

การวิเคราะห์พยัญชนะไม่กักในภาษาไทย เชิงกลศาสตร์



นายธนาพันธ์ ตรงดี

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตร ปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาภาษาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530

ISBN 974-568-090-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

01277i

I10296645

AN ACOUSTIC ANALYSIS OF NON-STOP CONSONANTS IN THAI

Mr.Thananan Trongdee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Arts

Department of Linguistics

Graduate School

Chulalongkorn University

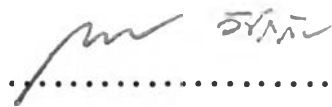
1987

ISBN 974-568-090-7

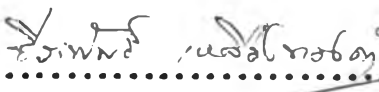
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาปรัชญาไม่วิกฤตในภาษาไทย เชิงกลศาสตร์
โดย นายอนันต์ ครงดี
ภาควิชา ภาษาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร ลักษณ์นิภาวิน





บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรราชัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพันธ์ เหลืองทองคำ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร ลักษณ์นิภาวิน)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระ ธีรพิทักษ์)



หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาพยัญชนะไม่กักในภาษาไทยเชิงกลศาสตร์
ชื่อผู้ผลิต นายธนาพันธ์ ตรงดี
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุคาพร สักขณยานิน
ภาควิชา ภาษาศาสตร์
ปีการศึกษา 2529

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะทางกลศาสตร์อันได้แก่ ความถี่กำหนด ระยะเวลา และความเข้มของเสียง ของพยัญชนะไม่กักในภาษาไทย โดยศึกษาจากแผนภาพคลื่นเสียง (sound spectrogram) และแผนภาพมิงโกแกรม (mingogram) ของพยัญชนะไม่กักจำนวน 10 หน่วยเสียง ซึ่งปรากฏในบริบททางเสียงคือ ปรากฏร่วมกับสระสามหน่วยเสียง /i:, a:, u:/ ในตำแหน่งต้นคำ ระหว่างสระและท้ายคำทดสอบซึ่งเป็นคำพูดเดี่ยว

จากการวิเคราะห์พบว่า

1. ลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะไม่กักแต่ละชนิดแตกต่างกัน

พยัญชนะนาสิก มีคลื่นเสียงที่มีความเข้มค่ามากในช่วงความถี่

500 - 2000 Hz เป็นเหตุให้ F2 มีความเข้มค่าด้วย

พยัญชนะเปิด มีฟอร์เมนต์ต่าง ๆ ปรากฏชัดเจนและเชื่อมต่อกับฟอร์เมนต์ของสระอย่างกลมกลืน

พยัญชนะข้างลิ้น มี F1 และ F2 ชัดเจน ฟอร์เมนต์ของพยัญชนะไม่เชื่อมต่อกับฟอร์เมนต์ของสระอย่างกลมกลืน

พยัญชนะสั้นรัว มีช่วงเงียบเชิงกล (acoustic silence) ปรากฏ 2-3 ช่วง F1 และ F2 มีความเข้มของเสียงสูง

พยัญชนะเสียดแทรก มีลักษณะคลื่นเสียงเป็นเสียงซ่า (Noise) ซึ่งมีความเข้มสูงที्่यानความถี่หนึ่ง ๆ

2. พหุคูณะไม้กักแต่ละหน่วยในชนิดเดียวกัน มีลักษณะทางกลศาสตร์ คือ ค่าความถี่กำหนด ค่าระยะเวลา และค่าความเข้มของเสียง แตกต่างกัน

3. ลักษณะทางกลศาสตร์ของพหุคูณะไม้กักแต่ละหน่วย มีการแปร เมื่อพหุคูณะนั้นปรากฏในบริบทของเสียงต่าง ๆ กล่าวโดยย่อคือ

บริบทสระต่าง ๆ มีอิทธิพลต่อการแปรของความถี่กำหนด และ ความเข้มของเสียงของพหุคูณะไม้กักอย่างชัดเจน

บริบทตำแหน่งต่าง ๆ มีอิทธิพลต่อการแปรของความเข้มของเสียง และ ระยะเวลาของพหุคูณะไม้กักอย่างชัดเจน

การแปรของพหุคูณะในบริบทดังกล่าวส่วนใหญ่มีรูปแบบที่สามารถอธิบายได้

Thesis title An Acoustic Analysis of Non-stop Consonants in Thai
Name Mr.Thananan Trongdee
Thesis Advisor Assist. Prof. Sudaporn Luksaneeyanawin, Ph.D.
Department Linguistics
Academic Year 1986



ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study the acoustic characteristics i.e. resonant frequency, duration and intensity of non-stop consonants in Thai. The study is based on spectrographic and minguographic analysis. Ten non-stop consonants in the context of 3 different vowels /i:,a:, u:/ are investigated. They occur in initial, intervocalic and final position of citation words. The results are.

1. Acoustic characteristics of each class of non-stop consonants are different.

Nasals are characterized by damped spectrum at 500 - 2000 Hz which is clearly displayed by low intensity F2.

Approximants have well-defined F-patterns and smooth transition to adjacent vowels.

Lateral has an abrupt transition to adjacent vowels and high intensity F1 & F2.

Trill is characterized by 2 - 3 acoustic silences and high intensity F1 & F2.

Fricatives are characterized by noise sound with high intensity at certain frequency.

2. Each consonant is acoustically different from another or others within the same consonant class in terms of resonant frequency , duration and intensity.

3. The acoustic properties of the consonants vary according to different phonetic and phonological contexts.

Consonants in different vowel contexts display patterns of variation in their resonant frequency and intensity.

Consonants in different structural contexts display patterns of variation in their intensity and duration.

Most variations are linguistically explainable



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร สักขนิยานาวิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้แนวความคิด ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจด้วยความกรุณาและเอาใจใส่อย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพันธ์ เหลืองทองคำ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระ วีรพิทักษ์ แห่งคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้กรุณาตรวจข้อบกพร่องและให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ และพี่ ๆ ผู้เอื้ออาทรและสนับสนุนผู้วิจัย มาโดยตลอด ขอบขอบคุณ คุณวิบูลย์ ธานสกุล สหายร่วมรุ่น คุณสิทธิชัย ศรีสุนทร เจ้าหน้าที่เทคนิค คุณวันเพ็ญ ขาวสะอาด ผู้พิมพ์ต้นฉบับ และ คุณทฤศยา ต๊ะมินดา ผู้เป็นกำลังใจและช่วยงานกราฟิก จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จด้วยความเรียบร้อยยิ่ง



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
กิตติกรรมประกาศ	ณ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	น
สารบัญแผนภูมิ	ฟ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	1
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง	4
2 วิธีดำเนินการวิจัย	19
2.1 การสร้างรายการคำทดสอบ	19
2.2 การคัดเลือกผู้บอกภาษา	22
2.3 การเก็บข้อมูล	22
2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	24
2.5 วิธีการทางสถิติที่ใช้	35
2.6 การนำเสนอผลการวิเคราะห์	35
2.7 คำจำกัดความของศัพท์เฉพาะและคำย่อที่ใช้ในการวิจัยนี้	35

บทที่	หน้า
3	
ลักษณะทางกลศาสตร์ และ ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกลศาสตร์ กับปริบททางเสียงของพยัญชนะไม้กัก	39
3.1	
เปรียบเทียบลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะไม้กัก	39
3.2	
การแปรของลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะไม้กัก	58
4	
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	76
4.1	
สรุปและอภิปรายผล	76
4.1.1	
พยัญชนะไม้กักแต่ละชนิดมีลักษณะทางกลศาสตร์ ที่แตกต่างกัน	76
4.1.2	
พยัญชนะไม้กักชนิดเดียวกัน แต่ต่างฐานกรณ์ มีลักษณะทางกลศาสตร์ที่แตกต่างกัน	77
4.1.3	
ปริบททางเสียงมีอิทธิพลต่อการแปรของลักษณะ ทางกลศาสตร์	79
4.2	
ปัญหาและข้อ เสนอแนะ	86
บรรณานุกรม	88
ภาคผนวกที่ 1	
ลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะไม้กัก	92
ภาคผนวกที่ 2	
แผ่นภาพคลื่นเสียง, แผ่นภาพมิงโกแกรม และ ตารางค่าทางกลศาสตร์ของพยัญชนะไม้กัก	211
ประวัติผู้เขียน	357

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 คำ F3 ของพยัญชนะนาสิกเฉลี่ยจากทุกพริบต	40
2 คำ F2 ของ /w/ และ /j/ เฉลี่ยจากทุกพริบต	41
3 คำ F2 ของ /l/ เฉลี่ยจากทุกพริบต	42
4 คำ F2 ของ /r/ เฉลี่ยจากทุกพริบต	43
5 พิสัยการกำทอนและค่า R ของพยัญชนะเสียดแทรกเฉลี่ยจากทุกพริบต	45
6 ค่าระยะเวลาของพยัญชนะนาสิก เฉลี่ยจากทุกพริบต	47
7 ค่าระยะเวลาของ /w/ และ /j / เฉลี่ยจากทุกพริบต	48
8 ค่าระยะเวลาของ /l/ เฉลี่ยจากทุกพริบต	49
9 ค่าระยะเวลาของ /r/ เฉลี่ยจากทุกพริบต	50
10 ค่าระยะเวลาของพยัญชนะเสียดแทรก เฉลี่ยจากทุกพริบต	51
11 ค่าความเข้มของเสียงพยัญชนะนาสิกเฉลี่ยจากทุกพริบต	53
12 ค่าความเข้มของเสียงพยัญชนะเปิดเฉลี่ยจากทุกพริบต	54
13 ค่าความเข้มของเสียงของ /l/ เฉลี่ยจากทุกพริบต	55
14 ค่าความเข้มของเสียงของ /r/ เฉลี่ยจากทุกพริบต	56
15 ค่าความเข้มของเสียงพยัญชนะเสียดแทรก เฉลี่ยจากทุกพริบต	57
16 การแปรของค่า F2 ของ /w, j, l, r/ ในพริบตสระ	58
17 การแปรของค่า F2 ของ / w, j, l, r/ ในพริบตคำหนึ่ง	59
18 การแปรของค่า R และพิสัยการกำทอนของพยัญชนะเสียดแทรกในพริบตสระ	61
19 การแปรของค่า R และพิสัยการกำทอนของพยัญชนะเสียดแทรกในพริบตคำหนึ่ง	62
20 การแปรของค่า F3 ของพยัญชนะนาสิกในพริบตสระ	64
21 การแปรของค่า F3 ของพยัญชนะนาสิกในพริบตคำหนึ่ง	65
22 การแปรของระยะเวลาของระยะคงที่ของพยัญชนะไม่กักในพริบตสระ	67
23 การแปรของระยะเวลาของพยัญชนะไม่กักสามกลุ่มในพริบตสระ	69

ตารางที่

24	การแปรของระยะเวลาของพยัญชนะไม่กักในปริบทตำแหน่ง	71
25	การแปรของค่าความเข้มของเสียงพยัญชนะไม่กักในปริบทสระ	73
26	การแปรของค่าความเข้มของเสียงพยัญชนะไม่กักใน ปริบทตำแหน่ง	75
27	ค่าทางกลศาสตร์ของพยัญชนะไม่กักทั้งหมด	78
28	การแปรของลักษณะทางกลศาสตร์ของพยัญชนะไม่กักทั้งหมด	80
29	ค่า F3 ของ /m/ เมื่อปรากฏในปริบททางเสียงต่าง ๆ	95
30	ค่าระยะเวลาของ /m/ เมื่อปรากฏในปริบททางเสียงต่าง ๆ	98
31	ค่าความเข้มของเสียงของ /m/ เมื่อปรากฏในปริบททางเสียงต่าง ๆ	97
32	ค่า F3 ของ /n/ เมื่อปรากฏในปริบททางเสียงต่าง ๆ	98
33	ค่าระยะเวลาของ /n/ ในปริบททางเสียงต่าง ๆ	99
34	ค่าความเข้มของเสียงของ /n/ ในปริบททางเสียงต่าง ๆ	100
35	ค่า F3 ของ /ŋ/ เมื่อปรากฏในปริบททางเสียงต่าง ๆ	101
36	ค่าระยะเวลาของ /ŋ/ ในปริบททางเสียงต่าง ๆ	103
37	ค่าความเข้มของเสียงของ /ŋ/ เมื่อปรากฏในปริบททางเสียงต่าง ๆ	104
38	ค่า F3 ของพยัญชนะนาสิกทั้ง 3 หน่วย	106
39	ค่าระยะเวลาของพยัญชนะนาสิกทั้ง 3 หน่วย	108
40	ค่าความเข้มของเสียงพยัญชนะนาสิกทั้ง 3 หน่วย	110
41	พิสัยการบิดเบนของ F2-Trans ของพยัญชนะนาสิกเมื่อปรากฏต้นคำ	112
42	พิสัยการบิดเบนของ F2-Trans ของพยัญชนะนาสิกเมื่อปรากฏ ระหว่างสระ	114
43	พิสัยการบิดเบนของ F2-Trans ของพยัญชนะนาสิก เมื่อปรากฏท้ายคำ	116
44	เปรียบเทียบค่าระยะเวลาของพยัญชนะนาสิกทั้ง 3 หน่วย เมื่อปรากฏร่วมกับสระ /i:/	119

ตารางที่

45	เปรียบเทียบค่าระยะเวลาของพยัญชนะนาสิกทั้ง 3 หน่วย เมื่อปรากฏร่วมกับสระ /a:/	121
46	เปรียบเทียบค่าระยะเวลาของพยัญชนะนาสิก เมื่อปรากฏร่วมกับสระ /u:/	123
47	เปรียบเทียบค่าความเข้มของเสียงพยัญชนะนาสิก เมื่อปรากฏร่วมกับสระ /i:/	124
48	เปรียบเทียบค่าความเข้มของเสียงพยัญชนะนาสิก เมื่อปรากฏร่วมกับสระ /a:/	125
49	เปรียบเทียบค่าความเข้มของเสียงพยัญชนะนาสิก เมื่อปรากฏร่วมกับสระ /u:/	126
50	ค่า F2 และพิสัยการบิดเบนของ F2 ของ /w/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	128
51	ค่าระยะเวลาของ /w/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	130
52	ค่าความเข้มทางเสียงของ /w/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียง ต่าง ๆ	131
53	ค่า F2 และพิสัยการบิดเบนของ F2 ของ /j/ เมื่อปรากฏ ในบริบททางเสียงต่าง ๆ	133
54	ค่าระยะเวลาของ /j/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	135
55	ค่าความเข้มของเสียงของ /j/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	136
56	ค่า F2 ของ /w/ และ /j/	138
57	ระยะเวลาของ /w/ และ /j/	140
58	ค่าความเข้มของเสียง /w/ และ /j/	142
59	เปรียบเทียบค่า F2 ของ /w/ และ /j/	144

ตารางที่

60	พิสัยการบิดเบนของ F2-Trans ของ /w/ และ /j/ เมื่อปรากฏต้นคำทดสอบ	145
61	พิสัยการบิดเบนของ F2-Trans ของ /w/ และ /j/ เมื่อปรากฏระหว่างสระ	147
62	พิสัยการบิดเบนของ Pre-C-F2-Trans ของ /w/ และ /j/ เมื่อปรากฏท้ายคำทดสอบ	149
63	เปรียบเทียบค่าระยะเวลาของ /w/ และ /j/	151
64	เปรียบเทียบค่าความเข้มของเสียงของ /w/ และ /j/	152
65	ค่า F2 ของ /r/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	155
66	ค่าระยะเวลาของ /r/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	157
67	ค่าความเข้มของเสียง /r/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	158
68	ค่า F2 ของ /l/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	159
69	ค่าระยะของ /l/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	161
70	ค่าความเข้มของเสียง /l/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	162
71	ค่า F2 ของ /r/ และ /l/	164
72	ค่าระยะเวลาของ /l/ และ /r/	166
73	ค่าความเข้มของเสียงของ /r/ และ /l/	168
74	เปรียบเทียบค่า F2 ของ /r/ และ /l/	169
75	พิสัยการบิดเบนของ Post-C-F2-Trans ของ /r/ และ /l/ เมื่อปรากฏต้นคำทดสอบ	170
76	พิสัยการบิดเบนของ F2-Trans ของ /r/ และ /l/ เมื่อปรากฏตรงกลางระหว่าง	172
77	เปรียบเทียบค่าระยะเวลาของ /r/ และ /l/	174
78	เปรียบเทียบค่าความเข้มของเสียงของ /r/ และ /l/	175

ตารางที่

79	พิสัยการก้ำทอนของ /f/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	178
80	ค่าระยะเวลาของ /f/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	180
81	ค่าความเข้มของเสียงของ /f/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	181
82	พิสัยการก้ำทอนและค่า R ของ /s/	183
83	ค่าระยะเวลาของ /s/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	185
84	ค่าความเข้มของเสียงของ /s/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	186
85	พิสัยการก้ำทอนและค่า R ของ /h/	188
86	ค่าระยะเวลาของ /h/ เมื่อปรากฏในบริบททางเสียงต่าง ๆ	190
87	ค่าความเข้มของเสียงของ /h/	191
88	พิสัยการก้ำทอน และค่า R ของพยัญชนะเสียดแทรก	193
89	ค่าระยะเวลาของพยัญชนะเสียดแทรก	195
90	ค่าความเข้มของเสียงของพยัญชนะเสียดแทรก	197
91	พิสัยการก้ำทอน และค่า R ของพยัญชนะเสียดแทรก เมื่อปรากฏร่วมกับสระ /i:/	199
92	พิสัยการก้ำทอนและค่า R ของพยัญชนะเสียดแทรก เมื่อปรากฏ ร่วมกับสระ /a:/	200
93	พิสัยการก้ำทอนและค่า R ของพยัญชนะเสียดแทรก เมื่อปรากฏ ร่วมกับสระ /u:/	201
94	การบิดเบนของ F2-Trans ของพยัญชนะเสียดแทรก เมื่อปรากฏคั่นคำ	203
95	การบิดเบนของ F2-Trans ของพยัญชนะเสียดแทรก เมื่อปรากฏระหว่างสระ	206
96	เปรียบเทียบระยะเวลาของ /f/ /s/ และ /h/	208
97	เปรียบเทียบค่าความเข้มของเสียง /f/ /s/ และ /h/	209

ตารางที่

98	คำทางกลศาสตร์ของ /m/ ในคำว่า [mi:]	212
99	คำทางกลศาสตร์ของ /m/ ในคำว่า [ma:]	214
100	คำทางกลศาสตร์ของ /m/ ในคำว่า [mu:]	216
101	คำทางกลศาสตร์ของ /m/ ในคำว่า [i:mi:]	218
102	คำทางกลศาสตร์ของ /m/ ในคำว่า [a:ma:]	220
103	คำทางกลศาสตร์ของ /m/ ในคำว่า [u:mu:]	222
104	คำทางกลศาสตร์ของ /m/ ในคำว่า [i:m]	224
105	คำทางกลศาสตร์ของ /m/ ในคำว่า [a:m]	226
106	คำทางกลศาสตร์ของ /m/ ในคำว่า [u:m]	228
107	คำทางกลศาสตร์ของ /n/ ในคำว่า [ni:]	230
108	คำทางกลศาสตร์ของ /n/ ในคำว่า [na:]	232
109	คำทางกลศาสตร์ของ /n/ ในคำว่า [nu:]	234
110	คำทางกลศาสตร์ของ /n/ ในคำว่า [i:ni:]	236
111	คำทางกลศาสตร์ของ /n/ ในคำว่า [a:na:]	238
112	คำทางกลศาสตร์ของ /n/ ในคำว่า [u:nu:]	240
113	คำทางกลศาสตร์ของ /n/ ในคำว่า [i:n]	242
114	คำทางกลศาสตร์ของ /n/ ในคำว่า [a:n]	244

ตารางที่

115	คำทางกลศาสตร์ของ /n/ ในคำว่า [u:n]	246
116	คำทางกลศาสตร์ของ /ŋ/ ในคำว่า [ŋi:]	248
117	คำทางกลศาสตร์ของ /ŋ/ ในคำว่า [ŋa:]	250
118	คำทางกลศาสตร์ของ /ŋ/ ในคำว่า [ŋu:]	252
119	คำทางกลศาสตร์ของ /ŋ/ ในคำว่า [i:ŋi:]	254
120	คำทางกลศาสตร์ของ /ŋ/ ในคำว่า [a:ŋa:]	256
121	คำทางกลศาสตร์ของ /ŋ/ ในคำว่า [u:ŋu:]	258
122	คำทางกลศาสตร์ของ /ŋ/ ในคำว่า [i:ŋ]	260
123	คำทางกลศาสตร์ของ /ŋ/ ในคำว่า [a:ŋ]	262
124	คำทางกลศาสตร์ของ /ŋ/ ในคำว่า [u:ŋ]	264
125	คำทางกลศาสตร์ของ /w/ ในคำว่า [wi:]	266
126	คำทางกลศาสตร์ของ /w/ ในคำว่า [wa:]	268
127	คำทางกลศาสตร์ของ /w/ ในคำว่า [wu:]	270
128	คำทางกลศาสตร์ของ /w/ ในคำว่า [i:wi:]	272
129	คำทางกลศาสตร์ของ /w/ ในคำว่า [a:wa:]	274
130	คำทางกลศาสตร์ของ /w/ ในคำว่า [u:wu:]	276
131	คำทางกลศาสตร์ของ /w/ ในคำว่า [i:w]	278
132	คำทางกลศาสตร์ของ /w/ ในคำว่า [a:w]	280
133	คำทางกลศาสตร์ของ /j/ ในคำว่า [ji:]	282
134	คำทางกลศาสตร์ของ /j/ ในคำว่า [ja:]	284
135	คำทางกลศาสตร์ของ /j/ ในคำว่า [ju:]	286
136	คำทางกลศาสตร์ของ /j/ ในคำว่า [i:ji:]	288
137	คำทางกลศาสตร์ของ /j/ ในคำว่า [a:ja:]	290
138	คำทางกลศาสตร์ของ /j/ ในคำว่า [u:ju:]	292

ตารางที่

139	คำทางกลศาสตร์ของ /j/ ในคำว่า [a:j]	294
140	คำทางกลศาสตร์ของ /j/ ในคำว่า [u:j]	296
141	คำทางกลศาสตร์ของ /l/ ในคำว่า [li:]	298
142	คำทางกลศาสตร์ของ /l/ ในคำว่า [la:]	300
143	คำทางกลศาสตร์ของ /l/ ในคำว่า [lu:]	302
144	คำทางกลศาสตร์ของ /l/ ในคำว่า [i:li:]	304
145	คำทางกลศาสตร์ของ /l/ ในคำว่า [a:la:]	306
146	คำทางกลศาสตร์ของ /l/ ในคำว่า [u:lu:]	308
147	คำทางกลศาสตร์ของ /r/ ในคำว่า [ri:]	310
148	คำทางกลศาสตร์ของ /r/ ในคำว่า [ra:]	312
149	คำทางกลศาสตร์ของ /r/ ในคำว่า [ru:]	314
150	คำทางกลศาสตร์ของ /r/ ในคำว่า [i:ri:]	316
151	คำทางกลศาสตร์ของ /r/ ในคำว่า [a:ra:]	318
152	คำทางกลศาสตร์ของ /r/ ในคำว่า [u:ru:]	320
153	คำทางกลศาสตร์ของ /f/ ในคำว่า [fi:]	322
154	คำทางกลศาสตร์ของ /f/ ในคำว่า [fa:]	324
155	คำทางกลศาสตร์ของ /f/ ในคำว่า [fu:]	326
156	คำทางกลศาสตร์ของ /f/ ในคำว่า [i:fi:]	328
157	คำทางกลศาสตร์ของ /f/ ในคำว่า [a:fa:]	330
158	คำทางกลศาสตร์ของ /f/ ในคำว่า [u:fu:]	332
159	คำทางกลศาสตร์ของ /s/ ในคำว่า [si:]	334
160	คำทางกลศาสตร์ของ /s/ ในคำว่า [sa:]	336
161	คำทางกลศาสตร์ของ /s/ ในคำว่า [su:]	338
162	คำทางกลศาสตร์ของ /s/ ในคำว่า [i:si:]	340

ตารางที่

163	คำทางกลศาสตร์ของ /s/ ในคำว่า [a:sa:]	342
164	คำทางกลศาสตร์ของ /s/ ในคำว่า [u:su:]	344
165	คำทางกลศาสตร์ของ /h/ ในคำว่า [hi:]	346
166	คำทางกลศาสตร์ของ /h/ ในคำว่า [ha:]	348
167	คำทางกลศาสตร์ของ /h/ ในคำว่า [hu:]	350
168	คำทางกลศาสตร์ของ /h/ ในคำว่า [i:hi:]	352
169	คำทางกลศาสตร์ของ /h/ ในคำว่า [a:ha:]	354
170	คำทางกลศาสตร์ของ /h/ ในคำว่า [u:hu:]	356

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1	ส่วนประกอบของพยางค์	5
2	ภาพคลื่นเสียงของคำว่า "อายุว" [a:ja:]	6
3	ลักษณะการเปล่งเสียงของพยัญชนะเปิด	8
4	ภาพคลื่นเสียงของคำว่า [a:wa:] และ [a:ja:]	9
5	ลักษณะการเปล่งเสียงของพยัญชนะข้างลิ้น	11
6	ภาพคลื่นเสียงของคำว่า [a:la:]	11
7	ลักษณะการเปล่งเสียงของพยัญชนะลิ้นเร็ว	12
8	ภาพคลื่นเสียงของคำว่า [a:ra:]	13
9	ลักษณะการเปล่งเสียงพยัญชนะนาสิก	14
10	ภาพคลื่นเสียงของคำว่าว่า [a:ma:] [a:na:] [a:ŋa:]	15
11	ลักษณะการเปล่งเสียงพยัญชนะเสียดแทรก	16
12	ภาพคลื่นเสียงของคำว่า [a:fa:] [a:sa:] [ʰa:ha:]	17
13	การแบ่งขอบเขตพยัญชนะเปิด	25
14	การแบ่งขอบเขตพยัญชนะข้างลิ้น	25
15	การแบ่งพยัญชนะลิ้นเร็ว	26
16	การแบ่งขอบเขตพยัญชนะนาสิก	27
17	การแบ่งขอบเขตพยัญชนะเสียดแทรก	27
18	แสดงจุดที่ทำการวัดค่า F และค่าของเวลาในแผ่นภาพคลื่นเสียง	28
19	ภาพมิงโกแกรมของพยัญชนะเสียดแทรกในคำว่า "ซา" [sa:]	30
20	ภาพมิงโกแกรมของพยัญชนะลิ้นเร็วในคำว่า "รา" [ra:]	31
21	ภาพมิงโกแกรมของพยัญชนะนาสิกในคำว่า "งา" [ŋa:]	32
22	ภาพมิงโกแกรมของพยัญชนะข้างลิ้นในคำว่า "ลี" [li:]	33

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
23 ภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า "ยี" [ji:]	34
24 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า "มิ" [mi:]	211
25 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [ma:]	213
26 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [mu:]	215
27 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [i:mi:]	217
28 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [a:ma:]	219
29 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [u:mu:]	221
30 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [i:m]	223
31 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [a:m]	225
32 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [u:m]	227
33 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [ni:]	229
34 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [na:]	231
35 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [nu:]	233
36 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [i:ni:]	235
37 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [a:na:]	237
38 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [u:nu:]	239
39 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [i:n]	241
40 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [a:n]	243
41 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [u:n]	245
42 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [ŋi:]	247
43 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [ŋa:]	249
44 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิ่งโกแกรมของคำว่า [ŋu:]	251

ภาพที่

45	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[i:ŋi:]	253
46	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[a:ŋa:]	255
47	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[u:ŋu:]	257
48	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[i:ŋ]	259
49	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[a:ŋ]	261
50	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[u:ŋ]	263
51	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[wi:]	265
52	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[wa:]	267
53	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[wu:]	269
54	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[i:wi:]	271
55	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[a:wa:]	273
56	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[u:wu:]	275
57	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[i:w]	277
58	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[a:w]	279
59	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[j i:]	281
60	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[ja:]	283
61	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[ju:]	285
62	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[i:ji:]	287
63	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[a:ja:]	289
64	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[u:ju:]	291
65	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[a:j]	293
66	ภาพคลื่น เสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[u:j]	295

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 67	
67 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [li:]	297
68 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [la:]	299
69 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [lu:]	301
70 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [i:li:]	303
71 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [a:la:]	305
72 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [u:lu:]	307
73 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [ri:]	309
74 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [ra:]	311
75 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [ru:]	313
76 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [i:ri:]	315
77 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [a:ra:]	317
78 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [u:ru:]	319
79 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [fi:]	321
80 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [fa:]	323
81 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [fu:]	325
82 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [i:fi:]	327
83 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [a:fa:]	329
84 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [u:fu:]	331
85 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [si:]	333
86 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [sa:]	335
87 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [su:]	337
88 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [i:si:]	339
89 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [a:sa:]	341
90 ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า [u:su:]	343

ภาพที่

91	ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[hi:]	345
92	ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[ha:]	347
93	ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[hu:]	349
94	ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[i:hi:]	351
95	ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[a:ha:]	353
96	ภาพคลื่นเสียงและภาพมิงโกแกรมของคำว่า	[u:hu:]	355

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
1 ทิศทางการบิดเบนของ Post-C-F2-Trans ของพยัญชนะนาสิก	113
2 ทิศทางการบิดเบนของ Pre-C-F2-Trans และ Post-C-F2-Trans ของพยัญชนะนาสิก	115
3 ทิศทางการบิดเบนของ F2-Trans ของพยัญชนะนาสิก เมื่อปรากฏท้ายคำ	117
4 ทิศทางการบิดเบนของ Post-C-F2-Trans ของ /w/ และ /j/	146
5 ทิศทางการบิดเบนของ Pre-C-F2 Trans และ Post-C-F2-Trans ของ /w/ และ /j/	148
6 ทิศทางการบิดเบนของ Pre-C-F2-Trans ของ /w/ และ /j/	150
7 ทิศทางการบิดเบนของ Post-C-F2-Trans ของ /l/ และ /r/	171
8 ทิศทางการบิดเบนของ Pre-C-F2-Trans และ Post-C-F1-Trans ของ /r/ และ /l/	173
9 ทิศทางการบิดเบนของ F2-Trans ของ /f/ /s/ /h/ เมื่อปรากฏต้นคำ	204
10 ทิศทางการบิดเบนของ F2-Trans ของ /f/ /s/ และ /h/ เมื่อปรากฏระหว่างสระ	207