

2021年度 学術交流支援資金 研究成果報告書

2-1 外国語電子教材作成支援「基礎分子生物学3・4」

研究代表者 環境情報学部 内藤泰宏

教材作成の背景

科目の位置づけ

基盤科目「基礎分子生物学1～4」（各1単位）は、現代の分子レベルの生命科学の基本中の基本となる基礎知識を学ぶ科目である。現時点での分子レベルの生命科学は、少数の原理や理論への収斂はほとんど成し遂げられておらず、実際に対象を観察・計測してみなければ分からない個別具体的な事実の記述が、その知識体系の多くを占めている。加えて、分子レベルの生命現象は人間の五感では知覚しえず、日常生活の中で関連する知識を発見・体験し身につける機会もほとんどない。この領域で駆使する知見のほぼすべては、実験室にのみ存在する測定機器を通してしか知り得ないものであり、実験室での実験・研究を行う立場にない者は、教科書や学術論文、解説書や記事を通してそれらの知識に触れ、理解を積み重ねる他ない。

そのため、現代の分子レベルの生命科学の最前線をフォローするには、まず、膨大な記述的知識を学び修めるしかない。最低限の基礎知識を身につけていなければ、最先端で展開されている活動を把握することはおろか、検索することも、検索結果として示される情報を理解することもできない。

一方で、分子レベルの生命科学の知識の多くは、研究の結果得られた知識を整理して羅列した枚挙型の体系としてまとめられており、数学や物理学の諸理論のように「難解で、理解するために適切な指導が必要」ということはなく、情報量が膨大ではあるものの、ひとつひとつの知見の内容は単純明快であり、独習に向いている。

従来の開講形態

こうした背景を踏まえて、総環では、1990年代後半から、履修者が教科書を自修し、授業担当者がこれをサポートし達成度を評価する自修型の授業を設置・開講してきた。教科書には大学での初学者向けとして世界的な定番となっている *Essential Cell Biology*（邦訳「Essential 細胞生物学」）を一貫して採用してきた。内容の多くが記述的知識であるため、教科書の構成は百科事典に近い。この教科書は、生命科学を専攻する大学生、大学院生向けとして最も読まれている教科書 *Molecular Biology of the Cell* のダイジェスト版であり、現代の分子レベルの生命科学の基礎を圧縮した要約なので、その中のさらに要点だけを学ぶだけでは不十分であり、教科書まるごと丸暗記に近い学修が求められる。

現行カリキュラムで開講している「基礎分子生物学1～4」は、それぞれ1単位のクォーター科目として開講しており、4科目計4単位で教科書の内容を学修することを目的としている。成績評価の方法として、科目設置の意図を反映するため、ざっくりと全体をまとめたり、局所的に深く学んでまとめたレポートではなく、教科書の隅々から満遍なく1科目あたり60問の多選択肢問題（MCQ）による最終試験を採用している。各科目の試験範囲から、おおむね3～4ページに1題の頻度で満遍なく出題し、持ち込みは禁止としてきた。

「基礎分子生物学1～4」は生命科学領域のもっとも基礎的な科目であるため、日本語での開講を毎年維持することは必須である。GIGA科目としての開講の希望も従来からあったが、非常勤講師の増員が認められず、担当可能な専任教員が事実上、黒田先生と内藤の2人しかいない状況で、GIGA科目を開講するのは困難であるため、最終試験や配布資料などを英語化することで、英語で学びたい学生の希望に（十全とはいえないまでも）対応してきた。

2020年度秋学期にSOLを用いたオンライン試験で成績表を行った

2020年度はCOVID-19の影響でキャンパスでの定期試験が実施できなくなり、秋学期に開講した「基礎分子生物学3・4」の最終試験は、定期試験期間中に、当時運用を開始したばかりのSOLを用いてオンラインで実施した。

オンラインでは持ち込み禁止を徹底することは不可能なので、持ち込みやネットを用いた調査、他者との相談など一切の制約を設けず、SOLのクイズ機能を利用した最終試験を実施した。調査・検索・相談の時間を十分に与えないために、短時間に多数の問題に解答させた。具体的には、1科目の試験範囲となる教科書5章分を1章ずつにわけ、各章30題の多選択肢問題を制限時間8分で解かせ、1科目あたり150題の問題を計40分で解答させる最終試験を実施した。結果として得点の分布は例年並みに分散し、成績評価に支障は生じなかった。

2020年度秋学期の「基礎分子生物学3・4」の成績は、このオンライン試験の結果のみに基づいて評価した。

2021年度は、オンデマンド科目として日本語科目、GIGA科目の同時開講を試みた

教科書の独習を主体とする授業であり、教科書は英語と日本語でそれぞれ容易に入手可能であるため、「基礎分子生物学3・4」は技術的には、日本語開講科目とGIGA科目（英語開講科目）を同時並行して開講することが可能である。しかし、慶應義塾大学の授業担当者は、同一曜日時限に2つ以上の授業を担当することはできないため、同一教員が同じ曜日時限に同一科目の日本語開講科目と英語開講科目を担当することはできない。

ところが、オンライン科目の恒常化により、授業科目をオンデマンド科目にすることによって開講曜日時限の設定をなくし、同一内容の日本語科目とGIGA科目を無理なく一体的に開講できる可能性が拓かれた。

そこで、2020年度中にカリキュラム委員会に申請し、2021年度開講科目「基礎分子生物学3・4」をオンデマンド科目とした上で、一体的に開講することについて承認を受けた。その際、担当コマ数としては2科目併せて1コマとカウントすることになっている。

本資金による電子教材開発では、上記の経緯で開講することが内定していた、日本語科目、GIGA科目の「基礎分子生物学3・4」を一体的に開講するための教材を作成した。

作成した教材

教材はSOL上に集約した

SOLは、世界的に広く利用されている代表的なLMSのひとつCanvas LMS（以下Canvas）をカスタマイズしたものである。慶應義塾大学の他学部でもCanvasを導入しており、慶應ID（keio.jp）認証を用いているのに対し、SOLではCNSアカウント認証を用いるなどの相違点があるが、現時点のSOLの教材提供に関わる主な機能はCanvasとほぼ同じ仕様に留まっている。作成した教材は、SOL上に集約した。また、同一教員が担当する同一授業を、同一学期に平行して開講することになるため、日本語科目とGIGA科目は、使用言語以外の差違が最小限になるように教材（学生に提供するSOL上のコンテンツのすべて）を用意するように心がけた。

SOL上では「基礎分子生物学3」「基礎分子生物学4」のそれぞれに、GIGA科目、日本語科目が設定されて、独立したコンテンツを用意することになる（図1）。

なお、教科書*Essential Cell Biology*の出版社が提供する教員向け資料の中にはCanvasのパッケージも含まれるが「とりあえずCanvasで動くように変換した」程度のクオリティで、Canvasの特長を活かして快適に学べるものではないため、一部内容を利用しつつ、すべて独立に作成した。



図1 SOL のダッシュボード (担当教員) 同一科目の GIGA 科目、日本語科目が並んでいる。

科目あたりのコンテンツ







1 科目の SOL のモジュールを図 2 に示す。

1 科目は教科書 5 章を範囲とする。各科目のモジュールは、ガイダンス (Guidance)、成績 (Grade)、最終試験 (Final Exam) および各章の教材からなる。

▼ Guidance	
📄	Goal
📄	How to Engage
📄	Schedule of Exams
📄	Grading
▼ Grade	
📄	Tentative grades 4 pts
📄	Tentative grades based on Chapter Quiz results 4 pts
▼ Final Exam	
🚩	Final Exam 11 30 pts
🚩	Final Exam 12 30 pts
🚩	Final Exam 13 30 pts
🚩	Final Exam 14 30 pts
🚩	Final Exam 15 30 pts

図2 1 科目のモジュール構成 例として、基礎分子生物学 3 (GIGA) のモジュール構成を示す。

▼ Ch.11 MEMBRANE STRUCTURE	
	Learning Objectives 11
	Reading Quiz 11 20 pts
	Mock Exam 11 20 pts
	Chapter Quiz 11 30 pts
	Videos 11
	(Testing) Quizlet Flashcards 11

▼ Ch.12 TRANSPORT ACROSS CELL MEMBRANES	
	Learning Objectives 12
	Reading Quiz 12 20 pts
	Mock Exam 12 20 pts
	Chapter Quiz 12 30 pts
	Videos 12
	(Testing) Quizlet Flashcards 12






▼ Ch.13 HOW CELLS OBTAIN ENERGY FROM FOOD	
	Learning Objectives 13
	Reading Quiz 13 20 pts
	Mock Exam 13 25 pts
	Chapter Quiz 13 30 pts
	Videos 13
	(Testing) Quizlet Flashcards 13

図2 1科目のモジュール構成（前ページからのつづき）

▼ Ch.14 ENERGY GENERATION IN MITOCHONDRIA AND CHLOROPLASTS
📄 Learning Objectives 14
🚩 Reading Quiz 14 22 pts
🚩 Mock Exam 14 23 pts
🚩 Chapter Quiz 14 30 pts
📄 Videos 14
📄 (Testing) Quizlet Flashcards 14

▼ Ch.15 INTRACELLULAR COMPARTMENTS AND PROTEIN TRANSPORT
📄 Learning Objectives 15
🚩 Reading Quiz 15 20 pts
🚩 Mock Exam 15 25 pts
🚩 Chapter Quiz 15 30 pts
📄 Videos 15
📄 (Testing) Quizlet Flashcards 15

図2 1科目のモジュール構成（前ページからのつづき）

各章の教材は、学修目標（Learning Objectives）、3種類のクイズ、動画、フラッシュカード（今年度は試用）から成る。

動画は講義ではなく、教科書の理解を補助するための教材である。毎回90分の講義を視聴する形式は取らず、教科書を独習して不明の点があれば、SOLのDiscussionを利用して随時質疑応答する形式を採った。

クイズ

本資金によって開発した教材の中核を為すのはクイズである。Canvasのクイズ（Quiz）は、1つ以上の問題（Question）で構成される。問題には、多選択肢問題、真偽問題といった選択肢問題から、数値で答える問題（正解に幅を持たせることも可能）、記述問題（教員の採点が必要）まで、さまざまなタイプがある。また、問題バンク（Question Bank）が用意されており、問題バンクに問題をプールしておくことにより、容易に問題の再利用が可能である。

問題バンクからクイズに問題を出題する際には、例えば、問題バンク中の指定した10問から、ランダムに4問を出題する、といった指定もできる。ランダムに出題する場合は、履修者ごとに異なる問題が出題される。また、履修者がクイズに取り組む際に、出題順序をそれぞれランダムにすることもできる。こうした機能を組み合わせることで、同時にオンライン試験を受験しても、異なる問題セットが異なる順序で出題されることになり、不正行為を難しくすることができる。

A

Reading Quiz 11

Due No due date Points 20 Questions 20 Time Limit None
Allowed Attempts Unlimited

Instructions

This is a question bank on the contents of Chapter 11 of the textbook. Use it to check your understanding.

Number of questions: 20

Time limit: None

- Correct answers will be displayed after you finish the test.
- You can repeat the test as many times as you like.
- Each time you take the test, the same questions will be presented. (The order of questions and choices will be shuffled.)

Take the Quiz

◀ Previous

Next ▶

B

Reading Quiz 11

Started: Feb 27 at 4:37pm

Quiz Instructions

This is a question bank on the contents of Chapter 11 of the textbook. Use it to check your understanding.

Number of questions: 20

Time limit: None

- Correct answers will be displayed after you finish the test.
- You can repeat the test as many times as you like.
- Each time you take the test, the same questions will be presented. (The order of questions and choices will be shuffled.)

□

Question 1

1 pts

If the backbone of a polypeptide is hydrophilic, how can a transmembrane alpha helix span the hydrophobic portion of the lipid bilayer?

- because amino acid side chains in a transmembrane helix are hydrophobic and interact with the hydrophobic interior of the bilayer
- because the membrane bends in such a way that the polar heads of the lipids contact the transmembrane helix
- because the hydrophilic backbone makes a hole in the membrane
- because many transmembrane alpha helices must come together in a way that neutralizes the hydrophilic backbone

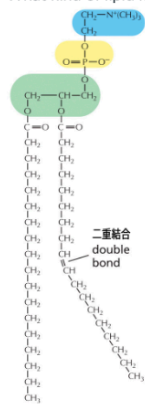
図4 クイズ クイズ画面 (第11章の Reading Quiz)。A クイズの説明。「Take the Quiz」をクリックすると開始され、B に遷移する。 B クイズの内容。Reading Quiz は全問が1画面に表示される設定になっている。ここでは20問中9問を掲載する。



Question 2

1 pts

What kind of lipid molecule is represented in this figure?



[Click to view larger image.](#)

- phospholipid
- glycolipid
- cholesterol
- triacylglycerol



Question 3

1 pts

Proteins that are associated with the membrane by noncovalent interactions with other membrane proteins are called _____ proteins.

- integral membrane
- peripheral membrane
- monolayer-associated
- lipid-linked



Question 4

1 pts

Detergent molecules are _____ in nature and bind with membrane proteins and membrane lipids to disrupt their interactions and release the proteins from the membrane.

- amphipathic
- hydrophobic
- hydrophilic
- polar

図4 クイズ (前ページからのつづき)

Question 5 1 pts

A less permeable membrane is likely to have _____

more cholesterol.

less cholesterol.

many unsaturated fatty acids.

shorter fatty acid tails.

Question 6 1 pts

_____ are the most abundant molecules in the animal cell membrane, whereas _____ make up 50% of the membrane by mass.

Lipids, proteins

Proteins, lipids

Lipids, carbohydrates

Carbohydrates, lipids

Question 7 1 pts

Which of the following is NOT a way that cells restrict the lateral movement of membrane proteins?

anchoring to internal cell components like actin or other proteins

tethering to external cell components like the extracellular matrix or adjacent cells

establishing diffusion barriers in the membrane

reducing the temperature of the membrane

Question 8 1 pts

Where are new phospholipids made?

endoplasmic reticulum

Golgi apparatus

mitochondria

nucleus

Question 9 1 pts

Plasma membrane proteins that move ions in and out of cells using active transport are called

transporters.

channels.

anchors.

receptors.

図4 クイズ (前ページからのつづき)

動画

教科書の出版元が教員向け資材のひとつとして提供している動画（英語）を、慶應IDで認証可能な慶應義塾の Google ドライブ上に配置して、SOL のモジュールからリンクを貼って履修者に提供した。動画は1本あたり2～5分程度で、「基礎分子生物学3・4」併せて193本掲載した。2言語で提供するために、193本すべての動画に Google ドライブの字幕付加機能を用いて日本語字幕を追加した。日本語字幕作成には、YouTube Studio などのウェブサービスを利用した。

フラッシュカード

教科書巻末に掲載されている用語集の項目を、教科書の章別に分け、すべて文字起こしした上で Quizlet でフラッシュカードを作成した (<https://quizlet.com/YasuhiroNaito>)。作成したフラッシュカードは SOL に埋め込んで一体的に利用できるようにした。本年度は試験運用とし、GIGA 科目では「基礎分子生物学3・4」の範囲である教科書第11～20章すべてを、日本語科目では「基礎分子生物学3」の範囲である教科書第11～15章を提供した。

(Testing) Quizlet Flashcards 11



図5 フラッシュカード Quizlet 上に作成したフラッシュカードを SOL に埋め込んでいる。

Canvas LMS API を利用した授業運営の自動化

Canvas の開発元の Instructure 社より REST API (Canvas LMS API) が提供されている (<https://canvas.instructure.com/doc/api/>)。また、セントラルフロリダ大学が、プログラミング言語 Python から Canvas LMS API を利用するためのライブラリ `canvasapi` を開発し、MIT ライセンスで公開している (<https://github.com/ucfopen/canvasapi>)。

これらを用いて、授業運営のうち、ルーチンワークに当たる工程の自動化を図った。

現時点で、Canvas LMS API は、問題バンクを操作するしくみを備えていない。そのため、問題バンクの操作を含めた手順を自動化するには、`selenium`, `BeautifulSoup` などを用いる必要がある。

再利用可能なスクリプトとして、今年度は以下を作成した。これらは、GitHub 上の [naito/sol](https://github.com/naito/sol) にプライベートリポジトリとしてアップロードされているが、現時点では公開に適さない情報がハードコーディングされている。これらが整理出来次第、スクリプト名なども整理した上で公開する予定である。

announce_ch_qz_result.py

Chapter Quiz の結果をアナウンスする。複数のクイズ（例：日本語科目とGIGA科目の同じ試験）の合計した統計情報を算出し、アナウンスする。

copy_questions_to_bank.py

クイズの問題を問題バンクにコピーする。（Canvas LMS API の機能だけでは実現できないので、selenium, BeautifulSoup を使用している）

dump_QuizQuestions.py

1つのクイズに含まれるすべての問題の内容をCSVファイルに書き出す。Canvas のクイズやディスカッションなどのコンテンツは、すべて HTML 形式でデータベースに格納されているため、HTML 形式で書き出ししておくことにより、将来、別の MLS などへの移植が容易になると考えられる。また、書きだした CSV を（編集して）update_a_quiz.py に読み込ませることで、問題を更新することもできる。

dump_quizzes.py

1つまたは複数のクイズの設定をCSVファイルに書き出す。

duplicate_quizzes.py

同じコース内で1つまたは複数のクイズを複製する。

set_ch_qz_announcements.py

Chapter Quiz 終了当日に自動配信するアナウンスを登録する。引数にコースIDを指定すれば、その時点でロック日時（試験終了日時）が設定されているすべての Chapter Quiz に対する定型文アナウンスが登録される。

update_a_quiz.py

SOL 上の既存のクイズを構成する問題を、引数で与えた CSV ファイルの内容で更新する。CSV ファイルには、dump_QuizQuestions.py で書き出したファイルを利用できる。

update_quizzes_setting.py

SOL 上の既存のクイズの設定を、引数で与えた CSV ファイルの内容で更新する。

sol.py

これらのスクリプトで頻用する手順を集約したモジュール。

成績評価

GIGA科目、日本語科目を、言語のみが異なるまったく同一の試験問題セットで実施することにより、成績評価を一体的に行うことができる。教科書も2言語それぞれで手に入り、SOLを通して提供する教材もほぼ同一内容になっており、SABCDの5段階評価程度の粒度であれば、十分に公平性が担保できていると考えられる。

英語を母語とする学生数が日本語を母語とする学生に比べ少ないことから、GIGA科目は、日本語科目に比べ、履修者数が少なくなる傾向にある。GIGA科目と日本語科目をほぼ同じ内容で同時開講してひとつの履修者集団として成績評価を行うことにより、履修者数の少ないGIGA科目についても、到達度の評価が行いやすくなる。

また、履修者に対しても、2言語を併せた履修者集団の学修状況をアナウンスすることができるため、特に、履修者数の少ないGIGA科目の履修者にとっては、自身の達成度を集団の中で相対的に位置づける上で役立つ。

まとめと展望

本資金を活用して、「基礎分子生物学3・4」のオンデマンド科目を、GIGA科目、日本語科目を同時開講し、不要な手間を省きつつ一体的に運営するしくみを構築した。今後も更新を要する点はさまざまあるが、2021年度秋学期に開講した「基礎分子生物学3・4」の2言語あわせて4科目で実際に使用し、成績評価もこれに基づいて行い、実用に耐えることを確認した。

今年度までに、「基礎分子生物学3」「基礎分子生物学4」それぞれ400問を超える問題を問題バンクにプールした。年々問題を追加していくことで、教材の質をより高めていくことができると期待できる。

2022年度春学期に開講する「基礎分子生物学1・2」のGIGA科目でも、同じ方法を用いて教材を開発し、授業を実施する予定である（日本語科目は黒田先生の担当で対面授業として開講予定）。

「基礎分子生物学1～4」は、総環で分子レベルの生命科学を学修する全学生に、この分野の基礎知識を身につけるため従来から強く履修を奨めてきた授業科目だが、クラス別の必修科目（言語コミュニケーション科目、情報技術基礎科目、体育1）との重複などにより、入学直後に履修できない学生が生じるのを避けられなかった。オンデマンド科目とすることにより、時間割上の重複は発生しなくなるため、希望する全員が履修可能となる。曜日時限の指定がないオンデマンド科目なので日英（その他の言語も含め）の多言語で同時並行に開講し、運営することができる。これは、GIGAサーティフィケート取得をめざす学生にとって有益であることはもちろん、ある授業科目が、GIGA開講することにより、日本語開講されない年度が発生し、日本語での履修を希望する学生の履修機会が限定されてしまう潜在的な不利益への対応としても有益である。

現在、オンデマンド科目を含むオンライン科目で取得した単位を卒業単位として用いる上限は60単位だが、文部科学省は2023年度に大学設置基準を改正してオンライン科目の活用拡大を図る検討を始めている¹。こうした背景を踏まえて、今回試みた、オンデマンド科目による初学者向けの授業科目の多言語同時開講という枠組みを、他の学術領域でも有効活用できる可能性は充分あるだろう。

AI技術を活用した自動翻訳、音声データの文字起こし等の精度は大幅に向上し、サービスの価格も低廉化が進んでいる。こうした技術と、Canvas LMSなどのすでに大規模なユーザコミュニティが存在する教育テクノロジーを活用することにより、低コストで多言語開講科目を開発、運営できる環境が年々向上している。

研究会中心のProject Based Learnigを教育プログラムの中心に据えるSFCだからこそ、初学者が学ぶべき基礎知識の修得を効率的にサポートするしくみを整備する必要がある。授業科目ごとにその性格を精査し、自動化に適した科目については積極的に自動化を進め、逆に人的資源を傾けた対面コミュニケーションが重要となる科目に、担当教員・スタッフのリソースを集中するといった方策を積み重ねることにより、総合的にカリキュラム運営の教育効果を高めることができると考える。

¹ 教育再生実行会議提言 [ポストコロナ期における新たな学びの在り方について（第十二次提言）](#)（令和3年6月3日）p.21に検討項目として挙げられた「国は、遠隔・オンライン教育の単位数上限(60単位)算定の考え方の明確化を図り、周知する。また、国や大学等は、遠隔・オンライン教育がどのような属性の学生に対してどのような効果があるのか、どのような授業に適しているのか、面接授業との効果的な組み合わせの在り方はどのようなものかなどについて、学修者のニーズや質保証の観点も踏まえながら検証・評価を行い、遠隔・オンライン教育の単位修得の柔軟化を速やかに検討する。」について、中央教育審議会大学分科会質保証システム部会作業チーム会合（第3回）（令和4年2月3日）において、遠隔授業の単位数の上限を緩和する方向で検討することを大筋で合意した（会合の[参考資料](#)）。