

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

貝式估計之多層次分析：以選舉預測為例

計畫編號：NSC 94-2414-H-004-011-

執行期限：94年8月1日至95年7月31日(延長至96年1月31日)

主持人：蔡佳泓 執行機構及單位名稱：政大選舉研究中心

中文摘要

本研究透過多層次的貝式定理估計模型 (Bayesian Multilevel Model)，並以人口普查資料進行事後分層加權的方式 (Post-stratification)，發展出一套利用全國民調推估地方民意的模式。此模式主要包含以下兩個步驟：首先將全國人口依據基本特徵如性別、年齡、及教育程度等分成各個類型 (Cell)，並利用少數的全國性個體樣本輔以各區域 (或稱次層級) 總體特徵模擬出各區域中每一種人口類型的態度或意向。其次，配合人口普查資料我們可以得知各區域內其人口類型的總和分佈 (Joint Distribution)，並據以推估各區域或次層級的總體態度與意向。為驗證此模式的實用性，本研究進一步利用2004年總統大選前四週內約二千二百個民調樣本 (其中僅有不及一千五百個樣本明白表明支持人選) 及2000年台灣人口普查資料，成功地推估台灣本島地區二十三個縣市總統候選人的得票率。與各縣市實際的總統大選得票率相比，推估值和實際值的平均差距不到二個百分點。

關鍵詞：多層次的貝式定理估計模型，事後分層加權，選舉預測

Abstract

Survey research in Taiwan almost always focuses on studying public opinion in the national level. Due to the potential small n problem for less populous sub-geographic units, scholars have not utilized national survey data to estimate public opinions in any local level (e.g., county, town, or village). To overcome this sample size limitation, we use a method combining the multilevel modeling approach with the population

information for post-stratification. We apply it to a set of pre-election national surveys of the 2004 Taiwan presidential election (sample size <2200) and produce county-level estimates of vote choice. Specifically, we first construct a multilevel logistic regression model to estimate the mean of the vote choice variable given demographics and county of residence. Second, we post-stratify on all the variables in the model by using the joint population distribution of the demographic variables within each county. Comparing our estimates with the actual county-level election outcomes, the average absolute error is less than 2 percentage points.

Keywords: Bayesian Multilevel Model, post-stratification, election forecast

前言

貝式定理近年來受到政治學界的重視，例如 Gelman, Carlin, Stern, Rubin (2004) 將貝式定理應用在迴歸模型、多層次模型、混合模型等等，並且嘗試模擬資料中的遺漏值。Western and Jackman (1994) 主張貝式定理中的主觀機率一事前設定樣本服從某項機率分布，例如二元分布、常態分布、多項分布等一較傳統的機率分布來得有實際效用。他們將兩筆資料合併起來之後，抽取樣本以獲得事後機率。Quinn, Martin, and Whitford (1999) 亦使用貝式定理中的多項常態機率分布模型 (Multi-Nomial Probit Model) 估計荷蘭選民的投票選擇。除了選民行為以外，學者亦應用貝式定理在國會投票研究，例如 Martin (2001) 認為每一個分析單位一表決—is 隨著背景而有所不同，所以他使用多階層常態機率分布模型 (Hierarchical Probit Model) 預測國會議員如何回應總統

以及其他的立法機構。Clinton, Jackman and Rivers (2004) 也建立一個貝式統計程序以分析國會議員的表決。

貝式定理統計與傳統的機率統計不同處尚可參考 Gill (2002), Lavine (1999), 以及 Jackman (2000)。如何從傳統的機率統計跨足貝式定理統計，以解決目前台灣政治學界尚未能回答的問題，是本研究的出發點。而建立多層級的預測模型則是可能做出具體貢獻的第一步。

研究目的

多層次分析 (Multilevel Analysis) 對於社會科學界相當重要，它的基本精神為視個別觀察值為許多階層中的某一個體，因此估計係數時應考慮各個階層的變異數，以及各種階層間的交互作用。多層次模型中包含兩種變異數，一種代表階層內的變異數，以隨機參數 (Random Parameter) 加以估計。一種是假設不因為階層而變動的變異數，稱為固定效用 (Fixed Effect)，而以固定變數 (Fixed Parameter) 加以估計 (Goldstein, 1995)。近來學者亦將貝式定理 (Bayesian Theorem) 與多層次分析相結合 (Gelman, Carlin, Stern, Rubin, 2004)。

雖然學界漸漸重視縣市及以下層級的總體資料，但是資料分析侷限於投票支持率的估計，而無法估計投票行為以外的民意，例如政黨認同、政府評價等，更無法進一步分析影響投票的因素。利用本文介紹的模擬方式，我們只需利用少數的分區樣本就可以獲得具有一定準確性的分區民調估計值。

本研究的目的是發展出一套結合民調與人口調查資料的多層次分析模型，評估次層級 (例如縣市相對於全國、鄉鎮相對於縣市) 的各種民意。首先將全國人口分成各個類型 (Cell)，並利用少數的全國性個體樣本輔以區域總體特徵，透過統計迴歸模型估計出每一種人口類型的投票意向。其次，配合人口普查資料得知各區域

(或次層級) 中人口類型的分佈，預測各區域或次層級的行為與態度，例如全國每一縣市的政黨得票率。這種利用個體樣本建立統計模型並輔以母體資料進行事後分層加權的模式常被用來求取小區域 (少樣本) 的估計值 (Small Area Estimation) (Gelman and Little, 1997)。

文獻探討

過去的選舉預測多以歸納法的角度出發，運用整體資料，並建立線性或非線性模型以預測選舉結果 (例如：Kramer, 1971; Tufte, 1978; Rosenstone, 1983; Abramowitz, 1988; Lewis-Beck, 1992; Tsai, 2000)。這一類的選舉預測研究視每一次選舉結果為一個分析單位，並且在假設線性或非線性模型並控制觀察值為平均數的情況下，產生預測值，其中主要的自變數多半為經濟景氣以及在任者評價。這一類的選舉預測經常無法避免事後解釋的批評。

國內學者亦經常使用類似途徑建立選舉預測模型，並且考慮台灣的特殊政治制度與環境。例如洪永泰 (1994) 使用總體資料區辨選區並預測未表態選民的可能投票方向。劉義周 (1996) 則是使用 Kelly and Mirer (1974) 的「簡單投票」(Simple Act) 決策模式預測投票。劉念夏 (1996) 使用 CHAID 模型將選民區辨為十二群，並且利用選民對候選人的印象來預測投票。盛杏媛 (1998) 主張計算每一個觀察值可能投給特定候選人的機率，然後估計影響因素的係數。盛治仁 (2000) 的模型則是使用「情感溫度計」測量民眾的候選人評價，從而分析未表態的選民。莊文忠 (2000) 則是延伸洪永泰 (1994) 的模型，並進一步考慮策略性投票。比較特別的是劉文卿 (1995)。他引用遺傳演算法的觀念，建立基因模型，以預測選舉結果。

Tsai (2005) 主張選舉預測不能依賴

模型產生預測值，因為這不過是一直修正模型以符合最後觀察到的資料，並沒有以前一時間點的觀察做為事前資訊以預測下一時間點發生事件機率的精神。而且，這樣的選舉預測難有一個客觀的標準以衡量其預測準確性；即使用預測到的結果與實際結果相比較，產生的誤差皆非常相近，但是並沒有具有一定信賴區間的估計。因此，貝式定理以及多層次分析法將有效改善選舉預測的理論。

研究方法

根據上述的理論以及研究動機，我們將透過多層次對數模型 (Multilevel Logistic Regression Model)，利用全國民調數據來推估各縣市民調。

首先，我們建立一個對數模型。依變項為民意調查中受訪者就特定問題的反應，自變項為受訪者的基本特徵和居住縣市。基本特徵包括性別（男或女），年齡（五項分類：20-29 歲、30-39 歲、40-49 歲、50-59 歲、及 60 歲以上），和教育程度（五項分類：不識字或小學以下、中學、高中高職、專科、及大學以上）等三項變數。居住縣市則包括台灣省二十一縣市，北、高兩院轄市，及金門、馬祖兩外島等二十五個行政區。以上基本特徵和居住縣市可組合出一千兩百二十五（ $2 \times 5 \times 5 \times 25$ ）種類型 (categories)，從「台北縣」、「男性」、「20-29 歲」、且「不識字或小學以下」，到「金門」、「女性」、「60 歲以上」、且「大學以上」。透過這個統計模型，我們旨在估計每一個類型就特定問題的反應 y 之平均值。

其次，利用台閩地區的普查資料，我們可以得知每一個類型中有多少成年人口數。於是，每一個行政區就特定問題的反應之平均值為該行政區內各基本特徵類型（五十種類型）就特定問題的反應之加權平均值，其中權數為該行政區內各類型成年人口占其總成年人口的比例。此加權平均值可以下列方程式表示：

$$\theta_c = \frac{\sum_{j \in c} N_j \pi_j}{\sum_{j \in c} N_j}$$

總之，對於任何一個全國性民調中二分的問題，我們皆可利用以上兩個步驟，即以對數模型的估計係數並配合母群多變數聯合分佈值 (Multivariate Joint Distribution of Population) 進行事後分層加權 (Post-stratification) 的方式，來求得各行政區對該二分問卷調查题目的分區民調。

以 2004 年總統大選的投票意向為例，假設受訪者反應表示受訪者 i 支持民進黨總統參選人陳水扁，表示受訪者 i 支持國、親兩黨的總統參選人連戰（未表態者包括選擇「未決定」、「不投票」、或「投廢票」者記錄為漏值 NA）。則個別受訪者支持陳水扁的機率為：

$$y_i \sim \text{Binomial}(p_i)$$

$$P_i = \frac{\text{EXP}(X\beta)_i}{1 + \text{EXP}(X\beta)_i}$$

$$\text{logit}(p_i) = (X\beta)_i$$

是 0 與 1 所構成的矩陣，代表受訪者各基本特徵分類項（性別、年齡、及教育程度），加上年齡與教育程度的交叉項。另外，還包括了二十五個行政區項。向量代表的估計係數。於是，個體層級的對數迴歸模型可表示如下：

$$\Pr(y_i = 1) = \text{logit}^{-1}(\beta_0 + \beta^{\text{female}} \times \text{female}_i + \beta_{\text{age}(i)}^{\text{age}} + \beta_{\text{edu}(i)}^{\text{edu}} + \beta_{\text{age}(i) \times \text{edu}(i)}^{\text{age} \times \text{edu}} + \beta_{\text{county}(i)}^{\text{county}})$$

(1)

進一步地，我們假設第 (1) 式中代表區域差異的截距項係數呈常態分配，即所謂的 Random Effects，並利用五大地理區（外加金門、馬祖兩島為第六個地理區）及 2000 年總統大選時民進黨候選人陳水扁在這二十五個行政區的得票數建立區域層級（縣、市）的迴歸模型，以求更準確地掌握二十五個行政區之間受訪者投票意向的普遍差異，茲表示如下：

$$\beta_j^{\text{county}} \sim N(\beta_{\text{region}(j)}^{\text{region}} + \beta^{2000\text{DPPvote}} \times 2000\text{DPPvote}_j, \sigma_{\text{county}}^2), \text{ for } j = 1, \dots, 25$$

(2)

我們假設第 (1) 式中的年齡、教育程度、及年齡與教育程度交叉項等代表受訪者基本特徵分類項的係數，和第 (2) 式中代表行政區差異的地理區域項之係數各自呈獨立的常態分配，其中皆以 0 為平均數，各標準差包括、及的估計

值則取決於分析資料，即基於無資訊的先驗分佈 (Noninformative Prior)。至於第 (1) 式中的性別項，我們將其估計係數定義為固定作用 (Fixed Effect)。這是由於性別只有兩類，當個體資料中的類別 $j < 3$ 時，設定其係數為隨機作用 (Random Effect) 並利用多層次模型估計所得的結果和定義其為固定作用的差別不大 (Gelman 2004; Park et al. 2004)。

除了性別項的係數以外，各係數可表示如下：

$$\begin{aligned}\beta_j^{age} &\square N(0, \sigma_{age}^2), \text{ for } j=1, \dots, 5 \\ \beta_j^{edu} &\square N(0, \sigma_{edu}^2), \text{ for } j=1, \dots, 5 \\ \beta_{j,k}^{age \times edu} &\square N(0, \sigma_{age \times edu}^2), \text{ for } j=1, \dots, 5; \text{ for } k=1, \dots, 5 \\ \beta_j^{region} &\square N(0, \sigma_{region}^2), \text{ for } j=1, \dots, 6\end{aligned}$$

我們透過貝氏定理的分析工具，即馬可夫鍊蒙地卡羅法 (Markov Chain Monte Carlo) 模擬樣本資料，以進一步估計以上的統計模型 (包括第 (1) 及第 (2) 式)。所使用的軟體為 WinBUGS (Spiegelhalter et al. 1999) 及 R 語言 (R Development Core Team 2003)，並參考 Gelman (2003) 所撰寫的 Bugs.R。在模擬的過程中，我們隨機挑選六個起始點以同時進行六組獨立的馬可夫鍊模擬，並採用了重覆性參數的技巧 (Redundant Parameterization) 來加速模擬收斂 (Convergence) 的過程。至於如何評估收斂與否，我們採用值 (Potential Scale Reduction) 是否接近 1 為標準，即所有估計參數的與 1 的差距皆小於 0.1。約經過 6,000 個 Iteration 後，以上模型中所有估計參數的值皆達到我們原先所設定的收斂標準。

基於個人基本特徵變數及居住縣市別，以上對數模型提供了我們任一類型受訪者支持陳水扁 (或連戰) 的機率。接著我們利用以上模型的估計係數求取二十五個行政區內各基本特徵類型 (五十種類型) 是否支持陳水扁 (或連戰) 之加權平均值。

首先，透過基本特徵變數及居住縣市別的估計係數，我們可以分別求得一千兩百二十五種類型受訪者支持陳水扁 (或連戰) 的機率。其次，我們使用台閩地區 2000 年人口普查資料，求得每一個類型中有多

少成年人口數支持陳水扁 (或連戰)。最後，將各個行政區內每一類型中支持陳水扁 (或連戰) 的成年人口數加總 (每個行政區皆含五十種類型)，並分別除以各行政區的總成年人口數以推估每一行政區陳水扁 (或連戰) 的支持比率。

資料來源

本研究的資料來源有兩個部分：首先為政大選舉研究中心在 2004 年總統大選前所執行的電話訪問民調資料 (NSC92-2414-H-004-020)。該電話訪問自 2003 年十一月二十二日開始執行，樣本數累計共有一萬一千筆，抽樣範圍包括台灣省二十一個縣市及北、高兩院轄市。由於本研究旨在利用少數樣本推估分區民意，故僅採用選前四週內的資料，樣本數為兩千一百九十一筆。在這近兩千兩百個樣本中，有 760 位受訪者未實際回答其投票意向 (即回答「未決定」、「不投票」、或「投廢票」者)。由於投票意向是以上對數模型中的依變項，我們將這些樣本記錄為漏值 NA 並保留在樣本中交由 WinBUGS 去模擬填補。相對的，我們剔除任何在性別、年齡、及教育程度等模型自變項中有漏值 (Missing Value) 的樣本。另外，儘管沒有任何來自金門、馬祖兩外島的樣本，這兩個行政區項仍包含在模型中。其次，我們使用台閩地區 2000 年人口普查資料來計算以上對數模型所設定之一千二百五十個類別的成年人口分配比率，意即求取母群多變數聯合分佈值。舉例而言，我們可以從普查資料得知，2000 年時有三千兩百七十九位成年人為「男性」、年齡介於「20-29 歲」、教育程度為「不識字或小學以下」、且居住在「台北縣」。

研究發現

本研究透過多層次的貝式定理估計模型，配合人口普查資料進行事後分層加權，發展出一套利用全國民調推估地方民意的模式。本研究並進一步利用 2004 年總統大選的全國民調資料，驗證這套模式的實用性。

從資料或民調分析的觀點出發，學者

永遠希望其所分析的資料能有較大的樣本數以利更準確地推估母體特性，即減少估計值的不確定性（或誤差）。然而，有些時候受限於研究經費或時效性，我們無法在短時間內獲得足夠的樣本，以致無法準確地利用樣本推估母體特性。以本研究為例，假設我們僅有選前四週內的全國民調資料，其中由於澎湖縣僅有六個樣本，我們幾乎不可能以此正確地推估陳水扁在澎湖縣的支持率。然而利用以上的模擬方式，我們所得之陳水扁在澎湖縣的支持率（即點估計值）和陳水扁在澎湖縣的實際得票率相差不到一個百分點。

換言之，本研究最大的貢獻即在於透過分層模擬的方式，結合個體層次的民調資料和總體層次的分區特徵，以克服民調分析中所可能面臨的樣本數限制。這樣的模擬方式可以應用在很多和民調資料分析相關的研究上。

首先，就統計模型的應用面而言，以上所使用的對數模型可進一步擴展成為任何類別資料分析模型（Discrete Choice Model），如 Ordered Probit、Multinomial Logit、或 Multinomial Probit 模型（Park et al., 2004）。換言之，這套利用全國民調推估分區民意的模擬模式可以套用在其它非二分的民調問題上，如統獨意識、國家認同、或任何政策相關的議題上。因此即便某特定議題的研究者沒有該議題各分區民調資料，也可利用這套模擬方式配合全國民調資料，進行各分區民意差異的比較研究（Park, 2004；Yu, 2004）。此外，由於這套模式還包括了總體層次的資訊，我們還可以根據各類不同的總體資訊來改變模型設計，譬如 Jackman and Rivers（2001）即利用總體資訊來控制民調樣本的來源機構，以便包涵更多的個體樣本。

其次，在選舉預測的研究方面，由於台灣的總統大選是以候選人全台閩地區的總得票數高低為當選依據，因此單就總統大選而言，預測各候選人的分區支持度意義不大。以上之所以利用總統大選的民調資料進行模擬旨在說明這套模擬模式的實用性。日後若將這套模式應用在縣、市長級選舉預測，或單一選區的立法委員選舉預測上，則勢必可大幅減少抽樣成本並更

能掌握選前民調的時效性。

雖然這項研究只應用在電話訪問資料上，但是未來有可能應用在面對面訪問上面。在不改變現有的分層多段抽樣方式之前，多層次的貝式定理估計模型，並配合人口普查資料進行事後分層加權，可以隨著不同層級的選舉，幫助研究者掌握不同層級的民意，而無須刻意調整分層抽樣方式。

結果與討論

多層次分析（Multilevel Analysis）對於社會科學界相當重要，它的基本精神為視個別觀察值為許多階層中的某一個體，因此估計係數時應考慮各個階層的變異數，以及各種階層間的交互作用。近來學者將貝式定理（Bayesian Theorem）與多層次分析相結合，提出不少的研究發現（Gelman, Carlin, Stern, Rubin, 2004）。

本研究在未來有極大的發展性。以選舉為例，縣市及其鄉鎮的地方政治可能影響選民投票行為。以 2004 年台灣總統選舉而言，兩組候選人不僅在議題操作及政黨認同的強度一較高下，更在地方上短兵相接，尤其是在任的候選人，更是針對民調較弱的地方不斷以行政資源補強，這說明了縣市及以下層級民意的重要性。這個分析角度可說是對傳統的社會心理投票理論的反饋。惟有考慮個體之上的群體的影響，例如社區、鄉鎮、甚至縣市，才能充份理解台灣的政治版圖的變遷過程。

而從研究成本來思考，多層次分析結合貝式定理估計的優點更為明顯。在立法委員選舉，目前為止仍然使用的複數選區制使得各選區的得票相當難以預測，除非在每一選區進行民調。根據傳統的機率統計，每個選區都需要上千個樣本方能控制抽樣誤差在 3%，所耗費的成本將相當可觀。目前僅有政黨（例如民進黨）以及傳播媒體（例如 TVBS）曾進行各個選區的民調，但是他們的問卷往往較簡短，並不一定符合研究者的需要。而且，這些資料未必有一致的題目供研究者做比較。而在未來，小選區制若一旦實施，選區將會更多，進行問卷訪問的難度將會提高，而選舉預

測的難度也因此上升。

未來立委選舉的選區及選舉方式改變後，政黨的影響力可能有增無減，未來可以這套模型可以延伸至其他的心理態度以及公共政策評價，例如政黨認同、施政滿意度、對社會福利及地方建設之需求與選擇等等。

參考書目

- 洪永泰，1994「選舉預測：一個以整體資料為輔助工具的模式」，選舉研究，第1卷第1期，頁93-110。
- 洪永泰，2000「抽樣調查資料的加權處理」，謝復生、盛杏媛主編，政治學的範圍與方法，台北：五南圖書出版公司，頁371-385。
- 莊文忠，2000「選舉預測與策略性投票：以八十九年總統選舉為例」，理論與政策，第14卷第2期，頁55-92。
- 許勝懋、洪永泰，2003「『2001年台灣選舉與民主化調查研究』抽樣設計：分層效果、抽樣誤差與設計效果之分析」，選舉研究，第10卷第2期，頁59-91。
- 盛杏媛，1998「選民的投票決定與選舉預測」，選舉研究，第5卷第1期，頁37-76。
- 盛治仁，2000「總統選舉預測探討-未表態選民與情感溫度計」，選舉研究，第7卷第2期，頁75-107。
- 劉文卿，1995「台北市長選舉之基因預測模型」，選舉研究，第2卷第1期，頁1-16。
- 劉念夏，1996「一九九六年總統大選選舉預測：民意調查中未表態選民投票行為規則假設的提出與驗證」，選舉研究，第3卷第2期，頁131-156。
- 劉義周，1996「選舉預測：一組簡單理論的檢驗」，選舉研究，第3卷第2期，頁107-130。
- 鮑彤，1999選舉地盤：候選人票源凝聚程度之分析。政治大學政治學系碩士論文。
- Abramowitz, Alan I., 1988. "An Improved Model for Predicting Presidential Election Outcomes," *PS: Political Science & Politics* 21: 843-847.

- Clinton, Joshua, Simon Jackman, and Douglas Rivers, 2004. "The Statistical Analysis of Roll Call Data," *American Political Science Review* 98,2:355-370.
- Gelman, Andrew, 2003. *Bugs.R.: Functions for Calling Bugs from R*. (Available from <http://www.stat.columbia.edu/~gelman/bugsR>.)
- Gelman, Andrew, 2004. "Prior Distributions for Variance Parameters in Hierarchical Models." Unpublished manuscript.
- Gelman, Andrew, John B. Carlin, Hal S. Stern, and Donald B. Rubin, 2004. *Bayesian Data Analysis*. London : Chapman & Hall.
- Gelman, Andrew, and Thomas C. Little, 1997. "Postratification into Many Categories Using Hierarchical Logistic Regression." *Survey Methodology* 23: 127-35.
- Gill, Jeff, 2002. *Bayesian Methods: A Social and Behavioral Sciences Approach*. Boca Raton, Fla.: Chapman & Hall/CRC.
- Goldstein, Harvey, 1995. *Multilevel Statistical Models*. New York : John Wiley.
- Jackman, Simon, 2000. "Estimation and Inference via Bayesian Simulation: An Introduction to Markov Chain Monte Carlo." *American Journal of Political Science* 44: 369-398.
- Jackman, Simon and Douglas Rivers, 2001. "State Level Election Forecasting during Election 2000 via Dynamic Bayesian Hierarchical Modeling." Paper Presented at the Annual Meeting

- of the American Political Science Association, San Francisco, CA.
- Kelley, Stanley, Jr., and Thad W. Mirer, 1974. "The Simple Act of Voting." *The American Political Science Review*, 68, 2: 572-591.
- King, Gary, 1997. *A Solution to the Ecological Inference Problem: Reconstructing Individual Behavior from Aggregate Data*. Princeton, N.J. : Princeton University Press.
- Kramer, Gerald, 1971. "Short-Term Fluctuations in U.S. Voting Behavior, 1896-1964," *American Political Science Review* 65:131-143.
- Lavine, Michael, 1999. "What Is Bayesian Statistics and Why Everything Else Is Wrong," *The Journal of Undergraduate Mathematics and Its Applications* 20: 165-174.
- Lewis-Beck, Michael S. and Tom W. Rice, 1992. *Forecasting Elections*. Washington, D.C. : CQ Press.
- Martin, Andrew, 2001. "Congressional Decision Making and the Separation of Powers," *American Political Science Review* 95(2): 361-378.
- Park, David. 2004, "Multilevel Models of Representation in the U.S. States." Ph.D. dissertation. Department of Political Science, Columbia University.
- Park, David, Andrew Gelman, and Joseph Bafumi, 2004. "Bayesian Multilevel Estimation with Poststratification: State-Level Estimates from National Polls." *Political Analysis* 12: 375-385.
- Quinn, Kevin M., Andrew D. Martin, Andrew B. Whitford, 1999. "Voter Choice in Multi-Party Democracies: A Test of Competing Theories and Models," *American Political Science Review*, 43:1231-1247.
- R Development : R Development Core Team. 2003. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R foundation for Statistical Computing. (Available from <http://www.R-project.org>)
- Rao, J. N. K, 2003. *Small Area Estimation*. New York: Wiley InterScience.
- Rosenstone, Steven J., 1983. *Forecasting Presidential Elections*. New Haven: Yale University Press.
- Spiegelhalter, D., A. Thomas, and N. Best, 1999. *WinBugs Version 1.4*. Cambridge, UK: MRC Biostatistics Unit.
- Tsai, Chia-hung, 2005. "Bayesian Inference in Binomial Logistic Regression: A Case Study of the 2002 Taipei Mayoral Election" , 人文社會科學集刊, 第 17 卷第 1 期, 頁 103-123 。
- Tsai, Chia-hung, 2000. "American Voter Responses to International Political Events and Economic Conditions: 1920-1996" , 歐美研究, 第 30 卷第 3 期, 頁 143-191 。
- Tufte, Edward R., 1978. *Political Control of the Economy*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Western, Bruce, and Simon Jackman, 1994. "Bayesian Inference for Comparative Research," *American Political Science Review* 88:412-423.
- Yu, Eric C. H, 2004. "Public Opinion on Welfare Reform in the American States: A Mandate for What?" Paper presented at the 2004 Annual Meeting

of Northeastern Political Science
Association, Boston, November 11-13,
2004.

