

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 4 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300285

研究課題名(和文)キットビルド概念マップに基づく知識構築支援に関する研究

研究課題名(英文)Support of Knowledge Construction with Kit-Build Concept Map

研究代表者

平嶋 宗(Hirashima, Tsukasa)

広島大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：10238355

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,500,000円

研究成果の概要(和文)：キットビルド概念マップを用いた知識構築支援システムの作成とその評価を試みた。まず、キットビルド概念マップの実践的な利用を通して、マップ構築における誤りの収集分析を行った。実践的利用としては、小学校理科、中学校社会、大学社会学を扱った。これらの収集に基づいて、概念マップにおける誤りに対する支援方法を実装し、実験的な評価を行った。誤接続リンクに対する支援により、マップのサイズと完成度を上げることができること、教材に関しての深い理解を促す上では、未接続リンクに対する支援が有効であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have implemented knowledge construction support system with kit-build concept map. Firstly, we gathered data of learner maps from practical uses in science learning in an elementary school, social study in a junior high school and social science in a collage. Based on analysis of the errors in kit-build concept maps and categorization of them, we have implemented support function for the errors in concept map building as support of knowledge construction. Through experimental evaluation, we have confirmed that support for mis-connected links is positive effect to the size and completeness of map. As for the support for un-connected links, it is effective to promote learner deeper comprehension of a learning material.

研究分野：学習工学

キーワード：キットビルド概念マップ 知識構築 自動診断 間違い修正

1. 研究開始当初の背景

申請者は本研究に関する先行研究として、学習者の理解状態の診断を目的として、「学習者にキットビルド方式で概念マップを作らせた上で、それを自動診断する仕組み」に関する研究を進めてきており、小学校理科での実践的利用を通して、(I)学習者がキットビルド方式の概念マップを特に支障なく作成できること、および(II)その自動診断の結果が教師にとって理解状態に関する有用な情報となっていること、を確認していた。さらにこの実践を通して、キットビルド方式での概念マップの作成自体が学習者にとって知識を整理し体系化するといった知識構築を促進する活動になっているとの知見を得ていた。これらの成果を背景として、診断結果に基づく概念マップの修正および拡張の支援機能を実現することにより、キットビルド概念マップの知識構築支援への活用を目指したのが、本研究である。

2. 研究の目的

本研究では、学習者の作成した概念マップを診断することで、学習者の理解状態を把握し、その結果に基づいて学習者の概念マップの洗練・拡張を支援する仕組みを作成し、評価することを目的とした。

3. 研究の方法

キットビルド概念マップの作成における誤りの収集・分析およびその分析の教育的価値を調べるために、実践的なキットビルド概念マップの運用の試みを、小学校理科授業、中学校社会授業、大学社会学授業において行った。中学校社会授業においては、教室授業における4 - 5名での班単位での話し合い活動を含めた協調的学習における利用を試みた。そして、それらの結果と別途行うペーパーテストなどの結果などの比較による分析も行った。

さらに、これらの結果に基づいた、概念マップ中の間違いの抽出法の考案と、その間違いに対する支援法の提案・実装も試みた。具体的には、個々の学習者の作った概念マップ(学習者マップ)と、ゴールとして用意された概念マップ(ゴールマップ)との比較による差分抽出(差分マップ)と、その差分を埋めるための誘導指導の設計・開発を行った。誘導の指導としては、(1)欠落リンクに対する指導、(2)誤接続リンクに対する指導、の二つに大別されるが、まず、マップサイズ拡大を主なく目的とした欠落リンクに対する指導を実装し、実験的な評価を行った。さらに、欠落リンクに対する指導だけでは誤接続リンクの修正に不十分であることを確認の上、誤接続リンクに対する指導を設計・開発した。この際、誤接続リンクの分類整理を行い、その種類ごとの指導方法の定式化と、その有効性の実験的な確認も行った。

4. 研究成果

4.1 小学校理科におけるキットビルド概念マップの実践利用

小学校理科でのキットビルド概念マップの授業利用を以下の通り行った。

2012年度

- ・かげと太ようマップ(北半球)、小学3年生、2クラス80名、計4時限
- ・かげと太ようマップ(南半球)、小学校3年生2クラス75名、計4時限
- ・植物の養分と水の通り道マップ、小学校6年生2クラス80名、計4時限

2013年度

- ・モンシロチョウを育てようマップ、小学校3年1クラス39人、計2時限
- ・春と夏の植物マップ、小学校3年1クラス39人、計1時限
- ・電流のはたらきマップ(電磁石)、小学校5年1クラス40人、計2時限
- ・北半球での太陽の動きマップ、小学校3年1クラス37人、計2時限

2014年度

- ・人の誕生・魚の誕生マップ、5年生2クラス75人、計8時限
- ・人の誕生・魚の誕生マップ、6年生2クラス77人、計4時限
- ・明かりをつけよう・影と太陽、6年生1クラス40人、2時限
- ・影と太陽マップ、3年生1クラス35人、2時限
- ・電磁石マップ、5年生2クラス77名、計6時限
- ・明かりをつけようマップ、3年生2クラス64名、計4時限

これらの実践を通して、授業の内容を忠実に反映した概念マップであっても、しばしば学習者が適切に作成できないこと、適切に作成できないマップの箇所、および学習者の情報が、キットビルド概念マップシステムとしての分析により、教授者に即時的に提供できることが示された。さらに、その提供した情報に基づいて、教授者が補足的な授業を行ったり、次の授業の計画を変更するといった、形成的な評価になっていることが確認できた。また、授業に則した小テストの成績と、学習者マップとゴールマップとの一致度について調べたところ、相関があることを確認できた。これらの結果より、キットビルド概念マップが、小学校理科の授業における形成的評価及び形成的フィードバックのための道具として有用であることが示せたといえる。

4.2 中学校社会でのキットビルド概念マップの実践利用

中学校社会でのキットビルド概念マップ

の授業利用を以下の通り行った。

2013 年度

- ・社会科地理分野南アメリカ，中学校 1 年 76 人，3 クラス，計 3 時限
- ・社会科地理分野オセアニア，中学校 1 年 76 人，3 クラス，各 2 時限

2014 年度

- ・中学校社会科地理「アマゾンの産業」1 年生 3 クラス 105 人，計 3 時限

この実践においては，4-5 名の班単位での話し合いの際に，(1)まず個々人で概念マップをくみだてる，(2)それらに基づいて，班単位で概念マップを組み立てる，(3)班単位の結果に基づいて，クラス全体で話し合う，という活動を行った。キットビルド概念マップを用いたことにより，個々の学習者の考え方の共有性と差分を，同一部品を用いた概念マップの構成の違いとして判定することが可能となった。教室授業における話し合いの問題点は，個々の学習者が異なった言葉・概念を用いた場合に，その共通性と差分を判断することが困難であり，そのため活発な話し合いを行ったとしても，お互いに共通の認識ができたかどうか不明なままとなる点にあった。キットビルド概念マップを用いることで，考え方に対する一定の制約が与えることになったものの，互いの考えの違いと共通点を捉えることが容易になり，話し合いを促進するだけでなく，共有のマップの作成を促進する効果が見られた。

また，教授者にとっては，そのプロセスと結果が即時的に得られ，その結果を利用した指導を行うことができた。これは協調的な学習における形成的評価及びフィードバックの実現になっている位置付けることができる。

また，個々の学習者のマップの変化を追跡することにより，どの学習者からどの学習者に対して影響を与えたかを推計することができた。これは，ある学習者間で概念マップの差分があった場合，その学習者が話し合った結果，どのように概念マップが変化したかによって調べることができる。これもキットビルド概念マップの特性である。

4.3 大学社会学授業でのキットビルド概念マップの利用

平成 2012 年度

大学社会学授業において，下記のようにキットビルド概念マップを用いた。

平成 2013 年度

- ・貧困と法学倫理学マップ，文学部 25 名，計 5 時間
- ・貧困とその支援マップ，文学部 24 名，計 12 時限

これらの利用においては，授業中の利用ではなく，授業の内容をまとめる授業外の課題

として用いた。結果として，社会学のように個々の教授者によってその内容の解釈が変わりうるような題材についても，キットビルド概念マップを活用することが可能であることが示された。また，この実践の結果として学習マップの誤りの分析を通して，ゴールマップおよび教材とその教材を使った講義の見直しが進められた。これは，教授者の意図に沿わない間違いを多くの学習者が共通に行っていることが，キットビルド概念マップの機能である重畳マップ機能によって抽出でき，その個所と対応する教材および講義を検討することで，なぜ多くの学習者が共通して教授者の意図と異なるマップの原因を見つける試みである。結果として，多くの学習者が間違っただけでマップ箇所を作成したのは，学習者のみに起因するものではなく，教材および講義における教授がそのような間違いを示唆するものになっていたと思われること，そして，それらは修正可能であることが明らかとなって，現時点では修正を施した教授の実施は行えていないが，今後実施する予定である。このような FD の効果もこの実施から得られている。

4.4 概念マップの誤りに対する修正支援

キットビルド概念マップにおいては，学習者マップの誤りは，未接続リンクと誤接続リンクとして抽出される。本研究においては，まず，マップサイズの拡大を優先する未接続リンクの修正支援機能を実装し，その実験的な評価を行った。結果として，未接続リンクの修正支援だけでは誤接続リンクが修正されないことが確認されたので，誤接続リンクの修正支援機能も実装し，両者の機能の比較実験を試みた。結果として，誤接続リンクの修正支援は，学習者マップの完成度を上げることに貢献するものの，対象に対して良く考えさせるという意味では，未接続リンクに対する修正支援のほうが有用であることを示唆する結果が出た。以下，それぞれについて説明する。

○未接続リンクの修正支援

未接続リンクの存在は，学習者がマップ作成自体に行き詰まっていることを表わしている。概念マップはまず作ること自体に意義があるとされている。また，通常概念マップを評価する方法の 1 つに，マップの規模（ノード数・リンク数）で評価する方法がある。これらのことから，まず，マップ作成の行き詰まりを打開しマップの規模を拡張させることを目的として，未接続リンクを対象とした作成支援を行った。

キットビルド概念マップではゴールマップとの比較により，未接続リンクが本来つながるはずのノードを取得することができる。取得した二つのノードをヒントとして提示することで，学習者への未接続リンクに対する作成支援とした。

未接続リンクが複数ある場合にヒントを

提示する対象を選択するために、学習者のマップ作成履歴を用いた。作成履歴の一番新しいものは学習者が行き詰る直前に考えていた部分だと推測できるため、履歴の最新部に接続できる未接続リンクをヒント対象として優先した。履歴の最新部に接続できるものの中でも、学習者が意味的につながりのあるグループ内を接続している場合は、そのグループに関係するものを最優先とした。また、学習者が特定のノード中心に接続している場合は、そのノードに関係するものを優先した。なお、従来のキットビルド概念マップだとゴールマップに意味的なつながりがあるかどうかはシステムでは判断できない。そこで、教授者がゴールマップ作成後に意味的なまとまりがある部分に関してグループ化設定を行うことで、システムが判断できるようにしている。

未接続リンクに対する作成支援が有用かどうかを調査するために、支援なしの場合との比較実験により、未接続リンクを対象とした接続支援はマップ作成に有効であるとの結果を得た。しかしながら、未接続リンクの修正支援を行うだけでは、誤接続リンクの修正が十分に行われなるとの知見も得られた。この結果を踏まえて、誤接続リンクを対象とした支援を実現し、実験的に評価したのが、次の誤接続リンクに対する修正支援となる。

○誤接続リンクの修正支援

キットビルド概念マップの場合、学習者マップに利用されているノードとリンク自体は正しいものであるため、間違いはリンクによるノードとノードの接続に現れる。これが誤接続リンクである。また、その接続自体が間違いであることは確かであるとしても、修正支援を考えれば、どのような接続の間違いであるかを考慮した指摘・修正支援が必要となる。本節では、学習者マップに存在しえる誤接続リンクを以下の6種類に分類している。(1) 1 概念正接続, (2) 1 概念誤接続, (3) 概念関係有 2 概念片誤接続, (4) 概念関係無 2 概念片誤接続, (5) 概念関係有 2 概念両誤接続, (6) 概念関係無 2 概念両誤接続。本研究では、これらそれぞれに対する修正支援を実装した。

そして、この誤接続修正支援の評価として、未接続リンクの修正支援との比較を行った。ここで、それぞれを単独で利用するのは不自然であると考え、誤接続リンクの修正支援を優先する機能と、未接続リンクの修正支援を優先する機能を用意した。そして、大学生および大学院生 25 名を対象として、地理に関する二つのトピックを対象とし、それぞれの支援を受けながらのマップ作成活動を行わせた。

結果として、未接続リンク修正支援優先群も、誤接続リンク修正支援優先群も、どちらもプレテストに比べて有意にポストテストの成績が伸びたことから、これらの修正支援は有効であったといえる。しかしながら、テ

ストの成績においては、両者の差は見られなかった。

マップの完成度（ゴールマップとの類似度）については、誤接続リンク修正優先のほうが有効であり、また、システムによる支援の有用性についても、誤接続リンク修正優先のほうが有意に高い評価を得た。つまり、マップ作成の支援という意味では、誤接続リンク修正支援の有効性が高かったといえる。にもかかわらずテストスコアに関して差が見られなかった理由について考察する。誤接続リンクに対する支援は、特定のリンクに注目させる指導となる。また、正解そのものは教えてはいないものの、どのノードのつながり方が正しいかあるいは間違いであるかを指摘していた。このため、修正は比較的行いやすかったと考えられる。これに対して未接続リンクに対する支援は、ある二つのノードに注目させて、残っているすべてのリンクのうち、どのリンクを当てはめるかを考えさせるものとなっている。このため、教材のより広範囲をよく考える必要のある作業になっていたと考えられる。このことが結果として、マップの修正に関しては誤接続優先の方が有用であったが、よく考えるということに関しては、未接続優先の方が有用であったと推定できる。

これらの結果は、誤接続リンクに対するヒントと未接続リンクはそれぞれ有用性を持つものの、その効果は異なったものになるため、これらのヒントを使い分ける必要があることを示唆している。たとえば、マップを完成させることを優先する、あるいは、じっくり考えさせることを優先させる、といった学習活動の目的設定に応じて、これらのヒントをどう利用するかを考えることが今後必要になることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

1. Tsukasa Hirashima, Kazuya Yamasaki, Hiroyuki Fukuda, Hideo Funaoi: Framework of Kit-Build Concept Map for Automatic Diagnosis and Its Preliminary Use, Research and Practice in Technology Enhanced Learning, APSCE (accepted)(査読有)。

2. 林雄介, 宇井美代子, 茅島路子, 平嶋宗: 人文科学系講義における学習者の理解把握のための許容リンクを導入した Kit-Build 概念マップの試験的利用, 日本教育工学会論文誌, 38(Suppl.), 149-152, (2014) (査読有)。

3. 水田曜平, 平嶋宗, 舟生日出男: “概念マップの作成を促進するヒントの自動生成とその実験的検証”, 教育システム情報学会論文誌, 30(1), pp.32-41 (2013) (査読有)。

4. 東本崇仁, 今井功, 堀口知也, 平嶋宗, ”
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”,
教育システム情報学会誌, Vol. 30, No. 1, pp.
42-53(2013) (査読有).

〔学会発表〕(計 8 件)

1. Toshihiro NOMURA, Yusuke HAYASHI,
Takuma SUZUKI, Tsukasa 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, 30 Nov -
4 Dec 2014, Nara, Japan.

2. Takahito Tomoto, Tsukasa Hirashima:
Report on Practice of Note-Rebuilding
Support System, Proc. of HCII2014(LNCS
8522), pp.127-136, 22-27 Jun 2014, Cleta,
Greece.

3. Yusuke Hayashi, Tsukasa Hirashima:
Kit-Build Concept Mapping for Being Aware
of the Gap of Exchanged Information in
Collaborative Reading of the Literature.
Proc. of HCII2014(LNCS 8522), pp.32-41,
22-27 Jun 2014, Cleta, Greece.

4. Kan YOSHIDA, Kouta SUGIHARA, Yoshiaki
NINO, Masakuni SHIDA, Tsukasa HIRASHIMA:
Practical Use of Kit-Build Concept Map
System for Formative Assessment of
Learners' Comprehension in a Lecture, Proc.
of ICCE2013, 18-22 Nov 2013, Bali,
Indonesia.

5. Kan Yoshida, Takuya Osada, Kota
Sugihara, Yoshiaki Nino, Masakuni Shida,
Tsukasa Hirashima: Instantaneous
Assessment of Learners' Comprehension
for Lecture by using Kit-Build Concept Map
System. HIMI/HCII 2013, Part III, LNCS
8018, pp. 175-181, 21-26 July 2013, Las
Vegas, USA.

6. Kouta SUGIHARA, Takuya OSADA, Shinsuke
NAKATA, Hideo FUNAOI, Tsukasa HIRASHIMA:
Experimental Evaluation of Kit-Build
Concept Map for Science Classes in an
Elementary School, Proc. of ICCE2012, Main
Conference E-Book, pp.17-24, 26-30 Nov
2012, Singapore.

7. Tomoya Horiguchi, Tsukasa Hirashima,
Kenneth D. Forbus: A Model-Building
Learning Environment with Error-based
Simulation, Proc. of QR2012, pp.152-157,
16-18 July 2012, Playa Vista, USA.

8. Kouta Sugihara, Yoshiaki Nino, Shogo
Moriyama, Ryoichi Moriyama, Kouhei Ishida,
Takuya Osada, Youhei Mizuta, Tsukasa
Hirashima, Hideo Funaoi,
Implementation of Kit-Build Concept Map
with Media Table, Proc. of WMUTE2012,
pp.325-327, 27-30 March 2012, Takamatsu,
JAPAN.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平嶋 宗 (HIRASHIMA TSUKASA)
広島大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 1 0 2 3 8 3 5 5

(2) 研究分担者

堀口 知也 (HORIGUCHI TOMOYA)
神戸大学・海事科学研究科・教授
研究者番号: 0 0 2 9 4 2 5 7

東本 崇仁 (TOMOTO TAKAHITO)
東京理科大学・工学部第二部経営工学科・
助教
研究者番号: 1 0 5 0 8 4 3 5

舟生 日出男 (FUNAOI HIDEO)
創価大学・教育学部・准教授
研究者番号: 2 0 3 4 4 8 3 0

梅津 孝信 (UMETSU TAKANOBU)
九州工業大学・大学院情報工学研究院・助
教
研究者番号: 8 0 4 3 2 9 5 4