

大学生の課題解決の論理的一貫性に関する調査

—四角形の面積をめぐって—

荒井 龍 弥

An examination of logical conformity with problem solving on university students
— using question for estimate about quadrilateral space —

ARAI Tatsuya

In school learning, a learner replies the question according to their knowledge that he/she have learned or constructed previously. It has been revealed that the knowledge they based on was not always correct. In cognitive psychology, they were supposed the answer was elicited systematical and logical from the knowledge (rule).

This study was examined logical consistencies of university student's answer.

336 university students was asked to answer the questions about quadrilateral space.

Results were followed; i) About 20% students were failed to apply rule for various exemplar (deduction). ii) About 30% students were able to deduce, but they were not able to generalize some rule from their answer at exemplar (induction). iii) About 20% students were able to either deduce or induce by the effect of question in this study. iv) About 30% students were able to both deduce and induce by themselves.

【問題】

学校教育においては、学習者が学習対象について事前に何らかの知識を持ち合わせていることが多い。これらの知識全てが正しいわけでももちろんなく（そうだとすれば、あえて学習する意義はない）、一部は経験や既習内容から誤って法則化してしまっている場合があると言われてきた。例えば、チューリップやヒヤシンスには種子ができないと思う者が多い。彼らは「球根でふえる植物には実やタネはできない」という誤法則を持ち、チューリップなどに適用していると考えるにつじつまが合う。また、「四角形の周囲の長さが長いほど、面積は広い」という誤法則により面積の判断をしていると考える

と、等面積であっても、正方形よりは平行四辺形の方が広いという判断をしがちなのも理解できる。こういった誤った法則を細谷（1970）はル・バー（ru）と呼び、組み換えないし修正のための方略が問題とされてきた。

このル・バーは大学生でも持っている場合があることが確かめられている。荒井ら（2004）は、文系大学生約700名を対象に、小学生でその存在がよく知られているル・バー（6領域；動物、植物、重さ、密度、速さ、面積）に関して調査を行った。この結果、小学生に比して正答者の多い課題は、おもりの位置による質量変化、密度の保存、速さの保存といった数問にすぎなかった。一方、かなり多くの領域では単元学習前の小学生の調査結果と類似しているものが多

かった（動物領域、植物領域の発芽条件、重さ領域の運動物体の質量保存（衝突場面）、密度領域の浮き沈み、面積領域）。さらに植物領域の生殖概念に関してなどはむしろ一貫した誤答さえ少ない状態であった。

調査対象とした知識領域に限っていえば、初等教育以降の学校教育を始めとした学習経験が大学生にはほとんど残っていないか、全く生かされていないことを物語っているといえよう。

では、大学生の誤りかたはそもそもル・バーという概念で説明可能な誤りなのだろうか。この点をめぐり、論理的一貫性という観点からいくつかの研究がなされてきた。

荒井(2008a)は、植物の光合成概念を対象として、私立大学（体育系）を被験者にルール（命題）と事例の間の判断の一貫性を検討した。特定のルールから事例判断（演繹操作といいうる）を求めた課題は7割程度の者が正答したものの、自らの事例判断とルール正誤判断とが一致した者は55%だった。また両者に正答しえた者は全体の3割に過ぎなかった。この結果はルール正誤判断課題が求める抽象レベルと回答時の抽象レベルの違いが原因だと考えられなくもない。

そこで荒井(2008b)は、ルール正誤判断課題を自由記述に変更して追試し、想定すべきル・バーを1つ追加すると、上記では55%だった一致率が100%となることを示した。しかしながら、この想定ル・バーを加味して荒井(2008a)の結果を再検討したところ、一致率は61%に上昇したが、依然として4割が不一致だった。この4割の大学生は、特定のル・バーが想定できず、個々の事例に個別的に取り組んでいると考えざるを得ない。すなわち、ル・バーさえも持ち合わせていない状態があるということが改めて示されたのである。

さらに種子植物を対象に、種ごとに「花の有無」「実やタネの有無」「おしべめしべの有無」を尋ねた。本来、種子植物は種子でふえる。そのため器官としておしべめしべを備えた花があるのである。しかし、比較的一貫した回答基

準として挙げられたのは「個々の事例（植物種）ごとにその有無を考えた」という「個別解決」が最も多かった（30%（36名））。

また、事例判断との一致を小問ごとに検討したところ、正答とみなせるルール（植物はみな花が咲くなど）を回答基準として挙げた者は64～100%（10～25名中）と比較的一致したが、他のルールからの関連づけ（花が咲けばタネができるなど）を回答基準とした場合には25～45%（8～42名中）と低かった。

この結果からも、大学生の誤りが、特定の「ル・バー」によって一貫的に誤答する場合だけではないことが示されたといえよう。

ここまででとりあげた課題は植物領域に関するものであった。したがって、上記の結果の蓋然性には疑問があつて当然である。すなわち、植物領域（もしくは生物領域、あるいは理科領域）以外でも同様の結果を示すことが新たな研究上の課題となった。そこで本研究では、四角形の面積領域を対象に検討することとしたい。この領域を取り上げたのは、理科領域以外でル・バーの存在が古くから知られているとされていること、荒井ら(2004)でも正答率が低かったことによる。

【目的】

本研究では四角形の面積領域を調査対象とする。正方形や長方形の面積は、タテとヨコの長さの積によって求めることができる。一方、平行四辺形は底辺の長さで高さの積である。いずれも、互いに独立な2量の積で求められることは共通している。

しかし、工藤ら(1991)が小学生について調査した結果、学年によりその様相は若干異なるものの、四角形を構成する各辺の和である「周長」を手がかりとして、「周長が長いなら面積大」「周長が同じなら面積も同じ」という判断基準を用いている者が少なくないことが明らかとなった。

これを受け、荒井ら(2004)では体育系・文系

大学生を対象に等周長の四角形の面積大小等判断(等周長課題)を中心とした調査を行った。この結果、6割が小学生と同じ誤答傾向を示した。詳しくは、1)「周長が同じなら面積も同じ」という判断基準について、正方形と平行四辺形を比較する場合と正方形と長方形を比較する場合の両方で使用していると思われる者(周長ル・バーA群)が2割だったこと、2)正方形と平行四辺形を比較する場合のみで使用していると思われる者(周長ル・バーB群)は4割だったこと、3)周長が異なるが面積が等しい四角形の面積大小等判断(等積課題)では、周長ル・バーA群はその5割が、一方周長ル・バーB群では3割が、上記の判断基準で一貫して解釈可能だったことなどが明らかとなった。

そこで、本研究では植物領域における場合と同様、より直接的に等周長課題に対する判断の基準を尋ね、「周長が同じなら面積も同じ」というル・バーが事後的にせよ回答者本人にも自覚されているのかどうかを検討する。

【方法】

被験者:私立体育系大学生(3年生中心)336名。教職関連の授業に先立ち、末尾資料に示す課題を配布、マークシートにより回答してもらった。回答時間は約20分だった。

課題:課題は大きく5題からなる。問い1、2は、荒井ら(2004)で用いたものと同じの等周長課題で、マッチ棒(問い1)とブロック(問い2)を用い、長方形と平行四辺形ならびに正方形と長方形の大小等判断を求めた。問い3は植物領域でも用いた帰納課題である。問い1と問い2の回答について「あなたの答えは、どういう考えに基づいて答えたことになるのでしょうか」という発問により、Table1に示す判断基準(ルール)を並べ、当てはまりの有無を尋ねた。これらの判断基準を正しいルールないし先行研究で見られた誤ったルール(周長ル・バーA、B)に照らした場合、Table2に示す反応が予測できる。問い4、5は、演繹課題である。正しい判断基準および周長ル・バーAを示し、それぞれに基づいた

Table 1 帰納課題で取り上げた図形と属性の有無

回答番号	図形		図形属性		
	正方形や長方形	平行四辺形	周囲の長さ	縦と横の積	底辺と高さ
5	○		○		
6		○	○		
7	○			○	
8		○		○	
9		○			○
10	○	○		○	○
11	○	○	○		
12	○	○	○	○	

Table 2 正答ルールおよび既知のルバーによる回答予測

回答番号	正答	周長ルバーA	周長ルバーB
5	×	○	×
6	×	○	○
7	○	×	○
8	×	×	×
9	○	×	×
10	○	×	×
11	×	○	×
12	×	×	○

場合、問い1、2の答えはどうなるかを答えさせた。

【結果と考察】

結果1 問いごとの結果

i) 問い1、問い2について

Table3に示すとおり回答をパターン分類し

たところ、55%が正答だった (Table4)。この結果は荒井ら (2004) の 20.5% よりもかなり多い。また、周長ル・バーによる判断と一致する回答を示すものはそれぞれ少なくなっていた。分類不能の回答のうち、最も多かったのは、問い1のマッチ棒では誤答 (「同じ」) だが、問い2のブロックでは正答した者 (9名、2.7%) で

Table 3 回答パターンの分類

名前	回答
正答	全て正方形が広いとする
周長ルバー A	全て「どちらも同じ」とする
周長ルバー B	正方形と長方形では、正方形が広い (正答) かつ 長方形と平行四辺形では、どちらも同じ
周長ルバー B'	4 課題中 3 問は正答だが、1 問は周長ルバー B と同じ回答

Table 4 問い1、問い2の結果

回答パターン	人数	パーセント
正答	185	55.1
周長ルバー A	27	8
周長ルバー B	59	17.6
周長ルバー B'	38	11.3
分類不能 (上記以外)	27	8
合計	336	100

あり、それ以外にも人数は少ないが 10 パターン以上見られた。

ii) 問い3について

Table2で示した回答予測に従い集計したところ、Table5のようになった。正答が多いのが目立つ。等周長課題をもとに自らルール命題を生成することを求めたのではなく、所与の命題への正誤判断をしたことによると思われる。

また、「その他」について5名以上の者が示した回答パターンをみると、Table6のようになった。

正答パターンと比較した場合、小課題で1題だけの回答が異なるものが目立つ。そこで、小課題8題のうち、7題以上について各パターン

と合致するものを見ると、Table7のようになる。正答パターンに属する回答を行った者は、76.5%と多い。一方でル・バー A やル・バー B と合致する判断基準に類似した回答はきわめて少ない。

Table 5 問い3 (帰納課題) の回答

	度数	パーセント
正答	185	55.1
ルバー A	1	0.3
ルバー B	4	1.2
その他	145	43.2

※ 1名は回答に無答が含まれた

大学生の課題解決の論理的ー貫性に関する調査

Table 6 帰納課題パターン外回答のうち、多いもの（5名以上）

回答番号								正答パターンとの比較	人数	パーセント
5	6	7	8	9	10	11	12			
×	×	○	×	○	○	×	×	正答パターン 正答と5のみ異なる 正答と5,6が異なる 正答と5,6,8,9,10が異なる 正答と8のみ異なる 正答と11のみ異なる	48 8 7 6 6	14.3 2.4 2.1 1.8 1.8
○	×	○	×	○	○	×	×			
○	○	○	×	○	○	×	×			
×	×	○	○	×	×	×	×			
×	×	○	○	○	○	×	×			
×	×	○	×	○	○	○	×			

Table 7 帰納課題パターン（合致基準7/8）

	人数	%	人数	%	正答	一致数	
						ルバーA	ルバーB
正答			185	55.1	8	2	3
○×○×○○××			48	14.3	7	3	3
××○○○○××			6	1.8	7	1	3
××○×○○○×			6	1.8	7	3	3
××○×○○×○	257	76.5	4	1.2	7	1	5
××○××○××			4	1.2	7	3	5
××○×○×××			3	0.9	7	3	5
×○○×○○××			1	0.3	7	3	5
ルバーA	3	0.9	1	0.3	2	8	4
○○○×××○×			2	0.6	3	7	5
ルバーB	6	1.8	4	1.2	4	4	8
○○○××××○			1	0.3	3	5	7
×○○×○××○			1	0.3	5	3	7
その他	69	20.5					

※ 1名は回答に無答が含まれた

iii) 問い4、問い5について

演繹課題（問い4、問い5）に関しては、正答が比較的多い（Table8,9）。周長ル・バー基準を示し、そこからの演繹を尋ねた問い5の方

が正答基準からの問い4よりも一致率が高いのは、単純集計結果のみからでは理由は不明だが興味深い。

Table 8 問い4（正答基準からの演繹）

	人数	%
正答	217	65.6%
周長ルバーB	35	10.6%
周長ルバーB'	23	6.9%
周長ルバーA	12	3.6%
その他	44	13.3%
合計	331	100.0%

※無答が14名いた。

Table 9 問い5（周長ルバー基準からの演繹）

	人数	%
周長ルバーA	254	78.9%
周長ルバーB	26	8.1%
正答	3	0.9%
その他	39	12.1%
合計	322	100.0%

※無答が5名いた。

結果2 課題間の関係について

i) 等周長課題と帰納課題

Table10 に示したように、両者が一致する回答を示した者は178名（等周長課題正答者中では172名、93%；全体の53.1%）と多かった。周長ル・バーで一致する者は周長ル・バーA 1名、BないしB'で5名だった。

後者の6名を除けば、等周長課題でかりに周

長ル・バーAないしBに属する回答をしたとしても、その者は明示的に周長に着目したとは言いがたい。逆に考えれば、判断基準としては正答しえたとしても、等周長課題という事例に適用できていないともいえる。

さらに、帰納課題で特定の回答パターンを示さなかった者は、等周長課題で正答する者は少ない。

Table 10 等周長課題と帰納課題の関係

等周長課題	帰納課題（基準7／8小問）				合計
	正答	周長ルバーA	周長ルバーB	その他	
正答	172	0	1	12	185
周長ルバーA	13	1	0	13	27
周長ルバーB	32	1	4	22	59
周長ルバーB'	30	0	1	7	38
その他	10	1	0	15	26
合計	257	3	6	69	335

ii) 等周長課題と演繹課題

クロス集計結果をTable11-1、11-2、12-1、12-2に示した。等周長課題で正答した者は、そうでない者よりも演繹課題の結果がよい。

Table12-1 および 12-2 からわかるように、問

い5の方が問い4よりも正答者が多かったのは、等周長課題でも周長ル・バー的反応を見せる者が問い5でも同じ回答をしたことによる可能性が見られた。

大学生の課題解決の論理的ー貫性に関する調査

Table11-1 等周長課題と演繹課題（問い4）の関係

等周長課題	問い4（基準を正答とした場合の回答）					合計
	正答	周長ルバーA	周長ルバーB	周長ルバーB'	その他	
正答	171	0	5	1	8	185
周長ルバーA	6	3	4	3	11	27
周長ルバーB	21	2	24	3	9	59
周長ルバーB'	17	1	2	15	3	38
その他	2	6	0	1	18	27
合計	217	12	35	23	49	336

Table 11-2 等周長課題と演繹課題（問い4）の関係（正答とそれ以外にまとめた）

等周長課題	問い4（基準を正答とした場合の回答）		
	正答	正答以外	合計
正答	171	14	185
正答以外	46	105	151
合計	217	119	336

Table12-1 等周長課題と演繹課題（問い5）との関係

等周長課題	問い5（基準を周長ルバーAとした場合の回答）				合計
	正答	周長ルバーA	周長ルバーB	その他	
正答	2	156	13	14	185
周長ルバーA	1	16	0	10	27
周長ルバーB	0	39	11	9	59
周長ルバーB'	0	31	1	6	38
その他	0	12	1	14	27
合計	3	254	26	53	336

Table 12-2 等周長課題と演繹課題（問い5）の関係（正答とそれ以外にまとめた）

等周長課題	問い5（基準を周長ルバーAとした場合の回答）		
	周長ルバーA	正答以外	合計
正答	156	29	185
正答以外	98	53	151
合計	254	82	336

iii) 全課題に対する正答数

等周長課題、帰納課題、演繹課題（基準正答）、演繹課題（基準周長ル・バー）の4種について、正答したかどうかをカウントしたところ、Table13のような分布となった（簡単のため帰納課題は8小問中7問が正答パターンと一致したものを等周長課題の回答とは関わりなく正答とみなした）。

正答数はすべてに一貫して正答しえた者が最も多く、142名（42.3%）にのぼった。従来の結果よりもかなりよいと考えられる。

帰納課題がもつメタ認知的効果がこの結果を産んだ可能性がある。とくに、ここでは各命題を文章の形で明確に示したことにより、問題としている属性（周長、辺の長さ等）の違いに着目することができたのかもしれない。これを独立変数として要因化し、効果を検討することが次の課題となる。

Table 13 正答課題数の分布

正答数	人数	パーセント
0	23	6.8
1	51	15.2
2	66	19.6
3	54	16.1
4	142	42.3
合計	336	100

【まとめ～帰納課題の提示効果の算定】

単純集計の結果から、正答者率順に課題を並べると、演繹（周長ル・バー）→演繹（正ルール）→等周長→帰納の順となる（人数(%)は順に254 (78.9%)、217 (65.6%)、185 (55.1%)、178 (53.1%)）。これらから、ルール命題を先出した上での事例適用は比較的容易である一方、自らの回答を帰納して命題の正誤を判断することは相対的に難しいことになる。この結果は植物領域を対象とした調査結果（荒井(2008a,b)）と同じであった。また、帰納課題の正答者の殆

どは等周長課題正答者であったことは、今回特徴的であった。

参考のため荒井ら（2004）の結果では、等周長課題の正答者は33.1%であり、今回とは20ポイントの差がみられた。この違いは上述のとおり等周長課題直後に帰納課題が（命題を明示して）行われたことによるものではなかろうか。しかし、この効果は全被験者に対して有効なのではなく2割程度の正答促進効果があるということになる。

すなわち、今回の課題について、被験者はi) 特定のルール命題を事例へ適用（演繹）できない者、ii) 命題を与えられれば演繹はできるが自らの事例判断を帰納できない者、iii) 命題と事例の関係を尋ねられれば回答を一貫させることができる者、iv) 自らルールと事例との演繹・帰納が可能な者の4通りに分けられることが示唆された。人数割合で考えると、各々、i) については、正答数（Table13）2問未満の約2割、ii) は帰納課題誤答者5割よりi)を除いた約3割、iii) 上記の議論より約2割、iv) 上記の議論より約3割となると見積もられる。

とりわけ、iii) の者は今回提示する課題そのものの効果ということが考えられる。教授法の開発にもつながりうるこの効果の特定が次の研究上の問題となる。

参考・引用文献

細谷純 「学習援助のストラテジー」 藤永保編『思考心理学』大日本図書、136-156、1970
 荒井・宇野・斎藤・工藤・白井・舂田、『誤った知識の保持状況と修正過程に関する研究』、平成14・15年度科学研究費補助金報告書、2004
 宇野忍 「誤概念はひとりで修正されるか」 東北大学大学院教育学研究科研究年報 Vol.53.2,127-147、2005
 白井秀明、荒井龍弥 「大学生の植物に対する解答の判断基準～自身の答えからの帰納課題を用いて～ 日本教育心理学会第41回総会発表論文集」、589、2008
 荒井龍弥 大学生の回答一貫性みるルール帰納及び演繹の状態、仙台大学紀要、Vol.39.2、101-108、2008b

荒井龍弥 大学生の植物概念課題に対する判断基準、仙台大学紀要、Vol.40,1、1-10、2008a

工藤与志文、白井秀明「小学生の面積学習に及ぼす誤ルールの影響」教育心理学研究 Vol.39,1,21-30

付記

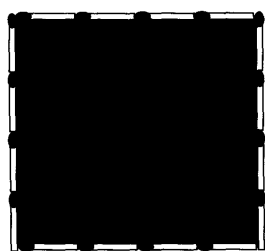
本研究は平成19・20年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）研究課題名：大学生の個別的課題解決傾向からの脱却をめざして（課題番号19530595）の助成を受けた。以下に研究組織を記す。

研究代表者 荒井龍弥 研究分担者 斎藤裕（県立新潟女子短期大学）、佐藤淳（北海学園大学）、
 連携研究者 工藤与志文（札幌学院大学）、宇野忍（東北大学）、白井秀明（東北福祉大学）、舩田弘子（札幌学院大学）、佐藤康司（盛岡大学）

【資料：本研究で用いた課題】

【1】 同じ本数のマッチ棒を使って、次のような2つの形を作りました。

1) どちらの形が広いでしょうか？ 答えをひとつ選んで、1にマークしてください。



(ア) 正方形



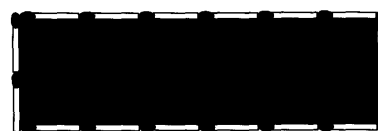
(イ) 平行四辺形

- [1] どちらも同じ！
- [2] (ア)正方形の方が広い！
- [3] (イ)平行四辺形の方が広い！

2) 次の2つの形では、どちらが広いでしょうか？ 答えをひとつ選んで、2にマークしてください。



(ウ) 正方形

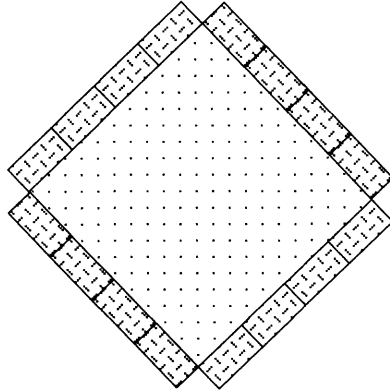


(エ) 長方形

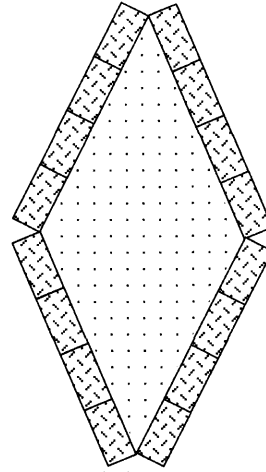
- [1] どちらも同じ！
- [2] (ウ)正方形の方が広い！
- [3] (エ)長方形の方が広い！

【2】 庭に花壇をつくらうと思い、ブロックと土を買ってきました。

1) 次の2つの形の花壇に、土を同じ厚さになるように入れた場合、土がたくさん必要なのはどちらの形でしょうか？ 答えをひとつ選んで、3にマークしてください。



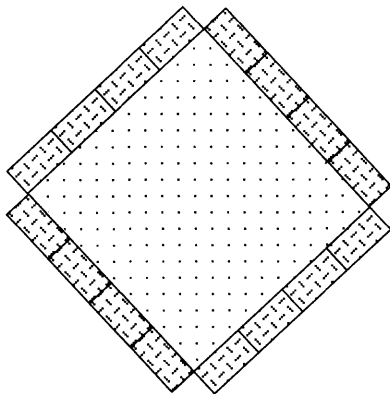
(a)の形



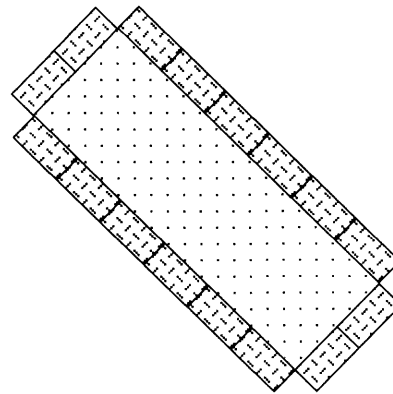
(b)の形

- [1] どちらも同じ！
- [2] (a)の形！
- [3] (b)の形！

2) 土がたくさん必要なのはどちらの形でしょうか？ 答えをひとつ選んで、4にマークしてください。



(c)の形



(d)の形

- [1] どちらも同じ！
- [2] (c)の形！
- [3] (d)の形！

大学生の課題解決の論理的一貫性に関する調査

【3】

【1】と【2】のあなたの解答についてうかがいます。あなたの答えは、どういう考えに基づいて答えたことになるでしょうか。自分の解答と次の5～12の文章を検討し、当てはまるものには[1]、当てはまらないものには[2]をそれぞれの文章ごとにマークしてください（当てはまるものは1つだけとは限りません）。

- 5 正方形や長方形の面積は、図形の周囲の長さで比べられる。
- 6 平行四辺形の面積は、図形の周囲の長さで比べられる。
- 7 正方形や長方形の面積は、縦と横の長さの積で比べられる。
- 8 平行四辺形の面積は、縦と横の長さの積で比べられる。
- 9 平行四辺形の面積は、底辺と高さの積で比べられる。
- 10 正方形や長方形の面積は縦と横の長さの積で比べられるが、平行四辺形の面積は、底辺と高さの積で比べられる。
- 11 正方形や長方形の面積も平行四辺形の面積も、図形の周囲の長さで比べられる。
- 12 正方形や長方形の面積は縦と横の長さの積で比べられるが、平行四辺形の面積は、図形の周囲の長さで比べられる。

【4】 【3】の10の文章「正方形や長方形の面積は縦と横の長さの積で比べられるが、平行四辺形の面積は、底辺と高さの積で比べられる。」に基づくと、【1】と【2】はそれぞれどういう回答になるでしょうか（図は、前の問題を参照してください）。

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <p>【1】 1) { [1] どちらも同じ
13 { [2] (ア) 正方形の方が広い!
[3] (イ) 平行四辺形の方が広い!</p> | <p>【1】 2) { [1] どちらも同じ
14 { [2] (ウ) 正方形の方が広い!
[3] (エ) 長方形の方が広い!</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|

- | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <p>【2】 1) { [1] どちらも同じ
15 { [2] (a) の形!
[3] (b) の形!</p> | <p>【2】 2) { [1] どちらも同じ
16 { [2] (c) の形!
[3] (d) の形!</p> |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|

【5】 【3】の11の文章「正方形や長方形の面積も平行四辺形の面積も、図形の周囲の長さで比べられる。」に基づくと、【1】と【2】はそれぞれどういう回答になるでしょうか（図は、前の問題を参照してください）。

- 【1】 1) { [1] どちらも同じ
17 { [2] (ア) 正方形の方が広い!
[3] (イ) 平行四辺形の方が広い!

- 【1】 2) { [1] どちらも同じ
18 { [2] (ウ) 正方形の方が広い!
[3] (エ) 長方形の方が広い!

- 【2】 1) { [1] どちらも同じ
19 { [2] (a) の形!
[3] (b) の形!

- 【2】 2) { [1] どちらも同じ
20 { [2] (c) の形!
[3] (d) の形!