

卒業論文

Maple テキスト作成のための体裁の分析

関西学院大学 理工学部 情報科学科
6735 廣岡愛未

2010年 3月

指導教員 西谷 滋人 教授

概要

数式処理ソフトである Maple は、数学の学習ツールとして優れているが、日本語のテキストがきわめて少ないというのが現状である。今回、学生および研究者向けのテキストを作るにあたり、次のような項目について検討する必要があると考えた。それは、ターゲット行動、体裁、単元・項目、練習問題、コマンド集、インデックスである。これらのうち、本研究では体裁を決定するための分析を行った。

理想的な体裁とは一体どのようなものかを検討する際に、“良いものには必ず良いパターンがある。”という考えを参考にした。この成功例としては、Ward Cunningham と Kent Beck らが作り上げたデザインパターン、Wiki、XP が挙げられる。これらに共通する思想は、“複雑なシステムをうまく扱うためにはパターンが重要である。”というもので、Maple の操作法を定着させることにも応用できると考えた。この思想は、Christopher Alexander 著の建築書である「パターン・ランゲージ」に基づいている。そこには様々な建築物を造る際のパターンが記載されており、使い易さと分かり易さのため、どのパターンも同一の書式にまとめられていた。

よって、まず初めにパターン・ランゲージを分析し、その書式・使い方についてまとめた。次に、高等学校の数学問題集について、体裁を分析した。これは、今回ターゲットとする読者が理系の教育を受けている、または受けつつある学生、研究者であるため、数学と関連づけて学習すると効率が良いと考えたからである。定評のある数学問題集について、それぞれの体裁のパターンを分析・比較し、Maple テキストに取り入れるべき要素について検討した。

以上の分析結果を元にレイアウトを決め、Maple を用いて実際に Maple テキストのサンプルを作成した。

最後に、本研究で提案した Maple テキストのサンプルを評価するため、学生を対象とした調査を行った。この調査は、Maple テキストのサンプルを実際に使用して学習をさせ、その結果を見るというものである。学習前後で試験を実施し、その結果からテキストを使用した効果があったかどうかを分析した。また、学生にアンケート調査を行い、テキストの感想を述べてもらった結果も評価した。

目次

第1章	序論	2
第2章	分析内容	3
2.1	パターン・ランゲージ	3
2.2	高等学校 数学問題集	5
2.2.1	Z会 数学ⅢC チェック&リピート	5
2.2.2	短期完成！基礎力徹底ドリル数学Ⅲ	5
2.2.3	チャート式数学Ⅲ	5
2.2.4	オリジナル数学Ⅲ	6
2.2.5	スタンダードオリジナル数学C	6
2.2.6	シグマ基本問題集 数学Ⅲ + C	6
2.3	分析結果のまとめ	7
第3章	提案した体裁	10
第4章	評価	12
4.1	手順	13
4.1.1	試験1回目	13
4.1.2	試験2回目	14
4.2	準備物	14
4.2.1	説明書類	14
4.2.2	テキスト	16
4.2.3	試験問題	18
4.2.4	アンケート	20
4.3	結果	21
4.3.1	試験結果	21
4.3.2	アンケート集計結果	22
第5章	総括	27
5.1	考察	27
5.2	結論	27

第1章 序論

今回、西谷教授が Maple のテキストを執筆することになった。Maple とは数式処理ソフトであり、数学学習ツールとしても優れているが、使用機会があるのは大学からが多い。つまり、大学で初めて Maple を使用する学生がほとんどであるため、基礎からの指導が必要となる。しかし、Maple は日本語のテキストがきわめて少ないというのが現状であり、初学者向けのテキストが必要不可欠であるといえる。

従って、最終的な目標は Maple テキストの作成であり、そのためには以下のような項目について検討する必要があると考えられる。それは、テキストの体裁の決定、単元や内容の選択、演習問題の作成、コマンド集やインデックス等の作成である。これらのうち、本研究では体裁について分析し、その結果から新しく作成する Maple テキストの体裁を決定することを目的とする。

今回ターゲットとする読者は理系の教育を受けている、または受けつつある学生・研究者であることから、数学と関連づけて Maple を学習できれば効率が良いと考えた。しかし、大学のテキストと高等学校までの数学のテキストには大きな違いがある。大学のテキストは純粋な教科書であったり、説明書である場合が多い。これに対し、高等学校では教科書だけでなく、補助教材として演習書を併用し、反復練習することで知識を定着させている。そこで、初学者が Maple の知識や操作法を習得するためには、演習を中心とした反復練習が不可欠であると考えられる。よって、作成する Maple テキストの体裁は説明書のようなものよりも、演習書に近い形式のものにすることが適切であるといえる。

また、なぜ体裁を重要視するのかという点であるが、“良いものには必ず良いパターンがある。”と考えられる。概要でも触れたが、これは Christopher Alexander 著の「パターン・ランゲージ」の思想に基づいている [1]。この概念は既に他分野にも応用されており、Ward Cunningham と Kent Beck らが作り上げたデザインパターン、Wiki、XP がその成功例として挙げられる [2]。つまり、これらに共通する“複雑なシステムをうまく扱うためにはパターンが重要である [3]。”という考えを Maple テキストに応用することが効果的であると考えられるため、体裁をよく検討し、良いパターンを取り入れる必要があるといえる。

第2章 分析内容

2.1 パタン・ランゲージ

パタン・ランゲージとは、Christopher Alexander によって書かれた建築書である [1]。この本では、地域や町のような規模のものから部屋や庭のような空間、さらにその中に置くような物まで、様々な建築物の失敗しない造り方がパタン化して紹介されている。

後の図 2.1 が、抜粋した見開きの 1 ページである「生き生きとした中庭」の造り方が示してあるが、この他の建築物の例も同様なページのレイアウトになっている。これは、“使い易さと分かり易さのため、どのパタンも同一の書式に揃える。”という目的のためである。

統一された書式の中身を具体的に分析すると、次のような項目に分けられる。

写真

パタンの原型を示す。

前文

パタンの前後関係を規定する。より大きなパタンへのつながりを記す。

見出

問題の本質を短い文章に圧縮。

本文

パタンの経験的背景、有効性の証拠、環境への現われ方を示す。

解答

パタンの急所を示す。つねに命令形で表現。

図

解答を図化したダイヤグラム。

標語

解答の主成分を示す。

後文

パタンの完成，肉付け，充実に不可欠なすべての小さなパタンへのつながりを記す。

書式 使い易さと分かり易さのため、どのパタンも同一の書式に。

115 生き生きとした中庭**

COURTYARDS WHICH LIVE

写真

本文

死んだ中庭

中庭が失敗する顕著な原因が3つ考えられる。

1. 屋内と屋外とのあいだにあいまいな領域がない。屋内から屋外へ導く壁、引き戸、ドアなどが唐突すぎると、両者の中間のためらい、一瞬のひらめきで屋外に出るような機会が失われてしまう。人にはあいまいな中間領域が必要である——つまり、住居内の日常生活でたびたび通り過ぎながら、ごく自然に屋外にさまよい出られるようなポーチとかペランダである。
2. 中庭に出るドアが少ない。ドアが1つしかないと、住居内に中庭をはきむちの活動が成立しないから、中庭を通過して日常的にそこを気取つけないということがない、これを克服するには、中庭の両端に少なくとも2つのドアを設けねばならない。そうすれば中庭が真なる活動の合流点になり、近道になり、受け皿になり、双方の活動に交流が生まれるのである。
3. 中庭が閉鎖的すぎる。居心地のよい中庭には、つねに何より広く遠い空間を見通せるような「抜け穴」があるように思える。中庭を完全に部屋で囲まずに、何か先の空間が少しでも垣間見れるようにすべきである。

解答

死んだ中庭

つぎに、世界各地の生き生きとした中庭の例を、大小とり混ぜて示すことにする。

められるということである。そこには、庭のかかっている場所、日の当たる場所、木もれ目の落ちる場所、地面で横になれる場所、足取りのできる場所などが備わっている。中庭の外周部と隅部はあいまいで豊かな表情をもち、建物の壁面は開かれており、中庭と建物内部が直接つながっている部分もあるしたがって、

どんな中庭でも、つねにより大きな屋外空間を見通せるように配置すること。周囲の建物に少なくとも2、3か所ドアを設け、これらのドアを結ぶ自然な通路が中庭を横切るようにすること。さらに中庭の一边のドアの脇に、屋内と中庭の両方に連続する屋根つきのペランダかポーチを設けること。

図

後文

アーケード (119)、外廊 (166)、一體の廊下 (167) にしたがってポーチをつくり、日当たりを確保すること——日のあたる場所 (167)、段階的な屋外空間 (114) と廊下 (114) にしたがって、外側への見通しを用意すること。戸外室 (163) や庭園 (173) のような遊りにして、さらに中庭を開くこと。中庭の周囲の軒高は、同じ高さにする。切妻屋根が面する場合は、寄棟にして軒先の高さを

見出し

現代建築に組み込まれた中庭は、大抵の場合、死んだ空間である。私的に使用するオーブンスペースとして意図されているにもかかわらず、

パタン本体の始まりを示す。

パタン本体の終わりを示す。

図 2.1: パタン・ランゲージ

2.2 高等学校 数学問題集

次に，高等学校の数学問題集を分析した結果である．定評のある問題集の中から，下記の6種類の問題集 [4]-[9] を選び，それぞれを比較した．

2.2.1 Z会 数学ⅢC チェック&リピート

特徴

- 入試基礎レベルの頻出問題を厳選．
- 問題と解説，解答例が見開き構成．
- 各単元の説明，要項等の記載はなし．

解答編

- 各単元の問題毎に，次ページに解答を掲載．

2.2.2 短期完成！基礎力徹底ドリル数学Ⅲ

特徴

- 基礎から受験まで対応．
- 見開き2ページで1テーマの学習．
- 速習が可能で，不明点もすぐに解決．
- 実施日記入欄があり，繰り返し学習をサポート．

解答編

- 見開きの右ページに解説，解答あり．

2.2.3 チャート式数学Ⅲ

特徴

- 途中式や参考図が充実．
- 効果的な色使い．
- 特に青，黄，白チャートでは，解答編にも問題文を掲載．
- 表紙うらに公式集あり．

解答編

- 別冊での解説，解答．

2.2.4 オリジナル数学 III

特徴

- 選択学習（*印の問題のみを学習）が可能．
- 表紙，裏表紙のうらに全範囲の公式集あり．

解答編

- 巻末に略解を掲載．
- 略解のみで，導出過程等の解説はなし．

2.2.5 スタンダードオリジナル数学 C

特徴

- 選択学習（*印の問題のみを学習）が可能．
- 反復練習のための基本問題が豊富．
- 表紙，裏表紙のうらに全範囲の公式集あり．
- 巻末に三角関数，正規分布等の表あり．

解答編

- 巻末に略解を掲載．
- 略解のみで，導出過程等の解説はなし．

2.2.6 シグマ基本問題集 数学 III + C

特徴

- 全範囲を 33 項目に分けた，小項目主義．
- 基本問題から応用問題への 2 段階編集．
- テスト対策として，重要問題には「テスト必出」等のマーク付き．

解答編

- 詳しい解説付きの別冊正解答集 .

さらに、より細かくそれぞれの問題集を比較した結果を次の表 2.1 に示した .
 ×印の数を目安として、右から左にいくにつれて評価が高いものになっている .

○: best! △: so-so ×: bad!

	分析項目	Z会	シグマ	チャート	学研	オリジ	スタン
〈問題編〉	○問題の量 ○難易度	適量 基礎	適量 標準	多 難	少 基礎	適量 難	適量 標準
レイアウト	○書式, 色使い ○配置, 探しやすさ	○ ○	○ △	○ △	○ ○	△ ○	△ ○
〈解答編〉	○解説, 解答の詳しさ ○別冊の有無	○ 無	○ 有	○ 有	○ 無	× 無	× 無
レイアウト	○書式, 色使い ○配置, 探しやすさ	○ ○	○ ○	△ ○	× ○	× △	× △
本全体 について	●本の厚み ●公式集, 関数表等の有無	○ 無	○ 無	△ 有	○ 無	○ 有	○ 有

表 2.1: 数学問題集の比較

2.3 分析結果のまとめ

以上の分析結果と、今回作成する Maple テキストの趣旨に近いという点から、Z会 数学 III C チェック&リピートの体裁を参考にする。では、この問題集の見開きページがどのような体裁になっているかを次の図 2.2 と図 2.3 で詳しく説明する。まず、図 2.2 は、問題と解説の部分である。見開きの左ページに問題、右ページにその解説やヒントを記載するという形式に揃えてある。体裁をパタン化して見ると、次のような特徴が挙げられる。

左ページの特徴

- * 問題のみを記載 .
- * 単元名や項目名は太字 .
- * テーマ毎に問題を分割 .

右ページの特徴

- * 左ページの問題に対する解説を記載 .
- * 公式や重要語句には色付け .
- * 図を多く掲載し , 視覚的理解をサポート .

単元名
第1章 関数と極限

項目名 §1 分数関数、無理関数、合成関数と逆関数

【分数関数のグラフ】

1 x の関数 $y = \frac{-2x-6}{x-3}$ のグラフは双曲線 $y = \frac{a}{x}$ を x 軸方向に b, y 軸方向に c だけ平行移動したものである。a, b, c の値を求めよ。(麻布大 環境保健*)

2 関数 $y = \frac{ax+b}{x+c}$ のグラフが、 $x=3$ と $y=1$ を漸近線とし、さらに点 (2, 2) を通るとき、b の値を求めよ。(防衛大)

【分数関数のグラフと直線との共有点】

3 2つの関数 $y = \frac{1}{x-1}$ と $y = -|x| + k$ のグラフが2個以上の点を共有する k の値の範囲は \square である。(法政大 工)

4 x の関数 $y = \frac{-2x-6}{x-3}$ ……①のグラフが直線 $y = kx$ と共有点をもたないとき、k の範囲を求めよ。(麻布大 環境保健*)

【分数不等式】

5 次の不等式を、グラフをかいて、解け。
 $x+1 \geq \frac{1}{x}$ (金沢経大)

6 不等式 $\frac{3}{1+\frac{2}{x}} \geq x^2$ を解け。(武蔵工大 工)

§1 分数関数、無理関数、合成関数と逆関数

✓ チェック・チェック Check Check

【分数関数のグラフ】

1, 2 $y = \frac{ax+b}{cx+d}$ ($c \neq 0, ad-bc \neq 0$) のグラフは、 $y = \frac{k}{x-p} + q$ の変形から、 $y = \frac{k}{x}$ を x 軸方向に p, y 軸方向に q だけ平行移動したものとわかります。これは $y = p, y = q$ を漸近線とする直角双曲線です。

【分数関数のグラフと直線との共有点】

3 双曲線と折れ線の共有点を調べる問題です。折れ線が点 (0, k) で折れることに着目して、折れ線を y 軸にそって移動してみましょう。

4 双曲線①と原点を通る直線 $y = kx$ が共有点をもたない条件は、右図のグラフ①の利用) から種きよの範囲を調べます。接するときの境界となります。微分を利用して、原点を通る接線の方程式を求めるとこの解法もありますが、分数方程式 $\frac{-2x-6}{x-3} = kx$ の両辺を $x-3$ で整方程式に直し、これが実数解をもたない条件を求めればよいですね。

【分数不等式】

5, 6 教科書では、グラフをかきながら分数不等式を解いていきます。不等式 $\frac{f(x)}{g(x)} \geq 0$ を解くには、両辺に $\{g(x)\}^2$ をかけて

$$\frac{f(x)}{g(x)} \geq 0 \iff \begin{cases} f(x)g(x) \geq 0 \\ g(x) \neq 0 \end{cases}$$

と整理することができます。これにより整不等式を解けばよいことになります。

図で視覚的理解を。

公式や重要語句には色付け

テーマごとに分ける。

問題

解説

図 2.2: Z会 数学 III C チェック&リピート 問題ページ

では、次に解答例を示した図 2.3 である。こちらの特徴は以下のような点である。

特徴

- * 導出過程を省略せずに詳述。
- * 最終的な解は太文字、下線付き。
- * 必要な箇所には、別解を記載。
- * 特に注意すべき要素には色付け。
- * 図を多く掲載し、視覚的理解をサポート。

Figure 2.3 shows two pages of a solution manual with handwritten annotations. The left page (page 10) contains problems 1, 2, 3, and 4. The right page (page 11) contains problems 5 and 6. Annotations include: '図による視覚的理解' (Visual understanding by diagram) pointing to graphs; '導出過程が詳述されている' (Derivation process is detailed) pointing to algebraic steps; '別解を記載' (Alternative solution recorded) pointing to boxed '別解' sections; '解は太文字下線付き' (Solution in bold and underlined) pointing to final answers; and '特に注意すべき要素には色付け' (Coloring for elements to be particularly noted) pointing to specific parts of the text.

図 2.3: Z会 数学 III C チェック&リピート 解答ページ

また、この問題集では、巻末にまとめて解答編があるのではなく、各単元毎に解答ページがあるという点が大きな特徴である。つまり、図 2.2 に示した問題のすぐ次のページに図 2.3 に示した解答が載っており、これを 1 セットとしてパタン化されている。よって、この点も Maple テキストに反映させたい特徴である。

第3章 提案した体裁

分析結果を元に，Maple テキストの体裁を決定した．それを反映させて実際に作成したテキストのサンプルが次の図 3.1 と図 3.2 である．これらは全て，Maple を用いて作成した．

1. 数式処理
(1-1)式の変形, 変換, 分割抽出 単元名は太文字.

演習問題

式の変形

- 以下の式を簡単化せよ.
(1) $x^2 - 100 - 1$
- $x^2 - y^2 - 2 + 2xy + 1$
- $(a+b+c)^3 - (a^3 + b^3 + c^3)$

変換と分割抽出

2. 以下の関数を $x0$ まわりで 3 次までテイラー展開し，得られた関数と元の関数をプロットせよ．さらに高次まで展開した場合はどう変化するか.

- $y = \cos(x), x0 = 0$
- $y = \ln(x), x0 = 1$
- $y = \exp(-x), x0 = 0$

3. $\frac{x+1}{(x-1)(x^2+1)^2}$ を部分分数に展開せよ.

4. $\frac{1}{1-x^2} = \frac{a}{x^2+1} + \frac{b}{x+1} + \frac{c}{x-1}$ が常に成立する a, b, c を定めよ.

5. $\frac{8}{3-\sqrt{5}} - \frac{2}{2+\sqrt{5}}$ を簡単化せよ.

6. $x^2 + 2kx + (5-k) = 0$ が重根をもつように k を定めよ.

解説

まず数式処理でよく使うコマンドをいくつかの範疇に分類してまとめておく．このほかにも前に示した，solve(解), diff(微分), int(積分), series(級数展開)等々個別に数式の導出・変形に登場する．

式の変形に関連したコマンド

式の変形	代入, 置換, 仮定	省略操作, その他
simplify 簡単化	subs 一時的代入	seq 連結作用素
expand 展開	assume 一時的仮定	for-loopの簡易表出
factor 因数分解	assign 一時的仮定	map add, mul 用
normal 約分・通分	about 係の確定	sum, product 単純な和, 積
combine 公式でまとめる	alias('user') 仮定の中身	limit 数式に対応した制限
collect 次数でまとめる	restart,a:=a; 使用変数名初期化	
sort 昇べき・降べき		
convert 形式の変換		

実行例 (3.1.1)

```
simplif(x0); 簡単化
> simplify(3*a^4*x^2*y);
7x+2y
> expl:=3*sin(x)^3-sin(x)*cos(x)^2;
simplify(expl);
exp/=-3 sin x)^3 - sin x) cos x)^2
-(4 cos x)^2 - 3) sin x)
オプションとしてsizeを指定するとより簡単になる場合がある.
> simplify(expl, size);
```

形式の変換, 式の分割抽出に関連したコマンド

形式の変換	変換	形式の分割抽出
convert(exp, opt) 変換	変換	lhs, rhs 左辺, 右辺
opt 級数を多項式に	三角関数に	numer, denom 分子, 分母
polynom tanを含まない, sin, cosに	指数関数形式に	coeff 係数の取り出し
trig 部分分数に	浮動小数点数を有理数形式に	nops, op
sincos		
exp		
frac		
rational		

実行例 (3.2.1)

```
convert(exp, opt); 形式の変換
> convert(tan(x), sincos);
sin x)
cos x)
numer(exp), denom: 分子, 分母
> numer(a*x/(x+y)^3);
denom(a*x/(x+y)^3);
ax
(x+y)^3
```

問題 入力は赤字. ">"が文頭に付く. 出力は青字. 中央揃え.

問題 テーマごとに分ける. 問題 コマンドは表形式. 解説 解説 実行例 実行例

図 3.1: MapleText Sample

まず，図 3.1 はテキストの問題と解説の部分を作成したサンプルである．参考にした問題集と同様，見開き構成にした．左ページに問題を記載，右ページにその解説を記載するという体裁に統一した．

左ページの特徴

- * 問題のみを記載．
- * 単元名は太文字．
- * テーマ毎に問題を分割．

右ページの特徴

- * 左ページの問題に対する解説を記載．
- * Maple コマンドは表形式．
- * Maple での実行例を記載．
- * 入力は赤字．> が文頭に付く．
- * 出力は青字．中央揃え．

解答 単元名は太文字. 入力は赤字. “>”が文頭に付く.

線形写像

```
> restart;
> A:=Matrix([[2,5],[4,1]]);
A :=  $\begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 4 & 1 \end{bmatrix}$  (1.1.1)
> b:=Vector([7,5]);
b :=  $\begin{bmatrix} 7 \\ 5 \end{bmatrix}$  (1.1.2)
> with(LinearAlgebra):
> x0:=MatrixInverse(A).b;
x0 :=  $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$  (1.1.3)
> with(plots):with(plottools):
p0:=convert(x0,list);
p1:=convert(b,list);
p0 := [1, 1]
p1 := [7, 5] (1.1.4)
> point1:=disk(p0,0.2,color=red);
disk(p1,0.2,color=blue);
line1:=arrow(p0,p1,.05,.3,.1);
> display(point1,line1,view=[-2..8,-2..8],gridlines=true);
```

図を出力.

固有値と逆行列

```
> MatrixInverse(A);
 $\begin{bmatrix} -\frac{1}{18} & \frac{5}{18} \\ \frac{2}{9} & -\frac{1}{9} \end{bmatrix}$  (1.2.1)
> N:=30;point2:=[]:line2:=[]:
for k from 0 to N-1 do
x0:=Vector([sin(2*Pi*k/N),
cos(2*Pi*k/N)]);
x1:=A.x0;
p0:=convert(x0,list);
p1:=convert(x1,list);
point2:=(op(point2),disk
(p0,0.05,color=red));
point2:=(op(point2),disk
(p1,0.05,color=blue));
line2:=(op(line2),line(p0,p1));
end do;
d:=6;
display(point2,line2,view=[-d..d,-d..d]);
d:=6 (1.2.2)
> lambda,P:=Eigenvectors(A);
λ, P :=  $\begin{bmatrix} -3 & -1 & \frac{5}{4} \\ 6 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ 
```

出力は青字. 中央揃え.

図 3.2: MapleText Sample

次に，図 3.2 が解答部分のサンプルである．こちら問題集の特徴を取り入れて見開き構成にし，書式等の体裁も揃えた．

特徴

- * 単元名は太文字．
- * 導出過程を省略せずに詳述．
- * 図を出力し，視覚的理解をサポート．
- * 入力は赤字．> が文頭に付く．
- * 出力は青字．中央揃え．

第4章 評価

提案した Maple テキストの体裁を評価するため，学生を対象としたサンプリングを行った．手順や具体的な内容，調査結果は後に示す通りである．

また，評価対象や学生数を考慮した結果，このサンプリングでは量的研究方法ではなく質的研究法を適用した．データを数量的・統計的に処理・評価する量的研究方法と違って，質的データの分析手法は評価が難しいという点もあるが，学生1人1人の結果や意見を尊重するため，今回はこの手法を参考にした．

質的データ収集をするためには情報提供者，つまり学生の自己観察の技術が必要となる．また，学生が意識的に協力する意欲を持って，課題に対し真剣に取り組むように仕向ける必要もあるが，こちら側で“情報提供者を科学的観察者に仕立てる”ことは可能である [10]．そのために重要となる過程を以下に示す．

- いくつかの科学規範を紹介することで，データに基づいた知識の意義，妥当性，信頼性，科学的厳密性を事前に理解させる．
- 自己観察は実践を通して成長するスキルである．
- 情報提供者の関心，意欲，能力は練習によって向上する．
- 情報提供者のプライバシーを保護することで，データの公正さと妥当性を高める．

これらの点から，事前にデータ収集の意義について説明し，また調査を何度も行いトレーニングすれば，信頼できる観察者・報告者に近づけることができると考えられる．

4.1 手順

日程と具体的な作業内容を図 4.1 に示す。

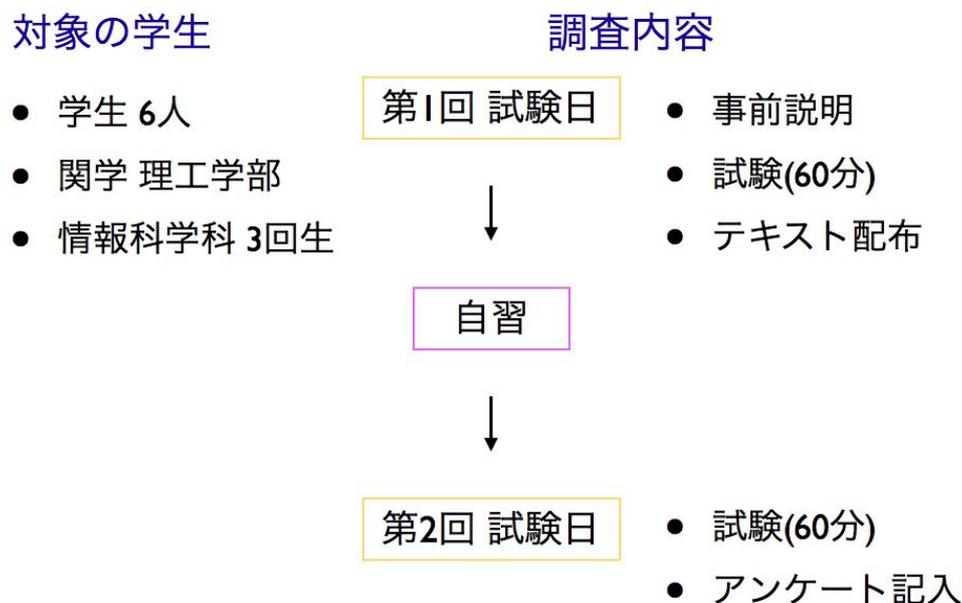


図 4.1: スケジュール

大まかな流れとしては、まず、学生が前もって Maple の学習をしていない状態で1回目の試験を行う。この試験結果から、成績が均等になるように、学生を2つのグループに分け、それぞれに別のテキストを配布する。そのテキストを使用して自習をしてもらった後、再度、試験を行う。1回目と2回目の試験結果から、自習時のテキストの違いによってどのような差が出るかを比較する。また、2回目の試験後にアンケートを配布し、各自の学習方法やテキストについての意見を記入してもらう。

4.1.1 試験1回目

事前説明

まず、初めに事前説明を行う。ここでは、本研究の内容、この調査の日程や作業内容、結果の使用法、個人情報の取り扱い等について学生に説明しておく。その際に重要な点は、この時にアンケートを提示し、学生に内容を見せておくことである。事前にアンケートの質問内容を紹介しておくことにより、自己観察することを意識して学習に取り組んでもらうように仕向ける。

試験

次に，1回目の試験を行う．試験に関する注意事項は以下の通りである．

- * 試験時間は，60分とする．
- * Maple を使って解答をする．
- * 相談等はせずに，1人で解く．
- * 試験終了後，問題用紙は回収する．

解答は印刷して回収し，採点も全てこちら側が行う．この試験結果から，成績が均等になるように，学生を2つのグループに分ける．

テキスト配布

2つのグループにそれぞれ別のテキストを配布する．これを使用し，2回目の試験実施日まで各自で自習をしてもらう．この時，グループ分けはあくまで，用意した2種類のテキストを割り振るためのもので，試験や自習は個人で取り組むようにとの指示を出しておく．

4.1.2 試験2回目

試験

1回目と同じ要領で，再度試験をする．試験に関する注意事項は以下の通りである．

- * 試験時間は，60分とする．
- * Maple を使って解答をする．
- * 相談等はせずに，1人で解く．
- * テキストは見てもよい．

1回目と同様，解答は印刷をして回収し，採点も全てこちら側が行う．

アンケート記入

試験終了後，アンケートの記入をしてもらう．このアンケートは無記名で回収する．

4.2 準備物

4.2.1 説明書類

学生に了解を得るため，図4.2の書類を用いて事前に内容の説明を行った．日取りや具体的な作業内容，調査結果の使用法，個人情報の取り扱い等について説明した．

2010年 2月 1日

Mapleテキストの調査をするにあたって

関西学院大学
理工学部 情報科学科
西谷研究室 6735 廣岡愛未
EMAIL: ajo07052@ksc.kwansei.ac.jp

本研究の内容、この調査の目的、結果の使用法、個人情報の扱い等について、先に説明しておきたいと思います。

まず、研究内容は、新しく作成されるMaple演習書の体裁を考えることです。分析を行った結果、提案した体裁について評価をするためにこの調査を行います。よって、作ったテキストを実際にも使用してもらい、その結果を見るのが今回の目的です。

調査結果の使用法は現時点では確定していませんが、おそらく、私の最終発表と卒論に、提案した体裁の評価として使わせて頂くことになると思います。その際は、個人名等の情報は伏せます。

次に、この調査で、いつ何をしてもらうかを具体的に説明しておきたいと思います。まず、今日はこの後にMapleを使用して、基礎的な数学の試験問題を解いてもらいます。その結果から2つのグループに分け、それぞれに別のテキストを配布します。そのテキストを使用して自習してもらい、2月5日にもう一度試験をします。この日は試験後にアンケートを配るので、記入してもらいます。アンケートの内容は今日見せておきますので、各自、質問の内容を意識して自己観察を行いつつ、この調査に協力して頂きたいと思います。

※ 1回目の試験後に行うグループ分けは、今回用意した2種類のテキストを割り振るためのものです。なので、試験や自習をする際は個人で取り組むようにして下さい。

記

2月1, 2日 1回目の試験 (60分)
テキスト配布

| 自習

2月5日 2回目の試験 (60分)
アンケートの記入

以上

図 4.2: 事前説明書類

4.2.2 テキスト

学生に配布するテキストは2種類用意した。一方は、図 4.3 に示したもので、これまで Maple を学習する際に使用されてきた従来のテキストである。これは、中身が全て Maple で書かれているため、入出力が見やすく、視覚的に理解しやすい。

最初の一步—基本操作—

Copyright ©2006 by Shigeto R. Nishitani

起動

PCではほかのソフトウェアと同様の立ち上げ方で起動する。user interfaceは Java baseで、ほとんどのOS環境で同じ面構え。linuxではmapleだとterminal上でのcharacter版が立ち上がる。xmaple とするとGUI版のmapleが立ち上がる。

入力のデフォルトを変更

Maple 10でデフォルトの面構えが変更されて、初心者に分かりやすくなった。ただ、9以前に書かれたマニュアル(本書も含む)と雰囲気が違う。本書での記述に合うように、ツール->オプション->表示->入力表示を"Maple記法"に変え、Apply Globallyボタンを押す。さらに再度Maple 10を立ち上げ直す。

コマンド入力

簡単な計算を実行させよう。下の列題に示した内容を見よ。Mapleは単純な計算、分数計算、因数分解や、関数のプロットなどが簡単にできる。

入力についての注意

- 1 enter()とshift+enter(+)は違った意味を持つ。enterは入力、shift+enterは改行。複数行にまたがる入力ではshift+enterで改行を挿入する。
- 2 入力領域(デフォルトでは赤く表示されている)のどこかにカーソルを持っていきクリックすると、たて棒が明滅する入力待ち状態になる。そこでenterキーをたたけば、その領域すべてを一度に入力したことになる。
- 3 入力の順番はenterをいれた順番であり、画面の上下とは関係ない。
- 4 最後の: (セミコロン)を忘れがちです。セミコロンはコマンドの区切りを表す。
- 5 出力させたくないときには最後の:を: (コロンの)にすれば、なにも出力しない。ただし、内部での代入は実行されている。
- 6 次節以降の記述では記号()や(+)を省く。

例題

簡単な計算を実行させよう。

```
> 1+1;+
2
(2.1)

> 3/2+5/3;+

```

```
factor(x^2-3*x+2);+
100;+

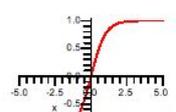
```

$$\frac{19}{6} (x-1)(x-2)$$

```
933262154439441526816992388562667004907159682643816214; (2.2)
6859296389521759999322991560894146397615651828625;
36979208272237582511852109168640000000000000000;
000000
```

```
> plot(tanh(x),x=-5..5);+

```



```
> plot3d(sin(x)*cos(y),x=-Pi..Pi,y=-Pi..Pi);+

```



演習

例題の入力をおこない。出力を確認せよ。記号()はenterキーあるいはreturnキー、記号(+)はshiftキーを押しながらのenterを意味する。作ったファイルを保存し、印刷せよ。2ページを一枚に集約して印刷すること。これには、ファイル->印刷の設定をA.4に、印刷->プロパティ->ワンクリック設定アイコン名を集約にすればよい。

図 4.3: 従来のテキスト

もう一方は、図 4.4 と図 4.5 に示した、本研究で新しく提案した体裁のテキストである。こちらは Pages で書いており、Maple の出力結果を表す数式の部分は LaTeXiT を用いて作成した。特徴は、課題を多く記載し、その解答例も詳述したところである。解答例については、全て Maple で作成した。

また、どちらのテキストを用いて自習しても、習得できる Maple コマンドや知識は同じになるよう、記載する内容には配慮をし、作成した。

微積分(DiffInt)

課題

- 次の関数を微分せよ。
 - $x \log x$, (2) $\frac{1}{(1+x)^3}$, (3) $\sqrt{4x+3}$,
 - $\frac{1}{(a^2+(x-x_0)^2)}$
- 次の関数の1次から5次導関数を求めよ。
 - $\sin^2 x$
 - e^x
- 次の関数とその1次導関数を同時にプロットし、傾形を確認し、さらに増減表を求めよ。

$$y = \frac{1}{(x^2 - 2x + 4)}$$
- 次の関数のx=3での接線を求め、2つの関数を同時にプロットせよ。

$$y = x^3 - 2x^2 - 35x$$
- 次の不定積分を求めよ。
 - $\int (4x+3)dx$
 - $\int \frac{1}{(1+e^x)} dx$
 - $\int \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} dx$
 - $\int_0^1 \tan^{-1} x \cdot dx$
 - $\int_{-2}^2 \frac{1}{(\sqrt{4-x^2})} dx$
 - $\int_0^1 \frac{1}{(x^2+x+1)} dx$
- 以下の関数をx0まわりで3次までテイラー展開し、得られた関数ともとの関数をプロットせよ。さらに5次まで展開した場合はどう変化するか。
 - $y = \sin x, x_0 = 0$
 - $y = \cos x, x_0 = \frac{\pi}{2}$

解説

単純な微分(diff)

単純な一変数関数の一次微分は、以下の通り。

```
> diff(x^2-3*x+2,x);
```

$$2x - 3$$

高次の微分は、微分変数を必要だけ並べる。

```
> diff(sin(x),x,x);
```

$$-\sin x$$

さらに高次では次のような記法が便利。これはxについての3次微分を表す。

```
> diff(x^4,x53);
```

$$24x$$

偏微分

複数の変数を持つ関数の偏微分も同様にして記述できる。

```
> eq1:=(x+y)/(x*y);
```

$$\frac{x+y}{xy}$$

```
> diff(eq1,x);
```

$$\frac{1}{xy} - \frac{x+y}{x^2y}$$

```
> diff(eq1,y);
```

$$\frac{1}{xy} - \frac{x+y}{xy^2}$$

単純な積分(int)

単純な不定積分

```
> int(ln(x),x);
```

$$x \ln(x) - x$$

定積分するには、積分変数の範囲を指定する。

```
> int(sin(x),x=-pi..0);
```

$$-2$$

特異点をもつ場合にも適切に積分結果を求めてくれる。

```
> int(1/sqrt(x*(2-x)),x=0..2);
```

$$\pi$$

無限区間における定積分も同様。

```
> int(1/(x^2+4)\,x=-infinity..infinity);
```

$$\frac{1}{2\pi}$$

部分積分法や置換積分法を用いる積分も一発で求まる。

```
> eq:=sqrt(4-x^2);int(eq,x);
```

$$\frac{1}{2}x\sqrt{4-x^2} + 2\arcsin\left(\frac{1}{2}x\right)$$

数学の公式集に載っているような複雑な積分も求まる。

図 4.4: 提案したテキスト (問題・解説ページ)

微積分(DiffInt)

解答例

- ```
> restart;
```

```
> diff(x*log(x),x);
```

$$\ln(x) + 1$$
 (I.1.1.1)
 

```
> diff(1/(1+x)^3,x);
```

$$-\frac{3}{(1+x)^4}$$
 (I.1.1.2)
 

```
> diff(sqrt(4*x+3),x);
```

$$\frac{2}{\sqrt{4x+3}}$$
 (I.1.1.3)
 

```
> restart;
```

```
> diff(1/(a^2+(x-x0)^2),x);
```

$$\frac{-2x-2x_0}{(a^2+(x-x_0)^2)^2}$$
 (I.1.1.4)
 

```
> diff(1/(a^2+(x-x0)^2),a);
```

$$\frac{-2a}{(a^2+(x-x_0)^2)^2}$$
 (I.1.1.5)
- ```
> restart;
```

```
> diff(sin(x)^2,x);
```

$$2 \sin(x) \cos(x)$$
 (I.1.2.1)


```
> restart;
```

```
> diff(sin(x)^2,x52);
```

$$2 \cos(x)^2 - 2 \sin(x)^2$$
 (I.1.2.2)
- ```
> restart;
```

```
> f0:=unapply(x/(x^2-2*x+4),x);
```

```
> df:=unapply(diff(f0(x),x),x);
```

```
> plot([f0(x),df(x)],x);
```

$$df := x \mapsto \frac{1}{x^2 - 2x + 4} - \frac{x(2x-2)}{(x^2 - 2x + 4)^2}$$

4.

```
> restart;
```

与関数をf0と定義

```
> f0:=unapply(x^3-2*x^2-35*x,x);
```

$$f0 := x \mapsto x^3 - 2x^2 - 35x$$
 (I.1.4)

微分関数をdfと定義

```
> df:=unapply(diff(f0(x),x),x);
```

$$df := x \mapsto 3x^2 - 4x - 35$$
 (I.1.4.2)

接点(x0,y(x0))で傾きdf(x0)の直線をf1と定義

```
> x0:=3;
```

```
> eq1:=df(x0)*(x-x0)+f0(x0);
```

```
> f1:=unapply(eq1,x);
```

$$x_0 = 3$$

$$eq1 := -20x - 36$$

$$f1 := x \mapsto -20x - 36$$
 (I.1.4.3)

2つの関数を同時にプロット

```
> plot([f0(x),f1(x)],x);
```

図 4.5: 提案したテキスト (解答例ページ)

### 4.2.3 試験問題

試験問題は、内容、難易度のほぼ同じものを2つ用意した。図4.6が1回目の試験問題、図4.7が2回目の試験問題である。内容としては、どちらの問題も全て数学Ⅱの範囲から出題している。また、数学Ⅱの中でも、Mapleを用いて解くことができる問題かどうか事前に確認をした。

▼ Test 1

- ▶ 1.  $0 \leq \theta < 2\pi$  のとき、次の方程式を満たす  $\theta$  の値を求めよ。  
$$\sin\left(\theta + \frac{\pi}{4}\right) = \frac{1}{2}$$
- ▶ 2.  $0 \leq \theta < 2\pi$  のとき、次の方程式を満たす  $\theta$  の値を求めよ。  
$$\sin 2\theta = \cos \theta$$
- ▶ 3. 次の計算をせよ。  
$$\sqrt[4]{81}$$
- ▶ 4. 次の方程式を解け。  
$$\frac{1}{49^{2x}} = 7^{6-x}$$
- ▶ 5. 次の方程式を解け。  
$$\log_2(x-2) + \log_2(x-9) = 3$$
- ▶ 6. 次の関数について、 $x$  が 3 から 5 まで変わるときの平均変化率を求めよ。  
$$f(x) = 3x + 2$$
- ▶ 7. 曲線  $y = x^2 - 4x + 4$  上の点  $(3, 1)$  における接線の方程式を求めよ。
- ▶ 8. 関数  $f(x) = x^3 - 12x - 1$  の極値を求めよ。
- ▶ 9. 次の定積分を求めよ。
  - 1.  $\int_{-1}^2 (5t - t^2) dt$
  - 2.  $\int_{-1}^1 (x+4)(3x+2) dx$
- ▶ 10. 放物線  $y = 2x^2 - 2$  と  $x$  軸とで囲まれた図形の面積  $S$  を求めよ。

図 4.6: 試験問題 1

▼ Test 2

- ▶ 1.  $0 \leq \theta < 2\pi$  のとき, 次の方程式を満たす  $\theta$  の値を求めよ.

$$\tan\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) = \sqrt{3}$$

- ▶ 2.  $0 \leq \theta < 2\pi$  のとき, 次の方程式を満たす  $\theta$  の値を求めよ.

$$\cos 2\theta + 3\cos\theta + 2 = 0$$

- ▶ 3. 次の計算をせよ.

$$\sqrt[3]{4} \sqrt[3]{16}$$

- ▶ 4. 次の方程式を解け.

$$\left(\frac{1}{9}\right)^x + 2 \times \left(\frac{1}{3}\right)^x - 3 = 0$$

- ▶ 5. 次の方程式を解け.

$$\log_5 x + \log_5(x - 4) = 1$$

- ▶ 6. 次の関数について,  $x$  が 1 から 3 まで変わるときの平均変化率を求めよ.

$$f(x) = 2x^2 + 3x$$

- ▶ 7. 曲線  $y = 2x^2 - 5x$  上の点 (2, -2) における接線の方程式を求めよ.

- ▶ 8. 関数  $f(x) = 4x^3 - 3x^2 - 6x + 2$  ( $-1 \leq x \leq 2$ ) の最大値, 最小値を求めよ.

- ▶ 9. 次の定積分を求めよ.

1.  $\int_1^2 (4x - 3)^2 dx$

2.  $\int_1^3 (2x^2 - x + 3) dx - \int_1^3 (2x^2 - x) dx$

- ▶ 10. 2つの放物線  $y = x^2 - 2x$ ,  $y = -x^2 + 4$  とで囲まれた図形の面積  $S$  を求めよ.

図 4.7: 試験問題 2

#### 4.2.4 アンケート

図 4.8 が、実際に配布したアンケート用紙である。質問内容のうち、1. の部分は、学生自身の自己観察を必要とする項目である。続いて 2. の部分は、実際にテキストを使用した感想を要求しているため、学生の主観的な判断になる。最後の 3. を記述式にすることで、学生それぞれの自由な意見を聞き、質的なデータとして収集できるようにした。

### アンケート

1. 自習時の学習方法について教えてください。

▶ テキストを使用して何時間ほど勉強しましたか？  
[                      ] 時間程度

▶ その際の勉強の仕方は、次のどれに当てはまりますか？  
(当てはまるもの全てに○をつけて下さい。)

|                             |            |  |
|-----------------------------|------------|--|
| 1日にまとめて勉強した                 | 複数日かけて勉強した |  |
| 何か他のこと(TVを見る等)をしながら勉強した     |            |  |
| その他[                      ] |            |  |

▶ Mapleで実際にコマンド入力をしてみましたか？    Yes / No

▶ テキストの課題や演習問題等は解きましたか？  
(当てはまるもの全てに○をつけて下さい。)

|                                                                 |                     |  |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|--|
| 全て解いた                                                           | 見ただけでは分からないところだけ解いた |  |
| 目を通した程度で解いていない                      その他[                      ] |                     |  |

▶ Mapleのヘルプは何回ほど使いましたか？  
[                      ] 回程度

▶ 1回以上ヘルプを参照した方、どんな時に使いましたか？  
(当てはまるもの全てに○をつけて下さい。)

|                                                          |              |  |
|----------------------------------------------------------|--------------|--|
| 課題で指示された時                                                | コマンドを調べたかった時 |  |
| エラーが出た時                      その他[                      ] |              |  |

2. テキストの使いやすさについて 5段階で評価して下さい。  
(各項目について、どれか1つに○をつけて下さい。)

▶ 取っ付きやすさ

|       |      |    |      |      |
|-------|------|----|------|------|
| ぼっちり! | まあまあ | 普通 | ぼちぼち | あかん! |
|-------|------|----|------|------|

▶ 課題・解説等のレイアウト

|       |      |    |      |      |
|-------|------|----|------|------|
| ぼっちり! | まあまあ | 普通 | ぼちぼち | あかん! |
|-------|------|----|------|------|

▶ 課題の量

|       |      |    |      |      |
|-------|------|----|------|------|
| ぼっちり! | まあまあ | 普通 | ぼちぼち | あかん! |
|-------|------|----|------|------|

▶ 解説・解答の分かりやすさ

|       |      |    |      |      |
|-------|------|----|------|------|
| ぼっちり! | まあまあ | 普通 | ぼちぼち | あかん! |
|-------|------|----|------|------|

3. その他、テキストについての感想や意見を自由に書いて下さい。

図 4.8: アンケート用紙

## 4.3 結果

### 4.3.1 試験結果

1回目と2回目の試験結果をグラフを用いて表した。図4.9に示したのが学生全員の試験結果であり、そこから配布したテキスト別に学生の試験結果を分けたものが図4.10となる。

図4.9より、2回目の試験で全員の点数が上がっていることから、テキストを使用した自習の効果は出ていると考えられる。

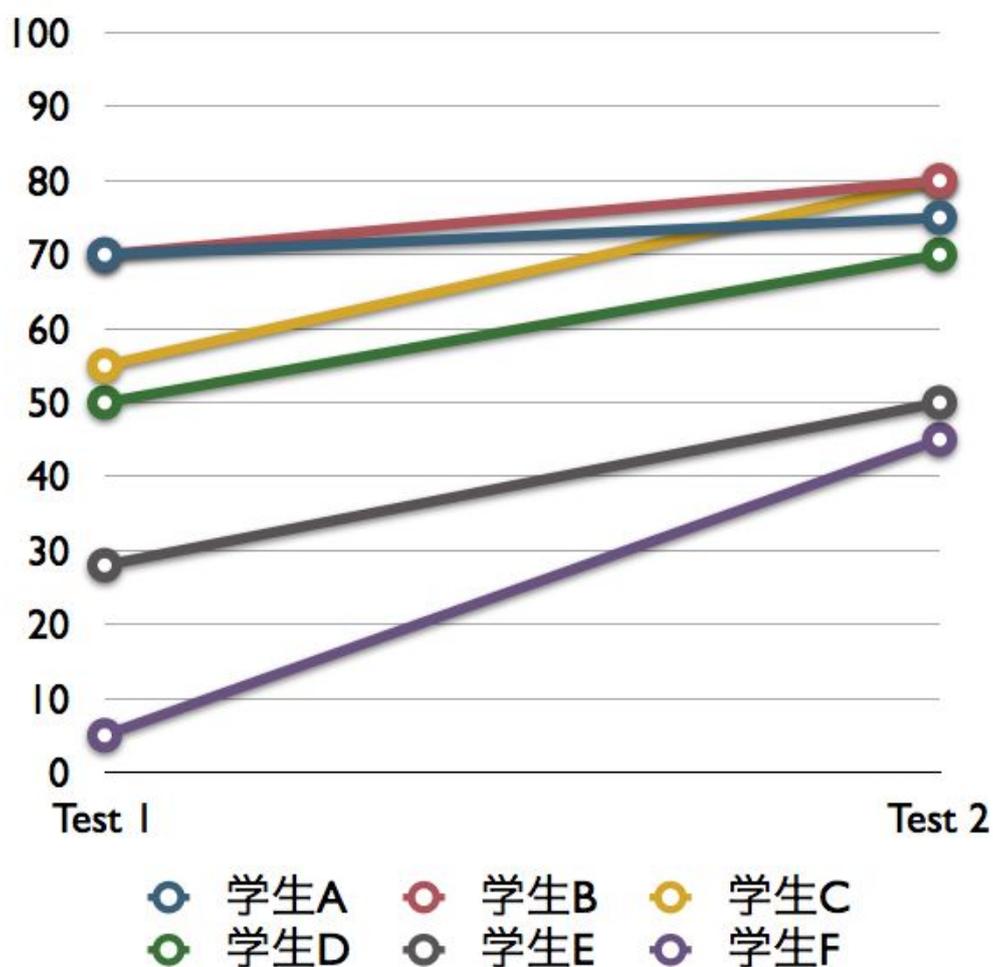


図 4.9: 全体の試験結果

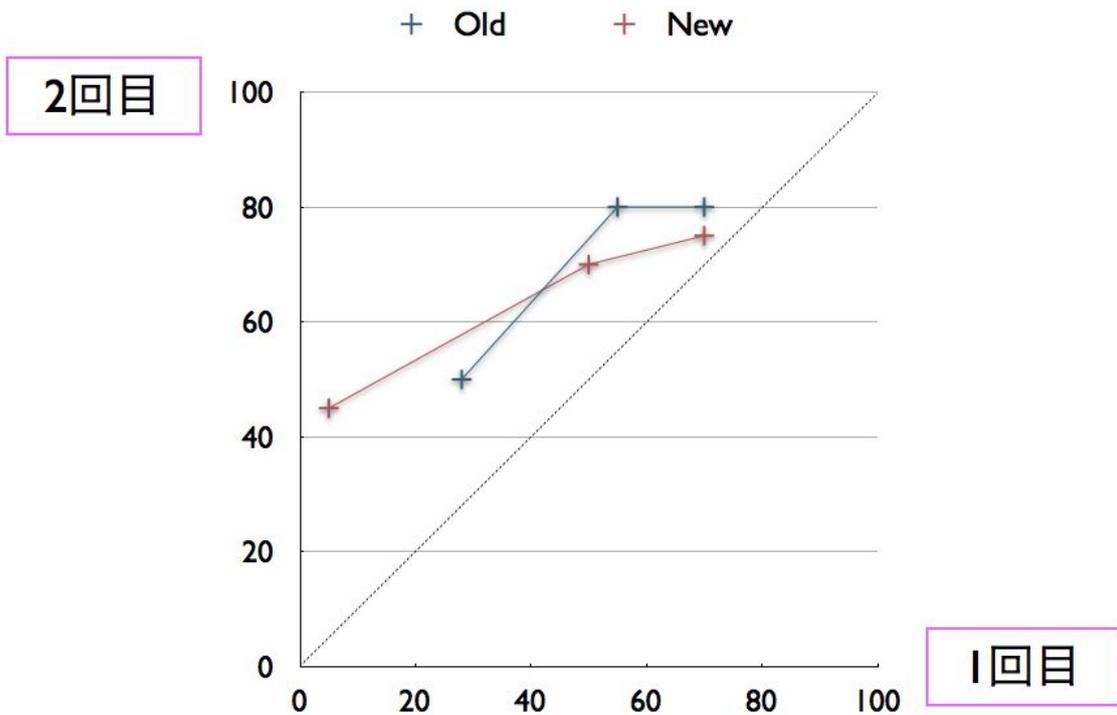


図 4.10: テキスト別の試験結果

次に、図 4.10 は横軸が 1 回目、縦軸が 2 回目の試験の点数で、青線が従来のテキストで学習した学生、赤線が提案したテキストで学習した学生の成績を線で結んだものである。

傾き 1 の補助線を引いたが、この点線付近ほどあまり効果が出なかったということになるため、試験結果からはどちらかということ従来のテキストの方が少し伸び率が良いという結果が出たが、それほど大きな差異は見られなかった。つまり、どちらのテキストが良いと断定できるほどの確証は得られなかった。

### 4.3.2 アンケート集計結果

そして、図 4.11 から図 4.13 がアンケートの集計結果である。

まず、図 4.11 は 1. の質問の回答をまとめたもので、自習時の学習の仕方についての自己観察の結果となる。

次に、図 4.12 が 2. の回答をまとめた結果である。ここはテキストを実際に使用してみた感想を問う部分なので、テキスト別に回答を分けてまとめた。従来のテキストは、学生によって捉え方に違いがあるようで、評価にばらつきが見られた。これに対し、提案したテキストは学生がほぼ同じ選択肢を選んでおり、評価が一定にまとまった結果となった。

## アンケート 集計結果

### 1. 自習時の学習方法について教えてください。

#### ▶ テキストを使用して何時間ほど勉強しましたか？

2時間・・・1人

1.5時間・・・1人

1時間・・・3人

0.5時間・・・1人

#### ▶ その際の勉強の仕方は、次のどれに当てはまりますか？

(当てはまるもの全てに○をつけて下さい。)

1日にまとめて勉強した・・・5人

複数日かけて勉強した・・・1人

何か他のこと(TVを見る等)をしながら勉強した・・・0人

その他[ ]・・・0人

#### ▶ Mapleで実際にコマンド入力をしてみましたか？ Yes / No

Yes・・・3人

No・・・3人

#### ▶ テキストの課題や演習問題等は解きましたか？

(当てはまるもの全てに○をつけて下さい。)

全て解いた・・・1人

見ただけでは分からないところだけ解いた・・・1人

目を通した程度で解いていない・・・3人

その他[ 1回目で解き方が不安な部分だけ解いた ]・・・1人

#### ▶ Mapleのヘルプは何回ほど使いましたか？

0回・・・4人

2回程度・・・1人

5, 6回程度・・・1人

#### ▶ 1回以上ヘルプを参照した方、どんな時に使いましたか？

(当てはまるもの全てに○をつけて下さい。)

課題で指示された時・・・0人

コマンドを調べたかった時・・・2人

エラーが出た時・・・0人

その他[ ]・・・0人

図 4.11: アンケート集計結果 1

## アンケート 集計結果

2. テキストの使いやすさについて 5段階で評価して下さい。  
(各項目について、どれか1つに○をつけて下さい。)

--- 従来のテキスト ---

▶ 取っ付きやすさ

|       |        |    |        |      |
|-------|--------|----|--------|------|
| ばっちり! | (まあまあ) | 普通 | (ぼちぼち) | あかん! |
|       | 2人     |    | 1人     |      |

▶ 課題・解説等のレイアウト

|        |      |    |      |        |
|--------|------|----|------|--------|
| (ばっちり) | まあまあ | 普通 | ぼちぼち | (あかん!) |
| 2人     |      |    |      | 1人     |

▶ 課題の量

|        |        |      |      |      |
|--------|--------|------|------|------|
| (ばっちり) | (まあまあ) | (普通) | ぼちぼち | あかん! |
| 1人     | 1人     | 1人   |      |      |

▶ 解説・解答の分かりやすさ

|       |        |    |        |      |
|-------|--------|----|--------|------|
| ばっちり! | (まあまあ) | 普通 | (ぼちぼち) | あかん! |
|       | 2人     |    | 1人     |      |

--- 提案したテキスト ---

▶ 取っ付きやすさ

|       |        |    |      |      |
|-------|--------|----|------|------|
| ばっちり! | (まあまあ) | 普通 | ぼちぼち | あかん! |
|       | 3人     |    |      |      |

▶ 課題・解説等のレイアウト

|        |        |    |      |      |
|--------|--------|----|------|------|
| (ばっちり) | (まあまあ) | 普通 | ぼちぼち | あかん! |
| 2人     | 1人     |    |      |      |

▶ 課題の量

|        |      |    |      |      |
|--------|------|----|------|------|
| (ばっちり) | まあまあ | 普通 | ぼちぼち | あかん! |
| 3人     |      |    |      |      |

▶ 解説・解答の分かりやすさ

|       |        |    |      |      |
|-------|--------|----|------|------|
| ばっちり! | (まあまあ) | 普通 | ぼちぼち | あかん! |
|       | 3人     |    |      |      |

図 4.12: アンケート集計結果 2

## アンケート 集計結果

3. その他、テキストについての感想や意見を自由に書いて下さい。

### 〈従来のテキスト〉

- \* 色分けで書かれているのがとても分かり易かった。

### 〈提案したテキスト〉

- \* 例えば逆関数を求める問の解説に、逆関数が何か数学で分かっていることが前提であるなど、Mapleでの解き方以外のことを他の手段で調べる必要があった、等高線などの知識も同様。
- \* どこからが課題で、どこからが解説や解答が見やすかったので、問題を解いている時にさがしやすかった。

図 4.13: アンケート集計結果 3

さらに、図 4.12 を数値的に分析した結果が表 4.1 である。

| テキストの使いやすさ       | Old  | New  |
|------------------|------|------|
| 取っ付きやすさ          | 3.33 | 4    |
| 課題・解説等の<br>レイアウト | 3.66 | 4.66 |
| 課題の量             | 4    | 5    |
| 解説・解答の<br>分かりやすさ | 3.33 | 4    |

表 4.1: 学生の回答の平均値

図 4.12 はテキストの使いやすさについて、4 項目をそれぞれ 5 段階で学生に評価してもらった結果である。その 5 段階評価を 1~5 の数字に直して集計し、テキスト別に学生の回答の平均を取ったものを表 4.1 に示した。

各項目において、提案したテキストの方が高い評価が得られたということが分かる。このことから、本研究で決定した体裁自体は良かったと考えられる。

## 第5章 総括

### 5.1 考察

提案した体裁について調査を行った結果、学生の感想としては高い評価が得られた。しかし、学力の面については、新しいテキストを使用したからといって学力が飛躍的に向上したというような結果は得られなかった。行った調査についての反省点を以下にまとめる。

#### 1. サンプル数について

調査を行うにあたって、学生の人数が圧倒的に足りなかったという点がまず挙げられる。今回の調査では、結果を量的なデータではなく質的データとして収集しようと考えていたが、それを考慮してもやはり人数不足であったと考えられる。

#### 2. 科学的観察者への仕向け方について

こちら側で、学生を正確な報告者に仕向ける必要があると述べたが、その点が不十分だったのではないかと考える。

#### 3. 日程について

学生の協力あつての調査であるため、できる限り全員が揃うように調整していると、少々無理のある日程になってしまった点が挙げられる。1回目の試験から2回目の試験まで十分に日があいておらず、自習期間が短くなってしまった。

#### 4. 予測との差異について

最後に、調査を行う前の準備段階でどのような結果が出るか予測していたが、それと一致しなかったことが挙げられる。試験の成績はある程度、予想と一致していたが、学生がどの程度課題に取り組むか、また取り組み方について、こちら側と差異があった。

### 5.2 結論

以上より、結果として提案した体裁のテキストを使用すると Maple の学習が効果的に行えると断定できるほどの根拠は得られなかった。しかし、以下の表 5.1 か

らは、体裁自体が良くなかったとは言い切れない。表 5.1 は、従来のテキストと提案したテキストをあらゆる項目で採点したものであるが、これを見ても、従来のテキストにあった要素はほぼ補ったと考えられる。ただ、Pages で書いた新しいテキストには Maple のプロット結果を載せられなかったため、これは改善点であるといえるが、アンケート調査で、提案したテキストの方の体裁について良くないという意見が出なかったことから、体裁を大幅に変更する必要はないと考える。

| ターゲット行動      | 分析項目                           | 従来のテキスト | 提案したテキスト |
|--------------|--------------------------------|---------|----------|
| コマンドを正しく使える  | ○コマンドの記載・解説<br>○コマンドの使用例       | ○<br>○  | ○<br>○   |
| Mapleの表記が分かる | ○Maple特有の表記の解説<br>○Mapleでの出力結果 | △<br>○  | ○<br>○   |
| ヘルプを参照する     | ○ヘルプについての解説<br>○ヘルプの使い方        | ○<br>○  | ○<br>○   |
| 実際にMapleを動かす | ○入出力結果の記載                      | ○       | △        |
| 課題を解かせる      | ○課題の量<br>○課題の解説・解答             | ○<br>×  | ○<br>○   |
|              | ●レイアウト<br>●各部の色分け              | ○<br>○  | ○<br>○   |

表 5.1: テキストの比較

また、従来のテキストは教科書に近い形式であり、提案したテキストは演習に重点を置いた演習書に近いものである。よって、従来のテキストを教科書として使用し、提案したテキストをその演習書として使用すれば、Maple の学習がより効果的に行えるのではないかと考えられる。

最後に、今後の調査についてである。今回の調査結果から反省点が見つかり、多くの情報が得られた。これを元に、今度は人数にも配慮して再度調査を行えば、今回よりも信頼性の高い結果が得られると考えられる。また、データ収集は繰り返し行うことにより精度が上がることから、引き続き調査を行い、テキストの体裁をより良いものにしていくことが今後の課題である。

# 謝辞

本研究を遂行するにあたり，終始多大なる御指導および御教示を賜りました関西学院大学工学部情報科学科西谷滋人教授に深く感謝の意を表すとともに，厚く御礼申し上げます．

また，折に触れ御助言および御協力を頂きました西谷研究室の皆様に，心から感謝の意を表します．

最後になりましたが，本研究の評価のために行いましたサンプリングに御協力を頂きました次期西谷研究室の学生の皆様にも，深く御礼申し上げます．

## 参考文献

- [1] Christopher Alexander 著 「A PATTERN LANGUAGE」 (鹿島出版会 1984) .
- [2] 江渡浩一郎 著 「パターン, Wiki, XP 時を超えた創造の原則」 (株式会社 技術評論社 2009) .
- [3] Erich Gamma/ Richard Helm/ Ralph Johnson/ John Vlissides 著 「オブジェクト指向における再利用のためのデザインパターン」 (ソフトバンク クリエイティブ株式会社 1999) .
- [4] 亀田隆/ 高村正樹 著 「数学Ⅲ・Cチェック&レポート」 (株式会社 Z 会出版 2005) .
- [5] 金谷敏博 著 「短期完成!基礎力徹底ドリル数学Ⅲ」 (株式会社 学習研究社 2006) .
- [6] 砂田利一 著 「チャート式数学Ⅲ」 (数研出版株式会社 2006) .
- [7] 数研出版編集部 著 「オリジナル数学Ⅲ」 (数研出版株式会社 2008) .
- [8] 数研出版編集部 著 「スタンダードオリジナル数学C」 (数研出版株式会社 2008) .
- [9] 文英堂編集部 著 「シグマ基本問題集数学Ⅲ + C」 (株式会社 文英堂 2008) .
- [10] N. ロドリゲス/ A. ライヴ 著 「自己観察の技法 質的研究法としてのアプローチ」 (誠信書房 2006)

# 付録

以下が，調査の際に実施した試験 2 回分の解答例である．全て Maple で作成した．

## ▼ Test 1

▼ 1.  $0 \leq \theta < 2\pi$  のとき，次の方程式を満たす  $\theta$  の値を求めよ．

$$\sin\left(\theta + \frac{\pi}{4}\right) = \frac{1}{2}$$

```
> restart;
> sin(theta+Pi/4)=1/2;
```

$$\sin\left(\theta + \frac{1}{4}\pi\right) = \frac{1}{2} \quad (1.1.1)$$

```
> solve(sin(theta+Pi/4)=1/2, theta);
```

$$-\frac{1}{12}\pi \quad (1.1.2)$$

▼ 2.  $0 \leq \theta < 2\pi$  のとき，次の方程式を満たす  $\theta$  の値を求めよ．

$$\sin 2\theta = \cos \theta$$

```
> restart;
> sin(2*theta)=cos(theta);
```

$$\sin(2\theta) = \cos(\theta) \quad (1.2.1)$$

```
> solve(sin(2*theta)=cos(theta), theta);
```

$$\frac{1}{6}\pi, \frac{5}{6}\pi, \frac{1}{2}\pi, -\frac{1}{2}\pi \quad (1.2.2)$$

▼ 3. 次の計算をせよ．

$$\sqrt[4]{81}$$

```
> restart;
> 81^(1/4);
```

$$81^{1/4} \quad (1.3.1)$$

```
> 3^(4*(1/4));
```

$$3 \quad (1.3.2)$$

▼ 4. 次の方程式を解け．

$$\frac{1}{49^{2x}} = 7^{6-x}$$

```
> restart;
> eq1:=1/49^(2*x);
> eq2:=7^(6-x);
```

$$eq1 := \frac{1}{49^{2x}} \quad (1.4.1)$$

```
> eq1=eq2;
```

$$eq2 := 7^{6-x} \quad (1.4.2)$$

$$\frac{1}{49^{2x}} = 7^{6-x}$$

```
> solve(eq1=eq2,x);
```

-2 (1.4.3)

▼ 5. 次の方程式を解け.

$$\log_2(x-2) + \log_2(x-9) = 3$$

```
> restart;
```

```
> log[2](x-2)+log[2](x-9)=3;
```

$$\frac{\ln(x-2)}{\ln(2)} + \frac{\ln(x-9)}{\ln(2)} = 3$$

(1.5.1)

```
> solve(log[2](x-2)+log[2](x-9)=3,x);
```

10 (1.5.2)

▼ 6. 次の関数について,  $x$  が 3 から 5 まで変わるときの平均変化率を求めよ.

$$f(x) = 3x + 2$$

```
> restart;
```

```
> f:=unapply(3*x+2,x);
```

$$f := x \rightarrow 3x + 2$$

(1.6.1)

```
> (f(5)-f(3))/(5-3);
```

3 (1.6.2)

▼ 7. 曲線  $y = x^2 - 4x + 4$  上の点 (3, 1) における接線の方程式を求めよ.

```
> restart;
```

```
> f:=unapply(x^2-4*x+4,x);
```

$$f := x \rightarrow x^2 - 4x + 4$$

(1.7.1)

```
> df:=unapply(diff(f(x),x),x);
```

$$df := x \rightarrow 2x - 4$$

(1.7.2)

```
> df(3);
```

2 (1.7.3)

```
> y-1=2*(x-3);
```

$$y - 1 = 2x - 6$$

(1.7.4)

▼ 8. 関数  $f(x) = x^3 - 12x - 1$  の極値を求めよ.

```
> restart;
```

```
> f:=unapply(x^3-12*x-1,x);
```

$$f := x \rightarrow x^3 - 12x - 1$$

(1.8.1)

```
> df:=diff(f(x),x);
```

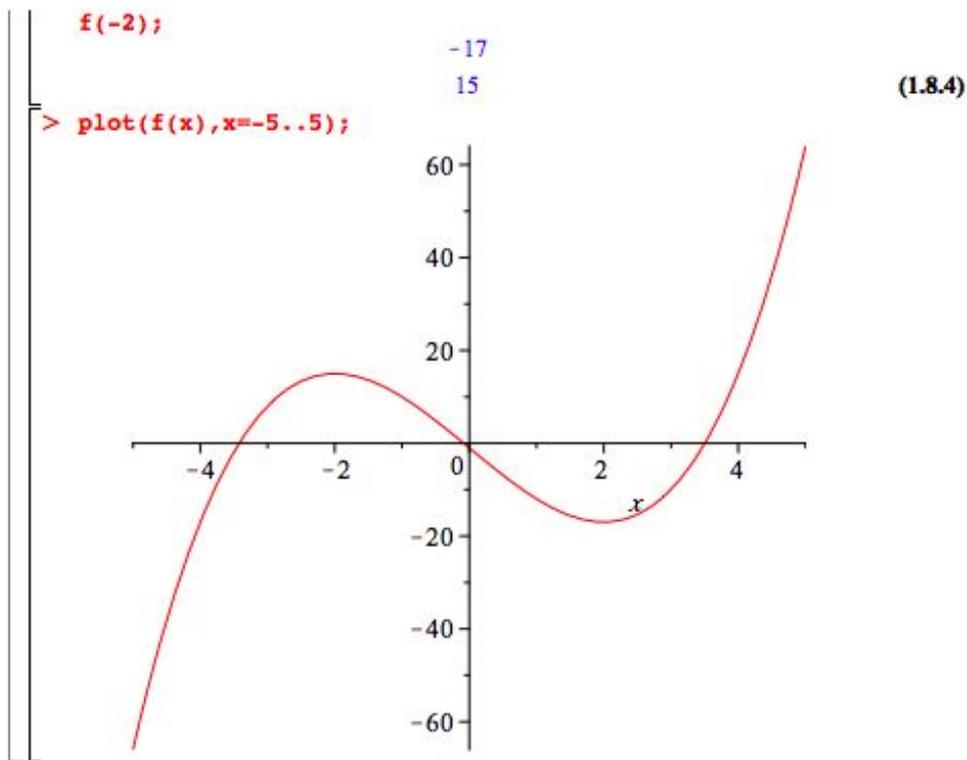
$$df := 3x^2 - 12$$

(1.8.2)

```
> solve(df=0,x);
```

2, -2 (1.8.3)

```
> f(2);
```



▼ 9. 次の定積分を求めよ.

1.  $\int_{-1}^2 (5t - t^2) dt$

2.  $\int_{-1}^1 (x+4)(3x+2) dx$

```
1.
> restart;
> f:=unapply(5*t-t^2,t);
```

$f:=t \rightarrow 5t - t^2$  (1.9.1)

```
> int(f(t), t=-1..2);
```

$\frac{9}{2}$  (1.9.2)

```
2.
> restart;
> f:=unapply((x+4)*(3*x+2), x);
```

$f:=x \rightarrow (x+4)(3x+2)$  (1.9.3)

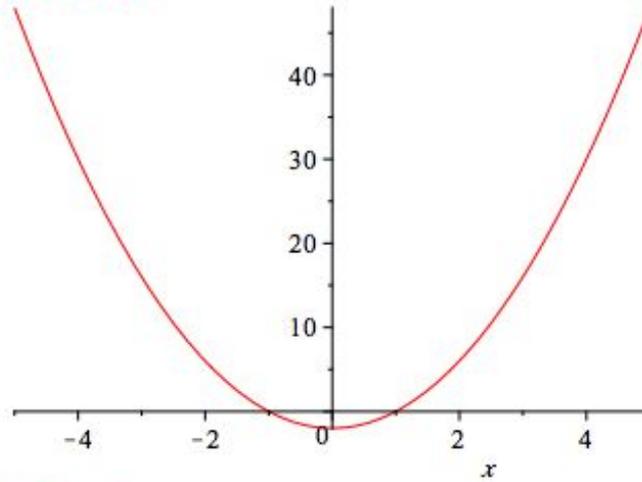
```
> int(f(x), x=-1..1);
```

18 (1.9.4)

10. 放物線  $y = 2x^2 - 2$  と  $x$  軸とで囲まれた図形の面積  $S$  を求めよ.

```
> restart;
> y:=2*x^2-2;
> plot(y,x=-5..5);
```

$y = 2x^2 - 2$  (1.10.1)



```
> solve(y=0,x);
```

1, -1 (1.10.2)

```
> -int(y,x=-1..1);
```

$\frac{8}{3}$  (1.10.3)

## ▼ Test 2

▼ 1.  $0 \leq \theta < 2\pi$  のとき、次の方程式を満たす  $\theta$  の値を求めよ。

$$\tan\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) = \sqrt{3}$$

```
> restart;
> tan(theta+Pi/6)=sqrt(3);
```

$$\tan\left(\theta + \frac{1}{6}\pi\right) = \sqrt{3} \quad (1.1.1)$$

```
> solve(tan(theta+Pi/6)=sqrt(3),theta);
```

$$\frac{1}{6}\pi \quad (1.1.2)$$

▼ 2.  $0 \leq \theta < 2\pi$  のとき、次の方程式を満たす  $\theta$  の値を求めよ。

$$\cos 2\theta + 3\cos\theta + 2 = 0$$

```
> restart;
> cos(2*theta)+3*cos(theta)+2=0;
```

$$\cos(2\theta) + 3\cos(\theta) + 2 = 0 \quad (1.2.1)$$

```
> solve(cos(2*theta)+3*cos(theta)+2=0,theta);
```

$$\frac{2}{3}\pi, \pi \quad (1.2.2)$$

▼ 3. 次の計算をせよ。

$$\sqrt[3]{4} \sqrt[3]{16}$$

```
> restart;
> 4^(1/3)*16^(1/3);
```

$$4^{1/3} 16^{1/3} \quad (1.3.1)$$

```
> (4*16)^(1/3);
```

$$64^{1/3} \quad (1.3.2)$$

```
> 4^(3*1/3);
```

$$4 \quad (1.3.3)$$

▼ 4. 次の方程式を解け。

$$\left(\frac{1}{9}\right)^x + 2 \times \left(\frac{1}{3}\right)^x - 3 = 0$$

```
> restart;
> eq1:=(1/9)^x+2*(1/3)^x-3;
```

$$eq1 := \left(\frac{1}{9}\right)^x + 2\left(\frac{1}{3}\right)^x - 3 \quad (1.4.1)$$

```
> eq1=0;
```

$$\left(\frac{1}{9}\right)^x + 2\left(\frac{1}{3}\right)^x - 3 = 0 \quad (1.4.2)$$

> solve(eq1=0, x);

$$0, -\frac{\ln(3) + I\pi}{\ln(3)} \quad (1.4.3)$$

▼ 5. 次の方程式を解け.

$$\log_5 x + \log_5(x-4) = 1$$

> restart;

> log[5](x)+log[5](x-4)=1;

$$\frac{\ln(x)}{\ln(5)} + \frac{\ln(x-4)}{\ln(5)} = 1 \quad (1.5.1)$$

> solve(log[5](x)+log[5](x-4)=1, x);

$$5 \quad (1.5.2)$$

▼ 6. 次の関数について,  $x$ が1から3まで変わるときの平均変化率を求めよ.

$$f(x) = 2x^2 + 3x$$

> restart;

> f:=unapply(2\*x^2+3\*x, x);

$$f := x \rightarrow 2x^2 + 3x \quad (1.6.1)$$

> (f(3)-f(1))/(3-1);

$$11 \quad (1.6.2)$$

▼ 7. 曲線  $y = 2x^2 - 5x$  上の点 (2, -2) における接線の方程式を求めよ.

> restart;

> f:=unapply(2\*x^2-5\*x, x);

$$f := x \rightarrow 2x^2 - 5x \quad (1.7.1)$$

> df:=unapply(diff(f(x), x), x);

$$df := x \rightarrow 4x - 5 \quad (1.7.2)$$

> df(2);

$$3 \quad (1.7.3)$$

> y+2=3\*(x-2);

$$y + 2 = 3x - 6 \quad (1.7.4)$$

▼ 8. 関数  $f(x) = 4x^3 - 3x^2 - 6x + 2$  ( $-1 \leq x \leq 2$ ) の最大値, 最小値を求めよ.

> restart;

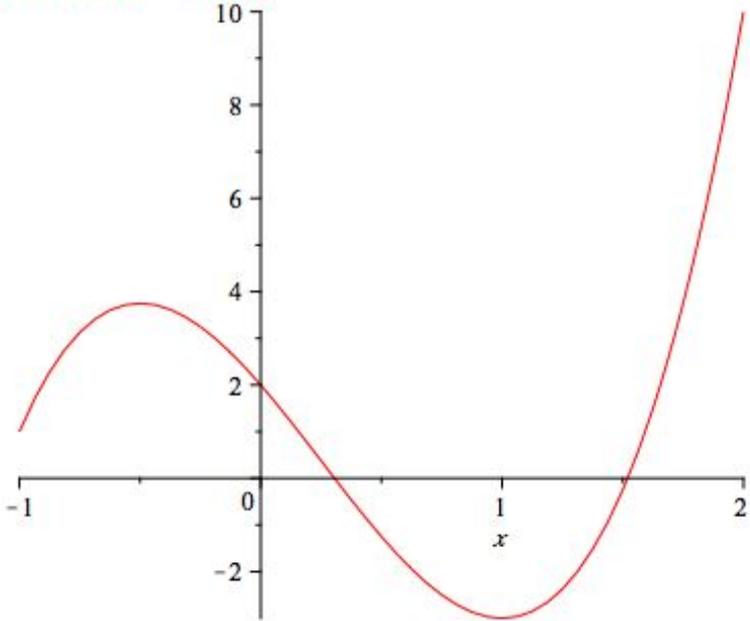
> f:=unapply(4\*x^3-3\*x^2-6\*x+2, x);

$$(1.8.1)$$

```

f:=x→4x3-3x2-6x+2
(1.8.1)
> df:=diff(f(x),x);
df:=12x2-6x-6
(1.8.2)
> solve(df=0,x);
1, -1/2
(1.8.3)
> f(1);
-3
f(-1/2);
15/4
(1.8.4)
> plot(f(x),x=-1..2);

```



```

> f(2);
10
(1.8.5)

```

▼ 9. 次の定積分を求めよ.

1.  $\int_1^2 (4x - 3)^2 dx$
2.  $\int_1^3 (2x^2 - x + 3) dx - \int_1^3 (2x^2 - x) dx$

```

1.
> restart;
> f:=unapply((4*x-3)^2,x);
f:=x→(4x-3)2
(1.9.1)

```

```
> int(f(x),x=1..2);
```

$$\frac{31}{3}$$

(1.9.2)

```
2.
> restart;
> f1:=unapply(2*x^2-x+3,x);
```

$$f1 := x \rightarrow 2x^2 - x + 3$$

(1.9.3)

```
> f2:=unapply(2*x^2-x,x);
```

$$f2 := x \rightarrow 2x^2 - x$$

(1.9.4)

```
> int(f1(x),x=1..3)-int(f2(x),x=1..3);
```

$$6$$

(1.9.5)

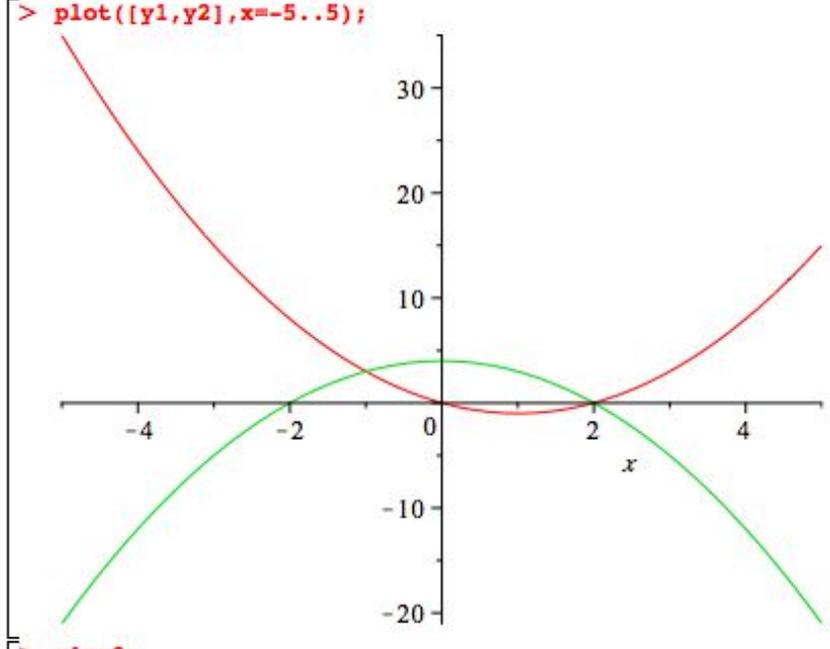
▼ 10.2つの放物線  $y = x^2 - 2x$ ,  $y = -x^2 + 4$  とで囲まれた図形の面積  $S$  を求めよ.

```
> restart;
> y1:=x^2-2*x;
> y2:=-x^2+4;
```

$$y1 := x^2 - 2x$$

$$y2 := -x^2 + 4$$

(1.10.1)



```
> y1=y2;
```

$$x^2 - 2x = -x^2 + 4$$

(1.10.2)

```
> solve(y1=y2,x);
```

$$2, -1$$

(1.10.3)

```
> int(y2,x=-1..2)-int(y1,x=-1..2);
```

$$9$$

(1.10.4)