教育諸学研究　第37巻　3－16　2024

研究論文

量の加法性に着目した教材研究とExcelの活用についての一考察
―高学年の「図形」領域，円周の長さ，円周率，円の面積を対象として―

穴　田　恭　輔

はじめに

小学校の算数で扱う内容には，具体的に操作できるものから抽象化されて形式的に扱うものまでを含んでいる。学年が上がるにつれて，抽象化された内容を扱うことも多くなるが，そのとき「量」が具体と抽象の間の橋渡しとなっている。その意味でも「量」は小学校算数において特徴的な内容であるといえる。したがって，小学校の算数指導においては，適宜，「量について考える」ことも重要であると指摘されている[1]。算数の領域の中で「量」を主に扱うのは「C 測定」である。しかし，抽象への橋渡しとなる「量」は，算数の他の領域にも現れる。そこで本稿では，高学年の「B 図形」から，その一例として，円周，円周率，円の面積を考える。これらの値を求めるための教材研究として，数値化するために，量の加法性が用いられることに着目した考察を行う。また本稿は，基礎となる枠組みを「数」，「数の算法」，「量」，「量から数」，「図形」，「文字による計算」として初等数学の体系を精緻に構築した田村の著書[2]に触発されたため，多くを参考にさせていただき，引用もさせていただいている。

本稿の目的は，量の加法性に着目して，高学年の図形領域で扱う円周の長さ，円の面積を対象とした教材研究を行うことである。計算にExcelを使うことで，算数教育におけるExcelの活用例も示す。それらはいずれも教師を対象としたもので，量について考える一助とされたい。

1　外延量の基本的な性質

我々の身のまわりには，様々な種類の量が存在する。それらを分類すると分離量と連続量になる。個数，人数など自然数で対応づけられる量が分離量で，実数と対応づけられる長さや液量のようなつながった量が連続量である。さらに連続量は外延量と内包量に分けられるが，「加法性」が成立するかによってその区別ができ，成立するものが外延量である。

まず本稿の考察の根拠となる外延量の基本的な性質を述べる。数学的な観点から，外延量に関して成り立つ基本的な性質は次の（1）～（5）のとおりである[3]。ただし，a, b, c は同種の量とする。

(1) 比較可能性

・2量について，どちらが大きいか，または等しいかが決定できる。

　$a < b$，$b < a$，$a = b$　のうち1つだけが成立する。

・3 量について，大小関係と相等関係は，推移律をみたす。

$a < b$，$b < c$　ならば　$a < c$

$a = b$，$b = c$　ならば　$a = c$

(2) 加法性

・量の加法が成立する。また，交換律や結合律も成り立つ。

$a + b = b + a$　$(a + b) + c = a + (b + c)$

・2 量の差を求めることができる。

$a < b$　ならば　$a + c = b$ となる c が存在する。

(3) 測定性

・量は測定することができる。

(4) 等分可能性

・量は任意に等分することができる。

(5) 稠密性・連続性

・（大きさが異なる）同種の 2 量について，それらの間の量が存在する。

・量は実数と対応し，連続性も備えている。

量を測るというのは，量の大きさを数で表すことであるが，その表し方は，その量のある大きさを基準にとり，そのいくつ分を数値で表すことである。その大きさが目に見えやすい外延量では，つぎ合わせることによって量を何倍かすることができ，また，逆に量を等分することでその大きさを表すことができる。そのとき，これらの基本性質が使われる。このように計算の対象としての量を考えると，加法性という性質が大きな役割を果たしている。

2　第 5 学年　円周の長さと円周率

2.1　円周の長さ

点 O を中心として 1 つの円が描かれているとき，点 O を頂点とする円の角を中心角という。中心角の 2 つの辺が円周と交わる点を A，B とするとこれらの点で円周は 2 つに分かれ，中心角 AOB の内部にある部分を弧 AB という。また線分 AB をこの円の弦という。弧 AB の長さを $\overset{\frown}{\mathrm{AB}}$，弦 AB の長さを $|\mathrm{AB}|$ とすると，$\overset{\frown}{\mathrm{AB}} > |\mathrm{AB}|$ であるが，中心角を小さくすると，$\overset{\frown}{\mathrm{AB}}$ と $|\mathrm{AB}|$ はほとんど等しくなる。

図 1 のように，中心角を $6°$ ぐらいにすると，弧と弦はほとんど重なる。

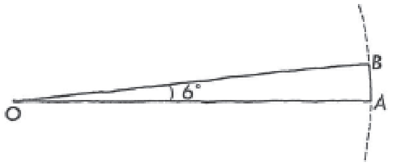


図１　小さな弧と弦 [2]

表１　正ｎ角形

№.	正　n　角形	中心角	$\|AB\|$	$\widehat{AB}$	$\frac{\|AB\|}{\widehat{AB}}$	$1-\frac{\|AB\|}{\widehat{AB}}$		n/2 × $\|AB\|$
1	正　10　角形	36　°	0.61803399	0.628319	0.983632	0.016368		
	正　30　角形	12　°	0.20905693	0.20944	0.998173	0.001827	(≒ 1/500)	
	正　60　角形	6　°	0.10467191	0.10472	0.999543	0.000457	(≒ 1/2000)	
2	正　12　角形	30　°	0.51763809	0.523599	0.988616	0.011384		3.105829
	正　24　角形	15　°	0.26105238	0.261799	0.997147	0.002853		3.132629
	正　48　角形	7.5　°	0.13080626	0.1309	0.999286	0.000714		3.13935
	正　96　角形	3.75　°	0.06543817	0.06545	0.999822	0.000178		3.141032

註　ただし，線分 AB の長さ |AB| を求めるときには SIN（）関数，弧 AB を求めるときには PI（）関数 による円周率を用いた

表１の№.１では，中心角を（i）36°，（ii）12°，（iii）6° の場合について半径１の円で Excel の SIN（）関数を使って，弦 AB の長さ |AB| と弧の長さ $\widehat{AB}$ を計算した。

すなわち，$|AB|=2\times \mathrm{SIN}\left(\frac{中心角}{2}\right)$，$\widehat{AB}=2\times \mathrm{PI}\ (\ ) \times \frac{中心角}{360}$ である。

$\frac{|AB|}{\widehat{AB}}$ の値は，円を等しい中心角によって分割したときの分割数 n が大きくなるほど１に近く，弧の長さと弦の長さの差は弧の長さに対して，中心角が 6° のとき約 1/2000 で，中心角が 12° で約 1/500 である。また，

・中心角が 36° の場合は，円を 10（= 360/36）等分，

・中心角が 12° の場合は，円を 30（= 360/12）等分，

・中心角が 6° の場合は，円を 60（= 360/6 ）等分

することがわかるが，円周を等分割した点で Excel の散布図を使って正多角形をかくと，図 2 のようになり，視覚的にも正 30 角形なら，ほぼ円に見える。

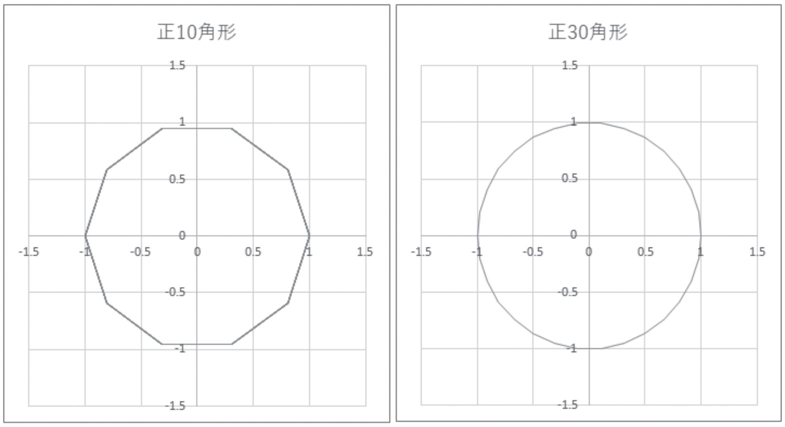


図 2　散布図でかいた正 10 角形と正 30 角形

これらのことから，曲線である円周の長さを測る方法として，円周をたくさんの小さな弧に分け，これらの弧をそれぞれ弦に置き換えて，こうしてできた弦の長さを全部たせば，おおよその円周の長さを求めることができるようになり，分け方を細かくすればするほど，正確な長さが得られる。長さがもつ基本性質である加法性を用いて，正確な円周の長さの値に近づけていくのである。

また図 3 から，円周の長さは半径に比例することがわかり，直径にも比例することも明らかである。したがって，どんな円についても，円周の長さの直径に対する比は一定で，この比を円周率といい，π（パイ）というギリシャ文字で表す。すなわち，円周率 π は，円の半径を r，その円の周の長さを L とすると $\pi = \frac{L}{2r}$ と定義される。したがって，$\boldsymbol{L} = 2\pi r$ である。

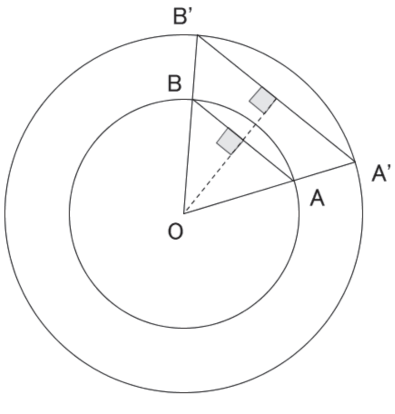


図 3　円周の長さは直径の長さに比例

2.2　円周率の計算

1 つの円の円周と直径の長さの比の値が約 3.14 であることはよく知られている。ここでは，その計算方法を示し，Excel で計算する。点 O を中心とし，半径 r の円をかき，その r と同じ長さの弦 AB

を引けば，△OABは正三角形になる。このような正三角形を六つかけば，正六角形ができる。$r = 1$とし半径1で円をかいて，同じように正六角形をかいたとき，この正六角形の周の長さは6である。これを円周の長さの近似値とみなせば，πの近似値として，$\pi = 6/2 = 3$が得られる。

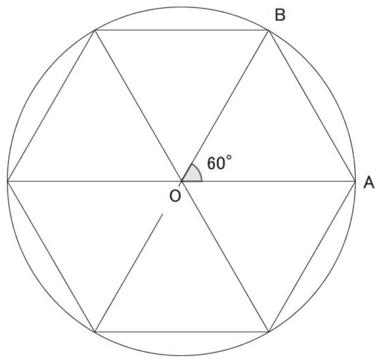


図4　正六角形

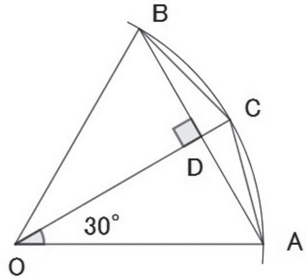


図5　六つの中心角をそれぞれ2等分

次に図 4の六つの中心角をそれぞれ2等分して，2等分線が円周と交わる点をすべて頂点とすると正12角形ができる。図 5のように，中心角AOBの部分を見ると，線分OD の長さは，OA = 1，AD = 0.5だから，三平方の定理から，$OD^2 + 0.5^2 = 1^2$となり，

$OD^2 = 0.75$

$OD = 0.8660254$

である。　したがって，　$DC = 1 - OD = 0.1339746$となる。

この手続きはいくらでも繰り返すことができるので，中心角を15°にして正24角形，中心角を7.5°にして正48角形，中心角を3.75°にして正96角形のそれぞれで，近似値としてのπを計算することができる。

ただし，表 1の№.2では，正n角形の一辺は，ExcelのSIN（）関数に中心角の半角を渡し，その値を2倍することで，まず半径1の円に内接する正n角形の一辺の長さ|AB|を求めた。それぞれのn倍を円周の長さに代用すれば，$\frac{n \times |AB|}{2}$の値が，正24角形，正48角形，正96角形で，それぞれ，3.132628613，3.139350203，3.141031951となり，πの近似値は，正48角形あたりでも十分，よく知られている3.14，すなわち，$\pi = 3.14$　としてよいことがわかる。

また，2003年の東京大学の入試で「円周率が3.05より大きいことを証明せよ。」という出題があったが，このように円周の長さを正多角形の周の長さで代用することで，πの近似値が求められる。この出題には，正六角形での中心角をさらに2等分した正12角形で考えても十分な解答が得られる。

2.3　教員採用試験における円周率に関する出題例

教員採用試験の過去問題を調査する中で，平成25年度山口県の校種「小学校」，教科「算数」に，「小学校第5学年『図形』領域の『平面図形の性質』で円周の長さは円の直径の3倍より長いことを，円周の長さと円に内接する正多角形の周の長さを比較して説明せよ。」

という出題があった。これは，

・円に内接する正六角形の一辺の長さは円の半径に等しいこと
・その正六角形の周の長さは円の半径の6倍となること，すなわち直径の3倍になること
・円周の長さはその円に内接する正六角形の周の長さより長いので，円周の長さは円の直径の3倍より長いこと

を順序よく関係づけることで説明できる。その説明には，第5学年で扱うコンパスを用いた正六角形の作図操作ができることが，その解決につながると考えられる。そしてさらに作図操作を知っているだけでなく，なぜその操作で正六角形の作図ができるのかを説明できることがこの出題を解決するための基礎になる。つまり「円に内接する正六角形の頂点は円周を6等分し，その正六角形の対角線がつくる6つの三角形はすべて合同な三角形であることと，円周を半径幅にしたコンパスで切っていけば，円内には一辺の長さが半径幅となる合同な6つの正三角形がかけること」を実際の操作を通して体得して，説明の根拠に使うことになるからである[4]。

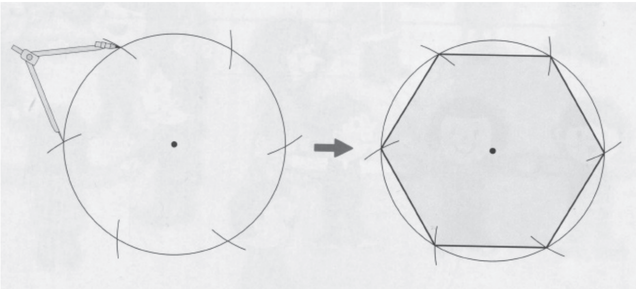


図6　正六角形の作図（教科書[5]）

『小学校学習指導要領解説算数編』には「円周率の意味を指導する」とあり，その例として，円に内接する正六角形と円に外接する正方形を利用して，「円周の長さは，正六角形の周りの長さ（直径の6倍）より大きく，正方形の周りの長さ（直径の4倍）より小さいことという見通しをもつ」と記載されている[6]。

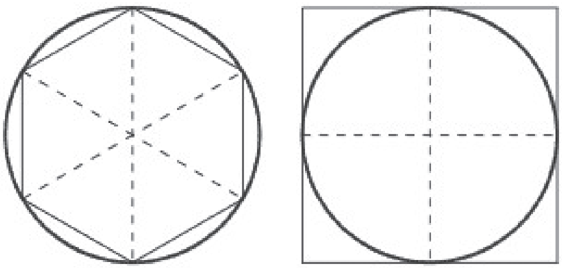


図7　円周の長さの見通し

そこで，先の山口県の出題を円周率の近似値を導く類題として，教員養成課程学生向け課題には，「円周の長さと円に内接する正多角形の周の長さから，円周率が3より大きく4より小さいことを説明せよ。」というのも考えられる。その解答には，必要以上に正多角形の頂点の数を増やして精度を上げる必要はなく，正方形（正四角形）と正六角形を用いることで十分である。

3　第６学年　円の面積

3.1　面積について

平面上に描かれた図形のうち，線分や円周には長さがあり，広さはない。これに反して，三角形や四角形や円には広さがある。平面図形のもつ広さを面積といい，長さと同じような基本性質をもつ。すなわち，

・大小の関係

・加法性

である。

図8のように，広さをもつ二つ平面図形をA，Bとして，簡単のためにそれらの面積もそれぞれ，A，Bとして表すとすると，AはBより広く，$A > B$，そして，AとBを重ならないようにつなげば，新しい図形ができて面積SはAとBの和になる。

面積を考えるときには，辺の長さが1cmの正方形を考える。この正方形を単位正方形という。単位正方形の面積は，1cm^{2}で表す。縦と横の長さがそれぞれ，2cm，3cmの長方形を考えるとき，この長方形は6個の単位正方形に分けられることから，面積は6cm^{2}となる。こうして，縦と横の長さがそれぞれ a cm，b cmである長方形の面積はab cm^{2}である。平面図形の面積は，その基本性質である加法性を用いて単位面積の定数倍で考える。

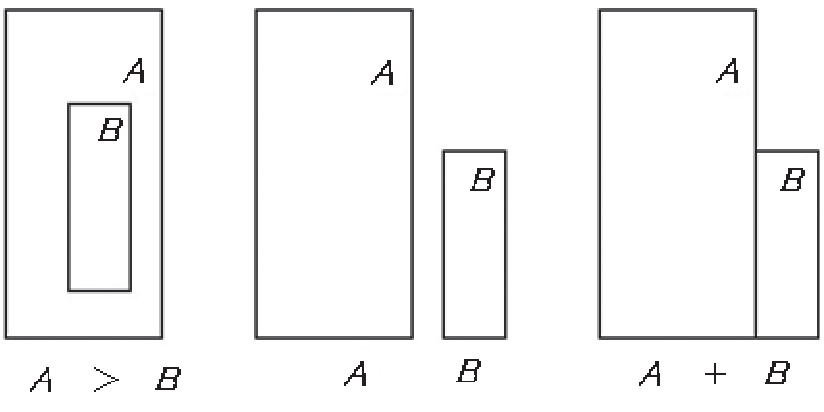


図８　面積の加法性

3.2 三角形の面積

△ ABC の辺 AB を底辺とするとき，頂点 C から直線 AB に至る距離を三角形の高さという。このとき頂点 A を通り辺 BC に平行な直線と，頂点 C を通り辺 AB に平行な直線をひき，これら二つの直線が交わる点を D とすれば，図のような平行四辺形 ABCD ができる。△ ABC ≡△ CDA より，両者の面積は等しい。

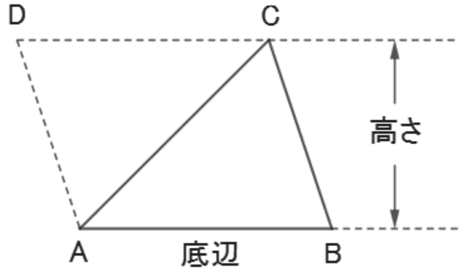


図 9 三角形の面積は平行四辺形の半分

また，△ ABC の底辺と高さは，平行四辺形 ABCD の底辺と高さにもなっている。したがって，三角形の面積は，同じ底辺と高さをもつ平行四辺形の半分である。平行四辺形 ABCD は，同じ底辺をもつ同じ高さの長方形に等積変形できるから，三角形の面積を求める公式

三角形の面積 = 底辺 × 高さ ÷ 2

が得られる。

3.3 円の面積

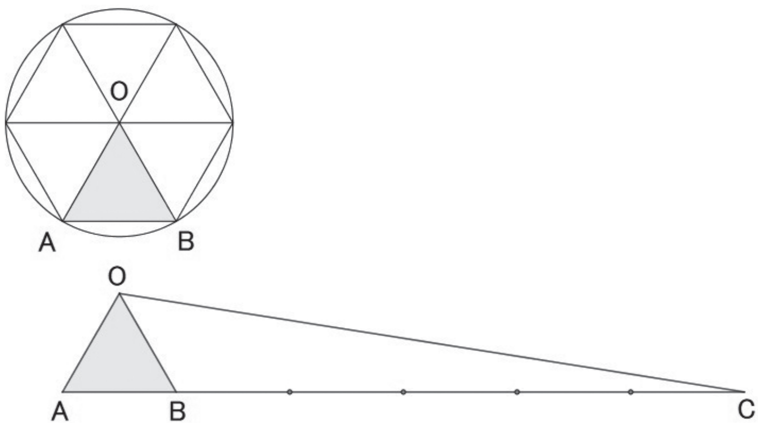


図 10 正六角形の等積変形

図 10 のように，正六角形を円に近い形とみなし，この正六角形の面積を 1 つの三角形で表すこと

を考える。そのために△ OAB を切りとり，底辺 AB を別の直線上に移す。この直線上に点 C をとり，

　|AC| = |AB| × 6

とすれば，△ OAC の面積は，正六角形の面積に等しくなる。このとき，辺 AC の長さは，正六角形の周の長さに等しいこともわかる。同様に，正六角形を正 12 角形に変えて同じ手続きをすると，円に内接した正 12 角形の面積は△ OAC の面積によって表され，このとき，辺 AC の長さは，正 12 角形の周の長さに等しい。さらに，正 12 角形を正 24 角形に変え，このような手続きを繰り返せば，△ OAC の底辺の長さは円周の長さに近づき，高さは半径の長さに近づき，面積は円の面積に近づく。

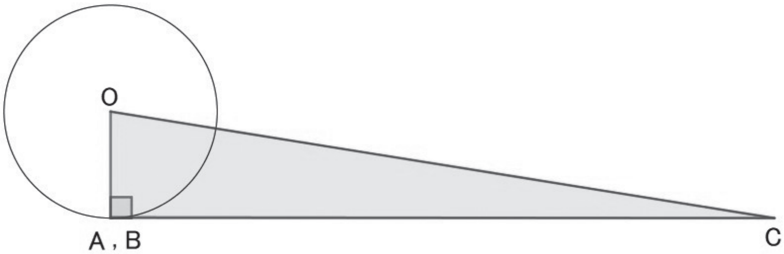


図 11　円の等積変形

以上より，円の面積は三角形の面積によって表すことができることがわかる。そのためには，三角形の底辺の長さを円周の長さに等しく，高さを半径の長さに等しくすればよい（△ OAC または △ OBC）。このことから，円の面積 = 円周の長さ × 半径の長さ ÷ 2　が導かれ，円周の長さ，半径の長さをそれぞれ，円周，半径　と表すと，

円の面積 = 円周 × 半径 ÷ 2
　　　　 = 直径 × 3.14 × 半径 ÷ 2
　　　　 = (半径 × 2) × 3.14 × 半径 ÷ 2
　　　　 = 半径 × 半径 × 3.14

となる。

3.4　円の面積についておよその大きさの見当をつける

円の面積について，公式を得たならその結果を記憶して使えるだけでも十分である。しかし，その公式にある 3.14 の意味を量感をもって理解することは，量の指導において価値のあることだと考えられる。

(1) 円に内接したり外接したりする正多角形をもとに広さの見当をつける。

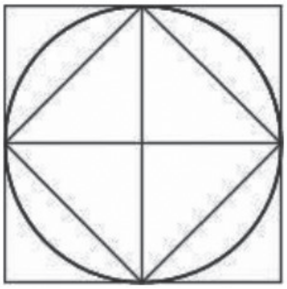


図 12　円の内と外の正方形

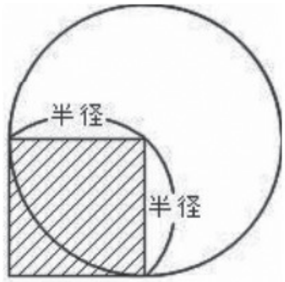


図 13　円の半径と正方形

図 12 のように，円の内と外に正方形をかくことよって，内の正方形，円，外の正方形の面積の大きさの関係を把握することができる。これらの面積の大きさについては，図から，

内の正方形 < 円 < 外の正方形 となる関係を見つけることができる。そして，内の正方形の面積は一辺の長さが半径に等しい正方形の面積の 2 個分，外の正方形の面積は一辺の長さが半径に等しい正方形の面積の 4 個分ということに気づくことで，円の半径を一辺とする正方形の面積の 2 倍から 4 倍の間にあると見当をつけることができる。

(2) 円を方眼でおおって，方眼の目の個数で円の面積を近似する。

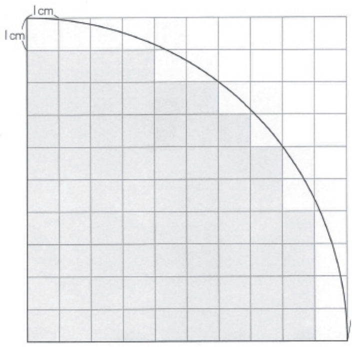


図 14　方眼の目の個数で円の面積を近似する

これは，円を方眼でおおい，円の一部でも含む方眼の目の個数 N と円に完全に含まれる方眼の個数 n を求めて，円の面積は，方眼の目の N 個分と n 個分の間にあるとする近似の考えであり，このとき，方眼の目をどんどん小さくして極限にもっていき，それらの和を求めるのが積分の考えである。

第 6 学年の教科書 [7] では，方眼を使って，半径 10 cm の円の面積を近似値として求める。そこでは，極限の代わりに，円周の通っている方眼を 0.5 個と考えることで，N と n の平均値を近似値とする。1 cm の方眼で，図 14 のように円の 1/4 の部分を調べると，N=86，n=69 であり，N - n =　86 - 69 = 17 より，円の 1/4 の面積は，69 + 0.5 × 17 = 69 + 8.5 = 77.5 で，半径 10 cm の円の面積は，77.5 × 4 = 310，およそ 310 cm^2 になる。

円の面積は，半径を一辺とする正方形の面積の約 3.1 倍ということがわかる。

上記（1），（2）において，円の面積の公式が半径を一辺とする正方形の面積の 3.14 倍を意味していることと関連づけて理解できることは重要である。

4　補助としての Excel の活用

4.1　Excel による計算

円周率 π は，円周 / 直径で定義される。しかし，円周は曲線であり，その長さを得るために，円に内接する正 n 角形（正多角形）を考え，その周の長さを円周の長さとして代用することにした。その精度を上げるためには，正 n 角形の n を大きくすることで，その周の長さを円周の長さに近づけることができる。本稿では，Excel を用いて，半径 1 の円に内接する正 n 角形の中心角の大きさとそれに対応する弦 AB の長さ，弧 AB の長さを計算した。Excel によるその操作手順を示す（図 15）。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1				角	（度数法）		正弦（sin）	正	n	角形	中心角		|AB|	弧AB	|AB|／弧AB	1−(|AB|／弧AB)		n/2×|AB|
2																		
3																		
4																		
5																		

① Excel のワークシートを開いて，1 行目，D1，E1，F1，G1，…，R1 セルに，
それぞれ，角，（度数法），正弦（sin），正，n，角形，中心角，|AB|，弧 AB，|AB|/ 弧 AB，1-（|AB|/ 弧 AB），n/2 × |AB|　のように，計算操作で行う処理がわかるような「見出し」となる文字列を入力する.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1				角	（度数法）		正弦（sin）	正	n	角形	中心角		|AB|	弧AB	|AB|／弧AB	1−(|AB|／弧AB)		n/2×|AB|
2		sin	(	1	°)	=	0.0174524	正	180	角形	2	°	0.03	0.035	0.99994923	5.08E−05		3.1414332

=1　=SIN(RADIANS(　=360/(D2*2)　=G2*2　=M2/N2　=1−O2　=I2/2*M2
=360/I2　=2*PI()*1/(360/(D2*2))

※本稿の読者へのコメントとして，網掛け部分に，2行目の数値，および計算式を示した。

② 2 行目
D 列には，1 と度数法で角度を入れていく。続けて順に，2, 3, …,（必要な行まで，または，360 まで）
G 列には，=SIN（RADIANS（D2））とする。SIN（）関数の引数には，同じ行の D 列の値が入る。
I 列には，=360/（D2*2）とする。n 角形の n の値が表示される。
K 列には，=360/I2 とする。一辺に対する中心角の大きさが表示される。
M 列には，=G2*2 とする。弦の長さ |AB| の値が表示される。
N 列には，=2*PI（）*1/（360/（D2*2））とする。弧 AB の値が表示される。
O 列には，=M2/N2 とする。弧の長さに対する弦の長さが表示される。
P 列には，=1-O2 とする。弧と弦の長さの差と弧の長さの比が表示される。
R 列には，=I2/2*M2 とする。正多角形の周の長さを円周の代用とした π の近似値が表示される。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1				角	（度数法）		正弦（sin）	正	n	角形	中心角		|AB|	弧AB	|AB|／弧AB	1-(|AB|／弧AB)		n/2×|AB|
2		sin	(	1	°)	=	0.017452406	正	180	角形	2	°	0.034904813	0.034907	0.999949	5.08E-05		3.141433
3		sin	(	2	°)	=	0.034899497	正	90	角形	4	°	0.069798993	0.069813	0.999797	0.000203		3.140955
4		sin	(	3	°)	=	0.052335956	正	60	角形	6	°	0.104671912	0.10472	0.999543	0.000457	(≒1/2000)	3.140157
5		sin	(	4	°)	=	0.069756474	正	45	角形	8	°	0.139512947	0.139626	0.999188	0.000812		3.139041
6		sin	(	5	°)	=	0.087155743	正	36	角形	10	°	0.174311485	0.174533	0.998731	0.001269		3.137607
7		sin	(	6	°)	=	0.104528463	正	30	角形	12	°	0.209056927	0.20944	0.998173	0.001827	(≒1/500)	3.135854

③ 3 行目
D 列には，前行の値を 1 加算した値を入れる。
G 列～ R 列には，前行と同じ式で，相対参照を行った値が入る。
④ 4 行目以降は，3 行目の各値との関係を保ちながら，必要な行数を複写していく。

図 15　Excel 操作手順（|AB|, 弧 AB の計算 ①～④）

4.2　散布図を利用した正多角形の描画

原点を中心とした半径 1 の円に内接する正多角形をかく。点（1, 0）から円周上を反時計回りに動く点を考える。正 10 角形をかくなら，円周を 10 等分割した点をとればよい。そのときの動点 P の座標を（x, y）とする（図 16）。

原点を中心として, x 軸の正の部分と動径のなす角を θ とすると, 点 P の x 座標と y 座標はそれぞれ,

$x = \cos\theta$, $y = \sin\theta$

と表せる。Excel によるその操作手順を示す（図 17）。

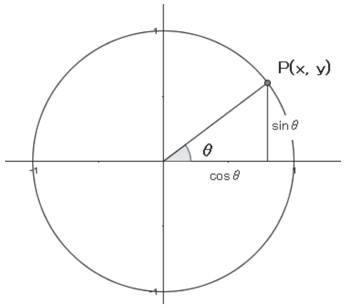
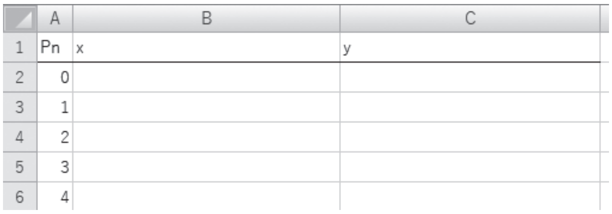


図 16　円周上の点 P

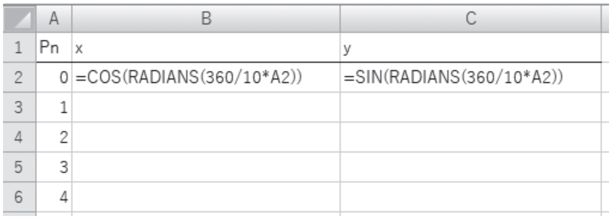
	A	B	C
1	Pn	x	y
2			
3			
4			
5			
6			

① Excel のワークシートを開いて，1 行目，A1，B1，C1 セルに，
それぞれ，Pn，x，y　のように，計算操作で行う処理がわかるような「見出し」となる文字列を入力する。



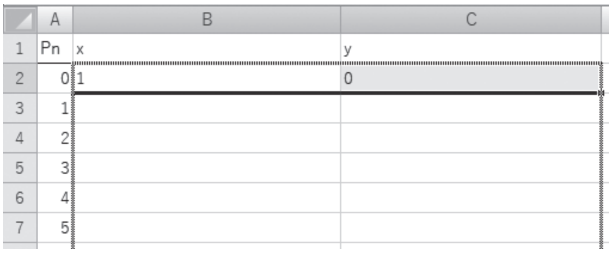
	A	B	C
1	Pn	x	y
2	0		
3	1		
4	2		
5	3		
6	4		

② A 列 2 行目から，数値 0，1，…，10　を入力する。



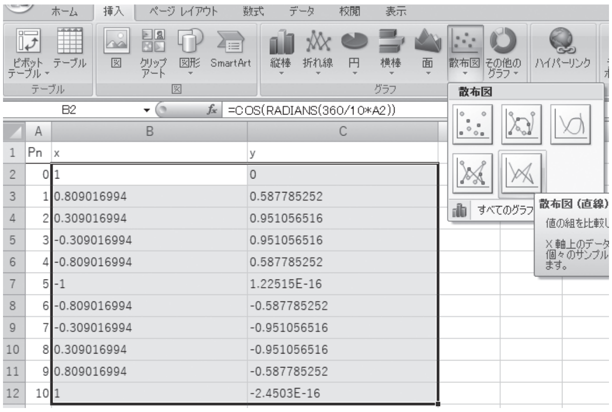
	A	B	C
1	Pn	x	y
2	0	=COS(RADIANS(360/10*A2))	=SIN(RADIANS(360/10*A2))
3	1		
4	2		
5	3		
6	4		

③ B2 に =COS（RADIANS（360/10*A2)），C2 に =SIN（RADIANS（360/10*A2)）を入力する。



	A	B	C
1	Pn	x	y
2	0	1	0
3	1		
4	2		
5	3		
6	4		
7	5		

④ B2，C2 を 12 行目までコピー & ペーストする



	A	B	C
1	Pn	x	y
2	0	1	0
3	1	0.809016994	0.587785252
4	2	0.309016994	0.951056516
5	3	-0.309016994	0.951056516
6	4	-0.809016994	0.587785252
7	5	-1	1.22515E-16
8	6	-0.809016994	-0.587785252
9	7	-0.309016994	-0.951056516
10	8	0.309016994	-0.951056516
11	9	0.809016994	-0.587785252
12	10	1	-2.4503E-16

⑤ 座標を選択して，挿入タブから散布図を作成する

図 17　Excel 操作手順（散布図でかく正 10 角形 ①〜⑤）

まとめ

本稿では，高学年の「図形」領域を対象に，円周の長さ，円周率 π，円の面積について，量の加法性に着目した教材研究を行った。曲線である円周の長さを求めるには，正 n 角形の n を大きくすることで円周の長さに近づくことを利用した。長さのもつ加法性という性質を使って，微小の長さをつなぎ合わせて，円周の長さに代用した。そこでは微分につながる考え方を利用したといえる。また，円周率 π については，3.14 という値がよく知られているが，円周の長さと直径の長さという 2 つの外延量の商分数で表せる内包量である。それらの計算は単純なものであるが，扱う数値は煩雑なので，Excel を利用しその手順も示すことができた。Excel の表に示された結果によって，n が大きくなるにつれて，その精度が上がることも確認できた。

そして，円の面積を求め，一般によく知られている円の面積の公式を導くことができた。面積のもつ加法性から，正多角形を等分割し，その図形の移動とつなぎ合わせを利用して，円を三角形に等積変形することができた。分割を小さくしていき，極限を考えることでそれらの和は円の面積に近づく。この考え方は区分求積を用いた積分の考えにつながるものである。小学校の段階の教材では，極限を考えてその値を出すことは扱わないが，円を方眼でおおって，方眼の目の個数で面積を求める考え方は，その素地となり，方眼の目を小さくしていくほど正確な値に近づくことまでは理解できるであろう。

また，量の指導においては，おおよその量の見当をつけることは，正確な値を出すことに劣らず重要なことである。円の面積はその円の内と外に接する正多角形の面積を考えることで，その大きさの見当をつけることができる。図によって，円の大きさを円と同じ半径を一辺とする正方形の大きさをもとにした割合を用いて表すことと，π の近似値としてよく知られている 3.14 を関連づけた理解も重要である。

今後も高学年の算数の教材研究において，Excel を補助的に使った例の提案をしていきたい。

引用・参考文献

[1] 穴田恭輔「小学校算数のつまずきの克服を目指して―児童 M への『算数・数学クリニック」での学習支援からの考察―』神戸女子大学文学部紀要，第 54 号，pp.71-90，2021.

[2] 田村二郎『数学がみえてくる―初等数学読本』1985，岩波書店.

[3] 志水　廣『小学校 算数科の指導〔第 2 版〕』pp.109-111，2012，建帛社.

[4] 穴田恭輔「算数の学びを確かにするためのプログラミング教育―『正多角形』の教材研究を支援する Scratch プログラミングの実践―」神戸女子大学教職課程研究，第 4 号，pp.65-71，2021.

[5] 清水清海『わくわく算数 5』p. 193，2020，啓林館.

[6] 文部科学省『小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 算数編』p248，2018，日本文教出版.

[7] 清水清海『わくわく算数 6』pp. 94-103，2020，啓林館.