千葉大学教育学部研究紀要　第63巻　231～240頁（2015）

授業におけるネットワークの形成と学級組織の自己組織性

蘭　千壽[1)]　　杉本成昭[2)]

[1)]千葉大学・教育学部　　[2)]小学館集英社プロダクション

Network During Cooperattive Learning in a Science Class and Self-Organization

ARARAGI Chitoshi[1)]　SUGIMOTO Nariaki[2)]

[1)]Faculty of Education, Chiba University

[2)]Shogakukan-Shueisha Productions Co., Ltd. in Chiyoda-ku, Tokyo, Japan

本研究では，「授業」を視点としたネットワークの形成と学級組織の自己組織性の関連について取り上げ，その過程で，授業における自己組織化とそれに関わるネットワーク機能が，学級組織という社会システムの自己組織性にいかに関わるか，また，それがいかなる効験を示すのか考察することを目的とした。授業事例の解釈的分析から，以下の結果を得た。⑴ネットワークといった触媒機能によって，個やグループ内及びグループ間に幾度となくゆらぎが生成され，そのゆらぎに対する自己言及が繰り返されていた。ゆらぎに対する自己言及によって自己組織化が果たされると，個のレベルにおいては科学的概念が構成され，また，グループ内及びグループ間レベルにおいては協同的関係による学びの構築が図られるようになった。⑵科学的概念の構成と協同的関係による学びの構築は，それぞれが単独に進められるのではなく，あるときは科学的概念の構成過程で協同的関係による学びが誘起され，またあるときには，協同的関係による学びの構築過程で科学的概念の構成が誘起された。こうした自己組織性に働きかけるミクロ－マクロループの形成と相互作用がネットワークにより体現されたのである。

キーワード：自己組織性（self-organization）　ネットワーク（network）　学級経営（classroom manegement）
協同学習（cooperative learning）　ミクロ－マクロループ（micro-macro loop）　理科授業（science class）

1．問題と目的

1.1　学級組織の自己組織性

学級は，学校教育組織における基本的な構成単位であるとともに，環境を最も敏感かつ的確に捉えることのできる現場でもある。それだけに，学習活動と生活全般に渡って充実させる学級経営に対する期待は大きい。学級経営研究会による「学級経営をめぐる問題の現状とその対応（最終報告書）」（国立教育研究所，2000）では，学級を「様々なうごめきや混沌とした状況を潜り抜けながら，個人も集団もそれぞれの課題を発見し，成長するための契機をつかむ場」と捉え，「もともと『形』のあるものではなく，授業や集団活動など多様な活動を通して新しくつくられるもの」であり，「その意図的計画的な営みが学級経営である」と指摘する。このことは，学級経営の重要性を再確認するだけではなく，学級の成長，そして秩序形成へ向けた積極的関与の必要性を示しているといえよう。

学級の成長及び秩序形成に関連する論点として，学級組織の自己組織性があげられる。高木（1995）によれば，「システムの要素である個が自分の内部モデルに自己言及すると同時に，要素間でそれぞれの内部モデルを相互参照することは，システム（社会や組織）の自然な動き」であり，「重要視すべきは，個が内部モデルに自己言及し相互参照することによって生じるシステムの自己組織性の現象である」とする。すなわち，この自己組織性は，組織の全体性を捉えた視点ではなく，学級の構成要素である個の行動から組織全体へのリンクであるミクロ－マクロループの形成及びその相互作用をも包括する概念であると解釈できる。これまで，蘭・高橋（2008）は，学級組織の活性化に向け，システム理論に基づく自己組織性論を展開する中で学級経営論の再構築を試みてきた。すなわち，管理型集団指導から脱却した新たな学級経営方法論しての自立型・自己組織型集団指導論である。この中で，質的調査分析により自己組織性を生成する指導方略として，活動性への仕かけ及びミクロ－マクロループの形成とその相互作用に着目している。活動性への仕かけは，個性的で創発的な個を肯定的に捉え，組織としての整序性よりも主体性を重視する。そして，児童の主体性を喚起するために活動を効果的に仕組むことである。また，ミクロ－マクロループの形成とその相互作用は，ミクロからマクロへの作用とマクロからミクロへの相互作用を活性化することで，集団の創発性を高めるとともに多様な個性が発揮される効果を狙うものである。こうしたシステムが一度構築されると，構成員間相互のコミュニケーションが中心となるシステムが生成され，児童主導型の学級組織が形成されていくとしている。

自己組織性と付随して展開される議論として，「ネットワーク型組織」あるいは「ネットワーク組織」がある。ネットワーク組織論の展開の多くは自己組織性の概念を採用しており，ネットワーク組織は「内部に高い多様性とゆらぎをもっているので，主体的，創造的に新たな組織構造を創り出しやすい（若林，2009)」といった利点について指摘する。また，ネットワーク組織のもつ特徴

連絡先著者：蘭　千壽

について，若林（2009）は，以下のように整理している。それは，⑴社会ネットワークを媒介にした緩やかな水平的結合（ルースカップリング），⑵組織の壁を超えて特定の目的を共有した自律的な協働，⑶ネットワークを通じた組織の内部や外部の資源や人材，情報の動員とその利用，⑷外部環境を判断基準にした意思決定と行動，⑸自己組織的で柔軟な変化，である。

従来の管理型集団指導においては，ゆらぎを逸脱と考え，統制すべき対象と認識されてきた。しかし，それを多様性の源泉としての創造的逸脱があることも指摘されてきた。そして，それは別様の存在や構造へとシステムを駆り立てる要因ともなる（今田，2012）。ネットワークの機能は，まさにこの自己組織性への働きかけにあり，緩やかな結合をしている要素が，現場から創造的な解を創り出し，自ら新たな構造を生成し変化させることである。

本研究では，「授業」におけるネットワークの形成と学級組織の自己組織性の関連について取り上げる。その過程で，授業における自己組織化とそれに関わるネットワーク機能が学級組織という社会システムの自己組織性にいかに関わるか，また，それがいかなる効験を示すのか考察することを目的とする。

２．実践の概要

本研究において学級組織の自己組織性を考える視点は，システムの要素である個が自分の内部モデルに自己言及し，それぞれの内部モデルを相互参照することで個々の自己組織性に働きかけること，そして，それによって生じるシステムの自己組織性にある。

ここでは，学級組織というシステムに自己組織性を生じさせ，児童主導型の学級組織形成に向けた授業実践について考察する。この授業実践は，小学校第４学年理科「ものの温度と体積」の単元において行われたものである。その際，児童が個々にもつ知識，理解，考え方など内部モデルに自己言及し，概念を構成していく過程，そして，協同的関係による集団としての学びの構築を図る過程においてネットワークを機能させた。

2.1　科学的概念の構成と学級集団づくりに向けた授業

本単元の内容は，「粒子」についての基本的な見方や概念を柱とした内容のうち，「粒子のもつエネルギー」に関わるものであり，ここでは，金属，水及び空気の性質について，興味・関心をもって追求する活動を通して，温度の変化と金属，水及び空気の体積変化とを関係づける能力を育てるとともに，それらについての理解を図り，金属，水及び空気の性質についての見方や考え方をもつことができるようにすることがねらいである。

理科の目標に示されている問題解決能力の育成については，「自然の事物・現象に親しむ中で興味・関心をもち，そこから問題を見出し，予想や仮説の基に観察，実験などを行い，結果を整理し，相互に話し合う中から結論として科学的な見方や考え方をもつようになる過程が問題解決の過程として考えられる」としている。問題解決能力を育成するには，例えば，空気を温めたり冷やしたりすると，空気が膨張したり収縮したりする現象論的理解に終始することなく，科学的な概念を使用して考えたり，説明したりする探究的な学習活動を取り入れていくことが必要となる。

そこで，本単元を指導するにあたり児童の実態調査を行い，素朴概念を抽出するとともに，それを科学的概念へ再構成するため，指導過程に以下のような仮説生成検証過程を位置づけた。それは，⑴仮説生成に必要な事象の変化に関わる要因の明確化，⑵観察や実験によって検証可能な仮説の設定，⑶仮説に基づいた実験方法の立案，計画，⑷実験結果の導出，⑸導出された実験結果と仮説との間の整合性，論拠の正当性についての検討，である。特に，仮説の設定及び実験方法の立案，計画段階で，意図的に児童のもつ素朴概念やアナロジーを活かすようにしたり，実験結果と仮説間の整合性，論拠の正当性について検討する段階で，認知的葛藤を促したりすることについて考慮した。認知的葛藤の有効性については，これまでも指摘されてきている。例えば，協同学習研究においては，学習者個々の力だけでは自らのもつ知識の不足や矛盾に気づくことができない場合があり，学習者が能動的に問題解決を目指したとしても，それが効果につながらないこと，そして，その場合，他者から提供される葛藤的な情報が，学習者の知識構築に大きな援助として働く（伊藤，2009）とした見解を示している。また，関連した先行研究では，協同学習が概念理解の深化に効果的であるとする要因を他者との認知的葛藤によって生じる省察的活動に求めていること（Miyake, 1986; Shirouzu, Miyake, & Masukawa, 2002），そして，この認知的葛藤は，内発的動機づけの前提となり，問題解決のための情報探索行動を促すこと（稲垣・波多野，1971）などが示されている。そこで，本単元における科学的概念を構成する視点から，仮説生成検証過程に協同学習を取り入れた。

また一方で，協同学習は，授業の中で集団を創る視点からもその有効性が考えられる。それは，協同学習が，「目標達成のために学習者が他者と相互に関わり，影響を与え合いながら学んでいく学習」であり，「学習者同士の協同意識の回復や協同的関係による意味ある学びの再構築，教室という共同体の中での個々のアイデンティティづくり（加藤，2003）」など，それがミクロ－マクロループの形成とその相互作用にまで言及する目的を擁しているからである。

2.2　自己組織化とネットワークを視点とした解釈

仮説生成検証過程における認知的葛藤を通して，素朴概念から科学的概念へ再構成することは，自己組織化による新たな概念に関わる秩序の形成であると考えることができる。自己組織化とは，システムが環境との相互作用を営みつつ，自らの手で自らの構造を変え，自力で自己変革を達成すること（今田，2005）であり，その本質は，ゆらぎと自己言及性にある。

従来の平衡理論では，ゆらぎはシステムの存在を脅かす，あるいは構造を解体させる攪乱要因として位置づけられてきた。それゆえ，サイバネティクスのようにシステムの均衡状態へ向けて制御すべき対象とされたが，こ

こでは，今田（2005）による自己組織性論に基づき，ゆらぎはシステムの存在や構造を脅かしたり解体したりする要因ではなく，別様の存在や構造へとシステムを駆り立てる要因であると捉える。さらに，今田（2012）によれば，自己組織化には，ゆらぎの中から次の可能性（新たな秩序の種）をどう増幅させていくかが重要であり，その役割を果たすのが自己言及であるとする。認知的葛藤の位置づけは，こうしたゆらぎの意味を自己言及的に考えることで，そこから新たな秩序パラメータを創発させること，すなわち，素朴概念から科学的概念へ再構成させる一過程であると考える。

さて，前項において，科学的概念へ再構成の視点から協同学習の有効性を捉え，仮説生成検証過程への位置づけについて触れた。また，そもそも，協同学習とは，「目標達成のために学習者が他者と相互に関わり，影響を与え合いながら学んでいく学習（加藤，2003）」であることから，本研究においては，ネットワークをその一学習形態として捉え，指導過程に位置づける。ネットワークの形成により，「そこでは，相互の価値観や考え方の違いが肯定され，対立と協力が共存することから維持される多様性が，問題解決のための力の源泉（安田，1997）」となり，「他者との認知的葛藤による省察的活動」や「情報探索行動」をより活性化させる効果があると考える。

3．授業の実際と考察

3.1　第４学年理科授業の実際

(1)　単元名「ものの温度と体積」（部分「空気の温度変化と体積変化」）

(2)　目標（部分「空気の温度変化と体積変化」）

①演示実験及び探索的実験の結果から，空気の体積変化等を温度変化と相関させて問題を抽出するとともに，仮説を立て，実験方法を考えたり，実験しようとしたりする。（自然事象への関心・意欲・態度）

②実験の結果から，空気の温度変化と体積変化等とを相関的に考察するとともに，その結果と仮説との間に齟齬が生じてないか，あるいは，論拠の正当性について問題はないかなど検討することができる。（科学的思考）

③実験計画に基づいて仮説検証に向けた実験を行うこと，また，実験結果を記録したり，その結果と仮説との関連を明確化できるようまとめたり，説明したりすることができる。（観察・実験の技能・表現）

④空気の体積は温度が高くなると大きくなり，温度が低くなると小さくなることを理解する。（自然事象についての知識・理解）

(3)　指導計画及び展開

学 習 活 動	自己組織性とネットワークに関わる指導(註)	観察された児童の学習行動
1．演示実験及び探索的実験により，試験管内の空気を温めるとゴム栓が飛ぶ現象をとらえ，その要因について予想する。また，要因についての予想から問題を焦点化し仮説生成に向ける。	演示実験及び探索的実験の結果から，空気の体積変化や上昇など，温度と関係づけて問題を抽出するとともに仮説を立てさせる。	演示実験や探索的実験の他，既習経験などから要因を考え，仮説に結びづけることができた。「ゴム栓が飛んだのは，試験管の中の空気が温められて，その空気が上に上がったからだろう」「冷蔵庫からペットボトルを出したら膨れていた。それは，ペットボトルの中の空気が温まったら，空気は膨らんだのだろう」など，空気の温度変化とそれに伴った空気の動きや体積変化などに着目した要因を関係づけていた。
2．生成した仮説を類型化するとともに，それぞれの仮説に基づいて問題解決にあたるグループを編成する。 (1)　仮説類型Ⅰ　空気膨張説 (2)　仮説類型Ⅱ　空気上昇説 (3)　仮説類型Ⅲ　空気循環説	仮説を空気膨張説，空気上昇説，空気循環説に類型化する。問題解決にあたるグループについては，これらの仮説類型に基づいて編成する。	
3．各グループで仮説に基づいた実験方法を考え，実験計画を立てる。また，実験方法について説明するための実験計画書を作成する。 (1)　仮説類型Ⅰ　空気膨張説 ①試験管の口に石鹸膜を張り，試験管内の空気を温めたとき，石鹸膜の様子を観察す	左項(1)，(2)様に膨張説と上昇説とが混同した状態で同様の実験計画を立てたとしても，子どものもつ固有のロジックを優先させる。 実験計画書を作成するにあたり，わかりやすく説明できるよう図や表などを有効に使うこと，また，仮説との関連を明確にして記述することなどに留意させる。	演示実験を参考に，各グループ内で仮説に基づいた議論を行い実験計画を立案している。空気を温める方法やそれに伴って起きる現象（膨張，上昇，循環）を観察する具体的方法として，石鹸膜を張ったり，ビニル袋を取りつけたりして状態変化を観る，水中に放出して確認するなど，多様な考えが出されていた。また，実験に使用する器具の選択についても話し合いがなされていた。

る。 ②フラスコを逆さにして水中に入れ，両手で本体を温めると，口から水中に空気が出るか観察する。 ③空気の抜けたボールを湯の中に入れ，ボールの状態変化を観察する。 ⑵　仮説類型Ⅱ　空気上昇説 ①注射器内の空気を温めたとき，ピストンの動きを観察する。 ②試験管の口に１円玉を置いて試験管内の空気を温めたとき，１円玉の動きを観察する。 ③試験管の口に石鹸膜を張り，試験管内の空気を温めたとき，石鹸膜の変化の様子を観察する。 ④フラスコ本体を湯に入れて温めたとき，フラスコ内の空気がゴム管を通ってビーカー内の水中に出てくるか観察する。 ⑶　仮説類型Ⅲ　空気循環説 ①フラスコの口にビニル袋をつけ，フラスコ内に線香の煙を入れて温める。そのとき，フラスコ内の空気の動きとビニル袋の変化の様子を観察する。 ②ペットボトル内に線香の煙を入れ，その口に石鹸膜を張る。ペットボトルを温めたときのペットボトル内の空気の動きと石鹸膜の様子を観察する。	実験計画立案の際，グループ内での議論や協同作業に限定することなく，同仮説の他グループ間との連携を図るなどグループ外ネットワークの形成も考慮する。 グループの枠組みに囚われず，グループ間の緩やかな結合形態（ルース・カップリング構造）を構成することにより，ネットワークの利点を十分に生かし，情報流通の活性化を図れるようにする。 ネットワーク化を図る際に，協同学習の基本要素である促進的相互依存関係，個及びグループの責任,集団改善手続き等を考慮する。グループ内，グループ間に関わりなく，個の貢献が活かされ，それが個々に認識されること，他者あるいは他グループへ依存性を強めるのではなく，仮説検証に向けた個あるいはグループの責任をもたせること，また，協同することの良さや意義を発見したり，認識したりすることができるようにする。	①空気上昇説⒜グループと⒝グループ双方が相互参照し情報交換を行うなかで，「試験管の口に１円玉を置いて試験管内の空気を温めたとき，その動きを観察する⒜」「試験管の口に石鹸膜を張り，試験管内の空気を温めたとき，石鹸膜の変化の様子を観察する⒝」などの方法を考えた。また，⒜⒝双方協同で，注射器内の空気を温めたときのピストンの動きから空気上昇説について検証しようとする実験方法を考えるなど，グループの枠組みに囚われず，その境界を超えた協働，あるいは,ネットワークを通じた必要な資源や情報へのアクセスが頻繁になされていた。 ②空気循環説グループは，循環の様子を可視化する方法について苦慮していた。その方法として「線香の煙」は教師側からの提案である。この提案を基に，他仮説グループの方法を参照しながら，実験方法を考え計画を進めていた。フラスコやペットボトルの口にビニル袋を取りつけたり，石鹸膜を張ったりする方法は，他仮説グループからの教示や参考に依るものである。
４．仮説に基づいた実験方法について，各グループで作成した実験計画書に基づいて説明する。	各グループで作成した実験計画書を掲示しておき，随時グループ間で参照，確認できるようにする。また，実験計画に修正，変更，付加などがある場合，更新するようにする。	説明された実験方法について，意見や質問が出された。この段階で実験方法の不備について説明ができないグループは，その後，実験方法を考え直したり，仮説との関連を捉え直したりすることで，実験方法に修正や変更を加えていた。
５．仮説及び実験方法について確認し，仮説検証に向けた実験を行う。 ①　仮説類型Ⅰ　空気膨張説 ②　仮説類型Ⅱ　空気上昇説 ③　仮説類型Ⅲ　空気循環説	実験の内容と方法，そして手順について確認させ，仮説検証に向けた実験の視点を明確にさせた。空気を温めることによって起こる現象理解に終始することなく，設定した仮説について疑問視したり，再考したりすることを促す。また，自仮説の実験方法に囚われることなく，他仮説グループの実験方法や結果を参照することで仮説や実験方法の修正，変更を考えられるようにする。 他仮説グループの情報へのアクセスにより，	③上昇説⒝グループと膨張説⒜グループは，それぞれ仮説が異なるものの，同じ実験（試験管の口に石鹸膜を張り，試験管内の空気を温めたときの石鹸膜の様子を観察）を行い，双方ともに同じ結果を得てそれぞれの仮説と結びつけた。双方，仮説を主張するため，補足的な実験方法を考え，証明しようとする動きが見られた。このように，他グループの実験内容や方法及び結果を参照して，自グループの実験内容や方法の妥当性について見直し

	自ら仮説や実験方法を考え直すための判断基準を得る契機とする。そのため，この段階では，リワイヤリングすることでネットワークを広げ,多様な情報が得られるよう考慮する。	を図ったり，結果と仮説との結びつきについて検討したりするなど，探究的な学習を展開する態様が確認された。
6．実験結果を記録するとともに，その結果と仮説との関連を明確化できるようにまとめる。	実験結果を記述するにあたり，図や表なども有効に使い，仮説と関連づけながら考察させる。実験結果と仮説との関連を明確化できるように整理することで，それらの間に生じた齟齬を発見した場合,再考する契機とする。この段階では，自己言及に結びつくようなゆらぎを生成させるようにする。	実験結果の記述については，「試験管の口に張った石鹸膜が膨らんだのは試験管内の空気が膨張したためである。これは，仮説『空気は温められると膨張する』ということになる」「試験管の口に１円玉を置いて試験管の中の空気を温めたとき，１円玉がパタパタと動き出した。これは，試験管の中の空気が上に上がっていったからである」など，仮説と実験結果とを関連づけ，児童なりのアナロジーで説明しようとしていた。 ④循環説グループは，予想した結果が得られず，仮説を改めて検討することを考えていた。「ペットボトルの中の空気を温めると，線香の煙はグルグル回るのではなく，グチャグチャに動きだした。空気が動き回っているようだった。そのため，ペットボトルの口に張った石鹸膜が膨らんだ」と表現している。
7．導出された実験結果と仮説との間の　齟齬や論拠の正当性などについてグループ内で検討する。 仮説と結果の間の齟齬及び論拠の正当性に問題を見出した場合，仮説及び実験方法について再考する。 また，再度実験する観点を明確にして実験を行い，結果について考察する。	実験結果と仮説との間に齟齬を発見させたり，また，論拠の正当性について検討させたりすることにより，科学的概念へ再構成させるようにする。齟齬の発見，論拠の正当性について検討する観点は，例えば,「実験結果は仮説と整合性をもち検証に結びついているか」「実験結果から仮説を検証できたといえるか」また,「仮説を証明するにあたって実験方法に不備はなかったか」などである。 仮説と結果の間の齟齬及び論拠の正当性に問題を見出した場合，仮説及び実験方法について再考させ，再度実験する観点を明確にして実験を行うようにさせる。 この段階では，前段階で広げたネットワークを各グループに戻して，他グループを参照した判断基準をもとに自グループの仮説及び実験方法を問い直したり，評価したりするなど自己省察を図れるようにする。	「注射器内の空気を温めたとき，ピストンが上に上がったことが，空気の上昇に因るものだと結論づけられるのか」「試験管の口に張った石鹸膜が膨らんだことが，仮説『空気は温められると膨張する』ことを証明したことになるのか。石鹸膜が膨らんだことは，温められた空気が上昇したと考えられないか」など，仮説と実験結果との整合性，あるいは,仮説を証明するにあたっての実験方法の修正,不備や補足などについて，焦点化した話し合いがなされていた。 ⑤循環説グループでは，実験結果でフラスコやペットボトル内の線香の煙が循環することなくランダムな動きを示したことにより，仮説との整合性に問題が生じた。そのため，再度実験を行ったが，結果はやはり循環することなくランダムな動きを示した。再度検討することで，空気が「動き回る説」と仮説を変更した。 ⑥上昇説⒝グループは，試験管の口に石鹸膜を張り，試験管内の空気を温めたときの石鹸膜の状態変化から上昇説を主張したが，同方法で実験していた膨張説⒜グループが，試験管口を横向き，下向きにしても石鹸膜が膨らむことを確認したため，論拠を覆されることとなった。この後，上昇説⒝グループは，実験方法の不備を補足修正する代替案が見出せず，膨張説へと仮説を変更した。 ⑦膨張説Ｂグループは，ボールの状態変化を観察していた実験過程で，空気が冷えると収縮することに気づき，空気を温めたり冷やしたりすると，空気が膨張したり収縮したりするといった「膨張収縮説」に仮説を修正した。

8．仮説の検証について，実験結果と関係づけて説明する。	実験結果について，他グループにわかりやすく説明するための方法を考えさせる。ポートフォリオやポスターなどの紙面説明のみならず，演示実験を交えるなどその工夫について講じることができるようにさせる。 他グループとの協同や示唆など，有効な手立てとなったことも加える。	⑧上昇説⒝グループは，膨張説⒜グループが，試験管口を横向き，下向きにしても石鹸膜が膨らむことを実験で示したことについて，実験する視点を変えることで，仮説の捉え方が変わってくるおもしろさを実感していた。 ⑨上昇説，膨張説グループから，「動き回る」説グループの説明を聞いて，その説からも「試験管口を横向き，下向きにしても石鹸膜が膨らむことを説明できるのではないか」とする考えも出された。 ⑩循環説グループは，上昇説グループから「煙が回っているというより，上に上がっていっているようにも見える」との指摘を受けた。その指摘が，仮説を見直す有効な契機となったことを伝えていた。（変更後「動き回る」説） ⑪上昇説⒜⒝グループは，双方が情報交換を行うなかで実験方法のヒントを得たり，協同して実験方法を考えたりできたことの有効性について説明に加えていた。

（註）「自己組織性とネットワークに関わる指導」において，「自己組織性」については，今田（2005）の示す自己組織性の特性から，⑴ゆらぎの生成と自己言及と⑵制御中枢の調整を，また，「ネットワーク」については，若林（2009）の示すネットワーク組織の特性から，⑴緩やかな水平的結合（ルース・カップリング），⑵組織の壁を超え，特定の目的を共有した自律的な協働，⑶ネットワークを通じて組織の内部や外部の人材，資源，情報の動員，⑷外部の環境を基準にした意思決定，⑸自己組織的な変化，を参考に捉え，記述した。

3.2　自己組織性及びネットワークを視点とした考察

ここでは，自己組織性とネットワークを視点に指導過程を考察する。

自己組織性については，ミクロ－マクロの視点，すなわち，⑴素朴概念から科学的概念への再構成に向けた個のレベルにおける自己組織性，そして，⑵協同的関係による学びの構築を図るグループ内及びグループ間関係で生じる組織レベルでの自己組織性として捉えている。また，ネットワークは，この自己組織性に働きかけるミクロ―マクロループの形成と相互作用を促進する触媒機能である。

授業や学習後に，児童が例えどのように望ましい変容を遂げたかに見えても，時間の経過とともに授業や学習前にもっていた素朴概念に戻ってしまうことが知られている（松森，1986）。こうしたことが起こり得る一つの原因は，授業や学習において児童の素朴概念を生かさなかったことにあると指摘されている。すなわち，児童の知識や考えとかなり異なる部分から授業や学習が展開されていたこと（堀，1988）が考えられる。したがって，科学的概念構成のためには，授業や学習において，児童の授業や学習前の素朴概念をいかにして指導に活かしていくかが求められよう。そこで，「実験方法の計画」段階では，仮説検証に基づいた実験方法を児童のもつ素朴概念やアナロジーを優先させながら，主体的に考え計画させるように配慮した。このように，児童のもつ固有のロジックに基づいて計画された実験方法を意図的に仕組むことにより，続く仮説検証段階において，個及びグループ内の自己組織性に働きかけるゆらぎを生成させる仕かけとした。

また，ネットワーク形成の視点より，この段階から，各仮説グループ独自に考えた実験方法のほか，同仮説の他グループの実験方法を参照したり，あるいは，実験方法を協同で考えたりする場を意図的に設定し，仮説検証に向けることもできるようにした（図1に示したように，フラクタル状のネットワークシステム（高木，1995）を想定し，サブシステムに各仮説グループを位置づける）。例えば，空気上昇説⒜⒝グループが協同で，注射器内の空気を温めたときのピストンの動きから空気上昇説について検証しようとする実験方法を考えている（学習行動①)。この協同した取り組みの前にも，双方のグループ

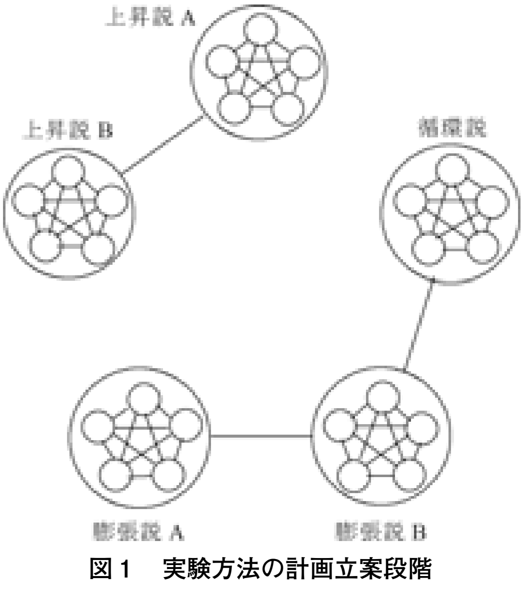

図1　実験方法の計画立案段階

は実験方法を相互参照し，情報のやり取りを行っている。また，空気循環説グループは，他仮説，上昇説・膨張説グループの実験方法を参照しながら計画を進めていた（学習行動②）。このように，仮説グループという「組織」の枠組みに囚われず，グループ間の緩やかな結合形態（ルース・カップリング構造）を構成することにより，組織の境界を超えた協働，あるいは，ネットワークを通じた必要な資源や情報へのアクセスが活性化されていたと考えられる。この柔軟性こそがネットワーク組織の特徴であり，より自己組織化を図りやすい学習形態として位置づけたものである。しかし，このことにより，些かの懸念が生じよう。それは，仮説検証に関わる他者あるいは他グループへの依存性と個あるいはグループの「責任」といった問題である。先に述べたように，ネットワーク化は協同学習の一形態であるとした捉え方であり，その本質には，ジョンソンらの協同学習における基本的要素（特に，「促進的相互依存関係」「個人の責任」「集団改善手続き」）（Johnson, D.W. Johnson, R.T., & Holubec, E.J., 1990）は必要不可欠であると解釈されたい。

「仮説検証の実験」の段階では，自己組織性に働きかけるゆらぎの生成に向けた指導をその中心とした。仮説検証に向けて各仮説グループでの実験がひとたび始まると，実験結果と仮説の間の齟齬に気づかなかったり，例え気づいたとしても，自らの仮説や実験方法に変更を加えることなく進めたりすることもある。そのためには，仮説にフィードバックし，実験方法や結果について疑問視したり再考したりすること，あるいは，仮説自体の捉え直しを図る契機が必要となる。この契機が，自己組織性に働きかけるゆらぎを生成する。そのため，ここではリワイヤリング（rewiring，情報伝達経路のつなぎ直し）（2009，西口）を架けること，すなわち，同仮説グループ間のネットワークに限定されることなく，他仮説グループとのネットワークを結ぶことを試みた。このことにより，他グループの実験内容や方法及び結果を参照して，グループ内で実験内容や方法の妥当性について見直しを図ったり，結果と仮説との結びつきについて検討したりするなど，それらの判断基準となる有効な手立てとなった。このことは，若林（2009）が指摘する「外部環境が判断基準」となるとしたネットワーク組織の特徴を示すものであると言えよう。ただし，西口（2009）が指摘するように，過剰なリワイヤリングはネットワークの自己制御力を弱め，かえって混乱を招く。逆に，リワイヤリングの欠如はネットワークを硬直化させ，やはり有害である。つまり，他仮説グループ間ネットワークとグループ内あるいは同仮説グループ間ネットワークのバランスが重要である。

例えば，上昇説(B)グループと膨張説(A)グループは，それぞれ仮説を異にするものの全く同じ実験を行い，双方ともに同じ結果を得てそれをそれぞれ自らの仮説から結びつけた。この実験は，試験管の口に石鹸膜を張り，試験管内の空気を温めたときの石鹸膜の様子を観察するというものである。結果は，双方ともに上向きにした試験管口の石鹸膜が膨らんだため，それをそれぞれの仮説に基づいた論拠とした（学習行動③）。ここで，どちらの仮説に正当性があるのか再考する必要が生じてくる。このように，外部環境（他仮説グループ）を判断基準として生成されたゆらぎは，個及びグループ内における自己組織性を触発する。そして，それには他仮説グループへのリワイヤリングが有効であった。

この段階でのネットワークは，他仮説グループへのリワイヤリングが積極的に架けられるようになり，図２及び図３に示したような態様になる。

「実験結果と仮説との関連の明確化」の段階では，「仮説検証の実験」の段階を通じ，自己組織性に働きかけるゆらぎの生成に向けた。ここで，循環説グループは，予想した結果が得られず，仮説を改めて検討することを考えている。結果の記述には，「ペットボトルの中の空気を温めると，線香の煙はグルグル回るのではなく，グチャグチャに動きだした。それは，空気が動き回っているようだった」と表現し，温めた空気は循環するのではなく，ランダムに動き回ることで，「ペットボトルの口に張った石鹸膜が膨らんだ」としている（学習行動④）。実験結果と仮説との齟齬からゆらぎが生成され，仮説に

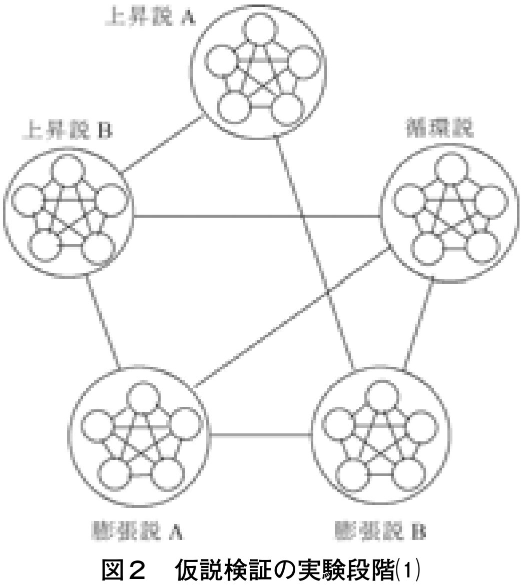

図２　仮説検証の実験段階(1)

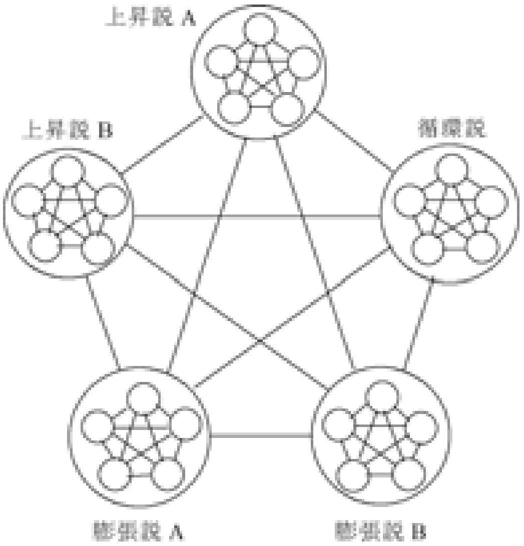

図３　仮説検証の実験段階(2)

対する問い直しを図ろうとする動きは，個及びグループ内での自己組織性への働きであると解釈することができよう。

「論拠の正当性について検討する」段階では，前段階において生成されたゆらぎに対して自己言及的に考えさせる指導を中心に行った。空気が上昇したり膨張したりするという現象論的理解に終始することなく，科学的な概念を使用して考えたり説明したりする探究的な学習活動の場である。それは，実験結果だけが独り歩きを始めないよう，仮説と実験過程及び結果とを関係づけて考察させることである。その際，実験結果は仮説と整合性をもって検証に結びついていたか，実験過程及び結果から仮説を検証できたといえたか，また，仮説を証明するに当たって実験方法に不備はなかったか，など自己言及的に問い直しを図るようにした。このことで，仮説を修正，変更するグループが現れた。例えば，循環説グループでは，実験結果でフラスコやペットボトル内の線香の煙が循環することなくランダムな動きを示したことにより，仮説との整合性に問題が生じた。この後，上昇説や膨張説をも考慮に入れながら再度実験を行った。結果は，やはり循環することなくランダムな動きを示した。上昇や膨張も特定できなかったことから，循環説は破棄され，また，上昇説や膨張説にも依拠することなく，空気が「動き回る説」と仮説を変更した（学習行動⑤）。これは，素朴な分子運動論的な考え方に触れたこととして，粒子についての基本的概念を捉えている。また，上昇説⒝グループは，試験管の口に石鹸膜を張り，試験管内の空気を温めたときの石鹸膜の様子を観察することで上昇説を主張したが，同方法で実験していた膨張説⒜グループが試験管口を横向きにしても下向きにしても石鹸膜が膨らむことを確認したため，論拠を覆されることとなった。この後，上昇説⒝グループは，実験方法の不備を補足修正する代替案が見出せず，膨張説へと仮説を変更している（学習行動⑥）。そして，膨張説⒝グループは，ボールの状態変化を観察していた実験過程で，空気が冷えると収縮することに気づき，空気を温めたり冷やしたりすると，空気が膨張したり収縮したりするという膨張収縮説に仮説を修正した（学習行動⑦）。

ゆらぎに対する自己言及は，こうした外部環境を参照した判断基準をもとに自グループに問い直しを図ったり，評価したりする自己省察の段階を経て，別様の考え方を形成して変更を加えることなのである。この段階では，ネットワーク組織の特徴として「自己組織的で柔軟な変化（若林，2009）」が示され，図４に示したような態様が考えられる。

「仮説の検証について実験結果と関係づけて説明する」段階では，グループ間での説明により仮説と実験結果に関する考え方を理解したり，意見を交わすなかで一層考えを深めたりすることが可能となった。例えば，上昇説⒝グループは，膨張説⒜グループの実験で，試験管口を横向きや下向きにしても石鹸膜が膨らむことを示したことについて，実験方法の視点の違いにより仮説の考え方が変わることを捉え，その興趣を実感している（学習行動⑧）。また，循環説グループは，上昇説グループかの指摘により仮説を見直す有効な契機を得て「動き回る」説

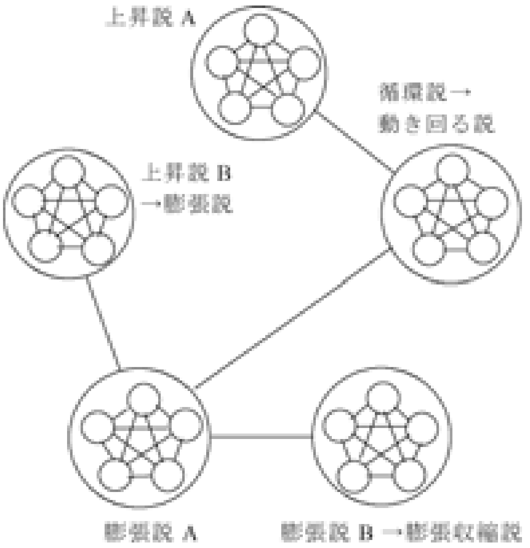

図４　論拠の正当性検討段階

と変更している（学習行動⑩）。「動き回る」説グループの説明は，上昇説や膨張説グループにゆらぎを与え，その説からも「試験管口を横向き，下向きにしても石鹸膜が膨らむことを説明できるのではないか」とする考え方の再編を促す意見も出された（学習行動⑨）。これら間接的協同関係による学びがある一方，上昇説⒜⒝グループでは，双方が情報交換を行うなかで実験方法のヒントを得たり，協同して実験方法を考えたりするなど，直接的協同関係による学びの有効性をも捉えている。

こうした一連の指導過程において，ネットワークといった触媒機能によって，個やグループ内及びグループ間に幾度となくゆらぎが生成され，そのゆらぎに対する自己言及が繰り返されていた。ゆらぎに対する自己言及によって自己組織化が果たされると，個のレベルにおいては科学的概念が構成され，また，グループ内及びグループ間レベルにおいては協同的関係による学びの構築が図られるようになった。しかし，科学的概念の構成と協同的関係による学びの構築は，それぞれが単独に進められるのではなく，あるときは科学的概念の構成過程で協同的関係による学びを誘起し，またあるときには，協同的関係による学びの構築過程で科学的概念の構成を誘起する。こうした自己組織性に働きかけるミクローマクロループの形成と相互作用が，ネットワークにより体現されたのである。

４．総合考察

本研究において，授業を通して学級づくりを考える視点は，蘭・高橋（2008）の自立型・自己組織型集団指導論に依拠したものである。そして，それは，児童が個々にもつ素朴概念等にゆらぎを生成させ自己言及することで自己組織化を図るとともに，学級組織というシステムに自己組織性を生じさせ，児童主導型の学級組織形成に向けた指導過程及び指導方略に関わる提起でもある。

指導過程における自己組織性については，以下の視点をもって捉えた。⑴システムの構成要素レベルとして，素朴概念から科学的概念への再構成に向けた個における

自己組織性，そして，⑵サブシステム及び全体システムとして，協同的関係による学びの構築を図るグループ内及びグループ間関係で生じる組織における自己組織性，である。

自己組織性を生成する指導方略として，蘭・高橋（2008）が示したのは，「活動性への仕かけ」及び「ミクロ－マクロループの形成とその相互作用」である。これにより，児童間相互のコミュニケーションが中心となるシステム及びネットワークの生成による児童主導型学級組織が形成されていくとする。本実践は，授業を通して，それを体現しようとする試みである。ここでは，その活動性への仕かけとして，仮説検証過程に「認知的葛藤」を位置づけた。それは，仮説や実験方法にゆらぎを与えるための仕かけであり，また，素朴概念から科学的概念への再構成に向けた活動性を誘起する賦活剤でもある。こうしたゆらぎに対して自己言及に向けた指導方略は，特に，実験結果と仮説間の整合性，論拠の正当性について検討する段階で有効に機能したことが確認された。認知的葛藤の有効性については，先に示した協同学習研究の指摘にあるとおり，他者から提供された葛藤的情報が学習者の知識構築に大きな援助としてはたらくこと，他者との認知的葛藤によって生じる省察活動が概念理解の深化に効果的であること，そして，問題解決のため外部へ向けた情報探索行動を促すことなどであり，それは他者との協同的関係による学びとの相乗機能によって生じるものであると考えられる。このことは，２点目の指導方略，ミクロ－マクロループの形成とその相互作用にも関わる。

ミクロ－マクロループの形成と相互作用に関しては，指導過程において，ネットワークを触媒機能とした協同学習を仕組んだ。これにより，グループの境界を超えた自律的な協働，また，グループ間での必要な資源や人材，情報へのアクセスや動員を図ることなどが確認された。こうしたネットワークによる効験は，グループという枠組みにとらわれない緩やかな結合形態（ルース・カップリング構造）によるものであり，外部環境（他者あるいは他グループ）を参照した判断基準をもとに問い直しを図ったり，評価したりする自己省察の過程を経て，科学的概念を構成すること，また，それとともに協同的関係により意味ある学びの構築を図るなど，自己組織的な変化をも可能とした。

授業における自己組織化とそれに関わるネットワーク機能が，学級組織という社会システムの自己組織性にいかに関わるか，また，それがいかなる効験を示すのか，今後，さらに多くの実践から多様な視点で分析，考察を図る必要があろう。そして，それに基づいた指導過程及び指導方略の再構成は，授業を通して学級づくりを考える視点に新たな提起を与えるものであると確信する。

引用・参考文献

蘭　千壽・高橋知己　2008　自己組織化する学級　誠信書房

蘭　千壽・高橋知己　2011　自己創出を生むコミュニティとしての学級　千葉大学教育学部研究紀要，第59巻，183-190

堀　哲夫　1998　問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー　明治図書　pp. 17

稲垣佳世子・波多野誼余夫　1971　事例の新奇性に基づく認知的動機づけの効果　教育心理学研究，19，1-12

今田高俊　2005　自己組織性論の射程　自己組織性と社会　pp. 18-44．東京大学出版会

今田高俊　2012　成熟社会を目指して　自己組織化で生まれる秩序　武田計測先端知財団編　pp. 57-83．化学同人

伊藤貴昭　2009　学習方略としての言語化の効果―目標達成モデルの提案　教育心理学研究，第57巻，pp. 237-251

Johnson, D.W. Johnson, R.T., & Holubec, E.J. 1990 Circles of learning. Interaction Co.（杉江修治・石田裕久・伊藤康児・伊藤篤訳　1998　学習の輪―アメリカの協同学習入門　二瓶社）

加藤寿朗　2003　教育用語辞典―教育新時代の新しいスタンダード―　p. 147．ミネルヴァ書房

国立教育研究所　2000　学級経営をめぐる問題の現状とその対応―関係者間の信頼と連携による魅力ある学級づくり―最終報告

松森靖夫　1994　初等・中等教育全体を通してみた地学教育の指導と評価　理科の教育，Vol. 43，No. 11，pp 12-15

Miyake, N. 1986 Constructive interaction and the iterative process of understanding. *Cognitive Science,* 10, 151-177.

西口敏宏　2009　ネットワーク思考のすすめ―ネットセントリック時代の組織戦略―　pp. 168-191．東洋経済新報社

Shirouzu, H., Miyake, N.,& Masukawa, H. 2002 Cognitively active externalization for situated reflection. *Cognitive Science,* 26, 496-501.

杉江修治　2011　協同学習入門　基本の理解と51の工夫 pp. 29-64　ナカニシヤ出版

高木晴夫　1995　ネットワークリーダーシップ　pp. 60-65．日科技連

高木晴夫　1996　ネットワーク組織を動かすネットワークリーダーシップ　慶應経営論集　第13巻第３号 pp. 53-69

若林直樹　2009　ネットワーク組織―社会ネットワーク論からの新たな組織像―　pp. 36-40．有斐閣

安田　雪　1997　ネットワーク分析―何が行為を決定するか―　pp. 35-36．新曜社

Appendix　素朴概念に関する問題調査

問題解決の過程は，児童自らの気づきや疑問に裏づけられた仮説を観察や実験によって検証を行う探究であり，そして，その過程で素朴概念を科学的概念へと再構成していくと考える。以下，事前にもつ素朴概念を把握するため実態調査を行った。

（問題１）では，空のビンの口に石鹸水の膜を張り，熱い湯の中に入れた「空気の膨張」に関わる設問である。結果から，最も回答数が多かったのは，選択肢④の「空気が上に上がっていく」であり，52.6％の回答率である。その選択理由の主なものは，「蒸発しようとしてるから」「熱いと空気は軽くなり上に行く」「煙と同じで熱いと上に上がっていくから」など自分なりのアナロジーを用いて説明しようとしている。次いで多かったのが，選択肢②の「中の空気がふくらむ」というものであり31.6％を占める。この選択肢は現象論的観点からすれば，ほぼ正解と判断してもよい。②を選択している児童の中にもその理由として「空気が逃げようとする」「水蒸気になって上に行く」など不適切なものであるが，自分なりのアナロジーを適用して考えていることがわかる。

空気の温度による膨張を科学的にとらえるならば分子の運動量変化に関わる。それによれば，この調査問題の最も適切な選択肢は①の「空気の動きが速くなる」であると考えられる。しかし，この項目への回答数は皆無であり，分子運動論的な考えには全く及んでいないことがわかる。例え学習前に空気の膨張が現象論的に理解できている選択肢②を選んだ児童が30％以上いたとしても，そのほとんどが現象論的レベルの理由しか書けていない。この内容の場合，「空気は温められると膨らむ」という現象を選択肢①に関連づけて「空気の動きが速くなり押されていく」など素朴な分子論的な考え方をもって説明できるようになることも望まれる。

（問題１）
下の図のように（図略），空のビンの口にせっけん水のまくをはり，熱いお湯の中に入れました。すると，シャボン玉ができました。シャボン玉がふくらんだとき，ビンの中の空気はどんなふうになっているでしょう。次の①～④の中から選び，選んだわけも書きましょう。
①中の空気の動きが速くなる
②中の空気が膨らむ
③空気が外から入ってきてふえる
④中の空気が上に上がっていく

（問題２）では，へこんだボールにお湯をかけるとボールが元に戻るのはどうしてか問うものである。（問題１）で出題した石鹸膜が膨らむ理由と同じ原理原則で回答可能なのであるが，回答の選択には齟齬がみられる。事象が異なると，その場面，場面に応じて児童は多様な考えを展開するからである。

調査結果から，適切な回答である⑤「ボールの中の空気が膨らむ」は，①「お湯でゴムがのびる」と同数の34.2％であった。選択肢②③④については，それぞれ10.5％が選択している。さらに，（問題１）で出題した石鹸膜が膨らむ理由として②「空気の膨張」と（問題２）での選択肢⑤を選んでいる児童はわずかの３人であり，全体の７％に過ぎなかった。このように，同じ原理原則で回答可能な事象を提示されても，大別してお湯，ボールのゴム，ボールの中の空気のそれぞれに着目する児童がいるということである。着眼点，換言すると前提が異なれば，それをもとにして展開される思考や結論も科学的なものとなりがたい。それゆえ，扱う内容が決まっていたとしてもどのような場面を取り上げてどう構成するのかが，授業や学習において極めて重要な問題となってくる。

（問題２）
へこんだボールに熱いお湯をかけると，もとに戻りました。どうして元に戻ったのでしょう。次の①～⑤の中から選び，選んだわけも書きましょう。（挿入図略）
①お湯の熱でゴムがのびる
②ボールの中に空気が外から入ってくる
③ボールの中の空気が蒸発する
④水蒸気がボールの中に入る
⑤ボールの中の空気が膨らむ

※事前調査で出題した（問題１）（問題２）はともに，堀（1998）による。