

# 俯瞰型環境教育のための系統的手法の提案

環境システムコース 環境プロセス工学分野  
36782 中村俊紀

## 1. 緒言

昨今、ますます複雑・多様化してきている環境問題を解決するために、我々は社会経済システムやライフスタイルを環境に配慮したものへと変えていかなければならない。そのためには、一人ひとりの息の長い取り組みが必要であり、環境教育の果たす役割は、これまでも増して重要になってきている。そのため、行政主導で多くの試みがなされてきたが、既往の研究において、環境問題を系統的・総合的に扱っていないという問題点が指摘されている<sup>[1-2]</sup>。系統的に教育できていないのは環境そのものの枠組みが完成していないため、環境を他と差別化させて独立に扱うことができないことに起因していると考えられる。大枠が完成していないのに細かい部分についてのみ検討するのは本末転倒であり、最初に全体を構築することで総合的な教育が可能となる。さらに、環境の構造を明らかにすることで系統だった教育を行うことができると考える。また、現在進行形で進んでいる「環境」に対して速やかに対応するためにも、誰もが修正を加えることができるようなオープンソース、つまり、アルゴリズムが明確であるような構築プログラムである必要がある。

本研究では従来とは全く異なる別の視座から環境そのものへのアプローチを試みる。まず、環境情報を階層にして統合化していくことで環境学の枠組みを構築し、同時に階層構造から環境学を体系化していく。また、体系化された環境学を総合的に扱った俯瞰型の環境教育を、初学者・教育者夫々に対して検討していく。

## 2. 環境情報の統合化

環境情報といっても際限なく存在している上に、定義が明確ではない。そこで、本研究では環境大事典<sup>[3]</sup>に掲載されている見出し語を、環境学を構成する情報(環境情報)群であると捉え、この事典のみで現在の環境学全体を網羅できると見做すことにした。本事典を用いた場合、環境情報は 1236 語となる。具体的な事典の構成を Fig.1 に示す。ここで、この事典に含まれてない情報がある場合、Fig.1 の形式と同様にその情報に対して説明文を付与してやることで以下の統合化手法を適用することが可能であり、随時系に情報を追加できる。

本研究で提案する統合化手法を次に示す。

- Step-1 説明文中にある「主観的に見て、見出し語を説明する上で重要であると思われる語(以下説明変数という)」を抽出する。説明変数は最終的に 690 種類抽出された。
- Step-2 説明変数の出現頻度を数える。
- Step-3 頻度  $f$  (単位:回)を要素に持つ列ベクトルを作成する。
- Step-4 列ベクトル  $f$  の成分における最も出現頻度の高い説明変数の出現回数  $f_{\max}$  でベクトル成分を割る(規格化)。
- Step-5 1236 語に対して同様の作業を行い、説明変数と見出し語で  $690 \times 1236$  のマトリックスを作成する。

①  
ISO (アイ・エス・オー) [International Organization for Standardization 国際標準化機構]

○目的 (活動分野・位置付け)・製品およびサービスの国際的な流通を促進すること、および知的、科学的、技術的および経済的活動分野における協力関係を助長することを念頭において、世界的な「規格」とそれに関係する活動の発展を促進することを目的とする。電気関係を除くあらゆる分野の規格を制定する国際標準化機構(民間法人。ニッケー・I・S・O)は、ギリシャ語の「πρῶτος」に由来する。○事業内容・国際的な合意のもとに規格を制定し、「国際規格(International Standards)」として発行すること。すべての電気技術に関しては、国際電気標準会議(IEC)と密接に協力して規格化に取り組む。規格化を審議する専門委員会(technical committees, subcommittees, working groups)の数は約2850。年間約3万人の専門家が参加している。○主な成果・出版物・規格数約1万2000(英文および仏文30万頁)。ISO Catalogueに収録。毎年1200 issues(ISO 9000+ISO 14000 series)として報告。○過去の実績：①写真フィルム感度コード、②電話、銀行コード、③インターネット・システム ISO 9000、ISO 14000、④輸送シナチナ、⑤のり

単位システム (Système International) (メートル、キログラム、秒) 時間、アンペア(電流)、ケルビン(温度)、モル(物質の量)、カンデラ(光度)、など。⑥紙のサイズ(1922年より DIN で使われていたものを ISO 216 として規格化)。⑦ロケットの安全性基準、⑧国名、通貨、言語の国際統一表現、⑨ネジの国際規格。など。○設立：1947年2月。設立の経緯：国際貿易における技術的障害を解消する国際規格の必要性の認識が起源。1926年から活動していた I S A (International Association of National Standardizing Associations) は第一次世界大戦の間活動を中止していたが、1946年に25カ国がロンドンに集まり、新しい国際機関の設立を決定した。○代表者：コルトバシー (Mario Cortobasi) フランコ。○会員数：参加国130より、各国1規格機関が参加。18カ国が理事国を務める。日本からは日本工業標準調査会(JISC)が加盟。○所在地：ISO Central Secretariat, International Organization for Standardization (ISO), 1, rue de Vanne, Case postale 56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland.

Fig.1 環境大事典<sup>[3]</sup>の構成  
(①:見出し語、②:説明文)

Step-6 各見出し語の指向性の類似度を比較するために、クラスタ分析を行う。

以上の過程を経ることで、見出し語がボトムアップで順々に結合されている Fig.2 のような樹形図が得られる。これにより、1236 語の環境情報を 1 つに纏めることができる。最終的に纏められた系そのものが環境学に他ならない。

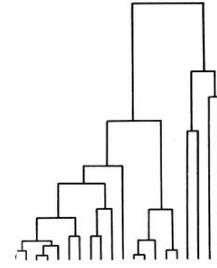


Fig.2 得られる樹形図(イメージ)

### 3. 環境学の体系化

2.で統合化された環境情報群を階層化していくことで、環境学の内部構造を体系化していく。

クラスタ分析にはいくつかの手法があるが絶対的に信頼できる分析手法は存在しない。そのため、4 つの代表的なクラスタ分析手法を用いて総合的に評価することで、体系を最適化した。

本研究で得られた体系の最適化手法とその段階的な結果を以下に示す：

Step-1 複雑な樹形図はそれだけでは直感的に評価できないため、樹形図を系のほぼ半分の位置で分割する。この際、4 つの手法でできるだけ分割数が同じになるようにする。

→ その結果、各手法ともに分割数は 35 前後となった。

Step-2 分割された小クラスタ毎に 690 語の中から特に頻度が高く表れている説明変数を「クラスタの特徴を特に表している説明変数(以下、支配変数)」として最大 4 つ抽出する。

Step-3 Step-2 で得られた支配変数から各クラスタの表題(クラスタタイトル)を決定する。

Step-4 4 手法を比較して、クラスタタイトルの最適化を行う。即ち、複数の分析手法で現れているクラスタタイトルは採用し、併合されやすいクラスタタイトル同士は結合する。

→ この結果、平均 35 分割された環境情報は最終的に 32 の分野として表された。

Step-5 Step-1 と同様に分割数を順に減らし、その過程でどう結合するか検討する。

→ その結果、現状より分割数を減らす際には、結合順位に一貫性がなく、不具合が生じることが分かった。即ち、これ以上分割数を減らすのは不適當である。

Step-6 樹形図全体の構造如何に関わらず、最初に結合したクラスタ同士の関連性が最も高いと考え、それらを纏め上げることにより、さらに統合化を進める。

Step-7 クラスタ毎に最初に結合するクラスタを求め、「2 手法以上で最近接関係を共有している」ことを条件に最適な最近接クラスタを決定する。

→ 纏めた結果、32 分野はさらに 19 分野までに纏めることができた。

Step-8 19 分野より簡潔に纏めるために、Step-7 よりも緩い結合条件を課す。即ち、Table 4-8 から、「少なくとも 1 手法で最近接関係を共有している」且つ「どちらかのクラスタには 2 手法以上でもう一方のクラスタと最近接関係を有している」という条件を設定する。

→ これにより、19 分野は、更に 16 分野にまで統合された。以上、一番近くのクラスタ同士を結合する統合化手法では、16 分野まで纏めることが可能である。

Step-9 次に Step-7 と同様にクラスタ毎に 2 番目に結合するクラスタを求める。

→ しかし、2 番目の結合では関連性がかなり弱くなっており、そこから分野間を纏めることはできなかった。

以上の手法によって、最終的に得られた結果を Table 1 に示す。環境学が 32→19→16 分野と秩序だって統合されている。この結果は主観的に見て妥当であると考えられるが、さらに体系を纏めたい場合若しくは主観を重視したい場合は機械的な作業に従うことなく、自らの意思でクラスタタイトルを結合し、分野を統合することも可能である。

環境学の構造を教育に適用させる場合、得られた分野毎に教育を行うことが最も効率が良いと考えられる。だが、同じ分野でも学年別で扱う内容が異なり、俯瞰型の教育のためにも分野間の相互関係が明らかにされなければならない。以上 2 点に関して、次で検討する。

Table 1 体系化された環境学の階層構造

クラスタイトル	支配変数	32分野	19分野	16分野
環境の価値	価値	1	1	1
環境影響評価	評価・環境影響・アセスメント・LCA	2	2	2
民間の環境に対する取り組み	保全・事業・産業・法人	3		
地球に関する情報及びデータベース	情報・データ	4	3	3
農業と森林破壊	農業・森林・熱帯・食料・人口	5	4	
失われゆく生物多様性とその保全に向けた取り組み	保全・多様性・生物多様性・野生生物・種	6		4
開発	開発	7	5	
オゾン層破壊	オゾン・オゾン層	8	6	5
環境破壊	破壊・環境破壊	9		
マネジメントシステム審査	規格・マネジメント・ISO・審査	10	7	6
廃棄物	廃棄物	11		
リサイクル	リサイクル	12	8	7
資源	資源	13	9	8
国際市場における環境対策	経済	14		
循環型経済社会の構築	社会	15	10	9
環境保護支出勘定	費用・税金・経済	16		
エネルギー	エネルギー	17		
環境と発電事業	発電・原子力	18	11	10
環境保全型科学技術	科学・科学技術	19	12	11
研究	研究	20		
地球環境問題	地球	21		
温室効果ガス	温暖化・ガス・温室効果	22	13	12
二酸化炭素	CO2	23		
海洋環境	海洋	24	14	13
大気汚染公害と運輸・交通	自動車・大気・大気汚染・公害	25		
環境と公害	公害・被害	26	15	
薬害と社会的責任	薬害・水俣病・患者・訴訟・過失・責任	27		14
環境法	法律	28	16	
健康影響	毒・健康・リスク・労働・食品	29	17	
汚染物質排出	排出	30		
気候変動	COP・気候変動・気候	31	18	15
化学物質	化学物質	32	19	16

#### 4. Case Study I: 対象年齢を考慮した環境教育内容

体系化された環境学の分野構造に基づき、分野毎に教育する際に必要とされる環境情報の抽出、及び、対象年齢別に環境情報を選定することで、適切な環境教育内容を提示した。

情報抽出は、Table 1 で示された各分野の支配変数がどれか1つでも説明文中に出てきた場合、その見出し語を当該分野の環境情報として抽出することによって行った。例えば、[民間の環境に対する取り組み]分野の教育を考えた場合、この手法で抽出された見出し語は 1236 語のうち 124 語であった。環境学の体系化の際にこの分野のクラスタに含まれていた見出し語は約 70 語程度であった。よって、このプロセスを経ることで、包含される情報量は2倍近くに増え、詳しく教育を行うことができる可能性が示唆された。

次に、「学習者の教育レベルに即した教育内容」のため、得られた環境情報を対象年齢別に振り分ける。年齢別抽出は全ての見出し語のうち、対象年齢に対して記述された参考書に掲載されているものだけを残すことによって行われた。今回は[民間の環境に対する取り組み]分野と同じ主題で記述されている『地球白書』(中高生用)と『こども地球白書』(小学生用)を用いた<sup>[4]</sup>。

[民間の環境に対する取り組み]分野で抽出された 124 語は、小学生レベルでは以下に示される 6 語程度で十分であることが分かった。また、中高生レベルでは 5 語追加されて 11 語となった。専門的に環境学を学ぶ人に対しては、124 語全てを提示する。以上より、初学者に対して教育する際には 5 語→11 語程度に限定し、環境学を専門としたい人に対しては 124 語全ての情報を提示するのが最適であると考えられる。

小学生対象: 環境コスト、環境指標、グリーン購入、持続可能な開発に関する委員会、世界自然保護基金、熱帯雨林の減少(6 語)

更に追加される情報: エコ・エフィシエンシー、公害、持続可能な開発のための世界産業人協議会、生物多様性条約、全米野生生物連盟(5 語)

## 5. Case Study II: 俯瞰型教育のためのネットワーク構造

多面的な俯瞰型教育を行うために、環境学の構造をネットワーク化することで各分野の相互関係を明らかにした。今回は環境学が[環境影響評価]、[廃棄物]、[リサイクル]の3分野のみで構成されているとした。

ネットワーク化は以下の作業によって行われた。

Step-1 4.で当該分野の環境情報として抽出された見出し語群でマトリックスを作成する。

Step-2 分野別のマトリックスから、各分野の支配変数部分の要素を全て削除する。

Step-3 新しく得られたマトリックスに対して 3.で行った手法を適用し、「支配変数」を決定する。この「支配変数」は Step-2 で抜き出された従来の支配変数を構成する変数である。以下、副支配変数とする。

Step-4 全ての分野で同様の作業を行い、分野間で共通した支配変数・副支配変数がある場合、結合する。

分野間で得られたネットワーク構造を Fig.3 に示す。共通する支配変数・副支配変数を結合することでノードが形成され、各支配変数を中心とするハブ構造が示されている。これにより、以下のように分野間の関連性が解釈される。

- 廃棄物とリサイクルは共通項が多いため、非常に密接な関係にあるといえる。リサイクルが通常廃棄するものを再生利用する行為であることを考慮すると当然の結果である。
- 環境影響評価との関連性の高さを見ると、より共通項の多い廃棄物の方が関連性は高いと考えられる。

さらに、本ネットワーク構造を環境教育に適用途させると、以下のような可能性が期待される。

- 学習者の興味に応じた対話的な操作により、複雑な環境学の構造を好みに応じて解きほぐして教育することが可能
- 難易度別の構造が提示可能
- 既存教育方法の環境学全体における位置付けを行うことが可能
- 新規な教育方法の提示が可能

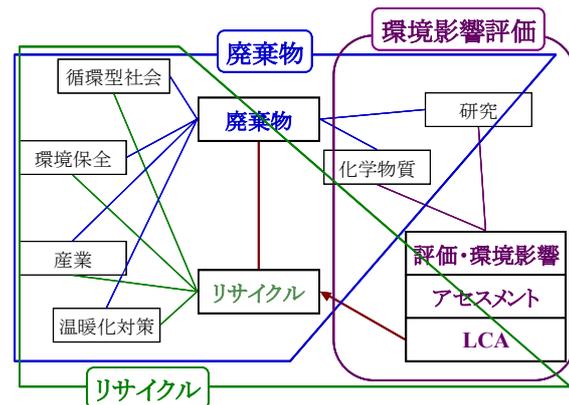


Fig.3 分野間の関係とネットワーク構造

## 6. 結論

雑多な1236語の環境情報を機械的に16分野に纏め、環境学を体系化することができた。その構造はかなりの妥当性を有しているといえるが、主観を加えることで各人が個別により妥当と思われる結果を得ることもできる。得られた分野に対して、各分野内では教育内容を対象年齢別に分類することで、教育時の優先順位を決定させた。各分野間にネットワークを構築し、関連性の有無を明らかにした。このネットワークからは環境教育に対して様々な利用法を提示することができ、汎用性の高さが示唆された。

- [1] 市川智史, 環境教育のカリキュラム, 新版 カリキュラム研究入門(安彦忠彦編), 勁草書房, pp.144-156, 1999.
- [2] 垣内信子, 小学校における環境教育プログラムの開発と実践, 授業実践研究会(第10回: 千葉大学教育学部附属教育実践総合センター主催), 2003.7.
- [3] 吉村進, 環境大事典, 日刊工業新聞社, 2003.
- [4] クリストファー・フレイヴィン, 地球白書・子ども地球白書(2004-05), ワールドウォッチ研究所, 2004.