

## ■原著

## 音声波の視察による仮名の音読潜時の測定

—音読潜時は語頭音の調音法により大きく異なる—

佐久間尚子\* 伏見貴夫\* 辰巳 格\*

要旨：音読潜時の測定には、音声の音圧があるレベルを超えるとタイマーが止まる Voice key が用いられてきた。しかし、音圧レベルは音声の種類によって異なるため測定誤差が生じる。そこで音声を記録し実験後に音声波の視察により正確な音読潜時を測定する装置を試作し、仮名の音読潜時を測定した。その結果、Voice key の測定誤差は語頭音の種類（調音法）により異なり、摩擦音で大きく、母音や鼻音では小さいことが明らかになった。一方、正確な音読潜時も語頭音の影響を受け、無声摩擦音では短いのに対し、母音、無声破裂音では長いことが示された。この結果は、音読潜時を指標として文字・単語認知実験を行う場合は、刺激リスト間で語頭音を揃える必要性を示唆する。

神経心理学 13 ; 126-136, 1997

**Key Words** : 音読潜時, Voice key, 音声波, 語頭音, 仮名  
naming latency, voice key, speech wave, initial phoneme, kana

## I はじめに

「音読潜時」は、文字や単語、絵などの刺激提示から命名開始（音声の開始点）までの時間をさし、脳内辞書（lexicon）や意味システムの機能を調べる実験などでよく用いられる（e. g., Besner & Hilderbrandt, 1987 ; Forster & Chambers, 1973 ; Jescheniak & Levelt, 1994 ; Monsell et al, 1992 ; Seidenberg & McClelland, 1989 ; Strain et al, 1995）。また、音読潜時は、健常者のみならず脳損傷患者に対しても認知能力の有効な指標となる（e. g., Balota & Duchek, 1991 ; Ober et al, 1991）。たとえば、Balota & Duchek (1991) はアルツハイマー型痴呆（以下 DAT）患者を対象に、単語を三つ連続提示し、各単語の音読

潜時を測定して、DAT の意味処理機能を検討した。彼らの結果によると、対照健常人では、三つの単語が意味的に整合する場合（例：music-organ-piano）には促進が生じ、3番目の単語の音読潜時が短くなるのに対し、三つの単語が意味的に整合しない場合（例：kidney-organ-piano）には促進が生じなかった（抑制が生じた）。一方、DAT においては、いずれの場合も音読潜時は短くなった。すなわち、意味の促進だけが起こり、文脈にそぐわない意味を抑制する機能が低下することが明らかとなった。音読は、DAT において比較の後期まで保たれる機能であり（e. g., 佐久間と笹沼, 1996 ; Sasanuma et al, 1992）、実験的研究でも有効な反応形式となる（Glosser & Friedman, 1991 ; Ober et al, 1991）。

1996年11月6日受理

Measurement of Naming Latency of Kana Characters and Words Based on the Speech Wave Analysis : Manner of Articulation of a Word-Initial Phoneme Considerably Affects Naming Latency

\*東京都老人総合研究所言語・認知部門, Naoko Sakuma, Takao Fushimi, Itaru F. Tatsumi : Department of Language and Cognition, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

(別刷請求先 〒173 東京都板橋区栄町35-2 東京都老人総合研究所言語・認知部門 佐久間尚子)

音読潜時を測定するには、一般に Voice key, つまり音圧レベルが一定値を越えるとタイマーを止める装置が用いられてきた。しかし、音声エネルギーは音声の種類によって異なる。一般に、母音のエネルギーが強いのに対し、子音のエネルギーは弱い (cf., Fant, 1960; Flanagan, 1965)。このため、Voice key で音読潜時を測定すると、音声の開始時点を正確に捉えることができない。

この問題に対処するため、比較する刺激リスト間で語頭音を揃える方法 (e. g., Besner & Hildebrandt, 1987; Ober et al, 1991; Patterson, Graham & Hodges, 1994; Taraban & McClelland, 1987), 零交差波を用いて子音部を検出する方法 (e. g., Sherak, 1982; Monsell et al, 1992), 刺激提示の時点と音声波を記録し、実験後に音声波から音読潜時を求める方法 (Morrison & Ellis, 1995), などが考案されている。しかし、Voice key の測定誤差そのものを検討した研究や誤差を除いた音読潜時に影響を与える要因を検討した研究はほとんどなく (著者らの知りえた範囲では Pechmann, Reetz, & Zerbst (1989) のみ), 日本語の研究も見あたらない。本研究では、1) 音読潜時を正確に測定するシステムを作成し、これを用いて仮名および仮名単語の音読潜時を測定し、2) Voice key の測定誤差と 3) 音読潜時に影響を与える要因を検討した。

## II 音声反応時間の測定システムの作成

Voice key がどの時点で音声を捉えるかを知るため、Voice key が作動する前後の音声を録音し、事後に音声波から正確な音読潜時を求めた。正木と本多 (1995) は、AV タキストスコープとデジタル・オーディオテープ・レコーダを併用して、音声の開始時点を求めているが、彼らの興味は、主に調音の企画・運動の過程にあり、文字や単語の音読過程にはない。また、Voice key の測定誤差についての記述もない。本研究では、パーソナル・コンピューター (NEC: PC9800シリーズ) の IO ボード上に実装される簡便なシステムを有限会社マイ

ティーと共同で試作し用いた。

### 1. システムの構成

本システムは、刺激の提示時間の制御と反応時間の計測用のタイマー (0.1ms単位で計測可能)、音声収録と再生のための AD/DA 変換器、メモリ (2MB)、文字刺激提示用の JIS 第 1, 第 2 水準の漢字 ROM, 2 種のキー (押しボタン: スタート用, 反应用) からなる。

### 2. ソフトウェアの概要

#### 1) 実験プログラム

凝視点を提示し、次に文字や図形を提示して、提示から反応までの時間 (反応時間) を計測する。なお、刺激の提示時間は、モニターの垂直同期信号の時間間隔 (約 17ms) の整数倍で与えられる。反応は、音声反応の他、キー反応も可能である。

#### 2) 音声収録プログラム

プログラムがスタートすると音声をエンドレス録音し始め、Voice key が音声を検知した後も、さらに指定された時間 (ms単位で指定可能) だけ音声記録される。記録後にメモリ上の音声をハードディスクに転送した。音声記録用のメモリサイズは最大 2048KB, 標本化周波数は 8, 16, 32 kHz の 3 種とし、標本化の精度は 12 ビットである。

#### 3) 音声解析プログラム

1 試行分の音声波をディスクからボード上のメモリに呼び出し、ディスプレイに表示すると共に、音声を再生することができる (図 1 参照)。画面には、音声波と、Voice key の作動した位置 (カーソル 1), 刺激提示から Voice key の作動時点までの時間 (反応時間) が表示される。予備のカーソル 2 で音声の開始時点を指定すれば、その誤差 (図では補正時間) が 0.1msec 単位で表示される。時間軸は、1/1~最大 1/128 の 8 段階の圧縮表示が可能であり、表示したい部分の先頭アドレスを指定して、音声の必要部分を表示することができる (例、図 1 は 1/32 圧縮表示)。また、画面上で指定された音声区間だけを再生することもできる。

## III 仮名の音読潜時の測定

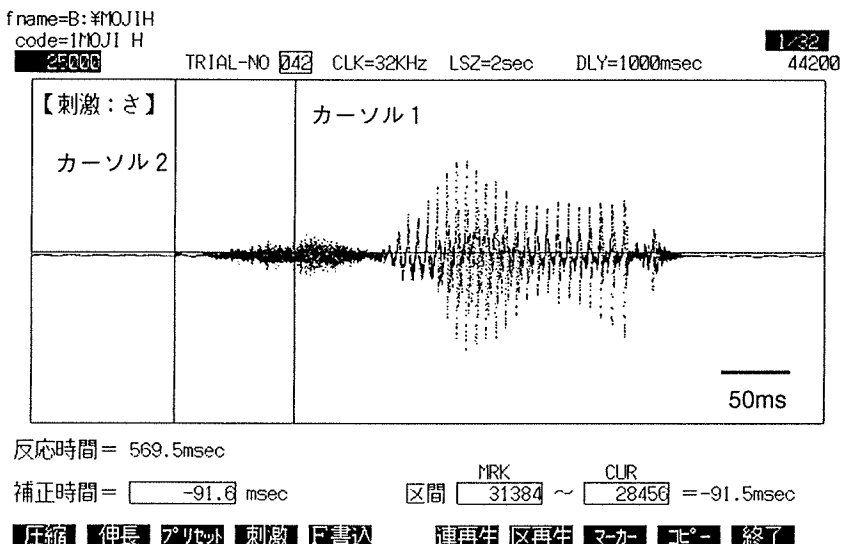


図1 「さ」の音読例

上記のシステムを用いて、仮名の音読における、Voice key の作動時点と音声の実際の開始時点との差（誤差），および音読潜時に影響を与える要因について検討した。仮名の音読には少なくとも三つの処理過程が必要である（図2）。すなわち，1）提示された文字を認知する過程，2）認知された文字に対応する音韻を検索する過程，3）検索された音韻に対応する調音を企画し，音声を生成する過程である。本研究では，1）の文字認知過程が音読潜時に与える影響を調べるため，仮名文字の出現頻度と音読潜時との関係を調べた。さらに，3）の音声生成過程の影響を音韻の種類と音読潜時との関連から調べた。

刺激は3種用意した。第1は，平仮名46種，

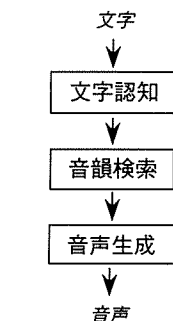


図2 仮名の音読過程

第2は，これと同音の片仮名46種，第3は，平仮名3文字からなる単語で，語頭が母音および摩擦子音で始まる単語，各10語である。

### 1. 実験方法

**被験者：**研究所職員計10名（平均年齢30.3歳，東京方言話者）。

**実験場所：**防音室。

**装置：**パーソナル・コンピュータ（NEC PC-9801DA），および前記のボード。

**刺激：**1）平仮名51種（「あ，か，さ，た，な，は，ら，が，ざ」行の各5文字と「わ，および練習試行用5文字「ま，も，や，ゆ，ば」），2）片仮名51種（平仮名と同一），3）母音で始まる3拍語（例：あけび）と，その単語の語頭に摩擦音を付加した単語（例：さけび），およびそれ以外の音で始まる単語，各10語と，練習試行用の3拍語5語。

**手続き：**実験は個別に行った。被験者は，ディスプレイの正面に約50cm 離れて座り，提示される文字ないし単語をできるだけ速く正確に音読するよう教示された。最初に Voice key が作動する音圧レベルを調整した。次いで，練習セッション（数字「5」の音読）を行い，音声収録が適切に行われていることを確認した。本実験では，先頭に前述の5試行を練習試行として加えた平仮名リスト（51試行），片仮名リス

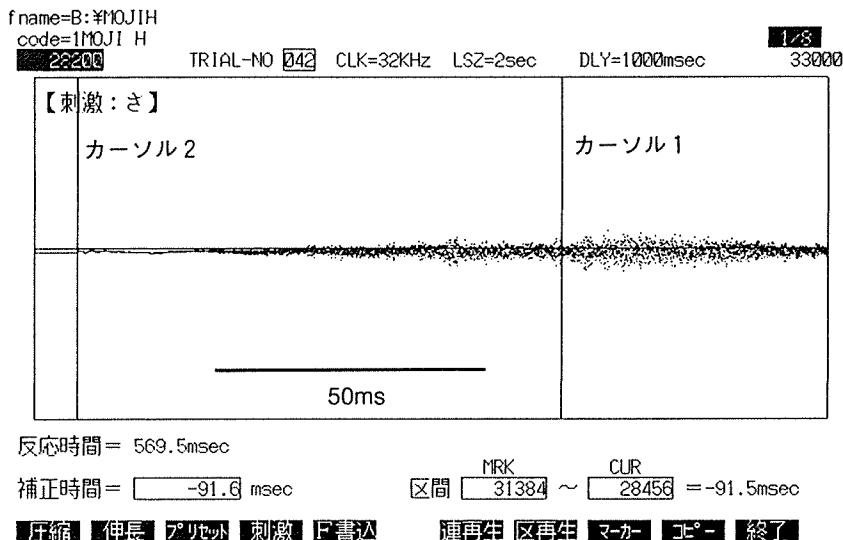


図3 「さ」の語頭部分の拡大図

ト (51試行), 単語リスト (35試行) の順に提示した。なお, 各リストの練習5試行は分析から除外した。刺激は一つずつランダムな順で提示し, 音声収録を行った。音声の標準化周波数は32kHzとした。毎試行, 音声をボード上のメモリに記録し, 各試行の後にハードディスクに転送した。

## 2. 音読潜時の測定法と誤差

実験終了後, 1試行ずつ音声波をディスプレイして視察により音声の開始時点を求めると共に, 前後の音声を部分再生し音声の開始時点を確認した。図1に「さ」を音読した場合の音声波 (時間圧縮1/32) [sa] の例を, 図3にその語頭部分 [s] の拡大図 (時間圧縮1/8) を示した。ボードが試作品のためやや雑音が多いが, 図中のカーソル1はVoice keyが音声を検出した時点, カーソル2は視察により求めた実際の音声の開始時点である。[s]は無声摩擦音と呼ばれるが, この音声では声帯が開いておりそこを肺からの呼気が通り声道 (声帯から唇までの呼気の通り道) に達する。[s]では舌と硬口蓋による狭めが形成されており, 呼気がここを通り歯列に当たると乱流が発生し, 摩擦性の雑音が形成される。これが音源となり, 狭め前後の声道による共鳴 (や反共鳴) が生じて [s] という音声が生産される。[s]の音響的特徴

は, 波形がランダムで周期性の成分がなく, 母音などに比べるとエネルギーが相対的に弱い点にある (図3参照)。また, そのスペクトルは, 3, 4 kHz (男声の場合) 以上の高域成分が強いで, 波形は時間的に密な波形になり, 速い変化を示す。このため, 時間を拡大して波形を見ると, 速い変化を示す [s] の雑音はエネルギーの弱い語頭部分であっても, ボードに混入する変化の遅い雑音 (50Hzのいわゆるハム雑音) と比較的簡単に区別することができる (その他の音声の音響的特徴については, 例えば, 辰巳, 1979を参照)。図3に示した例ではVoice keyは実際の音声の開始時点より91.6ms遅れて, [sa]の摩擦音 [s]の振幅が大きくなった時点で作動している。

視察法の測定誤差を評価するため, 同一測定者が12カ月後に3名の平仮名51字の音読潜時を再度測定した。1回目と2回目の測定誤差は平均2.2ms (最大値22.5ms, 最小値0ms)であり, 誤差は有意でなかった ( $t_{152} = -0.74$ ,  $p = .46$ )。また, 語頭が雑音成分からなり, その振幅が0から徐々に大きくなるため, 最も始点が検出しにくい子音の一つとなる摩擦音 (「さ」行音) の平均誤差は4.3ms (最大値16.1ms, 最小値0ms)であり, 誤差は有意でなかった ( $t_{14} = 0.12$ ,  $p = .91$ )。

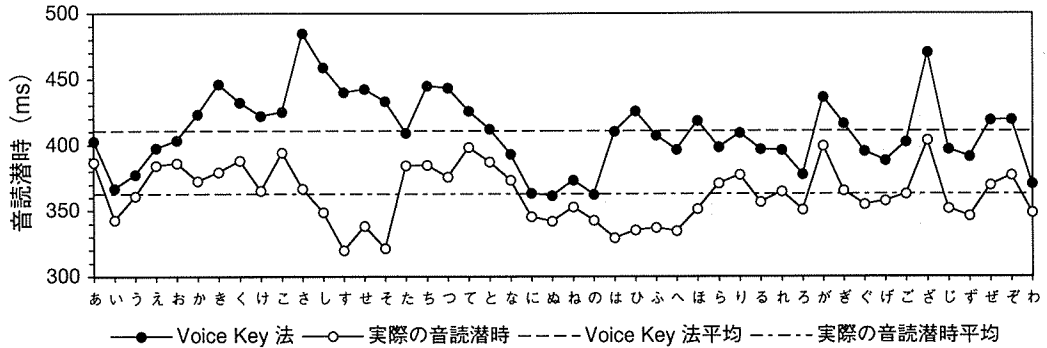


図4 平仮名の音読における Voice Key 法と実際の音読潜時

### 3. 結果

#### 1) 仮名の音読潜時における Voice key の誤差

平仮名1文字の被験者全員の平均音読潜時を図4に示す。図中の●は Voice keyが音声を検出した時点、○は実際の音声の開始時点を示す。両者の差は Voice keyによる音読潜時の測定誤差つまり「遅れ」を表わす。誤差の大きさは、音声の開始時点から音声振幅（あるいは音圧）の大きい母音（「あ」行音）や鼻音（「な」行音）では小さいが、音声振幅の小さい雑音成分で始まる無声摩擦音（「さ、は」行音）では遅れが大きく、音節の頭の音声（以下、「語頭音」）の種類すなわち調音法により異なった。そこで、「あ～ざ」行音のうち、「あ」行の5母音と、調音法の異なる子音で始まる「か、さ、な、ら」行音（それぞれ無声破裂音、無声摩擦音、鼻音、流音）に分け、誤差を変数として、調音法（5種）を被験者内要因とした1元分散分析を行った。調音法の主効果 ( $F(4,196) = 158.8, p = .0001$ ) は有意であった。さらに下位検定（平均値の差の検定）を行い、無声摩擦音（平均113ms）は最も遅れが大きく、次いで無声破裂音（平均50ms）と流音（平均32ms）が大きく、鼻音（平均19ms）と母音（平均17ms）は最も遅れが小さいことを見出した。また、有声・無声の差を破裂音の「か」行音（平均50ms）と「が」行音（平均40ms）について比較したところ、有意差はなかった ( $t_{49} = 1.51, p = .07$ )。

なお、日本語の「だ、ざ」行音は、音声環境

や被験者によって摩擦音であったり破裂音であったりするので、検定の対象外とした。付表に各音節の平均測定誤差とその範囲を示したが、無声破裂音「ち、つ」の測定誤差は調音位置が同じ無声破裂音と無声摩擦音の間くらい値を示した。

片仮名1文字の音読潜時の誤差もこれと同様で（図は省略）、調音法の主効果は有意だった ( $F(4,196) = 159.5, p = .0001$ )。また、同音の平仮名と片仮名46種の誤差に有意差はなく、よく一致した（相関係数  $r = 0.94$ ）。

#### 2) 平仮名と片仮名の音読潜時

図5に、平仮名（○）と片仮名（■）の実際の音読潜時（Voice keyにより測定された音読潜時の遅れを補正した値）の平均値を示す。両者はよく似た傾向を示すが、この結果で注目されるのは、実際の音読潜時が一定とはならないことである。すなわち、無声摩擦音と鼻音の音読潜時は短いのに対し、母音と無声破裂音の音読潜時は長い傾向がみられた。また、最も速く音読されたのは「す、し」（平均320、335ms）であり、最も遅く音読されたのは「ご、と」（平均404、431ms）で、その差は100ms前後になった。この傾向は、平仮名と片仮名でおおよそ一致したが、「い、イ」や「の、ノ」のように、同音でも平仮名と片仮名で差が開く場合があった。また、全般に平仮名の方が片仮名より約20ms速かった。

Voice keyの測定誤差の分析の場合と同様に、「あ、か、さ、な、ら」行音を選び、調音法（5種）と表記（平仮名、片仮名）を被験者

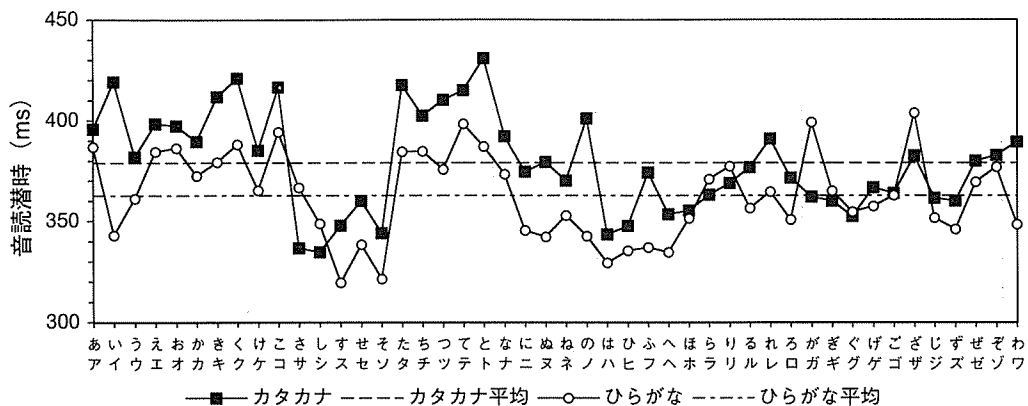


図5 平仮名と片仮名の音読潜時の比較

内要因とした2元の分散分析を行った。調音法 ( $F_{(4,196)} = 28.29, p < .0001$ ), 表記 ( $F_{(1,49)} = 13.69, p < .001$ ) の主効果, および交互作用 ( $F_{(4,196)} = 2.82, p < .05$ ) は共に有意であった。平均値の差の検定により, 無声摩擦音(平均339ms)は最も音読潜時が短く, 次いで鼻音(平均351ms), 流音(平均364ms)が短く, 母音(平均372ms), 無声破裂音(平均380ms)は最も音読潜時が長かった。また, 有声・無声だけが異なる破裂音の「か」行音(平均380ms)と「が」行音(平均368ms)は潜時に差がなかった ( $t_{49} = 1.32, p > .10$ )。

次に, 仮名1文字の出現頻度が音読潜時に与える影響を検討した。新聞の語彙調査(国立国語研究所, 1970)の資料に基づき文字の出現頻度を計算した。すなわち, 各仮名文字を含む全見出し語の出現頻度の総和を各文字毎に求めた。数字や記号を含めた全文字の出現頻度の総和約132万に対し, 平仮名の出現頻度の総和が約35万(約26%), 片仮名の出現頻度の総和が約7万(約6%)となり, 平仮名全体の出現頻度は片仮名の4倍強となった(参考までに, 漢字の出現頻度の総和は約55万(約41%), 数字や記号の出現頻度の総和は約35万(約27%)であった)。さらに, 平仮名, 片仮名別に各文字の出現頻度と音読潜時との相関係数を求めたところ, 平仮名46文字 ( $r = -0.02, p < .1$ ), 片仮名46文字 ( $r = 0.212, p < .1$ ), および両者を込みにした92文字 ( $r = -0.13, p < .1$ ) のいずれにおいても相関係数は有意ではなかった。

### 3) 単語の音読潜時における Voice key の誤差と実際の音読潜時

平仮名3文字で書かれた単語の平均音読潜時を図6に示す。Voice keyにより測定した音読潜時(■)と, 音声波の視察により測定した実際の音読潜時(□)との差(誤差)は, 仮名1文字の音読の場合と同様, 語頭音の種類ないし調音法により異なり, 無声摩擦音で始まる単語(平均112ms)は, 母音で始まる単語(平均31ms)より誤差が大きかった ( $t_{18} = 6.38, p < .0001$ )。また, 各単語の測定誤差の大きさは, 語頭の仮名1文字を音読する際の誤差(図の点線)に大体一致した。しかし, 「してん, ひかり」では, 語頭音「し, ひ」の母音部が無声化して音声振幅が小さくなり, Voice keyは第2拍「て」の母音部で作動する場合が多いため, 遅れが拡大している(図7参照)。「してん」の語頭拍の無声化は, 被験者10人中6人に生じていた。

次に, 単語の実際の音読潜時(□)を見ると, 仮名1文字の音読潜時と同様, 語頭音の種類ないし調音法の影響を受け, 母音で始まる単語(平均490ms)は無声摩擦音で始まる単語(平均437ms)よりも遅かった ( $t_{18} = 3.305, p < .01$ )。

以上より, 単語の音読実験においても, 仮名1文字の場合と同様, Voice keyによる音読潜時の測定誤差は, 語頭音の種類により異なること, さらに単語では, 語頭拍に含まれる母音が無声化して音声エネルギーが小さくなり誤差

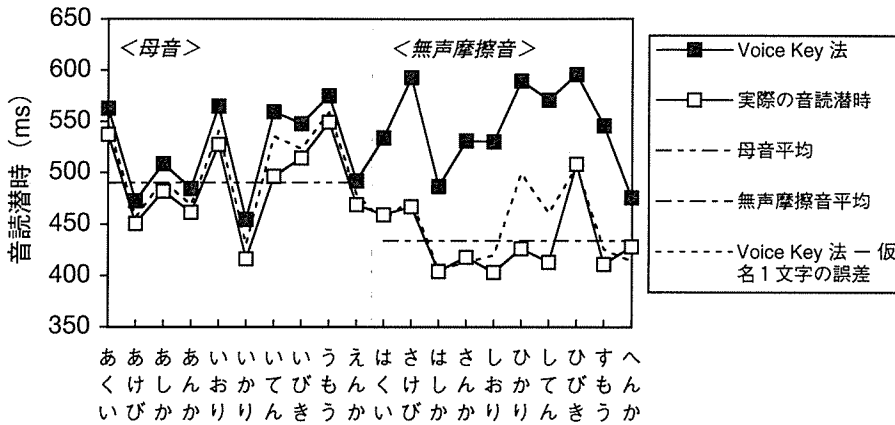


図6 単語の音読潜時における Voice Key の誤差と実際の音読潜時

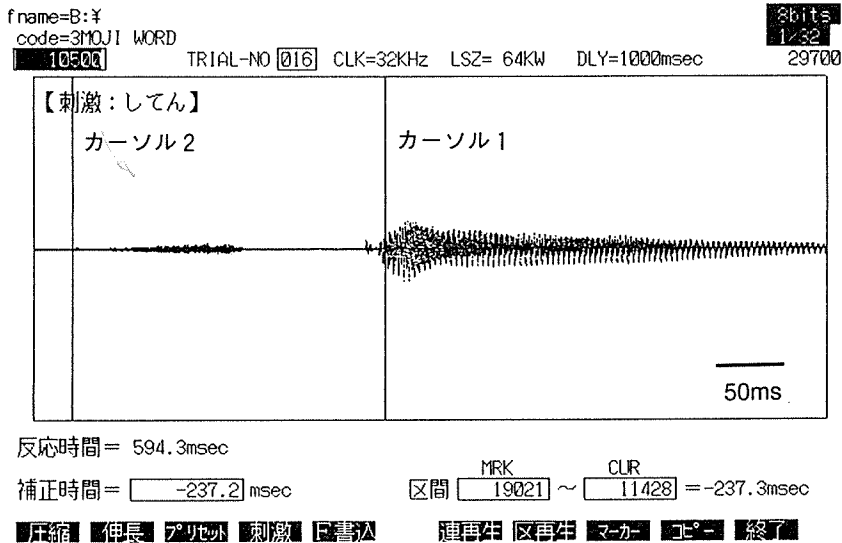


図7 「してん」の音読例

が大きくなる場合があること、が明らかとなった。また、これらの測定誤差を取り除いた後でも、仮名单語の音読潜時は一定とはならず、語頭音の調音法の影響を受けることが明らかとなった。

#### IV 考察

##### 1. Voice key の誤差と調音法

Voice key により音声を検出し、検出時点の前後の音声を記録し、音読潜時を正確に測定するシステムを試作した。この装置を用いて、平仮名、片仮名1文字、および3拍単語の音読潜時を測定したところ、いずれにおいても Vo-

ice key の測定誤差は、語頭音の種類（調音法）により大きく異なった。測定誤差は、平仮名1文字の音読では、母音や鼻音では平均20ms以下と小さいが、無声破裂音では平均40—50ms、無声摩擦音では平均100ms前後に及んだ。この誤差は片仮名の音読でもほぼ同じ大きさであった。さらに、単語の音読実験でもほぼ同様の結果が得られ、母音で始まる単語（例：いてん）では平均31msなのに対し、無声摩擦音（例：してん）で始まる単語では112msに及んだ。これらの結果は、音声学的には全く予想通りの結果である。すなわち、母音は音圧レベルが高いのに対し、子音は一般に音圧レベル

の低いことが知られている (cf., Fant, 1960 ; Flanagan, 1965)。このため、母音では誤差が小さく、子音では誤差が大きくなる。さらに単語では、無声破裂音や無声摩擦音に挟まれた母音 /i, u/ は無声化することが多く (cf., 小泉, 1993), その結果、Voice key が第2拍目以降で作動し、誤差が200msにも及ぶ。

以上より、Voice key の測定誤差は、音声(調音法)の種類により異なることが明らかとなった。もし、Voice key の誤差が音声の種類によらず一定値をとるなら、定常誤差として無視することができる。しかし、音声の種類によって誤差が異なる場合には無視することはできない。Voice key によって測定された音読潜時は正確な指標とは言えない。

## 2. 音読潜時と調音法

仮名1文字の音読潜時は、誤差を取り除いても一定にはならず、音声(調音法)の種類、文字の種類によって異なった。すなわち、1) 無声摩擦音の音読潜時は、母音や無声破裂音より短く、その差は100ms前後に及んだ。この結果は、単語の音読潜時においても同様であり、無声摩擦音で始まる単語は、母音で始まる単語に比べ、約50ms速く音読された。2) 平仮名の平均音読潜時は、片仮名のそれより約20ms速く、3) この差は「い」と「イ」(約80msの差)のように、同音であっても文字によって異なることがあった。第2の平仮名と片仮名の平均音読潜時の違いは、出現頻度の差として説明できるかもしれない。新聞の語彙調査(国立国語研究所, 1970)の資料における平仮名の出現頻度は、片仮名の4倍強であった。しかし、各文字の音読潜時と出現頻度との間の相関は低く、出現頻度は仮名の音読潜時に影響を与えないように見える。しかし、調音法により音読潜時が大きく変化するため、頻度の効果が隠されている可能性がある。一方、第3の「い」と「イ」のような文字種による音読潜時の差を説明する変数は見つからず、今後の検討が必要である。

第1の結果、調音法が音読潜時に与える影響は当初の予想より大きなものであった。結果

(図5)を見ると、音読潜時は無声摩擦音で短く、母音、無声破裂音で長い。その差は最大で100msに及ぶ。無声摩擦音では、声帯を開き、呼気を声道に通せば良いのに対し、無声破裂音では、声道内圧が高くなるまで声道内に呼気をためるので、音読潜時が長くなるものと思われる。一方、声帯の振動を要する母音では、声帯振動に関わる発声器官(や声道)の調節に時間がかかり、呼気を声道に通すのが遅れ、音読潜時が長くなる可能性もある。このように音声の始点を音読潜時とすると、語頭音の調音方法に特有の系統的なバイアスが生じることが示唆される。

以上、Voice key による仮名の音読潜時は、音圧レベルの比較的安定した若年健康者でも、語頭の音声の種類により100ms以上もの遅れを生じることが明らかとなった。音圧レベルが安定しないと思われる高齢者や痴呆患者、失語症患者では、誤差がさらに増大すると推測される。さらに、この誤差を除いても音読潜時は一定ではなく、調音法により100msも異なることが明らかとなった。この差は、音読潜時を用いる通常の実験場面では無視できない大きさである(例、序論の Balota & Duchek (1991) の DAT の研究では20ms程度)。したがって、音読潜時を測定する場合は、音声を録音して音波に基づき潜時を測定し、さらに語頭の音声の偏らないよう刺激を選択し、できれば条件間で語頭音をそろえることが必要である。

付記 装置およびソフトウェアの開発に全面的にご協力いただいた有限会社マイティー土屋祥弘、山川元一の両氏に深謝する。本システムに興味のある方はマイティー社(電話0428-25-2794)に問い合わせたい。本研究は、東京都老人総合研究所平成5年度研究奨励費、および長寿科学振興財団の助成を受けた。本論文の要旨は第58回日本心理学会大会(1994年)にて発表した。

## 文 献

- 1) Balota DA, Duchek JM : Semantic priming effects, lexical repetition effects, and contextual disambiguation effects in healthy aged individuals and individuals with senile dementia



付表 健常成人10人の平仮名46字の音読における Voice Key の測定誤差と実際の音読潜時

調音法	平仮名	Voice Key の誤差 (ms)					実際の音読潜時 (ms)				
		Mean	S.D.	Min	Max	Range	Mean	S.D.	Min	Max	Range
母音	あ	-16	16	-3	-50	-47	387	45	315	458	144
	い	-24	11	-9	-42	-33	343	50	275	433	158
	う	-16	12	-3	-43	-40	361	29	315	407	92
	え	-13	9	-3	-29	-27	385	58	341	523	182
	お	-17	12	-4	-35	-32	386	30	338	418	80
無声 破裂音	か	-51	15	-31	-82	-51	373	26	331	413	82
	き	-67	26	-27	-108	-81	379	48	313	491	178
	く	-44	27	-7	-68	-62	388	37	327	452	124
	け	-57	37	-32	-157	-124	365	55	296	471	175
	こ	-31	23	-5	-60	-55	394	44	333	467	134
無声 摩擦音	さ	-118	46	-69	-201	-132	367	45	329	478	149
	し	-110	37	-41	-155	-114	349	53	292	470	178
	す	-120	37	-74	-178	-104	320	31	270	363	93
	せ	-104	30	-70	-172	-102	338	38	292	394	102
	そ	-112	28	-70	-157	-87	321	52	252	415	163
無声 破裂音	た	-25	11	-13	-49	-36	384	47	317	473	157
	て	-27	10	-15	-48	-33	398	60	322	523	201
	と	-25	11	-6	-40	-34	387	47	334	453	119
無声 摩擦音	ち	-60	31	-13	-105	-91	385	41	337	469	132
	つ	-68	34	-32	-119	-87	376	50	320	487	167
鼻音	な	-20	7	-11	-30	-19	373	43	300	443	143
	に	-18	5	-10	-24	-14	345	35	293	406	113
	ぬ	-19	6	-11	-31	-20	342	42	292	440	148
	ね	-20	7	-14	-38	-24	353	29	310	393	83
	の	-20	6	-9	-27	-17	343	42	280	438	158
無声 摩擦音	は	-81	26	-54	-133	-78	329	54	269	413	145
	ひ	-90	39	-50	-153	-103	335	36	276	388	112
	ふ	-70	25	-30	-102	-72	337	39	280	388	108
	へ	-62	18	-36	-87	-51	335	42	274	414	140
	ほ	-67	29	-11	-104	-93	351	113	243	640	397
流音	ら	-28	12	-14	-49	-35	371	63	305	520	215
	り	-32	16	-16	-63	-46	377	52	318	454	136
	る	-40	33	-18	-129	-111	357	54	281	428	147
	れ	-31	21	-13	-74	-61	365	52	283	445	162
	ろ	-27	12	-10	-45	-34	351	29	297	393	96
有声 破裂音	が	-37	25	-9	-81	-72	399	101	267	561	294
	ぎ	-51	44	-14	-164	-150	365	41	318	442	124
	ぐ	-41	27	-11	-104	-93	355	75	261	508	247
	げ	-31	21	-16	-86	-71	357	50	269	458	189
	ご	-39	27	-15	-83	-69	363	47	268	406	138
有声 摩擦/ 摩擦音	ざ	-67	31	-14	-104	-90	404	73	309	529	221
	じ	-45	29	-14	-99	-85	352	61	265	468	202
	ず	-45	23	-18	-81	-63	346	52	283	467	184
	ぜ	-50	30	-14	-114	-100	369	64	297	485	188
	ぞ	-42	27	-19	-91	-72	377	63	284	465	181
半母音	わ	-22	8	-12	-35	-23	349	54	279	477	198

- of the Alzheimer type. *Brain Lang* 40 ; 181-201, 1991
- 2) Besner D, Hildebrandt N : Orthographic and phonological codes in the oral reading of Japanese Kana. *J Exp Psychol : LMC* 13 ; 335-343, 1987
  - 3) Fant G : *Acoustic Theory of Speech Production*. Mouton & Co., 1960
  - 4) Flanagan JL : *Speech Analysis, Synthesis & Perception*. Springer-Verlag, 1965
  - 5) Forster KI, Chambers SM : Lexical access and naming time. *J Ver Learn Ver Behav* 12 ; 627-735, 1973
  - 6) Glosser G, Friedman RB : Lexical but not semantic priming in Alzheimer's disease. *Psychol Aging* 6 ; 522-527, 1991
  - 7) Jescheniak JD, Levelt WJM : Word frequency effects in speech production : Retrieval of syntactic information and of phonological form. *J Exp Psychol : LMC* 20 ; 824-843, 1994
  - 8) 小泉保 : 音声学——日本語教師のための言語学入門. 大修館書店, 1993, pp.19-60
  - 9) 国立国語研究所 : 電子計算機による新聞の語彙調査. 秀英出版, 東京, 1970
  - 10) 正木信夫, 本多清志 : 音節および拍の増加の発話潜時への影響. 電子情報通信学会技術研究報告, SP94-101 ; 21-28, 1995
  - 11) Monsell S, Patterson KE, Graham A et al : Lexical and sublexical translation of spelling to sound : Strategic anticipation of lexical status. *J Exp Psychol : LMC* 18 ; 452-467, 1992
  - 12) Morrison CM, Ellis AW : The roles of word frequency and age of acquisition in word naming and lexical decision. *J Exp Psychol : LMC* 21 ; 116-133, 1995
  - 13) Ober BA, Shenaut GK, Jagust WJ et al : Automatic semantic priming with various category relations in Alzheimer's disease and normal aging. *Psychol Aging* 6 ; 647-660, 1991
  - 14) Patterson KE, Graham N, Hodges JR : Reading in dementia of the Alzheimer type : A preserved ability? *Neuropsychology* 8 ; 395-407, 1994
  - 15) Pechmann T, Reetz H, Zerbst D : Kritik einer Meßmethode : Zur Ungenauigkeit von voice-key Messungen [A critical assessment of the reliability of voice-key measurements], (with English abstract). *Sprache & Kognition* 8 ; 65-71, 1989
  - 16) 佐久間尚子, 笹沼澄子 : アルツハイマー型痴呆の言語障害. *老年精神医学* 7 ; 862-870, 1996
  - 17) Sasanuma S, Sakuma N, Kitano K : Reading kanji without semantics ; Evidence from a longitudinal study of dementia. *Cognitive Neuropsychol* 9 ; 465-486, 1992
  - 18) Seidenberg MS, McClelland JL : A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychol Review* 96 ; 523-568, 1989
  - 19) Sherak R : A real-time software voice key and an application. *Behavior Research Methods Instrumentation* 14 ; 124-127, 1982
  - 20) Strain E, Patterson K, Seidenberg MS : Semantic effects in single-word naming. *J Exp Psychol : LMC* 21 ; 1140-1154, 1995
  - 21) Taraban R, McClelland JL : Conspiracy effects in word pronunciation. *J Mem Lang* 26 ; 608-631, 1987
  - 22) 辰巳格 : 音響音声学. 言語障害と言語理論 (今井邦彦編), 大修館書店, 1979, pp. 84-112

**Measurement of naming latency of kana characters  
and words based on the speech wave analysis**  
—Manner of articulation of a word-initial phoneme considerably  
affects naming latency—

**Naoko Sakuma\*, Takao Fushimi\*, Itaru F. Tatsumi\***

Department of Language and Cognition, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

Naming latency of a written word or a picture, i. e., time from stimulus onset to speech onset, is usually measured by a voice key which stops a timer when amplitude of the speech exceeds a given level. However, the voice key, in principle, cannot detect the exact onset of a spoken response due to differences in the sound pressure level between word-initial phonemes. We developed a device consisting of A/D and D/A converters, a voice key, memory, and a clock. The device stores a speech wave for several seconds around a time instance detected by the voice key, and displays the speech wave on a computer screen to detect the exact speech onset after the experiment. Naming latencies of kana characters and words were measured to evaluate accuracy of voice-key latencies and to find factors affecting the exact latencies.

Results indicated that errors of the voice-key latencies showed systematic and significant differences depending on the sound-pressure levels of initial phonemes. For example, the mean errors were greatest for kana characters beginning with continuant phonemes having low-sound-pressures (e. g., 113 ms for a voiceless fricative /s/), while the mean errors were smallest for kana characters representing vowels which have highest-sound-pressure (17 ms). More importantly, the naming latency of a kana character or a word considerably varied depending on the manner of articulation of the initial phoneme. These findings suggest that the experimental stimuli are needed to be matched on initial phonemes over conditions when naming latency is used as an index for the speed of word recognition.

(*Japanese Journal of Neuropsychology* 13 ; 126-136, 1997)