

# マークシートによる試験問題の導入

嶋崎 真一\*

## Introducing Multiple Choice Examination Paper Tests to be Scanned by Optical Mark Recognition Software

Shin'ichi SHIMASAKI

### 概要

試験の採点業務の負担軽減のために、マークシートによる試験問題を導入した。問題の作成、スキャンした答案の自動採点と集計、得点の出力まで行う環境を構築した。マークシートによる環境構築には、Bienvenüe Alexis らによって GNU ライセンスで開発されているオープンソフトの「Auto Multiple Choice」を用いている。

*Keywords:* マークシート, 試験, 業務負担軽減, Auto Multiple Choice

## 1. はじめに

Bienvenüe Alexis らによって GPLv2+ ライセンスで開発されているオープンソフトの「Auto Multiple Choice (以下 AMC と略)」<sup>1)</sup>は、マークシート方式の選択式試験問題の作成と管理を容易にするためのソフトウェアである。AMC には以下のような機能や特徴がある。

- 用紙の書式は L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X で作成されるので、表現力に優れている
- 問題の選択肢を学生ごとにシャッフルする (試験時のカンニング防止)
- 問題の一部を乱数を使って自動生成する (試験時のカンニング防止)
- 試験問題の一部を自由記述式にしてその得点を採点者がマークする (自由記述形式の導入)

- 試験後の答案用紙をスキャンしたものを自動的に読み取り、得点の出力まで自動的に実行する
- 日本語の詳細なマニュアル<sup>2)</sup>が付属している

全体の使用感としては「紙ベースで実施する自由度が非常に高い Microsoft Forms のようなもの」といえば良いだろうか。紙で実施するので PC 機材のない教室で実施することが容易であり、通常の対面授業における定期試験や小テストと相性が良い。また答案が紙と電子データで残るので、ポートフォリオを作成するのも容易である。問題作成の自由度が高く、例えば試験の一部だけを選択式にして、残りを従来通りの自由記述式にしてもよい<sup>i</sup>。その場合であっても、採点欄をマークシートに設けることによって、採点・集計を AMC に任せることができる。さらに、近年では数式処理ソフトと組み合わせて、数学の問題自体を自動生成する試みも行われている<sup>3)</sup>。

似たような機能を有するフリーソフトウェアの環境

\* 香川高等専門学校 機械電子工学科

<sup>i</sup> 極端に言えば、選択式問題を一つも含まなくても構わない。

は他にもいくつかあるが<sup>ii</sup>、AMC は日本語の環境が整っているというのが大きな利点である。詳細な使用方法やサンプルがマニュアルに掲載されているので、それらを参考にしながら自分の用途に合わせて変更すれば、とりあえずは使えるようになる。

全体の流れは以下の通りである。

1. AMC 環境で問題文と選択肢を作成する。正解の選択肢はこの段階で指定しておく。必要であれば、選択肢のシャッフルなどのオプションを用いる。
2. AMC によって、受験者数分の問題用紙とマークシート（解答用紙）が PDF ファイルとして自動生成されるので、印刷する。
3. 試験を実施。終了後にマークシートを回収。
4. マークシートをスキャンして AMC 環境から読み込む。光学式マーク認識によって、採点と集計が自動的に行われる。結果は Open Document Format (ODF) 形式で保存される。

## 2. 必要な機材と知識

AMC で環境を構築する場合には、

- AMC が作動する PC (MacOS もしくは Linux)
- 解答用紙を読み取るためのスキャナ (自動原稿送り装置つき)
- 印刷用プリンタ (できればカラー)

が必要である。AMC は Linux ベースで開発されているが、MacOS 用にもバイナリが存在する。それほど負荷の高い処理ではないので古い PC でも十分である。インストールするソフトが巨大なのでストレージの空き容量は最低でも 20 GB ぐらいは確保しておくこと。試験問題を作成・採点・管理するという業務の重要性から、ACM 専用の PC を用意するのが望ましい。この専用 PC は、一度稼働させたらネットワークからは切り離して不用意に環境を変更しないほうが良い。大量の書類を処理するために、スキャナには自動原稿送り装置 (ADF) が必須である。また、印刷部数が多いためにできればカラーのレーザープリンタがあると良い。

以下の知識は必須ではないが、あると便利である。

- L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X に関する知識
- UNIX に関する一般的な知識

AMC は簡易言語 (AMC-TXT) を用いて問題用紙を作成することができる<sup>iii</sup>。基本的な使い方では AMC-TXT でも十分であるが、凝った使い方をしようとするとき L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X の知識を要求される。L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X の使い方を身につけておいたほうが無難であろう。本稿では L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X については参考文献<sup>4)</sup>を挙げておくにとどめ、説明はしない。

またソフトのインストール時にターミナルを使用するので、最低限の UNIX のコマンドの使い方を習得しておくが良い。ただし、一度環境を構築してしまえば、以後はターミナルの出番はない。詳しい人にインストールをお願いしてしまえば、UNIX の知識は不要である。

## 3. 環境構築

### 3.1 概要

本稿では MacOS へ導入する方法について概説する<sup>iv</sup>。インストールするソフトは、以下の通りである。

1. Xcode および Command Line Tools (Apple 謹製のコンパイラ。Homebrew で使用される)
2. Homebrew (パッケージ管理システム。T<sub>E</sub>X, AMC, Ghostscript などのインストールに用いる)
3. T<sub>E</sub>X Live (汎用の組版ソフト)
4. AMC (本命のソフト)
5. LibreOffice (採点結果のファイルを開くために必要)

AMC は L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 環境や Perl, Ghostscript などの多くの外部のソフトに依存しており、これらがインストールされていることが前提となる。これら全てを一から準備するのは大変なので、パッケージ管理ソフトである Homebrew を使用するのが良い。環境構築を全て行うと、1 日仕事になる。待ち時間も長いので、他の仕事と並行してインストールをするべき。

<sup>iii</sup> AMC-TXT の実態はフィルターであり、AMC-TXT 形式で記述されたテキストを L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 形式に変換している。

<sup>iv</sup> Linux 環境においても、Ubuntu や Debian をはじめとした多くのディストリビューションで AMC のバイナリが用意されている。

<sup>ii</sup> FormScanner (<http://www.formscanner.org/>), queXF (<https://quexf.acspri.org.au/>) など。

### 3.2 各ソフトのインストール作業

■Xcode および Command Line Tools Xcode は App Store からインストールすることができる。また、Mac の既存のターミナル.app で

```
1 $ xcode-select --install
```

とすると、自動的に Command Line Tools のダウンロードとインストールが始まる。

■Homebrew Homebrew は Mac OS X 用のパッケージ管理システムである。あるソフトをインストールするときに、依存関係を調べて自動的に必要なソフトもインストールしてくれる。公式ページは [https://brew.sh/index\\_ja](https://brew.sh/index_ja)。ターミナルから

```
1 $ /bin/bash -c "$(curl -fsSL https://raw.githubusercontent.com/Homebrew/install/master/install.sh)"
```

と入力すれば、自動的にダウンロードとインストールが始まる。インストール後は、

```
1 $ brew update
2 $ brew upgrade
```

として、パッケージのリストや Homebrew 自身を最新版に更新しておくこと。

■TeX Live 最新版は TeX Live 2020 である。ターミナルで

```
1 $ brew install mactex
```

とすればダウンロードとインストールが始まる。TeX Live が必要とするソフトも全て自動的にインストールされる。インストール後は

```
1 $ sudo tlmgr update --self --all
2 $ sudo tlmgr paper a4
```

として TeX Live 自体のアップデートを行い、デフォルト用紙サイズを A4 に変更しておくこと良い。

■AMC 以下のコマンドで AMC をインストールする。

```
1 $ brew install auto-multiple-choice
```

AMC が必要とするソフトも全て自動的にインストールされる。

■LibreOffice LibreOffice は、無料で使用できるオープンソースのオフィスソフトである。採点・集計結果は ODF 形式で出力されるので、LibreOffice で開くことになる。公式ページ <https://ja.libreoffice.org/> からダウンロードすることができる。

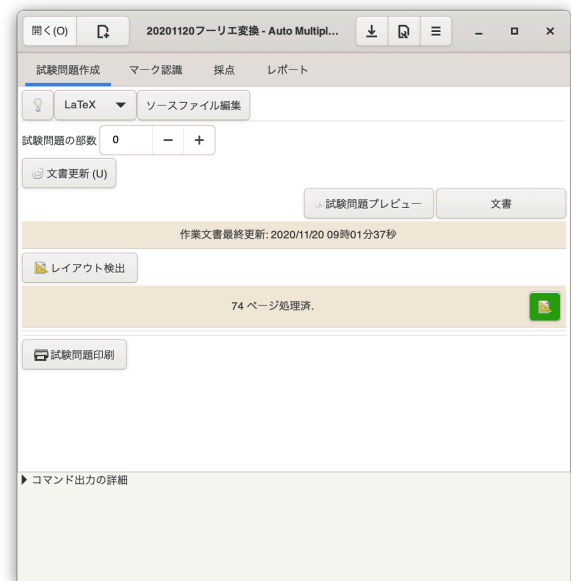


図 1: 試験問題作成用の画面

### 3.3 動作確認

以上の全ソフトのインストールを終えたら、エディタで適当な日本語の TeX の原稿を作成してコンパイルし、動作確認を行うこと。

```
1 \documentclass[uplatex]{jsarticle}
2
3 \begin{document}
4 \TeX 環境の動作確認用ファイル。
5 \end{document}
```

また AMC の適当なサンプルファイルも試してみると良い<sup>v</sup>。動作確認が終わった時点で、その PC は AMC 専用マシンとしてスタンド・アロンで運用するのが望ましい。

## 4. 実施例

AMC には日本語版のマニュアル<sup>2)</sup>が添付されており、それを読めば一通りのことができるようになる。詳細はマニュアルに譲って、ここでは大雑把な作業の流れを実際の小テストに沿って説明していく。

まずはターミナルから以下を入力して AMC を起動させる。

```
1 $ auto-multiple-choice
```

<sup>v</sup> /usr/local/share/texmf-local/doc/latex/AMC/ にサンプルファイルが格納されている。

すると Fig.1 のような操作画面が現れる。ターミナルでコマンドを使用するのは起動時だけであり、以後は全てこの画面上からマウスで操作することになる。

まずは新規プロジェクトのボタン（開く (O) の右隣）をクリックする。新しいプロジェクトを作成するためのダイアログが出てくるので、プロジェクト名や保存するディレクトリを指定すれば良い。この時、空のプロジェクトを作成することもできるし、既存のテンプレートや過去に用いたプロジェクトを雛形として作成することもできる。プロジェクトを作成すると、ディレクトリの中に様々なファイルやサブディレクトリが自動的に生成されるが、実際にユーザーが作業するのはメインのテキストファイル（コードが記述されたソースファイル）のみである。

あとは、画面にあるように「試験問題作成」「マーク認識」「採点」「レポート」の順で作業を進めていけば良い。

#### 4.1 試験問題作成

ソースファイルには問題用紙や答案用紙をコードとして記述する。実際の小テストに用いたソースと生成された PDF ファイルの例を本稿の最後に示す。L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X のユーザならば、ソースと生成された文章を見比べれば何が行われているのか、すぐに見当がつくであろう。コマンドの詳細は添付されているマニュアル<sup>2)</sup>に詳しい説明があるので、各自確かめられたい。一度ソースが完成してしまえば、次回からは必要などころだけを手直しすれば良いので、二回目以降の小テストの作成にはそれほど手間はかからない。

ソースが完成したら「文書更新」で PDF ファイルを生成し、「レイアウト検出」でマーク位置の特定を行い、「試験問題印刷」を行う。

あとは試験の実施である。

#### 4.2 マーク認識

ここでは、答案用紙のボックス欄のマークを AMC に認識させる (Fig.2 参照)。

記述式問題の場合、スキャナで読み込む前に、出題者は記述された解答を採点して、採点欄の「正」「部」「誤」にマークしておく必要がある。マークが終わった答案用紙をスキャナで適当なフォーマットで読み込む。筆者はグレースケール・300 dpi で読み込み、PDF で保存している。なお、出席番号順に答案用紙を並べる必要はない。

スキャン後のファイルを AMC から開いてマーク認

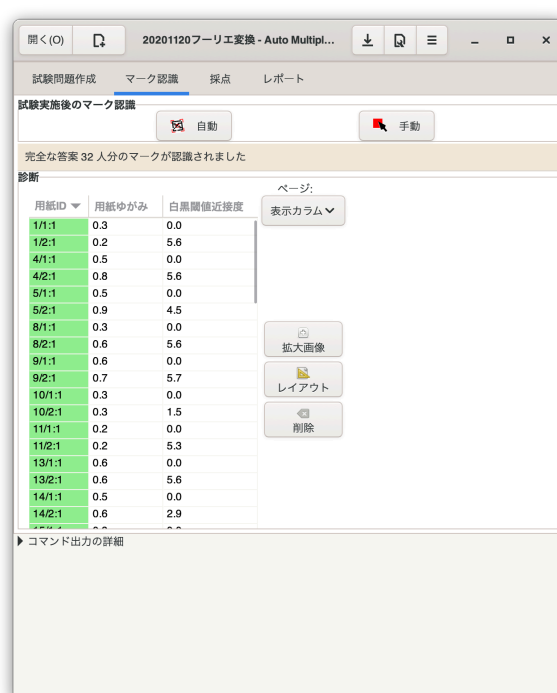


図 2: マーク認識の画面

識の「自動」をクリックすれば、自動的にマークの読み取りが始まる。

万が一、マークが薄くて認識が不可能だった場合（もしくは学生がマークを忘れていた場合）は、「診断」の欄に、認識できなかったボックスがリストアップされるので、GUI 上で解答用紙のボックスを見ながら手動入力することができる。AMC におけるこの辺りの手順は非常によく練られていて、作業していてもほとんどストレスを感じない。

#### 4.3 採点

ついで、採点と学生の認識を行う (Fig.3 参照)。

「採点」ボタンを押せば、ソースコードに記述されている基準に従って、自動的に採点が行われる。

また、事前に出席番号と氏名を記載した受験者名簿のファイルを用意しておけば、自動的に学生名簿と解答用紙の突き合わせが行われる。出席番号の読み取りが誤っていた場合や、不明瞭だった場合には、答案用紙の氏名欄を拡大しながら手動で突き合わせることもできる。

#### 4.4 レポート

最後に、レポートを ODF 形式で出力する (Fig.4 参照)。各問ごとの正答率などの統計情報も含めることが可能である。採点を記入した答案ファイルを出席番

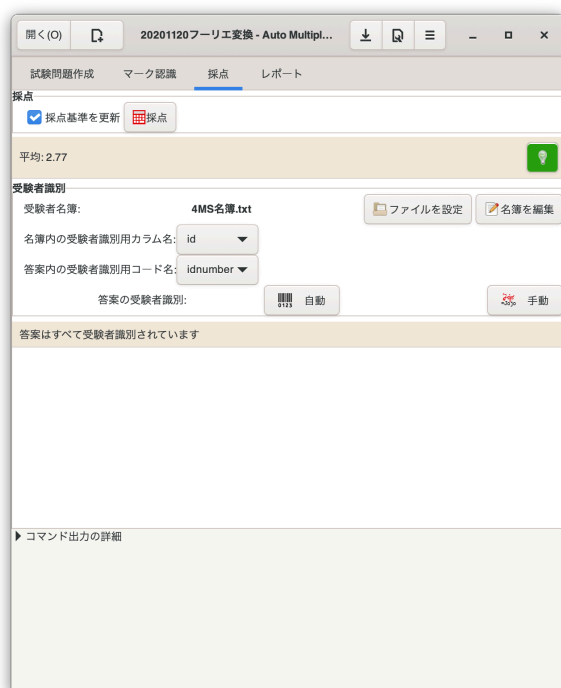


図 3: 採点の画面

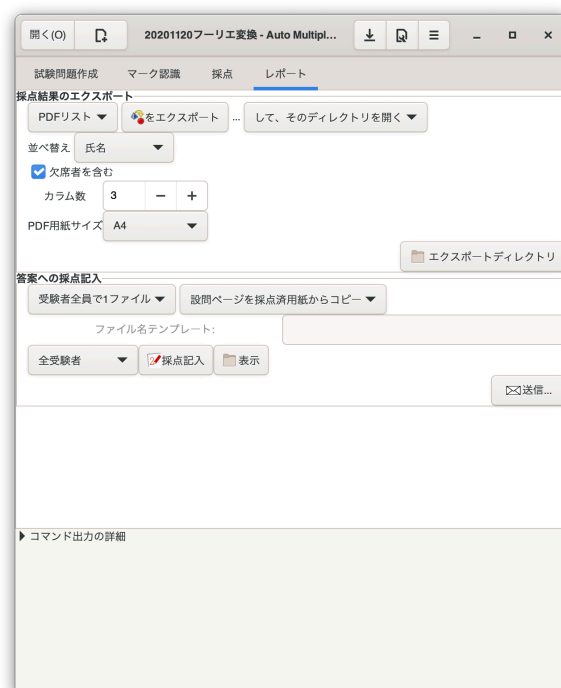


図 4: レポートの画面

号順に並べて生成することができるので、学生への返却や、ポートフォリオに用いることができる。また、受験者名簿に電子メールが含まれていれば、全員に各自の採点済みの答案を送付することもできる。

全体の流れを通じた所要時間は

- 試験問題作成** 30分～2時間（問題の内容による）
- マーク認識** 10分（ただし、記述式問題の採点がある場合は、1時間）
- 採点** 2分
- レポート** 2分

といった感じである。慣れてくれば、マーク認識以降の作業にはほとんど時間がかからない。

## 5. メリットとデメリット

半年間運用した上で感じたメリットとデメリットを述べる。

最大のメリットは、小テストを実施することに抵抗がなくなり、小テストの実施回数を増やせることである。小テストを実施することで学生の勉強を促し、理解度を把握することは重要であるが、毎回実施するとなると負担が大きく、つい腰が重くなってしまう。

AMC を用いることにより、負担増をできるだけ抑えて小テストを実施することができる。

省力化される具体的な作業は以下のようなものが挙げられる。

- 解答用紙を出席番号順に揃える手間が不要
- 選択肢問題であれば採点作業自体が不要
- 得点の集計作業が不要
- 返却・ポートフォリオ用の採点済み PDF ファイルが自動的に生成される
- 過去問を使い回すのが容易

また、人数が増えても負荷はそれほど増大しないので、多人数のクラスほど効果的である。

一方、デメリットは以下の通りである。

1. 環境構築が面倒。L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, Unix の基礎知識が要求されるため、運用を開始するまでのハードルが高い
  2. 解答用紙が一人一人異なるため、全てをプリンタで印刷する必要がある（つまり、コピー機が使えない）。プリンタを酷使する
  3. (必須ではないが) 専用の機材を用意した方が良い
- 初期投資（予算・手間の両方を含む）がそれなりにか

かるので、元を取るためには稼働率を高くしなければならぬ。

ただし、デメリットは要求される予備知識や機材についてだけであり、作成される試験問題の質や、試験後のスキャン・採点・集計作業などの一連の作業には特に不満がないことを、改めて強調しておきたい。

## 6. おわりに

教員の業務負荷軽減が叫ばれているなか、教育の質を落とすことなく業務を減らすには、ITなどの技術を援用するのが最も理にかなっている。コンピュータにできることは可能な限りコンピュータに任せて、節約できた時間をより創造的な研究教育活動に費やすことができれば良い。本稿がその一助になることを願う。

## 参考文献

- [1] Bienvenüe, Alexis. “AMC —Multiple Choice sheets automated marking—”. <https://www.auto-multiple-choice.net/>, (参照: 2021-02-12).
- [2] Bienvenüe, Alexis; Sarkar, Anirvan; Kagotani, Hiroto; Bréal Frédéric. Auto Multible Choice—自動採点と評定の可能な選択式試験問題のデザイン—. Kagotani, Hiroto 訳. 2018-12-29. <https://www.auto-multiple-choice.net/download/auto-multiple-choice.ja.pdf>, (参照: 2021-02-12).
- [3] 濱田龍義, 中川義行. “マークシート選択式試験作成における数式処理の活用”. 数理解析研究所 講究録 (RIMS Kôkyûroku) 数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究. 金子真隆編. 2019-08-20/22, 京都大学 数理解析研究所. 2019-12, No. 2142. 入手先, <http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/~kyodo/kokyuroku/contents/pdf/2142-14.pdf>, (参照: 2021-02-12).
- [4] 奥村晴彦, 黒木裕介. L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub> 美文書作成入門. 改訂第 8 版, 技術評論社, 2021, 448p, ISBN:978-4297117122.

```

1 \documentclass[a4paper]{article}
2 \usepackage[box,lang=JA]{automultiplechoice}
3 \usepackage{multicol}
4
5 \begin{document}
6
7 %%% 印刷部数の指定
8 \onecopy{37}{
9
10 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
11 %%% 小テスト 表面開始 %%%
12 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
13
14 \begin{center}
15 \textbf{\Large 機械電子数学 小テスト 問題・解答用紙}\
16 \bigskip
17 \textbf{\large 2020年11月20日}
18 \end{center}
19
20 %%% 出席番号欄・氏名欄
21 \begin{table}[h]
22 \begin{minipage}{.4\linewidth}
23 出席番号：
24 \AMCcodeGrid[vertical=false]{idnumber}{01234,0123456789}
25 \end{minipage}
26 \hfill
27 \namefield{\fbox{
28 \begin{minipage}{.45\linewidth}
29 氏名:\vspace*{0.5cm}
30 \end{minipage}}}
31 \end{table}
32
33 %%% 注意事項など
34 \begin{center}
35 \textbf{\large 注意事項}\
36 \begin{itemize}
37 \item 出席番号を二桁でマークシートに記入してください。
38 例えば出席番号4番なら04（一行目0，二行目4），
39 出席番号39番なら39（一行目3，二行目9）にマークすること。
40 \item 教科書や資料の持ち込みは禁止です。関数電卓は使用してかまいません。
41 \item 解答は全て解答用紙の所定の欄に記入すること。欄外の解答は採点の対象になりません。
42 \end{itemize}
43 \end{center}
44
45 \vfill\begin{center}
46 問題は裏面にあります。合図があるまで、この面を表にして注意事項を読んでおいてください。
47 \end{center}\vfill
48
49 \clearpage
50
51 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
52 %%% 小テスト 裏面開始 %%%

```

```

53 %%%%%%%%%%%
54
55 \begin{question}{フーリエ変換の定義} フーリエ変換の式を記述せよ。
56 \AMCOpen{lines=2, dots=false}{
57   \wrongchoice[W]{誤}\scoring{0}
58   \wrongchoice[P]{部}\scoring{1}
59   \correctchoice[C]{正}\scoring{2}}
60 \end{question}
61
62 \begin{question}{逆フーリエ変換の定義} 逆フーリエ変換の式を記述せよ。
63 \AMCOpen{lines=2, dots=false}{
64   \wrongchoice[W]{誤}\scoring{0}
65   \wrongchoice[P]{部}\scoring{1}
66   \correctchoice[C]{正}\scoring{2}}
67 \end{question}
68
69 \begin{question}{サンプリング定理}
70 オーディオ用のCDのサンプリング周波数は44.1 kHzである。
71 CDによって再生可能な高音の周波数の上限値に最も近いものを、
72 以下の選択肢から選び、その選択肢の□を■に塗りつぶせ。
73 \begin{multicols}{4}
74 \begin{choices}
75   \wrongchoice{11.0 kHz}\scoring{0}
76   \correctchoice{22.1 kHz}\scoring{2}
77   \wrongchoice{44.1 kHz}\scoring{0}
78   \wrongchoice{88.2 kHz}\scoring{0}
79 \end{choices}
80 \end{multicols}
81 \end{question}
82
83 \begin{question}{複素形式と極形式} 複素数 $z = x + y i$ を極形式で表せ。
84 ただし $z \neq 0$ とする。
85 \AMCOpen{lines=2, dots=false}{
86   \wrongchoice[W]{誤}\scoring{0}
87   \wrongchoice[P]{部}\scoring{1}
88   \correctchoice[C]{正}\scoring{2}}
89 \end{question}
90
91 \begin{question}{三角関数の定義}
92 三角関数 $\sin z$ と $\cos z$ の指数関数を用いた定義式を記述せよ。
93 \AMCOpen{lines=2, dots=false}{
94   \wrongchoice[W]{誤}\scoring{0}
95   \wrongchoice[P]{部}\scoring{1}
96   \correctchoice[C]{正}\scoring{2}}
97 \end{question}
98
99 } %\onecopyの括弧
100 \end{document}

```





## 機械電子数学 小テスト 問題・解答用紙

2020年11月20日

出席番号：

0 1 2 3 4

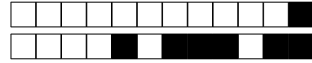
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

氏名:

### 注意事項

- 出席番号を二桁でマークシートに記入してください。例えば出席番号4番なら04（一行目0，二行目4），出席番号39番なら39（一行目3，二行目9）にマークすること。
- 教科書や資料の持ち込みは禁止です。関数電卓は使用してかまいません（使用するとは限りません）。
- 解答は全て解答用紙の所定の欄に記入すること。欄外の解答は，採点の対象になりません。

問題は裏面にあります。合図があるまで，この面を表にして注意事項を読んでおいてください。



問1 フーリエ変換の式を記述せよ。

誤  部  正

問2 逆フーリエ変換の式を記述せよ。

誤  部  正

問3 オーディオ用のCDのサンプリング周波数は44.1 kHzである。CDによって再生可能な高音の周波数の上限値に最も近いものを、以下の選択肢から選び、その選択肢の□を■に塗りつぶせ。

88.2 kHz

22.1 kHz

44.1 kHz

11.0 kHz

問4 複素数  $z = x + yi$  を極形式で表せ。ただし  $z \neq 0$  とする。

誤  部  正

問5 三角関数  $\sin z$  と  $\cos z$  の指数関数を用いた定義式を記述せよ。

誤  部  正