

# Kieliultraäänidatan analyysimenetelmiä a.k.a. UltraLuento 2.

Pertti Palo

14. huhtikuuta 2023

# Edellisen kerran sisältöä

- ▶ 1. Luento: Ultraäänikuvauksen ominaisuudet ja toimintaperiaate
  - ▶ Etuja
  - ▶ Epäideaalisuuksia (eli puutteita)
  - ▶ Fyysinen toimintaperiaate
- ▶ 1. Luento: Puheartikulaation mittaaminen ultraäänellä
  - ▶ Miltä kuva näyttää?

Onko uusia tai vanhoja kysymyksiä?

## 2. UltraLuento: Ultraäänellä tallennetun puhemateriaalin analyysi

- ▶ Osa I: Data- ja analyysiesimerkkejä
- ▶ Osa II: Analyysimenetelmiä
  - ▶ Audio – siis tavallinen ääni
  - ▶ Artikulatorinen data
    - ▶ Kieliultraääni
    - ▶ Kurkunpään ultraääni
    - ▶ Huulivideot
  - ▶ Splinit: Tuottaminen ja analyysi
  - ▶ Laskennalliset metriikat

# Data- ja analyysiesimerkkejä

# Mitä dataa katsomme?

- ▶ Jalal Al-Tamimi & Pertti Palo (forthcoming): “Tongue contours in guttural consonants in Levantine Arabic: A Generalised Additive Modelling Approach”
  - ▶ Aineistossa levantin arabinkielisiä sanoja.
  - ▶ Laaja julkaisuihin tähtäävä aineisto: Puhujia kaikkiaan 10.
  - ▶ Hyvä aikaresoluutio, paikkaresoluutio heikompi. Kuvat vähemmän selkeitä.
- ▶ Pertti Palo & Sonja Dahlgren: Suomenkielen koartikulaatiotyypin pilotti.
  - ▶ Aineistossa suomen sanoja ja epäsanoina.
  - ▶ Julkaistavissa oleva pilottiaineisto: Kaksi luotettavaa puhujaa.
  - ▶ Hyvä aika- ja paikkaresoluutio, kuvat kohtuullisen selkeitä.
- ▶ Pertti Palo: Puhunnosten alkujen ajoitusta - väitöskirjadataa.
  - ▶ Aineistossa suomen fonotaksinmukaisia CV tavuja.
  - ▶ Julkaistu väitöskirjan apudata.
  - ▶ Erinomainen aika- ja paikkaresoluutio, kuvat selkeitä.

# Analyysiesimerkki koartikulaatiodatasta

- ▶ Segmentoidaan audio.
- ▶ Valitaan mielenkiintoiset kohdat.
- ▶ Splinitetään mielenkiintoiset kohdat.
- ▶ Korjataan splinit käsin.
- ▶ Lopuksi tehtäisiin AAA:ssa/R:ssä/Pythonilla splinianalyysia, mutta ei mennä niin pitkälle tänään.

Lyhyt tauko (5 min)

# *Analyysimenetelmiä*



# Audio

- ▶ Tärkeä osa dataa on ultraäänen kanssa yhdessä synkronoidusti tallennettu ääni.
- ▶ Ääntä voi analysoida AAA:lla, mutta se on helpompaa Praatilla.
- ▶ Akustisen segmentoinnin tuloksista on huomattavaa hyötyä aineiston rajaamisessa. Niiden avulla artikulatorinen analyysi voidaan kohdistaa vain siihen osaan tallenteita, mistä ollaan kiinnostuneita.

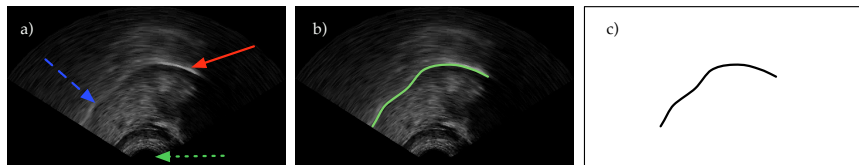
# Artikulatorinen data

- ▶ Keskitymme tällä kertaa kieliultraäänen analyysiin.
- ▶ On kuitenkin hyvä huomata, että myös muita datatyppejä tai -modaliteetteja voidaan yleensä tallentaa samalla laitteistolla – pienillä tai suurilla muutoksilla:
  - ▶ Kurkunpään ultraääni käyttää yleensä erityyppistä anturia, joka pitää ostaa erikseen. Datan analyysi on tyypillisesti hyvin erilaista kuin kieliultraäänen analyysi, koska rakenteet ovat paljon monimutkaisempia.
  - ▶ Huulivideoita voidaan tallentaa helposti. HY:n laitteistolla niitä saadaan joko kasvojen sivulta tai edestä. Huulivideoiden analyysiin on myös olemassa työkaluja.
  - ▶ Suurempaa työtä vaatii yhtäaikainen datan tallennus esim. ultraäänellä ja elektromagneettisella artikulografialla tai muilla menetelmillä.

# Pelkät videot tai kuvat

- ▶ Ultraäänivideoita voidaan annotoida siinä missä mitä hyvänsä videoita.
- ▶ Työ ei ole ihan kevyttä, joten aiheen ja materiaalin rajauksessa kannattaa olla huolellinen.
- ▶ Annotoinnin voi tehdä AAA:lla tai vaikkapa .avi-tiedostoiksi tallennettuja videoita voi käsitellä videoiden annotointiin tarkoitetuilla ohjelmilla.
- ▶ Yksittäisistä kuvista voi myös tehdä suoria mittauksia.

# Splinit I

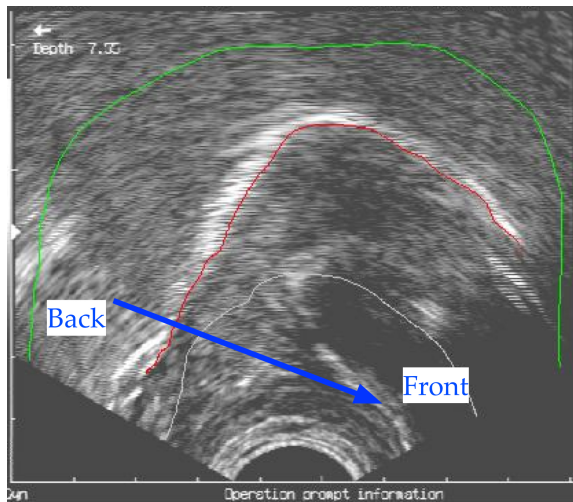


- ▶ Splinin sovitus ultraäänikuvaan tarkoittaa, että piirrämme kielen pinnan mukaisen käyrän ultraäänikuvaan - tai oikeastaan asetamme splinin ohjauspisteet kuvaan.
- ▶ Sovitus voidaan tehdä joko manuaalisesti tai automaattisesti.
- ▶ Automaattista tulosta voidaan myös korjata manuaalisesti.

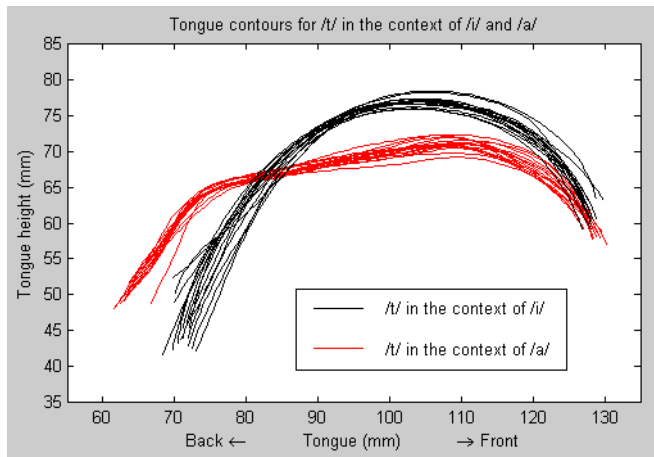
# Splinit II

- ▶ Tulokset riippuvat paljon datan laadusta:
  - ▶ Selkeisiin kuviin on helpompi sovittaa splini.
  - ▶ Parempi paikkaresoluutio auttaa, mutta ei takaa, sovittamisen onnistumista.
- ▶ Splinit itsessään voivat olla analyysin tulos ja niitä voidaan verrata toisiinsa silmämääräisesti.

## Splinit III: Lähempi esimerkki

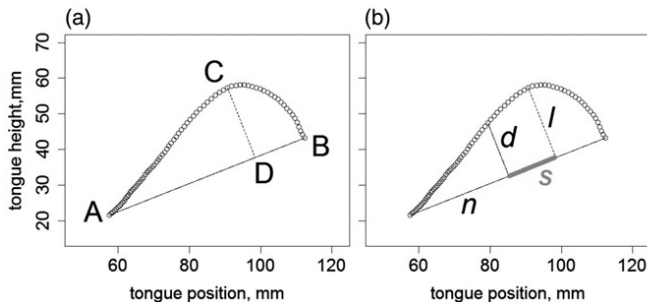


## Splinit IV: Analyysimenetelmiä



Perinteinen menetelmä: Valitaan audiosegmentaation perusteella ajasta kaksi tai useampia mielenkiintoisia pisteitä ja verrataan splinien muotoa niissä.

# Splinit V: Analyysimenetelmiä



- Splinien muotoa voidaan analysoida myös ajan funktiona funktionaalisella data analyysillä ilman tarvetta rajoittua yksittäisiin ajanhetkiin analyysissä.
- Splineistä voidaan myös laskea erilaisia metriikoita ja verrata niitä sitä kautta toisiinsa. Esimerkiksi Zharkova et al. (2015).
- Menetelmiä on paljon ja erilaisiin kysymyksiin sopivat eri menetelmät.



# Laskennalliset metriikat

- ▶ Voimme myös analysoida videoiden informaatioisisältöä erottamatta niistä kielenpintaa tai muita anatomisia rakenteita. Esimerkiksi:
  - ▶ Pikselietäisyys (engl. Pixel Difference / PD, seuraavat kalvot) seuraa kokonaismuutosta ultraäänen raakadatan perusteella. Sopii erityisen hyvin liikkeen alun paikantamiseen.
  - ▶ Optinen virta (engl. Optic flow) seuraa kuvan osien liikettä tilastollisin menetelmin ja arvioi mihin päin kuvan eri osat liikkuvat. Tämä on tärkeä menetelmä kurkunpään ultraäänen analyysissa.
  - ▶ Kuvasarjojen suora tilastollinen analyysi Saito et al. (2020).
- ▶ Näitä ja muita menetelmiä voidaan käyttää myös splinien rinnalla tuomassa lisätietoa.

Kyselkää

# Kirjallisuutta ja kiitokset

- ▶ Steve Cowen: AAA:n käyttöapu ja kuva minusta.
- ▶ Felix Schaeffler: Ilepakkokuva.
- ▶ Alan Wrench: AAA:n käyttöapu ja laitteistokuvat.

Al-Tamimi, J. and Palo, P. (2022). Tongue contours in guttural consonants in levantine arabic: A generalised additive modelling approach (provisional title). In preparation.

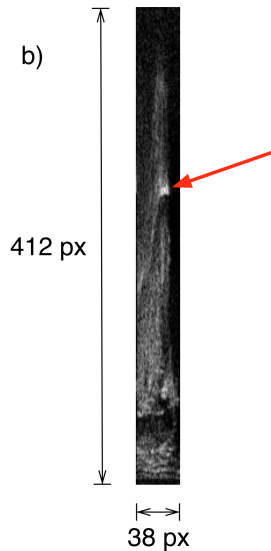
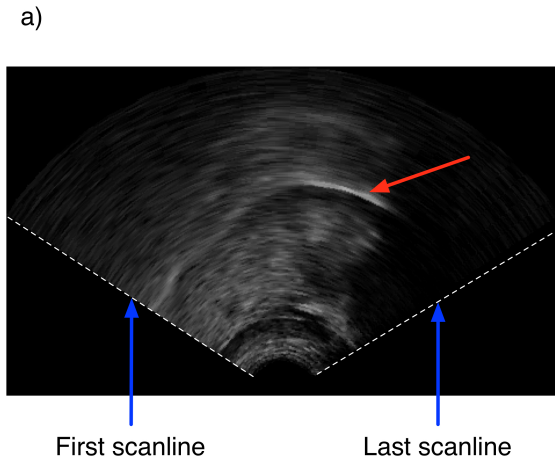
Halgren, S. and Palo, P. (2022). Studying language-specific coarticulatory patterns with tongue ultrasound: The case of Finnish. In preparation.

Palo, P. (2019). *Measuring Pre-Speech Articulation*. PhD thesis, Queen Margaret University, Edinburgh.

Saito, M., Tomaschek, F., Sun, C.-C., and Baayen, R. H. (2020). An ultrasound study of frequency and co-articulation. In *Proceedings of the 12th International Seminar on Speech Production (ISSP 2020)*, pages 206 – 209, Online / New Haven, CT.

Zharkova, N., Gibbon, F. E., and Hardcastle, W. J. (2015). Quantifying lingual coarticulation using ultrasound imaging data collected with and without head stabilisation. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 29(4):249 – 265.

# Pikselietäisyys: Raakadata



# Pikselietäisyys: Missä liike alkaa?

