## 【論文】国際バカロレアの知の理論の手法を活用した 批判的思考の育成に向けた数学授業開発研究

#### 木村 光宏

日本大学大学院総合社会情報研究科 • 早稲田大学教育総合研究所

## Development of Mathematical Teaching Practice to Raise Students' Critical Thinking Skills

### Involving Theory of Knowledge in International Baccalaureate

#### KIMURA Mitsuhiro

Nihon University, Graduate School of Social and Cultural Studies / Waseda University Institute for Advanced Studies in Education

The International Baccalaureate (IB) is spreading widely in Japan. It contains a unique approach in which students' critical thinking skills are raised. From the point of view of MEXT, this is novel. This research focuses on the results of implementing this approach, theory of knowledge (TOK), in mathematics. The students' work was analyzed using a framework by Kusumi (2011) and it became clear that the process of critical thinking was observed in practice. This research suggests that the TOK approaches were effective to provide different kinds of viewpoints and can also be applied to Japanese curriculum.

#### 1.はじめに

グローバル化が進む世界各国において国際バカロレア (International Baccalaureate: IB) の実施が広まっている。IB は越境して教育を受ける生徒の教育の課題を解消するものとして、1968年にヨーロッパを中心に導入された国際的な教育プログラム及び大学入学資格である(国際バカロレア機構,2014)。 IB の認定を受けた学校は140以上の国・地域で約5000校にもなる(2020年3月時点、文部科学省ホームページ)。日本でもIB のプログラムを167校が実施しており、文部科学省はIB を推進している(2021年5月時点、文部科学省ホームページ)。

IB の中でも、日本の高等学校の教育段階と対応するディプロマ・プログラム (Diploma Programme: DP) に着目すると、近年公立の高等学校でも実施が始まり、デュアルラングエッジ・ディプロマ・プログラム (DLDP) によって日本語及び英語の活用を通した

授業実施も増えてきており、実践の積み上げが期待 されている。DP の中でも特徴的な学びが「知の理論 (Theory of Knowledge、TOK)」であり、DP プログ ラムのコアとして位置付けられている。

文部科学省(2017)では知の理論を参考にしながら、どのような進路に進もうとも生涯に亘り学び続け、探究し続けていくことの意義を理解し、そのために必要な力をつける時間とするよう一層の充実が期待されると述べられており、知の理論に対する注目は高いと言える。

また、知の理論の授業では、近年研究が盛んに行われている批判的思考の育成が目指されており、数学教育においても幾つかの研究が行われている(中和,2017; 久保,2017; 服部,2018; Skovsmose,1994など)。しかしながら、国際バカロレアの数学科における批判的思考の育成についての研究は未だ少ない。これらのことから、本研究では IB の知の理論を用

いた授業の開発を行い、その実践により、①生徒の 数学のイメージにどのような影響を与えたか、②授 業実践においてどのように批判的思考が活用された か、について明らかにすることを目的とする。

#### 2. 先行研究

#### 2.1 批判的思考に関する先行研究

批判的思考はこれまでカリキュラムにおいて育成 すべき技能として教育学者たちが注目してきた経緯 があり、定義についても様々な主張があり(Ennis, 1989; Lipman, 1988 など)、先行研究から批判的思考 は価値判断や行動決定を支える概念であると言える。

数学教育における IB 教育の批判的思考を検討した研究に、木村・中和(2019)があり、「知の理論」を取り入れた授業における批判的思考のプロセスについて検討している。また、楠見(2011)は批判的思考を4つの構成要素「明確化」、「情報の分析」、「推論」、「行動決定」に分けて、一連のプロセスを分析的に捉えた(図1)。

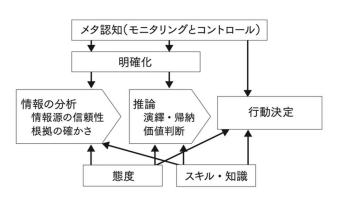


図 1 批判的思考の構成要素とプロセス 出典 楠見 (2011)

まず「明確化」とは何を根拠や理由としているのかを明確にすることとされ、「情報の分析」とは情報源の信頼性を判断することとされている。「推論」とは理論的な無矛盾性だけでなく、その領域固有の背景知識を基準として判断することで、「行動決定」は効果的に伝えるという相手を説得する行為・スキル

であるとされている(楠見,2011)。

図1で示される「メタ認知」は「明確化」のプロセスを支えるものとして示されている。また、「態度」は「熟慮的態度」「探究心」「開かれた心」「客観性」「証拠の重視」「論理的思考への自覚」の6つに分けられ、その時の社会的な状況などによって、批判的思考を発揮するか、しないかに関わるとされ、「スキル・知識」は自身の考えやどのように表出するかを表している(楠見、2011)。

さらに、道田 (2018) は小・中・高校での批判的思考教育実践を分析し、現在の批判的思考教育に十分に含まれていないが、今後扱うべき内容の一つに「知の不確実性の認識」を挙げている。「知の不確実性の認識」について Kitchener & King (1981) は青年期以前の推論の発達について反省的判断モデルで知の不確実性に関する 7 つの発達段階<sup>1</sup>を示し、Hofer & Pintrich (1997) は表 1 の通り、3 段階に要約した。

表 1 知の不確実性の認識に関する段階

第一段階	知は具体的かつ単一の要因から成り、
第二段階	絶対的な答えが存在すると考える段
第三段階	階。知は権威的な主張や直接の観察を
	通じて得られると考える
第四段階	知の不確実性を受け入れ、個人・文脈・
第五段階	主観の影響を受けると考える段階。自
	分にとっては真実だが、全ての人にと
	ってそうとは限らないと考える
第六段階	知は不確実で、由来する文脈との関係
第七段階	で理解されるべきであると考える段
	階。知は不確実で解釈によると信じ、
	批判的探究と既存の主張や意見の統
	合で合理的判断が可能と考える

出典 Hofer & Pintrich (1997) を元に筆者作成

「知の不確実性の認識」に関し、国際バカロレアカリキュラムでは知の理論で、「答えが異なることもまったく不思議ではなく、徹底した分析を通して、正当な理由により答えを裏付ける(国際バカロレア

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> 第一段階は幼少年期、第二段階は青年期前期、第三段階は高校から大学1年、第四段階は大学生高学年、第五段階は大学院生、第六段階は年長の大学院生、第七段階は稀に学識豊かな30代以上としている。

機構, 2015a)」学習を行なっている。このことから、 知の理論は Kitchener & King (1981) は反省的判断モ デルと対応づけて検討することができると考えた。

したがって、本研究では楠見 (2011) の批判的思考の構成要素とプロセスを枠組みとし、Kitchener & King (1981) の述べる「知の不確実性の認識」を授業開発の視点とし、授業の効果を分析することとした。

#### 2.2 IB における批判的思考

IB における批判的思考は 10 ある ATL(Approaches to Learning)スキルの 1 つである批判的思考スキルとして位置付けられており、全部で 19 のスキルが具体的に示されている。木村・中和 (2019) では楠見 (2011) の批判的思考と IB の批判的思考スキルを表 2 のように対応を行った (アルファベットは原典による)。

表 2 IB の批判的思考スキルと 楠見 (2011) の批判的思考 4 つの構成要素の対応

図1の 構成要素	批判的思考スキル
明確化	a. 問題を認識するために注意深い観察を実践する。 b. 議論を形成するために関連する情報を集め、整理する。 c. 述べられていない思いこみや偏見を認識する。
情報の 分析	d. データを解釈する。 e. 証拠や議論を評価する。 f. 課題を認識し評価する。 k. 事実に基づき、時事的で、概念的な、議論の余地がある問題を提起する。 l. 多角的なものの見方に基づきアイデアを検討する。 m. 反対の、あるいは対立する議論を展開する。 q. 複雑なシステムや問題を探究するためにモデルやシュミレーションを用いる。
推論	g. 合理的な結論や一般論を導き出す。 h. 一般論や結論を検証する。 i. 新しい情報や証拠に基づいて理解を見直す。 r. 傾向を特定し、可能性を予測する
行動 決定	j. リスクを評価し管理する。 n. 複雑な概念やプロジェクトの構成要素を分析し、新しい概念理解を構築するためにそれらを統合する。 o. さまざまな解決策を提案し、評価する。 p. 障害や課題を特定する。 s. システムやアプリケーションを修理する。

出典 木村·中和 (2019)

さらに、Kitchener & King (1981) の「知の不確実性の認識」を参考に、IB で育成したい批判的思考スキルの対応関係について以下のとおり検討を行った。

まず、第二段階の知には不確実な領域があると考 える段階については、「1. 多角的なものの見方に基づ きアイデアを検討する。」及び「i. 新しい情報や証拠 に基づいて理解を見直す。」と関連付けられる。第一 段階では単一の視点による解を求めるが、第二段階 は多角的なものの見方を行うことができるとされ、 正しいと洞察されたものを根拠に正当化可能である と考える段階である。多角的な視点が 1 と関連し、 根拠に基づき理解する点がiと関連するといえる。 次に、第三段階の証拠によって全てが正当化される 訳ではなく、限定的な役割しか果たさないと考える 段階については、「m. 反対の、あるいは対立する議 論を展開する。」と関連づけられる。対立する議論よ り、異なる立場からの正当化を通して証拠による正 当化の限定性を学ぶ (Kitchener & King, 1981) こと から m に関連するといえる。最後に、第四段階の知 の不確実性に気づく段階については、「c. 述べられ ていない思いこみや偏見を認識する。」と関連付けら れると考えた。外部や権威による正当化に対して再 検討を行う (Kitchener & King, 1981) 活動が c と関 連するといえる。

これらを踏まえて表 3 のとおり、4 観点の対応づけのまとめを行った。

#### 表 3 IB の批判的思考スキルと知の不確実性の 認識 (Kitchener & King, 1981) との対応

- c. 述べられていない思いこみや偏見を認識する。 (第四段階)
- 1. 多角的な見方に基づきアイデアを検討する。 (第二段階)
- m. 反対の、あるいは対立する議論を展開する。 (第三段階)
- i. 新しい情報や証拠に基づいて理解を見直す。 (第二段階)

出典 筆者作成

この整理により、IBで育成したい批判的思考スキルは Kitchener & King (1981)の「知の不確実性の認識」の構成要素として対応づけることができるため、調査の枠組みとして機能する可能性があると考えた。

#### 2.3 「知の理論」と批判的思考

「知の理論」は日本の多くの場合、高校 2-3 年生の 2 年間で学習を行うことになっており(国際バカロレア機構, 2014)、教育目標は文部科学省(2015)における生徒の資質や能力の育成とも親和性があると考えられる(木村・中和, 2019)。

また IB 教育は6科目群及び3要件(コア学習)によって構成されており、特に IB 教育の中核として、批判的思考の実践を行うとされているのが、3 要件に含まれる「知の理論」である(国際バカロレア機構 2015a)。「知の理論」の授業はこれまでの日本で行われてきたカリキュラムに対応するものがなく、IB 教育の大きな特徴であると言える。

文部科学省(2017)においては、総合的な学習の時間の見直しについて「『知の理論』を参考にしながら、生涯に亘り学び続け、探究し続ける時間とするよう一層の充実が期待される」と述べられており、「知の理論」が注目されていることがわかる。「知の

「知の理論」が注目されていることがわかる。「知の理論」では探究の手法として「知るための方法 (Ways of Knowing、以下 WOK)」を用意し、言語、感情、理性、信仰、記憶、知覚、直観、想像の8つを設定し知識の構築や主張に際して、さまざまに相互作用している(国際バカロレア機構,2015a)。

WOK は「問いに答える概念的ツール」であり、「問いに答えるうえで役立つツール」であるという2つの中心的な目的があるとされる。例えば、共有された知識において「想像」が果たす役割を分析する一方で、「想像」の具体から問いを分析することもできるとしている(国際バカロレア機構,2015a)。上記のような特徴を持つWOKについて8つの方法を活用し幅広く探究を行うことが「知の理論」の授業で求められる。

さらに「知の理論」は、「知の理論」と DP 数学の 双方の授業において行われることとなっている。 DP 数学指導の手引き書である国際バカロレア機構 (2015b)においては DP 数学の授業において「知の理 論」に関連するテーマを扱うことが推奨され、具体 的な問題が示されている。

このように数学授業において「知の理論」の実践 が求められており、実践の蓄積は必要であると考え られる。 したがって、本研究では数学の授業内での実践に 焦点をあてることとした。

#### 3.研究方法

#### 3.1 研究の対象

調査は 2020 年 7 月に公立高等学校国際バカロレアコースの1 年次生徒 13 名を対象に、数学のイメージの実態把握を行い、批判的思考の育成のための指導法の考案及び授業実践を行った。研究対象校では1 年次 4 月から 12 月まで国際バカロレアプレ DP カリキュラムの授業として数学 I を開講しており、英語による指導が行われている。4 月から 6 月の期間はオンライン授業による指導だったため、授業内でのディスカッションに制限がある状況であった。

#### 3.2 評価の方法

本研究では、批判的思考の中でも特に Kitchener & King (1981) の「知識の不確実性に対する認識」に着目し、次の 2 つの観点で指導の効果を検証することとした。

観点①:生徒の数学のイメージがどのように変化するか。

観点②:生徒が「知の理論」の手法を使った記述に おいて、どのように批判的思考が活用されるか。

授業の最後に、アンケートを用いて指導法の効果 を検証した。

#### 4.生徒の数学のイメージと批判的思考

#### 4.1 実態把握の目的

楠見(2017)は、思考のモデルの一部として Hummel & Holyoak (2003)が示す類推を取り上げ、深く知らない物事を既知の物事に当てはめることで推論が行われることを示し、未知の対象をターゲット、既知の対象をソースとして分類している。さらに、ソースを活用した推論には、「類似性に気づく」、「対応づける」、「解の生成に適応する」の3つの段階があるとした(Hummel & Holyoak, 2003)。これらのことを数学学習の文脈で検討すると、既知の数学を未知の文脈に関連づけることで推論が行われることから、多様な数学のイメージを持つことが「類似性に気づく」や「対応づける」などの類推につながることが

考えられる。類推をはじめとした推論は楠見(2011)の批判的思考のプロセスにも位置付けられ、未知の対象の探究にはソースを活用することが有効であるといえる。これらをふまえて本研究では、既知の物事であるソースを数学のイメージとして捉えることとし、生徒の数学のイメージが豊かであるほど、他の物事と関連づけ批判的思考を発揮することにつながると考えた。

このようなことから本調査では生徒がどのような 数学のイメージを持っているかに関して、実態を把 握するためにマインドマップによる数学のイメージ の図式化を行った。

#### 4.2 マインドマップの作成

生徒のもつイメージを図式化する手法としてマインドマップが知られている。トニー・ブザンら (2013) は、「マインドマップは放射思考を図で表したものだ。放射思考とは、人間の脳が思考し、アイデアを生み出す過程のことである。それを外面化して記録することで、頭の中で起きていることを鏡のように映し出す。」と述べ、学習での活用の可能性に言及している。

マインドマップとは白紙の中央に中心となるキーワードを書き、そのキーワードから連想される言葉を書き足し、線で繋いでいく。次に新たに派生した言葉から、さらに連想される言葉を書き足し、再び線で繋ぐということを繰り返し、自らの頭の中を視覚的に構造化していく試みである。ブザンらはマインドマップが新しい概念的枠組みを作るのに有効であると述べ、誰でも自由に描くことが出来るツールであるとしている。

本研究では生徒の数学のイメージを分析するため、木村・来栖(2017)が行った手法と同様に、2人組のペアでマインドマップを作成し、数学に一次的、二次的につながっている単語に注目し、整理することで数学のイメージに関する分析を行った。マインドマップの作成については「Math」から連想するものを線で結びながら書き連ねるよう指示し、日本語でも英語でも好きな言語で記述するよう促した。

#### 4.3 数学のイメージの変化に関する質問紙調査

数学のイメージの変化に関して、授業実施がどのような効果があったかを分析するために、授業後に質問紙調査を行った。

#### 5.批判的思考を育成する授業開発

#### 5.1 単元選択の理由

数学科の目標は、文部科学省 (2009) で「創造性の基礎を培う」という言葉の中に、知的好奇心、豊かな感性、健全な批判力、直観力、洞察力、論理的な思考力、想像力、根気強く考え続ける力などを位置づけ、批判的思考の育成を目指している。また、数学 I では二次関数の目標に「二次関数を用いて数量の関係や変化を表現することの有用性を認識するとともに、それらを事象の考察に活用できるようにする(文部科学省,2009)」と述べられており、二次関数による表現の有用性を認識させ、事象を考察することが重要であると考えられる。

#### 5.2 批判的思考の育成の条件を考慮した題材

授業で扱う題材は、Haese ら(2014)による二次関数においてバイクジャンプの軌道を扱う問題である。この問題ではバイクジャンプという文脈で二次関数に関わる問題が設定されており、オープンエンドな問題として「安全に着地できるかどうか」について議論する問題が設定されている。この問題では個別的な経験や考えを導入し、主観的な意見から議論を展開していく流れが想定される。本研究では、教科書で設定された問題に加え、文脈を超えて構成する段階として、知の理論における WOK と関連づけて考察を行う活動を実施し、発表を行った。

#### 5.3 授業の概要

#### 5.3.1 授業の目標と流れ

対象とした授業の概要を以下に示す。授業の目標は、「現実事象と数学を結びつけることを通して批判的思考を育成する。」とし、表4のとおり授業実践を行った。

#### 5.3.2 批判的思考を育成する問題

授業で扱った批判的思考を育成する問題は、図 2

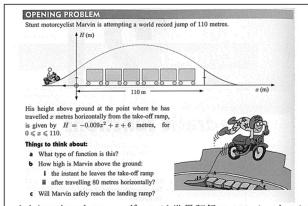
の通り、国際バカロレアコースで教科書として使用 している Haese ら(2014)を用いた。

表 4 授業実践の流れ

	学習内容
導入	Opening problem の問題の理解、a 及び b の問題を
20分	解きバイクジャンプと関数について理解する。
展開 1	関数を使うことで、バイクジャンプの最高地点の
20 分	高さを求めさせる。
展開 2	バイクジャンプで安全に着地するにはどのよう
20 分	な要因を考えるべきかについて考えさせる。
	知の理論における WOK を知り、それを使って問
	題を捉え直す。
まとめ	WOK を使った分析を発表し、共有する。
20分	授業の振り返りを行う。

出典 筆者作成

問題は単元の始まりに取り組む問題として設定されているが、今回は二次関数の単元を終えた後で実施した。



バイクスタントのマーヴィンは世界記録の 110 メートルに挑戦しています。彼が発射台から水平に x メートル進んだ時の地面からの高さは  $H=-0.009x^2+x+6$  ( $0 \le x \le 110$ ) メートルで与えられる。

#### 考えること

- a これはどのような関数ですか?
- b i)発射台から離れた瞬間、地面からどのくらいの高さか。
- ii)80m水平に進んだ時、地面からどのくらいの高さか。
- c マーヴィンは安全に着地台に着くでしょうか?

#### 図2 授業で扱った問題(筆者訳作成)

a,b の問は知識や代入を行うことで解くことができるが、c の問題はバイクの着地台より 1.1 メートル上になることから、バイク安全性について検討を行う。数学的な視点以外を導入して検討を行い数学の役割を考えさせるオープンな問題である。本研究で

は c の問題を生徒に WOK の視点で分析させ、その 記述から批判的思考がどのように現れているかを分 析する。

#### 6.結果と分析

#### 6.1 生徒の数学のイメージと批判的思考の分析

## 6.1.1 授業前の生徒の数学のイメージの定量的分析 オオ・本種 (2017) では国際バカロレアディプロ

木村・来栖(2017)では国際バカロレアディプロマプログラムで学んだ高校3年生8名の数学に関するマインドマップ結果において、中心に書いた「数学」と一次的または二次的につながりがあるものを抽出し、整理した。本研究では、先行研究のデータを比較対象校として、①数学の用語(「式」、「たし算」など)、②数学用語以外で分類して、調査対象校との差異の検討を行った。

分析の結果から、調査対象とした対象校での数学 用語の記述は88.9%となり、比較対象校の36.8%に比べて高い結果となった。表5に結果を示す。

表 5 生徒の数学のイメージの比較

		調査	対象校	比較対象校	
1	数学用語	96	88.1%	25	36.8%
2	数学用語以外	13	11.9%	43	63.2%
合計		109		68	

出典 筆者作成

さらに、数学用語以外に分類された項目を、木村・ 来栖(2017)の分類に従って、2-1 学問分野(理科な ど)、2-2 性質(論理的など)、2-3 感情(楽しいなど)、2-4 人工物(車など)、2-5 その他、で分類し表 6 のとおり、特徴を分析した。

表 6	マイン	ドマップ	の数学	田語以	外の比較
1X ()	11/			ノココロアム	ノドマノレロ事業

		調査	対象校	比較対象校	
2-1	他の学問分野	1	7.7%	17	39.5%
2-2	数学の性質	1	7.7%	9	20.9%
2-3	感情	3	23.1%	0	0.0%
2-4	人工物	2	15.4%	3	7.0%
2-5	その他	6	46.2%	14	32.6%
合計		13		43	

出典 筆者作成

表 6 の結果から他の学問分野とのつながりが、比較対象校が多い傾向がみられた。以下に、実際に描かれたマインドマップの例を示す。

#### 6.1.2 授業前の生徒の数学のイメージの定性的分析

調査対象生徒が作成したマインドマップの例を以下に示し考察を行う。

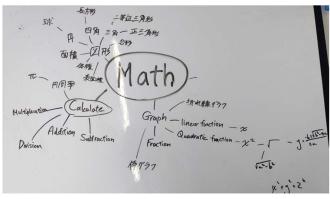


図3 調査対象校生徒のマインドマップ

図 3 で示したマインドマップは中央の Math と図形、Calculate、Graph を関連づけた。調査対象生徒はペアで作業を行なったことから、一人が日本語でもう一人が英語で書き進めたことが想定される。図形からは台形、三角、四角、円、面積、体積、表面積が関連づけられている。次に Calculate からは円周率、Multiplication、Division、Addition、Subtractionが関連づけられている。最後に Graph からは折れ線グラフ、Linear function、Quadratic function、Fraction、棒グラ

フが関連づけられた。全ての単語は数学用語に関連 づけられ、このペアのマインドマップについては数 学のイメージが限定的である状況が見られた。

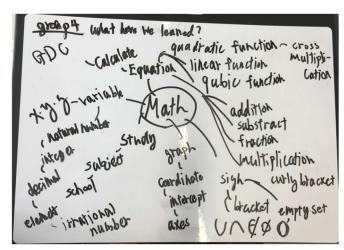


図 4 調査対象校生徒のマインドマップ

図4のマインドマップについては、Mathに数学用語として Equation、Graph、Sign、が関連づけられ、図4の数学の性質、その他として Rariable (おそらく reliable)、Study の2つが関連づけられた。二次的に関連づけられたものは図3と同じく数学用語が多く見られたが、Studyなど表6でその他に分類される単語も現れた。このペアのマインドマップは数学用語以外の単語もいくつか挙げており、数学のイメージの広がりが見られた。次に、比較対象とした生徒のマインドマップの例を以下に示す。

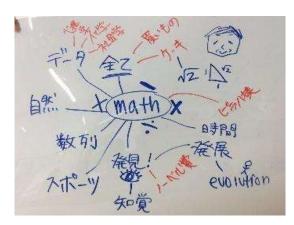


図 5 比較対象校生徒のマインドマップ

図5に示した比較対象生徒のマインドマップは一

次的に関連づけられた単語だけでも多くの数学用語 以外が抽出され、全て、自然、スポーツ、発見、知 覚、ノーベル賞、時間、ピラハ族が挙げられる。図 5の中で発見、知覚などの単語は知の理論で出てく る単語で、知の理論を含めた IB の学びによって数 学のイメージが広がっていると考えられる。

以上より、授業前の調査対象校生徒の数学のイメージは隔たりがあり、批判的思考を育成するにはより広い数学のイメージが必要であると考えられる。

# **6.1.2** 数学のイメージの変化に関する振り返り記述の分析

調査対象校での授業実施後に、生徒の振り返りの 記述を行い、批判的思考における「知識の不確実性 の認識」に関連する振り返り記述を抽出した。

第一に「c. 述べられていない思いこみや偏見を認識する。」と関連づけられる記述については、「今まで数学は決められた式があって、それを正しく解くだけだと思っていたけれど、見方を変えれば様々な事が関わっているという事が分かってとても驚いた」、「数学の問題に今まで気付かなかった、言語や感情などの一見関係の無いように思える要素が含まれていることを知って、新しい面を見られたと思います。」といった回答が得られた。これらより、これまで規則に従って解くだけだと思っていたが、新たな数学に関連する要素について知ることができたと考えている事が分かった。

第二に「I. 多角的なものの見方に基づきアイデアを検討する。」と関連づけられる記述については、「違う見方で見ることで、今まで見えなかったものが見えてきた。例えば、数学と感情はどのようなつながりがあるのかがよくわかっていなかったけど、問題を考えるうえで必要であることがわかりました。」といった回答が得られた。このことより、WOK の活用によってアイデアを検討する視点を得ることができたという事がわかる。

第三に「m. 反対の、あるいは対立する議論を展開する。」については生徒の回答からはこの観点に関する記述は見られなかった。

第四に「i. 新しい情報や証拠に基づいて理解を見直す。」と関連づけられる記述については、「公式に

当てはめて解いたりするだけでなく、答えを想像・ 思考して解くことも多いと知った。」といった回答が 得られた。このことから数学の解き方についても振 り返り、理解の見直しが行われた事が分かる。

このように生徒の振り返り記述の分析において、 批判的思考の観点から数学のイメージの広がりが確 認された。「m. 反対の、あるいは対立する議論を展 開する。」に関しては、数学のイメージの変化に関す る記述からは見られなかった。

#### 6.2 WOK の活用による批判的思考の分析

生徒の批判的思考のプロセスを見るため、WOK の手法によるオープンエンドな問題の探究 (問 c) における生徒の記述の分析を行った。

この問題において、生徒が関連づけた WOK の中 で想像(7名)が最も多く、「危険性や問題点を想像 すること」、「着地をする時や実際の場面を想像する こと」が挙げられた。次に多かったのが、知覚(6名) となり、「1.1m という数字を見たときにどう感じる か」、「飛ぶ時の感覚を覚えることが重要」と回答が あり、感情(6名)について、「怖いと思うこと」や、 「緊張しているなどの状態が安全性に影響する」と いった回答が得られた。また、直観(5名)について は、「直観による計画は安全が保証できない」、「問題 の図から安全であると考えた」などの回答が得られ た。理性(2名)については、「理論上1.1mの余裕を 持って飛ぶことが安全かは論理的な考えが大切にな る」という記述が見られた。言語(1名)については、 「safely という単語は読む人によって若干の相違点 が生まれる」ことが指摘され、記憶(1名)について は、「過去の失敗経験の影響も考えられる」などの記 述が見られた。信仰についてはどの生徒の記述から

上記の「知識の不確実性」に関連する 4 観点で記述を分析すると、c,l,i の 3 観点の記述は見られたが、m の観点の記述が見られなかった。

も挙げられなかった。

mの観点に関する活動について、授業の発表の中での議論に注目した。議論の中では「安全である」という意見と「安全かどうかの判断はできない」という意見の対立がおこった。生徒 A は「着地台よりも 1.1m でもう少し進めばうまく台の斜面に着地で

きる」という意見をした一方で、生徒 B は「私たちから見ると 1.1m 上で安全かもしれないが、本人からすると記憶や知覚などの要素を踏まえて安全かどうかが決まるので、数値だけでは判断できない」という意見交換がなされた。このようにクラス全体の議論では、生徒 B のように一般化に対する証拠不足を指摘するような発言が見られ、対立する議論が展開された。

上記の WOK の視点による記述について「知識の不確実性の認識」の IB の批判的思考スキルによる 4 観点を用いて表 7 のように分類を行った。

表 7 授業における「知識の不確実性の認識」

観点	生徒の意見(括弧内は表出場面)
c. 述べられて	・問題の図から安全であると考えた
いない思いこみ	(記述)
や偏見を認識す	・safely という単語は読む人によって
る。	若干の相違点が生まれる(記述)
1. 多角的なも	・危険性や問題点を想像すること(記
のの見方に基づ	述)
きアイデアを検	・緊張しているなどの状態が安全性に
討する。	影響する(記述)
m. 反対の、あ	・一見安全そうに見えるが、他の要素
るいは対立する	を踏まえると数値だけでは判断できな
議論を展開す	い(発表)
る。	
i. 新しい情報	・直観による計画は安全が保証できな
や証拠に基づい	い(記述)
て理解を見直	
す。	

出典 筆者作成

これらのことより「知識の不確実性の認識」について批判的思考の活用が確認された。その中でも「m. 対立する議論の展開」についてはクラスで意見を交換することにより、効果的に議論が促されたと考えられる。活動の結果から、WOK の導入により、分析の視点が増え、多角的な議論が可能になったといえる。Hofer & Pintrich (1997)の「知の不確実性」に関して WOK を活用した実践からは、第四段階の「知の不確実性を受け入れる段階」の活動が見られた。しかしながら、第六・七段階である意見の統合や合理的判断の段階については、今回の実践に加え、別のアプローチを検討する必要があるといえる。また、「対立する議論の展開」については楠見(2011)の「行動決定」を促すためにも重要な批判的思考の構

成要素であると考えられる。

今後、批判的思考の授業を行う際、対立する議論をあらかじめ準備したり、生徒同士の意見交換を促したりすることが「知識の不確実性の認識」の理解においては重要なのではないかと考えられる。

#### 7.まとめ

本研究では、公立高等学校の国際バカロレアプレDP カリキュラムにおける批判的思考を育成する数学授業について①生徒の数学のイメージにどのような影響を与えたか、②授業実践においてどのように批判的思考が活用されたか、について明らかにするため生徒の記述の分析を行った。

生徒の数学のイメージに関するマインドマップによる記述から、対象校の生徒の数学のイメージは数学用語に偏りがあることが明らかになった。また、数学のイメージの変化に関する振り返りでは、規則に沿って解くだけではないことやアイディアを検討する視点について学んだなど、数学のイメージの広がりが確認されたが、「m. 反対の、あるいは対立する議論を展開する。」という観点に関しては、数学のイメージの変化に関する振り返り記述からは見られなかった。

授業で活用された批判的思考の「知識の不確実性 の認識 | に関して、生徒の振り返り記述からは IB の 批判的思考スキルの4観点のうち3観点のスキルの 活用が確認された。記述から確認されなかった「m. 反対の、あるいは対立する議論を展開する。」という ことについては、オープンな問いの探究の中で対立 する議論が展開された。授業における生徒のやりと りから、①個別の意見に加え複数人での議論が必要 であること、②WOK の導入で議論の幅を広げ比較検 討が可能となること、が明らかになった。今回の授 業を Kitchener & King (1981) の発達段階と照らし合 わせて検討すると、多角的な検討や対立する議論か ら第二・第三・第四段階の不確実性の認識が活用さ れたと考えられる。しかしながら第五段階以上の意 見はみられず、既存の主張や意見の統合による合理 的判断までは見られなかったが、Kitchener & King (1981) の発達段階では第五段階以上は大学院生の 段階に対応し高度なものに位置付けられていること

から、高校段階では「知の不確実性」に関しては意見主張の統合による合理的判断の無い第四段階まで育成できれば十分であるとも考えることができる。また知の理論の手引き(国際バカロレア機構, 2015a)でも同様に意見主張の統合による合理的判断までは求められていないことから、高校生段階で身につけるべき「不確実性の認識」の範囲については発達段階との対応によって検討が必要であると考えられる。さらに、楠見(2011)の行動決定についても同様に発達段階に合わせて検討が必要である可能性があり、高等教育における批判的思考教育実践も踏まえて、発達段階に合わせた実践の蓄積が今後求められる。

国際バカロレアカリキュラムでは全ての科目が知の理論の視点を通して教科横断的につながり、さまざまな場面で批判的思考を発揮できるようにすることが求められる。本研究では数学授業の中での WOK 活用について論じたが、他の科目においても、WOK を活用した授業の設計が可能であると考える。

また、今回は一度の授業での変化であるため、短期的なものであると考えられるが、批判的思考の育成に関わる授業実践を定期的に行うことで、長期的な視点で生徒の数学のイメージや批判的思考の変化を見ていく必要がある。

さらに、国際バカロレアカリキュラムだけでなく、 他の学習環境においても知の理論の視点は応用可能 である。今後、様々な場面の教科実践において知の 理論の手法を取り入れたり、応用したりすることで、 批判的思考の育成をめざす教材の蓄積を増やしてい くことが必要である。

#### 引用文献

- 木村光宏・来栖真梨枝 (2017)「国際バカロレア「知の理論」における数学に関わる授業実践」,『国際中等教育研究:東京学芸大学附属国際中等教育学校研究紀要』,11,pp.169-178.
- 木村光宏・中和渚(2019)「「知の理論(TOK)」の数学 に関する批判的思考のプロセス」『国際バカロレ ア教育研究』3,59-68.
- 楠見孝 (2011)「第1章 批判的思考とは一市民リテラシーとジェネリックスキルの獲得」楠見孝・子安増生・道田泰司編著『批判的思考力を育む 学

士力と社会人基礎力の基盤形成』有斐閣, pp. 2-24.

- 楠見孝(2017)『思考と言語』北大路出版.
- 久保良宏 (2017)「数学教育における民主的能力と批判的思考」『日本数学教育学会 第5回春期大会論文集』,201-208.
- 国際バカロレア機構 (2014) 『国際バカロレア (IB の 教育とは?)』 国際バカロレア機構
- 国際バカロレア機構 (2015a) 『「知の理論」(TOK) 指導の手引き』 国際バカロレア機構.
- 国際バカロレア機構(2015b) 『「数学 HL」指導の手引き』 国際バカロレア機構.
- トニー・ブザン バリー・ブザン 近田美季子[訳](2013) 「新版ザ・マインドマップ」ダイヤモンド社
- 中和渚 (2017)「批判的数学教育からの幼児算数教育 の検証」『日本数学教育学会第 5 回 春期大会論文 集』, 225-232.
- 服部裕一郎. (2018).「数学的モデル化過程における 批判的思考の役割に関する一考察」、『日本科学教 育学会年会論文集』42,51-54.
- 道田泰司(2018) 叡智としての批判的思考—その概念 と育成— 心理学評論, 61,231-250.
- 文部科学省ホームページ (2021)「IB とは」 https://ibconsortium.mext.go.jp/about-ib/ (2021 年 5 月1日閲覧)
- 文部科学省 (2009) 『高等学校学習指導要領』東山書 展
- 文部科学省 (2015) 『高等学校学習指導要領』東山書房.
- 文部科学省 (2017) 「生活・総合的な学習の時間ワーキンググループ議論のまとめ」.
  - (http://www.mext.go.jp/b\_menu/shingi/chukyo/chuky o3/064/siryo/attach/1379020.htm)(2017 年 12 月 4 日 閲覧)
- Ennis, R.H. (1989). Critical thinking and subject specificity: Clarification and needed research. *Educational Researcher*, 18(3), pp.4-10.
- Haese, M., Haese, S., Humphries, M., Kemp, E., Vollmar, P., (2014). Mathematics for the International Student: Mathematical Studies SL. Adelaide: Haese Mathematics.

- Hummel, J. E., & Holyoak, K. J. (2003). A Symbolic-Connectionist Theory of Relational Inference and Generalization, *sychological Review*, p.220
- Lipman, M. (1988). Critical thinking: What can it be? *Education leadership*, 16, pp.38-43.
- Skovsmose, O. (1994). *Towards a Philosophy of Critical Mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Kitchener, K.S., & King, P.M. (1981). Reflective judgement: Concepts of justification and their relationship to age and education. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 2, pp.89-116.

(Received:June 18,2021) (Issued in internet Edition:July 1,2021)