國 立 交 通 大 學

工業工程與管理學系碩士班

碩 士 論 文

以限制理論為基礎之配銷/VMI 遊戲開發

The Development of Distribution/VMI Game, Based on Theory of Constraints

研究生：鄭凱文

指導教授：李榮貴 教授

中華民國九十七年六月

以限制理論為基礎之配銷/VMI 遊戲開發

The Development of Distribution/VMI Game, Based on Theory of Constraints

研 究 生：鄭凱文　　student：Kai-Wen Cheng

指導教授：李榮貴博士　　Advisor：Dr.Rong-Kwei Li

國 立 交 通 大 學

工 業 工 程 與 管 理 學 系 碩 士 班

碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

In

partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master in Industrial Engineering

June 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年六月

以限制理論為基礎的配銷/VMI 遊戲開發

研究生：鄭凱文　　指導教授：李榮貴 博士

國立交通大學

工業工程與管理學系碩士班

摘要

在現今供應鏈蓬勃發展下，傳統的補貨模式，會造成下游零售商和顧客堆積太多的庫存，或造成缺貨而無法滿足需求的情形。針對此問題，TOC 提出了 Demand Pull 的補貨模式，並同時搭配工廠端倉庫的建立，期望能獲得績效之改善。因此在缺乏實證研究下，本研究利用 Dr.Goldratt 所開發之 Bean Game，來加以設計不同情境下之供應鏈系統。並期望能夠藉由遊戲的實際操作，讓遊戲者和管理者能夠對於 TOC 補貨方法，有著更深一步的了解和贊同。

關鍵詞：供應鏈、Demand Pull、工廠倉庫

The Development of Distribution/VMI Game, Based on Theory of Constraints

Student：Kai-Wen Cheng　　Advisor：Dr. Rong-Kwei Li

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

Abstract

Under the great development of the supply chain currently, traditional stock replenishment model causes lower retailer and customer having too much stock or out of stock to cater their demand. Focus on this problem, TOC mention stock replenishment of Demand Pull, and match establishment of warehouse of factory simultaneously. It's expected to get improvement of performance. Therefore, under lack of actual research, my research uses Bean Game that Dr. Goldratt developed to design supply system of different situation. And I expect that actor and manager have more realization and agree on stock replenishment of TOC by operating real game.

Keywords: Supply Chain, Demand Pull, Warehouse of Factory

致謝

歷經了這兩年交大的洗禮，也終於要邁向畢業的路程了。當然在交大的這兩年中，首要感謝的無疑是指導教授李榮貴老師。而在 proposal 和口試時的老師蔡志弘及張盛鴻，當然也對我的論文幫助不小。說真的，能夠順利畢業，這些老師們真的給了我很大的幫助。

雖然在碩班生涯，嚴格來說，比較起其它間研究室的同學，我和指導老師 meeting 的次數不算多。但每一次的 meeting，老師都會帶給我無窮的幫助。無論是幫我解除疑惑、或是指點我該往哪裡走等等。而所得到的效果，也不會比別人差。也因為所研究的領域比較偏重實務，所以也比較容易得到合乎情境的解答。當然，也由於其他同學所研究的方向，和我的研究主題沒有相差甚遠。所以更可以藉由其他同學的腦中，得到更不一樣的想法或是解答。

在這兩年的碩班生涯中，除了對知識有更深的體悟之外，也學到許多意義非凡的事物。在這裡，許多東西都是要自己來，不再像大學那樣可以得到其他同學的依靠。當然，我想這也就是大學和研究所最大的不同所在吧。經過這兩年的洗禮，也讓我著實獨立和成長不少。在日後出社會，相信我在研究所所得到的東西，一定能夠帶給我最實質的幫助。

目錄

摘要 i
Abstract ii
目錄 iv
表目錄 v
圖目錄 vi
第一章 研究動機與目的 1
第二章 文獻探討 4
2.1 傳統補貨機制 4
2.2. TOC補貨機制 5
2.3. 建立倉庫 6
2.4. 補貨機制 10
第三章 研究方法 12
3.1. 供應鏈設定 12
3.2. 基本假設與限制 13
3.3. 遊戲各回合管理情境 18
3.3.1 情境一 傳統補貨模式 18
3.3.2 情境二 顧客行為改變，工廠行為不變 18
3.3.3 情境三 顧客行為改變，且工廠建立倉庫 18
3.4. 遊戲紀錄表與操作說明 19
第四章 實例驗證 20
4.1. 情境一之實驗結果與分析 20
4.2. 情境二之實驗結果與分析 24
4.3. 情境三之實驗結果與分析 27
4.4. 執行結果分析 28
第五章 結論與未來展望 31
參考文獻 33
附錄 Bean Game 操作手冊

表目錄

表 2-1 傳統做法和TOC做法之比較 6
表 3-1 各項成本和售價設定表 13
表 3-2 顧客 1 需求參數表 14
表 3-3 顧客 2 需求參數表 14
表 3-4 顧客 3 需求參數表 15
表 3-5 顧客 4 需求參數表 15
表 3-6 顧客 5 需求參數表 16
表 3-7 顧客 6 需求參數表 16
表 3-8 工廠產能參數表 16
表 3-9 工廠生產之批量表 17
表 3-10 前置時間設定表 17
表 4-1 情境一之各組實驗數據 20
表 4-2 情境一顧客和工廠之平均每天庫存 21
表 4-3 B組顧客之平均每天存貨 21
表 4-4 B組各顧客所訂定之期初庫存 22
表 4-5 各組缺貨數量情形 23
表 4-6 E組顧客和工廠補貨情況 23
表 4-7 情境二之各組實驗數據 24
表 4-8 情境二顧客和工廠之平均每天庫存 25
表 4-9 C組各顧客所訂定之期初庫存 26
表 4-10 情境三之各組實驗數據 27

圖目錄

圖 1-1 存貨衝突圖 1
圖 1-2 需求波動因聚集(aggregation)而縮小 2
圖 2-1 消費點示意圖 7
圖 2-2 供給點示意圖 7
圖 2-3 消費點示意圖 8
圖 2-4 供給點示意圖 8
圖 2-5 消費點示意圖 9
圖 2-6 供給點示意圖 9
圖 2-7 Demand Pull之補貨機制 11
圖 3-1 Bean Game示意圖 12
圖 4-1 情境二中，C組顧客 2 之績效狀況 26
圖 4-2 情境二中，C組顧客 3 之績效狀況 26
圖 4-3 三個情境之平均每天整體庫存 28
圖 4-4 三個情境之平均每週整體缺貨數量 29
圖 4-5 三個情境之平均每週整體缺貨次數 29

第一章 研究動機與目的

在傳統之供應鏈系統中，上游供應商或製造商所期待的理想狀態是，滿足下游顧客需求及將存貨降到最低；而下游顧客或零售商想要達到的理想狀態是，供應商準時交貨以及產品無瑕疵。因此，零售商便根據顧客之歷史需求資料加以預測。將此預測訊息傳遞給供應商或批發商。批發商將這些訂單資料加以彙整後，最後再送至工廠加以生產。而工廠根據訂單生產後，將產品送至各個批發商或供應商，緊接著送至各個零售端或顧客手中。以上就是所謂傳統的『推式(push)生產』。此種推式生產的補貨觀念，往往會因為下游零售商預測不準確，造成需求的訊號在整個供應鏈中，像滾雪球似的愈來愈大，形成所謂的『長鞭效應』。進而造成圖 1-1 之供應鏈存在已久的核心問題：備高庫存還是備低庫存的衝突(備太高之存貨，會花費公司太多的現金；反之，若備太低之存貨，則可能產生較差的服務於顧客身上。)

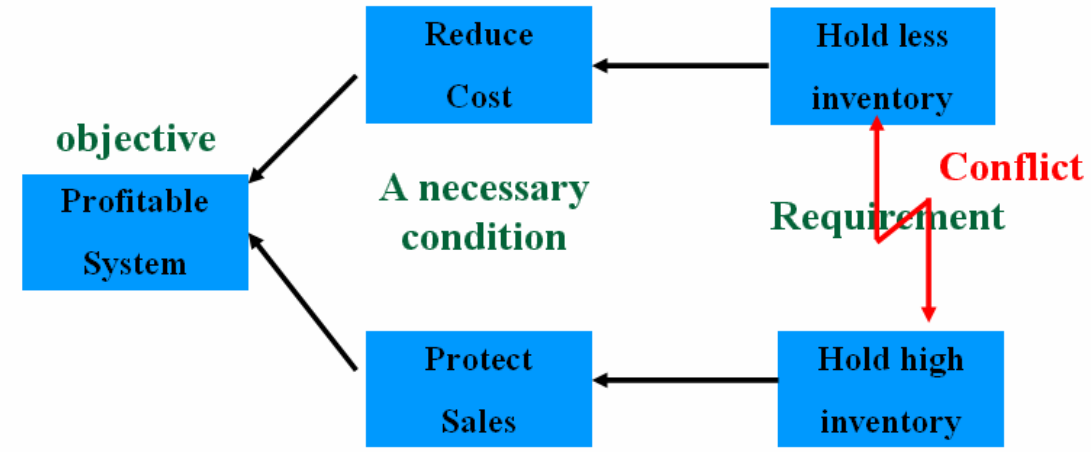


圖 1-1 存貨衝突圖

針對此衝突圖問題，傳統的化解之道是要求客戶給予更透明的需求資訊或尋找更準確的預測方法，但是事實證明效果仍是不佳。由 Goldratt 所發展的 TOC 認為企業無法以低庫存滿足客戶需求是因為：補貨時間太長、供應商不可靠與預測不準確。好的化解之道必須在此三因素繼續存在下仍能以低的庫存來滿足客戶需

求。

TOC認為，企業或公司必須採用Demand Pull的補貨方式來訂定目標庫存、補貨頻率和調整目標庫存。將原本的『推式』生產，改為『拉式』生產，利用客戶下多少量，就補多少量之小批量補貨觀念。並且同時騰出一個適當的空間來建立倉庫(warehouse)，在倉庫擁有對的庫存可將補貨時間縮短到只剩下運輸時間(工廠倉庫可以將生產前置生產前置時間跟運送時間斷離，區域倉庫可以將工廠到區域倉庫的運送時間斷離)。

另外，針對『預測不準確』之情況，TOC Insight 中提及到，在配銷系統中應用聚集(aggregation)之觀念，波動(fluctuations)會因為被平均掉而縮小。如下圖 1-2 所示：

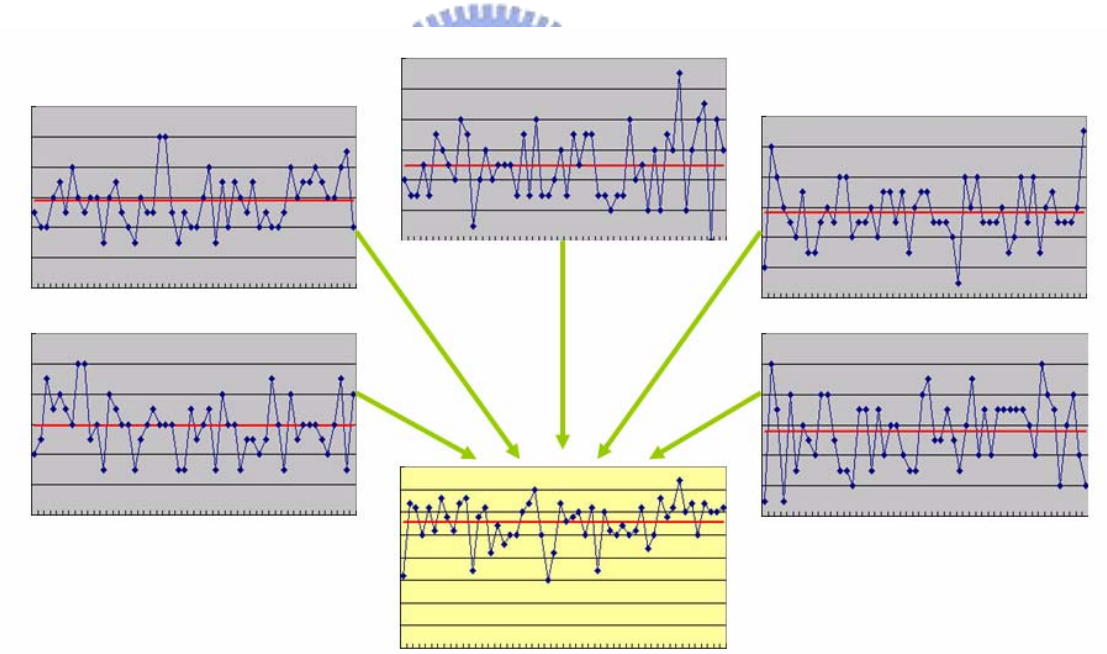


圖 1-2 需求波動因聚集(aggregation)而縮小

由上圖可知，個體統計變異的累加，遠大於整體統計之變異，故供給點相對於需求點是比較可靠的。因此，TOC 認為在製造端對整體需求預測所產生的變異，會遠比零售端個別預測後加總的變異來得小。而且當下游零售點愈多時，此現象

會更加明顯。此外，為了避免存貨太高或缺貨的現象發生，TOC 主張將大部分的庫存放在聚焦點(供給源頭)和預測最準確的地方。如此一來，便可以根據最準確的預測來運作，同時也可以顯著降低補貨時間，並提高補貨之可靠度與彈性。

然而，在現今的供應鏈中，仍然有許多企業及公司，對於 Demand Pull 之補貨方式是否恰當，存在著很大的問號。因為企業和公司往往認為，績效不好的原因，主要是由於預測不準確所導致。但 Dr.Goldratt 並不這麼認為，他主張企業和公司績效不好之主因，是因為沒有確實實施 Demand Pull 的補貨方法。雖然 Dr.Goldratt 已經為此提出了看法，但仍然缺乏有利的證據來證明此方法確實能夠達到好的績效，並為公司帶來更多的利潤。所以在缺乏實證研究下，本研究期望利用 Dr.Goldratt 所提出之 Bean Game，利用 Excel VBA 來設計此遊戲。並利用『倉庫』和『聚集』的觀念，以更接近實務的方式來加以佐證 Dr.Goldratt 所提出之學說。

第二章 文獻探討

2.1 傳統補貨機制

傳統供應鏈運作的方式，乃是上游供應商接到下游零售商之一定數量的訂單之後，經過一段之作業時間，才將貨品運送至零售商手中。而零售商再轉賣給更下游之顧客。但因為上游之供應商無法得知供應鏈最末端的需求情形，因此對於原先所訂購之數量是否能夠滿足下游之顧客，並無法充分得知〔4〕。又為了提高反應之速度，應變下游顧客實際需求的變化，在零售端方面，往往會提高本身的庫存量，並期望藉由預測需求，來保護產出，免於發生缺貨的情況。於是此種現象在各供應鏈層級間，便蔓延開來。零售商想要預測顧客之需求狀態、批發商想要預測零售商之需求狀態、供應商則是想預測批發商之需求狀態。每一層在預測時，都會將上一層所產生之誤差計算進去，固供應練愈上游者，所產生之預測誤差就愈大，造成所謂的「長鞭效應」。

Tsai、Lin 與 Lee〔5〕提出了此長鞭效應的產生，將會產生使整個供應鏈出現惡性循環的現象。並會帶來以下之不良結果：

1. 客戶經常買不到所要的產品。
2. 為提高客戶滿意度，備極高庫存。造成退貨、形成滯銷庫存(dead stock)或報廢品(scrap)。
3. 零售商所訂的產品，配銷或倉儲中心常常無法準時送達。
4. 暢銷品在配銷或倉儲中心經常缺貨(stock out) ，非暢銷品經常庫存過高。
5. 工廠供給配銷或倉儲中心的產品常與市場(客戶)實際需求不合

Padmanabhan 與 Whang〔3〕亦指出，當供應鏈之上游逐漸擴大(amplification)時，將導致供應鏈中最不樂見之現象，如：

1. 低銷售額或商機損失(Lost or Low Sales)
2. 存貨持有太高(High Inventories)
3. 反應速度太慢(Unresponsiveness)

由上述學者所提出之看法，我們可以得知長鞭效應所產生的後果，將造成工廠或公司極大的損失。故如何避免長鞭效應之產生，補貨機制便顯得相當的重要。本研究在後面小節，將針對傳統之補貨機制，提出學者所提供之解決辦法。

2.2. TOC 補貨機制

對於如何避免長鞭效應的發生，林書弘〔7〕從許多學者中，歸納出幾個重點及方法：

1. 降低不確定性，更正確的預測未來需求
2. 減少不必要的價格波動
3. 有效的降低補貨前置時間
4. 建立策略性夥伴關係(Strategic Partnership)，提高供應商可靠度

其中，可藉由需求資訊的集中，讓供應鏈上的每一位成員都能充分了解並獲得可靠及完善的顧客需求資訊。如此一來，便能消除單純憑藉下游訂單推測終端客戶需求所產生之不確定性。供應鏈之每一層便能更準確地進行需求預測。

為了減少促銷期間和季節性之顧客需求劇烈的波動，必須採取的是減少不必要的價格波動。並且以EDLP (Everyday Low Price)的策略取代固定的降價促銷。

透過電子資料交換(Electronic Data Interchange，EDI)等資訊技術，能夠有效地降低訂單的處理時間，進而減少下游廠商訂購前置時間，以增加預測的準確性〔3〕，以達成有效的降低補貨前置時間。

而建立策略性之夥伴關係，可透過供應商庫存管理系統(Vendor Managed Inventory，VMI)或連續性補貨系統(Continuous Replenishment Planning, CRP)的建立，讓供應商可以主動掌握銷售資訊及庫存量，作為市場需求預測及自動補貨的方向。

2.3. 建立倉庫

TOC Insight〔2〕中，提及為何必須透過倉庫的建立，來提高供應鏈管理之績效，如下：

1. 對客戶越長的補貨時間，客戶就須備越高庫存同時有越高的缺貨機會
2. 即使生產前置時間縮短，問題仍然嚴重
3. 許多時候，從工廠到客戶的運送時間很長

經由上述可能產生之問題，TOC認為建立倉庫可使補貨時間顯著地縮短。並提出在倉庫擁有對的庫存時，可將補貨時間降到由原本的訂單前置時間、生產前置時間和運輸前置時間，縮短到只剩下運輸前置時間。其中，工廠倉庫可以將生產前置時間跟運輸時間斷離；而區域倉庫可以將工廠到區域倉庫的運輸時間斷離。所以，公司或工廠必須安排適當的空間，以建立其倉庫。

林書弘〔7〕亦針對傳統做法和TOC做法，提出了比較，如表2-1：

表 2-1 傳統做法和 TOC 做法之比較

	傳統做法	TOC做法
倉庫設置	只設置地方倉庫	設置中央倉庫和地方倉庫
存貨	整個補貨時間內需求量	中央倉庫：生產時間內總需求量 地方倉庫：中央倉庫運送至地方倉庫所需之量
補貨時間	訂單時間+生產時間+運輸時間	運輸時間

經由上表，可以得知倉庫的建立，確實能夠更正確預測未來需求、縮短補貨時間和增加供應商的可靠度。此外，倉庫的控管也很重要。當倉庫有太高的庫存會很容易積壓公司的現金；在倉庫有太低的庫存則會對客戶產生不佳的服務。TOC指出，對的庫存數量等於補貨時間內的平均使用量，乘以變異因素。因此，如何

讓公司在倉庫擁有極小的目標庫存數量，而此數量足夠開始服務客戶，是管理階層所必須面臨最大的課題。

2.4. 聚集(Aggregation)

在供應鏈中，當一個供給點必須同時滿足多個消費點時，應用聚集之觀念，波動會因為被平均掉而變小。同時，上游供給點的需求變異，會遠小於下游消費點所產生之變異的加總。並且，當消費點愈多愈大的時候，反應出來的效果會更加明顯，如下列3個情境依序所示：

情境一：一個供給點，供給四個消費點，如圖2-1和圖2-2所示：

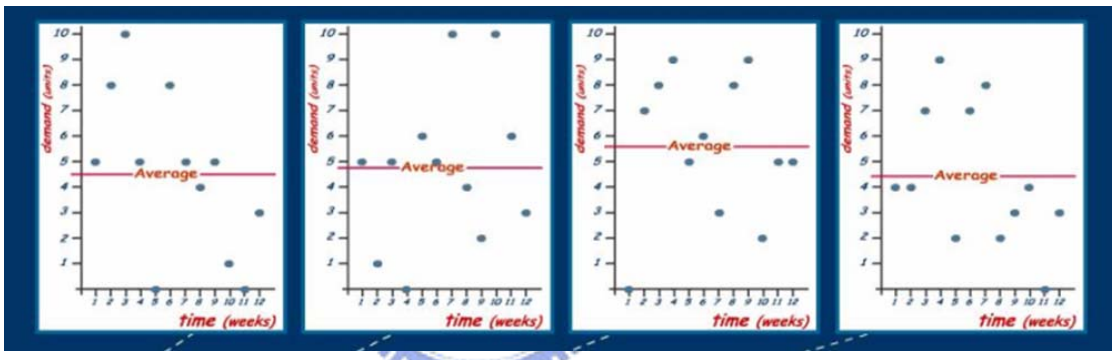


圖 2-1 消費點示意圖〔2〕

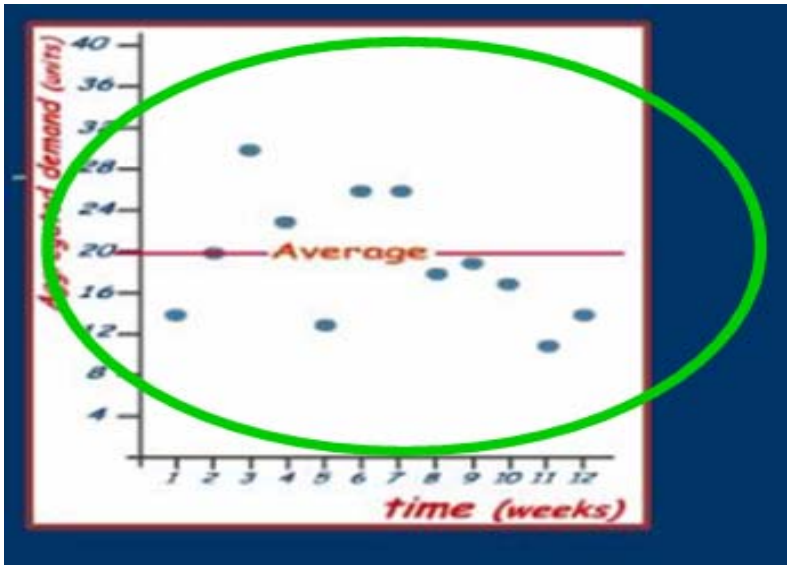


圖 2-2 供給點示意圖〔2〕

情境二：一個供給點，供給十個消費點，如圖2-3和圖2-4所示：

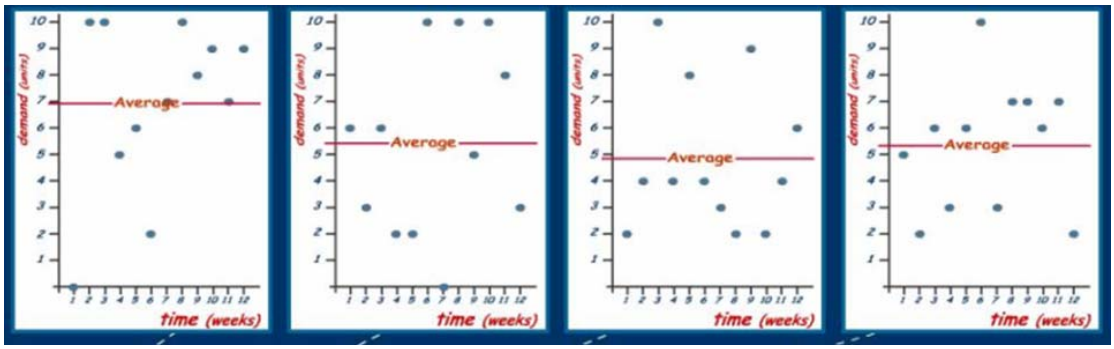


圖 2-3 消費點示意圖〔2〕

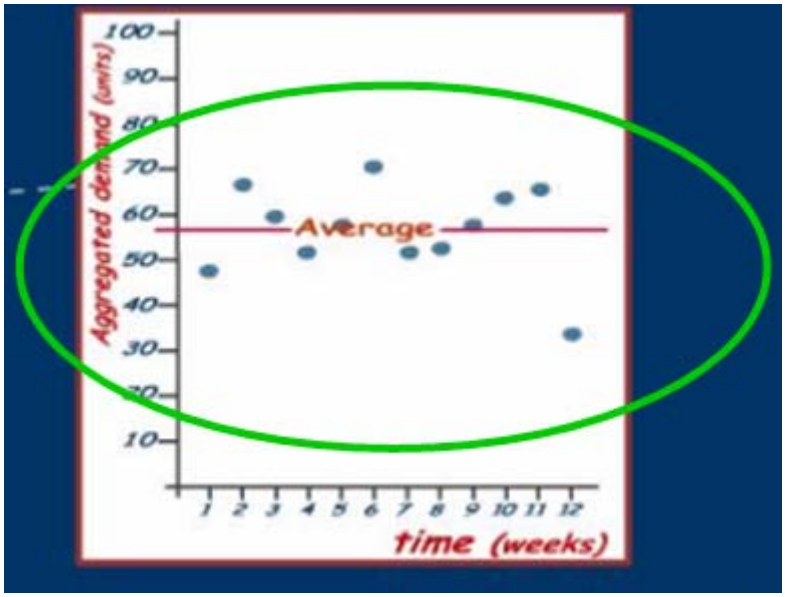


圖 2-4 供給點示意圖〔2〕

情境三：一個供給點，供給一百個消費點，如圖2-5和圖2-6所示：

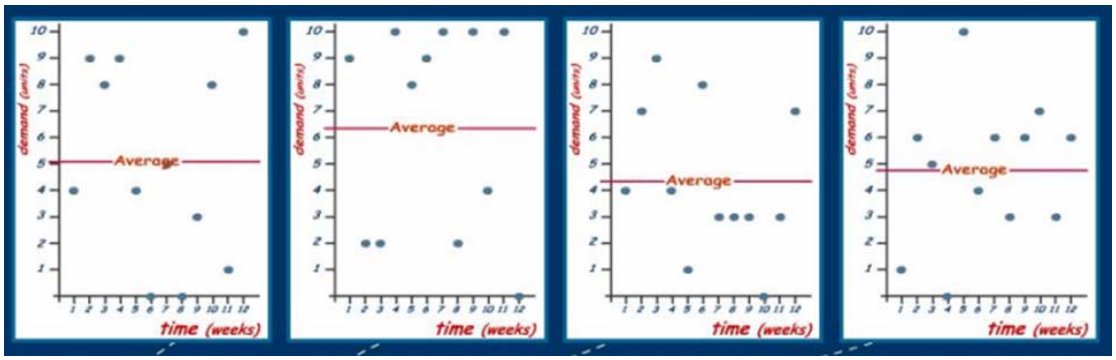


圖 2-5 消費點示意圖〔2〕

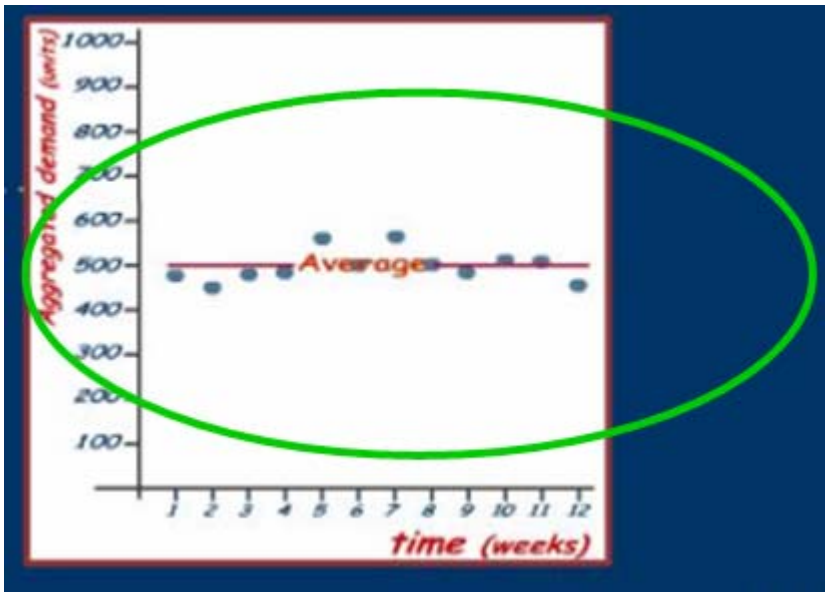


圖 2-6 供給點示意圖〔2〕

經由以上三個情境所呈現之圖，可以清楚地看出，無論是四個消費點、十個消費點，還是一百個消費點，消費端所呈現的變異，沒有太大的改變。但是，當消費點只有四個時，供給點之變異仍然很大；而當消費點有十個的時候，消費點之變異縮小了許多；最後，當同時擁有一百個消費點時，供給端所呈現的變異，竟是如此的穩定(如圖2-6)。由此，可得知在配銷系統中，供給點相對於需求點而言，是較為可靠的。

2.4. 補貨機制

供應鏈中常發生的現象，如補貨時間過長、供應商不可靠和預測不準確，常會造成公司或工廠極大的損失。有鑒於此，TOC分析了可能的原因及解決辦法，如下：

補貨時間過長：因為大批量可以獲得較多的折扣以及不需花費太多的時間決定訂購數量，所以企業往往等存貨到達訂購點時才發出訂單，以致於補貨時間拉長。故TOC主張採取小批量的訂購，來縮短補貨時間。

供應商不可靠：對於供應商不可靠，企業可以選擇更換供應商或是對現有供應商做訓練，以提升供應商的可靠度。但是這些方法對於企業有時可能緩不濟急，所以企業面臨供應商不可靠時，往往用最直接的方式去解決，也就是先備大量的庫存作為應付。

預測不準確：預測系統只能預測趨勢，並不能預測實際的需求量。當預測值高於實際需求時會造成庫存的現象，反之，則會造成缺貨。而企業的認知為缺貨比庫存嚴重，因此企業往往寧可備較高的庫存，以避免缺貨的發生。

其中，TOC主張以小批量訂購並增加補貨頻率，來縮短補貨時間的方法，乃一般所謂的Demand Pull供應鏈管理模式。此方法將大部分庫存放在聚焦點(源頭)，且每個聚焦點的每個產品，依公式決定目標庫存量。客戶點每日將使用量通知工廠，工廠則定期以最快之速度補顧客每天實際所消耗的數量(較頻繁的補貨)。另外，工廠必須定期地補聚集點所消耗的數量。如圖2-7所示：

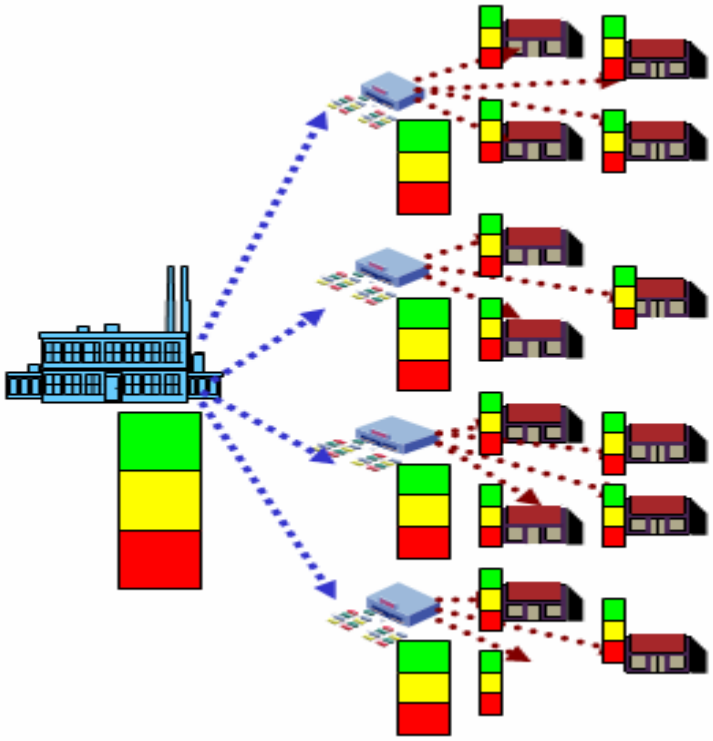


圖 2-7 Demand Pull 之補貨機制

下游零售端每期根據其實際賣出量下單，上游製造端則週期性的根據實際銷售來生產。而中央倉庫就是整個銷售系統的Buffer，其補貨方式遵循著D-B-R之補貨方式。其中，TOC把庫存分成三等分，綠色部分代表庫存過高、黃色部份代表庫存適中、紅色部分則代表庫存不足。而各區域的大小，取決於設定的服務水準。除非有特殊之需求，否則一般將區塊分成三等分。

當庫存長期位於綠色區塊時，管理者應該有所行動，就是要向下修正目標庫存，開始不補貨，直到庫存降至新的目標庫存為止；反之，當庫存長期位於紅色的區塊時，管理者必須向上修正其目標庫存。此時，當期的下單數量會增加，包含了當期需求量和目標庫存增加量。之後必須持續觀察，直到系統趨於穩定為止。

第三章　研究方法

3.1. 供應鏈設定

本研究欲針對 Dr.Goldratt 所研發出一套 Bean Game 之供應鏈系統，加以進行遊戲實驗。情境如下：

1. 考慮一個工廠，生產四種產品。且將其運送至六個顧客(其他工廠或零售商)手中
2. 每個顧客，每天有其不同之需求
3. 顧客依據補貨頻率，向工廠下訂單
4. 工廠生產產品以滿足每個顧客所下之訂單

遊戲的資訊如圖 3-1 所示：

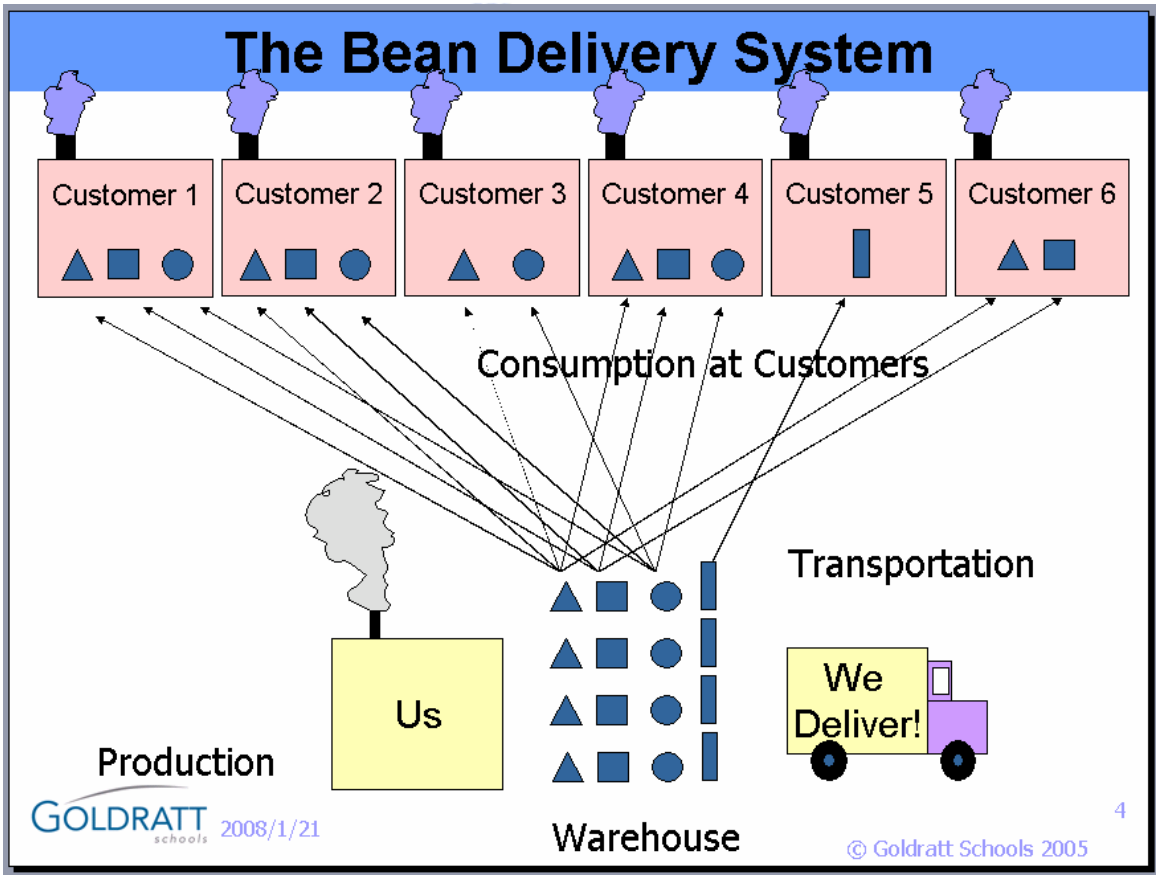


圖 3-1 Bean Game 示意圖

遊戲中之工作指派，需要 1 人來主導此遊戲；每個顧客站需要 1 至 2 人，根據他們的經驗和目前存貨來下訂單；需要 1 人來擔任工廠之排程，決定生產之順序和批量之大小；需要 1 人來分析工廠之財務狀況，並將結果呈報給 CEO；最後，需要 2 人來決定工廠之生產，他們負責工廠每日之產能情況，並將此產能視為存貨。

3.2. 基本假設與限制

本遊戲總共分成三個情境來進行，分析不同情境之間，績效的差別及改善。其三種情境分別為：

1. 傳統補貨模式(根據歷史資料和經驗補貨)
2. 顧客行為改變(demand pull)，但工廠行為不變
3. 顧客行為改變(demand pull)，工廠建倉庫

此外，遊戲執行時，考慮到參與者和執行者操作時的便利性，及遊戲執行時的流暢度，因此將供應鏈許多複雜情況加以簡化，並加入以下之假設與限制，以較嚴謹地方式進行此遊戲，藉以達到本研究之目的：

1. 單一生產者，多個顧客
2. 工廠、顧客缺貨均不後補
3. 不考慮訂購成本及運輸成本

基於情境設計下，固本研究不考慮訂購成本及運輸成本。而本研究設定的單位產品售價、單位存貨和缺貨成本、及作業費用如表3-1所示：

表 3-1 各項成本和售價設定表

	單位產品售價	單位存貨成本	單位缺貨成本	作業費用
工廠	20元/個	1元/個	500元/個	2000元/週
顧客	20元/個	1元/個	500元/個	-

4. 顧客每日需求為已知參數

其中每個顧客之需求參數皆不盡相同，其每日需求為0到6。如表3-2至表3-7所示：

表 3-2 顧客 1 需求參數表

Roll	Blue	Yellow	Red
1	0	1	1
2	0	1	2
3	0	2	3
4	4	2	4
5	5	3	5
6	6	3	6

表 3-3 顧客 2 需求參數表

Roll	Blue	Yellow	Red
1	1	2	1
2	2	2	2
3	3	2	3
4	0	5	4
5	0	5	5
6	0	5	6

表 3-4 顧客 3 需求參數表

Roll	Blue	Red
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6

表 3-5 顧客 4 需求參數表

Roll	Blue	Yellow	Red
1	1	1	0
2	1	1	0
3	2	1	4
4	2	6	5
5	3	6	6
6	3	6	6

表 3-6 顧客 5 需求參數表

Roll	White
1	5
2	5
3	5
4	6
5	6
6	6

表 3-7 顧客 6 需求參數表

Roll	Blue	Yellow
1	1	1
2	1	1
3	2	2
4	2	2
5	3	3
6	3	3

5. 假設製造商(工廠)產能無限制

遊戲中針對不同的情境，其工廠每天會有其不同的產能。工廠的參數分配如表 3-8所示：

表 3-8 工廠產能參數表

	平均產能	最大產能	最小產能
情境一＆情境二	52.5	90	15

由於情境三已建立工廠之倉庫，故不考慮平均產能和最大、最小產能之問題。所以表3-8僅列出情境一和情境二之產能參數

6. 工廠若採取批量生產，必須每四天重複生產一次

情境一和情境二中，工廠乃採取批量之生產方式，且按照由左(blue)至右(white)的生產順序。其批量大小如表3-9所示：

表 3-9 工廠生產之批量表

	Bule	Yellow	Red	White
批量大小	70	50	65	30

此外，工廠和顧客的運送前置時間、下單頻率，如表3-10所示：

表 3-10 前置時間設定表

	運送前置時間	下單頻率(情境一)	下單頻率(情境二)	下單頻率(情境三)
工廠	1天	-	-	-
顧客	1天	每週	每週	每天

經由上圖可得知，工廠和顧客之運送前置時間皆為一天。而情境一和情境二的顧客下單頻率為每「週」；情境三則為每「天」下單一次。

在實驗完遊戲之後，針對每次執行結果，均需要明確的評估績效指標，來決定成果的優劣。績效指標如下所示：

1. 總利潤
2. 平均存貨
3. 缺貨數量(以百分比表示)
4. 缺貨次數(以百分比表示)

3.3. 遊戲各回合管理情境

本研究利用TOC供應鏈管理之模式，探討在傳統模式下(情境一)與非傳統模式下(情境二、情境三)之績效差異，並與TOC所提出之Demand Pull管理模式相輔相成。此外，該遊戲讓參與者不須透過太多繁雜之運算，便能體驗出TOC管理模式之改善結果。遊戲總共分成三大情境，而每個情境可持續進行。

3.3.1 情境一 傳統補貨模式

顧客根據歷史資料和經驗來進行預測，並自行決定『每週』的下單數量；工廠根據產能，自行配銷。此外，顧客期初必須自訂各產品之『期初存貨』；工廠部分，則沒有期初存貨。

3.3.2 情境二 顧客行為改變，工廠行為不變

因應TOC所提出之觀點，顧客採取Demand Pull之補貨方式，即『每周』用多少量就補多少量；工廠仍然是依據產能，自行配銷。同樣地，顧客期初必須自訂各產品之『期初存貨』；工廠部分，則沒有期初存貨。

3.3.3 情境三 顧客行為改變，且工廠建立倉庫

同樣因應TOC所提出之觀點，顧客採取Demand Pull之補貨方式。但是由於工廠建立了倉庫，所以補貨頻率從前兩個情境的『每週』，變成『每天』，以小批量的方式進行補貨。而顧客每天每項產品的目標庫存，即為該產品之最大需求量。工廠部分，則擁有期初庫存，期初庫存的量為所有顧客對該產品『最大需求加總之兩倍』。例如Blue部分，工廠之期初庫存即為2*(6+3+6+3+0+3)=42。

3.4. 遊戲紀錄表與操作說明

此Bean Game遊戲為了方便操作者記錄存貨與訂貨情況，並且快速運算庫存、成本等數據，利用excel 製作專屬的紀錄表，細部說明與操作程序則置於本論文附錄的遊戲操作手冊中。執行遊戲時可利用此操作手冊，對參與成員作直接的遊戲說明陳述。

第四章 實例驗證

本研究之遊戲，共實驗6組(A~F)，每組包括1個工廠與6個顧客。遊戲依據本章節所設定之情境和參數，情境一進行所謂的傳統補貨模式；情境二則採用Demand Pull之方式進行補貨；情境三除了採用Demand Pull之補貨方式之外，另外還建立了倉庫。各個情境所實驗的結果，將依序呈現說明。

4.1. 情境一之實驗結果與分析

首先針對情境一進行分析，其各組的實驗結果，如下表4-1所示：

表 4-1 情境一之各組實驗數據

	平均每天整體庫存	平均每週整體缺貨數量(百分比)	平均每週整體缺貨次數(百分比)
A組	113.8	6.92%	10.6%
B組	**140**	4.86%	3.45%
C組	104.5	3.78%	6.35%
D組	98.8	5.86%	4.86%
E組	119.5	**11.14%**	**12.10%**
F組	102.3	8.80%	9.12%

由上表可得知，情境一中，B組之平均每天整體庫存為所有組別中最大者；而E組之平均每週整體缺貨數量和缺貨次數，則為所有組別之最。接下來將繼續針對B組和E組進行深入探討其績效不好之主因。

表4-2為各組之顧客和工廠平均每天庫存，如下：

表 4-2 情境一顧客和工廠之平均每天庫存

	平均每天整體庫存	顧客平均每天庫存	工廠平均每天庫存
A組	113.8	21.5	92.3
B組	**140**	**28.7**	**111.3**
C組	104.5	21.5	83
D組	98.8	21.4	77.4
E組	119.5	25.2	94.3
F組	102.3	16.3	86

上表呈現的數據可看出，B組顧客和工廠的平均每天庫存，都是所有組別裡面最高的。毫無疑問地，其整體庫存也會是最高。接著再進一步觀察顧客之平均每天存貨，如表4-3所示：

表 4-3 B 組顧客之平均每天存貨

	平均每天存貨
顧客一	14.7
顧客二	33
顧客三	15.4
顧客四	**50.3**
顧客五	**44.3**
顧客六	14.4

再由上表之數據，可更明顯看出，顧客四和顧客五為導致B組績效最差的主要原因，平均每天存貨分別為50.3和44.3，皆高出其他顧客許多。接著持續觀察導致顧客四和顧客五的存貨如此高的原因。而B組各顧客之期初庫存訂定，如表4-4所

示：

表 4-4　B 組各顧客所訂定之期初庫存

	Blue	Yellow	Red	White
顧客一	15	12	21	0
顧客二	48	46	45	0
顧客三	30	0	30	0
顧客四	**80**	**80**	**80**	**0**
顧客五	0	0	0	**72**
顧客六	30	33	0	0

經由上表，可以清楚地看出，顧客四和顧客五之期初存貨分別訂定80和72。可更加確定了顧客四和顧客五績效不好之主因，乃是因為『期初庫存』訂定不佳所致。此外，由於顧客四和顧客五之期初庫存訂定過高，所以下單之數量，相較於其他組別，要來的小很多。如此一來，工廠配銷出去之數量便相對少很多，存貨便因此高出了許多(如表4-2)。這也間接說明了整個供應鏈體系，是彼此息息相關的。

再回到表4-1，針對情境一的E組，分析該組為何在平均每天整體缺貨數量和次數的績效上，最差的原因。表4-5為各組之顧客和工廠缺貨數量情形，如下所示：

表 4-5 各組缺貨數量情形

	顧客平均每週缺貨數量(百分比)	工廠平均每週缺貨數量(百分比)	平均整體缺貨數量(百分比)
A組	1.94%	4.98%	6.92%
B組	4.86%	0%	4.86%
C組	1.8%	1.98%	3.78%
D組	2.53%	3.33%	5.86%
E組	4.25%	**6.89%**	**11.14%**
F組	3.96%	4.84%	8.80%

由上表可看出，造成E組平均整體缺貨數量最高的原因，乃由於工廠缺貨數量(6.89%)太多所致。再進一步觀察E組工廠之補貨情況，如下表4-6所示：

表 4-6 E 組顧客和工廠補貨情況

	Blue		Yellow		Red		White	
	總訂購量	總庫存量	總訂購量	總庫存量	總訂購量	總庫存量	總訂購量	總庫存量
第一週	85	140	**102**	**100**	**118**	**76**	30	30
第二週	86	195	**96**	**78**	**122**	**119**	60	60
第三週	80	220	**100**	**72**	114	130	30	60
第四周	64	239	68	100	90	146	20	76

經由上表，可觀察到工廠之Yellow產品和Red產品，呈現嚴重供不應求的狀況發生，意即所謂顧客的目標庫存過高。例如第三週的Yellow產品，顧客總需求為100，但是工廠庫存卻只有72；同樣地，第一週的Red產品總需求為118，但工廠庫

存只有76。如此一來，即造成工廠嚴重的缺貨。

經由本小節所分析之結果，情境一採用之傳統補貨模式，無論在平均存貨，或是缺貨數量和次數上，都有著不小的改善空間。因此，下一小節之情境二將採用Demand Pull之補貨模式來進行補貨。

4.2. 情境二之實驗結果與分析

情境二中每個顧客對其產品的期初庫存，和情境一所訂定的一樣。而情境二有別於情境一之補貨模式，乃顧客採取Demand Pull之模式來進行補貨。故影響情境二的績效優劣的因子，只剩下『期初存貨』和『工廠產能』。各組之實驗結果，如表4-7所示：

表 4-7 情境二之各組實驗數據

	平均每天整體庫存	平均每週整體缺貨數量(百分比)	平均每週整體缺貨次數(百分比)
A組	113.2	1.72%	2.3%
B組	**126.4**	3.02%	3.37%
C組	96	**9.91%**	**8.93%**
D組	102.2	5.92%	5.86%
E組	103.1	8.95%	8.88%
F組	110	2.34%	3.12%

由上表可觀察到，B組的平均每天整體庫存，明顯高於其他組別。所以繼續針對B組之平均每天整體庫存，做深入探討。表4-8為各組顧客與工廠之存貨狀況，如下所示：

表 4-8 情境二顧客和工廠之平均每天庫存

	平均每天整體庫存	顧客平均每天庫存	工廠平均每天庫存
A組	113.2	17.7	95.5
B組	**126.4**	**28.6**	97.8
C組	96	20.6	75.4
D組	102.2	18.9	83.3
E組	103.1	19.5	83.6
F組	114	19	95

透過上表，可明顯看出，造成B組之平均每天整體庫存最高的原因，是由於『顧客平均每天庫存』過高所致。且因為情境二已採用Demand Pull的補貨模式，固可推估B組顧客平均每天庫存過高，是由於『期初存貨』訂定太高的結果。而B組各顧客的期初存貨，已在前一個小節中詳細說明，故可與本小節所分析地結果相呼應。

承接前一段所描述，影響缺貨數量和缺貨次數之關鍵因子，仍是『期初存貨』和『工廠產能』。期初存貨一旦定太低，則有極大的可能會造成缺貨。經由表4-7，可清楚看出C組之平均整體缺貨數量為各組之最。接著透過C組各顧客所訂定的期初存貨，便可知曉是否是因為期初存貨訂定不當所導致。如下表4-9所示：

表 4-9　C 組各顧客所訂定之期初庫存

	Blue	Yellow	Red	White
顧客一	30	40	50	0
顧客二	**15**	**30**	**30**	0
顧客三	**20**	0	**20**	0
顧客四	20	40	40	0
顧客五	0	0	0	44
顧客六	25	21	0	0

透過上表，C組各顧客之期初存貨，不難發現，顧客二和顧客三訂定之期初存貨，都屬於偏低的情況。如此一來，極有可能造成在第一週和第二週，就出現嚴重缺貨的情形。圖4-1、圖4-2則可以看出，顧客2和顧客3分別在第二週和第一週，出現大量缺貨的窘境。所以，在工廠產能足夠且正常的情況下，顧客所訂定之『期初存貨』就扮演了舉足輕重的角色。

	總利潤	平均存貨	總缺貨數量	總缺貨次數
week1	1093	12.7	0	0
week2	-1608	11.8	5	1
week3	223	15.1	1	1
week4	464	23.6	0	0

圖 4-1 情境二中，C 組顧客 2 之績效狀況

	總利潤	平均存貨	總缺貨數量	總缺貨次數
week1	-3233	7.0	9	4
week2	-2600	9.6	7	2
week3	558	23.0	0	0
week4	637	17.4	0	0

圖 4-2 情境二中，C 組顧客 3 之績效狀況

4.3. 情境三之實驗結果與分析

情境三採用TOC的方法，利用Demand Pull之補貨方式，並同時在工廠端建立倉庫。將所有可能導致績效不佳的因子全部消除，例如『期初存貨』、『目標庫存』等等……。加上由於倉庫的建立，故可以採用每天補貨的小批量方式來進行補貨。顧客端也因此能夠明確的定訂『期初庫存』。意即，只需將目標庫存維持在每天需求的最大量就好。而在倉庫部分，為了能夠確保不缺貨，所以所庫存的量，即為『所有顧客最大需求加總之兩倍』。表4-10即為情境三之各組實驗數據，如下所示：

表 4-10 情境三之各組實驗數據

	平均每天整體庫存	平均每週整體缺貨數量(百分比)	平均每週整體缺貨次數(百分比)
A組	98.2	0	0
B組	98.2	0	0
C組	98.9	0	0
D組	98.2	0	0
E組	98.3	0	0
F組	98.2	0	0

透過上表，可以看見已經沒有缺貨的情況發生，平均每天整體的庫存也相當的穩定。且相較於前兩個情境，平均每天整體庫存量也變小了許多。

在做完以上三種不同情境之下的補貨模式後，接下來將進一步比較及分析這三種不同之情境。

4.4. 執行結果分析

本研究欲比較三種不同情境之間，績效之差別。換句話說，就是在比較傳統之補貨模式(情境一)和TOC的補貨模式(情境二和情境三)，究竟哪一種為較佳的補貨模式。此小節再次針對三種不同的補貨模式下，加以進行比較和分析。這三個情境之實驗結果，分別如圖4-3、4-4和4-5所示：

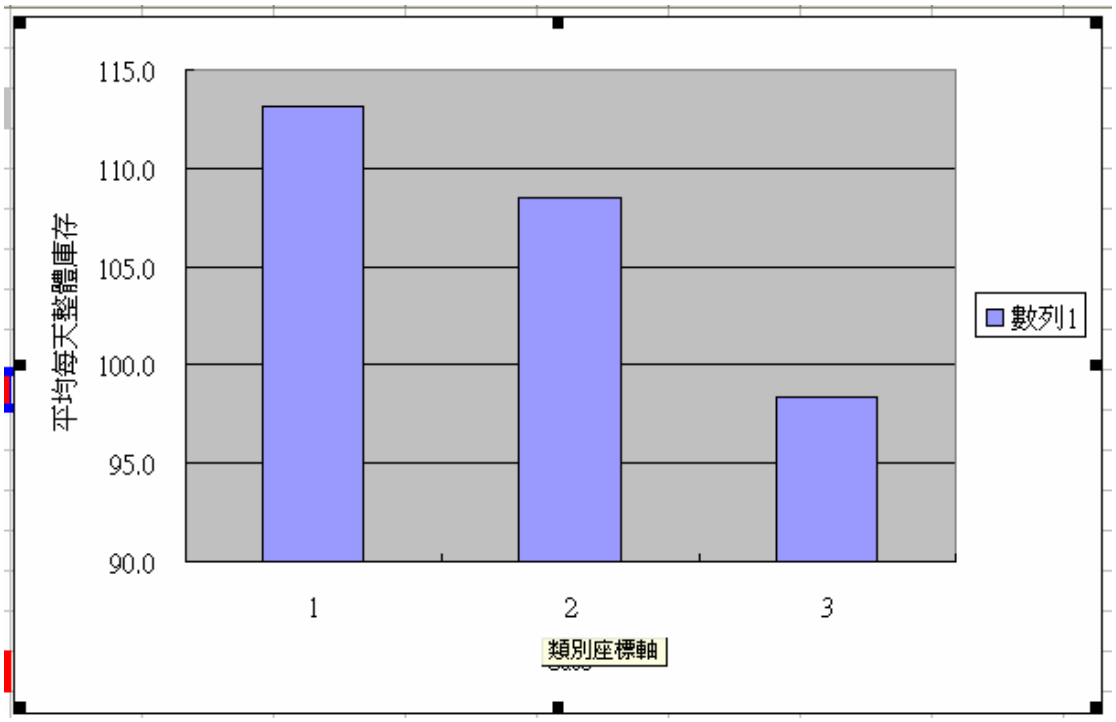


圖 4-3 三個情境之平均每天整體庫存

經由上圖，可以清楚地看出，在平均每天整體庫存上，情境三明顯地優於情境一和情境二。但情境二卻沒有顯著優於情境一，是由於主要之影響因子如期初存貨、工廠產能仍然存在所致。此外，在前面章節有提及，當下游顧客愈多的時候，聚集的好處會更加明顯。但因為本研究所設計之情境，下游只有包含六個顧客，所以情境二的平均庫存績效，才沒有比情境一顯著來得好上許多。

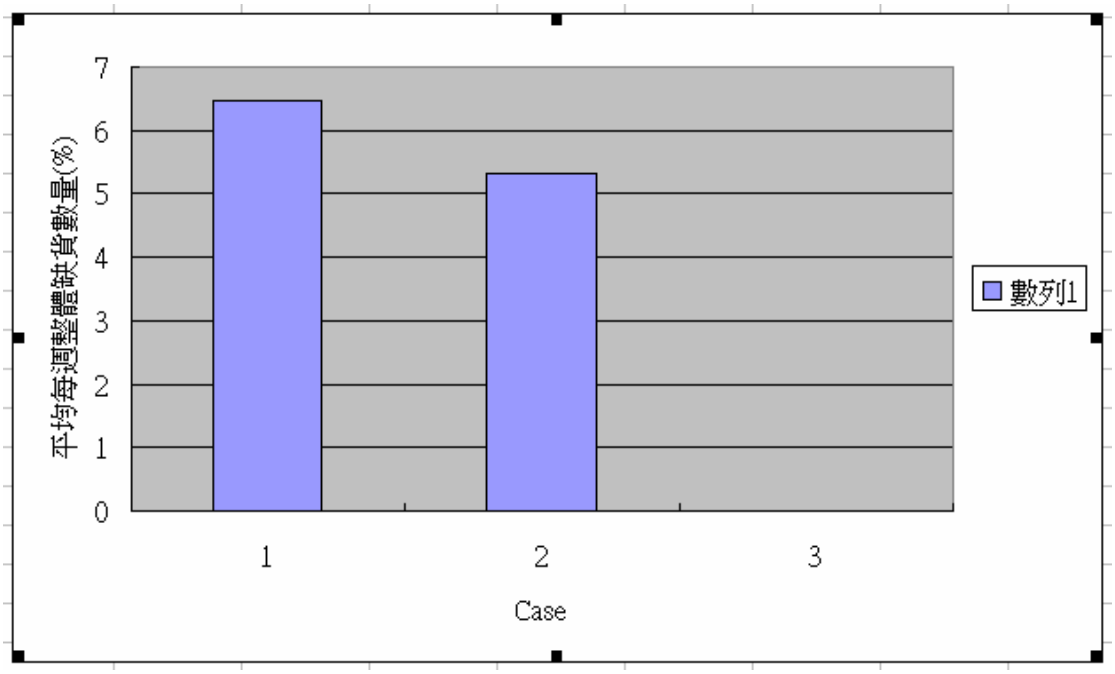


圖 4-4 三個情境之平均每週整體缺貨數量

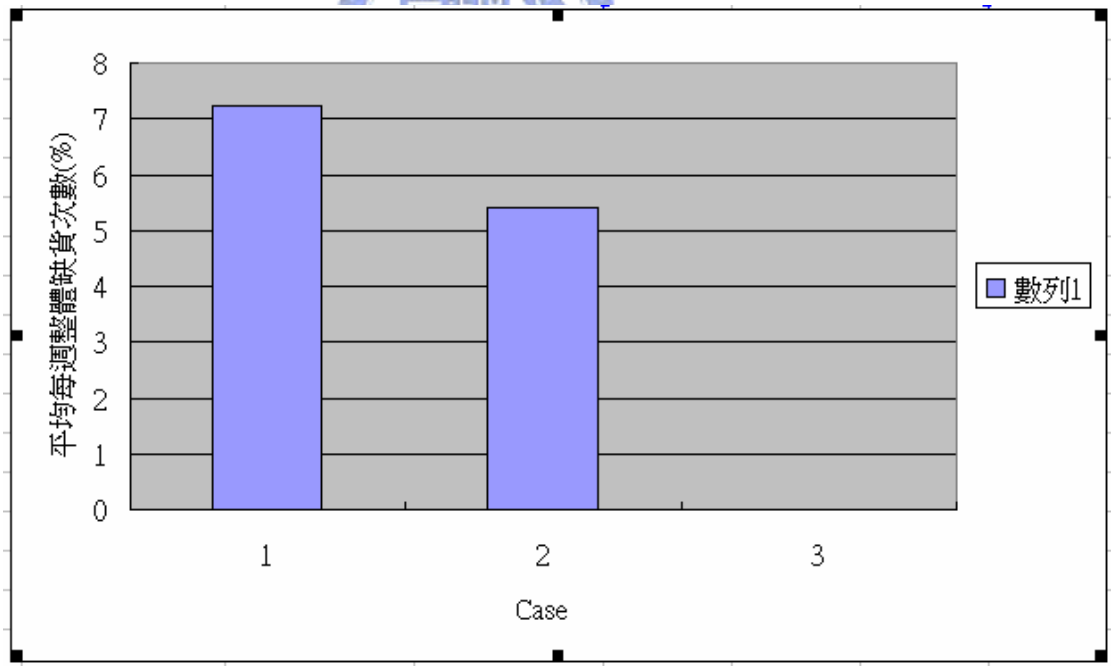


圖 4-5 三個情境之平均每週整體缺貨次數

由圖 4-4 和圖 4-5，仍然可以發現情境三之缺貨數量和缺貨次數，遠遠比情境一和情境二來得好。而情境二雖然比情境一好，但是幅度並沒有很大。其原因乃

是因為情境二在一開始就沒有訂定好期初存貨所導致。因為在 Demand Pull 補貨模式，且工廠產能足夠的環境下，期初存貨的訂定適當與否，將直接影響了是否會造成缺貨之主要原因。前面小節也有提到，某些組別因為顧客之期初存貨訂定不恰當，造成績效不好的情況產生。一旦有訂定了的期初存貨，那情境二的績效將會顯著的比情境一的績效來的好上許多。而情境三則因為已經將期初存貨訂定在一個恰當的數量，再加上倉庫的建立，使得在原本就已經使用 Demand Pull 的補貨模式下，將不會有缺貨的情形發生。

綜合以上三項指標，更可以證明，利用 TOC 所提出的供應鏈管理方式，確實能夠擁有較佳的績效。而且當下游端的點愈大的時候，會有更明顯績效之改善。

第五章 結論與未來展望

本研究設計一套可讓多人參與的供應鏈系統，包含一個上游製造商和多個下游顧客。在遊戲中，以不同補貨模式下來進行存貨的管控。在第一個情境中，顧客使用傳統的補貨模式，發現並無法有效及快速反應市場需求，造成某產品過多、某產品缺貨的情況發生。

TOC 則認為必須利用 Demand Pull 的補貨模式來進行補貨，並同時搭配工廠端在預測最準確的地方建立倉庫。如此一來，補貨時間將可以從原本的『訂單前置時間』、『生產前置時間』和『運輸前置時間』，縮短到只剩下『運輸前置時間』，以便能夠更快速地反應市場的需求，並且能夠以最準確的預測來運作，提高補貨的可靠度與彈性。因此，本研究在第二個情境和第三個情境中，套用了 TOC 的補貨方法。其中情境二和情境一比較起來，雖然有所改善，但是幅度並不是非常明顯，乃由於下游顧客端的數目不夠大所致。倘若下游顧客端的數目愈來愈大，改善的效果會愈來愈顯著；而情境三則比起情境一和情境二，無論是在存貨、缺貨數量和缺貨次數上，績效皆有明顯的改善。如此一來，便可以看出建立倉庫的重要性。當然，在對的地方建立適當的倉庫庫存量，方能夠把 TOC 補貨方法之好處發揮到極致。

本研究針對 Goldratt 所研發出的一項遊戲，加以進行設計。但是在遊戲過程中，為了避免遊戲進行時間過度冗長和繁雜，因此簡化了許多情境的設定，以便提高遊戲執行的流暢度。包括了缺貨後補、運輸成本、訂購成本、批量折扣等等。往後執行者可以針對遊戲執行的需要，適時的增加遊戲情境的設定。另外，在遊戲的情境三中，雖然有運用了 TOC 的邏輯思維，給予期初存貨和目標庫存的訂定。但是在對於庫存的設定上，或許還有加強的空間，以便能夠讓庫存達到更完美的情況。

此外，由於本研究設定下游顧客端的數目，僅僅只有六個，所以遊戲採用訂單的方式進行傳遞。倘若未來下游的顧客端數目增加，使整個供應鏈的網路更加

複雜後，則期望能夠以網路的方式來代替訂單的傳遞。如此一來，不但能夠節省許多成本，亦能夠縮短遊戲進行的時間。同時也可以藉由網路的開放性，設計出更多更多元化的供應鏈系統。

最後，在供應鏈系統中結合其他 TOC 的方法，例如緩衝管理或是 TOC 的修正性指標，都能夠透過遊戲的情境修改，來加以看出其成效。相信還有其他更多有關改善供應鏈績效的方法，能夠在符合實際情況，且結合 TOC 之管理模式下，真正獲得績效的改善。

參考文獻

1. Achabal, D.D., Mcintyre, S.H., Smith, S.A., & Kalyanam, K. (2000), ”A decision support system for vendor managed inventory, ” ***Journal of Retailing***, 76(4), 430-454.
2. Goldratt, Eliyahu M., TOC Insights into Distribution and Supply Chain, 2003.
3. Lee, H. L., V. Padmanabhan, S. Whang (1997), “Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect,” Management Science, 43 (4), 546-558.
4. Robert, B., Handfield, E. L. and Nichols, J.R. (1999), Introduction to Supply Chain Management, Prentice-Hall, Inc.
5. Tsai, C.H., Lin, Y.H., Lee, Y.H. (1998), ”A TOC-Based Analysis Approach for Supply Chain Management, ”***Journal of Commercial Modernization***, 1(1), 35-50.
6. 李榮貴，「製造管理專題上課講義」(2005，國立交通大學工業工程與管理研究所課程)。
7. 林書弘，以限制理論為基礎的配銷遊戲開發，國立交通大學，碩士論文，2004。
8. 袁國榮，強化限制理論Demand Pull補貨模式之研究，國立交通大學，碩士論文，2004。
9. 翁立宇，限制理論應用在配銷管理之實證研究，國立交通大學，碩士論文，2004。
10. 黃子逸，TDD 與 IDD 應用研究—以半導體產業為例，國立交通大學，碩士論文，2003。

附錄　Bean Game 操作手冊

遊戲簡介

此遊戲乃一個工廠，生產四種不同的產品給予顧客。工廠每天有不同的產能，必須依照其產能配銷各種產品給顧客；顧客方面，則向工廠下訂單，傳遞的工具是透過訂單卡來執行。

遊戲總共在三種情境下執行，情境一利用傳統的補貨模式進行補貨和配銷；情境二和情境三則利用 Demand Pull 的方式進行補貨。期望透過這三種情境來比較傳統補貨模式和 TOC 補貨模式之差異。

角色設置

遊戲中需要一名助教，擔任遊戲說明、時間掌控和每天擲骰子者；6 人擔任顧客、1 人擔任工廠。顧客每天會從助教手中隨機獲得需求量，按照其補貨頻率向工廠下單；工廠以批量的方式進行生產，並且根據產能進行配銷與訂單的回覆。

道具

顧客透過訂單卡，向工廠下訂單。工廠根據訂單卡上之訂購量，考慮產能後，回覆至顧客手中。訂單卡如下圖所示：

顧客訂單卡

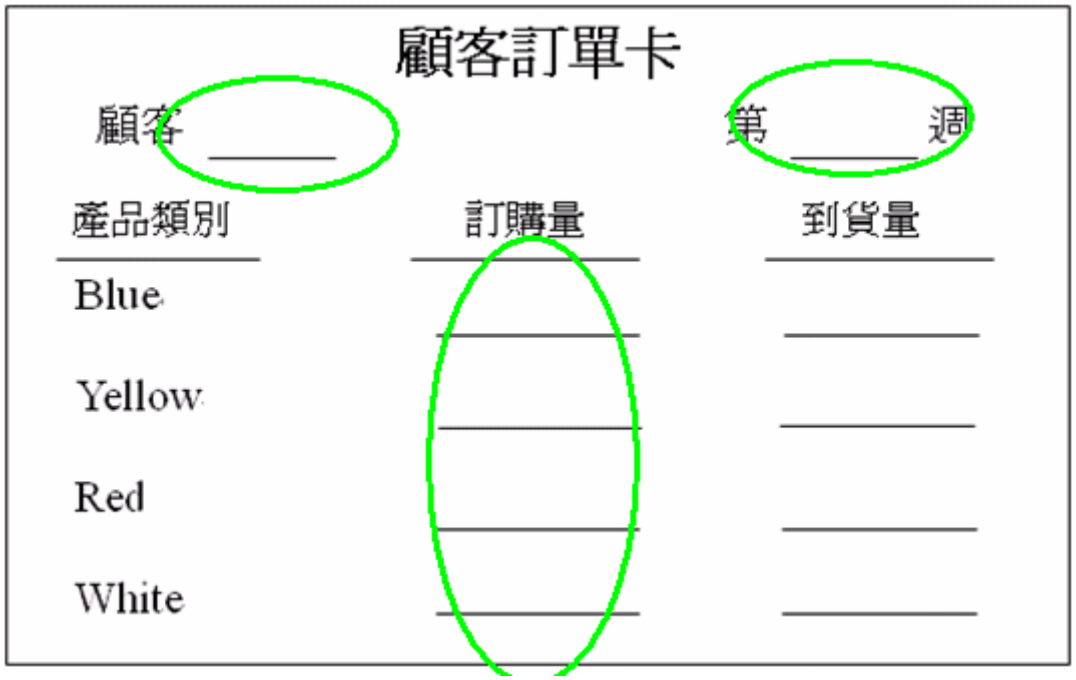
顧客 _____ 第 _____ 週

產品類別	訂購量	到貨量
Blue		
Yellow		
Red		
White		

操作步驟

Step1：顧客根據需求參數，決定期初庫存量

Step2：顧客填寫訂單卡，填完後 pass 給工廠



顧客訂單卡

顧客 _____ 第 _____ 週

產品類別	訂購量	到貨量
Blue		
Yellow		
Red		
White		

Step3：顧客填寫到貨量、訂購量

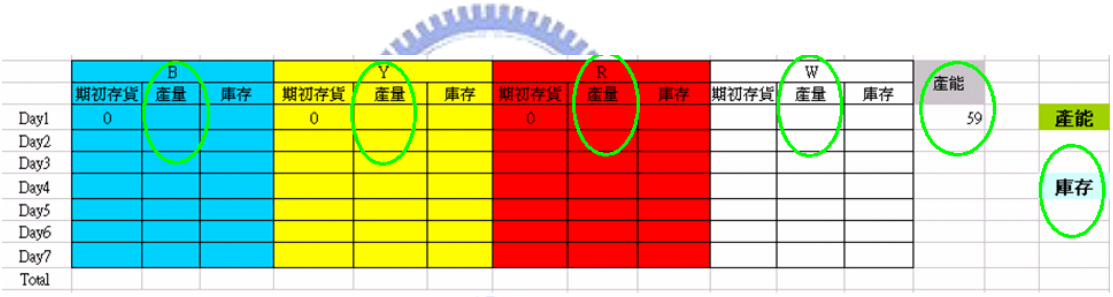
B				Y				R			
期初庫存	到貨量	訂購量	期末存貨	期初庫存	到貨量	訂購量	期末存貨	期初庫存	到貨量	訂購量	
40				30				50			

Step4：擲骰子者給予顧客每天之需求量

Customer	1			2			3		4			5	6	
Day	B	Y	R	B	Y	R	B	R	B	Y	R	W	B	Y
1	0	3	2	1	5	4	3	5	2	1	5	5	1	3
2	5	3	2	0	2	5	1	2	1	1	0	5	2	2
3	0	2	3	0	2	4	2	6	3	1	0	6	3	2
4	0	3	6	0	2	2	6	1	2	6	6	5	2	3
5	0	1	3	2	5	2	3	2	2	6	6	6	3	2
6	0	2	6	0	2	2	2	1	1	1	6	6	2	3
7	0	2	2	0	2	5	1	2	2	6	4	5	2	1

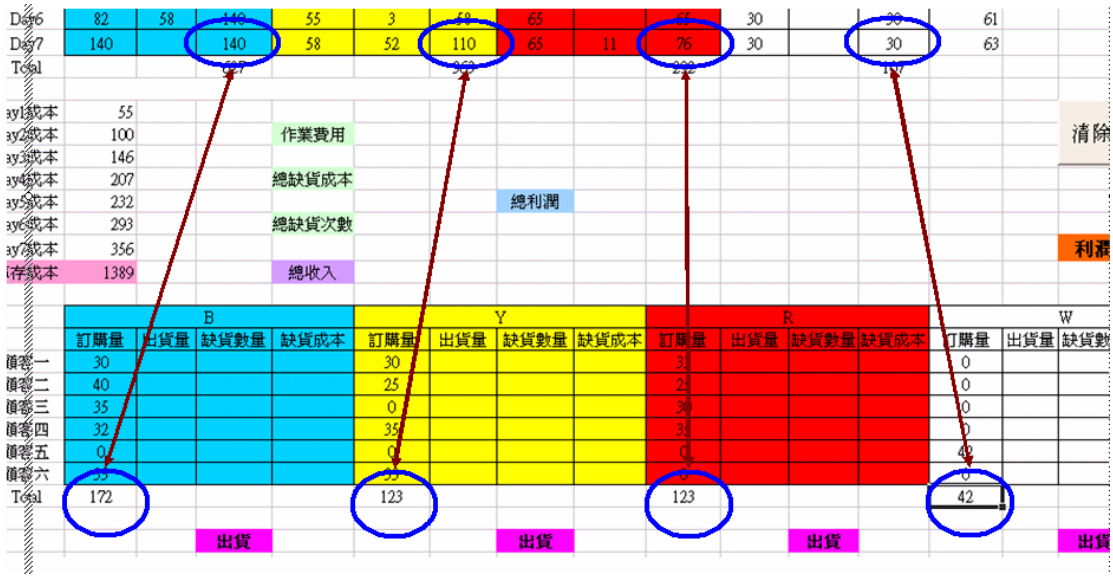
Step5：顧客將每日需求量輸入需求欄，並按下『出貨』鍵

Step6：工廠產生每天之產能，並按照**批量(B(70)→Y(50)→R(65)→W(30))**，依序將產量輸入該欄位，輸入後按下『庫存』鍵。另外，工廠第一週期初存貨為 0。其中，若產能不足，則隔天繼續補滿該批量。



Step7：工廠收到訂單卡後，將每位顧客之訂購量輸入

Step8：工廠根據六個顧客訂購量的加總，以決定出貨量



Step9：若 Day7＞顧客訂購量總和，則滿足所有顧客；反之，則工廠自行分配產能。

決定出貨量之後，按「出貨」；出貨後，填寫完訂單卡，傳回顧客手中。

Step10：工廠出貨完，按下『利潤』鍵，即可跑出所有績效

Step11：至 sheet2(每週) ，期初存貨輸入 0 之後，按下「Start」。

Step12：工廠回到 sheet1(每天) ，「清除」前，注意生產到哪種產品，必須再按照批量持續生產。

	B			Y			R			W		
	期初存貨	產量	庫存	期初存貨	產量	庫存	期初存貨	產量	庫存	期初存貨	產量	庫存
Day1	0	55	55	0		0	0		0	0		0
Day2	55	15	70	0	30	30	0		0	0		0
Day3	70		70	30	25	55	0	21	21	0		0
Day4	70		70	55		55	21	44	65	0	17	17
Day5	70	12	82	55		55	65		65	17	13	30
Day6	82	58	140	55	3	58	65		65	30		30
Day7	140		140	58	52	110	65	11	76	30		30

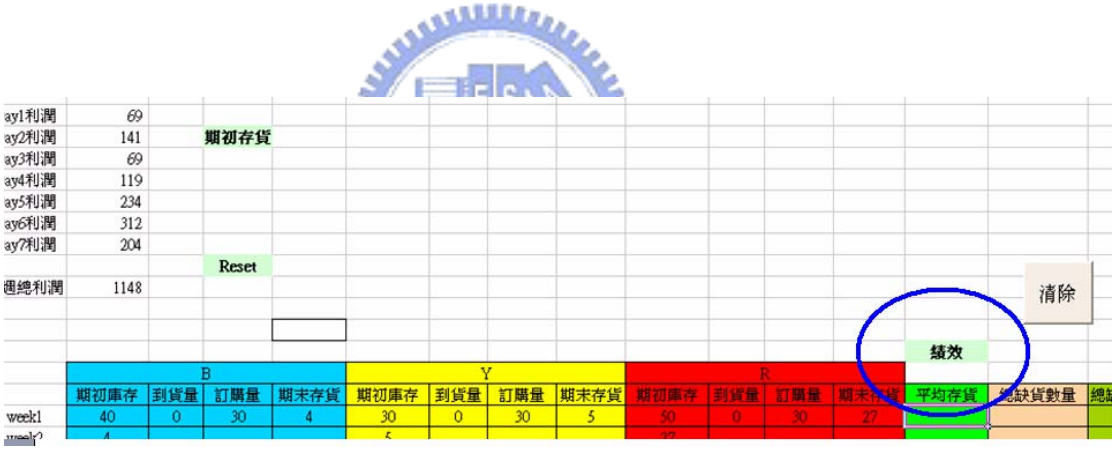
如上例，工廠上禮拜生產到R-11 個產品，這禮拜則從 R 開始生產，並滿足 65 的批量。

Step13：工廠「清除」後，將 sheet2 之期初存貨，記錄到 sheet1 的期初存貨，接著開始生產。

	B			Y			R			W			產能
	期初存貨	產量	庫存	期初存貨	產量	庫存	期初存貨	產量	庫存	期初存貨	產量	庫存	
Day1	0			0			0	54		0	5		59
Day2													
Day3													
Day4													
Day5													
Day6													
Day7													

由於上禮拜生產到 R ，所以這禮拜從 R 開始生產，直到滿足批量為止。並且持續進行。

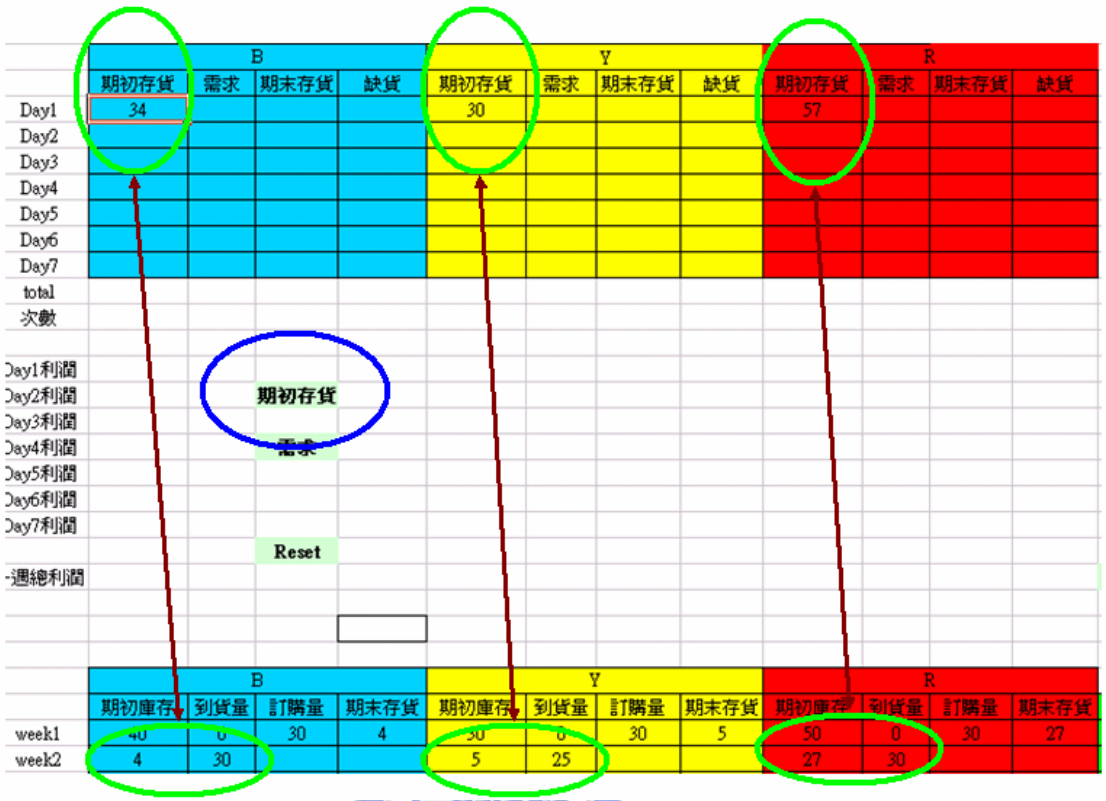
Step14：顧客執行到 Day7 後，即按下「績效」鍵。



Step15：顧客收回訂單卡後，將到貨量輸入 week2。顧客可根據上禮拜需求來決定這禮拜訂購量。

務必輸入完，且確定「績效」已按，才按下「Reset」鍵。

Step16：顧客 Reset 後，按下『期初存貨』。**公式為「期初存貨」+「到貨量」。**



接著繼續持續進行上述之步驟，直到執行完欲進行的週數為止。