

國立交通大學

電信工程研究所

碩士論文

中文語音停頓韻律標記預估之改進

An Improvement on Break Tag Prediction for
Mandarin Speech

研究生：陳睿詮

指導教授：陳信宏 博士

中華民國 一 百 零 一 年 七 月

中文語音停頓韻律標記預估之改進
An Improvement on Break Tag Prediction for
Mandarin Speech

研究生：陳睿詮

Student : Jui-Chuan Chen

指導教授：陳信宏 博士

Advisor : Dr. Sin-Horng Chen



July 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 一 百 零 一 年 七 月

中文語音停頓韻律標記預估之改進

研究生：陳睿詮

指導教授：陳信宏 博士

國立交通大學電信工程研究所碩士班

中文摘要

此論文將針對中文語音合成器中的停頓韻律標記預估做改進，由於文字轉語音的系統裡沒有聲學參數的輔助，我們只能利用文字分析器得到的語言參數來預估停頓韻律標記，而一般來說文字分析器所能得到的語言參數大多是詞階層以及語句階層的語言參數，即使有了這些參數，語法以及語意上的資訊仍略顯得不足。要增進中文語音停頓韻律的預估，我們還需要更豐富的語言參數，以描述中文語音裡語法及語意結構的資訊。本研究採取人工分類、標記的方式找出一些常見或特殊的詞組、片語，並且以統計的方式分析詞組及片語內特殊位置的音節邊界的停頓分布，以及這些音節邊界相對於詞組及片語邊界的韻律斷點相對強度。

分析結果發現，在大多數的詞組內的詞邊界不會出現停頓，詞組及片語內特殊位置的停頓會受到詞組及片語結構的影響，且結構愈短的詞組愈不會違反詞組及片語邊界的韻律斷點相對強度。

實驗的結果也證明了加入詞組及片語的語言參數，對於停頓韻律標記的預估的確會有幫助，不論是在靜態地利用語言參數預估每個音節邊界的停頓，或是輔助動態地搜尋韻律單元邊界，都有還不錯的效果，表示加入詞組以及片語的語言資訊能夠更正確的描述中文語法結構，進而增進停頓韻律的預估。

An Improvement on Break Tag Prediction for Mandarin Speech

Student : Jui-Chuan Chen

Advisor : Dr. Sin-Horng Chen

Institute of Communication Engineering
National Chiao Tung University

The logo of National Chiao Tung University is a circular emblem with a gear-like border. Inside the circle, there is a stylized figure holding a scale, with the letters 'E', 'S', and 'A' on blocks above it. The year '1896' is written at the bottom of the inner circle.

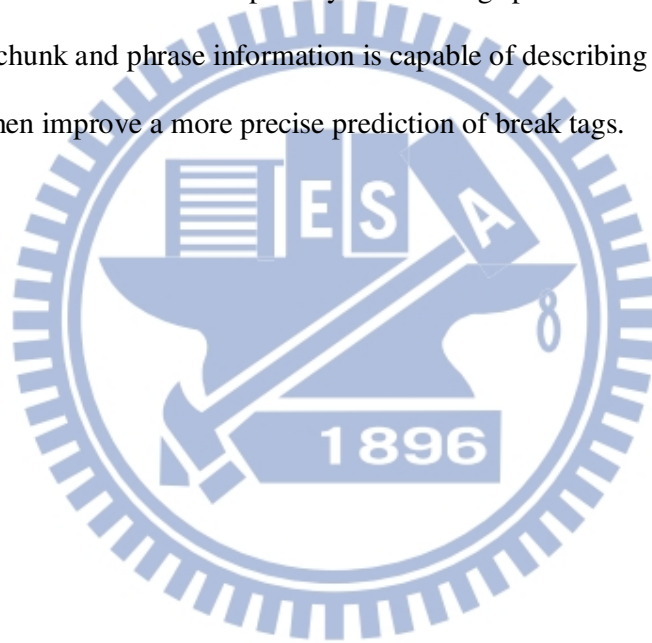
Abstract

This thesis proposed an improvement method on break tag prediction for Mandarin speech synthesis. The linguistic features given from parser were utilized for the prediction of break tags due to the lack of prosodic-acoustic features in TTS. Generally, the linguistic features generated by parser belong to the word-level and sentence-level. However, the syntactic and semantic information still remain insufficient even the word-level and sentence-level features are given. In order to improve the break prediction for Mandarin speech, more linguistic features for describing the syntactic and semantic information are needed. This research classifies and labels the common and special word chunk as well as the phrase artificially, analyze the inter-syllable break appeared at special position in word chunk or phrase by using statistic distribution and decision tree, and investigate at last the mutual strength between these special position and the boundary of word chunk and phrase.

The analyzed result showed that the inter-syllable break at special position in word chunk are

mostly non-break, while the break of special position in word chunk or phrase are affected by the structure of word chunk or phrase. Furthermore, the smaller structure of word chunk and phrase possesses higher probability to follow the rule of mutual strength related between special position and the boundary of word chunk or phrase.

The experiment results also showed that the adding of linguistic features of word chunk and phrase can in fact improve the prediction of break tags. Either using the linguistic features to predict inter-syllable break tags statically, or assisting the dynamic search for boundary of prosodic unit could the TTS achieve a more effective capability of break tags prediction. It virtually showed that the addition of word chunk and phrase information is capable of describing the syntactic structure more correctly, and then improve a more precise prediction of break tags.



致謝

在碩士班做研究的這兩年，首先感謝陳信宏老師對我研究的指導以及照顧，感謝陳老師在百忙之中能關心我的研究，使得我能順利完成碩士學業，跟著陳老師做研究真的學到很多如何分析問題的能力。感謝王逸如老師在我們碩一時能夠嚴格的要求我們做研究的方法，以及在我的研究中給我很多的指點，並且也讓我從一個只會考試交作業的大學生，變成一個能面對並解決問題的研究生。感謝實驗室的江振宇學長，每每在我不知所措時能給我方向，以及指點我如何分析思考這些問題，以及很多實務方面的技巧。

接著要感謝實驗室的所有同學，感謝智合學長以及阿德學長提供了很多的建議，感謝打球很厲害的大胖學長、聰明的文良學長、阿沙力的小蝦學長、帥氣的智誠學長、很厲害的銘傑學長、工作經驗豐富的進竹學長、很壯的豆腐學長對我的照顧，也讓我碩一時的生活能多采多姿。感謝又帥又厲害的邱哥、以及思路很有條理的企鵝、研究課業打球把妹一把罩的 kiwi、單純可愛的未來同事俊翰，有這三顆輪子外加一隻企鵝，是我研究及課業上最好的夥伴，感謝樂觀的雅婷、打球超強的小高、認真又誠懇的昌祐、很有理財頭腦的昂星，有大家在這個實驗室裡一起同肝共苦，也讓我更有拼勁地完成每一道關卡。感謝 707 小霸王仲銘、聰明且負責的子睿、柔道很厲害的良基、信仰虔誠的婉君、按摩超舒服的奕勳，可愛漂亮的俏助理靖觀，因為有你們，使得我碩二的生活可以充滿歡笑，也祝福你們碩二的生活能順順利利。

最後感謝我的爸爸、媽媽，感謝爸媽無私的付出讓我在學業的道路上可以無憂無慮，感謝爸媽對我的教誨讓我人生的路沒有走歪，感謝爸媽辛苦地養我到現在，感謝姊姊對我的關心及照顧，感謝我所有的家人對我的照顧和支持，感謝所有同學及朋友一路走來互相的扶持，以及感謝我的女朋友能陪我度過碩二下艱苦的時刻，最後僅以此論文獻給以上的各位。

目錄

中文摘要.....	I
Abstract.....	II
致謝.....	IV
目錄.....	V
表目錄.....	VIII
圖目錄.....	X
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 文獻回顧.....	1
1.3 研究方向.....	2
1.4 資料庫簡介.....	3
1.5 章節概要說明.....	4
第二章 階層式語音韻律模型與停頓標記.....	5
2.1 中文階層式韻律架構.....	5
2.2 中文階層式韻律模型.....	6
2.2.1 中文韻律架構.....	6
2.2.2 韻律模型設計.....	8
2.2.3 韻律模型訓練與停頓韻律標記.....	13
第三章 停頓標記語言模型.....	16
3.1 名詞詞組.....	16
3.1.1 一般的名詞詞組.....	17
3.1.2 結構較緊密的名詞詞組.....	20
3.1.3 構成詞的名詞詞組.....	21

3.1.4 組織架構的名詞詞組.....	22
3.1.5 地址的名詞詞組.....	24
3.1.6 職稱接人名的名詞詞組.....	25
3.1.7 時間的名詞詞組.....	26
3.1.8 並列結合的名詞詞組.....	28
3.1.9 重複強調的名詞詞組.....	31
3.2 副詞、動詞、介系詞詞組.....	32
3.2.1 一般的副詞、動詞、介系詞詞組.....	33
3.2.2 構成詞的副詞、動詞、介系詞詞組.....	34
3.2.3 並列結合的副詞、動詞、介系詞詞組.....	36
3.3 省略數詞的詞組.....	36
3.4 連接詞詞組.....	38
3.5 「的」字結構片語分析.....	40
3.5.1 副詞性「的」字結構片語.....	41
3.5.2 省略性「的」字結構片語.....	43
3.5.3 名詞性「的」字結構片語.....	45
3.5.4 形容詞性「的」字結構片語.....	46
3.6 頓號的分析.....	47
3.6.1 單一頓號單字詞.....	48
3.6.2 單一頓號非單字詞.....	49
3.6.3 連續頓號單字詞.....	51
3.6.4 連續頓號非單字詞.....	52
3.6.5 條列式的頓號.....	53
第四章 停頓韻律標記產生器.....	54
4.1 利用決策樹預估四大停頓類別標記.....	55

4.2 加入長度資訊動態預估四大停頓類別標記.....	59
4.3 加入韻律斷點相對強度模型.....	64
4.4 利用決策樹預估 NB 中四小類的停頓標記.....	67
第五章 結論與未來展望.....	70
5.1 結論.....	70
5.2 未來展望.....	70
參考文獻.....	71
附錄一.....	73



表目錄

表 1.1：訓練資料、發展資料以及測試資料的各類統計表.....	3
表 2.1：本研究所使用的停頓分類.....	7
表 2.2：韻律標記、聲學參數以及語言參數之數學符號.....	9
表 3.1：名詞詞組決策樹分析中使用的問題及其涵義.....	16
表 3.2：訓練資料中名詞詞組的各個類別的音節個數統計.....	17
表 3.3：副詞、動詞、介系詞詞組決策樹分析中使用的問題及其涵義.....	32
表 3.4：訓練資料中副詞、動詞、介系詞詞組的各個類別的音節個數統計.....	32
表 3.5：訓練資料中省略數詞詞組的音節個數統計.....	37
表 3.6：連接詞詞組決策樹分析中使用的問題及其涵義.....	38
表 3.7：訓練資料中連接詞詞組的各個類別的音節個數統計.....	38
表 3.8：「的」字結構片語決策樹分析中使用的問題及其涵義.....	40
表 3.9：訓練資料中「的」字結構片語的各個類別的音節個數統計.....	41
表 3.10：頓號結構句決策樹分析中使用的問題及其涵義.....	48
表 3.11：訓練資料中頓號結構句的各個類別的音節個數統計.....	48
表 4.1：詞組階層的語言參數列表.....	56
表 4.2：連接詞詞組的語言參數列表.....	56
表 4.3：「的」字結構片語的語言參數列表.....	56
表 4.4：頓號的語言參數列表.....	56
表 4.5：詞階層以及語句階層的語言參數列表.....	56
表 4.6：對測試語料使用決策樹訓練及預估結果(a)方法一 (b)方法二.....	58
表 4.7：列舉方法一與方法二之決策樹預估結果.....	58
表 4.8：各個長度模型所使用的權重值(a)方法一 (b)方法二.....	61
表 4.9：加入長度模型後動態搜尋的結果(a)方法一 (b)方法二.....	62

表 4.10：列舉方法二加入長度模型前、後之預估結果的比較.....	62
表 4.11：列舉方法一與方法二加入長度模型後之預估結果.....	63
表 4.12：韻律斷點相對強度和雙詞結構詞組的層次關係	64
表 4.13：韻律斷點相對強度和三詞結構詞組的層次關係	65
表 4.14：韻律斷點相對強度和「的」字結構片語的層次關係.....	65
表 4.15：使用方法二對測試語料加入長度模型及韻律斷點相對強度模型的結果....	66
表 4.16：列舉方法二加入韻律斷點相對強度模型前、後之預估結果	66
表 4.17：詞階層、語句階層以及音節階層的语言參數列表.....	68
表 4.18：測試資料七類停頓類別之預估結果.....	69



圖目錄

圖 2.1: 階層式多短語韻律句群(Hierarchical Prosodic Phrase Grouping, HPG)架構 [9]°	6
圖 2.2: 音節停頓分布	7
圖 2.3: 本研究所使用的中文階層式韻律結構	8
圖 2.4: 音節音高軌跡與影響因素的關係圖	11
圖 2.5: 使用決策樹分類法初始停頓韻律標記示意圖	14
圖 3.1: 一般的名詞詞組的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果	19
圖 3.2: 緊密結合的名詞詞組的四類停頓類別分布	21
圖 3.3: 構成詞的名詞詞組的四類停頓類別分布	22
圖 3.4: 組織架構的名詞詞組的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果	24
圖 3.5: 地址的名詞詞組的四類停頓類別分布	24
圖 3.6: 職稱接人名的名詞詞組的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果	26
圖 3.7: 緊密結合的時間名詞詞組的四類停頓類別分布	28
圖 3.12: 一般的副詞、動詞、介系詞詞組的(a)四類停頓類別分布(b)決策樹分析結果	34
圖 3.13: 構成詞的副詞、動詞、介系詞詞組的四類停頓類別分布	35
圖 3.14: 平行結合的副詞、動詞、介系詞詞組的四類停頓類別分布	36
圖 3.15: 省略數詞詞組的四類停頓類別分布	37
圖 3.16: 連接詞前邊界的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果	39
圖 3.17: 連接詞後邊界的四類停頓類別分布	40
圖 3.18: 「的」字前邊界的四類停頓類別分布	41
圖 3.19: 「的」字後邊界的四類停頓類別分布	41
圖 3.20: 副詞性「的」字後邊界的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果	43

圖 3.21: 省略性「的」字後邊界的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果.....	44
圖 3.22: 名詞性「的」字後邊界的四類停頓類別分布	45
圖 3.23: 形容詞性「的」字後邊界的四類停頓類別分布	47
圖 3.24: 名詞性與形容詞性「的」字後邊界的決策樹分析結果.....	47
圖 3.25: 單一頓號單字詞頓號的四類停頓類別分布	49
圖 3.26: 單一頓號非單字詞頓號的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果.....	50
圖 3.27: 連續頓號單字詞頓號的四類停頓類別分布	51
圖 3.28: 連續頓號非單字詞頓號的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果.....	53
圖 3.29: 列舉式的頓號的四類停頓類別分布.....	53
圖 4.2: 決策樹的(a)訓練階段, (b)預估停頓標記.....	55
圖 4.3: (a)呼吸群/韻律群 (b)韻律片語 (c)韻律詞 音節長度機率分布.....	60
圖 4.4: 決策樹的(a)訓練階段 (b)預估停頓.....	67
圖 4.5: 停頓標記語言模型之決策樹.....	68



第一章 緒論

1.1 研究動機

在語音合成中為了使合成出來的聲音能夠聽起來更覺得舒適，以及使聽者更容易了解這段語音所帶有的資訊，或者是使合成出來的語音更貼近於人講話的模式，除了原本合成出來的聲音品質要好之外，必須再加入關於韻律的資訊，幫助使合成出來的聲音更為自然，目前關於中文語音的韻律問題正在被廣泛的研究。韻律的參數包括語音的音高軌跡變化、能量強度、語音長度以及停頓，而影響韻律最多的則是音節與音節之間的停頓，一句話中若是在不該停頓的地方出現停頓，則容易使聽的人混淆這段語音的語意。眾多的研究顯示一段語句的語法資訊或語意資訊會影響該語句的停頓，而目前一般語音合成器仍使用較低階層的語言參數，包括詞長(word length)、詞性(part of speech)、特殊的詞綴以及在句子中的位置資訊等等的語言參數，來預估韻律，已經可以達到不錯的準確度，但是如此的參數所考慮的範圍比較小，無法充分表現出較大範圍的語言特性，若考慮句子的長短，則範圍又太大，無法精確的描述句子中詞組以及片語的特性，因此本研究除考慮詞層的語言資訊外，更進一步的標記以及分析較大範圍的詞組與片語階層的語言資訊，來增加對中文語音停頓韻律標記的預估。而此階段分析的詞組以及片語希望能在以後使用機器學習的方法自動產生標記，達到自動化產生詞組及片語資訊並且預估停頓韻律標記的效果。

1.2 文獻回顧

傳統上語音合成器主要以詞階層的語言參數(Word-level linguistic feature)以及語句階層的

語言參數(Sentence-level linguistic feature)來預估停頓韻律，並利用不同的訓練方式來訓練出停頓語法模型，如使用階層式統計模型[1]、分類與回歸樹[2]、馬可夫模型[3]或 Maximum entropy model[4]等等的方法，不同的訓練方法對於預估停頓韻律會有不同的表現，在[5]也有針對不同的訓練方法做比較。

另一方面，語言學的研究人員也提出了階層式韻律模型(Prosodic hierarchy)，指出人說出來的一段話語是由不同的韻律單元(Prosodic units)層層建構而成，而不同韻律單元的邊界為不同長度的停頓，愈上層的韻律單元其邊界的停頓愈長，反之愈下層的韻律單元其邊界的停頓愈短。[6]使用語法樹層級的語言參數(Tree-level linguistic feature)來預估階層式韻律模型中不同韻律單元的邊界，但缺點是這需要很精確的語法資訊才可以得到比較好的效果，且目前大多數的斷詞系統仍無法精確的斷出詞組或是片語等等的語法樹層級的語言參數。在[7]的研究裡指出由斷詞系統斷出來的詞(Lexical word)與韻律單元裡的韻律詞(Prosodic word)，兩者邊界的對應並不是很一致，而是有一段不小的落差，[7]並驗證了若能使用一些策略或規則將一些詞組合成詞組，則對於韻律詞邊界的預估是有效果的。韻律單元邊界的標記也是一個問題，傳統人工標記的方式標記韻律單元的邊界很容易出現不一致的現象，導致機器學習的效果有限，江振宇博士提出了使用非監督式的方法[8]使電腦能自動的依據語言參數以及聲學參數標記出韻律單元的邊界，解決了人工標記不一致的現象，並使得後續對於韻律單元邊界以及語言參數關係的研究能夠更準確。

1.3 研究方向

傳統上語音合成器對於語言資訊的分析還不夠精確，雖然使用詞性、詞長以及標點符號等等的語言資訊已經能包含大多重要的語言資訊，由[7, 8]我們知道只考慮詞層次的語言資訊是不夠精確的，因為很多的在語法或語意上關係緊密的詞應該構成一個詞、詞組、或甚至是更大的片語，光靠詞長與詞性的資訊是無法正確的描述這些詞組以及片語的資訊，且這些資訊是目

前斷詞器斷詞出來的結果所沒有或是不夠精確的資訊，若是能更精確的掌握住詞組及片語的資訊，則對於韻律單元邊界，或是停頓標記的預估將會有幫助，進一步使得其它的韻律參數預估變好，故本研究會先以人工的方式將本研究所使用的資料庫裡的資料標記出詞組以及片語階層的資訊，再由決策樹分析的方式來討論這些音節邊界的停頓的分布是否受到詞組以及片語結構的影響，期望能引入較精確的語言資訊來分析，並增進停頓標記的預估能力。

1.4 資料庫簡介

本研究所使用的語料庫為中央研究院的 Sinica Treebank Version 3.0 中選出來的新聞語料，且由一位專業的女性播音員讀稿錄製而成的語音，總計 422 個音檔，共 55,949 個音節，平均每個音檔有 133 個音節。而本研究將原本選定 376 個訓練的音檔(Utterance)中選取 60 個音檔當作用來調整參數的發展資料。選取時考慮因為有出現頓號的例子的音檔較少，故先由含有頓號音檔裡挑出了 30 個音檔，而這 30 個音檔裡除了條列式的頓號之外其他的例子皆有收錄，接著再由有出現連接詞詞組的例子的音檔中選出 20 個音檔，接著再依據出現有其他類型較少的例子的音檔中選出 5 個音檔，剩下最後 5 個音檔的選取是隨機挑選，發展資料的選取會盡量平均包括每一個我們要測試的參數的例子，並占原始訓練資料的 15.95%。而測試資料共有 46 個音檔。表 1.1 為訓練資料、發展資料以及測試資料的各類統計表

表 1.1：訓練資料、發展資料以及測試資料的各類統計表

	音檔數	詞數	音節數
Training data	316	25132	43457
Development data	60	4799	8411
Testing data	46	2176	4081

1.5 章節概要說明

本論文的內容共分成五章：

第一章：緒論，介紹研究動機、文獻回顧、研究方向以及語料庫介紹

第二章：中文階層式韻律模型與停頓標記

第三章：停頓韻律標記語言模型

第四章：停頓韻律標記產生器

第五章：結論與未來展望



第二章 階層式語音韻律模型與停頓標記

本章以江振宇博士提出的韻律模型[8]為基礎，介紹其定義的各類韻律標記，並著重於本研究所使用的停頓韻律標記的產生。2.1 節介紹中文階層式韻律架構，2.2 節介紹本研究使用的階層式中文語音韻律模型，包含韻律模型的設計、訓練、以及韻律標記的產生。

2.1 中文階層式韻律架構

由過去對於中文韻律的研究顯示，中文的韻律結構為階層式的韻律結構，[6]將其分成四層的韻律結構，分別為音節層次(Syllable)、韻律詞層次(Prosodic word)、韻律片語層次(Prosodic phrase)以及語調短語層次(Intonation phrase)。中文為一字一音節的語言，故音節為最底層的韻律單元，而音節又有不同的聲調，不同的聲調大都會有不同的語意，且聲調會強烈的影響音節的基頻軌跡(F0 contour)、音節長度(Syllable duration)以及音節能量(Syllable energy)，故聲調為影響音節層次的韻律最主要的因素。第二層的韻律詞由兩個或數個音節組成，在語法或語意裡是較緊密連結的一個單位，或是使用上較常一起出現，故易將韻律詞視為一個發音單位。而第三層的韻律片語由一個或數個韻律詞組成，而邊界為一個可察覺但不明顯的停頓。語調短語層次是這個中文韻律架構的最上層，由一個或數個韻律片語組成，且其邊界會有一個長而明顯的停頓，音高的變化會受到此層的影響。

鄭秋豫博士[9]將中文的韻律架構由底層至上層分為音節(Syllable)、韻律詞(Prosodic word)、韻律片語(Prosodic phrase)、呼吸群(Breath group)、韻律群(Prosodic group)等五層，而區分這些層次的架構主要是依據六種停頓標記，由短到長依序為 B0(reduced syllable boundary)、B1(normal syllable boundary)、B2(prosodic word boundary)、B3(prosodic phrase boundary)、B4(breath group boundary)、B5(prosodic group boundary)。以韻律詞來說，通常是由一或多個音

節構成，而音節語音節中間主要為 B0/B1 的停頓；韻律片語也是由一個或多個韻律詞構成，而韻律詞中間的邊界主要為 B2 的停頓；而一個呼吸群主要由一個或數個韻律片語構成，而韻律片語中間的停頓為 B3；韻律群再由呼吸群構成，呼吸群中間的停頓為 B4；最後韻律群與韻律群中間的停頓為 B5，如圖 2.1 所示。

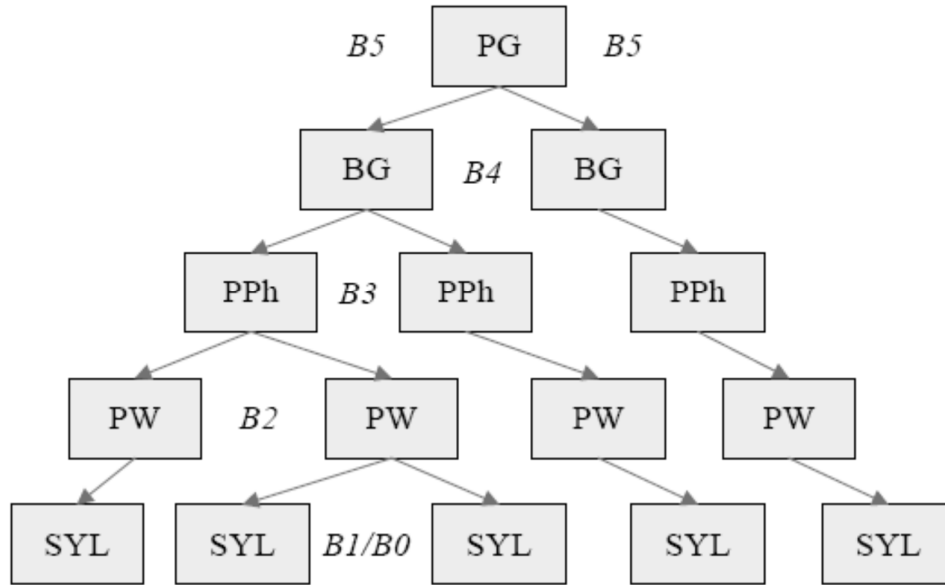


圖 2.1: 階層式多短語韻律句群(Hierarchical Prosodic Phrase Grouping, HPG)架構 [9]。

2.2 中文階層式韻律模型

本節介紹本研究所使用的中文韻律架構，以及韻律模型裡的停頓標記的訓練以及產生。

2.2.1 中文韻律架構

本研究將鄭秋豫博士提出的階層式韻律架構加以修改，因為在原本 B2 裡還有其他不同聲學特性的停頓類別，只用一種停頓表示是不夠的，故將原本的 B2 再分成三類，分別為 B2-1、B2-2 以及 B2-3，B2-1 代表的是有明顯的音高重置(pitch reset)的停頓，B2-2 代表的是可察覺的短停頓(short pause)，B2-3 代表的是音節延長效應(duration lengthening)的停頓。且因為呼吸群的邊界停頓與韻律群的邊界停頓聲學特性相近，所以將這兩個類別合併成一類，並以 B4 做為

其停頓的邊界，故本研究將使用七種停頓類別，由短至長依序為 B0、B1、B2-3、B2-1、B2-2、B3、B4，以及四個層次的韻律單元，由下往上依序為音節、韻律詞、韻律片語、呼吸群/韻律群。

由音節停頓分布(圖 2.2)，我們可以得知 B0、B1、B2-1 以及 B2-3 的停頓都是比較短的短停頓，而 B2-2 的停頓較長，但是又比 B3 的停頓短得多，且 B2-2、B3、B4 的停頓很明顯的有不同的長度，所以我們又將這七類停頓分成四個大類，分別為 NB(non-break)、B2-2、B3、B4，其對應關係如表 2.1 所示。

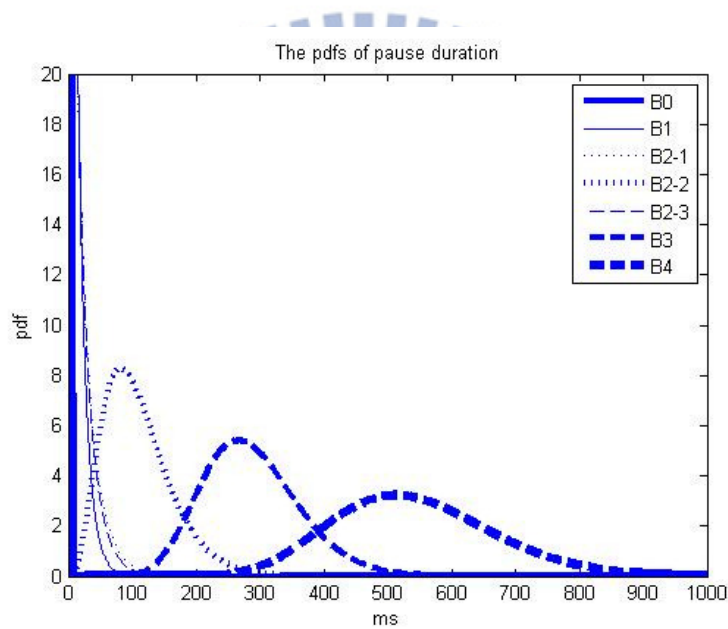


圖 2.2: 音節停頓分布

表 2.1: 本研究所使用的停頓分類

NB	B0, B1, B2-3, B2-1
B2-2	B2-2
B3	B3
B4	B4

我們將用這四個大類的停頓，來標記四個層次的中文階層式韻律架構，如圖 2.3 所示。

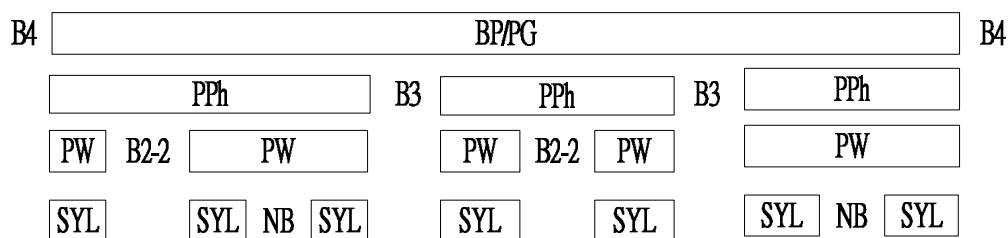


圖 2.3: 本研究所使用的中文階層式韻律結構

階層式韻律架構的韻律現象除了韻律邊界的停頓之外，另外還有用來描述韻律單元變化的參數或標記。本論文將採用三種不同的韻律狀態，分別為量化及正規化後的音高、量化後的音長以及量化後的能量強度。而為了將較低層次(音節層次)與較高層次(韻律詞層次、韻律片語層次以及呼吸群/韻律群層次)的影響因素分開，使得複雜的高層次韻律影響因素都由韻律狀態表示，這三種韻律狀態須分離音節層次對韻律狀態的貢獻，使得三種韻律狀態表示的是韻律詞層次、韻律片語層次以及呼吸群/韻律群層次對音高、音長以及能量的貢獻。

2.2.2 韻律模型設計

韻律標記的問題可以被視為再給定聲學參數以及語言參數的情況下，尋找一個最佳韻律標記序列的問題，其公式如(2-1)，其中 \mathbf{T} 為韻律標記序列， \mathbf{A} 為聲學參數序列， \mathbf{L} 為語言參數序列。

$$\mathbf{T}^* = \arg \max_{\mathbf{T}} P(\mathbf{T} | \mathbf{A}, \mathbf{L}) = \arg \max_{\mathbf{T}} P(\mathbf{T}, \mathbf{A} | \mathbf{L}) \quad (2-1)$$

韻律標記總共有兩個大類，一為音節停頓標記(Break type)，本研究使用的音節停頓標記總共有 B0、B1、B2-1、B2-2、B2-3、B3、B4 七類，而這些停頓標記是用來定義階層式韻律架構中不同層次的邊界。另一個為音節韻律狀態(Prosodic state)，包含量化及正規化的音高、音長以及能量。故定義韻律標記序列 \mathbf{T} 可以視為停頓韻律標記序列 \mathbf{B} 以及韻律狀態標記序列 \mathbf{PS} 的組合，而 \mathbf{PS} 又包含量化及正規化的音節基頻韻律狀態 \mathbf{p} 、音長韻律狀態 \mathbf{q} 以及音節能量狀態

r。

聲學參數主要分成兩類，一為與韻律狀態標記關係較密切，與停頓狀態關係較不密切，而此類的參數主要是音節的基頻軌跡、音節長度以及音節能量位階。另一類與音節邊界的停頓標記關係較為密切，與韻律狀態標記關係較不密切，此類的參數主要是停頓的長度、音節邊界的 energy-dip level、正規化的能量與基頻差以及正規化的音節長度拉長音子。故定義聲學參數序列 **A** 包括音節的基頻軌跡 **sp**、音節長度 **sd**、音節能量位階 **se**、停頓的長度 **pd**、音節邊界的 energy-dip level **ed**、正規化的基頻差 **pj** 以及正規化的音節長度拉長音子 **df** 及 **dl**。再依據參數的特性不同，分成音節韻律參數 **X** = {**sp, sd, se**}、音節內韻律參數 **Y** = {**pd, ed**} 以及音節差韻律參數 **Z** = {**pj, df, dl**} 等三類。

語言參數的部分包含的範圍較廣，且因結構的大小有不同的層級，在音節層級(syllable level)的部分，有音節聲調以及音節的聲母或韻母等等的資訊。而在詞層級(word level)的部分有音節邊界類型(inter-word and intra-word)、詞長、詞性(part-of-speech, POS)以及標點符號類型等等的資訊。而因為音節聲調、基本音節類型與音節韻母會嚴重影響音節基頻軌跡、音節長度與音節的能量位階，所以將這三類的語言參數獨立出來，並且再把兩個在語句層級中會因說話的語速不同而影響音節長度以及因音量不同而影響音節能量位階的正規化因子獨立出來。故扣除音節聲調 **t**、基本音節邊界 **s**、音節韻母類型 **f** 以及語句層級中獨立出來的正規化因子 **u**，剩下的語言參數集合定義為 **I**。韻律標記、聲學參數及語言參數的數學符號定義如表 2.2 所示。

表 2.2：韻律標記、聲學參數以及語言參數之數學符號

B : break type = { <i>B0, B1, B2-1, B2-2, B2-3, B3, B4</i> }	
T : prosodic tag	p : pitch prosodic state
	q : duration prosodic state
	r : energy prosodic state
A : prosodic feature X : syllable prosodic feature	sp : syllable pitch contour
	sd : syllable duration

	se : syllable energy level
Y : inter-syllabic prosodic feature	pd : pause duration ed : energy-dip level
Z : differential prosodic features	pj : normalized pitch jump df : normalized duration lengthening factor
L : reduced linguistic feature set	
t : syllable tone sequence	
L : linguistic features: base-syllable type	
f : final type	
u : utterance sequence	

依據上面的討論，我們將(2-1)式改寫為

$$\begin{aligned}
 P(\mathbf{T}, \mathbf{A} | \mathbf{L}) &= P(\mathbf{A} | \mathbf{T}, \mathbf{L})P(\mathbf{T} | \mathbf{L}) = P(\mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z} | \mathbf{B}, \mathbf{PS}, \mathbf{L})P(\mathbf{B}, \mathbf{PS} | \mathbf{L}) \\
 &\approx P(\mathbf{X} | \mathbf{B}, \mathbf{PS}, \mathbf{L})P(\mathbf{Y}, \mathbf{Z} | \mathbf{B}, \mathbf{L})P(\mathbf{PS} | \mathbf{B})P(\mathbf{B} | \mathbf{L})
 \end{aligned} \tag{2-2}$$

其中 $P(\mathbf{X} | \mathbf{B}, \mathbf{PS}, \mathbf{L})$ 為描述音節韻律參數變化的音節韻律模型， $P(\mathbf{Y}, \mathbf{Z} | \mathbf{B}, \mathbf{L})$ 為描述音節間停頓的停頓聲學模型， $P(\mathbf{PS} | \mathbf{B})$ 為描述韻律狀態變化的韻律狀態標記模型， $P(\mathbf{B} | \mathbf{L})$ 為描述停頓類別與語言參數之間的關係的停頓標記語言模型。

接著可以將音節韻律模型拆成三個模型，分別為模擬音節基頻軌跡序列 **sp**、音節長度序列 **sd** 以及音節能量位階序列 **se**，並且假設這三個模型主要受到以下這幾種影響因子影響，分別為音節聲調 **t**、基本音節邊界 **s**、音節韻母 **f**、語句層次的參數 **u**、韻律狀態標記 **PS** 以及韻律停頓標記 **B**。如(2-3)的公式

$$\begin{aligned}
 P(\mathbf{X} | \mathbf{B}, \mathbf{PS}, \mathbf{L}) &\approx P(\mathbf{sp} | \mathbf{B}, \mathbf{p}, \mathbf{t})P(\mathbf{sd} | \mathbf{q}, \mathbf{t}, \mathbf{s}, \mathbf{u})P(\mathbf{se} | \mathbf{r}, \mathbf{t}, \mathbf{f}, \mathbf{u}) \\
 &\approx \prod_{n=1}^N P(sp_n | B_{n-1}^n, p_n, t_{n-1}^{n+1}) \prod_{n=1}^N P(sd_n | q_n, t_n, s_n, u_n) \prod_{n=1}^N P(se_n | r_n, t_n, f_n, u_n)
 \end{aligned} \tag{2-3}$$

其中的 $P(sp_n | B_{n-1}^n, p_n, t_{n-1}^{n+1})$ 是描述音節基頻軌跡受到各種影響因素影響，而式子的意思是第 n 個音節的基頻軌跡會受到 B_{n-1} 及 B_n 的韻律邊界停頓、目前的基頻韻律狀態 p_n 以及前後相鄰音節的聲調 t_{n-1} 、 t_n 和 t_{n+1} 造成的連音影響， sp_n 為將音節基頻正交軌跡投影到四個 Legendre 多項式基底得到的四維正交參數。經由上述的分析，我們可以將 sp_n 表示成如(2-4)的公式

$$\mathbf{sp}_n = \mathbf{sp}_n^r + \boldsymbol{\beta}_{t_n} + \boldsymbol{\beta}_{p_n} + \boldsymbol{\beta}_{B_{n-1}, tp_{n-1}}^f + \boldsymbol{\beta}_{B_n, tp_n}^b + \mathbf{u} \quad \text{for } 1 \leq n \leq N \quad (2-4)$$

上式中的 $\boldsymbol{\beta}_x$ 為音節音高影響因素為 x 的 AP， tp_n 是 tone pair $t_n^{n+1} = (t_n, t_{n+1})$ ， $\boldsymbol{\beta}_{B_{n-1}, tp_{n-1}}^f$ 及 $\boldsymbol{\beta}_{B_n, tp_n}^b$ 分別表示第 $n-1$ 個音節與第 $n+1$ 個音節影響第 n 個音節的音節影響效應的 APs，而在語句的開始與結束分別用 B_b 與 B_e 表示，AP 分別為 $\boldsymbol{\beta}_{B_b, tp_0}^f$ 及 $\boldsymbol{\beta}_{B_e, tp_N}^b$ 。 \mathbf{sp}_n^r 為扣除掉 $\boldsymbol{\beta}_{t_n}$ 、 $\boldsymbol{\beta}_{p_n}$ 、 $\boldsymbol{\beta}_{B_{n-1}, tp_{n-1}}^f$ 、 $\boldsymbol{\beta}_{B_n, tp_n}^b$ 以及殘餘值 \mathbf{u} 的正規化的 \mathbf{sp}_n 。圖 2.4 為表示 \mathbf{sp}_n 以及各個影響因素的關係圖，並且假設 \mathbf{sp}_n^r 是一個 zero-mean 的 normal distribution $N(\mathbf{sp}_n^r; 0, \mathbf{R})$ ，依據上述的推論可以得到如(2-5)的式子

$$P(\mathbf{sp}_n | B_{n-1}^n, p_n, t_{n-1}^{n+1}) = N(\mathbf{sp}_n^r; \boldsymbol{\beta}_{t_n} + \boldsymbol{\beta}_{p_n} + \boldsymbol{\beta}_{B_{n-1}, tp_{n-1}}^f + \boldsymbol{\beta}_{B_n, tp_n}^b + \mathbf{u}, \mathbf{R}) \quad \text{for } 1 \leq n \leq N \quad (2-5)$$

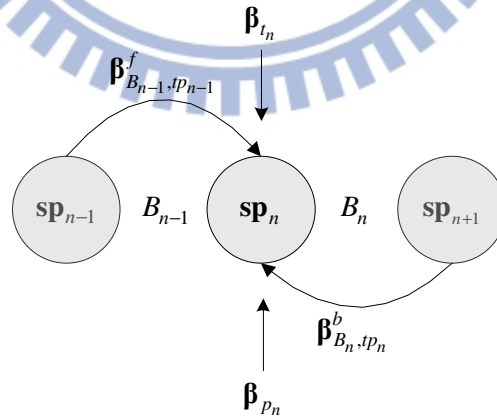


圖 2.4: 音節音高軌跡與影響因素的關係圖

音節長度模型 sd_n 以及音節能量模型 se_n 可以分別表示成

$$P(sd_n | q_n, t_n, s_n, u_n) = N(sd_n; \gamma_{t_n} + \gamma_{q_n} + \gamma_{s_n} + \gamma_{u_n} + u_d, R_d) \quad \text{for } 1 \leq n \leq N \quad (2-6)$$

$$P(se_n | r_n, t_n, f_n, u_n) = N(se_n; \alpha_{t_n} + \alpha_{r_n} + \alpha_{f_n} + \alpha_{u_n} + u_e, R_e) \quad \text{for } 1 \leq n \leq N \quad (2-7)$$

其中 γ 與 α 分別表示了音節長度模型與音節能量模型的各個影響因素的 APs。 u_d 與 R_d 分別為音長的 global mean 以及音長殘餘值的共變異數矩陣，而 u_e 與 R_e 分別為音節能量的 global mean 以及音節能量殘餘值的共變異數矩陣。

接著化簡停頓聲學模型 $P(\mathbf{Y}, \mathbf{Z} | \mathbf{B}, \mathbf{L})$ ，得(2-8)的公式

$$P(\mathbf{Y}, \mathbf{Z} | \mathbf{B}, \mathbf{L}) \approx P(\mathbf{Y}, \mathbf{Z} | \mathbf{B}, \mathbf{I}) \approx \prod_{n=1}^N P(pd_n, ed_n, pj_n, dl_n, df_n | B_n, \mathbf{I}_n) \quad (2-8)$$

其中 $P(pd_n, ed_n, pj_n, dl_n, df_n | B_n, \mathbf{I}_n)$ 是由分類回歸樹(Classification and Regression Tree, CART)推導得到，其結點的分裂準則是最大概似函數增益(Maximum Likelihood Gain)，將 pd_n 、 ed_n 、 pj_n 、 dl_n 、 df_n 對於不同的停頓類別 B_n ，依據語言參數設計好的問題集做分類而得。而 pd_n 由一個 gamma distribution 來模擬， ed_n 、 pj_n 、 dl_n 、 df_n 分別由四個 normal distribution 來模擬，則我們可以將 $P(pd_n, ed_n, pj_n, dl_n, df_n | B_n, \mathbf{I}_n)$ 改寫成上述五個機率分布的乘積

$$P(pd_n, ed_n, pj_n, dl_n, df_n | B_n, \mathbf{I}_n) = g(pd_n; \alpha_{B_n, \mathbf{I}_n}, \beta_{B_n, \mathbf{I}_n}) N(ed_n; \mu_{B_n, \mathbf{I}_n}, \sigma_{B_n, \mathbf{I}_n}^2) N(pj_n; \mu_{B_n, \mathbf{I}_n}^2, \sigma_{B_n, \mathbf{I}_n}^{2pj}) \\ N(dl_n; \mu_{B_n, \mathbf{I}_n}^{dl}, \sigma_{B_n, \mathbf{I}_n}^{2dl}) N(df_n; \mu_{B_n, \mathbf{I}_n}^{df}, \sigma_{B_n, \mathbf{I}_n}^{2df}) \quad (2-9)$$

接著針對三種韻律狀態，拆解韻律狀態模型 $P(\mathbf{PS} | \mathbf{B})$ 為三個子模型

$$P(\mathbf{PS} | \mathbf{B}) \approx P(\mathbf{p} | \mathbf{B}) P(\mathbf{q} | \mathbf{B}) P(\mathbf{r} | \mathbf{B}) \quad (2-10)$$

每個子模型可用 bigram model 表示為

$$P(\mathbf{p}|\mathbf{B}) \approx P(p_1) \left[\prod_{n=2}^N P(p_n | p_{n-1}, B_{n-1}) \right] \quad (2-11)$$

$$P(\mathbf{q}|\mathbf{B}) \approx P(q_1) \left[\prod_{n=2}^N P(q_n | q_{n-1}, B_{n-1}) \right] \quad (2-12)$$

$$P(\mathbf{r}|\mathbf{B}) \approx P(r_1) \left[\prod_{n=2}^N P(r_n | r_{n-1}, B_{n-1}) \right] \quad (2-13)$$

$P(p_1)$ 、 $P(q_1)$ 以及 $P(r_1)$ 分別表示音節音高韻律狀態、音節長度韻律狀態以及音節能量韻律狀態的起始機率， $P(p_n | p_{n-1}, B_{n-1})$ 、 $P(q_n | q_{n-1}, B_{n-1})$ 及 $P(r_n | r_{n-1}, B_{n-1})$ 則分別表示在不同的停頓標記下，第 $n-1$ 個音節韻律狀態到第 n 個音節韻律狀態的轉移機率。

最後化簡停頓語法模型 $P(\mathbf{B}|\mathbf{L})$ ，並且假設每個音節邊界的停頓標記只受該音節邊界的語言參數影響，故將 $P(\mathbf{B}|\mathbf{L})$ 表示成如公式(2-14)

$$P(\mathbf{B}|\mathbf{L}) \approx P(\mathbf{B}|\mathbf{l}) = \prod_{n=1}^N P(B_n | l_n) \quad (2-14)$$

利用語言參數 \mathbf{l} 設計出來的問題集，以 CART 演算法訓練並依據最大似似函數增益的分裂準則而得。

2.2.3 韻律模型訓練與停頓韻律標記

中文 A-PLM 在建立時依據最大似然法則(Maximum likelihood)，同時預估上述八種韻律模型參數以及標記語句中各個韻律標記，韻律模型在訓練時主要有初始化以及疊代這兩個步驟。

在初始化時先對所有的語句做初始的韻律標記，以及預估出八種韻律模型參數的初始值，而停頓韻律標記的初始化過程為，依據聲學參數預估出的初始音節停頓長度(pd)、音節能量低點(ed)、正規化基頻跳躍值(pj)以及正規化音節延長因子(dl 、 df)的韻律參數，使用[8]所提出的決策樹的方法，針對語句中所有的音節邊界預估初始的停頓韻律標記(B)，如圖 2.5 所示。

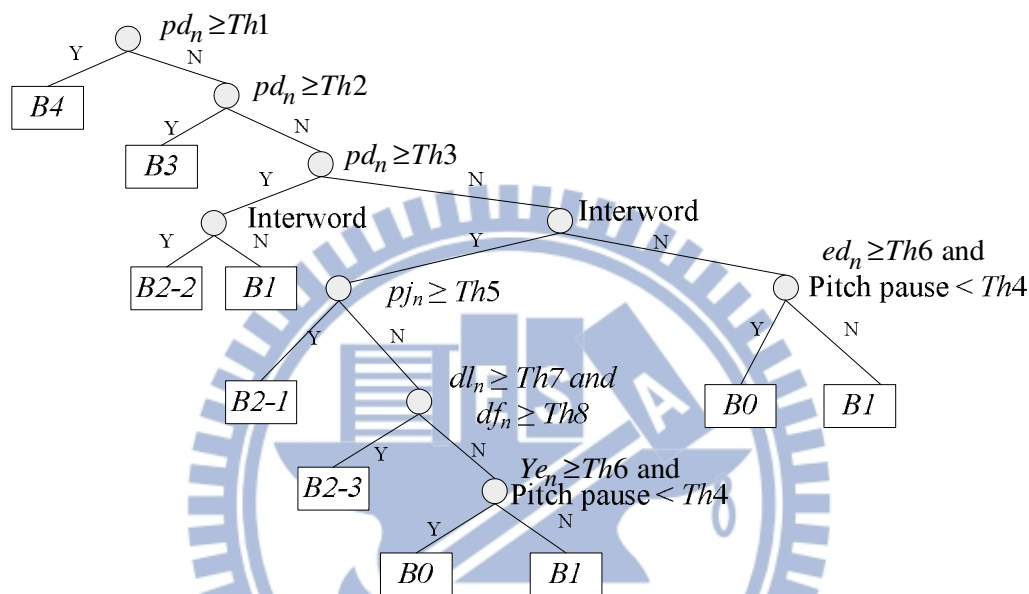


圖 2.5: 使用決策樹分類法初始停頓韻律標記示意圖

音節停頓長度是影響停頓韻律標記最重要的韻律參數，大多數出現標點符號的詞邊界 (Inter-word) 會有較長的停頓，如 B3、B4，其中 B4 的音節長度較 B3 的音節長度還長，故我們可以利用音節長度停頓來區分 B3、B4；而大多數的詞內邊界 (Intra-word) 會有不停頓或是較短的停頓，如 B0、B1，其中 B0 是音節間基頻停頓 (pitch pause duration) 很短的停頓，故我們可以利用很短的音節間基頻停頓以及較高的音節能量低點來區分 B0、B1；剩下不是出現標點符號的詞邊界則是有中等程度以上的音節停頓長度、基頻跳躍值以及音節延長，我們分別歸類為 B2-2、B2-1、B2-3。由以上所敘述的聲學及語言參數的關係，我們可以設計一套演算法來制定此決策樹中的 Threshold $Th1 \sim Th8$ ，由此方法自動得到初始的韻律標記，也解決了人工標記不一致的問題。關於 Threshold $Th1 \sim Th8$ 更詳細的說明請參考 [8, 12]。有了初始的停頓韻律標記，

接下來就可以用來求取初始的韻律狀態轉移模型 $P(\mathbf{PS}|\mathbf{B})$ 及停頓標記語言模型 $P(\mathbf{B}|\mathbf{L})$ 。

在疊代時，我們先對所有的語句定義一個概似函數，如(2-15)所示，接著進行反複疊代，使得概似函數收斂，確保可以得到可靠的韻律標記以及其它韻律模型參數，而最後得到的停頓韻律標記，即為本研究接下來所使用的停頓韻律標記。

$$Q = \left(\prod_{n=1}^N P(\mathbf{sp}_n | p_n, B_{n-1}^n, t_{n-1}^{n+1}) P(sd_n | q_n, t_n, s_n, u_n) P(se_n | r_n, t_n, f_n, u_n) \right) \left(P(p_1) P(q_1) P(r_1) \prod_{n=2}^N P(p_n | p_{n-1}, B_{n-1}) P(q_n | q_{n-1}, B_{n-1}) P(r_n | r_{n-1}, B_{n-1}) \right) \left(\prod_{n=1}^{N-1} (p(pd_n, ed_n, pj_n, dl_n, df_n | B_n, \mathbf{l}_n) P(B_n | \mathbf{l}_n)) \right) \quad (2-15)$$



第三章 停頓標記語言模型

停頓是影響韻律的一個非常重要的因素，而一段句子裡會產生停頓除了是因為句子太長而沒辦法一次唸完之外，另一個很重要的原因是為了能完整傳達語意給聽這段語音的人，使聽的人可以了解這段語音所傳達的訊息。而對於母語是漢語的人，就算沒有學過漢語語法的分析，其在唸一段中文的語句時，大多還是會符合漢語語法的結構來做停頓，而不符合漢語語法結構的停頓，則可能是一些特殊且常用的詞組，或片語及俚語等句子。而由詞階層的語言參數預估停頓韻律已經能有不錯的效果，但是若只看詞階層的語言參數似乎不太準確，因為我們知道在一段語句中會出現很多一塊塊的詞組，有些詞組中間出現停頓的機會不高，像是名詞詞組以及的副詞、動詞、介系詞詞組，有些詞組裡通常會有一個地方有特別的停頓韻律，像是連接詞前邊界、「的」字的前邊界以及一些特殊情況的名詞詞組，以語法的角度來看這些詞組的角色與一般詞類似，只是結構較大且可能會出現停頓。本章節將一一介紹本研究考慮的詞組階層的語言參數標記，並透過決策樹的分析來說明考慮到詞組以及片語單元的分析是有效的。決策樹的分類準則為最大概似函數增益，且每個節點最少需要五個樣本數才可以被分出來。

3.1 名詞詞組

名詞詞組的分析主要是先依據中央研究院的 Sinica Treebank 語料庫中已經分析好的語法樹(syntactic tree)裡的名詞片語的資訊，然後再對其做修正以及分類，並且重新標記出我們要使用的語言資訊。表 3.1 為名詞詞組決策樹分析中使用的問題及其涵義，表 3.2 為訓練資料中名詞詞組的各個類別的音節個數統計，以下將一一介紹分類和修正的例子以及對於停頓的影響。

表 3.1：名詞詞組決策樹分析中使用的問題及其涵義

問題	涵義
$NP F \text{ syll num} \leq n$	名詞詞組內的詞邊界距離名詞詞組前邊界的音節數是否小於等於 1, 2, 3, 4, 5, 6

NP B syll num <= n	名詞詞組內的詞邊界距離名詞詞組後邊界的音節數是否小於等於 1, 2, 3, 4, 5, 6
--------------------	---

表 3.2：訓練資料中名詞詞組的各個類別的音節個數統計

類別	子類別	音節邊界個數
名詞詞組	一般的名詞詞組	1732
	緊密結合的名詞詞組	667
	構成詞的名詞詞組	712
	組織架構的名詞詞組	18
	地址的名詞詞組	6
	職稱加人名的名詞詞組	137
	時間的名詞詞組	94
	並列結合的名詞詞組	13
	重複強調的名詞詞組	22

3.1.1 一般的名詞詞組

一般的名詞詞組是普通的兩個或是兩個以上的名詞構成的詞組，如例子 Ex.1~Ex.5 裡底線框起來的部分，名詞之間不具有較緊密的關係，名詞與名詞結合在一起也不具有其他的意思，或者是在這些名詞詞組在語句中不常一起出現，使得這一類的名詞詞組唸起來可能會出現停頓，所以這類例子的邊界我們標記為可能出現停頓的 type-2 intra-word。值得一提的是，這類的例子可能會出現很多個詞構起來成為一個長的名詞詞組的現象，如 Ex.4 及 Ex.5，我們會依據詞邊界在語法樹結構的深度，來標記他們相接的階層結構，如 Ex.4 及 Ex.5 例子裡中括號內的數字，數字愈大者代表其在樹狀結構中深度愈深。

Ex.1：...，以及(Caa) B2-1 大量(Neqa) B1 水份(Naa) B3，...

Ex.2 : ... , 其實(Dbb) B2-1 雙方(Nhab) B1 感情(Nad) B1 好(VH11) B3 , ...

Ex.3 : ... , 為了(P03) B1 避免(VE2) B0 引起(VC2) B1 市場(Ncb) B2-2 注意(Nv2) B3 , ...

Ex.4 : ... , 二十六歲(DM) B0 那年(DM) B3 交(VC2) B1 過(Di) B0 一個(DM) [1] B2-2 一百七十七公分(DM) [2] B2-3 男士(Nab) B4 , ...

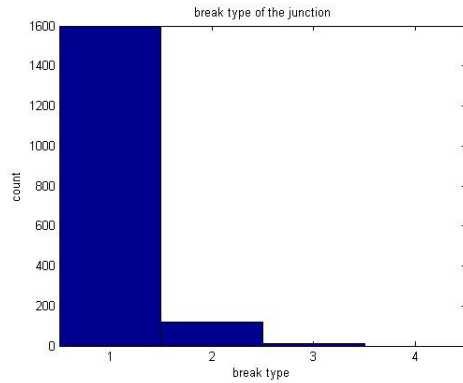
以 Ex.4 這個例子來說，“一百七十七公分”先與“男士”構成一個比較下層的名詞詞組，而“一個”與“一百七十七公分男士”構成一個比較上層的名詞詞組，因為結構上來說比較上層的結構相對於下層的結構較不緊密，且下層結構的字數已經夠長，所以比較有可能出現停頓。

Ex.5 : ... , 人們(Naeb) B1 常(Dd) B2-3 見(VE2) B0 一種(DM) [1] B2-2 大型(Nad) [2] B1 卷毛(Nab) [3] B2-1 黑犬(Nab) B3 , ...

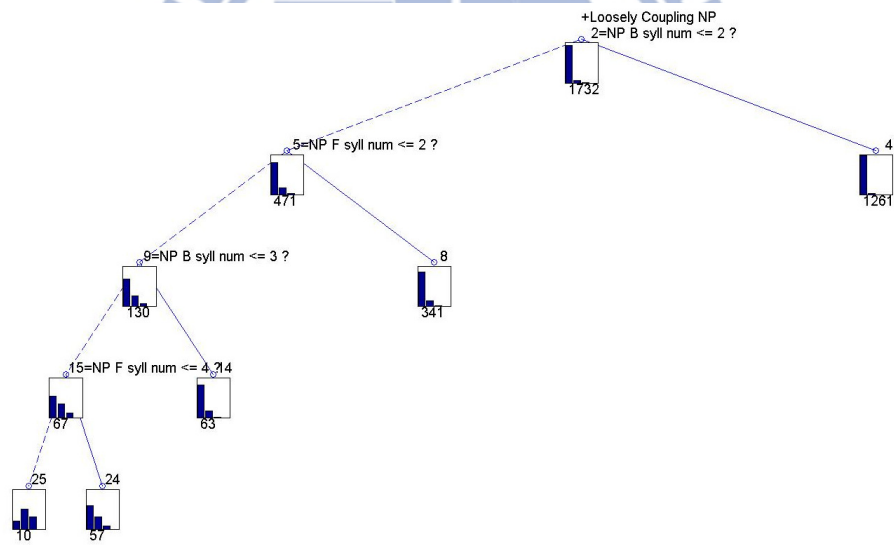
以 Ex.5 這個例子來說，“捲毛”先與“黑犬”構成一個緊密結合的名詞詞組，而“大型”與“捲毛黑犬”構成一個比較下層的名詞詞組，接著“一種”與“大型捲毛黑犬”構成一個比較上層的名詞詞組，同樣因為結構上來說比較上層的結構相對於下層的結構較不緊密，且因為後面的音節數的長度夠長的關係，所以比較有可能出現停頓。

圖 3.1 為一般的名詞詞組之四類停頓分布以及決策樹的分析結果，由圖 3.1(a)的統計結果可以得知，一般的名詞詞組的停頓還是以短停頓居多，這說明了雖然這些詞組的結合性並不高，但是人們還是習慣會將這些詞組一起唸。但是這類的例子還是可能會出現停頓，但停頓出現的邊界通常為結構較上層或是因為前、後接的音節數較多所導致。圖 3.1(b)為決策樹分析的結果，每個節點內的圖示為這組分類的停頓標記分布，節點編號旁邊的文字表示此節點問的問題，實線表示父節點問題為“是”，虛線表示父節點問題為“否”。由圖 3.1(b)的決策樹分析結果可

以得知若一個詞組內邊界距離詞組前邊界或詞組後邊界愈長，則愈有可能出現停頓，反之距離愈短，愈偏向於不停頓，所以詞組內詞邊界距離詞組前邊界或詞組後邊界的長度會是影響詞組內詞邊界會不會出現停頓的一個主要的因素。



(a)



(b)

圖 3.1: 一般的名詞詞組的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果

(註:停頓類別依序為 NB、B2-2、B3、B4)

3.1.2 結構較緊密的名詞詞組

較緊密結合的名詞詞組的選定法則，是這些詞組在句子之中表達一個完整的意思，若這些詞拆開來則沒辦法表示它們組合在一起的名詞的意思，或是我們時常會連在一起唸的常用詞組，這一類的詞有點類似複合詞(Compound word)的概念，可以看成是由兩個比較大的自由詞素(Free morpheme)構成一個比較大的詞，所以在唸法上這些詞組中間的停頓大多是很短的停頓，如 Ex.6~Ex.8。若是將這些詞組看成是一個詞來看待，則裡面原本的詞邊界就是 Type-1 intra-words，故這類的詞組我們標記為 Type-1 intra-words。

Ex.6：...，我國(B2-1)出口(B2-2)及(B2-1)進口(B1)金額(B3)比起(B2-1)去年(B1)同期(B2-2)均(B0)有(B1)增加(B4)，...

由 Ex.6 我們看到“進口”與“金額”、“去年”與“同期”這類的詞在語法結構裡皆構成較緊密結合的名詞詞組，所以中間的停頓皆較短。

Ex.7：...，默尼黑(Ncb) B0 大學(Ncb) B1 的(DE) B2-2 福耳克(Nba) B2-1 秀斯瑞阿拉(Nba) B1 博士(Nab) B1 說(VE2) B4，...

在 Ex.7 這個例子裡，“默尼黑”與“大學”應是緊密結合的兩的詞組，構成“默尼黑大學”的意思，所以為緊密結合的名詞詞組。

Ex.8：...，哈立曼(Nba) B2-3 先生(Nab) B3 向(P62) B2-2 杜魯門(Nba) B2-1 總統(Nab) B2-2 報告(VE12) B2-1 稱(VE2) B4，...

在 Ex.8 這個例子裡，人名後面加的“先生”、“小姐”、“總統”等等的詞會很容易與前面的人名

連在一起唸，故這些詞與其前面接的人名應該視為一個緊密結合的名詞詞組。

圖 3.2 為緊密結合的名詞詞組的四類停頓類別分布，由圖 3.2 可以得知這些緊密結合的詞組停頓的類別幾乎都為短停頓，且出現 B2-2 與 B3 的停頓又比一般的名詞詞組少了很多，這表示這些詞組相較於一般的名詞詞組更緊密，更不容易出現停頓。

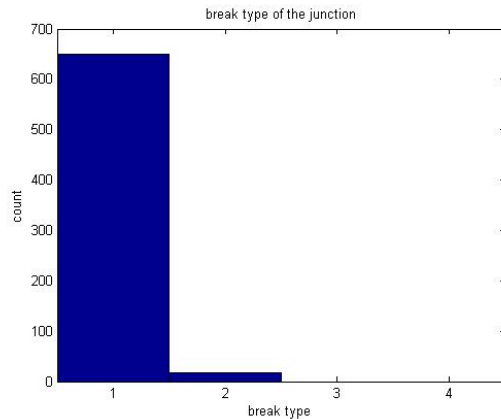


圖 3.2: 緊密結合的名詞詞組的四類停頓類別分布

3.1.3 構成詞的名詞詞組

構成詞的名詞詞組主要是因為兩個相鄰的詞之中有一個詞是一字詞，容易與另一個名詞結合。通常是一字詞會跟其相鄰的名詞結合成一種意義比較大的名詞，所以這類的例子裡兩個相鄰的名詞之中幾乎都是不停頓的 B0/B1 停頓類別居多，如 Ex.9~Ex.12。若以這兩個名詞就是一個詞來看待，則其中間的詞邊界為 Type-1 intra-words，故這類的詞組我們標記為 Type-1 intra-words。

Ex.9: ..., 該(Nes) B2-1 會(Nac) B0 理事長(Nab) B3 莊榮兆(Nba) B1 表示(VE2) B4, ...

Ex.10: ..., 任由(VL2) B2-1 聖火隊(Nab) B1 小(VH13) B2-2 舟(Nab) B2-1 從(P19) B2-3

此(Nep) B1 去(VC1) B3 , ...

Ex.11 : ... , 朝野(Naea) B0 兩(Neu) B2-3 黨(Nac) B3 可以(Dbab) B1 按照(P43) B2-1 自己(Nhab) B0 立場(Nac) B2-3 解釋(VE2) B3 , ...

Ex.12 : ... , 或(Caa) B0 在(P21) B1 市區(Ncb) B0 內(Ncda) B2-3 大(VH13) B2-3 飯店(Ncb) B2-3 用餐(VA4) B4 然後(Dd) B2-3 看(VC2) B1 場(DM) B1 電影(Nac) B4 。

Ex.12 這個例子是“市區”與“內”、“大”與“飯店”分別為兩個應該看成一個詞的名詞詞組，也就是將“市區內”與“大飯店”直接視為一個名詞。接著“市區內”與“大飯店”構成一個一般的名詞詞組。

圖 3.3 為構成詞的名詞詞組的四類停頓類別分布，由圖 3.3 的統計結果可以得知，這類的例子幾乎都是 NB 的停頓居多，與原本 Intra-words 的停頓是類似的統計分布。

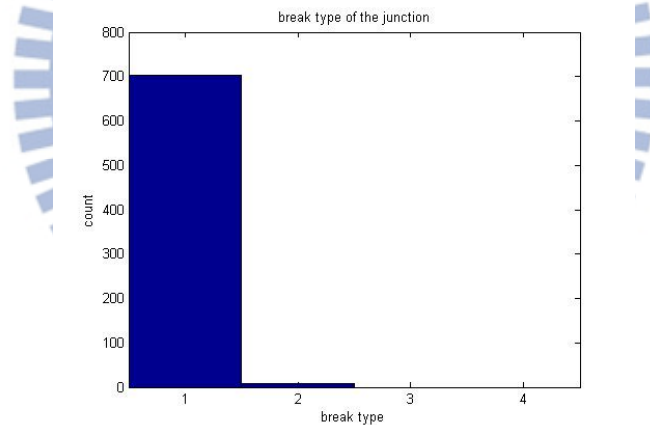


圖 3.3: 構成詞的名詞詞組的四類停頓類別分布

3.1.4 組織架構的名詞詞組

組織架構的名詞詞組是兩個以上的機構名詞連起來的名詞詞組，為了使聽的人可以更了解組織架構的關係，通常我們在唸組織架構名詞詞組時中間可能會出現停頓，如 Ex.13~Ex.15，故這類我們標記為 Type-2 intra-words，並且也標記它是一個組織架構的名詞詞組標記。

Ex.13 : 依據(P43)行政院(Nca) B2-3 主計處(Ncb)的(DE)統計(Nad) , ...

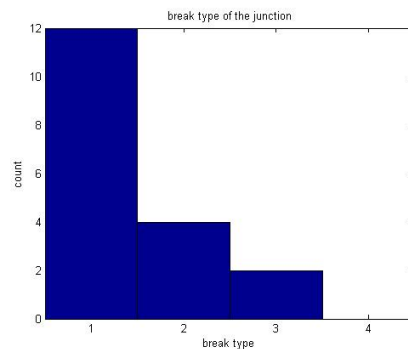
Ex.14 : 台灣省(Nca) B2-2 發明人(Nab) B1 協會(Nac) B3 於(P23) B2-1 今日(Ndabd) B1 下午(Ndabe) B0 兩點(Ndabe) B3 假(P28) B2-1 經濟部(Ncb) B2-2 商品(Nab) B1 檢驗局(Nca) B2-1 大禮堂(Ncb) B3 舉行(VC31) B1 會員(Nab) B1 大會(Nac) B4 。 ...

Ex.14 這個例子是“發明人”與“協會”先構成一緊密結合的名詞詞組，而“台灣省”與“發明人協會”是一個組織架構的名詞詞組。同理，“商品”與“檢驗局”先構成一緊密結合的名詞詞組，而“經濟部”與“商品檢驗局”構成一個組織架構的名詞詞組。

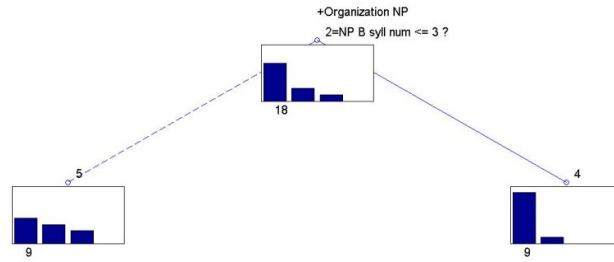
Ex.15 : ... , 未(Dc) B0 能(Dbab) B1 返回(VC1) B0 紐約(Nca) B2-1 參加(VC2) B3 聖若望(Nba) B1 大學(Ncb) B3 亞洲(Nca) B1 學院(Ncb) B1 舉辦(VC2) B1 的(DE) B3 中華民國(Nca) B2-3 研討會(Nac) B4 , ...

Ex.15 這個例子是，“聖若望”與“大學”以及“亞洲”與“學院”分別構成兩個緊密結合的名詞詞組，而“聖若望大學”與“亞洲學院”構成一個組織架構的名詞詞組。

圖 3.4 為組織架構的名詞詞組的四類停頓類別分布及決策樹分析結果，圖 3.4(a)說明了在組織架構的名詞組中相較於一般的名詞詞組更可能出現停頓，且由圖 3.4(b)也可以觀察到當詞組內邊界距離詞組後邊界的音節數大於三時，則詞組中間的邊界愈有可能出現停頓。



(a)



(b)

圖 3.4: 組織架構的名詞詞組的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果

3.1.5 地址的名詞詞組

通常地址的名詞詞組都會是結構比較長的詞組，為了能使聽者清楚知道地址與地點是在哪裡，所以每個地名詞與地名詞之間通常會有短停頓，如 Ex.16。故標記這類的例子為一個 Type-2 intra-word，同時給予這些例子為一個地址的名詞詞組標記。

Ex.16 : ... , 至(P61) B1 台北市(Nca) B2-2 鎮江街(Ncb) B2-2 3 號(Ncb) B2-2 6 樓之 2 (Ncb) B3 , ...

圖 3.5 為地址的名詞詞組的四類停頓類別分布，由圖 3.5 的停頓分布可以得知這類的例子大多都會有停頓。

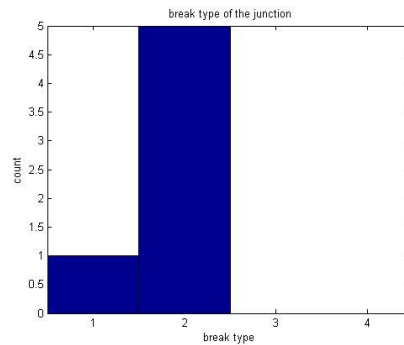


圖 3.5: 地址的名詞詞組的四類停頓類別分布

3.1.6 職稱接人名的名詞詞組

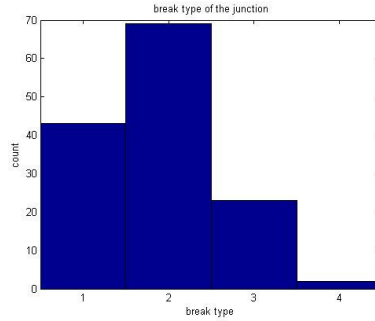
職稱接人名的名詞詞組在職稱與人名的之間通常會有停頓，其原因是因為要唸一個人名前需要有停頓，使得聽的人可以聽清楚職稱與人名的關係，如 Ex.17~Ex.19。但若是常用或是較短的詞組，則中間可能不會有停頓，如 Ex.19 的例子。故標記這類的例子為 Type-2 intra-word，同時給予這些例子為一個職稱接人名的名詞詞組標記。

Ex.17：...，經(P26) B2-2 美國(Nca) B2-1 總統(Nab) B2-2 杜魯門(Nba) B1 同意(VK1) B4，...

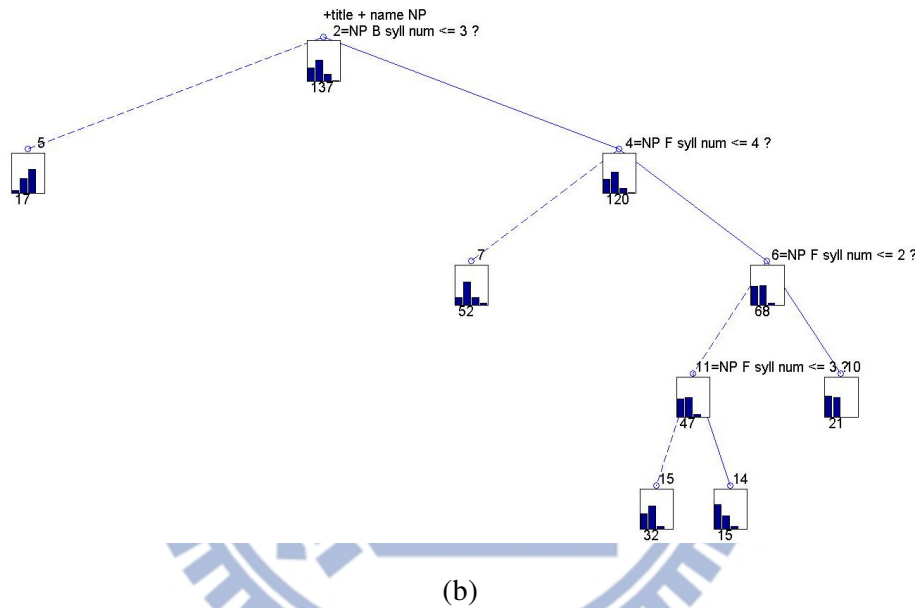
Ex.18：...，昨日(Ndabd) B2-2 招致(VL4) B2-1 國民黨(Nba) B0 立委(Nab) B2-2 趙少康(Nba) B3 和(Caa) B2-1 黃主文(Nba) B2-1 的(DE) B1 抨擊(Nad) B4，...

Ex.19：...，而(Cbca) B2-1 行政院長(Nab) B1 郝柏村(Nba) B3 更(Dfa) B1 是(Dbaa) B2-1 斬釘截鐵(VH11) B1 地(DE) B1 表示(VE2) B4，...

圖 3.6 為職稱接人名的名詞詞組的四類停頓類別分布及決策樹分析結果，由圖 3.6(a)可以得知這類的例子比較常出現停頓，且也有可出現 B3 或甚至是 B4 等等更長的停頓，而由圖 3.6(b)節點 2 問的問題可知若此邊界後面接的人名大於三個音節的話，則由節點 5 可以發現最有可能出現 B3 的停頓，而人名的音節數大於三的例子也常出現在外國人名中，也可能是因為唸這段語音的人不熟外國人名的關係，造成出現 B3 的停頓。



(a)



(b)

圖 3.6: 職稱接人名的名詞詞組的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果

3.1.7 時間的名詞詞組

時間的名詞詞組我們有以下的處理，依據對文本的觀察，大多數的“年”接“月”，“月”接“日”，“時”接“分”比較不容易出現有停頓，以及“民國”接“年”也比較不會出現停頓，所以以上這幾類我們視為較緊密結合的時間名詞詞組，標記為 Type-1 intra-words，而其他的部份視為一般的時間名詞詞組，標記為 Type-2 intra-words，且如果長度夠長，就會出現停頓，如以下的例子。

Ex.20 : ...，就(Dd) B1 是(Dbaa) B1 在(VC1) B2-1 民國(Ndaab) B1 四十二年(Ndaad)

B2-2 二月(Ndabc) B2-2 二十五日(Ndabd) B4，...

Ex.20 這個例子，我們會先將“民國”以及“四十二年”看成是一個緊密結合的時間名詞詞組，“二月”及“二十五日”也視為一個緊密結合的時間名詞詞組，接著“民國四十二年”與“二月二十五日”構成一個一般的時間名詞詞組。

Ex.21：...，中華民國(Ndaab)[2] B2-2 三十四年(Ndaad)[1] B2-2 八月(Ndabc) B1 十四日(Ndabb) B3，...

Ex.21 這個例子，因為“中華民國”與後面的“年”常常會有停頓出現，所以“中華民國”與“三十四年”構成一個一般的時間名詞詞組，而“八月”與“十四日”構成一個緊密結合的時間名詞詞組，接著“中華民國三十四年”與“八月十四日”構成一個更上層的時間名詞詞組，層次結構的關係如中括號內的數字所標示。

Ex.22：...，七月(Ndabc) B2-1 十九日(Ndabd) B2-3 下午(Ndabe) B0 六時(Ndabe) B4，...

Ex.22 這個例子，“七月”與“十九日”構成一個緊密結合的時間名詞詞組，“下午”與“六時”也構成一個緊密結合的時間名詞詞組，“七月十九日”與“下午六時”更成一個一般的時間名詞詞組。

Ex.23：...，公民(Nab) B1 投票(VA4) B3 於(P23) B2-1 三十四年(Ndaad) B2-3 十月(Ndabc) B2-1 二十日(Ndabd) B2-2 上午(Ndabe) B2-1 六時(Ndabe) B1 起(Ng) B3，...

Ex.23 這個例子，“十月”與“二十一日”以及“上午”與“六時”先構成一個緊密結合的時間名詞詞組，接著“三十四年”、“十月二十一四”以及“上午六時”構成一個一般的時間名詞詞組。

圖 3.7 與圖 3.8 分別為緊密結合的時間名詞詞組與一般的時間名詞詞組的統計分析，由圖 3.7 可以發現在我們標記為緊密結合的時間名詞詞組中間並不太會有停頓的出現，由圖 3.8 可以知道一般的時間名詞詞組就可能會出現停頓，且停頓仍然會受到詞組的結構影響。

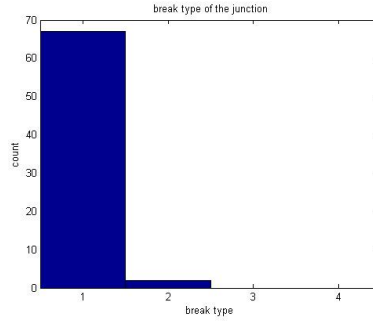
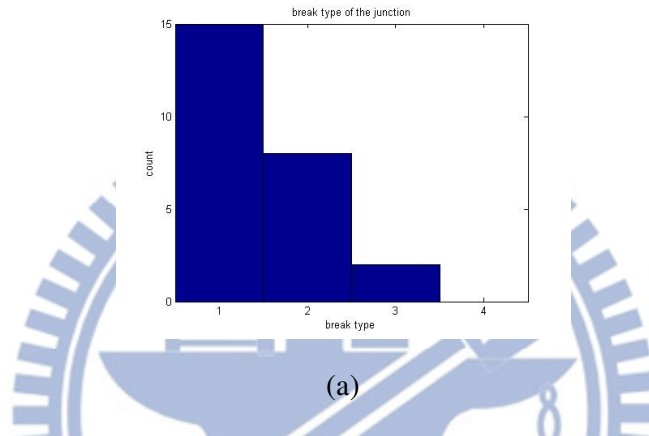
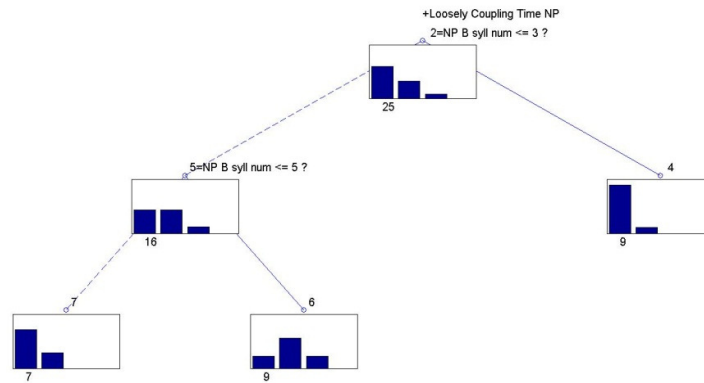


圖 3.7: 緊密結合的時間名詞詞組的四類停頓類別分布



(a)



(b)

圖 3.8: 一般的時間名詞詞組的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果

3.1.8 並列結合的名詞詞組

並列結合的名詞詞組為兩個或兩個以上的同類詞組合成詞組，上一詞與下一詞彼此沒有主

從的關係且地位是平等的。根據觀察，通常在兩個單字詞並列結合的情況下不會出現停頓，為了避免這一類的例子與其他的結構合併，所以這一類的標記為 Type-1 intra-word，如 Ex.24~Ex.27。圖 3.9 為此類例子的停頓標記分布統計，可以得知在單字詞平行結合的情況下是不會有停頓的出現。

Ex.24：...，在(P21)新婚(VH11)後(Ng)的(DE)一(Neu) B0 兩(Neu)年(Nfg)，...

Ex.25：...，下令(VE2)廢除(VC2)中(Nca) B1 蘇(Nca)友好(VH11)同盟(VH11)條約(Nac)，...

Ex.26：...，率(VF2)蒙(Nca) B1 藏(Nca)委員會(Ncb)，...

Ex.27：...，針對(P31)近日(Nddc)流傳(VK2)國安局(Nca)內部(Ncdb)失和(VH11)以及(Caa)所謂(VK2)郝(Nbc) B2-1 宋(Nbc)失和(Nv4)的(DE)傳聞(Nac)，...

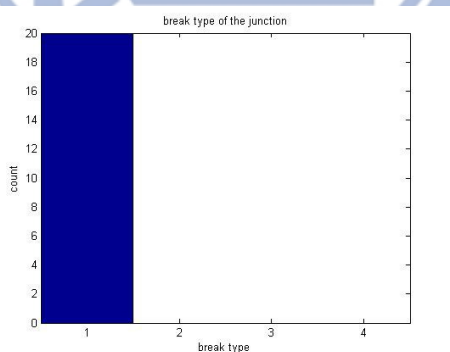


圖 3.9: 兩個單字詞並列結合的名詞詞組的四類停頓類別分布

而在並列的詞為二字詞或二字以上的詞時，通常會出現一個短停頓，如 Ex.28~Ex.29。在連續一字詞對等的情況下，可能會有完全不停頓或是出現幾次停頓的情況，而有出現停頓時通常最後一個的停頓會比較短，如 Ex.30~Ex.32。這兩種的例子都可能會出現停頓，故標記為

Type-2 intra-word，並給予並列結合的名詞詞組標記。圖 3.10 為這類例子的停頓標記分布，可以得知這類例子還是會出現停頓，而沒有停頓的地方只會出現在連續一字詞對等的情況。

Ex.28：...，回(VC1)娘家(Ncb) B2-2 婆家(Ncb)吃(VC31)，...

Ex.29：...，銀牌(Nab) B2-2 銅牌(Nab)也(Dbb)掙(VC31)了(Di)二十多面(DM)，...

Ex.30：...，她(Nhaa)絕對(Dbaa)不(Dc)碰(VC2)柴(Naa) B2-3 米(Nab) B1 油(Naa) B0 鹽(Naa)。

Ex.31：...，而(Cbca)郝柏村(Nba)率領(VF2)軍(Nad) B2-2 政(Nad) B2-2 黨(Nac) B2-1 官(Nab)意氣風發(VH11)列隊(Dh)開上(VC32)果嶺(Nca)打(VC2)高爾夫球(Nab)

Ex.32：...，表達(VC31)妳(Nhaa)的(DE)感受(Nad)及(Caa)妳(Nhaa)為(P03)婆(Nab) B1 媳(Nab) B1 孫(Nab)三(Neu)代(Nac)間(Ng)所(Dab)做(VC31)的(DE)努力(Nv4)

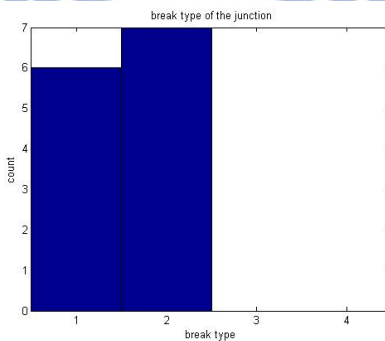


圖 3.10: 非兩個單字詞並列結合的名詞詞組的四類停頓類別分布

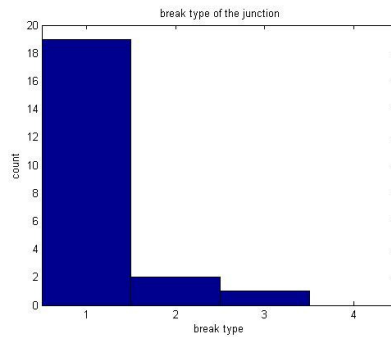
3.1.9 重複強調的名詞詞組

重複強調的名詞詞組如 Ex.33~Ex.35，通常後面的詞是在重複說明與前面的詞的關係，達到強調的效果，圖 3.11 為這類例子的統計及分析結果，由圖 3.11(a)可以知道這類的例子並不太會出現停頓，由圖 3.11(b)可以得知若是詞組內詞邊界距離詞組前邊界大於兩個音節的話，則可能會出現停頓，如 Ex.36 這個例子所示。

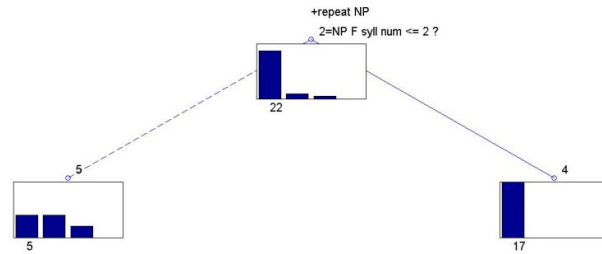
Ex.33 : ..., 要不然(Cbca) B2-2 就是(Cbba) B0 我(Nhaa) B2-1 自己(Nhab) B1 下廚(VA4) B3 , ...

Ex.34 : ..., 遲早(Dd) B0 有一天(DM) B3 太太(Nab) B2-1 自己(Nhab) B1 會(Dbaa) B2-1 要求(VF2) B1 投降(VA4) B2-2 的(Ta) B4 。

Ex.35 : ..., 恐怕(Dbaa) B2-3 王曉波(Nba) B1 先生(Nab) B2-2 自己(Nhab) B2-2 也(Dbb) B0 要(Dbab) B2-3 負起(VC2) B1 相當(VH11) B1 的(DE) B1 責任(Nac) B1 罷(Tb) Be ?



(a)



(b)

圖 3.11: 重複強調的名詞詞組的(a)四類停頓類別分布(b)決策樹分析結果

3.2 副詞、動詞、介系詞詞組

表 3.3 為副詞、動詞、介系詞詞組決策樹分析中使用的問題及其涵義，表 3.4 為訓練資料中副詞、動詞、介系詞詞組的各個類別的音節個數統計。以下將一一介紹本研究所分析的副詞、動詞、介系詞詞組。

表 3.3: 副詞、動詞、介系詞詞組決策樹分析中使用的問題及其涵義

問題	涵義
DVP F syll num <= n	副詞、動詞、介系詞詞組內的詞邊界距離副詞、動詞、介系詞詞組前邊界的音節數是否小於等於 1, 2, 3, 4, 5, 6
DVP B syll num <= n	副詞、動詞、介系詞詞組內的詞邊界距離副詞、動詞、介系詞詞組後邊界的音節數是否小於等於 1, 2, 3, 4, 5, 6

表 3.4: 訓練資料中副詞、動詞、介系詞詞組的各個類別的音節個數統計

類別	子類別	音節邊界個數
副詞、動詞、介系詞詞組	一般	1904
	構成詞	1283
	並列結合	7

3.2.1 一般的副詞、動詞、介系詞詞組

一般的副詞、動詞、介系詞詞組是普通的兩個或是兩個以上的副詞、動詞或介系詞構成的詞組，在這類的例子裡的詞與詞之間不具有較緊密的關係，主要是副詞修飾動詞，動詞後接介系詞，或是副詞、動詞、與介系詞一起出現，如 Ex.36~Ex.39，這類例子的邊界我們歸類為可能出現停頓的 Type-2 intra-word。值得一提的是，這類的例子可能會出現很多詞構起來成為一個長的副詞、動詞、介系詞詞組的現象，所以我們會依據詞邊界在樹狀結構的深度，來標記它們相接的階層結構，如 Ex.36 例子裡中括號內的數字。

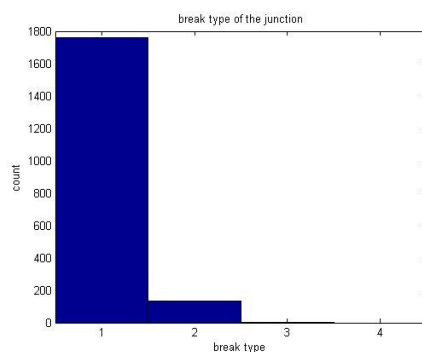
Ex.36 : ...，使(VL4) B1 牠(Nhaa) B2-1 可(Dbab) [1] B2-1 輕易(Dh) [2] B2-3 逃避(VC2) B2-2 外來(A) B2-1 動物(Nab) B2-2 傷及(VC2) B2-1 體膚(Naea) B3， ...

Ex.36 這個例子是一個典型的連續多個副詞修飾動詞的例子，以這個例子來說，依照語意上的結構來判斷，“輕易”與“逃避”會先構成一個比較底層的一般的副詞、動詞、介系詞詞組，接著“可”與“輕易逃避”構成一個較上層的副詞、動詞、介系詞詞組。

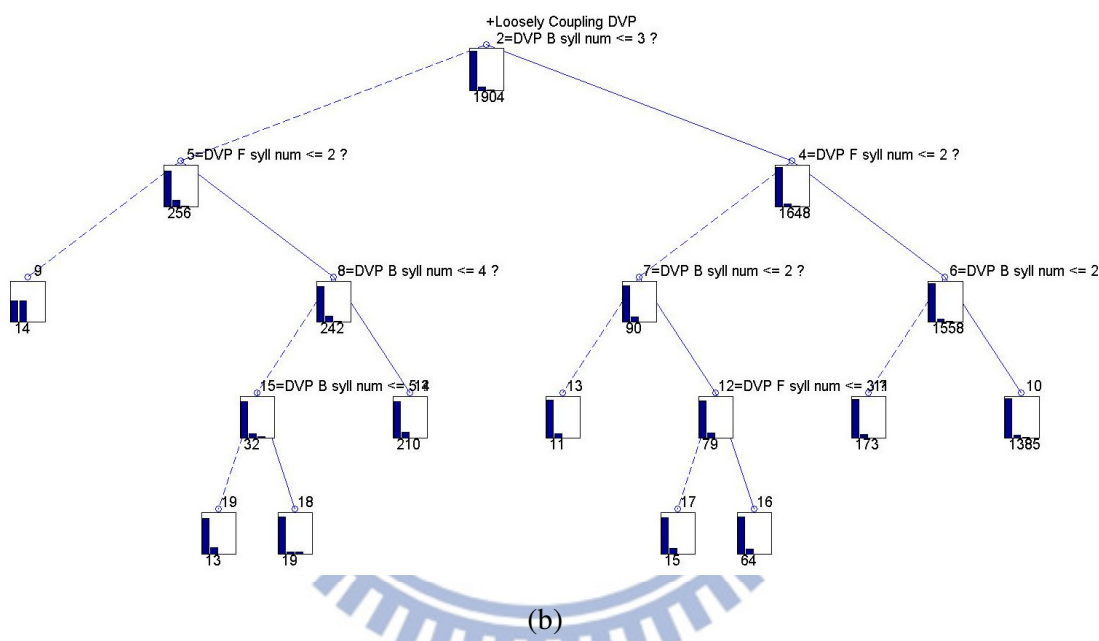
Ex.37 : ...，還(Dbb) B0 有(V_2) B1 哪些(Neqa) B2-1 動物(Nab) B1 坑洞(Naeb) B1 中(Ncda) B3 可以(Dbab) B1 找到(VC2) B2-1 雨水(Naa) B4， ...

Ex.38 : ...，她(Nhaa) B0 的(DE) B2-3 人生觀(Nad) B3 似乎(Dbaa) B1 寄託(VC32) B1 在(P21) B0 那隻(DM) B1 小鳥(Nab) B1 身(Nab) B1 上(Ncda) Be。

Ex.38 的例子為“寄託”與“在”先構成一個緊密結合的詞組，因為“寄託在”算是一個常常會和在一起唸的詞組，應該以一個詞來看待，而“似乎”與“寄託在”的连接就沒有那麼強烈了，“似乎”只是用來修飾“寄託在”這個動作，所以這兩個詞構成一個一般的副詞、動詞、介系詞詞組。



(a)



(b)

圖 3.12: 一般的副詞、動詞、介系詞詞組的(a)四類停頓類別分布(b)決策樹分析結果

3.2.2 構成詞的副詞、動詞、介系詞詞組

構成詞的副詞、動詞、介系詞詞組主要是因為這些詞組結構小，應該合併起來當作一個詞看待。通常是一字詞的副詞接動詞、動詞接一字詞的副詞或介系詞，或是其中有一字詞的副詞接介系詞的組合，合併起來成為一種意義比較大的詞，或是兩個詞應合併起來當作一個詞看待，如 Ex.39~Ex.42。所以這類的例子裡兩個相鄰的詞之中幾乎都是不停頓的 B0/B1 停頓類別居多。

若將這些詞組就是一個詞來看待，則其中間的詞邊界為 Type-1 intra-words，故我們將這類的例子標記為 Type-1 intra-words。由圖 3.13 的停頓標記分布統計可以看到這類的例子幾乎都是不停頓的情況，與構成詞的名詞詞組統計分布相似。

Ex.39 : ... , 不(Dc) B2-1 正確(VH11) B1 的(DE) B2-3 審美(A) B1 觀念(Nac) B3 使(VL4) B1 肥胖(VH11) B2-2 或(Caa) B2-1 過(Dfa) B1 瘦(VH13) B1 的(DE) B2-3 婦女(Nab) B3 發生(VJ1) B2-3 腦下垂體(Nab) B1 功能(Nac) B1 失調(Nv4) Be。

Ex.40 : ... , 但是(Cbca) B2-1 睡(VA12) B1 時(Ng) B2-2 仍(Dd) B0 有(V_2) B2-2 煩惱(Nad) B4。

Ex.41 : ... , 人(Nab) B2-1 不(Dc) B1 吃(VC31) B1 食物(Naa) B3 可以(Dbab) B2-1 撐(VC2) B0 兩個(DM) B1 月(Ndabc) B4。

Ex.42 : ... , 站(VA12) B0 在(P21) B2-1 鴿灰色(Nad) B1 的(DE) B1 天空(Ncb) B1 下(Ng) B3 與(Caa) B1 鐵條(Nab) B2-1 橫直(VH11) B1 的(DE) B2-3 鷹架(Nab) B2-3 之間(Ng) B4 , ...

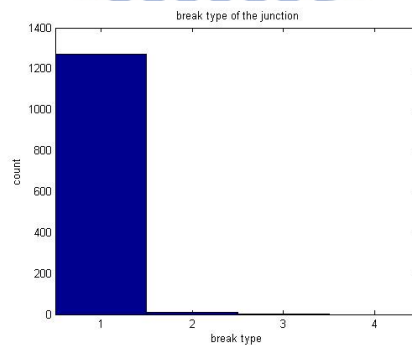


圖 3.13: 構成詞的副詞、動詞、介系詞詞組的四類停頓類別分布

3.2.3 並列結合的副詞、動詞、介系詞詞組

並列結合的副詞、動詞、介系詞詞組的定義與並列結合的名詞詞組類似，上一詞與下一詞的地位是平等的，這類的例子如 Ex.43~Ex.44，連續的表示出兩種不同或相似的動作，由圖 3.14 可以知道在訓練資料中發現的七個例子出現的都是 B2-2 的停頓，故標記為 Type-2 intra-word，並給予並列結合的副詞、動詞、介系詞詞組標記。

Ex.43：...，一位(DM) B1 擺(VC33) B1 攤(Nab) B3 以(P11) B2-2 咬(VC2) B0 鳥卦(Nab) B2-3 為(P03) B0 人(Nab) B2-1 算命(VB11) B2-2 看相(VB11) B1 的(DE) B1 江湖人(Nab) B4，...

Ex. 44：...，正在(Dd) B0 為(P03) B0 一位(DM) B2-1 婦人(Nab) B1 小販(Nab) B2-2 算命(VB11) B2-2 卜卦(VB11) B4，...

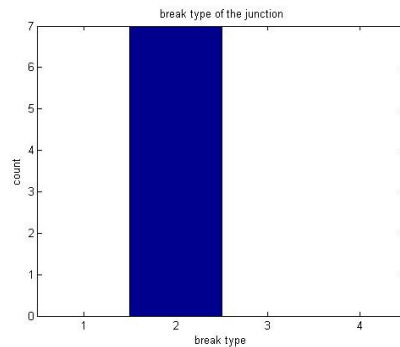


圖 3.14: 平行結合的副詞、動詞、介系詞詞組的四類停頓類別分布

3.3 省略數詞的詞組

在中文的語句中常常會出現一種動詞接上省略數詞的定量複合詞形成一種常常會連在一起唸的詞組，如 Ex.45~Ex.47，這類的詞組通常停頓也會很短，若以語法樹結構來看會發現前面的動詞與後面省略數詞的定量複合詞其實會分屬於不同的子樹(sub-tree)裡面，若以語法樹結

構預估則可能會造成預估出長的停頓，故對於這類的例子給予省略數詞詞組標記。圖 3.15 的統計結果也說明了這類的例子並不會出現停頓。表 3.5 為訓練資料中省略數詞詞組的音節個數統計。

表 3.5：訓練資料中省略數詞詞組的音節個數統計

類別	音節邊界個數
省略數詞詞組	20

Ex.45：...，當地(Nce) B2-2 有(V_2) B1 種(DM) B0 露兜樹(Nab) B3，...

Ex.46：...，睡覺(VA12) B1 時(Ng) B3 也(Dbb) B1 得(Dbab) B1 在(P21) B2-1 腹部(Ncb) B2-2 蓋上(VC2) B1 塊(DM) B2-1 薄(VH11) B0 毛巾(Nab) B3，...

Ex.47：...，讓(VL4) B2-1 妻子(Nab) B2-2 有(V_2) B1 點(DM) B1 自由(VH11) B1 的(DE) B2-1 空間(Nac) B4。

由 Ex.47 這個例子我們看到“有點”是“有一點”的省略數詞的寫法，而我們也觀察到通常省略數詞的唸法是動詞與省略數詞過後的定量式複合詞連在一起唸。

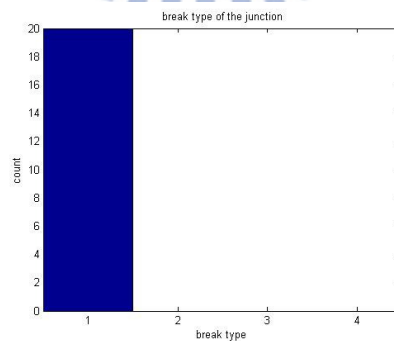


圖 3.15: 省略數詞詞組的四類停頓類別分布

3.4 連接詞詞組

連接詞的功能主要是連接前後兩個意義相同或相似的詞或詞組，與頓號的功能類似，因此我們定義一個連接詞與其前、後所接的並列單元構成一個連接詞詞組，如 Ex.48~Ex.51，其中在 Ex.50 這個例子裡，連接詞前標點符號的停頓，視為連接詞前的停頓，與其他連接詞前的停頓一起分析。本研究將標記出一個完整的連接詞詞組，並且依據我們標記出來連接詞詞組的資訊，分析連接詞前邊界的停頓是否會受到連接詞詞組的大小影響。

表 3.6：連接詞詞組決策樹分析中使用的問題及其涵義

問題	涵義
Caa F syll num <= n	連接詞詞組內的詞邊界距離連接詞詞組前邊界的音節數是否小於等於 1, 2, 3, 4, 5, 6
Caa B syll num <= n	連接詞詞組內的詞邊界距離連接詞詞組後邊界的音節數是否小於等於 1, 2, 3, 4, 5, 6

表 3.7：訓練資料中連接詞詞組的各個類別的音節個數統計

類別	子類別	音節邊界個數
連接詞詞組	連接詞前邊界	314
	連接詞後邊界	314

Ex.48：...，我國(Ncb) B2-1 出口(Nv1) B2-2 及(Caa) B2-1 進口(Nv1) B1 金額(Nad) B3 比起(P49) B2-1 去年(Ndaba) B1 同期(Nac) B2-2 均(Dab) B0 有(Dbab) B1 增加(VH16) B4，...

Ex.49：...，選擇(VC2) B2-1 工作(Nac) B2-3 環境(Nac) B3 避免(VE2) B1 受到(VJ3) B2-1 化學(Nad) B2-2 及(Caa) B2-1 工業(Nad) B2-3 污染(Nv1) B0 的(DE) B1 傷害(Nac) B4，...

Ex.50 : ... , 凡(Cbba) B2-1 身心(Nad) B1 健康(VH11) B1 之(DE) B2-1 未婚(VH11) B0 男女(Naeb) B3 , 或(Caa) B2-1 情侶(Naeb) B1 們(Neqb) B3 , ...

Ex.51 : 我(Nhaa)B1 和(Caa)B0 女朋友(Nab)B2-1 吃飯(VA4)B2-2 逛街(VA13)B2-2 或(Caa)B2-1 聽(VE2)B2-1 演講(Nad)B4 , ...

圖 3.16 為連接詞前邊界的四類停頓類別分布及決策樹分析結果，由圖 3.16(a)可以看到連接詞前邊界在大多數的情況都會出現停頓，對照圖 3.16(b)決策樹分析的結果也可以發現連接詞前邊界停頓的長短會受到整個連接詞詞組的音節數影響，若連接詞到連接詞前邊界的音節數大於 5 的話，則大多出現 B3 的停頓，連接詞到連接詞前邊界的音節數等於 1 的話，則 NB 出現的停頓則比較多，如 Ex.51 這個例子。

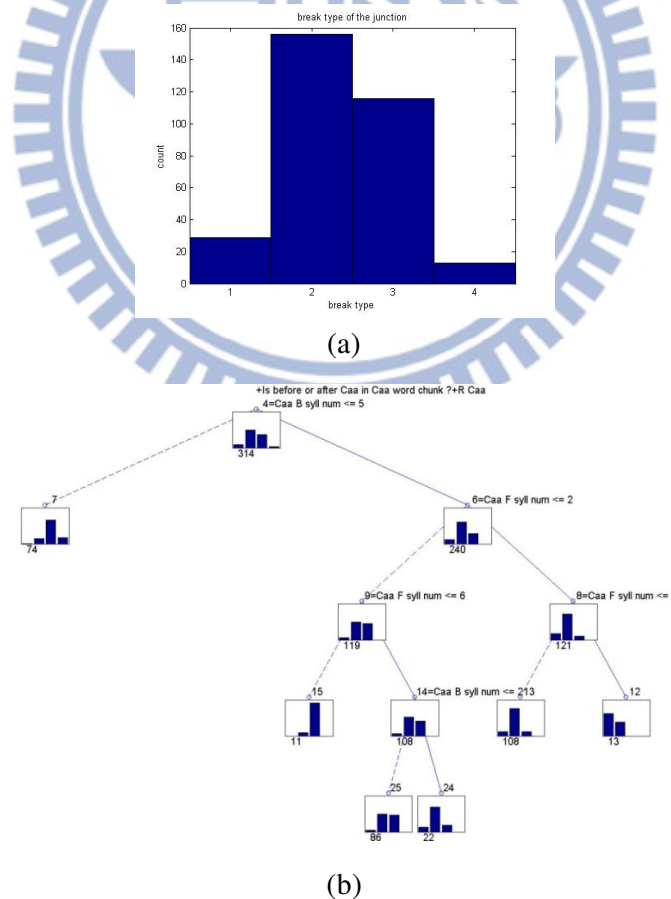


圖 3.16: 連接詞前邊界的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果

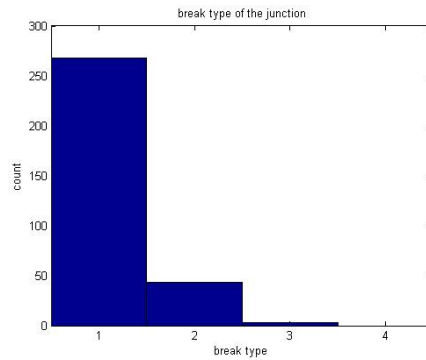


圖 3.17: 連接詞後邊界的四類停頓類別分布

3.5 「的」字結構片語分析

「的」在中文口語或是書面語裡出現的頻率皆是最高的詞，圖 3.18 以及圖 3.19 分別表示了「的」字的前邊界與後邊界的停頓。由圖 3.18 可以知道在唸「的」這個字之前幾乎是不會出現停頓的，但是「的」這個字後面就可能受到後面所接的結構的影響，故本研究將分類與標記出一個完整的「的」字結構片語，並觀察「的」字後邊界的停頓是否受到我們標記出來的「的」字結構片語影響。查到的文獻裡最早有朱德熙於 1961 年發表在<中國語文>第 12 期裡對於「的」字的語法及語意分析，其並將「的」字結構的片語分成三大類，分別是副詞性、名詞性以及形容詞性，而根據我們對於文本的觀察，另外加入一種是省略性質的「的」字片語結構，一一介紹如下。

表 3.8: 「的」字結構片語決策樹分析中使用的問題及其涵義

問題	涵義
DE F syll num <= n	「的」字結構片語內的詞邊界距離「的」字結構片語前邊界的音節數是否小於等於 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
DE B syll num <= n	「的」字結構片語內的詞邊界距離「的」字結構片語後邊界的音節數是否小於等於 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

表 3.9：訓練資料中「的」字結構片語的各個類別的音節個數統計

類別	子類別	音節邊界個數
「的」字結構片語	名詞性「的」字的後邊界	647
	副詞性「的」字的後邊界	89
	省略性「的」字的後邊界	40
	形容詞性「的」字的後邊界	829

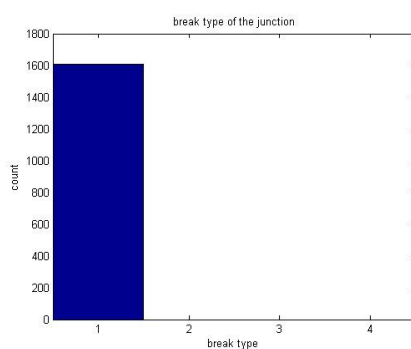


圖 3.18: 「的」字前邊界的四類停頓類別分布

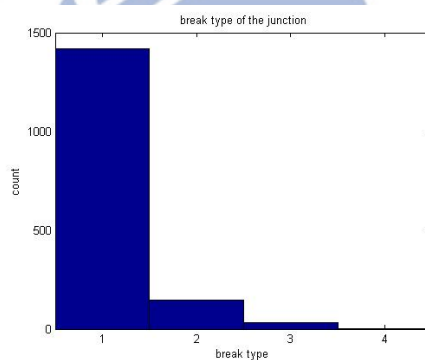


圖 3.19: 「的」字後邊界的四類停頓類別分布

3.5.1 副詞性「的」字結構片語

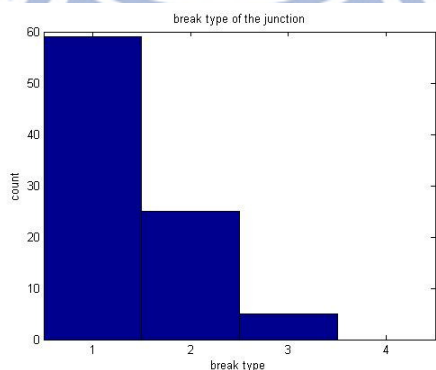
副詞主要是來修飾動詞以及形容詞，而根據觀察，很多的狀態動詞(詞性為 VH)加上「的」字之後，作用會變得跟副詞很像，用來修飾後面的動作，如 Ex.52~Ex.54。故本研究中將副詞

性「的」字結構片語定義為由前面的副詞(包括「的」)開始，包括到副詞欲修飾的一個完整的動作為止，如 Ex.52~Ex.54 中底線畫起來的部分，這個時候「的」字後邊界就像是一個副詞與一個動詞的邊界。圖 3.20 為這類「的」字結構片語的「的」字後邊界的停頓分布以及決策樹分析結果，由圖 3.20(a)可以看到這類的例子可能會出現 B2-2 以及 B3 的停頓，且由決策樹的分析可以發現，若是副詞後面修飾的動作很短，則「的」字後邊界的停頓幾乎都是 NB，若前面的副詞以及後面的動作都比較長的話，「的」字後邊界的停頓就比就有可能是 B2-2。

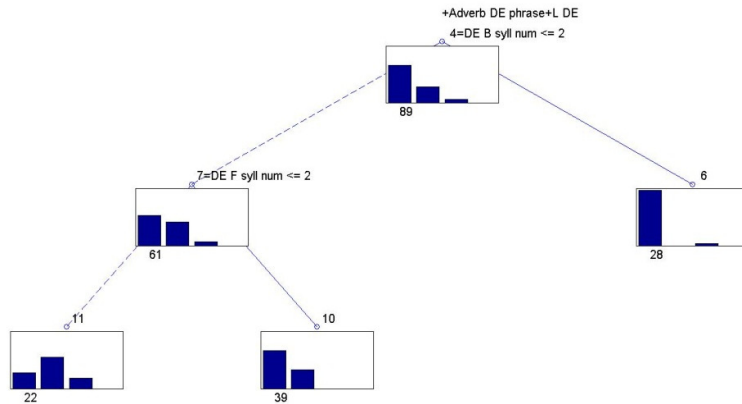
Ex.52 : ... , 婦人(Nab) B1 便(Dd) B2-1 高高興興(VH21) B1 的(DE) B2-2 去(VC1) B2-1 崗位(Ncb) B1 上(Ncda) B2-1 工作(VA4) B3 , ...

Ex.53 : ... , 我(Nhaa) B0 曾(Dd) B0 矛盾(VH11) B1 的(DE) B2-2 試(VF1) B1 著(Di) B1 想(VE2) B1 分手(VA4) B4 , ...

Ex.54 : ... , 喜歡(VK1) B2-1 夾敘夾議(VH11) B1 的(DE) B2-1 抒寫(VC31) B1 感觸(Nad) B4 , ...



(a)



(b)

圖 3.20: 副詞性「的」字後邊界的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果

3.5.2 省略性「的」字結構片語

這一類「的」字的用法主要是將「的」字以及前面被「的」字附著的詞或詞組當作主語來使用，這類的「的」字後面像是省略了一個本來用來當作主語的詞，改由「的」字結構當作主語，故本研究將這類的例子稱作省略性「的」字結構片語。而除了一個當作主語的「的」字結構外，其後面又會接一個句子補充敘述那個被省略的詞，本研究將省略性「的」字結構的片語定義為，由前面用來當作主語的「的」字結構開始，包括到後面用來補充敘述被省略的詞的句子為止，如 Ex.55~Ex.59 這些例子中底線畫起來的部分。圖 3.21 為此類「的」字結構片語的停頓分布統計以及決策樹的分析，由圖 3.21(a)可以得知這類的「的」字後邊界很有可能會出現 B3 的停頓，且由圖 3.21(b)的分析結果可以看出若是後面用來補充敘述被省略的詞的句子的長度小於等於 2 個音節，則「的」字後邊界以 NB 的停頓為主，若句子的長度少長於 5 個音節，則「的」字後邊界最有可能出現 B3 的停頓。

Ex.55 : ... , 也許(Dbaa) B2-3 小鳥(Nab) B0 咬出(VC31) B1 的(DE) B3 只是(Dbb) B2-1 無心插柳(VH11) B1 的(DE) B1 吉卦(Nab) B4 , ...

Ex.56 : ... , 最(Dfa) B1 值得(VH15) B0 一(Dd) B1 提(VE2) B1 的(DE) B3 是(V_11) B0 立委(Nab)B2-3 朱高正(Nba) B1 的(DE) B2-3 籌組(Nv1) B2-2 敢死隊(Nab) B4 。

Ex.57 : ... , 問題(Nac) B1 大(VH13) B1 的(DE) B3 是(Dbaa) B1 在(VC1) B2-3 方面(Nac) B0 文法(Nad) B4 , ...

Ex.58 : ... , 值得(VH15) B0 一(Dd) B1 提(VE2) B0 的(DE) B1 是(V_11) B3 , ...

Ex.59 : ... , 很少(Neqa) B0 人(Nab) B1 知道(VK1) B2-2 它(Nhaa) B2-1 說(VE2) B1 的(DE) B2-3 是(V_11) B2-2 俄寇(Nab) Be 。

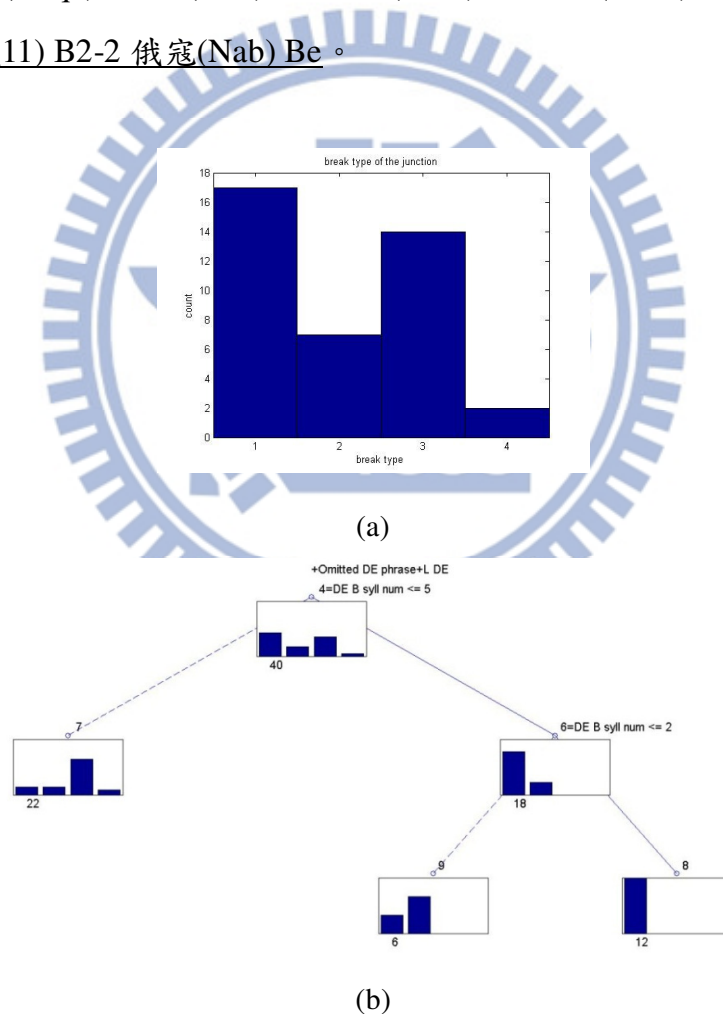


圖 3.21: 省略性「的」字後邊界的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果

3.5.3 名詞性「的」字結構片語

這一類的「的」字結構片語主要的結構為“名詞 + 的 + 名詞”，通常“名詞 + 的”可以轉作形容詞，用來修飾後接的名詞，故本研究將名詞性「的」字結構的片語定義為由前面“名詞 + 的”或“名詞詞組 + 的”構成的形容詞，包括到後面接的名詞或是名詞詞組，如 Ex.60~Ex.62，這個時候「的」字的後邊界可以視為形容詞與名詞相接的邊界。圖 3.22 為此類「的」字結構片語的停頓分布統計。

Ex.60：...，依據(P43) B2-1 行政院(Nca) B2-3 主計處(Ncb) B1 的(DE) B1 統計(Nad) B4，...

Ex.61：...，女性(Nab) B1 不孕症(Nad) B0 的(DE) B2-3 原因(Nac) B2-2 較為(Dfa) B1 複雜(VH11) B4，

Ex.62：...，現在(Nddc) B2-2 連(Cbba) B0 眼睛(Nab) B0 網膜(Naa) B1 的(DE) B1 神經(Nab) B1 細胞(Nab)B1 中(Ncda) B1 也(Dbb) B2-1 被(P02) B1 發現(VE2) B4，

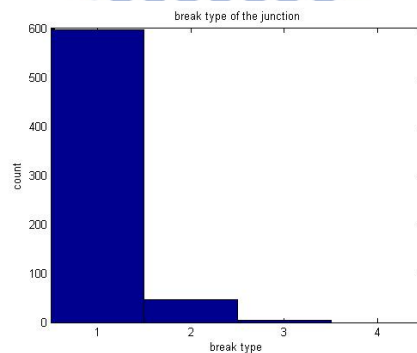


圖 3.22: 名詞性「的」字後邊界的四類停頓類別分布

3.5.4 形容詞性「的」字結構片語

這一類的「的」字結構的片語一樣也是類似形容詞修飾名詞的用法，與名詞性「的」字結構的片語不同的是這類的形容詞是由一個動詞或是動詞詞組接「的」所組成，故本研究將形容詞性「的」字結構的片語定義為由前面“動詞 + 的”或“動詞詞組 + 的”構成的形容詞，包括到後面接的名詞或是名詞詞組，如 Ex.63~Ex.66，這個時候「的」字的後邊界可以視為形容詞與名詞相接的邊界。圖 3.23 為此類「的」字結構片語的停頓分布統計，可以看到形容詞性「的」字結構的片語與名詞性「的」字結構的片語有類似的統計分布，且因為決策樹分析結果相似，故將這兩類「的」字結構的片語後邊界的停頓合在一起做決策樹分析，如圖 3.24，決策樹分析結果也反映了若是「的」字後邊界距離「的」字結構片語的前、後邊界愈長，則愈容易出現停頓。

Ex.63 : ... , 父母(Naeb) B1 無法(Dbab) B1 達成(VC2) B0 的(DE) B2-3 理想(Nac) B3 , ...

Ex.64 : ... , 李登輝(Nba) B1 總統(Nab) B3 以(P11) B1 幾乎(Daa)B2-2 被(P02) B2-1 掐住(VC2) B2-2 脖子(Nab) B2-3 的(DE) B2-1 聲調(Nad) B3 , ...

Ex.65 : ... , 對手(Nab) B2-1 一旦(Cbba) B2-3 被(P02) B1 牠(Nhaa) B1 的(DE) B2-3 利(VH11) B0 如(VG2) B2-1 彎刀(Nab) B1 的(DE) B1 犬牙(Nab) B0 咬住(VC2) B3 , ...

Ex.66 : ... , 以(P11) B2-1 上述(Nad) B2-2 比較(Dfa) B2-1 精確(VH11) B1 的(DE) B2-2 醫學(Nad) B0 描述(Nad) B3 來(Dbab) B2-2 對照(VJ1) B2-1 故事(Nac) B0 裡(Ncda) B1 的(DE) B2-1 文學(Nad) B0 描述(Nad) B4 , ...

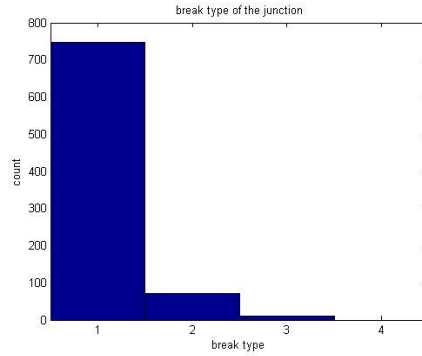


圖 3.23: 形容詞性「的」字後邊界的四類停頓類別分布

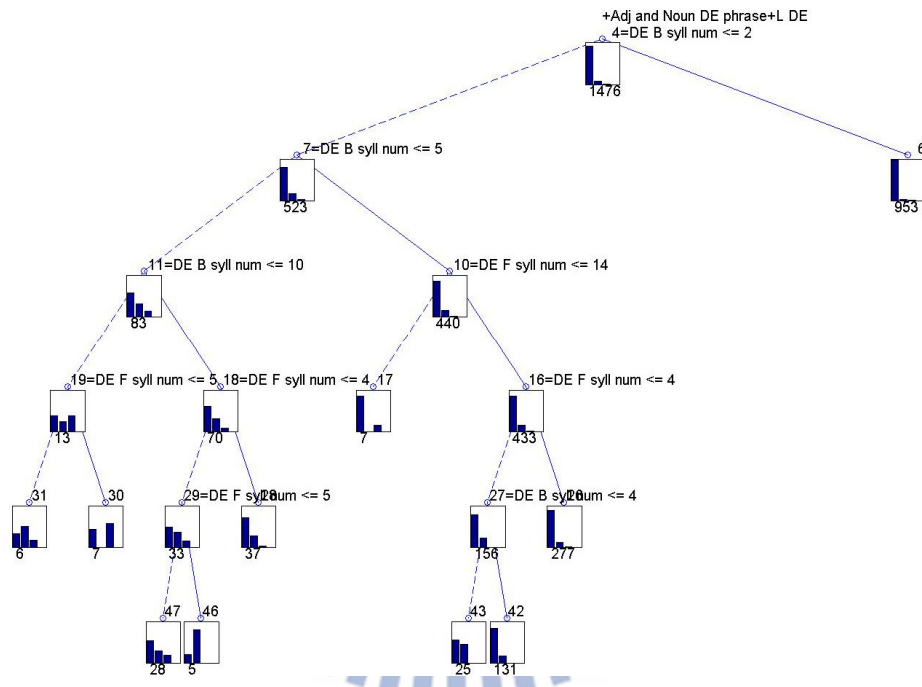


圖 3.24: 名詞性與形容詞性「的」字後邊界的決策樹分析結果

3.6 頓號的分析

在中文裡，頓號的停頓為僅次於逗號的短停頓，但實際上頓號的停頓有長有短，短的停頓如 Ex.67 這類，常出現於頓號前後相接的詞為單字詞的結構。長的停頓如 Ex.70，明顯的看得出來在不同情況下的頓號，會有不同的停頓長度。我們定義「頓號結構句」為經由頓號對等連接的詞或詞組所組合起來的句子，其前邊界為在對等連接的詞或詞組中，第一個詞或詞組的前面，後邊界為最後一個詞或詞組中的後面，如 Ex.71~Ex.80 中底線畫起來的部分，而每一個頓

號我們看的是這個頓號到上一個頓號或頓號結構句前邊界的長度，以及這個頓號到下一個頓號或頓號結構句的後邊界。表 3.10 為頓號結構句決策樹分析中使用的問題及其涵義，表 3.11 為訓練資料中頓號結構句的各個類別的音節個數統計，以下將一一介紹對於頓號結構句的處理。

表 3.10：頓號結構句決策樹分析中使用的問題及其涵義

問題	涵義
Dunhao F syll num <= n	頓號結構句內的詞邊界距離頓號結構句前邊界的音節數是否小於等於 1, 2, 3, 4, 5, 6
Dunhao B syll num <= n	頓號結構句內的詞邊界距離頓號結構句後邊界的音節數是否小於等於 1, 2, 3, 4, 5, 6

表 3.11：訓練資料中頓號結構句的各個類別的音節個數統計

類別	子類別	音節邊界個數
頓號結構句	單一頓號單字詞	8
	單一頓號非單字詞	80
	連續頓號單字詞	6
	連續頓號非單字詞	129
	條列式的頓號	8

3.6.1 單一頓號單字詞

這類頓號的例子如 Ex.67~Ex.69，我們將單一頓號單字詞的頓號結構句定義為頓號前為一字詞，而頓號後面為一字詞或是二字詞所組成，由圖 3.25 單一頓號單字詞的停頓分布統計，我們可以很明顯的觀察到這一類的頓號幾乎都是不停頓的，其原因可能為字數很短、結構很小，或是常常會連在一起出現的兩個詞，所以才會造成雖然是標點符號，但是又不停頓的現象，如果不將這類的例子另外處理，則會造成不停頓變成 B2-2 或 B3 的停頓，將嚴重影響韻律。

Ex.67 : ... , 靠(P27) B1 港(Nca) B1、澳(Nca) B2-3 少數(Neqa) B2-1 愛(VL1) B1 犬(Nab) B0 人士(Nab) B2-2 熱心(Nad) B2-1 奔走(VA11) B3 , ...

Ex.68 : ... , 若(Cbaa) B2-1 蜂蜜(Naa) B2-3 混合(VC33) B2-1 牛(Nab) B2-3、羊乳(Naa) B1 食用(VC31) B4 , ...

Ex.69 : ... , 留下(VC2) B2-3 三(Neu) B1、四名(DM) B1 代表(Nab) B3 繼續(VF1) B2-3 和(P35) B2-3 大陸(Nca) B2-1 交涉(VE2) Be 。

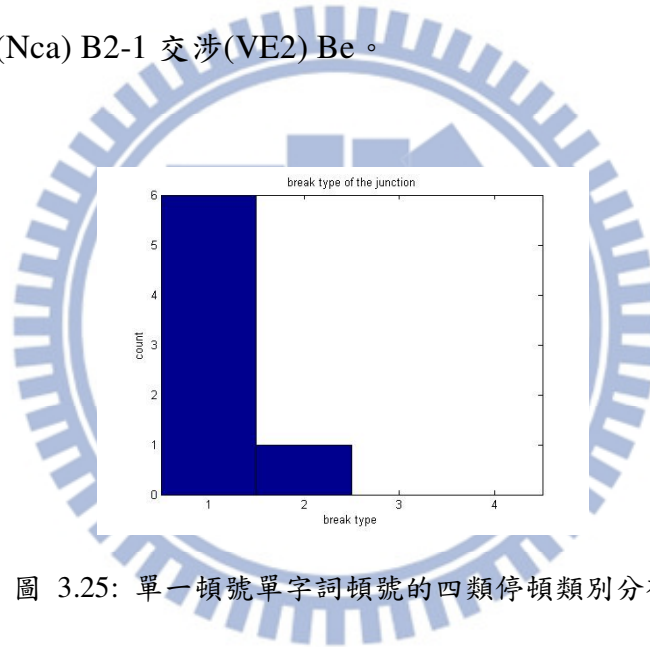


圖 3.25: 單一頓號單字詞頓號的四類停頓類別分布

3.6.2 單一頓號非單字詞

我們將單一頓號非單字詞的頓號結構句定義為頓號前、後為兩個或兩個音節以上對等的詞或詞組構成，如 Ex.70~Ex.72 中底線畫起來的部分，其中在 Ex.72 這個例子裡雖然有出現兩個頓號，但是第二的頓號接在連接詞之前，其實可以看成是連接詞之前的停頓，故這類的例子是只有看“李登輝”跟“郝柏村”中間的頓號，後面“郝柏村”與“視台獨主張如寇仇的國民黨人士”屬於一個連接詞詞組。圖 3.26 為單一頓號非單字詞的頓號之停頓分布統計及決策樹分析，由圖 3.26(a)可以看出這一類的頓號多是 B2-2 以及 B3，由圖 3.26(b)決策樹分析的結果可以看到若是

出現頓號的邊界到頓號結構句前、後的邊界愈短，愈有可能出現 B2-2 的停頓。

Ex.70 : ...，帶領(VF2) B1 警方(Nab) B2-2 查緝(VC2) B1 海岸(Ncc) B1 走私(Nv1) B3、偷渡(VA11) B3， ...

Ex.71 : ...，一些(Neqa) B2-3 從事(VJ1) B1 高溫(Nad) B1 工作(Nac) B3、化學(Nad) B1 藥物(Naeb) B2-2 與(Caa) B2-1 金屬(Naa) B2-2 工業(Nad) B1 者(Nab) B3， ...

Ex.72 : ...，提起(VE2) B0 一個(DM) B2-2 值得(VH15) B2-3 李登輝(Nba) B2-2、郝柏村(Nba) B3、和(Caa) B0 視(P46) B2-1 台獨(Nad) B1 主張(Nac) B2-2 如(VG2) B2-1 寇仇(Nab) B1 的(DE) B2-2 國民黨(Nba) B0 人士(Nab) B3， ...

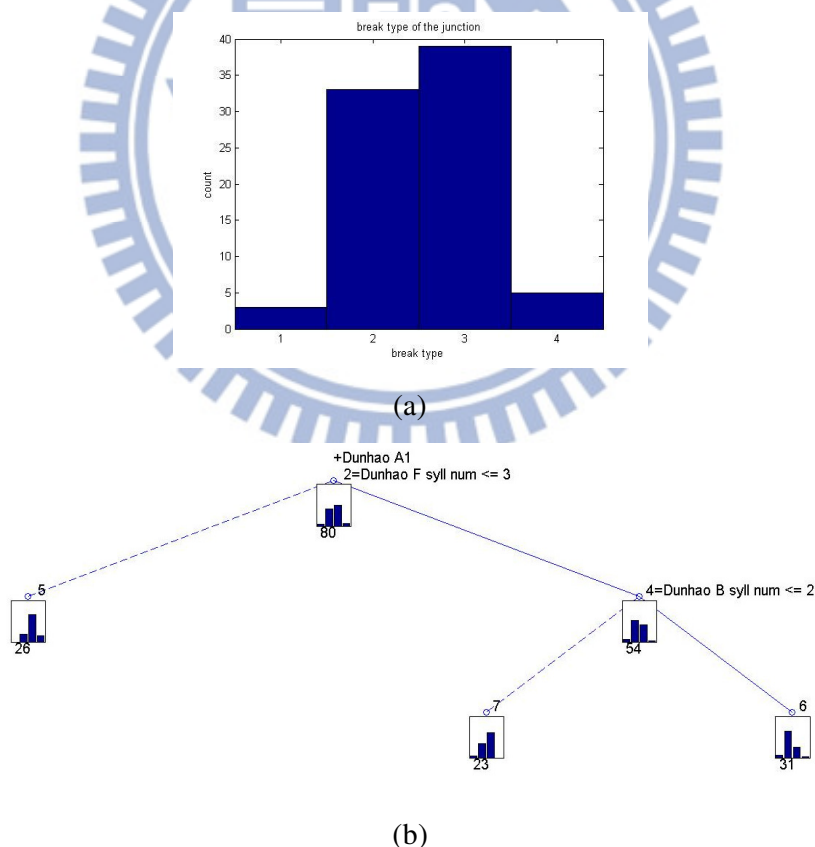


圖 3.26: 單一頓號非單字詞頓號的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果

3.6.3 連續頓號單字詞

我們將連續頓號單字詞的頓號結構句定義為經由兩個以上頓號連續對等的相接的詞皆為一字詞，如 Ex.73~Ex.74 中底線畫起來的部分。圖 3.27 為連續頓號單字詞的頓號的停頓分布統計，由圖 3.27 可以得知這類的停頓幾乎都是 B2-2 的停頓。

Ex.73 : ...，對(P31) B2-3 台灣(Nca) B0 原住民族(Nab) B3 仍(Dd) B1 是(V_11) B2-2 以(P11) B2-1 山地(Ncb) B2-3 保留地(Naa) B2-2 為(VG2) B2-1 基礎(Nad) B1 的(DE) B2-2 政(Nab) B2-2、經(Nad) B2-2、文(Nad) B2-1、教(Nab) B1 的(DE) B2-3 同化(Nv1) B2-3 政策(Nac) B4。

Ex.74 : ...，就(Dd) B1 是(Dbaa) B0 由(P06) B2-2 伯恩斯坦(Nbc) B3 指揮(VC2) B2-2，由(P06) B3 英(Nca) B2-2、美(Nca) B2-2、法(Nca) B2-1、蘇(Nca) B2-2、德(Nca) B2-2 五(Neu) B1 國(Ncb) B2-1 音樂家(Nab) B2-2 聯合(Dh) B1 組成(VG2) B1 的(DE) B2-2 交響樂團(Naeb) B2-2 及(Caa) B1 合唱團(Nab) B4，...

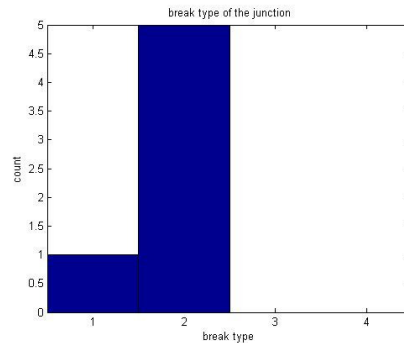


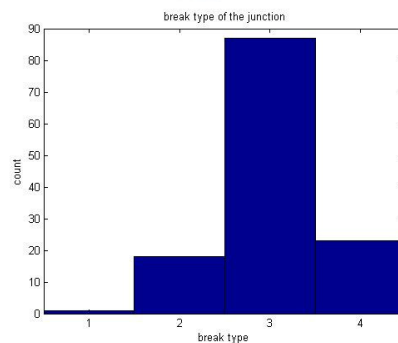
圖 3.27: 連續頓號單字詞頓號的四類停頓類別分布

3.6.4 連續頓號非單字詞

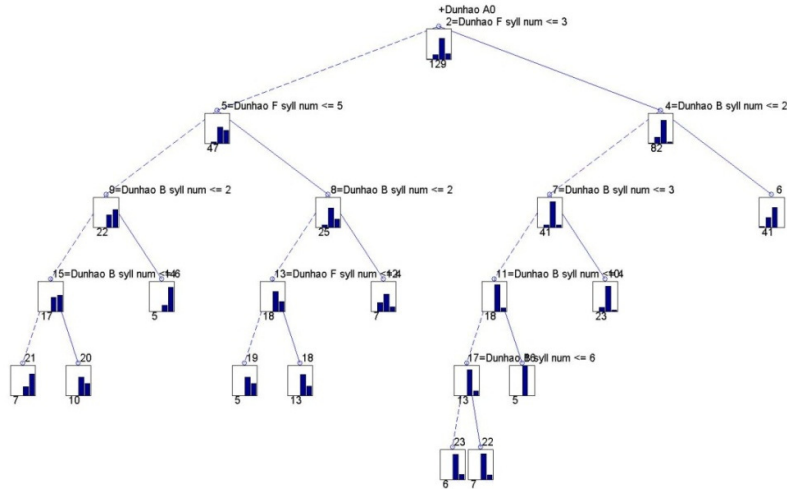
我們將連續頓號非單字詞的頓號結構句定義為經由兩個以上頓號連續對等的相接的詞或詞組皆不為一字詞，如 Ex.75~Ex.76 的例子，在 Ex.75 的例子中只看到前四個頓號，而最後一個頓號因為後接連接詞，所以“蘋果”以及“多葉蔬菜”視為一個連接詞詞組，蘋果後面的停頓視為連接詞前的停頓。圖 3.28 為連續頓號非單字詞的頓號之停頓標記分布統計以及決策樹分析，由圖 3.28(a)可以看到這類的頓號大多都是 B3 的停頓，這可能是因為這種句子是列舉很多的詞或詞組，所以說話者會用較長的停頓，使聽者可以清楚的聽到或是記得說話者說了哪些東西，由圖 3.28(b)可以看到若是頓號兩邊對等的詞或詞組結構較長，則愈可能出現 B4 的停頓，而結構較短的詞或詞組還是會以 B3 的停頓為主。

Ex.75 : ... , 魚(Nab) B3、家禽(Naeb) B3、豆類(Naeb) B2-2、甜菜(Nab) B3、蘋果(Nab) B3、及(Caa) B2-2 多葉(A) B1 蔬菜(Naa) B1 Be。

Ex.76 : ... , 李仕宏(Nba) B3、李福恩(Nba) B3、乃慧芳(Nba) B3、王思婷(Nba) B3、女壘隊(Nab) B2-2 陸陸續續(Dd) B1 地(DE) B2-2 淚(Naa) B1 灑(VC33) B2-3 游泳池(Ncb) B3、田徑場(Ncb) B3、網球場(Ncb) B2-2、壘球場(Ncb) B4，...



(a)



(b)
圖 3.28: 連續頓號非單字詞頓號的(a)四類停頓類別分布及(b)決策樹分析結果

3.6.5 條列式的頓號

頓號除了上述的用法之外，還有一種用法是在條列式的敘述某些東西，比如 Ex.77 以及 Ex.78 的例子。圖 3.29 為在訓練資料中找到條列式的頓號的停頓分布統計，由圖 3.29 可以知道這類的停頓皆為 B3 的停頓。

Ex.77: 一(Neu) B3、工作(Nac) B1 適量(VH11) B3，保持(VJ1) B2-1 身心(Nad) B1 平衡(Nv4) B3。

Ex.78: 二(Neu) B3、選擇(VC2) B2-1 工作(Nac) B2-3 環境(Nac) B3 避免(VE2) B1 受到(VJ3) B2-1 化學(Nad) B2-2 及 (Caa) B2-1 工業(Nad) B2-3 污染(Nv1) B0 的 (DE) B1 傷害(Nac) B4。

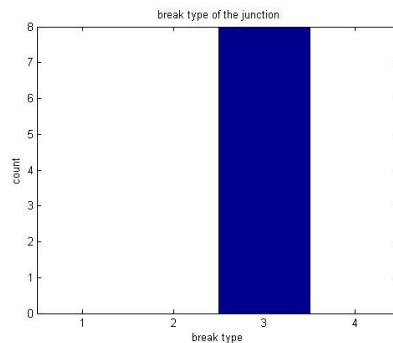


圖 3.29: 列舉式的頓號的四類停頓類別分布

第四章 停頓韻律標記產生器

在語音合成中，停頓韻律產生器扮演了相當重要的角色，為了產生更加自然的語音，能自動的產生精確的停頓韻律是相當重要的，但是在合成的階段輸入為純文字，故我們只能使用經由文字分析得到的語言參數來進行停頓韻律標記的預估。傳統上的預估方法為使用較粗略的語句階層以及詞階層的語言參數，並且利用大量的問題集來做決策樹的分析。本研究提出了兩個階段的方法來預估停頓韻律標記，第一階段是使用更精確的語言分析，並利用決策樹的方法將前面我們分析以及標記好的例子分別做決策樹的訓練，並預估出四大停頓類別的標記。做完第一階段決策樹的預估之後，得到每個音節邊界的停頓機率分布，第二階段再加入呼吸群/韻律群、韻律片語以及韻律詞長度的資訊來做由上往下的階層式搜尋，並且加入韻律斷點相對強度模型輔助使得預估結果更正確，到此階段完成四大停頓類別的預估。第三階段再依據第二階段產生的結果，將 NB 類別裡的 B0、B1、B2-1、B2-3 預估出來，到此階段完成七個類別的預估。本研究所提出的停頓韻律標記產生器方塊圖如圖 4.1 所示。

4.1 節介紹利用決策樹預估音節邊界的停頓的方法，4.2 節介紹加入呼吸群/韻律群、韻律片語以及韻律詞長度資訊做階層式搜尋的方法。4.3 節將介紹加入韻律斷點相對強度模型改善停頓預估的方法。4.4 節介紹 B0、B1、B2-1、B2-3 的預估。

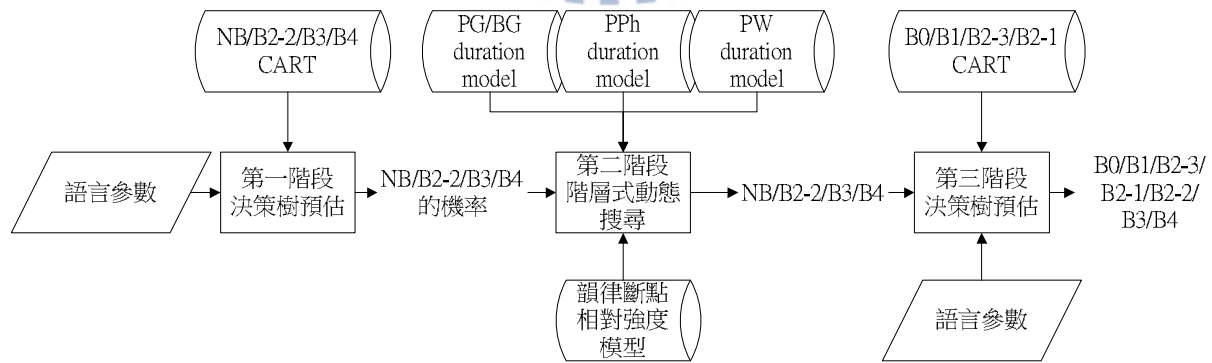


圖 4.1: 本研究所提出的停頓韻律標記產生器之方塊圖

4.1 利用決策樹預估四大停頓類別標記

利用決策樹的訓練以及預估方塊圖如圖 4.1，在訓練階段，除了使用原本詞階層以及語句階層的語言參數之外，另外再加入第三章介紹的詞組及片語階層的語言參數，訓練決策樹的方法為，將不同類型的音節邊界分別用不同的問題集做決策樹的訓練，依據第三章的介紹，我們分別對不同類型詞組的詞組內邊界訓練決策樹，使用的語言參數如表 4.1。對連接詞前、後邊界訓練分別訓練一顆決策樹，使用的語言參數如表 4.2。對不同類型「的」字結構片語中「的」字的後邊界分別訓練決策樹使用的語言參數如表 4.3。對不同類型的頓號也分別訓練決策樹，使用的語言參數如表 4.4。最後剩餘的音節邊界則使用詞階層以及語句階層的語言參數訓練一顆決策樹，使用的語言參數如表 4.5。而決策樹使用的分裂準則為最大概似函數增益。本研究將只使用詞階層及語句階層的語言參數預估停頓韻律的方法稱為方法一，而加入詞組以及片語的語言參數預估停頓韻律的方法稱為方法二，在方法一中只會使用表 4.5 的語言參數，在方法二中則會使用表 4.1~表 4.5 的語言參數，在本節中將比較使用方法一以及方法二訓練決策樹並且預估停頓標記的結果。

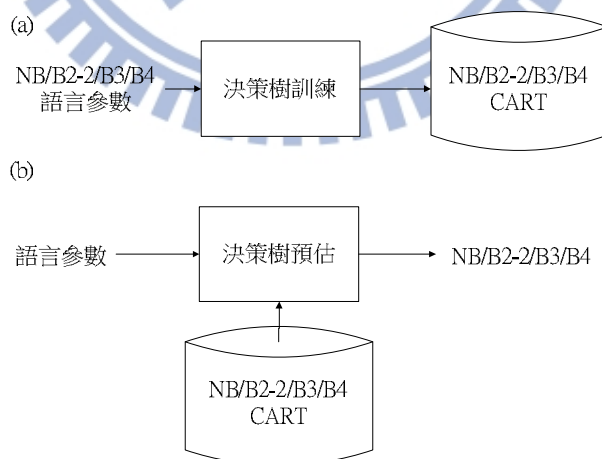


圖 4.2: 決策樹的(a)訓練階段，(b)預估停頓標記

表 4.1：詞組階層的语言參數列表

SB	音節邊界類型：Type-1 intra-word, Type-2 intra-word.
WC_type	詞組類型：一般的名詞詞組、緊密結合的名詞詞組、構成詞的名詞詞組、組織架構的名詞詞組、地址的名詞詞組、職稱接人名的名詞詞組、時間的名詞詞組、並列結合的名詞詞組、重複強調的名詞詞組、一般的副詞動詞介系詞詞組、緊密結合的副詞動詞介系詞詞組、並列結合的副詞動詞介系詞詞組、省略數詞詞組
DBB	Distance to the beginning boundary of word chunk
DEB	Distance to the ending boundary of word chunk

表 4.2：連接詞詞組的语言參數列表

DBB	Distance to the beginning boundary of Caa word chunk
DEB	Distance to the ending boundary of Caa word chunk

表 4.3：「的」字結構片語的语言參數列表

De_phrase_type	「的」字結構片語類型：名詞性「的」字結構片語、副詞性「的」字結構片語、省略性「的」字結構片語、形容詞性「的」字結構片語
DBB	Distance to the beginning boundary of De phrase.
DEB	Distance to the ending boundary of De phrase.

表 4.4：頓號的语言參數列表

Dunhao_type	頓號類型：單一頓號單字詞、單一頓號非單字詞、連續頓號單字詞、連續頓號非單字詞
DBB	Distance to the beginning boundary of Dunhao sentence
DEB	Distance to the ending boundary of Dunhao sentence
DPD	Distance to previous Dunhao
DFD	Distance to following Dunhao

表 4.5：詞階層以及語句階層的语言參數列表

SB	Type of syllable boundary: inter-phrase intra-phrase inter-word, Type-1 intra-word, Type-2 intra-word.
POS1	11-type POS: A, C, D, N, I, P, T, V, DE, SHI, DM
POS2	19-type POS : A, C, Dfa, Dfb, D, N, Nd, Ne, Ng, Nh, P, T, VA, VC, VH, V_2, DE, SHI, DM
POS3	46-type POS : A, Caa, Cab, Cba, Cbb, Da, Dfa, Dfb, Di, Dk, D, Na, Nb, Nc, Ncd, Nd,

	Neu, Nes, Nep, Neqa, Neqb, Nf, Ng, Nv, Nh, I, P, T, VA, VAC, VB, VC, VCL, VD, VE, VF, VG, VH, VHC, VI, VJ, VK, VL, V_2, DE, SHI, DM
WL	Length of word in syllable: 1, 2, 3, 4
PM	Type of PM: comma, period, question mark and others
LS	Length of sentence in syllable
LPS	Length of previous sentence
LFS	Length of following sentence
DPP	Distance to previous PM (the beginning of the sentence)
DFP	Distance to following PM (the end of the sentence)

依據表 4.1-表 4.5 所使用的語言參數來設計決策樹要問的問題，決策樹問題集附在附錄一。

表 4.6(a)為使用方法一訓練決策樹對測試語料的預估結果，表 4.6(b)為使用方法二訓練決策樹對測試語料的預估結果，第一列的 NB、B2-2、B3、B4 的表示決策樹的預估結果，第一行的 NB、B2-2、B3、B4 表示標記的答案，表 4.7 列舉一些加入詞組以及片語的語言參數之後有改進的例子。由表 4.6(a)及表 4.6(b)可以看到加入詞組以及片語的語言參數之後，NB 以及 B3 的預估會比不加入詞組以及片語的語言參數好得多，B2-2 的預估也有變好一點，NB 的預估變好是因為我們加入了詞組的語言資訊，詞組內的詞邊界通常不會停頓所導致，如表 4.7 中的第一個例子，另外加入頓號的分析也可以使得不停頓的頓號可以被預估出來，如表 4.7 中的第四個例子。B2-2 以及 B3 的預估變好則是受到比較特殊的詞組，像是職稱接人名的名詞詞組、時間的名詞詞組等，如表 4.7 中第二個與第三個例子。連接詞詞組中連接詞前的停頓預估以及「的」字結構片語中「的」字後邊界的停頓預估都有改進，如表 4.7 中第五個以及第六個例子。B4 的預估則是持平，因為 B4 大多是句號，驚嘆號等標點符號的停頓，加入詞組及片語的語言參數對 B4 的預估幾乎不會有影響。這部分的實驗結果可以說明引入比較精確的語言分析的確可以增加停頓標記預估的能力，也證明了加入詞組或片語的資訊來預估停頓標記會比只用詞性及詞長的資訊更為準確。但 B2-2 的預估還是很不好，可能是因為 NB 及 B2-2 的停頓長度是最相近的，而訓練資料中 NB 的個數比 B2-2 的個數還要高出許多，造成決策樹在訓練時被分出來的節點還是會以 NB 占大多數，只是每個節點內 B2-2 所佔的比率不同，如同第三章對各個例子的決策樹分析，且 B2-2 大多會出現在可以停可以不停的地方，要解決 B2-2 預估的問題，可

能還需要更精確的語言分析。

表 4.6：對測試語料使用決策樹訓練及預估結果(a)方法一 (b)方法二

(a)Tar\Pre	NB	B2-2	B3	B4
NB	3167	69	30	1
B2-2	182	93	49	0
B3	44	49	139	50
B4	0	0	29	133

Correct rate = 87.5%

(b)Tar\Pre	NB	B2-2	B3	B4
NB	3173	62	32	0
B2-2	188	102	34	0
B3	39	44	148	51
B4	0	0	27	135

Correct rate = 88.2%

表 4.7：列舉方法一與方法二之決策樹預估結果

	方法一之決策樹預估結果	方法二之決策樹預估結果
例一	第十五屆(DM, NB) B2-2 全(Neqa, NB) NB 國(Ncb, NB) B2-2 中正盃(Nba, B2-2) B2-2, ...	<u>第十五屆(DM, NB) NB 全(Neqa, NB) 國</u> <u>NB (Ncb, NB) NB 中正盃(Nba,</u> <u>B2-2) B2-2, ...</u>
例二	十年(DM, NB) NB 以前(Ng, B2-2) NB 五 月(Ndabc, NB) NB 十六日(Ndabd, B4) B4, ...	<u>十年(DM, NB) NB 以前(Ng, B2-2) B2-2</u> <u>五月(Ndabc, NB) NB 十六日(Ndabd,</u> <u>B4) B4, ...</u>
例三	但(Cbca, NB) NB 主力(Nad, NB) NB 中鋒 (Nab, B2-2) NB 賈巴(Nba, B3) B2-2 在 (P21, NB) NB 第五場(DM, NB) NB 受傷 (VH11, B3) B3, ...	但(Cbca, NB) NB <u>主力(Nad, NB) NB 中鋒</u> <u>(Nab, B2-2) B2-2 賈巴(Nba, B3) B2-2</u> 在 (P21, NB) NB 第五場(DM, NB) NB 受傷 (VH11, B3) B3, ...

例四	韓國隊(Nba, NB) B2-2 另四分(DM, B3) NB 則(Dbb, NB) NB 在(P21, B2-2) NB 一(Neu, NB) B3 、四局(DM, NB) NB 攻下(VC2, B4) B3，	韓國隊(Nba, NB) B2-2 另四分(DM, B3) NB 則(Dbb, NB) NB 在(P21, B2-2) NB <u>一(Neu, NB) NB</u> 、四局(DM, NB) <u>NB</u> 攻下(VC2, B4) B3，
例五	以(P11, NB) NB 組團(Nv4, NB) NB 方式(Nac, NB) B2-2 去(VC1, NB) NB 的(DE, B2-2) NB 明顯(VH11, NB) NB 增多(VH16, B4) B4。	以(P11, NB) <u>NB</u> 組團(Nv4, NB) <u>NB</u> 方式(Nac, NB) B2-2 去(VC1, NB) <u>NB</u> 的(DE, B2-2) <u>B2-2</u> 明顯(VH11, NB) <u>NB</u> 增多(VH16, B4) B4。
例六	齊集(VH14, NB) NB 國內外(Ncc, B2-2) NB 古董級(Nad, NB) NB 名(A, NB) NB 車(Nab, B3) B2-2 及(Caa, NB) NB 當代(Nddc, NB) NB 新款(A, NB) NB 車系(Nac, B4) B4。	齊集(VH14, NB) NB <u>國內外(Ncc, B2-2) NB 古董級(Nad, NB) NB 名(A, NB) NB 車(Nab, B3) B3</u> 及(Caa, NB) NB 當代(Nddc, NB) NB 新款(A, NB) NB 車系(Nac, B4) B4。

(註：括號內為詞性以及原本標記的答案，括號後為預估出來的停頓標記，底線標起來的部份表示我們標記的詞組或片語，粗斜體的停頓標記表示兩種方法預估出來的結果不一樣的地方)

4.2 加入長度資訊動態預估四大停頓類別標記

決策樹預估的結果雖已有不錯的效果，但是決策樹的預估仍是屬於靜態的預估，只針對每個音節邊界依據語言參數做預估，而沒有考慮到每個韻律詞、韻律片語、呼吸群/韻律群的長度，所以決策樹預估出來的結果可能會出現一段長的句子裡沒有預估出停頓的現象，這種現象明顯的與一般人講話的模式不同，因為人在一般說話或是讀稿時很少會唸一段很長的句子而沒有停頓，且停頓的長度並不是都是一致的，而是有長有短的。所以將停頓韻律標記產生器的第一階段決策樹預估的結果轉成每個停頓在音節邊界出現的機率，在第二個階段，加入韻律詞、韻律片語、呼吸群/韻律群的長度模型，並且由上而下的方式，先預估出一個短文(Paragraph)中的呼吸群/韻律群邊界，也就是短文中 B4 停頓出現的位置，接著往下預估呼吸群/韻律群中韻律片語邊界，也就是 B3 停頓出現的位置，最後再往下預估韻律片語中韻律詞的邊界，也就是 B2-2 停頓出現的位置，剩下的部分為 NB，而韻律詞、韻律片語、呼吸群/韻律群的音節長度機率分布如圖 4.2。本節中也將承襲 4.1 節的結果，比較兩種方法在加入長度模型做動態的

搜尋之後，其結果的不同。

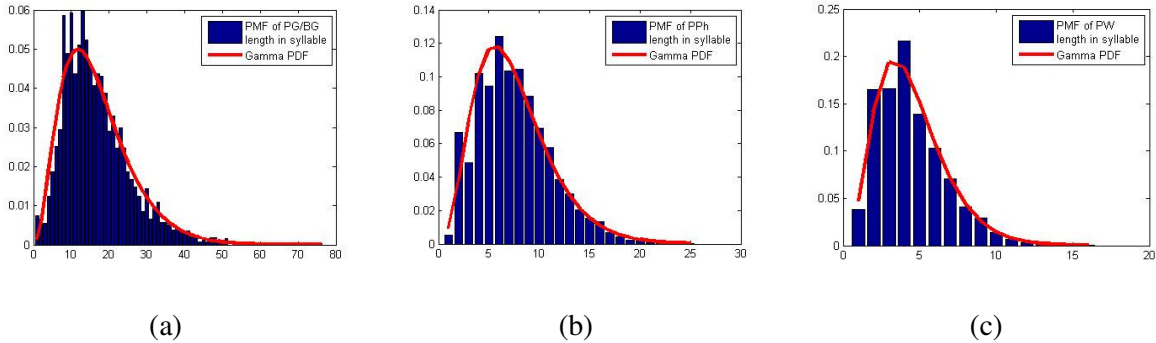


圖 4.3: (a)呼吸群/韻律群 (b)韻律片語 (c)韻律詞 音節長度機率分布

階層式動態搜尋的做法為，使用長度模型的機率密度函數(Probability distribution function)以及累積機率密度函數(Cumulative distribution function)混和計算分數，會使用到累積機率密度函數來計算分數是因為機率密度函數的分數級距會有不顯著的時候，使得兩個長度相近的韻律單元計算出來的分數差距不夠明顯，且累計機率密度函數可以補足機率密度函數在相鄰兩個韻律單元邊界長度愈長時反而機率愈低的不足。在每一個層級都會先留下 Top-N 的結果以及分數，待下一級預估完成後回傳結果以及分數並且與目前層級的分數做累加，直到最後累加的分數最高者即為預估結果。各階層長度模型的權重(Weight)的調法為對發展資料先給定正確的上層邊界位置，找到能使此階層要預估的停頓標記之 F-measure 最好的值當作權重，其中 F-measure 的計算方法如式子(4-1)~(4-3)。舉例來說，尋找韻律詞長度模型的權重的方法為先給定正確的 B3、B4 以及短語邊界的位置，調整韻律詞長度模型的權重使得能讓預估 B2-2 的效果最好的值當作對測試資料使用的權重。依照此方法，對各個長度模型找出的權重值如表 4.8 所示。

$$precision = \frac{|\{relevant\ data\} \cap |\{retrieved\ data\}|}{|\{retrieved\ data\}|} \quad (4-1)$$

$$recall = \frac{|\{relevant\ data\} \cap |\{retrieved\ data\}|}{|\{retrieved\ data\}|} \quad (4-2)$$

$$F\text{-measure} = \frac{2 \times \text{precision} \times \text{recall}}{(\text{precision} + \text{recall})} \quad (4-3)$$

表 4.8：各個長度模型所使用的權重值(a)方法一 (b)方法二

(a)	長度模型	權重值
	PG/BG	0.04
	PPh	0.14
	PW	0.2

(b)	長度模型	權重值
	PG/BG	0.04
	PPh	0.2
	PW	0.2

表 4.9 為使用方法一以及方法二對測試語料加入長度模型做階層式動態搜尋的結果，表 4.10 為列舉一些使用方法二加入長度模型前以及加入長度模型後的例子，由表 4.9 可以看出加入長度模型後對於 B2-2、B3、B4 的預估皆有提升，且對於 B2-2 的預估提升了不少，表 4.10 的第三、四、六個例子也說明了加入長度模型的資訊的確可以有益於 B2-2、B3、B4 的預估。但是 NB 的預估反而變不好了，表示加入長度模型之後反而有些不該停頓的音節邊界被塞了停頓進去，如表 4.10 中的第一個例子，原本詞組中不應該出現停頓的地方被塞入了一個 B2-2 的停頓，造成這樣的原因是因為長度模型是針對所有的訓練資料做出來的統計結果，並沒有針對句子的長短以及語言特性做調整，使得結果並不是那麼理想。比較表 4.6(a)、表 4.6(b)以及表 4.9(a)、表 4.9(b)可以發現經由加入長度模型動態搜尋之後方法一被多塞入的停頓比方法二來得多，而觀察預估的結果，可以發現到在方法一中因為沒有加入詞組以及片語的資訊，所以在我們標記為詞組以及片語的例子中被塞入停頓的情況比方法二來得嚴重，這類的例子如表 4.11。這證明了有詞組的語言參數，會使得決策樹預估詞組內詞邊界為 NB 機率較高，加入長度模型

做動態搜尋過後，詞組內詞邊界不會被亂塞停頓進去，就比較不會在不該停頓的地方出現停頓。

表 4.9：加入長度模型後動態搜尋的結果(a)方法一 (b)方法二

(a) Tar\Pre	NB	B2-2	B3	B4
NB	3111	102	53	1
B2-2	143	124	57	0
B3	23	60	144	55
B4	0	0	26	136

Correct rate = 87.1%

(b) Tar\Pre	NB	B2-2	B3	B4
NB	3139	97	31	0
B2-2	150	129	45	0
B3	27	50	152	53
B4	0	0	27	135

Correct rate = 88.1%

表 4.10：列舉方法二加入長度模型前、後之預估結果的比較

	方法二加入長度模型前之預估結果	方法二加入長度模型後之預估結果
例一	放寬(VC2, NB) NB 選擇性(Nad, NB) <u>NB</u> 信用(Nad, NB) NB 貸款(Naeb, NB) B4，	放寬(VC2, NB) NB 選擇性(Nad, NB) B2-2 信用(Nad, NB) NB 貸款(Naeb, NB) B4，
例二	下午(Ndabe, NB) B2-2 一時(Ndabe, NB) NB 三十分(Ndabe, B3) NB 由(P06, NB) NB 明德(Nba, B2-2) NB 出戰(VC2, NB)NB 後甲(Nba, B4) B4	下午(Ndabe, NB) B2-2 一時(Ndabe, NB) NB 三十分(Ndabe, B3) B3 由(P06, NB) NB 明德(Nba, B2-2) NB 出戰(VC2, NB)NB 後甲(Nba, B4) B4
例三	但(Cbca, NB) NB <u>主力</u> (Nad, NB) NB 中鋒 (Nab, B2-2) B2-2 賈巴(Nba, B3) B2-2 在	但(Cbca, NB) NB <u>主力</u> (Nad, NB) NB 中鋒 (Nab, B2-2) B2-2 賈巴(Nba, B3) B3 在

	(P21, NB) NB 第五場(DM, NB) NB 受傷 (VH11, B3) B3 ,	(P21, NB) NB 第五場(DM, NB) NB 受傷 (VH11, B3) B3
例四	韓國隊(Nba, NB) B2-2 另四分(DM, B3) NB 則(Dbb, NB) NB 在(P21, B2-2) NB 一(Neu, NB) NB 、四局(DM, NB) NB 攻下(VC2, B4) B3 ,	韓國隊(Nba, NB) B2-2 另四分(DM, B3) NB 則(Dbb, NB) NB 在(P21, B2-2) B2-2 一(Neu, NB) NB 、四局(DM, NB) NB 攻下(VC2, B4) B4 ,
例五	增資股(Nac, B3) B2-2 依(P42, NB) NB 股款(Nab, NB) NB 收足日(Nac, NB) NB 的 (DE, NB) NB 月份(Nac, NB) NB 比率 (Nac, NB) NB 計算(VC2, B4) B4 ,	增資股(Nac, B3) B2-2 依(P42, NB) NB 股款(Nab, NB) NB 收足日(Nac, NB) NB 的 (DE, NB) B2-2 月份(Nac, NB) NB 比率 (Nac, NB) NB 計算(VC2, B4) B4 ,
例六	齊集(VH14, NB) NB 國內外(Ncc, B2-2) NB 古董級(Nad, NB)NB 名(A, NB) NB 車(Nab, B3) B3 及(Caa, NB) NB 當代(Nddc, NB) NB 新款(A, NB) NB 車系(Nac, B4) B4 。	齊集(VH14, NB)NB 國內外(Ncc, B2-2) B2-2 古董級(Nad, NB)NB 名(A, NB)NB 車(Nab, B3)B3 及(Caa, NB)NB 當代(Nddc, NB) NB 新款(A, NB) NB 車系 (Nac, B4) B4 。

(註: 括號內為詞性以及原本標記的答案, 括號後為預估出來的停頓標記, 粗斜體的停頓標記表示加入長度模型後有變化的地方)

表 4.11: 列舉方法一與方法二加入長度模型後之預估結果

	方法一加入長度模型後之預估結果	方法二加入長度模型後之預估結果
例一	緊急(VH11, NB) NB 到(P61, B2-2) NB 根本(Dbb, NB) B2-2 無暇(VH11, NB) NB 考慮(VE2, B2-2) NB 成本(Naeb, NB) NB 因素(Nac, B3) B4 ,	緊急(VH11, NB) NB 到(P61, B2-2) NB 根本(Dbb, NB) NB 無暇(VH11, NB) NB 考慮(VE2, B2-2) B3 成本(Naeb, NB) NB 因素(Nac, B3) B4 ,
例二	前往(VC1, NB) NB 北京(Nca, NB) B2-2 探親(VA4, B3) B2-2 、旅遊(VA4, B3) B3 和(Caa, NB) NB 從事(VJ1, B1) NB 各項(DM, NB) B2-2 交流(Nv4, B1) NB 活動(Nac, NB) NB 的 (Ta, B3) B3 ,	前往(VC1, NB) NB 北京(Nca, NB) B2-2 探親(VA4, B3) B2-2 、旅遊(VA4, B3) B3 和(Caa, NB) NB 從事(VJ1, B1) B2-2 各項(DM, NB) NB 交流(Nv4, B1) NB 活動(Nac, NB) NB 的(Ta, B3) B3 ,
例三	已(Dd, NB) NB 觸怒(VC2, NB) NB 了(Di, NB) B3 柴契爾(Nba, NB) NB 的(DE, B2-2) NB 忠實(VH11, NB) NB 支持(VC2, B1) NB 者(Nab, Be) BE	已(Dd, NB) NB 觸怒(VC2, NB) NB 了(Di, NB) NB 柴契爾(Nba, NB) NB 的(DE, B2-2) NB 忠實(VH11, NB) B2-2 支持(VC2, B1) NB 者(Nab, Be) BE

4.3 加入韻律斷點相對強度模型

在 4.2 節中提到，加入長度模型之後可能會使得原本在詞組以及片語內不出現停頓的地方出現停頓。而在第三章的討論裡，我們也看到大多數的詞組裡停頓都是 NB，這表示雖然詞組在語法結構上較一般詞有更大的語意和語法結構，但它還是跟一般詞一樣有類似的語法層次，我們假設語音的韻律階層也會反映語法層次的結構，藉由觀察詞組以及片語內的詞邊界與詞組及片語邊界的韻律斷點的相對強度，驗證韻律斷點強度會反映語法的層次結構，詞組以及片語的邊界停頓會大於等於詞組以及片語內的詞邊界停頓，進一步的建立由語法結構預估韻律的模型，應用於改善加入長度模型後，造成在詞組或片語內不該停頓的地方出現停頓的現象。

以下對於詞組的部分，目前先討論雙詞結構詞組以及三詞結構詞組的韻律斷點相對強度，如表 4.12 及表 4.13，因為這兩種詞組占總詞組數的約 75%，結構更大者目前暫時不討論。而對於片語的部分目前討論的是「的」字結構片語的韻律斷點相對強度，如表 4.14。

表 4.12: 韻律斷點相對強度和雙詞結構詞組的層次關係

韻律斷點相對強度	範例	數量	百分比
$B_{in} \leq B_{end} \text{ and } B_{in} \leq B_{begin}$	依據 NB 行政院 NB 主計處 NB 的 NB	3812	96.5%
$B_{in} \leq B_{end} \text{ and } B_b = B_{begin}$	羅家倫 NB 先生 B3 編 B2-2		
$B_e = B_{end} \text{ and } B_{in} \leq B_{begin}$	紀律 B2-2，決不 NB 抽菸 Be。		
$B_{in} > B_{end} \text{ and } B_{in} \leq B_{begin}$	部長 B2-2 匆匆 B2-2 晤談 NB 十分鐘	139	3.5%
$B_{in} \leq B_{end} \text{ and } B_{in} > B_{begin}$	的 NB 處分 B2-2 方式 B3，		
$B_{in} > B_{end} \text{ and } B_{in} > B_{begin}$	答覆 NB 立委 B2-2 蔡勝邦 NB 的		
Total		3951	100%

(註: B_{in} 代表詞組內的停頓邊界, B_{begin} 代表詞組前邊界的停頓, B_{end} 代表詞組後邊界的停頓, B_b 代表音檔起始, B_e 代表音檔結尾, 數量為詞組的數量)

表 4.13：韻律斷點相對強度和三詞結構詞組的層次關係

韻律斷點相對強度	範例	數量	百分比
$B_{in} \leq B_{end} \text{ and } B_{in} \leq B_{begin}$	在 NB 昨天 NB 中午 NB 以前 B3，	453	89.2%
$B_{in} \leq B_{end} \text{ and } B_b = B_{begin}$	部分 NB 洪門 NB 弟兄 B3，		
$B_e = B_{end} \text{ and } B_{in} \leq B_{begin}$	真是 NB 感到 NB 非常 NB 無奈 Be。		
$B_{in} > B_{end} \text{ and } B_{in} \leq B_{begin}$	造成 NB 不孕症 B2-2 發生率 B2-2 高漲 NB 的	55	10.8%
$B_{in} \leq B_{end} \text{ and } B_{in} > B_{begin}$	的 NB 交大 NB 教務長 B2-2 陳義揚 B3，		
$B_{in} > B_{end} \text{ and } B_{in} > B_{begin}$	任由 NB 聖火隊 NB 小 B2-2 舟 NB 從 NB 此 NB		
Total		508	100%

由表 4.12 的統計可以看出，有 96.5% 的雙詞結構詞組符合韻律斷點相對強度的論點，這表示為了符合語法上面的層次結構，大多數的雙詞結構詞組中間不會出先比邊界還要強的停頓，而違反韻律斷點相對強度的例子，經過觀察，這些例子可能有後接「的」字，或者是因為這些詞組前、後有更短的短詞相接，或是因為它是一個特殊的詞組，如並列結合的名詞詞組及職稱接人名的名詞詞組。由表 4.13 的觀察也可以看出當詞組的結構愈大時，符合韻律斷點相對強度模型的詞組所占的比例為 89.2%，明顯的比雙詞結構詞組還不符合韻律斷點相對強度，表示結構愈大時，因為詞組所含的字數愈多，人們愈有可能在詞組中間出現停頓，且受到前、後短詞結合的影響會更大。

表 4.14：韻律斷點相對強度和「的」字結構片語的層次關係

韻律斷點相對強度	範例	數量	百分比
$B_{in} \leq B_{end} \text{ and } B_{in} \leq B_{begin}$	我 NB 絕對 NB 相信 B3 <u>宗教 B2-2 提升 NB 人類 NB 心靈 NB 的 NB 力量 B4</u> ，	1263	80.3%
$B_{in} \leq B_{end} \text{ and } B_b = B_{begin}$			
$B_e = B_{end} \text{ and } B_{in} \leq B_{begin}$			
$B_{in} > B_{end} \text{ and } B_{in} \leq B_{begin}$	避免 NB 受到 NB <u>化學 B2-2 及 NB 工業 NB 污染 NB 的 NB 傷害 B4</u> 。	309	19.7%
$B_{in} \leq B_{end} \text{ and } B_{in} > B_{begin}$			
$B_{in} > B_{end} \text{ and } B_{in} > B_{begin}$			
Total		1572	100%

由表 4.14 的統計可以知道，大約有 80% 的「的」字結構片語符合韻律斷點強度，而違反的例子大多是因為「的」字結構片語裡又包含了結構也比較大的連接詞詞組，或甚至是「的」字結構片語裡面又包含一個「的」字結構片語，形成結構比較複雜的片語，因為結構大且複雜，「的」字結構片語裡詞邊界出現比片語邊界斷點還要強的機率就會比較高。由以上的論述，我們可以推論若是詞組或片語的結構愈大且愈複雜者，其愈有可能會違反韻律斷點相對強度。

表 4.15 為對測試語料加入長度模型及韻律斷點相對強度模型做階層式動態搜尋的結果，可以看到 NB 的預估有提升了一些，且對於 B2-2、B3、B4 的影響皆不大，這表示加入相對強度的模型的確有助於減少詞組以及片語內出現停頓，如表 4.16 列出來的例子。

表 4.15：使用方法二對測試語料加入長度模型及韻律斷點相對強度模型的結果

Tar\Pre	NB	B2-2	B3	B4
NB	3150	86	31	0
B2-2	156	124	44	0
B3	28	48	154	52
B4	0	0	25	137

Correct rate = 88.4%

表 4.16：列舉方法二加入韻律斷點相對強度模型前、後之預估結果

	加入韻律斷點相對強度模型前	加入韻律斷點相對強度模型後
例一	放寬(VC2, NB) NB <u>選擇性(Nad, NB)</u> <u>B2-2</u> 信用(Nad, NB) NB 貸款(Naeb, NB) B4，	放寬(VC2, NB) NB <u>選擇性(Nad, NB)</u> NB 信用(Nad, NB) NB 貸款(Naeb, NB) B4，
例二	下午(Ndabe, NB) <u>B2-2</u> 一時(Ndabe, NB) NB 三十分(Ndabe, B3) B3 由(P06, NB) NB 明德(Nba, B2-2) NB 出戰(VC2, NB)NB 後甲(Nba, B4) B4	下午(Ndabe, NB) NB 一時(Ndabe, NB) NB 三十分(Ndabe, B3) B3 由(P06, NB)NB 明德(Nba, B2-2) NB 出戰(VC2, NB)NB 後甲(Nba, B4) B4

例三	增資股(Nac, B3) B2-2 依(P42, NB) NB 股款(Nab, NB) NB 收足日(Nac, NB) NB 的(DE, NB) B2-2 月份(Nac, NB) NB 比率(Nac, NB) NB 計算(VC2, B4) B4 ,	增資股(Nac, B3) B2-2 依(P42, NB) NB 股款(Nab, NB) NB 收足日(Nac, NB) NB 的(DE, NB) NB 月份(Nac, NB) NB 比率(Nac, NB) NB 計算(VC2, B4) B4 ,
例四	台塑(Nba, NB)NB公司(Ncb, NB) B2-2 相中(VC31, NB) NB 的(DE, NB) NB 六輕(Ncb, NB) NB 地點(Nac, B2-2) B2-2 相當(Dfa, NB) NB 多(VH13, B4)B4 ,	台塑(Nba, NB)NB公司(Ncb, NB) NB 相中(VC31, NB) NB 的(DE, NB) NB 六輕(Ncb, NB) NB 地點(Nac, B2-2) B2-2 相當(Dfa, NB) NB 多(VH13, B4)B4 ,
例五	反而(Cbcb, NB) NB 直接(VH11, B2-2) B2-2 被(P02, B1) NB 投中(VC2, B1) NB 的(DE, B1) NB 打者(Nab, B2-2) B2-2 沒(VJ3, B1) NB 事(Nac, B1) NB 上壘(VA4, Be) BE 。	反而(Cbcb, NB) NB 直接(VH11, B2-2) NB 被(P02, B1) NB 投中(VC2, B1) NB 的(DE, B1) NB 打者(Nab, B2-2) B2-2 沒(VJ3, B1) NB 事(Nac, B1) NB 上壘(VA4, Be) BE 。

4.4 利用決策樹預估 NB 中四小類的停頓標記

前面的實驗已經完整的預估完 NB、B2-2、B3 以及 B4 的停頓，最後我們再利用決策樹的方法來預估 NB 裡的 B0、B1、B2-1、B2-3，訓練以及預估的方塊圖如圖 4.4，用來訓練決策樹的語言參數列表如表 4.17，決策樹的訓練結果如圖 4.5，測試資料的預估結果如表 4.18。

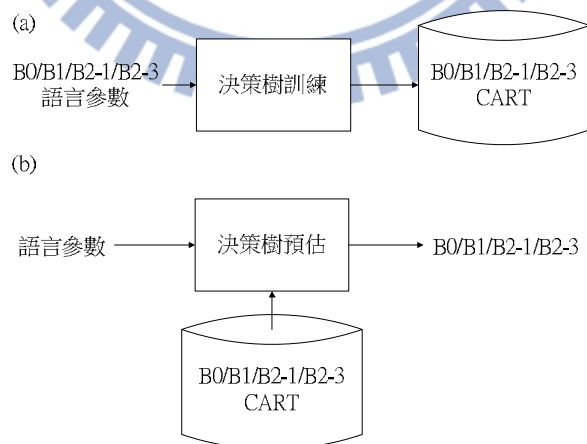


圖 4.4: 決策樹的(a)訓練階段 (b)預估停頓

表 4.17：詞階層、語句階層以及音節階層的语言参数列表

SB	Type of syllable boundary: inter-word, Type-1 intra-word, Type-2 intra-word.
POS1	11-type POS: A, C, D, N, I, P, T, V, DE, SHI, DM
POS2	19-type POS : A, C, Dfa, Dfb, D, N, Nd, Ne, Ng, Nh, P, T, VA, VC, VH, V_2, DE, SHI, DM
POS3	46-type POS : A, Caa, Cab, Cba, Cbb, Da, Dfa, Dfb, Di, Dk, D, Na, Nb, Nc, Ncd, Nd, Neu, Nes, Nep, Neqa, Neqb, Nf, Ng, Nv, Nh, I, P, T, VA, VAC, VB, VC, VCL, VD, VE, VF, VG, VH, VHC, VI, VJ, VK, VL, V_2, DE, SHI, DM
WL	Length of word in syllable: 1, 2, 3, 4
PM	Type of PM: comma, period, question mark and others
LS	Length of sentence in syllable
LPS	Length of previous sentence
LFS	Length of following sentence
DPP	Distance to previous PM (the beginning of the sentence)
DFP	Distance to following PM (the end of the sentence)
Tone	5-type tones : 1, 2, 3, 4, 5
FI	Type of following syllable's initial : {INULL}, {m, n, l, r}, {b, d, g}, {f, s, sh, shi, h}, {ts, ch, chi}, {p, t, k}, {tz, j, ji}

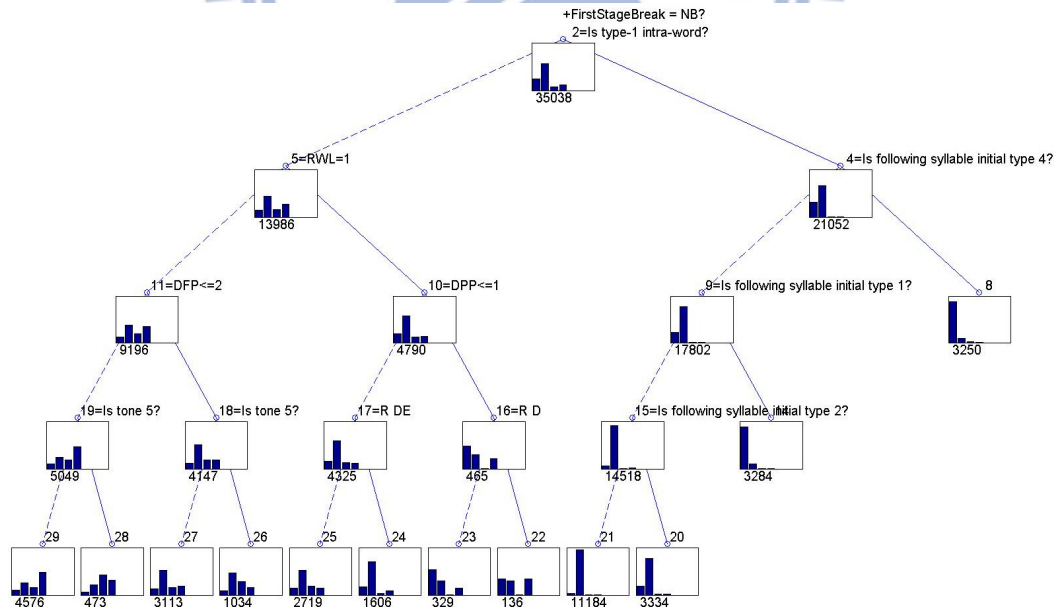


圖 4.5: 停頓標記语言模型之决策树

由圖 4.5 的决策树训练结果得知，屬於 Type-1 intra-word 的音節邊界的停頓大多為 B0/B1，

這類的例子除了有原本的詞內邊界之外，還有我們標記為 Type-1 intra-word 的詞組內詞邊界，決策樹的結果可以看出 B0/B1 的停頓主要受到用下一個音節的聲母影響。而另一邊不屬於 Type-1 intra-word 的音節邊界，則包含 Type-2 intra-word 以及原本的 inter-word，故對於這一類的音節邊界，我們也給予詞階層以及語句階層的語言參數，從決策樹中也可以看到，音節邊界前、後詞的長度可能是重要的參數，如節點 5 問的音節邊界右邊的詞長是否等於 1，由節點 5 可以看出符合條件的音節邊界其停頓分布比較偏向於 B0/B1。而一些特殊的詞性可能也會影響，如節點 17 問的音節邊界右邊的詞性是“DE”的話，則由節點 24 可以看出符合條件的音節邊界其停頓大多為 B0/B1 的停頓。由節點 10 以及節點 11 可以看出語句階層的參數影響，離句子起始小於兩個音節的音節邊界以及離句子結尾小於一個音節的音節邊界其停頓也比較偏向於 B0/B1 的停頓。

表 4.18：測試資料七類停頓類別之預估結果

Tar\Pre	B0	B1	B2-3	B2-1	B2-2	B3	B4
B0	464	129	5	23	1	2	0
B1	118	1846	8	95	30	11	0
B2-3	7	101	18	41	24	10	0
B2-1	16	117	10	152	31	8	0
B2-2	5	62	11	78	124	44	0
B3	0	9	6	13	48	154	52
B4	0	0	0	0	0	25	137

Correct rate = 71.8%

由表 4.18 的結果可以得知 B0、B1 的預估結果是不錯的，表示音節邊界右邊音節的聲母類型對於預估 B0/B1 的影響是重要的，但是 B2-1 以及 B2-3 的預估結果就沒那麼好了，B2-1 為 pitch reset 的停頓，會受到音節聲調的影響，而加入音節聲調的語言參數的確可以使 B2-1 的停頓預估變好。B2-3 為音節的拉長效應，本研究目前無法有效的預估 B2-3 的停頓。

第五章 結論與未來展望

5.1 結論

本研究利用人工標記出來的詞組以及片語的語言參數，重新建立停頓標記語言模型，在第三章中我們可以得知雖然同樣為詞組，但不同類型的詞組則會有不同的停頓標記分布，同樣的，對於片語也是，所以欲增進停頓標記的預估對於語言上的分析是必要的，且除了語法結構之外，還需要語意的訊息來輔助。由第三章與第四章的分析可以得知，在詞組中出現停頓的機率很低，且違反韻律斷點相對強度的機率也不高，這表示很多的詞組其實應該當作一個比較大的詞來看待，如此一來會減少很多原本屬於詞邊界的音節邊界，使得停頓標記語言模型能夠更準確的模擬韻律結構與語法、語意結構的關係。對於片語，雖然片語中還是會出現停頓，但是應該將其看成一個比較大的語言單位，對於停頓標記預估是會有幫助的。

5.2 未來展望

由於本研究還是以人工標記的方式標記出詞組以及片語的語言參數，但這樣的作法耗時，且會有不一致的現象，對於大型語料庫還是需要機器自動化的產生這些語言參數，故本研究先證明了詞組及片語的語言參數對於停頓韻律標記的預估是有效的，相信機器自動化學習以及標記詞組及片語的語言參數成功之後，經由對大量語料的分析得到更符合韻律結構與語法結構關係的停頓標記語言模型，停頓標記的預估一定會有很長足的進步，也將能合成出韻律更好的中文語音。

參考文獻

- [1] X. Shan and B. Xu “A CART-based hierarchical stochastic model for prosodic phrasing in Chinese,” Proceedings of the ISCSLP 2000, pp. 105-109.
- [2] X. Sun and T. H Applebaum, “Intonational phrase break prediction using decision tree and n-gram model,” Proceedings of the Eurospeech 2001, pp. 537-540.
- [3] A. W. Black and P. Taylor, “ Assigning phrase breaks from part-of-speech sequences,” Proceedings of the Eurospeech 1997, pp. 995-998.
- [4] Z. -P. Zhao, T.-J. Zhao, and Y.-T. Zhu, “A maximum entropy Markov for prediction of prosodic phrase boundaries in Chinese TTS,” Proceedings of the IEEE GrC 2007, pp 498-498.
- [5] Y. -Q. Shao, Y.-Z. Zhao, J.-Q. Han, and T. Liu, “Using different models to label the break indices for Mandarin speech synthesis,” Proceedings of the ICMLC 2005, Vol. 6, pp. 3802-3807.
- [6] Z. Sheng, J.-H. Tao, and D.-L. Jiang, “Chinese prosodic phrasing with extended features,” Proceedings of the Interspeech 2004, pp. 729-732.
- [7] H.-J. Peng, C.-C. Chen, C. -Y Tseng, and K.-J. Chen, “Predicting prosodic words from lexical words— A first step towards predicting prosody from text,” Proceedings of the ISCSLP 2000, pp. 105-109.
- [8] C.-Y. Chiang, H.-M. Yu, Y.-R. Wang, and S.-H. Chen “Unsupervised joint prosody labeling and

modeling for Mandarin speech,” 國立交通大學博士論文, 2009.

[9] C. -Y Tseng, S. -H. Pin, Y. -L Lee, H. -M. Wang, and Y. -C. Chen, “Fluent speech prosody: Framework and modeling,” *Speech Commun. Special issue on quantitative prosody modeling for natural speech and description and generation*, 46, 284-309 (2005).

[10] Charles N. Li, Sandra A. Thompson, “Mandarin Chinese : A functional reference grammar,” 文鶴出版社, 2002.

[11] 陳武天, “現代漢語「的」字結構的語法分析與教學應用”, 國立臺灣師範大學碩士論文, 2010.

[12] 蔡承燁, “中英夾雜語音之階層式韻律架構建立與語音合成之應用”, 國立交通大學碩士論文, 2010.



附錄一

連接詞詞組決策數問題集

Q. L Caa

Is the preceding word a Caa ?

Q. R Caa

Is the following word a Caa ?

Q. Caa F syll num $\leq n$

Is the distance from the Caa to the beginning boundary of the Caa word chunk shorter than 1/2/3/4/5/6 ?

Q. Caa B syll num $\leq n$

Is the distance from the Caa to the ending boundary of the Caa word chunk shorter than 1/2/3/4/5/6 ?

標點符號問題集

Does a PMs exist at the inter-syllable location?

Does a major PM(。 ! ; ?) exist at the inter-syllable location?

Does a minor PM(， 、) exist at the inter-syllable location?

Does a dunhao(、) exist at the inter-syllable location?

頓號問題集

A0: 連續頓號非單字詞的頓號 Ex. 牛肉、豬肉、羊肉

A1: 單一頓號非單字詞的頓號 Ex. 飛機、汽車

A2: 連續頓號單字詞的頓號 Ex. 軍、政、黨、官

A3: 單一頓號單字詞的頓號 Ex. 牛、羊乳

A4: 列舉的頓號 Ex. 一、生活作息要正常。二、環境要整潔。...

Q. Dunhao A0

Does a A0 dunhao exist at the inter-syllable location?

Q. Dunhao A1

Does a A1 dunhao exist at the inter-syllable location?

Q. Dunhao A2

Does a A2 dunhao exist at the inter-syllable location?

Q. Dunhao A3

Does a A3 dunhao exist at the inter-syllable location?

Q. Dunhao A4

Does a A4 dunhao exist at the inter-syllable location?

Q. Dunhao F syll num $\leq n$

Is the distance from the dunhao to the beginning boundary of dunhao sentence or the preceding dunhao shorter than 2/3/4/5/6 ?

Q. Dunhao B syll num $\leq n$

Is the distance from the dunhao to the ending boundary of dunhao sentence or the following dunhao shorter than 2/3/4/5/6 ?

「的」字結構片語問題集

A1：名詞性「的」字結構片語

A2：副詞性「的」字結構片語

A3：省略性「的」字結構片語

A4：形容詞性「的」字結構片語

Q. DE phrase A1

Is the DE belonging to a type A1 DE phrase?

Q. DE phrase A2

Is the DE belonging to a type A2 DE phrase?

Q. DE phrase A3

Is the DE belonging to a type A3 DE phrase?

Q. DE phrase A4

Is the DE belonging to a type A4 DE phrase?

Q. DE F syll num $\leq n$

Is the distance from the DE to the beginning boundary of DE phrase shorter than 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15 ?

Q. DE B syll num $\leq n$

Is the distance from the DE to the ending boundary of DE phrase shorter than 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15 ?

詞組的問題集

NP：名詞詞組

DVP：連續的副詞、動詞、介系詞詞組

DN：省略數詞

Q. intra-word?

Is the inter-syllable juncture a intra-word ?

Q. type-2 intra-word?

Is the inter-syllable juncture a type-2 intra-word ?

Q. 職稱接人名的名詞詞組?

Is the inter-syllable juncture a type-2 intra-word and belonging to “職稱接人名的名詞詞組” type?

Q. 一般的名詞詞組?

Is the inter-syllable juncture a type-2 intra-word and belonging to “一般的名詞詞組” type?

Q. 時間的名詞詞組?

Is the inter-syllable juncture a type-2 intra-word and belonging to “時間的名詞詞組” type?

Q. 地址的名詞詞組?

Is the inter-syllable juncture a type-2 intra-word and belonging to “地址的名詞詞組” type?

Q. 組織架構的名詞詞組?

Is the inter-syllable juncture a type-2 intra-word and belonging to “組織架構的名詞詞組” type?

Q. 並列結合的名詞詞組?

Is the inter-syllable juncture a type-2 intra-word and belonging to “並列結合的名詞詞組” type?

Q. 重複強調的名詞詞組?

Is the inter-syllable juncture a type-2 intra-word and belonging to “重複強調的名詞詞組” type?

Q. 一般的副詞、動詞、介系詞詞組?

Is the inter-syllable juncture a type-2 intra-word and belonging to “一般的副詞、動詞、介系詞詞組” type?

Q. 並列結合的副詞、動詞、介系詞詞組?

Is the inter-syllable juncture a type-2 intra-word and belonging to “並列結合的副詞、動詞、介系詞詞組” type?

Q. NP F syll num $\leq n$

Is the distance from the juncture to the beginning boundary of NP word chunk shorter than 1/2/3/4/5/6 ?

Q. NP B syll num $\leq n$

Is the distance from the juncture to the ending boundary of NP word chunk shorter than 1/2/3/4/5/6 ?

Q. DVP F syll num $\leq n$

Is the distance from the juncture to the beginning boundary of DVP word chunk shorter than 1/2/3/4/5/6 ?

Q. DVP B syll num $\leq n$

Is the distance from the juncture to the ending boundary of DVP word chunk shorter than 1/2/3/4/5/6 ?

其它有使用到的問題集

Word level POS

Q. Is the POS of preceding word A/C/D/N/P/I/T/V/DE/SHI/DM?

Q. Is the POS of following word A/C/D/N/P/I/T/V/DE/SHI/DM?

Q. Is the POS of preceding word Ca/Cb/Da/Db/Dc/Dd/Df/Dg/Dh/Di/Dj/Dk/Na/Nb/Nc/Nd/Ne/Nf/Ng/Nh/VA/VB/VC/VD/VE/VF/VG/VH/VI/VJ/VK/VL/V_2?

Q. Is the POS of following word Ca/Cb/Da/Db/Dc/Dd/Df/Dg/Dh/Di/Dj/Dk/Na/Nb/Nc/Nd/Ne/Nf/Ng/Nh/VA/VB/VC /VD/VE/VF/VG/VH/VI/VJ/VK/VL/V_2?

Q. Is the POS of preceding word Caa/Cab/Cba/Cbb/Dfa/Dfb/Ncd/Neu/Nes/Nep/Neq/VA2/VC1/VH16/VH22?

Q. Is the POS of following word Caa/Cab/Cba/Cbb/Dfa/Dfb/Ncd/Neu/Nes/Nep/Neq/VA2/VC1/VH16/VH22?

Q. Is the word length of preceding word is 1/2/3/4/5/6?

Q. Is the word length of following word is 1/2/3/4/5/6?

Q. Is the word length of preceding word shorter than 1/2/3/4/5/6?

Q. Is the word length of following word shorter than 1/2/3/4/5/6?

Q. Is the length of sentence shorter than 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15?

Q. Is the distance to previous PM (the beginning of the sentence) shorter than 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15?

Q. Is the distance to following PM (the end of the sentence) shorter than 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15?

Q. Is the length of preceding sentence shorter than 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15?

Q. Is the length of following sentence shorter than 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15?

