

以量相符效應探索一個自閉症學者 症候群患者的數字數量表徵

蔡佳津
國立陽明大學

楊宗仁
國立臺北教育大學

李俊仁
國立陽明大學

在本研究中，主要目的是想瞭解一個具有計算天才自閉症個案（DJ）的數字數量表徵。透過「量相符效應」（size congruity effect）作業，比較此一計算天才的數字數量表徵與一般大學生的異同。「量相符效應」是數字史促普作業（number Stroop task）的一種現象，指的是受試者因判斷數字形狀大小/數字數量多寡時，會因為兩個向度的量是否大小相符，而產生促進或抑制的反應。DJ 的資料顯示：一、DJ 在數字數量多寡判斷作業時，不論是促進或是抑制效果，都高於一般大學生倍數的效果量。二、DJ 在數字形狀大小判斷以及數字數量多寡判斷時的促進或抑制效果，與一般成人促進或抑制模式相仿。但 DJ 在判斷數字數量多寡時，因數字形狀大小的量相符產生極大的促進效應；在判斷數字形狀大小時，促進效果量低於一般成人，但抑制的效果量卻大於一般成人。這個資料型態與傳統的自動化工論所預期的結果相反，但是以抑制功能異常或是表徵分化論，卻也無法完全解釋所發現的現象。

關鍵詞：量相符效應、數字史促普作業、學者症候群、量表徵、自閉症

結論

一、研究動機

有些智能障礙者，雖有智力問題，但是卻在某一或某些能力向度上，表現出超越其智力水準預期的成就，有時，甚至是一般正常人都無法完成的成就表現，這些人稱為「學者症候群」(savant syndrome)。所謂的某一或某些能力向度，多發生在日曆星期轉換、計算、藝術、音樂等項目 (Miller, 1999)。電影「雨人」中，達斯丁霍夫曼所扮演的角色，就是一個大家耳熟能詳的例子。學者症候群裏有很高的比例是自閉症患者 (Treffert, 2000)，瞭解這些人如何發展以及執行運作其特殊能力，不僅對於瞭解自閉症有所幫助，也對於了解不同認知能力間的關係有相當的重要性 (Frith, 2003)。由於學者症候群患者的智力，也就是跨領域的一般學習能力，大多遠低於一般人，但是在特定領域上，其表現卻遠遠超過一般人，這樣的現象，提供研究者一個絕佳的研究窗口，得以瞭解不同認知能力之間的關係，例如計算與語言 (如具有計算天份的自閉症患者)，空間與語言 (如威廉氏症患者) 等能力的關係。除此之外，通常學者症候群患者的感官敏感度與一般人不同，研究不同感官敏感度與特殊能力發展之間的關係，更可以瞭解學習歷程中，周邊與中樞，由下而上，以及由上而下的運作歷程的機制 (Hill & Frith, 2004)。

過去的研究顯示，具有特殊計算能力的人，可能是以兩種方式來運作。一種是如同一般人的紙筆計算運作，只是其工作記憶非常的大，或是計算效率異常高，能夠計算出一般人不能夠計算出來的數字運算。另一種，則是以記憶的方式，將過去學習的 (不管是以何種方式) 計算結果，從記憶中提取出來。例如 Pesenti 等人 (2001) 曾報告一位經過不斷自我訓練而

具有特殊運算能力成人的腦造影研究，研究者以功能性磁共振造影為研究工具，發現當他進行計算時，在前扣帶皮質 (anterior cingulate cortex)，右腦前額葉 (right prefrontal cortex)，右腦顳葉中間 (right medial temporal lobe) 等區域，比一般人有更高程度的活化，而這些區域，過去都認為跟記憶有關，顯示可能是以記憶的方式，儲存計算的答案，做出反應，而不是按照一般或特殊的計算法則。

文獻上提及諸如計算及其他特殊才能的學者症候群的成因有多種，包括與眾不同的表徵 (如數字的視覺感官)、機械性記憶、左腦缺陷右腦補償、動機等 (Treffert, 2000)。在眾多的成因解釋中，對數字數量表徵形式的探討最為受人重視。因此，本研究主要的目的在探討 DJ 數字數量表徵系統是否有特殊之處，希望對於了解學者症候群的成因有所助益；也希冀對於人類數字數量表徵的研究，具有重大意義。在這篇文章中，量 (magnitude) 指稱的概念包括多寡、大小、高低、先後等物理特性的概念，而數字數量 (numerals) 表示的是以文字符號所表徵的數的概念。此研究主要目的是探討一個計算學者症候群個案，DJ，他的數字數量表徵。DJ 是一個自閉症患者，但是在計算能力上卻展現出超越一般人的表現。DJ 的特殊之處，在於他的計算表現較不可能是由記憶或不斷練習所致。郭佳芬 (2004) 曾對 DJ 進行研究，她發現 DJ 可以正確地進行五位數以上的平方根或立方根的計算。雖然 DJ 總是計算機不離手，但是，DJ 的計算機其功能僅限於一般加、減、乘、除及平方根的計算，並沒有計算立方根的功能。這顯示 DJ 至少在立方根的運算上，不太可能是從不斷按計算機的練習過程中，將答案背誦後提取的結果。同樣的現象，也出現在質數上，DJ 可以列出 1 到 10000 的質數，這也非計算機所提供的功能。

在此研究中，透過實驗心理學中非常經典

的「量相符效應」(size congruity effect)，探討此一計算天才的數字數量表徵與一般大學生的異同。「量相符效應」是在進行數字史促普作業 (number Stroop task) 時所產生的一種效應。史促普作業 (Stroop task) 反映的是在一個認知作業中，同時含有自動化與非自動化兩個歷程，而非自動化歷程的判斷會受到自動化歷程影響的作業。最知名的史促普作業當屬史促普色字唸名作業 (Stroop color naming task)，這個作業要求受試者要唸出字的顏色而不要管字的內容。但當受試者在唸出一個色字的顏色時，會受到色字的顏色與色字指稱顏色相符與否而影響表現。例如當念出紅色的「綠」字時(答案為紅)，其反應會比紅色的「綠」字(答案為紅)慢。在這個作業中，字的處理是自動化的歷程，而顏色唸名是非自動化歷程，但字的自動化處理影響了非自動化的色字唸名。這也是史促普作業最傳統的解釋方式 (MacLeod, 1991)。數字史促普作業則是利用數字的特性，根據傳統史促普作業變化而來。受試者必須對兩個同時出現的個位數字，判斷數字的數量多寡或形狀大小，研究者據以探討數字數量多寡判斷與數字形狀大小判斷中兩種量的交互影響。而「量相符效應」指的是受試者在判斷數字數量多寡 / 數字形狀大小時，在量的向度上受到另一向度是否相符而影響反應時間的促進或抑制。例如受試者判斷兩個數字的數量多寡時，當數字數量多寡與數字形狀大小的量相符時 (同為大或同為小)，會縮短反應時間而產生促進效果；但當數字數量與數字形狀大小的量不相符時 (例如在數量大小判斷時，呈現數字形狀較大的 1 或數字形狀較小的 9)，則會延長數字數量多寡判斷的反應時間。在本文中，我們藉由此一已被廣為研究的指標，來探討個案 DJ 數字數量表徵與認知機制與一般大學生的異同。

二、文獻探討

數學計算 (calculation) 雖是人類文明的產物，需要語言的介入，但是沒有語言的動物或是人類嬰兒便已經具備量 (magnitude) 的概念 (例如比較的能力)。這顯示量的處理並不是人類所特有，而是生物演化中，為求生存適應所必須具備的基本能力。因此生物體在量的概念發展是跨語言及跨文化的 (Wynn, 1992; Dehaene, Dehaene-Lambertz & Cohen, 1998; Pica, Lemer, Izard & Dehaene, 2004)。然而，語言與數字數量的表徵，卻也非完全獨立。Hauser, Chomsky 和 Fitch (2002) 在一篇討論語言演化的文章中，認為生物共有語言、數字數量、空間定位、社會關係四種基本能力。這些基本能力表面上看起來不相關，但卻共享有最基本的運作機制：遞迴功能 (recursive function)。即便語言是僅在人類出現的特質，但他們認為人類語言運作的相關機制也是由此遞迴功能所發展出來，稱之為 FLN (faculty of language, narrow view)。儘管在 Hauser 等人的論文中並沒有討論不同認知功能的表現是在同源演化 (homologous) 的過程中，因分化而產生不同的型態，抑或是這些不同認知功能原先便預設有特化模組 (specialized modular) 並平行發展的結果，但是在腦造影的研究中，不難觀察到表面看似不相關的領域，在大腦中的運作區位雖有不同但卻非常接近，這為同源發展論證提供了支持的證據。最明顯的例子是人類對於臉孔辨識、物體辨識、閱讀、計算等不同機制的運作，在大腦中都引發了顳枕葉交會處 (occipital temporal junction) 的梭狀回中段 (middle fusiform gyrus) 的活化。但是如果經過詳盡的實驗分析，卻又可以發現到不同功能在區位上有所不同，甚至有部分學者更推至為特化 (specialized) 的現象 (例如 Kanwisher 對臉孔辨識的看法; Kanwisher, 2000, 2001)。

整體來說，在相同功能的認知作業，需要相似的大腦活化運作，但是，隨著每一個作業本身細微的、或是特殊的處理，會有其獨特的處理成分 (Cohen & Dehaene, 2004)。因此，不同量 (magnitude) 的表徵與處理 (如數字數量多寡判斷、物理大小判斷、順序判斷、高低判斷等皆為量判斷的作業) 是否具有相同歷程或是僅共享一些基本歷程是許多研究者關心的議題 (Simon, Mangin, Cohen, Le Bihan & Dehaene, 2002)。

而人類如何表徵數字數量這樣的概念呢？從嬰兒發展、動物行為、神經心理學病人的研究證據都指出，動物 (包含人類) 是以類比式表徵 (analogical representation) 作為量表徵的運作基礎 (Dehaene, Dupoux & Mehler, 1990)。一個常用的譬喻是認為動物的量表徵就像一條數線，具備方向以及量大小的特性，只不過，這個心理數線的大小特性，跟物理數線的大小特性有所不同。它在量小的部分，有比較大的心理距離，在量大的部分，有比較小的心理距離。基本上，物理數線跟心理數線的對應關係是對數性質的 (Moyer & Landauer, 1967)。而這個心理數線，會隨著語言的發展，開展出精細計算，或是記憶提取的功能。因此，估計 (不需要語言為介面，可直接運用數系表徵) 跟計算 (需要語言為介面)，其實是兩個不同的運作歷程。不管是在原始部落中的研究，雙語計算的學習遷移，或是腦造影的研究，都顯示估計跟計算為兩種不同的數量處理歷程 (Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003; Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004)。

有關心理數線的表徵特性，在行為層次上可以用下列三個效應來加以闡述：(1)距離效應 (distance effect)：當受試者在比較兩個數字何者較大時，受試者會受到這兩個數字在物理數線上的距離遠近而影響到判斷的反應時間或是正確率。不論呈現的是阿拉伯數字 (例如

「4--6」) 或是文字 (例如「四--六」)，當兩個數字在數線上的距離越接近時，反應時間會較慢，發生較多的錯誤。由於距離效應並不受到刺激的物理形狀大小或是呈現模式差異而有影響，如數字、隨機點 (dot pattern) 或文字，顯示其跨模式通道的特性 (Buckley & Gillman, 1974; Foltz, Poltrock & Potts, 1984)。(2)數字大小效應 (size effect)：若兩個數字在物理數線上的差距相同 (也就是距離效應一致時)，兩個數字較大者 (例如「7--8」)，其反應時間會長於比較兩個較小的數字 (例如「3--4」)。這反應了我們的數線表徵，在大數字的心理距離比較小，因此需要比較多的資源以及時間作區辨。(3)SNARC 效應 (Spatial Numerical Association of Response Code)：對呈現在螢幕中央的數字進行數量判斷時，若要求受試者在數量大的情形下以右鍵作反應，會比數量大的情形下以左鍵作反應要快，這個效應稱為 SNARC 效應。SNARC 效應顯示人類數量表徵具有空間特性，我們的心理數線由左至右，表徵了由小數至大數 (Dehaene, Bossini & Giroux, 1993)。

在本研究中，我們採用數字史促普作業並選擇量相符效應作為指標，探討 DJ 的數字數量表徵特性。在解釋傳統史促普效應以及量相符效應時，最常被提及的應屬自動化理論 (automaticity)，以及與自動化理論基本精神相符的相對速度理論 (relative speed of processing)。這兩者的基本精神在於利用兩個作業的自動化程度差異來解釋相關現象。

以史促普色字唸名作業來說，顏色的唸出係出自作業要求，而字詞辨識則與作業要求無關。但由於我們辨識字詞是一個自動化的處理，在字的內容與字的顏色不一致的情況下會抑制對顏色的唸名。這個干擾效果是不對稱的，因為我們唸字的顏色受到字名的干擾，但唸字的字名卻不受顏色名稱干擾。數字史促普

效應也是類似情形，認為對於數字數量的判斷速度較快，導致干擾其它向度的判斷，因此也產生不對稱的干擾現象 (Besner & Coltheart, 1979)。但是，新近的研究顯示，對於量相符效應，證據上並不支持數字數量多寡的處理的速度一定比數字物理形狀大小判斷較快 (Girelli, Lucangeli & Butterworth, 2000; Girelli, Sandrini, Cappa & Butterworth, 2001; Rubinsten, Henik, Berger & Shahar-Shalev, 2002)，這顯示在量相符效應的研究中，不同研究者選擇的研究參數會影響實驗的結果。Algom, Dekel 和 Pansky (1996) 以操弄物理形狀差異大小的方式，討論量相符效應，研究結果顯示物理形狀差異極大時，物理形狀大小判斷的反應時間會比數字數量多寡判斷快，但物理形狀差異極小時，物理形狀大小判斷的反應時間會比數字數量多寡判斷慢，顯示不同的參數的確會影響實驗的結果。

儘管在對於量相符效應的現象以及解釋還有許多爭論，但利用這個研究典範，可以討論數字數量表徵與其它量概念的表徵是隸屬於同一個系統，或是彼此獨立。如果兩個概念系統運用相同的表徵，相較於不同表徵的情形，不論促進或抑制的效果，產生的促進或抑制現象應該是接近對稱的。因為是同樣表徵，A 作業影響 B 作業的模式，而 B 作業也同樣影響 A 作業，所以在反應上產生競爭；但也因為是同樣表徵，所以在提取上產生促進。如果是兩個概念系統是彼此獨立的，除卻認知資源競爭外，兩者不應該會產生對稱的促進或抑制現象。

使用數字史促普作業來研究個案 DJ 的另一個優點是可以探討注意力的抑制問題。雖然因為增加一個變動因素而可能成為混淆變項，但因為 DJ 本身也是位自閉症兒童，因此對注意力問題的探討是個案研究中不可避免的議題。目前並沒有適當的理論解釋自閉症的

病源。但是在社會互動方面，自閉症兒童被認為是在心智理論能力上產生缺陷 (deficit in theory of mind)；而嘗試解釋重複行為以及特殊能力的理論，則是跟訊息處理模式有關的中樞連貫缺陷 (weak central coherence) 有關；此外，對於行為欠缺變化的固著行為 (rigidity and preservation) 則被認為和執行功能的缺陷 (executive dysfunction) 相關。在三個理論架構中，「中樞連貫」及「執行功能」的缺陷，都可看到對抑制功能的討論，顯示抑制功能在自閉症兒童研究的重要性 (Hill, 2004)。針對自閉症提出三種可能解釋的理論，並不代表這些理論彼此互斥或是競爭，實際上，不難看到每個理論都對自閉症的某些症狀有一定的解釋力，但也無法解釋自閉症患者所有的症狀 (Frith, 2003; Hill & Frith, 2004)。而研究一位學者症候群兼有自閉症患者其數字數量表徵問題時，不可避免地會發現，不同認知能力間可能產生交互作用的結果，並非獨立地、可加成的成份。這樣的狀況，增加了對資料進行全面性解釋的難度，研究者不得已只能以局部的方式論證所發現資料，但也可一窺不同能力間如何相互影響。也因此，我們將針對史促普效應的相對處理論、對自閉症兒童的抑制功能異常論、以及在量的表徵分化處理上分點進行討論。

研究方法

一、實驗目的

在本實驗中，我們採用數字史促普作業，並透過量相符效應，來探索“計算天才”DJ，與一般大學生在數字數量表徵上的差異，並進一步比較 DJ 對於物理屬性的量和數字數量的量是否分屬不同的表徵型態，以及與一般大學生是否相同。

二、受試者

(一) 實驗組：個案 DJ

個案 DJ 在實驗進行期間時為國中一年級。依據 DSM—IV 的診斷，DJ 符合自閉症的三大診斷特徵：在社會互動、口語溝通以及想像及儀式化行為上產生缺陷 (American Psychiatric Association, 1994)，且領有身心障礙手冊。在實驗進行期間，DJ 的生理年齡為 13 歲 10 個月，其魏氏兒童智力測驗 (WISC-III) 的全量表智商是 54 (百分等級 PR 0.1)，語文分量表智商是 46 (百分等級 PR 0.1)，作業分量表智商是 67 (百分等級 PR 1)。DJ 的智力測驗結果和許多高功能自閉症患者有相類似的認知剖面圖，呈現出作業分量表高於語文分量表得分的內在差異，在作業分量表上，尤其以「符號替代」、「圖形設計」以及「物型配置」三個分測驗上得分較高。

DJ 被認定是計算學者症候群 (calculation savant syndrome)，是因為他在某些數學計算領域上展現超乎常人的表現。例如(1)他可以在未經紙筆計算下，寫下某數的平方根、立方根，答案最高可高達 20 位數，且計算的速度十分快速，約在題目呈現後的 1 至 2 秒鐘內便開始動筆寫下題目為 5 位數以上的答案(2)可以區辨從 1 至 10000 以內的所有質數(3)可以在短時間內計算出高達 8 位數的加減乘除四則運算，正確答案超過 12 位數。此外，DJ 也可以在知悉規則下，進行含有分數、公因數、公倍數等概念的計算，展現出非因計算器顯示的計算能力 (郭佳芬，2004)。再加上與家長的訪談以及對 DJ 的實際觀察，可以推論 DJ 的計算不是依賴記憶而來。

如同學者症候群的特性，DJ 一方面展現出令人驚豔的計算能力，另一方面也呈現出諸多認知功能如注意力及情緒控制上的困難。例如，DJ 無法維持注意力一段長期時間，也對陌

生環境有很強的焦慮感。針對 DJ 個案的特殊性，我們也在實驗設計上做了一些調整，以避免外在環境因素的干擾而影響作業效度。例如使用區組隨機呈現嘗試、以實物或具象例子進行解說等，並改採在家中施測以除卻受試者的焦慮感。

(二) 控制組

本實驗的目的在於研究具有計算天才的 DJ 其數量表徵上與一般大學生的差異。因此在控制組的取樣上，我們以一般大學生作為代表。控制組為 15 位 (8 男 7 女，平均年齡 19 到 23 歲) 國立陽明大學的大學生。受試者均為右利、視力 (或經矯正後) 正常且無神經疾病病史。

三、刺激材料

刺激材料為個位數字「3」與「7」的配對組合，並在實驗過程中同時操弄數字數量多寡及物理形狀 (physical) 大小兩種量向度的相符程度 (congruency)。實驗中採用四種狀況：

1. 數字形狀大小與數字數量多寡相符 (congruent)：例如「3-7」及「7-3」。

2. 數字形狀大小與數字數量多寡不相符 (incongruent)：例如「3-7」及「7-3」。

3. 數字形狀大小不同但數字數量恆定：例如「3-3」「3-3」「7-7」「7-7」。

(此情況作為數字形狀大小判斷作業的控制組)。

4. 數字數量多寡不同但數字形狀恆定：例如「3-7」、「3-7」、「7-3」、「7-3」。

(此情況作為數量多寡判斷作業的控制組)。

刺激是在黑色背景上置中呈現字體為 Times New Roman 的白色阿拉伯數字，其中，數字形狀大的數字，其規格為 1.8 * 2.5 cm；數字形狀小的數字，其規格為 1.2 * 2 cm，兩個數字距離為 3.3 cm，刺激是以圖片 JPEG 格式的方式呈現，以實驗控制軟體 presentation 6.2 版

控制實驗程序，並紀錄受試者的反應時間及正確率。

考量 DJ 所能配合的實驗時間長度、實驗程序複雜度以及解釋作業的下，在嘗試可行性後，僅實施一組的數字；會僅採用一種數字大小組合，而非利用不同數字距離差異討論距離效應是不得已的結果，

四、實驗設計

本實驗有兩個作業：數字形狀大小判斷作業及數量多寡判斷作業。

(一) 數字形狀大小判斷作業 (physical judgment task)

在本作業中，兩組受試者所進行的作業是要求受試者判斷螢幕上出現在左右兩邊的兩個阿拉伯數字，「哪一個數字形狀上比較大？」並按鍵反應，無論其數字數量多寡。實驗者透過個人化電腦記錄受試者的正確反應率及反應時間。在數字形狀大小判斷中，我們操弄三種數字形狀大小與數字數量多寡相符的可能情況：(1)數字形狀與數字數量在量的向度上大小相符者 40 題，(2)數字形狀與數字數量在量的向度上大小不相符者 40 題，以及(3)數字形狀大小不同但數字數量恆定者 40 題，共 120 題進行區組化隨機混合。採用區段隨機而非全隨機是因為考量 DJ 可能在實驗中，因為某些因素（注意力、情緒控制等）必須暫停，區段隨機可以在最短時間內獲得不同狀況的最大訊息量，並隨實驗的進行，而穩定實驗數值。因此是以 12 題為一個區段，每種情況各有 4 題，進行區段內隨機呈現，區段的呈現也採隨機順序。

(二) 數量判斷作業 (numerical judgment task)

在數量判斷作業中，受試者要判斷出現在螢幕左右兩邊的數阿拉伯數字，「哪一個數字數量比較多？」，此時數字形狀大小是無關訊

息。在數字數量多寡判斷中，有三種情境：(1)數字形狀與數字數量在量的向度上大小相符者 40 題，(2)數字形狀與數字數量在量的向度上大小不相符者 40 題，以及(3)數量多寡不同但數字形狀大小恆定者 40 題（數字形狀大與小各 20 題），共 120 題。題目呈現方式與數字形狀大小判斷作業相同。

五、實驗程序

每一個嘗試首先在螢幕中央出現一個「+」字形狀的凝視點 500 毫秒，之後出現某一種組合的「3-7」數字配對，受試者必須依照當時的作業要求（判斷數字數量多寡或數字形狀大小）來按鍵反應。實驗分別紀錄不同受試者在兩作業的正確率及反應時間。在正式實驗之前，兩組受試者都會先進行题目的解說及練習題，控制組在每一種作業前各有 30 題練習題，受試者必須完全正確回答才進行正式作業。由於 DJ 是特殊兒童，他在語文理解能力上有困難，因此在正式實驗之前是透過紙筆及實物的方式進行解說，並先進行 60 題的練習題，確認 DJ 瞭解作業內容後才開始進行正式作業。

DJ 的施測是在 DJ 的家中，以增加他的信賴感及熟悉感。在實驗的解說及練習期間，家長皆陪同在旁，正式實驗開始前，則請家長迴避。在實驗進行期間，房間保持在安靜且中度照明的情況。實驗刺激的呈現是透過筆記型電腦，並連接外接式反應盒以收集 DJ 的反應資料。使用反應盒是考量到 DJ 的精細肢體動作較為緩慢，採用按鍵面積較大，數目較少的反應盒會降低動作干擾。為避免 DJ 因為連續施測兩個作業而產生混淆或是因為疲憊產生干擾，DJ 的施測是先進行數字形狀大小判斷作業，間隔了一個禮拜之後才進行數量多寡判斷作業。

控制組的實驗施測在陽明大學的實驗室

內進行，實驗進行期間房間保持中低度照明，實驗刺激的呈現是透過電腦以及 17 吋的螢幕，以滑鼠紀錄受試者的按鍵反應資料。受試者眼睛於與螢幕的距離約為 80 公分。

實驗結果

一、反應時間資料擷取標準

DJ 在數字形狀大小判斷作業中，數字形狀大小/數字數量在量上相符、不相符以及控制情境的正確率皆為 90%，在數字數量多寡判斷作業中，正確率皆為 92.5%，顯示 DJ 的確能瞭解作業內容，並能正確的執行。將 DJ 在數字形

狀大小/數字數量多寡判斷作業的反應時間作次數分配統計，發現到反應時間呈現多峰分配的情況。在 600 毫秒以下的反應時間為第一個集群，1500 毫秒為第二集群，2000 毫秒以上為第三個集群。由於 DJ 偶爾會出現著一些停滯或不能專心於作業的狀況，第一個集群的反應時間，應該是比較可靠的推估資料，因此，在分析中，僅採取第一個集群的時間，如表一所示。在以 600 毫秒以下的嘗試為有效反應時間的情形下，DJ 在數字形狀大小判斷中，有 42% 的有效嘗試；DJ 在數字數量多寡判斷作業中，有 71.6% 的有效嘗試。這顯示 DJ 數字數量對於數字形狀大小的干擾較大。

表一 個案 DJ 在數字形狀大小及數字數量多寡判斷作業的反應時間分佈情況

組界 (以毫秒為單位)	數字形狀大小判斷	數字數量多寡判斷
400 以下	14	52
401-600	36	34
601-800	1	0
801-1000	5	0
1001-1200	6	1
1201-1400	0	8
1401-1600	11	5
1601-1800	14	0
1801-2000	4	1
2000 以上	17	10
合計	108	111
佔所有嘗試	0.90	0.925
切截後佔所有嘗試	0.42	0.72

控制組在各種作業情境的正確率都超過 90%，在反應時間分析中，只挑選正確反應的反應時間進行分析，並依照每一個人的反應時間，去除超過或低於平均數正負兩個標準差的嘗試。

二、控制組

表二呈現控制組 (N=15) 在數字形狀大小判斷作業以及數字數量多寡判斷作業中，平均反應時間及標準差。

(一) 數字形狀大小判斷作業

在數字形狀大小判斷作業中，控制組在數字形狀/數字數量相符、控制、不相符的情形的平均反應時間為 383.1 毫秒、399.6 毫秒、413.0 毫秒。以數字形狀 / 數字數量一致性情形為獨變項，反應時間為依變項，進行單因子重複量數變異數分析，結果發現數字形狀—數字數量相符狀況有顯著的主要效果， $F(2,28) = 30.35$ ， $MSE = 3354.62$ ， $p < 0.001$ ；進一步進行事後比

較，發現三組依照反應時間快慢依序為：相符者、控制組、不相符者，且兩兩間差異皆達統計顯著性差異。研究結果顯示，控制組進行數字形狀大小判斷時，受到了數字數量多寡的影響而分別產生促進及抑制的效果。顯示數字形狀大小判斷中，明顯的出現量相符效應。

(二) 數字數量多寡判斷作業

在數字數量判斷作業中，控制組在數字數量 / 數字形狀相符、控制、不相符情形的平均反應時間為 334.0 毫秒、339.8 毫秒、342.6 毫秒。以數字數量 / 數字形狀相符情形為獨變

項，反應時間為依變項，進行單因子重複量數變異數分析，發現數字數量 / 數字形狀相符的情形，出現顯著的主要效果， $F(2,28) = 10.17$ ， $MSE = 289.2$ ， $p < 0.001$ 。進行事後比較，發現相符者顯著快於控制情境，但控制情境與不相符者相同。研究結果發現，控制組在進行數字數量多寡判斷時，受到了數字形狀大小在量的相符特性的影響而有促進效果但卻無抑制效果。有關大學生在數字形狀/數量判斷作業的描述統計資料，請見表二。

表二 控制組在數字形狀大小及數字數量多寡判斷作業的平均反應時間及其標準差

	數字形狀大小判斷作業			數字數量多寡判斷作業		
	相符	中立	不相符	相符	中立	不相符
時間 (ms)	383.1	399.6	413.0	334.0	339.8	342.6
標準差	30.4	30.9	36.9	24.9	26.7	24.8

(N=15)

三、個案 DJ

表三呈現 DJ 在數字形狀大小判斷作業以及數量判斷作業，經過資料處理後的平均反應時間、標準差及正確率。

(一) 數字形狀大小判斷作業

DJ 在數字形狀大小判斷作業中，數字形狀 / 數量相符、控制、不相符情形的平均反應時間為 421.6 毫秒、428.1 毫秒、461.9 毫秒。在量相符效應的促進效果為 6.5 毫秒；抑制效應

為 33.7 毫秒。

(二) 數字數量多寡判斷作業

DJ 在數量判斷作業中，數量/數字形狀相符、控制、不相符情形的平均反應時間為 387.4 毫秒、406.7 毫秒、415.0 毫秒。在量相符效應的促進效果為 19.3 毫秒；抑制效應為 8.3 毫秒。有關 DJ 在數字形狀 / 數字數量多寡判斷作業的描述統計資料，請見表三。

表三 個案 DJ 在數字形狀大小及數字數量多寡判斷作業的平均反應時間、標準差及正確率

	數字形狀大小判斷作業			數量多寡判斷作業		
	一致	中立	不一致	一致	中立	不一致
時間 (ms)	421.6	428.1	461.9	387.4	406.7	415.0
標準差	46.0	48.1	58.0	52.9	73.8	74.1
正確率	95 %	100 %	90 %	95 %	95 %	90 %

四、DJ 與大學生的效果量

在使用不同群體進行實驗時，由於反應時間的不同，會導致不同組別促進或抑制效果量大小的變化，因此 Spieler, Balota 和 Faust(1996) 利用中立組的反應時間做為基準，將促進（控制減去相符）以及抑制（不相符減去控制）的效果，除以不同作業中立組的反應時間。如此可以卻除不同反應時間對效果量產生的影響以作為校正。表四將不同作業的促進以及抑制效果列出，並依照 Spieler 等人的方式，將數據轉換為效果量。DJ 以及控制組在不同作業中，在促進以及抑制的資料方向雖然相同，但其效

果量卻有明顯地差異。DJ 在四種狀況中，除在數字形狀大小判斷作業的促進效應遠低於控制組，但其它三種效果量則呈現倍數於控制組的效果量。在控制組中，數字形狀大小判斷以及數量判斷所發現的促進以及抑制效果是雷同的；同時，控制組也呈現數字數量對於數字形狀大小判斷的促進以及抑制都比較大的現象。在 DJ 的情況中，在數字形狀大小判斷上，很明顯地呈現與一般大學生不相同的狀況，DJ 在數字形狀判斷時，因為數字數量不相符，產生非常大的抑制效果。

表四 個案 DJ 及控制組在數字形狀大小及數量多寡判斷作業之效果量一覽表

	數字形狀大小判斷作業		數字數量多寡判斷作業	
	促進	抑制	促進	抑制
控制組	17	13	6	3
個案 DJ	7	34	19	8
依據 Spieler 等人 (1996) 進行轉換後的效果量指標				
控制組	0.041	0.034	0.017	0.008
個案 DJ	0.015	0.079	0.047	0.020

註：促進效果為中立情境反應時間減去相符情境反應時間；抑制效果為不相符情境反應時間減去中立情境反應時間。

綜合討論

本文研究一位具備超越一大學生計算能力的自閉症兒童個案，DJ，其數字數量表徵與一般大學生的異同。研究顯示：將形狀大小的處理與數字數量處理相比較，DJ 在數字數量自動化程度比一般大學生高。在物理形狀大小判斷時，數字數量在量上的不相符產生的抑制效果比一大學生大，但是，DJ 在數字數量多寡判斷時，相對於一般大學生，受到數字形狀大小的影響卻也是較大。在下列討論中，我們先以相對處理速度論解釋一般大學生及 DJ 的作業表現

及數字數量表徵。並探討與自閉症相關的抑制功能異常理論是否可以涵蓋 DJ 的認知全貌，最後，我們則討論 DJ 的數量表徵分化問題。

一、一般大學生（控制組）：相對處理速度論

相對處理速度論修正了極端自動化工論中將自動化視為是全或無 (all or none) 的觀點，而將自動程度視為是一種連續性的概念。因此，干擾現象的產生，主要端視兩個作業的處理速度差異。如果兩個作業的處理速度有極大差異則會出現不對稱的干擾現象，如果兩個作業處理速度相近，則會出現相互干擾的現

象。採取此一論點者也多認為反應競爭 (response competition) 是干擾的主要原因 (MacLeod, 1991)，在反應競爭過程中，抑制處理速度較快的反應，也被視為是研究抑制功能的重要指標 (Spieler et al., 1996)，不管是在老人、精神分裂症或是自閉症兒童的研究中，都發現這些族群產生比一般大學生更大的抑制效應，這顯示抑制功能減弱，無法控制不相關的認知處理。至於促進效應，則鮮有論文討論其歷程。不過，在史促普色字唸名干擾作業中，促進效果為穩定、但相對微小的效果，並與控制情境的選擇，有極大的關連 (MacLeod, 1991)。

按照相對處理速度理論推論，速度較快的作業為主要判斷作業時，速度慢的作業，應該不會出現促進效應，或是僅有微小的促進效應，因為速度慢的作業，所有處理啟動都相對落後，不應該會發生提取相同作用機制的作用；而在速度較慢的作業為主要判斷作業時，速度快的作業，應該能夠對反應產生協助，而出現比較大的促進效應，因為速度快的作業，有可能提早提取相同機制的反應，而使得速度慢的作業可以加速處理。在大學生的資料中，基本上是符合相對速度理論的預測，整體看來，數字形狀大小判斷受到數字數量多寡影響的效果量較大，數字數量多寡判斷受到數字形狀大小影響的效果量小。在抑制部分，數字數量干擾數字形狀判斷，但數字形狀不干擾數字數量判斷。在促進部分，則是出現兩個向度相互促進反應的結果。一般大學生的資料支持上述相對處理速度理論的推論。

二、個案 DJ

在計算天才 DJ 部分，實驗結果顯示 DJ 能夠正確的執行數字形狀大小判斷作業，但是，如果將反應時間大於 600 毫秒設定為有效的反應時間，DJ 在數字形狀大小判斷作業的有效反

應時間嘗試，僅佔所有嘗試的 42%；在相同的處理條件下，數字數量多寡判斷的反應時間有效嘗試，佔所有嘗試的 71.6%。顯示相對於數字形狀大小判斷，數字數量多寡判斷是比較不受外在條件干擾的作業，為 DJ 自動化程度較高的作業。在反應時間方面，在大學生的資料中，數字形狀大小判斷作業中的促進以及抑制效果量是相當的 (促進 0.041；抑制 0.034)；而在 DJ 的資料中，明顯的出現抑制大於促進的效果量 (促進 0.015；抑制 0.079)，DJ 抑制效應的效果量，是一般成人的 2.32 倍，但促進效應為成人的 0.365 倍。在數字數量多寡判斷作業中，DJ 的資料顯示產生促進和抑制的現象 (促進 0.047；抑制 0.020)，在大學生的資料中，則出現具有統計顯著差異意義的促進效果，但卻沒有出現抑制效果 (促進 0.017；抑制 0.008)，DJ 在數量判斷作業的促進效應效果量，是一般成人的 2.764 倍，抑制效應是一般成人的 2.5 倍。

DJ 的資料，呈現出兩個特點：一、在數字數量多寡判斷作業中，受到物理形狀大小的影響，不論是促進或是抑制效果，DJ 都呈現高於一般大學生倍數的效果量。二、在數字形狀大小判斷、數字數量多寡判斷作業中，促進效果與一般大學生呈現完全相反的模式。DJ 在數字數量多寡判斷作業呈現比數字形狀大小更大的促進效應，一般成人卻是在數字形狀大小判斷作業呈現比數量判斷作業更大的促進效應。

對於這樣的結果，可以從相對處理速度論、抑制功能論、以及表徵分化論來討論。

(一) 相對處理速度論

由於 DJ 在數字數量多寡判斷以及數字形狀大小判斷中立組反應時間差距僅為 22 毫秒，而成人組差距為 60 毫秒，就相對處理速度而言，相對於成人組，DJ 在兩作業的反應時間分配有比較大的重疊，這應該會使得兩個作業相互干擾，因此相較於成人組，產生較大的

干擾。DJ 在兩種作業的抑制效果都是一般大學生的倍數，在抑制效應方面，出現與相對處理速度論相符合的實驗結果。但是，就促進效應而言，DJ 呈現出比較大的數量判斷作業促進效應，以及比較小的數字形狀大小促進效應，與相對處理速度論的預期，完全相反。簡言之，在以相對處理速度論解釋成人獲得相符的結果後，卻難以完全使用相同理論來解釋 DJ 的表現。

由於 DJ 是自閉症患者加上對於數字數量有特殊的認知處理能力，是不是除了相對速度論的作用外，還另有其他作用機制？是否此一現象部分反映了自閉症兒童的抑制功能異常。

(二) 抑制功能異常論

執行功能的異常是當今討論自閉症理論盛行的焦點之一。自閉症兒童的執行功能異常，包括計畫 (planning)、認知彈性 (mental flexibility)、抑制功能 (inhibition) 等。雖然自閉症兒童在許多執行功能上，不如一般人，但對於抑制功能的異常，則未有定論。也就是自閉症者很可能是在計畫以及認知彈性上的異常，造成執行功能異常。然而，DJ 在數字史促普作業中，即使根據中立組的時間轉換成效果量，還是出現一般大學生更大的抑制表現。不管是何種作業，抑制效果量都約是一般大學生的 2.5 倍，這支持抑制功能失常的說法，同時，也顯示 DJ 抑制功能的失常是橫跨不同向度的刺激 (Hill, 2004)。但 Hill 指出，在史促普作業中，自閉症患者的抑制功能與一般人的表現並無不同，但史促普作業一般是利用色字唸名實驗，為一般的抑制功能，但此一實驗的作業是量的判斷，為 DJ 所具備的特別能力，因此，DJ 異於一般大學生的抑制反應有可能是由其它原因所產生的抑制現象，而不是一般的抑制功能異常所引起。

(三) DJ 的數量表徵分化

由於 DJ 在數量作業中的促進和抑制效應

都比一般大學生大，因此，一個可能的解釋是：相對於一般大學生，在 DJ 在數字形狀大小所表示的量與數字數量所表示的量是結合為一體的表徵，造成 DJ 在數量判斷作業（處理速度相對比較快以及比較不受干擾的作業）中，產生高度的促進以及抑制效應。過去的研究顯示，在史促普色字干擾作業時，當兩個向度整合在一起時（色整合在字詞），會比兩個向度不同時（顏色框中出現字詞）產生更大的干擾效應 (MacLeod, 1991)。除了行為資料外，是不是有神經心理學或大腦認知神經科學的證據支持這樣的說法？Simon 等人 (2002) 以功能性磁振造影讓受試者進行了六種作業，分別是抓取 (grasping)、點指 (pointing)、注意力 (attention) 及眼動 (saccade)、計算 (calculation) 及音素偵測作業 (phoneme monitoring) 等，研究的主要目的是比較受試者在進行不同作業時頂葉 (parietal lobe) 活化激發的重疊性。研究結果顯示，在這些表面上看起來極端不同的作業中，一般成人頂葉的激發活動，有共同的活化區域，也有高度分化 (specialized) 的區域。這樣的證據顯示，在個體發展之初，大腦關於計算及空間注意力等心智功能的處理，可能是共享了一個生理表徵網絡，隨著個體的發展進程，這個共享的生理表徵開始分化。這與 Hauser 等人有著相同的思考邏輯，認為語言以及計算的核心架構是相同的。DJ 在數字數量多寡判斷以及數字形狀大小判斷作業中的表現，都產生倍數於一般大學生的抑制，顯示 DJ 在數字形狀以及數字數量的量上，可能是整合或是沒有分化的表徵，以致於在不同作業上，都呈現影響的效果。

一般成人的資料，如果以分化的表徵，加上作業相對速度的影響，可以對量相符效應有不錯的解釋力。DJ 的資料，則顯示除了相對速度的影響外，未分化表徵，對數字呈現特殊的抑制功能失常都可能是影響 DJ 處理的原因。

由於考慮DJ所能進行的認知作業必須是能簡單說明，變異小的實驗情境，在實驗設計上，這個研究採用單一配對刺激（只有三和七）作為數字比較刺激，這樣的實驗設計，在結果上，跟傳統使用多數配對刺激的實驗，產生很不一樣的結果。過去所有的研究，在使用多個數字配對時，都發現數字形狀大小判斷的反應時間短於數字數量多寡判斷時間，但是，在這個研究中，不管是DJ或是一般大學生，都出現數量判斷快於數字形狀判斷的結果。儘管說兩個數字的距離，以及兩個數字形狀大小差異，都會影響數字以及數字形狀判斷的時間差異，但由於Kaufmann等人（2005）在一個幾乎相同的實驗中，採用距離為4的實驗中，還是發現數字形狀大小判斷快於數字數量多寡判斷，因此，這個實驗，不應該是受到選擇數字距離的影響，產生跟傳統實驗不一樣的結果。不管如何，儘管數字形狀以及數量相對的速度可能改變，但應不會影響這個實驗的研究結果以及推論。

另一個可能產生不一樣結果的變項為年齡。DJ是中學生，而一般受試為大學生，在年齡上有很明顯的差距。依照MacLeod（1991）的回顧，他認為在史促普作業中，抑制效應在國小二年級達到最高峰，隨著年齡增長而往下降，直到60歲時，抑制效應才又變大。MacLeod本人並沒有針對史促普作業的干擾效應提出解釋，不過，抑制的控制功能是個合理的推測。兒童以及老年人的抑制控制比較差，因此，產生比較大的干擾效應，應該是比較合理的推論。如果按照傳統自動化工論，隨年齡增加，字詞自動化程度越高，干擾效應應該越大，但很明顯的資料並不支持自動化工論的說法。不過，MacLeod作的回顧是以史促普色字唸名作業為基礎，在一個以數字史促普作業的發展研究中，Girelli等人（2000）發現隨年齡增大，不管在數字形狀判斷作業或是數字數量

多寡判斷作業都有更大的抑制效應。因此，年齡雖然可能是一個因素，造成DJ有比大學生更大的抑制效應，但是，依照Girelli等人的結果看來，可能性並不高。

三、結語

史促普作業的基本概念為干擾。干擾的產生，可能在表徵層次，可能在注意力層次，也可能在反應層次。DJ，身為自閉症患者，加上卓越的計算能力，如果說因為數字表徵上與一般大學生不同，加上對於數字抑制的異常，兩者產生交互作用，並不是不可能的事情。這樣子，就能夠解釋為什麼DJ在所有的數字史促普作業中，不管是在哪一種作業下，促進以及抑制作用都倍數於一般大學生。不過，為什麼在數字形狀判斷時，DJ的促進效應反而降低，是個無法解釋的現象。

這個研究基本上顯示DJ的數字數量處理模式與一般大學生相同，並沒有出現與一般大學生截然不同的行為模式。DJ在量相符效應上，與一般大學生相比，所表現出來差異，似乎是在量上，而不是在質上的差異。在理論上不管是控制抑制論或是表徵分化，都僅能對DJ所發現的現象有局部的解釋力，卻無法完全解釋所發現的現象。但因為DJ為一自閉症患者，並不是所有的實驗都能進行，這一點的確在研究上造成很大的限制。

參考文獻

- 郭佳芬（2004）：*有方根計算能力的自閉症 savant 學生之研究*。國立台北師範學院特殊教育系碩士論文，未出版。
- Algom, D., Dekel, A., & Pansky, A. (1996). The perception of number from the separability of the stimulus: The Stroop effect revisited. *Memory and Cognition*, 24, 557-572.

- American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (4th ed.)*.(DSM-IV). American Psychiatric Association.
- Besner, D. & Coltheart, M. (1979). Ideographic and alphabetic processing in skilled reading of English. *Neuropsychologia*, 17, 467-472.
- Buckley, P. B. & Gillman, C. B. (1974). Comparison of digits and dot patterns. *Journal of Experimental Psychology*, 103, 1131-1136.
- Cohen, L. & Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. *NeuroImage*, 22, 466-476.
- Dehaene, S., Dupoux, E. & Mehler, J. (1990). Is numerical comparison digital? Analogical and symbolic effects in two-digit number comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 626-641.
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 371-396.
- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G. & Cohen, L. (1998). Abstract representation of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neurosciences*, 21, 355-361.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P. & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Feigenson, L., Dehaene, S. & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 307-314.
- Foltz, G. S., Poltrock, S. E., & Potts, G. R. (1984). Mental comparison of size and magnitude: Size congruity effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning*, 10, 442-453.
- Frith, U. (2003). *Autism: Explaining the enigma* (2nd ed.). Blackwell Publishers: UK.
- Girelli, L., Lucangeli, D., & Butterworth, B. (2000). The development of automaticity in accessing number magnitude. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76, 104-122.
- Girelli, L., Sandrini, M., Cappa, S. & Butterworth, B. (2001). Number-Stroop performance in normal aging and Alzheimer's - type dementia. *Brain and Cognition*, 46, 144-149.
- Hauser, M. D., Chomsky, N. & Fitch, W. T. (2002). The faculty of language: What is it, who has it, and how did it evolve? *Science*, 298, 1569-1579.
- Hill, E. L. (2004). Executive dysfunction in autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 26-32.
- Hill, E. L. & Frith, U. (2004) (eds.). *Autism: Mind and Brain*. Oxford University Press.
- Kanwisher, N. (2000). Domain specificity in face perception. *Nature Neuroscience*, 3, 759-763.
- Kanwisher, N. (2001). Faces and places: of central (and peripheral)interest. *Nature Neuroscience*, 4, 455-456.
- Kaufmann, L., Koppelstaetter, F., Delazer, M., Siedentopf, C., Rhomberg, P., Golaszewski, S. et al. (2005). Neural correlates of distance and congruity effects in a numerical Stroop task: an event-related fMRI study. *NeuroImage*, 25, 888-898.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109, 163-203.

- Miller, L. K. (1999). The savant syndrome: intellectual impairment and exceptional skill. *Psychological Bulletin, 125*, 31-46.
- Moyer, R. S. & Landauer, T. K. (1967). Time required judgments of numerical inequality. *Nature, 215*, 1519-1520.
- Pesenti, M., Zago, L., Crivello, F., Mellet, E., Samson, D., Duroux, B., et al. (2001). Mental calculation in a prodigy is sustained by right prefrontal and medial temporal areas. *Nature Neuroscience, 4*, 103-107.
- Pica, P., Lemer, C., Izard, V. & Dehaene, S. (2004). Exact and approximate arithmetic in an Amazonian indigene group. *Science, 306*, 499-503.
- Rubinsten, O., Henik, A., Berger, A. & Shahr-Shalev, S. (2002). The development of internal representations of magnitude and their association with Arabic numerals. *Journal of Child Experimental Psychology, 81*, 74-92.
- Simon, O., Mangin, J. F., Cohen, L., Le Bihan, D. & Dehaene, D. (2002). Topographical layout of hand, eye, calculation, and language-related areas in the human parietal lobe. *Neuron, 33*, 475-487.
- Spierer, D. H., Balota, D. A. & Faust, M. E. (1996). Stroop performance in healthy younger and older adults and in individuals with dementia of the Alzheimer's type. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 22*, 461-479.
- Treffert, D. A. (2000). *Extraordinary People: Understanding the Savant Syndrome*. Lincoln: Universe.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature, 358*, 749-750.

Autistic Savants and the Size Congruity Effect: the Anomalous Case of a Calculating Prodigy

Tsai Chia-Chin

National Yang Ming University

Yang Tsung-Ren

National Taipei University of Education

Lee Jun-Ren

National Yang Ming University

ABSTRACT

In the present study, we adopted a Stroop number task and used the size congruity effect as an index to investigate an autistic person (DJ), a calculating prodigy with a genius for numerical representations and related mechanisms. The size congruity effect results from the interference of numerical and physical size when two digital numbers are compared. Reaction time is faster in the congruent condition, for example, i.e., the numerical larger number is also larger in physical size, as compared to that in the incongruent condition, i.e., the numerically larger number is smaller in physical size. As this congruency effect holds for both physical and numerical comparison, it allows us to segregate the numerical and physical representations in-between and to examine their automaticity in information processing. According to our results, DJ showed a similar pattern for both numerical and physical comparison tasks. While DJ showed a larger facilitation and interference effect on the numerical judgment task, he suffered from greater interference yet didn't benefit from congruency on the physical judgment task. Although this data contradicts the expectations of traditional automaticity theory, neither the inhibition malfunction hypothesis nor the representation segregation hypothesis can piece together the whole story of DJ's prodigious talent in calculating.

Keywords: autism, autistic savant, calculating prodigy, size congruity effect, Stroop number task, savant syndrome, magnitude representation, numerical-physical (in) congruency