

國立交通大學

工業工程與管理學系

博士論文

顯示畫面大小對老年人視覺搜尋作業之影響

The effect of display size on the visual search performance of the elderly

研究生：廖家寧

指導教授：陳一平 教授

洪瑞雲 教授

中華民國一〇二年六月

國立交通大學

工業工程與管理學系

博士論文

顯示畫面大小對老年人視覺搜尋作業之影響

The effect of display size on the visual search performance of the elderly

研 究 生：廖家寧

1896

研究指導委員會：黃雪玲 教授

黃淑麗 教授

許峻誠 教授

指 導 教 授：陳一平 教授

洪瑞雲 教授

中 華 民 國 一 〇 二 年 六 月

顯示畫面大小對老年人視覺搜尋作業之影響

The effect of display size on the visual search performance of the elderly

研 究 生：廖家寧

Student : Chia-Ning Liao

指導教授：陳一平

Advisor : I-Ping Chen

洪瑞雲

Ruey-Yun Horng

國立交通大學
工業工程與管理學系
博士論文

A Dissertation
Submitted to Department of Industrial Engineering and Management
College of Management
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Doctor of Philosophy

June 2013

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中 華 民 國 一 〇 二 年 六 月

顯示畫面大小對老年人視覺搜尋作業之影響

研 究 生：廖家寧

指導教授：陳一平

洪瑞雲

國立交通大學工業工程與管理學系博士班

摘 要

目前的顯示器設計準則多針對年輕人與約 15 度視角大小顯示器，卻未必適用於老年人與不同大小的觀看環境。本研究採用視覺搜尋實驗典範，以老年人為對象，年輕人為對照組，改變顯示畫面大小(單位為視角)，探討顯示畫面大小對老年人視覺搜尋作業之影響。本研究包含三個實驗。實驗一請老年人在三種顯示畫面(16 度、32 度、60 度視角)中進行視覺搜尋作業。結果發現搜尋類型與項目數目的顯著效果與交互作用，但顯示畫面大小的效應卻不強健。實驗二與實驗三請年輕人與老年人在三種搜尋範圍大小(8 度、16 度、32 度視角)中進行視覺搜尋作業，實驗二中項目大小隨搜尋範圍縮小而等比縮小，實驗三中項目大小則不改變。結果，實驗二中，年輕人與老年人在 16 度、32 度視角情況中的表現型態與實驗一相似，亦出現年齡、項目數目與搜尋範圍大小的顯著效果與交互作用。實驗三中，8 度、16 度情境的項目尺寸不縮小，搜尋效率相較於實驗二有顯著的促進。同時，老年人在平行式搜尋情境中，反應時間不隨項目數目與搜尋範圍大小而增加。序列式搜尋情境中，反應時間則顯著隨著項目數目的增加而增加，搜尋效率亦隨著搜尋範圍縮小而促進，但由 16 度縮小到 8 度時促進幅度卻變小。可能是項目之間擁擠程度增加而導致。因此本研究結果支持年齡、搜尋範圍大小、搜尋類型、項目數目、項目大小與擁擠程度等變項對視覺搜尋表現皆有影響。

關鍵詞：高齡者、視覺注意力、視覺搜尋、顯示器、人因工程

The effect of display size on the visual search performance of the elderly

Student : Chia-Ning Liao

Advisors : I-Ping Chen

Ruey-Yun Horng

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

Abstract


Current knowledge about attention is largely based on data obtained with young adults using devices of moderate display size. With the aging of increasingly large populations and the advance of display technology, comes the need for understanding the elderly's attention behavior over a wider range of viewing sizes. The effect of display size on the elderly's visual search performance was studied in three experiments. In exp. 1, the elderly performed two types of visual search tasks, that is, parallel and serial search, under three display-size conditions (16° , 32° , and 60°). Elderly's reaction time increased with set size in serial, but not parallel search. However, the display size effect was not robust. In exp. 2 and 3, the elderly and the young control engaged in the same tasks in 8° , 16° , and 32° display size conditions. In exp. 2, the item size was scaled with the display size. The elderly's performance replicated that in exp. 1 roughly, and it took them more time to complete a task than the young. In exp. 3, the item size was held constant. The elderly's serial, but not parallel search was affected by the display size. In the serial task, the reaction time for detecting a target decreased with the display size from 32° to 16° , and then remain constant down to 8° condition, suggesting that some sort of crowding effect was in action. To sum up, this study shows that age, display size, search type, set size, item size, and crowding all affect visual search performance.

Key word: aging, visual attention, visual search, display size, human factors

致 謝

來到博士學程的最終，這本論文並不是惟一的結局，九年過程中的學習、反思、堅持向前與自我突破是人生更為珍貴的收穫。

博士學程與這本論文得以完成，首先要感謝交大應藝所的恩師陳一平老師。雖然陳老師本身是個絕頂聰明人物，學識淵博亦可比文藝復興人，但對待不才學生們卻總是溫和有耐心，且尊重我們自身的研究興趣、見解與人生選擇，與陳老師討論問題時總能有醍醐灌頂之感。最感謝的是陳老師總是包容我的左思右想與躊躇不前，常在我卡住的時

The seal of Tsinghua University is a large, light blue watermark in the background. It is circular with a gear-like outer edge. Inside the circle, there is a central emblem featuring a book and a torch, with the year '1896' at the bottom. The words 'TSINGHUA UNIVERSITY' are written around the inner circle.

候幫助我澄清我的困難點，持續地鼓勵我繼續向前。

博士學程路途中，要感謝交大工工人因工程組的洪瑞雲老師，洪老師是個極具正義感的俠女。當我由心理學跨領域進入人因工程領域之初，科學與科技兩種不同思惟產生的巨大撞擊常在我心中激盪，感謝洪老師在我徬徨無依之時多次伸出援手，給予支持與肯定。同時也感謝工工所上的其它科目的老師與行政人員在學業與行政上的各項協助。

感謝論文的口試委員：黃雪玲老師、王明揚老師、黃淑麗老師與許峻誠老師對論文逐字斧正，並以心理、人因工程、設計等領域的專業提供見解，不但點出我的盲點，更提供建議使論文寫作更加周延與豐富，提升研究價值。

感謝應藝所基礎視覺實驗室的同伴，特別是：翠如學姊、智祥、之維、明鴻、與小公主等人；工工所人因工程實驗室的同伴，特別是：永昌學長、世環學姊、柏輝、富源、孜蓉、與瑋聖、瀟云、柔喻、愷伶；及交大工工所同學：信宏、志偉與崑智大哥。不

同的專長的大家在實驗室討論與共事，過程中激盪出許多天馬行空的想法，皆對我有所啟迪。彼此在修課與生活中溫暖的關心與互相打氣，伴我走過這些年。研究中各項問題的解決，諸如實驗程式、刺激製作，商借實驗室的行政事項與參與者招募，皆得到大家的幫助，才讓實驗順利完成。

感謝參與本研究的老年人與年輕人參與者們。特別是老人家們，在只以電腦螢幕光線為惟一光源的暗室中，堅持完成視覺搜尋作業的實驗，絕對不是件容易的事。這當中，有人是認同學術研究希望能幫助老年人相關知識的探索與老年人相關設計的進步，更有 人是發揮善心幫助一個學生的學位論文。不論如何，沒有你們的參與，本研究不會順利完成。

感謝我的父母與姊妹們，來自家庭的溫暖與關愛，共同扶持度過這些年家中的幾個艱困時刻的經驗，使我內心更加篤定，我們大家必定也能順利走過未來漫長的人生路，亦能擁有幸福。感謝我親愛的伴侶茂弘，有幸遇到你，人生中的風風雨雨喜悅甜蜜快樂幸福皆與你攜手向前，是我最快樂的事。

一件事的完成，不可能只靠一個人，必然是集合了許許多多人的幫助才能成就。一路上給予我幫助的人實在太多，難以細數，只好謝天!!

此刻的我很高興，因為一路走來，克服了大大小小的難題，持續向前，沒有放棄。過去經歷的一切都使我更強壯，現在並不是旅程的結束，而是下個階段的開始。

目 錄

| | |
|--|----|
| 第一章 緒論 | 1 |
| 1.1 研究背景與動機 | 1 |
| 1.2 研究目標 | 3 |
| 1.3 研究名詞與定義 | 5 |
| 1.3.1 表現 | 5 |
| 1.3.2 平行式搜尋與序列式搜尋 | 5 |
| 1.3.3 搜尋範圍大小以視角為單位 | 6 |
| 1.4 研究範圍與限制 | 7 |
| 1.4.1 適用對象 | 7 |
| 1.4.2 顯示畫面 | 8 |
| 1.4.3 理論探究 | 8 |
| 1.5 研究架構 | 9 |
| 第二章 文獻回顧 | 12 |
| 2.1 老化與眼睛 | 12 |
| 2.1.1 視角(visual angle) | 14 |
| 2.1.2 離心視角(eccentricity) | 15 |
| 2.1.3 皮質放大率(cortical magnification factor) | 15 |
| 2.2 注意力與螢幕大小 | 17 |
| 2.2.1 視覺搜尋典範 | 19 |
| 2.2.2 視覺搜尋與皮質放大率 | 21 |
| 2.3 老化與視覺搜尋 | 22 |
| 2.4 老人在不同尺寸搜尋範圍下的視覺搜尋表現 | 27 |
| 第三章 研究方法 | 29 |
| 3.1 參與者 | 29 |
| 3.2 實驗設計 | 29 |
| 3.3 實驗刺激 | 30 |
| 3.4 各搜尋範圍大小情境下的觀看距離與螢幕大小 | 31 |
| 3.5 程序 | 34 |
| 3.6 統計分析前的資料處理 | 36 |
| 3.7 預計回答問題 | 37 |
| 第四章 前行實驗與實驗一 | 38 |
| 4.1 前行實驗 | 38 |
| 4.1.1 參與者 | 38 |
| 4.1.2 實驗設計 | 38 |
| 4.1.3 實驗刺激 | 39 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1.4 | 儀器設備與實驗環境..... | 39 |
| 4.1.5 | 各搜尋範圍大小情境下的觀看距離與螢幕大小..... | 40 |
| 4.1.6 | 程序..... | 41 |
| 4.1.7 | 資料處理..... | 41 |
| 4.1.8 | 結果..... | 41 |
| 4.1.9 | 結論..... | 44 |
| 4.2 | 實驗一..... | 44 |
| 4.2.1 | 參與者..... | 44 |
| 4.2.2 | 實驗設計..... | 45 |
| 4.2.3 | 實驗刺激..... | 46 |
| 4.2.4 | 儀器設備與實驗環境..... | 46 |
| 4.2.5 | 各搜尋範圍大小情境下的觀看距離與螢幕大小..... | 47 |
| 4.2.6 | 程序..... | 47 |
| 4.2.7 | 資料處理..... | 48 |
| 4.2.8 | 結果..... | 48 |
| 4.2.9 | 實驗一，小結與討論..... | 51 |
| 第五章 | 實驗二..... | 56 |
| 5.1 | 參與者..... | 56 |
| 5.2 | 實驗設計..... | 57 |
| 5.3 | 實驗刺激..... | 58 |
| 5.4 | 各搜尋範圍大小情境下的觀看距離與螢幕大小..... | 59 |
| 5.5 | 儀器設備..... | 60 |
| 5.6 | 程序..... | 60 |
| 5.7 | 統計分析前的資料處理..... | 60 |
| 5.8 | 結果..... | 60 |
| 5.8.1 | 平行式搜尋..... | 61 |
| 5.8.2 | 序列式搜尋..... | 64 |
| 5.9 | 實驗二討論..... | 68 |
| 第六章 | 實驗三..... | 70 |
| 6.1 | 參與者..... | 70 |
| 6.2 | 實驗設計、實驗刺激、各搜尋範圍大小情境下的觀看距離與螢幕大小、儀器設備、程序、與統計分析前的資料處理..... | 71 |
| 6.3 | 結果..... | 72 |
| 6.3.1 | 平行式搜尋..... | 72 |
| 6.3.2 | 序列式搜尋..... | 75 |
| 6.4 | 實驗三討論..... | 79 |
| 第七章 | 綜合討論..... | 83 |
| 7.1 | 摘要實驗結果..... | 83 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 7.1.1 實驗一 | 83 |
| 7.1.2 實驗二與實驗三 | 84 |
| 7.2 與前人實驗的比較 | 87 |
| 7.2.1 平行式搜尋 | 87 |
| 7.2.2 序列式搜尋 | 87 |
| 7.2.3 老化影響視覺注意力機制 | 88 |
| 7.3 設計考量與建議 | 90 |
| 7.4 研究限制與未來研究方向 | 91 |
| 第八章 參考文獻 | 93 |
| 附錄一 正確率的平均數與標準差 | 101 |
| 附錄二 各實驗之變異數分析表 | 104 |



圖目錄

| | | |
|-------|--|----|
| 圖 一 | 世界人口金字塔 (Population Division, DESA, United Nations, n. d.) | 1 |
| 圖 二 | 平行式搜尋與序列式搜尋畫面示意圖 | 5 |
| 圖 三 | 平行式搜尋與序列式搜尋的反應時間對項目數目函數示意圖 | 6 |
| 圖 四 | 視角的概念(陳一平, 民 100, 頁 41) | 7 |
| 圖 五 | 研究架構 | 11 |
| 圖 六 | 眼睛結構示意圖。 | 12 |
| 圖 七 | 眼球位置的表示方式 | 15 |
| 圖 八 | 皮質放大效應圖。 | 16 |
| 圖 九 | 引自 Hommel, Li, Li (2004) | 22 |
| 圖 十 | 前行實驗與實驗一中平行式搜尋與序列式搜尋畫面示意圖 | 30 |
| 圖 十一 | 實驗一, 各搜尋範圍大小示意圖 | 32 |
| 圖 十二 | 實驗二與實驗三中各搜尋範圍大小情境的螢幕尺寸、觀看距離、與搜尋畫面示意圖 | 33 |
| 圖 十三 | 實驗一流程示意圖 | 34 |
| 圖 十四 | 實驗二與實驗三流程示意圖 | 34 |
| 圖 十五 | 每段實驗內流程示意圖 | 35 |
| 圖 十六 | 前行實驗, 平行式搜尋與序列式搜尋畫面示意圖 | 39 |
| 圖 十七 | 前行實驗, 各搜尋範圍大小情境的螢幕尺寸與觀看距離示意圖 | 40 |
| 圖 十八 | 前行實驗, 流程示意圖 | 41 |
| 圖 十九 | 前行實驗, 平行式搜尋與序列式搜尋中, 各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。 | 42 |
| 圖 二十 | 實驗一, 平行式搜尋與序列式搜尋畫面示意圖 | 46 |
| 圖 二十一 | 實驗一, 各搜尋範圍大小情境的螢幕尺寸與觀看距離示意圖。 | 47 |
| 圖 二十二 | 實驗一流程示意圖 | 48 |
| 圖 二十三 | 實驗一 平行式搜尋與序列式搜尋中, 各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。48 | |
| 圖 二十四 | 各搜尋範圍中的目標項與干擾項可能放置位置 | 59 |
| 圖 二十五 | 實驗二, 各搜尋範圍大小情境的螢幕尺寸、觀看距離、與搜尋畫面示意圖 | 59 |
| 圖 二十六 | 實驗二平行式搜尋情況, 各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。(61 | |
| 圖 二十七 | 實驗二序列式搜尋, 各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。64 | |
| 圖 二十八 | 實驗三, 各搜尋範圍大小情境的螢幕尺寸、觀看距離、與搜尋畫面示意圖 | 71 |
| 圖 二十九 | 實驗三平行式搜尋情況, 各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。72 | |
| 圖 三十 | 實驗三序列式搜尋情況, 各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。 | 75 |

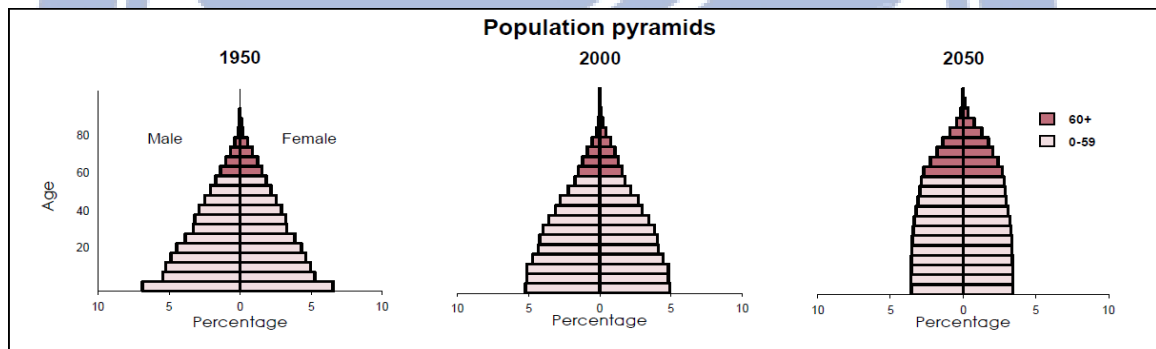
表目錄

| | | |
|-------|---|----|
| 表 一 | 前行實驗，反應時間的平均數與標準差 | 42 |
| 表 二 | 前行實驗，反應時間之變異數分析摘要表 | 43 |
| 表 三 | 前行實驗，反應時間對項目數目之線性回歸分析。 | 44 |
| 表 四 | 實驗一 反應時間的平均數與標準差 | 49 |
| 表 五 | 實驗一 反應時間變異數分析摘要表 | 49 |
| 表 六 | 實驗一 反應時間對項目數目之線性回歸分析 | 50 |
| 表 七 | 實驗二，參與者資料摘要 | 57 |
| 表 八 | 實驗二平行式搜尋情況，各情境之反應時間平均數與標準差 | 61 |
| 表 九 | 實驗二平行式搜尋情況，反應時間變異數分析摘要表 | 62 |
| 表 十 | 實驗二平行式搜尋情況，反應時間對項目數目之線性回歸分析 | 64 |
| 表 十一 | 實驗二序列式搜尋情況，反應時間之平均數與標準差。 | 65 |
| 表 十二 | 實驗二序列式搜尋情況，反應時間變異數分析摘要表 | 65 |
| 表 十三 | 實驗二序列式搜尋情況，反應時間對項目數目之線性回歸分析 | 66 |
| 表 十四 | 實驗二序列式搜尋情況，反應時間對項目數目函數斜率的事後比較分群結果 | 68 |
| 表 十五 | 實驗三，參與者資料摘要 | 71 |
| 表 十六 | 實驗三平行式搜尋情況，各情境之反應時間平均數與標準差 | 73 |
| 表 十七 | 實驗三平行式搜尋情況，反應時間變異數分析摘要表 | 73 |
| 表 十八 | 實驗三平行式搜尋情況，反應時間對項目數目之線性回歸分析 | 74 |
| 表 十九 | 實驗三序列式搜尋情況，反應時間變異數分析摘要表 | 76 |
| 表 二十 | 實驗三序列式搜尋情況，各年齡與項目數目情境之反應時間平均數與標準差 | 76 |
| 表 二十一 | 實驗三序列式搜尋情況，各搜尋範圍與項目數目情境之反應時間平均數與標準差 | 77 |
| 表 二十二 | 實驗三序列式搜尋情況，反應時間對項目數目之線性回歸分析 | 78 |
| 表 二十三 | 實驗三序列式搜尋情況，反應時間對項目數目函數斜率的事後比較分群結果 | 79 |

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

全球已經邁入高齡化社會。二次世界大戰結束後，由於漸漸克服戰爭、饑荒、疾病等等問題，全世界許多國家逐漸步入高齡化社會。根據聯合國及世界衛生組織的資料(Population Division, DESA, United Nations, n. d.; World health organization, n. d.)，目前全世界 60 歲以上的人口已達 6 億零 5 百萬 (佔人口比例 11%)，約為 1980 年時的兩倍，而且預計 2050 年時世界 60 歲以上人口將達到 20 億人(約為當時人口的 22%)。請參考圖一：



圖一 世界人口金字塔 (Population Division, DESA, United Nations, n. d.)

隨著於高齡人口的增加，健康、快樂、獨立行動、滿意度高的老年生活成為大家希望達成的目標。如果適當地設計器具與環境，配合或補償老年人逐漸退化的身心機能，應能維持或促進老年人活動力、獨立生活的能力、與老人參與社群的程度。

原本在一般的設計器具與環境的過程中，設計人員自然就會考量使用者特性。設計人員多會參考人因工程教科書內設計準則(design guideline)或常模等資

料輔助或修改設計，設計準則是基於眾多人類特性相關的研究結果而訂定。但可惜的是，過去基礎研究多是以一般年輕人為研究對象，缺少高齡者的資料。使得現今設計人員在設計老人相關產品時缺少適當的準則可以參考。

在眾多人類心理特性中，注意力相關議題是頗受關注的一個領域，因為注意力影響人類的訊息接收、體驗、認知處理、反應選擇與行動。如果得到注意力資源的投注，可以促進人類在各種作業中的表現，例如正確率與反應時間。而過去數十年間，注意力與知覺領域累積了許多經典研究，得到許多豐碩的資料，從而決定了許多人機互動的設計準則。但過去的經典研究皆是以一般成年人為對象，並且在不超過 15 度視角大小範圍的螢幕(VDT, visual display terminal)上進行實驗並蒐集資料。隨著科技日新月異，各種愈來愈小與愈來愈大的顯示器已經成為我們日常生活中的一部份，例如：手機螢幕、虛擬實境的電腦遊戲、抬頭式顯示器、頭戴式顯示器。過去研究所得相關知識與相關的設計準則是否仍適用於各種顯示畫面尺寸的情況？這是一個重要的問題。

在注意力研究領域中有數個知名的經典實驗典範，本研究選擇視覺搜尋作業，主要有兩個原因：其一是相較於其它實驗典範，視覺搜尋作業有較高的生態效度，其結果較容易類推到各種生活情境當中；其二則是因為視覺搜尋典範已經累積了許多實徵資料，已有基本理論架構，研究者較容易有一個比較的基準來解釋資料。

因此，本研究選擇以老年人為對象，年輕人作為對照組，探討顯示畫面大小對老年人視覺搜尋作業的影響。

1.2 研究目標

本研究採用實驗法，目標是探討顯示畫面大小對老人視覺搜尋表現的影響。我們以老年人為實驗組，年輕人作為對照組，依據注意力研究領域知名的視覺搜尋實驗典範為基準來設計與修改本研究中各個實驗的設定與流程。並請參與者在幾種不同搜尋範圍大小(單位為視角)的畫面中進行視覺搜尋作業。

傳統的視覺搜尋作業會重複許多個嘗試次，每次畫面中會散佈數目不等的刺激項目，參與者的任務則是判斷目標項(已在事前告知)是否出現在畫面中，並儘快且正確地按鍵反應。所謂視覺搜尋的表現，便以正確率、反應時間、與反應時間對項目數目函數的斜率來代表。

視覺搜尋典範通常操弄的獨變項包括有目標出現與否、搜尋類型(文獻多使用 *search efficiency* 一詞，為免誤解，本文中皆使用搜尋類型一詞；區分平行式搜尋或序列式搜尋兩種，由畫面配置中的刺激特徵所決定)、與項目數目。依變項則是正確率、反應時間、與反應時間對項目數目函數的斜率，正確率越高、反應時間越短、斜率愈低便代表搜尋效率愈好。

由於本研究關切的問題是顯示畫面大小對老人視覺搜尋表現的影響為何，並以老年人為實驗組，年輕人為對照組。所以本研究操弄的獨變項有：年齡、顯示

畫面大小、目標出現與否、搜尋類型、與項目數目，依變項則有正確率、反應時間、與反應時間對項目數目函數的斜率。

由於我們採用的是因子實驗設計，綜合以上幾個因子之後，我們預計可回答下列問題：

- 一、 老人達成任務需要的視覺搜尋時間是否比年輕人需要的時間更長？
- 二、 老人面對平行式搜尋畫面時是否比面對序列式搜尋畫面的表現更好？
- 三、 老人面對平行式搜尋畫面是否仍然能維持有效率的搜尋(反應時間對項目數目的函數斜率接近零)？
- 四、 老年人面對序列式搜尋畫面時的搜尋效率(以反應時間對項目數目函數之斜率為指標，斜率越低表示效率越高)是否比年輕人的效率低？
- 五、 搜尋範圍大小是否影響老年人的搜尋時間？
- 六、 搜尋範圍大小改變之後，老年人面對平行式搜尋畫面時，是否依然比面對序列式搜尋畫面的表現更好？
- 七、 搜尋範圍大小改變之後，老年人在平行式搜尋情況中的搜尋效率是否改變？
- 八、 搜尋範圍大小改變之後，老年人在序列式搜尋情況中的搜尋效率是否改變？

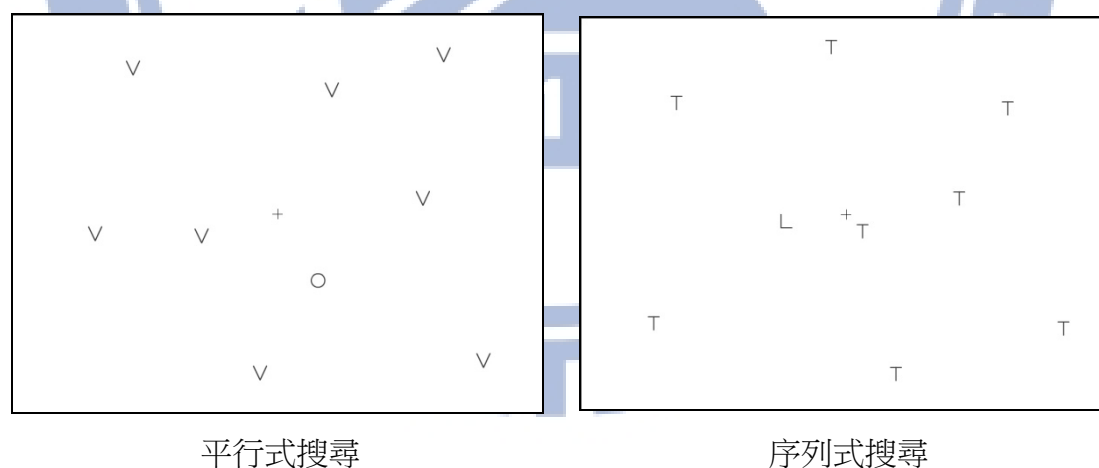
1.3研究名詞與定義

1.3.1表現

本研究中所謂視覺搜尋作業的表現，以參與者在視覺搜尋作業中的正確率、反應時間、與反應時間對項目數目函數的斜率來代表。正確率越高、反應時間越短代表搜尋表現愈好、斜率愈低則代表搜尋效率愈好。

1.3.2平行式搜尋與序列式搜尋

在本研究中，平行式搜尋情境使用”O” (目標項)與”V” (干擾項)的組合作為刺激；序列式搜尋情境使用”L” (目標項)與”T” (干擾項)的組合來作為刺激。如圖二所示：

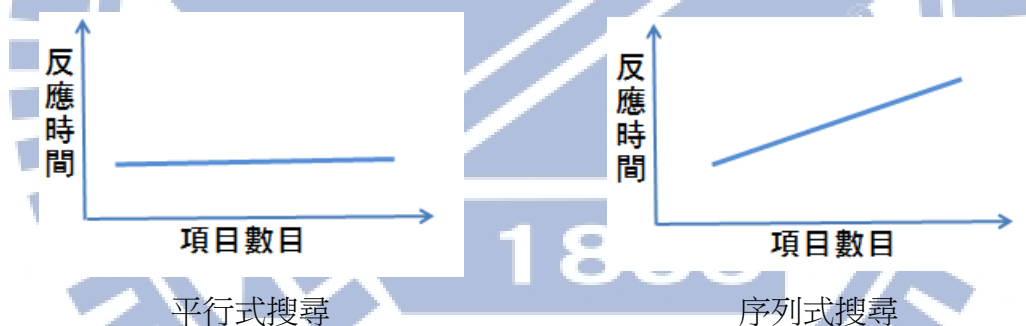


圖二 平行式搜尋與序列式搜尋畫面示意圖

如前文所述，視覺搜尋作業中，參與者須在散布著許多個項目(可以是色彩、形狀、字母、臉孔、物體、圖案等等)的螢幕中以視覺方式尋找目標項目，並儘快且正確地判斷目標項目有沒有出現。而反應時間對項目數目的函數斜率(每增

加一個項目，隨之延長的反應時間長短)通常被作為參與者搜尋效率的指標，斜率愈小表示搜尋效率越高，斜率愈大表示搜尋效率越低。

如果反應時間對項目數目的函數是一個斜率接近零的線性函數(near zero-slope linear function)，也就是說反應時間不會隨著項目數目而增加。這是一個較容易的、較高效率的搜尋模式，常被稱為平行式搜尋(parallel search)，反映的是參與者可以平行式地、同時地處理完所有的項目。然而，如果反應時間對項目數目的函數產生陡峭的斜率，也就是說反應時間會隨著項目數目增加而增加。這是一個較困難的、較低效率的搜尋模式，常被稱為序列式搜尋，反映的是參與者必須序列式地、一個接著一個地處理畫面中的項目。如圖三所示：



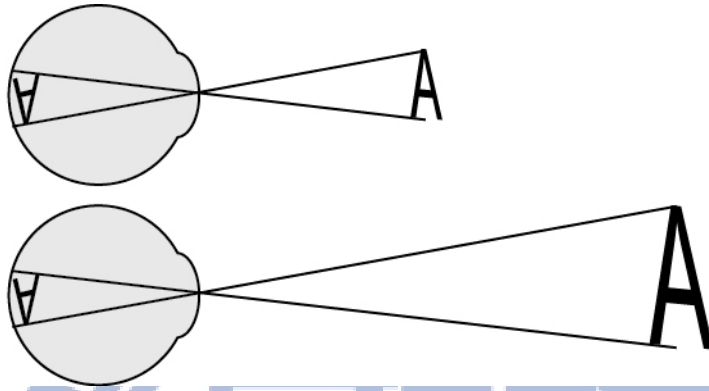
圖三 平行式搜尋與序列式搜尋的反應時間對項目數目函數示意圖

我們進行了一個前導研究，確定”O” (目標項)與”V” (干擾項)的刺激組合可以導向高效率的平行式搜尋，”L” (目標項)與”T” (干擾項)的刺激組合則導向較低效率的序列式搜尋，於是本研究中便決定採用這兩種組合的刺激。

1.3.3 搜尋範圍大小以視角為單位

本研究中各種視覺刺激的尺寸，包括顯示畫面大小、項目大小、項目距離，皆以視角為單位來表示。請參考圖四，如果我們將瞳孔視為一端點，則物體在空

間上兩端與瞳孔這一點所形成的夾角，就是此物體影像的視角。由此可知，只要已知物體大小與觀看距離，便可以依三角函數求得此物體影像大小。令物體高度為 H ，觀看距離為 D ，則視角(VA) 等於 $2 \times \arctan(0.5 \times H \times D^{-1})$ 。



圖四 視角的概念(陳一平，民 100，頁 41)

由於顯示畫面種類眾多，不只實際上的物理尺寸差異甚大，連實際使用時的觀看距離也各個不同。只有當我們使用視角這種以視網膜為中心的單位時，才能反映這種兩個刺激雖然物理尺寸不同但其投影到觀看者視網膜的影像尺寸卻相同的現象。如果使用顯示畫面的物理尺寸作單位，就無法適切地反映這一點。

1.4 研究範圍與限制

1.4.1 適用對象

在適用的對象方面，本研究的對象是年齡介於 60 歲至 80 歲之間正常老化的一般老年人，與 20-30 歲間的年輕人，兩組參與者皆要求視力矯正後正常，智力正常，且無阿茲海默症、帕金森氏症、中風等疾病的病史。因此研究結果的推論也僅適用於 60 歲至 80 歲之間正常老化的一般老年人，與一般年輕成人。若要類推到其它條件不同之對象，需特別謹慎。

1.4.2顯示畫面

在顯示畫面大小方面，本研究中實驗一的顯示畫面範圍由 16 度視角至 60 度視角，實驗二的顯示畫面範圍由 8 度視角至 32 度視角。因此後續的應用與推論皆應注意此範圍限制。8 度視角以下，32 度以上或 60 視角以上的作業情境欲使用本研究結果作推論時皆應更加保守。一般人的日常生活中隨時遍佈著相似的認知運作歷程，例如用眼睛在 iPhone 畫面中尋找特定 app 圖示、用眼睛在股市看盤中尋找特定股票的價位、用眼睛在停車場的自動付款機中尋找按鈕，都在搜尋畫面大小 8 度視角至 60 度視角的範圍之內。但要注意的是本研究僅只使用兩種以簡單刺激決定的搜尋類型，要類推到實務應用上更複雜或困難的畫面時，同樣必須多加斟酌。

1.4.3理論探究

在更基礎的理論探究方面，由於本研究採用知覺與注意力領域裡經典的視覺搜尋作業典範，其優點是與其它典範相較之下，其作業歷程更容易推論到日常生活之中。

另一方面視覺搜尋作業的缺點比其它典範的作業更加複雜一些，所以影響視覺搜尋作業表現的因素更多，由外在的影像品質、觀看者眼睛生理特性(如，水晶體渾濁使投射到老人視網膜的光量減弱、或是眼球動作變慢等等)、到更高階的認知處理能力(如，注意力移動能力、視覺擁擠因素(visual crowding)等等)，眾

多的因素皆可能有交互作用，而對視覺搜尋作業表現有複雜的影響，例如選擇式注意力的移動與眼球運動、或目標項的視覺擁擠程度與顯著性，而影響到最終的視覺搜尋表現。但由於本研究聚焦於老年人在視覺搜尋作業中的表現，因此在本研究範疇中勢必無法一一釐清這些因素。舉例來說，如果我們試圖釐清視覺擁擠因素的影響而刻意增加目標項週邊的干擾項數目或縮小干擾項與目標項距離，很有可能反而影響到目標項在整個畫面中的顯著性。雖然釐清上述可能因素並不是本研究的目標，但由於本研究的獨變項包括有年齡、顯示畫面大小、項目數目，因此我們可以初步了解與年輕人相較，老年人在不同顯示畫面大小的情境下的表現為何，揭示老化歷程對視覺搜尋表現的影響方向與幅度。以此作為後續研究的開端。

1.5 研究架構

本研究架構請參考圖二所示，各章內容概述如下：

第一章緒論說明論文的研究背景與動機、研究目標、研究範圍與限制與研究架構。

第二章文獻探討包含：與本研究相關的視知覺生理基礎、相關概念與重要名詞的解釋、摘要介紹視覺注意力領域的幾個知名研究典範及其使用的螢幕尺寸、回顧老化與視覺搜尋相關文獻、並回顧老人在不同尺寸搜尋範圍下的視覺搜尋表現相關文獻。

第三章研究方法則說明本研究所使用的實驗典範，包含預計的參與者特性、實驗設計、變項定義、實驗流程、使用的視覺刺激、資料處理原則。

第四章包含前行實驗與實驗一。前行實驗與實驗一同樣使用傳統的視覺搜尋典範，兩者間的差別在於前行實驗的參與者是年輕人，而實驗一的參與者是老年人。前行實驗與實驗一同樣是請參與者在幾組不同搜尋範圍大小（觀看距離不同，顯示器的物理尺寸也不同）的情境下進行視覺搜尋作業，項目大小同樣皆是隨著螢幕畫面等比例放大，項目的位置也都是以隨機方式決定。

第五章的內容包含實驗二。實驗二的設定大致與實驗一相同，項目尺寸同樣隨著搜尋範圍等比例縮放。但不同的是參與者包含有老年人組與年輕人組、所有不同搜尋範圍大小情境皆在同一台螢幕上施作、而且項目位置不像實驗一中的隨機放置，而是在事先指定好的 55 的位置上隨機放置。

第六章的內容包含實驗三。實驗三的設定大致與實驗二相同，惟一不同處是項目大小維持固定，而不隨著搜尋範圍縮放。

第七章則是對整個研究的綜合討論。

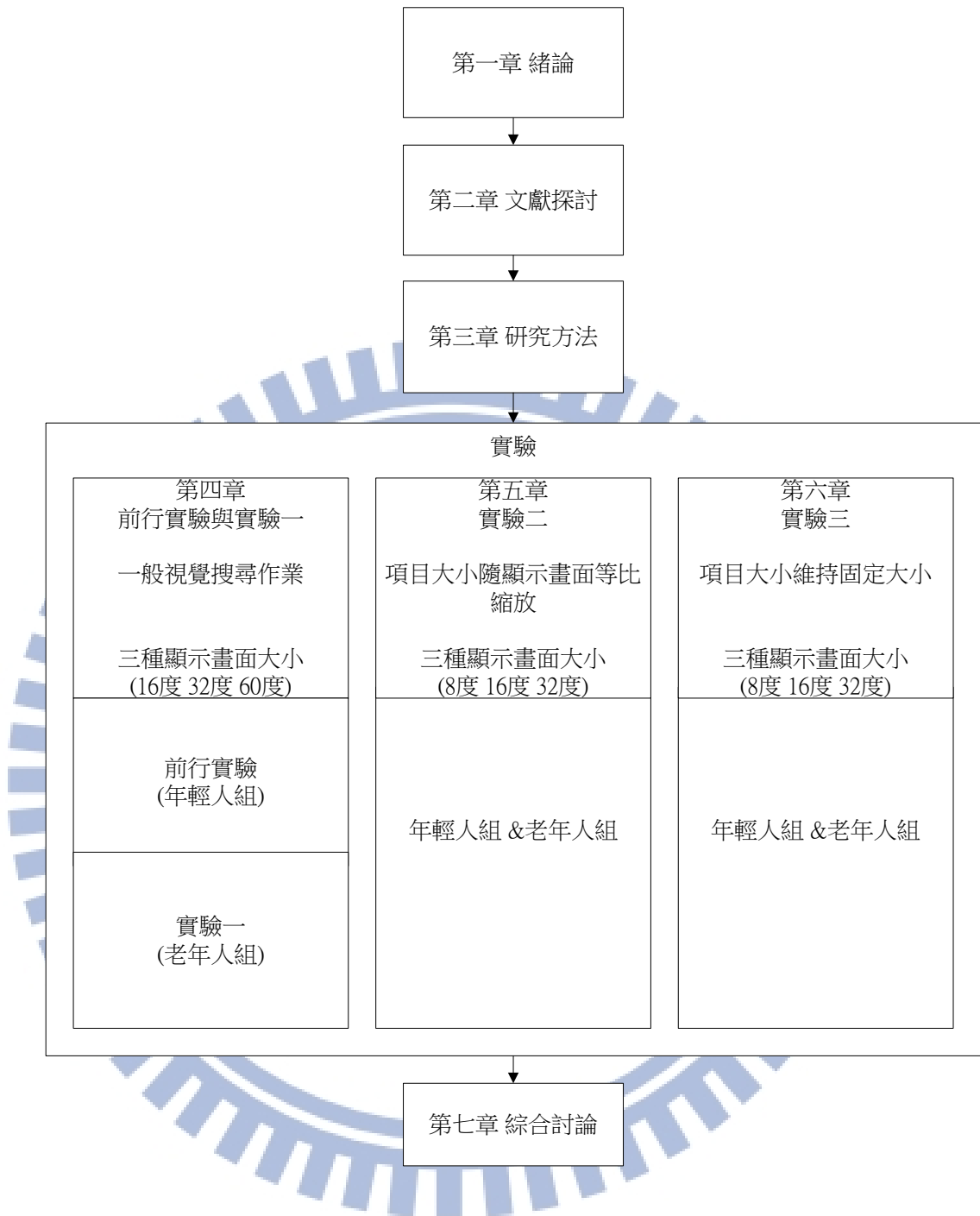
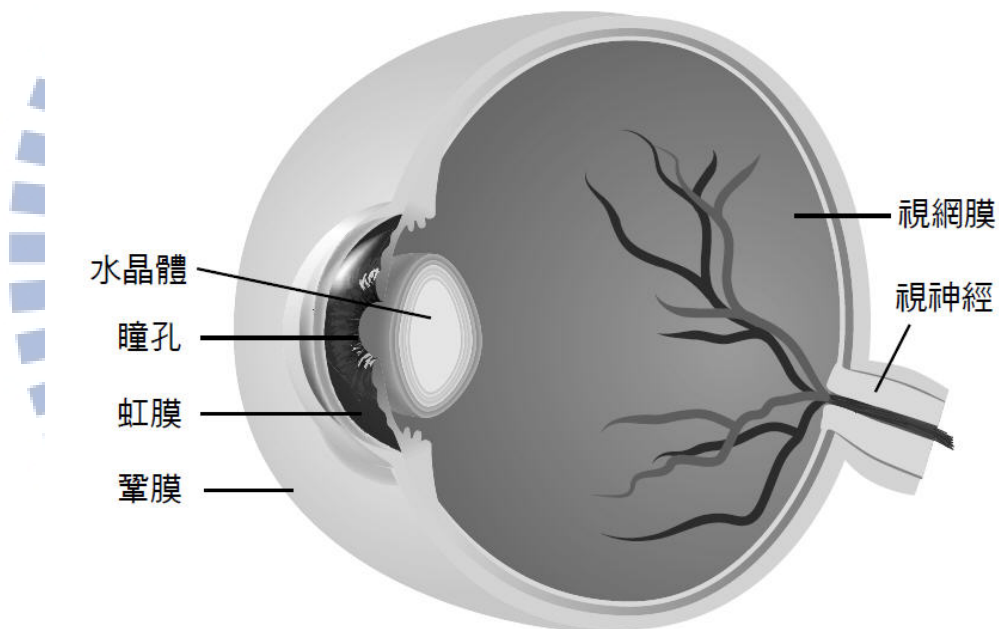


圖 五 研究架構

第二章 文獻回顧

2.1 老化與眼睛

視覺系統最主要接收訊息的器官就是眼睛。眼睛的任務至少有二重。第一重是光學上的，調整外界光線使之在視網膜上聚焦並形成清晰銳利的影像，第二重是知覺與注意力的，視網膜上的感光細胞(錐細胞(cone cell)與桿細胞(rod cell))會將光學能量轉為神經訊號，並傳遞到後方的神經系統。



圖六 眼睛結構示意圖。(陳一平，民 100，頁 21)

一般人所熟知的眼睛各個部件多半是負責光學上的功能，這包括有：角膜、虹膜與瞳孔、睫狀肌與水晶體、玻璃漾液與視網膜(見圖六)。角膜是一層中央厚週邊薄的透明組織，覆蓋在眼睛外，因其形狀似凸透鏡，可以負責眼睛 8 成左右的折射率。角膜下有一圈彩色環即為虹膜，可使瞳孔擴大或縮小。瞳孔後方為水晶體，水晶體透明形似放大鏡，其邊緣的睫狀肌可使水晶體鬆弛變厚而加大折射

率以看清較近之物或是拉緊變薄而減少折射率以看清較遠之物。水晶體與視網膜之間的玻璃液是透明無色膠狀物，可支持眼球壁，並容許光線通過直到視網膜。視網膜的第一層是感光細胞：錐細胞與桿細胞，它們負責將光能量轉換為電訊號，並傳遞到後面層次的神經元加工處理，再由視神經傳遞出眼睛。

老人在視覺上遇到較多的問題包括有光量不足、對比不足、老花眼(Boyce, 2003; Heron, Charman, & Gray, 2002)以及色彩區辨力下降(Shinomori, Scheferin, & Werner, 2001)等等。光量與對比敏感度下降(Derefeldt, Lennerstrand, & Lundh, 1979)，是因為隨著年紀增加，老年人的角膜、水晶體、玻璃液變得愈來愈不夠澄清透明(Weale, 1988)，減少了到達視網膜的光量。而老花眼問題則是因為睫狀肌的拉力減弱與水晶體變硬，使得水晶體改變厚薄的能力減弱，導致老人難以看清近端刺激，會妨礙了日常生活中的各項作業，例如：閱讀。

雖然視網膜常常被比喻為照相機中的底片，負責感光功能，但實際上，視網膜包含好幾層的神經元。負責將光能量轉換為神經訊號的只是第一層的感光細胞，也就是六百萬個錐細胞與一億兩千萬個桿細胞，它們負責將光能量轉換為神經訊號，並傳給後面層次的雙極細胞和節細胞。也就是說，訊號在眼睛內就已經透過這幾層神經元做了初步的訊號加工處理，之後才經由節細胞的軸突(也就是視神經)將訊號傳遞出眼睛，往大腦而去。老人錐細胞與桿細胞的密度變小(Feeny-Burns, Burns, & Gao, 1990)，型態也產生改變，中央 11 度視角以內的節細胞數目也隨著老化減少(Balazsi, Rootman, Drance, Schulze, & Douglas, 1984; Curcio

& Drucker, 1993)。所以可知照明或其它光學方面的功能補償是有其限制的，無法完全將老化對視覺系統的影響彌補過來。

另外，光線聚焦在視網膜上形成影像，影像的特性可以由亮度(光線的強度)、色調(光線的波長)、大小(以視角為單位)與位置等方式來描述。

2.1.1 視角(visual angle)

在視覺研究的領域，影像的長度、大小與位置，通常是以視角為單位來描述。如同 1.3.3 搜尋範圍大小以視角為單位小節與圖四所述，如果我們將瞳孔視為一端點，則物體在空間上兩端與瞳孔這一點所形成的夾角，就是此物體影像的視角。由此可知，只要已知物體大小與觀看距離，便可以依三角函數求得此物體影像大小。令物體高度為 H ，觀看距離為 D ，則視角(VA) 等於 $2 \times \arctan(0.5 \times H \times D^{-1})$ 。所以我們可以知道，兩個不同的刺激即使其物理尺寸不同，但其投影到觀看者視網膜的影像尺寸卻是可以相同的。我們必須使用視角這種以視網膜為中心的單位，才能反映這一點。所以，本研究中各種視覺刺激的尺寸，包括螢幕大小(顯示畫面大小、搜尋範圍大小)、項目大小、項目距離，皆以視角為單位來表示。

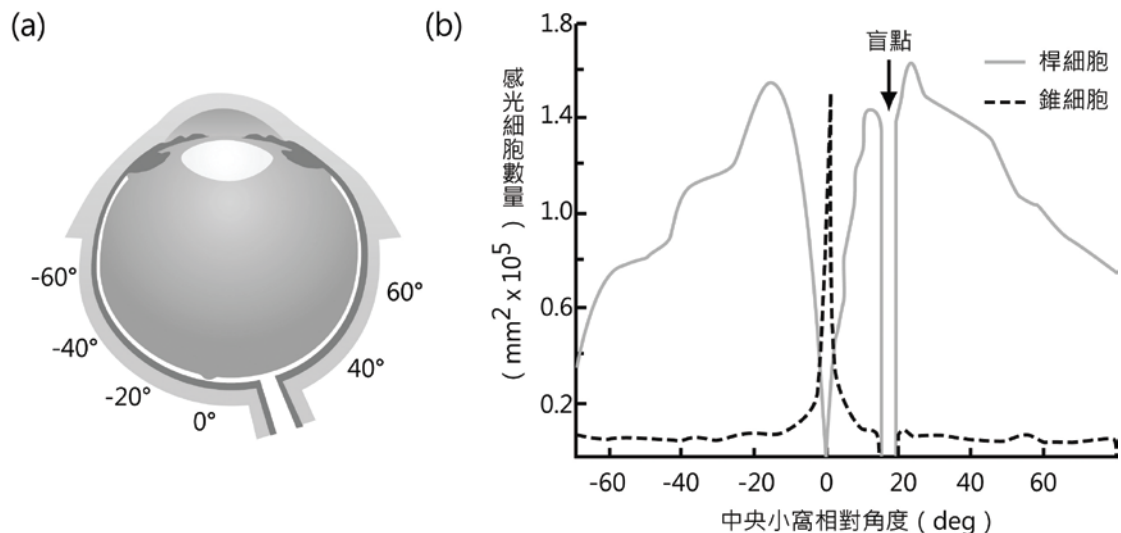


圖 七 (a) 眼球位置的表示方式，0° 是視軸所通過的位置。(b) 桿細胞和錐細胞之分佈情況 (陳一平，民 100，頁 40)

2.1.2 離心視角(eccentricity)

至於影像的位置，通常以凝視點為參照標準，當觀察者目光直視前方，正前方那一點便是凝視點，凝視點位置的視覺刺激會成像在視網膜的中央小窩(fovea)位置。以凝視點與眼睛的連線作為中心軸，刺激與眼睛的連線作為刺激軸，這兩軸的夾角便是此刺激的離心視角(eccentricity)。當我們描述說到某物影像的離心視角是 30 度視角時，便表示在空間中此物體中心點與凝視點的距離是 30 度視角，同時此物投影在視網膜上的影像其位置亦偏離視網膜中央的中央小窩 30 度，但尚未指定它是在凝視點的上下左右何處。

2.1.3 皮質放大率(cortical magnification factor)

前面曾經提到視網膜的第一層是錐細胞與桿細胞，負責將光能量轉換為電訊號，並傳遞到後面層次的神經元加工處理，最後由視神經傳遞出眼睛。但錐細胞與桿細胞並非均勻地分佈，它們在視網膜各處的數量與分佈方式上都有所不同。

請參考圖七，錐細胞主要集中在視網膜的中央約 5 度視角範圍，這個區域稱為中央小窩(fovea)，是整個視網膜中感光細胞密度最高的區域，擁有最高的影像解析力。日常生活中我們觀看事物時，眼睛會不斷地移動，便是為了使刺激的影像落入中央小窩區域，以看清楚事物。

影像落在中央小窩的優勢不止於此，另一個優勢是所謂的皮質放大率(cortical magnification factor)。相同面積的影像如果位置落在中央小窩，不但能使眼睛裡最多的感光細胞反應，而且當中央小窩區域的訊號傳到大腦視覺皮質後，還能比相同面積的週邊視網膜區域得到更多的大腦視覺皮質處理區域來處理訊息。這種把更高比例的大腦皮質區域分配來處理某一個特定感覺接收區域訊息的情況就稱為皮質放大率。

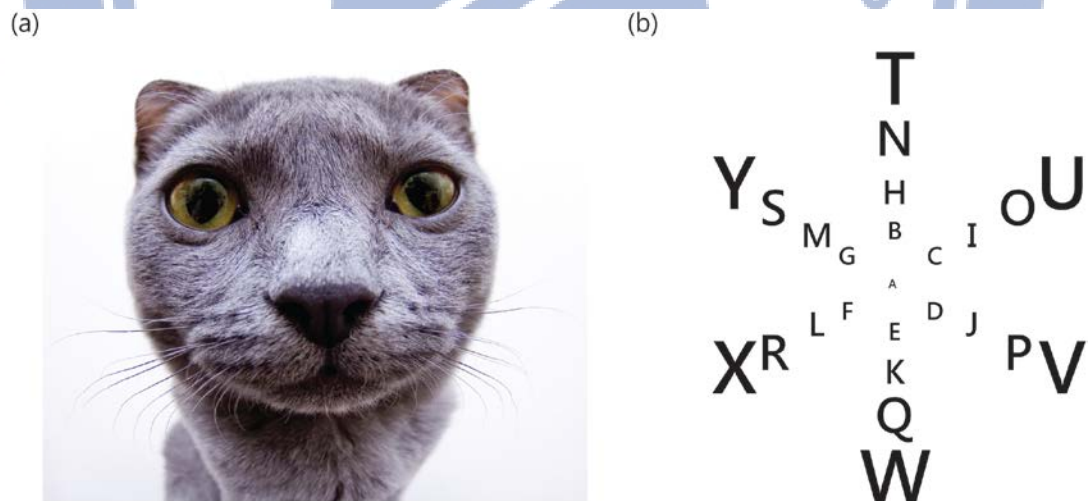


圖 八 皮質放大效應圖。(a) 當我們看著一隻貓，在我們 V1 的神經影像略似這張圖所示的扭曲變形，我們中央小窩所接受的影像部分（在此例是貓的鼻子），在視覺皮質所獲得的「佔地率」遠較眼角區的影像來得大。(b) 這張圖的字母之大小比例是按照皮質放大率的倒數來決定的，也就是說我們刻意補償了皮質放大率的效果，因此若眼睛不動地盯著中心字母，所有字母的可辨識性會是公平一致的。(陳一平，民 100，頁 69)

2.2 注意力與螢幕大小

因為注意力影響人類的訊息接收、體驗、認知處理、反應選擇與行動。在從事各種作業時，如果投注愈多的注意力，正確率與反應時間等表現都會愈好 (Wickens, Lee, Liu, , & Gordon-Becker, 2004)。

視覺注意力領域因為多年研究的累積，得到很大的進展。知名的研究典範包括有視覺搜尋(visual search)、導引(cuing)、快速序列視覺呈現(RSVP, rapid serial visual presentation)、和不注意盲(inattention blindness)等等。每種典範皆回答了一組特定的議題。例如，累積了許多視覺搜尋作業實驗資料後，使得 Treisman 發展出“特徵整合理論”(FIT, feature integration theory)。Cuing paradigm 的設計則幫助我們區分眼動與注意力這兩件事。快速序列視覺呈現當初是用於研究人對於呈現時間極短暫情況下的影像理解。Mack 與 Rock 當年設計長度比較作業則是為了將觀看者的注意力導引到螢幕中央，以產生對週邊區域的不注意盲(Mack & Rock, 1998)

但是上述研究典範都是在大螢幕問世之前做的。目前多數注意力研究資料主要是在使用 15 度視角以下螢幕的研究中得到。例如，在 Treisman and Gelade (1980) 的研究中使用的是 $14^{\circ} \times 8^{\circ}$ or $12.3^{\circ} \times 9.7^{\circ}$ 的螢幕。Posner 的導引典範中，刺激只出現在中央凝視點左 7 度視角與往右 7 度視角的範圍裡(Posner, et al., 1980)。

Potter 一開始用來研究影像理解的 RSVP 典範中，她使用的影像也只有 11 度視角

的寬度(Potter & Levy, 1969)。Mack & Rock (1998)經典的不注意盲研究中要進行長度比較的刺激則是出現在直徑 8.9 度視角的圓形區域當中。

顯示科技日新月異，越來越大與越來越小的螢幕開始出現在我們日常生活中的各個地方。舉例來說，人們開始使用手機螢幕上網；開始將各種抬頭式顯示器或頭罩式顯示器應用在電動遊戲、汽車、航空設備上；IMAX 系統開始進入電影院。但是以前由傳統尺寸螢幕得到的注意力方面的知識，是否仍然適用於更狹小與更寬廣的觀看環境呢？這是一個重要的問題

已有愈來愈多的研究開始關心螢幕尺寸的問題了，包括飛航、虛擬實境與顯示科技等領域 (Boersema, Zwaga, & Jorens, 1993; Emoto, Masaoka, Sugawara, & Okano, 2005; Emoto, Masaoka, Sugawara, & Nojiri, 2006; Stelzer & Wickens, 2006; Tan, Czerwinski, & Robertson, 2006)。他們幾乎也都支持螢幕尺寸的確影響人類知覺與表現，結果指出使用大螢幕時人類的體驗與表現會比使用傳統螢幕時好。例如，在飛航方面，Stelzer and Wickens (2006)發現當螢幕由 $10^{\circ} \times 7^{\circ}$ 增加 $36^{\circ} \times 27^{\circ}$ 時，飛行員出現比較小的路徑誤差與較大的搖桿活動。在虛擬實境的領域，Tan, et al. (2006)使用尺寸介於 47° 與 120° 之間的螢幕，發現較寬的螢幕可以增進使用者的在 3D 導航中的表現。

雖然這些研究證實在各種特定作業中螢幕尺寸與人類表現之間的關聯性。但是討論螢幕尺寸與注意力之間關係的研究仍不多見。很明顯地，在設計小螢幕與

大螢幕的人機介面或是網頁配置時，螢幕尺寸與注意力之間關係會是設計人員迫切需要的知識。

本研究的目標是了解在老人在不同搜尋範圍尺寸的情況下，視覺注意力的表現會有何不同。我們之所以選中視覺搜尋作業，一是因為視覺搜尋具有良好的生態效度，其結果與其它典範相比，能夠輕易地類推到日常生活情境；二是因為視覺搜尋研究已經累積了許多實徵資料，建立了比較的基準線。因此研究者們在解釋資料時，研究者們可以在一個基本的理論架構上進行討論，取得共識。

2.2.1 視覺搜尋典範

在典型的視覺搜尋作業中包含有幾個步驟。首先，我們將目標項(target item)出現在畫面中央，目標項可能是色彩、形狀、字母、臉孔、物體等等，這是為了讓參與者知道目標項是什麼。接著在真正測試的畫面中，會散佈著數目不等的干擾項(distractor items)與一個目標項，但目標項有時會出現、有時不會出現在這個畫面中。參與者的任務便是尋找並判斷剛才的目標項有沒有出現在目前這個畫面中，並以按鍵方式反應。

視覺搜尋典範裡常用的獨變項有：項目數目(set size, number of items on display)、搜尋類型(search efficiency，通常由區分目標項與干擾項的特徵來決定)、目標是否出現(probe)。測量的依變項則有：正確率與反應時間。並且常常以反應時間對項目數目的函數斜率，來代表參與者進行視覺搜尋作業的表現優劣。

如果目標項與干擾項可以只基於一個基本特徵就區辨，那麼反應時間對項目數目的函數會是一個斜率接近零的線性函數(near zero-slope linear function)，意即反應時間不會隨著項目數目而增加。這是一個高效率的搜尋模式，常被稱為平行式搜尋(parallel search)，反映的是參與者可以平行式地、同時地處理完所有的項目。然而，如果目標項與干擾項不能基於一個基本特徵就區分開來，或是必須聯結兩個以上的基本特徵的聯結才能區分差異，那麼反應時間對項目數目的函數就會產生陡峭的斜率，也就是說反應時間會隨著項目數目的增加而增加。這是一個低效率的搜尋模式，常被稱為序列式搜尋，反映的是參與者必須序列式地、一個接著一個地處理畫面中的項目。(請參考圖三)

為了將參與者的搜尋行為導向平行式搜尋或序列式搜尋，我們進行了一個前導研究，以確保我們使用了恰當的刺激組合，以分別導向在高效率搜尋情境與低效率搜尋情境中。我們發現，要在一群"v"當中尋找"o"時(如圖所示)，參與者會出現高效率的平行式搜尋；而要在一群"t"當中找"l" (如圖所示)時就出現了一個較困難的序列式搜尋。接下來，在本研究中，平行式搜尋情境就使用"o" (目標項)與"v" (干擾項)的組合作為刺激；序列式搜尋情境就使用"l" (目標項)與"t" (干擾項)的組合來作為刺激。(請參考圖二)

雖然有些研究者認為平行式搜尋與序列式搜尋的二分法太過粗略(Wolfe, 1998)，但為了表達上的簡便，本研究中仍然使用這兩個詞彙代表的是較高效率的搜尋模式與較低效率的搜尋模式。本研究使用視覺搜尋典範的架構來操弄搜尋

類型(平行式搜尋或序列式搜尋)、目標出現與否、與項目數目，如此可以得到基本的反應時間對項目數目的函數。在各個不同年齡、不同視覺搜尋範圍尺寸情況下得到的函數斜率也可以互相比較。

2.2.2 視覺搜尋與皮質放大率

既然視覺搜尋行為會受限於視覺系統與注意力系統運作的影響，自然連帶視網膜離心視角亦影響視覺搜尋行為(Carrasco, Evert, Chang, & Katz, 1995; Wolfe, O'Neill, & Bennett, 1998)，已有研究證實位置在凝視點的目標可以比週邊視野的目標更正確且快速地被偵測到(Carrasco & Chang, 1995; Carrasco, et al., 1995)。由於視覺系統由視網膜傳遞訊息到大腦視覺皮質的路程中，將較多的神經元資源分配給中央小窩的訊息(皮質放大率)，所以目標項位置離凝視點的遠近必然會影響視覺搜尋行為的表現。

雖然添加了離心視角的效應會使得視覺搜尋行為的模型更加複雜，讓我們更難以計算與預測項目數目對反應時間的影響，特別是序列式搜尋情況下。但是平行式搜尋與序列式搜尋仍然是兩種根本上不同的搜尋行為。我們可以說視覺搜尋行為會受到視覺系統裡各種因素的影響，但並非僅僅只是這些視覺因素的副產品。因此雖然我們已經知道離心視角會造成影響，但我們無法直接將這項視覺因素的影響程度推論至一般的視覺搜尋行為。更何況許多關心離心視角效應的研究是在一般尺寸的螢幕上施行，刺激的離心視角有限(14° in Carrasco, et al., 1995;

16° in Wolfe, et al., 1998)。將來各種設備的螢幕擴展到更大尺寸後，基本的視覺搜尋行為是否仍維持相同的型態，這仍是個未被澄清的問題。

2.3 老化與視覺搜尋

許多研究指出隨著年齡增長，人類在視覺搜尋作業中的表現優劣呈現 U 字形的變化。也就是說孩童的視覺搜尋表現隨著年紀增長而愈來愈促進直到約二十歲初期的高峰，接著成年之後的視覺搜尋表現便隨著年紀增長而愈來愈衰退直到七十歲的年齡層。(Trick, & Enns, 1998; Hommel, Li, & Li, 2004)。

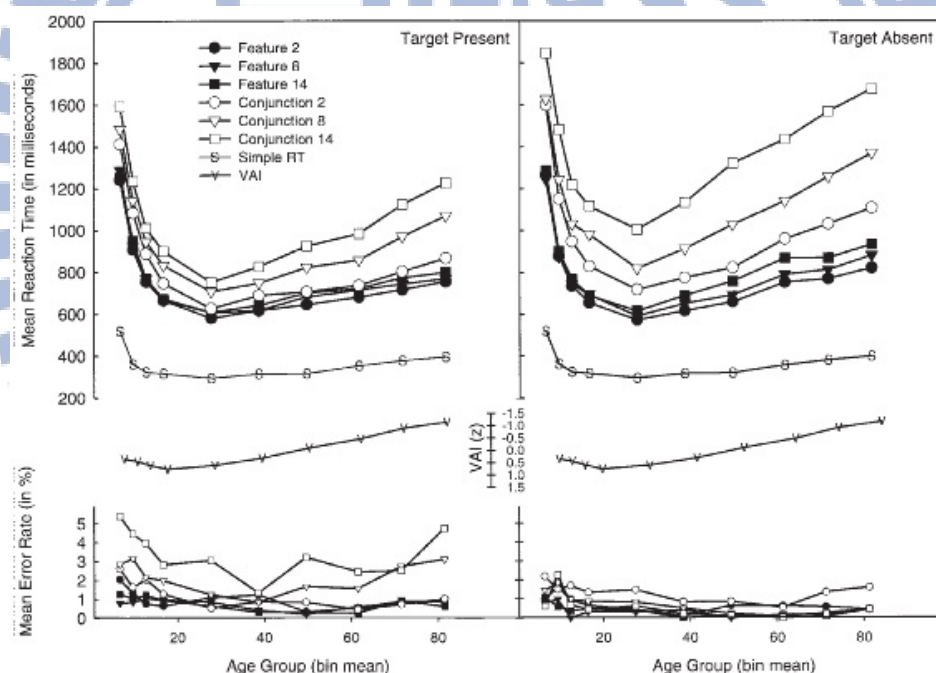


Figure 1. Mean reaction times (RTs) and error frequency by age group, search condition, set size, and target presence. For purposes of direct comparison, also shown are simple RTs and visual acuity indices (VAIs; given in standardized Z score units of the Snellen decimal points; the more negative the Z scores, the weaker the vision) by age group. As the factor of target present versus absent is not applicable for either simple RTs or VAIs, the same simple RT data and VAIs are plotted in both panels.

圖九 引自 Hommel, Li, Li (2004)

這雖符合一般對老化有關的認知能力衰退印象(Salthouse, 1996)，但值得注意的是在平行式搜尋與序列式搜尋之間，老化的效應有顯著的不同，許多研究發現雖然在序列式搜尋情況下視覺搜尋表現隨著老化有非常明顯的退步，但相對地，

平行式搜尋情況的搜尋表現在各年齡層之間卻是穩固而不受年齡因素影響。

(Plude, & Doussard-Roosevelt, 1989; Foster, Behrmann, Stuss, 1995; & Humphrey, & Kramer, 1997; Trick, & Enns, 1998; Hommel, Li, & Li, 2004;)

Plude 與 Doussard-Roosevelt (1989)研究年輕人(平均年齡 20 歲)與老年人(平均年齡 71 歲)在視覺搜尋作業中的表現。他們發現在平行式搜尋情況中(他們稱為特徵搜尋, **feature search**)，雖然老年人的平均反應時間比年輕人長，但是老年人與年輕人同樣地可以產生反應時間對項目數目(他們使用的名詞是 **display size**)函數斜率接近 0 的有效率搜尋(年輕人組的斜率為 -0.8 ms/item ，老年人組的斜率為 2.4 ms/item ，兩者皆未達顯著)，這也就是說項目數目的增加不會使老年人的反應時間增長；但在序列式搜尋情況中(他們稱為聯結搜尋, **conjunction search**)，就出現了很明顯的項目數目效果，老年人的反應時間會隨著項目數目增加而增加，而且項目數目增加的影響對老年人的影響更加地巨大。

Trick 與 Enns (1998)的研究則擴大受試者的年齡範圍與年齡層數目，他們測試由 6 到 72 歲的五個不同年齡層(6、8、10、22、72 歲)受試者在視覺搜尋作業中的表現。他們同樣發現年齡對平行式搜尋與序列式搜尋的影響方式非常地不同。在平行式搜尋情況中，不但反應時間幾乎不受項目數目增加的影響，而且反應時間對項目數目的斜率也不受年齡影響(22 歲組與 72 歲組的斜率分別為的斜率為 1 ms/item 與 2 ms/item)。但在序列式搜尋方面，年齡對反應時間的影響就非常地大而顯著，不但反應時間隨著老化而增加，反應時間對項目數目的斜率也明

顯地隨著年齡而增加(22 歲組與 72 歲組的斜率分別為的斜率為 9 ms/item 與 25 ms/item)。

另外有趣的是，在 Trick 與 Enns (1998)在同一個研究中設計了兩個額外的作業：固定位置無干擾項(Fixed Location-No Distractor)與隨機位置無干擾項(Random Location-No Distractor)的作業，加上典型視覺搜尋作業中兩個項目數目的情況(隨機位置一個干擾項，Random location-One Distractor)彼此作比較，發現老年人在聯結搜尋情況中的年齡差異並未比特徵搜尋情況中的年齡差異大，於是推論老年人在聯結搜尋中的表現受損不是由於特徵整合的能力下降，而是注意力在各個項目中自主移動的部份，特別是脫離(disengage)舊項目投入新項目時，造成了影響而增加了反應時間所致。

接下來，Hommel, Li, , & Li (2004)的研究則增加抽樣的代表性：擴大受試者的年齡範圍(6 歲到 88 歲)，增加年齡層(分別有 6-8、9-11、12-14、15-22、23-33、34-44、45-55、56-66、67-77、78-88)、並且增加受試者數目(由每個年齡層最少 27 人，最多 35 人)，如此總共 298 位受試者參與他們的研究。受試者須進行特徵搜尋、聯結搜尋與簡單反應作業。他們發現如同前人研究，幼兒與老人的視覺搜尋時間比年輕成人明顯地慢了許多；反應時間會隨者年齡增加而且這個增加的程度在聯結搜尋情況中要比在特徵搜尋情況要來得大；另外各目標項目的離心視角會增加反應時間而這個增加的程度在各年齡層中都是同樣的，所以不支持老人對距離畫面中央較遠的目標項得要搜尋更久的可能解釋。

Homme 等人(2004)的研究還有幾項有趣的推論，第一：因為增加了較細密的年齡分層發現這作業表現對年齡的 U 形函數並不對稱，從而推論成長與老化影響的是視覺搜尋歷程中的不同潛在基本機制。老化這一端的年齡增加，除了單純地拖慢一般認知處理速度之外，必有其它機制造成老人在視覺搜尋表現上的惡化。第二，Homme 等人發現老人的特徵搜尋作業時間雖比簡單反應作業時間要長，但老年人在特徵搜尋作業與簡單反應作業之間的反應時間差距與年輕人在特徵搜尋作業與簡單反應作業之間的反應時間差距並沒有顯著的不同，老人在注意力缺損方面的因素反而才是更為重要。第三，提到注意力缺損問題，藉由比較簡單反應作業與特徵搜尋最簡單情況(項目數目為 2，也就是僅僅增加一個干擾項)之間，Homme 等人發現幼兒只需要多出現一個干擾項就會嚴重拖長他們的反應時間，這代表幼兒注意力機制中的抑制無關訊息能力較弱。但老人在簡單反應作業與特徵搜尋最簡單情況之間卻沒有出現這麼大的差距，只有當干擾項目的數目增加才出現逐漸延長反應時間的情況。這表示老人沒有出現像幼兒一般的抑制能力缺損問題(即使老人也有抑制能力缺損，也不會與幼兒的是同一種)。第四，Homme 等人還區分了目標項出現範圍在內圈($10.5^{\circ} \times 8.0^{\circ}$)或外圍($20.7^{\circ} \times 15.8^{\circ}$)的兩種情況，如果隨著前人指出的凝注範圍(useful field of view)隨著老化縮小現象(Sekuler, & Ball, 1986; Ball, Beard, Roenker, Miller, & Griggs, 1988)，那麼隨著目標項的離心視角增加，勢必需要更多眼動次數才能找到目標項，於是老人的視覺搜尋時間也應該隨著年齡增加，並且應出現年齡與目標項的離心視角效應之間的交互

作用。但在此研究中，卻沒有出現這樣的交互作用，雖然在聯結搜尋作業中，反應時間對項目數目的斜率會隨著離心視角的增加而增加，但這種情況卻是各年齡層皆然，所以不支持目標項離心視角因素在老人視覺搜尋作業中扮演重要的角色。

上述介紹的研究主要是一系列關心視覺搜尋表現在生命隨著年齡增加而發展到衰老之間異同的研究。於此同時，也開始出現許多其它研究將焦點轉向可能影響老人視覺搜尋的各個特定機制，如一般性訊息處理速度變慢 (Cerella, 1985; Salthouse, 1996)、抑制機制的退化(Tripper, 1991; Dempster, 1992; Kramer, Humphrey, Larish, Logan, & Strayer, 1994)、老人凝注範圍變小(Sekule, & Ball, 1986; Ball, Beard, Roenker, Miller, & Griggs, 1988; Scialfa, Thomas, Joffe, 1994)、及由上而下注意力引導對老人視覺搜尋表現的影響(Madden, Whiting, Cabeza, & Huettel, 2004; Madden, Spaniol, Bucur, & Whiting, 2007)。

但截至目前為止，仍然鮮見有研究的主題是在關心不同大小的搜尋範圍對老人視覺搜尋表現的研究。這實在是很可惜的一件事，因為近幾年來隨著行動裝置(手機、電子書)的盛行與顯示科技(抬頭式顯示器、頭罩式顯示器、MOD)的進展，在各種螢幕中尋找按鍵、選單、連結(Grahame, Laberge, & Scialfa, 2004)的視覺搜尋作業將隨時出現在人類的日常生活中。那麼當老人在較大或較小螢幕範圍中進行視覺搜尋作業時，會發生什麼影響呢？這會是各種介面(例如：app、網頁、人機系統)設計者極為關切的新知識。

2.4老人在不同尺寸搜尋範圍下的視覺搜尋表現

目前多數關於老人與視覺注意力及視覺搜尋的研究，大多數是在 15 度視角以下的搜尋範圍中進行。舉例而言，在 Plude 與 Doussard-Roosevelt (1989)的研究中，受試者由散布在 10 度視角區域內的數個項目(5、10、或 15 個)中尋找目標項。Trick 與 Enns (1998)則是將 2、10、或 18 個項目散布在 $9.6^{\circ} \times 6.4^{\circ}$ 的搜尋區域。Humphrey & Kramer (1997)的研究中因為使用大小不同的項目同時又顧及欲使各情境中的密度(單位面積中的項目數目)一致，所以將刺激(8、16、或 24 個項目)散落在幾種不同大小的搜尋區域大小，其中最大的搜尋區域也僅只 $12^{\circ} \times 16^{\circ}$ 而已。

請老年人在較大的搜尋範圍(20° 以上)中進行視覺搜尋作業的研究並不多見，我們在此可以介紹 Burton-Danner, Owsley, 與 Jackson (2001)及 Homme 等人 (2004)的研究。

Burton-Danner, Owsley, 與 Jackson (2001)關心當老人在大面積的視野中進行視覺搜尋時，老化歷程是否會損害他們在平行式搜尋(他們稱為特徵搜尋)中的表現。於是他們請年輕人與老年人組受試者分別在 10° (實驗一)或 30° (實驗二)視角大小的範圍，進行平行式搜尋(項目數目可能為 8、16、或 32 個)，結果發現即使搜尋範圍擴張到 30° 視角的寬度，老年人仍然與年輕人一般出現平緩且斜率接近零的反應時間對項目數目函數。這支持如果作業夠簡單，即使是在這麼寬的搜尋範圍中，老人仍然可以進行非常有效率的搜尋。

Homme 等人(2004)的研究因為希望了解目標項離心視角因素的影響，所以目標項有時呈現在螢幕中央的內區域(inner field，大小為 $10.5^{\circ} \times 8.0^{\circ}$)，有時呈現在內區域外一圈的外區域(outer field)，如此整個呈現區域(representation area)的大小便成為 $20.7^{\circ} \times 15.8^{\circ}$ ，其它所有項目(2、8、或 14 個項目)則是隨機置放在整個呈現區域中的。但如前一節所述，Homme 等人(2004)的研究並沒有得到實徵證據支持目標項離心視角因素對老人視覺搜尋行為(平行式搜尋或特徵搜尋皆無)的顯著影響證據。

如果考量 Sekuler, & Ball (1986)提出的凝注範圍隨著老化縮小的現象，那麼 Burton-Danner 等人(2001)與 Homme 等人(2004)研究中的老人應該會因為凝注範圍縮小，而在愈是大搜尋範圍且項目數目愈多的情況中需要更多次數的眼動才能抵達目標項目。如果 Burton-Danner 等人(2001)的研究中是因為僅只使用平行式搜尋的作業，那麼我們很疑惑老人在序列式搜尋情況中是否能不受年齡影響，保持與年輕人同樣的搜尋效率。但是 Homme 等人的研究並沒有出現目標項離心視角與項目數目的效果，在他們文章中也討論到有可能是因為他們研究使用的項目數目(2、8、或 14 個項目)與離心視角($20.7^{\circ} \times 15.8^{\circ}$)仍不夠極端之故。

所以，更大或更小的搜尋範圍會對老人在平行式搜尋與序列式搜尋中的表現有何影響，這是個尚待澄清的問題。

第三章 研究方法

本研究採用實驗法，實驗一至三皆依據注意力研究領域知名的視覺搜尋實驗典範設計實驗。研究主要關心的對象是老年人，因此以 60 歲以上的老年人作為實驗組，並以 22-27 歲的年輕人為對照組。視覺搜尋實驗典範中主要操弄的獨變項有搜尋類型(search efficiency)、項目數目(set size)，依變項則是正確率與反應時間。本章將介紹本研究各實驗之間通用的實驗設定，至於各實驗間不同的細節則於各實驗的章節之內說明。

3.1 參與者

本研究的目標對象是以年齡介於 60 歲至 80 歲之間正常老化的一般老年人為實驗組，另外並以 20-30 歲間的年輕人作為對照組。兩組參與者皆要求視力矯正後正常，智力正常，且無阿茲海默症、帕金森氏症、中風等疾病的病史。各個實驗實際收集到的參與者特性資料將在各實驗內的參與者小節內敘述。

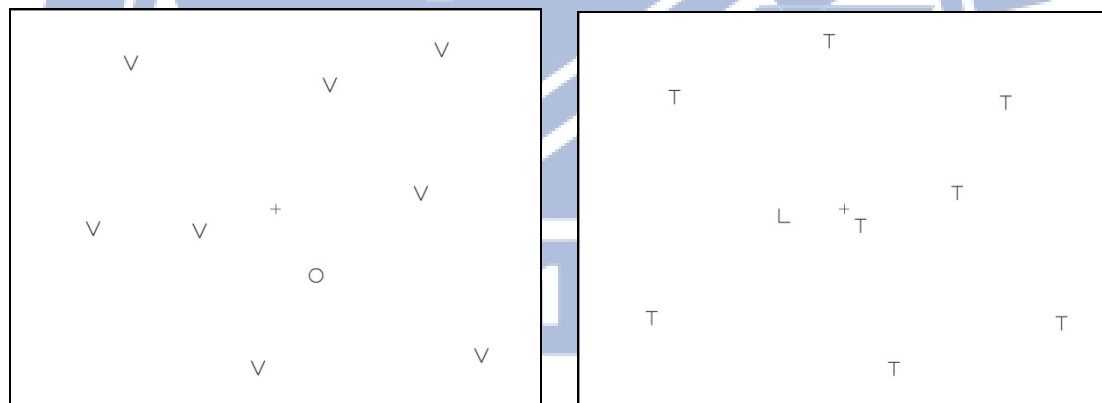
3.2 實驗設計

本研究的獨變項有年齡、搜尋類型、項目數目、搜尋範圍尺寸，依變項則是正確率與反應時間。這些變項的定義與說明請參見緒論中第 1.3 節的研究名詞與定義。

前行實驗與實驗一皆採用 2(搜尋類型：平行式搜尋或序列式搜尋) × 4(項目數目：於目標項出現情況為 5、9、17、或 33；於目標項未出現情況為 4、8、16、或 32) × 3(搜尋範圍尺寸：16°、32°、或 60°) 的完全受試者內因子設計。

實驗二與實驗三則採用 2(年齡：年輕人組或老年人組) × 2(搜尋類型：平行式搜尋或序列式搜尋) × 4(項目數目：4、8、16、或 32) × 3(搜尋範圍尺寸：8°、16°、或 32°) 的受試者間受試者內混合設計，其中年齡變項為受試者間變項，搜尋類型、項目數目與搜尋範圍尺寸則是受試者內變項。

3.3 實驗刺激



平行式搜尋

序列式搜尋

圖十 前行實驗與實驗一中平行式搜尋與序列式搜尋畫面示意圖

在本研究中，平行式搜尋情境以”O”(目標項)與”V”(干擾項)的組合作為刺激；序列式搜尋情境以”L”(目標項)與”T”(干擾項)的組合來作為刺激。

這兩種目標項與干擾的組合，是經由我們的一個前導研究而確定的。我們發現，要在一群”V”當中尋找”O”時(如上圖左所示)，參與者會出現高效率的平行式

搜尋；而要在「一群 T」當中找「L」（如上圖右所示）時，參與者就會出現一個較困難的序列式搜尋。

於是，在本研究中，平行式搜尋情境就使用「O」（目標項）與「V」（干擾項）的組合作為刺激；序列式搜尋情境就使用「L」（目標項）與「T」（干擾項）的組合來作為刺激。目標項與干擾項的數目是按照所屬情境來決定。目標項與干擾項的位置在實驗一中是隨機置於畫面中，在實驗二與實驗三中則是在事先指定的 55 個位置中隨機決定。設定這 55 個位置原因及細節在實驗二的章節內描述。

3.4 各搜尋範圍大小情境下的觀看距離與螢幕大小

生活中有各種不同的觀看螢幕情境，因觀看距離與螢幕物理尺寸不同，而有不同的螢幕大小（以視角為單位）。舉例而言，坐捷運時將智慧型手機放置膝頭進行 candy crush 電玩遊戲時，螢幕大小約 9° （寬度 9 公分，觀看距離 55 公分）、坐在家中沙發上以 42 吋液晶電視觀看股市價格時，螢幕大小約 18° （寬度 85 公分，觀看距離 275 公分）、坐在家中沙發上以最新 60 吋 LED 電視搭配 MOD 系統上網觀看孫子照片時螢幕大小約 25° （寬度 122 公分，觀看距離 275 公分），使用桌上型電腦辦公時螢幕大小約 32° （17 吋螢幕，寬度 36 公分，觀看距離 62 公分）、以家庭劇院系統觀看高畫質電影或進行三國無雙等電動遊戲時，螢幕大小約 48° （120 吋螢幕，寬度 244 公分，觀看距離 275 公分）。

在實驗一中，我們選擇 16° 、 32° 、 60° 等不同的螢幕大小進行實驗。在實驗二中，我們則選擇 8° 、 16° 、 32° 等不同的螢幕大小進行實驗。

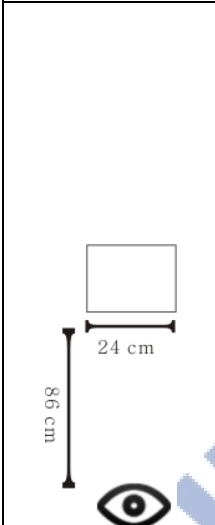
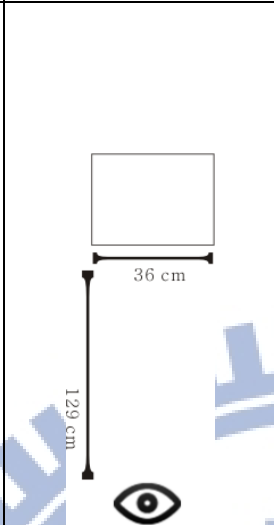
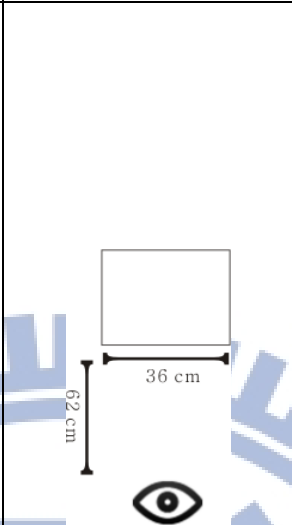
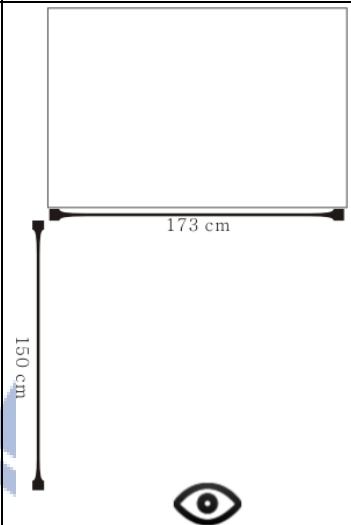
| 16°搜尋範圍 | 16°搜尋範圍 (對照組) | 32°搜尋範圍 | 60°搜尋範圍 |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |

圖 十一 實驗一，各搜尋範圍大小示意圖

請參考上圖。實驗一與前行實驗中，提到的四種搜尋範圍的觀看距離是由我們設定好的視角大小與螢幕的物理尺寸推算而得。在 16°(對照組)情境中，刺激呈現在 17 吋的 36 × 27 cm LCD 螢幕上，觀看距離便設定為 129 公分。在 16°情境中，刺激呈現在 12 吋的 24 × 18 cm LCD 螢幕上，觀看距離便設定為 86 公分。在 32°情境中，刺激呈現在 17 吋的 36 × 27 cm LCD 螢幕上，觀看距離便設定為 62 公分。在 60°情境中，刺激呈現在 87 吋的 173 × 130 cm 布幕上，觀看距離便設定為 150 公分。目標項與干擾項的大小則分別為 0.44° × 0.44°、0.89° × 0.89°、與 1.64° × 1.64°。


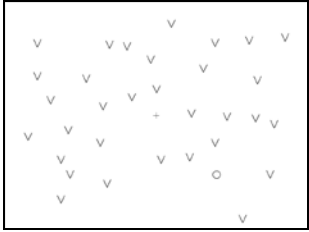
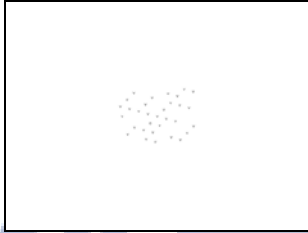
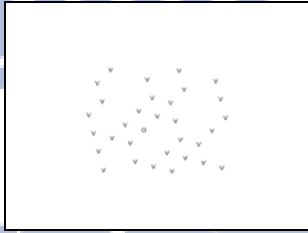
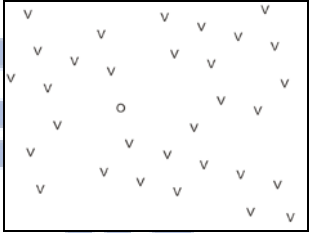
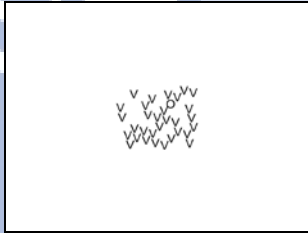
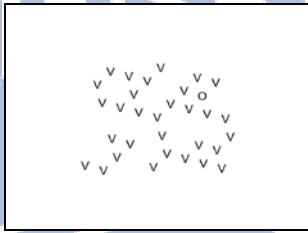
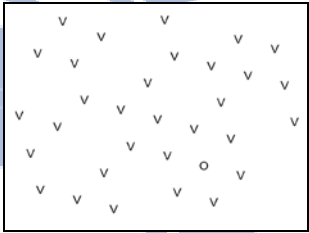
| | 8°搜尋範圍 | 16°搜尋範圍 | 32°搜尋範圍 |
|-----|--|--|--|
| 實驗一 | |  |  |
| 實驗二 |  |  |  |
| 實驗三 |  |  |  |

圖 十二 實驗二與實驗三中各搜尋範圍大小情境的螢幕尺寸、觀看距離、與搜尋畫面示意圖

請參考圖十二。實驗二與實驗三的觀看距離統一設定為 62 cm，搜尋畫面統一呈現於 17 吋的 36 × 27 cm CRT 螢幕上。8°搜尋範圍情境中，所有項目只能分佈在畫面中央 9 × 6.75 cm 的範圍中;16°搜尋範圍情境中，所有項目只能分佈在畫面中央 18 × 13.5cm 的範圍中; 32°搜尋範圍情境中，所有項目只能分佈在畫面中央 36 × 27cm 的範圍中。至於項目尺寸方面：實驗二(項目等比縮放)中，8°、16°、32°搜尋範圍情境中目標項與干擾項的尺寸則分別為 0.22° × 0.22°、0.44° × 0.44° 與 0.89° × 0.89°。實驗三中(項目尺寸恆定)，8°、16°、32°搜尋範圍情境中目標項

與干擾項的尺寸則皆為 $0.89^{\circ} \times 0.89^{\circ}$ 。關於螢幕的其它細節則在各實驗相關章節內敘述。

3.5 程序

實驗一中所有參與者皆為個別施測，每人皆需進行四大段實驗(16°搜尋範圍(對照組) 16°搜尋範圍、32°搜尋範圍、與 60°搜尋範圍)，每大段實驗中包含兩小段實驗(平行式搜尋、與序列式搜尋)。每段約 8 分鐘，段落之間休息約 1 分鐘。四大段的順序則按照隨機程序安排，各個參與者皆不同。每大段實驗內的兩小段實驗順序也是按照隨機程序安排，各個參與者皆不同。

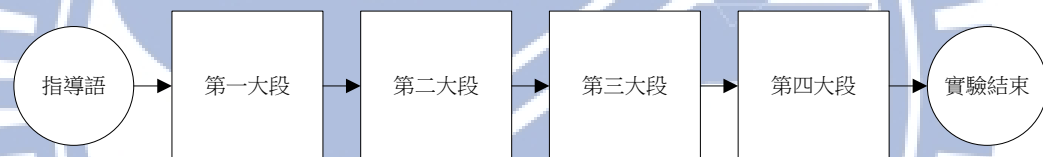


圖 十三 實驗一流程示意圖

實驗二與實驗三中，所有參與者皆為個別施測，每人皆需進行六段實驗(8°搜尋範圍且平行式搜尋、8°搜尋範圍且序列式搜尋、16°搜尋範圍且平行式搜尋、16°搜尋範圍且序列式搜尋、32°搜尋範圍且平行式搜尋、32°搜尋範圍且序列式搜尋)。這六段實驗的順序按照隨機程序安排，各個參與者皆不同。其餘程序皆與實驗一相同。

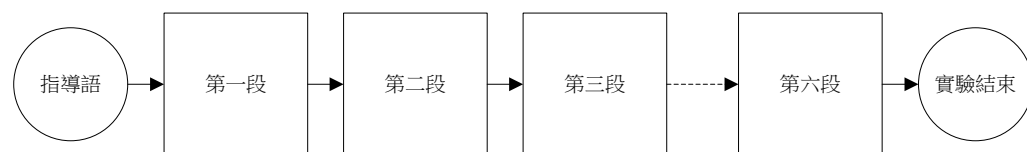
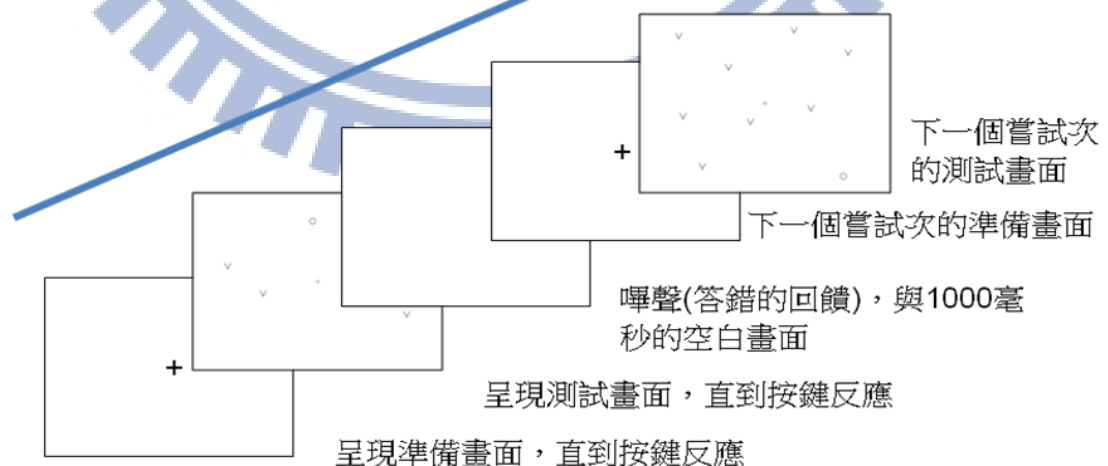


圖 十四 實驗二與實驗三流程示意圖

參與者到達後會先接受呈現在螢幕上的指導語說明，實驗者也會示範與解釋實驗程序，並提供練習次讓參與者完全了解。參與者練習直到熟悉視覺搜尋作業之後，便進入正式實驗。

每段實驗內共有 160 個嘗試次。實驗一中目標項未出現且項目數目為 4、8、16、或 32 的情境各有 10 個嘗試次，目標項出現且項目數目為 5、9、17、33 的情境則各有 30 個嘗試次。實驗二中目標項未出現且項目數目為 4、8、16、或 32 的情境各有 10 個嘗試次，目標項出現且項目數目為 4、8、16、或 32 的情境則各有 30 個嘗試次。實驗一中目標項與干擾項皆隨機置放於畫面上的不同位置，實驗二與實驗二中目標項與干擾項的位置則是在事先指定的 55 位置中隨機決定。嘗試次出現的順序同樣也以隨機程序決定。嘗試次間隔時間以程式控制，固定為 1000 ms。



每個嘗試次內各步驟同樣由程式控制，依序包括有：

1. 呈現準備畫面，直到參與者按鍵反應。此準備畫面只有一個十字作為凝視點呈現在白色背景當中。
2. 呈現測試畫面，直到參與者儘快且正確地按鍵回答目標是否出現。
測試畫面中散佈著數目不等的干擾項與可能出現的目標項。
3. 參與者按鍵作答的同時，測試畫面便會消失。
4. 如果參與者答錯，便會出現一嗶聲，作為反應的回饋。
5. 下一個嘗試次的準備畫面會在 1000 ms 後出現。

每個嘗試次皆由程式自動記錄作答正確與否及反應時間，由呈現測試畫面開始直到參與者按鍵作答之間的時間長短便是反應時間的長短。

3.6統計分析前的資料處理

因為各實驗的所有情境中的正確率皆達 90%以上，而且經由實驗者逐一檢視各參與者資料的趨勢圖，顯示正確率與反應時間之間的消長關係不會影響到結果，所以在結果分析的報告中便不繼續對正確率進行分析。各實驗正確率的平均數與標準差列於附錄一。至於反應時間的部份，只採計作答正確的嘗試次，而且各細格內偏離平均數 2.5 個標準差的嘗試次資料也視之為極端值而不納入後續的分析。依此標準刪除極端值後，各情境中的資料刪除率皆不到 10%。

3.7預計回答問題

由於我們採用的是因子實驗設計，綜合以上幾個因子之後，我們預計可回答下列問題：

- 一、 老人達成任務需要的視覺搜尋時間是否比年輕人需要的時間更長？
- 二、 老人面對平行式搜尋畫面時是否比面對序列式搜尋畫面的表現更好？
- 三、 老人面對平行式搜尋畫面是否仍然能維持有效率的搜尋(反應時間對項目數目的函數斜率接近零)？
- 四、 老年人面對序列式搜尋畫面時的搜尋效率(以反應時間對項目數目函數之斜率為指標，斜率越低表示效率越高)是否比年輕人的效率低？
- 五、 搜尋範圍大小是否影響老年人的搜尋時間？
- 六、 搜尋範圍大小改變之後，老年人面對平行式搜尋畫面時，是否依然比面對序列式搜尋畫面的表現更好？
- 七、 搜尋範圍大小改變之後，老年人在平行式搜尋情況中的搜尋效率是否改變？
- 八、 搜尋範圍大小改變之後，老年人在序列式搜尋情況中的搜尋效率是否改變？

第四章 前行實驗與實驗一

4.1 前行實驗

在本研究中，我們以前行實驗的結果作為老人在不同搜尋範圍尺寸中視覺搜尋表現的參照基準。前行實驗中先以一般成年人為對象(年齡介於 24-27 歲之間)，操弄不同尺寸的搜尋範圍尺寸，請參與者進行標準的視覺搜尋作業，希望了解在不同尺寸的搜尋範圍、不同搜尋類型、與不同項目數目的情況中，一般成年人的表現為何。

4.1.1 參與者

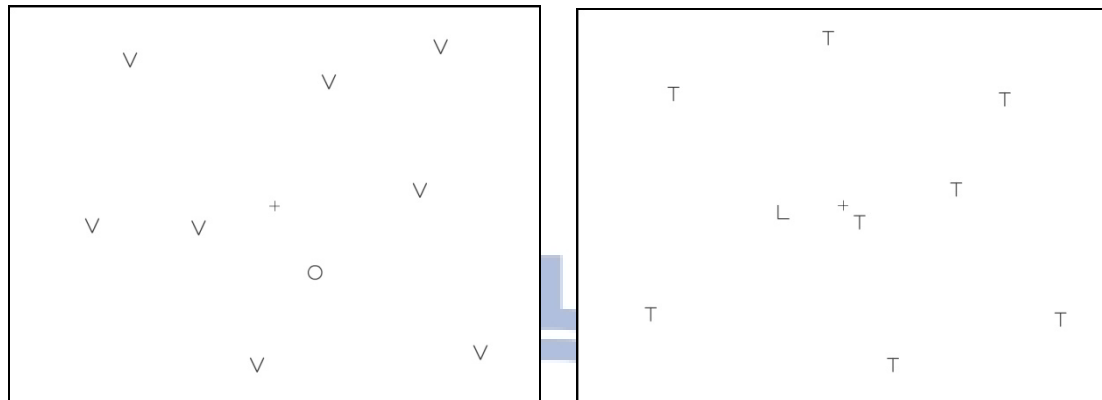
參與者共 12 名，皆為國立交通大學應用藝術所研究所學生，年齡介於 24-27 歲之間，視力皆為正常或矯正後正常。實驗後皆獲贈小禮物，以感謝其參與。

4.1.2 實驗設計

本研究的獨變項有搜尋類型、項目數目、搜尋範圍尺寸，依變項則是正確率與反應時間。這些變項的定義與說明請參見緒論中第 1.3 節的研究名詞與定義。

本實驗為 2(搜尋類型：平行式搜尋或序列式搜尋) × 4(項目數目：於目標項出現情況為 5、9、17、或 33; 於目標項未出現情況為 4、8、16、或 32) × 3(搜尋範圍大小：16°、32°、或 60°)的完全受試者內因子設計。

4.1.3 實驗刺激



平行式搜尋

序列式搜尋

圖 十六 前行實驗，平行式搜尋與序列式搜尋畫面示意圖

在本研究中，平行式搜尋情境使用”O” (目標項)與”V” (干擾項)的組合作為刺激；序列式搜尋情境就使用”L” (目標項)與”T” (干擾項)的組合來作為刺激。目標項與干擾項的數目按照所屬情境來決定。目標項與干擾項的位置是隨機決定的。

4.1.4 儀器設備與實驗環境

刺激的呈現與實驗的流程主要使用 Neurobehavioral Systems Presentation program (Version 0.71, Build 09.24.03)來執行。使用 IBM X31 2672-IGV 的筆記型電腦、CPU 為 Intel Pentium 4.12G、記憶體為 256 MB、搭配 ATI Mobility RADEON 顯示晶片，螢幕解析度設定在 1024 × 768 pixels。

實驗室為暗室，光源來自電腦螢幕與投影機。所有的目標項與干擾擾項皆為黑色，背景為白色[CIE, International Commission on Color, L (cd/m²), x, y,

coordinates: white in 16° display size condition, 81.3, 0.343, 0.359; white in 32° and

16°(control) display size condition, 127.0, 0.318, 0.312; white in 60° display size condition, 166.0, 0.332, 0.393]。這些色彩與亮度資料皆由校正後 PhotoResearchTM PR-650 測光計所測得。

4.1.5 各搜尋範圍大小情境下的觀看距離與螢幕大小

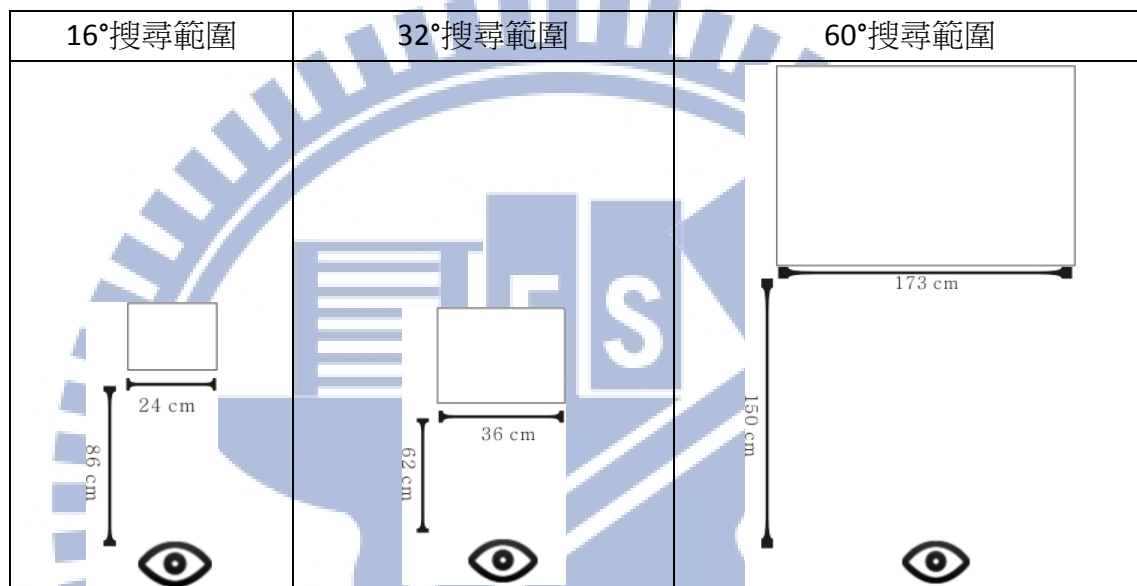


圖 十七 前行實驗，各搜尋範圍大小情境的螢幕尺寸與觀看距離示意圖

請參考上圖。前行實驗中，觀看距離是由我們設定好的視角大小與螢幕的物理尺寸推算而得。在 16°情境中，刺激呈現在 12 吋的 24×18 cm LCD 螢幕上，觀看距離便設定為 86 公分。在 32°情境中，刺激呈現在 17 吋的 36×27 cm LCD 螢幕上，觀看距離便設定為 62 公分。在 60°情境中，刺激呈現在 87 吋的 173×130 cm 布幕上，觀看距離便設定為 150 公分。目標項與干擾項的大小則分別為 $0.44^\circ \times 0.44^\circ$ 、 $0.89^\circ \times 0.89^\circ$ 、與 $1.64^\circ \times 1.64^\circ$ 。

4.1.6程序

所有參與者皆為個別施測，每人皆需進行六段實驗(16°搜尋範圍且平行式搜尋、16°搜尋範圍且序列式搜尋、32°搜尋範圍且平行式搜尋、32°搜尋範圍且序列式搜尋、60°搜尋範圍且平行式搜尋、60°搜尋範圍且序列式搜尋)，每段約 8 分鐘，段落之間休息約 3 分鐘。段落的順序則按照隨機程序安排，各個參與者皆不同。

其它實驗程序上的細節，皆與研究方法章節中描述的相同。

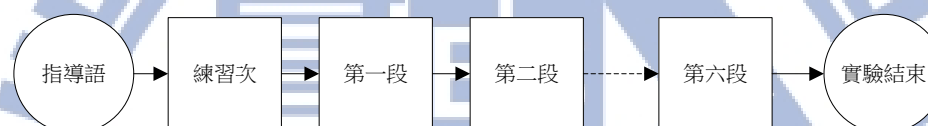


圖 十八 前行實驗，流程示意圖

4.1.7資料處理

因為所有情境中的正確率皆已達 90%以上，而且經由實驗者逐一檢視各參與者資料的趨勢圖，顯示正確率與反應時間之間的消長關係不會影響到結果，所以在結果分析的報告中便不繼續對正確率進行分析。至於反應時間的部份，只採計作答正確的嘗試次，而且各細格內偏離平均數 2.5 個標準差的嘗試次資料也視為極端值而不納入後續的分析。依此標準刪除極端值後，各情境中的資料刪除率皆不到 10%。

4.1.8結果

結果如下圖與下表所示：

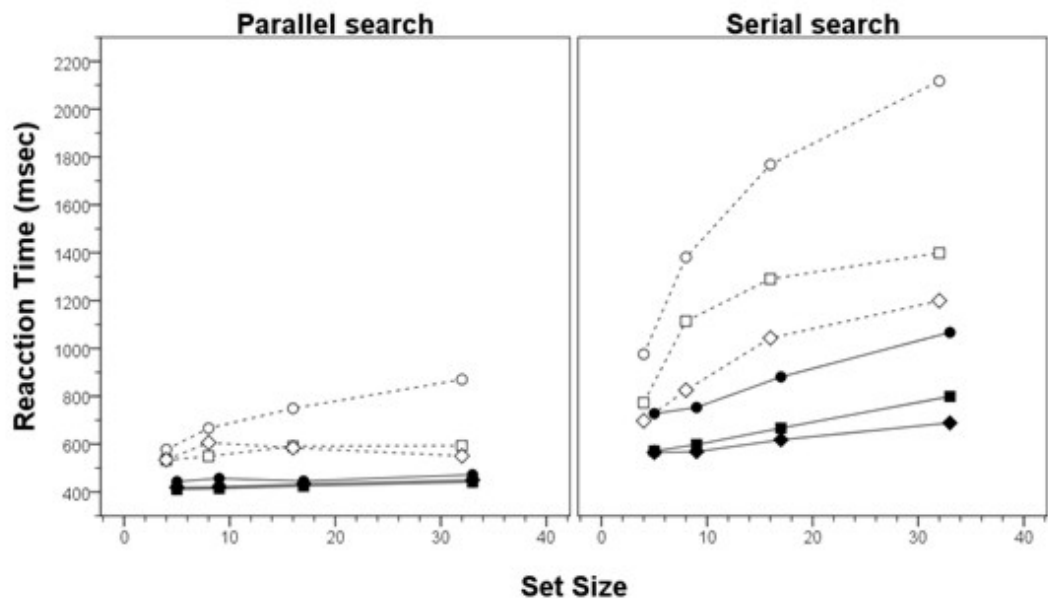


圖 十九 前行實驗，平行式搜尋與序列式搜尋中，各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。
(目標出現，實心圖示；與目標未出現，空心圖示；16°，◇；32°，□；60°○)

表 一 前行實驗，反應時間的平均數與標準差

| | | 平行式搜尋 | | | 序列式搜尋 | | |
|------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 項目數目 | | 16° | 32° | 60° | 16° | 32° | 60° |
| 5 | M | 419 _{a, a} | 411 _{a, a} | 443 _{a, a} | 565 _{b, a} | 571 _{b, a} | 728 _{c, a} |
| | SD | 96 | 91 | 120 | 139 | 169 | 236 |
| 9 | M | 421 _{a, a} | 414 _{a, a} | 456 _{a, a} | 568 _{b, a} | 598 _{b, a} | 753 _{c, a} |
| | SD | 96 | 89 | 151 | 155 | 192 | 309 |
| 17 | M | 433 _{a, a} | 425 _{a, a} | 445 _{a, a} | 618 _{b, a} | 667 _{b, a} | 881 _{c, b} |
| | SD | 106 | 96 | 117 | 177 | 215 | 336 |
| 33 | M | 450 _{a, a} | 442 _{a, a} | 472 _{a, a} | 689 _{b, b} | 799 _{b, b} | 1067 _{c, c} |
| | SD | 110 | 99 | 128 | 236 | 277 | 475 |

註：同一列中第一個下標字母相同的平均數經 Turkey Honestly Significant Difference (HSD) comparison 後顯示沒有顯著差異，意即若下標字母相同則彼此是同一群。同一欄中第二個下標字母相同的平均數經 Turkey Honestly Significant Difference (HSD) comparison 後顯示沒有顯著差異，意即若下標字母相同則彼此是同一群。。

我們針對目標出現的情況，以反應時間為依變項，對反應時間進行搜尋類型

(平行式搜尋或序列式搜尋) × 搜尋範圍尺寸(16°、32°、或 60°) × 項目數目(5、9、

17、33)的完全受試者內三因子變異數分析。結果顯示所有主要效果、二階交互作用與三階交互作用皆達顯著，請見下表。

表 二 前行實驗，反應時間之變異數分析摘要表

| Factor | df | F | η_p^2 | MSE | p |
|--------------|-------|--------|------------|--------------|--------|
| 目標出現 | | | | | |
| 搜尋類型(SE) | 1, 11 | 104.24 | .91 | 1,458,805.80 | < .001 |
| 搜尋範圍 DS) | 2, 22 | 26.62 | .71 | 546,602.00 | < .001 |
| 項目數目 (SS) | 3, 33 | 91.98 | .89 | 76,380.30 | < .001 |
| SE × DS | 2, 22 | 49.58 | .82 | 186,044.40 | < .001 |
| SE × SS | 3, 33 | 58.23 | .84 | 73,408.60 | < .001 |
| DS × SS | 6, 66 | 12.48 | .53 | 29,819.80 | < .001 |
| SE × DS × SS | 6, 66 | 12.59 | .53 | 35,507.50 | < .001 |

為了解釋這些交互作用，我們使用 Tukey's Studentized range (HSD)來檢驗各細格間的平均數是否有顯著差異。結果發現在平行式搜尋情況中，各細格的平均數彼此之間均無顯著差異；在序列式搜尋情況中，16°與 32°搜尋範圍情況中反應時間雖也跟著項目數目而增加，但引人注目的是 60°搜尋範圍時反應時間隨著項目數目增加的幅度要加快了更多(見表二與圖十九； $t_{253} = 5.20$, $MSE = 163520.7$, $p < .05$)。

斜率資料列於下表。如果目標出現，平行式搜尋情況中反應時間幾乎不受項目數影響，16°、32°、與 60°搜尋範圍的斜率分別為 1.2, 1.1, and 0.9 msec./item；但在序列式搜尋情況中反應時間則會隨著項目數目增加而增加，16°、32°、與 60°搜尋範圍的斜率分別為 4.6, 8.2, and 12.4 msec./item。

表 三 前行實驗，反應時間對項目數目之線性回歸分析。

| | 平行式搜尋 | | | 序列式搜尋 | | |
|-----------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| | 16° | 32° | 60° | 16° | 32° | (60°) |
| 目標出現 | | | | | | |
| R^2 | .05 | .05 | .01 | .17† | .38† | .36† |
| Slope | 1.17 | 1.11 | 0.88 | 4.58† | 8.20† | 12.38† |
| Intercept | 412† | 404 † | 440† | 535† | 527† | 657† |

* $p < .05$. † $p < .01$.

4.1.9 結論

在平行式搜尋情況中，項目數目與搜尋範圍都不影響年輕人的搜尋時間。但在序列式搜尋情況，不僅反應時間會隨著項目數目的增長而延長，連搜尋效率都會隨著搜尋範圍的增加而遞減(斜率隨著搜尋範圍的擴大而遞增)。

4.2 實驗一

實驗一目的是希望得到老人在不同搜尋範圍大小情境中視覺搜尋表現的資料，並以前行實驗中的資料為基準相互比較，以了解老化過程對視覺搜尋的影響為何。

我們同樣操弄搜尋範圍尺寸，並請老人進行視覺搜尋作業，以了解在不同尺寸的搜尋範圍、不同搜尋類型、與不同項目數目的情況中，老年人的表現為何。

4.2.1 參與者

共有 30 位(10 位男性，20 位女性)老人參與實驗一。平均年齡為 66.4 歲($SD = 4.99$ ， $range = 61-78$)。他們的平均受正式教育 9.5 年($SD = 4.94$ ， $range = 4-18$)。使用 Snellen chart 測量參與者們矯正後視力，平均為 20/18(俗稱視力 1.0)，最差視

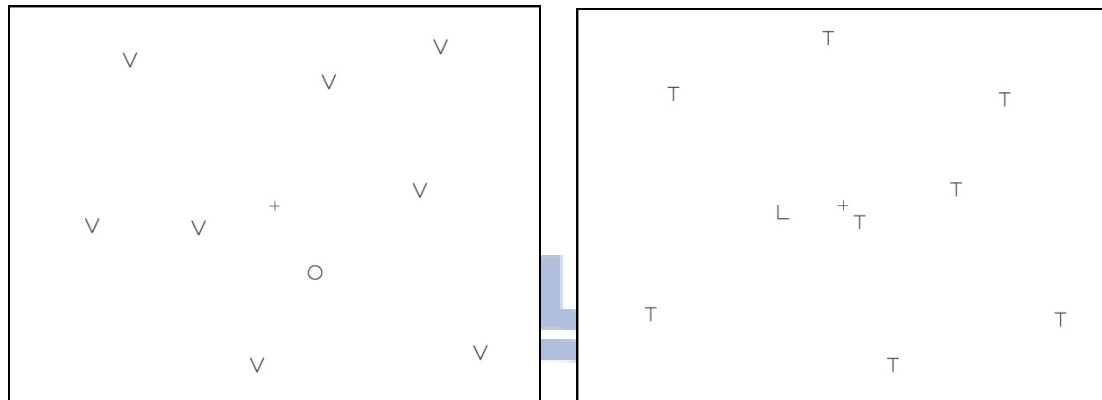
力為 20/33(俗稱視力 0.6)，皆超越視力 20/40 的最低門檻。我們以「簡短式智能評估」(Mini-Mental State Examination, MMSE; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975; 郭乃文、劉秀枝、王珮芳、廖光淦、甄瑞興、林恭平、陳祖裕、徐道昌，1988 (界斷分數：低教育組 15/16 高教育組 26/27))確認參與者之心智狀態，結果平均 31 分，最低 29 分。。因此所有參與者均被判斷為智能狀態正常。參與者在參與實驗後皆獲贈小禮物，以感謝其參與。小禮物是價值 100 元之超商禮卷，與實驗者本人自製之手工皂一顆，其重量約 90 公克。

4.2.2 實驗設計

本研究的獨變項有搜尋類型、項目數目、搜尋範圍尺寸，依變項則是正確率與反應時間。這些變項的定義與說明請參見緒論中第 1.3 節的研究名詞與定義。

本實驗為 2(搜尋類型：平行式搜尋或序列式搜尋) × 4(項目數目：於目標項出現情況為 5、9、17、或 33; 於目標項未出現情況為 4、8、16、或 32) × 4(搜尋範圍尺寸：16°(對照組)、16°、32°、或 60°)的完全受試者內因子設計。

4.2.3 實驗刺激



平行式搜尋

序列式搜尋

圖二十 實驗一，平行式搜尋與序列式搜尋畫面示意圖

同前行實驗，請參考上圖。

4.2.4 儀器設備與實驗環境

刺激的呈現與實驗的流程主要使用 C++ 程式語言所撰寫的實驗程式來執行。使用 IBM X31 2672-IGV 的筆記型電腦、CPU 為 Intel Pentium 4.12G、記憶體為 256 MB、搭配 ATI Mobility RADEON 顯示晶片，螢幕解析度設定在 1024 × 768 pixels。

實驗室為暗室，光源來自電腦螢幕與投影機。所有的目標項與干擾擾項皆為黑色，背景為白色[CIE, International Commission on Color, L (cd/m²), x, y, coordinates: white in 16° display size condition, 81.3, 0.343, 0.359; white in 32° and 16°(control) display size condition, 127.0, 0.318, 0.312; white in 60° display size condition, 166.0, 0.332, 0.393]。這些色彩與亮度資料皆由校正後 PhotoResearchTM PR-650 測光計所測得。

4.2.5各搜尋範圍大小情境下的觀看距離與螢幕大小

請參考下圖，四種搜尋範圍的觀看距離是由我們設定好的視角大小與螢幕的物理尺寸推算而得。在 16°(對照組)情境中，刺激呈現在 17 吋的 36 × 27 cm LCD 螢幕上，觀看距離便設定為 129 公分。在 16°情境中，刺激呈現在 12 吋的 24 × 18 cm LCD 螢幕上，觀看距離便設定為 86 公分。在 32°情境中，刺激呈現在 17 吋的 36 × 27 cm LCD 螢幕上，觀看距離便設定為 62 公分。在 60°情境中，刺激呈現在 87 吋的 173 × 130 cm 布幕上，觀看距離便設定為 150 公分。目標項與干擾項的大小則分別為 0.44° × 0.44°、0.89° × 0.89°、與 1.64° × 1.64°。

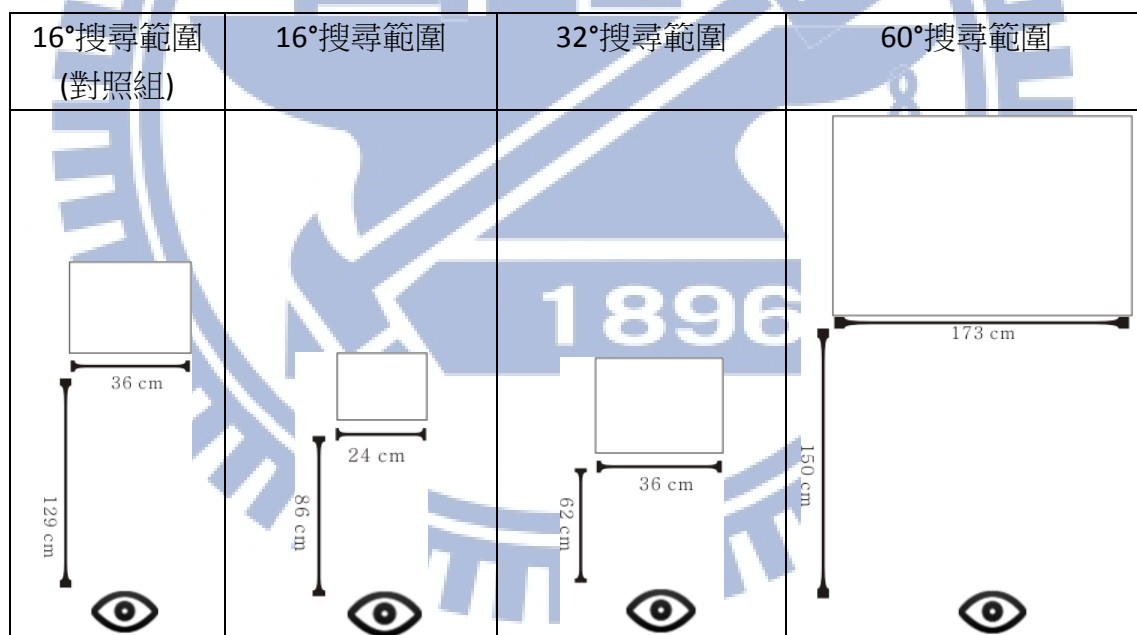


圖 二十一 實驗一，各搜尋範圍大小情境的螢幕尺寸與觀看距離示意圖。

4.2.6程序

實驗程序大致與前行實驗相同，不同之處為：每人皆需進行四大段實驗(16°搜尋範圍(對照組)、16°搜尋範圍、32°搜尋範圍、與 60°搜尋範圍)，每大段實驗

中包含兩小段實驗(平行式搜尋、與序列式搜尋)。每段約 8 分鐘，段落之間休息約 1 分鐘。四大段實驗的順序則按照隨機程序安排，各個參與者皆不同。每大段實驗內的兩小段實驗順也是按照隨機程序安排，各個參與者皆不同。

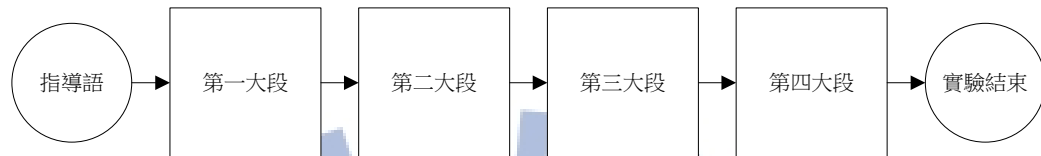


圖 二十二 實驗一流程示意圖

4.2.7 資料處理

同前行實驗。

4.2.8 結果

結果請參考下圖與下表：

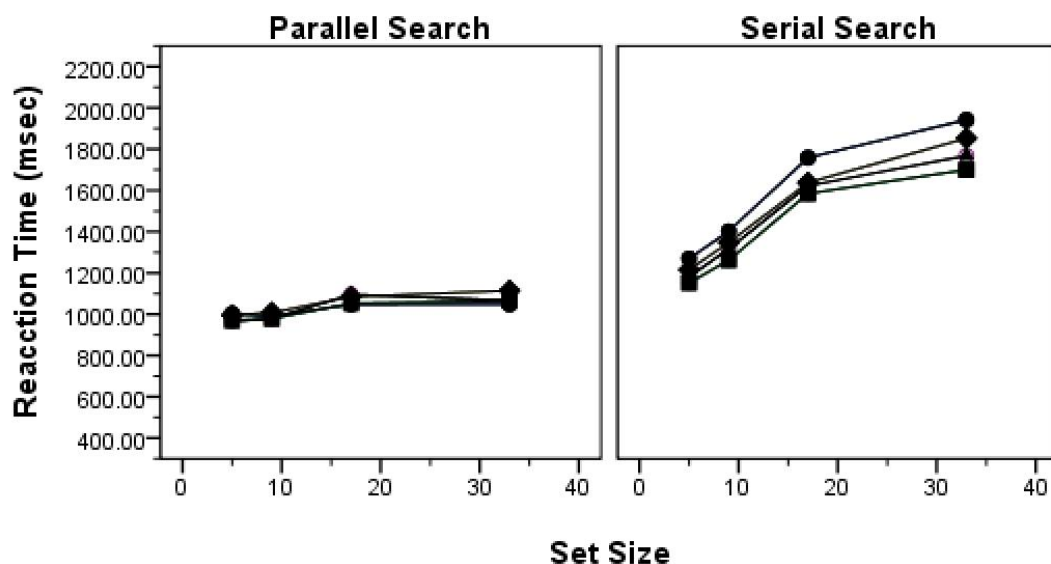


圖 二十三 實驗一 平行式搜尋與序列式搜尋中，各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。
(16°(對照組)，▲； 16°，◆； 32°，■； 60°，●)

表 四 實驗一 反應時間的平均數與標準差

| 項目數目 | | 平行式搜尋 | | | | 序列式搜尋 | | | |
|------|----|--------------|-------|-------|-------|--------------|--------|-------|-------|
| | | 16° (con) | 16° | 32° | 60° | 16° (con) | 16° | 32° | 60° |
| 5 | M | 965 | 995 | 970 | 1002 | 1181 | 1216 | 1152 | 1270 |
| | SD | 49.49 | 38.98 | 39.35 | 39.64 | 59.59 | 58.17 | 51.56 | 62.47 |
| 9 | M | 979 | 1008 | 979 | 990 | 1317 | 1347 | 1262 | 1402 |
| | SD | 54.73 | 48.25 | 45.72 | 36.64 | 81.76 | 76.17 | 61.99 | 61.67 |
| 17 | M | 1095 | 1085 | 1052 | 1047 | 1622 | 1638 | 1584 | 1758 |
| | SD | 62.03 | 51.58 | 46.83 | 38.36 | 135.03 | 110.35 | 79.60 | 84.59 |
| 33 | M | 1068 | 1115 | 1064 | 1048 | 1768 | 1853 | 1700 | 1942 |
| | SD | 55.34 | 52.98 | 47.17 | 41.56 | 131.09 | 133.71 | 78.08 | 71.97 |

我們針對目標出現的情況，以反應時間為依變項，對反應時間進行搜尋類型(平行式搜尋或序列式搜尋) × 搜尋範圍大小(16°、16° (對照組)、32°、或 60°) × 項目數目(5、9、17、33)的完全受試者內三因子變異數分析。

結果發現在主要效果方面出現顯著的搜尋類型與項目數目的主要效果，二階交互作用方面出現顯著搜尋類型與搜尋範圍的二階交互作用、與搜尋類型與項目數目的二階交互作用，三階交互作用方面則出現了顯著的搜尋類型、搜尋範圍與項目數目的三階交互作用 (見下表)。

表 五 實驗一 反應時間變異數分析摘要表

| Factor | df | F | η_p^2 | MSE | p |
|--------------|--------|--------|------------|----------|---------|
| 目標出現 | | | | | |
| 搜尋類型(SE) | 1, 29 | 150.47 | 0.84 | 355187.1 | < 0.001 |
| 搜尋範圍 DS) | 3, 87 | 1.72 | 0.06 | 202303 | 0.170 |
| 項目數目 (SS) | 3, 87 | 110.86 | 0.79 | 58856.37 | < 0.001 |
| SE × DS | 3, 87 | 5.12 | 0.15 | 57400.12 | 0.003 |
| SE × SS | 3, 87 | 98.80 | 0.77 | 33243.48 | < 0.001 |
| DS × SS | 9, 261 | 0.82 | 0.03 | 14026.16 | 0.599 |
| SE × DS × SS | 9, 261 | 2.07 | 0.07 | 10057.89 | 0.033 |

由於出現包含所有效果的顯著三階交互作用，於是我們直接 Tukey's Studentized range (HSD)來檢驗各細格間的平均數是否有顯著差異，以理解此三階交互作用發生於何處。

結果發現，平行式搜尋情況中，各細格的平均數彼此之間均無顯著差異；在序列式搜尋情況中，反應時間明顯隨著項目數目的增加而增加。但搜尋範圍大小的效應只在項目數目為 33 時才出現：項目數目為 33 時，搜尋範圍大小為 60°的反應時間($M = 1942$)明顯大於搜尋範圍為 32°時的反應時間($M = 1700$)。($t_{930} = 5.36$, $MSE = 1249083$, $p < .05$)

斜率資料列於下表。平行式搜尋情況中反應時間幾乎不受項目數影響，16°(對照組)、16°、32°、與 60°搜尋範圍的斜率分別為 3.87, 4.41, 3.52, 與 1.97 msec./item；但在序列式搜尋情況中反應時間則會隨著項目數目增加而增加，16°(對照組)、16°、32°、與 60°搜尋範圍的斜率分別為 20.60, 22.46, 19.53, and 23.89 msec./item。

表 六 實驗一 反應時間對項目數目之線性回歸分析

| | 平行式搜尋 | | | | 序列式搜尋 | | | |
|-----------|--------------|------|------|------|--------------|--------|--------|--------|
| | 16° (con) | 16° | 32° | 60° | 16° (con) | 16° | 32° | 60° |
| R^2 | .02 | .03 | .02 | .01 | .17† | .17† | .23† | .55† |
| Slope | 3.87 | 4.41 | 3.52 | 1.97 | 20.60† | 22.46† | 19.53† | 23.89† |
| Intercept | 965† | 980† | 960† | 990† | 1143† | 1154† | 1112† | 1211† |

* $p < .05$. † $p < .01$.

4.2.9實驗一，小結與討論

首先，這次實驗中 16°搜尋範圍(86 公分)與 16°(對照組)搜尋範圍(129 公分)這兩個情況的各相對細格的平均數之間亦無顯著差距，幾乎是疊合的趨勢，與前行實驗中的結果一致，排除了儀器設備與觀看距離等等因素對本實驗造成混淆的可能推論。

接下來，我們可以由實驗一回答幾個研究目的中列出的問題：

- 一、與前行實驗的結果相比，可以發現老年人進行視覺搜尋作業的時間($M = 1264$)比年輕人($M = 572$)延長許多。
- 二、老人面對平行式搜尋的畫面時的視覺搜尋時間($M = 1029$)比面對序列搜尋的畫面的視覺搜尋時間($M = 1501$)減少了許多。
- 三、實驗一的結果支持，老人跟年輕人一樣可以出現有效率而不受項目數目影響的平行式搜尋。
- 四、老年人在序列式搜尋的畫面中與年輕人同樣地出現反應時間隨著項目數目增加而增加的情況。但老年人的反應時間對項目數目的函數之斜率($\text{slope} = 22.46, 19.53, \text{與 } 23.89 \text{ msec./item}$)比年輕人的斜率($\text{slope} = 4.58, 8.20, \text{與 } 12.38 \text{ msec./item}$)大很多。

我們參考 Tseng and Li(2004)的作法，先計算個別參與者在各情境中的個別斜率後。接下來，以這些斜率值為依變項，以年齡與顯示畫面大小為獨變項進行變異數分析，顯示老年人在序列式搜尋中的搜尋效率($M = 21.96$)顯著

地較年輕人在序列式搜尋中的效率($M = 8.39$)更差($F(1, 40) = 28.19, MSE = 168.03, p < .001, \eta_p^2 = .41$)。這也就是說老年人在序列式搜尋畫面中尋找目標項目時，他們的反應時間隨著項目數目的增加而遞增的程度比年輕人更嚴重。

- 五、由於實驗一沒有出現搜尋範圍尺寸的主要效果，雖然出現了搜尋類型×搜尋範圍尺寸×項目數的三階交互作用，但此效應只出現在項目數目達 33 個的情況，所以我們認為在實驗一中搜尋範圍尺寸的效應並不強健(robust)。
- 六、搜尋範圍由 16° 擴大至 60° 之後，老人在序列式搜尋與平行式搜尋畫面的搜尋效率差異似乎有加大，但與上一點相同的是這個效應並不強健(robust)。
- 七、搜尋範圍擴大之後，老人面對平行式搜尋的畫面時仍然出現有效率而不受項目數目增加的有效率搜尋。
- 八、雖然出現了搜尋類型×搜尋範圍尺寸×項目數的三階交互作用，但同樣因為此效應只出現在項目數目達 33 個的情況，所以序列式搜尋情況中老人的搜尋效率並沒有很穩固地隨著搜尋範圍擴大而降低，不像年輕人的反應時間對項目數目斜率是很明顯地隨著搜尋範圍擴大而增加。

綜合來說，雖然實驗一的結果支持大部份的假設。但由於三階交互作用的部份只在序列式搜尋畫面且項目數為 33 時，才出現 60° 搜尋範圍與 32° 搜尋範圍之間的顯著差異。這種趨勢與前行實驗中年輕人在序列式搜尋的各情況下皆出現穩定的搜尋範圍尺寸對搜尋效率的強烈影響之結果有所不同。搜尋範圍尺寸的效應

在實驗一中由老人進行視覺搜尋作業的情況下幾乎消失了。消失的原因為何？引起我們的思考。

首先，本實驗中各個不同搜尋範圍大小情境使用不同觀看距離與不同顯示器，其 CIE 值各有不同。雖然，在前行實驗與實驗一中，我們使用 16°(對照組)搜尋範圍大小(17 吋螢幕，觀看距離 129 公分)與 16°搜尋範圍大小(12 吋螢幕，觀看距離 86 公分)及 32°搜尋範圍大小(36 吋螢幕，觀看距離 129 公分)作對照，結果支持參與者表現在搜尋範圍大小相同時會有相同表現，而不受觀看距離與顯示器因素(廠牌、明度、對比、色彩的不同)的影響而有顯著不同。所以我們並不認為觀看距離與顯示器特性是實驗一中造成混淆的因素。但我們仍決定在後續實驗中更嚴格地控制觀看距離與顯示器等變項，也就是在各個不同的搜尋範圍大小情境中均使用相同的觀看距離與相同的顯示器，以操弄獨變項，控制可能的無關變項。

其次，我們考慮目標項離心視角的因素。目標項的離心視角變大，有可能會因為皮質放大率的緣故使得視覺系統對週邊位置的目標項的處理變差，從而拉長了反應時間。但起碼有三個理由可以反駁目標項離心視角造成混淆的可能性。一來，本實驗中項目尺寸已隨著搜尋範圍尺寸而等比加大，應能抵消皮質放大率的影響；二來、由資料來看，平行式搜尋時，反應時間並未隨著搜尋範圍變大而延長，這不支持目標項離心視角在這次實驗中參與者們的視覺搜尋表現裡曾經發揮很大影響。三來，如果目標項離心視角造成了混淆，其影響的方向應該是隨著搜

尋範圍擴大，目標項離心視角愈大，搜尋較週邊目標項變得更困難，導致我們在序列式搜尋情況中，發現搜尋範圍愈大的情況其反應時間對項目數目的斜率也愈大才對。但實驗結果顯示老人在序列搜尋情況中不同搜尋範圍尺寸的搜尋效率差異是縮小而非擴大。基於此三點推論，我們便將目標項離心視角造成混淆的可能性排除。

接下來，我們考慮目標項與干擾項的間距的因素。實驗一中目標項與干擾項的間距擴大，自動造成 16°、32°與 60°搜尋範圍畫面中項目與項目之間的擁擠程度不同。擁擠程度提高很有可能引起視覺擁擠效應(visual crowding effect)。視覺上的擁擠效應指的是原本單獨存在周邊視野(peripheral vision)時容易辨認的物體，會因為夾處於其它物體之間而變得難以辨認(He, Cavanagh, & Intriligator, 1996; Whitney, & Levi, 2011)。例如：原本字母 A 處於週邊視野時是容易辨認的，但如果是 KAC 三個字母出現在週邊視野，那麼對字母 A 的辨認就會變得困難。最新研究顯示老人比年輕人出現更強的擁擠效應(Scialfa, Cordazzo, Bubric, & Lyon, 2012)。本實驗中老人有可能因為比年輕人更強的擁擠效應，損害了更多在 32°與 16°搜尋範圍中的搜尋效率，導致老人在序列式搜尋的愈小搜尋範圍中的搜尋效率降低愈多，反應時間對項目數目的函數斜率提高，導致序列式搜尋情況中三個不同搜尋範圍尺寸彼此之間差異縮小。

最後，我們考慮項目尺寸因素。本實驗中目標項及干擾項的尺寸隨著搜尋範圍尺寸而同步擴大與縮小也是一個可能的混淆變項。我們不能排除 16°與 32°搜

尋範圍情況由於目標項縮小導致視覺搜尋效率變差，使這兩個情況的反應時間對項目數目的函數斜率往上提高，乃至於與 60°搜尋範圍情況的差異無法拉開的可能。

於是為了試圖了解項目間擁擠程度與項目尺寸是否影響老人的視覺搜尋表現而使得實驗一中的搜尋範圍大小效應消失，我們設計了後續兩個實驗。



第五章 實驗二

為了完全排除設備與儀器可能造成的混淆，接下來的實驗決定使用相同的電腦、螢幕、與觀看距離，因此本實驗中挑選出來測試的搜尋範圍大小也改為 8° 、 16° 與 32° 三種搜尋尺寸。

先前實驗中目標項與干擾項的位置都是隨機決定，我們只能以機率推算不同情況下大約的項目間距平均。實驗二與實驗三中，為了能更佳地掌控項目與項目之間的距離，每個搜尋範圍尺寸的情境都事先決定好 55 個位置，目標項與干擾項都只能放置在這 55 個位置上，設定的方式與原因於 5.1.4 刺激小節說明。實驗二中維持目標項與干擾項的尺寸與實驗一相同，也是與搜尋範圍等比地放大縮小。實驗三則跨三個搜尋範圍都使用相同的目標項與干擾項尺寸，以觀察項目尺寸是否影響老人在視覺搜尋作業中的表現。

5.1 參與者

老年人組的參與者共 26 名(男性 11 名，女性 14 名)，其中有 18 人參與過實驗一。平均年齡為 66.5 歲($SD = 5.70$ ， $range = 60-80$)。他們的平均受正式教育 9.8 年($SD = 5.50$ ， $range = 0-18$)。使用 Snellen chart 測量參與者們矯正後視力，平均為 20/17.77(俗稱視力 1.25)，最差視力為 20/33.33(俗稱視力 0.6)，皆超越視力 20/40 的最低門檻。以「簡短式智能評估」(MMSE, Mini-Mental State Examination)確認

參與者之心智狀態，平均 31.33 分，最低 29 分，因此判斷所有參與者均智能狀態正常。參與者在參與實驗後皆獲贈超商禮卷與小禮物，以感謝其參與。

年輕人組的參與者共 17 名(男性 6 名，女性 11 名)，皆為國立交通大學工業工程與管理研究所研究生，他們皆未參與過類似實驗。平均年齡為 23.1 歲($SD = 1.22$ ， $range = 22-27$)。他們的平均受正式教育 17.4 年($SD = 17.41$ ， $range = 17-18$)。使用 Snellen chart 測量參與者們矯正後視力，平均為 20/17.17(俗稱視力 1.16)，最差視力為 20/20(俗稱視力 1.0)，皆超越視力 20/40 的最低門檻。同樣以「簡短式智能評估」(MMSE, Mini-Mental State Examination)確認參與者之心智狀態，平均 32.43 分，最低 31 分，因此判斷所有參與者均智能狀態正常。參與者在參與實驗後皆獲贈超商禮卷，以感謝其參與。

表 七 實驗二，參與者資料摘要

| | 老年人組(n = 26) | | 年輕人組 (n = 17) | |
|------------|--------------|------|---------------|------|
| | M | SD | M | SD |
| 年齡 | 66.5 | 5.70 | 23.1 | 1.22 |
| 受正式教育時間(年) | 9.8 | 5.50 | 17.4 | 0.51 |
| 視力 | 1.1 | 0.14 | 1.2 | 0.08 |
| MMSE 分數 | 31.3 | 1.63 | 32.4 | 0.65 |

5.2 實驗設計

本研究的獨變項有年齡、搜尋類型、項目數目、搜尋範圍尺寸，依變項則是正確率與反應時間。這些變項的定義與說明請參見緒論中第 1.3 節的研究名詞與定義。

本實驗為 2(年齡：老年人或年輕人) × 2(搜尋類型：平行式搜尋或序列式搜尋) × 4(項目數目：4、8、16、或 32) × 3(搜尋範圍尺寸：8°、16°、或 32°) 的受試者間受試者內混合設計，其中年齡變項為受試者間變項，搜尋類型、項目數目與搜尋範圍尺寸則是受試者內變項。

5.3 實驗刺激

平行式搜尋的畫面同樣採用以"O"為目標項，數目不等的一群"V"為干擾項。序列式搜尋的畫面也同樣採用"L"為目標項，以數目不等的一群"T"為干擾項。與實驗一不同處在於觀看距離統一設定為 62 cm。8°搜尋範圍情境中，所有項目只能分佈在畫面中央 9 × 6.75 cm 的範圍中；16°搜尋範圍情境中，所有項目只能分佈在畫面中央 18 × 13.5cm 的範圍中；32°搜尋範圍情境中，所有項目只能分佈在畫面中央 36 × 27cm 的範圍中。另外，8°、16°、32°搜尋範圍情境中目標項與干擾項的尺寸則分別為 0.22° × 0.22°、0.44° × 0.44°與 0.89° × 0.89°。

目標項與干擾項的 55 個可能位置如下圖所示，是虛線交會處的節點，節點與節點之間會組成斜 15°的正六角形網狀圖。如此設計的原因是為了使得每個節點與其距離最近節點的距離都相同。而使六角形網狀斜 15°的原因是為了避免字母"V"、"T"精確地放置於節點以後，干擾項愈多愈可能產生的對齊效果，那樣容易將對不齊的目標項特別凸顯出來。

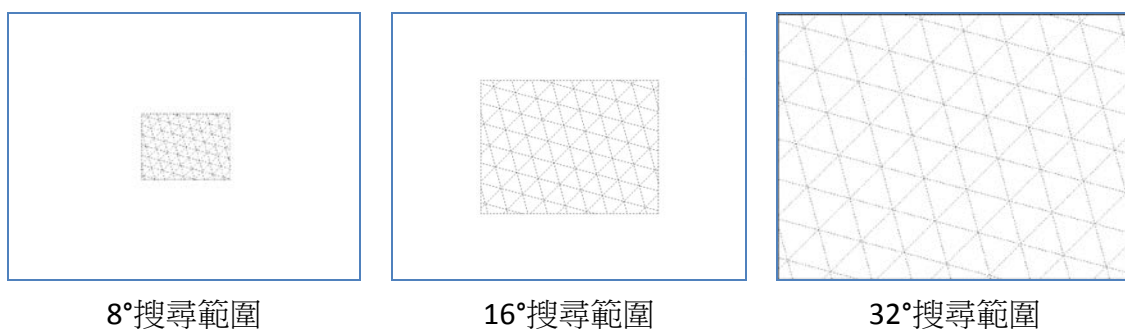


圖 二十四 各搜尋範圍中的目標項與干擾項可能放置位置

目標項與干擾項位置決定方式則是先隨機決定目標項位置，然後依照項目數目決定干擾項的放置區域在網狀節點中的哪一個區域(左上、左下、右上、或右下)與區域大小，目的是維持密度(單位面積中的項目數目)恆定。

5.4各搜尋範圍大小情境下的觀看距離與螢幕大小

| 8°搜尋範圍 | 16°搜尋範圍 | 32°搜尋範圍 |
|--------|---------|---------|
| | | |
| | | |

圖 二十五 實驗二，各搜尋範圍大小情境的螢幕尺寸、觀看距離、與搜尋畫面示意圖

請參考上圖。實驗二的觀看距離統一設定為 62 cm，搜尋畫面統一呈現於 17 吋的 36 × 27 cm CRT 螢幕上。8°搜尋範圍情境中，所有項目只能分佈在畫面中央 9 × 6.75 cm 的範圍中;16°搜尋範圍情境中，所有項目只能分佈在畫面中央 18 × 13.5cm 的範圍中; 32°搜尋範圍情境中，所有項目只能分佈在畫面中央 36 × 27cm

的範圍中。至於項目尺寸方面：實驗二(項目等比縮放)中， 8° 、 16° 、 32° 搜尋範圍情境中目標項與干擾項的尺寸則分別為 $0.22^{\circ} \times 0.22^{\circ}$ 、 $0.44^{\circ} \times 0.44^{\circ}$ 與 $0.89^{\circ} \times 0.89^{\circ}$ 。

5.5儀器設備

刺激的呈現與實驗的流程主要使用套裝軟體 Opensesame(Mathôt, Schreij, & Theeuwes, 2012)來執行。使用電腦為 VAIO VPCCW26FW 筆記型電腦、Intel® Core™i5-520M 處理器 2.40 GHz、記憶體為 4GB、顯示卡為 NVIDIA® GeForce® GT 330M GPU with CUDA™ Technology，螢幕解析度設定在 1024×768 pixels。刺激則一律呈現在此 36 × 27 cm CRT 螢幕上。

5.6程序

同前行實驗

5.7統計分析前的資料處理

同前行實驗。

5.8結果

由於四階以上的交互作用太過複雜，即使堅持以各種事後比較的程序比較出各組平均數間有顯著差異的地方，其效果也常常太過纖細難以令人理解。於是我們區分平行式搜尋與序列式搜尋兩種情境，各自進行一套 2(年齡：老年人或年輕

人) $\times 4$ (項目數目：4、8、16、或 32) $\times 3$ (搜尋範圍尺寸：8°、16°、或 32°) 的三因子變異數分析。

5.8.1 平行式搜尋

結果如下圖與下表所示：

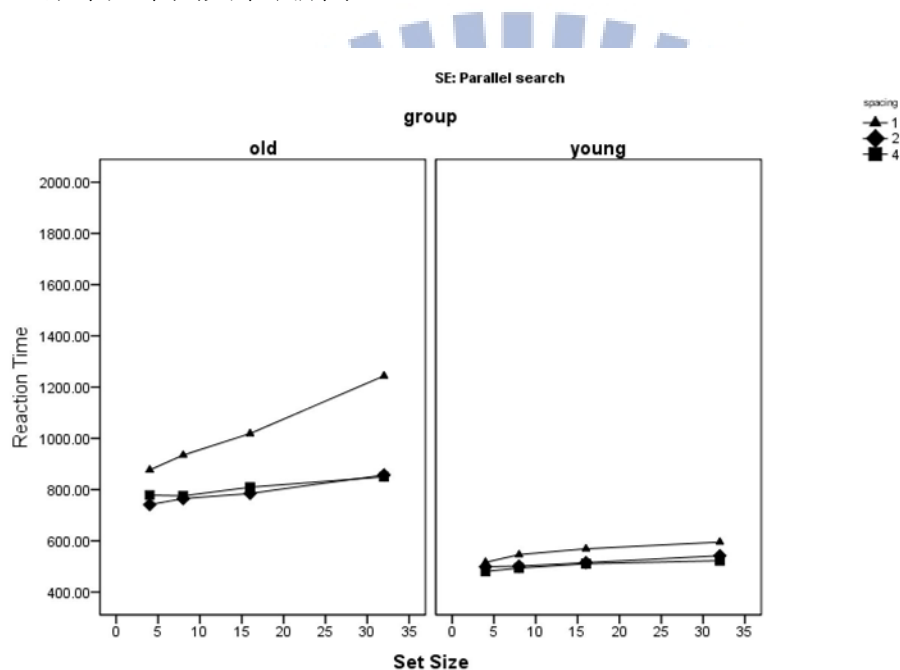


圖 二十六 實驗二平行式搜尋情況，各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。(8°，▲；16°，◆；32°，■)

表 八 實驗二平行式搜尋情況，各情境之反應時間平均數與標準差

| | | 老年人組 | | | 年輕人組 | | |
|------|----|-------|-----|-----|------|-----|-----|
| 項目數目 | | 8° | 16° | 32° | 8° | 16° | 32° |
| 4 | M | 877 | 741 | 779 | 516 | 499 | 481 |
| | SD | 40 | 31 | 29 | 50 | 39 | 36 |
| 8 | M | 935 | 765 | 776 | 546 | 501 | 494 |
| | SD | 47 | 35 | 29 | 58 | 43 | 35 |
| 16 | M | 1,019 | 785 | 810 | 569 | 515 | 511 |
| | SD | 54 | 34 | 29 | 67 | 42 | 36 |
| 32 | M | 1,244 | 857 | 850 | 595 | 542 | 523 |
| | SD | 99 | 37 | 32 | 122 | 46 | 39 |

我們僅分析目標出現的情況，以反應時間為依變項，對反應時間進行 2(年齡：老年人或年輕人) \times 4(項目數目：4、8、16、或 32) \times 3(搜尋範圍尺寸：8°、16°、或 32°) 的受試者間受試者內混合三因子變異數分析，其中年齡為受試者間變項，項目數目與搜尋範圍尺寸為受試者內變項。結果發現所有的主要效果、二階交互作用與三階交互作用皆達顯著(變異數分析摘要，請見下表)。

表 九 實驗二平行式搜尋情況，反應時間變異數分析摘要表

| Factor | df | F | η_p^2 | MSE | p |
|-----------------------------|--------|-------|------------|-----------|---------|
| 受試者間 | | | | | |
| 年齡(age) | 1, 41 | 39.37 | .49 | 373589.40 | < 0.001 |
| 受試者內 | | | | | |
| 項目數目(SS) | 3, 123 | 27.96 | .41 | 12072.82 | < 0.001 |
| Age \times SS | 3, 123 | 8.89 | .18 | 12072.82 | < 0.001 |
| 搜尋範圍(DS) | 2, 82 | 11.12 | .21 | 90937.73 | < 0.001 |
| Age \times DS | 2, 82 | 4.69 | .10 | 90937.73 | 0.012 |
| SS \times DS | 6, 246 | 7.22 | .15 | 8528.43 | < 0.001 |
| Age \times SS \times DS | 6, 246 | 4.65 | .10 | 8528.43 | < 0.001 |

由於所有主要效果與交互作用皆達顯著。於是我們檢視各細格平均數的差異。資料分析的結果發現：一、老年人組與年輕人組相較之下，老年人組的各情況平均反應時間($M = 870$)均大於年輕人組的平均反應時間($M = 524$)，彼此的 95% 信賴區間不重疊。二、在年輕人組中，各搜尋範圍大小與各項目數目情況的反應時間彼此皆落在信賴區間之內，均未達顯著差異。三、在老年人組中，搜尋範圍 8° 情況的反應時間($M = 1018$)均顯著地比 16°($M = 787$)與 32°($M = 803$)情況的反應時間更長。而老年人組在搜尋範圍 16° 情況與搜尋範圍 32° 情況的表現可以說是平行(斜率接近 0，反應時間未顯著隨著項目數目而增加)與疊合的，而且即使不

同項目數目情況的 8 個平均數彼此皆落在 95%信賴區間之內，均未達顯著差異，顯示老人組在搜尋範圍 16°情況與搜尋範圍 32°情況下仍可達成高效率的平行式搜尋。在老人組中，8°搜尋範圍大小情況中，項目數目 32 時的反應時間($M = 1244$)顯著大於項目數目 4($M = 876$)與項目數目 8($M = 935$)的情況。(請見表八與圖二十六)。

簡而言之，年輕人在三種搜尋範圍大小情況下，皆能產生高效率的平行式搜尋；但老人只在搜尋範圍 16°情況與搜尋範圍 32°情況下則可以產生高效率的平行式搜尋(符合實驗一的資料型態)，但在 8°搜尋範圍大小情況下不是產生高效率的平行式搜尋。

斜率資料列於下表。老年人組中，8°、16°、與 32°搜尋範圍情境的斜率分別為 12.99, 4.02, 與 2.75 msec./item。16°、與 32°搜尋範圍情境的斜率與老人在實驗一中 16°、與 32°搜尋範圍情境中的表現相近。但 8°搜尋範圍情境中，反應時間對項目數目函數的斜率不降反升，陡然提升至 12.99 msec./item。即使是平行式搜尋畫面，老人的視覺搜尋效率卻是隨著搜尋範圍大小的縮小而惡化。

至於年輕人組，他們在 8°、16°、與 32°搜尋範圍情境中仍然維持斜率 2.57 msec./item 以下的高效率搜尋。16°、與 32°搜尋範圍情境的斜率與前行實驗中年輕人在 32°搜尋範圍情境中的表現相近。但 8°搜尋範圍情境中，反應時間對項目數目函數的斜率不降反升，違反了前行實驗中斜率會隨著搜尋範圍增減的趨勢。進一步的討論將呈現在後面的章節中。

表 十 實驗二平行式搜尋情況，反應時間對項目數目之線性回歸分析

| | 老年人組 | | | 年輕人組 | | |
|-----------|--------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 8° | 16° | 32° | 8° | 16° | 32° |
| R^2 | .11† | .04* | .03 | .12* | .09* | .06* |
| Slope | 12.99† | 4.02* | 2.75 | 2.57* | 1.59* | 1.41* |
| Intercept | 824† | 727† | 762† | 518† | 491† | 481† |

* $p < .05$. † $p < .01$.

5.8.2 序列式搜尋

結果如下圖與下表所示：

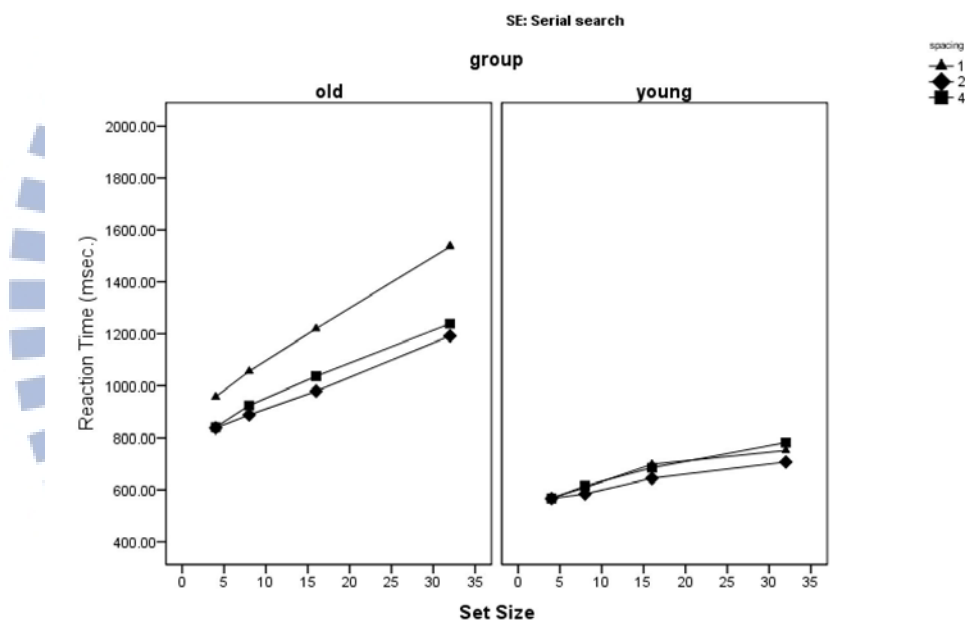


圖 二十七 實驗二序列式搜尋，各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。(8°，▲； 16°，◆； 32°，■)

表 十一 實驗二序列式搜尋情況，反應時間之平均數與標準差。

| 項目數目 | | 老年人組 | | | 年輕人組 | | |
|------|----|------|------|------|------|-----|-----|
| | | 8° | 16° | 32° | 8° | 16° | 32° |
| 4 | M | 958 | 837 | 840 | 569 | 566 | 566 |
| | SD | 41 | 31 | 33 | 51 | 38 | 41 |
| 8 | M | 1056 | 888 | 924 | 608 | 584 | 615 |
| | SD | 44 | 37 | 35 | 54 | 45 | 43 |
| 16 | M | 1220 | 979 | 1037 | 698 | 644 | 684 |
| | SD | 69 | 41 | 43 | 85 | 50 | 53 |
| 32 | M | 1537 | 1192 | 1239 | 752 | 707 | 783 |
| | SD | 83 | 63 | 48 | 102 | 78 | 59 |

在實驗二序列式搜尋的部份，我們同樣僅分析目標出現的情況，以反應時間為依變項，對反應時間進行 2(年齡：老年人或年輕人) × 4(項目數目：4、8、16、或 32) × 3(搜尋範圍尺寸：8°、16°、或 32°) 的受試者間受試者內混合三因子變異數分析，其中年齡為受試者間變項，項目數目與搜尋範圍尺寸為受試者內變項。結果發現所有的主要效果、二階交互作用與三階交互作用皆達顯著(變異數分析摘要，請見下表)。

表 十二 實驗二序列式搜尋情況，反應時間變異數分析摘要表

| Factor | df | F | η_p^2 | MSE | p |
|---------------|--------|--------|------------|-----------|---------|
| 受試者間 | | | | | |
| 年齡(age) | 1, 41 | 38.91 | .49 | 535563.58 | < 0.001 |
| 受試者內 | | | | | |
| 項目數目(SS) | 3, 123 | 118.65 | .74 | 19441.40 | < 0.001 |
| Age × SS | 3, 123 | 21.36 | .34 | 19441.40 | < 0.001 |
| 搜尋範圍(DS) | 2, 82 | 10.66 | .21 | 63852.64 | < 0.001 |
| Age × DS | 2, 82 | 7.55 | .16 | 63852.64 | 0.001 |
| SS × DS | 6, 246 | 4.87 | .11 | 7419.38 | < 0.001 |
| Age × SS × DS | 6, 246 | 3.74 | .08 | 7419.38 | 0.001 |

由於三階交互作用達顯著，於是我們檢視各細格平均數的差異。結果發現序列式搜尋時：一、多數情況下老年人需要的視覺搜尋時間比年輕人長上一截(只

有在項目數目少(4 或 8)時老年人的搜尋時間可以與年輕人在項目數目多(32)時的相近，落在 95%信賴區間之內)。二、在年輕人組中，只有項目數目 32 且搜尋範圍 32°情況下時的搜尋時間($M = 782$)顯著地比項目數目為 4 且搜尋範圍 32°($M = 566$)或搜尋範圍 16°($M = 566$)情況下時的反應時間長。三、老年人組中，搜尋範圍 16°與 32°情況的兩條線是近乎疊合的，也就是說相同項目數目時兩者之間的差異均不顯著。特異的是搜尋範圍 8°情況，隨著項目數目增加與另兩個搜尋範圍情況的差異拉得越大。總結下來可以發現老年人組在搜尋範圍 8°情況中的表現顯著地比搜尋範圍 16°與 32°情況中的表現更差。(見圖二十七與表十一)

斜率的資料，請見下表

表 十三 實驗二序列式搜尋情況，反應時間對項目數目之線性回歸分析

| | 老年人組 | | | 年輕人組 | | |
|----------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | 8° | 16° | 32° | 8° | 16° | 32° |
| R ² | .26† | .19† | .27† | .17† | .30† | .41† |
| Slope | 20.48† | 12.67† | 13.89† | 6.44† | 5.10† | 7.52† |
| Intercept | 886† | 784† | 802† | 560† | 549† | 549† |

* $p < .05$. † $p < .01$.

老年人在實驗二序列式搜尋情況中，8°、16°、與 32°搜尋範圍情境的斜率分別為 20.48, 12.67, 與 13.88 msec./item。

我們計算各個老年人參與者在三個搜尋範圍大小情境下的斜率，以此資料進行受試內單因子變異數分析，斜率為依變項，搜尋範圍大小為受試者內變項。發現各搜尋範圍情境下的斜率有顯著不同($F(2, 50) = 10.11$, $MSE = 45.45$, $p < .001$., $\eta_p^2 = .29$)，pariwise comparisons 的結果顯示 16°($M = 12.67$)與 32°($M = 13.88$)搜尋

範圍大小情境的斜率彼此沒有顯著差異($p = .214$)，同時 8° ($M = 20.48$)搜尋範圍大小情境的斜率則顯著大於 16° ($p < .001$)與 32° ($p = .007$)搜尋範圍。

因此可以說，在實驗二中(項目尺寸等比縮放)，雖然老年人在搜尋範圍 32° 與 16° 這兩種情境中，其表現與實驗一出現相同的資料型態：搜尋範圍 16° 與 32° 情境的搜尋效率是相同的。但令人注意的是，當搜尋範圍縮小至 8° 搜尋範圍大小時搜尋效率卻陡然惡化，老人在 8° 搜尋範圍情境下的搜尋表現與他們在搜尋範圍 32° 與 16° 這兩種情境都截然不同。

至於年輕人組在實驗二序列式搜尋情況中， 8° 、 16° 、與 32° 搜尋範圍情境的斜率分別為 6.44, 5.10, 與 7.52 msec./item。

我們同樣計算各個老年人參與者在三個搜尋範圍大小情境下的斜率，以此資料進行受試內單因子變異數分析，斜率為依變項，搜尋範圍大小為受試者內變項。發現各搜尋範圍情境下對斜率的效應不顯著($F(2, 32) = 2.49, MSE = 9.97, p = .098, \eta_p^2 = .16$)，但 pairwise comparisons 的結果顯示 16° ($M = 5.10$)與 32° ($M = 7.52$) 搜尋範圍大小情境的斜率彼此有顯著差異($p = .014$)，搜尋範圍大小效應不顯著的原因可能是因為 8° ($M = 6.44$)搜尋範圍大小情境的斜率與 16° ($p = .333$)及 32° ($p = .286$)搜尋範圍大小的差異不顯著。

所以可以知道年輕人組在 16° 、與 32° 搜尋範圍情境中，同樣表現出與實驗一相同的資料型態：搜尋效率隨搜尋範圍擴大而遞減。但在 8° 搜尋範圍情境中，

反應時間對項目數目函數的斜率不降反升，違反了前行實驗中斜率會隨著搜尋範圍增減的趨勢。

表 十四 實驗二序列式搜尋情況，反應時間對項目數目函數斜率的事後比較分群結果

| 老人組 | | | 年輕人組 | | |
|--------|-----|--------|--------|-------|-------|
| 8° | 16° | 32° | 16° | 8° | 32° |
| 20.48† | > | 12.67† | 13.89† | 5.10† | 6.44† |
| | | | | | 7.52† |

5.9 實驗二討論

首先，年輕人與老年人在 16°、32° 搜尋範圍情境中的表現與實驗一中的資料型態相近。因此，我們判斷實驗二中各項新的實驗設定對年輕人與老年人沒有顯著影響。

舉例而言，年輕人的部份，在面對實驗一與實驗二的平行式搜尋畫面時，皆出現反應時間不會顯著隨著項目數目增加而增加的高效率平行式搜尋表現，而且不同搜尋範圍大小情境間沒有差異(16° 搜尋範圍大小與 32° 搜尋範圍大小情境的反應時間對項目數目函數，兩者間是疊合的)；年輕人在面對序列式搜尋畫面時，不管是實驗一或實驗二的序列式搜尋畫面時，都同樣出現反應時間顯著隨著項目數增加而遞增的低效率序列式搜尋表現，同時 32° 搜尋範圍大小情境下，反應時間隨項目數目增加的幅度也同樣地都明顯比 16° 搜尋範圍大小情境的增加幅度大。

另一方面，老年人的部份，面對平行式搜尋畫面的部份時呈現的資料型態也與年輕人相同；但在老年人面對序列式搜尋畫面的部份，則是不僅在實驗一與實驗二中面對序列式搜尋畫面時都出現低效率序列式搜尋表現，且 16° 與 32° 搜尋範圍大小情境的反應時間對項目數目函數，在實驗一與實驗二都是兩者間疊合的

其次，我們注意到 8° 搜尋範圍情境很特別，這指的是年輕人與老年人在 8° 搜尋範圍情境中的表現，都顯著地比 32° 或 60° 搜尋範圍情境中的表現更差。

在實驗二中 8° 搜尋範圍情境中，年輕人與老年人參與者的表現都明顯地變差，而且序列式搜尋且 8° 搜尋範圍情境中老人的表現降低情況比年輕人嚴重(平均數與斜率的結果都支持：老人組， 8° 搜尋範圍情境的表現比 32° 與 60° 搜尋範圍情境都差；而年輕人組， 8° 搜尋範圍情境的表現雖也惡化但介於 32° 與 60° 搜尋範圍情境兩者之間)，顯示老年人比年輕人受到更大的影響。這支持我們在實驗一中判斷，老年人看來在 16° 、 32° 、 60° 搜尋範圍情境間沒有不同的表現，可能是由於某因素導致老年人在較小搜尋範圍情境受到影響的方向是較小螢幕中的表現惡化而非較大螢幕中的表現進步，導致不同搜尋範圍情境中的搜尋效率差異變得不顯著，所以沒有出現年輕人在前行實驗序列式搜尋畫面情境中出現的搜尋效率明顯隨著搜尋範圍擴大而遞減(斜率隨著搜尋範圍廣大而遞增)的資料型態。

導致 8° 搜尋範圍情境中，參與者們表現惡化的原因可能有：一、項目尺寸縮小，二、擁擠程度提高。下一個實驗的目的即為探討項目尺寸保持一致後，搜尋範圍尺寸對年輕人與老年人視覺搜尋表現的影響。

第六章 實驗三

實驗三的目的即為了解項目尺寸保持一致後，搜尋範圍大小對年輕人與老年人視覺搜尋表現的影響為何。

6.1 參與者

老年人組受試者共 20 名(男性 5 名，女性 15 名)，其中有 16 人參與過實驗一或實驗二。他們平均年齡為 67.1 歲($SD = 5.07$ ， $range = 60-75$)。他們的平均受正式教育 9.0 年($SD = 5.02$ ， $range = 0-18$)。使用 Snellen chart 測量參與者們矯正後視力，平均為 20/18.36(俗稱視力 1.08)，最差視力為 20/28.57(俗稱視力 0.7)，皆超越視力 20/40 的最低門檻。同以以「簡短式智能評估」(MMSE, Mini-Mental State Examination)確認參與者之心智狀態，平均 31.56 分，最低 29 分，因此判斷所有參與者均智能狀態正常。參與者在參與實驗後皆獲贈超商禮卷與小禮物，以感謝其參與。

受試者共 18 名(男性 6 名，女性 12 名)，皆為國立交通大學工業工程與管理研究所研究生，其中有 9 人參與過實驗二。他們平均年齡為 22.8 歲($SD = 0.65$ ， $range = 22-24$)。他們的平均受正式教育 17.7 年($SD = 0.49$ ， $range = 17-18$)。使用 Snellen chart 測量參與者們矯正後視力，平均為 20/17.31(俗稱視力 1.16)，最差視力為 20/20(俗稱視力 1.0)，皆超越視力 20/40 的最低門檻。同以以「簡短式智能評估」(MMSE, Mini-Mental State Examination)確認參與者之心智狀態，平均 32.47

分，最低 31 分，因此判斷所有參與者均智能狀態正常。參與者在參與實驗後皆獲贈超商禮卷與實驗者自製之手工白皂一顆，重量約 90 克，以感謝其參與。

表 十五 實驗三，參與者資料摘要

| | 老年人組(n = 26) | | 年輕人組 (n = 17) | |
|------------|--------------|------|---------------|------|
| | M | SD | M | SD |
| 年齡 | 67.1 | 5.07 | 22.8 | 0.65 |
| 受正式教育時間(年) | 9.0 | 5.02 | 17.7 | 0.49 |
| 視力 | 1.1 | 0.14 | 1.2 | 0.09 |
| MMSE 分數 | 31.6 | 1.36 | 32.5 | 0.62 |

6.2 實驗設計、實驗刺激、各搜尋範圍大小情境下的觀看距離與螢幕大小、儀器設備、程序、與統計分析前的資料處理

除了項目尺寸維持固定為 0.89° 以外，其餘設定皆與實驗二相同。

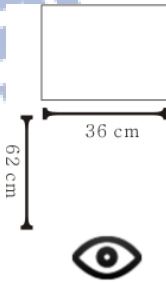
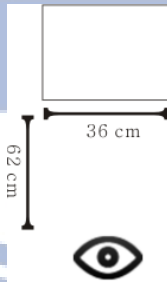
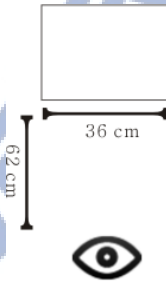
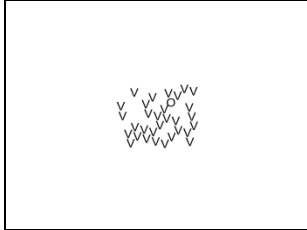
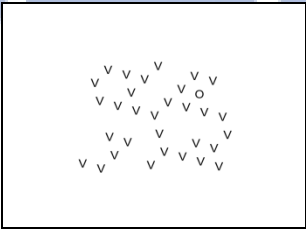
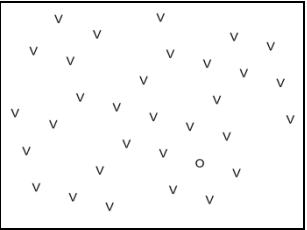
| 8°搜尋範圍 | 16°搜尋範圍 | 32°搜尋範圍 |
|---|---|---|
|  |  |  |
|  |  |  |

圖 二十八 實驗三，各搜尋範圍大小情境的螢幕尺寸、觀看距離、與搜尋畫面示意圖

6.3 結果

同實驗二，我們於實驗三中仍然區分平行式搜尋與序列式搜尋兩種情境，各自進行一套 2(年齡：老年人或年輕人) \times 4(項目數目：4、8、16、或 32) \times 3(搜尋範圍尺寸：8°、16°、或 32°) 的三因子變異數分析。

6.3.1 平行式搜尋

結果如下圖與下表所示：

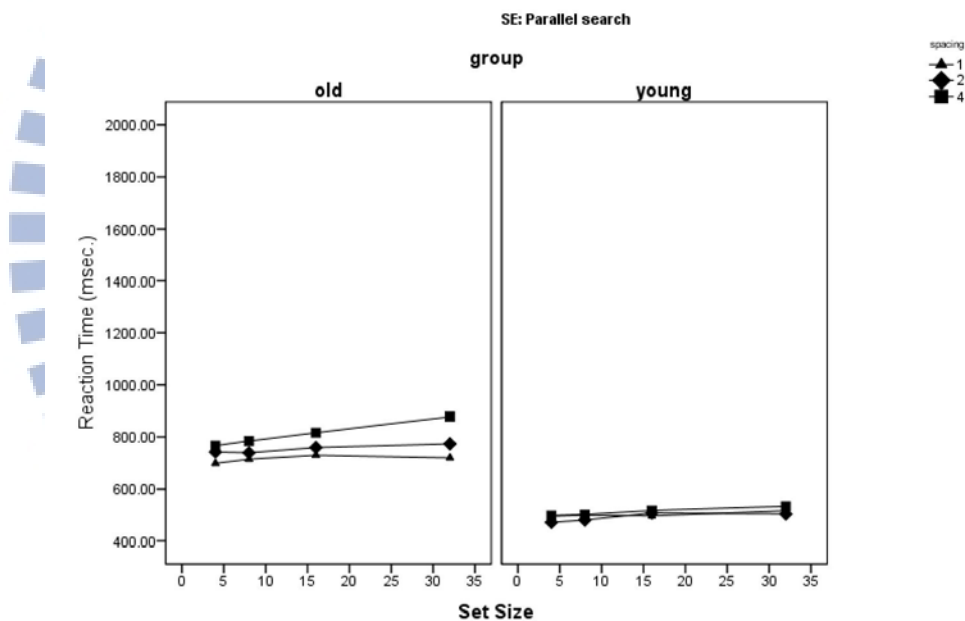


圖 二十九 實驗三平行式搜尋情況，各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。(8°，▲； 16°，◆； 32°，■)

表 十六 實驗三平行式搜尋情況，各情境之反應時間平均數與標準差

| 項目數目 | | 老年人組 | | | 年輕人組 | | |
|------|----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| | | 8° | 16° | 32° | 8° | 16° | 32° |
| 4 | M | 698 | 742 | 767 | 495 | 471 | 498 |
| | SD | 34 | 48 | 45 | 36 | 51 | 47 |
| 8 | M | 714 | 739 | 784 | 499 | 480 | 502 |
| | SD | 34 | 41 | 49 | 35 | 44 | 52 |
| 16 | M | 729 | 759 | 816 | 496 | 507 | 517 |
| | SD | 33 | 48 | 45 | 34 | 50 | 47 |
| 32 | M | 719 | 773 | 878 | 517 | 504 | 533 |
| | SD | 35 | 46 | 53 | 37 | 48 | 56 |

我們僅分析目標出現的情況，以反應時間為依變項，對反應時間進行 2(年齡：老年人或年輕人) × 4(項目數目：4、8、16、或 32) × 3(搜尋範圍尺寸：8°、16°、或 32°) 的受試者間受試者內混合三因子變異數分析，其中年齡為受試者間變項，項目數目與搜尋範圍尺寸為受試者內變項。結果發現所有的主要效果、年齡 × 項目數目與項目數目 × 搜尋範圍的二階交互作用、及三階交互作用皆達顯著。(變異數分析摘要，請見下表)。

表 十七 實驗三平行式搜尋情況，反應時間變異數分析摘要表

| Factor | df | F | η_p^2 | MSE | p |
|---------------|--------|-------|------------|-----------|---------|
| 受試者間 | | | | | |
| 年齡(age) | 1, 36 | 20.60 | .36 | 367985.97 | < 0.001 |
| 受試者內 | | | | | |
| 項目數目(SS) | 3, 108 | 35.34 | .50 | 1147.00 | < 0.001 |
| Age × SS | 3, 108 | 3.02 | .08 | 1147.00 | 0.033 |
| 搜尋範圍(DS) | 2, 72 | 3.62 | .09 | 32510.4 | 0.032 |
| Age × DS | 2, 72 | 2.15 | .06 | 32510.4 | 0.124 |
| SS × DS | 6, 216 | 4.65 | .11 | 1372.26 | < 0.001 |
| Age × SS × DS | 6, 216 | 3.55 | .09 | 1372.26 | 0.002 |

由於三階交互作用達顯著。於是我們檢視各細格平均數的差異。資料分析的結果發現：一、老年人組與年輕人組相較之下，老年人組的各情況平均反應時間均大於年輕人組的各情況平均反應時間。二、在年輕人組中，各搜尋範圍大小與各項目數目情況的 12 個平均反應時間彼此均未達顯著差異。三、在老年人組中，雖然搜尋範圍 32° 且項目數目 32 時的反應時間($M = 878$)顯著長於搜尋範圍 8° 且項目數目 4 時的反應時間($M = 698$)，但是各個搜尋範圍情境下，不同項目數目情況下所需的反應時間沒有顯著差異，這支持在三種搜尋範圍大小情境下，老年人都能出現高效率的平行式搜尋。另外，8°、16° 與 32° 三種情況的曲線，只要項目數目相同，彼此就沒有顯著差異，支持三種搜尋範圍大小情境下的反應時間對項目數目函數是疊合在一起的。(見表十五與圖二十九)

斜率資料列於表十七。老年人與年輕人在平行式搜尋情況中，反應時間皆幾乎不受項目數目影響。老年人在 8°、16°、與 32° 搜尋範圍情境的斜率分別為 .60, 1.24, 與 3.96 msec./item。而年輕人在 8°、16°、與 32° 搜尋範圍情境的斜率分別為 .74, 1.14, 與 1.29 msec./item。

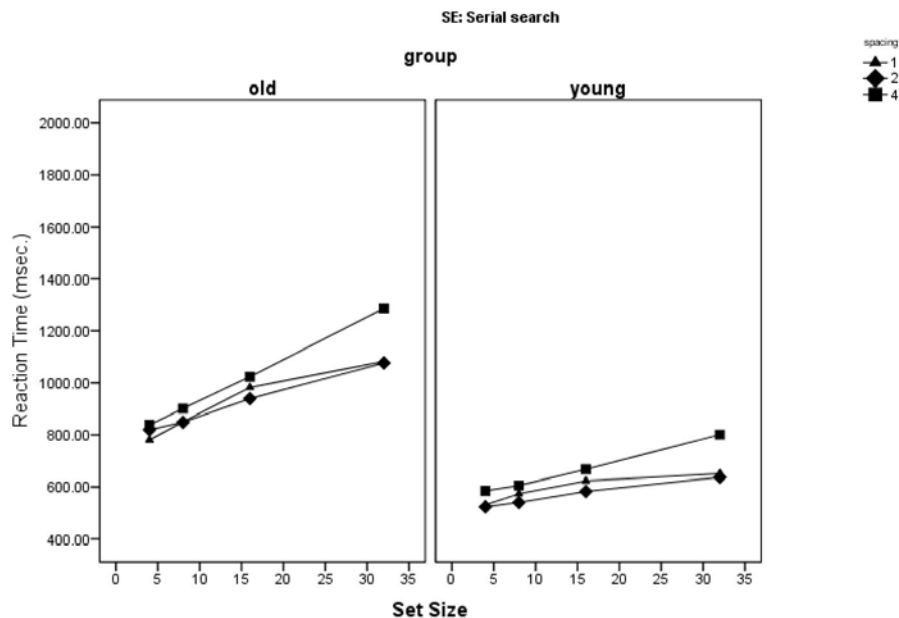
表 十八 實驗三平行式搜尋情況，反應時間對項目數目之線性回歸分析

| | 老年人組 | | | 年輕人組 | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| | 8° | 16° | 32° | 8° | 16° | 32° |
| R^2 | .00 | .00 | .02 | .01 | .03 | .04 |
| Slope | .60 | 1.24 | 3.96 | .74 | 1.14 | 1.29 |
| Intercept | 706† | 735† | 752† | 491† | 473† | 493† |

* $p < .05$. † $p < .01$.

6.3.2 序列式搜尋

結果如下圖所示：



圖三十 實驗三序列式搜尋情況，各種不同情況下反應時間對項目數目的函數。(8°，▲；16°，◆；32°，■)

在實驗三序列式搜尋的部份，我們同樣僅分析目標出現的情況，以反應時間為依變項，對反應時間進行 2(年齡：老年人或年輕人) × 4(項目數目：4、8、16、或 32) × 3(搜尋範圍尺寸：8°、16°、或 32°) 的受試者間受試者內混合三因子變異數分析，其中年齡為受試者間變項，項目數目與搜尋範圍尺寸為受試者內變項。結果發現所有的主要效果、年齡 × 項目數目的二階交互作用、與項目數目 × 搜尋範圍尺寸的二階交互作用皆達顯著(變異數分析摘要，請見表十八)。

表 十九 實驗三序列式搜尋情況，反應時間變異數分析摘要表

| Factor | df | F | η_p^2 | MSE | p |
|---------------|--------|--------|------------|-----------|---------|
| 受試者間 | | | | | |
| 年齡(age) | 1, 36 | 32.92 | .48 | 404932.28 | < 0.001 |
| 受試者內 | | | | | |
| 項目數目(SS) | 3, 108 | 123.23 | .77 | 10602.68 | < 0.001 |
| Age × SS | 3, 108 | 18.31 | .34 | 10602.68 | < 0.001 |
| 搜尋範圍(DS) | 2, 72 | 16.77 | .32 | 22650.00 | < 0.001 |
| Age × DS | 2, 72 | .22 | .01 | 22650.00 | 0.807 |
| SS × DS | 6, 216 | 20.73 | .37 | 2760.04 | < 0.001 |
| Age × SS × DS | 6, 216 | 1.43 | .04 | 2760.04 | 0.206 |

由於達顯著的最高階交互作用，年齡 × 項目數目、項目數目 × 搜尋範圍尺寸，已包含所有主要效果。於是接下來我們便就這兩個交互作用來檢視資料。

首先是年齡 × 項目數目的交互作用，年輕人在幾個不同的項目數目情況下的反應時間沒有顯著差距，但老年人在項目數目 32 時的需要的視覺搜尋時間(M = 1149)顯著地比項目數目 4(M = 813)與項目數目 8(M = 866)時長，而且老年人在項目數目 16 時的需要的視覺搜尋時間(M = 982)也顯著地比項目數目 4(M = 813)時長。這說明老年人反應時間隨著項目數目增加而增加的幅度比較年輕人大，也就是說老年人的搜尋效率較年輕人更差。(見表十九與圖三十)

表 二十 實驗三序列式搜尋情況，各年齡與項目數目情境之反應時間平均數與標準差

| 項目數目 | | 老年人組 | 年輕人組 |
|------|----|------|------|
| 4 | M | 813 | 547 |
| | SD | 34 | 36 |
| 8 | M | 867 | 573 |
| | SD | 36 | 38 |
| 16 | M | 982 | 624 |
| | SD | 41 | 43 |
| 32 | M | 1149 | 696 |
| | SD | 56 | 59 |

接下來是項目數目 × 搜尋範圍尺寸的交互作用。搜尋範圍 8°時，項目數目 32 情況需要的搜尋時間(M = 867)顯著地比項目數目 4(M = 656)與項目數目 8(M = 712)情況的搜尋時間長。搜尋範圍 16°時，項目數目 32 情況需要的搜尋時間(M = 857)同樣是顯著地比項目數目 4(M = 672)與項目數目 8(M = 694)情況的搜尋長。搜尋範圍 32°時，則不只項目數目 32 情況需要的搜尋時間(M = 1044)顯著地比項目數目 4(M = 712)、項目數目 8(M = 753) 、與項目數目 16(M = 846)情況的搜尋時間長，連項目數目 16 情況需要的搜尋時間(M = 846)也顯著地比項目數目 4(M = 712)情況的搜尋時間長。簡言之，搜尋範圍尺寸擴大到 32°時，搜尋時間隨著項目數目增加的幅度更大。也就是說，實驗三將項目尺寸維持固定在 0.89 度後，出現了搜尋範圍大小效應，老年人與年輕人的搜尋效率皆隨著搜尋範圍大小的擴大而下降(反應時間皆對項目數目函數的斜率皆隨著搜尋範圍大小的擴大而增加)。(見表二十與圖三十)

表 二十一 實驗三序列式搜尋情況，各搜尋範圍與項目數目情境之反應時間平均數與標準差

| 項目數目 | | 搜尋範圍 | | |
|------|----|------|-----|------|
| | | 8° | 16° | 32° |
| 4 | M | 656 | 672 | 712 |
| | SD | 25 | 30 | 25 |
| 8 | M | 712 | 694 | 753 |
| | SD | 28 | 28 | 28 |
| 16 | M | 802 | 761 | 846 |
| | SD | 34 | 31 | 30 |
| 32 | M | 867 | 857 | 1044 |
| | SD | 42 | 39 | 48 |

斜率資料列於下表：

表 二十二 實驗三序列式搜尋情況，反應時間對項目數目之線性回歸分析

| | 老人組 | | | 年輕人組 | | |
|-----------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | 8° | 16° | 32° | 8° | 16° | 32° |
| R^2 | .15† | .13† | .30† | .24† | .21† | .36† |
| Slope | 10.57† | 9.31† | 15.99† | 3.98† | 4.06† | 7.84† |
| Intercept | 766† | 781† | 773† | 535† | 510† | 547† |

* $p < .05$. † $p < .01$.

老年人在實驗三序列式搜尋情況中，8°、16°、與 32°搜尋範圍情境的斜率分別為 10.57, 9.31, 與 15.99 msec./item。我們計算各個老年人參與者在三個搜尋範圍大小情境下的斜率，以此資料進行受試內單因子變異數分析，斜率為依變項，搜尋範圍大小為受試者內變項。發現各搜尋範圍情境下的斜率有顯著不同($F(2, 38) = 17.14, MSE = 14.72, p < .001, \eta_p^2 = .47$)，pariwise comparisons 的結果顯示 8°($M = 10.57$)與 16°($M = 9.31$)搜尋範圍大小情境的斜率彼此沒有顯著差異($p = .214$)、另外 32°($M = 15.99$)搜尋範圍大小情境的斜率則顯著大於 8°($p < .001$)與 16°($p < .001$)搜尋範圍。

因此可以說，在實驗三中(項目尺寸維持在 0.89 度)，雖然老年人在搜尋範圍由 32°縮小 16°的這個區段中，搜尋效率雖是隨著搜尋範圍大小而效率增加，但當搜尋範圍縮小至 8°搜尋範圍大小時，搜尋效率卻不再增加而僅只是維持與 16°搜尋範圍大小情境的效率相同。

至於年輕人組在序列式搜尋情況中，8°、16°、與 32°搜尋範圍情境的斜率分別為 3.98, 4.06, 與 7.84 msec./item。我們同樣計算各個老年人參與者在三個搜尋範圍大小情境下的斜率，以此資料進行受試內單因子變異數分析，斜率為依變

項，搜尋範圍大小為受試者內變項。發現各搜尋範圍情境下的斜率有顯著不同($F(2, 34) = 9.54, MSE = 9.16, p = .001, \eta_p^2 = .36$)，pairwise comparisons 的結果顯示 8° ($M = 3.98$) 與 16° ($M = 4.06$) 搜尋範圍大小情境的斜率彼此沒有顯著差異($p = .870$)、另外 32° ($M = 7.84$) 搜尋範圍大小情境的斜率則顯著大於 8° ($p = .007$) 與 16° ($p = .004$) 搜尋範圍。

因此可以說，在實驗三中(項目尺寸維持在 0.89 度)，年輕人與老年人一樣出現相同的斜率隨搜尋範圍大小改變而變動的驅勢：在搜尋範圍由 32° 縮小 16° 這個區段中，搜尋效率隨著搜尋範圍大小而效率增加，但當搜尋範圍縮小至 8° 搜尋範圍大小時，搜尋效率卻不再增加而僅只是維持與 16° 搜尋範圍大小情境相同的效率。

表二十三 實驗三序列式搜尋情況，反應時間對項目數目函數斜率的事後比較分群結果

| 老人組 | | | 年輕人組 | | |
|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 8° | 16° | 32° | 8° | 16° | 32° |
| 10.57† | 9.31† | 15.99† | 3.98† | 4.06† | 7.84† |

6.4 實驗三討論

實驗一中，我們懷疑導致老年人在實驗一中沒有出現搜尋範圍尺寸效果的原因有(1)項目尺寸混淆與(2)項目間擁擠程度混淆這兩個可能。實驗二的結果發現 16° 與 32° 搜尋範圍情境出現與實驗一一致的資料型態，支持實驗二的各項設定對老年人與年輕人在各情境下的搜尋表現沒有顯著影響。

實驗三各情境中各項設定皆與實驗二相同，也採用與實驗二相同的擁擠程度，但 8° 與 16° 搜尋範圍情境中的項目尺寸皆放大至 $.89^\circ \times .89^\circ$ 的項目尺寸，此設定是由於我們欲與實驗二相比較，以探討項目尺寸對視覺搜尋表現有無影響。結果，項目尺寸放大且維持為 $.89^\circ$ 後，實驗三中不論年輕人或老年人皆出現顯著的搜尋範圍大小與項目數目對搜尋時間的交互作用：隨著搜尋範圍由 16° 增加至 32° 搜尋範圍，搜尋效率也遞減。這一點支持項目尺寸的縮小與放大在實驗一與實驗二中應曾對年輕人與老年人有很大的影響。

另外，值得注意的是雖然實驗三的項目尺寸維持為 $.89^\circ$ 之後，年輕人在 16° 與 32° 搜尋範圍這個區段之間也出現搜尋效率隨搜尋範圍擴大而降低(反應時間對項目數目函數的斜率隨搜尋範圍擴大而增加)的現象。但 16° 搜尋範圍縮小至 8° 搜尋範圍的搜尋效率卻未隨著搜尋範圍縮小而上升，僅只是維持與 16° 搜尋範圍的搜尋效率相同(反應時間對項目數目函數的斜率相同)這一點暗示項目間擁擠程度因素可能仍在 8° 與 16° 搜尋範圍情境中有一定程度的影響。

另外，在第一章研究目標小節提出的問題方面，當實驗三的項目尺寸維持 $.89^\circ$ 之後，其回答大略仍與實驗一相同：

- 一、在年齡因素的影響方面，老年人在各個情況中需要花費比年輕人在相同情況中更多的時間，來完成視覺搜尋作業。

二、在項目數目因素的影響方面，項目數目增加，顯然會增加老年人需要的視覺搜尋時間。而且，此影響幅度比對年輕人的影響幅度更大，但值得注意的是，應區分兩種搜尋類型來討論：

面對平行式搜尋畫面時，老年人仍可以達成有效率的平行式搜尋表現。這也就是說，如果保持畫面配置是平行式搜尋類型，即使項目數目的增加老年人的搜尋時間也沒有顯著的增加。

面對序列式搜尋畫面時，老年人的搜尋效率比面對平行式搜尋畫面時的搜尋效率低(反應時間對項目數目函數的斜率較高)，也比年輕人面對序列式搜尋畫面時的搜尋效率低(反應時間對項目數目函數的斜率更高)。這表示，如果畫面配置是序列式搜尋類型，那麼項目數目增加，將會大幅增加對老年人視覺搜尋所需要的時間，此幅度不僅比老年人面對平行式搜尋的情況更大，也比年輕人面對序列式搜尋時更嚴重。

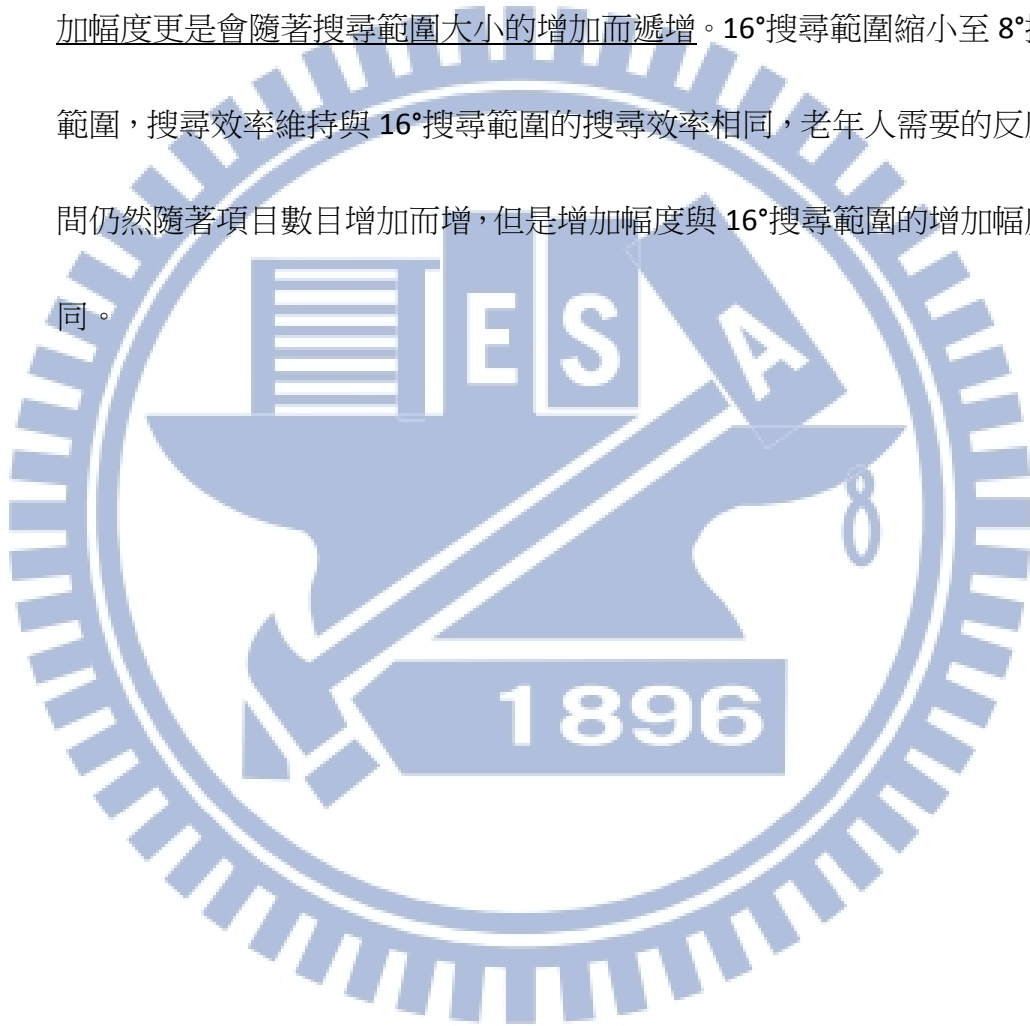
不同的有：

三、在搜尋範圍大小效應方面，同樣也應區分兩種搜尋類型來討論：

面對平行式搜尋畫面時，雖然老年人需要比年輕人更多的時間才能完成視覺搜尋作業，但老年人仍然可以達成有效率的平行式搜尋表現(反應時間不隨著項目數增加而增加)，而且項目數目相同時不同搜尋範圍大小情境的反應時間也沒有顯著差異。這也就是說，如果保持畫面配置是平行式搜尋類

型，不論項目數目或搜尋範圍大小的增加，都不會使老年人的搜尋時間出現顯著的增加。

面對序列式搜尋畫面時，搜尋範圍由 16°增加至 32°搜尋範圍，搜尋效率也遞減，老年人需要的反應時間不但隨著項目數目的增加而增加，而且此增加幅度更是會隨著搜尋範圍大小的增加而遞增。16°搜尋範圍縮小至 8°搜尋範圍，搜尋效率維持與 16°搜尋範圍的搜尋效率相同，老年人需要的反應時間仍然隨著項目數目增加而增，但是增加幅度與 16°搜尋範圍的增加幅度相同。



第七章 綜合討論

7.1 摘要實驗結果

本研究在各個實驗內操弄不同的搜尋類型(平行式搜尋與序列式搜尋)、搜尋範圍大小與項目數目，並邀請年輕人與老年人參與實驗，目的為探討搜尋範圍尺寸對老年人在視覺搜尋作業中的表現有何影響。

7.1.1 實驗一

實驗一的結果回答了我們先前提出的幾個問題：

- 一、 在完成視覺搜尋作業時，老年人需要花費的時間比年輕人需要的更多。
- 二、 老年人在面對平行式搜尋畫面時可以花費比面對序列式搜尋畫面時更少的搜尋時間來完成視覺搜尋作業。
- 三、 項目數目增加，不但對老年人搜尋表現有顯著影響，而且影響幅度比對年輕人的影響幅度更大，但是我們應該區分兩種搜尋類型來討論：

面對平行式搜尋畫面時，老年人仍可以達成有效率的平行式搜尋表現。這指的是，如果保持畫面配置是平行式搜尋類型畫面，那麼項目數目的增加對他們的搜尋時間影響不大，即使項目數目達到 32 個之多，他們仍維持與項目數 4 個時相同的反應時間。

面對序列式搜尋畫面時，老年人的搜尋效率比平行式搜尋畫面低(反應時間對項目數目函數的斜率更高)，也比年輕人低。這表示，如果畫面配置是序

列式搜尋類型，那麼項目數目增加，隨之而來的是老年人視覺搜尋所需要的時間也會增加，而且此增加幅度不僅比老年人面對平行式搜尋的情況更大，也比年輕人面對序列式搜尋時更嚴重。

四、雖然，老年人在序列式搜尋畫面中的搜尋效率惡化程度比年輕人在序列式搜尋畫面中的搜尋效率惡化程度嚴重許多。但是實驗一中搜尋範圍大小對老年人視覺搜尋表現的效應卻並不明確與顯著。

7.1.2 實驗二與實驗三

由於實驗一中搜尋範圍大小對老年人視覺搜尋表現的效應不夠強健，因此實驗二與實驗三採用許多與實驗一不同的設定，以探討搜尋範圍大小對老年人視覺搜尋表現可能的影響。這些不同的設定，一是為了更謹慎地控制可能的混淆變項使其保持一致，例如：觀看距離、顯示器特性、畫面亮度與對比等等，二是為了更明確掌控各情境下的項目間擁擠程度為何。然後，實驗二使項目尺寸與搜尋範圍等比縮放，實驗三則使項目尺寸保持恆定(0.89 度)，以探討項目尺寸可能在老人視覺搜尋作業扮演的角色。

因為要固定使用同一台顯示器，及器材與設備的限制，因此我們難以將搜尋範圍大小 60° 搜尋範圍大小納入同一個實驗之中。實驗二與實驗三的搜尋範圍大小情境設定為 8°、16°、與 32° 三種。

實驗二結果發現：一、實驗二採用的新設定應對老年人與年輕人的視覺搜尋表現皆無顯著影響。因為 16°、與 32° 搜尋範圍情境的結果與實驗一 16°、與 32°

搜尋範圍情境出現一致的資料型態，無論年輕人、老年人、平行式搜尋類型畫面或序列式搜尋類型畫面的資料型態皆與實驗一相同。二，最小搜尋範圍 8° 大小(實驗一沒有包含到的搜尋範圍大小情境)非常特別，對年輕人與老年人的視覺搜尋表現都是不利的，但對老年人的影響程度則更大。

實驗三在各個搜尋範圍中都使用 0.89° 尺寸的目標項與干擾項後，實驗三中的年輕人與老年人皆出現顯著的搜尋範圍大小效應，這在另一方面也支持了：項目尺寸的縮小與放大應在實驗一與實驗二中扮演了重要的角色。

值得注意的是雖然實驗二中即使項目尺寸維持為 0.89° 之後，年輕人與老年人皆在 8° 與 16° 搜尋範圍中能夠出現高效率的平行式搜尋，支持易認性的問題應已獲得滿足。但僅只有 16° 與 32° 搜尋範圍這個區段之間也出現序列式搜尋中的搜尋效率隨搜尋範圍擴大而降低(反應時間對項目數目函數的斜率隨搜尋範圍擴大而增加)的現象。而 8° 搜尋範圍的搜尋效率卻未隨著搜尋範圍縮小而上升，僅只是維持與 16° 搜尋範圍的搜尋效率相同(反應時間對項目數目函數的斜率相同)這一點暗示項目間擁擠程度因素可能仍在 8° 與 16° 搜尋範圍情境中扮演了一定程度的角色。

綜合實驗二與實驗三的序列式搜尋情況結果，我們可以發現：

- 一、項目尺寸效應對老年人的視覺搜尋表現的影響比對年輕人的視覺搜尋表現要大。也就是說，老年人對較小的項目尺寸要敏感了許多，項目尺寸變小，老年人視覺搜尋效率降低得比年輕人嚴重。

二、 搜尋範圍大小影響老年人在面對序列式搜尋畫面時的搜尋效率，影響程度也是比對年輕人的程度大。實驗三中，採用足夠大的項目尺寸(0.89°)之後，老年人在序列式搜尋畫面時，搜尋範圍尺寸的效應浮現，這指的是較小的搜尋範圍情況下(搜尋範圍 8°與搜尋範圍 16°)，老人的搜尋效率較佳；較大的搜尋範圍情況下(搜尋範圍 32°)老年人的搜尋效率較差。簡而言之，老年人的搜尋效率隨著搜尋範圍擴大而遞減。另外，他們搜尋效率隨著搜尋範圍擴大而變差的幅度比年輕人更大。

三、 實驗三中，採用較大的項目尺寸之後，老人的搜尋效率雖然改善，但這改善有其極限：8°搜尋範圍雖比 16°搜尋範圍更小，但老人在 8°搜尋範圍序列式搜尋畫面的搜尋效率卻沒有比 16°搜尋範圍序列式搜尋畫面有顯著的增加。這指的是搜尋範圍縮小至 8°時的搜尋效率(3.98 msec./item)與搜尋範圍 16°情況的搜尋效率(4.06 msec./item)沒有顯著差異。而搜尋範圍 8°情況是三種情境中，項目間距最近擁擠程度最高的一種情況。

綜合前後幾個實驗的結果而言，本研究結果顯示搜尋類型、項目數目、搜尋範圍大小、項目尺寸與擁擠程度對老年人視覺搜尋表現都有影響。而且影響幅度都比對年輕人視覺搜尋的影響幅度要大。序列式搜尋的畫面配置、項目數目增加、搜尋範圍變大、項目尺寸變小與項目之間擁擠程度增加等因素都對老年人的視覺搜尋表現不利。

7.2與前人實驗的比較

7.2.1 平行式搜尋

本研究中平行式搜尋情境中的結果發現與許多前人實驗結果(Plude, & Doussard-Roosevelt, 1989; Burton-Danner et al., 2001; Homme et al., 2004; Whiting, Madden, & Babcock, 2007)相符合。首先，老年人同樣地需要更多反應時間以完成視覺搜尋作業。其次，即使老年人的搜尋時間較年輕人緩慢，但老年人在平行式搜尋畫面情境下，仍然出現高效率的搜尋：反應時間不隨著項目數目而增加。

本實驗不同之處在於，由於前人實驗中使用的搜尋範圍有限，本實驗則發現以上的結果仍然適用於 8 度視角到 32 度視角的搜尋範圍(實驗二與實驗二)與 16 度視角至 60 度視角的搜尋範圍(實驗一)。也就是說老年人與年輕人在各個搜尋範圍大小情境下，皆可以在面對平行式搜尋畫面時，出現 pop-out 現象：幾乎是在不必刻意在畫面中找尋，一眼即可看見目標，甚至可以說是是目光或注意力被顯眼的目標項所攫取(attentional capture)。

7.2.2 序列式搜尋

本研究中序列式搜尋情境中的結果與前人實驗((Plude, & Doussard-Roosevelt, 1989; Homme et al., 2004; Whiting, Madden, & Babcock, 2007)同樣發現：老年人與年輕人的搜尋時間皆隨著項目數目增加而增加，而且老年人的增加幅度明顯地大於年輕人的增加幅度。

由於本研究的使用的搜尋範圍大小則橫跨 8 度視角到 32 度視角與 16 度視角至 60 度視角，發現不但年輕人與老年人的搜尋時間皆隨著項目數目增加而增加，而且他們的增加幅度也隨著搜尋範圍大小加大而遞增，另外老年人的增加幅度也顯著比年輕人大。

Homme 等人(2004) 的研究結果並沒有出現老年人隨著目標項離心視角增加而增加更多反應時間的情況，因此不支持目標項離心視角因素在老人視覺搜尋作業中扮演重要的角色。但本研究結果卻支持老年人在較大搜尋範圍中的視覺搜尋表現較差。這不一致的結果可能是由於因為他們研究使用的項目數目(2、8、或 14 個項目)與離心視角($20.7^{\circ} \times 15.8^{\circ}$)仍不夠極端之故。

7.2.3 老化影響視覺注意力機制

老化造成在視覺搜尋作業中的退化可能來自幾個因素，包括：整合(binding)特徵、一般性退化(generalized slowing)、將注意力焦點(attentional spotlight)由一個項目移往另一個項目等等。

根據特徵整合理論(Treisman and Gelade, 1980)，序列式搜尋中反應時間對項目數目函數的斜率反映的是整合各個項目的視覺特徵所需要或有關的時間。過去許多老年視覺搜尋研究皆發現老年人在序列式搜尋情境中的斜率比年輕人的斜率要更加陡峭。有一假設是懷疑老化對老年視覺搜尋造成影響的部份是發生在特徵整合的部份。但在本研究的序列式搜尋情境中，發現到即使項目數目相同(特徵整合次數相同)，老年人視覺搜尋的時間卻是會隨著搜尋範圍大小增加而增

加。這個結果顯示老年人在序列式搜尋情境中，斜率的增加並不是單純由於特徵整合的能力退化而造成，應有其它影響因素。

根據視覺導引理論(Posner and Raichle, 1994; Posner & Petersen, 1990)，聯結搜尋比特徵搜尋更低效率是因為目標項目在背景項目之間中並不顯目，所以觀看者必須刻意地將注意力的焦點由一個項目移向另一個項目。這歷程包含多次脫離舊項目(disengage)、移動(move)、與投入(engage)新項目等歷程。本研究採用不同的搜尋範圍大小，連帶地也改變了項目間間距。由於老年人在序列式搜尋相同項目數目情況中，搜尋範圍大小不同時的反應時間不同，所以排除了脫離舊項目與投入新項目是使老年人視覺搜尋效率下降因素。我們認為造成老年人在較大搜尋範圍中的搜尋效率下降的可能原因是注意力在空間中的移動速度變慢。

此結果與關心老年人凝注範圍的系列實驗(Ball, Beard, Roenker, Miller, & Griggs, 1988; Ball, & Owsley, 1991)指出的：老年人的凝注範圍縮小的結論是一致的。既然老年人的注意力廣度較狹小，那麼搜尋範圍較大的情況對老年人而言自然是較不利的。

未來後續研究，可將目標項離心視角因素、簡單反應作業、項目數目為 2 的特徵搜尋與聯結搜尋等情境納入實驗設計之中，以更加清楚地辨析老化是否對老年人抑制機制、特徵整合、注意力移動等等機制造成影響。

另外，本研究在實驗三的部份發現即使搜尋範圍縮小到搜尋範圍 8° ，但卻並未促進老人的視覺搜尋表現，這暗示有可能是由於項目間距縮小而造成視覺擁擠

效應(visual crowding)對老人在搜尋範圍 8°進行視覺搜尋作業的妨礙。但本研究使用的作業典範是視覺搜尋作業，如果我們在不改變搜尋範圍大小與項目數目的情況下，無論如何安排干擾項環繞目標項的數目、方式或距離，都難以避免改變目標項在整個搜尋畫面中的顯著性，所以難以在目前的實驗典範中釐清老人的視覺擁擠效應對其視覺作業的影響。這也是未來研究可以努力的方向。

7.3設計考量與建議

我們已經知道老年人在視覺注意力方面的衰退會影響他們使用科技的能力，例如在網頁中搜尋目標連結時要花較長時間而覺得困難。但是如果採用恰當的設計，應該可以幫助老年人與一般年輕人的使用性。

首先，項目大小的效應建議每個選項的圖示、符號、字體都應該足夠大，以達到足夠的視認性。以本研究使用的刺激(字母“L”、“T”、“O”、“V”)而言，當項目大小達到.89 度視角時即足夠了，如果是其它筆劃或線條較繁複的文字或圖示，則應放到更大。

其次，我們發現如果讓重要選項或訊息與其它選項之間只用一個基本特徵就可以區分開來(平行式搜尋的畫面)，那麼在各個搜尋範圍大小情況下，老年人搜尋到目標項的時間都是最短的，而且搜尋時間不因項目數目增加而延長。所以介面設計應該儘量將重要訊息或選項設計得特別顯眼，以幫助老人達到高效率搜尋表現，可以採用的方法有：使重要訊息的閃動、大小比其它選項都大(鶴立雞群)、色彩與背景不同(萬綠叢中一點紅)、字型採用斜體等等、形狀不同等等。

接下來，我們發現如果面對序列式搜尋的畫面配置時，老年人的搜尋時間會隨著項目數目增加而增加，而且增加的幅度亦是隨著畫面大小或搜尋範圍大小增加而遞增。項目數目越大需要的反應時間越長，時間增加的長度可以達到將近 1000 毫秒，年輕人僅增加 500 毫秒左右。所以如果無法造成平行式搜尋的畫面，那麼應該使每個畫面中的項目數目減少。(選單中的選項目數目、智慧型手機畫面中的 app 圖示數目、網頁中的超連結數目)。另外，如果是需要較快反應的任務與作業，反而不適合使用過大的螢幕。當然，如果訴求是體驗感或遊戲設計中需要有的較高困難度設計，則不在此討論之列。

另外，在實驗三發現，視覺擁擠可能影響老人的視覺搜尋表現。所以，加大項目尺寸與使用較小螢幕雖可使老人的視覺搜尋效率較佳，但要注意避免隨之來而的項目間擁擠效應。如果能採用平行式搜尋畫面的設計，會是個好選擇。但如果因為作業分析或環境分析等考量而無法受限，環境中必須採用較小螢幕，而且又難以採用平行式搜尋的畫面設計，那麼可以減少每層選單的選項數目(選單寬度變窄)，增加選單層次(選單深度變深)，這麼做應可以減少老年人在人機互動中的困難，增加其使用效率。

7.4 研究限制與未來研究方向

本實驗使用視覺搜尋典範，雖已可比擬一般日常生活中大部份的生活情境，例如：在網頁眾多連結中尋找目標連結、在手機介面中選找目標 app 的圖示等等。但仍有一些情境仍未列入討論，例如：在網頁畫面中出現動態廣告對當下搜

尋行為的影響、無意圖地瀏覽畫面時注意力會被哪些項目吸引、畫面中項目非固定不動而是動態改變時的搜尋行為，這些都是未來可以繼續深入探討的題目。



第八章 參考文獻

陳一平 (民 100)。視覺心理學。台北市：雙葉書廊。

郭乃文、劉秀枝、王珮芳、廖光淦、甄瑞興、林恭平、陳祖裕、徐道昌 (1988)。

「簡短式智能評估」之中文評估與常模建立。復健醫學會雜誌，16，52-58。

Balazsi, A. G., Rootman, J., Drance, S. M., Schulze, M., & Douglas, G. R. (1984). The effect of age on the nerve fiber population of the human optic nerve. *American Journal of Ophthalmology*, 97, 760-766.

Ball, K. K., Beard, B. L., Roenker, D. L., Miller, R. L., & Griggs, D. S. (1988). Age and visual search: Expanding the useful field of view. *Journal of the Optical Society of America*, 5, 2210-2219.

Boersema, T., Zwaga, H. J. G., & Jorens, K. (1993). Visual search in simple simulations of realistic scenes. *Perceptual and Motor Skills*, 77, 867-881.

Boyce, P. R. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and Disability*, 15, 165-180.

Burton-Danner, K., Owsley, C., Jackson, G. R. (2001). Aging and feature: The effect of search area. *Experimental Aging Research*, 27, 1-18.

Carrasco, M., & Chang, I. (1995). The interaction of objective and subjective organizations in a localization search task. *Perception & Psychophysics*, 57, 1134-1150.

- Carrasco, M., Evert, D. L., Chang, I., & Katz, S. M. (1995). The eccentricity effect: target eccentricity affects performance on conjunction searches. *Perception & Psychophysics*, 57, 1241-1261.
- Carrasco, M., & Frieder, K. S. (1997). Cortical magnification neutralizes the eccentricity effect in visual search. *Vision Research*, 37, 63-82.
- Cerella, J. (1985). Information-processing rates in the elderly. *Psychological Bulletin*, 98, 67-83.
- Curcio, C. A., & Drucker, D. N. (1993). Retinal ganglion-cells in Alzheimers-disease and aging. *Annals of Neurology* 33(3), 248-257.
- Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12, 45-75.
- Derefeldt, G., Lennerstrand, G., & Lundh, B. (1979). Age variations in normal human contrast sensitivity. *Acta Ophthalmol*, 57(4), 679-690.
- Emoto, M., Masaoka, K., Sugawara, M., & Nojiri, Y. (2006). The viewing angle dependency in the presence of wide field image viewing and its relationship to the evaluation indices. *Displays*, 27, 80-89.

- Emoto, M., Masaoka, K., Sugawara, M., & Okano, F. (2005). Viewing angle effects from wide field video projection images on the human equilibrium. *Displays*, 26, 9-14.
- Feeny-Burns, L., Burns, R. P., & Gao, C. L. (1990). Age-related macular changes in humans over 90 years old. *American Journal of Ophthalmology*, 109, 265-278.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & Mchugh, P. R. (1975). Mini-mental state: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.
- Foster, J. K., Behrmann, M., & Stuss, D. T. (1995). Aging and visual search: General cognitive slowing or selective deficit in attention? *Aging and Cognition*, 2, 279-299.
- Grahame, M., Laberge, J., & Scialfa, C. T. (2004). Age differences in search of web pages: The effects of link size, link number, and clutter. *Human Factors*, 46(3), 385-398.
- Heron, G., Charman, W. N., & Gray, L. S. (2002). Accommodation dynamics as a function of age. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 22(5), 389-396.
- He, S., Cavanagh, P., & Intriligator, J. (1996). Attentional resolution and the locus of visual awareness. *Nature*, 383(26), 334-337.

Hommel, B., Li, K. Z. H., & Li, S.-C. (2004). Visual search across the life span.

Developmental psychology, 40(4), 545-558.

Humphrey, D. G., & Kramer, A. F. (1997). Age differences in visual search for feature, conjunction, and triple-conjunction targets. *Psychology and Aging, 12*(4), 704-717.

Kanwisher, N. G. (1987). Repetition blindness: type recognition without token individuation. *Cognition, 27*, 117-143.

Kramer, A. F., Humphrey, D. G., Larish, J. F., Logan, G. D., & Strayer, D. L. (1994). Aging and inhibition: Beyond a unitary view of inhibition processing in attention. *Psychology and Aging, 4*, 491-51

Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattention blindness*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Madden, D. J., Spaniol, J., Bucur, B., & Whiting, W. L. (2007). Age-related increase in top-down activation of visual features. *The quarterly journal of experimental psychology, 60*(5), 644-651.

Madden, D. J., Whiting, W. L., Cabeza, R., & Huettel, S. A. (2004). Age-related preservation of top-down attentional guidance during visual search. *Psychology and aging, 19*(2), 304-309.

- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314-324.
- Plude, D. J., & Doussard-Roosevelt, J. A. (1989). Aging, selective attention, and feature integration. *Psychology and aging*, 4(1), 98-105.
- Population Division, DESA, United Nations. (n. d.). World Population Ageing 1950-2050. Retrieved November 27, 2012, from <http://www.un.org/esa/population/publications/worldageing19502050/pdf/001world.pdf>
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174.
- Potter, M. C. (1975). Meaning in visual search. *Science*, 187(4180), 965-966.
- Potter, M. C., & Levy, E. I. (1969). Recognition memory for a rapid sequence of pictures. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 10-15.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: an attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 849-860.

- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.
- Scialfa, C. T., Cordazzo, S., Bubric, K., & Lyon, J. (2012). Aging and visual crowding. *The Journals of Gerontology. Serial B, Psychological Sciences and Social Sciences*.
- First published online: September 25, 2012
- Scialfa, C. T. Thomas, D. M., & Joffe, K. M. (1994). Age differences in the useful field of view: An eye movement analysis. *Optometry and Vision Science*, 71, 1-7.
- Sekuler, R., & Ball, K. (1986). Visual localization: Age and practice. *Journal of the Optical Society of America A: Optics, Image Science and Vision*, 3, 864-867.
- Shinomori, K. Scheferin, B. E., & Werner, J. S. (2001). Age-related changes in wavelength discrimination. *Journal of the Optical Society of America A*, 18, 310-318.
- Stelzer, E. M., & Wickens, C. D. (2006). Pilots strategically compensate for display enlargements in surveillance and flight control tasks. *Human Factors*, 48, 166-181.
- Tan, D. S., Czerwinski, M. P., & Robertson, G. G. (2006). Large displays enhance optical flow cues and narrow the gender gap in 3-D virtual navigation. *Human Factors*, 48, 318-333.

Townsend, J. T. (1971). A note on the identifiability of parallel and serial processes.

Perception & Psychophysics, 10, 161-163.

Townsend, J. T. (1990). Serial vs. parallel processing: sometimes they look like Tweedledum and Tweedledee but they can (and should) be distinguished.

Psychological Science, 1, 46-54.

Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980) A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.

Tripper, S. P. (1991). Less attentional selectivity as a result of declining inhibition in older adults. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29, 45-47.

Tseng, Y.-C., and Li, C.-S. (2004). Oculomotor correlates of context-guided learning in visual search. *Perception and Psychophysics*, 66(8), 1363-1378.

Weale, R. A. (1988). Age and transmittance of the human crystalline lens. *Journal of Physiology*, 395(1), 577-587.

Whiting, W. L., Madden, D. J., & Babcock, K. J. (2007). Overriding age differences in attentional capture with top-down processing. *Psychology and aging*, 22(2), 223-232.

Whitney, D., & Levi, D. M. (2011). Visual crowding: A fundamental limit on conscious perception and object recognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(4), 160-168.

Wickens, C. D., Lee, J. D., Liu, Y., & Gordon-Becker, S. (2004) Cognition. In *An introduction to human factors engineering*. (2nd ed.) New York: Pearson Education.

Pp. 120-155.

Wolfe, J. M. (1998) Visual search. In H. Pashler (Ed.), *Attention*. East Sussex, UK: Psychological Press. Pp. 13-73.

Wolfe, J. M., O'Neill, P., & Bennett, S. C. (1998) Why are there eccentricity effects in visual search? Visual and attentional hypotheses. *Perception & Psychophysics*, 60, 140-156.

World health organization. (n. d.). 10 facts on ageing and the life course. Retrieved July 23, 2012, from <http://www.who.int/features/factfiles/ageing/en/>.



附錄一 正確率的平均數與標準差

前行實驗 正確率的平均數與標準差

| 項目數目 | | 平行式搜尋 | | | 序列式搜尋 | | |
|------|----|-------|------|------|-------|------|------|
| | | 16° | 32° | 60° | 16° | 32° | 60° |
| 5 | M | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.98 |
| | SD | 0.07 | 0.09 | 0.16 | 0.12 | 0.12 | 0.14 |
| 9 | M | 0.99 | 0.98 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.98 |
| | SD | 0.09 | 0.13 | 0.05 | 0.10 | 0.10 | 0.14 |
| 17 | M | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 1.00 | 0.98 | 0.97 |
| | SD | 0.09 | 0.09 | 0.13 | 0.05 | 0.15 | 0.16 |
| 33 | M | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.96 | 0.95 |
| | SD | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.13 | 0.19 | 0.21 |

實驗一 正確率的平均數與標準差

| 項目數目 | | 平行式搜尋 | | | | 序列式搜尋 | | | |
|------|----|--------------|------|------|------|--------------|------|------|------|
| | | 16° (con) | 16° | 32° | 60° | 16° (con) | 16° | 32° | 60° |
| 5 | M | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 |
| | SD | 0.05 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| 9 | M | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| | SD | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.02 |
| 17 | M | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.97 |
| | SD | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.02 |
| 33 | M | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |
| | SD | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.07 |

實驗二 年輕人組，正確率的平均數與標準差

| 項目數目 | | 平行式搜尋 | | | 序列式搜尋 | | |
|------|----|-------|------|------|-------|------|------|
| | | 16° | 32° | 60° | 16° | 32° | 60° |
| 4 | M | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.98 |
| | SD | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 |
| 8 | M | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.98 | 0.98 |
| | SD | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.02 |
| 16 | M | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 1.00 | 0.97 |
| | SD | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.04 |
| 32 | M | 0.97 | 0.99 | 0.99 | 0.94 | 0.96 | 0.94 |
| | SD | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.06 | 0.05 | 0.07 |

實驗二 老年人組，正確率的平均數與標準差

| 項目數目 | | 平行式搜尋 | | | 序列式搜尋 | | |
|------|----|-------|------|------|-------|------|------|
| | | 16° | 32° | 60° | 16° | 32° | 60° |
| 4 | M | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.99 |
| | SD | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| 8 | M | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 0.99 |
| | SD | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.02 |
| 16 | M | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 1.00 | 1.00 |
| | SD | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 |
| 32 | M | 0.96 | 0.99 | 0.99 | 0.93 | 0.99 | 0.98 |
| | SD | 0.05 | 0.01 | 0.02 | 0.08 | 0.03 | 0.03 |

實驗三 年輕人組，正確率的平均數與標準差

| 項目數目 | | 平行式搜尋 | | | 序列式搜尋 | | |
|------|----|-------|------|------|-------|------|------|
| | | 16° | 32° | 60° | 16° | 32° | 60° |
| 4 | M | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.98 |
| | SD | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.02 |
| 8 | M | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| | SD | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.03 |
| 16 | M | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.98 |
| | SD | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.04 |
| 32 | M | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 0.93 |
| | SD | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.05 |

實驗三 老年人組，正確率的平均數與標準差

| 項目數目 | | 平行式搜尋 | | | 序列式搜尋 | | |
|------|----|-------|------|------|-------|------|------|
| | | 16° | 32° | 60° | 16° | 32° | 60° |
| 4 | M | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.00 |
| | SD | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.05 | 0.01 |
| 8 | M | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 1.00 |
| | SD | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| 16 | M | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| | SD | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.02 |
| 32 | M | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.97 | 0.97 |
| | SD | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.08 | 0.07 | 0.04 |

附錄二 各實驗之變異數分析表

前行實驗，反應時間之變異數分析表

| 變源 | SS | df | MS | F | Pr > F | η_p^2 |
|--------------|--------------|----|--------------|--------|--------|------------|
| 搜尋類型(SE) | 152065124.80 | 1 | 152065124.80 | 104.24 | <.0001 | .91 |
| 誤差 | 16046863.60 | 11 | 1458805.80 | | | |
| 搜尋範圍(DS) | 29105990.16 | 2 | 14552995.08 | 26.62 | <.0001 | .71 |
| 誤差 | 12025243.30 | 22 | 546602.00 | | | |
| 項目數目(SS) | 21075749.90 | 3 | 7025249.97 | 91.98 | <.0001 | .89 |
| 誤差 | 2520549.60 | 33 | 76380.30 | | | |
| SE × DS | 18448903.77 | 2 | 9224451.88 | 49.58 | <.0001 | .82 |
| 誤差 | 4092976.90 | 22 | 186044.40 | | | |
| SE × SS | 12823338.23 | 3 | 4274446.08 | 58.23 | <.0001 | .84 |
| 誤差 | 2422484.700 | 33 | 73408.600 | | | |
| DS × SS | 2232626.24 | 6 | 372104.37 | 12.48 | <.0001 | .53 |
| 誤差 | 1968109.00 | 66 | 29819.80 | | | |
| SE × DS × SS | 2682406.62 | 6 | 447067.77 | 12.59 | <.0001 | .53 |
| 誤差 | 2343495.50 | 66 | 35507.50 | | | |

實驗一，反應時間之變異數分析表

| 變源 | SS | df | MS | F | Pr > F | η_p^2 |
|--------------|-------------|-----|-------------|--------|--------|------------|
| 搜尋類型(SE) | 53440000.00 | 1 | 53440000.00 | 150.47 | 0.000 | 0.84 |
| 誤差 | 10300000.00 | 29 | 355187.13 | | | |
| 搜尋範圍(DS) | 1040551.94 | 3 | 346850.65 | 1.72 | 0.170 | 0.06 |
| 誤差 | 17600000.00 | 87 | 202302.98 | | | |
| 項目數目(SS) | 19580000.00 | 3 | 6525017.71 | 110.86 | 0.000 | 0.79 |
| 誤差 | 5120503.88 | 87 | 58856.37 | | | |
| SE × DS | 882122.72 | 3 | 294040.91 | 5.12 | 0.003 | 0.15 |
| 誤差 | 4993810.28 | 87 | 57400.12 | | | |
| SE × SS | 9849329.10 | 3 | 3283109.70 | 98.76 | 0.000 | 0.77 |
| 誤差 | 2892182.40 | 87 | 33243.48 | | | |
| DS × SS | 103391.43 | 9 | 11487.94 | 0.82 | 0.599 | 0.03 |
| 誤差 | 3660827.07 | 261 | 14026.16 | | | |
| SE × DS × SS | 187079.80 | 9 | 20786.65 | 2.07 | 0.033 | 0.07 |
| 誤差 | 2625110.20 | 261 | 10057.89 | | | |

實驗二平行式搜尋情況，反應時間之變異數分析表

| 變源 | SS | df | MS | F | Pr > F | η_p^2 |
|---------------|-------------|-------|-------------|-------|--------|------------|
| 受試者間 | | | | | | |
| 年齡(age) | 14710000.00 | 1.00 | 14710000.00 | 39.37 | 0.000 | 0.49 |
| 誤差 | 15320000.00 | 41.00 | 373589.40 | | | |
| 受試者內 | | | | | | |
| 搜尋範圍(DS) | 2024166.81 | 2 | 1012083.40 | 11.13 | 0.000 | 0.21 |
| DS × age | 853270.64 | 2 | 426635.32 | 4.69 | 0.012 | 0.10 |
| 誤差 | 7456894.40 | 82 | 90937.74 | | | |
| 項目數目(SS) | 1012614.31 | 3 | 337538.10 | 27.96 | 0.000 | 0.41 |
| SS × Age | 322129.61 | 3 | 107376.54 | 8.89 | 0.000 | 0.18 |
| 誤差 | 1484956.19 | 123 | 12072.82 | | | |
| DS × SS | 369485.62 | 6 | 61580.94 | 7.22 | 0.000 | 0.15 |
| DS × SS × age | 238164.27 | 6 | 39694.04 | 4.65 | 0.000 | 0.10 |
| 誤差 | 2097993.09 | 246 | 8528.43 | | | |

實驗二序列式搜尋情況，反應時間之變異數分析表

| 變源 | SS | df | MS | F | Pr > F | η_p^2 |
|---------------|-------------|-----|-------------|--------|--------|------------|
| 受試者間 | | | | | | |
| 年齡(age) | 20840000.00 | 1 | 20840000.00 | 38.91 | 0.000 | 0.49 |
| 誤差 | 21960000.00 | 41 | 535563.58 | | | |
| 受試者內 | | | | | | |
| 搜尋範圍(DS) | 1360909.32 | 2 | 680454.66 | 10.66 | 0.000 | 0.21 |
| DS × age | 964212.48 | 2 | 482106.24 | 7.55 | 0.001 | 0.16 |
| 誤差 | 5235916.83 | 82 | 63852.64 | | | |
| 項目數目(SS) | 6920207.91 | 3 | 2306735.97 | 118.65 | 0.000 | 0.74 |
| SS × Age | 1245852.45 | 3 | 415284.15 | 21.36 | 0.000 | 0.34 |
| 誤差 | 2391292.10 | 123 | 19441.40 | | | |
| DS × SS | 216580.97 | 6 | 36096.83 | 4.87 | 0.000 | 0.11 |
| DS × SS × age | 166400.97 | 6 | 27733.50 | 3.74 | 0.001 | 0.08 |
| 誤差 | 1825167.17 | 246 | 7419.38 | | | |

實驗三平行式搜尋情況，反應時間之變異數分析表

| 變源 | SS | df | MS | F | Pr > F | η_p^2 |
|---------------|---------------|-----|------------|-------|--------|------------|
| 受試者間 | | | | | | |
| 年齡(age) | 7,581,703.50 | 1 | 7581703.50 | 20.60 | 0.000 | 0.36 |
| 誤差 | 13,250,000.00 | 36 | 367985.97 | | | |
| 受試者內 | | | | | | |
| 搜尋範圍(DS) | 235510.147 | 2 | 117755.07 | 3.62 | 0.032 | 0.09 |
| DS × age | 139752.489 | 2 | 69876.24 | 2.15 | 0.124 | 0.06 |
| 誤差 | 2340751.147 | 72 | 32510.43 | | | |
| 項目數目(SS) | 121,609.26 | 3 | 40536.42 | 35.34 | 0.000 | 0.50 |
| SS × Age | 10,390.65 | 3 | 3463.55 | 3.02 | 0.033 | 0.08 |
| 誤差 | 123,875.60 | 108 | 1147.00 | | | |
| DS × SS | 38,242.92 | 6 | 6373.82 | 4.65 | 0.000 | 0.11 |
| DS × SS × age | 29,231.56 | 6 | 4871.93 | 3.55 | 0.002 | 0.09 |
| 誤差 | 296,407.48 | 216 | 1372.26 | | | |

實驗三序列式搜尋情況，反應時間之變異數分析表

| 變源 | SS | df | MS | F | Pr > F | η_p^2 |
|---------------|-------------|-----|-------------|-------|--------|------------|
| 受試者間 | | | | | | |
| 年齡(age) | 13330000.00 | 1 | 13330000.00 | 32.92 | 0.000 | 0.48 |
| 誤差 | 14580000.00 | 36 | 404932.28 | | | |
| 受試者內 | | | | | | |
| 搜尋範圍(DS) | 759641.65 | 2 | 379820.83 | 16.77 | 0.000 | 0.32 |
| DS × age | 9717.02 | 2 | 4858.51 | 0.22 | 0.807 | 0.01 |
| 誤差 | 1630800.25 | 72 | 22650.00 | | | |
| 項目數目(SS) | | | | | | |
| SS × Age | 582443.36 | 3 | 194147.79 | 18.31 | 0.000 | 0.34 |
| 誤差 | 1145089.86 | 108 | 10602.68 | | | |
| DS × SS | 343264.59 | 6 | 57210.77 | 20.73 | 0.000 | 0.37 |
| DS × SS × age | 23598.84 | 6 | 3933.14 | 1.43 | 0.206 | 0.04 |
| 誤差 | 596168.79 | 216 | 2760.04 | | | |