

在 Linux 平台以 Shell 腳本配合 Latex 文稿 建構全自動微積分出題系統

王德譽
朝陽科技大學
資訊工程系
dywang@cyut.edu.tw

陳奕靜
朝陽科技大學
資訊工程系
ijchen@cyut.edu.tw

摘要

LaTeX 文書排版系統穩定，且可編輯出非常美觀的數學符號及方程式。LaTeX 文稿為 ASCII 碼字元組成，可經由改變文稿語法及內容來改變輸出版面。因此，本專題先以 LaTeX 語法建立需要大量數學排版的微積分試題題庫，並於題庫中設定章節、題型及難易度標記。再將授課班級、授課教師、班級人數、每週進度（範圍）、考試日期、難易度、考卷頁數等相關參數，以自訂格式編輯成授課班級參數檔。最後，撰寫 shell 腳本建立 LaTeX 考卷文稿，插入班級、授課教師、考試章節及考試日期等參數，及依據考試章節及難易度設定，從 LaTeX 微積分題庫文稿中隨機抽取之不同類型題目，產生完整的 LaTeX 考卷文稿。Shell 腳本可判斷考卷頁數並自動調整題目數以符合頁面設定，並依據答案內容多寡自動配分，最後再將 LaTeX 考卷文稿分別編譯成考卷及答案卷。配合 Linux 系統 crontab 例行性工作之設定，出題系統可於每週排定時間，自動依據各班的參數設定，產生該班級考卷及答案卷並自動列印，以達到全自動化出題之目的。

關鍵詞：LaTeX、Linux、Shell 腳本、crontab。

Abstract

LaTeX typesetting system is stable, and can be edited out of a very beautiful mathematical symbols and equations. LaTeX manuscript form for the ASCII character code can be changed by the syntax and content of the manuscript to change the output layout. Accordingly, the project first use LaTeX syntax to establish many mathematical typesetting needs calculus question bank, and in the question bank to set chapters kinds of questions and the ease of labeling. And then edit the class parameters file, the content includes teaching classes, teaching teachers, class size, weekly schedule, test date, degree of difficulty, paper pages and other relevant parameters. Finally, writing shell script to create a LaTeX paper manuscript, insert the

class, the teaching teacher, examination chapters and examination date, and in accordance with examination chapters and degree of difficulty settings from the LaTeX calculus question bank to select randomly the question items of the different types, resulting in a complete LaTeX paper manuscript. Shell scripts can be judged papers in the number of pages and automatically adjust the subject to comply with the page settings, and with reference to the content of the question answers to the amount of automatic distribution points, and then LaTeX papers were compiled into test and answer papers. Linux system with the routine jobs setting command crontab, the system can be scheduled weekly hours, auto-generated based on setting the parameters of each class of the class test and answer papers and automatically print out the papers to achieve a fully automated purposes.

Key words: LaTeX, Linux, Shell script, crontab.

1. 前言

1.1 動機

要出一份微積分考卷，老師要除了要進行繁鎖的排版外，還要依各班進度及學習狀況，選出適合學生程度的題目，並給與適當的配分。若是沒有題庫，則每次出題還必須稍作變化，以免相同題目一再出現而失去考試的目的，這將造成老師相當大的負擔。出題老師若要每週進行小考，除要掌握進度，考慮學生程度並選出適合學生程度的題目題型，再加以配分外，還要做考卷的排版，實是相當繁鎖且花時間。因此，本專題設計一套全自動化微積分出題系統，只要預先建立授課班級參數檔，輸入班級、授課教師、每週進度等參數，並設定好出題難易度、考卷頁數及考試日期，再以 Linux 系統的例行性工作排程排定每週出題及列印時間，即可達到全自動化之目的。

1.2 實作方法

與數學有關之文件，往往需要輸入數學符號及

方程式，甚至圖形的製作。微積分是大學理工科系必修的基礎數學課程，其講義及考卷就是需要大量數學符號、方程式及圖形之排版。若以如微軟辦公軟體中 Word 這種所見即所得的文書排版系統進行排版，在文章中夾雜的數學符號要另外點選特殊字元插入或另外做字型設定，而獨立的數學方程式及圖形則必須先製作好方程式物件或圖形物件再插入文件中，不但輸入相當不方便，且文件檔案又大。

LaTeX[1]是一種高品質的文書排版系統，對於數理排版方面的文書處理有相當大的幫助，最常用在中大型的技術報告或科學文件上，當然也可用於任何形式的排版。LaTeX 是一大組巨集（macro），當使用者選定好巨集類別，文稿撰寫時只要將文章內容填入文稿中，並於需要時使用巨集且給與巨集內容或參數，整本書或整篇文章的版面及段落就會按照這個類別來安排。將 LaTeX 文稿編譯後會產生與設備無關之 .dvi 檔，也能輕易轉換成 pdf 檔。因此，本專題使用 LaTeX 語法建立微積分題庫，並於題庫中加入自訂的章節、題型及難易度標記，做為 shell 腳本搜尋判讀之依據。

Shell 腳本（shell script）[2][3]是將一些 shell 的語法與指令寫成一連串命令行，其語法都是簡單易懂的純文字，而不是機器碼，只要再加上條件判斷、流程控制、迴圈等技巧，並搭配正規表示法、管線命令與資料流重導向等功能，就可聰明使用正確的參數選項和執行命令，以達到我們所想要的處理目的。本專題使用 shell 指令，先從授課班級讀取考試班級、出題老師、考試章節及考試日期等參數，建立 LaTeX 語法之考卷文稿，再依據出題難易度、出題頁數及考試類型等設定從 LaTeX 微積分題庫中，隨機抽取不同題型之題目插入考卷文稿中，產生完整的 LaTeX 考卷文稿。

微積分自動出題腳本，除了讀取參數建立文稿，及以正確的參數搜尋題庫選取題目外，還必須對文稿進行刪除多餘的標記、計算並插入每題適當的配分字串、改變並取代答案顏色設定字串，才能編譯成最後的考卷及答案卷。

最後，以例行性工作指令 crontab，設定好每週出題時間。腳本會將輸出之考卷及答案卷，依班級、考試類別（小考、期中考或期末考）及考試日期等參數為檔名分別存檔。若要同時印出，亦可於腳本中直接加入列印命令，輸出到印表機，以達到完全自動化之出題。

2. 工作環境與系統特性

2.1 工作環境—Linux 系統

Linux 與 Windows 相較[4]而言，除資源需求低

，相容性高、穩定性佳、安全性高且幾乎免費外，其開放原始碼，允許使用者依需要修改，沒有版權問題。Linux shell 文字界面指令功能強大，只要撰寫腳本就可將很多字串處理的工作自動化，且遠端操作亦相當快速方便。Linux 有許多各式各樣的 Linux 散佈套件（Distribution），這些散佈套件各有特色，但不管那種套件，shell 指令與腳本撰寫皆無太大的不同。本專題作業系統選擇 Mandriva（<http://www2.mandriva.com/linux/>），使用者可依自己的喜好選擇不同的散佈套件。

2.2 系統特性

(1) 考試類型機制

一般小考只有一頁，只要將解答部分以底色顯示，空白部分可以讓學生直接書寫答案；期中考末考則因題目數較多，答案必須另外書寫在答案卷上，因此考卷只需留下考題，不需額外空出書寫答案之空間。因此本系統自動判斷該週考試類型（如小考、期中考及期末考）的不同，改變出題題數並調整出題頁數及答案卷輸出方式。

(2) 適合多班不同進度與程度

由於各班參數為獨立存檔，系統會依不同班級的參數出題，並自動將輸出檔案儲存於該班預設目錄，完全不相衝突。使用者只要考慮各授課班級的進度及學生程度後，將相關參數建立在該班參數檔上即可，不須更動腳本內容。

(3) 同題型不重覆出題

題庫中自訂章節、題型及難易度標記，出題時會依設定章節及難易度選擇適合的題目。相同題型的題目會在同題型標記內，系統會對於同題型的題目，最多只選取一題，不會出現多題同題型題目之現象，以增加測驗之實用性。

(4) 自動配分

由於題庫以 LaTeX 文稿建立，且所有圖形亦由巨集指令產生。題目及其解答各有其不同的巨集標記，腳本判斷該題解答部分行數、是否有圖形巨集及其多寡，做為給分的比例，最後再調整總分為 100 分，完全不須要另外計算配分。

(5) 自動調整頁數

由於班級參數檔預先設定各類型考試之考試題數，但每題題目及解答長短不一，往往造成相同題數下，所需作答時間卻大不相同，需解答長短為一可判斷的依據。因此，為求每次考試所需作答時間相近，班級參數檔中除設定出題題數外，亦指定考卷及答案卷輸出頁數。腳本於答案卷輸出訊息中讀取頁數，若超過設定值，則刪減題目，直到符合原始頁數設定才做最後的輸出。

(6) 智慧型檔名

由於每週考試皆分別有考卷及答案卷，若直接覆蓋，萬一題目或解答有錯，則不易查詢及修改。因此，腳本自動依科目、班級、考試類型及考試日期等參數，組合成檔名，以利判讀及其他例行性工作排程之作業，例如於指定時間上傳剛考完試之解答。

3. 系統實作

3.1 工作流程

微積分自動出題腳本，工作流程如。腳本先判斷題庫檔、參數檔是否存在且正確？若有且正確則依參數產生考卷文稿並編譯。最後輸出前則再判斷輸出頁數符合設定？若不符合，則刪減題目直到頁數符合，再輸出列印。

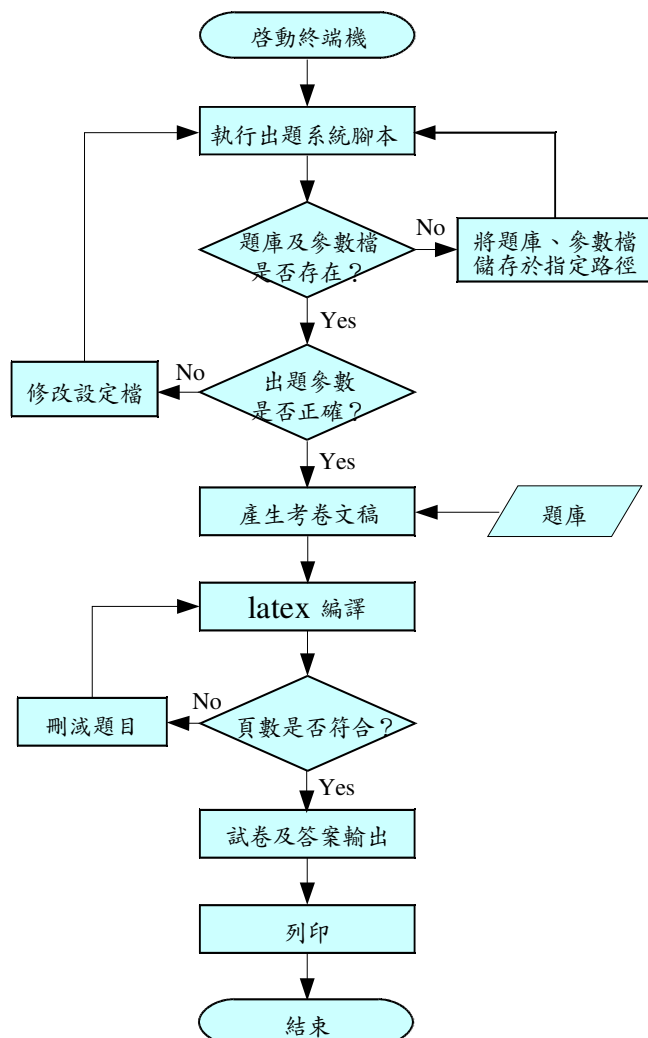


圖 1：自動出題腳本流程圖。

3.2 題庫編輯

題庫以 LaTeX 語法編輯，可以直接編輯成完整試題及解答。自動出題腳本，依據班級相關參數從

題庫中隨機抽取所需題目，並產生 LaTeX 考卷文稿檔，再編譯成試題及解答之 pdf 檔。因 shell 腳本必須依據進度及難易度出題，為讓腳本判讀題庫中章節、試題難易度，我們除利用 LaTeX 即有編號環境及定理證明環境，做為題目編號及解答外，更在編號環境中自訂章節及試題題型與難易程度標記，以利腳本判讀。題庫 LaTeX 格式說明如下：

(1) 文章架構

LaTeX 並不是所見即所得的文書排版器，它是一種文件標示語言。LaTeX 提供舉凡排版需要之巨集供使用者使用，例如版面配置、目錄、引用段落、註腳及自動編號等。LaTeX 文稿格式主要包含前置文區及內文區如圖 2。前置文區最少要以基本格式 `\documentclass[參數]{格式}` 指定文件的型態，以格式 `\usepackage{巨集名稱}` 宣告使用之巨集，例如圖 2 中使用命令 `\documentclass` 指定文件類別為 `article`，使用字型及版面紙張大小分別為 12pt 及 A4；另利用 `\usepackage` 命令宣告使用 `amsmath` 及 `amsthm` 兩個數學巨集。命令 `\begin{document}` 及 `\end{document}` 中間為內文區，所有要排版之內容皆放置在此區，並以 LaTeX 內定字元型態呈現，當然它也允許輸出別的型態，例如粗體字、斜體字及畫底線等，同時內文區亦可使用巨集中的指令，讓輸出排版更符合使用者需求。

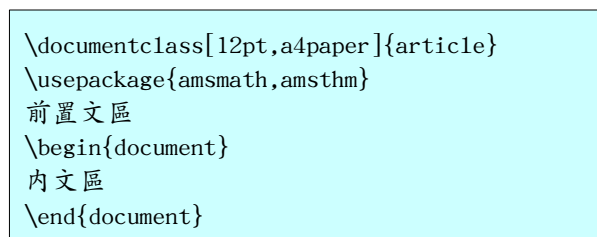


圖 2：LaTeX 文稿結構。

(2) 編號環境

編號環境開始於命令 `\begin{enumerate}`，終止於命令 `\end{enumerate}` 如圖 3。環境內每個編號項目皆以命令 `\item` 開始，LaTeX 會自行依序加上題號並自動換行，或使用者輸入連續兩個倒斜線『\\』強迫換行。在環境中亦可使用自訂標記項目，做為腳本判讀之依據。例如圖 3 中我們使用 `\item[Chap.2.5]` 做為第 2 章第 5 節之標記；另使用 `\item[TypeEasy]`、`\item[TypeMidd]` 及 `\item[TypeHard]` 做為簡單、適中及較難題型之標記，其中命令 `\item` 後緊接著中括號 [] 內之文字為自訂標記，LaTeX 對於有自訂標記之項目，將不會給與編號，而以自訂標記顯示。

```

\begin{enumerate}
\item[Chap.2.5]
\item[TypeEasy]
\item(\%) Find  $\frac{dy}{dt}$  for ...$.
\begin{proof}[Solution] For ...
\begin{align*}
\frac{dy}{dx} &= \dots \\
&= 10(x^3+x-1)^9 \cdot (3x^2+1).
\end{align*}
\end{proof}
\end{enumerate}

```

圖 3：LaTeX 編號與定理證明環境。

(3) 定理證明環境

每個題目後面都緊接著定理證明環境，其開始於命令 `\begin{proof}`，結束於命令 `\end{proof}`。我們使用這個環境做為該題目之解答，LaTeX 解答輸出的項目標記為 *proof*。定理證明環境與項目編號命令 `\item` 相似可自訂標記，若於命令 `\begin{proof}` 後緊接中括號 `[]`，就可在於中括號內填入自訂標記。例如圖 3 中 `\begin{proof}` 後面緊接 `[Solution]`，則輸出答案標記為 *Solution*，可以區分證明題解答及一般題目答案。

定理證明環境中的內容為題目的解答，為區分考卷與答案卷，我們自行定義 `myproof` 顏色如圖 4 第 1 行，並重新定義定理環境，於其內容中加入顏色命令 `\color`，且使用 `myproof` 顏色。因此，只要改變 `myproof` 顏色定義，所有解答部分都將跟著改變。

```

\definecolor{myproof}{rgb}{1,1,1}
\renewenvironment{proof}[1][\proofname]{\par
\noindent
\pushQED{\qed}\normalfont\small\trivlist
\item[\noindent\hspace{labelsep}\itshape#1:]
\color{myproof}\nopagebreak[4]\ignorespaces}
{\popQED\endtrivlist}

```

圖 4：LaTeX 編號與定理證明環境。

(4) 數學環境

平常在寫文章的模式，無法正確的處理數學式子間的空間位置，且要輸入次方、方根、微分、積分…等特殊符號，會很困擾。因此，所有的數學式子都要進入數學模式來處理。

LaTeX 的數學模式有兩種，一種是和內文排列在一起的隨文數學式（`math inline mode`），它是和一般正常文字混在一起排版的；另外一種是獨立的展式數學式（`math display mode`），它會單獨成一行，而且上下會和正常文字有一定的空間來區隔。

隨文數學式由兩個錢字符號『`$`』所包圍，在一般文字段落內要使用到一些數學式子的話，只要將數學式子前後加上錢字符號就可以了，如圖 3 第 4 行。

最簡單的展式數學式以命令『`\`』開始，而以命令『`\`』結束，它會獨立成一行，不會使用一般文章一樣的做法去換行，而是進入展式數式的數學模式，有需要的話也可以加入編號，以方便在文章中引用。展式數學式除獨立顯示外，數學符號及字體也較隨文數學式大。

LaTeX 有一個由 AmS-LaTeX 所提供的 `align` 環境，使用 `align` 環境的好處是，每一個數學式子只需要一個符號『`&`』，排版會依這個符號來對齊，若有數個數學式在同一行，那各個數學式子也是使用『`&`』來區隔。所有式子要向左對齊的話，只要把 `&` 置於行首就可以了。

3.3 班級參數檔

班級參數檔的設計以行為單位，每行第一組字串為標記符號，做為腳本判讀用，其後以空白或 Tab 隔開之字串為實際內容。例如圖 5 中第 1 行課程名稱 *Calculus*，其標記為 `course`；第 3 行班級 1A，修課人數 69，兩者整合標記為 `class_no`；標記 `grad` 後數字 3,1,0 為易中難題型題數比例；標記 `week9` 後字串 *Midterm* 表示該週考試類型為期中考，數字 1 及 3，表示考試範圍從第 1 章至第 3 章。

course	Calculus		
instructor	De-Yu Wang		
class_no	1A 69		
first_day	20090914		
grad	3	1	0
中間省略			
week1	Exam	0	0
week2	Exam	1.1	1.1
week3	Exam	1.2	1.4
中間省略			
week9	Midterm	1	3
week10	Exam	x	x
week11	Exam	4.1	4.2
中間省略			
week18	Final	4	7

圖 5：班級參數。

3.4 Shell 腳本

(1) 參數讀取

腳本的第一項工作，必須從參數檔讀取參數內容，做為出題的依據。參數的讀取主要依賴 `cat`、`grep` 及 `awk` 三個指令，並配合管線處理完成。

例如圖 6 以 cat 指令列出檔案 \$conf（此為班級參數檔）內容，並利用管線處理將輸出送給下個指令 grep，找出有標記 course 的那一行，接著同樣以管線處理將找到的結果，送至下個指令 awk 截取該行的第 2 個欄位。若以圖 5 班級參數檔為例，最後變數 cour 的內容應該為 Calculus。其他班級及授課老師等相關參數亦可以同樣的方式讀取。

```
cour=$(cat $conf | grep "course" | awk '{print $2}')
```

圖 6：參數讀取。

(2) 考試週次判斷

利用參數 +%s，date 命令可以計算從 1970 年 1 月 1 日到指定日期的總數。date -d \$ftdy +%s，其中變數 \$ftdy 為開學日，以圖 5 為例則變數 \$ftdy=20090914。因此，其輸出為 1970 年 1 月 1 日至開學日之總秒，同樣的 date -d \$2 +%s 可以計算從 1970 年 1 月 1 日至指定日期（變數 \$2）的總秒數。t 若變數 \$2 不指定，則指定日期為今天。兩個秒數相減除以 604800 再加 1，即可得知指定日期的當學期週次，如圖 7 第 1 行。藉此求得週次變數 wknu，腳本才可進一步確認本週考試類型及考試範圍。

```
wknu=$((`date -d "$2" +%s` - \
`date -d "$ftdy" +%s`))
[ $wknu -lt 0 ] && echo "Wrong date $2!!" \
&& exit 11
(( wknu = wknu/604800 + 1 ))
[ $wknu -le 0 -o $wknu -gt 18 ] && \
echo "Wrong week $wknu!!" && exit 13
```

圖 7：考試週次判斷。

(3) 考卷文稿建立

腳本中撰寫一函數 Preamble，將讀取的參數插入前置文區所需字串一一寫入文稿檔案中，完成前置文區的內容建立。寫入方法主要是利用 echo 指令及標準輸入『>』及『>>』，將字串寫入檔案，如圖 8，其中變數 \$texf 為文稿檔名。

```
echo '\documentclass[12pt,a4paper]{article}'
> $texf
echo '\usepackage{amsmath,amsthm}' >> $texf
```

圖 8：考卷文稿建立。

(4) 章節、題型及題目搜尋

為了依據考試範圍及難易度設定出題，腳本中相當重要的一部分是搜尋及選取符合設定的考題。搜尋方法主要是將題庫中符合搜尋標記之行號，依

序儲存於陣列變數中，再做後續處理。例如圖 9：題型搜尋。先以 cat -n tmpch 列出考試範圍的題庫檔 tmpch 並顯示行號，再以管線處理將結果送給命令 grep 搜尋含字串 item[Type 且後面緊接字母 H、M 或 E 的行，也就是包含難中易三種程度之題型，若將 HME 改成 ME，則只會搜尋中等及簡單的題型；接著，同樣以管線處理再將搜尋結果送給接續命令 awk 截取第 1 個欄位內容，也就是行號；最後將這些行號依序存入陣列變數 ta 中。有了題型行號資訊，若要抽取第 3 題型，只要從陣列變數 ta 讀取第 3 的元素，就是其行號。其餘如章節、題目及解答位置之搜尋方式也類似題型搜尋。

```
ta=($(cat -n tmpch | grep "item\[Type[HME]"
| awk '{print $1}'))
```

圖 9：題型搜尋。

(5) 自動配分

利用同題搜尋方法，找到每題解答總行數，做為配分之基礎。為避免因解答所佔行數差距過大而配分懸殊，腳本中設定行數上下限，做為限制。另外，由於圖形命令佔用行數較多，我們亦將其分開處理，讓整個配分更完善。對於不同困難度的題目，也可以給與不同的權重，來加重某一類型題目之給分。

(6) 考卷與答案卷

對於小考的考卷與答案卷，差別只是改變解答部分的顏色，只要如圖 10 將文稿檔案 \$texf 的第 12 行中自行定義顏色 myproof 從藍色 (rgb=.02,.07,.9)，改成白色 (rgb=1,1,1) 即可。期中期末考的答案卷不同於小考，我們將答案卷輸出後，再將文稿中所有解答全部刪除，並另存成考卷文稿獨立輸出。

```
sed -i "12s/\.02,\.07,\.9/1,1,1/g" $texf
```

圖 10：改變顏色定義。

(7) 頁數控制

完成考卷及答案卷 LaTeX 文稿後，要以指令 latex 進行編譯，才能得到最後排版結果，並可以指令 dvipdf 將 .dvi 檔轉成 pdf 檔。latex 執行時會顯示編譯過程訊息，若成功輸出與設備無關之 .dvi 檔，則會出現如圖 11 之訊息，其為輸出檔名 cal.dvi、檔案共 4 頁 15856 個位元組。我們利用搜尋字串的技巧截取頁數字串，與設定頁數進行比較。若高於設定頁數，則刪減題目，直到符合設定為止。為加速迴圈動作，我們更先預估每頁題數，一次刪減多題，讓頁數快速達到設定要求。

Output written on cal.dvi (4 pages, 15856 bytes).

圖 11：latex 編譯頁數訊息。

4. 系統展示

建立好授課班級參數.conf 檔，備好微積分 LaTeX 題庫.tex 文稿。以.conf 檔做為腳本的第 1 個參數執行腳本，即可依照參數檔內的設定產生微積分考卷及答案卷。例如圖 12 考卷抬頭中班級為 1A、人數 60 人、考試類型 Exam、考試範圍 4.3-4.4、考試日期 December 01 2009、出題老師 De-Yu Wang，第 1 及第 2 題配分分別為 30%及 20%。圖 13 為圖 12 考卷的解答，解答部分以藍色顯示。

若以例行性工作 crontab 指令排定執行腳本的時間，則完全不需下任何指令，每週都會自動產生符合授課班級進度的考卷與答案卷。

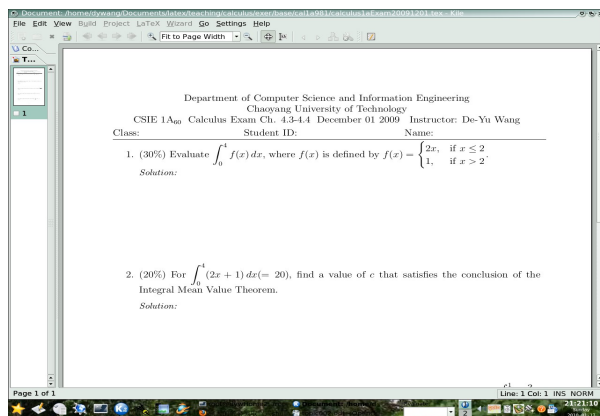


圖 12：微積分考卷。

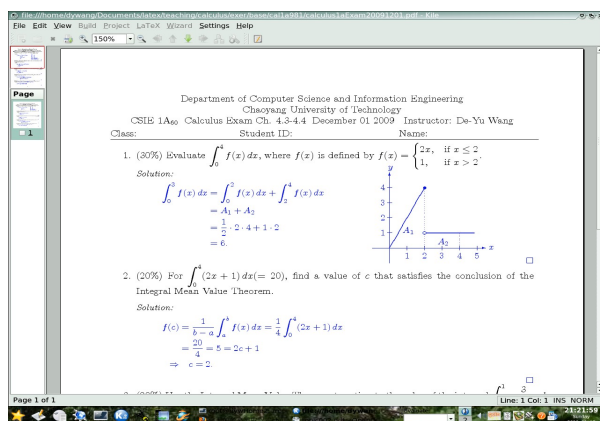


圖 13：微積分答案卷。

5. 結論

全自動微積分出題系統，利用 LaTeX 文稿為 ASCII 碼純文字檔的特性，先建立 LaTeX 題庫文稿，並將各授課班級相關參數分別存檔，再撰寫 Shell 腳本，從授課班級參數檔中讀取出題設定，並依此設定從題庫選取適合的題目，產生考卷及答案卷。最後，並使用 crontab 例行性工作排程，達到全自動出題之目的。

6. 參考文獻

- [1] 李果正(2004)。大家來學 LaTeX。2010-01-16 取自：
<http://edt1023.sayya.org/tex/latex123/latex123.html>
- [2] M. Cooper, *An in-depth exploration of the art of shell scripting*, January 18, 2010 from the
<http://www.tldp.org/LDP/abs/html/>
- [3] 蔡德明(2006)。烏哥的 Linux 私房菜：基礎學習篇。臺北：上奇。
- [4] 吳賢明、林永松、謝宗憲、林均燁、張夏青。
Unix 學習手冊-以 Linux 為例。普林斯頓國際有限公司。