

探究指導のツールとしての Q-A ログの可能性

—大学生向け大規模探究型授業での使用を事例に—

川添 充 大滝 孝治
大阪公立大学 北海道教育大学釧路校

要 約

筆者らは、大学教育の文脈で、探究指導における教員の介入を補助するツールの開発を目的として、教授人間学理論 (ATD) で用いられる Q-A マップを簡略化した「Q-A ログ」に関する研究を進めている。本稿では、その研究のこれまでの成果を紹介する。Q-A ログとは、Q-A マップの木構造を省いて、探究活動中に生じた問いと回答を生じた時間順に列挙したものであり、筆者らはそれを用いた探究型の数学的モデリングに関する大規模授業を設計し、探究指導の支援ツールとしての機能やそこから得られる効果等を分析・考察してきた。今後さらなる検証・改善が必要ではあるが、授業実践の結果から以下のことが示唆された。(1) Q-A ログは教員・学生双方にとって負担感なく使用できるツールである。ただし、教員が無理なく使用できるクラス規模は 20 グループ程度までと考えられる。(2) Q-A ログを用いた教員の介入は学生の探究活動を促進する。(3) Q-A ログは学生の探究活動の支援にも役立つ。

キーワード：探究指導，Q-A マップ，大規模授業。

1. はじめに

筆者らの研究の目的は、探究指導を行う大学教員の支援という視点から、学生の探究への介入を補助するツールを開発することであり、これまでの研究でその提案と検討を行ってきた (Kawazoe & Otaki, 2023; 2024)。本稿の目的は、その成果の主たる部分について紹介すること、および、未公開の実践データや新しい実践事例も踏まえてさらなる検討を加えることである。

探究型学習の指導において、教員の重要な役割の一つは、学生の活動内容をリアルタイムで把握し、的確なタイミングで適切な介入を行うことである。しかし、探究活動をリアルタイムでモニタリングしながらの指導は、少数の学生あるいは少数のグループだけを指導する状況であればともかく、多くの学生・グループが同時に活動する場合には実質不可能になる。実際、そのような場合には、時間的には遅れが生じるが、学生が活動状況を報告

し教員からフィードバックを得られる時間を各グループに対して個別に設定したり、学生・グループが活動記録を提出して教員がそれを読み込んで後日フィードバックを与えたりすることがしばしば行われる。しかし、これらの場合でも、グループの数が多くなればなるほど運用は難しくなり、簡単に教師 1 人で対応できる限度を超えてしまう。そもそも、「多数の学生」と「1 人の教員」という授業のメンバー構成は、新しい探究型の学習ではなく、旧来の伝達型の学習の実現のために設定されているものであり、大規模授業での探究型学習など不可能であるともいえよう。しかしその一方で、新しいパラダイムに基づく教育を実現・持続するために学習指導インフラをラディカルに一新するのも現実的ではなく、古いパラダイムからの移行をスムーズにするための工夫を行うことが重要であると、筆者らは考えている。

筆者らは、60 名を超えるような比較的大きな規

模のクラスでも教員の負担をそれほど増やすことなく、学生の活動状況を把握しそこへの介入ができるようにするための記録ツールとして、教授人間学理論（ATD）で用いられる Q-A マップを簡略化した Q-A ログを開発し、その可能性を検討してきた。Q-A マップおよび Q-A ログについては次節で説明するが、Q-A ログという特殊な形式でグループに探究活動の記録をつけてもらうことで、学生・教員双方の負担を少なくしつつ、教員による介入の効果を上げ、また学生の探究活動の質も上げることができるのではないかと、というのが我々の仮説である。本稿では、この Q-A ログの可能性についてのこれまでの研究成果を、以下の問いへの回答という形で、最新の実践事例や論文化していない実践データも参照しつつまとめる。

- ① 学生（たち）は Q-A ログの形式で記録を作成することに負担や戸惑いを感じるか。
- ② 学生（たち）の Q-A ログの内容の質・量は探究活動の記録として十分なものであるか。
- ③ Q-A ログを作成することに学生（たち）の探究活動上の利点はあるか。
- ④ Q-A ログを読むことの教員の負担はどうか。
- ⑤ Q-A ログは教員の介入においてどのような役割を果たすか。

2. Q-A マップと Q-A ログ

ATD において「探究」とは、最初に提示された生成的な問い Q_0 を研究して、受け入れ可能な最終的な回答 $A^\bullet$ を導き出す活動のことである。そして、その活動のプロセスはさまざまな種類の「往還」によって進められる。例えば、メディアとミリューの往還（cf. Chevallard, 2020）などがその一つであるが、とくに重要な往還とみなされているのが「問いと回答の往還」である。探究では、最初の問い Q_0 の回答を得ようとして新たな問いが次々に生じ、それらに回答しようと取り組みながらさらに問いが生み出されていく。問いと回答の往還は、こうして生じるたくさんの問いと回答の間を行き来しながら探究活動が進んでいく様子を表しており、ATD には、この点に着目して探究の過程を分析するための「Q-A マップ（Q-A map）」と呼ばれるツールがある（cf. Winslow et al., 2013）。Q-A マップ

は、探究活動中に生じた問いと回答を、それらがどの問いや回答から生み出されたかの関係とともに、問いと回答を頂点とする有向グラフで表したものである。一つの問いから複数の問いや複数の回答が得られたりすることが多く、Q-A マップは通常、問いや回答が一系列につながっているだけの単純な形ではなく、木構造のグラフとなる。木構造のルートには Q_0 があり、得られた最終的な回答 $A^\bullet$ は末端のノードの一つとして描かれる。

Q-A マップは典型的に、探究プロセスの事後的な分析の道具として、研究者や教員によって用いられる。しかし、そうした標準的な使い方を越えて、教師教育のための探究型学習（SRP-TE）の文脈で、探究演習を行なった後で学生自身が自らの探究プロセスを事後的に分析するための道具として使われることもあり、最近ではこうした反省的な Q-A マップの使用が、学生のため探究活動一般で効果的である可能性が指摘されてきている（Barquero & Bosch, 2022）。しかしその一方で、作成にかかる時間と手間を考えれば、探究後の振り返りではなく探究活動中の記録として Q-A マップをそのままの形で取り入れるのは難しく、学生の探究マネジメントを支える基礎的な道具としては、Q-A マップにはまだ課題があると考えられる。そこで本研究で提案するのが Q-A ログである。

Q-A ログは、Q-A マップから問いや回答の関係を表している部分（すなわち木構造の情報）を削除して、問いと回答をそれらが生じた時間順に列挙したものである。それぞれの問い（ Q ）や回答（ A ）は Q-A マップと同様に添え字で区別される。添え字は以下のルールで付与する。最初の問いを Q_0 とし、以降は生じた順に $Q_1, Q_2, \dots$ とする。すなわち、 Q の添え字は生じた順序に対応する。回答の添え字は問いに対応させて付与する（たとえば Q_1 に対する回答は A_1 ）。ただし、同時に複数の問いが生じた場合は $Q_{1-1}, Q_{1-2}, \dots$ のようにする。また、1 つの問いに対する回答が複数生じた場合も同様に（たとえば、 Q_1 に対して $A_{1-1}, A_{1-2}, \dots$ ）。

学生への Q-A ログの導入においては、以上の点の説明に加え、 Q に対する A が生じないことはあり得るが A に対応する Q がないことはあり得ないとの前提をおき、探究活動におけるすべての活

動は具体的な問いに取り組んでいる活動であると考えて記録するよう指示する。また、Q-A ログは探究活動の最中に随時作成していくよう指示する。

Q-A ログを学生用の探究記録様式として用いるのは、以下のことが期待されるからである。

- 学生にとってのメリット：文章での活動記録よりも作成負荷が少なく、探究への集中を維持しながらその進捗を反省することができる。
- 教員にとってのメリット：問いと回答をリストは高い一覧性をもっているため、探究の様子を概観する負担が少なくすみ、また介入方針も立てやすくなる。

3. 数学的モデリング演習でのQ-A ログの使用

前節で述べた Q-A ログを大学 1～2 年次生向けの数学的モデリングの演習を行う科目に取り入れ、2022 年度後期から 2024 年度後期までの期間、その効果を検証してきた。この科目は半期 15 回の授業で構成され、学生たちは学期中に以下の 3 つの数学的モデリング課題にグループで取り組んだ。グループは 4 名を基本に構成され、クラスの人数によって一部 3 名のグループが作られた。どのクラスでもグループは課題ごとに組み替えられた。3 つの課題については、若干の表現の修正はあったものの、2024 年度まで同じものを用いている。いずれの課題も、インターネット上で公開されている情報やデータの使用を前提にデザインされている。

課題 1. 日本の森林で増え過ぎて農業被害をおこしているシカ・イノシシの個体数を 10 年間かけて半減させるという環境省等の政策について、過去の時点に遡って捕獲計画を検討するとともに、現在のデータを用いて今後の見通しを検討する。

課題 2. 50 種類以上ものガンを血液検査で診断する AI ベースの新しい検査方法の有用性を、公開情報をもとに評価する。

課題 3. スマートフォンの OS のシェアの推移を予測するモデルを作成するとともに、モデルによる予測可能性やモデルを作成する意味について検討する。

教員は数学的モデリングとは何かを初回授業時に講義する以外は助言者に徹し、グループから提出された Q-A ログを次の授業までに読み、次回授

業冒頭で全体へのフィードバックを行った。この科目は 2022 年度から開講されており、設計者および授業者は本稿の第一著者であった。

課題 1 を提示した回に、図 1 の例を用いて教員が Q-A ログの書き方を説明した。

Q_0 : 映画館で映画を見る前に売店でポップコーンを買おうと思ったが行列ができていて、映画が始まるまでに買えるかの判断に使える条件式をつくれ。

Q_1 : どういう数値(変数)が必要？

A_1 : 自分が何番目か (n 番目)、一人当たりの購入にかかる時間 (t 分)、映画が始まるまでの時間 (x 分)、売店から座席に着くまでにかかる時間 (y 分)

Q_2 : n, t, x, y を使って条件式がどうかける？

A_2 : $n \cdot t < x - y$. この不等式をみたせば、買える判断できる。

Q_3 : 人によって購入にかかる時間が変わる可能性は考えなくてよい？

A_{3-1} : 平均で考えればよい。

A_{3-2} : 時間の散らばりを分布で考えてみよう。

(以下続く)

図 1. Q-A ログの書き方の例示。

Q_0 は教員が与える最初の問い(モデリング課題)である。添え字の付け方や、 Q に対する A がないことはあり得るが A は必ず Q に対応させるなど前節で述べたことも説明された。Q-A ログに Q と A をどれくらいの細かさで記述するかについては、具体的な指示は出さず、図 1 の例を参考に各グループの裁量にまかせるにとどめた。

以下では、2022 年度から 2024 年度までの後期に開講されたクラスのデータを用いる。2022 年度後期は 1 クラス開講され、履修者数は 56 人であり、14 のグループが作られた。2023 年度後期も 1 クラス開講され、履修者数は 80 人であり、20 のグループが作られた。2024 年度後期は 2 クラスが開講され、履修者数は 32 人と 110 人で合わせて 132 人であった。32 人のクラスで 8 グループ、110 人クラスでは 28 グループが作られたが、学期途中で履修

放棄者が出たため 110 人のクラスは 2 つ目の課題から 27 グループとなった。

以上のクラスのデータを用いて第 1 節の①～⑤を検証していくが、①～④については最初に Q-A ログを取り入れた 2022 年度後期のデータを主として用い、①と③および④については 2024 年度のデータも用いる。⑤については 2023 年度のデータを用いる。以下では、学期末のアンケート（Moodle を使用して電子的に収集）での Q-A ログの形式での記録作成についての感想を聞いた項目への回答、各グループが提出した Q-A ログ（Word で作成し PDF で提出）、および教員が各授業冒頭でクラス全体へのフィードバックに用いたスライド資料をデータとして用いる。なお、以下で言及するデータのうち、2022 年度のデータの一部と 2023 年度のデータは発表済みである一方（Kawazoe & Otaki, 2023; 2024）、2022 年度の課題 2・3 に関するデータおよび 2024 年度のデータはここが初出となる。

(1) 学生（たち）は Q-A ログの形式で記録を作成することに負担や戸惑いを感じるか

2022 年度後期の履修者 56 名のうち、負担や戸惑いに関する記述がみられたのは 16 名のみであった。そのうち、記録が追いつかないなどの他の形式の記録にも共通することを除くと、最も多く見られた記述は、問いと回答に対応しなかったり疑問の形で書きにくかったりして Q-A ログの形式で書きづらい議論があったというものであった（5 名）。2024 年度も Q-A ログの形式に当てはまらない議論があつて困ったという記述が 5 名の回答に見られた。このうち 3 名は問いなしに出てきたアイデアがあつたときにどう書けばよいか困ったと記述していた。2024 年度にはこのほかに書きにくさや負担を感じるとの記述が 5 名の回答にみられた。これら以外は、記録がつけやすいなど（2022 年度後期：56 名中 4 名、2024 年度：18 名）の肯定的な記述を除いてとくに負担には触れていなかった。

以上のことから、記録を取ること自体への負担感はあるものの Q-A ログの形式が他の記録形式にくらべて負担が重いということはなさそうである。Q-A ログの形式になじめないという学生が若干名いたが、他の記録形式よりつけやすいと感じる学生のほうが多く、多くの学生は Q-A ログの形式に

すぐに適応できたと考えられる。ただし、Q-A ログの形式で記録しづらい議論もあつたということには留意する必要がある。Q-A マップでも同じことがいえるが、問いなしに出てきたアイデアがあつたときにどうするかは今後検討する必要がある。

(2) 学生（たち）の Q-A ログの内容の質・量は探究活動の記録として十分なものであるか

学生によって作成・提出された Q-A ログの一例（抜粋）を図 2 に示す。図 2 は、2022 年度後期の授業での課題 1 に対する Q-A ログの出だし部分からの抜粋である。

Q₁: 23 年度までにシカとイノシシの個体数を半減させるためには？
A₁: 捕獲によって個体数を減らす
Q₂: どれだけ捕獲する人が必要か？
A₂: 半減させられるだけの人数（要検討）
Q₃: 捕獲する人一人当たりどれだけ捕獲できるのか？
Q₄: 分布域と個体数は関係があるのか？
Q₅: イノシシの増加量はどれくらいか？
（中略）
Q₁₁: 数学的モデルをどのようにするか？
A₁₁: 仮のモデル（個体数）×（増加率）と（猟師数）×（1 人当たりの捕獲数）+（毘数）×（1 つ当たりの捕獲数）×（稼働時間）をベースに作成予定

図 2. 学生の作成した Q-A ログの例（抜粋）

図 2 の Q や A の内容から、提示された課題の状況理解から数学的モデル作成に進んでいく様子がみてとれる。本稿では触れないが、各 Q と A が数学的モデリング・サイクルのどのステップ（複数のステップにまたがることもある）に対応しているかをみることもできる（Kawazoe & Otaki, 2023）。

2022 年度の授業での各課題の Q-A ログに記録されたグループごとの問いの個数（ただし教員から提示された問いは除く）の分布は表 1 のようになった。表 1 の「0～5」「6～10」「11～15」「16～20」は Q-A ログに記録された問い（Q）の個数の範囲を表し、各課題の段の数値は、それぞれの範囲にい

くつのグループが入っているかを示している。

表 1. Q-A ログの問いの個数の分布

	0～5	6～10	11～15	16～20
課題 1	1	5	4	4
課題 2	6	3	4	1
課題 3	8	4	2	0

課題 1 のグループごとの問いの個数の平均は 12.0, 中央値は 11.5, 最小値は 3, 最大値は 19 であった (Kawazoe & Otaki, 2023). 課題 2 は平均 7.5, 中央値 7, 最小値 0 (2 グループ), 最大値 19 であった. 課題 3 は平均 4.6, 中央値 4, 最小値 0 (3 グループ), 最大値 12 であった. どの課題においても, Q-A ログでの問いの個数は, グループ間で大きなばらつきがあった. 探究活動の記録として十分な量の問いを含むものがある一方で, 記録された問いの個数が非常に少ないグループもあった.

課題 2 と 3 で問いの個数が 0 のグループがあるが, これは, 教員から提示された Q_0 とそのサブクエスチョンおよびその回答のみで Q-A ログが書かれたということである. 課題 2 と 3 は全体的にも課題 1 に比べて問いの個数が少なくなっている. 実は課題 2 と 3 は課題 1 に比べて難しかったために, Q_0 以外にモデリング活動のガイドとなるようなサブクエスチョン (Q_{0-n} の形で提示) が教員からいくつか与えられていた. 与えられたサブクエスチョンに頼り切りになって, 問いを発することが少なかったり自らの問いを記録する意識が弱くなったりした可能性がある. 詳しい原因は今後さらに調べる必要があるが, Q-A ログのインストラクションを改善していく必要があると考えられる.

(3) Q-A ログを作成することに学生 (たち) の探究活動上の利点はあるか

Q-A ログの利点について, 2022 年度後期履修生 56 人のうち 50 人が肯定的な回答をした. その内訳は, 記録しやすい (4 人), 思考過程が見やすい (11 人), 以前の活動内容を思い出しやすい (16 人), 思考や議論に役立つ (14 人) などであった. 2024 年度についても回答のほとんどは肯定的なものであり, 記録しやすい (18 人), 思考過程が見やすい

(37 人), 以前の活動内容を思い出しやすい (16 人), 思考や議論に役立つ (23 人), レポート作成に役立つ (25 人) などがあった. これら複数年の授業のデータから, Q-A ログが学生の探究活動にも役立っていることが確認された.

(4) Q-A ログを読むことの教員の負担はどうか

(2) で図 2 について述べたように, Q-A ログからは探究活動の進んでいく様子がみてとれる. 筆者らの経験から述べると, Q-A ログから学生の探究活動のプロセスをよみとることは, 文章での活動記録からよりも容易であり, 負担も少ないと感じられる. ただし, まだ筆者らの主観にすぎないので, 今後, 筆者ら以外の教員に使用してもらって Q-A ログの使用感について聞き取り調査を行うなどして, より客観的に Q-A ログの評価を行う必要がある.

なお, 通常のレポートより読み取りが容易であるとはいえ, 数が増えるとやはり大変である. 2024 年度には 110 人 (28 グループ) のクラスで Q-A ログを使用した, 教員 1 名でみるのはかなり重い負担となった. これも筆者らの主観に基づくものになってしまうが, 1 人の教員でみることのできる Q-A ログは 20 グループまでが限度ではないかと考えられる.

(5) Q-A ログは教員の介入においてどのような役割を果たすか

課題 1～3 を用いた授業実践における授業冒頭でのクラス全体へのフィードバックは, 教員が Q-A ログからクラス全体で共有したい問いを抜き出して提示し, それに対するコメントをクラス全体に対して示す形で行われた. Q-A ログでの問いは短文で記述されることが多く, グループの言葉を教員が要約したり言い換えたりすることなく, 直接全体に提示することができる. 教員の視点からは重要な問いを抜き出しやすいということになるが, 学生の探究活動の視点からみた場合, 他のグループの問いに直接触れることができることにより, 教員の指示に従ってというよりも, 他のグループの問いに刺激を受けて自らの探究活動を推し進めていくという自発的な探究活動を促す仕掛けの役割を果たしているように思われる. 実際, 2023 年度後期の課題 1 において, 教員によるフィードバ

ック後の活動で、フィードバックで取り上げられた問いを発したグループが自らの問いに続くさらに深い問いを発する様子だけでなく、フィードバックで取り上げられた他グループの問いを自分たちの Q-A ログに取り込んで探究を広げていく様子が、教員のフィードバックで使用されたスライドと学生の Q-A ログを用いた分析により確認されている (Kawazoe & Otaki, 2024)。

4. まとめ

本稿では、大学の大規模探究型授業での探究指導を支援するツールとして筆者らが提案している Q-A ログについて、提案の背景・提案の内容・これまでの研究の成果・最新の授業実践データも用いた有効性の検討結果を報告した。授業実践の結果からは、多くの学生にとって Q-A ログの形式は記録がしやすく負担にならないこと、教員にとっても活動内容を把握しやすく、20 グループまでが限度となるが負担感も少ないことが示唆された。また、思考過程が見やすい、以前の活動内容を思い出しやすい、思考や議論に役立つなどが多くの学生から Q-A ログの利点として挙げられており、Q-A ログが学生の探究活動を支援していることが窺える。教員が Q-A ログから抜き出した問いを示してフィードバックを行うことが、学生の探究活動を深めたり広げたりしていることも示唆された。ただし、Q-A ログの形式では書きづらい議論もあるという指摘や、記録される問いが極端に少ないグループがあったことは、Q-A ログの書き方やインストラクションの仕方に改善の余地があることを示している。今後、筆者ら以外の教員に使用してもらうことも含めて、さらに改善・検証を進めていきたい。

付記

本研究は JSPS 科研費 K23K20748, K23K22337 の助成を受けたものである。

引用・参考文献

Barquero, B., & Bosch, M. (2022). Resources to question mathematical knowledge: From teacher education to university mathematics. In M.

Trigueros, B. Barquero, R. Hochmuth, & J. Peters (Eds.), *Proceedings of the fourth conference of the international network for didactic research in university mathematics (INDRUM2022)* (pp. 468–477). University of Hannover and INDRUM.

Chevallard, Y. (with Bosch, M.) (2020). A short (and somewhat subjective) glossary of the ATD. In M. Bosch, Y. Chevallard, F. J. García, & J. Monaghan (Eds.), *Working with the anthropological theory of the didactic: A comprehensive casebook* (pp. xviii–xxxvii). Routledge.

Kawazoe, M., & Otaki, K. (2023). Teaching mathematical modelling along with didactic resources. In P. Drijvers, C. Csapodi, H. Palmér, K. Gosztonyi, & E. Kónya (Eds.), *Proceedings of the thirteenth congress of the European society for research in mathematics education (CERME13)* (pp. 1251–1258). Alfréd Rényi Institute of Mathematics and ERME.

Kawazoe, M., & Otaki, K. (2024). How do Q-A logs support inquiry-based teaching? A case of a mathematical modelling course. In A. S. González-Martín, G. Gueudet, I. Florensa, & N. Lombard (Eds.), *INDRUM2024 PROCEEDINGS: Fifth conference of the International Network for Didactic Research in University Mathematics* (pp. 821–830). Escola Univeristària Salesiana de Sarrià – Univ. Autònoma de Barcelona and INDRUM.

Winslow, C., Matheron, Y., & Mercier, A. (2013). Study and research courses as an epistemological model for didactics. *Educational Studies in Mathematics*, 83(2), 267–284. <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9453-3>