

協同学習における相互作用
の支援

楠 房子

①
平成8年度 学位請求論文

協同学習における相互作用 の支援



指導教官 堀 浩一 助教授

東京大学大学院 工学系研究科 先端学際工学専攻

楠 房子

本論文の要旨

近年、協調作業の支援を目的とした相互作用(インタラクション)についての研究が盛んになってきている。相互作用(インタラクション)は、複雑な現象であり、個人の思考と集団での相互作用の関連を分析するのは容易なことではない。相互作用(インタラクション)の複雑な現象を分析するためにアプローチも多岐の分野でなされている。

従来の教育での計算機の支援では、個人の学習支援が中心であったが知識の獲得や利用、新たな生成などの知的作業は多くの場合、いずれも他者との協調作業という場でなされることが多い。協調作業という場で、どのように知識が生成され獲得されていくかというテーマに関して、その過程を計算機で支援しようとする CSCL(Computer-supported Collaborative Learning)の研究が計算機の分野で盛んに行われるようになってきた。

本研究は、協同学習における他者との相互作用を支援することによって、思考の外化、他者の思考との比較による自己の思考の再吟味、知識の再構築といった個人の理解を支援する方法論を提案する。本研究の目的は、教育における協同学習における相互作用を考慮した個人の思考支援である。

集団で作業を行う場合には、相互作用の中から、コラボレーションをどう効果的に引き出すかという方法論が必要である。この場合には、個人での作業ではなかった認知的制約(Cognitive Conflict)が起こる。この正と負の両面から協同作業について検討していかねばならない。本研究では、この学習者間のコラボレーションを効果的に引き出し、認知的制約を少なくするための方法論を提案する。協同での学習の場合には、学習者は意見を外化するのに困難を生じることが多い。外化がうまくできないために、思考の内省(リフレクション)もうまく行えず、新しい意見も活発にでないのではないかと予想される。

そこで本研究では、学習者が意見を外化するための足場作りとしてのシステムの支援

の方法について検討した。

集団での作業の場合、意見を記述する時、通常はノートを使用する。しかし、ノートでは、途中の思考の変化がわかりにくい、誰が誰の意見に対して賛成か反対かが明確になりにくい、前の意見を振り返りにくいという履歴に関する欠点がある。本システムは、これらのノートの欠点を補い、学習者の思考の外化支援に効果があがるようにするように設計した。

このように本研究での計算機の位置付けとして、学習者は、計算機から知識を学ぶのではなく、計算機はあくまで協同での作業に便利なツールのひとつであるとした。この方法論に基づき、システムを構築した。本システムの特色は、以下の2点である。

システムには、討論過程の複数の履歴を記述するボードと7種類のパーツを用意した。これらの機能を用いて、討論の際の意見を記述する。この履歴は、時間軸で討論の内容を記述する。

学習者は、パーツを用いることによりインタラクティブで簡単に、画面に記述された文章の間の関係を関連付けることができる。

このシステムでは、以下の2点の達成を目的としている。

- 学習者は容易に意見を外化することができる。
- 学習者は、システムの支援により、他者の思考の理解が容易になり思考の再吟味が行われる。

学校教育でのグループ学習の討論において、小学生を対象に2つの実験を行いシステムの目的について検証した。

実験1(予備実験)では、「課題」「操作性」について実験を行った。

その結果、以下の点が明確になった。

- 学習者は、システムの「自由に作り変えることができるインタフェースと操作性」を評価した。
- 「他者の思考がわかる履歴」による支援により自分の思考を外化しにくい学習者に効果的であった。

実験2では、実際に学校教育でのカリキュラムでの、システムを用いて実際の仲間同士のインタラクションに有効かどうかの検証を行った。システムを使用したグループ、しないグループとわけ、社会科の授業のなかでの討論の場で実験した。結果より以下の点が明確になった。

- 意見の外化が容易にできない学習者にとってシステムの使用が思考の支援になり有効であった。
- 学習者は討論のプロセスを分析することが容易となった。意見の外化が容易になることで各学習者は、思考の再吟味が行うことができ、新しい意見も多くでた。

この結果、協同学習でのグループ討論では、学習者の思考の外化と知識の再吟味という個人の理解のプロセスに本システムは有効であることが検証できた。2つの実験結果より、本研究の提案する方法論は、協同学習の相互作用を有効に引き出すために有効であるといえる。また本研究のシステムは、学習者が主体となったシステムであり、実際のグループ学習でも有効であったことも検証できた。

主体は学習者であり、学習者同士の相互作用を有効に引き出すために計算機にできることは何かということを実験と評価を通じて示した。実験の詳細な分析を通じて学習者間のインタラクションと「個人の思考の外化と内省」との関係が明確になったといえる。

協同学習での作業においての計算機の支援は、今後ネットワークでの利用が拡大するのに伴い大変重要なテーマになっていくと思われる。

今後の教育や認知科学、計算機におけるコラボレーション支援のあり方についての研究として本研究を位置付けたい。

目次

1. 序論	1
1.1 本書の目的と意義	1
1.2 本書の構成	2
1.3 本書の用語	3
2. 研究の動機と目的	4
2.1 研究の動機	4
2.2 研究の目的	5
3. 研究の方法	6
3.1 研究方法の選択	6
3.2 研究の範囲	7
3.3 研究の限界	8
4. 研究の結果	9
4.1 研究の結果の概要	9
4.2 研究の結果の詳細	10
4.3 研究の結果の考察	11
5. 結論	12
5.1 結論の概要	12
5.2 結論の詳細	13
5.3 結論の考察	14

もくじ

1 序論	1
1.1 本研究の目的と動機	1
1.2 本研究の背景と位置付け	2
1.3 本論文の用語	3
1.4 本論文の構成	3
2 相互作用 (インタラクション) に関するアプローチ	5
2.1 はじめに	5
2.2 集団での認知	5
2.3 活動理論の研究	7
2.4 HCI の領域からのアプローチ	7
2.5 Vygotsky 理論の研究	8
2.6 個人的な認知活動における理論的研究	10
2.7 社会文化的な相互作用に関する研究	10
2.8 第2章のまとめ	11
3 協同学習を支援するには	13
3.1 はじめに	13
3.2 学校教育における計算機の活用	14
3.2.1 学習者の理解活動と計算機の支援	14

3.2.2	授業における因果的理解の促進	14
3.2.3	先行知識との類推に基づく理解の促進	15
3.2.4	学習者の相互作用による理解促進	16
3.3	仮説実験授業の形式を用いた実践	17
3.3.1	仮説実験授業の試み	17
3.4	協同の重要性	18
3.4.1	本研究における実践	18
3.5	問題解決に関する支援～協同解決にむく課題	19
3.6	第3章のまとめ	20
4	計算機による学習支援	21
4.1	はじめに	21
4.2	CAIの概要	21
4.3	知的CAIの概要	22
4.3.1	ICAIの構成	22
4.3.2	知的CAIの研究の課題	23
4.4	ネットワークとメディアの学習支援	24
4.4.1	ネットワークの活用	24
4.4.2	「知識構築」を学校の活動としようとする試み	25
4.4.3	ソフトウェアを学習者に制作させる	25
4.4.4	グループ学習を方法的にとらえる	26
4.5	現状での学校教育でのパソコンの利用	26
4.6	第4章のまとめ	28
5	システムの構成	29
5.1	はじめに	29
5.2	パーソナルビューの視点からの設計	29
5.3	システムの機能	30

5.4	パーツの機能	31
5.5	システムの特徴	33
5.5.1	ツールとしてのシステムの役割	35
5.5.2	グループウェアシステムとの比較	36
5.5.3	学習者が自由に作り変えられる操作性	38
5.6	第5章のまとめ	38
6	実験1	41
6.1	はじめに	41
6.2	目的と方法	41
6.3	学習課題の検討	42
6.4	予備実験の設定	43
6.4.1	分析	43
6.4.2	被験者のグループ構成	43
6.4.3	課題と実験の設定	44
6.4.4	結果	45
6.5	予備実験2	47
6.5.1	被験者のグループ構成	47
6.5.2	結果	47
6.6	予備実験の考察	48
6.6.1	グループ学習を支援するシステムの操作性	48
6.6.2	課題の適当性	49
6.7	6章のまとめ	49
7	実験2	53
7.1	はじめに	53
7.2	実験の目的	53
7.2.1	システムを用いた場合の学習者の相互作用の検証	53

7.3	実験の設定	54
7.3.1	グループ構成	54
7.3.2	課題の設定	54
7.3.3	大グループでの討論	55
7.4	実験(システムの使用)	55
7.4.1	経過	56
7.4.2	被験者のグループ構成	56
7.5	結果	57
7.6	考察	58
7.6.1	分析の方法	58
7.6.2	個々の学習者に対するシステムの効果	62
7.6.3	学習者とシステムとのかかわり	64
7.6.4	システムを使用していないグループとの比較	64
7.7	第7章のまとめ	65
8	評価と考察	67
8.1	はじめに	67
8.2	本システムの評価	67
8.3	学習者に対する支援	68
8.4	問題点	69
8.4.1	新たな制約の出現	69
8.5	今後の研究課題	70
8.5.1	システムの改良	70
8.5.2	さらなる検証実験	71
8.5.3	相互作用およびCSCLの理論的研究	71
8.6	第8章のまとめ	72
9	結論	73

謝辞	76
謝辞	77
参考文献	79
付録	85
A 実験2における発話	85
B 発表文献リスト	91

目次

第1章 序論	1
第2章 基礎知識	10
第3章 基礎知識の応用	20
第4章 基礎知識の応用	30
第5章 基礎知識の応用	40
第6章 基礎知識の応用	50
第7章 基礎知識の応用	60
第8章 基礎知識の応用	70
第9章 基礎知識の応用	80
第10章 基礎知識の応用	90
第11章 基礎知識の応用	100
第12章 基礎知識の応用	110
第13章 基礎知識の応用	120
第14章 基礎知識の応用	130
第15章 基礎知識の応用	140
第16章 基礎知識の応用	150
第17章 基礎知識の応用	160
第18章 基礎知識の応用	170
第19章 基礎知識の応用	180
第20章 基礎知識の応用	190
第21章 基礎知識の応用	200
第22章 基礎知識の応用	210
第23章 基礎知識の応用	220
第24章 基礎知識の応用	230
第25章 基礎知識の応用	240
第26章 基礎知識の応用	250
第27章 基礎知識の応用	260
第28章 基礎知識の応用	270
第29章 基礎知識の応用	280
第30章 基礎知識の応用	290
第31章 基礎知識の応用	300
第32章 基礎知識の応用	310
第33章 基礎知識の応用	320
第34章 基礎知識の応用	330
第35章 基礎知識の応用	340
第36章 基礎知識の応用	350
第37章 基礎知識の応用	360
第38章 基礎知識の応用	370
第39章 基礎知識の応用	380
第40章 基礎知識の応用	390
第41章 基礎知識の応用	400
第42章 基礎知識の応用	410
第43章 基礎知識の応用	420
第44章 基礎知識の応用	430
第45章 基礎知識の応用	440
第46章 基礎知識の応用	450
第47章 基礎知識の応用	460
第48章 基礎知識の応用	470
第49章 基礎知識の応用	480
第50章 基礎知識の応用	490
第51章 基礎知識の応用	500
第52章 基礎知識の応用	510
第53章 基礎知識の応用	520
第54章 基礎知識の応用	530
第55章 基礎知識の応用	540
第56章 基礎知識の応用	550
第57章 基礎知識の応用	560
第58章 基礎知識の応用	570
第59章 基礎知識の応用	580
第60章 基礎知識の応用	590
第61章 基礎知識の応用	600
第62章 基礎知識の応用	610
第63章 基礎知識の応用	620
第64章 基礎知識の応用	630
第65章 基礎知識の応用	640
第66章 基礎知識の応用	650
第67章 基礎知識の応用	660
第68章 基礎知識の応用	670
第69章 基礎知識の応用	680
第70章 基礎知識の応用	690
第71章 基礎知識の応用	700
第72章 基礎知識の応用	710
第73章 基礎知識の応用	720
第74章 基礎知識の応用	730
第75章 基礎知識の応用	740
第76章 基礎知識の応用	750
第77章 基礎知識の応用	760
第78章 基礎知識の応用	770
第79章 基礎知識の応用	780
第80章 基礎知識の応用	790
第81章 基礎知識の応用	800
第82章 基礎知識の応用	810
第83章 基礎知識の応用	820
第84章 基礎知識の応用	830
第85章 基礎知識の応用	840
第86章 基礎知識の応用	850
第87章 基礎知識の応用	860
第88章 基礎知識の応用	870
第89章 基礎知識の応用	880
第90章 基礎知識の応用	890
第91章 基礎知識の応用	900
第92章 基礎知識の応用	910
第93章 基礎知識の応用	920
第94章 基礎知識の応用	930
第95章 基礎知識の応用	940
第96章 基礎知識の応用	950
第97章 基礎知識の応用	960
第98章 基礎知識の応用	970
第99章 基礎知識の応用	980
第100章 基礎知識の応用	990

図一覧

3.1 討論の分類	19
4.1 知的 CAI システムの基本構成	23
4.2 協同学習のための支援のツール	27
5.1 オビニオンボードとタグ、リンクの使用	31
5.2 システムのパーツの分類	33
5.3 システムの初期画面	34
5.4 IBIS モデル	37
6.1 学習者のポジション	44
6.2 予備実験1の学習者の活用したシステムの画面	50
6.3 予備実験2の学習者の活用したシステムの画面	51
7.1 授業計画における実験の位置付け	56
7.2 グループ構成	57
7.3 実験開始画面	58
7.4 学習者の活用したシステムの画面	60
7.5 推移確率分布図	61

圖一覽

- | | |
|-------------------|----|
| 表1 本書の構成と各章の担当研究者 | 48 |
| 表2 本書の構成と各章の担当研究者 | 52 |
| 表3 本書の構成と各章の担当研究者 | 56 |
| 表4 本書の構成と各章の担当研究者 | 60 |

表一覧

6.1 予備実験1被験者のパソコン操作の精通度 (3段階評価)	44
6.2 予備実験2被験者のパソコン操作の精通度 (3段階評価)	47
7.1 学習者間の連鎖行動	62
7.2 学習者間の連鎖行動の推移確率	63

第 1 章

序論

1.1 序論の意義と目的

本書は、経済学における基礎的な概念と理論を、初学者にわかりやすく解説することを目的とする。経済学は、人間の行動と社会の発展を理解するための重要な学問であり、その基礎的な知識は、現代社会の様々な問題に取り組む上で不可欠である。本書では、経済学の基本的な考え方や分析方法を、具体的な事例を用いて説明し、読者の理解を深め、応用能力を養うことを目指す。

本書の構成は、第1章から第5章までであり、それぞれが経済学の異なる分野を扱っている。第1章では、経済学の基本概念と研究方法について概説し、第2章では、市場経済の基本原理を説明する。

本書は、経済学の初学者向けに書かれたものであり、専門的な知識や高度な数学的スキルを必要としない。読者は、本書を通じて、経済学の基本的な考え方や分析方法を学び、現代社会の様々な問題に取り組む上で役立つ知識とスキルを身につけることができる。

第 1 章

序論

1.1 本研究の目的と動機

現在の教育におけるコンピュータの利用は過渡期にあり、コンピュータによる潜在的可能性が学校や教師によって完全に活用されるという期待が抱かれている一方で、既存のプログラム学習や語学ラボのような形態にとどまってしまうのではないかという見方もある。さらには、コンピュータとともに成長する学習者の思考過程における論理的思考は、人と人との相互作用に負の影響をあたえるのではないかという懸念も生まれている[27]。集団における分散認知には、正の協同(コラボレーション)と負の認知的な制約(コンフリクト)が生じる。そこで本研究は、学習の場での分散認知を正負の面から検証し、有効な支援の方法論を確立しようとするものである。

協同での活動を支援するリソースとしての計算機の役割について注目する。このアプローチに従ってツールとしての計算機の方法論を確立することが本研究の第1の目的である。

本研究の第2の目的は、提案した方法論に基づいて作成したシステムは学習者の思考の支援になるかどうかの教育の現場での実践による検証である。協同学習における学習者同士のインタラクションが、個々の学習者の思考のリフレクション(Reflection)、外化(Externalization)にどのような影響を及ぼすのかを正負の面から検証する。

1.2 本研究の背景と位置付け

知識の獲得や利用, 新たな生成などの知的作業は多くの場合, いずれも他者との協調作業という場でなされる。その協調作業のなかで, どのように知識が生成され獲得されていくかというテーマに関して, その過程を計算機で支援しようとする CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning) の研究が盛んに行われている [25]。認知科学, 教育, 工学の分野においての最近の研究では, 社会構成主義の視点と CSCL を結びつけての学習を通じて認知を理解する試みも盛んになっている。社会構成主義とは, 文脈的な世界の中で文脈に含まれないアクションやイベントを含んだ全体をさす。

人とコンピュータの相互作用の領域におけるアプローチは以前のユーザ中心のデザインから学習者中心 (Learner-Centered-Design) のデザインへと変わりつつある。Norman は「学習者中心のデザイン」では, 人が熱中でき, 本気 (authentic) になれる問題を与え, 学習者の要求, 興味, 技能に応じることが大切であると述べている [22][24]。

人間の問題解決過程を個人内で閉じたものとしてでなく, 外界とのかかわりのなかで考える見方が広まってきており, そうしたなかで, 外的な情報源として他者とのかかわりについての検討が重要になってきている [18]。他者とのかかわりについての理論的研究としては, Vygotsky の相互作用に関する研究が代表的である。本研究の目的は, 協同学習においてインタラクションが生じる際に, 計算機が, 負の認知的な制約を軽減し, 思考の外化およびフレキションの促進の支援になるかどうかを検証することである。また本研究での計算機は, 人の問題解決過程における思考のツールであるとする立場をとる [35]。計算機の知識から学習するというよりは, 道具としての計算機を使用して, 思考の支援とする。

本研究では, この方法論に基づいて構築したシステムを用いて, 他者とのコラボレーションの詳細な分析を行い, 個人の思考との相互作用を観察する。

本研究では, 協同での活動として学習の場による「問題解決」というテーマをとりあげ, 問題解決における学習者の相互作用について検討する。

ここでの学習は学校という場においての協同活動である。学校における協同問題解決では, 他者の存在が非常に重要な枠組となる [43]。

1.3 本論文の用語

本論文は、協同学習における問題解決を支援する方法を提案し、それに基づいたシステムを提案する。そのシステムの支援によって学習者同士のインタラクションにどのような特徴がうまれるかを観察する。

ここで本論文で使用する主な用語について定義する。「状況論的なアプローチ」とは、文脈(コンテキスト)のなかでの会話や行動はすべて相互的に組織化されているとみるアプローチである。本研究では、このアプローチを基本としてシステムを用いた時に学習者の相互作用を分析する。「リフレクション」とは、思考の内化または再吟味のこととする。このリフレクションに対して自己の思考を記号や発話、行動で表現することを「思考の外化」とする。本研究における「理解」とは、「多少なりとも首尾一貫した解釈をもって採用する思考である」とする。「コラボレーション」の定義として本論文では、複数の人間が同じ最終ゴールに向かって協調の状態にあると定義する[21]。本論文の「(scaffolding) 足場作り」とは、Vygotskyの提唱している概念とする。人は高次精神機能によって、初期の段階では他者の役割に依存していたものが、後には他者の役割を自分自身で担えるようになる。すなわち、はじめは他者の支援があって可能な行為が、のちにはその足場がなくなっても自分自身の力で行えるようになる状況をいう。このように有能な他者が、学習主体の行為を社会に共有された様式へと方向づけていく過程を、scaffolding(足場作り)と呼ぶ。本研究での提案するシステムは、学習者同士のインタラクションにおいて学習者個人の足場作りになっているかどうかを検証する。

1.4 本論文の構成

2章では、コラボレーションの主な研究を概観する。ここでは、集団での認知、活動理論、Vygotskyの主な理論的研究について述べ、さまざまなアプローチから本研究の位置づけを行う。

3章では、協同学習を支援する手法について検討する。ここでは、学校教育を中心に協同学習支援の有効な支援について検討する。またあわせて協同学習での学習の形態、課題

についても検討する。

4章では、計算機による学習支援の工学的な研究である、CAIとICAI、そして最近の工学的な研究の流れについて概観する。次に実際の学校教育ではどのような実践が行われているかについても述べる。学習者を主体としたシステムの設計の提案を行う。さらに学習者を中心とする学習支援の事例について分析検討し、実際の学校教育における「認知と理解」について考察する。ここでの分析は、個人に対する計算機の支援、集団における計算機の支援の影響の両方の分析を行う。

5章では、本研究で提案する協同学習支援のシステムの構成について述べる。本システムは、SMALLTALKで実装し、VISUAL SMALLTALK WORKBENCHでインタフェースを作成した。システムは、複数の学習者の相互作用を支援するために、7つの機能が用意されている。基本的には、意見を記述するボードを用いてそのうえで自由にリンクをはったり、タグをはったりすることができる。

6章では、このシステムを用いた予備実験について述べる。予備実験では、課題の設定とシステムの操作性の検証を目的に実験を行った。被験者は、小学生であり、グループ学習におけるコラボレーションの分析を行うことができた。その結果から、システムの操作性の改良、課題の設定についての知見が得られた。7章では、実際の学校教育のカリキュラムのなかにシステムの支援を組みこんでの実験について述べる。ここでは、現場の先生とのカリキュラムの検討、課題の選択を十分に行い、実験した。8章では、システムを用いた2つの実験についての評価と考察について述べる。9章では結論として本研究の考察と今後の課題について述べる。

第 2 章

相互作用 (インタラクション) に関するアプローチ

2.1 はじめに

他者と協調して学習する協同学習では、個人で学習する場合とは、異なる支援の枠組の検討が必要である。本章では、集団で作業を行う場合についての相互作用 (インタラクション) の主なアプローチについて概観し、本研究の位置付けを明確にする。本章では、主なアプローチとして、集団における 2.2 分散認知、2.3 で HCI (Human-computer Interaction) の領域での文脈のアプローチをとる活動理論、2.4 で相互作用に関する研究について述べる。相互作用に関する研究では、Vygotsky の研究と個人の認知を中心とした研究について述べる。これらの主なアプローチについて概観した後、協同学習を支援する手法について次章で述べる。

2.2 集団での認知

協同で作業を行う場合には、分散認知の体系をなすことが多い。すなわち集団での個々の成員の知識のレベルは均一ではないが、それでも全体としての目的を達成することができる。Hutchins は、船舶の航行について成員の役割が分化して成功しているのは、比較的個々の成員に要求される知識の量が少ない場合であると述べている [10][11]。この研究では、部分的な問題解決が集合することによって、全体のゴールを作りあげている。

この船舶の航行のように、認知が分散したままで機能している場合もあるが、もっとコラボレーションの度合を強めないと集団としての問題解決ができない場合もある。協同学習での集団の認知では、協同がリアクティブで、状況に左右され、部分的な問題解決の集合が、全体のゴールとは、ならない場合が多い。

また他者や集団がどのように定義されているかは重要な問題となる。実験室的環境では、互いが未知のメンバーである場合もあるが、日常的な文脈では、現実の集団や組織がとりあげられることが多くなってきている [17]。本研究でもシステムの構築及び実験の設定は、実際の学校における集団活動を想定している。

集団過程での多くの実験によれば、認知が妨げられる原因として以下の2つが考えられる [19]。

- 認知的不同意
- 認知的困難

認知的不同意とは、潜在的に不同意を誘発する成員独自の見解の表示が抑圧されることである。認知的困難とは、共有されていない必要な情報を識別し、交換する代わりに共有された情報について話し合う (より簡単な過程へと行動が移行する)。協同での作業の検証を行う場合は、このような制約が生じることを認識したうえで検証する必要がある。

認知が分散したままで、集団が機能する場合もあるが、協同学習の場合には、なんらかのやり方で協調しながら、集団全体で理解の共有・意志の決定が行われる。この時に個々の学習者は、共有された認知をさらに内化する。これを構成的相互作用とよぶ [47]。構成的相互作用の研究では、分析の単位をどのようにとるかという問題で2つのアプローチがある。

一つのアプローチは、集団での「個人」に焦点をあてるアプローチで、協同作業の場が、個人の能力にどのような影響を与えたかを分析する。もう一つは、集団での他者の影響や、集団でなければ起きない条件などについて分析するアプローチである。構成的相互作用をHCIの分野で拡張しているのが活動理論である。次にHCIの分野における構成的相互作用の理論として活動理論について述べる。

2.3 活動理論の研究

2.4 HCIの領域からのアプローチ

HCI(Human-computer Interaction)を1つの統合された領域であるとするためには、人間とコンピュータを両方を一貫した理論的枠組に組み込むことが必要であると言われている。そのアプローチには2種類ある[15][14]。

- 認知的アプローチ
- 文脈的アプローチ

ここでいう認知的アプローチとは、人と計算機を同じ情報処理の単位であるとみなす見方である。それに対し、文脈的アプローチとは、人間と計算機の相互作用のより広い文脈を記述し説明することである。つまりHCIの主題を人と計算機の閉じたシステムではなく、人の目標や利用できる道具、他者との相互作用のような意味のある文脈も含むことである。活動理論は、この後者の文脈的アプローチをとる。

Normanの主張するアーティファクトとの解釈の違い 社会の知識の継承には、大きく道具が貢献している。道具は過去に使われた文化のなかで表象を変えることによって人の認知活動を外的に支援するのだとする見方もある[10]。本研究における「思考」とは、外界のさまざまな事物を利用し、それとの相互作用で遂行される活動であり、つねに道具利用としての人間の活動である[47]。

Normanのいう「認知的アーティファクト」は、表象機能を司るための情報を維持し表示し、操作するためにデザインされたアーティファクトのことである。この概念によってNormanはHCIのパーソナルビューとシステムビューを区別している。これらの見方は、それぞれ「コンピュータと人、(パーソナルビュー)」「人とコンピュータ」と世界(システムビュー)とに分けられる。Normanは、さらに計算機を通じて強力になるのは、HCIのシステムビューのみであり、パーソナルビューでは、計算機の使用は課題の性質の変化を意味すると結論づけている。

これに対し活動理論では、このパーソナルビューとシステムビューを区別しない。活動理論で考える道具は、外的道具が用いられなくなった場合でも、人を強力にするとする。数多くの実験では、道具によって媒介された行動がしばしば以下の3つの段階を経験することを示している。

初期段階 道具があってもなくてもパフォーマンスが変わらない

中間段階 支援されたパフォーマンスが支援されないパフォーマンスを超える

最終段階 道具に媒介された活動が内化され、外的道具がなくてもパフォーマンスが変わらない

本研究では、集団に焦点をあて支援システムを用いた学習者のインタラクションについて分析する。本研究のシステムの位置付けは、計算機から学習するというのではなく、個々の学習者の理解の支援になるツールである。また本研究での集団による活動とは、学校教育での協同学習をめざしており、そこで支援システムを用いた場合の検証を行う。

2.5 Vygotsky 理論の研究

近年、人間の置かれた状況との関連から人間の思考がきまるという状況論の研究が盛んになってきている [33][34]。また教育の分野や発達心理学者は、教室における授業の資源としての仲間の利用に多くの注意を払っている。この個人の発達において社会との相互作用を重視する理論的な研究の代表的なものに Vygotsky の理論がある。Vygotsky の基本的なアプローチを、本論文では3つに分ける。

● 発生的、発達の分析への依拠

Vygotsky は、系統的発生を扱うのに精神機能を「基礎」と「高次」とに分けた。

具体的には「初歩的な (rudimentary)」 「進んだ (advanced)」 精神機能に分けた。

Vygotsky がこの区別を検討したのは、コミュニケーションや思考を媒介する記号的手段の抽象化である。Vygotsky の主張する発達とは「個体発生的発達」の「自

然的道筋」と「文化的道筋」は、相互に作用して力動的な変化を作り出すことである。

- 個人の高次精神的機能は社会的な生活に起源を持つ

個人の高次の精神機能は、社会的精神機能があるという彼の主張において、大事な点は個人を理解するためには個人が生きている社会を理解する必要があるという点である。個人の高次精神発達領域のなかでもっともはっきり現れてくる。こどもの「独力での問題解決で可能な現在の発達水準」とより高次の「大人の指導下、もしくはより能力の高い仲間と協同でおこなう問題解決によって可能になる潜在的な発達水準」との間隔として定義される [33]。

- 人間の行為は社会的な側面であれ個人的な側面であれ、道具や記号によって媒介されている

社会文化的な作用として次に大切なのは、用いられた媒介手段である。記号の媒介は、個人の信念、態度がメカニズムであり、協同で行う際には、共有した課題の定義の変化をもたらす。Vygotsky 理論では、認知発達を社会的、感情的発達の定義されたものとする。Vygotsky によれば、人は高次精神機能によって、初期の段階では他者の役割に依存していたものが、後には他者の役割を自分自身で担えるようになる。このように有能な他者が、学習主体の行為を社会に共有された様式へと方向づけていく過程は、scaffolding（足場作り）と呼ばれる [31] [6][42]。

- 発達の最近接領域 (Zone of Proximal Development)

この scaffolding という概念に基づく分析は「特定の有能な他者」との協同過程であるともいえる。本研究では、この他者による scaffolding（足場作り）を有効に支援する枠組とそれを支援するシステムを提案する。本研究では、最初は、システムによる支援を他者の有効な支援であるとする。学習者が発達していくにつれて、このシステムの相互作用の支援の役割を自分で担えるようになるとする。すなわち、最初はシステムの支援で学習者の外化が促進され、リフレクションが行われているが、メタ認知が進むにつれ、システムの手助けなしに相互作用においての外化、リフ

レクションが進むようになることがシステムの scaffolding であると考える。

2.6 個人的な認知活動における理論的研究

個人の認知活動を中心にしたアプローチは、協同の活動における結果を個人的な認知活動としている。これらの研究では学習者個人の捉え方の違いがアプローチの違いとなっている。Slavin, Hatano, Inagaki らのアプローチは、動機と理解力を重視する。

Slavin は、生徒たちの動機づけは、協同相互作用に関わることであり、そのような相互作用は、効果的な協同活動の外的報酬によるものが大きいとした [30]。

Hatano, Inagaki らは、理解のための動機づけは、外部報酬の提供によっては引き出されることはないとしている。すなわち学習者は、まず現在の自分の理解と課題との間での不調和を理解しなければいけない。それから、学習者は努力すれば理解できると信じ、この課題が重要であり、価値があることを確信しなければいけない。

また学習者の得意で興味のある分野の場合では動機づけに苦労しないが、苦手な分野においての理解のための動機は付加的な内在的報酬を要求する場合があると Hatano は述べている。このようなアプローチに対し、Vygotsky のアプローチとの明白な違いは、発達および動機づけの説明に、文化的な影響が加えられていること、時間的な評価が加えられていることである。

2.7 社会文化的な相互作用に関する研究

ログフによれば社会文化的な相互作用は「徒弟制 (apprenticeship)」 「指導されながらの参加 (guided participation)」 「専有 (appropriation)」 にわけることができる。これらは現実的には相互補完的であって切り離すことができないものである。徒弟制 (apprenticeship) は、コミュニティレベルの活動モデルである。「指導されながらの参加 (guided participation)」は Vygotsky の「発達の最近接領域」 (2.5.1 参照) を修正したもので、個人とそのパートナーについての活動モデルである。「専有 (appropriation)」は個人の内部での内化の思考モデルである。この3つの活動モデルは、文化 (文脈)、対人関係、個人と

いう3つの社会的な水準に対応している[28]。社会文化相互作用のモデルとしてこの3つの活動モデルを実践に際してのステップであると考える。

2.8 第2章のまとめ

本章では、本研究の協同学習での枠組を説明するために理論的な研究を概観した。相互作用(インタラクション)を重視する研究として、各分野からの代表的なアプローチについて概観した。集団の認知、活動理論のアプローチ、集団の認知活動理論のアプローチ、社会文化的なアプローチ、また個人と社会(文化)の関連を重視し、発達に重きをおくアプローチとして Vygotsky の研究をとりあげ概観した。Vygotsky の研究の代表的な理論として足場作り(scaffolding)の理論について述べた。本研究では、協同学習での相互作用がある場合、学習者の足場作りの役割を計算機が担うとする。計算機が協同学習での認知的負荷を軽減し、コラボレーションを促進するには、どのような設計の視点が必要かについて4章で述べる。また、この計算機による支援が学習者の足場作りになることによって学習者の外化やリフレクションにどのような影響をあたえるかについて実験を行い検証する。

第2章

1. 協同学習を支援するには

「協同学習」とは、2人以上の学習者が、互いに助け合い、協力して学習活動を行うことを指す。協同学習は、学習者の知識や技能の向上だけでなく、コミュニケーション能力や問題解決能力の育成にも効果的である。協同学習を支援するためには、学習環境を整えることが重要である。具体的には、学習者のグループを適切に構成し、学習目標や役割を明確にし、学習活動を促進するためのツールやリソースを提供することが必要である。また、学習者のモチベーションを高めるための工夫も必要である。例えば、学習者の進捗を評価し、フィードバックを提供することで、学習者の自信や達成感を高めることができる。協同学習を効果的に実施するためには、学習者の個性や能力を尊重し、互いに尊重し合う学習文化を醸成することが重要である。

第 3 章

協同学習を支援するには

3.1 はじめに

近年協調作業という場で、どのように知識が生成され獲得されていくかというテーマに関して、その過程を計算機で支援しようとする CSCL(Computer-supported Collaborative Learning) の研究が計算機の分野で盛んに行われるようになってきた [25]. 人とコンピュータの相互作用の領域における認知科学のアプローチも学習者中心 (Learner-Centered Design) のデザインへと変わりつつある. 本研究では協同学習における「個人の思考と集団の相互作用」に焦点をあてて、計算機の支援の効果について詳細な分析を行う. この章では、協同学習を有効に支援するための手法について述べる. 本研究では、学校教育におけるグループ学習での計算機支援を想定しているので、本章では、3.2 で学校教育における理解過程と計算機の支援についての理論的研究について概観する. 次に 3.3 で、仮説実験授業について説明する. 本研究における実験では、この仮説実験授業の枠組を用いた. 3.3 では、問題解決に関する支援として協同作業にむく課題について分析する.

3.2 学校教育における計算機の活用

現在教育の現場ではパソコンが導入されており、パソコンを用いたインターネットやマルチメディアの教育研究の実践も盛んになってきている。今までの教育で困難だったことがこのようなツールを用いて教育を実践するにあたって可能になることも多い。この新しい技術の導入により協同で作業を行う場合に、何が可能となるのかについて「理解と教授」の理論的な側面と実際の学校教育の現場での活用について個人と集団の枠組から概観する。

3.2.1 学習者の理解活動と計算機の支援

授業の研究においても、学習者の理解の達成を援助する必要が協調されてきた。特に数学教育において解法の呈示とその適用のための練習という伝統的な授業への理解思考型が多く求められてきた。科学教育においては、学習者がなぜ法則が成立するのかを納得するのが難しくその法則を用いて解く場合でも問題のみかけによって解ける割合が異なるということが報告されている。このため学習者が法則を理解し問題解決場面で適切に利用しうるように導く教授技術が必要とされてきた。これらは「認知と授業」と呼ばれる研究分野である。しかし、「認知と授業」の分野でこうした成果をCAIへと応用した事例は少ない。これは学習者の理解を促進するようなヒントや応答を与えられなかったことによるところが大きい[59]。

3.2.2 授業における因果的理解の促進

自然現象がいかに生ずるかなどの知識に基づく公式の理解は、それが何故正しいかについて自分なりの説明を見出すことができるかであるが、それは学習者が一般的な手続きを用いて一般的な原理から公式を抽出することとは異なる。

このような理解の達成を支援するには、1つには適当なモデルを用いて出来るかぎりの多くの学習者が納得する説明を与えることである。もう一つは学習者自身に説明を生成させる方法である。このように適当なモデルを表示したりそれを用いて納得のいく説明をさせるという枠組はCAIで可能である。しかし、ここで問題になるのは、学習活動に

最小限の支援を与え、Engagement を高めるような工夫をしないといけないということである。

3.2.3 先行知識との類推に基づく理解の促進

学習者が授業で扱われる分野(これは比較的狭い範囲のこととする)などに関してある程度の先行知識のある時には、新しく学ぶべき解法や法則をこの知識と関連づけることで、説明を導くことができる。しかしある分野を初めて学習するときは、そういう知識が全くないこともありうる。この場合は、解法や定理を理解するには類推に頼ることが必要になる。学習者は、非公式な知識(学校外での知識)を持っていることが多い。ただし類推にあたっては、基本的に留意すべき点がある。因果関係を求める場合と異なり、類推の場合には、適当な制約をつけない限り、探索空間が広くなりすぎて、解決にひどく時間がかかるし、解が複数出てくることがある。

類推のための第一段階は、いかに学習者の持つ先行知識のなかからふさわしい知識を選択するかということである。第二段階は、基底となる知識群と学ぶべき知識群をどう対応づけ、学習に対する説明を導くかである。Holyoak[9]は、基底領域との対応付けは、直接の要素同士の類似性、実用論的類似性のいずれもなるべく大きくするように対応づけが試みられ、アナロジーを教育に用いるのは有効であると述べている。教育の分野では、既知のドメインを生徒に正しく理解させることは、一般によく行われるが、馴染みのないTARGETを教えるのに、なじみのないSOURCEを示すことにより、思考の飛躍を起こすことができる。学習者は、年齢が小さくなるにつれ、高次の類推が困難になると言われている。この類推の手助けに教師の適切なガイダンスが必要である。

計算機の支援

類推に基づく理解を援助する試みの多くは、適当な類推を与え、それを利用して学習者に類推を行わせる。この試みを現在のCAIの技術で実現可能である。支援のポイントとしては、類推の自動化に関する研究の進歩を取り入れることで学習の行う基底の選択や目標との対応づけを評価してフィードバックを与える機能を備えるシステムの構築な

どが考えられる。

3.2.4 学習者の相互作用による理解促進

理解活動は、個人の水準のみで行われるわけではなく、理解活動の枠組を集団にまで広げると理解活動すなわち「対立する解釈を提起し、かつそのそれぞれについての支持する証拠、否定する証拠を収集、評価する活動」を行うには、集団の相互作用が効果的に働く場合も多い。集団を一般的に個人差のある知識データベースであると考えると他者との知識を共有できればそれだけさまざまな解釈を再吟味できることになる。個々の形態の分業がおこることによって理解活動の個々の学習者の思考の変化などが明確になるということもある [64]。

理解指向型授業のうちでも学習者の側の知的探索を最大限に広げるのが、教師の登場をなるべく抑え、学習者の思うことを表示してもらい、それを巡って討論するという手法である。この手法は、個々の学習者の思考をいかに協調させたり競合させるかという分散認知との関連で最近注目されている。Chan は、教育心理学の手法を用いて、学校教育における協同問題解決を行なう手法について検討している [2]。

計算機の支援

本研究では、上記で述べたように理解活動を集団の枠にまで広げて、計算機の支援を行う。本研究における計算機の学習支援は、学習者中心の設計で検討する。

学習者中心のデザインの Dimensions of Instruction を、以下に示す。

- Engagement
- Effectiveness
- Viability
- 論点を整理する
- 意見変更の経緯をたどれるようにする

- 文字以外の思考を表示できるようにする

などが効果的である [1].

3.3 仮説実験授業の形式を用いた実践

3.3.1 仮説実験授業の試み

6, 7章で述べる実験では、「仮説実験授業の枠組」を一部用いる。仮説実験授業とは、これまでの理科教育とは異なり、授業における実践のなかで「科学教育」を効果的に学習者にとらえてもらおうという試みである。

板倉によれば、理科教育において、効果的な授業設計を行うために次の2つの点が重要であると述べている [61].

- 課題がおもしろいこと
- 学習者に一切教師側からおしつけないこと

この2点を活かすために仮説実験授業は次の構成にした。

- おもしろい問題設定を表示する
- 学習者が予想をたてる
- 自発的な発言を主とする討論を充分にする
- 結果が明白な実験をする

Hatano らは、学習者に科学現象についてのいくつかの選択肢をあえて予測させ検証に先立って議論を行わせる「仮説実験型」の実験を行った。この実験では、成立する情報に対して Engagement が高まる、自然発生的に分業がうまくいくといった結果を報告している [8].

仮説実験授業は、集団過程において自分の支持する予測を正当化するために自然発生的に分業がおこるという結果を報告している。ここでは、学習目標（ゴール）にいたる

までのプロセスのなかで、検証、学習目標をはっきり設定することによって理解が深まることに成功している。板倉は、学習者に負担がかからないようにして、自分の体験、想像を自由にできるようにすることは、科学教育の本来のねらいに合致しているとしている。この仮説実験授業を実現するためには、討論すべき問題の選定、順序への配慮が必要である。本研究では、「手法」としてこの「仮説実験型」の討論形式を用いてシステムを使用した授業の実践を行う。

3.4 協同の重要性

近年、社会文化的アプローチなどの台頭に伴い、認知科学の分野、計算機の分野にコラボレーション重要性が認識されている。小池は、協同でアニメーションを制作する際に、学習者らが協同で課題を制作する際の観察の共有、課題の共有の重要性を指摘している[49]。

3.4.1 本研究における実践

課題の枠組、すなわち学習目標や、役割の設定によって、学習者の相互作用の変化に対する計算機の支援の役割について観察する。しかし、本研究では仮説実験授業でのカリキュラムの最後の実験をするという作業は行わず、グループごとに結果を発表を行なう実験設定にしている。明白な実験に対応するシミュレーションは本システムでは行なわない。この実験の目的は、計算機から知識を得るという概念で設計を行なわないという理由からである。本研究でのグループ学習では以下のようにカリキュラムを設定した。

- 問題設定 社会科のカリキュラムの一環「木を切り続けるとこの先人類はどうなるのか」
- 学習者が予想をたてるための入念な準備を行う
- 自発的な発言を主とする討論を充分にする。
- グループごとに結果について発表する。

	学習目標	意見の変化
ディベート	確定	ない
仮説実験授業	確定	ある
自由討論	確定しない	ある

Figure 3.1: 討論の分類

3.5 問題解決に関する支援～協同解決にむく課題

一般的にさまざまな問題を解決していくうえで「問題の質と表現」は、大変重要な役割を果たしている。協同で問題を解決する場合にも知識を柔軟に変換できるような課題での学習が必要である。協同で問題を解決する場合での課題の質と表現について、本研究では「収束的問題」「発散的問題」に問題の種類を分類した。

* Gulford は、人の思考の形態は、大きく分けて発散的思考と収束的思考とに分類できるとした。収束的思考とは、唯一の正答を導くような思考であり、発散的思考とは、多くの解決を考える思考である。

この分類から本研究では、「発散的問題」とは、日常にあるゴールが確定しない問題であり、「収束的問題」とは、目標状態に向かって収束していく問題とする。さらに「収束的問題」を解決する場合を収束的討論、「発散的問題」を解決する討論を自由討論とした。さらに規定収束的討論で学習者の意見が最初から明確であるかどうかで、ディベートと仮説実験授業 [61] とに分類した (図 3.1)。

3.6 第3章のまとめ

本章では、協同学習を支援するための枠組について学校教育での「計算機による理解と支援」の理論的な側面について概観した。学校の授業における理解活動には、因果的理解の促進、類推に基づく理解の支援、相互作用に基づく理解の支援がある。本研究における理解の促進は、この相互作用に基づく理解の促進を計算機によって行うことである。学校教育では、今インターネットの普及に伴い急速に計算機の導入が盛んになってきている。学習者一人の支援と異なる協同での相互作用を含めた支援とは何が重要かを明確にした。協同での実践での効果的な課題について検討した。協同学習における支援のポイントを以下に示す。

- 論点を整理する
- 意見変更の経緯をたどれるようにする
- 文字以外の思考を表示できるようにする

学習者に科学現象についてのいくつかの選択肢をあたえて予測させ検証に先立って議論を行わせる「仮説実験型」の実験をとりあげた。この枠組に従って、本研究における計算機の支援の手法について検討した。4章では、この枠組に従って、本研究における計算機の支援の手法について検討を行う。

第 4 章

計算機による学習支援

4.1 はじめに

本章では、今までの計算機による教育支援について概観する。はじめに伝統的な計算機の支援である CAI について述べ、次に知的 CAI システムの概要について述べる。知的 CAI システムの問題点について検討する。次に HCI の分野で最近注目されてきているシステムデザインの「学習者中心のデザイン」というアプローチのコンセプトについて述べ、実際に作られているアプリケーションについて検討する。

4.2 CAI の概要

CAI(Computer Assisted Instruction) とは、計算機の持つ知識を人間に教授することにある。CAI の発展を歴史的に振り返ると 1960 年代から 1970 年代にかけてハードウェアの開発に重点が置かれ、80 年代に入るとソフトに重点が置かれるようになった。CAI を分類すると以下のように分けられる。

- フレーム型
- チュートリアル型
- ドリル型

これらのCAIは、教育内容をソフトウェアとして記述した教材とそれを実行する教材実行システムとから構成されている。

これらのCAIは、学習者がシステムに対して入力する手段が、数値、単語または、プログラムの断片など限られたものになってしまうため、複雑な学習者の挙動を分析することが困難である。また出題する問題に関するヒントや知識、回答を教材作成者があらかじめシステムの中に用意しなければならないこと、誤りの原因をシステムが確定できないなどの問題点がある。

4.3 知的CAIの概要

このCAIシステムの問題点を克服するために以下に記述するAI技術を用いた知的CAIシステム(ICAI)と呼ばれる研究が行われている。[48].

4.3.1 ICAIの構成

知的CAIシステムの基本構成は、以下のようになっている[57][41].

教材知識 教材知識は、対象教科に関係する知識を表現したもので、主に問題解決に使用される。知識の表現方法は、意味ネットワーク、プロダクションルール、述語論理などさまざまな手法が使用されている。

学習者モデル 学習者モデルは、学習者の理解状態を表現する部分であり、主として高度に個別化された指導を計画するための情報源として使用される。学習者にひとりずつからの学習者モデルが生成され学習の進行によって学習者個人の情報が蓄積される。学習者モデルには、オーバーレイモデル、差異モデル、バグモデルがある。

教授知識 教授知識は教材知識と学習者モデルを用いてシステムが指導するための知識であり、教材知識を扱うメタ知識である。教授知識は次の機能を実現する。

- 個別化情報の生成と更新

- 個別に個別化された教授戦略の選定
- 学習者の意図や要求の認識と対応

ICAI は、対話中心の教授型 (ITS) システム、環境型 (ILE) システム、及びそれらを統合した環境型自己設計システム (SDLE) などが代表的である [56]。

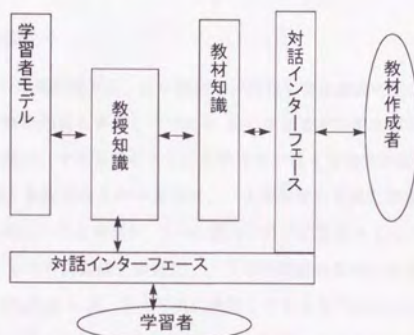


Figure 4.1: 知的 CAI システムの基本構成

4.3.2 知的 CAI の研究の課題

CAI に人工知能の技術を応用した知的 CAI の研究の成果は、教育の教材知識と制御知識が一体になっていた伝統的 CAI の教材を、教材知識、教授知識、学習者モデルの 3 つのモジュールに分割してシステムを構築するという方法論を確立したことにある (図 4.1)。しかし、現状では、知的 CAI でのシステム構築を考えた場合にこれらのモジュールをどのように構成するか、学習者のレベルと課題の変化にどのように対応すべきか、学習者

の熱意をどのように引き出すかという学習者の個性、教育現場の状況に対応できない、本研究では、これらの問題点を解消するために、学習者主体のデザインを提案する。

4.4 ネットワークとメディアの学習支援

近年の計算機による学習支援の新しい流れとして、メディアの利用とネットワークの活用によるコミュニケーションを中心とした学習支援があげられる [51][38]。ここでは、このコンセプトと具体的な研究について概観する。

4.4.1 ネットワークの活用

最近のネットワークの爆発的成長は、広い範囲での協同学習を実現可能なものにしており、有効性についての研究知見も普及しつつある。特に学習者が目的を達しようと活動する文脈のなかで得た知識は、その活動のあとにも学習者が使う可能性が高い。同様に協同学習のなかで得た知識と複眼的なものの見方は、一人で学習して得た知識よりも有用で理解力を高めるのにも役立つことが多い。さらに協同学習に必要なコミュニケーションは、自分の意見を表明するために知識を構造化し、自分の理解のなかにある矛盾点を気づかせることができる。Fischerらは、多くの人に使用してもらうためにインターネットやWWWのネットワークメディアとの統合をめざしている [5]。ネットワークを積極的に展開することによって遠隔地での統合化された教育につながるといえる。インターネットコミュニケーションを利用する試みとしては、KIE(Knowledge Integration Environment) プロジェクトがある。この目的は、ネットワーク化された教室でのソフトウェアの開発、教育技術としてのインターネットのツールの効果的利用を検討している [20]。

ところが、協同学習は複雑な活動であり、実際に実施することは難しく、また現行の知識伝達型の学校教育の中で行うには障壁が多い。それゆえ、そういった行動に慣れた生徒であってもそれにふさわしい環境が必要である。

学習者にやる気を与えるためのいろいろなアプローチが試みられている。Fischerらは、学習の支援には、システム側からの明確なゴールと学習者の明確なゴールの2つのバランスが重要であり、そのためには、Domain-Oriented なアプリケーションによるサ

ポートや、効率にとらわれない創発的な学習環境作りが必要であると述べている。

4.4.2 「知識構築」を学校の活動としようとする試み

Computer-Supported Intentional Learning Environment(CSILE)では、集団的な責任と生徒が生み出したデータベースに対するアイデアの継続に焦点があてられる。このデータベースは、個人的な研究をサポートし、研究ノートの役目をするので、メモの創造、リンク、蓄積などの機能は、知識の累積的發展を促す[29]。また Collaboratory Notebook は、ネットワーク上のハイパーメディア型データベースとして開発されたもので CSILE 同様、あらかじめ用意されたページ類が用意されており、科学の探索型学習において、協同学習を行うために開発されたものである[4]。

またアニメーション、シミュレーション、ビデオ、音声などの技術とともに知識ベース利用の技術を用いての臨場感の向上を試みるアプローチもある[36]。学習者が学ぶためには、このようなアニメーション、シミュレーション、ビデオなどのメディアのツールだけでは不十分であり真正で日常生活に関係した経験である必要がある。従って学習者を問題解決の状況におくことが必要である。

4.4.3 ソフトウェアを学習者に制作させる

従来の多くの研究ではゲームで遊ぶことの影響についての議論に集中している。しかし kafai は、小学校の8-10才を対象に種々の数理的なトピックに焦点をあてたソフトウェア設計プロジェクトを実施して成功している。このプロジェクトは、学習者がコンシューマなのではなく作成者の役割を担うことによって文脈としてシステムを関係づけることを目的にしている[13]。学習者は下級生に分数を教えるのに Logo でゲームをプログラムしている。この状況でプログラミングは子供たちの個人的で創造的な表現のためのメディアとなった。

また Jacson らは、学習のモデリングを学習者に簡単に製作させるシステム (Model-it) を開発した。モデリングは、たくさんの先行知識 (Prior knowledge) や数学的な能力が要求されるため難しいとされているが、Model-it ではオブジェクト一式をあたえて learner-

centered Design のアプローチである「足場作り」を行っている [12].

4.4.4 グループ学習を方法論的にとらえる

Guzdial らは学習の本筋は、問題解決であるにとらえ、協同学習での collaboration についての方向性を検討し、そのグループ学習環境を構築した [7]. CSCW のアプローチをとるソフトウェア工学での初心者のための支援に適用した関連研究もある. この研究のテーマはソフトウェア工学の分野において、Object Oriented Design(OOD) のデザインプロセスの手法を学習するためにどのような「足場作り (scaffolding)」がソフトウェア技術者にとって有効かを分析した. その結果シナリオと呼ばれるハイパーテキストドキュメンテーションが有効であることが検証されている. しかし分散認知の協調の正の効果だけでなく競合する負の効果についてとりあげている方法論はない.

4.5 現状での学校教育でのパソコンの利用

現在公立の小学校ではパソコンを導入し活用を試みている割合が増加している [46][37]. 積極的にパソコンを導入している学校の場合の利用方法を教えて頂くためと、本研究のシステムを学校教育での実践に持ち込む場合の検討項目をあげるために、学校でのパソコンを利用した学習支援の授業を見学し現場の先生方と討論した. 学習者が協同で作業する場合を見学し使用するツールの特色についてまとめたのが図 4.2 である.

既存のソフトを利用した学習者個人への支援の試み 現場の教師は、教材としてのソフトを学習者が使用し、学習者がソフトという教材に接近するアプローチではなく、学習者が使いやすいように教材としてのソフトが変更がきく、つまり学習者自身で使い勝手を変更できるアプローチが重要であると述べている. ソフトの教材に学習者が接近する場合には、ソフトの変更が柔軟にできないために学習者の engagement が高められないという問題点もある. この場合もマルチメディアの使用などにより多少の改善はみられるものの、繰り返しの使用では engagement を高めるのが困難であることがあげられる.

また現在での学校教育でのパソコンの利用は学習者個人で使用する形態をとること

ツール	目的	特色
紙	メモ意見	他人との関連性がつけにくい
カード	メモ意見	全体のまとまりに欠ける
模造紙	発表	個々の意見が反映しにくい
OHP	発表	他者との関連がつけにくい
パソコン(静止画像)	情報検索	自由に試行できる
ビデオ	情報検索	情報量が多い

Figure 4.2: 協同学習のための支援のツール

が多い。今後のパソコンの利用について、協同で作業する状況でのパソコンの利用形態についての研究はまだ少ない。現在の学校教育における既存のソフトの使用としては、ワープロを用いた日記の作成または、DRAW ツールを用いた自己表現のツールとしての利用がある。ワープロを用いた日記の作成の場合、学習者は、個々の日記をワープロの画面に記述していた。作文用紙に記入するより校正が簡単であることから、紙にかくより、文章の量が増えるという指摘が先生から出された。またフォントを変えたり、文字の大きさを変えることが自己表現につながるのではないと思われる [53]。しかし、学習者にとって課題が計算機の支援によって変化することはない。CAI のソフトを使用する場合もあるが、市販のほとんどの CAI は個人学習向けに作られており、学校教育で計算機の台数が人数分揃っている学校はほとんどないことからあまり使用しないとのことであった。また市販の CAI ソフトを使用する場合、教師の教え方との柔軟な対応が困難であることがあげられる。教師側の希望としては、単にワープロを使用して日記をかくといったような直接知識を計算機から得るのではなく、文房具のツールとして計算機を用いて問題を解決すると今までにない思考が得られるという学習支援の要望があった。

協同学習における学習支援の試み 協同で行うカリキュラムで、学習者に、draw ツールと紙に絵を描くのを選択させる授業では、学習者は圧倒的に実際の絵を描く方を選択した。その理由としては配色が多く自由に出せる、画面よりも大きい紙に表現できる、友達と協同で作業がしやすいという発言が得られた。

インターネットの利用した協同学習の形態としては、WWW から必要な資料をあらかじめ取り出しておき、授業の展開に従って教師の視点からパソコン上で表示させるという形態もとられていた。またコミュニケーションを目的とした、メールのやりとりや、自分たちの学校の情報を公開する WWW の利用も盛んに行われている。

4.6 第4章のまとめ

近年急速に普及しつつあるインターネットの普及によって、学習支援は、いままでの計算機主体のパラダイムではなく、学習者主体のデザインでシステムを設計する必要性が生じてきている。計算機と人とのかわりも知識を計算機から教授してもらう形から、学習者が思考の道具として計算機を使用する形態へと変わりつつある。本章では、今までの計算機による学習支援の形態について概観し、現状での適用について述べた。本章では、計算機が、個人の支援から協同での支援へとアプローチの仕方が変化していることを中心に、4.2,4.3 では CAI と ICAI を、4.4 ではネットワークやメディアを利用した主な研究について概観した。4.5 では、学校での学校教育におけるパソコン利用について述べた。

第 5 章

システムの構成

5.1 はじめに

本章では、前章で提案した方法論に基づき、設計したシステムについて述べる。5.2 では、システム設計のアプローチについて、5.3 では、本システムのシステムの機能について述べる。本システムは、PC 上の smalltalk/V で設計、windows95/NT 上で操作できるように実装されている。使用の仕方は、複数の学習者が協同作業を行う際に使用できるように設計されている。あらかじめ7つの機能が用意されている。5.4 では、システムの特徴について述べる。

システムの特徴は2つある。1つは、学習者が使い易いように学習者自身で大きさや、表示を変えることができるようになっている。もう1つは、時間軸を中心とした履歴の表示である。これは、システムの中のオピニオンボード上にタグやリンクを用いて関連性や意見の変化を表示できるようになっている。このシステムを用いて協同学習における相互作用の支援を行う。

5.2 パーソナルビューの視点からの設計

Norman がいうようにシステムをとらえる時には、システム中心の system view と利用者中心の personal view という2つの考え方がある。ここでは、personal view の

考え方にたって計算機による支援を考える [23]. 本システムは, 計算機を用いて計算機から学習するという立場での設計ではなく個々の学習者の思考の支援のツールとしての役割を担う. 具体的には, 協同学習の討論の場においての問題を解決しようとする学習者の理解活動を支援する. ここでゴール (学習目標) は, 個々の学習者にとって変化するが, 学習者群は変化せず, 学習者の視点が変化するとする. このように分析すると以下のように作業を分類できる.

- 行為: 真正 (authenticity) な議論をする
- 行為の最中: 他人の意見を参照し, それを足場作り (scaffolding) にして会話をを行い, 他人の意見を理解する.
- 共有・非共有の部分を見出し, 自分の考えを再吟味 (reflection) する.

5.3 システムの機能

本システムの構成と機能は以下のようにになっている.

プラットフォーム IBM/PC

OS Windows 95/Windows NT (Microsoft 社製)

言語 smalltalk/V

インタフェース Visual Smalltalk Workbench (Digtalk 社製)

本システムは, 図2に示す6つの機能を図3に示すように1つのウィンドウで実現している (図5.2.5.3). 協同で問題を解決するために図2のパーツを使って他人の意見を参照 (scaffolding) する. このパーツのGUIは, Visual Smalltalk Workbenchの標準部品を拡張することによって用いて作成した. Visual Smalltalk Workbenchは, 標準でパーツが用意されており, その再利用で複合部品 (Nested Parts) を作るようになっている.

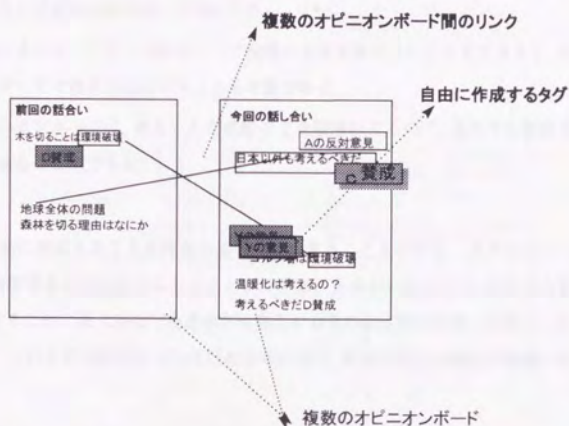


Figure 5.1: オピニオンボードとタグ、リンクの使用

標準部品には、あらかじめ使いやすい機能をつけておくが学習者が必要ならば自分で機能を追加、削除することも可能である。学習者が機能を変更させるために、各パーツにリンクをはることができる。また画面のパーツの表示を好きな大きさや色などの表示も変えられるようにした。機能を学習者の操作性をあげるために1つのパーツにつける機能を限定した。

5.4 パーツの機能

GUIの各パーツの機能について説明する。

- オピニオンボード

- オビニオンボードは、自由に思考を記述できる。
- 書き込んだ記述は時系列に記録される。
- オビニオンボードは1つのボードで全員の意見を書き込むこともできるし、複数のボードで意見を記述することも可能である。
- オビニオンボードは、書きこんだ状態のまま履歴になるので、途中で履歴を振り返ることができる。

- タグ

タグは、最初に作成することも作業の途中で作成することもできる。タグはウィンドウ内部の学習者の記述の上におくことができる。主な使い方として、学習者の思考を区別するために個人名などを表示させ各人の意見の表示部分にはっておくことができる。このタグの使用により自己の思考の変化、他者の意見の変化が明確になる。

- 賛成 / 反対ボタン

賛成反対の意見がある時にクリックする。クリックするとブザーがなるようになっている。

- リンク

タグと同様、ウィンドウ内部の記述上で使用する。リンクの表示は関連している部分同士に線がひかれ、リンクがはってある部分だけを別に表示することができる。またタグ同士のリンクをはることもできる。

- ブザー、タイマー

時計とブザーの表示のパーツを作成した。時間の制約がある場合などに使用する。

- ゴール表示機能

学習目標を明確にしたいときに使用する。

- スケッチボード

フリーハンドでの簡単な絵が描けるパーツを用意した。文字で表現しにくい場合に

各パーツ	機能	特色
オビニオンボード	スクロール機能と他者のオビニオンボードとのリンクがつけられるようになっている	相互にリンクでき、スクロール機能によって時間経過を見せることが可能
賛成/反対ボタン	第三者が参加して賛成・反対を表明できる	ブザーベルになる
ブザー、タイマー	好みの音がでる。	時間の制限があるときに使用する
スケッチボード	アイデアを絵で書き込む	文字情報以外を記述できる
ゴール表示部分	タスクにおけるゴールを提示する	途中でゴールを確認できる
タグとリンク	自分のメモがわりに使用する	他者の意見にもリンクできる

Figure 5.2: システムのパーツの分類

使用する。

5.5 システムの特色

本システムの特徴について述べる。

● 思考の外化とリフレクションの支援の効果

人間は、思考の際に自分の思考を言語化したり、図示したり、具体的な形にして操作したりと頻繁に外化しようとする [45]。各学習者の思考の外化を簡単にする支援が必要である。本システムでは、この他者の外化の表示のためにオビニオンボードを設定した。オビニオンボードでは、各学習者の意見を書いたり、他人の意見の賛同で

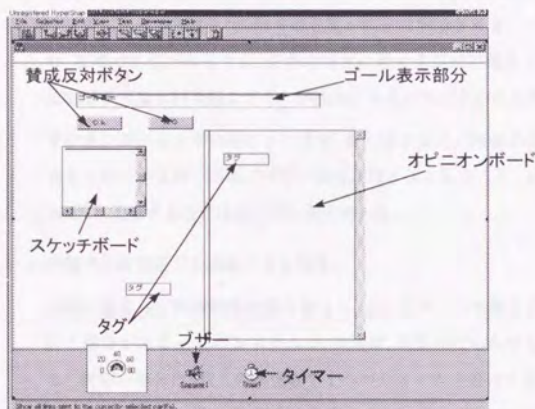


Figure 5.3: システムの初期画面

きる箇所にタグをはることが可能である。外化の表示は、学習者が人の意見を理解し、共有・非共有の部分を発見することで、相互の学習者の思考のプロセスに影響を与え、新しい視点で問題を考えることを可能にし、問題点・改善点の発見を容易にする。また自分の考えを再吟味（reflection）することができる。

各学習者の思考を外化させることは、他者と自分のずれを認識することである。理解のプロセスは、個人的なものであるから、グループのすべての学習者の理解のプロセスが、他者の思考のプロセスと重なることは、困難である。他者の思考のプロセスを理解するために、視点の違いを明確にすることが有効である。

- 分散認知の協同と制約の変化

集団で作業する場合には、協同と制約の両方が現れることはすでに2章で述べた。本システムを用いることで、他者の意見が簡単に明示される。学習者はこの支援により、思考の外化が促進され、他者の発言に対する反対の意見を表明しにくいという認知的不同意を引き起こすことが減少できるのではないかと考えられる。

また本システムを用いることにより、誰と誰が意見に同意があるかないかが明確になるため共有されている／いない情報がはっきりしてくる。従ってこの場合認知的困難は、減少するのではないかと考えられる。

- 同期でも非同期でも支援できる効果

同時に集まって問題解決を行う場合と、ネットワークや異なる時間での問題解決を行う場合がある。このシステムは、非同期、同期のどちらでも使用することができる。同期の場合は、数人の学習者で1つのシステムを用いて使用することができる。非同期で使用する場合は、履歴を保存しておいて各メンバーが個々に他者の意見を参照して意見を書き込んだりリンクさせたりする。

- 自己実現の効果

学習者の年齢が小さいほど自分の思考の表現が自己実現につながる[60]。小学校の教師である平野によれば学習とはこどもが体験したことに対する気づき、自分の能力に対する気づきであり、外の世界との交流である[58][62]。その交流を通じて、外界をみじかなものとしてとらえられる時、はじめて自己実現ができるといわれている。

課題も体験に近ければ近いほど、自己の思考で考えやすくなる。本システムは、この自己実現の効果を考慮し、パーツの形態をできるだけ学習者に操作してもらい、各自のボードはできるだけ自分の領域であることを意識してもらうように工夫した。

5.5.1 ツールとしてのシステムの役割

道具としてのシステムの役割について述べる。本研究では、コンピュータの位置付けは道具であり、学習者に対して思考を表示する手段のひとつであるという立場をとる。

[44]. 本システムは、学習者が今までグループ学習の結果をノートに記述する作業に似ている。討論におけるノートの役割とはグループの構成メンバーの意見を記述することである。しかし、ノートは、発言するメンバーの意見だけになる、書記役の主観が入りやすいことや、討論の進行中の意見の変化が反映されにくい、収束した時期とまとめにはいった時期などが表示しにくいなどの欠点がある。そこで本システムでは、討論におけるノートの役割を支援するために以下の特色を備えるようにした。

- 全体の履歴がとれるので討論が続いても振り返ることができる。
- 自分の思考を外化しにくい学習者にとって支援になる
- 個々の意見が変化していく様子がわかる
- タグの集中、分散から討論の収束、発散した経緯がわかる

5.5.2 グループウェアシステムとの比較

グループウェアとは、コンピュータを用いることにより、人間の協同作業を支援するシステムである。ここでは、本研究との関連を明確にするためにグループウェア研究においてグループ活動モデルの側面から検討を行う。

グループのモデルからのアプローチとしては初期の代表的なものに Coordinator[35] がある。Winogradらは、グループ活動における会話をモデル化することにより、会話の状態遷移図を構築した。IBIS(Issue Based Information System)方式は、Horst Rittelによって開発された、関係者が設計プロセスを話し合うために各自の知識や観点を伝え合うという「相互の会話を重視する」ことを目的としている。自分の持つ問題点を Issue として提案し、それに対して他者が見解を表示しさらにそれに対する賛否の議論を行うというモデルに基づくグループウェアである [3]。gIBIS(graphical Issue Based Information System)は、ハイパーテキスト機能をもつ IBIS方式のシステムである [54][55]。

IBISモデルでは、以下のような課題があげられる。

- 最終結論の表現が困難
- 最終的な結論が出された場合にその理由などの表示が明示できない。

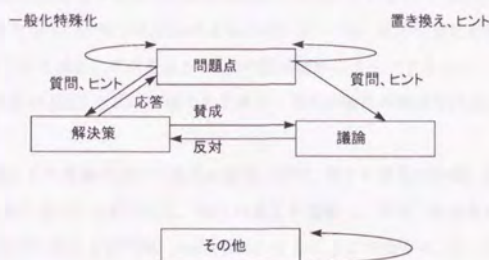


Figure 5.4: IBIS モデル

- ブラウザ空間配置の問題

ノード (実体) とリンク (関係) で表現されるネットワークがブラウザ上に表示されるが空間配置に意味をもたせるかどうか各ユーザまかせとなっている。

- 時間変化に関する問題

IBIS モデルのネットワークでは、時間が経過するにつれ、経過の意味しか持たないような部分がでてくる。現在熱心に議論されている論点とこれらの区別が必要になってくる。

IBIS 方式の課題について本研究のシステムと比較しながら違いについて明確にする。gIBIS に代表されるグループウェアの共有ボードシステムは、空間配置が自由に設定可能であるのに対し、本研究で提案するシステムは、自由な空間配置を犠牲にして時系列で記入するようになっている。オピニオンボードには、意見が記述されているにすぎないが、時間が経過するにつれそれは、以前の論点を想起するのに有力な手がかりとなる。

時系列に記録するオピニオンボードを用いた履歴は、時間経過を意味するだけでなく

どの時点でもどのくらい盛り上がったかがタグとリンクの表示で明確になる。記述した意見は移動しないが関連箇所には、タグやリンクがはれるようになっているので、現在の論点との関連が非常にわかりやすい。本システムのオピニオンボードは、自分の意見を書いたり、他人の意見の賛同できる箇所にタグをはる、過去の関係箇所にリンクするという、非常にシンプルな構造であるが、IBIS方式の課題である過去と現在の論点の関連性の表示に効果があると思われる。

本システムの支援により討論の途中で自己の意見の変化、個々の意見の分散、討論の収束、発散した経緯を振り返ることができる。他人の意見を理解し、共有・非共有の部分を発見することが、自分の考えを再吟味 (reflection) することにつながる。そして再吟味が行なわれることによって新しい思考が容易になるとと思われる。

5.5.3 学習者が自由に作り変えられる操作性

本システムは、システム設計者が考案した使用法以外の使用も学習者ができるように配慮してある。各グループの学習者が課題、人数、目的にあわせて画面のインタフェースを自由に変更できる。これは、学習者が自分の視点に基づいて状況に合わせて変更することによって新しい思考を考え出すことにつながる [52]。4章で述べたように、学習者がシステムの一部 (ソフトウェア) を製作するなどしてシステムの文脈に参加し、Engagement を高めるといったアプローチは重要である。システムの一部を自分なりに操作できる可能性が、学習者の自己実現につながると考えられる。特に学習者の年齢が小さい場合、自分なりに操作できるシステムは、学習者の Engagement を高めるのに効果的である。

5.6 第5章のまとめ

本章では、前章で提案した方法論に基づき構築したシステムについて述べた。本システムは複数の学習者で使用でき、学習者がインタフェースを自由に操作できる。システムの特徴は2つあり、1つは履歴の表示が時間系列であることであり、もう1つは、学習者の使いやすいように学習者自身がインタフェースを変えられることである。

本システムの目的は、学習者が他者の意見を参照することによって、それを自分の思

考のプロセスに反映し、新しい視点で問題を考えることができるようになるということである。すなわち個々の学習者の思考の外化およびリフレクションの支援を行うことである。このシステムの操作性、およびシステムを用いた場合の課題について予備実験を行う。

第 6 章

実験 1

6.1 はじめに

本章では、予備実験について述べる。この実験の目的は、実際の授業活動の中で、学習者が知識の共有と協同問題解決をどのように行い、またその解決過程にシステムの支援がどのように有効かを詳細に分析することである。この予備実験では、システムのインタフェースの操作性とグループ構成、問題解決の課題の適当性の検証を行う。予備実験は課題を変えて2つ行った。被験者は、小学生で、学校教育のグループ学習での適用である。6.2では、目的と方法について述べ、6.3では、学習課題の検討、6.4では、予備実験1の設定と結果、6.5では、この予備実験の経過と結果について述べる。6.6で予備実験について考察する。

6.2 目的と方法

予備実験の目的は、協同問題解決を行うための交渉と合意形成による知識の共有の過程において本システムの支援の有効性を検証することである。

具体的には、システムの有効性を2つの観点から検証する。

- システムのインタフェースの操作性

筆者は、基本的な機能をもつパーツを7つ用意し、学習者にみせる初期画面として

以下の画面を用意した。システムの作成者から提供されたパーツの使いやすさを検証する。

- 学習者の相互作用

グループ学習の場において、システムを使用することで学習者の相互作用がどのように変わったかを観察する。

6.3 学習課題の検討

この実験は、グループ学習の場にパソコンを導入することによって、学習者の相互作用がどう変わったかを観察するものである。その際、なるべく学習者には、パソコンをノートのような理解を促進するためのツールの一つだと考えてもらい、普段の授業活動における「協同での活動」と同じ状況で観察したいと考えた。

そこで事前に学校の授業に参加させていただき学習者の普段の活動を観察した。担任の教師との Discussion を行い、学習活動のなかでの体験や発見をできるだけとりいれることが学習者の「Engagement」が高まることにつながるという結果を得た。「Engagement の高まる課題」とは、以下の点を満たしている課題とする。

- 予想がたやすいこと
- 学習目標が明確であること
- 学習者にとってみじかな問題であること
- 検証が容易であること

また立場や学習目標が固定化されているかどうかの制約で、教師と相談の結果、2つに分類した。この実験は小学校の授業のなかで行ったものであり、ここでいう教師とは、本論文の筆者ではなく、被験者の子供達の担任教師である。

- 制約のない自由な課題 (立場や学習目標が固定化されていない)

理科 次の日の天気予測

- 制約のある問題 (自分の立場をあらかじめきめておき討論に参加する)

社会 小学校の隣りに工場ができることに賛成か反対か

6.4 予備実験の設定

6.4.1 分析

本研究では、グループ作業での学習者の相互作用に計算機がどのように支援できるかを分析することが重要である。そこで分析の項目をシステムと学習者の関わりの分析、学習者間の相互作用の分析という2つの観点に絞った。この2つの分析を行うために予備実験は、発話プロトコル分析に即して行った。被験者が課題に向かう際に発話してもらい音声を記録分析し、考察する。システムと被験者との関わりも記録するためにビデオを用いて撮影した。

本論文で述べる「インタラクション」とは、以下の学習者の発話と操作の両方の行動であるとする。

- 学習者の会話 (学習者相互作用の分析)
- オピニオンボードでの記述 (システムと学習者との分析)
- 他者の意見に対するタグリンクの操作

6.4.2 被験者のグループ構成

被験者は小学校5年生6人で、一年生のときからパソコン操作に親しんでおりキーボードに対する苦手意識はないが、実際の操作が好きかどうかには個人差がある。実際に本システムを使用するのは全員初めてである。学習者には、パソコンをノートがわりに使用してグループ討論をするようにと知らせた。パソコン1台に3人の2グループでシステムを利用し、30分間討論を行った。学習者の構成は、担任の教師と相談した結果、実験の参加を希望した子どもを被験者とした。担任の教師の観察によれば、普段の授業中にあまり発

学習者の構成	人数
パソコンが好きで精通している	2
まあまあ精通している	3
あまり精通していない	1

Table 6.1: 予備実験1 被験者のパソコン操作の精通度 (3段階評価)



Figure 6.1: 学習者のポジション

言しないこどもと発言する子供2名と混在するグループとなった。パソコンに精通しているかどうかをこども自身にたずねた結果を表(6.1)に示す。

6.4.3 課題と実験の設定

実験の設定は以下の通りである。この実験の課題は、「小学校の近くに工場が建設の予定がある。これに関して反対か賛成かの理由を考えて討論する」である。この課題を選択した理由は、学習者が社会科の授業で産業と環境問題を扱った直後であったため事前に準備しなくても課題についての知識があり、討論の発言が活発になるのではないかと考えたためである。課題は実験開始時に学習者に告げた。ゴールの教示は、「賛成の立場、反対

の立場の学習者を説得する」ことだと告げた。学習者の立場は、最初に課題に対して、賛成か反対を明らかにしてもらい各自の意見をオピニオンボードに記述するように告げた。討論中に学習者の意見が変化した場合、立場を変更してもよいとする。パソコンは2台用いて、一台に3人ずつ配置した6.1.

6.4.4 結果

学習者の実験での行動は以下のようになった。

- 学習者は、賛成反対の意見をシステムのオピニオンボードに記述した。
- 各人のオピニオンボードには、個人個人のタグを作成した。
- 他の意見に賛成な部分があればそのタグを移動させ、重ねてはる。
- グループ内でのインタラクションのほかに別のグループと意見を交換することもあった。

経過

学習者は最初に学習者一人一人のボードに意見を記述した。他者の意見に対しては、各オピニオンボードの意見に、リンクをはるようにしていた。しかし討論が進むにつれ、リンクよりも、タグが使用されるようになった。システム作成者は、賛成反対を明示するためのタグの使用を想定したが、学習者のタグの使用は作成者の意図とは異なった。学習者は、自分の名前のタグを作成し討論が盛んになるに従って、自分のタグを他者の意見の記述の上に記述することで賛同を表示するようになった(図6.2参照)。討論が進むと、リンクよりもタグの移動操作を行った方が容易であることに気づいた。

このようにタグを使用することによって討論の進行の速さや、発言しない場合にも自己の思考を表示することができ、討論に参加している。

システムのインタフェースの操作性

システムのインタフェースについての学習者の意見を以下に記す。

- 他者の履歴の操作がわかるようになってほしい
- タグの操作をもっと簡単にしてほしい
- オピニオンボードは複数必要ない
- 過去の自分の意見の変化がわかるようになってほしい

討論中に意見が変わった場合は、賛成反対の立場を変更してもよいという設定のため、学習者は、タグが賛成反対の片方に集中すると討論に対する Engagement が薄れてしまい討論が続かなくなる場合があった。学習者には、立場が少数だということがわかると発言しにくくなるのである。これは通常のグループ学習でも同じである。全ての履歴を公開することは、集団の問題解決を行う場合の学習者の立場を変化させることが予想される。

学習者間のインタラクション

学習者間のインタラクションについて学習者からの発言を以下に記す。

- 他人の意見が同じ場合、違う場合がわかりやすい。
- 他人の意見のなかで、自分と同じ部分がある場合には、自分のタグをその個所につけるだけでよいので、どの部分に賛成か反対かがはっきりわかる。
- 意見が変化した場合簡単に意見を変更できた。

履歴にこだわる学習者

本システムのオピニオンボードは、意見を自由に記述できるが、基本的に時系列の表示である。学習者らは、自由に意見を記述するのは抵抗がなかったが、誰がどの意見を記述したかや、賛成反対の立場の変化を詳細に知りたがった。現状では、賛成反対のタグをはるだけであったが、それでは以前の意見の変化がわからないため改善すべきであるとの意見を述べた。

学習者の構成	人数
パソコンが好きで精通している	1
まあまあ精通している	0
あまり精通していない	4

Table 6.2: 予備実験2 被験者のパソコン操作の精通度 (3段階評価)

6.5 予備実験2

6.5.1 被験者のグループ構成

この実験では、制約のない問題について同じように小学校5年生5人(男子3名, 女子2名)に対して実験を行った。今回は、5人で一つのシステムを使用した。前回の予備時実験1の被験者とは異なる。被験者はふだんパソコンに慣れているものが1名で、残りの4名はパソコンは操作経験がない(表6.2参照)。実験中は入力のできな学習者が主に入力するように指示をした。この実験に対するゴールの教示は行わなかった。システムの操作は、実験開始前に各学習者に教え、タグの作成、リンクの操作は、各自ができるようになった。

6.5.2 結果

課題は「理科の天気予測」である。学習者達はすでに天気図の読み方について学習している。今回の実験の前にWWWから実際の雲の写真と新聞の天気図を1週間分集めている。学習者の立場は、授業で天気図の見方と雲の動き、気温の変化を学んでおりその得た知識をもとに今回の実験にのぞんだ。最初に学習者たちは、雲の写真と新聞の天気からの明日の天気について各自の予想を述べ、意見をオビニオンボードに入力した。パソコンの入力者は、オビニオンボード1つに全員の意見を記述した(6.3参照)。学習者たちはテーマが別な議題(雨の確率)については、オビニオンボードに書かず別オビニオンボードを開きそちらに記入した。この行動はシステム製作者である筆者の予想と異なる行動であった。

各学習者は、入力が終わったあとで他の学習者の思考を見て、自分の意見と比較した。自分にはない思考(風の向きや雲の流れなど)を発見すると自分の意見に追加した。賛成や反対理由について他者と話し合うことはあったが、自分の意見を変更する学習者はなかった。学習者は、各人のタグを他者の意見に動かすことはなかった。予備実験2に対して学習者の発言を以下に記す。

- ノートよりも他者の意見がわかりやすい
- ノートより自分の意見を途中からでもまとめてかける
- 意見が変化した場合簡単に意見を変更できた
- 操作は思ったより簡単だった

6.6 予備実験の考察

2つの予備実験において「グループ学習を支援するシステムの操作性」「課題の正当性」に対し次の知見が得られた。

6.6.1 グループ学習を支援するシステムの操作性

予備実験1の結果から、本システムを用いた有効性として、学習者が自由に作りかえることができる学習者中心の操作性が評価できた。学習者はオピニオンボードを用いて意見を記述し、タグとリンクで関連性を記述した。タグには、賛成反対の他に各人の名前を表示し使用した。また学習者は、自分の使う機能の大きさや色を変えたり、使わない機能を表示しないようにしたりした。学習者は自由に操作することでシステムに対する Engagement が高まったのではないと思われる。予備実験2の結果から学習者は、思いついた意見を次々にオピニオンボードに記述した。他者との比較や履歴をふりかえる時にシステムがノートの役割以上の働きをすることを認識した。

6.6.2 課題の適当性

インタラクションの効果の検証では、問題の質の違いによって意見の変化と出現具合の違いが見られた。このことより課題について次の知見が得られた。協同学習の課題は、Engagement を高めるために学習者に予想させる問題が適当であるが、予想について協同で話し合えるような制約が必要である。

6.7 6章のまとめ

本章では予備実験1において「グループ作業を支援するシステムの操作性」、「課題の正当性」を評価するために予備実験を2つ行った。グループ作業での学習者の相互作用に計算機がどのように支援できるかを分析することが重要であるとの観点から、分析の項目をシステムと学習者の関わりの分析、学習者間の相互作用の分析という2つの観点に絞った。予備実験1では、学習者に「システムの操作性」を検討してもらうために、最初の設定だけを説明し、あとは自由に操作してもらうように設定した。学習者は、自由にインタフェースを変更して使いやすい設定を行うことに抵抗がなかった。さらに、タグの使用方法をシステム制作者の意図と異なった使用をした。さらに学習者は、履歴の表示方法などの改善すべき点を述べた。実験2では課題の設定を得てシステムを使用してもらった。その結果、制約のない課題でもノート以上の役割を果たすことが確認された。

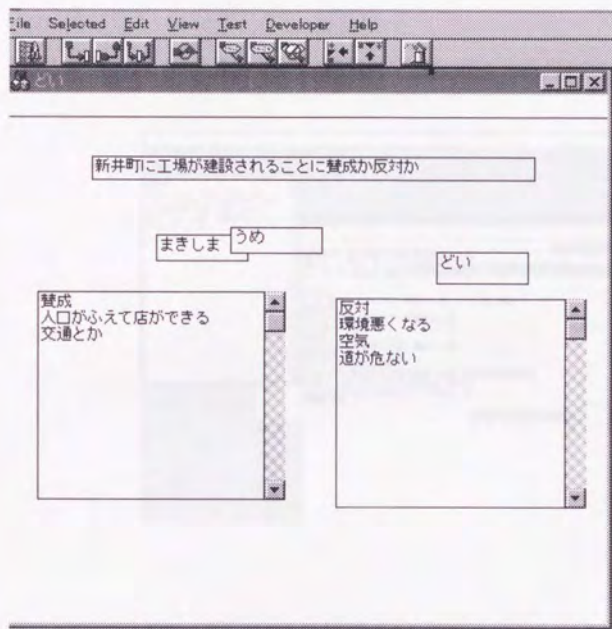


Figure 6.2: 予備実験1の学習者の活用したシステムの画面

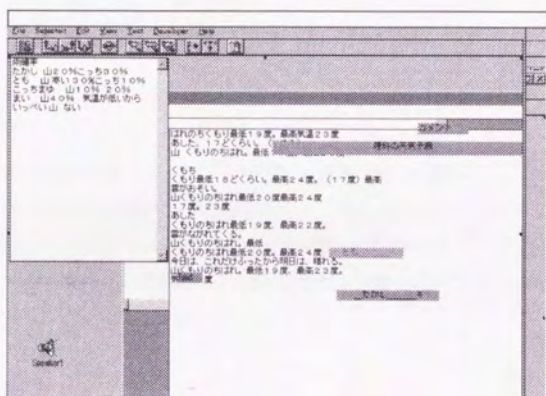


Figure 6.3: 予備実験2の学習者の活用したシステムの画面

第 7 章

実験 2

7.1 はじめに

前章の予備実験の結果からタグリンクの操作、日本語の表示を簡単にするというインタフェースの改良を行った。今回は実際の授業のカリキュラムのなかでのシステムを使用し、予備実験同様に学習者と計算機の関わり、学習者同士のかかわりについて分析する。今回はシステムを継続的に2回使用する。担任の先生と全体のカリキュラムにおいてのシステムの支援についても討論し、実験2を行う。

7.2 実験の目的

7.2.1 システムを用いた場合の学習者の相互作用の検証

今回は、グループでの知識の構成が不均質な状況での実験を行う。今回の実験を行う前に学習者は事前に自分の立場(賛成反対)を明確にするために事前の準備を行ってきている。個々の学習者の知識の構成や量にはかなりのばらつきがあり、発言もかたよるのではないかと仮定している。Brunerによれば個人としての人間は、簡単な判断でも集団の判断や「権威」に同調する傾向がある。表面的には、集団の圧力に負けているとみえるが、「他者の意見をいったん自分の内部にとりいれているとみることもできる。この状況での、各学習者の思考の内化について検討する。

7.3 実験の設定

本実験は、担任の先生と相談の結果、実際の授業においてシステムを用いた共同問題解決の支援を行うために授業計画を3つの部分に分けた(図7.1)。

1. テーマの説明
2. 大グループでの討論
3. 実験(システムを使用)
4. テーマのまとめ

7.3.1 グループ構成

今回の実験では、学習者の中に、同じ立場のメンバーがいるという構成に設定した。つまり賛成/反対の立場の立場が複数いるという設定である。賛成反対の立場の学習者は、同じ立場の学習者が複数いるので、自分の思考だけではなく立場の同じ学習者の意見も聞き、自分の主張とどこがちがうのか論点がずれていないかを確認し、擁護しなくてはならない。しかし複数の視点で思考するのは容易ではない。グループの視点のすりあわせに本システムが有効かどうかについて分析する。グループ構成を図7.2に示す。

7.3.2 課題の設定

予備実験からシステムを用いた場合の効果として学習者が自由に作り変えられる操作性と他者の思考の履歴が明確に表示されることがあげられた。解がいくつか見つかる「発散的な問題」よりも解が絞り込める「収束的な問題」を扱う場合の方が、本システムの適用が有効であるとの予備実験の考察から、実験の課題は「収束的な問題」を扱い討論を行うこととした。最初の授業時間には教師¹からテーマ「人類はこのままでいいのか! 森林を切ることを中心に考える」についておよび今後の活動について学習者に説明

¹この実験は、小学校の実際の授業のなかで行ったものであり、ここでいう教師とは本論文の筆者ではなく、被験者の子供たちの担任教師である。

した。このカリキュラムに入る前に社会科では、地球の環境問題について学習を終了している。

7.3.3 大グループでの討論

前回、この一連のカリキュラムを実施するにあたってのテーマと手法について学級の生徒に理解してもらったあと、大グループでの討論を設定した。自分の立場を明確にして討論を行う仮説実験授業の形態とノートの役割をするシステムを使用することに慣れるため、クラスを2つに分けて2グループ(各グループ14人男女同数)で賛成と反対の立場に別れて討論した。またこの問題解決後に立場を変えても構わない。討論の状況は、以下のものである。

- 発言は、いつも積極的に発言する学習者に限られた。
- 発表者は、発言が他の学習者の発言と関連するかどうかを気にした。
- システムとのかかわりは人数が多かったせいとポジション固定であったため、あまり多くなかった。
- システムを操作している学習者は、途中で意見をまとめる発言をした。
- システムを操作している学習者は、1つのオピニオンボードを使用した。
- システムを操作している学習者は、リンクよりタグの操作を好んだ。

7.4 実験 (システムの使用)

学習者は前回の大グループの討論の後、実験の前に自分の意見を発表するために事前に個々に準備している。本実験では、システムを用いることによって、他者の思考の理解のための足場作りになり、長時間の討論でも相互の思考がよく理解できるかどうかを検証する。

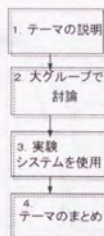


Figure 7.1: 授業計画における実験の位置付け

システムを用いたグループ1 (7名) 用いないグループ3 (各グループ7名) にクラスを分けた。各グループとも、賛成の意見と反対の意見のメンバーが2名から3名ずついる。すべてのグループ設定は担任の教師が行った。

7.4.1 経過

この後、学習者は、賛成 (人類はこのままでもいい) か反対 (人類はこのままではよくない) の立場を明確にし、自分の意見を裏付ける資料などを事前に準備することとした。

7.4.2 被験者のグループ構成

システムを用いた学習者のグループ構成は以下の6名である。各メンバーの実験を始める前の意見は次のとおりである。ゴールの設定は、「自分の立場と反対のメンバーを説得する」こととした。ただ相手側の意見を聞いて納得した場合は、意見をかえても構わないこととした。システムの入力は一人の学習者が中心に行う。

- 賛成メンバー (男子2名) うちひとりリーダー兼任
- 反対メンバー (男子) 2名

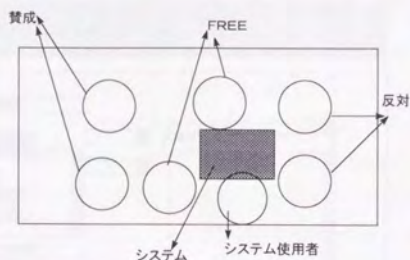


Figure 7.2: グループ構成

- システム担当 (男子)
- 賛成か反対かを最初に明確にしないメンバー (女子2名)

賛成メンバー、反対メンバーともに事前に入念に準備してきている。システム担当の学習者は、システムの操作に慣れており、入力負担ではない。明確にしないメンバー (女子) は、資料などを準備してきておらず以前の大グループでも発言していない。担任の教師からもこの学習者2名は発言が少ないことが指摘されている。

各話題の時間はゴルフ場の建設についてが一番長く、連続発言行為も一番多かった。

7.5 結果

本実験での学習者のシステムの使用を図7.4に示す。

本実験では、前回の実験1 (予備実験) と同様に学習者の相互作用を解析するためにプロトコル分析による解析を行った。従来認知科学の実験では内省法、インタビュー法、プロトコル分析などがよく使われる [39]。

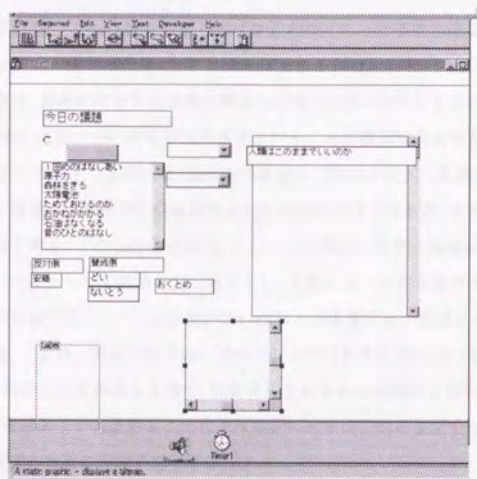


Figure 7.3: 実験開始画面

7.6 考察

7.6.1 分析の方法

プロトコル分析は、従来言語報告 (Verbal Data) をデータとする、人間の認知を研究する技法としてますます重要になっている [40]。プロトコル分析の強みは分単位の区間で測られる人間行動の濃密なデータの流れを提供することである。本研究でプロトコル分析を用いた理由は、この実験では、会話と行動のペアにより学習者の認知が明確になる、学習者が複数であるため会話が錯綜するので、ひとりひとりのアンケートから相互の行動が分析しにくいことなどである。

会話の分析

会話は、1つ1つの音の重なりではなく重なりあった事象の連なりである[16]。会話分析的な観点に従うと会話は、アンサンブルあるいはコンサートに似ている[50]。つまり学習者は、他者の演奏を注意深く聞きながら、自分はどのようなテンポででていくかと、状況的に協同でいい演奏ができるかということを瞬間瞬間判断する状態と会話はよく似ているのである。会話には、個々の学習者の「呼びかけ」「応答」「独語」がある。協同を行う場合のグループの構成単位として役割別では学習者間、学習者群と教師という組み合わせがある。この会話の変化は、グループの構成と重要な関連がある。グループの構成メンバーによっても会話の質は異なるし、人数によっても会話のデザインは異なってくる。また会話の質として、公的度が高い会話と自由度が高い会話とがある。自由度が高い会話とは、「私語」あるいは「おしゃべり」と呼ばれる会話に近いものである[63]。本研究では、担任の先生の協力を得て、学習者同士のなかに教師のよびかけを発しないことにした。学習者同士で会話することにより分析の対象は公的な会話でなく「集団的な自由会話」が展開されることが予想できる。

本研究では、システムを用いた場合の刻一刻と変わる状況の中での発話とそれに伴う学習者の行動を中心に分析する。さらに本研究では、会話の他に複数の学習者が使用したシステムのログも内容分析の対象とする。内容分析は、実際にはプロトコル分析と非常によく似ているが書かれたシステムの記述を対象とする[26]。

ポジショニングの分析

システムを用いた相互作用を検討するにあたり、システムと学習者との配置は重要な役割を果たす。数人がひとつのシステムを使用する場合には、同時に使える部分と自分しかみることができない表示の部分とが必要である。また会話のデザイン同様、グループの人数とも重要な関連性があると考え分析の対象とした。予備実験から、パソコンと学習者の位置は自由に変えられる。すなわち学習者が、場所の移動に関して自主的にシステムを使用したいときに側に來ることが許されている。

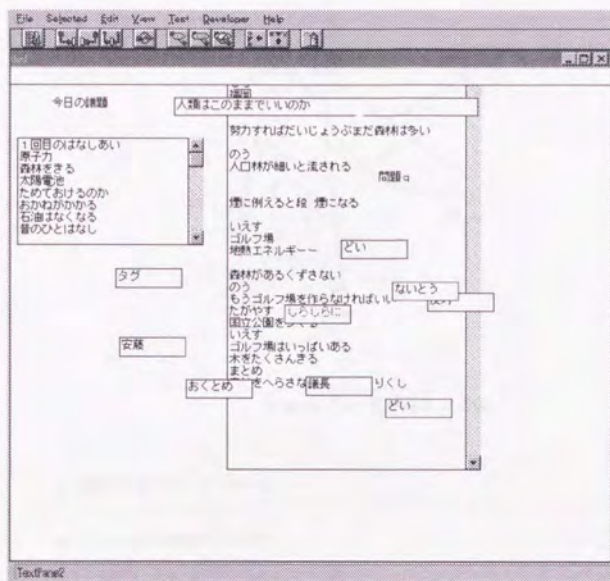


Figure 7.4: 学習者の活用したシステムの画面

経過

筆者は討論に入る前に、システムを使用すること、討論時間は30分であることをグループの学習者に告げた。学習者6人は、システム担当の学習者を中心に集まってあらかじめ用意した資料をもとに討論した。リーダー役の学習者はその場で決定した。学習者は、各自で自分のタグ(名前および愛称)を作成した。討論において小話題は以下の3つであった。

- 酸性雨について

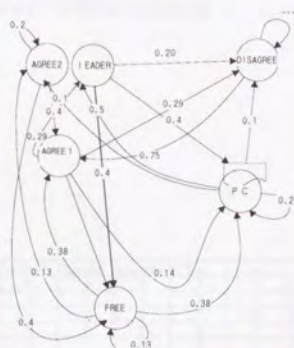


Figure 7.5: 推移確率分布図

- 地熱エネルギーについて
- ゴルフ場の建設について

パソコン担当者は、最初にオピニオンボードの大きさを自分の好きな大きさに調整し、各学習者が作成したタグを確認した。パソコン担当者は、オピニオンボードを1つにして全員の意見を書き込むようにした(図7.3参照)。

初期の段階では発言どうしの関連が少なかったため、作成した名前のタグを動かすことはなかった。

2つめのテーマである「ゴルフ場の問題」から議論が活発になり発言回数が多くなり発言する速度もあがった。パソコン担当者は、すでにシステムに記述してある意見に賛成であるといった学習者がいた場合にはその発言者のタグを記述してある意見のところに移動させ、その箇所にタグを置いた。1回目の履歴は、最初は表示していなかったが、学習者は自分で前の履歴を参照するように開き、前回と今回との違いを比較しながら討論した。(図7.4参照) また次々と議題も変わるので、パソコン担当者は、そのたびに議題のタ

Table 7.1: 学習者間の連鎖行動

	leader	agree1	agree2	disagree	free	pc	
leader	0	0	0	1	2	2	5
agree1	0	0	2	2	2	1	7
agree2	0	2	1	0	2	0	5
disagree	0	3	0	0	0	1	4
free	0	3	1	0	1	3	8
pc	5	0	1	1	1	2	10
	5	8	5	4	8	9	78

グも作成しようとした。

付録に発話の例の一部を示す。行動のあとにどんな行動が起るかという問題がここでは重要な分析の観点になると考え行動の連鎖を分析した。実験での連鎖行動の分析単位は、行動の交代 ($A \rightarrow B$) を1単位とした。この行動は、「システムを操作する」「システムを見る」というシステムに直接関与する行動と発話を解析の対象とした。時間による学習者の連鎖行動は、表7.1のようになった。表7.1から行動の推移確率を求めたものが表7.2である。さらに各学習者間の推移確率を求めたのが図7.5である。

7.6.2 個々の学習者に対するシステムの効果

司会者(リーダー) に対しての効果 司会者(リーダー)を担当した学習者は、ポジションが、システム担当者やや離れていたにもかかわらず、システム担当者との推移確率が高かった。これは、システム担当者が、討論の進行役である司会者(リーダー)のサポートに

Table 7.2: 学習者間の連鎖行動の推移確率

	leader	agree1	agree2	disagree	free	pc	count
leader	0.00	0.00	0.00	0.20	0.40	0.40	5.00
agree1	0.00	0.00	0.29	0.29	0.29	0.14	7.00
agree2	0.00	0.40	0.20	0.00	0.40	0.00	5.00
disagree	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.25	4.00
free	0.00	0.38	0.13	0.00	0.13	0.38	8.00
pc	0.50	0.00	0.10	0.10	0.10	0.20	10.00

なる発言をしているので、司会者は連携をとって討論を進めたからであると思われる。

Freeの学習者に対する効果 システム担当者との推移確率は、Freeの学習者が一番高い。Freeの学習者は時間後半から討論に参加し、明確に反対の発言を行うようになった。これは、最初から意見を外化できない学習者にとっては、他者の意見の変化、およびテーマの推移を記述したパーツが自己の思考の足がかりになったといえる。この学習者に対する支援については2種類に分析できる。1つは、学習者が発言の前にシステムを参照した場合である。この場合は、自分の思考を外化するのに他者の意見を参考にした場合であり、外化の支援にパソコン上の支援が有効であったといえる。

もう1つは、自分が発言したあとにシステムを参照する場合である。この場合では、自分の意見が全体のどこに位置づけられているかを参照したと思われる。この場合には、思考の外化はできたが、学習者自身の外化に対する自信がないのでシステムの表示を確認することによって全体の中での位置づけを確認したと思われる。

討論の中心になっている学習者 討論の中心になっている学習者は、積極的に発言した賛成のメンバー(2名)と反対のメンバー(1名)である。これらの学習者は、システム担当者との関連が低かった。この学習者は、自分の意見も外化でき、反対意見に対しての意見の反応も早い。このことから自己の思考の外化が比較的容易な学習者はこの実験のようなシステムの支援はあまり必要でないと考えられる。

分業に対する支援 反対メンバーも賛成のメンバーも同じ立場の仲間がいるという状況であった。この実験では自然発生的な分業が行われ、相手の意見に熱心に聞き入り反論を相談して行っていた。しかし、システムがその分業に対する支援になったかどうかは検証できなかった。

7.6.3 学習者とシステムとのかかわり

過去の履歴を参照する システム担当者は、討論の途中で画面を見ながらリーダーや、他の学習者に対して意見や立場の確認を行い討論の履歴を振り返る立場を取った。(付録発言の例参照) この行動に関連してメンバーが討論の前のテーマに戻ろうとする発言があった。システム使用上の問題点として以下のことを操作した学習者から指摘された。

討論が白熱してくると意見を記述したり、タグをはったりする操作が追いつかなくなる。ひとりの意見に集中するとタグのはりすぎになり表示がわかりにくくなる。

7.6.4 システムを使用していないグループとの比較

担任の先生は、主にシステムを使用していないグループのサポートにあたった。担任の先生からの指摘は以下の通りである。

- システムを用いないグループでは、発言数、テーマ数はシステムを用いたグループと変わらない。
- 討論の履歴を追いかける行動発言はない。

- 現在の発言に対して発言が連鎖する。
- 討論では、発言の記録は最後のまとめの発言を記述しているだけで、討論の途中の意見の変化などには対応できていなかった。

この2つのグループの行動比較からシステムを使用した場合の傾向を以下に述べる。

- 日頃の授業のグループ討論に比べ、システム使用した場合には日頃積極的に発言しない学習者が発言している
- 個々の学習者が、積極的に発言する学習者に影響を受けにくい
- 1つのテーマに対する討論時間が長い。

7.7 第7章のまとめ

本章では、前章の予備実験の結果をもとに、システムのインタフェースの改良を行った。そして実際の学校教育のカリキュラムにおいて、システムによるグループ学習支援の実験を行った。その結果、個々の学習者に対する支援、グループ全体での支援、使用していないグループとの比較を行った。実験2において「学習者の外化とリフレクションの支援」「操作性」について検証できた。次章では、2つの実験の評価と考察について述べる。

第 8 章

評価と考察

8.1 はじめに

前章までに、計算機による協同学習の支援を行うシステムと、その実験を通しての検討を行ってきた。本章では、システムの評価を、個々の学習者の評価、集団での相互作用に対するシステムの評価との2つにわけて考察する。次に本研究での実験結果から明らかになった問題点を述べ、最後に今後の研究課題について述べる。

8.2 本システムの評価

以下に本研究のシステムの支援の効果をまとめる。

- 学校教育の中での実験の設定

この実験は、クラス担任の先生の協力を得て、カリキュラムの一部に実験を組み込み、普段の学習者の集団で相互作用の検証ができるようにした。カリキュラムでは、仮説実験授業の形態での討論を通じて問題解決を行う設定とした。その結果、協同学習の授業において有効な支援が行われた。

- 道具としての役割

本システムは協同で問題解決する場合のノートの役割以上の効果があったことが学

習者の発言から明らかになった。学習者は、システムを使用することにより、討論の途中でも意見の変更が簡単にできること、他者の発言がノートよりもわかりやすいこと、過去の履歴が表示しやすいことを評価した。

- 時間経過重視の履歴表示

本システムは、学習者の意見の記入は時系列である。この時系列のままのボードと今の論点をつなぐのが、リンクである。また意見の一致、不一致の表示を明確に表示するものにタグがある。この3つの機能から学習者は、過去の履歴を参照し、過去のどの意見に賛成反対であったかの記憶を想起することができた。

- 学習者が自由に作り変えられる操作性

本システムは学習者がシステム設計者が考案した使用法以外の使用をしてよいとした。各グループの学習者が課題、人数、目的にあわせて画面のインタフェースを自由に変更できるシステムの操作性により、課題や人数討論の形態などの状況にあわせて使用でき、学習者の Engagement を高めることができた。

8.3 学習者に対する支援

次に個々の学習者に対する支援について述べる。

実験1と2より、学習者が、他人の意見と自分の意見の比較を容易に行えることが確認された。特に実験2では、学習者の発言数がシステムを使用しない場合に比べて増加した。これは、協同問題解決過程において、システムの使用により他者の思考が明確になることが、自分の思考を外化する足場作り (scaffolding) になったのではないかと考えられる。ノートで筆記する場合に比べて、本システムでは、意見の変更や付け足しが簡単であることから、学習者が思考を外化する制約が減少したのではないかとと思われる。また、タグを移動して、賛成反対の表示の部分に自分のタグを移動したり、他者の意見に直接タグを貼ったりすることは、発話するという外化への制約を減少させる、外化された自分や他者の意見を参照することで、自己の思考の内化の足場作りになったのではないかとと思われる。以上から個々の学習者の外化／リフレクションの支援に本システムは、有効であった。

といえる。

実験2では、継続的なシステムの使用を行ったところ、学習者は、過去の討論の履歴を利用した、履歴を参照することで、現在の問題解決と過去との比較ができるようになり、個々の全体の会話が、変化した。これは、システムの履歴を参照することで、学習者自身が思考の再吟味が容易になったからであると考えられる。以上から本システムは、個々の学習者の外化／リフレクションの支援に有効であり、個人に対する認知的負荷がかなり減少することが確認できた。

8.4 問題点

本システムを用いた実験結果から次のような問題点が明らかになった。

8.4.1 新たな制約の出現

システムを使用することによって、個人の認知的負荷が減少することは検証できた。しかし、システムの使用により、別の制約が生じた。それは、討論内容の変化である。システムの履歴がいつも参照できることから、討論は、かなり分析的なものになる。学習者が思いつきで発言した場合でも前にいっているかどうかの検討がすぐ行われる。今回の実験では、2回の継続実験しか行わなかったで、忘れていたことを思い出すということはなかったが、「言ったか言わなかったか」が問題になる状況が起きた場合に履歴が証拠として使用されることがあった。システムの使用を継続して行った場合に以下のことが考えられる。

- 履歴を参照することで、以前の討論の内容が思い出され、そこからまた新しい思考が生まれる。
- 前回一度発言したと違う発言をすることがわかるので、発言に慎重になる。履歴をすべて公開することは、集団の中での構成を変化させる。実験2では、賛成反対の立場を明確にして討論を始めたので、自分と同じ立場が誰なのかかわかっていて、従って履歴のタグの移動も賛成と反対が交錯することなく問題とはならなかった。

しかし、実験1の場合では、賛成反対の立場を変更してもよいとしたため、発言でなくタグが片方に集中すると討論に対する Engagement が薄れてしまい続かなくなる場合があった。

- 認知的負荷の生じる状況

集団では、協同という正の状況もおこる反面、制約という認知的負荷の生じる状況も考慮しなくてはならない。従って、協同での問題解決過程において、一人の学習者の支援とは異なる方法論が必要である。すなわち学習者の思考の外化、リフレクションに有効であるような支援を行うことと集団での制約を軽減させるインタフェースが必要である。

- 履歴表示が支援になるか

今回は2回の継続実験を行い、過去の履歴をどのくらい参照するかを実験により検討した。その結果、履歴の表示が有効に効く状況と効果的でない状況があることが明確になった。有効な場合は、現在話し合われている論点と過去の関係の明示ができる場合である。この場合は、学習者は前回討論が盛んだったことを思い出し、今回の話題につなげようと努力した。効果的でない場合は、意見を簡単に変えている学習者に気がつき非難する場合があったことである。意見の統一性がなくても、積極的に発言する学習者には、履歴の表示が思考の外化の制約になる場合がある。

このように、履歴の表示をすべて open にすると集団で作業を行う場合の認知的負荷が大きくなる可能性がある。

今後は、この研究の結果をもとに他の協同の課題について検証実験を行うとともに、協同での認知を支援する計算機の枠組についてさらに研究を深めていきたい。

8.5 今後の研究課題

今後の研究課題として考えられることを以下に挙げる。

8.5.1 システムの改良

2回の実験を通じて、学習者主体のシステム設計の重要性が認識できたので新たな機能の追加およびシステムの改善の必要があることが明らかになった。たとえば討論が白熱してくるとタグやリンクが、1つの意見に集中してしまい意見の表示がわかりにくくなることなどがあげられる。

今回の検証実験では、本システムの特色であるオピニオンボードの時系列表示の手法と空間配置の表示との比較を行っていない。さらに今回は全員が入力を行いながら、システムでの討論を行う状況ではなく、システム担当者が入力を行っていた。次回の検証ではグループの全学習者が、入力を行える設定で実験を行い、システムとのインタラクションの検証を行いたい。

8.5.2 さらに検証実験

本研究ではシステムを協同活動における相互作用の支援に用いた。ここで今回の実験で明らかに検証できなかった以下の点についてさらに実験を行いたいと考えている。

- 空間配置の履歴をとった場合との比較
- 全員が操作する場合との比較
- 集団の認知の協同と制約のあらたなる相互作用
- ネットワークを用いた相互作用の分析

8.5.3 相互作用およびCSCLの理論的研究

人の協同作業の効果については、はやくから検証されてきたが、理論的な枠組は、まだ確立されていない。教育の分野においてもインターネットの普及に伴い、学校教育のカリキュラムでの協同学習のありかたが重要視されてきているが、ネットワークでの学習支援は始まったばかりであり、協同での作業、特に協同で学習する場合の計算機の支援の研究はまだ少ない。今後は、相互作用を通じて学習者の思考のリフレクション、外化の側面を支

援するために有効な手法について検討していかねばならない。CSCW, グループウェアの研究なども考慮しながら、相互作用の効果と短所、集団の行為と個人の行為との切り分けのアプローチなど、一人の思考支援の研究では見出せない協同学習の支援の枠組の理論的研究を行っていきたい。

8.6 第8章のまとめ

本章では、本研究で構築したシステムを用いた実験の評価と考察を行った。実験の前に行った予備実験では、システムの有効性「システムの操作性」「学習者の相互作用」について検証を行い、本システムの有効性を確認した。この結果より、対象の学習者のうち、システムの支援が思考の外化の足場作りとなる学習者がいることが、明らかになった。次に実験2では、予備実験の結果をふまえ、実際の小学校の授業での協同問題解決の場で、学習者の相互の認知活動を観察した。8.2では、学習者に対する支援についての本システムの評価をまとめて述べた。2つの実験を通じて得られた被験者の行動の結果をもとに本システムおよび方法論について、評価すべき点と問題点などを述べた。8.3では、実際の学習者に対する支援について述べた。ここでは、集団での認知8.4では、システムを用いた実験によりわかった点について述べた。ここでは、あらたに集団のなかでの制約がおきることが確認された。

最後に今後の研究課題について述べこの研究の方向性を示した。

第9章

結論

本研究では、協同での作業を支援するための方法論とそれに基づいたシステムを提案した。実際の学校における協同学習での支援を目的とし、システムを用いたカリキュラムを実践した。実験では、学習者とシステムの相互作用、学習者同士の相互作用についての分析を行った。

第2章では、本研究の背景と位置付けについて述べた。本研究は集団における個人の思考の外化およびリフレクションにはどんな支援が有効かについて述べたものである。この研究の理論的な背景については、相互作用を重視するアプローチをとる。相互作用を重視するアプローチには、2種類ある。1つは、個人の意識を重点を置くアプローチと集団全体の相互作用に重点を置くアプローチとある。本研究のアプローチは、集団の影響を受ける個人に重点をおくアプローチであり、システムの支援は、「Vygotsky の scaffolding」の概念に基づいて学習者個人の足場作りであるとする。

第3章では、協同学習を有効に支援する理論的な研究について述べた。特に本研究では、学校教育における計算機の活用をめざしているので、理解促進に対する研究をとりあげた。この章では、支援を大きく2種類にわけ、個人に対する計算機による学習支援、協同で作業するグループ学習での学習支援について述べ、効果的な学習支援の手法について

て考察した。そして実際に協同学習の代表的な研究として「仮説実験授業」を取りあげ、この研究での有効性について検討した。

第4章では、今までの計算機による学習支援のアプローチを取りあげた。CAIとICAIについて述べ本研究との違いについて考察した。従来の学習者支援は個人に対する支援の手法が多い。また近年急速に普及しつつあるインターネットを利用した学習では、いままでの計算機支援のパラダイムと異なり、学習者主体のデザインで組み立てる必要がある。このパラダイムでは、学習者に3つの Dimensions of Instruction、すなわち Engagement と Effectiveness と Viability を提案している。本研究におけるシステムもこの3つの Dimensions of Instruction を採用し、協同学習での支援の手法について述べた。

第5章では、前章で述べた支援の手法に基づいた、システムの構成について述べた。本システムは、時間系列で記述するボードと関連が簡単に記述できるパーツを用意し、協同で学習する際のノート以上の役割を果たす。またシステムの各パーツは、学習者がある程度自由に作りかえることができ、学習者の使いたいように使用することができる。

第6章では、予備実験について述べた。実験では2つの課題を用いて実際の協同作業の中で、学習者がシステムを用いて、知識の共有と共同問題解決をどのように行うかを観察した。予備実験の結果、インタフェースの操作性とグループ構成、課題の適当性についての評価を行うことができた。

第7章では、本実験について述べた。本実験では、前章の予備実験の結果をもとに、システムのインタフェースの改良を行った。実際の授業のカリキュラムのなかでのシステムを使用するために、担任の先生とカリキュラムについても討論し、実験を行った。実験は、2回継続的に行い学習者の行動を観察した。その結果思考の外化が得意でない学習者に対して支援の効果が認められた。それにより普段発言が少ない学習者も新しい意見を発言するようになった。これは、学習者の外化を促進することでリフレクションも行われたの

ではないと思われる。また全体の討論の過程に変化が認められ、本システムの履歴の支援が有効であったことも評価できた。

第8章では、システムの評価を、個々の学習者の評価、集団での相互作用に対するシステムの評価と2つにわけて考察した。また、本研究での実験結果から明らかになった問題点、今後の課題について述べた。

本システムは、学校教育の中での使用を考え、ノート以上の道具としての役割をもたせて学習者に使用させた。その結果、時間経過重視の履歴表示が有効であり、学習者が自由に作り変えられる操作性が有効であるという評価を得た。今後の課題として、相互作用による、新たな制約の出現について検討していきシステムのインタフェースの改良を行う予定である。

協同での作業においての計算機の支援は、今後ますます重要なテーマになっていくと思われる。個人の思考と相互作用の関連性の分析と方法論を追求していくことは、困難であるが、意義があることと思われる。本研究では、協同学習においての相互作用を計算機で支援する手法を提案し実際のシステムで検証した。

本研究では、計算機から知識を学ぶのではなく、計算機はあくまで協同での作業に便利なツールのひとつであるととらえた。主体は学習者であり、学習者同士の相互作用を有効に引き出すために計算機にできることは何かということを実験と評価を通じて示した。今後の教育や認知科学、計算機分野における複数の人とコンピュータという関係のあり方についての研究として本研究を位置付けたい。

謝辞

本論文を終えるにあたり、この紙面を借りてこれまでお世話になった方々に感謝の意を表したいと思います。

指導教官の堀浩一助教授には博士課程3年間の間限りない助言をいただきました。筆者の博士課程1年は、基本的な事柄についての指導、2年めは、研究の新規性をどこにもたせるかという助言や実験に対する指導など、筆者の迷いを常に適切な方向を示して下さる御指導のおかげで研究の方向性を誤ることなく進めていくことができました。常に迷いの連続だった筆者の研究がここまでこれたのは、堀先生のおかげだと思います。ここに心より感謝の意を表したいと思います。

中須賀真一助教授には、輪講などを通じて、分野が違うにも関わらず適切な助言をいただきました。筆者が博士課程3年の時には、渡米されていたのにもかかわらず、さまざまなアドバイスや励まし、筆者のために本を探してくださる等のおしめないサポートをしてくださいました。ここに心より感謝の意を表したいと思います。

山内平行助手には、研究室環境の整備、特にPCマシンの整備で御尽力いただきました。また研究室の管理に対する姿勢には、学べきものが多くありました。深く感謝の意を表したいと思います。

東大生産技術研究所概念情報工学センター長坂内正夫教授、先端科学技術センター生命知能システム分野溝口博助教授には、博士論文審査で有益な助言を下さるなど大変お世話になりました。

東大教育学部佐伯教授には、博士論文の審査、2年間のゼミでの有益な御指導、筆者の審査において、研究の切口や問題点について常に有益な助言をいただきました。また実験校の紹介をしてくださるなど研究をすすめるにあたり、大変お世話になりました。ここで深く感謝の意を表したいと思います。中京大学三宅なほみ教授には、研究の当初から親身に相談にのっていただきました。なほみ先生の研究に対する姿勢は今後の研究に取り組むべき姿として学べきものが多くありました。本当にありがとうございました。筑波大学システム科学専攻の寺野隆雄教授には、修士の時から、研究に対する助言を多くいただきました。

実験をするにあたり、快く引き受けて下さった横浜市立小学校の青木勇先生とクラスのみなさん、横浜市立笹野台小学校の平野成昭先生とクラスのみなさんにも感謝致します。

研究室の同室であった矢入健久君、渡部聡彦君、修士課程2年の輪島裕之君、吉増大君には多くの時間を共有し余裕のない博士課程での生活を支えていただきました。修士1年立花隆輝君には、研究論文を書くにあたり適切な助言を多くいただきました。本当に感謝致します。当研究室の先輩である学術情報センター助手の杉本雅則さんには、研究を行うためにさまざまな助言と励ましをいただきました。本当にお世話になりました。心から感謝いたします。

当研究室の同期であった相原健郎君、吉住英典君、吉田哲也君には、研究生活の面で多くの時間を共有し非常に刺激になっていただきました。通産省の田中伸彦君には、計算機の知識を教えていただきました。深く感謝します。

当研究室の秘書である二木（旧姓高田）晶子さんには、研究活動をさまざまな面から支えていただいただけでなく、研究以外の面でも常に親身になっていただきました。心から感謝致します。

ここにお名前を挙げなかった方にも、さまざまな形でお世話になっていると思います。ここに深く感謝いたします。

最後に学生生活を好きなように送らせてくれた家族に感謝いたします。

参考文献

- [1] J.D. Bolter. ライティングスペース. 産業図書, 1994.
- [2] C.K Chan. Problem-centered inquiry in collaborative science learning. Vol. 3, No. 4, pp. 44-62, 1996.
- [3] J. Conklin and M Begeman. gibs: A hyper-text tool for exploratory policy discussion. *ACM Tranzaction on Office Information Systems*, Vol. 6, No. 4, pp. 303-331, 1993.
- [4] D. Edelson, R.D. Pea, and L.M. Gomez. The collaboratory notebook. *Communications of the ACM*, Vol. 39, pp. 32-33, Apr 1996.
- [5] M. Eden, H. Eisenberg, G. Fisher, and Alexander. Repenning making learning a part of life. *Communications of the ACM*, Vol. 39, pp. 40-42, 4 1996.
- [6] E.A. Forman and J. Mcphail. *Vygotskian perspective on children's collaborative problem-solving activities*. Oxford University Press, 1993.
- [7] M. Guzdial, J. Koloder, Narayanan H. Carlson D. Hmelo, C., N. Rappin, J. Hubscher, R. and Turns, and W. Newstetter. Computer supprted for learning complex problem solving. *Communications of the ACM*, Vol. 39, pp. 43-45, Apr. 1996.
- [8] G. Hatano and K. Inagaki. Sharing cogniton through collective comprehension activity. *American Psychological Association*, 1991.

- [9] J.K.J. Holyoak and P. Thagard. *Mental Leaps*. MIT Press, 1995.
- [10] E. Hutchins. *The technology of team navigation*. Madison, WI: Wisconsin Center for Educational Research, 1991. 宮田義郎 (訳) チーム航行のテクノロジー, 安西祐一郎他 (編) 認知科学ハンドブック, 共立出版, 1992.
- [11] E. Hutchins. *Cognition in the wild*. The MIT Press, 1996.
- [12] Stratford S.J. Krajcik J. Jacson, S.L. and E. Soloway. A learner-centered tool for students building models. *Communications of the ACM*, Vol. 39, pp. 48-49, Apr 1996.
- [13] Y.B. Kafai. 'software by kids for kids'. *Communications of the ACM*, Vol. 39, pp. 38-39, Apr 1996.
- [14] V. Kaptelinin. *Activity Theory: Implication for Human-Computer Interaction*. The MIT Press, 1996.
- [15] V. Kaptelinin. *Computer-mediated Activity: Functional Organs in Social and Development Contexts*. The MIT Press, 1996.
- [16] P.N. Laird. メンタルモデル. 産業図書, 1988.
- [17] J. Lave. *Cognition in Practice*. 1995. 無藤他訳, 日常生活の認知行動, 新曜社.
- [18] J. Lave and E. Wenger. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press, 1991.
- [19] J.M. Levine and R.L. Morelan. *Culture and socialization in work groups*. American Psychological Association, 1991.
- [20] M. Linn. Key to the information highway. *Communications of the ACM*, Vol. 39, pp. 34-35, Apr 1996.

- [21] N. Miyake. Conditions for constructive interaction. 認知科学会, Vol. 3, No. 4, pp. 26-27, 1996.
- [22] D.A Norman. *The psychology of everyday things*. Ablex Publishing Cooperation, 1990. 野島久雄訳, 誰のためのデザイン, 新曜社.
- [23] D.A Norman. *Things that make us smart*. Addison-wesley Publishing Company, 1996. 佐伯他訳, 人を賢くする道具, 新曜社.
- [24] J. Norman, D. and Spohrer. Learner-centered education. *Communications of the ACM*, Vol. 39, pp. 24-27, Apr 1996.
- [25] O'Malley. *Computer-supported collaborative learning*. Nato ASI Series, 1994.
- [26] M.I. Posner. *Foundations of cognitive science*. 産業図書, 1991.
- [27] E.M. Rogers. コミュニケーションの科学. 共立出版, 1992.
- [28] B. Rogoff. *Children guided participation, participatory appropriation in socio-cultural activity*. Lawrence Erlbaum Associates, 1993.
- [29] M. Scardamalia. Student communities for the advancement of knowledge. *Communications of the ACM*, Vol. 39, pp. 36-37, Apr 1996.
- [30] R.E Slavin. *Cooperative Learning*. New York: Longman, 1983.
- [31] L.S. Vygotsky. *Thought and Language*. 明治図書, 1963. 柴田義松 (訳).
- [32] Wertch, V.J. *心の声*. 福村出版, 1991. 茂呂雄二他訳.
- [33] V.J Wertsch. *Culture Communication and Cognition*. Cambridge University Press, 1995.
- [34] V.J Wertsch. *SocioCultural Studies of Mind*. Cambridge University Press, 1995.

- [35] F. Winograd, T. and Flores. *Understanding computers and cognition - A New Foundation for Design*. Ablex Publishing Cooperation, 1989. 平賀醸訳, コンピュータと認知を理解する, 人工知能の限界と新しい設計理念, 産業図書.
- [36] B.P. Woolf. Intelligent multimedia tutoring systems. *Communications of the ACM*, Vol. 39, pp. 30-31, Apr 1996.
- [37] 井上毅. コンピュータとの関わり方と情報教育. 北大路書房.
- [38] 岡本敏雄. 教育とメディアと人工知能. 人工知能, Vol. 10, No. 3, pp. 361-367, 1995.
- [39] 海保博之, 原田悦子. プロトコル分析入門. 新曜社, 1993.
- [40] 吉川厚. プログラム理解過程を調べた認知実験報告(1).
- [41] 溝口理一郎. 誤りを科学する. 人工知能, Vol. 10, No. 3, pp. 348-353, 1995.
- [42] 佐伯胖. 「学びへの誘い」. 東京大学出版会, 1995.
- [43] 佐伯胖. 「学ぶ」という意味. 岩波書店, 1995.
- [44] 佐伯胖, 佐々木正人. アクティブマインド人間は動きのなかで考える. 東京大学出版会, 1990.
- [45] 三宅なほみ. 「批判的読み」における内省. 認知科学会第8回大会, pp. 102-103, 1991.
- [46] 三宅なほみ. インターネットと教育. 1996.
- [47] 三宅なほみ, 波多野諄余夫. 日常的認知活動の制約. 認知科学の発展. 明治図書, 1991.
- [48] 山本秀樹. 対話状況を設定した英会話用知的 CAI システムに関する研究. PhD thesis, 東京大学, 1992.

- [49] 小池星多. 協同的達成としての表現のデザイン. 認知科学会, Vol. 3, No. 4, pp. 77-101, 1996.
- [50] 上野直樹. 協同的な活動を組織化するリソース. 認知科学, Vol. 3, No. 2, pp. 5-24, 1996.
- [51] 新ヶ江登美夫. 教育実験環境における発見的学習の支援. 人工知能, Vol. 10, No. 3, pp. 373-382, 1995.
- [52] 杉本雅則. 複数他者の視点を可視化するシステムとその知的活動支援への応用に関する研究. PhD thesis, 東京大学, 1994.
- [53] 西平直. エリクソンの人間学. 東京大学出版会, 1993.
- [54] 石井裕. リアルタイムグループウェアのデザイン. 情報処理, Vol. 34, No. 8, pp. 1017-1027, 1993.
- [55] 村永哲郎, 守安隆. グループワークのための情報共有技術. 情報処理, Vol. 34, No. 8, pp. 1006-1016, 1993.
- [56] 大槻説呼. 発見的学習とその支援環境. 人工知能, Vol. 8, No. 4, pp. 411-418, 1993.
- [57] 大槻説呼, 山本米雄. 知的 cai のパラダイムと実現環境. 情報処理, Vol. 29, No. 11, pp. 1255-1265, 1988.
- [58] 楠房子. 共同学習におけるシステムを用いた相互作用の研究. Technical Report 4, 認知過程研究, 1996. 東京大学大学院教育学研究科学校教育開発学コース学習開発学研究室.
- [59] 波多野諄余夫. 理解と教授の相互作用. 人工知能学会, Vol. 10, No. 3, pp. 24-30, 1995.
- [60] 波多野諄余夫, 稲垣佳世子. 無気力の心理学. 中央公論社, 1981.

- [61] 板倉聖. 未来の科学教育. 国土社, 1986.
- [62] 平野成昭. 情報のデザイン. Technical Report 4. 認知過程研究, 1996. 東京大学大学院教育学研究科学校教育開発学コース学習開発学研究室.
- [63] 茂呂雄二. 対話する身体のアティファクト. 認知科学, Vol. 3, No. 2, pp. 25-35, 1996.
- [64] 鈴木栄幸, 加藤浩. 共同学習のための教育ツール「アルゴブロック」. 認知科学, Vol. 2, No. 1, pp. 36-47, 1995.

付録 A

実験 2 における発話

場所 小学校教室

- 賛成メンバー (男子 2 名) うちひとりリーダー兼任
- 反対メンバー (男子) 2 名
- パソコン担当 (男子)
- FREE 賛成か反対かを最初に明確にしないメンバー (女子 2 名)

1. 先生「じゃあ始めてください」
2. リーダー「では、石油のことから」
3. パソコン「もう 1 回いって」
4. 賛成「それは努力すればいい」
5. 反対「賛成雨がふるのは？」
6. 賛成「おれらがこれから努力すれば大丈夫」
7. 反対者同士 話し合う

8. リーダー「なんか意見ありますか？」
9. パソコン 入力
10. 反対「出ること自体が問題だよ」
11. 賛成「おれたちが大人になった時に努力すればいいんだよ」
12. 反対「そんなことができるのか」
13. リーダー「それに対してなにか意見は？」
14. 賛成「これだよ」資料を FREE にみせる
15. FREE なにかいう
16. パソコン 入力を中断して賛成と FREE とのやりとりを聞く
17. リーダー「A 君何かありますか」
18. リーダー「反対意見は？」
19. 賛成 (リーダー)「強いなあ。」
20. パソコン「反対意見？」
21. 反対 資料をみている
22. 賛成「地熱エネルギー？」
23. リーダー「石油ということがでたけど石油だけじゃなくて」
24. 賛成「ニュージーランドでは、地熱エネルギーが開発されてる」
25. FREE うなずく
26. パソコン 入力

27. 反対 資料調べる
28. リーダー「車っていうのは？」
29. 賛成「車は、日本より廃棄がすごいでしょ」
30. FREE 首をかしげ、何かをいいかける
31. 反対 横をむく
32. リーダー「それに対して何かありますか？他の意見は？」
33. FREE 動いてパソコンをみにいく
34. パソコン「タグを動かす「意見をいわないやつはどうすればいいの？」
35. 賛成「資料かして」
36. リーダー「はい」
37. リーダー「森林に戻しますか？ゴルフ場を作るのに森林を伐採するのは？」
38. 反対「そういうレベルとかは段階とかあるから作られているのに？」
39. 賛成「国立公園とかを作ればゴルフ場とかから守れる」
40. 反対「ゴルフ場とか使わなければいい」
41. 反対「人口によるよ」
42. 賛成「ゴルフ場とかどうするんですか？」
43. FREE 「はい」資料を渡す→ パソコン 見る
44. 反対「森林を伐採してゴルフ場を作ってそこを崩したらだめでしょう」
45. リーダー「N君とF君以外の他の人の意見ありますか？」

46. パソコン 動かす
47. リーダー「ゴルフ場の意見は？」
48. FREE「ゴルフ場のはいっしょ」パソコンを見る。
49. パソコン「破壊だろう」動かす
50. リーダー「ほんとにないの？」
51. FREE「ゴルフ場はいっぱい木を切るのだからどうやってそのあと育てるの」
52. 反対「年取った木、若い木あるんだから」
53. 賛成「はい、ゴルフ場は今作られているから、これ以上ふやすわけにいかない」
54. 賛成「伐採するわけにいかない」
55. 賛成「それは、そのまま人間が手入れすればいい」
56. 反対「作ったものは良くないよね」
57. 賛成「ゴルフ場などは、ある程度耕して木を植えていくという方向にする」
58. 反対「はい」「ゴルフ場は、世界中にあるしそれをすべてやるのは？」
59. 賛成「ゴルフ場をたがやして、わかる？木を植えて植林して..」
60. パソコン「ゴルフ場は、世界中にあるじゃん」パソコン動かす
61. 賛成「それはね、だから」
62. FREE「そんなのわかんない」
63. 賛成「手入れするっていつてんだろ」
64. FREE「手入れするの人もがいるんだよ」

65. 賛成「たとえばまわりに森林がうえられている..」
66. FREE「そんなことできない」
67. 反対2人で 調べている
68. 賛成「なんで木の下に」
69. 反対「ゴルフ場の下とか木の下のほうが雑草あるでしょ」
70. 賛成「雑草は生える」
71. 賛成「ゴルフ場の周りを取り壊して古くても全部森林にできゃいい」
72. パソコン「そんない」
73. リーダー「あの一さっきもいったように太陽エネルギーが」
74. FREE 返事しないでパソコン側に身を 乗り出す
75. パソコン「確認するよ」
76. パソコン「人工林とかあるじゃん、太陽電池とか」
77. パソコン「司会者はやいよ、どんどんいきすぎ」
78. リーダー「何いっているんだ、進みながら違うように重要な意見をいっている」
79. パソコン「わかった、でもはやいな」
80. 先生「まとめに入りなさい」
81. 賛成「おわり、おわりー」
82. パソコン「静かにしてよ、他の意見をまとめると」
83. パソコン 内容を確認している

84. リーダー「全体のまとめ、ゴルフ場を作る時に森林を伐採しないよう努力してー」

(以下省略)

付録 B

発表文献リスト

国内学会誌論文

- 楠房子, 宮内新, 小澤慎治 “アルゴリズムスタイルを重視した情報処理教育” 電子情報通信学会論文誌 A Vol. j 75-A pp441-448, 1992.

海外学会誌論文など

- Cho, D., Kusunoki, F., Ono, S., Terano, T., "Developing a Multi - Agent Model for Distrributed knowledge Systems" Proc. 2nd Int. Conf. on Expert for Development, pp. 49-54, 1994.
- Kusunoki, F., Ono, S., Cho, D., Terano, T., "Toward a Machine learning Model for Distributed Knowledge systems" Proc. 2nd Singapore International Conference on Intelligent Systems (SPICIS'94), pp. B292-297, Nov., 1994.
- Terano, T., Kusunoki, F., Ono, S., Cho, D.: Toward a Machine Learning Model for Analyzing Performance of Organizational Behaviors of Agents. Proc. APORS, 94, pp. 164-171, Feb., 1995.

総説・解説論文

- 楠房子 “CAI 学習の有効性に関する実証的研究” 産能大学経営情報学部共同研究, 1989.
- 楠房子 “共同学習における相互作用の研究” 東京大学教育学部編認知過程研究, 1996.

研究会論文

- 楠房子, 加藤浩, 宮内新他, “プログラミングを重視した言語教育 (1)” 電子情報通信学会教育工学研究会 89-45, 1989.
- 楠房子, 加藤浩, 宮内新他 “プログラミングを重視した言語教育 (2)” 電子情報通信学会全国大会 A -318, 1990.
- 楠房子, 加藤浩, 宮内新他, “プログラミングを重視した言語教育 (3)” 電子情報通信学会教育工学研究会 pp.89-45, 1991.
- 楠房子 “知識の共有・再利用は教育にとって重要である” 知識共有再利用ワークショップ, 人工知能学会, 1992.
- 小野成志, 楠房子, Dongil Cho, 寺野隆雄 “分散協調システムにおける学習機能の導入について” 情報処理学会人工知能研究会資料, 93-AI-89, Vol.93, No.69, pp.61-62, 1993.
- 楠房子, 小野成志, Dongil Cho, 寺野隆雄 “分散協調型システムにおける自己組織化の検討” 計測自動制御学会第 18 回知能システムシンポジウム・第 19 回システムシンポジウム合同シンポジウム講演論文集, pp.181-186, 1993.
- 小野成志, Dongil Cho, 楠房子, 寺野隆雄 “分散 EBL ; 分散型知識システムのための

学習モデル” 計測自動制御学会第19回知能システムシンポジウム講演論文集, pp.115-120, 1994.

○ 楠房子, 堀浩一 “共同学習を支援するシステムの構築にむけて” 人工知能学会ヒューマンインタフェース研究会 pp41-47, 1995.

○ 楠房子, 堀浩一 “共同学習システムにおける支援システムの開発” 人工知能学会知的教育システム研究会 pp49-56, 1996.

○ 楠房子, 堀浩一 “共同学習におけるインタラクションの支援について” 人工知能学会知的教育システム研究会 pp49-56, 1996.

○ 楠房子, 堀浩一 “共同学習におけるインタラクション支援に関する考察” 人工知能学全国大会 pp485-488, 1996.

