

## CSCLシステムを利用した小学校の理科授業に関する実践的研究

ーオンライン上の相互作用とオフライン上の相互作用の分析ー<sup>†</sup>竹中真希子<sup>\*1</sup>・稲垣成哲<sup>\*2</sup>・山口悦司<sup>\*3</sup>・大島純<sup>\*4</sup>大島律子<sup>\*5</sup>・村山功<sup>\*6</sup>・中山迅<sup>\*3</sup>大分大学教育福祉科学部附属教育実践総合センター<sup>\*1</sup>・神戸大学発達科学部<sup>\*2</sup>宮崎大学教育文化学部<sup>\*3</sup>・静岡大学総合情報処理センター<sup>\*4</sup>中京大学通信制大学院情報科学研究科<sup>\*5</sup>・静岡大学教育学部<sup>\*6</sup>

本研究は、CSCL システムを小学校の理科授業へ導入し、その利用が子どもたちの理科学習をいかに支援できるのかについて実践的に検討したものである。CSCL システムを利用した授業は、5年生の単元「物の溶け方」で実施された。オンライン上の相互作用に関する分析を通して、CSCL システムで提供される情報共有環境を利用した情報探索ならびにその探索に基づいた理解深化を概ね実現できるようになったことがわかった。オフライン上の相互作用に関する分析を通して、CSCL システムを利用した他者のノート閲覧が契機となり学習活動が活性化されていた、つまり、オンライン上の相互作用はオフライン上の相互作用を促進するリソースになり得ていたことがわかった。

キーワード：CSCL, 理科授業, 小学校, オンライン, オフライン, 相互作用

## 1. はじめに

本研究は、CSCL システムを小学校の理科授業へ導

2004年1月6日受理

<sup>†</sup> Makiko TAKENAKA<sup>\*1</sup>, Shigenori INAGAKI<sup>\*2</sup>, Etsuji YAMAGUCHI<sup>\*3</sup>, Jun OSHIMA<sup>\*4</sup>, Ritsuko OSHIMA<sup>\*5</sup>, Isao MURAYAMA<sup>\*6</sup> and Hayashi NAKAYAMA<sup>\*3</sup>: The Practical Study of Elementary Science Lesson Using CSCL System: Analysis of On-line and Off-line Interaction

<sup>\*1</sup> Center for Research in Education and Human Development, Oita University, 1-1, Ojishinmachi, Oita, 870-0819 Japan

<sup>\*2</sup> Faculty of Human Development, Kobe University, 3-11, Tsurukabuto, Nada-Ku, Kobe, 657-8501 Japan

<sup>\*3</sup> Faculty of Education and Culture, University of Miyazaki, 1-1, Kibanadainishi, Miyazaki, 889-2192 Japan

<sup>\*4</sup> Information Processing Center, Shizuoka University, 836, Oya, Shizuoka, 422-8529 Japan

<sup>\*5</sup> Chukyo University, 101, Tokodate, Kaizu-cho, Toyota, 470-0393 Japan

<sup>\*6</sup> Faculty of Education, Shizuoka University, 836, Oya, Shizuoka, 422-8529 Japan

入し、ネットワークを介したオンライン上の相互作用と、CSCL システムを利用する際の会話や対面状況の学習活動といったオフライン上の相互作用を分析することで、CSCL システムの利用が子どもたちの理科学習をいかに支援できるのかについて実践的に検討したものである。

近年の教育工学では、CSCL (Computer Support for Collaborative Learning) に関する研究が展開されてきている (KOSCHMANN 1996, 中原ら 2002a, 岡本 2000)。これらの研究では、学習者の協調学習を支援するためのシステムを開発し、それを実際の学習場面へ導入している。また、量的分析や質的分析の手法を用いて学習の実態を解明し、CSCL システムを利用することの有効性を評価している。その結果、CSCL システムの利用は、学習者同士の相互作用の質的向上、学習内容に対する理解深化などの効果をもたらすという知見が蓄積されつつある (KOSCHMANN *et al.* 2002)。

CSCL に関する研究は、システムが支援対象とする学習空間という観点から、「遠隔状況」にある学習者の協調学習を支援する研究と、「対面状況」の協調学習を支援する研究の二つに大別できる。遠隔状況の協調学習に関する研究には、例えば、中原ら (2001)、中原ら

(2002b), 西森ら (2001), 山内 (1999) がある。通常の授業のような対面状況にある協調学習を対象とする研究については、例えば、益川 (1999) は、大学の授業に CSCL システムを導入し、ネットワークを介してオンライン上で行われる非同期的な相互作用の支援を試みている。永田ら (2002) や大島ら (2002) も同様に、大学での授業実践を対象とし、CSCL システムを利用することの有効性を見出している。また、大学の授業以外にも、小学校や中学校の授業を対象とした研究も行われている(中根ら 2001, 大島ら 2003, 竹中ら 2002)。

対面状況の協調学習に関する研究において、CSCL システムは、学習者同士が議論を行うための手段として利用されている。対面状況でありながら、クラス全体で一斉に授業を進めるのではなく、数名の学習者のグループがそれぞれのペースで学習を進めるような場面において、学習者は CSCL システムを利用することで、自分たちの考えに対して他者からコメントをもらったり、他者の考えに対してコメントしたりできるのである。

その一方で、CSCL システムは、学習者同士で互いの情報や考えを共有するための手段としても積極的に利用されている。岡本 (2000) によれば、そもそも CSCL の特徴は、協同作業の効率化をねらう CSCW とは異なり、対象領域に関する学習者の深い理解の促進や、他者とのコミュニケーションを通じてのメタ認知能力の育成などの支援に関する研究領域であることだとされている。さらには、CSCL システムが支援する学習活動は、複数の学習者による協調的な問題解決であり、その中の学習場面の一つに、他者の情報や考えを同期・非同期に共有することがあると論じられている。岡本 (2000) は、こうした観点から CSCW を含む CSCL システムが利用され得る場面として15の場면을整理しており、その中の一つとして、「情報共有環境の提供」を挙げている。

CSCL システムで提供される情報共有環境は、教師が学習者に知識を伝達するというよりも、むしろ、学習者が情報や考えを持ち寄りながら、互いの情報や考えの探索を繰り返しながら、最終的に問題解決に至るという協調的な学習活動を支援できる。それは同時に、学習内容に対する個々の学習者の理解深化を促進できると考えられる。前述した対面状況の協調学習に関する研究では、CSCL システムを利用することで、対面状況の授業の中に情報共有環境を構築しようとしてい

るのである。

以上のような、対面状況において情報共有環境を構築するために CSCL システムを利用した研究では、そのシステム利用の有効性を解明する際に、オンライン上の相互作用に着目している。しかしながら、その一方で、システムを利用している際の会話や対面状況の学習活動といったオフライン上で行われる相互作用には、さほど着目していない。わずかに、鈴木ら (2002a, 2002b) が大学生の授業を対象とした分析に着手し始めているだけである。

もちろん、対面状況の授業において CSCL システムを利用する場合、ネットワークを介した相互作用が主要な活動として位置づけられている。したがって、オンライン上の相互作用に着目し、そのプロセスを分析することは、CSCL システムの学習支援の有効性を検討する上で重要である。

ところが、対面状況の授業では、オンライン上の相互作用だけが行われているわけではない。CSCL システムを利用する際に他者と直接的に会話するというように、オフライン上でも相互作用が起こっているのである。それはまた、対面状況における協調学習の一側面なのである。

さらには、CSCL システム上の他者の情報や考えに触発されたり影響を受けたりして、対面状況下にある学習者同士の会話が活性化したり、議論が始まったり、新たな活動が展開したりすることもあると考えられる。中原 (1999) は、「学習活動が営まれる際に、人間が利用し参照する認知的な資源を指示する概念」を「リソース」と呼んでいる。このリソースという概念を援用すれば、CSCL システムを利用したオンライン上の相互作用は、オフライン上の相互作用を促進するリソースになり得るものとして捉えることができる。

鈴木ら (2002a) や鈴木ら (2002b) は、電子会議室でのオンライン上の相互作用が、対面状況下にある大学生の協調的な教具制作活動を促進していたことを明らかにしている。この電子会議室におけるオンライン上の相互作用をリソースという概念で捉えてみると、オンライン上の相互作用は対面状況下の教具制作活動というオフライン上の相互作用を促進するためのリソースになっていると言える。

そこで本研究では、子ども同士の情報共有環境を構築する目的で CSCL システムを小学校の理科授業に導入し、その授業におけるオンライン上の相互作用とオフライン上の相互作用に関する分析を行うことで、

CSCL システム利用の学習支援に対する有効性について検討した。前述の鈴木ら (2002a, 2002b) は大学生の授業を対象としているが、小学校の理科授業を対象としたのは本研究が初めてである。オンライン上の相互作用については、CSCL システムに蓄積されたデータベースとログデータを分析し、子どもたちが情報共有環境を利用した情報探索と、その探索に基づいた理解深化を実現できていたかどうかを検証した。オフライン上の相互作用については、CSCL システムを利用する際に行われた対面状況の学習活動を分析し、オンライン上の相互作用がオフライン上の相互作用を促進するリソースとなっていたか否かを検討した。

## 2. CSCL システムを利用した理科授業

### 2.1. CSCL システム

本研究で使用した CSCL システムは、Web Knowledge Forum (以下、WebKF) である。WebKF は、SCARDAMALIA と BEREITER の研究チームが開発した CSILE (SCARDAMALIA and BEREITER 1999) の Web バージョンで、複数の学習者がインターネットを介して協調的な学習活動に参加することを支援するデータベース型の CSCL システムである。

図 1・図 2 には、本研究で使用した WebKF のインターフェースを示している。子どもたちは、実験計画や結果や考察を「ノート」という形で WebKF のデータベー

スに蓄積できる。図 1 は、7 班というグループの子どもたちが作成した、実験結果に関するノートである。

また、子どもたちは、他者が作成したノートを開覧することができる。図 2 は、関連のあるノートが蓄積される「ビュー」を示している。例えば、ビューの中にあるノートのタイトル「実験結果 NO.1 7 班」をクリックすることで、ノートを表示し、その内容を開覧できる。他者のノートの閲覧は、自分のノートの作成中でも自由に行うことができる。

このような WebKF を理科授業へ導入することで、子どもたちに対して、授業内容に関連する情報や考えを共有するための学習環境を提供できると期待される。子どもたちは、ノートに蓄積することを通して、他者に対して自分たちの情報や考えを提供できる。同時に、WebKF 上の他者のノートを開覧する中で他者が所有する情報や考えを探索しながら、問題解決を展開していくことができると考えられる。

### 2.2. 授業の概要

WebKF を利用した授業は、神戸市内の小学校 5 年生の 1 クラス (男子 15 名、女子 20 名) を対象に行われた。単元は理科の「物の溶け方」で、通常の理科とコンピュータの時間を合わせて計 30 時間をかけて実施された。実施期間は 2001 年 11 月 8 日から 2002 年 3 月 7 日までであった。

単元の構成については、前半が「物の溶け方の規則性に関する学習」、後半が「大きくて透明で正八面体に

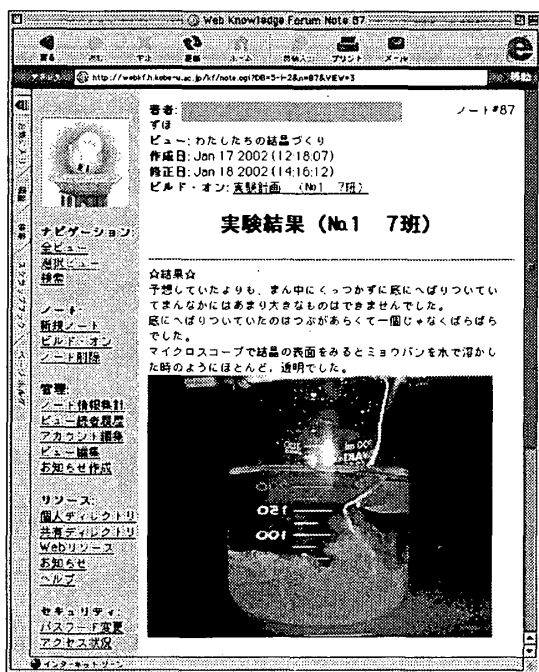


図 1 WebKF のノート

図中の [ ] 部分にはノートの著者名が示されている。

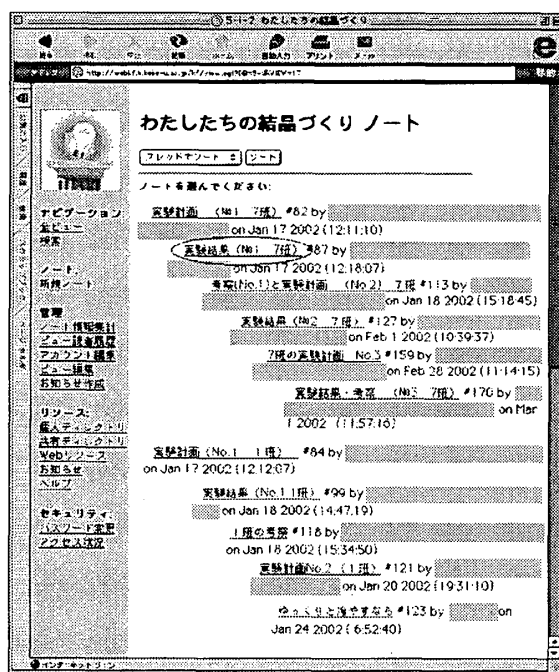


図 2 WebKF のビュー

図中の [ ] 部分にはノートの著者名が示されている。

なったミョウバンの結晶づくりに関する学習」であった。前半では、学習指導要領で示されている「物が水に溶ける量には限度があること」「物が水に溶ける量は水の量や温度、溶ける物によって違うこと。また、この性質を利用して、溶けている物を取り出すことができること」「物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないこと」という内容について、実験やシミュレーションなどを通して学習した。

後半では、これらの基礎的な知識の利用を必要とする発展的な学習として「大きくて透明で正八面体になったミョウバンの結晶づくり」を行った。この後半の結晶づくりに関する学習が、本研究での分析対象となるCSCLシステムを利用した学習である。

子どもたちが取り組む問題解決は、「自分たちで実験を行うだけでなく、できるだけ多くの他者の実験計画・結果・考察を利用して、大きくて透明で正八面体になったミョウバンの結晶をつくるための要因と条件を解明する」ことであった。子どもたちは、3～4名で1つの班を構成し（全9班）、「予想に基づいた計画—結晶づくりの実験—実験結果の考察」というサイクルを3回繰り返した。その中で、WebKFを利用して「実験計画」「実験結果」「実験の考察」という3種類のノートを作成するとともに、他班が作成したこれらのノートを閲覧した。WebKFのノート作成やノート閲覧は、この班単位で行った。

こうした実験活動やWebKFの利用を通して、水の容量(cc)、ミョウバンの質量(g)、水の温度(℃)、冷やし方(急激に冷やす、ゆっくり冷やす)、糸の長さ(ビーカーの上側、ビーカーの中央、ビーカーの底につく)、種結晶(有り、無し)の「要因」、ならびに、各要因ごとの数値や状態である「条件」を同定しながら、結晶づくりの妥当な要因・条件を解明していった。なお、結晶づくりの妥当な要因・条件とは、水の容量、ミョウバンの質量、水の温度については、単元の前半で学習したミョウバンの溶解度に関連する数値、冷やし方についてはゆっくり冷やす、糸の長さについてはビーカーの上側もしくは中央、種結晶については有りであった。

WebKFの利用に際しては、他者のノートを閲覧することのマイナス面、すなわち、他班のノートをそのまま真似てオリジナリティの少ないノートを作成してしまったり、自分たちで結晶づくりについて考えようとしなかったりすることを回避するとともに、情報共有環境における情報探索というノート閲覧のプラス面が

積極的に発揮されるようにするために、単元の展開において次の2点の工夫を行った。

1点目は、実験計画、実験実施、実験結果の考察を同じ順序で、同じ授業時間内に行うようにしたことである。例えば、実験計画を立案する場合、同一授業時間内にすべての班が実験計画を検討するようにした。このような単元展開であれば、班ごとに活動の進行状況の差があまり発生しないので、「どこかの班が実験の計画・実施・考察を経て知り得た結晶づくりの要因・条件を他の班がそのままノートに書き写す」というような行為をある程度防止することができる。

2点目は、WebKFのノート作成と閲覧の時間をそれぞれ個別に確保したことである。具体的には、自分たちのノートを作成した後に他班のノートを閲覧し、そこで得た情報に基づいてノートを修正するようにした。この工夫を通して、各グループにオリジナルなノートが作成されるとともに、ノートの閲覧が多種多様な情報や考えの主体的な探索活動になるように配慮した。

以上のWebKFを利用した学習について、本研究で分析対象とするオンライン上の相互作用と、オフライン上の相互作用を確認しておく。まず、オンライン上の相互作用については、「WebKF上の他班のノート閲覧」に焦点を当てた。本単元におけるCSCLの利用が、結晶づくりの要因・条件に関する情報をクラス全体で共有するための情報探索活動の支援であり、その情報探索活動がWebKF上のノートの閲覧という形で行われていたからである。次に、オフライン上の相互作用については、「WebKFを利用して他班のノートを閲覧する際に班内の子どもたち同士が行う学習活動」に焦点を当てた。今回の授業では、3～4名の子どもたちが1つの班を構成し、その班単位でWebKFを利用して他班のノートを閲覧しつつ、お互いに会話したり実験を行ったりしながら、自分たちの実験の計画・結果・考察を進めていたからである。

### 3. オンライン上の相互作用に関する分析

#### 3.1. 目的

子どもたちが、WebKFで提供された情報共有環境を利用した情報探索と、その探索に基づいた理解深化を実現できていたかどうかを検証することであった。具体的には、情報共有環境を利用した情報探索については、各班がどれだけ多くの他班のノートを閲覧できていたのかを明らかにすることを試みた。また、情報探索に基づいた理解深化については、自分の班の結晶づ

くりを洗練させるために、閲覧した他班のノートの内容を利用していただどうかを検討した。

### 3.2. 方 法

#### 3.2.1. 分析対象

WebKF に蓄積されたデータベース及びログデータであった。

#### 3.2.2. 分析の手順

情報共有環境を利用した情報探索に関する分析については、1回目の実験計画から2回目の実験計画までの期間（以下、フェーズ1）、2回目の実験実施から3回目の実験終了までの期間（以下、フェーズ2）のそれぞれについて、「8班中何班のノート閲覧していたか」という閲覧した班の数を求めた。

情報探索に基づいた理解深化に関する分析については、次の手順で行った。

- ①結晶づくりの洗練：まず最初に、次の2つの観点から、各班が明らかにできていた結晶づくりの要因・条件を各フェーズの前後で比較した。

【観点1】「水の容量 (cc)」、「ミョウバンの質量 (g)」、「水の温度 (°C)」、「冷やし方 (急激に冷やす、ゆっくり冷やす)」、「糸の長さ (ビーカーの上側、ビーカーの中央、ビーカーの底につく)」、「種結晶 (有り、無し)」という結晶づくりの要因について、着目できた要因が増えていたか。

【観点2】それぞれの要因の条件が、大きくて透明で正八面体の結晶を作るための妥当な数値・状態になっていたか。

この比較において、着目できた要因が増えたか、もしくは、いずれかの要因の条件が妥当なものになっていたという場合は「結晶づくりの洗練有り」、要因も増えず条件も妥当なものになっていなかった場合は「結晶づくりの洗練無し」と判断した。

- ②他班のノート利用：続いて、上記①の分析において「結晶づくりが洗練されていた」と判断された班について、ノートの閲覧履歴と閲覧したノートの内容を吟味し、結晶づくりの洗練が、他班のノートに書かれた内容を利用することでなされていたものか、そうでないのかを検討した。結晶づくりの洗練において他班のノートを利用していた場合は「他班のノート利用有り」、利用していなかった場合は「他班のノート利用無し」と判断した。

### 3.3. 結果・考察

表1には、フェーズ1の分析結果を示している。A班、H班、I班は、8つの班のノートをすべて閲覧す

るとともに、結晶づくりを洗練するときに、それらの班のノートに書かれていた内容を利用していただ。また、D班は、8班中5つの班のノート閲覧しつつ、結晶づくりの洗練においてそれらの班のノートを利用していただ。ところが、E班、F班は1つの班のノートしか閲覧しておらず、結晶づくりを洗練させてはいるものの、他班のノートを利用してはいなかった。B班、C班、G班は、どの班のノートも閲覧していなため、結晶づくりを洗練させるときに他班のノートを利用してはいなかった。

表2には、フェーズ2の結果を示している。フェーズ2では、B班、E班、F班、H班、I班が8つの班のノートを、C班とD班が7つの班のノート閲覧しており、これらの班はいずれも、結晶づくりの洗練において他班のノートを利用していただ。A班、G班は2つの班しか閲覧できておらず、A班は他班のノートを利用できたものの、G班は利用できなかった。

これらの結果から、WebKFで提供された情報共有環境を利用した情報探索と、その探索に基づいた理解深化は、フェーズ1ではいくつかの班でしか達成されていなかったが、結晶づくりの要因・条件の解明が進展

表1 フェーズ1の分析結果

班	閲覧した 班の数 (%)	結晶づくり洗練	ノート利用
A	8 (100)	有	有
H	8 (100)	有	有
I	8 (100)	有	有
D	5 (62.5)	有	有
E	1 (12.5)	有	無
F	1 (12.5)	有	無
B	0 (0.0)	有	無
C	0 (0.0)	有	無
G	0 (0.0)	有	無

カッコ内の数値は、8班中の割合を示している。

表2 フェーズ2の分析結果

班	閲覧した 班の数 (%)	結晶づくり洗練	ノート利用
B	8 (100)	有	有
E	8 (100)	有	有
F	8 (100)	有	有
H	8 (100)	有	有
I	8 (100)	有	有
C	7 (87.5)	有	有
D	7 (87.5)	有	有
A	2 (25.0)	有	有
G	2 (25.0)	有	無

カッコ内の数値は、8班中の割合を示している。

したフェーズ2においては多くの班で達成されていたと言える。

### 3.4. 事例

3.3.節までに検討してきた情報探索活動と、その探索に基づいた理解深化の内実を授業の文脈に即して具体的に明らかにするために、本節では、1つの事例を取り上げて、そこで行われていたノートの閲覧と結晶づくりの洗練のされ方を検討する。この事例は、フェーズ1から抽出されたものである。1回目の結晶づくりに失敗したH班の子どもたちは、全ての班のノートを閲覧することで失敗の原因を解明し、2回目の結晶づくりを成功させる。

表3には、1回目と2回目の結晶づくりに関してH班が作成したノートの内容を示している。ノート80には、1回目の実験計画が記載されている。水温は40℃と書かれている。糸の使用については述べられているものの、糸の長さについては言及されていない。1回目の実験は、小さい結晶が析出し、失敗に終わっている(ノート96)。しかしながら、H班の子どもたちは、ノート109に示されているように、他班のノートを閲覧することで、「水温を80℃にすること」「糸をビーカーの底までつけない長さにすること」に気づき、ノート125のように結晶づくりの要因・条件を修正するに至っている。

この班は、ノート96を書いたからノート109を書くまでの間に、すべての班の「実験計画」と「実験結果」のノートを閲覧していた。表4には、各班の実験計画と実験結果のノートに記載されていた内容を整理している。この表からは、糸に結晶ができていた班は水温が80℃であることがわかる。また、その中でも、糸がビーカーの底についていなかったC班は、糸についた結晶が底の結晶に連なっていないことがわかる。

このように、H班の子どもたちは、WebKFに蓄積された他班のノートを閲覧することで、失敗の原因を発見し、2回目の実験に向けて計画を修正することができていたのである。

## 4. オフライン上の相互作用に関する分析




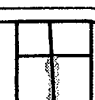



### 4.1. 目的

CSCSシステムを利用する際に行われた対面状況の学習活動を分析し、オンライン上の相互作用がオフライン上の相互作用を促進するリソースとなっていたか否かについて検討することであった。ここでいうオンライン上の相互作用とは、WebKFのノート閲覧やノー

表3 事例：H班のノート

ノート80 実験計画1	ビーカーの中に200ccの水を入れる。水温を40℃まで上げる。100gのミョウバンを入れる。糸をつるした割りばしを入れる。
ノート96 実験結果1	結晶はできたが、とても小さかった。ビーカーの底は小さな粒が固まって海の砂状態。
ノート109 考察1	成功した班をみてもとと温度が80度でミョウバンが水の中で溶けきっていた。下にたまらないように(固まらないように)するには糸を底までつけないこと。どの班も糸を底につけてしまうと下に固まっていた。
ノート125 実験計画2	ビーカーに200ccの水を入れる。80℃まであたためる。ミョウバン125gを入れる。割りばしにたこ糸をつけて、上から約3/4のところまでたす。

表4 事例：他班のノートの内容

班	水 ミョウバン 水温	実験結果 (絵は各班の実験結果の 写真を図にしたものである)
A班	300cc 50g 60℃	 糸がビーカーの底まで届き、せんべい型の結晶とつながっている。
B班	200cc 100g 80℃	 糸がビーカーの底について、結晶が糸から底に連なっている。
C班	250cc 溶けるか ぎり 80℃	 糸がビーカーの底について結晶が糸から底に連なっている。
E班	150cc 100g 80℃	 糸がビーカーの底について結晶が糸から底に連なっている。
F班	200cc 50g 80℃	 糸はビーカーの底に届いているが、糸についた小さな結晶は底の結晶とは連なっていない。
G班	200cc 100g 80℃	 糸がビーカーの底について結晶が糸から底に連なっている。
I班	250cc 25g 60℃	 ビーカーの底に小さな結晶。糸はビーカーの底に届いていない。

ト作成のことであり、その中でも、本研究で特に注目しているのはノート閲覧である。オフライン上の相互作用とは、こうしたノートの閲覧や作成に関わる会話・実験活動などである。したがって、本分析の目的は、より具体的には、WebKFを閲覧する中で他班のノ

ートに書かれた内容に触発されたり影響を受けたりして、言い換えれば、WebKFのノート閲覧が契機となって、班内の子どもたち同士の会話や実験活動が活性化していたかどうかを明らかにすることであった。

## 4.2. 方法

### 4.2.1. 分析対象

無作為に抽出された1つの班の子ども3名が実験計画を立てる場面において行った、WebKFの操作を含む言語的・非言語的行為であった。実験計画場面を取り上げたのは、この場面において、WebKFを利用しながらの会話や実験活動が最も頻繁に行われていたからである。子どもたちの言語的・非言語的行為はビデオカメラ1台を使用して記録された。この記録を書き起こしたプロトコルを作成し、分析データとした。

### 4.2.2. 分析の手順

分析は、次の手順で行われた。

①フェーズ1の実験計画立案場面（2回目の結晶づくりの計画を立てる場面）とフェーズ2の同場面（3回目の結晶づくりの計画を立てる場面）における言語的行為の進行を記述した。言語的行為の記述に際しては、話者の交替もしくは発話の内容の交替を1発話とし、これらを他班のノートに書かれている内容に言及した「他班ノート言及」と「他班ノート非言及」のいずれかに分類しながら行った。このような分類を行った理由は、対面状況の学習活動において他班のノートへの言及が、WebKFを利用した他班のノートを閲覧した結果として生じることだからである。さらには、他班のノートへの言及は、WebKFのノートの閲覧が契機となって班内の子どもたち同士の会話や実験活動が活性化したことを示す指標の一つになると考えられるからである。

②続いて、非言語的行為の進行を記述した。WebKFを操作してノートを作成する「WebKF（ノート作成）」、WebKFを操作して他班のノートを閲覧する「WebKF（ノート閲覧）」、コンピュータ上のシミュレーションを操作する「シミュレーション」、紙面のワークシートに鉛筆でメモを書く「ワークシート」、ビーカーの中の結晶を観察する「結晶」に分類しながら記述した。

これらのうち、オンライン上の相互作用は、非言語的行為の中の「WebKF（ノート作成）」と「WebKF（ノート閲覧）」であり、これら2つ以外の非言語的行為がオフライン上の相互作用であ

る。非言語的行為の「シミュレーション」は、ネットワーク上ではなくスタンドアロンで動作するものであり、グループ間というよりは、むしろ個々のグループ内の活動を支援する意図で導入されていた。したがって、CSCLシステムであるWebKFと区別する意味でも、オフライン上の相互作用として位置づけた。なお、3名の子どもたちは、相互に協力して学習することが奨励されていたために、全員一斉にWebKFを操作したりワークシートにメモを書いたりしていた。

③上記①②に基づいて、対面状況の学習活動を「エピソード」単位で分類した。エピソードの分類に際しては、ある時点の学習活動において結晶づくりのどの要因に注目しているのかという学習活動の内容的な側面と、要因を探索しているのか、もしくは、要因は特定できておりその条件を探索しているのかなどの学習活動のプロセス的な側面という2つの観点から行った。内容的な側面の観点として、「水の容量」「ミョウバンの質量」「温度」「冷やし方」「糸の長さ」「種結晶」という6タイプが設定された。

プロセス的側面の観点については、「要因探索」「条件探索」「要因・条件検証」の3タイプが設定された。「要因探索」とは、結晶づくりの成功・失敗にどの要因が関係するのかを探索している学習活動エピソードである。「条件探索」とは、要因は特定できたがどのような数値・状態にすればよいのかを探索しているエピソードである。「要因・条件検証」とは、要因と条件ともに特定できた上で、スタンドアロンのシミュレーションを利用してこれらの要因と条件で成功するか、失敗するのかの再確認を行っているエピソードである。

なお、上記の観点からいずれにも分類できないエピソード、すなわち、結晶づくりの要因・条件の探索や検証を伴わないものについては、その他のエピソードとして位置づけた。その他は、「結果記入」「計画記入」「コンピュータ操作」の3種類であった。「結果記入」は、自分たちの実験結果をWebKFやワークシートに事実記載的に書き写す学習活動エピソードである。「計画記入」は、結果記入と同様に、自分たちで決定した実験計画をノートやワークシートに書き写す学習活動エピソードである。「コンピュータ操作」は、キーボード入力の仕方、WebKFのメニュー・ボタンといったコ

ンピュータ及びソフトウェアの操作そのものを確認したり質問したりするエピソードである。

- ④上記①②③の分析結果を統合し、学習活動エピソードの一つひとつについて、そのエピソードの中で「他班ノート言及発話」があったのか無かったのかを検討した。

#### 4.3. 結果・考察

図3には、実験計画立案場面における学習活動を示している。フェーズ1の実験計画立案場面の時間は77分41秒であった。言語的行為については、発話数528のうち、他班のノートに言及した発話数は20であった。言語的行為と非言語的行為を併せて見てみると、WebKFを利用して他班のノートを開覧したりシミュレーションを利用したりしているときに、他班のノートに言及していたことがわかる。また、数は少ないながらも、自分たちのノートを作成しているときにも、他班のノートに言及していたこともわかる。

表5には、フェーズ1の学習活動エピソードに関する分析結果を整理している。エピソードは全部で12であり、「結果記入」と「コンピュータ操作」を除くと計9つであった。これら9つのエピソードは、内容的に

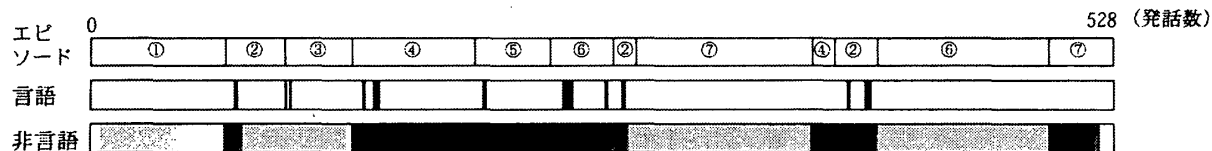
は、温度に関するものか、糸の長さに関するものであった。他班ノート言及発話の有無について検討してみると、要因探索1つのうち1つ、条件探索5つのうち4つ、要因・条件検証3つのうち2つ、合計すると9つのエピソード中7つが他班ノート言及発話を含んでいた。つまり、結晶づくりの要因・条件の探索や検証に関係するエピソードのほとんどにおいて、他班のノートへ言及することが行われていたのである。

フェーズ2の時間は125分11秒であった。総発話数911のうち、他班のノートに言及した発話数は28であった。言語的行為と非言語的行為を見てみると、他班のノートを開覧しているときにそのノートに言及してい

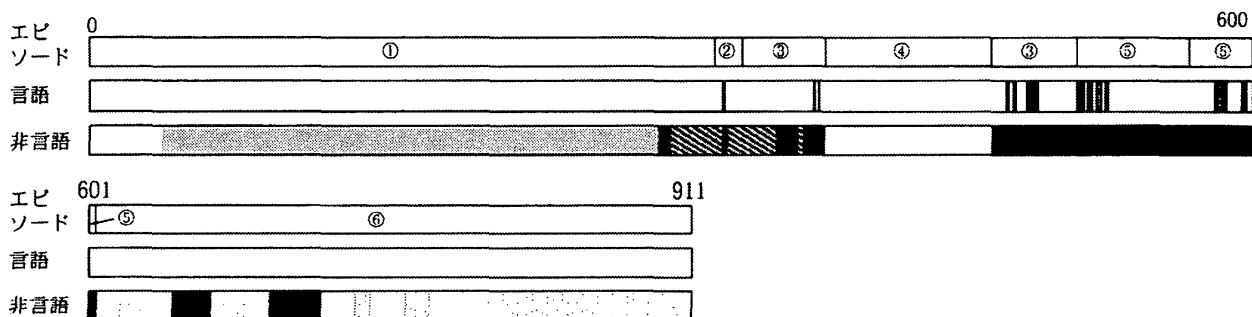
表5 フェーズ1の学習活動エピソード

エピソード		他班ノート言及発話	
プロセス	内容	有	無
要因探索	温度	0	0
	糸	1	0
条件探索	温度	3	0
	糸	1	1
要因・条件検証	温度	1	1
	糸	1	0

#### フェーズ1



#### フェーズ2



エピソード	フェーズ1			
	①(結果記入)	②温度/条件探索	③糸の長さ/要因探索	④温度/要因・条件検証
フェーズ2	⑤糸の長さ/要因・条件検証	⑥糸の長さ/条件探索	⑦(コンピュータ操作)	
	①(結果記入)	②ミョウバンの質量/条件探索	③糸の長さ/条件探索	④(コンピュータ操作)
言語	⑤冷やし方/条件探索	⑥(計画記入)		
非言語				
<input type="checkbox"/> WebKF (ノート作成) <input checked="" type="checkbox"/> WebKF (ノート閲覧) <input type="checkbox"/> ワークシート <input checked="" type="checkbox"/> シミュレーション <input checked="" type="checkbox"/> 結晶 <input type="checkbox"/> その他				

図3 実験計画立案場面における対面状況の学習活動



たことがわかる。

表6には、フェーズ2の学習活動エピソードに関する分析結果を整理している。エピソードは合計9つであり、「結果記入」「コンピュータ操作」「計画記入」を除いたものは5つであった。これら5つのエピソードは、内容的には、ミョウバンの質量、糸の長さ、冷やし方に関するものであった。プロセス的には、5つすべてが条件探索であった。他班ノート言及発話の有無について検討してみると、5つすべてが他班ノート言及発話を含むものであった。すなわち、フェーズ2では、そこで見られたエピソードのすべてにおいて、他班のノートへの言及が行われていたのである。

#### 4.4. 事例

4.3.節の結果・考察を通して、他班のノートの内容に言及した発話は、総発話数と照らし合わせると量的には少ないものの、結晶づくりの要因・条件の探索や検証と関連するエピソードのほとんどにおいて含まれていることが明らかになった。このことを踏まえて、本節では、エピソードの事例をいくつか取り上げて、WebKFを利用したノート閲覧やノート閲覧の結果として生じる他班ノート言及発話が、対面状況での議論を開始したり新たな活動を展開したりするためのリソースとなっていたことを具体的に検討する。

以下では、情報検索に関わる学習活動のプロセス的側面に着目して、「要因探索」「条件探索」「要因・条件検証」の3つのタイプから、それぞれ代表的な事例を1つずつ取り上げて検討する（事例の記述に用いた記号は次の通りである；アルファベットの前に付した数字：エピソード中の発話の番号，T：教師，A・B・C：子ども A・B・C，（ ）：注釈，《 》：聞き取り不明，・・・：沈黙，[ ]：発話の重複）。

##### 4.4.1. 糸の長さに関する要因探索

表7には、WebKF上のノート閲覧を契機として、結

晶づくりの要因の1つである「糸の長さ」について議論を開始した事例を示している。事例は、フェーズ1から抽出されている。

最初、子どもAは他班のノートを閲覧し、そこに貼られている結晶の写真をながら糸に着目する（1A）。1Aの発話を聞いて、子どもBは「やり方見せて」と述べ、結晶づくりの要因・条件が記載されているノートの部分を表示することを、子どもAに要請している。子どもAは、マウスを使ってノートをスクロールさせ、「冷やし方」が記載された部分を表示する（3A）。しかし、子どもBは「違うんだって」と述べ、別の要因の表示を要求する（4B）。これを受けて、子どもAが「糸の長さ」について記載された部分を表示したところで（5A，6A），糸の長さについての子どもAと子どもBの議論が開始される。

子どもBは、この班の結晶がビーカーの底に煎餅のような形になっている、つまり、結晶づくりに失敗したと述べるとともに、この班の糸が長いことに言及する（7B）。この7Bの発話は、「結晶づくりの失敗原因の1つが糸が長すぎることであり」という意見の主張であると考えられる。すると、子どもAは子どもBの意見に反論し、ミョウバンが下にたまっていることが本質的な問題で、糸の長さで結晶が底にできてしまうことは関係がないと主張している（8A）。子どもAの反論に対し、子どもBはさらに主張を続ける。自分たちの班は糸の長さがビーカーの底にまで達していないから結晶ができずに「砂浜状態」になっている。このことを考慮すると、やはり糸の長さがビーカーの底の方まであったら、結晶が底にできるのではないかと、という主張である（9B）。

以上のように、この事例では、他班のノートの閲覧を契機として、「糸の長さ」という結晶づくりの要因に

表7 糸の長さに関する要因探索

1A：	（他班のノートに貼られている結晶の写真を閲覧しながら）これ糸についてるね。
2B：	（ノートを指しながら）ちょっと待って待って。やり方やり方見せて。上、上上。つくり方あったじゃん、つくり方。つくり方。前、つくり方、前、つくり方が。
3A：	（「冷やし方」が記載されているノートの部分を表示しながら）氷水で冷やした。
4B：	違うんだって、（中略）私が知りたいのは、《 》
5A：	（「糸の長さ」を表示しながら）それはこっちや。（中略）
6A：	これーどうでしょ。
7B：	あ、お煎餅型だった。この班。ほらやっぱ糸の長さ長いじゃん。
8A：	関係ないと思う。下たまってきたから、糸にくっつくんやってこれ《 》
9B：	（中略）うちの班の下に糸さわってなかったでしょ。で、砂浜状態だったじゃん。

表6 フェーズ2の学習活動エピソード

エピソード		他班ノート言及発話	
プロセス	内容	有	無
要因探索	質量	0	0
	糸	0	0
	冷やし方	0	0
条件探索	質量	1	0
	糸	2	0
	冷やし方	2	0
要因・条件検証	質量	0	0
	糸	0	0
	冷やし方	0	0

ついて自分たちの意見を述べながら、その意見とこれまでの実験結果を関連づけるという形で議論が行われていた。

#### 4.4.2. 糸の長さに関する条件探索

表8には、他班のノートの一覧が、各班の実験結果と結晶づくりの要因・条件とを関連づけながら、糸の長さに関する条件探索を進行させている事例を示している。この事例は、フェーズ2から抽出されている。

WebKF を操作しながら他班のノートを一覧していくと(1ABC)、D班のノート内容を声に出して読んでいた子どもCが糸に着目する(3C, 5C)。続けて、「そうするとこうなる」と発言し、D班の糸の長さに関する実験条件と実験結果を関連づけている(5C)。さらに、子どもCが声に出して読んでいるのを聞きながら一緒にノートを見ていた子どもAも、WebKF上の実験結果写真のビーカーの底を指しながら、その結果を確かめている(6A)。これらの子どもCとAの発話の連鎖を通して、「ビーカーの底につけるぐらいの糸の長さにすると、結晶づくりは失敗する」という実験条件と実験結果の関係づけ、すなわち糸の長さに関する条件探索が成し遂げられていた。

#### 4.4.3. 温度に関する要因・条件検証

表9には、他班のノートを一覧することが、「温度は80℃」という温度に関する要因・検証を方向づけた事例を示している。この事例は、フェーズ1から抽出されている。

子どもAは、ノートの一覧を中断し、教師に対して、シミュレーション利用を許可してもらおうとする(1A～6A)。教師が許可を与えることで(7T)、子どもたちは、シミュレーションによって結晶づくりの要因・条件を検証する活動を開始する。子どもたちは、ノートを一覧する中で発見したD班の実験計画に着目し、D班のノートに記載されていた温度の数値を入力した。これらの条件下でミョウバンは完全に溶解するのかわかを探り始めたのである(10A, 13A, 14B)。シミュレーションの結果が出ると、D班の条件ではミョウバンが完全に溶けている状態であることを確認できている(21A)。さらに、シミュレーションの温度を70℃に設定し、この温度ではミョウバンが溶け残ってしまうことを検証している(19A)。

このように、子どもたちは、D班のノートを一覧することに触発されて、「温度は80℃」という要因・条件を検証することができていた。

表8 糸の長さに関する条件探索

1ABC : (他班のノートを見ている.)
2C : (CがD班のノートの内容を声に出して読み出す.) ビーカー, 300cc, 水 250cc, ミョウバン 150cc. (中略)
3C : ガスパナー, 温度計, タコ糸. あ〜《 》. ガスパナーをセット, 250ccの《 》.
4AB : (D班のノートを見ている) (中略)
5C : ガスパナーで80℃にする。ミョウバンを溶かす。割りばしに糸を・・・(実験結果の写真を見ながら) そうするとこうなる。(後略)
6A : (D班の結果の写真を指して) でもここ(結晶が一連に)くっついちゃった。
7C : あ, そっか。

表9 温度に関する要因・条件検証

1A : (ノートの一覧を中断して) 先生, あっちみていいですか? あ〜.
2B : ちょっと待って貸し・・・
3T : なに? なに?
4A : (N先生の方を向いて) あ, これじゃなくて〜あ〜ランチャーであの〜これ.
5T : (うなづいて) シミュレーション? 《 》 うん.
6A : で, でな, ちょっと初心に帰ろうと.
7T : うんうん, 初心に帰ろうと. はいはい, いいこっちゃ. (中略)
8A : で, 100℃やとしたら, 100℃にしたら, あそこ, 100cc, いや, 300のc, 水に[・・・
9B : [水が入ってない
10A : 入ってるよ. (中略)
11A : あいつら80℃のお湯に, 300ccに150やったから,
12B : [50になればいいじゃん.
13A : [3だから, 50か.
14T : え, これ何班?
15B : D班.
16T : D班ね, あ〜はいはいはいはい.
17B : え, まってまってまってまって〜.
18A : はい, スタート.
19A : (シミュレーションを見て) そうか, そうだよな. と, 溶け残らなかったらええんやもんな. とけ, だからもしこれが7, 次70℃になっていくやろ. 下, 下だけ注目しよ.

## 5. 総 括

本研究では、子ども同士の情報共有環境の構築を目的としてCSCLシステムを小学校の理科授業に導入し、その授業におけるオンライン上の相互作用とオフライン上の相互作用に関する分析を行って、理科学習支援のためのCSCLシステム利用の有効性について検討してきた。

オンライン上の相互作用については、CSCLシステムに蓄積されたデータベースとログデータを分析し、学習者が情報共有環境を利用した情報探索と、その探索に基づいた理解深化を実現できていたかどうかを検証した。その結果、フェーズ1からフェーズ2へと結晶づくりの要因・解明が進展するに従って、子どもたちはより多くの他班のノートを一覧するとともに、結晶づくりを洗練させる際にそれらの内容を利用もでき

ていた。言い換えれば、単元の最後の方では、情報共有環境を利用した情報探索ならびにその探索に基づいた理解深化を概ね実現できていたのである。オンライン上の相互作用に関する事例分析の結果は、子どもたちがより多くの他班のノートを開覧し、結晶づくりを成功させるための条件を吟味しながら、自分たちの結晶づくりの条件を洗練させていたことを裏付けるものであった。

このような「他者の知識を利用した理解深化」という課題について、三宅・白水（2003）は、協調過程が学習に有利に働くのは、それぞれが少しずつ違う見方・考え方を持ち、それが共有されやすく、さらに吟味もされやすいという条件が揃ったときであり、CSCLシステムのようなテクノロジーはこうした条件整備に貢献すると論じている。また、WebKFを利用してこれまでに実施された小学校理科の実験授業の分析（OSHIMA *et al.* 2004）では、オンライン上の相互作用を分析して、他者のノートへのアクセスとその利用が、理解深化を促進させていたことを見出している。本研究の分析結果は、これらの知見を実践的に裏付けるものであった。同時に、この結果は、本研究で試みたCSCLシステムの利用の仕方が、子どもたちの理科学習にとって効果的な協調過程の実現に貢献したことを示唆するものであったと結論できる。

オンラインに関する分析と併せて、本研究では、オフライン上の相互作用に関する分析を行った。オフライン上の相互作用については、CSCLシステムを利用する際に行われた対面状況の学習活動を分析し、オンライン上の相互作用がオフライン上の相互作用を促進するリソースとなっていたか否かを検討した。

その結果、結晶づくりの要因・条件の探索や検証活動の様々な局面において、WebKFを利用して開覧した他班のノートの内容が、グループ内の子どもたち同士の会話に浸透していたことがわかった。事例分析の結果は、WebKFを利用したノート開覧や、そこに書かれていた内容を取り込んだ発話が契機となって、結晶づくりに関する情報探索活動が活性化していたことを示唆するものであった。これらの結果より、本研究で対象とした授業において、オンライン上の相互作用はオフライン上の相互作用を促進するリソースになり得ていたと言える。

この「オンライン上の相互作用によるオフライン上の相互作用の実現」という課題に対して、鈴木ら（2002a）は、オンライン上の相互作用が対面状況の協調学習を促進していたことを明らかにしている。また、

鈴木ら（2002b）では、オンライン上の相互作用が学習活動そのものを促進し、大学生の理解が深化したことを見出している。CSCLシステムを利用した研究では、オンライン上の相互作用の質的・量的側面に焦点が当てられる傾向にあるが、本研究の結果からは、鈴木ら（2002a, 2002b）の知見と同様に、CSCLシステムの利用が学習者の理解深化を支援するようなオフライン上の相互作用の実現をもたらし得ると推察できる。特に、本研究の結果は、小学校の理科授業を対象とした研究結果であることを踏まえると、小学校で通常行われている授業のような対面状況においてCSCLシステムを利用することの有効性を支持するという意味で、重要な知見を提供するものであったと結論できる。

今後の課題については、本研究で取り上げたCSCLシステムの利用の仕方は、情報共有環境の提供という側面に限られていた。しかし、この側面以外の利用の仕方もある。例えば、他班のノートを開覧しながらそのノートに書き込みをするなどの、グループの枠を超えた協調学習の実現である。こうした利用の仕方について、その学習支援に対する有効性を検討することが今後さらに必要であると考えられる。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、神戸大学発達科学部附属住吉小学校の長戸基氏（当時）、山本智一氏には大変お世話になった。ここに記して感謝の意を表する。

## 付 記

本研究は、平成14～16年度科学研究費補助金・基盤研究（B）（1）（課題番号14380058、代表・稲垣成哲）、および、平成14～16年度科学研究費補助金・基盤研究（A）（1）（課題番号14208015、代表・大島純）の援助を受けている。

## 参 考 文 献

- KOSCHMANN, T. (1996) Paradigm shifts and instructional technology: An introduction. T. Koschmann (ed.), *CSCL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ, pp.1-23
- KOSCHMANN, T., HALL, R., and MIYAKE, N. (eds.) (2002) *CSCL2: Carrying Forward the Conversation*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ
- 益川弘如（1999）協調学習支援ノートシステム「ReCoNote」が持つ相互リンク機能の効果. 日本

- 教育工学会論文誌, 23(2): 89-98
- 三宅なほみ, 白水始 (2003) 学習科学とテクノロジー.  
放送大学教育振興会, 東京
- 永田智子, 鈴木真理子, 浦嶋憲明, 中原淳, 森広浩一郎  
(2002) CSCL 環境での異学年交流によるポート  
フォリオ作成活動を取り入れた教員養成課程の授  
業実践と評価. 日本教育工学雑誌, 26(3): 215-224
- 中原淳 (1999) 語りを誘発する学習環境のエスノグラ  
フィー. 日本教育工学雑誌, 23(1): 23-35
- 中原淳, 西森年寿, 杉本圭優, 堀田龍也, 永岡慶三 (2001)  
教師の学習共同体としての CSCL 環境の開発と質  
的評価. 日本教育工学雑誌, 24(3): 161-171
- 中原淳, 前迫孝憲, 永岡慶三 (2002a) CSCL のシス  
テムデザイン課題に関する一検討: 認知科学にお  
けるデザイン実験アプローチに向けて. 日本教育  
工学雑誌, 25(4): 259-267
- 中原淳, 山内祐平, 須永剛司, 今井亜湖, 田口真奈,  
井藤享 (2002b) 自立型ロボットの作成を促進す  
る Web 学習コミュニティシステムの開発と評価.  
日本教育工学雑誌, 26(3): 205-214
- 中根信一, 正司和彦 (2001) 話し合いを支援するネ  
ットワーク学習環境の開発と授業実践. 日本教育  
工学雑誌, 25(Suppl.): 77-82
- 西森年寿, 中原淳, 杉本圭優, 浦嶋憲明, 荒地美和,  
永岡慶三 (2001) 遠隔教育における役割を導入  
した討論を支援する CSCL の開発と評価. 日本教  
育工学雑誌, 25(2): 103-113
- 岡本敏雄 (2000) CSCW/L Computer Supported Col  
laborative Work/ Collaborative Learning. 日本教育  
工学会編, 教育工学事典, 実教出版, 東京, pp.6-8
- 大島純, 大島律子, 竹中真希子, 山本智一, 稲垣成哲,  
山口悦司, 村山功, 中山迅 (2003) CSCL を用  
いた科学教育の支援—仮説空間, 実験空間の探索  
活動の促進—. 日本認知科学会第20回大会発表論  
文集: 358-359
- OSHIMA, J., OSHIMA, R., MURAYAMA, I., INAGAKI, S.,  
TAKENAKA, M., NAKAYAMA, H., and YAMAGUCHI, E.  
(2004) Design experiments in Japanese elementary  
science education with computer support for  
collaborative learning (CSCL): Hypothesis Testing  
and Collaborative Construction. *International Journal  
of Science Education*, 26(10): 1199-1221
- 大島律子, 大島純, 村山功 (2002) CSCL 環境にお  
ける参加構造の統制と対話ルール of 教示が学習に  
及ぼす効果. 日本教育工学雑誌, 26(2): 55-64
- SCARDAMALIA, M. and BEREITER, C. (1999) Schools as  
knowledge-building organizations. D. Keating & C.  
Hertzman (eds.), *Developmental Health and Wealth  
of Nations: Social, Biological, and Educational  
Dynamics*. The Guilford Press, NY, pp.274-289
- 鈴木真理子, 永田智子, 中原淳, 浦嶋憲明, 今井靖,  
上杉奈生, 若林美里, 森広浩一郎 (2002a) CSCL  
環境での共同体参加による教員養成系大学生の協  
調的な教具作成活動の分析. 日本教育工学雑誌,  
26(Suppl.): 243-248
- 鈴木真理子, 永田智子, 中原淳, 浦嶋憲明, 今井靖,  
若林美里, 森広浩一郎 (2002b) 電子掲示板を利用  
した協調的な知識構築過程の図式化による質的  
分析. 日本教育工学雑誌, 26(3): 117-127
- 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 (2002) Web  
Knowledge Forum<sup>®</sup>を利用した理科授業のデザイ  
ン実験. 科学教育研究, 26(1): 66-77
- 山内祐平 (1999) ネットワークコミュニケーション  
の実践力を育てる場としての学習環境デザイン.  
日本教育工学雑誌, 23(1): 37-46

### Summary

The purpose of this study is to design an elementary science lesson supported by Web Knowledge Forum, a CSCL system, and examine how this system support students' collaborative learning. This lesson is about "How things dissolve" for 5th grade students. Analysis of on-line interaction on Web Knowledge Forum reveals that students can deepen their understanding by using knowledge of other students. Analysis of off-line interaction in face-to-face setting reveals that on-line interaction is used as a resource in off-line interaction to facilitate students' understanding.

KEY WORDS: CSCL, SCIENCE LESSON, ELEMENTARY SCHOOL, ON-LINE, OFF-LINE, INTERACTION

(Received January 6, 2004)