

楊芷欣、陳嘉皇 (2024)。

數學體現活動教學之研究—以二年級長度測量為例。

臺灣數學教師，44 (2)，16-54

doi: 10.6610/TJMT.202410_44(2).0002

數學體現活動教學之研究—以二年級長度測量為例

楊芷欣¹ 陳嘉皇²

¹臺中市大雅區汝鑾國小

²國立臺中教育大學數學教育學系

本研究旨在探討體現認知數學活動融入國小二年級長度單元教學後，學生在長度知識概念以及量感的學習成效。研究者根據體現認知理論和數學領域課程綱要中的長度學習表現與學習內容，自編體現認知活動，對臺中市某國小二年級學生進行教學。教學前、後對學生施以長度操作測驗，過程中讓學生透過肢體進行操作，並習寫學習單，以瞭解學生操作情形。研究者觀察學生操作中的肢體動作，並使用課室錄影及照片紀錄分析學童表現。研究發現：(一) 體現活動實施後，學生在「長度操作測驗」的表現有顯著進步。(二) 體現活動提供操作機會，促進生活經驗連結，增長長度知識。綜合教學研究實施與本次行動研究結果，未來教師在教授長度概念和培養學生量感方面，可借鑒體現認知理論，設計適合的數學活動。本研究提出以下教學建議：(一) 體現活動之課程安排需要考量學生的數學程度。(二) 體現活動雖然有趣，但教師需要安排較多時間去實施。未來研究亦可以考慮設置實驗組與對照組，或採用其他單元，來進一步驗證結果。

關鍵詞：長度、量感、測量、體現活動、體現認知

Research on the Teaching of Mathematics Embodied Activities - Taking Length Measurement in Second Grade

Abstract

This research aims to explore the effectiveness of students' knowledge concepts of length and sense of quantity after the cognitive mathematics activity curriculum is integrated into length unit teaching in the second grade of elementary schools. Based on the embodied cognition theory and the learning performance and learning content in the curriculum syllabus in the field of mathematics, the researcher compiled a self-organized embodied cognition activity team to teach second-year students in an elementary school in Taichung City. Length operation tests are administered to students before and after teaching. During the process, students are allowed to operate with their bodies and write study sheets to understand the students' operation conditions. The researchers observed students' body movements during operations and used classroom videos and photo records to analyze students' performance.

Research found:

1. After the implementation of the reflection activities, students' performance in the "Length Operation Test" has improved significantly.
2. Reflective activities provide operational opportunities, promote connections between life experiences, and increase knowledge.

Based on the implementation of teaching research and the results of this action research, future teachers can draw on embodied cognition theory to design suitable mathematics activities in teaching the concept of length and cultivating students' sense of quantity. This study puts forward the following teaching and research suggestions:

1. Curriculum arrangements that reflect activities need to take into account students' mathematics level.
2. Although the reflection activities are interesting, teachers need to allocate more time to implement them.

Future research could consider establishing experimental and control groups or employing other units to further validate the results.

Keywords: Embodied cognition, Embodied activity, Length, Measurement, Sense of quantity.

壹、緒論

人類生活與環境密不可分，我們在學習的過程中會用身體感官認識世界，例如：用眼睛認識花草樹木的樣子、用鼻子聞出甜甜的蜂蜜香氣、用皮膚感受氣溫的冷與熱……等。也會透過肢體動作回應環境，例如：天氣太熱，因此舉起手做出搧風的手勢動作、天氣寒冷時會產生全身性的發抖……等。我們無時無刻透過身體感官與環境互動。

依據 Piaget 和 Inhelder (1969) 提出的認知發展論中，由「前運思期」過渡到「具體運思期」適逢國小低年級階段，該階段的學生透過與環境、人工製品互動形成知識。根據教育部 (2018) 公布的《十二年國民基本教育課程綱要數學領域》(以下簡稱《數學領綱》) 指出，在小學第一或第二學習階段，學生處於建立數學概念基礎的關鍵時期。由於其數學經驗不足，教師必須藉生活情境來引導學生學習。因此期盼教師能提供具體情境讓學生進行操作，透過活動察覺並形成相應的數學概念，同時也期許學生能正確使用數學工具。而關於使用數學工具方面，可以發現生活環境裡，有不計其數的事情會運用到「測量」技術。舉凡長至蓋房子時測量樓房高度、丈量土地的邊長、計算旅遊路途距離有多長；短至紙張邊長長度、衣服肩膀寬度是否合身，甚至運用紙筆和直尺畫出兩點中間的距離直線，都不外乎與測量息息相關。

「體現認知」的教學策略，恰好符合教育部 (2018)《數學領綱》提及第一學習階段 (一年級、二年級) 的數學學習方式，建議以「操作」為主。研究者認為運用身體動作學習數學，可能會引起學童的學習興趣，在身體動作和學習媒材的觀察、互動、理解，進而達到增進數學學習成效之目的。本研究之「體現認知數學活動」意指研究者依據體現認知理論，融入國小二年級長度單元「認識公分」所設計出的活動。

本研究目的是應用「體現認知」理論於數學教學為原則，設計二年級長度概念以及培養學生量感發展為主的教學活動。讓學生透過與環境、人工製品互動體驗，形成量感。依據學生在長度操作測驗的學習表現，探討體現認知數學活動是否能有效增進學生數學學習成效。本研究欲探討的問題如下：

- 一、探討「體現認知數學活動」後，學生在「長度操作測驗」的學習表現是否有所差異？
- 二、探討學生在長度單元的操作表現為何？

貳、文獻探討

一、體現認知定義

體現認知 (Embodied Cognition) 一詞是由「具體表現」(Embodied) 及「認知」(Cognition) 組合而成，它主要探討個體與環境之間的互動，環境包含社會、物理、教學等三種不同類別的環境 (Sriraman & Wu, 2020)，同時也涵蓋了情意、文化層面的環境 (Núñez et al., 1999)。Tran 等人 (2017) 定義體現認知為知覺與動作的循環，個體經由動作來回應外在的物理環境與心理內在環境的改變，知覺系統感受到這個改變，繼續進行下一步的行為，所以認知的形成是透過身體感官知覺與環境互動的結果，是被身體及其活動方式塑造出來的。Duijzer 等人 (2019) 強調學習和認知過程發生在個人的身體與其物理環境之間的相互作用中，是以生理條件為基礎，探討心智外的訊息呈現因素如何影響心智內的訊息處理運作。

本研究將「體現認知」的操作型定義為：透過教師設計體現認知數學活動，在教學過程中，觀察學生的操作與表達，分析該活動是否有效提升學生學習表現。

二、體現認知的課程

(一) 體現認知應用的課程領域

Duijzer 等人 (2019) 曾在文章中表示體現學習可以加強科學、技術、工程和數學的學習。學習數學通常被視為從具體、合理化到抽象的漸進運動或軌跡 (Breive, 2022)，較適合在實際教學場域實施體現認知教學。

(二) 體現認知數學課程設計

體現認知課程設計是利用認知科學哲學中的體現轉向及認知發展和社會文化理論，來闡明構建和促進教學材料和活動的綜合指導方針 (Abrahamson et al., 2020)。根據 Abrahamson 等人 (2020) 的研究指出，體現設計研究的重點是導師與學生在核心概念的協同，努力將擬定的學科展示方式 (例如：圖表) 視為表示或促進尊重討論中所制定的直觀知識源現象。具體化的設計可以使學生做好正確的直覺反應或表現的準備，然後再提供他們驗證並增強這些直覺的分析程序。

基於動作的體現設計可以讓參與者解決運動控制問題，當他們被分配到對材料或是虛擬對象進行技術導向的操作任務時，會試圖實現指定目標的狀態。若將體現認知應用至數學課程，教師可藉由講課的姿勢、手勢引導學生利用身體動作進行反饋與思考課程觀念，增進學生數學概念的理解。

教師在設計體現認知活動時，要思考課程內容是否能解決以下 Wilson 與 Golonka (2013) 提出的四個關鍵問題：

1. 「要解決的任務是什麼？」：個體如何識別且產生特定行為，取決於任務內容。
2. 「有機體可以利用哪些資源解決任務？」：有機體可以運用多元資源。例如大腦、身體、環境以及事物之間的關係。
3. 「如何整合這些資源來解決任務？」：所需的資源要裝到一個動態系統中，隨著時間的推移而展開。這些資源可能分布在大腦、身體和環境中，透過感知獲取身體和環境的信息。
4. 「有機體會組織並使用這些資源嗎？」：有機體是否會整合這些資源，取決於經驗的多寡。

綜合上述，教師在設計體現認知活動時，需要確立學生需解決的任務為何，並且給予多種資源，讓學生能透過大腦、身體和環境整合資源，增進學習經驗。

三、體現認知的工具

(一) 身體潛能與體現工具

Lakoff 與 Johnson (1980) 提倡數學教育認知科學，其中有三個假設如下：

1. 心智的具像化 (Embodiment of Mind)：身體與大腦的結構會影響數學概念之架構。代表身體與環境互動後如何產生知覺，形成數學概念的理解。
2. 無意識的認知 (Cognitive Unconscious)：大多數的思考通常需要藉由工具的檢測，無法立即形成。也就是說人們通常在無意識的情況下逐漸形成認知。
3. 隱喻的思考 (Metaphorical Thought)：隱喻幫助我們透過具體的物件、事實來進行推理，增進抽象概念的瞭解。

(二) 體現工具對學生學習的影響

Dackermann 等人 (2017) 指出透過具體觀察運動活動與認知之間的聯繫，越來越多的證據表明數字處理與運動活動之間存在聯繫。數學概念是在各種材料和經驗外觀的組成中發現的。因此數學概念可以被視為經驗網絡，對於身體的具體生活經驗產生重組。學生經由與體現工具互動，將多種生活周遭的素材整合成數學觀念，故體現工具為影響學生學習的媒介。而當學生試圖理解自身肢體的圖形化表示時，就會產生知覺運動和想像的體驗，並透過學生的口頭思維表達來體現 (Duijzer et al., 2019)。教師如何運用體現

工具，促進學生數學概念的體現，決定了學生和環境互動的方式。

四、體現認知的教學

（一）體現認知數學教學定義

依據 Tran 等人（2017）將體現認知定義為認知與環境之間的循環，可知體現認知數學教學就是將體現認知的教學應用於數學領域中，認知與數學課室之間的循環。林勇吉（2021）將體現認知的數學教學定義為學生透過肢體的運動來學習數學。研究發現，體現認知不但能建構內在知識概念，同時也是在社會互動中，人們在理解語言、身體動作與面部表情等訊息的重要基礎（Buccino et al., 2001）。數學推理被認為是一種非語境化的活動，依賴具體定義之符號系統的聯繫。體現認知好比一個基本資料庫，從中可以運用動作模擬進行解碼，且可由其他人執行操作。

（二）體現認知數學教學類型

Tran 等人（2017）指出將身體融入學習經驗可以增強數學上具體指稱與抽象概念的理解。而體現認知應用於數學教育中有三種不同的教學類型，分別為教具、手勢、全身的肢體運動。其中，使用教具進行教學最為常見，操作教具代表學習者能操弄、滑動、翻轉一個三維空間的物件（林勇吉，2021）。

（三）教師如何利用工具促進數學的體現

依據 Shvarts 等人（2021）指出，導師要幫助學生注意到人工製品的可供性，並建立與工具耦合的目標感知與動作循環。因此要為學生提供包含先前發展的協調且有助於解決數學任務的工具，再經由教學指導讓學生能自主組織處理，並通過仔細的提示、指導性的問題和任務，促進功能系統的靈活和創造性。所以數學關係一開始會以感覺運動任務形式出現，接著導師透過要求學生反思他們的感覺運動策略來改變任務（Flood, 2018）。也就是說，導師將感覺運動體驗轉變為數學話語，使用多模態策略來引導出學生對感覺運動協調的口頭、手勢表達。整個體現的過程發生在意向驅動的行為中，學生能否建立目標感知與動作循環的耦合，取決於老師是否靈活透過引入子任務來調節學生的意向性並利用指向手勢或口頭表達來促進數學的體現（Shvarts et al., 2021）。吳美瑤（2019）也指出教師不僅要請學生在活動中觀察身體變化，在活動結束時也要予以引導反思、討論，才能算是有效的體現認知教學。除了個人操作之外，若有機會讓學生觀察同儕如何進行體現認知活動的操作，而不是自己著手進行，也可以提高學生數學理解力（Duijzer et al., 2019）。

五、體現認知的評量

評量學生是否達學習目標，可藉由觀察學生的全身性姿勢、手勢變化來確認。

（一）全身性姿勢

以全身性動作協調為導向的體現認知，姿勢是觀察學生學習的關鍵體現工具。教師觀察學生的身體姿勢，能從中瞭解學生的學習狀況。McNeill（2005）將姿勢分成四種層面：

- 1.圖像的（Iconic）：呈現具體物或行動影像的姿勢，這些姿勢是關於動作的形式或是呈現具體圖像的語意學相關的事物內容。
- 2.比喻的（Metaphoric）：指呈現抽象的影像，包含運用形式的比喻，例如說話者出現握住某物件並把它呈現，但未呈現物件的意義，而是持某個觀念或記憶或一些抽象的事物，具有圖像的元素與某種比喻。
- 3.跳動的（Beat）：是種不精細的正式姿勢，他僅是手部上下或來回輕打，看起來似乎與言辭的旋律配合，但其意義可能是複雜的，指示說話者感覺到論述中提及某些事物的短暫焦點。
- 4.直證的（Deictic）：直證的姿勢是指不經思索，伴隨手指擴充，補充某物件的意義，而身體各部分或所持物件都可用作補充指示。

陳嘉皇與梁淑坤（2014, 2015）的研究指出學生在學習代數概念中，會運用姿勢解釋與說明一般化的行動。除具有協助其表達對問題的認知、轉化概念的意義、連結結構關係外，教師也能從中瞭解學生如何進行和思考算術至代數間的轉化，及學生是否真正理解問題。

（二）手勢變化

手勢在體現認知教學過程中，亦是很常見的觀察重點。過去研究指出，年幼的孩子有數學洞察力，但無法用語言或符號表達出來，會用手勢表達他們的想法或是指認他們所見（Breive, 2022）。此外，手勢是協作學習的重要中介，學生能使用手勢來進一步探索、定向操作數位科技以及共享符號概念（Fortman & Quintana, 2023）。可見手勢會潛移默化地從一種符號系統轉移到另一種符號系統，在學習過程中發揮重要的作用。

體現認知分別在課程安排、教師教學、學習評量，皆與過去傳統教課書式學習有所不同。教師在編排體現認知數學課程時要採用具體化的設計，目的要使學生的身體與環

境互動，並適當加入人工製品，促進學生數學概念。教學上重視教師親自示範肢體動作，讓學生模仿行為動作。也會對學生進行內容提問，引導學生推理數學觀念。不論教師讓學生自己或是同儕展現肢體動作、課室語言、手勢操作等，都希望學生能藉由不同的感官獲得資訊，再經由身體動作以及知識的連結，將數學概念體現。學習評量方式則與傳統紙筆評量不同，更注重學生課堂上的肢體展現、語言表達以及操作活動。

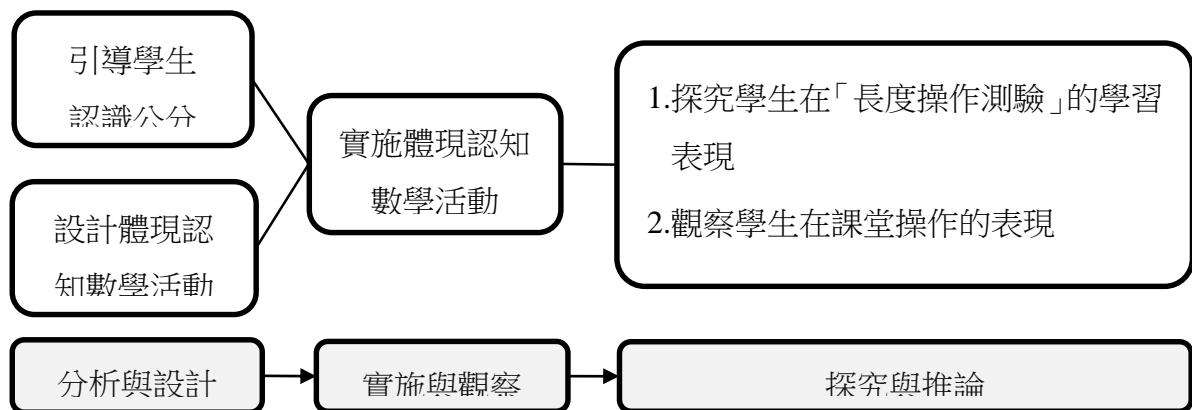
參、研究方法與步驟

一、研究架構

圖 1 呈現本研究架構，將所欲介入之教材單元進行分析，結合體現認知理論背景設計活動課程，包含使用測量工具、量感估測與實測、長度單位保留三大面向。課堂教學採實體教學，並於教學前後進行測驗，教學過程中蒐集以下資料：課堂學習單、師生互動錄影資料、學生活動操作照片。

圖 1

研究架構圖



二、研究對象

本研究採方便取樣，為研究者自身任教的班級。研究對象包含 6 位男生、7 位女生，共 13 名學生。班上 86.6%的學童具有注意力不集中特質，活潑好動，善於表達。因為該特質的緣故，全班在課室討論時無法專心，偶有某些問題教師已回答好多次，但學生卻因未留意聆聽，產生事後向老師舉手發問的情況；或是針對相同的某一問題，提出許多不符上課主題的內容，需要老師多次提醒才能將心思拉回數學課堂。本研究礙於樣本數

過少，因此獲致結果將無法進行過度推論。且因校內一個年級僅有一個班，無法進行實驗組與對照組的區分，沒辦法對照是否有進行體現認知數學課程，兩班學童學習成效是否有顯著差異，此為本研究之限制。

三、體現認知數學活動設計與教學

依據過去研究，教師培養學生量感的方法，以大量估測與實測活動為主（黃幸美，2016）。研究設計三節以體現認知為理論基礎的數學活動，每個活動實施的時間皆為 40 分鐘，總時長共 120 分鐘。活動內容配合《數學領綱》學習表現與學習內容，研究者自行歸納出三個主要的學習面向，分別為：量感估測與實測、長度單位保留、使用測量工具，其對應 Tran 等人（2017）體現認知教學類型如表 1。

表 1

三個學習面向對應體現認知教學類型

學習面向	使用測量工具	量感估測與實測	長度單位保留
體現認知 教學類型	教具、 全身的肢體運動	手勢、 全身的肢體運動	手勢、教具

體現認知數學活動使學生透過全身性的肢體動作進行操作，也能藉由口頭回答、文字紀錄等多模態策略引導學生建立感知與動作間循環的耦合（Shvarts et al., 2021）。以下說明設計之體現認知數學活動內容，以及其應用之工具和對應的教學方式如表 2。敘述如下：

表 2

體現認知數學活動所應用之工具及對應的教學方式

活動序	使用工具	教學方式
一	方瓦（圖 2） 直尺、電子書直尺	請學生捏方瓦邊長，感受其量。 請學生找出直尺上的一公分，再請他們上臺用肢體動作與手勢比畫出直尺上的一公分在兩個刻度之間。
二	活動一實物包（圖 3）、學習單—長度分分看（附錄 1）	判斷指定長度的閾值，將結果記錄在學習單中。

學習單一長度畫畫看(附錄 2)、學生的手指、直尺	記錄用手指憑感覺比出的指定長度，並且連線，測量、報讀實際長度。使用直尺作出準確的指定長度。
三 學習單一長度量量看(附錄 3)、學生的身體尺 活動三實物包(圖 4)	學生透過身體尺一扠、一肘，測量桌面邊長，並記錄在學習單。 練習長度保留，理解單位大小與測量次數之間的關聯性。

(一) 活動一 介紹 1 公分與進行長度的估測分類

發給學生一人一個方瓦(圖 2)，請學生捏一捏方瓦上下左右的寬度。詢問學生「請問你手中的方瓦，你覺得它有多大？或是跟你的生活中什麼東西一樣大？」進而請學生思考「你認為老師說的『多大』是什麼意思？是方瓦的邊長還是方瓦的這一面？」詢問過程中教師利用身體動作讓學生了解長度與面積的不同。逐步引導學生方瓦的邊長是指哪個範圍「認為方瓦的邊長有多長？」讓學生具備長度的概念以及 1 公分的量感，並理解「公分」為長度單位。詢問學生「生活中有哪些東西與 1 公分一樣長？」並請學生運用肢體展示給全班看，引導學生直尺是測量長度的工具。請學生觀察直尺上哪裡與方瓦一樣是 1 公分長，教師用電子書上的直尺教具，親自示範動作，讓學生瞭解長度是從直尺上哪裡到哪裡。隨後教師介紹直尺上的刻度與距離，引導並歸納直尺刻度上前後兩數相減結果會等於 1，並請學生將 1 公分的量記住。

本活動參考黃幸美(2004, 2016)採用給予學生一包實物(圖 3)的方式，進行量感估測並將估測結果記錄在學習單一長度分分看上。學習單寫完後，教導學生如何正確使用直尺測量刻度，讓學生親自使用直尺測量，驗證那些物品的實際長度為幾公分，最後全班一同討論答案。教師提醒學生當物品長度不足 1 公分時，會使用「大約」的說法。最後收回學習單，歸納這些實物的實際長度。

圖 2

方瓦



圖 3

實物包



(二) 活動二 透過手指比畫並加以記錄、測量與報讀長度、畫出長度

發下學習單一長度畫畫看，請學生用沒有寫字那隻手的手指比出教師指定之長度(1公分、3公分、5公分、10公分)，提醒學生比的時候手指要放在學習單上，不能離開桌面。學生操作時，教師邊拍照紀錄。接著要學生從比出的這一掬之中，在手指頭碰到的地方輕輕用鉛筆點兩點，四題都依序比完長度、點完兩點後，再請學生拿出直尺，將剛才畫好的兩點連線，並測量與報讀操作結果，記錄在學習單中。

寫完學習單第一大題，教師調查學生用手指比畫的連線長度是否等於指定長度，抑或是大於、小於指定長度，並請學生練習報讀自己所畫之長度。教師指導學生兩種畫出準確整公分線段的策略，一種是從刻度 0 開始到指定長度的刻度；另一種是已知相鄰兩刻度間為 1 公分，用累積 1 公分的方式畫出指定線段長。完成學習單第二大題後，詢問學生自己用手比畫的和用直尺按照刻度畫精準的線段是否有落差，最後收回學習單。

(三) 活動三 大單位和小單位

教師發下學習單一長度量量看，請小朋友估測後再利用一肘與一掬測量桌子的長度。提醒學生測量時的每一掬要盡量把大拇指和食指伸到最長，量第二次時，手指要接好，不可以與上次量的手指有重疊或是有空隙，否則會有誤差。供學生兩種測量方式(捏指法、轉來轉去法)，學生將實際操作結果記錄在學習單上，過程中教師進行拍照紀錄。

和學生討論測量結果，發現每個人的結果不同。原因是每位人的一掬長度不一樣，有些人一掬較長，僅需要測幾次就可以將桌子長度量完；但有些人的一掬較短，要量數次才能將桌子長度量完。歸納每個人的一掬長度不同，屬於不同單位，測量出來的結果也不盡相同。延伸出較長物品用大單位、較短的物品用小的單位測量較適合之概念。

發下活動三實物包(圖 4)，請小朋友拿出 8 公分的紙條，依據學習單上的問題，運

用實物(邊長 1 公分的方瓦、邊長 2 公分的智高積木、長 8 公分的粉筆)測量紙條長度，並將結果紀錄在學習單上。全班從測量同樣紙條的過程中，發現物品長度與測量次數的關係為「測量的單位越大，測量的次數就越少；而測量的單位越小，則需要測量較多次。」最後教師延伸介紹公制單位。

圖 4



活動三實物包

本研究採方便取樣，為研究者本身任教的二年級班級。實施研究前皆取得研究對象的監護人同意後才進行研究。研究過程中輔以錄影及拍照，蒐集學生課堂上的身體動作表現，以利後續研究分析。研究者在每一節活動會進行觀察，活動結束後會歸納觀察紀錄，並反思教學上遇到的狀況，作為未來活動修正的依據。

四、資料蒐集與分析

(一) 教學前的試卷答題表現

本研究設計之長度操作測驗前測卷(附錄 4)與一般考驗長度概念的前測卷不同，旨在測量學生長度單元的先備知識，評斷學生是否具有長度單元中「使用測量工具」、「量感估測與實測」、「長度單位保留」三個學習面向的先備知識。試題內容依據教育部(2018)《數學領綱》進行編製。透過與指導教授以及數名現場教師討論，評量前測卷之信、效度。前測卷共設計 20 題，每題 5 分，滿分 100 分，回答不全者不予給分。前測卷各題主要對應的學習面向如表 3。

表 3

前測卷各題對應的學習面向

學習面向	使用測量工具	量感估測與實測	長度單位保留
前測卷題號	1,2,3,15,16,19,20	4,5,10,11,12,13,14	6,7,8,9,17,18

本前測卷的實施對象為尚未學習長度概念之國民小學二年級學生，實施時間為開學第一週的某天早自修，以紙筆測驗的形式進行作答。前測卷屬於本研究的量性資料，將會分析其平均數、標準差以及學生作答正確率。本前測卷的分數僅用來評估學生在未學習長度概念時，是否具備長度相關的先備知識，不適合於學完長度知識後實施。本測驗結果與解釋僅針對尚未習得任何長度知識的學生，若非相同背景下施測，其結果可能會與本研究有所差異。

(二) 課堂學習單

研究者結合教育部（2018）《數學領綱》中之「學習表現」與「學習內容」以及參考教科書例題，設計出配合活動之學習單。這些學習單屬於質性資料，研究者觀察與分析學習單上的活動紀錄，探究學生在體現認知數學活動之下是否能培養長度量感。

(三) 課堂師生互動錄影資料

透過攝影機的影像紀錄，可獲得教學歷程與師生互動的質性資料。為了記錄學生全身性的動作與師生互動情況，會進行課堂錄影。同意書中有指出該資料僅用於研究用途，會以打馬賽克的方式保護受試者再進行使用，這些錄像絕不外流。

(四) 學生活動操作照片

課堂中透過照相紀錄，可獲得學生操作活動當下的狀況。根據照片能探究學生的身體動作，反映出學生在操作過程中的肢體行為。與課堂錄影一致，皆有取得家長同意，所得照片資料皆會保密處理。

(五) 教學後的試卷答題表現

長度操作測驗後測卷（附錄 5）旨在測量學生經由體現認知數學活動後，評斷學生是否因此具備長度單元中「使用測量工具」、「量感估測與實測」、「長度單位保留」三個學習面向的知識。試題內容題數與編排方式皆與前測方式同。後測卷各題主要對應的學習面向如表 4。

表 4

後測卷各題對應的學習面向

學習面向	使用測量工具	量感估測與實測	長度單位保留
後測卷題號	1,2,13,14,19,20	7,8,9,10,11,12	3,4,5,6,15,16,17,18

後測卷的實施時間為課程結束後一週的某天早自修，測驗以紙筆測驗的形式進行作答。採用「量化」以及「質性」兩種研究方法，透過量化資料（前、後測卷答題表現）與質性資料（課堂學習單、課堂師生互動錄影資料、學生活動操作照片）進行分析，並根據分析結果回應研究問題。分析方式敘述如下：

（一）量化分析

利用前、後測卷的平均數、標準差及學生作答正確率進行分析，瞭解學生經由「體現認知數學活動」後，其「長度操作測驗」的學習表現是否有提升。

（二）質性分析

藉由蒐集課堂學習單、師生互動錄影資料、學生活動操作照片，檢視學生如何運用全身性動作學習長度概念，進而發展量感，以利數與量、幾何的發展。

肆、研究發現與討論

一、長度操作測驗作答表現

透過前、後測卷的學生作答正確率進行比較，相較於前測卷，整體而言，全班學生作答正確率普遍提升（如表 6、圖 5）。全班之中僅有 1 位學生的後測作答正確率比前測退步（-0.5%），若依據前後測之答對題數，該名學生前測與後測答對題數相差一題，推測後測時粗心大意，把會的題目寫錯答案。作答正確率提升最多的學生，他的作答正確率由 5% 進步至 40%，共提升 35%。由此可知體現認知數學活動能有效增進學生長度知識，提升長度操作測驗的表現。

表 6

前、後測卷之學生作答正確率比較表

學生	前測	前測	後測	後測	作答正確率 進步幅度
	答對題數	作答正確率	答對題數	作答正確率	
S01	16	80%	17	85%	+5%
S02	13	65%	17	85%	+20%
S03	9	45%	12	60%	+15%
S04	11	55%	14	70%	+15%
S05	1	5%	8	40%	+35%
S06	13	65%	18	90%	+25%
S07	16	80%	18	90%	+10%
S08	13	65%	15	75%	+10%
S09	11	55%	10	50%	-5%
S10	0	0%	1	5%	+5%
S11	12	60%	14	70%	+10%
S12	4	20%	6	30%	+10%
S13	12	60%	15	75%	+15%

圖 5

前、後測作答正確率比較圖

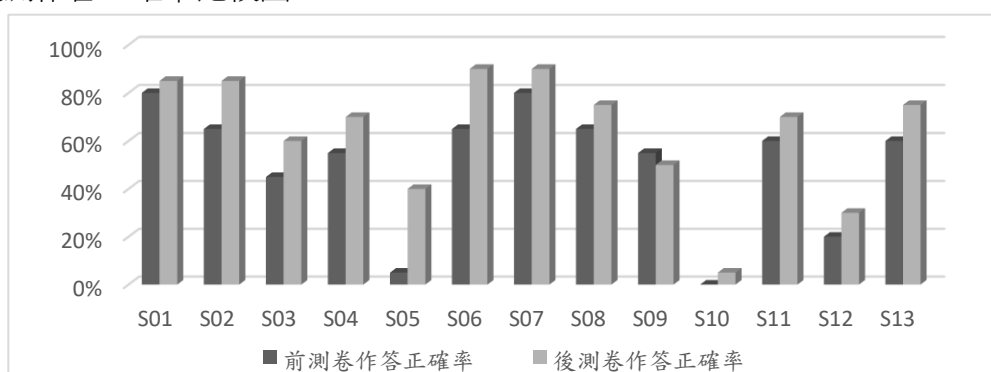


表 7

描述性統計量

	個數	平均數	標準差	最小值	最大值
前測分數	13	50.38	26.098	0	80
後測分數	13	63.46	25.770	5	90

表 7 呈現體現認知數學活動前、後測的分數表現比較，後測的平均高於前測，且標準差也變小。顯示學生的分數有進步，且整體表現比較過去還要集中。此外，分數的最小值與最大值皆有提升的趨勢。由統計資料可知，體現認知數學活動能有效提升學生在長度操作測驗的學習表現。同時也證實體現認知數學活動結合多元媒材，幫助注意力不集中的學生建立數學概念，提升數學學習成效。

二、長度單元學生課堂操作表現

(一) 學生判別長度「闊」的表現

分析活動一長度分分看學習單中，學生在各題判斷其閾值的答題人次與答對比率（表 8），研究者發現學生能夠輕易判斷其閾值的是選項ㄇ（筷子，19.5 公分），其次是ㄎ（粉筆，8 公分），接著是ㄎ（彩色筆，9.2 公分），再來是ㄐ（電池，4.5 公分）。推測其閾值對學生容易判斷的歸因如後。

表 8

學習單長度分分看學生各題判斷其閾值之答對比率

代號/物品	實際長度	答對總人次 (人)	全部總人次 (人)	答對比率 (%)
ㄅ/橡皮擦	4.5 公分	40	50	80
ㄆ/智高積木	2 公分	40	47	85.1
ㄇ/筷子	19.5 公分	39	41	95.12
ㄏ/電池	4.5 公分	38	43	88.37
ㄏ/彩色筆	9.2 公分	31	35	88.57
ㄏ/訂書針盒	5.1 公分	36	44	81.81
ㄏ/課本的厚度	0.6 公分	24	47	51.06
ㄏ/粉筆	8 公分	37	41	90.24
ㄏ/牛奶的高度	12 公分	34	42	80.95
ㄏ/大迴紋針長	4.8 公分	32	41	78.04
ㄏ/小迴紋針長	2.8 公分	33	43	76.74
ㄏ/鉛筆的寬度	0.8 公分	34	44	77.27

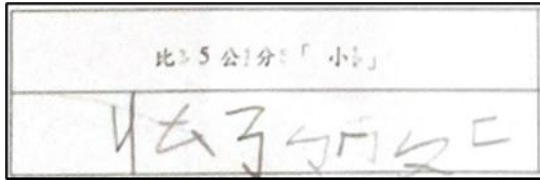
研究者觀察到，選項ㄇ（筷子，19.5 公分）因是實物包裡面長度最長的物品。不論學生是否具備長度保留、累積的能力，對學生而言，會直覺聯想到「該物最長，一定大於 10 公分」。學生在判斷選項ㄏ（粉筆，8 公分）時，會因為該物並沒有像選項ㄇ那麼長，學生可用累積方瓦邊長的方式進行判斷，觀察學生要判斷 8 公分是否大於 10 公分，對他們具有挑戰性。因 8 公分與 10 公分僅相差 2 公分，學生在進行長度累積的過程中若有誤差，會造成該選項判斷錯誤。學生在判斷選項ㄏ（彩色筆，9.2 公分）之閾值時，也和選項ㄏ有相似情況。只不過ㄏ是和 10 公分相差 0.8 公分，差距更細微。學生判斷相差甚微的長度時，容易做錯。

舉凡物品和指定判斷依據相差 0.2 公分，學生就會錯亂，對長度閾值之量感會有所動搖，無法正確判斷。例如：學生在判斷選項ㄏ（訂書針盒，5.1 公分）是否大於或小於 5 公分時，有 4 位學生將該物品判斷成小於 5 公分長（圖 6）；學生判斷選項ㄏ（大迴紋針長，4.8 公分）是否大於或小於 5 公分長時，有 5 位學生將選項ㄏ歸類成大於 5 公分的物品。分析學生出現上述狀況的原因，可能與學生的量感經驗不足有很大關聯。量感

經驗不足，使學生對於某些量沒有穩定的心像，導致學生在判定接近整公分的長度時，會無法有效判斷該量是否大於或小於指定數值。

圖 6

長度分分看學生答題表現



本研究對象超過半數具備一定的量感，能夠準確判斷長度之閾值。亦有出現量感不穩定或是無法評估其量感的狀況，推測其出現量感不穩定的情形，可能是心中尚無該長度之印象，導致無法藉由內在產生的心像進行閾值判定。另外，題目全錯的學生，研究者探究其原因，可能是這些學生看不懂題目的編排，不能理解當前進行的活動如何操作。研究者透過分析學習單上學生書寫內容，推測學生長度「閾」量感表驗不佳的因素有以下三點：

1. 學生操作時的判斷誤差，接近整公分的長度學生較難以準確判定。
2. 學生未瞭解物品的測量範圍，導致判定錯誤。
3. 學生上課不專心，未聽懂老師上課內容，以致學習單不會寫，進而無法將判定結果填入。

(二) 學生在使用直尺工具前、後對長度的量感

在習寫長度畫畫看學習單的過程中，因學生尚未學習「大約」的概念，半數學生在判斷自己比出且畫出的線段時判斷錯誤。「大約」為當無法測量出整公分時，以最靠近的刻度說明「大約幾公分」。從學生的學習單習寫狀況發現，學生會認為不論長度多長，判斷時若沒有剛好整公分，就會將長度無條件進位至下一個整公分的刻度，亦會出現學生明明畫出整公分，但估測時依然無條件進位至下一個整公分刻度的情形。例如：有 1 位學生在判斷自己比出的 5 公分時，實際上長度為 5.4 公分，但該名學生（圖 7）卻將該長度判定成大約 6 公分。

針對學生會有無條件進位至下一個整公分刻度的狀況，研究者分析與國小低年級數與量的發展有關。依據教育部（2018）《數學領綱》學習內容，可知第一學習階段的學生在數與量的學習是以整數為始。一年級學習數詞序列時，瞭解數的前後關係，直至二年

級才出現「估算」的學習內容。未學習估算技巧前，學生會透過過往學習經驗，將學習數詞序列之概念類比至此，導致明明測得的量不足以一公分，但學生會認為該數值比前一刻度大，所以該數值是前一個刻度後面的整數。

另有 1 位學生（圖 8）在判斷自己比出的 10 公分時，實際長度為 10 公分，但他卻將該長度判定為大約 11 公分。推測其原因，可能是該生未注意自己本身測得的數值是整公分，因為其他題的學習經驗上，有不足以一公分、需要無條件進位的情況，導致該生在該題判斷時，被先前操作經驗影響，所以將數值無條件進位。

圖 7

長度畫畫看學生答題表現

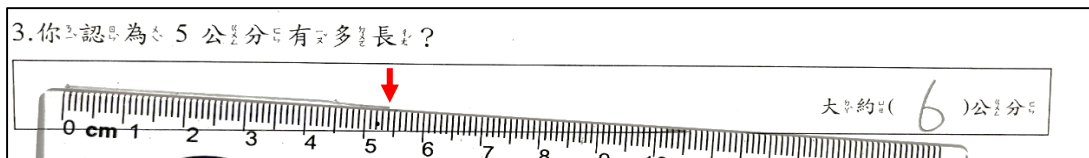
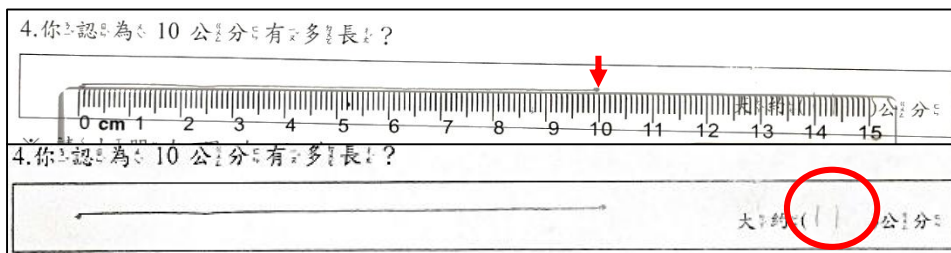


圖 8

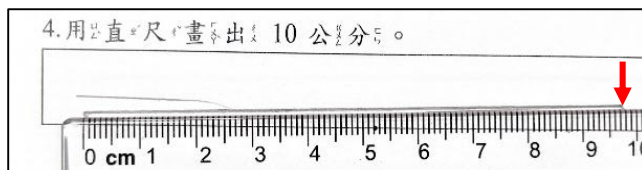
長度畫畫看學生的答案



從長度畫畫看發現，有 2 位學生在畫 1 公分長時，畫成 0.8 公分；有 1 位學生在畫 3 公分長時，畫成 2.7 公分；另有 1 位學生在畫 5 公分時，畫成 4.7 公分；還有 3 位學生在畫 10 公分時，畫成 9.8 公分（圖 9）。由此可知學生在畫線過程中，偶有 0.1 至 0.3 的誤差，推測是學生手部肌肉尚未發育完全，故較精細的動作難免有不準確的情形。

圖 9

長度畫畫看學生答題表現

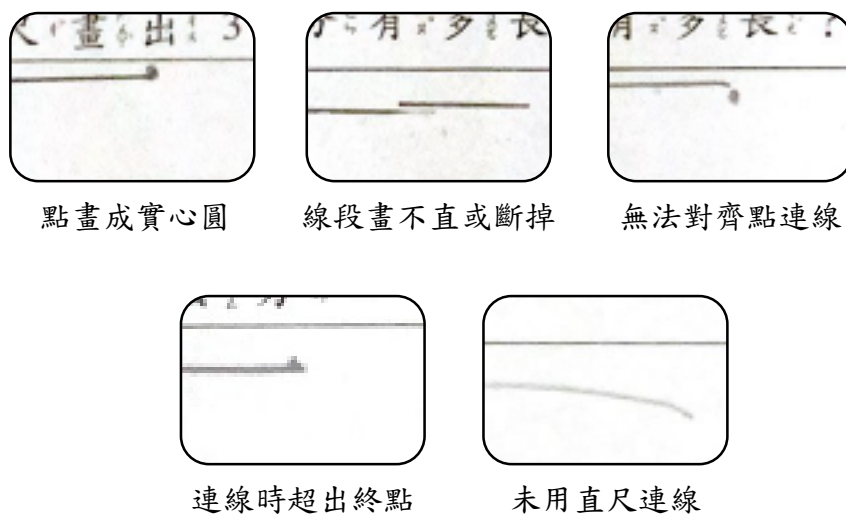


綜合上述活動，研究者觀察分析學生畫線的方式，有以下 5 種特色（圖 10）：

- (1) 點畫成實心圓：學生將起始點或終點畫成一個實心圓圈。
- (2) 線段畫不直或斷掉：學生有使用直尺，但在連線過程沒有壓緊直尺導致畫出來的線段歪斜或是斷掉。
- (3) 無法對齊點連線：學生無法準確對齊終點進行連線，線段與終點有些微的距離。
- (4) 連線時超出終點：學生進行連線時，線段超出終點。
- (5) 未用直尺連線：學生未攜帶直尺，故連線時線段歪曲不平整。

圖 10

學生畫線的 5 種特色



（三）學生透過肢體動作學習單位大小之表現

1. 指出直尺上的一公分

學生在活動一中，觀察方瓦以及直尺，尋找直尺上哪裡有像方瓦邊長一樣是一公分。課室討論的過程中，研究者請學生（圖 11）到投影幕前面向全班指出自己在直尺上所發現的一公分是從刻度幾到幾。從學生的動作姿勢，能夠評量學生是否對一公分在哪裡有深刻瞭解。研究者觀察到學生會先用手指指出某個刻度作為起點，接著手指划到另一個作為終點的刻度。有的學生找到直尺上的一公分為刻度 0 至 1 之間的長度，有的學生找到 5 至 6、7 至 8 等不同刻度間的一公分。肢體動作反映出學生對數學概念的理解，表示他們具有刻度、起點、終點，以及直尺上一公分的基本概念。

圖 11

學生指出直尺上所發現的一公分



2. 運用個人手勢動作比出指定長度

研究者觀察學生透過肢體動作比出指定長度，發現每位學生具備的量感不同，所比出的長度有些微落差，但用手指比畫的手勢動作卻極為相似。如圖 12，學生比出一公分時，都舉起沒有寫字的那隻手進行手勢表現。

圖 12

比出相似的一公分手勢



圖 13

學生比出的五公分



從各個學生比出來的長度，可以觀察到學生對於長度量的認知是否有明確的概念。研究者從其中一位學生所比出的 5 公分（圖 13）和另一位學生比出的 10 公分（圖 14）觀察到，前一位學生比出的長度小於 5 公分，而後一位學生比出的長度則遠大於 10 公分。在較短的距離中，其量感與指定長度相差甚微，但在長距離的表現上，會與指定長度有較大落差。研究者推測當學生心中所需複製一公分的次數越多，越會出現複製上的

誤差，導致出現短距離長度量的量感比長距離的好。

圖 14

學生比出的十公分



圖 15

學生小心翼翼複製方瓦邊長



另從學習策略的角度觀察學生如何運用肢體動作進行長度的比畫，研究者發現學生在比出指定長度時，較憑感覺，不見得理會學習單上提供的參考量。全班僅有 1 位學生透過複製方瓦的邊長，進行長度累加，最後比出指定線段長（圖 15）。這名學生有留意到方瓦這個參考量，對其邊長累加是有感覺的。推測該生的策略為已知方瓦邊長為 1 公分，所以 1 公分就是 1 個方瓦邊長、3 公分是 3 個方瓦邊長，運用長度累加進行類推，最終比出較準確的長度。

3. 用身體的尺進行測量

活動三研究設計課程時，將身體部位的尺「一肘」以及「一掬」作為體驗，從中理解單位與測量次數有何關係。活動過程中要求學生統一測量桌子比較長的那一邊，研究者發現普遍學生都是測量靠近自己那一側的邊長，只有 1 位學生測量離自己稍遠、平行的那一側邊長（圖 16、圖 17）。研究者觀察到因為該名學生測量的邊長與自己身體有些距離，測量過程中幾乎是整個身體彎腰、趴在桌子上測量，為課室間有趣的現象。

圖 16

測量離自己稍遠的桌面邊長



圖 17

測量時手肘對齊桌角



研究者歸納出學生運用自身的身體部位進行測量時有以下策略：

1.測量一開始有將手肘或是手指指尖對齊桌子邊長的一端：

學生在利用自己的肢體進行測量桌子邊長時，會連結上一節課利用直尺進行畫線的經驗，將桌角視為刻度零，測量桌子邊長有幾呎或幾肘長時，手指指尖或手肘皆會小心翼翼對齊桌角再開始測量（圖 18）。

圖 18



非測量的手引導下次對齊的位置

圖 19



測量時指尖對齊桌角

2.測量到一半用身體部位標記下一次要對齊的起點：

學生會運用非測量的那隻手作為測量的輔助工具。測量過程會將非測量的手指在未完成之處，引導自己下一次測量時要對齊哪個位置（圖 19）。或是直接利用測量完第一段的手肘稍作暫停（圖 20），再使用非測量的手指出下一次測量要對齊的位置。兩種方式都有運用到非測量工具的那隻手，充分運用自身身體部位進行測量。

圖 20

測量時手肘稍作暫停



圖 21

撐開的手指幾乎貼齊桌子



3.每次的測量皆保持同一單位進行測量：

學生利用自己身體部位進行測量時，因手肘的長較直且易於固定，較不會留意到測量時使用的單位長是否一致。但在透過一扞進行測量時，有些學生會留意自己每次用一扞做出來的長度有沒有一樣，甚至將手指撐開到幾乎貼齊桌子（圖 21）。此外，學生分別利用捏指法與轉來轉去法時，學生觀察到採用轉來轉去的方式在操作上不會形成誤差，但在使用捏指法時，學生須留意捏起來的指尖之間是否有無空隙，無空隙才能測得較準確。

4.利用未測量的手累計長度：

活動進行中也觀察到部分學生會善用沒有當測量工具的手進行次數的累數(圖 22)。測量一次，就將非測量工具的手擺在底下輔助，引導自己測量一次就累數一次。

圖 22



使用非測量的手進行次數的累數

學生運用自身的一肘長以及一掬長所產生的測量誤差成因，分析如下：

- 1.未將手肘或是手指對齊桌角進行測量，導致有測量誤差。如圖 23、24。分析學生出現該類型誤差，可能與測量技巧的不熟悉有關。直尺的測量技巧未類比至身體尺的測量，導致測量時出現起點未對齊的情況。

圖 23

測量時手肘未對齊桌角



圖 24

測量時指尖未對齊桌角



- 2.測量單位的長度大小不一，導致每一次的測量的單位不同而產生誤差。如圖 25、26。分析學生出現該類型的測量誤差，與不熟悉直尺上的每一公分皆為相同單位有關係。學生未將直尺上刻度皆為相同單位之概念類比至使用身體尺。

圖 25

測量時未將每一掬撐到最開



圖 26

測量時手指捏起時有誤差



本研究在教學過程中，教師有透過全身性的肢體動作示範測量誤差會使結果不同，讓學生觀察並藉此引導學生在測量時如何減少誤差。

(四) 長度保留與單位大小之體驗

研究者在活動三安排用身體部位測量桌子長度，同時也透過實物包讓學生體驗長度保留以及單位大小對測量次數的關係。研究者觀察到學生有兩種主要的測量方式，一種

是將所有操作工具平穩放在桌子上進行長度累積（圖 27），另一種是將操作工具拿在手上，在空中進行測量（圖 28）。分析學生選擇不同測量方式的原因，跟學生的學習風格有關。較謹慎的學生傾向於將物品放在桌上仔細測量，而較活潑的學生傾向於將物品拿在手上測量。

過程中也出現測量上的錯誤類型，有 1 位學生將智高積木突起的部分算入單位長，導致在測量過程中的測量次數不正確（圖 29）。此外，有些學生發現到粉筆長度以及欲測試的紙條長度一樣長，頭部不停的來回擺動、眼神不停觀察兩物，形成有趣的現象。

圖 27

在桌面上進行長度累積



圖 28

在空中進行長度累積



圖 29

智高積木突起的部分算入單位長



學生透過肢體動作學習長度知識所帶來的影響說明如下：

（一）長度量感表現

「量感」是「準確運用量」的直覺，可由借助身邊具體形象的事物，豐富對測量單位的直觀感知。個體讓大腦能藉由多種感官知覺獲得訊息，並將多元訊息進行參照處理，幫助抽象符號或概念與外在具體物件互相連結，進而促進學習。學生實際在體現認知數

學活動初期的量感表現，多數具備不穩定的量感，於活動一判斷長度閾值時有混亂的現象。教師應建立多個參考量，培養學生的量感。也因數學量感源自於生活量感，故研究者在活動一的實物包安排許多學生在生活中常見的物品。活動一藉由體現認知的教學設計，讓學生透過大量的動手操作，使感覺與大腦訊息不停連結，提升學生的量感。

由於活動一要操作的物品較多元，衍伸出學生在操作過程中易被其他物品吸引，專注度不集中。然而活動一操作耗時，實施過程中途有遇到下課時間，影響學生學習情緒，學生因而靜不下心。未來應將活動一拆分成兩節課進行，一堂課針對認識一公分、體驗一公分的量感為主；另一節課著重在不同物品的長度閾值判斷。如此一來才能讓學生充分感受一公分的量，強化對於量的感知。也讓學生有充裕的時間充分理解所要判斷之物品長度範圍，以及能夠靜下心來思考其閾值。此外，教師也要熟悉課程操作流程，避免指導語的不明確進而影響學生閾值判斷的結果。

活動二中，研究者發現不同的學習策略，會對學生學習成效有影響。憑感覺比畫指定長度的學生，心中複製一公分的能力較不穩定，出現結果較不準確的情形。而全班僅一位利用手指進行參考量複製的學生，透過手眼協調加深量感，較能準確複製出指定長度。因此教師在帶領學生進行活動二時，要多引導學生發現參考量的重要性，使學生能使用更佳的學習策略進行學習。

針對學生利用直尺進行畫線，則發現學生畫較長的長度畫得較準確，研究者推測可能與學生手部肌肉發展有關，在短距離的作圖中，易有誤差。研究結果驗證黃幸美(2004, 2016)以及 Wagner 與 Davis (2010) 所言：若缺乏量感或涉及更多步驟的操作，則估測結果的準確性也較低。就算測量後判讀的量有誤差或是對「大約」的判斷具有迷思概念，全班仍有半數學生比出和測出的長符合指定長度，可見學生具有一定程度的量感。

學生對於長度量有直觀的想法，會將自己感受到的量以感嘆的方式與全班分享，使全班能夠交流彼此對量的感受。學生在操作過程中也有機會觀察別人如何進行體現認知活動的操作，而不是自己著手進行，這樣的作法亦可以提高學生數學理解力 (Duijzer et al., 2019)。

(二) 肢體動作與長度概念之體現

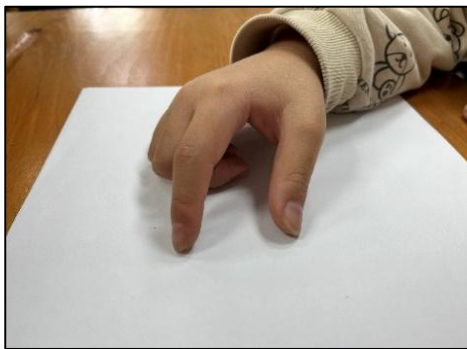
體現認知屬於表徵的一種，可以代表或是呈現某些事物。手勢是學習上重要的中介，學生能用來進一步探索、定向操作數位科技以及共享符號概念。

學生在活動一從直尺上找尋一公分可以利用哪兩個刻度做出來時，學生會使用食指

指出自己找到的刻度為哪兩個。在投影幕前比畫給大家看時，學生會用食指從第一個刻度划過去另一個刻度，用這樣的動作告知全班這樣的距離為一公分。該動作符合 Shvarts 等人 (2021) 提出促進數學的體現之方式，取決於老師是否靈活通過引入子任務來調節學生的意向性並通過指向手勢或口頭表達。

從習寫活動二—長度畫畫看學習單的過程中，研究者觀察到學生比出長度的手勢習慣以大拇指與食指張開的方式做出指定長度。當要做出短距離時，食指與大拇指呈現彎曲狀，虎口呈現圓弧狀 (圖 30)；當要做出長距離時，食指與大拇指會伸直，虎口呈現鈍角三角形 (圖 31)。證實了 Abrahamson 等人 (2020) 手勢能揭示學生的思維，反映對複雜任務的圖示化。學生除了自己比出指定長度之外，還搭配同儕互動，跟同儕一起合作比出指定長度。過程中學生們為了要做出接近老師指定的長度，會互相討論該如何做得更準確。

圖 30



學生比短距離時的手勢變化

圖 31



學生比長距離時的手勢變化

活動三中學生透過自己身體的一肘與一掬作為單位，進行桌子邊長的測量。測量過程中學生使用長度保留概念，以及結合測量物品時要對準其開頭的方式進行操作。並從後續討論讓學生理解每個人的一肘或是一掬長度不同，代表單位不同，因此測量次數各異。驗證數學關係一開始會以感覺運動任務形式出現，接著導師透過要求學生反思他們的感覺運動策略來調整任務 (Flood, 2018)。學生操作過程中，身體動作會讓學生有感覺記憶，建立目標感知與動作循環的耦合 (Shvarts et al., 2021)。故後續研究者提到之前曾經操作過此活動，學生對單位大小會影響測量次數有印象，也能憶起曾經用身體的尺測量桌子邊長的活動。符應文獻中學生透過感覺動作可以降低大腦的能量或是認知負荷，幫助大腦進行更多的認知程序，進而幫助解題能力發展。也證實學生在老師的幫助下，能夠透過修改和內化過程幫助學習。

伍、結論與建議

根據研究結果歸納出本研究的結論如下：

一、體現活動實施後，學生在「長度操作測驗」的表現有顯著進步

經由「長度操作測驗」前測的結果發現，學生對於長度概念較無相關先備經驗，以致前測表現未及格。體現認知數學活動採取多模態的學習方式，給予學生和生活連結的實作機會。學生透過肢體動作進行學習，加深長度量的經驗連結。透過親自測量以及感受量，使學生在學習上能與環境、人工製品耦合，從中習得長度相關知識，進而形成認知。「長度操作測驗」後測的結果發現，學生在作答正確率各方面有進步，班平均表現及格，顯示體現認知數學活動具有成效，可引導學生增進長度單元的知識。

二、體現活動提供操作機會，促進生活經驗連結，增長學生的長度知識

學生在長度概念因與個人經驗連結較弱，易出現迷思概念。體現認知數學活動的設計是從給定方瓦的行動開始，建立學生一公分長度量的經驗，接著使用學生的學用品進行長度閾值的判斷，再請學生結合自身量感與肢體畫出指定線段，進而習得直尺操作方式。隨後採用身體尺（一掬、一肘）測量給定物體的長度，從而感知單位大小會影響測量次數。透過課室的觀察、各活動學習單等資料中皆能證實體現認知數學活動讓學生以多模態的方式學習，不僅透過肢體動作增進學生的量感，也運用人工製品進行長度知識的學習。

就教學方面提出建議如下：

（一）體現認知數學活動之課程安排需考量到學生的數學程度

「操作」在低年級學習數學過程中，是重要的學習策略。體現認知數學活動讓學生透過肢體動作與人工製品互動，進而產生長度知識。本研究當初設計體現認知數學活動一時，因高估學生的程度，以為學生能夠輕易聽懂教師的引導從而判斷閾值，但結果發現學生實際上的認知理解能力與教師想像有落差，導致結果不如預期，從而不斷修正教學方式。故教師在設計課程時，需考量到自身班級學生的程度，避免體現認知數學活動之操作難度太高，造成學生額外的認知負荷。

（二）體現認知數學活動雖然有趣，但教師需要安排較多時間去實施

體現認知數學活動因使用自身肢體動作搭配人工製品進行操作與學習，與使用傳統教科書的學習不同。體現認知數學活動使學生邊做邊學，學生在課堂上是很充實、有趣的。根據活動一，因學生一開始較不習慣脫離教科書學習數學知識，故教師需要花較多

時間與心思去引領學生操作，學生也要一段吸收新知的時間，因此在時間安排上需要延長該單元的教學時數，才能有效促進學生的學習成效。

就未來研究方面提出建議如下：

(一) 未來研究者可設置實驗組與對照組，比較兩組學生在「長度操作測驗」的學習成效差異

本研究因研究對象背景之限制，無法進行實驗組與對照組的設計。希望未來研究者能突破此限制，擴大研究樣本，設計實驗組與對照組，以增強本研究之結果。

(二) 未來研究者可採用不同單元，設計體現認知數學活動，證實體現認知數學活動之有效性

本研究因研究對象為二年級學童，在內容的設計與呈現較為簡單。若未來研究者能夠針對中高年級的幾何單元，設計出符合體現認知理論的活動，證實體現認知數學活動的有效性，使得這方面的研究資料更為完善。

誌謝

本文感謝在研究中參與協助的國小師生。特別感謝匿名審查者與編輯委員提供之修正建議，使本文能更臻完善。

參考文獻

- 吳美瑤 (2019)。認知與學習的新觀點：體現認知在課程與教學之應用。《課程與教學季刊》，23 (1)，193-216。 [http://doi.org/10.6384/CIQ.202001_23\(1\).0008](http://doi.org/10.6384/CIQ.202001_23(1).0008)
- 林勇吉 (2021)。數學與肢體運動：應用「體現認知」於數學教學。《臺灣數學教師》，42 (1)，17-28。 [http://doi.org/10.6610/TJMT.202104_42\(1\).0002](http://doi.org/10.6610/TJMT.202104_42(1).0002)
- 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—數學領域。教育部。 https://www.k12ea.gov.tw/files/class_schema/課綱/12-數學/12-1/十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—數學領域.pdf
- 陳嘉皇、梁淑坤 (2014)。表徵與國小學生代數思考之初探性研究。《教育研究集刊》，60 (2)，1-40。
- 陳嘉皇、梁淑坤 (2015)。姿勢、言辭表徵與代數思考之研究。《教育學報》，43 (1)，103-127。
- 黃幸美 (2004)。《兒童的數學問題解決與思考》。心理出版社。
- 黃幸美 (2016)。學童估測長度、面積與體積的表現與策略使用之探討。《教育科學研究

期刊, 61 (3), 131-162。 [http://doi.org/10.6209/JORIES.2016.61\(3\).05](http://doi.org/10.6209/JORIES.2016.61(3).05)

- Abrahamson, D., Nathan, M. J., Williams-Pierce, C., Walkington, C., Ottmar, E. R., Soto, H., & Alibali, M. W. (2020). The future of embodied design for mathematics teaching and learning. *Frontiers in Education*, 5. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00147>
- Breive, S. (2022). Abstraction and embodiment: exploring the process of grasping a general. *Educational Studies in Mathematics*, 110(2), 313-329.
- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G. R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Freund, H. J. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: An fMRI study. *European Journal of Neuroscience*, 13(2), 400-404. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2001.01385.x>
- Dackermann, T., Fischer, U., Nuerk, H. C., Cress, U., & Moeller, K. (2017). Applying embodied cognition: from useful interventions and their theoretical underpinnings to practical applications. *ZDM*, 49, 545-557.
- Duijzer, C., Van den Heuvel-Panhuizen, M., Veldhuis, M., Doorman, M., & Leseman, P. (2019). Embodied learning environments for graphing motion: A systematic literature review. *Educational Psychology Review*, 31, 597-629. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09471-7>
- Flood, V. J. (2018). Multimodal revoicing as an interactional mechanism for connecting scientific and everyday concepts. *Human Development*, 61(3), 145-173. <https://doi.org/10.1159/000488693>
- Fortman, J., & Quintana, R. (2023). Fostering collaborative and embodied learning with extended reality: Special issue introduction. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 18(2), 145-152.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. University of Chicago Press.
- McNeill, D. (2005). *Gesture and thought*. University of Chicago Press.
- Núñez, R. E., Edwards, L. D., & Filipe Matos, J. (1999). Embodied cognition as grounding for situatedness and context in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 39(1), 45-65. <https://doi.org/10.1023/A:1003759711966>
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1969). *The psychology of the child*. Basic Books.
- Shvarts, A., Alberto, R., Bakker, A., Doorman, M., & Drijvers, P. (2021). Embodied


- instrumentation in learning mathematics as the genesis of a body-artifact functional system. *Educational Studies in Mathematics*, 107(3), 447-469.
- Sriraman, B., & Wu, K. (2020). Embodied cognition. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 266-268). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_179
- Tran, C., Smith, B., & Buschkuehl, M. (2017). Support of mathematical thinking through embodied cognition: Nondigital and digital approaches. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s41235-017-0053-8>
- Wagner, D., & Davis, B. (2010). Feeling number: grounding number sense in a sense of quantity. *Educational studies in Mathematics*, 74, 39-51.
- Wilson, A. D., & Golonka, S. (2013). Embodied cognition is not what you think it is. *Frontiers in psychology*, 4, 35621. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00058>

附錄 1 學習單一長度分分看

長 度 分 分 看

二年級甲班 座號： _____ 姓名： _____

※ 右圖是正方形，它的每一邊長都是 1 公分。



※ 請小朋友比較看看以下物品長度，進行分類。

勺 橡皮擦	尺 智高積木	門 筷子	口 電池
勺 彩色筆	衣 訂書針盒	弓 課本的厚度	力 粉筆
《 牛奶的高	巧 大迴紋針長	厂 小迴紋針長	日 鉛筆的寬度

1. 這些物品，你覺得比 1 公分小的有哪些？比 1 公分大的有哪些？

比 1 公分「小」	比 1 公分「大」

2. 這些物品，你覺得比 3 公分小的有哪些？比 3 公分大的有哪些？

比 3 公分「小」	比 3 公分「大」

3. 這些物品，你覺得比 5 公分小的有哪些？比 5 公分大的有哪些？

比 5 公分「小」	比 5 公分「大」

4. 這些物品，你覺得比 10 公分小的有哪些？比 10 公分大的有哪些？

比 10 公分「小」	比 10 公分「大」

附錄 2 學習單一長度畫畫看

長度的畫畫看

二年級甲班 座號： _____ 姓名： _____

※ 右圖是正方形，它的每一邊長都是 1 公分。



※ 請小朋友比比出有多長，再按照步驟畫出指定長度。

四、題畫完用直尺測量實際長度。

1. 你認為 1 公分有多長？

_____ 大約()公分

2. 你認為 3 公分有多長？

_____ 大約()公分

3. 你認為 5 公分有多長？

_____ 大約()公分

4. 你認為 10 公分有多長？

_____ 大約()公分

※ 請小朋友用直尺畫出指定長度。

1. 用直尺畫出 1 公分。

2. 用直尺畫出 3 公分。

3. 用直尺畫出 5 公分。

4. 用直尺畫出 10 公分。

附錄 3 學習單一長度量看

長度測量看

二年級甲班 座號： _____ 姓名： _____

※ 請小朋友想想看，如果用自已的一一肘以及一一杈測量桌子有多長，應該會多長呢？將估計的結果記錄下來。

測量工具： 一一肘長	測量工具： 一一杈長
我認為桌子應該有 () 肘長	我認為桌子應該有 () 杈長

※ 接下來，請小朋友利用自已的一一肘和一一杈測量桌子長度，並將結果記錄下來。

測量工具： 一一肘長	測量工具： 一一杈長
實際測量後，大約 () 肘長	實際測量後，大約 () 杈長

※ 請小朋友利用實物包裡裡面的物品，測量紙條長度。

測量工具	量了幾次
長 1 公分的方瓦	量了 () 次
長 2 公分的智高積木	量了 () 次
長 8 公分的粉筆	量了 () 次

1. 紙條實際長度為 () 公分。
2. 我們可以發現：

測量單位越 ()，測量的次數就會 ()。

測量單位越 ()，測量的次數就會 ()。

附錄 4 長度操作測驗前測卷

前測卷

二年級甲班 座號：_____ 姓名：_____

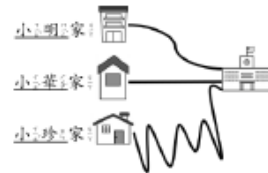
一、是非題 (紅色題號為本論文中提及之試題編號)



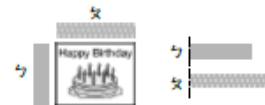
- 1. () 測量線段長時，要將某一點對齊直尺上的刻度 0，當另一點落在直尺上的刻度 5，表示線段長 5 公分。
- 2. () 刻度 1 和 4 之間的距離是 4 公分。
- 3. () 比較物品長短時，不用對齊物品的其中一邊，就可以做比較。

二、選擇題

- 4. () 右圖是小明、華華、珍珍三人的家到學校的路線。請問誰家走到學校的距離最短？
(1) 小明 (2) 華華 (3) 珍珍。



- 5. () 右圖的卡片中，哪一條邊比較長？
(1) ㄅ (2) ㄆ (3) 一樣長。



三、填充題

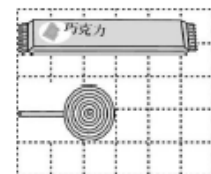
※ 看右圖回答問題。

- 6. () 枝鉛筆的長度跟 () 把剪刀的長度一樣長。
- 7. () 根彩色筆的長度和 1 枝鉛筆一樣長。





※ 看右圖回答問題。

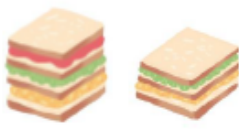
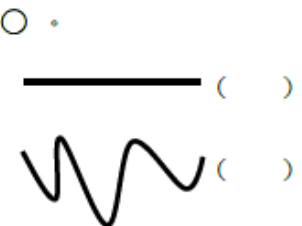

- 8. 棒棒糖和 () 個格子一樣長。
- 9. 巧克力大約和 () 個格子一樣長。



※ 判斷線段有多長。

<p>5. 10</p>  <p style="text-align: right;">大約 () 公分</p>	<p>6. 11</p>  <p style="text-align: right;">大約 () 公分</p>
--	---

四、配合題

<p>12 1.把比較薄的圖起出來。</p> 	<p>13 2.把直線打√，曲線畫○。</p> 	<p>14 3.把最高的打√，最矮的畫○。</p> 
	() ()	() () ()

五、畫圖題

15 1.請用直尺畫出 7 公分的距離。

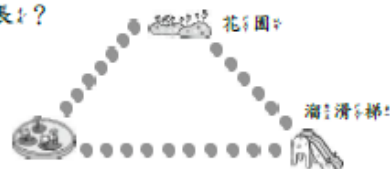
16 2.請用直尺畫出 17 公分的距離。

六、應用題

17 1.右圖是樂樂公園的路線圖，●表示一腳印的長。小美要從池塘開始，經過花園，最後來到溜滑梯，請問要走幾個腳印的長？

算式：()

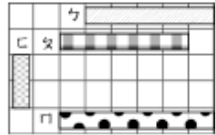
答：() 個腳印的長。



18 2.最長的彩帶比最短的彩帶多幾格長？

算式：()

答：多 () 格長。



七、問答題



- 19** 1.直尺上的數字叫做 ()。
- 20** 2.直尺上數字和數字之間的長度叫做 ()。

附錄 5 長度操作測驗後測卷

後測卷

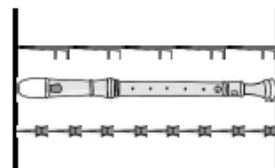
二年甲班 座號： _____ 姓名： _____

一、是非題 (紅色題號為本論文中提及之試題編號)

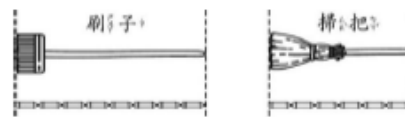
1. () 如果要測量臺中到臺北的距離，適合用「公分」進行測量。
2. () 我們可以用神奇寶尺上的刻度 4 和 13，畫出 9 公分的長度。

二、選擇題

3. () 5 枝牙線棒的長度和 8 個圖釘的長度合起來是幾根直笛的長度？
(1) 1 根 (2) 2 根 (3) 3 根。



4. () 右圖是牙刷子和掃把，請問牙刷子比掃把多幾根鉛筆長？
(1) 1 根鉛筆長 (2) 2 根鉛筆長 (3) 3 根鉛筆長。



三、填充題

* 方瓦的邊長是 1 公分。



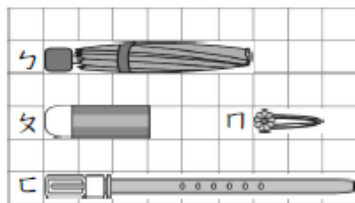
5. 用 13 個方瓦接起來的長度是 () 公分。
6. 用 20 個方瓦接起來的長度是 () 公分。

* 判斷以下物品有多長。

<p>7. 牙膏的長度大約 () 公分。</p>	<p>8. 木瓜的長度大約 () 公分。</p>
---------------------------	---------------------------

四、配合題

1. 一個格子邊長是 1 公分，請依據物品長度，判斷其長度大於或小于 5 公分，將答案填入下方表格中。



- 9 牙刷 10 橡皮擦 11 髮夾 12 皮帶

長度大於 5 公分	長度小於 5 公分

五、畫圖題

13. 請用神奇寶尺畫出 10 公分的距離。

14. 請用神奇寶尺畫出 21 公分的距離。

六、應用題

15. 婷婷有 6 公分的緞帶，鈺鈺有 8 公分的緞帶，請問兩人合起來有幾公分的緞帶？

算式：()

答：合起來有 () 公分的緞帶。

16. 拉爾有 19 公分的繩子，綁包裏用掉了 11 公分，請問拉爾還有幾公分的繩子？

算式：()

答：拉爾還有 () 公分的繩子。

17. 緩緩測量教室桌子的長度有 3 肘長，如果兩張桌子併在一起，會有幾肘長？

算式：()

答：有 () 肘長。

18. 兩琪發現書本的其中一邊長 21 公分，另一邊長 13 公分，請問書本兩邊邊長相差幾公分？

算式：()

答：相差 () 公分。

七、問答題



19. 直尺上的數字叫做 ()。

20. 直尺上數字和數字之間的長度叫做 ()。