

PRP 效應對不同年紀之影響

陳敏生¹ 林文攀^{2*}

1國立雲林科技大學 工業管理系副教授(雲林縣斗六市大學路三段123號)

2國立雲林科技大學 工業工程與管理研究所 研究生

*g9321749@yuntech.edu.tw

摘 要

為瞭解認知歷程，常利用作業難度不同所造成作業時間延遲的差距，推論腦中處理資訊歷程。在處理雙重作業時，在兩刺激間隔越小時，第二個的反應時間會越長的現象，稱為 PRP 效果(*Psychological Refractory Period effect; PRP effect*)，本研究利用不同作業二難度，討論反應時間的延遲是較符合結構式瓶頸模式或資源分享模式。

而隨平均年齡增加，對於年長者的雙重作業認知歷程，應有更多深入研究。鑑於過往研究雙重作業受試者多為年輕人，本研究希望藉由不同年紀受試者在雙重作業處理中反應時間的延遲，討論在反應時間上年齡所產生的差距何。

實驗結果發現在不同的作業二難度中，年紀不同的受試者，採取的回答方式不同。年長者改變回答方式的反應時間能夠接近年輕者的反應時間，代表年長者反應速度能與年輕者相當。

受試者的作業一反應時間會受到作業二不同難度的影響，代表在作業一使用中央處理階段時，有產生資源分配的改變。在作業二難度不同會改變整體心智資源分配狀態，研究結果中發現在作業二之難度較低時，受試者易將作業一資源分給作業二。

受試者不受指導語限制回答方式，所以受試者回答方式不一定為依序式，本研究發現在群組式回答時，無法利用資源分享模式，解釋群組回答中資源分享的情況。

關鍵字：PRP 效果，年紀差異，雙重作業，結構式瓶頸模式，資源分享模式

實驗動機

以往諸多對反應時間之研究，對象多為年輕者。但隨著平均年齡漸漸增加，對於年長者的雙重作業認知歷程，應該要有更多需要瞭解的部分。且年長者在不同的認知實驗當中，其表現有不同於年輕者的延遲情況。對於年齡所產生反應時間的差距，確實影響原因是否單純只為年齡差異，或可能不同年紀在心智歷程上有所不同，尚有需要解釋與討論的空間。故本研究藉由操弄影響認知歷程中之因子，由在不同年齡受試者的實驗結果，討論兩者心理歷程之可能差異為何。

文獻探討

心理反應時間之實驗典範(Psychological Refractory Period Paradigm ;PRP)

在雙重作業中藉由操弄兩個不同刺激間的時間間隔(SOA)，所影響的兩作業的反應時間中可以觀察出，在兩刺激間隔越小時，第二個的反應時間會越長，如圖 1。此種反應時間變長的情況稱為 PRP 效果(PRP effect)。

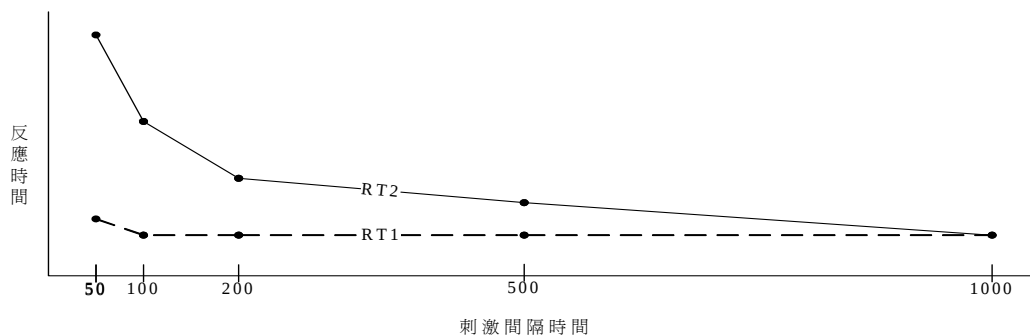


圖 1 PRP 效應在刺激間隔越短時，作業二反應時間越長

Telford(1931)首先開始 PRP 的研究。爾後許多研究藉由操弄不同刺激輸入方式來影響反應時間，此些研究認為不同輸入模式，PRP 效果較易被觀察；而使用相同輸入模式時，PRP 效果則不顯著。為何造成 PRP 效果，有研究者提出不同理論模型來解釋。本研究主要討論結構式瓶頸模式(Pashler,1989,1990,1994)與資源分享模式(Tombu & Jolicoeur,2003)。

結構式瓶頸(Structural bottleneck model)

此一模型認為執行雙重作業時，受試者從接受刺激開始到進行反應，有三個基本階段：刺激辨識、反應選擇與反應執行階段。不同學者認為不同之認知歷程階段皆有造成瓶頸之可能。Welford(1952)提出瓶頸產生位置是在反應選擇階段，認為作業中若包含兩個不同向度之刺激(如視覺與聽覺)或兩個不同向度反應(如手動與口說)，就會在作業歷程中產生瓶頸。在 Welford (1952, 1980) 等人的實驗結果，排除瓶頸位於知覺階段與反應產生階段。De Jong (1993) 也曾藉由操控不同的變項來了解 PRP 效果的瓶頸位置，所獲致的結果也與上述類似。並由 Smith(1967)提供支持並討論此一階段為產生瓶頸所在。

Pashler(1994)提出之結構式瓶頸理論認為：刺激發生間隔 (SOA) 與第二項作業的操弄應不影響作業一之反應時間 (RT1)，且中央資源在處理反應選擇階段時僅處理一種刺激，所以當兩作業同時要求使用中央資源時，後到者必須等前一作業完成後方可處理。

分享資源式模式(Capacity sharing model)

此模式認為心智資源是有限的，而雙重作業中資源會被分配到兩作業，反應時間和所使用之資源有負相關，使用越多資源反應時間越快(Kahneman,1973; McLeod 1977; Wickens, 1980)。此模式認為延遲肇因於不同的資源分配比例 (sharing proportion; SP)。

Tombu & Jolicoeur(2003); Kahneman(1973);McLeod(1977); Navon & Gopher(1979); Navon & Miller(2002)等人認為在對雙重作業中所產生之瓶頸，可能是因資源分配不均所影響，所分配到資源越少，反應時間會越慢。

在資源分享模式中，作業一之反應時間在刺激發生間隔較短時，作業一與作業二會共同使用中央瓶頸階段，使作業一之反應時間時間延長。該模式指出在反應選擇階段是可以同時處理多種刺激，但是因為資源被切割分享，可能會同時影響兩作業反應時間之表現。

在Tombu & Jolicoeur(2003)的研究中，認為雙重作業處理時應是資源分享模式，可以對多種的刺激同時作反應。而反應時間所產生差異是在於資源分享不同所造成。而Kahneman (1973);McLeod (1977)研究中有相同看法，在雙重作業中可能會包含兩種情況：一種為兩作業認知歷程中不會有資源分享；另一種則是在兩作業認知歷程中會發生資源分享。

兩模式最重要之差異在於”反應選擇階段可否同時處理多種刺激”與”作業一之反應時間 (RT1) 是否會受到刺激發生間隔 (SOA) 與作業二之操弄影響”。Tombu & Jolicoeur (2003)指出過往文獻 Pashler(1994)認為作業一之反應時間不受刺激發生間隔或是作業二操弄之影響，但 Tombu 所提出資源分享模式卻認為刺激發生間隔或作業之情形會影響作業一之反應時間。而 Tombu 等人 (2003)認為有兩大因素會影響資源分配模式，該因素分別為”作業順序”與”指導語”。

年長者的反應延遲特例

許多針對年齡所產生反應時間的變化，Alain & Woods(1999)，Nieuwenhuis et al.(2000)，Olincy et al (1997)針對刺激辨識時所產生影響中發現年長者會對受另一刺激導致打斷現有刺激辨識。相同的，Kramer et al.(2000)發現如果另一刺激較明顯或易察覺，中斷的影響更強。

Hein & Schubert(2004)對年長者之雙重作業反應進行討論，發現年紀對於作業二刺激辨識，會造成影響，並討論出年長者在作業二為強烈的視覺刺激時會影響到作業一的反應時間。該研究結果顯示，雖使用相同實驗過程，年長者可觀測出後項作業影響前項作業的反應時間，所以不能利用結構式瓶頸理論對年長者作業一之反應時間延遲解釋，但對年輕者而言卻不會造成影響。

故年齡會造成不同的延遲影響會有不同表現，但產生延遲是在認知歷程的哪個階段。認知歷程階段基本上區分為三階段：刺激辨識、反應選擇與反應執行。若雙重作業延遲是產生在辨識刺激所產生影響，可以討論所造成影響是在於視覺強度或聽覺，不同感官接受刺激時會否有干擾的現象產生。若在反應選擇階段產

生延遲，則可以討論作業難度對於延遲所產生影響。若延遲可能發生於反應執行，階段對作業一反應執行的長短是否會影響作業二的作業時間。以上三點可以可利用作業一之反應時間之延遲來討論針對不同的刺激與年齡產生延遲的模式是否相同。

本研究將藉由操弄不同實驗討論不同年紀因素或不同作業，所造成延遲是否構成分享資源模式或是結構瓶頸模式。

研究方法

經由上述文獻，可發現在刺激辨識階段時會有年齡之差異。而其差異是否是因為不同的延遲模式所導致？本研究將透過實驗來驗證不同年齡所造成之延遲模式差異。

實驗一

本實驗藉由操弄不同的作業二難度來探討受試者在進行雙重作業時，所受到的影響。三個難度差異主要為：色塊反應雙重作業、一致色字反應雙重作業與不一致色字反應雙重作業。

方 法

受試者

受試者需具正常視力或經矯正過後擁有正常視力者，具有辨別紅色與藍色兩色能力，並能區別“紅”與“藍”兩字。年輕者為雲林科技大學學生，年長者年齡要求需大於 65 歲，可順利完成實驗操作者。兩組人數皆為 18 人。年輕受試者中男 9 人女 9 人，平均年齡 22.5，標準差 1.01。年長者男 6 人女 12 人，平均年齡 76.9，標準差 5.06。

實驗器材

受試者所會使用鍵盤上“Z”與“/”作為回應文字顏色的按鍵。分別貼上對應紅色與藍色的標籤。電腦會有一麥克風收集受試者對於聲音刺激所做口說反應的時間。

實驗材料

視覺刺激	包含顏色方塊與字兩種。
顏色方塊	本實驗中會使用 2 種顏色，紅色與藍色。長寬各 15 公分，中心點與螢幕中心相同。
字	所出現字的刺激皆以白色螢幕為底，塗滿字體線條的顏色為藍色或紅色。
聲音刺激	聲音分為高與低，差異為頻率高低，兩者頻率為 900HZ 與 1800HZ。

實驗設計

實驗一有一受試者間因子-年紀(A)，年輕/年長。兩個受試者內因子-SOA(S)以及刺激呈現難度(H)，SOA 有 3 個水準：150、300、500(ms;毫秒)。刺激呈現難度有三個水準：色塊、一致色字與不一致色字。每個實驗受試者會以刺激難度為實驗區集，故受試者要接受 3 個實驗區集測試(色塊、一致色字與不一致色字)實驗。區隔內的視覺刺激與聽覺刺激的條件是隨機出現。本實驗為一 2(年紀)*3(SOA)*3(作業二刺激難度)實驗設計。

刺激難度在「色塊」時，視覺刺激呈現方式為色塊，長寬各 15 公分，出現在螢幕正中央。「一致色字」是使用字色與字義相同的字作為視覺刺激，實驗中會出現的有「藍」與「紅」兩字，字體顏色是利用對應字義的顏色塗滿，「紅」字用紅色墨水塗滿，「藍」字用藍色墨水來塗滿。「不一致色字」則是字體顏色是將字體顏色改為與字義不相同，「紅」字用藍色墨水塗滿，而「藍」字用紅色墨水塗滿。

受試者需要先執行前測實驗後，才進行實驗一。實驗一中受試者先進行「色塊」收集基本反應選擇所需時間，之後使用對抗平衡法一半先作「一致色字」再做「不一致色字」，另一半受試者則反之。所有實驗在同一天內進行，所需時間約為兩小時。

實驗程序

所有作業開始前，螢幕中央會出現十字符號，通知受試者實驗即將開始，實驗程序如圖 2。

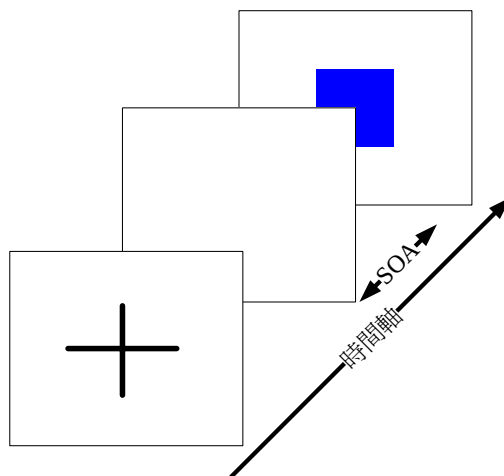


圖 2 實驗一刺激呈現示意圖

第一個聲音刺激出現時螢幕會呈現空白畫面，在第一項刺激出現後相隔 SOA 作業二的刺激(色塊或是色字)才會產生。而受試者在實驗中需在聲音刺激出現後說出所聽到的聲音為高音或低音。而對視覺刺激必須利用手動反應，按下鍵盤上貼有相對應顏色。實驗過程中不要求受試者必須依照刺激出現順序回答，僅告知所需執行作業的刺激及反應方法為何。若受試者發生執行錯誤時，螢幕會出現錯誤訊息，需由實驗者取消後，方能繼續實驗，該次時間數據不予記錄。

結 果

實驗結果以作業一以及作業二反應時間為主要依變項，進行以年紀(受試者間變項)、SOA 與難度(受試者內變項)為自變項的變異數分析。若受試者反應時間低於 300 或大於 5000 毫秒視為無效數據。實驗結果之分析是在不同實驗難度情況下的平均數加減三個標準差範圍內所收集數據，超過此範圍者視為異常值不予收集，實驗結果分析內容為剔除異常值後所收集之數據。數據分析先由所有受試者分析後，再依不同年齡分組進行分析。

口說反應作業時間

在作業一中，受試者需要辨別聲音刺激是高或低後，在利用口語回答，在聲音刺激呈現後到受試者出聲回應作業一刺激的時間間隔，為口語反應作業時間。平均作業一口說反應時間如圖 3。

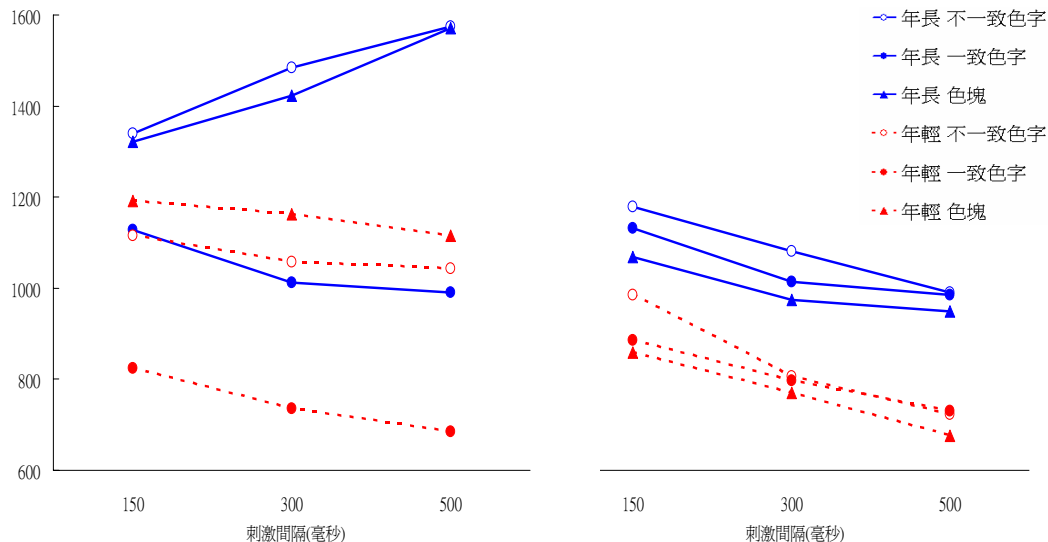


圖 3 實驗一反應時間

註：左為作業一口說反應時間，右為作業二手動反應時間

實驗一口說反應時間變異數分析中，在所有受試者中主要因子部分組間因子年紀的主效果顯著， $F(1,34)=6.66$ ， $MSE=1311418.47$ ， $p<.005$ 。組內因子中難度的主效果顯著， $F(2,68)=44.93$ ， $MSE=119931.1$ ， $p<.001$ 。二次交互作用方面，SOA 與年紀顯著， $F(2,68)=16.65$ ， $MSE=18204.20$ ， $p<.001$ ；SOA 與難度顯著， $F(4,136)=11.97$ ， $MSE=12697.71$ ， $p<.001$ 。三次交互作用方面：難度與 SOA 及年紀交互作用顯著， $F(4,136)=6.49$ ， $MSE=12697.71$ ， $p<.002$ 。

在難度與 SOA 及年紀三次交互作用方面，分別對年輕與年長者討論作業二難度與 SOA 的交互作用。在年輕受試者中作業二難度與 SOA 的交互作用不顯著， $F(4,68)=.46$ ， $MSE=16253.91$ ， $p>.05$ 。在年長受試者作業二難度與 SOA 的交

互作用顯著， $F(4,68)=24.82$ ， $MSE=9141.50$ ， $p<.001$ 。

進一步分析年長者在 SOA 與作業難度的交互作用，年長者在 SOA=150 時作業難度的不同對作業一反應時間沒有顯著差異， $F(2,51)=2.294$ ， $MSE=107257.65$ ， $p>.05$ 。在 SOA=300 時作業難度的不同對作業一反應時間有顯著差異， $F(2,51)=9.464$ ， $MSE=125696.66$ ， $p<.001$ 。在 SOA=500 時作業難度的不同對作業一反應時間有顯著差異， $F(2,51)=19.637$ ， $MSE=103825.60$ ， $p<.001$ 。

圖 4 可觀察出 SOA 為 300 與 500 中作業難度的不同對作業一反應時間是否有顯著差異，當刺激難度為「一致色字」的反應時間表現與 SOA 成反比，而當刺激難度為「色塊」或「不一致色字」時作業一反應時間與 SOA 成正比。表示年長者在難度不同的刺激情況，作業一反應時間在 SOA 增加時呈現不同表現。

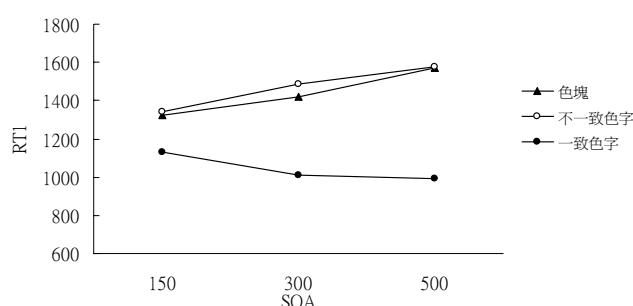


圖 4 實驗一口說反應時間年長者中在 SOA 與作業二難度交互作用

而 SOA 與年紀的交互作用，在下圖 5 中可以觀察出。兩種受試者回答反應時間與 SOA 改變有不同表現，年輕受試者口說反應時間與 SOA 成反比，而年長者卻成正比。

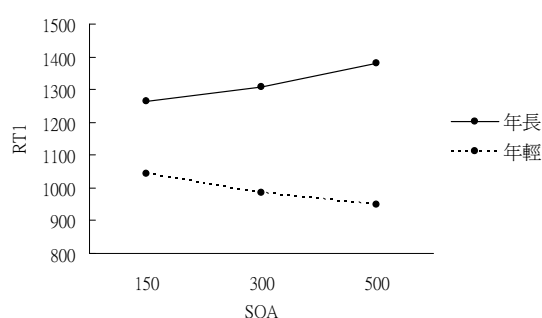


圖 5 實驗一口說反應時間中 SOA 與年紀交互作用

在所有受試者中，SOA 與難度交互作用進一步分析，當 SOA=150 時作業難度的不同對作業一反應時間有顯著差異， $F(2,105)=5.153$ ， $MSE=164854.43$ ， $p<.05$ 。在 SOA=300 時作業難度的不同對作業一反應時間有顯著差異， $F(2,105)=9.133$ ， $MSE=217869.71$ ， $p<.001$ 。在 SOA=500 時作業難度的不同對作業一反應時間有顯著差異， $F(2,105)=11.798$ ， $MSE=241840.31$ ， $p<.001$ 。可利用下圖 6，觀察出受試者在作業二難度為「一致色字」的反應時間表現與 SOA 成反比，而

在難度為「色塊」或「一致色字」時反應時間與 SOA 成正比。

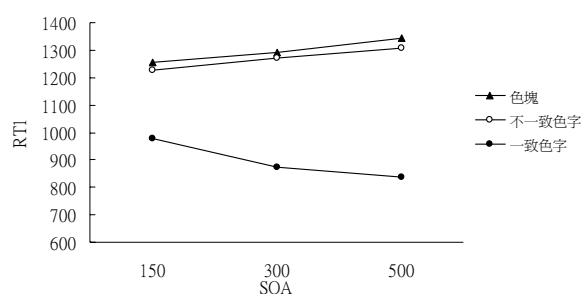


圖 6 實驗一口說反應時間中 SOA 與作業二難度交互作用

以下將受試者資料依照不同年齡，再繼續分析不同年齡，實驗因子對於反應時間之影響。在年輕受試者變異數分析中主要因子部分難度的主效果顯著， $F(2,34)=16.04$ ， $MSE=153939.91$ ， $p<.001$ ；SOA 的主效果顯著， $F(2,34)=13.37$ ， $MSE=9520.41$ ， $p<.001$ 。

在年長受試者變異數分析中主要因子部分難度的主效果顯著， $F(2,34)=35.16$ ， $MSE=85922.29$ ， $p<.001$ ；SOA 的主效果顯著， $F(2,34)=6.83$ ， $MSE=26887.99$ ， $p<.05$ 。二次交互作用方面，SOA 與難度顯著， $F(4,68)=24.82$ ， $MSE=9141.50$ ， $p<.001$ 。年長者二次交互作用如前所述，在難度不同的刺激情況時，作業二反應時間與 SOA 增加時呈現不同表現。

手動反應作業時間

在作業二，受試者需要辨別視覺刺激是紅色或藍色，並利用左右兩手之按鍵執行手動反應。從視覺刺激出現到受試者按下按鍵之時間間隔為手動反應之作業時間，不同年齡在不同視覺刺激難度下的平均手動反應時間如圖 3。

在所有受試者中主要因子部分中年紀的主效果顯著， $F(1,34)=6.68$ ， $MSE=701255.15$ ， $p<.05$ ；作業二難度的主效果顯著， $F(2,68)=8.28$ ， $MSE=19582.80$ ， $p<.001$ ；SOA 的主效果顯著， $F(2,68)=86.61$ ， $MSE=9855.69$ ， $p<.001$ 。

若以個別之年紀來看，在年輕受試者變異數分析中主要因子部分的 SOA 主效果顯著， $F(2,34)=146.84$ ， $MSE=3722.99$ ， $p<.001$ 。作業二難度與 SOA 的交互作用顯著， $F(4,68)=5.74$ ， $MSE=3262.32$ ， $p<.001$ 。

年輕受試者作業二難度與 SOA 的交互作用可在圖 7 觀察出，年輕受試者在 SOA 為 300 時作業二之難度為「不一致色字」時較「一致色字」的反應時間慢，SOA 為 500 時其作業二反應時間在作業二之難度為「不一致色字」較「一致色字」的反應時間快。

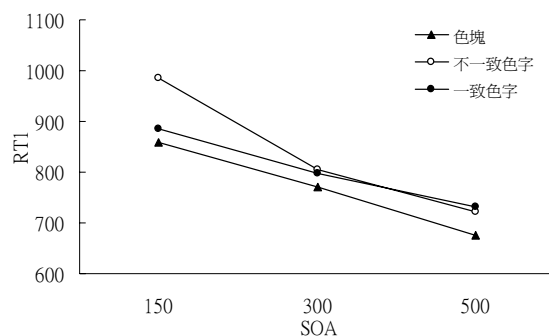


圖 7 實驗一手動反應時間年輕者在作業二難度與 SOA 的交互作用

在年長受試者變異數分析中，主要因子部分作業二難度主效果顯著， $F(2,34)=5.08$ ， $MSE=19158.77$ ， $p<.03$ ；SOA 主效果顯著， $F(2,34)=20.22$ ， $MSE=15988.40$ ， $p<.001$ 。

討 論

口說反應時間

在 Chen & Chen(2003)以及 Levy & Pashler (2001)的研究指出，若限制受試者回答兩作業的順序，受試者之認知歷程有能會受到限制。Tombu & Jolicoeur (2003)的研究更指出受試者若需要依照順序來回答，受試者會將資源放在需要處理的資源上，使得執行作業順序為先到先處理的方式；而在自由回答作業的情況下，其反應時間會較有規則限制的時間為快。本研究在不要求受試者回答順序的情況下，希望藉由觀察不同受試者的反應時間表現，來推知其認知歷程中資源分配比例的不同。

年長受試者在本實驗作業一口說反應中，反應時間主要有兩種不同的表現，一種是隨著 SOA 變長，口說反應時間也會越長；另一種則是隨著 SOA 變長，口說反應不受到影響或變短。此兩種回答狀況，可依照 Pashler & Johnston (1989)與 De Jong (1993) 的研究中要求受試者利用兩種不同的方式回答刺激：依序或群組回答。本研究推估年長者在可以自行決定反應順序時，可能有兩種不同的回答方式，一種是群組回答，另一為序列式回答。在作業難度為「不一致色字」與「色塊」這兩種作業之反應時間隨著 SOA 成正比，代表年長受試者遇到這兩種刺激時利用群組回答。而作業難度為「一致色字」，會改為依序回答。藉由觀察年輕受試者的口語反應，速度最快的也是「一致色字」。由於 SOA 操弄得非常短，所有受試者的作業一反應時間，皆大於 SOA，代表在作業一完成前，受試者一定會接觸到作業二的視覺刺激，在接觸到不同視覺刺激時，可能會使受試者對不同視覺刺激做出不同的回答表現。而作業一的反應時間在色字相符作業會變快，可能是因為受試者皆認為因為色字相符是較簡單的作業，故先執行作業一以後才執行第二項作業。年長者在執行作業一時會受到作業二刺激之影響，而改變作答方式，Hein&Schubert(2004)也提出年長者之雙重作業反應，作業一會因作業二刺

激強度的不同而受到影響。

實驗中年輕者作業一反應時間會受到 SOA 與作業二難度的影響，在 DeJong (1993)研究中亦發現，當作業一為辨別聲音高低，作業二之辨字作業的視覺刺激種類不同時，作業一的反應時間也會受到作業二之影響而改變。

Tombu & Jolicoeur (2003)認為若作業一反應時間受到作業二的刺激影響，可能資源就會被分配到作業二中，而在本研究中年輕者作業一反應時間是否受到作業二的影響？本研究並未要求受試者需要先進行辨音作業，故可再利用 Tombu & Jolicoeur (2003)資源分配的公式，探討作業二難度不同時，對作業一資源分配的所造成影響。

本研究利用作業一口說反應時間在不同作業二難度中的改變，觀察作業二難度不同如何影響作業一的資源分配比例（sharing proportion：SP），資源分配發生在作業一與作業二重疊之反應選擇階段，所以受試者若受到作業二刺激之影響，則應會表現在資源分配的比例上。表 1 為各項作業之資源分享比例。

表 1 實驗一資源分享比例

年紀	作業二難度	SOA(short)	SOA(long)	SOA 差距	RT1(short)	RT1(long)	SP	平均 SP
年輕	不一致色字	150	300	150	1186.70	1156.63	0.83	0.82
		150	500	350	1186.70	1110.03	0.82	
		300	500	200	1156.63	1110.03	0.81	
	一致色字	150	300	150	821.38	733.55	0.63	0.72
		150	500	350	821.38	683.19	0.72	
		300	500	200	733.55	683.19	0.80	
	色塊	150	300	150	1111.35	1053.58	0.72	0.82
		150	500	350	1111.35	1037.12	0.83	
		300	500	200	1053.58	1037.12	0.92	
年長	不一致色字	150	300	150	1322.76	1423.80	3.06	3.47
		150	500	350	1322.76	1572.18	3.48	
		300	500	200	1423.80	1572.18	3.87	
	一致色字	150	300	150	1128.82	1012.40	0.56	0.73
		150	500	350	1128.82	990.35	0.72	
		300	500	200	1012.40	990.35	0.90	
	色塊	150	300	150	1338.89	1485.15	40.12	14.99
		150	500	350	1338.89	1574.38	3.06	
		300	500	200	1485.15	1574.38	1.81	

註：SOA：刺激間隔，Long 與 Short 代表刺激間隔的組合，共有(150,300)、(150,500)與(300,500)三種組合。RT1：作業一口語反應時間，組合數如 SOA。SP：資源分配到作業一的比例，範圍應在 0 至 1 之間。

由於資源分配比例與作業一所分得資源成正比，所以可以利用在不同難度的作業二中，觀察出不同資源分配。由上表 1 中可觀察出，在「一致色字」與其他作業比較中，SP 值都是最小的。由於 SP 值代表作業一所分得資源，而 $1-SP$ 是作業二在兩作業重疊階段時所分得資源，所以「一致色字」的 SP 小，代表兩種受試者皆分配較多資源到作業二。

年輕者在 SOA(short)與 SOA(long)組合為(150,300)與(300,500)中在「不一致色字」的資源分配情況是 $0.72 < 0.80$;而「一致色字」是 $0.63 < 0.72$ ，顯示出 SOA 越小時作業一分配到作業二的資源越多。符合 Kramer et al.(2000)的研究中認為 SOA 越短時，作業一受到作業二的影響越大，因為 SOA 越長作業一反應選擇階段的完成度越高，那麼影響就會越小。

而年長者在作業二難度為「色塊」與「一致色字」時採用群組回答，資源分配比例大於 1，無法套用 Tombu & Jolicoeur (2003)提出的資源分享模式。而在群組回答部份，需要利用不同的方式進行資源分享的討論，關於 SP 為何會大於一將與實驗二結果一同在綜合討論中說明。

手動反應時間

如同 Hein & Schubert(2004)中，本研究相同也發現手動反應年長者皆比年輕受試者慢。

而受試者在「不一致色字」的難度時，作業二的反應時間最慢。此結果支持 De Jong (1993)中發現當視覺刺激出現為文字時，受試者需要經過語音以及語意編碼，所以字體的形狀或聲音都會影響反應時間，而本研究中單純色塊都比顏色字反應為快，可以佐證其實驗之結果。本研究結果也支持 Stirling(1979)之結果，其實驗內容是字義和字色一致或不一致的文字與沒有意義的幾何圖案，收集受試者對顏色反應的時間，經比較後，「不一致色字」所花費時間會大於一致色字或幾何圖案。

鑑於字色一致性與否會影響作業的反應時間以及資源分配比例，下一實驗則操弄不同之作業二之刺激難度，觀察受試者對其之反應與相關變項對其造成之影響。

實驗二

在上一實驗中觀察出年輕者在不同的作業二難度時，會有不同的分心效果。但分心是由何種原因所造成，由字義所產生分心效果？或顏色所產生？若是因為字義所產生，若將刺激字，旋轉不同角度，受試者若想要瞭解字義，會需要先執行心像旋轉而產生辨字作業之延遲，那麼在不限制受試者反應方式下，在不同年齡的受試者反應是否也會有不同的情況產生。

方 法

受試者

受試者需具正常視力或經矯正過後擁有正常視力者，具有辨別紅色與藍色兩色能力，並能區別”紅”與”藍”兩字。年輕者為雲林科技大學學生，年長者年齡要求需大於 65 歲，可順利完成實驗操作者。各組實驗人數皆為 18 人。年輕受試者中男 12 人女 6 人，平均年齡 24.44，標準差 1.79。年長者男 5 人女 13 人，平均年齡 73.92，標準差 4.06。

實驗器材

受試者會使用鍵盤上”Z”與”/”，分別貼上對應紅色與藍色的標籤，作為回應文字意義的按鍵。電腦會有一麥克風收集受試者對於聲音刺激所做口說反應的時間。

實驗材料

視覺刺激	所出現刺激皆以白色螢幕為底，出現字為”藍”與”紅”，字體顏色均為黑色，會有正向出現或旋轉 180 度的反向出現。
聲音刺激	聲音分為高與低，差異為頻率高低，兩者頻率為 900HZ 與 1800HZ。

實驗設計

實驗所操弄因子有三，有一受試者間因子-年紀(A)，年輕/年長。兩個受試者內因子-SOA(S)，SOA 有 3 個水準：150、300、500(ms;毫秒)；刺激呈現難度(H)，刺激呈現難度有兩個水準：正向文字與反向文字，所謂反向即是將文字作順時鐘旋轉 180 度。本實驗為一 2(年紀)*3(SOA)*2(刺激難度)之實驗設計。刺激呈現方式與間隔同實驗一。

結 果

口說反應作業時間

口說反應是受試者需要辨別聲音刺激是高或低後，利用口語回答，不同年齡的平均口說反應時間如圖 8。

在所有受試者中主要因子部分年紀的主效果顯著， $F(1,34)=21.01$ ， $MSE=366373.76$ ， $p<.001$ ；SOA 的主效果顯著， $F(2,68)=85.74$ ， $MSE=11052.77$ ， $p<.001$ 。二次交互作用方面，SOA 與年紀顯著， $F(2,68)=10.21$ ， $MSE=11052.77$ ， $p<.001$ 。

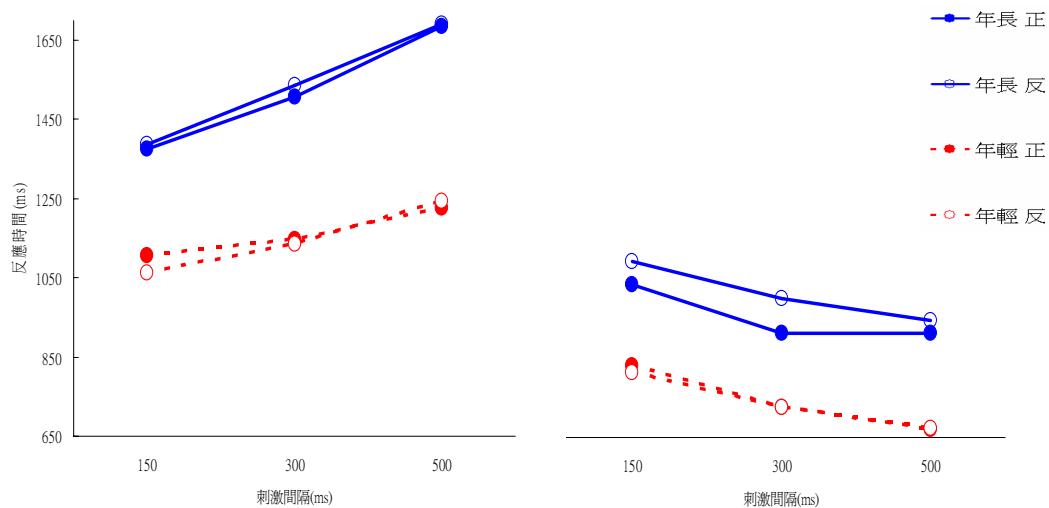


圖 8 實驗二反應時間

註：左為作業一口說反應時間，右為作業二手動反應時間

口說反應時間在 SOA 與年紀的交互作用在圖 9 中，可以觀察出受試者反應時間與 SOA 成正比，但年輕與年長者隨 SOA 增加之幅度並不相同，年輕受試者在 SOA 增加時，反應時間增加的比例比年長受試低。

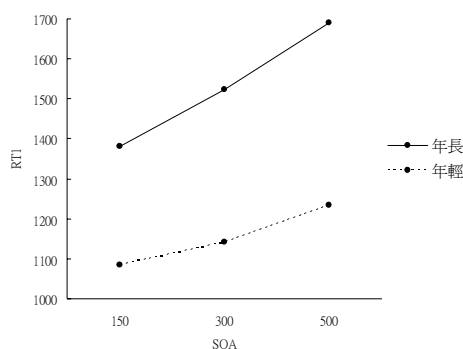


圖 9 實驗二口說反應時間在年紀與 SOA 交互作用

若以個別之年紀，觀察 SOA 與作業難度在不同年紀的影響，年輕受試者中 SOA 的主效果顯著， $F(2,34)=10.18$ ， $MSE=20131.69$ ， $p<.001$ 。年長受試者中 SOA 的主效果顯著， $F(2,34)=435.59$ ， $MSE=1963.86$ ， $p<.001$ 。

手動反應作業時間

手動反應是受試者需要辨別視覺刺激之字義是紅或藍，在利用左右兩手按下對應按鍵執行手動反應，不同年齡的平均手動反應時間如前圖 8。

在所有受試者中年紀的主效果顯著， $F(1,34)=13.14$ ， $MSE=237497.01$ ， $p<.001$ ；SOA 的主效果顯著， $F(2,68)=99.05$ ， $MSE=3841.56$ ， $p<.001$ ；難度的主效果顯著， $F(1,34)=5.17$ ， $MSE=8169.39$ ， $p<.05$ 。二次交互作用方面，難度與年紀顯著， $F(1,31)=5.326$ ， $MSE=8169.39$ ， $p<.03$ 。

難度與年紀之交互作用可在表 2 中觀察出，年長者正向比反向角度的反應時間為短，但年輕受試者卻沒有顯著差異。

表 2 實驗二手動反應時間在難度與年紀交互作用

年紀 \ 難度	正向	反向
年輕	740.24	737.11
年長	949.50	1008.58

以下將受試者資料依照不同年齡，再繼續分析不同年齡中，實驗因子對於反應時間之影響。在年輕受試者中 SOA 的主效果顯著， $F(2,34)=39.86$ ， $MSE=5119.38$ ， $p<.001$ 。年長受試者 SOA 的主效果顯著， $F(2,34)=69.89$ ， $MSE=2563.73$ ， $p<.001$ ；難度的主效果顯著， $F(1,17)=6.75$ ， $MSE=13957.36$ ， $p<.05$ 。二次交互作用方面，SOA 與難度顯著， $F(2,34)=4.66$ ， $MSE=1335.96$ ， $p<.05$ 。

再進一步分析年長者手動反應時間在 SOA 與難度之交互作用，年長者在反向文字中，反應時間與 SOA 成反比，若 SOA 越小，則反應時間越長；但在正向文字中，與 SOA 的關係並非反比，在 SOA 為 300 與 500 項目上，平均數非常接近。

討 論

口說反應時間

如同 Pashler & Johnston (1989)與 De Jong (1993)之研究中，要求受試者必須等兩種刺激出現後，再一次回答的群組反應，而造成作業一反應時間隨 SOA 而延長。實驗一之結果有相同的情況，受試者會利用群組回答的回應方式反應時間也與年紀有差別，年長者比年輕受試者反應慢。在本實驗中年輕者也產生此情況

但年輕受試者在作業一中也改為群組回答，可能是因為分心去處理作業二的視覺刺激所造成。再套用 Tombu & Jolicoeur (2003)所提出資源分享模式，可得到經過公式計算的資源分配如下表 3。

在本實驗中由於群組回答，故資源分配比例都大於一，無法應用 Tombu & Jolicoeur (2003)討論作業一受到作業二的影響，此一結果會在綜合討論中進行分析。本實驗在不要求受試者回答順序的情況下，觀察不同受試者在面對雙重作業時反應時間的自然表現，發現在字義辨別作業中，受試者皆會利用群組回答。

表 3 實驗二資源分享比例

年紀	難度	SOA(short)	SOA(long)	SOA 差距	RT1(short)	RT1(long)	SP	平均 SP
年長	正向文字	150	300	150	1376.50	1507.49	7.89	8.82
		150	500	350	1376.50	1686.95	8.85	
		300	500	200	1507.49	1686.95	9.73	
	反向文字	150	300	150	1386.90	1536.46	334.49	115.62
		150	500	350	1386.90	1692.25	7.84	
		300	500	200	1536.46	1692.25	4.52	
年輕	正向文字	150	300	150	1107.06	1147.31	1.37	1.51
		150	500	350	1107.06	1225.57	1.51	
		300	500	200	1147.31	1225.57	1.64	
	反向文字	150	300	150	1062.12	1136.49	1.98	2.06
		150	500	350	1062.12	1242.79	2.07	
		300	500	200	1136.49	1242.79	2.13	

註：SOA：SOA，Long 與 Short 代表 SOA 的組合，共有(150,300)、(150,500)與(300,500)三種組合。RT1：作業一口語反應時間，組合數如 SOA。SP：資源分配到作業一的比例，範圍應在 0 至 1 之間。

手動反應時間

在手動反應上年長者皆比年輕受試者慢，支持 Hein & Schubert(2004)中所發現手動反應時間會因年紀而有所差異。

而年長受試者身上發現會因視覺刺激呈現角度不同會造成延遲。此結果與 Cooper & Shepard(1973)對於文字刺激在不同角度呈現給受試者時，正向文字比反向文字快的實驗結果相同。但年輕受試者作業二的字體旋轉造成反應時間沒有明顯延遲，可能是年輕者在作業一口語反應時，為同時處理作業二之刺激，已將部分資源轉移到作業二的字體旋轉上，所以導致作業一延遲，這項推論可由年輕者採用群組式回答獲得驗證。

綜合討論

年紀對反應時間之影響

在本研究中反應時間年輕都比年長受試者短，此結果支持 Hein & Schubert(2004)對於不同年紀受試者所執行反應的研究。而實驗一中，在「一致色字」的作業一反應時間，年長者作業一最短的反應時間接近年輕者，代表年長者在於聽聲音刺激後的口語反應時間能夠很快反應，且與年輕受試者的表現相當。但因為年長者在其他難度的作業中，採用群組式回答，所以反應時間都會受到延遲。而在手動反應上面，年輕者的平均反應時間都比年長者快，代表在手動反應上面，年紀會造成反應速度的差距。建議未來在設計需要年長者回應的介面或產品時，若需要較快的反應時間，刺激呈現顏色最好能與表達之意義相符。而反應方式可利用口說反應，以減低年長與年輕者反應速度上的差距。

難度對反應時間之影響

在 Pashler(1994)與 Pashler & Johnston (1989)研究中，認為受試者認知歷程若為次序性，受試者會依照刺激出現順序執行反應，也就是受試者會先處理先出現的刺激，等中央處理階段處理完作業一後才會處理作業二，所以作業一的反應時間不會受到作業二的影響。但本研究在操弄不同作業二難度時，觀察到受試者的作業一反應時間受到作業二不同難度的影響。既然作業一會受到作業二影響，那麼在中央處理階段，可能會產生資源分配的改變，經過 Tombu & Jolicoeur (2003)所提供計算作業資源分配的公式，可以觀察到利用順序式回答的作業中，作業二難度不同會改變整體心智資源分配狀態。

在實驗一所呈現刺激在 MacLeod (1991)與 Stirling (1979)中，認為人對於字義與字色一致的刺激反應最快，而不一致時反應時間就會延遲。年輕與年長者在作業二刺激為「一致色字」時，作業一的資源分配最小，也就是代表受試者分配較多資源給作業二，可能是因為作業二是「一致色字」的視覺刺激，受試者容易花費資源去處理簡單的刺激。這個結果支持 Hein & Schubert(2004)在年紀作為組間因子的實驗中，也發現兩種受試者都會受到強烈作業二的視覺刺激而影響作業一的反應時間。Meyer & Kieras (1997)研究中亦討論出，受試者在強烈的作業二刺激時，會影響到作業一的認知歷程，而且年長者對於高亮度的刺激會花費較多的心力去注意。因此可推論當作業二之難度較低時，受試者較容易將作業一資源分給作業二。

反應方式對反應時間之影響

由於 Tombu & Jolicoeur (2003)的研究中指出受試者若需要依照順序來回答，受試者會將資源放在需要處理的資源上，使得執行作業順序為先到先處理的

方式；而在自由回答作業的情況下，其反應時間會較有規則限制的時間為快。且在 Chen & Chen(2003)以及 Levy & Pashler (2001)指出，若限制受試者回答兩作業的方式，受試者之認知歷程有能會受到限制。故本研究不限制受試者回答順序的情況下，觀察出不同受試者的反應時間表現。

年長者基本上對於本研究中所有的雙重作業，都採用群組反應，會等兩刺激出現後，再一次回答。但年長者在實驗一當難度為「一致色字」時，其作業一反應時間與 SOA 成反比，代表年長受試者會使用依序式回答，先處理作業一之刺激，再執行作業二。而年輕者在實驗一由其對作業一之反應時間觀察發現，都是利用依序式回答，但年輕者在實驗二時卻變成群組式回答，可以推測人在面對不同難度之雙重作業時，會改變回答策略。可能在人的認知中，認為利用群組式回答是更有效率的雙重作業處理方式，所以遇到難度較高的雙重作業時，會自然的使用群組式回答。

Tombu 資源分配理論不適用之處

本研究操弄不同作業二難度項目，觀察作業一是否會受到作業二視覺刺激的影響。本研究計算資源分配的公式是使用 Tombu & Jolicoeur (2003)的研究中所推導出的公式，將本研究中 SP 數據結果整理如下表 4。

表 4 整合所有作業二之資源分配

作業二項目 年紀	實驗一			實驗二	
	不一致色字	一致色字	色塊	正向文字	反向文字
年長	3.47	0.73	14.99	8.82	115.62
年輕	0.82	0.72	0.82	1.51	2.06

註：表格中數值為 SP，是指兩作業重疊時作業一所分配到的資源比例

Tombu & Jolicoeur (2003)的研究中，認為在對雙重作業中所產生之瓶頸，可能是因資源分配不均所影響。其研究假設 SP 值最大是等於一，又因該研究討論的模式是在依序式回答的情況下，所以若要套用該研究之公式時，作業一反應時間應該要與 SOA 成反比，亦即依序式回答方式，使得 RT1(short)比 RT1(long)大，如此在公式(1)的分母才會比分子大，所計算出來的值才會小於一。

$$SP = \Delta SOA / [SOA + RT1(short) - RT1(long)] \quad (1)$$

而在本研究中，受試者回答方式卻不一定為依序式，也就是說作業時間不一定會與 SOA 成反比，那就有可能 SOA 越大作業時間越長或不變，所以可能使 RT1(short)比 RT1(long)小，使公式(1)的 RT1(short)-RT1(long)成為負值，分母就會變小，所以計算出的 SP 大於一。

當 SP 大於一時，可觀察出受試者之作業一反應時間都是與 SOA 成正比。但大於一的 SP 值無法解釋資源分配，所以本研究發現在 Tombu & Jolicoeur (2003) 所提供的資源分享模式，無法解釋群組回答中資源分享的情況。

延伸研究

本研究結果中發現受試者在執行不同難度作業二時，除反應時間產生差異，連反應回答方式也有改變。未來若有介面或產品需要同時呈現多維度刺激給使用者時，可將反應時間較短的刺激同時呈現給使用者，減少使用者因為刺激呈現所產生的延遲，增進使用之效率。

本研究均操弄作業二難度，觀察作業一受到作業二的影響，若在兩作業難度皆提升時，或提升作業一難度時，對於雙重作業認知歷程的改變，一種可能是受試者將注意力資源集中在一項作業中，而使回答方式成為依序式回答；另一種可能是受試者為同時處理兩項作業，而使作業一反應時間延遲，形成群組式回答。所以未來研究可以針對不同作業難度影響的反應時間變化中，觀察在雙重作業處理時，受試者反應方式，到底是平行或依序處理效率高？又或是在面對不同難度的雙重作業時，人會有更多不同的處理方式，這些反應方式是如何被使用以及為何會有這些不同的處理方式，都值得繼續延伸研究，以發掘在處理不同作業難度的雙重作業中認知歷程所受到影響以及改變。

在 Tombu(2003)研究中所提出資源分配公式，無法分析本研究中群組回答之反應狀況，但並不代表受試者在群組回答時就不會有資源分配之情況，建議未來研究針對會造成群組回答的雙重作業，另行討論在群組回答時資源分配的可能性。

參考文獻

- [1] Alain, C., & Woods, D. L. (1999). Age-related changes in processing auditory stimuli during visual attention: Evidence for deficits in inhibitory control and sensory memory. *Psychology and Aging, 14*, 507-519.
- [2] Chen Min-Sheng, & Chen Jenn-Yeu (2003). Scheduling of Mental Processes in the Stroop task with Critical Path Method. *Chinese Journal of Psychology*, vol. 45, 379-400.
- [3] Cooper, L. & Shepard, R. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. In W. Chase (Ed.), *Visual Information Processing* (pp. 135-142). New York, NY: Academic Press.

- [4] DeJong, R. (1993). Multiple bottlenecks in overlapping-task performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 965–989.
- [5] Donders, F. C. (1869). Over de snelheid van psychische processen [On the speed of mental processes]. *Onder-zoekingen dehaan in het physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool*, 11, 92-130. (Reprinted from *Acta Psychologica*, 1969, 30, 412-431.)
- [6] Ferreira, V. S. & Pashler, H. (2002). Central bottleneck influences on the processing stages of word production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 1187-1199.
- [7] Grit Hein, & Torsten Schubert. (2004) Aging and input processing in dual-task situations *Psychology and Aging*, Vol. 19, No. 3, 416–432
- [8] Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [9] Kramer, A. F., Hahn, S., Irwin, D. E., & Theeuwes, J. (2000). Age differences in the control of looking behavior: Do you know where your eyes have been? *Psychological Science*, 11, 210–217.
- [10] Levy, J., & Pashler, H (2001). Is dual-task slowing instruction dependent? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 2001, Vol. 27, No. 4, 862 – 869
- [11] MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109, 163-203.
- [12] McLeod, P. (1977). Parallel processing and the psychological refractory period. *Acta Psychologica*, 41, 381–391.
- [13] Meyer, D. E., & Kieras, D. E. (1997). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 1. Basic mechanisms. *Psychological Review*, 104, 3–65.
- [14] Navon, D., & Gopher, D. (1979). On the economy of the human-processing system. *Psychological Review*, 86, 214–255.
- [15] Navon, D., & Miller, J. (2002). Queuing or sharing? A critical evaluation of the single-bottleneck notion. *Cognitive Psychology*, 44, 193–251.
- [16] Nieuwenhuis, S., Ridderinkhof, K. R., De Jong, R., Kok, A., & van der Molen, M. W. (2000). Inhibitory inefficiency and failures of intention activation: Age related decline in the control of saccadic eye movements. *Psychology and Aging*, 15, 635–647.
- [17] Olincy, A., Ross, R. G., Young, D. A., & Freedman, R. (1997). Age diminishes performance on an antisaccade eye movement task. *Neurobiology of Aging*, 18, 483–489.
- [18] Pashler, H. (1984). Processing stages in overlapping tasks: Evidence for a central bottleneck. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 358-377.
- [19] Pashler, H. (1989). Dissociations and dependencies between speed and accuracy: Evidence for a two-component theory of divided attention in simple tasks. *Cognitive Psychology*, 21, 469-514.
- [20] Pashler, H. & Johnston, J. C. (1989). Chronometric evidence for central postponement in temporally overlapping tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 19-45.
- [21] Pashler, H. (1990). Do response modality effects support multiprocessor models of divided

- attention? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 826-842.
- [22] Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, Sep., vol. 116(2), 220-244.
- [23] Sternberg, S. (1969a). The discovery of processing stages: Extensions of Donders' Method. In W. G. Koster (Ed.), *Attention and Performance II*, 276-315. Amsterdam: Elsevier-North Holland.
- [24] Sternberg, S. (1969b) Memory-scanning: Mental processes reveal by reaction time experiments. *American Scientist*, 57, 421-457.
- [25] Stirling, N. (1979). Stroop interference: An input and output phenomenon. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31, 121-132.
- [26] Tombu, M., & Jolicoeur, P. (2002). All-or-none bottleneck versus capacity sharing accounts of the psychological refractory period phenomenon. *Psychological Research*, 66, 274-286.
- [27] Tombu, M., & Jolicoeur, P. (2003). A Central Capacity Sharing Model of Dual-Task Performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 2003, Vol. 29, No. 1, 3 - 18
- [28] Welford, A. T. (1952). The "psychological refractory period" and the timing of high speed performance-A review and a theory. *British Journal of Psychology*, 43, 2-19.
- [29] Welford, A. T. (1980). The single-channel operation in the brain. *Acta Psychologica*, 27, 5-22.
- [30] Wickens, C. (1980). The structure of attentional resources, in *Attention and Performance VIII*, Nickerson, R. (Ed.), 239-257, Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.

PRP effect on different age

Min-Sheng Chen 、 Wen-Pan Lin

Department of Industrial Engineering and Management
National Yunlin University of Science & Technology

Abstract

Two experiments were manipulated in this article to examine the age effect on task 1 slowing in the psychological refractory period (PRP) paradigm. The results showed that subjects' performance could be affected by age factor. Older participants always reacted at a slower pace than younger.

The results also showed that the participants in different ages made responses with different strategies. The data exhibited that older participants always made responses to the task 1 with grouping in dual task, but not the younger. Younger participants often made responses in dual tasks with one by one response. Task 1 may share more resources with task 2 when the difficulty of task 2 was decrease.

This article explained why the capacity sharing theory by Tombu could not be applied in these two experiments.

Keywords: PRP effect, dual task ,central capacity model , central bottleneck model