

令和5年度
修士論文

マインドマップの再構成を通じた読解支援
の提案とその実験的評価

指導教員 平嶋 宗 教授

広島大学大学院 博士課程前期

先進理工系科学研究科

先進理工系科学専攻 情報科学プログラム

M224171

渡邊 弘大

令和6年2月6日 提出

(令和6年2月17日 差替)

概要

マインドマップ（MM）は理解や思考の図的な表現の1つであり、その作成だけでなく、授業や教材などの内容をMMとして表現し、それを理解の対象として捉える試みも有用な活動として受け入れられている。本研究では、このMMの学習利用の高度化を指向して、MMへの再構成法の適用を提案する。再構成法とは、教授者が学習対象の意味内容を構造的に表現し、それを分解・部品化した後、その部品群を学習者に与えて元の構造を再構成させる方法であり、先行研究において再構成対象に対する構造的な理解の促進に有用であることが実験的にも実践的にも確認されている。

従来の再構成法（FR）では元のマップの完全な分解を行うため全ての部品が組立対象となり、MMの理解としては詳細になることが期待できるが、部品同士の可能な組合せの数が多いため、再構成の認知負荷が大きくなる恐れがある。そこで、本研究ではその対応策としてMMのリーフのみを学習者に再構成させる手法（LR）を提案する。LRはリーフのみの再構成による負荷の軽減が期待できるだけでなく、MMにおける各ノードの意味が中心ノードからの経路によって特定されるという特性を活かし、学習者にリーフに至るまでの経路上の全てのノードの確認・経路の解釈を要求するものとなっている。また、全てのリーフを再構成するという事は、全ての経路を正しく解釈することになるため、FRと同様にMMの内容についての網羅的な理解も促すことになる。

本研究ではインドネシアの大学の情報系学部生を対象に、EFL（English as a Foreign Language）の読解教材を題材としたMMを用いてLRとFRの比較実験を行っており、(1) MMの再構成（LRおよびFR）には学習効果があること、(2) LRはFRとの比較において再構成の認知負荷を軽減できること、(3) LRとFRの学習効果に明らかな差はないこと、を示唆する結果を得ている。これらの結果から、MMに再構成法が適用可能であること、および本研究で提案したLRが学習効果を維持しつつ再構成の認知負荷を軽減する方法となっていることが確認できた。

目次

概要.....	i
目次.....	ii
図索引.....	iv
表索引.....	v
第1章 はじめに.....	1
第2章 理解対象としてのマインドマップ.....	4
第3章 再構成型マインドマップ.....	5
3.1 再構成型マインドマップの枠組.....	5
3.1.1 全体像.....	5
3.1.2 再構成型マインドマップ／概念マップにおける自動診断.....	5
3.2 全再構成法.....	6
3.3 リーフ再構成法.....	6
3.4 再構成型マインドマップシステム.....	6
3.4.1 目標 MM 作成機能.....	7
3.4.2 キット作成機能.....	9
3.4.3 目標 MM 再構成機能・学習者 MM 診断機能.....	9
第4章 評価実験.....	14
4.1 被験者.....	14
4.2 実験手順.....	14
4.3 教材とテスト.....	15
4.4 目標 MM.....	16
第5章 結果と考察.....	18
5.1 テストスコアの分析.....	18
5.2 マップを完成できた人数の分析.....	28
5.3 アンケートの分析.....	30
5.4 考察.....	47
第6章 まとめと今後の課題.....	48
謝辞.....	49

目次

参考文献.....	50
研究業績.....	52
付録.....	a
付録 1. システムへのアクセス方法・使い方.....	a
付録 2. 評価実験に使用したコンテンツ.....	b
付録 2-1 実験手順書.....	c
付録 2-2 再構成法についての説明用スライド.....	i
付録 2-3 教材.....	m
付録 2-4 目標 MM・キット.....	r
付録 2-5 テスト.....	ee
付録 2-6 アンケート.....	pp

図索引

図 1-1 : MM とその分解例.....	3
図 1-2 : CM とその分解例.....	3
図 3-1 : 目標 MM 作成画面.....	8
図 3-2 : ハンドルの表示例 (有向リンクの場合)	8
図 3-3 : キット作成画面.....	9
図 3-4 : 目標 MM 再構成画面.....	11
図 3-5 : フィードバックの例.....	12
図 3-6 : 学習者 MM 診断画面.....	12
図 3-7 : アナライザの画面.....	13
図 4-1 : 実験全体の流れ.....	15
図 4-2 : 教材 1 に対応する目標 MM の一部.....	17
図 5-1 : 読解後と組立後のテストスコアの分布 (全体)	20
図 5-2 : 読解後と組立後のテストスコアの分布 (問題の種類別)	23
図 5-3 : テストスコアに関する normalized change の分布	25
図 5-4 : マップを完成できた人数.....	29
図 5-5 : アンケートの結果 (5 件法の項目)	40
図 5-6 : アンケートの結果 (項目 4, 5)	40
図 5-7 : アンケートの結果 (項目 6)	41
図 5-8 : アンケートの結果 (項目 7)	41
図 5-9 : アンケートの結果 (項目 12)	41
図 5-10 : 項目 10, 11 における各カテゴリの回答数.....	42

表索引

表 5-1 : 読解後と組立後でのテストスコアの変化 (全体)	19
表 5-2 : 読解後と組立後でのテストスコアの変化 (問題の種類別)	22
表 5-3 : LR 条件と FR 条件の学習効果の差 (normalized change の検定)	25
表 5-4 : アンケートの内容 (グループ 1)	33
表 5-5 : アンケートの内容 (グループ 2)	36
表 5-6 : 項目 10, 11 のカテゴリー一覧.....	42
表 5-7 : 正確二項検定の結果.....	43

第1章 はじめに

マインドマップ (Mind Map : MM) は理解や思考の図的な表現の1つであり、これまでに多くの実験・実践を通してその作成が考えの整理や整理対象に対する理解の促進に有用であることが認められている [1][2][3][4]。また、その中でも授業や教材などの内容を MM として表現・共有する活用事例 [2][3][4]も報告されており、このような活用では、作成された MM の内容が理解の対象となる。したがって、従来の MM の学習利用においても、MM で表現された内容を理解の対象とする試みが行われており、その有用性も認識されている。本研究では、この MM の学習利用の高度化を指向して、MM への再構成法の適用とその有用性の検証を行った。

再構成法とは、教授者が学習対象の意味内容を構造的に表現し、それを分解・部品化した後、その部品群を学習者に与えて元の構造を再構成させる方法であり、先行研究においては概念マップ (Concept Map : CM) [5][6][7]や算数文章題 [8][9]、論理課題 [10]、などを対象としてその有用性が実験的にも実践的にも確認されている。この手法においては部品自体を学習者が生成する必要がないため、構造を作るための負荷は軽減される。また、部品を生成する必要はないものの、正しい認識は必要であるといえ、部品の生成が部品の認識に置き換わっただけといえる。さらに、その認識に基づいて部品間の関係を考えることが求められるため、構造の理解に関しては、部品から生成した場合と同様の作業となり、したがって構造的な理解が促されると期待できる。加えて、適切な理解において必要となる部品は全て与えられることから、部品を学習者に作らせる場合にしばしば生じる必要部品の欠落や誤りが起きにくいというメリットがあり、学習者によるより適切な理解の内化が見込める。

CM と MM はどちらもノードとリンクによって構成されるネットワーク状の構造として表現でき、その分解によって得られる部品はどちらもノードとリンクの集合となる。このことから、CM と同様に MM に対しても再構成法が適用でき、再構成による理解の促進効果も期待できる。この検証が本研究の第1の目的となる。しかしながら、MM のネットワーク構造は CM と異なる部分があり、その違いが学習に悪影響を与える恐れがあると考え、その対応策の提案とその効果の検証が本研究の第2の目的となる。

CM のリンクはラベルを持ち、2つのノードとそれらを繋ぐリンクの三つ組によって1つの命題を形成することでマップ内での意味を特定することができる。これに対して、MM のリンクはラベルを持たず、2つのノードとそれらを繋ぐリンクの三つ組だけでは意味が特定

第1章 はじめに

できない。また CM では許されない同一ノードの複数存在が許されている。その代わりに MM では、中心ノード (Central Image : CI) が設定されており、全てのノードはこの CI と繋がるように記述され、この CI からの経路によってマップ内での意味が特定される [11]。

ある同一の内容に対して作られた MM と CM, およびそれらを分解して得られる部品を図 1-1 と図 1-2 に例示した。これらの図においては四角形の部品がノード、ノード間の矢印がリンクを表している。また、図 1-1 においては「銀閣寺」が CI となっており、図 1-2 においては矢印の上にかかれている文字がリンクのラベルを表している¹。CM においても MM においてもランダムな再構成において作成可能なマップの数は両者ともに膨大な数となるが、CM の場合はリンクのラベルによって接続の意味が限定されるため、実際の再構成においては候補となるノードのペアは比較的絞り込みやすいといえ、MM の場合はリンクのラベルがないため、絞り込みが容易ではないといえる。例えば、図 1-2 には CM の部品として「こだわり」というリンクが存在しているが、このリンクが接続され得るノードのペアの候補は意味的にある程度限定できる。MM の場合、図 1-1 ではラベルなしのリンクとして存在するため、CM の「こだわり」に相当するリンクが存在するものの、接続対象のノードのペアを意味的に限定することはより困難であるといえる²。

このような MM の性質は、再構成の認知負荷を大きくする恐れがある。大きな負荷は学習効果に負の影響を与えるとされていることから、本研究では過度の組立負荷を避ける方法としてリーフ再構成法 (Leaves Recomposition method : LR) を提案する (なお、LR については既に国内学会 [12]・国際学会 [13]での発表、および学会誌への投稿 [14]を行っている)。LR とは、MM から末端のノード (子ノードを持たないノード : リーフ) のみを分離・部品化し、その末端ノードのみを再構成させる方法である。図 1-1 であれば、「銀閣」、「慈照寺」、「銀閣寺の庭園」、「銀閣寺の庭園」の4つのリーフのみを元の MM から分離して部品化し、それら4つを再び接続して元の MM を再構成することが LR となる。この LR が通常の再構成法 (全再構成法 : Full Recomposition method : FR ; 図 1-1 に示した部品群からの再構成) との比較において同等程度の学習効果を担保しつつ、再構成の認知負荷を軽減するような方法になると期待できることは、0 節において説明する。本研究では FR との学習効果および認知負荷の比較評価も行っている。

以上のことから、本研究のリサーチクエスション (Research Question : RQ) は以下の3つにまとめることができる。

(RQ1) MM の再構成 (LR および FR) に学習効果があるか？

(RQ2) LR は FR との比較において再構成の認知負荷を軽減することができるのか？

¹ なお、この例の場合、マップ化の対象とした内容に沿った MM をまず作成し、この MM を CM として三つ組単位でも解釈できるようにリンクにラベルを付加している。また、両方とも部品からの再構成が内容に沿って行えることを確認している。

² なお、マップ化した内容には銀閣寺が元々將軍の山荘であり、その將軍が足利義政であること、そして義政のこだわりが銀閣寺の庭園に現れていることが記述されており、それに沿って再構成は可能となっている。

第1章 はじめに

(RQ3) LR はFR との比較において同等程度の学習効果を担保することができるのか？

以下本稿では、第2章でMMを理解の対象として用いている場合について概説する。第3章でMMの再構成方式としてのFRとLRについて述べた後、第4章および第5章で評価実験とその結果を報告する。

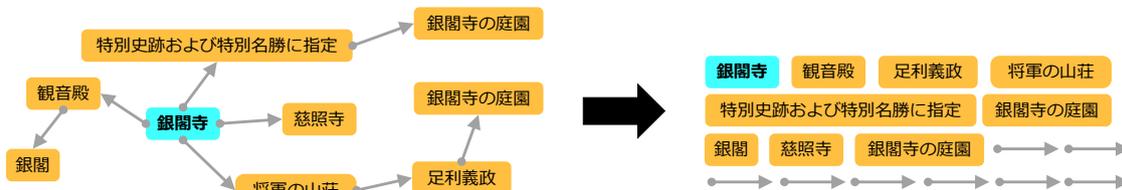


図 1-1 : MM とその分解例

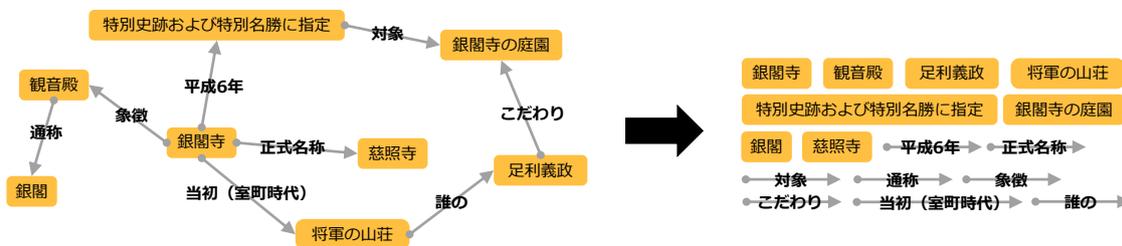


図 1-2 : CM とその分解例

第2章 理解対象としてのマインドマップ

MM は作ること自体の意義に着目されることが多いが、教育の分野においては、他者が作成した MM を共有し、理解の対象とする試みがしばしば行われている。例えば、松本らは大学の授業においてそれぞれの学生に教科書の内容についての MM の作成・それを用いた発表や相互解説を行わせ、それらの活動の有用性を確認している [2]。Malekzadeh らは大学生を対象とした EFL (English as a Foreign Language) 授業において、教材に対する個々の学習者による MM の作成と、小グループ内での共有・話し合いを実践し、統制群との比較において有意な学習効果が見られたと報告している [3]。Stokhof らは小学校の授業において、クラス全体での協働による MM の作成やそれに対しての質問提起を行わせており、MM の共有による集団での知識構築過程の可視化が学習に寄与することを示唆する結果を得たとしている [4]。また、視線追跡に基づく MM の読み方の分析も行われている [11][15]。さらに、事実としてほとんど全ての MM の作成ツールが作成した MM を他者と共有する機能を有しており、また、それを有用な機能として説明している。これらはいずれも作成された MM を理解対象とすることを前提としたものとなっている。本研究は、この前提の下での MM の内容理解促進法としての再構成法を実装・評価したのとなっている。

なお、前章で述べたとおり、MM ではリンクによってノード間の関係が明示されていないため、ノード間の関係について解釈の余地があり、したがって授業や教材の内容表現としては CM の方が適している可能性がある。しかしながら、ノード間の関係を明示する必要がないことは、MM の方が作成にあたっての制約が少なく、マップの作成が容易であることを示すものとなっており、実践利用を考えた場合、ノード間の関係の解釈しやすさとマップ作成のしやすさはトレードオフの関係にあると考えられる。筆者らは、このトレードオフが、教育においてもしばしば MM が用いられる理由であると考えている。また、作成の容易さゆえに、CM よりも MM の方が一般的に普及しており、様々なツールが提供されていることも MM が利用される要因になっていると考えられる。

第3章 再構成型マインドマップ

3.1 再構成型マインドマップの枠組

3.1.1 全体像

本稿では、再構成法を適用した MM を再構成型マインドマップ (Recomposition Mind Map: RMM) と呼ぶ。RMM では、まず(1) 教授者が学習者全員に共有したい理解を表現した MM (目標 MM) を作成する。次に、(2) 目標 MM は構成要素 (キット) に分解され、学習者に提供される。(3) 学習者は教材などの学習内容に基づき、目標 MM の再構成を試みる。(4) 再構成された MM (学習者 MM) は目標 MM と同じ部品から構成されているため、重畳によって両者の一致部分・差分を抽出することが可能であり、したがって計算機による学習者 MM の自動診断・即時フィードバックが実現される。この詳細については次項で説明する。なお、この枠組自体は CM に対して再構成法を用いた場合 (再構成型概念マップ) と同じものである。

3.1.2 再構成型マインドマップ/概念マップにおける自動診断

前項で述べた RMM の枠組のうち、(4)で述べた学習者 MM の自動診断・即時フィードバック、を実現している仕組みについて述べる。再構成法の適用対象となる MM または CM が N 個のノードと、 L 個のリンクから構成されているとすると、以下の手順によって同じ部品の集合から構成された 2 つのマップの差分を抽出することができる。

- (1) ノードが N 個の場合、そのマップにおいて命題 (2 つのノードとそれらを繋ぐリンクの三つ組) を構成する 2 つのノードの組の数は、 $N(N-1)$ 組 (有向リンクを用いる場合はその倍) となる。
- (2) したがって、 $N \times N$ のマトリクスによってこのノードの組の可能性を網羅できる。
- (3) 上記のマトリクスにおいて、命題はあるセルに特定のリンク L_i が当てはめられている状況として表現することができる。
- (4) 比較対象となる 2 つのマップのマトリクスをそれぞれ作成し、それらの差分を取ることによってマップの差分を抽出することができる。ここで差分がなかった部分が一致部分となる。

3.2 全再構成法

FR においてはマップ全体を再構成することになるので、図 1-1 の MM において組立対象となるのは9個のノード、および8個のリンクとなる。この場合、第1章で述べたとおりリンクによってノード間の関係が明示されていないことが原因で再構成の認知負荷は大きくなることが予想されるものの、学習者は個々の部分についてより綿密に考えることが求められる。大きな認知負荷は学習に負の影響を与える恐れがあるが、個々の部分を綿密に考える必要があることは学習に正の影響を与える可能性がある。このことから、FR には学習効果が見込めると考えた。

3.3 リーフ再構成法

図 1-1 の MM においてリーフとなるのは「銀閣」、「慈照寺」、「銀閣寺の庭園」、「銀閣寺の庭園」の4つのノードである。したがって LR の場合、分解によって得られる部品はこの4つのノード、4つのラベル無しリンク、およびこれらの4つのノードが削除された部分構造としての MM (以下では部分 MM と呼ぶ) となり、組立対象となる部品の数は FR に対しておよそ半分となる。部品の減少に加えて負荷の軽減への寄与が期待できるのは、リーフ以外の部分 MM が CI から各ノードへの経路情報を持つことである。つまり、部分 MM の各ノードは、CI からの経路に沿った意味を持っており、リーフを各ノードに繋ぐことは、その各ノードまでの経路の意味を踏まえて接続を行うことを意味する。これは、FR においては意味を持たなかったリンクが、LR においては部分 MM における経路として意味を持つことを示しており、その意味を再構成において用いることが可能となる。

経路を踏まえた再構成を行うためには、経路上のノードを全て確認し、リーフに至るまでの文脈を正しく解釈する必要があることから、この活動は MM の理解を促進すると期待できる。MM の全てのリーフを再構成するということは、全ての経路を正しく解釈することになるため、網羅的な MM の読解も促すことになる。このことから、負荷は軽減しつつ、学習効果を持つ活動になっていると判断した。

FR と LR を比較した場合、認知負荷については FR よりも LR の方が軽減されると期待している。学習効果については、FR と LR のそれぞれが学習効果を持ちつつ、両者に大きな差が見られなければ、両者とも有用な方法と位置付けることができると期待した。

3.4 再構成型マインドマップシステム

筆者らは、RMM による学習を計算機上で実施できるよう、再構成型マインドマップシステムを開発している。同システムはクライアントサイドとサーバサイド、データベースサーバから構成されており、クライアントサイドは Web アプリケーションとして Web ブラウザ上で動作する。クライアントサイドは JavaScript、サーバサイドは PHP で実装されている。また、バックエンドには MVC モデル (Model-View-Controller モデル) が適用されている。そして、DBMS (DataBase Management System) としては MySQL が使用されている。以下、

このシステムの機能が3.1節で示した枠組とどのように対応するのかを説明する。

3.4.1 目標 MM 作成機能

3.1節で示した RMM の枠組の(1)に対応するものとして、教授者が目標 MM を作成するための機能がある。図 3-1 は、目標 MM 作成画面のスクリーンショットである。画面上部には2つのバーがあるが（黒枠で囲った部分および赤枠で囲った部分）、以下では黒枠で囲った部分をナビゲーションバー、赤枠で囲った部分をツールバーと呼ぶ（これ以降のスクリーンショットでも同様の名称を用いる）。教授者は目標 MM 作成にあたり、主にツールバーの左端に配置されているツールセット（青枠で囲った部分）を用いる。部品の追加は同ツールセットの右から2番目、および右端のボタンによって行われ、前者がノード、後者がリンクを追加するためのものとなっている。本来、MM においてリンクにはラベルが存在しないが、ここではシステム処理の都合上、アルファベットを記載している。リンクについては、無向リンク・有向リンク・分岐型の有向リンクの3つが選択可能であり、ツールセットの左端のボタンから切り替えを行うことができる。分岐型の有向リンクはある親ノード（CI に近いノード）に対して最大9つの子ノードを接続することができるものであり、各リンクの右上の数字は残りいくつの子ノードを接続できるかを表すものとなっている。ツールセットの左から2番目のボタンは、ノードの色を変更するためのものである。教授者は、リンクをクリックした際にリンクの左右に現れるハンドルをドラッグし、ノードの上でドロップすることでノードとリンクを接続することができる。有向リンクを用いた場合のハンドルの表示例を図 3-2 に示す（赤い円で囲った部分）。なお、同図においてはハンドル以外に4つのボタンが表示されているが、リンク左上のボタンはリンク名を変更するためのもの、リンク真上のボタンは本稿執筆時点で実装途中の機能に対応するもの、リンク右上のボタンはリンクを削除するためのもの、リンク右下のボタンはリンクを複製するためのものである。これらのボタンについては、ノードをクリックした際も同様に表示される。

第3章 再構成型マインドマップ

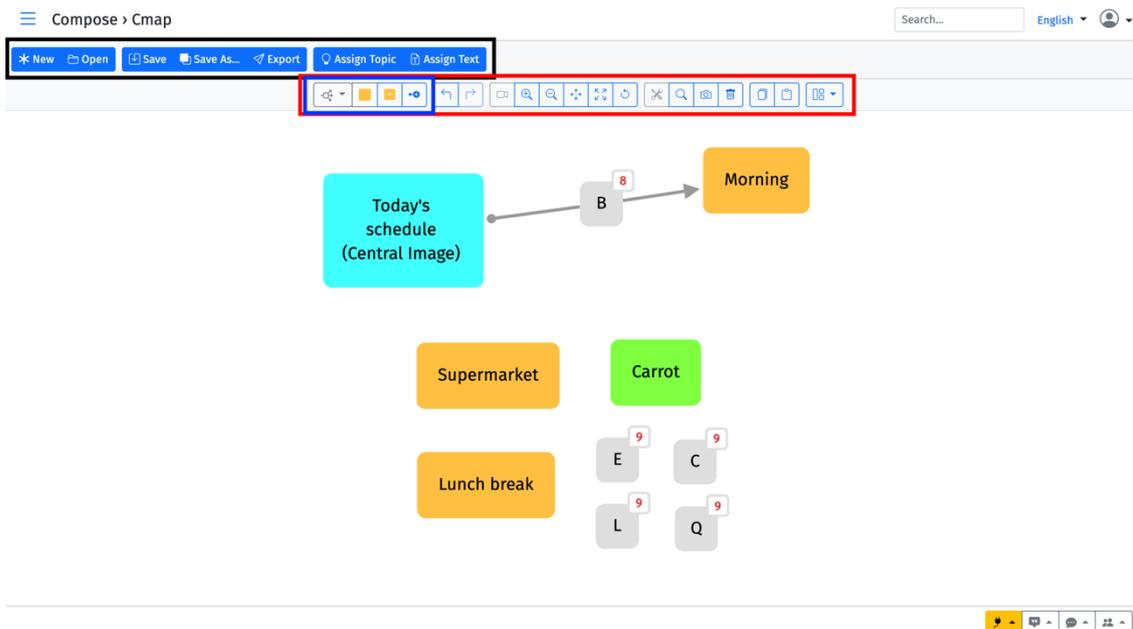


図 3-1 : 目標 MM 作成画面

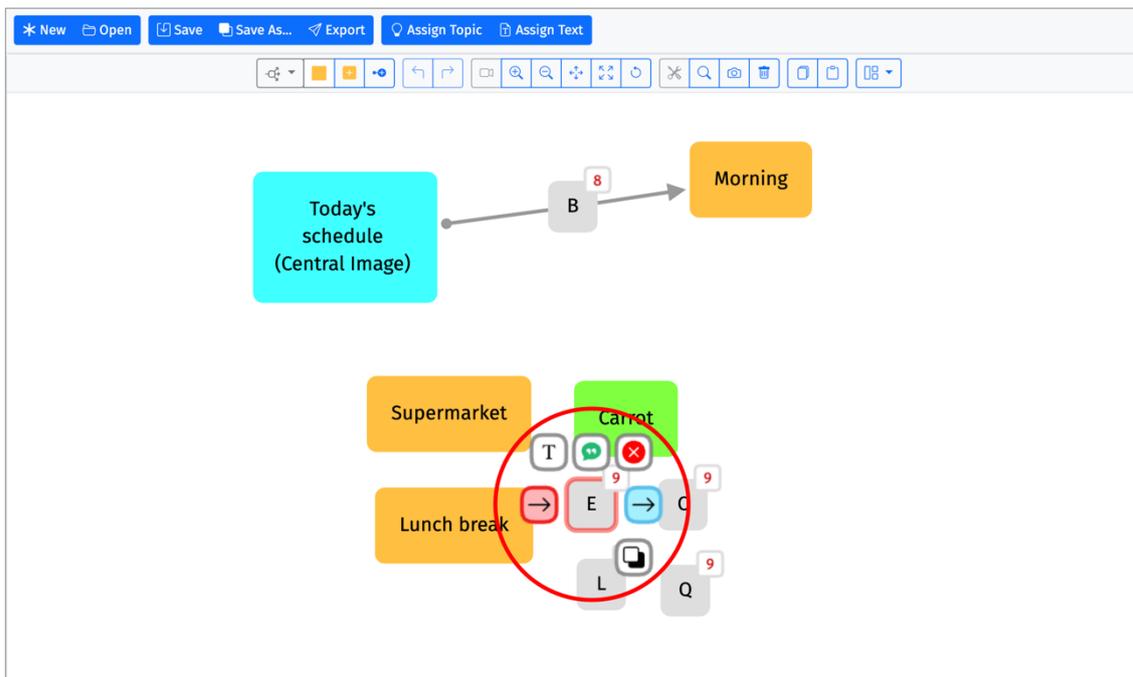


図 3-2 : ハンドルの表示例 (有向リンクの場合)³

³ 赤いハンドルが接続元のノードからリンクに向かう矢印に、水色のハンドルがリンクから接続先のノードに向かう矢印に対応している。

3.4.2 キット作成機能

教授者は、目標 MM の作成を終えた後、キット作成機能を用いて目標 MM の分解・部品化を行う。この機能は、3.1 節で示した RMM の枠組の(2)に対応するものとなっている。図 3-3 は、キット作成画面のスクリーンショットである。この画面において、教授者はリンクのハンドルを操作して接続を解除するとともにノードやリンクをドラッグして位置を調整し、キットを完成させる。なお、接続の解除に関してはナビゲーションバーに補助ツールが用意されており（赤枠で囲った部分）、例えば全てのリンクの接続を一括で解除することが可能となっている。また、部品の配置に関しては、システムの機能によってランダムなものとすることも可能である。

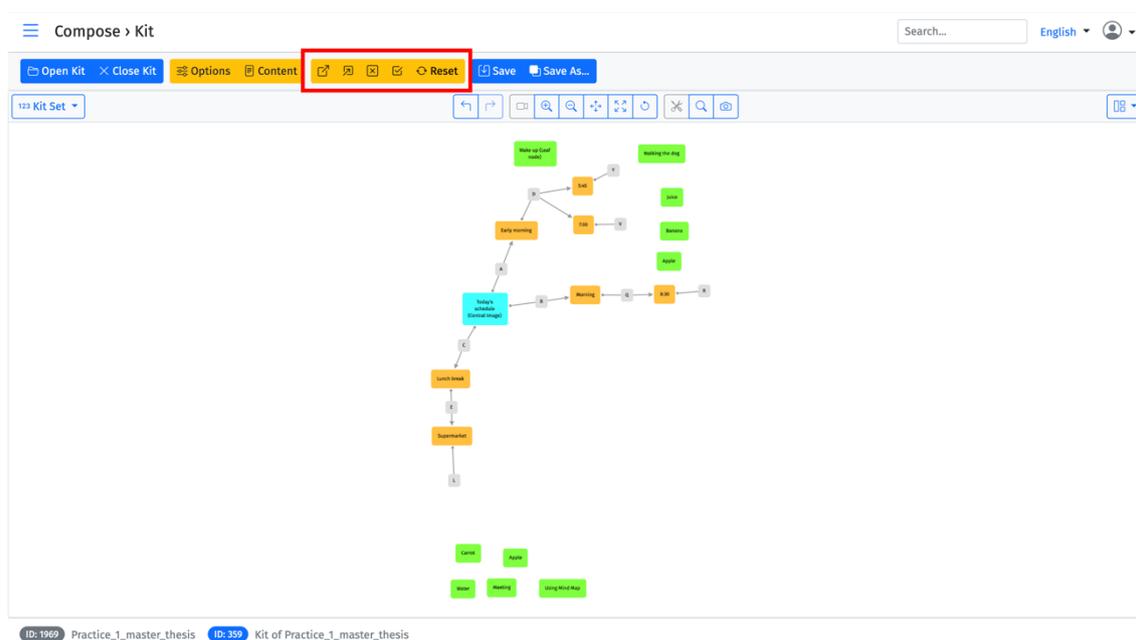


図 3-3 : キット作成画面

3.4.3 目標 MM 再構成機能・学習者 MM 診断機能

3.1 節で示した RMM の枠組の(3)に対応するものとして、学習者が目標 MM の再構成を行うための機能がある。図 3-4 は、学習者 MM 作成画面のスクリーンショットである。学習者は、キットとして提供されたノードとリンクを接続し、自身の理解を学習者 MM として表現する。ノードとリンクの接続方法は、教授者が目標 MM を作成する場合と同様である。また、この際、学習者はナビゲーションバーの“Contents” ボタンをクリックすることで、同図左側に表示されている“Content” というダイアログから教材の内容を参照することができる。

また、3.1 節で示した RMM の枠組の(4)に対応するものとして、学習者と教授者に目標 MM と学習者 MM の一致部分・差分についての情報を提供する機能がある。以下、本項では当該機能について説明する。

第3章 再構成型マインドマップ

学習者MM作成中、学習者はナビゲーションバーの“Feedback”ボタンをクリックすることでシステムからフィードバックを受けることができる。同ボタンに記載されている数字は、学習者がフィードバックを利用した回数を示している。フィードバックでは、目標MMと一致するリンク(matchingもしくはMatch)や一致しないリンク(excessiveもしくはExcess), 接続することのできていないリンク(missingもしくはMiss)の数が学習者に提示される。フィードバックの例を図3-5に示す。画面左側に表示されている“Quick Feedback”というダイアログにフィードバックの結果が表示されている。なお、こちらについては後に説明するような形で具体的にどの部分が一致しているか・差分があるかについての情報を視覚的に提示することも可能となっている。

学習者MMの作成後、学習者はナビゲーションバーの“Submit”ボタンをクリックすることで学習者MMの提出を行うことができる。学習者MMの提出後は自動的に学習者MM診断画面(図3-6)に遷移する。同画面において学習者は、ナビゲーションバーの

“Comparison Map”をクリックすることで学習者MMに、“Comparison Map”ボタンをクリックすることで目標MMと学習者MMの差分についての視覚的なフィードバックに表示を切り替えることができる。図3-6は、“Comparison Map”ボタンをクリックした後の状態となっている。画面左側のトグルからは、リンクの種類を絞り込んで表示することが可能である。また、学習者は必要に応じてナビゲーションバーの“Modify My Map”ボタンから学習者MMの修正を行うことも可能である。さらに、学習者はナビゲーションバーの“Finish”ボタンをクリックすることでシステムからログアウトすることができる。

学習者MMが提出された後、教授者はアナライザという機能を用いてそれを確認することができる。アナライザの画面を図3-7に示す。画面左側中段には、システムによって自動的に学習者MMが保存されたタイミング(AutosaveおよびDraft)、学習者がフィードバックを利用したタイミング(Feedback)、および学習者が学習者MMを完成させて提出したタイミング(Submitted)における、それぞれの学習者のMMの完成度(組立対象となっている部品のうち、正しく組立ることができるものの割合)が表示されている。ここに表示する情報は、画面左側上段の“Kit”というドロップダウンリスト(どのキットに対応するマップを表示するか)、および2段から成るチェックボックス[上段はどの状態

(Autosave, Draft, Feedback, またはSubmitted)に対応するマップを表示するかを、下段は最初に記録されたマップのみを表示するのか(First)、最後に記録されたマップのみを表示するのか(Last)、両方とも表示するのか(All)を選択するものである]を操作することで絞り込みを行うことができる。また、それぞれの学習者の情報をクリックすることで、選択した学習者MMと目標MMの差分を視覚的に確認することができる。その状態でナビゲーションバーの“Teacher Map”をクリックすることで目標MMに、“Student Map”をクリックすることで学習者MMに表示を切り替えることができる。“Compare Map”をクリックすると、両者の差分に表示を戻すことができる。なお、画面下部のバーには選択中の学習者MMにおけるMatch, Miss, Excessの数に加えて、学習者MMにおいて少なくとも

第3章 再構成型マインドマップ

片方の端が未接続のリンク (Leave), およびどのリンクにも接続されていないノード (Abandon) の数が表示されている。

また、画面左側中段に表示されている、それぞれの学習者名の左にあるチェックボックスにチェックを入れ、画面左側下段の“Group Map” ボタンをクリックすることで選択した学習者MMを重畳し、学習者全体としての傾向の把握を行うことができる。図 3-7に表示されているマップは、このようにして作成されたものである。ここで、それぞれのリンクに記載されている数字は、そのリンクを作成した学習者の人数 (重畳度) を表している。また、画面左側下段のスライダーバーを調整することで、重畳度に応じて表示するリンクを絞り込むことができる⁴。さらに、学習者マップ診断画面の場合と同様に表示するリンクの種類を絞り込むことも可能である。

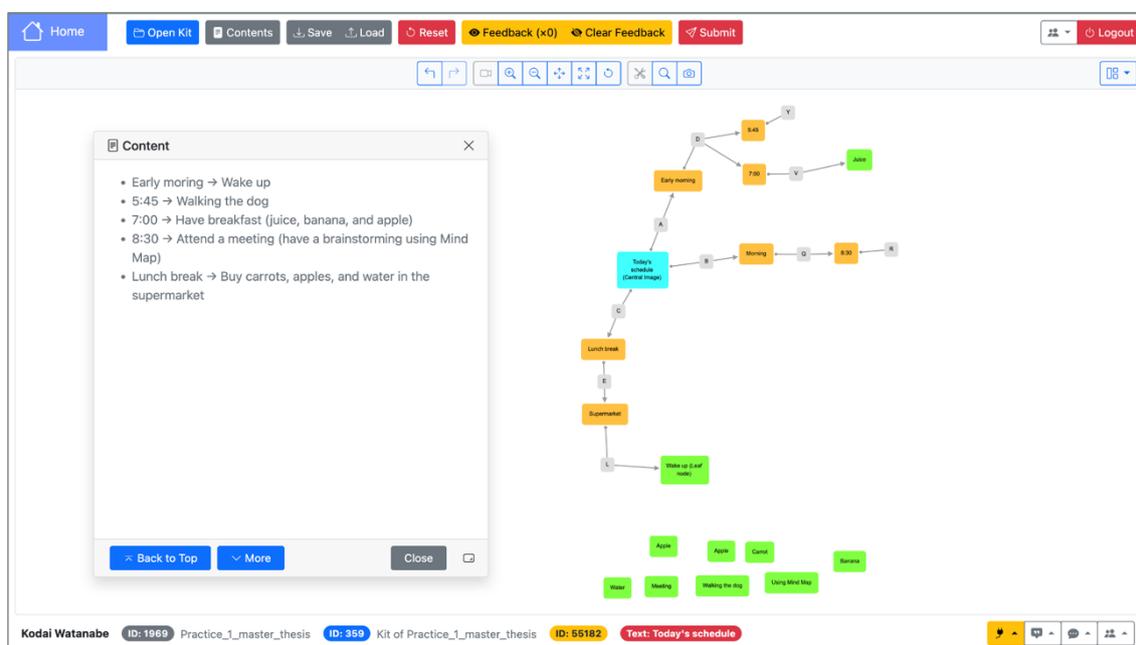


図 3-4 : 目標 MM 再構成画面

⁴ 例えば、“Min”を「2」，“Max”を「5」とすると、図 3-7のように、重畳度が2以上5以下のリンクのみが表示される。ただし、重畳度が5より大きいリンクでも、キット提供時点から予め接続されているものについては引き続き表示される。

第3章 再構成型マインドマップ

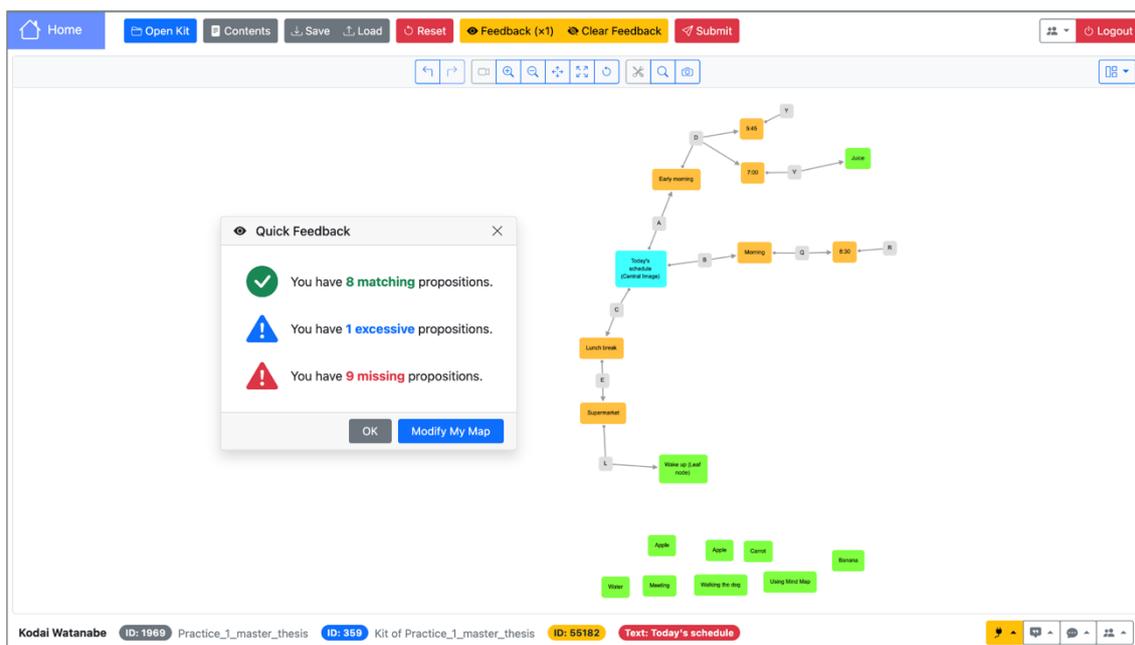


図 3-5 : フィードバックの例

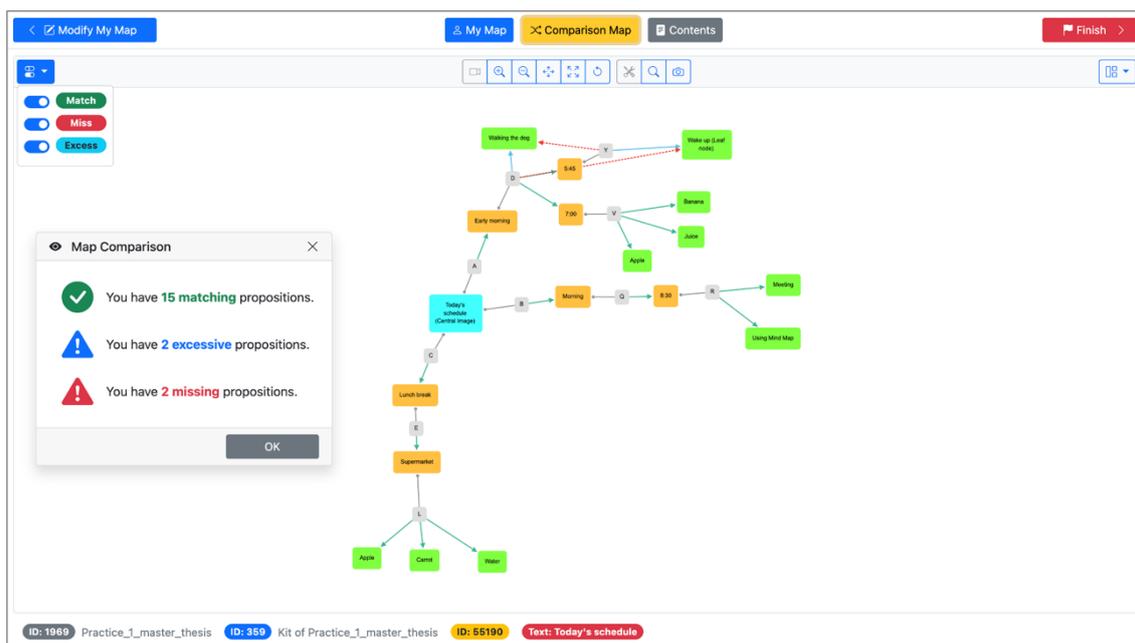


図 3-6 : 学習者 MM 診断画面

第4章 評価実験

4.1 被験者

本研究では、RQの検証のため、第1章で述べた「授業や教材などの内容をMMとして表現・共有する活用事例」のうち、教授者などが教材に対して目標となる読解結果（例えば読解の次に行う活動の前提として、クラス内で学習者全員が持つべき共有理解）をMMで表現し、学習者にそのMMに沿って教材を読解させることで読解活動を適切なものに誘導する、というような場面における学習者の読解支援を指向して、評価実験を実施した。本実験はインドネシアの大学の情報系学部で2年生向けに開講されているヒューマン・コンピュータ・インタラクションの授業の受講生74名を対象に、授業の一部として実施した。本授業担当教員、および同教員の同僚の1人が本実験について協議し、実施を決定した。この際、教材、テストおよびMMの妥当性の確認についての協力を得ることも合意している。該当授業では従来計算機ベースのCM作成およびMM作成を受講生に経験させており、本実験利用はMMの学習利用実習と位置付けられた上での実施であった。内容はEFLの読解教材を用いた。実験の際、学習者のほとんどは大学のコンピュータ室から参加し、そこに設置されているコンピュータを用いて次節で示す活動を行った⁵。また、授業担当教員、および実験実施者はオンラインで実験を執り行った。その他、コンピュータ室には2名のティーチングアシスタントが待機し、操作の不明点などに関する補助を行った。なお、本実験への参加は授業の一環として義務としていたが、ログ等の個人情報に関しては許諾が得られない場合は利用しないこと、および利用する場合も個人が特定されないような形で研究のためだけに利用する旨を説明している。

4.2 実験手順

実験の流れを図4-1に示す。本実験では学習者を2つのグループに分け、FRとLRのそれぞれによる再構成法の説明とその練習の後、(1)教材の読解、(2)プレテスト、(3)MMの再構成による読解、(4)ポストテスト、という(1)–(4)の活動を教材を変えて2回行った。以下、本稿では教材1を用いた1回目を読解1、教材2を用いた2回目を読解2と呼ぶ。グループ分けはTOEIC Listening & Reading Test（以下、単にTOEICと呼ぶ）のスコアをもとに

⁵ なお、諸事情により、自身のコンピュータを用いてオンラインで参加した学習者が2名存在した。

各グループが同じ人数（37名ずつ）となるように行い、ルビーン検定によって等質であることを確認した（ $p = .93$ ）⁶。学習者の TOEIC の平均スコアは 329 点であった⁷。

MM の再構成の際は、グループごとにそれぞれ異なる再構成の条件（LR または FR）を割り当てることで LR と FR の比較が行えるようにしており、図 4-1 のように、グループ 1 は読解 1 で教材 1 の MM を LR で再構成し、読解 2 で教材 2 の MM を FR で再構成している。グループ 2 については、その逆となっている。これにより、全ての学習者が LR と FR の両方を経験することになるため、本実験ではアンケートによって、「どちらの方式がより実施しやすかったか」、「教材の内容を理解する上で有効だったと思うか」、を評価してもらっている。さらに、一度 FR での組立を行った MM について、LR での組立を行う段階を設けている（図 4-1 の「追加組立」）。これは、FR で組立ることができない場合でも、LR であれば組立ることができるという見通しを確認するためである。

なお、MM の再構成は 3.4 節で述べたシステムを用いて行われ、その他の手順については大学の LMS（Learning Management System）を通じてコンテンツを提供する形で実施された。



図 4-1：実験全体の流れ

4.3 教材とテスト

今回、教材としては NASA Space Place という Web サイト [16] で提供されている記事から 2 つを選び、語数が同等になるように冗長と思われる箇所を省いたものを用いた。本文の長さは教材 1 が 521 語、教材 2 が 505 語であり、英文の読みやすさを測る指標である Flesch Reading Ease (FRE) のスコア [17][18] で同程度の難易度であることを確認している。また、これらの教材は本文とは別に固有名詞や専門用語 [“isotope”（同位体という意味）など] についてのインドネシア語訳、および本文の内容に関連した画像（教材 1 は 2 枚、教材 2 は 3 枚）を含んでいる。プレテストとポストテストには、筆者らが授業担当教員と協議しながら作成した再生課題（与えられた文で空欄となっている部分を自由記述によって補完する問題）を用いた。テストは全 15 問で構成されており、(1) 答えがリーフのラベルに含まれる問題（以下、この種類の問題を leaf 問題と呼ぶ）、(2) 答えが中間ノード（CI でもリーフでもないノード）のラベルに含まれる問題（mid 問題）、(3) MM に答えが含まれていない問題

⁶ TOEIC のスコアを持っていない学習者が 2 名存在したため、彼らについては別のグループへの割り当てを行った。

⁷ TOEIC のスコアを持っていない学習者については、平均スコアの計算から除外した。

(out 問題), の3種類の問題をそれぞれ5問ずつ含んでいる。配点は1問につき1点とした。採点は筆者を含む2名がそれぞれ行い、違いが生じた場合は協議して決定した。

これらの問題のうち, leaf 問題については LR と FR の両方で組立対象となっていることから, 両条件とも学習効果が見られ, 両条件間で差は出ないことが予想される。mid 問題については, FR においては組立対象となっているが, LR においては組立対象ではなくリーフを接続しようとする過程で認識を行う対象となっている。したがって, LR 条件においても中間ノードに対して処理を行う必要があるため学習効果は見込めるが, 直接組立を行う FR 条件よりも低い可能性があるため, 検証が必要となる。out 問題については, マップの組立は本文を参照しながら行われるため LR 条件と FR 条件の両方に対してある程度の効果が見込めるが, どちらにおいても組立の対象外であるため, 条件間で差は出ないことが予想される。

ポストテストにはプレテストと同じ問題を用い, プレテストとポストテストのどちらにおいても問題の順番は学習者ごとにランダムとした。また, 今回再生課題を行う目的は学習者の即時的な記憶を評価することであるため, テスト中の教材の参照は不可とした。

4.4 目標 MM

実験で使用した目標 MM の一部を図 4-2 に示す⁸。この目標 MM は教材 1 に対応するものであり, 元々の教材のタイトル “Thirsty? Have a comet!” を CI とし, 筆者が教材からノードとして抽出したキーワードやセンテンスをリンクで接続することによって教材に対する自身の読解の結果を表現する, という手順で作成した。さらに, 今回の実験参加者のレベルを踏まえた調整・確認を授業担当教員およびその同僚が行った上で用いている。教材 1 に対応する MM は 37 個のノード (うち 11 個がリーフ) と 39 個のリンクで構成されており, 教材 2 に対応する MM は 39 個のノード (うち 13 個がリーフ) と 38 個のリンクで構成されている。本実験で用いた MM では, 分岐型のリンクを用いている。分岐型のリンクは, 親ノード (CI に近いノード) がいくつの子ノードに連結されるかをリンク上に記載しており, 例えばリンク上に 3 という数字が記載されていれば, 親ノードを 3 つの子ノードに連結するリンクになっていることを示している。なお, リンクに記載されたアルファベットについては, 同じ分岐数のリンクであればどれを用いても同等に扱われるため無視するよう学習者に指示した。なお, 授業担当教員からリンクについても完全な分解を行ってしまうと作業自体が分かりにくくなり, また, 組立の負荷を必要以上に大きくする恐れがあるとの指摘があったため, 今回, FR においては組立対象のリンクを接続元のノードに予め接続しておくことで学習者にそれぞれのノードの子ノードの数を提供する, という形で部品化を行った。この処理を行った場合でも依然として全てのノードは他の全てのノードと接続される可能性を持っているため FR の一種にあたり, また組立の負荷は大きなままであると判断してい

⁸ 目標 MM の全体, およびそれを分解・部品化したキットについては, 付録 2-4 を参照されたい。

る。

また、LR と FR のいずれの条件においても、学習者は再構成中、目標 MM と一致するリンクや一致しないリンク、接続することのできていないリンクの数について、3.4.3 項で説明したような形でフィードバックを受け取ることが可能であった。本実験で学習者に提供したフィードバックは現状のマップと目標 MM の差について数値的な指摘のみを行っており、具体的にどの部分が一致しているか・差分があるかについての情報は提供していないことから、学習者がマップを完成させる上で過剰な支援にはなっていないと判断している。3.4.3 項で説明した、学習者 MM 診断画面における目標 MM と学習者 MM の差分についての視覚的なフィードバック、および学習者 MM の修正、については、本実験では無効とした。これは、授業担当教員と協議した結果、これらの機能を利用できるようにするとフィードバックで提供された情報をもとに目標 MM 再構成画面と学習者 MM 診断画面を行き来することによる再構成活動が可能となり、ポストテストの結果が純粋に学習者の理解を反映したものとはいえなくなる恐れがあるとの結論に至ったためである。

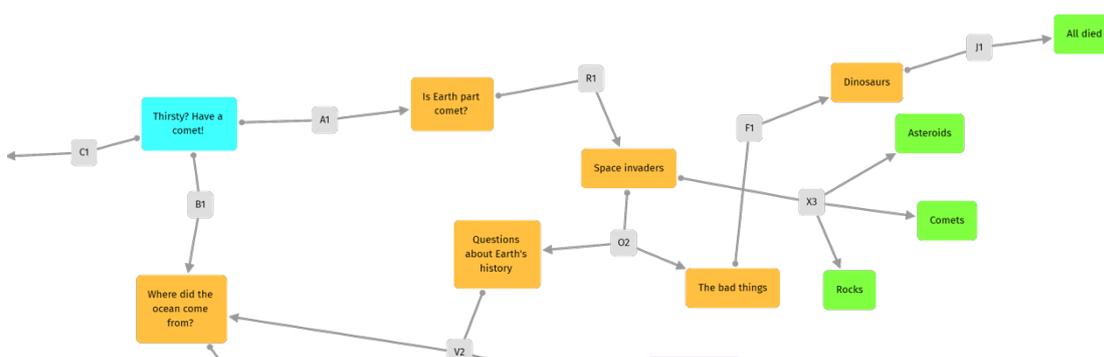


図 4-2 : 教材 1 に対応する目標 MM の一部

第5章 結果と考察

5.1 テストスコアの分析

テストスコアの平均値と標準偏差を表 5-1 に、分布を図 5-1 に示す⁹。4.3 節で述べたとおり、テストは leaf 問題、mid 問題、out 問題をそれぞれ 5 問ずつ含んでおり、配点は 1 問につき 1 点となっているため、問題の種類別に見るとそれぞれ 5 点満点、テスト全体は 15 点満点となっている。同表に併記しているとおり、両方の読解で、どちらの読解条件についてもプレーポストテスト間でスコアが有意に上昇していた。なお、一部の変数に対して正規性が見られなかったため、テストスコアに関する一連の分析は全てノンパラメトリック検定（ウィルコクソンの符号付き順位検定またはマンホイットニーの U 検定）を用いて実施している。プレテストが読解後・MM 再構成前に行われていることから、MM の再構成が学習効果を持つことが示唆された。また、表 5-2 に示すとおり、問題の種類別に分析を行っても、全ての条件（2 回の読解×2 つの読解条件×3 つの問題種類の組合せ）についてスコアの有意な上昇が見られた。なお、問題の種類別のテストスコアの分布は図 5-2 に示すとおりである。

次に、プレーポストテスト間での **normalized change** [19]を用いて LR と FR の学習効果の差について検討した結果を表 5-3 に示す。**Normalized change** とはポストテストにおける、プレテストからの点数の伸び幅を表す指標の 1 つであり、式(1)によって算出される。なお、この式において“pre”はプレテストのスコアを、“post”はポストテストのスコアを表している。ここで **normalized change** を用いた理由は、単純にプレテストのスコアとポストテストのスコアの差分を取るだけでは、両方のテストで満点を取った学習者と単にスコアが上昇しなかった学習者が同様に扱われることになり、得点推移を正確に表すことができないと判断したためである。**Normalized change** の分布は図 5-3 に示すとおりである。結果として、一部の変数については有意差が見られたものの、いずれについても 2 回の読解で一貫して有意とはなっていないことから、LR 条件と FR 条件で学習効果の大きな違いは見られなかったと判断している。この結果は、LR においても中間ノードや内容全般に対する理解を促進する効果が期待でき、その効果が FR に対して明らかに劣るものとはいえないことを示

⁹ なお、ここでは不備のあったデータを取り除いている。これ以降の分析についても同様である。

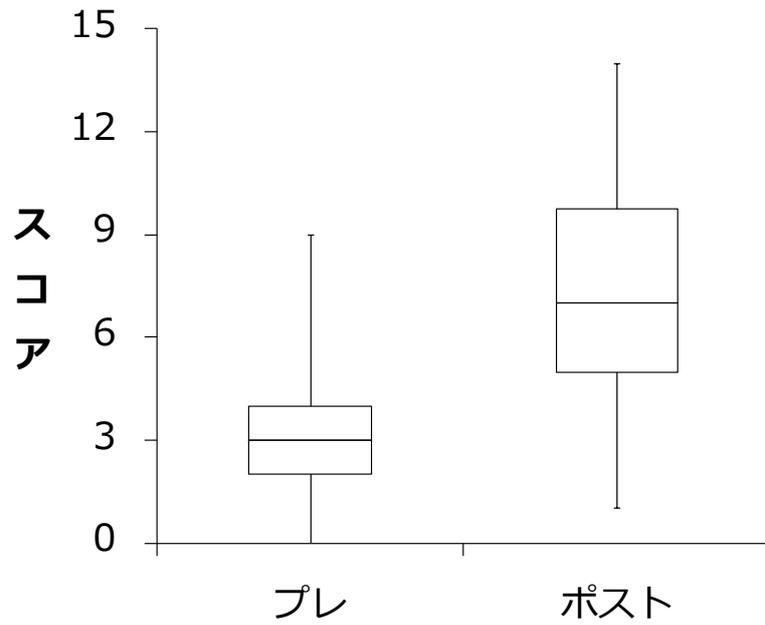
唆している。

$$\text{Normalized change} = \begin{cases} \frac{\text{post} - \text{pre}}{\text{テストの満点} - \text{pre}} & (\text{post} > \text{pre} \text{のとき}) \\ \text{分析から除外} \\ 0 & (\text{postとpreの両方が満点または0点のとき}) \\ 0 & (\text{上の場合以外で, post} = \text{pre} \text{のとき}) \\ \frac{\text{post} - \text{pre}}{\text{pre}} & (\text{post} < \text{pre} \text{のとき}) \end{cases} \quad (1)$$

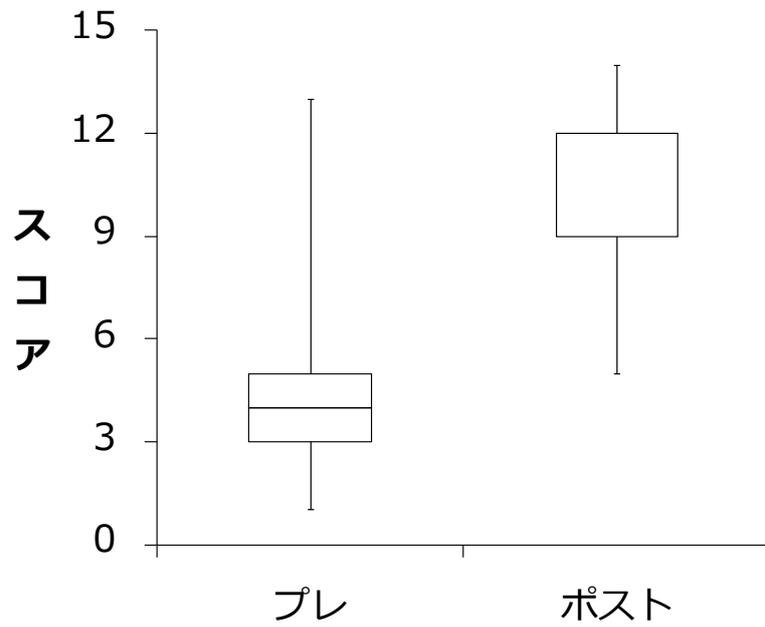
表 5-1 : 読解後と組立後でのテストスコアの変化 (全体)

		プレ (読解後)	ポスト (組立後)	<i>p</i>	<i>r</i>
読解 1	LR 条件 (<i>n</i> = 31)	3.34 (<i>SD</i> = 2.11)	7.19 (3.17)	<i>p</i> < .001	.59 (大)
	FR 条件 (<i>n</i> = 27)	4.52 (2.80)	9.98 (2.33)	<i>p</i> < .001	.60 (大)
読解 2	LR 条件 (<i>n</i> = 27)	6.96 (2.90)	9.98 (2.92)	<i>p</i> < .001	.55 (大)
	FR 条件 (<i>n</i> = 31)	5.19 (3.15)	8.05 (2.65)	<i>p</i> < .001	.58 (大)

小 *r* > .10, 中 *r* > .30, 大 *r* > .50

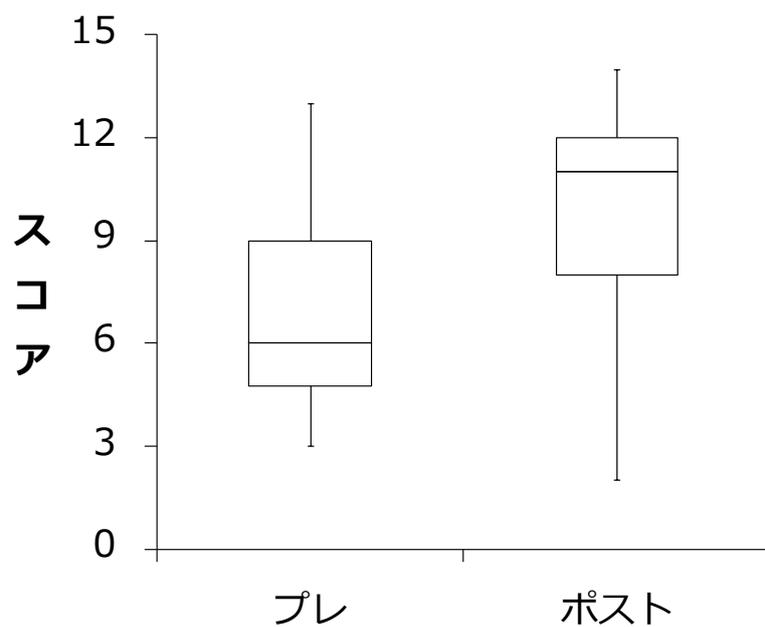


(a) 読解1 (LR 条件)

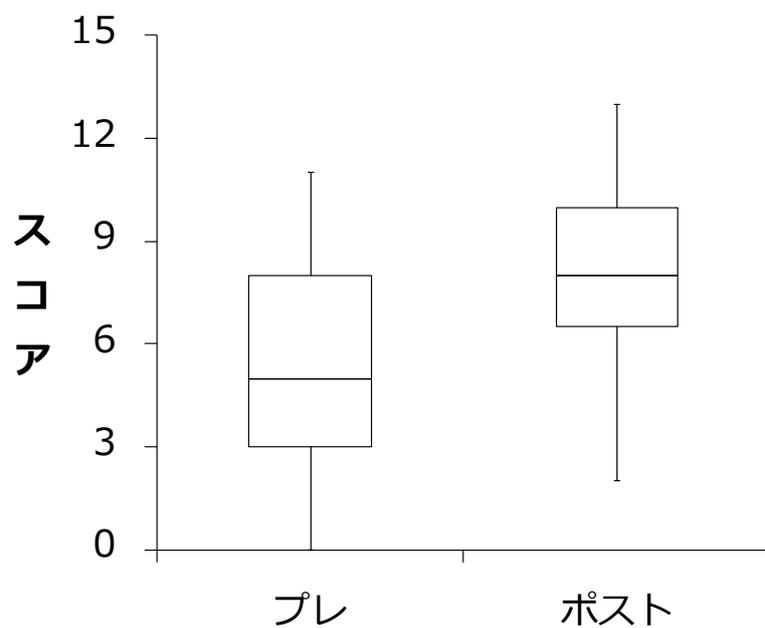


(b) 読解1 (FR 条件)

図 5-1 : 読解後と組立後のテストスコアの分布 (全体)



(c) 読解2 (LR 条件)

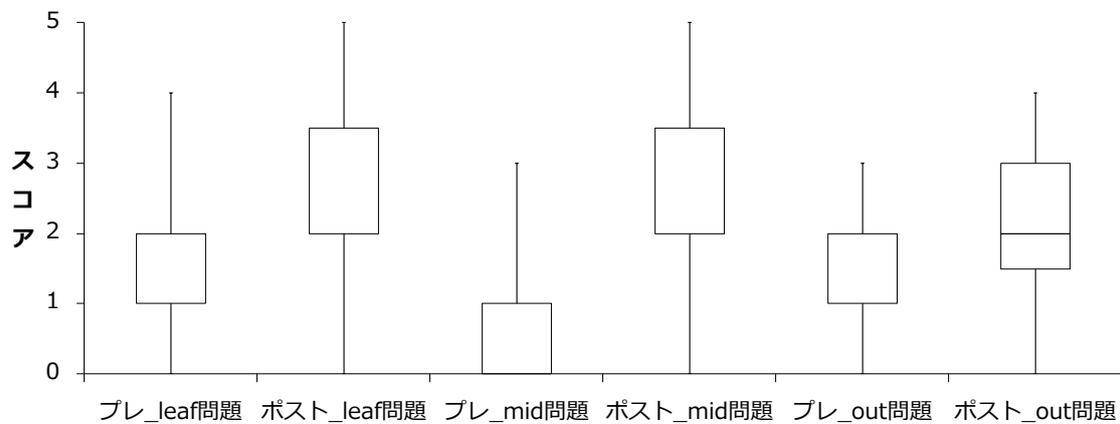


(d) 読解2 (FR 条件)

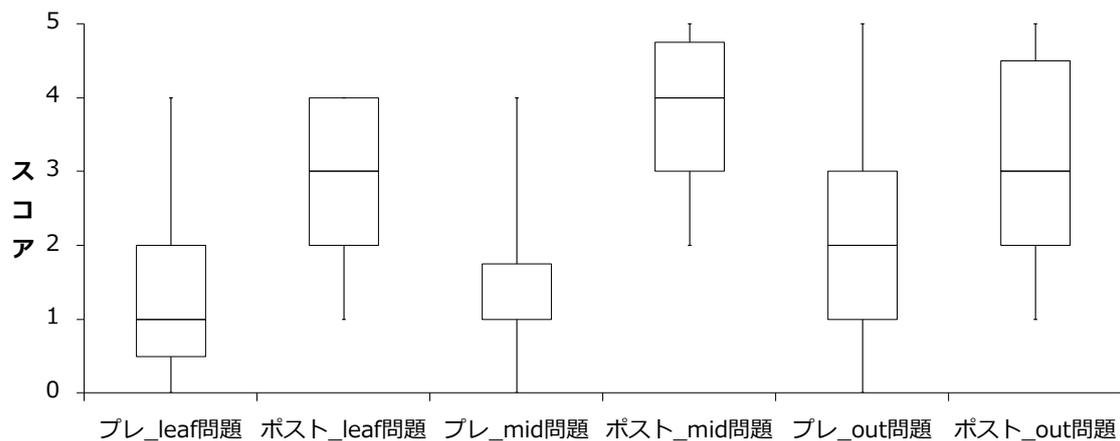
図 5-1 : (続き)

表 5-2 : 読解後と組立後でのテストスコアの変化 (問題の種類別)

			プレ (読解後)	ポスト (組立後)	p	r
読解 1	LR 条件 ($n = 31$)	leaf 問題	1.19 (0.91)	2.42 (1.23)	$p < .001$	.48 (中)
		mid 問題	0.66 (0.91)	2.45 (1.29)	$p < .001$	.57 (大)
		out 問題	1.48 (0.93)	2.32 (1.19)	$p < .001$	.45 (中)
	FR 条件 ($n = 27$)	leaf 問題	1.31 (1.23)	2.89 (0.93)	$p < .001$	.57 (大)
		mid 問題	1.20 (1.00)	3.83 (0.88)	$p < .001$	.59 (大)
		out 問題	2.00 (1.23)	3.26 (1.35)	$p < .001$	$r < .50$ (中)
読解 2	LR 条件 ($n = 27$)	leaf 問題	2.31 (1.32)	3.85 (1.17)	$p < .001$	.52 (大)
		mid 問題	2.65 (1.55)	3.44 (1.36)	$p < .01$	.44 (中)
		out 問題	2.00 (1.14)	2.69 (1.17)	$p < .01$	.36 (中)
	FR 条件 ($n = 31$)	leaf 問題	2.03 (1.22)	3.35 (1.06)	$p < .001$	.53 (大)
		mid 問題	1.90 (1.70)	2.82 (1.29)	$p < .01$	.41 (中)
		out 問題	1.26 (1.03)	1.87 (1.02)	$p < .01$	.38 (中)

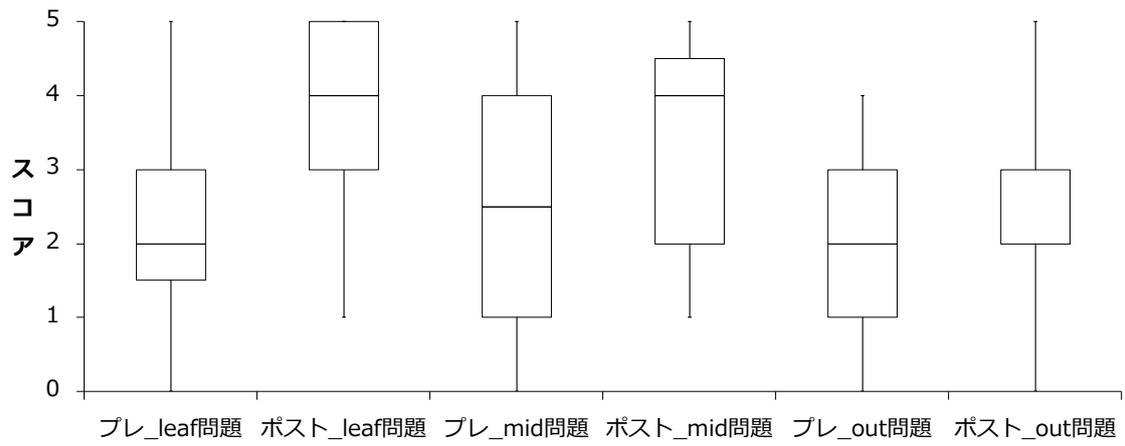


(a) 読解1 (LR 条件)

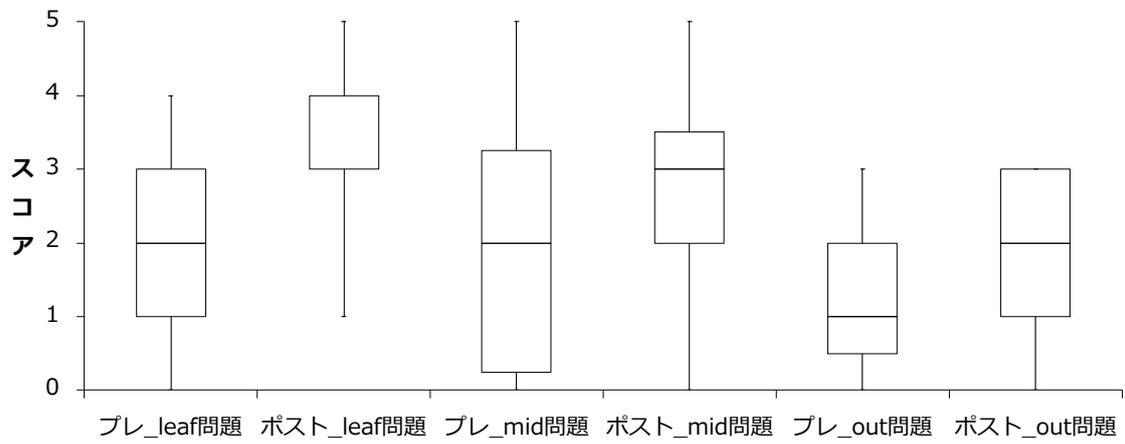


(b) 読解1 (FR 条件)

図 5-2 : 読解後と組立後のテストスコアの分布 (問題の種類別)



(c) 読解2 (LR条件)

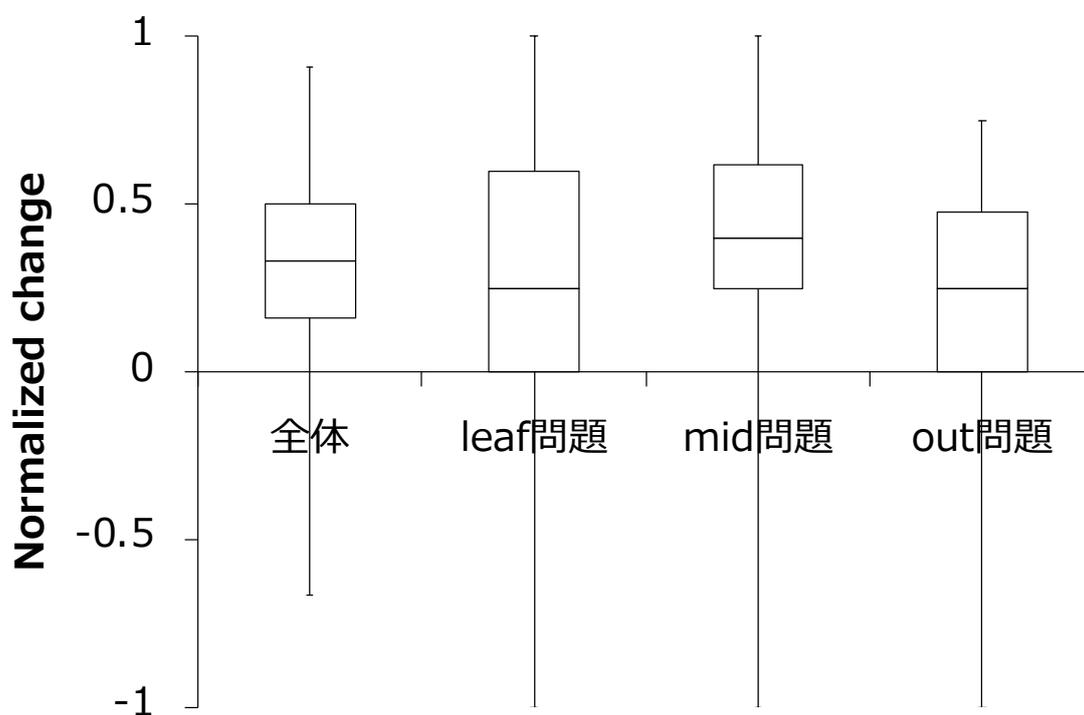


(d) 読解2 (FR条件)

図 5-2 : (続き)

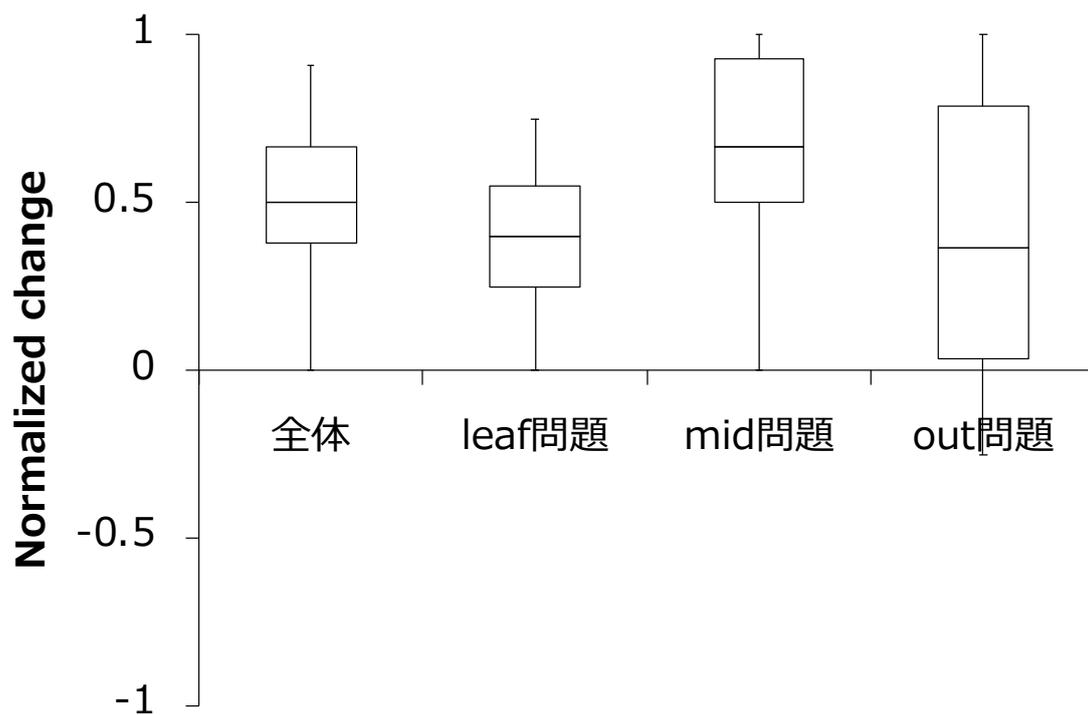
表 5-3 : LR 条件と FR 条件の学習効果の差 (normalized change の検定)

	読解 1				読解 2			
	全体	leaf 問題	mid 問題	out 問題	全体	leaf 問題	mid 問題	out 問題
LR 条件	.32 ($n = 31, SD = .28$)	.27 (31, .42)	.36 (30, .43)	.23 (30, .34)	.37 (27, .31)	.54 (27, .44)	.33 (23, .35)	.20 (27, .41)
FR 条件	.50 (27, .22)	.39 (27, .23)	.65 (27, .29)	.43 (26, .40)	.28 (31, .19)	.44 (31, .34)	.28 (26, .36)	.12 (29, .33)
p	$p < .05$	.26	$p < .01$	.09	$p > .10$	.23	.87	.47
r	.34 (中)	.15 (小)	.42 (中)	.23 (小)	.22 (小)	.16 (小)	.02	$r < .10$



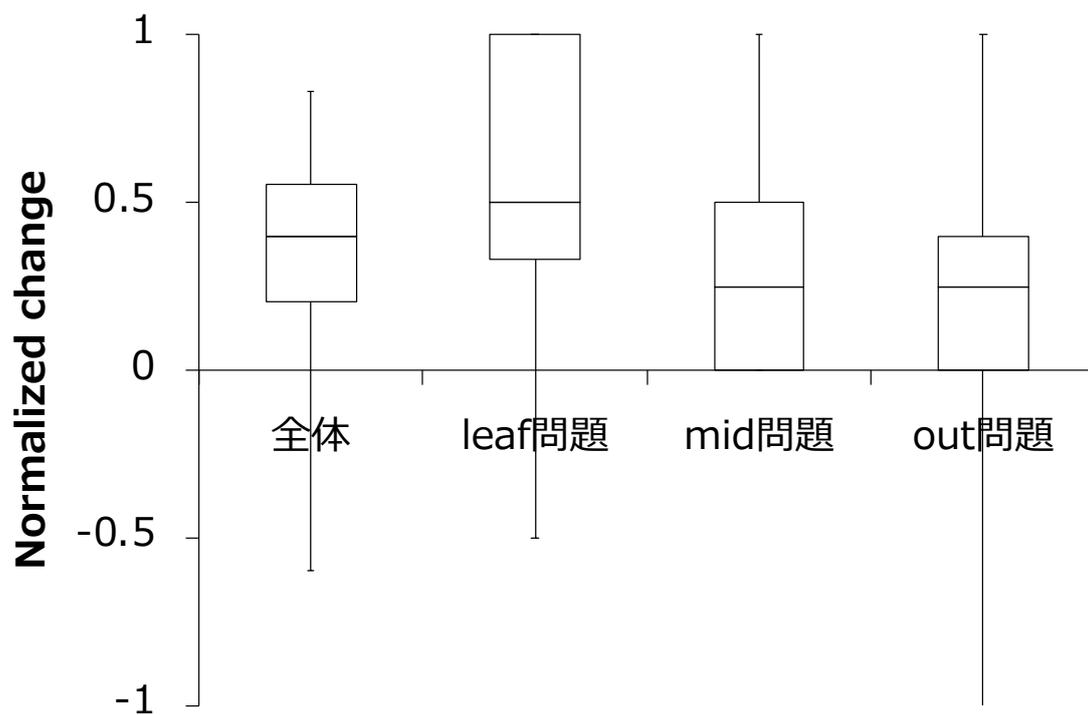
(a) 読解 1 (LR 条件)

図 5-3 : テストスコアに関する normalized change の分布



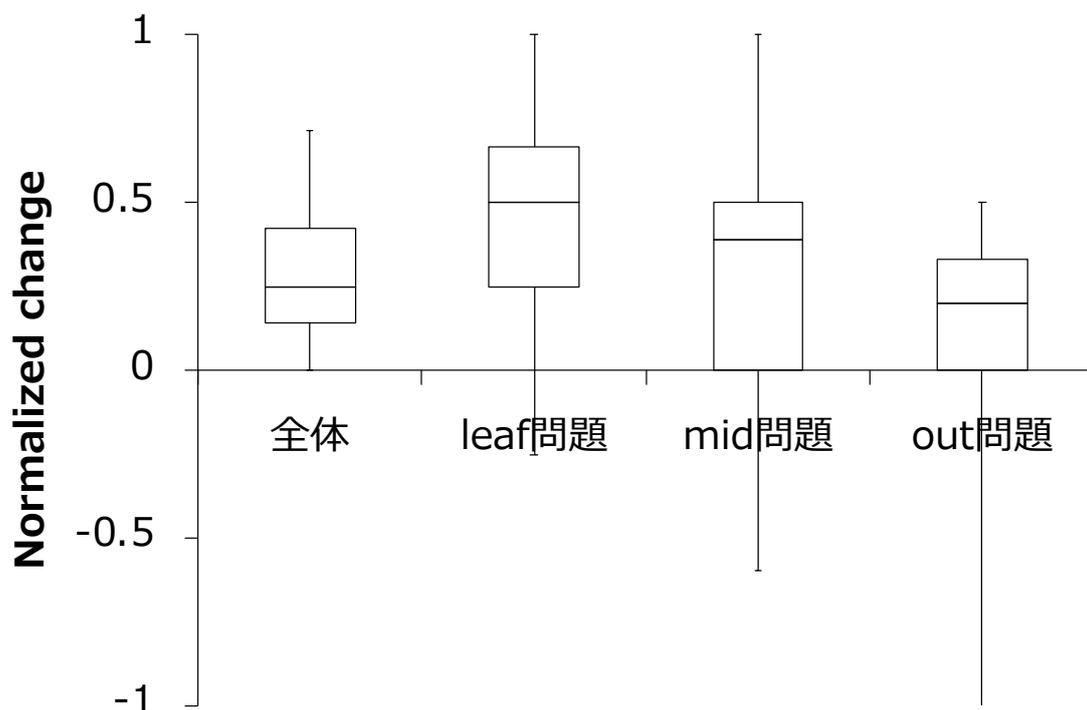
(b) 読解 1 (FR 条件)

図 5-3 : (続き)



(c) 読解2 (LR条件)

図 5-3 : (続き)



(d) 読解2 (FR 条件)

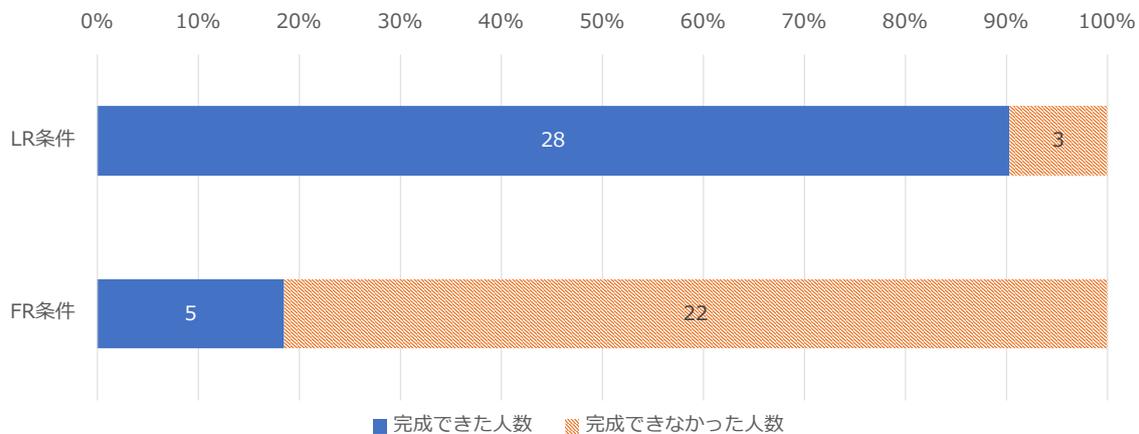
図 5-3 : (続き)

5.2 マップを完成できた人数の分析

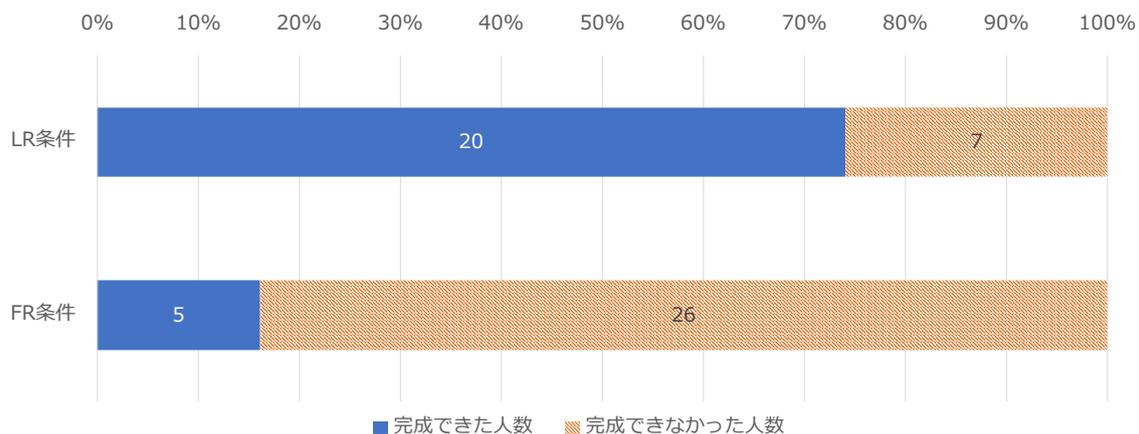
本研究では LR と FR の認知負荷の差について検証するため、それぞれの条件において分析対象となった学習者のうち、目標 MM と一致するマップを完成させることができた人数の集計を行った。その結果を図 5-4 に示す。読解1では LR 条件 (グループ1) において 90% の学習者がマップを完成させられたのに対し、FR 条件 (グループ2) でマップを完成できた学習者は 19% であった。また、読解2においては LR 条件 (グループ2) が 74%、FR 条件 (グループ1) が 16% となった。このことから、LR 条件の方が明らかに完成度の高い再構成を実施できていることが示された。

また、実験の最後に行った追加組立 (FR で組立たマップを対象とした LR による組立) では、グループ1 において 86%、グループ2 において 92% の学習者が目標 MM と一致するマップを完成させることができていた。このことは FR だと再構成が難しかった MM で

も、LR であれば再構成が可能になることを示している。

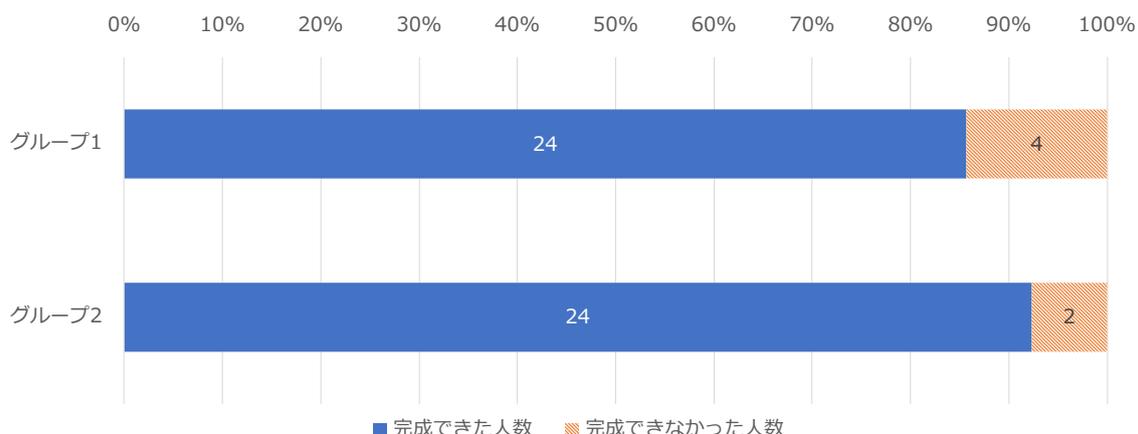


(a) 読解 1



(b) 読解 2

図 5-4 : マップを完成できた人数



(c) 追加組立

図 5-4 : (続き)

5.3 アンケートの分析

アンケートで学習者に尋ねた項目、およびそれに対しての選択肢を表 5-4 および表 5-5 に示す¹⁰。これらのうち、項目 9, 10, および 11 については任意回答であった。なお、実際に学習者に提示されたのはこれらを英語およびインドネシア語に翻訳したものであり、そちらについては付録 2-6 を参照されたい。

アンケートで得られた結果について、5 件法の項目（項目 2, 3, 8, 13, 14）によって得られたものを図 5-5 に、LR および FR に要した時間について尋ねた項目（項目 4, 5）によって得られたものを図 5-6 に、LR と FR の実施しやすさについて尋ねた項目（項目 6）によって得られたものを図 5-7 に、LR と FR の学習への有効性について尋ねた項目（項目 7）によって得られたものを図 5-8 に、MM の利用経験について尋ねた項目（項目 12）によって得られたものを図 5-9 にそれぞれ示す。項目 1 については個々の学習者を識別するための項目であるため、結果を省略している。なお、項目 4 と項目 5 のペア、および項目 10 と項目 11 のペアについては、グループ 1 において項目 4 および項目 10 が LR に対応しており、項目 5 および項目 11 が FR に対応しているのに対し、グループ 2 においてはその逆となっているため、項目ごとではなく再構成の方式ごとに集計を行っている。

教材の内容が簡単であったかを尋ねた項目（項目 2, 3）では、項目 2 については 64%、項目 3 については 66%の学習者が肯定的な回答（「とてもそう思う」または「そう思う」）

¹⁰ 図 4-1 に示したように、グループ 1 とグループ 2 では同じ教材に対する学習方法（再構成の方式）に違いがあるため、グループ 1 に対するアンケートでは「教材 1 についてのマップでリーフノードを再構成するための時間」となっている部分がグループ 2 に対するアンケートでは「教材 1 についてのマップ全体を再構成するための時間」となっているなど、質問の意図としては同じでもそれぞれのグループの活動内容に則して質問文に調整を加えている部分があり、これが両者の差分となる。

をしていた。しかし、表 5-1 から分かるように、今回、いずれの条件においても天井効果は発生していない（いずれの条件においても、平均値と標準偏差の合計が満点である 15 点を超えていない）ため、教材のレベルに問題はなかったと判断している。

LR および FR に要した時間について尋ねた項目（項目 4, 5）では、「時間は少し足りなかった」あるいは「時間はまったく足りなかった」と回答した学習者が LR 条件では 64%、FR 条件では 86%となっていた。このことから今回の時間設定が適切でなかった可能性が示唆されるものの、同時に多くの学習者が再構成活動に最後まで取り組んでいることも示唆されたといえる。また、LR に関しても時間が足りないという判断をしている学習者が存在することは、LR によって読解の促進に寄与する負荷までもが軽減されているわけではないことを示していると解釈することができる。また、「時間は少し足りなかった」「時間はまったく足りなかった」という回答を「時間が足りなかった」というカテゴリに、それ以外の回答を「時間が足りた」というカテゴリに分類してフィッシャーの正確確率検定を行ったところ、 $p < .01$, $h = 0.53$ （中：ここで小 $h > .20$, 中 $h > .50$, 大 $h > .80$ ）となり、LR 条件よりも FR 条件の方が有意に時間が足りなかった傾向にあることが分かった。このことは、LR によって再構成の認知負荷が軽減されていることを裏付ける結果になっていると解釈することができる。

LR と FR の実施しやすさについて尋ねた項目（項目 6）および LR と FR の学習への有効性について尋ねた項目（項目 7）では、「どちらも同じくらい実施しづらかった」あるいは「どちらも有効ではなかった」と回答した、つまり再構成自体への負の評価を行った学習者の割合はそれぞれ 5%、2%にとどまっており、主観的にも再構成が受け入れられていることが示唆された。また、項目 6 においては 84%の学習者が LR を FR よりも実施しやすい、つまり負荷の軽い方法として選択しており、項目 7 においては 79%の学習者が LR を FR よりも学習に有効な方法として選択していた。

LR を行った際、学習者が CI からリーフへの経路を意識していたかを尋ねた項目（項目 8）では、64%の学習者が肯定的な回答をしていた。また、この設問に対して非肯定的な回答（今回は「どちらともいえない」のみ）をした学習者がどのようにマップを眺めていたかを尋ねた項目（項目 9）に対しては「覚えていない」と回答した学習者がほとんどであったが、その他には「画面上で概念マップを最初に見たとき、とても混乱した」、「次に取り組めるように、教材のフロー5を見てみるつもりだ」という意見があった。前者については回答の中で MM ではなく CM について言及しており、両者を混同している可能性があること、また、混乱の原因が回答中で示されていないことから、追加の聞き取り調査などによる混同の有無の確認や混乱の原因の特定、およびそれらへの対応の必要性が示唆される。後者については、回答の示す意味を汲み取ることが困難であった。

項目 10 と項目 11 は学習者がマップに対して理解した内容に基づき、マップの改善案という形で教材に対して（目標 MM に表現されたものとは違う形で）自身が理解したことを表現できるかを検証することを意図したものであった。しかし、実際の回答としては「この

ように、視覚的に理解できるコンテンツを提供することは、かなり役に立つ.」, 「作業時間が足りない」など、学習者が MM を利用した感想や、実験の諸条件の改善案が寄せられ、質問の意図が適切に伝わっていなかったことが分かった。ここで得られた改善案については、将来の実験で活かしていく予定である。その他にもいくつかの種類の回答が得られたため、これらの項目については回答のカテゴリ分けを行った。具体的なカテゴリ、およびそのカテゴリに分類された回答の例を表 5-6 に示す。また、各カテゴリの回答数を図 5-10 に示す。なお、ここでは1つの回答に対して複数のカテゴリを割り当てている場合もある。

MM の利用経験について尋ねた項目（項目 12）では、97%の学習者が MM を少なくとも一度は利用した経験があることが分かった。また、MM そのものの有用性について尋ねた項目（項目 13）では 63%の学習者が肯定的な回答をしていた。以上の結果は、多くのユーザが MM を有用なものとして認識していることを裏付けるものになっているといえる。

今後も MM の再構成による学習を検討したいかを尋ねた項目（項目 14）では、肯定的な回答の割合が 55%にとどまっていた。しかし、否定的な回答（「そう思わない」または「まったくそう思わない」）はわずか 1 件（2%）となっていることから、再構成自体への負の評価はほとんどないことが分かり、この結果は項目 6, 7 と符合している。肯定的な回答の割合がそれほど高くならなかった要因としては、項目 4, 5 で分かったように再構成のための時間が十分でないと感じている学習者が多かったことや、前節で示したように FR 条件においてはほとんどの学習者が目標 MM と一致するマップを完成させることができなかったことが影響していると考えられる。具体的には、そのような経験を通して、学習者は特に FR による学習に苦手意識を抱いたことが考えられる。したがって、この質問については再構成の方式ごとに項目を分けるのがより適切であったと思われる。

また、自由記述で回答する項目（項目 9, 10, 11）意外の項目について、有意水準 5%として正確二項検定を行ったところ、それぞれ表 5-7 に示すような結果が得られた。

以上を総括すると、(1) MM は学習者に有用なものとして受け入れられており、実際に利用もされていること（項目 10, 11, 12, 13 より）、(2) MM の再構成についても学習者に有用なものとして受け入れられていること（項目 6, 7, 14 より）、(3) 学習者は LR を FR よりも実施しやすく、FR よりも高い学習効果を見込める方法と判断していること（項目 4, 5, 6, 7 より）、および(4) LR は CI からリーフへの経路の解釈を学習者に要求するものになっていること（項目 8 より）、が示唆されたといえる。

表 5-4 : アンケートの内容 (グループ 1)

	質問文	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4	選択肢 5
項目 1	学籍番号 (を入力してください)	自由記述				
項目 2	教材1の内容は簡単でしたか?	とても そう思 う	そう思 う	どちら ともい えない	そう思 わない	まった くそう 思わな い
項目 3	教材2の内容は簡単でしたか?	とても そう思 う	そう思 う	どちら ともい えない	そう思 わない	まった くそう 思わな い
項目 4	教材1についてのマップでリーフノードを再構成するための時間は15分となりましたが、この時間は再構成を完了させ、マップ全体を理解するために十分でしたか? 次のうち、あなたの感覚に最も近いものを選んでください (感覚的な回答で結構です).	時間は 十分余 った	時間が 少し余 った	ちょう ど15 分前後 でマッ プを理 解した	時間は 少し足 りなか った	時間は まった く足り なかつ た
項目 5	教材2についてのマップ全体を再構成するための時間は15分となりましたが、この時間は再構成を完了させ、マップ全体を理解するために十分でしたか? 次のうち、あなたの感覚に最も近いものを選んでください (感覚的な回答で結構です).	時間は 十分余 った	時間が 少し余 った	ちょう ど15 分前後 でマッ プを理 解した	時間は 少し足 りなか った	時間は まった く足り なかつ た

表 5-4 : (続き)

	質問文	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4	選択肢 5
項目 6	教材1についてのマップでリーフノードを再構成する活動と教材2についてのマップ全体を再構成する活動では、どちらの方が教材の内容を理解する上で実施しやすかったですか？	どちら も同じ くらい 実施し やすか った	リーフ ノード を再構 成する 活動の 方が実 施しや すかつ た	マップ 全体を 再構成 する活 動の方 が実施 しやす かつた	どちら も同じ くらい 実施し づらか った	-
項目 7	教材1についてのマップでリーフノードを再構成する活動と教材2についてのマップ全体を再構成する活動では、どちらの方が教材の内容を理解する上で有効だったと思いますか？	どちら も同じ くらい 有効だ った	リーフ ノード を再構 成する 活動の 方が有 効だつ た	マップ 全体を 再構成 する活 動の方 が有効 だった	どちら も有効 ではな かった	-
項目 8	教材1についてのマップでリーフノードを再構成した際、セントラル・イメージ ¹¹ （概念）（水色のノード）からリーフノード（黄緑色のノード）への経路を意識していましたか？（経路上の他のノードを確認しながらリーフノードを再構成しましたか？）	とても そう思 う	そう思 う	どちら ともい えない	そう思 わない	まった くそう 思わな い

¹¹ 本稿における CI と同義.

表 5-4 : (続き)

	質問文	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4	選択肢 5
項目 9	項目8において3, 4, または5を選択した場合, 活動に取り組む際にどのようにマップを眺めていたか, 覚えていれば記入してください. 覚えていない場合, 「覚えていない」と記入してください.	自由記述				
項目 10	教材1についてのマップでリーフノードを再構成している途中で, マップの改善案 (ノードの組み換え・新しいノードの追加など, 教材の内容をより良く反映させるための案) を思いついた場合, それらを具体的に記入してください.	自由記述				
項目 11	教材2についてのマップ全体を再構成している途中で, マップの改善案を思いついた場合, それらを具体的に記入してください.	自由記述				
項目 12	マインドマップの利用経験について, 次のうち最もあなたの経験に近いものを選択してください. (11月19日に参加した実験 ¹² を除く)	5回以上利用したことがある/定期的に利用している	2~4回利用したことがある	1回だけ利用したことがある	まったく利用経験がない	-

¹² 4.1 節における「計算機ベースのMM作成」に該当する.

表 5-4 : (続き)

	質問文	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4	選択肢 5
項目 13	マインドマップは、教材の内容について自分自身で振り返ったり他者に説明したりする際に有用だと思いますか？	とても そう思 う	そう思 う	どちら ともい えない	そう思 わない	まった くそう 思わな い
項目 14	今後、何かについて学習する際にマインドマップの再構成による学習を検討したいですか？	とても そう思 う	そう思 う	どちら ともい えない	そう思 わない	まった くそう 思わな い

表 5-5 : アンケートの内容 (グループ 2)

	質問文	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4	選択肢 5
項目 1	学籍番号 (を入力してください)	自由記述				
項目 2	教材1の内容は簡単でしたか？	とても そう思 う	そう思 う	どちら ともい えない	そう思 わない	まった くそう 思わな い
項目 3	教材2の内容は簡単でしたか？	とても そう思 う	そう思 う	どちら ともい えない	そう思 わない	まった くそう 思わな い
項目 4	教材1についてのマップ全体を再構成するための時間は15分となりましたが、この時間は再構成を完了させ、マップ全体を理解するために十分でしたか？次のうち、あなたの感覚に最も近いものを選んでください (感覚的な回答で結構です)。	時間は 十分余 った	時間が 少し余 った	ちょう ど15 分前後 でマッ プを理 解した	時間は 少し足 りなか った	時間は まった く足り なかつ た

表 5-5 : (続き)

	質問文	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4	選択肢 5
項目 5	教材2についてのマップでリーフノードを再構成するための時間は15分となりましたが、この時間は再構成を完了させ、マップ全体を理解するために十分でしたか？次のうち、あなたの感覚に最も近いものを選んでください（感覚的な回答で結構です）.	時間は十分余った	時間が少し余った	ちょうど15分前後でマップを理解した	時間は少し足りなかった	時間はまったく足りなかった
項目 6	教材1についてのマップ全体を再構成する活動と教材2についてのマップでリーフノードを再構成する活動では、どちらの方が教材の内容を理解する上で実施しやすかったですか？	どちらも同じくらい実施しやすかった	リーフノードを再構成する活動の方が実施しやすかった	マップ全体を再構成する活動の方が実施しやすかった	どちらも同じくらい実施しづらかった	-
項目 7	教材1についてのマップ全体を再構成する活動と教材2についてのマップでリーフノードを再構成する活動では、どちらの方が教材の内容を理解する上で有効だったと思いますか？	どちらも同じくらい有効だった	リーフノードを再構成する活動の方が有効だった	マップ全体を再構成する活動の方が有効だった	どちらも有効ではなかった	-

表 5-5 : (続き)

	質問文	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4	選択肢 5
項目 8	教材2についてのマップでリーフノードを再構成した際、セントラル・イメージ（概念）（水色のノード）からリーフノード（黄緑色のノード）への経路を意識していましたか？（経路上の他のノードを確認しながらリーフノードを再構成しましたか？）	とても そう思 う	そう思 う	どちら ともい えない	そう思 わない	まった くそう 思わな い
項目 9	項目8において3, 4, または5を選択した場合、活動に取り組む際にどのようにマップを眺めていたか、覚えていれば記入してください。覚えていない場合、「覚えていない」と記入してください。	自由記述				
項目 10	教材1についてのマップ全体を再構成している途中で、マップの改善案（ノードの組み換え・新しいノードの追加など、教材の内容をより良く反映させるための案）を思いついた場合、それらを具体的に記入してください。	自由記述				
項目 11	教材2についてのマップでリーフノードを再構成している途中で、マップの改善案を思いついた場合、それらを具体的に記入してください。	自由記述				

表 5-5 : (続き)

	質問文	選択肢 1	選択肢 2	選択肢 3	選択肢 4	選択肢 5
項目 12	マインドマップの利用経験について、次のうち最もあなたの経験に近いものを選択してください。(11月19日に参加した実験を除く)	5回以上利用したことがある／定期的に利用している	2~4回利用したことがある	1回だけ利用したことがある	まったく利用経験がない	-
項目 13	マインドマップは、教材の内容について自分自身で振り返ったり他者に説明したりする際に有用だと思えますか？	とてもそう思う	そう思う	どちらともいえない	そう思わない	まったく思わない
項目 14	今後、何かについて学習する際にマインドマップの再構成による学習を検討したいですか？	とてもそう思う	そう思う	どちらともいえない	そう思わない	まったく思わない

第5章 結果と考察

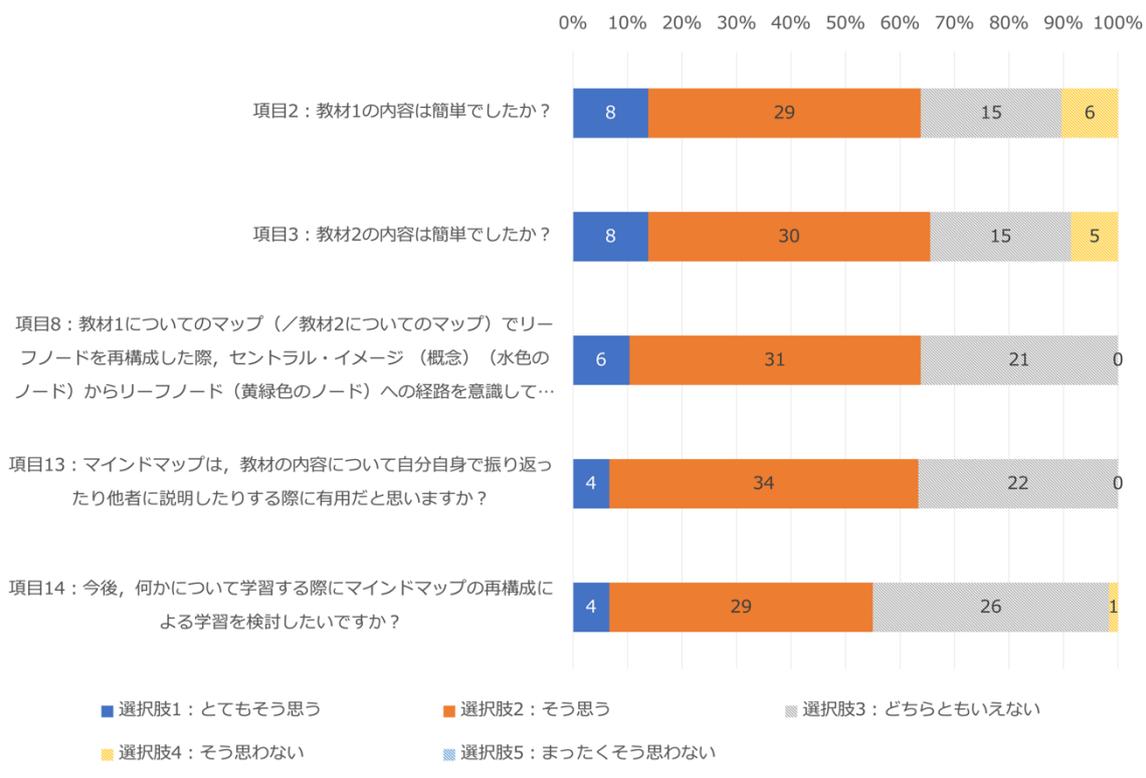


図 5-5：アンケートの結果（5 件法の項目）

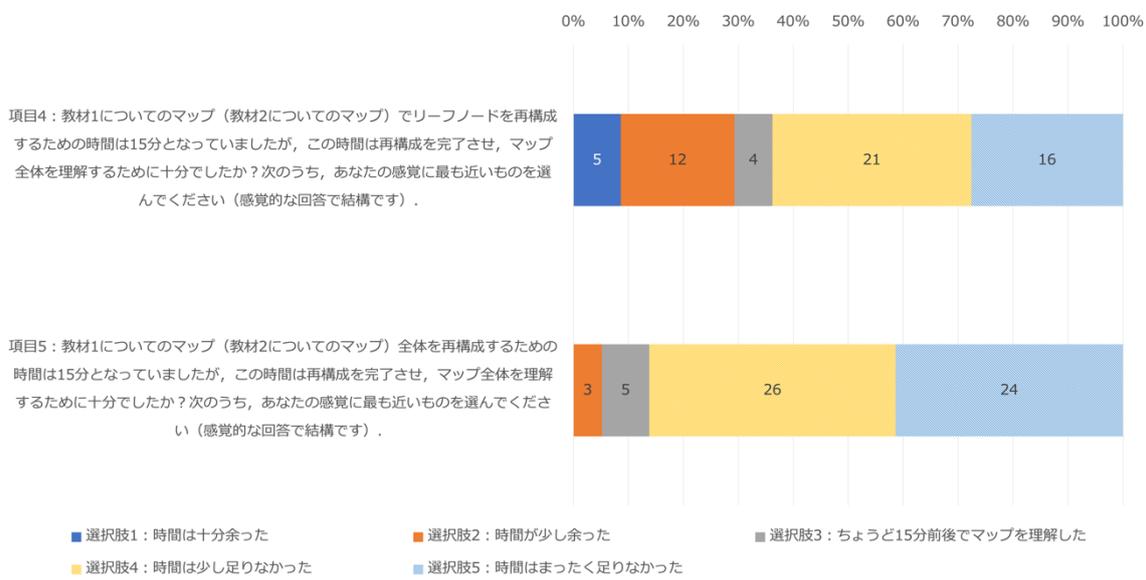


図 5-6：アンケートの結果（項目 4, 5）

第5章 結果と考察

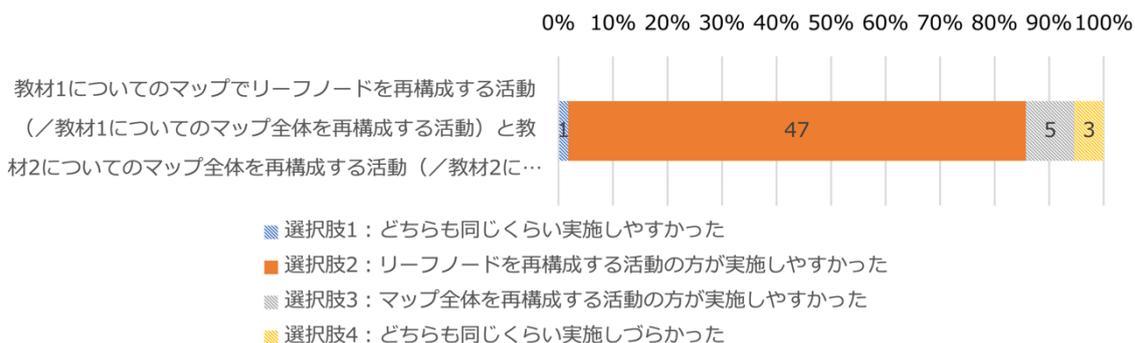


図 5-7 : アンケートの結果 (項目 6)

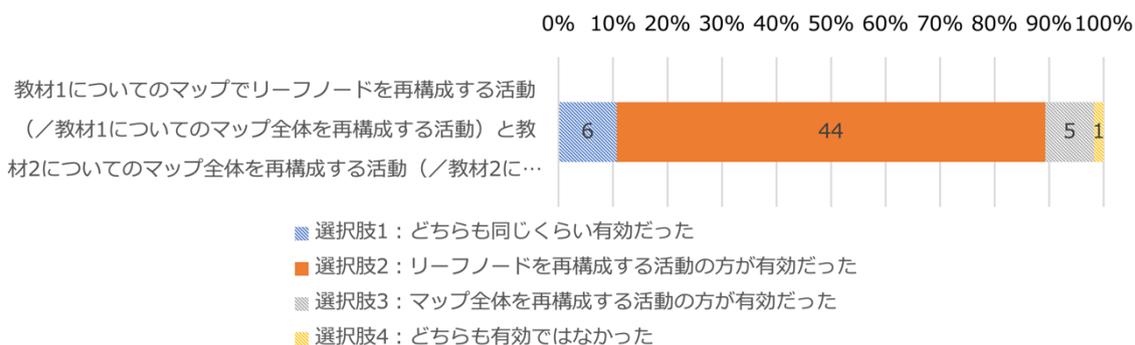


図 5-8 : アンケートの結果 (項目 7)

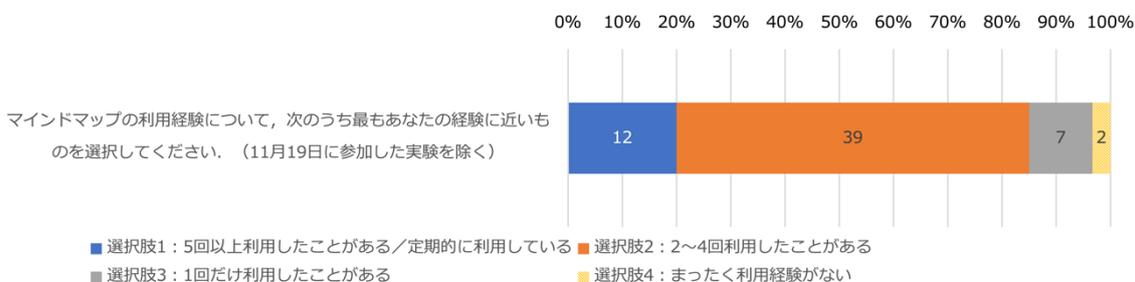


図 5-9 : アンケートの結果 (項目 12)

表 5-6 : 項目 10, 11 のカテゴリ一覧

カテゴリ名	そのカテゴリに分類された回答の例
MMの有用性	このように、視覚的に理解できるコンテンツを提供することは、かなり役に立つ。
学習に取り組んだ際の方針	再度簡単にできるようにマップをまとめた
目標 MM の改善の必要性	より簡単なリーフ
教材の改善の必要性	この教材での学習は非常に混乱する
実験デザインの改善の必要性	私の考えでは、より多くのコンテンツをこなすことで教材 1 についてより詳しくなることができる
再構成のための時間の延長	作業時間が足りない
再構成の難しさ	覚えていないし、諦めた
改善は不必要	リーフノードマップをアップグレードする必要はない
適切でない回答	YouTube や Google で参考になるものを探してみようかな。ありがとう!!!

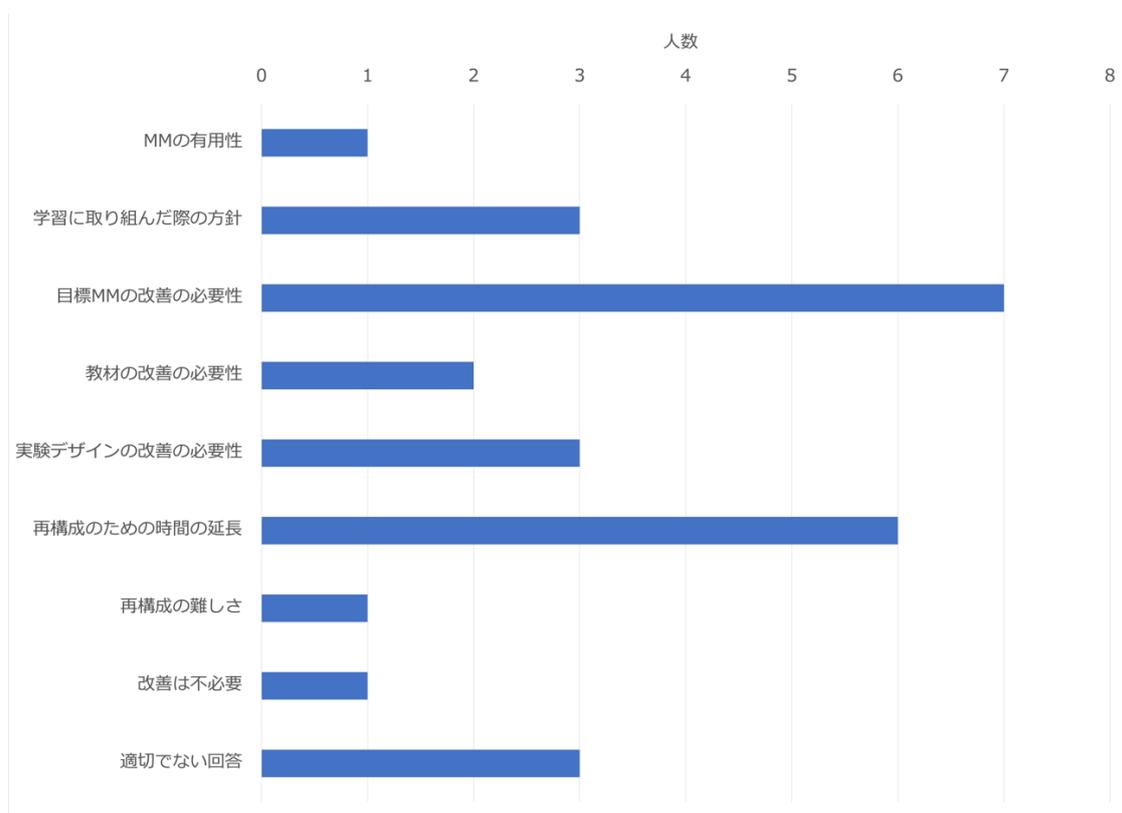


図 5-10 : 項目 10, 11 における各カテゴリの回答数

表 5-7：正確二項検定の結果

	質問文（グループ 1 に対するもの）	選択肢の カテゴリ	結果の言語的 説明	<i>p</i>	Cohen's <i>g</i>
項目 2	教材 1 の内容は簡 単でしたか？	肯定：とてもそ う思う, そう思 う 非肯定：どちら ともいえない, そう思わない, まったくそう 思わない (他の 5 件法 の方法につい ても同様)	有意に肯定	.02	.14 (小)
項目 3	教材 2 の内容は簡 単でしたか？	5 件法の項目で あるため省略	有意に肯定	$p < .05$	.16 (中)

表 5-6 : (続き)

	質問文 (グループ 1 に対するもの)	選択肢の カテゴリ	結果の言語的 説明	<i>p</i>	Cohen's <i>g</i>
項目 4	教材 1 についての マップでリーフノードを再構成するための時間は 15 分 となっていました が、この時間は再構 成を完了させ、マッ プ全体を理解する ために十分でした か? 次のうち、あな たの感覚に最も近 いものを選んでく ださい(感覚的な回 答で結構です).	時間が足りた : 時間は十分余 った, 時間が少 し余った, ちょ うど 15 分前後 でマップを理 解した 時間が足りな かった: 時間は 少し足りなか った, 時間はま ったく足りな かった	LR と FR の両方 について, 有意 に時間が足りな かった	LR : .02 FR : <i>p</i> < .001	LR : .14 (小), FR : .36 (大)
項目 5	教材 2 についての マップ全体を再構 成するための時間 は 15 分となってい ましたが、この時間 は再構成を完了さ せ、マップ全体を理 解するために十分 でしたか? 次のう ち、あなたの感覚に 最も近いものを選 んでください(感覚 的な回答で結構で す).				

表 5-6 : (続き)

	質問文 (グループ 1 に対するもの)	選択肢の カテゴリ	結果の言語的 説明	<i>p</i>	Cohen's <i>g</i>
項目 6	教材 1 についての マップでリーフノ ードを再構成する 活動と教材 2 につ いてのマップ全体 を再構成する活動 では, どちらの方が 教材の内容を理解 する上で実施しや すかったですか?	LR 肯定: リー フノードを再 構成する活動 の方が実施し やすかった その他: どちら も同じくらい 実施しやすか った, マップ全 体を再構成す る活動の方が 実施しやすか った, どちらも 同じくらい実 施しづらかつ た	有意に LR 肯定	$p < .001$	.34 (大)
項目 7	教材 1 についての マップでリーフノ ードを再構成する 活動と教材 2 につ いてのマップ全体 を再構成する活動 では, どちらの方が 教材の内容を理解 する上で有効だっ たと思いますか?	LR 肯定: リー フノードを再 構成する活動 の方が有効だ った その他: どちら も同じくらい 有効だった, マ ップ全体を再 構成する活動 の方が有効だ った, どちらも 有効ではなか った	有意に LR 肯定	$p < .001$	.29 (大)

表 5-6 : (続き)

	質問文 (グループ 1 に対するもの)	選択肢の カテゴリ	結果の言語的 説明	<i>p</i>	Cohen's <i>g</i>
項目 8	教材 1 についての マップでリーフノードを再構成した際, セントラル・イメージ (概念) (水色のノード) からリーフノード (黄緑色のノード) への経路を意識していましたか? (経路上の他のノードを確認しながらリーフノードを再構成しましたか?)	5 件法の項目であるため省略	有意に肯定	.02	.14 (小)
項目 12	マインドマップの利用経験について, 次のうち最もあなたの経験に近いものを選択してください。 (11 月 19 日に参加した実験を除く)	利用経験あり : 5 回以上利用したことがある / 定期的に利用している, 2 ~4 回利用したことがある, 1 回だけ利用したことがある 利用経験なし : まったく利用経験がない	有意に利用経験あり	$p < .001$	.47 (大)

表 5-6 : (続き)

	質問文 (グループ 1 に対するもの)	選択肢の カテゴリ	結果の言語的 説明	p	Cohen's g
項目 13	マインドマップは、教材の内容について自分自身で振り返ったり他者に説明したりする際に有用だと思いますか？	5件法の項目であるため省略	有意に肯定	.03	.13 (小)
項目 14	今後、何かについて学習する際にマインドマップの再構成による学習を検討したいですか？	5件法の項目であるため省略	肯定多数だが非有意	.26	.05 (小)

小 $g > .05$, 中 $g > .15$, 大 $g > .25$

5.4 考察

本実験では、まず LR 条件と FR 条件の両方についてプレーポストテスト間でスコアの有意な上昇が見られたことから、MM の再構成はマップの内容を理解する上で意味のある活動であること、および組立対象をリーフのみに限定してもその効果は担保されていることが明らかになった。この結果は、RQ1 の答えになっているといえる。

また、LR 条件の方がマップの完成度が高かったこと、アンケート項目 4, 5 で LR 条件よりも FR 条件の方が有意に時間が足りなかった傾向にあったこと、およびアンケート項目 6 で多くの学習者が LR の方が実施しやすいと回答したことから、LR は MM 再構成の認知負荷を軽減できることが示唆された。この結果は、RQ2 の答えになっているといえる。

さらに、テストスコアの分析から、今回行った短時間 (15 分) の再構成活動においては、両条件の学習効果に明らかな差は存在しないことが示唆された。また、アンケート項目 7 についての結果から、主観的には LR の方が学習効果があると判断されていることも分かった。この結果は、RQ3 の答えになっているといえる。なお、マップ全体を再構成するのに十分な時間を与えた場合は FR の方が高い学習効果が得られる可能性があるため、これについては別途検証する必要がある。

第6章 まとめと今後の課題

本稿では、MMを通した読解支援の方法として、MMへの再構成法の適用を提案した。その際、CMで用いられているFRをそのまま適用することでも学習効果が見込めるが、MMの性質を考慮すると再構成の認知負荷が大きくなる恐れがある。本稿では、その対応策として筆者らが考案したLRについても述べた。さらに、LRとFRを用いた評価実験の結果について報告した。同実験では、(1)MMの再構成(LRおよびFR)はマップの内容を理解する上で有用な活動であること、(2)LRは、短時間の再構成活動において学習効果を担保しつつ、再構成の認知負荷を軽減できること、が確認された。また、(3)FRは負荷に関してはLRより大きいことがマップを完成できた人数やアンケート結果より確かめられたが、高い学習効果は確認できなかった。

以上のことから、FRは高い学習効果が得られる可能性は残されているものの、学習者の主観としてはLRに対して評価が高くなく、教育現場においては必ずしも選択しやすい方法とはいえないのに対し、LRはFRと同等程度の学習効果を担保しつつ再構成の認知負荷を軽減することができるような方法として位置付けることができる。したがって、本研究では教材の読解支援手段としてのLRの有用性を示すことができた結論付けることができる。今後の課題としては、追加実験によるLRとFRの性質の差の検証や、作成されたMMを理解するために先行研究で行われている、マップを眺めるという活動と再構成の比較実験の実施、などが挙げられる。

謝辞

本研究を行うにあたり，多くのご指導をいただきました，平嶋宗教授，林雄介教授に，心から感謝いたします。並びに，副査をご担当いただきました西村浩二教授（情報メディア教育研究センター），および稲垣知宏教授（情報メディア教育研究センター）に厚く御礼申し上げます。

また，技術面で多くのご助言，ご協力をいただきました **Aryo Pinandito** 先生（ブラウザヤヤ大学コンピュータサイエンス学部），研究および評価実験の実施に多くのご助言，ご協力をいただきました **Nurmaya** 氏，評価実験に参加していただいたヤルシー大学情報工学部の学生の皆様，並びに日頃からお世話になっている学習工学研究室の皆様方（OB・OG も含めて）に心から感謝いたします。

参考文献

- [1] トニー・ブザン, バリー・ブザン (著), 近田美季子 (訳): “新版 ザ・マインドマップ”, ダイアモンド社, 東京 (2013)
- [2] 松本裕史, 戸山彩奈, 加治由佳子: “大学授業における予習としてのマインドマップの活用”, 武庫川女子大学紀要. 人文・社会科学編, Vol.65, pp.19-26 (2018)
- [3] Malekzadeh, B. and Bayat, A. : “The effect of mind mapping strategy on comprehending implicit information in efl reading texts”, *International Journal of Educational Investigations*, Vol.2, No.3, pp.81-90 (2015)
- [4] Stokhof, H., Vries, B. d., Bastiaens, T. et al. : “Using mind maps to make student questioning effective: learning outcomes of a principle-based scenario for teacher guidance”, *Research in Science Education*, Vol.50, pp.203-225 (2020)
- [5] Hirashima, T., Yamasaki, K., Fukuda, H. et al. : “Framework of kit-build concept map for automatic diagnosis and its preliminary use”, *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, Vol.10 (2015)
- [6] Hirashima, T. : “Reconstructional concept map: automatic assessment and reciprocal reconstruction”, *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, Vol.5, No.5, Special Edition, pp.669-682 (2019)
- [7] 平嶋宗: “キットビルド概念マップの理論と活用: 形成的評価・批判的思考・共同作業・FD の観点から”, 教育システム情報学会中国支部第 20 回研究発表会 (2021)
- [8] 山元翔, 神戸健寛, 吉田祐太, 前田一誠, 平嶋宗: “教室授業との融合を目的とした単文統合型作問学習支援システムモンサクン Touch の開発と実践利用”, *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J96-D, No.10, pp.2440-2451 (2013)
- [9] 山元翔, 尾土井健太郎, 前田一誠, 林雄介, 平嶋宗: “算数文章題における統合過程のモデル化と外化支援システムの実践利用”, *人工知能学会第 27 回全国大会論文集*, 3D3-4in (2013)
- [10] 北村拓也, 長谷浩也, 前田一誠, 林雄介, 平嶋宗: “論理構造の組み立て演習環境の設計開発と実験的評価”, *人工知能学会論文誌*, Vol.32, No.6, pp.C-H14_1-12 (2017)
- [11] 山内肇, 小林司朗, 岡ノ谷一夫: “思考モデル型ノート記法におけるエキスパートと

参考文献

- 初心者の視線移動の違いについての考察”, 認知科学, Vol.19, No.4, pp.418-433 (2012)
- [12] 渡邊弘大, Aryo Pinandito, 林雄介, 平嶋宗: “再構成型マインドマップを用いた EFL における読解支援”, 教育システム情報学会第 47 回全国大会講演論文集, pp.167-168 (2022)
- [13] Watanabe, K., Pinandito, A., Nurmaya et al. : “Application of the recomposition method to mind map and experimental verification of learning effect”, HCI International 2023. Lecture Notes in Computer Science, Vol.14016, pp.378-398 (2023)
- [14] 渡邊弘大, Aryo Pinandito, Nurmaya, 林雄介, 平嶋宗: “マインドマップ理解促進のための再構成法とその実験的評価”, 教育システム情報学会誌 (査読中)
- [15] Merchie, E., Heirweg, S., and Keer, H. V. : “Mind maps: processed as intuitively as thought? investigating late elementary students’ eye-tracked visual behavior patterns in-depth”, Frontiers in Psychology, Vol.13 (2022)
- [16] NASA : “Home – NASA Space Place – NASA Science for Kids”, <https://spaceplace.nasa.gov/> (参照 2024.2.17)
- [17] Flesch, R. : “The Art of Readable Writing”, Harper, New York (1949 and 1974)
- [18] DuBay, W. H. : “The Principles of Readability”, Impact Information, California (2004)
- [19] Marx, J. D. and Cummings, K. : “Normalized change”, American Journal of Physics, Vol.75, No.1, pp.87-91 (2007)

研究業績

- (1) 渡邊弘大, 平嶋宗, 林雄介: “キットビルド方式の適用によるマインドマップの再利用支援に関する研究”, 教育システム情報学会 2021 年度学生研究発表会, pp.143-144 (2022)
- (2) 渡邊弘大, Aryo Pinandito, 林雄介, 平嶋宗: “再構成型マインドマップを用いた EFL における読解支援”, 教育システム情報学会第 47 回全国大会講演論文集, pp.167-168 (2022)
- (3) 茅島路子, 長谷浩也, 前田一誠, 渡邊弘大, 平嶋宗: “多様性を持った物語読解への再構成型概念マップの適用 — 「他者の理解」の理解」としての読解—”, 教育システム情報学会第 47 回全国大会講演論文集, pp.7-8 (2022)
- (4) 土橋奈々, 渡邊弘大, 平嶋宗, 林雄介: “能動的読解の促進を指向した再構成型概念マップへの欠落部品と過剰部品の導入”, 教育システム情報学会 2022 年度学生研究発表会, pp.199-200 (2023)
- (5) 今井悠太, 渡邊弘大, 林雄介, 平嶋宗: “漢字に対する能動的認識を指向した漢字分解演習環境の開発と評価”, 教育システム情報学会 2022 年度学生研究発表会, pp.207-208 (2023)
- (6) Watanabe, K., Pinandito, A., Nurmaya et al.: “Application of the recomposition method to mind map and experimental verification of learning effect”, HCI International 2023. Lecture Notes in Computer Science, Vol.14016, pp.378-398 (2023)
- (7) 渡邊弘大, Aryo Pinandito, 林雄介, 平嶋宗: “情報過不足課題としての概念マップ再構成の実験的評価”, 教育システム情報学会第 48 回全国大会講演論文集, pp.255-256 (2023)
- (8) 渡邊弘大, Aryo Pinandito, Nurmaya, 林雄介, 平嶋宗: “マインドマップ理解促進のための再構成法とその実験的評価”, 教育システム情報学会誌 (査読中)
- (9) 岩本日和, 渡邊弘大, 林雄介, 平嶋宗: “概念マップにおける誤りの検出・修正としての読解促進法の提案と実験的評価”, 教育システム情報学会 2023 年度学生研究発表会 (2024.2.23 発表予定)
- (10) 伊東隆太, 磯貝通也, 渡邊弘大, 平嶋宗, 林雄介: “EBS に対する言語的説明としての概念マップ組立演習の設計・開発”, 教育システム情報学会 2023 年度学生研究発表

研究業績

会 (2024.2.23 発表予定)

- (11) 林直也, 渡邊弘大, 林雄介, 平嶋宗: “情報共有過程における齟齬の予防的早期検出手段としての再構成型概念マップの活用 —Web サービスの BizDevOps チームにおけるドメインモデルの共有・洗練を目的として—”, 人工知能学会第 38 回全国大会論文集 (2024.5 発表予定)

以上のうち, (2), (6), (8)が本稿の内容に関連する主要な業績となっている.

付録

付録1. システムへのアクセス方法・使い方

本稿第4章の評価実験で用いたシステムへのアクセス方法と使い方を付録として載せる。

- システムのソースコード（評価実験には，2022年12月24日時点のソースコードを Web サーバ上にデプロイしたシステムを用いた）：
<https://github.com/aryoxp/kbfira/tree/master>（参照 2024.2.17）
- システムの URL：<https://collab.kit-build.net:8080/fira/index.php/kitbuild/>（参照 2024.2.17）
- サインイン情報
 - Username：s01
 - Password：s01
- システムデモ：下記 Web ページの「評価実験で用いたシステムの使い方・再構成型マインドマップのデモ」というセクションに埋め込まれている動画から，評価実験で用いたシステムの使い方，および FR と LR のそれぞれによる再構成のデモを視聴することができる。
<https://sites.google.com/view/kodaiwatanabe/研究紹介/マインドマップ理解促進のための再構成法>（参照 2024.2.17）

付録2. 評価実験に使用したコンテンツ

本稿第4章の評価実験で使用した各コンテンツの様式を、付録として載せる。

付録2-1 実験手順書

評価実験の冒頭で学習者に配布した実験手順書の様式を、付録として載せる。

- グループ 1 に配布した実験手順書の様式

Experiment guideline (group 1)

Please proceed to the next step after the specified time has elapsed for each step.

1. Instruction & Practice of leaves (leaf) recomposition (Approx. 15 min.)
 - I. When using the system, try to avoid opening unnecessary applications and browser tabs. Also, **please do not open the system itself with multiple tabs at the same time.**
 - II. Please access <https://collab.kit-build.net:8080/fira/index.php/kitbuild/> (be sure to use Google Chrome).
 - III. Please sign in to the system (username: your npm, password: your first name + two last digits of your npm). In addition, there are cases where the button at the top right of the screen does not change from "Sign In" even though you have signed in, but **if your name is displayed in the lower left of the screen, the sign-in itself is correctly done, so there is no problem.**
 - IV. Please open Topic: "2022Dec.Watanabe_group1" > Concept Map: "Practice_1" > Kit: "Kit of Practice_1" from the "Open Kit" button in the upper left corner of the screen.
 - V. The **light blue node** represents the central image (the central node of the mind map), and the **yellow-green nodes** represent the leaf nodes.
 - VI. Pre-connected links are locked so that they cannot be recombined.
 - VII. The label of each link is a combination of alphabet and number, for example, "A1". As for the alphabet, it is inserted only for system convenience, so **the alphabet itself has no meaning.** The number indicates the number of child nodes of the link (including nodes that are already connected). The number of **unconnected** child nodes is also displayed in the upper right corner of each link, but this is not displayed unless you zoom the map, so **please refer to the number included in the label of the links.**
 - VIII. You can refer to the material from the "Contents" button.
 - IX. You can use the feedback function from the "Feedback" button. After receiving feedback, you will not be able to connect the nodes temporarily, but in that case, you can connect again by pressing the "Clear Feedback" button.
 - X. After recomposing the map, please submit it from the "Submit" button. After submitting, please log out by pressing the "Finish" button in the upper right corner of the screen.
2. Reading (material 1) (10 min.)
 - I. Please access "Material 1" on the LAYAR.
 - II. Please read the material. For words underlined in the text, the Indonesian translation is listed at the bottom, so you can refer to them.
3. Pre-test (material 1) (10 min.)
 - I. Please access "Pre_Reading_MM_Quiz1" on the LAYAR and answer questions. At this time, you **cannot** refer to the material.
 - II. **After 10 minutes have elapsed**, please submit your answers.
4. Leaves recomposition (material 1) (15 min.)
 - I. Please sign in to the system again and open Topic: "2022Dec.Watanabe_group1" > Concept Map: "material1_leaf_1" > Kit: "Kit of material1_leaf_1".

付録

- II. Please recompose the map. At this time, you can refer to the material from the “Contents” button. **During recomposition, the number of times you used the feedback function is displayed on the right side of the "Feedback" button, so please try to complete the map with as little feedback as possible.**
- III. **After 15 minutes have elapsed**, please submit your map. After submitting, please log out by pressing the "Finish" button in the upper right corner of the screen.

That's it for the experiment, thank you very much for your cooperation.

- グループ 2 に配布した実験手順書の様式

Experiment guideline (group 2)

Please proceed to the next step after the specified time has elapsed for each step.

1. Instruction & Practice of leaves (leaf) recombination (Approx. 15 min.)
 - I. When using the system, try to avoid opening unnecessary applications and browser tabs. Also, **please do not open the system itself with multiple tabs at the same time.**
 - II. Please access <https://collab.kit-build.net:8080/fira/index.php/kitbuild/> (be sure to use Google Chrome).
 - III. Please sign in to the system (username: your npm, password: your first name + two last digits of your npm). In addition, there are cases where the button at the top right of the screen does not change from "Sign In" even though you have signed in, but **if your name is displayed in the lower left of the screen, the sign-in itself is correctly done, so there is no problem.**
 - IV. Please open Topic: "2022Dec.Watanabe_group2" > Concept Map: "Practice_2" > Kit: "Kit of Practice_2" from the "Open Kit" button in the upper left corner of the screen.
 - V. The **light blue node** represents the central image (the central node of the mind map), and the **yellow-green nodes** represent the leaf nodes.
 - VI. Pre-connected links are locked so that they cannot be recombined.
 - VII. The label of each link is a combination of alphabet and number, for example, "A1". As for the alphabet, it is inserted only for system convenience, so **the alphabet itself has no meaning.** The number indicates the number of child nodes of the link (including nodes that are already connected). The number of **unconnected** child nodes is also displayed in the upper right corner of each link, but this is not displayed unless you zoom the map, so **please refer to the number included in the label of the links.**
 - VIII. You can refer to the material from the "Contents" button.
 - IX. You can use the feedback function from the "Feedback" button. After receiving feedback, you will not be able to connect the nodes temporarily, but in that case, you can connect again by pressing the "Clear Feedback" button.
 - X. After recomposing the map, please submit it from the "Submit" button. After submitting, please log out by pressing the "Finish" button in the upper right corner of the screen.
2. Reading (material 1) (10 min.)
 - I. Please access "Material 1" on the LAYAR.
 - II. Please read the material. For words underlined in the text, the Indonesian translation is listed at the bottom, so you can refer to them.
3. Pre-test (material 1) (10 min.)
 - I. Please access "Pre_Reading_MM_Quiz1" on the LAYAR and answer questions. At this time, you **cannot** refer to the material.
 - II. **After 10 minutes have elapsed**, please submit your answers.
4. Full recombination (material 1) (15 min.)
 - I. Please sign in to the system again and open Topic: "2022Dec.Watanabe_group2" > Concept Map: "material1_full_2" > Kit: "Kit of material1_full_2".

- II. Please recompose the map. At this time, you can refer to the material from the “Contents” button. **During recomposition, the number of times you used the feedback function is displayed on the right side of the "Feedback" button, so please try to complete the map with as little feedback as possible.**
- III. **After 15 minutes have elapsed**, please submit your map. After submitting, please log out by pressing the "Finish" button in the upper right corner of the screen.

That's it for the experiment, thank you very much for your cooperation.

付録2-2 再構成法についての説明用スライド

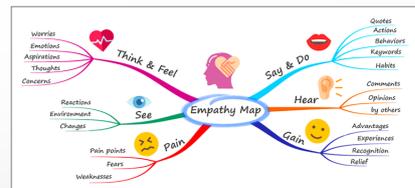
図 4-1 に示した実験全体の流れのうち、「1. 再構成法の説明と練習」で説明に用いたスライドの様式を、付録として載せる。

About Mind Maps

- **Mind Map (MM)**

A thinking tool that records information by radially connecting keywords and/or images from the central concept (**central image**)

- It is said that it is useful to **organize one's thoughts in this tool**.
 - It is also useful to use it as a **reflection (sharing within individuals)**.
- On the other hand, attempts are being made to use the created maps to **communicate information to others**.
 - Use as **sharing with others (sharing between individuals)**

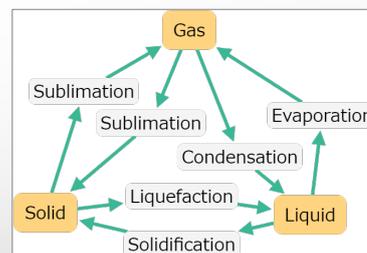


Cited from <https://www.mindmapping.com/>

✓ MM has significance both by creating it and by **sharing&using it**.

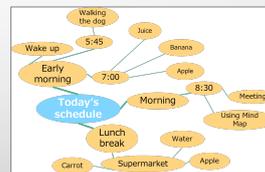
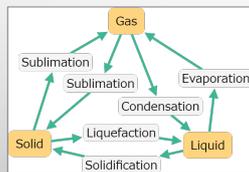
About Concept Maps

- **Concept Map (CM)**: Expresses semantic structure by a collection of propositions composed of multiple **concepts (nodes)** and their **relationships (links)**
- CM and MM are **not** considered to be the same because of the presence or absence of a center and so on.



Difference between Mind Maps and Concept Maps

- MM have fewer constraints when creating:
 - No need to clarify the relationship between concepts
 - No need to guarantee node uniqueness
- ∴ Easier to create than CM
 - Used by many people

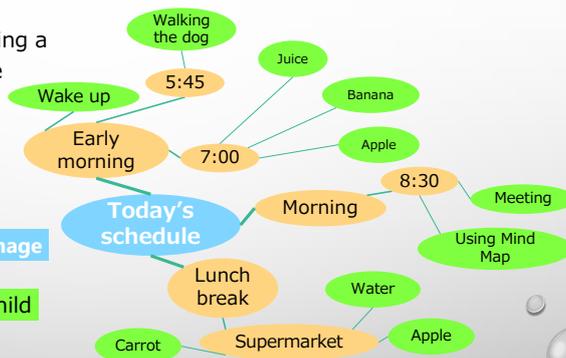


✓ CM and MM have different characteristics and are not considered to be the same.

Definition of Mind Maps in this research

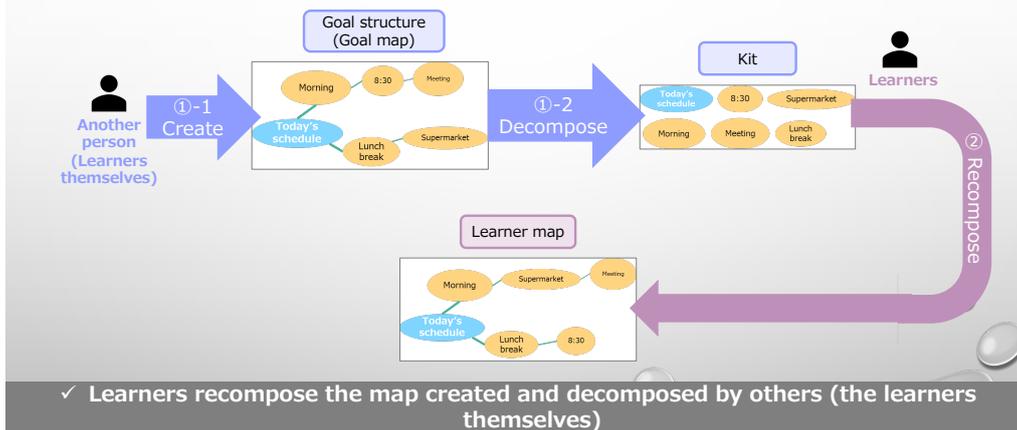
There are various rules for creating a MM, but in this research, MM are treated as those that meet the following conditions (with some special cases):

- There are no link names
- Spreading out from the central image (concept)
 - Leaf nodes (nodes with no child nodes) can be defined



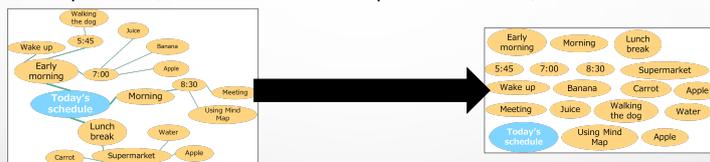
✓ The MM in this research has a center and no link names.

About the recomposition method

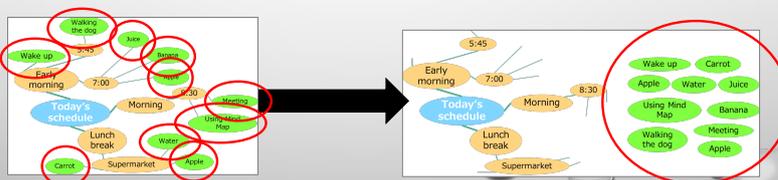


Two methods of recomposition

Full recomposition (basic method of recomposition method)



Leaves recomposition (proposed method)



付録2-3 教材

評価実験で使用した教材の様式，および単語数などの詳細情報を付録として載せる．なお，ここで示した様式は評価実験を実施した大学の LMS において，教授者用のアカウントに対して提供されているプレビュー機能を用いて出力したものであるため，実際に学習者が目にした画面とは細部が一部異なる¹³．教材には「練習用教材」，「教材 1」，「教材 2」，の 3 つがあり¹⁴，それぞれ，読解のみを行う場合¹⁵は LMS を通じて教材を提供し，MM の再構成を伴う場合¹⁶は図 3-4 のように，システム上で教材を提供した．ここでは前者の様式のみを記載するが，練習用教材については LMS 上での提供を行っていないため，例外として教材の内容を載せる．また，教材 1 と教材 2 の様式の最下部に記載されている “Harap baca bacaan di atas selama 10 menit dan tidak perlu dijawab” とはインドネシア語で「上記の文章を 10 分間読み，答えなくてください」という意味であり，LMS 上で教材の閲覧に制限時間を設定するためにテスト形式で教材を提供する必要があったことから，テストの選択肢として用意したものである．

- 教材の様式

- 練習用教材の内容（評価実験で用いたシステムでは，“Today's schedule” という名前のテキストとして参照できる）
 - Early morning → Wake up
 - 5:45 → Walking the dog
 - 7:00 → Have breakfast (juice, banana, and apple)
 - 8:30 → Attend a meeting (have a brainstorming using Mind Map)
 - Lunch break → Buy carrots, apples, and water in the supermarket

¹³ また，LMS によって提供されている UI は LMS の設定言語（英語またはインドネシア語）に応じて表示言語が変わるため，そのような観点からも実際に学習者が目にした画面とは異なる恐れがある；ここでは，英語版の様式のみを示している．

¹⁴ 練習用教材は「1. 再構成法の説明と練習」で，教材 1 は「2. 教材 1 の読解」，「4—1. LR (教材 1)」，「4—2. FR (教材 1)」，および「11—2. LR (教材 1)」で，教材 2 は「6. 教材 2 の読解」，「8—1. FR (教材 2)」，「8—2. LR (教材 2)」，および「11—1. LR (教材 2)」でそれぞれ使用した．

¹⁵ 「2. 教材 1 の読解」，および「6. 教材 2 の読解」が該当する．

¹⁶ 「1. 再構成法の説明と練習」，「4—1. LR (教材 1)」，「4—2. FR (教材 1)」，「8—1. FR (教材 2)」，「8—2. LR (教材 2)」，「11—1. LR (教材 2)」，および「11—2. LR (教材 1)」が該当する．

- 教材 1 の様式（評価実験で用いたシステムでは，“Thirsty? Have a comet!” という名前のテキストとして参照できる）

Question 1
Not yet answered
Marked out of 1.00

Thirsty? Have a comet!

Is Earth part comet?

A big comet or asteroid crashed into Earth about 65 million years ago. Scientists think this impact may be why the dinosaurs all died. But much earlier in Earth's history, times were worse. Earth had one bad day after another getting hammered by comets, asteroids, and even bigger chunks of rock. Could these space invaders have brought more than death to dinosaurs?

Could they have even brought something good?

There are many really big questions about Earth's history. One of them is . . .

Where did the ocean come from?

Earth first formed about 4.5 billion years ago. At first, it was too hot to have an ocean. Any water would have boiled right off. After Earth cooled down, the water would stop boiling off into space. Any water would actually stick around.

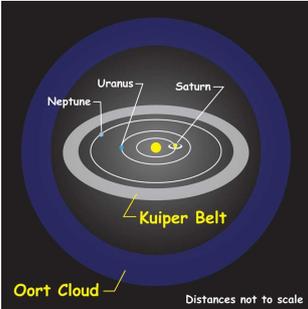
The rocky material that formed Earth in the first place contained some water. But that probably doesn't account for all the water.

Comets are mostly water ice. It could be that comets made regular water deliveries to Earth.

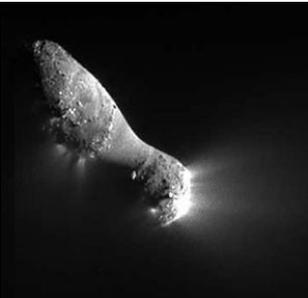
It would take a lot of comets to fill the ocean! But comets could well have made a big contribution. Asteroids contain some water too, so they may have contributed.

How can we find out?

There are still lots of comets in the solar system. The Kuiper Belt is a big region of icy objects, including comets, out beyond the orbit of Neptune. Another region with even more comets is the Oort Cloud. This region is way, way out there. It is about 30 - 50 times farther away than the Kuiper Belt. Comets from either region sometimes go "off course." When they do, they sometimes end up in the inner solar system near Earth.



A telescope called the Herschel Space Observatory recently made an interesting discovery about a comet. Herschel studied Comet Hartley 2 in infrared light. Infrared is a kind of light we cannot see, but we may feel as heat.



Comet Hartley 2 looks a little like a peanut.

Herschel can point toward a comet and analyze the water molecules in the fuzzy cloud of mist—or coma. This cloud is from the comet's ice boiling off its surface as it gets heated by the Sun.

But not all water is alike. There are two different types, or "isotopes" of water. One is called "heavy water" and the other is called "light water." Our ocean has a certain proportion of heavy water to light water.

Herschel found that Hartley 2 has half as much heavy water as other comets studied so far. And the proportion of heavy water to light water in this comet matches Earth's ocean! Hartley 2 is from the Kuiper Belt. All the other comets whose water "signatures" have been studied so far come from the Oort Cloud.

Scientists are surprised at this finding. They didn't think the Kuiper Belt comets were a source of our ocean. They need to study a lot more comets to be more certain.

But isn't it exciting to discover the possible source of our precious water? It's like an accidental gift from space!

comet: komet, asteroid: asteroid, Kuiper Belt: Kuiper Belt, Neptune: Neptunus, Oort Cloud: Oort Cloud, Herschel Space Observatory: Observatorium Luar Angkasa Herschel, Comet Hartley 2: Komen Hartley 2, infrared light: cahaya inframerah, molecule: molekul, coma: koma/rambut (benda mirip nebula di sekitar nukleus di kepala komet), isotope: isotop

The content is adapted from NASA Space Place.

-
- Harap baca bacaan di atas selama 10 menit dan tidak perlu dijawab
 - Harap baca bacaan di atas selama 10 menit dan tidak perlu dijawab

- 教材 2 の様式（評価実験で用いたシステムでは，“Lunar Eclipses and Solar

Eclipses” という名前のテキストとして参照できる)

Question 1

Not yet answered

Marked out of 1.00

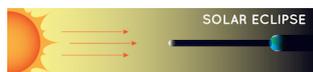
Lunar Eclipses and Solar Eclipses

What’s the difference between a lunar eclipse and a solar eclipse?

Solar Eclipse

A solar eclipse happens when the Moon gets in the way of the Sun’s light and casts its shadow on Earth. That means during the day, the Moon moves over the Sun and it gets dark. Isn’t it strange that it gets dark in the middle of the day?

This **total eclipse** happens about every year and a half somewhere on Earth. A partial eclipse, when the Moon doesn’t completely cover the Sun, happens at least twice a year somewhere on Earth.



Note: This diagram is not to scale.

But not everyone experiences every solar eclipse. Getting a chance to see a total solar eclipse is rare. The Moon’s shadow on Earth isn’t very big, so only a small portion of places on Earth will see it. You have to be on the sunny side of the planet when it happens. You also have to be in the path of the Moon’s shadow.

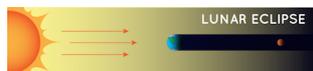
On average, the same spot on Earth only gets to see a solar eclipse for a few minutes about every 375 years!

Lunar Eclipse

During a lunar eclipse, Earth gets in the way of the Sun’s light hitting the Moon. That means that during the night, a full moon fades away as Earth’s shadow covers it up.

The Moon can also look reddish because Earth’s atmosphere absorbs the other colors while it bends some sunlight toward the Moon. Sunlight bending through the atmosphere and absorbing other colors is also why sunsets are orange and red.

During a total lunar eclipse, the Moon is shining from all the sunrises and sunsets occurring on Earth!



Note: This diagram is not to scale.

Why don’t we have a lunar eclipse every month?

You might be wondering why we don’t have a lunar eclipse every month as the Moon orbits Earth. It’s true that the Moon goes around Earth every month, but it doesn’t always get in Earth’s shadow. The Moon’s path around Earth is tilted compared to Earth’s orbit around the Sun. The Moon can be behind Earth but still get hit by light from the Sun.



In this diagram, you can see that the Moon’s orbit around Earth is at a tilt. This is why we don’t get a lunar eclipse every month. This diagram is not to scale: the Moon is much farther away from Earth than shown here.

Because they don’t happen every month, a lunar eclipse is a special event. Unlike solar eclipses, lots of people get to see each lunar eclipse. If you live on the nighttime half of Earth when the eclipse happens, you’ll be able to see it.

Remembering the Difference

It’s easy to get these two types of eclipses mixed up. An easy way to remember the difference is in the name. The name tells you what gets darker when the eclipse happens. In a **solar eclipse**, the **Sun gets darker**. In a **lunar eclipse**, the **Moon gets darker**.

lunar eclipse : Gerhana Bulan, solar eclipse : Gerhana Matahari

The content is adapted from NASA Space Place.

Harap dibaca bacaan diatas selama 10 menit dan tidak perlu dijawab

Harap dibaca bacaan diatas selama 10 menit dan tidak perlu dijawab

• Flesch Reading Ease について

以下では教材 1 と教材 2 のそれぞれについて教材の単語数などの詳細情報を示すが（練習用教材については，学習の対象となっていないため省略する），まずその前提知識として本稿 4.3 節で登場した Flesch Reading Ease (FRE) [17][18]について説明を加える．FRE は英文の読みやすさを測る指標の 1 つであり，先行研究においてその信頼性が広く確認されている．この指標は文章の平均の長さ（Average Sentence Length: ASL : 単語数を文章数で割ったもの）と 1 単語あたりの平均音節数（Average number of Syllables per Word: ASW : 音節数を単語数で割ったもの）を用いて 0（最も読みにくい）から 100（最も読みやすい）の範囲でスコアを算出するものとなっており，具体的な計算式，およびスコアの解釈方法は次のようになっている．FRE は Microsoft Word の機能を用いて算出可能であるため，本研究では同機能を用いて FRE のスコアを求めた．

➤ 計算式

$$\text{スコア} = 206.835 - (1.015 \times \text{ASL}) - (84.6 \times \text{ASW})$$

付録

- スコアの解釈方法 ([18]を参考に作成：翻訳によって主旨に変更が出ないよう、原文のまま記載している)

Reading Ease Score	Style Description	Estimated Reading Grade	Estimated Percent of U.S. Adults (1949)
0 to 30:	Very Difficult	College graduate	4.5
30 to 40:	Difficult	13 th to 16 th grade	33
50 to 60:	Fairly Difficult	10 th to 12 th grade	54
60 to 70:	Standard	8 th to 9 th grade	83
70 to 80:	Fairly Easy	7 th grade	88
80 to 90:	Easy	6 th grade	91
90 to 100:	Very Easy	5 th grade	93

• 教材の詳細情報

	タイトル	単語数	画像の枚数
教材 1	Thirsty? Have a comet!	521	2
教材 2	Lunar Eclipses and Solar Eclipses	505	3
	FRE	FRE から導かれる対象学年	元となる記事
教材 1	74.0	7 th grade	https://spaceplace.nasa.gov/comet-ocean/en/ (参照 2024.2.17)
教材 2	77.9	7 th grade	https://spaceplace.nasa.gov/eclipses/en/ (参照 2024.2.17)

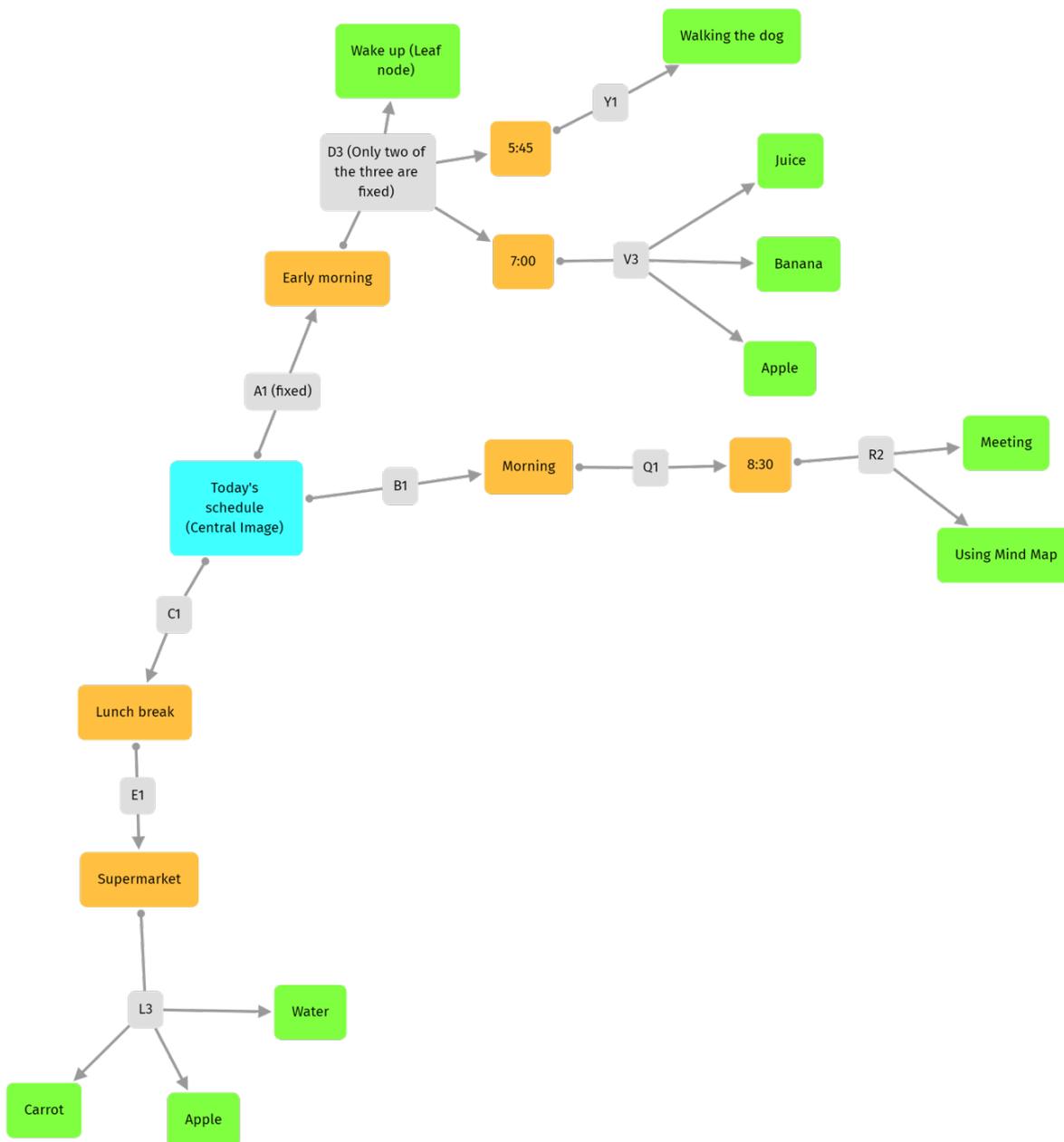
付録2-4 目標 MM・キット

評価実験で学習者による組立の対象となった目標 MM，およびそれを分解・部品化したキットの一覧を，付録として載せる．なお，キットの作成にあたっては学習者が部品の意味を考えず，部品の配置に関する記憶だけで組立を行うことをできるだけ防ぐため，FR に

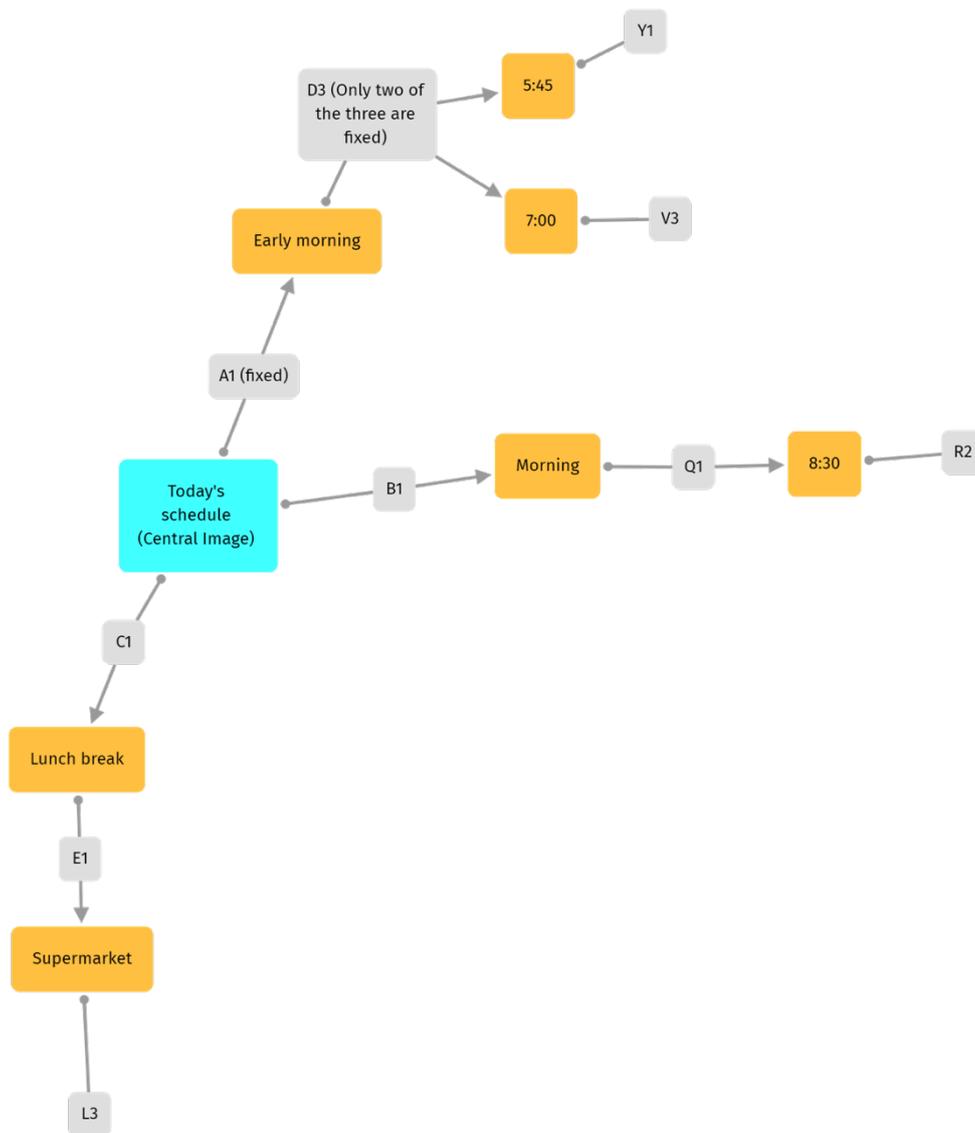
付録

についてはシステムの機能を用いて学習者ごとに部品の初期配置をランダムとした。一方、LRにおいては3.3節で述べたとおりリーフ以外の部分MMの構造が残されていることが重要であるが、部品配置のランダム化を行うと部品同士が複雑に交差し、マップが非常に見づらくなる恐れがあると考えたため、こちらについては学習者間で同じキットを提供した。

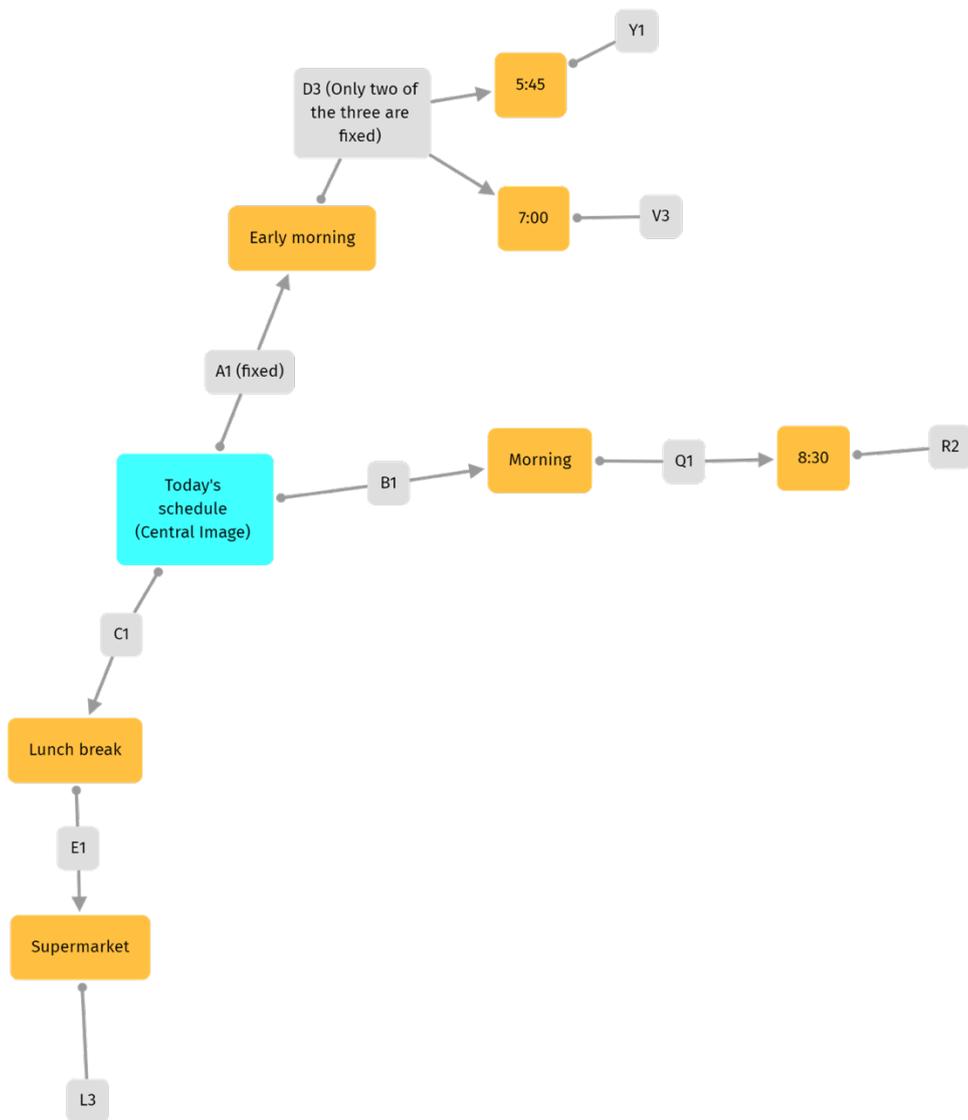
- 練習用教材に対応する目標 MM（評価実験で用いたシステムでは、Topic: 2022Dec.Watanabe_group1 > Concept Map: Practice_1, または Topic: 2022Dec.Watanabe_group2 > Concept Map: Practice_2 からアクセス可能；なお，一部のノードやリンクのラベルにおいては，括弧内に学習者への補足説明を記載している）



- 「1. 再構成法の説明と練習」でグループ1が組立たLR用キット（評価実験で用いたシステムでは，Topic: 2022Dec.Watanabe_group1 > Concept Map: Practice_1 > Kit: Kit of Practice_1 からアクセス可能）



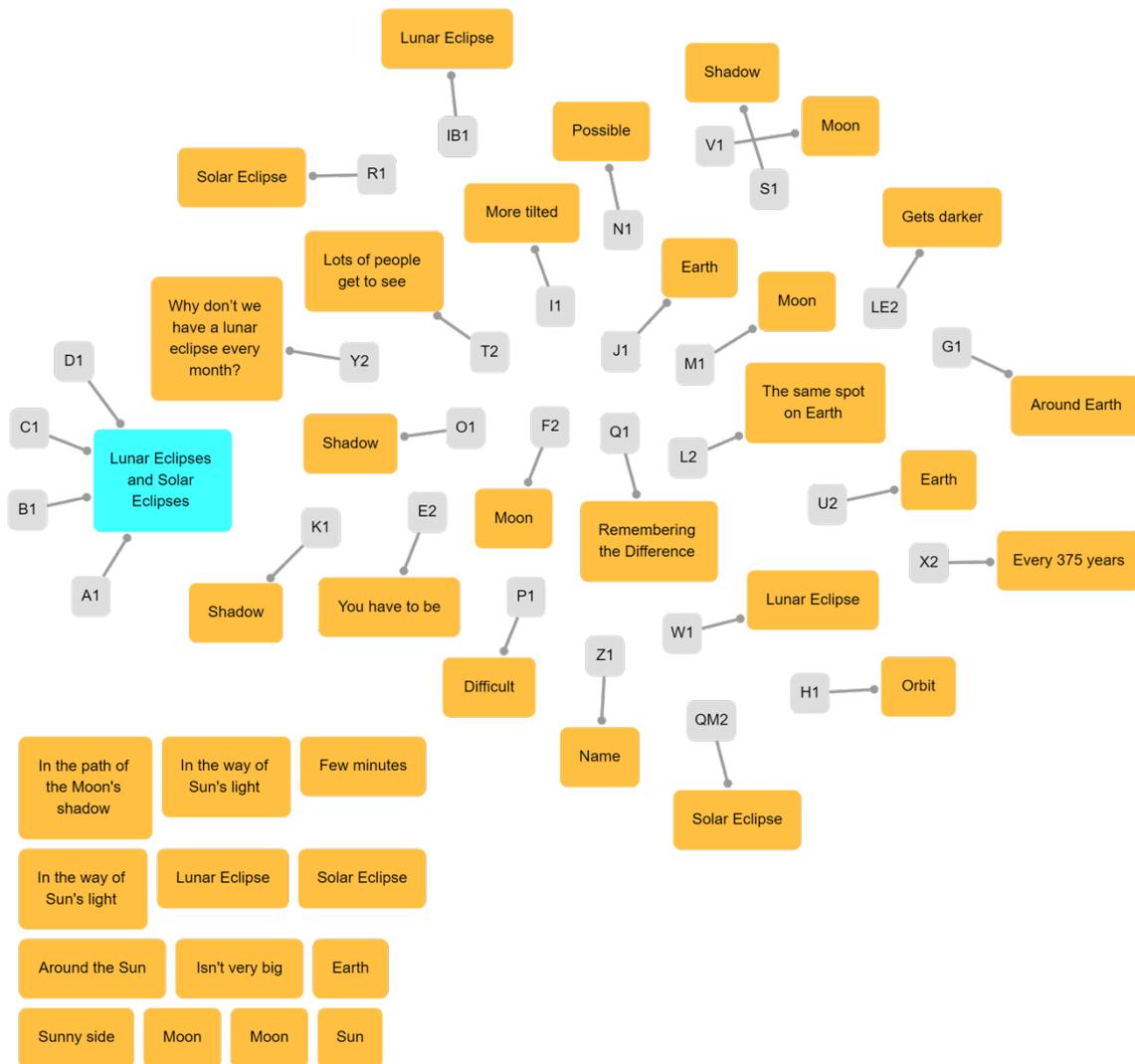
- 「1. 再構成法の説明と練習」でグループ2が組立たLR用キット（評価実験で用いたシステムでは，Topic: 2022Dec.Watanabe_group2 > Concept Map: Practice_2 > Kit: Kit of Practice_2 からアクセス可能）



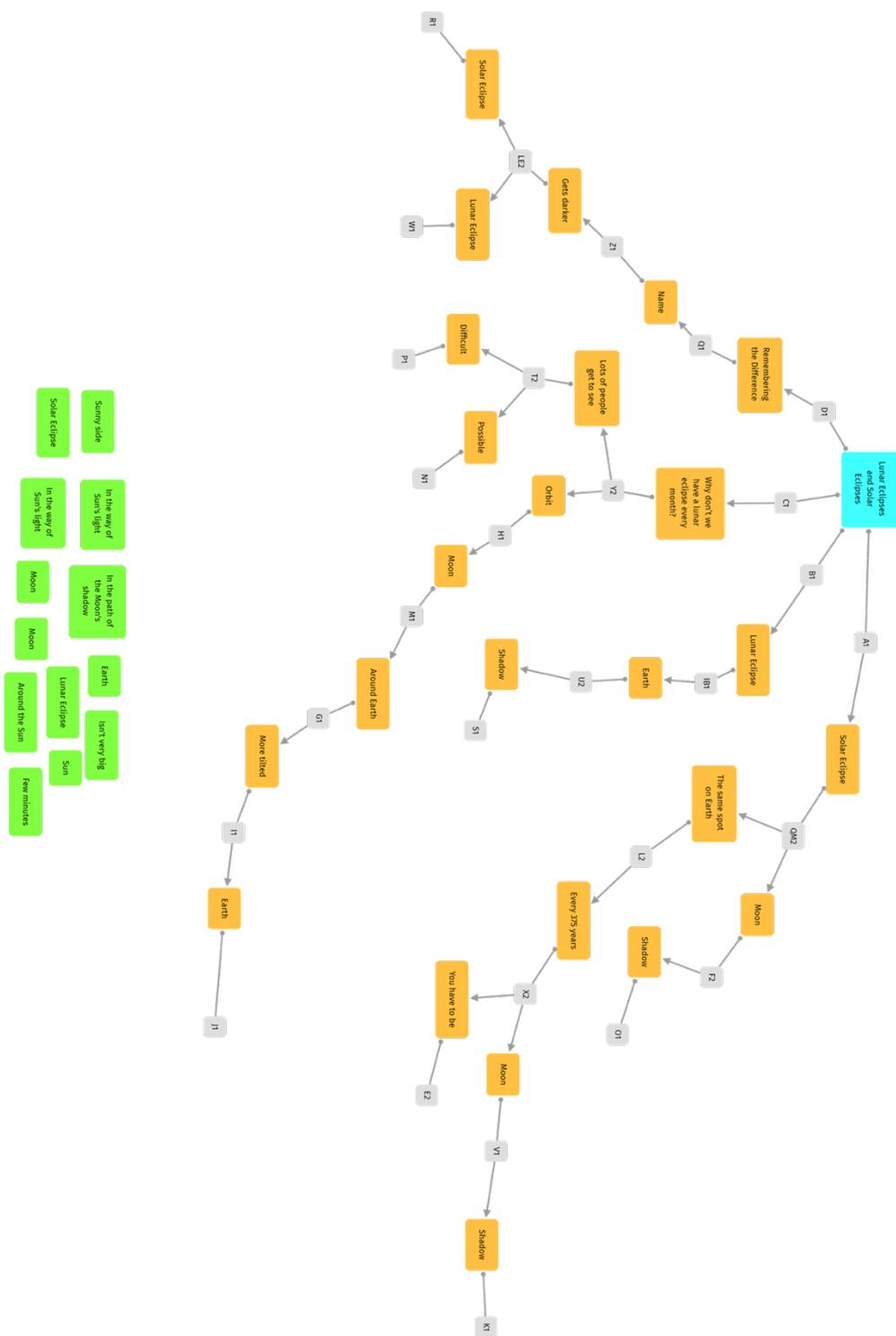
- 「4-2. FR (教材 1)」でグループ 2 が組立た FR 用キットの例 (評価実験で用いたシステムでは, Topic: 2022Dec.Watanabe_group2 > Concept Map: material1_full_2 > Kit: Kit of material1_full_2 からアクセス可能)



- 「8—1. FR (教材 2)」でグループ 1 が組立た FR 用キットの例 (評価実験で用いたシステムでは, Topic: 2022Dec.Watanabe_group1 > Concept Map: material2_full_1 > Kit: Kit of material2_full_1 からアクセス可能)



- 「11-1.LR (教材 2)」でグループ 1 が組立た LR 用キット (評価実験で用いたシステムでは, Topic: 2022Dec.Watanabe_group1 > Concept Map: material2_leaf_1 > Kit: Kit of material2_leaf_1 からアクセス可能)



付録2-5 テスト

評価実験で使用したテストの様式，およびそれぞれの問題の模範解答・分類（leaf 問題， mid 問題， または out 問題）を，付録として載せる．なお，ここで示した様式は評価実験を実施した大学の LMS において，教授者用のアカウントに対して提供されているプレビュー機能を用いて出力したものであるため，実際に学習者が目にした画面とは細部が一部異なる．また，4.3 節で述べたとおりポストテストにはプレテストと同じ問題を用いたため，両者の様式は同じとなっている．さらに，同じく 4.3 節で述べたとおりプレテストとポストテストのどちらにおいても問題の順番は学習者ごとにランダムとしたため，必ずしもここで示された順番で問題が出題されたわけではない．

- 解答方法および注意事項の様式（全テスト共通）

LAYAR
E-Learning Tools

Interaksi Manusia Komputer kelas A

Pre_Reading_MM_Quiz1

Untuk setiap pertanyaan, tolong masukkan kata (atau frase) di bagian kalimat yang digarisbawahi. Kata dengan ejaan yang salah dapat diterima selama kata tersebut dapat dimengerti. Jika anda tidak yakin dengan ejaan bahasa inggris maka diperbolehkan untuk menjawab dalam bahasa Indonesia.

(For each question, please input the word (or phrase) that corresponds to the underlined portion of the sentence in question. Misspellings are acceptable as long as the intended word is understood. If you are not sure of the spelling, you may answer in Indonesian.)

Anda **tidak diperbolehkan** melihat materi ketika menjawab pertanyaan
*(You may **NOT** refer to the material when answering the questions.)*

Time limit
Your attempt will have a time limit of 10 mins. When you start, the timer will begin to count down and cannot be paused. You must finish your attempt before it expires. Are you sure you wish to start now?

付録

- 「3. プレテスト (教材 1)」および「5. ポストテスト (教材 1)」で使用したテスト
➤ 様式

Question **1**
Not yet answered
Marked out of 1.00

"Where did the ___ come from?" is one of the big questions about Earth's history.

Answer:

Question **2**
Not yet answered
Marked out of 1.00

___ is a type of water isotopes.

Answer:

Question **3**
Not yet answered
Marked out of 1.00

There are ___ comets in the Oort cloud than in the Kuiper belt.

Answer:

Question **4**
Not yet answered
Marked out of 1.00

Comet Hartley 2 is shaped like a ____.

Answer:

Question **5**
Not yet answered
Marked out of 1.00

The ____ comets may be a source of the Earth's ocean.

Answer:

Question **6**
Not yet answered
Marked out of 1.00

More than 65 million years ago, the Earth was smashed by a series of comets, asteroids, and even larger chunks of ____.

Answer:

Question **7**
Not yet answered
Marked out of 1.00

The Herschel Space Observatory studied Comet Hartley 2 using ____.

Answer:

付録

Question **8**
Not yet answered
Marked out of 1.00

___ may have supplied the Earth with water.

Answer:

Question **9**
Not yet answered
Marked out of 1.00

Earth first formed about ___ years ago.

Answer:

Question **10**
Not yet answered
Marked out of 1.00

Comet Hartley 2 is a comet originating from the ___.

Answer:

Question **11**
Not yet answered
Marked out of 1.00

At the time the Earth was formed, any water would have ___ right off.

Answer:

付録

Question **12**

Not yet answered

Marked out of 1.00

Invaders from outer space, such as comets, have caused the death of the ___.

Answer:

Question **13**

Not yet answered

Marked out of 1.00

The Kuiper Belt lies beyond the orbit of ___.

Answer:

Question **14**

Not yet answered

Marked out of 1.00

The ___ of water isotopes in Comet Hartley 2 was the same as the Earth's ocean.

Answer:

Question **15**

Not yet answered

Marked out of 1.00

When comets go "___", they sometimes reach the inner solar system near Earth.

Answer:

➤ 問題の模範解答・分類

問題文	模範解答	問題の 分類
Comet Hartley 2 is a comet originating from the ____.	Kuiper Belt	leaf 問題
____ may have supplied the Earth with water.	Comets, Asteroids また は Rocky materials	leaf 問題
At the time the Earth was formed, any water would have ____ right off.	boiled	leaf 問題
The ____ comets may be a source of the Earth's ocean.	Kuiper Belt	leaf 問題
More than 65 million years ago, the Earth was smashed by a series of comets, asteroids, and even larger chunks of ____.	rock	leaf 問題
____ is a type of water isotopes.	Heavy water または Light water	mid 問題
"Where did the ____ come from?" is one of the big questions about Earth's history.	ocean	mid 問題
The ____ of water isotopes in Comet Hartley 2 was the same as the Earth's ocean.	proportion	mid 問題
When comets go "____", they sometimes reach the inner solar system near Earth.	off course	mid 問題
Invaders from outer space, such as comets, have caused the death of the ____.	dinosaurs	mid 問題
The Herschel Space Observatory studied Comet Hartley 2 using ____.	infrared light	out 問題
Earth first formed about ____ years ago.	4.5 billion	out 問題
The Kuiper Belt lies beyond the orbit of ____.	Neptune	out 問題
Comet Hartley 2 is shaped like a ____.	peanut	out 問題
There are ____ comets in the Oort cloud than in the Kuiper belt.	more	out 問題

付録

- 「7. プレテスト (教材2)」および「9. ポストテスト (教材2)」で使用したテスト
➤ 様式

Question **1**
Not yet answered
Marked out of 1.00

___ appear orange and the Moon appears reddish during a lunar eclipse for the same reasons.

Answer:

Question **2**
Not yet answered
Marked out of 1.00

During a lunar eclipse, a full Moon fades away, hidden in the ___ of the Earth.

Answer:

Question **3**
Not yet answered
Marked out of 1.00

The Earth's atmosphere absorbs colors other than ___ from sunlight.

Answer:

付録

Question **4**
Not yet answered
Marked out of 1.00

The duration of a single solar eclipse is about ___ minutes.

Answer:

Question **5**
Not yet answered
Marked out of 1.00

___ eclipses can be seen by many people.

Answer:

Question **6**
Not yet answered
Marked out of 1.00

On average, a total solar eclipse is seen in the ___ location on Earth only once every 375 years.

Answer:

Question **7**
Not yet answered
Marked out of 1.00

To see a solar eclipse, we must be on the ___ side of Earth.

Answer:

付録

Question **8**
Not yet answered
Marked out of 1.00

A partial solar eclipse occurs somewhere on Earth at least ___ a year.

Answer:

Question **9**
Not yet answered
Marked out of 1.00

___ is bent by the Earth's atmosphere.

Answer:

Question **10**
Not yet answered
Marked out of 1.00

The orbit of the Moon around the Earth is ___ compared to the orbit of the Earth around the Sun.

Answer:

Question **11**
Not yet answered
Marked out of 1.00

A ___ solar eclipse occurs somewhere on Earth about once every year and a half.

Answer:

付録

Question **12**
Not yet answered
Marked out of 1.00

Although the Moon orbits the Earth, ___ eclipses don't occur every month.

Answer:

Question **13**
Not yet answered
Marked out of 1.00

An easy way to avoid confusing a lunar eclipse with a solar eclipse is to focus on the ___.

Answer:

Question **14**
Not yet answered
Marked out of 1.00

A lunar eclipse occurs when the Earth gets in the way of the ___.

Answer:

Question **15**
Not yet answered
Marked out of 1.00

The Moon's shadow on Earth is not so ___.

Answer:

➤ 問題の模範解答・分類

問題文	模範 解答	問題 の 分類
A lunar eclipse occurs when the Earth gets in the way of the ____.	sun's light	leaf 問題
The duration of a single solar eclipse is about ____ minutes.	a few	leaf 問題
To see a solar eclipse, we must be on the ____ side of Earth.	sunny	leaf 問題
____ eclipses can be seen by many people.	Lunar	leaf 問題
The Moon's shadow on Earth is not so ____.	big	leaf 問題
An easy way to avoid confusing a lunar eclipse with a solar eclipse is to focus on the ____.	name	mid 問題
During a lunar eclipse, a full Moon fades away, hidden in the ____ of the Earth.	shadow	mid 問題
Although the Moon orbits the Earth, ____ eclipses don't occur every month.	lunar	mid 問題
The orbit of the Moon around the Earth is ____ compared to the orbit of the Earth around the Sun.	tilted	mid 問題
On average, a total solar eclipse is seen in the ____ location on Earth only once every 375 years.	same	mid 問題
____ is bent by the Earth's atmosphere.	Sunlight	out 問題
The Earth's atmosphere absorbs colors other than ____ from sunlight.	red	out 問題
A partial solar eclipse occurs somewhere on Earth at least ____ a year.	twice	out 問題
A ____ solar eclipse occurs somewhere on Earth about once every year and a half.	total	out 問題
____ appear orange and the Moon appears reddish during a lunar eclipse for the same reasons.	Sunsets	out 問題

付録2-6 アンケート

「10. アンケート」で使用したアンケートの様式を、付録として載せる。なお、ここで示した様式は評価実験を実施した大学の LMS において、教授者用のアカウントに対して提供されているプレビュー機能を用いて出力したものであるため、実際に学習者が目にした画面とは細部が一部異なる。

- グループ 1 が回答したアンケートの様式

Questionnaire Group 1

 [Print Blank](#)

1 * NPM/STUDENT_ID

2 * Apakah konten/bacaan pada materi 1 mudah dimengerti?
(Was the content of material 1 easy?)

- 1. Sangat Setuju (Strongly Agree)
- 2. Setuju (Agree)
- 3. Setuju maupun Tidak Setuju / Netral (Neither agree nor disagree)
- 4. Tidak Setuju (Disagree)
- 5. Sangat Tidak Setuju (Strongly Disagree)

3 * Apakah konten/bacaan pada materi 2 mudah dimengerti?
(Was the content of material 2 easy?)

- 1. Sangat Setuju (Strongly Agree)
- 2. Setuju (Agree)
- 3. Setuju maupun Tidak Setuju / Netral (Neither agree nor disagree)
- 4. Tidak Setuju (Disagree)
- 5. Sangat Tidak Setuju (Strongly Disagree)

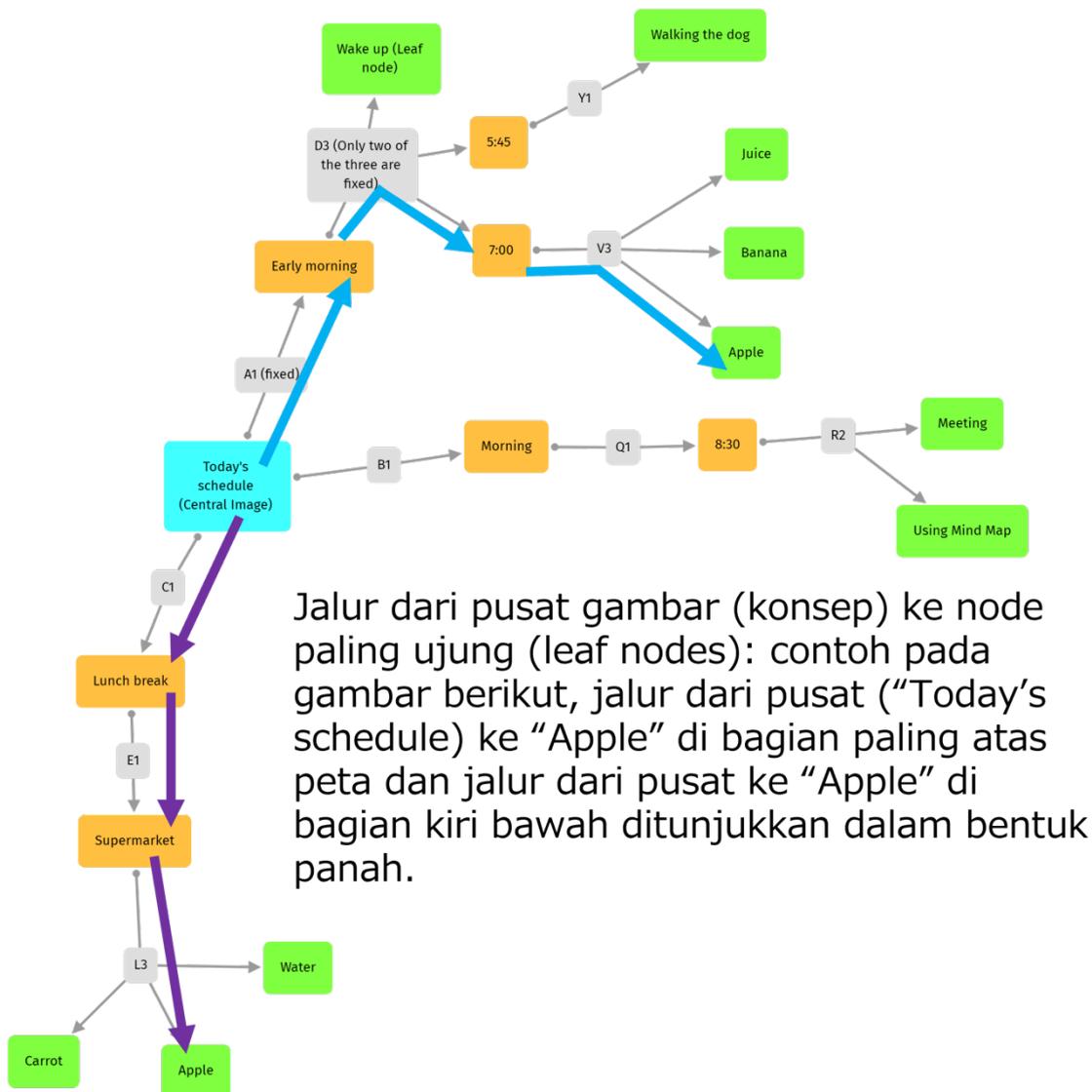
4 * Waktu untuk komposisi ulang "leaf node" pada materi 1 adalah 15 menit. Apakah waktu yang diberikan cukup untuk menyelesaikan penyusunan ulang peta dan mengerti informasi yang terdapat di dalam peta? Pilih salah satu jawaban yang mendekati perasaanmu (Jawaban berdasarkan perasaan diperbolehkan)
(The time to recompose leaf nodes of the map for material 1 was 15 minutes, was this enough time to complete the recomposing and understand the whole map? Choose the one that most closely matches your senses (a sensory answer is fine))

- 1. Terdapat sisa waktu yang banyak (There was plenty of extra time).
- 2. Terdapat sisa waktu yang sedikit (There was a little extra time).
-

3. Mengerti dengan informasi yang diberikan di dalam peta hanya dengan waktu 15 menit (Understood the map in just around 15 minutes).

- 4. Waktu yang diberikan sangat pendek (Time was a little short).
- 5. Waktu yang diberikan tidak cukup (Time was not enough at all).

- 5 * Waktu untuk menyusun ulang seluruh peta pada materi 2 adalah 15 menit, apakah waktu yang diberikan cukup untuk menyelesaikan penyusunan ulang peta dan mengerti informasi yang terdapat di dalam peta? Pilih salah satu jawaban yang mendekati perasaanmu (Jawaban berdasarkan perasaan diperbolehkan)
- (The time to recompose the entire map for material 2 was 15 minutes, was this enough time to complete the recomposing and understand the whole map? Choose the one that most closely matches your senses (a sensory answer is fine))
- 1. Terdapat sisa waktu yang banyak (There was plenty of extra time).
 - 2. Terdapat sisa waktu yang sedikit (There was a little extra time).
 - 3. Mengerti dengan informasi yang diberikan di dalam peta hanya dengan waktu 15 menit (Understood the map in just around 15 minutes).
 - 4. Waktu yang diberikan sangat pendek (Time was a little short).
 - 5. Waktu yang diberikan tidak cukup (Time was not enough at all).
- 6 * Manakah yang paling mudah dilakukan untuk memahami konten/isi dari material yang diberikan, menyusun ulang leaf node pada materi 1, atau menyusun ulang keseluruhan peta pada materi 2? (Manakah yang memberikan beban pikiran yang lebih rendah)
- (Which was easier to perform in understanding the content of the materials, the activity of recomposing leaf nodes of the map for material 1, or the activity of recomposing the entire map for material 2? (Which load was smaller?))
- 1. Keduanya mudah untuk dilakukan (Both were equally easy to perform).
 - 2. Menyusun ulang leaf node lebih mudah (It was easier to perform the activity of recomposing leaf nodes).
 - 3. Menyusun ulang keseluruhan peta lebih mudah (It was easier to perform the activity of recomposing the entire map).
 - 4. Keduanya susah untuk dilakukan (Both were equally difficult to perform).
- 7 * Manakah menurutmu yang lebih efektif untuk memahami konten/isi dari material yang diberikan, menyusun ulang leaf node pada materi 1, atau menyusun ulang keseluruhan peta pada materi 2?
- (Which do you think was more effective in understanding the content of the materials, the activity of recomposing leaf nodes of the map for material 1, or the activity of recomposing the entire map for material 2?)
- 1. Keduanya efektif (Both were equally effective).
 - 2. Lebih efektif menyusun ulang leaf node (It was more effective the activity of recomposing leaf nodes).
 - 3. Lebih efektif menyusun ulang keseluruhan peta (It was more effective the activity of recomposing the entire map).
 - 4. Keduanya tidak efektif (Both were not effective).
- 8 * Ketika anda menyusun ulang leaf node pada materi 1, apakah anda sadar pada jalur dari central image (concept)(node berwarna biru muda) ke leaf node (node berwarna kuning-hijau)? (apakah anda memeriksa node lain yang terdapat di jalur ketika menyusun ulang leaf node)?
- (When you recomposed the leaf nodes of the map for material 1, were you aware of the paths from the central image (concept) (light blue node) to the leaf nodes (yellow-green nodes)? (did you recompose leaf nodes while checking the other nodes on the path?))



- 1. Sangat Setuju (Strongly agree)
- 2. Setuju (Agree)
- 3. Netral (Neither agree nor disagree)
- 4. Tidak Setuju (Disagree)
- 5. Sangat Tidak Setuju (Strongly disagree)

- 9 Jika anda memilih opsi 3,4, atau 5 pada pertanyaan nomor 8, tolong tuliskan bagaimana anda melihat peta ketika melakukan aktivitas menyusun ulang. Jika kamu tidak ingat, tulis "I don't remember"
(If you selected option 3, 4, or 5 in question 8, please write how you viewed the map when working on the activity if you remember. If you don't remember, please write "I don't remember").

Paragraph

Path: p

- 10 Jika anda ingin mengembangkan peta (mengkombinasikan node atau menambahkan node baru, etc. untuk memahami lebih baik konten pada materi) ketika menyusun ulang leaf node peta untuk materi 1, tolong tuliskan jawaban secara detail.
(If you come up with a map improvement plan (the ideas that the nodes can be recombined or new nodes can be added, etc. to better reflect the content of the material) while recomposing leaf nodes of the map for material 1, please write them in detail)

Paragraph

Path: p

- 11 Jika anda membuat rencana peningkatan peta saat menyusun ulang seluruh peta untuk materi 2, harap tulis secara detail.
(If you come up with a map improvement plan while recomposing the entire map for material 2, please write them in detail).

Paragraph

Path: p

- 12 * Silakan pilih pilihan berikut ini yang paling menggambarkan pengalaman kamu dengan mind mapping (tidak termasuk eksperimen yang anda ikuti pada tanggal 19 November)
(Please select the following that best describes your experience with mind mapping) (excluding the experiment in which you participated on November 19)
-
1. Pernah menggunakan lebih dari 5 kali / menggunakan secara rutin (Have used it more than 5 times / use it regularly)
 2. Pernah menggunakan 2-4 kali (Have used it 2-4 times)
 3. Hanya menggunakan 1 kali (Have used it only 1 time)
 4. Tidak ada pengalaman sama sekali (No experience at all)
- 13 * Apakah menurut anda mind map berguna untuk refleksi diri dan menjelaskan isi materi kepada orang lain?
(Do you think the mind map is useful for self-reflection and explaining the content of the material to others?)
1. Sangat Setuju (Strongly agree)
2. Setuju (Agree)
3. Netral (Neither agree nor disagree)
4. Tidak Setuju (Disagree)
5. Sangat Tidak Setuju (Strongly disagree)
- 14 * Apakah anda ingin mempertimbangkan belajar dengan menyusun ulang mind map saat mempelajari sesuatu di masa depan?
(Would you like to consider learning through recomposing the mind map when learning about something in the future?)
1. Sangat Setuju (Strongly agree)
2. Setuju (Agree)

3. Netral (Neither agree nor disagree)
4. Tidak Setuju (Disagree)
5. Sangat Tidak Setuju (Strongly disagree)

Submit preview

Reset

- グループ 2 が回答したアンケートの様式

Questionnaire Group 2

 [Print Blank](#)

1 * NPM/STUDENT_ID

2 * Apakah konten/bacaan pada materi 1 mudah dimengerti?
(Was the content of material 1 easy?)

- 1. Sangat Setuju (Strongly Agree)
- 2. Setuju (Agree)
- 3. Setuju maupun Tidak Setuju / Netral (Neither agree nor disagree)
- 4. Tidak Setuju (Disagree)
- 5. Sangat Tidak Setuju (Strongly Disagree)

3 * Apakah konten/bacaan pada materi 2 mudah dimengerti?
(Was the content of material 2 easy?)

- 1. Sangat Setuju (Strongly Agree)
- 2. Setuju (Agree)
- 3. Setuju maupun Tidak Setuju / Netral (Neither agree nor disagree)
- 4. Tidak Setuju (Disagree)
- 5. Sangat Tidak Setuju (Strongly Disagree)

4 * Waktu untuk komposisi ulang seluruh peta pada materi 1 adalah 15 menit. Apakah waktu yang diberikan cukup untuk menyelesaikan penyusunan ulang peta dan mengerti informasi yang terdapat di dalam peta? Pilih salah satu jawaban yang mendekati perasaanmu (Jawaban berdasarkan perasaan diperbolehkan)

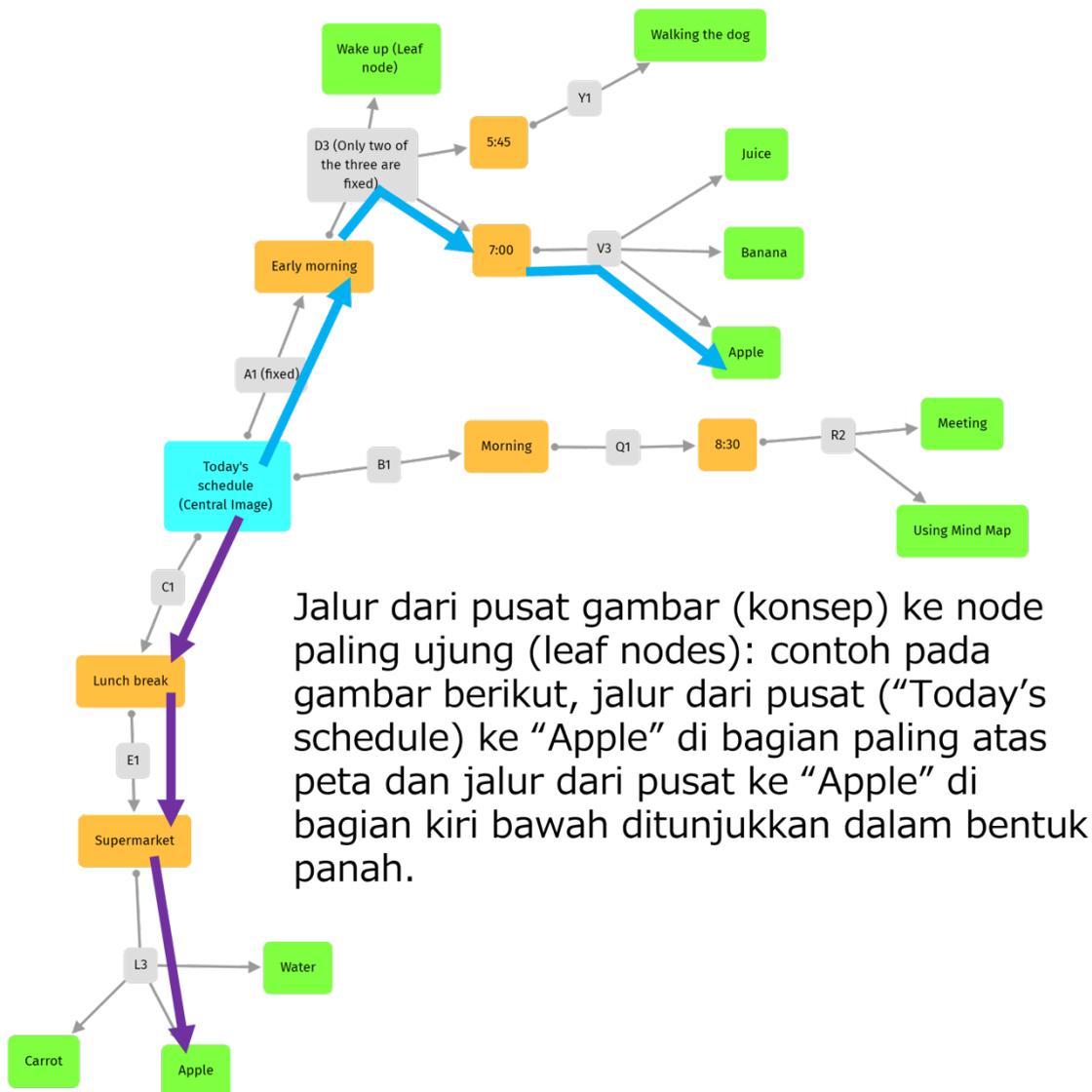
(The time to recompose the entire map for material 1 was 15 minutes, was this enough time to complete the recomposing and understand the whole map? Choose the one that most closely matches your senses (a sensory answer is fine))

- 1. Terdapat sisa waktu yang banyak (There was plenty of extra time).
- 2. Terdapat sisa waktu yang sedikit (There was a little extra time).
-

3. Mengerti dengan informasi yang diberikan di dalam peta hanya dengan waktu 15 menit (Understood the map in just around 15 minutes).

- 4. Waktu yang diberikan sangat pendek (Time was a little short).
- 5. Waktu yang diberikan tidak cukup (Time was not enough at all).

- 5 * Waktu untuk menyusun ulang leaf node pada materi 2 adalah 15 menit, apakah waktu yang diberikan cukup untuk menyelesaikan penyusunan ulang peta dan mengerti informasi yang terdapat di dalam peta? Pilih salah satu jawaban yang mendekati perasaanmu (Jawaban berdasarkan perasaan diperbolehkan)
- (The time to recompose leaf nodes of the map for material 2 was 15 minutes, was this enough time to complete the recomposing and understand the whole map? Choose the one that most closely matches your senses (a sensory answer is fine))
- 1. Terdapat sisa waktu yang banyak (There was plenty of extra time).
 - 2. Terdapat sisa waktu yang sedikit (There was a little extra time).
 -
 - 3. Mengerti dengan informasi yang diberikan di dalam peta hanya dengan waktu 15 menit (Understood the map in just around 15 minutes).
 - 4. Waktu yang diberikan sangat pendek (Time was a little short).
 - 5. Waktu yang diberikan tidak cukup (Time was not enough at all).
- 6 * Manakah yang paling mudah dilakukan untuk memahami konten/isi dari material yang diberikan, menyusun ulang keseluruhan peta untuk materi 1, atau menyusun ulang leaf node peta untuk materi 2? (Manakah yang memberikan beban pikiran yang lebih rendah)
- (Which was easier to perform in understanding the content of the materials, the activity of recomposing the entire map for material 1, or the activity of recomposing leaf nodes of the map for material 2? (Which load was smaller?))
- 1. Keduanya mudah untuk dilakukan (Both were equally easy to perform).
 -
 - 2. Menyusun ulang leaf node lebih mudah (It was easier to perform the activity of recomposing leaf nodes).
 -
 - 3. Menyusun ulang keseluruhan peta lebih mudah (It was easier to perform the activity of recomposing the entire map).
 - 4. Keduanya susah untuk dilakukan (Both were equally difficult to perform).
- 7 * Manakah menurutmu yang lebih efektif untuk memahami konten/isi dari material yang diberikan, menyusun ulang keseluruhan peta untuk materi 1, atau menyusun ulang leaf node peta untuk materi 2?
- (Which do you think was more effective in understanding the content of the materials, the activity of recomposing the entire map for material 1, or the activity of recomposing leaf nodes of the map for material 2?)
- 1. Keduanya efektif (Both were equally effective).
 - 2. Lebih efektif menyusun ulang leaf node (It was more effective the activity of recomposing leaf nodes).
 -
 - 3. Lebih efektif menyusun ulang keseluruhan peta (It was more effective the activity of recomposing the entire map).
 - 4. Keduanya tidak efektif (Both were not effective).
- 8 * Ketika anda menyusun ulang leaf node peta untuk materi 2, apakah anda sadar pada jalur dari central image (concept)(node berwarna biru muda) ke leaf node (node berwarna kuning-hijau)? (apakah anda memeriksa node lain yang terdapat di jalur ketika menyusun ulang leaf node)?
- (When you recomposed the leaf nodes of the map for material 2, were you aware of the paths from the central image (concept) (light blue node) to the leaf nodes (yellow-green nodes)? (did you recompose leaf nodes while checking the other nodes on the path?))



- 1. Sangat Setuju (Strongly agree)
- 2. Setuju (Agree)
- 3. Netral (Neither agree nor disagree)
- 4. Tidak Setuju (Disagree)
- 5. Sangat Tidak Setuju (Strongly disagree)

- 9 Jika anda memilih opsi 3,4, atau 5 pada pertanyaan nomor 8, tolong tuliskan bagaimana anda melihat peta ketika melakukan aktivitas menyusun ulang. Jika kamu tidak ingat, tulis "I don't remember"
(If you selected option 3, 4, or 5 in question 8, please write how you viewed the map when working on the activity if you remember. If you don't remember, please write "I don't remember").

Paragraph

Path: p

- 10 Jika anda ingin mengembangkan peta (mengkombinasikan node atau menambahkan node baru, etc. untuk memahami lebih baik konten pada materi) ketika menyusun ulang keseluruhan peta untuk materi 1, tolong tuliskan jawaban secara detail.
(If you come up with a map improvement plan (the ideas that the nodes can be recombined or new nodes can be added, etc. to better reflect the content of the material) while recomposing the entire map for material 1, please write them in detail)

Paragraph

Path: p

11 Jika anda membuat rencana peningkatan peta saat menyusun ulang leaf node peta untuk materi 2, harap tulis secara detail.
(If you come up with a map improvement plan while recomposing leaf nodes of the map for material 2, please write them in detail).

Paragraph

Path: p

12 * Silakan pilih pilihan berikut ini yang paling menggambarkan pengalaman kamu dengan mind mapping (tidak termasuk eksperimen yang anda ikuti pada tanggal 19 November)
(Please select the following that best describes your experience with mind mapping) (excluding the experiment in which you participated on November 19)

1. Pernah menggunakan lebih dari 5 kali / menggunakan secara rutin (Have used it more than 5 times / use it regularly)

2. Pernah menggunakan 2-4 kali (Have used it 2-4 times)

3. Hanya menggunakan 1 kali (Have used it only 1 time)

4. Tidak ada pengalaman sama sekali (No experience at all)

13 * Apakah menurut anda mind map berguna untuk refleksi diri dan menjelaskan isi materi kepada orang lain?
(Do you think the mind map is useful for self-reflection and explaining the content of the material to others?)

1. Sangat Setuju (Strongly agree)

2. Setuju (Agree)

3. Netral (Neither agree nor disagree)

4. Tidak Setuju (Disagree)

5. Sangat Tidak Setuju (Strongly disagree)

14 * Apakah anda ingin mempertimbangkan belajar dengan menyusun ulang mind map saat mempelajari sesuatu di masa depan?
(Would you like to consider learning through recomposing the mind map when learning about something in the future?)

1. Sangat Setuju (Strongly agree)

2. Setuju (Agree)

3. Netral (Neither agree nor disagree)
4. Tidak Setuju (Disagree)
5. Sangat Tidak Setuju (Strongly disagree)

Submit preview Reset