



協調学習における思考過程の外化を支援するコンセプトマップ作成ソフトウェアの開発・評価研究

山口, 悦司

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2005-03-09

(Date of Publication)

2008-07-23

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2805

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002805>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



博 士 論 文

協調学習における
思考過程の外化を支援する
コンセプトマップ作成ソフトウェアの
開発・評価研究

平成16年11月

山 口 悦 司

目次

はじめに	1
第1章 序論	3
第1節 近年におけるコンセプトマップの活発な利用	4
第2節 第1世代の研究：コンセプトマップの開発	11
第3節 第2世代の研究：学習者個人の知識獲得支援	13
第4節 新しい研究動向としての第3世代の研究：協調学習の支援	19
第5節 コンセプトマップを利用した理科教育に関する先行研究のまとめ	28
第6節 問題の所在と研究の目的	30
第2章 ソフトウェア開発のための基礎的検討(1)：再生・修正機能の有効性に関する実験的研究	43
第1節 目的	43
第2節 方法	43
第3節 結果	50
第4節 考察	65
第5節 本章のまとめ	66
第3章 ソフトウェア開発のための基礎的検討(2)：再生・修正機能の有効性に関する実践的研究	67
第1節 目的	67
第2節 方法	67
第3節 結果(1)：子どもたちの視点からの評価	73
第4節 結果(2)：教師の視点からの評価	76
第5節 結果(3)：再生機能利用場面の相互行為分析	80
第6節 考察	87
第7節 本章のまとめ	88
第4章 再生・修正機能と共同作成機能を実装したコンセプトマップ作成ソフトウェアの開発	91
第1節 開発環境及び実行環境	91
第2節 システム構成	91
第3節 ユーザーインターフェース	93

第4節 本章のまとめ	99
第5章 ソフトウェアの評価(1): 大学生と現職教員を対象とした質問紙調査	103
第1節 目的	103
第2節 大学生を対象とした調査	103
第3節 現職教員を対象とした調査	108
第4節 本章のまとめ	118
第6章 ソフトウェアの評価(2): 実験的研究.....	119
第1節 目的	119
第2節 方法	119
第3節 結果(1) 質問紙による再生・修正機能の有効性の調査	123
第4節 結果(2): 面接による再生・修正機能の有効性の調査	133
第5節 考察	138
第6節 本章のまとめ	138
第7章 ソフトウェアの評価(3): 実践的研究.....	141
第1節 目的	141
第2節 ソフトウェアを利用した授業のデザイン	141
第3節 評価の方法及び結果	145
第4節 考察	160
第5節 本章のまとめ	162
第8章 総合的考察	163
第1節 各章における研究結果のまとめ	163
第2節 本研究の結論	170
第3節 今後の課題	171
引用文献	175
参考論文等	191
謝辞	193

はじめに

コンセプトマップは、自然の事象や現象に関する概念について、学習者がどのような下位概念を持ち、それらがどのように構造化されているのかを、言葉と言葉の関係づけのあり方に着目して図式的に表現させる道具である。このコンセプトマップは、学習者が所有する自然の事物・現象に対する理解のあり方を外的に表現させるための簡便かつ有効な道具として、理科教育において活発に利用されてきている。こうした傾向は、学習者に固有な理解のあり方を精緻に探ることを目的とした調査研究に限らず、子どもたちの理解を基点に理科授業を作り上げようとする小学校・中学校・高等学校などでの実践的な研究においても同様に見受けられる。コンセプトマップを利用した研究は、今後さらに展開していくと予想される。

本研究は、理科教育研究領域で実績をあげてきたコンセプトマップが、近年では協調学習支援の道具として利用されている現状を踏まえ、従来の研究では成し得なかった「思考過程の外化」という側面までを含む形で協調学習を支援できるコンセプトマップ作成ソフトウェアを初めて開発し、その有効性を評価しようとしたものである。

本論文は全8章から成っており、各章の概要は次の通りである。

まず、第1章では、コンセプトマップ及びコンセプトマップ作成ソフトウェアに関する先行研究をレビューする。最近20年間の国内外の研究論文を網羅し、それらを学習論的背景の視点から3つの世代に分類することで、近年ではコンセプトマップが協調学習支援の道具として利用されていることを明らかにする。その上で、問題の所在と研究の目的を述べる。従来のコンセプトマップでは協調学習における思考過程の外化が困難であることを見出し、その外化を実現する可能性が「再生・修正機能」と「共同作成機能」を合わせ持ったコンセプトマップ作成ソフトウェアの開発にあると論じる。

第2章と第3章は、ソフトウェア開発のための基礎的検討である。先行研究において共同作成機能を実装したソフトウェアは開発されているが、再生・修正機能を実装したソフトウェアは開発されていない。このことを踏まえ、再生・修正機能の有効性を検証するために、同機能のみを実装したソフトウェアを試作し、この試作版ソフトウェアを利用した実験的・実践的研究を行った。第2章は、大学生・大学院生を対象として、「再生・修正機能あり」と「再生・修正機能なし」の条件を設定し、同一の対象がこれら2つの条件でソフトウェアを利用するという実験的研究である。ここでは、質問紙調査、面接調査の結果から、

はじめに

再生・修正機能が思考過程を外化し、学習者による内省や対話を支援できることを実証する。第3章は、小学校の理科授業にソフトウェアを導入した実践的研究である。ここでは、子どもたちを対象とした質問紙調査、教師を対象とした面接調査、授業のビデオ記録を利用した相互行為分析の結果を総合的に検討し、再生・修正機能が子どもたちの内省・対話を支援する上で有効であることを明らかにする。

第4章では、本研究で新しく開発したソフトウェアについて、その概要を示す。具体的には、開発環境、実行環境、システム構成を解説する。併せて、ソフトウェアの画面の様子と操作方法を説明しながら、再生・修正機能と共同作成機能の内実を示す。

第5章から第7章にかけては、開発したソフトウェアの有効性を評価するための一連の調査研究について論じる。第5章は大学生と現職教員を対象とした質問紙調査である。この章では、ソフトウェアの操作性、再生・修正機能と共同作成機能の有効性、授業での利用可能性が、大学生や現職教員に肯定的に評価されることを明らかにする。

第6章は、実験的研究である。この実験は、対面で会話しながらソフトウェアを利用したコンセプトマップを作成するという学習状況下において、「共同作成機能のみ」と「共同作成機能と再生・修正機能」という条件を設定し、大学生・大学院生計40名がこれら2つのソフトウェアを利用するというものである。質問紙調査、面接調査の結果を操作履歴と関係づけながら分析することで、共同作成機能と再生・修正機能の有効性を検証する。

第7章は、ソフトウェアを実際の授業場面に導入する中で行った実践的研究である。小学校第6学年の理科の単元「水溶液の性質」(全14時間)において、ソフトウェアを利用した授業を実施する。そこで、コンセプトマップ分析、操作履歴分析、相互行為分析、質問紙調査の4つの手法で評価データを収集する。これらのデータを詳細に分析し、共同作成機能と再生・修正機能の有効性を明らかにする。

最後の第8章では、論文全体をまとめる。前半では、第5章から第7章までの一連の調査研究の成果を総合的に考察し、協調学習における思考過程の外化を実現し、学習者による内省と対話を支援するというソフトウェアの有効性について結論する。後半では、一連の調査研究で見出された問題点を整理し、今後の研究に求められる課題について論じる。

第1章 序論

本章では、コンセプトマップを利用した理科教育に関する先行研究をレビューする中で問題の所在を明らかにし、本研究の目的について論じる。

本章でレビューの対象としたのは、Novak & Gowinが"Learning How to Learn"を1984年に出版し、コンセプトマップが理科教育の分野にまとまった形で提案されてから、2001年までに国内外で発表された研究である。具体的には、国際的な理科教育研究誌"Science Education", "Journal of Research in Science Teaching", "International Journal of Science Education", "Research in Science Teaching"に掲載された論文、国内の代表的な理科教育研究誌『理科教育学研究（日本理科教育学会研究紀要）』、『科学教育研究』に掲載された論文、国内の理科教育に関連する他の研究誌に掲載された代表的な論文、および国内外のコンセプトマップ関連著書である。

なお、本章では、意味ネットワークを始めとするコンセプトマップに類似した知識表現の道具に関する研究も、コンセプトマップの研究に含め、レビューの範囲としている。これまでの代表的な総説や国際誌の特集号は、「コンセプトマップ」や「意味ネットワーク」といった用語に厳密な定義を与えるのではなく、類似した知識表現の道具に関する研究を「コンセプトマップの研究」としてまとめ、その有効性や意義について議論しているからである。例えば、Hortonら（1993）やRuiz-Primo&Shavelson（1996）では、学習者の所有する知識構造を図式的に表現させて視覚的に捉えるための「意味ネットワーク」や「概念ネットワーク」のような道具を利用した研究もレビューの範囲に含めている。また、"Journal of Research in Science Teaching"において1990年に組まれた特集号では、「コンセプトマップの展望（Perspectives on Concept Mapping）」という表題のもとに、「意味ネットワーク」に関する論文が寄稿されている（Novak & Wondersee, 1990）。したがって、本章では、コンセプトマップや意味ネットワークといった用語の差異について詳細に議論するのではなく、HortonらやRuiz-Primo&Shavelsonや特集号に習い、コンセプトマップに類似した表現の道具に関する研究をコンセプトマップの研究としてまとめて議論する。

本章の構成は、次の通りである。まず第1節では、1984年に提案されたコンセプトマップが、十数年経過した現在においても注目に値すべき道具とみなされており、幅広い学年段階や内容領域で活発に利用されている実態を確認する。海外の現状については、Hortonら（1993）やRuiz-Primo&Shavelson（1996）の代表的な総説によって、1994年までの活発な利

用が明らかにされている。したがって、1995年以降の研究を対象とし、コンセプトマップの利用の実態を明らかにする。一方、国内の現状については、これまでの研究成果のレビューが見受けられないことから、コンセプトマップが国内に紹介された1980年代後半から2001年までの研究を検討する。

次に、第2節から第5節にかけては、コンセプトマップを利用した理科教育に関する先行研究について、研究の問題意識、学習支援の方向性、コンセプトマップの開発や利用のされ方という観点から、3つの世代に区分して検討する。第2節で検討する第1世代は、コンセプトマップが開発された世代である。第3節で取り上げる第2世代は、学習者個人の知識獲得支援が目的とされ、コンセプトマップの利用が推進された世代である。第4節では、第3世代の研究を検討する。第3世代の研究は、学習者個人の支援というよりも、むしろ教師や他の学習者といった他者との協調学習の支援を目的としている点で、従来とは異なる新しい研究動向を示す世代である。第5節では、3つの世代の研究の特徴を整理する。

最後の第6節では、前節までの議論を踏まえた上で、本研究で取り組む問題の所在を明らかにする。それとともに、本研究の目的について述べる。まず、本研究の位置づけが第3世代の研究の展開にあることを述べて、第3世代の展開が理科教育研究に寄与できることを議論する。次に、従来の第3世代では、協調学習における「思考過程の外化」の実現が困難であることについて議論する。そして、協調学習における思考過程の外化を実現する可能性が、「再生・修正機能」と「共同作成機能」を合わせ持ったコンセプトマップ作成ソフトウェアにあることを論じる。

第1節 近年におけるコンセプトマップの活発な利用

表1-1には、Hortonら（1993）やRuiz-Primo & Shavelson（1996）といった代表的な総説以降、1995年から2001年までの6年間に実施された海外の研究を、「利用対象」「内容領域」「主題」の3つの観点から整理している。対象となる論文は、計35編であった。一方、表1-2には、1980年代後半から2001年までに国内で実施された研究について、上記と同様の3つの観点から整理している。対象となる論文は、計34編であった。

表1-3には、表1-1と表1-2に示した諸研究について、利用対象の観点から分類した結果を示している。ここでいう利用対象とは、当該の研究におけるコンセプトマップの作成者が教師であるか生徒であるか、生徒である場合はどの学年段階なのか、という指標である。

表 1-1 海外におけるコンセプトマップ研究

論文	利用対象	内容領域	主題
Abd-El-Khalick & BouJaoude (1997)	理科教師	生物/化学/物理	消化/化合物, 元素, 原子/熱, 温度
Anderson et al., (2000)	11, 12才	物理	電気, 磁力
Demastes et al., (1996)	高校生	生物	進化
Edmondson (1995)	大学学部のカリキュラム委員会委員	その他	医学部のカリキュラム開発
Esiobu & Soyibo (1995)	第10学年 (15才)	環境/生物	エコシステム/遺伝
Ferry (1996)	大学3年生 (初等教育)	地学	天文学
Fleer (1996)	4才	物理	光と闇
Harrison et al. (1999)	第11学年	物理	熱, 温度
Hoz et al. (1997)	大学1年生 (地形学, 地質学)	地学	地形
Jones et al. (1998)	理科教師 (小・中学校)	物理	熱, 光, 音, 電気
Jones et al. (1999)	理科教師 (小・中学校)	物理	音, 光, 電気
Jones et al. (2000)	第5学年	物理	対流, 熱
Lang & Olson (2000)	理科教師 (中学校)	環境	私と水, 私と太陽, 私と土, 私と植物, 私と動物, 私とまわりの人々, 私と機械
Lian (1998)	大学生 (初等理科教育)	生物/環境	排出, 植物の反応, 水質汚染, 食物保存
Liu & Hickey (1996)	第7学年	化学	溶解
Loving & Foster (2000)	大学院生 (理科教育)	その他	科学と宗教
Markow & Lonning (1998)	大学1年生 (化学)	化学	化学変化, 抽出
Martin et al. (2000)	大学3, 4年生 (生物学)	生物	海洋生物
Martin del Pozo (2001)	大学3, 4年生 (初等教育)	化学	物質, 元素, 化合物, 混合, 原子, 分子
McClure et al. (1999)	大学生 (教育学), 大学院生 (教育心理学)	生物/物理/その他	バクテリア/位相/米史 (独立戦争)
Mellado (1998)	大学生 (教育実習生, 初・中等理科教育)	教師教育	理科の教授・学習
Mohapatra & Parida (1995)	15, 16才, 大学生 (18才), 理科教師	物理	光の反射
Nason et al. (1996)	第6学年 (11才)	地学	火星
Pearsall et al. (1997)	大学生 (生物学)	生物	細胞, 生き物
Peterson & Treagust (1998)	大学生 (教育実習生, 初等理科教育)	生物/物理	電気/視覚, 花と種子, 蜘蛛
Rice et al. (1998)	第7学年	生物	細胞, 生物分類, 原生動物, 菌類, 植物, 無脊椎動物, 脊椎動物
Ruiz-Primo et al. (2001)	高校生, 理科教師 (化学)	化学	元素, 原子, 化合物
Rye et al. (1997)	第6~8学年	環境	地球温暖化
Rye & Rubba (1998)	第8学年, 理科教師 (物理学)	環境	温暖化, クロロフルオロカーボン (CFCs)
Sizmur & Osborn (1997)	第5, 6学年	生物/地学	動物の生態, 音と聴覚/宇宙と地球
Slotte & Lonka (1999)	医学部入試受験者	その他	危険理論, 健康
Stoddart et al. (2000)	小学生, 高校生	生物	海洋生物
Tsai (2000)	大学生 (教育実習生), 理科教師	教師教育	生徒のオルタナティブな概念と概念変化
Wilson (1996)	第12学年	化学	化学平衡
Wilson (1998)	第12学年, 大学生, 大学院生	化学	酸塩基平衡

表 1-2 国内におけるコンセプトマップ研究

論文	利用対象	内容領域	主題
福岡・広瀬 (1989)	小学校第6学年	化学	水溶液
福岡・広瀬 (1990)	小学校第4学年	化学	水の三態
福岡・岩井 (1991)	小学校第4,5,6学年	化学	水の三態変化
福岡・笠井 (1991)	小学校第6学年	化学	水溶液の性質
福岡・笠井 (1992a)	小学校第5学年	化学	水溶液と濃さ
福岡・笠井 (1992b)	小学校第5,6学年	化学	水溶液
福岡・植田 (1992)	小学校第6学年	化学	水溶液の性質
福岡ら (1996)	小学校第6学年	道徳	意志決定
福岡ら (1997)	小学校第5学年	物理	なぜ卵が瓶の中に入るのか？(熱膨張)
正田・松本 (1999)	小学校第6学年	化学	水溶液
堀ら (1999)	中学校第3学年	化学	イオン
井倉ら (1998)	小学校第6学年	地学	土地のつくり
稲垣・山口 (1997)	小学校第5学年	物理	振り子の振れ方/おもりの重さとものを動かす働き
金田・下條 (1989)	中学校第1学年	物理	力
加藤 (1991)	高校生, 大学生	地学	岩石
加藤・遠西 (1994)	大学3年生	地学	岩石
加藤ら (1987)	作成者なし	地学	岩石
古賀ら (1998)	小学校第3学年	物理	電気
小岩 (1995)	中学校第1学年	生物	植物のしくみ
小岩 (1996)	中学校第1学年	生物	植物の分類
小岩 (1997)	中学生, 大学生	生物	植物の分類
皆川 (1997)	中学校第2学年	生物	花のつくりと種子のできかた
皆川 (1999)	高等学校第2学年	化学	元素の周期表
溝辺ら (1996)	小学校第5学年	総合的な学習	人の誕生
溝辺ら (1997)	小学校第6学年	物理	電流のはたらき
森田・榊原 (1996)	高等学校第1学年	地学	地層の形成過程
森田ら (1999a)	高等学校第1学年	地学	大地の変遷
森田ら (1999b)	大学生, 大学院生	化学/地学/生物/その他	化学実験/岩石分類/捕食関係/歴史の変遷, 家族構成, 会社組織
森田ら (2000)	高等学校第1学年	地学	地層の形成過程
大辻・赤堀 (1994)	高等学校第1学年	地学	プレートテクトニクスに至る科学理論の変遷
田中・宮脇 (1992)	中学校第1,2,3学年	地学	地層
遠西ら (1988)	作成者なし	地学	岩石
山口ら (1997)	小学校第6学年	化学	水の状態変化
余田・東原 (1990)	小学校第6学年	物理	てこのはたらき

表 1-3 コンセプトマップの利用対象

作成者	海外 (のべ 44 件)	国内 (のべ 36 件)
生徒		
幼児教育	1	0
初等教育	6	17
中等教育	9	13
高等教育	17	4
教師	9	0
作成者なし	0	2

単位は件。初等教育は第1～6学年及び小学校，中等教育は第7～12学年及び中学校と高等学校，高等教育は大学・大学院を表す。

表1-4 コンセプトマップの内容領域

内容領域	海外 (のべ44件)	国内 (のべ36件)
物 理	10	6
化 学	7	12
生 物	11	5
地 学	4	11
環 境	5	0
教師教育	2	0
その他	4	3

単位は件.

なお、研究によっては複数の対象にコンセプトマップを作成させている場合があるので、1つの研究を複数の対象のそれぞれの件数に加えている。

生徒を対象とした研究については、幼児教育が海外で1件、初等教育（第6学年まで、小学校）が海外で6件、国内で17件である。中等教育（第7～12学年、中学校・高等学校）は海外9件、国内13件、高等教育（大学、大学院）は海外17件、国内4件である。一方、教師を対象としたコンセプトマップを作成させた研究は、国内には見受けられないが、海外で9件行われている。

これらの結果より、海外、国内ともに、初等教育、中等教育、高等教育においてコンセプトマップは幅広く利用されていることがわかった。特に、海外では中等教育、高等教育において、国内では初等教育、中等教育において活発に利用されている傾向にあることがわかった。

表1-4には、コンセプトマップで表現されている内容領域に関する傾向を整理している。ここでも複数の内容領域でコンセプトマップを作成させた研究については、それぞれの内容領域の件数に加えている。

物理領域については、海外10件と国内6件、化学領域については、海外7件と国内12件であった。生物領域については、海外11件と国内5件、地学領域については、海外4件と国内11件であった。その他の内容領域としては、環境教育と教師教育が、海外で2～5件行われていた。これらの結果より、物理・化学・生物・地学については、各領域によって多少の違いはあるものの、いずれの領域でも幅広く利用されていることがわかった。また、海外では環境教育や教師教育において利用されていることもわかった。

表1-5には、コンセプトマップの主題について内容領域ごとに整理し、各主題の件数を示している。物理領域については、「振動と波」「電気と磁気」など4つの主題が海外か国内のいずれかで2～6件取り上げられている。化学領域については、「物質の構造」「化学変化」「水溶液とイオン」という3つの主題が取り上げられており、海外では各1～3件であるが、国内では「水溶液とイオン」が10件と比較的多いことがわかった。

生物領域については、「動物のつくりと働き」など4つの主題が取り上げられていた。その中でも、比較的多いのは「動物のつくりと働き」と「植物のつくりと働き」である。前者は海外で9件、後者は海外、国内ともに4件ずつであった。地学領域については、「星とそのひろがり」「大地とその構造」の2つであり、国内ではとくに「大地とその構造」が11件の研究で取り上げられていた。このほか、環境教育については、「生物と自然環境」、教

表 1-5 コンセプトマップの主題

内容領域	主題	海外 (のべ 48 件)	国内 (のべ 32 件)
物 理	振動と波	5	0
	電気と磁気	4	2
	温度と熱	4	1
	力と運動	0	3
化 学	物質の構造	3	1
	化学変化	2	1
	水溶液とイオン	2	10
生 物	動物のつくりと働き	9	1
	植物のつくりと働き	4	4
	遺伝と進化	4	0
	生態系	1	1
地 学	星とそのひろがり	3	0
	大地とその構造	1	11
環 境	生物と自然環境	5	0
教師教育	理科の教授・学習	2	0

単位は件。

師教育については、「理科の教授・学習」であった。これらの結果より、主題についても、多岐にわたって取り扱われていることがわかった。

第2節 第1世代の研究：コンセプトマップの開発

コンセプトマップは、Joseph D. Novak と彼の研究グループによって、1960年代後半から80年代にかけて開発が進められてきた。コンセプトマップとは、ごく簡単に言えば、自然の事象や現象に関する概念について、学習者がどのような下位概念を持ち、それらがどのように構造化されているのかを、言葉と言葉の関係づけのあり方に着目して図式的に表現させる道具である。

1984年に出版された "Learning How to Learn" (Novak & Gowin, 1984) では、コンセプトマップの開発目的や作成方法や評価論がまとまった形で提案されている。そこでは、知識と知識の構造的な関係づけを重視する Ausbel の学習理論に基づき、学習者の既有知識や理解の状態を明らかにすることを目的として、コンセプトマップの開発が行われたと述べられている。

コンセプトマップでは、学習者の認知構造を命題のネットワークの形で階層的に表現させる。ここでいう命題とは、Novak らに従えば、「単語によって結合された、二またはそれ以上の概念ラベルであって、一つの意味論的な単位を構成」(Novak & Gowin, 1984) するものと定義されている。例えば、「動物は生物のなかまである」という命題は、次の3つの要素で表現される。「動物」「生物」という言葉（概念ラベル）、ラベル同士を結ぶ線（リンク）、ラベル同士の関係を説明するための「である」という言葉（リンクワード）、である。したがって、命題のネットワークは、具体的には、複数の概念ラベル、リンク、リンクワードがネットワークの形に組み合わされたとして表現される。

コンセプトマップの基本的な作成手順は、次の通りである（上辻，1988，2000）。(1) 授業の主題に関連した言葉（概念ラベル）を選択する，(2) 概念ラベルを自分の考えにしたがって配置する，(3) 概念ラベル同士に何らかの関係があれば、それを線や矢印（リンク）でつなぐ，(4) 概念ラベル同士の関係について説明するための言葉（リンクワード）を線や矢印のところに加える。

図1-1には、生物に関するコンセプトマップの例を示している。「いきもの」という最も包括的な概念ラベルが上位に配置されており、その下に「どうぶつ」「しょくぶつ」という

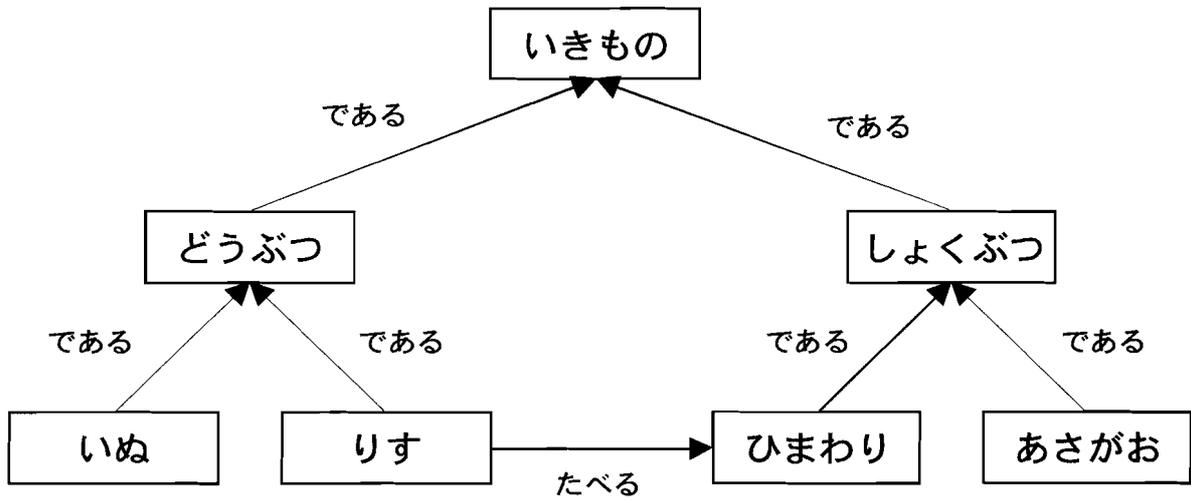


図 1-1 生物に関するコンセプトマップの例

概念ラベルが配置されている。さらにその下には、「いぬ」「りす」という動物の事例や「ひまわり」「あさがお」という植物の事例の概念ラベルが配置されている。

コンセプトマップに表現された知識構造は、概念ラベルの内容や個数、リンクの仕方、リンクワードの内容、階層性、異なる系統を結ぶクロスリンクの有無などの観点から評価できるとされている（福岡ら，1998）。例えば，すべての概念ラベルがリンクで結ばれていれば知識の全体的な体制化が十分であること，一つ概念ラベルから複数のリンクが出ていれば知識が精緻化されていること，ラベル配置の広がりによって概念の包括性が理解されていること，などを見て取ることができると考えられている（岸，2000）。Novak & Gowin (1984) では，こうした観点に従ってコンセプトマップを得点化する方法が提案されている。

第3節 第2世代の研究：学習者個人の知識獲得支援

第1項 コンセプトマップの利用の推進

Novakらの開発以降，コンセプトマップは，学習者個人の知識獲得支援を目的として，学習内容に対する理解を探る調査研究や，実際の授業を対象とした実践研究において利用されるようになってきた。前述したように，“Journal of Research in Science Teaching”では，1990年に「コンセプトマップの展望」という表題の特集が組まれている。この特集号に収録された論文は，調査研究や実践研究を併せて計12編である（Novak & Wandersee, 1990）。また，それらの中には，コンセプトマップに関連する100編の文献を列挙したAl-Kunifed & Wandersee (1990) の論文も掲載されている。この特集号は，Novakらの開発から1990年までの間に，コンセプトマップの利用が積極的に推進されてきたことの象徴と位置づけることができる。

国内においては，福岡らの一連の研究を中心として，日本の理科教育への導入の可能性が検討され始めてきた。福岡・広瀬（1989）は，水溶液を主題としたコンセプトマップを小学校の6年生に作成させている。その結果，小学校の6年生には導入可能であり，作成されたコンセプトマップからは，子どもたちの概念構造をある程度把握できることが明らかにされている。同様に，福岡・広瀬（1990）では，小学校の4年生に水の三態に関するコンセプトマップを授業の前後で作成させた研究に基づいて，4年生でも導入可能であるとして

いる。

このように日本の理科教育へコンセプトマップを導入できることが明らかになってくると、一方で学習者の知識獲得を促進するためにコンセプトマップを利用する実践的な研究が、他方でコンセプトマップを利用して学習者個人の所有する知識を評価しようとする調査研究が、それぞれ展開されてきた。前者の「学習者の知識獲得の促進」というのは、学習しようとする知識をより構造化された形で獲得するために、授業の中で、学習者自身にコンセプトマップを利用させる研究である。これに対して、後者の「学習者個人が所有する知識の評価」というのは、学習者自身が利用するというよりも、教師や研究者などが、学習者の所有する知識をできるだけ簡単かつ精確に探ろうとして、授業の文脈をやや離れてコンセプトマップを利用する研究である。

知識獲得の促進に関しては、例えば、福岡・笠井（1991）は、コンセプトマップを授業の中で利用することが、学習者一人ひとりの知識の構造化を促進するかどうかを検討している。この研究では、授業の中でコンセプトマップを利用するクラスと利用しないクラスを設定し、各クラスの学習者に授業の前後でコンセプトマップを作成させている。この授業前後のコンセプトマップを分析し、各クラスで比較した結果、コンセプトマップを授業で利用した学習者は、授業で学習した知識を統合的に調和し、よりよく再生できたことが見出されている。

また、福岡・植田（1992）は、授業でコンセプトマップを利用するクラスと利用しないクラスを設定しつつ、授業前後でペーパーテスト形式の評価問題を実施することで、コンセプトマップが知識獲得の促進に有効であることを確認している。福岡・笠井や福岡・植田の研究は、コンセプトマップの利用が、学習する知識を構造化した形で獲得するために有効であることを示したものとして評価することができる。

こうした知識獲得の促進に関する研究については、福岡らの一連の研究のほかに、小学校理科の実験副教材としての有効性を検討した余田・東原（1990）や、学習の認知面および情意面の自己評価法としての有効性を吟味した堀ら（1999）を指摘することができる。

知識獲得の促進の一方で、コンセプトマップを利用して学習者個人の所有する知識を評価しようとする調査も展開されてきた。例えば、福岡・岩井（1991）は、小学校の4～6年生を対象に、水の三態変化の概念発達を調査している。その結果、水の三態変化の授業を受講しても、「水の三態」概念は定着するが、「三態変化」概念まで発展することが難しいこと、「湯気」と「水蒸気」を同一視する傾向にあることなどを明らかにしている。また、

田中・宮脇（1992）は、中学校の1～3年生に地層に関するコンセプトマップを作成させて、小学校で学習された流水の働きと地層との関連がどのように体系づけられて獲得されているかを検討した。コンセプトマップにおけるラベルの結合数からラベル間の距離を算出して、中学生の地層に関する概念モデルを作成し、中学生に固有な流水作用と地層の関連づけ方を見出している。

これらのほか、大辻・赤堀（1994）は、階層性を求めない自由度の高いコンセプトマップを作成させて、リンキングワード一つひとつの意味を分析する方法で、高等学校の学習者のプレートテクトニクスに関する概念構造を評価している。森田・榊原（1995）および森田・中山・清水（1999）は、リンクの有無の観点から授業前後のコンセプトマップの構造を数量的に比較することで、授業前後の学習者の概念変容を評価しようと試みている。

第2項 コンセプトマップの有効性の評価

コンセプトマップを利用した研究の成果が蓄積されてくるに従って、それら研究の方法論や成果に関するレビューが海外を中心として行われてきた。レビューでは、コンセプトマップが学習者の知識獲得支援にとって有効であるかどうかを総括的に評価することが試みられている。こうした試みは、「知識獲得を促進する道具としての有効性を検討する試み」と、「学習者の所有する知識を評価するための道具としての有効性を検討する試み」の2つに整理することができる。

1. 知識獲得を促進する道具としてのコンセプトマップ

Hortonら（1993）は、学習者一人ひとりの知識獲得を促進する道具としてコンセプトマップを授業に導入した研究の成果を検討している。Hortonらは、(1) 学習者の到達度を向上させることに有効か、(2) 学習者の態度を改善することに有効か、(3) 教師がコンセプトマップを作成する場合と学習者自身が作成する場合とでは、到達度や態度の向上に対する有効性に違いがあるのか、(4) 生徒の性別による有効性の違いがあるのか、という4つの問題を設定し、1985年から1992年に公表された計18編の研究をレビューした。具体的には、各研究の対象学年、国・地域、統制群の教授法、内容領域などを考慮に入れながら、「効果量（Effect Size）」という統計学的な指標を用いることで研究成果を比較している。

この結果から、Hortonらは、知識獲得を促進する道具としてのコンセプトマップの有効

性について、以下の3点を指摘している。(1) コンセプトマップは、到達度の向上や態度の改善に対して有効である、(2) しかしながら、内容領域、国・地域、統制群の教授法の違いによっては、有効性の度合いは異なる可能性がある、(3) 教師がコンセプトマップを作成する場合と、生徒が作成する場合では、有効性にはほとんど違いがない。

以上のHortonの総説は、内容領域などで多少の違いはあるものの、コンセプトマップが知識獲得を促進する道具として有効であることを総括的に示した研究として位置づけることができる。

2. 学習者の所有する知識を評価するための道具としてのコンセプトマップ

Ruiz-Primo & Shavelson (1996) は、学習者の所有する知識を評価するためにコンセプトマップを利用した研究について、批判的なレビューを行った。1978年から1994年に公表された計21編の研究について、(1) コンセプトマップを作成させるために学習者に提示する「課題」、(2) 課題に対する「回答の方法」、(3) 精確にかつ首尾一貫してコンセプトマップを評価するための「得点化の方法」、という3つの観点から各研究の評価方法を比較している。

評価方法を比較した結果については、次のように述べられている。

- (1) 「課題」については、非常に多岐にわたっている。例えば、鉛筆を用いて白紙に直接書き込ませる、小さい紙片に書き込んだラベルを配列させる、空欄のあるコンセプトマップの穴埋めをさせる、といった課題が採用されている。また、文章を書かせたり、面接を行ったりして、その回答を調査者がコンセプトマップとして表現するものがある。その他、ラベルやリンクを調査者が与えた上で階層的なコンセプトマップを作成させる、作成終了後にコンセプトマップの正しさを説明させる、コンセプトマップの中で利用されている用語を定義させる、などの課題も用いられている。
- (2) 「回答の方法」については、紙と鉛筆を利用してコンセプトマップを作成する、コンピュータを利用して作成する、コンセプトマップについて口頭で説明する、などの種類がある。
- (3) 「得点化の方法」については、命題、階層の段階、事物・事象の3つの要素を得点化する、内容領域の専門家や教師や成績上位の学習者といった「熟達者」のコンセプトマップと比較する、要素の得点化と熟達者比較の両方を組み合わせる、などが採用されている。

Ruiz-Primo & Shavelsonは、以上の評価方法の比較と併せて、各研究における評価の信頼性と妥当性に関する説明・記述を整理した。評価の信頼性と妥当性については、多くの研究が信頼性と妥当性に関してあまり言及していない現状を指摘しつつ、以下の2点を明らかにしている。

- (1) 信頼性については、評価者間一致度、信頼性係数などを算出している。
- (2) 妥当性については、熟達者のコンセプトマップとの比較を示す、熟達者に学習者のコンセプトマップを評価する、多肢選択式のテストなどの評価結果との一致率を示す、といった手法で妥当性を保障している。しかしながら、その一方で、基準となるコンセプトマップの熟達者として誰を選ぶかによって評価が変わる、コンセプトマップによる評価は面接による評価よりも学習者の認知構造を過大評価してしまう、と批判的に指摘する研究もある。

以上の現状を踏まえながら、Ruiz-Primo & Shavelsonは、コンセプトマップの作成方法については、どのような場合に、いかなる種類の課題やコンセプトマップを作成すればよいかの指針を示すような、コンセプトマップ評価理論を構築する必要性を提言している。併せて、信頼性については、評価者や時間経過に依存しないような基準や、非常に多数のコンセプトマップを安定して評価できる手法などを開発する必要性を述べている。妥当性については、従来の多肢選択式のテストに代表される他の評価方法との類似点や差異点、およびコンセプトマップ評価の利点を明らかにする研究の必要性を論じている。

Ruiz-Primo & Shavelsonに方向づけられた評価の道具に関する研究は、いくつかの方向で実際に展開されてきた(Edmondson, 2000)。例えば、Liu & Hichey (1996)は、Novak & Gowin (1984)が提案した得点化方法の再検証を行っている。Riceら(1998)は得点化方法の洗練を、McClureら(1999)は熟達者のコンセプトマップとの比較による評価方法の洗練を、それぞれ試みている。また、Stoddartら(2000)は、評価基準を利用した評価の試みと、評価者間一致度や信頼性係数を利用し妥当性と信頼性の検証を行っている。Ruiz-Primo & Shavelson自身も、空欄穴埋め式の作成方法と、学習者が自由に作成していく方法の2つの場合の得点を比較することによって、どちらの方が学習者の認知構造を妥当で信頼のある形で評価できる方法なのかを検討している(Ruiz-Primo et al., 2001)。

第3項 コンセプトマップ作成ソフトウェアの開発と利用

コンセプトマップに関する第2世代の研究は、コンセプトマップをコンピュータ上で作成するためのソフトウェアの開発・利用という方向にも発展した。学習者の知識獲得支援を目的とした、さまざまなソフトウェアが開発・利用されてきた。

Fisher (1990) は, "SemNet (TM)" と呼ばれるソフトウェアを開発している。これは, Apple社のMacintoshの技術を基礎として開発されたものであり, その特徴として, ラベルやリンクを簡単に作成・編集できること, 1つのラベルを任意に中心として, そこからリンクがはられているラベルの周辺に位置するように配置することが実現されている。また, コンセプトマップの中に文字だけではなく写真や音声も埋め込むこと, 非常に大きなコンセプトマップを作成し多数の知識を統合すること, などが実現されている。そのほか, 命題のリスト, 作成順番といったコンセプトマップの情報について表示することができるようになっている。

Fisher (2000) によれば, 最新版のソフトウェアでは, 16種類の表現形式でコンセプトマップの内容を表示することが可能であるという。こうした特徴は, 従来の紙と鉛筆で作成するコンセプトマップでは実現できなかったことであり, 理科の教授・学習をさらに支援したり, 学習者の理解をより迅速に精確に評価することを可能にすると述べられている。併せて, この論文では, 評価のための利用についての具体的事例が取り上げられている。

Beyerbach & Smith (1990) は, Kozmaら (1987) が開発した "Learning Tool" と呼ばれるソフトウェアを利用した教師教育の実践的研究を行っている。このLearning Toolは, 特徴的な機能は有していないが, コンピュータ上で簡単にコンセプトマップを作成することが可能である。Beyerbach & Smithは, 幼児教育を学習する大学生に対して, 授業の受講期間にわたって自分の学習を振り返る文章を書かせるとともに, このソフトウェアを利用して「効果的な教授」に関するコンセプトマップを作成・修正させている。このような試みを通して, 学習者は効果的な教授に関する自分たちの知識をよりよく振り返るとともに, 教室運営などに関わる知識との関連を詳細にかつ多様に構築できたと報告している。

1990年以降は, 新たな機能を実装したソフトウェアの開発が進められている。例えば, 加藤・遠西 (1994) および加藤ら (1987) は, 開発にあたり, 小さな紙のカードを台紙の上に配置するという従来の一般的な作成方法では, 学習者の認知構造を精密にかつ迅速に探ることが困難であることを指摘する。こうした問題点を克服するために, 学習者の決定したラベル同士の関係を一定の基準で数値化し, それをコンピュータに入力することでラベルの空間的配置を自動的に決定できるソフトウェアを開発している。

古賀ら（1998）と井倉ら（1998）は、概念生態学の知見を参照しながら、知識へのコミットメントの要素を表現することができるソフトウェアを考案している。これは、ラベルやリンクやリンクワードの移動や作成が容易にできるのに加えて、ラベルの重要さの度合い、ラベル同士の関係に対する自信の度合い、自分の考え方と他者から取り入れた考え方の区別などを表現することが可能となっている。このソフトウェアは、学習者がコンセプトマップとして表現できる知識の種類や様式の幅を拡張している。

また、コンセプトマップの作成過程を保存しそれを再生・修正できるようなソフトウェアの開発も試みられている。小岩（1995, 1996, 1997）による一連の研究である。小岩のソフトウェアは、HyperCardを用いて開発されており、ラベルやリンクやリンクワードに対して学習者が行った操作を記録し、操作過程を再生するという機能が備えられている。教師が学習者のコンセプトマップを再生して「誤りのポイント」を捉えることで、彼らの思考過程に沿った効果的な指導を可能とすることが目指されている。すなわち、このソフトウェアでは、教師が学習者一人ひとりの認知構造について診断し、その問題点を治療することを支援するものとして位置づけられている。

第4節 新しい研究動向としての第3世代の研究：協調学習の支援

第1項 実際の授業における協調学習へコンセプトマップを導入した研究

1990年代に入ってから、コンセプトマップに関する研究には、それまでとは異なる新たな研究動向が見られるようになった。前述してきた従来の研究がコンセプトマップを学習者個人の知識獲得支援の道具として位置づけているのに対して、新しい研究動向においては、協調学習を支援するための道具としてコンセプトマップを位置づけて、その方向で授業における利用の可能性を検討している。

以下では、協調学習の利用に早くから着手し、一連のまとまった研究を行っている Roth & Roychoudhury の研究を取り上げる。次に、Roth & Roychoudhury 以降に、授業の中での協調学習に着手している研究を検討する。

1. Roth & Roychoudhury の研究

Roth & Roychoudhury は、高等学校の物理領域の授業を対象として、複数の学習者で1枚

のコンセプトマップを作成させるという試みを行っている。

まず、第1報にあたる Roth & Roychoudhury (1992) を検討する。研究の問題設定は、Okebukola & Jegede (1988) によって「コンセプトマップの共同作成が個人による作成よりも有意義学習を促進する」という知見が得られているが、ではなぜコンセプトマップの共同作成が学習を支援するのか、またどのように支援するのかは検討されていない、というものである。この問題を解明するために、Roth & Roychoudhury は、心理学・社会学・人類学などの隣接学問領域にみられる学際的動向を概観しながら、テクノサイエンス研究（青山, 2000; 日本認知科学会「教育環境のデザイン」研究分科会, 2000; 上野, 1999a, 1999b) の議論や Vygotsky 理論の再評価に関する議論を援用することで、社会的構成主義の学習観を採用することの意義を論じている。そして、学習者による知識の共同構築や意味共有に対してコンセプトマップがどのように寄与できるかについて考察を試みている。

この研究では、参加観察法によって収集した学習者の相互行為データの解釈学的分析を通して、学習者が台紙にラベルを配置するという作成方法のコンセプトマップが協調学習に対して果たす役割を考察している。その役割は、「社会的思考の道具 (tools for social thinking)」「召集の装置 (conscription devices)」「表記の方法 (inscription methods)」という3つに概念化されている。

社会的思考の道具とは、学習者がラベルやリンクに付与している意味を継続的に議論し説明し洗練させていくための文脈を提供してくれる道具のことである。このような道具を利用することで、学習者の考え方は他者からの検討や吟味の対象であり続けることが可能となり、その結果、知識を評価したり、新たに統合したり洗練させる活動に従事することができるというのである。

召集の装置とは、共通の課題に対して学習者一人ひとりを半ば強制的に一緒に取り組ませるような装置という意味である。この装置もまた、学習者の議論や説明活動を継続させるための機能を有するものとして位置づけられている。一方、表記の方法というのは、協調学習の成果を永久的に表記しておくための方法という意味である。コンセプトマップには学習者が達したラベルやラベル間の構造に対する共通の理解が刻み込まれているので、このコンセプトマップを利用することで知識の社会的構成の結果が評価できるとされている。

第2報の Roth & Roychoudhury (1993) の研究では、学習者が共同で作成したコンセプトマップと個人で作成したコンセプトマップ、および作成過程における相互行為を分析することで、共同コンセプトマップ作成過程の微視的な検討を行っている。その中で、グルー

プでの話し合いの質，グループで作成したコンセプトマップの質，個人で作成したコンセプトマップの質，個人のコミュニケーション技能や既有知識や動機づけが相互に影響を与え合うことを明らかにしている。また，ラベルやリンクに対する合意を形成する際には，言語，指差しなどの身体的行為，図表を用いた身体的行為といった3つの異なる媒介を相互に利用すると同時に，共同構成 (collaborative construction)，対立交換 (adversarial exchanges)，一時的同盟形成 (formation of temporary alliances) といった会話装置やストラテジーを利用することを見出している。

こうした結果に基づいて，Roth & Roychoudhury は，コンセプトマップの共同作成の利点と問題点を総括している。利点としては，コンセプトマップの共同作成は，ラベルとなった語句の本質的な意味を特定しあうような科学的な言語の使用，すなわち科学的な談話を継続して行う機会を提供することが挙げられている。一方，問題点としては，科学的に妥当でない概念を強固に保持させてしまい，それを再検討しないような傾向を学習者に作り出してしまうことが指摘されている。

この研究では，こうした問題点を克服するための教師の手立てについても提案されている。その手立てとは，具体的には次の3点である。

- (1) 階層構造や異なる系統を結ぶようなリンク (クロスリンク) の生成や発見を促進する。
- (2) 科学の分野ではさまざまな知識を統合して一般的な概念や原理を作り出す営みが重要であるということを学習者が理解するように支援する。
- (3) コンセプトマップを作成した後に概念間の階層関係について内省する活動を導入する。

第3報にあたる Roth & Roychoudhury (1994) の研究では，教師と学習者との相互行為に焦点を当てることで，学習者同士がコンセプトマップを共同作成する際の教師の役割について分析している。その結果，教師の具体的な介入について，次の3つの仕方を明らかにしている。1つ目は，適切な質問を学習者に投げ掛けることである。学習者に自分のコンセプトマップの正当化，説明，精緻化を行うようにさせることで，学習者が自分自身の知識を内省するようにさせるのである。2つ目は，学習者の同僚であるが，その中の最古参者として振る舞うことである。教師による関わりが，他の学習者の関わりと同じように扱われるようにするためである。3つ目は，学習者と一緒に新しい知識の共同構築に従事することである。

Roth & Roychoudhury は、こうした結果から、「指導者 (coach)」「支援者 (facilitator)」「案内人 (guide)」という3つのメタファで教師の役割を概念化している。指導者というのは、学習者の活動を熟達者のそれに近づけるために、学習者が課題に取り組んでいるのを見守りながら、足場掛け、フィードバック、助言、新たな課題を学習者に提供する、という役割である。同時に、学習の目標を設定する役割でもある。支援者というのは、指導者と類似しているが、特定の内容や技能の獲得に方向づけられないような形で学習者を支援するような役割である。また、案内人というのは、学習者と同じ筋道にそって一緒に学習を行うが、それを何度も経験している熟達した学習者としての役割である。

論文の後半では、協調学習におけるコンセプトマップの利用が、教師にとって次の2点の効果をもたらすと結論されている。1点目は、コンセプトマップの利用は、教師に対して、学習者と科学的な談話を一緒に行うための活動の構造を与えてくれることである。2点目は、学習者の個人やグループでの考え方を即時的に評価しながら、科学的に妥当な意味の構成に向けて彼らを支援することが可能になる、ということである。

第4報のRoth (1994) は、学習者によるコンセプトマップの評価に焦点が当てられている。学習者が協調学習におけるコンセプトマップの利用をどのように評価したのかを検討している。質問紙調査の回答や自由記述の感想を分析した結果、以下の4点が明らかされている。

- (1) 学習者は、コンセプトマップが学習の道具として有効であることを認めていた。
- (2) 学習者は、コンセプトマップが知識の共同構築や意味の交渉に従事する機会を提供し、科学的な談話の共同体を教室に形成するための道具である、と高く評価していた。
- (3) 作成したコンセプトマップを振り返る活動については、学習者の約半数は、自分が学習したことを確かめることができるので有益な活動であると評価していた。一方、残りの半数は、コンセプトマップが学習の道具として有効なことは認めていたが、否定的な評価も行っていった。例えば、振り返りの活動があまりに頻繁に行われるので、自分たちの考え方に変更がある前に振り返りを行わなければならない、結果として振り返りの活動があまり役立たない単調な活動になってしまうと評価していた。
- (4) コンセプトマップの利用全般を否定的に評価した学習者は、そもそも物理が嫌い、コンセプトマップの利用が自分の普段の学習様式に適さない、といった理由からそのような評価を行っていた。しかしながら、彼らは、コンセプトマップを利用することの意義を認めていた。

これらの4つの結果を総括しながら、Roth & Roychoudhury は、コンセプトマップの協調学習利用に関するこれまでの研究で見出してきた有効性が、学習者の視点からも支持されたという結論を導き出している。

2. Roth & Roychoudhury 以降

Roth & Roychoudhuryの一連の研究に続いて、コンセプトマップを協調学習支援の道具として、実際の授業場面で利用する研究が展開されている。

Sizmur & Osborne (1997) は、後期 Wittgenstein の言語ゲーム論に依拠しながら、科学の学習においては、科学的な概念の意味を共同構築していく活動、すなわち科学的な談話活動が重要であるという立場から、コンセプトマップの共同作成がそうした談話をいかに促進するかについて検討している。

この研究では、「動物の生態」(生物学)、「宇宙における地球」(天文学)、「音と聴力」(物理学・生物学)を学ぶイギリスの第5・6学年の授業を研究対象とされ、コンセプトマップの共同作成を行う計28グループ(84名)の会話に関する社会言語学的なカテゴリー分析と、学習の事前・事後に作成されたコンセプトマップに関する質的分析が試みられている。

その結果、Sizmur & Osborne は、共同でよく議論されたラベルやリンクは、科学的に妥当な意味を持った形でコンセプトマップの中に反映されているが、その一方で、あまり議論されていないラベルやリンクは、コンセプトマップには反映されていない傾向にあることを指摘している。また、グループの子どもたちがラベルやリンクの意味を一人で勝手に検討するような場面は、あまり見出されないことも指摘している。さらに、以上のような傾向は、学習前よりも学習後のコンセプトマップ作成において顕著に見出されることを明らかにしている。

こうした知見に基づいて、Sizmur & Osborne は、コンセプトマップの利用によって、学習者が自分の考え方の証拠を示す、他の学習者との理解の違いに気づく、学習者の理解をよりよくするために教師が介入する、といったことが可能になるので、科学的な談話が促進されると述べている。併せて、コンセプトマップという道具が、学習者の議論のプロセスを記録する道具であり、教師との相互行為の接点であり、科学の学習における個人的な意味付け活動を共同的な意味付け活動に移行させて世界について科学的に「語る方法」を導入するための道具である、と結論づけている。

Sizmur & Osborne の研究では、コンセプトマップを利用した望ましい科学的な談話が非

常に稀にしか展開されないことも指摘されている。例えば、「惑星における地球」の主題では、リンクの仕方が一義的に決められてしまうようなラベルが多く選ばれているために、学習者の話し合いがあまり活発に行われていなかったのである。この結果を踏まえて、ラベルの選択においては直接観察できるものから理論的なものに至るまでの多様なことばを考慮すべきであると述べられている。また、教師の支援のあり方についても更に検討が必要であると提案されている。

国内でも、いくつかの研究が展開されている。山口・稲垣・野上（1997）は、コンセプトマップを利用した協調学習の有効性について、学習者の視点から検討している。対象は、小学校6年生の「水の三態」の導入場面であり、協調学習での利用の仕方は、1人でコンセプトマップを作成した後に2人でそれらを見せ合いながら修正するというものである。子どもたちへの質問紙調査やコンセプトマップの修正の実態を分析した結果、以下の4点が明らかにされている。

- (1) 学習者は、コンセプトマップを利用した協調学習の意義を認め、学習に対してポジティブに作用する感情を抱いている。
- (2) 学習者は、コンセプトマップを利用した協調学習において新たなアイデアを想起したり、相手からアイデアを取り入れたりしている。
- (3) 学習者は、相手のコンセプトマップに疑問を抱いたり、意見を述べたくなるといったように、共同的な学習における「ずれ」を認めている。
- (4) 話題の詳しさと発言することに対する自己評価の観点から「熟達者」と「初心者」を区分した場合、熟達者－初心者ペアにおいても、相手のアイデアを取り入れたり、共同で新たな言葉を創造したりするような対話的な学びが成立している。

こうした結果に従って、山口らは、他者と表現しあいながら科学の談話を行うような協調学習の重要性を述べながら、そのための道具立てとしてコンセプトマップが有効であることを指摘している。

稲垣・山口（1997）は、同一の教師が行う普段の授業とコンセプトマップを利用した授業における教師と学習者との会話のあり方について、IREの会話シークエンスの観点からエスノグラフィーの手法で分析を試みている。IREの会話シークエンスとは、「教師の発問 (teacher initiation: I)」、「子どもの応答 (student response: R)」、「教師の評価 (teacher evaluation :E)」の成分からなる会話の連鎖である。Mehan (1979) や Cazden (1988) は、通常の授業の会話構造はIREのシークエンスで支配的に構成されていることを明らかにしている。

稲垣・山口は、授業の会話の進行過程を徹底的に記述しながら、「IRE」を手がかりにして、教師と学習者の「教える－教えられる」関係性を検討したのである。

その結果、普段の授業の会話がIREのシークエンスで支配的に構成されているのに対して、コンセプトマップの授業が必ずしもそうではないことを明らかにしている。稲垣らは、この結果を考察する中で、コンセプトマップの授業においては、教師と学習者が「教える」役割と「教えられる」役割とをそれぞれ交替させていることを指摘すると同時に、コンセプトマップはそうした関係性を変容させるリソース（石黒，1998；Suchman, 1987；上野，1996）として機能していたと論じている。

コンセプトマップを対話の道具としてより有効に機能させるために、コンセプトマップの改良を試みている研究もある。例えば、溝辺・野上・稲垣（1996）は、小学校6年生の「燃焼」の授業において、1人で作成したコンセプトマップを3人のグループやクラス全体で相互交渉しながら加筆・修正するという形での利用を通して、Whiteの知識モデル（1988）の観点から相互交渉される知識のタイプを検討している。その結果、学習者が1人でコンセプトマップを作成するときに着目する知識には命題だけではなくイメージなども含まれていること、3人ないしクラス全体での相互交渉の過程ではエピソードが頻繁にやりとりされることを明らかにしている。こうした結果より、溝辺らは、コンセプトマップで命題以外のタイプの知識も表現できるようにすれば、これまで以上に相互交渉を活性化させると述べ、コンセプトマップの表現内容に関する方法論の改良の方向性を示唆している。

この方向性に従って、溝辺・野上・山口・稲垣（1997）は、従来のコンセプトマップを改良することで、学習者が自分自身の理解を表現し、対話の契機を作りだすことのできる「知識ウェブ」を考案している。この知識ウェブは、次の3つの特徴を有している。(1) ラベルについて、命題・エピソード・イメージ・ストリングという知識のタイプ（White, 1988）を表記する、(2) ラベル間の関係についての自信度を表現する、(3) ウェブに他者からの知識を取り入れる際には、色の違うカードに記入して、他者からのラベルを明確に区別しておく。この知識ウェブでは、多様な知識のタイプ、コミットメント、対話のプロセスなどの表現を可能にしている。小学校6年生の「電流のはたらき」を対象とした利用事例の分析では、知識ウェブが多様な知識表現を支援する道具、学習への参加と対話を支援する道具としての有効性が例証されている。

また、コンセプトマップを授業の中での協調学習場面で利用し、そのコンセプトマップから学習者の概念転換と対話との関係について考察しようとしている研究も行われている。

例えば、福岡・辻・松元（1997）は、卵が瓶の中に入る実験の因果関係について考える小学校5年生の授業において、グループ活動の中にコンセプトマップの共同作成を取り入れている。福岡らは、各グループのコンセプトマップと授業前後の子ども個人の考えの記述のそれぞれを「対象」と「フレームワーク」の観点から分析し、概念マトリックスを作成することで、学習者の概念転換の類型や、概念転換に対するグループ活動の影響を検討している。この研究において、コンセプトマップは、グループ活動の学習結果を記録、記述しておくための役割を果たしていると考えられている。

疋田・松本（1999）は、日常的理解と科学的理解の統合を試みようとした水溶液の性質に関する授業へ、コンセプトマップを導入している。コンセプトマップは、水溶液を主題としており、ラベルには、酸性、中性、アルカリ性、リトマス紙、BTB溶液、食塩水、砂糖水など計12個が用意されて、自由に追加もできるようになっている。このコンセプトマップは、授業の最初に学習者が自分の理解を表現する場面、コンセプトマップを利用してグループで話し合いを行う場面、クラス全体で話し合う場面、授業の最後にコンセプトマップを修正する場面、などで利用されている。これらのコンセプトマップに表現された理解のあり方の分析と、グループ活動における会話のカテゴリー分析とを併せて行うことで、日常的理解と科学的理解が統合されたコンセプトマップを書いた学習者が多いグループの会話では「反芻」が行われており、その反芻により「疑問」を誘発することや「翻訳」の質を多様にしていくことを明らかにしている。

第2項 協調学習を支援するためのコンセプトマップ作成ソフトウェアの開発

コンセプトマップに関する新たな第3世代の研究動向は、ソフトウェアの開発においても見ることができる。協調学習支援を視野に入れることで、そうした支援を実現する機能の開発に目的を据えた研究が試みられるようになっている。

Gaines & Shaw（1995）は、自分と他者との知識を統合する機能を実装したソフトウェアを開発している。"KMap"と呼ばれるこのソフトウェアは、ワープロやムービー再生用アプリケーションやWWWブラウザといった他のソフトウェアと連動するようになっている。この機能によって、自分や他者の作成した文章や音声・映像やコンセプトマップを1つのコンセプトマップとして統合したり、そうして作成されたものをWWW上にクリックブルマップとして公開したりすることができる。また、他者のコンピュータ上のコンセプトマッ

プをLAN経由で閲覧する機能も備えている。ただし、ネットワーク経由での編集操作は、他の誰もがコンセプトマップのファイルを開いていない場合に限定されている。

協調学習支援のソフトウェア開発は、ネットワーク技術を用いることで、複数の学習者によるコンセプトマップの共同作成を実現する方向でも推進されている。

例えば、Kremer & Gaines (1994) は、前述のKMapを発展させて、複数の学習者で一つのコンセプトマップを共同作成する機能を実装している。このソフトウェアはサーバ・クライアント方式である。コンセプトマップのファイルはサーバに蓄積されており、複数の学習者が同じファイルにアクセスして、コンセプトマップを共同作成することができる。学習者がクライアントを使ってラベルを作成したり移動するといった操作を行うと、その情報が他の学習者のクライアントへ即時に反映される。また、コンセプトマップの全体を表示するウィンドウに加えて、特定の一部を表示するためのサブウィンドウが備えられている。

ネットワーク上での共同作成を実現したソフトウェアは、Kremer (1996) やFlores-Méndez (1996) によっても開発されている。Kremerは、WWWブラウザ上でコンセプトマップを共同作成することができるソフトウェアを開発している。このソフトウェアは、専用プラグインをJavaで開発することによって、彼自身が開発してきた"KSIMapper"と呼ばれるソフトウェアをNetscape社のWWWブラウザ上で動作するようにしたものである。また、Flores-Méndezは、Gains & Shaw やKremerが開発してきたKMapをJavaでプログラミングし直すことによって、UNIXやWindowsやMacintoshなどが混在した環境（マルチプラットフォーム）への対応を可能にしようと試みている。この試みは、インターネットやWWWといった遠隔地間でのコンセプトマップの共同作成を支援するために実施されている。

最近では、コンセプトマップ共同作成ソフトウェアの開発に関する研究は、さまざまな機能を実装することで、より強力に協調学習を支援しようとする方向で展開されている。

Plötznerら(1996)は、個人でコンセプトマップを作成する領域と、共同でコンセプトマップを作成する領域とを確保したソフトウェアを開発している。個人と共同の領域は、それぞれ別々のウィンドウで表示されており、個人作成のウィンドウで作成したラベルなどを共同作成のウィンドウにドラッグ&ドロップすればコピーされる。それと同時に、その結果が、他の学習者の共同作成ウィンドウに反映されるようになっている。Plötznerらのソフトウェアでは、学習者が個人の領域と共同の領域を柔軟に横断できるので、学習者個人の学習と共同での学習をそれぞれ促進するものであると考えられる。

Chungら(1999)は、定型文を送信しあうことができるコミュニケーション機能を実装したソフトウェアを開発している。定型文は、ボタンをクリックしたり簡単な言葉の入力だけで送信することができるもので、O'Neilら(1997)の共同活動プロセスの分類に従って、「適応性」「コミュニケーション」「コーディネーション」「意思決定」「対人関係」「リーダーシップ」という6つの観点から作成されている。こうしたメッセージを通して、自分たちのコンセプトマップの問題点を把握したり、問題を解決するための意見を交換したりするという学習者の活動を支援できると考えられている。

Cañasら(2001)およびReichherzerら(1998)は、共同作成機能、コミュニケーション機能に加えて、ネットワーク上のコンセプトマップに表現されている命題を共有するための機能を実装したソフトウェアを開発している。"Knowledge Soup"と名付けられたこのソフトウェアは、サーバ・クライアント方式を採用する。学習者が作成するコンセプトマップは、サーバに蓄積されており、それらに表現されたラベルやリンクについては、サーバが命題情報として蓄積するようになっている。学習者は必要に応じて自分の作成しているコンセプトマップで表現している命題について、サーバに蓄積された類似の命題の一覧を入手することができる。学習者は、その命題リストを参照することで、自分のコンセプトマップを洗練させることが可能となる。

また、サーバに蓄積された命題に対しては、別の学習者が意見や質問を簡単な文章の形で付加することができる。意見や質問が積み重ねられたものについては、それをリスト表示することができるウィンドウも準備されている。これらの機能を利用することで、学習者が自分たちのコンセプトマップに表現された命題の妥当性に対して自分たち自身が責任を負うような、学習者同士の相互評価(ピア・レビュー)の環境を実現できると考えられている。

第5節 コンセプトマップを利用した理科教育に関する先行研究のまとめ

前節までに、コンセプトマップを利用した理科教育に関する先行研究について、各研究における問題意識、学習支援の方向性、コンセプトマップの開発や利用のされ方という観点から、3つの世代に区分して検討してきた。表1-5は、各世代の特徴について整理したものである。以下、この表に即して、各世代の特徴について要約する。

表 1-5 コンセプトマップを利用した理科教育に関する先行研究のまとめ

観点	第1世代：コンセプトマップの開発	第2世代：学習者個人の知識獲得支援	第3世代：協調学習の支援
学習支援の方向性	学習者が所有する知識の評価	学習者が所有する知識の評価 学習者一人ひとりの知識獲得促進	複数の学習者による協調学習
コンセプトマップの開発や利用のされ方	学習者が所有する知識を簡単に、かつ 精確に評価するための道具	学習者が所有する知識を簡単に、かつ 精確に評価するための道具 学習者一人ひとりが新しい知識を獲得 するための道具	学習者同士の対話を促進するための道 具 複数の学習者が知識を共同構築するた めの道具
問題意識	コンセプトマップの開発 評価方法を考案	知識を評価する道具としての有効性を 検討 知識獲得を促進する道具としての有効 性を検討 知識の評価や知識獲得促進のためのソ フトウェアの開発と利用	対話を促進する道具としての有効性を 検討 知識を共同構築するための道具として の有効性を検討 対話の促進や知識の共同構築のため のソフトウェアの開発と利用

第1章 序論

第1世代は、コンセプトマップを開発した研究であった。学習支援の方向性については、学習者が所有する知識を評価することが目的とされていた。この評価を簡単に、かつ正確に行うための道具として開発されたのが、コンセプトマップであった。第1世代の問題意識は、コンセプトマップを開発することであった。併せて、ラベルの個数、リンクのされ方、リンキングワードの内容などから、学習者の知識の評価方法を考案することであった。

第2世代は、学習者個人の知識獲得支援を目指した研究であった。Novakらの開発以降、国内外においてコンセプトマップの利用が推進されていた。この中で行われてきたのが第2世代の研究であった。学習支援の方向性は、学習者が所有する知識を評価すること、学習者にコンセプトマップを作成させることで個人の知識獲得を促進することであった。したがって、コンセプトマップの利用のされ方は、学習者が所有する知識を簡単に、かつ正確に評価するための道具として、あるいは、学習者一人ひとりが新しい知識を獲得するための道具として利用されるというものであった。

第2世代の問題意識は、知識獲得支援の道具としてのコンセプトマップの有効性を検討することであった。知識獲得の促進のための道具としては、おおよその有効性が認められていた。学習者の既存知識を評価する道具としての有効性についても、どの研究でも共通して認められていた。さらに、第2世代では、コンセプトマップ作成ソフトウェアの開発が行われていた。コンセプトマップをコンピュータ上で作成するための基本的な機能に加えて、各種の機能を新たに実装することで、知識評価の精度を高めたり、知識獲得をより効果的に促進したりしようと試みていた。

新しい研究動向の第3世代は、協調学習の支援が目的とされた研究であった。この世代における学習支援の方向性は、第1世代・第2世代と異なり、複数の学習者による協調学習の支援であった。そこでは、学習者同士の対話を促進したり、複数の学習者が知識を共同構築したりするための道具として、コンセプトマップが利用されていた。第3世代の問題関心は、コンセプトマップを共同作成することが、複数の学習者による対話や知識の共同構築を促進する上で有効であるかどうかを検討することであった。さらには、対話を促進したり、知識を共同構築したりするためのソフトウェアが開発・利用されていた。

第6節 問題の所在と研究の目的

前節までの議論を踏まえた上で、第1章の最後に当たる本節では、本研究で取り組む問題

の所在と、本研究の目的について論じる。

本研究では、第3世代の研究をさらに展開することに取り組む。より具体的に言えば、第3世代の研究成果を引き継ぎながらも、従来のコンセプトマップでは成し得なかった「思考過程の外化」という側面までを含む形で協調学習を支援できる新しいソフトウェアを開発・評価することが、本研究の目的である。このような本研究の位置づけは、図1-2に示すイメージで表現することができる。

以下では、このような目的を設定した本研究の意義や独創性について、次の4つの観点から論じる。(1) 第3世代の研究を展開することの意義、(2) 第3世代の克服すべき問題点としての思考過程の外化、(3) 思考過程の外化を実現する方策、(4) 本研究の目的と研究の進め方。

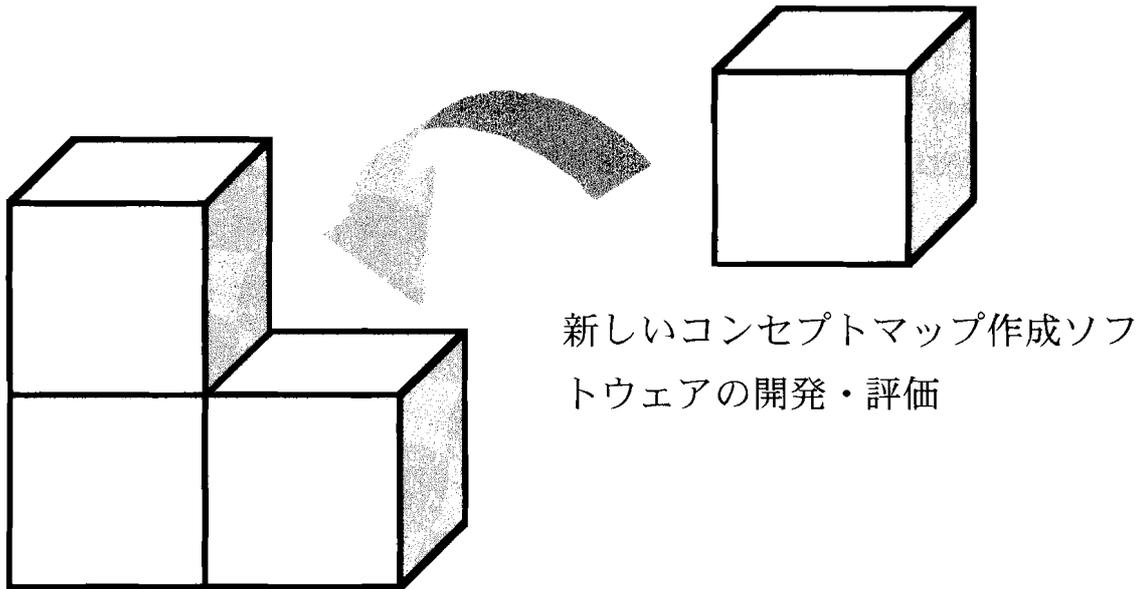
第1項 第3世代の研究を展開することの意義

コンセプトマップを利用した理科教育に関する先行研究の動向を踏まえると、今後求められるのは、第3世代の研究のさらなる展開にあると指摘することができる。第3世代の研究は、まだ着手され始めたばかりであり、今後さらなる研究成果の蓄積が必要だと考えられるからである。また、コンセプトマップの現代的な意義は、協調学習の道具として理科教育に寄与することだと考えられるからである(稲垣, 1995; 山口・稲垣, 1996; 稲垣, 1998)。

前節までに検討してきたように、これまでの研究動向において、コンセプトマップは、学習者個人の知識獲得を支援する道具から、協調学習を支援する道具へと、その利用のされ方や道具としての位置づけが変更されてきた。こうした変更の中で、コンセプトマップが持つ意義も変更されてきたと考えられる。

変更の背景には、理科教育における学習観の転換(稲垣・山口・上辻, 1998)があると言える。稲垣(1998)や山口(1998)は、道具の有効性や意義が、異なった学習観の立場からは、それぞれ違ったものとして解釈されることを論じている。こうした考え方に従えば、コンセプトマップの有効性や意義の変更には、学習観の転換が影響しているとみなすことができる(稲垣・山口, 1997; 稲垣・舟生・山口, 2001; 山口, 2002)。

理科教育における学習観の転換とは、稲垣ら(1997)、稲垣(1998)、山口(1998)などが集中的に議論したように、従来の個人構成主義的な学習観から、Lave & Wenger (1991)



協調学習の支援を目指した
第3世代のコンセプトマップ研究

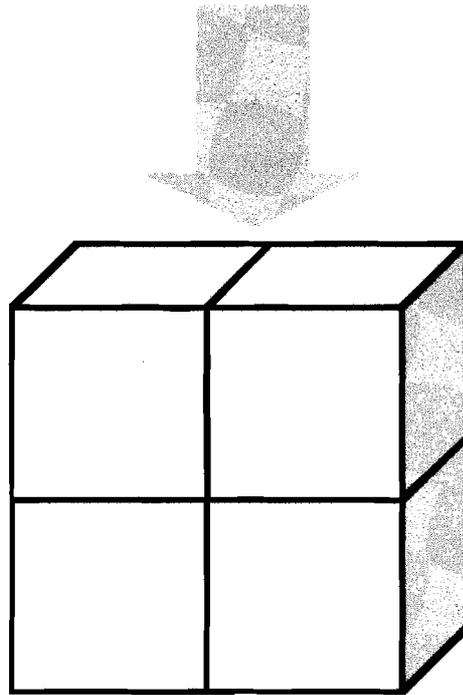


図 1-2 本研究の位置づけに関するイメージ

の「正統的周辺参加論」に代表されるような新しい学習観への転換である。この新しい学習観は、一般に「状況論的アプローチ」(吉岡, 1995; 稲垣・山口, 1995; 稲垣, 2000)や「状況的認知」(美馬, 1999; 上野, 2001; 加藤・有元, 2001; 茂呂, 2001)と呼ばれている。

従来の学習観では、学習は個人的な知識獲得の過程とみなされてきた。学習者は、能動的に科学的な知識を獲得し、それらを既有知識と関係付けることによって新しい知識を再構築する個人であった。学習の正否としては、既有知識のあり方が決定的であるとされ、その内実を解明することが重要な課題とされていた。言い換えれば、素朴概念、素朴理論、ミスコンセプションなどを探ることである。こうした立場は、個人構成主義的な研究として、理科教育における認知論的研究の主流とみなされている(稲垣・山口・上辻, 1998)。

第1世代と第2世代のコンセプトマップ研究は、従来の学習観が意識的にも無意識的にも背景にあると考えられる。そこでは、コンセプトマップは、従来の知識獲得の立場から開発・利用されていた。学習者個人の既有知識の誤りや、そうした既有知識に新しく知識を関係付けるときの誤りを見出す、すなわち、学習者を診断・治療するための道具として利用されていたのである。このような従来の学習観を背景とした研究において、コンセプトマップの意義は、学習者一人ひとりが所有している知識の構造を命題のネットワークとして、簡便かつ精確に表現できることにあったと考えられる。

一方、新しい学習観では、学習は個人的な営みというよりも、道具や他者との間で繰り広げられる相互行為の中に埋め込まれている、とみなされる。学習者は、言葉をはじめとする社会的・文化的な道具をまわりの他者とやり取りすることを通して、相互に協同的に学習を達成していくのである。知識とは、個人的に所有できるものというよりも、対話やコミュニケーションの内側に生まれ、絶えず編成されていくものであるとされる。理科教育は、科学的な説明や行為を通して行われる学習者と教師の協調的な活動として捉えられており、その活動の内実を解読する質的な研究が行われている。これまでに小学校の理科授業を対象とした質的な研究が着手されきており、代表的な研究としては、稲垣・山口の一連の研究(稲垣, 1997; 山口・稲垣, 1998; 稲垣・山口・上辻, 1998; 稲垣・山口, 1998; 稲垣・山口・上辻, 1999; 稲垣・山口, 2000)、森本らの一連の研究(森本ら, 2000, 2001)を挙げることができる。

こうした学習観は、コンセプトマップの役割を変える。第3世代の研究動向においては、Roth & Roychoudhuryや山口・稲垣・野上の研究のように、新しい学習観が背景とされてい

た。そこでは、コンセプトマップは、学習者の既有知識を探る道具から、他者と協調して学習を進めていくための道具へと変わっていた。

近年の理科教育では、以上のような学習観の転換が認められており、協調学習に焦点を当てた研究が実施されてきている（稲垣，1996；森本，1996；吉岡，1998；加藤，1998，森本，1999；加藤，2000）。学習者同士の協調学習が理科学習に対して果たす役割の重要性が認められるのと同時に、授業において協調学習を成立し活性化させるための手立てが模索されている。このような現状において、コンセプトマップの意義は、学習者同士の協調を容易に成立させ、それらを活性化させることにあるといえる。コンセプトマップは、協調学習支援のための道具の一つとして、現在の、そしてこれからの理科教育に貢献することができる。

第2項 第3世代の克服すべき問題点としての思考過程の外化

第3世代の研究を展開するとき、従来のコンセプトマップならびにコンセプトマップ作成ソフトウェアには、協調学習を支援する上で克服すべき問題点があると考えられる。それは、コンセプトマップを利用した協調学習において学習者がどのように試行錯誤したのか、どの時点で何を思いついたのかなど、「思考過程の外化」が困難だということである。

1. 協調学習において思考過程を外化することの意義

協調学習において学習者の思考過程を外化することの意義には、「思考過程の内省支援」と「思考過程に基づく対話支援」という2点を挙げることができる。

前者の「思考過程の内省支援」とは、思考過程を外化することで、学習者自身が自らの思考過程を対象化できるようになることである。思考過程を対象化できれば、学習者の内省を支援し、理解を深めたり、疑問点を明確にしたりすること可能となる。つまり、思考過程を外化することで、思考の結果というよりも、本来見えなかった思考の展開のされ方を吟味できるようになるのである。

一方、後者の「思考過程に基づく対話支援」は、他者が、その思考過程にアクセスできるようにすることである。他者にとって、思考過程が外化され、具体的に見えるようになることは、理解の共有や相互吟味を支援することになる。思考過程の外化は、協調学習を成立させる上で重要である。思考過程の外化が複数の学習者同士の対話や知識の共同構築

を促進することは、三宅（1999）、三宅ら（1999）、Shirouzuら（2002）の研究によって認知的科学的な視点から実験的に明らかにされてきている。

2. 思考過程の外化を実現する道具としての第3世代におけるコンセプトマップ

協調学習における思考過程の外化を実現するためには、どのようなことが具体的に必要なのであろうか。三宅（1999）及び三宅ら（1999）は、協調学習において思考過程の外化を実現するための要件として、次の4点を挙げている。(1) 外化すべき内容があること、(2) 外化が容易であること、(3) 外化過程が保存可能であること、(4) 外化過程のやり直しが可能なこと。

このような観点から、第3世代における紙ベースのコンセプトマップ、ならびに、共同作成機能を実装したコンセプトマップ作成ソフトウェアを検討してみよう。表1-6には、紙ベースのコンセプトマップと共同作成機能を実装したソフトウェアが、三宅（1999）及び三宅ら（1999）の4つの要件を実現できるか否かを整理している。

従来の紙ベースのコンセプトマップは、理科の授業で利用される場合において、外化すべき内容があり、外化することも容易であると評価されてきている。その意味では、外化を支援する道具としての有用性を持っていたといえる。しかし、紙ベースでは、外化の最終的な結果や結末は保存できるとしても、外化過程そのものを保存することは難しい。また、やり直しができるとしても、紙製のカードを再配置したり、紙の上に直接書かれた言葉やリンクを消したり書き直したりすることはそれほど簡単ではないと考えられる。

一方、複数の学習者がコンピュータ上でコンセプトマップを共同で作成するために開発されてきたソフトウェアはどうだろうか。第3世代の研究では、協調学習の支援を目的としたソフトウェアが開発されており（e.g., Cañas et al., 2001; Flores-Méndez, 1996; Gaines et al., 1995a, 1995b, 1995c; Kremer et al., 1994）、そうしたソフトウェアの多くは、複数の学習者がコンピュータ・ネットワーク上においてコンセプトマップを共同的に作成することの支援を目指している。しかしながら、共同作成を支援するソフトウェアが開発されている一方で、学習者がコンセプトマップの共同作成過程における自分や他者の思考過程を振り返ったり、それらを通して自分や他者の理解を共同的に吟味したりすることを支援するためのソフトウェアは開発されていないのである。言い換えれば、第3世代では、コンセプトマップを作成するときの簡便性や精確性、ないしは、内容の豊富さが追究されているが、その外化過程を保存できるものや外化過程のやり直しができるソフトウェアは開発されていな

表 1-6 思考過程の外化を実現する道具としての第3世代におけるコンセプトマップ

要件	紙ベースの コンセプトマップ	共同作成機能を実装 したソフトウェア
(1) 外化すべき内容があること	実現できる	実現できる
(2) 外化が容易であること	実現できる	実現できる
(3) 外化過程が保存可能であること	実現できない	実現できない
(4) 外化過程のやり直しが可能なこと	実現できない	実現できない

いのである。

第3項 思考過程の外化を実現する方策

それでは、協調学習における思考過程の外化を実現するための方策は、どこにあると考えられるだろうか。その可能性は、共同作成機能に加えて、コンセプトマップを作成する過程における操作記録をコンピュータ上に記録し、それを後で自由に再生・修正できるような機能をコンセプトマップ作成ソフトウェアに実装することにあると考えられる。

ここでいう再生・修正機能とは、いずれも第3世代におけるコンセプトマップ作成ソフトウェアには実装されていなかったものである。具体的には、次のような機能である。

- (1) 再生機能：コンセプトマップの作成過程を自動的に保存し、作成途中でも随時、その作成過程を再生することができる。
- (2) 修正機能：作成過程の任意の時点までアンドゥすることによって遡り、修正することができる。

表1-7は、共同作成機能と再生・修正機能を実装した新しいソフトウェアと、第3世代におけるコンセプトマップやコンセプトマップ作成ソフトウェアを、三宅（1999）及び三宅ら（1999）の4つの要件ごとに比較したものである。共同作成機能と再生・修正機能を実装したソフトウェアは、「(1) 外化すべき内容があること」、「(2) 外化が容易であること」のみならず、第3世代におけるコンセプトマップおよびコンセプトマップ作成ソフトウェアが実現できなかった「(3) 外化過程の保存」、「(4) 外化過程のやり直し」を可能にすると考えられる。

「外化過程の保存」については、共同作成機能と再生・修正機能をソフトウェアに実装することで、複数の学習者が知識を共同構築する際の学習者一人ひとりの知識の外化過程を、同一のコンセプトマップにおけるラベルの再配置やリンクワードの修正といった作成過程の操作履歴として自動的に保存することができるようになると考えられる。また、「外化過程のやり直し」についても、共同作成機能と再生・修正機能をソフトウェアに実装することで、コンセプトマップ作成過程の操作履歴を自由に呼びだして再生したり、任意の時点まで遡って修正することができる。したがって、学習者が知識を共同構築する際の学習者一人ひとりの知識の外化過程をやり直すことが実現すると期待できる。

表 1-7 思考過程の外化を実現する道具としての第3世代におけるコンセプトマップ

要件	紙ベースの コンセプトマップ	共同作成機能を 実装した ソフトウェア	再生・修正機能と 共同作成機能を 実装した ソフトウェア
(1) 外化すべき内容があること	実現できる	実現できる	実現できる
(2) 外化が容易であること	実現できる	実現できる	実現できる
(3) 外化過程が保存可能であること	実現できない	実現できない	実現できる
(4) 外化過程のやり直しが可能なこと	実現できない	実現できない	実現できる

第4項 本研究の目的と研究の進め方

前項までの議論に基づけば、共同作成機能と再生・修正機能を実装したソフトウェアを開発し、その有効性を実証的に評価することで、第3世代の研究成果を引き継ぎながらも、従来のコンセプトマップでは成し得なかった「思考過程の外化」という側面までを含む形で協調学習を支援できると考えられる。それはまた、第3世代のコンセプトマップ研究をさらに発展させて、理科教育に求められる協調学習支援のための道具としてのコンセプトマップの可能性をさらに高めることになると考えられる。

そこで、本研究では、協調学習における思考過程の外化を実現し、結果として、学習者による思考過程の内省と対話を支援しうるコンセプトマップ作成ソフトウェアを開発し、その有効性を評価する。

この目的を達成するために、図1-3に示すように、本研究では「(1) ソフトウェア開発のための基礎的検討 (第2章, 第3章)」「(2) ソフトウェア開発 (第4章)」「(3) ソフトウェア評価 (第5章, 第6章, 第7章)」「(4) 総合的考察 (第8章)」という4つの段階を設定し、研究を進める。

1. ソフトウェア開発のための基礎的検討 (第2章, 第3章)

共同作成機能を実装したソフトウェアは先行研究で開発されているが、再生・修正機能を実装したソフトウェアはこれまでに開発されていない。このことを踏まえ、本研究の最初の段階では、再生・修正機能の有効性を検証するために、同機能のみを実装したソフトウェアを試作し、この試作版ソフトウェアを利用した実験的・実践的研究を行う。

実験的研究 (第2章) については、大学生・大学院生を対象として、「再生・修正機能あり」と「再生・修正機能なし」の条件を設定し、同一の対象がこれら2つの条件でソフトウェアを利用するという研究である。ここでは、質問紙調査、面接調査を通して、再生・修正機能が思考過程の外化を実現し、その結果、学習者による思考過程の内省・対話の支援に有効であることを実証する。

実践的研究 (第3章) については、小学校の理科授業にソフトウェアを導入した研究である。ここでは、子どもたちを対象とした質問紙調査、教師を対象とした面接調査、授業のビデオ記録を利用した相互行為分析の結果を総合的に検討し、再生・修正機能が子どもたちの思考過程の内省・対話を支援する上で有効であることを明らかにする。

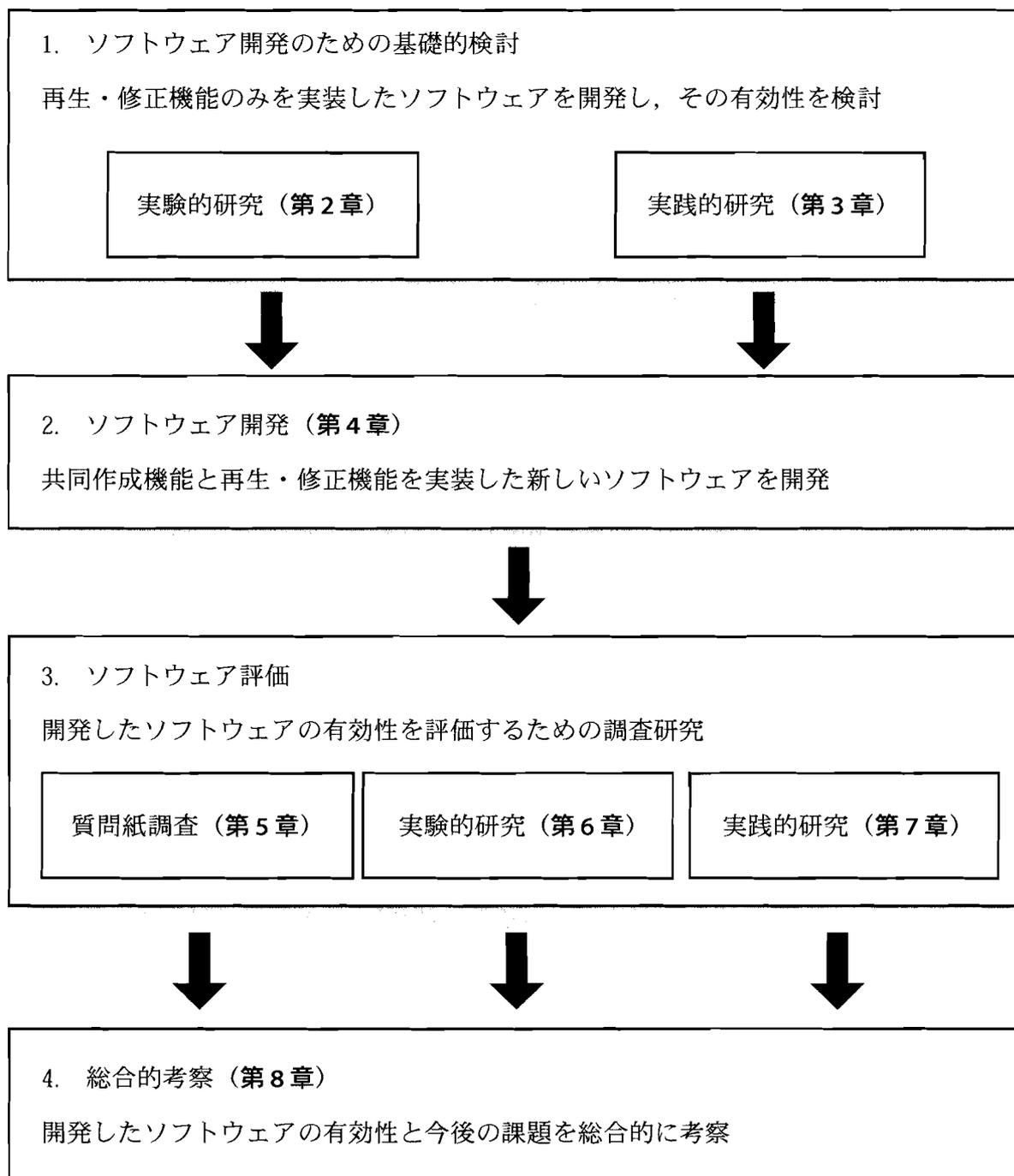


図 1-3 本研究の進め方

2. ソフトウェア開発（第4章）

本研究の第2段階では、基礎的研究の結果を踏まえて、共同作成機能と再生・修正機能を実装した新しいソフトウェアを開発する。第4章では、開発環境及び実行環境、システム構成を解説するとともに、ソフトウェアの画面の様子と操作方法を示しながら、再生・修正機能と共同作成機能を説明する。

3. ソフトウェア評価（第5章，第6章，第7章）

本研究の第3段階は、開発したソフトウェアの有効性，すなわち，協調学習における思考過程の外化を実現し，学習者による思考過程の内省・対話を支援できるかどうかを評価するための調査研究である。

大学生と現職教員を対象とした質問紙調査（第5章）では，ソフトウェアの操作性，再生・修正機能と共同作成機能の有効性，授業での利用可能性が，大学生や現職教員に肯定的に評価されることを明らかにする。

実験的研究（第6章）では，対面で会話しながらソフトウェアを利用したコンセプトマップを作成するという学習状況下において，「共同作成機能のみ」と「共同作成機能と再生・修正機能」という条件を設定し，大学生・大学院生計40名がこれら2つのソフトウェアを利用するという実験を実施する。質問紙調査，面接調査の結果を操作履歴と関係づけながら分析することで，共同作成機能と再生・修正機能の有効性を実証することを目指す。

実践的研究（第7章）は，ソフトウェアを実際の授業場面に導入する中で行った研究である。小学校第6学年の理科の単元「水溶液の性質」（全14時間）を対象として，ソフトウェアを利用した授業を実施する。その授業において，コンセプトマップ分析，操作履歴分析，相互行為分析，質問紙調査の4つの手法で評価データを収集する。これらのデータを詳細に分析することで，共同作成機能と再生・修正機能の有効性を明らかにする。

4. 総合的考察（第8章）

最後の段階では，本研究の全体的なまとめを行う。

ソフトウェア開発のための基礎的検討，ソフトウェア開発，ソフトウェア評価の各段階における研究結果を総合的に考察し，協調学習における思考過程の外化を実現し，その結果として思考過程の内省と対話を支援するというソフトウェアの有効性について結論を述

第1章 序論

べる。後半では、一連の調査研究で見出された問題点を整理し、今後の研究に求められる課題を検討する。

第2章 ソフトウェア開発のための基礎的検討(1):再生・修正機能の有効性に関する実験的研究

前章で論じたように、共同作成機能を実装したソフトウェアは先行研究で開発されているが、再生・修正機能を実装したソフトウェアはこれまでに開発されていない。このことを踏まえ、本章では、コンセプトマップ作成ソフトウェアを開発するための基礎的検討として、再生・修正機能を実装した試作版ソフトウェアを作成し、再生・修正機能が学習者の内省や対話に及ぼす有効性について実験を通して明らかにすることを試みた。

第1節 目的

本実験の目的は、「再生・修正機能あり」と「再生・修正機能なし」の条件を設定し、同一の対象がこれら2つの条件でソフトウェアを利用した結果を比較することであった。

本実験の仮説は、次の2つであった。

- (1) 内省について、学習者は、「再生・修正機能なし」を利用した場合よりも、「再生・修正機能あり」を利用した場合の方が、コンセプトマップの作成中に考えたこと、迷ったこと、理解していないところ、といった自分自身の思考過程をよりよく再確認できると評価する。
- (2) 対話について、学習者は、「再生・修正機能なし」よりも「再生・修正機能あり」を利用した場合の方が、自分の思考過程を相手にわかりやすく伝えることができるとともに、相手の思考過程をより明確に理解できると評価する。

第2節 方法

第1項 対象

対象は、兵庫県内の国立大学の大学生23名、大学院生17名の計40名(男性16名、女性24名)であった。コンセプトマップの利用経験については、全員無しであった。大学受験で生物を選択していたのは20名であった。

第2項 実験デザイン

1. ソフトウェア

前述したように、実験で使用したソフトウェアは、「再生・修正機能あり」と、この機能を削除した「再生・修正機能なし」の2つであった。図2-1には、「再生・修正機能あり」のソフトウェアのユーザーインターフェースを示している。再生・修正機能に関するユーザーインターフェースは、図2-1の(4)～(9)のボタン及びスクロールバーである。「再生・修正機能なし」のソフトウェアは、これらの部分が非表示であり、使用できないようになっている。

なお、ソフトウェアの実行には、デスクトップ型パソコン(Power Macintosh G3 300MHz; Mac OS 8.6 + MRJ 2.1; 解像度 1,024 × 768 ドット)を使用した。

2. コンセプトマップ

コンセプトマップのテーマは、生物分野の「遺伝」と「光合成と呼吸」であった。これらのテーマを選択した理由は、「遺伝」と「光合成と呼吸」が理解困難な科学概念であり、授業を受講する前の学習者、授業を受講した学習者のいずれについても、科学的に妥当でない理解を構成していることが多くの研究で報告されているからである(Cañal, 1999; Cho et al., 1985; 片山, 1982; 藤田, 1986, 1992; Stewart and Hafner, 1994)。本研究で調査対象とした大学生・大学院生といった学習者についても、「遺伝」や「光合成と呼吸」について科学的に妥当な形で理解することは容易ではなく、多様な理解の仕方を構成していることが明らかにされている(Anderson et al., 1990; Johnstone and Mahmoud, 1980; 森本, 1996)。

また、コンセプトマップを作成させたり、複数の学習者で対話させたりしながら、「遺伝」と「光合成と呼吸」について理解を深めさせようとする試みも行われてきている(Esiobu and Soyibo, 1995; Lavoie, 1997; Lumpe and Staver, 1995; Okebukola, 1990)。

以上のような先行研究の知見を背景とすれば、「遺伝」と「光合成と呼吸」といった科学概念をテーマに採用することで、コンセプトマップを作成しながら自分の考え方を内省したり、相互の考え方について対話したりするといった認知的な活動を行うに値する学習が、大学生・大学院生に対して実験的に設定可能であると考えられる。

コンセプトマップのラベルは、中学校や高等学校の教科書を参照して選定された。これらの教科書を参照した理由は、前述したような「遺伝」や「光合成と呼吸」に関する科学的に妥当でない理解が、これらの教科書で扱われている内容に密接に関連するものだからである。

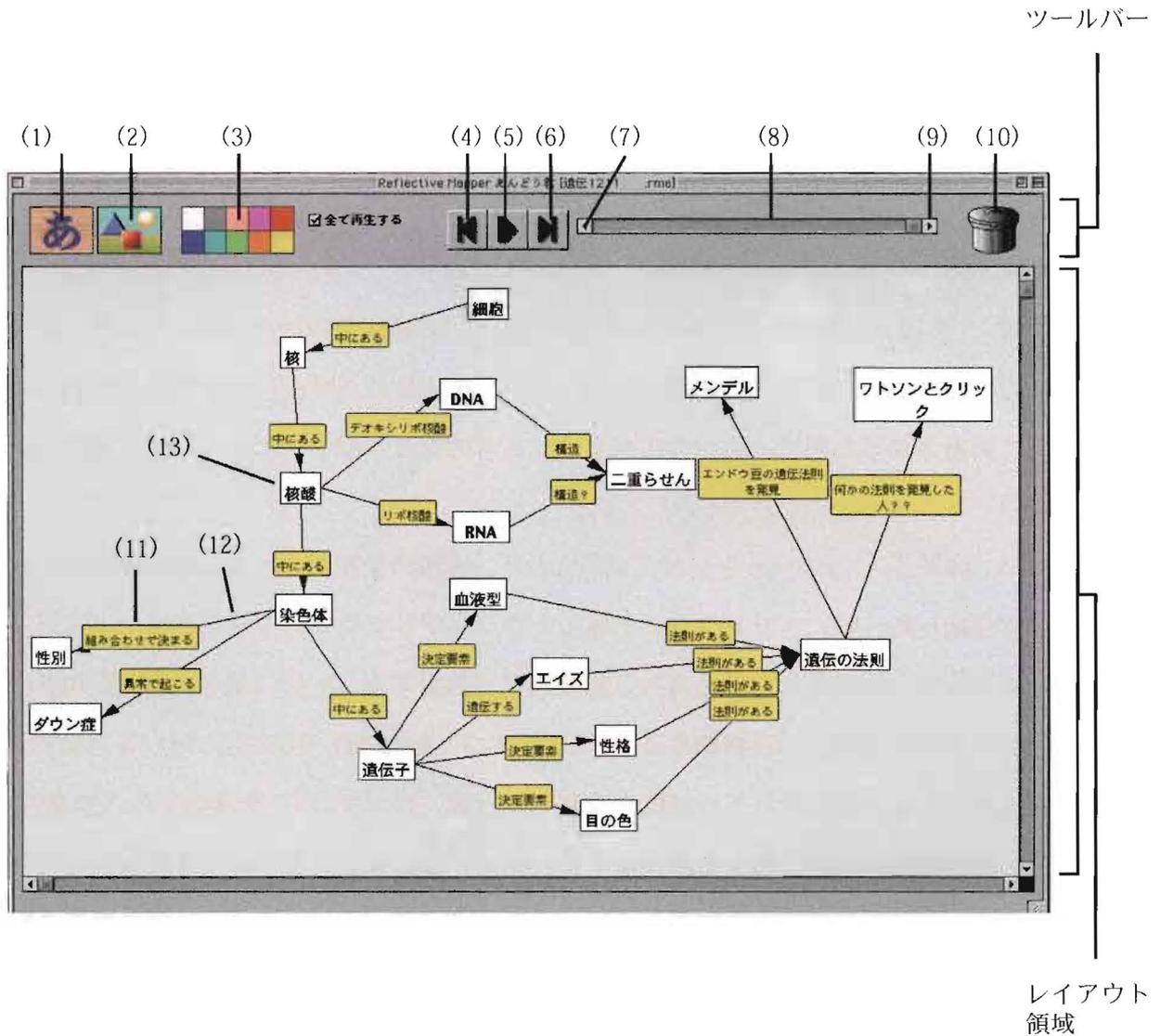


図 2-1 ユーザーインターフェース

ユーザーインターフェースの概要は以下の通りである。(1) テンプレート (文字ラベル), (2) テンプレート (絵・写真ラベル), (3) カラーパレット, (4) 最初へスキップボタン, (5) 再生/一時停止ボタン, (6) 最後へスキップボタン, (7) 巻き戻しボタン, (8) 再生スクロールバー: 任意の過程から再生できる, (9) 早送りボタン (10) ごみ箱: ラベルを削除できる, (11) リンキングワード, (12) リンク, (13) 文字ラベル。

ラベルの個数は各テーマにつき計17個であり、ラベルの種類は以下の通りであった。(1) 遺伝:細胞,核,核酸,DNA,RNA,二重らせん,ワトソンとクリック,染色体,遺伝子,遺伝の法則,メンデル,エイズ,性格,目の色,血液型,性別,ダウン症。(2) 光合成と呼吸:植物,動物,葉,呼吸,根,茎,気孔,葉緑体,ヨウ素液,酸素,ファン・ヘルモント,水,光,光合成,二酸化炭素,ブドウ糖,デンプン。なお,新規のラベルの追加は禁止した。

3. 実験計画

実験は,1要因2水準(再生・修正機能あり,なし)の被験者内計画が用いられた。調査対象2名で1組とし,計20ペアを構成した。なお,限定された時間内で共同的な活動をスムーズに実施させるために,すべてのペアは,日常的によく話をする友人同士で構成させた。

実験は,ペアごとに約90分をかけて実施された。実験の具体的な内容と時間配分は,以下の通りであった。(1)ソフトウェアを使ってコンセプトマップを作成する(10分),(2)発話思考しながら作成時における自分の思考過程を内省する(3分)(図2-2),(3)相手に自分の思考過程を説明しつつ対話する(1人5分ずつ,計10分)(図2-3),(4)コンセプトマップのテーマとソフトウェアの種類を交替し,上記(1)(2)(3)を実施する(23分)。

再生・修正機能の使用に関する順序効果と,再生・修正機能の使用に対するコンセプトマップのテーマの影響を相殺するために,計20ペアを5ペアずつ以下の4群に無作為配分(高野,2000)した。

- ①前半で「再生・修正機能あり」のソフトウェアを利用して「遺伝」に関するコンセプトマップを作成し,後半で「再生・修正機能なし」を利用して「光合成と呼吸」に関するコンセプトマップを作成する。
- ②前半で「再生・修正機能あり」のソフトウェアを利用して「光合成と呼吸」に関するコンセプトマップを作成し,後半で「再生・修正機能なし」を利用して「遺伝」に関するコンセプトマップを作成する。
- ③前半で「再生・修正機能なし」を利用して「遺伝」に関するコンセプトマップを作成し,後半で「再生・修正機能あり」を利用して「光合成と呼吸」に関するコンセプトマップを作成する。
- ④前半で「再生・修正機能なし」を利用して「光合成と呼吸」に関するコンセプトマッ



図 2-2 思考過程の内省



図 2-3 思考過程の説明

プを作成し、後半で「再生・修正機能あり」を利用して「遺伝」に関するコンセプトマップを作成する。

第3項 課題

課題は、次の3つであった。

1. 思考過程の内省と対話に関する評価

再生・修正機能ありのソフトウェアを使用した場合と、再生・修正機能なしを利用した場合のそれぞれについて、ソフトウェアの再生・修正機能の有効性に焦点を当てて、一人での思考過程の内省と、思考過程を相手に説明したり説明を受けたりする中での対話を評価させた。評価項目は、思考過程の内省に関する項目が6項目、思考過程の説明における対話に関するものが5項目の計11項目であった。回答の仕方は、「かなりそう思う」「ややそう思う」「あまりそう思わない」「全くそう思わない」からなる4段階評定尺度であった。

2. 対話のイメージに関する評価

学習者が抱く対話についての主観的イメージは、彼らが実際に行う対話のあり方に影響を及ぼすことが知られている(原田,1997)。そこで本研究では、再生・修正機能ありの場合となしの場合のそれぞれについて、対話のイメージをSD法で評価させた。SD法の形容詞対は、原田(1997)を参考にして作成された12項目であった。回答の仕方は7段階評定尺度であった。

3. 再生・修正機能を利用した思考過程の内省、思考過程の説明、相手の思考過程の理解に関する評価

再生・修正機能が内省や対話に及ぼす効果についてより詳細に検討するために、再生・修正機能を利用した思考過程の内省、思考過程の説明、他者の思考過程の理解、の3つの活動について、再生・修正機能なしの場合と比較しながら評価させた。回答に際しては、面接者が次の質問を行った。「今日の実験では、ソフトウェアを利用してコンセプトマップを作成してもらいました。その中で、自分の思考過程を内省すること、自分の思考過程を相手に説明すること、相手の説明を聞きながら相手の思考過程を理解すること、の3つの活動を

行ってもらいました。これら3つの活動のそれぞれについて、再生・修正機能がない場合と比較しながら、再生・修正機能を利用することの良い点や問題点を自由に回答してください。」なお、回答数は制限せずに、できるだけ多くの内容を自由に回答させた。

第4項 手続き

課題への回答は、実験終了後に実施された。思考過程の内省と対話の評価、及び、対話のイメージの評価に関する回答については、質問紙法を用いて、それぞれ約10分をかけて個別に行われた。再生・修正機能を利用した思考過程の内省、思考過程の説明、相手の思考過程の理解への評価に関する回答については、1対1の個別面接法を用いて約10分をかけて行われた。個別面接法の回答については、ビデオを用いて記録され、2～3日以内に紙面に書き起こされた。

第5項 時期

実験は2000年12月中旬から下旬にわたって実施された。

第3節 結果

第1項 思考過程の内省と対話に関する評価

1. 思考過程の内省に関する評価

表2-1には、思考過程の内省に関する評価の回答傾向を示している。この回答傾向に基づいて、調査対象の評価が肯定的な評価に偏っているのか、否定的なものに偏っているのかを検討するために、「かなりそう思う」「ややそう思う」を肯定的な回答、「あまりそう思わない」「全くそう思わない」を否定的な回答としてまとめて合計人数を算出し、各項目について、2（再生・修正機能あり・なし）×2（肯定的な回答・否定的な回答）の直接確率計算（両側検討）を行った（田中, 1996）。直接確率計算には、JavaScript-STAR（田中・中野, 2002）を使用した。

直接確率計算の結果、まず、「(1) 作成中に考えていたことを振り返ることができた」

表 2-1 思考過程の内省に関する評価の回答傾向

項目	とても そう思う	やや そう思う	あまりそう 思わない	全くそう 思わない
(1) 作成中に考えていたことを振り返ることができた				
(再生・修正機能あり)	27	10	2	1
(再生・修正機能なし)	3	16	19	2
(2) どの時点でどのような新しい考えを 思いついたのかを振り返ることができた				
(再生・修正機能あり)	29	7	4	0
(再生・修正機能なし)	1	8	24	7
(3) どの時点で自分の考えを修正したのかを 振り返ることができた				
(再生・修正機能あり)	32	6	2	0
(再生・修正機能なし)	1	5	27	7
(4) どの時点でどのように悩んだのかを 振り返ることができた				
(再生・修正機能あり)	22	16	2	0
(再生・修正機能なし)	2	11	21	6
(5) 自分はどの部分をわかっていて、どの部分が わかっていないのかを、よく確かめることができた				
(再生・修正機能あり)	15	17	8	0
(再生・修正機能なし)	8	14	18	0
(6) 自分はどの部分に自信があって、どの部分に 自信がないのかを、よく確かめることができた				
(再生・修正機能あり)	13	17	9	1
(再生・修正機能なし)	7	16	16	1

N=40. 単位は人.

($p<.01$), 「(2) どの時点でどのような新しい考えを思いついたのかを振り返ることができた」($p<.01$), 「(3) どの時点で自分の考えを修正したのかを振り返ることができた」($p<.01$), 「(4) どの時点でどのように悩んだのかを振り返ることができた」($p<.01$) の4項目については、いずれも、再生機能がある場合については肯定的な回答が、再生機能がない場合には否定的な回答が有意に多かった。この結果より、調査対象は、再生・修正機能がある場合には、コンセプトマップ作成中の自分の考えや、作成中に発見した新しい考え、考えの修正や悩んだことをよく内省できると評価していたことがわかった。その一方で、再生・修正機能がない場合には、そうした内省をあまり行うことができないと評価していたことがわかった。

また、直接確率計算の結果、「(5) 自分はどの部分をわかっていて、どの部分がわかっていないのかを、よく確かめることができた」($p<.05$) については、再生・修正機能がない場合に比べてある場合の方が、否定的な回答よりも肯定的な回答が有意に多かった。しかしながら、「(6) 自分はどの部分に自信があって、どの部分に自信がないのかを、よく確かめることができた」($p>.10$) については、再生・修正機能がある場合とない場合とで肯定的な回答・否定的な回答の偏りは有意ではなく、いずれも肯定的な人数が多くなっていた。これより、調査対象は、自分がわかっていることとわかっていないことについては、再生・修正機能がない場合に比べてある場合の方がよく確認できることを認めていたことがわかった。これに対して、作成したコンセプトマップに対する自信については、再生・修正機能の有無に関係なく、よく確認できると評価していたといえる。

2. 思考過程の対話に関する評価

表2-2には、思考過程の対話に関する評価の回答傾向を示している。ここでも、前述の思考過程の内省と同様に、「かなりそう思う」「ややそう思う」を肯定的な回答、「あまりそう思わない」「全くそう思わない」を否定的な回答としてまとめて合計人数を算出し、各項目について、2(再生・修正機能あり・なし) × 2(肯定的な回答・否定的な回答) の直接確率計算(両側検定)を行った。

まず、「(7) 自分の考えてきたことをうまく説明することができた」($p<.01$) については、再生・修正機能がない場合に比べてある場合の方が、否定的な回答よりも肯定的な回答は有意に多かった。この結果より、調査対象は、自分の考えてきたことの説明においては、再生・修正機能がない場合よりもある場合の方がうまく説明できると評価していたことがわ

表 2-2 思考過程の対話に関する評価の回答傾向

項目	とても そう思う	やや そう思う	あまりそう 思わない	全くそう 思わない
(7) 自分の考えてきたことをうまく説明することができた				
(再生・修正機能あり)	22	15	3	0
(再生・修正機能なし)	2	23	13	2
(8) 相手の考えてきたことをよく理解することができた				
(再生・修正機能あり)	28	11	1	0
(再生・修正機能なし)	6	22	8	4
(9) 相手の考えてきたことについて質問や意見を 言いたくなかった				
(再生・修正機能あり)	10	18	12	0
(再生・修正機能なし)	6	22	12	0
(10) 相手の考えと自分の考えの同じところや 違うところがよくわかった				
(再生・修正機能あり)	21	17	2	0
(再生・修正機能なし)	11	18	11	0
(11) 相手との話し合いがエンジョイできた				
(再生・修正機能あり)	26	11	3	0
(再生・修正機能なし)	10	22	8	0

N=40. 単位は人.

かった。

「(8)相手の考えてきたことをよく理解することができた」($p < .01$)と「(10)相手の考えと自分の考えの同じところや違うところがよくわかった。」($p < .05$)については、直接確率計算の結果、再生・修正機能がない場合に比べてある場合の方が、否定的な回答よりも肯定的な回答は有意に多かった。一方、「(9)相手の考えてきたことについて質問や意見を言いたくなかった」($p > .10$)については、再生・修正機能がある場合とない場合とで肯定的な回答・否定的な回答の偏りは有意ではなく、再生・修正機能がある場合とない場合ともに肯定的な回答が多かった。これらの結果より、相手の考えてきたことの説明を聞く際には、再生・修正機能がない場合でも質問や意見を言いたくなるが、再生・修正機能がある場合には、相手の考えの内実や、自分の考えとの相違がよりよく理解できると評価していたことが明らかとなった。

「(11)相手との話し合いがエンjoyできた。」($p > .10$)については、再生・修正機能がある場合とない場合とで肯定的な回答・否定的な回答の偏りは有意ではなく、いずれの場合でも、話し合いを楽しむことができると評価していた。すべてのペアが日常的によく話をする知人・友人で構成されていたことから、再生・修正機能の有無に関係なく、日常と同じように相手との話し合いを楽しむことができると評価されたと考えられる。

第2項 対話のイメージに関する評価

表2-3には、対話のイメージに関する12項目の形容詞対について、再生機能がある場合とない場合の平均評定値と標準偏差、及びt値を示している。なお、対応のあるt検定(両側)には、StatView-J Ver.4.11を使用した。

7段階の平均評定値については、項目の左側の形容詞にもっとも近いものを7点、右側の形容詞に近いものを1点として得点化している。t検定の結果、「大胆な—繊細な」「暖かい—冷たい」の2つを除く10項目において、再生機能がある場合とない場合の平均評定値の差は有意であった($p < .01$ または $p < .05$)。

そこで、表2-4に示すように、この10項目について、因子分析(主因子法解、バリマクス回転)を行った結果、2因子を抽出した(田中,1996;田中・山際,1989)。因子分析にはStatView-J Ver.4.11を使用した。

因子の抽出に際しては、固有値1.0以上を基準とし、累積寄与率は65.88%であった。原

表 2-3 再生・修正機能の有無と対話のイメージ : SD 法による評定値の分析

項目	再生あり	再生なし	t
楽しい—楽しくない	5.7 (0.9)	4.3 (1.1)	5.98 **
気楽な—緊張する	5.0 (1.4)	4.1 (1.4)	2.72 **
明るい—暗い	4.8 (1.0)	4.2 (0.9)	3.22 **
気軽な—慎重な	4.8 (1.2)	4.1 (1.4)	2.27 *
軽い—重い	4.7 (0.9)	4.2 (1.1)	2.53 *
大胆な—繊細な	4.1 (1.2)	4.4 (1.0)	0.79
柔らかい—固い	4.6 (1.1)	3.9 (1.0)	2.88 **
速い—遅い	5.2 (1.2)	4.1 (1.3)	3.03 **
わかりやすい—わかりにくい	6.1 (0.7)	3.6 (1.2)	10.90 **
豊富な—貧弱な	5.4 (1.2)	3.7 (1.3)	5.71 **
話しやすい—話しにくい	5.8 (1.2)	3.4 (1.4)	7.55 **
暖かい—冷たい	4.5 (1.0)	4.1 (0.7)	1.83

N=40, **p<.01, *p<.05. 数値は平均評定値, カッコ内の数値は標準偏差を示している. ただし, 「t」の数値は, t値を示している.

表 2-4 対話のイメージ項目に関する因子分析結果 (バリマクス回転後)

項目	因子負荷量		共通性
	因子 I	因子 II	
豊富な—貧弱な	.895	.117	.815
楽しい—楽しくない	.804	.321	.750
わかりやすい—わかりにくい	.779	.351	.730
柔らかい—固い	.744	-.116	.567
話しやすい—話にくい	.667	.535	.732
明るい—暗い	.657	.328	.539
気軽な—慎重な	.172	.843	.741
気楽な—緊張する	.127	.839	.720
軽い—重い	.224	.789	.672
速い—遅い	.506	.258	.323
説明分散	5.061	1.527	6.588

田(1997)を参考にしながら、第I因子は、「楽しく明るくて、内容が豊富でわかりやすく柔らかく話しやすい」という性質を有するものとして、「対話の快活さと内容の豊富さ」と命名した。第II因子については、「気軽で気楽で軽い」という性質から、「対話のリラックス度」と命名した。

対応のあるt検定(両側)により両者の因子得点について分析を行ったところ、表2-5に示すように、2つの因子ともに、再生機能がない場合よりもある場合の方が有意に大きかった。これらの結果より、再生機能がある場合の対話のイメージについては、その快活さと内容の豊富さ、ならびにリラックス度の観点から高く評価されていたことがわかった。

第3項 再生・修正機能を利用した思考過程の内省、思考過程の説明、他者の思考過程の理解に関する評価

前述したように、個別面接法による調査対象の回答は、ビデオ記録に従って紙面に書き起こされた。回答の分析にあたっては、まず始めに、筆者とは異なる2名に、ビデオ記録の書き起こしの中から、思考過程の内省・思考過程の説明・相手の思考過程の理解に関する回答を抽出させた。

抽出作業に際しては、次のような基準を与えた。思考過程の内省については「コンセプトマップの作成中に考えていたことを思い出すこと、確認すること、見直すことに関する内容」、思考過程の説明については「コンセプトマップの作成中に考えていたことを相手によくわかるように述べることに関する内容」、相手の思考過程の理解については「コンセプトマップの作成中に相手が考えていたことに関して、相手の説明を聞きながら把握することに関する内容」であった。なお、この抽出作業は、2名で独立して実施させた後、抽出した回答が異なっていた場合は、協議をさせて一致させた。

続いて、筆者が、抽出された回答に基づいて、表2-6～表2-8に示すカテゴリを作成するとともに、各カテゴリに対して何人の調査対象が言及しているかを集計した。

1. 再生・修正機能を利用した思考過程の内省

表2-6には、再生・修正機能を利用した思考過程の内省に関する評価傾向を示している。調査対象40名の回答は、再生・修正機能を利用した思考過程の内省について、それを再生・修正機能がない場合と比べて肯定的に評価するものと、否定的に評価するものとに大別することができる。肯定的な評価をした対象が、のべ49名であるのに対して、否定的な評価

表 2-5 再生・修正機能の有無と対話のイメージ：因子得点の分析

項目	機能あり	機能なし	t
因子 I 「対話の快活さと内容の豊富さ」	0.62 (0.72)	-0.62 (0.85)	6.54 **
因子 II 「対話のリラックス度」	0.26 (0.87)	-0.26 (1.07)	2.14 *

N=40, ** $p < .01$, * $p < .05$. 数値は因子得点の平均値, カッコ内の数値は標準偏差を示している. ただし, 「t」の数値は, t値を示している.

表 2-6 再生・修正機能を利用した思考過程の内省に関する評価傾向

肯定的な評価	
自分の思考過程を確認することができる	20
自分の思考過程を詳細に想起することができる	14
迷ったことを想起することができる	7
自分の考え方の修正に役立つ	4
自分の考え方の変化がわかる	3
否定的な評価	
思考過程を整理しながら把握することの障害になる	3

N=40,ただし複数回答.単位は人.

は3名であった。これより、再生・修正機能を利用した思考過程の内省は、再生・修正機能がない場合と比べて高く評価されていることがわかった。

肯定的な評価の内実を検討してみると、21名が、再生・修正機能を利用することで自分の思考過程を確認できると回答している。例えば、調査対象Unの「自分の考えてきた流れっというのを、こう、順番に流れのある中で確認することができました」という回答がこれに該当する。

続いて、14名は、自分の思考過程を詳細に想起できることを指摘している。Amは、「自分がやったことを一つひとつ、やっぱり振り返るまでの時点で、すっかり忘れていたが多かったので、えっとカチカチとマウスを動かしているところで、自分がこう考えていたんだということを、思い出すことがあった」と回答している。ここでは、コンセプトマップを作成しながら考えていたことは、作成終了時には忘れていたが、作成過程を再生することで想起できたと評価されている。

迷ったことを想起できるという点も、7名が肯定的に評価している。Keは、「最初からもとの画面からたどるので、自分がどの様に迷ったかっていうのも、すごくわかりやすかった」と回答している。また、再生・修正機能が自分の考え方の修正に役立つという点も、4名が評価している。例えば、Srは「非常に曖昧なところをよく振り返ることが出来たので、直す場合にも非常に役に立った」と回答し、思考過程を詳細に内省したことが、コンセプトマップの修正、つまり自分の考え方の修正に役立つと述べている。

このほか、3名は、自分の考え方の変化がわかることを高く評価している。Ksは「どこでそういう風に入れかえていったかっていうのがわかりやすいんで、ああここでおかしいて気づいたんだなあとかいうことは、すごい分かりやすかった」と回答し、再生・修正機能を利用することで自分の考え方を想起しつつ、その変化を理解できたと指摘されている。

一方、否定的な評価については、思考過程を整理しながら把握することの障害になる、という点が指摘されている。例えば、Yiは、「いろいろこう画面の中で動かしたもので再生機能があると、余計なものがいっぱい出てくるのでその部分が、邪魔になったというか、自分で整理するときに邪魔になったかなあとと思います」と回答している。こうした回答は、ソフトウェアの再生機能がすべての操作履歴を反映するものとなっているために、入力ミスのような操作も忠実に再生過程で表示されたことを問題点として指摘していると推察できる。

2. 再生・修正機能を利用した思考過程の説明

表2-7には、再生・修正機能を利用した思考過程の説明に関する評価傾向を示している。肯定的な評価に該当する回答がのべ54名であるのに対して、否定的な回答は6名であった。この結果より、再生・修正機能を利用した他者に対する思考過程の説明は、再生・修正機能がない場合と比べて高く評価されていることがわかった。

肯定的な評価については、16名が、相手に自分の思考過程を詳細に説明することができると回答している。具体的な回答は、例えばNhの「この言葉にこれが結んでっていうのを途中で止めながら・・・説明できた」である。このように、作成過程の再生や一時停止を適宜利用することで自分の思考過程を相手に説明できたことが評価されている。

15名は、思考過程を順序通りに説明できることを高く評価している。再生・修正機能を利用すると、作成の最初の段階から順を追って作成過程が表示されるので、その順序に即して説明できることが評価されたと考えられる。Tsは「順序立てて説明できるので、・・・説明しやすかった」と評価している。

このほか、迷ったことや考え方の変化を容易に説明できる点も、5名が評価していた。Kaは、「ここでちょっと悩んだので、変えようと思っっているところの詳しさみたいなものも付け加えながら説明できた」と、悩んだ箇所や修正したい箇所についての説明ができたことを評価している。また、3名は、気楽に説明することができると回答している。Kkは、「再生機能ある場合は、自分で思い出さずに、画面に出てくるプロセスを説明するだけで良かったので、気が楽だった」と回答している。ここでは、自分の思考過程を説明するために、自分の記憶だけでなく、再生機能によって表示された作成過程を利用することで、認知的負荷が軽減されたと述べられている。

一方、否定的な評価については、6名が再生機能を利用した思考過程の説明が困難であったことを指摘している。具体的には、例えば、Ksによって「再生機能があるときは、こう1つのものがあっちいたりこっちいたり動くので、こうどこで止めてよいか説明がちょっとしにくかった」という回答が挙げられてる。この学習者は、再生スクロールバーは利用せずに、再生ボタンのみで作成過程の再生を行ったと推察される。しかしながら、本ソフトウェアには、作成過程の再生を任意の箇所まで停止し、その箇所から再生を再開するための機能が本来的に実装されている。一つひとつの操作をコマ送り再生を可能としている早送りボタンや、再生開始箇所を自由に指定できる再生スクロールバーなどの機能である。したがって、ここで指摘された問題点は、ソフトウェアの使用法の改善によって解

表 2-7 再生・修正機能を利用した思考過程の説明に関する評価傾向

肯定的な評価	
思考過程を詳細に説明することができる	16
思考過程を順序通りに説明することができる	15
迷ったことや考え方の変化を容易に説明することができる	5
気楽に説明することができる	3
否定的な評価	
説明するのが難しい	6

N=40, ただし複数回答. 単位は人.

消できると考えられる。

3. 再生・修正機能を利用した他者の思考過程の理解

表2-8には、再生・修正機能を利用した他者の思考過程の理解に関する評価傾向を示している。肯定的な評価に該当する回答をした対象がのべ56名である一方で、否定的な回答は1名であった。この結果より、再生・修正機能を利用しながら相手の説明を聞くときの思考過程の理解は、再生・修正機能がない場合と比べて高く評価されていることがわかった。

肯定的な評価については、26名が他者の思考過程を詳細に理解できることを高く評価している。例えば、Mhは、「相手側が何を考えていたか、どういう考え方の流れで、コンセプトマップを作ってきたかという点がこちらにも十分に伝わってきますので再生機能が十分に理解を作る点で役に立った」と回答している。

また、コンセプトマップの作成過程と一緒に説明されるので、思考過程を容易に理解できるということも、12名が評価している。例えば、Ftは、「再生機能があったときに、その過程を目で見ていって、目で、まあ目と耳で説明してもらえっていう意味ではすごくわかりやすかった」と回答している。ここでは、作成過程がコンピュータ上に表示されるのと同時に、その過程のポイントごとに相手からの説明が加えられることで、ペアを組んでいる他者の思考過程を簡単に知ることができたと指摘されている。

他者の迷ったことや考え方の変化を容易に理解することができることも、9名が評価している。Ksの「相手の説明を聞く場合は、再生機能があるときの方が、相手の迷った箇所、相手がどこでどう思い直したかがわかりやすかった」という回答がこれに該当する。

さらに、7名が、再生機能の利用を通して、自分と他者の思考過程の差異を容易に理解することができることを高く評価している。Myは、「再生機能がある方で説明してもらったときに気がついたんですけども、同じような事を考えてはるなと、一瞬思ったんですけど、細かく見ていくと、ちょっと違うその違いっていうのが再生機能がある方はわかったような気がします」と回答している。ここでは、他者の思考過程の詳細な理解を通して自分と他者の思考過程の差異を理解することが達成されたと指摘されている。

このほか、再生機能の利用を通して話し合いが活発になることも2名が認めている。Nyは、「再生機能があると、どの時点でどのラベルを動かしたかとか、何でこのラベルをここに持ってきたんっていうのが結構つまみやすかった」と回答している。このような回答では、相手の作成過程が表示されることで、ラベル移動などの一つひとつの操作を把握す

表 2-8 再生・修正機能を利用した他者の思考過程の理解に関する評価傾向

肯定的な評価	
他者の思考過程を詳細に理解することができる	26
コンセプトマップの作成過程と一緒に説明されるので、 思考過程を容易に理解することができる	12
他者の迷ったことや考え方の変化を容易に理解することができる	9
自分と他者の思考過程の差異を容易に理解することができる	7
話し合いが活発になった	2
否定的な評価	
説明したくない部分も再生されてしまう	1

N=40,ただし複数回答.単位は人.

ることができて、その結果として操作の背景にある相手の考え方を質問する契機になっていたと指摘されている。

一方、否定的な評価については、1名が説明したくない部分も再生されてしまうと述べている。具体的には、Nhの「相手の人はこの部分は伝えたくない、っていう部分も、・・・相手の人にはあんまり意味がないのかなっていう部分も再生されてしまう」という回答である。この学習者は、前述の「思考過程の説明」における否定的な評価と同様に、再生スクロールバーは利用せずに、再生ボタンのみで作成過程の再生を行ったと推察される。したがって、ここで指摘された問題点も、ソフトウェアの使用法の改善によって解消できると考えられる。

第4節 考察

本章では、再生・修正機能を実装したソフトウェアと、この機能を削除したソフトウェアの両方を使用する実験を行い、再生・修正機能が学習者の内省や対話に及ぼす効果について検証を行ってきた。

実験結果は、次の通りであった。まず、内省については、学習者は、再生・修正機能を利用した方が、コンセプトマップ作成中に新しい考えを発見したことや、考え方を修正したこと、悩んだことをよりよく内省できると評価することが明らかとなった。学習者は、質問紙調査や面接調査への回答において、自分のよく理解している箇所と理解不足の箇所を確認できていたことも高く評価していた。また、再生・修正機能を利用することは、自分の考え方を修正する契機となることも認めていた。

一方、他者との対話については、学習者は、再生・修正機能がある場合の対話のイメージを、快活さと内容の豊富さ、ならびにリラックス度の観点から高く評価することがわかった。また、対話における自分の思考過程の説明活動については、思考過程を詳細に順序通りに説明できるので、その結果として、迷ったことや考え方の変化を説明することが容易になると評価することも明らかとなった。さらには、対話を通じた他者の思考過程の理解活動について、コンセプトマップの作成過程が可視化されると同時に相手の説明が加えられることで、他者の思考過程を詳細に理解できると認められることがわかった。その上、他者の迷ったことや考え方の変化、自分と他者の思考過程の差異を容易に理解できるので、対話が活性化すると評価されることも判明した。これらの結果より、本実験の仮説は立証され

たといえる。

第5節 本章のまとめ

以上のように、本章では、コンセプトマップ作成ソフトウェアを開発するための基礎的検討として、再生・修正機能を実装した試作版ソフトウェアを作成し、再生・修正機能が学習者の内省や対話に及ぼす有効性について実験を通して明らかにすることができた。再生・修正機能は、思考過程の外化を実現し、その結果として学習者による思考過程の内省・対話を支援できるのである。

しかしながら、本章では、再生・修正機能の有効性は大学生・大学院生を対象として実験的に検証できたにすぎない。この実験的研究の結果を理科教育の立場からより確実に裏付けるためには、実際の理科授業においてソフトウェアを利用する中で再生・修正機能の有効性を検討することが必要である。

そこで次章では、小学校の理科授業に試作版ソフトウェアを導入し、再生・修正機能の有効性を実践的に解明することに取り組む。

第3章 ソフトウェア開発のための基礎的検討(2):再生・修正機能の有効性に関する実践的研究

前章では、再生・修正機能を実装した試作版ソフトウェアを作成し、再生・修正機能が学習者の内省や対話に及ぼす有効性について実験を通して明らかにすることを試みた。その結果、再生・修正機能は、思考過程の外化を実現し、学習者による思考過程の内省・対話を支援できることが検証された。次に求められる課題は、実験的研究の知見について、現実の理科授業を対象とした実践的な研究を通して裏付けることであると考えられる。

そこで本章では、再生・修正機能の有効性が現実の理科授業において発揮することを実証するために、小学校の理科授業に試作版ソフトウェアを導入した実践的研究を行った。

第1節 目的

本章では、再生・修正機能の有効性を評価する試みの一環として、小学校の理科授業へソフトウェアを導入し、質問紙調査、面接調査、相互行為分析を実施した。これら3つの調査を通して、再生・修正機能が思考過程の外化を実現し、学習者による思考過程の内省・対話を支援できるのかについて実践的に検討した。

第2節 方法

第1項 対象

ソフトウェアを導入したのは、兵庫県内の公立小学校第5学年の2クラスであった。一つのクラスは、教師1名と児童21名、もう一つのクラスは教師1名と児童18名であった。

対象教師2名のうち1名(K)は、コンセプトマップの授業での利用経験、コンピュータの授業での利用経験があり、ソフトウェアの旧バージョンの使用経験も有していた。しかしながら、ソフトウェアを授業へ導入したのは初めてであった。もう1名の教師(P)は、コンセプトマップ作成、コンピュータの授業での利用経験、および本ソフトウェア使用経験がなかった。対象児童は、コンピュータの使用経験は有していたが、コンセプトマップ作成および本ソフトウェア使用経験はなかった。

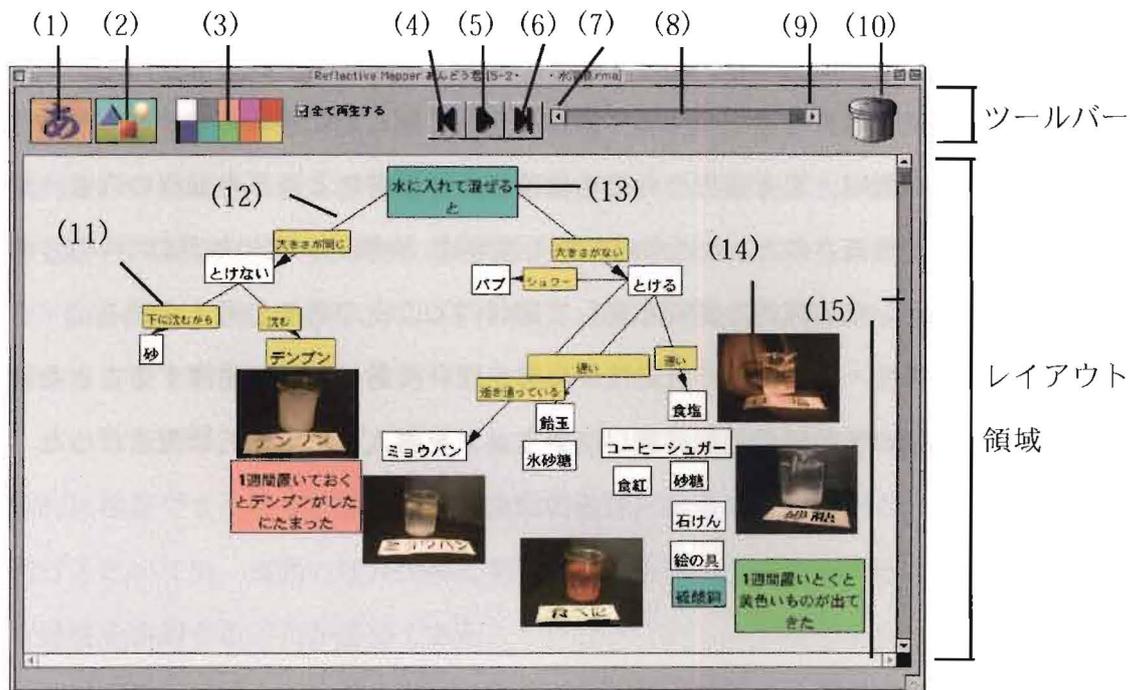


図 3-1 ユーザーインターフェース

ユーザーインターフェースの概要は以下の通りである。(1) テンプレート (文字ラベル), (2) テンプレート (絵・写真ラベル), (3) カラーパレット, (4) 最初へスキップボタン, (5) 再生/一時停止ボタン, (6) 最後へスキップボタン, (7) 巻き戻しボタン, (8) 再生スクロールバー: 任意の過程から再生できる, (9) 早送りボタン (10) ごみ箱: ラベルやリンクを削除できる, (11) リンキングワード, (12) リンク, (13) 文字ラベル, (14) 絵・写真ラベル, (15) レイアウト領域スクロールバー: レイアウト領域をスクロール表示することができる。

なお、2つのクラスともに、筆者が毎回の授業に参加し、評価データを収集しながら、技術的なサポートおよび学習指導のサポートを行った。

第2項 再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェア

図3-1には、授業で利用したソフトウェアのユーザーインターフェースを示している。ソフトウェアの実行には、デスクトップ型パソコン（ロジテック LPC-CE40DN；Celeron 400MHz；Windows 2000 + JRE 1.2；解像度 1,024 × 768 ドット）を計8台使用した。

ソフトウェアの名称については、ソフトウェアの正式名称が「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェア Reflective Mapper あんどう君」であることから、教師や子どもたちやサポーターの間では「あんどう君」という略称で呼ばれていた。

第3項 授業デザイン

ソフトウェアが導入された授業は、兵庫県内の公立小学校第5学年の理科の単元「もののとけ方」（計12時間）であった。単元目標は、理科室や身の回りのものを水に入れてかき混ぜる実験を通して、それらを「溶ける」「溶けない」に分類しながら、他者とのコミュニケーションを通じて「溶解」についての考え方を深めることであった。コンセプトマップは、4～5人のグループで1枚を作成し、実験を通して各種のものを分類した結果や自分たちの分類基準・理由を表現したり修正したり発表したりする手段として利用された。

図3-2には単元における学習活動とソフトウェアの利用について示している。単元の導入である1・2時間目では、教師の演示実験と子どもたちの紙ベースのコンセプトマップ作成が行われた。演示実験は、水の入ったビーカーに物品および物質を1種類ずつ入れて攪拌してみせるというものであり、教師は演示をしながら「これは溶けたと言えるでしょうか。それとも溶けないと言うのでしょうか」と発問していた。演示実験で使用された物品・物質は、以下の計13であった。(1) 砂糖, (2) ミョウバン, (3) 砂, (4) 食塩, (5) 絵の具, (6) 入浴剤, (7) デンプン, (8) 石けん, (9) コーヒーシュガー, (10) 硫酸銅, (11) あめ玉, (12) 氷砂糖, (13) 食紅。子どもたちは、演示実験を視聴した後、各物品・物質を水に溶けるものと溶けないものとに分類する形で、一人ひとりが紙ベースのコンセプトマップを作成した。ここで使用されたラベルは、「水に入れて混ぜると」「溶ける」「溶けない」

時間	学習活動	ソフトウェアの利用
1・2時間目	<ul style="list-style-type: none"> ・教師が、水の入ったビーカーに計13の物品・物質を入れて攪拌する演示実験を行う。 ・子どもたちは、演示実験を視聴した後、各物品・物質を水に溶けるものと溶けないものなどに分類する形で、一人ひとりが紙ベースのコンセプトマップを作成する。 ・演示実験で使用された物品・物質の中から、自分でさらに詳しく調べたいものを選ぶ。 	 
		<p>図 2a</p> <p>図 2b</p>
3時間目	<ul style="list-style-type: none"> ・同じ物品・物質を選択した子ども同士でグループを組む。 ・個人で作成した紙ベースのコンセプトマップをもとに、グループで1枚のコンセプトマップを作成する。[図 2a] ・次時の発表練習をする。 	<ul style="list-style-type: none"> →各物品・物質が水に溶けるものか溶けないものかを分類したコンセプトマップをグループで作成する。 →再生機能を用いて、作成過程を振り返りながら発表練習をする。
4時間目	<ul style="list-style-type: none"> ・作成したコンセプトマップをグループ単位で発表する。 ・発表に対して質疑応答を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> →再生機能を用いて、説明を加えながら発表する。 →質疑応答をもとに、コンセプトマップを加筆・修正する。
5～10時間目	<ul style="list-style-type: none"> ・選択した物質について、攪拌やろ過や加熱・冷却などの実験を行う。[図 2b] ・他のグループと情報交換をし、自分たちが扱わなかった物質についての結果を自分たちのコンセプトマップに反映させる。 ・コンセプトマップを作成していく中で、さらなる疑問が出たら、ふたたび実験を行って、コンセプトマップを洗練させていく。 	<ul style="list-style-type: none"> →実験結果をもとに、コンセプトマップを加筆・修正する。 →再生機能を用いながら、自分たちの「溶ける」に対する考え方を説明する。 →再生機能を用いながら、他のグループの考え方を説明してもらおう。 →実験結果をもとに、コンセプトマップを加筆・修正する。
11・12時間目	<ul style="list-style-type: none"> ・発表練習をする。 ・完成させたコンセプトマップをグループ単位で発表する。 ・発表に対して質疑応答を行う。 ・「溶ける」についてのまとめをクラス全体で行う。 	<ul style="list-style-type: none"> →再生機能を用いて、作成過程を振り返りながら発表練習をする。 →再生機能を用いて、説明を加えながら発表する。 →質疑応答をもとに、コンセプトマップを加筆・修正する。

図 3-2 単元における学習活動とソフトウェアの利用

の3つと、計13種類の物品名・物質名であった。リンキングワードには、「溶ける」や「溶けない」に分類した理由が記入された。そして、最後に演示実験で使用された物品・物質の中から、自分でさらに詳しく調べたいものを選択した。

3時間目は、グループ編成とソフトウェアを利用したコンセプトマップ作成、および次時に向けての発表練習であった。まず、子どもたちは、同じ物品・物質を選択した子ども同士4~5名で1つのグループを編成した。このグループ単位で、図3-2aに示すように、個人で作成した紙ベースのコンセプトマップをもとに話し合いながら、1枚のコンセプトマップをソフトウェア上で作成した。その後、発表練習を行った。次時では自分たちのコンセプトマップにおける「溶ける」「溶けない」の分類について、現状での考え方、考え方の変容やその理由を発表するので、それに向けて各グループで発表内容を検討した。

4時間目では、グループで作成してきたコンセプトマップをプロジェクターに投影しながら、クラス全体で発表しあった。発表の際には、ソフトウェアの再生機能を利用することで、グループで話し合ったり考えたりしてきたことのプロセスを説明した。各グループの発表後は、質疑応答が行われた。授業の最後には、質疑応答した内容をもとに、コンセプトマップを加筆・修正した。

5~10時間目では、グループ実験、コンセプトマップの加筆・修正、他のグループとの情報交換、の3つの活動をグループごとに自由に実施した。グループ実験では、図3-2bに示すように、攪拌やろ過や加熱・冷却などの操作を行った。コンセプトマップの加筆・修正は、実験結果を反映させる形で行われた。他のグループとの情報交換では、ソフトウェアの再生機能を利用することで、他のグループが実験した結果や「溶ける」について考えしてきたことのプロセスを説明した。なお、コンセプトマップの加筆・修正や他のグループとの情報交換においてさらなる疑問が生じた場合は、適宜新たに実験を行いながら、コンセプトマップを洗練していった。

11・12時間目では、発表練習を行った後に、単元のまとめとして、4時間目と同様の形式で発表および質疑・応答が行われた。各グループがコンセプトマップを加筆・修正した後は、クラス全体で「溶ける」についてのまとめが行われた。ここでも発表練習や発表の際に再生機能が利用されていた。

第4項 調査

再生・修正機能の有効性を検討することを目的として、次の3つの調査を実施した。

1. 子どもたちの視点からの評価

授業に参加した児童計39名を対象として、ソフトウェアの操作性、使用感、再生機能の有効性に関する計29項目の質問項目に対して質問紙法により回答を求めた。回答の仕方は、「かなりそう思う」「ややそう思う」「あまりそう思わない」「全くそう思わない」からなる4段階評定尺度であった。質問項目への回答は、単元終了後に約30分をかけて一斉に行われた。

2. 教師の視点からの評価

授業を実施した教師2名を対象として、児童や教師のソフトウェア利用とその有効性について、操作の簡便性、再生機能の有効性、ソフトウェアの改善点などの観点から1対1の個別面接法で回答を求めた。面接は、単元終了後に、1人につき約30分をかけて実施された。

3. 再生機能利用場面の相互行為分析

授業においてソフトウェアがどのように利用されて、子どもたちの内省や対話を支援していたのかの実態について授業の文脈に即して事例的に検討するために、再生機能利用場面の相互行為分析を行った。ここで再生機能利用場面というのは、図2-2における「3時間目の発表練習」「4時間目のグループ発表」「5～10時間目における他のグループとの情報交換」「11・12時間目における発表練習およびグループ発表」である。再生機能利用場面の相互行為に焦点を当てた理由は、本ソフトウェアの有効性を実践的に検討するために、もっとも着目すべき場面の相互行為だからである。

これらの場面における再生機能の利用の実態を質的に検討するために、1つのグループを追跡した。分析の対象は、児童4名(A1, A2, A3, A4)のグループ内の相互行為、ならびに当該グループと他のグループの児童、教師や大学サポータ等との相互行為であった。言語的・非言語的行為およびソフトウェアの画面操作は、2台のビデオカメラを用いて記録された。分析のためのデータ化として、言語的・非言語的行為および画面操作は紙面に書き起こされた。このデータをもとに、再生機能が内省や対話を支援していたことを特徴的に示す相互行為過程の事例として、「5～10時間目における他のグループとの情報交換」場面と「11・12時間目における発表練習」場面から2つのエピソードを抽出した。再生機能利

用場面のうち、単元後半の2つの場面に焦点を当てたのは、子どもたちが単元の前半よりは再生機能の利用にある程度習熟していると考えられたからである。さらに、その中でも「他のグループとの情報交換」と「発表練習」の活動に焦点を当てた理由は、その他の活動、つまり、実験結果や質疑応答の結果をコンセプトマップに反映させる活動や実際の発表活動に比べて、これらの活動においてはより多く再生機能を利用すると同時に、本ソフトウェアの利用で期待するところの思考過程の内省やグループ内・グループ同士の対話が頻繁に行われている推察されたためである。本分析においては、こうした活動から再生機能の利用が顕著であった2つのエピソードを抽出し、その相互行為過程を丁寧に読み解くことで、再生機能の利用の実態を質的に検討した。

第5項 時期

授業および3つの調査は、2000年11月初旬～12月初旬に実施された。

第3節 結果(1):子どもたちの視点からの評価

表3-1には、子どもたちによるソフトウェアの評価に関する回答傾向を示している。この回答傾向に基づいて、子どもたちの評価が肯定的な評価に偏っているのか、否定的なものに偏っているのかを検討するために、「かなりそう思う」「ややそう思う」を肯定的な回答、「あまりそう思わない」「全くそう思わない」を否定的な回答としてまとめて合計人数を算出し、各項目について、1(質問項目)×2(肯定的な回答・否定的な回答)の直接確率計算(両側検定)を行った。

コンピュータの操作に関する「(1) キーボードの文字入力」や「(2) コンピュータの操作」の2項目については、いずれも肯定的な回答が否定的な回答よりも有意に多かった($0.05 < p < 0.10$)。これより、子どもたちが理科授業でソフトウェアを利用することに対して、コンピュータの基本操作上の問題はあまりなかったと考えられる。

ソフトウェアの使用感のよさについては、肯定的に評価されていた。「(3) 授業で使うのは楽しかった。」「(4) 授業で役に立った。」「(5) 「もののとけ方」についてよく考えた」「(6) 他の授業でも使ってみたい。」の4項目ともに、肯定的な回答が否定的な回答よりも有意に多かった($p < 0.01$)。

表 3-1 子どもたちの視点からの評価

項目	かなり そう思う	やや そう思う	あまりそう 思わない	全くそう 思わない
1. コンピュータの操作				
(1) キーボードで文字を打つのは得意だ. *	2	24	9	4
(2) コンピュータの操作は得意だ. *	7	19	11	2
2. 使用感のよさ				
(3) 「あんどろ君」を授業で使うのは楽しかった. **	25	13	0	1
(4) 「あんどろ君」は授業で役に立った. **	24	10	5	0
(5) 「あんどろ君」を使いながら、「もののとけ方」についてよく考えた. **	16	15	7	1
(6) 他の授業でも「あんどろ君」を使ってみよう. **	21	12	4	2
3. ソフトウェアの操作性				
(7) 文字ラベルを作ったり動かしたり捨てたりするのは簡単だった. **	26	11	2	0
(8) 写真をコンセプトマップの中に貼り付けるのは簡単だった. **	28	9	2	0
(9) リンクを作ったり捨てたりするのは簡単だった. **	28	6	5	0
(10) リンキングワードを書くのは簡単だった. **	17	16	3	3
(11) コンセプトマップの再生は簡単だった. **	34	2	2	1
(12) 再生のスピードはちょうどよかった. **	12	19	7	1
(13) コンセプトマップの巻き戻しや早送りは簡単だった. **	33	6	0	0
(14) 前回の授業で作ったコンセプトマップや、他のグループの コンセプトマップを出すのは簡単だった. **	27	11	1	0
4. 自分のグループでのコンセプトマップの再生				
(15) たくさん再生した. **	11	23	5	0
(16) 自分たちのグループの話合いが活発になった.	5	18	14	2
(17) 自分たちの考えてきたことがよくわかった. **	13	22	4	0
(18) 自分たちが考えてきたことをうまく説明することができた.	0	25	11	3
(19) 他のグループからたくさんの質問や意見をもらった.	3	14	20	2
(20) 他のグループの友だちの言いたいことがよくわかった. **	10	19	8	2
(21) コンセプトマップに何を書き足せばよいかや、 どの部分を書き直したりすればよいかがよくわかった. **	13	18	7	1
5. 他のグループのコンセプトマップの再生				
(22) たくさん再生した.	5	15	7	12
(23) 他のグループの考えてきたことがよくわかった. *	6	21	8	4
(24) 質問や意見を言いたくなった.	1	13	17	8
(25) 他のグループの考えと自分たちの考えの同じところや 違うところがよくわかった. **	14	17	4	4
6. 他のグループによる再生しながらのコンセプトマップの説明				
(26) たくさんのグループに考えてきたことを説明してもらった. **	12	20	6	1
(27) 他のグループの考えてきたことがよくわかった. **	12	18	9	0
(28) たくさん質問や意見を言った. **	1	6	22	10
(29) 他のグループの考えと自分たちの考えの同じところや 違うところがよくわかった. **	19	14	5	1

N=39. 単位は人. **p<.01, *p<.05, +.05<p<.10.

ソフトウェアの操作性についても、高く評価されていた。コンセプトマップの基本的な作成操作である「(7) 文字ラベル」「(8) 写真ラベル」「(9) リンク」「(10) リンキングワード」については、いずれも肯定的な回答が否定的な回答よりも有意に多かった ($p<.01$)。再生機能の操作に関する「(11) 再生は簡単」「(12) 再生のスピード」「(13) 巻き戻しや早送りは簡単」についても、肯定的な回答が否定的な回答よりも有意に多かった ($p<.01$)。保存されたコンセプトマップ・ファイルの読み込みに関する項目(14)についても、同様の傾向であった ($p<.01$)。

再生機能の有効性については、自分のグループの中で再生する場合、他のグループとの情報交換において再生してもらった場合、他のグループに再生してもらいながら説明を受ける場合、の3つの観点から評価させた。まず、自分のグループでの再生については、いくつかの項目では否定的な評価もみられたが、ある程度は肯定的に評価された。再生機能の利用頻度に関する「(15) たくさん再生した。」、再生機能を利用した思考過程の内省に関する「(17) 自分たちの考えてきたことがよくわかった。」、他のグループの子どもたちからのコメントの理解に関する「(20) 他のグループの友だちの言いたいことがよくわかった。」、コンセプトマップの加筆・修正に関する「(21) コンセプトマップに何を書き足せばよいのかや、どの部分を書き直したりすればよいのかがよくわかった。」では、肯定的な回答が否定的な回答よりも有意に多かった ($p<.01$)。

しかしながら、再生機能を利用した際のグループ内の対話に関する「(16) 自分たちのグループの話合いが活発になった。」($p=0.34$)、思考過程の説明のよさに関する「(18) 自分たちが考えてきたことをうまく説明することができた。」($p=0.11$)については、肯定的な回答が否定的な回答よりも多いものの、その差は有意ではなかった。また、他のグループの子どもたちからのコメントの多さに関する「(19) 他のグループからたくさんの質問や意見をもらった」については、否定的な回答が肯定的な回答を上回っているが、その差は有意ではなかった ($p=0.52$)。これらの結果より、自分のグループでの再生については、再生機能を利用することで、グループ内の対話を活性化したり他のグループに自分たちの考えをうまく説明したり彼らからコメントをたくさんもらったりすることはあまり行われていなかったが、思考過程を内省したりコンセプトマップの加筆・修正の手がかりを得たり他のグループからのコメントを理解したりすることはある程度実現されていたと考えられる。

他のグループとの情報交換における再生については、これも否定的な評価もある一方で、一部では肯定的に評価されていた。「(23)他のグループの考えてきたことがよくわかった。」

($p < .05$), 「(25) 他のグループの考えと自分たちの考えの同じところや違うところがよくわかった。」については、肯定的な回答が否定的な回答よりも有意に多かった。一方、「(22) たくさん再生した。」($p = 0.99$), 「(24) 質問や意見を言いたくなかった。」($p = 0.11$) については、肯定的な回答と否定的な回答には有意な差はなかった。したがって、他のグループによるコンセプトマップの再生については、再生してもらった回数はあまり多くなく、質問や意見を積極的に言いたくなることはあまりなかったが、他のグループの思考過程や自分たちとの考え方の類似点や相違点を理解することが可能になったと考えられる。

他のグループに再生してもらいながら受ける説明については、否定的な評価も一部あるものの、おおむね肯定的に評価された。「(28) たくさん質問や意見を言った。」については、否定的な回答が肯定的な回答よりも有意に多かった ($p < .01$)。一方で、「(26) たくさんのグループに考えてきたことを説明してもらった」, 「(27) 他のグループの考えてきたことがよくわかった」, 「(29) 他のグループの考えと自分たちの考えの同じところや違うところがよくわかった。」の3項目については、肯定的な回答が否定的な回答よりも有意に多かった ($p < .01$)。これらの結果より、他のグループによる再生しながらのコンセプトマップの説明については、相手に対してあまりコメントしていないが、いろいろなグループから説明を受けながら、そのグループの思考過程や自分たちとの類似点や相違点をよく理解できていたと言える。

第4節 結果 (2) : 教師の視点からの評価

第1項 子どもたちのソフトウェア利用とその有効性

表3-2には、子どもたちのソフトウェア利用とその有効性に関する教師Pと教師Kの回答を抜粋して示している。まず、操作の簡便性については、2人の教師ともに高く評価していた。Pは、子どもたちがコンピュータを4年生から使用しておりコンピュータそのものに慣れているので、本ソフトウェアの利用も特に問題なかったと回答している。また、Kは、子どもたちがソフトウェアを使い始めた1時間目はそうでもなかったが、2時間目からは「どんどん自分たちで使ってた」と回答している。言い換えれば、導入の段階で基本的な操作方法を覚えてしまえば、その後は問題なく使うことができていたと評価していると考えられる。

表3-2 教師の視点からの評価(1):子どもたちのソフトウェア利用とその有効性

1. 操作の簡便性

P: それは結構子どもたちはコンピュータに4年生のときから慣れていたので、あの、よかったとは思うんです。

K: そうですね、初めてに関わらず、ま、1時間目はね、ちょっといろいろあったんですけども、それを覚えさえすれば、2時間目からはどんどん自分たちで使ってたので、その辺は随分使ってたんじゃないかなと思います

2. ソフトウェアの有効性

P: 再生は順番に振り返られるので(中略)よかったと思います(中略)。修正も、消して直してっていう鉛筆書きとかだったら時間もかかったり、汚くなったりするんですけども、そういうのも手早くできるし、便利に作られててよかったと思います。

K: まず、再生機能はほんとにビックリしてましたね(中略)。順番にずーっと図が表れていくおもしろさっていうのはすごい感じてたように思います。で、それをこう、じゃあ発表できるように再生してごらんって言うと、(中略)、グループによっては早く再生するところとかゆっくり再生するところとか、相談してやってたようですね。すごくそういう意味では再生機能は随分、発表には役立ったと思います。修正機能に関して、ほんとにすぐ修正が可能なのでね、で、あまり苦にならなく、子どもたちはやってたようです。

P:教師P, K:教師K. 下線は、質問事項に対する回答が顕著に示されている箇所である。

ソフトウェアの有効性についても、その再生機能や修正機能が2人の教師によって高く評価されていた。Pは、再生機能によって作成過程の振り返りができることを評価している。修正機能についても修正が迅速にかつ簡便にできることを認めている。Kは子どもたちが再生機能を興味深く利用していたことを評価している。また、グループの発表においては「早く再生するところとかゆっくり再生するところとか、相談してやってた」と再生のスピードをうまくコントロールできたことを指摘しつつ、自分たちが考えてきたことを説明する際に役立ったことを評価している。修正機能についても、子どもたちにとってコンセプトマップの修正が簡便であったことを認めている。

第2項 教師のソフトウェア利用とその有効性

表3-3には、教師のソフトウェア利用とその有効性に関する回答の抜粋を示している。操作の簡便性については、PとKで評価がわかれていた。Pについては自分がコンピュータが苦手なことを認めながら、今回の単元では「私自身が使いこなせる」レベルまでは達することができなかったと回答している。一方、Kは、本ソフトウェアの旧バージョン¹⁷⁾と比較しながら、ドラッグ&ドロップや画面スクロールなどの改良点を指摘しつつ、操作が簡単であり使いやすいことを評価している。ここで、教師自身にとっての操作の簡便性に関する評価が2人の教師の間で異なっているのは、コンピュータの授業での利用経験および本ソフトウェアの使用経験が大きく影響していると考えられる。

これに対して、ソフトウェアの有効性については、2人の教師ともに高く評価していた。Pは、再生機能を利用することで、「子どもたちの考えの過程」や「あっちいたりこっちいたり子どもたちがやっている」様子や「段階を踏んで考えた」こと、つまり彼らの「溶ける」に関する思考過程をよく理解できたことを評価している。同様に、Kは、子どもたちの「迷い」が普段の授業では「絶対見えない」ことを指摘しつつ、再生機能を利用することで、その「迷い」について「理由を聞くことができる」と高く評価している。そうした「迷い」を知ることは、単元のまとめにおいて役立ったとしている。また、子どもたちの「溶ける」に対する考え方について、「どんなふうにならなくなっていったかっていう移り変わり」を把握できたことも高く評価している。

さらに、Kは、授業終了後に再生機能を利用しながらコンセプトマップを閲覧することで、子どもたちの思考過程を把握することができて、次の授業をデザインするのに役立つ

表3-3 教師の視点からの評価(2):教師のソフトウェア利用とその有効性

1. 操作の簡便性

P: 私は、自分がもうコンピュータが全然できないので(中略)自分自身がやってみるということがほとんどできなかったの、あの一、どうなんでしょうね。私自身が使いこなせるとこまでは今回はいけなかったんですけども。

K: あ、これ、すごく使いやすくなったと思います。1回目は左側にありましたから、あれから比べたら、あの一、ドラッグ&ドロップも随分楽になりましたしね、だから今回の操作に関しては随分簡単に(中略)。下にどんどんこれ、画面がスクロールするようになったから、その面でもすごく、こう、つなげていけるようになって、だからすごく、こう、マップのスペースが大きく取れているのがよかったですね。

2. ソフトウェアの有効性

P: この授業に関しては、いろいろこう、考えていった子どもたちの考えの過程がね、もうほんとに溶けるか溶けないかだから、あっちいたりこっちいたり子どもたちがやっているのがよくわかって、はい、よかったですと思います(中略)。どういうふうに考えていったのかなというのが、あ、机間巡視とかしてたらそのときだけしか見えないんですけど、その再生機能とかがあると、その、自分がいく前に考えてた、「こんなふうな段階を踏んで考えたんだ。」というのがわかるので、そういう面でも、機能があるのはいいなと思いました。

K: 迷いがね、迷いが、あの一、授業では絶対見えないですからね。だからこういうので残してあって、再生機能があることによって、始めはこっちに入ってたのに何でこっちに入っただのといった理由があって、でその理由を聞くことができるというのが随分、あ、最後のまとめのときにね、役に立ちました(中略)。やっぱり、今言ったみたいに、考え方がわかるというのがすごくいいですね。もう本当に最終的なとき、その瞬間のことしか子どもたちの書いたのは見れないですからね。だからそれが、どんなふうに変わっていったかっていう移り変わりが(中略)。授業中はもちろんそうですけれども、終了後に結構見て、今日どんなことを書いたのか分析してね、で、次の授業に活かすのが随分役立ちましたね(中略)。授業後にゆっくり一人で見て、考えることができる。だから、そういう面ではすごく、授業の組み立て、デザインするときに、助かりました。

3. ソフトウェアの改善点

P: (特にコメントなし)

K: やっぱり写真の大きさが変えれたら、いいですね。やっぱりね、子どもたちこれ困りましたからね、大きいから、書き込みにくいんですよ(中略)。これに関してはやっぱり写真の大きさをスクロールできてちょっと修正できて貼り付けれたら言うことないですね。

P:教師P, K:教師K. 下線は、質問事項に対する回答が顕著に示されている箇所である。

たと回答している。これは、授業中における学習指導だけではなく、授業終了後における次時の指導計画の立案や修正にも再生機能は有効であったことを評価していると考えられる。

ソフトウェアの改善点については、大きな改善点は指摘されていなかったが、Kは絵・写真ラベルの大きさを自由に調整できることを要望していた。本ソフトウェアの絵・写真ラベルは、ソフトウェア側で自動的に一定の大きさに指定される。今回の授業のコンセプトマップでは、図1にも示したように、デンプンやミョウバンなどをビーカーに入れた様子の写真をラベルとして用いていた。このラベルの大きさが他のラベルに比べて大きいため、子どもたちは他のラベルを配置するのが困難であったと指摘している。

第5節 結果 (3) : 再生機能利用場面の相互行為分析

再生機能が内省や対話を支援していたことを特徴的に示す相互行為過程のエピソードとして、「他のグループに対する思考過程の説明場面における『にごる』をめぐる内省や対話の活性化」と、「グループでの発表練習場面における再生機能を利用した『溶ける』『溶けない』基準の再発見」の2つのエピソードが抽出された。以下では、これら2つのエピソードにおける相互行為を記述・説明することを通して、再生機能の利用が子どもたちの内省や対話をどのように支援していたかについて検討する。

第1項 エピソード1 : 他のグループに対する思考過程の説明場面における「にごる」をめぐる内省や対話の活性化

図3-3には、他のグループに対する思考過程の説明場面における相互行為を示している。このエピソードは、7・8時間目に相当する授業から抽出された。子どもたちの活動は、他のグループのコンセプトマップについて再生してもらいながら「溶ける」「溶けない」についての考え方や実験結果などを説明しあうことであった。このエピソードにおいて、子どもたちは、再生機能を利用したコンセプトマップの説明やサポータの発話を通して思考過程を共有することで、「溶けない」の基準としての「にごる」に関する内省や対話を活性化させている。

まず、図3-3のエピソードは、他のグループの児童B1が説明を求めにくるところから開

言語的・非言語的行動	ソフトウェアの操作
01B1 : ((A 班のコンピュータの近くにきて))説明してください。 ((中略))	
02SP : 時々止めて、ちょっとポイントで説明して、	SP : 再生ボタンを押す。
03B1 : ポイントで説明しておくれ。	
04SP : 書いてて、変わったところある?	
05A1 : ある。せっけんと絵の具とか。せっけんを洗剤に変えて ()。	
06A2 : ながー、これ。めっちゃ長いやん。	
07A1 : [図3a] ((画面を指差して))バブとかを溶けないにしていたのを溶けるにした。で、最後に、溶けないのは砂だけになりました、ということです。	
08A1 : ((コンピュータの画面を見ている)) ((中略))	A1 : [図3b] 最初へスキップボタン、再生ボタンを使って、最初から再生する。 (これ以降、作成過程が再生され続けている)
09SP : 最初、せっけんと絵の具と入浴剤が「溶けない」やったん?	
10A1 : そう、何かにごってたから ()。	
11SP : にごってたん?	
12A2 : 何かP先生が「にごってんのは溶けない」って、言ってたから溶けないにしてん。	
13SP : おんなじ? ((聞いてる子どもに向かって))	
14A3 : デンプンが溶けると溶けなくなったんだけど ()。	
15B1 : あ、僕たちと一緒っほいね。「白くにごっている」が僕たちと一緒だー。一緒だ、一緒だ ()。	
16A1 : バブとかは実験してたら溶けたから ()。	
17SP : 一緒のような感じ? ((聞いてる子どもに向かって))	
18B1 : デンプンに書いてあるのが一緒。	
19SP : デンプンのところ一緒? ((B1 に向かって))	
20A1 : でもデンプン変わるで。	
21B1 : あっ、デンプンの実験結果教えてあげようか?	
22A1 : えっ?	
23B1 : デンプンの実験結果 ()。	
24A3 : さっき2組の見てんけどさあ ()。	
25B1 : なぬ? ((驚いている様子))	
26A3 : 黄色くなっとってん。	
27A1 : で、透き通ってたから。	
28A3 : そうそう、だから溶けるに変わっちゃったの。	



図 3a

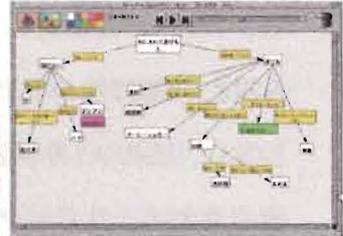


図 3b

A1 : 児童 A1 / A2 : 児童 A2 / A3 : 児童 A3 / B1 : 児童 B1 / SP : サポート / A1・A2・A3・B1・SP の前に付した数字 : トランスクリプトの通し番号 / (()) : 非言語的行動・注釈 / ? : 語尾の音の上がり / () : 聞き取り不明瞭

図 3-3 エピソード 1 : 他のグループに対する思考過程の説明場面における相互行為

始されている (01B1). しばらくしてサポータが再生ボタンを押して、「時々止めて、ちょっとポイントで説明して」と説明のための方略を助言する (02SP). さらに、サポータは、「書いてて、変わったところある？」とコンセプトマップを修正したり考え方が変容したりした点について説明することを促進する (04SP). すると、A1が「ある. せっけんと絵の具とか、せっけんを洗剤に変えて」というように説明を始めるようになる. 続けて、画面を指差しながら、「バブ」を「溶けない」から「溶ける」に変更したこと、最終的に「溶けない」に分類したのは「砂」だけであること、を説明する (07A1). こうしたA1による作成過程の説明は、まず、サポータの発話に方向づけられて達成されたと考えられる. サポータの質問に応答する形でA1の発話がなされているからである. さらに加えて、A1の説明は、作成過程を再生することによっても方向づけられていたと考えられる. それは、図3-3aの身体配置に示すように、A1が画面を指差しながら、発話 (07A1) を行っていたことに顕著に示されていると考えられる. 再生機能によって説明したい箇所の作成過程が可視化されることで、口頭による説明が支援されていたと記述可能だからである.

このようにしてA1の説明を通して「溶けない」から「溶ける」へ変更した箇所が明確にされたが、続く相互行為を通して、「溶けない」とみなした基準が付け加えられることで、A1の説明が洗練されることになる. A1が再び最初から作成過程を再生すると、サポータは、「せっけんと絵の具と入浴剤が「溶けない」やったん？」と質問する. すると、A1やA2は、「溶けない」に分類した基準が「にごっている」ことであったと回答する (10A1, 12A2). このA1やA2の発話によって、このグループでの「溶けない」の基準が社会的に表示されて、サポータや他の子どもたちに観察可能となっている. これらのA1の説明が洗練される相互行為において、対象グループのコンセプトマップの作成過程を再生することは、A1の説明を誘引したサポータの質問のためのコンテキストを編成していると記述することができる. サポータの「せっけんと絵の具と入浴剤・・・」という具体物を列挙した発話 (09SP) は、再生機能によって作成過程の最初の部分が可視化されることで、そうした具体物を理解しそれらに言及できていたといえる.

続けて、「にごる」をめぐる内省や対話が活性化されていく. 「溶けない」の基準が「にごる」であることが明確にされた後、サポータは他の子どもたちに対して「おんなじ？」と問いかける (13SP). それに対して、A3はデンプンも同様の理由で「溶ける」から「溶けない」に変更したことに言及する (14A3). すると、他のグループのB1が「白くにごっている」ことが自分たちと同じ考え方であることを指摘する (15B1). このB1の発話を契機

として、デンプンに関する分類基準が2つのグループで同じであることが確認される(17SP, 18B1, 19SP)。図3-3bには、画面操作のビデオ記録から特定した、この時点のコンセプトマップの状態を示している。図3-3bのコンセプトマップに従えば、「溶けない」ラベルと「デンプン」ラベルの間のリンキングワードには、「白くにごっている」と表現されている。ここでは、再生機能によって子どもたちやサポータが注目している箇所が可視化されることによって、「にごる」に関する内省や対話のためのコンテキストが編成されていると記述できる。

さらに、「にごる」に関する内省や対話がコンテキストとなり、デンプンの実験結果に関する対話が展開されていく。A1が「白くにごる」という基準でデンプンを「溶けない」に分類していたのが変更されたと指摘すると、デンプンの実験結果に関する情報交換が行われていく(21B1, 22A1, 23B1, 24A3)。すると、B1は驚きを示すとともに、A3やA1が「透明である」という新たな実験結果に基づいてデンプンを「溶ける」に分類し直したことについてコメントする。こうしたA3やA1による情報提供は、B1が驚きを示していたことから、B1にとって自分たちの考え方を内省することによって有益であったと考えられる。このような情報提供という形での対話は、作成過程の再生を通した「にごる」に関する内省や対話に方向づけられて展開されたものである。その意味において、作成過程の再生は、「にごる」をめぐる対話をさらに発展させることを支援していたとすることができる。

以上のように、このエピソードにおいて、再生機能は、対象グループの「溶ける」「溶けない」の分類基準に関する内省の共有、質問という形での他者による内省への関与、「にごる」についての新たな対話の展開といった学習活動へ貢献していたとすることができる。

第2項 エピソード2:グループでの発表練習場面における再生機能を利用した「溶ける」「溶けない」基準の再発見

図3-4には、グループでの発表練習場面における相互行為を示している。このエピソードは、11・12時間目の授業から抽出された。子どもたちの活動は、自分たちのコンセプトマップにおける「溶ける」と「溶けない」の分類について、現状での考え方や考え方の変更とその理由などを次の時間に発表するというもので、事前に発表内容を練習するというものであった。このエピソードにおいて、子どもたちは、再生機能を利用して「砂」を「溶けない」に分類した理由を再検討する中で、「絵の具」や「洗剤」の実験結果についての見方

言語的・非言語的行動	ソフトウェアの操作
01A1 : だから、まず、溶けなかったのは、砂とせっけんと絵の具と入浴剤やろ。それから()。これや、最後の()。ここらへんから考え変わってきたんや。() ここからや。だから初め溶けなかったのが、砂・絵の具・バブ・洗剤・デンプンやっただけど、後から、最終的には溶けないのは砂だけになりました。	A1 : 再生スクロールバーを用いて、巻き戻しや早送りをする。
02A2 : ((画面を見ている))	
03A3 : ((画面を見ている))	
04A4 : ((画面を見ている))	
(中略)	
05A4 : ((画面を見ながら)) ねえ、砂が出てきた理由とかさ、いらないの？	
06A1 : じゃあ、理由だけ探していこう。	
07A3 : あのさ、あのさ、絵の具はさ、流したら透明な()。	A1 : 最初ヘスキップボタンを押してから、再生ボタンを押す。
08A1 : 絵の具はあれちゃうん、あの、置いてたやん、誰かが。	A1 : 早送りボタン、巻き戻しボタンを押して、早送りしたり巻き戻ししたりする。
09A3 : 絵の具は置いてたら黄色に見ええし、流したら透明になって流れたから()。	A2 : [図4b] 早送りボタン、巻き戻しボタンの操作を中止する。
10A1 : (中略) ((画面を指差して)) ちょっと待って、ここで止めて [図4a]. 絵の具は、えーっと、流そうとしたら透きとおっていたからやんな。	
11A3 : 置いてたら黄色いのが、黄色く薄くなってたから。	
12A1 : 置いてたら、黄色く薄くなってたから。洗剤もやろ？洗剤も一緒。洗剤と絵の具は、えーっと、白く、えーっと、置いていると黄色く薄く()。	
13A4 : 黄色っぽくなってた。	
14A3 : 透明になってた。	
15A1 : うんうん。	
16A2 : うんうん。	
17A4 : うんうん。	
18A4 : だから、溶けるにしたんでしょ。	
19A3 : バブは、お風呂に入れたら透明になるから()。	
20A1 : 砂は？砂。	
21A3 : 砂は下に沈んでいるから()。	
22A1 : 砂は混ぜても、下にたまってる。	
23A3 : 流れの速い川でも()。	
24A1 : うん。よし、理由できた。	



図4a

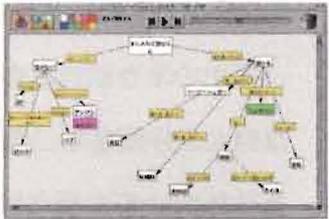


図4b

A1 : 児童A1 / A2 : 児童A2 / A3 : 児童A3 / A4 : 児童A4 / A1・A2・A3・A4の前に付した数字: トランスクリプトの通し番号 / (()): 非言語的行動・注釈 / ? : 語尾の音の上がり / (): 聞き取り不明瞭

図3-4 エピソード2: グループでの発表練習における相互行為

の変容を振り返りながら、「溶ける」の一つの基準が「透明である」ことや、「溶けない」の一つの基準が「下にたまる」ということをグループで再発見する。

まず最初に、児童A1がグループを代表して、再生スクロールバーを用いて作成過程を巻き戻したり早送りしたりしながら、「まず、溶けなかったのは、砂とせっけんと絵の具と入浴剤やろ。それから」(01A1)と発表する内容やセリフについて検討を始めている。続けて、再生を繰り返すうちに、「ここらへんから考え変わってきたんや」(01A1)と自分たちのコンセプトマップを変化させた箇所が次第に明確になってくる。それにつれて、徐々に変化について発表する内容やセリフが洗練されて、「初め溶けなかったのが、砂・絵の具・バブ・洗剤・デンプンやったけど、後から、最終的には溶けないのは砂だけになりました」(01A1)と発話できるようになっている。

こうした児童A1の一連の行為は、他のメンバーA2・A3・A4が画面を見ることで(02A2, 03A3, 04A4), A1と作成過程を共有することができているために、彼らにとって観察可能であったと考えられる。ここでは、再生機能を通じた思考過程の内省によって、「絵の具・バブ・洗剤・デンプンを「溶けない」から「溶ける」に変更した」という変容の再発見が実現されていたと考えられる。

続いて、A4は、画面を見続けながら「砂が出てきた理由とかさ、いらないの?」(05A4)と発話している。このA4の発話は、先のA1の発話(01A1)によって、最終的に「溶けない」が砂だけになった、つまり「絵の具・バブ・洗剤・デンプンを「溶けない」から「溶ける」に変更した」という発表内容がある程度確定されたことを認めると同時に、その変更した理由をもう一度振り返ることを提案しているものとして記述できる。実際、この後A1やA3の行為からもわかるように、「絵の具・バブ・洗剤・デンプンを「溶けない」から「溶ける」に変更した」理由の検討が開始される。

A1は、「じゃあ、理由だけ探していこう」と発話し、最初へスキップボタンを押してから作成過程を最初から再生し始める(06A1)。すると、A3は、絵の具に関する実験結果に言及して、「あのさ、あのさ、絵の具はさ、流したら透明」であったと発話している(07A3)。このA3の発話では「あのさ」という語句が2回繰り返されていることから、「絵の具を流したら透明であった」ことの内省がA3にとって大きな再発見であり、それを他のメンバーに強調していると考えられる。ここで、A1の再生機能の操作を通じた作成過程の再生は、A3の再発見が達成されるためのコンテキストを編成していたと記述できる。なぜなら、再生機能によって「絵の具」に関する作成過程が可視化されることで、「絵の具」に関する実

験結果を想起し、自分たちの考え方の変容と「透明」を関係づけることが実現されていたからである。

このA3による再発見は、続けて行われた作成過程の再生やそれを契機とした発話によってさらに洗練される。A3の発話の後、A1は、いままで作成過程を時系列的に再生しているのを中止して、早送りボタンや巻き戻しボタンを押しながら、作成過程の一つひとつを詳細に再生する。それと同時に、「絵の具はあれちゃうん、あの、置いてたやん、誰かが。」と実験したときの様子をさらに想起しようとする(08A1)。それを受けて、A3は、絵の具を水の入ったビーカーに入れて置いておいたときと、その中身を水槽に流そうしたときの様子を対比しながら、「絵の具は置いてたら黄色に見えたし、流したら透明になって流れた」と発話する(09A3)。この後、図3-4aに示しているように、他のメンバーが画面を見続ける中、A1は画面を指差しながら、再生を一時停止して絵の具の実験結果について検討することを提案する(10A1)。それを受けて、A2は、早送りボタンや巻き戻しボタンの操作を中止することで、再生を停止している。図3-4bには、画面操作のビデオ記録から特定した、この時点のコンセプトマップの状態を示している。ここでの発話内容やコンセプトマップの表現から彼らの変容を推察すると、最初は「絵の具」については、「黄色くなる＝溶けない」とみなしていたが、実験中に溶液を水槽に流した経験を通して「黄色くなるが透明である＝溶ける」とみなすようになった、というものだと考えられる。このことは、A4の「だから、溶けるにしたんでしょ。」(18A4)という発話からも推察することができる。

さらに、絵の具に関する見方の変容は、洗剤やバブの実験結果と関連づけられる。A1は、発表する際のセリフを考える途中で、「洗剤もやろ？洗剤も一緒。洗剤と絵の具は、えーっと、白く・・・」と絵の具に対する見方の変容と洗剤に対する見方が類似していることを指摘する(12A1)。続いて、A4の「黄色っぽくなってた。」(13A4)やA3の「透明になってた。」(14A3)といった発表のセリフを確定するような発話がなされた後に、「うんうん」とメンバー間で強い同意が示されている(15A1, 16A2, 17A4)。さらに、A3は、「バブは、お風呂に入れたら透明になるから」と、バブもお風呂に入れた場合は透明であるという理由で、絵の具と同様に見方を変容させたことが指摘されている(19A3)。

このようにして、「溶ける」と「透明」の関連づけがメンバーの間で再確認されてくると、エピソードの最後では、「砂」を「溶けない」に分類している理由を再発見するようになる。A1の「砂は？」(20A1)の発話に方向づけられて、A3は「下に沈んでいる」という「溶けない」に分類した基準を発話する(21A3)。A1も「砂は混ぜても、下にたまってる。」と実

験結果を付け加える形で、A3の基準を洗練する(22A1)。さらにA3は、A1の考えを支持するように、流れの速い川の事例に言及する(23A3)。その後、「理由できた。」(24A1)と発話がなされて、一連の相互行為が終えられる。20A1から24A1までの相互行為においては、「溶けない」の基準として、「下に沈む」「下にたまる」ということが確認されているのである。確かに、コンセプトマップでは「水に入れて混ぜると」ラベルと「溶けない」ラベルの間のリンクワードには、すでに「沈む・にごる」という言葉が書き込まれているが、ここでは、再生機能を利用した内省や対話を通して「溶ける」の基準が「透明」であることを確認してきたのを受けて、「溶けない」の基準のうち「沈む」が強調されている、つまり、「溶けない」の基準としての「沈む」が再発見されているといえる。

第6節 考察

本研究では、小学校の理科授業へコンセプトマップ作成ソフトウェアを導入し、質問紙調査、面接調査、相互行為分析の3つの調査を行う中で、再生・修正機能の有効性について実践的に検討してきた。

本研究の結果より、コンセプトマップの作成過程を自由に再生・修正できる機能は、現実の理科授業における教師の学習指導や子どもたちの学習を支援する道具として有効であると結論できる。

質問紙調査の結果では、ソフトウェアの使用感のよさや操作性について高く評価されていた。再生機能の有効性については、他のグループから意見をもらったり相手に意見したりすることはあまり活発ではなかったと評価された。しかしながら、自分たちの思考過程を内省したり、コンセプトマップの加筆・修正の手がかりを得たり、他のグループからの意見を理解したり、他のグループとの考え方の類似点・相違点を明確にしたりするという範囲において、子どもたちの「溶ける」という学習内容に関する内省や対話を支援していたことが認められていた。

面接調査の結果においても、授業におけるソフトウェア利用やその有効性は高く評価されていた。子どもたちについては、操作の簡便性、再生機能による内省や発表支援、修正機能による修正の支援が実現されていたことが認められていた。教師についても、操作の簡便性は評価がわかれていたものの、再生機能を利用することで、従来では困難であった子どもたちの思考過程の詳細の把握や、授業計画の即時的な立案・修正が初めて可能になっ

たと評価されていた。

再生機能利用場面の相互行為分析では、2つのエピソードの分析を通して、再生機能が子どもたちの内省や対話を支援することを授業のコンテキストの内実に即して例証できた。コンセプトマップの再生によって、作成過程は相互に観察可能なものとして可視化される。そこから、子どもたちやサポータの発話がなされるためのコンテキストが編成されて、「にげる」という基準をめぐる内省や対話が活性化されたり、「透明」「下に沈む」などの「溶ける」「溶けない」の基準が再発見されたりしていた。言い換えれば、再生機能を通じた思考過程の内省や対話を契機にして、子どもたちの「もののとけ方」に関わる理解が深化されることを例証できたのである。思考過程に焦点を当てた学習者の内省および対話は、従来の紙ベースの作成方法では支援できなかったものであり、作成過程の再生を可能とした本ソフトウェアによって十分に支援することができたと推察される。

また、本研究の結果は、第2章で実験的に明らかにされたソフトウェアの有効性の一部を、実際の理科授業の文脈に即した形で支持する結果になり得たといえる。これまでの研究においてその使用感や操作性が高く評価されていたユーザーインターフェースは、グループ単位での使用という制限つきではあるが、キーボード入力やコンピュータ操作などにある程度慣れた子どもたちであれば特に問題なく使用できることがわかった。それに加えて、単元を通して継続的にソフトウェアを使用するという導入の仕方で、実験活動や実験結果のコミュニケーションを重視する授業において十分利用できるということがわかった。さらには、思考過程の内省や対話の支援という観点で高く評価されていた再生機能についても、授業中における子どもたちの学習内容に関わる内省や対話、そして教師による学習指導へ貢献できる可能性が示唆された。

第7節 本章のまとめ

以上のように、本章では、小学校の理科授業に試作版ソフトウェアを導入した実践的研究を行ってきた。その結果、第2章で実験的に検証された再生・修正機能の有効性が、理科授業においても発揮することを実践的に明らかにすることができた。

第2章と本章の結果をまとめると、再生・修正機能は、思考過程の外化を実現し、学習者による思考過程の内省・対話を支援できると結論することができる。この結論から、再生・修正機能と共同作成機能を合わせ持ったソフトウェアを開発すれば、思考過程の外化とい

う側面までを含んだ形で協調学習を支援するという可能性が、より鮮明に見出されたと言える。

そこで次章では、試作版ソフトウェアをベースとして、共同作成機能と再生・修正機能を実装した新しいソフトウェアの開発に着手する。

第4章 再生・修正機能と共同作成機能を実装したコンセプトマップ作成ソフトウェアの開発

第2章の実験的研究, 第3章の実践的研究を通して, 再生・修正機能は, 思考過程の外化を実現し, 学習者による思考過程の内省・対話を支援できると結論することができた. この結論から, 再生・修正機能と共同作成機能を合わせ持ったソフトウェアを開発することで, 思考過程の外化という側面までを含んだ形で協調学習を支援するという可能性がより鮮明に見出された.

そこで本章では, 試作版ソフトウェアをベースとし, それを大幅に改良・拡張することで, 再生・修正機能と共同作成機能を実装したソフトウェアを新しく開発する. ソフトウェアの特徴的な機能は, 以下の3点である.

- (1) 再生機能: ソフトウェアはコンセプトマップの作成過程を自動的に保存する. 学習者は, 作成途中でも随時, その作成過程を再生することができる.
- (2) 修正機能: 学習者は, 作成過程の任意の時点までアンドゥすることによって遡り, コンセプトマップを修正することができる.
- (3) 共同作成機能: 学習者は, ネットワーク上で複数のコンピュータを用いて画面を共有しながら, コンセプトマップを共同で作成できる.

以下では, 開発したソフトウェアの環境, システム構成, ならびにユーザーインターフェースについて述べる.

第1節 開発環境及び実行環境

本ソフトウェアは, Windows 2000 上において, Borland JBuilder4 を用いて開発した. クライアント・サーバ形式を採用しており, 通信には Java-RMI を用いている.

実行環境は, TCP/IP ネットワーク上において, 各コンピュータには, Windows 95/98/NT4.0/2000のいずれかのOSと, Java 2 SDK SE(RE) Version 1.3がインストールされ, ソケット通信が可能となっている必要がある.

第2節 システム構成

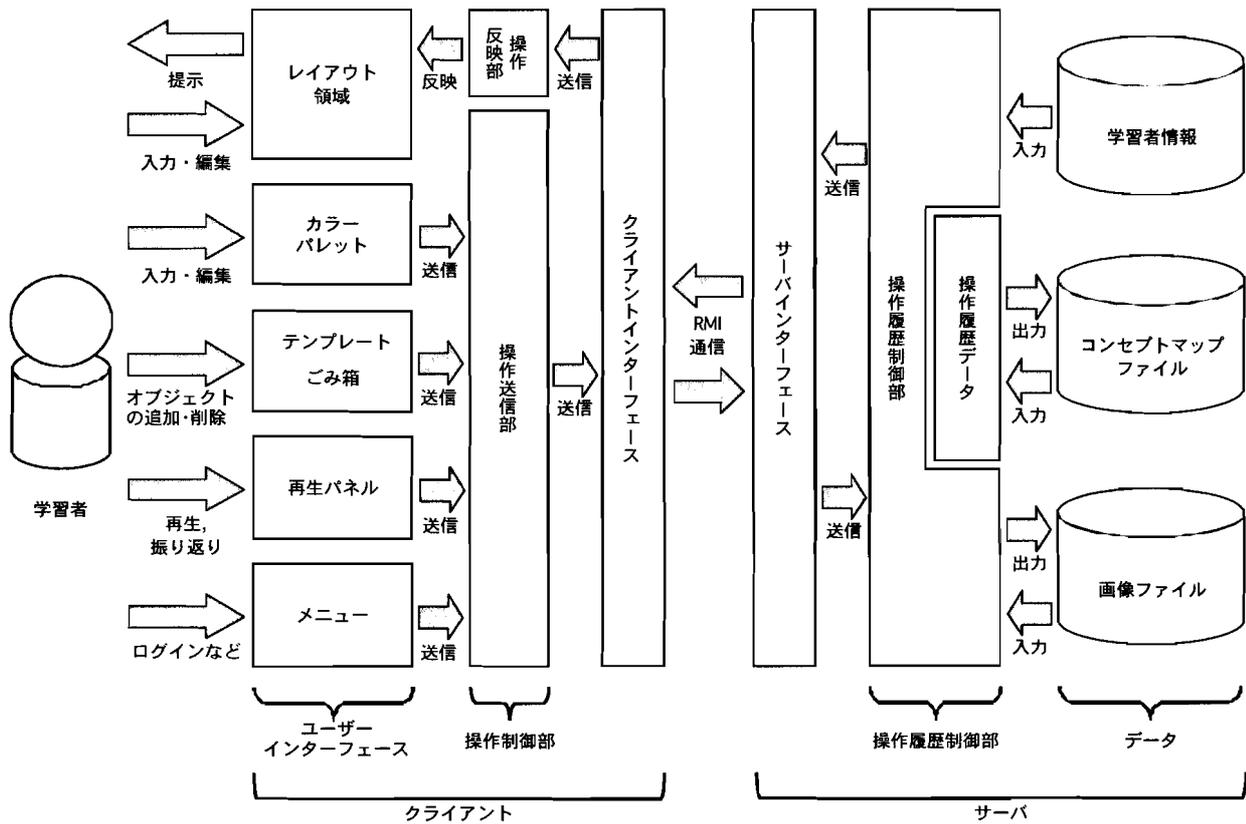


図 4-1 本ソフトウェアのシステム構成図

図4-1は、本ソフトウェアのシステム構成図である。ここではクライアントを1つしか示していないが、当然のことながら、サーバには複数のクライアントが接続できる。また、サーバは複数のコンセプトマップファイルを管理できる。

任意のコンセプトマップにログインした後、学習者は、ラベルとリンク、リンキングワードが配置されるレイアウト領域や、再生操作の再生パネルなどのユーザインターフェースに対して、各種の操作を行う。

こうした操作の情報は、操作送信部に命令として送られる。この命令は、ネットワークを介してサーバに送信された後、操作履歴制御部を通して操作履歴データに加えられる。そして、そのコンセプトマップにログインしている各クライアントに送信され、操作反映部を通じて、それぞれのレイアウト領域に反映される。

レイアウト領域に配置されたラベルなどのオブジェクトは、排他的に制御される。学習者があるオブジェクトを選択すると、全てのクライアントの画面上で、そのオブジェクトが被選択状態となる。この時、他の学習者は、そのオブジェクトが解放されるまで、それに対して操作を施すことはできない。

また本ソフトウェアでは、アンドゥ、リドゥの操作についても、操作履歴データに記録される。アンドゥを行って新しい操作を施しても以前の操作内容は消去されず、学習者による操作の全てが操作履歴データに蓄積される。そのため、本ソフトウェア上では、コンセプトマップの作成過程を自由に再生したり、任意のどの時点からでも修正することが可能である。

第3節 ユーザーインターフェース

第1項 サーバの起動

全てのクライアントを起動する前に、まず、サーバを起動しておく必要がある。図4-2は、サーバのユーザーインターフェースである。このユーザーインターフェースには、登録されている学習者のグループと名前、保存されているコンセプトマップの名前が表示される。また、サーバを起動したコンピュータ上で、クライアントを起動して使用することも可能である。

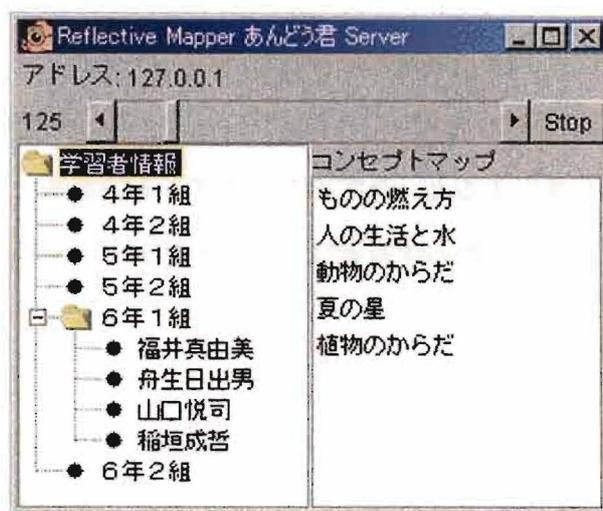


図 4-2 サーバのユーザーインターフェース

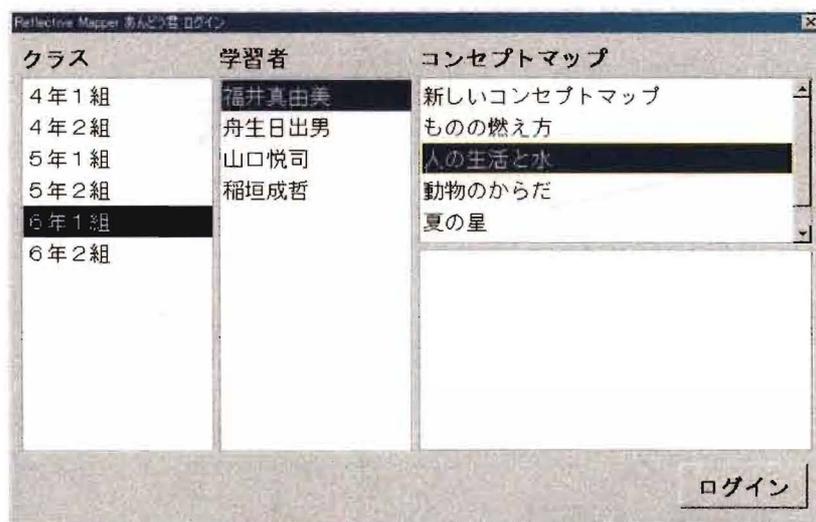


図 4-3 ログイン・ウインドウ

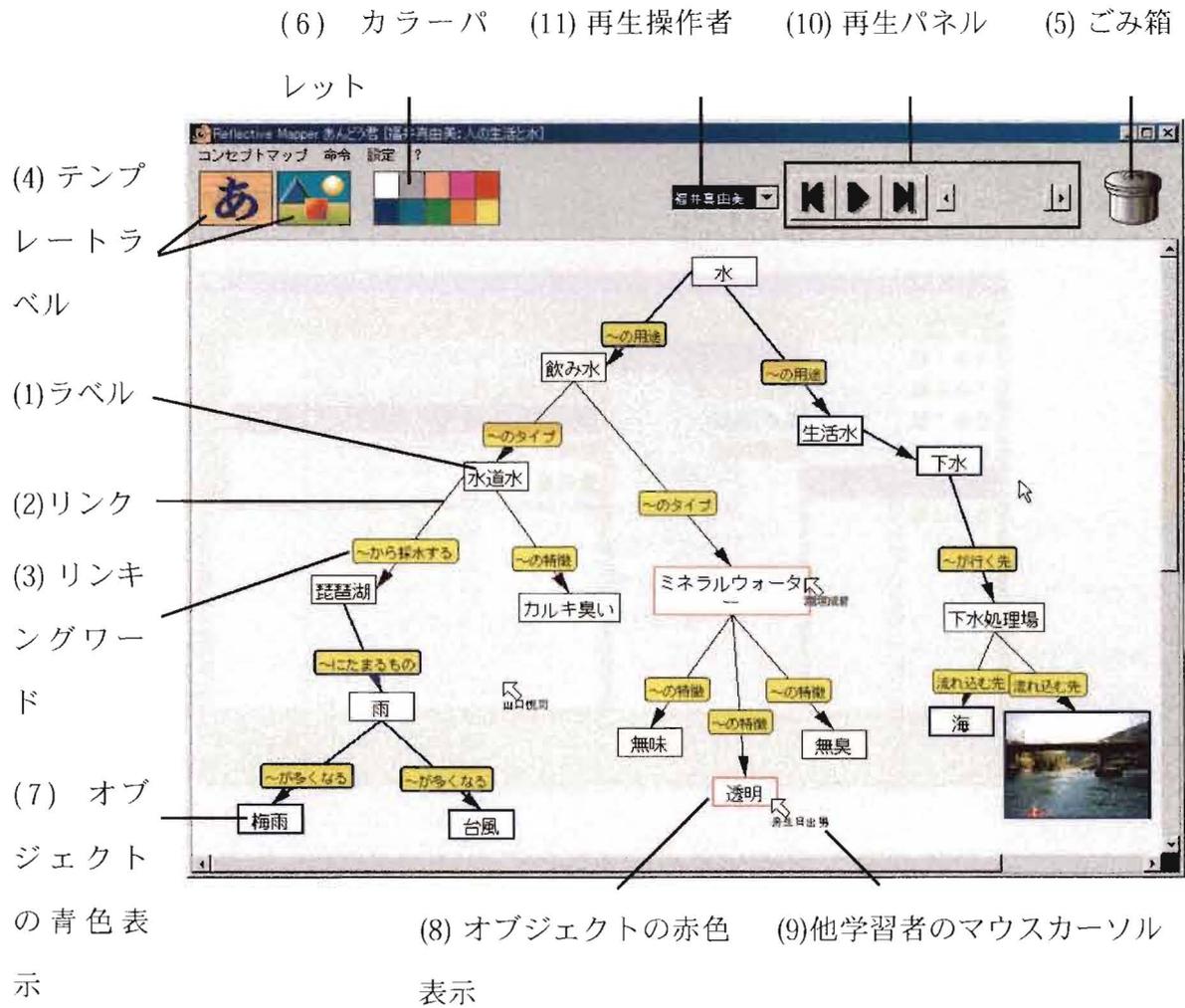


図 4-4 ログイン後のユーザーインターフェース

第2項 コンセプトマップへのログイン

学習者は、クライアントを起動した後、ログイン・ウインドウ（図4-3）を用いて、サーバが提供するリストから、自分のクラスと名前を順次選択する。そして、任意のコンセプトマップを選択してログインする。この時、「新しいコンセプトマップ」を選択すると、コンセプトマップを新規に作成できる。

第3項 コンセプトマップの作成

図4-4に、ログイン後のユーザーインターフェースを示す。画面中央部がコンセプトマップを作成するレイアウト領域である。以下では、各部分について説明する。

1. ラベル

コンセプトマップ上で操作すべき概念の見出しや、その象徴となるキーワードを表示するためのオブジェクトである。文字列の他に、絵や写真など、JPEG形式の画像ファイルを表示することも可能である。(4)のテンプレートラベルをレイアウト領域にドラッグ&ドロップすることで生成される。

2. リンク

ラベル間に何らかの関係があることを示すためのオブジェクトである。リンク元のラベルをクリックし、続いてリンク先のラベルをクリックして生成する。リンクは矢印で表示され、双方向のリンクも可能である。

3. リンキングワード

リンクによって関連付けられたラベル間の関係を示すためのオブジェクトである。表示・非表示を切り替えることもできる。

4. テンプレートラベル

各ラベルを生成するためのテンプレートである。

5. ごみ箱

この箇所にドラッグ&ドロップすることで、ラベルやリンクを削除する。

6. カラーパレット

文字ラベルやリンキングワードの背景色を変更する。目的のオブジェクトをクリックして選択した後、パレット上の色をクリックすると、オブジェクトの背景色が、その色に変更される。

第4項 共同作成に関するアウェアネス

共同作業中の他の学習者がコンセプトマップに対してどのような作業をしているのかを学習者に知らせるために、次の3つのアウェアネスが提供される。

1. オブジェクトの青色表示

自分が作成したオブジェクトは青色で示される。図2の「(7)オブジェクトの青色表示」が例である。ラベルとリンキングワードは枠の色が、リンクは矢印そのものが青色の太い線で表示される。他の学習者が作成したオブジェクトは同様に、黒色の細い線で表示される。

2. オブジェクトの赤色表示

他の学習者が選択して、移動する、文字を入力するなどの操作をしているオブジェクトは、赤色の細い線で表示される。図2の(8)がその例である。この状態のオブジェクトは排他制御されており、作業中の学習者以外は、選択したり操作したりすることはできない。

3. 他学習者のマウスカーソル

他の学習者のマウスカーソルが、その学習者の名前と共に表示される。これによって、自分以外の学習者が、コンセプトマップのどの部分を操作しているのかを知ることができる。

第5項 コンセプトマップの再生・修正

コンセプトマップの再生と修正に関わるインターフェースの構成要素は、次の2つであ

る。

1. 再生パネル

コンセプトマップの作成過程を再生するためのパネルである（図4-5）。各再生ボタンをクリックすることで、再生や一時停止の他、作成過程の最初や最後の状態にすることができる。作成過程全体のどの位置を再生しているのかは、再生スクロールバーの状態によって示される。また、「スライダ」を操作することによって、作成過程の任意の状態を表示できる。「1つ戻す」、「1つ進める」ボタンをそれぞれクリックすると、VTRのコマ送りのように、作成過程を1ステップずつ戻したり、進めたりすることができる。また、スライダと両ボタンの間の部分をクリックすると、10ステップずつ変化させることが可能である。これらの操作はそれぞれ、アンドゥ、リドゥ操作となっている。それぞれのボタンを押しただけで済ませると、作成過程を巻き戻したり、早送りしたりすることも可能である。ただし次で説明する再生操作者だけが、再生パネルを操作することが許される。

2. 再生操作者

「(11)再生操作者」は、現在、再生操作が許可されている学習者の名前が表示されるドロップダウンリストである。当該の学習者のみが、このドロップダウンリストと再生パネルを操作できる。

なお、コンセプトマップの修正については、再生操作が行われていない場合は、全ての学習者が任意の時点で修正できる。ただし、再生操作者が再生パネルを操作している場合には、他の学習者の画面では、再生パネルを含む全てのオブジェクトがロックされ、修正を施すことはできない。

第4節 本章のまとめ

本章では、再生・修正機能と共同作成機能を実装したソフトウェアを開発することができた。共同作成機能については、複数の学習者一人ひとりが1台のコンピュータを利用して、サーバ上にある1枚のコンセプトマップを共同で作成できるようにするものであった。再生・修正機能については、コンセプトマップの共同作成過程を自動的に保存し、それをいつでも自由に再生・修正できることを可能にするものであった。これらの機能を実装す

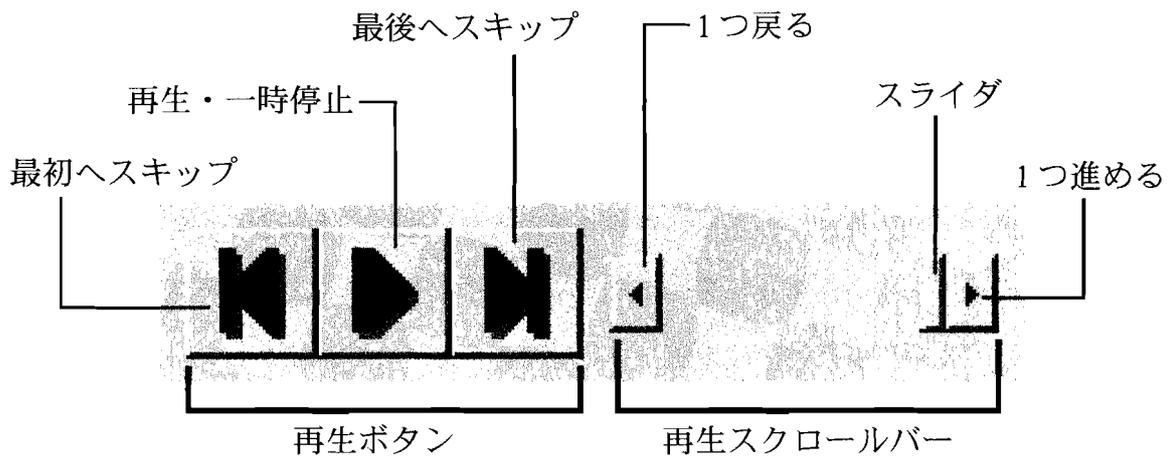


図4-5 再生パネル

ることで、思考過程の外化という側面までを含んだ形で協調学習を支援するコンセプトマップ作成ソフトウェアを開発することができたのである。

では、このソフトウェアは、協調学習における思考過程の外化を実現し、その結果として、学習者による思考過程の内省や対話を支援することができるのであろうか。次に求められるのは、協調学習における思考過程の外化を実現し、学習者による思考過程の内省や対話を支援するという意味でのソフトウェアの有効性を評価することであると考えられる。

そこで次章以降では、質問紙調査、実験的研究、実践的研究という一連の調査研究を通して、開発したソフトウェアの有効性を実証することに取り組んでいく。

第5章 ソフトウェアの評価(1): 大学生と現職教員を対象とした質問紙調査

前章では、再生・修正機能と共同作成機能を合わせ持った新しいコンセプトマップ作成ソフトウェアを開発した。本章では、このソフトウェアの有効性、つまり、ソフトウェアが協調学習における思考過程の外化を実現し、学習者による思考過程の内省・対話を支援するという点について、大学生と現職教員を対象とした質問紙調査を通して検討する。

第1節 目的

本調査の目的は、ソフトウェアの有効性に関して、ソフトウェアを使用した大学生ならびに現職教員がどのように評価したか、質問紙調査によって明らかにすることであった。

本調査において大学生だけではなく現職教員までも含めて対象とした理由は、一般的に、教育用ソフトウェアを実際の授業へ導入する上で、教師による評価が非常に重要な役割を果たすと考えられるからである。もともと、新しいソフトウェアは、授業を行うべき教師がその必要性や有効性を肯定的に評価した場合にのみ、授業の中で利用される。教師が肯定的に評価しないものを授業に導入することは、実践的には非常に困難なことであると思われる。したがって、本調査の評価においては現職教員も含めて対象とした。

第2節 大学生を対象とした調査

第1項 方法

ソフトウェアは、東京都内の私立看護系大学において、総合科目Ⅱ(健康科学)という授業で、協調学習を支援するために活用された。本授業における学生の活動の内容は、授業担当者が開発を進めている「健康教育用の疑似生活体験型コンピュータシミュレーションゲーム」に用いるべきシナリオを共同で作成することである。本授業を履修している大学1年生(女性25名)の内、調査実施の段階でソフトウェアを既に使用していた15名に対し、質問紙への回答を依頼した。学生の多くはコンピュータの使用経験は浅く、また、全員、これまでコンセプトマップを使用した経験はなかった。

授業は全15コマ(1コマは90分)にわたっている。まず、1～3コマ目では、通常の教

室において、ゲームのシナリオを作成した。ここでは、4, 5人ずつでグループになり、ブレインストーミングを行い、健康教育に関連のあるキーワードを数多く作成した。次に、KJ法により、キーワードのグルーピングを行った。

4, 5コマ目は、通常の教室において、グループをさらに2つに分け、1グループ2, 3人で、ブレインストーミングの結果をもとに、シナリオの基礎となるコンセプトマップを紙面上に作成した。この段階では、ラベルの大まかな配置に止まり、リンクを張っていない。

学生は紙面上における作成の合間を縫って、パソコンルームに移動し、本システムの操作練習を約30分間行った。パソコンルームに設置されているWindowsコンピュータは4台であるため、2グループずつ移動した。6コマ目以降は、紙面にコンセプトマップを作成したグループ単位で、紙面上のものを基に、コンセプトマップの共同作成を行った。図5-1に作成例を示す。この時、紙面でのコンセプトマップ作成作業の進捗度が高いグループから、優先的にパソコンを使用した。パソコンでの共同作成は40分程度で中断し、次のグループに交代した。

質問紙調査の内容は大きく2つに分かれている。1つ目は、13の質問項目に対して、4段階尺度評定法で回答を求めた。質問項目は、(1) アウェアネス情報の有効性(6項目)、(2) 共同作成における有効性(7項目)の2つの観点から作成されている。2つ目は、ソフトウェアの良い点とその理由について、自由記述で回答を求めた。

質問紙調査は、6, 7コマ目にコンセプトマップの共同作成を行った後、個別に行った。回答時間は特に制限しなかった。調査は2001年12月中旬に実施された。

第2項 結果

1. 4段階尺度評定法による評価

表5-1には、ソフトウェアの評価に関する回答傾向を示している。なお、コンピュータの利用経験の観点からは、回答傾向に有意な差が見られなかったため、調査対象全体をまとめて検討する。回答については、「かなりそう思う」「ややそう思う」を肯定的な回答、「あまりそう思わない」「全くそう思わない」を否定的な回答としてまとめ、両者の間の有意差を、直接確率計算(両側検定)によって求めた。

a. アウェアネス情報の有効性

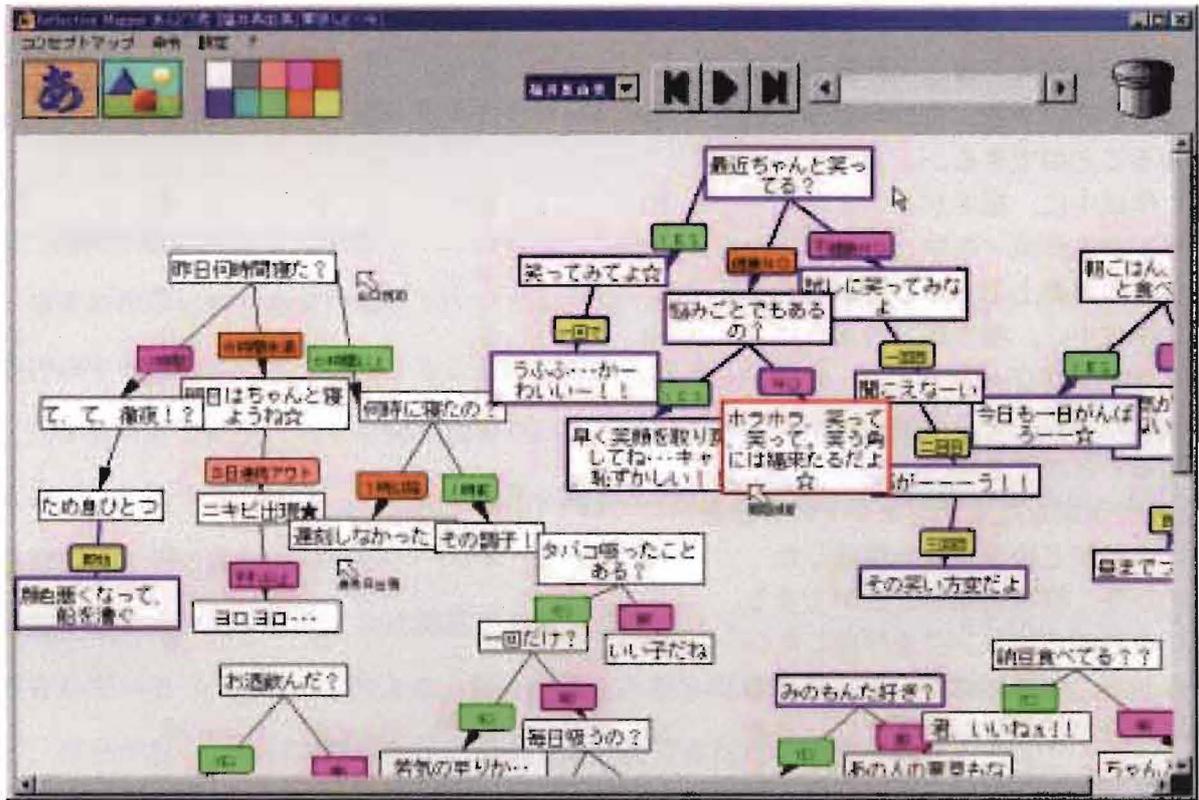


図 5-1 学生が作成したコンセプトマップを表示したインターフェース

表5-1 大学生を対象とした質問紙調査: 4段階評定尺度法による回答の結果

項目	とても そう思う	やや そう思う	あまりそう 思わない	全くそう 思わない	無回答
1 アウェアネス情報の有効性について					
【他の学習者のマウスカーソルと名前の表示について】					
(1) 作成中に、相手がどのようにラベルを作成・修正・移動・削除しているのかを、自分の画面上で知ることができる。	11	4	0	0	0
(2) 作成中に、相手がどのようにリンクを作成・削除しているのかを、自分の画面上で知ることができる。	10	5	0	0	0
(3) 作成中に、相手がどのようにリンキングワードを入力・修正しているのかを、自分の画面上で知ることができる。	9	6	0	0	0
【自分が作成したオブジェクトの青色表示について】					
(4) 自分がどのラベルを作成したのかを、簡単に知ることができる。	10	3	1	0	1
(5) 自分がどのリンクを作成したのかを、簡単に知ることができる。	10	4	0	0	1
(6) 自分がどのリンキングワードを入力したのかを、簡単に知ることができる。	10	3	0	0	2
2. 共同作成における有効性について					
(7) 自分の考えをコンセプトマップに反映させることができる。	4	10	1	0	0
(8) コンセプトマップを見ることで、相手の考えを知ることができる。	4	9	2	0	0
(9) コンセプトマップを見ることで、相手の考えに関心を持つことができる。	4	10	1	0	0
(10) コンセプトマップを見ることで、自分の考えと相手の考えを関係づけることができる。	5	8	2	0	0
(11) お互いに知らなかった新しい考えを思いつくきっかけにすることができる。	5	9	0	0	1
(12) 相手との話し合いのきっかけにすることができる。	6	7	1	0	1
(13) 相手との話し合いを活発にすることができる。	7	6	1	0	1

N=15. 単位は人.

相手(他の学習者)のマウスカーソルと名前表示に関する3項目(1~3)のいずれに対しても、15名全員が肯定的な回答をしている($p<.01$)。したがって、共同作成している相手のマウスカーソルが、その相手の名前と共に表示されることにより、共同作成中に相手がコンセプトマップのどの部分を操作しているのか確認できていたと推察される。

自分が作成したオブジェクトの青色表示に関する3項目(4~6)には、13~14名が肯定的な回答であった($p<.01$)。よって、対象者はオブジェクトの青色表示を見ることで、自分の作成したものと相手の作成したものを容易に区別できたと考えられる。

b. 共同作成における有効性

自身の作業に関する質問項目(7)については14名が肯定的に回答しており($p<.01$)、共同作成中も自分の考えを表現することができたと考えられる。

相手の状態の把握に関する質問項目(8, 9)に対しては13~14名が肯定している($p<.01$)。よって、共同作成したコンセプトマップを見ることで、相手の考えを理解し、興味・関心を持つことができたといえる。

相手とのインタラクションに関連する項目(10, 11)については13~14名が肯定的な回答をしている($p<.01$)。これより、自分の考えと相手の考えとの関わりを考えることができ、自分が思い浮かばなかった新たな考えを発見できたと推測できる。

話し合いの促進に関わる質問項目(12, 13)についてはそれぞれ13名が肯定的に回答している($p<.01$)。したがって、ソフトウェアを用いてコンセプトマップを共同作成する中で、相手と話し合うきっかけが生じ、その話し合いも活性化されたと考えられ、共同作成機能の有効性が高く評価されたといえよう。

2. 自由記述による評価

ソフトウェアについて学生が良い点として評価した内容のうち、共同作成における有効性について考察する。

共同作成機能については、のべ9名が評価していた。まず2名が、共同で作成できることを評価しており、理由として「友人の考えなどを知れるし、楽しみながらできる」ことを挙げていた。同様に2名が、「今までそういうソフトを使ったことがないので、いいなと思った」、「今まで使ったことのないもので、興味深い。友人と共同作業ができるから」という理由を述べており、これまでに共同作成できる機能の備わったソフトウェアを使用したこと

第5章 ソフトウェアの評価(1): 大学生と現職教員を対象とした質問紙調査

がなく、興味深いことを良い点として評価した。3名は、効率よく共同作成することができると回答した。例えば、「今までの共同作業をするときは、2人でいても結局1人でしか作業できなかつたけれど、『あんどろ君』では、話し合いながら2人で作業できる。今回の授業には最適のソフトウェアだと思う」という理由で、2人同時に話し合いながら作成でき、効率的だと評価していた。また、2名が、「同じ画面上で友だちも何かやっているのが分かる点」、「相手の動きが自分の画面で見ることができる」と評価し、共有された画面上で相手の動きを知ることができることを挙げていた。

第3項 考察

評価の結果から、本ソフトウェアは、コンセプトマップの共同作成にとどまらず、学習者間の対話の支援においても有効であることが示唆された。そのため、ソフトウェアの共同作成機能は、協調学習を効果的に支援し得ると考えられる。

第3節 現職教員を対象とした調査

第1項 方法

1. 対象

対象は、兵庫県内および宮崎県内の現職小学校教師24名(男性19名、女性5名)であった。コンセプトマップの授業における利用経験は、17名が有り、7名が無しであった。授業においてコンピュータを利用した経験は、20名が有り、4名が無しであった。

2. 課題

課題は、計52の質問項目に対して回答することであった。これらの質問項目は、以下の5つの観点から作成された。(1) 使用感の良さ(5項目)、(2) 操作の容易さ(3項目)、(3) 共同作成の実現と共同作成過程の再生の実現(10項目)、(4) 共同作成機能と再生・修正機能の有効性(22項目)、(5) 授業における利用可能性(12項目)。質問項目には、「かなりそう思う」「ややそう思う」「あまりそう思わない」「全くそう思わない」からなる4段階尺度評定法で回答させた。

3. 手続き

本調査は、(1) ソフトウェアの概要説明、(2) ソフトウェアの使用：コンセプトマップの共同作成・再生・修正、(3) 課題への回答、という流れで実施された。この調査は、2名で1組となった対象者に対して個別に実施された。調査者は、コンセプトマップの作成経験が無い対象に対して、コンセプトマップそのものについての内容を簡単に補足説明した。所要時間は、ソフトウェアの概要説明が約10分、ソフトウェアの使用が約15分、課題への回答が約15分であった。ソフトウェアの実行には、ノート型パソコン(DELL Inspiron 4100; Windows 2000 + Java 2 SDK Standard Edition Version 1.3; 解像度 1,024 × 768 ドット) 2台を、ネットワーク接続して使用した。なお、課題への回答は、質問紙を用いて行われた。

4. 時期

調査は2001年11月下旬から12月上旬にかけて実施された。

第2項 結果

表5-2には、ソフトウェアの評価に関する回答傾向を示している。なお、コンセプトマップやコンピュータの利用経験の観点からは、回答傾向に有意な差がなかった。したがって、調査対象全体をまとめて回答傾向を検討した。また、各質問項目の回答傾向の検討に際しては、調査対象の評価が肯定的な評価に偏っているのか、否定的なものに偏っているのかを検討するために、「かなりそう思う」「ややそう思う」を肯定的な回答、「あまりそう思わない」「全くそう思わない」を否定的な回答としてまとめ、直接確率計算(両側検定)を行った。

1. 使用感の良さ

ソフトウェアの使用感の良さに関する質問項目は、いずれの項目についても、肯定的に評価された。質問項目(1)～(5)の全てにおいて、否定的な回答よりも肯定的な回答が有意に多かった($p < .01$)。操作の習得のし易さ(2)、操作性の良さ(3)は、高く評価された。小学校教師の本ソフトウェアに対する興味・関心(1, 5)は、かなり高い。ソフトウェアで作成したコンセプトマップの出来栄(4)も、教師によって高く評価されている。

表 5-2 現職教員を対象とした質問紙調査: 4段階評定尺度法による回答の結果

項目	とても そう思う	やや そう思う	あまりそう 思わない	全くそう 思わない	肯・否の 有意差
1. 使用感の良さ					
(1) おもしろい.	15	9	0	0	**
(2) すぐに使えるようになる.	16	8	0	0	**
(3) 軽快に操作できる.	12	11	1	0	**
(4) きれいに仕上がる.	16	6	2	0	**
(5) また使いたい.					
2. 操作の容易さ					
(6) 簡単にログインすることができる.	18	6	0	0	**
(7) 簡単にログアウトすることができる.	19	5	0	0	**
(8) 簡単に再生操作者を他の人へ変更することができる.	15	8	1	0	**
3. アウェアネスの有効性と再生機能の有用性					
3-1. 【相手のカーソルと名前表示について】					
(9) 作成中に, 相手がどのようにラベルを作成・修正・移動・削除しているのかを, 自分の画面上で知ることができる.	13	10	1	0	**
(10) 作成中に, 相手がどのようにリンクを作成・削除しているのかを, 自分の画面上で知ることができる.	11	11	2	0	**
(11) 作成中に, 相手がどのようにリンクワードを入力・修正しているのかを, 自分の画面上で知ることができる.	12	10	2	0	**
3-2. 【自分が作成したラベル, リンクワードの青色表示について】					
(12) 自分がどのラベルを作成したのかを, 簡単に知ることができる.	18	6	0	0	**
(13) 自分がどのリンクを作成したのかを, 簡単に知ることができる.	16	7	1	0	**
(14) 自分がどのリンクワードを入力したのかを, 簡単に知ることができる.	16	7	0	1	**

N=24. 単位は人.

(表 5-2 続き)

項目	とても そう思う	やや そう思う	あまりそう 思わない	全くそう 思わない	肯・否の 有意差
3-3. 【再生機能について】					
(15) 簡単に共同作成のプロセスを再生することができる。	18	6	0	0	**
(16) 自由に共同作成のプロセスを再生することができる。	14	7	2	1	**
(17) 再生のスピードはちょうどよい。	9	11	4	0	**
(18) 再生は共同作成のプロセスを忠実に再現している。	19	5	0	0	**
4. 認知的な活動における共同作成機能と再生・修正機能の有効性					
4-1. 【共同作成機能について】					
(19) 自分の考えをコンセプトマップに反映させることができる。	12	10	2	0	**
(20) コンセプトマップを見ることで、相手の考えを知ることができる。	8	12	4	0	**
(21) コンセプトマップを見ることで、相手の考えに関心を持つことができる。	12	11	1	0	**
(22) コンセプトマップを見ることで、自分の考えと相手の考えを関係づけることができる。	11	10	3	0	**
(23) お互いに知らなかった新しい考えを思いつくきっかけにすることができる。	12	12	0	0	**
(24) 相手との話し合いのきっかけにすることができる。	16	7	1	0	**
(25) 相手との話し合いを活発にすることができる。	12	11	1	0	**
4-2 【再生・修正機能について】					
(26) 自分が考えていたことを振り返ることができる。	14	9	1	0	**
(27) 自分がどのように悩んだかを振り返ることができる。	8	12	4	0	**
(28) 自分がよく理解しているところを再確認できる。	7	13	4	0	**
(29) 自分の理解が不足しているところを再確認できる。	5	15	4	0	**

N=24. 単位は人.

(表 5-2 続き)

項目	とても そう思う	やや そう思う	あまりそう 思わない	全くそう 思わない	肯・否の 有意差
(30) 自分の考えを修正するきっかけに することができる。	9	13	2	0	**
(31) 相手が考えていたことを 振り返ることができる。	7	11	6	0	*
(32) 相手がどのように悩んだかを 振り返ることができる。	5	8	11	0	ns
(33) 相手がよく理解しているところを 再確認できる。	3	13	8	0	ns
(34) 相手の理解が不足しているところ を再確認できる。	3	12	9	0	ns
(35) 相手の考えと自分の考えの 同じところを再確認できる。	11	11	2	0	**
(36) 相手の考えと自分の考えの 違うところを再確認できる。	7	15	2	0	**
(37) お互いに知らなかった新しい 考えを思いついたことを 振り返ることができる。	6	16	2	0	**
(38) 相手との話し合いを 振り返ることができる。	8	10	6	0	*
(39) コンセプトマップのどの部分に 誰がよく貢献したのかを再確認できる。	5	12	7	0	+
(40) コンセプトマップを修正する きっかけにできる。	9	15	0	0	**
5. 授業における利用可能性					
(41) 授業で子どもたちがすぐに 使えるようになる。	14	9	1	0	**
(42) 授業で子どもたちが軽快に 操作できる。	13	10	1	0	**
(43) 授業がおもしろくなる。	12	12	0	0	**
(44) 授業で子どもたちの考え方が 深まる。	11	12	1	0	**
(45) 授業で共同学習を成立させる ための道具になる。	15	9	0	0	**
(46) 授業でのコミュニケーションが 活発になる。	11	11	2	0	**
(47) 授業で子どもたちがどのように 考えてきたのかを理解できる。	9	15	0	0	**

N=24. 単位は人.

(表 5-2 続き)

項目	とても そう思う	やや そう思う	あまりそう 思わない	全くそう 思わない	肯・否の 有意差
(48) 授業で子どもたちがどのように コミュニケーションしてきたのかを 知るきっかけになる.	7	9	8	0	ns
(49) 共同コンセプトマップ作成に 対して, 誰がどのように貢献した のかを理解できる.	6	15	3	0	**
(50) 離れた教室や学校でも, コンセプトマップを通して 自分の考えを相手に伝えることが できる.	13	4	7	0	+
(51) 離れた教室や学校でも, コンセプトマップを通して 相手の考えを知ることができる.	12	8	4	0	**
(52) 授業で使ってみたい.	16	6	2	0	**

N=24. 単位は人.

2. 操作の容易さ

スタンドアロン版に共同作成機能が実装されたことによって、本ソフトウェアには新たな操作が追加されている。それらの容易さを3つの項目で教師に評価させたが、全ての項目において肯定的な回答が有意に多かった ($p < .01$)。これらの結果より、本ソフトウェアに追加されたログインの操作(6)、ログアウトの操作(7)、再生操作者を移譲する操作(8)は、容易であると教評価されたことがわかった。

3. 共同作成の実現と共同作成過程の再生の実現

本ソフトウェアにおいてコンセプトマップの共同作成と共同作成過程の再生が実現されているかどうかを評価させる項目についても、全てにおいて肯定的に評価された。

a. コンセプトマップの共同作成

共同作成に関する6項目全てについて、否定的な回答より肯定的な回答が有意に多かった ($p < .01$)。相手(他の学習者)のマウスカーソルと名前が表示される機能に関しては、ラベル、リンク、リンキングワードに関するいずれの項目も22~23名が肯定的に評価していた(9~11)。他の学習者がどのような操作をしているのかを知る上で、他の学習者のマウスカーソルを表示するというアウェアネスの実現は教師に認められたといえる。

ラベルやリンクやリンキングワードが青色で表示される機能に関する項目(12~14)に対しては、それぞれ23~24名の教師が肯定的に回答している。学習者が自分の作成したオブジェクトを簡単に識別できることは、高く評価された。併せて、オブジェクトの青色表示によって、自分の作成したオブジェクトと他の学習者の作成したオブジェクトとを学習者が区別できると評価されたことがわかった。

以上のように、ソフトウェアを利用することで学習者は操作状況や作成状況を相互に表示しながら1枚のコンセプトマップを共同作成できることが、教師によって高く評価されたといえる。

b. コンセプトマップの共同作成過程の再生

共同作成過程の再生に関する4項目すべてにおいて、肯定的な回答が有意に多かった ($p < .01$)。再生操作の容易さ(15)、再生の自由度(16)、再生スピードの適切さ(17)、再生

内容の精確さ (18) が高く評価されていた。本ソフトウェアにおいてコンセプトマップの共同作成過程の再生が実現されていることは、小学校教師に認められたといえる。

4. 共同作成機能と再生・修正機能の有効性

共同作成機能の有効性については、全ての項目において肯定的に評価された。再生・修正機能の有効性については、肯定的な回答が否定的な回答を有意に上回らなかった項目がいくつか見られたものの、概ね肯定的に評価された。

a. 共同作成機能

共同作成機能に関する7項目全てにおいて、肯定的な回答が否定的な回答よりも有意に多かった ($p < .01$)。自分自身の作業に関する項目 (19) については、22人が肯定的に回答している。共同作成機能を使用して自分の考えを表現できることが教師に認められたといえる。

相手の状態の把握に関する項目 (20) には20名、相手の考えへの関心に関する項目 (21) には23名が、それぞれ肯定的に回答している。学習者がコンセプトマップの作成を通して、相手の考えを知り、相手の考えに対して関心を持つことができると教師によって評価されたといえる。

相手とのインタラクションに関連する項目 (22) については21名が、新しい考えの想起 (23) については24名全員が、それぞれ肯定的な回答をしている。また、相手との話し合いに関する項目 (24, 25) については、それぞれ23名が肯定的に回答している。このように、自分と相手の考えの関係づけができること、お互いが知らなかった新たな考えを創造するきっかけになりうること、さらには、相手との活発な話し合いのきっかけにできることが、共同作成機能の有効性として教師に認められたと考えられる。

b. 再生・修正機能の有効性

自分の思考過程の内省、吟味、修正に関する項目 (26～30) の全てにおいて、肯定的な回答が有意に多かった ($p < .01$)。よって、再生・修正機能は、学習者が自分の思考過程を内省し、吟味し、修正することによって有効である、と教師に評価されたといえる。

相手の思考過程の内省、吟味に関する項目のうち、「(31) 相手が考えていたことを振り返ることができる。」に関しては、肯定的な回答が有意に多かった (両側検定: $p < .05$)。「(32)

相手がどのように悩んだかを振り返ることができる.」, 「(33) 相手がよく理解しているところを再確認できる.」, 「(34) 相手の理解が不足しているところを再確認できる.」においては, 肯定的な回答と否定的な回答の偏りは有意ではなかった (ns). しかしながら, 肯定的な回答がそれぞれ13名, 16名, 15名と否定的な回答人数を上回っていた. 以上の結果から, 相手の思考過程の内省や吟味については, 相手が悩んでいることや理解状態の詳細まで把握できるとは限らないが, 相手の考えていることの振り返りについては有効であると教師に認められたと考えられる.

相手とのインタラクションに関する項目(35~37)については, 肯定的な回答が有意に多かった ($p < .01$). また, 相手とのインタラクションの内省(38)についても, 肯定的な回答が有意に多かった ($p < .05$). したがって, 学習者は再生・修正機能を利用することで, 自分と相手の理解の相違を再確認することができること, 学習者は新たな考えの発見や相手との話し合いを振り返ることができること, が教師によって高く評価されたと考えられる.

コンセプトマップへの貢献の再確認(39)については, 肯定的な回答が有意に多かった ($p < .10$). 同様に, コンセプトマップの修正(40)に関しても, 肯定的な回答が有意に多かった ($p < .01$). コンセプトマップへの貢献の再確認や, その修正を行うきっかけとする上での有効性が認められたといえる.

5. 授業における利用可能性

授業における利用可能性については, 全般的に肯定的に評価された.

授業の中でソフトウェアを利用する上で, 子どもたちにとってソフトウェアは習得し易いものかどうかや, ソフトウェアの操作性は良いかどうか, 子どもたちにとって授業がおもしろくなるかどうかを検討することは重要である. 本ソフトウェアの習得のし易さ(41), ソフトウェアの操作の良さ(42), ソフトウェアを利用した授業のおもしろさ(43)については, いずれも教師によって高く評価されたと考えられる ($p < .01$).

協調学習の支援に関する項目(44~46)のいずれについても, 肯定的な回答が有意に多かった ($p < .01$). 協調学習を支援する上で, 本ソフトウェアは有効であると認められたといえる.

教師が子どもの学習過程を把握することに関する項目(47~49)については, 肯定的な回答が有意に多かった ($p < .01$). 「(48) 授業で子どもたちがどのようにコミュニケーションしてきたのかを知るきっかけになる.」については, 肯定的な回答と否定的な回答の偏りは

有意ではなかった (ns) が、16名の教師が肯定的に回答していた。これらの結果より、このソフトウェアを授業へ導入することで、教師が子どもたちのコミュニケーションを把握できるとは限らないが、少なくとも教師は子どもたちの思考過程や彼らのコンセプトマップ作成への貢献状況を把握することができると評価されたと考えられる。

本ソフトウェアを遠隔地間で活用することについても、その有効性が認められたと考えられる。自分の考えの伝達(50)については、肯定的な回答が有意に多かった ($p<.10$)。同様に、相手の考えの理解(51)についても、肯定的な回答が有意に多かった ($p<.01$)。

本ソフトウェアの授業への導入(52)についても、肯定的な回答が有意に多かった ($p<.01$)。本ソフトウェアの授業への導入は、教師によって前向きに捉えられていたといえる ($p<.01$)。

第3項 考察

小学校教師を対象とした調査では、教師からみた本ソフトウェアの有効性を明らかにした。その結果、ソフトウェアの使用感の良さや操作の容易さが高く評価されていた。また、ソフトウェアにおいてはアウェアネスに支援されたコンセプトマップの共同作成と作成過程の再生・修正が実現されている、ということが教師によって認められていた。

共同作成機能や再生・修正機能の有効性も、概ね肯定的に評価されたことがわかった。共同作成機能に有効性としては、学習者が自分と相手の考え方を関連づけたり、相手との活発に話し合ったりすることができるかと評価されていた。再生・修正機能の有効性については、学習者が自分の思考過程や相手の思考過程をある程度は内省したり吟味したりすることができるかと評価されていた。学習者が再生・修正機能を利用することは、相手とのインタラクションを内省・吟味したりする契機になることが教師によって認められていた。

さらには、授業での利用可能性も教師に高く評価されたこともわかった。小学校の教師は、本ソフトウェアを授業における協調学習で利用し、複数の子どもたちが思考過程を1つのコンセプトマップとして外化する中で、お互いの理解を深めたり内省したりすることを大いに期待していた。

以上の結果より、本ソフトウェアの開発の目的は、小学校教師の視点からの評価という限りにおいては達成されたといえる。

第4節 本章のまとめ

本章では、再生・修正機能と共同作成機能を実装したソフトウェアの有効性について、大学生と現職教員を対象とした質問紙調査を通して検討してきた。大学生を対象とした調査からは、ソフトウェアの共同作成機能が、複数の学習者間の対話を支援しうることが認められていたことがわかった。また、現職教員を対象とした調査からは、ソフトウェアの使いやすさのみならず、共同作成機能が学習者同士の対話や共同知識構築を支援することや、再生・修正機能が学習者による内省・対話を支援することが認められていたことがわかった。同時に、授業での利用可能性についても高く評価されていたこともわかった。したがって、本ソフトウェアの有効性は、質問紙調査という範囲では実証的に明らかにすることができたと結論できる。

しかしながら、質問紙調査の結果は主観的な評価であり、この結果だけからはソフトウェアの有効性を結論づけることはできない。ソフトウェアの有効性を実証的に明らかにするためには、実際のソフトウェア利用に関する客観的な評価も含めた実験的検討ならびに実践的検討が必要であると考えられる。

そこで次章では、まず実験的検討を行う。ここでは、従来の第3世代のソフトウェアには実装されていなかった再生・修正機能に焦点を当てて、「共同作成機能のみ」「共同作成機能と再生・修正機能」という条件を設定し、再生・修正機能によって協調学習における思考過程の内省・対話を支援できるというソフトウェアの有効性について吟味する。

第6章 ソフトウェアの評価(2): 実験的研究

前章では、再生・修正機能と共同作成機能を実装したソフトウェアの有効性について、大学生と現職教員を対象とした質問紙調査を通して明らかにしてきた。そこでは、共同作成機能や再生・修正機能の有効性が大学生や現職教員に高く評価されていた。

本章では、ソフトウェアの有効性評価の一環として、実験的研究を行う。従来の第3世代のソフトウェアには実装されていなかった再生・修正機能に焦点を当てて、「共同作成機能のみ」「共同作成機能と再生・修正機能」という条件を設定し、協調学習における思考過程の内省・対話を支援できるという再生・修正機能の有効性について吟味する。

第1節 目的

本章の目的は、再生・修正機能が、コンセプトマップの共同作成における思考過程の内省や対話へ及ぼす効果について実験的に明らかにすることである。

そのために、大学生・大学院生を被験者として、共同作成機能と再生・修正作成機能の両方を利用できるソフトウェア（以下、「あり」と、再生・修正機能を隠蔽したソフトウェア（以下、「なし」）の両方を利用させながら、コンセプトマップの共同作成、共同作成における思考過程の内省、ならびに学習者どうしの理解を共同的に吟味するような対話を行わせた。その後、質問紙調査と面接調査を実施した。

第2節 方法

第1項 被験者

兵庫県内の国立大学の大学生25名、大学院生15名の計40名（男性18名、女性22名）であった。本ソフトウェアの利用経験については、全員無しであった。

第2項 実験デザイン

1. ソフトウェア

実験で利用したソフトウェアは、前述の通り、「あり」と、この機能を隠蔽した「なし」

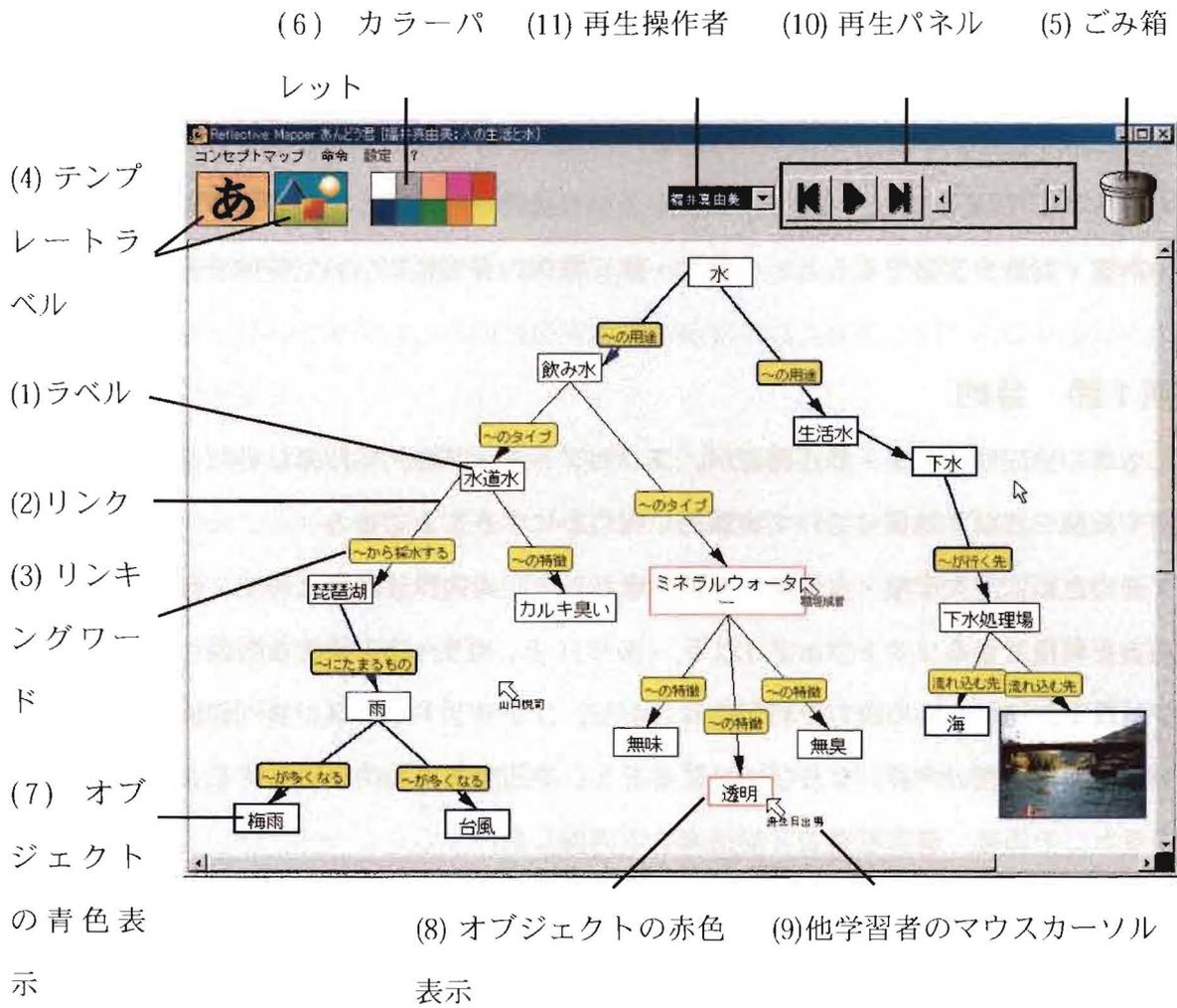


図 6-1 実験で使ったソフトウェア

の2種類である。再生・修正機能に関わるユーザインターフェースは、図6-1の「(10)再生パネル」と「(11)再生操作者」である。「なし」ではこれらが隠されており、使用できない。

ソフトウェアの実行には、ノート型パソコン (DELL Inspiron 4100; Windows 2000 + Java 2 SDK SE Version 1.3; 解像度 1,024 × 768 ドット) 2台を接続して使用した。

2. コンセプトマップ

コンセプトマップのテーマは、「遺伝」と「光合成と呼吸」であった。「遺伝」と「光合成と呼吸」はともに理解困難な科学概念であり、学習者がその学習経験に関わらず科学的に妥当ではない理解を構成していることが多くの研究で報告されている (Cănal, 1999; Cho et al., 1985; 片山, 1982; 藤田, 1986, 1992; Stewart et al., 1994)。このことを考慮して、これら2つのテーマを選択した。

ラベルの個数は各テーマにつき計17個であり、ラベルの種類は以下の通りである。(1) 遺伝: 細胞, 核, 核酸, DNA, RNA, 二重らせん, ワトソンとクリック, 染色体, 遺伝子, 遺伝の法則, メンデル, エイズ, 性格, 目の色, 血液型, 性別, ダウン症。(2) 光合成と呼吸: 植物, 動物, 葉, 呼吸, 根, 茎, 気孔, 葉緑体, ヨウ素液, 酸素, ファン・ヘルモント, 水, 光, 光合成, 二酸化炭素, ブドウ糖, デンプン。なお、ラベルの新規作成は禁止した。

3. 実験計画

実験は、1要因2水準(「あり」×「なし」)の被験者内計画が用いられた。被験者2名で1組とし、計20ペアを構成した。なお、限定された時間内で円滑に共同的な活動ができるよう、すべてのペアは、日常的によく話をする友人どうしで構成させた。

実験は、ペアごとに約90分をかけて、以下のような手順と時間配分で実施された。(1)ソフトウェアを利用してコンセプトマップを共同作成する(10分)、(2)自分たちの思考過程について共同で内省しながら対話する(6分)、「あり」の場合、再生・修正機能を利用)、(3)共同作成を継続する(10分)、(4)共同的な内省・対話を再び行う(6分)、「あり」の場合、再生・修正機能を利用)、(5)コンセプトマップのテーマとソフトウェアの種類を交替し、上記(1)~(4)を実施する(32分)。

再生・修正機能の使用に関する順序効果と、同機能の使用に対するコンセプトマップのテーマの影響を相殺するために、計20ペアを5ペアずつ以下のように、ソフトウェアを利

用してコンセプトマップを作成する4群に無作為配分(高野, 2000)した。

- ①前半:「あり」「遺伝」, 後半:「なし」「光合成と呼吸」
- ②前半:「あり」「光合成と呼吸」, 後半:「なし」「遺伝」
- ③前半:「なし」「遺伝」, 後半:「あり」「光合成と呼吸」
- ④前半:「なし」「光合成と呼吸」, 後半:「あり」「遺伝」

第3項 調査内容

学習者の視点から, コンセプトマップの共同作成における思考過程の内省や対話に対して, 再生・修正機能がどのように寄与するかを明らかにするために, 次の2つの調査を実施した。

1. 質問紙調査

質問紙調査では, 「思考過程の内省と対話に関する評価」と「対話のイメージに関する評価」の2つの内容について調査を行った。なお, 質問紙調査の回答は, 実験終了後に約10分間をかけて個別に行われた。

「思考過程の内省と対話に関する評価」に関しては, 「あり」, 「なし」のそれぞれを利用した場合について, コンセプトマップを共同作成する際の, 思考過程の内省や, 学習者相互の理解を共同的に吟味するような対話における有効性を評価させた。評価項目は計18であり, 次の5つの観点から作成した。(a)自分の操作の内省に関する有効性(4項目), (b)自分の理解の内省に関する有効性(4項目), (c)相手の理解の内省に関する有効性(4項目), (d)相手の理解と自分の理解の比較に関する有効性(2項目), (e)対話や共同作成に関する有効性(4項目)。回答は4段階評定尺度で求めた。

一方, 「対話のイメージに関する評価」に関しては, 「あり」, 「なし」の場合のそれぞれについて, 実験中になされた対話のイメージをSD法で評価させた。これは, 学習者が抱く対話についてのイメージは, 彼らが行う対話のあり方に影響を及ぼすことが知られている(原田, 1997)ことによる。SD法で用いた形容詞対は, 原田(1997)を参考にして作成した12項目であり, 7段階評定尺度で回答を求めた。

2. 面接調査

再生・修正機能が共同作成における思考過程の内省や対話へ及ぼす効果についてより詳細に検討するために、同機能を利用した思考過程の内省や対話について評価させた。回答数は制限せずに、できるだけ多くの内容を自由に回答させた。面接調査は、個別面接法によって、質問紙調査への回答後に約10分をかけて行われた。回答については、VTRを用いて記録され、数日以内に紙面に書き起こされた。

第4項 時期

2001年11月中旬から12月上旬にかけて実施された。

第3節 結果(1) 質問紙による再生・修正機能の有効性の調査

第1項 4段階尺度評定法による思考過程の内省と対話に関する評価

表6-1には、各質問項目に対する回答傾向を整理した。「再生・修正機能」は、「あり」、「なし」を、それぞれ利用した場合の回答傾向であることを示している。「有意差」の列は、項目ごとに、「あり」、「なし」のそれぞれを利用した場合における回答傾向の差異を測るために、ウィルコクソンの順位和検定(片側検定)を行った結果を示した。

以下では、各項目の回答傾向について、統計的検定の結果を踏まえて検討する。

1. 自分の操作に関する有効性

評価項目(1)から(3)の3項目いずれについても、有意差が見られた($p < .01$)。よって、「あり」では、被験者は自分がオブジェクトを操作した過程を容易に知ることができ、「なし」では、そのような操作過程を知ることがそれほど容易ではなかったと考えられる。

2. 自分の理解の内省に関する有効性

(4)、(5)のどちらの項目も、有意差が見られた($p < .01$)。したがって、コンセプトマップの共同作成中に自分がどのように考え、悩んだのかを振り返るときには、「あり」の方が、有効であった。

次に、(6)、(7)についても、有意差が見られた($p < .05$)。このことから、「あり」の場合の方

表6-1 再生・修正機能の有効性に関する評価項目と回答傾向

項目	とても そう思う	やや そう思う	あまりそう 思わない	全くそう 思わない
1. 自分の操作に関する有効性				
(1) 自分がどのようにラベルを移動したのかを, 簡単に知ることができる **				
(再生・修正機能あり)	25	12	3	0
(再生・修正機能なし)	1	3	22	14
(2) 自分がどのリンクを作成・削除したのかを, 簡単に知ることができる **				
(再生・修正機能あり)	23	12	5	0
(再生・修正機能なし)	3	8	21	8
(3) 自分がどのリンクワードを入力・修正したのかを, 簡単に知ることができる **				
(再生・修正機能あり)	22	12	6	0
(再生・修正機能なし)	5	10	22	3
2. 自分の理解の内省に関する有効性				
(4) 自分が考えていたことを振り返ることができる **				
(再生・修正機能あり)	28	9	3	0
(再生・修正機能なし)	3	17	12	8
(5) 自分がどのように悩んだかを振り返ることができる **				
(再生・修正機能あり)	24	15	1	0
(再生・修正機能なし)	3	10	21	6
(6) 自分がよく理解しているところを再確認できる *				
(再生・修正機能あり)	10	16	14	0
(再生・修正機能なし)	3	15	22	0
(7) 自分の理解が不足しているところを再確認できる *				
(再生・修正機能あり)	17	13	10	0
(再生・修正機能なし)	10	14	15	1
(8) 自分の考えを修正するきっかけにできる **				
(再生・修正機能あり)	16	16	8	0
(再生・修正機能なし)	6	12	19	3
3. 相手の理解の内省に関する有効性				
(9) 相手が考えていたことを振り返ることができる **				
(再生・修正機能あり)	18	16	5	1
(再生・修正機能なし)	1	9	25	5
(10) 相手がどのように悩んだかを振り返ることができる **				
(再生・修正機能あり)	13	16	11	0
(再生・修正機能なし)	1	4	31	4

N=40. 単位は人. **p<.01, *p<.05.

(表 6-1 続き)

項目	とても そう思う	やや そう思う	あまりそう 思わない	全くそう 思わない
(11) 相手がよく理解しているところを再確認できる **				
(再生・修正機能あり)	11	17	12	0
(再生・修正機能なし)	2	10	28	0
(12) 相手の理解が不足しているところを再確認できる **				
(再生・修正機能あり)	7	17	16	0
(再生・修正機能なし)	2	11	26	1
4. 相手の理解と自分の理解の比較に関する有効性				
(13) 相手の考えと自分の考えの同じところを再確認できる *				
(再生・修正機能あり)	11	17	12	0
(再生・修正機能なし)	1	22	16	1
(14) 相手の考えと自分の考えの違うところを再確認できる **				
(再生・修正機能あり)	9	14	16	1
(再生・修正機能なし)	0	12	26	2
5. 対話や共同作成に関する有効性				
(15) お互いに知らなかった新しい考えを思いついたことを振り返ることができる **				
(再生・修正機能あり)	19	13	5	3
(再生・修正機能なし)	1	10	24	5
(16) 相手との話し合いを振り返ることができる **				
(再生・修正機能あり)	22	13	5	0
(再生・修正機能なし)	2	11	24	3
(17) コンセプトマップのどの部分に誰がよく貢献したのかを再確認できる				
(再生・修正機能あり)	1	21	15	3
(再生・修正機能なし)	3	20	17	0
(18) コンセプトマップを修正するきっかけにできる **				
(再生・修正機能あり)	17	19	4	0
(再生・修正機能なし)	1	21	15	3

N=40. 単位は人. **p<.01, *p<.05.

が、自分の理解度を再確認できていたと言える。

項目(8)についても同様に、有意差が見られた ($p<.01$)。よって、「あり」では、共同作成過程の振り返りが、自分の考えを修正する契機となっていたと考えられる。

3. 相手の理解の内省に関する有効性

(9)から(12)の4項目いずれについても、有意差が見られた ($p<.01$)。したがって「あり」の場合では、共同作成中に相手がどのように考え、悩んだのかをよく振り返ることができ、相手の理解しているところもよく再確認できていたと考えられる。これに対して「なし」の場合は、そうした振り返りや再確認をそれほど行うことができなかつたと推察できる。

4. 相手の理解と自分の理解の比較に関する有効性

(13),(14)のどちらの項目も、有意差が見られた ($p<.05$ または $p<.01$)。これらの結果より、自分の考えと相手の考えが同じところや異なるところについては、「あり」の場合の方がよく再確認できていたと言える。

(e)対話や共同作成に関する有効性

(15),(16),(18)のいずれの項目も、有意差が見られたが ($p<.01$)、(17)については、有意差は見られなかつた (ns)。したがって、共同作成中に互いが発見した新しい考えや話し合いの振り返りについては「あり」の方が、よりよく振り返ることができ、コンセプトマップを修正するきっかけとすることができていたと考えられる。これに対し、コンセプトマップの共同作成において、どの部分に誰がよく貢献したかということの再確認は、「あり」、「なし」とともに顕著な効果は認められなかつたとと言える。

第2項 7段階評定尺度法による対話のイメージに関する評価

表6-2には、対話のイメージに関する計12の形容詞対について、「あり」、「なし」それぞれの場合における評定値の平均と標準偏差、およびt値を示した。評定値については、項目の左側の形容詞にもっとも近いものを7点、右側の形容詞に近いものを1点として得点化している。対応のあるt検定(片側)の結果、「大胆な-繊細な」「柔らかい-固い」の2つを除く計10項目において、「あり」、「なし」の平均評定値の差は有意であった ($p<.01$ または $p<.05$)。そこで、表6-3に示すように、この10項目について、因子分析(主因子法、バリ

表6-2 再生・修正機能の有無と対話のイメージ: SD法による評定値の分析

項目	再生あり	再生なし	t
楽しい—楽しくない **	5.9 (0.6)	4.8 (1.0)	6.32
気楽な—緊張する *	5.1 (1.1)	4.6 (1.2)	2.38
明るい—暗い **	5.1 (1.0)	4.6 (0.9)	3.12
気軽な—慎重な *	5.3 (1.1)	4.7 (1.4)	2.22
軽い—重い *	5.0 (1.1)	4.5 (0.9)	2.47
大胆な—繊細な	4.1 (1.6)	4.3 (1.4)	0.67
柔らかい—固い	4.3 (0.9)	4.1 (0.3)	1.33
速い—遅い **	5.0 (2.1)	4.0 (1.6)	2.90
わかりやすい—わかりにくい **	5.8 (0.9)	4.0 (1.6)	6.60
豊富な—貧弱な **	5.5 (1.0)	3.8 (0.8)	7.02
話しやすい—話しにくい **	5.6 (1.1)	4.2 (1.6)	4.78
暖かい—冷たい *	4.4 (0.7)	4.0 (0.3)	2.16

注) N=40, **p<.01, *p<.05.

数値は平均評定値, カッコ内の数値は標準偏差を示している。
ただし, 「t」の数値は, t値を示している。

表6-3 対話のイメージ項目に関する因子分析結果(バリマクス回転後)

項目	因子I 負荷量	因子II 負荷量	h ²
豊富な—貧弱な	.817	.250	.730
わかりやすい—わかりにくい	.799	.376	.780
話しやすい—話しにくい	.780	.255	.673
暖かい—冷たい	.678	-.070	.465
楽しい—楽しくない	.642	.297	.501
気軽な—慎重な	.144	.871	.779
気楽な—緊張する	.089	.797	.643
軽い—重い	.217	.714	.558
明るい—暗い	.355	.613	.501
速い—遅い	.134	.520	.288
固有値	4.45	1.47	5.92
寄与率	44.5	14.7	59.2

マクス回転)を行った結果, 2因子を抽出した. 因子の抽出に際しては固有値 1.0以上を基準とし, 累積寄与率は 59.2%であった. この2因子について, 原田(1997)を参考に因子名を付けた. 第I因子は, 「豊富でわかりやすく, 話しやすく, 暖かく, なおかつ, 楽しい」という対話が進みやすい雰囲気を表すものとして, 因子名を「対話のしやすさ」とした. 第II因子については, 「気軽で気楽で明るく, 軽くて速い」という性質から, 因子名を「対話の軽快さ」とした.

対応のあるt検定(片側)により両者の因子得点について分析したところ, 表6-4に示すように, 両因子ともに, 「あり」の場合の方が有意に大きかった. したがって, 再生・修正機能がある場合の対話のイメージについては, その対話のしやすさと軽快さの観点から高く評価されていたと考えられる.

第3項 再生・修正機能の利用回数と内省における同機能に対する評価との相関

ここでは, 操作履歴データと質問紙調査への回答を基にして, 再生・修正機能の利用と同機能に対する評価との相関について検討する. 同機能の利用については, 再生ボタンに関する操作(再生ボタン, 一時停止ボタン, 最初へスキップ, 最後へスキップ)と, 再生スクロールバーに関する操作(1つ戻るボタン, 1つ進めるボタン, スライダ)のそれぞれで, ペアの2人の合計操作数を算出した. 再生・修正機能に対する評価については, 質問紙調査への回答から「あり」の評定値と「なし」の評定値との差を求めて, ペアの平均値を算出した. ここで差を求めたのは, 相対的に見て「なし」にくらべて「あり」の方がどの程度高く評価されていたのかを測るためである.

表6-5には, 再生・修正機能の利用回数と内省における同機能に対する評価との相関係数, ならびにその有意性を示した. 再生ボタンの利用との相関係数については, (1),(2),(3), (18)の4項目で有意であった($p<.05$ または $p<.01$). 再生スクロールバーについては, (5) ($p<.05$) の1項目で有意であった. これらの結果より, 再生・修正機能の利用頻度が高まるほど, 自身の操作過程や理解の内省, コンセプトマップそのものの内省の際に利用する同機能の評価が高くなる傾向にあると言える. つまり, 同機能を多用していた被験者ほど, 内省における同機能の有効性を認めていたと考えられる.

次に, 表6-6には, 再生・修正機能の利用と, 同機能を利用した対話のイメージに対する評価との相関係数を示した. 再生ボタンの利用との相関係数については, 「気軽な-慎重な」

表 6-4 再生・修正機能の有無と対話のイメージ: 因子得点の分析

項目	機能あり	機能なし	t
因子I 「内容の豊富さ」 **	0.62 (0.81)	-0.62 (0.75)	5.91
因子II 「リラックス度と迅速さ」 *	0.21 (1.02)	-0.21 (0.95)	2.19

N=40, **p<.01, *p<.05

数値は因子得点の平均値, カッコ内の数値は標準偏差を示している.

ただし, 「t」の数値は, t値を示している.

表 6-5 再生機能利用とリフレクションにおいて利用する

再生機能に対する評価との相関

項目	再生ボタン	再生 スクロールバー
自分がどのようにラベルを移動したのかを、 簡単に知ることができる	.47 *	.13
自分がどのリンクを作成・削除したのかを、 簡単に知ることができる	.43 +	.35
自分がどのリンクワードを入力・修正 したのかを、簡単に知ることができる	.46 *	.19
自分が考えていたことを振り返ることができる	-.11	-.21
自分がどのように悩んだかを 振り返ることができる	-.08	.47 *
自分がよく理解しているところを再確認できる	.08	.00
自分の理解が不足しているところを再確認できる	-.17	.11
自分の考えを修正するきっかけにできる	.24	.17
相手が考えていたことを振り返ることができる	.22	-.08
相手がどのように悩んだかを 振り返ることができる	.00	-.09
相手がよく理解しているところを再確認できる	.23	.15
相手の理解が不足しているところを再確認できる	.32	.01
相手の考えと自分の考えの同じところを 再確認できる	-.02	-.09
相手の考えと自分の考えの違うところを 再確認できる	-.27	-.39
お互いに知らなかった新しい考えを 思いついたことを振り返ることができる	-.16	-.25
相手との話し合いを振り返ることができる	.22	-.09
コンセプトマップのどの部分に 誰がよく貢献したのかを再確認できる	.00	.11
コンセプトマップを修正するきっかけにできる	.44 +	.11

N=19, * $p < .05$, + $.05 < p < .10$

数値は各項目と該当操作回数との相関係数を示している。

表6-6 再生機能利用と再生機能を利用した対話のイメージに対する評価との相関

項目	再生ボタン	再生スクロールバー
楽しい—楽しくない	.02	-.03
気楽な—緊張する	-.27	.23
明るい—暗い	-.11	.39
気軽な—慎重な	-.39 ⁺	.15
軽い—重い	-.35	.02
大胆な—繊細な	-.25	-.46 [*]
柔らかい—固い	-.33	-.20
速い—遅い	-.30	-.17
わかりやすい—わかりにくい	.22	.19
豊富な—貧弱な	.07	.01
話しやすい—話しにくい	.07	.26
暖かい—冷たい	.22	.25

N=19, *p<.05, +.05<p<.10

数値は各項目と該当操作回数との相関係数を示している。

の1項目で有意であった ($p < .10$)。また、再生スクロールバーについては、「大胆な—繊細な」の1項目で有意であった ($p < .05$)。これらの結果より、同機能を利用した対話のイメージに対する評価については、同機能を利用するほど、慎重で繊細な対話として評価される傾向にあると言える。

第4節 結果(2): 面接による再生・修正機能の有効性の調査

第1項 再生・修正機能の長所

共同作成過程の振り返りの際に再生・修正機能を利用することの長所に関する回答傾向は、以下の9点にまとめることができた。典型的な面接プロトコルを挙げながら、それぞれについて検討する。

1. 迷ったところ、悩んだところがわかる (のべ19名, 以下同様)

再生・修正機能を用いて振り返ることで悩んでいた箇所がわかるため、その部分を重要箇所として見出し易い (被験者 My, 以下同様)、「途中で分からなくなった時」や「どこで戸惑ってたかっていう部分」がわかりやすい (Na), オブジェクトが移動のみを繰り返す様子から、最終画面では表れない自分や相手の迷いが見える (Kt) といった点が長所として述べられていた。このように、同機能の利用を通して、共同作成中の互いの迷いや悩みを想起できる点が評価されていた。

2. 考えてきた順序や考えの変化がわかる (19名)

「理解してきたことの過程が振り返られる」、「なぜその考えに至ってきたのか」を振り返るときに役立つ (Tm), 2人の中でやりとりされた考えの一つ一つがわかりやすい (Am), 自分の考えだけでなく、相手の考えやその順序がわかりやすい (St, Tk) の他、当初の方針をどこで変更したかがわかり、それを話し合いに活かせる (Tt), 大局的な「自分達の中の転換点」が捉えやすい (Ny), 相手の考えの変化が見える (Oa), 「変更点がわかりやすい」(Hb), 「どこから間違っていたか」(Da), 「どこで悪い方に行ったのか, どこでいい方に行ったのか」を確認できる (Ks) といった点が挙げられていた。このように、自分たちの思考の順序を想起したり、考えの変化を理解する上での、再生・修正機能を利用した

振り返りの有効性が評価されていた。

3. 共同作成過程がわかる(17名)

「次はこういうふうに動かして、こういうふうに動かしてっていうふうに見ていくことができる」(Yk)、「自分たちが着手する、仕方ってというのがわかる」(Kh)、どのようにオブジェクトを移動させたのかを思い出せる(Wy)、共同作成過程を最初から自由に見て、その過程を確認できる(Oh)などの長所が挙げられていた。これらの回答は、共同作成過程を最初から順に再生することができるという、再生・修正機能の特長を評価したものと見える。

4. 次に修正すべき部分ができる(4名)

「自分がどういう方向に行くべきか」を確認できる(Ks)、共同作成過程の途中の時点で修正すべき部分を話し合うことができた(Kt)という意見の他、再生中のコンセプトマップを見た印象について、「次に活かせるヒントが生まれてくる」(Hb)との回答が見られた。これらより、再生・修正機能が、コンセプトマップを修正したり、新たな考えを着想する上で有効であると評価されたと言える。

5. お互いがどの部分で貢献したのかがわかる(5名)

共同作成過程を追うことで、どちらがどの部分を率先して作成したのかがわかる(Ni)、相手や自分がどれだけ貢献しているかということがわかる(Ye, Oh)などの点が挙げられていた。これらの回答は、自分が作成したオブジェクトが青色で表示され、その表示が再生時にも現れることを評価したものと考えられる。

6. その時々考えを細かく思い出せる(4名)

共同作成過程を眺めることで、その時の自分の思考が想起しやすいこと(Ya)の他、「具体的に、画面にこう、出てくるから、だからそんな時そんな時に、自分が、ああ、こうゆう、考え、考えってゆうか、こうゆうこと思って、こうゆうふうに置いたんやなあってゆうことが、具体的に想起される」と述べた上で、再生・修正機能がない場合は、手掛かりが不十分で具体的に思い出せなかったこと(Ff)が挙げられていた。このように、共同作成過程が再生されることで、思考過程の詳細な振り返りも可能であることが評価されている。

7. 理解できたところ, 理解が不足していたところがわかる (3名)

「どこの部分がパッと分かって, であとどう関係づけられなかったか」ということを理解するときに役立ったこと (Am) や, 振り返りの際に「理解不足だったなっていうのがよくわかった」こと (Ye) が述べられていた. 同機能を使用することで, 自分たちがどこを理解しているのか, また理解していないのかを想起できる点が評価されたと言える.

8. 考えがまとまりやすい (3名)

思考過程を見ながら考えることができるので, 考えがまとまりやすいこと (Hm) や, 振り返りの際に2人の意見が異なったときに, 自分たちの思考過程を見返すことでお互いが納得できるように収拾できたこと (Yo) が, 長所として挙げられていた.

9. 作成過程の任意の時点に戻り, 修正できる (3名)

ある時点まで遡り, そこから修正できること (Ma, Oy, Kh), つまり, 共同作成過程の任意の時点までアンドゥすることで遡り, 修正することができるという再生・修正機能の特長が評価されていた.

第2項 再生・修正機能の短所

短所については, 次の5点にまとめることができた.

1. 共同作成過程を振り返る気にならなかった (6名)

再生中に共同作成過程を振り返ることなく, 眺めるだけで流してしまうことや (Od, Ta), 再生・修正機能を使いすぎると, 誰がどれを移動させたかという些末な内容ばかり話してしまうこと (Kk) が指摘されていた. 再生中の画面に注目しすぎた結果, 全体の大まかな流れを振り返るには至らなかったと考えられる.

2. 話し合いの時間が減少した (5名)

再生・修正機能にばかり着目して (Kh, Ya), 「さっさと進んで」しまって (Kt), 話し合いの時間が少なくなったことが述べられていた.

3. 新たな考えを展開しにくい(4名)

コンセプトマップの全体像が見えるとかえって修正しにくいこと(Ny)の他、「思考を急に、逆転するようなことができにくくなった」、「まとまった考えからなかなか離れられなくなった」(Hm)、改善する視点を強く持たないと、既存のコンセプトマップを修正できずに流されてしまう(Yo)といった点が指摘されていた。

4. 相手に見られるので戸惑う、恥ずかしい(3名)

再生・修正機能があると、相手にも共同作成中に自分が迷った過程を見せることになるため、恥じらいを感じる場合があること(Hy)や、振り返ることを考えると少し不安な面があり、かえって気軽に作成しにくい(Wy)ことが短所として挙げられていた。

5. 気軽に作成してしまった(1名)

再生・修正機能があると作成が気軽になり、無駄な作業を後悔することがあった(Hn)と述べられていた。

第3項 再生・修正機能の改善すべき点

改善すべき点については、次の8点にまとめることができた。

1. 再生速度を調整する機能の追加(11名)

任意の時点で停止できるような緩やかな再生(Ye)や、より速い再生(Mh)、コマ送りではない連続した緩やかな再生(Ks)を可能にするために、再生速度を調整できる機能の追加が挙げられていた。また、一度に同じ速度で再生されると、相手と自分のどちらが考えたのか、どの程度迷ったのかが判明しにくいいため、再生速度を可変にすべき(Tk)であることも指摘されていた。

2. 各作成操作の所用時間を表示する機能の追加(4名)

「どの場所でどのぐらい悩んだかっていうスピード」がわかると、より「再生の意味がでてくる」(Kh)、どの部分に自分たちが時間をかけて共同作成したのかがわかりやすい(Am)、共同作成中のオブジェクト移動の時間が、再生中にも短縮された形で再現されると

振り返りやすい (Tk) といった指摘が見られた。このように、共同作成時に悩んだり立ち止まったりしたことが何らかの形で表示できると、再生・修正機能がより良いものになると回答している。

3. 再生スクロールバーにチェックポイントを置く機能の追加 (4名)

ポイントとなる場面で再生スクロールバーにチェックする機能があれば、直ちにその場面に遡って話し合いができる (Hm)、区切りたい場面で再生スクロールバーに赤のチェックポイントを置く機能があると、振り返るときに、そのポイントで自分が何かを考えていたことを想起しやすい (Wy)、といった意見から、再生スクロールバーに自分たちがポイントと考える時点を表示する機能の追加が求められていると言える。

4. 誰が作成したか、動かしたかをわかりやすくするように改善 (4名)

この項目では、「今の動きは誰の動きなのかっていうのがわかるといい」(My) といった、オブジェクトの青色表示に関する指摘がされている。つまり、誰が作成したのかはわかるが、誰が移動させたのかまではわからないことに対する指摘である。また、再生中は青色表示をあまり意識しなかったので「意識付けさせる方がいい」と述べ、この機能を活かすような学習者への意識付けの必要性 (Na) も挙げられていた。

5. 微妙な移動、入力ミスの再生を削除 (2名)

本ソフトウェアの再生・修正機能では、文字の入力ミスや意味のない微妙なラベルの移動も全て再生される。この点が改善点として指摘されていた (Ny)。

6. 10コマ単位でも再生可能な機能の追加 (2名)

1コマ単位だけでなく10コマ単位でも再生できると、思考過程の変化が捉えやすいとして、再生スクロールバーに付随する1つ戻るボタン、1つ進めるボタンの機能拡張が求められていた (Ny)。しかし、この機能は既に実装されている。

7. 音声を録音・再生する機能の追加 (1名)

「会話した内容が、ここに、再生するとき随時出てくる」と良い (Yo) というように、再生・修正機能への、共同作成中の会話を録音・再生できる機能の追加が求められていた。

8. 作成過程を編集する機能の追加(1名)

共同作成過程の必要な部分を編集して再生できると見やすい(Hn)という意見も述べられていた。

第5節 考察

本章では、「再生・修正機能」と「共同作成機能」が実装されたソフトウェアに関する評価実験を行って、その有効性を検証した。

思考過程の内省と対話に関する質問紙調査では、18の質問項目の内、17項目において、再生・修正機能を利用できる場合の方が高く評価されていた。対話のイメージに関する質問紙調査では、再生・修正機能を利用できる場合の方が、対話のしやすさと軽快さの観点で、高く評価されていた。

再生修正機能の利用回数と内省における同機能に対する評価との相関を分析したところ、同機能を多用していた被験者ほど、内省における同機能の有効性を認めていたことが見出された。同様に、対話のイメージとの相関を分析したところ、対話のイメージが、再生ボタンを多用するほど慎重に、再生スクロールバーを多用するほど繊細に感じられる傾向性が認められた。

これらを総合すると、ソフトウェアの有効性として、次の3点を挙げることができる。

- (1) 共同作成過程を再生することで、最終画面のみからは想起できない、自分たちの考えの迷いや変化、気づきなどを内省することができる。
- (2) 共同作成したコンセプトマップの修正すべき部分を見出したり、新たな考えを着想する契機となる。
- (3) 共同作成過程についての対話が、話しやすく、軽快なものとなる。

以上の結果から、本ソフトウェアが、複数の学習者によるコンセプトマップの作成や、自分や他者の思考過程の振り返り、共同でのコンセプトマップの吟味や修正、他者との対話を促進していると言える。

第6節 本章のまとめ

前節までに論じてきたように、本章では、ソフトウェアの有効性について、とくに第3世代のソフトウェアには実装されていなかった再生・修正機能の有効性について実験的な評価を行ってきた。その結果、協調学習における思考過程の内省・対話を支援するという再生・修正機能の有効性を実証的に明らかにすることができた。

次に求められる作業は、実際の理科授業を対象とした実践的研究である。理科教育における協調学習支援の道具としての本ソフトウェアの有効性を結論づけるためには、本ソフトウェアを本格的に利用した理科授業実践を実施し、その中で、共同作成機能や再生・修正機能がそれらの有効性を発揮できるかどうかを吟味しなければならないと考えられる。

そこで、ソフトウェア評価のための調査研究の最後では、小学校の理科授業へソフトウェアを導入し、再生・修正機能の有効性を実践的に解明することに取り組む。

第7章 ソフトウェアの評価 (3) : 実践的研究

前章では、大学生を対象とした実験的研究を通して、ソフトウェアがコンセプトマップの共同作成に加えて、協調学習における思考過程の外化を実現し、学習者による思考過程の内省・対話を支援できることについて検証できた。

本章では、前章の実験的研究の結果を実践的に裏付けつつ、ソフトウェアの有効性を結論づけるために、ソフトウェアを本格的に利用した理科授業実践を実施し、その中で、共同作成機能や再生・修正機能が有効性を発揮できるかどうかを吟味した。

第1節 目的

本章の実践的研究の目的は、小学校6年生の理科授業へソフトウェアを導入し、子どもたちによるコンセプトマップの共同作成や思考過程の内省・対話を支援する上での有効性について評価することであった。

第2節 ソフトウェアを利用した授業のデザイン

第1項 対象

対象は、神戸市内の国立大学附属小学校6年生1クラス（男子13名、女子18名、計31名）であった。31名の子どもをA～Hグループの8グループに分け、各グループのメンバー数を4人（ただし、Gグループのみ3人）とした。

第2項 利用教室とコンピュータ環境

対象校の理科室で水溶液の実験を行い、コンピュータ室で本ソフトウェアを利用した学習活動を行った。

コンピュータ環境は、サーバ8台（Dell Inspiron 2650/4000/4100; Windows XP/2000）、クライアント32台（Fujitsu FMV5500 ML4; Windows NT 4.0 Workstation）の計40台で構成されており、各コンピュータには、Java 2 Standard Edition Ver.1.3をインストールしている。

全てのコンピュータが100BASE-T（通信速度が100Mbps）の有線ネットワークで接続されているおり、サーバ1台につき、クライアント4台を接続する構成とした。また、子どもたちは、1人につき1台のクライアントを利用した。なお、本実践においてサーバを8台用意したのは、クライアントコンピュータの処理速度が低く、それを補うためにサーバの台数を増やす必要があったためである。

第3項 実験授業の展開と本ソフトウェアの利用方法

対象となった授業は、小学校6年生の理科の単元「水溶液の性質」全14時間であり、2002年11月上旬から12月上旬にかけて実施された。実験授業の展開と本ソフトウェアの利用方法を、図7-1に示した。本ソフトウェアを利用したのは、そのうちの計6時間である。

単元目標は「酸性理論を共同構築する中で、酸性水溶液の性質の理解を深める」ことであった。

具体的には、単元の当初で酸性水溶液の性質に関するクラスでの議論から整理された4つの仮説、即ち、「“酸”という字がつく」、「すっぱい味がする」、「もの（金属・大理石）をとかす」、「気体がとけている」を機軸に、グループでの実験とコンセプトマップの作成を通して、酸性に関する「理論」を構築することを目指した。なお、ここでの理論とは、当該クラスの子どもが「酸とは何か」という課題について議論し、彼ら自身がおおよそ合意した命題のことを示している。

また、上記の仮説の内、科学的に妥当であるものは「“酸”という字がつく」、「すっぱい味がする」、「ものをとかす」の3つであり、これらに基づいて酸性理論を理解することが、到達目標として期待されていた。後述するように、学習活動を進める中で、「気体がとけている」については妥当でないことが確認され、仮説はこれを除く3つに整理された（図7-1、9・10時限）ことから、子どもたちの理解は、授業者の期待する目標に到達したと言える。

コンセプトマップは、上述の4つの仮説を記載した「仮説ラベル」のうち、グループのメンバーが酸性理論として妥当であると合意した仮説ラベルはコンセプトマップの上の方に配置し、妥当でないものは下の方に配置する、という手順で作成され、学習前の予想や実験の結果と考察を表現したり、子どもたち自身が相互の知識を統合したり、他者と科学的に会話するための道具として利用された。

図7-2は、完成されたコンセプトマップの事例である。このコンセプトマップでは、「すっ

時限	学習活動	ソフトウェアの利用
1・2時限	<ul style="list-style-type: none"> 3～4人のグループで、1枚のコンセプトマップを共同作成する。コンセプトマップは、「塩酸」「食塩水」「炭酸水」「石灰水」「酢酸」「水道水」「ミョウバン水」の7種類の水溶液を、「酸性」「酸性でない」に分類するものである。 	→ソフトウェアを利用して、コンセプトマップを共同作成する[図1a].
3・4時限	<ul style="list-style-type: none"> 全てのグループのコンセプトマップが印刷された資料を見ながら、それぞれのグループが各水溶液を酸性に分類した理由について各グループで検討する。 クラス全体で、酸性に分類した理由を発表しあう。 「『酸』という字がつく」「すっぱい味がする」「気体がとけている」「もの(金属、コンクリート)をとかす」の4つにまとめられた理由を酸性理論の仮説として設定する。 各グループで4つの仮説の担当を決める。各グループの担当者で実験チームを編成し、実験計画を立てる(ジグソー学習法)。 	
5・6時限	<ul style="list-style-type: none"> 実験チームで、実験を実施する。 実験結果をワークシートに記録する。 	
7・8時限	<ul style="list-style-type: none"> グループに実験結果を持ち帰り、口頭で報告しあう。 コンセプトマップに実験結果を反映させる。 これまで学習してきたことを振り返る。 	<ul style="list-style-type: none"> →共同作成機能を利用して、コンセプトマップを加筆・修正する。 →再生機能を利用して、自分たちの考えの変化、現在の理解状態、グループの話し合いを内省する。
9・10時限	<ul style="list-style-type: none"> クラス全体で、4つの仮説の検証結果を報告しあう。 4つの仮説のうち、「『酸』という字がつく」「すっぱい味がする」「もの(金属、コンクリート)をとかす」が酸性理論であることを確認する。 3つの酸性理論を再確認するために、各グループで共通の実験を実施する。 酸性理論について、もう少し調べたいことを話し合う。 塩酸によるアルミニウムの変化を確認するための実験や、複数の理論の組み合わせを検証するための実験を各グループで選択し、実験計画を立てる。 	
11・12時限	<ul style="list-style-type: none"> グループで実験を実施する[図1b]. クラス全体で、各グループの実験結果を報告しあい、それぞれのグループが確認・検証した内容について話し合う。 	
13・14時限	<ul style="list-style-type: none"> 前時の実験に基づいて、コンセプトマップを共同で加筆・修正し、コンセプトマップを完成させる。 単元において学習してきたことを振り返る。 	<ul style="list-style-type: none"> →共同作成機能を利用して、コンセプトマップを加筆・修正する。 →再生機能を利用して、自分たちの考えの変化、現在の理解状態、グループの話し合いを内省する。

図7-1 単元の展開とソフトウェアの利用

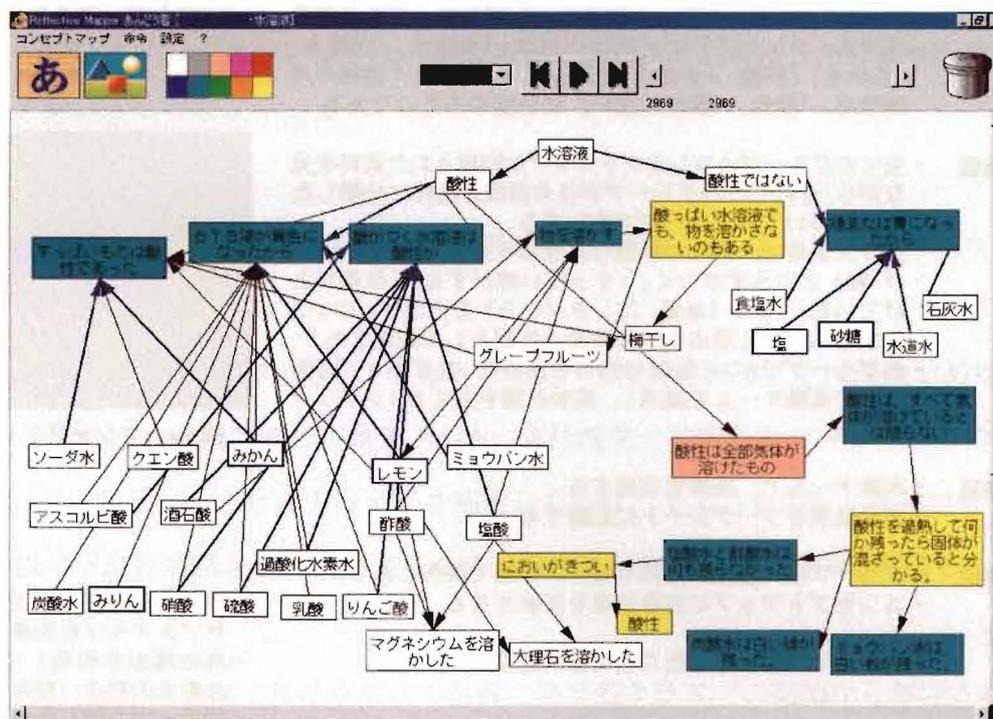


図 7-2 完成されたコンセプトマップの事例

ばいものは酸性であった」「物を溶かす」といった仮説ラベルが上の方に配置されており、これらの仮説は酸性理論として合意されている。一方で、「酸性は全部気体が溶けたもの」は下の方に配置されており、酸性理論として妥当であるとは認められていない。

本ソフトウェアを利用しない理科室の授業では、作成したコンセプトマップを紙に印刷し、子どもたちの話し合いのリソースとして活用した。なお、本実践ではリンクを、ラベル間に何らかの関係があることを示すためのものであると位置づけており、矢印の向きについては厳密な使用法を指導していない。

酸性水溶液の実験は、次のように計3回実施された。

1回目は仮説検証の実験であり、ジグソー学習法(Aronson & Patone, 1997; 筒井, 1999)を利用して実施された(図7-1, 5・6時限)。ここでは、クラス全体で検証すべき仮説は「“酸”という字がつく」、「すっぱい味がする」、「もの(金属・大理石)をとかす」、「気体がとけている」の4つであったので、グループの構成員が仮説を1つずつ担当し、同じ仮説を担当する別のグループの子どもたちが集まって「実験チーム」を編成して、それぞれの実験を行った。その後、子どもたちはグループに戻り、それぞれの実験結果を自分たちのグループのコンセプトマップ上に表現した(ただしHグループは3人で構成されていたため、「気体がとけている」に関する実験チームには参加していない)。

2回目は、1回目の実験結果をクラス全体で共通確認するための実験(図7-1, 9・10時限)、3回目は新たな問題を追究するための実験(図7-1, 11・12時限)であった。これら2回目と3回目の実験は、コンセプトマップの作成グループ単位で実施された。

第3節 評価の方法及び結果

本ソフトウェアの共同作成機能や再生・修正機能が、子どもたちによるコンセプトマップの共同作成や思考過程の内省および対話を支援できていたか否かを評価するために、(1)コンセプトマップ分析、(2)操作履歴分析、(3)本ソフトウェア利用場面の相互行為分析、(4)質問紙調査を実施した。以下では、その方法と結果について説明する。

第1項 コンセプトマップ分析

1. 方法

ソフトウェアを利用した授業において、酸性水溶液の性質に関する学習が成立していたことを確認するために、子どもたちが「酸」という字がつく、「すっぱい味がする」、「ものをとがす」という3つの仮説を酸性理論として妥当であると合意できていたか、という観点から、各グループのコンセプトマップを分析した。このような観点を設定した理由は、酸性理論を構築することを単元目標としていたことによる。なお、妥当でないことが学習を進める中で確認された「気体がとけている」については、分析の対象から外した。

単元終了時点の各グループのコンセプトマップについて、上記の3つの仮説を示すラベルが、コンセプトマップ（つまり、表現された知識群）の中で上位の関係として適切に位置づけられているか否か、という基準で分析した。なお、分析は著者の内の2名が行い、意見が相違した際には、協議の上で一致させた。

2. 結果

分析の結果を表7-1に示す。仮説ラベルについて、Bグループが2つ、Aグループが1つを適切に配置できていないものの、他のグループは3つ全てを適切に配置できていた。このことから、子どもたちは概ね、3つのラベルを適切に位置づけることができたと言えよう。

第2項 操作履歴分析

ソフトウェアに蓄積された操作履歴データを分析し、共同作成機能と再生機能の利用の実態を明らかにした。

1. 共同作成機能の操作履歴分析

共同作成機能の利用実態を詳細に検討した。

a. 独占的ではない共同作成の実現

(1) 方法

特定の子どもが独占的にコンセプトマップを作成するのではなく、グループの子どもたち全員が共同してコンセプトマップを作成していたことを明らかにするために、本ソフトウェアが利用された計3回の授業（1回目:1・2時限、2回目:7・8時限、3回目:13・14時限）における操作履歴データのうち、ラベルとリンクに関するデータを分析した。

表7-1 コンセプトマップ分析

グループ	酸という字	すっぱい味	ものをとがす
A	適切	適切	不適切
B	不適切	適切	不適切
C	適切	適切	適切
D	適切	適切	適切
E	適切	適切	適切
F	適切	適切	適切
G	適切	適切	適切
H	適切	適切	適切

ここでは、「作成・移動・削除」の3種類のラベル操作と、「作成・削除」の2種類のリンク操作の回数に着目した。授業3回分の操作数の平均は、子どもごとで見ると、ラベル操作が647.2回、リンク操作が84.6回、計731.9回であり、グループごとで見ると、ラベル操作が2508.0回、リンク操作が328.0回、計2836.0回であった。

これらの操作回数から、コンセプトマップの作成を、特定の子どもが独占的に行っていたのか、あるいは、グループで共同して偏りなく行っていたのかを示すために、各授業および授業全体について、グループごとに、次式で示される「独占率」を算出した。

$$\text{独占率 (\%)} = (\text{各子どもの操作数} / \text{各グループの操作総数}) \times 100$$

この指標に基づいて、「独占率が50%以上か、10%未満」という基準を設定し、そうした子どもの有無をグループごとに検討した。この基準を満たす場合、そのグループでは特定の子どもだけが独占的にコンセプトマップを作成したことになる。その理由は、前者については、この子どもが、コンセプトマップの作成の半分以上を担っていたと見なすことができ、また、後者については、コンセプトマップの作成にほとんど関与していない子どもが存在したと見なすことができると考えられるためである。

(2) 結果

上記の基準に基づいて分析したところ、1回目はE, F, G, Hの4グループ、3回目はGグループのみ、全体ではGグループのみが基準を満たしており、2回目については、どのグループも基準を満たさなかった(表7-2)。授業ごとにグループ数の偏りを検討するために、1×2の直接確率計算(両側検定)を行ったところ、2回目と3回目の授業および、全体において、基準を満たさないグループが有意に多いことがわかった($p < .01$, $p < .10$)。

以上の結果より、ほとんどのグループでは、特定の子どもがコンセプトマップを独占的に作成していたわけではなく、全ての子どもたちが共同作成に参加できていたと言えよう。

b. 領域横断的な共同作成の実現

(1) 方法

実験授業では、グループの中で1人の子どもが1つの仮説の検証を担当していたが、その結果に基づいてコンセプトマップを作成する際、自分の担当領域だけではなく、他のメンバーの担当領域の作成に対しても貢献できていたか否かを分析した。

そのために、操作履歴データのうち、仮説ラベルについて、授業ごとに、1) 操作ラベル数:

表 7-2 ラベル独占率とリンク独占率の両方が 50%以上であった児童の有無

授業	無	有
1回目 ⁺	7	1
2回目 ^{**}	8	0
3回目 ⁺	7	1

$N=8$, 単位はグループ. ^{**} $p<.01$, ⁺ $.05<p<.10$

31人の子ども一人ひとりが操作したラベルの個数, 2) 被操作人数:4種類, 計28個注)の仮説ラベルそれぞれを操作した子どもの人数, の2つの分析を行った。

(2) 結果

表7-3には, 操作した仮説ラベルの個数が複数(4個~2個)か単数・無し(1個, 0個)かという観点から, 31人の子どもたちを分類した。授業ごとに1×2の直接確率計算(両側検定)を行ったところ, 2回目と3回目の授業では「複数」の人数が有意に多いことがわかった。この結果より, 2回目と3回目の授業において, 子どもたちは, コンセプトマップを作成する上で, 他の子どもが担当する領域に対しても貢献できたと言えよう。

表7-4には, 操作した子どもの人数が複数(4人~2人)か単数・無し(1人, 0人)かという観点から, 28個の仮説ラベルを分類した。個数の偏りを検討するために1×2の直接確率計算(両側検定)を行ったところ, 2回目と3回目の授業では「複数」の個数が有意に多いことがわかった。したがって, 2回目と3回目の授業においては, 仮説ラベルは, 一人の子どもによって独占的に操作されていたのではなく, 複数の子どもたちによって操作されていたと言えよう。

2. 再生機能の操作履歴分析

a. 方法

本ソフトウェアを利用した3回の授業において, 再生機能がどれだけ利用されていたのかを明らかにした。特に, 2回目と3回目の授業については, 再生機能を利用した思考過程の内省・対話が学習活動に設定されていたので, この点を明確にしておく必要があると言えよう。そのために, 3回分の授業における操作履歴データのうち, 再生機能に関する操作(再生ボタンと再生スクロールバー)に着目し, 授業ごとに各グループの操作回数の合計を求めた。

b. 結果

表7-5には, 各授業において各グループが再生操作を行った回数を示した。多少の差はあるものの, 全てのグループが3回目の授業において最も頻繁に再生機能を利用しており, 2回目の授業においても再生機能を利用していたと言える。一方, 再生機能を利用するような学習場面を設定してはいない1回目の授業において, 回数は比較的少ないものの, 全ての

表7-3 操作ラベル数からみた子どもたち

授業	複数	単数・無
1回目	13	18
2回目**	25	6
3回目**	24	7

N=31, 単位は人. ** $p<.01$

表 7-4 被操作人数からみた4つの仮説ラベル

授業	複数	単数・無
1回目	14	14
2回目**	22	6
3回目**	25	3

$N=31$, 8, 単位は個. ** $p<.01$. なお, 8つのコンセプトマップのうち, 2つは性質ラベルが3個, 1つは2個であった.

表 7-5 再生機能の操作回数

授業	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班
1回目	15	11	27	6	5	21	17	5
2回目	59	59	16	24	140	630	14	42
3回目	880	3298	646	1905	1894	1816	121	1813

グループが自発的に再生機能を利用していたことが明らかになった。

第3項 本ソフトウェア利用場面の相互行為分析

1. 方法

共同作成機能や再生・修正機能が、子どもたちのコンセプトマップの共同作成や思考過程の内省・対話を、どのように支援していたのかについて分析した。

そのために、Dグループを分析対象とし、授業(本ソフトウェアを利用した1・2時限, 7・8時限, 13・14時限)の文脈に即して、本ソフトウェアの利用場面の相互行為分析を行った。具体的には、分析対象であるDグループが行った言語的・非言語的行為および画面操作を2台のVTRで記録し、それらを紙面に書き起こしたものをもとに、共同作成機能や再生・修正機能が、対象グループの子どもたちの共同作成や思考過程の内省・対話を支援していたことを顕著に示す相互行為過程の事例を抽出した。

例えば、ある子どもが「酸性」ラベルを「水溶液」ラベルのそばに持っていく様子を見た別の子どもが、それに触発されて酸性についての新しいアイデアを着想して発言するような事例が該当する。つまり、ある子どもがソフトウェアを操作したことが、別の子どもの発言や行動を誘発したり、子どもどうしの対話を活性化するなど、他の子どもの行為を促しているか否かを、事例を抽出する際の判断基準とした。

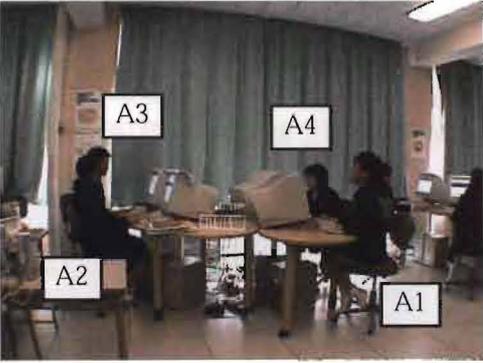
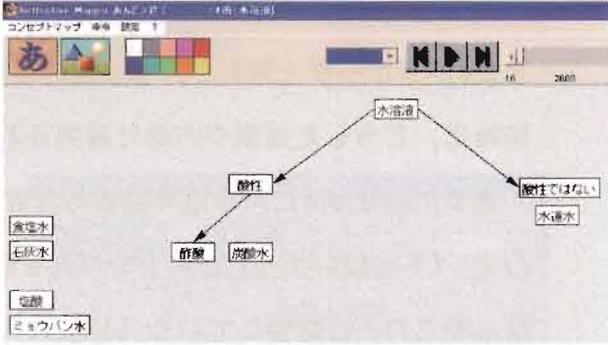
なお、分析対象をDグループに限定したのは、授業のコンテキストを壊さない程度にデータを記録するには、1グループを追うのが限界であったことによる。

2. 結果

a. 共同作成機能に支援された領域横断的な共同作成

図7-3には、共同作成機能が、子どもたちの領域横断的な共同作成を支援している場面の事例を示した。1・2時間目の授業から抽出したこの事例では、A1が『水道水』の配置について質問した後(01A1)、A2やA3、A4がそれに対応するという形で対話が展開し、最終的に『水道水』の配置が決定されている(10A1)。

まず注目したいのは、A1が質問したときのA3やA4の行為である。A3やA4は自分の操作を継続しつつも、A1が作成しようとしている領域の質問に対応できている。A3は、『炭酸水』のラベルを操作しながら、水道水は酸性ではないと意見し(03A3)、一方のA4は、

言語的・非言語的行為	ソフトウェアの操作
<p>01A1 : ((自分の画面を見ながら))水道水はまずどっち? 02A2 : ((自分の画面を見ている)) 03A3 : ((自分の画面を見ながら))水道水は酸性ではないやろう。 04A4 : ((自分の画面を見ながら))えー、うち酸性だと思うんですが。 05A1 : ((A3の方を見て))どっち。酸性ではないなん? [図3a] 06A2 : ((A3の方を向いて))水道水 () 07A3 : ((A2の方を向いて))酸性じゃないやろう。((A1の方を見て))とけへん。 08A1 : とけへんやろ。((A4の方を向く)) 09A4 : ((A1を見て))そっかー。 10A1 : ((自分の画面を見ながら))とけたらすごいし、水道水。ここやろ。</p>	<p>A1 : 「水道水」のラベルをドラッグし始める A2 : 「水道水」のラベルをマウスカーソルで指す A3 : 「炭酸水」を「酸性」のラベルの下に置く A4 : 「酢酸」のラベルを「酸性」のラベルの下に置く A1 : 「水道水」のラベルを「酸性ではない」のラベルの下にドラッグして移動させる A4 : 「酢酸」と「酸性」のラベルの間にリンクを張る A1 : 「水道水」のラベルを「酸性ではない」のラベルの下に置く [図3b]</p>
	
図 3a	図 3b

A1 : 児童 A1 / A2 : 児童 A2 / A3 : 児童 A3 / A4 : 児童 A4 / A1・A2・A3・A4 の前に付した数字 : トランスクリプトの通し番号 / (()) : 非言語的行為・注釈 / ? : 語尾の音の上がり / () : 聞き取り不明瞭

図 7-3 共同作成機能に支援された領域横断的な共同作成

『酢酸』のラベルを操作しながら、水道水が酸性であると意見している (04A4)。このような領域横断的な共同作成は、複数の学習者が画面共有によって1枚のコンセプトマップに同時にアクセスできる、という特徴を持つ共同作成機能によって支援されていると言えよう。

次に、A2の行為について検討する。A2は、A1の質問に即答できなかったが、自分の画面を見ながらマウスカーソルで話題の箇所を特定した (02A2) 後で、自分の意見を述べ始めている (06A2)。ここで、A2は、画面共有されたコンセプトマップを利用することによって、他の子どもたちが行っている作業に参加することができたと考えられる。

b. 再生機能に支援された『すっぱい理論』構築時における思考過程の内省

図7-4は、再生機能が、『すっぱい』という酸性理論 (以下、すっぱい理論) を構築した際の思考過程の内省を支援している場面の相互行為事例であり、単元最後の13・14時限から抽出した。この事例では、コンセプトマップの作成過程を再生することを契機として、A1とA4がサポータと対話し、すっぱい理論が構築されたときの思考過程の内省が行われる。同時に、こうした対話や内省に誘発されて、A2とA3も内省し始める。

まず、A1とA4による思考過程の内省と対話について検討する。A1が再生ボタンを操作して、『すっぱいから』というラベルを操作する過程が画面に表示されると、A1は「うわ、なんやこれ」と感嘆している (01A1)。同時に、A4は、「すっぱいの、あ」と発言し、この過程がすっぱい理論に関係していることに対する感嘆を示している (02A4)。これらの発言を聞いたサポータは、『すっぱいから』ラベルに着目して、作成過程を振り返ることを提案している (05SP)。

すると、A1とA4は、下の方に配置されていた『すっぱいから』ラベルが上の方に移動した場面、つまり、すっぱい理論が構築された際の思考過程を内省し始める。A4は、「11月の、26日に実験したとき」(06A4)、「実験したときに、変わった」(10A4)と発言しており、実験結果に基づいて『すっぱいから』ラベルの配置を変更したことを想起している。A1も、『すっぱい』という言葉を連呼しており (09A1)、実験ですっぱい水溶液をなめたことを想起していることが伺える。

続いて、A2とA3の内省について検討する。当初、A2とA3は2人で話し合っており、A1とA4によるコンセプトマップの再生には目を向けていない (03A2, 04A3)。ところが、A1とA4がサポータと対話し、すっぱい理論に関する思考過程の内省が本格的に行われるようになると、A1たちの方を見て、単元全体の学習について内省したことをワークシートに記入し始めている (07A2, 08A3)。このような身体配置の変化は、A1とA4およびサポータ

言語的・非言語的行動	ソフトウェアの操作
<p>01A1 :((自分の画面を見ながら)) うわ、なんやこれ。 02A4 :((自分の画面を見ながら)) すっぱいの、あ。 03A2 :((画面を見ずに、A3 と話し合っている)) 04A3 :((画面を見ずに、A2 と話し合っている)) 05SP :((Aの画面を見ながら)) じゃあちょっとすっぱいからに注目して見とこか。 06A4 : 11月の、26日に実験したとき。 07A2 :((A1 たちの方を見て、ワークシートを書き始める))。 08A3 :((A1 たちの方を見て、ワークシートを書き始める))。 09A1 : すっぱいすっぱいすっぱいすっぱい。 10A4 : 実験したときに、変わった((自分の画面を指す))。 11A1 : [あ、出た。 12SP : [お、きたきたきた。 13A2 :((ワークシートを書くのを中断して、画面を見る。その後、再びワークシートを書き始める)) [図 4a] 14A3 :((ワークシートを書くのを中断して、画面を見る。その後、再びワークシートを書き始める))</p>	<p>A1 : コンセプトマップを再生する((画面では、「すっぱいから」ラベルを操作するプロセスが再生される。))。 ((画面では、再生が継続されている)) A1 : 再生を停止する((画面では、下位に配置された「すっぱいから」ラベルが上位に配置された状態が表示されている))。 [図 4b]</p>

図 4a

図 4b

A1 : 児童 A1 / A2 : 児童 A2 / A3 : 児童 A3 / A4 : 児童 A4 / SP : サポータ / A1・A2・A3・A4・SP の前に付した数字 : トランスクリプトの通し番号 / (()) : 非言語的行動・注釈

図 7-4 再生機能に支援された「すっぱい」理論構築時における思考過程の内省

による対話に誘発されて、A2とA3が思考過程を内省し始めたことを示していると言えよう。

さらに、『すっばいから』ラベルが上の方に配置された状態が画面に表示され、ここで、すっばい理論が構築された旨をA1やサポータが述べると(11A1, 12SP), A2とA3はワークシートの記入を中断し、画面の方に目を向けている。そして、その後、ワークシートへの記入を再開している(13A2, 14A3)。

こうした一連の相互行為は、A2とA3がすっばい理論に関する思考過程を内省し、その内容をワークシートに記入したものであると考えられる。

実際、A2やA3のワークシートには、すっばい理論に関して内省したことが記入されている。A2のワークシートには、「すっばいからってというのは“関係がないなあ”と思っていたので自信が無かったんだけど、この前の実験で、すっばいものには例外がなかったの自信のある理由になった」という記載がある。また、A3のワークシートにも「最初のコンセプトマップの考えでは、酸性にすっばいというのはあまり関係ないと思っていたけど、実際は関係していたということをびっくりした」と書かれている。

第4項 質問紙調査

1. 方法

授業に参加した子どもたち計31名が、共同作成機能や再生・修正機能の有効性をどのように認識していたのかについて、質問紙調査を通して明らかにした。

子どもたちには、(1) コンピュータ操作(質問項目1・2)、(2) 使用感(同3~7)、(3) 共同作成機能の有効性(同8~13)、(4) 再生・修正機能の有効性(同14~23)の4つの観点に関する計23項目の質問項目に対して、「かなりそう思う」「ややそう思う」「あまりそう思わない」「全くそう思わない」からなる4段階評定尺度法で回答を求めた。質問項目への回答は、単元終了後に約30分をかけて一斉に行われた。

表7-6には、質問紙調査の回答傾向を示した。この回答傾向に基づいて、子どもたちの評価の偏りが、肯定的であるのか、否定的であるのかを検討するために、「かなりそう思う」「ややそう思う」を肯定的な回答、「あまりそう思わない」「全くそう思わない」を否定的な回答としてまとめて合計人数を算出し、各項目について、1(質問項目)×2(肯定的な回答・否定的な回答)の直接確率計算(両側検定)を行った。

表 7-6 質問紙調査の回答傾向

項目	かなり	やや	あまり	まったく
1. コンピュータ操作				
(1) キーボードで文字を打つのは得意だ. *	13	10	7	1
(2) コンピュータの操作は得意だ. *	8	14	9	0
2. 使用感				
(3) 「ネットあんどろ君」を授業で使うのは楽しかった. **	15	16	0	0
(4) 「ネットあんどろ君」は授業で役に立った. **	13	17	1	0
(5) 「ネットあんどろ君」を使いながら, 「水溶液の性質」についてよく考えた. **	11	19	1	0
(6) 「ネットあんどろ君」を使いながら, 自分たちの酸性理論を作り上げることができた. **	12	18	1	0
(7) 他の授業でも「ネットあんどろ君」を使ってみたい. **	16	14	1	0
3. 共同作成機能の有効性				
(8) 自分の考えや実験結果をコンセプトマップに書き込むことができた. **	16	13	2	0
(9) コンセプトマップを見ることで, 同じ班の人の考えや実験結果を知ることができた. **	13	17	1	0
(10) コンセプトマップを見ることで, 自分たちの考えや実験結果について, 同じところ, 違うところ, 関係するところがよくわかった. **	12	16	3	0
(11) 知らなかった新しい考えを思いつくきっかけにすることができた. **	14	14	3	0
(12) 同じ班の人と話し合うきっかけにすることができた. **	9	16	5	1
(13) 同じ班の人との話し合いを活発にすることができた. **	12	12	6	1
4. 再生・修正機能の有効性				
(14) 自分が考えていたことや, 自分が行った実験結果を振り返ることができた. **	9	18	3	1
(15) 自分がよく理解しているところや, 理解が不足しているところを再確認できた. **	10	16	5	0
(16) 自分の考えを修正するきっかけにすることができた. **	7	19	5	0
(17) 同じ班の人が考えていたことや, 同じ班の人が行った実験結果を振り返ることができた. **	8	19	4	0
(18) 同じ班の人がよく理解しているところや, 理解が不足しているところを再確認できた. **	11	14	6	0
(19) 同じ班の人との話し合いを振り返ることができた. **	7	17	7	0
(20) コンセプトマップのどの部分に, 自分はどれくらい活やくしたかを再確認できた. **	10	17	4	0
(21) コンセプトマップに何を書き足せばよいのかや, どの部分を書き直せばよいのかがよくわかった. **	8	18	5	0
(22) 「水溶液の性質」で自分たちが学習してきたことについて, 同じ班の人と話し合うきっかけにすることができた. **	8	19	3	1
(23) 「水溶液の性質」で自分たちが学習してきたことについての話し合いを, 活発にすることができた. **	12	13	6	0

N=31. 単位は人. ** $p<.01$, * $p<.05$. なお, 「ネットあんどろ君」とは, 本ソフトウェアの呼称である.

2. 結果

検定の結果, 全ての項目について, 有意差が認められていることから ($p<.01, p<.05$), 評価が有意に肯定的であったと言える. 以下では結果に基づいて, 観点ごとに述べる.

a. コンピュータ操作

理科授業における本ソフトウェアの利用では, 子どもたちは, コンピュータの基本操作上の問題をそれほど感じていなかったと考えられる.

b. 使用感

子どもたちは, 本ソフトウェアを楽しく使いながら水溶液の性質についてよく考え, 酸性理論を構築できたことを認識していたと言える. また, 本ソフトウェアの有効性を認めており, 他の授業でも使ってみたいと考えていることも明らかになった.

c. 共同作成機能の有効性

コンセプトマップの作成に自ら参加できたことに加え, 他の子どもたちとの共同作成を通して, ジグソー学習法で分業した実験の結果などを共有し比較できたと, 子どもたちは認識していたと言える. さらに, 共同作成を通して他者との対話が活性化され, 新しい考えを着想できたと感じていたことも明らかになった.

d. 再生・修正機能の有効性

子どもたちは, コンセプトマップの作成過程を再生することで, 自分の思考過程やコンセプトマップ作成への貢献を内省し, 考えを修正するきっかけを得ていたと認識していたと言える. 同時に, 一緒にコンセプトマップを作成した他の子どもたちの思考過程をも内省できていたことや, 自分たちの学習プロセスについて他者と対話しながら, コンセプトマップを今後どのように修正すべきかを理解できたことを認めていたことも明らかになった.

第4節 考察

実践的研究では、ソフトウェアの有効性を、小学校6年生の理科授業における授業実践に基づいて評価した。その中で、コンセプトマップ分析と操作履歴分析、相互行為分析、質問紙調査を行った。これらの分析・調査結果を総合し、子どもたちによるコンセプトマップの共同作成や思考過程の内省・対話を支援における、本ソフトウェアの共同作成機能と再生・修正機能の有効性について考察する。

第1項 共同作成機能は、コンセプトマップの共同作成を支援できていたか？

共同作成機能の特徴は、画面共有によってコンセプトマップに同時にアクセスし、共同作業者の作成過程をも同時に確認できることである。本研究の結果を総合すると、共同作成機能は、子どもたちがコンセプトマップを共同で作成する過程を支援する上で、有効であったと言える。

コンセプトマップ分析からは、子どもたちが「酸」という字がつく、「すっぱい味がする」、「もの(金属・大理石)をとかす」という3つの仮説を酸性理論として認め、これらの仮説が表現されたラベルをコンセプトマップ上に適切に配置できていたことがわかった。

また、操作履歴分析と相互行為分析の結果からは、コンセプトマップの作成について、特定の子どもが独占的に行っていたのではなく、グループの子どもたち全員が共同して作成していたことが明らかになった。と同時に、グループのメンバー個々の担当領域を横断し、それぞれの領域の作成に相互に貢献できていたことも確認された。

さらに、質問紙調査の結果からは、共同作成機能によってこうしたコンセプトマップの作成が可能となっており、その過程の中で、実験結果の共有と比較、新しい考えの想起、他者との対話の活性化が生じていたことを子どもたちが認めたことも見出された。

第6章では、共同作成機能の有効性を実験的に明らかにしたが、以上の結果は、それが実際の授業実践も場においても有効であることを示していると言えよう。

第2項 再生・修正機能は、思考過程の内省・対話を支援できていたか？

再生機能の特徴は、学習者自身が共同作成過程を自由に再生でき、その再生している様子が画面共有されて複数のコンピュータの画面上に表示されることである。本研究の結果を総合すると、再生機能は、子どもたちの思考過程の内省と対話を支援する上で、有効で

あったと言える。

操作履歴分析からは、再生機能を利用した思考過程の内省と対話が学習活動に設定された授業において、子どもたちが再生機能を授業者の期待通りに利用していたことが確認された。一方で、設定されていなかった授業においても、わずかではあるが再生機能を自発的に利用していたことも見出された。

相互行為分析の結果からは、再生機能を利用することで、子どもたちの思考過程の内省と対話が促進されていたことが示された。子どもたちが、再生機能を用いて酸性理論構築における思考過程を内省しながら、他の子どもたちやサポータとの間で、その思考過程に関して対話できたことが確認された。さらに、同じグループのメンバーの思考過程の内省を契機として、他のメンバーの内省が誘発されていたことも認められた。

質問紙調査の結果は、こうした相互行為分析の結果を子どもたちの視点から裏付けるものであった。子どもたちは、再生機能を利用することで、自身の活動の内省、他者の実験や考えを内省できたと認識していた。再生機能の利用が、他者との対話の契機になったり、その対話を活性化することも評価していた。さらには、コンセプトマップの修正の方向性を見出すことができたことも認めていた。

以上の結果は、再生機能が、実際の授業実践の場においても有効に活用され得ることを示していると言えよう。

第5節 本章のまとめ

本章では、実際の理科授業を対象とした実践的研究を行ってきた。その結果、ソフトウェアの共同作成機能は複数の学習者による知識の共同構築を支援することが明らかになった。また、再生機能が協調学習における思考過程を外化し、学習者による思考過程の内省・対話を支援できることも見出された。これらの結果は、第5章の大学生・現職教員を対象とした質問紙調査、ならびに第6章の実験的研究の結果を裏付けるものであった。

第8章では、これまでの各章における研究結果を総合的に考察する。そして、本研究で開発したソフトウェアが、第3世代の研究成果を引き継ぎながらも、従来のコンセプトマップでは成し得なかった「思考過程の外化」という側面までを含む形で協調学習を支援できるものに成りえていたかという、本研究の目的が達成できていたかどうかについて議論する。

第8章 総合的考察

本研究では、従来のコンセプトマップでは成し得なかった協調学習における思考過程の外化を実現し、思考過程の内省と対話を支援しうるコンセプトマップ作成ソフトウェアを開発し、その有効性の評価を試みた。

本論文の最後に位置する本章では、各章における研究結果を総合的に考察し、本研究の取り組みが達成できたかどうかを最終的に結論づける。それとともに、今後求められる課題について論じる。

第1節 各章における研究結果のまとめ

図8-1に示すように、本研究では4つの段階を設定し、研究を進めてきた。前章までに、「(1) ソフトウェア開発のための基礎的検討 (第2章, 第3章)」、「(2) ソフトウェア開発 (第4章)」、「(3) ソフトウェア評価 (第5章, 第6章, 第7章)」という3つの段階を実施することができた。以下では、これらの各段階ごとに研究結果を整理してまとめる。

第1項 ソフトウェア開発のための基礎的検討

第1章で検討してきたように、コンセプトマップ研究の第3世代においては、共同作成機能を実装したソフトウェアは開発されているが、再生・修正機能を実装したソフトウェアは開発されていない。このことを踏まえ、本研究の最初の段階では、再生・修正機能の有効性を基礎的に検討するために、同機能のみを実装したソフトウェアを試作し、この試作版ソフトウェアを利用した実験的・実践的研究を行ってきた。

1. 実験的研究

実験的研究については、大学生・大学院生を対象として、「再生・修正機能あり」と「再生・修正機能なし」の条件を設定し、同一の対象がこれら2つの条件でソフトウェアを利用するという研究を実施した。そこでは、質問紙調査、面接調査の結果から、再生・修正機能が思考過程を外化し、学習者による思考過程の内省・対話を支援できていたことを実証することができた。

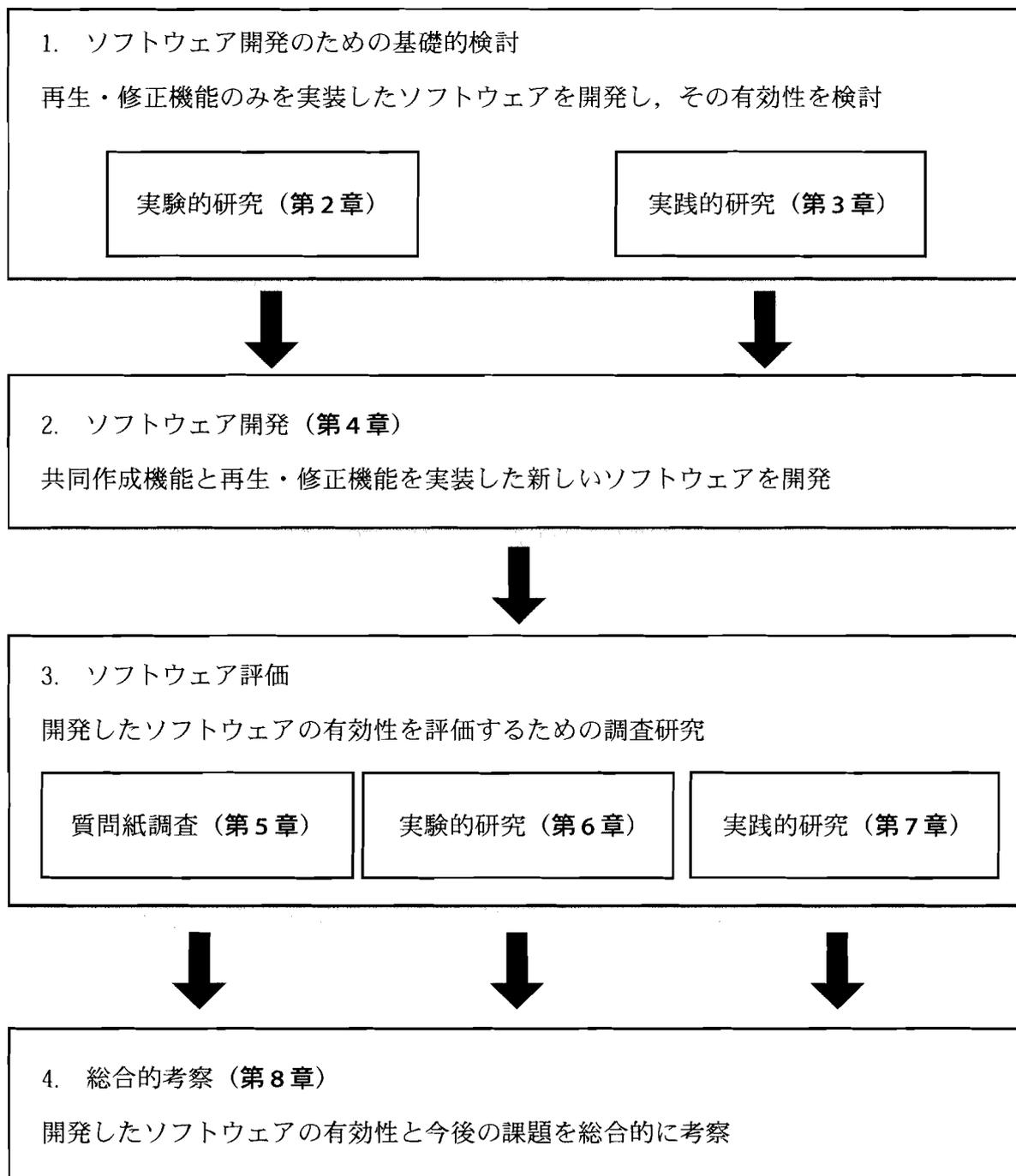


図8-1 本研究の進め方

思考過程の内省については、学習者は、再生・修正機能を利用した方が、コンセプトマップ作成中に新しい考えを発見したことや、考え方を修正したこと、悩んだことをよりよく内省できると評価していた。また、自分のよく理解している箇所と理解不足の箇所を確認できていたことも高く評価していた。さらに、再生・修正機能を利用することは、自分の考え方を修正する契機となることも認めていたのである。

一方、他者との対話についても、学習者は再生・修正機能の有効性を認めていた。学習者は、再生・修正機能がある場合の対話のイメージを、快活さと内容の豊富さ、ならびにリラックス度の観点から高く評価していた。また、対話における自分の思考過程の説明活動については、思考過程を詳細に順序通りに説明できるので、その結果として、迷ったことや考え方の変化を説明することが容易になると評価していた。さらには、対話を通じた他者の思考過程の理解活動について、コンセプトマップの作成過程が可視化されると同時に相手の説明が加えられることで、他者の思考過程を詳細に理解できると認められていた。その上、他者の迷ったことや考え方の変化、自分と他者の思考過程の差異を容易に理解できるので、対話が活性化すると評価していたのである。

2. 実践的研究

小学校の理科授業にソフトウェアを導入した実践的研究では、子どもたちを対象とした質問紙調査、教師を対象とした面接調査、授業のビデオ記録を利用した相互行為分析を行った。それらの結果を総合的に検討し、再生・修正機能の有効性は現実の理科授業においても発揮され、子どもたちの思考過程の内省・対話を支援することを明らかにできた。

質問紙調査の結果では、自分たちの思考過程を内省したり、コンセプトマップの加筆・修正の手がかりを得たり、他のグループからの意見を理解したり、他のグループとの考え方の類似点・相違点を明確にしたりするという意味で、再生機能が子どもたちの学習内容に関する内省や対話を支援していたことが認められていた。面接調査の結果においても、授業におけるソフトウェア利用やその有効性は高く評価されていた。子どもたちについては、再生機能による内省や発表支援、修正機能による修正の支援が実現されていたことが認められていた。教師についても、再生機能を利用することで、従来では困難であった子どもたちの思考過程の詳細の把握や、授業計画の即時的な立案・修正が初めて可能になったと評価されていた。

再生機能利用場面の相互行為分析では、2つのエピソードの分析を通して、再生機能が子

子どもたちの内省や対話を支援することを授業のコンテキストの内実在即して例証できた。コンセプトマップの再生によって、学習者の思考過程は相互に観察可能なものとして外化される。そこから、子どもたちやサポータの発話がなされるためのコンテキストが編成されて、「にごる」という基準をめぐる内省や対話が活性化されたり、「透明」「下に沈む」などの「溶ける」「溶けない」の基準が再発見されたりしていた。言い換えれば、再生機能を通じた思考過程の内省や対話を契機にして、子どもたちの「もののとけ方」に関わる理解が深化されることを例証できた。

第2項 ソフトウェア開発

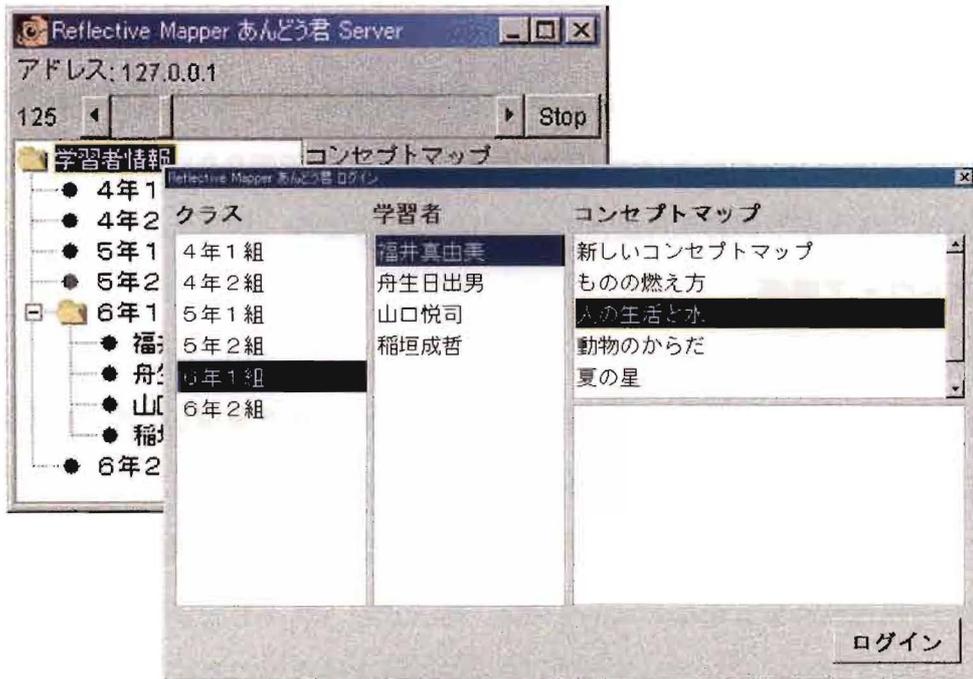
第2章と第3章の基礎的検討の結果から、再生・修正機能は、思考過程の外化を実現し、学習者による思考過程の内省・対話を支援できると結論できた。この結論から、再生・修正機能と共同作成機能を合わせ持ったソフトウェアを開発すれば、思考過程の外化という側面までを含んだ形で協調学習を支援しようという可能性について、より鮮明にすることができたと言える。

そこで、第4章では、第2章、第3章の基礎的検討の成果を踏まえ、次の3つの機能を実装したソフトウェアを開発した（図9-2）。

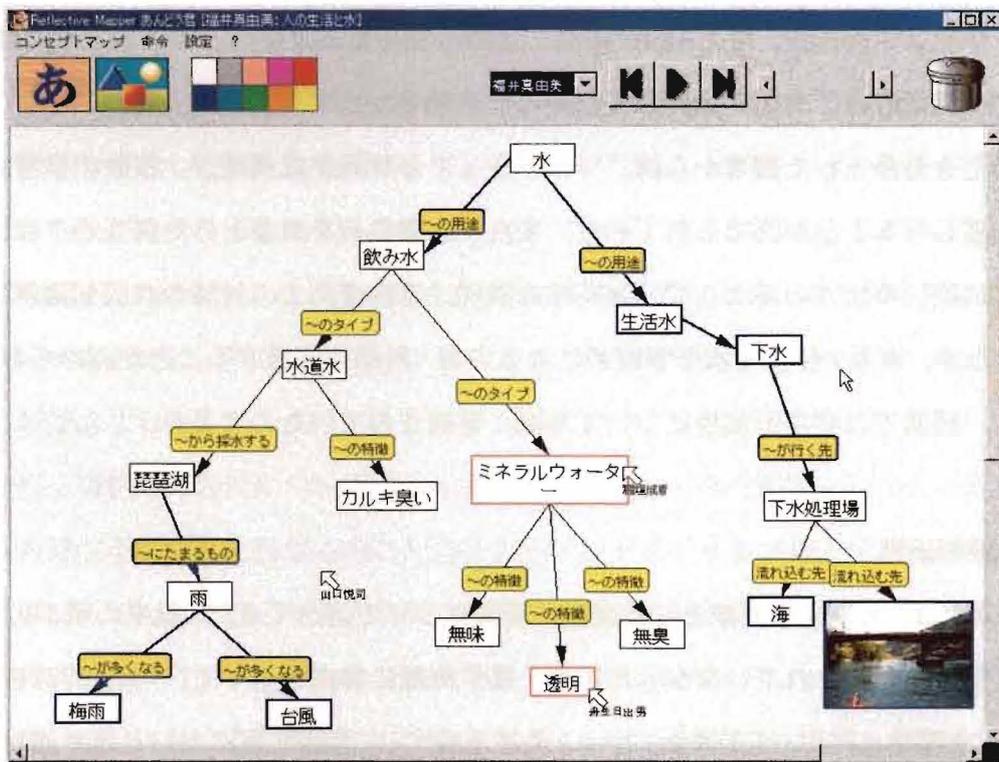
- (1) 再生機能：ソフトウェアはコンセプトマップの作成過程を自動的に保存する。学習者は、作成途中でも随時、その作成過程を再生することができる。
- (2) 修正機能：学習者は、作成過程の任意の時点までアンドゥすることによって遡り、コンセプトマップを修正することができる。
- (3) 共同作成機能：学習者は、ネットワーク上で複数のコンピュータを用いて画面を共有しながら、コンセプトマップを共同で作成できる。

共同作成機能は、複数の学習者一人ひとりが1台のコンピュータを利用して、サーバ上にある1枚のコンセプトマップを共同で作成できるようにするものであった。ラベルの作成・修正・移動・削除、リンクの作成・削除といった通常のコンセプトマップの作成操作に加えて、マウスカーソル、ラベルの色表示などの手段で他者の操作状況を学習者に知らせるアウェアネスを実装した。

再生・修正機能は、コンセプトマップの共同作成過程を自動的に保存し、それをいつでも自由に再生・修正できることを可能にするものであった。各種のボタンやスライダを操作することで、VTRやビデオを再生するかのごとく、コンセプトマップの作成過程を再生・



(a) サーバのインターフェース



(b) クライアントのインターフェース

図 9-2 再生・修正機能と共同作成機能を実装した
コンセプトマップ共同作成ソフトウェア

修正できる。また、作成過程を1ステップずつ戻したり、進めたりしながら、その時点から修正を加えたり、新しく作成し直したりできる。

以上の機能を実装することで、思考過程の外化という側面までを含んだ形で協調学習を支援しうるコンセプトマップ作成ソフトウェアを開発することができた。

第3項 ソフトウェア評価

では、このソフトウェアは、協調学習における思考過程の外化を実現し、その結果として、学習者による思考過程の内省や対話を支援するという有効性を持っているのであろうか。このソフトウェアの有効性を明らかにするために、質問紙調査、実験的研究、実践的研究という3つの調査研究を行った。

1. 質問紙調査

第5章では大学生と現職教員を対象とした質問紙調査について論じた。この調査の結果、ソフトウェアの操作性、再生・修正機能と共同作成機能の有効性、授業での利用可能性が、大学生や現職教員に肯定的に評価されることを明らかにできた。

大学生を対象とした調査からは、ソフトウェアの共同作成機能が、複数の学習者間の対話を支援しうるということが認められていた。また、現職教員を対象とした調査からは、ソフトウェアの使いやすさのみならず、共同作成機能は学習者同士の対話や共同知識構築を支援することや、再生・修正機能が学習者による内省・対話を支援することが認められていた。同時に、授業での利用可能性についても高く評価されていたのである。

2. 実験的研究

第6章では、大学生を対象とした実験的研究について述べてきた。従来の第3世代のソフトウェアには実装されていなかった再生・修正機能に焦点を当てて、「共同作成機能のみ」「共同作成機能と再生・修正機能」という条件を設定し、協調学習における思考過程の内省・対話を支援できるという再生・修正機能の有効性について吟味した。

質問紙調査、面接調査の結果を操作履歴と関係づけながら分析することで、共同作成機能と併せて実装された再生・修正機能の有効性として、次の3点を明らかにすることができた。(1) 共同作成過程を再生することで、最終画面のみからは想起できない、自分たちの

考えの迷いや変化, 気づきなどを内省することができる。(2) 共同作成したコンセプトマップの修正すべき部分を見出したり, 新たな考えを着想する契機となる。(3) 共同作成過程についての対話が, 話しやすく, 軽快なものとなる。

これらの結果は, 再生・修正機能が協調学習における思考過程の外化を実現し, その結果, 学習者による内省・対話を支援するという有効性を支持するものであった。

3. 実践的研究

第7章では, 小学校の6年生の理科授業を対象とした実践的研究について論じてきた。コンセプトマップ分析, 操作履歴分析, 相互行為分析, 質問紙調査の4つの手法で収集したデータを詳細に分析することで, 共同作成機能がコンセプトマップを共同で作成する過程を支援する上で有効であり, 再生・修正機能が子どもたちの思考過程の内省と対話を支援する上で有効であることを明らかにできた。

共同作成機能の有効性については, コンセプトマップ分析から, 3つの仮説を酸性理論として認め, これらの仮説が表現されたラベルをコンセプトマップ上に適切に配置できていたことがわかった。また, 操作履歴分析と相互行為分析の結果からは, コンセプトマップの作成について, 特定の子どもが独占的に行っていたのではなく, グループの子どもたち全員が共同して作成していたことが明らかになった。同時に, グループのメンバー個々の担当領域を横断し, それぞれの領域の作成に相互に貢献できていたことも確認された。さらに, 質問紙調査の結果からは, コンセプトマップの共同作成を通じた協調学習において, 実験結果の共有と比較, 新しい考えの想起, 他者との対話の活性化が生じていたことを子どもたちが認めていた。

再生・修正機能の有効性については, 操作履歴分析から, 再生機能を利用した思考過程の内省と対話が学習活動に設定された授業において, 子どもたちが再生機能を授業者の期待通りに利用していたことが確認された。相互行為分析の結果からは, 子どもたちが, 再生機能を用いて酸性理論構築における思考過程を内省しながら, 他の子どもたちやサポートとの間で, その思考過程に関して対話できたことが確認された。さらに, 同じグループのメンバーの思考過程の内省を契機として, 他のメンバーの内省が誘発されていたことも認められた。

質問紙調査の結果は, こうした相互行為分析の結果を子どもたちの視点から裏付けるものであった。子どもたちは, 再生機能を利用することで, 自身の活動の内省, 他者の実験

や考えを内省できたと認識していた。再生機能の利用が、他者との対話の契機になったり、その対話を活性化することも評価していた。さらには、コンセプトマップの修正の方向性を見出すことができたことも認めていた。

第2節 本研究の結論

以上の結果を総合すると、共同作成機能と再生・修正機能を合わせ持ったコンセプトマップ作成ソフトウェアは、協調学習における思考過程の外化支援を可能とし、その結果として思考過程の内省と対話の支援を実現しうると結論することができる。この結論は、共同作成機能と再生・修正機能を合わせ持ったコンセプトマップ作成ソフトウェアを開発・利用することが、第3世代の研究成果を引き継ぎながらも、従来のコンセプトマップでは成し得なかった「思考過程の外化」という側面までを含む形で協調学習を支援できることを解明したものであると言える。

これまでに論じてきたように、コンセプトマップを利用した理科教育に関する先行研究は、コンセプトマップの開発に着手した第1世代、学習者個人の知識獲得支援を試みた第2世代、協調学習の支援を目指した新しい第3世代に区分することができた。現代の第3世代では、コンセプトマップは、学習者同士の対話を促進するための道具、あるいは、複数の学習者が知識を共同構築するための道具として位置づけられていた。

本研究で開発したソフトウェアは、学習者同士の対話促進や知識の共同構築の促進、つまり、第3世代のコンセプトマップが有していた道具としての有効性を持つものであったと言える。第5章から第7章で行ってきた一連の評価研究の結果は、こうした知見を実証的に裏付けるものであった。

一方で、本研究で開発したソフトウェアは、再生・修正機能を初めて実装したものであり、第3世代の従来の研究を超えて、「思考過程の外化」という側面までを含む形で協調学習を支援できるものであったと言える。第5章から第7章までの一連の研究結果は、この知見をも実証的に裏付けるものであった。

第1章で論じてきたように、現代の理科教育においては、学習者同士の協調学習が理科学習に対して果たす役割の重要性が認められてきている。同時に、授業において協調学習を成立し活性化させるような手立ての検討が行われてきている。こうした現状において、本研究で開発したソフトウェアを理科授業において利用することは、学習者同士の対話や知

識の共同構築を促進するという形で、理科における協調学習の成立・活性化に寄与できると考えられる。さらには、協調学習の思考過程を外化し、学習者による思考過程の内省・対話までも含めて支援できるので、理科授業における協調学習に対して新たな発展をもたらす可能性を秘めていると推察できる。

第3節 今後の課題

以上のように、本研究では、共同作成機能と再生・修正機能を合わせ持ったコンセプトマップ作成ソフトウェアが協調学習における思考過程の外化支援を可能とし、思考過程の内省と対話の支援できると結論することができた。

しかしながら、本研究では、今後の研究を通して克服すべき課題も見出すことができた。ソフトウェアの有効性に関する実験的研究・実践的研究を通して、ソフトウェアの改善点を初め、今後の研究に求められる課題が明らかになったのである。以下では、実験的研究、実践的研究ごとに、今後の課題について述べる。

第1項 実験的研究から得られた課題

第6章の実験的研究における面接調査では、長所に比べて少数ではあるが、同機能の短所についても指摘された。再生によって、かえって、話題の中心が些末な作業内容に限定されてしまうことや、話し合いの時間が減少すること、発想が阻害されること、作業が無駄になることを躊躇せず気楽に作成してしまうことなどが挙げられていた。また、自分の迷いが相手にも見えてしまうことに対する恥じらいについても言及されていた。今回は、本ソフトウェアの利用は、短時間な評価実験の中に限定されていた。

日常的に本ソフトウェアを利用して、思考の道具として使い慣れるに従い、これらの指摘は減少するものと思われる。しかし、自分と相手のどちらが迷ったのかを判別するのが困難であることも指摘されていたが、この点については何らかの支援機能を開発すべきであろう。

さらに、再生速度を調整する機能については、多くの被験者が要望していた。各再生操作の所要時間を表示したり、注目すべき時点を後で確認しやすいよう、スクロールバーの任意の箇所にチェックポイントを置くことができるようにするなど、再生機能をより強力

にするための提案も多く見られた。誰がオブジェクトの操作を行ったのかを表示したり、微妙な操作を再生に反映させないようにする、作成過程の任意の部分に限定して編集するなど、再生や編集をより柔軟なものにするための提案も見られた。他には、内省をより促進するために、作成過程においてなされた会話を録音しておき、作成過程の再生時にその音声も再生する機能について挙げられていた。これらの点については、協調学習をより有効にするためにも詳細に検討し、本ソフトウェアを改善していく必要があると思われる。

ソフトウェアを改善することは、学習支援の道具としてのソフトウェアの有効性を向上させるために重要であると考えられる。さらには、ソフトウェアを利用した教育実践の改善に対してこれまで以上に貢献できると考えられる。

第2項 実践的研究から得られた課題

第7章で述べてきた実践的研究からは、次の2点が今後の課題として得られた。

1点目は、ソフトウェアを利用した実践事例の蓄積である。本研究では小学校6年生の「水溶液の性質」でソフトウェアを利用したが、他の学年、他の内容領域においてソフトウェアを利用した実践を積み重ねていくことで、コンセプトマップの共同作成や思考過程の内省・対話を支援する道具としての有効性をさらに吟味していく必要があると考えられる。

2点目は、ソフトウェアの有効性を発揮できるような授業デザインをさらに検討することである。本研究の実験授業においては、子どもたちが実験を通して仮説を検証し、子どもなりの理論を構築することを支援できていたが、そうした理論をさらに洗練させる形でコンセプトマップを修正していくことはあまり支援できていなかった。今後は、こうした修正機能の積極的利用も含めて、コンセプトマップの共同作成を通じた思考過程の内省・対話を促進するような授業デザインの提案に取り組んでいくことが求められる。

これらのような実践事例の蓄積と授業デザインの提案は、今後コンセプトマップ研究ならびにコンセプトマップを利用した授業実践をより一層発展させるためにも重要である。なぜなら、そこから、コンセプトマップやコンセプトマップ作成ソフトウェアの特徴を最大限に引きだして、理科の協調学習を支援するための授業デザインに関する原則的な知見を導き出すことができるからである。理科授業に関わるデザイン原則を導き出せれば、少数の授業のレベルを越えて、より幅広い多数の授業における協調学習の計画・実施・改善に対して寄与できると考えられる。

第1章で議論してきたように、第3世代の研究が明らかにしてきたコンセプトマップの現代的意義は、理科授業の協調学習を支援する道具という点にあった。これは、理科教育研究という研究分野が理科授業の改善に対する寄与を第一義的な目的に設定しているからでもあった。

しかしながら、協調学習における内省や対話の支援を志向したコンセプトマップ研究はまだ着手されたばかりであり、発展途上の段階にある。本研究では、その第一歩を踏み出すことができたが、実践事例の蓄積と授業デザインの提案については今後の研究の展開を待たなければならない。

引用文献

- Abd-El- Khalick, F., and BouJaoude, S. : An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), pp.673-699, 1997.
- Al-Kunifed, Ali., and Wandersee, J. H. : One hundred references related to concept mapping. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), pp.1069-1075, 1990.
- Anderson, D., Lucas, K. B., Ginns, I. S., and Dierking, D. D. : Development of knowledge about electricity and magnetism during a visit to a science museum and related post-visit activities. *Science Education*, 84(5), pp.658-679, 2000.
- Anderson, C. W., Sheldon, T. H., and DuBay, J. : The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (8) , 761-776, 1990.
- Aronson, E. & Patone, S. : *The Jigsaw Classroom: Building Cooperation in the Classroom (Second Edition)*, Longman, 1997.
- Beyerbach, B. A., and Smith, J. M. : Using a computerized concept mapping program to assess preservice teachers' thinking about effective teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), pp.961-971, 1990.
- 青山征彦 : 「書評 : 『仕事の中での学習—状況論的アプローチ』」, 認知科学, 第7巻, 第1号, pp.112-113, 2000.
- Cañal, P. : Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: An inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, 21 (4), 363-371, 1999.
- Cañas, A. J., Ford, K. M., Novak, J. D., Hayes, P., Reichherzer, T. R., and Suri, N. : Online concept maps: Enhancing collaborative learning by using technology with concept maps. *The Science Teacher*, 68(4), 49-51, 2001.
- Cañas, A. J., Ford, K. M., Novak, J. D., Hayes, P., Reichherzer, T. R., and Suri, N. : Using concept maps with technology to enhance collaborative learning in Latin America. accepted for publication, *The Science Teacher*. [<http://www.coginst.uwf.edu/~aCanas/Publications/QuorumSoupST/SoupsST.htm>]
- Cazden, C. B. : *Classroom Discourse : The Language of Teaching and Learning*, 1988, Heinemann.
- Cho, H.-H., Kahle, J. B., and Nordland, F. H. : An investigation of high school biology textbooks as

引用文献

- sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69 (5), 707-719, 1985.
- Chung, G. K. W. K., O'Neil, H. F., Jr. and Herl, H. E. : The use of computer-based collaborative knowledge mapping to measure team processes and team outcomes. *Computers in Human Behavior*, 15(3-4), 463-493, 1999.
- Demastes, S. S., Good, R. G., and Peebles, P. : Patterns of Conceptual Change in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(4), pp.407-431, 1996.
- Edmondson, K. M. : Concept mapping for the development of medical curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(7), pp.777-793, 1995.
- Edmondson, K. M. : Assessing science understanding through concept maps. In J. J. Mintez, J. H. Wandersee, and J. D. Novak (Eds.), *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*, pp.15-40, 2000, Academic Press.
- Esiobu, G. O., and Soyibo, K. : Effects of concept and vee mappings under three learning modes on students' cognitive achievement in ecology and genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(9), 971-995, 1995.
- Ferry, B. : Probing personal knowledge: The use of a comuter-based tool to help preservice teachers map subject matter knowledge. *Research in Science Education*, 26(1), pp.233-245, 1996.
- Fisher, K. M. : Semantic networking: The new kid on the block. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), pp.1001-1018, 1990.
- Fisher, K. M. : SemNet software as an assessment tool. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee and, J. D. Novak (Eds.) *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*, 198-219, 2000, Academic Press.
- Fleer, M. : Early learning about light: Mapping preschool children's thinking about light before, during and after involvement in a two week teaching program. *International Journal of Science Education*, 18(7), pp.819-836, 1996.
- Flores-Méndez, R. : Distributed concept mapping collaboration using Java., 1996. [<http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/flores-Mendez/KAW96demo.html>]
- 藤田剛志 : 光合成概念の認知構造の診断—単語連想法と概念関連記述法を併用して—日本理科教育学会研究紀要, 第27巻, 第2号, 43-52, 1986.
- 藤田剛志 : 現代欧米における生物の問題解決学習の展開—遺伝を中心に—, 日本理科教育

- 学会編「理科教育講座第4巻 理科の学習論(上)」, 東洋館出版社, 273-292, 1992.
- 福井真由美・山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲:「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアの開発と評価:子どもの視点からみた授業における有効性」, 日本理科教育学会第51回大会要項, p.297, 2001.
- 福岡敏行編著:コンセプトマップ活用ガイドーマップでわかる!子どもの学びと教師のサポートー, 東洋館出版社, 2002.
- 福岡敏行・広瀬聡子:「CONCEPT MAPによる概念の分析(I)ー第6学年児童の「水溶液」概念の分析ー」, 横浜国立大学教育学部教育実践研究指導センター紀要, 第5号, pp.81-91, 1989.
- 福岡敏行・広瀬聡子:「概念地図(CONCEPT MAP)による概念の分析(II)ー第4学年児童の「水の三態」概念の分析ー」, 横浜国立大学教育学部教育実践研究指導センター紀要, 第6号, pp.49-66, 1990.
- 福岡敏行・岩井徳二:「概念地図(コンセプトマップ)による概念の分析(III)ー第4・5・6学年児童の「水の三態変化」概念の分析ー」, 横浜国立大学教育学部教育実践研究指導センター紀要, 第7号, pp.35-56, 1991.
- 福岡敏行・笠井恵:「理科学習における概念地図作り(CONCEPT MAPPING)の有効性に関する一考察ー6学年児童の「水溶液の性質」概念の形成においてー」, 日本理科教育学会研究紀要, 第32巻, 第1号, pp.67-75, 1991.
- 福岡敏行・笠井恵:「学習ツールとしての概念地図作り(CONCEPT MAPPING)の有効性に関する研究ー5学年児童の「水溶液と濃さ」概念の形成においてー」, 横浜国立大学教育学部教育実践研究指導センター紀要, 第12号, pp.45-61, 1992.
- 福岡敏行・植田千賀子:「概念地図作り(CONCEPT MAPPING)の学習効果に関する一考察ーペーパーテスト法による有効性の確認ー」, 日本理科教育学会研究紀要, 第33巻, 第2号, pp.1-8, 1992.
- 福岡敏行・松元博志・佐藤幸正:「意思決定に関与するグループ活動の役割に関する一考察ー概念地図作りをとおしてー」, 横浜国立大学教育学部教育実践研究指導センター紀要, 第8号, pp.99-114, 1996.
- 福岡敏行・辻健・松元博志:「グループ活動と概念変化に関する研究ー共同による概念地図作りをグループ活動に導入してー」, 横浜国立大学教育学部教育実践研究指導センター紀要, 第13号, pp.129-144, 1997.

引用文献

- 福岡敏行・岩井徳二・松元博志：「概念地図法」，日本理科教育学会編『キーワードから探るこれからの理科教育』，pp.182-187，1998，東洋館出版社．
- 舟生日出男・福井真由美・山口悦司・稲垣成哲：「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアの拡張：協同作成を支援する機能の実装」，日本科学教育学会第25回年会論文集，pp.347-350，2001．
- 舟生日出男・山口悦司・福井真由美・稲垣成哲：「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアの開発と評価：教師の視点からみた授業における有効性」，日本理科教育学会第51回大会要項，p.298，2001．
- Gaines, B. R., and Shaw, M. L. G. : Concept maps as hypermedia components. *International Journal of Human-Computer Studies*, 43(3), 323-361, 1995a. [<http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/articles/ConceptMaps/CM.html>]
- Gaines, B. R. and Shaw, M. L. G. : Collaboration through Concept Maps. In J. L. Schnase and E.L. Cunnus (Eds.) *Proceedings of CSCL 95: The First International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*, Lawrence Erlbaum Associates, 1995a. [<http://www-cscl95.indiana.edu/cscl95/gaines.html>]
- Gaines, B. R. and Shaw, M. L. G. : WebMap: Concept Mapping on the Web. In *Proceedings of the Fourth International World Wide Web Conference*, 1995a. [<http://www.w3.org/Conferences/WWW4/Papers/134/>]
- 原田悦子：人の視点からみた人工物研究，共立出版，1997．
- Harrison, A. G., Grayson, D. J., and Treagust, D. F. : Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), pp.55-87, 1999.
- 林敏浩・成尾有紀・中山迅：協調描画を指向した反復再生可能型描画ソフトの開発，日本科学教育学会第27回年会論文集，159-162，2003．
- 疋田直子・松本伸示：「理科教育における日常的理解と科学的理解とを統合する要因—水溶液の性質に関する授業を事例として—」，理科教育学研究，第40巻，第1号，pp.1-9，1999．
- 堀哲夫・市川直貴・鈴木富美子・松本孝：コンセプトマップを用いた自己評価に関する研究—イオン概念の学習を中心にして—，日本理科教育学会研究紀要，39（3），105-116，1999．

- Horton, P. B., McConney, A. A., Gallo, M., Woods, A. L., Senn, G. J., and Hamelin, D. : An Investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. *Science Education*, 77 (1), 95-111, 1993.
- Hoz, R., Bowman, D., and Chacham, T. : Psychometric and edumetric validity of dimensions of geomorphological knowledge which are tapped by concept mapping. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), pp.925-947, 1997.
- 井倉宏輔・石田靖弘・古賀正・進藤公夫：概念生態系の考えを取り入れた授業の実際—概念地図作成ソフトを用いて—, 日本科学教育学会研究会研究報告, 13 (3), 1-4, 1998.
- 稲垣成哲：「監訳者あとがき—知の多様な表現を基底にした教室をめざして—」, ホワイト, R・ガンストン, R. 著, 中山迅・稲垣成哲監訳「子どもの学びを探る—知の多様な表現を基底にした教室をめざして—」, pp.231-235, 1995, 東洋館出版社.
- 稲垣成哲：「変貌する教室：対話としての授業の構築に向けて」, 野上智行編著「「クロスカリキュラム」理論と方法」, pp.33-61, 1996, 明治図書
- 稲垣成哲：「授業の中の支援をどのように考えるか—学びの社会的なデザインをめざして—」, 理科の教育, 第46巻, 第12号, pp.4-7, 1997.
- 稲垣成哲：「授業の変革のためのシナリオ」, 湯澤正通編著「認知心理学から理科学習への提言」, pp.62-79, 1998a, 北大路書房.
- 稲垣成哲：「道具と学びのデザイン」, 中山迅・稲垣成哲編著「理科授業で使う思考と表現の道具：概念地図法と描画法入門」, pp.129-135, 1998b, 明治図書.
- 稲垣成哲：「知識・状況・学習：議論のアリーナへの招待」, 理科の教育, 第47巻, 第6号, pp.58-59, 1998c.
- 稲垣成哲：「状況的認知」, 武村重和・秋山幹雄編著「理科重要用語300の基礎知識」, p.181, 2000, 明治図書.
- 稲垣成哲：企画趣旨（課題研究：科学教育における学びの道具としてのコンピューターCSCL 研究は授業をどう変えるか—）, 日本科学教育学会第25回年会論文集, pp127-128, 2001a.
- 稲垣成哲：「理科の授業研究を具体的に進めるための方法—学びのプロセスの可視化と共有化を実現する学習環境のデザイン—」, 理科の教育, 第50巻, 第10号, pp.12-15, 2001b.
- 稲垣成哲・山口悦司：「理科授業のエスノグラフィー（1）：状況的認知の立場から授業をどのように語るか」, 日本理科教育学会第45回全国大会要項, p.56, 1995.

引用文献

- 稲垣成哲・山口悦司：「理科授業のエスノグラフィー：リソースに媒介された教師－子ども
の関係性の会話分析的検討」，日本理科教育学会研究紀要，第38巻，第2号，pp.135-
146，1997.
- 稲垣成哲・山口悦司：「状況的認知は理科授業をどのようにデザインできるか」，日本理科
教育学会第48回全国大会要項，pp.220-221，1998.
- 稲垣成哲・山口悦司：「理科授業の相互行為分析とその教育実践への寄与」，日本教育心理
学会第42回総会発表論文集，p.S91，2000.
- 稲垣成哲・舟生日出男・山口悦司：「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアのデザイ
ン」，日本科学教育学会研究会研究報告，第13巻，第6号，pp.51-54，1999.
- 稲垣成哲・舟生日出男・山口悦司：再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアの開発と
評価，科学教育研究，第25巻，第5号，304-315，2001.
- 稲垣成哲・山口悦司・上辻由貴子：「社会文化的アプローチ」，日本理科教育学会編「キー
ワードから探るこれからの理科教育」，pp.226-231，1998a，東洋館出版社.
- 稲垣成哲・山口悦司・上辻由貴子：「教室における言語コミュニケーションと理科学習：社
会文化的アプローチ」，日本理科教育学会研究紀要，第39巻，第2号，pp.61-79，1998b.
- 稲垣成哲・山口悦司・上辻由貴子：「社会文化的視点からみた授業における対話」，日本理
科教育学会第49回全国大会要項，pp.276-278，1999.
- 稲垣成哲・大久保正彦・竹中真希子・土井捷三：カメラ付き携帯電話を利用したフィール
ドワーク支援システムの開発，日本科学教育学会第27回年会論文集，157-158，2003.
- 稲垣成哲・中山迅・森藤義孝・山口悦司・吉岡有文・遠西昭寿：「知識・状況・学習：問い
直される自然認識研究」，理科の教育，第46巻，第6号，pp.56-59，1997.
- 石黒広昭：「心理学を实践から遠ざけるもの－個体能力主義の興隆と破綻－」，佐伯胖・宮
崎清孝・佐藤学・石黒広昭『心理学と教育実践の間で』，pp.103-156，1998，東京大学
出版会.
- Johnstone, A. H., and Mahmoud, N. A. : Isolating topics of high perceived difficulty in school
biology. *Journal of Biological Education*, 14, 163-166, 1980.
- Jones, M. G., Rua, M. J., and Carter, G. : Science teachers' conceptual growth within Vygotsky's zone
of proximal development. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), pp.967-985, 1998.
- Jones, M. G., Carter, G., and Rua, M. J. : Children's concepts: Tools for transforming science teach-
ers' knowledge. *Science Education*, 83(5), pp.545-557, 1999.

- Jones, M. G., Carter, G., and Rua, M. J. : Exploring the development of conceptual ecologies: Communities of concepts related to convection and heat. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), pp.139-159, 2000.
- 金田知之・下條隆嗣：「中学校理科教科書の独自性—『力』の概念集団の特性・構造の比較—」, 日本教育工学雑誌, 第13巻, 第4号, pp.117-128, 1989.
- 荻宿俊文：「プロセスの作品化」による自己理解の深化支援, 日本教育工学会誌／日本教育工学雑誌, 24 (Suppl.), 203-206, 2000.
- 荻宿俊文・小倉麻衣子：らしさ工房をめぐるネットワークとソフトウェア, 平成9～10年度文部省科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))(展開研究)研究成果中間報告書「協同的学習を支援するネットワーク・システムの開発研究」(代表 佐伯胖), 1-19, 1998.
- 片山舒康・富岡京子・古谷庫造・横浜康継：高校生物教育における呼吸と光合成の定量実験—1.種子の発芽と芽生えの成長時の呼吸量およびRQの測定—, 科学教育研究, 第6巻, 120-125, 1982.
- 加藤浩・有元典文編著：「状況論的アプローチ(2) 認知的道具のデザイン」, 2001, 金子書房.
- 加藤圭司：「高等学校理科におけるコンピュータを利用した概念構造評価の事例」, 理科の教育, 第12巻, 第473号, pp.32-35, 1991.
- 加藤圭司：「知の多様なネットワークを保障するコミュニケーション」, 理科の教育, 第47巻, 第9号, pp.4-7, 1998年
- 加藤圭司：「理科の学習論研究と授業実践」, 理科の教育, 第49巻, 第12号, pp.8-11, 2000.
- 加藤圭司・遠西昭寿：「理科系学生と非理科系学生の岩石に関する概念構造の相違」, 地学教育, 第47巻, 第2号, pp.65-74, 1994.
- 加藤圭司・遠西昭寿・榊原雄太郎：パーソナルコンピュータを用いたConcept Mapの作成方法の開発—岩石に関する概念構造の分析—, 地学教育, 40(1), 19-33, 1987.
- 加藤圭司・遠西昭寿：理科系学生と非理科系学生の岩石に関する概念構造の相違, 地学教育, 47(2), 65-74, 1994.
- 岸学：「概念地図法」, 日本教育工学会編『教育工学事典』, pp.66-68, 2000, 実教出版.
- 古賀正・岩田勝英・進藤公夫：遷移ダイヤグラム作成ソフトと概念地図作成ソフトの実際, 日本理科教育学会第48回全国大会要項, pp.191, 1998.
- 小岩寿之：「コンセプト・マップの作成過程に着目したシステムの開発と試行」, 日本教育

引用文献

- 工学会研究報告集, JET, 第 95 巻, 第 6 号, pp.59-64, 1995.
- 小岩寿之:「Concept Mapの作成過程を再現するシステムの開発と試行」, 上越教育大学大学院修士論文, 112p, 1996.
- 小岩寿之:「ハイパーカードを用いたコンセプトマップにおける学習過程分析の試み」, 日本教育工学雑誌, 第 21 巻, pp.49-52, 1997.
- 小岩寿之:ハイパーカードを用いたコンセプトマップ学習過程分析の試み, 日本教育工学会誌/日本教育工学雑誌, 21 (Suppl.), 49-52, 1997.
- Kozma, R. B. : The implications of cognitive psychology for computer based learning tools. *Educational Technology*, 27, pp.20-25, 1987.
- Kremer, R., and Gaines, B. R. : Groupware concept mapping techniques. *Proceedings SIGDOC'94: ACM 12th Annual International Conference on Systems Documentation*. pp.156-165, 1994.
- Kremer, R., and Gaines, B. R. : Groupware concept mapping techniques. In *Proceedings SIGDOC'94: ACM 12th Annual International Conference on Systems Documentation*, pp.156-165, 1994.
- Kremer, R. : Toward a multi-user, programmable web concept mapping "shell" to handle multiple formalisms, 1996. [<http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/kremer/kremer.html>]
- 楠房子・杉本雅則・稲垣成哲・高時邦宣:知識の物理世界での実践を通して他者との議論を促進するグループ学習支援システム, 科学教育研究, 第 26 巻, 第 1 号, 34-41, 2002.
- Lang, M., and Olson, J. : Integrated science teaching as a challenge for teachers to develop new conceptual structures. *Research in Science Education*, 30(2), pp.213-224, 2000.
- Lave, J. and Wenger, E. : *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, 1991, Cambridge University Press. (佐伯胖訳:状況に埋め込まれた学習—正統的周辺参加—, 1993, 産業図書.)
- Lavoie, D. R. : *Using a modified concept mapping strategy to identify students' alternative scientific understandings of biology*. Paper presented at the 1997 Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Chicago, Illinois, March 21-24, 1997.<<http://www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/NARST97.htm>>
- Lian, M. W. S. : An investigation into high-achiever and low-achiever knowledge organisation and knowledge processing in concept mapping : A case study. *Research in Science Education*, 28 (3), pp.337-352, 1998.
- Liu, X., and Hickey, M. : The internal consistency of a concept mapping scoring scheme and its

- aeffect on prediction validity. *International Journal of Science Education*, 18(8), pp.921-937, 1996.
- Loving, C. C., and Foster, A. : The religion-in-the-science-classroom issue: Seeking graduate student conceptual change. *Science Education*, 84(4), pp.445-468, 2000.
- Lumpe, A. T., and Staver, J. R. : Peer collaboration and concept development: Learning about photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (1), 71-98, 1995.
- Markow, P. G., and Lonning, R. A. : Usefulness of concept maps in college chemistry laboratories: Students' perceptions and effects on achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (9), pp.1015-1029, 1998.
- Martin, B. L., Mintzes, J. J., and Clavijo, I. E. : Restructuring knowledge in biology: Cognitive processes and metacognitive reflections. *International Journal of Science Education*, 22(3), pp.303-323, 2000.
- Martin del Pozo, R. : Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. *International Journal of Science Education*, 23(4), pp.353-371, 2001.
- McClure, J. R., Sonak, B., and Suen, H. K. : Concept map assessment of classroom learning: Reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), pp.475-492, 1999.
- Mellado, V. : The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Education*, 82(2), pp.197-214, 1998.
- Mehan, H. : *Learning Lessons: Social Organization in the Classroom*, 1979, Harvard University Press.
- 美馬のゆり : 「ネットワークと学びの共同体—「湧源サイエンスネットワーク」の実践から—」, 教育, 第 49 巻, 第 3 号, pp.33-44, 1999.
- 皆川順 : 「理科の概念学習における概念地図完成法の効果に関する研究」, 教育心理学研究, 第 45 巻, 第 4 号, pp.464-473, 1997.
- 皆川順 : 「概念地図作成法におけるリンクラベル作成の効果について」, 教育心理学研究, 第 47 巻, 第 3 号, pp.328-334, 1999.
- 三谷商事株式会社 : 『脳の鏡』 ホームページ, 1999. [<http://www.mitani-corp.co.jp/is/jkikaku/index.htm>]
- 三宅なほみ : 教育におけるインタラクション支援, *Interactive Education '99*, 36-37, 1999.

引用文献

- 三宅なほみ・益川弘如・野田耕平・森孝行：協調作業による理解深化支援，電子情報通信学会技術研究報告，99，25-30，1999.
- 溝辺和成・野上智行・稲垣成哲：「コンセプトマップを利用した理科授業における子どもの相互交渉に関する研究」，神戸大学発達科学部研究紀要，第3巻，第2号，pp.103-109，1996.
- 溝辺和成・野上智行・山口悦司・稲垣成哲：知識ウェブの開発とその利用の事例的分析，日本理科教育学会研究紀要，38（2），147-161，1997.
- Mohapatra, J. K., and Parida, J. K. : The location of alternative conceptions by a concept graph technique. *International Journal of Science Education*, 17(5), pp.663-681, 1995.
- 森本弘一：子供たちの遺伝に対する認識，日本理科教育学会研究紀要，第37巻，第1号，25-32，1996.
- 森本信也編著：「子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業」，1996，東洋館出版社
- 森本信也：「子どもの学びにそくした理科授業のデザイン」，1999，東洋館出版社
- 森本信也・中村愛・八嶋真理子：「ポートフォリオを理科授業へ導入するための教授・学習論的条件とその検討—小学校第6学年単元「人体」を事例にして—」，理科教育学研究，第41巻，第3号，pp.1-12，2001.
- 森本信也・滝口亮子・八嶋真理子：「対話」としての学習を志向した理科授業の事例的研究—小学校6年「燃焼」を通して—」，理科教育学研究，第40巻，第1号，pp.45-56，2000.
- 森田裕介・榊原雄太郎：「学習者の作成したコンセプトマップの変容と授業過程の関わりについての一考察」，科学教育研究，第19巻，第2号，pp.86-93，1995.
- 森田裕介・中山実・清水康敬：「コンセプトマップを用いた学習者変容の分析方法に関する一検討」，科学教育研究，第23巻，第2号，pp.98-105，1999.
- 森田裕介・中山実・清水康敬：「学習内容の提示におけるコンセプトマップの効果的な表現形式に関する一検討」，日本教育工学雑誌，第23巻，第3号，pp.167-175，1999.
- 森田裕介・中山実・清水康敬：「コンセプトマップの統合性を用いた学習者変容の評価に関する一考察」，科学教育研究，第24巻，第2号，pp.114-121，2000.
- 茂呂雄二編著：「状況論的アプローチ（3）実践のエスノグラフィ」，2001，金子書房.
- 永井正洋・白木克也・越川浩明・赤堀侃司：Web上の知識マップを用いた数学的問題解決

- とその過程の分析, 科学教育研究, 第26巻, 第1号, 78-90, 2002.
- 中山迅・稲垣成哲編著: 理科授業で使う思考と表現の道具—概念地図法と描画法入門—, 明治図書, 1998.
- Nason, R., Lloyd, P., and Ginns, I. : Format-free databases and the construction of knowledge in primary school science projects. *Research in Science Education*, 26(3), pp.353-373, 1996.
- 日本認知科学会「教育環境のデザイン」研究分科会: 「特集 テクノサイエンス研究の現在」, 『日本認知科学会「教育環境のデザイン」研究分科会研究報告』, 第6巻, 第1号, 2000.
- 西阪仰: 「相互行為分析という視点: 文化と心の社会学的記述」, 1997, 金子書房.
- Novak, J. D. : *Learning, creating, and using knowledge: Concept Maps™ as facilitative tools in schools and corporations*, Lawrence Erlbaum Associates, 1998.
- Novak, J. D. and Gowin, D. B. : *Learning How to Learn*, Cambridge University Press, 1984. (福岡敏行・弓野憲一監訳: 子どもが学ぶ新しい学習法—概念地図によるメタ学習—, 東洋館出版社, 1992.)
- Novak, J. D. and Wandersee, J. H. (Eds.) : Perspectives on Concept Mapping. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1990.
- Okebukola, P. A. : Attaining meaningful learning of concepts in genetics and ecology: An examination of the potency of the concept-mapping technique. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 493-504, 1990.
- Okebukola, P. A., and Jegede, O. J. : Cognitive preference and learning mode as determinants of meaningful learning through concept mapping. *Science Education*, 72(4), pp.489-500, 1988.
- O'Neil, H. F. Jr., Chung, G., and Brown, R. : Use of networked simulations as a context to measure team competencies. In H. F. Jr. O'Neil (Ed.), *Workforce readiness: Competencies and assessment*, pp.411-452, Lawrence Erlbaum Associates, 1997.
- 大辻永・赤堀侃司: 「リンクの意味分析による概念構造図の評価観点とその妥当性」, 科学教育研究, 第18巻, 第4号, pp.167-180, 1994.
- Pearsall, N. R., Skipper, J. J., and Mintzes, J. J. : Knowledge restructuring in the life science: A longitudinal study of conceptual change in biology. *Science Education*, 81(2), pp.193-215, 1997.
- Peterson, R. F., and Treagust, D. F. : Learning to teach primary science through problem-based learn-

引用文献

- ing. *Science Education*, 82(2), pp.215-237, 1998.
- Plötzner, R., Hoppe, H. U., Fehse, E., Nolte, C., and Tewissen, F. : Model-based design of activity spaces for collaborative problem solving and learning. In P. Brna, A. Paiva, & J. Self (Eds.), *Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence in Education*, pp. 372-378, Colibri, 1996.
- Reichherzer, T. R., Cañas, A. J., Ford, K. M., and Hayes, P. J. : The giant : A classroom collaborator. *Workshop on Pedagogical Agents of the Fourth International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS)*, San Antonio, pp. 83-86, 1998.
- Rice, D. C., Ryan, J. M., and Samson, S. M. : Using concept maps to assess student learning in the science classroom: Must different methods compete? *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), pp.1103-1127, 1998.
- Roth, W.-M., and Roychoudhury, A. : The social construction of scientific concepts or the concept map as conscription device and tool for social thinking in high school science. *Science Education*, 76(5), pp.531-557, 1992.
- Roth, W.-M. : Student views of collaborative concept mapping: An emancipatory research project. *Science Education*, 78(1), 1-34,1994.
- Roth, W.-M., and Roychoudhury, A. : The social construction of scientific concepts or the concept map as conscription device and tool for social thinking in high school science. *Science Education*, 76(5), 531-557, 1992.
- Roth, W.-M., and Roychoudhury, A. : The concept map as a tool for the collaborative construction of knowledge: A microanalysis of high school physics students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 503-534, 1993.
- Ruiz-Primo, M. A., and Shavelson, R. J. : Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), pp.569-600, 1996.
- Ruiz-Primo, M. A., Schultz, S. E., Lin, M., and Shavelson, R. J. : Comparison of the reliability and validity of scores from two concept mapping techniques. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), pp.260-278, 2001.
- Rye, J. A., Rubba, P. A., and Wiesenmayer, R. L. : An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming. *International Journal of Science Education*, 19(5), pp.527-551, 1997.

- Rye, J. A., and Rubba, P. A. : An exploration of the concept map as an interview tool to facilitate the externalization of students' understandings about global atmospheric change. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), pp.521-546, 1998.
- Shirouzu, H., Miyake, N., and Masukawa, H. : Cognitively active externalization for situated reflection. *Cognitive Science*, 26, 469-201, 2002.
- Sizmur, S., and Osborne, J. : Learning processes and collaborative concept mapping. *International Journal of Science Education*, 19(10), 1117-1135, 1997.
- Slotte, V., and Lonka, K. : Spontaneous concept maps aiding the understanding of scientific concepts. *International Journal of Science Education*, 21(5), pp.515-531, 1999.
- Stewart, J., and Hafner, R. : Research on problem solving: Genetics. In D. L. Gabel (Ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, Macmillian Publishing Company, 284-300, 1994.
- Stoddart, T., Abrams, R., Gasper, E., and Canaday, D. : Concept maps as assessment in science inquiry learning: A report of methodology. *International Journal of Science Education*, 22(12), pp.1221-1246, 2000.
- Suchman, L. A. : *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication*, 1987, Cambridge University Press. (佐伯胖監訳: プランと状況的行為—人間-機械コミュニケーションの可能性—, 1999, 産業図書.)
- 上野直樹: 「協同的な活動を組織化するリソース」, 認知科学, 第3巻, 第2号, pp.5-24, 1996.
- 杉本美穂子・佐伯胖・楠房子・須藤正人: 科学教育における建設的会話支援システムの活用, 科学教育研究, 第26巻, 第1号, 56-65, 2002.
- 鈴木栄幸・舟生日出男: 学習者間対話の支援をとおした創発的学習領域の構成, 科学教育研究, 第26巻, 第1号, 42-55, 2002.
- 高野陽太郎: 因果関係を推定する—無作為配分と統計的検定—, 佐伯胖・松原望編著「実践としての統計学」, 東京大学出版会, 109-146, 2000.
- 竹中真希子・稲垣成哲・大島純・大島律子・村山功・山口悦司・中山迅・山本智一: Web Knowledge Forum_ を利用した理科授業のデザイン実験, 科学教育研究, 第26巻, 第1号, 66-77, 2002.
- 田中敏: 実践心理データ解析—問題の発送・データ処理・論文の作成—, 新曜社, 1996.
- 田中敏・中野博幸: JavaScript-STAR, 2002. [<http://www.kisnet.or.jp/nappa/software/star/index.htm>]

引用文献

]

- 田中敏・山際勇一郎：ユーザーのための教育・心理統計と実験計画法，教育出版，1989.
- 田中泰成・宮脇亮介：「コンセプトマッピングによる中学生の地層概念に関する研究」，日本理科教育学会研究紀要，第33巻，第2号，pp.69-76，1992.
- 筒井昌博編著：ジグソー学習入門—驚異の効果を授業に入れる24例—，明治図書，1999.
- 遠西昭寿・加藤圭司・榊原雄太郎・佐々木守寿：「パーソナルコンピュータによる Concept Map 作成システムの開発」，愛知教育大学研究報告，第37巻，pp.233-244，1988.
- Tsai, C.-C. : Enhancing science instruction: The use of 'conflict maps'. *International Journal of Science Education*, 22(3), pp.285-302, 2000.
- 植田一博・岡田猛：協同の知を探る_創造的コラボレーションの認知科学，共立出版，2000.
- 上野直樹：「協同的な活動を組織化するリソース」，認知科学，第3巻，第2号，pp.5-24，1996.
- 上野直樹：「仕事の中での学習—状況論的アプローチ」，1999a，東京大学出版会.
- 上野直樹：「書評：「科学を考える：人工知能からカルチュラル・スタディーズまで14の視点」」，認知科学，第6巻，第4号，pp.447-449，1999b.
- 上野直樹編著：「状況論的アプローチ（1）状況のインタフェース」，2001，金子書房.
- 上辻由貴子：「概念地図法とは」，中山迅・稲垣成哲編著『理科授業で使う思考と表現の道具：概念地図法と描画法入門』，pp.25-32，1998，明治図書.
- 上辻由貴子：「概念地図法」，武村重和・秋山幹雄編著『理科重要用語300の基礎知識』，p.217，2000，明治図書.
- White, R. T. : *Learning Sciences*, 1988, Basil Blackwell. (堀哲夫・森本信也訳：子ども達はいかに理科を学習し教師はいかに教えるか，1990，東洋館出版社.)
- White, R. and Gunstone, R. : *Probing Understanding*, Falmer Press, 1992. (中山迅・稲垣成哲監訳：子どもの学びを探る—知の多様な表現を基底にした教室をめざして—，東洋館出版社，1995)
- Wilson, J. : Concept maps about chemical equilibrium and students' achievement scores. *Research in Science Education*, 26(2), pp.169-185, 1996.
- Wilson, J. M. : Differences in knowledge networks about acids and bases of year-12, undergraduate and postgraduate chemistry students. *Research in Science Education*, 28(4), pp.429-446, 1998.
- 山口悦司：「「ちょっと先輩」が語るわたしの道具体験」，中山迅・稲垣成哲編著「理科授業で使う思考と表現の道具：概念地図法と描画法入門」，pp.118-128，1998a，明治図書

- 山口悦司：「知識・状況・学習：状況的認知と対話の学びを相互参照した認知論的研究のとりえ直し」, 理科の教育, 第47巻, 第7号, pp.50-53, 1998b.
- 山口悦司：「理科におけるオーセンティックアセスメントがもたらす効果」, 理科の教育, 第50巻, 第12号, pp.8-11, 2001.
- 山口悦司：「子どもの側から理科を教える一学びの道具とその利用一」, 理科教育研究会編「これからの理科教育入門」, pp.64-77, 2002, 東洋館出版社.
- 山口悦司・稲垣成哲：「教室の権力関係と状況的認知：理科教育への社会・文化的アプローチ」, 理科の教育, 第45巻, 第8号, pp.44-49, 1996.
- 山口悦司・稲垣成哲：「科学教育におけるエスノメソドロジーの意義」, 科学教育研究, 第22巻, 第4号, pp.204-214, 1998.
- 山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲：「協調学習の評価としての相互行為分析：再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアを導入した授業を事例として」, 日本教育工学会第17回大会講演論文集, pp.129-130, 2001.
- 山口悦司・稲垣成哲・野上智行：「理科授業におけるインタラクションに関する研究：コンセプトマップを表現のリソースとして使用した協同的な学習を事例にして」, 日本理科教育学会研究紀要, 第37巻, 第3号, pp.1-13, 1997.
- 山口悦司・舟生日出男・福井真由美・稲垣成哲：「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアの開発と評価：再生・修正機能が学習者の内省や対話に及ぼす効果に関する実験的研究」, 日本理科教育学会第51回全国大会要項, p.294, 2001.
- 山口悦司・稲垣成哲・舟生日出男・檜木未沙里：「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアの開発と評価：小学校理科授業への導入の試み」, 日本科学教育学会研究会研究報告, 第14巻, 第4号, pp.25-28, 2000.
- 矢谷浩司・杉本雅則・楠房子：「博物館におけるPDAを用いた協調学習支援システム」, 日本科学教育学会第27回年会論文集, 169-170, 2003.
- 余田義彦・東原義訓：「小学校理科の実験用副教材：実験用概念マップの開発とその有効性の実証的研究」, 科学教育研究, 第14巻, 第4号, pp.178-186, 1990.
- 吉岡有文：「状況論的アプローチ」, 理科の教育, 第44巻, 第4号, p.32, 1995.
- 吉岡有文：「ネットワークによるコミュニケーションの拡張としての学び」, 理科の教育, 第47巻, 第9号, pp.29-31, 1998.

引用文献

参考論文等

本論文の第1章から第7章は、以下のレフェリー付き学術論文に基づいている。ただし、本論文の問題意識に即して、学術論文を大幅に加筆し、その内容を再構成している。

なお、第8章は、本論文のための書き下ろしである。

第1章 序論

山口悦司・稲垣成哲・福井真由美・舟生日出男 (2002. 9) 「コンセプトマップ：理科教育における研究動向とその現代的意義」『理科教育学研究』第43巻，第1号，pp.29-51.

第2章 ソフトウェア開発のための基礎的検討 (1) :

再生・修正機能の有効性に関する実験的研究

山口悦司・稲垣成哲・舟生日出男 (2002. 12) 「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアに関する実験的研究：再生・修正機能が学習者の内省や対話に及ぼす効果の分析」『科学教育研究』第26巻，第5号，pp.336-349.

第3章 ソフトウェア開発のための基礎的検討 (2) :

再生・修正機能の有効性に関する実践的研究

山口悦司・稲垣成哲・舟生日出男・疋田直子 (2002. 11) 「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアに関する実践的研究：小学校の授業における利用可能性の検討」『理科教育学研究』第43巻，第2号，pp.15-28.

第4章 再生・修正機能及び共同作成機能を実装したソフトウェアの開発

Funaoi, H., Yamaguchi, E., & Inagaki, S. (2002. 12). Collaborative Concept Mapping Software to Reconstruct Learning Processes. Kinshuk, R. Lewis, K. Akahori, R. Kemp, T. Okamoto, L. Henderson, and C.-H. Lee (Eds.) *Proceedings of International Conference on Computers in Education*, pp.306-310.

第5章 ソフトウェアの評価 (1) : 大学生と現職教員を対象とした質問紙調査

福井真由美・加藤浩・舟生日出男・鈴木栄幸・山口悦司・稲垣成哲 (2002. 10) 「共同学

参考論文等

習の支援におけるコンセプトマップ共同作成システムの有効性について」『教育システム情報学会誌』, 第19巻, 第4号, pp.292-297.

Funaoi, H., Yamaguchi, E., & Inagaki, S. (2002. 12). Collaborative Concept Mapping Software to Reconstruct Learning Processes. Kinshuk, R. Lewis, K. Akahori, R. Kemp, T. Okamoto, L. Henderson, and C.-H. Lee (Eds.) *Proceedings of International Conference on Computers in Education*, pp.306-310.

第6章 ソフトウェアの評価(2): 実験的研究

舟生日出男・山口悦司・稲垣成哲(2003. 12)「再構成型コンセプトマップ共同作成ソフトウェアの内省と対話の支援における有効性について」『科学教育研究』第27巻, 第5号, pp.318-332.

第7章 ソフトウェアの評価(3): 実践的研究

舟生日出男・稲垣成哲・山口悦司・出口明子・山本智一(印刷中)「再構成型コンセプトマップ共同作成ソフトウェアに関する実践的研究」『科学教育研究』第29巻, 第2号

謝辞

本論文の提出に際して、多くの方々からご指導とご支援をいただきました。この場を借りて、心より感謝申し上げます。

小川正賢先生には、推薦教授・主査として、論文の全体にわたって丁寧なご指導をいただきました。論文構成の方針から本論文の意義を明確化するための論旨の展開にわたるまで、的確かつ丁寧なご示唆をいただきました。

船越俊介先生には、論文に対するご指導に加えて、論文執筆のきっかけとなるお言葉をいただきました。船越先生のお言葉がなければ、論文の執筆が遅々として進まなかったと思います。稲垣成哲先生には、学生時代から現在に至るまで辛抱強くご指導頂くとともに、はかりしれない程のご支援をいただきました。稲垣先生には、研究内容について幅広い視野からご助言いただくほか、研究を展開するために必要な研究環境についても様々な形でご支援いただきました。今谷順重先生、高橋正先生には、論文全体に対して、ご専門の立場から適切なご指導とご助言をいただきました。

本論文の内容は、あんどろ君プロジェクトの方々との共同研究に多くを負っています。従来のコンセプトマップ研究の成果を引き継ぎながらもそれを新しい方向へ発展させるという着想に至ったものの、その着想をコンセプトマップ作成ソフトウェアの開発・評価という形で結実させるためには、茨城大学人文学部助教授・舟生日出男先生の存在は不可欠でした。舟生先生との共同研究がなければ、そもそも本論文は存在しなかったといっても過言ではありません。宝塚市立末広小学校・疋田直子先生、神戸大学発達科学部附属住吉小学校・山本智一先生には、ご自身の理科授業でソフトウェアを利用していただきました。ソフトウェアの有効性が最大限に発揮できるような授業デザインを一緒に検討させて頂いたり、毎時間の授業に参加させて頂いたりする中で、子どもたちの学びに寄与するという教育研究のあり方を深く認識することができました。メディア教育開発センター助教授・加藤浩先生、茨城大学人文学部助教授・鈴木栄幸先生には、共同研究の資料の利用を快諾して頂いただけではなく、ご専門の立場から研究全体に対して大変貴重なご助言やご示唆をいただきました。藤本（旧姓・福井）真由美氏、神戸大学大学院総合人間科学研究科・出口明子氏には、共同研究を進めていく中で多大なご支援をいただきました。

本論文の基礎となる研究は、学生時代に開始したものでした。当時の指導教官である神戸大学学長・野上智行先生には、研究を行う上での基本的な姿勢についてご指導いただき

謝辞

ました。神戸大学を離れてからも、折りに触れて励ましのお言葉をいただけたことも心強い限りでした。本論文の最終的な執筆は、宮崎大学に着任してから行いました。宮崎大学教育文化学部教授・中山迅先生には、論文の執筆をあたたく見守っていただきました。また、博士論文執筆の心構えについてもご指導下さいました。論文執筆の最終段階では、大分大学教育福祉学部附属教育実践総合センター講師・竹中真希子先生、広島大学大学院教育学研究科・溝辺和成先生、神戸大学大学院総合人間科学研究科・三宅志穂氏から、丁寧かつ貴重なご助言をいただきました。

最後に、家族にお礼を述べたいと思います。淡路島の実家の両親（山口平・山口さち子）は、研究の道を志すことを快く応援してくれました。神戸の両親（前野永次・前野八重子）は、折りに触れて、あたたく励ましのお言葉をかけてくれました。そして、妻・陽子は、論文執筆開始から提出に至るまで、多方面からの惜しみない支援をしてくれました。本当にありがとうございました。

平成16年11月6日

山口 悦司