慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	破裂音［p］［t］［k］［b］［d］［g］における閉鎖部分の長さの測定
Sub Title	Closure duration of six occlusive consonants［ p］［t］［k］［b］［d］［g］
Author	井上, 美穂(Inoue, Miho)
Publisher	慶應義塾大学外国語教育研究センター
Publication year	2011
Jtitle	慶應義塾外国語教育研究 (Journal of foreign language education). Vol.8, (2011.) ,p.1- 22
JaLC DOI	
Abstract	Une recherche est en cours sur l'amélioration du rythme de sujets japonais étudiant la langue française. Nos observations consistent à mesurer le temps mis par ces étudiants pour prononcer les syllabes contenues dans certaines phrases. Cependant, lorsqu'une consonne occlusive est précédée par une pause, il est difficile d'en repérer la frontière. Cette difficulté vient du fait que, sur le spectrographe utilisé pour identifier chaque syllabe dans une phrase, la pause ainsi que la partie débutante de l'occlusive qui est la fermeture, apparaissent toutes deux comme un seul blanc bien qu'il s'agisse de deux éléments distincts. Il est donc nécessaire de connaître la durée de fermeture des six occlusives chez nos étudiants. Cet article présente les résultats mesurés. Ces résultats sont ensuite comparés avec ceux de recherches précédentes à l'aide d'analyses statistiques.
Notes	研究論文
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AA12043414-20110000-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

破裂音 [p] [t] [k] [b] [d] [g] における閉鎖部分の長さの測定

井　上　美　穂

Abstract

Une recherche est en cours sur l'amélioration du rythme de sujets japonais étudiant la langue française. Nos observations consistent à mesurer le temps mis par ces étudiants pour prononcer les syllabes contenues dans certaines phrases. Cependant, lorsqu'une consonne occlusive est précédée par une pause, il est difficile d'en repérer la frontière. Cette difficulté vient du fait que, sur le spectrographe utilisé pour identifier chaque syllabe dans une phrase, la pause ainsi que la partie débutante de l'occlusive qui est la fermeture, apparaissent toutes deux comme un seul blanc bien qu'il s'agisse de deux éléments distincts. Il est donc nécessaire de connaître la durée de fermeture des six occlusives chez nos étudiants. Cet article présente les résultats mesurés. Ces résultats sont ensuite comparés avec ceux de recherches précédentes à l'aide d'analyses statistiques.

１．実験の目的

外国語の音声教育において、リズムの学習は重要な位置を占める。一年間の授業でリズム教育を継続して実施した場合、履修者の発したフランス語のリズムがどのように変化するのかという研究を現在行っている。

リズムは、何らかの要素が規則的に繰り返される時に生じる。言語においては２種類が知られており、ひとつは同じ長さの音節の繰り返し、そしてもう一方は強勢が等間隔に起きる繰り返しである。前者は音節拍リズム、後者は強勢拍リズムと呼ばれるが、フランス語はこのうちの前者に属する[1)]。したがってフランス語のリズム教育において重視するべき第一の要素は長さであり、実験では履修者の発した文における音節の長さを計測することにした。この音節計測の際に問題となるのが、破裂音の閉鎖部分の扱いである。破裂音の閉鎖部分は主に無音部分で実現され、サウンドスペクトログラフでは空白部分で表現される[2)]。一方で、ポーズも同じく空白部分で表現される。したがってポーズのあとに破裂音がある場合、破裂音で始まる音節

の開始時点を知るためには、空白部分におけるポーズと閉鎖部分との境目を見極める必要性が生じる。

文を音節に区切るセグメンテーションに関する先行研究では、[p] [t] [k] [b] [d] [g] の６つの破裂音すべてに同一の閉鎖時間を想定し、それ以上の長さの空白をポーズと判断して、見極めが行われていることが多い。しかし一方で、これら６音の閉鎖時間が異なることが、先行研究により判明している。フランス語履修者の発音した文を音節に区切る場合、かれらのリズム変化をより正確に把握するためには、６音の閉鎖時間が異なることを考慮に入れてセグメンテーションを行うべきだと考える。さらに、履修者によって閉鎖時間が異なるという個人差も考慮に入れると、より正確なセグメンテーションの実現のためには、各履修者に関する６音の閉鎖時間を知ることが必要となる。

本論文の目的は、次のとおりである。まず、リズム教育を継続的に行った授業の履修者18人に関し、その [p] [t] [k] [b] [d] [g] の閉鎖時間を計測する[3)]。そして、先行研究に照らし、計測結果として出た閉鎖時間が妥当であるかどうかを検証することである。

２． 先行研究

２.１　無音ポーズと後続破裂音の境目

無音ポーズと後続破裂音の無音閉鎖部分の境目の判定については、前章で述べたように先行研究において２つの対処法がとられている[4)]。

ひとつは、ポーズに後続する全ての破裂音に関して、同一の閉鎖時間を想定するという方法である。例えば Deterding（2001）は、リズムに関する研究において音節へのセグメンテーションを行う際、ポーズに後続する破裂音については、その母音開始時点よりも 50 msec 前から閉鎖部分が始まるとみなしてセグメンテーションを行った[5)]。Krivokapic（2007）は、ポーズの研究において、200 msec 以下の無音部分は無声破裂音の閉鎖部分の可能性があるので、ポーズとはみなさなかったとしている[6)]。Heldner and Edlund（2010）は、会話におけるポーズなどの研究の中で、180 msec 以下は破裂音の閉鎖部分である可能性があるので、180 msec 以上をポーズとみなしたと述べている。

もう一方の対処法は、ポーズに後続する閉鎖部分に同一の時間を想定するのではなく、破裂音の種類や個人差などを考慮に入れる方法である。Duez（1982）は、無音と無音でないポーズの研究において、まず各話者の母音間の破裂音の閉鎖部分の長さを測定した[7)]。そしてその個人差が 180～250 msec の間であることを確かめた。

日本人学習者が発したフランス語のリズムを研究する場合、上記の２種類の対処法のどちらを選択したらよいだろうか。分析対象となる仏文には、[p] [t] [k] [b] [d] [g] のすべてのフランス語破裂音が含まれている。また、分析対象となる学習者は18人であり、個人差を無視でき

るほどの多人数ではない。もし破裂音の種類やそれを発する個人によってその閉鎖時間に差があるのならば、一律の時間を想定せずに、後者の対処法を選ぶ方が良いと判断した[8)]。次章で、閉鎖時間について、破裂音の種類による差と個人の差に関する先行研究を紹介する。

2.2　破裂音の閉鎖時間の差：知覚実験

破裂音は、その種類によって閉鎖時間が異なることが先行研究で知られている。閉鎖時間の研究は、閉鎖時間の長さを変化させて被験者に聞かせる知覚実験と、インフォーマントが発した破裂音の閉鎖時間を測定する測定実験の両面から行われている。まず、知覚実験に関する先行研究を紹介する。

無声破裂音と有声破裂音の無声閉鎖部分に関しては、無声部分を長くすると無声破裂音に聴こえ、短くすると有声破裂音に聴こえることが判明している。Liberman et al.（1961）は、rapid と rabid の第２音節先頭音の無声部分の長さを変えることにより、この２単語の境界線を探した[9)]。その結果、長い無音部は被験者に対して無声の判断を促し、短い無音部は有声の判断を促した。そして、rapid と rabid の境界線は大体 70 msec だったと述べている。Lisker（1967）は、ruby と rupee という単語を用いた実験を行い、次の３つの数値を導き出した。まず、rupee の無音部分を徐々に短くしていくと、約 70 msec を超えた時点で ruby と知覚された。次に、ruby の無音部分を徐々に長くしていくと、約 105 msec を超えた時点で rupee と知覚された。そして、「ruby の ru-」＋「rupee の -pee」、「rupee の ru-」＋「ruby の -by」という切り貼り音声で同じ知覚実験を行ったところ、［p］と［b］の判定の境目はどちらの場合も 82 msec だった。Slis and Cohen（1969b）は、合成音声を用いてオランダ語の単語に関する知覚実験を行い、長い無音部は無声破裂音の聴覚印象を与え、短い無音部は有声破裂音の印象を与えたと報告している。

今回の実験では無声有声の対立に着目して、次の４項目に関する検証を行うこととする[10)]。

（1）閉鎖部分は、有声破裂音［b］［d］［g］よりも、無声破裂音［p］［t］［k］の方が長い。（Liberman et al., 1961 と Lisker, 1967）
（2）［p］［b］の閉鎖部分の境界線は、70 msec（Liberman et al., 1961）または 70〜105 msec（Lisker, 1967）である。
（3）［p］は、閉鎖部分が 80 msec 以上だと知覚されやすい。（Repp, 1984）
（4）［t］［k］は、閉鎖部分が 60 msec を超えると知覚されにくい。（Repp, 1984）

2.3　破裂音の閉鎖時間の差：測定実験

前章で知覚実験に関する先行研究を紹介したが、インフォーマントが発した破裂音の閉鎖部

分の長さを測る測定実験も、今までに行われている。Suen and Beddoes (1974) は、[p] [t] [k] [b] [d] [g] の６音を含む英単語リストをインフォーマントに読ませ、その無音閉鎖部分の長さを測った。以下がその結果で、インフォーマント６人の平均値を表す。かっこ内は、６人のうちの最短と最長の長さを示す。

[p] 117.64 msec (87.8 − 155.5)　　[b] 85.58 msec (69.9 − 100.9)
[t] 102.04 msec (83.5 − 130.2)　　[d] 68.59 msec (51.9 − 84.5)
[k] 113.09 msec (88.4 − 144.3)　　[g] 79.97 msec (61.8 − 105.8)

上記の結果においても、[p] は [b] より、[t] は [d] より、[k] は [g] より長い、つまり有声無声の対立の観点からは無声破裂音の方が閉鎖部分が長いことを表している。無声破裂音の方が閉鎖部分が長くなる理由として、Suen and Beddoes は無声破裂音の調音の方がより大きな筋力を要するからだと説明している[11)]。

Lisker (1967) は、英語を用いて第 1 強勢の位置にある [p] [b] を比較した結果、[p] の閉鎖部分は 120 msec、[b] の閉鎖部分は 75 msec であったとしている。Menon et al. (1969) は、「母音 ＋ [s] ＋ 無声破裂音 [p] [t] [k]」という音環境で測定を行い、それぞれの閉鎖部分が [p] は 106.7 msec、[t] は 74.3 msec、[k] は 81.5 msec という結果を得た。Slis and Cohen (1969a) はオランダ語の単語を使って計測を行い、無声破裂音 [p] [t] の閉鎖部分が、有声破裂音 [b] [d] の閉鎖部分よりも 28 msec 長かったと報告している。

有声破裂音と比べると無声破裂音の閉鎖部分の方が長いという結果は、前章の知覚実験と一致している。この点に、[p] [t] [k] [b] [d] [g] の閉鎖部分の長さに関する数値が先行研究の測定実験によって加わったので、表 1 にその数値をまとめる。

音声	閉鎖部分の長さ（先行研究による測定）
[p]	117.64 msec (最短 87.8 msec − 最長 155.5 msec), 120 msec, 106.7 msec
[t]	102.04 msec (最短 83.5 msec − 最長 130.2 msec), 74.3 msec,
[k]	113.09 msec (最短 88.4 msec − 最長 144.3 msec), 81.5 msec
[b]	85.58 msec (最短 69.9 msec − 最長 100.9 msec), 75 msec
[d]	68.59 msec (最短 51.9 msec − 最長 84.5 msec)
[g]	79.97 msec (最短 61.8 msec − 最長 105.8 msec)

表１：先行研究による閉鎖部分の長さ

したがって、今回筆者が行った実験に関する検証点は、2.2章であげた (1) ～ (4) の 4 項目と、表 1 の数値となる。すなわち、履修者の破裂音の閉鎖時間を計測し、無声破裂音の閉鎖部分の方が長いことを確認し、さらに得られた数値が (1) ～ (4) と表 1 の内容に合致しているかどうかを検証することである[12)]。

3． 実験方法

3.1　インフォーマント

実験対象となったのは、2010年度に筆者が担当した授業を、年度末の最後の授業まで履修した学生18名である[13)]。授業は 1 年次生対象の基礎講読で、 1 年を通して毎回の授業で15分程度を費やして発音指導を行った。18名のうち、12名が女性、 6 名が男性である。

3.2　読み上げ文

18名の履修者が読みあげた文を、以下にリストアップする。これらの文中から破裂音を拾い出して、その閉鎖部分の長さを計測した。ただし、すべての破裂音が計測対象となったわけではない。

まず、単語の語頭の破裂音は、学生がその直前にポーズを入れる可能性があるので、計測対象から除外した。例えば、un grand terrain という単語の連なりには [g] と [t] の 2 つの破裂音が含まれている。しかし、どちらも語頭の破裂音であり、学生が「un ＋ ポーズ ＋ grand ＋ ポーズ ＋ terrain」と読んでしまう可能性があるので計測対象とはしなかった。

次に、語中に破裂音を含む単語であっても、長い単語の場合は計測対象から除外した。理由は、長い単語は学生にとって読むのが難しく、語中であってもポーズを入れてしまう可能性があるからだ。例えば fondateurs という単語には、[d] と [t] という 2 個の破裂音が語中に含まれている。しかし、この単語を一気に読むことができずに、「fon ＋ ポーズ ＋ da ＋ ポーズ ＋ teur」や「fon ＋ ポーズ ＋ dateur」または「fonda ＋ ポーズ ＋ teur」のように学生が読んでしまう可能性がある。この意味では、「母音 ＋ 破裂子音」または「子音 ＋ 母音 ＋ 破裂子音」のような 1 音節語の破裂音のみを計測対象とするのが望ましいが、 1 音節語に限定してしまうと計測対象となる単語数があまりにも少なくなってしまうので、今回は 1 音節語と 2 音節語を計測対象とした。

以下のリストの文頭にある数字は、その文が読まれた授業の日付を表す。文の下に書いてあるのが、計測対象となった破裂音である。

2010.05.10 Les fondateurs sont des médecins et des journalistes français.
médecins の［d］

2010.05.17 Pendant ce festival, les grandes marques jouent un rôle important, les marques de voitures par exemple.
pendant の［d］，festival の［t］，grandes の［d］，１番目の marques の［k］，２番目の marques の［k］，voitures の［t］，exemple の［g］［p］[14)]

2010.05.24 Dans des sites antiques, on retrouve des coquilles d'escargots.
sites の［t］，antiques の［t］［k］，coquilles の［k］，escargots の［k］［g］[15)]

2010.05.31 C'est un grand terrain de trois hectares. Il porte le nom d'un aviateur français.
hectares の［k］［t］，porte の［t］

2010.06.07 Nous avons besoin de remonter dans le temps jusqu'à l'époque napoléonienne.
jusqu'à の［k］，époque の［p］［k］

2010.06.14 Les Belges aiment les moules-frites.
moules-frites の［t］

2010.06.21 Dans des pays comme le Mali, le Sénégal ou le Bénin, des jeunes pratiquent le foot pour devenir un jour footballeurs professionnels en France.
pratiquent の［t］［k］，foot の［t］

2010.06.28 La mort prématurée de Christian Dior a propulsé Saint-Laurent au poste de directeur artistique de la maison Dior.
Christian の［t］，poste の［t］

2010.07.05 L'hypermarché est un grand supermarché avec un immense parking. Les clients utilisent gratuitement ce parking.
avec の［k］，１番目の parking の［k］，２番目の parking の［k］

2010.07.12 Le comportement alimentaire des consommateurs a changé. Parce que le pain est riche en calories. Mais il y a aussi un autre élément.
autre の［t］

2010.09.27 Les syndicats sont contents parce que des étudiants et des lycéens ont participé à la manifestation du 23 septembre[16)].
contents の［t］

2010.10.04 D'après un rapport d'une organisation, la production de voitures électriques prend du temps.
D'après の［p］，rapport の［p］，voitures の［t］

2010.10.11 L'image du Japon reste associée au saké. Mais le Japon est aussi connu pour ses

importations massives de vin.

１番目の Japon の [p]，reste の [t]，saké の [k]，２番目の Japon の [p][17)]

2010.10.18 La Suisse est située au cœur du continent européen. Mais elle ne fait pas partie de l'Union européenne.

située の [t]，partie の [t]

2010.10.25 L'accès à la raffinerie de Grandpuits (Seine-et-Marne) est bloqué depuis plusieurs jours.

accès の [k]，Grandpuits の [p]，bloqué の [k]，depuis の [p]

2010.11.08 La guerre contre l'art contemporain au château de Versailles recommence.

contre の [t]，château の [t]

2010.11.22 Incontournable François Fillon. Qui a cru cela il y a encore quelques semaines.

encore の [k]，quelques の [k]

2010.11.29 Haïti : les casques bleus accusés de propager le choléra. En Haïti une rumeur se propage comme l'épidémie de choléra.

casques の [k][18)]

2010.12.06 "S'il n'y a pas les Restos du Cœur, je dois demander à droite, à gauche et après, je dois rembourser des crédits."

Restos の [t]，droite の [t]，après の [p]，crédits の [d]

2010.12.13 Un calme précaire régnait lundi dans les rues. Mais la situation politique reste surréaliste en Côte d'Ivoire.

précaire の [k]，lundi の [d]，reste の [t]，Côte の [t]

2010.12.20 Il fait une "entrée spectaculaire" dans le top 3 des cadeaux nouvelles technologies au pied du sapin.

entrée の [t]，top の [p]，cadeaux の [d]，sapin の [p][19)]

３.３　文の読み上げ状況

3.2章で提示した文は、次のような状況下で読まれたものである。前期の授業では、学生は２つの文を読み上げ、それらの文が録音された。第１の文は、まず教員が発音の注意点を解説し、全員で一緒に声を出して発音練習した後に録音した。第２の文は、教員の解説やクラス全体での発音練習なしで、各学生が自力で読む練習をした後に録音したものである。今回計測対象となったのは、第２の文のみである。後期の授業では、同じひとつの文が２回に分けて録音された。まず学生は、指定された文を自力で読む練習をし、その文を録音した。次に、同じ文に関して教員が発音の解説を行い、クラス全体で発音練習をし、しかるのちにこの同じ文の２

回目の録音が行われたのである。今回計測対象となったのは、１回目、すなわち各学生が自力で読んだ時の録音文である。つまり、前期も後期も、教員による事前の解説なしの状態で、各学生が自分で発音を考えて読んだ文が分析対象となっている。

３.４　音の補充

3.2章でリストアップした破裂音を確認したところ、[b] は１個もなく、[g] も２個しかないことが判明した[20)]。そのため、3.2章の読み上げ文の中で [b] と [g] を含む３音節の単語も計測対象として数を増やした結果、最終的に計測対象となった破裂音の数は以下のようになった。

破裂音	[p]	[t]	[k]	[b]	[d]	[g]
数	12	24	19	3	6	2

表２：計測対象となった破裂音の数

もし学生が全ての授業に出席していれば、表２の全ての音が採取できるが、欠席の場合もある。６つの破裂音すべてに関し、各学生について最低２個ずつはサンプルが採取できるようにすることが必要だと考えた。「２個」の根拠は、表２において [g] が２個あり、このもっとも少ないレベルに合わせるということと、２個あれば平均値が計算できるということである。欠席等が原因でサンプルが２個に満たない場合は、前期と後期の試験で行った発音問題の録音文と、前期授業中に教員と練習した後に録音した文の中で該当する破裂音を探し、補充を行った[21)]。

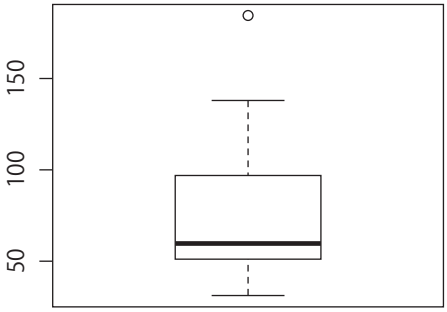
このような補充の作業を行ったにもかかわらず、全員から最低でも２個のサンプルを得ることはできなかった。その理由は、授業の欠席により録音文が無いことのほかに、録音の質がある。とても小さな声で発音している、紙をめくる雑音と重なった等の理由で、閉鎖部分をサウンドスペクトログラフ上で読み取ることができなかった場合があった。したがって、サンプルが１個のみというケースもある[22)]。

３.５　はずれ値の除外

表３は、学生Ａから採取した14個の [t] の閉鎖部分の長さを表す。グラフ１は、表３の数値を箱ひげ図（box plot）で表したものである。グラフ１を見ると、学生Ａが moules-frites という単語の中で発音した [t] の閉鎖部分が非常に長く、外れ値として扱った方がよいことがわかる。

[t] 閉鎖部分の長さ（msec）	[t] が含まれていた単語
31.188	contre
39.438	festival
44.8	autre
51.385	voitures
51.792	voitures
57.169	Christian
60.101	Côte
62.333	reste
67.79	Resto
93.798	château
99.585	poste
121.364	droite
137.374	reste
183.426	moules-frites

表３：学生 A から採取した14個の［t］の閉鎖部分[23)]



グラフ１：学生 A の［t］閉鎖部分の分布を表す箱ひげ図

以上のような外れ値を探す作業を、全ての学生の音に対して行い、平均値計算の対象となるデータから除外した。表４は、各学生から採取した音の個数と、採取後に外れ値として除外した音の個数を表す[24)]。

	採取した[b]の個数	採取した[d]の個数	採取した[g]の個数	採取した[k]の個数	採取した[p]の個数	採取した[t]の個数	採取後に除外した外れ値
学生 A	1	4	1	13	9	14	3
学生 B	2	3	2	18	12	24	3
学生 C	2	4	2	19	10	21	1
学生 D	2	2	1	12	6	16	3
学生 E	2	2	2	11	12	16	5
学生 F	2	3	2	19	12	21	1
学生 G	2	5	2	13	10	12	3
学生 H	1	4	2	19	12	21	2
学生 I	2	2	2	18	12	24	2
学生 J	2	3	1	14	8	18	1
学生 K	2	3	2	17	10	18	5
学生 L	2	2	1	19	12	23	6
学生 M	2	1	1	17	8	16	1
学生 N	1	2	2	16	9	17	4
学生 O	2	3	2	18	11	20	4
学生 P	2	3	2	17	12	18	2
学生 Q	1	4	1	18	11	18	7
学生 R	2	5	2	19	12	23	3

表４：採取した音と外れ値の個数

４． データ分析

４.１　閉鎖部分の長さの平均値

3.4章の表２の破裂音66個を18人の学生の録音文から採取し、同じく3.4章で説明した方法で足りない分の音を補充した。それらの音を、音声分析ソフト Praat のサウンドスペクトログラフ機能で分析し、破裂音の破裂が始まるバーストの前に存在する閉鎖部分の長さを計測した[25)]。破裂音のバーストがはっきりと現れず、摩擦で開始している場合もあったが、この場合でも摩擦部分の前に無音閉鎖部があれば、その無音閉鎖部分を計測した。また、有声破裂音は、バー

スト前の閉鎖部分の途中から基本周波数（F0）が現れることがあるが、この場合もバーストまでを閉鎖部分と判断して計測した。

こうして計測したデータから3.5章で説明したように外れ値を除外し、残ったデータを用いて各学生の閉鎖部分の長さの平均値を計算した。その平均値を、以下の表５に提示する。

	閉鎖部分の長さの平均（四捨五入）msec					
	[p]	[b]	[t]	[d]	[k]	[g]
学生 A	69	40	71	31	64	39
学生 B	98	112	88	22	86	25
学生 C	87	72	81	47	95	40
学生 D	114	26	62	42	66	132
学生 E	80	58	64	49	62	60
学生 F	99	41	88	45	88	50
学生 G	69	36	71	40	57	52
学生 H	106	64	78	29	76	62
学生 I	101	87	98	37	100	48
学生 J	102	43	80	53	59	72
学生 K	85	46	82	43	76	41
学生 L	92	46	52	22	78	63
学生 M	57	23	63	29	60	50
学生 N	83	40	87	36	72	43
学生 O	112	71	98	57	91	42
学生 P	83	95	56	26	61	83
学生 Q	72	23	69	25	58	31
学生 R	114	74	119	61	96	74
全員の平均	90	55	78	39	75	56

表５：閉鎖部分の長さの平均値

表５の数値が、先行研究ですでに判明している項目に合致するかをこれから検証する。検証項目は、次のとおりである[26)]。

（a）閉鎖部分は、有声破裂音［b］［d］［g］よりも、無声破裂音［p］［t］［k］の方が長い。
（b）［p］の閉鎖部分について：80 msec 以上（Repp, 1984），117.64 msec（最短 87.8 msec − 最長 155.5 msec），120 msec（Lisker, 1967），106.7 msec（Menon et al., 1969）[27]。
（c）［b］の閉鎖部分について：85.58 msec（最短 69.9 msec − 最長 100.9 msec），75 msec（Lisker, 1967）。
（d）［t］の閉鎖部分について：102.04 msec（最短 83.5 msec − 最長 130.2 msec），74.3 msec（Menon et al., 1969）。
（e）［d］の閉鎖部分について：68.59 msec（最短 51.9 msec − 最長 84.5 msec）。
（f）［k］の閉鎖部分について：113.09 msec（最短 88.4 msec − 最長 144.3 msec），81.5 msec（Menon et al., 1969）。
（g）［g］の閉鎖部分について：79.97 msec（最短 61.8 msec − 最長 105.8 msec）。
（h）次の境界線よりも閉鎖部分が長ければ［p］、短ければ［b］である。その境界線とは、70 msec（Liberman et al., 1961）または 70〜105 msec（Lisker, 1967）である。
（i）［t］［k］は、無音閉鎖部分が 60 msec を超えると知覚されにくい。（Repp, 1984）

４.２　各音の閉鎖部分の数値について

上記（a）〜（i）のうち、項目（a）と（h）は次章で検証することとし、まず（b）〜（g）と（i）の具体的数値について考察する。表６は、学生18名の［p］閉鎖部分の長さの平均値を昇順に並べたものである。以下で表６と、前章の（b）の内容をつきあわせる。

（b）［p］の閉鎖部分について：80 msec 以上（Repp, 1984），117.64 msec（最短 87.8 msec − 最長 155.5 msec），120 msec（Lisker, 1967），106.7 msec（Menon et al., 1969）。

学生	M	A	G	Q	E	N	P	K	C
［p］閉鎖部（msec）	57	69	69	72	80	83	83	85	87

学生	L	B	F	I	J	H	O	D	R	平均値
［p］閉鎖部（msec）	92	98	99	101	102	106	112	114	114	90

表６：学生18名の［p］閉鎖部分の長さ（昇順）

項目（b）によると、先行研究の［p］の閉鎖時間は「80 msec 以上」「最短 87.8 msec」となっており、今回の実験にはこれよりも短い学生が数名いる。数値「117.64 msec，120 msec，

106.7 msec」と比べても、今回の実験の中央値 89.5 msec や平均値 90 msec は、より短いものとなった[28]。以上のことから、学生の [p] の閉鎖部は、先行研究のものと比べると多少短めであったことがわかる。

（c）［b］の閉鎖部分について：85.58 msec（最短 69.9 msec − 最長 100.9 msec），75 msec（Lisker, 1967）。

学生	M	Q	D	G	A	N	F	J	K
［b］閉鎖部（msec）	23	23	26	36	40	40	41	43	46

学生	L	E	H	O	C	R	I	P	B	平均値
［b］閉鎖部（msec）	46	58	64	71	72	74	87	95	112	55

表７：学生18名の［b］閉鎖部分の長さ（昇順）

項目（c）を見ると、先行研究では［b］の閉鎖部分のすべての数値が 69.9 msec〜100.9 msec に収まっているのに対し、学生の場合はそれよりも短い場合が多かった（学生 M〜H まで）。今回の実験の中央値 46 msec や平均値 55 msec も、先行研究の 85.58 msec，75 msec と最短 69.9 msec を下回り、学生の［b］の閉鎖部は先行研究のものと比べて短めであったことがわかる。しかし、学生 O〜P までは先行研究の枠内に収まっている。

（d）［t］の閉鎖部分について：102.04 msec（最短 83.5 msec − 最長 130.2 msec），74.3 msec（Menon et al., 1969）。

学生	L	P	D	M	E	Q	A	G	H
［t］閉鎖部（msec）	52	56	62	63	64	69	71	71	78

学生	J	C	K	N	B	F	I	O	R	平均値
［t］閉鎖部（msec）	80	81	82	87	88	88	98	98	119	78

表８：学生18名の［t］閉鎖部分の長さ（昇順）

項目（d）によると、先行研究では［t］の閉鎖部分の最短が 83.5 msec となっているが、今回

の実験のデータは半数以上がそれを下回る数値だった。中央値 79 msec と平均値 78 msec に関しては、先行研究による 102.04 msec より短いものの、もう一方の 74.3 msec とはほぼ同じ数値となった。

（e）［d］の閉鎖部分について：68.59 msec（最短 51.9 msec − 最長 84.5 msec）。

学生	B	L	Q	P	H	M	A	N	I
［d］閉鎖部（msec）	22	22	25	26	29	29	31	36	37

学生	G	D	K	F	C	E	J	O	R	平均値
［d］閉鎖部（msec）	40	42	43	45	47	49	53	57	61	39

表９：学生18名の［d］閉鎖部分の長さ（昇順）

項目（e）の先行研究では最短のものが 51.9 msec で、今回の実験のほとんどのデータがそれよりも短い閉鎖時間だったが、重複している部分（学生 J，O，R）もあり、まったくかけはなれた数値とはなっていない。中央値 38.5 msec と平均値 39 msec は、先行研究の 68.59 msec や最短 51.9 msec よりも短い数値だった。

（f）［k］の閉鎖部分について：113.09 msec（最短 88.4 msec − 最長 144.3 msec），81.5 msec（Menon et al., 1969）。

学生	G	Q	J	M	P	E	A	D	N
［k］閉鎖部（msec）	57	58	59	60	61	62	64	66	72

学生	H	K	L	B	F	O	C	R	I	平均値
［k］閉鎖部（msec）	76	76	78	86	88	91	95	96	100	75

表10：学生18名の［k］閉鎖部分の長さ（昇順）

項目（f）によると、［k］の閉鎖時間に関する先行研究で最短のものは 88.4 msec または 81.5 msec で、今回の実験の大部分の数値がそれより短かった。中央値 74 msec と平均値 75 msec も、先行研究の 113.09 msec や 81.5 msec に比べると短い数値となった。しかし、先行研究の

81.5 msec を上回る数値（学生 B～I）や、最短 88.4 msec を上回る数値（学生 O～I）は存在する。以上のことを考慮すると、項目（f）と表10が表す内容は、かけ離れているとは言えない。

（g）［g］の閉鎖部分について：79.97 msec（最短 61.8 msec－最長 105.8 msec）。

学生	B	Q	A	C	K	O	N	I	F
［g］閉鎖部（msec）	25	31	39	40	41	42	43	48	50

学生	M	G	E	H	L	J	R	P	D	平均値
［g］閉鎖部（msec）	50	52	60	62	63	72	74	83	132	56

表11：学生18名の［g］閉鎖部分の長さ（昇順）

項目（g）が表す先行研究では、［g］の閉鎖時間の最短が 61.8 msec だったが、今回の実験では半数余りの数値がそれを下回った。さらに中央値 50 msec と平均値 56 msec が先行研究の 79.97 msec より短かったことも考え合わせると、今回の実験の［g］の閉鎖部分は先行研究のものよりも多少短かったことになる。

（i）［t］［k］は、無音閉鎖部分が 60 msec を超えると知覚されにくい。（Repp, 1984）

項目（i）は、知覚に関する先行研究の結果である。学生の［t］も［k］も 60 msec を超えるものが大部分であったので、聞いていてわかりにくい［t］［k］を発音している可能性がある。

以上、［p］～［g］までの 6 音に関する考察をまとめると、今回の実験の数値は全般的に先行研究のものよりも短めではあったものの、両者にまったく重なりが無いというかけはなれた結果にはならなかった。また、先行研究は実験用に用意された音声を使っており、はっきりと聞こえるようなゆっくりとした速度であった可能性が強い。一方、学生の録音は授業の発音練習の一環として成されたものであり、話す速度が先行研究のものと比べて速めであった可能性がある。話す速度は音節の長さに影響するので、このことが今回の実験の数値を短めにした可能性が考えられる。以上のことを考え合わせると、今回の測定結果は妥当なものであり、この数値を利用して学生のリズムの進歩に関する研究を進めても構わないものと考える。

4.3　無音破裂音と有声破裂音

この章では、項目（a）と（h）について測定結果を検証する[29]。

（a）閉鎖部分は、有声破裂音［b］［d］［g］よりも、無声破裂音［p］［t］［k］の方が長い。
（h）次の境界線よりも閉鎖部分が長ければ［p］、短ければ［b］である。その境界線とは、70 msec（Liberman et al., 1961）または 70〜105 msec（Lisker, 1967）である。

まず、今回の実験で、［p］の閉鎖部分の方が［b］よりも長かったかどうかを検定にかける。18名の学生に関し、［p］の閉鎖部分の平均値18個と、［b］の閉鎖部分の平均値18個を、表12に提示する。［p］［b］両方とも同一学生の発音した音声で比較するデータに対応があるため、等分散であるかどうかを調べる必要はなく、すぐに t 検定を行える。また、［p］の閉鎖部分が長く［b］が短いという片側にずれることが仮定されるため、片側検定とする。有意差の水準は５％とした。t 検定の結果は、表13に示す。検定の結果、学生の［p］の閉鎖部分の方が［b］より長かったことが判明した。

	閉鎖部分の長さの平均（四捨五入）msec	
	［p］	［b］
学生 A	69	40
学生 B	98	112
学生 C	87	72
学生 D	114	26
学生 E	80	58
学生 F	99	41
学生 G	69	36
学生 H	106	64
学生 I	101	87
学生 J	102	43
学生 K	85	46
学生 L	92	46
学生 M	57	23
学生 N	83	40
学生 O	112	71
学生 P	83	95
学生 Q	72	23
学生 R	114	74
全員の平均	90	55

表12：［p］と［b］の閉鎖部分の長さ

	［p］	［b］
平均	90.1975	55.47417
分散	287.91	650.986
観測数	18	18
自由度	17	
t	6.033468	
t 境界値 片側	1.739607	

有意差あり（５％水準）

表13：［p］と［b］の平均値の差の t 検定

［p］［b］については、先行研究の項目（h）についても考察する。項目（h）によると、70 msec または 70～105 msec という境界線よりも閉鎖部分が長ければ［p］、短ければ［b］に知覚されるという。表12では18人全員の平均値は［p］が 90 msec で、先行研究の境界線 70 msec を超えている。18人の［b］の平均値は 55 msec で、境界線 70 msec を下回り、今回の測定結果と先行研究の項目（h）は内容がほぼ合致している。

次に、［t］と［d］の閉鎖部分の長さの差の検定を行う。表14は、18人の学生の［t］の閉鎖部分と［d］の閉鎖部分の平均値を表す。表14のデータを用いて行った t 検定の結果を表15に示す。t 検定の結果、学生の［t］の閉鎖部分は［d］よりも長かったことが判明した。

	閉鎖部分の長さの平均（四捨五入）msec	
	［t］	［d］
学生 A	71	31
学生 B	88	22
学生 C	81	47
学生 D	62	42
学生 E	64	49
学生 F	88	45
学生 G	71	40
学生 H	78	29
学生 I	98	37
学生 J	80	53
学生 K	82	43
学生 L	52	22
学生 M	63	29
学生 N	87	36
学生 O	98	57
学生 P	56	26
学生 Q	69	25
学生 R	119	61
全員の平均	78	39

表14：［t］と［d］の閉鎖部分の長さ

	［t］	［d］
平均	78.18322	38.62833
分散	286.8537	143.2531
観測数	18	18
自由度	17	
t	12.20199	
t 境界値 片側	1.739607	

有意差あり（５％水準）

表15：［t］と［d］の平均値の差の t 検定

今度は、[k] と [g] の閉鎖部分の長さの差の検定を行う。表16は、18人の学生の [k] の閉鎖部分と [g] の閉鎖部分の平均値を表す。表16のデータを用いて行った t 検定の結果を表17に示す。t 検定の結果、学生の [k] の閉鎖部分は [g] よりも長かったことが判明した。

	閉鎖部分の長さの平均（四捨五入）msec	
	[k]	[g]
学生 A	64	39
学生 B	86	25
学生 C	95	40
学生 D	66	132
学生 E	62	60
学生 F	88	50
学生 G	57	52
学生 H	76	62
学生 I	100	48
学生 J	59	72
学生 K	76	41
学生 L	78	63
学生 M	60	50
学生 N	72	43
学生 O	91	42
学生 P	61	83
学生 Q	58	31
学生 R	96	74
全員の平均	75	56

表16：[k] と [g] の閉鎖部分の長さ

	[k]	[g]
平均	74.61711	56.03522
分散	213.9766	594.0986
観測数	18	18
自由度	17	
t	2.544362	
t 境界値 片側	1.739607	

有意差あり（５％水準）

表17：[k] と [g] の平均値の差の t 検定

以上をまとめると、今回の実験で測定された破裂音の閉鎖部分の長さは、[p] は [b] より長く、[t] は [d] より長く、[k] は [g] より長かったことが、検定により確認された。そして、この内容は先行研究と合致している。したがって、今回の実験で得た閉鎖部分の数値は妥当なものであると判断できる。

５． 今後の展望

先行研究の成果と照らし合わせたことにより、今回の実験で測定した破裂音６音［p］［b］［t］［d］［k］［g］の閉鎖時間が適切な数値であることが判明した。この数値を使って、今後は次の計画で研究を進める。

研究の最終目的は、１年間の授業でリズム教育を行った場合の学生の進歩の検証である。１章で説明したように、フランス語は音節拍リズムであり、そのリズムにおいて最も重要な要素は長さである。したがって学生のリズムを観察するには、学生が発音した文に含まれる音節の長さの測定が必要となる。ところが、文にはポーズが入っている場合があり、ポーズの直後に破裂音が続いていると、どこが破裂音の開始時点であるかがわからない。理由は、ポーズも、破裂音の閉鎖部分も、サウンドスペクトログラフでは空白となって現れるので、その境目が判別できないからである。今回の実験により、18人の学生各人が持つ閉鎖時間が測定でき、それが妥当な数値であることが確認できた。このことにより、彼らが発音した文に「ポーズ＋破裂音」という連鎖が含まれていても、そのポーズと、破裂音の始まりの境目をほぼ正確に見定めることが可能となった。今後は、今回の測定実験で得た閉鎖部分の数値を用いて、18人の学生の１年間のリズムの変化を計測する予定である。

参考文献

Deterding, D. (2001), “The measurement of rhythm: a comparison of Singapore and British English”, *Journal of Phonetics, 29*, pp.217–230.

Duez, D. (1982), “Silent and non-silent pauses in three speech styles”, *Language and speech*, 25, pp.11–28.

Heldner, M., Edlund, J. (2010), “Pauses, gaps and overlaps in conversations”, *Journal of Phonetics, 38*, pp.555–568.

Hieke, A., Kowal, S. and O’Connell, D. C. (1983), “The trouvle with “articulatory” pauses”, *Language and speech, 26*, pp.203–214.

Krivokapic, J. (2007), “Prosodic planning: Effects of phrasal length and complexity on pause duration”, *Journal of Phonetics, 35*, pp.162–179.

Liberman, A., Harris, K. S., Eimas, P., Lisker, L. and Bastian, J. (1961), “An effect of learning on speech perception: the discrimination of durations of silence with and without phonemic significance”, *Language and speech,4*, pp.175–195.

Lisker, L., Abramson, A. S. (1967), “Some effects of context on voice onset time in English stops”, *Language and speech,10*, pp.1–28.

Menon K. M. N., Jensen P. J. and Dew, D. (1969), “Acoustic properties of VCV utterances”, *Journal of the Acoustical Society of America,46*, pp.449–457.

Repp, B. H. (1984), “Closure duration and release burst amplitude cues to stop consonant manner and place of articulation”, *Language and speech,27*, pp.245–254.

Slis, I. H. and Cohen, A. (1969a), “On the complex regulating the voiced-voiceless distinction I”, *Language and speech,12*, p.80.

Slis, I. H. and Cohen, A. (1969b), “On the complex regulating the voiced-voiceless distinction II”, *Language and speech,12*, p.137.

Suen, C. Y. and Beddoes, M. P. (1974), “The silent interval of stop consonants”, *Language and speech,17*, pp.126–134.

窪薗晴夫（2005），『音声学・音韻論』，東京：くろしお出版.

注

1）窪薗，2005，pp.136–7.

2）音節の長さの計測は、通常サウンドスペクトログラフを用いて行われる。有声閉鎖音の場合は、破裂に先立ってボイスバーが閉鎖部分の下部に現れることもある。

3）実験方法の章で詳しく説明するが、今回、履修者の閉鎖時間の計測に用いる破裂音は、その前にポーズが無いものが選ばれている。

4）ポーズには silent pause 無音のポーズと、「えーと」などの filled pause があるが、filled pause は有音なのでここでは考慮の対象とはならない。

5）Deterding は “50 ms before the start of the vowel” と書いているが、the start of the vowel は VOT を指すものと思われる。

6）Krivokapic はポーズの研究を行っていたため、ポーズの長さに関して 200 msec 以上という一律の基準を設けたが、これは裏を返せば破裂音閉鎖部分に関して 200 msec 以上にはならないという一律の基準を設けたことになる。次の Heldner ans Edlund（2010）についても、同じ考え方ができる。

7）これはおそらく単語内における母音間の破裂音を指すと思われる。ポーズに後続する破裂音とは異なり、この音環境の破裂音を対象とすれば、当該破裂音の閉鎖部分を正確に測れるからだ。

8）ある一定の時間以上の長さを持つ無音部分をポーズとみなす方法には、問題点がある。Hieke, Kowal and O’Connell（1983）によれば、それまで伝統的に 250 msec 以上の無音部をポーズとみなすことが行われてきたが、syntax や puctuation 等が影響して 130～250 msec のポーズも数多く存在するという。また、研究者によってポーズに設定する数値が幅広く異なっていることも述べられている。

9）rabid は英語で「狂犬病にかかった」という意味の形容詞。

10）調音点に関する対立、すなわち [p] は [t] [k] に比べて無声部分が長いという点については、後日に検証を行う予定である。

11）Suen and Beddoes, 1974, p.4.

12）2.2章の（1）～（4）と表 1 には、フランス語に関するデータが含まれていない。これは破裂音に関して、破裂開始のバーストと VOT の時間差に関する研究は数多くあるが、閉鎖開始から破裂開始のバーストまでの時間、すなわち閉鎖部分の時間を計測した研究が少ないことが原因である。しかし、ここで紹介したすべての先行研究が無声破裂音の閉鎖部分の方が長いという結果を示しているので、これは言語一般においても同じことが言えると考えられる。したがって、日本人学習者が発したフランス語の無声破裂音の数値と、同じ学習者が発したフランス語の有声破裂音の数値を比較することに関しては、フランス語のデータが無くても問題は生じないと思われる。一方、先行研究の数値と、今回の実験で得られた数値を比較することに関しては、先行研究にフランス語のデータが含まれていないため、両者がかけはなれた数値となるかどうかを確かめることに主眼がおかれる。

13）履修登録してあっても受講しなかった学生や、途中で授業に来なくなった学生は、計測対象から除かれている。

14）festival は 3 音節だが、日本語に「フェスティバル」という外来語として取り入れられており、学生が語中にポーズを入れる可能性が少ないと判断した。破裂音が採取できる単語数を増やすために、この単語は計測対象とした。

15）注14の festival と同じ理由で、３音節語 escargots も計測対象とした。

16）数字23は、黒板につづり vingt-trois を書いて、それを学生が読んだ。ただし vingt-trois の発音は［vɛ̃ttrwa］と［vɛ̃trwa］の２通りがあるため、この単語は分析対象からは除外した。septembre は、［b］の補充用単語として使用した。詳しくは3.4章を参照されたい。

17）saké はフランス語に定着した単語と考えられるので、分析対象とした。

18）se propage はまとめて１単語としてとらえ、propage の［p］は分析対象とはしなかった。

19）top もフランス語に定着した単語と考えられるので、分析対象とした。

20）［d］は６個、［k］は19個、［p］は12個、［t］は24個含まれていた。

21）補充する音の検索の優先順位は、（1）前期と後期のテストの録音文、（2）前期授業中に教員と練習してから録音した文の順である。教員と練習した後の音をできるだけ分析対象から排除するために、この優先順位とした。補充した破裂音が、語頭ではなく語中または語末のものであることにかわりはない。

22）18人の学生に関して何個のサンプルが採れたかという数字は、次章を参照されたい。

23）表３には voitures が２個、reste が２個含まれているが、3.2章の読み上げ文リストにおいて、各々別の文に含まれていた別個の語である。voiture は 2010.10.11 と 2010.12.13、reste は 2010.05.17 と 2010.10.04 の文で採取された。同じ単語を同じ学生 A が発音しても表３のように数値が異なるため、各個人に関しての平均値をとることが重要であると考える。

24）例えば学生 A を例にとると、［b］1 個［d］4 個［g］1 個［k］13個［p］9 個［t］14個、計42個の破裂音の閉鎖部分の長さが計測されたが、外れ値が３個発見されたため、結局学生 A に関しては39個の音が最終的な分析対象となった。

25）Praat version 5.1.43, Paul Boersma and David Weenink.

26）ここに掲げた検証項目は、2.2章の（1）～（4）と表１の内容をまとめ直したものである。

27）（b）～（g）にある数値のうち、最短と最長のデータも合わせて示されているものは、Suen and Beddoes（1974）である。最短の数値のすぐ左側の数値は、Suen and Beddoes（1974）による平均値である。

28）データの個数が偶数なので、中央値は（87 ＋ 92）÷ 2 ＝ 89.5 として算出した。他の破裂音の中央値に関しても同じ処理を行った。

29）項目（a）と（h）は、4.1章からの抜粋。