

キットビルド概念マップを用いた授業内分析のための マップアナライザの改良*

本多 俊雄^{†a)} 山中 彰[†] 前田 啓輔[†] 林 雄介[†]
平嶋 宗[†]

Improvement Map Analyzer of Kit-Build Concept Map for In-class Analysis by
Teacher*

Toshio HONDA^{†a)}, Akira YAMANAKA[†], Keisuke MAEDA[†], Yusuke HAYASHI[†],
and Tsukasa HIRASHIMA[†]

あらまし 教授者が学習者に伝えようとした内容に対する学習者の理解状況を把握するための枠組みとして、統一された構成部品を用いて概念マップを作成させるキットビルド概念マップが提案されており、授業実践を通してその有用性が確認されている。本研究ではキットビルド概念マップを用いた授業内での形成的評価を可能にするための概念マップの分析ツール（マップアナライザ）を、教授者が単独で利用できるように改良した。従来も学習者の作成した概念マップを集計・分析するマップアナライザが実装されていたが、教授者による授業内での分析を前提として設計されたものではなかったため、授業での利用のためにはこのマップアナライザを分析専従者が操作する必要がある、教授者単独では用いることができていなかった。本研究では、教授者による授業内での分析目的が(1) 集団分析、と(2) 個人分析、の二つに大別でき、それらが一連の手順で行われることに着目し、この二つの分析目的を想定して機能を集約した二つのモードの実装として従来のマップアナライザの改良を行った。改良されたマップアナライザの評価として、同マップアナライザの実践利用実績、実践利用者に対するアンケート調査、及び改良前のマップアナライザとのユーザビリティの実験的比較についても報告する。なお、現在、キットビルド概念マップを用いた授業実践は全て改良後のマップアナライザを用いて行われている。

キーワード 学習者、教授者、概念マップ、形成的評価、フィードバック

1. ま え が き

学校教育の場においては、授業で伝達した内容に関する学習者の理解状況を教授者が把握し、その理解状況を改善するための追加的な指導・教授を行うことの重要性が広く認識されている。特に、教授者が指導の途中段階において、その後の指導のために学習者の理解状況を評価し、その評価結果をもとに授業での教授の変更や補足的な教授、あるいはその後の授業計画の変更を行うといった一連の教授者の活動は形成的評価と呼ばれ、重要なものとされている[1]~[3]。進行中

の授業内における形成的評価に関しては ICT 技術による支援がその実現の方法として注目されており、クリッカーやレスポンスアナライザを導入している事例が報告されている[4],[5]。これらは教授者の質問に対する学習者の回答を授業内で集計・確認できるというもの为主であり、アンケート形式の質問であれば、学習者の回答を即時的に集計・可視化することが可能になっている。しかしながら、ここで測ることのできる学習者の理解状況はあくまで項目別のものとなっており、項目間に関連性がある場合のその関連性についての学習者の理解を測定することはこの方法ではできなかったといえる。

学習項目間の関連性がある構造的な学習内容であれば、その内容に対する理解の把握も構造的であることが望ましい。そこで、筆者らは学習者の理解状態を構造的に取得する手段としての有効性が認められている

[†] 広島大学大学院工学研究科，東広島市

Graduate School of Engineering, Hiroshima University, 1-4-1 Kagamiyama, Higashihiroshima-shi, 739-8527 Japan

a) E-mail: honda-t@lel.hiroshima-u.ac.jp

* 本論文はシステム開発論文である。

DOI:10.14923/transinfj.2017LEP0030

概念マップ [6] を用いて授業内での形成的評価の実現を試みている。概念マップとは、概念をノード、概念間の関係をリンクとした命題の集まりによる意味構造を表現した図的表現であり、知識の外化・整理活動に有効であるとされている [7]。しかし、学習者が概念マップの構成要素を教材から自由に選択し、組み合わせるといった一般的な概念マップ作成法では、構成された個々のマップを教授者が理解し評価する必要があり、授業内での評価は困難であった。そこで本研究では、この概念マップを自動診断する仕組みであるキットビルド概念マップシステムを用いる [8]。

キットビルド概念マップ（以下、KB マップ）では全ての学習者に同一の概念マップの構成部品を提供し、それを組み立てさせることで学習者の理解状況を外化させるという手法をとっている。部品から概念マップを組み立てること自体が学習として効果があることは実験的に確認されており [9], [10]、授業での利用も大学 [11], [12]、中学 [13], [14]、小学校 [15], [16] で行われている。また、授業内で学習者の作成した概念マップを分析し、その分析の結果に基づいて教授者が補足的な説明を行うといった利用としても、有効性を確認できており [17]、キットビルド概念マップを用いた授業内形成的評価が既に実現できていたといえる。

しかしながら、この先行研究で学習者の作成したマップの分析に用いられていたツール（以下ではマップアナライザと呼ぶ）は、キットビルド概念マップが可能にするマップ分析を網羅的に実現してはいるものの、教授者自身による授業内利用を想定して開発されたものではなかったため、教授者が単独でこのマップアナライザを運用することが困難であった。このため先行研究における実践では、教室内にマップアナライザに詳しい分析専従者を配置し、その分析専従者が教授者の要望に沿って直ちに分析を行うことで、授業内形成的評価を成立させていた。この方式では、(1) 教授者以外にマップアナライザを使い慣れた分析専従者の配置を必要とする、(2) 教授者が分析専従者に対して行いたい分析内容を説明する手間を必要とする、といった問題点があった。

先行研究での実践を通して、従来のマップアナライザが提供する機能で必要な分析は行えていたことは確認できており、また、教授者が授業内で行う分析は、(I) 集団分析、と (II) 個人分析、の二つに分けられるとの知見も得ている。本研究では、新たな分析機能を開発するのではなく、教授者が標準的にやっている集

団分析と個人分析を行いやすいようにマップアナライザを改良することを試みた。現在、キットビルド概念マップを用いた授業実践においては、改良されたマップアナライザを教授者自身が利用し、学習者の作成した概念マップの分析を行っている。本研究では、この利用実績に加えて、改良前と改良後の両方のマップアナライザの実践利用経験者に対するアンケート調査及び実験の利用における両マップアナライザのユーザビリティ評価によって本改良の評価を行っている。

以下本論文では、KB マップシステムについて概説した後、改良前のマップアナライザと比較しながら本研究で改良したマップアナライザについて説明する。更に、本改良の評価について報告する。なお、これ以降、先行研究で用いられていた改良前のマップアナライザをマップアナライザ 1、本研究で改良したマップアナライザをマップアナライザ 2 と表記する。

2. KB マップシステム

本章では、KB マップを用いた基本活動フローと、それを実現するシステムについて述べる。

2.1 ゴールマップ作成過程

教授者は学習者の理解すべき命題を教材などから抽出し、学習者の理解の目標となる概念マップを作成する。このとき教授者が作成する概念マップをゴールマップと呼ぶ。そしてこのゴールマップをノードとリンクの集まりに分解したものが、学習者に提供される構成部品（キット）となる。具体例として、「北半球の太陽の動き」の単元におけるゴールマップとキットをそれぞれ図 1、図 2 に示す。

2.2 学習者マップ作成過程

学習者は提供されたキットを組み合わせることで、ゴールマップの内容に関する自らの理解を外化した概念マップを作成する。この概念マップを学習者マップと呼ぶ。教授者は学習者マップを分析することにより、授業で伝達した内容に関する学習者の理解状況を概念



図 1 ゴールマップ
Fig. 1 Goal map.

マップの形で構造的に把握することが可能となる。

2.3 マップ分析・フィードバック

KB マップでは、全ての学習者マップは構成部品が同一であるため、マップ間の差異はノード間のリンクの接続の差異として抽出できる。これにより、システムを用いてゴールマップと学習者マップの比較、または学習者マップ同士の比較が容易に行える。特に前者の比較は学習者が正しく再構成できていない命題を抽出できるため、指導すべき対象の発見につながる。また、全ての学習者マップを重ね合わせることで、ゴールマップ内容に関する学習者全体の理解状況を概念マップの形で表現することが可能である。これを重畳マップと呼ぶ。重畳マップでは各命題を関連付けた学習者の人数を重畳度という形で数値表現している。この重畳マップを利用することで、学習者群としての理解状況の確認が容易になる他、ゴールマップと重畳マップの差分を抽出することで学習者群としての誤りの傾向を把握することができ、授業内での学習者群に対する形成的評価に利用できる。具体例として、図1に示したゴールマップに関する複数の学習者マップを重畳した重畳マップと、この重畳マップとゴールマップの差分を抽出した差分重畳マップをそれぞれ図3と図4に示した。このマップにより、教授者は「北半球におい

て太陽は南の空を通るのが正しいにもかかわらず、北の空を通ると誤解している学習者が5人いる」などといったことを即座に把握することができ、授業内に学習者全体の理解修正を行うことが可能になっている。

2.4 KB マップシステム

KBマップを組み込んだ教授活動を実現するための仕組みとして、KBマップシステムが開発されており、二つのクライアントシステムであるKBマップエディタとマップアナライザ、そしてサーバで構成されている。

KBマップエディタは、学習者マップ作成過程の支援を行うためのツールである。デスクトップPC版がFlexで、タブレットPC版がAdobe Air for Androidでそれぞれ開発されており、授業利用の環境や教授者の目的に応じて双方を使い分けている。デスクトップPC版のインターフェースを図5に示す。

マップアナライザは、マップ分析・フィードバック過程の支援を行うためのツールである。KBマップの事後分析を目的としたマップアナライザ1とKBマップの授業内分析を目的としたマップアナライザ2が存在し、共にFlexでWebアプリケーションとして開発されている。これらの詳細については、3.と4.で改めて述べる。

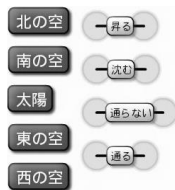


図2 キット
Fig. 2 Kit.

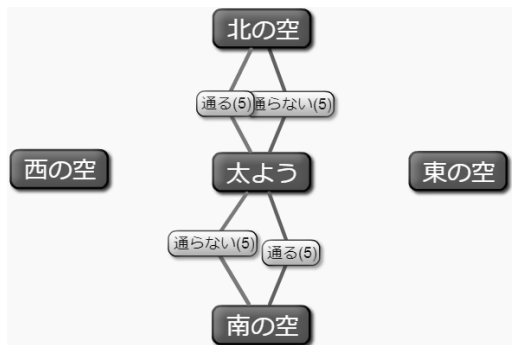


図4 差分重畳マップ
Fig. 4 The difference overlay map.

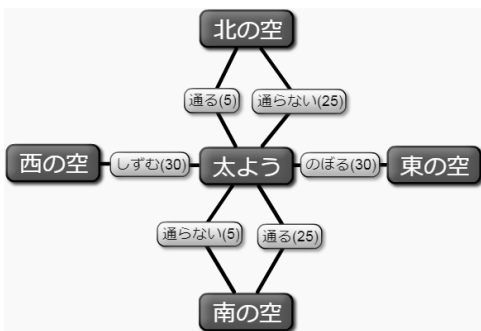


図3 重畳マップ
Fig. 3 The overlay map.



図5 KBマップエディタ (デスクトップPC版)
Fig. 5 KB map editor (desktop PC ver).

KB マップサーバは Ruby on Rails, MySQL で開発されている HTTP サーバであり, エディタ・アナライザ間のデータの受け渡しやユーザ・マップ情報の管理, また保存されているデータから概念マップのスコアなどの計算も行う。

3. KB マップアナライザ 1

KB マップアナライザ 1 は先行研究において学習者のマップを分析するために開発された Web アプリケーションである [8]。システムのインタフェースを図 6 に示す。

本章では KB マップアナライザの機能構成を概説し, 授業内利用における問題点について説明する。

3.1 マップアナライザ 1 のモード設定

KB マップアナライザ 1 では, 以下の機能を実現している。

- (a) 重畳マップの作成
- (b) 学習者マップの表示
- (c) ゴールマップの表示
- (d) 重畳マップの表示
- (e) 学習者マップ同士の比較
- (f) 学習者マップとゴールマップの比較
- (g) 重畳マップとゴールマップの比較
- (h) 学習者マップと重畳マップの比較
- (i) 重畳マップ同士の比較
- (j) ゴールマップの変更
- (k) マップと電子教材の対応付け

KB マップアナライザ 1 では, これらの機能を 6 モードに分けて実装しており, (1) ゴールマップ, 学習者マップ, 重畳マップといったデータベースに実データが格納されているマップをリストとして列挙し, また, 個々のマップ自体を表示するモードとしての「リスト」

モード (図 6 左上の「リスト」アイコンをクリックすることでモード移行), (2) データベースに格納されている二つのマップを指定し, その差分を提示する「比較」モード (「比較」アイコンでモード移行), の二つが主たるモードとなっている。

この二つのモードに加えて, (3) 学習者マップを選択し, それらを重畳する作業を行うモード (重畳作成モード, 「重畳」アイコンでモード移行), (4) 重畳マップを表示するモード (重畳表示モード, 「表示」アイコンでモード移行), (5) ゴールマップ調整モード (「調整」アイコンでモード移行), (6) ゴールマップを構成する命題が電子教材に対応付けられている場合, マップを構成するリンクラベルを指定することで, 対応する電子教材の部分を表示することができるモード (修正モード, 「修正」アイコンでモード移行) が用意されていた。ここで, 重畳マップの表示モードは, 格納されている重畳マップだけをリストアップし表示するだけのモードで, 授業運用上は利用されていない。また, 調整モードは, 重畳マップやそれとゴールマップの比較を通してゴールマップの調整が必要と判断した場合にゴールマップの調整を実施できるモードとなり, キットビルド概念マップの枠組みにおいて重要な機能となっているが, ゴールマップを信頼できることが前提となっている授業実践においては利用されていない機能となっている。修正モードについても, 授業実践においては電子教材を前提としていないため, 今回の改良には含まれていない。

KB マップアナライザ 1 の各モードとそれらで実現できる機能の対応を以下に示す。

- (1) リストモード: (b), (c), (d)
- (2) 比較モード: (e), (f), (g), (h), (i)
- (3) 重畳モード: (a), (b)
- (4) 表示モード: (d)
- (5) 調整モード: (g), (c), (j)
- (6) 修正モード: (b), (c), (d), (k)

3.2 マップアナライザ改良の必要性

マップアナライザ 1 を用いた授業内形成的評価・フィードバックの実践は 2012 年から 2014 年の間に 6 単元のゴールマップに関してのべ約 550 人の児童を対象に合計 28 時限実施されており (小学校 3 年生理科 13 時限, 小学校 5 年生理科 2 時限, 小学校 6 年生理科 4 時限, 中学校 1 年生社会 9 時限), いずれの実践においても教授者は学習者マップの分析結果から学習者の理解状況を把握し, それに応じたフィードバックを

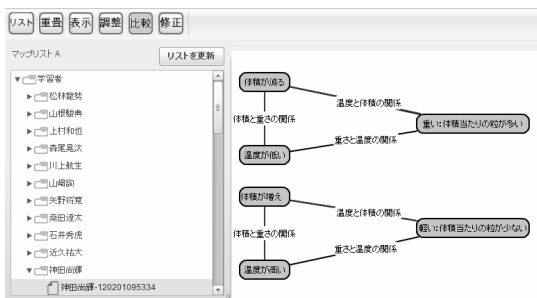


図 6 KB マップアナライザ 1
Fig. 6 KB map analyzer 1.

表 1 基本的な分析意図とそれを達成するための分析操作
Table 1 Basic analysis objectives and analysis operations to achieve the objectives.

	分析意図	分析操作
1	学習者全体の理解状況を把握したい	重畳マップの表示
2	学習者全体の理解状況と正解の差分を把握したい	重畳マップとゴールマップの比較
3	学習者全体と学習者個人の理解状況の差分を把握したい	重畳マップと学習者マップの比較
4	学習者全体の理解状況の推移を把握したい	重畳マップ同士の比較
5	学習者個人の理解状況を把握したい	学習者マップの表示
6	学習者個人の理解状況と正解の差分を把握したい	学習者マップとゴールマップの比較
7	異なる学習者同士の理解状況を把握したい	作成者の異なる学習者マップ同士の比較
8	学習者個人の理解状況の推移を把握したい	作成者が同一の学習者マップ同士の比較

行うことができた。しかしながら、マップアナライザ 1 は、教授者が授業内に学習者マップを分析し、それに応じたフィードバックを授業内で行うという教授活動を想定した設計になっておらず、教授者が授業内に 1 人で分析を行うことは困難であったため、教室内に分析専従者を配置し、その分析専従者が教授者の要望に応じてアナライザを操作することで実践を行っていた。このため、分析専従者の確保が必要であることと、(2) 教授者が分析専従者に対して行いたい分析内容を説明する手間を必要とする、といった問題点があった。

そこで本研究では、マップアナライザ 1 を改良し、教授者自身が授業内に学習者マップを分析することを可能にするマップアナライザ 2 の設計・開発を行った。

4. マップアナライザ 2

4.1 マップ分析活動の整理

2名の小学校理科専科教諭とシステム開発者（筆者ら）でマップアナライザ 1 を用いた理科授業実践に関する検討・考察を行って行く中で、授業内利用においては、マップ分析の目的は、幾つかに限定されること、更にそれらを集団に対するものと、個人に対するものに分けることができるであろうことで、2名の教諭及び筆者らが合意した。次に、2名のうち1名の教諭と筆者らが意見交換を行いながら、マップ分析の目的と、その分析を満たす分析操作の整理を行った。更に、その整理についてもう1名の理科専科教諭、及び中学校社会でマップアナライザ 1 の授業利用を行ったことのある教諭にも検討してもらい、調整の上合意したのが表 1 の分析目的とその目的に対する分析操作である。更に、これらの分析目的は、(I) 集団分析 {(1)-(4)},

と (II) 個人分析 {(5)-(8)} に分けることができることも、合意することができた。このような整理に基づいてマップアナライザ 1 の改良として開発されたのがマップアナライザ 2 である。マップアナライザ 2 の具体的なモード設定については、次節で述べる。

なお、上記の分析・整理は定性的なものであり、定量化できないが、実践利用者である教諭との協議に基づく整理となっており、信頼性は高いと判断し、それに基づく実装を行った。また、上記のような機能の整理としての改良以外にも、操作手順の改良やゴールマップを教授者が作成する機能なども行っているが、「教授者が単独でマップアナライザを使えるようにする」、という本研究の目的においては本質的とは言えないので、本論文では割愛する。また、2名の理科専科教諭のアナライザ 1 の実践利用時間は、それぞれ 15 時限、4 時限であり、互いの授業を数時限ずつ参観している。また、分析目的と分析操作の整理の際に意見交換を密に行ったのは、利用時限数の多い教諭である。

4.2 マップアナライザ 2 におけるモード設定

本研究では上記で述べたマップ分析活動の整理に基づいて、(1) 集団分析モード、と (2) 個人分析モードに、マップ分析機能を集約することで、マップアナライザ 2 を開発した。以下では各機能の詳細について解説する。

4.2.1 集団分析モード

集団分析モードは、表 1 の (1)-(4) の分析目的のための分析操作を集約したモードとなっており、集団としての学習者の理解状況を把握するための分析操作を同一モード内で行える。集団分析モードで行える主な操作を以下に示す。



図 7 集団分析機能画面
Fig. 7 Interface of group analysis.

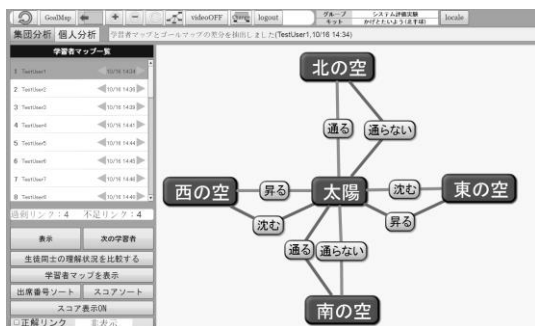


図 8 個人分析機能画面
Fig. 8 Interface of individual analysis.

- (1) 重畳マップの作成
- (2) 重畳マップの表示
- (3) 重畳マップとゴールマップの比較
- (4) 重畳マップと学習者マップの比較
- (5) 重畳マップ同士の比較

教授者はこれらの操作により、授業で伝達した内容に関する学習者全体の理解状況を構造的かつ網羅的に把握し、間違いの指摘や授業内容の改善といったフィードバックを授業内に行うことが可能となっている。集団分析モードの画面を図 7 に示す。

4.2.2 個人分析モード

個人分析モードは、表 1 の (5)-(8) の分析目的のための分析操作を集約したモードとなっており、個人としての学習者の理解状態を把握するための分析操作を同一モード内で行える。個人分析モードで行える主な操作を以下に示す。

- (1) 学習者マップの表示
- (2) 学習者マップとゴールマップの比較
- (3) 学習者マップ同士の比較

教授者はこれらの操作によって学習者個人の理解状況を構造的かつ網羅的に把握し、間違いの指摘や授業内容の改善といったフィードバックを授業内に行うことが可能となっている。機能画面を図 8 に示す。

5. マップアナライザ 2 の評価

マップアナライザ 1 を改良して、マップアナライザ 2 を開発した目的は、教師単独での授業内でのマップ分析を実践的に実現することであった。この改良が適切に行えたかの評価として、まず、(評価項目 1) マップアナライザ 2 の授業利用実績、を示す。この実績は、直接的に本改良が目的を達成していることを示唆するものとなる。また、マップアナライザ 1 が改良を要するものであり、マップアナライザ 2 が改良されたものになっていることを示すために、(評価項目 2) 両マップアナライザの利用経験者による両アナライザに関するアンケート調査の比較、及び、(評価項目 3) 実験利用によるユーザビリティの両アナライザの比較、を行ったので、それぞれ説明する。

5.1 利用実績：評価項目 1

開発したマップアナライザ 2 は既に小学校で小学校教諭 2 名が 67 時限 (1 時限：45 分, 3 年生理科 5 時限, 4 年生理科 4 時限, 5 年生理科 30 時限, 6 年生理科 18 時限 単元：「月と太陽」, 「人や動物の体」, 「植物の体」, 「電流のはたらき」), 中学校で中学校教諭 1 名が 5 時限 (1 時限：50 分, 1 年生社会 5 時限 単元：「南アメリカ州」), 大学で大学教員 6 名が 50 時限 (1 時限：90 分 講義内容：「データベースモデル」, 「Database Engineering」, 「マルチメディアシステム」, 「人間学特殊研究」) の授業利用を行っており、いずれの場合においても、マップアナライザ 1 においては必須としていた分析専従者を配置せず、教授者が直接マップ分析とその結果に基づくフィードバックを行っている。なお、小学校及び中学校の授業に際しては複数名の補助員が参加しているが、マップ分析に関与することはなく、生徒へのタブレット配付・回収、授業記録、トラブル対応 (生徒のタブレットが動かなくなったなど) を担当している。これらのことから、本研究の目的である、教授者が単独でマップ分析ができるマップアナライザの開発は行えたと判断している。

5.2 アンケート評価：評価項目 2

5.2.1 評価方法

両アナライザの授業利用実績のある小学校教諭 2 名、大学教諭 1 名に対して、全 10 項目からなるアンケー

表 2 授業内分析ツールとしての有用性に関するアンケート
Table 2 Questionnaire of usefulness as the tool of analysis in classroom.

	項目	評価
1	教授者用アナライザは教授内容に関する学習者全体の理解状況をリアルタイムで把握するのに役立つ	5
2	教授者用アナライザでは授業内容に関する学習者全体の理解状況を分かりやすく可視化できていた	4.7
3	教授者用アナライザでは授業内容に関する学習者全体の理解状況を網羅的に表現できていた	4
4	教授者用アナライザは授業内容において学習者全体で特に理解の進んでいない内容を即座に把握するのに役立つ	5
5	教授者用アナライザは授業内容において学習者全体で特に多い間違いを即座に把握するのに役立つ	4.7
6	教授者用アナライザを用いることで学習者全体に指導するにあたって適切な情報を提供することが出来た	5
7	教授者用アナライザを用いることで学習者全体を対象とした形成的評価を授業内に実現できた	4.3
8	キットビルド概念マップを授業で上手く活用することが出来た	2.7
9	キットビルド概念マップを組み込んだ授業は有用である	4.7
10	キットビルド概念マップを組み込んだ授業を今後も行っていきたい	5
	平均評価	4.5

トを実施した。アンケートは、前半7項目はKBマップアナライザ2の授業実践における有用性を、後半3項目はKBマップを組み込んだ授業に関する評価を問う内容となっており、各質問項目に対して5（全くそう思う）から1（全くそう思わない）の5段階で評価をもらった。アンケートの質問項目と教諭らによる評価結果の平均を表2に示す。

5.2.2 評価結果と考察

マップアナライザ2に関する質問である前半7項目に関しては全ての項目で4以上の評価が得られている。このことから、マップアナライザ2の授業実践における有用性は高い判断されたことが示唆される。特に学習者全体の理解状況を授業内で把握すること、学習者全体に再指導すべき内容を把握すること、学習者にフィードバックを返す際に適切な情報を提示することに関しては、3名の教諭全てが最高評価をしており、このことから本研究の目的である授業内形成的評価の実現のための分析ツールの開発という目的は達成できていると示唆される。後半の3項目はKBマップを授業において利用することに関する質問となっているが、授業利用の有効性及び利用意欲については高い評価が得られた。KBマップを授業で上手く活用できたかという項目8に関しては、低評価であったため、このことに関しては教諭らにインタビューを行ったところ、全員から「KBマップには様々な授業内利用における可能性があり、自らの授業ではまだその一部の面では活用できていないため、低評価とした」という

趣旨のコメントが得られた。また、この3名全員がその後も継続的にマップアナライザ2を用いてKBマップを授業利用している。これらのことから、項目8における評価は、マップアナライザ2に問題があるとの指摘ではないと解釈できる。なお、このアンケートではマップアナライザ1との比較としての回答を求めているが、これは、マップアナライザ1においても分析専従者がマップ分析を担当することで、同様のことが行えていたと考えているからである。マップアナライザ2においては、教授者が単独で直接マップ分析を行うことになったが、その利用においても有効であるとの判断が得られれば、マップアナライザ2の有効性を示すものといえ、今回の結果はその有効性を示していると判断している。

5.3 実験的評価：評価項目3

本節では、開発したマップアナライザ2と従来システムであるマップアナライザ1を比較して評価するために、SUS (System Usability Scale) [18]を利用して行った評価実験について報告する。SUSとはシステムのユーザビリティを評価するための枠組みとして、最も広く利用されている質問票である。全部で10個の質問項目が存在し、それぞれの質問に対して1（全くそう思う）から5（全くそう思わない）の5段階評価を行うことで、システムの総合的なユーザビリティを100点満点で評価することができる。また、現在のところSUSの日本語訳として確定したものはなく、それぞれの研究が独自に訳して用いている。本研究にお

表3 分析課題
Table 3 Analysis tasks.

1	アナライザ2	集団	教授者用アナライザ（新アナライザ）を用いて、学習者全体でゴールマップ命題において特に誤解の多い命題（最も多く引かれている過剰リンクの命題）を示してください
		個人	教授者用アナライザ（新アナライザ）を用いて、「Test User9」がゴールマップ命題において誤解している命題（過剰リンクが引かれている命題）を全て示してください
2	アナライザ1	集団	KB マップアナライザ（旧アナライザ）を用いて、学習者全体でゴールマップ命題において特に理解の進んでいない命題（最も多く引かれている不足リンクの命題）を示してください
		個人	KB マップアナライザ（旧アナライザ）を用いて、「Test User4」がゴールマップ命題において理解していない命題（不足リンクが引かれている命題）を全て示してください

いてもそれらの日本語訳を参考にしたものを使用して、SUS 評価尺度については Sauro らのものを使用した [19]。被験者は 5.2 のアンケート回答した 3 名に加えて、授業の結果分析の目的でマップアナライザ 1 を実践的に利用したことのある大学教員 2 名を加えて、5 名であった。

5.3.1 実験で用いた課題

SUS を用いたシステム評価はこれまでも多く行われており [20]~[23]、システムが取り扱う典型的な事例を課題として与え、その課題遂行時のシステムの使い勝手を評価するものとなっている。本実験においても分析課題として、これまでの授業実践記録を参考に KB マップを組み込んだ小学校理科授業における典型的分析事例と考えられるものを設定した。本実験で用いた分析課題を表 3 に示す。ここで、用意した分析課題が典型的分析事例として妥当であるかという判断に関しては、被験者全員から肯定的回答が得られた。なお、大学教員 3 名のうち 1 名は、自身の作成したシステムを用いた授業実践を小学校で 5 年間に渡って継続的に行っており、小学校での授業について豊富な経験をもつ。また 1 名は KB マップに関する小学校での実践活動に開発者として参加しており、多くの KB マップを用いた授業実践に立ち会っている。残りの 1 名は、小学校実践に関しての経験はないものの、大学教育に関して授業デザインに関する研究を行っている。これらのことから、この 3 名からの回答も利用可能であると判断した。

具体的な分析課題としては、集団を対象にしたものと個人を対象にしたものの 2 種類を用意した。この課題を解決する上で必要な機能を KB マップシステムがもっていることを知っていることは各被験者に確認している。課題の遂行順序は、表 5 の順番また、今回各課題において分析の対象となるマップデータは、前章で述べた小学校 3 年生 1 クラス 31 名を対象にして行

表4 SUS 評価結果
Table 4 Evaluation results of SUS.

項目	2	1
自分はこのシステムをしばしば使いたいと思う	3.8	1.6
自分にとってこのシステムは不必要なほど複雑であると感じた	3.2	2.4
自分はこのシステムを容易に使えと思った	3.4	1.6
自分がこのシステムを使うのに専門家のサポートがいるかもしれない	2.8	1.8
自分はこのシステムにある様々な機能が良くまとまっていると感じた	3.8	2.2
自分はこのシステムでは一貫性のないところが多くあったと思った	3.8	2.8
大抵のユーザはこのシステムの使用法を素早く学ぶだろう	2.4	1
自分はこのシステムはとても扱いにくいと思った	3.2	1.6
自分はこのシステムを使う自信がある	3	1.6
自分がこのシステムを使い始める前に学ぶ必要があることが多くあると思った	2.6	1.4
得点	80	45

われた授業実践のデータを用いている。

なお、課題の遂行は、課題遂行の順序の効果を押さえるために表 5 の遂行順の項目に示した順番で行った。

5.3.2 評価結果と考察

SUS による評価結果を表 4 に示す。ここでは (1) マップアナライザ 2 単体としての評価結果と、(2) マップアナライザ 1 とマップアナライザ 2 の比較における評価結果についてそれぞれ考察する。

まず (1) に関しては、教諭らの SUS による評価を

表 5 分析課題に取り組んだ時間の平均
Table 5 Average time to complete the tasks.

	平均時間	標準偏差	遂行順
旧：集団	1分35秒	50.47	2
新：集団	55秒	36.17	1
旧：個人	2分18秒	99.7	3
新：個人	34秒	15.49	4

平均化したところ 80 点となった。この数値は SUS では A- という評価になり、上位 15% に入るユーザビリティであることを示している。このことから、開発したマップアナライザ 2 のユーザビリティは実践利用を行った教授者から高く評価されているといえる。特にシステムの複雑性や機能のまとまり、操作性の容易さ、一貫性に関する評価は小学校教諭、大学教諭共に高評価を付けており、マップアナライザ 2 の設計時に考慮した授業内利用に適した機能配置が実現できているといえる。一方「自分がこのシステムを使うのに専門家のサポートがいるかもしれない」、「大抵のユーザはこのシステムの使用法を素早く学ぶだろう」、「このシステムを使い始める前に学ぶべきことが多くあると思った」という質問項目に関しては、比較的 low 評価であった。これはマップアナライザ 2 が KB マップを用いた授業を前提としたものであり、KB マップを用いた授業自体が一般化されたものではなく、そこから知る必要があることが原因として挙げられる。したがって、今後のシステム改良の際には KB マップをよく知らないユーザであっても、マップアナライザ 2 を用いて目的的分析操作を問題なく行えるような仕組みの開発が必要であると考えられる。

次に (2) に関しては、マップアナライザ 1 が 45 点、マップアナライザ 2 が 80 点であるため、マップアナライザ 2 の方がマップアナライザ 1 よりも高評価であるという結果が示された。項目別の評価を比べても全ての項目でマップアナライザ 2 の方が高評価を得ている。また、分析課題に取り組んだ時間の平均と標準偏差を表 5 に示す。データ数が少なく、統計的に有意とはいえないものの、傾向として、集団・個人それぞれを対象とした分析課題においてマップアナライザ 2 の方が短い時間で目的的分析をこなすことができたということが分かる。また標準偏差から、マップアナライザ 2 はマップアナライザ 1 よりも被験者ごとの分析時間の差が小さく、ユーザのシステム利用経験に

依らず扱えるシステムであることが示唆されている。したがって、これらの結果からマップアナライザ 2 はマップアナライザ 1 よりもユーザビリティが高く、本研究で行った改良が妥当であったことが示唆された。

なお、授業内利用を想定した課題において、そのような課題を想定して機能整理とモード設定を行ったアナライザ 2 が、機能を網羅的に実装しただけのアナライザ 1 よりもユーザビリティにおいて優れているのは当然といえるものの、このことを実験的に確認したことには意義があると判断している。

以上、評価項目 1, 2, 3 のそれぞれにおいて良好な結果が得られたことから、マップアナライザの改良は成功したと判断している。

6. む す び

本研究では、教授者が KB マップを用いた授業を行った際に、マップアナライザを用いたマップ分析を単独で行えるように、マップアナライザの改良を行った。この改良は、授業内分析の目的を、集団分析と個人分析に大別し、それぞれに必要な機能を集約したそれぞれに特化したモードを設定することで行った。評価としては、実践利用による有用性の確認とアンケートによる有用性の評価、そして SUS 等を用いたシステム評価実験によるユーザビリティ評価を行った。結果として、複数回の実践利用を通してマップアナライザ 2 の有用性は確認された。また、マップアナライザ 2 を用いて KB マップを組み込んだ授業を行った経験のある教授者へのアンケートの結果から授業内分析ツールとしての有用性も検証された。また、システム評価実験の結果から、マップアナライザ 1 よりもユーザビリティは高いことが事例的ではあるものの検証できた。

今後の課題としては、KB マップに詳しくない一般的な教授者に扱えるようにシステム改良を行うこと、今回得られたアンケート結果に基づいて KB マップを活かした授業方法の開発を行うことなどが挙げられる。

文 献

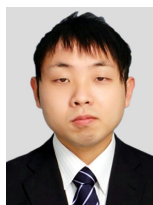
- [1] 柴田義松, 教育の方法と技術, 平沢 茂 (編), 図書文化社, 東京, 2006.
- [2] V. Shute, "Focus on formative feedback," Review of Educational Research, vol.78, no.1, pp.153-189, 2008.
- [3] 安藤輝次, "形成的アセスメントの理論的展開," 関西大学「学校教育学論集」, 第 3 号, pp.15-25, 2013.
- [4] 青野 透, "授業内容改善に結びつくクリッカーの活用—

- 大学文系授業の一例,” 2009PC カンファレンス論文集, 2009.
- [5] 稲葉利江子, 他, “発言の自由度を高めたレスポンスアナライザを活用した大学授業の実践と評価 (<特集> 大学教育の改善・FD),” 日本教育工学会論文誌, vol.36, no.3, pp.271–279, 2012.
- [6] C. Nesbit, “Adesope: Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis,” *Review of Educational Research*, vol.76, no.3, pp.413–448, 2006.
- [7] J.D. Novak and A.J. Canas, “The theory underlying concept maps and how to construct them,” *Technical Report*, IHMC CmapTools, 2006.
- [8] T. Hirashima, K. Yamasaki, H. Fukuda, and H. Funaoi, “Framework of kit-build concept map for automatic diagnosis and its preliminary use,” *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol.10, no.1, pp.1–21, 2015.
- [9] 舟生日出男, 石田耕平, 福田裕之, 山崎和也, 平嶋 宗, “概念マップ作成方式の違いによる記憶効果の際の比較,” *日本教育工学会論文誌*, vol.35, no.2, pp.125–134, 2011.
- [10] 林 雄介, 溝下祐理子, 平嶋 宗, “読解支援としての表作成とキットビルド概念マップ作成の比較,” *教育システム情報学会誌*, vol.34, no.2, pp.178–183, 2017.
- [11] 茅島路子, 宇井美代子, 林 雄介, 平嶋 宗, “概念マップを用いた授業内容の伝達状況把握とそれに基づく大学教員の授業リフレクション,” *教育システム情報学会研究報告*, vol.29, no.2, pp.59–64, 2014.
- [12] M. Alkhateeb, Y. Hayashi, T. Rajab, and T. Hirashima, “Comparison between Kit-Build and scratch-build concept mapping methods in supporting EFL reading comprehension,” *Information and Systems in Education*, vol.14, no.1, pp.1–15, Jan. 2015.
- [13] T. Nomura, Y. Hayashi, T. Suzuki, and T. Hirashima, “Knowledge propagation in practical use of Kit-Build concept map system in classroom group work for knowledge sharing,” *ICCE2014 Workshop Proceedings*, pp.463–472, 2014.
- [14] 野村敏弘, 林 雄介, 鈴木拓磨, 平嶋 宗, “Kit-Build 概念マップを用いた協調活動による知識伝搬の分析—中学校社会科授業におけるグループワークを例として,” *人工知能学会全国大会 2014 (JSAI2014)*, May 2014.
- [15] 杉原康太, 仁野由彬, 吉田 完, 林 雄介, 志田正訓, 平嶋 宗, “小学校におけるタブレット端末を用いた Kit-Build 方式概念マップの実践利用,” *人工知能学会研究資料, SIG-ALST-B301*, pp.45–50, 2013.
- [16] 平嶋 宗, 長田卓哉, 杉原康太, 中田晋介, 舟生日出男, “キットビルド概念マップの小学校理科での授業内利用の試み,” *教育システム情報学会誌*, vol.33, no.4, pp.164–175, 2016.
- [17] J. Pailai, W. Wunnasri, K. Yoshida, Y. Hayashi, and T. Hirashima, “The practical use of Kit-Build concept map on formative assessment,” *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol.12, no.1, p.20, 2017.
- [18] J. Brooke, “SUS-A quick and dirty usability scale,” *Usability evaluation in industry*, vol.189, no.194, pp.4–7, 1996.
- [19] J. Sauro and J.R. Lewis, *Quantifying the user experience: Practical statistics for user research*, pp.198–209, Elsevier, 2012.
- [20] 赤津舞子, 澤野弘明, 鈴木裕利, 石井成郎, 土屋 健, 小柳恵一, “AKaTool (Associate Kango Tool): 看護教育のための関連図作成ツールの提案と評価,” *教育システム情報学会誌*, vol.33, no.1, pp.31–42, 2015.
- [21] 橋弥あかね, 山足慶子, 石田朋子, 中瀬彰子, 梶村郁子, 笹井浩介, “消化器系ストーマセルフケア情報提供システムの開発・検証,” *医療情報学*, vol.32, no.5, pp.227–234, 2012.
- [22] 小笠原貴洋, 井垣 宏, 井上亮文, 星 徹, “屋内位置情報サービス構築支援システム VELS Y とその評価,” *研究報告電子化知的財産・社会基盤 (EIP)*, vol.2012, no.1, pp.1–8, 2012.
- [23] 河崎泰孝, 秋田純一, “ユーザの操作履歴とポインティング動作を用いた機器操作リモコン,” *情報処理学会インタラクション 2014*, pp.641–644, 2014.
(平成 29 年 9 月 30 日受付, 30 年 1 月 15 日再受付, 3 月 6 日早期公開)



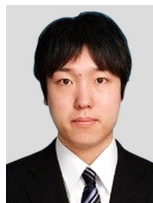
本多 俊雄

平 27 広島大学工学部第二類情報工学課程卒業。現在、広島大学大学院工学研究科情報工学専攻の博士課程前期に在学中。



山中 彰

平 27 広島大学大学院工学研究科情報工学専攻の博士課程前期修了。在学中、キットビルド概念マップの研究に従事。



前田 啓輔

平 27 広島大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程前期修了。在学中、キットビルド概念マップの研究に従事。



林 雄介 (正員)

平 10 阪大・基工・システム工学卒，平 15 同大大学院博士後期課程了，北陸先端大助手．大阪大学特任助教，名古屋大学准教授を経て，平 24 より広島大学大学院工学研究科准教授．知識モデリング，知的教育システムの研究に従事．博士（工学）．



平嶋 宗 (正員)

昭 61 阪大・工・応物卒，平 3 同大大学院博士課程了，同年同大産業科学研究所助手．同講師，九工大・情工助教授を経て，平 16 より広島大学大学院工学研究科教授．人間を系に含んだ計算機システムの高度化に関する研究に従事．工学博士．