

研究論文

小学校理科における意味ネットワーク・モデルの参照により 児童が書いた箇条書きの特徴に関する研究

古川 美樹* ・ 角 和博** ・ 岩永 雅也***

A Study on Features of Itemizations Written by Children
while Referring to Semantic Network Model for Science at Elementary School

Yoshiki FURUKAWA*, Kazuhiro SUMI** and Masaya IWANAGA***

【要約】

小学校理科の学習において、概念化した知識を箇条書きにすると、記憶想起のみで書き起こす場合と、意味ネットワーク・モデル(記憶の再生マップ)を描き、それを参照しながら書く場合とでどのような違いが生じるかを調査した。その結果、意味ネットワーク・モデルによる知識モデルを参照した後に箇条書きを書く方が、事物・現象の因果関係を捉えた表現がなされることを確認した。

【キーワード】

小学校理科、意味ネットワーク・モデル、箇条書き、KH Coder、テキストマイニング

1. はじめに

小学校理科の学習において、児童が授業を通して概念化した知識は、観察・実験などの経験のエピソードとともに児童の記憶として保持される。Tulving¹⁾によれば、概念化した知識は、その後、意味記憶として様々な場面で無意図的に、また経験の記憶は、意図的に想起され学習などに利用される。ところが、児童が獲得し概念化した知識や記憶に残る学習のエピソードが、どのようなものであるかについては、記憶の姿に関わることであることから教師はもちろん、児童自身ですらこれまでの学習においては確認することはできなかった。小学校の場合は市販のテストが、知識の習得状況を推し量る唯一の手段であるが、これすら学習によって獲得された知識の一端を見ているに過ぎない。知識の姿について堀²⁾は、「知識は単独で存在するものではなく、それが使われる状況と組みになっていて、運用の場面によって、形や内容までも

が変化する」と述べている。すなわち、知識と状況が結びついているというのである。しかし堀は、このように考えると、状況を全て考えることができない以上は、状況を有限とすることには抵抗があるとも述べている。このように堀は、知識が使われる状況との結びつきを強調し、知識が状況に応じて変化するという結論に至っている。さらに、それが極めて個人的で言語化できないことが多いとも述べている。同様な考えを持っているのが、稲垣³⁾であり、「知識は、必要に応じて修正され、作り変えられていく可動的な性質を持つ。」と論じている。

これらのことを踏まえ、児童が獲得する知識について論じるにあたり、一般的に教科書に記述されている言語化された文字列を、「児童に獲得させる知識」と捉えがちな考えに修正を施すことにする。なぜならば、理科において獲得されるべき知識は、児童が心象として認知する事物・現象の変

*有田町立有田中部小学校 **佐賀大学教育学部

***放送大学教養部

化・変容と、その因果関係だからである。そもそも、この知識は心象で表され、心象は個人的であることから、これに意味付けを行い言語化した場合、その表現も極めて個人的な表現となる。

本研究は、理科の学習によって児童が獲得した知識を、①児童自身が確認するため、②他の児童に伝えるため、という目的のために箇条書きの形で表出するという学習行動に着目したものである。このような学習における記憶想起に関しては、授業が終了した後に概念化した知識モデルである意味ネットワーク・モデルを作成することにより想起を行い、それをもとに、児童自身が理解した学習内容を書き出す方が、記憶想起のみによる書き出しよりも有効な学習法であることが分かっている⁴⁾。

そこで本研究では、まず、次の2つの場面で箇条書きにより学習を通して分かったことを記述させることにする。

- (a) 単元の学習が終了した直後に、記憶想起のみで理解した内容を箇条書きで記述させる。
- (b) 意味ネットワーク・モデル(記憶の再生マップ)を作成させた後に、それを参照しながら箇条書きで記述させる。

次に、有効な学習法により児童が記述した(b)の箇条書きの特徴を(a)との比較で論じることにする。

2. 実践方法と授業概要

(1) 実践対象及び単元、時期

- ① 有田中部小学校、5年1組28名
- ② 「天気と情報(2) 台風と天気の変化」⁵⁾
- ③ 2017年10月実施

(2) 授業概要

気象に関する学習のうち、雲や空の観察は定常的に授業に組み込むことができるが、台風については、学校で観察することはできない。したがって、図書室やインターネットで台風について調べたり、NHKのデジタルコンテンツを視聴したりして課題を解決することの他に、新聞等の天気情報を学習に活用したりしながら授業を構成する必要がある。いずれにおいても、理科室での実験や野

外観察等による授業ができない単元の場合は、書籍やインターネットを活用した調べ学習が主体となる。本実践が行われた2017年10月は、台風の発生がなく授業は主にインターネットを利用した調べ学習を中心とした課題解決学習で構成した。図1は、そのときの板書であり、図2はその内容である。



図1 第1時目の板書

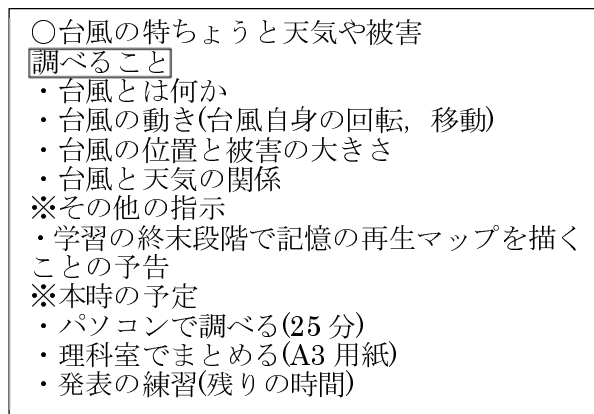


図2 第1時目の指示内容

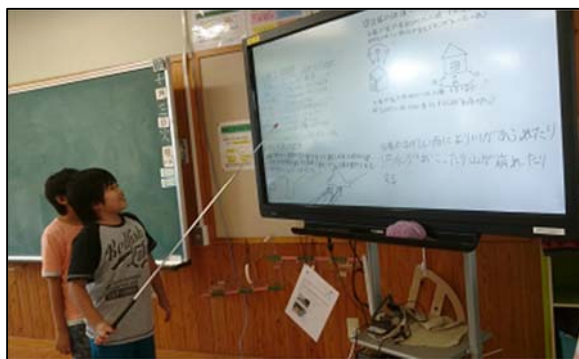




図3 映し出された資料について説明する児童

インターネットを利用して調べた時間は25分程度であった。その後、児童は各自が調べたことを持ち寄り、班の全員で確認しながら用紙にまとめた。このまとめに、さらに1単位時間程度を要した。その後、班ごとに調べた内容を発表させた。図3は発表の様子である。

なお図4は、情報を共有させるために、児童の説明の中で教師が重要と考え板書した内容である。児童は、他の班の発表を視聴しながら自分たちが

台風調べ発表会

- ・ 台風とは何か
- 発生場所…赤道の上の方の海上
- 発生理由…水蒸気が上昇し積乱雲が発生
- 回転…北半球では左回り(反時計回り)
- 風速…17m/s以上(1秒間に17m移動する)以上
- ・ 台風の動き
- 風の影響を受ける 南から北へ移動する

・ 位置と被害

図4 児童の発表の一部を板書した内容

調べなかった板書の内容をノートに記録した。発表した児童が、他の児童の質問を受けて返答に窮したときは、教師が適宜説明を追加した。続いて、教科書を参照し児童が調べた内容を取り上げながら、教師が台風と天気の関係についての学習をまとめた。さらに授業の終末では、「台風と天気」、「台風の動き」、「台風の被害」という3つの観点で学習のまとめを簡条書きで書かせた。これを説明の都合上、簡条書き(a)とする。

さらに次の授業では、概念化した知識を記憶想起しながら、記憶の再生マップ⁶⁾に表出させた(図5、図6)。

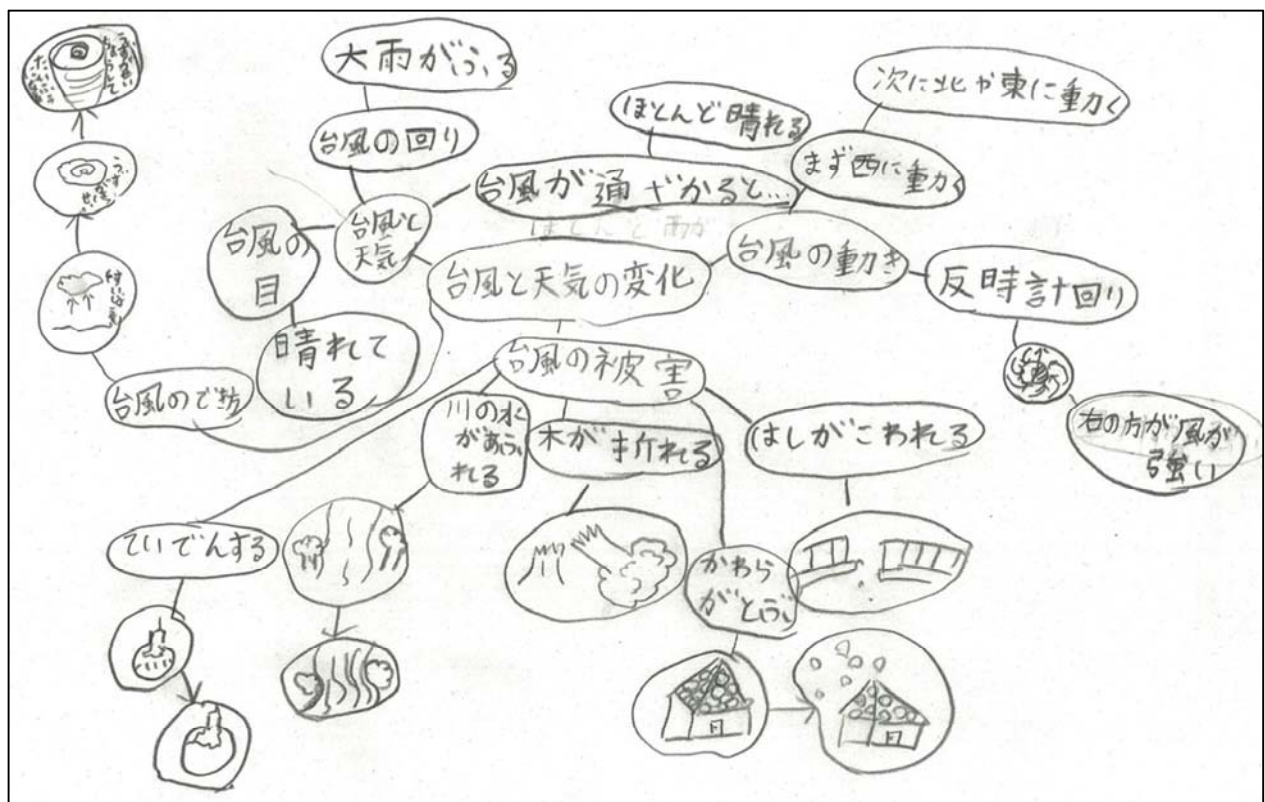


図5 絵図を多用した意味ネットワーク・モデル

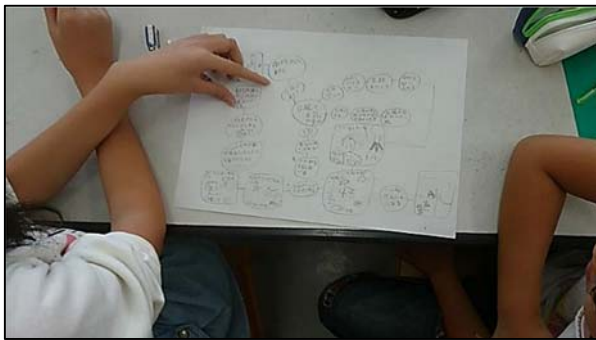


図8 記憶の再生マップによる説明活動

単元の学習は、このような説明活動の後、評価テストの実施によって終了した。一方、記憶の再生マップを作成することにより想起を行い、それをもとに児童自身が理解した学習内容を書き出した箇条書きは、実際は校務の都合により4週間後に記述させた。これを説明の都合上、箇条書き(b)とする。

図9は、箇条書き(a)と(b)に関するスケジュールを分かり易く示したものである。

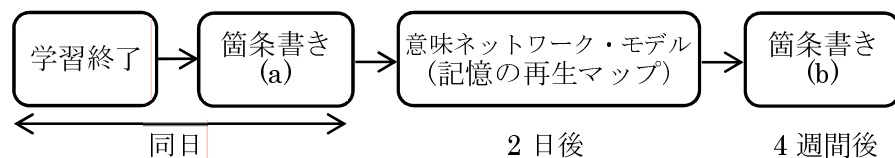


図9 概念の文章による整理のスケジュール

(3) データの処理について

本研究のデータ処理は以下の手順により行う。

- ① 箇条書き(a)および(b)をテキスト化する。
- ② KH Coder³⁷⁾により、児童が箇条書きで記述した言語どうしがどのような論理構成でつながりを成しているかを、共起ネットワークの連結を調べることにより明らかにする。
- ③ ②の結果から、箇条書き(a)と比較して箇条書き(b)がどのような特徴であるかを明らかにする。

3. 実践結果

(1) 箇条書きのテキスト化について

表1は、箇条書き(a)および(b)をテキスト化したものの一部である。テキスト化にあたっては、テキストマイニングをし易くするために、児童がひらがなで表記した言語を漢字に変換しKH Coderによる処理を助けている。

(2) KH Coderによるデータ処理について

KH Coderにテキスト化した箇条書き(a)と(b)を読み込ませた。KH Coderは、茶筌(IPADIC)の形態素解析の結果をほぼそのまま利用するとされているので、KH Coderの品詞体系も茶筌の品詞体系に準じている⁸⁾。その結果、それぞれのテキストデータに含まれる語数は表2のようになった。

表1 テキスト化した箇条書き(a)および(b)の一部

児童	箇条書き(a)	箇条書き(b)
1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 台風が来ると大雨や風が吹く。 ・ 台風の前日は、必ず雨か曇り。 ・ 台風は南から北へ移動する。 ・ 2つ以上の台風が来ると複雑な動きをする。 ・ 通り過ぎると普通の雲みたいになる。 ・ 木などが倒れる。 ・ 物が吹き飛ばされる。 ・ 大けがを負う人々がいる。 ・ ものすごく大きい場合、家が壊れるかも。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2つ以上の台風が発生すると複雑な動きをする。 ・ 対策に土嚢などを置く。 ・ 台風は津波の原因にもなる。 ・ 物が吹き飛ばされ、大怪我をする人もいる。 ・ 台風は沖縄の上を通る。 ・ 南から北へ動く。 ・ 台風が来る前日は、必ず雨か曇り。 ・ 台風の日、だいたい雨。 ・ 木が飛ばされないように、支柱を立てる。

	・津波の原因にもなる。	・動きが速い場合は、西から東に移動する。
2	・北から東に動く。	・台風で木が根っこからひっこ抜けたり、人が立っていられなくなったり、雨が降って洪水になったりする。 ・だから、次の日などは、川の流れが激しいので、傘を川に入れたりすると流される場合もある。 ・台風の目の中は、雲がなく、青空が見える。
3	・台風が近づくと、大雨が降り、強風が吹く。 ・台風が通り過ぎると天気よくなる。 ・台風は、南の海上で発生し、北の方へ移動していく。 ・台風は、夏から秋にかけて日本に来る。 ・台風は、右側が巻き込む風と進むための風が同じ方向に吹くため、右側が強い。 ・台風が来ると川が氾濫しあふれる。	・台風が来ると大雨が降り、強風が吹く。 ・台風が通り過ぎると青空になる。 ・台風は、台風の目が大きくはっきりしていると危険。 ・台風が来ると、洪水や土砂崩れなどが起こる。 ・風では、屋根瓦が飛ばされたり、木が倒れたりする。 ・台風は、右側が強い。右側は巻き込む風と台風を動かす風が同じ方向だから。 ・台風は、北に行くほど強くなる。

表2 KH Coderによる箇条書き(a), (b)の語数

	箇条書き(a)	箇条書き(b)
総抽出語数 (使用語数)	1,746 (703)	3,269 (1,301)
異なり語数 (使用語数)	278 (193)	401 (280)

総抽出語数とは、テキスト化した箇条書き(a)及び(b)に含まれている全ての語の総数であり、(使用語数)とは分析の対象としてKH Coderが認識している語の数である。また、異なり語数とは、何種類の語が含まれているかを示している⁸⁾。表2によると、箇条書き(a)よりも(b)がより多くの語数であることや語の種類が増えていることが分かる。箇条書き(a)と箇条書き(b)それぞれの語句を、KH Coderの「ツール - 抽出語 - 抽出語リスト」により、出現回数順に150語抽出させた。表3は箇条書き(a)の、また表4は箇条書き(b)の抽出語である。これを見ると、「台風」がともに最も多く抽出されていることが分かる。さらに、箇条書き(a)では、

「南」、「風」、「雨」という台風の発生域や台風の説明では重要な要素である言語が多く抽出されていることが分かる。これら出現回数が多い言語を見ると、単元の学習において児童が獲得する知識を記述するために必要な言語が選ばれていることが分かる。これらは、学習における下位概念の構成要素と考えられる言語である。一方、出現回数が少ない言語については、児童が具体例等を説明するために利用した言語であることがわかる。

表3 簡条書き(a)の抽出語

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
1 台風	95	51 起こる	2	101 言葉	1
2 南	26	52 去る	2	102 古い	1
3 風	23	53 左側	2	103 向かう	1
4 雨	21	54 次第に	2	104 広い	1
5 北	20	55 人々	2	105 広がる	1
6 吹く	19	56 赤道	2	106 洪水	1
7 強い	18	57 川	2	107 高い	1
8 強風	18	58 多い	2	108 酷い	1
9 大雨	18	59 太平洋	2	109 根こそぎ	1
10 来る	17	60 大きい	2	110 傘	1
11 倒れる	12	61 津波	2	111 時期	1
12 日本	12	62 土砂崩れ	2	112 時計	1
13 木	12	63 同じ	2	113 次	1
14 動く	10	64 氾濫	2	114 弱い	1
15 左	9	65 付近	2	115 集まる	1
16 晴れる	9	66 普通	2	116 出る	1
17 降る	8	67 目の下	2	117 出来る	1
18 進む	7	68 溜まる	2	118 春	1
19 発生	7	69 17m/s	1	119 少し	1
20 移動	6	70 30m	1	120 上がる	1
21 回る	6	71 たくさん	1	121 場合	1
22 近づく	6	72 やって来る	1	122 場所	1
23 天気	6	73 カラ	1	123 情報	1
24 右側	5	74 ガラス	1	124 色々	1
25 回り	5	75 ダム	1	125 人	1
26 海上	5	76 トラック	1	126 吹き飛ばす	1
27 通り過ぎる	5	77 悪い	1	127 水	1
28 被害	5	78 違う	1	128 晴れ	1
29 飛ばす	5	79 雨雲	1	129 生まれる	1
30 目	5	80 渦	1	130 積乱雲	1
31 海	4	81 影響	1	131 接近	1
32 近く	4	82 沿う	1	132 折れる	1
33 行く	4	83 縁	1	133 前日	1
34 上	4	84 遠く	1	134 窓	1
35 赤道	4	85 沖縄	1	135 続く	1
36 右	3	86 下	1	136 他	1
37 雲	3	87 過ぎる	1	137 大量	1
38 夏	3	88 過ぎ去る	1	138 暖かい	1
39 起きる	3	89 壊れる	1	139 地方	1
40 秋	3	90 確率	1	140 中心	1
41 色々	3	91 割れる	1	141 通り道	1
42 青空	3	92 巻き込む	1	142 冬	1
43 動き	3	93 気象	1	143 東	1
44 飛ぶ	3	94 巨大	1	144 同時に	1
45 北の方	3	95 曲がる	1	145 曇る	1
46 コーン	2	96 空	1	146 南半球	1
47 一過	2	97 空洞	1	147 入る	1
48 印	2	98 月	1	148 熱帯	1
49 瓦	2	99 原因	1	149 範囲	1
50 看板	2	100 言える	1	150 必ず	1

表4 簡条書き(b)の抽出語

抽出語	出現回数	抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
1 台風	171	51 回る	5	101 行方	2
2 風	32	52 回転	5	102 降り続く	2
3 南	26	53 瓦	5	103 根っこ	2
4 被害	25	54 危険	5	104 最初	2
5 強い	24	55 起きる	5	105 支柱	2
6 目	24	56 時計	5	106 次	2
7 北	22	57 多い	5	107 弱い	2
8 晴れる	21	58 大きい	5	108 少し	2
9 雨	20	59 東	5	109 上陸	2
10 木	20	60 入る	5	110 場合	2
11 大雨	18	61 たくさん	4	111 場所	2
12 倒れる	18	62 近く	4	112 真ん中	2
13 動く	18	63 空気	4	113 人々	2
14 発生	18	64 上	4	114 折れる	2
15 青空	15	65 吹き飛ばす	4	115 太陽	2
16 左	14	66 水	4	116 置く	2
17 降る	13	67 晴れ	4	117 中心	2
18 来る	12	68 積乱雲	4	118 電柱	2
19 一過	11	69 倍	4	119 同じ	2
20 川	11	70 風速	4	120 日	2
21 17m/s	10	71 目の下	4	121 熱帯	2
22 強風	10	72 ガラス	3	122 避雷針	2
23 洪水	10	73 違う	3	123 不明	2
24 吹く	10	74 影響	3	124 付近	2
25 起こる	9	75 沖縄	3	125 物	2
26 人	9	76 壊れる	3	126 偏西風	2
27 動き	9	77 割れる	3	127 方	2
28 飛ぶ	9	78 看板	3	128 防ぐ	2
29 右	8	79 見える	3	129 雷	2
30 過ぎる	8	80 死者	3	130 立つ	2
31 近づく	8	81 周り	3	131 流れ	2
32 出る	8	82 集まる	3	132 良い	2
33 天気	8	83 出来る	3	133 1m	1
34 土砂崩れ	8	84 窓	3	134 いろいろ	1
35 移動	7	85 対策	3	135 ひっこ抜く	1
36 夏	7	86 通り過ぎる	3	136 ダム	1
37 海上	7	87 通る	3	137 悪い	1
38 言う	7	88 倒す	3	138 一つ	1
39 秋	7	89 道路	3	139 雨風	1
40 西	7	90 氾濫	3	140 雲の上	1
41 日本	7	91 立てる	3	141 沿う	1
42 渦	6	92 流す	3	142 縁	1
43 雲	6	93 17m	2	143 屋根	1
44 海	6	94 17m/s	2	144 温まる	1
45 進む	6	95 渦巻	2	145 音	1
46 水蒸気	6	96 穏やか	2	146 下	1
47 赤道	6	97 怪我	2	147 家の上	1
48 飛ばす	6	98 海面	2	148 過ぎ去る	1
49 右側	5	99 光	2	149 回り	1
50 家	5	100 行く	2	150 開く	1

表3と表4は出現回数によって、それぞれ上位150の言語が抽出されている。色がついているセルに書かれた言語は、箇条書き(a)と箇条書き(b)に共通して抽出された言語である。KH Coderの共起ネットワークは、出現パターンの似通った語を線で結んだネットワークであり、2語の組み合わせで文脈を推測したり、出現パターンの似通った語のグループからは、それらによって表現されるテーマやトピックが推測できたりするとされている⁸⁾。しかしながら、この表のように、150もの抽出語をそのまま利用し共起ネットワークを描画させれば、複雑な線のつながりで抽出語どうしの関係がよく分からなくなる可能性がある。そこで、抽出語の数を制限するために、KH Coderの「抽出語・共起ネットワーク・オプション」の主要な設定等を次のように行うことにした。

① 集計単位

本研究においては、児童が記述した箇条書きを児童単位で処理するのではなく、全ての児童が書いた箇条書きを文単位(読点での区切り)で処理を行う。

② 最小/最大出現数による語の取捨選択

表3及び表4を見ると、「台風」の出現数が表3では95、表4では171と他の抽出語に比べて突出している。KH Coderはデフォルトで、描画に関しての係数(Jaccard係数)が大きい場合、この台風のように多くの言語がつながり、それ以下のつながりを読み取ることができなくなるのを自動の追加的調整(係数の標準化)によって防いでいる。したがって、箇条書き(a)や箇条書き(b)の共起ネットワークでは、デフォルトの設定では「台風」に係る連結が表示されないことになる。このようなことを踏まえて、最小出現数を決定することにする。

表2の総抽出語数(使用語数)を見ると箇条書き(a)と(b)では、ほぼ1:2の比になっていることから、表3の出現回数を2倍にして考えると、出現回数2が出現回数4に相当し、上位68の言語を処理にかけられることになる。また、表4では出現回数4で上位71の言語が選択されほぼ同数になり比較するには都合がよいことが分かる。したがって、「最小/最大出現数による語の取捨選択」における最小出現数は、箇条書き(a)では「2」、箇条書き(b)では「4」に設定することにした。なお、「最小/最大文書数による語の取捨選択」における最小文書数は、文単位で処理を行うので「1」である。

③ 描画する共起関係(edge)の選択

KH Coderは共起関係の強弱を測るために、デフォルトでJaccard係数を算出するようになっている。Jaccard係数は、集合の類似度を表す係数で、共通要素が占める割合を表し、0から1の間の値を取る。このオプションの選択では、「上位」と「係数」の2つがあるが、②の考察で上位68と71の言語を抽出し処理するとしたことから、KH Coderのデフォルトである上位「60」を採用することにした。この値はKH Coderでは、60から70程度の抽出語を分析するのに適した値とされている。

④ その他

共起ネットワークを見やすくするために、「強い共起関係ほど濃い線に」と「係数を表示」にはチェックを入れた。また、その他のオプションはデフォルトで処理を行った。

以上のデータをもとに図10、図11に示すように抽出語・共起ネットワーク・オプションの設定を行い箇条書き(a)と(b)それぞれの共起ネットワークを作成した。

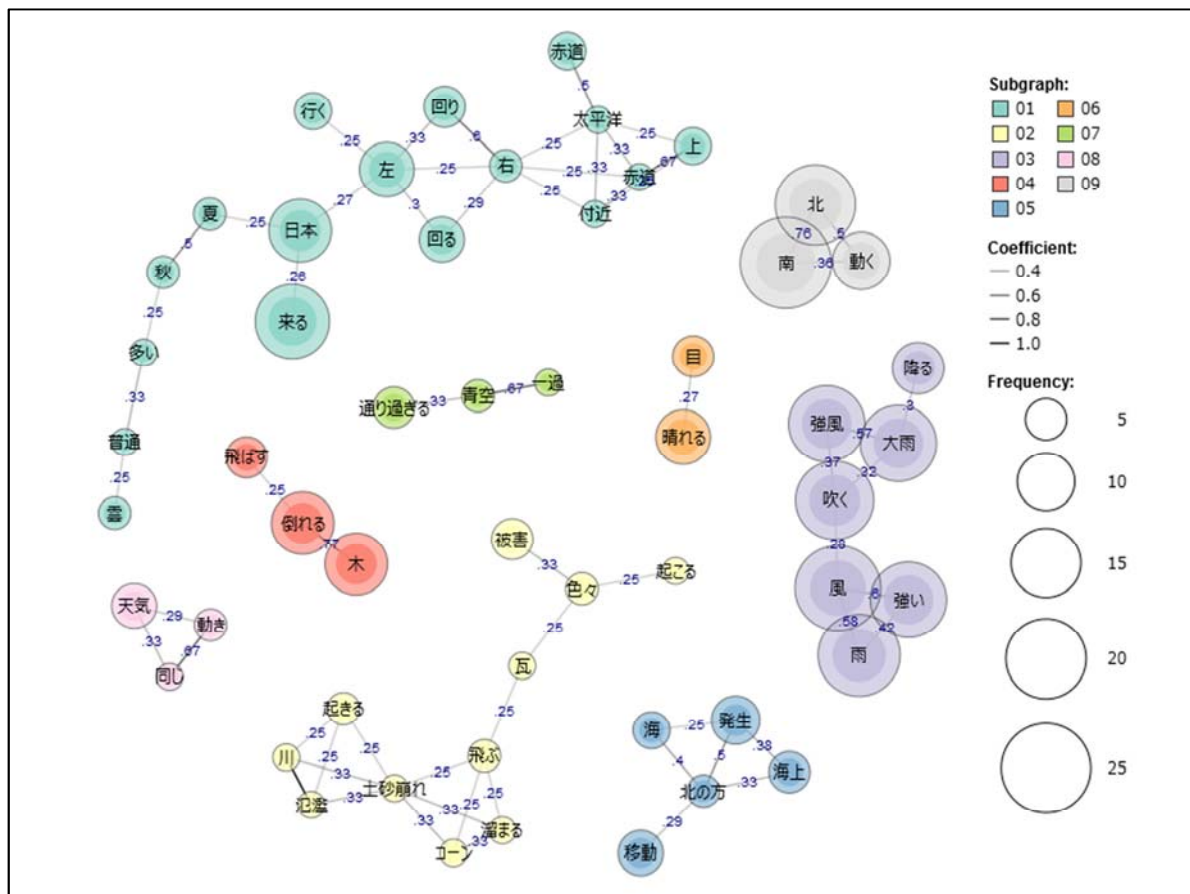


図10 箇条書き(a)の共起ネットワーク

箇条書き(a)は、学習終了直後に書かせたものである。この共起ネットワークを見ると、頻度(Frequency)が多いものとして、

- ①「台風は南から北に動く。」
- ②「台風により強風が吹き、大雨が降る。」「台風が来ると風や雨が強い。」
- ③「台風は日本に来る。」
- ④「台風によって木は倒れる。」

などのように、台風の特徴やその影響などが、多くの児童によってまとめられていることが分かる。また、出現頻度が少ない言語になると、

- ⑤「台風の被害は色々起こる。瓦が飛んだり、土砂崩れが起きたり、川が氾濫する。」

などのように、具体的な被害について叙述した

児童が多いことが分かる。さらに、

- ⑥「台風は、海上で発生し北の方へ移動する。」
- ⑦「台風は、左に回る。」
- ⑧「台風の目は晴れる。」

などのように台風自体の説明と受け取れる叙述が特徴的であった。

また、表3で提示した上位68の抽出語のうち、「台風」以外で共起ネットワークに現れなかった13の抽出語がある。例えば、「進む、近づく、右側、看板」などである。これらは、特に強く結びつくような共起関係の言語がなかったことを表している。

これに対して箇条書き(b)の共起ネットワークは次のように表された。

して概念化した知識を、単元の学習が終了した後
に箇条書きという手法により表出させたのである。
その際、記憶想起のみで書かせた箇条書き(a)と、
知識モデルである意味ネットワーク・モデルを描
かせた後の箇条書き(b)では、KH Coderによる共
起ネットワークの姿に次のような違いが現れた。
①記憶想起のみによる箇条書き(a)では、単純な共
起関係の群が多く見受けられ、台風自体について
の説明が多かった。
②意味ネットワーク・モデル描画後の箇条書き(b)
では、表現に利用される言語の数が増え、因果関
係を含む複雑な共起関係の群が現れるようになっ
た。例えば、台風の接近(=原因)で起こる被害(=結
果)に言及したものや、台風が過ぎ去れば晴れるだ
けでなく、それを台風一過の青空と呼ぶなど概念
の組み合わせが確認された。

これらのことにより、意味ネットワーク・モデ
ルを作成し、それを参照しながら箇条書きを書く
際には、概念間の連関が起こる可能性があること
が確認された。意味ネットワーク・モデルである
記憶の再生マップを見ると、概念化した知識や経
験のエピソードがどのようにつながって記憶され
ているかを確認できる。学習のまとめとして箇条
書きを利用することは多い。このようなとき、意
味ネットワーク・モデル(記憶の再生マップ)を描

かせた後に箇条書きを書かせることは、意味ある
指導方略であると結論付けられる。

〈参考・引用文献〉

- 1) Tulving, E., *Elements of episodic memory*.
New York: Oxford University Press, 1983.
- 2) 堀浩一, 知識の姿—人工知能研究者の立場から,
現代思想, Vol.19, No.6, pp. 142-149, 1991.
- 3) 稲垣佳世子, 鈴木宏昭, 大浦容子, 「認知過程研究
—知識の獲得とその利用—」, 放送大学教育振興会,
2007.
- 4) 古川美樹, 「小学校理科教育における指導方略
の研究—意味ネットワーク・モデルとその発展型
を用いた知識構成—」, 博士論文, 放送大学機関リ
ポジトリ, 放送大学, 2018, p5.
- 5) 有馬朗人他, 「新版 たのしい理科 5年」, 大日本
図書, 2015.
- 6) 古川美樹, 角和博, 岩永雅也, 記憶再生マップ
で表された児童の構成概念と記憶の関係—エピソ
ード記憶と意味記憶の比率について—, 佐賀大学
教育実践研究第34号, 2017.
- 7) 樋口耕一「KH Coder」
<http://khcoder.net/> (最終閲覧日: 2018.12.7)
- 8) 樋口耕一, KH Coder3 リファレンス・マニュアル,
立命館大学産業社会学部, 2018.

