

吴语苕江话促音音节的初步声学分析
A Preliminary Acoustic Study on
Checked Syllables in Jujiang Wu

何友珺

北京大学中国语言文学系

heyujue@stu.pku.edu.cn

莒江话的音系(辅音)

p帮盘

p^h派

b簿步白缚

m门万自

f分婚

v饭万文换湾

t到同

t^h太

d稻大夺

n脑

l路篮

ts增真争茶

t^h仓插拆

dz栈阵

s苏生槽柴

z罪寨

tc精经蒸壮坳

tc^h秋丘唱疮

dz共箸

ŋ年严软

ɕ休书齐船

z就谢舌十

k工

k^h开去

g渠他厚

ŋ硬

h好虎斧风

莒江话的音系(元音)

- 单元音：ɿ, i, ji, ɤ, y, ʊ, a, a, e, o
- 双元音：ia, ua, ai, uai, aɰ, aɰ, eɰ, yo, iɰ
- 三合元音：uai, iaɰ
- 鼻音韵尾：aŋ, iaŋ, uaŋ, eŋ, ieŋ, ɰaŋ, iɰaŋ
- 鼻化元音：ã, iã, uã,ãi, uãi, œ̃, yœ̃, ẽ, iẽ, uẽ, õ, yõ,
- 其他促音尾元音：iʔ, aʔ, ak, eʔ, ek, iaʔ, iak, uaʔ, uak, aiʔ, uaiʔ, yoʔ, œʔ, yœʔ, iek, ɰak, iɰak, əʔ
- 自成音节：m, n, ŋ

莒江话的音系(声调)

- 阴平523 阳平412
- 阴上55 阳上33
- 阴去435 阳去214
- 阴入5 阳入13

本研究所调查的音系

- 发音合作人：54岁，男性。
- 方言点：南浦溪镇（2016增设，合并原新浦等乡）
- 辅音相同
- 元音：
 - α(ʔ,k), ia(ʔ,k), ua(ʔ,k)本文按照分立为αʔ, ak/iaʔ, iak/uaʔ, uak
 - ji已并入ɿ
 - 未调查到əʔ
 - 未调查到ŋ
- 声调：
 - 古全清平声字存在44（花）和523（西）两种读法，尚未找到读音条件
 - 古全清上声字为高升调较为稳定（秋谷记作55，但认为不稳定）
 - 古全清去声字存在35的读法
 - 古全清平声字读44，古全清上声字为高升调和瓯江片方言非常类似



莒江话的特殊之处

- 莒江话如果根据塞音三分的特点可以归入吴语。
 - 古入声韵在现代吴语的分化有两种：喉塞尾或者舒化独立成调
 - 莒江话：古入声韵有ʔ和k两种塞音韵尾。
 - 与之邻近的处衢片和蛮讲都只有ʔ尾，而瓯江片则是舒化独立成调。
- *入声（韵），阴阳入，促音音节（checked syllable）在语言事实上相近，但内涵完全不同。本文着眼于共时的语音学研究，故此用促音音节指涉来源于古入声的带塞音尾的音节。

研究问题

- 莒江话促音音节的语音面貌是怎么样的？

促音音节是如何同非促音音节区分的？
ʔ和k是如何在语音上区分的？

- 莒江话的促音音节是否发生了变化？或者说存在变异

研究意义

- 莒江话的促音音节的语音面貌，有助于我们更好地理解语音演变的细节。
- 尤其是对于瓯江片入声韵的演化路径。

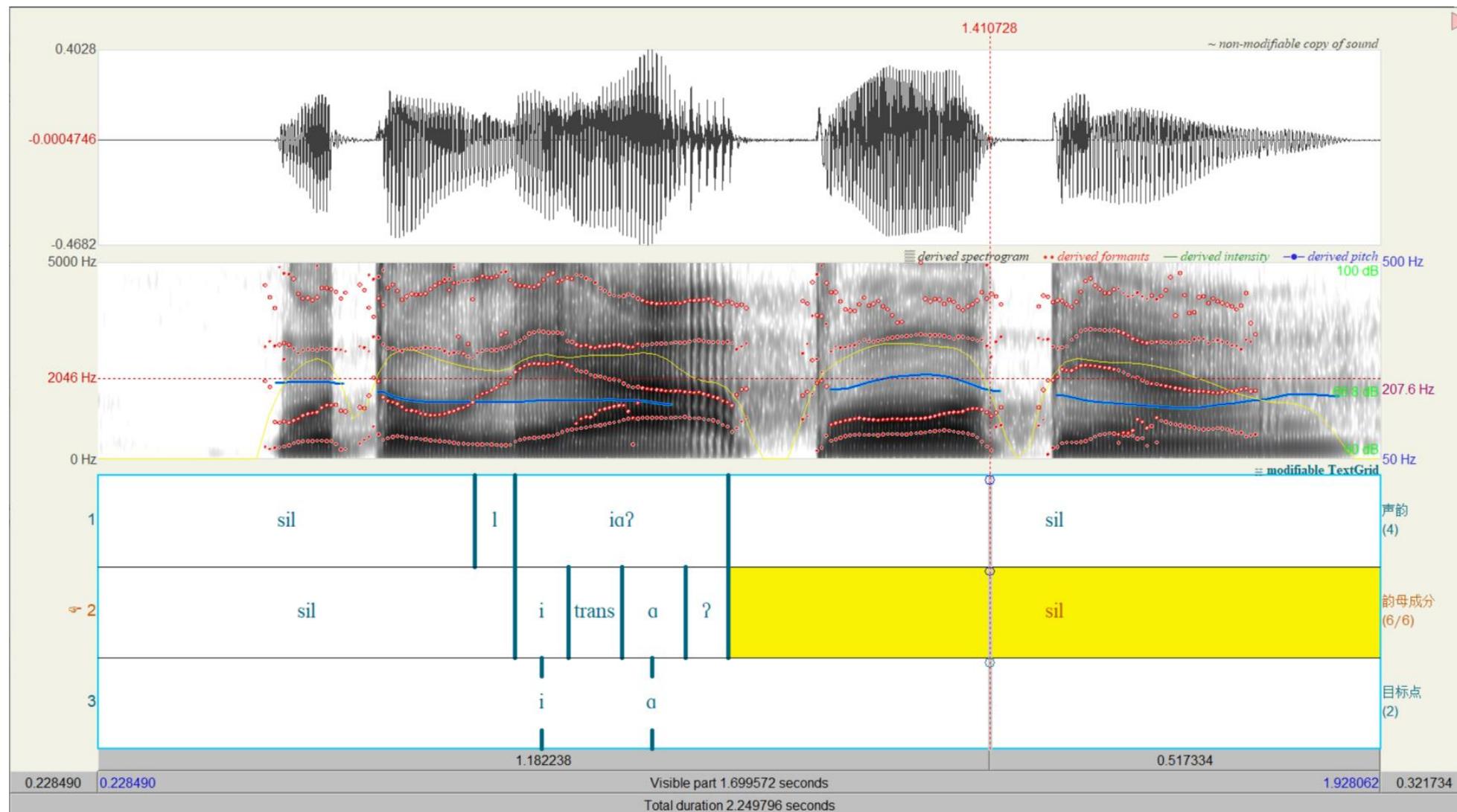
实验信息

- 发音合作人：5男5女，从小在本地长大，无听力说话障碍和智力障碍。年龄在43—56岁之间。
- 字表：共60个元音,每个目标元音都有三个对应目标单字，每个字放在负载句中，重复5遍。录音字表经过伪随机处理。
- 负载句： $\eta o d\partial u?$ _____ $pa?$ $pi\tilde{a}$ 我读_____8遍

实验设备

- 联想笔记本，铁三角外置声卡，麦克风shure58
- 使用熊子瑜编写的xRecorder录制，采样频率为22050Hz，单声道。
- 录音均在安静的室内环境录制。

数据处理



数据分析

- 2女1男
- 元音稳定段中点
- 元音段均匀地取30点

- 主要分析共振峰结构 (F1和F2)
- 音长

- 共振峰的时域比较采用GAMs回归模型

- 语音数据提取: Praat (2022), 脚本: 张明辉、冉启斌、赵彤
- 数据处理分析: R (2002), GAMs模型采用mgcv包 (Wood, 2017)

广义加性模型

Generalized additive models (GAMs)

- 非线性模型
- 多元线性回归

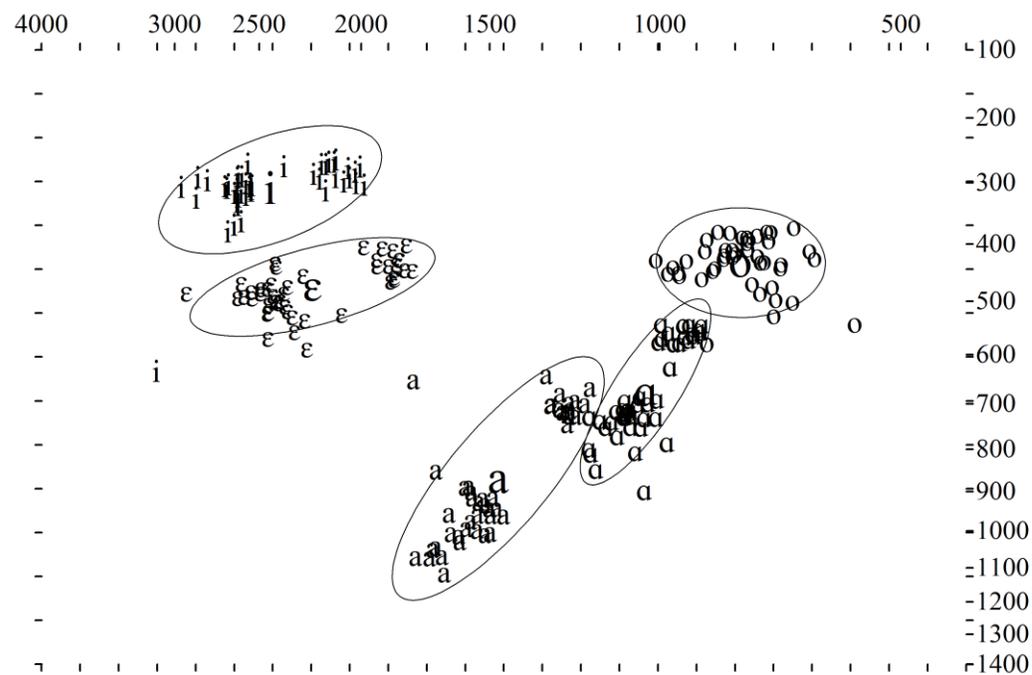
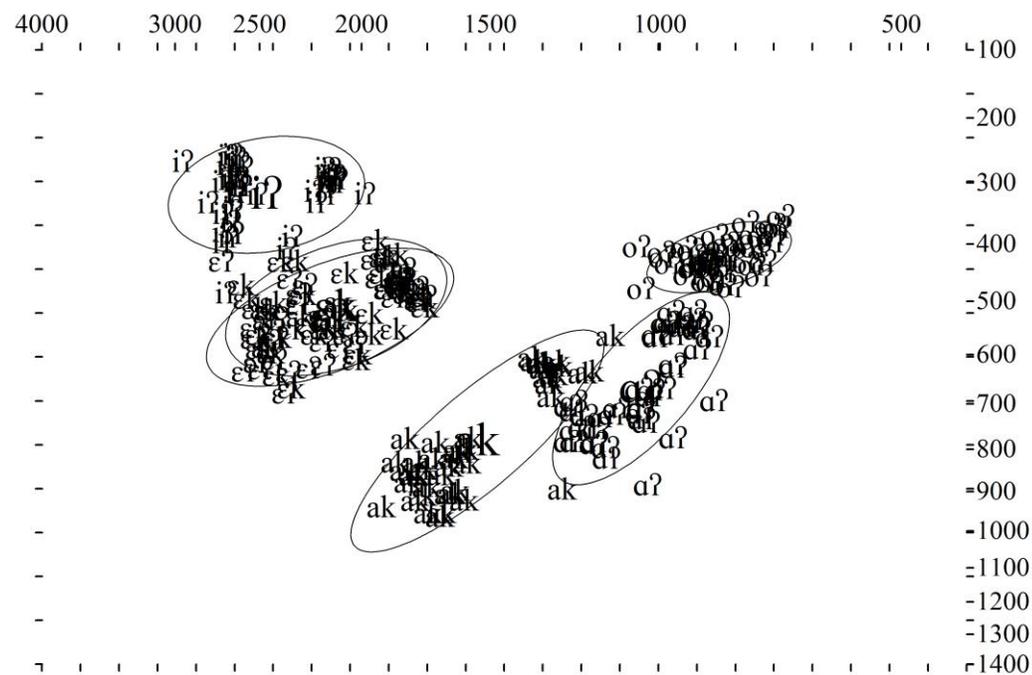
$$\begin{aligned}\mathbf{Y}_{n \times m} &= \mathbf{X}_{n \times p} \mathbf{B}_{p \times m} + \boldsymbol{\epsilon}_{n \times m} \\ &= [\mathbf{X}\beta_{(1)}, \dots, \mathbf{X}\beta_{(m)}] + [\epsilon_{(1)}, \epsilon_{(2)}, \dots, \epsilon_{(m)}]\end{aligned}$$

- 广义加性模型

$$g(\mu_Y) = \beta_0 + f_1(X_1) + f_2(X_2) + \dots + f_n(X_n)$$

- 在时域变化上的数据更加适用

实验结果

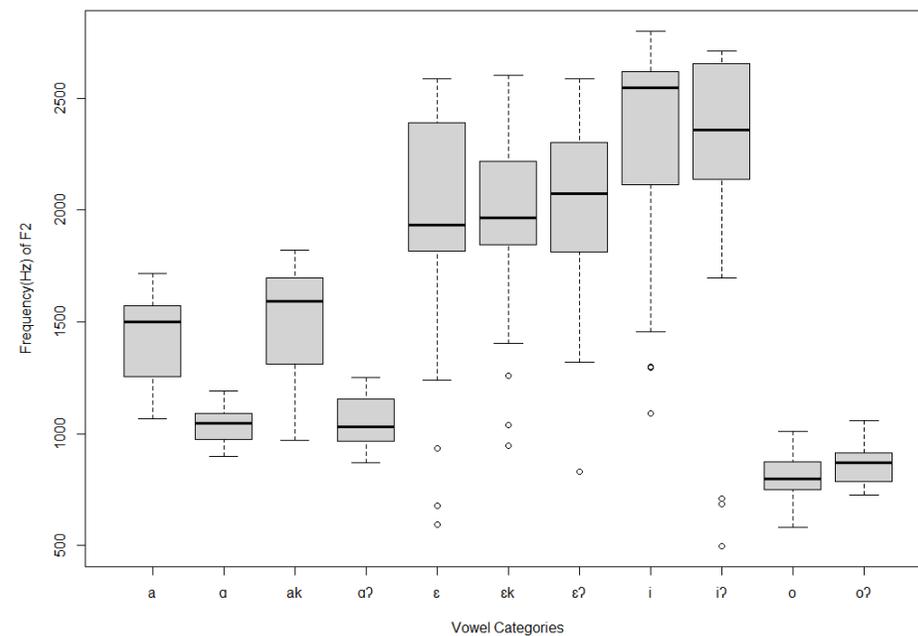
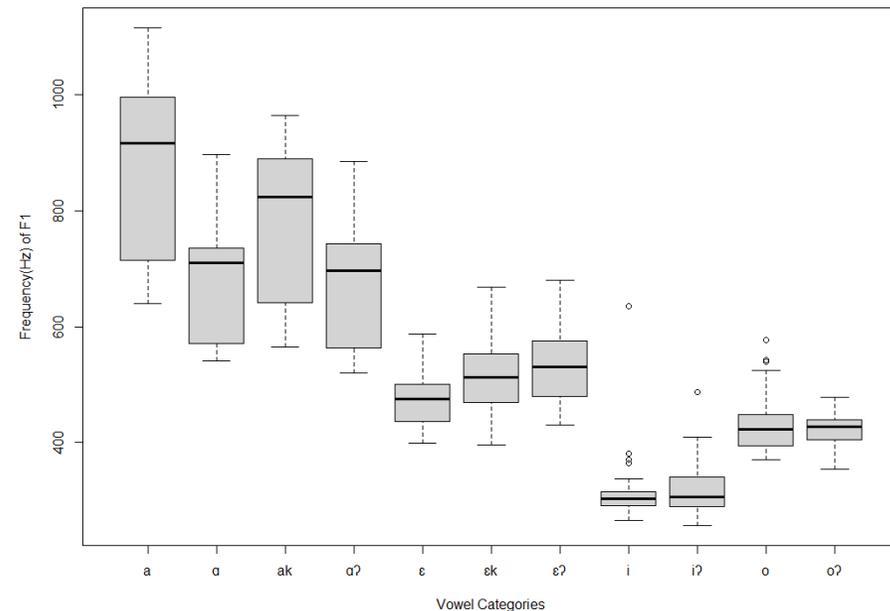


左：促音音节 右：非促音元音

实验结果

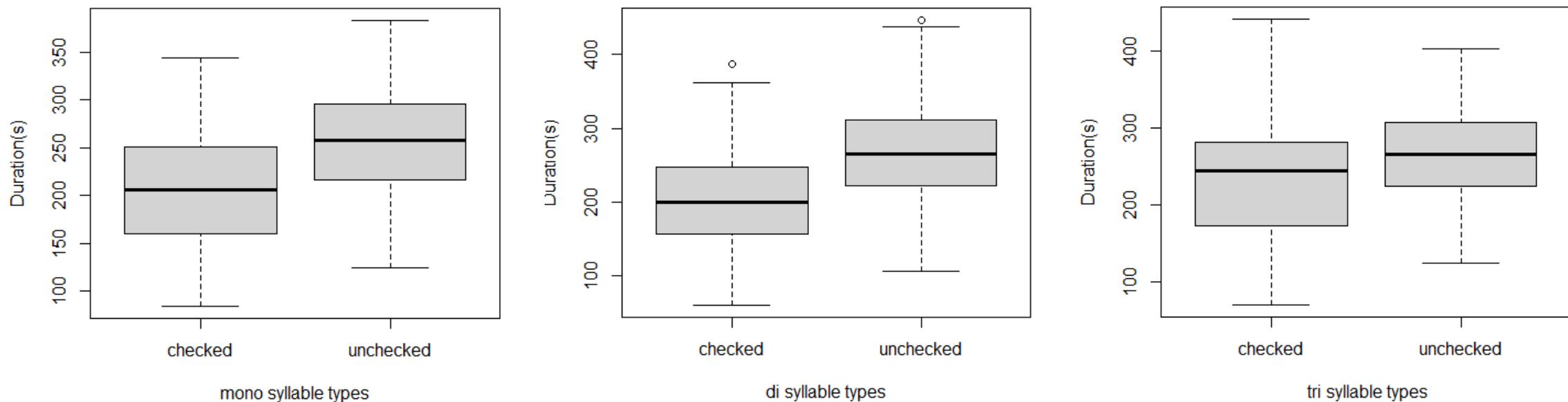
莒江话的单元音和其对应的促化元音的共振峰结构较为相似，不过不同元音之间存在一定的统计学差异。Dunnett's事后检验显示[a ak]、[a aʔ]、[i iʔ]、[ɛ ɛk]、[o oʔ]的F1和F2共振峰之间不存在显著差异

($p > 0.05$)，[ɛ ɛʔ]的F1之间存在显著差异($p < 0.05$)但F2不存在显著差异($p > 0.05$)。



实验结果

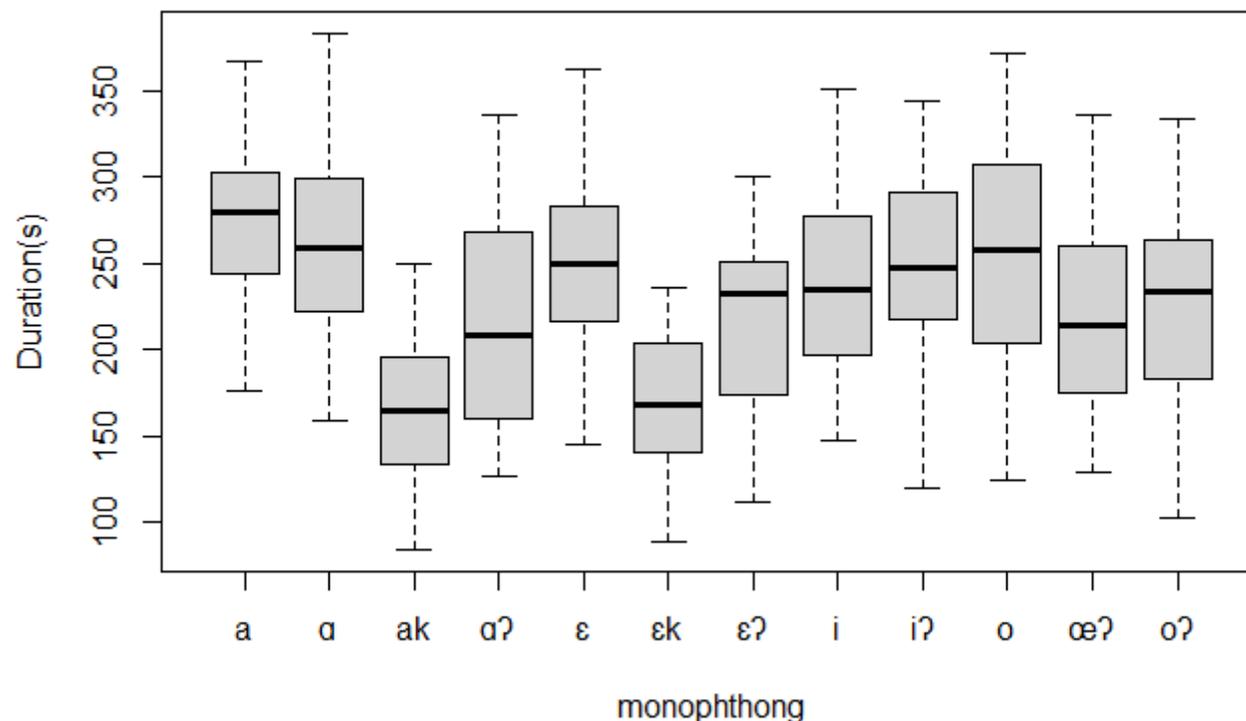
莒江话元音和促化元音的时长存在显著差异。单元音的平均时长为257ms，促化元音为209ms，两者具有显著差异（Kruskal-Wallis (KW) 检验显示 $p < 0.05$)；双元音的平均时长为267ms，促化元音为201ms，两者具有显著差异（KW检验显示 $p < 0.05$)；三合元音的平均时长为266ms，促化元音时长为229，两者具有显著差异（KW检验显示 $p < 0.05$)。



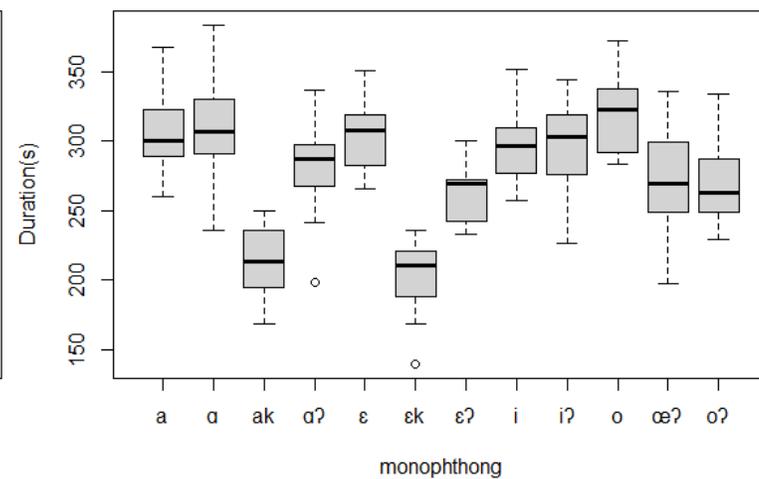
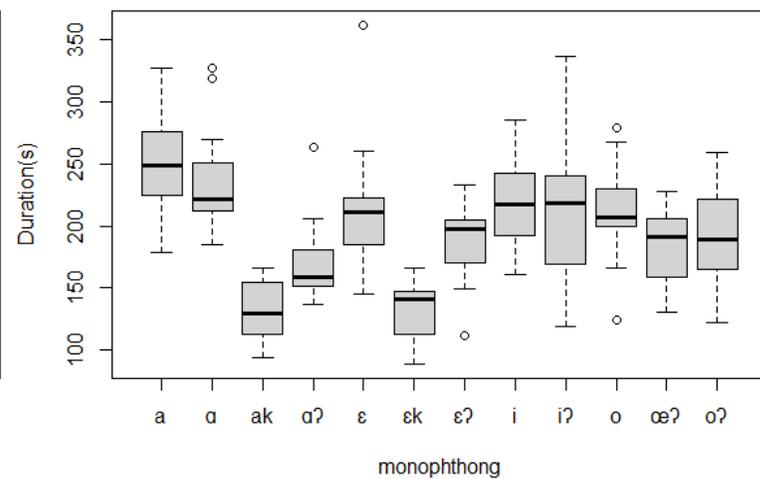
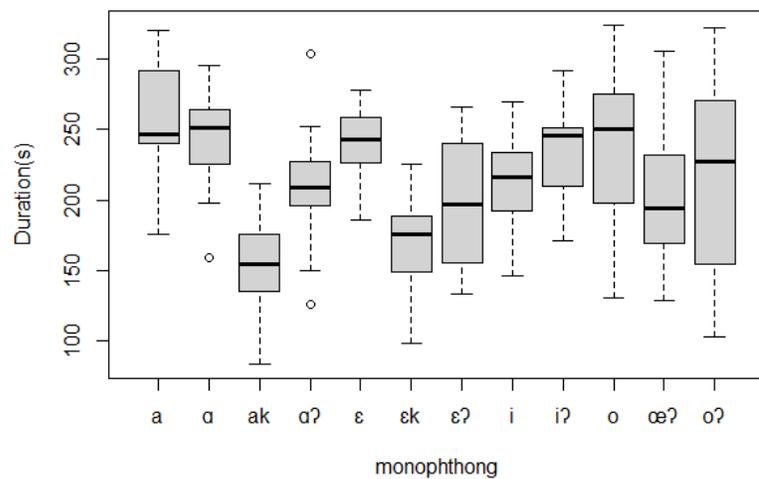
左：单元音 中：双元音 右：三合元音 和其对应促音音节

实验结果

- 单元音与相应促化元音进行比较，可以看促化元音的时长基本比单元音要短。其中k韵尾的促化元音最为明显（ak平均时长为167ms， ϵ k为167ms）， ? 的促化元音则要长一些（ $\epsilon\text{?}$ 为216ms， $\text{ae}\text{?}$ 为220ms， $\text{o}\text{?}$ 为226ms）。i ? 最为特殊，与单元音i相比没有明显差异，平均时长还略高8ms。Dunnett's事后检验显示除[i i ?]外($p=0.306$)，其他单元音和促化元音之间均存在显著差异 ($p<0.05$)。



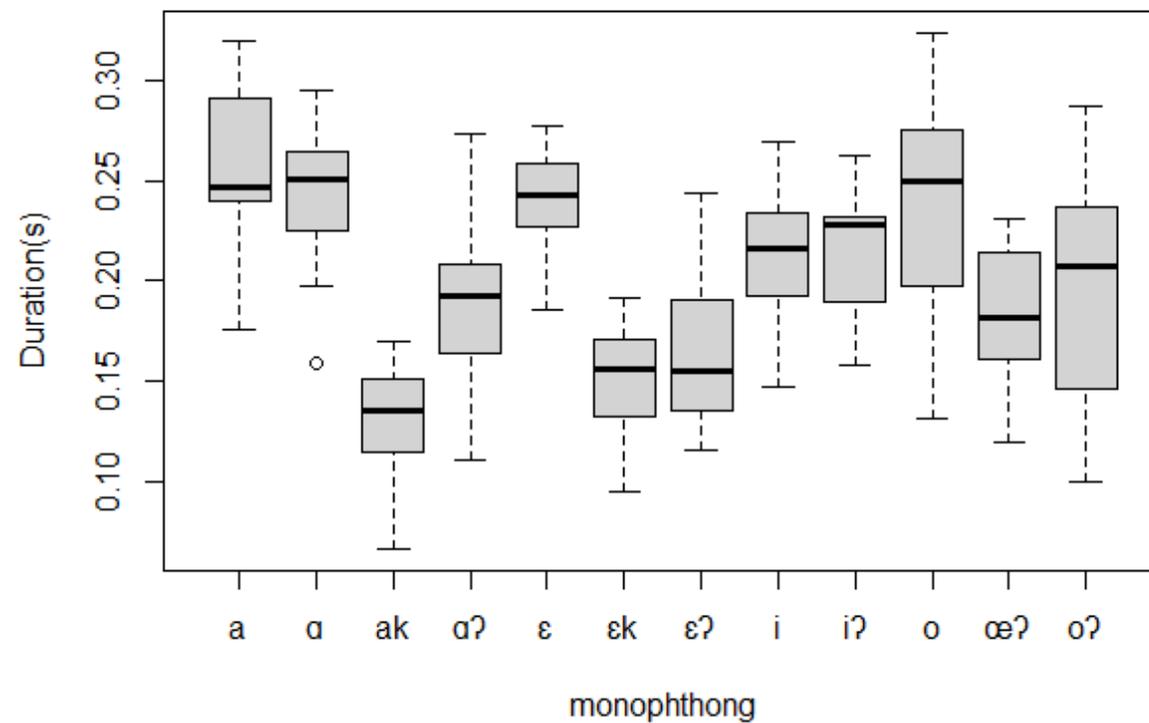
实验结果



左: F1 中: F5 右: M3

F1, F5没有差别o和o?, $p > 0.05$

实验结果



F1 o和o?, $p < 0.05$

小结

- 莒江话的促音音节和相应的单元音在共振峰结构上非常相似，但在时长上大致都存在较大差异。
- 因此时长是区分促音音节和相应单元音的重要声学线索。
- 如果从共振峰的动态性上来看，促音音节和相应单元音的声学表现又是怎样的呢？

实验结果

时长上o要明显长于o?

o和o?共振峰拟合平滑曲线（以下简称共振峰）与之前的终点数据较为符合。

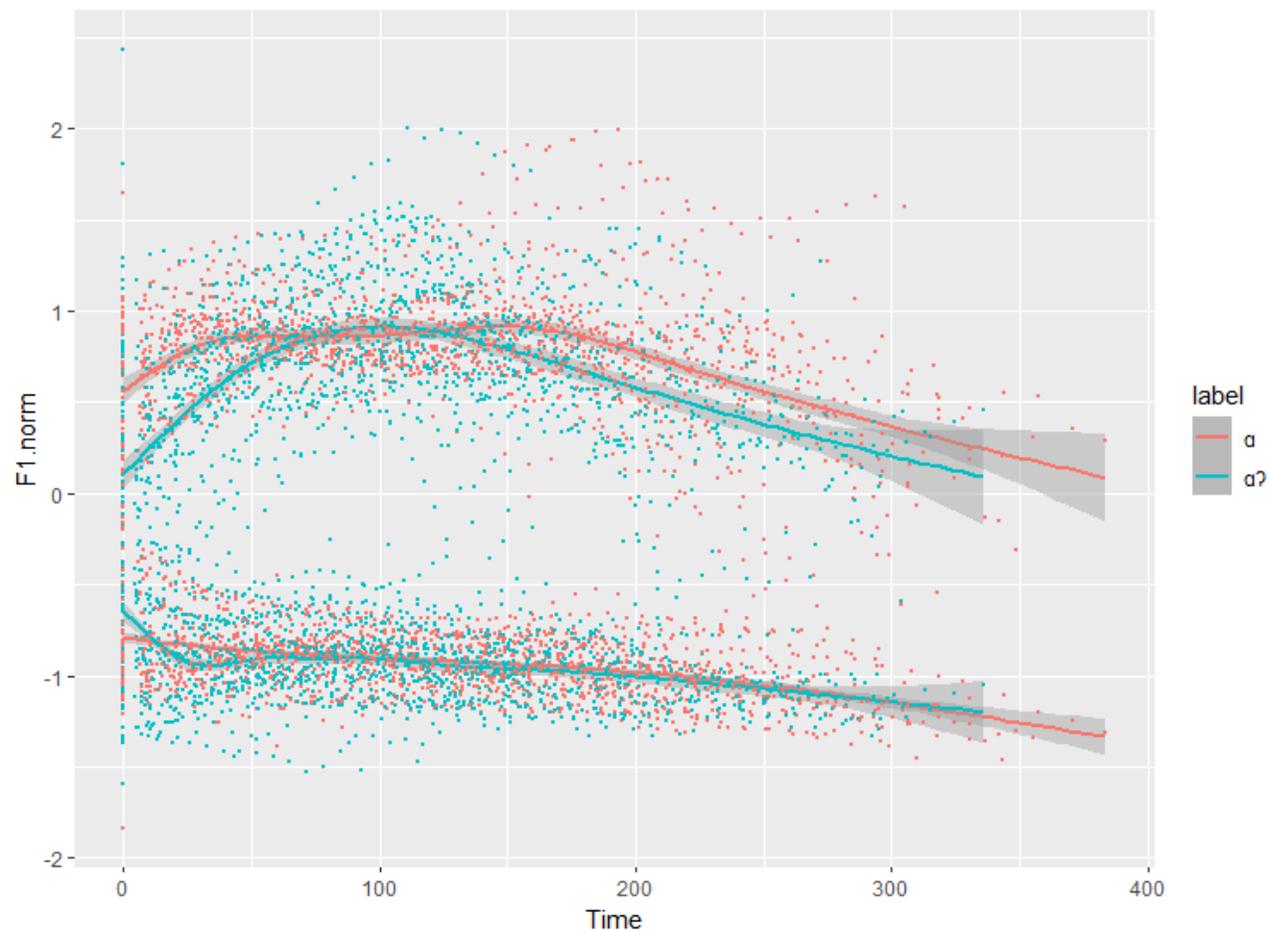


实验结果

时长上要 α 明显长于 $\alpha?$

α 和 $\alpha?$ 的F1轨迹较为贴合，F2在后半段近乎平行

F2的最高值相似，但 $\alpha?$ 更早下降，可以说两者的F2的变化模式是相似的，但是 $\alpha?$ 更早下降

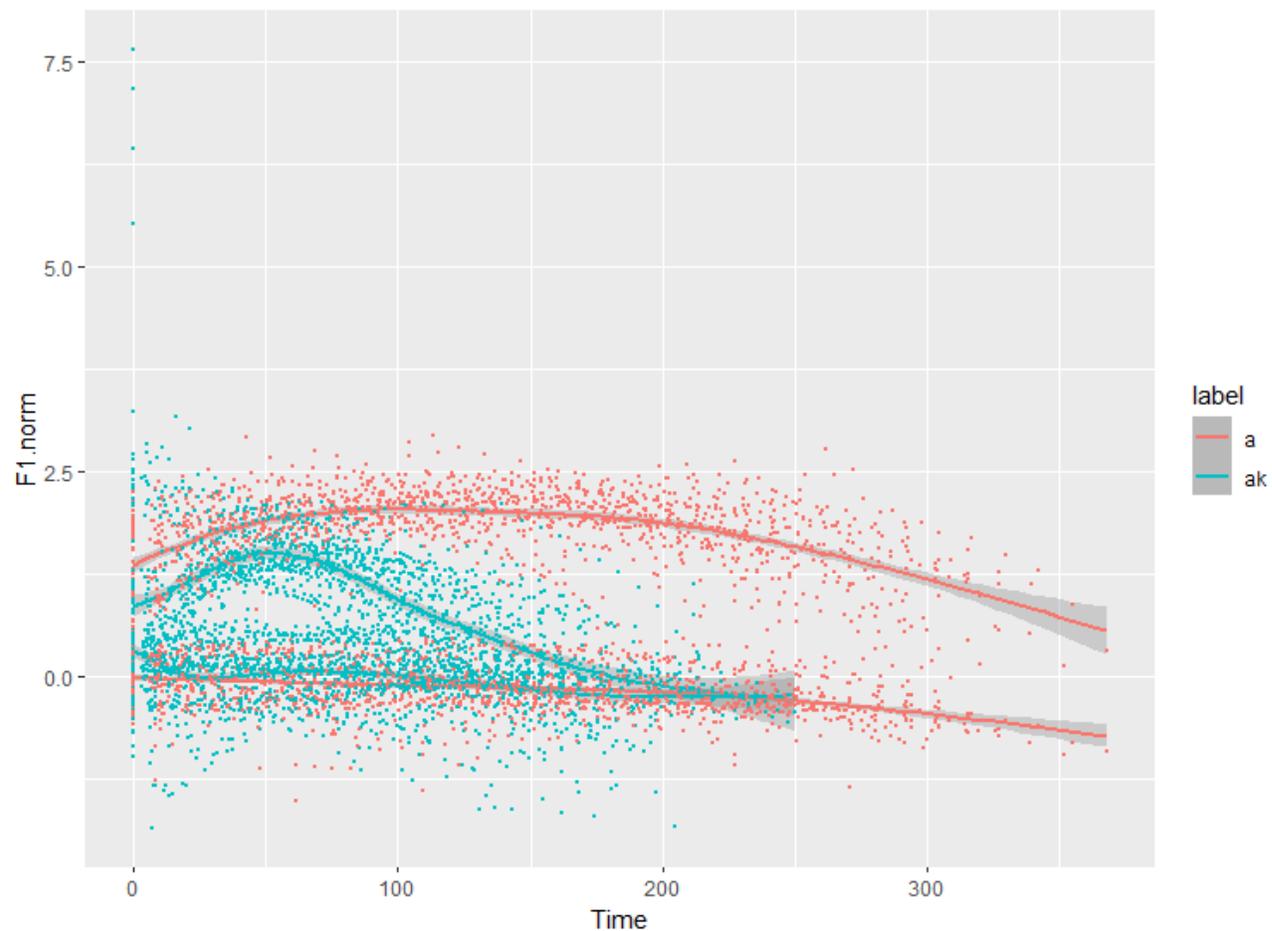


实验结果

a的时长要远远短于ak

a和ak的F1轨迹较为贴合，F2轨迹相差很大。

a的F2始终大于ak。ak的共振峰可能收到k尾的协同发音影响而降低。



实验结果

时长上: $\epsilon > \epsilon\gamma > \epsilon k$, 且差距非常明显

$\epsilon\gamma$ 、 ϵk 的共振峰 (F1 F2) 的最高值都高于 ϵ 。可以说 $\epsilon\gamma$ 、 ϵk 的发音比更高更后。

$\epsilon\gamma$ 、 ϵk 的共振峰最高值相近, 尤其是F2轨迹也相似。但是F1相差巨大, ϵk 在达到目标后迅速下降。这是k尾协同发音的重要标志。

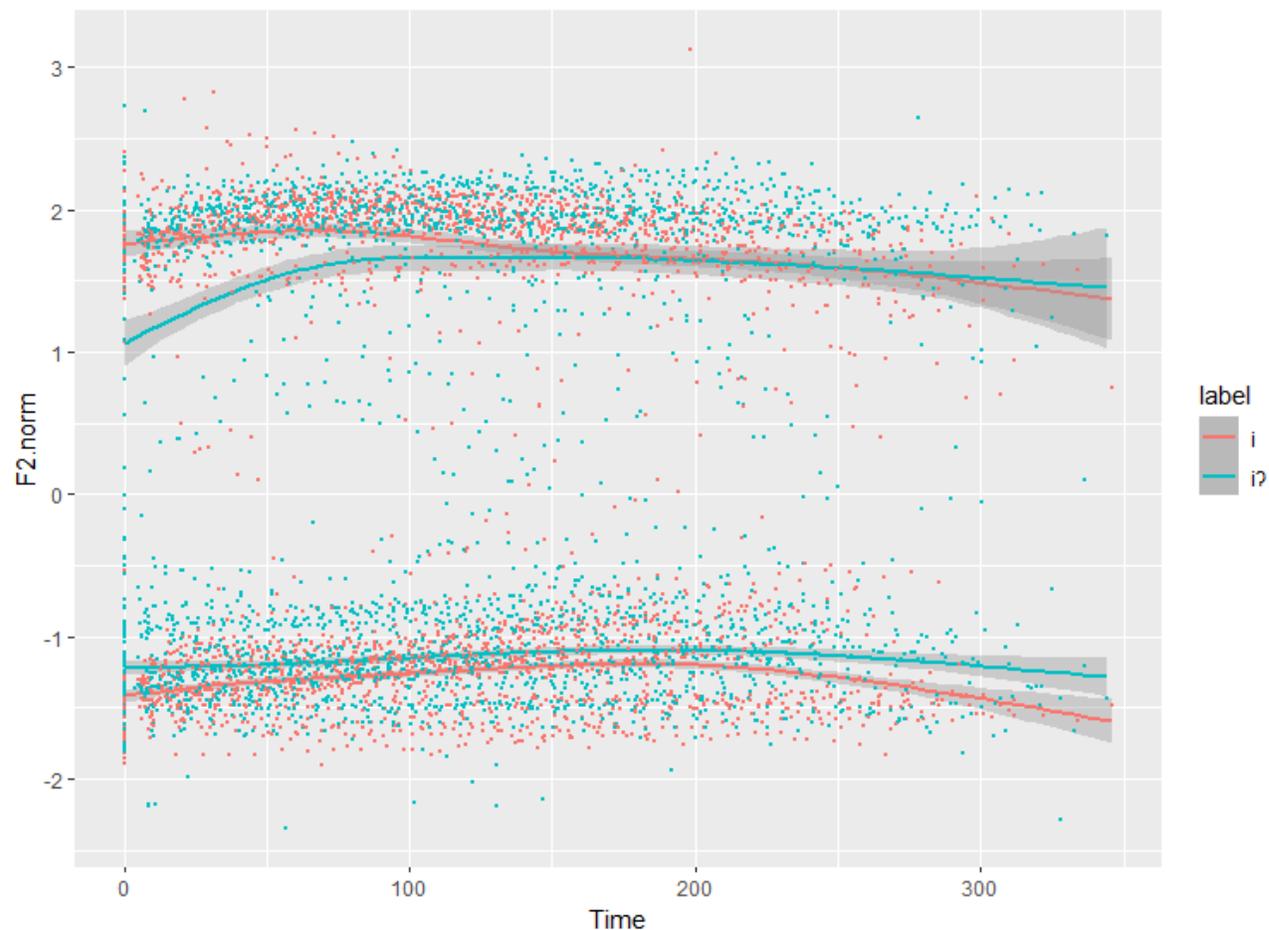


实验结果

i和i?在时长上十分接近

共振峰模式也十分接近，F1从拟合曲线上看i始终低于i?。也就是i的发音更高。F2则是在其实段有些许差异，单后半段基本重合。

因此有必要对i和i?做进一步的分析。这里我们采用GAMs



实验结果

- 简单线性回归
- `m2 <- bam(F1.norm ~ label , data=icheck,method = "ML")`

```
Formula:
F1.norm ~ label

Parametric coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.274850   0.008318  -153.26  <2e-16 ***
labeli?      0.121237   0.011763   10.31  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) = 0.0375  Deviance explained = 3.79%
-ML = 629.54  Scale est. = 0.093405  n = 2700
> gam.check(m2)

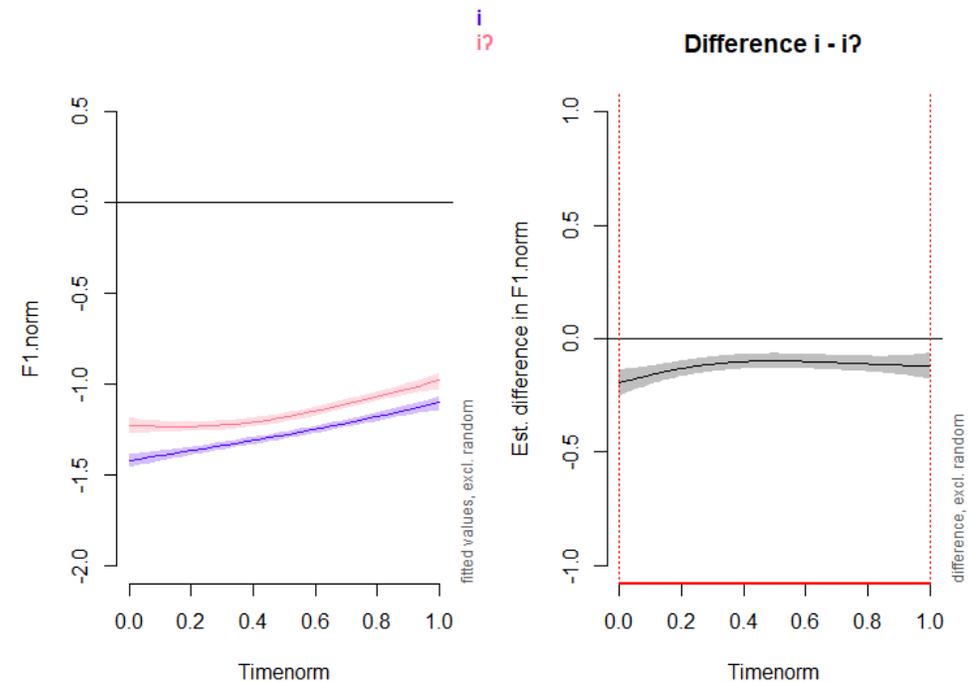
Method: ML  Optimizer: outer newton
full convergence after 6 iterations.
Gradient range [-4.173608e-06,-4.173608e-06]
(score 629.5442 & scale 0.09340532).
Hessian positive definite, eigenvalue range [1350,1350].
Model rank = 2 / 2
```

实验结果

非线性模型

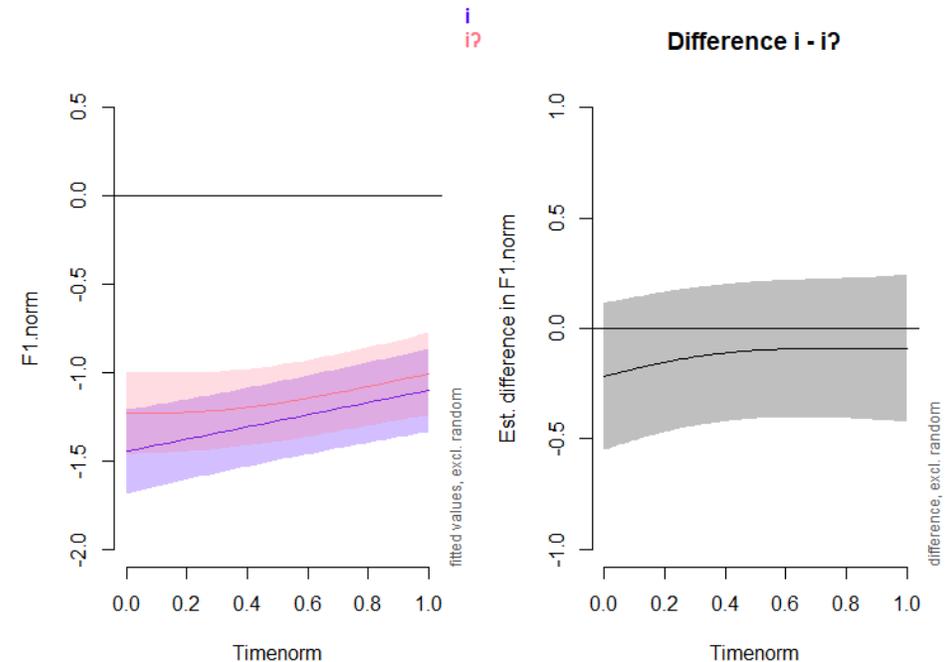
```
m2 <- bam(F1.norm ~ label + s(Timenorm, by=label, bs="tp",  
k=10), data=icheck, method = "ML")
```

- Deviance explained = 12.1%



实验结果

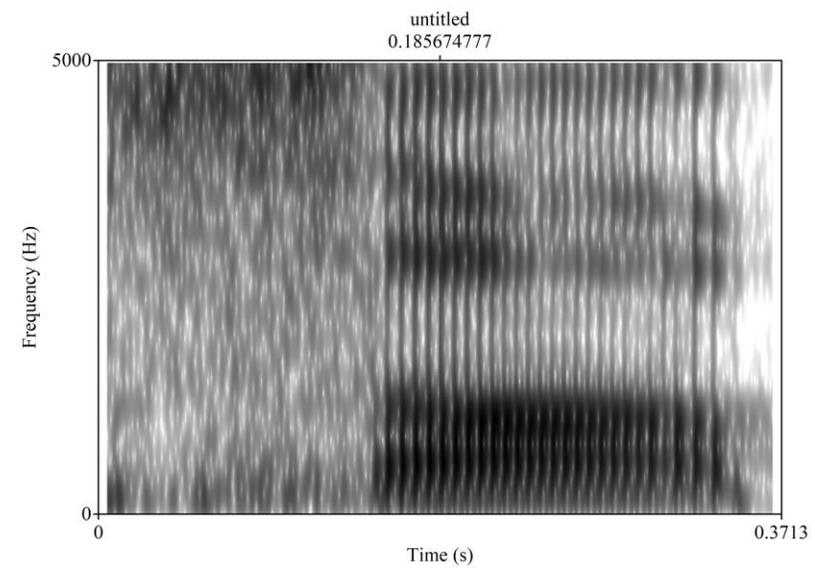
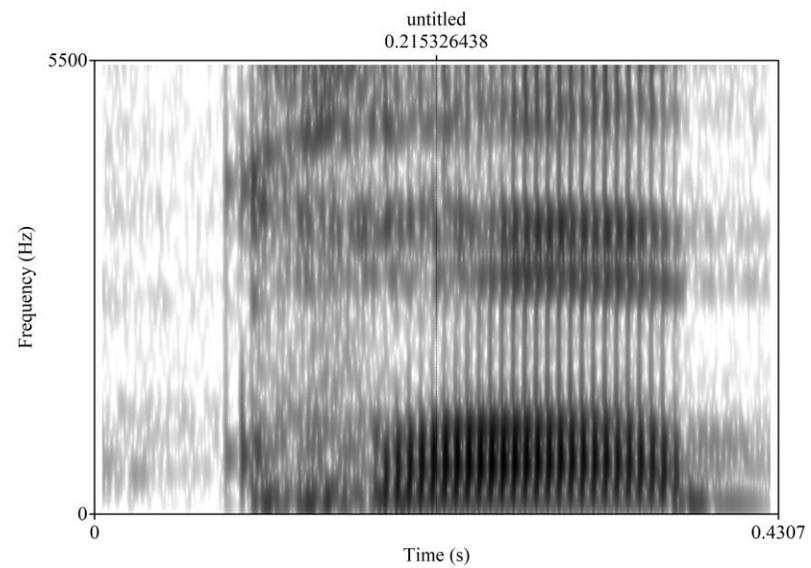
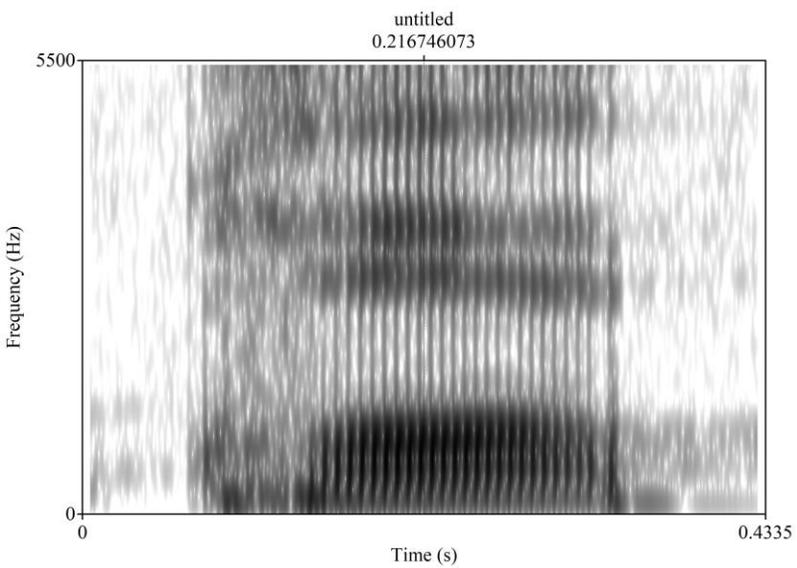
- 加入随机效应
- `m2 <- bam(F1.norm ~ label + s(Timenorm, by=label) + s(Timenorm,Speaker,by = label,bs="fs",m=1), data=icheck,method = "ML")`
- Deviance explained = 54.4%
- Difference is not significant.



总结

- 莒江话的促音音节在共振峰结构上与对应的单元音都较为接近，但是时长差异显著。
- 莒江话的ʔ和k在声学表现上存在较大差异，ʔ类音节要长于k类。且k为有更强势的协同发音作用。
- 莒江话中的i和iʔ，在共振峰结构和时长上都十分相似。iʔ很可能是最先舒化的音节，并且引领性发展出舒化入声调或者并入其他相似调类。
- 入声舒化并不是一个起头并进的过程，而是具有不平衡性的。

入声表现



不足与讨论

- 入声韵的声学表现是多个声学参数共同作用的，本文缺少对于声调的比较是严重的缺陷。
- 以往的研究将音质（元音共振峰结构），音高（声调），音长最为考察入声韵的主要参数，这些都是可能造成其与对应舒声韵区别的重要因素。（宋益丹 2009，大西博子2018,2020,2022、吴波2018、唐志强 &李善鹏 2018）。近年来如Gao&Kuang(2022)、Chai & Ye (2022) 对汉语方言的喉塞尾进行了研究，都注意到了发声态对于入声韵声学表现的贡献。
- 发声态对于入声音节的感知是一个需要进一步深入研究的问题。

参考文献

- 泰顺县志. 杭州: 浙江人民出版社[M]. 1998.
- 秋谷裕幸. 浙江泰顺县新山方言的音韵特点及其归属[C]. //第三届国际吴方言学术研讨会论文集. 2003:62-73.
- 陈静静. 泰顺蛮讲语音研究 (硕士学位论文)[D]. 温州大学. 2013.
- 大西博子. 江苏通州方言入声调的演化方式 [A].汉语方言研究的多维视角: 游汝杰教授八秩寿庆论文.2022:248-263
- 冯法强. 中古入声在方言中的舒化研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2011.
- 宋益丹. 南京方言中的入声喉塞尾实验研究[J].南京师范大学文学院学报, 2009(2) .
- 唐志强,李善鹏.扬州方言入声区别性特征的感知研究[J].方言, 2018, 40(4):10.DOI:CNKI:SUN:FYZA.0.2018-04-003.
- 徐越, 朱晓农 . 喉塞尾入声是怎么舒化的——孝丰个案研究[J].中国语文, 2011(3).
- 吴波. 汉语促化元音的声学分析[J]. 声学学报, 2018, 43(3): 410-416.
- 朱晓农, 焦磊, 严至诚, 洪英 . 入声演化三途[J] . 中国语文, 2008(4) .
- GAO X, KUANG J. Phonation Variation as a Function of Checked Syllables and Prosodic Boundaries[J]. Languages, 2022, 7(3): 171.
- CHAI Y, YE S. Checked Syllables, Checked Tones, and Tone Sandhi in Xiapu Min[J]. Languages, 2022, 7(1): 47.

致谢

- 本文先后受到“汉语方言研究的实验语音学理论与方法研究（15BYY073）”和“中华民族语言文字接触交融研究（22&ZD213）”项目资助，特此感谢。

- 请大家批评指正!