

一、緒論

1.1 研究背景與動機

隨著電信科技不斷的創新，電信業者也不斷的推出各類的新產品以滿足消費者的需求及保持企業的不斷成長。然而新產品發展所涉及的範圍包括了整個企業的活動 (Crawford, 1992)，新產品對公司營業額的貢獻的比例也可能高達 70% ~ 90% (Bonnet, 1986)，而且新產品推出的高風險性，根據 A.C. Nielsen (1999) 及 Deloitte and Touche (1998) 的研究指出，在歐洲新產品推出失敗率 90%，在美國更高達 95% 以上。隨著全球第三代行動電話技術開始成熟加上手機的數量也日漸增多，電信業者也逐漸開始提供第三代行動電話服務給其客戶，但是由於電信網路與設備的建置通常需要提前四到十二月的時間，設備的投資金額也很龐大，因此如何建立有效的用戶數預測模型，以配合電信業者適當的行銷策略來降低新產品推出的風險及控制新產品的投資，是本研究的研究主題。



自 Bass(1969) 提出新產品擴散模型以來，創新的擴散與採用理論已被學術界與實務界廣泛應用，自 1970 年代開始許多學者便針對 Bass 擴散模型中一些不合理的假設重新加以檢定，期能加入更多的決策變數 (如價格與廣告) 來提高模型的配適能力，Mahajan、Muller、Bass (1990) 所提出的文獻回顧中，更針對原始 Bass 基本擴散模型提出了九個不合理的假設。Bass (1994) 年針對學術界對 Bass 基本擴散模型及多代擴散模型提出的問題做出回應，認為 Bass 模型不需要再增加決策變數，仍有良好的配適與預測能力。在高科技產品中，廠商在推出創新產品時往往會推出製程較好或功能較多的新一代產品來取代前一代的產品以滿足消費者的需求，Norton and Bass (1987) 延伸了 Bass (1969) 的基本擴散模型針對多代產品的銷售量首度提出多代擴散模型，研究同一產品各世代得擴散與相互間的替代關係。

第三代行動電話通訊系統自西元 2000 年日本電信業者 NTT DoCoMo 推出商業化服務以來，到西元 2005 年 1 月底全世界已經有超過六十家的電信業者推出以 WCDMA 技術為主的第三代行動電話通訊服務，隨著各業者系統逐漸建設完成與第三代行動電話手機逐漸普及，全世界越來越多的消費者將從現在以語音為主的第二代行動通訊服務，逐漸的轉移到影音與多媒體服務為主的第三代行動電話通訊服務。因此建立針對第三代行動電話用戶擴散模型，是一個值得研究的課題。

台灣於 2002 年發放第三代行動電話執照給五家電信業者，預計今年 (西元 2005 年) 第三季各業者也將逐一推出第三代行動電話通訊服務給台灣的消費者，由於日本 NTT DoCoMo 是全球第一個推出第三代行動電話通訊服務的電信業者，因此如果能藉由日本 NTT DoCoMo 的第三代行動電話通訊服務擴散的經驗，建立針對第三代行動電話通訊服務的多代擴散模型以應用在台灣，台灣各家的電信業者也能將此模型應用到即將在台灣推出的第三代電話通訊服務，在實務上，業者除了根據用戶數的預測，做出正確的投資策略外，也可以依本研究所建立的基本模型，加入市場行銷策略，建立各業者特有的多代擴散模型。

1.2 研究目的

針對新產品銷售預測的量化模型，以 Bass 於 1969 提出的新產品成長模型 (A new product growth model) 最著名並最廣為引用的模型，其主要目的即是發展產品的生命週期，並提供新產品首次購買的銷售量預測。雖然 Bass 成功的以量化模型進行新產品的評估，但也簡化了變數來建立模型，於是自 1970 起便有學者試圖修正 Bass 的模型以加強模型的預測能力。Mahajan et al. (1990) 所提的文獻回顧中指出原始 Bass 模型的不合理假設，其中之一的不合理假設為「創新產品的本質並不會隨著時間而改變」，而 Norton and Bass (1987) 首先根據 Bass 模型中此不合理假設，針對同一產品各世代的擴散及相互間的替代關係提出多代擴散模型架構。

Norton and Bass (1987) 的研究假設銷售量為使用者人數與每人平均消費數量的乘積，且是消費者是連續的購買行為。由於 Norton and Bass 所提出的多代擴散模型 NB-87C 並無法應用在系統安裝數量 (Mahjan and Muller, 1996) 及用戶數量 (Danaher et al., 2001) 的預測。因此 Bass and Bass (2001, 2004) 針對 Norton and Bass (1987, 1992) 的研究限制提出新的多代擴散模型 BB-04X。

由於 Bass and Bass 於 2004 所提出的 BB-04X 模型，只針對過去過去相關研究中所提到的 IBM 個人電腦銷售量、DRAM Chip 銷售量及美國第二代行動電話客戶數量的歷史資料加以驗證，並未針對全球正在推出的第三代行動電話加以預測。且過去對於行動電話擴散模型研究的學者，並沒有針對以 WCDMA 技術為主的第三代行動電話通訊系統加以研究。因此，本研究將利用既有的 BB-04X 模型針對日本地區電信業者 NTT DoCoMo 的第三代行動電話客戶數量進行擴散模型實證研究，以找出最適的參數估計及驗證其產品銷售之配適與預測能力，並與 NB-87C 模型做相互交叉比較以驗證 BB-04X 模型之最適性。

1.3 研究範圍與對象

日本 NTT DoCoMo 於西元 2001 年於全球首先推出根據 WCDMA 技術第三代行動電話系統，且根據英國 EMC World Cellular Database 和日本 Telecommunications Carriers Association (TCA) 截至 2005 年 1 月底的統計，全世界目前約有一千八百萬 3G (WCDMA) 的用戶，日本 NTT DoCoMo 的 3G 用戶數則接近一千萬，因此本研究將針對日本地區電信業者 NTT DoCoMo 的第三代行動電話用戶成長與其前一代 PDC 電話用戶的用戶成長進行研究。

1.4 研究流程

在本研究的範圍與對象下，為了達到前述的研究目的，本研究進行的研究架構如圖 1 所示。

首先將研究背景之闡述與研究動機之產生，並定義問題與研究目的，根據研究目的與範圍進行文獻探討後建立研究方法與模型，最後進行次級資料蒐集與統計分析後，做出實證結果與建議。

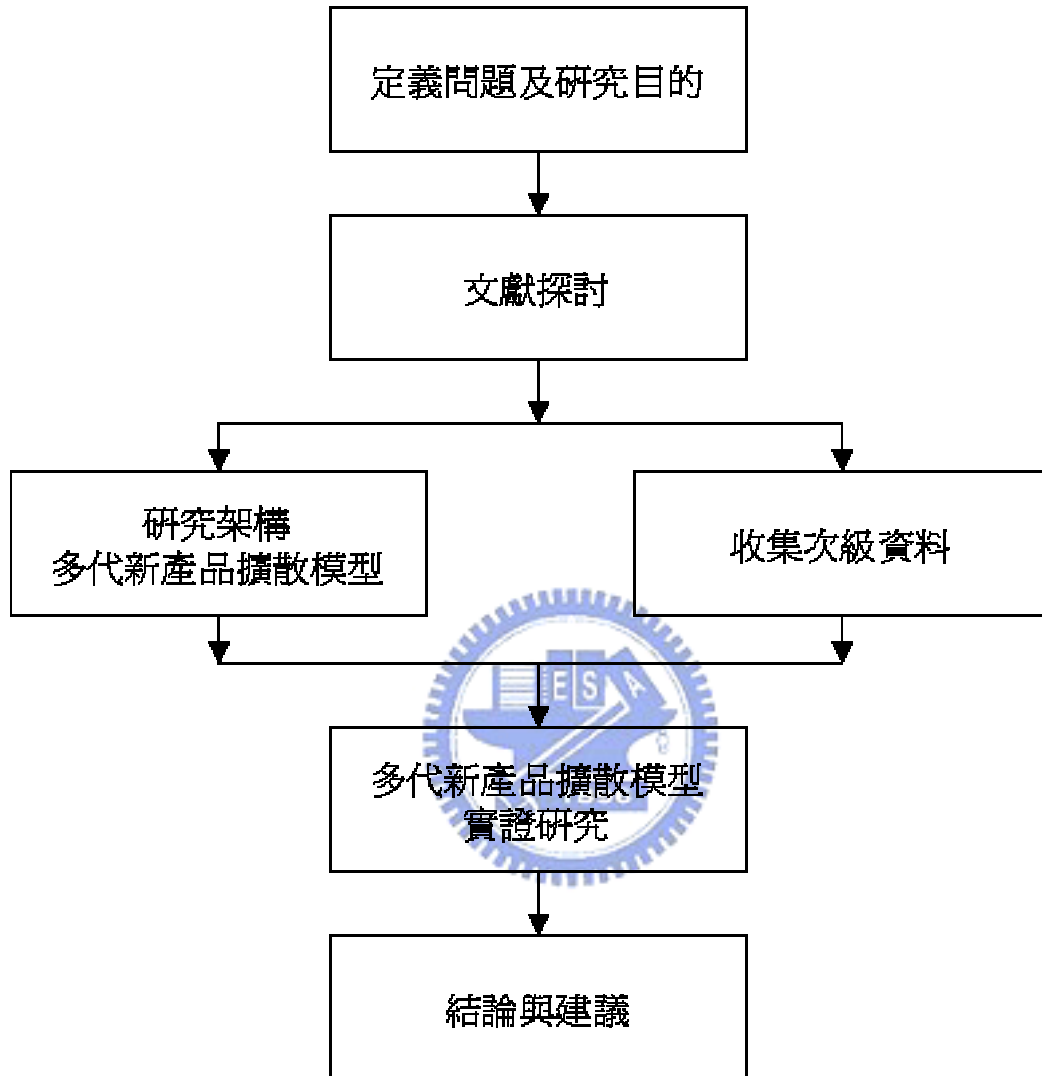


圖 1 研究流程

二、文獻探討

本節根據本研究所用的文獻及之前的學者的研究內容進行探討，並將根據文獻探討的結果建立本研究的研究方法與架構。

2.1 行動電話通訊系統的演進

本節探討各代行動電話系統技術的演進，探討本研究與過去學者所研究的行動電話系統相關技術。

2.1.1 第一代行動電話通訊系統

第一代行動電話通訊系統的控制與話務頻道都是類比的，主要分為下列系統：

- NMT (Nordic Mobile Telephony)：NMT 是由 Nordic 電信管理局所制定的標準，自西元 1981 年開始運轉，為全球第一個商業化的行動電話網路，最主要使用在 450 Mz 及 900 Mz 兩個頻段，主要使用的地區為歐洲、中東及亞洲。
- AMPS (American Mobile Phone System)：AMPS 是由美國 TIA/EIA/ANSI 所制定的第一代行動電話網路標準，由西元 1984 年開始在美國商業運轉，主要使用的地區為美國、澳洲及亞洲。台灣中華電信的第一代行動電話網路即是使用 AMPS 系統。
- TACS (Total Access Communication System)：TACS 系統主要是英國根據 AMPS 系統修改而來，由西元 1985 年在英國開始商業運轉。

2.1.2 第二代行動電話通訊系統

由於第一代行動電話通訊系統，通訊內容不具保密性，因此有了數位化的第二代行動電話通訊系統產生。第二代行動電話通訊系統的控制與話務頻道都是數位的，所有的語音傳輸都經過加密，因此具有較好的保密性。主要分為下列系統：

- GSM (Global System for Mobile Communication)：由歐洲 ETSI 所制定標準的 GSM 系統，第一個開始運轉的商業網路為西元 1992 年。主要分為三個頻段 900Mz，1800Mz，1900Mz，且為全世界最成功的第二代行動電話通訊系統。台灣所有的大哥大業者皆使用 GSM 技術提供通訊服務。
- PCS (Personal Communications Services)：PCS 是一個開放的標準，主要規範服務介面的標準，因此可以應用在室內無線的電話系統或者是行動電話。相關的標準為 IS-95 及 IS-136，主要在北美地區使用。
- D-AMPS (Digital AMPS)：D-AMPS 為前面介紹的 AMPS 系統的數位化演進。主要在北美地區使用。
- PDC (Personal Digital Cellular)：PDC 系統是由日本 RCR 標準所制定，主要使用在日本地區，自 1993 年開始商業運轉。

本研究對象日本的電信業者 NTT DoCoMo 的第一個世代的無線通訊系統即是本節所使用的 PDC 技術，而其第二個世代無線通訊系統則是使用第 2.2 節所介紹 WCDMA 技術。

2.1.3 數據服務

GPRS (General Packet Radio Service) 這種服務是在現有的 GSM 網路上，加上幾個數據交換節點，因為數據交換節點具有處理封包的功能，所以使得 GSM 網路能夠和網際網路互相連接，GSM 網路無線傳輸的便利與網際網路資訊的豐富都能彼此共享。歐洲電信標準協會(European Telecommunications Standard Institute；ETSI)為了提升語音編碼技術、提供更進步的數據通訊服務，ETSI 故於 1994 年開始了 GPRS 的制訂工作，並於 1998 年提出完整的 GPRS 相關協定。此外，第三代行動通訊系統 IMT-2000 規格主要是根據目前 GSM/GPRS 的架構。因此 GPRS 已被視為從第二代系統跨入第三代必經的過程，以提供較具經

濟效益的分封數據服務，以增加業者的營運利潤。

2.2 第三代行動電話通訊系統

從第二代行動電話通訊系統(以下簡稱 2G)到第三代行動電話通訊系統(以下簡稱 3G)的演進，主要是希望從單純的只提供語音服務，到提供互動並以多媒體為基礎的個人通訊服務，因此於西元 2000 年由國際電信聯盟 ITU 制定根據這個概念制定的相關標準，稱為 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000)，而 3G 是一個對空中介面規格 (Radio Transmission Technology)，核心網路 (Core Network)，用戶服務與整體網路架構的一個總稱，並將 3G 頻帶設為 2000 MHz, 且提供 2000K bps 的資料傳輸率。

由於各國制定標準的組織對 3G 都有各自的看法，且各國所擁有的無線頻段也不同，因此 ITU 最後經協商決定，將 3G 定為下列五種標準，其中有三種模式採用 CDMA 技術，二種模式採用 TDMA 模式。

CDMA 技術包含三種模式說明如下：

- Direct Spread (DS)：這是歐日系統的所採用的 WCDMA 技術，核心網路基於 GSM/GPRS 網路的演進，並保持與 GSM/GPRS 網路的相容性，空中介面規格則是採 FDD 雙工模式；電信業者可以在現有 GSM/GPRS 網路中更換或增加部分網路設備過渡到 3G。台灣現有的 2G 電信業者中華電信、台灣大哥大、遠傳電信與日本的 NTT DoCoMo 採用這種技術推出 3G 服務。
- Multi-Carrier (MC)：屬於 CDMA 2000 技術的演進，發起者主要以美國和韓國為主的以 IS-95 CDMA 為標準的製造商和業者，cdma2000 繼承了 IS-95 CDMA 系統的技術特點，電信業者同樣可以在現有 CDMA 網路中更換或增加部分網路設備過渡到 3G。台灣的電信業者亞太寬頻電信 乃是採用 CDMA 2000 技術在台灣推出 3G 服務。

- Time Division Duplex (TDD)：TDD 共有兩種技術，一種是歐日系統的 WCDMA，其中的空中介面規格則是採 TDD 雙工模式；另外一種則是西門子公司和中國大唐集團在開發的 TD-SCDMA。

在 IMT-2000 接受的技術除上述使用 CDMA 的部份外, 也有 TDMA 模式：

- UWC-136：又稱為 EDGE (Enhanced GPRS)，速率最高可達 384 kbps，為目前 GPRS 網路的演進，並保持與 GPRS 網路的相容性，現有的電信業者可以直接擴充現有的軟硬體設備以支援 EDGE 的技術。
- DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications)：DECT 隸屬於『歐系低階無線通訊系統』，與一般家用的類比式無線電話 (Cordless Telephone) 大致相同。但兩者之間最大的不同點為：DECT 採用的規格是與 GSM 完全相容的數位通訊技術。它可以執行指定轉接、話中插接、三方通話、內線互打、來電號碼顯示等與 GSM 行動電話相同的功能，在話質穩定度與增值功能上具有更優越的表現。

根據易利信的統計全世界第三代行動電話已形成兩大主流，一為源自於歐洲以寬頻分碼多工(WCDMA: Wide-band Code Division Multiple Access) 技術為主，以全世界現在使用 GSM/GPRS 及 PDC 技術的第二代行動電話業者為主，另一以及源自採用韓國與美國的 CDMA 技術為主的 CDMA 2000。

本研究將現有第二代行動電話系統到第三代行動電話系統技術演進圖的示意圖，小結如圖 2 所示。

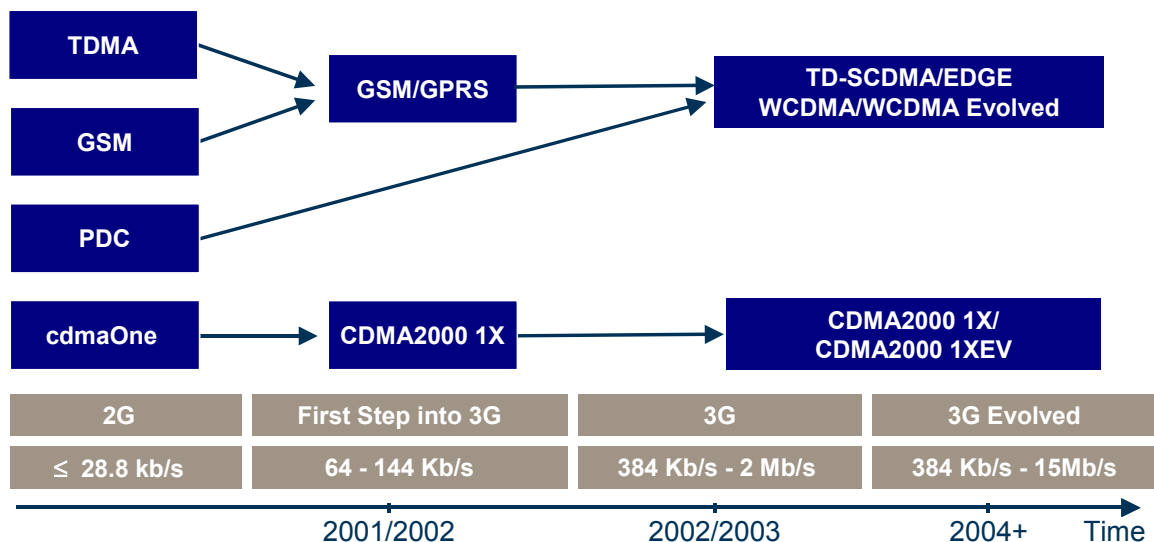


圖 2 第二代行動電話系統到第三代行動電話系統技術演進圖

資料來源：本研究整理

由於台灣三大的電信業者預定將採用 WCDMA 技術於西元 2005 年下半年推出 3G 服務，因此本研究將針對以 WCDMA 技術為主的日本電信業者 NTT DoCoMo 進行多代產品擴散模型的實證研究。

根據電信大廠易利信的統計，全世界到西元 2005 年 1 月底為止，共有 60 個商業運轉的 3G 網路，其中日本 NTT DoCoMo 更首先於西元 2001 年推出 3G 服務；且根據英國 EMC World Cellular Database 和日本 Telecommunications Carriers Association (TCA) 截至 2005 年 1 月底的統計，全世界目前約有一千八百萬 3G (WCDMA) 的用戶，其中日本 NTT DoCoMo 的 3G 用戶數則接近一千萬，其用戶數超過全世界 3G (WCDMA) 用戶比例之百分之五十，因此本研究將針對日本 NTT DoCoMo 的 3G 用戶成長，進行實證的研究，以建立適用 3G 的多代新產品擴散模型。

2.3 多代擴散模型相關理論

在行銷領域中，針對新產品銷售預測模型，最有名的是 Bass 於 1969 年提出新產品成長模型，近三十多年來，許多學者陸續針對 Bass 基本擴散模型做理

論模型之修正、參數估計方法之修正，及應用在不同的產品或領域以修正銷售預測的準確性。孫中璽 (2003) 整理過去的研究，歸納幾個底下幾個主要的研究方向：

1. 參數估計，又分爲有歷史資料與未具有歷史資料的估計
2. 擴散的速率，探討不同的時空背景下總體環境或其他因素造成的擴散速度的改變
3. 擴散產品種類的應用，已不再侷限於耐久財的運用，許多學者的實證研究發現在有形或無形的產品實證上，擴散模型在產品銷售皆具有相當預測能力
4. 解除 Bass (1969) 擴散模型假設之研究
5. 實證研究，將既有的模型進行實證研究以驗證其產品銷售之配適與預測能力

2.3.1 Bass (1969) 擴散模型

在行銷學上 Bass 於 1969 年提出新產品成長模型爲最著名的擴散研究，Bass 假設新產品的潛在採用者受到兩種傳播方式的影響，分別爲大眾媒體 (Mass Media) 及口碑 (Word of Mouth)。在發展的過程中，他進一步的假設這些潛在的採用者可分爲兩個群體，一是受到大眾媒體影響 (外部影響) 的人，稱做「創新者」，另一種是受口碑影響 (內部影響) 的人，稱做「模仿者」。Bass 模型可以表示爲：

$$f(T)/(1-F(T)) = p + qF(T) \text{ 或} \quad (1)$$

$$Y(T) = mF(T) \quad (2)$$

其中，t 代表採用的時間

f(t) 爲在 t 期採用者的時間密度函數

$F(t)$ 為在 t 期累積採用者的時間密度函數

p 為創新係數，即大眾傳播媒體對新產品的潛在採用者的影響力。

q 為模仿係數，即口碑對新產品的潛在採用者的影響力

在時間 t 時採用的條件機率會隨採用人數的增加而增加，即部分採用者因為模仿而採用，但有另一部份的採用者並不會受別人的影響。新產品投入市場後，產品的擴散速度主要受到兩個傳播途徑影響：一個是大眾傳播媒體，如廣告等外部影響，它傳播產品性能中容易得到驗證的部份，如價格、功能或色彩等。另一個口耳相傳，即以採用者對未採用者的宣傳之內部影響，它傳播產品某些難以驗證的性能，如可靠性、方便性或耐用程度等。Bass 根據此種特性，將採用者分為兩個群體，一個群體只受大眾媒體所影響，稱為創新者，一個群體只受口耳相傳所影響，稱為模仿者，分別用創新係數 (p 值) 及模仿係數 (q 值) 來代表。

創新係數與模仿係數的大小不同，則擴散過程將會不同。創新係數代表初期用戶擴散速度，值介於 $0 - 1$ 之間，該值越接近 1 代表創新者接受產品的速度越快；模仿係數代表產品擴散速度的參數，即表示跟隨者在使用產品的持續程度，值介於 $0 - 1$ 之間，該值越接近 1 代表產品在潛在用戶群的擴散越快。當創新係數大於模仿係數，即外部影響力大於內部影響力，採用人數會持續下降，而且擴散的速度會很快開始及很快的結束；當創新係數小於模仿係數，即外部影響力小於內部影響力，採用人數會先增加後下降，而且初期擴散的速度並不會很快，而要一陣子之後才會加速擴散。

假設 $F(0)=0$ 則上列公式 (1) 則可以成爲

$$F(T) = (1 - e^{-(p+q)T}) / (1 + (q/p)e^{-(p+q)T}) \quad (3)$$

其中機率密度函數可以推導爲

$$f(T) = ((p+q)^2 / p) e^{-(p+q)T} / (1 + (q/p)e^{-(p+q)T})^2 \quad (4)$$

如果所有可能採用者的市場潛量是 m ，而且所有採用者只購買一單位。則銷售量 $S(T) = mf(T)$ 。所以 Bass 模型的銷售量可以推導爲：

$$S(T) = pm + (q - p)Y(T) - (q/m)[Y(T)]^2, \text{ 其中 } Y(T) = mF(T) \quad (5)$$

2.3.2 Mahajan、Muller、Bass (1990) 文獻回顧

Mahajan et al. 於 1990 所提出的文獻回顧中，也提出了九項原始 Bass 模型中的不合理假設：

1. 創新產品的市場潛量不會隨著時間而改變
2. 創新產品的擴散與其他創新產品的擴散過程無關
3. 創新產品的本質並不會隨著時間而改變
4. 在整個創新擴散的過程，社會系統中所涵蓋的地理範圍並不會改變
5. 擴散程序的二分法
6. 擴散程序不受行銷策略的影響
7. 產品及市場特性不會影響擴散型式
8. 沒有供給限制的存在
9. 每位使用者只有購買一單位的產品，沒有重複購買的行爲

孫中璽 (2003) 根據以上所提問題進行分項整理，在下列表 1 歸納整理了歷年解除 Bass 擴散模型不合理假設與限制之研究。

表 1 歷年解除 Bass 擴散模型不合理假設與限制之研究

年代	作者	修正假設之簡述
1978	Mahajan & Peterson	修正第 1 項不合理假設 市場潛量為動態，可以是內生或外生因素影響，以一總和函數 $S(t)$ 表示。
1978	Peterson & Mahajan	修正第 2 項不合理假設 產品擴散會受到其他產品擴散的影響，產品互相影響的關係分為四種：1. 獨立品 2. 互補品 3. 附屬品 4. 替代品
1979	Mahajan & Peterson	修正第 1、4 項不合理假設 整合時間與地理距離的擴散模型，若 x 為任何地理位置與創新產品推出之距離，其市場潛量為隨著該 x 增加而遞減的函數
1985	Kalish	修正第 1、4、5 項不合理假設 潛在需求者總數為動態，其以願付價格為基礎，認為市場潛量應該是效用高於廠商定價的消費者總和才會是市場潛量。且產品擴散應分為知曉與採用兩階段之擴散。並建立重複購買模式。
1986	Kalish & Lilien	修正第 6、7 項不合理假設 隨著產品之擴散，消費者會有對該產品品質的回饋，因此廠商即會不斷的改進其品質。
1987	Jones & Ritz	修正第 1、6 項不合理假設 產品的市場潛量應該是通路的函數，產

		品的市場潛量應該會受於通路所能夠提供的產品多寡。
1987	Norton & Bass	修正第 3、9 項不合理假設 廠商在推出創新產品時往往會推出製程較好或功能較多的新一代產品，再高科技產品中尤為明顯。因此新一代產品其本質已經改變。可視為一種縱面的替代效應。
1989	Gatignon et al.	修正第 7 項不合理假設 該研究中藉以三個主要的構面來衡量不同國家中的市場結構：1. 世界性 2. 人口流動性 3. 性別角色，並認為創新係數與模仿係數應該是以上三個構面之函數。
1989	Jain & Rao	修正第 1、6 項不合理假設 實證研究，認為加入價格變數修正的模式型態中之解釋能力非常良好。

資料來源：孫中璽 (2003)

本研究研究的主題為第三代行動電話系統用戶預測，行動電話的本質隨著技術不斷的創新已經隨著時間而改變，而且每位用戶可能會重複購買不同代的產品或者是捨棄前一代的產品而直接採用新一代的產品，因此本研究探討 Norton and Bass 兩位學者對於多代擴散模型研究，繼續針對多代擴散模型進行模型與實證的研究。

2.3.3 Norton and Bass (1987, 1992) NB-87C 多代擴散模型

由於高科技產品的生命週期通常比較短，廠商爲了維持其在市場的領導地位，必須不斷進行產品改良，取代舊產品，以滿足消費者的需求，因此每一代產品均定位於取代前一代的產品。Norton and Bass (1987) 參考了 Fisher and Pry (1971) 的替代模型與 Bass (1969) 基本擴散模型後，延伸了 Bass (1969) 的基本擴散模型首度提出多代擴散模型，以下簡稱 Norton and Bass NB-87C 模型。Norton and Bass (1992) 的文章中，並將其提出的多代擴散模型應用到高科技電子產品、藥品、消費及工業產品中。

Norton and Bass (1987) 做下列的假設：

1. 一旦某項應用採納某種程度的新科技後，不會回復到再使用舊科技。
2. 一項創新產品的銷售量，爲使用者人數與每人平均消費數量的乘積，而且每一世代的市場潛量可能增加。並假設每個購買者每期的平均消費數量爲一常數且爲連續購買的行爲，前一代購買者會被吸引到新的世代。
3. 一項創新有許多可能的應用，有些是目前可發現的應用，有些應用則需一段時間後才會被發覺。假設創新在應用性有上限，而且此上限爲一常數。
4. 採用者會重複購買，並且重複購買對採用者人數之比率爲一常數。

一項創新產品的擴散過程可用 Bass 基本擴散模型來表示。在假設只有一代產品且沒有更新產品或替代的情況下，銷售量可表示爲：

$$S(t) = mF(t) \quad (6)$$

其中，令 M 爲一項創新產品的潛在採用者人數的上限， r 爲平均每人消費量，此兩者均爲常數，則 $m = Mr$ 爲一常數，表示每代最大可能銷售量，且市場潛量銷售量與累積的採用者累積函數成正比。

在此，利用一系列的多代創新產品情況，進而探討此模型。每代產品會在前一代產品尚未飽和時便導入市場。而且新一代產品的銷售量來源有二部份：

1. 原本已採用舊一代產品升級至採用新一代產品的消費者。
2. 原本要購買舊一代產品的潛在採用者，但由於新一代產品的推出，因而採用新一代產品。

令 i 表示某產品的世代指標， S_i 表示第 i 代產品的銷售量，在只有兩代產品的情況下，模型表示如下：

$$S_1(t) = F_1(t)m_1 - F_2(t - \tau_2)F_1(t)m_1 = F_1(t)m_1[1 - F_2(t - \tau_2)] \quad \text{for } t > 0 \quad (7)$$

$$S_2(t) = F_2(t - \tau_2)[m_2 + F_1(t)m_1] \quad \text{for } t > \tau_2 \quad (8)$$

其中， $s_i(t)$ 表第 i 代產品在第 t 期的銷售量

m_1 表示第一代產品之市場潛量

m_2 表示由於第二代產品之推出額外增加的市場潛量

F_i 表示採用者累積函數

$$F_i(t) = \left[\frac{1 - e^{-(p_i + q_i)t}}{1 + \frac{q_i}{p_i} e^{-(p_i + q_i)t}} \right] \quad (9)$$

τ_2 為第二代產品的推出時間

$$F_2(t - \tau_2) = 0 \quad \text{for } t < \tau_2$$

在此模型中同時表達了擴散與替代效果。 $F_1(t)m_1F_2(t - \tau_2)$ 即為第一代被第二代所替代的部份。 $s_2(t)$ 在時間 τ_2 後呈單調遞增。 $s_1(t)$ 的頂點會發生在 τ_2 或 τ_2 之後，第一代產品最後的銷售量將趨近於 0，第二代產品最後的銷售量將逐漸趨近於兩代產品市場潛量的總和，即 $m_1 + m_2$ 。此模型可擴展至二代以上的情況。在

有三代產品時，第一代的市場逐漸被第二代所替代，第二代在取代第一代市場的同時，其又逐漸被第三代產品所替代。

NB-87C 模型假設：

1. 產品會不斷的更新，新一代產品能提供舊一代產品所有的用途外，還能提供更多的用途。
2. 各代產品的採用者累積函數是會隨時間變動的市場潛量下所發生。如 (7) 式中，市場潛量為 $m_1[1-F_2(t-\tau_2)]$ ，在 (8) 式中，市場潛量為 $m_2+F_1(t)m_1$ 。市場潛量會隨時間變動乃是因為替代效果的關係。
3. 舊一代產品被新一代產品替代(模型中的 $F_1(t)m_1F_2(t-\tau_2)$)的部份包含真實銷售量及潛在銷售量。
4. 對於所有的世代，Norton and Bass 模型假設 $p_i=p$ ， $q_i=q$ ，也就是每一代的創新係數 (p_g) 與模仿係數 (q_g) 皆相同。

這樣假設是因各代產品均屬同一產品，其擴散過程是相同的，如此一來可大量減少所需估計的參數數目。如果 F 函數有 k 個參數，市場有 n 個世代產品，則需估計的參數數目將從 $kn+n$ 降至 $k+n$ 個。

基於 $p_i=p$ ， $q_i=q$ 的假設，以兩代產品的情況為例，我們可將多代擴散模型改寫為

$$S_1(t) = F_1(t)m_1 - F_2(t-\tau_2)F_1(t)m_1 = F_1(t)m_1[1 - F_2(t-\tau_2)] \quad \text{for } t > 0 \quad (10)$$

$$S_2(t) = F_2(t-\tau_2)[m_2 + F_1(t)m_1] \quad \text{for } t > \tau_2 \quad (11)$$

其中， $s_i(t)$ 表第 i 代產品在第 t 期的銷售量

m_1 表示第一代產品之市場潛量

m_2 表示由於第二代產品之推出額外增加的市場潛量

而採用者累積函數改寫成下式

$$F(t) = \left[\frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \right] \quad (12)$$

τ_2 為第二代產品的推出時間

$F_2(t - \tau_2) = 0$ for $t < \tau_2$ 。

本研究利用 SAS 統計軟體，對 NB-87C 模型，進行模型配式效果與預測能力的檢定。也根據 Norton and Bass 的假設，檢驗在不同世代創新係數相同及模仿係數相同的情形下，利用底下所介紹的 BB-04X 模型來檢驗模型的配適效果與預測能力，以測試哪種模型適合應用在第三代行動電話用戶數預測。

2.3.4 Bass、Krishnan、Jain (1994) Generalized Bass 模型

許多學者陸續針對 Bass (1969) 基本擴散模型中只用創新係數與模仿係數做為決策變數而沒有將傳統的經濟變數納入考慮提出研究上的挑戰，Bass (1994) 因此提出一個包含決策變數的 Generalized Bass Model (以價格與廣告為例)，並證明 Bass Model 是 Generalized Bass Model 的一個特例，而且並不需要額外的行銷變數就有良好的配適能力與預測效果。

Bass 在原來基本擴散模型中，加入一個新的行銷變數 $x(T)$ 成為 Generalized Bass Model，而這個行銷變數是創新及模仿的係數，而且行銷變數是決策變數 (例如價格與廣告) 的百分比函數，基本的假設跟原來基本擴散模型相同。

$$f(T)/[1 - F(T)] = [p + qF(T)]x(T) \quad (13)$$

其中， t 代表採用的時間

$f(t)$ 為在 t 期採用者的時間密度函數

$F(t)$ 為在 t 期累積採用者的時間密度函數

p 為創新係數

q 為模仿係數

x(t) 行銷變數

如果 $x(T) = 1$ ，則 Bass 基本擴散模型就成為 Generalized Bass Model 中的一個特例。但是不管是 Bass 基本擴散模型或是 Generalized Bass Model 只適合應用在首次購買者，並不適用在重複購買或應用在多代的替代購買行為。

Generalized Bass Model 的研究結果證明，行銷變數的導入，並不會造成創新係數、模仿係數或市場潛量的改變，只會造成擴散曲線的移動，並不會造成擴散效果的改變。因此，回應了各研究學者對 Bass 模型只利用創新係數與模仿係數來預估市場潛量的挑戰。

2.3.5 Speece and MacLachlan (1995)

在 Norton and Bass (1987, 1992) 的多代擴散模型中，並未考慮各代產品的價格對擴散的影響。因此在 Speece and MacLachlan (1992) 和 Speece and MacLachlan (1995) 的研究中，首度將多代擴散模型加入價格因素考量並應用在牛奶包裝容器的實證上。兩位學者在累積函數 $F(t)$ 中乘上一個價格函數：

$$F(t) = \left[\frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \right] G(p_i) \quad (14)$$

其中，價格函數 $G(P_i)$ 如下式所示：

$$G(P_i) = e^{\eta p(t)} = \exp \left[\eta \left(\frac{P_i(t)}{P(t)} \right) \right] \quad (15)$$

其中 P_i 表示第 i 代產品的價格； P 表示產品的平均市價，乃是各代產品的銷售量加權平均價格； η 則是產品對價格敏感度的衡量指標。

2.3.6 Mahajan and Muller (1996)

Mahajan and Muller (1996) 文章中探討 IBM 大型電腦的新一代產品導入時機，應如何當機立斷地作決策；因此決策會受到一些因素影響，如：市場潛量的大小、平均報酬率、擴散與替代參數、折現因子…等。因此將 Wilson and Norton (1989)所提出的“now or never”法則擴充為“now or at maturity”。此外，還提出了多代之間潛在採用者可能出現蛙跳式(leapfrog)之採用行爲。以 IBM 四代產品爲例，第四代產品的潛在採用者可能來自於：

1. 第一代的採用者可能跳過第二、三代而直接採用第四代產品。
2. 第二代的採用者可能跳過第三代而直接採用第四代產品。
3. 第三代採用者升級至第四代產品。
4. 首次購買者，未曾採用之前的任何一代產品。

Majajan and Muller (1996) 所發展的多代擴散模型 MM-96，認爲 Norton and Bass 的模型爲針對連續購買行爲，因此兩位學者根據 Bass (1969) 的基本模型，發展了 NM-96 模型以尋找新世代的最佳時間。

2.3.7 Islam and Meade (1997)

Islam and Meade (1997) 藉由分析 11 個國家之行動電話系統 (2~3 個世代)，檢定 Norton and Bass (1987) 模型中參數固定的假設，研究發現在大部份國家實證結果顯示隨著不同世代的產品推出，只有參數 q 會隨著改變，而採用者累積函數改寫成下式：

$$F_i(t) = \left[\frac{1 - e^{-(p_i+q_i)t}}{1 + \frac{q_i}{p_i} e^{-(p_i+q_i)t}} \right] \quad (16)$$

其中 $p_i = p_1 + \Delta p_i$ ， $q_i = q_1 + \Delta q_i$ for $i > 1$

本研究根據 Islam and Meade 的結論，也檢驗在不同世代創新係數相同及模仿係數不同的情形下，檢定 BB-04X 模型的配式效果與預測能力。

2.3.8 Kim, Seo and Lee (1999)

Kim, Seo and Lee (1999) 文中對韓國 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000)用戶數進行預測並探討 Norton and Bass (1987)發展出的多代擴散模型可能產生的問題；文中以三代通訊技術作為實證對象，第一代 FDMA (Frequency Division Multiple Access)，第二代 TDMA (Time Division Multiple Access)與 CDMA (Code Division Multiple Access)，第三代 PCS (Personal Communications Services)。當有外生影響時(如：新一代通訊技術導入市場後，對於舊一代技術之申請將不再受理)，則 Norton and Bass (1987)發展出的多代擴散模型將不再適用。

因此，Kim, Seo and Lee (1999)將模型修改為：

$$\begin{cases} S_1(t) = m_1 F_1(\min[t, \tau_2]) - m_1 F_1(\tau_2) F_{1 \rightarrow 2}(t - \tau_2) \\ S_2(t) = [m_1 F_1(\tau_2) F_{1 \rightarrow 2}(t - \tau_2) + m_2 F_2(t - \tau_2)] [1 - F_3(t - \tau_3)] \\ S_3(t) = [m_1 F_1(\tau_2) F_{1 \rightarrow 2}(t - \tau_2) m_2 F_2(t - \tau_2) + m_3] [1 - F_3(t - \tau_3)] \end{cases} \quad (17)$$

其中， $s_i(t)$ 係指第 i 代通訊產品在 t 期的用戶數；而採用者累積函數改寫成下式

$$F_1(t) = \left[\frac{1 - e^{-(p_1+q_1)t}}{1 + \frac{q_1}{p_1} e^{-(p_1+q_1)t}} \right] \quad (18)$$

for $F_1(t-\tau_1)=0, t < 1$

$$F_{1 \rightarrow 2}(t) = \left[\frac{1 - e^{-(p_{1 \rightarrow 2}+q_{1 \rightarrow 2})t}}{1 + \frac{q_{1 \rightarrow 2}}{p_{1 \rightarrow 2}} e^{-(p_{1 \rightarrow 2}+q_{1 \rightarrow 2})t}} \right] \quad (19)$$

for $F_{1 \rightarrow 2}(t-\tau_{1 \rightarrow 2})=0, t < 2$

2.3.9 Kim, Chang and Shocker (2000)

Kim, N., D.R. Chang and A.D. Shocker (2000) 以 Norton and Bass (1987) 的模型為基礎，以成長性資訊產業的無線通信業為例，除了探討產品世代間的替代關係外，更加入了不同種類間 (category) 的競爭與互補關係。結果顯示潛在需求非固定不變，而是與其他種類銷售量有關。他們根據香港的一個世代的呼叫器

用戶，兩個世代的行動電話系統用戶和一個世代的 CT2 系統用戶，以及根據韓國兩個世代的呼叫器用戶和一個世代的行動電話系統用戶建立新的擴散模型。

2.3.10 Danaher, Hardie and Putsis (2001)

Danaher, Hardie and Putsis Jr. (2001)認為過去科技創新的多代擴散研究很少考量到行銷組合變數的影響。文章中作者提出包含行銷組合變數的模型，其實證對象為歐洲國家兩世代行動電話產品(NMT450，NMT900)，用以了解價格因素對兩世代行動電話在擴散與替代效果的影響。

2.3.11 Bass and Bass (2001, 2004)

Bass and Bass (2001) 的多代擴散模型 BB-01 Model 研究首先認為銷售量為採用銷售量 (adoption sales) 與重複購買銷售量 (repeat sales) 之總和，且每個客戶在每一代中只購買一個產品一次。

Bass and Bass (2004) 根據探討之前學者對多代擴散模型的研究，提出了新的多代擴散模型 BB-04X Model，並應用在第二代行動電話系統用戶數、電腦的安裝數量、影印機的銷售量及 DRAM 的銷售量來探討每一世代的市場潛量、系統使用量 (應用在本研究則是代表用戶數)。Bass and Bass 除了將模型應用在銷售量的預測外，並首先應用在計算使用者 (用戶數、系統使用量、安裝數量或滲透率) 的預測。Bass and Bass 建立的多代擴散模型，將 Bass (1969) 基本擴散模型轉換成下式：

$$X_1(t) = M_1 F_1(t) \quad (20)$$

其中， M_g 是在世代 g 下，採用者新增的市場潛量

$F_g(t)$ 是 Bass 採用者累積函數

$$F_g(t) = \left[\frac{1 - e^{-(p_g + q_g)t}}{1 + \frac{q_g}{p_g} e^{-(p_g + q_g)t}} \right] \quad (21)$$

$X_g(t)$ 是用戶、累計的採用者或累計的銷售量。在 BB-04X 模型中，這三種量是不同的。

在 Bass and Bass (2004) 的多代模型中，針對第二個世代的產品會帶來第二代的市場潛量，可以用 M_2 來表示，針對兩個世代的產品，可以這樣表示：

$$\begin{cases} X_1(t) = V_1(t) - V_2(t)F_2(t) \\ \text{where, } V_1(t) = M_1F_1(t) \end{cases} \quad (22)$$

$$\begin{cases} X_2(t) = V_2(t) \\ \text{where, } V_2(t) = M_2F_2(t) + V_1(t)F_2(t) \end{cases} \quad (23)$$

其中， $V_1(t)$ 是使用第一代產品 P_1 的潛在用戶

$V_2(t)F_2(t)$ 是被第二代產品 P_2 所奪取的用戶

X_g 則代表第 g 代產品 P_g 的用戶數

延伸第(16)與(17)式，完整 Bass and Bass (2004) 的多代擴散模型如下式：

$$\begin{aligned} X_g(t) &= \begin{cases} V_g(t) - V_g(t)F_{g+1}(t), g < G \\ V_g(t), g = G \end{cases} \\ \text{where, } V_g(t) &= \begin{cases} O_g(t), g = 1 \\ O_g(t) + V_{g-1}(t)F_g(t), 1 < g \leq G \end{cases} \end{aligned} \quad (24)$$

其中 $O_g(t) = M_g F_g(t)$ 代表累積的潛在用戶。

Bass and Bass 的多代擴散模型假設：

1. 研究首先認為銷售量為採用銷售量 (adoption sales) 與重複購買銷售量 (repeat sales) 之總和
2. 採用者在每一世代只會購買一個單位的產品
3. 由於每一世代的定義是代表由消費者的眼中來看世代間功能大幅改進和/或是價格大幅度的變化，因為如此最終每一世代的使用者會完全的移轉到新的世代。

由於 BB-04X Model 假設採用者在每一世代只會購買一個單位的產品，且適用於行動電話用戶數的預測，因此本研究利用 Bass and Bass 所提出的 BB-04X

Model 進行實證研究，探討在不同世代，創新係數及模仿係數不同情形下， BB-04X 模型的配式效果與預測能力。

2.4 本章小結

由於本研究的主題為新產品之多代擴散模型實證研究，因此本章針對多代擴散模型進行相關的文獻探討，以確認研究所用的研究架構。因本研究主要是針對第三代電話行動通訊系統進行實證研究，因此本研究也針對了行動電話的演進與第三代行動電話通訊系統相關技術做一探討。



三、研究方法

本章對本研究所欲進行的實證研究，提出相關的研究架構、方法與資料來源。

本研究以 SAS 做為資料分析的工具，以使用非線性回歸 (Nonlinear regression) 做為資料分析的方法。關於本研究所用到的 SAS 程式，請參考附錄一至四。

3.1 研究架構

根據第二章文獻探討所提及多代擴散模型及不同的創新係數與模仿係數的研究，本研究採用 Norton and Bass 的 NB-87C 模型及 Bass and Bass 的 BB-04X 模型並根據不同的創新係數與模仿係數建立圖 3 之研究架構。

本研究根據日本電信業者 NTT DoCoMo 各期的用戶數資料，利用四種不同的多代擴散模型及參數估計進行各模型的模型配適效果及預測效果進行統計檢定，找出針對第三代行動電話用戶最佳的用戶數預測模型。為了更進一步探討模型的配適能力，本研究也針對選定的模型將用戶資料每月為一期、每季為一期及每年為一期套入模型中，檢驗模型的配適能力。

本研究所用的四種不同的的多代擴散模型分析如下：

- 第一種模型是原來 Norton and Bass 於 1987 年所提的多代擴散模型，在 NB-87C 模型中，各世代的 p 與 q 值是相同的，檢驗的目的是為了解在同樣的樣本資料下，模型的配適效果與預測效果，並了解此模型在第三代行動電話用戶數預測的效果。在本研究中，簡稱 NB-87C 模型。
- 第二種模型是 Bass and Bass 於 2004 年所提的多代擴散模型且根據 Norton and Bass (1987) 的研究，設定各世代的 p 與 q 值相同，檢驗的目的是為了解在同樣的樣本資料下，模型的配適效果與預測效果。除了跟 NB-87C 模型比較模型的配適效果與預測能例外，並了解此

模型在第三代行動電話用戶數預測的效果。在本研究中，簡稱 BB-04X (1) 模型。

- 第三種模型是 Bass and Bass 於 2004 年所提的多代擴散模型且根據 Islam and Meade (1997) 的研究，設定各世代的 p 相同而 q 值不相同，檢驗的目的是為了解在同樣的樣本資料下，模型的配適效果與預測效果，並了解此模型在第三代行動電話用戶數預測的效果。。在本研究中，簡稱 BB-04X (few) 模型。
- 第四種模型是 Bass and Bass 於 2004 年所提的多代擴散模型，設定各世代的 p 與 q 值皆不相同，檢驗的目的是為了解在同樣的樣本資料下，模型的配適效果與預測效果，並了解此模型在第三代行動電話用戶數預測的效果。。在本研究中，簡稱 BB-04X (g) 模型。



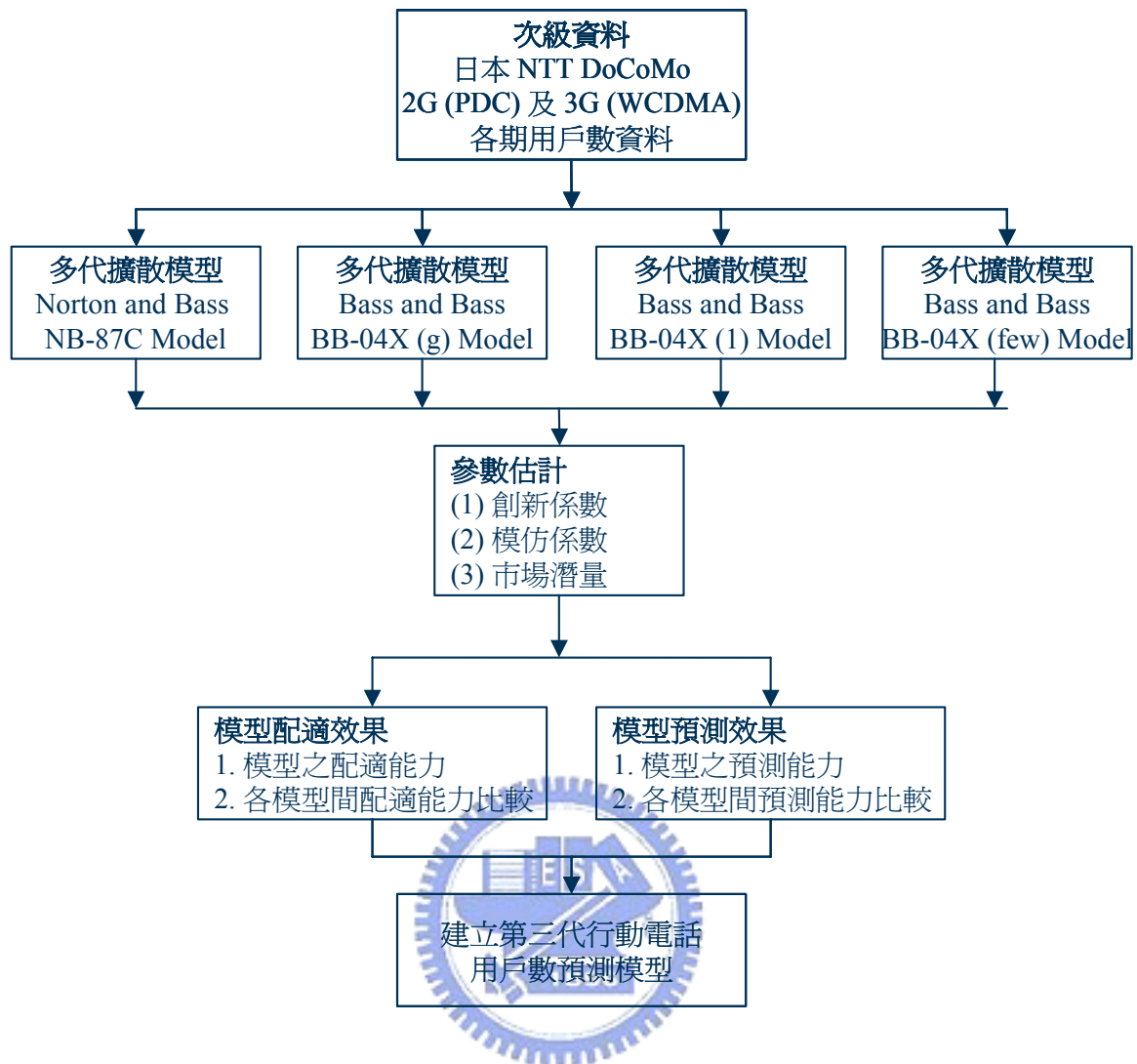


圖 3 本研究研究架構圖

3.2 資料來源

本研究行動電話用戶數資料來源取自日本的電信業者協會 (Telecommunications Carriers Association (TCA)) 的行動電話用戶資料庫，日本 TCA 建立於 1987 年，主要為會員為日本通訊相關的業者，成立的目為協調與解決業者間共同的電信問題、電信業務相關的統計與研究以及推動日本的電信行業的發展。

日本 TCA 的根據日本地區各電信業者每月月底所提報的當月月戶數，每月逐一建立在資料庫中，資料庫中擁有全日本自 1996 年以來所有無線網路電信業者每月的資料。本研究實證所採用的用戶資料選擇以各以月、季及年為單位，目的在避免過多的銷售波動影響擴散模型預測之解釋能力，並以日本地區為實證的研究範圍。

本研究採用日本電信業者 NTT DoCoMo 第一代 PDC 行動電話系統與第二代 WCDMA 行動電話系統的用戶資料，兩代資料皆從 TCA 資料庫中所出現的首期資料開始引用，其中 PDC 用戶資料自 1996 年 2 月底到 2005 年 1 月底，每月為一期，共採用 108 期的資料，WCDMA 用戶資料自 2001 年 10 月底開始營運到 2005 年 1 月底，每月為一期，共採用 40 期的資料。本研究所採用的為當期累積用戶數，資料如附錄一及圖 4 所示。

本研究另外採用自 2005 年 2 月底到 2005 年 3 月底共二期資料，放入四個模型中，以驗證本研究模型之預測能力。

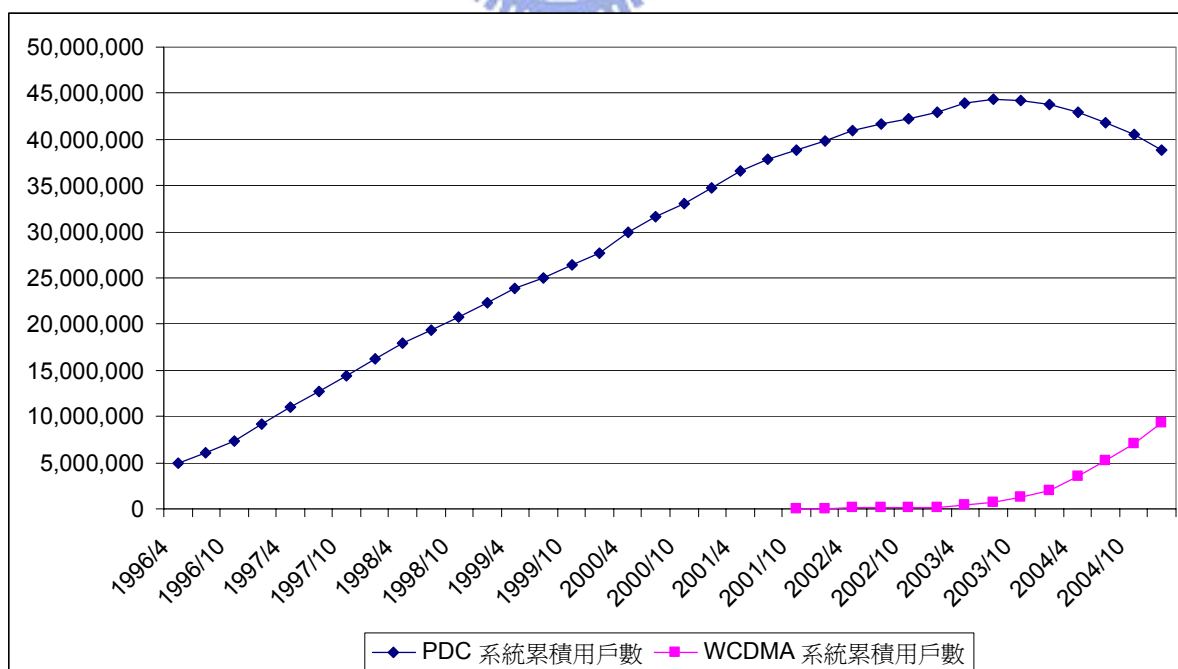


圖 4 日本電信業者 NTT DoCoMo 兩代行動電話歷史累積用戶數

資料來源：日本的電信業者協會的行動電話用戶資料庫

研究資料取自資料庫的好處如下：

- 包含日本地區各業者的各世代無線通訊系統用戶歷史資料
- 跟其他資料來源相比 (比如，統計調查)，資料庫的歷史資料比較客觀與準確，而且提供行動電話通訊服務的業者，已經被明確定義。
- 資料是根據用戶數做計算，而非用業者所賣出去門號數來做計算。如此已經避免像計算銷售時，重複購買產品的行為。

3.3 參數估計方法

多代擴散模型為一非線性迴歸 (Nonlinear Regression) 函數，其中共有三個參數需要估計，分別為各代的市場潛量(M)、創新係數 (p) 與模仿係數 (q)，本研究中所用到的四個模型中，假設：

- NB-87C 模型中，各代的創新係數 (p_g) 與模仿係數 (q_g) 皆與第一代相同，意味 $p_g = p_1$ ， $q_g = q_1$ 。
- BB-04X (g) 模型中，各代的創新係數 (p_g) 與模仿係數 (q_g) 皆不同。
- BB-04X (1) 模型中，各代的創新係數 (p_g) 與模仿係數 (q_g) 皆與第一代相同，意味 $p_g = p_1$ ， $q_g = q_1$ 。
- BB-04X (few) 模型中，各代的創新係數 (p_g) 皆與第一代相同與模仿係數 (q_g) 每一代皆不相同，意味 $p_g = p_1$ 。

一般來說，依過去歷史資料的有無可將參數估計的方法分為兩類，說明如下：

3.3.1 缺乏歷史資料參數估計方法

Kalish and Lilien (1986) 認為在缺乏歷史資料時，可以有以下的方法做計模型的參數與擴散情形：

1. 相似法(analogue approach)：找出相似的產品做比較。
2. 主觀法(subjective approach)：由管理者主觀判斷。
3. 經驗法(experimental approach)：以試銷的結果來推估實際的銷售狀況。

一般來說，估計都需要管理者依其經驗判斷以獲得市場潛量 m 、非累積採用曲線達到最高點的時間及最高點時的採用水準等資料，但若我們能準確預測這些資料，我們就不需再估計創新係數 p 與模仿係數 q 了。因此，Lilien et al. (1981) 提出另一種方法，即是先行估計：

1. 市場潛量 m
2. 第一期採用者之數目
3. $p + q$ 之值

代入底下 x 式求得 p 與 q 之估計值：

$$S_1 = \frac{m(1 - e^{-(p+q)})}{1 + q/p e^{-(p+q)}} \quad (25)$$

其中 $p + q$ 的值，Lilien et al. (1981) 由分析累積經驗中認為工業創新之 $p + q$ 值應該小於 0.66，而消費性產品創新大約等於 0.5。

Thomas (1985) 指出在無歷史資料之參數估計時，可以利用相似產品已經獲得的參數估計值，在加權的過程中可依據五方面的相似性比較後決定，這五方面分別為：

1. 環境情況(environmental situation)
2. 市場結構(market structure)
3. 購買者行爲(buyer behavior)
4. 行銷組合策略(marketing mix strategy)
5. 創新的特性(characteristics of innovation itself)

3.3.2 有歷史資料的參數估計方法

有歷史資料的參數估計，主要有一般有最小平方法 (ordinary least squares, OLS)、最大概似估計法(maximum likelihood estimation, MLE)、非線性最小平方法(nonlinear least squares, NLS)等，敘述如下：

3.3.2.1 一般最小平方法 (ordinary least squares, OLS)

一般最小平方法用於估計擴散模型之參數，使用簡單。最早是由 Bass(1969)所提出。因此法做估計參數時，是以間斷時間作為連續時間的近似，因此可能會產生偏誤；市場潛量、模仿係數與創新係數是轉換而得，未直接提供參數做估計的標準差，無法判斷統計上的顯著性；且不適用於時間序列過短的資料，並且需要注意資料間的多重共線性，導致估計的參數有偏誤，因此在實證分析的過程中限制較多，但模型存在的可能性亦較高。

Bass(1969)的估計模型如(20)式與(21)式：

$$X(i) = \left[p + \frac{q}{N} N(t_{i-1}) \right] \left[\bar{N} - N(t_{i-1}) \right] + \varepsilon(i) \quad (26)$$

$$\begin{aligned} X(i) &= p\bar{N} + (q-p)N(t_{i-1}) - \frac{q}{N} N^2(t_{i-1}) + \varepsilon(i) \\ &= \alpha_1 + \alpha_2(Nt_{i-1}) + \alpha_3 N^2(ti-1) + \alpha(i) \end{aligned} \quad (27)$$

其中，N(T)：T時的累積採用人數(或銷售量)

(i)：誤差項，符合常態分配

再用迴歸分析得 α_1 、 α_2 、 α_3 ，以下列方程式(22)、式(23)、式(24)轉換：

$$\alpha_1 = pm \quad (28)$$

$$\alpha_2 = q - p \quad (29)$$

$$\alpha_3 = -\frac{q}{m} \quad (30)$$

得到 p、q、m 之估計值。

3.3.2.2 最大概似估計法 (maximum likelihood estimation, MLE)

Schmittlein and Mahajan 於 1982 年提出以最大概似估計法估計參數，使用 MLE 法可以消除時間區隔的偏誤，並且可以直接獲得計算 p 、 q 、 m 標準差的公式；但在估計時必須先獲得母體數 M 的資料，而且此法只考慮抽樣誤差，忽略其他如市場變數造成的誤差，會低估參數的標準差，有可能造成統計顯著性的判斷錯誤。估計式如式(25)、式(26)、式(27)：

$$F(t) = \frac{c(1 - e^{-bt})}{1 + ae^{-bt}} \quad (31)$$

$$E(N(T)) = cMF(T) \quad (32)$$

$$\frac{dE(N(T))}{dT} = \left[p + \frac{q}{cM} E(N(T)) \right] [cM - E(N(T))] \quad (33)$$

$$\text{其中，} F(T) = \frac{N(T)}{m} \quad (34)$$

$N(T)$ ：T 時創新之累積採用量

$E(N(T))$ ： $N(T)$ 之期望值

M ：一社會體系中成員人數

c ：一社會體系中成員人數之創新採用機率

m ：市場潛量， $m = cM$

$$a = \frac{q}{p}, b = p + q \quad (35)$$

概似函數為式(30)：

$$L(a, b, c, x_i) = [1 - F(T_{i-1})] \prod_{i=1}^{T-1} [F(T_i) - F(T_i - 1)]^{x_i} \quad (36)$$

其中， x_i ： T_{i-1} 時至 T_i 時之創新採用量，令自然對數 $\ln L(a, b, c, x_i) = l(a, b, c, x_i)$

使 $l(a, b, c, x_i)$ 極大，估計出符號，所以可以求出最大概似估計值

$$\hat{p} = \frac{\hat{b}}{\hat{a} + 1} \quad (37)$$

$$q = \frac{\hat{a}\hat{b}}{\hat{a}+1} \quad (38)$$

$$m = cM \quad (39)$$

3.3.2.3 非線性最小平方法 (Nonlinear Least Squares, NLS)

根據 Schmittlein & Mahajan (1982) 之研究指出，Bass 模型若僅用一般最小平方法 (Ordinary Least Squares Estimation) 進行參數估計時，將會產生相當程度之誤差而無法針對參數估計值之顯著性進行檢定，因此而提出最大概似法 (Maximum Likelihood Estimation) 進行修正。Srinivasan & Mason (1986) 也指出選擇使用非線性最小平方法 (Nonlinear Least Squares Estimation) 估計參數可以避免適用一般最小平方法而無法進行檢定之缺點。

NLS 法可以直接求得 p 、 q 、 m 估計值及其標準差，來作為統計顯著的判斷。估計方式如式 (34)：

$$F(t) = \frac{m(1 - e^{-(p+q)})}{1 + q/p e^{-(p+q)t}} \quad (40)$$

其中， $p > 0$ ， $q > 0$ 。並以式(35)估計：

$$X(i) = \bar{N}[F(t_i) - F(t_{i-1})] + \mu_i \quad (41)$$

$i = 1, 2, \dots, T$

其中， $X(i)$ ：第 i 個時間區間(t_{i-1} - t_i)內的採用人數

μ_i ：誤差項，符合常態分配

μ_i 誤差項可視為下列因素之淨影響：(1)標準誤差；(2)外生變數的影響(例如經濟條件、科技進步、行銷組合...等)。

根據上述，非線性最小平方法可以直接求得 p 、 q 、 m 估計值及其標準差，並同時考慮抽樣誤差與其他如市場變數造成的誤差，效果較好，因此本研究選擇採用非線性最小平方法作為參數估計的方法。

3.4 模型之評估法則

3.4.1 參數估計結果

本研究參數估計結果的判斷標準是以底下原則做為評估的準則：

- 各參數值的 t 值是否達到顯著水準， p 值是否小於顯著水準 α
- 各參數的正負符號是否正確
- 結果是否收斂來判定參數的估計值是否合適

3.4.2 模型配適效果

本研究判定整體非線性迴歸模型的適合度是以原則做為評估的準則：

- 如果模型與模型間的樣本資料量相等，本研究對模型的配適效果以複判定係數 R-Square 來做判斷，R-Square 越接近 1 的模型，其配適效果越好，代表模型的整體解釋能力越好。
- 如果模型與模型間的樣本資料量不相等，本研究對模型的配適效果以修正後複判定係數 Adjusted R-Square 來做判斷，R-Square 越接近 1 的模型，其配適效果越好，代表模型的整體解釋能力越好。

3.4.3 模型預測能力

為了進一步了解所建立各個模型預測能力，本研究對模型進行預測能力之評估。模型的預測能力分析是以「事後預測」的方式進行，所謂「事後預測」是指保留資料內的一段觀察值，先以其餘的資料進行估計，一旦得到模型的參數估計值，再將先前保留的觀察值代入模型中，以進行預測，並以預測值與實際值進行比較，用以檢定模型之預測能力。

在評估模式的預測能力時，針對模型的預測能力預測的比較，本研究所用的評量的標準為平均絕對偏差百分比 (Mean Absolute Percentage Error (簡稱 MAPE))。計算公式如下：

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{Y_t} \times 100\% \quad (42)$$

其中 $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ ， Y_t 代表實際值， \hat{Y}_t 代表預測值， n 為預測期數。

而利用 MAPE 評估預測能力之分類如下 (Martin and Witt 1989)：

		MAPE	<	10	預測能力極佳，
10	≤	MAPE	<	20	預測能力不錯，
20	≤	MAPE	<	50	預測能力合理，
50	<	MAPE			預測不正確。



四、實證研究結果與分析

4.1 研究模型配適效果

在本研究中，我們將日本電信業者 NTT DoCoMo 的第一世代行動電話 PDC 系統與第二世代行動電話 WCDMA 系統的歷史使用者資料分別放入本研究的四個模型中估計了創新係數 p 、模仿係數 q 與市場潛量 M ，詳細參數估計結果如表 2 所示。

表 2 本研究各模型參數估計結果

估計	NB-87C		BB-04X (g)		BB-04X (l)		BB-04X (few)	
	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代
$M \cdot 10^6$	139.240	1.10E-02	4,788.7 ^{***}	6,380,00 ^{***}	1,172,000,000 ^{***}	147,900,000 ^{***}	5,385.7 ^{***}	1.10E-02
p	4.65E-03		1.55E-03 ^{***}	1.10E-08	1.208E-08 ^{***}		1.30E-03 ^{***}	
q	1.10E-08		3.35E-02 ^{***}	1.26E-01 ^{***}	1.22E-02 ^{***}		3.34E-02 ^{***}	1.10E-08
標準誤	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代
$M \cdot 10^6$	4.857091	0	49.192776	841,100	59,060,000	25,270,000	71.803697	0
p	2.08E-04		2.10E-05	0	1.69E-16		1.60E-05	
q	0		4.19E-04	3.64E-03	6.31E-04		4.45E-04	0
t 值	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代
M	28.67	.	97.34	7.59	19.84	5.85	75.01	.
p	22.35		72.47	.	71,580,000		81.59	
q	.		80.10	34.53	19.28		75.05	.
R^2	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代
R^2	0.9805	0.0443	0.9922	0.9881	0.8239	0.1548	0.991	0.0592

資料來源：本研究整理

4.1.1 NB-87C 模型

根據表 2 中的結果，NB-87C 模型在第一世代行動電話用戶預測有良好的效果，但是對於第二世代行動電話預測效果並不良好；而且針對創新係數、模仿係數與市場潛量的參數估計結果都不顯著。由於 Norton and Bass 假設各代的創新係數與模仿係數皆相同，但是研究發現，第三代行動電話用戶數的預測如果利用前一代的創新係數與模仿係數，則模型預測效果並不良好，而且第三代行動電話的市場潛量的值很小，推測可能的是資料點未達 S 曲線之反折點所導致。

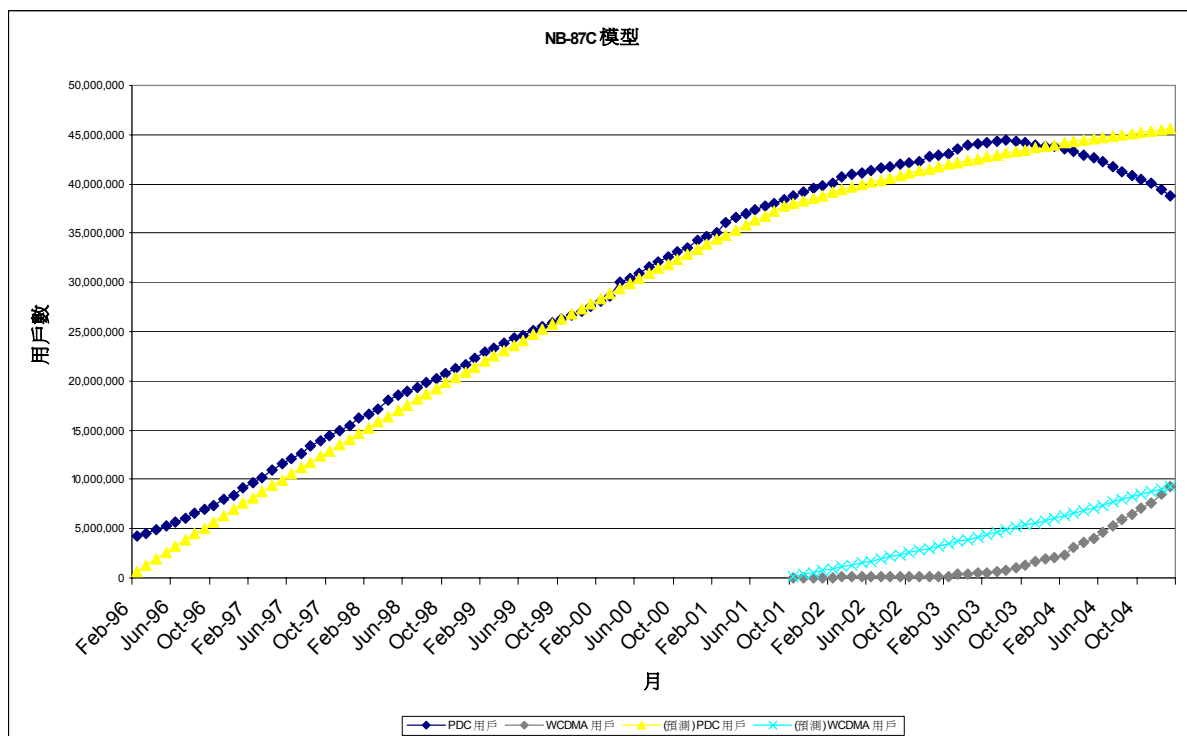


圖 5 NB-87C 模型配適圖

資料來源：本研究整理

4.1.2 BB-04X (g) 模型

根據表 2 中的結果，BB-04X (g) 模型在兩個世代行動電話用戶預測都有良好的效果，BB-04X (g) 假設每一世代創新係數與模仿係數都不相同，參數估計的結果顯示除了第二個世代的創新係數外，所有的係數都顯著。研究的結果顯示創新係數小於模仿係數，這代表採用者對採用者間口耳相傳的內部影響效果較大眾媒體大，而且意謂行動電話用戶初期擴散的速度並不會很快，需要一陣子之後才會加速擴散；第二個世代的市場潛量遠大於第一代的市場潛量及遠高於日本的人口數，根據 Bass and Bass (2004) 的研究，第二世代的用戶數是採用銷售量與重複購買銷售量的總和，而且日本由於第三代行動電話跟第二代行動電話並不相容，因此，本研究認為市場潛量高估的原因是因為兩代的產品並不是互相獨立，而且用戶同時間擁有兩代的行動電話門號。

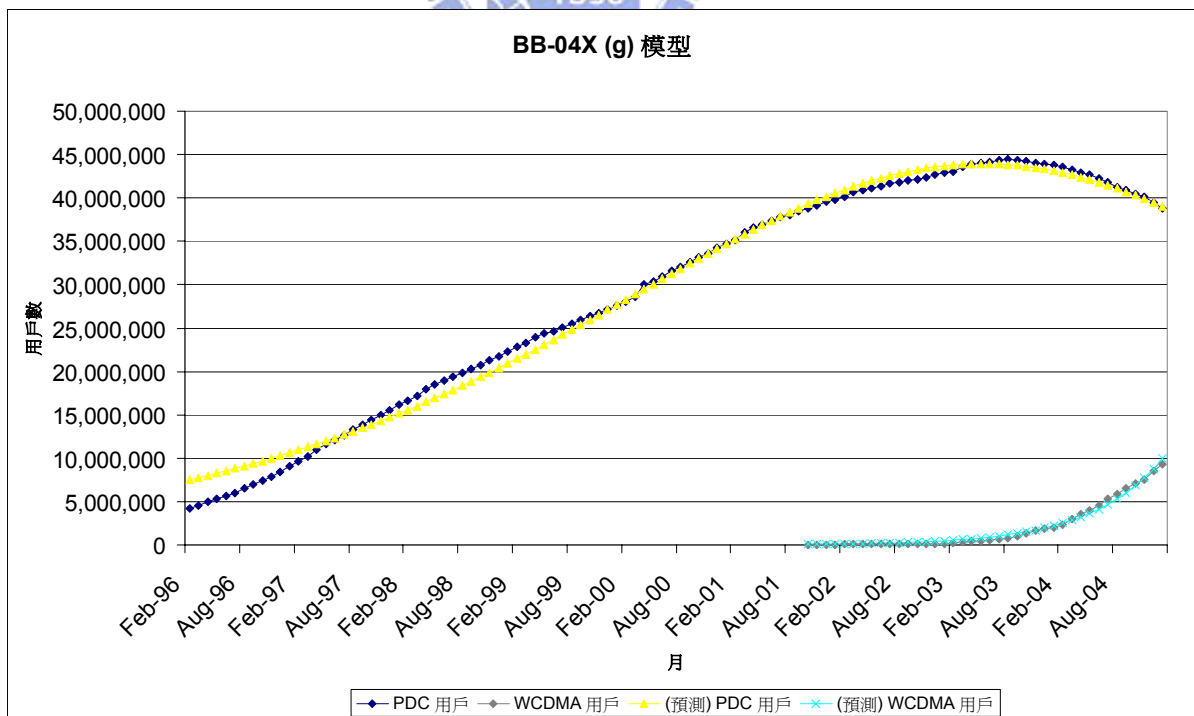


圖 6 BB-04X (g) 模型配適圖

資料來源：本研究整理

4.1.3 BB-04X (1) 模型

根據表 2 中的結果，BB-04X (1) 模型在第一世代行動電話用戶預測有良好的效果，但是對於第二世代行動電話預測效果並不良好；對創新係數、模仿係數與市場潛量的參數估計結果則都顯著，BB-04X (1) 模型中各代的創新係數與模仿係數皆相同，但是研究的結果顯示，第二個世代的市場潛量小於第一個世代的市場潛量，跟 BB-04X (g) 模型比較，創新係數遠小於模仿係數，意謂行動電話用戶初期擴散的速度並不會很快，需要一陣子之後才會加速擴散，所以本研究推論可能是因為第三代行動電話用戶擴散的速度較慢，而且市場潛量可能是跟第二代行動電話用戶數相同。

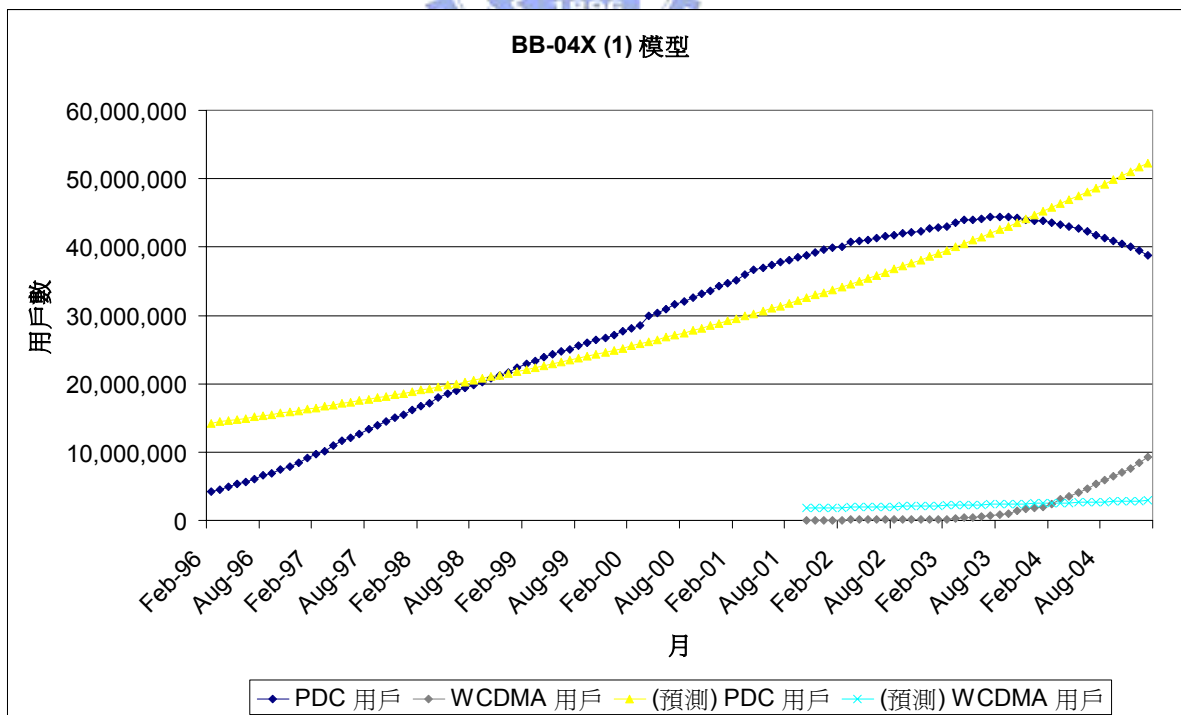


圖 7 BB-04X (1) 模型配適圖

資料來源：本研究整理

4.1.4 BB-04 (few) 模型

根據表 2 中的結果，BB-04X (few) 模型在第一世代行動電話用戶預測有良好的效果，但是對於第二世代行動電話預測效果並不良好；本研究根據 slam and Meade (1997) 的研究結論，假設 BB-04X (few) 模型中，第二個世代的創新係數跟第一個世代的創新係數相同，但模仿係數則每一代都不同，驗證出來模型的整預測效果只比每一世代創新係數與模仿係數都不同的 BB-04X (g) 模型差，比假設每一世代創新係數與模仿係數都相同的 NB-87C 與 BB-04X (a) 模型好。但第三代行動電話的市場潛量的值也很小，推測可能的是資料點未達 S 曲線之反折點所導致。

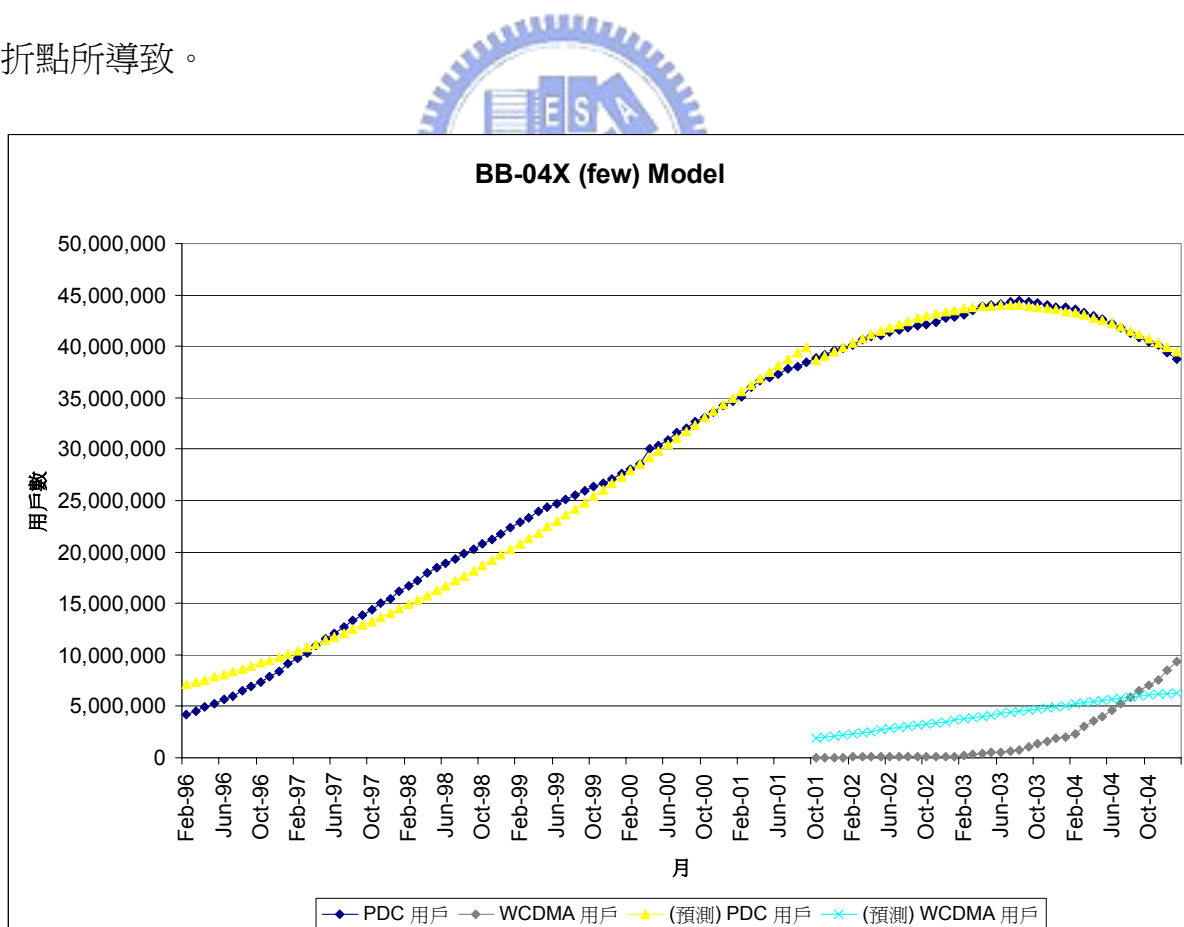


圖 8 BB-04X (few) 模型配適圖

資料來源：本研究整理

4.1.2 對 BB-04X (g) 模型額外的分析

由於行動電話門號銷售，會受有季節性的影響，比如說日本的行動電話門號銷售通常集中在五月份及十二月達到高峰，因此本研究分別以月、季與年等不同資料對 BB-04X (g) 模型進行額外的參數估計與檢驗配適效果，以避免銷售波動影響擴散模型預測之解釋能力。

表 3 BB-04X (g) 模型額外分析結果

估計	BB-04X (g) (每月為一期)		BB-04X (g) (每季為一期)		BB-04X (g) (每年為一期)	
	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代
M	4,788,700,000 ^{***}	6,380,000,000 ^{***}	1.10E-08 ^{***}	1.10E-08	59,230,383 ^{**}	1.10E-08
p	1.55E-03 ^{***}	1.10E-08	4.69E-02 ^{***}	7.36E-04 ^{**}	1.42E-01 ^{***}	4.91E-04 ⁺
q	3.35E-02 ^{***}	1.26E-01 ^{***}	2.64E-02	5.22E-01	1.02E-01 ⁺	1.68E+00 ^{**}
標準誤	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代
M	49,192,776	841,100,000,000	4,792,406	0	5,538,637	0
p	2.10E-05	0	2.22E-03	1.94E-04	8.22E-03	2.44E-04
q	4.19E-04	3.64E-03	1.66E-02	3.52E-02	7.25E-02	1.48E-01
t 值	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代
M	97.34	7.59	12.81	.	10.69	.
p	72.47	.	21.17	3.79	17.25	2.02
q	80.10	34.53	1.59	14.82	1.4	11.37
R ²	第一代	第二代	第一代	第二代	第一代	第二代
R ²	0.9922	0.9881	0.9956	0.9878	0.9965	0.9976

資料來源：本研究整理

根據表 3 中的結果，將第一世代與第二世代的每月歷史用戶資料代入 BB-04X (g) 模型中，研究結果發現模型的配適效果非常好。

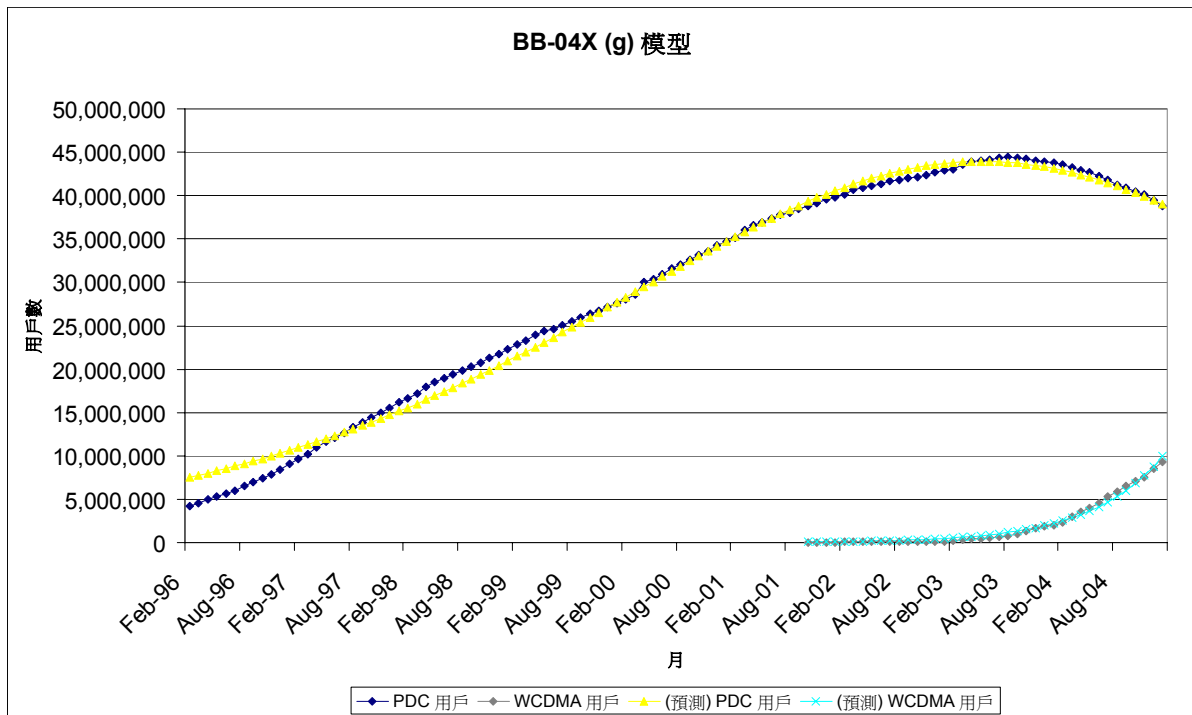


圖 9 BB-04X (g) 模型配適圖 - 每月為一期

資料來源：本研究整理



根據表 3 中的結果，將第一世代與第二世代的每季歷史用戶資料代入 BB-04X (g) 模型中，研究結果發現模型的配適效果非常好。

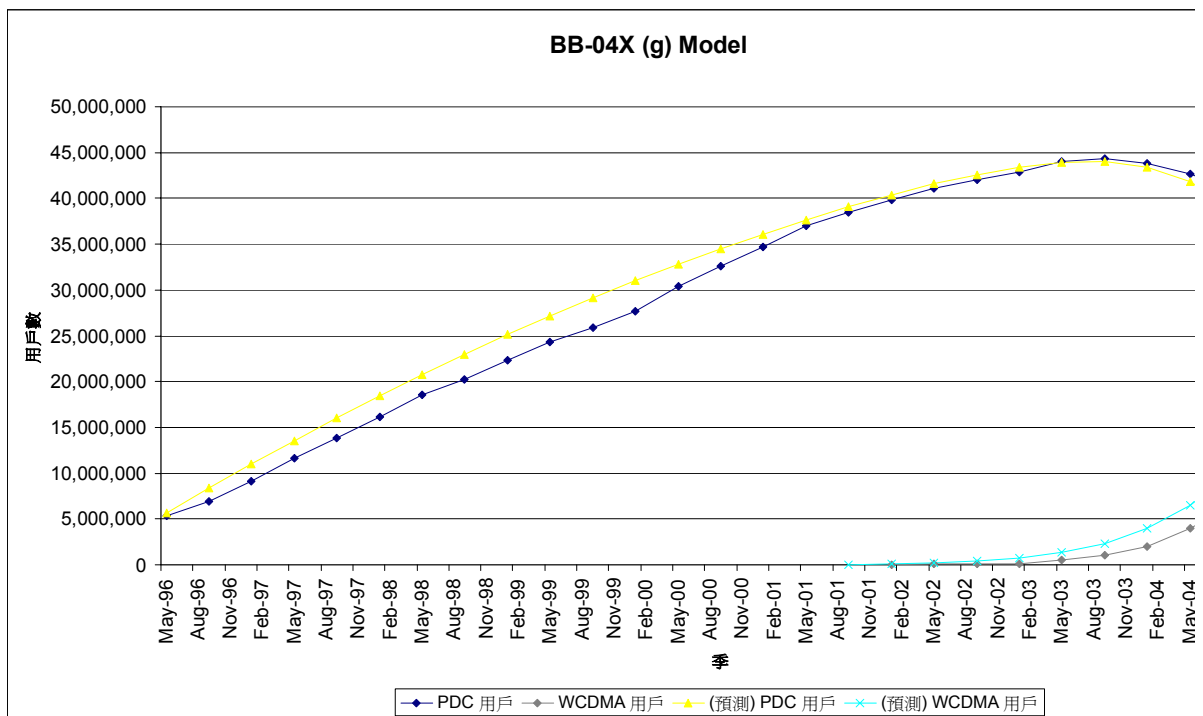


圖 10 BB-04X (g) 模型配適圖 - 每季為一期

資料來源：本研究整理



根據表 3 中的結果，將第一世代與第二世代的每年歷史用戶資料代入 BB-04X (g) 模型中，研究結果發現模型的配適效果非常好。

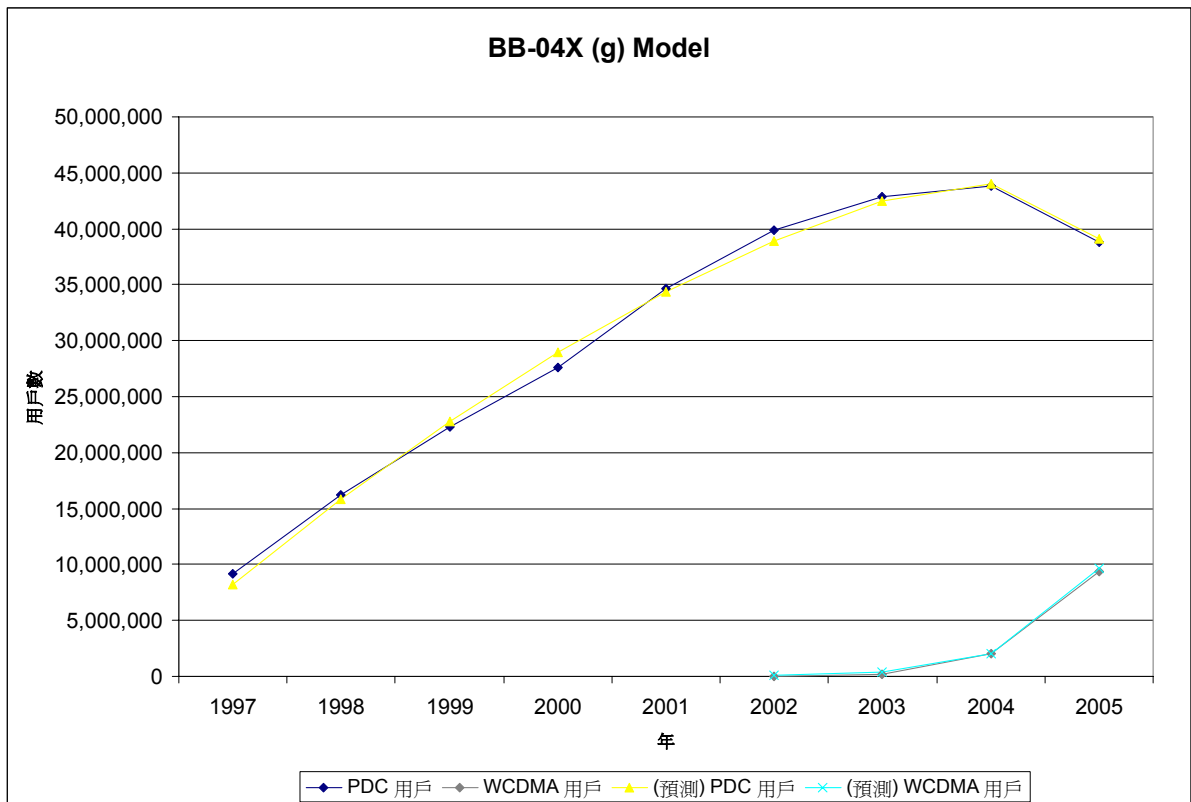


圖 11 BB-04X (g) 模型配適圖 - 每年為一期

資料來源：本研究整理

因此，本研究認為不管每月、每季或每年用戶門號銷售波動，BB-04 (g) 模型的配適效果都非常好。研究的結果顯示創新係數小於模仿係數，這代表採用者對採用者間口耳相傳的內部影響效果較大眾媒體大，而且意謂行動電話用戶初期擴散的速度並不會很快，需要一陣子之後才會加速擴散。

4.3 研究模型預測能力

本研究將以上節所估計之參數進行模型預測能力的比較，使用平均絕對百分比誤差 (MAPE) 準則評估各預測模式，並以西元 2005 年 2 到 3 月兩筆資料進行實際與預測值的評估。以下將各模型對第一世代與第二世代用戶數預測值與實際值進行殘差分析的結果呈現於各節。

4.3.1 NB-87C 模型

根據表 4 中的結果及第 3.4.3 節模型預測能力的評估準則，本研究發現 NB-87C 模型對第一個世代用戶數的預測，預測能力合理，對第二個世代用戶數的預測，預測能力不錯。

表 4 NB-87C 模型預測能力結果

第一世代			
時間 (月)	實際值	NB-87C 模型預測值	殘差
2005 年 2 月	38,102,400	45723690.83	7,621,291
2005 年 3 月	37,324,300	45831779.69	8,507,480
平均絕對百分比誤差 (MAPE)			21.40%
第二世代			
時間 (月)	實際值	MB-87C 模型預測值	殘差
2005 年 2 月	10,242,300	9592041.44	-650,259
2005 年 3 月	11,500,600	9872859.02	-1,627,741
平均絕對百分比誤差 (MAPE)			10.25%

資料來源：本研究整理

4.3.2 BB-04X (g) 模型

根據表 5 中的結果及第 3.4.3 節模型預測能力的評估準則，本研究發現 BB-04X (g) 模型對第一個世代用戶數的預測，預測能力極佳，對第二個世代用戶數的預測，預測能力不錯。

表 5 BB-04X (g) 模型預測能力結果

第一世代			
時間 (月)	實際值	BB-04X (g) 模型預測值	殘差
2005 年 2 月	38,102,400	38,55,7324	454,924
2005 年 3 月	37,324,300	38,076,100	751,800
平均絕對百分比誤差 (MAPE)			1.60%
第二世代			
時間 (月)	實際值	BB-04X (g) 模型預測值	殘差
2005 年 2 月	10,242,300	11,299,402	1,057,102
2005 年 3 月	11,500,600	12,811,399	1,310,799
平均絕對百分比誤差 (MAPE)			10.86%

資料來源：本研究整理



4.3.3 BB-04X (1) 模型

根據表 6 中的結果及第 3.4.3 節模型預測能力的評估準則，本研究發現 BB-04X (1) 模型對第一個世代用戶數的預測，預測能力合理，對第二個世代用戶數的預測，預測能力不正確。

表 6 BB-04X (1) 模型預測能力結果

第一世代			
時間 (月)	實際值	BB-04X (1) 模型預測值	殘差
2005 年 2 月	38,102,400	52,950,815	14,848,415
2005 年 3 月	37,324,300	53,598,678	16,274,378
平均絕對百分比誤差 (MAPE)			41.29%
第二世代			
時間 (月)	實際值	BB-04X (1) 模型預測值	殘差

2005 年 2 月	10,242,300	2,923,786	-7,318,514
2005 年 3 月	11,500,600	2,959,561	-8,541,039
平均絕對百分比誤差 (MAPE)			72.86%

資料來源：本研究整理

4.3.4 BB-04X (few) 模型

根據表 7 中的結果及第 3.4.3 節模型預測能力的評估準則，本研究發現 BB-04X (few) 模型對第一個世代用戶數的預測，預測能力極佳，對第二個世代用戶數的預測，預測能力合理。

表 7 BB-04X (few) 模型預測能力結果

第一世代			
時間 (月)	實際值	BB-04X (few) 模型預測值	殘差
2005 年 2 月	38,102,400	38,975,004	872,604
2005 年 3 月	37,324,300	38,475,325	1,151,025
平均絕對百分比誤差 (MAPE)			2.69%
第二世代			
時間 (月)	實際值	BB-04X (few) 模型預測值	殘差
2005 年 2 月	10,242,300	6,421,434	-3,820,866
2005 年 3 月	11,500,600	6,506,166	-4,994,434
平均絕對百分比誤差 (MAPE)			40.37%

資料來源：本研究整理

4.4.5 研究模型間比較分析

本研究將各模型的平均絕對百分比誤差及預測能力分析整理於表 8，本研究發現，BB-04X (g) 模型和 BB-04X (few) 模型對於兩個世代都擁有不錯的預測能力。

表 8 本研究各模型間預測能力比較表

第一世代		
模型	平均絕對百分比誤差 (MAPE)	預測能力
NB-87C 模型	21.40%	預測能力合理
BB-04X (g) 模型	1.60%	預測能力極佳
BB-04X (1) 模型	41.29%	預測能力合理
BB-04X (few) 模型	2.69%	預測能力極佳
第二世代		
模型	平均絕對百分比誤差 (MAPE)	預測能力
NB-87C 模型	10.25%	預測能力不錯
BB-04X (g) 模型	10.86%	預測能力不錯
BB-04X (1) 模型	72.86%	預測不正確
BB-04X (few) 模型	40.37%	預測能力合理

資料來源：本研究整理

伍、研究結論與建議

5.1 研究結論

本研究首先針對不同的無線網路通訊技術及多代擴散模型相關理論進行探討，繼而利用日本的電信業者協會的行動電話用戶資料庫針對日本電信業者 NTT DoCoMo 的第一世代行動電話 2G PDC 用戶及第二世代行動電話 3G WCDMA 用戶進行多代擴散模型的實證研究，經由第四章的結果與分析後，得到底下幾點結論。

1. 擴散模型對第三代行動電話系統用戶預測的適用性：

本研究探討了 Bass and Bass (2004)及 Norton and Bass (1987)兩個主要的擴散模型及其四個變化，經實證分析後，發現 Bass and Bass (2004) 的多代擴散模型，在不同世代採用不同的創新係數與模仿係數下，對第三代行動電話用戶數預測擁有最好的配適效果與預測能力。因此，電信業者可以參考 Bass and Bass (2004)的多代擴散模型及本研究所獲得的參數估計，當做預測第三代行動電話用戶數的工具之一。

2. 用戶對於第三代行動電話的創新接受程度：

本研究發現，針對第三代行動電話用戶擴散創新係數小於模仿係數。因此本研究建議電信業者在推出第三代行動電話服務時，針對現有客戶或新客戶屬於創新者的族群，應先將具體的產品特性，如多媒體影像電話、行動電視服務等利用大眾媒體廣告及配合實體通路銷售吸引此一族群的用戶。因為針對第三代行動電話用戶擴散，模仿者族群的模仿係數影響力較大，因此第三代行動電話推出時，應設法提供良好的服務，如服務涵蓋率、網路服務品質等給已經採用創新者族群，讓他們對模仿者族群造成口耳相傳的影響力。並可針對用戶內不同的用戶區隔，推出不同的產品及服務包裝，讓不同的產品或服務在不同的族群內口語相傳，而造成服務的快速擴散。

3. 電信業者對第三代行動電話的投資策略

第三代行動電話網路的執照費用與設備投資金額龐大，電信業者在投資前往往無法預估何時設備投資可以回收，因此往往對第三代行動電話系統投資往往裹足不前。本研究發現第三代行動電話的用戶市場潛量大於第二代行動電話的用戶市場潛量，根據 Bass and Bass (2004)的研究，第三代行動電話的市場潛量會是新採用用戶與由第二代行動電話移轉到第三代行動電話的重複購買用戶的總和，因此，電信業者可以配合本研究第一、二點的建議，根據用戶成長的預測配合適合的行銷策略對第三代行動電話系統投資。

5.2 研究限制與未來研究方向建議

5.2.1 研究限制

本研究限制如下：

1. 本研究只針對日本地區單一電信業者的第一世代與第二世代行動電話用戶進行研究。在實證研究中，可以擴大針對日本地區所有電信業者的第一世代與第二世代行動電話用戶進行研究，以增加模型的配適性與預測能力。
2. 行動電話用戶擴散的速度，往往跟電信業者對行動電話網路建設的速度及提供行動電話手機廠商的多寡與手機數量有關。日本 NTT DoCoMo 由於第一世代的 2G PDC 通訊系統與第二世代的 3G WCDMA 通訊系統並不相容，因此，NTT DoCoMo 針對第三代行動通訊服務，必需從無到有建設電話網路，因此用戶擴散的速度會受到可提供服務範圍的涵蓋區域影響。
3. 在通訊業者和用戶資料庫中，對世代的定義，可能跟用戶眼中所看到的世代並不相同。以日本 NTT DoCoMo 為例，用戶可能會認為純語音的 PDC 通訊服務及語音加上數據 (I-mode) 得通訊服務是不同的兩代產

品，而針對 NTT DoCoMo 第三代行動電話服務，從用戶的眼中有可能分為語音、影像、數據資料 (FOMA)、影像串流等不同世代，因此市場潛量可能遠大於資料庫中的用戶數。

5.3.2 未來研究方向

對於後續研究的方向，本研究提出底下幾點建議：

給研究學者的建議：

1. 本研究主要針對日本地區的電信業者進行研究，建議可以針對不同國家間的電信業者，針對以 WCDMA 技術為主的第三代行動電話業者進行交叉比對，驗證模型的配適能力。
2. 針對多代擴散模型，可以加入行銷或價格因素，測試對創新係數、模仿係數或市場潛量的影響。
3. 由於行動電話用戶數的擴散的速度，往往受到行動電話的普及或網路涵蓋率的影響，因此可以將這些外部性的影響納入研究考慮。

給電信業者的建議

1. 本研究利用日本電信業者 NTT DoCoMo 的用戶資料進行實證分析，但是日本的門號/手機的普及比率大約是 67%，因此如果應用在門號/手機的普及比率已經超過 111% 的台灣，可能需要將重複購買的行為納入考慮？
2. 日本電信業者因為對於行動電話主要是以自行設計手機與自行銷售客制化為主，但是台灣的電信業者則主要是透過底下的通路商銷售非客制化，因此在實務應用上需要將此影響力納入考慮。
3. 由於日本的第一個世代的行動電話與第二個世代的行動電話系統，並不相容，但是應用在台灣時，兩代的行動電話系統卻是互補，台灣的電信業者可以利用第一個世代的行動電話網路提供語音服務及低速的數據服務，因此在實務應用上，要加以考慮。

參考文獻

1. Crawford, K., New Product Management, Illinois: Richard D. Irwin, Inc., 1983
2. Bonnect, C.L., “Nature of R&D/Marketing Cooperation in the Design of Technologically Advanced New Industrial Products”, R&D Management, 16 (2), pp. 117-126, 1986
3. Nielsen, A.C. “New Product Introduction – Successful Innovation/Failure: Fragile Boundary”, A. C. Nielen BASES and Ernst & Young Global Client Consulting, June 1999
4. Deloitte and Touche, “Vision in Manufacturing Study”, Deloitte Consulting and Kenan-Flagler Business School, March 1998
5. Bass, F. M., “A new product growth model for consumer durables”, Management Science, 15, pp. 215-227, Jan 1969.
6. Mahajan, V., Muller, E., and Bass F.M., "New product diffusion models in marketing: A review and directions for research", Journal of Marketing, 54, pp. 1-26, Jan 1990.
7. Bass, F.M., Krishnan, T.V., Jain, D.C., Why the Bass Model Fits with Decision Variables, Marketing Science, Vol. 13, No3, p203-223, 1994.
8. Norton, J. A. and Bass, F.M., “A diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high-technology products”, Management Science, 33, pp. 1069-1086, Sep 1987.
9. Mahajan, V., Muller, E., “Timing, diffusion, and substitution of successive generations of technological innovations: the IBM mainframe case”, Tech. Forecasting and Social Change, 51, pp. 109-132, 1996.
10. Danaher, P. J., Hardie, B. G. S., Putsis, W. P., “Marketing-mix variables and the diffusion of successive generations of a technological innovation”, Journal of Marketing Research, 38, pp. 501-514. 2001.
11. Bass, P. I., Bass, F. M., “Diffusion of technology generations: A model of adoption and repeat sales”, working paper, Bass Economics Inc. (www.basseconomics.com), Frisco, TX. 2001.

12. Bass, P. I., Bass, F. M., "IT Waves: Two completed generational diffusion models", working paper, Bass Economics Inc. (www.basseconomics.com), Frisco, TX. , Nov 2004.
13. Telecommunications Carriers Association Database, "The number of subscribers of Mobile Telephone, PHS (Personal Handy-phone System), Internet Provider Services and Radio Paging", Japan, Mar, 2005
14. 孫中璽, 「具網路外部性產品之擴散模型研究」, 國際東華大學國際企業研究所, 碩士論文, 民國 92 年 6 月
15. Norton, J. A., Bass, F. M., "Evolution of technological generations: the law of capture", Sloan Management Review, 33, pp. 66-77, 1992.
16. Islam, T., Meade, N., "The Diffusion of Successive Generations of a Technology: A More General Model', Tech. Forecasting and Social Change, 56, pp. 49-60. 1997.
17. Kim, Y.B., Seo, S. Y. and Lee, Y.T., "A Substitution and Diffusion Model with Exogenous Impact: Forecasting of IMT-2000 Subscribers in Korea", 50th IEEE VTS (Vehicular Technology Society), VTC (Vehicular Technology Conference), 1999-Fall, Vol. 2, pp. 048-953, 1999
18. Kim, N., Chang, D. R., Shocker, A. D., "Modeling intercategory and generational dynamics for a growing information technology industry", Management Science, 46 pp. 496-512, 2000.
19. Danaher, P. J., Hardie, B. G. S., Putsis, W. P., "Marketing-mix variables and the diffusion of successive generations of a technological innovation", Journal of Marketing Research, 38, pp. 501-514, 2001.
20. Kalish, S. and Lilien, G. L., "A Market Entry Timing Model for New Technologies", Management Science, Vol. 32, pp.194-205, 1986.
21. Lilien, G.L., Rao, A. G. and Kalish, S., "Bayesian Estimation and Control of Detailing Effort in a Repeat Purchase Diffusion Environment", Management Science, Vol. 27, pp.493-506, 1981.
22. Thomas, Robert J., "Estimating Marketing Growth for New Products: An Analogical Diffusion Model Approach", Journal of Product Innovation Management, 2, pp. 45-55, Mar, 1985.

23. Schmittlein, D.C., and Mahajan, V., “Maximum Likelihood Estimation for an Innovation Diffusion Model of New Product Acceptance”, Marketing Science, Vol. 1, No. 1, pp.57-78, 1982.
24. Srinivason, V., and Mason, C.H., “Nonlinear Squares Estimation of New Product Diffusion Models”, Marketing Science, Vol. 5, No. 2, pp. 169-178, 1986
25. Martin, C.A. and Witt, S.F., “Forecasting Tourism Demand: A Comparison of the Accuracy of Several Quantitative Methods”, International Journal of Forecasting, 5 (1) pp 1-13, 1989



附錄一 (BB-04X(g) 模型之 SAS 程式)

```
/* BB-04X(g) Model */
```

```
/* This option causes the macro expansions to be printed in the log. It can be turned off by using the OOPTIONS NOMPRINT statement.*/
```

```
OPTIONS MPRINT;
```

```
/* The periods indicate missing observations. Although illogical, since we know that before a generation starts, these values are zero. It is important that these be indicated as missing, not specified as zero because if they are specified as zero they are counted as perfect matches in the estimate and can dramatically inflate the R2. In the Fit statement near the end of the program MISSING=PAIRWISE is specified so that the entire row will not be deleted. */
```

```
DATA MODELDATA;
```

```
INPUT t x1 x2 ;
```

```
DATALINES;
```

```
1 4223000 .  
2 4544000 .  
3 4935000 .  
4 5298000 .  
5 5652000 .  
6 6035000 .  
7 6539000 .  
8 6946000 .  
9 7399000 .  
10 7926000 .  
11 8391000 .  
12 9144000 .  
13 9686000 .  
14 10151000 .  
15 10960000 .  
16 11596000 .  
17 12068000 .  
18 12675000 .  
19 13356000 .  
20 13873000 .  
21 14406000 .  
22 15004000 .  
23 15470000 .  
24 16189000 .  
25 16674000 .  
26 17197000 .
```



27 17984000 .
28 18533000 .
29 18951000 .
30 19357000 .
31 19861000 .
32 20257000 .
33 20769000 .
34 21252000 .
35 21699000 .
36 22328000 .
37 22889000 .
38 23298000 .
39 23898000 .
40 24362000 .
41 24663000 .
42 25067000 .
43 25552000 .
44 25943000 .
45 26348000 .
46 26721000 .
47 27123000 .
48 27636000 .
49 28057000 .
50 28548000 .
51 29998000 .
52 30391000 .
53 30933000 .
54 31576000 .
55 32068000 .
56 32639000 .
57 33101000 .
58 33561000 .
59 34218000 .
60 34680000 .
61 35115000 .
62 36026000 .
63 36618000 .
64 36952000 .
65 37321000 .
66 37784000 .
67 38055000 .
68 38438000 .
69 38828000 11000
70 39145000 14000
71 39608000 27000
72 39853000 43000




```
73 40093000 55700
74 40694000 89400
75 40951000 105500
76 41083000 112300
77 41348000 114500
78 41634000 127400
79 41789000 133500
80 42026000 135700
81 42164000 142400
82 42332000 149000
83 42722000 152000
84 42879000 154600
85 43036000 191500
86 43531000 330000
87 43944500 421000
88 44014900 478200
89 44138100 534800
90 44338200 658700
91 44408400 785800
92 44377800 1002600
93 44206100 1336600
94 43987200 1625900
95 43853900 1881000
96 43793600 2012900
97 43580400 2321300
98 43283000 3045100
99 42943900 3575700
100 42647300 4010500
101 42250400 4583100
102 41800600 5271700
103 41296100 5900200
104 40874900 6487600
105 40467700 7064300
106 40097700 7569100
107 39415000 8499200
108 38782000 9316600
```

```
;
```

```
/* This causes html to be generated for the output, which is much easier to read than
the usual listing. You may want to change its locations. */
```

```
ODS html file="c:\BB_BB04X_g.html";
```

```
/* These two macros are the same for all models. The macro for f calculates it as the
differenced cF. Each generation starts at sStart relative to the start of generation 1, but
at 1 relative to itself. */
```

```

%Macro cFmacro(cF, p, q, gstart);
  If t < &gstart Then &cF = 0;
  Else &cF = (1 - Exp(-(&p + &q) * (t - &gstart+1)))
    / (1 + (&q / &p) * Exp(-(&p + &q) * (t - &gstart+1)))
%Mend;

```

```

%Macro fMacro (g);
  If t = gstart&g Then f&g = cF&g; Else f&g = cF&g - ZLAG(cF&g)
%Mend;

```

/* The macro is specific to BB04X and there is a corresponding macro for each of the other models. Not all BB04X variables are calculated, only those needed to calculate any equation that may be estimated. It is assumed that the parameter estimates will be used in Excel to generate any other needed variables. For convenience, all variables calculated are specified for output in the OUTVARS statement later. */

```

%Macro BB04XMacro(cG);
  %do g=1 %to &cG;
    %cFmacro(cF&g, p&g, q&g, gstart&g);
    %fmacro(&g);
  %end;
  %do g = 1 %to &cG;
    %let gplus1 = %eval(&g + 1);
    %let gminus1 = %eval(&g - 1);
    cV&g = %if &g = 1 %then cF&g * M&g; %else cF&g * (M&g +
cV&gminus1); ;
    v&g = cV&g - ZLAG(cV&g);
    cU&g = %if &g = &cG %then 0; %else cV&g * cF&gplus1; ;
    cX&g = cV&g - cU&g;
    x&g = cX&g - ZLAG(cX&g);
    y&g = %if &g = &cG %then 0; %else v&g * cF&gplus1; ;
    s&g = v&g - y&g;
  %end;
%Mend;

```

/* These can be changed as needed. */

```

PROC MODEL
  CONVERGE=.000001
  MAXITER = 32000
  DATA = MODELDATA;

```

```

EXOGENOUS t;
ENDOGENOUS x1 x2;

```

/* These are the initial values of the parameters to be estimated. */

PARMS

```
M1 = 62121451.1481945  
p1 = 1.15881673051172E-02  
q1 = 6.27113250402666E-03  
M2 = 62121451.148194  
p2 = 1.77606263329531E-04  
q2 = 0.132682323065353
```

```
;
```

```
BOUNDS 0.000000001 < M1 ;  
BOUNDS 0.000000001 < p1 ;  
BOUNDS 0.000000001 < q1 ;  
BOUNDS 0.000000001 < M2 ;  
BOUNDS 0.000000001 < p2 ;  
BOUNDS 0.000000001 < q2 ;
```

/* The variables that are calculated but are not the equations being estimated are listed here so that they will be output also. */

OUTVARS

```
cF1 cF2  
f1 f2  
cX1 cX2  
cV1 cV2  
v1 v2  
cU1 cU2  
y1 y2  
s1 s2
```

```
;
```

/* gen start times */

```
gstart1 = 1;  
gstart2 = 69;
```

/* The BB04X Macro reference (the macro will be expanded here) */

```
%BB04XMacro(2);
```

/* MISSING=PAIRWISE is required for the reasons discussed earlier. METHOD can also be GAUSS (your choice, but sometimes one is better than the other). */

```
FIT / MISSING=PAIRWISE
```

```
OLS METHOD=MARQUARDT COVB  
OUTPREDICT OUTCOV OUT=MODELOUT ;
```

```
RUN;
```

```
proc print DATA = MODELDATA;
```



```
proc print DATA = MODELOUT;  
quit;
```



附錄二 (NB-87C 模型之 SAS 程式)

```
/* NB-87C Model*/
```

```
OPTIONS MPRINT;
```

```
DATA MODELDATA;
```

```
INPUT t s_cX1 s_cX2 ;
```

```
DATALINES;
```

```
1 4223000 .  
2 4544000 .  
3 4935000 .  
4 5298000 .  
5 5652000 .  
6 6035000 .  
7 6539000 .  
8 6946000 .  
9 7399000 .  
10 7926000 .  
11 8391000 .  
12 9144000 .  
13 9686000 .  
14 10151000 .  
15 10960000 .  
16 11596000 .  
17 12068000 .  
18 12675000 .  
19 13356000 .  
20 13873000 .  
21 14406000 .  
22 15004000 .  
23 15470000 .  
24 16189000 .  
25 16674000 .  
26 17197000 .  
27 17984000 .  
28 18533000 .  
29 18951000 .  
30 19357000 .  
31 19861000 .  
32 20257000 .  
33 20769000 .  
34 21252000 .  
35 21699000 .  
36 22328000 .
```



37 22889000 .
38 23298000 .
39 23898000 .
40 24362000 .
41 24663000 .
42 25067000 .
43 25552000 .
44 25943000 .
45 26348000 .
46 26721000 .
47 27123000 .
48 27636000 .
49 28057000 .
50 28548000 .
51 29998000 .
52 30391000 .
53 30933000 .
54 31576000 .
55 32068000 .
56 32639000 .
57 33101000 .
58 33561000 .
59 34218000 .
60 34680000 .
61 35115000 .
62 36026000 .
63 36618000 .
64 36952000 .
65 37321000 .
66 37784000 .
67 38055000 .
68 38438000 .
69 38828000 11000
70 39145000 14000
71 39608000 27000
72 39853000 43000
73 40093000 55700
74 40694000 89400
75 40951000 105500
76 41083000 112300
77 41348000 114500
78 41634000 127400
79 41789000 133500
80 42026000 135700
81 42164000 142400
82 42332000 149000



```

83 42722000 152000
84 42879000 154600
85 43036000 191500
86 43531000 330000
87 43944500 421000
88 44014900 478200
89 44138100 534800
90 44338200 658700
91 44408400 785800
92 44377800 1002600
93 44206100 1336600
94 43987200 1625900
95 43853900 1881000
96 43793600 2012900
97 43580400 2321300
98 43283000 3045100
99 42943900 3575700
100 42647300 4010500
101 42250400 4583100
102 41800600 5271700
103 41296100 5900200
104 40874900 6487600
105 40467700 7064300
106 40097700 7569100
107 39415000 8499200
108 38782000 9316600

```



```

;
ODS html file="c:\BB_NB87c.html";

```

```

%Macro cFmacro(cF, p, q, gstart);
  If t < &gstart Then &cF = 0;
  Else &cF = (1 - Exp(-(&p + &q) * (t - &gstart+1)))
    / (1 + (&q / &p) * Exp(-(&p + &q) * (t - &gstart+1)))
%Mend;

```

```

%Macro fMacro(g);
  If t = gstart&g Then f&g = cF&g; Else f&g = cF&g - ZLAG(cF&g)
%Mend;

```

```

%Macro NBMacro(cG);
  %do g=1 %to &cG;
    %cFmacro(cF&g, p&g, q&g, gstart&g);
    %fmacro(&g);
  %end;
  %do g = 1 %to &cG;
    %let gplus1 = %eval(&g + 1);
  %end;

```

```

    %let gminus1 = %eval(&g - 1);
    s_cV&g = %if &g = 1 %then cF&g * M&g; %else cF&g * (M&g +
s_cV&gminus1); ;
    s_v&g = s_cV&g - ZLAG(s_cV&g);
    s_cU&g = %if &g = &cG %then 0; %else s_cV&g * cF&gplus1; ;
    s_cX&g = s_cV&g - s_cU&g;
    s_x&g = s_cX&g - ZLAG(s_cX&g);
    s_y&g = %if &g = &cG %then 0; %else s_v&g * cF&gplus1; ;
    s_s&g = s_v&g - s_y&g;
%end;
%Mend;

```

PROC MODEL

```

CONVERGE=.000001
MAXITER = 32000
DATA = MODELDATA;

```

```

EXOGENOUS t;
ENDOGENOUS s_cX1 s_cX2;

```

PARMS

```

m1 = 64709132.9597299
p1 = 1.12561669841943E-02
q1 = 4.73311832863726E-03
m2 = 2.99273029896702E-04
;
p2 = p1;
q2 = q1;

```



```

BOUNDS 0.000000001 < m1 ;
BOUNDS 0.000000001 < p1 ;
BOUNDS 0.000000001 < q1 ;
BOUNDS 0.000000001 < m2 ;

```

OUTVARS

```

cF1 cF2
f1 f2
s_x1 s_x2
s_cV1 s_cV2
s_v1 s_v2
s_cU1 s_cU2
s_y1 s_y2
s_s1 s_s2
;

```

```

/* gen start times */

```



```
gstart1 = 1;  
gstart2 = 69;
```

```
%NBMacro(2);
```

```
FIT / MISSING=PAIRWISE  
    OLS METHOD=MARQUARDT COVB  
    OUTPREDICT OUTCOV OUT=MODELOUT ;
```

```
RUN;  
proc print DATA = MODELDATA;  
proc print DATA = MODELOUT;  
  
quit;
```

