

分類影像與簡化地圖之視覺效果差異

Visual Effect Difference between Classified Images and Generalized Maps

高慶珍*

Ching Jen Kao

摘要

在圖像的認知過程當中，往往牽涉到短期記憶與長期記憶。短期記憶的記憶容量，一般一次約在四到六項之間，也因此，地圖的製作過程當中常會透過簡化來達成視覺傳播效果。然而近廿年來，遙測影像逐漸成為詳細表達地面資料的工具，資訊量超出地圖很多，而取代地圖某些功能。本研究特以時間作為界檻值，以相同地區三張分類過的遙測影像與三張簡化過的地圖作為實驗素材，對 25 歲以下的年輕人進行實驗。結果發現同樣分成四種色彩的簡化地圖比分類影像平均快了 10 秒被正確判別；而分六種色彩者，則快了約 20 秒被正確判別；兩者間之視覺效果確實存在顯著差異 ($p=0.000$)。結果也顯示，男女認知差別並不顯著。足見簡化過的地圖之視覺效果確實優於分類影像，同時分類項目越多時，此一效應越明顯 ($p=0.0019$)，地圖確實需要簡化以及地圖閱讀不會造成男女認知顯著差異的兩個假設，於本實驗中均獲成立。

Abstract

During the process of graph perception, short-term memory and long-term memory were involved. While the capacity of short-term memory was about 4-6 items at one time. Therefore, generalization was applied in mapmaking process to reach the visual communication effects. From the two decades, remote sensed images were employed to show the detail ground truth, they even replace some functions of maps. Under the hypothesis that generalization is required during mapmaking process, three classified images and three generalized maps were selected to compare their visual effect in this research. The results reveal the communicate speed in four colors maps was 10 seconds faster than in the images; in six colors maps was 20 seconds faster than in the images. The visual effect difference was significant between images and maps ($p=0.000$). Also, the more colors the more effective ($p=0.019$). Both hypotheses that generalization was required during mapmaking process and gender difference was not

significant were approved in this study.

關鍵字：圖像認知 短期記憶 地圖簡化

Key words: Graph perception, Short-term memory, Map generalization

* 中國文化大學地理系副教授

Associate Professor, Dept. of Geography, Chinese Culture University.

本文曾發表於第3屆數位地球國際研討會

一、前言

遙測影像的加入後，使得地表資料的展現方式更多元化。遙測影像除了具有展現詳細地表資料的特性外，經由軟體的操作，即可依波長差異將地物輕易的分類出來，亦是被廣為應用的理由，因而取代部分地圖的功能。然而在長久以來地圖繪製的技術上，均會沿用學理上對圖像的認知模式，先行了解視覺的運作關係，並研究圖像在大腦短、長期記憶中之交互作用，才以簡化的操作方式來達成視覺的傳播效果。由於受到短期記憶容量一次僅可同時操作四到六個項目的限制，因此，影像上網格式的分類是否可取代向量式的簡化，遂成為本研究主要探討的議題。本實驗應用Lloyd (1997)、Bonnel & Prinzmetal(1998)、Niemi & Saarinen (2000)等人以時間為界檻值，透過對人眼最敏銳的色彩因子之選擇，以變異數的分析法，比較同一地區的分類影像與簡化地圖在視覺傳播上與性別認知上的差異。

二、圖像資訊之傳播

從1960年代發展出來的諸多地圖傳播理論中，可明顯歸納出製圖者、地圖、讀者為空間資訊傳播過程中三個互相影響的主要角色。而地圖的視覺研究則為其延續，從功能和目的層面將地圖漸次轉到認知問題上(Peterson, 1994)。不管是對圖像資訊傳播之認識，獲釋對讀者認知的瞭解，其實都是在充實製圖者的專業能力，以便取得更有效的傳播效果，以實際應用在在地圖設計上。沿用多年的地圖簡化，效果雖與製圖者的素養與經驗有關，但其實已有一定的規則存在，反倒是新興的遙測影像與視覺間之研究至今仍少被提及。本研究乃應用過去對三個傳播角色的探討結果，作為實驗設計之理論依據。

(一)、圖像認知與記憶

眾多地圖學者如Pinker、Eastman、Kosslyn、MacEachren及Ganter在過去廿多年來，不斷探討圖像資訊的處理方式，並建立了閱讀地圖時的資訊傳播模式(MacEachren, 1995)。整體來說，圖像乃先透過視覺系統察覺(detection)、辨識(discrimination)與鑑別(identification)之處理，才傳到大腦皮質執行影像重建後續動作，也就是視覺與認知互相作用後，會先對所見圖像產生不同的描述，繼而造成不同層階的處理方式。一般最低階為處理所見之圖像的邊緣、不連

續處等形狀及圖像彼此間大小、深度、亮度等關係；較高階處理才是對這些視覺描述提出評估，並在視覺描述與長期記憶中的知識間互相傳達而產生知識架構。也因此 Kubovy 認為視覺差異主導著認知狀態 (MacEachren, 1995)。

而對圖像的認知乃來自於眼動 (eye movement) 與注意 (attention)。透過目光跳躍與注視的連串眼動，中央窩即可察覺與辨別小而詳細的圖像。中央窩是視覺活動最敏感的地方，當視覺注意到某圖像時，即會通過此一區域產生注視。因此，在讀圖時往往需藉助系列的注視來產生知識。唯短刺激一次可多至六個，注視太多反造成短期記憶之負荷，致無法達成傳播效果。在 Farmer & Taylor (1980) 及 Niemela & Saarinen (2000) 等得實驗中，均是透過視覺搜尋的時間，作為認知速度的指標。

(二)、地圖簡化觀念與技巧

Antel et al. (1985) 曾指出看圖時眼睛每秒約移動 2-4 次，其中 10% 的時間眼睛在動，90% 的時間在搜尋資訊，也就是說當有較少的注視時乃因具有較好的識覺。將此觀念應用在地圖設計上，則簡化、分類、加格線是常被用來降低注視次數的三種方法 (Phillips & Noyes, 1977)。其實地圖簡化概念早於 1907 年即由 Dr. Max Eckert 提出，認為簡化並不只是一種技巧，而是產出能適切解釋製圖目的並兼具美感的地圖 (McMaster, 1989)。

在新近電腦科技下，簡化數位資料又分成網格 (raster) 與向量 (vector) 兩種不同形式。網格模式下多是透過統計運算如算子 (kernel) 之移動求出平均值，或是最近鄰分析找出各網格之值。在影像上監督式或非監督式分類，即是一種定性的網格式簡化。在向量模式方面，則多在可讀性與地物特性之考量下，進行合理的刪除、合併、移置 (displacement) 與誇大 (exaggeration)，甚至是線條的簡括化 (simplification) 動作。因此，即使採用電腦技術，地圖的簡化仍是一種重要的概念與想法的問題，目的還是在減少複雜性，而保有空間與屬性的真實性與製圖技巧上合理的層階關係與美學品質 (Tobler, 2000)，與百年前之觀念無異。

(三)、空間認知之性別差異

性別認知差異部分來自刺激的環境，而最重要的原因是性別上不同的賀爾蒙化學物質隨血液流貫於感官接收器與大腦中，因此造成認知上的差異。在沒有語言輔助的情況下，男性的空間認知能力不論就準確度上或速度上均優於女性 (Coren et al., 1999)，然而空間的處理並不只是準確問題，更牽涉到記憶與回想 (Lloyd & Bunch, 2005)。因此，大腦結構與賀爾蒙、尤其經驗、生活歷練與社會文化等因子均會對個人造成不同的衝擊，可以說空間處理技術乃在於生物與心理社會因子交互作用下所形成的。

Gilmartin 與 Patton 兩人最早於 1984 年展開地圖學上性別差異表現的研究，結論出即使沒有地圖的輔助，男性從文章中學習與回想地理資訊的能力優於女性，但在道路圖的閱讀上則無差別。Chang et al. (1987) 的研究也指出，經由訓練後，女性的空間處理能力並不亞於男性，最有效的讀圖技巧來自於訓練與經驗。也就是說透過訓練可達成的讀圖技巧，在性別上差異不大，但若是透過空間

向度變化的空間處理能力，則以男性為佳。

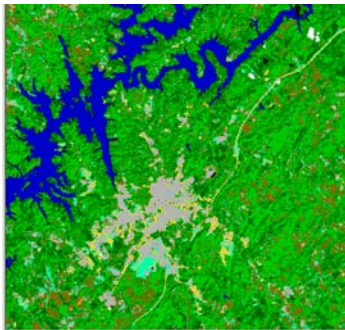
三、視覺差異實驗

(一)、實驗假設

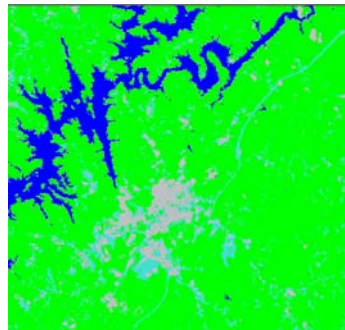
根據理論，分類或簡化均可提高視覺上的傳播效果。為找出分類影像與簡化地圖兩者在視覺效果上的差異，本研究特選擇同一地區之土地利用圖亦即面符號，以影像分類及地圖簡化兩種方法製作六張樣本，透過計算色數的延時之長短來檢測傳播結果。同時沿用長久以來不變的製圖觀念，假設：1. 地圖製作確實需要經過向量式簡化，才能達到較佳的視覺傳播效果。2. 地圖的閱讀不會造成太明顯的性別認知差異。

(二)、實驗設計

1. 採樣自影像處理軟體 imagine8.0 上的土地利用影像。
2. 第一張樣本為根據軟體測定，共有 14 種不同之波長的土地利用影像（圖一）。
3. 利用監督式分類法，將圖一中具較大面積處予以色彩分類，共分成四種與六種色彩之兩張影像，分別作為樣本二與樣本三（圖二、圖三）。



圖一 分成十四色影像

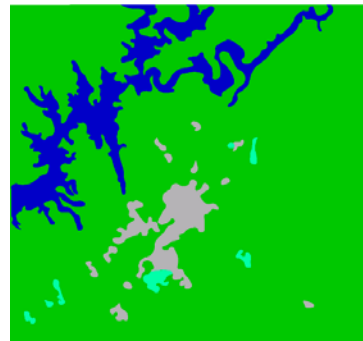


圖二 分成四色影像

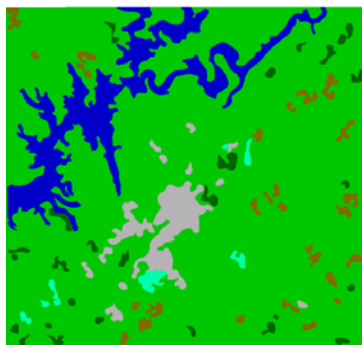
4. 利用 photoshop8.0 軟體內之滴管功能，測出上述三個樣本各種色彩之 RGB 組合。
5. 利用 freehand10. 軟體以向量式方法，將上述樣本根據經驗予以刪除、合併與圓滑化之簡化，再以步驟 4 測出之 RGB 色彩設色，分別為分成四種顏色的樣本四與六種顏色的樣本五（圖四、圖五）。



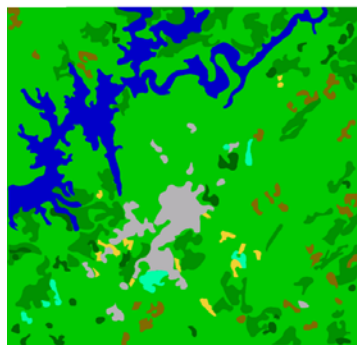
圖三 分成六色影像



圖四 分成四色彩地圖



圖五 分成六色地圖



圖六 分成九色地圖

6. 由於視覺上不易區分與操作，樣本六只依向量方式分了九種色彩（圖六）。
7. 透過 java 程式之設計將此六張樣本置放在 17 吋電腦螢幕之視覺中心。
8. 受測者固定坐在一個距螢幕 30 公分，並有日光燈照射的位置，於螢幕上填算色彩數，並予計時。
9. 填定答案後，螢幕會呈現全黑 3 秒鐘，以令視覺殘像(after-image)消除，然後再繼續下一道題。
10. 答案經由變異數分析，找出彼此間之差異顯著性。
11. 性別差異方面，以答對 1 題給 1 分來計算男女之總分。
12. 受測者為文大學生，避免視覺衰退問題，年齡限 25 歲以下，男女各半共 34 人參與。

四、實驗結果與探討

(一)、實驗結果

在 34 位受測者中因有兩位因填答不完整，因此有效作答僅有 32 份。樣本一即具有 14 種不同色彩的影像，儘管平均使用了 62.4 秒的時間，但並沒有任何受測者答對。相同的情況也發生在分成九種色彩的簡化地圖中，平均使用了約 24.4 秒，可惜沒有答對者。

至於透過監督式方法分成六種色彩的影像，共有 8 位受測者以平均 36.6 秒的時間答對色彩數，其中最快者僅使用了 16.1 秒，但最慢者卻使用了 58.5 秒之久；分成四種色彩的影像則平均僅只用了 20.9 秒的時間即被答對(表 1、圖七)，答對者且增加至 24 位，最快的受測者以 7.2 秒時間正確答出，最慢者則使用了將近 7 倍時間以 51.7 秒才完成答題。

表 1 不同色彩數之延時統計

類別	色彩數	色彩數	
		四色	六色
遙測影像		20.9	36.6
簡化地圖		10.9	16.5

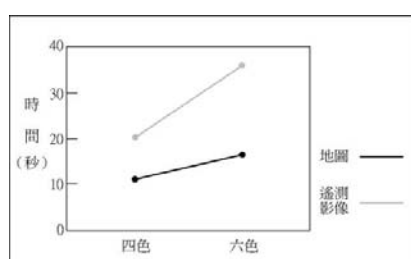
表 2 男女之延時統計

類別	色彩數	四色		六色	
		男	女	男	女
遙測影像		20.6	21.3	31.1	39.9
簡化地圖		9.6	10.7	14.7	18.4

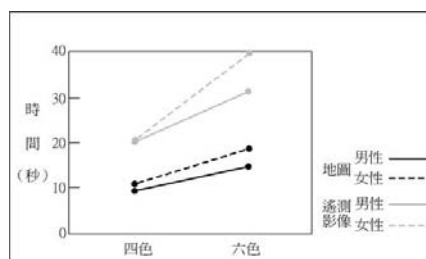
在簡化的地圖方面，簡化成六種色彩的地圖，平均僅費掉 16.5 秒的時間，共 22 位受測者答對，最快的受測者用了 9.4 秒即正確答出，而最慢者也僅用了 26.3 秒即答出；答對簡化成四種色彩的地圖的受測者最多為 27 人，平均用掉 10.9 秒時間（表 1、圖七），速度最快者只用 6.7 秒回答，最慢者用了 21.6 秒。

以性別來分的話，在總共答對的 81 道題中，女生答對 42 題，男生答對 39 題。但以加權分來算，則男女各得 41 分，不分軒輊。在分成六種色彩的影像中，女生平均使用了 39.9 秒，比平均速度慢，男生則使用了 31.1 秒；分成四種色彩的影像中，仍然是男生略快於女生，平均分別使用了 20.6 秒及 21.2 秒（表 2、圖八）。

分成六種色彩的簡化地圖中，女生平均使用了 18.4 秒，男生用 14.7 秒來作答，女生還是比男生慢；分成四種色彩的簡化地圖中，女生以平均 10.7 秒答題仍略慢於男生的 9.6 秒（表 2、圖八）。



圖七 不同色彩數之延時差異圖



圖八 男女之延時差異圖

(二)、實驗探討

從實驗中明確看出，當分類超過短期記憶一次的容量時，傳播效果是不佳的，即使在分成九種色彩的簡化地圖中，結果也是一樣。此即說明當影像特徵出現時，就會引起注意而注視，一旦正確就持續到認知與貯存階段，但若記憶受到干擾則可能再一次或成錯覺(Treisman & Gelade, 1980)。在這麼冗長的時間內，無疑已配合到頭、眼之轉動，並因重複多次而動用到長期記憶與回想。但因螢幕上的計數，無法有任何標誌的輔助，因此記憶一直受到干擾，致無法達到效果。不過這也充分說明地圖內容過於複雜，對空間資訊的傳輸並不適宜。當然在地圖上未必沒有超過這些數目的設計，只是用途上是不同的，如土壤圖或地質圖、氣候圖上的色彩，多半會以伴隨註記，或是透過圖例對照使用、系統性設色達成分類上的層階關係來加以彌補。

在同樣分成六種或四種色彩的影像與地圖中，辨識影像的時間都比辨識地圖的時間長，分成六種色彩者多用了 20 秒的時間，分成四種色彩者多用了 10 秒的時間。經由變異數之檢測，分類影像與簡化地圖間確實存在顯著差異（六種色彩之 $F=21.965$, $df=29$, $p=0.000$ ；四種色彩之 $F=17.178$, $df=50$, $p=0.000$ ），不論影像或地圖，分類愈多明顯需時就愈長（ $F=5.708$, $df=80$, $p=0.019$ ），此一結論在 Nelson (1994)之實驗中已獲驗證明。然而認知速度並不只與記憶容量相關，也

會受到採用的簡化方法影響。從樣本中可清晰看到，透過分類作用後，影像上仍存在著許多小小的不規則形，而根據 Steinke (1987)的研究指出，小而不規則的形狀相對上比較不易引起注意，因此也就不易在記憶中存查，被重複或被漏失的機會自然也就多一些。就形底觀念而言，這些密密麻麻的分布，不只降低了整幅圖的色彩對比，更由於破碎的形狀不易形成形底關係，需要中央窩的注意持續在相關位置上，才能達到到認知階段(Treisman & Gelade, 1980)，徒然用掉更多時間於注視，只是造成視覺負擔而已。

在格式塔完形組織結構說法中，形必須要有結構，且結構愈大，形底差比才會愈大 (Wood, 1994)。經過向量式簡化的地圖，由於過程中採用了合併以及線條的簡括化，相對面積看起來較大，形狀上也較為圓滑規則，符合完形組織結構所提的粗糙的輪廓愈易成形的說法。尤其極大部分的刪除效果，使得圖面相當清晰，色彩形底效果較強，自然較快就可引起視覺注意，而將資訊正確傳入腦中。這些法則其實都是地圖設計時一再強調的觀念與技巧。

至於地圖設計的傳輸對象，以性別來說，男女對圖的答對率是沒有差別的，此與 Steinke 在 1987 年的實驗結論是吻合的，也就是就答對而言與教育、美術訓練或種族無關。就認知速度來說，男生雖略快於女生，但差異並不顯著 ($F=1.499, df=79, p=0.225$)，與 Lloyd et al. (2002) 在航空照片之土地利用的分類實驗相同，也就是反應時間、正確度均與性別沒有顯著相關。可見得經由色彩之圖徵分類，乃是一種可經由學習而得的讀圖技巧，因此在男女表現上相差無幾。

綜合而言，在時間界檻下，無論色彩分類的多寡，簡化過的地圖所需之傳播時間較短，在視覺效果上確實優於分類過的影像。因此，本研究所提地圖繪製確實需要經過向量式簡化的假設是成立的，應驗了 Keates(1993)所言，影像圖的產生只是技術的過渡，而非內容的更新。此外，本研究也印證地圖閱讀是一種可經學習而得的技術，不會造成太明顯的性別認知差異。

五、結論

遙測影像發展以來確實提供了詳細資料量的功能，但以視覺的認知的角度來看，地圖製作上所採用的簡化觀念與動作，卻更能有效達到傳播效果。本研究透過時間延時的實驗，發現即使透過分類的影像，視覺傳播效果仍不及簡化過的地圖，且分類愈多此一效應愈明顯。因此，影像要全然取代地圖，在一時之間尚無可能，地圖的繪製確實需要經過簡化。然而不論是影像或地圖的閱讀，對男女讀者而言，認知效果並無顯著差異。可見得地圖的閱讀與空間向度處理無關，只要加以訓練，技巧即可提高攸關性別取向。

而從答錯的答案中來看，不論是影像或是地圖，60%以上均與標準答案差1，亦即多算1種或少算1種色彩，在地圖方面更高達八成是犯此錯誤。由於樣本數不足，本研究暫不予討論，但日後將再擴大而深入探討。

六、參考文獻

- Antes, J. R., Chang K.T. and Mullis, C. (1985), The Visual Effect of Map Design: An Eye-movement Analysis, *The American Cartographer*, Vol.12, No.2, PP.143-155.
- Bonnel, A.M. and Prinzmetal, W. (1998), Dividing Attention between the Color and the Shape of Objects, *Perception & Psychophysics*, Vol.60, No.1, PP.113-124.
- Chang, K. T. and Antes J. R. (1987), Sex and Culture Differences in Map Reading, *The American Cartographer*, Vol.14, No.1, PP.29-42.
- Coren, S., Ward L. M. and Enns J. T., (1999), *Sensation and Perception*. US: Harcourt Brace & Company.
- Farmer, E. W. and Taylor M., (1980), Visual Search through Color Displays: Effects of Target - Back ground Similarity and Background Uniformity, *Perception & Psychophysics*, Vol.27, No.3, PP.267-272.
- Keates, J.S., (1993), Some Reflections on Cartographic Design, *The Cartographic Journal*, Vol.30, Dec., PP.199-201.
- Lloyd R., (1997), Visual Search Processes Used in Map Reading, *Cartographica*, Vol.34, No.1, PP.11-32.
- Lloyd R. E. and Bunch R. L., (2005), Individual Differences in Map Reading Spatial Abilities Using Perceptual and Memory Processes, *Cartography and Geographic Information Science*, Vol.32, No.1, PP.33-46.
- MacEachren, A. M., (1995), *How Maps Work*. New York: The Guilford Press.
- McMaster, R.B., (1989), Introduction to 'Numerical Generalization in Cartography', *Cartographica*, Vol.26, No.1, PP.1-6.
- Nelson, E.S. (1994), Color Detection on Bivariate Choropleth Maps: The Visual Search Process, *Cartographica*, Vol.31, No.4, PP.33-43.
- Niemela, M. and Saarinen J. (2000), Visual Search for Grouped versus Ungrouped Icons in a Computer Interface, *Human factors*, Vol.42, No.4, PP.630-635.
- Peterson, M. P.,(1994), Cognitive Issues in Cartographic Visualization, in EacEachren, A. M. & D. R. F. Taylor (ed.), *Visualization in Modern Cartography*, pp.27-43.
- Phillips, R.J. and Noyes, L. (1977), Searching for Names in Two City Street Maps, *Applied Ergonomics*, Vol.8, No.2, PP.73-77.
- Steinke, T.R. (1987), Eye Movement Studies in Cartography and Related Fields, *Cartographica*, Vol.24, No.2, PP.40-73.
- Treisman, A. M. & Gelade G. (1980), A Feature-Integration Theory of Attention, *Cognitive Psychology*, Vol.12, PP.97-136.
- Tobler, W., (2000), The Development of Analytical Cartography: A Personal Note, *Cartography and Geographic Information Science*, Vol.27, No.3, PP.189-194.
- Wood, C.H., (1994), Effects of Brightness Difference on Specific Map Analysis Tasks:

An Empirical Analysis, Cartography and Geographic Information Science, Vol.21,
No.1, PP.15-30.