

情報リテラシーのための統合システム構築と運用

－ Microsoft Excel・Word 自動採点システムを含む －

松井 吉光（法学部）・岩田 員典（経営学部）

要旨

情報技術の発展にともない，今日においてはワープロソフトウェアや表計算ソフトウェアを取り扱う技術は必要不可欠である。このような時代背景においてPCの操作に不慣れな学生に，これらの技術を身につけさせるためには繰り返し問題を解きながら理解を深めてもらうのが有効である。しかし，これを実施するには多数の練習問題を用意し，それを採点し，採点結果を学生に提示することが必要である。この方法を受講者数が多い初年次対象の情報リテラシー科目で実施する場合，問題の準備・採点・結果の提示のために教員の負担が大きくなりすぎ実施が困難である。そこで，本論文ではこのような教員の負担を軽減するとともに，受講者の学習効果を上げることを目指したOffice Open XML形式のExcel・Word自動採点統合システムの構築について述べる。さらに受講者の課題の正答率の上昇から本システムの有効性についても言及する。

キーワード：情報教育，e-learning，自動採点

1. はじめに

近年の情報技術の発展にともない，大学や企業においては電子メールの利用をはじめとしてワープロソフトウェア・表計算ソフトウェアなどの技術が当然求められる時代となっている。さらには，これらのソフトウェアを活用できるスキルは情報リテラシーの一部として考えられるようになり，この活用は大学や企業においてできて当たり前という状況にある。したがって，これらを利用できる最低限の技術を身につけることが肝要であ

る。特にワープロソフトでは，単に文字を修飾するだけでなく，レポートなどを作成するための文書の構成ができるようになることが求められる。また，表計算ソフトでは関数を利用したデータの分析や，グラフによるデータの可視化の技術が重要視される。そして，PC(Personal Computer)に不慣れな学生がこれらの技術を身につけるためには，繰り返し類似の問題を解きパターンになれることが必要である。

これを実行するための課題となるのが，どのように問題を用意し，その問題

をどのように採点するかである。特に初年次の学生向けに情報リテラシー科目を設定し、受講者が大多数の場合は問題の採点だけでも教員の大きな負担となる。また、学習効果を高めようと問題数を増やすと受講者の学習意欲を維持するのが困難である。そこで、教員の負担を減らしつつ、学生へ採点結果を伝えるためのタイムラグを減らすため、採点結果や間違いを即座に指摘するExcel・Wordの自動採点プログラムを開発した。さらには、学生の学習意欲を高めるために問題の達成度やランキングを表示する機能も含んだ統合システムとして構築し運用している。本論文ではこの統合システムについて述べ、課題の正答率の上昇から本システムによる学習成果の評価も行う。

2. 背景

本学では2006年度から1年生の情報リテラシーレベルを向上させることを目的として情報リテラシー・入門（前期）、応用（後期）を設定している。この科目を設定したのは、当初文系の学生にはPCの操作に不慣れな学生が多かったためであった。その後PCの普及が進み徐々にその傾向が弱まったかに思われたが、近年はスマートフォンやタブレットの普及によりPCを所持していない学生もまた増えており、10年前よりもPCに慣れていない学生が増えていることから重要

な科目となっている。そのため、本科目は新入生のほぼ全員が受講することで、約1500名の受講者がいるという超大人数科目となっている。前期に開講している情報リテラシー・入門では、受講者は約1500名であり担当教員は10名であるため、平均して約150名の学生を担当していることになる。したがって、学生一人あたりが100題の課題を解くとすると15万題もの解答が提出されることになる。例えば、一問あたりの採点に30秒かかるかかるとすると一人の学生の全解答を採点するのに50分かかかる。したがって、全ての解答の採点には教員一人あたりおおよそ125時間費やすことになる。また、採点の順番が最後になった学生にその結果を提示するまでの時間のずれが大きくなる。それにより、採点結果を示されたときには学生が問題の内容を忘れてしまっている可能性がある。

このような状況に対応するために2006年度の前期においては、本科目は完全な自学自習形態とし、市販教材を用いた課題提出による単位取得という方式を採用した。しかしながら、従来のe-Learningに関する市販教材は、画面の内容を読解する講義型であり、課題試験も知識を択一形式で出題するのみである。そのため、受講者としては、その場で正答すればよいという一過性の学習になり、必要最低限の技術が身につかないという問題が生じた。

そこで、市販教材では情報リテラシーレベルの向上は困難であると判断し、2006年度の後期に対面型演習形式で自学自習のできるe-Learningシステムの独自開発に取り組んだ^[1]。このシステムではMicrosoft Officeを利用して学生が作成した解答を自動採点し、その結果を保存する。これにより、教員の負担を減らしつつ、学生へ採点結果を伝えるためのタイムラグを減らすことができている。

ただし、このシステム開発時にはExcel、WordのファイルはMicrosoft Officeの独自形式であったため、ExcelはHTMLファイルとして保存したものを、WordはWord XMLファイルとして保存したものを採点する採点プログラムを利用していった。また、このシステムは単に成績を保存するシステムであった。その後、Office Open XML^[2, 3]に対応した採点プログラムを含むシステムに改良した^[4]。本論文ではこのシステムを基に、学生の学習意欲を高めるために問題の達成度やランキングを表示する機能も含んだ統合システムについて説明する。

3. 関連システム

本論文で開発したシステムと関連が深いと考えられるMicrosoft Officeの自動採点ソフトはファイル形式がOffice Open XMLになってからは主に以下の2

種類に分類できる。

- VBAを用いてマクロにより採点
- 外部プログラムによりXMLを解析することにより採点

VBAを用いた方式はそのファイルのみで採点ができるという利点がある。一方で、外部プログラムを利用する方法は、解答例から採点基準ファイルを作成するという手段をとることができるためVBA方式よりも問題を多数用意しやすいという利点がある。

大曾根^[5]、中村^[6]や渡邊^[7]は最初のVBAを用いる方法を採用している。一方、石川ら^[8]はVisual Basic.Netを利用した後者の方式となっているが、2006年のためXMLを解析しての採点ではない。我々は多数の問題を用意する必要性もあり、外部プログラムで採点する手法を採用している^[9, 10]。

4. 自動採点統合システム

4.1 システムの構成と基本動作

本システムはExcel、Wordを利用して学生が作成した課題を自動採点し、その結果を保存・管理する統合システムである。その概要は以下の通りである(図1)。

1. ユーザはシステムにブラウザ経由でアクセス
2. システムのインターフェイスを介して表示された課題を適宜ダウンロード

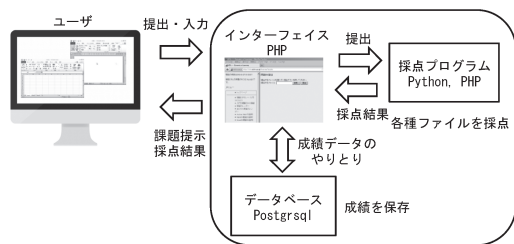


図1 システムの構成

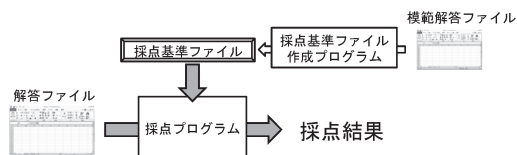


図2 採点基準ファイルと採点

3. ユーザは問題をダウンロードしたPCで解答を作成
4. 解答をシステムにアップロード。システムはアップロードされたファイルを自動採点エンジンによって採点し、その結果をデータベースに保存
5. 採点結果をブラウザに表示

また、本システムはタイピングについても課題を用意しており、タイピングに関してはブラウザに入力する方式になっている^[11]。

4.2 Excel・Word採点プログラム

自動採点プログラムはExcel, Wordで作成されたファイルを採点することができる。採点に際しては、設問ごとに採点基準ファイルを用意することでプログラムを修正することなくさまざまな設問を採点できる。さらに採点基準ファイルは、模範解答ファイルから半自動で作成することができる^[9, 10] (図2)。ここで半自動と記述しているのは、別解などは別

途設定が必要だからである。これらの機能を活かしExcelを124題, Wordを126題を用意することができている。

統合システムとしてこの自動採点プログラムは4.1で説明したように、アップロードされた解答ファイルを採点する。つまり、ユーザが設問ファイルをダウンロードし、そのファイルに解答を入力する。そして、解答ファイルをアップロードすることで採点が行われる。採点結果は即座にユーザにブラウザを通じて提示される。これらの処理のためにインターネットに接続された環境が必要である。

ただし、インターネットに接続する必要があるのは採点や成績の管理を統合システムによって行っているためである。採点プログラムや必要なファイル一式を導入したPCならばスタンドアロンで採点をすることもできる。

4.3 学習効果と意欲の向上のための機能

受講者が自己学習をしやすくするために、PDFや動画による解説を公開する仕

組みを備えている（図3）。これらは全ての設問に対して準備する必要はなく、教員側が説明を追加したい問題に限ることができる。また、公開方法は後述（4.4）の設問IDをファイル名として設定して、所定のディレクトリに配置するだけである。本学では設問の種類ごとに解説や動画を用意している。

受講者の学習意欲を維持するために図4や図5のように課題の達成率やランキングを表示する機能も備えている。達成率については、本学で開講している情報リテラシー・入門、応用の単位取得条

個数、人数 (Count)			
練習問題08	○	解説	解説の動画を別ウィンドウで再生
練習問題09	--		
グラフの作り方 (基本)			
練習問題10	○	解説	解説の動画を別ウィンドウで再生
練習問題11	--		
練習問題12	○		
練習問題13	--		

図3 PDFと動画の公開

	Word	Excel	Typing
練習問題の成績	△(53%)	△(52%)	△(58%)

図4 達成率の確認

練習問題総合順位	Typing練習問題の順位	Word練習問題の順位	Excel練習問題の順位
1306位:達成率55%	1204位:達成率58%	1232位:達成率53%	1284位:達成率52%

練習問題達成率 順位表

- 練習問題総合順位表(Top 500)
- Typing練習問題順位表(Top 500)
- Word練習問題順位表(Top 500)
- Excel練習問題順位表(Top 500)

図5 達成率によるランキング

件の一つになっているため、常に学生が気にしていることもあり簡単に見られるようにしている。一方でランキングは達成率に基づいて全受講者中の順位を表示するようになっている。これにより他の受講者との進捗度合いを比較することができ、学習意欲の維持に効果が期待できる。

4.4 講義担当者向け機能

本システムは、講義で利用することも想定して以下の機能を有する。

1. 設問作成・編集
2. 出題期間管理
3. ログの参照, 成績の参照とダウンロード
4. 出席管理
5. 不正防止

設問作成機能は4.2で説明したように模範解答ファイルを基に半自動で作成が可能である。特にExcelについては別解の設定なども本システム経由で行うことができる^[10]。また、タイピングに関しても解答例となるテキストファイルをアップロードするだけである。

これら設問は「a-x-yy-zz」のように設問IDを付けて管理している。ここで「a」は「T」、「E」、「W」のいずれかとなり、それぞれタイピング、Excel、Wordの課題であることを表している。

「x」は本学では出題するコースを表現

するのに利用しており、「0」ならば入門の練習問題、「1」ならば応用の練習問題となっている。

「yy」は設問番号に関わる値である。ただし、これは管理上の設問番号であり受講者に表示する番号は別途設定が可能である。

また、「zz」は類題番号である。これは、「yy」で指定された設問番号に対して複数の設問を用意した場合に利用する。例えばExcel01という設問があった場合に、受講者AにはE-0-01-00を割り当て、別の受講生BにはE-0-01-01と別の設問(類題)を割り当てることができる。この設定により、ユーザごとに異なる設問を出題することもできる。

この設問IDは出題期間、出席管理、成績にも関わる。その際には「zz」の値は使わずに、「a-x-yy」(例えばE-0-01)を使う。このように管理することで、どの類題を解いたかに関係なく設問番号に対して解答したと管理することが可能になっている。

2の出題期間管理機能は、練習問題の出題期間を講義の実施に合わせてクラスごとに設定することができ、設定された日時になると自動で設問にアクセスできるようになる。以前は講義の実施回に合わせて順番に設問を手動で公開していた。この手動での設定は最も進捗が早いクラスにあわせた公開となっていたため、休講などで進行が遅くなっているク

ラスでは、授業に全く関係ない設問まで公開されているという問題が生じていた。そのため、クラスごとに設問の公開開始日時を設定できるようにした。また、現時点では利用していないが、公開終了日時も指定することができる。

ログと成績は、システムから全員・クラス・ユーザIDなどを指定してそれぞれ確認することができる。また、成績はCSV (Comma Separated Values) ファイルとしてダウンロードすることもできる。

4の出席管理は、「実施期間」、「IPアドレスによる制限」、「アクセスコード」を設定することで、授業に来ている受講者のみアクセスできる設問を用意することができる。これにより、その設問を提出しているかどうかで出席を管理することが可能である。

不正防止機能は、各設問に対する機能と、出席に関わる機能の2つに分けられる。各設問に関する不正防止機能は、他の受講者から解答ファイルをもって提出するというを防ぐために実装している。本学では出題されている練習問題の半分以上を提出することが単位取得条件の一つとなっている。しかし、練習問題の数が多く締め切りに間に合わない場合に、他の受講者からファイルをもって提出するという不正行為が散出していた。そこで、ユーザID・設問IDなどを基に計算したハッシュ値を設問ファイル

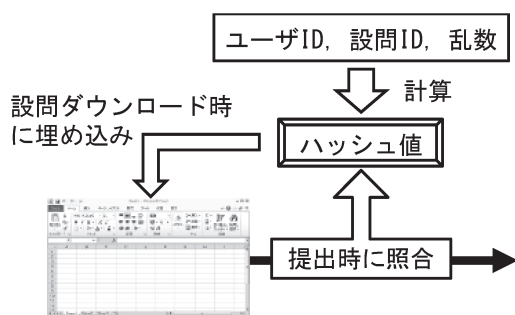


図6 ハッシュ値の埋め込みと照合

中に埋め込み，解答ファイルを提出した際にその値を照合することで他の受講者からファイルを受け取っていないかどうかを判別するようにしている（図6）。

また，情報リテラシー・入門，応用は単位取得条件として原則欠席回数は1回以下と定めている。そのため，授業に来られない受講者が，出席している友人に代理で提出を頼むということがあった。そこで，授業時間中に同じIPアドレスから複数の受講者による出席用の設問提出があった場合に，不正行為が行われた可能性があるとして講義担当者にメールで通知する機能を実装した。これにより，代理出席を検出できるようになっている。

5. 採点プログラムと運用実績の評価

本システムは以下の構成により運用しており，本章の評価もこのシステムでおこなった。

CPU : Intel Xeon E3-1270 v6 3.80GHz

メモリ : 8GB

OS : CentOS Linux 7.9.2009

各種ソフトウェア :

Apache 2.4.6, PostgreSQL 9.6.4

Python 3.6.2, PHP 7.3.3

PhpSpreadsheet 1.6.0

5.1 Excel・Word採点時間

Excelを124題，Wordを126題をそれぞれ10回採点した時間を計測した。時間の計測はコマンドライン上から「date+%s%N」を使用して，採点実行前と実行後の時刻の差により求めている。そのため，前述のApacheとPostgreSQLはこの採点時間計測には関係ない。また，Excelの採点にPHPとPhpSpreadsheetを利用し，Wordの採点にはPythonを利用している。

採点時間の平均値，標準偏差と中央値を表1に示す。なお，計測時はns (10^{-9} 秒)で計測しているが，結果を見やすくするために μ s (10^{-6} 秒)で記載している。

表1 採点プログラムによる採点時間

Excel	平均値	41.41 μ s
	標準偏差	2.163 μ s
	中央値	41.16 μ s
Word	平均値	14.72 μ s
	標準偏差	0.1381 μ s
	中央値	14.71 μ s

これらの結果から分かるように本採点プログラムは充分高速に採点できていることが分かる。

5.2 運用における学習効果の評価

本学の情報リテラシー・入門では第2回の授業でExcel・Wordの実力テスト(事前テスト)を実施している。これは、受講生がExcelやWordを受講前にどの程度活用できるのかを把握するためである。この事前テストは、その学期で教える予定の内容について出題している。したがって、もしも受講者の大半が事前テストで満点を取るようならば実習内容を見直す必要がある。ただし、これまでそのような状況は生じていない。

また、学期の最後には同じ内容で事後テストを行っている。これを行うことで、受講者がExcelとWordに関する知識と技能を概ね身につけることができたかどうかを判定することができる。

なお、2020年度はコロナウィルスのため、これらのテストが実施できなかったため2015年度～2019年度の5年分のデータを用いて分析をおこなった。このデータの受講者データ7548名のうち事前・事後テストの両方を受けた受講者(Excel 6355名、Word 6481名)を対象としている。

受講生の全体の習熟度の伸びを評価するためにHakeによる規格化ゲイン

(Normalized Gain)^[11]を用いる。規格化ゲインは事前テストの正答率の平均値を<%Pre>、事後テストの正答率の平均値を<%Post>とすると以下のように定義される。

$$G := \frac{(<\%Post>-<\%Pre>)}{(100-<\%Pre>)}$$

これは受講者の学力の伸びを示す指標として提案され、広く用いられている。この指標の最大値は<%Post>が100%のときであり、 $G=1$ である。Excelに関しての規格化ゲインを表2に、Wordに関しての規格化ゲインを表3に示す。これらの表の値から、平均点は事前テストと事後テストで上昇し、規格化ゲインも非常に高い値を示している。また、標準偏差が事前テストはいずれも大きな値を示していたのが事後テストでは大幅に小さくなっている。これは、事前テストでは全くもしくはほとんど解けなかった受講者が、事後テストでは完答できていることを示している。

授業ではExcelやWordについて講義を行っているため、この結果がすべて本システムによる成果とはいえない。しかし、本システムがなければ、いずれの年度においても1500名超の受講者に対して多数の設問を提供することは難しく、習熟度がここまで高まらなかった可能性がある。その面から見ても本システムは評価できる。

表2 Excelの規格化ゲイン

	事前テスト	事後テスト	G
平均値	65.90	98.62	0.9597
標準偏差	41.20	9.351	
中央値	90.48	100	

表3 Wordの規格化ゲイン

	事前テスト	事後テスト	G
平均値	6964	97.33	0.9122
標準偏差	28.76	28.76	
中央値	73.68	100	

6. まとめと今後の課題

本論文では教員の負担を軽減するとともに、受講者の学習効果を上げることを目指した自動採点統合システムの構築について述べた。本システムの評価として、ExcelとWordの採点にかかる時間を計測し、教員が採点するよりも非常に高速に採点できることを示した。さらに受講者の正答率の上昇を規格化ゲインにより評価した。それにより、本システムが受講生の習熟度向上に貢献していることを示し、その有効性について考察した。

今後の課題としては、開発環境と運用環境の統一と配布の仕組みの確立がある。これまでも、ライブラリなどのアップデートのタイミングにより、開発環境と運用環境で利用しているバージョンが異なるという問題が生じることが

あった。また、本学だけでの利用から学外機関にも利用してもらうためには配付方法の確立も重要である。これらの問題を解決するためにDocker上で動作するようにシステム全体を変更し、GitLabにより公開する予定である。

謝辞

本研究の一部は、愛知大学名古屋一般教育研究室事業「HITs用学習コンテンツの作成および研究」によるものである。

注

本論文で使用しているIntel Xeonは、アメリカ合衆国及びその他の国におけるIntel Corporation又はその子会社の登録商標または商標である。Microsoft, Microsoft Office, Word, Excel は、Microsoft Corporationのアメリカ合衆国及びその他の国における登録商標または商標である。CentOSは、CentOS ltd.の登録商標または商標である。

参考文献

- [1] 岩田員典, 功力由紀子, 齋藤毅, 谷口 正明, 長谷部勝也, 松井吉光, 古川邦之, 「Excel, Word 自動採点システムHITsの構築と運用」, 愛知大学 情報メディアセンター紀要「COM」, Vol.20, No.1, 第35号, 2010/3, pp.11-23
- [2] 「Office (2007) Open XML ファイル形

- 式の概要」, 2015/6,
[https://docs.microsoft.com/ja-jp/previous-versions/office-development/aa338205\(v=office.12\)?redirectedfrom=MSDN](https://docs.microsoft.com/ja-jp/previous-versions/office-development/aa338205(v=office.12)?redirectedfrom=MSDN), 2021/2/26 参照
- [3] “Standard ECMA-376 Office Open XML File Formats”, 2016/12,
<https://www.ecma-international.org/publications-and-standards/standards/ecma-376/>, 2021/2/26 参照
- [4] 岩田員典, 松井吉光, 長谷部勝也, 谷口正明, 池森均, 梅垣敦紀, 齋藤毅, 澤田貴行, 土橋喜, 中尾浩, 西本寛, 古川邦之, 毛利元昭, 「情報リテラシーのための Word, Excel 自動採点システムの構築と運用」, 平成 25 年度教育改革 ICT 戦略大会, 2013/9, pp.294-295
http://www.juce.jp/archives/taikai_2013/d-14.pdf
- [5] 大曾根匡, 関根純, 丹保歩子, 「Excel 用標準テストのための自動採点プログラムの開発とその実施結果の報告」, 専修大学情報科学研究, Vol.35, 2015/3, pp.19-41,
https://senshu-u.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=7846&file_id=32&file_no=1
- [6] 中村邦彦, 「Microsoft Office 課題の自動採点プログラム」, 香川大学経済学部研究年報, 51, 2012/3, pp.1-43,
http://shark.lib.kagawa-u.ac.jp/kuir/file/27706/20150809142518/AN00076010_51_1_43.pdf
- [7] 渡邊光太, 「Microsoft excel による試験採点システムの作成」, 城西情報科学研究, Vol.21, No.1, 2011/3, pp.37-46,
https://libir.josai.ac.jp/il/user_contents/02/G0000284repository/pdf/JOS-InfoBull-2105.pdf
- [8] 石川千温, 中村永友, 渡邊慎哉, 小池英勝, 「学習者の自学自習を支援するエクセル用自己採点ツールの開発」, 2006PC カンファレンス, 2006/8, pp.321-322,
<https://gakkai.univcoop.or.jp/pcc2006/papers/pdf/185.pdf>
- [9] 長谷部勝也, 松井吉光, 谷口正明, 「HITs における Word 文書の採点プログラム 2019 年度版の開発」, 愛知大学 一般教育論集, 第 56 号, 2019/3, pp.31-39
- [10] 岩田員典, 「Office Open XML 形式の Excel ファイル自動採点システム」, 愛知大学情報メディアセンター紀要「COM」, Vol.29, No.1, 第 44 号, 2019/3, pp.1-15
- [11] 松井吉光, 「HITs における Typing 練習用採点プログラムの改良」, 愛知大学情報メディアセンター紀要「COM」, Vol.30, No.1, 第 45 号, 2020/3, pp.15-22
- [12] Richard R. “Hake”, American Journal of Physics, Vol.66, Issue 1, 1998, pp.64-74