

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 電腦與資訊學科

第二名

最佳(鄉土)教材獎

052503

英文單字接龍之演算法探討

學校名稱：國立羅東高級中學

作者： 高二 吳書磊 高二 張娛姑 高二 何容	指導老師： 邱柏翰
--	------------------

關鍵詞：單字接龍、最短路徑演算法

摘要

透過在程式上的設計，來探討不同方法之間玩英文單字接龍的差異及各方法的優缺點，並試圖尋找最長的連接路徑。

壹、研究動機

因曾經和同學玩文字接龍的遊戲，便想到是否能透過電腦程式或演算法找到必勝的方法。我們從一些和電腦對戰的遊戲中，得到了靈感，為何電腦常常輕易獲勝？我們想了解電腦背後其操控方法及程式的撰寫。我們想運用學習到的資料結構（例如陣列），先將蒐集的資料存放，並用函數、遞迴以及圖形相關的演算法等方法嘗試寫出能讓接龍遊戲進行、達到我們目的的程式。我們參考了其他有所相關的資料，在討論之後，我們決定著手這次的研究。

貳、研究目的

- 一、撰寫能執行接龍遊戲的程式
- 二、修改 Dijkstra 演算法，改變權重。
- 三、分析改良後的 Dijkstra 演算法和隨機以及模擬平常思考模式所得結果之間的差異

參、研究設備與器材

- 一、桌上型電腦
- 二、Dev-C++
- 三、大考中心 7000 英文單字

肆、研究過程或方法

首先，我們參考了師大資訊所高等演算法的作業以及網路上其他資訊。接著，我們選定了幾種遊戲過程中「選單字」方式：隨機、循序、Dijkstra、模擬平常思考模式，來探討各種

方式之間的差異。

一、首先我們使用循序的方式選用下一個單字，發現其只要接到某一個字之後，之後所接龍出的單字皆相同，如下方「方法一」分析循序之資料。

二、之後我們便想嘗試：如果不是循序搜尋，而是隨機挑選呢？結果是否會不同？

三、再來我們使用隨機的方式挑選下一個單字，也就是「在合乎規定的單字群中」隨機挑選，例如上一個單字如果是 apple，則 e 開頭的單字皆有可能被選中，因此隨機選擇一個，（當然，使用過的單字不能重複選取）得出隨機的結果後，我們又再使用其他的演算法或是程式設計技巧，想與隨機接龍所做出來的結果做比較，看其結果是否真的會比隨機來的更好？也就是說，經過演算所出來的結果，應該要會比循序和隨機法的長度，長上許多。

四、我們先想出了三個方法

(一) 利用遞迴方式，直接用暴力法求解。

(二) 改良 Dijkstra 最短路徑演算法，將每個點之間的路徑權重皆加上負號，都改為負一。

(三) 在每次要挑下一個字前，加上一個機率，使之的設定接近平常我們的思考，並比較與上方其他方法的差異。

五、名詞定義

(一) 單字序列：程式輸出的單字接龍序列。

(二) 單字序列長度： 程式結果輸出的單字接龍序列總個數。

六、

(一)

方法一：循序法

首先我們隨機先挑了 5 個字母做起始單字結尾，尋找單字過程如下（圖 1-1）～（圖 1-5）：

1 abandon 2 nadir 3 rabbit 4 table 5 each 6 habit 7 tablecloth 8 habitat 9 tablespoon 10 nag
 11 gain 12 nail 13 label 14 lace 15 eager 16 racial 17 lack 18 kangaroo 19 oak 20 kaohsiung
 21 galaxy 22 yacht 23 tablet 24 tableware 25 eagle 26 ear 27 racing 28 gallery 29 yard 30 daffodil
 31 lad 32 daily 33 yarn 34 naive 35 early 36 yawn 37 naked 38 dairy 39 year 40 racism
 41 ma'am 42 machine 43 earn 44 name 45 earnest 46 tabloid 47 dam 48 machinery 49 yearly 50 yearn
 51 namely 52 yeast 53 taboo 54 oar 55 racist 56 tack 57 keen 58 nanny 59 yell 60 ladder
 61 rack 62 keep 63 pace 64 earnings 65 sack 66 keeper 67 rack 68 kernel 69 lady 70 yellow
 71 wade 72 earphones 73 sacred 74 damage 75 earring 76 gallon 77 nap 78 pacific 79 cabbage 80 earth
 81 habitual 82 lag 83 gallop 84 pack 85 kettle 86 earthquake 87 ease 88 easily 89 yen 90 napkin
 91 narrate 92 east 93 tackle 94 easter 95 rack 96 key 97 yesterday 98 yet 99 taco 100 oasis
 101 sacrifice 102 eastern 103 narrative 104 easy 105 yield 106 dame 107 eat 108 tact 109 tactic 110 cabin
 111 narrator 112 rack 113 key 114 yoga 115 abandoned 116 damn 117 narrow 118 wag 119 gamble 120 ebb
 121 baby 122 yoke 123 eccentric 124 cabinet 125 tactical 126 lake 127 echo 128 oath 129 hack 130 key
 131 yolk 132 key 133 you 134 ugly 135 young 136 gambler 137 rack 138 key 139 youngster 140 rack
 141 key 142 your 143 rack 144 key 145 yours 146 sad 147 damned 148 damp 149 package 150 eclipse
 151 ecological 152 lamb 153 bachelor 154 rack 155 key 156 yourself 157 fable 158 ecology 159 youth 160 hack
 161 key 162 youthful 163 lame 164 economic 165 cable 166 economical 167 lament 168 tactics 169 sadden 170 nasty
 171 yucky 172 yummy 找不到

(圖 1-1)

1 baby 2 yacht 3 table 4 each 5 habit 6 tablecloth 7 habitat 8 tablespoon 9 nadir 10 rabbit
 11 tablet 12 tableware 13 eager 14 racial 15 label 16 lace 17 eagle 18 ear 19 racing 20 gain
 21 nag 22 galaxy 23 yard 24 daffodil 25 lack 26 kangaroo 27 oak 28 kaohsiung 29 gallery 30 yarn
 31 nail 32 lad 33 daily 34 yarn 35 naive 36 early 37 year 38 racism 39 ma'am 40 machine
 41 earn 42 naked 43 dairy 44 yearly 45 yearn 46 name 47 earnest 48 tabloid 49 dam 50 machinery
 51 yeast 52 taboo 53 oar 54 racist 55 tack 56 keen 57 namely 58 yell 59 ladder 60 rack
 61 keep 62 pace 63 earnings 64 sack 65 keeper 66 rack 67 kernel 68 lady 69 yellow 70 wade
 71 earphones 72 sacred 73 damage 74 earring 75 gallon 76 nanny 77 yen 78 nap 79 pacific 80 cabbage
 81 earth 82 habitual 83 lag 84 gallop 85 pack 86 kettle 87 earthquake 88 ease 89 easily 90 yesterday
 91 yet 92 tackle 93 east 94 taco 95 oasis 96 sacrifice 97 easter 98 rack 99 key 100 yield
 101 dame 102 eastern 103 napkin 104 narrate 105 easy 106 yoga 107 abandon 108 narrative 109 eat 110 tact
 111 tactic 112 cabin 113 narrator 114 rack 115 key 116 yoke 117 ebb 118 bachelor 119 rack 120 key
 121 yolk 122 key 123 you 124 ugly 125 young 126 gamble 127 eccentric 128 cabinet 129 tactical 130 lake
 131 echo 132 oath 133 hack 134 key 135 youngster 136 rack 137 key 138 your 139 rack 140 key
 141 yours 142 sad 143 damn 144 narrow 145 wag 146 gambler 147 rack 148 key 149 yourself 150 fable
 151 eclipse 152 ecological 153 lamb 154 backbone 155 ecology 156 youth 157 hack 158 key 159 youthful 160 lame
 161 economic 162 cable 163 economical 164 lament 165 tactics 166 sadden 167 nasty 168 yucky 169 yummy 找不到

(圖 1-2)

1 sack 2 kangaroo 3 oak 4 kaohsiung 5 gain 6 nadir 7 rabbit 8 table 9 each 10 habit
 11 tablecloth 12 habitat 13 tablespoon 14 nag 15 galaxy 16 yacht 17 tablet 18 tableware 19 eager 20 racial
 21 label 22 lace 23 eagle 24 ear 25 racing 26 gallery 27 yard 28 daffodil 29 lack 30 keen
 31 nail 32 lad 33 daily 34 yarn 35 naive 36 early 37 yawn 38 naked 39 dairy 40 year
 41 racism 42 ma'am 43 machine 44 earn 45 name 46 earnest 47 tabloid 48 dam 49 machinery 50 yearly
 51 yearn 52 namely 53 yeast 54 taboo 55 oar 56 racist 57 tack 58 keep 59 pace 60 earnings
 61 sacred 62 damage 63 earphones 64 sacrifice 65 earring 66 gallon 67 nanny 68 yell 69 ladder 70 rack
 71 keeper 72 rack 73 kernel 74 lady 75 yellow 76 wade 77 earth 78 habitual 79 lag 80 gallop
 81 pacific 82 cabbage 83 earthquake 84 ease 85 easily 86 yen 87 nap 88 pack 89 kettle 90 east
 91 tackle 92 easter 93 rack 94 key 95 yesterday 96 yet 97 taco 98 oasis 99 sad 100 dame
 101 eastern 102 napkin 103 narrate 104 easy 105 yield 106 damn 107 narrative 108 eat 109 tact 110 tactic
 111 cabin 112 narrator 113 rack 114 key 115 yoga 116 abandon 117 narrow 118 wag 119 gamble 120 ebb
 121 baby 122 yoke 123 eccentric 124 cabinet 125 tactical 126 lake 127 echo 128 oath 129 hack 130 key
 131 yolk 132 key 133 you 134 ugly 135 young 136 gambler 137 rack 138 key 139 youngster 140 rack
 141 key 142 your 143 rack 144 key 145 yours 146 sadden 147 nasty 148 yourself 149 fable 150 eclipse
 151 ecological 152 lamb 153 bachelor 154 rack 155 key 156 youth 157 hack 158 key 159 youthful 160 lame
 161 ecology 162 yucky 163 yummy 找不到

(圖 1-3)

1 wade 2 each 3 habit 4 table 5 eager 6 rabbit 7 tablecloth 8 habitat 9 tablespoon 10 nadir
 11 racial 12 label 13 lace 14 eagle 15 ear 16 racing 17 gain 18 nag 19 galaxy 20 yacht
 21 tablet 22 tableware 23 early 24 yard 25 daffodil 26 lack 27 kangaroo 28 oak 29 kaohsiung 30 gallery
 31 yarn 32 nail 33 lad 34 daily 35 yawn 36 naive 37 earn 38 naked 39 dairy 40 year
 41 racism 42 ma'am 43 machine 44 earnest 45 tabloid 46 dam 47 machinery 48 yearly 49 yearn 50 name
 51 earnings 52 sack 53 keen 54 namely 55 yeast 56 taboo 57 oar 58 racist 59 tack 60 keep
 61 pace 62 earphones 63 sacred 64 damage 65 earring 66 gallon 67 nanny 68 yell 69 ladder 70 rack
 71 keeper 72 rack 73 kernel 74 lady 75 yellow 76 wag 77 gallop 78 pacific 79 cabbage 80 earth
 81 habitual 82 lag 83 gamble 84 earthquake 85 ease 86 easily 87 yen 88 nap 89 pack 90 kettle
 91 east 92 tackle 93 easter 94 rack 95 key 96 yesterday 97 yet 98 taco 99 oasis 100 sacrifice
 101 eastern 102 napkin 103 narrate 104 easy 105 yield 106 dame 107 eat 108 tact 109 tactic 110 cabin
 111 narrative 112 ebb 113 baby 114 yoga 115 abandon 116 narrator 117 rack 118 key 119 yoke 120 eccentric
 121 cabinet 122 tactical 123 lake 124 echo 125 oath 126 hack 127 key 128 yolk 129 key 130 you
 131 ugly 132 young 133 gambler 134 rack 135 key 136 youngster 137 rack 138 key 139 your 140 rack
 141 key 142 yours 143 sad 144 damn 145 narrow 146 wage 147 eclipse 148 ecological 149 lamb 150 bachelor
 151 rack 152 key 153 yourself 154 fable 155 ecology 156 youth 157 hack 158 key 159 youthful 160 lame
 161 economic 162 cable 163 economical 164 lament 165 tactics 166 sadden 167 nasty 168 yucky 169 yummy 找不到

(圖 1-4)

```

1 x-ray 2 yacht 3 table 4 each 5 habit 6 tablecloth 7 habitat 8 tablespoon 9 nadir 10 rabbit
11 tablet 12 tableware 13 eager 14 racial 15 label 16 lace 17 eagle 18 ear 19 racing 20 gain
21 nag 22 galaxy 23 yard 24 daffodil 25 lack 26 kangaroo 27 oak 28 kaohsiung 29 gallery 30 yarn
31 nail 32 lad 33 daily 34 yawn 35 naive 36 early 37 year 38 racism 39 ma'am 40 machine
41 earn 42 naked 43 dairy 44 yearly 45 yearn 46 name 47 earnest 48 tabloid 49 dam 50 machinery
51 yeast 52 taboo 53 oar 54 racist 55 tack 56 keen 57 namely 58 yell 59 ladder 60 rack
61 keep 62 pace 63 earnings 64 sack 65 keeper 66 rack 67 kernel 68 lady 69 yellow 70 wade
71 earphones 72 sacred 73 damage 74 earring 75 gallon 76 nanny 77 yen 78 nap 79 pacific 80 cabbage
81 earth 82 habitual 83 lag 84 gallop 85 pack 86 kettle 87 earthquake 88 ease 89 easily 90 yesterday
91 yet 92 tackle 93 east 94 taco 95 oasis 96 sacrifice 97 easter 98 rack 99 key 100 yield
101 dame 102 eastern 103 napkin 104 narrate 105 easy 106 yoga 107 abandon 108 narrative 109 eat 110 tact
111 tactic 112 cabin 113 narrator 114 rack 115 key 116 yoke 117 ebb 118 baby 119 yolk 120 key
121 you 122 ugly 123 young 124 gamble 125 eccentric 126 cabinet 127 tactical 128 lake 129 echo 130 oath
131 hack 132 key 133 youngster 134 rack 135 key 136 your 137 rack 138 key 139 yours 140 sad
141 damn 142 narrow 143 wag 144 gambler 145 rack 146 key 147 yourself 148 fable 149 eclipse 150 ecological
151 lamb 152 bachelor 153 rack 154 key 155 youth 156 hack 157 key 158 youthful 159 lame 160 ecology
161 yucky 162 yummy 找不到

```

(圖 1-5)

由上圖我們可以發現其實循序法只是起初的單字序列不太一樣，當程式跑到某一個階段的時候，即使是不同開頭單字，後面輸出的單字序列結果都是一樣的，最後一定會由同一個單字結尾，由此可看出這個方法幾乎是順著同一條路徑在執行的，沒什麼變化性。

所以我們將程式跑了 100 次，各字母輸出單字的總長度平均值如下表格。

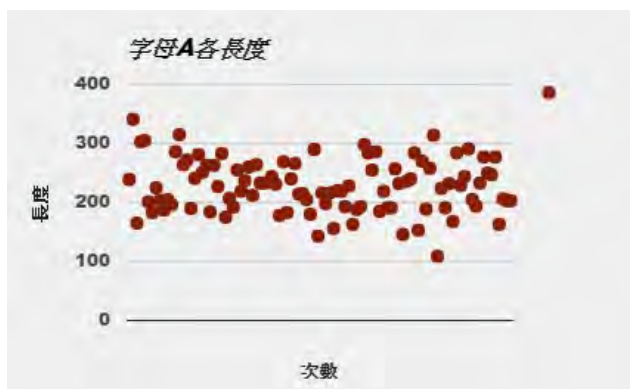
方法二：隨機法：

隨機法程式會在單字庫中隨機選取下一個接續的單字，因為沒有一個固定的路徑，所以我們先結尾字母分別為 A~Z 的單字，設為起頭單字，接著各執行 100 次，將其輸出結果的單字路徑總長度取其平均值，並進行分析，結果如下（表格 1）。

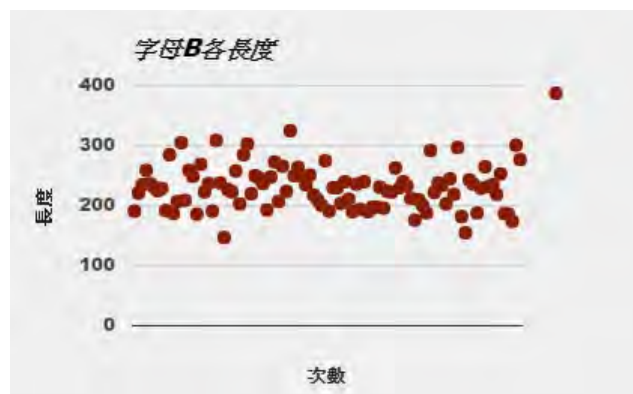
(表格 1)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
227	229	223	228	232	233	234	227	230	228	236	227	232
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
233	238	223	228	227	235	232	234	232	230	203	222	235

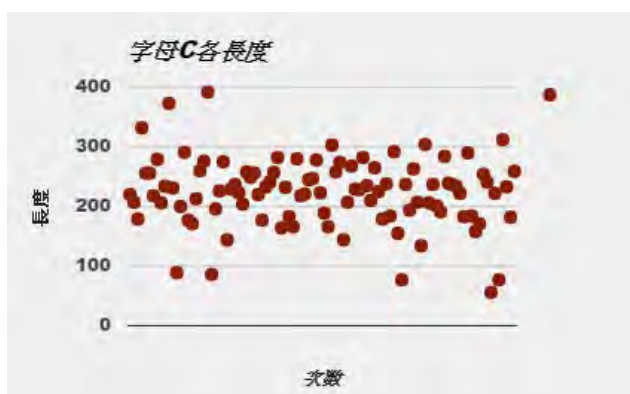
再來我們將各起始單字所輸出 100 次的單字序列長度結果，繪製成一下圖表，並觀察其離散程度，及平均分布情形。



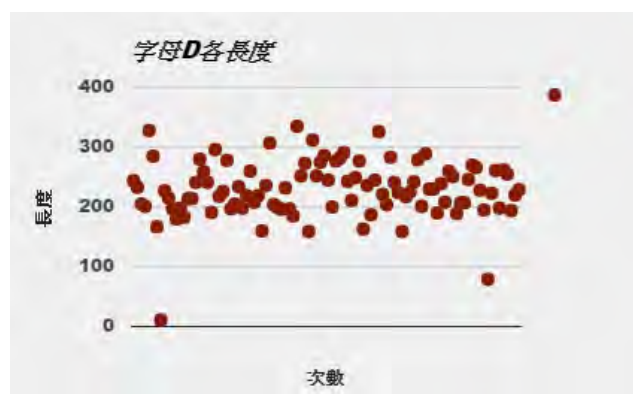
(圖 2-1)



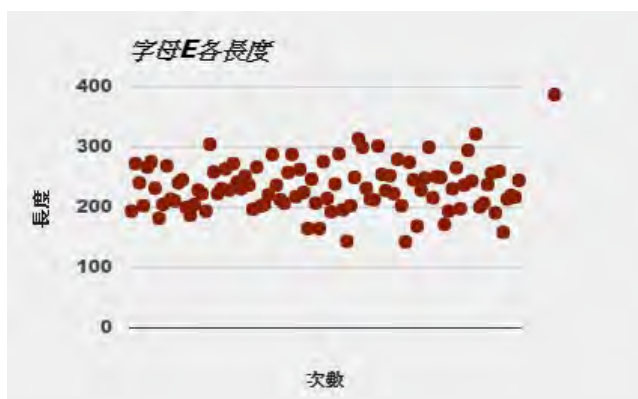
(圖 2-2)



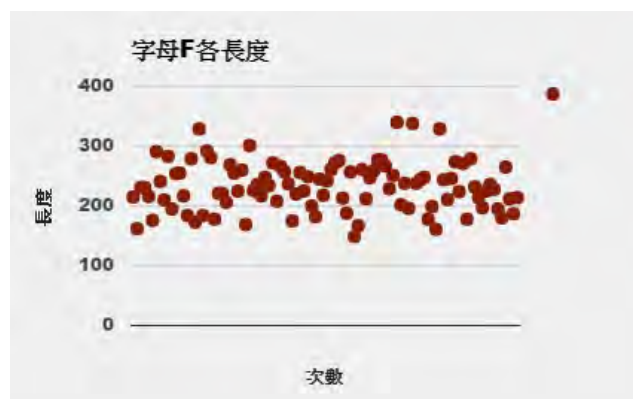
(圖 2-3)



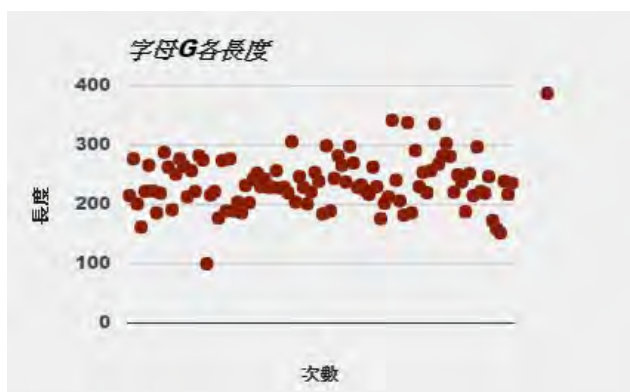
(圖 2-4)



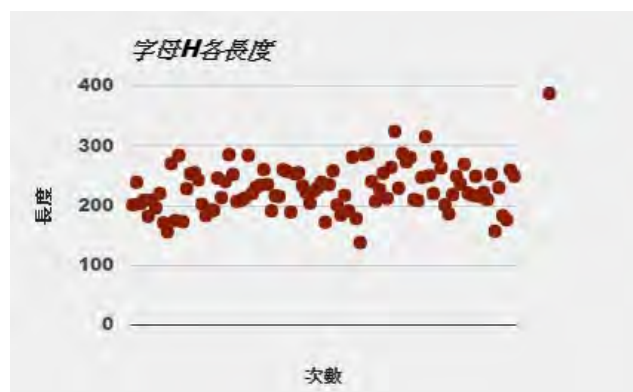
(圖 2-5)



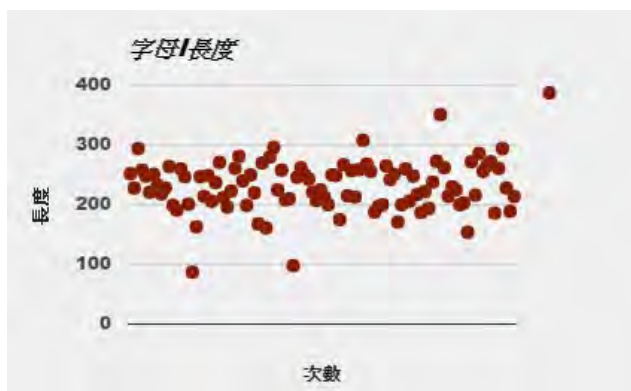
(圖 2-6)



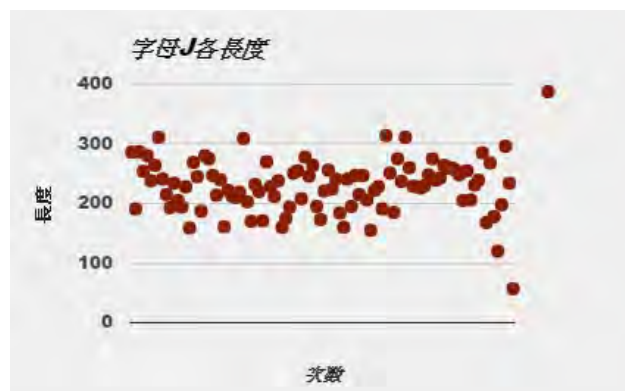
(圖 2-7)



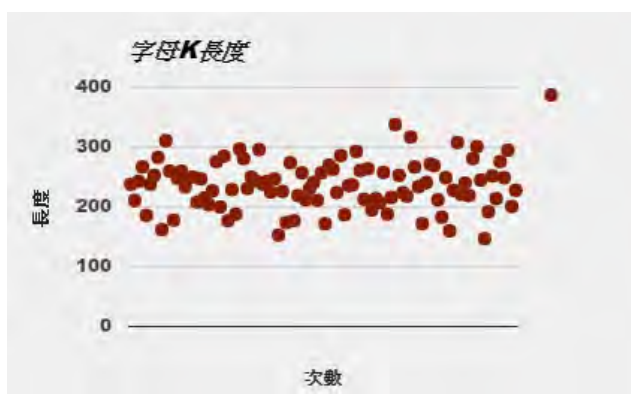
(圖 2-8)



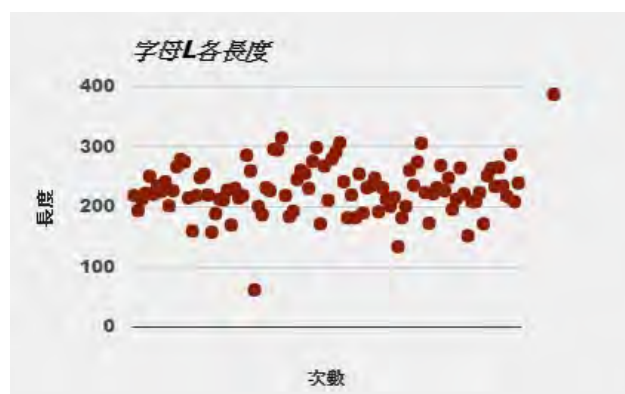
(圖 2-9)



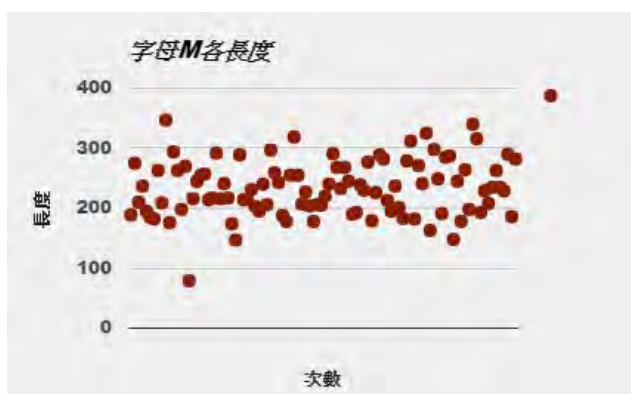
(圖 2-10)



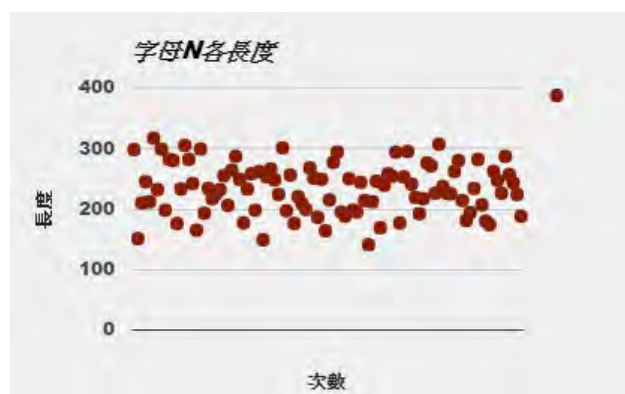
(圖 2-11)



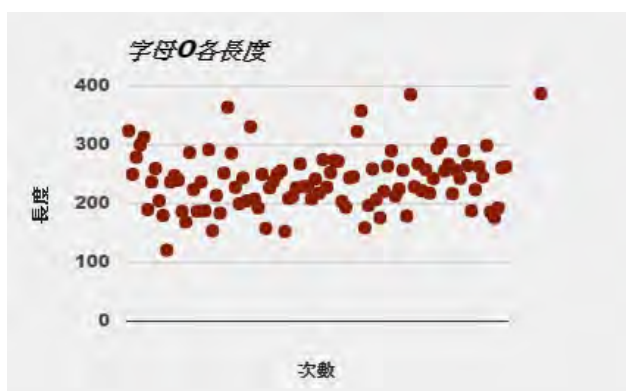
(圖 2-12)



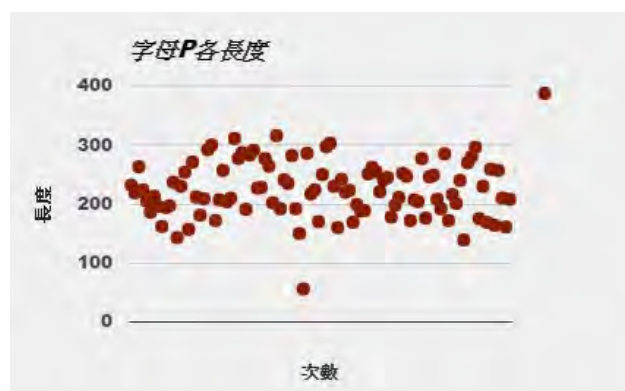
(圖 2-13)



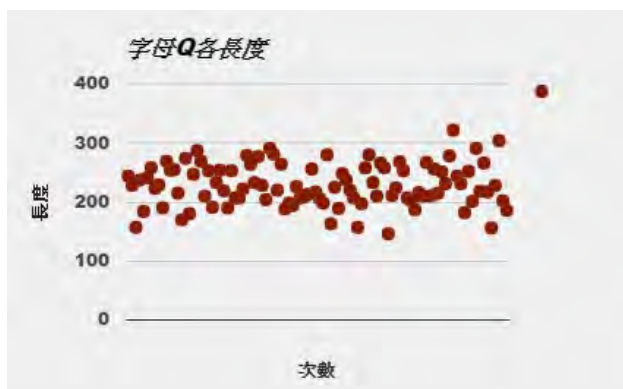
(圖 2-14)



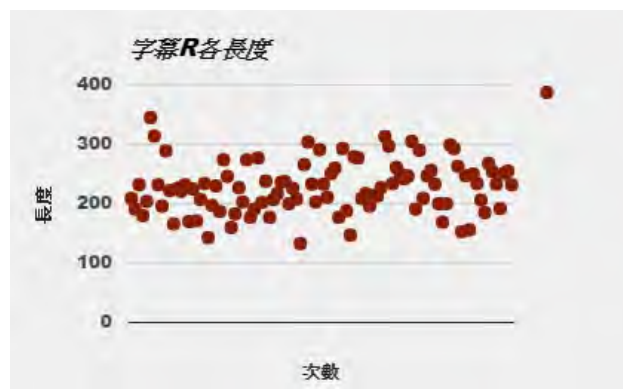
(圖 2-15)



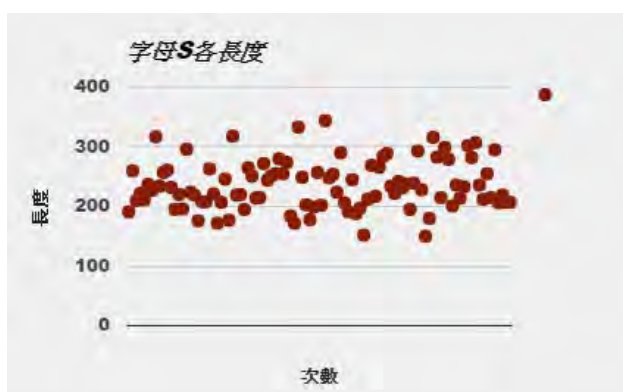
(圖 2-16)



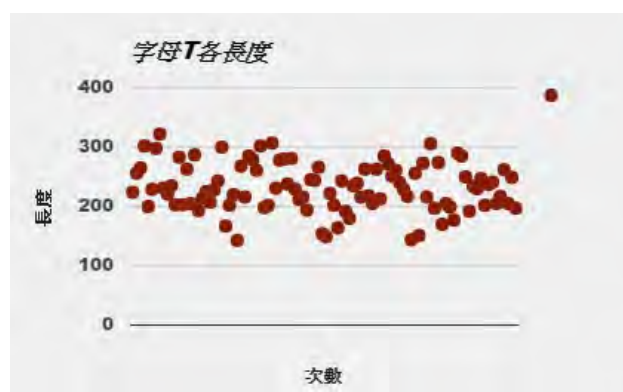
(圖 2-17)



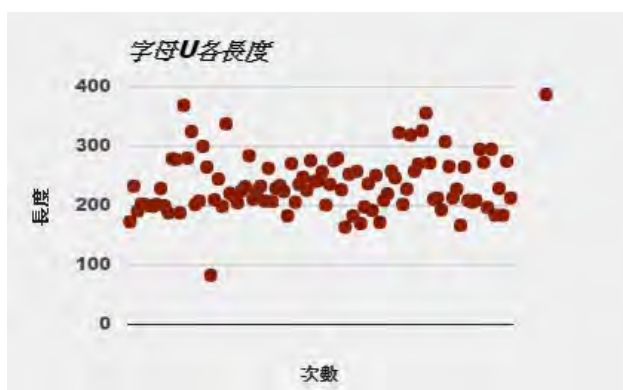
(圖 2-18)



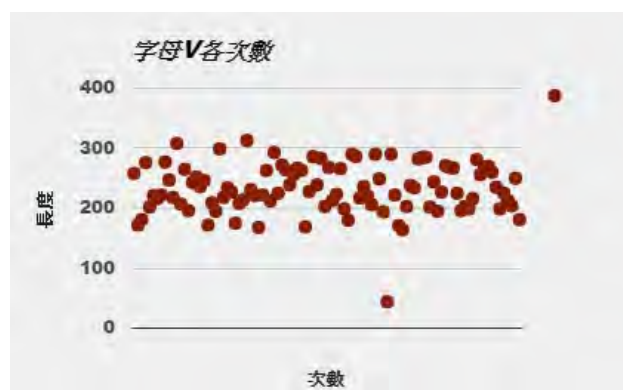
(圖 2-19)



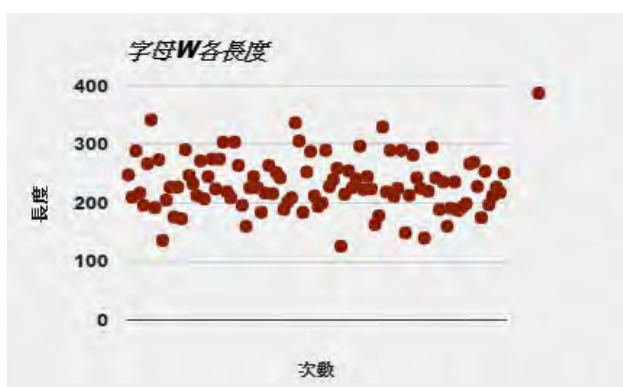
(圖 2-20)



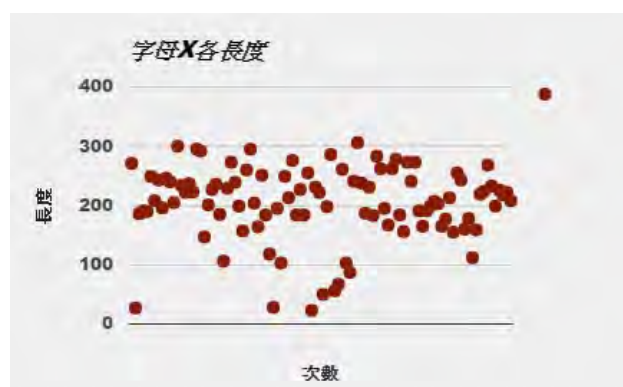
(圖 2-21)



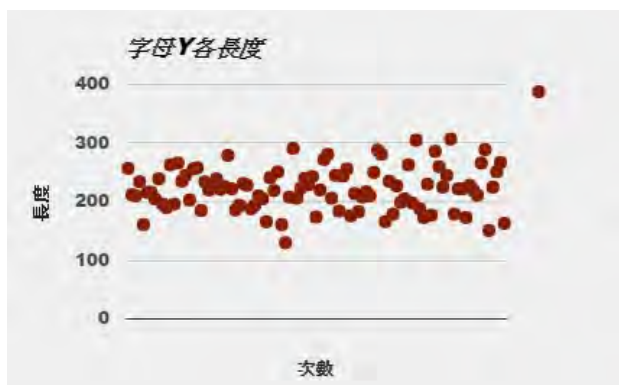
(圖 2-22)



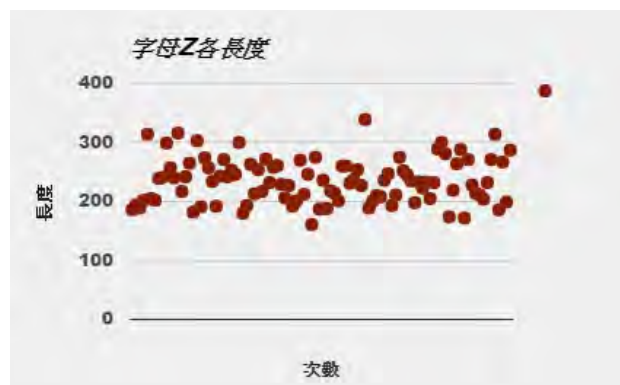
(圖 2-23)



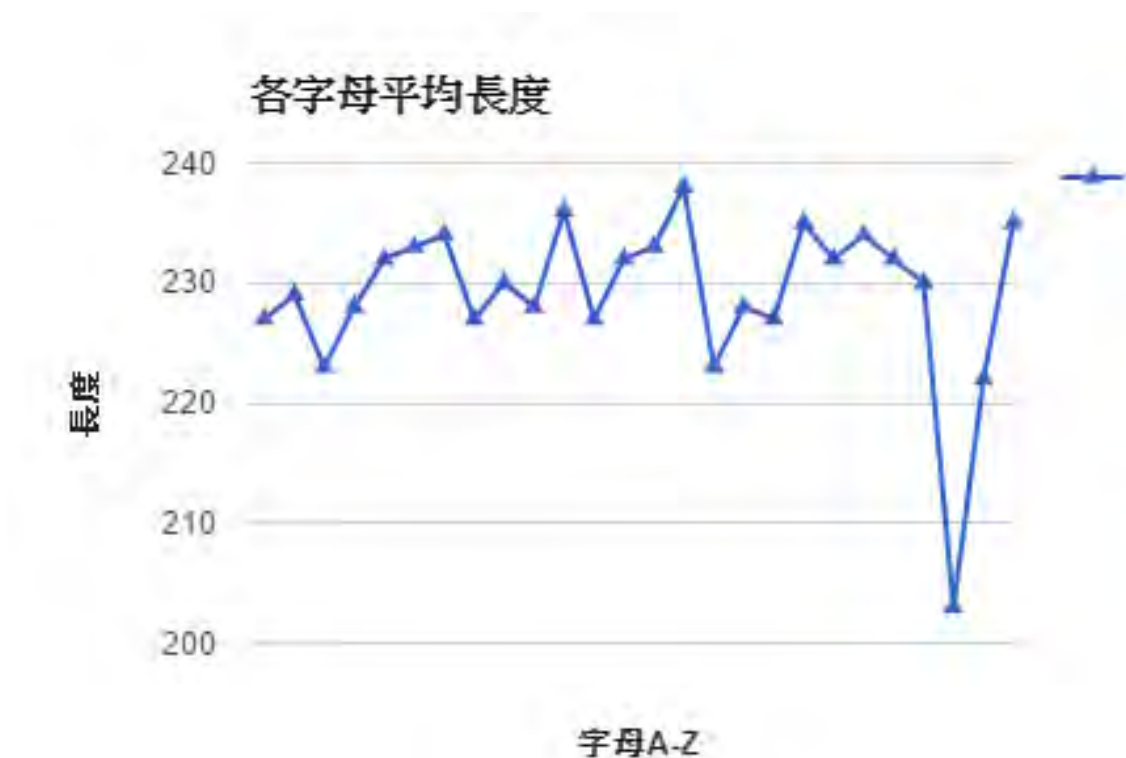
(圖 2-24)



(圖 2-25)



(圖 2-26)



(圖 2-27)

由上面的圖及表格可以得知在隨機法的情況下，不管起始單字是以哪個字母結尾，程式跑出來的結果單字序列長度平均值都是差不多的，且多數起始單字，程式輸出結果的離散程度並不是很大，只有起始單字的結尾字母為 X 的離散程度，很明顯地，跑 100 次之後，相較其他字母結尾是比較大的，這是因為在本資料庫裡 X 開頭的單字只有一個，所以當程式又再次跑到需要一個 X 開頭的單字的時候，這個程式就會終止，因此以 X 結尾的單字作為起始單字，所輸出的單字序列的平均長度也是比較低的。

方法三：遞迴法

我們一開始直接以每個單字作為節點並使用遞迴解法，發現數據實在是太龐大了！根本

沒辦法執行，是 7000*7000*7000.....。故我們嘗試著將結點改成英文字母 (a、b、c.....)，以一條路徑當作是一個單字，不過最大的問題點就是，要將點設成能重複利用，且沒辦法追蹤路徑結果。

方法四：Dijkstra 改良版

為了尋找最長路徑，我們從最短路徑著手改良，先將各個單字設為路徑中的點，若能相連，例如 apple → elephant，apple 的尾能接到 elephant 的頭，就將此路徑的權重設為 -1，但 elephant → apple，就是不相連的路徑。程式就如同正常版 Dijkstra 一樣執行。

下方表格為程式執行過後，各字母開頭所能達到的最長單字序列的長度。

(表格 2)

依照頭(a-z)尾(a-z)排列												
a	b	c	d	e	f	G	h	l	j	k	l	m
2698	2698	2699	2697	2698	2701	2699	2698	2700	2700	2699	2699	2701
n	o	p	q	r	s	T	u	V	w	x	y	z
2699	2701	2699	2700	2697	2701	2699	2698	2699	2698	2699	2697	2699
依照頭(z-a)尾(z-a)排列												
a	b	c	d	e	f	G	h	l	j	k	l	m
2742	2745	2742	2742	2742	2742	2742	2742	2742	2745	2742	2742	2742
n	o	p	q	r	s	T	u	V	w	x	y	z
2742	2742	2742	2745	2742	2742	2742	2742	2742	2742	2743	2741	2743
依照頭(z-a)尾(a-z)排列												
a	b	c	d	e	f	G	h	l	j	k	l	m
2698	2698	2699	2697	2698	2701	2699	2698	2700	2700	2699	2699	2701
n	o	p	q	r	s	T	u	V	w	x	y	z
2699	2701	2699	2700	2697	2701	2699	2698	2699	2698	2699	2697	2699
依照頭(a-z)尾(z-a)排列												
a	b	c	d	e	f	G	h	l	j	k	l	m
2740	2743	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2743	2740	2740	2740
n	o	p	q	r	s	T	u	V	w	x	y	z

2740	2740	2740	2743	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2741	2739	2741
隨機排序												
a	b	c	d	e	f	G	h	i	j	k	l	m
2621	2623	2621	2619	2619	2621	2619	2620	2619	2621	2618	2619	2619
n	o	p	q	r	s	T	u	v	w	x	y	z
2620	2620	2620	2620	2619	2619	2619	2621	2621	2620	2620	2618	2621

隨機排序												
a	b	c	d	e	f	G	h	i	j	k	l	m
2634	2636	2636	2634	2633	2635	2633	2634	2634	2634	2632	2634	2635
n	o	p	q	r	s	T	u	v	w	x	y	z
2633	2634	2634	2641	2634	2634	2632	2635	2634	2635	2635	2633	2639

由上方（表格 2）可得知，不管是從哪個單字開始所跑出的單字序列，所相差的長度並不多。但原始資料讀入時是否整齊排列，卻會對單字序列長度造成影響，我們推測是因為不同順序讀入，會影響到路徑的選擇所導致。

又再經過比較後，會發現不管是什麼字母開始，相同字首與相同的字尾結束的個數也相差不大。（以下以 **A**、**B** 開頭作為範例，縱軸為接龍序列內，單字對應的開頭字母，橫軸為接龍序列內，單字對應的結尾字母。）（表格 3）

	B□□□□																										
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	
a	10	2	13	3	5	0	0	1	0	0	0	2	3	1	2	1	0	0	11	2	0	0	1	0	0	0	57
b	1	3	2	1	1	2	3	4	0	0	0	2	0	2	1	2	0	5	5	6	1	0	2	0	0	1	44
c	8	9	11	4	12	2	2	5	0	0	0	6	6	2	0	11	0	4	22	5	0	0	5	0	0	0	114
d	3	3	6	32	15	4	16	9	0	0	6	12	7	6	2	9	0	24	15	32	0	0	2	0	2	0	205
e	3	1	15	18	98	0	9	8	0	0	1	23	4	40	4	1	0	22	14	62	0	0	3	0	2	0	328
f	2	0	4	4	4	1	3	3	0	0	0	3	4	1	0	5	0	3	5	1	1	0	1	0	0	0	45
g	2	1	4	16	17	3	6	2	0	0	0	10	6	6	2	9	0	12	17	12	0	0	3	0	3	0	131
h	1	1	2	11	8	4	5	8	1	0	1	12	4	6	2	6	0	12	15	7	0	0	2	0	1	0	109
i	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5
j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
k	2	1	0	4	7	0	3	0	0	0	2	3	1	4	1	2	0	2	2	4	0	1	2	0	0	0	41
l	2	2	3	22	22	2	18	8	0	0	7	10	3	8	1	10	0	31	7	23	0	0	2	0	2	0	183
m	4	1	8	8	7	2	3	6	0	0	0	6	8	2	4	5	0	14	15	4	1	1	3	0	3	0	105
n	0	1	0	6	40	0	4	2	0	0	4	15	2	15	0	2	0	10	9	16	0	0	4	0	2	0	132
o	2	0	3	2	2	3	4	1	0	0	1	1	3	1	3	3	0	6	8	3	0	0	3	0	0	0	49
p	9	2	14	8	9	2	4	6	0	0	1	10	7	3	5	6	0	8	22	12	1	0	3	0	0	0	132
q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r	1	3	6	29	32	3	18	10	0	0	3	20	12	7	2	6	0	34	14	45	0	0	6	0	1	0	252
s	4	8	13	9	11	9	11	12	4	0	0	9	21	5	6	39	0	18	30	20	0	0	13	1	2	0	245
t	3	4	9	15	31	3	15	17	0	0	13	36	9	18	11	9	0	38	21	61	0	0	3	0	3	0	319
u	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	5
v	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
w	0	1	0	11	5	3	6	6	0	0	1	1	3	1	2	6	0	4	7	1	0	0	4	0	0	1	63
x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
y	1	0	0	2	1	1	1	1	0	0	1	2	0	4	0	0	0	3	1	3	1	0	1	0	4	0	27
z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
																											2596

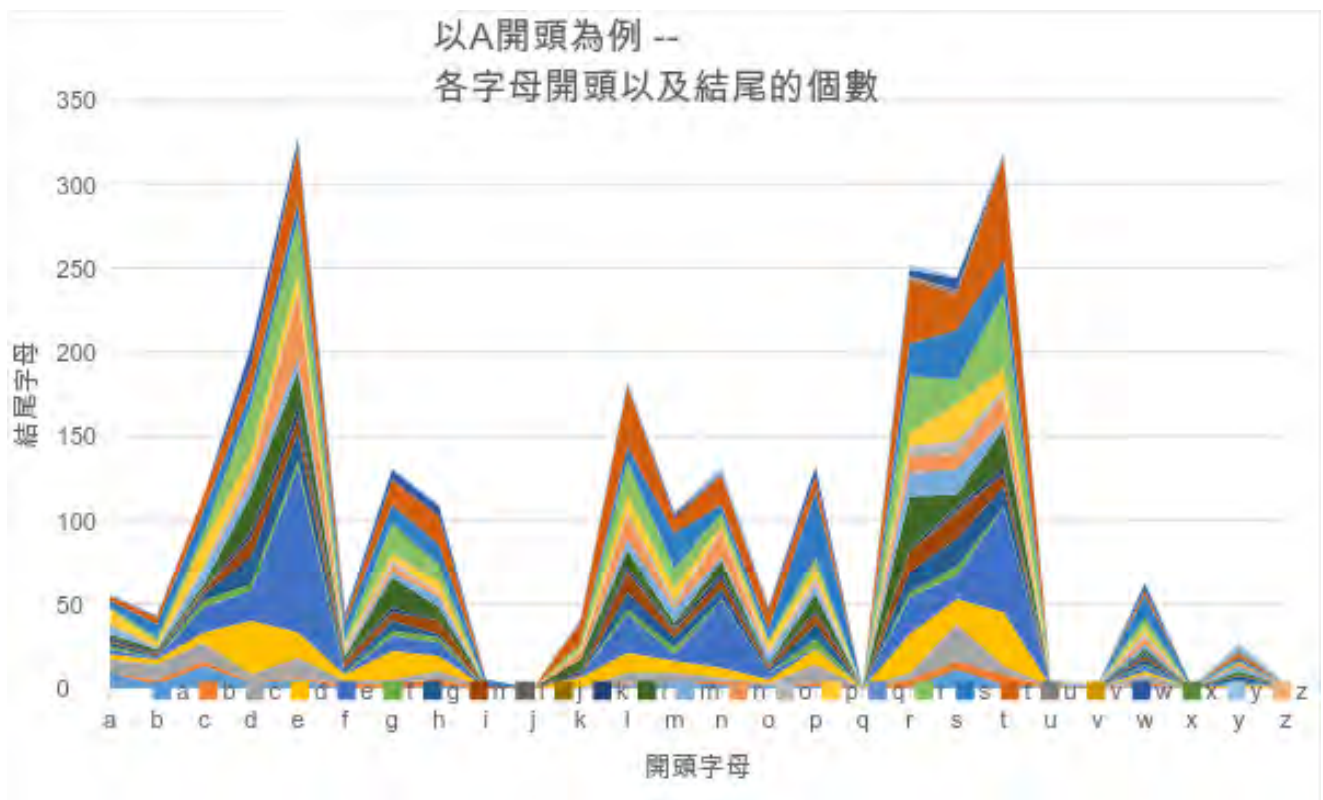
(表格 4)

	A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

比較過上方（表格 3）、（表格 4）後，我們能發現其實這兩項資料的相似度其實是很高的，拿實際的英文接龍資料來看，A 開頭與 B 開頭所接續的單字，也有許多段是重複的。

接著我們分析在單字序列中所使用的單字。

由下圖可看出單字序列中所使用的單字，是以 **e** 開頭和 **t** 開頭的為主。我們推測是因為原始資料中，以 **e** 結尾和 **t** 結尾的單字佔多數有關係，由下圖也可看出，只要是在原始資料中有許多單字以那個字母結尾，在英文單字序列的結果中，以那個字母開頭的單字就會有數量比較多的趨勢。但是以 **y** 結尾的單字卻是例外，我們推測是因為以 **y** 字母開頭的單字量遠少於以 **y** 字母結尾的單字量所造成的。



(圖 3-1)

(表格 5)

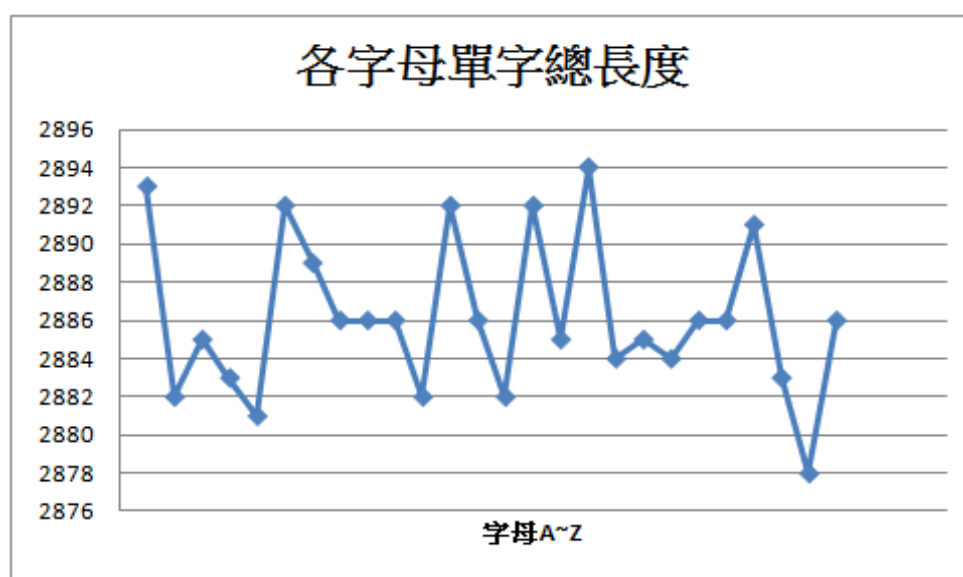
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	
a	9	2	13	46	137	0	13	11	0	0	2	21	15	52	4	1	0	23	21	74	0	0	3	1	48	0	496
b	1	3	3	47	68	5	26	26	0	0	20	17	10	30	3	4	0	35	14	46	1	0	6	1	38	1	405
c	8	9	11	39	193	4	26	21	0	0	21	60	17	103	3	24	0	64	33	97	0	0	7	2	73	0	815
d	3	3	6	32	131	4	21	9	0	0	9	23	7	47	2	9	0	32	15	69	0	0	2	0	45	0	469
e	3	1	15	18	98	0	9	8	0	0	1	23	4	42	4	1	0	22	14	62	0	0	3	0	41	0	369
f	2	0	4	19	72	1	16	13	0	0	12	30	12	24	0	6	0	36	6	37	1	0	5	2	31	0	329
g	2	1	4	16	52	3	6	2	0	0	0	15	6	20	2	9	0	17	17	18	0	0	3	0	21	0	214
h	1	1	2	21	53	4	12	8	1	0	11	27	4	23	2	6	0	28	15	25	0	0	2	0	37	0	283
i	3	0	2	15	108	2	7	2	1	0	1	22	4	44	1	0	0	19	9	64	0	0	1	1	27	0	333
j	0	1	0	1	10	0	3	0	0	0	5	5	3	4	0	2	0	5	4	5	0	0	1	0	12	1	62
k	2	1	0	4	8	0	3	0	0	0	2	3	1	5	1	2	0	2	2	4	0	1	2	0	4	0	47
l	2	2	3	22	57	2	18	8	0	0	10	11	3	25	1	10	0	31	7	24	0	0	2	0	34	0	272
m	4	1	8	21	86	2	10	10	0	0	5	34	10	29	4	5	0	41	15	31	1	1	3	1	45	0	367
n	0	1	0	6	40	0	4	2	0	0	4	15	2	15	0	2	0	10	9	16	0	0	4	0	21	0	151
o	2	0	3	10	34	3	9	3	0	0	6	14	3	25	3	3	0	20	13	20	0	0	3	2	12	0	188
p	9	2	14	21	155	2	17	17	0	0	15	51	12	63	5	6	0	51	22	87	1	0	3	2	65	0	620
q	1	0	0	1	7	0	0	1	0	0	2	2	1	4	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0	6	2	36
r	1	3	6	29	110	3	18	10	0	0	7	30	12	56	2	6	0	34	14	58	0	0	6	1	37	0	443
s	4	8	13	50	199	9	45	23	4	0	35	60	29	88	6	39	0	86	30	87	0	0	17	3	97	0	932
t	3	4	9	15	91	3	15	17	0	0	18	36	9	41	11	9	0	38	21	61	0	0	3	1	39	0	444
u	1	0	0	18	28	0	5	1	0	0	2	9	2	7	2	1	0	12	7	11	0	0	0	0	19	0	125
v	4	1	0	6	35	0	0	1	0	0	0	12	2	17	3	0	0	11	6	15	0	0	2	0	16	0	131
w	0	1	0	22	43	3	16	14	0	0	9	12	4	20	2	6	0	25	7	18	0	0	4	1	16	1	224
x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
y	1	0	0	2	1	1	1	1	0	0	1	2	0	4	0	0	0	3	1	3	1	0	1	0	4	0	27
z	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	67	45	117	481	1817	51	300	208	6	0	198	535	173	788	63	151	0	650	302	937	5	2	83	18	789	5	

(縱軸為單字對應的開頭字母，橫軸為單字對應的結尾字母。)

方法五：用機率+循序法模仿平常的思考模式。

1.機率定義：我們將該字母的機率大小，定義為以它開頭且尚未使用過的單字數量。當我們要接續下一個單字，我們會找出機率較大的字母，當作我們接續單字的結尾字母。

2.例如：現在的單字是 **apple**，以 **e** 開頭開始找單字，我們會找單字 **e-s**，因為 **s** 開頭的單字數量是最多的，而 **e-s** 找下一個單字我們會找單字為 **s-s**，因為這時 **s** 開頭的單字數量還是最多的，直到單字 **s-s** 全部都用過了以後，才會往開頭個數第二多的發展，單字個數第二多的字母開頭是 **c**，所以下一個單字就是 **s-c**。



(圖 4-1)

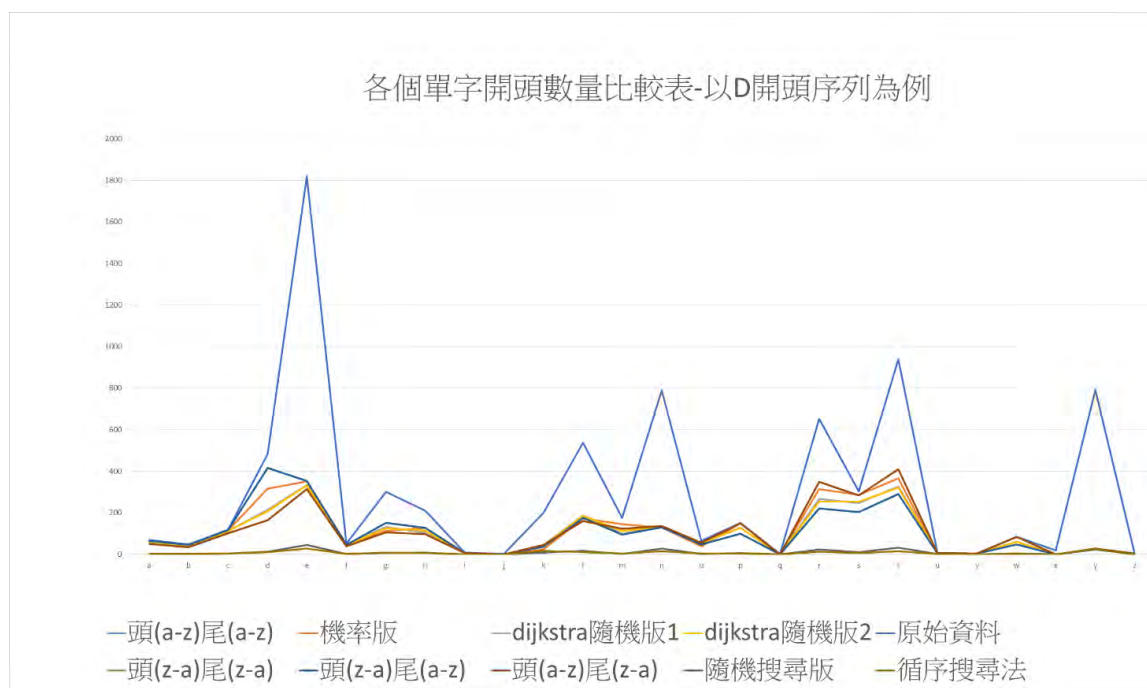
3.由上圖可知，由這個方法所計算出來的單字總長度在各字母間並不會相差很多，只是我們採用了循序法的一部分，將資料排列整齊，所以輸出的單字某些片段可能會呈現一樣的狀態，所以單字序列長度不會差很多，只是單字使用會有先後順序的差別，因此單字各區間會開始有長度的差異，而到最後單字序列長度跑到 2000 多的時候，會有明顯的長度差異出現。

4.特例：**y** 這個單字比較特別，他的總單字數量很少，但是很多單字都是 **y** 結尾，所以程式跑到 **y** 的時候，把 **y** 所有單字跑完，程式就會結束了，所以起始單字是 **y** 結尾讓程式跑出來的單字總長度相較於其他的來得短。

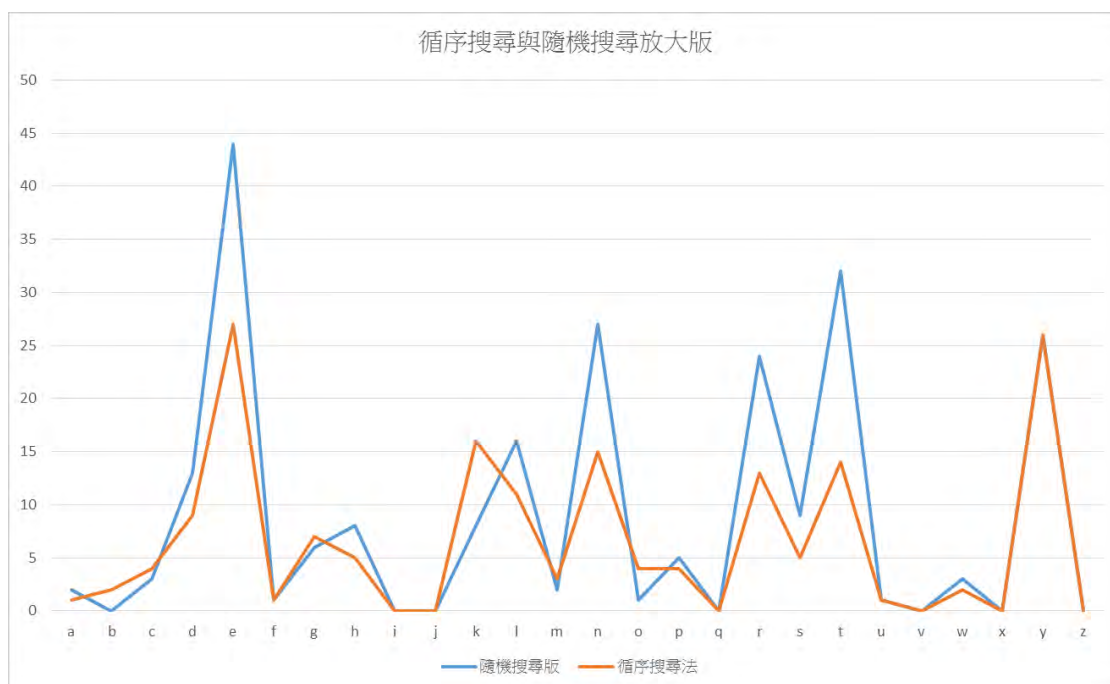
而 **x** 開頭的單字本身就只有一個，而 **y** 的單字數量本身就比较 **x** 多，而且 **x** 結尾的單字數量遠遠少於 **y** 結尾的單字數量，所以會先跑到 **y** 而不會經過 **x**，所以 **x** 的單字總長度才會比 **y** 來得長。

(二)各演算法之間的分析

我們將用各方法所做出來的資料做比對後，發現以不同方法，所得出的單字序列中該字母開頭的單字個數，皆會與原始資料中該字母結尾的單字個數成正相關。但各演算法之間的總長度，卻出現迥異，循序法做出來的結果最差，而用機率法模仿平常的思考模式所做出來的結果最好。



(圖 5-1)



(圖 5-2)

伍、結論

- 一、我們發現，有經過演算法所找到的接龍路徑長，真的會遠遠大於以隨機法以及循序搜尋法所找到的路徑長，而且還整整多了 10 倍，但 Dijkstra 演算法跑出來的結果不一定是最好的，運用機率+循序法跑出來的單字總長度反而更長，所以以後如果要找最長路徑，可以考慮使用機率的方法。
- 二、雖然 Dijkstra 改良法能較有效率地找出最長的路徑，但無法如同遞迴，找到全部的可能排序，只能知道以什麼字母開頭和什麼字母結尾的單字量有幾個，且只能找到一組路徑排序。
- 三、將資料排列整齊相較於將資料隨機排列給 Dijkstra 演算法程式跑的結果，資料排列整齊出來的結果單字數量總長度會比較長。
- 四、在單字接龍的結果中，以什麼字母開頭的單字量會與原始資料中那個單字的結尾量有關，但字母 y 是例外，因為以 y 開頭的單字遠遠少於以 y 結尾的單字。

陸、未來展望

- 一、探討圖學是否有另外的思考模式去解答
- 二、圖學與樹之間是否有相似的思考模式能去探究
- 三、找到英文單字接龍真正的解並驗證

柒、參考資料

- 一、minimax algorithm and game tree for tic-tac-toe

<http://neverstopbuilding.com/minimax>

民國 106 年 1 月參考

二、成語接龍之最長序列 (The Longest Sequence of Idioms Solitaire)

<https://cg2010studio.com/2012/01/08/%E6%88%90%E8%AA%9E%E6%8E%A5%E9%BE%8D%E4%B9%8B%E6%9C%80%E9%95%B7%E5%BA%8F%E5%88%97-the-longest-sequence-of-idioms-solitaire/>

民國 105 年 9 月參考

【評語】 052503

本作品針對”英文單字接龍的差異”設計不同演算法以及比較其差異性，並試圖尋找最長的連接路徑。

本作品解決之主題英文單字接龍具教育性。

此研究工作完整，實作出不同的演算法，並且分析以及比較其效能。

該研究成果可用於未來訓練英文單字的記憶。

作品海報

摘要

透過在程式上的設計，來探討不同方法之間玩英文單字接龍的差異及各方法的優缺點。

壹、研究動機

因曾經和同學玩文字接龍的遊戲，便想到是否能透過資訊程式或演算法找到必勝的方法。我們從有些和電腦對戰的遊戲中，得到了靈感，為何電腦常常輕易獲勝？我們想了解電腦背後其操控方法及程式的設定。我們想說運用上學期學習到的陣列，先將蒐集的資料存放，並用函數、遞迴等方法嘗試寫出能讓接龍遊戲進行、達到我們目的的程式。我們參考了其他有所相關的資料，在討論之後，我們決定著手這次的研究。

貳、研究目的

- 一、撰寫能執行接龍遊戲的程式
- 二、修改Dijkstra演算法，改變權重。
- 三、分析改良後的Dijkstra演算法和隨機以及模擬平常思考模式所得結果之間的差異

參、研究過程或方法

一、 分析循序法

首先我們隨機先挑了4個字母做起始單字結尾，尋找單字過程如下圖

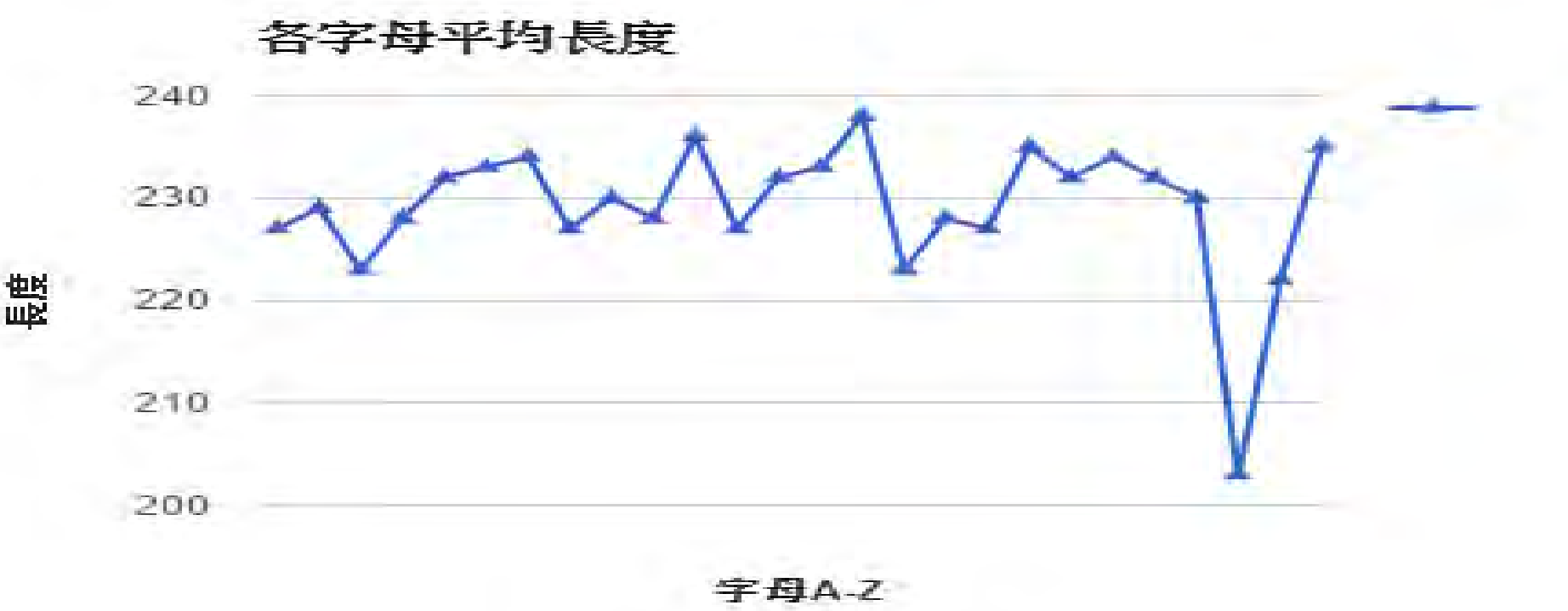
1 abandon 2 nadir 3 rabbit 4 table 5 each 6 habit 7 tablecloth 8 habitat 9 tablespoon 10 nag 11 gain 12 nail 13 label 14 lace 15 eager 16 racial 17 lack 18 kangaroo 19 oak 20 kaohsiung 21 galaxy 22 yacht 23 tablet 24 tableware 25 eagle 26 ear 27 racing 28 gallery 29 yard 30 daffodil 31 lad 32 daily 33 yarn 34 naive 35 early 36 yawn 37 naked 38 dairy 39 year 40 racism 41 ma'am 42 machine 43 earn 44 name 45 earnest 46 tabloid 47 dam 48 machinery 49 yearly 50 yearn 51 namely 52 yeast 53 taboo 54 oar 55 racist 56 tack 57 keen 58 nanny 59 yell 60 ladder 61 rack 62 keep 63 pace 64 earnings 65 sack 66 keeper 67 rack 68 kernel 69 lady 70 yellow 71 wade 72 earphones 73 sacred 74 damage 75 earring 76 gallon 77 nap 78 pacific 79 cabbage 80 earth 81 habitual 82 lag 83 gallop 84 pack 85 kettle 86 earthquake 87 ease 88 easily 89 yen 90 napkin 91 narrate 92 east 93 tackle 94 easter 95 rack 96 key 97 yesterday 98 yet 99 taco 100 oasis 101 sacrifice 102 eastern 103 narrative 104 easy 105 yield 106 dame 107 eat 108 tact 109 tactic 110 cabin 111 narrator 112 rack 113 key 114 yoga 115 abandoned 116 damn 117 narrow 118 wag 119 gamble 120 ebb 121 baby 122 yoke 123 eccentric 124 cabinet 125 tactical 126 lake 127 echo 128 oath 129 hack 130 key 131 yolk 132 key 133 you 134 ugly 135 young 136 gambler 137 rack 138 key 139 youngster 140 rack 141 key 142 your 143 rack 144 key 145 yours 146 sad 147 damned 148 damp 149 package 150 eclipse 151 ecological 152 lamb 153 bachelor 154 rack 155 key 156 yourself 157 fable 158 ecology 159 youth 160 hack 161 key 162 youthful 163 lame 164 economic 165 cable 166 economical 167 lament 168 tactics 169 sadden 170 nasty 171 yucky 172 yummy 找不到	1 baby 2 yacht 3 table 4 each 5 habit 6 tablecloth 7 habitat 8 tablespoon 9 nadir 10 rabbit 11 tablet 12 tableware 13 eager 14 racial 15 label 16 lace 17 eagle 18 ear 19 racing 20 gain 21 nag 22 galaxy 23 yard 24 daffodil 25 lack 26 kangaroo 27 oak 28 kaohsiung 29 gallery 30 yarn 31 nail 32 lad 33 daily 34 yawn 35 naive 36 early 37 year 38 racism 39 ma'am 40 machine 41 earn 42 naked 43 dairy 44 yearly 45 yearn 46 name 47 earnest 48 tabloid 49 dam 50 machinery 51 yeast 52 taboo 53 oar 54 racist 55 tack 56 keen 57 namely 58 yell 59 ladder 60 rack 61 keep 62 pace 63 earnings 64 sack 65 keeper 66 rack 67 kernel 68 lady 69 yellow 70 wade 71 earphones 72 sacred 73 damage 74 earring 75 gallon 76 nanny 77 yen 78 nap 79 pacific 80 cabbage 81 earth 82 habitual 83 lag 84 gallop 85 pack 86 kettle 87 earthquake 88 ease 89 easily 90 yesterday 91 yet 92 tackle 93 east 94 taco 95 oasis 96 sacrifice 97 easter 98 rack 99 key 100 yield 101 dame 102 eastern 103 napkin 104 narrate 105 easy 106 yoga 107 abandon 108 narrative 109 eat 110 tact 111 tactic 112 cabin 113 narrator 114 rack 115 key 116 yoke 117 ebb 118 bachelor 119 rack 120 key 121 yolk 122 key 123 you 124 ugly 125 young 126 gamble 127 eccentric 128 cabinet 129 tactical 130 lake 131 echo 132 oath 133 hack 134 key 135 youngster 136 rack 137 key 138 your 139 rack 140 key 141 yours 142 sad 143 damn 144 narrow 145 wag 146 gambler 147 rack 148 key 149 yourself 150 fable 151 eclipse 152 ecological 153 lamb 154 backbone 155 ecology 156 youth 157 hack 158 key 159 youthful 160 lame 161 economic 162 cable 163 economical 164 lament 165 tactics 166 sadden 167 nasty 168 yucky 169 yummy 找不到
1 x-ray 2 yacht 3 table 4 each 5 habit 6 tablecloth 7 habitat 8 tablespoon 9 nadir 10 rabbit 11 tablet 12 tableware 13 eager 14 racial 15 label 16 lace 17 eagle 18 ear 19 racing 20 gain 21 nag 22 galaxy 23 yard 24 daffodil 25 lack 26 kangaroo 27 oak 28 kaohsiung 29 gallery 30 yarn 31 nail 32 lad 33 daily 34 yawn 35 naive 36 early 37 year 38 racism 39 ma'am 40 machine 41 earn 42 naked 43 dairy 44 yearly 45 yearn 46 name 47 earnest 48 tabloid 49 dam 50 machinery 51 yeast 52 taboo 53 oar 54 racist 55 tack 56 keen 57 namely 58 yell 59 ladder 60 rack 61 keep 62 pace 63 earnings 64 sack 65 keeper 66 rack 67 kernel 68 lady 69 yellow 70 wade 71 earphones 72 sacred 73 damage 74 earring 75 gallon 76 nanny 77 yen 78 nap 79 pacific 80 cabbage 81 earth 82 habitual 83 lag 84 gallop 85 pack 86 kettle 87 earthquake 88 ease 89 easily 90 yesterday 91 yet 92 tackle 93 east 94 taco 95 oasis 96 sacrifice 97 easter 98 rack 99 key 100 yield 101 dame 102 eastern 103 napkin 104 narrate 105 easy 106 yoga 107 abandon 108 narrative 109 eat 110 tact 111 tactic 112 cabin 113 narrator 114 rack 115 key 116 yoke 117 ebb 118 baby 119 yolk 120 key 121 you 122 ugly 123 young 124 gamble 125 eccentric 126 cabinet 127 tactical 128 lake 129 echo 130 oath 131 hack 132 key 133 youngster 134 rack 135 key 136 your 137 rack 138 key 139 yours 140 sad 141 damn 142 narrow 143 wag 144 gambler 145 rack 146 key 147 yourself 148 fable 149 eclipse 150 ecological 151 lamb 152 bachelor 153 rack 154 key 155 youth 156 hack 157 key 158 youthful 159 lame 160 ecology 161 yucky 162 yummy 找不到	1 wade 2 each 3 habit 4 table 5 eager 6 rabbit 7 tablecloth 8 habitat 9 tablespoon 10 nadir 11 racial 12 label 13 lace 14 eagle 15 ear 16 racing 17 gain 18 nag 19 galaxy 20 yacht 21 tablet 22 tableware 23 early 24 yard 25 daffodil 26 lack 27 kangaroo 28 oak 29 kaohsiung 30 gallery 31 yarn 32 nail 33 lad 34 daily 35 yawn 36 naive 37 earn 38 naked 39 dairy 40 year 41 racism 42 ma'am 43 machine 44 earnest 45 tabloid 46 dam 47 machinery 48 yearly 49 yearn 50 name 51 earnings 52 sack 53 keen 54 namely 55 yeast 56 taboo 57 oar 58 racist 59 tack 60 keep 61 pace 62 earphones 63 sacred 64 damage 65 earring 66 gallon 67 nanny 68 yell 69 ladder 70 rack 71 keeper 72 rack 73 kernel 74 lady 75 yellow 76 wag 77 gallop 78 pacific 79 cabbage 80 earth 81 habitual 82 lag 83 gamble 84 earthquake 85 ease 86 easily 87 yen 88 nap 89 pack 90 kettle 91 east 92 tackle 93 easter 94 rack 95 key 96 yesterday 97 yet 98 taco 99 oasis 100 sacrifice 101 eastern 102 napkin 103 narrate 104 easy 105 yield 106 dame 107 eat 108 tact 109 tactic 110 cabin 111 narrative 112 ebb 113 baby 114 yoga 115 abandon 116 narrator 117 rack 118 key 119 yoke 120 eccentric 121 cabinet 122 tactical 123 lake 124 echo 125 oath 126 hack 127 key 128 yolk 129 key 130 you 131 ugly 132 young 133 gambler 134 rack 135 key 136 youngster 137 rack 138 key 139 your 140 rack 141 key 142 yours 143 sad 144 damn 145 narrow 146 wage 147 eclipse 148 ecological 149 lamb 150 bachelor 151 rack 152 key 153 yourself 154 fable 155 ecology 156 youth 157 hack 158 key 159 youthful 160 lame 161 economic 162 cable 163 economical 164 lament 165 tactics 166 sadden 167 nasty 168 yucky 169 yummy 找不到

由上圖我們可以發現其實循序法只是起初的單字序列不太一樣，當程式跑到某一個階段的時候，即使是不同開頭單字，後面輸出的單字序列結果都是一樣的，最後一定會由同一個單字結尾，由此可看出這個方法幾乎是順著同一條路徑在執行的，沒什麼變化性。

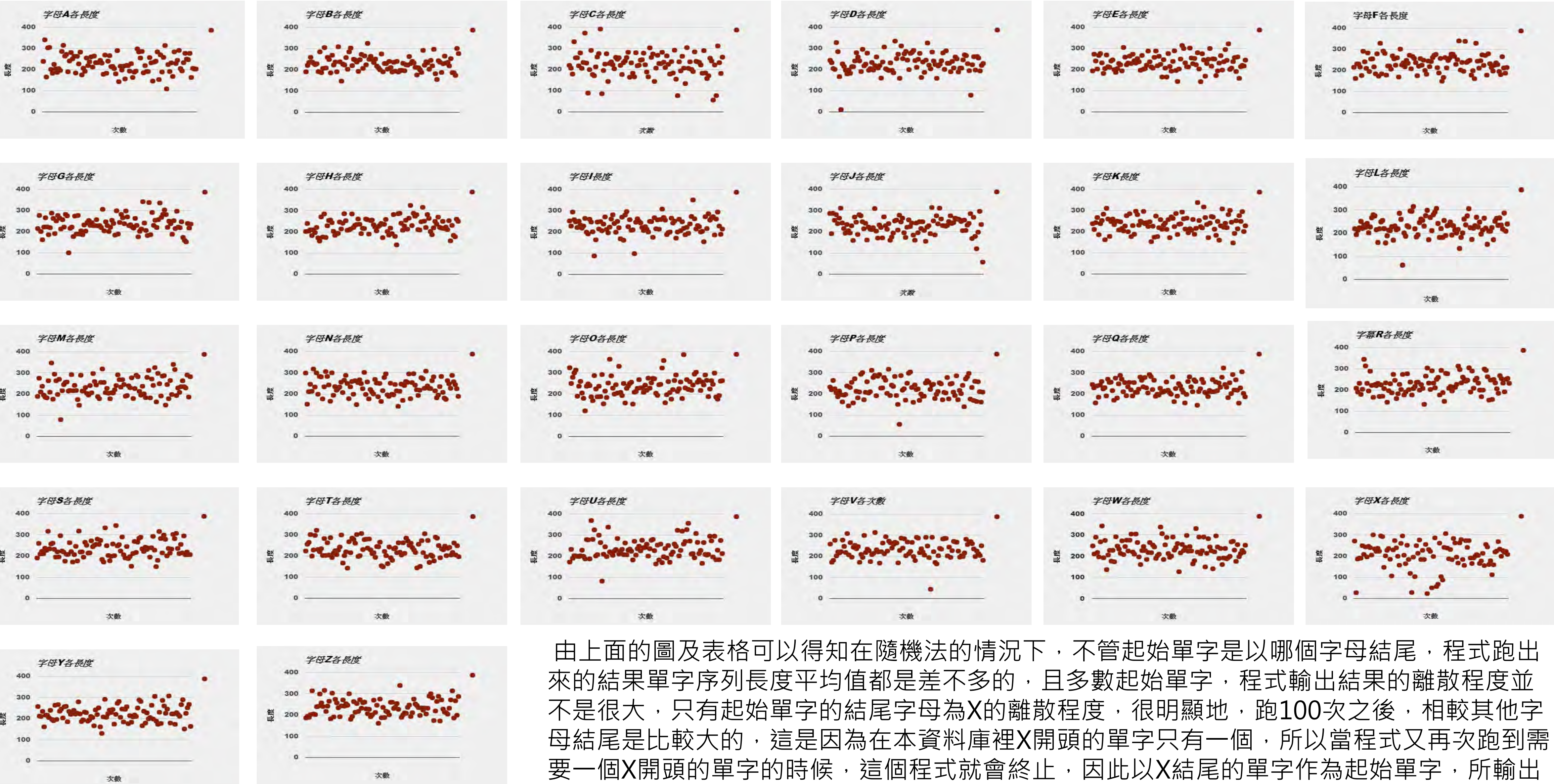
二、分析隨機法

由於此方法為隨機選取下一個單字，沒有一個固定的路線，所以我們將程式跑了100次，各字母輸出單字的總長度平均值如下表格。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
227	229	223	228	232	233	234	227	230	228	236	227	232
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
233	238	223	228	227	235	232	234	232	230	203	222	235



再來我們繪製出其圖表，並觀察其離散程度，及平均分布情形。



由上面的圖及表格可以得知在隨機法的情況下，不管起始單字是以哪個字母結尾，程式跑出來的結果單字序列長度平均值都是差不多的，且多數起始單字，程式輸出結果的離散程度並不是很大，只有起始單字的結尾字母為X的離散程度，很明顯地，跑100次之後，相較其他字母結尾是比較大的，這是因為在本資料庫裡X開頭的單字只有一個，所以當程式又再次跑到需要一個X開頭的單字的時候，這個程式就會終止，因此以X結尾的單字作為起始單字，所輸出的單字序列的平均長度也是比較低的。

三、分析遞迴法

我們一開始直接以每個單字作為節點並使用遞迴解法，發現數據實在是太龐大了！根本沒辦法執行，是 $7000 \times 7000 \times 7000 \dots$ 。故我們嘗試著將結點改成英文字母 (a、b、c.....)，以一條路徑當作是一個單字，不過最大的問題點就是，要將點設成能重複利用，且沒辦法追蹤路徑結果。

四、分析Dijkstra改良法

為了尋找最長路徑，我們從最短路徑著手改良，先將各個單字設為路徑中的點，若能相連，例如 `apple` → `elephant`，`apple`的尾能接到`elephant`的頭，就將此路徑的權重設為 `-1`，但 `elephant` → `apple`，就是不相連的路徑。程式就如同正常版Dijkstra一樣執行。

下方表格為程式執行過後，各字母開頭所能達到的最長單字序列的長度。

依照頭(a-z)尾(a-z)排列												
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
2698	2698	2699	2697	2698	2701	2699	2698	2700	2700	2699	2699	2701
n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
2699	2701	2699	2700	2697	2701	2699	2698	2699	2698	2699	2697	2699
依照頭(z-a)尾(z-a)排列												
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
2742	2745	2742	2742	2742	2742	2742	2742	2742	2745	2742	2742	2742
n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
2742	2742	2742	2745	2742	2742	2742	2742	2742	2742	2743	2741	2743
依照頭(z-a)尾(a-z)排列												
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
2698	2698	2699	2697	2698	2701	2699	2698	2700	2700	2699	2699	2701
n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
2699	2701	2699	2700	2697	2701	2699	2698	2699	2698	2699	2697	2699
依照頭(a-z)尾(z-a)排列												
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
2740	2743	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2743	2740	2740	2740
n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
2740	2740	2740	2743	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2741	2739	2741
隨機排序												
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
2634	2636	2636	2634	2633	2635	2633	2634	2634	2634	2632	2634	2635
n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
2633	2634	2634	2641	2634	2634	2632	2635	2634	2635	2635	2633	2639

由上方表格可得知，不管是從哪個單字開始所跑出的單字序列，所相差的長度並不多。但原始資料讀入時是否整齊排列，卻會對單字序列長度造成影響，我們推測是因為不同順序讀入，會影響到路徑的選擇所導致。

又再經過比較後，會發現不管是什麼字母開始，相同字首與相同的字尾結束的個數也相差不大。
(以下以A、B開頭作為範例，縱軸為接龍序列內，單字對應的開頭字母，橫軸為接龍序列內，單字對應的結尾字母。)

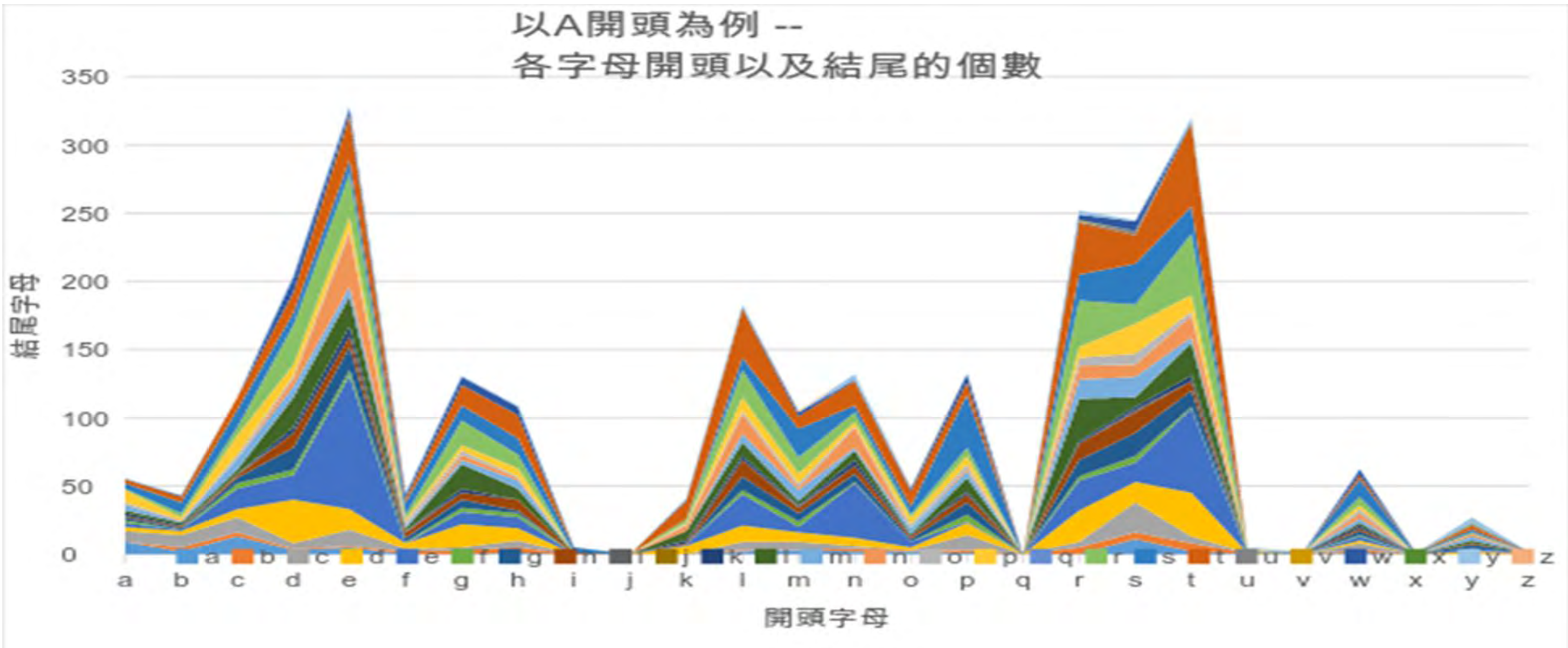
A□□□□□																											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	
a	9	2	13	3	5	0	0	1	0	0	0	2	3	2	2	1	0	0	11	2	0	0	1	0	0	0	57
b	0	3	3	1	1	2	3	4	0	0	0	1	0	2	1	2	0	5	5	6	1	0	2	0	0	1	43
c	8	9	11	4	12	2	2	5	0	0	0	6	6	2	0	11	0	4	22	5	0	0	5	0	0	0	114
d	3	3	6	32	15	4	17	9	0	0	6	12	7	6	2	9	0	23	15	32	0	0	2	0	2	0	205
e	3	1	15	18	98	0	9	8	0	0	1	23	4	40	4	1	0	22	14	62	0	0	3	0	2	0	328
f	2	0	4	4	4	1	3	3	0	0	0	3	4	1	0	5	0	3	5	1	1	0	1	0	0	0	45
g	2	1	4	16	17	3	6	2	0	0	0	10	6	6	2	9	0	12	17	12	0	0	3	0	3	0	131
h	1	1	2	11	8	4	5	8	1	0	1	12	4	6	2	6	0	12	15	7	0	0	2	0	1	0	59
i	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
k	2	1	0	4	7	0	3	0	0	0	2	3	1	4	1	2	0	2	2	4	0	1	2	0	0	0	41
l	2	2	3	22	22	2	18	8	0	0	7	10	3	7	1	10	0	31	7	24	0	0	2	0	2	0	183
m	4	1	8	8	7	2	3	6	0	0	0	6	8	2	4	5	0	14	15	4	1	1	3	0	3	0	105
n	0	1	0	6	40	0	4	2	0	0	4	15	2	15	0	2	0	10	9	16	0	0	4	0	2	0	132
o	2	0	3	2	2	3	3	1	0	0	1	2	3	1	3	3	0	6	8	3	0	0	3	0	0	0	49
p	9	2	14	8	9	2	4	6	0	0	1	10	7	3	5	6	0	8	22	12	1	0	3	0	0	0	132
q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r	1	3	6	29	32	3	18	10	0	0	3	20	12	7	2	6	0	34	14	45	0	0	6	0	1	0	252
s	4	8	13	9	10	9	11	12	4	0	0	9	21	5	6	39	0	19	30	20	0	0	13	1	2	0	245
t	3	4	9	15	32	3	15	17	0	0	13	36	9	18	11	9	0	38	21	61	0	0	3	0	3	0	320
u	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	5	
v	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
w	0	1	0	11	5	3	6	6	0	0	1	1	3	1	2	6	0	4	7	1	0	0	4	0	0	1	63
x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
y	1	0	0	2	1	1	1	1	0	0	1	2	0	4	0	0	0	3	1	3	1	0	1	0	4	0	27
z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

[illegible]

比較過上方表格後，我們能發現其實這兩項資料的相似度其實是很高的，拿實際的英文接龍資料來看，A開頭與B開頭所接續的單字，也有許多段是重複的。

接著我們分析在單字序列中所使用的單字。

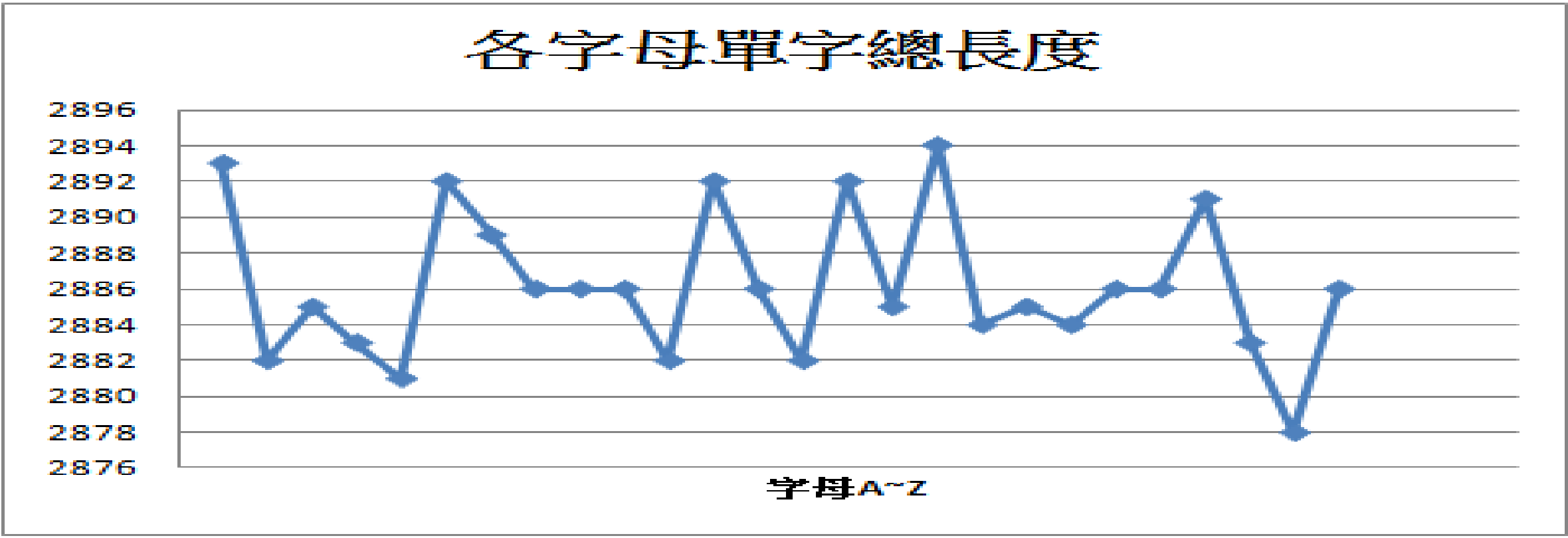
由下圖可看出單字序列中所使用的單字，是以e開頭和t開頭的為主。我們推測是因為原始資料中，以e結尾和t結尾的單字佔多數有關。由下圖也可看出，只要是在原始資料中有許多單字以那個字母結尾，在英文單字序列的結果中，以那個字母開頭的單字就會有數量比多的趨勢。但是以y結尾的單字卻是例外，我們推測是因為以y字母開頭的單字量遠少於以y字母結尾的單字量所造成的。



五、用機率+循序模仿平常的思考模式

一、 機率定義：我們將該字母的機率大小，定義為以它開頭且尚未使用過的單字數量。當我們要接續下一個單字，我們會找出機率較大的字母，當作我們接續單字的結尾字母。

二、例如：現在的單字是apple，以e開頭開始找單字，我們會找單字e-s，因為s開頭的單字數量是最多的，而e-s找下一個單字我們會找單字為s-s，因為這時s開頭的單字數量還是最多的，直到單字s-s全部都用過了以後，才會往開頭個數第二多的發展，單字個數第二多的字母開頭是c，所以下一個單字就是s-c。

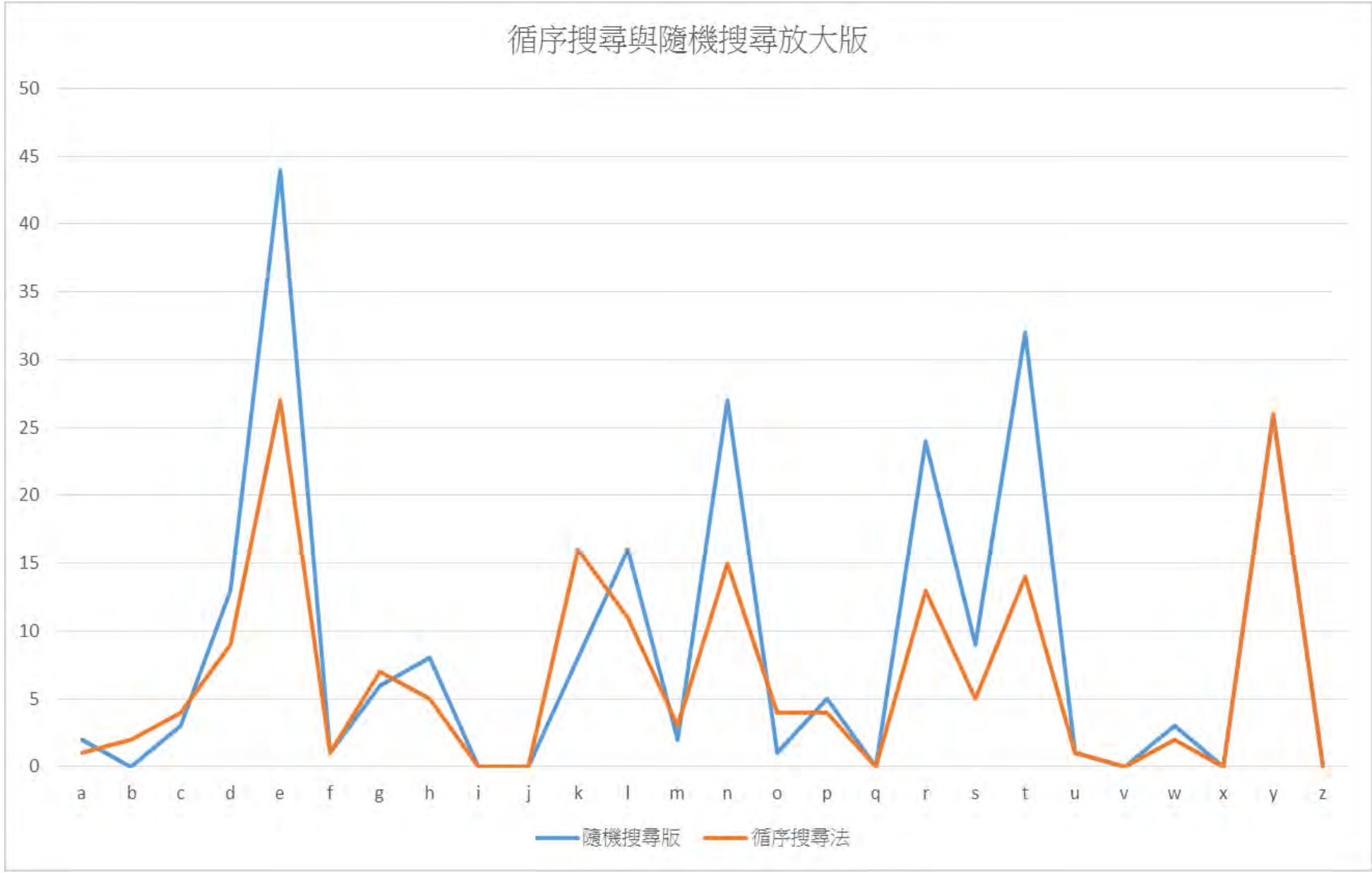
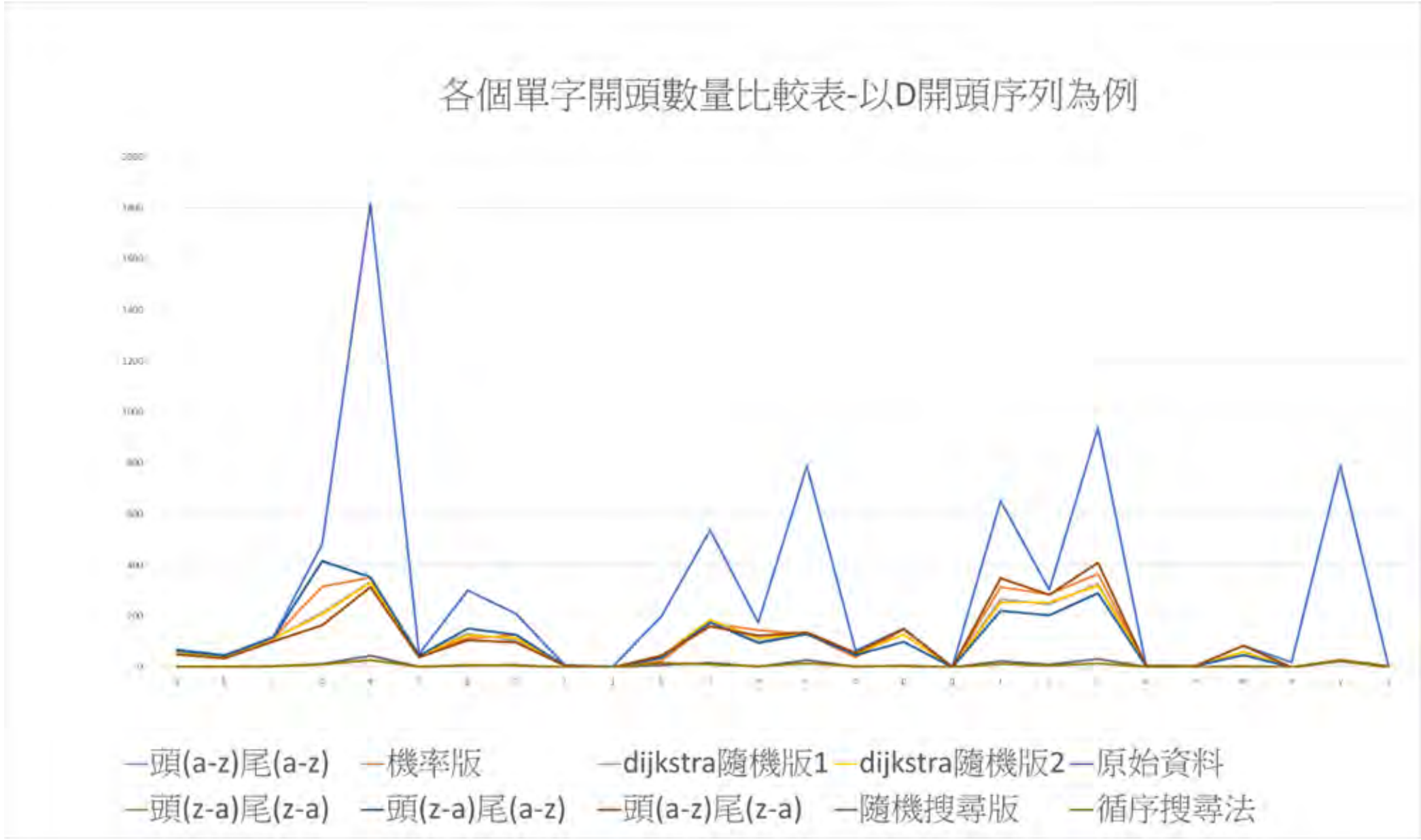


三、由上圖可知，由這個方法所計算出來的單字總長度在各字母間並不會相差很多，只是我們採用了循序法的一部分，將資料排列整齊，所以輸出的單字某些片段可能會呈現一樣的狀態，所以單字序列長度不會差很多，只是單字使用會有先後順序的差別，因此單字各區間會開始有長度的差異，而到最後單字序列長度跑到2000多的時候，會有明顯的長度差異出現。

四、特例：y這個單字比較特別，他的總單字數量很少，但是很多單字都是y結尾，所以程式跑到y的時候，把y所有單字跑完，程式就會結束了，所以起始單字是y結尾讓程式跑出來的單字總長度相較於其他的來得短。而x開頭的單字本身就只有一個，而y的單字數量本身就比x多，而且x結尾的單字數量遠遠少於y結尾的單字數量，所以會先跑到y而不會經過x，所以x的單字總長度才會比y來得長。

六、各演算法之間的分析

我們將用各方法所做出來的資料做比對後，發現以不同方法，所得出的單字序列中該字母開頭的單字個數，皆會與原始資料中該字母結尾的單字個數成正相關。但各演算法之間的總長度，卻出現迥異，循序法做出來的結果最差，而用機率法模仿平常的思考模式所做出來的結果最好。



結論

一、我們發現，有經過演算法所找到的接龍路徑長，真的會遠遠大於以隨機法以及循序搜尋法所找到的路徑長，而且還整整多了10倍，但Dijkstra演算法跑出來的結果不一定是最好的，運用機率+循序法跑出來的單字總長度反而更長，所以以後如果要找最長路徑，可以考慮使用機率的方法。

二、雖然Dijkstra改良法能較有效率地找出最長的路徑，但無法如同遞迴，找到全部的可能排序，只能知道以什麼字母開頭和什麼字母結尾的單字量有幾個，且只能找到一組路徑排序。

三、將資料排列整齊相較於將資料隨機排列給Dijkstra演算法程式跑的結果，資料排列整齊出來的結果單字數量總長度會比較長。

四、在單字接龍的結果中，以什麼字母開頭的單字量會與原始資料中那個單字的結尾量有關，但字母y是例外，因為以y開頭的單字遠遠少於以y結尾的單字。