JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	知識創造型学習支援システムiroha Compassの開発と研究活動への適用
Author(s)	三浦，幸太郎
Citation	
Issue Date	2023-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/18413
Rights	
Description	Supervisor: 由井薗 隆也，先端科学技術研究科，博士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

博　士　論　文

知識創造型学習支援システム iroha Compass の開発と研究活動への適用

三浦 幸太郎

主指導教員　由井薗 隆也

北陸先端科学技術大学院大学

先端科学技術研究科［知識科学］

令和５年３月

Abstract

This study designs a learning support system suitable for knowledge creation learning and demonstrates its effectiveness and use. Currently, active learning and 21st-century skills are attracting attention in school education, and the purpose of learning is changing from knowledge acquisition to knowledge creation, and research is becoming more active.

Since the 2000s, with the spread of the Internet and ICT devices, e-learning, which is learning using information technology, has been spreading around the world. In addition, the need for online learning support is rapidly increasing after COVID-19. However, most existing learning support systems mainly focus on knowledge acquisition, and there has been little research on systems that support knowledge-creating learning.

To promote knowledge-creating learning, a "Ba" where learners and instructors can share learning themes and tasks and engage in dialogue is essential. The purpose of this study is to design a knowledge creation learning support system as a "Ba" for knowledge creation learning and to demonstrate its effectiveness and usage. Conventional knowledge creation type learning support systems are often used in cooperative learning in which multiple learners participate in a single learning theme, but in this study, I will apply the system to self-directed, individual theme-based learning in which each learner works on a different learning theme and the instructor participates in those learning themes.

Specifically, I created a hierarchical model (TTP model) that manages information in knowledge creation learning at three levels (theme, task, and progress), and based on this model, I designed and developed the "iroha Compass," a knowledge creation learning support system that allows learners to manage their own learning themes and progress. In addition, I focused on research activities as an individual theme-based knowledge creation learning, conducted evaluation experiments, and clarified the relationship between the frequency of progress and performance and emotion and motivation when using the knowledge creation learning support system. It was also defined as an "idea map," a diagram that visualizes knowledge and ideas using cards, links, and groups, concerning existing convergent creativity techniques. It was then evaluated to clarify the impact of idea map creation on intellectual writing. As a result of the long-term use of iroha Compass over a period of four years, I was able to

confirm examples of use in organizing knowledge and deepening thinking, and changes in thinking through the aggregation of log data and analysis by word cloud and found the possibility of examining the status of work sharing, dialogue, etc. with instructors.

Knowledge creation learning is characterized by the fact that the tasks each student tackles are different and that the learners are self-directed. In recent years, “individualized optimal learning” has been attracting attention in school education. To support such learning, it is difficult for conventional learning support systems that are designed to teach the same content all at the same time to cope with this learning, and it is expected that individualized theme-based knowledge creation learning support systems that can provide individual guidance according to each student's learning theme and progress will be required in the future. The results of this research are expected to be used in such school education fields and laboratory activities at higher education institutions.

Keywords: knowledge creation learning, idea map, creative techniques, e-learning, active learning

目次

第 1 章　序論 1
1.1 研究の背景 2
1.2 研究の目的 3
1.3 本論文の貢献 4
1.4 本論文の構成 5
第 2 章　関連研究 6
2.1 緒言 7
2.2 知識とは何か 7
2.3 知識創造 9
2.4 知識創造型学習 11
2.5 創造技法と深い学び 14
2.6 自己主導型学習 16
2.7 進捗の法則とインナーワークライフ効果 18
2.8 本研究の位置づけ 19
2.9 結言 20
第 3 章　知識創造型学習支援システムの設計と開発 22
3.1 緒言 23
3.2 システムの概要 23
3.3 システムのコンセプト 24
3.4 システムの構成 29
3.5 システムの利用方法 39
3.6 結言 40
第 4 章　学習テーマおよび進捗管理機能の評価と結果 41
4.1 緒言 42
4.2 実験目的と実験方法 42
4.3 評価方法 43
4.4 実験結果 45
4.5 考察 54
4.6 結言 55
第 5 章　アイデアマップ作成機能の評価と結果 56
5.1 緒言 57
5.2 実験目的と実験方法 57

5.3 評価方法 59
5.4 実験結果 62
5.5 考察 71
5.6 結言 72
第 6 章　iroha Compass の長期利用と分析 73
6.1 緒言 74
6.2 長期利用の目的と方法 74
6.3 分析方法 75
6.4 分析結果 76
6.5 考察 90
6.6 結言 93
第 7 章　考察 94
7.1 緒言 95
7.2 実験結果の考察 95
7.3 知識創造型学習における iroha Compass の位置づけ 97
7.4 iroha Compass の限界と課題 98
7.5 先行研究との位置付け 99
7.6 知識創造型学習における本研究の成果の活用 100
7.7 本研究の限界と課題 101
7.8 結言 102
第 8 章　結論 103
8.1 本論文のまとめ 104
8.2 知識科学への貢献 105
8.3 今後の課題と展望 105
参考文献 108

図目次

図 1-1：知識創造型学習の形態 3
図 1-2：論文の構成 5
図 2-1：古典的な認識論における知識の定義 [Hetherington, 2022] 7
図 2-2：DIKW ピラミッド [Jennifer, 2007] 8
図 2-3：SECI モデル [Nonaka, 1991] 10
図 2-4：知識創造動態モデル [野中 et al., 2010] 11
図 2-5：アイデアの向上の進化論的視点 [Hong & Sullivan, 2009] 13
図 2-6：インナーワークライフ効果 19
図 2-7：本研究の位置づけ 20
図 3-1：iroha Compass の機能 24
図 3-2：TTP モデル（Theme, Task, Progress） 25
図 3-3：iroha Compass における知識創造型学習と知識創造動態モデルの関係 26
図 3-4：iroha Map の利用手順 28
図 3-5：iroha Compass の動作環境 29
図 3-6：ホーム画面 30
図 3-7：学習テーマの設定画面 31
図 3-8：課題一覧画面 33
図 3-9：進捗一覧画面 34
図 3-10：進捗の追加画面 34
図 3-11：最近の進捗状況の表示 35
図 3-12：アイデアマップ作成画面 36
図 3-13：カードの操作 36
図 3-14：ワードクラウドの例 37
図 3-15：ワードクラウド生成の流れ 38
図 3-16：学習者側の利用の流れ 39
図 3-17：指導者側の利用の流れ 40
図 4-1：実験手順 42
図 4-2：文章の入力画面 46
図 4-3：研究テーマの文章の質の増減と進捗の更新回数 48
図 4-4：モチベーションと感情 50
図 4-5：進捗の頻度とモチベーション・ポジティブな感情 51
図 5-1：文章の入力画面 58
図 5-2：アイデアマップの作成例 63

図 5-3：文章の作成例 65
図 6-1：長期利用による評価の流れ 74
図 6-2：課題の登録数の月別の推移 76
図 6-3：進捗の登録数の月別の推移 77
図 6-4：打ち合わせのアジェンダおよびメモの例 80
図 6-5：参考文献のまとめの例 81
図 6-6：学習者と指導者の対話の例 81
図 6-7：アイデアマップによる思考の深化の例 82
図 6-8：アイデアマップによる研究テーマのまとめの例 82
図 6-9：2018 年度の学習テーマのワードクラウド 83
図 6-10：2019 年度の学習テーマのワードクラウド 84
図 6-11：2020 年度の学習テーマのワードクラウド 84
図 6-12：2021 年度の学習テーマのワードクラウド 84
図 6-13：2018 年 4 月～9 月の進捗内容のワードクラウド 85
図 6-14：2018 年 10 月～2019 年 3 月の進捗内容のワードクラウド 85
図 6-15：2019 年 4 月～9 月の進捗内容のワードクラウド 85
図 6-16：2019 年 10 月～2020 年 3 月の進捗内容のワードクラウド 85
図 6-17：2020 年 4 月～9 月の進捗内容のワードクラウド 86
図 6-18：2020 年 10 月～2021 年 3 月の進捗内容のワードクラウド 86
図 6-19：2021 年 4 月～9 月の進捗内容のワードクラウド 86
図 6-20：2021 年 10 月～2022 年 3 月の進捗内容のワードクラウド 86
図 6-21：進捗の更新回数の推移 87
図 6-22：システムへのアクセス数の推移 87
図 6-23：ファイルの更新回数の推移 89
図 6-24：iroha Compass の年度ごと利用傾向 90
図 7-1：iroha Compass の機能と目的の関係性 97
図 7-2：iroha Compass による知識創造型学習のモデル 98

表目次

表 2-1：知識創造と知識構築の比較 [Scardamalia & Bereiter, 2016] 12
表 2-2：自己主導型学習と自己調整学習 17
表 3-1：一般的な学習支援システムと知識創造型学習支援システムの違い 23
表 3-2：概念マップ・マインドマップ・アイデアマップの比較 27
表 3-3：KJ 法と iroha Map の比較 28
表 3-4：プログラムの種類別ファイル数と総ステップ数 30
表 4-1：文章の評価用ルーブリック 44
表 4-2：文章の評価の増減 47
表 4-3：文章の単語数の増減 47
表 4-4：進捗確認アンケートの回答結果（Q1～Q6） 49
表 4-5：ワードクラウドに関するアンケート結果（Q7） 51
表 4-6：操作性・有用性に関するアンケート結果（Q2-1～Q2-8） 52
表 4-7：各機能の有用性に関するアンケート結果（Q2-9～Q2-11） 53
表 4-8：相関分析結果 54
表 5-1：実験手順 58
表 5-2：アイデアマップの評価用ルーブリック 59
表 5-3：文章の評価用ルーブリック 60
表 5-4：アンケート項目 62
表 5-5：アイデアマップの作成結果 64
表 5-6：文章の文字数と単語数の前後比較 65
表 5-7：文章内容の前後比較 66
表 5-8：相関分析結果 68
表 5-9：利用者のアンケート結果（Q2～Q8） 71
表 6-1：データの種類別登録数 76
表 6-2：登録された課題の内容と該当数 78
表 6-3：登録された進捗の内容と該当数 79
表 6-4： アップロードされたファイルの種類 83
表 6-5：曜日・時間帯別アクセス数 88
表 6-6：画面別アクセス数と滞留時間 89
表 7-1：短期・中期・長期の実験および利用 96

第1章

序論

1.1 研究の背景

現在、学校教育においてアクティブラーニングや 21 世紀型スキルが注目され、学習の目的が、知識の獲得から知識創造へと変容しつつあり、研究も活発になっている。現在の学校教育につながる公的な学校教育制度は、18 世紀後半の産業革命後、工業化社会（industry society）において必要とされる人材の育成を主な目的として設計され、伝統的に教授主義（instructionism）が基となっている[Sawyer, 2018]。学校では教師が標準化された知識やスキルを学習者に対して効率的に教授し、その後の工業化社会の発展にも寄与した。日本においても明治期に欧米の学校教育制度をモデルに公的な学校教育制度が設計され、学制発布によって国民全員が学校で教育を受けるようになり、その後の科学技術や産業の発展に寄与した。20 世紀終盤になると情報技術の発展や知識労働者（knowledge worker）の増加によって産業構造に変化が起こり、労働力や生産設備、資金が経営資源となる工業化社会から、知識が重要な経営資源となる知識社会（knowledge society）へと変化を遂げた[Drucker, 2012]。

知識社会では多様で複雑な問題を解決する必要性に迫られ、知識を獲得するだけでは不十分であり、自ら知識を創り出す人材が求められている[Paavola & Hakkarainen, 2005]。国際団体 ATC21s は、21 世紀以降の社会において必要とされるスキルを「21 世紀型スキル」と定義している[Griffin & Care, 2014]。21 世紀型スキルは、創造性とイノベーション、メタ認知、コラボレーション、ICT リテラシー、キャリア設計等の 10 項目のスキルで構成され、社会の中で起こる多様な問題や課題を見つけ出し、自ら考え、行動し、解決へ導けるスキルとされている。そのためには自らが課題設定を行い、よりよいアイデアや新しい知識を創り出し、問題の解決を行う学び方が求められている。

日本においても近年、アクティブラーニングと呼ばれる学習者中心の新しい学び方が注目されている。アクティブラーニングは広義に「学生の自らの思考を促す能動的な学習」と定義されている[溝上, 2017]。これは従来の学習のようにただ知識を詰め込むのではなく、学習者が獲得した知識やアイデアを、既有の知識や経験と紐付け、自身のアイデアを向上させる学習であり、文部科学省では「主体的・対話的で深い学び」と表現している[文部科学省, 2017]。このような学びにおいて、必要とされる学習支援システムの性質も今後大きく変わっていくことが予想される。

2000 年代以降、インターネットや ICT 機器の普及に伴い、世界中で情報技術を活用した学習である e ラーニングが浸透しつつある。e ラーニングは時間、空間の制限がなく、いつでもどこでも、低コストで学習できるメリットがある。既に学校教育をはじめ、社員教育、学習塾、資格取得学校など幅広い分野で活用されている。また近年では教室へのタブレット端末等の普及や社会のニーズの多様化に伴い、一人一人の学習者の特性や関心、学習到達度等に応じて、指導方法や教材の柔軟な提供を行う「学習の個性化」や「指導の個別化」が注目されている[文部科学省, 2021]。

2020 年のコロナ禍以降、オンラインにおける学習支援の必要性が急速に高まっている。既に多くの学校で LMS（Learning Management System）をはじめとした学習支援システムが導入され、学習支援システムに関する研究も活発になっている。しかしながら既存の学習支援システムの多くが、知識の獲得を主な目的としており、知識創造型の学習を支援するシステムの研究が少ない。

知識創造型学習とは他者とアイデアを共有し、対話を通じてアイデアを向上させる学習である[Paavola et al., 2004; Hong & Sullivan, 2009]。知識創造型学習を行うには「場」が必要とされ、デジタル空間上の場となる知識創造型学習支援システムが求められている。知識創造型学習支援システムに関する研究は 2000 年代から行われているが、その多くは CSCL（Computer-supported collaborative learning）やグループ KJ 法などグループによる知識創造を中心に検討されてきた。

1.2 研究の目的

本研究の目的は、知識創造型学習に適した学習支援システムを設計し、その効果や利用を実証することである。従来の知識創造型学習支援システムでは、図 1-1 のように一つの学習テーマに対して複数の学習者が参加する(a)協調学習型の学習で活用されることが多かったが、本研究では学習者一人一人がそれぞれ違った学習テーマに取り組み、指導者がそれらの学習テーマに参加する(b)自己主導型で個別テーマ型の学習へ適用する。自己主導型で個別テーマ型の学習として、本研究では大学院生が日々行っている研究活動に着目し、適用する。

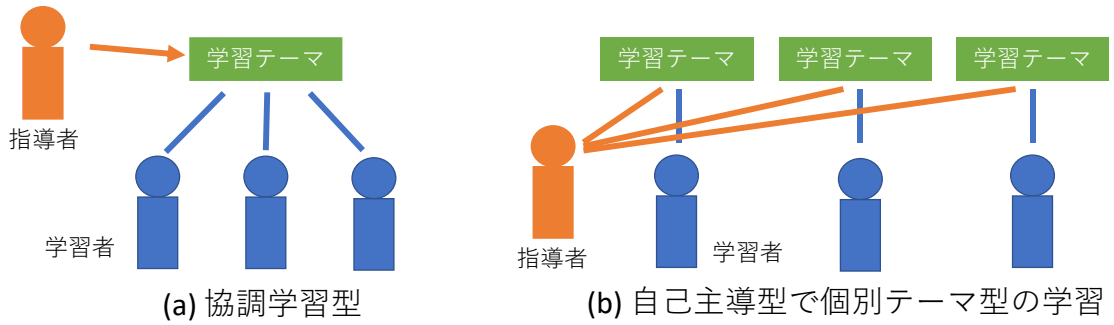


図 1-1：知識創造型学習の形態

具体的には学習者自身が学習テーマおよび進捗を管理する機能と、創造技法を応用したアイデアマップ作成機能の 2 つの主要機能を提案し、当該機能を中心に知識創造型学習支援システム「iroha Compass」の設計を行う。また知識創造型学習支援システムの設計の実用性を明らかにするために、実際に知識創造型学習支援システムを開発し、評価実験を行い、次の 3 つの目的を明らかにする。(1) 学習テーマおよび進捗管理機能の利用におい

て進捗の頻度、感情、モチベーション、パフォーマンスにどのような関係が生じるかを明らかにする。(2) アイデアマップの作成が学習者の知的文章作成へ与える影響を明らかにする。(3) 長期的な個別テーマ型の知識創造型学習において、知識創造型学習支援システムが実際にどのように活用されるかを明らかにする。

知識創造型学習において学習の対象は学習テーマによって大きく異なる。本研究では学習を「新しく知識を獲得、結合、もしくは変換すること」と定義する。学習者は自身の学習テーマに沿って能動的に知識を獲得し、既有の知識や経験と結合させ、新たな知識へ変換を行う。知識創造型学習は具体的な課題に取り組み、対話と実践を通してアイデアを向上させる実践的な学習であり、最終的には知識創造を行うスキルを身に着けることを目指している。

1.3 本論文の貢献

学習の目的が知識の獲得から、知識創造へと変容しつつあり、従来のような知識の獲得を支援するシステムだけではなく、知識創造型の学習を支援するシステムの必要性が高まっている。知識創造型学習を円滑に行うには学習者と指導者が学習テーマや課題を共有し、対話を行う「場」が必要不可欠である。知識創造型学習支援システムの従来研究の多くは、グループで行う協調学習における知識創造を中心に検討されてきた。

本論文の貢献は、知識創造型学習を実践するデジタル空間の場として、知識創造型学習支援システムを設計し、個別テーマ型の知識創造型学習において効果や利用を実証したことである。具体的には知識創造型学習における情報をテーマ、課題、進捗の 3 階層で管理する階層モデル（TTP モデル）を作成し、そのモデルをベースに学習者自らが学習テーマおよび進捗を管理する知識創造型学習支援システム「iroha Compass」を設計した。また実際にシステムを開発し、評価実験を行い、知識創造型学習支援システムの利用における進捗の頻度とパフォーマンスの関係、感情とモチベーションの関係を明らかにした。また既存の収束的創造技法を参考に、カードとリンクとグループで知識やアイデアを可視化した図を「アイデアマップ」と定義し、iroha Compass のサブシステムとしてアイデアマップ作成機能「iroha Map」を設計、開発し、評価実験を行い、カード数が多い人ほど文章の有用性と実現可能性が増加したなど、アイデアマップの作成が知的文章に与える影響を明らかにした。また iroha Compass の 4 年に渡る長期利用の結果、ログデータの集計やワードクラウドによる分析によって、知識の整理や思考の深化における活用例や、思考の変化が確認でき、指導教員との作業の共有、対話等の状況についてもログデータを用いて検討できる可能性がわかった。

1.4 本論文の構成

本論文の構成を図 1-2 に示す。第 1 章では本研究の背景と目的について述べる。第 2 章では本研究のベースとなる関連研究について述べる。第 3 章では知識創造型学習支援システムの設計と開発について述べる。第 4 章では実際に開発したシステムの学習テーマおよび進捗の管理機能の評価と結果について述べ、第 5 章でアイデアマップ作成機能の評価と結果について述べる。第 6 章で iroha Compass の長期利用と分析について述べる。第 7 章では評価実験と長期利用の結果に基づき全体考察を述べ、最後に第 8 章で本研究の成果と今後の展望について述べる。

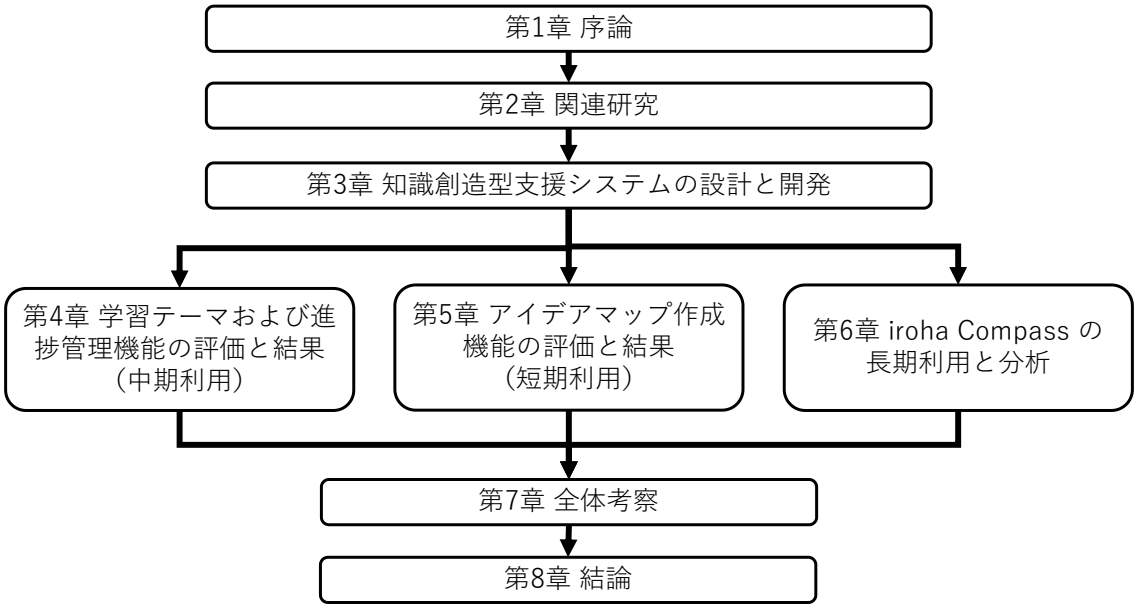


図 1-2：論文の構成

第2章

関連研究

2.1 緒言

本章では本研究に関連する先行研究について述べ、本研究の位置づけを行う。2.2 節において知識とは何かについて述べ、2.3 節において知識創造について述べる。2.4 節では知識創造型学習の定義、理論や知識創造型学習支援システムの事例について述べる。2.5 節において創造技法や深い学びに関する研究について述べ、2.6 節では自己主導型学習について述べる。2.7 節においてモチベーションに影響するとされる進捗の法則とインナーワークライフ効果について述べる。最後に 2.8 節において本研究の位置づけについて述べる。

2.2 知識とは何か

古代ギリシャ以来、人は知識（Knowledge）とは何かをという問いに対する答えを探し求めてきた。プラトンは著書『テアイテトス』において知識とは何かという問いを立て、「感覚」「真なる思いなし」「真なる思いなしに言論を加えたもの」であると検討を重ねたが、いずれも知識ではないと否定した[Chappell, 2019]。アリストテレスは著書『ニコマコス倫理学』のなかで、知識をソフィア（知恵）とフロネシス（知慮）の 2 種類に区別した[Ostwald, 1915]。ソフィアとは原因を理解する知性であり、フロネシスとは実践し判断する知性（実践知：Practical Wisdom）であるとされている。

西洋哲学においては伝統的に知識とは「正当化された真なる信念（JTB：Justified True Belief）」であるという定義が主流となっている[Hetherington, 2022]。これをベン図で表現すると図 2-1 と通りとなる。つまり自分自身が信じるもので、かつ世の中において正しいとされ、かつ真なるものが知識というものである。

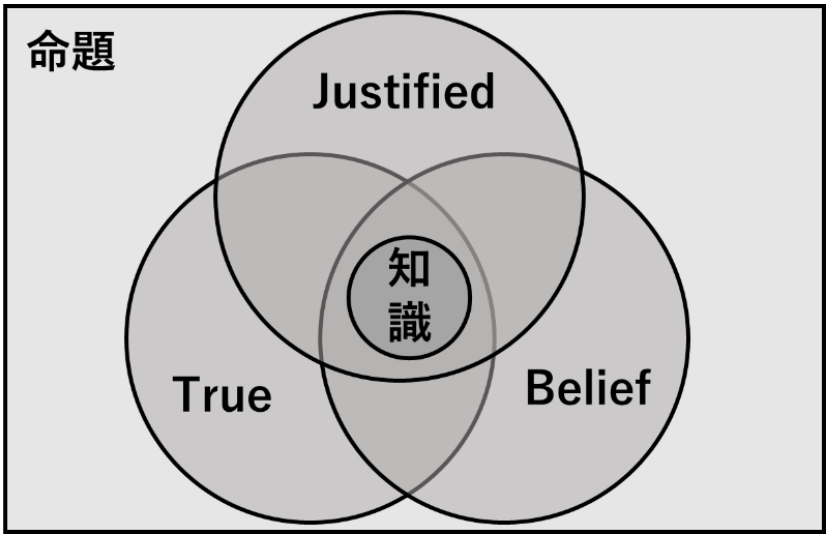


図 2-1：古典的な認識論における知識の定義 [Hetherington, 2022]

情報科学において知識は DIKW ピラミッドを用いて説明されてきた（図 2-2）。DIKW ピラミッドではデータ、情報、知識、知恵を階層的に表現し、データは整理、集計を行うことによって情報となり、情報は意味づけを行うことによって知識となり、知識は活用することによって知恵となると説明されている[Jennifer, 2007]。Zins は知識とは普遍的というよりは主観的であるため情報科学における研究の対象ではなく、命題の用語で定義されることを示唆し、Zeleny は全ての知識は暗黙的であると主張している[Zins, 2007; Zeleny, 2005]。

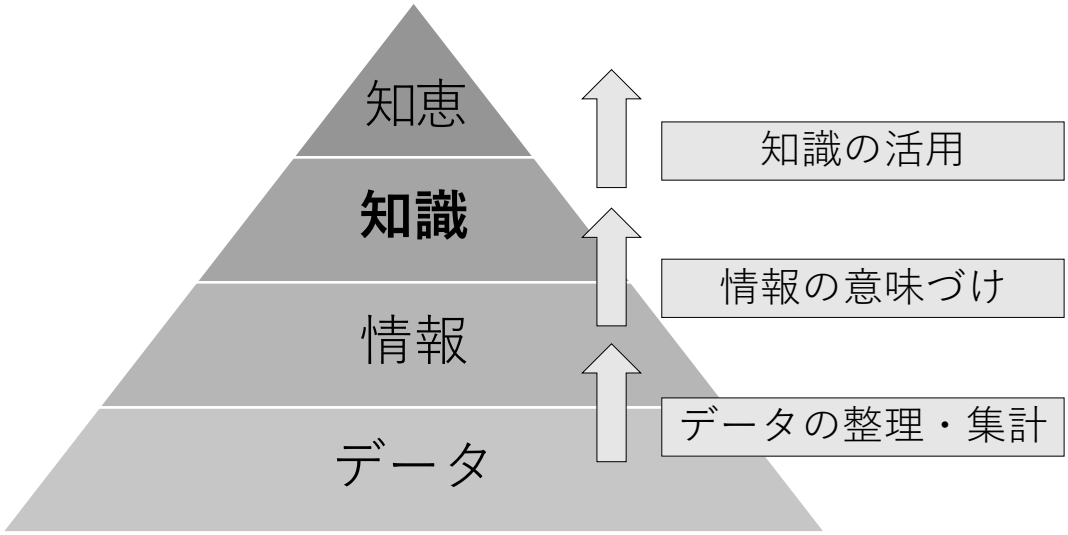


図 2-2：DIKW ピラミッド [Jennifer, 2007]

認知心理学において知識は宣言的知識（Declarative Knowledge）と手続き的知識（Procedural knowledge）とに分けられる[Tokuhama-Espinosa, 2010]。宣言的知識は記述的知識（Descriptive Knowledge）または命題的知識（Propositional Knowledge）とも呼ばれ、言葉で説明可能な知識であり、意識的に利用可能な形で保持され、「A は B である」「A ならば B である」などの形で表現される。手続き的知識は何かを行うための手順や方法に関する知識である[Stanley & Williamson, 2001]。数学の問題を解く知識や自転車を乗るための知識がこれに相当する。一般にはノウハウ（Know-how）とも呼ばれる。

知識の定義は学問領域によって様々まで、誰もが納得する普遍的な定義はなく、また時代とともに変化してきた。

2.3 知識創造

2.3.1　形式知と暗黙知

知識には形式知と暗黙知があるとされている。形式知とは言語で表現できる知識である。逆に暗黙知とは言語で表現できない知識である。伝統的に西洋では形式知が重視され、東洋では暗黙知が重視されてきた。Polanyi は「我々は語れる以上のことを知っている」という述べ、表現できるものは、知識の一部分でしかない。また暗黙知は経験から得られ、主観的で身体的な知識であり、形式知は外部からデータとして得られ、客観的で理性的な知識であると説明している [Polanyi, 1997]。

2.3.2　SECI モデル

SECI モデルとは企業の知識創造活動に着目して提唱されたナレッジマネジメントのモデルである[Nonaka, 1991]。1990 年代に日本企業の知識創造活動を説明するモデルとして世界的に広く知られるようになった。

組織においては暗黙知を活用することが重要とされ、個人個人の暗黙知を形式知に変換し、伝達し、形式知から個人の暗黙知へと変換する必要がある。この一連のプロセスをモデル化したものが SECI モデルである。図 2-3 に示すように SECI モデルには共同化（Socialization）、表出化（Externalization）、連結化（Combination）、内面化（Internalization）の 4 つの知識変換のフェーズがある。共同化とは、経験を通じて暗黙知を作り出し、他者と暗黙知を共有するプロセスである。例えば先輩の仕事の進め方をまねてみて、感覚をつかむことなどがこれに相当する。表出化とは暗黙知から概念やデザインを作り出すプロセスである。例えば日々の失敗例、気づきを文章や図にし、共有可能な形にすることなどがこれに相当する。連結化とは形式知同士を組み合わせて、知識体系を作り出すプロセスである。例えば個々のレポートや外部の知見を総合的に分析し、新たなマニュアル、知識データベースを作成することなどがこれに相当する。内面化とは形式知を暗黙知へ身体化するプロセスである。例えば新しいマニュアルや知識データベースを使って、実践していくことに相当する。

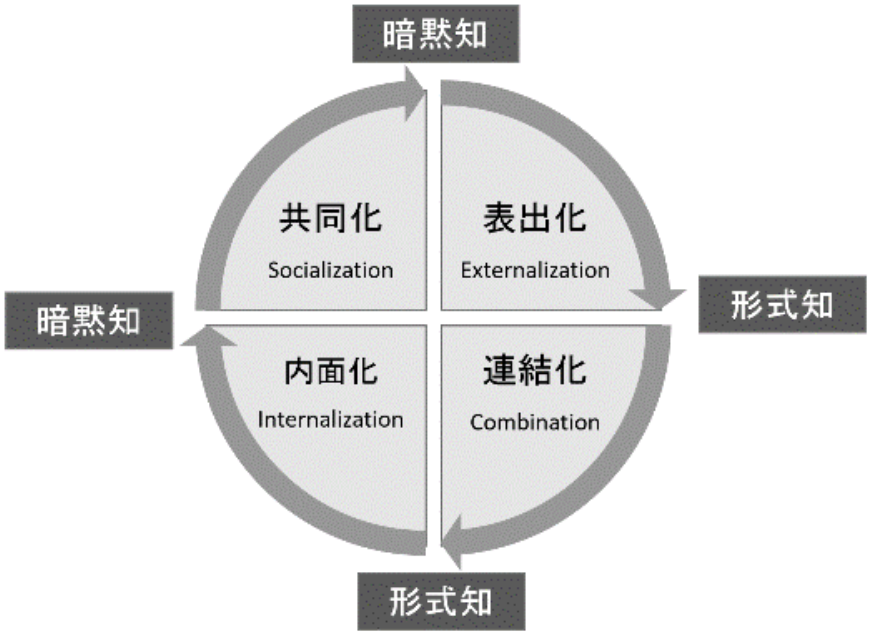


図 2-3：SECI モデル [Nonaka, 1991]

2.3.3 知識創造動態モデルと場

SECI モデルを円滑に回転させるためには「場」が重要とされている[Nonaka et al., 2000]。ここでいう場とは物理的空間だけではなく、個々の人間の関係性に成立する意味空間を指す。学校や職場も代表的な場であるが、ミーティングなど一時的に発生するイベントや、社内 SNS、電子掲示板、タスク管理ツール、メーリングリストといった仮想空間も場となる。

場を機能させるために「駆動目標」が重要となる。駆動目標とはビジョンと実践を連動させる具体的な目標である。企業にとってビジョンは大切である。しかしビジョンだけでは企業は機能しない。例えばある製薬会社の場合、「全ての人々を健康にする」がビジョンなのに対して、「患者の満足度で世界 No1 になる」というのが駆動目標となる。場と駆動目標の関係は図 2-4 のようになる。実践とは形式知を経験によって暗黙知にすることである。例えば開発したプロトタイプを使って実際にユーザテストを行うことを指す。対話とは暗黙知を形式知化して共有することである。例えばユーザテストで得られた様々な気づきを文章化し、社内で共有することを指している。この対話と実践とスパイラルは駆動目標があることで機能する[野中 & 竹内, 2020]。

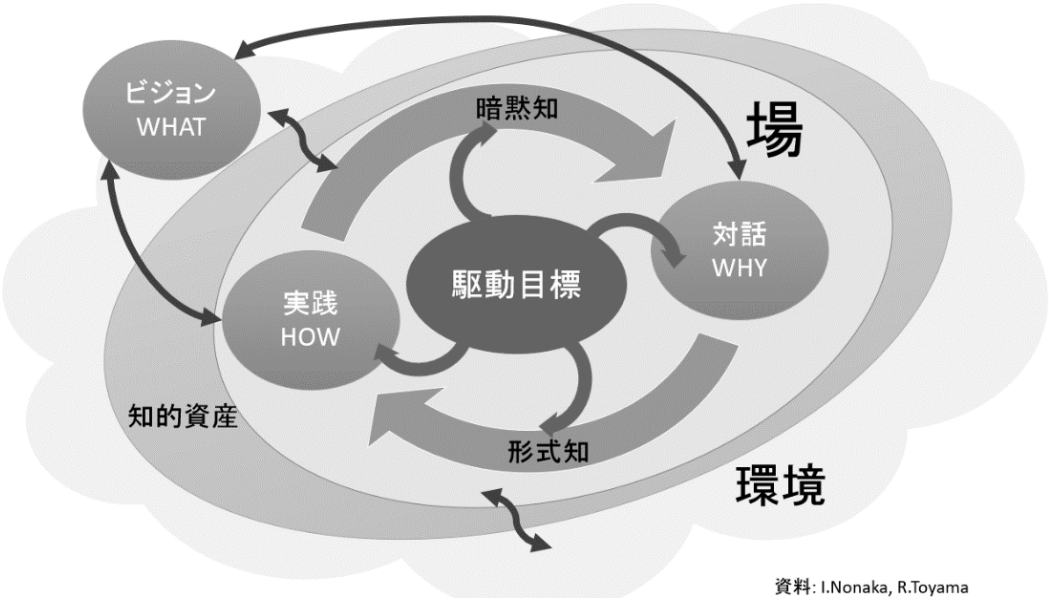


図 2-4：知識創造動態モデル [野中 et al., 2010]

2.4 知識創造型学習

2.4.1 知識創造型学習とは

知識創造型学習とは他者とアイデアを共有し、対話を通してアイデアを向上させる学習を指している[Paavola et al., 2004; Hong & Sullivan, 2009; 大﨑 & 大島, 2019]。本研究では学習者と指導者がシステム上で学習テーマや課題を共有し、進捗の登録やコメントの追加を通じて対話を行い、アイデアを向上させることを知識創造型学習と位置付けている。

知識創造型学習のベースとなる理論には Scardamalia らによる知識構築（Knowledge Building）と、野中らの知識創造（Knowledge Creation）という大きく 2 つの理論が存在する。知識構築は学習科学、知識創造は組織科学から生まれた言葉である。学習科学とは認知科学から発展した分野とも言われ、現代のテクノロジーを駆使して実効性のある学習環境をデザインしようとする実践的な学問とされている[白水 et al., 2014]。

知識構築と知識創造は本質的には同じものを指している[Bereiter & Scardamalia, 2014]。しかし元になった認識論や目的において、表 2-1 のような違いがある[Scardamalia & Bereiter, 2016]。知識創造はグループによる社会認知プロセスが元となっており、主にイノベーションや問題解決を目的としている。それに対して知識構築は Popper の認識論が元となっており、目標とプロセス両方を教育に持ち込むことを目的としている。Popper の認識論において世界は物理的知識の世界、主観的知識の世界、客観的知識の世界の 3 つに分けられ、アイデアや書籍や芸術的作品など人工物は客観的知識の世界に属し、人の手を離れ独自に進化するとされている[Popper, 1972]。知識構築と知識創造、いずれの理論おいても「場」が必要であるとされている。

表 2-1：知識創造と知識構築の比較 [Scardamalia & Bereiter, 2016]

	知識創造 (Knowledge Creation)	知識構築 (Knowledge Building)
学問領域	組織科学	学習科学
論文の発表時期	1991 年 [Nonaka, I., 1991]	1991 年 [Scardamalia & Bereiter, 1991]
著者	野中郁次郎ら	Scardamalia, Bereiter ら
定義	暗黙知と形式知の相互作用のスパイラルアップ（SECI モデル）により、知識を持続的に創造する。	アイデアを個人から独立した存在として扱い、アイデアの理解の継続的な改善を繰り返し、高レベルの概念を作成する。
主な目的	イノベーションや問題解決	目標とプロセス両方を教育に持ち込む。
元となった認識論	グループによる社会認知プロセス	Popper の認識論 [Popper, 1972]
概念空間	アイデアを創造する場所が必要	アイデアを創造する場所が必要
個人と共同体の関係	個人の持つ暗黙知が情報源でもあり成果物ともなる。	生徒が共同体に貢献することを第一の価値とし、個々の生徒の知識のその次である。

知識創造型学習の目的はアイデアの向上であるが、図 2-5 の通り、アイデアを向上させるプロセスはアイデアの深さとアイデアの広さの二つの次元で表現できる[Hong & Sullivan, 2009]。アイデアを実現するために、思考を深化し、具体的かつ実現性の高いものへとアイデアを変換していくことをアイデアの精緻化という。また他者と意見を交換し、新しい視点を取り入れ、アイデアを変換することをアイデアの多様化と呼ぶ。アイデアの向上は、アイデアの精緻化とアイデアの多様化という二つのベクトルに向かって傾きを繰り返し、アイデアの向上というベクトルにアイデアを変換していくプロセスであり、このプロセスにゴールというものは存在しない。

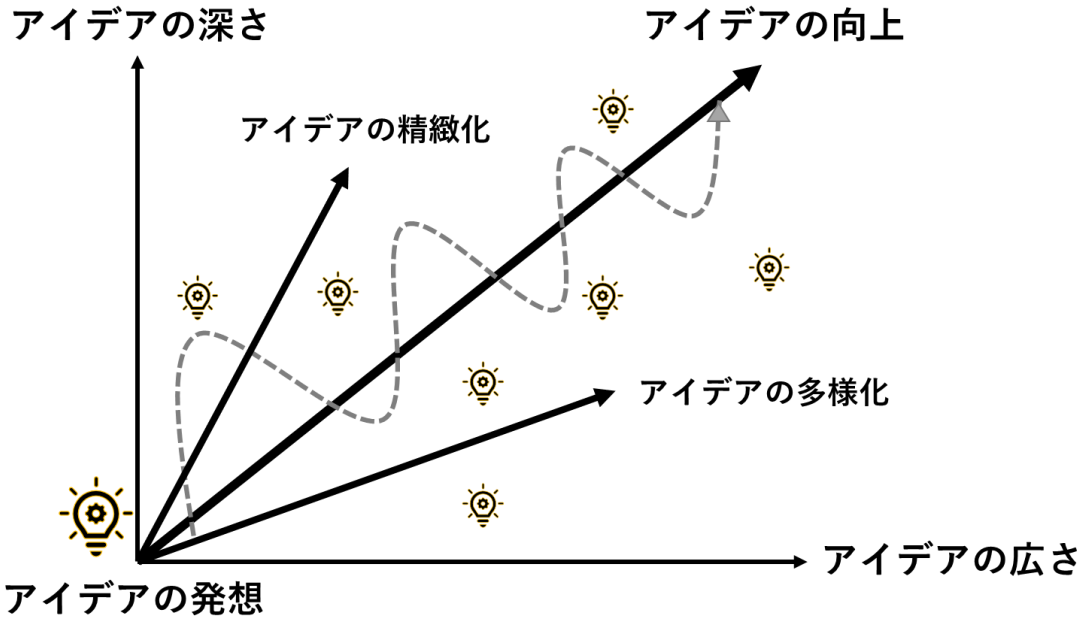


図 2-5：アイデアの向上の進化論的視点 [Hong & Sullivan, 2009]

2.4.2 知識創造型学習支援システム

知識創造型学習支援システムの研究は 2000 年代から活発に行われている。Scardamalia らはユーザがコンテンツ（ビューとノート）を作成し、知識の構造化を行う知識構築環境「Knowledge Forum」を開発し、仮想空間に多様で創発的なオフラインの活動を発展させる場を実現している[Scardamalia, 2004]。実際に Knowledge Forum は教育の現場でも活用され、協調学習等に適用した研究も行われている。

また SECI モデルをベースにした知識創造型学習支援システムの評価実験が行われ、セマンティックチャートデータを追加したもの、Web ベースでの実行を可能にしたもの、最近ではオンライン学習に対応したものが開発されている[Chootongchai & Songkram, 2018; 由井薗 & 宗森, 2007; Chatti et al., 2007]。Chootongchai らはオープンソースの LMS（Learning Management System）である Moodle をベースに、SECI モデルを適用したオンライン学習システムを設計・開発し、評価実験を行い、オンライン学習システムが高等教育の学習者の思考力やイノベーション能力を高めることを明らかにしている[Chootongchai & Songkram, 2018]。由井薗らは知識創造活動支援グループウェア「GUNGEN-SECI」を開発し、セマンティックチャットデータを用いた分散協調型 KJ 法によって表出化のみでは得られない新たな知識獲得を支援できることを明らかにしている[由井薗 & 宗森, 2007]。Chatt らは Web 2.0 駆動型学習のフレームワークを提示し、SECI モデルに基づいたオンライン学習プロセスを提案している[Chatti et al., 2007]。

大﨑らはアクティブラーニングとして今後発展が期待される知識創造型学習に焦点をあて、知識創造型学習の中で生成される共同体でのアイデアの変化と、そのプロセスにおけ

る個人の貢献を捉えることを目的に、TF-IDF（Term Frequency - Inverse Document Frequency） を用いてアイデアを構成するフレーズを抽出する方法と、抽出したフレーズを利用した SSNA（Socio-Semantic Network Analysis） との混合法による可視化の方法を提案している[大﨑 & 大島, 2019]。

2.5 創造技法と深い学び

2.5.1 創造技法

創造技法とは様々な問題を創造的に解決するために用いられる技法のことである。アメリカの心理学者、Guilford によると、人間の思考には発散的思考（divergent thinking）と、収束的思考（convergent thinking）が存在するとされている。発散的思考は、さまざまなアイデアを発散させるときの思考の働きをさしており、収束的思考は、ばらばらなアイデアの集まりをまとまりのあるものに集約化していくときの思考の働きを指している[杉山, 1993]。発散的思考を行う創造技法としては Osborn の考案したブレーンストーミングや、マインドマップが広く知られており多くの分野で活用されている。収束的思考を行う創造技法としては、国内では文化人類学である川喜田二郎が考案した KJ 法が知られており、企業研修や、協調学習、ワークショップなどで広く活用されている。また国内で開発された収束的思考を行うソフトウェアのほとんどが KJ 法を参考にしたものである。例えば小山らは KJ エディタを開発し、計算機上でカードとグルーピングによって図解化を実現している[小山 et al., 1992]。三末らは D-ABDUCTOR を開発し、作成したカードとグループから図を自動描画する機能を実現している[三末 & 杉山, 1994]。由井薗らは 10 画面の共同作業インターフェイスを持つ発想支援グループウェア「KUSANAGI」を開発し、実験の結果、グルーピングの作業が紙面上よりも効率的に行われていることを明らかにしている[由井薗 et al., 2008]。三浦はデジタルペンを用いて、実世界における紙ラベルへの書き込みと空間配置操作を、再現性と再利用性が高い状態で電子データ化するシステム「GKJ」を提案している[三浦, 2014]。また五郎丸らはタブレット端末で Web ベースの分散協調型 KJ 法支援グループウェア「GUNGEN-SPIRAL II」を用いて実験を行い、画面サイズが KJ 法のグルーピングへ与える影響を明らかにしている[五郎丸 et al., 2014]。

発散的思考や収束的思考を行う創造技法を学習に活かす試みは 1980 年代から行われ、特にグループによる協調学習の分野での活用が多く見られる。例えば、Covis、ReCoNote、SemseMaker、及び CSILE などの協調ノートシステム研究では、学習知識を関連付ける相互リンク機能によって共有学習知識の体系化を目指している[國藤 et al., 2008]。また宗森らの開発した発想支援グループウェア、GUNGEN では、KJ 法の全てのプロセスをコンピュータ上で再現し、協調学習に活用しており、従来の紙を使った KJ 法と比較して、同程度の効果が得られることが実験によって明らかになっている[由井薗 & 宗森, 2004]。また高橋が 2012 年から 2016 年に、教員免許講習参加者を対象に行った「創造技法のアク

ティブ・ラーニングへの活用」の調査では、524 人の参加者のうち、301 人が発散技法を、149 人が収束技法を授業に活用したいと答えている[高橋, 2016]。

KJ 法はアイデアを可視化することで視覚操作できる技法といえる。これに近い可視化の方法として、教育分野では概念マップ（Concept Map）が知られている[Novak, 2010]。概念マップは 1970 年代に Novak らが開発したもので、学生の科学的知識を表現する手段として考案された。概念マップも他の創造技法と同様に、創造性を促進する作用があるとされている[Novak, 2010]。

2.5.2 深い学び

学習には浅い学び（Surface Learning）と深い学び（Deep Learning）の 2 種類があるとされている[Entwistle, 2000]。浅い学びとはただ授業で単位を取るために、形式的な知識のみを暗記しようとする学習である。一方、深い学びとは知識と知識、もしくは知識と自らの経験を結びつけ、概念を理解しようとする学習である。浅い学びは外発的な動機づけが強く、深い学びは内発的な動機づけが強いことが指摘されている [青木, 2005]。

Sawyer は深い学びに必要なものとして、学習者が新しいアイデアや概念を既有知識や先行経験と関係づけること、学習者がパターンや基礎となる原則を探すこと、学習者自身の理解と学習過程を振り返ることなどを挙げている[Sawyer, 2018]。

溝口は知識や経験を意図した方向に向かって組織化することが深い学びにおいて大切で、その手法として可視化ツールの必要性を挙げている[溝上, 2013]。可視化ツールを使用することで自分の頭の中をアウトプットし、それを構造化し広げることができ、また教員にとっては成果物として評価に生かせると述べている。

2012 年の中央教育審議会による「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～」では、「生涯にわたって学び続ける力、主体的に考える力を持った人材は、学生からみて受動的な教育の場では育成することができない。従来のような知識の伝達・注入を中心とした授業から、教員と学生が意思疎通を図りつつ、一緒になって切磋琢磨し、相互に刺激を与えながら知的に成長する場を創り、学生が主体的に問題を発見し解を見いだしていく能動的学修（アクティブ・ラーニング）への転換が必要である。」と述べられている[文部科学省, 2012]。このような学習において、必要とされる学習支援システムの性質も大きく変わっていくことが予想される。

2.5.3 創造技法と深い学び

前述のように、深い学びを促すには、思考過程や知識と知識のつながりを可視化することが重要となる。思考過程を可視化する方法としては、KJ 法などの収束的な創造技法が用いられることが多い。KJ 法は道具や表現方法だけではなく、その手順についても明確に形式化されており、実際に教育の現場でも活用されている。

知識と知識のつながりを可視化する方法として教育分野では概念マップが長らく活用されている。1993 年に皆川が行なった理科教育に概念マップを活用した実験では、概念マップ作成が学習者の概念間の関係把握において効果が認められ、テストの正答率も向上することが分かった[皆川, 1997]。またコンピュータ支援による概念マップ作成システムの学習への適用に関する研究事例も多くみられる[Yamasaki et al., 2010]。例えば東本らは概念マップを作成する学習支援システムを用いて実験を行い、概念マップの作成によって学習者の誤りが可視化され、学習者の理解が階層化、抽象化されることを示唆している[東本 et al., 2013]。

このように KJ 法や可視化ツールを学習に生かす先行研究は多く見られるが、グループによる KJ 法を目的としたグループウェア研究や、学習者の理解度を評価してきていた。

2.6 自己主導型学習

2.6.1 自己主導型学習とは

自己主導型学習（SDL：Self-directed Learning）とは個々の学習者が固有の目標や課題を設定し、知識とスキルの習得、適用、創造において継続的に行う取り組みである[Fischer & Scharff, 1998]。1970 年代以降、主に成人教育において用いられるようになった。自己主導型学習と似た概念として自己調整学習（SRL：Self-regulated Learning）がある。自己調整型学習とは学習者が自分自身の学習活動に能動的に関わり、自らの学習を調整するという学び方である。自己調整学習を身につけている学習者は、メタ認知、動機づけ、行動の 3 つの過程において能動的に関与しており，これらの過程が相互に機能することによって効果的な学習成果がもたらされるとしている[Zimmerman, 2002; Schunk, 1990]。

自己主導型学習と自己調整学習にはどちらも(1)課題の定義、(2)目標設定と計画、(3)実行、(4)モニタリングと振り返りという 4 つのフェーズがあり、内発的なモチベーションとメタ認知が重視される。しかしながら自己主導型学習と自己調整学習では表 2-2 のような違いがある[Saks & Leijen, 2014]。自己主導型学習は成人教育を起源とするため、伝統的な学校環境以外の学習活動を説明するために用いられ、主に学習環境の設計という側面も持っている。一方、自己調整学習は学校環境での研究が中心となっている[Loyens et al, 2008]。また自己主導型学習においては課題と目標の設定は通常、学習者自身が行うのに対して、自己調整型学習では通常、指導者が設定するものとされている。

表 2-2：自己主導型学習と自己調整学習

	自己主導型学習 (SDL：Self-directed Learning)	自己調整学習 (SRL：Self-regulated Learning)
起源	成人教育	教育心理学・認知心理学
研究時期	1970 年代以降	1990 年代以降
活用領域	伝統的な教育の外側	学校教育
課題と目標の設定	通常、学習者自身が設定する。	通常、指導者が設定する。

自己主導型学習と知識創造型学習も自己主導型で学習を進める点では共通しているが、目的に大きな違いがある。自己主導型学習の目的は自ら設定した学習目標を達成することであり、知識やスキルの獲得に重きが置かれている。また学習の対象も学習事前に決められた学問領域に留まっている。知識創造型学習はアイデアの向上を目的としており、学習の対象も多岐にわたり、また学習目標というゴールはないとされている。

2.6.2 足場かけ

自己主導型の学習においては足場かけ（scaffolding）が重要とされている。足場かけとは一人では達成できない複雑な課題を、より有能な他者との協同的活動による支援によって達成するという概念である。Wood らが建設作業現場における足場かけの比喩を用いて提案した[Wood, 2001]。足場かけによる学習の特徴は、知識体系を細分化し、行動主義的な学習を促すことではなく、複雑な課題に向き合う学習者の状況に即して、課題を変形することにある。

足場かけの中心的な考え方は学習者と有能な他者とで作業を共有することにある。有能な他者は、一般的にチューターと呼ばれ、学習者の現在の知識からより高度な実践への橋渡し役となる。チューターは、初めは指示を出したり、ヒントを与えたり、プロンプト（促し）を提供したりするが、徐々に支援を減らすことによって、学習者自身が行動をコントロールできるようになっていくとされている[Sawyer, 2018]。

2.6.3 メタ認知

メタ認知の最もシンプルな定義は「思考について考えること（thinking about thinking）」である[Lai, 2011]。客観的な自己とも言われ、自分の思考や行動そのものを対象化して認識することにより、自分自身の認知行動を把握することができる能力である。

メタ認知はメタ認知的知識（metacognitive knowledge）とメタ認知的経験（metacognitive experiences）の 2 つの要素から構成されている。メタ認知的知識とは自分自身の状態を判断するための知識である。学習者としての自分自身とパフォーマンスに

影響を与えうる要因に関する知識、学習課題へのアプローチに関する知識、学習方略をいつ、なぜ使うかに関する知識が含まれる。メタ認知的経験とは、メタ認知的活動も呼ばれ、自分の認知をモニタリングし、自分自身の行動をコントロールすることである。学習課題達成までの進捗に関する認識をモニタリングし、学習方略の有効性の評価し、必要に応じて修正することなどが含まれる。自己主導型学習においてはこのようなメタ認知が重要と言われている[Shannon, 2008]。

2.6.4 自己主導型学習支援システム

自己主導型学習を支援するシステムの研究はこれまで多く行われている。例えば Shih らは、学習スケジュールの自動生成と、学習コンテンツの動的な生成を行うことによって足場かけを行う自己主導型学習支援システムを提案している[Shih et al., 2010]。Ley らは個別化された学習目標のレコメンデーションを用いた足場かけの自動化を提案している[Ley & Kump, 2010]。最近では自己主導型学習に e ポートフォリオの活用を検討する研究も行われている[Beckers et al., 2016]。

2.7 進捗の法則とインナーワークライフ効果

Amabile は『進捗の法則』において、"社員の創造的なパフォーマンスを促すには、その人のインナーワークライフ（感情、モチベーション、認識の相互作用）の質を高める必要がある。（中略）、インナーワークライフのバランスを取るために最も重要なことは、有意義な仕事の「進捗」を着実に図ることである。そのような進捗を感じる頻度が増えれば増えるほど、知的労働者の生産性は長期的に高まる"と述べている[Amabile, 2012]。これは企業における社員の創造的なパフォーマンスについて述べたことだが、学習プロセスにおいても同様のことが言える可能性がある。

インナーワークライフとは認識と感情とモチベーションが一日の中で織りなすダイナミックな相互作用である。出来事に対する状況認識は、感情やモチベーションに影響する。またポジティブな感情やネガティブな感情は、認識やモチベーションに影響する。そしてその相互作用が最終的にパフォーマンスへと影響するのである。この三つの要素において最もパフォーマンスへ影響するのがモチベーションである。モチベーションはいつ、どうやって行うかどうかを決めるだけではなく、「やるかどうか」を決めるものである。

進捗とインナーワークライフは互いを糧にしている。進捗はインナーワークライフを豊かにし、ポジティブなインナーワークライフはさらなる進捗につながる。また反対にどちらかが悪化するともう一方も悪化する。これを「進捗ループ」と呼んでいる。小さな勝利は驚くほどポジティブな効果があり、小さな敗北は驚くほどネガティブな効果がある。これを Amabile は「進捗の法則」と呼んでいる[Amabile & Kramer, 2011]。

インナーワークライフは先に述べた進捗の法則と、触媒ファクター、栄養ファクターの

3 つの影響を受けている（図 2-6）。触媒ファクターとは、明確な目標設定、自主性、十分なリソースの提供などで、栄養ファクターとは、他者からの尊重、励まし、感情的サポート、友好関係などである。触媒ファクターは仕事に直接関係のあるサポートであるのに対して、栄養ファクターは人間関係にかかわる感情的なサポートである。この 3 つの構成要素においてインナーワークライフに最も大きな影響を与えるのが進捗の法則であるとされている [Amabile, 2012]。

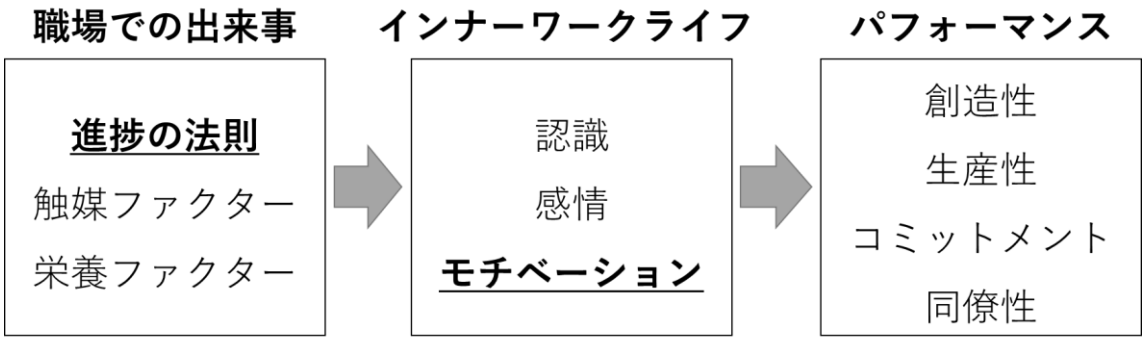


図 2-6：インナーワークライフ効果

2.8 本研究の位置づけ

教育・学習支援に関する研究は様々であり、古くから行われてきた。教育・学習支援に関する主な研究を、空間と主義の 2 軸で表すと図 2-7 のようになる。客観主義とは学習者を客体として認識し、教師が学習者に体系な教授法に基づいて知識を教授するという立場に立った理論である。それに対して構成主義とは学習者自身が能動的に知識や認識を構築し、教師はその手助けを行うと立場に立った理論である。物理空間は学校や教室、野外などの物理空間な空間を指し、仮想空間はインターネット上の情報システムや VR 等の仮想的な空間を指している。

第 1 象限（物理空間かつ構成主義）の研究としてはアクティブラーニング、SDL（Self-directed Learning）、SRL（Self-regulated Learning）、総合(探求)学習、協調学習、PBL、知識創造型学習等があげられる。アクティブラーニングの研究対象は広く、探求学習、PBL、知識創造型学習等もこれに含まれる。

第 2 象限（物理空間かつ客観主義）の研究としては、第 1 章の「研究の背景」で述べた教授主義に基づいた伝統的な教育や、航空機の操縦に関する知識を効率よく教授することを目的に考案されたインストラクショナルデザイン等の研究があげられる[Reigeluth, 1983]。インストラクショナルデザインは LMS のコースやコンテンツ設計等にも応用されている。

第 3 象限（仮想空間かつ客観主義）の研究としては仮想空間で客観主義に基づく研究と

しては LMS、ラーニングアナリティクス、アダプティブラーニング等があげられる[Clow, 2013; Paramythis & Loidl-Reisinger, 2003]。ラーニングアナリティクスは最近注目されている研究分野で LMS 等に蓄積された学習履歴等のビッグデータを活用して、指導に役立てることを主な目的としている。アダプティブラーニングは学習者の進捗度や理解度に合わせて AI が自動的に学習コンテンツを選別し、提供する学習方法である。

第 4 象限（仮想空間かつ構成主義）の研究としては、CSCL（Computer-supported collaborative learning)、知識創造型学習支援システム、SDL/SRL 支援システム、e ポートフォリオ、ゲーミフィケーション等の研究が挙げられる[Salomon, 1992; 森本, 2008; Hamari et al., 2014]。本研究は第 4 象限の知識創造型学習支援システムに関する研究に属する。第 2 章の「知識創造型学習」で述べた通り、従来の知識創造型学習の支援システムでは CSCL における活用や評価が研究の中心となっていた。本研究では知識創造型学習支援システムに中でも個別テーマ型の学習に着目した研究と位置付けている。

SDL/SRL 支援システムも同じ象限で、個別型に属するが、目的や必要とされる機能が大きく異なる。SDL/SRL 支援システムは知識の獲得と学習目標の達成を目的した機能が搭載されている。具体的にはカリキュラムの自動生成機能や足場かけ機能である。それに対して知識創造型学習支援システムの目的はあくまでもアイデアの向上である。そのためアイデアマップ作成機能、学習テーマの設定機能、課題・進捗の管理機能などアイデアの向上を目的とした機能が搭載されている。

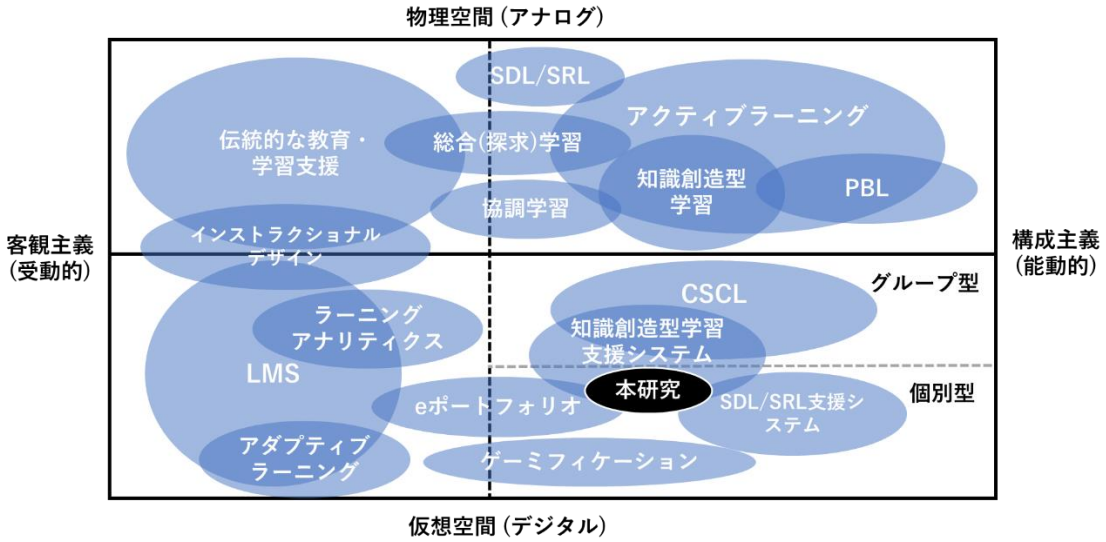


図 2-7：本研究の位置づけ

2.9 結言

本章では、まずそもそも知識とは何か、歴史的経緯やいくつかの定義について述べ、そ

の上で知識創造、知識創造型学習、自己主導型学習の先行研究を紹介した。また創造技法と深い学び、インナーワークライフ効果等に関する研究について紹介し、最後に本研究の位置づけを行った。

第3章

知識創造型学習支援システムの設計と開発

3.1 緒言

本章では知識創造型学習支援システム「iroha Compass」の設計と開発について述べる。3.2 では iroha Compass の概要について述べ、3.3 節で iroha Compass のコンセプト、3.4 節でシステムの構成、3.5 節でシステムの利用方法について述べる。

3.2 システムの概要

iroha Compass は知識創造型学習を支援するシステムである。具体的には学習者が自らの学習テーマおよび進捗を管理する機能と、創造技法を応用したアイデアマップ作成機能を中心に設計を行った。表 3-1 に示す通り LMS を中心とする一般的な学習支援システムでは、指導者が学習者へ知識を伝達することを主な目的としているが、知識創造型学習支援システムでは一人一人が自ら学習テーマを設定し、主体的にアイデアを向上させることを目的としている。

表 3-1：一般的な学習支援システムと知識創造型学習支援システムの違い

	一般的な学習支援システム (LMS)	知識創造型学習支援システム (iroha Compass)
主体	指導者	学習者
学習の目的	知識の獲得	アイデアの向上
学習態度	受動的	能動的
必要とされる主な機能	・コース／学習コンテンツの作成機能 ・確認テストの作成／実施機能 ・学習コンテンツの閲覧機能 ・学習履歴の分析機能	・学習テーマの設定機能 ・学習の課題や進捗の登録機能 ・知識やアイデアを整理する機能 ・自身の学習状況を表示する機能

自己主導型の学習において大きな課題となるのはモチベーションの維持である。モチベーションは全ての活動の原動力となるものであり、モチベーションが低い状態では高いパフォーマンスは期待できない。第 2 章の「進捗の法則とインナーワークライフ効果」で述べた通り、Amabile の長年の研究によって進捗の頻度を増やすことがモチベーションの向上につながることが明らかになっている。ポジティブな感情やネガティブな感情は、認識やモチベーションに影響し、現状の認識は感情やモチベーションに影響し、その相互作用が最終的にパフォーマンスへと影響するとされている。本システムではモチベーションに影響を与えるとされる進捗に着目し、進捗の管理機能の開発を行った。

iroha Compass の機能は図 3-1 に示す通り学習者向けと指導者向けに分かれている。学習者側の機能としては、取り組みたい学習テーマの設定を行う「学習テーマの設定機能」、

学習上の課題や進捗の登録管理を行う「課題・進捗管理機能」、学習テーマや課題・進捗の最近の更新状況をリアルタイムに表示する「最近の進捗状況表示機能」、学習テーマの文章を元にワードクラウドの生成を行う「ワードクラウド自動生成機能」、アイデア・知識の整理、思考の深化を支援する「アイデアマップ作成機能（iroha Map）」が搭載されている。指導者側の機能としては、学習者や学習テーマの管理を行う「ユーザ管理機能」「グループ管理機能」、学習者へ情報発信を行う「お知らせ管理機能」、進捗確認や足場かけを支援する「進捗検索機能」、システムの初期設定を行う「システム設定機能」が搭載されている。

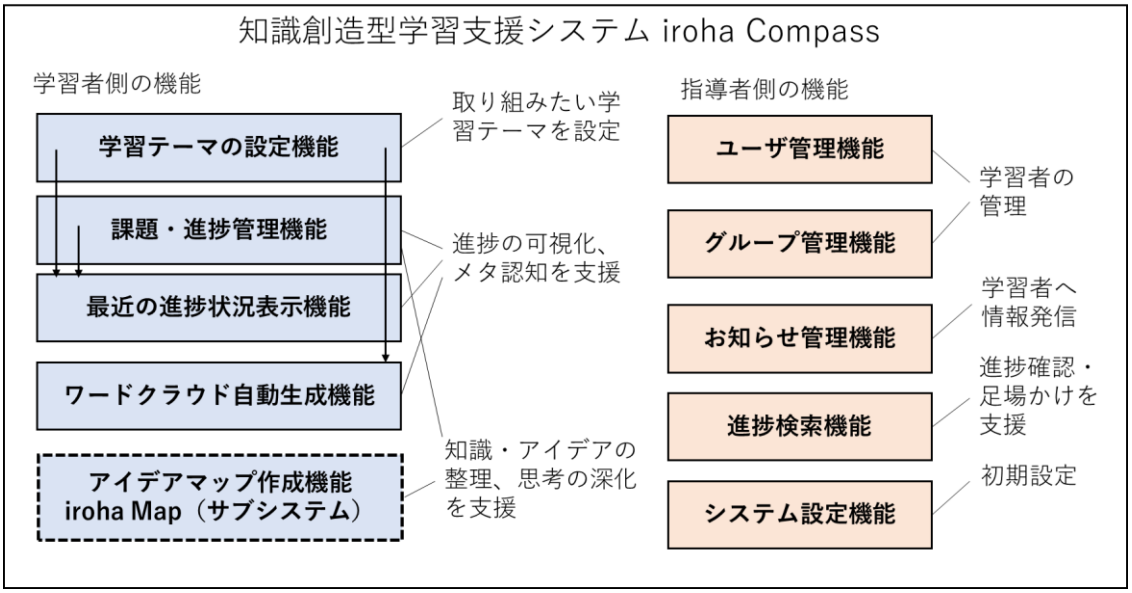


図 3-1：iroha Compass の機能

3.3 システムのコンセプト

3.3.1 TTP モデル

図 3-2 に示す通り、iroha Compass では知識創造型学習における情報をテーマ（Theme）、課題（Task）、進捗（Progress）の 3 つの階層（TTP モデル）で管理する。テーマには学習者が取り組みたい学習テーマをタイトルと説明文章で登録する。課題には学習テーマに沿った学習を進める上で必要なタスクを登録する。また課題に取り組むことで発生した成果を進捗として登録する。進捗にはテキストによる進捗内容、添付ファイル、アイデアマップ、アイデア・メモ、コメント等、様々な情報が含まれる。

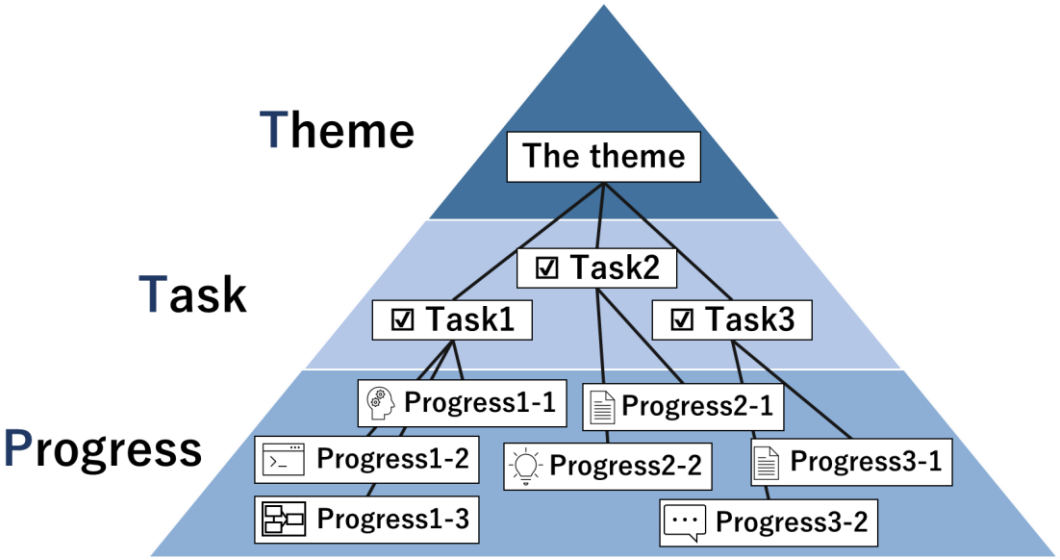


図 3-2：TTP モデル（Theme, Task, Progress）

3.3.2 iroha Compass と知識創造動態モデル

iroha Compass における知識創造型学習は知識創造理論の知識創造動態モデルを参考としている[野中 et al., 2010]。図 3-3 で示す通り iroha Compass は知識創造動態モデルにおける「場」と位置付けている。図 3-2 の TTP モデルにおける学習テーマは「ビジョン」、課題は「駆動目標」と位置付けている。進捗は課題に取り組むことで発生する「形式知」と位置付けている。また学習者と指導者の間で行われる定例ゼミや進捗報告、コメント等は「対話」、論文執筆や研究発表等の研究活動は「実践」、参考書籍や論文等の外部のリソースを「知的資産」、学会等の知的コミュニティを「環境」と位置付けている。学習者は常に指導者とビジョン、駆動目標を共有しながら、指導者や学習者同士の対話を通じて暗黙知を形式知へと変え、また日々の研究活動の実践によって学習者の内に新たな暗黙知が創造される。

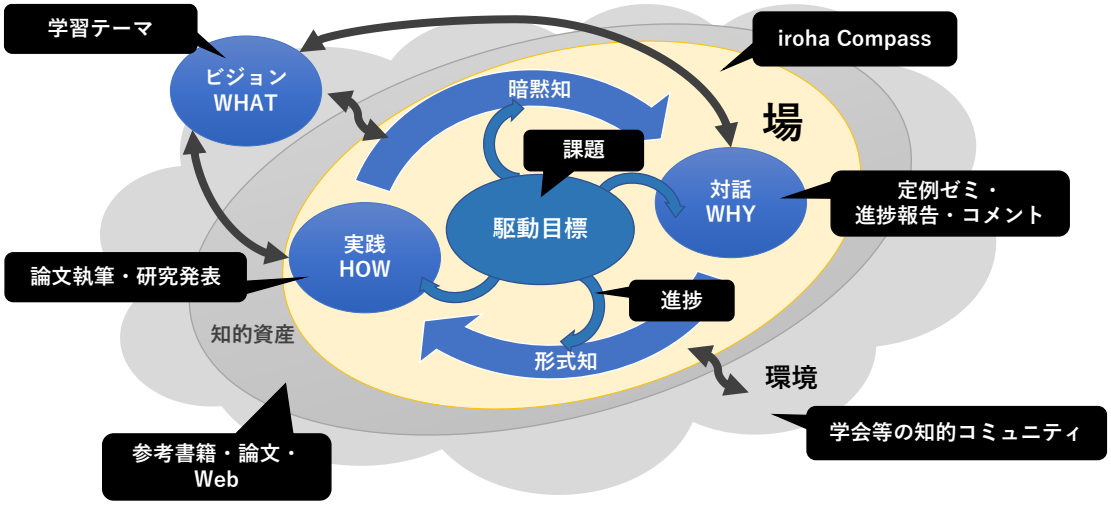


図 3-3：iroha Compass における知識創造型学習と知識創造動態モデルの関係

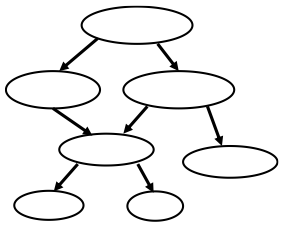
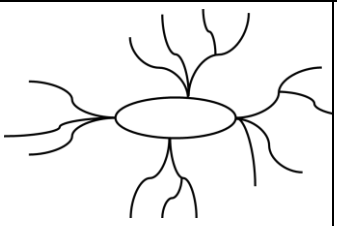
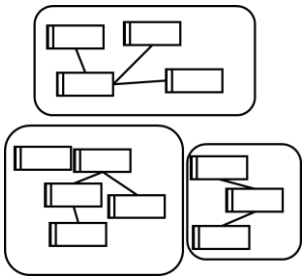
3.3.3 アイデアマップ

iroha Compass のサブシステムとしてアイデアマップの作成を行う iroha Map が存在する。iroha Map は(a)知識・アイデアを整理、(b)思考の深化、(c)新しいアイデアの発見の 3 つのプロセスを支援することを目的としている。思考の深化は、本論文では、自身のアイデアを実現させるために具体的かつ現実的に考えることと定義する。

通常、学習は講義やテキストなどから情報を得て、自らの知識や考えとし、テストなどで理解度を確認するという一連のプロセスから成り立っている。iroha Map では講義やテキストなどで得られた断片的な知識を、自らの知識に関連付けながら、収束的な創造技法を用いてまとめ、思考の深化や新しいアイデアの発見を行うプロセスを支援する。これは第 3 章の「知識創造型学習」で述べたアイデアの精緻化や、深い学びを支援するシステムである。

表 3-2 に示すように概念マップは概念と概念をラベル付きの矢印で連結し、全体として上から下へと分岐していく構造となっている。見た目はマインドマップと類似しているが、マインドマップは一つのテーマを中央に設定し、中央から放射状に枝が伸びているのに対して、概念マップは、より多様な構造となっている[Eppler, 2006]。

表 3-2：概念マップ・マインドマップ・アイデアマップの比較

	概念マップ	マインドマップ	アイデアマップ
形状			
定義	概念間の関係をトップダウン形式で示した図	階層化された要素間の意味もしくは関係を放射状に示した図	知識やアイデアを、カードとリンクとグループによって可視化した図
主な機能	１つの主たる概念を複数の副概念を用いて体系的な概念を表現する	あるドメインのサブトピックを創造的かつシームレスに表現する	あるテーマに関する知識・アイデアを体系的に表現する
主な用途	教室での指導	個人のメモと振り返り	自身の知識・アイデア整理
読む方向	上から下へ	中心から外へ	自由

iroha Map は収束的創造技法として有名な KJ 法を参考に設計を行った。KJ 法は「カード作成」、「グループ編成」、「図解化」、「文章化」の 4 つのステップから構成されているが、iroha Map でも図 3-4 に示す通り、基本的にこのステップを踏襲している。iroha Map の情報の最小単位はカードである。カードはタイトルと内容から構成されている。カードは学習者が画面上に自由に配置することができ、カードの色の変更や折り畳みができる。カードを配置後、KJ 法と同様にグループの作成とグループ名の設定が可能となっている。なお KJ 法ではグループ名を表札と呼ぶ。表 3-3 に示す通り、KJ 法との大きな違いは、カード作成の段階でカード同士のリンクが作成できること、またグループ間の関係線がなく、図解化を省略している点である。

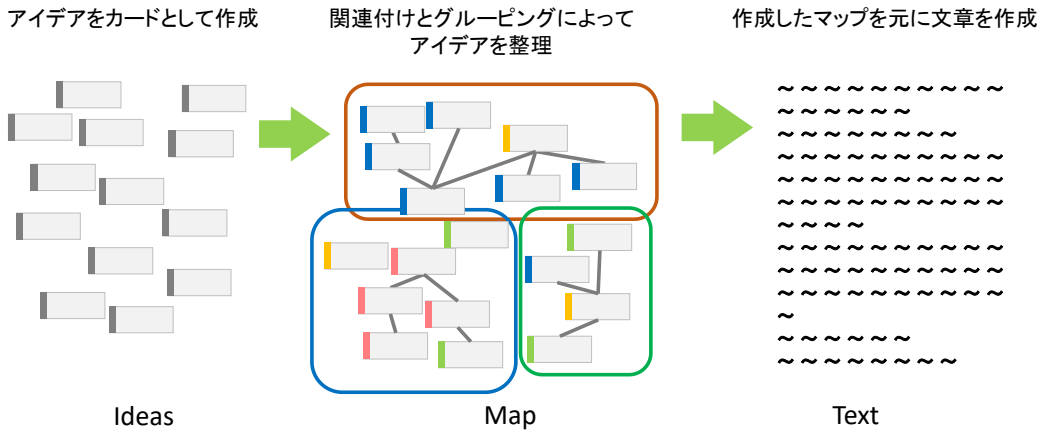


図 3-4：iroha Map の利用手順

表 3-3：KJ 法と iroha Map の比較

	KJ 法	iroha Map
カード	○	○
カード同士のリンク	△（図解化）	○
グループ編成	○	○
グループ名（表札）	○	○
グループ間の関係線	○	×
実施手順	「カード作成」→「グループ編成」→「図解化」→「文章化」	「カード作成」→「グループ編成」→「文章化」

3.4 システムの構成

図 3-5 に示す通り iroha Compass はデータの共有性を重視し Web アプリケーション形式を採用している。iroha Compass はクラウド上の Web サーバにインストールされ、PC やスマートフォンからブラウザを使用してアクセスを行う。開発言語は PHP、Python、JavaScript で、データベースには MySQL、フレームワークは CakePHP を使用している [Cake Software Foundation, 2020]。クライアント環境は、OS としては Windows, Mac, iOS, Android と、ブラウザとしては Chrome、 Safari、 Firefox、Edge をサポートしている。

クライアント環境	
OS	Windows 10以上 mac OS 10以上 iOS 9以上 Android 4.4以上
Webブラウザ	Chrome, Firefox, Safari, Edge

サーバ環境	
OS	Linux
Webサーバ	Apache 2.x
データベースサーバ	MySQL 5.1以上
言語	PHP 5.4以上, Python 3.x
フレームワーク	CakePHP 2.10

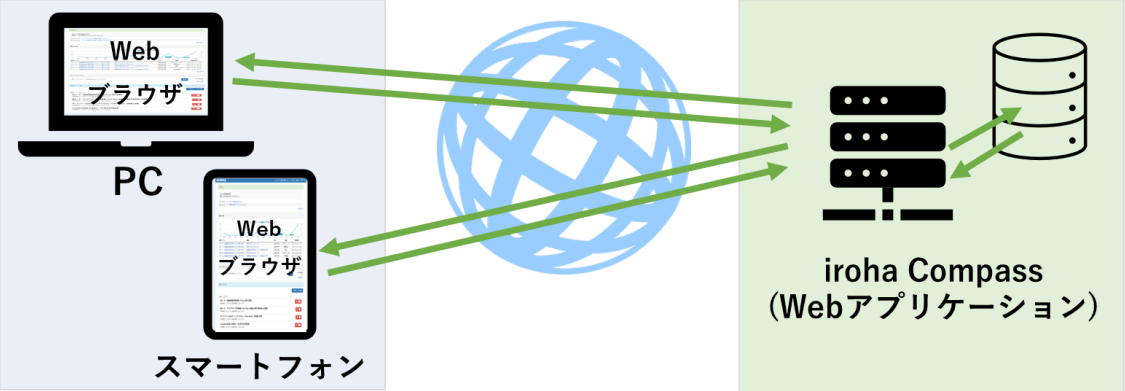


図 3-5：iroha Compass の動作環境

iroha Compass を構成するプログラムの種類別ファイル数と総ステップ数を表 3-4 に示す。PHP のスクリプトファイルが最も多く、122 ファイルで、総ステップ数は 14,818 である。続いて JavaScript ファイルが 14 ファイルで、総ステップ数は 3,844 である。また全てのプログラムの総ステップ数の合計は 21,523 である。これらは iroha Compass 用に開発したプログラムであり、外部のライブラリ等は含まれていない。

表 3-4：プログラムの種類別ファイル数と総ステップ数

プログラムの種類	ファイル数	ステップ数
PHP のスクリプトファイル	122	14,818
Python のスクリプトファイル	1	177
JavaScript ファイル	14	3,844
CSS ファイル	7	2,684
合計	**144**	**21,523**

3.4.1 ホーム画面

ホーム画面はログイン後に最初に表示される画面である。一度ログインすると次回以降、自動ロングインが行われるため、ブラウザで iroha Compass にアクセスすると通常、図 3-6 に示すホーム画面が表示される。ホーム画面には管理者からの各種お知らせ、最近の進捗、アクセス可能な学習テーマ一覧が表示される。

図 3-6：ホーム画面

3.4.2 学習テーマの設定機能

学習テーマの設定機能は学習者が取り組みたい学習テーマを登録する機能である。TTP モデルの 1 階層目の情報の管理を行う。学習者はこれから取り組みたい学習テーマを登録する。図 3-7 に示す通り、学習テーマは学習テーマ名、内容、アイデアマップから構成される。学習テーマは一人の学習者が複数登録可能で、逆に一つの学習テーマを複数の学習者で共有することも可能である。

図 3-7：学習テーマの設定画面

3.4.3 課題・進捗管理機能

課題・進捗管理機能は学習テーマにおける課題と進捗の管理を学習者自身が行う機能である。TTP モデルの 2 階層目と 3 階層目の情報の管理を行う。課題には学習テーマの学習を進める上で必要なタスク等の登録を行う。例えば参考文献のまとめや調査、打ち合わせ、プログラム開発、論文の執筆、発表資料の作成等が課題となる。登録された課題は図 3-8 に示す通り、一覧形式で表示される。

進捗には課題に取り組むことで発生した進捗を登録する。例えば参考文献をまとめた内容、調査して得られた情報、打ち合わせの議事録、プログラム開発の進捗状況、執筆中の論文や作成した発表資料等が進捗となる。また登録された課題や進捗に対して指導者がコメントやアイデア、質問を残す機能が搭載されている。登録された進捗やコメントは図 3-9 で示す通り、ブロック形式で表示される。

進捗は、図 3-10 に示す通り、種別（進捗、コメント、 アイデア・メモ、 質問、回答）と入力形式（テキスト、Markdown、アイデアマップ）を選択し登録を行う。Markdown とは文書を記述するための軽量なマークアップ言語であり、プレーンテキスト形式の文書から記法に基づき HTML の生成を行う[Gruber, 2022]。iroha Compass では Markdown 形式で文章を入力することで、文章の構造化や、リンク、表、画像の埋め込みを可能としている。また進捗には事前に設定された拡張子のファイルを添付することが可能となっている。また進捗の登録時メール通知チェックボックスをオンにし、送信先を選択することで、任意の相手に進捗が更新された旨をメールで通知することも可能である。

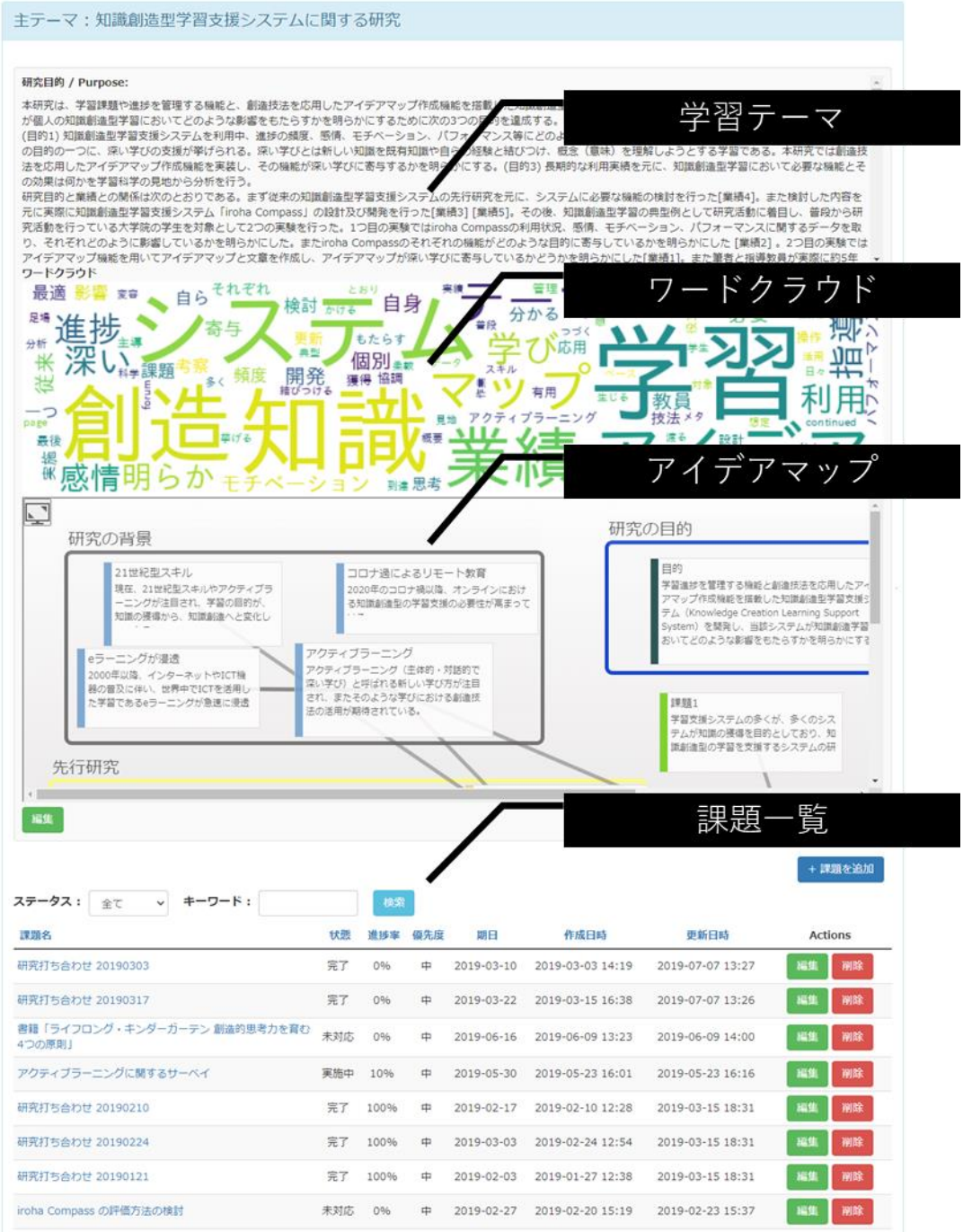

主テーマ：知識創造型学習支援システムに関する研究
研究目的 / Purpose:
学習テーマ
ワードクラウド
アイデアマップ
課題一覧
研究の背景
研究の目的
先行研究
編集
＋課題を追加
ステータス：
全て
キーワード：
検索
課題名
状態
進捗率
優先度
期日
作成日時
更新日時
Actions
研究打ち合わせ 20190303
研究打ち合わせ 20190317
書籍「ライフロング・キンダーガーテン 創造的思考力を育む4つの原則」
アクティブラーニングに関するサーベイ
研究打ち合わせ 20190210
研究打ち合わせ 20190224
研究打ち合わせ 20190121
iroha Compass の評価方法の検討

図 3-8：課題一覧画面

図 3-9：進捗一覧画面

図 3-10：進捗の追加画面

3.4.4 最近の進捗状況表示機能

最近の進捗状況表示機能は過去 2 週間分の自身のシステムの利用状況や進捗の更新回数をグラフ表示し、最近更新された学習テーマ、課題、進捗を一覧表示する機能である。図 3-11 で示す通り、グラフによって最近どれほどシステムを活用しているかを視覚的に把握することができ、また一覧から前回の課題や進捗のタイトルをクリックすることによって、シームレスに作業を再開することが可能となっている。

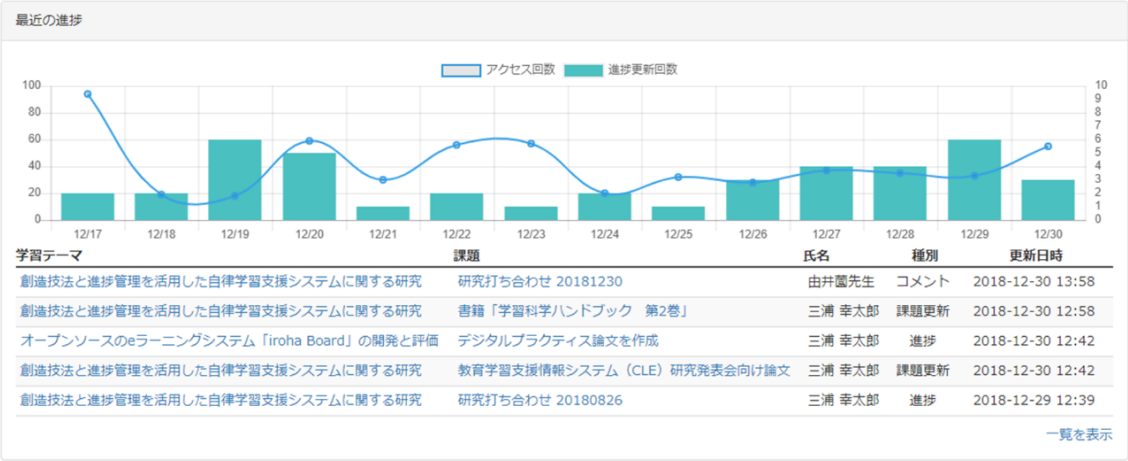


図 3-11：最近の進捗状況の表示

3.4.5 アイデアマップ作成機能

アイデアマップ作成機能は iroha Compass のサブシステムで、アイデア・知識の整理、思考の深化を支援する機能である。アイデアマップを作成するには、アイデアマップ作成画面を開き、図 3-12 で示す通り、カード追加ボタンにてカードを追加し、断片的な知識やアイデアを、カード形式で作成し、任意の場所に配置する。カードは色の変更や、折りたたむことも可能である（図 3-13）。通常のカードの他に、Web カードが用意されており、外部のサイトの URL を登録し、Web ページを開くことができる。またリンク機能によってカード同士を結び付け、概念地図のように知識やアイデア同士の関連性を示すことができる。さらにグループを追加することによって、複数のカードをグループ化することが可能である。

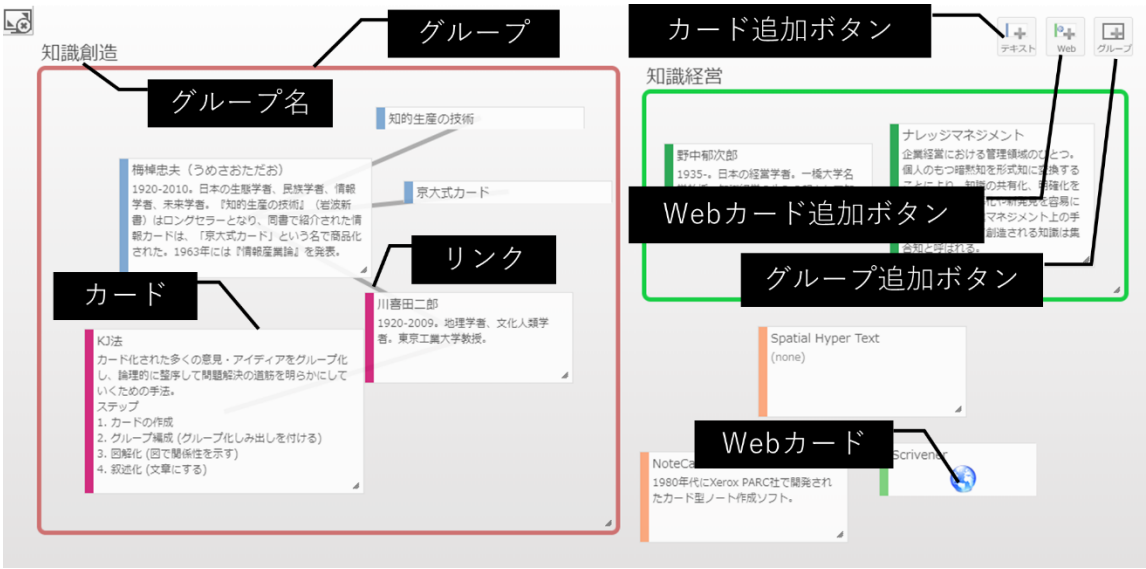


図 3-12：アイデアマップ作成画面

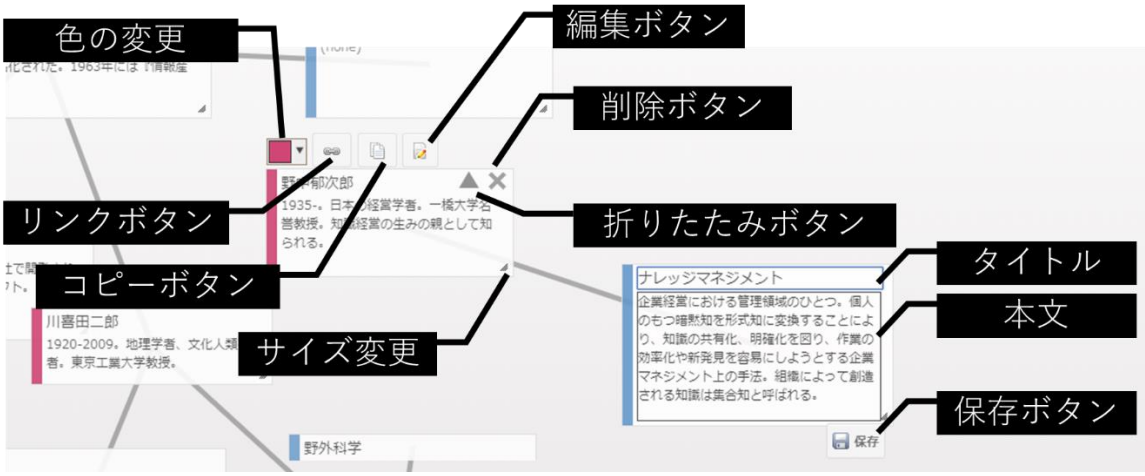


図 3-13：カードの操作

3.4.6 ワードクラウド生成機能

ワードクラウド生成機能とは登録された学習テーマの文章を元に図 3-14 で示すワードクラウドを自動作成する機能である。ワードクラウドとはテキストデータ内の単語の重要度によって文字の大きさを変更し、視覚化する手法である[Cui et al., 2010]。各単語の重要度の評価には TF-IDF を使用している。TF-IDF とは複数の文章を用意し、対象となる文章と他の文章を比較し、対象となる文章内の単語の重要度を計算する手法である[Aizawa, 2003]。iroha Compass では自身の学習テーマの文章と他者の学習テーマの文章を比較し、自分の学習テーマの文章においてのみ特徴的な単語を抽出している。具体的には以下の計算式で求められる。

$$\mathrm{tfidf_{i,j}} = \mathrm{tf_{i,j}} \cdot \mathrm{idf_i}$$

$$\mathrm{tf_{i,j}} = \frac{n_{i,j}}{\sum_k n_{k,j}}$$

$$\mathrm{idf_i} = \log \frac{|D|}{|\{d : d \ni t_i\}|}$$

tf(i, j) = 文章 j における単語 i の出現頻度 / 文章における全単語の出現頻度の和
idf(i) = log(全文章数 / 単語 i を含む文章数)
tfidf(i, j) = tf(i, j) * idf(i) = 単語の重要度

TF-IDF の計算は学習テーマの文章を更新したタイミングで行い、計算結果を元に Python の WordCloud ライブラリを用いてワードクラウドの生成を行っている[Andreas, 2020]。

図 3-14：ワードクラウドの例

通常ワードクラウドは文章内の頻出単語のみで生成されるが、iroha Compass では図 3-15 に示す通り TF-IDF の計算を行うことによって、自身の学習でより特徴的な単語を抽出できるように工夫している。具体的にはまず自身の学習テーマの文章と他者の学習テーマの文章から mecab を使用して名詞、動詞のみを抽出する。次に自身の単語群と他者の単語群を元に、TF-IDF にて各単語の重要度の算出を行う。その後、各単語の重要度に応じて単語数を生成し、新たな単語群を生成する。最後に新たな単語群を元に wordcloud ライブラリにてワードクラウドの生成を行う。

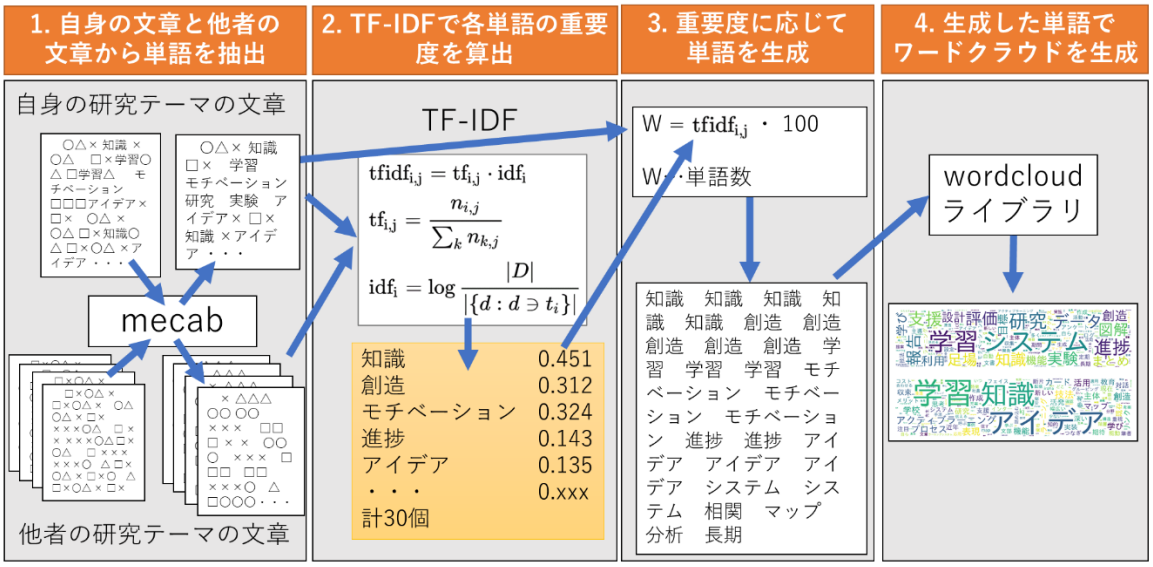


図 3-15：ワードクラウド生成の流れ

ただし単語の抽出対象となる複数の文章で共通の特徴的単語が存在する場合、TF-IDF の計算によって共通の特徴的単語の重要度が相対的に低くなる場合があるため、事前に頻出単語を抽出し、類似の頻出単語を持つ文章を比較対象から除外するなどの対応を検討する必要がある。

3.5 システムの利用方法

学習者は図 3-16 に示す通り、ブラウザで iroha Compass にログインを行い、最初に TTP モデルの 1 階層目に当たる「学習テーマ」の設定を行う。次に学習テーマにおける課題（TTP モデルの 2 階層目に相当）を作成し、課題を取り組むことによって発生した進捗（TTP モデルの 3 階層目に相当）の登録を行う。進捗にはテキストによる内容の入力の他、ファイルの添付や、アイデアマップを作成することが可能である。

指導者は図 3-17 に示す通り、管理システムにログインし、学習用のアカウントを発行し、学習者にアカウントを配布する。学習者が学習を開始した後は課題や進捗を確認し、コメントやアドバイスなど個別のサポートを行う。また必要に応じてグループの設定やお知らせの配信が可能となっている。

図 3-16：学習者側の利用の流れ

図 3-17：指導者側の利用の流れ

3.6 結言

本章では、知識創造型学習支援システム「iroha Compass」の設計と開発について述べた。3.2 節でシステムの概要について述べ、3.3 節ではシステムのコンセプトについて、3.4 節ではシステムの構成について述べた。最後に 3.5 節でシステムの利用方法について述べた。

第4章

学習テーマおよび進捗管理機能の評価と結果

4.1 緒言

本章では、第 3 章で述べた知識創造型学習支援システム「iroha Compass」の学習テーマおよび進捗管理機能を対象に行った評価実験ついて述べる。4.2 節で実験目的と実験方法について述べ、4.3 節では評価方法を、4.4 節では実験結果を、最後に 4.5 節にて考察を述べる。

4.2 実験目的と実験方法

本実験の目的は、個別テーマ型の知識創造型学習において iroha Compass がどのような影響をもたらすかを質的、量的両面から分析し、考察を行うことである。

知識創造型学習の典型例として研究活動に着目し、普段から研究活動を行っている大学院の学生を対象として実験を行う。実験参加者は北陸先端科学技術大学院大学（JAIST）の知識科学系に所属する M1 が 7 名、M2 が 3 名の合計 10 名である。実験に使用する端末は実験参加者が日常的に使用しているものであり、実験参加者 5 人は Windows タブレット PC（解像度：1920 x 1080px） 、残り 5 人は MacBook Pro （解像度：1,680 x 1,050px）を使用する。実験参加者 3 人は COVID-19 の影響で中国から実験に参加する。

実験手順を図 4-1 に示す。本実験において「学習」という用語は全て「研究」と置き換える。実験期間は 4 週間とし、毎週木曜日に行われる定例ゼミ後に研究テーマの文章の更新を行い、最初の週と最後の週は研究テーマの文章を元にアイデアマップの作成を行う。また定例ゼミまでに各自が課題・進捗管理機能を使用して進捗を登録または更新し、定例ゼミ後にアイデアやメモの登録を行う。

また Google フォームを使用したアンケートの実施を行う。アンケートは進捗確認アンケートとシステム評価アンケートの 2 パターンを用意する。進捗確認アンケートは進捗やモチベーション、感情に関する質問項目から構成され、実験期間中、毎週実施する。システム評価アンケートは操作性や有用性に関する質問項目から構成され、4 週目の最終日に実施する。

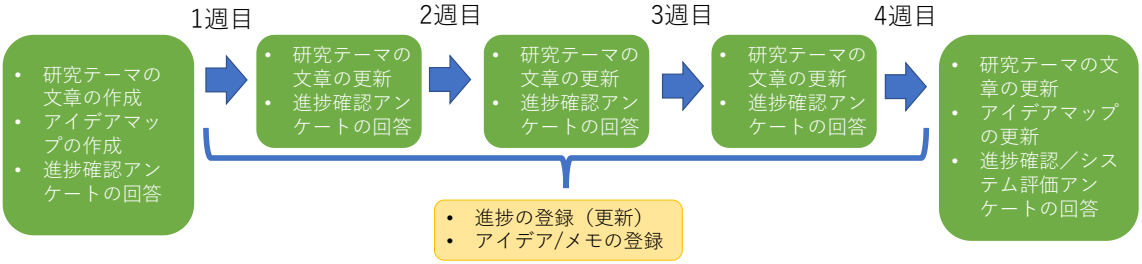


図 4-1：実験手順

4.3 評価方法

4.3.1 評価項目

本実験では以下の項目を評価対象とする。項目 a～f は毎週実施する進捗確認アンケートの回答によって評価を行う。項目 g～h はシステムの利用状況の量的評価によって評価を行う。項目 i は研究テーマの文章の質的評価によって評価を行う。

a. 進捗の大きさ
b. 進捗の頻度
c. 障害
d. モチベーション
e. ポジティブな感情
f. ネガティブな感情
g. 進捗の更新回数
h. システムへのアクセス数
i. 文章の質の増減

4.3.2 研究テーマの文章の質的評価

文章の質の評価は表 4-1 に示すルーブリックを用いて、複数人による評価を行う。ルーブリックとはある課題に対して評価の観点を設定し、その評価の観点について「達成の度合いを示す数値的な尺度」と「それぞれの尺度に見られるパフォーマンスの特徴を示した記述」で評価指標を設定し、マトリックス形式で示したものである[Mertler, 2000]。評価者による評価観点と評価基準を統一する方法としても古くから用いられており、近年ではテストによる評価が難しいアクティブラーニングの成果物の評価方法としても使用されている。ルーブリックの評価観点の「新規性」、「有用性」、「実現可能性」については、Finke の著書「創造的認知」の「創造の産物の評価」を参考に設定を行った[Finke, 1999]。評価基準の数は参考文献のルーブリックのテンプレートに倣い 4 段階の評価基準を設定した。配点のレンジは 1 点から 4 点とした。さらに研究テーマに関する文章である点を考慮し、「構成と読みやすさ」という評価観点を追加した。評価後、評価者間の評価一致度を確認するためにケンドールの一致性の検定を行う。

表 4-1：文章の評価用ルーブリック

評価観点	配点	評価基準
新規性	4	研究の新規性を過不足がない形で十分かつ明確に提示されている。
	3	研究の新規性を提示されている。
	2	研究の新規性が一部感じられる。
	1	研究の新規性が感じられない。
有用性	4	研究の有用性を過不足がない形で十分かつ明確に提示されている。
	3	研究の有用性を提示されている。
	2	研究の有用性が一部感じられる。
	1	研究の有用性が感じられない。
実現可能性	4	研究の具体的かつ現実的な実現方法が、過不足がない形で十分かつ明確に提示されている。
	3	研究の具体的かつ現実的な実現方法が提示されている。
	2	研究の実現方法が一部提示されている。
	1	研究の実現方法が提示されていない。
構成と読みやすさ	4	作成した文章の構成が過不足なく十分かつ明確に整理されている。
	3	作成した文章の構成が整理されている。
	2	作成した文章の構成が一部整理されている。
	1	作成した文章の構成が整理されていない。

4.3.3 システムの利用状況の量的評価

量的評価は文章内の単語数で行う。単語数は Python と自然言語ライブラリ MeCab を用い、形態素解析を行うプログラムを作成し、文章内において重複しない名詞、形容詞、動詞、副詞のみを抽出し、算出する[工藤, 2013]。また単語数の増減は、対応のある（群内）t 検定を用いて有意差を確認する。

4.3.4 アンケート評価

アンケートは毎週回答する進捗確認アンケートと最終日に回答するシステム評価アンケートの 2 パターン用意する。進捗確認アンケートはインナーワークライフ効果を確認することを主な目的とし、進捗や感情、モチベーションに関する質問から構成され、5 段階のリッカート尺度を用いた単一回答式 7 問を用意した。アンケートの質問項目は次のとおりである。「Q1. 最近 1 週間、研究に比較的大きな進捗があった。」「Q2. 最近 1 週間、研究における進捗が比較的多くあった。」「Q3. 最近 1 週間、研究において障害があった。」「Q4.

最近 1 週間、研究におけるモチベーションは比較的高かった。」「Q5. 最近 1 週間、嬉しい・楽しいと感じることが比較的多かった。」「Q6. 最近 1 週間、悲しい・つらいと感じることが比較的多かった。」「Q7. 自動生成されたワードクラウドは研究の特徴を表している。」

システム評価アンケートは iroha Compass の操作性や有用性を評価することを目的に実験最終日のみ実施するアンケートで、4 段階のリッカート尺度を用いた単一回答式 8 問と、該当する機能を選択する複数回答式 4 問、合計 12 問を用意した。アンケートの質問項目は次のとおりである。「Q2-1. 研究テーマの文章の作成、更新は戸惑うことなくできた。」「Q2-2. 課題の作成、進捗の更新は戸惑うことなくできた。」「Q2-3. アイデアマップの作成は戸惑うことなくできた。」「Q2-4. このシステムは自身の研究を進めるために役立った。」「Q2-5. このシステムは知識やアイデアの整理に役立った。」「Q2-6. このシステムは自身の研究について深く考えること（思考の深化）に役立った。」「Q2-7. このシステムは新しいアイデアの発見に役立った。」「Q2-8. このシステムはモチベーションの維持に役立った。」「Q2-9. 知識やアイデアの整理に役立った機能を選択してください。」「Q2-10. 深く考えることに役立った機能を選択してください。」「Q2-11. 新しいアイデアの発見に役立った機能を選択してください。」「Q2-12. モチベーションの維持に役立った機能を選択してください。」

4.3.5 各評価項目の相関分析

アンケート結果、システムの利用状況、研究テーマの文章の質の増減をもとに各評価項目の相関分析を行う。また相関係数、サンプルサイズ、有意水準（0.05）を元に検定力（Power）の計算を行う。検定力とは正しく有意差を検出できる確率のことであり、一般に 0.8 以上の場合、検定力があるとみなされる[水本 & 竹内, 2011]。検定力の算出には G*Power を使用する[Buchner, 2014]。また無相関検定によって相関係数の検定を行う[水本 & 竹内, 2011]。

4.4 実験結果

知識創造型学習支援システムが個々の研究活動においてどのような影響がみられるか、システムの利用状況、研究テーマの文章の質の変化、データベースに蓄積された各種テキストデータを集計もしくは自然言語処理を用いて解析し、質的量的両面から分析した結果について述べる。また実験期間中 5 回のアンケートを実施し、実験参加者のパフォーマンス、感情、モチベーションの変化を分析し、またシステムの操作性や有用性について評価結果をまとめた。

4.4.1 研究テーマの文章の作成結果

実験参加者が作成した文章の例を図 4-2 に示す。1 回目の文章と 5 回目の文章を新規性、有用性、実現可能性、構成と読みやすさの 4 つの観点で評価を行い、それぞれの評価の増減を算出した。その結果を表 4-2 に示す。評価者は教員 1 名と博士課程の学生 1 名の合計 2 名である。1 回目の評価結果のケンドールの一致係数は 0. 84（$\chi 2$ 検定の結果＝65.4, $p=0.00504<0.01$）、5 回目の評価結果のケンドールの一致係数は 0. 86（$\chi 2$ 検定の結果＝67.2, $p=0.00328<0.01$）となり、両評価者間に高い一致がみられた。実現可能性、構成の読みやすさ、新規性、有用性についていずれも平均は上昇したものの有意差は見られなかった。その理由の一つとして実験参加者のうち 2 名（参加者番号 5、8）が、実験期間中に研究テーマを変更し、文章の質が低下したことが挙げられる。同様に表 4-3 に示す通り全体的に 1 回目よりも 5 回目の方が文章内の単語数の増加したものの有意差は見られなかった。

図 4-2：文章の入力画面

表 4-2：文章の評価の増減

参加者番号	1 回目の文章の評価 *1					5 回目の文章の評価 *2					評価の増減				
	新規性	有用性	実現可能性	構成と読みやすさ	合計	新規性	有用性	実現可能性	構成と読みやすさ	合計	新規性	有用性	実現可能性	構成と読みやすさ	合計
1	2.0	2.0	3.0	2.0	9.0	3.0	3.0	4.0	3.0	13.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0
2	3.0	3.0	3.0	2.0	11.0	3.0	3.0	3.0	2.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	2.5	2.0	2.5	2.0	9.0	2.5	2.0	3.0	3.0	10.5	0.0	0.0	0.5	1.0	1.5
4	3.0	2.5	3.0	4.0	12.5	3.0	2.5	3.0	4.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	2.0	2.0	2.5	2.0	8.5	2.0	2.0	1.5	1.5	7.0	0.0	0.0	-1.0	-0.5	-1.5
6	2.0	3.0	3.5	3.5	12.0	2.0	3.0	3.5	3.5	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	2.0	2.0	2.0	2.0	8.0	2.0	3.0	3.0	3.0	11.0	0.0	1.0	1.0	1.0	3.0
8	1.5	2.0	2.0	2.0	7.5	1.5	2.0	1.0	1.0	5.5	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0
9	1.0	2.0	2.5	2.0	7.5	2.0	2.0	2.5	2.0	8.5	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
10	2.0	2.0	2.0	2.0	8.0	2.0	3.0	2.5	2.0	9.0	0.0	1.0	0.5	0.0	1.0
平均	2.1	2.3	2.6	2.4	9.3	2.3	2.6	2.7	2.5	10.0	0.6	0.3	0.1	0.2	0.9

*1…ケンドールの一致係数 W=0.84, p 値 = 0.00504

*2…ケンドールの一致係数 W=0.86, p 値 = 0.00328

対応のある（群内）t 検定：*p<0.05, ** p<0.01, †p<0.1*

表 4-3：文章の単語数の増減

参加者番号	1 回目の文章の単語数	5 回目の文章の単語数	単語数の増減
1	200	264	64
2	230	323	93
3	343	519	176
4	232	243	11
5	134	63	-71
6	721	745	24
7	200	315	115
8	231	67	-164
9	232	150	-82
10	154	198	44
平均	268	289	21

研究テーマの文章が最も向上した実験参加者 1 に着目し、研究テーマの文章の変化と進捗内容を分析すると、進捗の内容としては形態素解析のライブラリの調査結果、実験手順の検討、定例ゼミで生まれたアイデア、データの分析手法に関する進捗が登録され、また

研究テーマの文章には、研究に関する学術的背景や研究の新規性、研究方法に関する文章が追加され、進捗の内容と研究テーマの文章の内容にはある程度の関連性が見られ、またより具体的な課題について解決を試みていることが分かった。

4.4.2 進捗の更新回数と文章の質の変化

実験期間中の進捗の更新回数と研究テーマの文章の質の増減の分布を図 4-3 に示す。相関係数は 0.75 と強い相関がみられた。無相関検定の結果、有意性がみられた。（$t(10)=3.180$, $p<.05$, Power=0.78）。

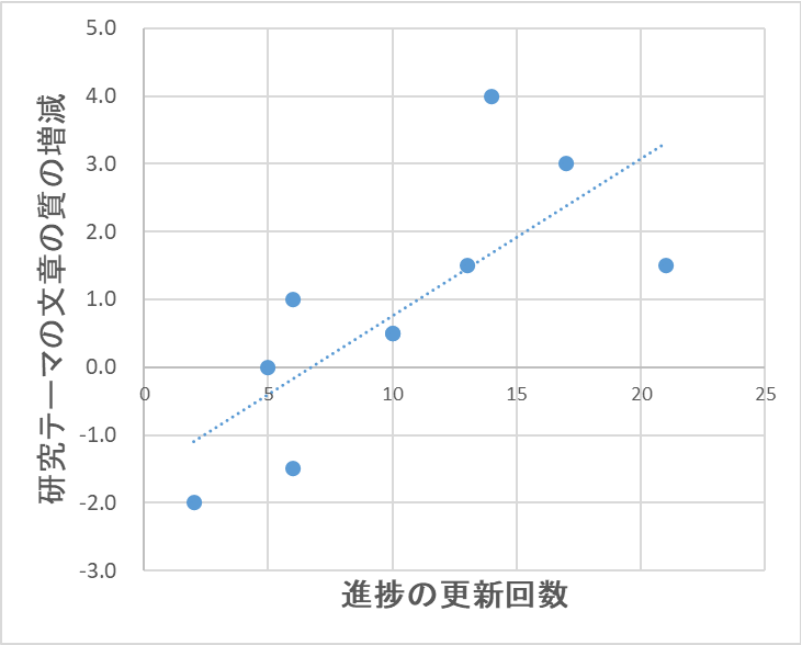


図 4-3：研究テーマの文章の質の増減と進捗の更新回数

4.4.3 アンケート結果

進捗確認アンケートの回答結果を表 4-4 に示す。Q1 と Q2 の進捗の大きさと頻度については 5 回を通じてほぼ横ばいで推移した。Q3 の研究における障害については 4 回目までは下降傾向にあったが 5 回目に障害があったと回答した人が増加した。Q4 の研究におけるモチベーションについて低いと回答した人数は、1 回目は 1 名、2 回目は 2 名見られたが、3 回目以降は 0 人となった。Q5 のポジティブな感情を持つ人は全体として緩やかな上昇傾向がみられた。ネガティブな感情を持つ人は 4 回目まで緩やかな下降傾向がみられたが 5 回目に再度増加した。

表 4-4：進捗確認アンケートの回答結果（Q1～Q6）

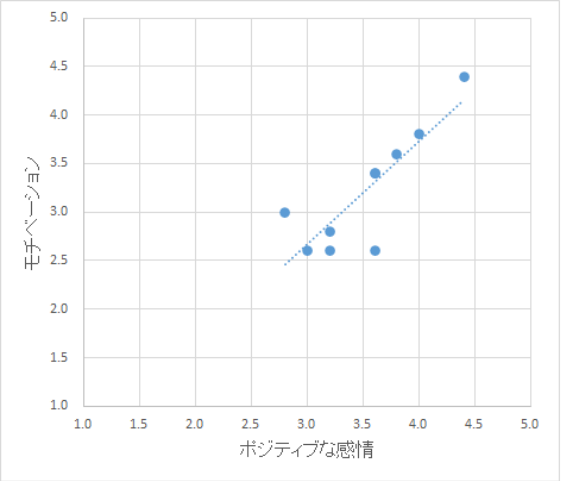
質問項目	評価尺度	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
Q1. 研究において大きな進捗があった。	5	1 人	0 人	0 人	2 人	2 人
	4	3 人	2 人	**4 人**	**4 人**	**4 人**
	3	**4 人**	**6 人**	**4 人**	3 人	**4 人**
	2	2 人	2 人	2 人	1 人	0 人
	1	0 人	0 人	0 人	0 人	0 人
Q2. 研究において進捗が頻繁にあった。	5	0 人	1 人	0 人	1 人	1 人
	4	**6 人**	2 人	3 人	3 人	3 人
	3	2 人	**4 人**	**4 人**	**5 人**	**5 人**
	2	2 人	3 人	3 人	1 人	1 人
	1	0 人	0 人	0 人	0 人	0 人
Q3. 研究において障害があった。	5	0 人	1 人	0 人	0 人	0 人
	4	**5 人**	**3 人**	2 人	2 人	**6 人**
	3	2 人	**3 人**	**4 人**	3 人	3 人
	2	3 人	**3 人**	**4 人**	**5 人**	1 人
	1	0 人	0 人	0 人	0 人	0 人
Q4. 研究におけるモチベーションは高かった。	5	0 人	0 人	0 人	1 人	1 人
	4	**5 人**	2 人	**6 人**	**6 人**	**5 人**
	3	4 人	**6 人**	4 人	3 人	4 人
	2	1 人	2 人	0 人	0 人	0 人
	1	0 人	0 人	0 人	0 人	0 人
Q5. 嬉しい・楽しいと感じることが多かった。	5	0 人	0 人	0 人	2 人	1 人
	4	3 人	**5 人**	**6 人**	2 人	**4 人**
	3	2 人	2 人	3 人	**5 人**	3 人
	2	**4 人**	3 人	0 人	1 人	1 人
	1	1 人	0 人	1 人	0 人	0 人
Q6. 悲しい・つらいと感じることが多かった。	5	1 人	2 人	1 人	0 人	0 人
	4	**3 人**	3 人	0 人	2 人	**4 人**
	3	**3 人**	1 人	4 人	**5 人**	**4 人**
	2	**3 人**	**4 人**	**5 人**	1 人	2 人
	1	0 人	0 人	0 人	2 人	0 人

評価尺度 … 1: 強く同意しない 2: 同意しない 3: どちらともいえない 4: 同意する 5: 強く同意する

太字下線 … モード

モチベーションと感情の関係

実験参加者のモチベーションと感情の回答の平均値の分布を図 4-4 に示す。モチベーションは毎週実施した進捗確認アンケートの Q4（モチベーションに関する質問）の回答、ポジティブな感情は Q5（ポジティブな感情に関する質問）の回答、ネガティブな感情は Q6（ネガティブな感情に関する質問）の回答の平均値を表している。モチベーションとポジティブな感情の相関係数は 0.84 と強い相関がみられた。無相関検定の結果、有意性がみられた（t(10)= 4.388, p<.01, Power = 0.76）。モチベーションとネガティブな感情の相関係数は-0.68 と負の相関がみられた。無相関検定の結果、有意性がみられた（t(10)= 2.600, p<.01, Power = 0.63）。このことからポジティブな感情を持っている人ほどモチベーションが高く、ネガティブな感情を持っている人ほどモチベーションが低いと回答していることが分かった。



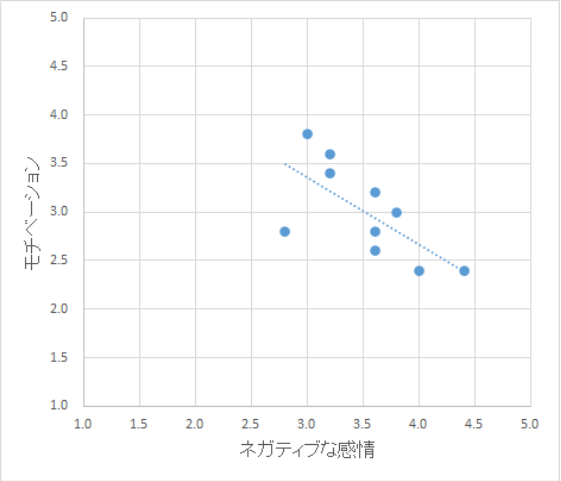


図 4-4：モチベーションと感情

進捗の頻度とモチベーション・ポジティブな感情の関係

実験参加者の進捗の頻度とモチベーション、感情の回答の平均値の分布を図 4-5 に示す。進捗の頻度は進捗確認アンケートの Q2（進捗の頻度に関する質問）の回答の平均値である。進捗の頻度とモチベーションの相関係数は 0.69 と相関がみられた。無相関検定の結果、有意性がみられた（t(10)= 2.696, p<.05, Power = 0.75）。進捗の頻度とポジティブな感情の相関係数は 0.65 と相関がみられた。無相関検定の結果、有意性がみられた（t(10)= 2.609, p<.05, Power = 0.66）。この結果から進捗の頻度を感じている人ほどモチベーションが高く、またポジティブな感情を持っていると回答していることが分かった。

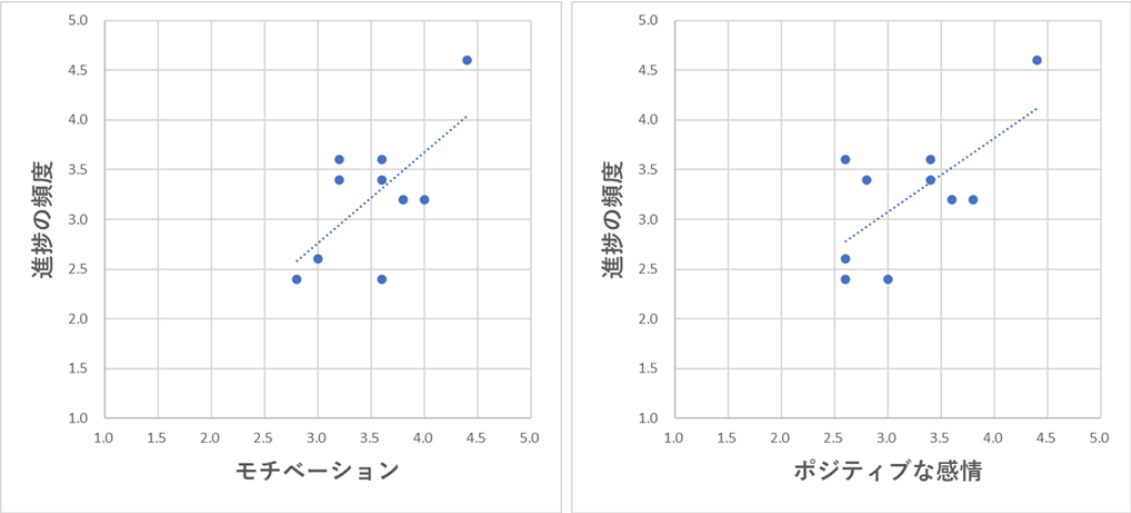


図 4-5：進捗の頻度とモチベーション・ポジティブな感情

ワードクラウドに関するアンケート結果

ワードクラウドに関するアンケート結果を表 4-5 に示す。iroha Compass で自動生成されたワードクラウドが自身の研究の特徴を表していることに強く同意するもしくは同意すると答えた人が 9 割を占め、ほとんどの実験参加者が自動生成されたワードクラウドが研究の特徴をよく表していると評価したことが分かった。

表 4-5：ワードクラウドに関するアンケート結果（Q7）

質問項目	評価尺度	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
Q7. 自動生成されたワードクラウドは研究の特徴を表している。	5	**5 人**	**5 人**	4 人	4 人	**5 人**
	4	4 人	4 人	**5 人**	**5 人**	4 人
	3	1 人	1 人	1 人	1 人	1 人
	2	0 人	0 人	0 人	0 人	0 人
	1	0 人	0 人	0 人	0 人	0 人

評価尺度 … 1: 強く同意しない 2: 同意しない 3: どちらともいえない 4: 同意する 5: 強く同意する

太字下線 … モード

4.4.3 操作性・有用性に関するアンケート結果

操作性・有用性に関するアンケート結果を表 4-6 に示す。Q2-1 から Q2-3 の研究テーマの文章の作成、アイデアマップの作成、進捗・メモ等の登録が戸惑うことなくできたかを問う質問では、いずれも同意すると答えた人が 5 人、7 人、6 人と最も多かった。このことから操作性には大きな問題が見られなかったと推察される。Q2-4 の自身の研究を進める上で役立ったかを問う質問では同意すると回答した人が 6 人と最も多かった。「強く同意する」を含めると 10 人全員が同意しており、研究において一定の効果があったと推察される。Q2-5 の知識やアイデアの整理に役立ったかを問う質問では同意すると回答した人が 5 人と最も多かった。Q2-6 の自身の研究について深く考えることに役立ったかを問う質問では同意すると回答した人が 6 人と最も多かった。Q2-7 の新しいアイデアの発見に役立ったかを問う質問ではどちらでもない、同意する、強く同意すると答えた人がいずれも 3 人となった。Q2-8 のモチベーションの維持に役立ったかを問う質問では同意すると回答した

表 4-6：操作性・有用性に関するアンケート結果（Q2-1～Q2-8）

質問項目	評価尺度				
	1	2	3	4	5
Q2-1. 研究テーマの文章の作成、更新は戸惑うことなくできた。	0 人	2 人	2 人	**5 人**	1 人
Q2-2. アイデアマップの作成は戸惑うことなくできた。	0 人	0 人	3 人	**7 人**	0 人
Q2-3. 進捗やアイデア、メモの登録は戸惑うことなくできた。	0 人	1 人	2 人	**6 人**	1 人
Q2-4. このシステムは自身の研究を進める上で役立った。	0 人	0 人	0 人	**6 人**	4 人
Q2-5. このシステムは知識やアイデアの整理に役立った。	0 人	0 人	1 人	**5 人**	4 人
Q2-6. このシステムは自身の研究について深く考えること（思考の深化）に役立った。	0 人	0 人	1 人	**6 人**	3 人
Q2-7. このシステムは新しいアイデアの発見に役立った。	0 人	1 人	**3 人**	**3 人**	**3 人**
Q2-8. このシステムはモチベーションの維持に役立った。	0 人	0 人	2 人	**7 人**	1 人

評価尺度 … 1: 強く同意しない 2: 同意しない 3: どちらともいえない 4: 同意する 5: 強く同意する

太字下線 … モード

人が 7 人と最も多かった。

各機能の有用性に関するアンケート結果を表 4-7 に示す。Q2-9 の知識やアイデアの整理に役立った機能を問う質問については「課題・進捗の管理機能」と答える人が 10 人と最も多かった。Q2-10 の深く考えることに役立った機能を問う質問については「研究テーマの文章作成機能」「課題・進捗の管理機能」「アイデアマップ作成機能」と答える人が 6 人と最も多かった。Q2-11.の新しいアイデアの発見に役立った機能を問う質問については「アイデア・メモの登録機能」「アイデアマップ作成機能」「ワードクラウド自動生成機能」「最近の進捗表示機能」と答える人が 3 人と最も多かった。Q2-12 のモチベーションの維持に役立った具体的な機能を問う質問については「課題・進捗の管理機能」と答える人が最も多かった。

表 4-7：各機能の有用性に関するアンケート結果（Q2-9～Q2-11）

質問項目	研究テーマの文章作成機能	課題・進捗の登録管理機能	アイデア・メモの登録機能	アイデアマップ作成機能	ワードクラウド自動生成機能	最近の進捗表示機能
Q2-9. 知識やアイデアの整理に役立った機能	4 人	**10 人**	6 人	5 人	5 人	5 人
Q2-10. 深く考えること（思考の深化）に役立った機能	**6 人**	**6 人**	5 人	**6 人**	5 人	4 人
Q2-11. 新しいアイデアの発見に役立った機能	2 人	1 人	**3 人**	**3 人**	**3 人**	**3 人**
Q2-12. モチベーションの維持に役立った具体的な機能	1 人	**8 人**	3 人	2 人	4 人	2 人

太字下線 … モード

4.4.4 各評価項目の相関分析結果

表 4-8 に示す通り 9 項目で相関分析を行った結果、次のような相関が確認できた。「e. ポジティブな感情」と「d.モチベーション」の相関係数が 0.84、「h. アクセス数」と「g. 進捗の更新回数」の相関係数が 0.80、「i. 文章の質の増減」と「g. 進捗の更新回数」の相関係数が 0.75 と強い相関が見られた。「e. ポジティブな感情」と「f. ネガティブな感情」の相関係数が-0.84 と強い負の相関が見られた。また「b. 進捗の頻度」と「d. モチベーション」の相関係数が 0.69、「b. 進捗の頻度」と「e. ポジティブな感情」の相関係数が 0.65 と高い値をとった。

表 4-8：相関分析結果

	a	b	c	d	e	f	g	h
a. 進捗の大きさ	-	–	–	–	–	–	–	–
b. 進捗の頻度	0.69*	–	–	–	–	–	–	–
c. 障害	-0.50	-0.30	–	–	–	–	–	–
d. モチベーション	0.68*	0.69*	-0.33	–	–	–	–	–
e. ポジティブな感情	0.66*	0.65*	-0.39	**0.84****	–	–	–	–
f. ネガティブな感情	-0.68*	-0.36	0.40	-0.68*	**-0.84****	–	–	–
g. 進捗の更新回数	0.45	0.13	-0.42	0.04	0.13	-0.44	-	–
h. アクセス数	0.44	0.29	-0.28	0.01	-0.13	-0.04	**0.80****	
i. 文章の質の増減	0.26	-0.14	-0.34	-0.07	0.30	-0.56	**0.75***	0.25

太字下線・・・相関係数が 0.7 以上　　相関係数の検定の結果 *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

4.5 考察

システムへの利用状況には個人差が見られたが、進捗の更新回数と研究テーマの文章の質の増減には強い相関がみられ、進捗の更新回数を増やすことが、研究テーマの文章の質を向上させることにつながる可能性が示唆された。またポジティブな感情を持っている人ほどモチベーションが高く、ネガティブな感情を持っている人ほどモチベーションが低いと回答していることが分かった。このことは Amabile のインナーワークライフにおける感情とモチベーションの関係に関する研究結果とも一致している。

モチベーションと研究テーマの文章の質の増減、感情と研究テーマの文章の質の増減については相関がみられず、感情やモチベーションの相互作用がパフォーマンスを向上させるというインナーワークライフ効果全体のプロセスは今回の実験では確認できなかった。しかしシステムの利用状況の分析の結果から、システムにおける進捗の更新回数と研究テーマの文章の質の増減との相関が確認でき、また進捗確認アンケートの相関分析の結果から、進捗の頻度とモチベーションの相関係数が 0.69、進捗の頻度とポジティブな感情の相関係数が 0.65 と相関が確認でき、知識創造学習においても進捗の頻度が重要である可能性が示唆された。

システム評価アンケートの結果から、実験参加者が iroha Compass の各機能を戸惑うことなく操作できたと回答していることが分かった。また知識やアイデアの整理、思考の深化、モチベーションの維持等の面において自身の研究を進める上で iroha Compass が役立っていると回答していることが分かった。特に課題・進捗の登録管理機能は、知識やアイ

デアの整理に 10 人中 10 人、モチベーションの維持に 8 人が役立っていると回答しており、知識創造型学習支援システムにおいて自らが自身の課題や進捗を管理する機能が重要であることが示唆された。

ワードクラウド自動生成機能によって生成されたワードクラウドは、10 人中 9 人が研究テーマの特徴を表していると評価していることが分かり、指導者が学習者一人一人の研究テーマの内容を視覚的に把握し、個別に指導することに役立つものと思われる。

一方、今回の実験では実験期間中に研究テーマの文章の質の平均が増加したが有意差は確認出来なかった。また研究テーマの文章の単語数ついても平均値が増加したが有意差は確認できなかった。その理由としては大学院生の長期に渡る研究活動のうちの 4 週間という限られた期間で実施したことや、実験参加者 10 名のうち M1 の学生 2 名が途中で研究テーマを変更したこと等が考えられる。知識創造型学習における iroha Compass の客観的な有用性を検証するためには、実験参加者の研究フェーズを考慮し、より長期的に実験を行う必要があると思われる。

まとめとして今回の実験では大学院生の研究活動においてシステムの利用状況や文章の質の変化を評価し、感情やモチベーション、システムの操作性や有用性に関するアンケートを実施した。その結果、以下のことが分かった。

(1) 進捗の更新回数と研究テーマの文章の質の増減には強い相関がみられた。
(2) ポジティブな感情とモチベーションには強い相関がみられた。
(3) 進捗の頻度とモチベーション・ポジティブな感情には相関がみられた。
(4) 課題・進捗の管理機能が、知識やアイデアの整理、モチベーションの維持に役立った。

今回の実験では Amabile のインナーワークライフ効果全体のプロセスは確認できなかったが、感情とモチベーションの関係が再現でき、また進捗の頻度が知識創造学習においても重要であることが明らかになった。またポジティブな感情とモチベーションには強い相関が確認でき、学習者のポジティブな感情をサポートする機能の開発が長期的なモチベーションの維持において重要である可能性が示唆された。

4.6 結言

本章では、知識創造型学習支援システムの学習テーマと進捗管理機能の評価実験とその結果について述べた。4.2 節で実験目的と実験方法について述べ、4.3 節で評価方法について、4.4 節で評価結果について述べた。最後に 4.5 節にて考察を述べた。

第5章

アイデアマップ作成機能の評価と結果

5.1 緒言

本章では、アイデアマップ作成機能の評価と結果について述べる。具体的には KJ 法など既存の収束的創造技法を参考に実装したアイデアマップ作成機能「iroha Map」を、知的文章作成プロセスに適用し、アイデアマップ作成前の文章と、作成後の文章で内容にどのような違いがあるかを評価するために実験を行う。なお本論文では知的文章を、あるテーマに関連する知識やアイデアを整理し、思考を深化させ、自らのアイデアを付加し作成した文章と定義する。実験後、実験参加者に対して本機能の操作性と有用性に関するアンケートを実施し、集計結果について考察を行う。

5.2 実験目的と実験方法

本実験の目的は、実験参加者が作成する知的文章において、アイデアマップ作成前と作成後で、文章の内容に、どのような違いがあるかを量的、質的両面から分析し、考察を行うことである。

北陸先端科学技術大学院大学（JAIST）の知識科学系の学生を対象として知的文章作成の実験を行う。実験参加者は JAIST に所属する M1 が 3 名、M2 が 7 名の学生合計 10 名である。実験に使用する端末は実験参加者が日常的に使用しているものであり、参加者 9 人は Windows タブレット PC（解像度：1920 x 1080px）、残り 1 人は MacBook Pro （解像度：1,680 x 1,050px）を使用する。

実験手順を表 5-1 に示す。各手順の所要時間は、過去のコンピュータ支援による概念マップ作成システムの実験事例を参考に、文章の作成、アイデアマップの作成にそれぞれ 20 分配分した[東本 et al., 2013; Yamasaki et al., 2010]。最初の 20 分間で実験参加者は修士論文のシナリオに関する文章を作成する。文章は全て入力フィールドに直接文章を記述し、他の文章からのコピーは許可しないものとする（図 5-1）。

その後、20 分間で iroha Map を用いて、作成した文章を元に、アイデアマップの作成（シナリオの視覚化）を行う。視覚化にはカードとリンク、グループを使用する。シナリオ内の研究のアイデアや関連知識などをカードにして、画面上に配置する。関連性のあるカードはリンクを行い、最後にグループの作成を行う。カードに記入するテキストは、全て直接入力とし、文章からのコピーアンドペーストは行わない。

視覚化が終了後、20 分間でアイデアマップの内容を元に、再度シナリオを文章化する。最初の文章作成時と同様、他の文章からのコピーは認めない。但し手順 1 で作成した文章のみはコピーできるものとする。

実験終了後、20 分間でアンケートを実施する。

表 5-1：実験手順

手順 No	所要時間	内容
1	20 分	テキスト形式で修士論文のシナリオに関する文章を作成する。 ● 他の文章からのコピーは許可しない。 ● 箇条書きではなく、全て文章とする。
2	20 分	iroha Map を用いてアイデアマップの作成（シナリオの視覚化）を行う。 ● 手順 1 で作成した文章を元に、アイデア単位でカード作成し、画面上に配置する。 ● カード内の文章は全て直接入力とする。（他の文章からのコピーは許可しない。） ● 最後にグループの作成を行う。
3	20 分	再度テキスト文章で修士論文のシナリオを作成する。 ● 手順 1 で作成した文章以外からの文章のコピーは許可しない。 ● 手順 1 と同様に、箇条書きではなく、全て文章とする。
4	20 分	操作性と有用性に関するアンケートを実施する。

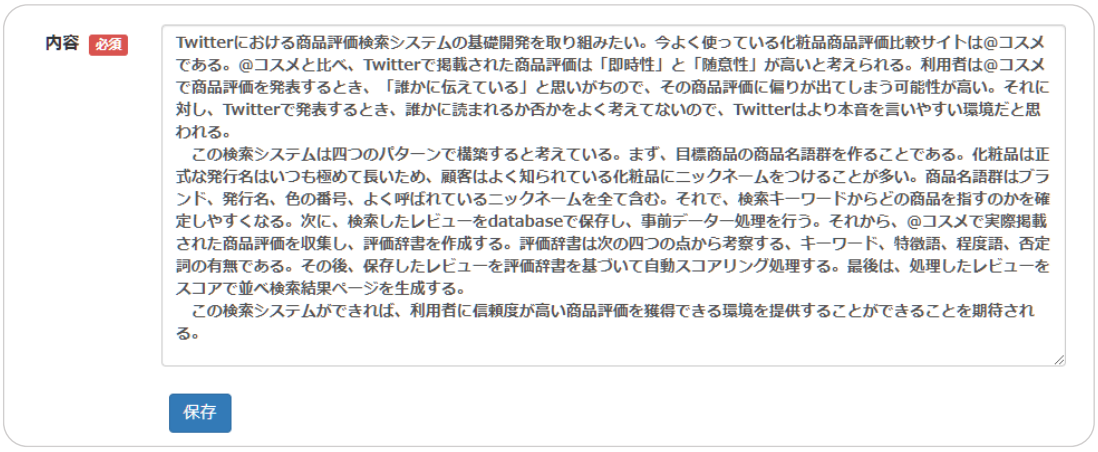


図 5-1：文章の入力画面

5.3 評価方法

5.3.1 アイデアマップの質的評価

アイデアマップの質の評価は表 5-2 に示すルーブリックを用いて、複数人による評価を行う。ルーブリックとはある課題に対して評価の観点を設定し、その評価の観点について「達成の度合いを示す数値的な尺度」と「それぞれの尺度に見られるパフォーマンスの特徴を示した記述」で評価指標を設定し、マトリックス形式で示したものである[Mertler, 2000]。評価者による評価観点と評価基準を統一する方法としても古くから用いられており、近年ではテストによる評価が難しいアクティブラーニングの評価方法としても注目されている。ルーブリックの評価観点は、Finke の著書「創造的認知」の「創造の産物の評価」を参考に設定を行った[Finke, 1999]。評価基準の数は明確に定められていないが、本実験では参考文献のルーブリックのテンプレートに倣い 4 段階の評価基準を設定した。配点のレンジは 1 点から 4 点とした。

表 5-2：アイデアマップの評価用ルーブリック

評価項目	配点	評価基準
活用性	4	アイデアマップ作成機能を過不足がない形で十分かつ明確に活用されている。
	3	アイデアマップ作成機能を活用されている。
	2	アイデアマップ作成機能の活用が一部感じられる。
	1	アイデアマップ作成機能の活用が感じられない。
独創性	4	アイデアマップの独創性が、過不足がない形で十分かつ明確に提示されている。
	3	アイデアマップの独創性が提示されている。
	2	アイデアマップの独創性が一部感じられる。
	1	アイデアマップの独創性が感じられない。

5.3.2 文章の質的評価

文章の質の評価は表 5-3 に示すルーブリックを用いて、複数人による評価を行う。ルーブリックの評価観点の「新規性」、「有用性」、「実現可能性」についてはアイデアマップの評価観点と同様に「創造的認知」の「創造の産物の評価」を参考に設定を行った。さらに研究テーマに関する文章というという点を考慮し、「構成と読みやすさ」という評価観点を追加した。評価後、評価者間の評価一致度を確認するためにケンドールの一致性の検定を行う。ルーブリックの評価観点のうち、「新規性」はアイデアマップの目的の一つである「新しいアイデアの発見」、「実現可能性」は「思考の深化」、「構成と読みやすさ」は「アイデアや知識の整理」の評価指標として扱うものとする。なお本研究では思考の深化を「自身のアイデアを実現させるために具体的かつ現実的に考えること」と定義しており

（3.3.3 アイデアマップ）、実現可能性の評価観点と類似していることから、思考の深化の評価指標と設定した。配点のレンジは 1 点から 4 点とした。

表 5-3：文章の評価用ルーブリック

評価観点	配点	評価基準
新規性	4	研究の新規性を過不足がない形で十分かつ明確に提示されている。
	3	研究の新規性を提示されている。
	2	研究の新規性が一部感じられる。
	1	研究の新規性が感じられない。
有用性	4	研究の有用性を過不足がない形で十分かつ明確に提示されている。
	3	研究の有用性を提示されている。
	2	研究の有用性が一部感じられる。
	1	研究の有用性が感じられない。
実現可能性	4	研究の具体的かつ現実的な実現方法が、過不足がない形で十分かつ明確に提示されている。
	3	研究の具体的かつ現実的な実現方法が提示されている。
	2	研究の実現方法が一部提示されている。
	1	研究の実現方法が提示されていない。
構成と読みやすさ	4	作成した文章の構成が過不足なく十分かつ明確に整理されている。
	3	作成した文章の構成が整理されている。
	2	作成した文章の構成が一部整理されている。
	1	作成した文章の構成が整理されていない。

5.3.3 作成された文章及びアイデアマップの量的評価

量的評価は以下の 5 項目で評価する。

a. 文章内の文字数
b. 文章内のユニークな単語数
c. アイデアマップ作成後に増えた文章内の新規単語数
d. アイデアマップのカード数
e. アイデアマップのグループ数

文章内の語彙力と知的能力の相関が高いことは過去の複数の研究から明らかになっており、本研究でも文章内のユニークな単語数に着目した[Clayton, 2008]。「a 文章内の文字数」のカウントは、MS-Word の文字数カウンタを使用する。「b 文章内で使用されたユニークな単語数」は Python と自然言語ライブラリ MeCab を用い、形態素解析を行うプログラ

ムを作成し、文章内において重複しない名詞、形容詞、動詞、副詞のみを抽出し、算出する[工藤, 2013]。「c のアイデアマップ作成後に増えた文章内の新規単語数」も同様に Python のプログラムによってカウントする。また文字数、単語数、文章の質的評価の増減は、対応のある（群内） t 検定を用いて有意差を確認する。

5.3.4 文章とアイデアマップの質及び量の相関分析

文章とアイデアマップの量的、質的評価結果をもとに各評価項目の相関分析を行う。具体的には以下の項目の相関係数を算出する。

a. 文章の新規性の増加
b. 文章の有用性の増加
c. 文章の実現可能性の増加
d. 文章の構成と読みやすさの評価の増加
e. アイデアマップの活用性
f. アイデアマップの独創性
g. アイデアマップのカード数
h. アイデアマップのグループ数
i. アイデアマップのグループの深さ
j. 文章の単語数の増減
k. アイデアマップ作成後の文章の新規単語数

5.3.5 アンケート評価

アンケートの質問項目は表 5-4 に示すように、4 段階のリッカート尺度を用いた単一回答式 6 問、自由回答式 6 問の合計 12 問用意した。単一回答式は、Q1～Q3 はアイデアマップ作成機能が、アイデアの整理、発見につながったかなど有用性に関する質問で、Q4～Q6 はカードの作成やグルーピングなど操作性に関する質問である。Q7～Q9 はアイデアマップ作成機能の良かった点、改善したい点などを自由回答式で問う質問となっている。

表 5-4：アンケート項目

Q1. アイデアマップの作成はアイデアの整理に役立った。	単一回答式
Q1-2. なぜそのように回答したか、理由を書いてください。	自由回答式
Q2. アイデアマップの作成は新しいアイデアを発見することに役立った。	単一回答式
Q2-2. なぜそのように回答したか、理由を書いてください。	自由回答式
Q3. アイデアマップの作成は深く考えることに役立った。	単一回答式
Q3-2. なぜそのように回答したか、理由を書いてください。	自由回答式
Q4. カードの作成は戸惑うことなくできた。	単一回答式
Q5. カードの配置は戸惑うことなくできた。	単一回答式
Q6. カードのグルーピングは戸惑うことなくできた。	単一回答式
Q7. アイデアマップ作成機能を使用して良かった点があればお書きください。	自由回答式
Q8. アイデアマップ作成機能を使用して改善したい点、悪かった点があればお書きください。	自由回答式
Q9. その他ご意見、ご感想があれば、お書きください。	自由回答式

5.4 実験結果

アイデアマップ作成機能を使用する前の文章と、使用した後の文章で、内容にどのような変化が見られるか、文章の量、カードの数、グループの数などを集計し、自然言語処理を用いて分析を行った。実験終了後、アンケートを実施し、実験参加者の意見を集約した。

5.4.1 アイデアマップ作成の結果

実験参加者が作成したアイデアマップ（図 5-2）を、表 5-2 のルーブリックに基づき、活用性、独創性の 2 つの観点から評価を行った。その結果を表 5-5 に示す。評価は教員 1 名と博士課程の学生 1 名の合計 2 名で行い、2 名の評価の平均を算出し、それぞれの観点の評価とした。各観点の評価の合計を総合評価とした。評価結果のケンドールの一致係数は 0 89（$\chi 2$ 検定の結果＝33.7, $p=0.020<0.05$）となり、両評価者間に高い一致がみられた。またアイデアマップ上のカード数の平均は 8.6、グループ数の平均は 2.3 となった。アイデアマップ上にグループが一つもない場合を 0、グループが最大 1 階層の場合は 1、2 階層の場合は 2 としたとき、グループの深さ（アイデアマップ上のグループ最大階層）の平均は 0.8 となった。なお、図 5-2 は参加者 4 の 2 階層の例である。

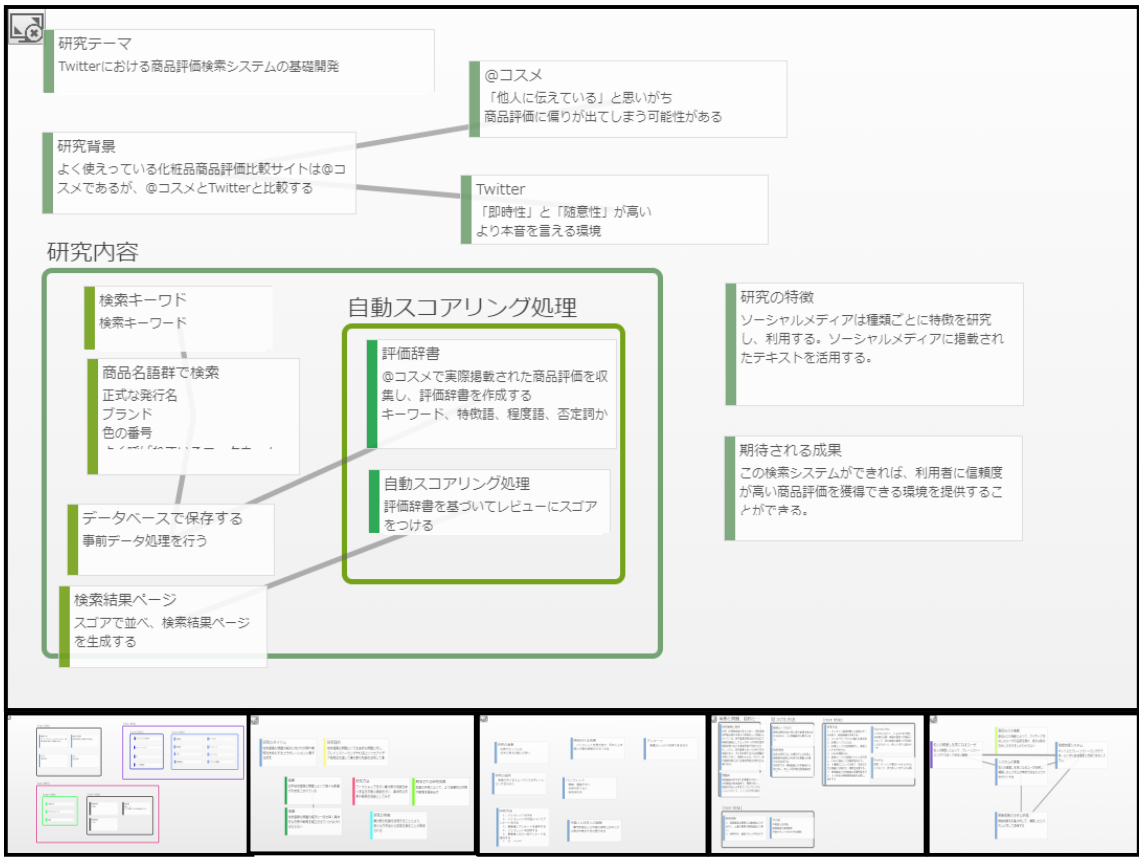


図 5-2：アイデアマップの作成例

表 5-5 に示す通り、カード数は最小が 4、最大が 22 と大きくばらつきがあり、個人差が大きいことが分かった。またアイデアマップの活用の度合いも個人差が大きく、アイデアマップの活用性が 2 以下の実験参加者 4 名は文章の内容の一部をカード化するだけに留まっており、想定していた知識やアイデアの整理までに至らなかった。

表 5-5：アイデアマップの作成結果

	カード数	グループ数	グループの深さ	活用性	独創性	総合評価
参加者 1	9	4	1	3.0	2.0	5.0
参加者 2	9	4	0	2.0	1.5	3.5
参加者 3	4	0	0	1.5	1.0	2.5
参加者 4	12	2	2	4.0	4.0	8.0
参加者 5	5	0	0	2.5	2.0	4.5
参加者 6	5	2	1	3.0	2.0	5.0
参加者 7	7	3	1	2.5	2.0	4.5
参加者 8	22	7	2	3.5	2.5	6.0
参加者 9	6	1	1	1.5	1.0	2.5
参加者 10	7	0	0	2.0	1.5	3.5
平均	8.6	2.3	0.8	2.6	2.0	4.5

ケンドールの一致係数 W=0.89, p 値 = 0.0197

5.4.2 文章作成の結果

実験参加者が作成した文章の例を図 5-3 に示す。図 5-3 は参加者 4 が、まず図 5-1 の文章を作成し、図 5-2 のアイデアマップを参考にして作成したものである。アイデアマップ作成前と作成後の文章の文字数と単語数は、表 5-6：文章の文字数と単語数の前後比較のように変化した。個人差はあるものの平均 22%程度、文章の文字数が増加し、検定の結果、有意差がみられた（$t(9)=2.899$, $p<.05$）。文章で使用されているユニークな単語数についても平均 19%程度、単語数が増加し、検定の結果、有意差がみられた（$t(9)=3.816$, $p<.01$）。また新規単語数（アイデアマップ作成後に初めて使用された重複しない単語の数）も平均 24%程度増加した。

アイデアマップ作成前と作成後の文章を、新規性、有用性、実現可能性、構成と読みやすさの 4 つの観点で評価を行い、それぞれの評価の増減を算出した。その結果を表 5-7 に示す。評価者はアイデアマップと同様、教員 1 名と博士課程の学生 1 名の合計 2 名である。実現可能性と構成の読みやすさは有意差があり、増加していることがわかった。新規性、有用性については有意差が見られなかった。全ての観点の評価の合計はアイデアマップ作成前が平均 8.2、作成後が平均 9.5 となり、約 16%（$p<0.01$）の評価の向上が見られた。なお有用性についての検定結果は $p<0.1$ であり、可能性のある結果となった。

アイデアマップ作成前の文章の評価結果のケンドールの一致係数は 0.79（$\chi 2$ 検定の結果＝61.51，$p=0.012<0.05$）となり、両評価者間に高い一致がみられた。またアイデアマップ作成後の文章の評価結果のケンドールの一致係数も 0 86（$\chi 2$ 検定の結果＝67.18, $p=0.033<0.05$）と、両評価者間に高い一致がみられた。

アイデアマップ作成前の文章	アイデアマップ作成後の文章
Twitterにおける商品評価検索システムの基礎開発を取り組みたい。今よく使っている化粧品商品評価比較サイトは@コスメである。@コスメと比べ、Twitterで掲載された商品評価は「即時性」と「随意性」が高いと考えられる。利用者は@コスメで商品評価を発表するとき、「誰かに伝えている」と思いがちので、その商品評価に偏りが出てしまう可能性が高い。それに対し、Twitterで発表するとき、誰かに読まれるか否かをよく考えてないので、Twitterはより本音を言いやすい環境だと思われる。 この検索システムは四つのパターンで構築すると考えている。まず、目標商品の商品名語群を作ることである。化粧品は正式な発行名はいつも極めて長いため、顧客はよく知られている化粧品にニックネームをつけることが多い。商品名語群はブランド、発行名、色の番号、よく呼ばれているニックネームを全て含む。それで、検索キーワードからどの商品を指すのかを確定しやすくなる。次に、検索したレビューをdatabaseで保存し、事前データー処理を行う。それから、@コスメで実際掲載された商品評価を収集し、評価辞書を作成する。評価辞書は次の四つの点から考察する、キーワード、特徴語、程度語、否定詞の有無である。その後、保存したレビューを評価辞書を基づいて自動スコアリング処理する。最後は、処理したレビューをスコアで並べ検索結果ページを生成する。 この検索システムができれば、利用者に信頼度が高い商品評価を獲得できる環境を提供することができることを期待される。	取り組みしたいテーマはTwitterにおける商品評価検索システムの基礎開発である。 研究背景：今よく使っている化粧品商品評価比較サイトは@コスメである。@コスメと比べ、Twitterで掲載された商品評価は「即時性」と「随意性」が高いと考えられる。利用者は@コスメで商品評価を発表するとき、「誰かに伝えている」と思いがちので、その商品評価に偏りが出てしまう可能性がある。それに対し、Twitterで発表するとき、誰かに読まれるか否かをよく考えてないので、Twitterはより本音を言いやすい環境だと思われる。 研究内容：この検索システムは四つのパターンで構築すると考えている。まず、目標商品の商品名語群を作ることである。化粧品は正式な発行名はいつも極めて長いため、顧客はよく知られている化粧品にニックネームをつけることが多い。商品名語群はブランド、発行名、色の番号、よく呼ばれているニックネームを全て含む。それで、検索キーワードからどの商品を指すのかを確定しやすくなる。次に、検索したレビューをdatabaseで保存し、事前データー処理を行い、複数回現れるものと意味がないテキストを削除する。それから、@コスメで実際掲載された商品評価を収集し、評価辞書を作成する。評価辞書は次の四点から考察する、キーワード、特徴語、程度語、否定詞の有無である。その後、保存したレビューを評価辞書を基づいて自動スコアリング処理する。最後は、処理したレビューをスコアで並べ検索結果ページを生成する。 研究の特徴：ソーシャルメディアの別種類が持つ特徴の区別を研究し、応用することとソーシャルメディアで掲載されたテキストを活用することが特徴である。 期待される成果：この検索システムができれば、利用者に信頼度が高い商品評価を獲得できる環境を提供することができることが期待される。

図 5-3：文章の作成例

表 5-6：文章の文字数と単語数の前後比較

	文字数*			ユニークな単語数**			新規単語数
	利用前	作成後	増減	作成前	作成後	増減	
参加者 1	562	714	27.0%	117	145	23.9%	28
参加者 2	531	809	52.4%	98	134	36.7%	51
参加者 3	572	648	13.3%	121	133	9.9%	18
参加者 4	622	741	19.1%	122	143	17.2%	22
参加者 5	725	632	−12.8%	57	59	3.5%	4
参加者 6	380	633	66.6%	84	134	59.5%	53
参加者 7	750	1138	51.7%	112	148	32.1%	37
参加者 8	1192	1334	11.9%	194	214	10.3%	21
参加者 9	436	441	1.1%	106	107	0.9%	1
参加者 10	361	364	0.8%	61	61	0.0%	1
平均	613.1	745.4	21.6%	107.2	127.8	19.2%	23.6

対応のある（群内） t 検定 *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

表 5-7：文章内容の前後比較

参加者番号	アイデアマップ作成前の文章の評価 *1					アイデアマップ作成後の文章の評価 *2					アイデアマップ作成前と作成後の評価の増減				
	新規性	有用性	実現可能性	構成と読みやすさ	合計	新規性	有用性	実現可能性	構成と読みやすさ	合計	新規性	有用性†	実現可能性*	構成と読みやすさ*	合計**
1	3.0	3.0	3.0	2.5	11.5	3.0	3.5	3.5	3.0	13.0	0.0	0.5	0.5	0.5	1.5
2	1.5	2.0	1.0	1.5	6.0	2.0	2.0	2.0	2.0	8.0	0.5	0.0	1.0	0.5	2.0
3	2.0	2.0	1.5	2.5	8.0	2.0	2.0	1.5	3.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
4	2.0	2.5	2.5	2.5	9.5	3.0	3.0	3.0	4.0	13.0	1.0	0.5	0.5	1.5	3.5
5	2.0	2.5	2.0	2.0	8.5	2.0	2.5	2.0	2.5	9.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
6	1.5	2.0	1.5	2.0	7.0	1.5	2.0	2.5	2.5	8.5	0.0	0.0	1.0	0.5	1.5
7	2.0	2.5	2.0	2.5	9.0	2.5	3.0	3.0	2.5	11.0	0.5	0.5	1.0	0.0	2.0
8	3.0	3.0	2.0	3.0	11.0	3.0	4.0	3.0	3.0	13.0	0.0	1.0	1.0	0.0	2.0
9	1.0	1.0	1.0	2.5	5.5	1.0	1.0	1.0	2.5	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.0	1.5	1.0	2.0	5.5	1.0	1.5	1.0	2.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
平均	1.9	2.2	1.8	2.3	8.2	2.1	2.5	2.3	2.7	9.5	0.2	0.3	0.5	0.4	1.4

*1…ケンドールの一致係数 W=0.79, p 値 = 0.0122

*2…ケンドールの一致係数 W=0.86, p 値 = 0.0033

対応のある（群内）t 検定：*p<0.05, ** p<0.01, †p<0.1

5.4.3 アイデアマップが文章に及ぼす影響についての考察

表 5-8 に示すように 11 項目で相関分析を行ったところ、次のような相関が確認できた。まずアイデアマップの評価と文章の評価の増加の相関については、「e アイデアマップの活用性」と「b 文章の有用性の増加」の相関係数が 0.71（p<0.05）と強い相関が見られた。「g アイデアマップのカード数」については、「b 文章の有用性の増加」との相関係数が 0.86（p<0.01）と、きわめて強い相関が見られた。「h.アイデアマップのグループ数」については、「b 文章の有用性の増加」との相関係数が 0.80（p<0.01）、「c 文章の実現可能性の増加」との相関係数が 0.78（p<0.01）と強い相関が見られた。「i アイデアマップのグループの深さ」については「b 文章の有用性の増加」との相関係数が 0.80（p<0.01）と強い相関が見られた。また「j 文章の単語数の増加」については「c 文章の実現可能性の増加」との相関係数が 0.77（p<0.01）と強い相関が見られた。最後に「k アイデアマップ作成後の

文章の新規単語数」については、「c 文章の実現可能性の増加」との相関係数が 0.85（p<0.01）ときわめて強い相関が見られた。

文章の評価の向上の度合いは、評価の観点によって相関している項目が大きく異なることが分かった。例えば文章の有用性については、アイデアマップの活用性、アイデアマップのカード数、グループ数、グループの深さとの相関が見られ、アイデアマップをうまく活用し、データ数が多く、階層化を行っている人ほど、文章の有用性も増していることが分かった。文章の実現可能性は、アイデアマップのグループ数、文章の単語数の増加、新規単語数との相関が見られ、アイデアマップのグループを多く作成し、また文章の単語数が増加している人ほど、文章の実現可能性も増していることが分かった。

それ以外の項目については次のような相関が確認できた。まず「e.アイデアマップの活用性」と「f.アイデアマップの独創性」の相関係数は 0.93 （p<0.01）と極めて強い相関が見られた。「g.アイデアマップのカード数」は「h.アイデアマップのグループ数」との相関係数が 0.83（p<0.01） と強い相関が見られた。「i.アイデアマップの深さ」については、「e.アイデアマップの活用性」との相関が 0.78（p<0.01）、「f.アイデアマップの独創性」との相関が 0.72（p<0.05）、「g.アイデアマップのカード数」との相関が 0.70 （p<0.05）とそれぞれ強い相関が見られた。「k.文章の新規単語数」は「j.文章の単語数の増加」との相関が 0.95（p<0.01）と極めて高い相関が見られた。

アイデアマップのカード数が増えた場合、グループ数とグループの深さが増加し、グループの深さが増加するとアイデアマップの活用性と独創性の評価も増加していることが分かった。また文章の単語数の増加に伴い、文章の新規単語数も増加していることが分かった。

以上より、アイデアマップのカード数が多い人ほどアイデアマップのグループの深さとグループ数が増加し、またアイデアマップの質も向上しており、その結果、文章の有用性と実現可能性の評価も向上していることが分かった。これはアイデアマップのカード数、グループ数とグループの深さを増加させることが、文章の質の向上において重要であることを示唆している。

また表 5-8 においてアイデアマップの評価（e, f）と文章の評価（a～d）をみると、「アイデアマップの活用性」と「文章の有用性」との相関が 0.71 であり、最も高い。これはカードのリンクやグルーピングなどアイデアマップ作成機能を活用することによって、文章の有用性を高めていることを示唆している。「アイデアマップの独創性」と「文章の新規性」との相関が 0.68、「文章の構成の読みやすさ」との相関が 0 69 であり、高い値をとっている。実際にアイデアマップの独創性の評価が最も高い実験参加者 4 の文章（図 5-3）に着目すると、アイデアマップ作成後の文章に大きな変化が見られた。アイデアマップ作成前と作成後の文章を見比べると、アイデアマップ作成後の文章は、「研究背景」「研究内容」といったように文章が明確にグループ化されていることが分かる。これは図 5-2 に示すアイデアマップ作成例のグループともある程度の一致が見られる。アイデアマップを作

成することによって、文章がより構造化されたとの見方ができる。またアイデアマップ内のカード「タイトル：研究の特徴」はアイデアマップ作成前には、見られない文章である。これは研究の新規性を示す文章であり、アイデアマップの作成によって研究の新規性が具象化されたことを示唆している。一方、全体的に文章の単語数の増加は見られたが、表 5-8 において文章の単語数の増加（j, k)と文章の評価（a～d）をみると、実現可能性の増加との相関のみ高く、新規性、有用性、文章と構成の読みやすさとの相関は高くなかった。これは全体としては、研究の実現可能性をより具体的、現実的に説明することを目的とした単語が増えていることを示唆している。実際に新規単語が最も増加している実験参加者 6 に着目すると「試験」「参加者」「30 分」「15 分」「以内」「メンバー」「作業」など実験内容に関する単語が多く増加していた。まとめとしては、アイデアマップの活用性は「文章の有用性」へと、アイデアマップの独創性は「文章の新規性」と「文章の構成の読みやすさ」へと、新規単語数の増加は「文章の実現可能性」へと効果の違いが生じていることがわかった。

表 5-8：相関分析結果

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a. 文章の新規性の増加	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
b. 文章の有用性の増加	0.22	–	–	–	–	–	–	–	–	–
c. 文章の実現可能性の増加	0.34	0.50	–	–	–	–	–	–	–	–
d. 文章の構成と読みやすさの増加	0.66*	0.00	0.00	–	–	–	–	–	–	–
e. アイデアマップの活用性	0.44	0.71*	0.50	0.52	–	–	–	–	–	–
f. アイデアマップの独創性	0.68*	0.59	0.34	0.69*	0.93**	–	–	–	–	–
g. アイデアマップのカード数	0.17	0.86**	0.47	-0.02	0.63	0.52	–	–	–	–
h. アイデアマップのグループ数	0.13	0.80**	0.78**	-0.13	0.52	0.32	0.83**	–	–	–
i. アイデアマップのグループの深さ	0.36	0.80**	0.45	0.25	0.78**	0.72*	0.70*	0.60	–	–
j. 文章の単語数の増加	0.21	-0.03	0.77**	0.19	0.27	0.14	-0.12	0.31	0.12	–
k. 文章の新規単語数	0.31	0.09	0.85**	0.20	0.26	0.14	0.04	0.47	0.12	0.95**

下線・・・相関係数が 0.7 以上　　相関係数の検定の結果 *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

5.4.4 アンケート結果

アンケート結果を表 5-9 に示す。Q1 のアイデアの整理に役立ったかを問う質問では、役立ったと回答する人が最も多かった。Q2 の新しいアイデアの発見につながったかを問う質問では、どちらともいえないと回答する人が最も多かった。Q3 の深く考えることに役立ったかを問う質問では、役立ったと回答する人が最も多かった。このことから、アイデアマップ作成機能は、アイデアの整理や深く考えるということには役立ったが、新しいアイデアの発見までには至らなかったことが推察される。

Q1 の回答理由を問う質問については、「箇条書きにする形より見やすく、アイデアが一目瞭然になり、整理ができました。」「マップの作成によって頭の中も整理される。」「研究についての考え、ロジックを整理することに役立つと感じました。」「書いた内容は既に自分が知っていることだから。」「研究の全体像が一目で見える。グループに分けられ、わかりやすい。」「アイデアはすでに頭の中で整理されているため。」といった回答があり、アイデアの整理や全体像をつかむのに役立った人と、既に頭の中で整理されており、そのような要素はなかったという意見に分かれた。

Q2 の回答理由を問う質問については、「アイデアの全体像が一目で分かり、新しいアイデアも発見できるかもしれないが、新しいアイデアはできなかった。」「アイデアマップを改めて読み、書くことで、以前は気付かなかったことに気づきました。」「アイデアマップのリンクを使うと、新しい発想が出しやすくなる。」「時間が短く、今回は新しいアイデアは発見できなかった。」「時間をかければ発見はできるかもしれないが、今回は 20 分と短かったので特になかった。」などの回答があり、新しいアイデアが見つかった人が 10 人中 3 人いたものの、それ以外の 7 人はアイデアが見つからなかったと答えた。また時間が足りないという理由で新しいアイデアが見つからなかったという人が 2 人いた。

Q3 の回答理由を問う質問については、「問題を抽象化することに助けにはならない。ただのメモ」「時間の制限の原因であるかもしれないが、深く考えることはできなかったと思います。」「アイデアマップの作成はパターン化し、各パターンについてライン型の発想ができるため、深く考えられた。」「研究についての考えやロジックを整理し、互いにどのような関係があるかなど深く考えました。」「何と何が関連しているかがわかりやすい。リンクによって、深く考えることができる。」「グループに分けられると、いろいろな面から考えることができます。」「Q2 の理由と同じ、時間が必要」などの回答があり、アイデアの関連性が分かりやすくなったという人が 4 人いたが、時間的な制約から深く考えることができなかったという人も 2 人いた。

Q4 から Q6 の操作性に関する質問では、Q4.アイデアマップの作成、Q5.配置についてはほとんどの人が戸惑うことなくできたと回答しているが、Q6.グルーピングについての質問に対しては多くの人が戸惑ったと回答している。現在のグルーピングは、グループとカードが独立して存在し、同時には移動できないようになっており、ユーザの混乱を招い

たものと推察され、インターフェイスの改善の余地があると思われる。

Q7 のアイデアマップ作成機能の良かった点を問う質問については、「紙のメモより直しやすい」「アイデアを整理するにはいいと思います。カードの追加も便利です。」「箇条書きにする形でアイデアを再整理すると、見やすく、分かりやすい。新しいアイデアも浮かびやすいので、文章を書く時に、活用しやすいと思います。」「リンクを付けるところがいいと思う。編集もしやすい。」「ロジックの整理、書く要素間の関連、書く考えのつながりについて深く考えることが良かった。」「簡単にアイデアをまとめる。文章より見やすい。」「分かりやすい。操作も簡単です。」という回答があり、アイデアマップ作成機能の使いやすさを挙げる人が 4 人、アイデアマップの見やすさを挙げる人が 2 人いた。

Q8 のアイデアマップ作成機能の改善したい点、悪かった点を問う質問については、「リンクへの矢印の追加や、字体の調整もできればいいと思う。」「書くスペースが狭く、すべての要素が目に入らない点を改善したらいいと思います。」「関連線がどのように関連するのかアイコンがほしい。」「グループ名を入力し、追加ボタンを押しても、保存できない点を改善したい。」「グループのサイズ変更をする際、レイアウトがずれる。カーソルをカードにあてた時に表示されるメニューが、時間がたつと消えるのは操作性が悪い。」という回答があり、カードとカードの関係性などアイデアマップの表現力向上に関する人が 3 人、自動保存やボタンの操作など UX の悪さを指摘する人が 4 人いた。Q4、Q5 において評価が 2 点以下の人に注目すると、ユーザが保存ボタンを押すことによってデータ保存される操作と自動的に保存される操作とが混在しているため、操作を混乱させたものと推察される。

Q9 のその他ご意見、ご感想を問う質問については、「Web よりクライアントアプリの方が使いやすいし、便利な機能を開発しやすいと思う。」「見た目がきれいだと感じます。」「アイデアカードの色を選択でき、各要素を異なる色で区別できるのがいいと思います。」「長時間かけて、一人一人の使い方を観察する方がいいかもしれません。短い時間では、新たなアイデアを思いつくのは難しいです。」「アイデアの発散法として、いい方法だと思います。」「実験時間が長過ぎる。自由にして欲しい。システムの不具合や使いにくさを多く感じる。」といった回答があり、アイデアマップの見た目がいいという人が 2 人いたが、実験時間の長さやシステムの不具合を指摘する人も 2 人いた。

全体としてはアイデアマップ作成機能がアイデアの整理（Q1）や、深く考える（Q3）ということには役立ったが、新しいアイデアの発見（Q2）までには至らなかったという結果となった。これらの結果は、文章の質的評価の結果とも合致している。またアイデアマップ作成機能の操作性については、グルーピングの操作について戸惑い感じている人が多く見られた。

表 5-9：利用者のアンケート結果（Q2～Q8）

質問項目	評価尺度				
	1	2	3	4	5
Q1. アイデアマップの作成はアイデアの整理に役立った。	1 人	2 人	1 人	4 人	2 人
Q2. アイデアマップの作成は新しいアイデアを発見することに役立った。	2 人	1 人	4 人	2 人	1 人
Q3. アイデアマップの作成は深く考えることに役立った。	1 人	3 人	1 人	4 人	1 人
Q4. アイデアカードの作成は戸惑うことなくできた。	1 人	2 人	1 人	3 人	3 人
Q5. アイデアカードの配置は戸惑うことなくできた。	0 人	2 人	2 人	4 人	2 人
Q6. アイデアカードのグルーピングは戸惑うことなくできた。	1 人	4 人	1 人	2 人	2 人

評価尺度 … 1: 強く同意しない 2: 同意しない 3: どちらともいえない 4: 同意する 5: 強く同意する

下線 … モード

5.5 考察

アイデアマップの目的の一つである「a アイデアや知識の整理」については、その評価指標として設定した文章の「構成と読みやすさ」の質が大きく向上しており（2.3 から 2.7 へ）、またとアンケート（Q1）の結果からも、一定程度効果があったと推察される。その理由としては、アンケートの結果（Q1-2）で、アイデアマップの作成によって頭の中の整理やアイデアの全体像をつかむことに役立ったという回答が見られ、知識・アイデアのカード化やグルーピングなどの機能が、知識やアイデアの整理に役立ったものと考えられる。「b 思考の深化」についても、その評価指標として設定した「実現可能性」の質が大きく向上しており（1.8 から 2.3 へ）、アンケート（Q3）の回答結果からも効果があったと推察される。その理由としては、アンケートの結果（Q3-2）で、知識と知識のつながりが可視化されたことが大きいと回答する人が 4 割おり、カードのリンク機能が思考の深化に貢献した可能性が示唆される。

「c 新しいアイデアの発見」については、評価指標として設定した新規性がそれほど向上しておらず（1.9 から 2.1 へ）、またアンケート（Q2）の回答結果からも今回の実験において効果が薄かったと推察される。新しいアイデアの発見に至らなかった理由として、時間が足りなかったとアンケートで回答した人が複数見られ、今後より時間かけて実験を行った場合、「c 新しいアイデアの発見」においても効果が見られる可能性が残されている。

また新規性が最も向上した参加者 4 に着目すると、アイデアマップ（図 5-2）のグループが実験参加者の中で最も深く階層化されており、またアイデアマップ作成後した文章の内容も、グループに合わせて構造化されている（図 5-3)。またグループ内のカード群を抽象化した文章として、「研究の特徴」という新規性を表すカードが作成されており、アイデアマップ作成後の文章にも、アイデアマップ作成前にみられなかった研究の特徴に関する文章が追加されており、カードのグルーピングを行うことでアイデアを構造化し、さらにその内容を抽象化することで、新規性が生まれる可能性が示唆された。

以上より、アイデアマップの作成の目的である「a. アイデアや知識の整理」および「b. 思考の深化」について、グループ化機能やリンク機能が、カード数が多くなるほど活用され、アイデアマップの質が上がり、それをもとにした文章の質（実現可能性、構成と読みやすさ）が向上した可能性が分かった。一方、3 つ目の目的である「c. 新しいアイデアの発見」について今回の実験では効果はみられなかったが、可能性が残る結果となった。

本実験ではアイデアマップの作成が文章にどのような影響を与えるかについて評価と考察を行った。全体としてはアイデアマップの作成後、文章の質（特に実現可能性、構成と読みやすさ）が向上し、アイデアマップの機能を活用している人ほど文章の有用性が増加し、アイデアマップの独創性が高い人ほど文章の新規性と構成と読みやすさが増加していることなどが明らかになった。しかしアイデアマップ作成後の文章の評価の変化が、文章を書く時間が増加したこと、もしくは文章を書き直したことによる影響の可能性も残されている。今後はアイデアマップの作成が文章へ与える影響をより明確にするために、アイデアマップを作成するグループと、同じ時間をかけて文章のみの作成を行うグループとの比較実験なども検討していきたい。

5.6 結言

本章では、iroha Compass のサブシステムであるアイデアマップ作成機能「iroha Map」の評価実験とその結果について述べた。5.2 節で実験目的と実験方法について述べ、5.3 節で評価方法について、5.4 節で評価結果について述べた。最後に 5.5 節にて考察を述べた。

第6章

iroha Compass の長期利用と分析

6.1 緒言

本章では第 3 章で述べた知識創造型学習支援システム iroha Compass を用いて、筆者自らが長期利用を行い、発生した成果物や利用状況について論じる。6.2 節にて長期利用の目的と方法を、6.3 節にて分析方法ついて述べたうえで、6.4 節にて分析結果を述べる。最後に 6.5 節で分析結果を元に考察を述べる。

6.2 長期利用の目的と方法

長期利用の目的は、長期にわたる知識創造型学習において iroha Compass がどのように活用されるかを質的、量的両面から分析し、考察を行うことである。なお研究手法としてアクションリサーチを取り入れる。アクションリサーチとは教育者が教育方法を改善するために、計画・行動・観察・内省を行う小規模なリサーチである[Avison et al., 1999]。本研究では筆者自らが iroha Compass を用いた研究活動を計画し、実践し、その結果を観察し、内省を行う。アクションリサーチという側面から質的な分析を重視する。

長期利用者は筆者と指導教員の 2 名である。長期利用に使用する端末は日常的に使用している Windows PC（解像度：2,160 x 1,350px）である。

図 6-1 に示す通り長期利用の期間は 2018 年 4 月から 2022 年 3 月までの 4 年間である。まず 2018 年 4 月に自身の主研究テーマと副研究テーマの 2 つの学習テーマの設定を行う。またそれぞれの研究テーマに必要な課題を作成する。なお開発および試験運用段階で作成した課題や進捗も引き継ぐものとする。

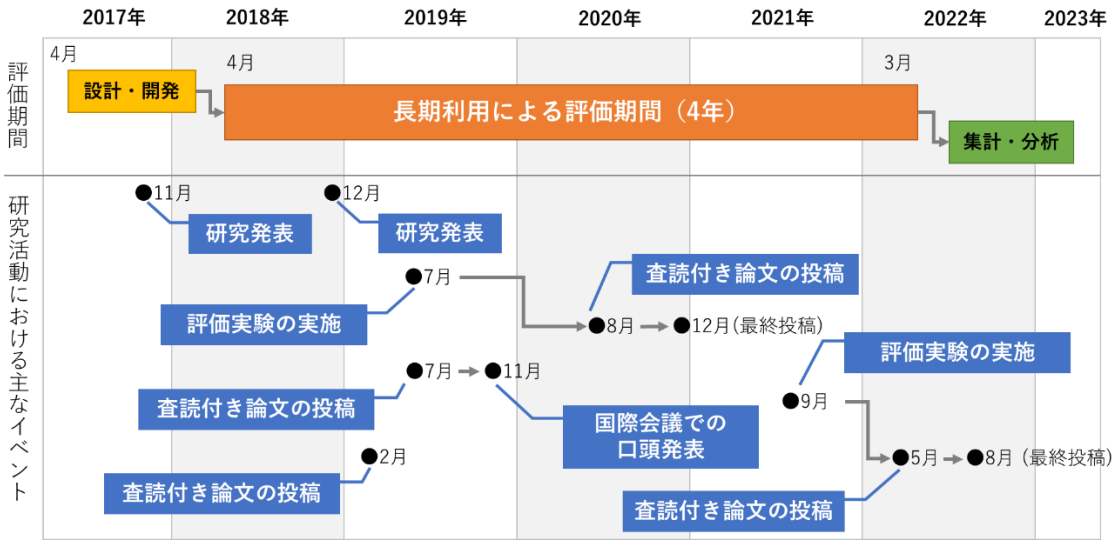


図 6-1：長期利用による評価の流れ

6.3 分析方法

6.3.1 成果物の量的分析

成果物の量的評価は種類別データ数、課題の登録数、進捗の登録数の 3 つの観点から行う。種類別データ数では評価期間内に iroha Compass に学習テーマ、課題、進捗、アイデアマップ、ファイルが何件登録されたかを明らかにするため集計を行う。課題の登録数では月別に課題の登録数の集計を行う。進捗の登録数では月別に進捗の登録数の集計を行う。集計に使用するデータはいずれも iroha Compass のデータベース（MySQL）で、SQL の集計関数を用いて集計を行う。

6.3.2 成果物の内容分析

iroha Compass の登録された課題、進捗、登録されたファイルについては、それぞれ分類リストを作成し、タイトルと内容によって分類を行い、年度別にどのようなデータが登録されたかを分析する。

課題と進捗については実際にどのようなケースで利用されているかシステム上から目視で確認し、典型的な活用例を明らかにする。また iroha Compass のワードクラウド生成機能を使用し、年度別ごとの学習テーマの文章からワードクラウドを生成し、4 年間を通じて学習テーマのワードクラウドがどのように変化したか確認を行う。進捗については進捗の内容の文章を元に半年単位でワードクラウドの生成を行い、4 年間を通じて進捗の内容がどのように変化したか分析を行う。

6.3.3 利用状況の分析

利用状況の量的評価はシステムへのアクセス数および進捗の更新回数の 2 項目で行う。システムのアクセス数はデータベース内に保存されたアクセスログを集計する。システム内でページを遷移するたびにカウントを行う。進捗の更新回数は実験期間中にシステムに登録、もしくは更新された進捗とコメントの数を集計する。

さらにローカル環境のファイルの更新状況とシステムの利用状況と比較するために、Dropbox API を使用して、研究に関連するファイルの 4 年間の更新履歴を月別、種類別に集計を行う。

6.4 分析結果

6.4.1 成果物の量的分析結果

種類別データ数

iroha Compass の登録されたデータの種類と登録数を表 6-1 に示す。学習テーマは主テーマ研究用の学習テーマが 1 件、副テーマ研究用の学習テーマ 1 件、どちらにも関係しない学習テーマが 1 件、合計で 3 件登録された。課題は 201 件、進捗は 761 件と課題 1 件に対して平均 3.8 件程度の進捗が登録された。アイデアマップは 17 件、ファイルは 301 件登録された。

表 6-1：データの種類別登録数

データの種類	登録数
学習テーマ	3
課題	201
進捗	761
アイデアマップ	17
ファイル	301

課題の登録数の推移（月別）

課題の登録数の月別の推移を図 6-2 に示す。利用開始直後の 2018 年 4 月がもっと多く 22 件課題が登録され、その後の登録は平均 4 件程度で推移した。

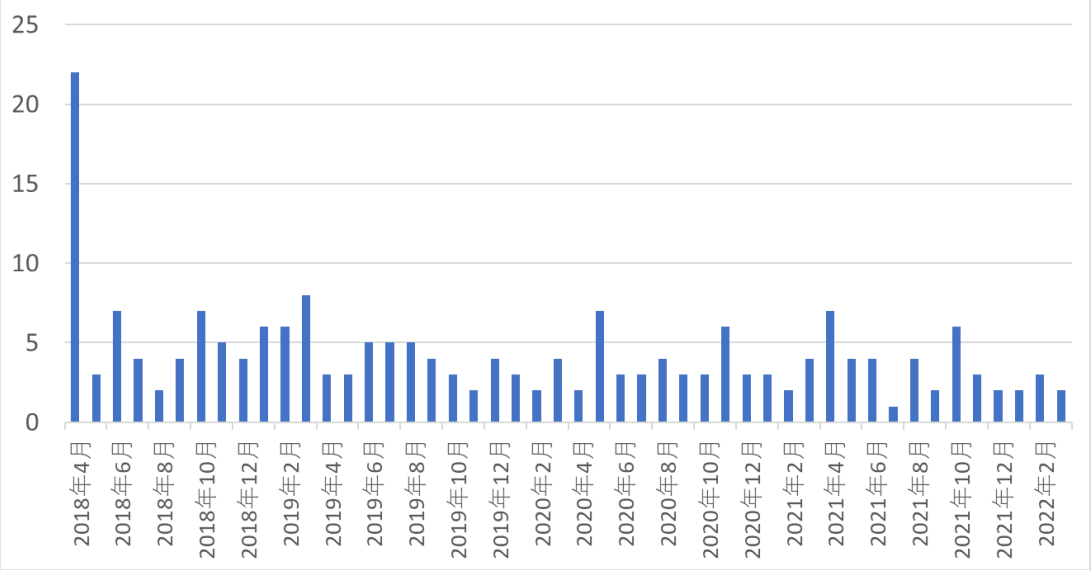


図 6-2：課題の登録数の月別の推移

進捗の登録数の推移（月別）

進捗の登録数の月別の推移を図 6-3 に示す。利用開始直後の 2018 年 4 月が最も多く 83 件進捗が登録され、その後の登録は平均 10 件程度で推移した。

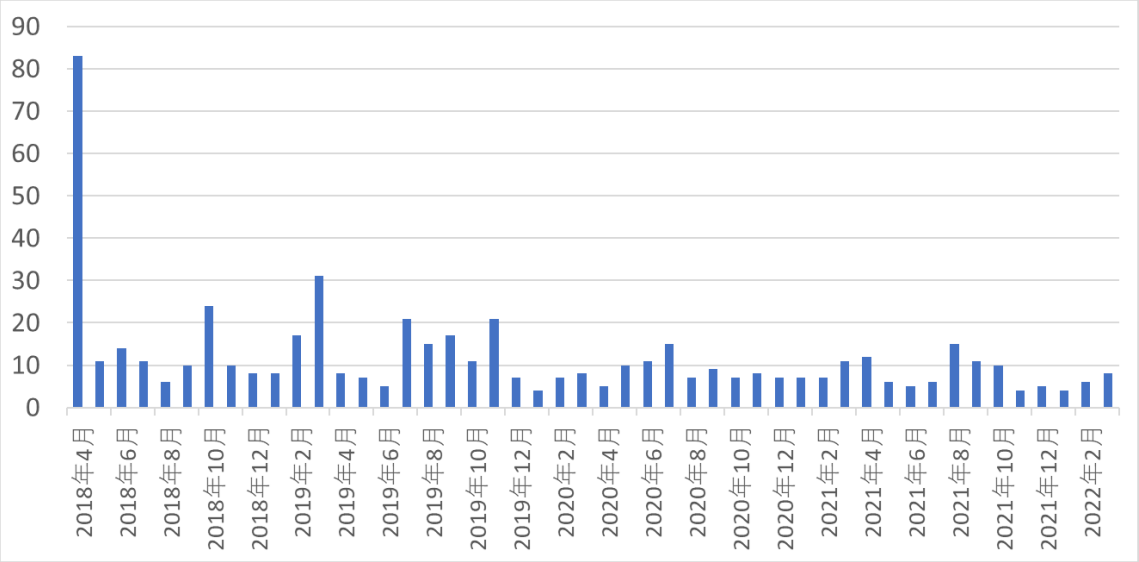


図 6-3：進捗の登録数の月別の推移

6.4.2 成果物の内容分析の結果

課題の内容

iroha Compass に登録された課題の内容と該当数を表 6-2 に示す。研究打ち合わせが 109 件と最も多く、全体の約 54%を占めた。内容としては打ち合わせの議題と参考資料をまとめた研究打ち合わせのアジェンダ等が登録された。実験準備は 16 件登録され、全体の約 8%を占めた。内容としては実験計画書やアンケート、同意書、実験の説明資料の作成等が登録された。参考文献のまとめは 14 件が登録され、全体の約 7%を占めた。内容としては研究打ち合わせなどで列挙された参考書籍や論文が登録された。プログラム開発は 14 件登録された。内容としては新規機能の開発、機能改善、不具合修正、プログラムのテスト等が登録された。論文の執筆は 12 件登録された。内容としては論文の目次や骨子、投稿論文の原稿作成、査読者への回答書の作成等が登録された。検討課題は研究テーマの方向性やシステムのコンセプトの検討、実験の実施方法や評価・分析方法の検討、論文の投稿先のジャーナルの検討等が登録された。先行研究のサーベイは 8 件登録された。内容としてはアクティブラーニング、深い学び、自己主導型学習支援システム、知識創造型学習支援システム等、研究の対象となる分野の先行研究の調査が登録された。データ分析は 7 件登録された。内容としてはアンケート結果、実験期間中のデータの登録数、アクセス

ログの集計、文章やアイデアマップの質的評価結果、各種集計データの集計結果の相関分析等が登録された。事務手続きは 4 件登録された。内容としては研究会や国際会議への申し込みや本学の事務局への出張報告書などが登録された。発表資料の作成は 2 件登録された。内容としては研究会や国際会議で発表するプレゼン資料が登録された。調査は 2 件登録された。内容としては資源言語処理のライブラリの調査等、技術的な調査が登録された。その他に該当する課題は 4 件登録された。内容としてはメモやプレスリリースの作成等、当初想定したカテゴリに分類できない課題が登録された。

表 6-2：登録された課題の内容と該当数

分類	2018年	2019年	2020年	2021年	合計	比率
研究打ち合わせ	29	27	28	25	109	54.2%
実験準備	1	2	7	6	16	7.9%
参考文献のまとめ	13	1	0	0	14	7.0%
プログラム開発	10	4	0	0	14	7.0%
論文の執筆	5	1	3	3	12	6.0%
検討課題	5	1	2	1	9	4.5%
先行研究のサーベイ	5	2	0	1	8	4.0%
データ集計・分析	1	0	3	3	7	3.5%
事務手続き	3	1	0	0	4	2.0%
発表資料の作成	1	1	0	0	2	1.0%
調査	0	2	0	0	2	1.0%
その他	2	1	0	2	5	2.5%
合計	75	43	43	40	201	

進捗の内容

iroha Compass に登録された進捗の内容と該当数を表 6-3 に示す。論文の執筆が 221 件と最も多く全体の 3 割近くを占めた。内容としては論文の目次や骨子の案、執筆中の論文の進捗、論文に対する指導教員からの指摘に対する回答等が登録された。研究打ち合わせのメモは 175 件登録された。内容としては打ち合わせ中に生まれたアイデアや決定事項、検討事項、Todo 等のメモが登録された。実験準備は 96 件登録された。内容としては実験手順の案、同意書、実験説明用のスライド、アンケートの質問一覧等、実験の実施に必要な様々な資料や進捗状況が登録された。先行研究のサーベイは 57 件登録された。内容としては先行研究のサーベイで発見した論文とその概要、被引用数、論文の入手先のリンク等が登録された。参考文献のまとめは 48 件登録された。内容としては対象となる書籍や論文を自分自身の言葉で要約した内容が登録された。書籍の場合には文章量が多いため、

章ごとに分割して要約が登録された。検討課題は 37 件登録された。内容としては検討項目、検討結果、参考資料等が登録された。事務手続きは 29 件登録された。内容としては学会や国際会議での発表に当たって、申し込みの状況報告や学校に提出するための出張用の書類等が登録された。発表資料の作成は 29 件登録された。内容としては発表用のプレゼンテーション資料や発表原稿等が登録された。プログラム開発は 27 件登録された。内容としては新しく追加する機能の仕様や、発見された不具合の内容、今後の開発の見通し等が登録された。データ集計・分析は 24 件登録された。内容としてはアンケートの集計結果、登録データの集計結果、文章やアイデアマップの質的評価の結果等が登録された。調査は 6 件登録された。内容としては本システムで利用する資源言語処理ライブラリの候補や技術情報等が登録された。その他は 12 件登録された。内容としては本研究に直接関係のないメモや資料等が登録された。

表 6-3：登録された進捗の内容と該当数

分類	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	合計	比率
論文の執筆	97	73	23	28	221	29.0%
研究打ち合わせのメモ	86	42	26	21	175	23.0%
実験準備	18	10	45	23	96	12.6%
先行研究のサーベイ	37	4	0	16	57	7.5%
参考文献のまとめ	46	2	0	0	48	6.3%
検討課題	19	6	11	1	37	4.9%
事務手続き	26	3	0	0	29	3.8%
発表資料の作成	8	21	0	0	29	3.8%
プログラム開発	25	2	0	0	27	3.5%
データ集計・分析	1	0	9	14	24	3.2%
調査	0	6	0	0	6	0.8%
その他	8	4	0	0	12	1.6%
合計	371	173	114	103	761	

登録された課題と進捗の例を図 6-4～図 6-8 に示す。研究打ち合わせに関する課題の場合、図 6-4 に示すように、TTP モデルの 2 階層目に当たる課題には論文の執筆や参考文献のリスト、各種事務手続きなど研究打ち合わせで議題となるリストを登録する。また関連する課題や参考文献が既に登録されて場合はそのリンクを設定する。3 階層目に当たる進捗には打ち合わせによって発生した決定事項やアイデア、メモ、今後の方針等が登録された。

参考文献のまとめの課題の場合、課題には対象となる論文の入手先やタイトル、著者等、参考文献の概要について登録され、進捗には参考文献の要約、ポイント、発見したことなどが複数回に分けて登録された。

課題・進捗の管理機能を学習者自身の進捗管理だけではなく、図 6-6 に示す通り、学習者と指導者の対話の場としても活用された。図 6-6 は国際会議への投稿論文の執筆中に行われた対話であり、学習者が執筆中の投稿論文と進捗内容を登録し、指導者がその内容を確認し、コメントの登録を行っている。学習者がそのコメントを元に論文を修正し、修正版の論文と修正内容を登録している。このような対話が論文の投稿まで繰り返された。またこのような対話が様々な課題において行われた。

アイデアマップはアイデア・知識の整理や思考の深化等に活用された。具体的には図 6-7 に示す通り、研究目的や研究の軸足、論文の構成の検討、先行研究のマッピングなど等に活用され、また図 6-8 のアイデアマップは、これまでの研究内容やサーベイの結果を元に、研究の背景、研究の目的、先行研究、研究の手法を整理し、研究の方向性について再検討を行い、研究の軸足を自己主導型学習支援システムから知識創造型学習支援システムからへと変える起点となった。

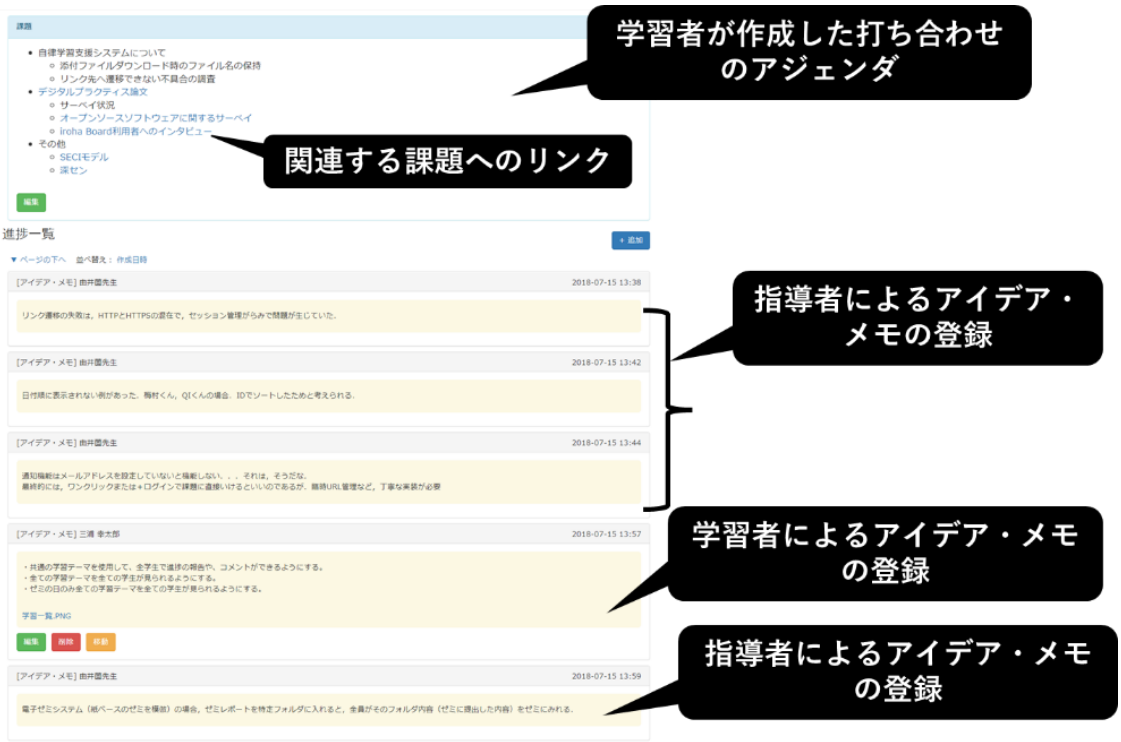


図 6-4：打ち合わせのアジェンダおよびメモの例

図 6-5：参考文献のまとめの例

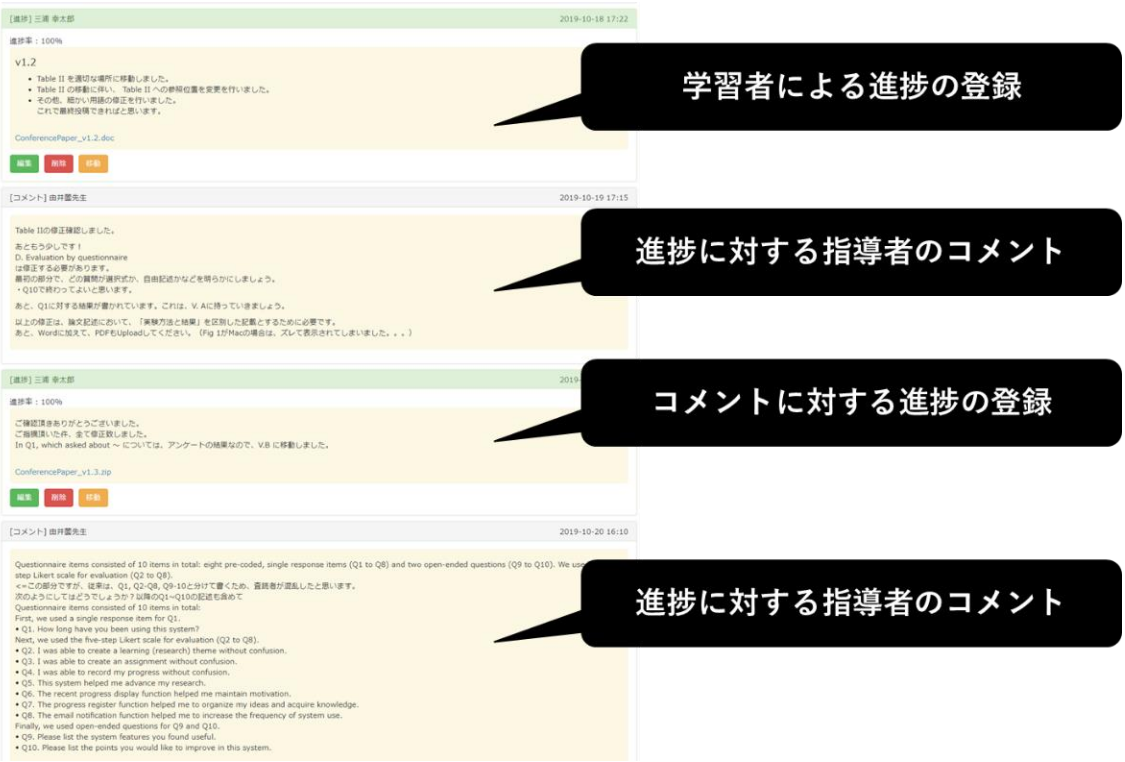


図 6-6：学習者と指導者の対話の例

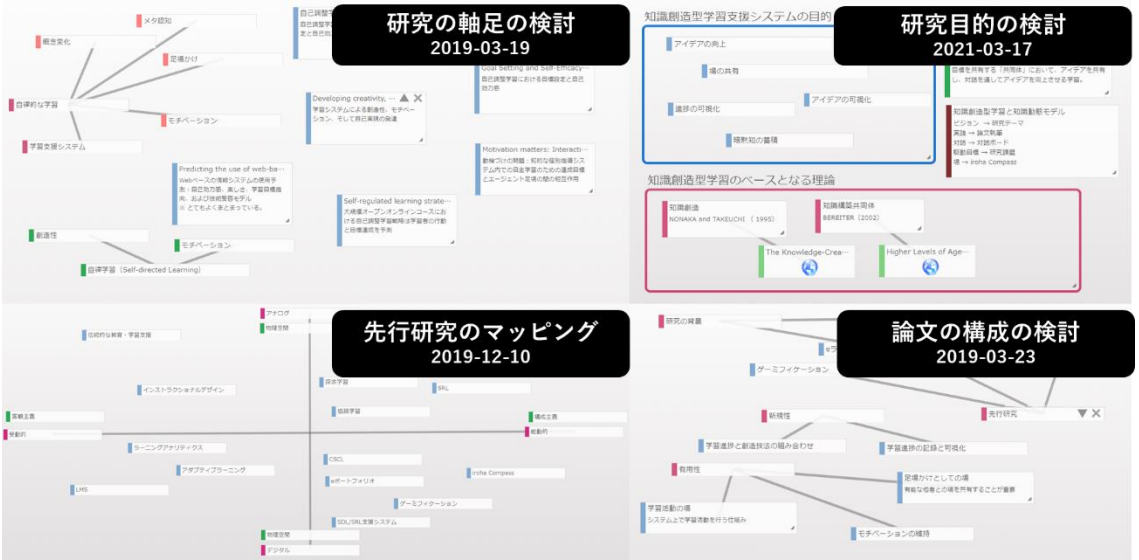


図 6-7：アイデアマップによる思考の深化の例

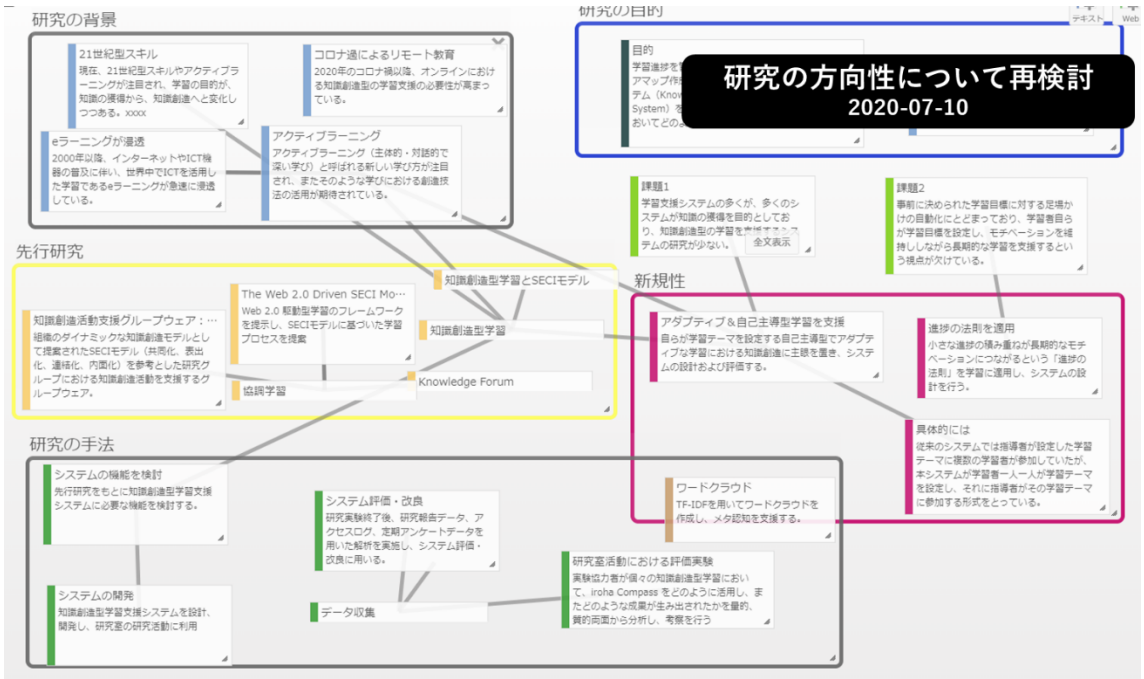


図 6-8：アイデアマップによる研究テーマのまとめの例

アップロードされたファイルの内容

iroha Compass にアップロードされたファイルの種類と該当数を表 6-4 に示す。最も多かったファイルの種類は執筆中の論文で 127 件登録され、全体の 42%を占めた。次に多かったのは参考文献で 53 件登録され、全体の 17%を占めた。実験説明資料が 30 件と全体の

10%を占めた。それ以外に研究発表用の資料が 24 件、データ集計結果が 22 件、事務手続き書類が 17 件、アンケートが 14 件、アイデア整理用ファイルが 10 件、その他のファイルが 4 件登録された。

表 6-4： アップロードされたファイルの種類

種類	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	合計	比率
執筆中の論文	36	62	12	17	127	42.2%
参考文献	39	4	10	0	53	17.6%
実験説明資料	1	2	24	3	30	10.0%
研究発表用の資料	4	20	0	0	24	8.0%
データ集計結果	1	0	7	14	22	7.3%
事務手続き書類	14	3	0	0	17	5.6%
アンケート	11	3	0	0	14	4.7%
アイデア整理用	3	0	6	1	10	3.3%
その他	3	1	0	0	4	1.3%
合計	112	95	59	35	301	

学習テーマのワードクラウドの変化

1 年ごとの学習テーマの文章をベースに生成したワードクラウドを図 6-9～図 6-12 に示す。2018 年度は「技法」「プロセス」「創造」「活用」といった重要単語が目立った。2019 年度は「自己」「学習」「システム」「モチベーション」といった重要単語が目立った。2020 年度は「知識」「創造」「学習」「アイデア」といった重要単語が目立った。2021 年度は 2020 年度と同様、「知識」「創造」「学習」「システム」といった重要単語が目立った。

図 6-9：2018 年度の学習テーマのワードクラウド

図 6-10：2019 年度の学習テーマのワードクラウド

図 6-11：2020 年度の学習テーマのワードクラウド

図 6-12：2021 年度の学習テーマのワードクラウド

進捗内容のワードクラウドの変化

半年ごとの進捗内容をベースに生成したワードクラウドを図 6-13～図 6-20 に示す。2018 年 4 月～9 月は「システム」「開発」「思考」「モデル」といった重要単語が目立った。2018 年 10 月～2019 年 3 月は「自己」「学習」「self」「learning」といった用語が目立った。2019 年 4 月～9 月は「プラクティス」「実験」「システム」「査読」といった重要単語が目立った。2019 年 10 月～2020 年 3 月は「learning」「system」「compass」「student」といった英語の重要単語が目立った。2020 年 4 月～9 月は「アイデア」「マップ」「相関」「検定」といった重要単語が目立った。2020 年 10 月～2021 年 3 月は「創造」「アイデア」「知識」「共同」といった重要単語が目立った。2021 年 4 月～9 月は「知識」「実験」「システム」「構築」といった重要単語が目立った。2021 年 10 月～2022 年 3 月は「知識」「創造」「システム」「モチベーション」といった重要単語が目立った。

図 6-13：2018 年 4 月～9 月の進捗内容のワードクラウド

図 6-14：2018 年 10 月～2019 年 3 月の進捗内容のワードクラウド

図 6-15：2019 年 4 月～9 月の進捗内容のワードクラウド

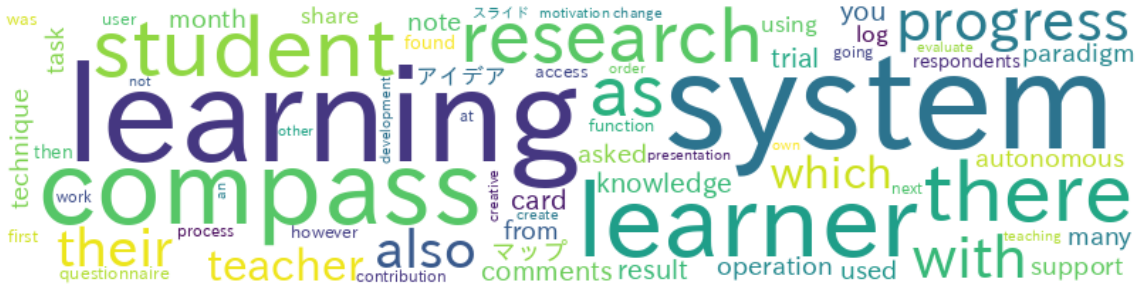


図 6-16：2019 年 10 月～2020 年 3 月の進捗内容のワードクラウド

図 6-17：2020 年 4 月～9 月の進捗内容のワードクラウド

図 6-18：2020 年 10 月～2021 年 3 月の進捗内容のワードクラウド

図 6-19：2021 年 4 月～9 月の進捗内容のワードクラウド

図 6-20：2021 年 10 月～2022 年 3 月の進捗内容のワードクラウド

6.4.3 利用状況の量的分析結果

進捗の更新回数の推移

進捗の更新回数の月別の推移を図 6-21 に示す。最も多い月は 2018 年 6 月で 57 回、進

捗が更新され、最も少ない月は 2021 年 6 月で 2 回となった。平均で毎月 18 回程度進捗が更新された。4 年間を通じて全体的に緩やかな減少傾向がみられた。

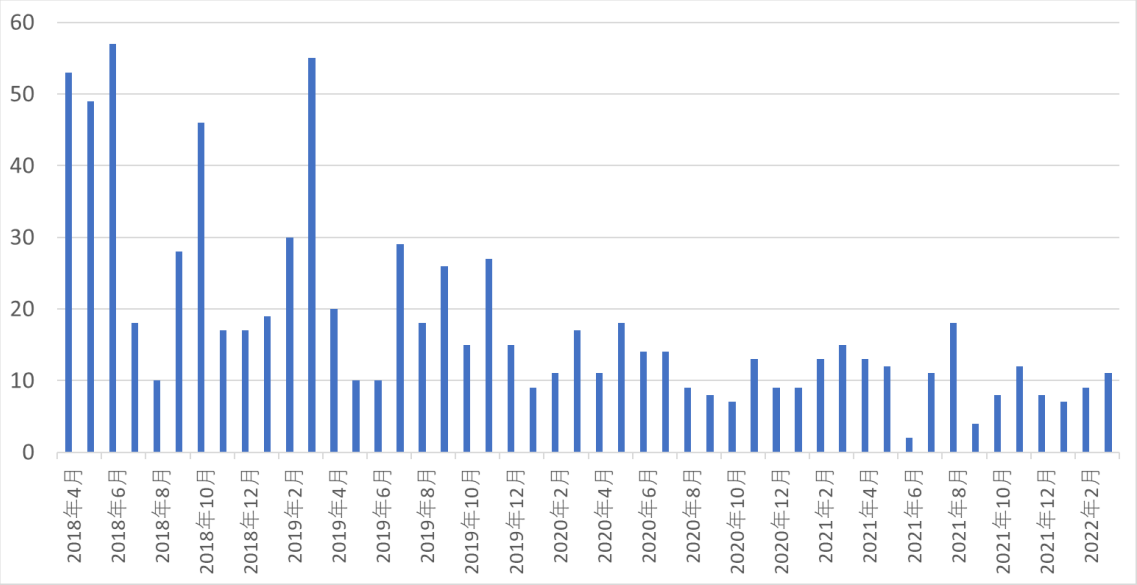


図 6-21：進捗の更新回数の推移

システムへのアクセス数の推移

システムへのアクセス数の月別の推移を図 6-22 に示す。最も多い月は 2018 年 4 月で 5091 回、アクセスが発生し、最もアクセスが少ない月は 2021 年 6 月で 163 回となった。平均で毎月 1002 回程度アクセスが発生した。

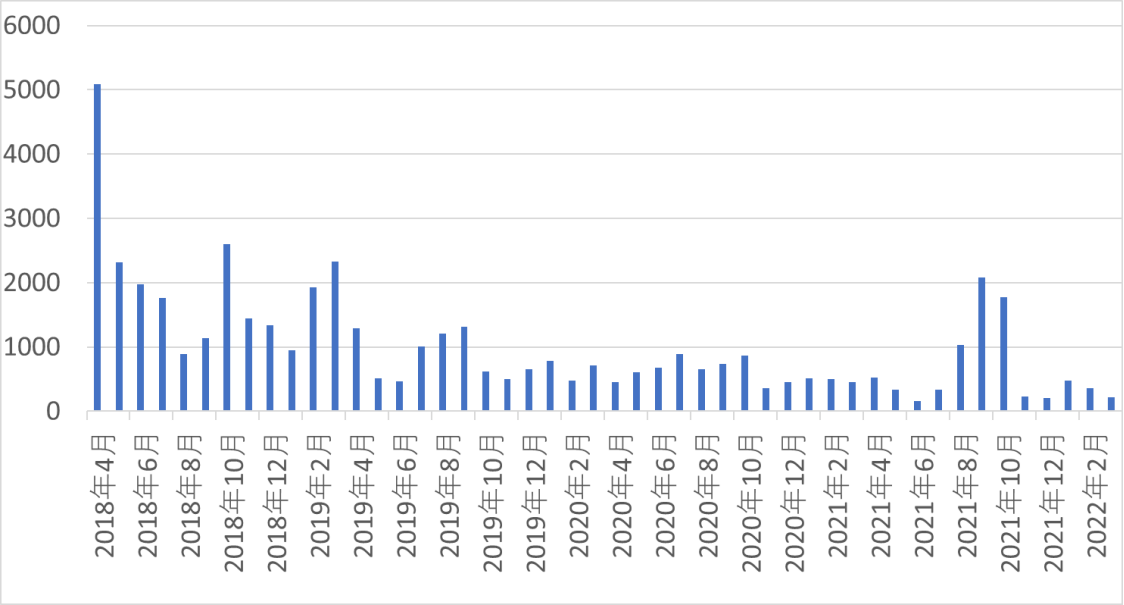


図 6-22：システムへのアクセス数の推移

曜日・時間帯別のアクセス状況

曜日・時間帯別のアクセス状況を表 6-5 に示す。最もアクセスの多い時間帯は日曜日の 12:00～16:00 だった。それ以外には火曜日の 16:00～20:00、土曜日の 8:00～12:00 のアクセスが多かった。曜日として日曜、火曜、金曜、時間帯としては 8:00～12:00、12:00～16:00 と日中のアクセスが多く見られた。深夜 0:00～4:00 のアクセスはほとんど見られなかった。

表 6-5：曜日・時間帯別アクセス数

	日	月	火	水	木	金	土	合計
0:00-4:00	12	1	0	0	0	0	0	13
4:00-8:00	0	0	0	0	232	250	424	906
8:00-12:00	837	55	110	7	580	971	1157	3717
12:00-16:00	1683	365	645	171	919	542	272	4597
16:00-20:00	157	696	1056	458	208	589	72	3236
20:00-24:00	6	148	303	232	0	13	72	774
合計	2695	1265	2114	868	1939	2365	1997	

画面別のアクセス数と滞留時間

画面別のアクセス数と滞留時間を表 6-6 に示す。アクセス数が最も多かった画面は進捗一覧画面で 4831 回のアクセスがあった。次にアクセスが多かったのは進捗一覧画面で 4831 回となった。滞留時間が最も多かった画面は進捗一覧画面で合計 180 時間近い、滞留がみられた。

表 6-6：画面別アクセス数と滞留時間

画面名	アクセス回数	滞留時間	1 回当たりの滞留時間
ホーム画面	3576	98:56:50	0:01:37
学習テーマ編集画面	201	11:43:03	0:03:30
課題一覧画面	2772	35:14:36	0:00:45
課題登録画面	505	17:26:07	0:02:04
進捗一覧画面	4831	179:50:28	0:02:09
学習履歴一覧画面	533	8:26:31	0:00:56
お知らせ一覧	22	0:31:41	0:01:23
お知らせ詳細画面	83	1:13:25	0:00:52
パスワード変更画面	40	0:44:22	0:01:05
アイデア一覧画面	76	1:35:47	0:01:15

ファイルの更新回数

パソコン上でファイルの更新回数の月別の推移を図 6-23 に示す。時期によって更新回数に大きな差がみられた。2018 年の 4 月と 5 月はほとんどファイルの更新がみられなかったが、その後は増加傾向がみられ、2020 年の 11 月と 12 月は 250 回以上ファイルが更新された。平均で月 67 回パソコン上のファイルが更新された。

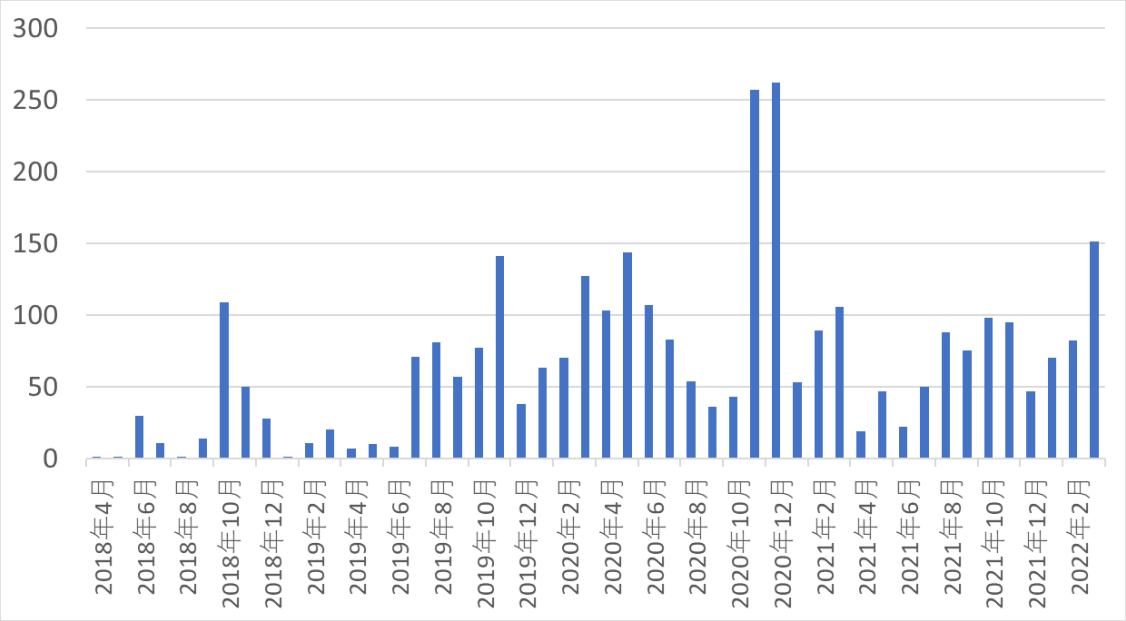


図 6-23：ファイルの更新回数の推移

6.5 考察

6.5.1 iroha Compass に登録された成果物に関する考察

iroha Compass に登録された課題の内容としては「打ち合わせ」「発表資料の作成」「参考文献のまとめ」が多く、進捗の内容としては「論文の執筆」「研究打ち合わせの議事録」「発表資料作成」等が多かった。図 6-24 に示す通り、年度ごと利用傾向としては、1 年目は「参考文献のまとめ」「先行研究のサーベイ」といった進捗や、参考文献のファイルが多く登録された。これは先行研究のサーベイを行い、書籍や論文の内容を iroha Compass 上でまとめていたためと思われる。また iroha Compass への機能追加も頻繁に発生し、「プログラム開発」といった進捗が多く登録された。2 年目は「発表資料の作成」に関連する進捗が多くされた。これは 2019 年 11 月に国際会議での発表があり、そのための発表資料を多く作成、また修正していたためと思われる。3 年目は「実験準備」に関連する進捗が多く登録された。これは 2021 年 9 月に行われる実験に向けて、実験計画書の作成や同意書、アンケートの作成等、様々な実験準備を行っていたためと思われる。4 年目は「データの集計・分析」に関する進捗が多く登録された。これは主テーマの実験を実施し、そこで得られたデータの集計や分析、またその結果をまとめた資料を多く作成していたためと思われる。「研究打ち合わせ」は 4 年間を通じてほぼ一定回数行われた。

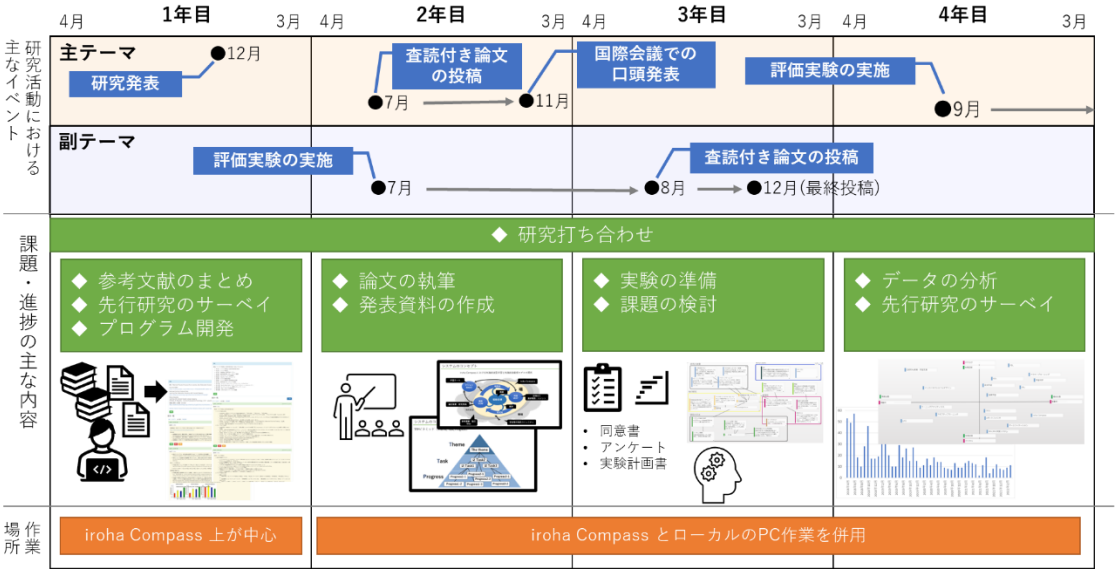


図 6-24：iroha Compass の年度ごと利用傾向

課題の登録数とシステムへのアクセス数は、図 6-2 と図 6-22 に示す通り、運用開始時の 2018 年 4 月が最も多かった。これは最初に今後取り組む課題を事前に多く登録したためと思われる。課題の登録件数の種類としては研究打ち合わせが最も多かった。他の課題は通常数か月程度と長期的に使用されるのに対し、研究打ち合わせは 2 週間間隔で行い、その

度に打ち合わせ用のアジェンダの作成を行っていたためと思われる。

アクセス数や進捗の更新回数は 2 年目以降、減少傾向だったのに対して、ローカル環境のファイルの更新数は逆に 2 年目以降、増加傾向がみられた。その要因としては、1 年目は先行研究のサーベイや参考文献のまとめが主な進捗内容であり、そのまとめ作業を iroha Compass 上で行っていたのに対して、2 年目以降は徐々に発表資料の作成や、実験に必要な書類作成、データの集計・分析等、作業場所がローカル PC に分散していったためと思われる。また実験の実施や学会発表、論文の投稿といったイベントが発生するたびに進捗の更新回数を増える傾向がみられた。

学習テーマの文章を元に生成したワードクラウドは、図 6-9～図 6-12 に示す通り年度ごとに大きく変化した。研究を開始した年（2017 年度）の主研究のテーマは「学習プロセスにおける収束的創造技法の活用」であった。そのため 2018 年度時点でも「技法」「プロセス」「創造」「活用」といった重要単語が目立った。2019 年度には研究の軸足が自己主導型学習支援システムへ移り、は「自己」「学習」「システム」「モチベーション」といった重要単語が目立った。2020 年度には軸足が知識創造型学習支援へと移り、「知識」「創造」「学習」「アイデア」といった重要単語が目立った。2021 年度も 2020 年度と同様、「知識」「創造」「学習」「システム」といった重要単語が目立った。これは 2020 年度の段階で研究テーマの内容がほぼ確定したためと思われる。ワードクラウドは第 4 章のアンケート結果（Q7）からも研究テーマの特徴を表す精度が高いことが確認されており、その時点で取り組んでいたテーマの特徴や、研究テーマの内容の変化を推察することが可能と考えられる。

進捗においても図 6-13～図 6-20 に示す通り、時間の経過とともに大きな変化がみられた。2018 年 4 月～9 月は機能の追加や改善が頻繁に行われており、「システム」「開発」「モデル」といった重要単語が目立った。2018 年 10 月～2019 年 3 月は自己調整学習や自己主導型学習の支援システムに関する研究のサーベイや論文の執筆に取り組んでいたため、「自己」「学習」「self」「learning」といった単語が目立った。2020 年 4 月～9 月は副テーマ研究であるアイデアマップ作成機能に関連する研究のサーベイや論文執筆を行っていたため、「アイデア」「マップ」「相関」「検定」という単語が目立った。2021 年 4 月～9 月は主研究テーマが知識創造学習支援システムへ固まり、システムを利用した実験の準備及び実験の実施を行ったため、「知識」「創造」「システム」「モチベーション」といった重要単語が目立った。長期利用の開始当初、主研究テーマは「個人の自律的な学習」に主眼が置かれていた。しかし先行研究のサーベイや、学会や国際会議での研究発表、指導教員とのディスカッション等を通じて、次第に「自律学習」から「知識創造型学習」というより具体的な学習形態へ、研究の主眼が移っていったことがワードクラウドからも浮き彫りとなった。

6.5.2 知識創造型学習支援システムの役割

4 年に渡る長期利用で見えてきた知識創造型学習支援システムの役割には大きく以下の 4 点があげられる。

1. 知識・アイデアの整理
2. 思考の深化
3. 課題・進捗状況の可視化
4. 場の共有と対話

まず知識・アイデアの整理について述べる。研究を進める上では、先行研究のサーベイを行い、そこで得られた知識を整理し、また既有の知識との結合が求められる。今回開発した知識創造型学習支援システムでは、図 6-5 で見られる通り、課題として対象となる書籍や論文を登録し、進捗に自身の言葉で内容を要約することで、知識の整理や既有の知識との結合を行うことができた。

次に思考の深化について述べる。図 6-7 で見られる通り、先行研究のサーベイ後、アイデアマップ作成機能を使用して先行研究を整理し、思考を深化させ、自身の研究の位置づけを行った。図 6-8 ではアイデアマップ作成機能を使用して研究テーマの内容を整理し、研究テーマの軸足を自己主導型学習から知識創造型学習へと移すきっかけとなった。第 5 章の実験においてアイデアマップの作成機能が思考の深化に有効であることが明らかになったが、長期利用によって実際に思考の深化に活用可能であることが確認できた。

研究活動は同時並行で様々なことを進めなければならない。例えば学会で発表を行うには、まず指導教員と打ち合わせを行い、発表内容の概要を決め、先行研究のサーベイを行い、実験用のシステムを開発し、実験計画書や実験手順書、アンケートを作成し、承認をもらい、実験を行う。実験後はデータを分析し、論文の執筆を行い、参考文献リストを作成し、何度も推敲を兼ねて論文の投稿を行う。その後、発表用のスライド・原稿の作成し、実際に学会で発表し、発表で得られた成果をまとめ、総括を行うといった流れとなる。実際には複数の学会発表や論文の投稿と重なることや、全く別の課題が発生する場合も多い。そのような様々な課題とその進捗状況を一目で把握するには情報の一元管理が重要となる。単純なものであれば、ToDo リストがあげられるが ToDo リストの場合、表面的な管理に留まり、具体的な進捗の内容や、成果物まで管理ができない。iroha Compass 上では TTP モデルの 2 階層目に当たる課題に ToDo を登録し、また TTP モデルの 3 階層目に当たる進捗として成果物を登録することによって、課題のステータスと具体的な進捗内容が可視化された（図 3-8、図 3-9）。課題・進捗の管理機能は自身の研究の状況を把握する上で重要な役割を果たし、また成果物の内容の分析によって多くの場面で TTP モデルによる情報の管理が機能していることが確認できた。

第 3 章の「システムのコンセプト」で述べた通り、iroha Compass は知識創造型学習における「場」となることを目指している。実際、筆者は 4 年間の長期利用の全ての期間、指導教員から遠隔による指導を受けてきたが、研究に必要な情報のほとんどを iroha

Compass 上で共有した。具体的には主テーマと副テーマの研究テーマを登録し、様々資料や課題や進捗の共有を行った。また図 6-4 や図 6-6 で示す通り、進捗に対する指導者のコメントやアイデア、質問が随時登録され、それに対して筆者が回答するなど、指導教員と筆者の対話がみられた。また第 2 章の「自己主導型学習」で述べた通り、自己主導型の学習には足場かけが重要となる。足場かけにおいては指導者と学習者の場の共有を共有し、対話を行うことが必要であるとされており、iroha Compass は足場かけにおける「場」としても一定の役割を果たしていたものと推察される。

6.6 結言

本章では、iroha Compass の 4 年間と長期利用に渡る評価とその結果について述べた。6.2 節で実験目的と実験方法について述べ、6.3 節で分析方法について、6.4 節で分析結果について述べた。最後に 6.5 節にて考察を述べた。

第7章

考察

7.1 緒言

本章では、これまでに述べた 3 つの研究成果をもとに、知識創造型学習支援システムについて考察を述べる。7.2 節では実験結果の考察を、7.3 節では知識創造型学習における iroha Compass の位置づけを、7.4 節では実験と長期利用によって浮き彫りとなった課題を、7.5 節では先行研究との位置づけを、最後に 7.6 章で知識創造型学習における本研究の成果の活用について述べる。

7.2 実験結果の考察

本研究における実験と利用は、表 7-1 に示す通り、短期、中期、長期と 3 回に分けて行った。短期的な実験としてはアイデアマップが知的文章へ与える影響を明らかにすることを目的にアイデアマップの作成機能の評価を行った。その結果、アイデアマップの作成が新しいアイデアの発見には至らなかったが、知識・アイデアの整理、思考の深化に効果があることが明らかになり、アイデアの向上において必要不可欠なアイデアの精緻化に役立つことが示唆された。

中期的な実験としては、iroha Compass が知識創造型学習に与える影響を明らかにすることを目的に、学習テーマと進捗管理機能を中心としたシステム全体を対象に 4 週間かけて評価実験を行った。その結果、第 2 章の「進捗の法則とインナーワークライフ効果」で述べたインナーワークライフ効果全体のプロセスは確認できなかったが、進捗の更新回数が多い人程、パフォーマンス（研究テーマの文章の質）が向上しており、また進捗の頻度とポジティブな感情には強い相関がみられ、知識創造学習支援システムにおいても進捗の頻度を増やすことが重要である可能性が示唆された。

中期的な実験後の各機能の有用性に関するアンケート結果（表 4-7）を元に作成した機能の目的の関係性を図 7-1 に示す。線の太さは役立ったと回答した人数を表している。iroha Compass の主要機能である課題・進捗の管理機能が知識・アイデアの整理に役立ったと 10 人中 10 人、モチベーションの維持等に役立ったと 10 人中 8 人が回答していることが分かり、iroha Compass の設計の目的と合致した結果となった。アイデアマップ作成機能については知識・アイデアの整理や思考の深化には役立ったが、新しいアイデアの発見には至らなかった回答しており、第 3 章の実験結果を裏付ける結果となった。

長期的な利用としては、iroha Compass が長期的な知識創造型学習において実際にどのように活用されるかを明らかにすることを目的に、4 年間にわたって筆者と教員 2 名で利用し、システムに蓄積された成果物や利用状況の分析を行った。その結果、研究活動における様々な課題・進捗の管理や、進捗の可視化、場の共通に活用され、また参考文献のまとめ、打ち合わせ、論文の執筆、発表資料の作成等、様々な場面で TTP モデルが適用可能なことが分かった。画面別の滞留時間からも課題・進捗の管理機能が最も長い時間使用さ

れた機能であることが分かり、課題・進捗の管理機能を中心としたシステムの設計が生かされた結果となった。またアイデアマップ作成機能においても研究における知識・アイデアを整理し、思考の深化、アイデア発想を支援し、またいくつかのアイデアマップは研究の方向性を変える起点ともなった。

表 7-1：短期・中期・長期の実験および利用

	短期的な実験	中期的な実験	長期的な利用と分析
該当する章	第 4 章	第 3 章	第 5 章
実験期間	2 時間	4 週間	4 年間
参加者	10 名（修士学生）	10 名（修士学生）	2 名（筆者と指導教員）
評価対象となる機能	アイデアマップ作成機能のみ	学習テーマと進捗管理機能を中心としたシステム全体	システム全体
目的	アイデアマップが知的文章へ与える影響を明らかにする。	iroha Compass が知識創造型学習に与える影響を明らかにする。	iroha Compass が長期的な知識創造型学習において実際にどのように活用されるかを明らかにする。
達成目標	アイデアマップの作成が深い学び（知識・アイデアの整理、思考の深化、新しいアイデア）の発見につながる。	iroha Compass における進捗が感情やモチベーションに影響を与え、パフォーマンスが向上する。	iroha Compass が知識創造動態モデルにおける場として役割を果たし、対話と実践による知識創造スパイラルが機能する。
結果	新しいアイデアの発見には至らなかったが、知識・アイデアの整理、思考の深化における有用性が確認できた。	感情とモチベーションの関係性、進捗とパフォーマンスの関係性が明らかになった。	知識・アイデアの整理や、課題・進捗の可視化、場の共有等に活用された。また TTP モデルの適用パターンを確認した。

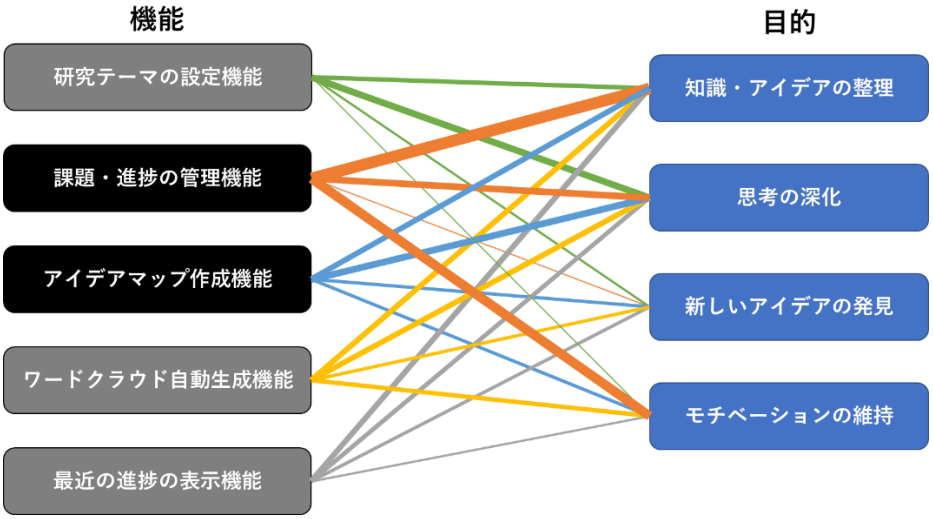


図 7-1：iroha Compass の機能と目的の関係性

7.3 知識創造型学習における iroha Compass の位置づけ

7.3.1 iroha Compass による知識創造型学習のモデル

本研究における iroha Compass の設計、評価、長期利用によって実証された知識創造型学習支援システムによる学習のモデルを図 7-2 に示す。まず iroha Compass の外部環境として、知的資源、学習者、外部データ、他者、成果物が存在する。知的資源は参考書籍・論文等の外部のリソースである。学習者の環境には iroha Compass に登録されていない既有の知識・経験、暗黙知、アイデア等が含まれる。外部データとしては執筆中の論文や分析データ等、主に PC 内に保存されているデータである。他者は指導者を指している。成果物としては論文や研究発表などが挙げられる。iroha Compass ではまず知的資源から知識を獲得し、iroha Compass に登録される。もしくは獲得した知識を既有の知識、経験、暗黙知に関連付けながら形式知化し、iroha Compass に登録される。iroha Compass では課題・進捗管理機能やアイデアマップ作成機能を使用して知識・アイデアの整理を行う。さらにアイデアの精緻化というベクトルにアイデアを変換するため、アイデアマップ作成機能を用いて思考の深化を行う。一方、アイデアの多様化というベクトルにアイデアを変換するため、課題・進捗管理機能や外部のコミュニケーションツール、もしくは対面にて指導者との対話を行う。学習者と指導者は iroha Compass という場を用いて、学習テーマや課題・進捗を共有し、指導者は必要に応じてアドバイスやコメントを登録するなど、足場かけを行う。また課題・進捗管理機能によって進捗状況を可視化し、学習者のメタ認知を支援する。アイデアが向上すると、そこから実践の結果として、論文や研究発表等の成果物が生み出される。

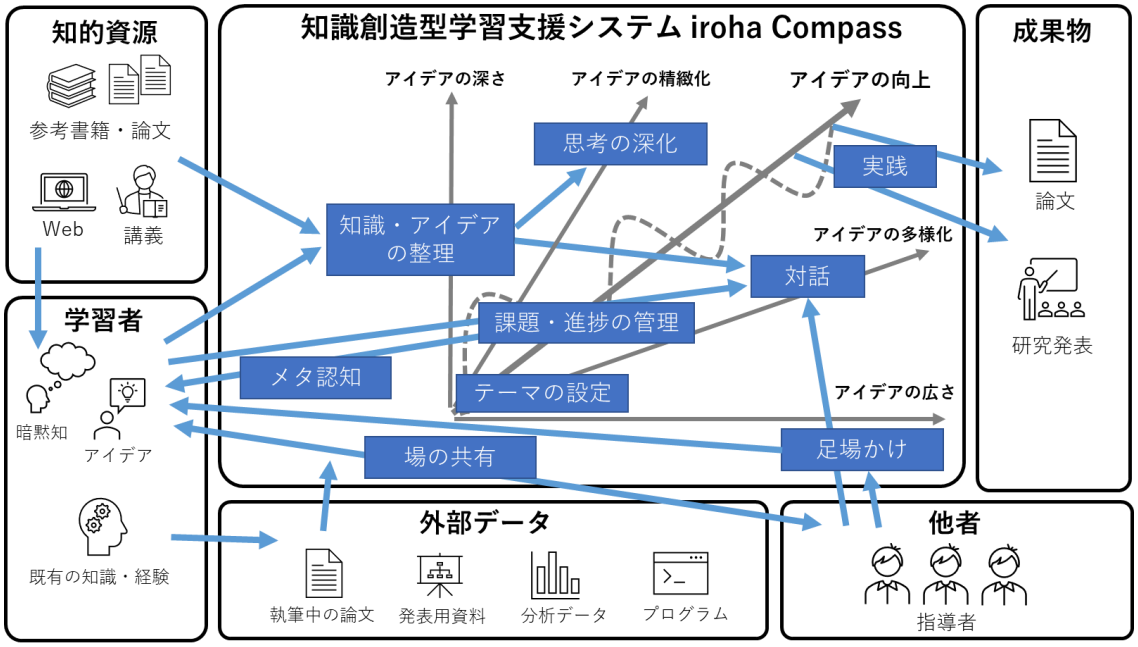


図 7-2：iroha Compass による知識創造型学習のモデル

7.3.2 知識創造動態モデルとの関係性

第 3 章の「システムのコンセプト」で述べた通り、iroha Compass は知識創造動態モデルを参考に設計を行った。短期、中期の実験では知識創造動態モデルにおける知識創造スパイラルを再現できなったが、長期利用によって実証することができた。具体的には知識創造型学習を始めるにあたってまず研究テーマの設定を行った。これは知識創造動態モデルの「ビジョン」に相当する。次に研究テーマにおける研究活動を進める上で必要な課題（タスク）を設定した。これは知識創造動態モデルの「駆動目標」に相当する。参考書籍、論文、Web、講義等の「知的資産」から知識を獲得し、日々の研究活動で発生した成果は進捗として iroha Compass に登録され、「形式知」へと変換される。また同時に学習者に「暗黙知」としても蓄積される。指導者の進捗に対するアドバイスやコメント、リアルのコミュニケーション等を通じて「対話」を行い、形式知が暗黙知へと変換され、また論文の投稿や研究発表等の「実践」を通して、暗黙知が形式知へと変換される。長期利用では対話と実践と通じた知識創造スパイラルが起きていることが、成果物の内容からも確認でき、知識創造動態モデルが iroha Compass に対しても適用可能であると思われる。

7.4 iroha Compass の限界と課題

7.4.1 進捗の可視化の限界

iroha Compass にはシステムへのアクセス数や進捗の更新回数を元に最近の進捗状況を

可視化する機能が搭載されているが、あくまでも iroha Compass 内部に蓄積されたデータを元にしている。第 6 章の図 6-23 で示す通り、学習者は iroha Compass を利用していない時も論文の執筆やデータ分析、発表資料の作成等、PC で作業を行っており、そのような活動状況は iroha Compass で可視化されることはなかった。またリアルで行われる研究発表や、実験の実施等も進捗も可視化されていない。全ての進捗を自動的に可視化することはできなくとも、例えば PC に作成した研究用のディレクトリ上のファイルの更新状況を監視し、iroha Compass の進捗と統合する等の工夫が必要と思われる。また物理世界の進捗を円滑に登録できる工夫が望まれる。

7.4.2 対話を支援する機能の不足

今回の研究で開発した iroha Compass は知識・アイデアの整理、思考の深化といった面では十分に活用されたが、対話の面では限定的な活用に留まった。その要因としては 3 点が考えられる。1 点目はリアルタイム性の欠如である。iroha Compass には課題・進捗機能に指導者がコメントや質問、アイデアを投稿できる機能が搭載されているが、掲示板形式となっており、学習者と指導者のやり取りにはタイムラグが生じる。そのためコミュニケーションの往復が少ないという課題が浮き彫りとなった。これを解消するにはチャット等、よりリアルタイム性の高いコミュニケーション機能が必要と思われる。2 点目は Skype やメール等の他のコミュニケーションツールとの統合性である。学習者と指導教員は iroha Compass 以外に Skype、メールを用いてコミュニケーションを行った。研究打ち合わせは Skype を用いて行っているため、口頭でのコミュニケーションとなり、簡易的な議事録を iroha Compass に登録していたが、大部分は記録されなかった。3 点目はリアルのコミュニケーションとの統合性である。指導者と学習者は対面で打ち合わせすることもあったが、その内容のほとんどが記録されなかった。

7.5 先行研究との位置付け

知識創造型学習支援システムの研究は 2000 年代から活発に行われてきた。Scardamalia らはユーザがコンテンツ（ビューとノート）を作成し、知識の構造化を行う知識構築環境「Knowledge Forum」を開発し、仮想空間に多様で創発的なオフラインの活動を発展させる場を実現している[Scardamalia, 2004]。Chootongchai らはオープンソースの LMS（Learning Management System）である Moodle をベースに、SECI モデルを適用したオンライン学習システムを設計・開発し、評価実験を行い、オンライン学習システムが高等教育の学習者の思考力やイノベーション能力を高めることを明らかにしている[Chootongchai & Songkram, 2018]。由井薗らは知識創造活動支援グループウェア「GUNGEN-SECI」を開発し、セマンティックチャットデータを用いた分散協調型 KJ 法によって表出化のみでは得られない新たな知識獲得を支援できることを明らかにしている

[由井薗 & 宗森, 2007]。Chatt らは Web 2.0 駆動型学習のフレームワークを提示し、SECI モデルに基づいたオンライン学習プロセスを提案している[Chatti et al., 2007]。大﨑らはアクティブラーニングとして今後発展が期待される知識創造型学習に焦点をあて、知識創造型学習の中で生成される共同体でのアイデアの変化と、そのプロセスにおける個人の貢献を捉えることを目的に、TF-IDF を用いてアイデアを構成するフレーズを抽出する方法と、抽出したフレーズを利用した SSNA との混合法による可視化の方法を提案している[大﨑 & 大島, 2019]。

従来の知識創造型学習支援システムでは、一つの学習テーマに対して複数の学習者が参加する協調学習での活用が検討されてきた。本論文における研究は、学習者一人一人がそれぞれ違った学習テーマに取り組み、指導者がそれらの学習テーマに参加する自己主導型で個別テーマ型の学習へ適用を行った。学習者自らが学習テーマおよび進捗の管理を行う機能を用いたという点で新規性があり、また第 4 章の評価実験と第 6 章の長期利用の結果からも、学習者自らが学習テーマおよび進捗の管理を行う機能は知識創造型学習に効果的であると考えられる。

アイデアを可視化する方法としては、長らく KJ 法や概念マップ（Concept Map）が用いられてきた[Novak, 1990]。宗森らの開発した発想支援グループウェア GUNGEN では、KJ 法のプロセスをコンピュータ上で再現し、協調学習に活用しており、従来の紙を使った KJ 法と比較して、同程度の効果が得られることが明らかになっている[由井薗 & 宗森, 2004]。1993 年に皆川が行なった理科教育に概念マップを活用した実験では、概念マップ作成が学習者の概念間の関係把握において効果が認められ、テストの正答率も向上することが分かった[皆川, 1997]。またコンピュータ支援による概念マップ作成システムの学習への適用に関する研究事例も多くみられる[Yamasaki et al., 2010]。東本らは概念マップを作成する学習支援システムを用いて実験を行い、概念マップの作成によって学習者の誤りが可視化され、学習者の理解が階層化、抽象化されることを示唆している[東本 et al., 2013]。このようにアイデアを可視化するツールを学習に生かす先行研究は多く見られるが、グループによる KJ 法を目的としたグループウェア研究や、学習者の理解度を評価してきていた。それに対して、本研究では可視化ツールが学習者の作成する文章にどのような影響を与えるかということに着目した点に新規性があり、第 5 章の評価実験の結果からも知識創造型学習における知的文章作成に効果的であると考えられる。

7.6 知識創造型学習における本研究の成果の活用

本研究では、従来の知識創造型学習支援システムや知識創造、知識構築、自己主導型学習、インナーワークライフ効果等に関する研究を参考に、自己主導型で個別テーマ型の知識創造型学習に必要な機能を検討し、システムの設計行い、効果や利用の実証を行った。

知識創造型学習において重要とされているのは「場」の存在である。場はオフィスや学

校など物理的空間だけではなく、SNS やグループウェアなど仮想的空間も場となりうる。本研究で開発した iroha Compass は知識創造型学習における「場」として役割を果たすことが期待される。

個別テーマ型の知識創造型学習の特徴として一人ひとり取り組む課題が異なり、また学習者が自己主導で進めている点が挙げられる。近年、学校教育の場でも一人一人の学習者の特性や関心、学習到達度等に応じて、指導方法や教材の柔軟な提供を行う「学習の個性化」や「指導の個別化」が注目されている。また学習者自らが課題を設定し、解決に向けて情報を収集・整理・分析し、周囲の人と意見交換・協働しながら学習を進める探求学習や、より実践的な問題解決に取り組む PBL（Problem Based Learning）が実際に多くの学校で実施されている。そのような自己主導型で個別テーマ型の学習を支援するためには同じ内容を一斉に教授することを想定した従来型の学習支援システムでは対応が難しく、一人一人の学習テーマや進捗に応じて個別に指導が行える個別テーマ型の知識創造型学習支援システムの需要が高まっていくと思われる。本研究で開発したシステムは、そのような学校教育の分野や高等教育機関における研究室活動での活用が期待される。

第 2 章の「知識創造型学習」で述べた通り、アイデアの向上にはアイデアの深さと広さの次元があり、アイデアの精緻化とアイデアの多様化という 2 つのベクトルへアイデアを変換させていくことが重要とされている。KJ 法を参考に本研究で開発したアイデアマップ作成機能は、知識・アイデアの整理や思考の深化に効果があることが第 5 章の実験で明らかになっており、アイデアの精緻化を行うツールとして活用が期待される。

7.7 本研究の限界と課題

本研究では知識創造型学習支援システム iroha Compass を開発し、大学院生の研究活動において評価実験と長期利用を行った。その結果、システムの評価方法や機能に課題があることが分かった。

第 4 章の評価実験では、実験期間中、M1 の学生 2 名が研究テーマを変更しており、事前に各自の研究のフェーズを考慮した上で実験を行うことが望ましいと考えられる。また評価実験は 4 週間かけて実施したが、実験期間中は研究テーマの文章の質と量に有意差が確認できず、より長期で実験を行うことも検討する必要があるものと思われる。

第 5 章の評価実験では、実験参加者のアイデアマップ作成機能の活用の度合いに大きな差がみられた。アイデアマップの作成に不慣れと思われる参加者も多くいると推察され、事前に創造技法の利用経験の有無を確認し、経験の少ない実験参加者についてはアイデアマップの作成方法について事前にレクチャーを行う必要があるものと思われる。特にグルーピング機能については、実験参加者の半数が戸惑いを感じていることが分かり、グルーピング機能のインターフェイスの改善や、グルーピングに関する事前の説明が追加で必要と思われる。また今回の実験では、アイデアマップ作成にかける時間を 20 分と設定した

が、実験後のアンケート結果から、アイデアマップ作成の時間が不足していた可能性も明らかになった。加えて文章の質の変化には有意差が見られたが、因果関係を示すためには、アイデアマップ作成を行うグループと行わないグループで、比較実験を行うことを検討する必要があると思われる。

第 6 章の長期利用では、iroha Compass 上での学習者と指導者の対話が限定的なものに留まっており、同期性の高いコミュニケーション機能の開発や、他のコミュニケーションツールとの連携等を検討していく必要があると思われる。また最近の進捗状況機能は、現状 iroha Compass における進捗の更新回数やアクセス数の可視化に留まっており、iroha Compass 以外の進捗や活動状況を円滑に反映する仕組みも検討する必要があると思われる。また iroha Compass は全体的に画面遷移の多い仕様となっており、より円滑に利用を促すにはユーザーインターフェイスの改善も合わせて検討する必要があると思われる。

今回の評価実験と長期利用では、あくまでも iroha Compass に登録された成果物の評価、分析に留まった。iroha Compass の知識創造型学習における効果を評価するには、実験参加者の知識創造を行う能力の評価方法についても検討する必要があるものと思われる。また iroha Compass は、学習テーマがある程度決まっていることが前提のシステムとなっている。しかし実際には学習テーマがなかなか決まらないケースも多くあると推察され、今後は学習テーマを決めるフェーズを支援することも検討していきたい。

7.8 結言

本章では、本研究で開発した知識創造型学習支援システムの設計と 3 つの評価実験の結果について考察を行った。7.2 節では実験結果の考察について述べ、7.3 節では知識創造型学習における iroha Compass の位置づけについて述べ、7.4 節では実験と長期利用によって浮き彫りとなったシステム上の課題について述べた。7.5 節では先行研究との位置づけついて述べ、7.6 節では知識創造型学習における本研究の成果の活用について述べ、最後に 7.7 節で本研究の限界と課題ついて述べた。

第8章

結論

8.1 本論文のまとめ

現代の社会において求められるスキルは、21 世紀型スキルとも呼ばれ、社会の中で起こる多様な問題や課題を見つけ出し、自ら考え、行動し、解決へ導けるスキルとされている。そのためには自らが課題設定を行い、よりよいアイデアや新しい知識を創り出し、問題の解決を行う学び方が求められている。本論文では、そのような学びに必要とされる知識創造型学習支援システムを設計し、その効果や利用の実証を行った。

序論では研究の背景と以下の 3 つの研究目的について述べた。

(1) 学習テーマおよび進捗管理機能の利用において進捗の頻度、感情、モチベーション、パフォーマンスにどのような関係が生じるかを明らかにする。

(2) アイデアマップ作成が学習者の知的文章作成へ与える影響を明らかにする。

(3) iroha Compass が長期的な知識創造型学習において実際にどのように活用されるかを明らかにする。

第 2 章では、知識創造や知識創造型学習、自己主導型学習、創造技法、モチベーション支援等、本研究に関連する先行研究について述べ、本研究の位置づけを行った。

第 3 章では、自身の進捗を管理する機能と創造技法を応用したアイデアマップ作成機能を柱とし、知識創造型学習に適した学習支援システム「iroha Compass」の設計について述べた。また知識創造型学習における情報をテーマ、課題、進捗の 3 階層で管理を行う TTP モデルについて説明を行った。

第 4 章では、（目的 1）学習テーマおよび進捗管理機能の利用において進捗の頻度、感情、モチベーション、パフォーマンスにどのような関係が生じるかを明らかにするため、学習テーマおよび進捗管理機能の評価と結果について考察を行った。実験の結果、進捗の頻度と感情、モチベーションには相関見られ、また進捗の更新回数が多い人ほど研究テーマの文章の質も大きく向上していること、感情とモチベーションには強い相関がみられたこと等が確認できた。

第 5 章では、（目的 2）アイデアマップ作成が学習者の知的文章作成へ与える影響を明らかにするため、アイデアマップ作成機能の評価実験の評価と結果について考察を行った。実験の結果、アイデアマップの作成は、新しいアイデアの発見までには至らなかったが、全体的に文章の質（特に実現可能性、構成と読みやすさ）を向上させる効果があることが確認できた。

第 6 章では、（目的 3）iroha Compass が長期的な知識創造型学習において実際にどのように活用されるかを明らかにするため、筆者自身が 4 年間と長期にわたる研究活動に、iroha Compass を利用し、ログデータの分析結果について考察を行った。長期利用の結果、iroha Compass が知識・アイデアの整理や思考の深化といった目的に活用され、指導教員との作業の共有、足場かけ等の状況についてもログデータを用いて検討できる可能性がわかった。

個別テーマ型の知識創造型学習の特徴として一人ひとり取り組む課題が異なり、また学習者が自己主導で進めている点が挙げられる。近年、学校教育の場でも「個別最適な学び」が注目されている。そのような学習を支援するためには同じ内容を一斉に教授することを想定した従来型の学習支援システムでは対応が難しく、一人ひとりの学習テーマや進捗に応じて個別に指導が行える知識創造型学習支援システムが今後求められると思われる。本研究の成果はそのような学校教育の分野や高等教育機関における研究室活動での活用が期待される。

8.2 知識科学への貢献

本論文では個別テーマ型の知識創造型学習に着目し、知識創造型学習支援システムを設計し、その効果や利用を実証することで知識科学に貢献している。

具体的には知識創造型学習に必要な機能を検討し、開発し、評価実験において、(1) 知識創造型学習支援システムの利用において進捗の回数とパフォーマンスの関係、感情とモチベーションの関係を明らかにした。(2) アイデアマップの作成が文章に与える影響を明らかにした。(3) 長期的な知識創造型学習によって具体的な活用例や、蓄積されたログデータを利用したデータの分析手法を明らかにした、の 3 点が挙げられる。

最後に本研究の社会に対する影響としては、知識創造型学習支援システムの開発とその実証を行うことにより、今後、学校教育において導入が期待されている知識創造型学習支援システムの設計や活用の参考となることが期待される。また本研究で開発した知識創造型学習支援システム iroha Compass は、オープンソースソフトウェアとして無償公開する予定であり、実際に iroha Compass が知識創造型学習にて広く一般に利用されることが期待される。

8.3 今後の課題と展望

本研究では、デジタル空間における知識創造型学習の場として、知識創造型学習支援システム「iroha Compass」を設計し、その効果や利用を実証した。学習者と指導者が学習テーマや課題、進捗を共有し、足場かけが行われるなど、場として一定の役割を果たしたが、場としての役割をさらに向上させるには学習者と指導者との「対話」機能のさらなる充実が望まれる。また現在の進捗の可視化は、あくまでも iroha Compass 上の活動の可視化に留まっている。現在の進捗や活動状況を統合的に把握するには、iroha Compass 以外のローカルの PC 作業や、他のコミュニケーションツールの履歴、物理空間の活動等を円滑にシステムに反映する方法を検討する必要がある。

今回の評価実験の結果から、実験にかける時間が足りない可能性や、比較実験の必要性など、評価方法に課題があることが分かった。また今回は iroha Compass に登録された成

果物の評価、分析に留まったが、今後は実験参加者の知識創造を行う能力の評価方法についても検討していきたい。

今回の評価実験によってポジティブな感情とモチベーションの強い相関が明らかになった。今後の展望としては、相手の進捗やコメントへの共感を示す機能など、学習者のポジティブな感情をサポートする機能を検討していきたい。また本研究でワードクラウド自動生成機能を開発したものの限定的な利用と評価に留まった。第 4 章の評価実験のアンケートでは自動生成されたワードクラウドが、自身の研究テーマの特徴を表していると 10 人中 9 人が評価していることが分かり、また第 6 章の長期利用と分析ではワードクラウドを成果物の内容の分析に活用し、進捗内容の特徴を表しており、今後はよりワードクラウドを活用して、進捗の可視化やメタ認知を支援する機能として開発を進めていきたい。また通常の頻出単語によって生成されたワードクラウドと、TF-IDF によって生成されたワードクラウドの比較実験等も行っていきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたって、多くの方々に多大なご支援をいただきました。この場をお借りして感謝の意を示します。

指導教員である由井薗隆也教授には、研究に関して様々なご指導、ご鞭撻を賜りました。本研究を進めるにあたって多くの有益な参考文献や、システムの評価方法、論文の書き方等を丁寧に教えていただき、また研究に関する様々な知識、アイデア、アドバイスを頂きました。約 6 年間と長期にわたり研究をサポートしていただき、また社会人学生として研究に打ち込める環境をご提供いただいたことに深く感謝いたします。

博士後期課程の副テーマ研究（第 6 章）においては、和歌山大学の宗森純教授、本校の神田陽治教授、Kim Eunyoung 准教授にご指導いただきました。深謝いたします。

第 5 章、第 6 章の研究では、由井薗研究室に所属する多くの学生が実験に協力してくださいました。大変感謝しております。

博士論文の学位審査にあたっては、外部審査員として千葉工業大学の三浦元喜教授、内部審査員として西本一志教授、藤波努教授、金井秀明准教授に貴重なお時間を割いて頂き、研究に関して様々で懇切なるご指導、ご助言を賜りましたことを心より感謝いたします。

最後に私事で恐縮ですが、長い社会人学生生活を理解し、常に献身的に支え続けてくれた妻・飛鳥に、心より感謝の意を表わさせていただきます。ありがとうございました。

参考文献

[Aizawa, 2003] Aizawa, A.（2003）「An information-theoretic perspective of tf‐idf measures」『Information Processing & Management』39, 1, pp. 45-65.

[Amabile & Kramer, 2011] Amabile, T., Kramer, S.（2011）「The Progress Principle: Using Small Wins to Ignite Joy, Engagement, and Creativity at Work」『Harvard Business Review Press』.

[Amabile, 2012] Amabile, T., Kramer, S.（2012）「The Progress Principle」『Diamond Harverd Bussiness Review』, pp. 40-55.

[Andreas, 2020] Andreas, M.（2020）「WordCloud for Python」https://amueller.github.io/word_cloud/（最終閲覧日：2022 年 4 月 18 日）.

[Avison et al., 1999] Avison, E., Lau, F., Myers, D., & Nielsen, A.（1999）「Action research」『Communications of the ACM』42, 1, pp. 94-97.

[Beckers et al., 2016] Beckers, J., Dolmans, D., & Van Merriënboer, J.（2016）「e-Portfolios enhancing students' self-directed learning: A systematic review of influencing factors」『Australasian Journal of Educational Technology』32, 2.

[Bereiter & Scardamalia, 2014] Bereiter, C., Scardamalia, M.（2014）「Knowledge Building and Knowledge Creation: One Concept, Two Hills to Climb」『Knowledge Creation in Education』, pp. 35-52.

[Buchner, 2014] Buchner, A.（2014）「G*Power：Statistical Power Analyses for Mac and Windows」https://www.psychologie.hhu.de/arbeitsgruppen/allgemeine-psychologie-und-arbeitspsychologie/gpower（最終閲覧日：2022 年 2 月 9 日）.

[Cake Software Foundation, 2020] Cake Software Foundation（2020）「CakePHP - Build fast, grow solid | PHP フレームワーク」https://cakephp.org（最終閲覧日：2022 年 2 月 9 日）.

[Chappell, 2019] Chappell, G.（2019）「Plato on Knowledge in the Theaetetus」『Stanford Encyclopedia of Philosophy』.

[Chatti et al., 2007] Chatti, A., Klamma, R., Jarke, M., Naeve, A.（2007）「The Web 2.0 driven SECI model based learning process」『Seventh IEEE International Conference

on Advanced Learning Technologies』, pp. 780-782.

[Chootongchai & Songkram, 2018] Chootongchai, S., Songkram, N.（2018）「Design and development of SECI and Moodle online learning systems to enhance thinking and innovation skills for Higher Education Learners.」『International Journal of Emerging Technologies in Learning』13, 3.

[Clayton, 2008] Clayton C.（2008）「教育×破壊的イノベーション: 教育現場を抜本的に変革する」『翔泳社』, pp. 148-153.

[Clow, 2013] Clow, D.（2013）「An overview of learning analytics」『Teaching in Higher Education』18, 6, pp. 683-695.

[Craig, 2000] Craig A. Mertler.（2000）「Designing scoring rubrics for your classroom」『Practical Assessment, Research, and Evaluation』7, 25, pp. 1-8.

[Cui et al., 2010] Cui, W., Wu, Y., Liu, S., Wei, F., Zhou, M. X., Qu, H.（2010）「Context preserving dynamic word cloud visualization」『2010 IEEE Pacific Visualization Symposium』, pp. 121-128.

[Drucker, 2012] Drucker, P.（2012）「Post-capitalist society」『Routledge』.

[Entwistle, 2000] Entwistle, N.（2000）「Promoting deep learning through teaching and assessment」『ESRC Teaching and Learning Programme』.

[Eppler, 2006] Eppler, M.（2006）「A Comparison between Concept Maps, Mind Maps, Conceptual Diagrams, and Visual Metaphors as Complementary Tools for Knowledge Construction and Sharing」『Information Visualization』5, 3, pp. 202-210.

[Finke, 1999] Finke, R.（1999）「創造的認知 ―実験で探るクリエイティブな発想のメカニズム」『森北出版』, pp. 42-46.

[Fischer & Scharff, 1998] Fischer, G., & Scharff, E.（1998）「Learning technologies in support of self-directed learning」『Journal of Interactive Media in Education』1998, 2.

[Griffin & Care, 2014] Griffin, P., & Care, E.（2014）「Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach」.

[Gruber, 2022] Gruber J.（2022）「Markdown」
https://daringfireball.net/projects/markdown/（最終閲覧日：2022 年 2 月 9 日）.

[Hamari et al., 2014] Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H.（2014）「Does gamification work?--a literature review of empirical studies on gamification」『47th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE 2014』, pp. 3025-3034.

[Hetherington, 2022] Hetherington, S.（2022）「Knowledge | Internet Encyclopedia of Philosophy」https://iep.utm.edu/knowledg/（最終閲覧日：2022 年 4 月 18 日）.

[Hong & Sullivan, 2009] Hong, Y., Sullivan, R.（2009）「Towards an idea-centered, principle-based design approach to support learning as knowledge creation」『Educational Technology Research and Development』57, 5, pp. 613-627.

[Lai, 2011] Lai, R.（2011）「Metacognition: A literature review」『Always learning: Pearson research report』24, pp. 1-40.

[Ley & Kump, 2010] Ley T, Kump B.（2010）「Gerdenitsch. Scaffolding Self-directed Learning with Personalized Learning Goal Recommendations」『International Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization』, pp. 75-86.

[Loyens et al., 2008] Loyens, M., Magda, J, Rikers, M.（2008）「Self-directed learning in problem-based learning and its relationships with self-regulated learning」『Educational psychology review』20, 4, pp. 411-427.

[Mertler, 2000] Mertler, C.（2000）「Designing scoring rubrics for your classroom」『Practical Assessment, Research, and Evaluation』7, 25, pp. 1-8.

[Nonaka, 1991] Nonaka, I.（1991）「The Knowledge-Creating Company」『Harvard business review』.

[Nonaka et al., 2000] Nonaka, I., Toyama, R., & Konno, N.（2000）「SECI, Ba and leadership: a unified model of dynamic knowledge creation」『Long range planning』33, 1, pp. 5-34.

[Novak, 1990] Novak, J.（1990）「Concept Mapping: A Useful Tool for Science Education」『Journal of Research in Science Teaching』27, 10, pp. 937-949.

[Novak, 2010] Novak, J.（2010）「Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations」『Journal of e-Learning and Knowledge Society』6, 3, pp. 21-30.

[Ostwald, 1915] Ostwald, M.（1915）「Nicomachean ethics」『Pearson』.

[Paavola & Hakkarainen, 2005] Paavola, S., & Hakkarainen, K.（2005）「The knowledge creation metaphor - An emergent epistemological approach to learning」『Science & education』14, 6, pp. 535-557.

[Paavola et al., 2004] Paavola, S., Lipponen, L., Hakkarainen, K.（2004）「Models of innovative knowledge communities and three metaphors of learning」『Review of educational research』74, 4, pp. 557-576.

[Paramythis & Loidl-Reisinger, 2003] Paramythis, A., & Loidl-Reisinger, S.（2003）「Adaptive learning environments and e-learning standards」『In Second european conference on e-learning』, pp. 369-379.

[Polanyi, 1997] Polanyi, M.（1997）「The tacit dimension」『Routledge』, pp. . 135-146.

[Popper, 1972] Popper, R.（1972）「Objective knowledge」『Oxford: Oxford University Press』.

[Reigeluth, 1983] Reigeluth, M.（1983）「Instructional design: What is it and why is it」『Instructional-design theories and models: An overview of their current status』, pp. 3-36.

[Saks & Leijen, 2014] Saks, K., & Leijen, A.（2014）「Distinguishing self-directed and self-regulated learning and measuring them in the e-learning context」『Procedia-Social and Behavioral Sciences』112, pp. 190-198.

[Salomon, 1992] Salomon, G（1992）「What does the design of effective CSCL require and how do we study its effects?」『Acm Sigcue Outlook』21, 3, pp. 62-68.

[Sawyer, 2018] Sawyer K.（2018）「学習科学ハンドブック 第二版 第 1 巻: 基礎/方法論 第 1 章 イントロダクション」『北大路書房』, pp. 1-13.

[Sawyer, 2018] Sawyer K.（2018）「学習科学ハンドブック 第二版 第 1 巻: 基礎/方法論 第 3 章 足場かけ」『北大路書房』, pp. 37-49.

[Scardamalia & Bereiter, 1991] Scardamalia, M, Bereiter, C.（1991）「Higher levels of agency for children in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media」『The Journal of the learning sciences』, pp. 37-68.

[Scardamalia & Bereiter, 2016] Scardamalia, M, Bereiter, C.（2016）「学習科学ハンドブック 第二版 第 2 巻」『北大路書房』, pp. 127-144.

[Scardamalia, 2004] Scardamalia, M. (2004)「CSILE/Knowledge forum」『Education and technology: An encyclopedia』183, p. 192.

[Schunk, 1990] Schunk, H. (1990)「Goal setting and self-efficacy during self-regulated learning」『Educational psychologist』25, 1, pp. 71-86.

[Shannon, 2008] Shannon, V. (2008)「Using metacognitive strategies and learning styles to create self-directed learners」『Institute for Learning Styles Journal』1, 1, pp. 14-28.

[Shih et al., 2010] Shih P, Chang Y, Chen C. (2010)「The Development and Implementation of Scaffolding-Based Self-Regulated Learning System for e/m-Learning」『Journal of Educational Technology & Society』13, 1, pp. 80-93.

[Stanley & Williamson, 2001] Stanley, J., & Williamson, T. (2001)「Knowing how」『The Journal of Philosophy』98, 8, pp. 411-444.

[Tokuhama-Espinosa, 2010] Tokuhama-Espinosa, T. (2010)「Mind, brain, and education science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching」『WW Norton & Company』, p. 255.

[Wood, 2001] Wood, D. (2001)「Scaffolding, contingent tutoring, and computer-supported learning」『International Journal of Artificial Intelligence in Education』12, 3, pp. 280-293.

[Yamasaki et al., 2010] Yamasaki K, Fukuda H, Hirashima T, Funaoi H. (2010)「Kit-Build Concept Map and Its Preliminary Evaluation」『Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education. Putrajaya, Malaysia: Asia-Pacific Society for Computers in Education』, pp. 290-294.

[Zeleny, 2005] Zeleny, M. (2005)「Human systems management: Integrating knowledge, management and systems」『World Scientific.』.

[Zimmerman, 2002] Zimmerman, J. (2002)「Becoming a self-regulated learner: An overview」『Theory into practice』41, 2, pp. 64-70.

[Zins, 2007] Zins, C. (2007)「Conceptual approaches for defining data, information, and knowledge」『Journal of the American society for information science and technology』58, 4, pp. 479-493.

[皆川, 1997] 皆川順（1997）「理科の概念学習における概念地図完成法の効果に関する研究」『教育心理学研究』45, 4, pp. 464-473.

[五郎丸 et al., 2014] 五郎丸秀樹, 伊藤淳子, 宗森純, 由井薗隆也（2014）「タブレット端末を用いた分散協調型 KJ 法支援グループウェアにおける画面サイズが KJ 法のグループ編成に及ぼす影響」『日本創造学会論文誌』18, pp. 35-54.

[工藤, 2013] 工藤拓（2013）「MeCab: Yet Another Part-of-Speech and Morphological Analyzer」 https://taku910.github.io/mecab/（最終閲覧日：2022 年 2 月 9 日）.

[溝上, 2013] 溝上慎一（2013）「「深い学び」につながるアクティブラーニング」『東信堂』, pp. 287-290.

[溝上, 2017] 溝上慎一（2017）「アクティブ・ラーニング導入の実践的課題」『名古屋高等教育研究』7, 3, pp. 269-287.

[高橋, 2016] 高橋誠（2016）「アクティブ・ラーニングに「創造技法」をどう活用すべきか 」『日本創造学会論文誌』20, pp. 11-15.

[三浦, 2014] 三浦元喜（2014）「GKJ: グループを対象にした紙ラベル作業の電子化支援システム」『コンピュータ ソフトウェア』31, 4, pp. 3-8.

[三浦 et al., 2021] 三浦幸太郎, 由井薗隆也, 宗森純（2021）「アイデアマップ作成機能 iroha Map の開発と知的文章作成への適用」『日本創造学会論文誌』24, pp. 97-118.

[三末 & 杉山, 1994] 三末和男, 杉山公造（1994）「図的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発について」『情報処理学会論文誌』35, 9, pp. 1739-1749.

[宗森 et al., 1994] 宗森純, 堀切一郎, 長澤庸二（1994）「発想支援システム郡元の分散協調型 KJ 法実験への適用と評価」『情報処理学会論文誌』35, 1, pp. 143-153.

[小山 et al., 1992] 小山雅庸, 河合和久, 大岩元（1992）「カード操作ツール KJ エディタの実現と評価」『コンピュータ ソフトウェア』9, 5, pp. 416-431.

[森本, 2008] 森本康彦（2008）「e ポートフォリオの理論と実際」『教育システム情報学会誌』25, 2, pp. 245-263.

[水本 & 竹内, 2011] 水本篤, 竹内理（2011）「効果量と検定力分析入門―統計的検定を正しく使うために―」『外国語教育メディア学会』, p. 47-73.

[杉山, 1993] 杉山公造（1993）「収束的思考支援ツールの研究開発動向」『人工知能学会誌』8, 5, pp. 568-574.

[西浦 & 國藤, 2016] 西浦和樹, 國藤進（2016）「SIG 設立と「アクティブ・ラーニング」に関する創造性教育研究の最新動向」『日本創造学会論文誌』20, pp. 1-3.

[青木, 2005] 青木久美子（2005）「学習スタイルの概念と理論―欧米の研究から学ぶ」『メディア教育研究』2, 1, pp. 197-212.

[大﨑 & 大島, 2019] 大﨑理乃, 大島純（2019）「社会意味ネットワーク分析とテキストマイニングの混合法による知識創造型学習の評価の提案」『日本教育工学会論文誌』43, pp. 13-29.

[東本 et al., 2013] 東本崇仁，今井功，堀口知也，平嶋宗（2013）「誤りの可視化による階層構造の理解を指向したコンセプトマップ構築学習の支援環境」『教境育システム情報学会誌』30, 1, p. 42–53.

[白水 et al., 2014] 白水始, 三宅なほみ, 益川弘如（2014）「学習科学の新展開 学びの科学を実践学へ」『認知科学』21, 2, pp. 254-267.

[文部科学省, 2012] 文部科学省（2012）「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて　～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～」『中央教育審議会』.

[文部科学省, 2017] 文部科学省（2017）「新しい学習指導要領等が目指す姿」https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/attach/1364316.htm（最終閲覧日：2022 年 2 月 9 日）.

[文部科学省, 2021] 文部科学省（2021）「個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実」https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseiouen/mext_01491.html（最終閲覧日：2022 年 2 月 9 日）.

[野中 et al., 2010] 野中郁次郎, 遠山亮子, 平田透（2010）「流れを経営する: 持続的イノベーション企業の動態理論」『東洋経済新報社』, pp. 43-78.

[野中 & 竹内, 2020] 野中郁次郎, 竹内弘高（2020）「知識創造企業 (新装版)」『東洋経済新報社』.

[由井薗 & 宗森, 2004] 由井薗隆也, 宗森純 （2004）「発想支援グループウェア郡元の効果～数百の試用実験より得たもの～」『人工知能学会論文誌』19, 2, pp. 105-112.

[由井薗 & 宗森, 2007] 由井薗隆也, 宗森純 （2007）「研究グループの知識創造活動を支援する GUNGEN-SECI の表出化と連結化」『情報処理学会論文誌』48, 1, pp. 30-42.

[由井薗 et al., 2008] 由井薗隆也, 宗森純, 重信智宏（2008）「大画面共同作業インタフェースを持つ発想支援グループウェア KUSANAGI が数百データのグループ化作業に及ぼす効果」『情報処理学会論文誌』49, 7, pp. 2574 - 2588.

[國藤 et al., 2008] 國藤進, 羽山徹彩, 三浦元喜, 澤井進（2008）「発想支援と協調学習」『人工知能学会誌』23, 2, pp. 200-209.

本研究に関する発表論文

査読付きの論文

[1] 三浦幸太郎、 由井薗隆也、宗森 純. アイデアマップ作成機能 iroha Map の開発と知的文章作成への適用、日本創造学会論文誌. 2021、 vol. 24、p. 97-118.

[2] 三浦幸太郎、 由井薗隆也. 知識創造型学習支援システム iroha Compass の開発と研究活動への適用、日本創造学会論文誌、2022 年 5 月 31 日投稿、2022 年 8 月 21 日採録、21 ページ.

国際会議での口頭発表

[1] Kotaro Miura、 Takaya Yuizono. iroha Compass: Development of a Self-directed Learning Support System Based on The Progress Principle and Creative Technique、14th INTERNATIONAL CONFERENCE on Knowledge 、 Information and Creativity Support Systems. 2019.

国内ワークショップ・研究会

[1] 三浦幸太郎、 由井薗隆也. 創造技法と進捗管理を用いた自律学習支援システムの提案、ワークショップ 2017 （GN Workshop 2017） 論文集. 2017、 p. 1-6.

[2] 三浦幸太郎、 由井薗隆也. 進捗の法則と創造技法を応用した自律学習支援システム「iroha Compass」の開発、 研究報告教育学習支援情報システム（CLE）. 2018、vol. 26、 no. 6、 p. 1-8.

付録

用語の定義

- **アイデア**
  ひらめき、考え、概念的な人工物。
- **アイデアマップ**
  知識やアイデアを、カードとリンクとグループによって可視化した図。(a)知識・アイデアを整理、(b)思考の深化、(c)新しいアイデアの発見の 3 つのプロセスを支援することを目的としている。
- **アクティブラーニング**
  主体的・対話的で深い学び。
- **学習**
  新しく知識を獲得、結合、もしくは変換すること。
- **学習科学**
  認知科学などから発展した分野で、現代のテクノロジーを駆使して実効性のある学習環境をデザインしようとする実践的な学問領域。
- **学習テーマ**
  一連の学習活動を表現する具体的な題名。研究テーマも iroha Compass では学習テーマとして扱われる。
- **個別テーマ型の知識創造型学習**
  一人一人が自ら学習テーマを設定し、取り組む知識創造型学習。
- **課題**
  (1) 設定した学習テーマの学習を進める上で必要なタスク、Todo。
  (2) 解決したい問題。
- **研究活動**
  研究テーマに沿って行われる一連の活動。
- **進捗**
  課題に取り組むことで発生した成果。
- **知識**
  経験や学習を通じて知り得たもの、もしくは周知の事実。言葉では説明できない暗黙知も含まれる。
- **知識科学**
  知識創造という視点から、自然科学、社会科学や人文科学の各分野の学問を融合し、知識の創造・蓄積・活用のメカニズムの探求と、未来社会のデザインを行う学問領域。

- **知識創造**
  形式知と暗黙知の相互作用によって自ら新たな知識を生み出すこと。
- **知識創造型学習**
  アイデアを向上させる学習。
- **知識創造型学習支援システム**
  知識創造型学習を支援する情報システム。
- **知的文章**
  あるテーマに関連する知識やアイデアを整理し、思考を深化させ、自らのアイデアを付加し作成した文章。
- **場**
  他者と共有可能な物理的もしくは仮想的空間。
- **深い学び**
  獲得した知識を既有の知識や経験に結び付け、概念を理解する学び。
- **モチベーション**
  活動するための精神的な原動力。
- **ワードクラウド**
  テキストデータ内の単語の重要度によって文字の大きさを変更し、視覚化する手法。