

การใช้กระดานปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด ตามแนวคิดการใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho)

ปิยมนัส วรวิทย์รัตนกุล¹

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รับต้นฉบับ: 29 มิถุนายน 2560 รับตีพิมพ์: 8 กันยายน 2560

บทความวิชาการ

บทความนี้นำเสนอแนวคิดในการใช้กระดานปฏิสัมพันธ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิดตามแนวคิดการใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho) โดยทั่วไปกระดานจะถูกนำมาใช้เป็นสื่อหลักในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน นอกจากจะเป็นพื้นที่ในการสื่อสาร อันได้แก่ข้อความ รูปภาพหรือสัญลักษณ์ต่างๆ และเป็นการบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนแล้ว กระดานยังเป็นพื้นที่ทางความคิดที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ให้ครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ซึ่งอาจกระตุ้นความคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนการสอนด้วยวิธีการแบบเปิด ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ 1) การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน 3) การอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน และ 4) การสรุปเชื่อมโยงแนวคิดของผู้เรียนที่ปรากฏขึ้นในชั้นเรียน การใช้พื้นที่ของกระดานโดยแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ตามกระบวนการเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด ส่วนทบทวนบทเรียนและนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด ส่วนนำเสนอคำสั่งของกิจกรรม ส่วนการวางตำแหน่งในการเลือกและจัดลำดับการนำเสนอผลงานของผู้เรียน และส่วนสรุปบทเรียน นอกเหนือจากการเขียนธรรมดาแล้วกระดานปฏิสัมพันธ์ (IWB) สามารถมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบได้จากสื่อ Interactive PowerPoint

คำสำคัญ: กระดานปฏิสัมพันธ์ คณิตศาสตร์ วิธีการแบบเปิด การใช้กระดานแบบญี่ปุ่น

¹ การติดต่อและการร้องขอบทความนี้ กรุณาส่งถึงนายปิยมนัส วรวิทย์รัตนกุล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

e-mail: piyamanasv@psru.ac.th

DOI: 10.14456/eduprsu.2017.6

Using Interactive Whiteboard (IWB) in Mathematics with an open approach based on the Bansho concept

Piyamanas Voravitrattanakul¹

Pibulsongkram Rajabhat University

Received: 29 June 2017 Accepted: 8 September 2017

Academic Article

This article presents the concept of using IWB in mathematics with an open approach based on the Bansho concept. IWB not only transfers messages such as text, pictures or symbols and records the situation that happened in the classroom, but also be a thinking space that's open for students to present their mathematical ideas to teacher and classmates. Mathematical ideas may be sparked by using an open approach learning that consists of: 1) posing open-ended problem 2) students' self-learning 3) whole-class discussion and comparison and 4) summary through connecting students' mathematical ideas emerged in the classroom. Using the board divided into 4 sections follows an open approach learning ;review the lesson and present an open-ended situation, present the activities, posing the mathematical ideas of the students, and summary. In addition to writing normally, IWB can interact with Interactive Media such as Interactive PowerPoint (IPPT).

Keyword: interactive white board, mathematic, open approach, Bansho

¹Correspondence concerning this article and requests for reprints should be addressed to Piyamanas Voravitrattanakul
Faculty of Education, Pibulsongkram Rajabhat University e-mail: piyamanasv@psru.ac.th

บทนำ

คณิตศาสตร์มีความสำคัญในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข คณิตศาสตร์มีบทบาทในการพัฒนาความคิดมนุษย์ ช่วยให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ มีเหตุผล คิดอย่างเป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง และยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่นๆ ในการพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ให้ดียิ่งขึ้น (กรมวิชาการ, 2551) จึงควรให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์

ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีกระดานเป็นสื่อหลักในการจัดกิจกรรม โดยครูจะใช้กระดานในการเขียนโจทย์ปัญหา และแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา จากนั้นผู้เรียนจะจดบันทึกตามตัวอย่างและแก้ปัญหาตามจากกระดาน ซึ่งการใช้กระดานเป็นสื่อหลักในลักษณะนี้ไม่ได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาวิธีการคิดหรือการแก้ปัญหาด้วยตนเอง (ชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และเจนสมุท ธแสงพันธ์, 2556) การเรียนของผู้เรียนจากการทำโจทย์หรือแบบฝึกหัดตามจากกระดานจะเน้นการคำนวณและเทคนิคการทำโจทย์ปัญหาให้ได้ ในระยะสั้นเพื่อเตรียมตัวสอบมากกว่าเน้นกระบวนการเรียนรู้หรือวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียน (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2549) ซึ่งสามารถเน้นวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical concepts) โดยผ่านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่สำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์ เพราะการสื่อสารจะเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสะท้อนความคิด และขยายความเข้าใจของพวกเขาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ และข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ (Ontario Ministry of Education, 2005 cited in Literacy and Numeracy Secretariat, 2011) นอกจากการใช้กระดานในชั้นเรียนในการแสดงโจทย์และการแก้ปัญหาแล้ว กระดานยังมีบทบาทที่สำคัญในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน ในประเทศญี่ปุ่นมีแนวคิดหนึ่งที่ทำให้ความสำคัญกับการวางแผนการใช้กระดานเป็นอย่างมากในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน ซึ่งเรียกว่า Bansho (板書) (ชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และ เจนสมุท ธแสงพันธ์, 2556)

การใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho) เป็นกลยุทธ์การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพสำหรับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และรวมถึงการแก้ปัญหา (Literacy and Numeracy Secretariat, 2010) โดยมี การวางแผนการเตรียมความพร้อม และการดำเนินการ ซึ่งจะกระตุ้นการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้ชัดเจนมากขึ้นผ่านการจัดระบบและองค์ประกอบบนกระดาน (ชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และ เจนสมุท ธแสงพันธ์, 2556) การใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho) จะมีหน้าที่เป็นสื่อเพื่อช่วยการดำเนินกิจกรรมทางการเรียนในแง่มุมต่างๆ เช่น การบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ช่วยให้ผู้เรียนจำสิ่งที่ผู้เรียนต้องทำและคิด ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงของส่วนต่างๆ ของบทเรียน และความต่อเนื่องของบทเรียน นอกจากนี้ยังใช้เป็นพื้นที่สำหรับการอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนนำเสนอและเป็นการจัดระบบการคิดของผู้เรียนและพัฒนาแนวคิดใหม่ๆ กระดานอาจถูกใช้โดยการเขียน หรือติดแผนภาพ หรือผลงานสำหรับนำเสนอ ซึ่งหากที่ชั้นเรียนมี

กระดานปฏิสัมพันธ์ก็สามารถใช้ประโยชน์ และคุณสมบัติของกระดานปฏิสัมพันธ์ ในการส่งเสริมการคิดทางคณิตศาสตร์ ให้มีความชัดเจนมากขึ้น

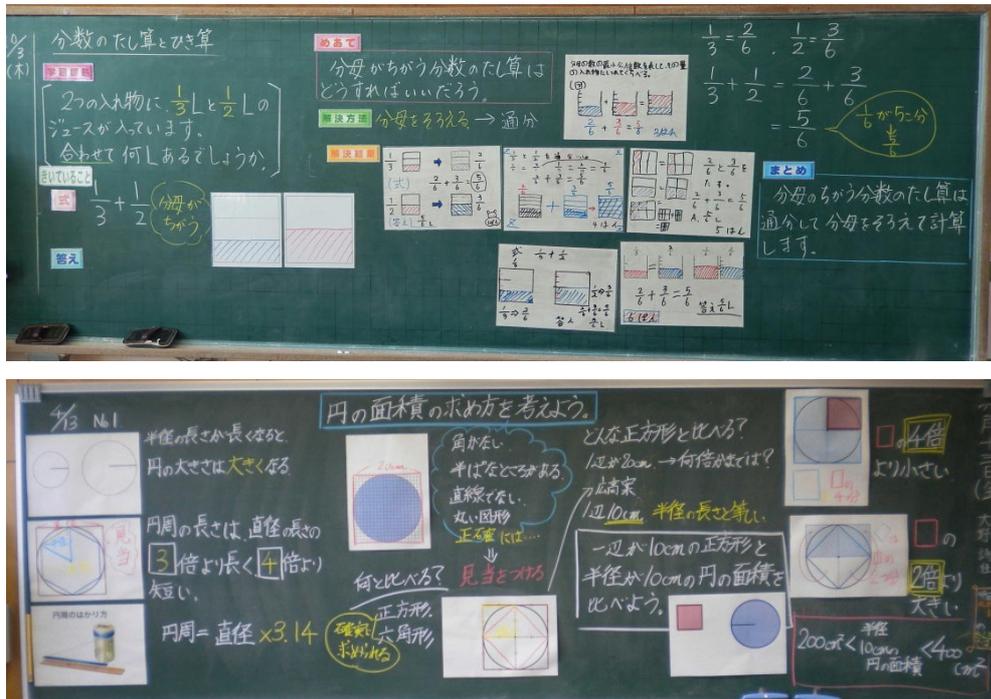
กระดานปฏิสัมพันธ์ (Interactive Whiteboard: IWB) ซึ่งในบทความนี้จะเรียกว่า กระดาน IWB เป็นฉากสำหรับรับภาพที่ฉายจากเครื่องโปรเจคเตอร์และมีสายสัญญาณเชื่อมต่อเพื่อส่งสัญญาณกลับไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถใช้ควบคุมและสั่งงานได้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบบนกระดาน (Manny-Ikan et al., 2011; ปิยมนัส วรวิทย์รัตนกุล, 2558) กระดาน IWB สามารถเพิ่มการโต้ตอบระหว่างผู้เรียน ปฏิสัมพันธ์เกี่ยวกับการเรียนการสอนมากขึ้น นำไปสู่การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกันและระหว่างผู้เรียนกับครูมากขึ้นและเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์และการเรียนรู้แบบร่วมกัน (Collaborative Learning) (Manny-Ikan, et al., 2011; Smith, Hardman, & Higgins, 2006; Martin, et al., 2014; Patricia, 2014; เพ็ญศรี ศรีสวัสดิ์, 2556)

การบูรณาการการเรียนการสอนโดยใช้กระดาน IWB ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิดตามแนวคิดการใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho) แม้ว่าจะยังไม่พบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเรียนการสอนแบบปกติ แต่ในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับการใช้กระดาน IWB ที่มีคุณสมบัติและคุณลักษณะการทำงานที่สามารถตอบสนอง เขียนสิ่งต่างๆ แทรกรูปภาพ หรือเตรียมสื่อต่างๆ รวมถึงการบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการเรียนการสอน จะช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงและความต่อเนื่องของส่วนต่างๆของบทเรียน อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้ครูผู้สอนเข้าใจวิธีคิดของผู้เรียนในการแก้ปัญหาที่แสดงออกมาในชั้นการนำเสนอ (ชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และ เจนสมุท แสงพันธ์, 2556)

การใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho)

Bansho เป็นคำในภาษาญี่ปุ่นว่า 板書 (แบนโซ) เกิดจากการรวมคำ 2 คำคือคำว่า 板 (ban) ซึ่งหมายถึง กระดาน และคำว่า 書 (sho) หมายถึง การเขียน (Kamoda, 2011 อ้างถึงในชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และ เจนสมุท แสงพันธ์, 2556) เมื่อรวมกันจึงมีความหมายทั่วไปว่าหมายถึง การเขียนกระดาน (Board Writing) หรือการใช้กระดานนั่นเอง แต่ในความหมายเฉพาะหรือความหมายอย่างแคบ จะหมายถึง การเขียนกระดานที่ครูจะไม่ลบสิ่งที่ตนเองเขียนไว้ระหว่างการสอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงในส่วนต่างๆ ของบทเรียนและความต่อเนื่องของบทเรียน (Yoshida, 2008 อ้างถึงในชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และเจนสมุท แสงพันธ์, 2556)

นอกจาก Bansho จะหมายถึงการเขียนหรือการใช้กระดานแล้วนั้น ยังมีความหมายรวมถึงการจัดการการวางองค์ประกอบเกี่ยวกับกระดานดำ (Ninomiya, 2010 อ้างถึงใน ชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และ เจนสมุท แสงพันธ์, 2556) การติดเส้น รูปภาพ หรือตารางต่างๆ บนกระดานดำ เพื่อแสดงสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ กราฟ หรือไดอะแกรมที่แสดงขั้นตอนวิธีการ (ชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และเจนสมุท แสงพันธ์, 2556)



ภาพ 1 แสดงตัวอย่างการใช้กระดานแบบญี่ปุ่น Bansho

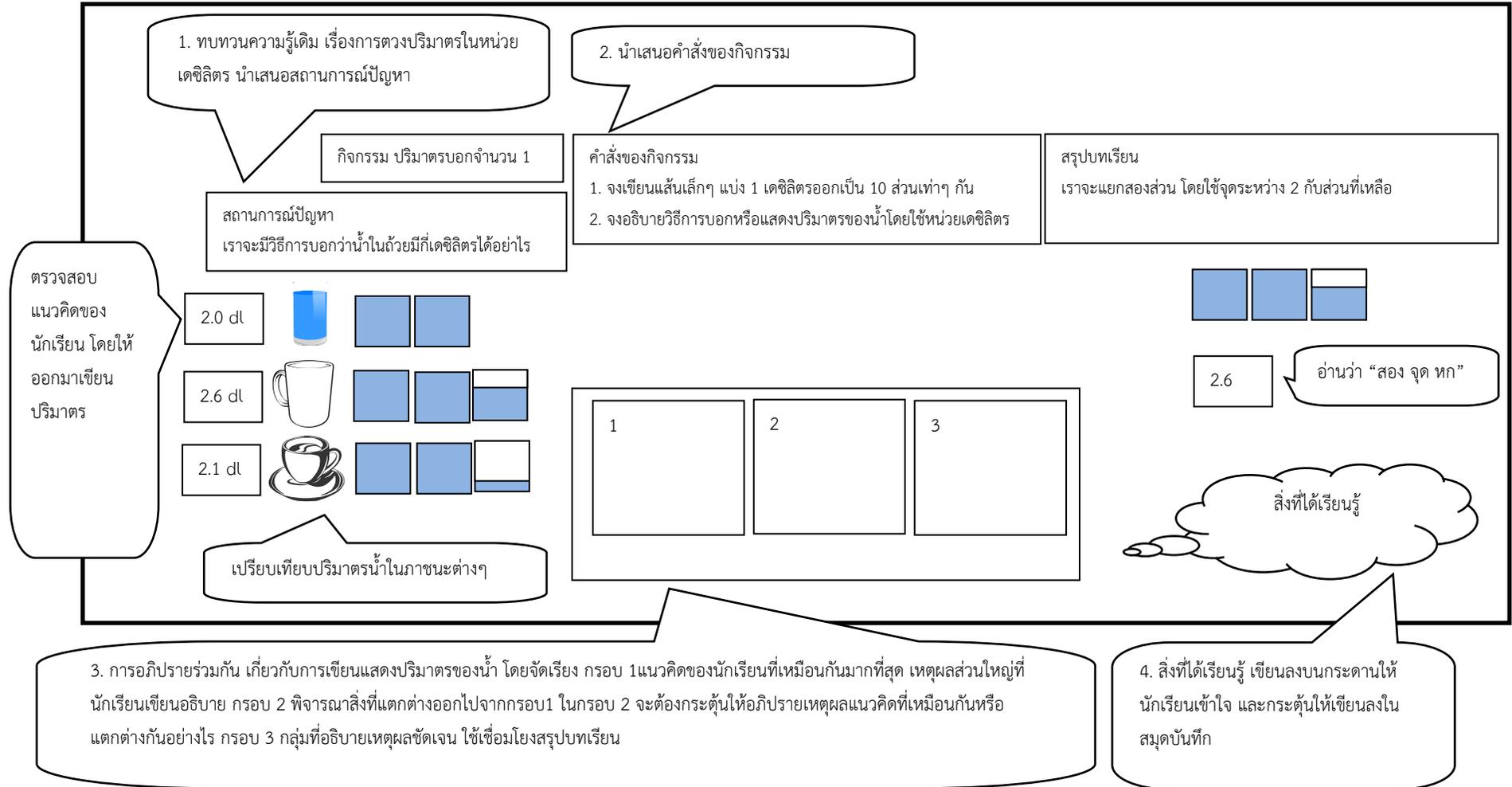
(ที่มา: <http://www.city.izumi.kagoshima.jp/>)

การนำแนวคิดการใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho) มาใช้ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ จะช่วยส่งเสริมการเรียนการสอนได้หลายประการ (Yoshida, 2002 cited in Literacy and Numeracy Secretariat, 2011) ได้แก่

- 1) เก็บบันทึกรายละเอียดทางคณิตศาสตร์จากการอภิปรายบทเรียน
- 2) กระตุ้นผู้เรียนให้จำได้เกี่ยวกับสิ่งที่พวกเขาต้องทำและคิด
- 3) ช่วยให้ผู้เรียนที่จะเห็นการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ระหว่างส่วนที่แตกต่างกันของบทเรียนและความก้าวหน้าของบทเรียน
- 4) ช่วยเหลือให้เข้าใจง่ายขึ้น ในการเปรียบเทียบ ส่วนที่แตกต่างกันและการอภิปรายกันเกี่ยวกับความคิดทางคณิตศาสตร์ที่เป็นตัวแทนในการแก้ปัญหาของผู้เรียนในการแก้ไขปัญหาบทเรียน
- 5) ช่วยจัดระเบียบความคิดสำหรับการค้นพบความคิดทางคณิตศาสตร์ใหม่และส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้ง
- 6) ช่วยในการสร้างแบบจำลองหรือแผนผังความคิดที่มีประสิทธิภาพ และเป็นการพัฒนาทักษะการจดบันทึกของผู้เรียน

การนำแนวคิดการใช้กระดานแบบญี่ปุ่น Bansho มาใช้ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ทศนิยม ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (ชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และเจนสมุท แสงพันธ์, 2556) โดยมีกรวาง แผนการใช้กระดานแบบญี่ปุ่นของครู ซึ่งจะกำหนดพื้นที่กระดานเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนทบทวนบทเรียน และนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด 2) ส่วนนำเสนอคำสั่งของกิจกรรม 3) ส่วนวางตำแหน่งในการ เลือกลงและจัดลำดับการนำเสนอผลงานของผู้เรียน และ 4) ส่วนสรุปบทเรียน ดังแสดงในภาพ 2 ตัวอย่างการ วางตำแหน่งการใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho) กิจกรรมปริมาตรบอกจำนวน 1 ซึ่งในลำดับการเรียนการสอนจะเริ่มจากขั้นตอนที่ 1 การทบทวนความรู้เดิมและนำเสนอสถานการณ์ โดยใช้พื้นที่กระดานส่วนที่ 1 จากนั้นแจ้งคำสั่งของกิจกรรมโดยใช้พื้นที่กระดานส่วนที่ 2 ต่อมาในขั้นตอนที่ 2 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน จะไม่ได้ใช้พื้นที่บนกระดาน หลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองแล้ว จะให้ผู้เรียนร่วมกัน อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในขั้นตอนที่ 3 โดยนำแนวคิดของผู้เรียนมานำเสนอไว้ในพื้นที่กระดาน ส่วนที่ 3 และขั้นตอนที่ 4 การสรุปเชื่อมโยงแนวคิดของผู้เรียน โดยใช้พื้นที่กระดานในส่วนที่ 4 เป็นการ แสดงการสรุปบทเรียน

จากการวิจัยของชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และเจนสมุท แสงพันธ์ (2556) แสดงให้เห็นว่าการใช้กระดาน แบบญี่ปุ่น (Bansho) ในการกระบวนกรเรียนการสอนโดยเฉพาะในขั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบ ร่วมกัน โดยการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายและเปรียบเทียบถึงความเหมือนและแตกต่างของ แนวคิดในการแก้ปัญหา และแสดงการแก้ปัญหา (problem representation) จะทำให้กระบวนกรเรียนรู้ ของผู้เรียนมีคุณภาพซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เจนสมุท แสงพันธ์ (2555 อ้างถึงใน ชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และเจนสมุท แสงพันธ์, 2556) ที่กล่าวถึงการใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho) ว่าเป็นเครื่องมือเชิงกร สอนสำคัญสำหรับการอภิปรายและเปรียบเทียบรวมกันทั้งชั้นเรียน เพื่อช่วยให้ครูสามารถเข้าใจถึงวิธีการคิด ของผู้เรียนที่แสดงออกมาภายหลังจากให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาด้วยตนเอง และครูสามารถนำแนวคิดของ ผู้เรียนมาขยายเพื่อแสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน



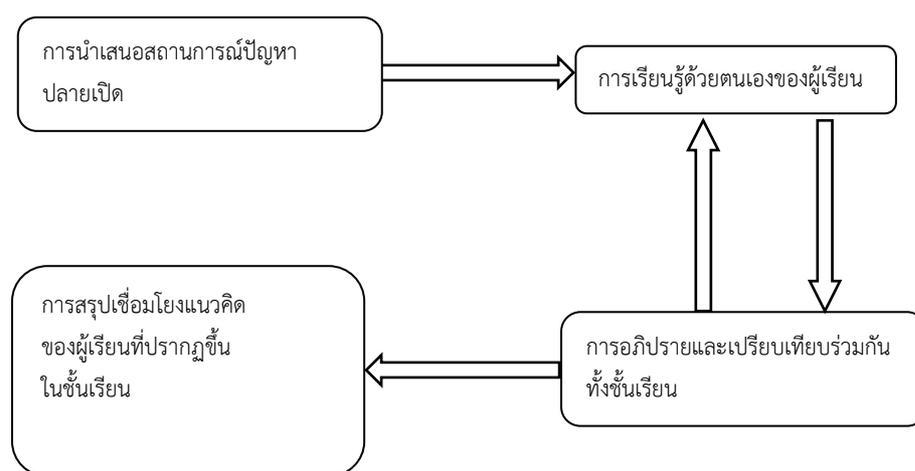
ภาพ 2 ตัวอย่างการวางตำแหน่งการใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho) กิจกรรมปริมาตรบอกจำนวน 1 (ที่มา: ชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และเจนสมุทร แสงพันธ์, 2556)

Yoshida (2005 อ้างถึงใน ตุลาคมวรรณ ศรีสวัสดิ์ 2556) ได้ทำการศึกษาการใช้การศึกษาชั้นเรียน (Lesson study) เพื่อพัฒนาการใช้กระดานดำให้มีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยพบว่า กระดานดำส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างลึกซึ้ง ยิ่งไปกว่านั้นการเรียนรู้เชิงวิชาชีพผ่านการศึกษาชั้นเรียน (Lesson study) จะสร้างโอกาสสำคัญแก่ครูเพื่อสำรวจวิธีการใหม่และมีประสิทธิภาพในการใช้กระดานเพื่อส่งเสริมการคิดและความเข้าใจของผู้เรียน

วิธีการแบบเปิด

วิธีการแบบเปิด (open approach) เป็นแนวทางการสอนที่พัฒนาขึ้นจากแนวคิดของประเทศญี่ปุ่น โดยการใช้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดในชั้นเรียน ซึ่งเป็นปัญหาชนิดที่มีคำตอบ หรือมีแนวทางในการแก้ปัญหาได้หลากหลาย (Tejima, 1997 อ้างถึงใน กขพร ตุ่นสุวรรณ, ม.ป.ป.) เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยตนเอง (Isoda, 2010 อ้างถึงในชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และเจนสมุท แสงพันธ์, 2556) ในการออกแบบหน่วยกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในหน่วยหนึ่ง จะประกอบด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด (posing open-ended problem)
2. การเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน (students' self-learning)
3. การอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน (whole-class discussion and comparison)
4. การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของผู้เรียนที่ปรากฏขึ้นในชั้นเรียน (summary through connecting students' mathematical ideas emerged in the classroom)



ภาพ 3 แนวทางการสอนด้วยวิธีการแบบเปิด (ที่มา: Inprasitha, 2010 อ้างถึงใน เกษมเปรมประยูร, สุลัดดา ลอยฟ้า และ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2554)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปิดในช่วงคาบเรียนแรก ผู้เรียนส่วนใหญ่อาจจะยังไม่เข้าใจ หรือไม่คุ้นเคยกับกระบวนการ ผู้สอนจึงควรอธิบายขั้นตอนโดยละเอียด และบอกจุดมุ่งหมายในการเรียนแต่ละครั้งให้ชัดเจน และคอยให้คำแนะนำ สร้างบรรยากาศให้เอื้อต่อการแสดงความคิดเห็น ลดความกังวลของผู้เรียน ผู้สอนต้องเข้าใจความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงศักยภาพอย่างเต็มที่ในการหาวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบที่สมบูรณ์ที่สุด ไม่ด่วนใจร้อนสรุป หรือบอกคำตอบก่อน (ตติมา ทิพย์จินดาชัยกุล, 2557)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด โดยส่วนใหญ่จะใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นประเด็นสำคัญในกิจกรรม ซึ่งปัญหาปลายเปิดจะทำนายผู้เรียนให้มีประสบการณ์ที่แตกต่างไปจากเดิม เนื่องจากลักษณะของปัญหาปลายเปิดจะเปิดกว้างให้ผู้เรียนได้ค้นหาวิธีการใหม่ๆ ที่เหมาะสม รวมถึงมีการอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้นร่วมกัน จึงทำให้เกิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายการพิจารณาคำตอบของปัญหาปลายเปิดไม่ใช่ตัดสินเฉพาะความถูกต้องของคำตอบ หรือตัดสินโดยคนส่วนมากกว่าถูกหรือผิดแต่จะมีการพิจารณาถึงเหตุผลว่ามีความสมเหตุสมผลมากน้อยเพียงใดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการใช้ปัญหาปลายเปิดจึงเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สามารถตอบสนองต่อความคิดที่หลากหลายของผู้เรียนได้เนื่องจากการใช้ปัญหาปลายเปิดสามารถจัดกิจกรรมบูรณาการเนื้อหาหลายๆ เรื่องเข้าไว้ในกิจกรรมเดียวกันได้ ซึ่งเป็นการจัดสรรเนื้อหาโดยการเน้นกิจกรรมให้สอดคล้องกับเวลาที่มีอยู่นอกจากนี้ สื่อการสอนที่ใช้จะเป็นลักษณะของการดึงเอากระบวนการคิดของผู้เรียนออกมา ทำให้สามารถศึกษากระบวนการคิดของผู้เรียนแต่ละคน และส่งเสริมให้มีการพัฒนาด้านการให้เหตุผลของผู้เรียนได้เป็นอย่างดีอีกด้วย(กชพร ตุนสุวรรณ, ม.ป.ป.)

ปัญหาปลายเปิดที่จะใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามแนวคิดของกรมวิชาการ (2545 อ้างถึงใน ตติมา ทิพย์จินดาชัยกุล, 2557) คือ

- 1) ปัญหาที่มีคำตอบได้หลายคำตอบ
- 2) ปัญหาที่แสดงแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาได้หลายทาง

การนำปัญหาปลายเปิดมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จะทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้ที่แตกต่างไปจากเดิม ผู้เรียนสามารถหาคำตอบได้หลายวิธีหรือหลายคำตอบ เป็นการพัฒนาทักษะหลายๆด้าน เช่น ความคิดสร้างสรรค์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ รวมไปถึงทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้วย (ตติมา ทิพย์จินดาชัยกุล, 2557)

บทบาทของครูในการสอนด้วยวิธีการแบบเปิด

พิเชาวน์ องค์กรักษ์ (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่อง บทบาทของครูที่ใช้วิธีการแบบเปิดในการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยเก็บข้อมูลกับครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งใช้กรอบแนวคิดเชิงความคิดรวบยอด (Conceptual lenses) ตามแนวคิดของ Smith (2000 อ้างถึงในพิเชาวน์ องค์กรักษ์, 2552) ประกอบด้วย 6 ความคิดรวบยอด ดังนี้

- ความคิดรวบยอดที่ 1: การเสนอแนะให้ชั้นเรียนมีสภาพแวดล้อมในการส่งเสริมการคิด
- ความคิดรวบยอดที่ 2: การคิดที่แสดงออกมาด้วยภาษาพูด
- ความคิดรวบยอดที่ 3: การคิดที่ความชัดเจน

ความคิดรวบยอดที่ 4: การคิดที่แสดงออกมาด้วยการวาดหรือเขียน

ความคิดรวบยอดที่ 5: การจัดประสบการณ์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ความคิดรวบยอดที่ 6: การประเมินที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ผลการศึกษาพบว่า บทบาทของครูที่ใช้วิธีการแบบเปิดในการส่งเสริมการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จำแนกลำดับของการสอน 4 ลำดับ คือ

ลำดับที่ 1 ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดในชั้นเรียน ซึ่งครูจะมีบทบาทตามความคิดรวบยอดที่ 1

ลำดับที่ 2 ครูสังเกตการแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งครูจะมีบทบาทตามความคิดรวบยอดที่ 2-4

ลำดับที่ 3 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันทั้งชั้น ซึ่งครูจะมีบทบาทตามความคิดรวบยอดที่ 5 และ

ลำดับที่ 4 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียน ซึ่งครูจะมีบทบาทตามความคิดรวบยอดที่ 6

จากการศึกษาครั้งนั้น ได้ข้อค้นพบ 4 ประการคือ

1) วิธีการแบบเปิดช่วยให้ครูสามารถแก้ปัญหานักเรียนที่ไม่สามารถเข้าร่วมในชั้นเรียนได้ด้วยการที่ครูนำปัญหาปลายเปิดมาอยู่ในรูปของสถานการณ์ปัญหา แล้วนำนักเรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหานั้นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน และมีความต้องการที่แตกต่างกันในการเข้าร่วมในชั้นเรียน สามารถเข้าสู่สถานการณ์การแก้ปัญหาปลายเปิดได้จากการที่นักเรียนสร้างปัญหา (Problem Posing) ที่เหมาะสมกับตัวของนักเรียนเอง และพร้อมที่จะเข้าร่วมในชั้นเรียนในฐานะผู้แก้ปัญหา

2) ในการปฏิบัติกิจกรรมที่เป็นปัญหาปลายเปิดของนักเรียน ทำให้นักเรียนอยู่ในกระบวนการของการแก้ปัญหาได้นาน และสามารถคิดได้อย่างหลากหลาย ทำให้ครูสามารถลดบทบาทการพูดของครู มาเป็นผู้ฟังคอยสังเกต ทำความเข้าใจวิธีคิด และเก็บรวบรวมวิธีคิดของนักเรียน เพื่อที่จะนำนักเรียนเข้าสู่การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นและการร่วมกันสรุปบทเรียน

3) การนำสื่อเสริมเข้ามาช่วยในการอธิบายวิธีคิดต่างๆ จะช่วยให้นักเรียนทุกคนสามารถมองเห็นภาพที่ชัดเจนพอที่จะตามวิธีคิดและเข้าใจถึงวิธีคิดต่างๆ และเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

4) บริบทของโครงการวิจัยการพัฒนาารูปแบบการพัฒนาการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยวิธีการศึกษาชั้นเรียน (Lesson study) และวิธีการแบบเปิด เป็นบริบทที่สามารถใช้ในการพัฒนาวิชาชีพครูได้ เพราะการนำกระบวนการของการศึกษาชั้นเรียน (Lesson study) มาบูรณาการให้เข้ากับรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์แบบวิธีการแบบเปิดเพื่อใช้เป็นบริบทของโครงการฯ จะทำให้ครูสามารถปฏิบัติการสอนได้อย่างเป็นระบบ

ถัดมาในปี พ.ศ. 2556 ตุลาคม ศรีสวัสดิ์ (2556) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การใช้กระดานดำของนักศึกษาปฏิบัติการสอนในสถานศึกษาในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีการแบบเปิด พบว่าในขั้นตอนการสอนด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ชั้น มีการใช้กระดานดำ 3 ชั้น คือ ชั้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด ชั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน และชั้นการสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของผู้เรียนที่ปรากฏขึ้นในชั้นเรียน ส่วนชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน ไม่มีการใช้กระดาน

ชั้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด มีการใช้กระดานดำ 2 รูปแบบคือ เพื่อเสนอสิ่งที่นักเรียนต้องทำและคิด และเพื่อใช้เปรียบเทียบและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดที่นักเรียนนำเสนอ

ชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ไม่มีการใช้กระดาน เนื่องจากส่วนใหญ่จะเน้นการให้นักเรียนทำงานเป็นคู่หรือเป็นกลุ่ม

ชั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน มี 3 รูปแบบ ได้แก่ เพื่อเปรียบเทียบและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดที่นักเรียนนำเสนอ เพื่อจัดระบบแนวคิดและค้นพบแนวคิดใหม่ of นักเรียน และเพื่อส่งเสริมทักษะในการจัดบันทึกของนักเรียน

ชั้นการสรุปการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน มีการใช้กระดานดำ 2 รูปแบบ ได้แก่ เพื่อบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และเพื่อให้นักเรียนมองเห็นความเชื่อมโยงของส่วนต่างๆ ของบทเรียนและความต่อเนื่องของบทเรียน

จากการศึกษาของพิเชาวน์ องค์กรักษ์ (2552) และ ตุลาวรรณ ศรีสวัสดิ์ (2556) พบความสอดคล้องกันของขั้นตอนการสอนด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ชั้น สามารถแสดงได้ตามตาราง 1

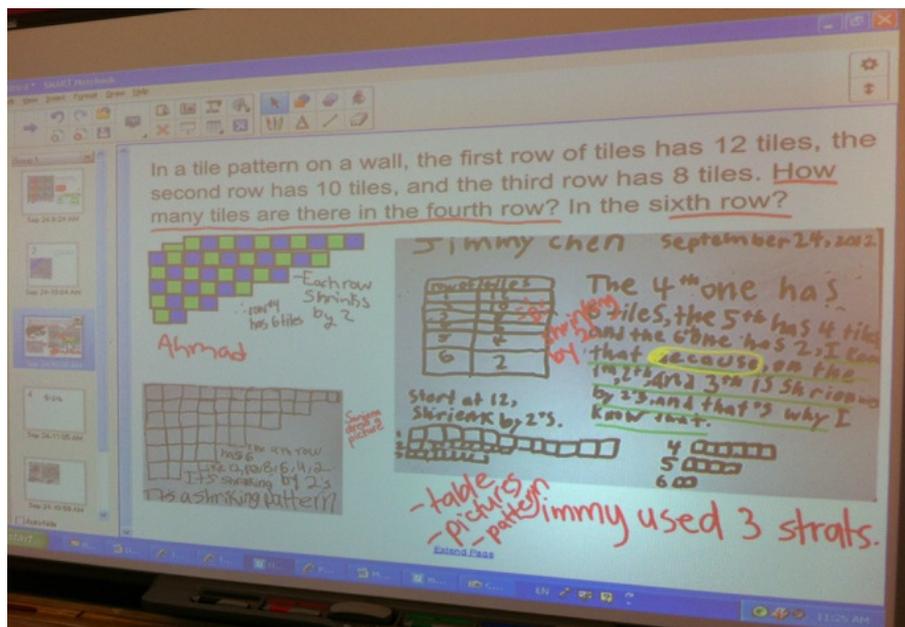
ตาราง 1 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการสอนด้วยวิธีการแบบเปิดของพิเชาวน์ องค์กรักษ์ (2552) และ ตุลาวรรณ ศรีสวัสดิ์ (2556)

การสอนด้วยวิธีการแบบเปิด	พิเชาวน์ องค์กรักษ์ (2552)	ตุลาวรรณ ศรีสวัสดิ์ (2556)
ขั้นที่ 1	ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดในชั้นเรียน	ชั้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด
ขั้นที่ 2	ครูสังเกตการแก้ปัญหาของนักเรียน	ชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน
ขั้นที่ 3	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันทั้งชั้น	ชั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน
ขั้นที่ 4	ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียน	ชั้นการสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของผู้เรียนที่ปรากฏขึ้นในชั้นเรียน

กระดาน IWB

กระดาน IWB (Interactive Whiteboard) เป็นฉากสำหรับรับภาพที่ฉายจากเครื่องโปรเจคเตอร์และมีสายสัญญาณเชื่อมต่อเพื่อส่งสัญญาณกลับไปให้เครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถใช้ควบคุมและสั่งงานได้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบบนกระดาน (Manny-Ikan, et al., 2011) กระดาน IWB หรือกระดานที่ตอบสนองได้ ซึ่งในบางแห่งเรียกกันเป็นชื่ออื่น เช่น กระดานอัจฉริยะ Smart Board Active Board, Active Whiteboard, Interactive Board (ปิยมั่นส วรวิทย์รัตนกุล, 2558) ซึ่งในที่นี้จะเรียกโดยรวมว่า กระดาน IWB

กระดาน IWB ได้มีการนำมาใช้ในวงการต่างๆ รวมถึงในวงการการศึกษาด้วย สถาบันการศึกษาต่างๆ ได้นำกระดาน IWB มาใช้ร่วมกับเครื่องฉายโปรเจคเตอร์และคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่เดิมในชั้นเรียนจากการนำกระดาน IWB เป็นใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน มีการศึกษาวิจัย พบว่ากระดาน IWB สามารถเพิ่มแรงจูงใจของผู้เรียน (Patricia, 2014) มีการโต้ตอบทางการเรียนการสอนมากขึ้น นำไปสู่การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับสื่อ ระหว่างผู้เรียนด้วยกันและระหว่างผู้เรียนกับครูมากขึ้น และกระดาน IWB เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์และการเรียนแบบร่วมกัน (Collaborative Learning) (เพ็ญศรี ศรีสวัสดิ์, 2556) ทำให้ผู้เรียนสนุกสนานและเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น



ภาพ 4 กระดาน IWB ที่มา: <http://www.verateschow.ca/blog/archives/09-2012/2>

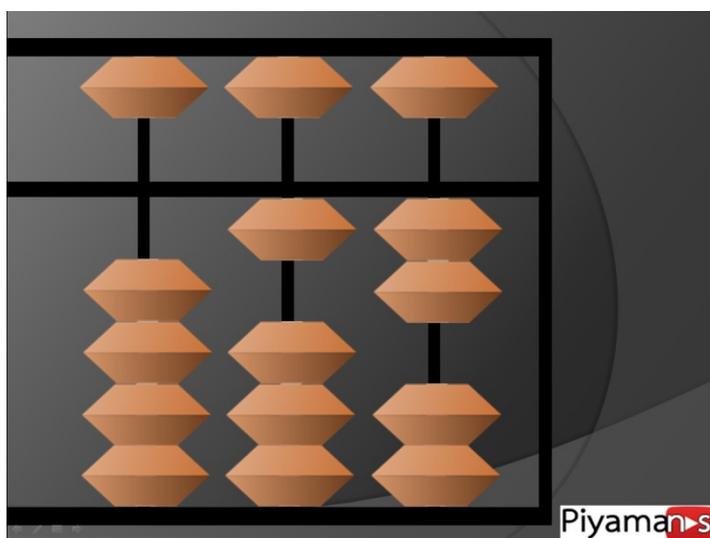
การนำกระดาน IWB มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะช่วยเพิ่มความสนใจของผู้เรียนมากขึ้น (Armstrong, et al., 2005) เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดกิจกรรม การแทรกรูปภาพไม่จำเป็นต้องทำเป็นกระดาษมาติดที่ตัวกระดาน สามารถใช้รูปภาพที่เป็นสื่อดิจิทัล หรือการขยายข้อจำกัดบางประการ เช่น นำเสนอภาพเคลื่อนไหว หรือการเคลื่อนย้ายวัตถุบนกระดานกระดาน IWB นอกจากนี้ใช้เขียนข้อความ หรือวาดลายเส้น ได้อิสระ แบบกระดานชอล์ก หรือกระดานไวท์บอร์ด ยังสามารถนำเสนอสื่อต่างๆ จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ด้วย ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่ทำให้กระดาน IWB ต่างจากกระดานแบบเดิม ช่วยเพิ่มการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับผู้เรียน ระหว่างผู้เรียนกับสื่อ และระหว่างผู้เรียนด้วยกัน โดยอาจใช้โปรแกรมจากกระดาน IWB หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการนำเสนอ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการนำเสนอ (Presentation Program) เป็นโปรแกรมสำหรับจัดเตรียมข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการนำเสนอในการนำเสนอข้อมูลแบบสื่อประสมที่มีทั้งข้อความ (Text) กราฟิก (Graphic) เสียง (Sound) วิดีทัศน์ (Video) (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2544) โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการนำเสนอในรูปแบบที่เป็น Slide Presentation มีหลายโปรแกรมเช่น MS-PowerPoint, Open Office Impress, Keynote สำหรับโปรแกรม PowerPoint นอกจากจะใช้ในการนำเสนอข้อมูลเป็นหน้า (Slide) แบบเรียงลำดับคงที่แล้ว ยังสามารถกำหนดพื้นที่สำหรับการมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบได้ด้วย เรียกว่า Interactive PowerPoint (IPPT)

Interactive PowerPoint (IPPT) เป็นโปรแกรมสำหรับการนำเสนอที่มีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบได้เมื่อมีการคลิกในบริเวณที่กำหนดรูปแบบของ IPPT ซึ่งสามารถแบ่งได้ 4 รูปแบบตามลักษณะการกำหนดการเคลื่อนไหว ได้แก่ 1) แบบเข้า หรือแบบปรากฏ คือเมื่อมีการคลิกในบริเวณที่กำหนด โปรแกรมจะแสดงให้วัตถุที่ตั้งค่าไว้

ปรากฏบนหน้าจอ 2) **แบบเน้น** เช่น การทำให้วัตถุกระพริบ หรือสว่างวาบ หรือแกว่งไปมา หรือหมุน เมื่อคลิก ในบริเวณที่กำหนด 3) **แบบออก** หรือทำให้หายไป วัตถุที่ปรากฏอยู่บนจอจะหายไปในขณะที่ต่างๆ เมื่อมีการคลิกในบริเวณที่กำหนด 4) **แบบเคลื่อนที่** วัตถุจะมีการเคลื่อนที่ไปในรูปแบบต่างๆ เช่น แบบเส้นตรง เส้นโค้ง หรือซิกแซกเมื่อมีการคลิกในบริเวณที่กำหนด 5) **แบบผสมผสาน** คือ วัตถุจะมีการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆ พร้อมกัน หรือ วัตถุมากกว่า 1 ชิ้น เคลื่อนไหวในรูปแบบต่างกัน ในการคลิกบริเวณที่กำหนดครั้งเดียว

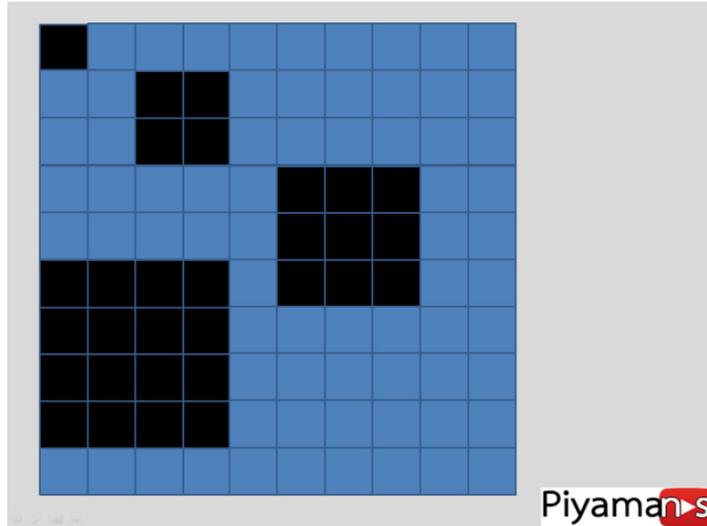
การนำ IPPT มาประยุกต์ใช้บนกระดาน IWB ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์เช่น IPPT ลูกคิด ครูสามารถใช้ IPPT ลูกคิดนี้ได้โดยการคลิกที่เม็ดลูกคิดแต่ละเม็ด เมื่อคลิกที่เม็ดใด ลูกคิดเม็ดนั้นก็จะเลื่อนขึ้นหรือเลื่อนลง ตามรูปแบบที่กำหนด หรืออาจจะให้ผู้เรียนเป็นผู้ออกมาคลิกก็ได้



ภาพ 5 แสดง IPPT ลูกคิด

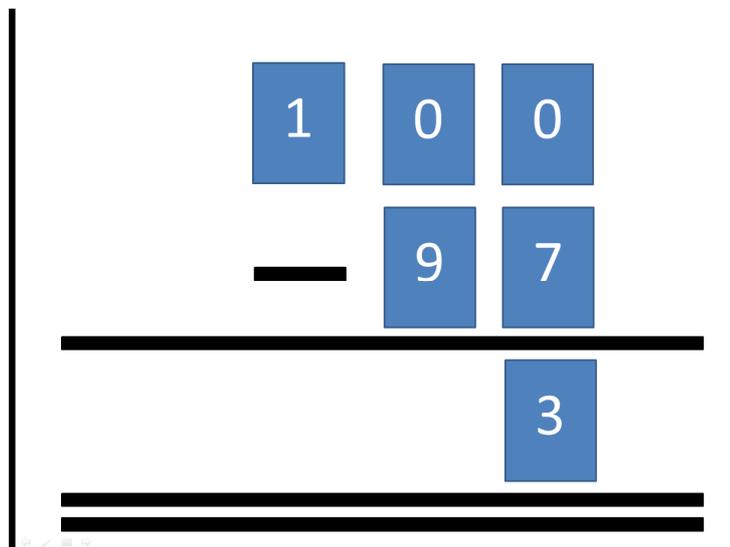
ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=_SQQUoGhYYI

IPPT บอร์ดมหัศจรรย์ในการบวกและการลบที่ผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 เป็นสื่อ IPPT ซึ่งประกอบด้วยตารางจำนวน 10 แถว 10 คอลัมน์ เมื่อคลิกที่ช่องใด ช่องนั้นก็จะสลับสีเป็นอีกสีหนึ่งและเมื่อคลิกอีกครั้งก็จะกลับเป็นสีเดิม สามารถใช้ในการสอนบวกหรือลบ ที่ผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ซึ่งสามารถเทียบเคียงกับสื่อเดิมคือ ตารางร้อย สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งแบบที่มีตัวเลขกำกับสำหรับการเรียนการสอนเกี่ยวกับเรื่องของจำนวน เช่นการเพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ละเท่าๆกัน หรือตารางร้อยแบบที่ไม่มีตัวเลขกำกับ เช่นการเรียนการสอนสอนในหัวข้อของแบบรูปและความสัมพันธ์ เศษส่วน หรือพื้นที่สี่เหลี่ยม



ภาพ 6 IPPT บอร์ดมหัศจรรย์ในการบวกและการลบที่ผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100
ที่มา: <https://www.youtube.com/watch?v=z4v7lvniMuQ>

การนำIPPTมาใช้กับปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น การลบจำนวน โดยใช้ IPPT แสดงป้ายสีเหลี่ยมที่มีตัวเลขอยู่ เมื่อคลิกที่แผ่นป้าย ตัวเลขจะเปลี่ยนจาก เลข 0 จนถึงเลข 9 ซึ่งในการจัดกิจกรรม อาจจะเป็นการถามคำถามแบบย้อนกลับ เพื่อให้มีคำตอบที่หลากหลายมากขึ้น เช่นจากเดิม ครูตั้งคำถามว่า “100 – 97 มีค่าเท่ากับเท่าไร?” คำตอบจะมีเพียงคำตอบเดียวคือ “3” แต่หากครูตั้งคำถามว่า “เลข 3 หลักที่ลบกับเลข 2 หลักแล้วมีค่าเท่ากับ 3 สามารถเป็นเลขจำนวนใดได้บ้าง?” คำตอบก็จะมีมากกว่าหนึ่งคำตอบ คือ “100-97” “101-98” “102-99”



ภาพ 7 ตัวอย่าง Interactive PowerPoint ที่มา: <https://www.youtube.com/watch?v=i0luhhFUAvk>

สรุป

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์จะใช้กระดานเป็นสื่อหลัก นอกเหนือจากการเขียนโจทย์ และแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาแล้ว ควรส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดและขยายความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ซึ่งจะต้องมีการวางแผนการใช้กระดานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในแง่มุมหนึ่งกระดานเป็นพื้นที่เชิงกายภาพที่ใช้ในการนำเสนอสิ่งต่างๆ เช่นการเขียน หรือการแสดงรูปภาพ แผนภาพต่างๆ และในอีกแง่มุมหนึ่ง กระดานจะเป็นพื้นที่ในเชิงความคิดเกี่ยวกับบทเรียนที่กำลังศึกษา เป็นพื้นที่ที่จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงแนวคิดให้ครูและเพื่อนในชั้นเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน โดยอาจจะกระตุ้นการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการแบบเปิด อันประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ 1) การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน 3) การอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน และ 4) การสรุปเชื่อมโยงแนวคิดของผู้เรียนที่ปรากฏขึ้นในชั้นเรียน โดยอาจแบ่งพื้นที่กระดานเป็นส่วนต่างๆ ตามแนวคิดการใช้กระดานแบบญี่ปุ่น (Bansho) เพื่อใช้ในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอนและประยุกต์ใช้สื่อ Interactive PowerPoint (IPPT) ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการนำเสนอที่มีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบได้ เมื่อมีการคลิกในบริเวณที่กำหนดบนกระดาน IWB

เอกสารอ้างอิง

- กขพร ตุนสุวรรณ. (ม.ป.ป.). *การสอนคณิตศาสตร์ ป.3 ด้วยวิธีการแบบเปิด*. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2560 จาก <http://kod.esdc.go.th/home/kar-sxn-khnitsastr-doy-chi-open-approach>
- กรมวิชาการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑*. กระทรวงศึกษาธิการ.
- เกษม เปรมประยูร, สุลัดดา ลอยฟ้า และไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2554). *การพัฒนาภาษาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยวิธีการแบบเปิด*. การประชุมทางวิชาการประจำปีของคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2554.
- ชูศักดิ์ อุดอินแก้ว และเจนสมุท ธแสงพันธ์. (2556). การใช้กระดานดำแบบญี่ปุ่นเพื่อส่งเสริมการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่สอนด้วยวิธีการแบบเปิด. *วารสารวิธีวิทยาการวิจัย*, 26(1), 91-108.
- เพ็ญศรี ศรีสวัสดิ์. (2556). การเรียนแบบร่วมมือโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแอกทีฟไวท์บอร์ดผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต. *วารสารการอาชีวและเทคนิคศึกษา*, 3(6), 51-62.
- ปิยมนัส วรวิทย์รัตนกุล. (2558). การใช้กระดาน IWB ในการจัดการเรียนการสอน. *วารสารเทคโนโลยีการศึกษาและมีเดียคอนเวอร์เจนซ์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 2(2), 11-20.
- ตุลาพรรณ ศรีสวัสดิ์. (2556). *การใช้กระดานดำของนักศึกษาปฏิบัติการสอนในสถานศึกษาในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีการแบบเปิด*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

- ตติมา ทิพย์จินดาชัยกุล. (2557). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่องทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญาโททางการศึกษามหาบัณฑิต (การมัธยมศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.*
- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่ม 25. (2544). (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2560 จาก <http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=25&chap=1&page=t25-1-infodetail04.html>
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2549). *การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาด้วยยุทธวิธีปัญหาปลายเปิด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ศูนย์วิจัยคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.*
- พิเชาน์ องค์กรักษ์. (2552). *บทบาทของครูที่ใช้วิธีการแบบเปิดในการส่งเสริมการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.*
- Armstrong, V., Barnes, S., Sutherland, R., Curran, S., Mills, S., and Thompson, I. (2005). Collaborative research methodology for investigating teaching and learning: the use of interactive whiteboard technology. *Educational Review Rutledge, 57(4), 1-15.*
- Manny-Ikan, E., Dagan, O., Tikochinski, T. B. and Zorman, R. (2011). Using the Interactive White Board in Teaching and Learning – An Evaluation of the SMART CLASSROOM Pilot Project. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Object, 7(1), 249-273.*
- Martin, S.F., Shaw, E.L. and Daughenbaugh, L. (2014). Using Smart Boards and Manipulatives in the Elementary Science Classroom. *TechTrends, 58(3), 90-96.*
- Smith, F., Hardman, F., and Higgins, S. (2006). The impact of interactive whiteboards on teacher-pupil interaction in the national literacy and numeracy strategies. *British Educational Research Journal, 32(3), 443-457.*
- Patricia, M. (2014). Effectiveness of SMART Board Use in the Teaching and Learning of Statics. *The Electronic Journal of Mathematics and Technology, 8(1), 43-52.*
- Literacy and Numeracy Secretariat. (2010, Sept.). *Communication in the Mathematics Classroom: Gallery Walk, Math Congress and Bansho.* Capacity Building Series. Retrieved May 1, 2017, from http://www.edu.gov.on.ca/eng/literacynumeracy/inspire/research/CBS_Communication_Mathematics.pdf
- _____. (2011, Febr.). *Bansho (Board Writing): Collective Knowledge Production in Ontario Mathematics Classrooms.* Capacity Building Series. Retrieved May 1, 2017, from http://www.edu.gov.on.ca/eng/literacynumeracy/inspire/research/CBS_bansho.pdf