特集：「個別最適な学び」と「協働的な学び」の実現による教育実践の可能性

算数科における議論の質的分析枠組みの検討に関する考察

橋　本　公　作（文教大学越谷校舎教務課）
石　井　　　勉（文教大学教育学部）

A Study on Consideration of Qualitative Analysis Framework for Arguments in Mathematics

HASHIMOTO KOUSAKU, ISHII TSUTOMU
（Academic Affairs Division, Bunkyo University）
（Faculty of Education, Bunkyo University）

要　旨

本研究ではToulminによる議論に関する研究に着目し、その概要を整理した。そして、第６学年の「単位量あたりの大きさ」の第１時の授業における議論を、トゥールミンモデルにより記述し、根拠の明示などの論理に注目して分析した。一方、我が国で伝統的に行われてきた授業分析を、授業のコメントとして整理した。その上で、この両者を比較検討した。その結果、算数科における授業での議論を質的に分析するために、トゥールミンモデルを援用することで、論拠へ注目した考察が可能なことを指摘した。

キーワード：議論、トゥールミンモデル、論拠

１．研究の背景

しばしば教師は授業で勝負すると言われる。子どもの学力を保証しようとする先生方の苦労と努力が、よく表現された言葉である。そのため、授業が最も盛り上がる場面である授業の山場は、授業の勝負を分ける大切な場面となる。

算数科の授業は、問題解決型の授業として実施されることが圧倒的に多い。それは個々の思考力を高めるためであり、概念の形成を助けるためであり、技能の習得をスムーズにするためであり、算数を学ぶ態度を培うために他ならない。

算数科における問題解決型の授業は、問題設定、自力解決、練り上げ、まとめという学習段階に整理されることが多い、算数科の授業の山場は、この練り上げの後半、まとめの直前に位置づけられることが一般的である。それは、いわゆる話し合いとか、集団検討とか、比較・検討とか言われる場面であり、国際的には議論と言われる活動である。

しかし、この議論の評価方法はいまだ明確でない。議論は同じものは存在せず、個々の議論によりその詳細は異なり、数値化することには無理がある。そこで、本研究では議論の著名な研究者であるToulmin（1958）をもとにして、算数科における議論の質的分析枠組みを提示し検討する。

２．Toulmin（1958）の概要

議論の諸相の研究者であり権威者であったToulmin（1958）が、論証のレイアウトや批判において重要だと見出した区別は、伝統的な議論のタイプである三段論法や三段論法的

な論証に対して、適用できるという視点から考察されている。

伝統的な三段論法の例として、「ソクラテスは人間である。全ての人間は死すべきものである。ゆえにソクラテスは死すべきものである。」が挙げられている。このような三段論法の中で、どれが事実・根拠（Data）や論拠（Warrant）、論拠の裏付け（Backing）に該当するのかに着目して、三段論法の内的な複雑性について述べている。

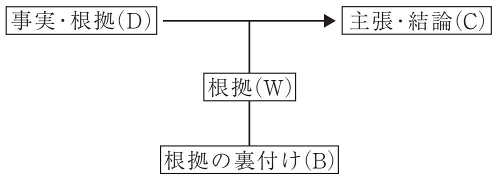
また、トゥールミン（1958）は、三段論法では論拠（Warrant）と論拠の裏付け（Backing）の区別が不明瞭となる傾向があると指摘している。そこで、事実・根拠（Data）と主張・結論（Claim・Conclusion）が同じであることに着目して、二番目の言明が異なる２つの例を挙げて考察している。

１つ目の例は、「ペッテションはスウェーデン人である。スウェーデン人はほとんど確実にローマカトリック信者ではないと考えられる。したがって、ほぼ確実に、ペッテションはローマカトリック信者ではない。」である。この例をトゥールミン（1958）の論証のレイアウトに対応させると、事実・根拠（D）、論拠（W）、主張・結論（C）として位置付けられ、論証における主張・結論（C）を導く役割があると指摘している。

２つ目の例は、「ペッテションはスウェーデン人である。ローマカトリック信者であるスウェーデン人の割合は２パーセント以下である。したがって、ほぼ確実に、ペッテションはローマカトリック信者ではない。」である。この例をトゥールミン（1958）の論証のレイアウトに対応させると、事実・根拠（D）、論拠の裏付け（B）、主張・結論（C）として位置付けることができ、ローマカトリック信者であるスウェーデン人の割合を単純な統計的レポートとして示す役割があると述べている。

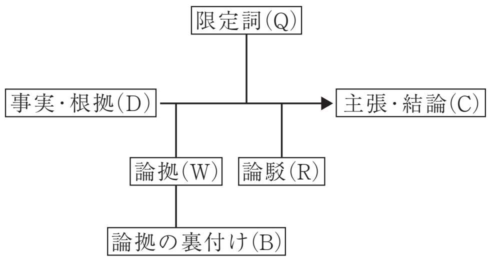
このように２つの例をみると、推論の論拠とその論拠の裏付けという区別があるが、三段論法では実用的な機能としての区別が不明瞭な傾向があると指摘している。

そして、事実・根拠（D）から論拠（W）と論拠の裏付け（B）を経て、主張・結論（C）へ至るレイアウトを以下のように提示している。これは後にトゥールミンモデルと言われるもので、様々な数学教育の研究者だけでなく、他の教科教育に関わる研究者などによる改良などを経て、更新され今日に至っている。



３．トゥールミンモデルをめぐる諸研究

Hitchcock＆Verhei（2006）は、Toulmin（1958）が議論を通常は６つの部分で構成されていること、特に限定詞（Qualifier）と論駁（Rebuttal）の存在に着目して、トゥールミンモデルを下のように提示した。現在ではこのトゥールミンモデルが典型的になっている。



一方、Saxeら（2009）は、生徒のアイディアと学級全体との相互作用に注目した。たしかに、数学的コミュニケーションは数学的議論を説明するための便利な方法であるが、議論の質は内容と分離できずその故にトゥールミンモデルの有用性を指摘している。

トゥールミンモデルが注目を集めたのは20世紀末からであり、我が国ではその翻訳が出版された2011年前後であった。当時の9th Congress of European Reash in Mathematics Education（CERME9）などでは、論証指導の一環として注目されていた。

一方、Ofri＆Tabach（2017）は、集合的活動（DCA）を文書化するための方法論的アプローチを開発しました。 そして、DCA方法論は、経験的ツールとしてトゥールミンモデルを使用した。

４．トゥールミンモデルに関する可能性

議論の技法からトゥールミンモデルは、論証指導における生徒の思考を整理して、根拠に基づく説明や証明を明示したり、子どもの対話のつながりを促したりする効果が期待できる。したがって、このトゥールミンモデルの構成要素である事実・根拠（D）、主張・結論（C）、論拠（W）、論拠の裏付け（B）などは、論証や説明に関わる数学的活動の過程と対応させると、子どもの思考や相互の対話を丁寧に捉える上で有効である。

特に、トゥールミンモデルにある論拠の裏付け（B）は、生徒の多様な考えを引き出して証明の記述や対話を活性化させることが期待できる。証明や説明の記述や子ども相互の対話において、思考をつなげるためには、答えだけではなく理由や根拠も含めた説明をすることや証明を記述することが必要である。そのため、自分の考えの根拠を明確にして伝えることができるように指導することが必要になる。

また、トゥールミンモデルは、子ども一人ひとりの考えを論理的に整理する効果が期待できる。なぜなら、課題に対して解決すべきことや自分の考え、その考えの根拠としたもの、結論について順を追って表現することが期待できるからである。

５．授業の分析

ここでは、Ｔ大学附属Ｋ小学校にて、Ｎ先生によって行われた第６学年「単位量あたりの大きさ」の授業を分析する。本授業の導入では「サッカーの試合を行った。その勝敗表から１位のチームを判断して欲しい。どのように１位のチームを決めたら良いだろうか。」と問題を設定していた。練り上げでは児童の考えや意見をいくつか取り上げ、それらをもとに授業を進め解決方法を分類し整理していた。

ここでは授業内の練り上げの場面に着目し、先行研究をもとに分析枠組みを適用して、それぞれの要素がどのように構成され、変化しているかについて分析する。

（1）エピソード１

まず、練り上げの最初に出てきた意見は、これまでと同じように、それぞれのチームの勝ち点を足し算で求め、くらべる方法である。次のような場面がある。

①エピソード１の実際

C1：〇を３点、△を１点、×を０点として考えるとＡは４点、Ｂは３点、Ｃは３点、Ｄは４点になる。ＣとＤは中止の部分があるけどそこはわからない。

Ｔ：さあどうでしょう。C1さんのに。C2くん。

C2：C1さんはＣとＤはわからないって言ったけど、僕はＡとＢ、ＣとＤに分けて考えました。C1さんが言ったように、ＡとＢは４点と３点なのでＡが１位。ＣとＤは、Ｄが４点でＣが３点なのでＤが１位。

Ｔ：二つ１位があるってことね？

C2：はい。

②エピソード１の分析

この場面では、C2の児童が１位のチームを二つ出している。よってこの場面では分析枠組みの「Ｃ：主張Claim」には「１位のチ

ームは複数ある」と位置付けることができる。また、この場面の後に、中止になった試合が行われたと仮定し、場合分けをして１位のチームを決めている児童の意見が表出した。よって、この主張の「W：論拠Warrant」として、児童の発言から「中止になった試合の結果によって１位は変わる」と位置付けることができる。「B：裏付けBacking」については、児童の発言からは、捉えることができなかったのでカッコをつけて、児童のこれまでの学習や経験から勝ち点の多いチームを１位と判定していることから（勝ち点をそのまま足して一番多いチームが１位になる）と位置付けることができる。

（2）エピソード２

次の場面では、教師が他の児童の意見を取り上げ、これまでの意見とは異なる意見が表出する。その意見を受け、教師はこれまでの意見と対比させている。

①エピソード２の実際

T：C3君

C3：（足し算のみで求める意見に対して）そういうふうに考えると、いくつかパターンが出てきちゃうので、どうしていくつかパターンが出てきちゃうかというと、それぞれの試合数が違う状態で比べているからで、前平均の時にもやったんですけど同じ試合数で比べればいいと思うので、１試合あたりの勝ち点を比べました。そうするとＤのチームが１位になると思います。

T：（足し算のみで求める意見の板書を指して）中止の分をいろんなパターンに分けてるから３通り出てくる。中止の分をやったとして考えているんだね。（１試合あたりの勝ち点で比べる意見の板書を指して）こっちは実際に試合をやってないんだから試合数を揃えて考える。

・・・

T：君たちがもしそのチームにいたとしたらどの方法で順位決めて欲しい？

C4：私は、C3くんの考えで決めて欲しいと思います。ＣとＤは１試合少ない分、ＡとＢは点数が多くなるかもしれないので、１試合あたりの勝ち点を求めて順位を決めたい。

T：なぜ１試合あたりの勝ち点の方がよいと思ったの？

C4：合計で順位を決めてしまうと、ＣとＤは１試合少ない分、点数が低くなる可能性が出てくる。そうするとＡとＢの方が有利になってしまうので、１試合あたりの点数を求めた方がよい。

T：試合が多いことの有利さがダメなんだね。

②エピソード２の分析

ここでは１位を決める方法として、１試合あたりの勝ち点を比べる方法が表出した。児童の発言からこの場面での「C：主張Claim」には「Ｄが１位になる」と位置付けることができる。次に、児童の発言からこの主張の「W：論拠Warrant」として、「１試合あたりの勝ち点で比べる」と位置付けることができる。次に、教師の「なぜ１試合あたりの勝ち点の方がよいと思ったの？」という発問に対して、児童が「試合数が多いことによりＡとＢのチームが有利になる可能性がある。」という発言が表出した。これは教師の発問によって「R：反証Rebuttal」に位置付ける、「試合数が違うとき」という反証が顕在化した場面である。また、児童の発言によって「B：裏付けBacking」に「試合数を同じにすることで平等になる」と位置付けることができる。さらに、C3の児童の発言から「前平均（を学習した）時にもやったんですけど」とあるように論拠の「Q：限定詞Qualifier」として「おそらく（適用できる）」と位置付けることができる。

この場面では、教師が初めに提示した「１位を一つに決める」という条件から前の場面

の「１位のチームは複数ある」という主張が否定され、新たに「Ｄが１位になる」という主張について話し合っている。新たな主張が表出したことで前の場面の論拠は否定され、新たに「１試合あたりの勝ち点で比べる」という論拠に修正された。この修正に続き、教師の発問によって児童の「試合数が少ないと他のチームより不利になる」という発言を引き出し、論拠に対する反証である「試合数が違うとき」が顕在化された。この発問行為により前の場面の裏付けが否定され、新たに「試合数を同じにすることで平等になる」という裏付けに修正された。これらのことから、児童の発言により分析枠組みのそれぞれの要素が修正され、新しく論拠を形成していると判断できる。よってこの場面では児童主体の学習になっていると指摘できる。

６．授業のコメント

本授業は、事象の中から自ら問いを見いだし、課題の追究、対話による課題の解決を行う探究の過程に即した展開になっている。

正に、今求められる「主体的・対話的で深い学び」の授業を実現しているものである。

児童が意見を交わしながら新たな考えや価値を追究していく練り上げの前提として、児童一人一人が意欲的に課題解決に取り組み、既習を活かしながら自分なりの考えや解決の根拠をしっかり持つことが重要である。そのために、自力解決の段階で、個々の学習状況の把握と細やかな個別支援は教師の一つの勝負どころであると考える。

この授業における教師の発問や発言には、次の優れている点が挙げられる。

・なぜそう考えたのか、根拠を表現させている
・児童に新たな見方や視点を促している
・合理的な考えや新たな価値観に気づかせている
・児童の考えのよさを簡潔に認めながら、ポイントを押させている

児童主体の授業づくりには、学習計画の段階において、課題に対する児童の予想される思考や解決方法を見通し、意見をどのような順序で取り上げ、どのような視点に着目させて比較検討させるか等、練り上げの構造化を図っておくことが重要であることを示唆する授業である。

７．考察

これまでわが国で伝統的に行われた、指導上の経験と児童の実態に基づいた教材研究とに裏打ちされた、授業分析を授業のコメントとして整理した。

その中核となるのは、「なぜそう考えたのか、根拠を表現させている」という論理を支える根拠への注目である。「新たな主張が表出したことで前の場面の論拠は否定され」とあるように、「１試合あたりの勝ち点で比べる」という論拠を修正することで議論を深める様子が指摘されている。

また、教師の指導に着目した分析として、「児童に新たな見方や視点を促している」という指導に関する指摘がある。これは「合理的な考えや新たな価値観に気づかせている」や「児童の考えのよさを簡潔に認めながら、ポイントを押さえている」という教師の指導の指摘と同様である。

これに関して、「この修正に続き、教師の発問によって児童の『試合数が少ないと他のチームより不利になる』という発言を引き出し、論拠に対する反証である『試合数が違うとき』が顕在化された」とあるように、論拠の変更が指導の機会になったこと、この指導の機会が議論をリファインする効果を発揮したことが指摘できる。

以上より、算数科における授業での議論を質的に分析するために、トゥールミンモデルを援用することで、論拠へ注目した考察ができる可能性があると指摘できる。

８．研究のまとめ

本研究では、第６学年の「単位量あたりの大きさ」の第１時の授業における議論を、トゥールミンモデルにより記述し、根拠の明示などの論理に注目して分析した。一方、我が国で伝統的に行われてきた授業分析を、授業のコメントとして整理した。その上で、この両者を比較検討した。

その結果、算数科における授業での議論を質的に分析するために、トゥールミンモデルを援用することで論拠へ注目した考察が可能なことを指摘した。

一方で、議論におけるダイナミックさが十分に記述できていないことを指摘した。

（参考・引用文献）

Inglis, M., Meija-Ramos, J. P., & Simpson, A.（2007）. Modelling mathematical argumentation: the importance of qualification. Educational Studies in Mathematics, 66, 3-21

Ishii, T.（2013）. Research using the studied-mutually-model about the discussion in the mathematics lesson. Proceedings of the 6th ICMI-East Asia Regional Conference on Mathematics Education, 264.

Ishii, T.（2015）. Research on the teaching methods which deepen the argument in problem solving. Proceedings of the 7th ICMI-East Asia Regional Conference on Mathematics Education, 657-664.

Ishii, T.（2015）. Considerations on teaching methods to deepen student argumentation through problem solving activities. Proceedings of the Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, 222-223.

Ishii, T.（2018）. The focus in argumentative classroom discussion. EARCOM-8:Proceedings,, 8th East Asia Regional Conference on Mathematics Education, pp.478-483. Taiwan: EARCOM

Ofri. O., Tabach. M.（2017）. The spread of mathematical ideas in argumentative classroom discussions: Overt and convert participation. In Kaur. B., Ho, W.K., Toh, T. L., & Choy, B. H.（Eds）, Proc.41th Conf. of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education Vol, 3（pp329-336）. Shingapore: PME.

Saxe, G. B., Gearhart, M., Shaughnessy, M., Earnest, D., Cremer, S., Sitabkhan, Y., Platas, L., & Young, A.（2009）. A methodological framework and empirical techniques for studying the travel of ideas in classroom communities. In B. B. Schwarz, T. Dreyfus & R. Hershkowitz（Eds.）, Tranformation of knowledge through classroom interaction（pp. 203-222）. London, UK: Routledge.

Tabach. M., Hershkowitz. M., Rasmussen. C., Dreyfus. T.（2014）. Knowledge shifts and knowledge in the classroom. Journal of Mathematical Behavior, 33, 192-208　DOI:10.1016/j.jmathb.2013.12.001

Toulmin, S. E.（1969）. The uses of argument. Cambridge: Cambridge University.

Hitchcock D., & Verheij, B.（2006）. Introduction. In D. Hitchcock & B. Verheij（Eds.）, Arguing on the Toulmin model: New essays in argument analysis and evaluation（pp. 1-23）. Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Ubuz, B., Dincer, S., & Bulbul, A.（2012）. Argumentation in undergraduate math courses: A study on proof generation. In T. Y. Tso（Ed）, Proc.36th Conf. of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education Vol, 4 (pp163-170). Taipei, Taiwan: PME.

Ubuz, B., Dincer, S., & Bulbul, A. (2013). Argumentation in undergraduate math courses: A study on definition construction. In A. M. Lindmeier & A. Heinze. (Ed), Proc.37th Conf. of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education Vol, 4 (pp313-320). Kiel, Germany: PME.

Ubuz, B., Dincer, S., & Bulbul, A. (2014). Argumentation in undergraduate math courses: A study on problem solving. In C. Nicol, S. Oesterle, P. Liljedahl, & D. Allan (Ed), Proc.38th Conf. of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education Vol, 5 (pp305-312). Vancouver, Canada: PME

持田直樹（2021）「算数科の練り上げにおける主体的な学びを促す指導に関する考察」卒業論文

石井勉（2022）「図形領域における数学的活動の記述の分析について」第７回中学校数学授業づくり研究会要綱pp.44-45