

大学におけるデジタル Diamond Mandala Matrix を用いた農業経済学の専門知識を題材とする概念的学習型授業の実践と考察

小林祐也^{†1} 小林信三^{†2} 青木成一郎^{†3} 土持法一^{†4}

概要：概念的学習型授業を目的として設計した授業で得たデータの分析結果と用いたデジタル DMM ツールの有効性を示す。授業は、受講生による教室外学習、授業内学習から成る。受講生は、教室外学習の理解を深めるためにデジタル Diamond Mandala Matrix (DMM) を作成し、DMM を踏まえたディスカッションを中心とした授業に参加し、課題として DMM に取り組む。用いたデジタル DMM ツールは、受講生は 8 つのキーワードとそれを代表する概念となるキーワード及びそれらの補足説明を入力する。分析対象は、受講生の興味関心について各自で作成した DMM（興味関心 DMM）とチーム学習後に作成した DMM（チーム学習後 DMM）で、AI テキストマイニングを用いてテキスト分析を行った。その結果、概念的学習型授業の成果が DMM に現れていることを確認できた。また、受講生が作成した DMM の事例も示し、興味関心 DMM とチーム学習後 DMM に現れた学習の成果についても述べている。これらの点をふまえ、DMM が概念的学習型授業に有効なツールであることを示せた。また、DMM は、コンセプトマップと共通するところがあるが、よりシンプルで制限された枠組みをもつため、受講生が使いやすいようになっている。そのため、今後、さらに多くの概念的学習型授業を分析してその成果を数値化することにより、デジタル DMM ツールを用いた概念的学習の有用性を示すことができると考えられる。

キーワード：概念的学習、Diamond Mandala Matrix、農業経済学、テキスト分析、AI テキストマイニング

Practice and Consideration of Conceptual Learning Class on Agricultural Economics Expertise Using Digital Diamond Mandala Matrix in University

YUYA KOBAYASHI^{†1} SHINZO KOBAYASHI^{†2}
SEIICHIRO AOKI^{†3} HOUICHI TSUCHIMOCCHI^{†4}

Abstract: The results of analysis of the data obtained in the class designed for concept-based learning class and the effectiveness of the digital DMM tool used are presented. The class consisted of out-of-class activities, in-class activities. Students create a digital Diamond Mandala Matrix (dDMM) to deepen their understanding out-of-class, participate in a discussion-based lesson based on the dDMM, and work on the dDMM as an assignment. In dDMM tool used, students input eight keywords, their representative concepts, and their supplementary explanations. The subject of analysis was DMM created by the students themselves (interest DMM) and DMM created after team-based learning (post-team learning DMM), and text analysis was conducted using AI text mining. As a result, it was confirmed that DMM showed the results of concept-based learning class. We also show examples of DMM created by students and describe the learning outcomes that appeared in the interest DMM and the post-team learning DMM. Based on these points, we were able to show that DMM is an effective tool for concept-based learning class. In addition, DMM share some similarities with concept map, but have a simpler and more restricted framework, making them easier for students to use. Therefore, we believe that the usefulness of concept-based learning using dDMM tool can be demonstrated by analyzing more concept-based learning class and quantifying the results.

Keywords: Concept-based learning, Diamond Mandala Matrix, Agricultural Economics, Text Analysis, AI Text Mining

1. はじめに

本稿では、関西地方にある私立 X 大学の専門科目「農業経済学」の授業において実施した、デジタル Diamond Mandala Matrix（以下 dDMM とよぶ）を用いた概念的学習型授業の実践と考察結果について述べる。

概念的学習型授業について、アメリカの教育コンサルタントであるエリクソン (Ericson, H. L.) は、実際の授業実践を例として、次のように述べている[1]。

受講生は、例えば地球環境に関する様々な一次資料と二次資料に書かれた事実の枠を超えて考えようと、「環境の持続可能性」という概念レンズをとおして情報を処理し、ブログや他のソーシャルメディアを使って意見交換し、地球汚染と持続可能性について研究を進め、深く理解し、共有しようとしている。

このように、概念的学習型授業において、受講生は、単に教員からの指示に沿って資料の情報を処理するのではなく、自身が主体的に情報を処理し、研究を進め、深く理解

^{†1} 京都情報大学院大学
The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

^{†2} 京都情報大学院大学
The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

^{†3} 京都情報大学院大学
The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

^{†4} 京都情報大学院大学
The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

することが必要になるのである。

次に、dDMM について説明すると、dDMM は、学生や社会人が作成した DMM に関するデータを電子情報として保存でき、さらに共有された他のメンバーの DMM に関する情報を閲覧できる機能をもつプラットフォームである。このなかで中心となる DMM のツールの主な特徴と利点は、次の 5 点である[2]。

- ㉐マトリックスの全体を象徴する中心セルとその周囲の 8 つの要素という情報の構成単位と配置が人間にとって認識しやすい。
- ㉑マトリックスの要素間の関係性の把握および全体像の把握がしやすい。
- ㉒マトリックスを任意に組み合わせることによって情報を部品化によることによる再利用がしやすい。
- ㉓マトリックスの中心テーマ/概念を継承的に保持することで、個人や集団の知識、経験、思考をより複合的、統合的な概念に発展させられる（図 1）。
- ㉔マトリックスの構造が言語表現における意味分節構造に近いこと、アイデアやイメージ情報の言語化および文章表現に導きやすい。

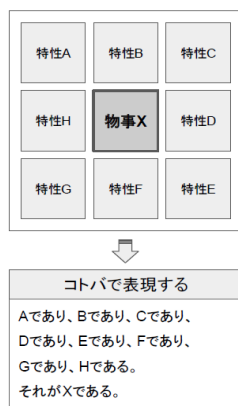


図 1 知識/認識をコトバに変える[4]

DMM の導入によって、学生が既成概念や既習の学習から学習者独自の発想法や分類法に移行していくことを明らかにした[3]の研究から分かるように、学習者が引き出したトピックや事実から概念を組み合わせ、そこから転移する形態の理解に導けることが期待できる。その際に、「なぜ国家は探検を行い、新たな植民地を築こうとするのか」等の「概念的な問い」や「偏見と差別とともに軽減されるのだろうか」といった「議論を喚起する問い」[5]を示せば、高次な学習の成果を DMM に反映できるだろう。

次に、dDMM の機能について詳しく説明しておきたい。チーム学習を行う前に dDMM の「Mandala Universe 2D」機能（図 2）を使って他のチームメンバーが作成したマンダラの内容を調査することができる。「Mandala Universe 2D」機能は、図 2 のように、タカミムスヒ（仮名。運用時は学

生番号と氏名を表示可）の「DMM メッセージ」にある「空の作業」をクリックすると、タカミムスヒの空のマンダラを表示でき、書かれた内容を参照できる。そして、タカミムスヒの空のマンダラの内容と関連している他の受講生の名前が表示される。その受講生の名前をクリックすると、その受講生の空のマンダラを構成している用語を見ることができる。このように、他のチームメンバーのマンダラの内容や構成要素を調査したり、さらに自分と他のチームメンバーの各マンダラの関係性も可視化できるのである。チーム学習の際に dDMM の「チームで実現する」機能を使い、各チームメンバーのマンダラを統合することによって、それをチーム学習で活用できる（図 3）。具体的には、統合されたマンダラ（以下、64 マンダラ）の内容に関するディスカッションから新たに明らかになったことを 64 マンダラに記録する。また、図 2 と同様に、64 マンダラの情報についてチームで多角的に調査でき、それをふまえて深くディスカッションを行えるようになるのである。

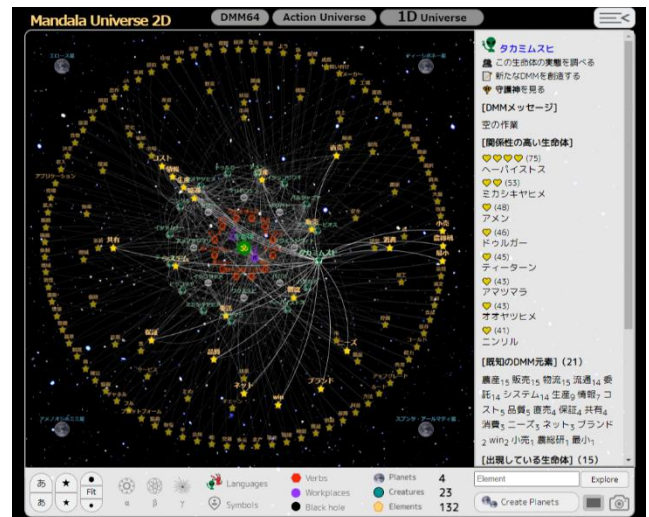


図 2 他のチームメンバーの DMM の情報探索

2. 授業の実際とその考察

2.1 「農業経済学」の授業概要

本研究で対象とする概念的学習型授業では、「学習者が授業における重要概念さらにはそれらの概念の関係の明文化にたどりつけるようにすること。また、その能力を身につけること」を重要な目標として掲げている。「農業経済学」は、X 大学の農業分野の産業科目で、今回の研究で対象とした授業の受講生が 12 名である。なお、すべての受講生が中国人留学生である。産業科目には金融、農業、海洋、医療・健康、コンテンツマーケティング、教育の 7 分野があり、各産業に関わる基礎知識と応用技術とを幅広く学べるようになっている。学生は、特定の業界で専門知識、技術を実践的に活用できるようになることが求められる。この

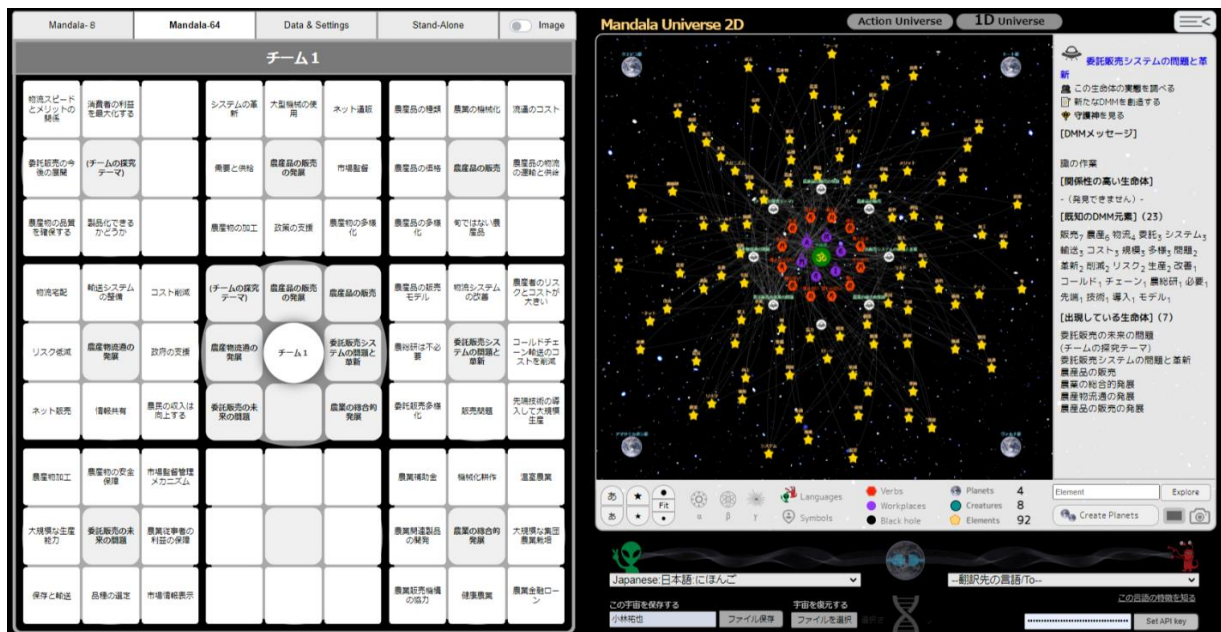


図3 チームでDMMを共有する

授業の到達目標は、次のとおりである。

- ①農業経済学の専門知識と概念について理解できる。
- ②理解した専門知識と概念の関連づけを行える。
- ③関連づけた専門知識と概念を使って自身の興味関心を構築できる。
- ④チームで新たな農業ビジネスを構想できる。

対象の授業は、毎週金曜日3限に開催される。学習内容は、「農業の多面的機能」「農業金融」「農産物の流通システム」「農業におけるICTの活用」という4つのユニットで構成されている。この1つのユニットを3回の授業で学習するようにした[6]。本研究では、4つのユニットのなかの「農産物の流通システム」をユニットとした3回の授業を分析対象とした。この3回の授業の到達目標は、次のとおりである。

- ⑤農産物の流通システムの専門知識と概念を修得する。
- ⑥自身の興味関心の構築をととして専門知識と概念の関連づけを行える。
- ⑦各チームメンバーの興味関心をチーム学習のなかで統合し、新たな農業ビジネスを構想できる。

3回の授業で修得を想定する事実に知識と一般化された概念は、表1のように設定した。

また、授業は、いずれの授業回も、以下のように、教室外学習、リアルタイムオンライン授業（講義とディスカッション）から構成される。

(1) 教室外学習

3回の授業とも、教室外学習で授業トピック「農産物の流通システム」に関係する2本の論文を読み込み、論文に出てくるトピックや事実を修得し理解する。これを課題と

表1 事実に知識と一般化された概念

事実に知識	一般化された概念
インショップ 農協 農産物直売所 系統出荷 直接販売 委託販売システム 買取委託販売 マーケティング 切花は労働集約的な作物 地域の活性化	産直 消費者ニーズ 地産地消 市場 価格 需要・供給 需給調整 ブランド化 品質 コスト

して学生に指示し、修得したトピックや事実を次の授業の冒頭で何も見ないでDMMに入力してもらう旨を伝えた。

(2) リアルタイムオンライン授業

zoomを用いて実施した。1回目の授業では、受講生は、教室外学習で修得したトピックや事実について各自でDMM（以下、教室外学習DMMとよぶ）を活用して整理する。次に、整理したトピックや事実からDMM（以下、興味関心DMMとよぶ）を活用して興味関心を構築する。この興味関心の構築をととして、トピックから概念を引き出すことを目指した。

2回目の授業では、約40分のチーム学習を行った。具体的には、1回目の授業で構築した興味関心を自身のチームでディスカッションし、他のチームメンバーが発表した興味関心DMMのなかで参考になる点を取り入れ、自身がこれまで引き出していない概念を補足した内容をDMMにま

とめる（以下、チーム学習 DMM とよぶ）。具体的には、8つのセルに他のチームメンバーの発言に含まれる概念を入力する。授業の最後に、中心セルに一般化を端的に表す言葉を入力するよう受講生に指示した。

3 回目の授業では、受講生各自で 2 回目の授業で作成したチーム活動 DMM に入力した内容について深く考え、チーム活動 DMM を複数の概念の関係を表すようにバージョンアップさせる。受講生に思考を促す際に、次のような問いを示した。

- ① 消費者ニーズはどのようにして購買につながるのか。
- ② 農産物はいかにブランド化がはかれるのか。

2.2 分析方法

以下では、専門科目「農業経済学」の反転授業を通した概念の一般化について検討する。そのために、(1)学生が概念をいかに修得し関連づけたのか、(2)修得した概念をどのように一般化させているのかを明らかにする。

分析の手法としては、株式会社ユーザーローカルが開発した AI テキストマイニングを用いる。テキストマイニングは、質的データを量的に分析することを目的として、分析者の恣意性を極力排除するためにテキストマイニングを使用する。また、これは、形態素解析からテキストを単語やフレーズに分解し、特定の表現の出現頻度や複数の表現の関連性などを調べる研究方法として知られている。例えば、文献の集合において因果関係が見られそうな物質と病名の組み合わせを自動的に推測するような、未知の知識を発見するときなどに有効な手法とされる[7]。なお、受講生が作成したテキストの前処理として、ストップワードの設定を行った。また、受講生が DMM の下段にあるコメント欄に書かれたテキストは、テキストマイニングの対象に含まれていない。これは、ストップワードの設定を行い、「修得した概念をいかに一般化させているのか」の分析で用いた。

受講生が修得した概念の有無を判断する際に、日本語で書かれた 2 本の学術論文の抄録（抄録が掲載されていない場合は「はじめに」と「結論」）を根拠とした。これは、学生が論文を理解して概念を修得できているか否かを判断するための規準であることを補足しておきたい。

学術論文 A における具体的に概念は、「産直」「地域」「販売」「流通」となる（図 2 の長鎖線）。学術論文 B については「市場」「消費者」「生産者」「ニーズ」「マーケティング」となる（図 3 の長鎖線）。なお、円の大きさは語彙の出現回数を、線の太さは関連性の強さをそれぞれ表す。

2.3 分析結果

(1) 学生が概念をいかに修得し関連づけたのか

受講生による概念の取得が実際に確認できたのは、各自で興味関心を構築するワークを通してであった。確認できた概念は、「生産者」「消費者」「販売」「流通」「価格」「市

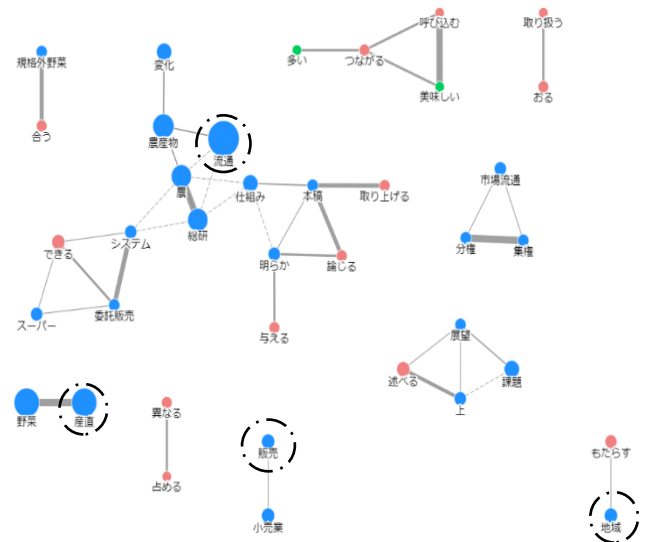


図 2 学術論文 A に現れた語彙の共起ネットワーク図

場」「マーケティング」である（図 4 の破線）。特に、「市場」は「分析」との間に強いつながりを示している（図 4 の一点鎖線）。さらに、ここで特筆すべきは、「需要」と「供給」の各概念の修得と関連づけである（図 4 の長二点鎖線）。これら 2 つの語彙は、図 3 のように学術論文に出てこない。これは、受講生が農業をビジネスの視点から考える際に経済学で言うところの需要と供給概念と結びつけられているといえる。

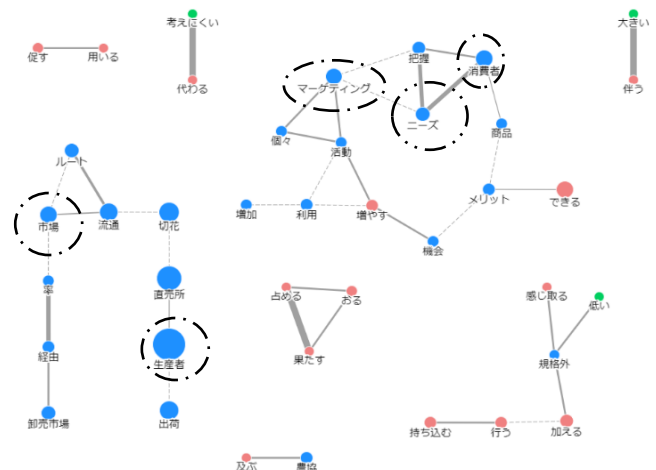


図 3 学術論文 B に現れた語彙の共起ネットワーク図

次に、チーム学習を通して、受講生は、「利益」「効率」「高品質」「安全」という、各自で行った興味関心の構築段階にはみられなかった新たな概念を修得できている（図 5 の一点鎖線）。しかも、これらの概念は、図 3 のように学術論文に出てこないものである。これは、受講生がチーム学習において他の受講生の興味関心の発表を聴いたり自身の興

味関心へのコメントをふまえて新たな概念を修得できたの

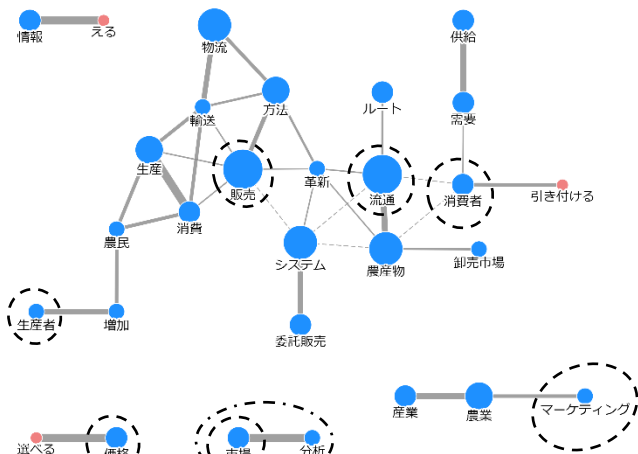


図4 全受講生の興味関心 DMM の上部 8 つのセルに入力された語彙の共起ネットワーク図

ではないかといえる。また、「高品質」と「安全」の間で関連が見られた。さらに、興味関心の構築の際に別々に現れていた「市場」と「需要」の間に、「分析」「消費者」を介して強いつながりを確認できた点も注目値する（図5の点線(丸)）。図5のように興味関心の構築段階では「市場」と「分析」との関連のみで「消費者」と「需要」との関連性を見いだせていなかったのに対し、この課題をチーム学習によって克服できているのである。これは、明文化につながる兆しになるのではないかといえる。

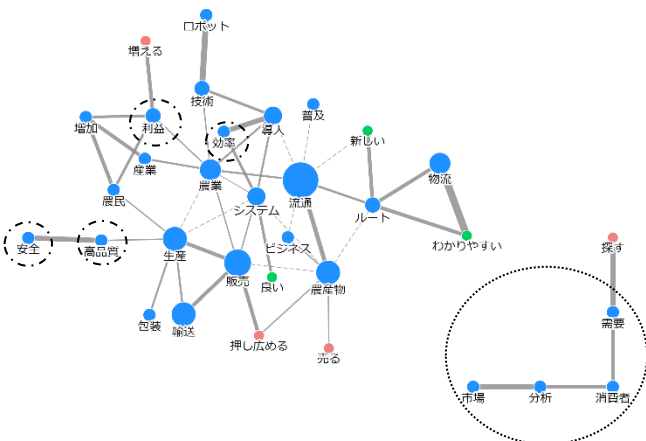


図5 全受講生のチーム学習 DMM の上部 8 つのセルに入力された語彙の共起ネットワーク図

(2) 修得した概念をどのように一般化させているのか

本項では、対象とする「農業経済学」の授業の受講生である A と B が作成した DMM の語彙とコメントの変容を例に、概念の一般化を明らかにしていく。A と B を対象としたのは、DMM の分析による典型的な効果を示したことによる。

図6のように、A 個人による興味関心の構築の段階では、次のような一般化がみられた。

「顧客との密着を図り、顧客ニーズを把握することで、ニーズにマッチした農産物を生産・販売できます。」

これは、「顧客」「ニーズ」「販売」を関連づけ、明文化されたものである。ただし、授業トピックの範囲にとどまり、転移可能になっていない点が課題である。

一方、チーム学習後、A は、授業トピックの内容を超えたという記述を示した。

「小売業界は SDGs や ESG を強く志向するようになって、農家が一方的にリスクを負う『消化仕入れ』を控える傾向にあります。」



各自による興味関心の構築

チーム学習

図6 受講生 A の DMM とコメント

この記述では、「SDGs」という用語に「持続可能な開発 (Sustainable Development)」の概念が含まれている。また、「ESG」は「Environment (環境) Social (社会) Governance (ガバナンス)」を組み合わせた言葉で、授業トピックとは直接関係しないものである。SDGs と ESG を志向している「小売業界による農産物の仕入れ」に着目することによって、市場流通と市場外流通の議論を中心とした「農産物の流通システム」というトピックからの転移がなされ、一般化を実現しているといえる。

さらに、チーム学習を通して「農産物の流通システム」における IT の活用に着目できたことによって A とは異なる一般化を示した B の例を見ていく。図7のように、B は、授業トピックを「革新」の点から興味関心を構築し、次のような一般化を示した。

①「労働力不足などの課題を解決する。

②「地域雇用の創出」

そして、チーム学習に取り組むことによって「IT 活用」の視点から授業トピックについて考えることができ、次のような一般化を示すに至った。

- ④「多様な人材が活躍できる」
- ⑤「技術革新が競争力の強化」
- ⑥「超省力化や高品質生産」

図7から、BはDMMのマス目の下の箇所に説明を一切書いていないものの、④では「多様」と「人材」、⑤では「革新」と「競争」、⑥では「省力」と「高品質」のそれぞれの概念を関係づけている。特に④と⑤は、授業トピックからの明確な転移がみられた点は注目に値する。

今回の分析では12名中2名の中国人留学生に焦点をあ



各自による興味関心の構築 チーム学習
図8 受講生BのDMMとコメント

てた。本研究のような質的研究は、サンプルサイズが1人でさえも研究として成立する[8]。したがって、受講生AとBを対象とした分析結果は汎用性を有するといえる。

3. おわりに

以上の分析より、第一に、転移可能な水準における一般化の到達についてテキストマイニングを用いて明らかにできた。学生は、教室外学習で学んだ論文の内容に興味関心の構築をとおして転移可能な水準で理解することができたのである。ただし、それを自力で行うのは難しい。そのサポートをDMMが担ったことは注目するに値する。これまでも、ICEモデルにそって授業でグループワークを取り入れて、学生が授業内容を理解する取組が行われたが、それはあくまでも教員が行う問いが前提になっている[9]。しか

し、学習者主体の視点にたつと、学生は、教員による質問がなくても、自身で問いを生み出すことが必要となる。そのためには、修得したトピックや事実から引き出されたいくつかの概念のつながりを見出さなければならない。そこで、DMMが大きな役割を果たすのである。

ただし、テキストマイニングから一歩進めて分析を行なうには課題がある。本稿で示してきたように、出現した語彙同士の関係性を明らかにする場合に対象学生数が12名という点はさほど問題ではない。ただし、クラスタリングによる意味づけの視点から考えるなら、例えば対象文書数を14850[10]のように対象数を増やした分析も考えていくことが残された課題といえる。今後の研究で引き続き検討していきたい。

第二に、受講生が修得した概念をTBLによって一般化できることを明らかにできた。受講生は、TBLのなかで他の受講生の興味関心に関する発表や自身の興味関心に対するコメント、それらを含めた点についての質疑応答を通して、それまで抽出できなかった新たな概念を修得できるようになる。さらに、他の受講生の主張や考えを取り入れて自身の一般化を行うことができた。このような一連の学習活動で示される他の受講生のコメントや発表内容をふまえて生み出した語彙などの情報を構造化する際にDMMが大きな役割を果たしたことも示したい。ただし、TBLにおいて他の受講生がどのような用語を使って興味関心を組み立てているのかについての情報をチームディスカッションの前に収集できるようになれば、円滑なディスカッションが進められるようになるだろう。この機能については、現在DMMの改良が進められており、それが完了した段階で今後の実践研究で検討したい。

もちろん、現実の学習場面に応じた学びを成立させる要素や情報を多角的に把握することを可能にするICEルーブリックによる評価について検討していく必要がある。

ICEとは、カナダの行動心理学者で特別支援教育学者でもあるヤング(Young, S.F.)が研究に関わった教員の授業デザイン研修のプロセスにおいて生まれ、Ideas(アイデア)、Connections(つながり)、Extensions(応用)のそれぞれの頭文字を取ったものである。ヤングらによると、「アイデア」とは学生が重要な基本事項、語彙と定義、基本的な概念を伝達できること、「つながり」とは基本概念と概念の間にある関係やつながりについて説明できること、「応用」とは学生が「それにはどんな意味があるのか」「自分が世界を見る見方にどう影響があるか」といった仮説の質問に答えられることをそれぞれ指す[11]。以上のICEの評価方法がICEルーブリックである。これは、Iの領域、Cの領域、Eの領域で具体的な評価が可能になり、学生が授業においてどこで躓き、どのように躓いたか、なぜ躓いたかという点をI、C、Eの各領域で明確にできる。さらに、この評価方法を用いることによって、学習した内容をふまえて何ができるか

を問うことができ、かつ未知の可能性を導き出せるようになる。この点は今後の課題としたい。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科研費 21K02672 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Erickson, H. L., Lanning, L. A. & French, R. L.. Concept-based curriculum and Instruction for the Thinking Classroom (Second Edition). Thousand Oaks, CA : Corwin, 5p.
- [2] 小林信三, 檜木隆彦, 青木成一郎, 岡本敏雄. Diamond Mandala Matrix (DMM)を用いた多言語協調型オンライン授業の設計と実践. 情報教育シンポジウム論文集. 2021, p. 172.
- [3] 関口美緒. 語彙教育向上を目指すイメージの言語化ーマンドラートをもちいた学習活動からみえてきたことー. 筑波大学グローバルコミュニケーション教育センター日本語教育論集, 2017, p. 65-78. .
- [4] ～知恵のネットワーク～ DMM: Diamond Mandala Matrix Semantic Information Structure ver. 220923, MKR Management, LLC.
- [5] Erickson, H. L., Lanning, L. A. & French, R. L.. Concept-based curriculum and Instruction for the Thinking Classroom (Second Edition). Thousand Oaks, CA : Corwin, 2017, 61p.
- [6] Fink, L. D.. Creating significant learning experiences: An integrated approach to designing college courses. John Wiley & Sons, Inc, 2003, 133p.
- [7] Hearst, M. A.. Untangling text data mining. Proceedings of the 37th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. 1999, p. 12-25.
- [8] 大谷尚. 質的研究とは何か. 薬学雑誌. 2017, vol.137, no.6, p. 657.
- [9] Young, S. F., Wilson, R. J.. Assessment and Learning: The ICE Approach. John Wiley & Sons, Inc, 2000, 21p.
- [10] 川谷隆彦. 他文書間の共通性分析に基づく文書クラスタリング. 情報処理学会論文誌. 2006, vol.47, no.6, p. 1903-1917.
- [11] Young, S. F., Wilson, R. J.. Assessment and Learning: The ICE Approach. John Wiley & Sons, Inc, 2000, 5p.