

# SDDS モデルにもとづいた小学校理科の CSCL カリキュラム 2E3-02

## Elementary Science Curriculum Based on ‘Scientific Discovery as Dual Search’ Model

大島 純

OSHIMA, Jun

静岡大学総合情報処理センター

Information Processing Center, Shizuoka Univ.

Elementary science curriculum in Japan is comprised of several established activity structures (Linn et al. 2000). The compilation of such structures in a lesson, however, does not fit into the authentic scientific practice. The study reported here was aimed at designing a new elementary science curriculum based on the cognitive model of a scientific practice. The ‘Scientific Discovery as Dual Search’ model by Klahr and his colleagues (Klahr 2002) was referred for restructuring student learning. Further, a new knowledge medium for facilitating socialization of students’ knowledge through distribution of their ideas was implemented. With the medium (Knowledge Forum®), we designed activity structures in which students were engaged in collaboratively constructing hypothesis and experiment spaces, and advancing their explanatory models through reflective activities. From the analyses on student activities on and off line, we could draw the following implications. First, the task requirement should be designed for students to use their ideas for solving their shared problems rather than to focus their attention to ideas only. Secondly, the participatory structure of student learning activities should be enhanced to enable students to systematically search their problem spaces on the knowledge medium.

### 1. 目的および背景

本研究では、多様な思考をデータベース上に外化することによって小学生の科学的活動を支援する学習カリキュラムの開発と、その評価について報告する。現在の教育実践では、あらかじめ設定した実験を子どもに課し、ある特定の科学的知識を養わせる、もしくは教科書の確認で終わる活動が多い。このような状況を改善するために、本研究では科学的活動を行う時に学習者の従事すべき認知的活動を、Klahr (2002) の Scientific Discovery as Dual Search モデルをもとに具体的にデザインし、2つの小学校理科の単元のカリキュラムを開発した。その際に、科学的活動が個人の学習者の中に留まらず、お互いの理解を共有しながら、学習者の知が社会化されていくプロセスを重視し、それを促進するために CSCL システムの一つである Web Knowledge Forum® (Oshima et al. 2002) を導入した。

### 2. カリキュラムのデザイン

第一単元は、小学校6年生を対象にものの燃え方を学習する単元(計42時間)であった。主な課題は、「集気びんの中で燃えているろうそくの火がなぜ消えてしまうのか、消える時に集気びんの中で何がおこっているのかを予想し、それを実験で検証していく」といったものであった。最初の説明モデルによって、41名の学習者は11の研究グループに分かれ、仮説を検討した。グループごとに検討したモデルと、それに基づいた説明、自分達の実験報告をデータベースに記録・共有し、さらに教師の演示実験などをとおして修正することで、より適切な仮説を生成していく活動に従事した (Fig. 1)。学習初期は仮説を生成するために実験空間を探索し、実験結果からフレームや変数を同定する活動に、さらに後期には協同で仮説空間を構築および探索し、教師の演示実験をもとに、仮説検証を行う活動を促した。

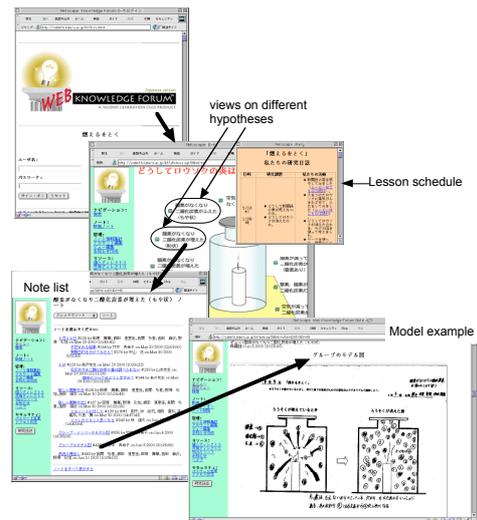


Fig. 1. 「ものの燃え方」で利用した Web KF®.

第二単元は、小学校5年生を対象に「ものの溶け方」を学習する単元(計30時間)であった。析出の現象を利用して、ミョウバンの結晶づくりを3回繰り返して、「より大きくて奇麗な結晶を作る」という課題に従事した。作り方の条件を仮説として検討しながら、その背景にある科学的モデルを構築していった。34名の学習者は4-5名の研究グループに分かれ、条件を検討し、それを検証する実験を行った。仮説、および実験報告をデータベース上に記録・共有し、お互いの仮説、実験結果を参照しながら適切な仮説フレームを構築し、検証するよう促した (Fig. 2)。初期には、実験空間の探索に基づいて、結果から仮説のフレームやスロットの数値を決定し、後期には仮説を検証する仮説空間探索を主な活動とした。

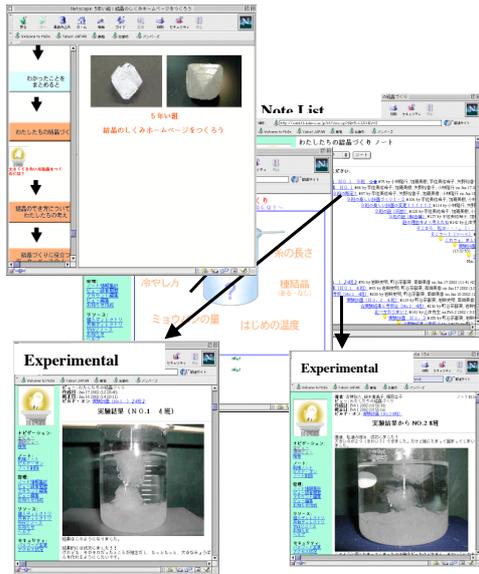


Fig. 2. 「ものの溶け方」で利用した Web KF®.

### 3. データベースの探索をととした知の共有と社会化

#### 3.1. データベース探索活動の分析

第一単元では、他のグループの仮説が書かれたノートの閲覧が少なく、学習者はより多くの実験データのノートを閲覧していた ( $F(2,20) = 26.15, p < .05$ ). また、第二単元でも実験データの閲覧が仮説の閲覧を上回っていたが ( $F(3,24) = 8.62, p < .05$ ), 単元の後期には仮説の閲覧の割合が上昇していた。

#### 3.2. 探索活動による知識の変化の事例

第一単元では、初期の段階ですべての学習者がものの燃焼と燃えているものを取り巻く気体との関係に言及していた。しかし、気体自体の取り扱い方とそれがどのように変化するか個人差が見られた。まず、気体の取り扱い方については、「連続体として考える」場合と、「不連続体として考える」場合があり、気体の変化に関しては「量の変化としてとらえる」場合と、「不連続体の大きさの変化としてとらえる」場合とがあった。こうした学習者のナイーブな知識は、どれが本当に正しいものであるかを彼等自身で検証する実験を考えることが難しい。また、連続体としてとらえるか否かという議論が、対象としている現象の説明に関連しないことから、仮説自体にグループ間で有意な多様性が生まれなかった。

この学習者の知識の多様性は、教師の演示実験と粒子論的な見解の教示で修正され、さらに空気の構成要素の理解をふまえた上で、再度現象を説明するモデルの構築とそれを検討するための仮説の生成、検証を行うこととなった。最終的に酸素の占める割合がどの程度までであれば燃焼という現象が継続するのを見つけることで授業は終了した。

第二単元では、関連した仮説をもった他のグループのノートを検索し、実験結果を比較することによって新たな仮説のフレームを生成し、それを共同で確認する作業（実験計画を調整する）などが自発的に発生していた。結晶づくりに失敗したターゲット・グループは、他のグループの実験結果と仮説を全てレビューし、そこに見られる結晶づくりに成功したグループの仮説に見られる共通性と失敗したグループとの違いをもとに自らの仮説を修正するという活動を行った。さらに、その次の実験の後には、全グループの結果を3つのカテゴリ（「成功」、「部分的に成功」、「失敗」）に分類し、それぞ

れの仮説の持つ共通性と異なるカテゴリごとの違いについて検討し、さらに自分達の仮説を修正するという活動を行った。

学習者の理解は、粒子論的なモデルを学習の初期にシミュレーションを利用して導入したために、それに基づいたモデルの構築が全てのグループで行われ、課題に基づいて「大きくてきれいな結晶」を生成するための条件を統制していくことができた。グループごとの実験結果と条件統制をもとに、実験が進むにつれて新たな条件がさらに加わり（「冷えるスピード」と「種結晶の有無」）、それらは粒子レベルのモデルで説明され、理解を深める重要なポイントとなった。

### 4. 考察

本研究では小学校理科における学習活動をより真正性の高い科学的実践として成立させるために授業のカリキュラムをデザインする試みを行った。Klahr (2002) の「二重空間の探索としての科学的発見」モデルの目標構造にもとづいて、学習者の従事すべき科学的活動を検討した。その際、異なるグループ間の知識の社会化、教室全体としての知識を反省的に利用するために、CSCL システムを導入し、そこに外化される知識を探索することで仮説空間、実験空間の探索が可能となるように支援した。

小学校理科の二つの単元においてデザイン実験を行った結果、第一単元よりも第二単元の方でより期待される科学的実践が展開したことが分かった。その背景には二つの理由が考えられる。第一に、学習の目標として設定された課題の構造である。真正性の高い科学的な実践を実現するためには、課題が真正性の高いものでなくてはならない。今回の場合、両単元とも科学的理解に基づいた説明を要求するという意味では真正性が高いものであった。しかし、第二単元の課題は科学的説明を要求するだけでなく、その説明を利用して解決せねばならない問題を教室で共有することが要求された。こうした必然性が知識の社会化を促進したと考えられる。

第二に、学習活動における参加構造にも工夫があった。第二単元では、個々のグループがデータベースを閲覧する際に、まずそれぞれのグループの実験報告をダイジェスト的に行い、探索の指針とした。より適切に閲覧したい情報へと学習者を導くこうした活動の支援が教室全体としての知識のあり方に対して反省的な思考を促す大きな支援となることもわかった。

### 5. 参考文献

- Klahr, D. (2002). *Exploring Science*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Oshima, J., Oshima, R., Murayama, I., Inagaki, S., Takenaka, M., Yamamoto, T., Nagato, M. Yamaguchi, E., & Nakayama, H. (2002). CSCL Design Experiments in Japanese Elementary Science Education: Hypothesis Testing Lesson and Collaborative Construction Lesson. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.

#### Author's Note

本研究は、以下の研究助成をもとに展開された実験研究をベースに検討されたものである：文部省科学研究費補助金（基盤研究 B, 課題番号：11480030）「科学的な情報活用能力の育成を支援する学校・地域・大学連携プログラムの開発」（研究代表者：稲垣成哲）

研究協力校の神戸大学附属住吉小学校をはじめ、Knowledge Forum® Japan プロジェクトのメンバーの協力のもとに成立したものである。