

---

# 高中學生對於系統基模接受度之研究

蔡興國<sup>1\*</sup> 張惠博<sup>2</sup> 陳錦章<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立斗六高級中學

<sup>2</sup> 高雄市立空中大學

<sup>3</sup> 國立彰化師範大學 物理學系

## 摘要

本研究旨在探討高中學生接受系統基模教學後，對系統基模的接受度。選取的對象是研究者任教之高二學生一班 48 人。研究工具為「系統基模表徵工具接受度調查問卷」。研究結果顯示學生認為系統基模可幫助他們學習力的概念及畫出正確的力圖；學生認為系統基模有麻煩、抽象及無法獲知物體受力方向等缺點，不一定會使用系統基模解題。

**關鍵詞：**力學、系統基模、高中、接受度

## 壹、前言

蔡興國、陳錦章和張惠博（2010）指出，高中物理課程，以力學最為關鍵，往往是學習物理其他單元的基礎，其他單元的學習，需直接或間接利用力學原理，因此極為重要。而 Fisher（1999）指出，選修普通物理課程的學生，在解力學問題時，對於建立正確的牛頓第二運動定律方程式，經常存有很大的困難，而處理這類力學問題，必須先利用力圖分析所有相關的力，因此力圖影響力學的學習甚鉅。然而，Whiteley（1996）的研究卻指出，即使在非常簡單的情境下，學生仍因存有許多力的迷思概念，而不能畫出正確的力圖。

許多研究（蔡興國, 2011a, 2011b; 蔡興國、張惠博和陳錦章, 2014; Hestenes,

1995; Turner, 2003）為了改善學生無法由真實的物理情境，畫出正確力圖的現象，建議教師應該教學生描繪系統基模（System Schema），幫助學生找出作用於所選取系統的所有外力，以利於畫出正確的力圖。但這些研究多在探究如何描繪系統基模及其功能，或學生接受系統基模教學後在力的概念及描繪力圖能力上的表現，並未探討學生對系統基模的接受度。基於上述原因，本研究旨在探討學生接受系統基模教學後，對系統基模的接受度。

## 貳、文獻探討

### 一、系統基模

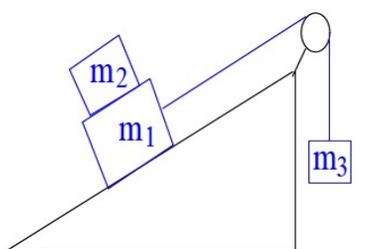
以下將針對系統基模的起源、組成、表徵方式、與力圖的關係、有助於描繪力圖的理由及系統基模實徵性的研究，作完整的介紹。

---

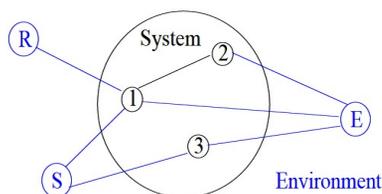
\* 為本文通訊作者

### (一)系統基模的起源

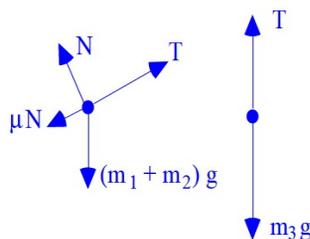
系統基模起源於 Hestenes (1995) 鑑於多數學生解題時，無法由具體的物理情境，畫出抽象正確力圖的現象，提出使用系統基模的建議，將兩物體間的交互作用以「線」的方式表徵，且將有興趣部分（系統）的外圍加上框線，以區分系統與環境。例如以圖 1(a)兩個木塊上下堆疊置於斜面，而第三個木塊以一輕繩跨過定滑輪與前述下面的木塊連結而靜止不動為例。以此三個木塊為系統的系統基模如圖 1(b)所示，其中 R 代表斜面，S 代表繩子，E 代表地球。以兩個上下堆疊木塊為系統及以第三個木塊為系統的力圖，則如圖 1(c)所示。Hestenes 指出學生解題時，若能於畫出力圖之前，先描繪系統基模，則可有效幫助他們分析系統受外力作用的情形，畫出正確的力圖，提昇解力學問題的成效。



(a) 情境圖



(b) 系統基模



(c) 力圖

圖 1 置於斜面之堆疊兩木塊透過輕繩與第三個木塊連結之情境圖、系統基模及力圖

### (二)系統基模的組成

Halloun (1996) 指出，系統基模是由物體、框線、交互作用線、系統、環境五者所組成，它們相互之間的關係，如圖 2 所示。圖中  $O_1$  至  $O_7$  為系統基模上的物體，而框線則將系統基模區分為系統與環境兩部份。系統基模上每一條交互作用線必連接於兩物體，表徵此兩物體間有一對大小相等且方向相反的交互作用力。

系統基模上框線內的區域稱為系統，指所觀察或所感興趣的範圍，系統內之兩物體間，若連有交互作用線，如圖 2 中之  $O_1$ 、 $O_2$ 、 $O_3$  間連有交互作用線，表徵系統內之物體間的交互作用，代表此系統的內力。

系統基模上框線外的區域則稱為環境，指系統外的區域，環境中之物體與系統內之物體間若連有交互作用線，則必穿過框線，如圖 2 中之  $O_4$  穿過框線連接  $O_1$ ； $O_5$  穿過框線連接  $O_1$  與  $O_2$ ； $O_6$  穿過框線連接  $O_2$ ； $O_7$  穿過框線連接  $O_3$  等，表徵環境中之物體可透過交互作用影響系統內之物體，代表環境對系統施加的外力。

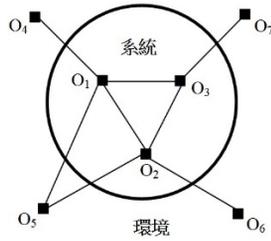
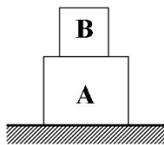


圖 2 系統基模的組成元素

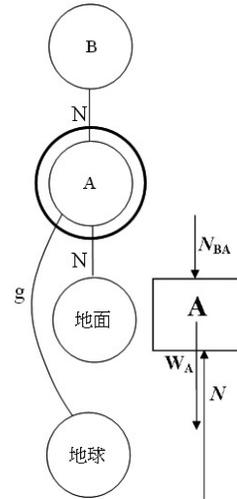
(三)系統基模表徵及其與力圖的關係

蔡興國 (2011a) 的研究，以圖 3(a)之 A 物置於地面，而 B 物疊放於 A 物之情境圖為例，說明系統基模如何表徵系統與環境交互作用的情形，及系統基模與力圖的關係。其中圖 3(b)是以 A 物體為系統之系統基模及力圖，圖 3(c)是以 B 物體為系統之系統基模及力圖，圖 3(d)是以 A、B 兩物體為系統之系統基模及力圖。根據這些系統基模及力圖表徵，可知系統基模具有如下的特點：

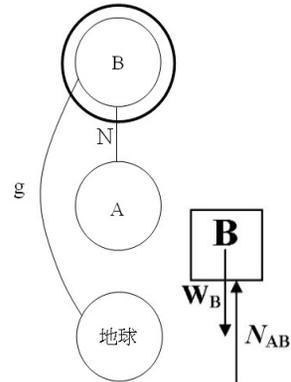
1. 以框線區分系統與環境。
2. 以交互作用線表徵物體與物體間的交互作用，而交互作用線旁的英文字母則標示力量的種類。
3. 以在框線內沒有穿過框線的交互作用線，表徵系統內物體間的內力。
4. 以一條由環境穿過框線進入系統的交互作用線，表徵環境對系統所施加的一個外力，故易於計算系統受外力作用的數目，有助於畫出正確的力圖。



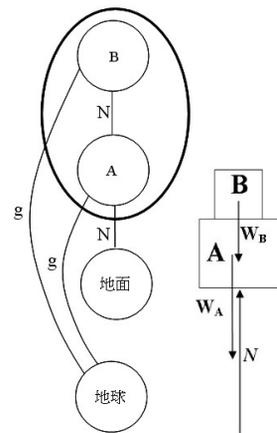
(a) 情境圖



(b) 以 A 物為系統之系統基模及力圖



(c) 以 B 物為系統之系統基模及力圖



(d) 以 A、B 兩物為系統之系統基模及力圖

圖 3 B 物體疊放於 A 物體上之情境圖、系統基模及力圖

#### (四)系統基模有助於描繪力圖的理由

蔡興國(2011a)整理國外系統基模相關的文獻，以理論探究系統基模有助於描繪力圖的理由如下：

##### 1. 系統基模可彰顯力是交互作用的正確概念

Savinainen, Scott 與 Viiri(2005)指出，牛頓第三運動定律的真正意涵為「力是一種交互作用，且必成對產生」。但一般物理教科書，主要以文字表徵牛頓第三運動定律，致使學生對牛頓第三運動定律的理解，通常只停留在背誦階段，忽略其重要性。

系統基模則改採交互作用線表徵牛頓第三運動定律，例如圖 3(b)之系統基模，以交互作用線連接 A 物與地球，表徵 A 物與地球間有作用力與反作用力作用。因交互作用線兩端必連接兩產生交互作用的物體，任何一端必不會空無一物，代表「力」必成對產生，不會單獨存在，因此可彰顯「力是一種交互作用」的正確概念。

##### 2. 系統基模可減少力的迷思概念

系統基模以一條由環境穿過框線進入系統的交互作用線，表徵環境對系統所施加的一個外力，故只要計算穿過框線進入系統的交互作用線數目，即可得知系統受外力作用的數目，因此可減少多餘的力及忽略的力等力的迷思概念。例如圖 3(b)以 A 物為系統之系統基模，有三條交互作用線穿過框線進入系統，故可知 A 物受三個外力作用，而不是其他數目。

##### 3. 系統基模可加強系統概念

蔡興國等人(2010)的研究發現，許多學生不清楚力圖與選取的系統有關，例如學生未必知道描繪如圖 3(d)之力圖時，需選取 A、B 兩物為系統，故描繪力圖的過程，並無法加強學生的系統概念。然而，若要求學生描繪力圖前先描繪系統基模，因必須在所選取系統的外圍加上框線，所以描繪系統基模能強迫學生選取系統，加強學生的系統概念。例如欲描繪圖 3(d)以 A、B 兩物為系統之力圖時，若先描繪系統基模，則必須在 A、B 兩物的外圍加上框線，故可加強學生力圖與系統有關的概念。

##### 4. 系統基模有助於正確分辨內力與外力

系統基模以連接於框線內之物體間，沒有穿過框線的交互作用線，表徵作用於系統內物體間的內力；而以連接於框線外與內之物體間，穿過框線的交互作用線，表徵環境作用於系統的外力。例如圖 3(d)之系統基模，是以 A、B 兩物為系統，圖中連接 A、B 兩物間之交互作用線，並沒有穿過框線，故此交互作用線所對應之 A、B 兩物間的正向力，為此系統之內力；而圖 3(d)之系統基模，連接地面與 A 物、連接地球與 A 物及連接地球與 B 物之交互作用線，均穿過框線，故這三條交互作用線所對應之地面施於 A 物的正向力、地球施於 A 物的重力及地球施於 B 物的重力，為此系統之外力。因此，學生可藉由系統基模上之交互

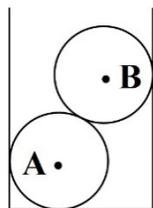
作用線是否穿過框線，正確區別出作用於系統的內力與外力。

5. 系統基模有助於正確判斷力的來源

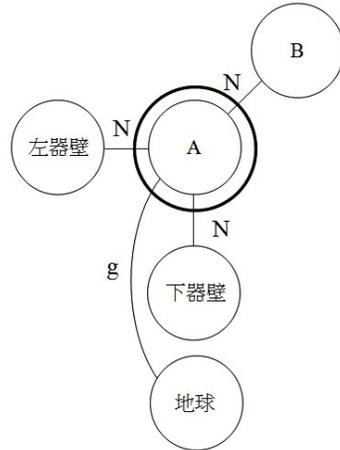
系統基模之交互作用線的兩端，必連接表徵兩個物體的圓圈，交互作用線之任何一端必不會空無一物，因此學生可藉由觀察連接於某物體之交互作用線的另一端，追溯施力於某物體之力的來源。例如圖 3(b)之系統基模，以交互作用線連接 A 物與地球，表徵 A 物所受的重力來自於地球，故系統基模有助於正確判斷力的來源，強化「力必有施力者」的正確概念。

6. 系統基模有助於正確分析系統受力複雜的情境

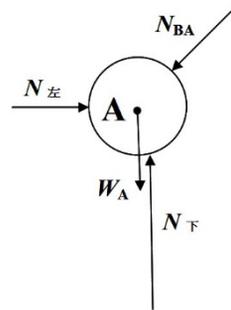
Turner (2003) 的研究發現，學生使用系統基模，有助於分析系統受力複雜的情境，解出正確的答案。以圖 4(a) 的情境為例，A、B 兩球球面光滑，靜置於一器壁光滑的箱內。若選取 A 物為系統，則其系統基模如圖 4(b) 所示。以四條交互作用線連接 A 物與環境中的施力者，學生可根據圖 4(b) 的系統基模畫出圖 4(c) 之 A 物受四個外力作用的力圖。因此，若無系統基模，學生將很難完整考慮 A 物受外力作用的情形，故系統基模有助於正確分析系統受力複雜的情境。



(a) 情境圖



(b) A 為系統之系統基模



(c) A 為系統之力圖

圖 4 A、B 兩球球面光滑靜置於一光滑箱內之情境圖、系統基模及力圖

7. 系統基模可加強情境圖與力圖間的連結

張慧貞 (2007) 及蔡興國等人 (2010) 的研究均發現，多數學生未能畫出正確的力圖，表示具體之情境圖與抽象之力圖間的鴻溝太大，學生往往無法直接由情境圖畫出正確的力圖。然而，Turner (2003) 即已指出，若在情境圖與力圖間，加上系統基模，則可加強情境圖與力圖間的連結，幫助學生畫出正確的力圖。例如學生很難直接由圖 4(a) 之情境，正確畫出圖 4(c) 以 A 物為系統的力圖。但若利用圖 4(b) 以

A 物為系統的系統基模，分析 A 物受到四個外力作用，則可較容易畫出圖 4(c)以 A 物為系統之力圖。因此系統基模可視為情境圖抽象化的第一步，使建立力圖成為一種可分析而非記憶或猜測的過程。故系統基模可加強情境圖與力圖間的連結，使學生能由情境圖開始，藉由系統基模的分析，描繪出正確之力圖。

### (五)系統基模的實徵性研究

國內外探討系統基模對學生力學學習影響的實徵性研究則非常罕見，國外僅有 Savinainen 等人（2005）以與系統基模相似的 SRI（symbolic representations of interactions）教學生學習牛頓第三運動定律一篇文章。Savinainen 等人的研究發現，SRI 有助於學生學習牛頓第三運動定律，可避免學生產生牛頓第三運動定律的迷思概念（較大的、較重的、速度較快的物體碰撞時會施予較大力量）。

國內部份則僅有蔡興國（2011b）及蔡興國等人（2014）兩篇文章。蔡興國發現，系統基模教學有助於改變學生力的迷思概念及幫助學生畫出正確力圖；蔡興國等人則發現，系統基模教學對力的概念理解程度愈低的學生之助益愈大，且有助於改變學生多餘的力之迷思概念。

## 二、科技接受模型

本研究探究學生對系統基模的接受度，

是基於學生學習系統基模，與使用者學習新的資訊科技具有相似性，因兩者均屬於新工具的學習，故將探討資訊管理領域 Davis（1989）為解釋和預測使用者對資訊科技接受度所提出之科技接受模型（technology acceptance model, TAM）。此模型從使用者的認知與情感因素，探討使用者與資訊科技使用行為之間的關係，以解釋和預測使用者對資訊科技的接受度。

Davis（1989）指出，TAM 提供一個理論基礎，用以了解外部變數對使用者內部之信念、態度與意圖的影響，及進而影響使用者使用資訊科技的行為。TAM 顯示使用者接受資訊科技行為的外在變數，是透過認知有用性（perceived usefulness）與認知易用性（perceived ease of use）兩項最主要的信念，影響使用者對資訊科技的使用態度（attitude toward using），進而影響其使用意圖（behavioral intention to use），再進一步影響其使用行為（actual system use），如圖 5 所示。簡言之，TAM 以認知有用性和認知易用性為獨立變數，使用態度、使用意圖和使用行為為相依變數。其中外部變數包含系統特性、訓練、教育、使用者在系統設計時的介入...等；認知有用性是指個人對於使用資訊科技將會提高其工作績效或學習所表現的信念；認知易用性是指個人認知資訊科技容易使用的程度；使用態度是指個人主觀認定使用資訊科技於工作任務上的喜好程度；使用意圖是指個人主觀認定使用資訊科技於工作任務上的可能性；使用行為則是決定系統價

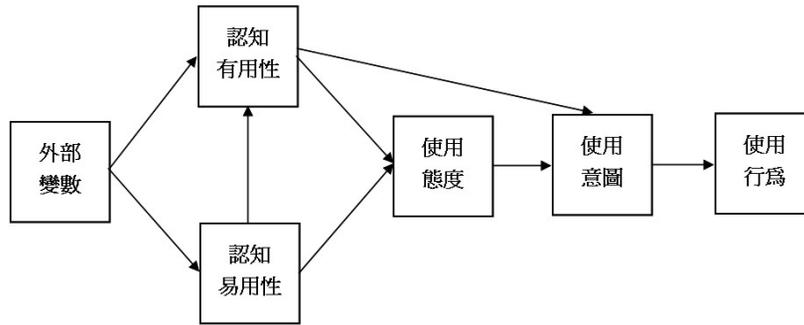


圖 5 科技接受模型

值的關鍵。同時，Davis 發現認知有用性除了對使用態度產生影響之外，亦對使用意圖造成直接影響；此外，Davis 也發現若使用者察覺資訊科技容易被使用時，將會促進其以相同努力完成更多工作，改善工作績效，故認知易用性亦會正向影響認知有用性，進而間接影響使用意圖。因此，認知有用性為影響使用意圖的主要因素，認知易用性則為影響使用意圖的次要因素。所以 TAM 是由「認知有用性」與「認知易用性」兩個概念組成，可以解釋及診斷使用者面對新的資訊科技時之「使用態度」與「使用意圖」，以預測日後實際使用的行為。

本研究將依據 TAM 之「認知有用性」、「認知易用性」、「使用態度」與「使用意圖」等四個構念，發展「系統基模表徵工具接受度調查問卷」，以探討學生經過系統基模教學後，對系統基模的接受度。

## 參、研究方法

### 一、研究對象與情境

本研究的個案學校是中部地區一所國立高中，學生入學高中之國中基本學科能

力測驗的百分等級約為 77 以上，學科能力屬於中上程度。學校規模為每個年級有 16 班，全校共有 48 班，每班人數約在 40 人左右，全校約有學生數 2000 人，屬於中型學校。本研究選取的對象是研究者任教之高二學生一班 48 人，實施系統基模教學。

### 二、授課教材

系統基模教學的教材，分為系統基模簡介及學習單兩部份。

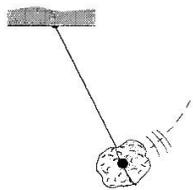
#### (一) 系統基模簡介

系統基模簡介部份的內容主要是介紹系統基模的描繪方法及其與力圖的關係。描繪系統基模的步驟為：

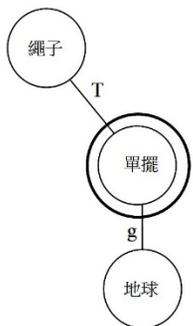
- (1) 根據情境圖選定欲討論的系統，並分離與系統互相接觸的物體，再加上超距力的施力者，在系統基模上相對位置，改以圓圈內標記文字的方式表徵物體。
- (2) 以框線框起欲討論的系統，將系統基模分割成兩部份，框線內為選取的系統，框線外則為選取系統外的環境。
- (3) 若環境中之物體與系統內之物體有交互作用，則以交互作用線連接表徵此

兩物體的圓圈，表示兩者間有力作用，並於交互作用線旁標示力之種類。例如以圖 6(a)一單擺在無空氣阻力向下擺動期間之情境圖為例，而以單擺為系統的系統基模則為圖 6(b)。

系統基模與力圖的關係為系統基模之一條穿過框線進入系統的交互作用線，即表徵系統所受的一個外力，可幫助學生確認系統受外力的數目，進而畫出正確的力圖。例如圖 6(b)的系統基模，有兩條交互作用線穿過框線，表示系統受到兩個外力作用，分別是地球作用於單擺的重力  $W$  及繩子作用於單擺的張力  $T$ ，故可據以畫出圖 6(c)選取單擺為系統的力圖。此外，教師向學生說明如何由系統基模畫出力圖時，必須強調力圖上所標示之力為系統的「受力」，而非系統對環境的施力，以建立學生描繪力圖的正確概念。



(a) 情境圖



(b) 系統基模



(c) 力圖

圖 6 單擺在無空氣阻力於向下擺動期間之情境圖、系統基模與力圖

## (二) 系統基模學習單

學習單的部份則是希望讓學生透過描繪系統基模及力圖，幫助學生改變力的迷思概念。由於「基模」兩字對於高中學生過於生澀，故在簡介及學習單等發給學生的教材上牽涉有「系統基模」時，均改以「系統圖」取代，以避免學生因為對基模兩字陌生而產生畏懼的心理。

學習單問題的選取是以高中物理靜力學及牛頓運動定律、圓周運動和拋體運動等動力學單元，所需學習之力的概念為範圍，參考 Court (1993, 1999a, 1999b) 的研究，提供可促使學生思考物體受力的不同情境。學習單如表 1 所示，分為「情境圖」、「猜想力圖」、「系統圖」及「正確力圖」等四個欄位。

學習單使用的方式如下：

1. 在教學前先讓學生經由給定條件的「情境圖」畫出「猜想力圖」，以呈現其教學前對系統受力的想法，引發其力的迷思概念。
2. 教學時再利用「系統圖→正確力圖」的步驟，幫助學生畫出正確的力圖，學生可藉由比較第二欄猜想力圖與第

四欄正確力圖的差異產生認知衝突，並藉由第三欄的系統圖理解第四欄之正確力圖，改變力的迷思概念。

茲以一位學生所繪的學習單為例，呈現學生填寫學習單的情形，如表 2 所示，教學前所畫的猜想力圖在第二欄，上課時經教師教學後所繪的系統圖及正確力圖在第三及第四欄。

研究者將授課教材設計完成之後，分別請一位大學物理教授及一位高中物理教師審閱，並給予意見，故具有內容效度。

### 三、研究工具

本研究調查學生對系統基模的接受度，係自行發展「系統基模表徵工具接受度調查問卷」，除採用 TAM 之「認知有用

性」、「認知易用性」、「使用態度」與「使用意圖」等四個構念，蒐集學生對系統基模表徵工具的接受度外，並增加「評價」一個構念，蒐集學生對系統基模表徵工具的意見，以作為進一步改進系統基模表徵工具的參考。「系統基模表徵工具接受度調查問卷」於編寫完後，分別請一位大學物理教授及一位高中物理教師審視欲測項目與呈現題目之間的關連，以建立此問卷的內容效度。本問卷共 10 個問題，除最後 2 題「評價」題為開放式的問答題外，其餘 8 題均為單選題，每題各有非常同意、同意、不一定、不同意及非常不同意等五個選項，請學生在適合的選項擇一勾選，並要求學生於勾選選項後，必須填寫勾選的理由，以進一步蒐集學生勾選選項時的想法，作為學生勾選選項的補充說明。

表 1 系統基模學習單範例

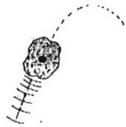
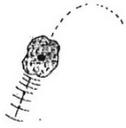
情境圖	猜想力圖	系統圖	正確力圖
物體在真空中斜向上拋射，在上升過程中 			

表 2 學生描繪系統基模學習單之實例

情境圖	猜想力圖	系統圖	正確力圖
物體在真空中斜向上拋射，在上升過程中 			

茲分述問卷之各個構念的定義如下：

- (一) 認知有用性係指學生對系統基模是否有用的主觀認知，在問卷第 1 及 2 題。
- (二) 認知易用性係指學生對系統基模是否易於使用的主觀認知，在問卷第 3 題。
- (三) 使用態度係指學生對系統基模的喜好程度，在問卷第 4 題。
- (四) 使用意圖係指學生將來願意繼續使用系統基模的主觀意願，在問卷第 5 至 8 題。
- (五) 評價係指使用者對系統基模之優缺點的主觀認知，在問卷第 9 及 10 題。

#### 四、資料蒐集

學生接受系統基模教學後，研究者使用「系統基模表徵工具接受度調查問卷」對其施測，以詳細蒐集學生經過系統基模教學後，對系統基模的接受度。本問卷分為選擇題、勾選理由及評價三部份進行資料的蒐集。選擇題部份蒐集學生對系統基模接受度的量化資料，以預測學生日後持續使用系統基模的情形；勾選理由與評價部份則採開放式問題，由研究者親自要求學生詳細填寫，以蒐集學生對系統基模接受度的質性資料，用來補充說明學生勾選答案的理由，及作為進一步改進系統基模的參考。

#### 五、資料的處理與分析

「系統基模表徵工具接受度調查問卷」之資料處理與分析，分為問卷內各題的單

題分析，及各題間的交叉分析，詳細的資料處理與統計分析如下：

##### (一) 單題分析

「系統基模表徵工具接受度調查問卷」之單題分析方式，分為選擇題、勾選理由、評價三部份：

##### 1. 選擇題

選擇題部分之資料處理與分析方式是待學生之「系統基模表徵工具接受度調查問卷」填寫完畢後，針對每一題選擇題，若學生勾選非常同意得 5 分，同意得 4 分，不一定得 3 分，不同意得 2 分，非常不同意得 1 分，計算問卷中每一題選擇題所有受測學生得分的平均值。並利用單一樣本平均數  $t$  檢定，考驗是否與絕對平均值(3 分)有顯著差異。

##### 2. 勾選理由

「系統基模表徵工具接受度調查問卷」之每一題選擇題，除了有勾選的選項外，尚有需以文字填寫勾選理由的欄位，故需填寫勾選理由的題數與選擇題題數相同，亦有 8 題。學生填寫勾選理由欄位之資料的處理方式，則依表 3 分為三類理由，以文字補充說明學生對此題的想法。本文中引用勾選的理由時，為區別不同學生書寫的勾選理由，而於引用勾選理由的最後以(勾選理由，學生代號)註明資料的來源。

表 3 勾選理由的分類

選擇題勾選項目	同題之勾選理由的文字分類
非常同意、同意	肯定類
不一定	不定類
不同意、非常不同意	否定類

### 3. 評價

評價部分共有兩題，資料的處理與分析方式為根據學生所填寫系統基模之優點及缺點的内容，進行分類整理，以歸納出類別，再依照不同類別，選取書寫清楚的優缺點，於本文中呈現，以表徵學生對系統基模優缺點的想法。本文中引用系統基模的優缺點時，為區別不同學生書寫的優缺點，而於引用優缺點的最後以(評價, 學生代號)註明資料的來源。

#### (二)交叉分析

「系統基模表徵工具接受度調查問卷」之交叉分析題目選取的原則為對上述有關認知有用性、認知易用性和使用態度之單題分析已達顯著差異的題目，與使用意圖之單題分析未達顯著差異但平均分數大於 3 的題目，進行交叉分析，以探究對系統基模抱持正向想法學生，其對使用系統基模的想法。

交叉分析的方式則為針對已選取之認知有用性、認知易用性和使用態度之每一個題目，再選取其中勾選非常同意和同意的學生，計算其在已選

取之使用意圖之每一個題目分數的平均值，並利用單一樣本平均數 t 檢定，考驗是否跟絕對平均值 (3 分) 有顯著差異。

## 肆、研究結果與討論

### 一、單題分析結果與討論

「系統基模表徵工具接受度調查問卷」選擇題部分之單一樣本平均數 t 檢定結果，如表 4 所示，其中與「認知有用性」有關的第 1、2 題，及與「認知易用性」有關的第 3 題達顯著差異 ( $***p < .001$ )，且平均值大於 3，顯示學生認為系統基模有助於學習且容易描繪；但與「使用態度」有關的第 4 題，及與「使用意圖」有關的第 5 至 8 題未達顯著差異，顯示學生無特別喜歡或不喜歡，也不一定會使用系統基模解題。

本研究也整理學生以文字填寫問卷每一題的勾選理由，補充說明學生對此題的想法。此外，本研究亦整理學生以文字填寫系統基模的優缺點，表徵學生對系統基模優缺點的想法。茲將前述定量選擇題的結果，配合文字填寫部份的發現，分述如下：

表 4 學生之系統基模表徵工具接受度調查問卷結果

題目概述	平均值	標準差	標準誤	t	顯著性
1. 系統基模有助於學習力的概念	3.92	.65	.09	9.82	.0000***
2. 系統基模有助於畫出正確力圖	3.69	.75	.11	6.37	.0000***
3. 系統基模容易描繪	3.42	.79	.11	3.63	.0007***
4. 喜歡使用系統基模解題	2.90	.97	.14	-0.74	.4619
5. 平常時，會使用系統基模解題	2.77	1.02	.15	-1.56	.1247
6. 考試時，會使用系統基模解題	2.77	1.06	.15	-1.50	.1396
7. 遇到不熟悉的題目時，會使用系統基模解題	3.23	1.12	0.16	1.42	.1612
8. 遇到熟悉的題目時，會使用系統基模解題	2.94	1.10	0.16	-0.39	.6955

\* $p < .05$     \*\* $p < .01$     \*\*\* $p < .001$

**(一) 學生認為系統基模有助於學習力的概念**

問卷第 1 題達統計上的顯著性(\*\* $p < .001$ )，且平均值大於 3，表示學生認為系統基模有助於學習力的概念。茲選取部分勾選肯定類學生書寫的內容：

在想不出來時，系統圖能更明白地表達物體所受的力。(勾選理由，20119)

可以更仔細的分析物體的受力。(勾選理由，20108)

可以使我知道物體完整且正確的施、受力狀況。(勾選理由，20130)

容易判斷作用在物體的所有力，及之間的交互作用關係。(勾選理由，20146)

**(二) 學生認為系統基模有助於畫出正確力圖**

問卷第 2 題達統計上的顯著性(\*\* $p < .001$ )，且平均值大於 3，表示學生認為系統基模有助於畫出正確力圖。

茲選取部分勾選肯定類學生書寫的內容：

跟物體有作用的對象明確，就容易畫出正確的力圖。(勾選理由，20123)

可以瞭解力的源頭。(勾選理由，20133)

可以直接知道外力來自何處。(勾選理由，20136)

不會畫出憑空想像的力。(勾選理由，20138)

**(三) 學生認為系統基模容易描繪**

問卷第 3 題達統計上的顯著性(\*\* $p < .001$ )，且平均值大於 3，表示學生認為系統基模容易描繪。茲選取部分勾選肯定類學生書寫的內容：

想一下實際情形時，蠻容易描繪的。(勾選理由，20125)

比較清楚力的位置，較好畫。(勾選理由，20123)

**(四) 學生無特別喜歡或不喜歡使用系統基模解題**

問卷第 4 題未達統計上的顯著性 ( $p > .05$ )，表示學生沒有特別喜歡或不喜歡使用系統基模解題。茲選取部分勾選不定類學生書寫的內容：

並不能知道力的方向。(勾選理由，20138)

有時候題目簡單，就直接算，不需浪費時間。(勾選理由，20146)

比較浪費時間。(勾選理由，20112)

#### (五) 學生平常演算力學題目不一定會使用系統基模解題

問卷第 5 題未達統計上的顯著性 ( $p > .05$ )，表示學生平常演算力學題目不一定會使用系統基模解題。茲選取部分勾選不定類學生書寫的內容：

要看是什麼類型的題目。(勾選理由，20107)

可以直接畫力圖就直接畫。(勾選理由，20112)

有時候會覺得麻煩而不畫。(勾選理由，20123)

難時用，簡易的時候就不用。(勾選理由，20146)

#### (六) 學生考試演算力學題目不一定會使用系統基模解題

問卷第 6 題未達統計上的顯著性 ( $p > .05$ )，表示學生考試演算力學題目不一定會使用系統基模解題。茲選取部分勾選不定類學生書寫的內容：

怕來不及寫完。(勾選理由，20107)

帶公式比較快，題目太多啦。(勾選理由，20120)

看情況，會就直接算，不會就使用系統圖。(勾選理由，20133)

#### (七) 學生遇到不熟悉的力學題目不一定會使用系統基模解題

問卷第 7 題未達統計上的顯著性 ( $p > .05$ )，表示學生遇到不熟悉的力學題目不一定會使用系統基模解題。茲選取部分勾選不定類學生書寫的內容：

偶而會畫畫看。(勾選理由，20116)

有時也不知從何下手，力該如何分類。(勾選理由，20137)

#### (八) 學生遇到熟悉的力學題目不一定會使用系統基模解題

問卷第 8 題未達統計上的顯著性 ( $p > .05$ )，表示學生遇到熟悉的力學題目不一定會使用系統基模解題。茲選取部分勾選不定類學生書寫的內容：

如果還有印象，就不會再畫。(勾選理由，20107)

不一定，但若十分熟悉，我會直接畫力圖。(勾選理由，20119)

#### (九) 學生認為系統基模的優點是可建立力的正確概念及畫出正確的力圖

研究者分析學生填寫系統基模的優點後，歸納為下列兩點：

##### 1. 有助於建立力的正確概念

茲選取部分學生書寫系統基模的優點為有助於建立力的正確概念之內容：

可以清晰的看出力是作用。(評價，20133)

清楚理解「力」的相互作用。(評價，20104)

若一開始學習「力」時，先畫系統圖，有助於建立概念。(評價，20111)

釐清力的觀念。(評價, 20145)

瞭解物體之間力的關係。(評價, 20117)

## 2. 有助於畫出正確力圖

茲選取部分學生書寫系統基模的優點  
為有助於畫出正確力圖之內容：

更仔細的分析力。(評價, 20108)

瞭解施、受力, 非常明顯地看出選定  
系統的受力。(評價, 20130)

瞭解力的種類和施力對象。(評價,  
20136)

分清楚力的作用對象和關係。(評價,  
20138)

知道所有力之間的關係。(評價, 20103)

可以知道哪些力作用於系統上。(評價,  
20125)

可以找到遺忘的力。(評價, 20140)

容易分析出正確力圖。(評價, 20124)

## (十) 學生認為系統基模的缺點為麻煩、抽象及無法獲知物體受力的方向

研究者分析學生填寫系統基模的缺點  
後, 歸納為下列三點：

### 1. 麻煩

茲選取部分學生書寫系統基模的缺點  
為麻煩之內容：

很...麻煩。(評價, 20111)

要畫的比較多。(評價, 20127)

浪費時間, 尤其是考試時。(評價,  
20106)

費時, 已對力有概念後, 用力圖來表  
現力的受力情形即可。(評價, 20111)

### 2. 抽象

茲選取部分學生書寫系統基模的缺點

為抽象之內容：

沒有實際物體呈現。(評價, 20136)

過於抽象。(評價, 20135)

### 3. 無法獲知物體受力的方向

茲選取部分學生書寫系統基模的缺點  
為無法獲知物體受力方向之內容：

系統選定不太好選, 且有時彼此間作  
用力方向也不太清楚。(評價, 20119)

無法看出受力方向。(評價, 20147)

綜合上述「系統基模表徵工具接受度  
調查問卷」的結果發現, 與「認知有用性」  
有關的第 1、2 題, 勾選肯定類學生書寫  
的理由, 和學生填寫系統基模的優點類似,  
顯示學生認為系統基模有彰顯力的本質是  
交互作用, 及易於分析系統受力等優點,  
故他們覺得系統基模有用; 而與「使用態  
度」有關的第 4 題, 及與「使用意圖」有  
關的第 5 至 8 題, 勾選不定類學生書寫  
的理由, 和學生填寫系統基模的缺點類似,  
顯示學生認為系統基模有麻煩、抽象及無  
法獲知物體受力方向等缺點, 故他們沒有  
特別喜歡或不喜歡, 也不一定會使用系統  
基模解題。

## 二、交叉分析結果與討論

「系統基模表徵工具接受度調查問卷」  
選擇題部分與「認知有用性」有關的第 1、  
2 題, 及與「認知易用性」有關的第 3 題  
已達顯著差異 (\*\*p < .001), 而與「使  
用意圖」有關的第 7 題雖未達顯著差異但  
平均分數大於 3, 故我們分別針對第 1、2

及 3 題勾選非常同意和同意的學生，計算其第 7 題分數的平均值，並利用單一樣本平均數  $t$  檢定，考驗是否與絕對平均值（3 分）有顯著差異。結果如表 5 所示，第一欄為已達顯著差異的題目，最右一欄則為針對同意第一欄題目敘述的學生，考驗其在遇到不熟悉的題目時，是否會使用系統基模解題的結果。

表 5 統計分析的結果，有以下的發現：

- (一) 認同問卷第 1 題的學生，其問卷第 7 題的分數達統計上的顯著性（\*\*\* $p < .001$ ），且平均值大於 3，表示同意系統基模有助於學習力的概念之學生，遇到不熟悉的題目時，常會使用系統基模解題。
- (二) 認同問卷第 2 題的學生，其問卷第 7 題的分數亦達統計上的顯著性（\* $p < .05$ ），且平均值大於 3，表示同意系統基模有助於畫出正確力圖之學生，遇到不熟悉的題目時，會使用系統基模解題。
- (三) 認同問卷第 3 題的學生，其問卷第 7 題的分數未達統計上的顯著性，表示

同意系統基模容易描繪之學生，遇到不熟悉的題目時，不一定會使用系統基模解題。

綜上所述，學生對系統基模的「認知有用性」，將會影響其遇到不熟悉的題目時，使用系統基模的「使用意圖」。即學生若能認同系統基模有助於學習力的概念，或系統基模有助於畫出正確力圖，則當他們遇到不熟悉的題目時，會使用系統基模解題。

## 伍、結論與建議

本研究結果發現學生認為系統基模有用，可幫助他們學習力的概念及畫出正確的力圖，與許多理論性介紹系統基模功能的研究（Hestenes, 1995; Turner, 2003; 蔡興國, 2011a），及有關係統基模實徵性研究（蔡興國, 2011b; 蔡興國等人, 2014）的發現相同，顯示系統基模對於學生力學的學習極有助益，故本研究建議教師在講授力學單元時，應撥出部分時間介紹系統基模，以提升學生力的概念理解及描繪力圖的能力。但由於本研究之研究對象均來自

表 5 學生之系統基模表徵工具接受度調查問卷交叉分析結果

已達顯著差異的題目	人數	遇到不熟悉的題目時，會使用系統基模解題				
		平均值	標準差	標準誤	t	顯著性
1. 同意系統基模有助於學習力的概念	38	3.50	.86	.14	3.58	.0009***
2. 同意系統基模有助於畫出正確力圖	31	3.42	1.06	.19	2.21	.0350*
3. 同意系統基模容易描繪	19	3.21	1.40	.32	0.66	.5197

\* $p < .05$     \*\* $p < .01$     \*\*\* $p < .001$

研究者的授課班級，亦有可能受研究者影響，傾向認為系統基模有助於學習力的概念，及畫出正確的力圖，故建議後續的研究，可以非研究者的授課教師進行系統基模教學，以避免此因素的干擾。

本研究亦發現雖然學生認為系統基模有用及易於描繪，但無特別喜歡或不喜歡，也不一定使用系統基模解題，與 TAM 指出可以「認知有用性」與「認知易用性」，診斷「使用態度」與「使用意圖」的理論不同。但若進一步進行交叉分析發現，學生對系統基模的「認知有用性」，只有在遇到不熟悉的題目時，會影響其使用系統基模的「使用意圖」，與 TAM 指出「認知有用性」可對「使用意圖」造成直接影響的理論相同。究其原因可能為 TAM 是研究使用者對於新的資訊科技「取代」舊的行為模式的接受度，而本研究則是研究使用者對於在傳統情境圖表徵與力圖表徵之間「增加」系統基模表徵的接受度，因此對於某些已經有力的正確概念，並能畫出正確力圖的學生，會覺得描繪系統基模浪費時間，或許才導致雖然學生認為系統基模有用及易於描繪，但沒有特別喜歡或不喜歡，也不一定使用系統基模解題的結果，但仍需進一步研究的確認。

此外，本研究亦發現學生認為系統基模有麻煩、抽象及無法獲知物體受力方向等缺點，所以沒有特別喜歡或不喜歡，也不一定使用系統基模解題。故本研究建議後續的研究，可以本研究的此項發現為基礎，朝直接取用情境圖，以圖形表徵物

體，取代以標記文字的圓圈表徵物體，及去除交互作用線旁以符號標示力之種類的发展方向發展，改善系統基模之抽象與麻煩的缺點；並在每一條交互作用線的兩端旁加上箭頭，表徵此交互作用線所對應之交互作用力的方向，改善系統基模無法獲知物體受力方向的缺點，以增加學生對系統基模的「使用態度」與「使用意圖」，幫助那些尚未有力的正確概念，或尚未能畫出正確力圖的學生，願意使用系統基模，而能順利地由情境圖，藉由系統基模的幫助，建立正確的力概念，並畫出正確的力圖。

再者，蔡興國等人（2014）發現，系統基模教學對力的概念理解程度愈低的學生之助益愈大，然而本研究卻發現系統基模有過於抽象的缺點，可能導致力的概念理解程度愈低的學生，愈不願意使用系統基模，因而助益應該愈小才對。針對此矛盾的可能解釋為蔡興國等人的研究是探討「系統基模教學」的影響，而非使用「系統基模」後的影響，故力的概念理解程度較低的學生，原有較多力的迷思概念，透過系統基模教學分析系統受力的過程，能改變較多力的迷思概念，故系統基模教學的助益較大；反之，力的概念理解程度較高的學生，原有較少力的迷思概念需改變，故系統基模教學的助益較小。所以縱使系統基模有過於抽象的缺點，可能導致力的概念理解程度較低的學生，較不願意使用系統基模解題，但因力的概念理解程度較低的學生，已從系統基模教學改變了較多的迷思概念，故助益仍較大，但尚需進一

步研究的確認。此外，本研究未將研究對象按力的概念理解程度分為高、中、低三群，故無法深入討論力的概念理解程度不同之學生，對系統基模接受度的異同，所以亦可為後續研究的方向。

## 參考文獻

- 蔡興國 (2011a)。使用系統基模協助學生描繪正確力圖之探討。**科學教育月刊**，**341**，13-26。
- 蔡興國 (2011b)。使用系統基模促進高中學生改變力的迷思概念及正確描繪力圖表徵之研究。**科學教育研究與發展季刊**，**63**，1-36。
- 蔡興國、張惠博、陳錦章 (2014)。使用系統基模教學策略修正高中學生力的迷思概念之研究。**科學教育月刊**，**370**，2-18。
- 蔡興國、陳錦章、張惠博 (2010)。高中學生解題歷程之力圖表徵與列式關係之研究。**科學教育學刊**，**18**，155-175。
- 張慧貞 (2007)。**創新物理教材教法：理論與錦囊**。台中：逢甲大學出版社。
- Court, J. E. (1993). Free-body diagrams. *The Physics Teacher*, *31*(2), 104-108.
- Court, J. E. (1999a). Free-body diagrams revisited – I. *The Physics Teacher*, *37*(7), 427-433.
- Court, J. E. (1999b). Free-body diagrams revisited – II. *The Physics Teacher*, *37*(8), 490-495.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical model. *Management Science*, *35*(8), 982-1003.
- Fisher, K. (1999). Exercises in drawing and utilizing free-body diagrams. *The Physics Teacher*, *37*(7), 434-435.
- Halloun, I. (1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, *33*(9), 1019-1041.
- Hestenes, D. (1995). Modeling software for learning and doing physics. In C. Bernardini, C. Tarsitani, & M. Vincentini (Eds.), *Thinking physics for teaching* (pp. 25-66). New York, NY: Plenum.
- Savinainen, A., Scott, P., & Viiri, J. (2005). Using a bridging representation and social interactions to foster conceptual change: Designing and evaluating an instructional sequence for Newton's third law. *Science Education*, *89*(2), 175-195.
- Turner, L. (2003). System schemas. *The Physics Teacher*, *41*(7), 404-408.
- Whiteley, P. (1996). Using free body diagrams as a diagnostic instrument. *Physics Education*, *31*(5), 309-313.

投稿日期：104 年 11 月 11 日

接受日期：106 年 04 月 06 日

# A Study of High School Students' Acceptance of the System Schema

Hsing-Kuo Tsai<sup>1\*</sup>, Huey-Por Chang<sup>2</sup>, and Chin-Chang Chen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Tou-Liu Senior High School

<sup>2</sup>Open University of Kaohsiung

<sup>3</sup>Department of Physics, National Changhua University of Education

## Abstract

The purpose of this study was to explore high school students' acceptance of the system schema. The subjects were 48 students of the researcher's class of the 11th graders. The research tool was "the System Schema Acceptance questionnaire". The results of the study were as follows: (1) The students thought system schema could help to learn the concepts of force and draw force diagrams correctly; (2) The students thought the defects of system schema included trouble, abstract, and the uncertain directions of the force that acted on the object and they did not always use system schema to solve problems.

**Keywords:** acceptance, mechanics, senior high school, system schema

---

\* corresponding author