圖書資訊學刊　第18卷第1期　（2020.6）　頁45-67
doi: 10.6182/jlis.202006_18(1).045

配合國小課程單元科普讀物人工分級推薦與系統可讀性分析之差異研究

Examining the Differences of Readability Leveling of Chinese Popular Science Books by Experts and by CRIE System for Elementary School Children

陳昭珍[1]　宋曜廷[2]　章瓊方[3]　曾厚強[4]

Chao-Chen Chen[1], Yao-Ting Sung[2], Chiung-Feng Chang[3], Ho-Chiang Tseng[4]

摘　要

科普作品主要做為科學論文與大眾文化間的橋樑，用淺白的言辭闡述科學立論，令大眾容易領會。科普書圖文並茂，然而並非全為兒童出版，即使以兒童為對象，因為學童之閱讀能力與科學知識差異大，無法閱讀相同程度的書籍。教師若能配合學習單元，推薦適當的科普延伸讀物，相信更能引起學童探索科學的好奇心。國外為兒童出版的英文書籍，常可在圖書封底看到分級標示，供讀者選書參考。近來我國發展之文本可讀性指標自動化分析系統（CRIE），亦可為中文圖書分級。本研究探討配合國小課程單元，由教師分級推薦之科普書，與CRIE系統的讀本可讀性分析是否有差異，及其產生差異的原因為何。

關鍵字：科普書、可讀性、適讀性、國小數學與自然領域

Abstract

Popular scientific reading books, as the bridge between scientific academic research and general public's knowledge capital, could raise scientific literacy and facilitate comprehension for general public. Popular scientific reading books could attract children to read because of vivid exhibition of text and illustrating graphs. However, some scientific reading books are still too difficult for children to read since they are not designed for children particularly in Taiwan and reading capacity among children are heterogeneous. One promising education strategy is to recommend more scientific reading books corresponding to textbook lessons, which could raise children's interest in exploring science and further reading. In US, Lexile framework for reading has been developed and applied for English books to assist in more efficient and objective text leveling. For recent years, Chinese Readability Index Explorer (CRIE) has been developed for Chinese text. The main research question here is, for Chinese scientific reading books, whether there are differences in text leveling between system's (CRIE) and experts' identification. In our research, we invite teacher librarians to recommend popular scientific reading books, identify the grade levels, and assign these books to corresponding textbook lessons. We not only discuss the principles and criteria of experts' leveling, compare the different results between CRIE and experts' opinions, but also investigate the reasons behind these differences.

Keywords: Popular Scientific Reading Books; Readability; Text Leveling; Mathematical and Science Fields in Elementary Schools

[1,3]國立臺灣師範大學圖書資訊學研究所
Graduate Institute of Library & Information Studies, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan
[2] 國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系
Department of Educational Psychology and Counseling, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan
[4] 國立臺灣師範大學資訊工程系
Department of Computer Science and Information Engineering, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan
[*] 通訊作者Corresponding Author: 陳昭珍Chao-Chen Chen, E-mail: cc4073@ntnu.edu.tw

臺灣人文社會學術期刊資料庫

Extended Abstract

1. Introduction

Popular science books feature explanations of scientific principles in plain language to enhance public comprehension and forming a bridge between academic papers and public knowledge. Many popular science books, which are not written for children, are beyond children's reading and comprehension ability. Therefore, recommending appropriate popular science reading materials according to children's reading ability and knowledge is crucial for encouraging popular science reading among children. In this study, the National Guidance Group for Teacher Librarians governed by the Ministry of Education invited seven elementary teacher librarians with scientific or mathematical backgrounds (hereafter referred to as "experts") to assist with the promotion of popular science reading at elementary school libraries. Based on the Grades 1–9 Curriculum Guidelines for elementary mathematics, science and technology in Taiwan, the seven experts read, conducted discussions, and made recommendations on popular science reading materials, which were then compiled into a book entitled *Suggested Readings of Popular Science for Children*. Based on criteria such as text genre, children's vocabulary, linguistic features, sentence length, text length, availability of Mandarin Phonetic Symbols, and text-image ratio, the experts suggested popular science readings suitable for elementary school children of each grade according to the learning goals in mathematics, science and technology, and according to students' reading ability.

A book level indicator is often observable on the back covers of English books for children, some of which are briefly leveled, and many are leveled by Lexile reading level. Lexile is a leveling system for English text based on readability formulas; it has been used to level more than 100 million books or articles and has been adopted by millions of students in the United States and other countries. In recent years, research teams in Taiwan have developed a Chinese Readability Index Explorer (CRIE) to effectively classify Chinese books. By focusing on popular science books, this study explored the similarities and differences between books leveling by the experts and by the CRIE system, as well as the causes behind these differences.

2. Method

This study conducted a content analysis and a focus group discussion. In the content analysis, the CRIE system was adopted for the automatic analysis of text readability. Subsequently, experts were asked to review popular science books that

Note. To cite this article in APA format: Chen, C.-C., Sung, Y.-T., Chang, C.-F., & Tseng, H.-C. (2020). Examining the differences of readability leveling of Chinese popular science books by experts and by CRIE system for elementary school children. *Journal of Library and Information Studies, 18*(1), 45-67. doi: 10.6182/jlis.202006_18(1).045 [Text in Chinese].
To cite this article in Chicago format: Chao-Chen Chen, Yao-Ting Sung, Chiung-Feng Chang, and Ho-Chiang Tseng. "Examining the differences of readability leveling of Chinese popular science books by experts and by CRIE system for elementary school children." *Journal of Library and Information Studies* 18, no. 1 (2020): 45-67. doi: 10.6182/jlis.202006_18(1).045 [Text in Chinese].

臺灣人文與圖書館期刊資料庫

they leveled differently from the CRIE order. The experts were then invited to the focus group discussion to discuss why some of the books leveled as different levels by experts and by the CRIE system.

3. Conclusion

Although many studies have explored readability, the differences between manual- and automatic-leveled readability have not yet been observed. This study aimed to fill this gap. Both readability leveling methods have their advantages. By upholding the principle of grade appropriateness, experts prioritized the correspondence between the theme of a book and the lesson taught in school when recommending popular science books for children. That is, the main factor considered by experts was vocabulary difficulty, sentence difficulty, text length, text-image ratio, illustration design, availability of Mandarin Phonetic Symbols, and font size. Moreover, when recommending popular science books, experts considered students' prior knowledge of science, reading interest, learning situation, learning experience, and the relevance of the reading materials to real-life situations.

In this study, 148 popular science books were sampled for readability leveling by experts and by the CRIE system. The experts and the system agreed on the readability level for 124 books, which indicated a high consensus between the two methods (83.78%) and demonstrated high stability of the system. The different leveling results between the two methods came from the different focus—"purpose of reading" was the main focus of experts when making recommendations, whereas "text difficulty" was the main concern of the CRIE system when performing readability analysis. Additionally, the CRIE system conducted a text-based analysis, whereas experts considered students' learning situation, the availability of Mandarin Phonetic Symbols (favorable for children in lower grades), and the number and design of illustrations. Such focus on the texts in the CRIE system puts it in a disadvantageous position for leveling an illustrated book because illustrations constitute key reading points and affect the suitability for students of different grades. The CRIE system conducted a readability leveling based on the overall content of the book, whereas experts can recommend parts of the contents. In summary, because experts have a greater understanding of the teaching situation and students' learning experience, they are more flexible than the CRIE system when making recommendations. Moreover, the characteristics of popular science books (e.g., more illustrations and extensive content) render expert leveling more effective than system leveling.

4. Suggestions

1. When teachers have a sufficient understanding of their students, they can recommend books according to students' learning situations and levels. In addition, teachers can integrate relevant materials into teaching, which enhances the persuasiveness of these materials, and thus cannot be replaced by the CRIE system.
2. The factors that experienced teachers consider when making readability-based book recommendations may serve as references for future improvements to the CRIE system. Such factors include whether books complement the K-12 curriculum, the availability of Mandarin

臺灣大學學術期刊資料庫

Phonetic Symbols, the text–image ratio. Alternatively, the system may identify a range of levels for books that cover broad topics.

3. Although the CRIE system is highly stable for text readability analysis, its effectiveness may be improved by imitating the Lexile measures used in the United States. The Lexile system analyzes the electronic file of a book for readability assessment before publication and assigns a reading level indicator to the book, which is labeled on its front or back cover for references.

壹、前言

科學知識是理性思考的基礎，近年來，世界各國皆以提升國民科學素養為目標。科學素養乃指個人進行決策、參與公民和文化事務、從事經濟生產時，能了解並應用所需的科學概念和科學過程（林武憲，1989）。欲有效提升民眾之科學素養，首要關鍵在於如何將艱深之科學知識，轉化為平實親近的生活概念傳遞給大眾。而科普作品主要即在用淺白的言辭闡述科學數據意義和研究精義，令大眾容易領會，並做為專業科學論文與大眾文化之間的橋樑。

Piaget（1952, 1954, 1962）認為7到11歲是兒童認知發展的具體運思期（concrete operational period），對自然事物充滿好奇，正是接受科學知識的最佳時機。除了學校的科學教育外，優良的科普讀物亦能吸引學童閱讀，引發其探究。然而很多科普書並非為兒童撰寫，非兒童的閱讀能力及科學程度所能理解；不同年齡的學童，其閱讀能力及背景知識不同，面對坊間琳琅滿目，內容良莠不齊的科普書，家長或教師該如何為學童挑選適當的讀物，亦是一頭痛的課題。Clay（1991）指出，一般人在教孩子選擇閱讀材料，或為孩子選擇閱讀材料時，常以學童能接受的程度為適讀水平；學童若能學習和運用閱讀策略，其所閱讀的文本可以是介於適當和挑戰之間的水準。換言之，讀物應利於理解，讓孩子發展出閱讀自信，但也應具有挑戰性，讓學童從讀物有所學習。因此，依照不同年齡學童之閱讀能力及學習內容，推薦合適的科普讀物，是鼓勵學童閱讀科普讀物的關鍵。

周淑卿（2008）認為，教科書應作為重要概念與學習訊息的索引，所以多種類的「學校用書」應當取代單一的教科書概念。許多學校圖書館開始有系統的建置主題書目，充實各學科領域的館藏，學校教師也鼓勵學生延伸課堂學習主題進行閱讀。傳統的讀本推薦方式多由家長、教師推薦大人認為優良的讀物，較少針對各年級學童之閱讀能力及課程單元分級推薦。Madrazo（1997）認為優良的科普讀物以主題分類，可以讓教師作為授課的補充教材。Butzow與Butzow（2000）認為閱讀故事性的科普讀物，或是利用科普讀物中的彩色圖解，可以幫助學生了解並記憶科學概念。Rice、Dudley與Williams（2001）認為可將科普書籍作為教科書的補充資料來源以統整科學閱讀。呂佳蕙（2007）指出科普讀物融入教學，有助於增進學童的學習成效、閱讀理解力、以及改進

臺灣大學學術期刊資料庫

學習態度。科學讀物融入課程有直接融入或配合教學策略融入，陳美鳳（2004）研究發現，閱讀科普讀物可提升學生科學文章的閱讀理解能力。

為協助國小圖書館及圖書教師（teacher librarian）推動科普閱讀，教育部全國圖書教師輔導團以九年一貫課綱國小自然與生活科技領域、數學領域之課程單元為依據，邀請7位具有科學或數學背景的國小圖書教師依其教學經驗，以句子長度、文本長度、注音符號、圖文比例、語文特徵、文本類型、兒童的識字量等，對科普書逐一閱讀，每一本書都由7位教師閱讀及討論後推薦，並彙編成《科普讀物推薦書目—國小篇》。推薦重點為：圖書之主題是否可配合該年級自然或數學之課程單元，以及這本書是否適合該年級學童之閱讀程度（陳昭珍，2015）。

Clay（1991）認為：「將讀物建立其適讀性，是一種『恰到好處』的文本」。國外為兒童出版的英文書籍，常可在圖書封底看到分級標示，做為讀者選擇適讀圖書的指引。有的只有簡單的分級，也有很多書標出較細的Lexile級數。Lexile是以可讀性（readability）公式計算英文文本的分級系統，目前已超過一億以上的圖書或文章標有Lexile分級，且在美國及其他國家被數百萬的學生使用（MetaMetrics, 2020）。近年來我國也有研究團隊發展出中文文本可讀性指標自動化分析系統（Chinese Readability Index Explorer，簡稱CRIE；國立臺灣師範大學可讀性研究團隊，2019），可以有效的將中文圖書分級。然而對科普書而言，系統的可讀性分級和人工分級推薦是否具有一致性呢？若有不同，產生差異的原因為何？這是一個值得探討的問題。

貳、文獻分析

一、兒童認知與閱讀能力發展

隨著心智成長，兒童在不同年齡有不同的愛好。White（1965, 1996）的研究指出，兒童在5到7歲間，認知上有很大的轉變，思維從單維向多維發展；到了9歲，兒童已經能夠覺察一件事的多個屬性。Piaget（1952, 1954, 1962）認為7到11歲是學童認知發展中的具體運思期，對實事求是的學童，正是接受科普知識的最佳時機（王逢吉，1963；Amabel, 1949）。Chall（1976）架接於Piaget的認知理論，提出閱讀能力六個發展階段：前閱讀期、識字期、流暢期、閱讀新知期、多元觀點期、知識建構和重建期。此六個階段，又可歸納為二個時期，前三階段主要在學習「學會閱讀」（learn to read），後三階段則是「透過閱讀學習」（read to learn）。因此，在進入「透過閱讀學習」階段是一個重要的轉捩點，如果沒有大人的協助，許多孩童可能會在此一階段放棄閱讀（張淑瓊、劉清彥，2007）。

教育的目的在於藉由創造學習的歷程，讓學童從學習中發展，若能獲得來自教師或專家的協助，藉由情境的安排，運用各種教學方法，使學童可以融入文化脈絡，則其潛在的發展層次將優於未接受任何協助的學

臺灣大學學術期刊資料庫

童，因為若無教導者引導協助，學童很難瞭解生存世界中的觀念系統。這樣的概念實起源於Vygotsky（1978）的近側發展區（the zone of proximal development, ZPD）理論。近側發展區理論旨在探討個體高層次的心理功能，用於解釋「學習」和「發展」的關係，並探討人類實際發展水準以及人類的潛在發展水準。近側發展區是一動態的發展狀態，源自於社會性互動，也可作為學習潛能的指標（孫志麟，1991）。

根據近側發展區理論，若協助者可依學童目前的水準給予協助，則兒童應可達到下一階段的水準，這兩種水準間的區段，就是近側發展區。而在此情形下，他人給予兒童的協助，稱為鷹架作用（scaffolding），這種協助對於兒童的發展有促進作用。就教育涵義而言，Vygotsky的近側發展區理論主要認為：(1)教學最佳效果在近側發展區；(2)適時輔導學生在教學上是很重要的（Vygotsky, 1978）。鷹架的功能就是協助者幫助處於實際發展層次的學習者，藉由口語或非口語的引導，作為與學習者之間的互動，並隨著學習者獨立運作能力的增加，協助者亦逐漸抽離於互動過程中。亦即透過社會互動而漸漸內化為自我調整（self-regulation）的內化過程。

美國國家兒童健康和人類發展研究所（Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development, NICHD）所發展的閱讀分級架構Lexile Framework，即以近側發展區理論為基礎，並認為：如果我們了解學生的閱讀程度及讀本的難度，我們就可以預測學生閱讀一本書時，其理解的程度。教師應瞭解學生原本的閱讀能力，並根據其興趣，推薦適合其程度的讀本，高於學童程度太多的讀本，會讓學生有挫折感，低於學童程度太多的讀本，無法提升其閱讀能力。唯有合適的讀本可以協助學生轉換區域（Mesmer & Mesmer, 2008）。學童會因環境、惰性、認知、天賦等等因素，未讓自我充分發展。若在學習過程中，教師藉由瞭解近側發展區，讓學童有充分發展空間，再有效的引導，誘以成就動機，激發其自主學習的意願，使其有機會成長，將能促使學童的發展水準達到另一更高的層次。因此Vygotsky的學習理論有助於學童自發性學習及建構知識，讓學童有取得知識的能力，遠比讓學童有知識來得更重要。尤其對於科學或數學知識，必須透過建構式教學，重視知識傳遞的過程，讓學童自行組織資訊，形成知識，以及培養自我學習的能力。

二、兒童讀物之可讀性與適讀性

科普作品有特定的對象，不同的科普作品適合不同年齡層的讀者閱讀，因此科普讀物與其所界定閱讀對象間的對話顯得特別重要（張之傑，2009）。鄭元春（2000）認為有條理或有系統的科學讀物，最好能多用日常生活的故事或例子來說明，才能讓枯燥的學理活潑化與趣味化，閱讀起來才能輕鬆愉快，利於了解與吸收。一部優良的兒童科

臺灣大學學術期刊資料庫

普讀物應具備下列條件：(1)「信」：所傳達的科學知識必須正確，是最基本的要求；(2)「達」：文字撰寫要淺顯、流暢、易讀，不宜模仿兒童語調；(3)「趣」：趣味性才能吸引兒童閱讀，但不能流於低俗，引導啟發兒童；(4)「真」：首要條件則是作者必須具有專業素養；(5)「善」：搭配文學技巧，在內容上有系統、有條理，具貼切的例子；(6)「美」：精美的攝影圖片、插圖，重視版面編排（吳英長，1988；林良，2011；張之傑，2009；許漢章，1984；黃崇民，1973；鄭元春，2000；Amabel, 1949），這些條件都指出科普作品應具有「可讀性」。讀物可讀性分析有助於在兒童的關鍵銜接點提供幫助，適當的讀物能切中需要，對於閱讀能力不足的學童，選擇合適的讀本，可以幫助學童建立閱讀的自信與習慣。Clay（1991）認為，讓學童其閱讀理解力達90%的文本，是學童可獨立閱讀的文本，其閱讀理解低於75%的讀本，會讓學童有閱讀挫折。

(一) 文本可讀性分析

「可讀性」是指閱讀材料能夠被讀者理解的程度（Dale & Chall, 1949; Klare, 1963, 2000; Mclaughlin, 1969），可閱讀性高之文本可以協助學習，並讓讀者樂在其中。在西方國家有關「可讀性」的研究發展甚早，Lively與Pressey於1923年發展出第一個可讀性公式。據Chall與Dale（1995）的統計，至1980年代，已經有200個以上的可讀性測量，與可讀性有關的研究超過1,000筆（宋曜廷等，2013；Chall & Dale, 1995; DuBay, 2004; McNamara, Louwerse, McCarthy, & Graesser, 2010）。大多數的可讀性公式所採用的指標主要為：句子的長度、音節數、難詞比例。傳統知名的可讀性公式如：Flesch reading ease（Flesch, 1948, 1951）、Dale-Chall readability formula、Gunning fog index、Fry readability formula、SMOG（Mclaughlin, 1969）、FORCAST（Caylor, Sticht, Fox, & Ford, 1973）、George Klare studies（Klare, 1976）、John Bormuth formulas（Bormuth, 1966）除了句子的長度、音節數及難字頻率外，Fountas、Pinnell與Bird（1999）認為文本的長度、外觀排版及印刷、豐富的插圖、題材熟悉度與複雜性、文本預測程度、專有名詞或高頻字出現的比例等也會影響讀本的可讀性。傳統可讀性指標較強調詞彙類、辭意類、句法類指標，往往造成使用者過於拘泥於表徵指標而忽略提高理解度的本意。近年來已有研究者注意到過去可讀性指標的限制，開始以較精緻的測量方式，探討篇章理解的心理程序（Graesser, McNamara, & Kulikowich, 2011; McNamara et al., 2010）。研究者不再只是探討幾個指標的表面特徵總和或平均數，而是積極探討與文本更相關的凝聚性指標，及各指標間的關係。研究者之所以關心篇章凝聚層次的特性與文章難度的關係，是因為凝聚性除了是文章組成的客觀特性，也是建構心智模型與學習認知的重要成分，讀者需要透過語意詮釋與心智模型的建構，才能夠產生

臺灣大學學術期刊資料庫

包含篇章意義的深層理解，進而建構較完整連貫之心理表徵，提升理解能力。

有關中文可讀性研究較少，楊孝濚（1971）以因素分析法探討影響可讀性的語言因素，並找出六個影響中文可讀性的因素：單字（character）、複合詞（bi-character word）、句子（sentence）、綜合詞（multi-character word）、複雜筆畫（complex stroke）、詞彙表（word list）。後經修正，留下三個影響最大的指標：詞彙數、句數及平均筆畫數。此外，荊溪昱（1992，1995）以拼音文字系統採用的可讀性指標：句子長度、課文長度、常用字比率，應用於教科書之分析，發展出一系列的可讀性公式。宋曜廷等人所建立的中文可讀性指標及所發展出來的CRIE系統應該是近年來最具代表性的研究（宋曜廷等，2013；Sung, Chang, Lin, Hsieh, & Chang, 2016; Sung et al., 2015）。CRIE共有70個可讀性指標，可分為四類，詞彙類指標、辭意類指標、句法類指標、文章凝聚性指標。相較於過去淺層的語言特徵而言，是一個發展非常完整的深層語言特徵（宋曜廷等，2013）。而該團隊除精緻化計算語言學的指標外，更持續不斷的研發新型的可讀性指標；例如採用詞向量來估測文章的語意，以作為全新可讀性模型的特徵。

詞向量表示的觀念最早由Hinton在1986年所提出，又稱為「詞表示（word representation or word embedding）」（Hinton, 2009）。Bengio、Ducharme、Vincent與Jauvin在2003年提出回饋式類神經網路語言模型（feed-forward neural network language model, FFNNLM）的訓練架構，從文件中詞彙前後相鄰的關係來求取詞向量表示。而近期Google所發表的Word2vec則可視為FFNNLM的後繼方法（Mikolov, Chen, Corrado, & Dean, 2013）。Word2vec去除了FFNNLM在訓練時最耗時的非線性隱藏層，僅保留輸入層、投影層和輸出層，使其架構更加簡單。Word2vec提供了二種訓練方式，分別是連續詞袋模型（continuous bag-of-words model, CBOW）及略詞模型（skip-gram model, Skip-gram）。CBOW主要的精神是由目標詞之外的前後文來預測目標詞的機率；而Skip-gram的訓練方式正好相反，它是由目標詞本身來去預測前後文的機率。Pennington、Socher與Manning（2014）則提出一個GloVe的演算法來同時考慮全域及區域詞彙之間的關係，以提升詞表示的效果。目前該系統經由hierarchical conceptual space所訓練而成的grade-level vectors（Tseng, Chen, Chang, & Sung, 2019）及基於Word2vec所估算而成的文章語意向量（Tseng, Sung, Chen, & Lee, 2016），都已經經過實證所訓練的可讀性模型，兼具效能和領域一般化的能力（亦即同一個可讀性模型可以分析不同領域文章的可讀性）。Liu、Chen、Tseng與Chen（2015）以宋曜廷等人（2013）〈中文文本可讀性探討：指標選取、模型建立與效度驗證〉，及「文本可讀性指標自動化分析系統2.3」的可讀性指標為基礎，結合句法分

臺灣大學學術期刊資料庫

析（syntactic analysis）、詞性標記（part-of-speech）、詞表示法（word embedding）、語意資訊（semantic information）與寫作程度（well-written）等特徵，分析比對不同類型的特徵與可讀性高低的關聯性，並以中小學國語文教科書及優良課外讀物為實驗資料，實驗結果顯示，使用的指標越多，預測正確率通常較高。

(二) 文本適讀性分析

和可讀性概念相近但不完全相同的是「適讀性」（text leveling），文本適讀性研究關心的是讀者與閱讀材料適配之程度（宋曜廷等，2013；DuBay, 2004; Fry, 2002; Stenner, Burdick, Stanford, & Burdick, 2006）。相較於可讀性研究，適讀性分析取向可更全面、更深入地評量文本（Fry, 2002）。陳茹玲、蔡鑫廷、宋曜廷、李宜憲（2015）認為適讀性分析取向的文本分級研究，研究者通常建立包含若干文本特徵的文本分析架構，再依據架構評估文本的適讀年級，並建立一個與讀者年級、適讀文本等級的對應文本集（book collection），教師可據此為不同閱讀能力的學童挑選適合的文本；例如Fountas等人（1999）的引導閱讀（guide reading）分級架構，主要考量讀本及印刷特徵、內容、主題與概念、內文結構、語言與文學特徵；Rog與Burton（2001）提出的適讀性分析架構則考量字彙、印刷、圖的支持、內容與概念；Gunning（2003）認為對於學齡前到一年級的初學者應考慮難字數、圖示、易解難字、困難詞及概念、故事或主題熟悉程度，對於二年級到八年級的讀者，應考慮閱讀文本所需的背景知識、文本的概念密度與困難度、詞彙困難度、語言複雜度、概念有趣程度、使用圖及其他輔助的多寡等主觀的適讀性指標，再配合可讀性公式的分析結果做為客觀指標。陳茹玲等人（2015）認為傳統可讀性公式取向的研究大多僅選擇測量表淺的語言結構，無法有效地進行文本分級。適讀性分析取向的文本分級雖能涵蓋深層的文本特徵，但建立架構時較缺乏理論依據、分級標準模糊、且未考量指標重要性差異且分級方式流於主觀，因此統整各家研究指標，分成影響適讀性的五個構面、分析各構面時應考慮的17類準則、以及用以分析文本的58個適讀指標，編製「文本適讀性分級架構專家問卷」邀請30位從事閱讀研究與教育的學者專家評估各構面、準則與適讀性指標的重要性。研究顯示，「內容」為影響文本理解最重要的構面，其次依序為「語言與文學」、「體裁」、「多樣性」、「印刷」等構面。一般而言，適讀性指標往往也是發展可讀性公式的參考指標。

可讀性分析系統不會考慮圖書內容優劣、讀者的興趣或閱讀的目的，Short（2018）針對以Lexile Levels建立的全球文學書單進行檢視，發現Lexile Levels有其局限，有些Lexile級分低的書，實則並不適合低年級學生，因為閱讀全球文學需有文化背景，但對有興趣的讀者而言，他們也會挑戰Lexile級數較高的書。在實際情境中，適

臺灣大學學術期刊資料庫

讀推薦主要由人工進行，如教師或家長；因此視目的與情境，有時所使用的原則較為簡單；如在英文環境中使用的五指法則（the five finger rule），常被用來教導老師及兒童判斷某書是否適合該兒童閱讀，該法則認為，一頁文字中有5個不認識的難字，則這本書對該兒童而言太難（Reading Eggs, 2017）。不過如果是由教師推薦書目，則常會考慮多元因素並做綜合判斷。趙子萱（2011）以質性研究，邀請在國小主要負責閱讀推動的圖書教師，判斷100本讀本的適讀年級，並請圖書教師指出判斷因素。研究發現，教師判斷文本適讀年級之因素主要包括：文本長度、注音符號、圖文比例、語文特徵、文本類型、兒童的識字量等。

雖然有關可讀性或適讀性的相關研究已有不少，但是同時以人工適讀推薦及系統進行可讀性分析，並比較兩者差異的研究則尚未得見。

參、研究目的與研究方法

一、研究目的

為協助國小圖書館及圖書教師推動科普閱讀，教育部全國圖書教師輔導團以國小自然與生活科技領域、數學領域課程單元為依據，邀請長年在學校負責閱讀推動的國小圖書教師，推薦適合各年級兒童閱讀程度的科普讀物，彙編成《科普讀物推薦書目—國小篇》。該書目推薦重點主要為：圖書主題是否可配合各年級生活科技領域或數學領域之課程單元，以及這本書是否適合該年級學童的閱讀程度。圖書教師在國小主要負責圖書館經營管理及閱讀推動，是人與書之間的重要橋樑，對圖書的內容、學生的閱讀興趣與能力、學校各科之教學單元，都需有充分的掌握。然而，由具有經驗的教師推薦的科普書和以可讀性分析系統評估的級別是否一致，若不一致，原因為何？是本研究主要之目的。

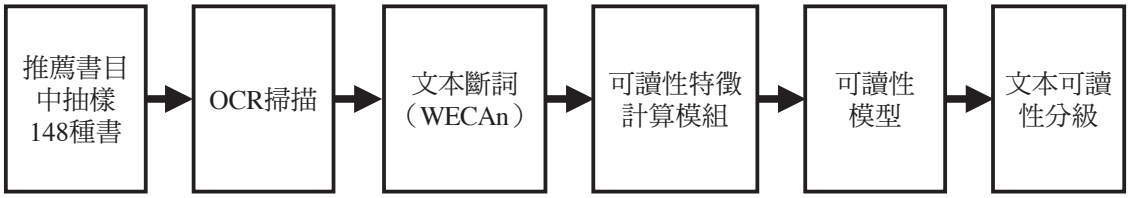
二、研究方法

本研究採用之方法主要為內容分析法及焦點座談法，內容分析乃採用CRIE系統進行文本可讀性自動分析，而後由圖書教師針對系統與人工分級有差異的科普書再次閱讀檢視，並以焦點座談針對人工分級原則及與系統分級產生差異的可能原因深入討論，相關細節說明如下：

(一) 內容分析法

本研究於2017至2018年間從《科普讀物推薦書目—國小篇》697種科普書中，扣除數學類，隨機從565種抽取148種自然科學類圖書掃瞄轉換成文字檔，採用CRIE可讀性系統（國立臺灣師範大學可讀性研究團隊，2019）進行科普圖書可讀性分析。掃描完成，系統將文字檔先利用WECAn工具進行斷詞，斷詞後的文字檔輸入可讀性特徵計算模型，計算可讀性特徵，再輸入至已經訓練好的可讀性模型，預測該書籍的可讀性級分，CRIE處理流程如圖一。

臺灣大學學術期刊資料庫



圖一　CRIE處理流程

資料來源：本研究整理。

(二) 焦點座談

148種科普書經系統可讀性分析完成後，本研究團隊將CRIE判讀結果先請7位推薦老師審視，並再次閱讀88種有差異的圖書，彼此溝通及交換意見，決定推薦年級，並將結果事先交由研究團隊彙整。最後並邀請可以與會的4位圖書教師參加座談，討論人工與系統判讀不一致的原因及相關看法。這4位教師分別是：新北市某國小圖書教師（編碼為A教師）、桃園市某國小圖書教師（編碼為B教師）、臺北市某國小圖書教師（編碼為C教師）、基隆市某國小圖書教師（編碼為D教師），4位教師之教書資歷都超過20年，且擔任圖書教師7年以上，是優秀的圖書教師，對閱讀推動深具心得。雖然座談會當天可以與會老師只有4位，但因事先已請所有的老師審閱及溝通討論，所以最後的分級決定事實上代表所有老師的意見。除了圖書教師外，參加座談會者尚有計畫主持人、CRIE系統工程師（編碼為CRIE）、三位計畫助理。88種有差異的圖書陳列於會場，以供查閱。此外，座談內容全程錄音，與會者充分表達選書原則及產生差異的原因等意見，並由主席歸納總結，確認與會者之意見。差異討論與焦點座談流程如圖二所示。

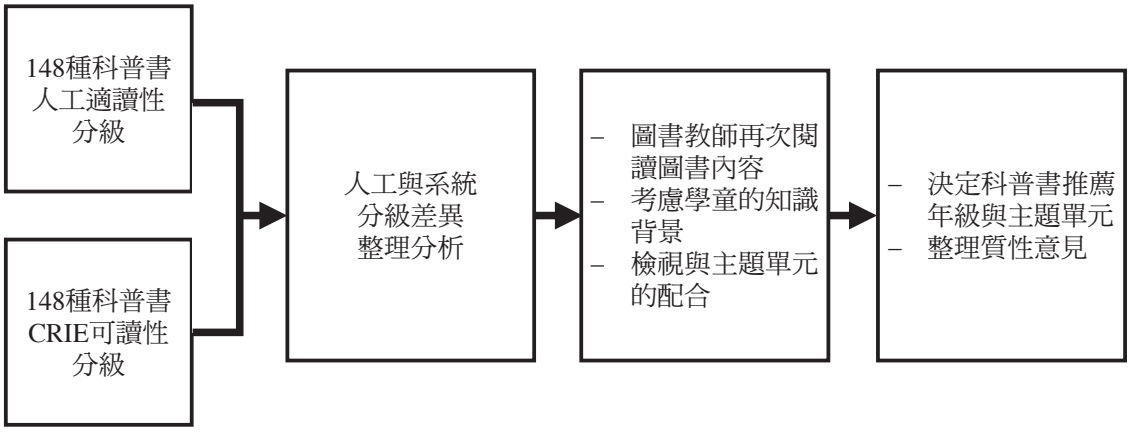
肆、研究結果分析

一、人工推薦與系統可讀性差異分析

(一) 第一次分析比較

148種科普書經過CRIE系統檢測後發現，與人工分級推薦無差異者有60種，占40.54%；有差異者有88種，占59.46%；有差異者中，人工分級推薦與系統可讀性分級差1個年級者有47種（占88種的53.41%），其中32種人工分級推薦較低，系統分級較高（占47種的68.09%），15種情況則剛好相反（占47種的31.91%）；人工分級推薦與系統分級之適讀年級差2個年級者有31種（占88種的35.23%），其中人工分級推薦之年級較低者有6種（占31種的19.35%），25種情況相反（占31種的80.65%）；差3個年級以上者有10種（占88種的11.36%），其中系統可讀性分級較高等有1種，9種情況相反。詳如表一所示。

臺灣大學學術期刊資料庫



圖二　差異討論與焦點座談流程圖

資料來源：本研究整理。

表一　人工判讀與系統分析比較表

	數量（種）	專家判斷適讀年級較系統低	專家判斷適讀年級較系統高
無差異	60　（40.54%）	-	-
差一個年級	47　（31.76%）	32	15
差二個年級	31　（20.95%）	6	25
差三個年級以上	10　（6.76%）	1	9
合計	148（100.00%）		

(二) 第二次分析比較

經過第一階段的分析，本研究邀請原來參與推薦自然與生活科技領域的圖書教師針對人工與系統分級有差易的88種圖書重新閱讀審視，經過老師彼此討論，接受系統分級的書有64種（占88種中的72.73%），加上原來無差異的60種，共計124種；維持原人工分級者22種書（占88種中的25%）；調整原人工分級但仍與系統不同者有2種（占88種中的2.27%）。綜合言之，人工與系統分級有共識的書共124種，共識度達83.78%。詳如表二所示。

二、人工推薦考慮之因素

教師在適性分級時，乃以事先設計好的表格建立推薦記錄表，每一本書都實際閱讀過，有2人以上推薦的書才會納入。而實際推薦時老師考慮的因素可以分成：配合各年級主題單元、圖書內容、圖書印刷、學生科學背景知識、科普書特性等因素說明如下：

臺灣大學學術期刊資料庫

表二　第二次專家重新檢視分級結果

結　　果	數量（種）	百分比
維持人工分級	22	14.86
接受系統分級	124	83.78
調整原人工分級但仍與系統分級不同	2	1.35
合計	148	100.00

(一) 配合各年級主題單元

教師推薦時首先考慮的是該書是否適合某年級之課程單元，而實際推薦時，因為科普書往往有一書內容包含甚廣的特性，所以常會有同一本書被推薦到不同年級的情況。此外有些書的難易度雖較學童閱讀程度高，但若符合課程單元，且該書經由教師引導後可以理解，則會被推薦到有該課程單元之年級；有些書的難易度雖較學童閱讀程度低，也因可以配合該年級之課程單元，因此會被推薦到有該課程單元之較高年級。也有老師提到，雖然與之對應的學習單元在較高年級，但因這本書的程度適合較低年級，學童若在較低年級先閱讀，學習時會更有興趣，因此他也會同時將該書推薦給較低年級的學童。

> 科普知識通常由淺至深，因此科普讀物在內容上，會用循序漸進的方式來引述觀念，但會形成一種現象，就是淺的部分適合程度比較低或低年級，深的部分則適合程度比較好的或高年級。（A教師提出，但其他教師都表示有共同的看法）

> 很多科普書都會涵蓋該主題的基本知識面，同時亦會探討到較深的觀念。因此，在適讀年級的建議上，會優先以可以看懂整本書內容的年級為主，形成讀物適讀高年級偏多，或是一本科普書在不同年級都適讀。（B教師提出，但其他教師都同意這個看法）

> 天下出版的《家門外的自然課》學童可在三年級先閱讀此書，而在四年級時該讀物即可配合課程單元中的昆蟲飼養單元。（A教師）

(二) 圖書內容因素

內容因素包括，詞彙的難易、句子的難易、文本長度、文字內容、圖文比例、插圖設計、注音符號等。不過老師也表示，有些適合高年級的書，若孩子有興趣，或有插圖設計，他還是會考慮推薦給較低年級的學生。此外，推薦給低年級的書，會考慮是否有注音符號；然而分析老師推薦的書單發現，推薦給中高年級讀物仍有「有注音」的讀物，可見得實際上，無論是否有注音符號，只要和課程單元相關，還是會被推薦。

臺灣大學學術期刊資料庫

自然與生活科技領域中，一年級的「那是什麼聲音」、二年級的「小小磁鐵真神奇」、「彩色的世界」沒有推薦對應的科普書，但其實在候選書單中有關聲音的有23冊、顏色的有4冊、磁性的有16冊，主要還是這些書不適合低年級學生程度閱讀。（C教師）

圖表很重要，學生是視覺性的動物。《哇!大自然》那一套書，就是因為它的圖表非常清楚，學生來就會：哇！！原來是這樣，哇！！（A教師）

有圖文配合，孩子會好奇。（B教師）

注音符號不是唯一的判斷依據，但推薦給低年級的書，會考慮是否有注音符號。（D教師）

興趣很重要，像有一個低年級小朋友會去看Discovery，浩翰星球宇宙，光是星球那個部分，他可以一直看一直看。（C教師）

(三) 圖書印刷因素

包括字體大小、排版設計。從老師推薦的書單發現，生物類的讀物《昆蟲放大鏡》、《柴棺龜澤蟹和虎皮蛙》為17pt，適讀年級是低、中年級，《觀螢．賞蝶．覓蟲》、《昆蟲臉書》字體大小22pt以上，適讀年級卻是中、高年級，老師表示推薦時主要還是考慮主題內容與年級的相關性。

因為圖文設計的關係，比較不會去考慮科普書的字體大小，而是就適讀年級來考量。（C教師）

(四) 學生科學背景知識

教師提到，科普書很重視閱讀者的學科背景知識，所以推薦時會特別考量學童是否具備足夠的背景知識、是否能理解書中的專有名詞。此外學童閱讀的科普讀物若與生活經驗相關，會提升學生閱讀興趣，並幫助其從中理解數學或科學觀念。

科普讀物在閱讀時非常重視背景知識，因此會考慮該書是否符合某年級的理解程度。（A教師提出，但所有老師都同意）

天下翻譯出版的《小小知識家》，是一套5冊的系列套書，主要在討論火車、船、汽車、飛行、電力等，排版也很美觀，適合學童閱讀。它這幾個東西都是小朋友看得到、體驗得到，車子他坐過，船他看過，跟他生活有相關的，所以這套很讚。（A教師）

在看的時候，如太陽、月亮，學生就會比較有興趣，但是若是超過太陽系、浩翰宇宙，就會沒有感覺，所以貼近生活經驗很重要。（A教師）

臺灣大學學術期刊資料庫

三、人工推薦與系統可讀性分析有差異的可能因素

座談中也討論人工推薦與系統分析產生差異的可能因素，由於這些意見通常是老師共同的看法，所以下文不特別指出是哪一位老師的意見，但若有CRIE研究者之回覆則會標出。相關意見分成接受系統分級、維持人工分級、重新分級等說明如下：

(一) 接受系統分級的原因

- **人工主要以圖書是否符合各年級課程單元為考量，系統主要根據書籍難易度判斷**

教師認為，此次選書主要以配合各年級自然與生活科技領域為主要選書原則，但系統主要以圖書的難易度做可讀性分析，並未考量該書是否符合各年級的課程單元，所以兩者會有一些落差；第二次檢視時，教師認為有些書若僅以可讀性來看，系統的分級是合理的，所以接受系統的分級。

> 自然與生活科技領域融合了地球科學、化學、物理、生物、生活科技等五個主要學科，各學科之主題分布在不同年級，我們會配合這個原則推薦圖書。
>
> 系統主要根據文本的難易度判斷，目前確實未配合課綱之單元分級。（CRIE）

(二) 維持原人工分級的原因

- **人工會考慮學習情境，但系統無法考慮學習情境**

教師認為，由教師分級時會考慮學習情境，如是否符合課程單元、若由教師引導後學童可以理解，則會推薦，但系統則無法考慮學習情境。

> 工具書及活動類的科普讀物知識量高，必須經由教師在課堂上作引導，與授課的內容作相關性結合，讓學童對這類讀物產生興趣及好奇，或作為資料查找用。
>
> 教師應該要知書知人，可以採用導讀、解說寓意、以圖吸引、利用索引目次等方式，再配合科普活動等吸引學生閱讀。
>
> 可讀性系統主要根據指標評估，無法考慮教學情境。（CRIE）

- **內容深淺涵蓋廣的科普書，老師會依部分內容分級推薦，但系統以整體內容進行可讀性分析**

為了吸引更多購買對象，出版社常出版內容由淺入深、主題多元的科普書，因此會有一書同時適合不同年級、不同課程單元的情況，這是科普書常有的出版特性；教師會視這本書的部分內容推薦，因此有時會推薦給較低的年級，但系統則以整體難易度分級，較容易分到高年級。

臺灣大學學術期刊資料庫

不論是國內或國外翻譯的科普書都會這樣，知識量太多…，所以常會被歸到高年級，其實有些內容低年級也可以讀。

也就是說一本書內容不要裝太多，不要包山包海。

- **系統未將注音符號納入分析考量**

教師認為有注音的書，可以輔助中低年級同學閱讀，尤其是故事書，因此會推薦給較低年級之學童。

這本書…系統分析的級數較高，但我認為因為它有注音，可以輔助中低年級同學的閱讀，尤其是故事書。（D教師）

目前系統確實還未將注音符號考量進去。（CRIE）

- **系統的分析主要以文字為主，但人工會考慮插圖設計及數量**

插圖設計與數量為老師考量的要素之一，有插圖的書多數是作者為低中年級學童而創作，因此插圖為判斷是否為中低年級適讀的重要因素之一。

這些書因為有插圖，因此中年級的同學也看得懂。……若就文字來看是要高年級沒錯。

(三) 重新分級的原因

- **圖鑑類書籍的閱讀重點影響人工推薦**

有些圖鑑若以圖片閱讀為主，中年級即可閱讀，若以文字閱讀為主，則需高年級才能理解，這類書是老師在第二次檢視時，重新分級的原因，而系統則較難做這樣的判斷。

科普讀物是知識性文本，無法像文學性文本從頭至尾逐字閱讀，因此圖像閱讀是很重要的。讓學童藉由一次一次翻閱，吸收其中知識。

所以這二本書我們討論後認為可以重新分級，推薦給中年級。

伍、結論與建議

一、研究結論

雖然有關可讀性或適讀性的相關研究已有不少，但是同時以人工適讀推薦及以系統進行可讀性分析比較的研究則尚未得見，這也是本研究的價值。經過上述研究分析發現，人工適讀推薦與系統可讀性分析各有擅長，且教師推薦時考慮的因素很多。主要因為《科普讀物推薦書目—國小篇》乃希望做為各年級自然與生活科技領域、數學領域延伸閱讀材料，因此教師推薦科普圖書適讀年級的原則，主要先考慮該書主題是否和課程主題單元相符，換言之，「閱讀目的」是老師考慮的主要因素；其次是「圖書內容」，包括：詞彙的難易、句子的難易、文本長度、圖文比例、插圖設計、是否有注音符號、字體大小等是否適合該年級學生閱讀；

臺灣大學學術期刊資料庫

此外教師推薦圖書時，會考慮該年級學童「科學背景知識、閱讀興趣、學習情境、學習經驗，及是否和生活情境相關」等。這樣的結果和Short（2018）針對以Lexile Levels建立全球文學書單所做的分析類似。

本研究抽樣148種科普書進行人工推薦與CRIE系統分級比較，教師同意系統之分級者有124種，兩者之共識度達83.78%，顯示系統分級穩定性高。不過閱讀目的是人工推薦的重點，文本難易度是系統可讀性分析的重點，這是人工與系統產生差異最主要的原因；此外，人工會考慮學習情境，但系統則否；人工會因有注音而推薦給較低年級之學童，但系統則否；人工會考慮插圖數量及插圖設計，但系統主要以文字來分析；圖鑑類書籍的插圖是閱讀重點也會影響推薦年級，但系統主要仍以文字來分析；人工會就部分內容來推薦，但系統則以整本圖書來分級。這都表示，瞭解教學情境、學生學習經驗的老師，其判斷較有彈性；此外科普書較多插圖且內容深淺涵蓋廣等編輯特徵也是人工較系統更能掌握之處。

二、研究建議

本研究主要建議如下：

(一) 為學童挑選及推薦圖書是老師鼓勵學童閱讀，培養其閱讀習慣非常重要的工作，最瞭解學生的是老師，若老師可以根據學習情境及學童程度推薦圖書，並融入教學中，對學生而言最具說服力，這也是系統無法取代的工作。

(二) 由有經驗的教師進行的人工適讀推薦，所考慮的因素，可以做為CRIE可讀性系統未來改進的參考，如是否可與K-12的課程單元配合，是否有注音符號、圖片多寡，圖鑑類及內容涵蓋廣的科普書是否只評估預測一個級分，還是可以評估預測一個範圍的級分等，都是系統可參考的因素。

(三) 由研究可知，CRIE是一套穩定性高的文本可讀性分析系統，如果可以參考美國Lexile系統的做法，書籍在出版前先將電子檔上傳到系統進行可讀性評估，並標示在書籍封面或封底，提供讀者參考或由老師或家長根據實際需求與情境推薦，則可以節省讀者及推薦者的時間，也是比較有效的推薦模式。

(四) 由於文本可讀性分析系統需要有文字檔才能評估，基於成本及時間考量，本研究只挑選148種科普書轉換為文字檔作可讀性分析，建議未來可以挑選各種主題及各種體裁的圖書進行人工與系統分析比較，相信其結果更有利於了解人工與系統分析不同文本之差異，並提供可讀性系統改進之參考。

參考文獻 References

王逢吉（1963）。*兒童閱讀及寫作指導*。臺中市：臺中師範專科學校。【Wang, Feng-Chi (1963). *[Er tong yue du ji xie zuo zhi dao]*. Taichung: Taiwan Provincial Taichung Normal School. (in Chinese)】

臺灣大學學術期刊資料庫

吳英長（1988）。科學讀物的處理技巧。*中華民國兒童文學學會會訊，4*(5)，11-13。【[Wu, Ying-Zhang] (1988). [Ke xue du wu de chu li ji qiao]. *The Society of Children's Literature The Republic of China, 4*(5), 11-13. (in Chinese)】

呂佳蕙（2007）。*科學讀物融入KWLQF策略於國小生活課程之行動研究*（未出版之碩士論文）。中原大學教育研究所，桃園縣。doi: 10.6840/CYCU.2007.00141【Lu, Jia-Whei (2007). *An action research of incorporating science reading books with KWLQF strategy in the elementary life curriculum* (Unpublished master's thesis). Graduate School of Education, Chung Yuan Christian University, Taoyuan. doi: 10.6840/CYCU.2007.00141 (in Chinese)】

宋曜廷、陳茹玲、李宜憲、查日穌、曾厚強、林維駿、…張國恩（2013）。中文文本可讀性探討：指標選取、模型建立與效度驗證。*中華心理學刊，55*(1)，75-106。doi: 10.6129/CJP.20120621【Sung, Yao-Ting, Chen, Ju-Ling, Lee, Yi-Shian, Cha, Jih-Ho, Tsehng, Hou-Chiang, Lin, Wei-Chun, ... Chang, Kuo-En (2013). Investigating Chinese text readability: linguistic features, modeling, and validation. *Chinese Journal of Psychology, 55*(1), 75-106. doi: 10.6129/CJP.20120621 (in Chinese)】

周淑卿（2008）。豈是「一本」能了？——教科書概念的重建。*教科書研究，1*(1)，29-47。【Chou, Shu-Ching (2008). Is 'One-Guideline-One-Version' policy a panacea? Reconceptualization of 'textbook'. *Journal of Textbook Research, 1*(1), 29-47. doi: 10.6481/JTR.200806.0029 (in Chinese)】

林良（2011）。*林良談兒童文學：淺語的藝術*（新版）。臺北市：國語日報。【Lin, Liang (2011). *[Lin Liang tan er tong wen xue: Qian yu de yi shu]* (new ed.). Taipei: Mandarin Daily News. (in Chinese)】

林武憲（1989）。兒童讀物的改寫。在林文寶（主編），*兒童文學論述選集*（頁295-304）。臺北市：幼獅。【Lin, Wu-Hsien (1989). [Er tong du wu de gai xie]. In Wen-Po Lin (Ed.), *[Er tong wen xue lun shu xuan ji]* (pp. 295-304). Taipei: Youth. (in Chinese)】

孫志麟（1991）。*國民小學教師自我效能及其相關因素之研究*（未出版之碩士論文）。國立政治大學教育研究所，臺北市。【Sun, Zhi-Lin (1991). *[Guo min xiao xue jiao shi zi wo xiao neng ji qi xiang guan yin su zhi yan jiu]* (Unpublished master's thesis). Department of Education, National Chengchi University, Taipei. (in Chinese)】

荊溪昱（1992）。*國小國語教材的課文長度、平均句長及常用字比率與年級關係之探討*（行政院國家科學委員會專題研究計畫，報告編號NSC81-0301-H-017-04）。臺北市：行政院國家科學委員會科學技術資料中心。【Ging, Chi-Yu (1992). *[Guo xiao guo yu jiao cai de ke wen zhang du, ping jun ju zhang ji chang yong zi bi lu yu nian ji*

臺灣大學學術期刊資料庫

guan xi zhi tan tao]. (NSC Project Reports NSC81-0301-H-017-04). Taipei: Science and Technology Information Center. (in Chinese)】

荊溪昱（1995）。中文國文教材的適讀性研究：適讀年級值的推估。*教育研究資訊，3*(3)，113-127。【Ging, Chi-Yu (1995). [Zhong wen guo wen jiao cai de shi du xing yan jiu: Shi du nian ji zhi de tui gu]. *Educational Research & Information, 3*(3), 113-127. (in Chinese)】

國立臺灣師範大學可讀性研究團隊（2019）。*文本可讀性指標自動化分析系統3.0*。檢自http://www.chinesereadability.net/CRIE/?LANG=CHT【College of Education E-learning Lab. (2019). *Chinese Readability Index Explorer, CRIE 3.0*. Retrieved from http://www.chinesereadability.net/CRIE/?LANG=CHT (in Chinese)】

張之傑（2009）。談兒童科普寫作。*科學月刊，40*(4)，308-311。【[Zhang, Zhi-Jie] (2009). [Tan er tong ke pu xie zuo]. *Science Monthly, 40*(4), 308-311. (in Chinese)】

張淑瓊、劉清彥（2007）。協助孩子建立獨立閱讀的自信：一七〇本橋梁書推薦與導讀。在何琦瑜、吳毓珍（主編），*教出寫作力：寫作該學什麼？如何學？*（頁274-295）。臺北市：天下文化。【[Zhang, Shu-Qiong], & [Liu, Qing-Yan] (2007). [Xie zhu hai zi jian li du li yue du de zi xin: 170 ben qiao liang shu tui jian yu dao du]. In [Qi-Yu He] & [Yu-Zhen Wu] (Eds.), *[Jiao chu xie zuo li: Xie zuo gai xue she me? Ru he xue?]* (pp. 274-295). Taipei: Common Wealth. (in Chinese)】

許漢章（1984）。如何編寫優良的兒童讀物。*臺灣教育，399*，29-31。【Hsu, Han-Chang (1984). [Ru he bian xie you liang de er tong du wu]. *Taiwan Education Review, 399*, 29-31. (in Chinese)】

陳昭珍（主編）（2015）。*科普讀物推薦書目－國小篇*。臺北市：教育部。【Chen, Chao-Chen (Ed.) (2015). *Suggested readings of popular science for children*. Taipei: Ministry of Education. (in Chinese)】

陳美鳳（2004）。*閱讀科學普及讀物教學對閱讀理解能力與自然科學習成就之影響*（未出版之碩士論文）。國立臺北師範學院數理教育研究所，臺北市。【Chen, Mei-Feng (2004). *[Yue du ke xue pu ji du wu jiao xue dui yue du li jie neng li yu zi ran ke xue xi cheng jiu zhi ying xiang]* (Unpublished master's thesis). Department of Mathematics and Information Education, National Taipei Teachers College, Taipei. (in Chinese)】

陳茹玲、蔡鑫廷、宋曜廷、李宜憲（2015）。文本適讀性分級架構之建立研究。*教育科學研究期刊，60*(1)，1-32。doi: 10.6209/JORIES.2015.60(1).01【Chen, Ju-Ling, Tsai, Shin-Ting, Sung, Yao-Ting, & Lee, Yi-Shian (2015). The development of a text leveling framework. *Journal of Research in Education Sciences, 60*(1), 1-32. doi: 10.6209/JORIES.2015.60(1).01 (in Chinese)】

臺灣大學學術期刊資料庫

黃崇民（1973）。漫談通俗科學讀物。*書評書目，7*，20-25。【Huang, Chong-Min (1973). [Man tan tong su ke xue du wu]. *Book Review and Bibliography, 7*, 20-25. (in Chinese)】

楊孝濚（1971）。影響中文可讀性語言因素的分析。*報學，4*(7)，58-68。【Yang, Shou-Jung (1971). [Ying xiang zhong wen ke du xing yu yan yin su de fen xi]. *Journalism, 4*(7), 58-68. (in Chinese)】

趙子萱（2011）。*中文環境兒童圖書分級指標建立之探討*（未出版之碩士論文）。國立臺灣師範大學圖書資訊學研究所，臺北市。【Chao, Tzu-Shiuan (2011). *A study of reading level indicators for Chinese children's books* (Unpublished mater's thesis). Graduate Institute of Library and Information Studies, National Taiwan Normal University, Taipei. (in Chinese)】

鄭元春（2000）。如何為少年、兒童選擇科學讀物。*全國新書資訊月刊，18*，18-19。【Cheng, Yuan-Tsun (2000). [Ru he wei shao nian, er tong xuan ze ke xue du wu]. *New Books, Recent and Forthcoming Publications in Taiwan, ROC, 18*, 18-19. (in Chinese)】

Amabel, W.-E. (1949, November 23). *The popularization of science through books for children*. [Program and meeting document]. UNESDOC (0000154256, NS/PSI/7). United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris, France.

Bengio, Y., Ducharme, R., Vincent, P., & Jauvin, C. (2003). A neural probabilistic language model. *Journal of Machine Learning Research, 3*(Feb), 1137-1155.

Bormuth, J. R. (1966). Readability: A new approach. *Reading Research Quarterly, 1*(3), 79-132. doi: 10.2307/747021

Butzow, J. W., & Butzow, C. M. (2000). *Science through children's literature: An integrated approach* (2nd ed.). Portsmouth, NH: Teacher Ideas Press.

Caylor, J. S., Sticht, T. G., Fox, L. C., & Ford, J. P. (1973). *Methodologies for determining reading requirements of military occupational specialties* (Technical Report HumRRO-TR-73-5). Alexandria, VA: Human Resources Research Organization.

Chall, J. S. (1976, April). *The great debate: Ten years later, with a modest proposal for reading stages*. Paper presented at The 1976 Conference on Theory and Practice of Beginning Reading Instruction, Pittsburgh, PA. doi: 10.2307/j.ctvjhzs0b.7

Chall, J. S., & Dale, E. (1995). *Readability revisited: The new Dale-Chall readability formula*. Cambridge, MA: Brookline.

Clay, M. M. (1991). *Becoming literate: The construction of inner control*. Auckland, New Zealand: Heinemann.

Dale, E., & Chall, J. S. (1949). The concept of readability. *Elementary English, 26*(1), 19-26.

DuBay, W. H. (2004). *The principles of readability*. Costa Mesa, CA: Impact Information.

Flesch, R. (1948). A new readability yardstick. *Journal of Applied Psychology, 32*(3), 221-233. doi: 10.1037/h0057532

臺灣大學學術期刊資料庫

Flesch, R. (1951). *How to test readability*. New York, NY: Harper & Brothers.

Fountas, I. C., Pinnell, G. S., & Bird, L. B. (1999). *Matching books to readers: Using leveled book in guided reading, K-3*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Fry, E. B. (2002). Readability versus leveling. *Reading Teacher, 56*(3), 286-291.

Graesser, A. C., McNamara, D. S., & Kulikowich, J. M. (2011). Coh-Metrix: Providing multilevel analyses of text characteristics. *Educational Researcher, 40*(5), 223-234. doi: 10.3102/0013189X11413260

Gunning, T. G. (2003). The role of readability in today's classrooms. *Topics in Language Disorders, 23*(3), 175-189. doi: 10.1097/00011363-200307000-00005

Hinton, G. E. (2009). Learning distributed representations of concepts. In C. Clifton Jr. (Chair), *Program of the Eighth Annual Conference of the Cognitive Science Society: 15-17 August 1986, Amherst, Massachusetts* (pp. 1-12). New York, NY: Psychology Press. (Origin work published 1986)

Klare, G. R. (1963). *The measurement of readability*. Ames, IA: Iowa State University Press.

Klare, G. R. (1976). A second look at the validity of readability formulas. *Journal of Reading Behavior, 8*(2), 129-152. doi: 10.1080/10862967609547171

Klare, G. R. (2000). The measurement of readability: Useful information for communicators. *ACM Journal of Computer Documentation, 24*(3), 107-121. doi: 10.1145/344599.344630

Liu, Y.-N., Chen, K.-Y., Tseng, H.-C., & Chen, B. (2015). A study of readability prediction on elementary and secondary Chinese textbooks and excellent extracurricular reading materials. In S.-H. Chen, H.-M. Wang, J.-T. Chien, H.-Y. Kao, W.-W. Chang, Y.-R. Wang, & S.-H. Wu (Eds.), *Proceedings of the 27th Conference on Computational Linguistics and Speech Processing* (pp. 71-86). Hsinchu, Taiwan: The Association for Computational Linguistics and Chinese Language Processing.

Lively, B. A., & Pressey, S. L. (1923). A method for measuring the "vocabulary burden" of textbooks. *Educational Administration and Supervision, 9*, 389-398.

Madrazo, G. M., Jr. (1997). Using trade books to teach and learn science. *Science and Children, 34*(6), 20-21.

McLaughlin, G. H. (1969). SMOG grading – A new readability formula. *Journal of Reading, 12*(8), 639-646.

McNamara, D. S., Louwerse, M. M., McCarthy, P. M., & Graesser, A. C. (2010). Coh-Metrix: Capturing linguistic features of cohesion. *Discourse Process, 47*(4), 292-330. doi: 10.1080/01638530902959943

Mesmer, E. M., & Mesmer, H. A. E. (2008). Response to intervention (RTI): What teachers of reading need to know. *The Reading Teacher, 62*(4), 280-290. doi: 10.1598/RT.62.4.1

臺灣大學學術期刊資料庫

MetaMetrics. (2020). *About Lexile measures for reading*. Retrieved from https://lexile.com/parents-students/understanding-your-lexile-measure/lexile-measures-reading/

Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). *Efficient estimation of word representations in vector space*. Retrieved from https://arxiv.org/abs/1301.3781

Pennington, J., Socher, R., & Manning, C. D. (2014). Glove: Global vectors for word representation. In A. Moschitti (Chair), *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: (EMNLP 2014); Doha, Qatar, 25-29 October 2014* (Vol. 3, pp. 1532-1543). Stroudsburg, PA: Association for Computational Linguistics. doi: 10.3115/v1/D14-1162

Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. New York, NY: Basic Books. (Original work published 1936)

Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child*. New York, NY: Basic.

Piaget, J. (1962). *Play, dreams, and imitation in childhood*. New York, NY: Norton. (Original work published 1945)

Reading Eggs. (2017). *The five finger rule: How to find 'just right' books for your child*. Retrieved from https://readingeggs.com/articles/2017/04/07/just-right-books/

Rice, D. C., Dudley, A. P., & Williams, C. S. (2001). How do you choose science trade books? *Science and Children, 38*(6), 18-22.

Rog, L. J., & Burton, W. (2001). Matching texts and readers: Leveling early reading materials for assessment and instruction. *The Reading Teacher, 55*(4), 348-356. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/i20205053

Short, K. (2018). *Limitations of Lexile Levels for global literature*. Retrieved from https://wowlit.org/blog/2018/05/14/limitations-of-lexile-levels-for-global-literature/

Stenner, A. J., Burdick, H., Stanford, E. E., & Burdick, D. S. (2006). How accurate are Lexile text measures? *Journal of Applied Measurement, 7*(3), 307-322.

Sung, Y.-T., Chang, T.-H., Lin, W.-C., Hsieh, K.-S., & Chang, K.-E. (2016). CRIE: An automated analyzer for Chinese texts. *Behavior Research Methods, 48*(4), 1238-1251. doi: 10.3758/s13428-015-0649-1

Sung, Y.-T., Chen, J.-L., Cha, J.-H., Tseng, H.-C., Chang, T.-H., & Chang, K.-E. (2015). Constructing and validating readability models: The method of integrating multilevel linguistic features with machine learning. *Behavior Research Methods, 47*(2), 340-354. doi: 10.3758/s13428-014-0459-x

Tseng, H.-C., Chen, B., Chang, T.-H., & Sung, Y.-T. (2019). Integrating LSA-based hierarchical conceptual space and machine learning methods for leveling the readability of domain-specific texts. *Natural Language Engineering, 25*(3), 331-361. doi: 10.1017/S1351324919000093

Tseng, H.-C., Sung, Y.-T., Chen B., & Lee, W.-E. (2016, July). *Classification of text readability based on representation learning techniques*. Paper presented at

臺灣大學學術期刊資料庫

The 26th Annual Meeting of the Society for Text & Discourse, Kassel, Germany.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

White, H. S. (1965). Evidence for a hierarchical arrangement of learning processes. *Advances in Child Development and Behavior, 2*, 187-220. doi: 10.1016/S0065-2407(08)60483-8

White, H. S. (1996). The relationships of developmental psychology to social policy. In E. F. Zigler, S. L. Kagan, & N. W. Hall (Eds.), *Children, families, and government: Preparing for the twenty-first century* (pp. 409-422). London, England: Cambridge University Press.

（投稿日期Received: 2020/5/4　接受日期Accepted: 2020/5/29）

臺灣大學學術期刊資料庫