STUDIA PHONOLOGICA XVIII (1984)

A Consideration on Inter-Phoneme Distance via Sino-Japanese Morpheme Recognition

Shigeyoshi KITAZAWA, Masaaki ISHIKAWA
and Shuji DOSHITA

1. Introduction

For speaker-dependent isolated word recognition, a method of pattern matching using the characteristics over a whole word sound as a template has been usually chosen. The method works best when the wordset is not too large, and consists of words with low acoustic inter-word similarity, ie redundant as a series of sounds.

But among words frequently met in applications, there are many minimal pairs, that is, words that differ by only a phoneme. Such words have high inter-word acoustic similarity as well as phonetic similarity. Presence of such pairs in a wordset is bound to affect performance. So in evaluating the performance of word recognition system, not only the wordset size but also the acoustic similarity of the wordset should be quantitatively evaluated.

In this study a set of 346 Sino-Japanese morphemes (jion) which constitutes an isolated class in Japanese from the point of view of phonology, was chosen as an example of recognition object. We show the list of 346 "jion"s in Appendix. 1. We believe the set of 346 "jion"s might constitute a good evaluation measure of word recognition systems. We used the dynamic programming time warping matching (DP-matching) technique which is a common method of isolated word recognition.

2. Phonological Structure of "jion"

"Jion" consist of from two to four phonemes, forming one or two syllables. When the first phoneme is a vowel, it is assumed that it is actually preceded by a glottal stop /ʔ/.

The first segment is thus a non-vowel /C/ including /ʔ/, and the second is a vowel /V/. The second and third segments of three segment "jion"s are either a vowel /V/ and a mora-nasal /N/, or one of /ai/, /ei/, /ou/, /uu/, /ui/ and /ii/. The third and fourth segments of the four segment "jion"s are one of /ki/, /ku/, /tʃi/ and /tsu/.

In brief the phonological structure of "jion" is confined to the following four types:

Masaaki ISHIKAWA (石川雅朗) : Department of Information Science, Kyoto University.
Shigeyoshi KITAZAWA (北澤茂良) : Assistant, Department of Information Science, Kyoto University.
Shuji DOSHITA (堂下修司) : Professor, Department of Information Science, Kyoto University.

Appendix. 1 346 "jion"s.

1) a
2) ai
3) aku
4) atu
5) an
6) i
7) iki
8) iku
9) iti
10) itu
11) in
12) u
13) ui
14) utu
15) un
16) e
17) ei
18) eki
19) etu
20) en
21) o
22) ou
23) oku
24) oti
25) otu
26) on
27) ka
28) kai
29) kaku
30) kati
31) katu
32) kan
33) ki
34) kiku
35) kiti
36) kitu
37) kin
38) ku
39) kuu
40) kutu
41) kun
42) ke
43) kei
44) keki
45) keti
46) ketu
47) ken
48) ko
49) kou
50) koku
51) koti
52) kotu
53) kon
54) kya
55) kyaku
56) kyuu
57) kyo
58) kyou
59) kyoku
60) sa
61) sai
62) saku
63) sati
64) satu
65) san
66) si
67) sii
68) siki
69) siti
70) situ
71) sin
72) su
73) sui
74) suu
75) sun
76) se
77) sei
78) seki
79) seku
80) seti
81) setu
82) sen
83) so
84) sou
85) soku
86) soti
87) sotu
88) son
89) sya
90) syaku
91) syu
92) syuu
93) syuku
94) syutu
95) syun
96) syo
97) syou
98) syoku
99) ta
100) tai
101) taku
102) tatu
103) tan
104) ti
105) tiku
106) titu
107) tin
108) tu
109) tui
110) tuu
111) te
112) tei
113) teki
114) teti
115) tetu
116) ten
117) to
118) tou
119) toku
120) toti
121) totu
122) ton
123) tya
124) tyaku
125) tyu
126) tyuu
127) tyo
128) tyou
129) tyoku
130) na
131) nai
132) natu
133) nan
134) ni
135) niku
136) niti
137) nin
138) nu
139) ne
140) nei
141) neti
142) netu
143) nen
144) no
145) nou
146) non
147) nya
148) nyaku
149) nyu
150) nyuu
151) nyuti
152) nyo
153) nyou
154) ha
155) hai
156) haku
157) hati
158) hatu
159) han
160) hi
161) hiki
162) hiti
163) hitu
164) hin
165) hu
166) huu
167) huku
168) huti
169) hutu
170) hun
171) hei
172) heki
173) heti
174) hetu
175) hen
176) ho
177) hou
178) hoku
179) hotu
180) hon
181) hyaku
182) hyou
183) ma
184) mai
185) maku
186) matu
187) man
188) mi
189) mitu
190) min
191) mu
192) me

193) mei
194) meti
195) metu
196) men
197) mo
198) mou
199) moku
200) moti
201) motu
202) mon
203) myaku
204) myou
205) ya
206) yaku
207) yu
208) yui
209) yuu
210) yo
211) you
212) yoku
213) ra
214) rai
215) raku
216) rati
217) ratu
218) ran
219) ri
220) riki
221) riku
222) riti
223) ritu
224) rin
225) ru
226) rui
227) re
228) rei
229) reki
230) retu
231) ren
232) ro
233) rou
234) roku
235) ron
236) ryaku
237) ryu
238) ryuu
239) ryo
240) ryou
241) ryoku
242) wa
243) wai
244) waku
245) wan
246) ga
247) gai
248) gaku
249) gati
250) gatu
251) gan
252) gi
253) gitu
254) gin
255) gu
256) guu
257) gun
258) ge
259) gei
260) geki
261) geti
262) getu
263) gen
264) go
265) gou
266) goku
267) goti
268) gotu
269) gon
270) gyaku
271) gyuu
272) gyo
273) gyou
274) gyoku
275) za
276) zai
277) zaku
278) zati
279) zatu
280) zan
281) zi
282) ziki
283) ziku
284) zitu
285) zin
286) zu
287) zui
288) ze
289) zei
290) zeti
291) zetu
292) zen
293) zo
294) zou
295) zoku
296) zon
297) zya
298) zyaku
299) zyu
300) zyuu
301) zyuku
302) zyutu
303) zyun
304) zyo
305) zyou
306) zyoku
307) da
308) dai
309) daku
310) datu
311) dan
312) de
313) dei
314) deki
315) detu
316) den
317) do
318) dou
319) doku
320) dotu
321) don
322) ba
323) bai
324) baku
325) bati
326) batu
327) ban
328) bi
329) bitu
330) bin
331) bu
332) buku
333) buti
334) butu
335) bun
336) bei
337) beki
338) betu
339) ben
340) bo
341) bou
342) boku
343) botu
344) bon
345) byaku
346) byou

1) /CV/ type 2) /CVN/ type 3) /CVV/ type 4) /CVCV/ type

So the phonological structure of "jion" has the following characteristics:

a) the number of segments is limited;

b) there are only 33 kinds of phonological structures if one excepts the difference of the initial phoneme;

c) there are many minimal pairs, (for example, /baku/ and /daku/).

Table 1 shows the 33 kinds of phonological structures of "jion" excepted the difference of the initial phoneme.

Table 1. Phonological structures of "jion" excepted the difference of the initial phoneme

group		number of kinds	group		number of kinds	group		number of kinds
	Ca	19		CaN	13		Cai	13
	Ci	11		CiN	11		Cui	6
CV	Cu	17	CVN	CuN	8	CVV	Cuu	13
	Ce	10		CeN	12		Cei	12
	Co	20		CoN	12		Cou	23
							Cii	1
total		77	total		56	total		68

group		number of kinds	group		number of kinds	group		number of kinds
	Caku	23		Cuku	4		Coku	18
	Catu	12		Cutu	6		Cotu	9
	Cati	7		Cuti	3		Coti	6
CVCV	Ciku	6		Ceku	1			
	Citu	10		Cetu	12			
	Ciki	5		Ceki	9			
	Citi	6		Ceti	8			
total					145			

3. Experiment of Recognition of 346 "jion"s

One male speaker produced the set of 346 "jion"s twice. We made the first set of them the templates and the second set the object of recognition. Waveforms were first low-pass filtered at 8.9-kHz and then sampled at 18.5-kHz. The parameterization, a 20th-order LPC analysis, was carried out over 20.8-ms hamming windows shifted every 6.92-ms.

LPC cepstrum distance is used as inter-frame distance. Using these local distances, the distance between the input pattern and the reference pattern is calculated by means of a dynamic programming time warping technique. As a

Table 2. Classification of recognition errors.

group	errors (%)	examples
initial consonant only	164 (84.5)	a-ma, etu-hetu, ke-te, hei-gei, ran-nan, ta-a, mei-rei, satu-zatu, zyuku-syuku, den-gen, bi-ri, batu-matu, bo-go, etc.
vowel in initial syllable	7 (3.61)	kotu-katu, sun-son, sei-sai, sen-san, sya-syu, syaku-syoku, dan-don
consonant & vowel in initial syllable	14 (7.22)	katu-hutu, kan-ton, sii-tui, siti-keti, sui-zai, seti-zati, soti-zati, nai-rui, nan-mon, ratu-botu, bati-oti, bitu-metu, ban-don, bun-gan
others	9 (4.64)	so-son, syuu-syu, syun-tyuu, tyu-tyuu, hu-huu, me-men, yu-yuu, ru-ryuu, ryu-gyuu

Appendix. 2 641 city names.

1) sapporo
2) hakodate
3) otaru
4) asahikawa
5) muroran
6) kushiro
7) obihiro
8) kitami
9) yu:bari
10) iwamizawa
11) abashiri
12) rumoi
13) tomakomai
14) wakkanai
15) bibari
16) ashibetsu
17) ebetsu
18) akabira
19) mon-betsu
20) shibetsu
21) nayoro
22) mikasa
23) nemuro
24) chitose
25) takikawa
26) sunagawa
27) utashinai
28) fukagawa
29) furano
30) noboribetsu
31) eniwa
32) date
33) aomori
34) hirosaki
35) hachinohe
36) goshogawara
37) towada
38) misawa
39) mutsu
40) morioka
41) miyako
42) o:funato
43) mizusawa
44) hanamaki
45) kitakami
46) kuji
47) to:no
48) ichinoseki
49) rikuzen-takata
50) kamaishi
51) esashi
52) ninohe
53) sen-dai
54) ishinomaki
55) shiogama
56) furukawa
57) kesen-numa
58) shiroishi
59) natori
60) kakuda
61) tagajo:
62) izumi
63) iwanuma
64) akita
65) noshiro
66) yokote
67) o:date
68) hon-jo:
69) oga
70) yuzawa
71) o:magari
72) kazuno
73) yamagata
74) yonezawa
75) tsuruoka
76) sakata
77) shin-jo:
78) sagae
79) kaminoyama
80) murayama
81) nagai
82) ten-do
83) higashine
84) obanazawa
85) nan-yo
86) fukushima
87) aizuwakamatsu
88) ko:riyama
89) iwaki
90) shirakawa
91) haramachi
92) sukagawa
93) kitakami
94) so:ma
95) nihon-matsu
96) mito
97) hitachi
98) tsuchiura
99) koga
100) ishioka
101) shimodate
102) yu:ki
103) ryu:gasaki
104) nakaminato
105) shimotsuma
106) mitsukaido:
107) hitachio:ta
108) katsuta
109) takahagi
110) kitaibaraki
111) kasama
112) toride
113) iwai
114) utsunomiya
115) ashikaga
116) tochigi
117) sano
118) kanuma
119) nikko:
120) imaichi
121) oyama
122) maoka
123) o:tawara
124) yaita
125) kuroiso
126) maebashi
127) takasaki
128) kiryu:
129) isesaki
130) o:ta
131) numata
131) tatebayashi
133) shibukawa
134) fujioka
135) tomioka
136) an-naka
137) kawagoe
138) kumagaya
139) kawaguchi
140) urawa
141) o:miya
142) gyo:da
143) chichibu
144) tokorozawa

145) han-no
146) kazo
147) hon-jo:
148) higashimatsuyama
149) iwatsuki
150) kasukabe
151) sayama
152) hanyu:
153) ko:nosu
154) fukaya
155) ageo
156) yono
157) so:ka
158) koshigaya
159) warabi
160) toda
161) iruma
162) hatogaya
163) asaka
164) shiki
165) wako:
166) ni:za
167) okegawa
168) kuki
169) kitamoto
170) yashio
171) fujimi
172) kamifukuoka
173) misato
174) hasuda
175) chiba
176) cho:shi
177) ichikawa
178) funabashi
179) tateyama
180) kisarazu
181) matsudo
182) noda
183) sawara
184) mobara
185) narita
186) sakura
187) to:gane
188) yo:kaichiba
189) asahi
190) narashino
191) kashiwa
192) katsuura
193) ichihara
194) nagareyama
195) yachiyo
196) abiko
197) kamogawa
198) kamagaya
199) kimizu
200) futtsu
201) hachio:ji
202) tachikawa
203) musashino
204) mitaka
205) o:me
206) fuchu:
207) akishima
208) cho:fu
209) machida
210) koganei
211) kodaira
212) hino
213) higashimurayama
214) kokubun-ji
215) kunitachi
216) tanashi
217) ho:ya
218) fussa
219) komae
220) higashiyamato
221) kiyose
222) higashikurume
223) musashimurayama
224) tama
225) nagi
226) akikawa
227) yokohama
228) yokosuka
229) hiratsuka
230) kamakura
231) fujisawa
232) odawara
233) chigasaki
234) zushi
235) sagamihara
236) miura
237) hadano
238) atsugi
239) yamato
240) isehara
241) ebina
242) zama
243) minamiashigara
244) ni:gata
245) nagaoka
246) san-jo:
247) kashiwazaki
248) shibata
249) ni:tsu
250) ojiya
251) kamo
252) to:kamachi
253) mitsuke
254) murakami
255) tsubame
256) tochio
257) itoigawa
258) arai
259) gosen
260) ryo:tsu
261) shirone
262) toyosaka
263) jo:etsu
264) toyama
265) takaoka
266) shin-minato
267) uozu
268) himi
269) namerikawa
270) kurobe
271) tonami
272) oyabe
273) kanazawa
274) nanao
275) komatsu
276) wajima
277) suzu
278) kaga
279) hakui
280) matsuto:
281) fukui
282) tsuruga
283) takefu
284) obama
285) o:no
286) katsuyama
287) sabae
288) ko:fu
289) fujiyoshida
290) en-zan
291) tsuru

292) yamanashi
293) o:tsuki
294) nirasaki
295) nagano
296) matsumoto
297) ueda
298) okaya
299) iida
300) suwa
301) suzaka
302) komoro
303) ina
304) komagane
305) nakano
306) o:machi
307) iiyama
308) chino
309) shiojiri
310) ko:shoku
311) saku
312) gifu
313) o:gaki
314) takayama
315) tajimi
316) seki
317) nakatsugawa
318) mino
319) mizunami
320) hashima
321) ena
322) minokamo
323) toki
324) kakamigahara
325) shizuoka
326) hamamatsu
327) numazu
328) shimizu
329) atami
330) mishima
331) fujinomiya
332) ito:
333) shimada
334) fuji
335) iwata
336) yaizu
337) kakegawa
338) fujieda
339) goten-ba
340) fukuroi
341) ten-ryu:
342) hamakita
343) shimoda
344) susono
345) kosai
346) nagoya
347) toyohashi
348) okazaki
349) ichinomiya
350) seto
351) han-da
352) kasugai
353) toyokawa
354) tsushima
355) hekinan
356) kariya
357) toyota
358) an-jo:
359) nishio
360) gamago:ri
361) inuyama
362) tokoname
363) ko:nan
364) bisai
365) komaki
366) inazawa
367) shin-shiro
368) to:kai
369) o:bu
370) chita
371) chiryu:
372) owariasahi
373) takahama
374) iwakura
375) toyoaki
376) tsu
377) yokkaichi
378) ise
379) matsusaka
380) kuwana
381) ueno
382) suzuka
383) nabari
384) owase
385) kameyama
386) toba
387) kumano
388) hisai
389) o:tsu
390) hikone
391) nagahama
392) o:mihachiman
393) yo:kaichi
394) kusatsu
395) moriyama
396) kyo:to
397) fukuchiyama
398) maizuru
399) ayabe
400) uji
401) miyazu
402) kameoka
403) jo:yo:
404) muko:
405) nagaokakyo:
406) o:saka
407) sakai
408) kishiwada
409) toyonaka
410) ikeda
411) suita
412) izumio:tsu
413) takatsuki
414) kaizuka
415) moriguchi
416) hirakata
417) ibaraki
418) yao
419) izumisano
420) ton-dabayashi
421) neyagawa
422) kawachinagano
423) matsubara
424) daito:
425) izumi
426) minoo
427) kashiwara
428) habikino
429) kadoma
430) settsu
431) takaishi
432) fujiidera
433) higashio:saka
434) sen-nan
435) shijo:nawate
436) katano
437) ko:be
438) himeji

439) amagasaki
440) akashi
441) nishinomiya
442) sumoto
443) ashiya
444) itami
445) aioi
446) toyooka
447) kakogawa
448) tatsuno
449) ako:
450) nishiwaki
451) takarazuka
452) miki
453) takasago
454) kawanishi
455) ono
456) san-da
457) kasai
458) nara
459) yamatotakada
460) yamatoko:riyama
461) ten-ri
462) kashihara
463) sakurai
464) gojo:
465) gose
466) ikoma
467) wakayama
468) kainan
469) hashimoto
470) arida
471) gobo:
472) tanabe
473) shin-gu:
474) tottori
475) yonago
476) kurayoshi
477) sakaiminato
478) matsue
479) hamada
480) izumo
481) masuda
482) o:da
483) yasugi
484) go:tsu
485) hirata
486) okayama
487) kurashiki
488) tsuyama
489) tamano
490) kasaoka
491) ibara
492) so:ja
493) takahashi
494) ni:mi
495) bizen
496) hiroshima
497) kure
498) takehara
499) mihara
500) onomichi
501) in-noshima
502) fukuyama
503) fuchu:
504) miyoshi
505) sho:bara
506) o:take
507) higashihiroshima
508) shimonoseki
509) ube
510) yamaguchi
511) hagi
512) tokuyama
513) ho:fu
514) kudamatsu
515) iwakuni
516) onoda
517) hikari
518) nagata
519) yanai
520) mine
521) shin-nan-yo:
522) tokushima
523) naruto
524) komatsushima
525) anan
526) takamatsu
527) marugame
528) sakaide
529) zen-tsu:ji
530) kan-on-ji
531) matsuyama
532) imabari
533) uwajima
534) yawatahama
535) ni:hama
536) saijo:
537) o:zu
538) kawanoe
539) iyomishima
540) iyo
541) ho:jo:
542) to:yo:
543) ko:chi
544) muroto
545) aki
546) nan-goku
547) tosa
548) susaki
549) nakamura
550) sukumo
551) tosashimizu
552) kitakyu:syu:
553) o:muta
554) kurume
555) no:gata
556) i:zuka
557) tagawa
558) yanagigawa
559) yamada
560) amagi
561) yame
562) chikugo
563) o:kama
564) yukuhashi
565) buzen
566) nakama
567) ogo:ri
568) chikushino
569) kasuga
570) o:nojo:
571) fukuoka
572) saga
573) karatsu
574) tosu
575) taku
576) imari
577) takeo
578) kashima
579) nagasaki
580) sasebo
581) shimabara
582) isahaya
583) o:mura
584) fukue
585) hirado

586) matsuura
587) kumamoto
588) yatsushiro
589) hitoyoshi
590) arao
591) minamata
592) tamana
593) hon-do
594) yamaga
595) ushibuka
596) kikuchi
597) uto
598) o:ita
599) beppu
600) nakatsu
601) hita
602) saiki
603) usuki
604) tsukumi
605) taketa
606) bun-gotakada
607) kitsuki
608) usa
609) miyazaki
610) miyakonojo:
611) nobeoka
612) nichinan
613) kobayashi
614) hyu:ga
615) kushima
616) saito
617) ebino
618) kagoshima
619) sen-dai
620) kanoya
621) makurazaki
622) kushikino
623) akune
624) naze
625) izumi
626) o:kuchi
627) ibusuki
628) kaseda
629) kokubu
630) nishinoomote
631) tarumizu
632) naha
633) ishikawa
634) gushikawa
635) ginowan
636) hirara
637) ishigaki
638) urasoe
639) nago
640) itoman
641) okinawa

result 43.9% recognition rate was achieved. Table 2 shows the classification of recognition errors. Errors in the initial syllable accounted for 95.4% of all errors, of which 88.6% were errors in the initial consonant only. Table 4 shows the confusion matrix of the initial consonant. The recognition rate is low compared to the rate currently achieved on sets of city names, but this is precisely attributable to the low redundancy of "jion". To illustrate this point, consider a system that can recognize only the vowel parts of a word. When we input the sounds of 346 "jion"s and those of 641 city names into this system and accept an output symbol, the average number of input symbols that are confused (recognized as the same word) are respectively 19.8 and 2.75. This shows that the set of 346 "jion"s has lower redundancy than the set of 641 city names. We show the list of 641 city names in Appendix. 2.

Table 3. Recognition rate of distinctive-features in morpheme-initial consonant.

features		%	sample
1.	strident	100.0	10
2.	sharp	93.1	346
3.	flat	90.9	11
4.	consonantal	90.5	346
5.	continuant	87.7	114
6.	obstruent	85.7	294
7.	grave	83.3	239
8.	voiced	82.7	185
9.	nasal	82.1	67
10.	compact	81.3	80

Table 4. Confusion matrix of morpheme-initial consonant.

i \ o	h	f	t	ts	tʃ	k	s	b	d	g	z	dz	dʒ	m	n	r	hy	ty	ky	sy	by	zy	gy	my	ny	ry	ʔ	w	y
h	16							3		1																		1	
f		4						2																					
t	3		4			2									1	4		1									1	1	
ts				3																									
tʃ					4																								
k		2	4		1	13		1		1			1	1		1											1	1	
s			1	2	1	2	14				6						1										1		1
b	1	3						7	2	3				2		4											1		
d	1							4	2	3					1	2										1			
g	1	1						2		8				3	2	5											1		1
z	2		1				3			2	3				1	1							1			1			
dz												1														1			
dʒ					1								2	1	1														
m														15	4	1													
n										1				2	8	5										1			
r								3		1				2	4	11											1	1	
hy	1																			1									
ty																		6											1
ky																			4							1			1
sy																		3		6		1							
by																					1					1			
zy										1	1							1		2	1	3	1						
gy																1					1		3						
my																								2					
ny															1										6				
ry																1							1			3			1
ʔ	5	1						1		1				7	1	1											7	1	1
w														1														3	
y																										1		1	6

Table 3 shows the recognition rates of distinctive features in the morpheme-initial consonant. The recognition rate of "strident" was 100%, and that of "sharp" and "flat" were comparatively good. That of "compact" 81.3% was the worst. However, this result is not necessarily caused only by the characteristics of the morpheme-initial consonant, but also by opposition of the succeeding vowel. For example "strident" is a feature which opposes affricates /ts/ and /dz/ to simple stops

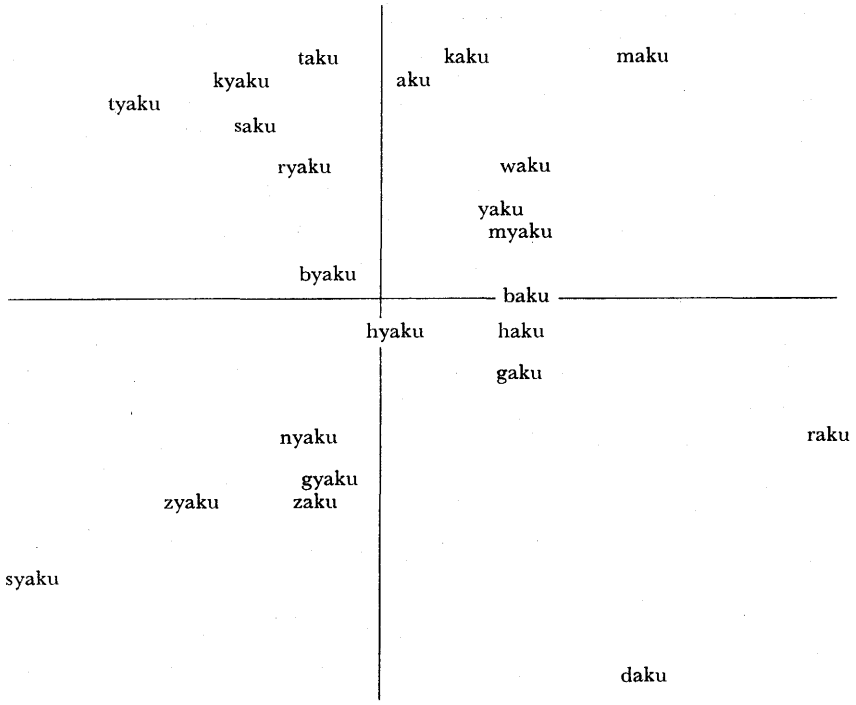

Fig. 1. Two-dimensional plot of a group of morphemes /Caku/.

/t/ and /d/. But /ts/ and /dz/ can precede only vowel /u/, and /t/ and /d/ only one of vowels /a/, /e/ and /o/.

4. Distance Between the Sound Patterns of "jion"

By means of Multi-Dimensional Scaling, we obtained a two-dimensional plot of the sound patterns of "jion" from the distance calculated by the DP-matching process. In the recognition experiment only the minimum distance was used, but here the whole distance matrix is evaluated and the relation of the sound patterns of "jion" is shown. However if we show the relation of all 346 "jion"s at once, it is difficult to interpret the result because of the numerious factors involved.

So we showed the relation of the "jion"s contained in one of the 33 groups which differ only in the initial consonant. Fig. 1 shows the two-dimensional plot of a group of morphemes /Caku/ as an example. Roughly speaking the first factor of the horizontal axis corresponds to the length of time for which the speech sound continues. The feature "strident" is contained in this factor. The second factor of the vertical axis corresponds to the feature "voiced" of the initial consonant.

5. Experiment of Discrimination of the Initial Plosive of "jion"

In the recognition of 346 "jion"s using DP-matching, the part excluding the

initial consonant was almost recognizable. So, for only plosives of the initial consonants of 346 "jion"s we made a discrimination experiment by the method in Reference. 2, and obtained for unknown speaker discrimination rate 82.0% for unvoiced plosives and 88.0% for voiced plosives. At the experiment using DP-matching, the detection rate of plosive 54.6% and the discrimination rate in the group which was regarded as plosive 64.6% were obtained.

6. Conclusion

1) The set of 346 "jion"s, which generates an important subset of Japanese, has high inter-word acoustic similarity, and should constitute a good evaluation measure of word recognition systems.

2) The main cause of error in the set was confusion of the initial consonant. This emphasizes the need for high precision initial consonant recognition.

References

1) J. D. McCawley: The Phonological Component of a Grammar of Japanese (The Hague, 1968).
2) S. Kitazawa and S. Doshita: Plosive Discrimination by Running Spectra in 40-ms Initial Segment. Studia Phonologica XVII, 27–38, 1983.

(Aug. 31, 1984, received)