

# 単語・非単語の音声認知メカニズム

## —日本語3モーラ単語・非単語を用いた検討—

木戸口英樹・齊藤智  
京都大学大学院教育学研究科

**概要:** 私たちは新奇な単語、非単語を聞く時、それらをどのように知覚するのであろうか。この認知メカニズムは意識化されない長期記憶の知識が関与し、また言語特異的である可能性がある。本研究ではこの意識に上らない単語・非単語の認知メカニズムをバイモーラ頻度、隣接語数を操作した日本語3モーラ単語、非単語を用いた語彙判断課題から検討する。そして隣接語数により3タイプに分類された日本語3モーラ単語、非単語は語彙判断課題で個々のタイプに応じた固有の反応時間を示すことから日本語の語彙認知メカニズムを論じる。

### 問題

単語・非単語に対する認知処理を認知処理を規定する要因として音素配列規則と隣接語数が挙げられるが、これらは2つの独立したメカニズムで作用すると考えられている(Thorn & Frankish, 2005)。

**音素配列規則(phonotactics)**とは私たちの長期記憶にある言語の音素配列構造の知識であり、下位語彙(単語の音素、分節等)の認知や再生に利用される。日常生活でよく耳にする頻度の高い音素配列の分節は認知されやすく、意味内容を問わない語彙判断や復唱課題では高頻度の音素配列の分節をもつ非単語は低頻度のそれより反応が速い。つまり音素配列規則の効果は下位語彙レベルでは音素配列の分節の頻度が高いと促進的に働く(Gathercole, et al., 1999)。

**音韻隣接語彙(phonological lexical neighbors)**とは2つの子音、1つの母音で構成されるCVC1音節非単語の場合、子音、母音のいずれか一つの音素が他の子音、母音の音素と入れ替わることで生起する通常は複数の単語グループである(非単語gekの隣接語はget, gee, gel, eek, nek etc)。また多くの隣接語をもつ単語は隣接語の少ない単語より再生率は良いが、語彙判断や復唱の反応が遅くなり隣接語数が抑制的に働くことが知られている(Roodenry & Hulme, 2002)。非単語の脆弱な音韻表象は、その非単語に類似する音韻隣接語彙の語彙的・意味的な表象を活性化させる。ゆえに多数の隣接語をもつ非単語は、それが少ない非単語よりも多くの語彙・意味表象を活性化させる(ibid)。

**単語らしさ(wordlikeness)**は単語・非単語に対する認知処理メカニズムの要因の3つ目の指標である。これはある言語で構成された非単語の単語らしさの程度を数値で評定した主観的な指標であるが、この主観性は長期記憶の音素配列規則や音韻隣接語彙知識の影響を反映している可能性がある。なお日本語では、日本語の音素配列規則反映する

バイモーラ頻度と単語らしさは相関関係にあるが、低バイモーラ頻度での単語らしさは高・低で多様に評定され単純な相関関係にはない(Kidoguchi, 2007)

**先行研究:** 語彙判断課題に非単語を用いた先行研究では単音節CVC非単語を材料とし、bi-phoneであるCV音素とVC音素の頻度の総数と、語彙から見たCV, VCの隣接語彙の総数はほぼ同等なものとし、語彙判断RTの指標としていたが、近年正確にはC-Cを加えたCV, C-C, VCの隣接語彙の総和がある非単語の隣接語彙の総和だと考えられている(Thorn & Frankish, 2005)。現在、隣接語数数の効果をCV, C-C, VC, 3者の個々のパターン別に語彙判断RTから論じた研究は見当たらないが、これは英語のC-Cの絶対数の少なさに由来する。

**音声発話知覚のモデル**としてCohortモデル(Marslen-Willson, 1989), TRACE(McClelland & Elman, 1986), Shortlist (Norris, 1994), NAM (Luce & Pisoni, 1998)が挙げられるが、Cohortモデルを除き、語彙のおよび下位語彙のレベルの処理を仮定した並列分散処理モデルであるが、長期記憶の関与、語彙競合、語彙の活性度はモデルにより異なる。本研究ではWM内の外部音韻項目と短期、長期記憶内の語彙表象との競合、共鳴を仮定する神経生理学モデルであるART(Adaptive Resonance Theory)モデルを採用する。

**ART 改変モデル:** Vitevitch & Luce(1999)が改変したGrossberg(1986)のARTモデルは以下の特徴を持つ:(1) List chunkがWM内のitemsから合致する信号を受け取ると興奮性の信号をitemsに送り返し、resonance(共鳴)が生起する。(2) Chunk同士が同じ層で競合する。(3) 長いchunkが短いchunkを抑制する。(3) 競合を経てWM内のitemsと最適なlist chunkが確定される(図1)。

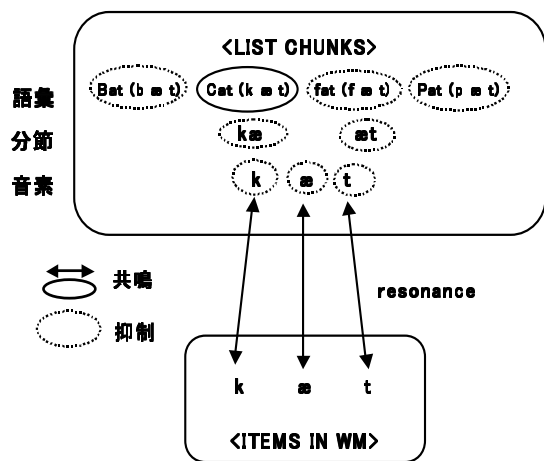


図1. ART 改変モデル (Vitevitch & Luce, 1999)

本研究の目的：本研究では ART 改変モデルが日本語でも適用できるように隣接語彙数を総和でなく 3 タイプに分け語彙認知を検討する。そこで英語の CV, C-C, VC, の代わりに日本語 3 モーラ単語・非単語を使う。これは英語では C-C タイプの隣接語数が母音の数でありその総数が極めて少数であるが、日本語 3 モーラでは 2 番目のモーラは母音に限定されることなくその総数が非常に多いことから上記 3 パターンの反応時間が安定して測定できるという言語特性を利用する(図2)。

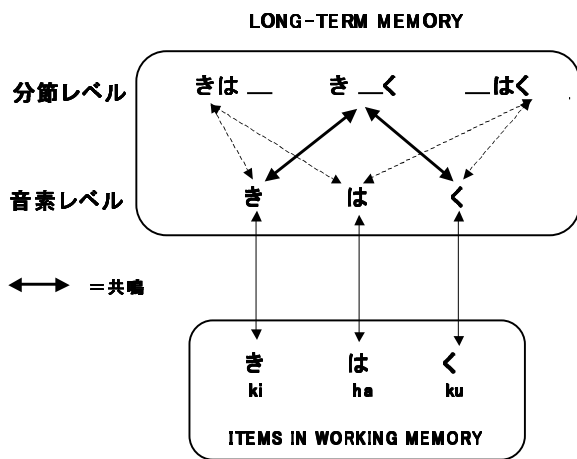


図2. 日本語 ART 改変モデル

### 実験

日本語 3 モーラ単語・非単語で語彙判断課題を行うと、隣接語彙総数だけでなく、隣接語彙 3 タイプによっても私たちの語彙判断時間に差が生じることを示す。刺激項目：音声日本語 3 モーラ単語、非単語(バイモーラ頻度、隣接語彙数を操作した 3 タイプ)。タスク：語彙判断課題(刺激項目が単語と非単語の混合)。

要因計画：2 (非単語の単語らしさ：低・高) × 3 (3 モーラタイプ) × 2 (語彙性：単語・非単語) の 3 要因混合計画。単語・非単語の 3 モーラタイプとはバイモーラ頻度を統制し隣接語彙数を操作した 3 タイプ (タイプ I = 3 モーラ目を変数とする単語・非単語、タイプ II = 2 モーラ目を変数とする単語・非単語、タイプ III = 1 モーラ目を変数とする単語・非単語) である。

方法：単語・非単語をリスト内でランダムに聴覚呈示する語彙判断課題を実施。

3 モーラ日本語非単語：本研究では語彙判断課題のための実験刺激として英語 CVC 非単語に準じ日本語 3 モーラ非単語を作成した。長期記憶から単語の知識を統制するために以下の手続きを踏んだ：3 モーラ非単語の 1,2 番目のモーラと 2,3 番目のモーラをバイモーラ頻度表 (Tamaoka, et al. 2004) から頻度の近似したものを組み合わせて作成した(例：頻度が 600 の「はよ」と頻度が 620 の「よけ」両バイモーラを組み合わせた 3 モーラ非単語「はよけ」の頻度は両者を平均し 610 とした)。このようにして頻度はバイモーラ頻度表の頻度で 0 から 9900 万までを頻度別に 10 段階に区分し (appendix 1 参照)、この区分に従って非単語 150 個を作成し、さらに単語らしさ (wordlikeness) を評定した。なおこれらの非単語内では同じ子音、母音の重複は避けた。

表1. タイプ別日本語 3 モーラ非単語・単語らしさ(低)

	単語らしさ	非単語	M1, M2	M1, M3	M2, M3	モーラ頻度
タイプ I	2.8	とだぬ	10	0	1	6
	2.3	りはて	7	0	1	9
	2.7	へにふ	23	12	0	4
	2.8	きがて	23	10	3	10
	2.5	けそわ	9	2	2	4
	<b>2.6</b>		<b>14.4</b>	<b>4.8</b>	<b>1.4</b>	<b>6.6</b>
タイプ II	2	ほゆじ	2	27	0	7
	1.9	もぬは	8	41	2	2
	2.5	つはみ	0	17	0	8
	2.8	たふり	2	27	2	9
	2.4	ほてし	10	40	3	11
	<b>2.3</b>		<b>4.4</b>	<b>30.4</b>	<b>1.4</b>	<b>7.4</b>
タイプ III	2.4	ざのむ	0	3	13	8
	2.2	べはそ	4	5	9	6
	2.6	ぬやせ	1	0	4	5
	2.6	るみや	1	1	18	12
	2.8	じのて	4	1	5	6
	<b>2.5</b>		<b>2.0</b>	<b>2.0</b>	<b>9.8</b>	<b>7.4</b>

次にこれら 3 モーラ非単語を隣接語彙数に応じて 3 タイプに分類した。まず 1 番目と 2 番目のモーラを固定し 3 番目のモーラを変数とした場合、辞書見出し語から得られる単語の隣接語彙総数が 2,3 番目や 1,3 番目の隣接語彙数と比較し有意に多いもの(非単語「こばぬ」の場合「こば?」の隣接語彙数は 18 個、「?ばぬ」は 2 個、「こ?ぬ」は 1 個)をタイプ I、同様に 1 番目と 3 番目のモーラを固定し隣接語彙数の多いものをタイプ II (例：非単語「てほし」)

の場合「て?し」は33個、「てほ?」は1個、「?ほし」は3個)、2番目と3番目のモーラを固定し1番目のモーラを変数とした場合の隣接語彙数の多い非単語をタイプⅢ、(例:「りなす」の場合「?なす」は33個、「りな?」は0個、「り?す」は3個)、とした。これらの3条件に合う非単語を150個から複数抽出し、さらにこれらを単語らしさの評定が低いもの(平均2.6)と高いもの(平均3.4)の2群に分け、最終的には各群15個ずつ30個を作成した(表1,単語らしさ高は省略)。なお、先行研究のbi-phone頻度に相当するバイモーラ頻度は各3タイプで統制し有意差はない。また各タイプの隣接語彙数の有意差は、単語らしさの低い非単語のM2,M3 > M1,M2, M1,M3(p<.10.)を除いて見られなかった。

表2. タイプ別日本語3モーラ単語

	非単語	M1, M2	M1, M3	M2, M3	モーラ頻度
タイプⅠ	にがて	15	2	3	12
	しかと	72	32	9	13
	くろめ	41	15	12	11
	くらげ	27	8	5	11
	はしご	18	15	5	13
		<b>34.6</b>	<b>14.4</b>	<b>6.8</b>	<b>12.0</b>
タイプⅡ	きはく	17	86	37	12
	しずか	14	37	6	12
	こぶし	23	95	23	9
	かねつ	10	60	15	11
	さばき	12	36	10	9
		<b>15.2</b>	<b>62.8</b>	<b>18.2</b>	<b>10.6</b>
タイプⅢ	だせき	9	10	87	13
	ばけつ	4	3	44	13
	やける	13	12	54	14
	けじめ	2	3	21	12
	むかし	17	9	44	15
		<b>9.0</b>	<b>7.4</b>	<b>50.0</b>	<b>13.4</b>

3モーラ日本語単語: 単語の選定では音声単語らしさの平均が5.7のものを辞書見出し語から抽出し非単語同様タイプⅠ、タイプⅡ、タイプⅢのタイプに応じ隣接語数の多い語を選択した。ここでも各単語内では同じ子音、母音の重複は避けた。3タイプのモーラ頻度に有意差は見られなかった(表2)。

### 手続き

被験者: 大学生、大学院生26名、平均年齢20.4歳。被験者はコンピュータモニターの前に座り、画面上での注視点と合図音の後に音声呈示される単語・非単語の刺激に対し、利き手でできる限り速く正確にyes/noのキー押すことが要求された。3モーラ単語の平均呈示時間は1412ms, 単語らしさの高い非単語では1430ms, 低い非単語では1424msで3者に有意差はなかった。単語、非単語の1モーラの平均長は350ms, モーラ間のスペースの平均は200msとした。これらの音声刺激は日本人女性のピッチ、アクセントがフラットな音声でデジタル録音された。音声刺激は被験者から70cm離れた左右の外部スピーカーから75dBで再生された。反応時間は音声刺激のオンセットからキー押しのオンセットまでの時間から音声刺激のオンセットからオフセットまでの時間を引き算しmsで測定した。練習試行は8個、本

試行では30個の単語・非単語の語彙判断を行った。被験者は実験室で個別に実験に参加した。

### 結果

まず単語と非単語のエラー率では単語の方が有意に高かった(F(1, 10)=6.59, p<.05.)。また単語では単語らしさの高い非単語と組み合わせさせたものが単語らしさが低い非単語と組み合わせさせた場合よりエラー率が有意に高かった(p<.05.)。非単語では単語らしさが高いものが低いものよりエラー率が有意に高かった(p<.05.) (表3, 図3)。以下の反応時間のデータ分析ではこれらのエラー項目は除外した。

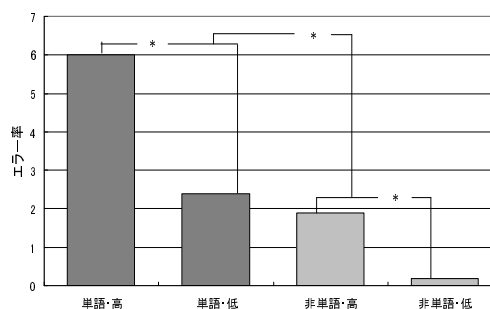


図3. 単語・非単語のエラー率

次に先行研究に準じ、単語・非単語の隣接語数の総和と反応時間を見る。単語では隣接語数に応じて反応時間も比例していることが分かる。ところが非単語では隣接語数に関わらず反応時間に有意差は見られなかった(図4,5)。

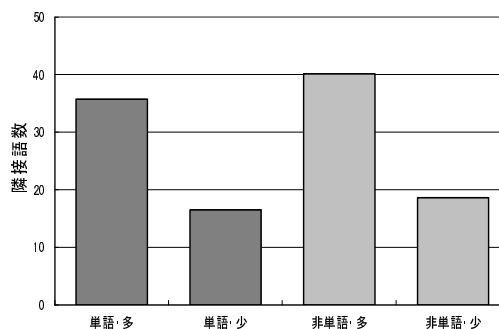


図4. 単語, 非単語の隣接語数

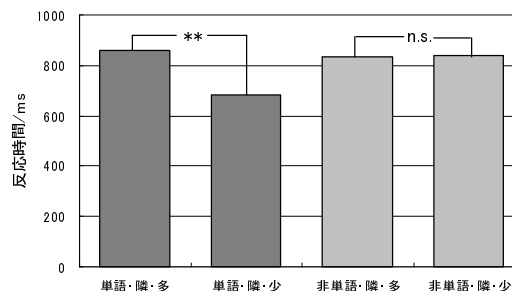


図5. 単語, 非単語のRT

表 3. 語彙判断課題での日本語非単語 3 タイプとエラー率

パターン 語彙性	タイプ I		タイプ II		タイプ III	
	単語	非単語	単語	非単語	単語	非単語
非単語の 単語らしさ 高	6.7	0.0	4.6	5.1	6.7	0.5
非単語の 単語らしさ 低	2.6	0.0	1.0	0.0	3.6	0.5

表 4. 日本語単語・非単語 3 タイプと平均 R T

パターン 語彙性		タイプ I		タイプ II		タイプ III	
		単語	非単語	単語	非単語	単語	非単語
非単語の 単語らしさ 高	N	13	13	13	13	13	13
	M	738.0	889.8	786.3	861.7	771.8	940.5
	S.D.	133.8	204.6	168.9	262.5	124.8	456.1
非単語の 単語らしさ 低	M	726.7	889.7	819.3	821.8	767.4	853.3
	S.D.	138.3	208.9	149.6	194.9	160.2	247.6

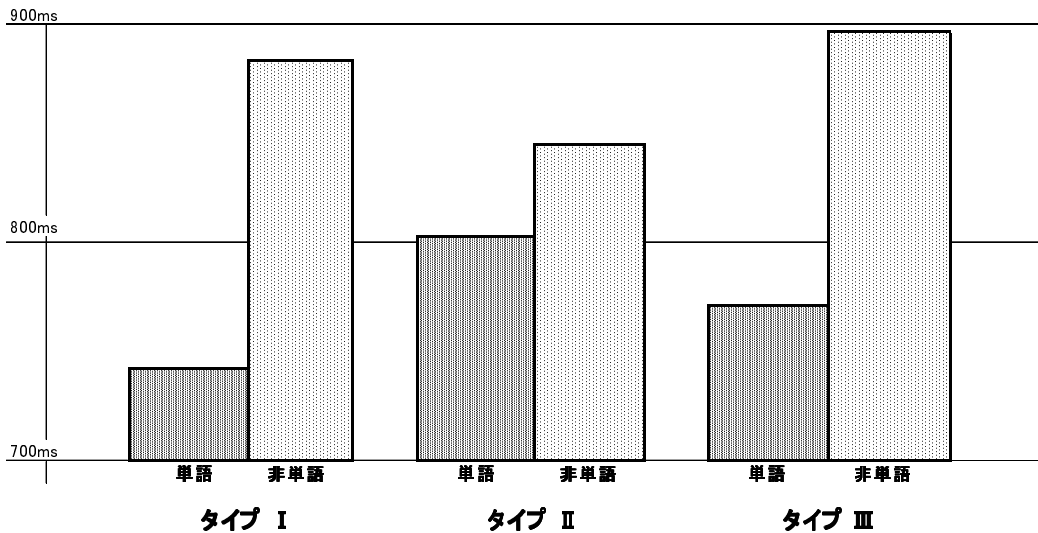


図 6. 3 タイプの単語・非単語の語彙判断反応時間

表 4 は非単語の単語らしさの高・低および単語・非単語 3 タイプでの反応時間である。分散分析を行った結果、3 タイプと単語・非単語との間に一次の交互作用が有意であった ( $F(2, 48)=3.48, p < .05$ )。その他の交互作用および主効果は有意でなかった。そこで 3 タイプに対する単語、非単語の単純主効果を検定した結果、単語に対する 3 タイプの主効果 ( $F(2, 48)=6.02, p < .01$ ) およびタイプ I での単語・非単語の主効果が見られた ( $F(1, 24)=14.45, p < .01$ )。タイプ III に対する単語・非単語の単純主効果は有意傾向であった ( $F(1, 24)=3.92, p < .10$ )。また、単語の 3 タイプに対する多重比較ではタイプ II > タイプ I = タイプ III ( $p < .05$ ) であり、3 タイプ中タイプ II の反応時間が最も遅かった(図 6 参照)。

#### 考察

分散分析で単語と非単語の関係を見ると、タイプ I での単語と非単語間で単語の反応時間が速く統計的にも有意差があり ( $p < .01$ )、タイプ III でも単語の反応時間が速く統計的にも差は有意傾向であった。3 タイプのバイモータ頻度は統制されているので、両タイプで単語の方が反応時間が速いのは先行研究の単語語彙判断での結果を踏襲している。しかしタイプ II では単語と非単語間で統計的有意差が見られなくなっている。単語の反応時間では、まず 3 タイプで単語らしさの高・低による差は見られなかった。これは単語・非単語の混合語彙判断課題で、単語の語彙判断反応時間は非単語の単語らしさの高・低には影響を受けなかったことになる。次に単語の 3 タイ

プでの反応時間はタイプⅡが最も遅かった。バイモラ頻度を統制することで単語認知には隣接語彙の総和だけでなく、隣接語彙のタイプに応じて語彙認知の反応時間に差が生じることが分かった。この結果は先行研究では言及されておらず、本実験で初めて明らかになった知見である。また日本語の語彙認知にはユニークネス・ポイントは有効であり、PDPモデル,ART、コホートモデルを組み入れた日本語ART 改変モデルから今回の結果の説明が可能である。

### 総合考察

先行研究のパラダイムでは単語の隣接語彙数の総和から語彙判断の反応時間を測定してきたが、本研究では日本語3モーラ単語を音声刺激材とし3タイプの反応時間を個々に測定し語彙認知のメカニズムを検討した。以下では日本語3モーラ単語3タイプに反応時間差が生じる要因を日本語 ART 改変モデルから考察する。

図7で共鳴 (resonance) とは外部から入ったワーキングメモリ内の刺激と短期、長期記憶内の複数の語彙チャンク(分節)や語彙表象が共鳴する競合状態であり、その中から最も共鳴するより長いチャンクあるいは語彙表象に注意が向けられ他の短いチャンクあるいは競合する語彙表象は抑制され最適なものと同定される。

タイプⅠの反応時間の速さは援用した Cohort モデル(Marslen-Wilson,1987)から説明できる。つまりこのタイプでは隣接語彙頻度の高い最初の2モーラ(図7では「きは□」)を聞くことで複数の隣接語彙(cohort)が活性化し始め、3モーラ目を聞き終わると直ちに、あるいは3モーラ目すべてを聞き終える前に音声呈示された刺激の候補が絞り込まれ語彙判断が行われるために反応時間が最も速くなると考えられる。キー押し反応の位置を音声解析ソフトで分析した結果、すべてのデータでキー押し反応の位置が音声刺激のオフセットの後であったが、これは筋運動が音声知覚より遅れることが原因であると思われる。語彙判断は音声刺激のオフセット以内で生起している可能性は否定できない。

タイプⅢの単語では1,2番目のモーラを聞いても隣接語彙はあまり活性化しないが、多くの隣接語彙を持つ最後の2モーラ M2,M3 を聞き終えた時点で初めて隣接語彙の活性化レベルが高まり、まだ減衰していない1番目のモーラと照合し語彙判断を下す。このプロセスは英語 CVC 単語にも当てはまる。タイプⅡでは単語「きはく」の場合(図7参照)、隣接語彙数が多いのは最初の2モーラでも最後の2モーラでもなく、1番目と3番目のモーラの組み合わせである。そのために、最初の2モーラ M1,M2 では隣接語彙の活性化のレベルが低く語彙判断が困難で、最後の2モーラに注意が移行するがそこでも隣接語彙数は少なく活性化のレベルは低い。そこで次の方略として最初に呈示された1番目と最最も情報が新

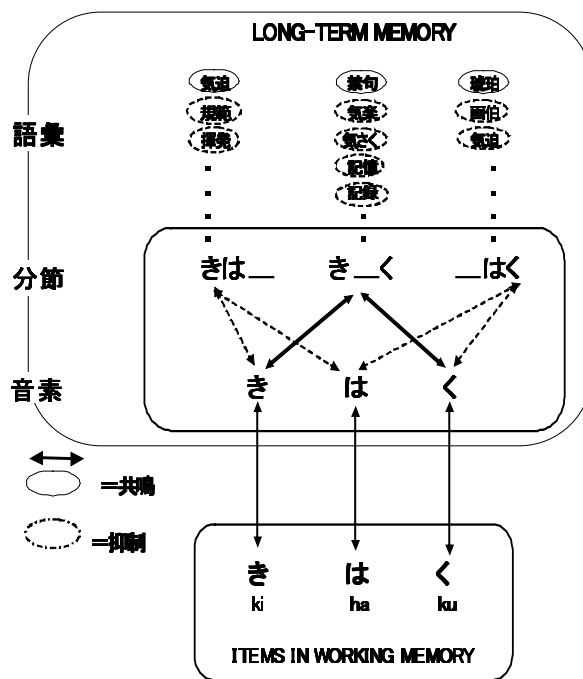


図7. 日本語 ART 改変モデルと共鳴(タイプⅡ)

しい3番目のモーラの組み合わせに注意が向かい、そこで初めて複数の隣接語彙が活性化し「きはく」が共鳴・競合を経て同定され、単語であるという語彙判断が行われる。系列再生パラダイムからは1番目と3番目のモーラは初頭効果、新近性効果を持ち記憶の減衰は少ないと考えられるが、この認知プロセスは3タイプの中で、最も時間の要するものとなる。これが本研究の語彙判断実験でタイプⅡの単語の反応時間を遅くしたメカニズムであると考えられる(図7では太い実線が共鳴状態を表す)。なおこれら3タイプの語彙処理はタイプⅠ,Ⅲ,Ⅱの順に単に系列処理負荷が高くなるからにすぎないと言う反論も可能であるが、被験者の語彙処理速度は極めて高速(平均 768.3ms/word)であり、音声刺激の聴取と同時に処理され私たちの意識的・能動的な操作は不可能であると言えよう。

非単語の語彙判断: 次に本実験では3タイプに有意差の得られなかった非単語の語彙判断処理について考察する。ARTモデルでは非単語に関しては長期記憶内のチャンクや語彙表象との共鳴は想定していない(Grossberg, 2003.,Vitevitch, & Luce, 1999)。しかし非単語では分節の音韻表象は活性化するが語彙表象は生起しないという従来モデルや知見に対し、近年非単語でもある程度隣接語彙が活性化する可能性が指摘されている(Vitevitch & Luce,1999, Roodenrys & Hinton, 2002, Thorn & Frankish, 2005)。本研究の日本語 ART 改変モデルでは非単語処理は可能であると考えられる。今回の実験課題は単語、非単語の語彙判断課題であるが、このような課題では単語と非単語がランダムに呈示されるため非単語であっても初期には単語の処理がなされ、長期記憶

との検索(共鳴・競合)過程では下位語彙分節の音韻表象は活性化するが、同定される語彙がないと判明した時点、あるいは処理時間切れ(タイムアウト)で非単語と判断される。つまりこの非単語処理プロセスは上述の日本語 ART 改変モデル単語の処理プロセスに準ずるため、検索不能判断までに要する時間だけ単語処理より反応時間が遅くなる。

以上是非単語の語彙判断時間が単語のそれより遅くなる説明であっても、今回の実験結果の非単語3モーラタイプの反応時間に差が生起しない説明にはならない。ひとつの仮説として、今回の実験で作成した非単語自体の問題を指摘する。非単語作成の手順として、非常に頻度の低いバイモーラを組み合わせて3モーラ非単語としたが、そのために M1,M2 の2モーラ処理段階でコホートが活性化せずほぼ非単語と判断され、3モーラ目の聴取で確定することになる。このプロセスは非単語3タイプすべてに当てはまり、結果として3者間に有意差が生起しなかったのである。

### 結論

近年、アルファベット CVC 単語および非単語の隣接語彙数と反応時間の関係では CV,C-C,VC の総和が隣接語数とされてきたが、そこからはまだ語彙認知のより精巧なメカニズムは見えてこない。本研究では音声単語・非単語の認知メカニズムを日本語3モーラ単語・非単語の語彙判断実験から検討した。バイモーラ頻度、隣接語彙数の操作によって、日本語3モーラ単語・非単語をタイプ I (M1,M2,□), タイプ II (M1,□,M3)およびタイプ III (□,M2,M3)の3タイプに分類した結果、単語では反応時間に明らかな差が生じた。この結果からバイモーラ頻度を統制することで単語認知には隣接語彙数が大きな効果をもつことが分かった。この結果は私たちが新奇な音声単語・非単語を聞く場合、無意識に長期記憶からの語彙知識が活性化されその語彙を処理していることを示唆していると思われるが、このことはワーキングメモリーが長期記憶の活性化された状態である (Cowan, 1988., Kintsch, 1999) という主張に沿うものである。今回の研究では日本語 ART 改変モデルをもとに日本語モーラを実験刺激とした実験から英語での先行研究にはなかった音声語彙認知のより詳細な知見が得られた。このことから、言語一般に共通する音声語彙認知のメカニズムを解明する要因として音素配列規則や隣接語彙以外に言語依存的な何らかの要因があると言えようが、この要因は今後さらに検討される必要がある。

### References

Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human - information system, *Psychological Bulletin*, 104, 2, 163-191.  
Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102,

211-245.  
Gathercole, S. E., Frankish, C. R., Pickering, S. J., & Peaker, S. (1999). Phonotactic influences on short-term memory. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 25, 84-95.  
Grossberg, S. (2003). Resonant neural dynamics of speech perception. *Journal of Photetics*, 31, 423-445.  
Kidoguchi, H. (2008). Unpublished MA thesis at Kyoto University.  
Luce, P. A., & Pisoni, D. B.(1998). Recognizing spoken words: The neighbourhood activation model. *Ear and Hearing*, 19, 1-36.  
Marslen-Wilson, W. D. (1987). Functiona parallelism in spoken word-recognition. *Cognition*, 25, 71-102.  
McClelland, J. L., & Elman, J. L. (1986). The TACE model of speech perception. *Cognitive Psychology*, 18, 1-86.  
Norris, D. (1994). Shortlist: A connectionist model of continuous speech recognition. *Cognition*, 52, 189-234.  
Roodenrys, S. & Hulme, C. (2002). Word frequency and phonological neighborhood effects on verbal short-term memory. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 28, 1019-1034.  
Roodenrys, S. & Hinton, M. (2002). Sublexical or lexical effects on serial recall of nonwords? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 28, 29-33.  
Thorn, A. S. C. & Frankish, C. R. (2005). Long-term knowledge effects on serial recall of nonwords are not exclusively lexical. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 31, 4, 729-735.  
Tamaoka, K., Makioka, S.,(2004). Frequency of occurrence for units of phonemes, morae, and syllables appearing in a lexical corpus of a Japanese newspaper. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(3), 531-547.  
Vitevitch, M. S. & Luce, P. A. (1999). Probabilistic phonotactics and neighborhood activation in spoken word recognition. *Journal of Memory and Language*, 40, 374-408.

### Appendix 1

バイモーラ頻度(Tamaoka, et al., 2004)

頻度カテゴリー	頻度	頻度	頻度
1	0	~	500
2	500	~	1000
3	1000	~	5000
4	5000	~	10000
5	10000	~	50000
6	50000	~	100000
7	100000	~	250000
8	250000	~	500000
9	500000	~	1000000
10	1000000	~	99000000