図学研究で使用される用語の調査研究

梶山喜一郎 Kiichiro KAJIYAMA

概要: 図学では研究内容を説明するためにどのような用語を使用するか. 研究論文 450 編のキーワード欄と概要欄のテキストについて用語リストを作成し, 用語が何回出現したかをカウントした. キーワード欄で使用された用語は 700 語で, 1~3 回の出現頻度の少ない用語は全体の 92%を占める. 頻出する上位の用語は研究分野を示すものであるが, 著者は研究分野を幾つも併記する傾向にあり, キーワード欄の情報から研究内容や研究分野を推測するのが困難である. 研究内容を説明する概要欄で使用された語は 6969 語で, その中で出現回数が少ない 10 回未満の用語が 89%を占める. 100 回以上出現する頻出語の中で名詞は 30 語程度である. 説明の骨格は少ない用語で組み立てられている. 用いられる用語とその出現頻度は研究分野別に異なっている.

キーワード: 図学論 / 用語カウント / テキストマイニング

1. はじめに

図学の説明にどのような言葉が使われているか. 例えば図学の授業ではどのような言葉を使い, さらに専門用語を説明するためにはどのような言葉を使うのか. また図学の研究内容はどのような言葉で文章化されるか. 図学の教育者, 研究者は適切な単語のリストを持ち, また単語と意味の組み合わせのリストを持ち図学の説明に用いていると考えられる.

この研究は図学論文で使われる用語を収集しその特徴を考察する. この用語収集^[1]は幾つかの役割があるが, 図学文献の情報処理, 例えば検索, 分類, 要約のための基礎作業となる.

2. 目的と方法

図学の研究論文で使用する用語の特徴を明らかにするため質的研究で行われている用語カウントの手法^[2]を用いる. 論文で使用する(1)用語リスト(辞書)の作成し, これにもとづき(2)用語が文章の中で何回出現したかをカウントし, (3)この用語の出現リストをもとに研究論文で使用する用語の特徴を明らかにする.

2.1. データ

用語調査の対象とする研究論文は, 1997 年 3 月から 2006 年 9 月に出版し電子化された学会誌の論文 112 編, 大会学術講演論文 338 編の 450 論文である. 分析に使用した文章は, これらの論文の(1)キーワード欄と(2)概要欄

のテキストである.

2.2. 分析方法

テキストマイニングソフトウェア(KH Coder)^{[3][4]}を使用し文章を解析した. 分析の前処理として半角の文字は全角に変換した. 個々の文はソフトウェアで, 「本報/は/, /3D-CAD/利用/の/設計者/を/対象/に/し/て/機械製図/の/極めて/独特/な/表現法/で/ある/断面図示法」のように形態素に分解する.

このソフトウェアのオリジナルの辞書は図学の専門用語や研究用語が整備されていず, 与えられた文章をそのまま解析すると「本/報/は/, /3/D/-/CAD/利用/の/設計/者/を/対象/に/し/て/機械/製図/の/極めて/独特/な/表現/法/で/ある/断面/図/示/法」となるので, 最初に 450 編で使用される用語について辞書登録を行い図学研究用語のリスト(辞書)を作り上げる. 次にこの辞書を用い, テキストマイニングソフトウェアで文章の中で特定の用語が何度出現したかをカウントする.

図 1 出現回数の分布

横軸が用語の出現回数(対数目盛り), 縦軸が度数

3. キーワード欄の分析

3.1. 全体での頻出語

分析に使用した 450 編のキーワード欄の用語は延べ数 1603 語の名詞からなり, 異なり語数(同一の語が何度出現しても1回と数えた場合の語数)は 700 語である. 著者がキ

ワードとして使用した 700 語の出現回数の度数分布を図 1 に示す。各論文に共通に使用されるキーワード用語が少ないのが特徴である。このキーワード欄に 1 回だけ出現した用語は 523 語で異なり語数の 74.7%を占める。1～3 回出現した用語は全体の 91.9%である。10 回以上くり返し選ばれた用語は 19 語で全体に占める割合は 2.7%で、その中の最多は 95 回出現の「コンピュータグラフィックス(CG)」である。

3.2. 特徴的な頻出語

論文投稿時に、著者は研究分類の大項目（基本分類キーワード）の 17 の専門用語「図学論、設計論、造形論、平面幾何学、空間幾何学、応用幾何学、形態構成(造形)、コンピュータグラフィックス、形状処理、画像処理、CAD・CADD(CAD・CAM)、図学教育、設計・製図教育、造形教育、教育評価、空間認識、図学史」のいずれかを一つ選択し記載する。カッコ内は研究分野の旧名称である。

キーワード欄でくり返し出現する数が上位 150 語を表 1 に示す。上位のキーワードは研究分野の大項目を表す用語が使用され、中項目の分野の用語の使用は少ない。大項目以外の用語として、切断面実形視テスト(16)、CAD(15)、展開図(13)、透視図(12)、空間認識力(11)、遠近法(9)が上位にある。カッコ内は出現回数。

図学の専門用語辞書に図学会が公開している簡易辞書がある。この辞書のうち 2990 語と、これら実際に使われた 700 語の用語を比較した結果、一致した用語は 144 語であった。

3.3. キーワード欄での研究分野の併記

著者のキーワード欄の記載の仕方には特徴があり、「CG、アニメーション、動作強調」、「CG、ノンフォトリリスティックレンダリング、水彩画」等の研究分野を表す大・中・小項目のキーワードを用いるタイプや、「図学教育、CG、教育評価、空間認識」、「空間認識、CG、図学教育」等の関連する分野を併記するタイプがある。また全体の 15%は指定した研究分野の用語を使用していない。

図学研究の大項目の 17 用語を使用した著者が他にどのような用語を併記したかを検討したのが表 2 である。大項目ごとに出現確率の高い上位 5 つの用語をリストにしたものである。キーワードに「図学教育」研究分野を記載した論文では同時に、「空間認識、教育評価、CG、設計・製図教育」の分野が、「空間認識」研究分野では「図学教育、教育評価、空間幾何学」分野が併記されている。「応用幾何学」分野では、「画像処理、形態構成、形状処理、設計・製図教育」を併記する傾向にある。最多出現の「コンピュータグラフィックス」の分野は、「空間幾何学」、「形状処理」、「画像処理」、「図学教育」、「教育評価」の分野でも記載されている。

論文の著者には編集委員会が指定する大項目を表すキーワードが求められるが、彼らの大項目選択の特徴は、

研究内容が境界領域であることを強調するために一つ以上の分野を併記する傾向にある。また、検索でヒットするよう分野のキーワードを幾つも選択することが行われている。このため読者はキーワード欄の情報で、それがどの研究分野であるか同定することを困難にする。

表 1 キーワード欄の頻出 150 語

抽出語	出現数	抽出語	出現数	抽出語	出現数
CG	95	作図能力	4	マルチメディア	2
図学教育	89	支援システム	4	モーションキャプチャ	2
空間認識	62	図的表現	4	モルフォロジー	2
画像処理	47	直極点	4	リズム	2
設計・製図教育	42	平面幾何	4	ルネサンス	2
教育評価	38	立体視	4	レンダリング	2
造形	29	立体透視図法	4	衣服設計	2
造形論	29	eラーニング	3	衛星通信大学間ネットワーク	2
形状処理	26	Java	3	円弧	2
空間幾何学	23	MRT	3	遠隔授業	2
CAD/CAM	21	デッサン	3	画像分類システム	2
図学史	20	ユーザーインターフェイス	3	学生による授業評価	2
切断面実形視テスト	16	感性評価	3	幾何学	2
CAD	15	教育	3	幾何学	2
応用幾何学	13	教材開発	3	幾何学	2
展開図	13	空間認知	3	幾何学	2
透視図	12	建築設計製図	3	幾何学	2
空間認識力	11	誤答分析	3	幾何学	2
平面幾何学	11	広重	3	幾何学	2
遠近法	9	作図法	3	幾何学	2
図学論	9	紙風船	3	幾何学	2
CAD教育	8	図形認識	3	幾何学	2
アニメーション	8	図法幾何学	3	幾何学	2
ノンフォトリリスティックレンダリング	8	折り紙建築	3	幾何学	2
3D-CAD	7	設計製図教育	3	幾何学	2
アルゴリズム	7	双対構造	3	幾何学	2
デザイン	7	速記符号	3	幾何学	2
モデリング	6	体形分類	3	幾何学	2
軸測投影	6	読図能力	3	幾何学	2
数値造形	6	浮世絵	3	幾何学	2
多面体	6	文字認識	3	幾何学	2
16世紀	5	文様	3	幾何学	2
イタリア	5	平面図	3	幾何学	2
シミュレーション	5	3D-CG	2	幾何学	2
プログラミング	5	3次元計測	2	幾何学	2
感性情報	5	9点円	2	幾何学	2
形態構成	5	CAE	2	幾何学	2
写真	5	VR	2	幾何学	2
情報技術	5	アパレル柄	2	幾何学	2
図形科学教育	5	アルゴリズム理解	2	幾何学	2
造形教育	5	インターフェイス	2	幾何学	2
透視図法	5	グラフ多面体	2	幾何学	2
CG教育	4	コンテンツポリアート	2	幾何学	2
カリキュラム	4	ジェフ・ウォール	2	幾何学	2
可視化	4	データベース	2	幾何学	2
画像検索	4	デジタルアーカイブ	2	幾何学	2
絵画空間	4	ドローイング	2	幾何学	2
教育交流	4	ネットワーク	2	幾何学	2
曲面	4	プロトコル分析	2	幾何学	2
形状モデリング	4	ペーパーカー	2	幾何学	2

表 2 研究分野の 17 用語と併記されるキーワード

分野の用語	サンプル	上位の用語
図学論	9	空間認識、誤解、平面幾何学、設計・製図教育、図学教育
設計論	1	設計図書、施主、設計変更
平面幾何学	15	直極点、焦点、無限遠線、多極曲線、誤解
空間幾何学	25	図学教育、CG、形状モデリング、折り紙建築、多面体
応用幾何学	13	画像処理、形態構成、数値造形、形状処理、設計・製図教育
CG	95	折り紙建築、誤解表現、レンダリング、美術、協同作業
形状処理	26	画像処理、CG、体形分類、曲面、自由曲面
画像処理	47	CG、形状処理、感性情報、応用幾何学、協同作業
CAD・CADD	23	図学教育、空間認識、教育評価、設計・製図教育、省略遠近法
形態構成	34	アルゴリズム、デッサン、文様、支援システム、造形教育
造形論	29	遠近法、絵画空間、広重、浮世絵、図学史
図学教育	89	空間認識、教育評価、CG、設計・製図教育、空間認識力
造形教育	5	造形、被服、造形要素、視覚造形教育、被服設計
設計・製図教育	45	図学教育、CAD教育、教育交流、CAD/CAM、3D-CAD
教育評価	38	図学教育、空間認識、CG、空間認識力、学生による授業評価
空間認識	65	図学教育、教育評価、切断面実形視テスト、透視図法、遠近法
図学史	20	イタリア、16世紀、立体透視図法、透視図法、遠近法

4. 概要欄の分析

4.1. 出現頻度の高い用語

研究内容を説明する450編の概要の文章は、概要を構成する段落の総数が495、段落を構成する文の総数が3608である。抽出した形態素の総数は、95805語。異なり語数は6969語である。概要の文章中に6969語の用語がどのように使われているかを検討するために出現回数の度数分布を作成しこれを図2に示す。450編の概要に共通して使用される用語が少ない。概要の3608文中10回以下の出現回数の少ない用語は5549語で、異なり語数の89.3%を占める。最多の4219回出現した用語は「～する(動詞)」である。この用語を除くと繰り返し文中で用いられる回数は400以下であり、説明文で用いられる「できる(381), なる(373), ある(336), よる(219)」等のひらがなの動詞(動詞B)がリストの上位に続いている。カッコ内は出現回数。

図2 出現回数の分布

横軸が用語の出現回数(対数目盛り), 縦軸が度数

4.2. 全体での頻出語

ひらがなの動詞や形容詞を除き、くり返し出現する回数が上位の150語を表3に示す。研究の一般的な説明文に用いられる「行う(367), 用いる(302), 結果(249), 本研究(195), 考える(193), 描く(190), 利用(182)」の用語が上位を占める。この後の順位に研究内容を説明する名詞「立体(180), 手法(173), 学生(167), 形状(152), 方法(149), 画像(135), 図(130), 切断面実形視テスト(129), CAD(123)」が続いている。出現回数が100以上の名詞(サ変名詞を含む)は30程度である。

4.3. 分野別の特徴的な頻出語

研究分野ごとに概要の文章の用語をカウントし、450編の全体と比べその分野に高い確率で出現している特徴語として抽出する。この上位10の用語を示したのが表4であ

る。ここでの研究分野の分類項目は先述の17の大項目に「教材開発」の分野を加えた18項目である。450サンプルの概要は「図学研究の広がり」^[5]によれば、図学論(14), 設計論(14), 造形論(29), 平面幾何学(17), 空間幾何学(14), 応用幾何学(9), 形態構成(24), コンピュータグラフィックス(57), 形状処理(10), 画像処理(40), CAD・CADD(15), 図学教育(19), 設計・製図教育(21), 造形教育(5), 教育評価(28), 教材開発(48), 空間認識(60), 図学史(26)に分類される。カッコ内はサンプル数。

表3 概要欄の頻出150語

抽出語	出現数	抽出語	出現数	抽出語	出現数
行う	367	理解	85	位置	52
用いる	302	情報	83	過程	52
結果	249	被験者	83	多く	52
表現	203	研究	82	表示	52
本研究	195	高い	80	与える	52
考える	193	作品	79	実施	51
描く	190	設計	79	重要	51
利用	182	多い	79	設定	51
立体	180	CG	78	直線	51
手法	173	評価	78	螺旋	51
学生	167	コンピュータ	77	図面	50
形状	152	持つ	74	平面図	50
方法	149	ソフトウェア	73	本論文	50
問題	140	内容	73	容易	50
得る	136	デザイン	72	制作	49
画像	135	大学	72	大きい	49
検討	131	データ	71	教材	48
図	130	機能	69	作業	48
切断面実形視テスト	129	作図	69	実験	48
必要	124	述べる	69	立方体	48
CAD	123	比較	69	作る	47
見る	123	求める	68	入力	47
生成	121	実際	68	種類	46
授業	120	報告	68	図学教育	46
示す	119	効果	64	能力	46
分析	114	3D-CAD	62	影響	45
提案	113	導入	62	技術	45
可能	112	傾向	61	動作	45
場合	110	認識	61	モデル	44
教育	109	基づ	60	構造	44
考察	107	構築	60	試みる	44
作成	107	使う	60	3次元	43
対象	106	知識	60	応用	43
システム	103	面	59	幾何学	43
空間	103	解析	57	今後	43
目的	101	処理	57	他	43
課題	97	展開図	57	透視図	43
図形	96	学習	55	描画	43
特徴	96	操作	55	要素	43
上	92	中心	55	テスト	42
図学	92	点	55	ユーザ	42
使用	91	確認	54	作図法	42
従来	91	視点	54	適用	42
関係	90	本稿	54	日本	42
形	89	イメージ	53	部分	42
明らか	89	可能性	53	複数	42
変化	88	画面	53	人	42
異なる	86	思う	53	図形科学	42
開発	86	特に	53	性質	41
構成	85	平面	53	動き	41

研究の目的, 方法, 対象, さらには, 記述する様式は研究分野により異なるために, 用いられる用語の組み合わせに違いがある。「図学」の用語は, 「図学論, 平面幾何学, 空間幾何学, 応用幾何学, 形態構成(造形), 造形論, 図学教育, 設計・製図教育, 教育評価, 教材開発, 空間認識, 図学史」分野の概要に使用されているが, 高い確率で出現するのは「図学論と図学教育」の分野である。調査や実

験を説明するために使用する「被験者」の用語は、「コンピュータグラフィックス、形状処理、造形論、教育評価、教材開発、空間認識」の分野で用いられるが、良く使われるのは「空間認識」の分野である。

これらの頻出語に対して出現回数の少ない名詞は、その研究分野の共通な用語ではないが、論文に固有な内容を説明するために用いられている。

上位 100 位の名詞群(名詞、サ変名詞、)と形容動詞、副詞、いずれも出現回数 45 以上の頻出 100 語(変数 値は出現率)を選びクラスター分析(ウォード法)により 18 分野を分類したのが図 3 の dendrogram である。用語の出現回数の違いにより、図学研究は図の左から教育系、幾何学系、コンピュータグラフィックス系の 3 グループに分類できる。教育系では造形教育分野が図学教育、設計・製図教育分野とは違う用語で記述されている。幾何学系では、平面・空間・応用幾何学の分野だけでなく図学史の分野も類似の用語で記述が行われている。コンピュータグラフィックス系では CG、画像処理、CAD・CADD の分野が類似の用語を用いている。

表 4 18 研究分野の頻出語

分野	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1図学論	図学	教育	図学教育	教師	設計	図面	機械	存在	我が国	表題
2設計論	設計者	CAD	導入	設計	設計業務	設計変更	現場	内容	変化	ドローイング
3平面幾何学	卵形線	定理	拡張	直線点	直線	作図	三角形	CAD	性質	定義
4空間幾何学	正角丸	三角形注	作図	展開	射影幾何学	パワラフツ	幾何	グラフ多面体	3次元空間	方法
5応用幾何学	森林火災	人間工学	形状	連記符号	多面体	精度	写真	投影	立体パター	平面パター
6CG	手法	提案	表現	生成	画像	デザイン	CG	情報	動き	ユーザ
7形状処理	特徴	形状	計測	表面	毛糸	確率モデル	人体	データ	断面	ポリゴン
8画像処理	画像	構築	手法	方法	入力	感度情報	システム	処理	計測	図柄
9CAD・CADD	火災	設計	入力	スケッチ	機能	特性	システム	CAD	点集	手法
10形状構成	螺旋	生成	螺旋形態	立体	アルゴリズム	パリエーション	分岐パターン	平面曲線	本稿	設定
11造形論	作品	空間	画面	絵画	視点	画家	西洋	空間表現	制作	遠近法
12図学教育	学生	図学	授業	図学教育	内容	現状	報告	図形科学	教育	訓練
13造形教育	模型	表面	平面	授業	演習	製作	関係	人体形態	造形デザイン	平面パター
14設計・製図教育	CAD	教育	CAD教育	設計製図教育	設計製図	内容	学生	検討	フィード	企業
15教育評価	学生	授業	立体	理解	使用	投影図	図形	アンケート	性質	立体図
16教材開発	ソフトウェア	授業	教材	学生	課題	利用	学習	ツール	理解	作成
17空間認識	被験者	横切	立体	テスト	認識	立体視	イメージ	比較	解答時間	
18図学史	作図法	軌跡図	分析	平面図	幾何	指摘	ショワジー	パラス	幾何	舞台装置

5. まとめ

図学研究 450 編の論文のキーワード欄と概要の欄の文章についてそこで使われている用語リストを作成しその使われ方を調査した

キーワード欄で使用された用語は 700 語で、これを図学の専門用語辞書 2990 語と比較したところ一致した単語は 144 語であった。450 サンプルのキーワード欄で 1~3 回出現した用語は全体の 91.9%を占める。繰り返し使用された用語の上位は図学の研究分野を示すものであるが、幾つかの研究分野を併記する傾向にあり、キーワード欄の情報から研究内容や研究分野を推測するのが困難である。例えばコンピュータグラフィックスの研究分野はレンダリング・アニメーション・モデリング・インターフェイス等の中項目の分野に分かれているが、これらの中項目キーワードを記載すればキーワード欄から内容を推測しやすく

なると考えられる。

概要欄で使用された語は 6969 語であるが、よく使われる用語は限られる。出現回数が少ない 10 回未満の用語は 6222 語で全体の 89.3%である。100 回以上繰り返し使われる用語は 45 語程度である。その中で名詞は 30 語程度である。文章の骨格は少ない用語で組み立てられていることが分かる。用語の使われ方を検討すると、研究分野別に記述に用いる語やその頻度も異なる。

図 3 100 語による 18 研究分野のクラスター分析

参考文献

[1] 国立国語研究所編, 分類語彙表, 増補改訂版, 国立国語研究所資料集, 大日本図書(2004).

[2] グレイ・W・ライアン, H・ラッセル・バーナード, ”データ処理と分析方法”, ノーマン・K・デンジン他編, 質的研究ハンドブック 3 巻, 北大路書房(2006), pp.165-190.

[3] 樋口耕一, KH Coder 2.x リファレンス・マニュアル, 2007. <http://khc.sourceforge.net/>

[4] 樋口耕一, KH Coder 2.x チュートリアル, 2006. <http://khc.sourceforge.net/>

[5] 日本図学会編, 図学研究の広がり, 図学研究 41 巻記念号(2007).

著者紹介

かじやまきいちろう:福岡大学工学部 図学教室
<http://monge.tec.fukuoka-u.ac.jp>