

「造形的な見方・考え方」の考察

—— 教材「数式による感性の表現」の分析を通して ——

内田 裕子 埼玉大学教育学部芸術講座美術分野
大岩幸太郎 大分大学教育学部

キーワード: 感性、知性、数学、数式、キャッチコピー

1. はじめに

「造形的な見方・考え方」は、新たに2017年改訂版学習指導要領に導入された、美術教育で育成を目指す能力であるが、これは「知性だけでは捉えられない対象や事象を、身体を通して知性と感性を融合させながら捉える」方法と解説されている。ところでこうした「造形的な見方・考え方」の解説を聞くと、デカルト〔René Descartes, 1596-1650〕が説いた身体の器官「松果腺」の解説を思い出す人も多いと思われる。デカルトは松果腺を「一方で、身体全体に起こる多様な身体運動を一つにまとめそれを知覚として魂に提示するものであり、他方で、それは魂の意志によって動かされることで、多様な身体的な運動を可能にもする」¹⁾ 共通感覚と想像を司る²⁾器官と仮定した。実際、こうした機能を持つ器官の存在は、医学分野における近年の研究報告が裏付けている。例えば、COVID-19の予防のために着用するマスクにより、表情の理解に必要な目鼻口の全てが見えず、乳幼児や小学生が喜怒哀楽等の感情を学習したり相手の気持ちの理解を学習したりするのに悪影響を及ぼしているという報告³⁾ や、「スマホ依存」により「すべての高次連合野から入力を受けるだけでなく、大脳辺縁系と相互の密接な線維連絡を有し、これら合目的な行動戦略に重要な役割を果たしている」⁴⁾ 前頭葉の血流が減少して機能低下に陥り、記憶力や判断力、学力ばかりか意欲や感情が減退したという報告⁵⁾ 等である。これらの報告に基づけば、デカルトが考えた松果腺の機能は前頭葉が持つと解釈出来るものの、こうした証明や、実際に目で見た像〔映像: image〕と想像して見る像〔心像: image〕が異なる神経システムによって見られている事実の証明の様子、近年の脳科学が齎した様々な知見は、図画工作科及び美術科において従来行われて来た教材の意義を裏付けるが、管見の限り、そうした脳科学の成果と「造形的な見方・考え方」とを関連させた研究は少ない。

そこで、本研究では、現行の学習指導要領で「知性だけでは捉えられない対象や事象を、身体を通して知性と感性を融合させながら捉える」方法とされる「造形的な見方・考え方」について、知性と感性の関係を学習すると想定される教材を創作し実践し、更にその結果の分析を通して考察する。そのため、本論ではまず、調査用に創作した教材について記し、次に、その教材の実践による調査の結果とその結果の分析を記し、最後に、分析に基づく考察を記す。

2. 調査概要

2-1 創作教材「数式による感性の表現」

本研究において創作した「造形的な見方・考え方」を活用した結果が明確に見られる教材「数式による感性の表現」は、自身の感覚や、感覚によって呼び起こされる感情や認識等の「感性」を「数式」を用いて伝えるポスター等の平面デザイン分野に属する表現教材である。本教材の特徴は、ポスターのキャッチコピー

に数式を用いる点である。なお、これは、大学生を対象にした調査研究のために創作した教材であるが、この数式の種類を変更すれば、年齢を問わず実施可能と考える。

感性的な内容を数式に表わす本教材を創作したきっかけ〔理由〕は、次の2点にある⁶⁾。1点目は、大分大学が文部科学省委託事業として行った「社会人の学び直しニーズ対応教育推進プログラム (GP)」の「情報教育イノベータ育成講座」のポスターに、高等学校迄の数学科の教科書には現れない三重積分記号「 \iiint 」が掲載されていたことである〔図1〕。ポスターの創案者に依ると、三重積分記号を用いたキャッチコピーに籠めた狙いとは「一般の積分は、2次元空間での微小な長さとその高さの積からなる微小面積を集めて全体の面積を得ることを意味し、3次元空間での三重積分では体積を求めることが出来る。そこで、三重積分で求める体積を、『情報教育イノベータ育成講座』では受講者が受講する3科目によって育成される成果と見做すと、変数を1科目15回の授業の3科目を微小な『情報教育イノベータ』と見立てることで、この変数での三重積分の結果は『情報教育イノベータ育成講座』を受講すると『情報教育イノベータ』の資格が取れますとの意味も籠めた」と語る⁷⁾。



図1 「 \iiint 」のキャッチコピーが掲載されたポスター

もう1点は、大学の全学部生が受講する基礎科目の「事後展開学修」の教材を準備するため、授業の主題であった「芸術と教育の関係」に関わり、授業で取り上げた「グランド・ツアー」や「ピクチャレスク・ツアー」に関連する資料を探していた際、キャッチコピーに数式を使用した「旅行案内ポスター」を見付けたことである。上記の「情報教育イノベータ育成講座」のポスターと、この「旅行案内ポスター」に、抽象的認識である「知性」と関係の深い数式が旅情〔感性〕の表現のために使用されていた点から、理系も文系も含まれる基礎科目のクラスにおいて、感性的な内容を数式で表現する課題〔教材〕を実施すれば、現代の大

学生が、知性と感性の分野を如何に繋ぐかが見られ、また、専攻分野と回答との相関も見られるのではないかと考えた。そこから、次の表1に示す教材を創作した⁸⁾。

表1 創作教材「数式による感性の表現」の内容

<p><実施手順></p> <p>① まず「青春18きっぷ」のポスターをご鑑賞下さい。続いてポスターの「キャッチコピー」をご理解下さい [参考:「青春18きっぷから伝わる旅情」<https://japan-traveling.net/list/page/4/>]。</p> <p>② ご自身が撮影した写真等から画像を1枚選び、その画像に合うキャッチコピーを(上記のポスターに倣い)数式及びそれを解説する文で表現して、写真に配して下さい。 ※ 写真や絵の撮影・制作時期は問いませんが、一般のポスターの様に制作の目的は設定して下さい。 例えば「青春18きっぷ」の様に(仮想の)販売を目的にして、或いは、ブログの様に日記としてやサークルへの勧誘を目指したポスターとして等、自由に設定下さい。</p> <p>③ 他の方がご覧になって、共感出来る作品になることを目指して下さい。</p>	
--	--

上記の教材を創作するきっかけの一つになった『「青春18きっぷ」ポスター紀行』の書籍には「青春18きっぷ」の25年分のポスター⁹⁾が掲載されていたが、それに依ると、数式を使用したキャッチコピーは2003年夏から2004年春のポスターにあり、更にそれらのキャッチコピーの創作者が「大学で数学を専攻していた」¹⁰⁾籠島康治 [1968-] ¹¹⁾と記されていた。なお、図1の『「情報教育イノベータ育成講座」ポスター』の創作者は物理学を専攻している。

2-2 調査方法

『「青春18きっぷ」ポスター』において「数式」のキャッチコピーが掲載された「時期」及び「数式」とその「解説」¹²⁾を表2に示す。

表2 『「青春18きっぷ」ポスター』に掲載された「数式」と「解説」

No.	掲載時期	数式	解説
1	2003年 夏季	$E=(km)^2$	旅の楽しさ (Enjoy) は、距離 (km) の2乗に比例する。
2	2003年 冬季	$I=t \text{人}^2$	旅の印象 (Impression) は、時間 (time) と出会った人々に比例する。
3	2004年 春季	$\sqrt{a}=18$	旅路 (ルート) のなかでは、人はいつも18 (age) である。

表2のNo.1に示すキャッチコピー「 $E=(km)^2$ 」の創作意図を、上記の書籍では表3の様に記している¹³⁾。

表3 「北上線：ゆだ錦秋湖～ほっとゆだ駅」掲載文章 [抜粋]

旅情とはいつもの場所から遠ければ遠いほど深まるものだ。またその旅先がいつもと違うほど旅情を感じるのだ。その点で、交通機関のスピードアップは旅情を深めるには寄与しない。現在においては旅情は旅の楽しさにつながり、その昔は不安と寂しさを伴ったものだったに違いない。そんな理屈を法則のようなものにしてみた。

なお、キャッチコピーを制作した籠島は、対談で「より多くの人に伝えるためのアドバイス」を求められた際「人によってソーシャルなことへの感度が違う。印象的な写真や映像を見て一気に心を動かされて行動する人もいれば、静かに共感して長く継続的に活動にかかわってくれる人もいますよね。団体や活動によっても伝えたいメッセージや届けたい相手が異なると思います。そのあたりを考えて、丁寧に作り込んでいく

ことが大切ではないでしょうか」¹⁴⁾と語ったが、このアドバイスの言葉から、キャッチコピーの数式は、数式に馴染みの無い人も含めて、誰もが理解出来る点に配慮して創作されたと推測出来た。

この教材を実施した「事後展開学修」に先立つ授業では {ポスターの目的、ポスターが目的を達するために必要となる共感の意味、数学における数式の創作性並びに美しさ} 等について解説し、特に、物理学者の寺田寅彦 [1878-1935] や湯川秀樹 [1907-1981] が美術や文学に長けていた点や、数式が美しさや創造性の観点から美術に関係がある点等を挙げて、教材の目的や意義が理解出来る授業になる様に構成した。

調査協力者の所属と人数を表4に示す。所属先は総数12学科、調査協力者は殆どが学部1年生であった。表4では学部及び学科を50音順に掲載した。なお、入学試験科目の傾向に基づき「文系・理系」に分ける単純な分類法では、教育学部と経済学部は文系、工学部と理学部は理系に分類される。

表4 調査協力者の「所属」と「人数」

学部	学科	学科数	人数
教育学部	学校教育教員養成課程小学校コース文系、養護教諭養成課程	2	3
経済学部	経済学科	1	18
工学部	応用化学科、環境社会デザイン学科、機械工学・システムデザイン学科、情報工学科、電気電子物理工学科	5	29
理学部	基礎化学科、数学科、生体制御学科、分子生物学科	4	14

3. 教材の実施結果

3-1 作品

本章では、大学生が創作したポスター等の「作品」と作品に掲載された「数式」、更に、数式の分析結果を挙げる。まず、表5には、本研究で分析対象にした64作品の中から3種を作品例として掲げる。

表5 作品例

No.	1	2	3
ポスター			

表5に掲げた作品の内容を要約して記すと、No.1は「上京者のための支援案内ポスター」、No.2は「西瓜の産地のPRポスター」、No.3は「受験生応援ポスター」である。他に {既存のテーマパークや博物館等の

施設のPR、サークルの紹介、仲間との楽しい体験の記録、詩的表現等を目的にした作品}等が見られたが、表現形式は、ポスター以外にも「Instagramの投稿で季節を感じられる様な、投稿された各写真の葉の様に挟み込むための写真を目的にした」として、インターネットに依る仮想空間上で共有するコンテンツ等があり、こうした表現形式が現れた理由には、課題を「ポスター」に限定しなかった点に加えて「自身が撮影した写真」の使用を条件としたためと考えられた。

3-2 数式

次の表6には、作品中に記されたキャッチコピーの「数式」と作者自身に依る数式の「解説」を挙げる。また、表6の配列は、数式で表現した対象{旅、時間、味覚、美、友情}に着目して、同じ対象について表現した数式を近くに配し、上から順に「No.」を付した。なお「解説」中に記す二重山括弧は、作者自身が記した画像の「撮影場所」や「説明」を示す。

表6 「数式」と「解説」

No.	数式	解説
1	Airplane × Journey = Prologue.	〇〇航空はいつでも、あなたの旅の始まりの場所です。
2	$E \ll E + \Delta t$	効率 (Efficiency) は僅かな昼寝時間 (Δt) で増大する。
3	栄枯盛衰=人×時	時とともに人は集い 時とともに人は去った これを人は栄枯盛衰と言う 閉山 27年。 《旧住友赤平炭鉱 2018年3月11日撮影》
4	$L = \sin T + \cos l$	禍福は糾える縄の如し。L (Life) はいつでも T (Time) と I (luck) で定まる波状関数。桜がきれいな日でも、曇天の時がある。全てがうまくいく人生なんて存在しない。逆に、この最悪の状況の今でも、きっとどこかで最高潮の波が来ているはず。探してみよう、今日の「最高潮」を。
5	10 (年) × 365 (日) × 24 (時間) = 876000 労働時間	人生 100 年時代 私たちは人間として過労働しなくてはならない。 生まれたその瞬間に生の定期購入が始まった。 今日生きる分を払うので精一杯だ 明日とか未来とかいわれたって今日を生きることで精一杯なんだ 明日とか未来とかそういうのは貯蓄のある人間に言ってくれ
6	$C = tb / ta^2$	童心 (Child's mind) は それに気が付くまでの時間 (time before) に比例し それに気が付いてからの時間 (time after) の二乗に反比例する。 《幼少期の絵》
7	$W=R/A$	冒険のわくわく (W) は危険度 (Risk) に比例し、年齢 (Age) に反比例する。
8	$\lim_{d \rightarrow 0} \frac{1}{d} = P$	初めて (day=0) だって、可能性 (Possibility) は無限大。
9	$D=T/t$	スイカのおいしさ (Deliciousness) は、気温 (Temperature) が高いほど、スイカの温度 (temperature) が低いほど増す。
10	$W = p(T-t)$	水のおいしさ (W) は、純度 ($p \leq 1$) と冷たさ (外気温 T-水温 t) の積で表される。
11	(MN)=ET ²	自然の神秘さ (Mystery of Nature) は周辺の環境 (Environment) に比例し、それまでかけた時間 (Time) の 2 乗に比例する。 《秋芳洞》
12	$B = (\text{Time})^n$	太陽の奇跡の様に身近にあるものほど、それに気付かない年月が長いほど、気付いた時に美しく (Beauty) 感じる。
13	$nCr = n! / r!(n-r)! = \infty$	春は桜と青空、桜とメジロなど美しいと感じる組み合わせが無限大にあるから。
14	$E=s+p$	夏の風物詩、夏祭り。 その楽しさ (enjoy) は音 (sound) と人 (people) との和
15	$M=F \times T$	最高の仲間 (Friends) と過ごす時間 (Time) が思い出 (Memory) となる 18 歳からのレンタカー 24 時間 4500 円から 君が未体験の夏を
16	$\vec{m} \cdot \vec{y} \vec{o} \vec{u} = 0$	全く性格の異なる 2 人が 互いの足りない部分を補い合うことが出来たとき 2 人は一つになれる。
17	$\lim_{n \rightarrow \infty} ef = + \infty$	友達 (friend) が多ければ多いほど楽しさ (enjoy) も無限に増えていく
18	$F=T+N$	男子硬式テニス部～あなたの青春は、テニスコートにある～ 充実 (Fullness) は、仲間と過ごした時間 (Time) と球を打った数 (Number) の和である。
19	$\sqrt{D} = HP$	夢 (Dream) への道 ($\sqrt{\quad}$) は目標の高さ (High) と情熱 (Passion) で決まる。

次の表7には、作品中の「数式」を「種類」毎に示し、その「数式」を創作した大学生の「所属〔専攻〕」を挙げ、各種類の数式の合計回答数を「数」に挙げた。また「所属〔専攻〕」欄には、先に文系と捉えた〔教育学部、経済学部〕を太字で示す。掲載順は、同一「種類」の回答数〔数〕の降順とした。また「種類」の欄の「乗法」等の数式の名称の下に記した亀甲括弧内には、その数式の「種類」が掲載されていた「学習指導要領」の学校種と学年若しくは科目名を記す。即ち、調査協力者に適用された「2008年告示〔小学校学習指導要領、中学校学習指導要領〕」の学年を示す数値〔1～6〕若しくは「2009年告示〔高等学校学習指導要領〕第4節 数学」の科目名〔数学Ⅰ～数学Ⅲ〕に付された数字〔Ⅰ～Ⅲ〕を、各学校種の略語〔小、中、高〕の後に中黒を付して記した。

表7 「数式」一覧

種類	数式	所属〔専攻〕	数
乗法 〔小・2〕	$F = F1 + F2$ $Airplane \times Journey = Prologue.$ $10 \text{ (年)} \times 365 \text{ (日)} \times 24 \text{ (時間)} = 876000 \text{ 労働時間}$ $M = F \times T$ $C = 1 \times T$ $B = bf \times n$ $H = p \times \text{人数}$ $E \times E = \infty$ $YOUTH = ft \text{ (Friends} \times \text{time)}$ $M = f \times h$ $M = Lt$ $T = N \times B \times L (= NBL)$ $F = ma$ $T = g \times y$ 栄枯盛衰 = 人 \times 時 $BLACKPINK = C \times C$ $Z = Kx$ $W = LTS$ $W = A \times V$ $F = Mg + T$ $W = p(T - t)$	工学部 情報工学科 教育学部 学校教育 文系 教育学部 学校教育 文系 理学部 分子生物学科 工学部 機械工学・システムデザイン学科 工学部 機械工学・システムデザイン学科 経済学部 経済学科 経済学部 経済学科 経済学部 経済学科 経済学部 経済学科 経済学部 経済学科 理学部 分子生物学科 工学部 環境社会デザイン学科 工学部 環境社会デザイン学科 工学部 電気電子物理工学科 工学部 電気電子物理工学科 工学部 電気電子物理工学科 経済学部 経済学科 工学部 電気電子物理工学科 理学部 数学科	21
乗数 〔小・2〕	$W = Ft^2$ $W = D^2$ $(2D)^x = B^x$ $B = (\text{Time})^n$ $E = V^2$ $I + F = e^2$ $L = a/t^2$ $C = tb/ta^2$	工学部 応用化学科 経済学部 経済学科 経済学部 経済学科 工学部 応用化学科 工学部 電気電子物理工学科 理学部 分子生物学科 工学部 応用化学科 工学部 情報工学科	8
等式 〔小・3〕	$B = 1397G$ $WF = B$ $9\text{hours} = \infty$ $B = \infty$ $F(e) = \text{happy}$ $M = S$ $(MN) = ET2$	工学部 環境社会デザイン学科 理学部 分子生物学科 工学部 環境社会デザイン学科 経済学部 経済学科 理学部 分子生物学科 工学部 環境社会デザイン学科 工学部 情報工学科	7
不等 〔小・3〕	水ゼリー $>$ 天然水 + ゼリー $H: \text{旅の幸せ (happy)} > M: \text{お金 (money) の消費}$ $S.U \times 365 \geq \text{志望校}$ 達成感・満足感 $>>$ 疲労感・苦しさ 花びらが落ちる時間 $>$ 人生の長さ	経済学部 経済学科 経済学部 経済学科 経済学部 経済学科 経済学部 経済学科 工学部 情報工学科	5
除法 〔小・3〕	$D = T/t$ 旅 \div 友達 = 満喫 あまり思い出 $f = 1/t$ $W = R/A$	経済学部 経済学科 理学部 分子生物学科 工学部 電気電子物理工学科 工学部 情報工学科	4

極限 〔高・Ⅲ〕	$\lim_{d \rightarrow 0} \frac{1}{d} = P$ $\lim_{f \rightarrow \infty} ef = +\infty$ $\lim_{x \rightarrow \infty} M^x = \infty$ $\lim_{X \rightarrow 0} f(X)^{(m)} = C$	工学部 機械工学・システムデザイン学科 理学部 分子生物学科 理学部 生体制御学科 理学部 生体制御学科	4
加法 〔小・1〕	E=s+p 1+1=1 F=T+N	経済学部 経済学科 教育学部 養護教諭養成課程 工学部 情報工学科	3
減法 〔小・1〕	Ft=Rt-Bs	理学部 生体制御学科	1
分数 〔小・2〕	S = 1/3 L	工学部 環境社会デザイン学科	1
ベクトル 〔高・Ⅲ〕	$\vec{m}\vec{e} \cdot \vec{y}\vec{o}\vec{u} = 0$	経済学部 経済学科	1
等号否定 〔中・1〕	P≠NP	理学部 生体制御学科	1
補集合 〔中・1〕	(Impossible)'=I'm possible	工学部 応用化学科	1
平方根 〔中・3〕	$\sqrt{D} = HP$	工学部 情報工学科	1
デルタ 〔高・Ⅲ〕	E ≪ E + Δt	工学部 環境社会デザイン学科	1
階乗 〔高・Ⅲ〕	$nCr = n!r!(n-r)! = \infty$	経済学部 経済学科	1
微分 〔高・Ⅱ〕	$e^x = (e^x)'$	工学部 電気電子物理工学科	1
三角関数 〔高・1〕	L = sin T + cos l	理学部 数学科	1
対数 〔高・Ⅱ〕	log d = ∞	理学部 基礎化学科	1
条件式 〔高・Ⅱ〕	$\left. \begin{matrix} 2020+1 \\ P+1 \\ S+1 \end{matrix} \right\} = \text{Tokyo Olympics}$	工学部 電気電子物理工学科	1

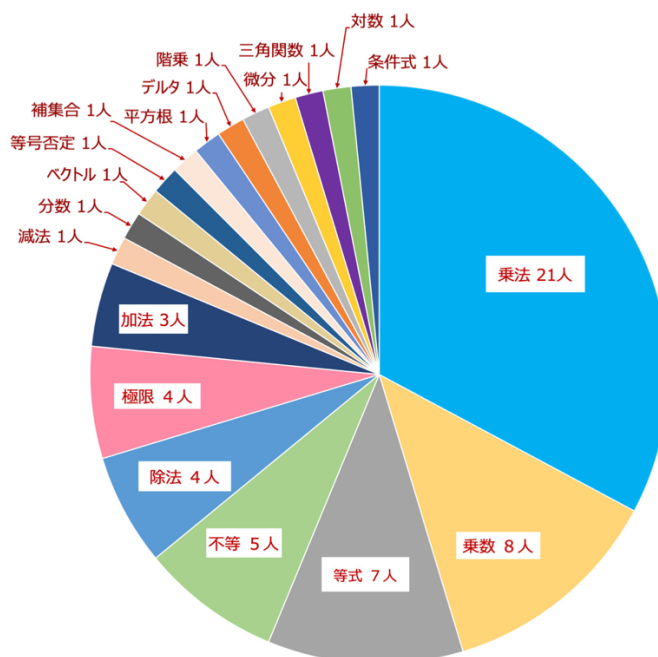


図2 各種類の出現の割合

前頁の図2は、上掲の表7の「種類」とその回答数である「数」に基づき、各種類の出現の割合を見るために作成した円グラフである。図2では、表7に掲げた数式の全回答数64を100%として示す。

4. 「数式」の分析

4-1 「学習進度」に基づく分析

前掲の表7では、文系と捉えた{経済学部、教育学部}においては、四則演算と共に言葉に重きを置いた発想が多く見られたが、理学部と工学部においては、四則演算で用いる算術演算子以外にも関係演算子や論理演算子が出現し、併せてそうした数式が可能にする感性の表現が見られた。この傾向を踏まえて本章では、大学生が創作した数式を「学習進度」と「表現内容」の2観点から分析する。

まず「学習進度」については、調査協力者が「2009年告示 高等学校学習指導要領」に基づくカリキュラムで数学科を学習して来たことから「2009年告示 高等学校学習指導要領」及び2009年11月発表「高等学校学習指導要領解説 数学編」を参照した。表8には、当該学習指導要領に掲載されている「用語・記号」及びそれらと関係する「学習内容」を抽出して示す¹⁵⁾。

表8 「2009年告示 高等学校学習指導要領」に掲載される「用語・記号」及び「学習内容」

科目	用語・記号	学習内容
数学 I	正弦 \sin 、余弦 \cos 、正接 \tan	三角比
数学 II	虚数 i	因数分解
	累乗根 $\log_a x$	対数関数
	極限值 \lim	積分
数学 III	∞	数列・関数値〔極限〕
	自然対数 e 、第二次導関数、変曲点	導関数
	nPr 、 nCr 、階乗 $n!$ 、排反	順列・組合せ〔確率〕
	Σ	数列〔総和記号〕

表8に挙げた「用語・記号」について「高等学校学習指導要領解説 数学編」〔2009年11月発表〕では「指導上配慮すべき事項」〔p.67〕の箇所に、表9の様に記されている。

表9 「高等学校学習指導要領解説 数学編」における「用語・記号」の解説

<p>各科目の内容の〔用語・記号〕は、実際の指導に当たって扱うべきすべての用語・記号の基準を示したものではないことに注意する必要がある。学習指導要領では、数学の学習においてそれを使用することが必要と考えられる用語・記号や内容の取扱いを明確にするのに必要と考えられるものを取り上げた。そのため、「不定積分」や「定積分」のように、当該科目の内容として記述したものについては取り上げていない。</p> <p>用語・記号に関する取扱いは、数学の指導において極めて重要であり、具体的な内容と関連付けるなど、その意味や内容が十分に理解でき、用語・記号を用いることのよさが把握できるように指導する必要がある。</p>

表9に記す通り、表8に掲載した「用語・記号」は、大学生には確実に修得されている内容であるため、表7で1人のみが回答した記号の多くは、理系学部の大学生のみならず、文系学部の大学生においても、それを使用する能力は持ち得る筈である。しかし、今回の感性的な内容を数式で表現する課題では、履修し修得はしていても、それを表現に活用出来る程には習熟していない、或いは、数学以外でその意を解釈して自由に活用出来る程には習熟していないと考えられた。

他方「数学III」で学習する「 ∞ 」は多くの数式に含まれていたが、これについては「関ジャニ ∞ 」を初め、名称に「 ∞ 」や「インフィニティ」が付く車両や化粧品ブランド、更に映画等がある事実が示す通り、広く知られている上、他の数式が、関係や規則性を示すのとは異なり、「 ∞ 」はその記号だけで意味〔記号内容：シニフィエ〕を持つ単語〔記号表現：シニフィアン〕として成り立ち、且つ、その意味が哲学的であり、心理や認識、美や倫理を表す記号として用いられ易いためと推測された。

また、表7に示した数式では、創作した人数が1人であった数式〔記号〕の中の{減法、分数}以外は、全て中学校と高等学校で学習する数式であったが、反対に、全てを小学校で学習する「加減乗除」については、加法と減法が第1学年、乗法が第2学年、除法が第3学年で学習する内容であるのに対して、それらの表7での出現数は、多い方から順に「乗法」→「除法」→「加法」→「減法」となっており、このことから、発達の早期に学習した数式だからと言って、必ずしも回答に多く出現する訳ではないのが分かる。

4-2 「表現内容」に基づく分析

調査協力者の所属と創作された数式の間接関係を見ると、専攻に関係する画像が多く見られ、且つ、数式に専攻が反映している作品が多く見られた。そこから、こうした専攻以外にも、表現内容に関する傾向があるのではないかと考え、数式の解説に記された単語を手掛かりに、数式で表された「表現内容」を分析した。

分析に先立ち、解説に含まれる情報の概要を知るため、解説の文章データにテキストマイニングを施し、その結果から、まず、解説の文章に出現する品詞と単語の傾向を確認し、次に、そこで示された単語を用いて解説の文章を検索して、各単語を含む解説の「数」を調べた。この結果に基づき、各単語を含む解説の数が多し順に掲載したのが表10である。この表10の「単語」の欄には、右端の「数」の解説に出現した単語を全て並置したが、一つの解説の中に複数の単語が含まれる場合があるため、全作品数「64」に対して「単語」の総数は「112」であった。また、表10の「単語」の欄においては、日本語の横に亀甲括弧で、数式にその単語を反映する際に使用された記号〔アルファベット〕や英単語を挙げた。なお、表10に示した様に、多くの数式では、日本語を英語に訳した単語や、その英語の頭文字が使用されていたが、中には、日本語の単語の平仮名表記での頭文字を使用した数式も見られた。

表10 解説に現れた「単語」とその単語が出現した解説の「数」

単語	数
時間 [S]	17
楽し {い、む、さ} [enjoy]	10
無限大 [∞]	10
思い出 [Memory]	8
旅、美し {い、さ} [beautiful]、仲間+友達 [Friends]、比例 [反比例]	8
感じ {る、られる、ながら}	6
自然 [Nature]	4
幸せ	4
水、花・花卉、自分、受験生、人間、場所、景色 [絶景]、一生、体験、住、睡眠 [昼寝]、2乗 [自乗、事情]	3
壁、空、光、色、地球、祭り、花火、桜、季節、夏の風物詩、温度、気温 [Temperature]、生活、美術、元気 [Fine]、可能性、青春、年齢、環境、記憶、時代、未来、明日、努力、美味、労働、疲労感、満足感、達成感、興奮 [EXCITEMENT]、鮮やかさ、苦しい、生きる	2
田圃、畑 [Field]、牛肉 [Beef]、飛行機、星形、影、道、緑、本数、糾える縄、目の前 [m]、ある [a]、成長、音楽 [Music]、愛情、哀愁、迫力、実感、感覚、醜、綺麗、期待、熱量、距離 [L]、速さ、空想、力・原動力 [Force]、全力、夢、情熱、年月、冒険、危険度、経過年数、最高潮、純度、感動 [Thrill]、喜び、cool、cute、自然の神秘 [Mystery of Nature]、苦勞 [K]、視覚、関数 [波状関数]、栄枯盛衰	1

表 10 に太字で表した 29 種類 [26%] は「具象」を意味する単語であるが、その他の 83 種類 [74%] は、感情や現象、概念等の「抽象」を意味する単語であった。これらの傾向が表れた理由は、参考作品として提示した『青春 18 きっぷ』ポスターのキャッチコピーの数式が {旅の楽しさ、旅の印象} 等の旅情 [感情] を表現していた点にあると考えられる。従って、表 10 の結果は、写真を使用しない課題にしたり、課題提示の際に図 1 も参考作品に含めたりすれば、変わったとも考えられた。但し、課題では「ポスターに倣い数式及びそれを解説する文で表現して、写真に配して下さい」と指示したのみであり、その点からすると、調査協力者自らが、数式を、感情等の形の無い抽象的な感性を表現する手段に使用したとも解釈出来る。

一方、デカルト、パスカル [Blaise Pascal, 1623-1662]、ライプニッツ [Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646-1716] 等の哲学者は数学者であり、且つ、自然学・自然哲学に由来する物理学では物理法則を数式で表現する等、普遍的な原理の思考や表現に数学が用いられる事実を鑑みれば、本課題は抵抗なく実施出来たとも考えられる¹⁶⁾。また、本調査の課題では「共感出来る作品」にする点を条件にしており、そこから、数式で表す主題は、仮にそれが個人の抱いた感情ではあっても共感される必要があり、共感されるのであれば、その感情は「優美」や「崇高」等の普遍的な感性である「共通感覚」[sensus communis] となり、物理法則と等しく、数式での表現も可能と考えられた¹⁷⁾。

5. 考察

5-1 教材の分析に基づく考察

本章では、以上の分析結果に基づき「知性だけでは捉えられない対象や事象を、身体を通して知性と感性を融合させながら捉える方法」とされる「造形的な見方・考え方」の内実を考察する。

本研究で行った、数式を用いた創作教材「数式による感性の表現」の課題において、数式を創作出来ないと訴えた大学生は居なかった。その理由は、感性を持たない学生は居ない上、数式には種類があり、学齢の初年度から学ぶ数式もあるため、仮令、本課題が初めて接する種類の教材であったとしても、その課題に取り組む素養を持たない大学生は居なかったためと考えられた。また、創作された数式を、文系と理系、工学部と理学部、或いは、システムデザイン学科と情報工学科、数学科と分子生物学科等、所属毎に比較すると、本調査を実施したのが学部 1 年生の前期であり、その時期は未だ専門領域の学修が然程進んでいない頃であるにも拘らず、各数式には、創作者が専攻する学問分野が反映されていると見做せた [表 6・表 7]。裏を返せば、創作者は、その数式が象徴する専門分野への理解が高かったために、その分野を専攻する大学の学科へ進学したと言える。以上から、進学先を選択する際、各教科の公式や定理等を用いて感性を表現する課題 [教材] を実施するならば、自身がどの分野に親しみを持てるのかを、これ迄とは異なる観点から客観的に確認するという教材の可能性が考えられた。

また、調査の結果、キャッチコピーに使用される数式が高度になるに連れて、その数式が表現する感性の内容も複雑になると分かったが、この理由を説明する仮説としては、次の 3 点が挙げられる。

- (A) 複雑な感性を持つ大学生の方が高度な数式を知っている。
- (B) 複雑な感性は高度な数式でしか表せない。
- (C) 高度な数式を知らないため、複雑な感性が表現出来ない。

そこで、この理由の解明の手掛かりを得るため、次に挙げる「数・式を用いた感性の表現」の調査を実施し、それに基づき考察を行った。

5-2 調査「数・式を用いた感性の表現」に基づく考察

(1) 調査の概要

本節では、これ迄の調査協力者とは異なる、教育学部の大学生のみを対象とした「数・式を用いた感性の表現」の調査を取り上げる。この調査は、表 11 にその概要を示す調査用紙を用いて、調査協力者が、調査用紙にある「公式」の「記号例」を参考に式を考案し、式とその解説を記す方法で実施した。また、調査用紙の大きさは A4 判横長 1 枚としたが、実際の調査用紙では、各行の高さは表 11 より高く、また「解説」欄の横幅は表 11 の 3 倍程あるため、表 11 では、右罫線を波線〔省略線〕で表す。

表 11 調査用紙〔概要〕

No.	公 式	記号例	考案した式	解 説
1	四則混合演算	$+, -, \times, \div, /$		
2	関数	$f(x), \sin, \cos, \tan$		
3	順序集合	$<, \geq, >, \leq, \approx, \leq$		
4	集合	$\cup, \cap, \in, \emptyset$		
5	微分	f', f'', f'''		
6	積分	$\int^{(18)}$		
7	ベクトル	\rightarrow		
8	乗数	\wedge		
9	階乗	$!$		
10	平方根	$\sqrt{\quad}$		
11	因数分解	(展開)		
12	極限	lim		
13	オリジナル	(創作して下さい)		

(2) 調査の結果

調査協力者の総数は 58 人であったが、表 12 には、各調査協力者の〔所属別人数、平均回答数、観点別回答者数〕とそれらの割合〔%〕を示す。また、調査における回答時間は 30 分間とした。

表 12 調査「数・式を用いた感性の表現」の結果

No.	所 属	調査協力者 〔人〕	平均回答数 〔問〕	10 問以上回答者数 〔%〕	4 問以下回答者数 〔%〕	図を使用した回答数〔%〕/ 図を使用した回答者数〔%〕
1	保健体育教育	6	4	0 人〔0%〕	5 人〔83%〕	17 問〔81%〕/6 人〔100%〕
2	理科教育	16	8	8 人〔50%〕	4 人〔25%〕	4 問〔3%〕/3 人〔19%〕
3	算数教育	16	5	0 人〔0%〕	8 人〔50%〕	4 問〔5%〕/3 人〔19%〕
4	特別支援教育	20	7	3 人〔10%〕	5 人〔25%〕	20 問〔14%〕/5 人〔25%〕

この調査「数・式を用いた感性の表現」では、所属毎の調査協力者数が少ないために、結論を下すのは難しいが、それを踏まえた上で所属毎に結果を比較すると、表 12 が示す通り、調査協力者がいずれも 16 人であった理科教育と算数教育の平均回答数は、理科教育が 8 問で、これは算数教育の 5 問よりも 3 問多い。この差の理由には、出題数 13 問中、10 問以上回答したのが理科教育では 8 人〔50%〕であるのに対して、算数教育では 0 人である点が挙げられる他、4 問以下の回答者が、理科教育は 4 人〔25%〕、算数教育は 8 人〔50%〕である点も挙げられる。

他方、回答内容を見ると、変数には数字や文字が多く使用されていたが、目立ったのは、上記の「キャッチコピー」の回答には見られなかった「図の変数」である。そこで、表 12 の観点別回答者数の「図を使用した回答数」及び「図を使用した回答者数」には、その回答数と回答者数及び各々の割合を表 12 の右端の

列に挙げた。これを見ると、保健体育教育所属の大学生に最も高い割合で図を使用した数式が見られ、反対に理科教育に所属する大学生が最も低い割合であった。全回答数に対する図の回答数の割合の降順に所属を記すと「保健体育教育」→「特別支援教育」→「算数教育」→「理科教育」であった。

理系に分類される理科教育と算数教育に所属する学生の回答では、図の使用者率が共に 19%であり、他方、保健体育教育と特別支援教育では、図の使用者率が各々100%と25%で、前者の理系〔理科教育、算数教育〕よりも、後者の二つの所属の方が図の回答者率が高かった。この結果から、平均回答数が少ない保健体育教育では、全員が図を回答に用いたために図を描くの時間を要し、限られた30分間の回答数が増えなかったと推測される。反対に、平均回答数が最も高い理科教育においては、図の回答数の割合が最も低く、その回答の多くが、抽象度の高い文字や記号で変数を表していたため、平均回答数が多くなったとも推測された。次の表13には、実際の回答から、考案した式とその式の解説の一部を挙げる。

表13 「数・式を用いた感性の表現」の回答例

公式	No.	考案した式	解説
四則混合演算	1	父/2+母/2=子	染色体
	2	1+1-1×1÷1/1=1	一は全、全は一（鋼の錬金術師）
関数	3	$\sin\theta=b/a=やる気/ねむ気$ よって $\sin\theta=0$	$a=ねむ気, b=やる気, a=\infty$ だから $\sin\theta=0$
	4	幸福(t)=sin t	幸福かどうかはその時（time）による。人生山あり谷あり。
順序集合	5	$mother \supseteq daughter$	「親は子どもよりも強くないとならない」とは限らない。
	6	嬉 < 悲	嬉しい気持ちは悲しい気持ちに潰される。
集合	7	$You \cap Me = 2/5$	価値観の一致は少しだけでも、友情は成り立つ。
	8	絵 \emptyset 消しゴム	消しゴムで消すと何も無くなる。
微分	9	$f(x)=人間, f(x)=40円$	人間の素材の価値は40円程らしい。
	10		動画を微分すると写真になる。
積分	11	$\int \text{水} dx = \text{川}$	水を積分すると川になる。
	12	$\int_{\text{行ってきます}}^{\text{ただいま}} (\text{思い出}) dt = \text{旅}$	旅は「行ってきます」から「ただいま」迄の思い出の積み重ね。
ベクトル	13	$\overrightarrow{\text{時間}} + \overrightarrow{\text{努力}} = \text{ゴールへ}$	遠回りしている様でもゴールへ近付いている。
	14	$\overrightarrow{she} - \overrightarrow{he} = \text{♡}$	一見ハートで成り立っているカップルに見えるが、男女の思いの強さが実は違うことを示している。
乗数	15	$A = (G)^2$	綺麗なA（Air:空気）はG（Green:緑）の自乗に比例する。
	16	1^n	nに何が入っても変わらない。
階乗	17		人の階乗はマトリョーシカになる。
	18	-（午後のテンション）！	テンションがどんどん下がって行きます。

平方根	19	$(\sqrt{\text{心の中}})^2 = \text{感情}$	心の中は覆われて見えないが、自乗して相談に乗ると出て来る。
	20	$128\sqrt{e980}$	上半分を隠すと“I Love you”になる。
	21	$x + (y - 3\sqrt{x^2}) = 1$	ハートの形をした関数の図形。
因数分解	22	森+林=木 (林+木) =木 ² (木+1)	木が一杯ありますね。それが木の事情 (自乗) です。
	23	料理= (技術×材料×時間)	料理の因数分解。
極限	24	$\lim_{x \rightarrow \text{今}} F(x) = F(\text{今})$	人生は過去と未来が繋がっている。
	25	$\lim_{1 \rightarrow 2} \text{野菜}$	蜂蜜 (831=ヤサイ→832=ハチミツ)
オリジナル	26	世の中  =	世の中も、扉を開ければ不平等。
	27	楽 ⇄ 哀	移り行く気持ちの様。

(3) 調査結果の分析

表13を見ると「考案した式」では、図の集積や分解、見立てが多い点に気付く。この理由は、本調査を行った科目では、調査以前の授業において「図画工作」の学習指導要領に「共通事項」として記される{形、色、イメージ}に関する講義・演習を実施しており、その際、ゲシュタルト心理学や見立てに関する学習を行ったことにあると考えられる。なお、その授業では、美術教育の目標の一つには、自由な環境で自ら秩序を創る能力の育成があると伝えられたためか、本調査の回答には、正しい公式や記号の使用では無く、独自性が強い「改訳」に基づく式が多数見受けられた。

表13には、回答の一部として「平方根」のみ3例、他は2例ずつ示したが、実際の回答者数は次に示す表14の通りであった。表14には「公式」とそれに対する「所属別回答者数」とその「割合」、加えて、調査協力者の総数58人における「合計回答者数」と、回答者の総数58人に対するその「割合」を示す。

表14 各公式に対する「所属別回答者数」と「合計回答者数」

No.	公式	所属別回答者数 [人]・割合 [%]				合計回答者数 [人・割合]	
		保健体育教育	理科教育	算数教育	特別支援教育	合計 [人]	割合 [%]
1	四則混合演算	5 [83]	15 [94]	11 [69]	16 [80]	47	81
2	関数	0 [0]	11 [69]	5 [31]	12 [60]	28	48
3	順序集合	3 [50]	16 [100]	9 [56]	16 [80]	44	76
4	集合	4 [67]	12 [75]	12 [75]	16 [80]	44	76
5	微分	0 [0]	8 [50]	2 [13]	9 [45]	19	33
6	積分	1 [17]	9 [56]	3 [19]	7 [35]	20	34
7	ベクトル	2 [33]	11 [69]	9 [56]	14 [70]	36	62
8	乗数	0 [0]	10 [63]	6 [38]	11 [55]	27	47
9	階乗	2 [33]	10 [63]	7 [44]	15 [75]	34	59
10	平方根	2 [33]	9 [56]	3 [19]	11 [55]	25	43
11	因数分解	0 [0]	8 [50]	5 [31]	8 [40]	21	36
12	極限	2 [33]	12 [75]	9 [56]	7 [35]	30	52
13	オリジナル	0 [0]	3 [19]	1 [6]	3 [15]	7	12

次頁に挙げる図3には、表14の「公式」別の「合計回答者数」の割合のグラフを示す。但し、グラフの配置は、グラフの縦軸の上方から下方にかけて、表14の「合計回答者数 [人]」の降順とした。

図3で、回答者数が全員の半数に満たなかったのが{関数、乗数、平方根、因数分解、積分、微分}であ

るが、これらの公式は、表7の「種類」の表示に倣い「2008年告示 中学校学習指導要領」の「数学」における掲載学年〔1～3〕と「2009年告示 高等学校学習指導要領」の「数学」における科目数字〔I～III〕に基づくと、順に〔高I、中3、高II、高II、高III〕となり、この結果から、数学教育の発達過程に照らして、難易度が高い公式・記号の回答者数が少なかったとの仮説が立てられる。この仮説が成り立つ理由としては、まず、それら難易度が高い「公式・記号の概念」を「履修していない」大学生が多い点が挙げられるが、他に〔履修はしたが修得していない、修得してはいるが到達度が低い〕場合も考えられ、更に「感性」において、複雑な感性を表現する〔動機が無い、経験が乏しい〕等の理由も考えられた。

なお、公式の種類の中で最も回答者数が少なかった「オリジナル」の回答は、表13に挙げた以外の回答も含めて、全てが他の種類の公式・記号に含まれる内容であり、完全に創造であると見做される公式・記号ではなかった。この点から、現在の高等学校迄の教育においては、数式を理解し応用するが、数式を創造する様な経験をする機会が無い可能性が考えられる。

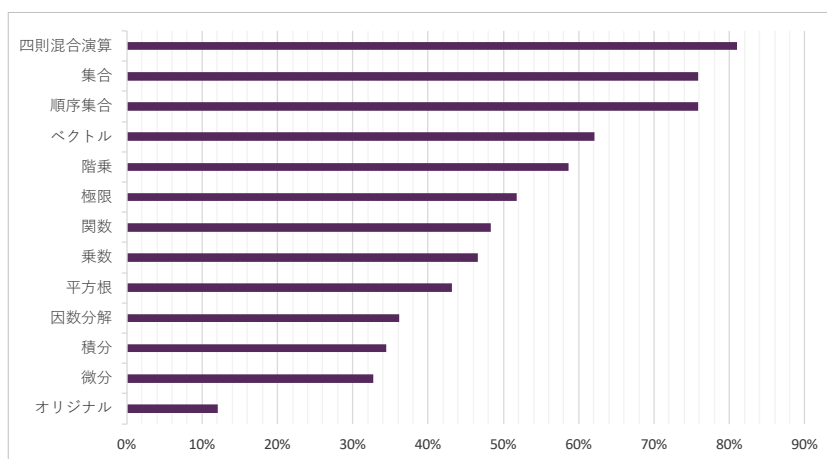


図3 「公式別回答者数」の割合

上掲の図3を詳しく見るために、次に示す図4には、表14の「『所属別回答者数』の割合」のグラフを示す。なお図4では、表14の「合計回答者数」の昇順に、公式をグラフの横軸の左から右にかけて配置した。

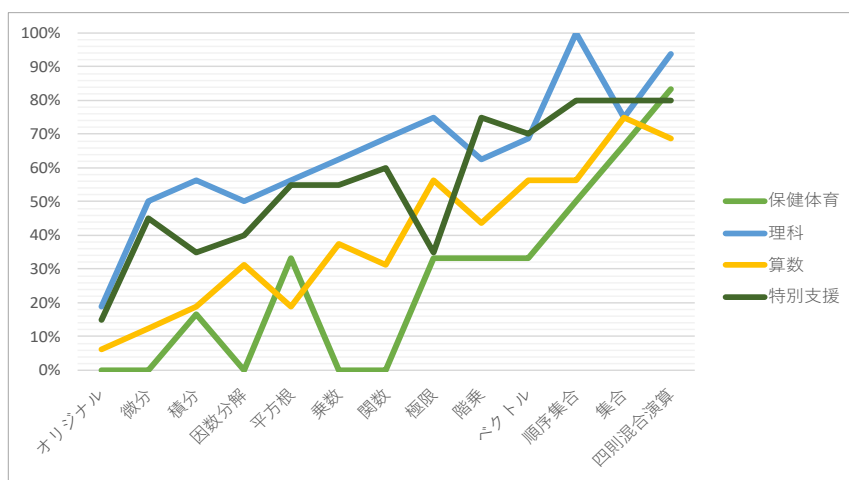


図4 「所属別回答者数」の割合

(4) 調査結果の考察

図3と図4を見比べると、両者の回答者数の変化の傾向は概ね似ている。但し、図4の「『所属別回答者数』の割合」が示す通り、「理科教育」では「順序集合」が100%の回答率、また「保健体育教育」では{微分、因数分解、乗数、関数}が0%の回答率となっており、それらの数値の影響が図3の「『公式別回答者数』の割合」のグラフに表れているのは否めない。

その一方で、調査の際、調査用紙に記された「公式」や「記号例」の意味は各自で調べて良いとしたため、調べるために時間を要し、その結果、調査用紙の後半に掲載されていた{関数、乗数、平方根、因数分解、積分、微分}は回答する時間が不足し、回答者数が半数に満たなかったとの仮説も立てられる。この仮説を検証するには、調査協力者が確実に理解している数式のみを出題するか、或いは、予め数式について解説し、理解出来たことを確認した上で、今回使用した表11と同じ調査用紙を用いて調査をする等、調査方法を改める必要がある。

また、その様な調査結果において、回答者数が今回の調査結果よりも増えていけば、仮説が検証されると共に、予め修得している内容が多ければ、その内容を表現手段として使用出来ることが裏付けられる。但し、予め修得している内容とは「数式」に限らず、例えば新印象派の画家たちが、シュブールール〔Michel Eugène Chevreul, 1786-1889〕の著書『色彩の調和と配色のすべて』¹⁹⁾等の研究成果に基づいて用いた「混色によって作られる色」の知識や、ウェブデザイン等で隆盛を誇る「プログラミングによるデザイン」のための技術等も考えられるが、仮に、この様な知識や技能の修得が、それをを用いた表現に要す時間を短縮するとしたら、表現の課題において創作された作品から、各知識や技能の修得状況や習熟度を確認することも出来る。

実際、この調査では、全問回答した調査協力者は、各公式の概念を理解していると思われたが、これを敷衍すると、美術教育においては、高い表現力が、画材や表現技法に関する深い知識や技能に裏付けられるのと同様に、主に知性を用いるとされる教科においても、感性的な表現に関する教材を実施し、その結果で高い表現力を示せば、その教科に関する知識や技能の深い理解が認められることから、主に知性を用いるとされる教科においても感性的な表現を行う教材を実施する意義はあると主張出来る。

その他、表14のNo.3「順序集合」とNo.4「集合」の回答では{花は植物に含まれる、トランプのカードの強さの順、ジャンケンの強さの順、『俺か、俺以外か。』、日本よりアメリカの方が面積が広い、生物には雄と雌が存在する、宇宙は地球よりも広い}等、具体的な大きさや関係を示す回答が多く見られた。これらの回答からは、調査協力者においては、感性を表し難い公式と考えたか、或いは、公式は寸法を比較するのに最適と考えたと推測された。

また、記号自体を別の形に見立てて、例えば「 \square 」を妊娠中の母親のお腹の形と見做して「子ども \square 母のお腹」としたり、乗数の記号「 \wedge 」を「目」に見立てて顔文字としたり、階乗の「 $!$ 」を感嘆符に擬えたりした回答もあった。更に「極限」の数式をグラフに置き換えて、その座標に現在の位置をプロットし「人生は過去と未来が繋がっている」と解説した回答と、ベクトルを単なる「矢印」と捉えて、視線の先にある対象物が変わったことを示す回答も、一つずつあった。

加えて、同じ1人が{私、自分、東京ディズニーリゾート、食事、消しゴムと消し滓、人、喜怒哀楽、男女、友情、家族、愛、}等の文字変数を、複数の数式に使用した回答も多数見られた。他方、1人の回答者が、同じ内容〔意味〕を異なる複数の数式に表現した回答もあり、そうした中には{四則混合演算、関数、順序集合、集合}の全てで「脈無し」という内容〔意味〕を表現した回答があった。

全13問を回答した調査協力者は合計5人〔9%〕であったが、その表現には一定の傾向が見られ、そこからこの5人は、各自が数式で感性を表す方法を確立している印象を持った。但し、表14の最後のNo.13「オリジナル」の数式を考案する問題においては7人が回答していたが、全問を回答した上記の5人以外の2人

は、全回答数が4問と9問であったため、公理や定理を示す数式の理解度と感性を表現する数式の創造性とは、必ずしも相関する訳ではないと考えられた。なお、これはローウェンフェルド〔Viktor Lowenfeld, 1903-1960〕が提示した〔視覚型〔Visual types〕、触覚型〔Haptic types〕〕に通じる、個性が表現に関与した結果とも考えられ、今後、表現の傾向の観点から、この調査を検証出来る可能性が考えられた。

最後に、先の「数式による感性の表現」における調査結果と本節の「数・式を用いた感性の表現」の調査結果との違いとして顕著に現れた「変数」の表現方法について考察する。その違いとは、同じ様に変数を文字としている場合でも、初めの「数式による感性の表現」の作品の多くでは、表7で示した通り、日本語を英語に訳し、その英単語の頭文字を使用して数式を創作していたが、「数・式を用いた感性の表現」の回答では、変数が図形であったり日本語の単語をそのまま書いたりする等、自由な表現を行った回答が多く見られた点である。この違いが生じる根拠として考えられる仮説の一つは、「数・式を用いた感性の表現」の授業では『青春18きっぷ』ポスターの参考資料を示さなかった点であり、もう一つは、前述の、正しい公式や記号の使用ではない独自性が強い「改積」に基づく公式及び記号が多数見られた理由と同じく、この調査を行った科目では、予め、図画工作科の目標の一つに、自由な環境で自ら秩序を創る能力を育成することがあると説明していた点が挙げられる。従って、この二つの仮説の検証を深めると、美術教育における自由や秩序の創造の学習が、数学における美的感覚や創造性に影響を与える点を明らかに出来ると考える。

5-3 創作教材「数式による感性の表現」の〔妥当性・可能性〕

本研究では「造形的な見方・考え方」について考察する目的から、「造形的な見方・考え方」を活用した結果がより明確に伝えられるために、自身の感覚や感覚によって呼び起こされる感情や認識等の「感性」を「数式」を用いて伝える教材として「数式による感性の表現」を創作し実施した。そこで本節では、本研究の考察から、本教材が仮説通り「知性だけでは捉えられない対象や事象を、身体を通して知性と感性を融合させながら捉える」方法として機能するか否かを議論し、更にその妥当性と可能性について検討する。

(1) 創作教材「数式による感性の表現」の妥当性

本研究の調査に用いた創作教材「数式による感性の表現」の妥当性を検討する観点には〔ポスターの完成度、他の教材との相違点、知性だけで捉えられない内容の抽出〕等が考えられる。まず「ポスターの完成度」については、表5に示す通り、数式を用いない通常のポスター作品と比べても遜色無く、数式をキャッチコピーにしたことで、作品の質が低下する懸念は無いと考える。また、そこに記された数式表現によるキャッチコピーに関しては、変数を変えた方が良かったり他の記号を用いた方がより解説に適合した内容が表現出来ると考えられたりする等、数式として捉えれば不正確な使用も見られた。そうした不正確さに対する指摘を含めて、表15には、図1の創案者である物理学の専門家による「助言」の一部を示す²⁰⁾。

なお、全作品に「助言」を得た、上記の助言者からは、まず、数式に対する感想として〔雰囲気関数にすれば良いのにそうならない数式がある、イコールが代入の概念であることを知ると更に幅が広がる〕等が挙げられた。また、本教材に対しては〔順列と組み合わせの違いを知ることが出来る、数学とは文章で書くことを数式で記していることを知る教材になり得る、現教育に欠けているのは本教材の様な数式で表現する内容ではないか、この教材から分かったことが重要であり特に数学を教える教員がこの教材を行うことの意義は大きい〕等の感想を得た。加えて、以上に基づき更に「今回のポスターにおいては未だ、数式の自在な活用は見られないが、本教材を繰り返し実施すれば、数式で表現する方法に慣れ、将来、物理学を初めとする理学分野の探究への関心も湧き、理系離れとされる現状の打開策にもなるのではないか」との意見も聞かれた。この意見は、前述の、本教材が数式概念の理解度の確認のために使用出来るとする仮説を裏付けると考えられるが、その一方で、本教材において、感性を表現する数式が存在しないと考えられた場

合は、その感性を表現するために用いる能力が「造形的な見方・考え方」である可能性を示唆するとも考えられた。

以上から、他の造形美術教材と本教材が異なる点として挙げられるのは、例えば、学習者が予め感性を数式で表す試みを行い、その結果、自らがイメージとして持つ表現内容を表す表現形式として数式は相応しくないと判断した場合は、次に「造形的な見方・考え方」を用いたその他の表現形式や表現材料を検討し創出する試みに展開出来るという様に、本教材が学習を展開するための診断を可能とする点である。即ち、本教材により「表現したいイメージ」の内容に関する診断的評価を行い、この診断的評価の結果、数式での表現が不可能と診断された「イメージ」は「知性だけでは捉えられない内容」となり、その内容の表現を次なる教材で探ることを可能とする等、言うなれば「教材のための『診断的教材』」とも呼べる点である。

表15 数式キャッチコピーへの助言〔部分〕

No.	数式コピー	助言
1	M=F×T 最高の仲間 (Friends) と過ごす時間 (Time) が 思い出 (Memory) となる 18 歳からのレンタカー 24 時間 4500 円から 君が未体験の夏を	物理学では、力 F と時間 t の積を力積 I と呼びますが、その力積 I は、物体を移動するための運動量を生じさせます。それがレンタカーで「君が未体験の夏」へ運んでくれるのでしょうか。残念ながら、ポスターにはそのレンタカーが見えません。 ポスターでは、思い出が M=F×T と表現されていますが、それとこのポスター画像とはどこか通じるところがありそうです。
2	S=1/3L 睡眠時間 (sleeping time) は人生 (life) の 3 分 の 1 を占める。	この式は、睡眠時間 S が人生の長さ L の 3 分の 1 であることをそのまま示しています。本ポスターには寝心地の良さが伝わるベッドが表現されていますので、 S≥1/3L となりそうです。
3	C=1×T 体づくり (Change) は時間 (Time) に比例 する。	体力作りが時間に比例する。時間を手に入れるためには、ジムに支払う費用・コスト (Cost) が必要なので、数式は、 C=T×Cost になるのかも知れません。
4	B=bf×n 鮮やかさ (bright) は、咲いた花 (blooming) と 本数 (number) によって決まる。 解説：花が咲いていなくても哀愁漂うまた違った 美しさはあるが、迫力や鮮やかさという 面での美しさは花の咲き具合や木の本数に よると考えている。	記された数式は B=bf×n ですが、「咲いた花 bf」の説明では「花の咲き具合」とあるので、表記の揺れがあります。 数式を、 B=b×f×n として、「花の具合 b」と「咲いた花 f」としてはどうでしょうか。
5	がんばれ、受験生。幾度となく立ちほだかる壁 を越えたその先に、光は見えてくる。努力した 日々を積み重ねたその先に、合格は見えてくる。 最後まで、あきらめるな。 E×E=∞ 努力 (effort) をし続けた時の可能性 は、無限大だ。	数式 E×E=∞は、「努力 (effort) をし続けた時」の積ですが、「努力 (effort) をし続けた時 T」とすると、数式は、 E×T=∞ となり、何処かで見掛けた馴染みのある式となり「∞」が受け入れ易くなるかも知れません。

(2) 創作教材「数式による感性の表現」の可能性

創作教材「数式による感性の表現」の可能性としては、まず、感性を数式で表す教材の回答において誤って使用された数式に籠めた感性を確認した上で、その感性を他の数式に変更して表現すると、感性の内容を客観的に確認することが可能になる点が挙げられる。また「数・式を用いた感性の表現」の調査の最終問に挙げた様な「オリジナル」の数式を創作することにより、学習者が創造性自体を学ぶ可能性もある。更に、数式を用いた表現教材の実践から、数式による表現の傾向や限界を知り、他の表現手段である、造形的・美術的な表現手段の使い勝手の良さや表現の広がりを知る可能性も考えられる。

なお、この教材に似た内容は『イメージの読み書き』²¹⁾に見られ、この本では読み書き出来ない「イメージ」の概念を覆して、敢えて「読み書き」するための作品を創作している。但し『イメージの読み書き』では数式は使わず、誰もが知る「形」を数式記号に見立てて表現しており、これと同様に、感性と知性の関係を理解するための教材として、今回用いた数式を他の「何か」に置き換えた教材を開発するといった、教材の展開の可能性もある。

5-4 「造形的な見方・考え方」を育成する教材

数学が苦手な大学生に、数学が苦手になった時期を尋ねると、多くの大学生が、円周率 π が登場した時期と答える。そうした大学生においては、小学校第5学年の算数科では具体的な数字〔約3.14〕として登場した円周率が、中学校第1学年の数学科では記号〔 π 〕に置き換わった際、数字が抽象化された意味を完全に理解しなかったために、その後も次々と現れる抽象的な概念を示す用語や記号により、抽象化される意味への疑問が蓄積し、授業そのものに付いて行けなくなったと言う²²⁾。

この状態に陥る理由は、疑問の根本にある、数字を記号に変換する意味に対する「根拠への問い」の〔解説を聞く機会が与えられなかった、解説を理解するために要す考える時間が十分に与えられなかった、正しい解説が出来る指導者に会わなかった〕等と考えられ、そのために、数学が苦手になったと言える。この「根拠への問い」に応える教材として、本研究で実施した教材が寄与する点は大きいと考える。何故なら、本研究で実施した、感性を数式に置き換える教材を、数式において数字が記号に置き換わる前に実施するとしたならば、感性には抽象的な意味がある点を足掛かりに、数式における数字を表現する記号が具体から抽象へ移行する際の橋渡しになる上、数式の意味自体を理解する手掛かりになると考えるからである。

ここで、近年は頃に数学に関する書籍が増えている点から、表16には、漫画本も含めた数学に関する書籍を〔数学自体に関する本、他の理解のために数学を用いた本、数学と美術の関係を表す本、数学を主題にした漫画本、数学を理解するための漫画本〕の5つの「種類」に分け、種類毎に書籍の「発行年」の降順に「書名」を並べた。

表16 数学に関する書籍

種 類	書 名	発行年
数学自体に関する本	『虚数がよくわかる (改訂第3版)』	2022
	『解きたくなる数学』	2021
	『数学の世界』	
	『学びなおし中学・高校の数学』	
他の理解のために数学を用いた本	『人工知能プログラミングのための数学がわかる本』	2018
	『数学でわかる宇宙』	2021
数学と美術の関係を表す本	『高校数学でわかるアインシュタイン：科学という考え方』	2016
	『MATHART：真理、美、そして方程式』	2021
	『アートで魅せる数学の世界』	
数学を主題にした漫画本	『アートのための数学 (第2版)』	2019
	『数学デッサン教室』	
	『数学ゴールデン』 ²³⁾	2020
	『数字であそぼ。』	2018
	『はじめアルゴリズム』	2017
	『数学と文系ちゃん：役に立つ数学のススメ』	2016
	『Yの箱船』	2013
	『寿司 虚空編』	
	『算数少女』 ²⁴⁾	2012
『数学ガール』 ²⁵⁾	2007～2011	
数学を理解するための漫画本	『マンガでわかる中学数学』シリーズ ²⁶⁾	2021～
	『マンガでわかる物理数学』	2021

表 16 に掲載した漫画本の中には、嘗て、多くの受験生たちが古文の大学受験対策のために手に取った『源氏物語』²⁷⁾を漫画化した『あさきゆめみし』²⁸⁾の様に、数学を理解する目的で著された漫画本もあれば、2017 年に漫画化され一世を風靡した吉野源三郎〔1899-1981〕の著書『君たちはどう生きるか』〔1937〕²⁹⁾を漫画にした本もある。他方、漫画をテーマや手段とするテレビジョン番組もあり、例えばNHK 教育テレビジョン〔以後「E テレ」〕番組の『浦沢直樹の漫勉』³⁰⁾や『マンガ家イエナガの複雑社会を超定義』³¹⁾、NHK 総合テレビジョン番組の『笑わない数学』³²⁾等では、漫画の制作自体を分析したり、漫画家を持つ〔漫画、アニメーション、コンピュータグラフィックス〕等の技術を活用して社会問題を解説したり、コメディアンが数学の難問を解説したりしている。

この様に、一昔前には漫画とは無縁と考えられていた、数学等の教養や専門的内容が、漫画の体裁や形式を採って世間に浸透しつつある現代の風潮に加えて、誰もが自ら写真を撮影し Web 上に掲載する時代の風潮もあり、本研究で行った調査は時宜を得た内容であったと考えられた。取り分け、提出された作品と回答から、調査協力者の多くが意欲を持って制作や回答に取り組んだ印象を抱いたことが、そう考えられた理由にある。ポスターにおいては勿論のこと、数式を回答するだけでも、描かれた図や数式の用い方には個性が表れ、表現されたテーマには個人の感性が反映されており、美術作品としても見応えがあった。なお、理系のみならず、文系の大学生においても、感性を数式に表す課題では数式を多数考案出来ていたため、今回の調査で用いた創作教材「数式による感性の表現」は、造形美術のための教材としても有効と考えられたが、その他にも、教員が、児童生徒の数式に対する理解度を知るための算数科及び数学科の教材としてや、メンタルヘルスのため、自身や他者が感情に客観的に迫る手段として等、多様な展開の可能性が考えられた。

中でも、芸術や造形と数学の関係は表 16 に挙げた通り多くの書籍や番組で取り上げられ、それ以外にも、古くはゲーテ〔Johann Wolfgang von Goethe, 1749-1832〕の『色彩論』〔1810〕や、前掲のシュブルーールの『色彩の調和と配色のすべて』〔1839〕、ホフスタッター〔Douglas Richard Hofstadter, 1945-〕の『ゲーデル・エッシャー・バッハ』〔1979〕があり、現代では、佐藤雅彦〔1954-〕が監修等に携わる E テレ『ピタゴラススイッチ』〔2002-〕や『日常にひそむ数理曲線』〔2010〕、『これも自分と認めざるをえない展』〔2010 年〕³³⁾がある。その他、自然界の規則を見付けて〔好奇心、観察眼、想像力、科学的思考〕等を育む E テレ『ミミクリーズ』〔2015-〕等も挙げられる。なお『ミミクリーズ』の総合指導を務める福岡伸一〔1959-〕は、フェルメールに関する著作や展覧会の企画等に関わり、他方、佐藤雅彦は、図画工作科の時間数を増やすための署名やフォーラムの開催等の活動である「がんばれ！図工の時間」に関わっている。

更に『モナ・リザと数学』〔2006〕、『造形数理』〔2002〕、「アルケミスト双書」の〔黄金比、シンメトリー、数の不思議、フラクタル、錯視芸術〕等〔2009-2021〕や『眺めて愛でる数式美術館』〔2017〕といった書籍があり、その数たるや枚挙に遑が無い程であるが、こうした多種多様な書籍があるにも拘らず、一般に、美術を学ぶ大学生には数学を苦手と言う人が多い印象がある。理由の一つは、上述の、数字が記号に置き換わる意味を、自身で根拠から理解したいと考える、美術を学ぶ大学生の傾向にあると考えられるが、これを別の角度から見ると、個性を強く持ち、そのため自身で秩序を作る能力の修得を目指し、また、元来そうした能力に長けた美術を学ぶ動機を持つ人々においては、他者から与えられる秩序の「数式」を自身の知能の構造に組み込むのに、大きな作業が必要となるのが理由と言える。その作業とは、上記の傾向を持つ人が、円周率を π と指定する様な具象を抽象に変換するという新たな知識を獲得する際を例に採ると、仮に、数字を「記号」に置き換える理由は分かったとして、次に必要となる〔(1)自身の知識体系の中にその新たな知識を組み込む際、新たな知識を、自身が持つ確固とした価値観〔個性〕に照らして、以前の自身の価値観〔個性〕と何ら変わり無く、自身の個性を保ちつつ、新たな知識を自身の知識体系に如何に組み込むかを検討し、(2)適した場所に、その新たな知識を位置付け、(3)最後に、自身を俯瞰し全体の整合が図られた状態に至った所

で、初めて理解が完了する}といった、所謂「個性」のホメオスタシス〔恒常性〕の作業を指す。つまり、数学を苦手とする人々が抱える問題とは、新たに自身の知識に加わる「数式や記号」自体への「根拠への問い」が必要であるのと同時に、そうした数式や記号を受け入れる側である(1)~(3)の「自身」自体への「根拠への問い」の作業が特に必要である点と言える。しかし、この問題は「数式・記号」の根拠ですら必ずしも授業で教えられているとは言えない上、生涯を賭けても不確定である可能性の高い「自身」について迄も探究しなければならないため、その分の時間と指導が必要であるという課題以前に、その指導自体が可能であるかどうかを検証すること自体が課題と見做される程の大きな問題である³⁴⁾。

上記の、美術を学ぶ人々が、現在の学校教育の方法では数学が苦手になり易い点に関する理由については、個性を育成する美術科においては、個性が強い人物の方が、自身の能力を発揮し易い点からも明らかであろう。何故なら、個性が強いと自己表現の意欲も強くなり、より熱意を持って表現に励むため、美術科の評価も高くなる傾向にあり、美術科に親しむためである。将来、美術教育者を目指す、こうした傾向を持った大学生になる可能性の高い児童生徒に対しては、自身の表現において、黄金比やフラクタル等を使用する、或いは抽象的な数式表現に基づく「プログラミング」を用いる様な教材を実施することで、自己表現という大きな目的において、その課題制作に熱中する中で、必要に迫られ、自らが「数式」を理解する経験をすることで「数式」の本当の意味や魅力を知ることが出来るようになる。

今後の展開の可能性としては、一方で、知性と感性を融合して対象を捉える「造形的な見方・考え方」の発達過程を明らかにし、それと「数式」に関する発達過程とを掛け合わせて、「数式」を用いて感情を表現する教材の内容及び発展の仕方を検討する点が挙げられる。その一方で「デザイン思考」や「アート思考」が注目される現状が示す通り、図画工作科・美術科が、他教科の多様な内容を含む性質を持つことから、今回の「数式」と同様に、その他の、主に知性〔秩序〕を学習するのを目的とする教科の知性に基づき、知性と感性を融合させる「造形的な見方・考え方」を育むための教材を開発する点も挙げられる。美術教育に、こうした他教科の知性と美術の感性を融合させる「造形的な見方・考え方」の育成に関わる教材が導入された暁には、新たな美術教育の世界が拓かれることを期待する。

6. おわりに

Eテレ番組『NHK アカデミア』は「誰もがあこがれる一線級の研究者やクリエイターは『なぜ輝き続けられるのか』『何を大切に、新しい価値を生み出しているのか』をテーマに、豪華な講師陣が、専門的で独自性豊かに語る、講座番組」³⁵⁾とされる。この「第3回<宇宙物理学者・村山斉>」³⁶⁾において、村山斉〔1964〕は、「前編：宇宙も人生も、数学の言葉で書かれている」「後編：人生も数式で書ける」をテーマに講義をした際、自身の人生を表す式は「無規則に動く粒子のモデル」である「ランダムウォーク」を示す式としての「拡散方程式」であると言い、加えて、視聴者から質問された『世の中のものは数式で表せる』との前提に立つと『戦争の終わらせ方』も数式で表わせるのか』に対して、難しいが可能と答えた³⁷⁾。但し、その条件には、戦争の実行者が終戦により得となる瞬間が終戦時となるため、その瞬間を決める多様な要素を調査する必要があるが、その多様な要素を全て抽出するのが困難であり、簡単に答えは出ないとは言え、原理的には可能である、とも付言した³⁸⁾。

この回答は、本調査で実施した、数式で、感情の様な感性的な内容や人間の生に関わる哲学的な内容を表現する教材の妥当性を裏付けると考えられたが、他方、数式で示すために必要となる全ての要素を抽出することは果たして可能なのかとの疑問も抱かせた。

しかし、この回答からは、問題を考える際にそれを数式に示してみることは、その問題を考えるために必

要な要素を網羅出来るかどうかを確認する手段として有効であり、また、その考案した数式を他者と共有し問題を客観的に捉える手段として有効であるとの考えも得られた。この点を敷衍すると、数式と感性の関係は更に広がり、今後の展開の可能性も広がることが予想される。

注

1. 三上航志「デカルトにおける『魂』と『身体』」pp.16-17, <<https://philosophy-japan.org/wpdata/wp-content/uploads/2020/06/0de72eb18226d20cc5b6d4b96b7a80da.pdf>> [参照：2022-06-02] .
2. デカルト〔著〕, 野田又夫〔訳〕『精神指導の規則』岩波文庫, 1950, p.148.
3. 「マスクが子どもの発達に影響？ コロナ禍の子育て」『NHK NEWS おはよう日本』2020年11月12日放送, 2021年6月23日更新.
4. 小野武年・西條寿夫「感情と知的情報処理の仕組み」『高次脳機能研究』25(2), 2005, p.116.
5. 「“スマホ脳過労” 記憶力や意欲が低下!？」『NHK クローズアップ現代』2019年2月19日(火) .
6. ゲシュタルト心理学の創始者の1人とされるヴェルトハイマー〔Max Wertheimer, 1880-1943〕は、没する直前に完成した『生産的思考』で創造的な思考に関してゲシュタルト解釈を与えて行くことを目的に、人間の思考と行動を〔意味、役割、位置、機能〕に基づきベクトルを用いた式や図形等を用いて表現している〔ヴェルトハイマー〔著〕, 矢田部達郎〔訳〕『生産的思考』岩波書店, 1952〕。
7. GP〔Good Practice〕及びポスターの創案者へのインタビュー〔2022年8月18日〕。GPに関する解説は次のURL<https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/gp/001.htm> [参照：2022-09-19] に掲載。
8. 実施期間：2021年7月21日〔水〕～7月27日〔火〕 .
9. 授業の期間中は「鉄道ポスターの旅」〔旅チャンネル〕が放映中であり、番組に登場する「旅ポスター」には『青春18きっぷ』ポスターが含まれていた。
10. 込山富秀『「青春18きっぷ」ポスター紀行』講談社, 2015, p.84.
11. TSUKUBA JOURNAL, <<https://www.tsukuba.ac.jp/journal/alumni/20141028182856.html>> [参照 2022-06-02] .
12. 前掲10, pp.84-89.
13. 前掲10, p.84.
14. 「企業 電通ソーシャル・デザイン・エンジン 籠島康治さん」『みんなで食べる幸せを』ハンガー・フリー・ワールド, <<https://worldfoodday-japan.net/join/interviews/499/>> [参照：2022-06-02] .
15. 文部科学省『高等学校学習指導要領解説 数学編』2009年11月, p.67, <https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2012/06/06/1282000_5.pdf> [参照：2022-08-20] .
16. 湯川秀樹は数学について「論理というものが非常に有効に使われ、整然たる形の体系にまで生長したのが、すなわち数学なのである。数学というものは結局一つの論理体系となつてはじめて完成する。論理的方法で何かを証明しようとする場合、必ずまず何かを前提としなければならない。数学の場合には公理、物理学の場合には原理といわれるものがそれである。そういう大前提がないことには何も結論できない。これが演繹論理といわれるものの特徴で、ある一般的な原理とか公理というようなものから何かある結論を引き出すためには、その公理や原理を認めなければならない。数学はそういう演繹論理一本であるが、物理学その他の自然科学では、そういう演繹論理だけではいけない。さきほど経験が大切であるということをいったが、経験をだんだんと精密にして系統立ててゆくと、そこから何かの法則が帰納的に見つかるのである」〔湯川秀樹『創造的人間』筑摩書房, 1966, p.94〕と述べる。
17. 「言葉の数式」を掲げた研究例として博報堂の次の研究がある。後掲する出典から要約して記す。--2013年にGoogleの研究チームが発表した自然言語処理技術の「Word2Vec」は、大量のテキストデータを解析することで「言葉のベクトル」を算出し、その数値に基づき言葉の類似性を導き出す技術であり、単語が持つ意味や単語同士の関係性を多次元空間上のベクトルとして定量的に表現するためのツール。この技術を用いると、言葉同士の意味の類似度の計算や「言葉間での意味の足し算・引き算が可能」で、例としてWikipediaのテキストデータを学習させた「Word2Vec」を用いて解析すると{パリ-フランス+日本=東京、孤独-不幸+幸福=旅路/郷愁、老化-不幸+幸福=治癒力}という結果が出た。「Word2Vec」は、人間の様に言葉の意味を完全に理解している訳ではなく、同じ様な文脈で使われる単語を教えるツールであり、このツールを使用すると「集合無意識」と呼ばれる「暗黙的な共通点や集合知」が見えて来ると言う。博報堂研究開発局では、2015年頃から「言葉から社会を洞察する」という考え方下「KOTOBAOLOGY (ことばオロジー)」というプロジェクトにおいて、定性的な分析は人間の発想を助け、意思決定や新しい課題発見に繋がると考え「Word2Vec」を自然言語処理のみならず「言葉」をキーにした発想支援用途での活用研究を進め、世の中に流通している言葉から社会の背景や変化、生活者の意識や無意識を洞察することで、未来についても洞察しようとしている。〔DIGINOGRAPHY『「言葉の数式」が導き出す、みんなの無意識」博報堂生活総合研究所, 2019-10-31, <<https://seikatsusoken.jp/diginography/14389>> [参照：2022-08-20] .〕
18. この積分記号〔 \int 〕及び微分記号〔 d 〕は、ニュートンと並び微積分法の発明者とされるライプニッツ〔Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646-1716〕の発案とされる〔木下清一郎『心の起源』中央公論新社, 2002,〕

- p.231]。
19. 原題: “De la loi du contraste simultane des couleurs et de l'assortiment des objets colores” 1839.
 20. 本助言は、学生のポスター及びその解説の一覧表に基づき大岩幸太郎が行った。
 21. 慶應義塾大学佐藤雅彦研究室『イメージの読み書き』美術出版社, 2005.
 22. 湯川秀樹は「数を数として扱うということ自身が、そもそも抽象化の結果であります。コップを一つ二つ三つと数える時には、コップについてのあらゆる複雑な知識は捨ててしまって、ただ、それらが同じコップだという点だけを認めて数える」と述べ、更に「同じ数学の中でも、幾何学は算数以上に直観をたよりにしておりますが、特に中学校で習うのは平面幾何学であり、紙の上には書けるし、直観的にそれを把握しやすいわけですが、しかし、三次元の幾何学、つまり、空間の幾何学、あるいは立体幾何学になりますと、図を書くのもずっと難しくなります。直観的に把握するには、影になっているところは点線で書いたり、いろいろと苦心しなければならないが、とにかく奥行きのある世界のイメージを、はっきりと想い浮べる能力をわれわれはもっています。ところが、さらに進んで、四次元空間の幾何学を考えようとする、あるいはもっと一般に、 n 次元空間の幾何学まで考えようすると、もはや直観はきかない。[改行]しかし、それでも直観のきく二次元や三次元の場合を土台にして、それを抽象化、一般化して、多次元空間の幾何学をつくってゆくことができる」[湯川秀樹『創造的人間』筑摩書房, 1966, p.115]と述べる。
 23. 作者は「プロマンガ家への希望のアトリエ トキワ荘プロジェクト」の参加者 [「参加者の声: 3年をタイムリミットと決めて連載を獲得。30歳からの挑戦。」特定非営利活動法人 LEGIKA, 2019年12月13日, <<https://www.tokiwa-so.net/testimonials/10494>> [参照: 2022-08-21]]。また、表16に掲載した「数学をテーマにした漫画本」は次を参照した [「知的な『数の世界』に触れられるオススメの数学漫画8選』『ぶくまる』BookLive, 2020-11-11, <<https://booklive.jp/bkmr/mathematics-comic>> [参照: 2022-08-21]]。
 24. 2016年には映画が製作された。本書の原作は1775年出版の和算書『算法少女』[千葉桃三・平章子『算法少女』山崎金兵衛 出版]であるが、これについては国立国会図書館デジタルコレクションで閲覧可能である [<<https://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3508165>> [参照: 2022-08-21]]。また1973年には、遠藤寛子 [1931-] が執筆した『算法少女』を題材にした小説が岩崎書店から出版されたが、この小説のイラストは箕田源次郎 [1918-2000] が描いた。箕田は1952年に発足した [藤沢英昭・水島尚喜編『図画工作・美術教育研究 第3版』教育出版, 2010, p.55] 「新しい画の会」 [1959年より『新しい絵の会』] にも関わった美術教育者であり絵本作家である。
 25. 『数学ガール』シリーズの詳細は、次の URL に掲載されている [<<https://www.hyuki.com/girl/>> [参照: 2022-08-21]]。
 26. 例えば「 x 軸と y 軸が交差するのをラブコメマンガの男女が曲がり角でぶつかるシーンに置き換え」る等、数学の解説を漫画の物語にしている [「売れないかも…。でも革命的に面白い!! 『ギャグ×数学』マンガが新発売!」2021年3月5日12時00分, <<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000003202.000002535.html>> [参照: 2022-08-21]]。
 27. 紫式部『源氏物語』[全54巻] 平安時代中期。
 28. 大和和紀『あさきゆめみし』[全13巻] 講談社, 1979-1993.
 29. 山本有三 [編纂]「日本少国民文庫」16巻, 新潮社, 1937.
 30. 2015年に開始された『浦沢直樹の漫勉』は、2020年からは『浦沢直樹の漫勉 neo』に改題された。
 31. 2021年開始の番組。漫画家のイエナガに扮した俳優が、漫画やアニメーション、コンピュータグラフィックスを活用して社会で起こる問題を解説する。
 32. 2022年6月11日パイロット版放送。{素数、無限、四色問題、虚数、P対NP問題、カオス理論}等をテーマに難解な数学の問題を解説する番組。
 33. 21_21 DESIGN SIGHT, <<https://www.2121designsight.jp/program/id/>> [参照: 2022-08-21] .
 34. 「個別最適な学び」を目標に掲げる「令和の日本型学校教育」では、こうした個性に応じた教育を如何に実現するかが課題とされる。「個別最適な学び」への対処法としては、ICT機器の活用がまず言われるが、その他にも、現在出版され公開されている書籍やメディアの番組にある多様な資源を活用するののも一つの方法である。その点から、造形美術教育に携わる教員においては、本論に挙げた算数科や数学科を初め、各教科に関する資源について、予めその存在や概要を理解していることが必要と言える。
 35. 「この番組について」『概要』NHK, <<https://www.nhk.jp/ts/XW1RWRY45R/>> [参照: 2022-08-21] .
 36. 初回放送日: 2022年6月28日 [火] .
 37. 「京セラフィロソフィー」を以て日本航空の経営立て直しを実現させた稲盛和夫 [1932-2022] は、経営破綻させた当時の日本航空の経営陣が持っていた高慢な姿勢を「愛と誠実さ」に変え、自身が経営者として抱いて来た信念である「全社員の物心両面の幸福を追求」する会社に変える必要を説いたと言う。稲盛は、人生を数式で「人生・仕事の結果=考え方×熱意×能力」と表すが、「能力」と「熱意」は100点満点で記せるが「考え方」は「倫理観・世界観」を指すため数値ではなく「方向性」であり「前向き [+]・後ろ向き [-]」という質を表すと言う。従って「他力」の追い風を受ける帆となる「考え方」を持てば、人生は順風満帆に行くとした [「100年インタビュー京セラ名誉会長・稲盛和夫さん」NHK, 初回放送日: 2014年2月9日, <https://plus.nhk.jp/watch/st/g1_2022091518632> [参照: 2022-09-18]]。

38. 「NHK アカデミア 第3回 <宇宙物理学者・村山斉>」NHK, <<https://www.nhk.jp/ts/XW1RWRY45R/blog/bl/pEGA4e5nv7/bp/pe0n2lLR2w/>> [参照：2022-08-21] .

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 21K02430 の助成を受けたものである。

付録

本文中に使用する丸括弧は引用文であり、筆者が挿入する際は亀甲括弧若しくは山括弧等を使用し、同種の内容を複数並列する際は波括弧を用いる。

(2022年9月30日提出)

(2022年11月7日受理)