

中学校理科「力学」分野における概念地図法の適用

沖花 彰*

【要 約】

中学校入学時から大学卒業時までの各学習段階における学習者の中学校理科「力学」分野に関する既有概念を、学習者の作成した概念地図をもとに調べた。あらかじめ提示した8つの概念ラベルをもとに行った分析と学習者が自由に付け足した概念ラベルに関する分析について報告する。提示した概念ラベルに関する分析からは学習者の概念構造が学習履歴とともに複雑かつ統合的になる様子が明らかになった。さらに日常知から学習知へ概念が移行していた。また追加された概念ラベルの分析では、学習履歴に応じて学習者が所有している学習知あるいは日常知に関する既有概念を知ることができた。特に中学生にとって力概念と強く結びついていた概念は「人間」や「筋肉」といった日常知に近い概念であった。

1. はじめに

理科離れということがよく言われる。我々は、この理科離れの原因は何か、ということに関心を持ち、この研究を始めた。認知心理学によれば、教育にとって、学習者の概念構造とそれを形成した記憶プロセスの把握が非常に重要である。これによると、正しい知識を分かり易く教育しさえすれば、学習者はその知識を獲得するというものではない。授業を通して得られた情報は、まず、「見た・聞いた」というような知覚情報として短期記憶に入る。これは、このままでは忘れ去られてしまうのだが、この後、学習者固有の概念体系である長期記憶と比較検討され、学習者にとって有意味であると判断されれば、受容され記憶される。しかし、もし無意味であると判断されれば、そのまま忘れ去られてしまう。オーズベルはこの学習プロセスを考慮し、最良の学習理論として、「有意味学習」を提唱した¹⁾。「有意味学習」とは、単なる記憶学習である「機械的学習」と対照をなすもので、彼によれば「新しい知識を既知の関係概念ならびに命題に関連づけるように選択し学習すること」であり、受け身的な受容学習ではない。つまり、「何を教育すればよいか」

「どう教育すればよいか」を決めるには、学習者の長期記憶（既知の関係概念ならびに命題）を把握する必要がある。さらにノバックは、この既知の関係概念ならびに命題を探る手段として、概念地図法を確立した²⁾。彼によれば、概念地図とは理科における用語をその関連性の度合いにより、学習者が各自の方法により結びつけて、各々の理解の世界を構成したものであり、具体的には、複数の概念ラベルとその直接の関係を意味する線と結合語により、学習者の概念構造を視覚化したものである。

概念地図法は、現在では学習者のもつ概念を探る有効な認知的手法の一つとなっており³⁾、理科教育においても様々な形で活用されている⁴⁾。概念地図法の理科教育への適用はその用途により大きく3つに分けられる。1つ目は学習者の概念を探り教授の助けとする教授ツール、2つ目は教授側からの評価もしくは学習者自身の自己評価ツール、3つ目は学習者の考えを整理したり表現したりする学習ツールである。教授ツール⁵⁾は調査を学習前に行い、「学習者がすでに何を知っているかを探索」し⁶⁾、教授の助けとする。評価ツール⁷⁾は、調査を学習後または学習前後に行い学習によって生じた概念変容を探り、学習の評価の助けとする⁸⁾。また学習ツール⁹⁾は①自分の疑問を整理することで問題を把握する②自分の見方考え方を顕在化することで振り返る③お互いの考えを交換し共同で考えを深めるなどがある¹⁰⁾。

*京都教育大学教育学部

もともとは学習者の概念を探るために導入されたが現在では学習者の学習ツールとしての利用に重点がおかれている。

我々は、この概念地図法を用いて、中学生から大学生まで、中学校理科における力学分野を学習したものの概念構造を探ることを試みた。本研究は学習者の既存概念を調べ、それをカリキュラムや教授法の改善に役立てるといって教授ツールに近いが、力学分野という一つ概念構造が中学生から大学生まで様々な学習段階とともにどのように変容しているのかを概念地図法を通して明らかにする点において特徴がある。また同時に本研究では学習者のもつ素朴概念・日常知が学習知とどのように関わっているかを追加ラベルという形で顕在化させることも試みた。

ここで、中学校理科を対象にしたのは、学習者が概念地図を作成することが年齢的に可能であることと、理科嫌いの多くは中学校段階から始まっていると言われているからである。また、力学分野を対象としたのは、特に理科嫌いが顕著であると言われている物理学の基礎であることと、力は経験的に理解と親しみがあ概念地図を書いたときに結合される語が多い反面、その日常知が誤解の原因となっている可能性があるからである。

II. 調査方法

1) 調査対象

表1 調査対象の分類

グループ番号	学校種別	人数	履修状況			
			中学理科	高校物理	大学物理基礎	大学物理専門
1	中1	40	×	×	×	×
2	中1	39	△上巻履修済	×	×	×
3	中3	64	△下巻履修前	×	×	×
4	高2(文)	57	○	×	×	×
5	大学(文)	35	○	×	×	×
6	高2(理)	40	○	△力学履修済	×	×
7	大学(理)	40	○	×	○	×
8	大学(理)	66	○	○	○	×
9	大学(物)	25	○	○	○	○

この調査は平成11年秋から平成13年春まで、京都教育大学附属桃山中学校、附属高等学校、および教育学部の生徒、学生を対象に行われた。従って被験者はすべて旧学習指導要領での学習履修者である。被験者を学習段階

により9グループに区分した。各グループを学習履歴によって分類したものを表1に示す。○は履修済み、×は未履修、△は一部履修済みを表す。グループ1は、理科第1分野の力や運動に関する学習をいっさい履修していない中学校入学直後の1年生、グループ2は第1分野(上)力の分野(「身のまわりの現象—力と圧力—」)を履修した中学1年生、グループ3は、第1分野(下)力の分野(「運動とエネルギー」)履修直前の中学3年生、グループ4は文系の高校2年生であり、理科は化学か地学しか選択していない。グループ5は、文系の大学生であり、高校時代に物理を全く履修していない。グループ6は、理系の高校2年生で、物理を履修中のもので力学分野については学習済みである。グループ7及び8は、物理以外を専攻する理科の大学生であり、大学において、力学分野の基礎を含んだ理科免許の教科に関する科目を履修したものである。そのうちグループ7は、高校で物理を履修しなかったもので、グループ8は履修したものである。最後にグループ9は大学で物理を専攻する2回生以上であり、大学において力学に関する専門的な授業を履修したものである。概ね各グループ40名程度を確保するよう留意した。グループ1からグループ9になるにつれて学習履歴が高くなる。本研究では、力学分野の学習が中学校までで終わっているグループ(グループ1~5)を「学習履歴の低いグループ群」、高校以上で引き続き学習しているグループ(グループ6~9)を「学習履歴の高いグループ群」と呼んで大別した。

2) 用いた概念ラベルについて

一般に、概念地図作成においては、被験者は鍵概念ラベルだけを提示され、各自想起する他の概念ラベルを付け足しながら作成する方法と、鍵概念ラベルといくつかの概念ラベルを提示され、それらを使って作成する方法とがある。ここで、鍵概念ラベルというのは、作成しようとする概念地図の中で最も中心となる概念ラベルを指す。本調査では作成者が概念地図の作成に慣れていないということを考慮して、鍵概念ラベルを含めた8つの概念ラベルを提示した上で、さらに自由に概念ラベルを付け足してもらい作成する方法をとった。鍵概念ラベルは「力」とし、さらに「重力」「物体」「地球」「重さ」「質量」「運動」「エネルギー」の概念ラベルを提示した。これらは、すべて中学校の教科書にでてくる語で、例えば啓林館の新訂理科(平成10年度版)では、「力」「重力」「物体」「地球」「重さ」「質量」の6つのラベルは上巻で、「運動」「エネルギー」は下巻で出てくる語である。

本研究では調査者が提示したこれら8つの概念ラベルを「提示ラベル」とし、被験者が自由に付けた概念ラベルを「追加ラベル」と呼ぶ。概念構造の階層性については「力」ラベルを上位概念として作成するよう指示はし

たがそれ以外については指示しなかった。そのため作成された概念地図に階層構造が明確であるものとそうでないものが出た。

3) 調査手順

調査時間は、説明5分と作成40分とした。また、開始前に、対象者の学年や性別や学習履歴などを聞くアンケートを行った。作成における手順を、実際に調査者が話した内容に沿って資料1に示す。

追加ラベルは、被験者の「力」に関連する自由な発想を調査することが目的であるので、「力学」分野に限定せずに日常知や他の分野および教科に関連する学習知なども可とした。また、被験者の付け足した追加ラベルからさらに追加ラベルが付け足されている場合もあるが、本報告では提示ラベルとの関係を中心に分析しているため、提示ラベルから直接追加された、追加ラベルのみについて考察した。

Ⅲ. 調査結果と考察

〈提示ラベルに関する分析〉

1) 想起順

表2 提示ラベルの想起順

グループ番号	重力	物体	地球	重さ	質量	運動	エネルギー
1	4.0	6.6	5.9	5.1	7.3	4.0	3.7
2	3.3	5.8	4.8	4.5	5.5	5.3	4.5
4	3.3	6.3	5.7	5.5	6.2	5.1	3.8
5	3.4	7.0	4.6	4.5	6.8	4.2	4.5
6	3.4	6.0	5.3	5.8	5.6	4.7	4.4
7	3.9	5.7	5.4	6.6	5.7	5.0	4.9
8	3.6	4.0	3.7	2.6	3.1	4.9	5.6
9	2.8	5.6	5.0	3.5	3.9	5.0	5.4
全体	3.5	5.9	5.1	4.8	5.5	4.8	4.6

まず、最初に提示した8つの概念ラベルについて、想起順を調べた。想起順とは、被験者が各ラベルの位置を決めた順序のことである。想起順からは、「すぐに思い浮かんだ」という点で、各ラベルの「力」概念との結合の強さが分かる。つまり、「力」と聞いてまず最初に思い浮かべるラベルほど想起順が早く結合が強い。

調査の際には「力」ラベルを第1番目に置くように指示したが、力を第1番目に置かなかったものも数人いたので、その場合は「力」ラベルを1番に繰り上げて数え、そのほかの概念ラベルを順次繰り下げた。グループごとの平均想起順を表2に示す。(グループ3のみ調査で

きなかった。)「力」ラベルを1としているのでそれ以外はすべて2より大きくなる。表の値が小さいほどそのグループ内で想起が早いラベルを意味する。全体としては「重力」ラベルがもっとも早く、「質量」、「物体」がやや遅いという傾向が見られた。力概念の中心となっている語は、「重力」であることが示唆される。ただ力学習前のグループ1では「エネルギー」を一番早く想起している。「エネルギー」は学習履歴の低いグループ群のほうが学習履歴の高いグループ群に比べて想起が早い。逆に「質量」は学習履歴の高いグループ群のほうが想起は早い。「重さ」は日常知に近い概念であるが学習履歴の高いグループ8や9で早く想起していた。これらのグループでは「重さ」が「重力」と同じ「力」であることが理解されていることを示唆している。

2) 結合の本数

8つの提示ラベル同士の結合線の本数を調べることで提示ラベル間の結合の強さを考察した。(後述する追加ラベルとの結合は含んでいない。)全グループを通して1つのラベルから出ている結合線のもっとも多かったのは、「力」(平均3.5本)で、ついで「重力」(2.9本)であった。他の6つの提示ラベルについては、大きな差は見られなかった。このことは、1)で述べた、「重力」ラベルの想起が早く、他の6つのラベルに差が見られないことと一致している。1つのラベルから出ている結合線の数は、全体で平均2.5本であった。グループごとの平均本数は1.9本～3.1本で学習履歴の低いグループほど結合の本数が少ない。「力」ラベルからの結合が多かったのはどのグループも共通して「重力」で、次に多かったのは「エネルギー」「運動」であった。さらに「重力」からは「地球」、「重さ」が結びつき、一方「エネルギー」と「運動」はお互い同士で強く結びついていた。このことから8つの提示ラベルは「力」「エネルギー」「運動」という概念グループと「力」「重力」「地球」「重さ」という概念グループに分かれる。これはグループに関わりなく共通した傾向であった。「質量」は、日常語でなく、理科の授業でのみ習う語であるため全体として結合は少なかったと考えられる。「物体」は、「質量」との間で結合が高かった。

3) 平均概念地図

田中らは⁵⁾被験者グループとしての概念構造の特徴を分析するためにラベル間の結合のパーセンテージからラベル間距離を算出し立体モデルを構築しているが本研究ではグループごとの特徴を表す概念構造をさらにグループ間で比較するため図1に示すような平均概念地図を作成した。

この概念地図は8つの提示ラベル間の結合の強さがグループ間で比較できるようにしたもので、図における各

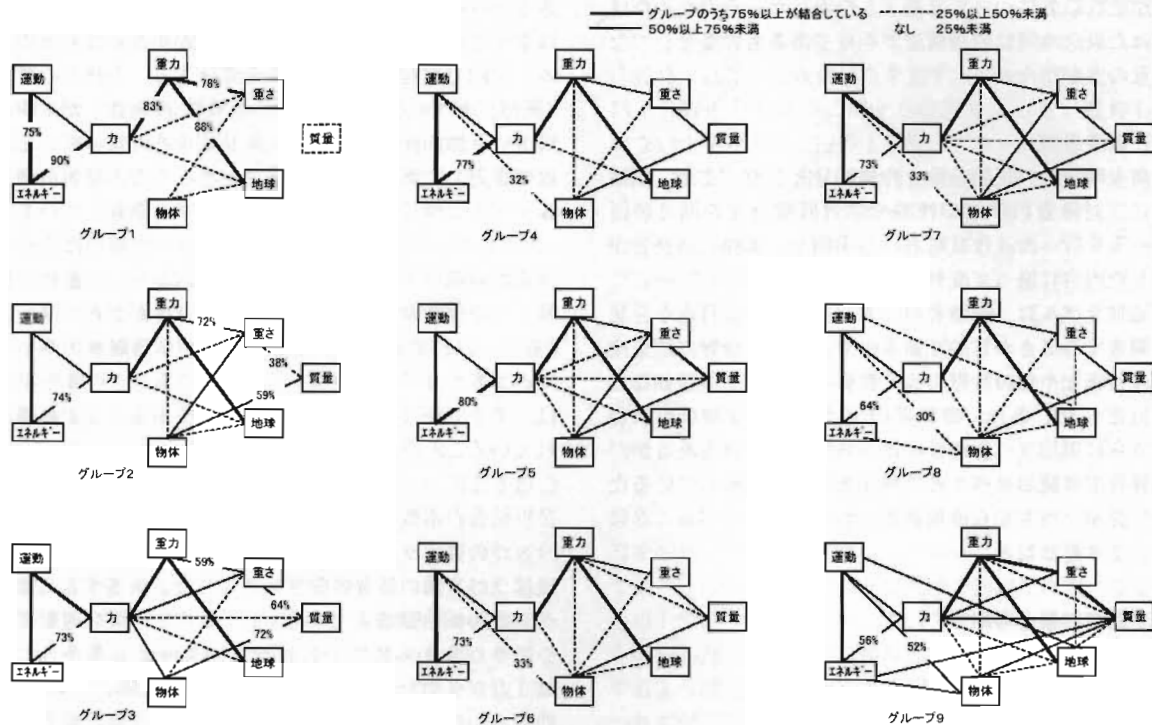


図1 グループごとの平均概念地図

ラベルの位置は被験者の書いた位置ではなく著者が統一した。参考のために被験者が書いた概念地図の例を図2に示す。被験者の描いた概念地図から8つの提示ラベルとその間の結合線のみに着目し、グループごとに結合線のあるなしを集計し、それを図1に線種の違いで示した。グループ内で75%以上が結合しているものを太実線、50%以上75%未満を細実線、25%以上50%未満を点線、25%未満しか結合していないものは線を引かなかった。またグループ1では「質量」ラベルを概念地図の中に使用したものが33%しかなかったのでラベルの枠を点線にした。これは「質量」という概念が中学校ではじめて導入される概念で日常的にもなじみが薄いためと思われる。なおこれ以外ほかのグループもすべての提示ラベルを全員が使用していた。なお図には本文で言及したラベル間の主な結合について割合を数値で挿入した。

①全体の傾向

図1からわかるように、学習履歴が高くなるにつれて結合線が多くなり概念地図が複雑になっている。これは学習が進むにつれて8つの概念ラベル間の相互の結合が増し、統合的調和¹¹⁾が進んでいることを示すものといえる。その一方で学習履歴の低いグループでは鍵概念「力」ラベルの左と右で結合が分離している傾向が見られる。向かって右側にあるラベルは中学校理科上巻(「力と圧力」の単元)で学習するもので左が下巻(「運動と

エネルギー」の単元)で学習するラベルである。学習履歴の低いものでは、単元ごとの分離した学習にとどまっており、力学における大きな世界観が形成されていないことを示している。逆に学習が進むにつれて一体化した概念形成が進んでいる。

②グループ1の特徴

このグループは中学校に入学したばかりで、小学校での学習及び日常知のみによる概念を反映したものとと言える。「質量」という概念はまだあまり知られておらず、他との結合もない。「重力」の概念は「力」「地球」「重さ」との強い結合からわかるようになんかなり持っている。ただ、他のグループでは共通して30-40%見られる「重力」と「物体」の間の結合がほとんど見られない(約3%)。「地球」が「重力」を及ぼしているという概念が強い一方で「物体」が「重力」で引かれているという概念が弱い。また「エネルギー」と「力」との結合が他のグループに比してもっとも強い(90%)。これは日常的に「力」を「フォース」ではなく「パワー」と呼ぶことに象徴されるように「力」と「エネルギー」の混同を強く持っていると考えられる。

③グループ2, 3の特徴

このグループはグループ1の生徒が力学の上巻の部分学んだ後に調査したものである。力学習前後の概念変容を示唆すると期待できる。「質量」が「重さ」「物体」と

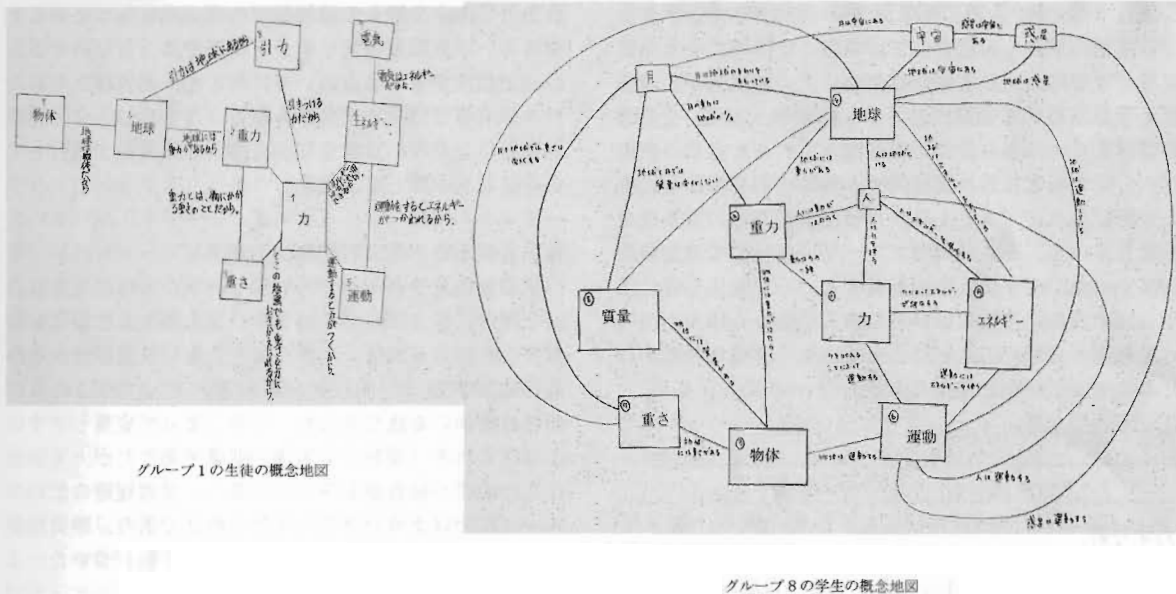


図2 生徒が描いた概念地図の例

結合し、物体固有の概念として捉えられるようになる(質量-重さの結合 グループ1 (以下G1と略記する。他も同様): 13%, G2: 38%, G3: 64%, 質量-物体の結合 G1: 20%, G2: 59%, G3: 72%)。グループ1に比べ、「物体」からの結合が増えている。同義語である「重力」と「重さ」の結合はグループ1に比べ学習段階が進むにもかかわらず逆に減ってくる (G1: 78%, G2: 72%, G3: 59%)。「質量」という概念の導入が影響している可能性がある。左右の分離は改善されていない。

④グループ4, 5の特徴

これらのグループは中学校力学分野の学習を終えたもので、その後の力学分野の学習はしていない。グループ5のほうが学習後の経過が長い。中学校学習の定着度を反映すると期待される。「運動」と「物体」の結合はグループ4でいったん多くなるが(32%)グループ5でまた減っている(17%)。またグループ2, 3でいったん減った「エネルギー」と「力」の関係がやや強くなる (G1: 80%, G2: 74%, G3: 73%, G4: 77%, G5: 80%)。

⑤グループ6~9の特徴

これらのグループは中学校履修後、再度高等学校もしくは大学においてさらに力学の履修を行ったグループである。「運動」と「物体」の結合が現われ、「力」と「エネルギー」の結合は弱まる (G6: 73%, G7: 73%, G8: 54%, G9: 56%)。結合が全体にまんべんなく広がり、8つの概念の総合的理解ができるようになる。グループ8, 9では「物体」と「エネルギー」のつながりが強くなりエネルギーをもつ主体としての物体という位置づけが見られるようになる。

〈追加ラベルに関する分析〉

8つの概念ラベル以外に被験者が自由に付け足した概念ラベル(以下追加ラベルと呼ぶ)について分析した。今回の調査では自由に追加ラベルを付け足してもらったので、提示ラベルから付け足されたもの以外に、追加ラベルからさらに付け足された追加ラベルも多くあった。しかし今回は提示ラベルから付け足された追加ラベルについてのみ報告する。

1) 1人当たりの追加ラベル数

各グループにおいて、1人あたりの平均追加ラベル数は5~7でグループによる顕著な差異は見られなかった。

2) 追加ラベルの分類

追加ラベルは非常に多様であったのでその内容によって表3のように分類した。各グループに共通して追加頻度の高いラベルには下線をつけた。もっともよく見られた追加ラベルは「万有引力(引力)」で、すべての被験者の5割以上が追加していた。ついで「人間」(同33%) (類似語として筋肉)「宇宙」(同27%)といったラベルであった。中学校においては、「万有引力」という語は教科書には登場しない。「重力」は、「地球がその中心に向かって引力」と紹介されているだけであり、それが万有引力によるものであることは触れられていない。万有引力が導入されるのは、高等学校の物理Ⅱからである。それにも関わらずどのグループでも頻度が高いのは、「万有引力」という言葉が日常知として定着していることを示している。

注目すべきは「人間」「筋肉」という追加ラベルがグループに共通して多く追加されていることで、特に中学生のグループではもっとも頻度が高かった。被験者が、理科という自然科学の学習においても自分や「人間」を意識して考えているということの意味している。力学は物理学の分野でもとりわけ機械的で、興味感心を持たせにくい分野であるが「人」と結び付けた学習方法の有効性を示唆している。それ以外でグループに共通して追加頻度の高かったラベルは、「宇宙」「月」といった天文分野に関する語である。授業においてこれらの語から導入・展開へ進む流れをつくることによって、より有効な授業が行えるのではないかと考えられる。

表3 追加ラベルの分類

	主な追加ラベル
力学分野	万有引力(引力), 圧力, 速度, 加速度 etc.
天文分野	宇宙, 月, 太陽, 惑星, 自転 etc.
電磁気分野	電気, 電力, 磁力, 電磁気力 etc.
その他の物理分野	熱, 光, 原子力, 熱量, 波, 音 etc.
化学分野	原子, 分子, 空気, 気体, 液体, 固体 etc.
生物分野	筋肉, 生物, 食物, 生命, 動物, 植物 etc.
地学分野	地震, 火山, 地学 etc.
日常的分野	人間, 水, スポーツ, 自然, 体重 etc.

3) ラベル分野別追加頻度

表3のように分類された8つの分野ごとの追加ラベルの追加頻度をグループごとに表4に示す。いずれのグループも「力学分野」「日常的分野」の追加が多いことがわかる。ここで注目すべきことは、学習履歴の低いグループ群と、学習履歴の高いグループ群とで、「日常的

表4 追加ラベルの頻度

グループ	日常	力学	天文	生物	他の物理	化学	電磁気	地学
1	52%	16%	7%	7%	4%	4%	11%	0%
2	43%	25%	12%	8%	7%	2%	3%	0%
3	37%	21%	14%	17%	6%	2%	2%	0%
4	34%	24%	16%	10%	7%	4%	3%	1%
5	37%	27%	18%	4%	7%	3%	2%	0%
6	27%	36%	10%	3%	12%	4%	8%	0%
7	23%	27%	16%	13%	9%	8%	3%	2%
8	25%	35%	18%	3%	8%	7%	4%	0%
9	23%	38%	15%	2%	12%	3%	6%	0%

野」と「力学分野」の追加頻度の順が逆転していることである。学習履歴の低いグループ群では「日常的分野」の追加頻度がもっとも高いのに対して、学習履歴の高いグループ群では「力学分野」がもっとも高い。学習履歴が進むにしたがい、日常知から学習知へ概念が移行していることを示唆している。

4) 各提示ラベルに対する追加頻度

次に各追加ラベルがどの提示ラベルから付け足されたかを図3に示す。いずれのグループも類似した傾向を示しており、「力」「地球」「エネルギー」という提示ラベルからの追加が顕著であった。被験者にとって、これらの語は日常的に身近であるか、学習によって定着しやすいと考えられる。「運動」も追加が顕著であったが、追加ラベルの内容や結合語を調べてみると、学習履歴の低いグループ群ではより日常的な運動の概念であり、学習履歴の高いグループ群では力と運動の関係が結びついた、より専門的な概念となっていた。

5) その他の追加ラベルについて

エネルギーは、中学校の教科書でも、数多く登場するよく知られた概念の一つである。今回もエネルギーに関

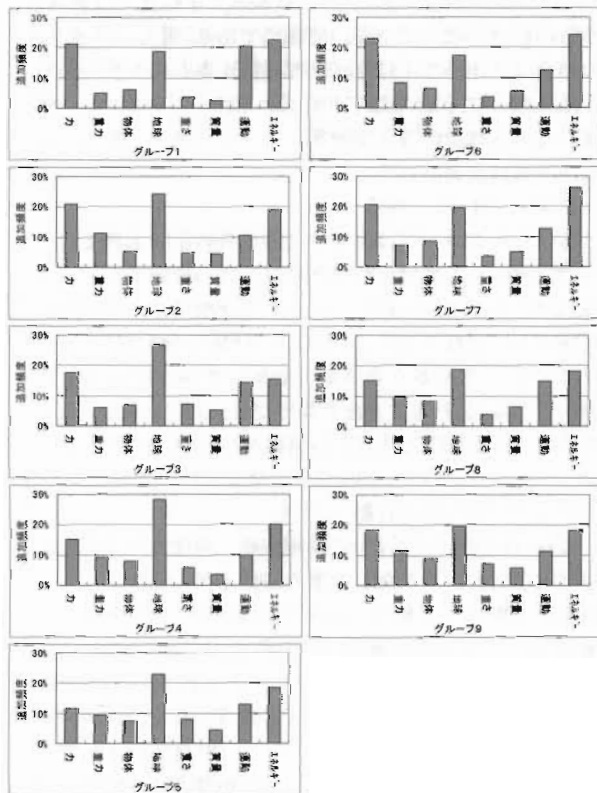


図3 グループごとに見た提示ラベルからの追加頻度

する追加は多かったが、中学校第1分野下巻の「仕事とエネルギー」に含まれる「仕事」「位置エネルギー」「運動エネルギー」「力学的エネルギー」といった学習知に近いラベルを追加していた被験者の割合は学習履歴の低いグループ群で0、大学生以上のグループ7～9になってはじめて2割を越えた。他の日常的なエネルギーに関するラベル（熱エネルギー、光エネルギー、電気エネルギー等）は両グループ群とも3割以上の被験者が追加していたことから力学分野の学習知的なエネルギーの定着度が低いことが伺える。また中学校第1分野上巻「圧力と力」の単元で「圧力」「磁力」「電気力」といった概念が登場する。しかしながらこれらの付け足しは、上巻履修直後のグループ2で6割、グループ3で3割あるもののその後のグループでは平均10%程度であった。また下巻「力のはたらき」の単元に登場する「つりあい」「作用点」「力点」「作用反作用」といったラベルは学習以前のグループ1～3を除くと10～20%の被験者が追加していた。今回提示ラベルには選ばなかった速度（速さ）、加速度というラベルは学習履歴の高いグループ群ではいずれも15～20%程度追加があったが学習履歴の低いグループ群では速度は5%、加速度は1%以下であった。加速度は中学校では学習しないため中学校で物理分野の学習を終える高校、大学生のグループ4、5でも低かった。

IV. まとめ

中学1年生から大学生までを学習履歴ごとのグループに分け中学校理科「力学分野」に関する概念地図を作成してもらいそれらと比較分析した。得られた概念地図は学習履歴とともに比較的単純で結合も少ないものから複雑かつ統合されたものへ変容していた。現在の中学校の学習だけのグループの概念地図は全体的な調和という点で不十分であった。同時に学習履歴が高くなるにつれて日常知から離れていく傾向も見られた。特に被験者が自由に付け足す追加ラベルを見ると中学校までの学習しか受けないグループでは日常知に分類されるものが最も多かったのに対して高校以上の物理の学習を受けたグループでは学習知に分類される追加ラベルが最も多かった。また追加ラベルは被験者にとってより身近な概念を表し、より親しみやすい学習方法を示唆するものであるが、「人間」「筋肉」という追加ラベルが中学生のグループで頻度がもっとも高かった。また宇宙や天体といった概念も中学生には親しみやすい概念であった。これらの概念から導入・展開へ進む流れをつくることによって、より有効な授業が行えるのではないかと考えられる。筆者らはこの観点から「力と物体の運動」の学習について短距離走を教材にしたカリキュラムを開発し実践した¹²⁾。

最後に、概念地図法について御教授いただいた京都教

育大学教育学部の藤田哲雄先生（現名誉教授）、広木正紀先生やこの調査に協力していただいた京都教育大学附属高等学校教諭の川村康文先生（現信州大学教育学部助教授）、松森弘治先生、ならびに被験者の京都教育大学学生のみなさん、京都教育大学附属高等学校並びに附属桃山中学校生徒のみなさんに感謝いたします。

引用文献

- 1) Ausubel D.P.:「The Psychology of Meaningful Verbal Learning」,1963,NewYork: Grune&Stratton.
Ausubel D.P.:「Educational Psychology: A Cognitive View」,1968,NewYork: Holt,Rinehart&Winston.
- 2) ノヴァックJ. D. & ゴーウィンD. B著、福岡敏行& 弓野憲一監訳:「子供が学ぶ新しい学習法—概念地図法によるメタ学習—」, 1992, 東洋館出版社.
- 3) リチャード・ホワイト&リチャード・ガンストン著、中山迅・稲垣成哲監訳:「子どもの学びを探る—知の多様な表現を基底にした教室をめざして—」, 1995, 東洋館出版社
- 4) 山口悦司他:「コンセプトマップ: 理科教育における研究動向とその現代的意義」, 理科教育学研究, Vol. 43, No. 1, pp. 29-51, 2002, 日本理科教育学会
- 5) 教授ツールの例として次のようなものが挙げられる。
・田中泰成・宮脇亮介:「コンセプトマッピングによる中学生の地層概念に関する研究」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 33, No. 2, pp. 69-75, 1992, 日本理科教育学会
- 6) 前掲書2) p. 51
- 7) 教授側からの評価ツールの例として次のようなものが挙げられる。
・森田裕介・榊原雄太郎:「学習者の作成したコンセプトマップの変容と授業過程の関わりについての一考察」, 科学教育研究, Vol. 19, No. 2, pp. 86-94, 1996, 日本科学教育学会
・森田裕介・中山実・清水康敬:「コンセプトマップを用いた学習者変容の分析方法に関する一検討」, 科学教育研究, Vol. 23, No. 2, pp. 98-105, 1999, 日本科学教育学会
・森田裕介・中山実・清水康敬:「コンセプトマップの統合性を用いた学習者変容の評価に関する一考察」, 科学教育研究, Vol. 24, No. 2, pp. 114-121, 2000, 日本科学教育学会
・藤田静作・永井隆弘・佐藤和広:「子どもの学びの様態に焦点をあてた理科授業の構想と評価」, 理科の教育, Vol. 45, No. 9, pp. 38-43, 1996, 日本理科教育学会
また学習者の自己評価ツールの例として次のようなものが挙げられる。

- ・堀哲夫他：「コンセプトマップを用いた自己評価に関する研究—イオン概念の学習を中心に—」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 39, No. 3, pp. 105-114, 1999, 日本理科教育学会
- 8) 前掲書2) p. 105
- 9) 学習ツールの例として次のようなものが挙げられる。
 - ・福岡敏行・笠井恵：「理科学習における概念地図作り (CONCEPT MAPPING) の有効性に関する一考察—6 学年児童の「水溶液の性質」概念の形成において—」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 32, No. 1, pp. 67-74, 1991, 日本理科教育学会
 - ・福岡敏行・笠井恵：「観察・実験に導入する概念地図作り (CONCEPT MAPPING) に関する一考察—「水溶液」概念に関する課題において—」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 32, No. 3, pp. 81-88, 1992, 日本理科教育学会
 - ・福岡敏行・植田千賀子：「概念地図作り (CONCEPT MAPPING) の学習効果に関する一考察—ペーパーテスト法による有効性の確認—」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 33, No. 2, pp. 1-7, 1992, 日本理科教育学会
 - ・福岡敏行・松元博志：「新しい理科授業の創造とその視点—学習ツールとしての概念地図法の活用—」, 理科の教育, Vol. 46, No. 10, pp. 44-49, 1997, 日本理科教育学会
- 10) 中山迅・稲垣成哲編書：「理科授業で使う思考と表現の道具—概念地図法と描画法入門—」, 1998, 明治図書
- 11) 前掲書2) p. 109
- 12) 沖花彰他 6 名：「中学校校における理科と体育を融合した新しいカリキュラム開発の研究」, 平成15-16年度 科学研究費補助金基盤研究C (一般) 研究報告書, 2005
 - 沖花彰：「理科と体育を融合した新しいカリキュラム」, 近畿の物理教育, Vol. 12, pp. 6-11, 2006, 日本物理教育学会

(2005年4月20日受付, 2006年2月21日受理)

資料1 概念地図作成の手順

① 作成開始前に簡単な説明を行う。

「今日はみなさんの頭の中をみせてもらおうと思います。みなさんが、『力』についてどのように考えているかを教えてください。そこで、私たちが概念地図と呼んでいるものを書いてもらいます。その前に、アンケートを行います。」

② アンケートを実施する。

③ 作成に際しての説明をする。

「では、これから概念地図を作成します。」

(1) 台紙(A3サイズ)と「力」ラベル(3cm×2cm程度のカード)を配る。

「まず、『力』と書いてあるラベルを、紙の上の方か中央かに置いてください。これから、このまわりに、『力』に関係するラベルを貼っていただきます。どんな言葉が関係するか、思い描いてください。」

(2) 残りの7つのラベルを配る。

「こちらで7つのラベルを準備しました。それぞれ、『重力』『物体』『地球』『重さ』『質量』『運動』『エネルギー』と書いてあります。なんと書いてあるか、一通り目を通してください。これらのラベルを『力』に関係が深いと思うものほど、『力』の近くに、関係はあるものの、それほどでもないと思うものは、より遠くに置いてください。また、配られたもののうち、『力』に関係がないと思うものは、使用しなくて結構ですから、そのまま横にのけて置いてください。また、『力』以外のラベル同士の近い遠いもあるので、それも考えて置いてください。」

(3) のりを配る。白紙のラベルを数枚配る。

「置けたら、直接関係のあるラベル同士を線で結びます。たとえば、『力』と『重力』が直接関係あると思った場合は両者を線で結びます。線を結ぶルールですが、一つのラベルから、何本書いてもかまいませんが、途中で枝分かれはしないでください。枝分かれするときは、代わりに二本の線を書いてください。線を引き終わったら、線の横に、その二つのラベルの関係を言葉で書きます。たとえば、『似ている』とか、『含む』など動詞だけでもかまいませんし、『〇〇は〇〇です』と言った文章でもかまいません。二つのラベルをどうして結んだかが分かるような言葉を書いてください。この関係語を書くのは難しいので、もし、思いつかないときは、線を結ぶだけで結構です。その後には、最初の8つのラベルだけにこだわることなく、白紙のラベルを利用して、新しい言葉を増やしていただきます。増やすコツは、そのラベルについて、説明していただきと言われたときに、この語にも触れておこうというものを考えてください。物理や理科の分野にこだわることなく、自由に発想してください。最後に、位置が決まったら、ラベルをのりで貼ってください。あまり、早い段階で貼ると、ラベルが動かなくなって、困ることになりますから、貼るのは最後の方がいいでしょう。最後に、最初の8つのラベルだけで結構ですから、位置の決まった順番に、番号をふってください。時間は40分を考えています。」

④ 作成と回収

(1) 概念地図を作成する。

(2) 作成途中も、随時、質問を受け付けて答える。

(3) 終了5分前に指示し、40分経たら回収する。

「以上です。ご協力ありがとうございました。」

SUMMARY

Concept-Mapping Research on the Study of Mechanics in the Lower Secondary School

Kyoto University of Education
Akira OKIHANA

Student concept structures about mechanics in nine different learning stages were investigated by using the concept-mapping method. According to the results, the student concept structure develops from simple and partial concepts to complex and global ones in the individual learning-stages. To make the concept map, eight key words and various related words were used. For example, words concerned with daily knowledge such as "men" and "muscles" were frequently used by the lower school career students.