが重要なキューとなると考えられる。

この点については本稿と同じく言語音のピッチ変動を大脳生理学的側面から取り扱った先行研究である城生(2005)においても示唆されている。同研究では日本語の高低アクセントが ERP ピーク潜時と相関性を持つことが示唆されており、ピッチ下降を伴う有核アクセントタイプにおいては、ピッチ下降を伴わない無核アクセントタイプよりも N1 成分ピーク潜時が速くなるという実験結果が示されている。そして ERP 潜時の速まりが聴覚情報処理過程における認知の難易度を反映し、より早い潜時を示す有核アクセントタイプは無核アクセントタイプに比べ認知が容易であることが実験結果から示唆されるという指摘をした上で、有核アクセントタイプの持つ急激なピッチ下降という音響的な特徴が同タイプのアクセント認知を容易たらしめている要因であると結論付けている。これは重要な指摘であり、方法論的枠組みを同じくする本研究における一つの指針となり得ると考えられる。

なお、本稿では以上のような先行研究を参考としつつも、あくまでも事象探査型のボトムアップによる帰納的な研究姿勢を旨とする実験音声学的方法論に基づき、虚心坦懐にデータの観察を基礎とした研究方法をとるこ

ととする。

2 目的

イントネーションの異なる日本語の文を聴覚刺激として与え、現出した ERP 成分の特徴を探る。その上で、イントネーションが言語音の聴覚認知過程においてどのような影響をおよぼしているかを検討する。

3 方法

3.1 被験者

被験者として大東文化大学の大学生男性 2 名、女性 6 名、計 8 名にご協力いただき、脳波の収録を行った。これらのうち、男性 2 名、女性 2 名、合計 4 名のデータを有効なものとして解析対象とした。以下に解析を行った被験者の概要を示す¹。

氏名	言語形成地 ²	性別	年齢	利き手
ET	神奈川県	女性	21 歳	右利き
JS	埼玉県	女性	21 歳	右利き
YK	東京都	男性	21 歳	右利き
NK	長野県	男性	21 歳	右利き

3.2 実験器材

本実験は筑波大学人文社会学系棟 B613 音声実験室に設置されている器材を使用して行った。今回の実験における器材の配置図を以下に示す。

¹個人情報保護の点に配慮し、公開する情報は実験情報としての必要最低限にとどめる。

²言語形成期（5～13 歳）を過ごした場所という意味で用いている。

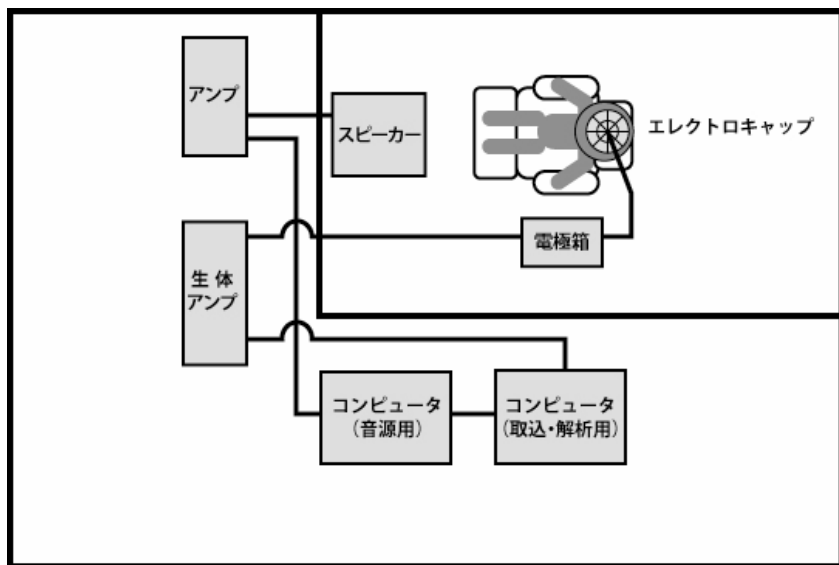


図 1：本実験における器材及び被験者の配置図

被験者を音声実験室に設置されたシールドルーム内の安楽椅子に着席させ、エレクトロキャップを装着し、フリーフィールド³の状態ですピーカから流れる刺激音を聴取させた。刺激音の聴取によって導出された波形は、エレクトロキャップ→生体アンプ→コンピュータの経路で取り込み、記録を行った。

各器材の説明は次の通りである。

増幅器（生体アンプ）：NEC 社製 BIOTOP 6R12 型生体アンプ。低域遮断フィルタ 0.5Hz、広域遮断フィルタ 60Hz、感度 $50 \mu\text{V/fs}$ に設定した。

加算器（取り込み用ソフト）：キッセイコムテック社製 EPLYZER II。上記の生体アンプからコンピュータに搭載した CONTEC 社製 AD12-16U (PCI) E 型 A/D 変換ボードを介して取り込みを行った。標本化 500Hz、

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

プレトリガ-100msec、取り込み時間-100~3000msec、加算回数は各 35 回に設定した。

電極の配置：国際 10-20 法に基づく配置に従った 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。電極の装着には Electro-Cap International 社製エレクトロキャップ EI-L を使用し、同エレクトロキャップを被せた上で同社製の electro-gel を注入した。

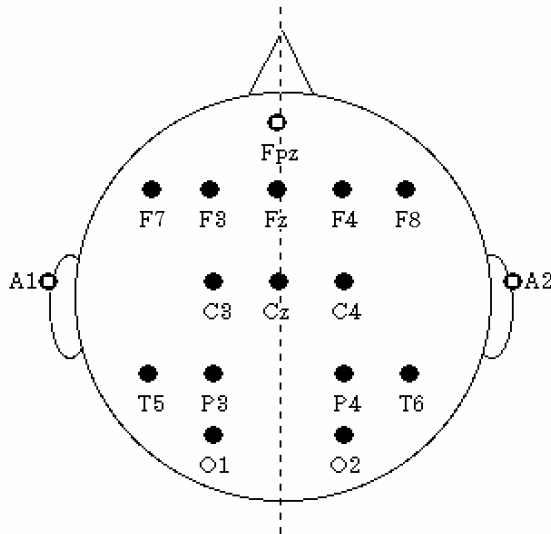


図 2：本実験において使用した電極配置

基準電極：耳朵（図 2 における A1 および A2）、同側耳朶法。

ボディアース：Fpz

トリガ：矩形波によるデジタルトリガ。刺激発生用コンピュータから直接収録用のコンピュータに送られた。

刺激発生装置（実験用ソフトウェア）：Cedrus 社製 SuperLab Pro ver.2.0.4 を Dell 社製 PC 上にて実行。同コンピュータのヘッドフォンジャックから Technics 社製 Stereo Flat Preamplifier 70A 型プリアンプ、同社製 Stereo Power

Amplifier 60A 型パワーアンプを介して、同社製 2-Way Speaker System SB6000 型スピーカに接続し、刺激音を発生させた。

3.3 分析資料

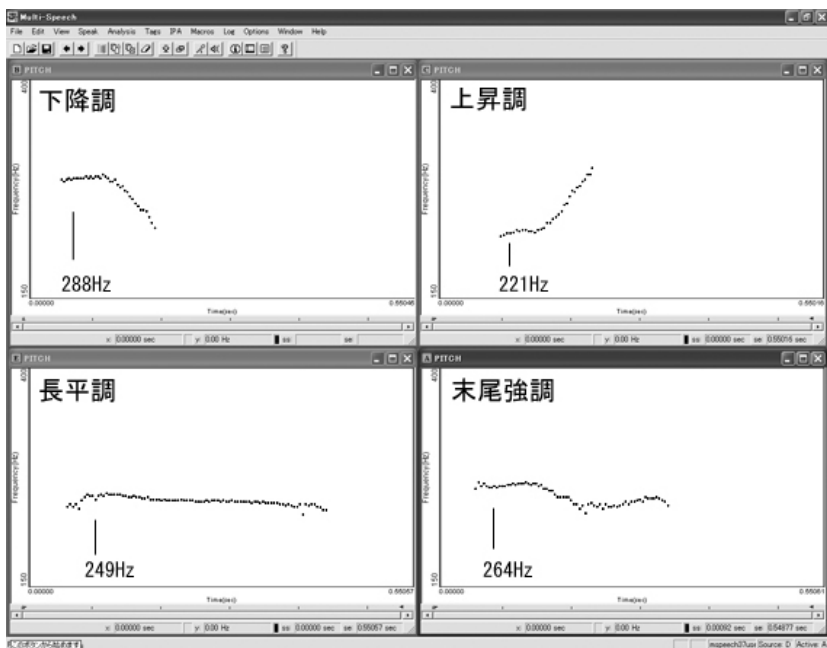
実験では応答詞 1 語からなる文「はい」に 4 種類のイントネーションをかけ、刺激音とした。実験で使ったイントネーションは下降調、上昇調、長平調、末尾強調の 4 種類である。刺激音はすべて自然発話⁴を録音したものを使用し、いずれも日本語母語話者の女性による発話をマイクを介してコンピュータに取り込み、サンプリングレート 44100Hz・量子化 16bit でデジタルファイル化した。

各音声の特徴は次の通りである。下降調は通常の返答で用いられる、ピッチ下降をもつイントネーションであった。上昇調は聞き返しなどで用いられるイントネーションで、発話中盤から大幅なピッチ上昇が見られた。長平調はピッチ変動が少なく、全体的に高く一定のピッチを示した。また、全刺激の中で時間長が最も長かった。末尾強調は相づちと誤解されないために返答を強く念押しするようなイントネーションで、緩やかな下降から緩やかな上昇へと遷移する浅い V 字型のピッチ変動が見られた。

各資料のピッチ曲線を図 3 に示した。また、ピッチの中でもイントネーション予測のトップダウン処理に関わると考えられる初頭部の数値を図中において示した。

解析に用いたソフトウェアは KAY 社製音声解析ソフト Multi-Speech 3700 である。

⁴本稿ではすべての刺激音に自然言語音を使用した。これは、実験音声学では自然言語音の観察が目的となるためである。本庄 (1997: 102-104)、島田・福盛 (2002) 参照。



計測 対象 音調	持続時間長 (msec.)	ピッチレンジ		中央値 (Hz)
		最低値 (Hz)	最高値 (Hz)	
下降調	291	249	294	286
上昇調	382	221	288	231
長平調	500	233	259	249
末尾強調	359	233	272	253

図 3：各刺激音のピッチ曲線及び持続時間長とピッチの値
(横軸はすべて 550msec.に揃えてある)

3.4 手順

実験ではまず被験者をシールドルーム内に設置した安楽椅子に座らせ、エレクトロキャップの装着を行った。電極の状態を確認後、被験者には「これからスピーカから流れてくる音を頭の中で繰り返してください」という

指示を与えた。また、実験中は半眼かつ口を半開きにしてリラックスした状態を保つように伝えた。その後、シールドルーム内の照明を消し、被験者の前方に配置したスピーカから刺激音を流し、フリーフィールドの状態で聴取させた。

実験では合計 4 回の試行を行った。前述の状態でシールドルーム内で安静状態を取らせた被験者に対し、同一刺激を 3000msec.の間隔で 35 回提示し、1 試行とした。その際、波形収録時間はトリガから 2000msec.に設定し、35 回分の波形を収録した。各試行の間には被験者の状態を確認し、また被験者を休ませるため、小休止を挟んだ。

3.5 解析方法

再加算編集および解析にはキッセイコムテック社製ソフトウェア EPLYZER II および ATAMAP II を用いた。

今回の実験ではイントネーションごとによる ERP 波形成分を析出し、それらの特徴を探ることを目的とするため、波形目視による観察を行い、700msec.前後までの間において見られる各陽性波および陰性波のピーク潜時と電圧を測定し、刺激ごとの対応関係の検討を行った。各ピークには極性ごとに早いものから番号を振った。陽性波では P1、P2、P3、陰性波では早いものから N1、N2、N3 という形で示してある。

なお、筋電・瞬目等のアーチファクトについては波形目視により除去を行った。

4 実験結果

4.1 ピーク潜時およびピーク電圧

はじめに、ピーク潜時及びピーク電圧の計測結果を示す。有意な反応が見られた F3、F4、C3、C4、P3、P4 の数値を表 1 に示す。

また、全被験者のグラウンドアベレージ波形を図 4 で示す。

表 1-1 : 被験者 ET における ERP 成分ピーク潜時及びピーク電圧

	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
	成分	部位						
下 降 調	N1	潜時(msec.)	76	102	76	100	132	100
		電圧(μ v)	1.88	3.07	1.92	2.72	1.04	4.18
	P2	潜時(msec.)	230	232	228	232	228	232
		電圧(μ v)	0.19	-2.46	-1.81	-2.42	-2.39	-1.82
	N2	潜時(msec.)	296	290	296	280	296	278
		電圧(μ v)	6.60	5.70	6.32	6.61	2.60	4.37
	P3	潜時(msec.)	348	356	358	344	370	344
		電圧(μ v)	-1.43	-2.10	0.30	-2.28	-1.71	-1.81
	N3	潜時(msec.)	434	414	438	414	464	470
		電圧(μ v)	6.57	4.96	7.58	6.00	4.98	3.40
	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
	成分	部位						
上 昇 調	N1	潜時(msec.)	98	108	96	106	98	104
		電圧(μ v)	1.03	0.63	-0.23	0.28	-0.12	-0.37
	P2	潜時(msec.)	242	226	242	232	242	226
		電圧(μ v)	-0.61	0.07	-3.70	-1.64	-4.22	-1.80
	N2	潜時(msec.)	318	304	316	312	318	314
		電圧(μ v)	4.90	6.91	4.51	5.09	2.51	3.66
	P3	潜時(msec.)	372	370	374	372	374	372
		電圧(μ v)	-2.10	-2.41	-4.76	-4.64	-4.99	-4.47
	N3	潜時(msec.)	474	472	468	462	500	462
		電圧(μ v)	3.44	5.80	2.66	5.03	2.04	3.88
	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
	成分	部位						
長 平 調	N1	潜時(msec.)	152	148	154	142	154	169
		電圧(μ v)	2.07	0.86	0.72	-0.41	0.26	0.30
	P2	潜時(msec.)	228	232	226	220	210	220
		電圧(μ v)	-1.89	-3.01	-3.09	-3.83	-2.82	-3.89

末尾強調

N2	潜時(msec.)	284	288	288	288	288	286
	電圧(μv)	5.74	6.08	7.57	6.63	5.43	4.28
P3	潜時(msec.)	362	346	380	356	380	388
	電圧(μv)	-0.62	-2.24	-1.98	-4.32	-2.12	-3.37
N3	潜時(msec.)	424	518	464	444	464	444
	電圧(μv)	6.79	5.14	6.45	4.77	4.35	2.91
成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
N1	潜時(msec.)	156	118	120	118	116	168
	電圧(μv)	1.32	0.87	1.38	0.14	2.20	0.57
P2	潜時(msec.)	226	190	234	190	234	228
	電圧(μv)	-2.73	-3.00	-3.63	-3.26	-2.31	-1.72
N2	潜時(msec.)	284	296	288	294	276	288
	電圧(μv)	2.89	4.29	3.18	5.11	3.12	4.88
P3	潜時(msec.)	366	374	366	374	378	376
	電圧(μv)	-2.22	-3.13	-2.67	-2.63	-1.17	-0.88
N3	潜時(msec.)	436	438	434	440	434	440
	電圧(μv)	4.68	5.43	4.96	6.48	4.00	5.90

表 1-2 : 被験者 JS における ERP 成分ピーク潜時及びピーク電圧

下降調

成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
N1	潜時(msec.)	134	138	138	138	170	170
	電圧(μv)	2.15	3.18	-0.65	0.86	-2.79	-1.41
P2	潜時(msec.)	184	186	188	186	222	224
	電圧(μv)	-7.00	-6.24	-7.84	-4.04	-7.80	-7.15
N2	潜時(msec.)	292	286	290	286	286	286
	電圧(μv)	4.94	5.04	4.80	6.96	2.79	3.99
P3	潜時(msec.)	378	372	372	390	416	392

上 昇 調		電圧(μv)	-6.51	-5.85	-9.63	-5.40	-7.91	-7.94
	N3	潜時(msec.)	624	624	606	616	594	608
		電圧(μv)	1.82	0.59	-2.85	-0.35	-3.15	-3.79
	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
	N1	潜時(msec.)	100	98	100	98	144	98
		電圧(μv)	1.03	3.47	1.76	4.07	3.13	2.77
	P2	潜時(msec.)	122	122	176	170	176	170
		電圧(μv)	-3.22	-1.66	-3.52	-0.97	-3.97	-1.64
	N2	潜時(msec.)	300	318	314	318	316	316
		電圧(μv)	4.53	6.84	7.34	6.14	6.38	5.39
	P3	潜時(msec.)	386	390	374	422	374	422
		電圧(μv)	-2.80	-2.44	-2.18	-2.22	-0.71	-2.80
	N3	潜時(msec.)	470	478	470	478	470	478
		電圧(μv)	4.77	5.61	6.80	6.83	7.49	6.56
	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
長 平 調	N1	潜時(msec.)	94	96	152	152	152	162
		電圧(μv)	2.95	2.58	0.37	1.92	1.78	3.83
	P2	潜時(msec.)	168	170	166	188	198	188
		電圧(μv)	-5.03	-4.93	-2.70	-4.26	-3.50	-5.19
	N2	潜時(msec.)	314	316	320	316	320	316
		電圧(μv)	7.34	5.82	5.58	4.07	5.31	2.54
	P3	潜時(msec.)	386	384	386	384	386	384
		電圧(μv)	-8.50	-8.28	-10.05	-9.07	-7.06	-9.28
	N3	潜時(msec.)	518	512	520	526	536	556
		電圧(μv)	4.13	3.75	2.67	2.05	0.88	0.76
	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
	N1	潜時(msec.)	120	136	104	116	102	116
末 尾 強		電圧(μv)	1.00	0.10	1.24	-0.14	1.85	0.47

調

P2	潜時(msec.)	174	178	174	178	172	178
	電圧(μv)	-8.64	-8.76	-9.71	-10.00	-7.00	-7.67
N2	潜時(msec.)	308	316	308	316	320	322
	電圧(μv)	5.48	6.31	2.38	5.90	0.60	3.43
P3	潜時(msec.)	394	392	394	392	404	418
	電圧(μv)	-11.26	-11.33	-12.44	-10.53	-9.06	-8.27
N3	潜時(msec.)	502	460	556	462	556	560
	電圧(μv)	0.60	-0.08	0.76	2.14	5.17	6.63

表 1-3：被験者 YK における ERP 成分ピーク潜時及びピーク電圧

下
降
調

成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
N1	潜時(msec.)	148	148	148	148	154	156
	電圧(μv)	1.27	2.13	0.90	1.61	0.74	1.09
P2	潜時(msec.)	238	232	238	218	248	182
	電圧(μv)	-2.23	-2.68	-2.70	-1.98	-1.55	-1.73
N2	潜時(msec.)	294	290	290	292	298	292
	電圧(μv)	5.94	5.53	3.36	4.49	2.40	1.72
P3	潜時(msec.)	374	386	382	378	416	394
	電圧(μv)	-3.94	-2.33	-4.47	-2.60	-3.18	-2.91
N3	潜時(msec.)	478	462	486	454	558	562
	電圧(μv)	2.21	3.51	1.15	2.73	-0.13	0.60

上
昇
調

成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
N1	潜時(msec.)	172	176	122	122	146	120
	電圧(μv)	2.22	1.36	1.38	1.18	0.79	0.87
P2	潜時(msec.)	244	246	244	224	244	166
	電圧(μv)	-2.72	-1.85	-2.71	-1.99	-2.40	-1.67
N2	潜時(msec.)	304	288	304	302	304	298

長 平 調		電圧(μv)	3.54	3.90	2.55	3.49	0.39	1.13
	P3	潜時(msec.)	376	418	376	418	376	418
		電圧(μv)	-4.47	-1.96	-5.64	-3.16	-4.18	-2.06
	N3	潜時(msec.)	454	456	454	456	494	458
		電圧(μv)	0.88	3.37	0.56	1.66	-0.58	0.54
	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
	N1	潜時(msec.)	138	152	136	142	130	130
		電圧(μv)	3.53	1.05	3.60	2.04	1.16	1.82
	P2	潜時(msec.)	190	236	190	202	220	212
		電圧(μv)	-0.77	-0.99	-0.63	0.33	-1.53	-0.60
	N2	潜時(msec.)	302	318	300	292	292	292
		電圧(μv)	3.12	3.70	2.03	4.10	0.27	1.31
	P3	潜時(msec.)	378	396	368	396	410	376
		電圧(μv)	-3.21	-3.40	-3.66	-2.44	-4.49	-1.95
	N3	潜時(msec.)	462	478	456	478	462	478
		電圧(μv)	2.76	2.46	2.71	2.60	0.70	1.65
	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
	N1	潜時(msec.)	180	140	178	140	180	140
		電圧(μv)	2.95	1.45	0.96	0.84	0.99	0.09
末 尾 強 調	P2	潜時(msec.)	212	248	212	196	232	196
		電圧(μv)	0.37	-0.48	-0.67	-1.16	-1.10	-1.31
	N2	潜時(msec.)	290	334	290	340	296	370
		電圧(μv)	4.41	3.84	3.85	4.66	1.83	1.93
	P3	潜時(msec.)	410	392	410	402	342	416
		電圧(μv)	-1.74	-1.38	-2.55	0.45	-1.98	0.51
	N3	潜時(msec.)	480	458	480	486	502	492
		電圧(μv)	5.63	6.28	4.14	5.38	2.02	3.01

表 1-4 : 被験者 NK における ERP 成分ピーク潜時及びピーク電圧

	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
	成分	部位						
下 降 調	N1	潜時(msec.)	124	104	136	104	132	118
		電圧(μ v)	2.90	0.34	1.87	1.43	2.05	0.72
	P2	潜時(msec.)	164	152	164	152	164	142
		電圧(μ v)	-4.74	-3.54	-3.97	-4.41	-2.38	-4.55
	N2	潜時(msec.)	278	282	280	286	278	280
		電圧(μ v)	6.70	7.16	9.81	5.34	7.65	2.39
	P3	潜時(msec.)	346	356	352	358	362	374
		電圧(μ v)	-2.52	-4.81	-3.62	-3.53	-0.32	-3.34
	N3	潜時(msec.)	436	436	390	438	396	438
		電圧(μ v)	3.11	5.46	4.16	4.40	5.75	3.20
	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
	成分	部位						
上 昇 調	N1	潜時(msec.)	192	148	192	148	192	184
		電圧(μ v)	4.23	5.25	3.24	2.90	2.23	0.37
	P2	潜時(msec.)	220	212	220	206	220	202
		電圧(μ v)	-4.56	-2.42	-3.81	-2.17	-3.70	-2.59
	N2	潜時(msec.)	300	316	302	316	306	316
		電圧(μ v)	6.09	7.20	8.94	7.89	6.33	5.24
	P3	潜時(msec.)	396	398	388	400	396	400
		電圧(μ v)	-4.86	-5.41	-5.16	-6.04	-6.10	-5.32
	N3	潜時(msec.)	456	484	456	476	456	460
		電圧(μ v)	4.92	5.51	7.15	5.06	4.89	4.56
	成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
	成分	部位						
長 平 調	N1	潜時(msec.)	172	164	176	212	218	218
		電圧(μ v)	4.67	3.66	5.10	3.50	6.84	6.76
	P2	潜時(msec.)	240	230	242	238	250	242
		電圧(μ v)	-3.46	-2.88	-2.46	-0.64	-3.43	0.35

末尾強調

N2	潜時(msec.)	292	290	290	290	310	296
	電圧(μv)	6.90	8.80	8.40	8.68	8.21	5.78
P3	潜時(msec.)	494	496	450	496	452	496
	電圧(μv)	-3.65	-6.31	-3.89	-5.57	-4.56	-5.02
N3	潜時(msec.)	516	538	514	538	514	538
	電圧(μv)	0.22	-1.77	2.82	0.90	4.75	0.61
成分 \ 部位		F3	F4	C3	C4	P3	P4
N1	潜時(msec.)	176	180	178	178	168	170
	電圧(μv)	1.96	0.38	6.23	1.68	4.65	2.82
P2	潜時(msec.)	230	230	220	222	220	216
	電圧(μv)	-6.12	-5.16	-7.32	-3.38	-3.61	-3.07
N2	潜時(msec.)	308	306	300	300	288	352
	電圧(μv)	1.43	4.62	1.01	3.12	0.49	1.82
P3	潜時(msec.)	384	388	384	388	384	402
	電圧(μv)	-11.14	-9.98	-7.11	-9.31	-5.43	-8.24
N3	潜時(msec.)	448	450	450	446	450	442
	電圧(μv)	2.22	3.11	3.24	1.89	4.49	3.88

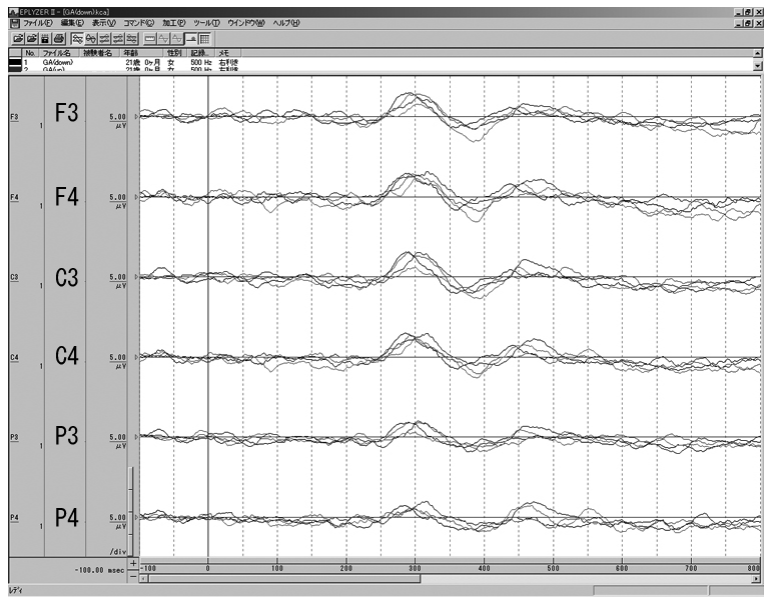


図 4：各刺激のグランドアベレージ

4.2 ピーク間潜時

以下に各被験者におけるピーク間潜時 (IPL : Inter Peak Latency) を求め、表 2 に示す。

表 2-1：被験者 ET のピーク間潜時

	F3	F4	C3	C4	P3	P4
P2-N2 下降調	66	58	68	48	68	46
	76	78	74	80	76	88
	56	56	62	68	78	66
	58	106	54	104	42	60
N2-P3 下降調	52	66	62	64	74	66
	54	66	58	60	56	58

P3-N3	長平調	78	58	92	68	92	102
	末尾強調	82	78	78	80	102	88
	下降調	86	58	80	70	94	126
	上昇調	102	102	94	90	126	90
	長平調	62	172	84	88	84	56
	末尾強調	70	64	68	66	56	64

(msec.)

表 2-2 : 被験者 JS のピーク間潜時

		F3	F4	C3	C4	P3	P4
P2-N2	下降調	108	100	102	100	64	62
	上昇調	178	196	138	148	140	146
	長平調	146	146	154	128	122	128
	末尾強調	134	138	134	138	148	144
N2-P3	下降調	86	86	82	104	130	106
	上昇調	86	72	60	104	58	106
	長平調	72	68	66	68	66	68
	末尾強調	86	76	86	76	84	96
P3-N3	下降調	246	252	234	226	178	216
	上昇調	84	88	96	56	96	56
	長平調	132	128	134	142	150	172
	末尾強調	108	68	162	70	152	142

(msec.)

表 2-3 : 被験者 YK のピーク間潜時

	F3	F4	C3	C4	P3	P4	
P2-N2 下降調	90	84	90	70	94	26	
	上昇調	72	70	122	102	98	46
	長平調	52	84	54	60	90	82
	末尾強調	32	108	34	56	52	56
N2-P3 下降調	56	58	52	74	50	110	
	上昇調	60	42	60	78	60	132
	長平調	112	82	110	90	72	80
	末尾強調	78	86	78	144	64	174
P3-N3 下降調	80	96	92	86	118	102	
	上昇調	72	130	72	116	72	120
	長平調	76	78	68	104	118	84
	末尾強調	120	58	120	62	46	46

(msec.)

表 2-4 : 被験者 NK のピーク間潜時

	F3	F4	C3	C4	P3	P4	
P2-N2 下降調	40	48	28	48	32	24	
	上昇調	28	64	28	58	28	18
	長平調	68	66	66	26	32	24
	末尾強調	54	50	42	44	52	46
N2-P3 下降調	114	130	116	134	114	138	
	上昇調	80	104	82	110	86	114
	長平調	52	60	48	52	60	54
	末尾強調	78	76	80	78	68	136
P3-N3 下降調	68	74	72	72	84	94	

上昇調	96	82	86	84	90	84
長平調	202	206	160	206	142	200
末尾強調	76	82	84	88	96	50

(msec.)

5 考察

5.1 ピーク潜時

まず、各成分のピーク潜時に注目する。

計測を行った成分のうち、最も安定した潜時で現出したのは N2 成分であった。ピーク潜時はおおよそ 280msec. から 320msec. の間であったが、解析を行ったすべての被験者において上昇調のものでは下降調のものに比べおおよそ 20msec. から 30msec. 遅くなる顕著な傾向性が見られた。下降調、上昇調の刺激における全被験者の N2 成分ピーク潜時の平均値を図 5 のグラフで示す。

長平調の刺激及び末尾強調の刺激でも N2 潜時において潜時の遅れが一部見られたが、その傾向にはばらつきがあり、有意性を見出すのは難しかった。長平調の刺激では 2 名の被験者で 15～30msec. の遅れが見られたが、残りの 2 名についてははっきりとした遅れは現れず、下降調とほぼ同じ潜時であった。また、末尾強調では 3 名の被験者でやはり 30msec 程度の遅れが見られたが、残りの 1 名は下降調とほぼ同じ潜時であった。

また、P3 成分でも同様に、下降調に比べ上昇調のもので 10msec. から 40msec. 遅れる傾向がすべての被験者で共通して確認された。次に下降調、上昇調の刺激における全被験者の P3 成分ピーク潜時の平均値を図 6 のグラフで示す。

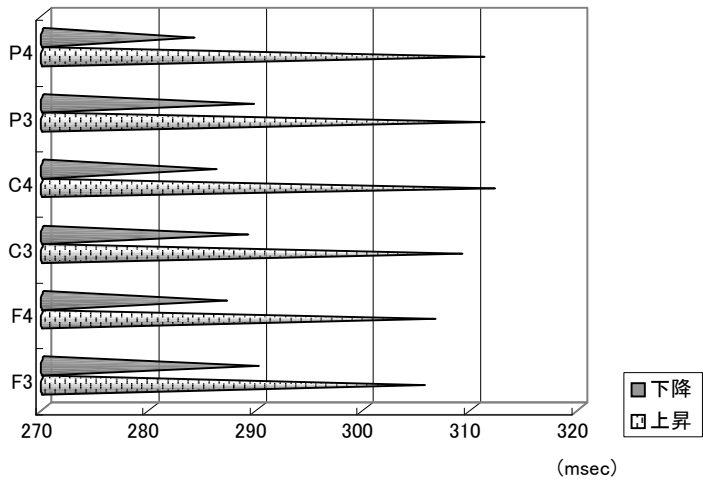


図 5 : N2 成分におけるピーク潜時の平均値の比較

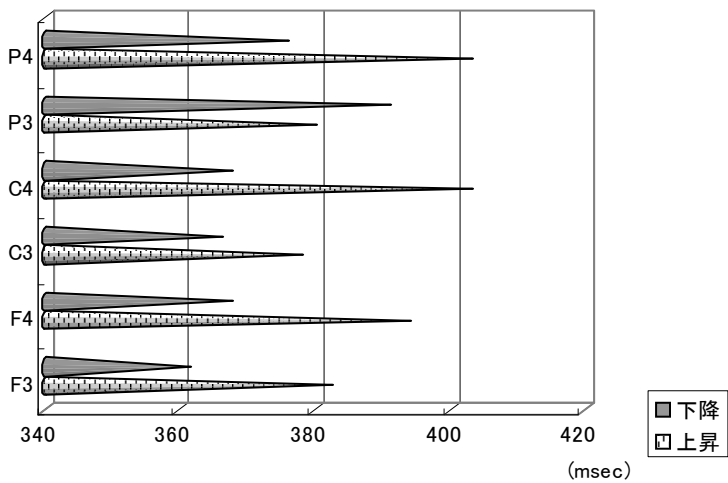


図 6 : P3 成分におけるピーク潜時の平均値の比較

長平調の刺激では 2 名の被験者で P3 潜時の遅れが見られたが、残りの 2 名では遅れは見られず、また末尾強調でも 3 名の被験者において P3 潜時の遅れが認められたが、1 名の被験者において遅れが見られなかった。

N1、P2 成分については各被験者では刺激ごとに比較のまとまった潜時に現れたものの、ピーク潜時の遅速について、N2、P3 のような傾向性は見られなかった。また、N3 についても同様にして観察を行ったが、被験者ごと、課題ごとのピーク潜時のばらつきが大きく、特徴を見出すのは難しかった。

左右半球間での潜時の比較も行ったが、有意な遅速差は確認できなかった。また、前頭部の波形では前述のように N2、P3 成分におけるピーク潜時などに顕著な差が見られたが、後頭部の波形では 700msec.以下の潜時において刺激に対応すると思われる特徴は認められなかった。

5.2 ピーク間潜時

次に、ピーク間潜時を検討する。

P2-N2 間に注目すると、3 名の被験者において下降調の刺激よりも上昇調の刺激の IPL が長くなる傾向が観察されたが、残り 1 名では確認できなかった。また、N2-P3 間を見てみると、IPL の遅速関係に優位な一貫性は見られなかった。P3-N3 潜時についても同様で、傾向性を見出すことは難しかった。以上のことから、IPL とイントネーションとの相関性を見出すことは非常に難しいと考えられる。

5.3 ピーク電圧

最後に、ピーク電圧について考察する。

ピーク電圧は、N2 成分及び P3 成分のピーク電圧が最大となるものが最も多かったが、刺激ごとの一貫性は見られず、傾向性を見出すことは難しかった。

そこで、最も特徴的だと判断できる N2-P3 成分のピーク電圧の和を求め、傾向性があるかどうかを検討したい。表 3 に N2-P3 成分におけるピーク電圧の合計値を示す。なお、陰極の電圧は負の数で表示されているが、陽極の正の数との加算によって相殺されるのを避けるために、絶対値で加算を

行い、被験者の平均値を算出した。表 3 に平均値を示す。

表 3 : N2-P3 成分におけるピーク電圧合計値の平均値 (単位 : μV)

		F3	F4	C3	C4	P3	P4
N2-P3	下降調	9.90	9.50	9.63	9.03	7.22	6.93
	上昇調	7.92	8.30	9.54	8.10	7.67	6.45
	長平調	8.25	8.86	7.84	8.09	7.45	5.68
	末尾強調	7.71	9.15	7.70	8.99	4.73	6.25

これまでの城生(1997, 2001, 2005) や福盛(1999, 2002, 2004)などの研究において、聴覚刺激の反応については、前頭部(F)および中央部(C)において優位な反応が現出することが指摘されている。この結果を踏襲して、本研究の N2-P3 成分をみると、F3・F4・C3・C4 において一貫して下降調の電圧が最大であることが確認できる。

5.4 イントネーションと ERP 成分との相関性

本研究では、イントネーションの聴覚認知過程を明らかにすることを目的とし、ERP を用いた聴覚実験音声学的方法によって検証を行った。実験の結果得られた波形の特徴をまとめると、次のようになる。

- ① ピーク潜時については、下降調の N2 ピーク潜時が上昇調のものよりも速くなる傾向性が認められた。また、下降調の P3 ピーク潜時でも上昇調のものより速くなる傾向が認められた。これに対し、長平調、末尾強調では一貫した傾向性は見られなかった。
- ② ピーク電圧については、N2-P3 成分の電圧の和において、下降調が最大の電圧を示す傾向性が得られた。上昇調、長平調、末尾強調については一貫した傾向性は見られなかった。
- ③ IPL、電圧差などでは刺激に対して優位な相関関係は見出せなかった。

すなわち、下降調イントネーションに対する上昇調イントネーションにおける N2 ピーク及び P3 ピーク潜時の遅れ、および下降調イントネーションにおける N2-P3 成分のピーク電圧の和が最大になるということが、本実験によって析出されたイントネーションとの相関性を持つ ERP 潜時上の特徴であるということができる。

城生(2005:448-449)で、ERP 潜時の遅速について、先行研究を踏まえて次のような指摘がされている。

すなわち、これらの指摘から、特に感覚系や運動系における一過性で高速の処理を必要とする系における神経活動においては、刺激的で単純かつ明快な課題ほど処理時間は短縮されるのに対し、複雑で慢性化した不明瞭な課題においては処理時間が延長されること、また、このような脳の activity は、加齢とともに減退する可能性があることなどが窺知されている。

従って、これを日本語のアクセント課題に当てはめて解釈すれば、わたしたちの聴覚情報処理系の営みでは、相対的な見地から見るとアクセント核のあるモーラの方を、無核のモーラよりも鮮明に受け止めているということが示唆されることとなる。

つまり、潜時の遅速が課題に対する処理時間を反映し、卑近な言い方をすればその音声の聞きやすさを反映しているということである。このことに基づいて本実験の結果を解釈するならば、下降調イントネーションが上昇調やその他のイントネーションパターンに比べ速い潜時において安定して現出しているという事実は、下降調イントネーションが我々にとって聞きやすく、いわばイントネーションパターンの認知におけるデフォルトパターンになっているということを示唆していると考えられる。これに対し、上昇調、長平調、末尾強調のイントネーション認知では、聞き取った音声がこのデフォルトパターンから逸脱しているために認知処理過程に時間がかかり、N2 ピーク潜時・P3 ピーク潜時の遅れという形で ERP 上に反映されるということに他ならない。また、上昇調・長平調・末尾強調各パターンの相互の関係については被験者間で一様ではなかったため、現時点で結

論を見出すには至らなかった。

また、潜時の遅速差における傾向性が得られた N2 成分と P3 成分において、セットで N2-P3 成分と捉えた結果、ピーク電圧において下降調で最大になった。この点は、下降調という「はい」という応答において最も自然なイントネーションに対して、明瞭な反応を示したものだと考えられる。

最後に、これまでの聴覚刺激による音声認知課題における結果と本研究の結果を比べる。城生(2005)においてアクセント認知課題で特徴的であった成分は、N1・P2 成分であった。一方、本稿におけるイントネーション認知課題でピーク潜時の遅れが見られたのは N2・P3 成分であった。また、福盛(1999, 2002, 2005)において、分節音の識別が N1 および N2 成分に反映しやすいことが指摘されている。これらから、分節音と超分節音を包括したファース流のプロソディ(Firth 1948)の観点を再考したい。それぞれの音声処理が截然と分かれているのではなく、何らかの形で重畳して音声認知処理が行われているという点は、N1 および N2 成分で分節音と超分節音に対する反応が重畳している点から窺知される。しかし、本実験結果では、アクセントとイントネーションが脳における言語音声の認知処理過程で異なっている可能性を示唆している。この点から、音声認知処理は、総合的に行われる過程と個別的に行われる過程が並存しているという仮説を提示しておきたい。

6 結語

以上、本稿では事象関連電位を用いた実験音声学的方法論によりイントネーション認知に関しての検討を行った。その結果、下降調と上昇調のイントネーションでは下降調イントネーションにおいて N2、P3 成分ピーク潜時が早くなる、および下降調イントネーションにおいて N2-P3 成分のピーク電圧が最大となるという傾向性が見られた。

ただし、本稿は少数の被験者によるパイロットスタディ的意味合いが強いものであり、更なるデータの積み重ねにより検討を重ねていく必要がある。また、本稿では明確な傾向性を見出すに至らなかった下降調、上昇調以外のイントネーションパターンについても今後の検討課題としたい。

【参考文献】

- Firth, J. R. (1948) 'Sounds and prosodies,' *Transactions of the Philological Society*. 127-152.
- 福盛貴弘 (1999) 「日本語における/p, t, k, b, d, g/の脳内認知」『岡山大学言語学論叢』7 : 31-61.
- 福盛貴弘 (2002) 「言語音の認知と ERP 成分における N1 成分との相関性」『岡山大学言語学論叢』9 : 19-34.
- 福盛貴弘 (2004) 『トルコ語の母音調和に関する実験音声学的研究』勉誠出版.
- 福盛貴弘 (2005) 「事象関連電位を用いた『目で見える音声』 — 日本語単音節におけるパイロットスタディ — 」『茨城大学留学生センター紀要』3 : 65-77.
- Greenberg, J. H. (1963) *The languages of Africa*. Bloomington: Indiana University.
- 本庄巖編著 (1997) 『脳からみた言語 脳機能画像による医学的アプローチ』中山書店.
- 城生佰太郎 (1997) 『実験音声学研究』勉誠社.
- 城生佰太郎 (2001) 『アルタイ語対照研究』勉誠出版.
- 城生佰太郎 (2005) 『日本音声学研究』勉誠出版.
- 盧嘉 (2006) 「大脳のトップダウン処理に注目したイントネーション研究 — 中・日対照 — 」『一般言語学論叢』9 : 59-79.
- 島田武・福盛貴弘 (2002) 「P300 から見た自己音声の認識」『室蘭工業大学紀要』52 : 43-51.

A Basic Experiment on Intonation Perception

Tatsuro HANDA & Takahiro FUKUMORI

The purpose of this study is to discuss the effect of intonation in the cognitive process of speech sound. To serve this purpose, we observed the features of ERP elicited by listening to the phrases with different intonation patterns. Four kinds of intonation patterns were chosen: rising, falling, prolonging, and end stressing. Eight right-handed Japanese undergraduate students participated in this experiment, and we acquired four sets of data that seemed to be valid.

The results were as follows:

- (1) When subjects listened to the phrase with a rising intonation, the peak latency of the N2 tended to delay by 20msec. to 30msec. in comparison to the phrases with a falling intonation.
- (2) When subjects listened to the phrase with a rising intonation, the peak latency of the P3 tended to delay by 10msec. to 40msec. in comparison to the phrases with a falling intonation.
- (3) When subjects listened to the phrases with a longing and end stressing intonation, we couldn't detect any clear tendency in the ERP peak latencies.

Doctoral Program in Literature and Linguistics

University of Tsukuba

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

E-mail: s0730034@ipe.tsukuba.ac.jp

Faculty of Foreign Languages

Daito Bunka University

1-9-1 Takashimadaira, Itabashi, Tokyo 175-8571, Japan

E-mail: ICG01649@nifty.com