

デジタル Diamond Mandala Matrix を用いたオンライン授業 「宇宙における農業」の実践の分析

青木成一郎^{†1, †2}, 小林信三^{†1, †3, †4}, 檜木隆彦^{†1, †4}, 岡本敏雄^{†1}

概要: デジタル DMM アプリを用いたオンライン授業「宇宙における農業」における実践の分析から、デジタル DMM アプリの学習における有効性を示す。授業は、zoom によるリアルタイムオンライン授業と受講生が取り組む事前学習及び事後学習から成る。受講生は、予習としてデジタル Diamond Mandala Matrix (DMM) を作成し、講義と DMM を踏まえたディスカッションからなるオンライン授業へ参加し、復習として DMM を再び作成する。デジタル DMM アプリは我々が開発中のもので、受講生は 8 つのキーワードとそれを代表するキーワード及びそれらを全体的に説明する文章を入力する。分析対象は、受講生が予習として作成した DMM (事前学習 DMM) と復習として作成した DMM (事後学習 DMM) で、KH Coder を用いてテキスト分析を行った。その結果、リアルタイム授業へ参加したことによる学習効果を DMM 上で確認できた。以前の分析に用いたデータも含めた事前学習 DMM と事後学習 DMM の比較からも、同様の学習効果が見られる。これらから、我々が開発中のデジタル DMM アプリがリアルタイムオンライン授業に有用なツールであることを示すことができた。この有用性を踏まえ、デジタル DMM アプリの新バージョンを開発中であり、今後、様々な展開を予定している。

キーワード: オンライン授業, Diamond Mandala Matrix, 宇宙, テキスト分析, KH Coder

Analysis of the practice of Online classes "Agriculture in Space" using the digital Diamond Mandala Matrix

SEIICHIRO AOKI^{†1, †2}, SHINZO KOBAYASHI^{†1, †3}, TAKAHIK NARAKI^{†1}, TOSHIO OKAMOTO^{†1}

Abstract: The effectiveness of the digital DMM application in learning with the analysis of the practice of an online class "Agriculture in Space" using the digital DMM application. The class consists of a real-time online class via zoom and pre-learning and post-learning activities for the students. Students create a digital Diamond Mandala Matrix (DMM) as a preparatory activity, participate in an online class consisting of lectures and discussions based on the DMM, and create the DMM again as a review. The digital DMM application has been developing by us, and students enter eight keywords, their representative keyword, and a sentence that describes them as a whole. We used KH Coder to analyze the text of the DMMs created by the students as preparation for the class (pre-learning DMMs) and those created as review (post-learning DMMs). As a result, it was confirmed that the real-time online class using the DMM application is effective for learning. By combining the data used in our previous paper, from the comparison of the pre-learning DMM and the post-learning DMM the same learning was observed. Thus, it can be shown that the digital DMM application we are developing is a useful tool for learning through real-time online classes. We are now developing a new version of the application and plan to apply it on various ways in the future.

Keywords: Online Course, Diamond Mandala Matrix, Astronomy, Text Analysis, KH Coder

1. はじめに

本稿では、2020 年度秋学期に京都情報大学院大学の授業「次世代農業情報学」(担当教員: 檜木隆彦, 受講生数: 50 名)において実施した、デジタル Diamond Mandala Matrix (DMM)を用いたオンライン授業「宇宙における農業」のデータ分析の結果と、このデータに以前デジタル DMM アプリケーション (DMM アプリ) のオンライン授業における有用性を示した (青木ら (2019) [1]) 際に用いた 2020 年度春学期実施分の同科目の授業のデータを組み合わせたデー

タの分析結果を示す。

DMM は元々、業務機能の効果的な抽出を目的として、機能の分割及び階層構造を明確化するための表である。日本では、例えば経済産業省が中心に取り組んできた EA(Enterprise Architecture) における「業務・システムの全体最適」を実現する方法として DMM が取り入れられている [2]。DMM は、一瞥で認識可能な限界を 9 つのセルとして 3 行 3 列にセルを並べた表の形式をとり、中心のセルに関連した機能を周りの 8 つのセルへ配置するという考え方で

†1 京都情報大学院大学

The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

†2 京都大学天文台天文普及プロジェクト室

The Astronomical Outreach Project Office, Astronomical Observatories, Kyoto University

†3 NPO 法人 CCC-TIES 附置研究所

CCC-TIES

†4 一般社団法人グリーンカラー・プラネット

Green Collar Planet

<https://green-collar.work/>

設計されている(図1)。我々は、DMMの考え方にに基づき、9つのセルに文章記述用セルを加え、対面形式及びオンライン形式の授業で使用可能なデジタルDMMアプリケーションを開発中(テンプレートは図2参照、小林ら(2019)[3])である(DMM及びデジタルDMMアプリについて詳しくは、青木ら(2019)[1]参照)。本稿で分析対象とする授業におけるデジタルDMMアプリの使用方法では、受講生が、図2の上部の8つのセルにマインドマップのようにキーワードを入力し、それらに基づいてDMM全体の説明を文章化したものを下部セルに入力する。日本語が母国語ではない留学生などの受講生が日本語で取り組むには、数が制限されたキーワードを定め、それに基づき文章化することで、文章化のハードルが下がることを想定している。

今回、以下を目的として分析を行った。

1. 青木ら(2019)[1]で示した2020年度春学期授業実施のリアルタイムオンライン授業「宇宙における農業」におけるデジタルDMMアプリの有用性について、2020年度秋学期の同科目で得たデータでも有用と言えるかを確認する。今回、確認を目的として新たなデータで同様の分析を行ったのは、2020年度春学期受講生が36名と少なかったためである。
2. 2020年度春学期及び秋学期のデータを用い、リアルタイムオンライン授業の前後で受講生が作成するDMM(事前学習DMMと事後学習DMM)の分析と比較から、傾向の違いを捉える。特にICEループリックに基づく評価の観点[4]から、出現した動詞の比較に注目する。本稿では、これらの分析結果を示す。

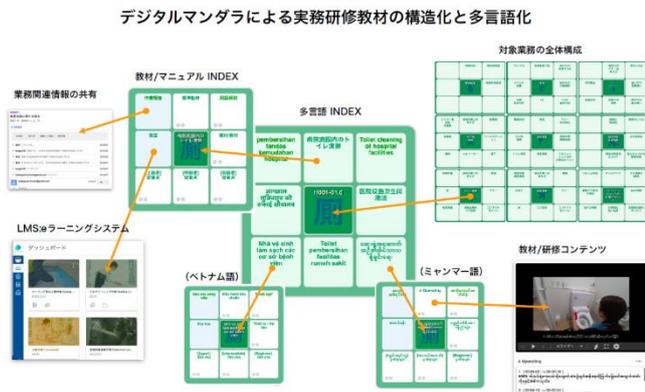


図1 デジタルDMMの構造

トップレベルのDMM(中心の表)の中心セルの周りに8つのセルに関連するキーワードが配置される。それらの各キーワードがセカンドレベルの中心セルに入るキーワードとなる。セカンドレベルでは中心に入ったキーワードの周りの8つのセルに、関連するキーワードが配置される。小林ら(2019)[3]の図1より転載

2. 授業構成と用いたツール

本稿では、京都情報大学院大学における2020年度秋学期の「次世代農業情報学」を分析対象とする(春学期の分析結果は、青木ら(2019)[1]参照)。本授業のテーマは2020年度春学期と同様に「持続可能な農業と地域について考える」とし、全授業回を通じた授業の共通課題(ターゲット・スコープ)は「農業×異なるもの=持続可能(Sustainable)な社会」とした。各授業回では、それを細分化したスコープ(ターゲット・スコープに関わるトピック)を設定したが、分析対象とした授業回「宇宙における農業」では「農業×宇宙=持続可能(Sustainable)な社会」をターゲット・スコープとして設定した。この授業回を対象としたのは、第一著者が天文学を専門の1つとするためである。

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

1. (事前学習) 受講生は、授業参加前に、各自予習としてDMM(事前学習DMM)を作成する。宇宙における農業に関連するキーワードを自ら調べ、中心セルの周りの8つのセルに入力する(図2の点線囲み)。中心セルは、全受講生に共通の「農業×宇宙」を指定した。DMMの9つのセルの下の横並びの3つのセル(図2の破線囲み)では、DMMの内容に関連するSDGsラベルを選択する。本ラベルは、本授業科目のターゲット・スコープが「農業×異なるもの=持続可能(Sustainable)な社会」であるため、SDGsと作成したDMMの関連性の明確化を受講生に促すように設定した。しかし、ラベルを1つしか選んでいない例やDMM

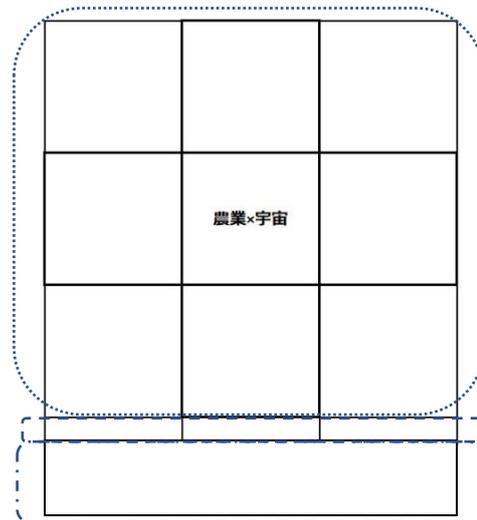


図2 授業に用いたDMMのテンプレート

事前学習では上部の9つのセル(点線囲み)の中心に「農業×宇宙」を指定(事後学習では、周りの8つのセルを代表して表すキーワードを受講生が考えて入力)。中間部の横並びの3つのセル(破線囲み)にはSDGsラベルを入力。下部のセル(一点鎖線囲み)は、受講生が作成したDMMを全体として説明する文章を記入する欄として使用。

壤」「土」を「土」へ統一). 事前学習 DMM と事後学習 DMM の上部 8 セル (図 3 の点線囲みのうち「農業×宇宙」を除くセル) への出現回数は表 1 のとおりである. 全体的に, 「気候」「真空」「気温」の出現回数が増加 (赤色文字) し, 「地球」「月」「土」の出現回数が低下 (緑色文字) した.

また, 図 3 は, このデータの対応分析図である. 図 3 の左下のラベル「事前学習 DMM」よりも左下に分布する語彙 (図 3 の一点鎖線囲み: 地質, 放射線, 地球) は, 事前学習 DMM における出現回数が事後学習 DMM と比べて多いものである. また, 右上のラベル「事後学習 DMM」よりも右上に分布する語彙 (図 3 の点線囲み: 地形, 開発, 真空, 気候, 気温, 宇宙線) は, 事後学習 DMM での出現回数が事前学習 DMM と比べて多いものである. ただし, 宇宙線は放射線の一種のため, 授業での説明を聞いて修正したからと考えられる. 事前学習 DMM と事後学習 DMM の中心セルを除く各 8 つのセル (図 2 の点線囲み) に入力された語彙について, それぞれ KH Coder により作成した共起ネットワーク図 (図 4 が事前学習 DMM, 図 5 が事後学習 DMM) の比較から以下のことが言える. なお, 共起ネットワーク図上の線で結ばれている語彙は, DMM 上部 8 セルへ同時に両方とも入力した受講生数が多いものである.

1. 事前学習 DMM と事後学習 DMM の類似

事前学習 DMM と事後学習 DMM には, おおよそ似た傾向がある. 例えば, 「土」, 「栽培」, 「酸素」を同時に入力した学生や, 「変異」, 「品種」, 「畑」を同時に入力した学生などが多い.

2. 授業での説明が反映された結果と見なされるもの
授業で説明した, (火星の)「水」, 「気候」, 「気圧」の間の結線 (図 5 の点線枠内), 「気温」と「地形」の間の結線 (図 5 の一点鎖線枠内) が事後学習 DMM には見られる. これらの語彙の間の結線は, 事前学習 DMM には見られない. したがって, 授業での説明で得た知識が事後学習 DMM に反映されたことと捉えることができる.

3. 授業での議論が反映された結果と見なされるもの
授業で議論された, 「開発」, 「気温」, 「地形」の間の結線 (図 5 の一点鎖線枠内) が事後学習 DMM には見られる. しかし, これらの語彙の結線は, 事前学習 DMM には見られない. 「開発」には「気温」や「地形」などの問題を解決する必要があることが授業で議論されたため, 宇宙での農業を「開発」を現実的に認識するようになったことが DMM に現れていると捉えることができる.

4. 「地球」や「月」が事後学習 DMM の共起ネットワーク図に見られなくなったこと. これは, 入力した学生が減ったためである.

さらに, DMM の下部のセル (図 2 の一点鎖線囲み) の分析について述べる. このセルには, DMM 上部 9 セルへ

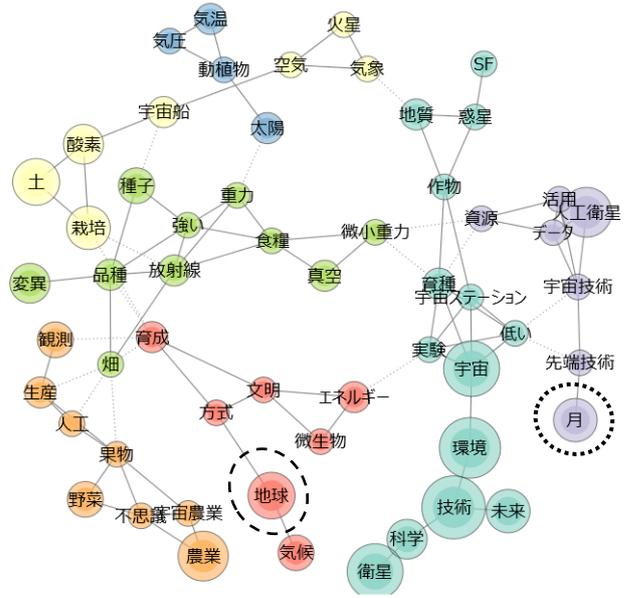


図 4 事前学習 DMM の上部 8 つのセルに入力された語彙の共起ネットワーク図

出現回数が 2 回以上の語彙を用いた. 線で繋がっている語彙は, それらの語彙を同時に DMM のセルに入力した受講生数が多いことを示す.

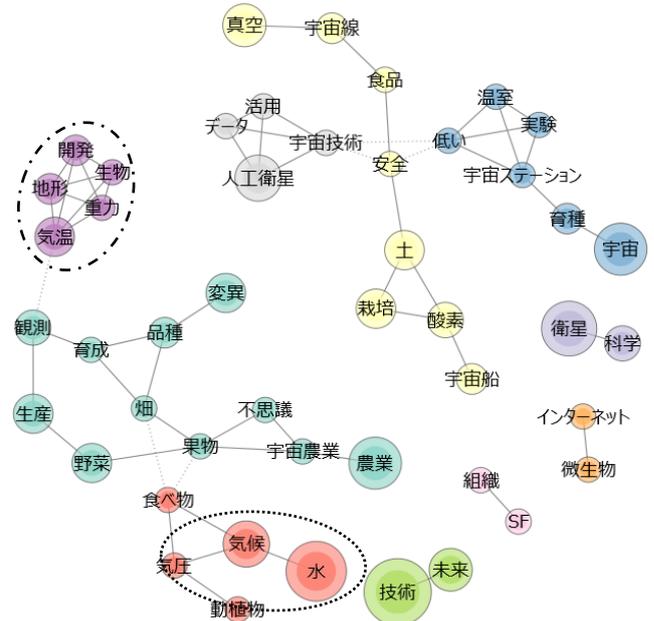


図 5 事後学習 DMM の上部 8 つのセルに入力された語彙の共起ネットワーク図

出現回数が 2 回以上の語彙を用いた. 線で繋がっている語彙は, それらの語彙を同時に DMM のセルに入力した受講生数が多いことを示す.

入力（事前学習では上部 8 セル）したキーワードに基づき DMM を全体として説明する文章を記入する。この対応分析図（図 6）から、以下の事が言える。

1. 「事前学習 DMM」よりも左下の語彙（図 6 破線囲み）。
「野菜」、「変異」、「育てる」、「科学」は、事前学習 DMM における出現回数が、事後学習 DMM と比べて相対的に多い。
2. 「事後学習 DMM」よりも右上の語彙（図 6 点線囲み）。
「突然変異」、「成長」、「育種」、「水」、「必要」、「問題」は、事後学習 DMM での出現回数が、事前学習 DMM と比べて相対的に多い。「水」については講義で触れたため、また、「突然変異」「育種」については授業中の議論で触れたために事後学習 DMM に現れたと考えられる。

これらの、2020 年度秋学期実施分の授業科目「次世代農業情報学」の「宇宙における農業」をテーマとした、事前学習 DMM と事後学習 DMM の比較分析から、リアルタイムオンラインの授業における講義とディスカッションが事後学習 DMM へ反映されたことを確認できた。従って、2020 年度春学期実施分の同名科目に関する分析[1]と同様に、リアルタイムオンライン授業での受講生の学習におけるデジタル DMM アプリの有用性を確認することができた。

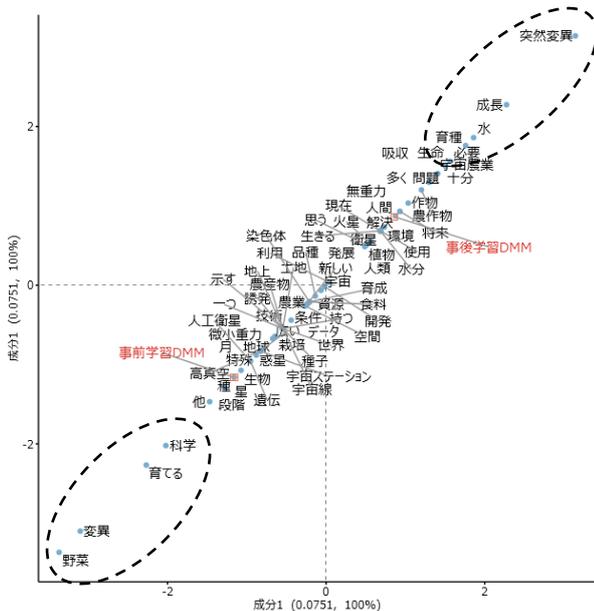


図 6 DMM の下部のセルに入力された文章の対応分析図
出現回数 10 回以上（出現回数上位 72 位）の語彙を用いて作成。左下の語彙（破線枠内）が「事前学習 DMM」に現れた回数が多い語彙で、右上の語彙（点線枠内）が「事後学習 DMM」に現れた回数が多い語彙。

4. 2020 年度春学期と秋学期の授業における

DMM の比較

我々は、デジタル DMM アプリの機能を強化し、ICE ルーブリックによるオンライン授業の形成的アセスメントシステムの開発を目指した研究も進めている。ICE ルーブリックにおける、I (Idea), C (Connections), E (Extensions) の評価には動詞を用いる[4]ため、「宇宙における農業」で受講生が作成した DMM の下部セルの文章記述欄に出現した動詞を 2020 年度春学期と秋学期のデータを用いて分析した。その共起ネットワーク図が図 7 である。図 7 の凡例にある Degree は、2020 年度春学期事前学習 DMM/2020 年度春学期事後学習 DMM/2020 年度秋学期事前学習 DMM/2020 年度秋学期事後学習 DMM のうち、いくつにその動詞が出現したかの数を示す。ここで、図 7 から以下を読み取ることが出来る。

1. 「考える」「思う」（図 7 の点線枠内）は総ての学期及び事前/事後学習 DMM の下部セルに出現した。
2. 「植える」「育てる」（図 7 の破線枠内）は春学期及び秋学期の事前学習の DMM の下部セルに出現した。実際の、（植物を/野菜を/作物を）「育てる」、（植物を/ジャガイモを/サツマイモを）「植える」などの記述

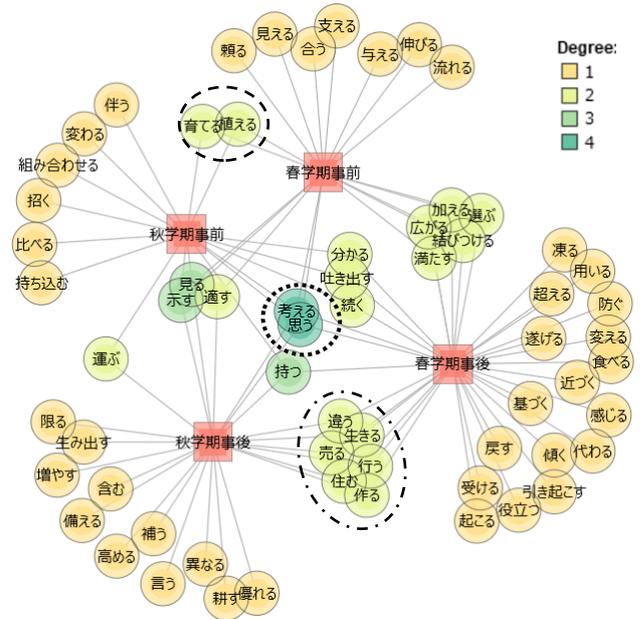


図 7 DMM 下部セルに記述された文章に出現する動詞の共起ネットワーク図

「春学期事前」（2020 年度春学期事前学習 DMM）、「春学期事後」（2020 年度春学期事後学習 DMM）、「秋学期事前」（2020 年度秋学期事前学習 DMM）、「秋学期事後」（2020 年度秋学期事後学習 DMM）というラベルと繋がっている語彙が、それぞれの DMM の下部セルに出現した動詞。色の違いは、いくつのラベルと繋がっているかを示す（例えば Degree が 4 の動詞「考える」「思う」は「春学期事前」「春学期事後」「秋学期事前」「秋学期事後」のいずれの DMM にも出現）。出現回数が 2 回以上の動詞が示されている。

から、事前学習時点では、農業を宇宙で行うという限られた視野で捉えていたと見なすことができる。

3. 「違う」「生きる」「売る」「行う」「住む」「作る」(図7の一点鎖線枠内)は、秋学期と春学期の事後学習DMMの下部セルに出現した。実際の、(環境が/地球と)「違う」、(火星の上で/宇宙の中で)「生きる」、(作物を)「売る」、(農業を/協力を)「行う」、(宇宙に長く/生物が)「住む」、(食べ物や/環境を)「作る」などの記述から、上述2の事前学習DMMで出現した動詞と比べて、農業を行う環境、協力が必要なこと、生きるために農業が必要なことなど、リアルタイムオンライン授業後に、より広い視野で農業を捉えるようになったと見なすことができる。

このように、事前学習DMMと事後学習DMMの傾向の違いから、リアルタイムオンライン授業によってDMMが変化したと捉えることができる。なお、DMMの上部8セルに入力される語彙は名詞が多く動詞が少ないため、顕著な傾向は見られなかった。

今回、ICEモデルに基づく授業設計をしていないため、ICEルーブリックに基づく評価から分析することはできないが、今後、ICEモデルによりデザインした授業において、ICEルーブリックを用いた分析を検討する予定である。

5. 今後の展開

今後、次の内容を予定している。

1. 授業デザインについて

ICEモデルに基づいて授業をデザインするにあたり、デジタルDMMアプリを用いた授業形式で、ICEルーブリックを組み込んだ授業設計を検討する。

2. 分析について

今回分析した授業科目「宇宙における農業」以外の授業にデジタルDMMアプリによる授業形式を取り入れ、そのデータを分析する。

3. デジタルDMMアプリについて

デジタルDMMアプリの有効性を踏まえ、新バージョンを開発中である。インターフェースの改善と多言語化は対応済だが(図8)、協調型学習のためのグループワーク機能を今後、強化する予定である。現時点での機能強化点は、DMM上部の9つのセルにイメージ画像を設定出来ること(イメージの言語化に慣れていない小学生などに有用と想定)、音声データを付加することができること、日本語以外の言語で入力して翻訳機能を用いて日本語へ翻訳することができること(母国語以外の言語での思考に慣れていない留学生に有用と想定)、などである。

4. 実践について

デジタルDMMアプリを用い、大学院での授業に加え、

小学校や高校での授業、一般向けシンポジウムでの実践も予定している。



図8 開発中の新バージョンでの事前学習DMMと事後学習DMMの例

6. おわりに

本稿では、2020年度秋学期に実施した京都情報大学院大学の授業「次世代農業情報学」(受講生50名)の中の、「宇宙における農業」をテーマとした授業回で、受講生が記入したDiamond Mandala Matrix (DMM)を対象とした分析結果を示した。授業は、受講生が予習として取り組む事前学習DMMと、zoomを用いたリアルタイムオンライン授業(前半:講義、後半:事前学習DMMに基づくディスカッション)、宿題として受講生が取り組む事後学習DMMからなる。用いたデジタルDMMアプリは、8つのキーワードとそれを代表するキーワード及びDMMを全体として文章で説明するセルから構成される。受講生が作成した事前学習DMMと事後学習DMMをKH Coderを用いてテキスト分析して比較した結果、事前学習DMMと事後学習DMMの間のDMMの変化を捉えることができた。これは、リアルタイムオンライン授業における講義とディスカッションが反映されたためと見なすことができる。同様の結果は、青木ら(2019)[1](2020年度春学期に実施した同名科目のデータを使用して分析)で得られたが、本稿での新たな分析として、2020年度春学期及び秋学期のデータを合わせたデータでの分析も行った。事前学習DMMと事後学習DMMの下部セルに記述された文章に出現する動詞の傾向について分析を行った結果、全体的にリアルタイムオンライン授

業による学習が事後学習 DMM へ反映されたことを確認できた。

以上より、我々が開発中のデジタル DMM アプリがリアルタイムオンライン授業による受講生の学習において有用であること示すことができた。これを踏まえ、デジタル DMM アプリの新バージョンを開発中である。今後、大学院での授業だけでなく、小学校や高校の授業や一般向けシンポジウムへの展開も検討する。なお、デジタル DMM アプリは対面授業でも使用可能であり、高校での対面授業での使用実績もあるため、今後、コロナ感染の状況が改善し、対面授業が増えたとしても、有用性は変わらない。

また、本稿で示した学習効果の分析の発展として、例えば、受講生からのアンケート回答やラーニングポートフォリオの分析などが考えられ、今後、これらも授業へ組み込み、分析することを検討する。

謝辞 本研究の一部は JPSP 科研費 16H03087, 19H01724, 21K02672 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 青木成一郎, 小林信三, 檜木隆彦, 岡本敏雄. デジタル Diamond Mandala Matrix を用いた宇宙における農業を題材とする協調学習型オンライン授業の実践例と分析. 情報教育シンポジウム論文集, 2020, p. 106-113.
- [2] 自治体 EA 業務・システム刷新化の手引き 機能分析表 (DMM) ” .
https://www.soumu.go.jp/denshijiti/system_tebiki/hyouki/gyomu/2-a-2-dmm.html, (参照 2020-10-02).
- [3] 小林 信三, 江見 圭司, 湯下 秀樹, 大西 健吾, 土持・ゲーリー・法一, 岡本 敏雄. Diamond Mandala Matrix を用いたインスタラクションナル・デザインによる多言語化された反転教材の開発実践. 情報教育シンポジウム論文集, 2019, p. 283-286.
- [4] 土持ゲーリー法一監訳, 小野恵子訳, Young, S.F., Wilson. R. J.. 「主体的学び」につなげる評価と学習方法〜カナダで実践される ICE モデル. 東信堂, 2013
- [5] Aoki, S.. “Millennium Trail of Astronomy in Kyoto” Outreach Activity: an Astronomical Walking Tour with Historical Features and Lectures. Book of Proceedings Communicating Astronomy with the Public Conference, 2018, p. 220-221.
- [6] 青木成一郎. 古の天文観測と現代天文学研究の繋がりを学ぶツアー「京都千年天文学街道」. 第 31 回天文教育普及研究会年會集録, 2017, p. 138-141.
- [7] 青木成一郎. 京都大学 4 次元デジタル宇宙シアターによる天文普及活動. 宇宙ユニットシンポジウム, 2017,
https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/etc/symp10/short_presen/short_presen_10_61.pdf, (参照 2020-10-02).
- [8] “国立天文台 4 次元デジタル宇宙プロジェクトウェブサイト” . <http://4d2u.nao.ac.jp/t/index.html>, (参照 2020-10-02).
- [9] Okumura, J., Mineyama, D., Watanabe, H., Otsuji, K., Matsumoto, T., Nakamura, T., Aoki, S., Asano, E. and Shibata, K.. Three Dimensional Visualization of the Solar Corona using Soft X-ray Images taken with Yohkoh/SXT and Hinode/XRT. in The 1st ICSU World Data System Conference, 2011,
<http://pacocat.com/sun/IGY50.pdf>, (参照 2020-10-02).
- [10] 石田基広, 金明哲編著. コーパスとテキストマイニング. 共立出版, 2012
- [11] 樋口耕一. 社会調査のための計量テキスト分析. ナカニシヤ出版, 2014
- [12] 青木成一郎. 天文学講演におけるアンケートの自由記述欄に対する計量テキスト分析. 情報教育シンポジウム論文集, 2019, p. 277-282.
- [13] Aoki, S., Sakka, K., Emi, K., Kobayashi, S. and Okamoto, T.. Text Data Analysis on Answers Written in Japanese to Free Text Questions obtained at Astronomy Lectures. In: Brinda T., Passey D., Keane T. (eds) Empowering Teaching for Digital Equity and Agency. OCCE 2020. IFIP Advances in Information and Communication Technology, Springer, Cham., 2020, vol. 595, p. 139-143