

台語古詩朗誦系統

蔡育霖 黃兆湘 林川傑
國立臺灣海洋大學資訊工程學系
Department of Computer Science and Engineering
National Taiwan Ocean University
[yltsai.cse, 10657025, cjlin}@ntou.edu.tw](mailto:{yltsai.cse, 10657025, cjlin}@ntou.edu.tw)

摘要

本論文提出一個能用台語朗誦古詩的系統的建造方法。以台語朗讀古詩會碰到兩大問題，一個是文讀音的挑選，尤其當一個字有多種讀音時；另一個問題則是變調的位置，台語句中有大量變調的情形，全用本調唸會不自然而且無法聽懂。

在選擇讀音的策略上，我們採用了來自紙本台語字典所提供的資訊，包含了文白讀音以及常用讀音等。選擇字典所提供的第一讀音就能達到 89%左右的正確率。此外，我們也嘗試統計各資料集的最常見讀音，搭配文讀音標記可達到 96.44%的正確率。

變調位置會依句中字數而不同。分別以五言詩與七言詩統計各位置最常出現的本調或變調情形，依此結果當判斷規則即可達到 96.71%及 95.60%的正確率。雖然我們也提出了斷詞組合提供的特徵值，但僅在五言詩實驗中有微幅的提昇。

關鍵詞：古詩朗誦、文讀音、台語變調、台語字轉音

一、緒論

本土語言的研究越來越成為重要的課題。台語已被列入「國家語言法」草案之中，對於台語的各種研究與推廣越會被受到重視。

目前已有許多台語處理相關研究，但是多是以生活口語型態的台語為主。包括國台語翻譯系統 [1][2]、台語朗讀系統 [3][4][5][6][7]，語音辨識[8][9]、台語輸入法[10]等等。由於大部份的系統都在處理現代台語，我們有興趣開發一個能以台語朗誦古文的系統，可用以推廣台語教學。雖然用台語朗誦古文時，只需將每個中文字以一個台語音讀出，但仍有幾個課題需要先克服，包括選音、文讀音、變調等等問題，分別說明如下。

首先在市面上各式台語辭典中，許多中文字都對應有多種讀音，主要原因有三。第一是文白讀的問題，許多中文字在平常口語對話中的讀音（稱做「白讀音」）與誦讀詩文時所用讀音（稱做「文讀音」）不同，像「水」白讀為 *chui2*，文讀為 *sui2*。第二是破音字，若一個字在國語有多個讀音和語義，它在台語通常也會有不同讀音，像「為」在「因為」中讀音為 *ui7*，在「成為」中讀音為 *ui5*。第三則是腔調，例如「張」就有 *tiuN1* 和 *tiouN1* 兩種不同的腔調。

要解決文白讀問題，字典本身必須提供相關資訊。我們採用[2]的方法，將楊青矗的「國台雙語辭典」裡收錄的中文字及其讀音繕打成電子檔，做為系統選音依據的單字音典。這部字典提供了文白讀、漳泉各腔調的標記，適合本系統開發所用。

值得一提的是，在建立資料集的過程中，我們發現詩句中有不少中文字或是它們的古音並沒有收錄在「國台雙語辭典」裡面。為了系統的完整性，我們參考了另一部出版於 1954 年、沈富進所著「彙音寶鑑」，將這些缺字或缺音加入，並加上 *h* 標記其來源。未來會試著將整本彙音寶鑑完整收錄。

但要解決破音字問題就不是很容易。目前常見解法是先將文本斷詞，多字詞發音可直接參考字典，單字詞則必須進行語意解歧義，需要大型語料庫做為訓練語料。以上方案在現代漢語較有可能找到資源，古漢語不論斷詞、訓練語料庫、語意資源都相對缺乏，更不易找到台語資源，只能留待未來研究。

變調現象在台語發音中相當重要，因為用台語說出一句話時，裡面大部份的字都會變調，只有句尾、名詞詞組結尾等字會讀做本調[2][4]。但這也是現代漢語的研究結果，在古文朗讀時變調位置是否與現代規則相同仍不清楚。在朗讀古詩時，變調不完全和詞性相關。例如「東園 載酒 西園 醉」這句詩句，其中“西園”是名詞，按照現代變調系統會判斷“園”字該讀本調，但實際上“西園”兩個字都會變調。

要正確判斷變調位置似乎需要好的古漢語斷詞及詞性標記系統，困難度更高。本論文於是轉向採用韻律較規律的格律體古詩做為研究對象，先了解如何以台語朗誦唐詩中的律詩和絕句，未來再推向古文的朗讀。

本論文第二節介紹台語朗誦古詩資料集的建立方法，第三節提出各種選音策略，第四節則是探討變調位置的決定方法，最後第五節是結論。

二、台語朗誦古詩資料蒐集

為了要研究台語朗誦古詩時會如何決定讀音以及變調的位置，我們尋找的資料必須包含 1) 詩句的台語讀音、2) 標有朗讀時所使用的調 (變調結果)。可是網路上這樣的資料並不多，文字版大多只寫出本調 (亦即平常台語書寫法)，語音或影像則許多都是吟唱的版本而失去原本的聲調資訊。以下幾個網站是我們這次研究的主要資料來源。

(一) 鯤島園地

鯤島園地¹是一個推廣台語的網站，在其中「古典詩」(如圖一所示) 收錄了千家詩裡面許多首五言及七言的律詩和絕句。台語拼音系統採用通用拼音，所標出的聲調都是變調以後的結果。

由於原始檔案是 HTML 檔，裡面的文字以 HTML 格式來呈現，而非視覺所見的字母。例如 cūn 是寫成 cūn、gun 是寫成 g<u>u</u>n、而鼻化音ⁿ和輕聲調⁰則會以上標字^{...}來表示。在準備純文字版本的實驗資料時，都必須額外處理這些特殊



圖一、鯤島園地首頁，及其「古典詩」中「七言律詩」列表

¹ <http://www.dang.idv.tw/memo.htm>

字元。此外，因為帶有調號的字母、上標文字在電腦處理上較麻煩，因此我們改用數字來表示調號等等替代方案。像是 cūn 改成 cun7、gūn 改成 gun3、tiāⁿ 則改成 tiaN7。

雖然網頁中提供了難得的變調後讀音，相反地卻沒有本調資訊。我們於是查詢第 1 節介紹過的單字音典，選擇各字在字典中帶有相同聲母及韻母的讀音做為其本調音。但由於單字音典是採用教會羅馬字拼音系統，因此需先將通用拼音轉為教羅拼音。所幸幾個主要的台語拼音系統都是一對一對應，可以很容易地以程式進行拼音系統的轉換，未來也預計將所有台語資料統一轉為台羅拼音系統。

但如果相同聲母及韻母的讀音有兩種以上的選擇，就需以人工判斷。像是「渭城朝雨浥輕塵」和「銀燭朝天紫陌長」句中的「朝」在朗誦時都變調為 tiau7 (註：教羅拼音)，但在「朝雨」中是“早晨”的意思、本調是 tiau1，而在「朝天」是“面向”的意思、本調是 tiau5。以下是「早朝大明宮」第一句「銀燭朝天紫陌長」的通用拼音、教羅拼音本調、與教羅拼音變調的處理結果。

詩句文字：銀燭朝天紫陌長					
通用拼音：	ghūn	ziōk	diāu	tian	zi bhīk doing
教羅本調：	gun5	chiok4	tiau5	thian1	chi2 bek8 tiong5
教羅變調：	gun7	chiok4	tiau7	thian1	chi1 bek4 tiong5

(二) 瑞峰國小

台南市南化區瑞峰國小的網站之前維護有許多個台語教學相關的網頁，包括「台語吟唐

The image shows a screenshot of the website '台南市瑞峰國小--台語吟唐詩'. The main page lists various poems such as '勸學', '出塞', '清明', '送別', '鹿柴', '清平調', '將進酒', '金縷衣', and '從軍行'. A specific page for the poem '勸學' by Yan Zhenqing is highlighted, showing the text in traditional Chinese characters, its pinyin (khuàn hák / gān tsin khing), and a detailed explanation in both Taiwanese and English. The explanation includes the meaning of the poem and the significance of the characters used in the original text.

圖二、瑞峰國小「台語吟唐詩」及所收錄唐詩「勸學」網頁範例

詩」²以及「台語唸經典」。「台語吟唐詩」網頁如圖二所示，收錄的唐詩（如圖二中的「勸學」）以圖片檔顯示，因此我們必須將圖片的文字轉成文字檔。拼音系統採用台羅拼音，而且都是本調。因為需要正確的變調結果，我們僅選擇了有提供朗誦版錄音檔的詩（在圖二中有音量圖示者），並以聽打方式記下變調結果。其中「將進酒」和「登幽州台歌」因為各句字數不一所以先不算，「清平調」分成三首。所錄者多是絕句，僅「旅夜書懷」是五言律詩。拼音系統也先轉為教羅拼音以方便實驗。

至於「台語唸經典」³收錄有許多古文、古詩詞、經文等等，同樣地並不是每首都有朗誦音檔。由於我們希望先處理古詩的朗誦，因此只收錄了「滿江紅」（各句字數不一）、「正氣歌」（五言排律）、「陋室銘」（各句字數不一且應算古文）、「將進酒」（各句字數不一）、「登幽州台歌」（各句字數不一）和「短歌行」（四言排律）。其他古文留待未來研究。

(三) YouTube 影片

在觀察前兩種資料後，發現他們在一些讀音和變調策略上偶有差別。為了看看是否不同朗誦者會有不同讀法，我們試著再找其他的來源。

在 YouTube 上有幾個頻道主上傳過幾部用台語朗讀詩詞的影片，但是數量都不夠多。這其中，spwang1000 頻道⁴是一位父親教兒子唸唐詩的影片，讀了王維、李白、杜牧共 22 首詩。我們決定將這些詩聽打下來做為第三種來源，拼音就採教羅拼音。因為聽打得到的是變調後結果，也需如處理鯤島園地資料一樣將本調資料補上。

順帶一提的是，我們也找到了 JaniceWu 這個頻道，頻道主是社團法人臺灣瀛社詩學會的常務理事吳秀真老師，在她的頻道中收錄有許多用台語朗讀詩詞的影片，據稱是以康熙字典所載之中古音為基準。我們原本找了許多部林正三老師朗誦唐詩的影片。但聽打後發現，林老師在讀詩時完全用本調，和其他人大部份字都會變調不同，所以暫不使用。

表一列出了本實驗用到的三種來源的資料集的統計數據，最後一欄列出各資料集中出現的相異中文字數。鯤島園地資料量最大，瑞峰國小台語吟唐詩與 YouTube spwang1000 影片的資料集大小差不多，瑞峰國小台語唸經典雖然只有 6 首詩，因為有正氣歌這類長

² <http://www.rfes.tn.edu.tw/master/tong5-si.html>

³ <http://www.rfes.tn.edu.tw/master/taigi.html>

⁴ 王維 <https://www.youtube.com/watch?v=2kUxcP9mThA>
李白 <https://www.youtube.com/watch?v=ZPGUkS1CPE4>
杜牧 <https://www.youtube.com/watch?v=W61aLUCRH6Y>

詩，因而字數也不少。

表一、各來源的台語詩文朗誦資料集的統計數據

資料集	詩數	句數	字數	來源種類	詩數	句數	字數	相異
鯤島園地_五絕	34	156	780	spwang1000_五言	12	56	280	
鯤島園地_五律	45	360	1800	spwang1000_七言	10	40	280	
鯤島園地_七絕	94	376	2632	鯤島園地_全部	226	1276	7900	1655
鯤島園地_七律	48	384	2688	瑞峰吟唐詩_全部	18	76	484	307
瑞峰吟唐詩_五言	5	24	120	瑞峰唸經典_全部	6	164	800	491
瑞峰吟唐詩_七言	13	52	364	spwang1000_全部	22	96	560	334

三、古詩朗讀選音策略與實驗

朗誦古詩的第一步是要先決定每個中文字的台語讀音。這裡提出查詢單字音典以及統計資料集最常見讀音的兩種策略來進行選音的實驗。

(一) 依據單字音典的規則式選音策略

第一個選音實驗直接採用單字音典所提供的讀音。如前所提，一個中文字在單字音典中可能有許多種讀音。為了瞭解選擇讀音實驗的難度，表二統計了各資料集中文字所用的讀音在單字音典中排在第幾位，最糟的情形正解出現在第 8 名。有趣的是，光選擇第一讀音，正確率就可以達到 88.57% (496/560) 到 89.75% (7090/7900)。

表二、各中文字讀音在單字音典中排名位置統計

位置	鯤島園地	瑞峰吟唐詩	瑞峰唸經典	spwang1000
第 1 讀音	7090	430	716	496
第 2 讀音	618	41	64	45
第 3 讀音	104	10	15	12
第 4 讀音	41	2	2	1
第 5 讀音	8	0	1	0
第 6 讀音	4	0	0	0
第 7 讀音	2	0	0	0
第 8 讀音	1	0	0	0
輕聲調	20	0	1	0
不在字典	12	1	1	6

單字音典裡能用的資訊，還有有文讀音 (標為 b)、白讀音 (標為 p)、和來自彙音寶典的

讀音 (標為 h) 這些標記。其中白讀音不應做為候選音，其他標記則會有選擇優先順序的問題。表三列出四種不同選音策略的正確率，策略分別是：

- ◆ “1st”：全部選擇單字音典中第一個發音
- ◆ “b > h > 1st”：優先選擇文讀音，其次是來自彙音寶鑑的讀音，都沒有就選擇第一個發音
- ◆ “h > b > 1st”：優先選擇來自彙音寶鑑的讀音，其次是文讀音，都沒有就選擇第一個發音
- ◆ “rand”：隨機選擇單字音典中任一種發音

表三、依單字音典選音實驗的正確率

資料集	總字數	1st	b > h > 1st	h > b > 1st	rand
鯤島園地_全	7900	7090 (89.75%)	7022 (88.89%)	6986 (88.43%)	4075 (59.56%)
瑞峰吟唐詩_全	484	430 (88.84%)	428 (88.43%)	428 (88.43%)	278 (57.44%)
瑞峰唸經典_全	800	716 (89.50%)	712 (89.00%)	709 (88.63%)	509 (63.63%)
spwang1000_全	560	496 (88.57%)	492 (87.86%)	489 (87.32%)	331 (59.11%)

由表三數據來看，令人驚訝的是，選第一讀音比其他策略效果好很多。經過觀察，單字音典中有一半的字第一讀音不帶有任何標記 (表示該字常用文白讀相同)，另一半有分文白讀者都先列出文讀音，因此選擇第一讀音會有很好的效果。

錯誤的主要來源是破音字，以及朗誦者習慣讀音與第一讀音不同。另在表二中可注意的是，有 21 個字讀為輕聲調。還有 20 (=12+1+1+6) 個字是朗誦者的特別發音，像是「梅」字為了押韻，不唸 mui5 而改唸 moai5。這些都不是字典音所以會產生錯誤。

(二) 來自相同資料集的最常見讀音策略

為了提高選音的正確率，另一個常用的策略就是選擇最常見的讀音。因為同一來源的朗誦者相同，預期來自同一來源的統計資料會有較好的效果，本節先進行以相同來源資料集的統計數據做為選音依據的實驗。

實驗針對各資料集進行留一法交叉驗證 (leave-one-out cross-validation)，亦即每個字的讀音採用同資料集裡同中文字 (不包含自己) 出現最多次的讀音。若次數相同，採用在單字音典中順位在前者。若某個中文字只出現過一次 (因此沒有參考對象)，改採用單字音典的音，選音策略與前節所述相同。

表四、相同資料集最常見讀音的選音實驗結果

資料集	總字數	1st	Frq > 1st	Frq > b > h > 1st	Frq > h > b > 1st
鯤島園地_全	7900	89.75%	7611 (96.34%)	7619 (96.44%)	7618 (96.43%)
瑞峰吟唐詩_全	484	88.84%	455 (94.01%)	455 (94.01%)	454 (93.80%)
瑞峰唸經典_全	800	89.50%	732 (91.50%)	732 (91.50%)	733 (91.63%)
spwang1000_全	560	88.57%	526 (93.93%)	527 (94.11%)	523 (93.39%)

表四列出了選擇最常見讀音策略的正確率，可看見在 4 個資料集都有大幅的改善。而且不在訓練集的中文字因較罕見所以也大多只有一個讀音，因此搭配各種單字音典選音策略沒有太大差異。

為了觀察最常見讀音所帶來的選音歧異性，表五列出各資料集中各中文字出現的讀音數量。僅有約 4% 的中文字有兩種以上的讀音，平均每個字有 1.04 種讀音。

表五、各資料集中各中文字出現的讀音數量

字數	鯤島園地	瑞峰吟唐詩	瑞峰唸經典	spwang1000
相異字數	1654	306	491	334
1 種讀音	1574	301	473	325
2 種讀音	75	5	18	9
3 種讀音	5	0	0	0

(三) 來自不同資料集的最常見讀音策略

前節實驗中，鯤島園地因為數量最多，正確率最高。我們於是想看看某個大型資料集的最常見讀音，是否可用來決定其他小型資料集的讀音。表六列出以各資料集做為訓練集去測試其他資料集的選音實驗結果，其中對角線列出的是相同資料集最常見讀音的實驗正確率，因為採用留一法，因此結果不能直接相比較，僅供參考。

表六、不同資料集最常見讀音的選音實驗結果

測試 \ 訓練	鯤島園地	瑞峰吟唐詩	瑞峰唸經典	spwang1000
鯤島園地	96.44	92.58	92.22	92.84
瑞峰吟唐詩	95.04	94.01	92.98	92.36
瑞峰唸經典	91.88	91.38	91.50	92.13
spwang1000	93.75	91.79	91.96	94.11

與預期結果相同的是，以鯤島園地做訓練集，可以提高來自瑞峰國小資料集的選音正確率。但實際觀察後發現，跨資料集實驗還無法做出明確結論。原因是各資料集收錄的詩

很少重複，彼此重疊的中文字常僅佔一半比例，另一半在單字音典中能否選對讀音又有點看運氣。這都是資料集不夠大的緣故。

四、古詩朗讀變調策略與實驗

朗誦古詩的第二步則是要決定各字讀本調或需變調。在此提出各種規則及機器學習可用的特徵來進行判斷。

(一) 僅考慮位置資訊的變調決定規則

在實驗準備初期我們就觀察到，若是字數很規律的詩像是律詩或絕句等，維持本調的字大多出現在固定的位置上。因此我們猜測光依照位置來決定本變調，應該有極高的正確率。

表七統計了各實驗資集中五言律詩和五言絕句的本變調情形，列出各詩句中位在第一字到第五字的本變調最大宗情形所佔比例，其中“位 1 變”表示在詩句第一個字變調的情形、“位 2 本”表示在詩句第二個字維本調的情形，以此類推。同理，表八統計了各實驗資集中七言律詩和七言絕句的本變調情形。請注意，瑞峰國小「台語唸經典」並不在統計表中，因為它收錄的是古詩或古文、經典，句中字數並不規則，從 3 個字到 8 個字都有，這會在後面的實驗再做處理。

表七、各資料集五言詩各位置本變調最大宗情形所佔比例

資料集	位 1 變	位 2 本	位 3 變	位 4 變	位 5 本	全部
鯤島園地	94.96	96.32	96.51	97.87	97.87	96.71
瑞峰吟唐詩	91.67	95.83	95.83	83.33	100.00	93.33
spwang1000	89.29	92.86	89.29	69.64	98.21	87.86
總和	94.30	95.97	95.81	94.63	97.99	95.74

表八、各資料集七言詩各位置本變調最大宗情形所佔比例

資料集	位 1 變	位 2 本	位 3 變	位 4 本	位 5 變	位 6 變	位 7 本	全部
鯤島園地	96.18	91.97	97.63	97.24	92.50	95.13	98.55	95.60
瑞峰吟唐詩	94.23	76.92	98.08	98.08	92.31	84.62	100.00	92.03
spwang1000	97.50	90.00	100.00	92.50	90.00	95.00	100.00	95.00
總和	96.13	90.96	97.77	97.07	92.37	94.48	98.71	95.36

表七和表八驗證了我們的猜測：五言詩在第二和第五位置多讀本調，其餘位置多會變調；七言詩在第二、第四和第七位置多讀本調，其餘位置多會變調。依此規則決定本變調的話，五言詩的整體正確率是 95.74%，七言詩的整體正確率則是 95.36%。

請注意除了本調和變調兩種可能性之外，有些字會讀成輕聲調（調號 0），像是“來”、“去”在某些位置（例如句尾）常會變成輕聲調，但又不是百分百如此。這些字的前一個字會讀本調，因此具決定性角色。可惜輕聲調情形少於 1%，無法撰寫推測輕聲調的規則。底下為輕聲調範例詩句，其中“去”讀輕聲調，因此“鶴”讀本調。

昔人已乘黃鶴去 sek8 jin5 il seng5 hong7 hok8 khu0

(二) 機器學習訓練變調分類器

雖然依照位置來決定本變調已有不錯的正確率，想達到更高的正確率就需要研究其他方法。我們提出了幾個可能用來判斷是否變調或維持本調的特徵，並且以機器學習、交叉驗證方法來進行實驗。

1. 判斷本變調相關特徵

本節介紹所有我們用來猜測本變調或輕聲調的特徵，分類器輸出類別包含變調 (Y)、本調 (N)、和輕聲調 (0)。

首先介紹一個本論文新提出的特徵：**斷詞詞中比例**與**斷詞詞尾比例**。在處理一個詩句的時候，先請現代斷詞系統提供句中所有出現的合法詞彙，而不是只提供一種斷詞方式。這些合法詞彙的最後一個字算「詞尾」情形（標記為 E），其他字算「詞中」情形（標記為 I）。對於句中某一個位置而言，定義**斷詞詞中比例** $f_{mid,k}$ 為出現在這個位置所有詞彙屬 I 的比例，**斷詞詞尾比例** $f_{end,k}$ 則為出現在這個位置所有詞彙屬 E 的比例。

以詩句「昔人已乘黃鶴去」為例，句中除了每個字都可各自形成單字詞外，另有“昔人”、“乘黃”、“黃鶴”這三個合法詞彙，詞中各字標記情形如表九所列。由於詩句中“黃”字的位置，是“黃鶴”這詞的詞中，各斷詞詞中比例 $f_{mid,0}$ 是 1/3；“黃”字位置是“黃”和“乘黃”兩詞的詞尾，各斷詞詞尾比例 $f_{end,0}$ 是 2/3。

表九、「昔人已乘黃鶴去」詩句計算斷詞中尾比例範例

詩句	昔	人	已	乘	黃	鶴	去
	昔_E		已_E		黃_E		去_E
	昔_I	人_E		乘_E		鶴_E	
		人_E		乘_I	黃_E		
					黃_I	鶴_E	
$f_{mid,0}$	1/2	0	0	1/2	1/3	0	0
$f_{end,0}$	1/2	1	1	1/2	2/3	1	1

由於還沒出現品質夠好的古文斷詞系統，我們打算以斷詞詞中尾比例來估算一個位置維持唸本調的機率有多大（即斷詞詞尾比例），反之也可找到一定需要變調的位置（即斷詞詞中比例為 1 的時候）。以下為本論文使用之所有特徵定義。

(1) 第一類特徵：位置資訊 f_{pos}

既然位置資訊能達到不錯的正確率，自然要採用這種特徵。請注意五言和七言的位置資訊無法互用，因此我們把特徵值設計為“5_1”、“5_2”、… “7_7”這樣的字串，前面的數字代表詩句中總字數，後面的數字代表目標字在詩句中的位置。

(2) 第二類特徵：類別大宗 f_{maj}

使用位置資訊特徵所訓練出來的分類器只能處理五言詩和七言詩，而且無法互相支援。更無法支援其他字數，從唐詩訓練所得的分類器無法用來處理宋詞或字數不規律的古詩，有些可惜。

我們於是提出一種替代特徵，直接標示目標字在詩句中的位置最常出現哪種情形，特徵值包括最常讀本調 (O)、最常變調 (C)、位在句尾 (E) 這三種。以七言詩為例，出現在第一、第三、第五、第六位置的字，此特徵值是 C (較常變調)，出現在第二、第四位置的字，此特徵值是 O (較常讀本調)，出現在第七位置的字，此特徵值是 E (句尾)。設計 E 這個特徵值的用意是，位在句尾的字有極大機率要讀本調，因此需獨立出來。

(3) 第三類特徵：詞中尾比例 $f_{mid,k}$ 、 $f_{end,k}$

此特徵即本節一開始所定義的斷詞詞中比例及斷詞詞尾比例兩種特徵。而前一個字和下一個字的資訊也很值得參考，特徵代碼 $f_{xxx,k}$ 中 $k = \{-1, 0, 1\}$ 分別目標字前一字、本身、

後一字的詞中尾比例特徵。第一個字並沒有前一個字， $f_{xxx,-1}$ 特徵值設為 0。同理，句尾字沒有後面的字， $f_{xxx,1}$ 特徵值也設為 0。

這裡我們再提出另一套新的特徵。觀察發現，古詩在寫作時，常會出現對仗的句子。兩句字數相同，句中名詞動詞、實字虛字的對仗常常很工整。因此若能同時考慮對仗句對方的斷詞組合情形，對本變調判斷應該也很有幫助。因此將對句的前中後斷詞詞中尾比例特徵一併納入考慮，代碼為 $pf_{mid,k}$ 和 $pf_{end,k}$ 。以詩句「昔人已乘黃鶴去」為例，這些特徵值來自它的對句「此地空餘黃鶴樓」。(註：以絕句為例，第一、三句的對句分別是第二、四句，反之第二、四句的對句分別是第一、三句。)

(4) 第四類特徵：輕聲調用字 f_{0m} 和 f_{0mE}

觀察鯤島園地資料集時，發現會讀為輕聲調的字不多，只有“去”、“是”、“裡”、“否”、“來”、“時”、“矣”這七個字。我們想要同時判斷各字是要維持本調、變調、還是讀輕聲調，因此加上了 f_{0m} 這個特徵，標記目標字是不是一個輕聲調用字，值為 Y 或 N。

此外，根據固定輕聲調變調規則，這幾個輕聲調字前一字會維持本調。因此也同時考慮 f_{0mE} 這個特徵，標記下一個字是否為輕聲調用字且位在大宗本調位置，值為 Y 或 N。

2. 本變調判斷實驗

本節介紹所有本變調判斷系統，各使用不同的特徵組合如下。

- ◆ 系統一 $S_{p,me\pm 1,t0} : f_{pos} \setminus f_{mid,0\pm 1} \setminus f_{end,0\pm 1} \setminus f_{0m}$
- ◆ 系統二 $S_{p,me\pm 1,pf,t0} : f_{pos} \setminus f_{mid,0\pm 1} \setminus f_{end,0\pm 1} \setminus pf_{mid,0\pm 1} \setminus pf_{end,0\pm 1} \setminus f_{0m}$
- ◆ 系統三 $S_{j,me\pm 1,pf,t0} : f_{maj} \setminus f_{mid,0\pm 1} \setminus f_{end,0\pm 1} \setminus pf_{mid,0\pm 1} \setminus pf_{end,0\pm 1} \setminus f_{0m}$
- ◆ 系統四 $S_{p,me\pm 1,pf,t0E} : f_{pos} \setminus f_{mid,0\pm 1} \setminus f_{end,0\pm 1} \setminus pf_{mid,0\pm 1} \setminus pf_{end,0\pm 1} \setminus f_{0m} \setminus f_{0mE}$
- ◆ 系統五 $S_{j,me\pm 1,pf,t0E} : f_{maj} \setminus f_{mid,0\pm 1} \setminus f_{end,0\pm 1} \setminus pf_{mid,0\pm 1} \setminus pf_{end,0\pm 1} \setminus f_{0m} \setminus f_{0mE}$

實驗採用以詩為單位切分、依字數平衡的十等分交叉驗證法來進行。資料集僅採用鯤島園地，因為它的詩題數量才足夠進行實驗。機器學習方法使用了 Weka 系統⁵，採用了決策樹 (J48)、隨機森林 (Random Forest)、支持向量機 (Support Vector Machine) 以及自適應增強 (AdaBoost) 這幾種方法，另外再找尋 CRF++⁶ 一起比較。正確率列在表十和表十一，表格左上角列出依位置規則的變調判斷正確率以供比較。

⁵ <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

⁶ <https://taku910.github.io/crfpp/>

表十、以鯤島園地資料集測試之五言詩本變調判斷正確率

規則	96.71	J48	RandF	SVM	AdaBst	CRF
系統一	$S_{p,me\pm 1,t0}$	96.71	96.55	96.71	96.63	96.64
系統二	$S_{p,me\pm 1,pf,t0}$	96.78	96.59	96.74	96.63	96.78
系統三	$S_{j,me\pm 1,pf,t0}$	96.78	96.59	96.78	96.71	96.78
系統四	$S_{p,me\pm 1,pf,t0E}$	96.71	96.71	96.78	96.63	96.82
系統五	$S_{j,me\pm 1,pf,t0E}$	96.74	96.71	96.78	96.71	96.82

表十一、以鯤島園地資料集測試之七言詩本變調判斷正確率

規則	95.60	J48	RandF	SVM	AdaBst	CRF
系統一	$S_{p,me\pm 1,t0}$	95.60	95.41	95.60	85.26	95.58
系統二	$S_{p,me\pm 1,pf,t0}$	95.60	95.21	95.60	87.29	95.58
系統三	$S_{j,me\pm 1,pf,t0}$	95.60	95.38	95.60	95.60	95.58
系統四	$S_{p,me\pm 1,pf,t0E}$	95.60	95.11	95.60	87.29	95.56
系統五	$S_{j,me\pm 1,pf,t0E}$	95.60	95.23	95.60	95.60	95.58

由於依位置判斷變調的規則式系統正確率已經很高，我們所提的其他特徵幾乎沒有效果，決策樹 (J48) 常獲得最佳效能，且學到的規則正是位置大宗情形。決策樹在五言詩中比規則式系統多猜對了 2 個字，所依據的規則是「位置 5_2 若是輕聲調用字，且對句 $pf_{mid,0}$ 大於 0，則猜為輕聲調」，無法說明意義。CRF 在五言也是多猜對一個字而已。

此外，表十一的實驗有個可以探討的地方。在採用位置特徵 f_{pos} 時，AdaBoost 大受影響而降低正確率。然而改採類別大宗特徵 f_{maj} 後，AdaBoost 就恢復與規則式及決策樹一樣好的效能。可見類別大宗特徵較具廣用性。

我們原本還規劃了兩個實驗。一個是跨資料集的變調判斷，但因為最佳系統與規則式系統相當，因此結果會與表七、表八相同。另一實驗則是以類別大宗特徵來判斷非五言及七言的詩句變調位置，現在也變成僅是目前資料集所能得到的統計結果。表十二將「台語唸經典」的統計結果列出以供參考。

我們也嘗試過以複製方式增加小眾訓練資料，但是反而會遽烈降低效能，結果就不列出。可想見要解決變調問題，正確斷詞資訊才可能有幫助，期待未來能加入古文或古詩的斷詞系統提供斷詞資訊以供判斷。

表十二、「台語唸經典」各字數各位置本變調最大宗情形判斷正確率

位置	句數	位 1	位 2	位 3	位 4	位 5	位 6	位 7	位 8	正確率
三言	19	13 變	18 變	19 本						87.72
四言	43	35 變	38 本	38 變	43 本					89.53
五言	70	60 變	63 本	63 變	66 變	68 本				91.43
六言	5	5 變	4 變	4 本	3 變	4 變	5 本			83.33
七言	25	25 變	24 本	25 變	24 本	23 變	25 變	25 本		97.71
八言	2	1 變	2 變	2 本	2 變	1 本	2 變	2 變	2 本	87.50

五、結論

本論文提出了一個能用台語朗讀古代格律詩的系統，並以網路上搜集所得的台語朗讀資料集進行實驗。選擇資料集中最常見讀音、搭配單字音典中第一讀音或是標有文讀的音，選音正確率可達到 96.44%。依位置判斷變調正確率則可達到 96.78%。

未來希望加強輕聲調出現的判斷，同時可解決選音及變調的問題。此外在選音實驗部份，本論文並未針對古文的破音字提出策略。也可嘗試其他辭典或斷詞資訊來判斷變調位置，這些都是未來的研究方向。

參考文獻

- [1] 黃志超 (2015) 範例為本的國語—台語翻譯之研究，碩士論文，國立臺灣海洋大學。
- [2] Chuan-Jie Lin and Hsin-Hsi Chen (1999) “A Mandarin to Taiwanese Min Nan Machine Translation System with Speech Synthesis of Taiwanese Min Nan,” *IJCLCLP*, Vol. 4, No. 1, pp. 59-84.
- [3] Wei-Chih Kuo, Chen-Chung Ho, Xiang-Rui Zhong, Zhen-Feng Liang, Hsiu-Min Yu, Yih-Ru Wang, and Sin-Horng Chen (2007), “Some Studies on Min-Nan Speech Processing,” *International Journal of Computational Linguistics and Chinese Language Processing*, Vol. 12, No. 4, pp. 391-410.
- [4] Yih-Jeng Lin, Ming-Shing Yu, and Chin-Yu Lin (2008) “Using Chi-Square Automatic Interaction Detector to Solve the Polysemy Problems in a Chinese to Taiwanese TTS

- System,” *Proceedings of the 8th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, pp. 362-367.
- [5] 林義証, 余明興, and 林尉綸 (2012) “利用關聯式規則解決台語文轉音系統中一詞多音之歧異,” *Proceedings of ROCLING 2012*, pp. 276-291.
- [6] 黃偉杰, 林志柔, 呂仁園, 江永進, and 張智星 (2012) “台語朗讀資料庫之自動切音技術應用於音文同步有聲書之建立,” *Proceedings of ROCLING 2012*, pp. 214-230.
- [7] Chen-Yu Chiang (2018), “Cross-Dialect Adaptation Framework for Constructing Prosodic Models for Chinese Dialect Text-to-Speech Systems”, *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, Vol. 26, Issue 1, pp.108-121.
- [8] Ren-Yuan Lyu, Chi-Yu Chen, Yuang-Chin Chiang, and Min-Shung Liang (2000) “A bilingual Mandarin/taiwanese (min-nan), large vocabulary, continuous speech recognition system based on the tong-yong phonetic alphabet(TYPA),” *Proceedings of the 6th International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP 2000) / INTERSPEECH 2000*, pp. 226-229.
- [9] 李毓哲, 王崇喆, 陳亮宇, 張智星, and 呂仁園 (2013) “使用語音評分技術輔助台語語料的驗證,” *Proceedings of ROCLING 2013*, pp. 37-38.
- [10] 余明興 and 蔡承融 (2008) “國台語無聲調拼音輸入法實作,” *Proceedings of ROCLING 2008*, pp. 137-150.