

关于汉语母语影响德语语音习得的实证语音

研究——以/ç/为例¹

学校名称 上海外国语大学

第一作者 裴仁昊²

第一作者单位 上海外国语大学德语系

地址 上海市松江区松江大学城文翔路 1550 号 邮编 201620

指导教师姓名及职称: 朱磊 职称 副研究员

中文摘要: 本篇论文分析了中国德语学习者与德语母语者在德语中的硬腭清擦音/ç/的发音上的不同, 使用频谱形状以及若干频谱参数对这一不同进行了精确的声学语音学的分析和对比。研究发现, 中国德语学习者与德语母语者在/ç/的发音, 在频谱重心、偏度和峰度这三个参数上具有明显差异, 数据经过了单因素方差分析检验, 检验结果显示中国德语学习者与德语母语者在/ç/的发音差别非常显著且具有统计学意义。另外, 将中国德语学习者硬腭清擦音的/ç/与汉语中与之相近的龈腭清擦音/ç/的对比显示, 中国德语学习者在/ç/的发音上与德语母语者有差异的原因可能是受到了汉语母语的语音负迁移的影响。

关键词: 硬腭清擦音, 频谱重心, 语音负迁移

Abstract: In this study, we have analyzed the acoustic characteristics of the /ç/ in German produced by native German speakers and by Chinese learners of German. The comparison of spectral shape and spectral moments was made. Measurements like Center of Gravity, skewness, and kurtosis can be used to quantify the difference. A one-way ANOVA has indicated a statistically significant difference between the native speakers and Chinese learners. Moreover, a comparison with the /ç/ suggests that the reason for the differences might be negative transfer from Chinese.

Key Words: voiceless palatal fricative, center of gravity, negative transfer

一、绪论

本项目主要侧重于硬腭清擦音/ç/的研究, 此外对于中国德语学习者与德语母语者在元音上的发音差异也做了一些调查, 并也有一定的发现, 如中国德语学习者在对于元音的长短区分较不明显, 且对于德语中的长元音/e:/中国德语学习者倾向发成一个双元音/ei/等, 然而由于所调查的中国德语学习者中元音发音的组内差异较大, 并不具备类似/ç/的发音那样明显的统一特点, 因此只对硬腭清擦音/ç/进行了定量研究和统计分析。

¹ 国家级大学生创新创业训练计划支持项目 (项目编号 201810271101)

² 裴仁昊 (1996-), 男, 籍贯河南, 上海外国语大学德语系 2015 级学生。负责并完成的“青年人上海话受普通话影响的实证性语音研究”项目曾在第十届全国大学生创新创业年会上“最佳创意项目”奖项, 并曾在第五届上海市大学生创新创业年会上获得了“十佳展板”与“优秀创新报告”奖。

（一）研究背景

1. 德语中硬腭清擦音[ç]的概述

在世界语言中，硬腭清擦音[ç]较为罕见，在德语中，硬腭清擦音[ç]常被认为和舌面-软腭清擦音[x]属于同一音位。[ç]也常被称作“ich-Laut”，[x]则称作“ach-Laut”，这是通过 ich[ɪç]“我”和 ach[ax]“啊”这两个德语单词的发音来命名的。从分布上看，[ç]与[x]大致呈互补分布：[x]出现在后元音后，[ç]则出现在其他位置，包括前元音后、辅音后及词首或音节首。

从历时的角度上看，德语中的硬腭清擦音[ç]起源于原先的部分[x]。在现代标准德语中，古代的[x]在三个辅音[n, l, r]之后，在前元音后，以及在指小后缀-chen中，变为[ç]。

在德国中部的许多德语方言中，[ç]变为龈后清擦音[ʃ]，并且在某些中部德语方言中，[ç]没有变为[ʃ]而是转变为龈腭清擦音[ç̥]。国外一些研究详细讨论了这种现象，详见文献综述部分。

2. 汉语普通话中龈腭清擦音[ç̥]的概述

虽然汉语普通话中没有硬腭清擦音[ç]，但有一种龈腭清擦音[ç̥]，与[ç]非常相近。龈腭清擦音[ç̥]在世界语言中也很少见，但在汉语普通话中它是很常用的音素，在汉语拼音中写作 x，这个音在汉语普通话中只出现在[i]或[y]之前。

从历时的角度看，[ç̥]来自另外两个音[k]和[s]，当[k]和[s]在[i]或[y]之前时会被腭化并合并为[ç̥]。

（二）本研究的目的

德语中的硬腭清擦音[ç]和汉语普通话中的龈腭清擦音[ç̥]是两种非常相似但又不同的辅音。本项目进行了一项非正式的小范围调查，发现许多中国德语学习者认为德语中的[ç]和汉语中的[ç̥]是相同的。另一方面，德语母语者却可以感知到中国德语学习者发“ich-Laut”的时候，发音有所偏差，有时还会尝试纠正中国德语学习者。

本研究的目的即为调查德语母语者和中国德语学习者所发的德语中的“ich-Laut”是否存在显著的语音差异，并将探讨如何使用声学语音学的参数来描述这一差异。

（三）本文的结构

本文由四部分组成。

在第一部分绪论中，简要介绍了所涉及的两种辅音，并介绍了本研究的目的和本报告的结构。

在第二部分中，对德语中硬腭清擦音[ç]的研究现状进行了简述。

第三部分介绍了具体的研究方法和结果，对德语母语者和中国德语者所发的/ç/的声学特点进行了分析和对比，并将数据进行了统计检验。

最后，我们分析了研究结果，并探讨了造成德语母语者和中国德语学习者之间发音差异的可能原因。

二、关于德语硬腭清擦音[ç]的研究现状的简述

(一) 引言

关于德语中[ç]的音系地位，即[ç]和[x]是两个不同音位，还是同一音位的两个不同变体，存在许多音系学探讨。

本综述主要关注德语中有关[ç]的语音学研究，包括对[ç]的声学分析，语音感知实验，使用电子腭位仪 (electropalatography, EPG) 和电磁发音仪 (electromagnetic articulography, EMA) 的研究。还涉及德语的[ç]与其他语言的[ç]的语音对比，以及德语中[ç]与德语中其他相近的音 (如[j], [x]) 之间的对比。

对[ç]的声学分析的参数包括：1. 频谱重心 (Center of Gravity), 2. 频谱重心的标准差, 3. 偏度 (skewness), 4. 峰度 (kurtosis), 以上四个参数都属于谱矩 (spectral moments)。5. 离散余弦变换 (Discrete Cosine Transformation, DCT) 系数, 6. 强频集中区 (Concentrated Frequency Area, CFA) 或辅音共振峰 (Formant) 7. 相邻元音的共振峰及过渡段

以上这些语音学研究从[ç]本身的声学描写，德语的[ç]与其他语言的[ç]的语音对比，以及德语中[ç]与德语中其他相近的音 (如[j], [x]) 之间的对比等角度研究了德语中的硬腭擦音[ç]。

研究表明，比起频谱重心、标准差、偏度和峰度这四个谱矩参数，DCT2 系数更适合区分德语中的[j]和[ç]。结果显示，在德语的一些变体中已不再区分[j]和[ç]，而在标准德语中，这一区分尚且存在。另外，相邻元音与[ç]的互相影响也是区分德语中[j]和[ç]的一个重要因素，在这一方面研究尚有不足，有待进一步的研究。

三、中国德语学习者与德语母语者在德语中的硬腭清擦音/ç/上的发音差异

(一) 数据与方法

所采集的声学数据来自 10 名德语母语者和 14 名中国德语学习者。本研究使用的录音设备为：得胜天籁 PC-K500 简装版电容麦克风、Sound Blaster X-Fi Surround 5.1 Pro 外接声卡，采样率为 44,1 kHz。录音环境为紧闭门窗的安静空教室。在录音时也同时记录了这些发音人的性别，出生地和语言背景等信息。

1. 发音人

为了控制录音质量，从 10 名德国母语者中，选择了录音质量良好的 3 名男性和 3 名女性的数据被用于分析，所有这 6 位发音人都出生在德国，没有多语背景，他们的出生地均不在/ç/和/j/已经发生合并的中部德语方言区 (参见 Jannedy 和 Weirich 2016)。

从 14 名中国德语学习者中，选择了录音质量良好的 5 名男性和 5 名女性的数据进行分析。他们都是

上海外国语大学德语专业的学生，且均已学习德语超过3年。汉语普通话数据也来自这一批中国学生。

2. 录音材料

目标词是 *China* (/çi : na/“中国”) 和 *dich* (/dɪç/“你”) 分别包含词首和词尾的/ç/。另有 18 个不包含/ç/的单词作为填充词，所有的词都放入同一个载体句中 *Ich habe ____ erwähnt.* (我提到了____) 中，并且以随机顺序生成了一个句子列表。发音人被要求从上到下朗读这个句子列表，每个句子重复 3 遍。除此之外，中国的德语学习者还被要求朗读一个额外的汉字“西”/xi/，放在载体句“我来读这个__字”中，每句重复 3 遍。

3. 声学分析

所有声学分析均在 Praat (版本 6.0.46) 中进行。

录音中的擦音/ç/和/ɛ/首先在 Praat 中被手动标注并切分。在进行进一步的分析之前，先使用带宽为 500 到 12000 Hz 的滤波器进行了滤波。这是为了排除 500Hz 以下的频率以避免潜在的声调振动的影响，并且考虑到 12,000Hz 的上限可以安全地包括所有跟语音相关的频谱信息。(参考 Jannedy & Weirich, 2017)

所有的擦音均由 Mietta Lennes 所编写的 Praat 脚本自动提取。对于这些提取到的擦音片段，对每个片段进行了带宽为 100Hz 的长期平均频谱分析 (Ltas)，并绘制了不同组的擦音平均功率谱。

参考 Forrest et al. (1988) 计算了以下四个谱矩 (spectral moments): (1) 频谱重心 (COG)，它反映了整个频谱的平均中心频率。(2) 频谱重心的标准差 (SD)，它是衡量频谱中的频率相对频谱重心偏差的程度的指标。(3) 偏度，它描述能量在频谱的整个频率范围内的分布情况，用于衡量频率是偏向于高频或者低频。(4) 峰度，它描述整个频谱的峰度。这四个谱矩参数均使用 Christian DiCanio 的 Praat 脚本自动计算得出。

4. 统计分析

共计有 6 个发音人 x 3 遍重复 x 2 个单词 = 36 个德语母语者的德语/ç/ (第 1 组)，和 10 个发音人 x 3 遍重复 x 2 个单词 = 60 个中国的德语学习者的德语/ç/ (第 2 组)，以及 10 个发音人 x 3 遍重复 x 1 个单词 = 30 个中国的德语学习者的/汉语 ɛ/ (第 3 组)。共计分析了 126 个音，每个音有四个谱矩作为参数：频谱重心，标准差，偏度和峰度。

以上数据经过 SPSS 检验均符合正态分布，随后在 SPSS 中进行了单因素方差分析 (one way ANOVA)，分类变量是组别，因变量是谱矩参数。

(二) 研究结果

1. 擦音的平均频谱图

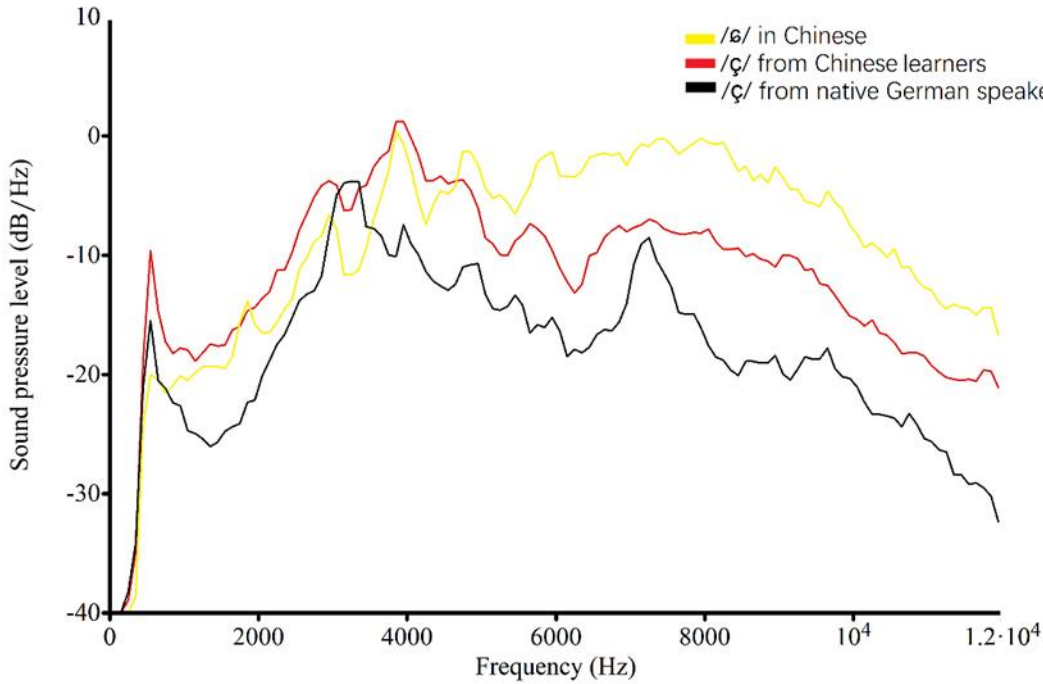


图 1: 每个组的平均功率谱对比图

图 1 显示了不同组的擦音平均功率谱，黑色代表来自德语母语者的 /ç/，红色代表中国的德语学习者的 /ç/，黄色代表汉语中的 /e/。

对于 /ç/ 的平均功率谱，德语母语者和中国德语学习者之间的差异很明显，母语者的 /ç/ 的音强水平 (sound pressure level) 整体更低。两组第一个能量峰值都低于 1000Hz，德语母语者的 /ç/ 的第二个能量峰值约为 3000Hz，而中国德语学习者的 /ç/ 的第二个能量峰值约为 4000Hz。此外，在 6000 到 8000Hz 之间，德语母语者的 /ç/ 的频谱形状有一个陡升和陡降，而中国德语学习者的 /ç/ 的频谱形状更为平坦。

至于汉语中的 /e/，它的频谱形状整体上比德语的 /ç/ 更平坦，汉语 /e/ 的能量峰值位于 4000Hz 附近，与德语母语者的 /ç/ 相同。而在频率大约从 5000Hz 到 12000Hz 这一区域，来自中国学习者的 /ç/ 介于汉语 /e/ 和德语母语者的 /ç/ 之间。

图 1 表明，与德语母语者的 /ç/ 相比，中国德语学习者所发的 /ç/ 的平均功率谱的形状有自己的一些特点，而这些特点也表现出与汉语 /e/ 存在某些相似之处。总的来说，中国德语学习者的 /ç/ 的平均功率谱形状介于汉语 /e/ 和德语母语者的 /ç/ 之间。

2. 谱矩参数

对谱矩参数 (spectral moments) 的定量分析揭示了德语母语者与中国德语学习者之间发音的差异。在 SPSS 中对谱矩参数的数据进行了单因素方差分析，以进一步检验德语母语者与中国德语学习者之间发音的差异是否在统计学上具有显著性。

单因素方差分析中的分类变量是组别 (德语母语者或中国德语学习者)，因变量是四个谱矩参数：频谱重心 (COG)，标准差 (SD)，偏度和峰度。

表：单因素方差分析的结果

谱矩参数	P 值
频谱重心	.000
标准差	.145
偏度	.006
峰度	.002

表 1 显示，两组的/ç/在频谱重心，偏度和峰度方面的差异在统计学上“非常显著”（ $p < 0.01$ ）。此外，频谱重心方面的差异在统计学上为“极其显著”（ $p < 0.001$ ）。

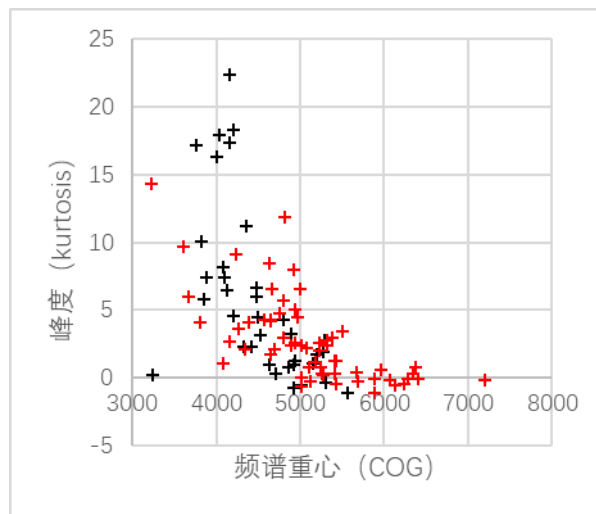


图 2：两个谱矩参数（频谱重心和峰度）的散点图，黑色为德语母语者发的/ç/，红色为中国德语学习者发的/ç/

使用两个谱矩参数绘制了散点图：频谱重心（x 轴）和峰度（y 轴）。此图表明，中国德语学习者发的/ç/的频谱重心往往高于德语母语者，而中国德语学习者的/ç/的峰度往往较低。

10 名中国德语学习者发的/ç/的平均频谱重心为 5104.56Hz，6 名德语母语者发的/ç/平均频谱重心为 4507.12Hz，同样的 10 名中国德语母语者所发的汉语/e/的平均频谱重心为 6976.87Hz。

（三）结论

本研究调查了德语母语者和中国德语学习者之间在硬腭清擦音/ç/的不同发音。研究发现，中国德语学习者与德语母语者所发的/ç/，在频谱重心、偏度和峰度这三个谱矩参数上具有明显差异，数据经过了单因素方差分析检验，检验结果显示中国德语学习者与德语母语者在/ç/的发音上，差异非常显著且具有统计学意义。

中国德语学习者所发的/ç/的平均功率谱形状，以及/ç/的频谱重心都位于汉语的/e/和德语母语者的/ç/之间。这一事实表明，造成中国德语学习者与德语母语者在/ç/上发音存在显著差别的原因，可能是由于受到了汉语中/e/的发音的语音负迁移的影响。

另一方面，中国德语学习者并不是简单地用熟悉的/ɛ/来替换德语中的/ç/，似乎中国德语学习者确实想要努力接近标准的德语发音，但由于受到母语的影响，实际的发音介于两者之间。这一问题还有待进一步的研究，语音感知实验可能将有助于判断，中国德语学习者是否真的能够感知到汉语中的龈腭清擦音/ɛ/和德语中的硬腭擦音/ç/这两种非常相似的擦音之间的差异。

参考文献

- 1 Boersma, P. & Weenink, D. (2017). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0.46, retrieved 03 January 2019. (Zugriff am <http://www.praat.org/>)
- 2 Forrest, K., Weismer, G., Milenkovic, P., & Dougall, R.N. (1988). Statistical analysis of word-initial voiceless obstruents: Preliminary data. *J. Acoust. Soc. Am.* 84, 115–124.
- 3 Gordon, M., Barthmaier, P. and Sands, K. (2002). A cross-linguistic acoustic study of voiceless fricatives. *J. Int. Phonetic Assoc.* 1-36.
- 4 Guzik, K. & Harrington, J. (2007). The quantification of place of articulation assimilation in electropalatographic data using the similarity index (SI). *Advances in Speech Language Pathology*. 109-119.
- 5 Hall, T. A. (2013). Alveopalatalization in Central German as markedness reduction. *Transactions of the Philological Society*. 143-166.
- 6 Harrington, J. (2010). *Phonetic analysis of speech corpora*. Chichester: Wiley-Blackwell. 1-14.
- 7 Jannedy, S. & Weirich, M. (2014). Sound Change in an urban setting: Category Instability of the palatal fricative in Berlin. *Journal of Laboratory Phonology*, 5, 91–122.
- 8 Jannedy, S., and Weirich, M. (2016). The acoustics of fricative contrasts in two German dialects, in *Proceedings of Phonetics and Phonology in German Speaking Areas*, edited by Chr. Draxler and F. Kleber (LMU, Munich, Germany). 1-4.
- 9 Jannedy, S., and Weirich, M. (2017). Spectral moments vs discrete cosine transformation coefficients: Evaluation of acoustic measures distinguishing two merging German fricatives, *The Journal of the Acoustical Society of America*. 395–405.
- 10 Jannedy, S., Weirich, M., Brunner, J. and Mertins, M. (2011). Perceptual Evidence for Allophonic Variation of the Palatal Fricative /ç/ in Spontaneous Berlin German. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1.
- 11 Jannedy, S., Weirich, M., and Helmeke, L. (2015). Acoustic analyses of differences in [ç] and [ʃ] productions in Hood German, in *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences*, edited by The Scottish Consortium for ICPhS 2015 (University of Glasgow, Glasgow, UK). 1-5.
- 12 Kleber, F., Lowery, M., & Stegmaier, R. (2018). The production and perception of the German /s, ç, ʃ/ contrast. 1-4.
- 13 Lee, S. I. (2011). Spectral analysis of mandarin chinese sibilant fricatives.
- 14 Lee, W. -S. & Zee, E. (2003) Illustration of the IPA: Standard Chinese (Beijing). *Journal of the IPA*, Vol. 33(1):109-112
- 15 Li, F. (2007). Spectral measures for sibilant fricatives of english, japanese, and mandarin chinese. 917-920.
- 16 Mielke, J. (2008). *The Emergence of Distinctive Features* (Oxford University Press, Oxford). 1-304.
- 17 Orrin W. Robinson. (2001). *Whose German? The ach_ich Alternation and Related Phenomena in 'Standard' and 'Colloquial'*. John Benjamins Publishing Company, chapter 2, pp. 15-19
- 18 Pompino-Marschall, B. & Mooshammer, Ch. (1997). Factors of variation in the production of the German dorsal fricative. 1-4.
- 19 Svantesson, J. O. (1986). Acoustic analysis of chinese fricatives and affricates. *Journal of Chinese Linguistics*. 195-212.
- 20 T. A. Hall. (2013) Alveopalatalization in Central German as Markedness Reduction. *Transactions of the Philological Society* Volume 112:2 (2014). 143–166.
- 21 Thiele, D & Féry, C. (2016) The allophonic fricative [ɛ] in the Frankfurt dialect. *University of Frankfurt*. 1-2.
- 22 Tronnier, M. & M. Dantsuji. (1993). An Acoustic Approach to Fricatives in Japanese and German. *Proceedings of the 3rd EUROSPEECH'93, Berlin*, vol. 1. 213-228.
- 23 Bao Huaqiao. (2006). 辅音声学特征简议 [Kurze Diskussion über die akustischen Eigenschaften von Konsonanten], the Conference of Phonetics in China & International Forum of Advanced Issues in Phonetics. 1-7.