

学生実験で便利で有用なフリーソフト (Ver. 1.2.3)

次に紹介するフリーソフトは PC にインストールしておく便利なものや、学習やレポート作成に便利なものの一部である。全てをインストールする必要はない。なお、URL に関しては変更されていることもあるので、そのような場合は検索すること。ImageJ に関しては、学生実験で使用するために詳しくインストール法について説明しているが、その他のソフトに関してはインストールするに当たり、各ソフトの説明をよく読んでから各自の責任で行うこと。また、『統合 TV』(<http://togotv.dbcls.jp/ja/>)は、生命科学分野の有用なデータベースやツールの使い方を動画で紹介するウェブサイトであり、生命科学分野のソフトのインストールや使用に際してそのソフト名を検索して閲覧することを推奨する。

目次

- 1 Java に関する注意
- 2 画像解析ソフト
 - 2.1 画像解析ソフト ImageJ のインストールについて
 - 2.2 画像編集・作製フリーソフト
- 3 化学構造式描画フリーソフト
- 4 三次元の分子構造をグラフィカルに作成・表示できるフリーソフト
- 5 実験器具イラスト
- 6 NMR 解析フリーソフト
- 7 遺伝子解析フリーソフト
- 8 統計解析

1 Java に関する注意

下記の ImageJ を初めとするいくつかのソフトウェアは Oracle 社開発の Java 仮想マシン上で動作している。その為、Java を PC にインストールする必要がある。Java は、<https://www.java.com/ja/> よりダウンロードできる。しかし、2019 年より Oracle Java SE 8 211/212 以降は特定目的を除いて有償になった。なお、学生の場合、個人で購入した PC に Java をインストールする場合は、一般の個人ユーザーとしての利用になるため有償化は当てはまらない(参照:https://www.kyokyo-u.ac.jp/c_ipc/openjdk.html)。一方、有償化該当者は、以下のフリーソフトのうち ImageJ 等は Java SE 8 211/212 以前のものが専用に組み込まれているので、Java がバンドルされているソフトを選択してダウンロードすること。

2 画像解析ソフト

2.1 画像解析ソフト ImageJ のインストールについて

ImageJ はアメリカの NIH が配布しているフリーの画像解析ソフトで、生命科学分野において広く用いられている事実上の画像解析の標準ソフトである。写真などのビットマップ画像を編集・加工・解析できる。様々な plugin や macro による機能拡張も容易である。このソフトは Java 仮想マシン上で動作するため、様々な OS 上で動作可能である。そこで、ImageJ を各自の PC にインストールするに当たり、Java が PC にインストールされているかどうかをあらかじめ調べ、それに応じて Java がバンドルされている、もしくはされていないバージョンを選択する必要がある。ImageJ の web site を見て、適切なものをダウンロードし、インストールすること。な

お、ImageJ の代わりに ImageJ に様々な plug-in や macro を加えるとともに、新しい機能を付け加えた Fiji をインストールしても構わない。ただし、Fiji には多数の plug-in や macro が含まれるために、ソフトを立ち上げるのに必要な時間が ImageJ に比べてかかる。

共通実験 II の光合成色素の分離実験において、ImageJ を用いた画像解析の基礎を学ぶことを目的として ImageJ を TLC 解析に用いる。そのため、**光合成色素の分離実験には各自のノート PC に必ず ImageJ をインストールして持参するとともにデジタルカメラかカメラ付き携帯電話(スマートフォン含む)も持参すること**。更に学生実験が始まる前にソフトの起動確認を各自しておくこと。

なお、ImageJ を PC にインストールしなくても、PC やスマートフォンの web browser 上で ImageJ を使えるが、PC にインストールすることを推奨する。

DNA やタンパク質のゲル電気泳動解析や western blot 解析やプレート上のコロニー数の計測や細胞数の計測や顕微鏡画像解析や蛍光タンパク質の細胞内局在性解析などの今後の学生実験の様々なものに応用可能なため、多数の解説 HP が存在するのでどのような操作をすれば良いのかを各自で調べ、これらの画像解析ソフトを利用して今後のレポートに反映させることが望ましい。

ImageJ のインストールにはいくつかの仕様があるので、ソフトをダウンロードしても以下の説明を良く読んでからインストールすること。

・ダウンロード元

ImageJ <https://imagej.nih.gov/ij/download.html>

Fiji <https://imagej.net/Fiji/Downloads>

(下記の説明は ImageJ の web site に基づいている。Fiji の web site では、アイコンからソフトを選択する形式になっているが、以下の選択するソフトや行う操作は同じである。)

1・初めにノート PC に Oracle 社の Java がインストール済みかどうか、確認すること。Java のインストールの有無によってダウンロードするソフトが異なってくるが、分からない場合には Java がバンドルされているソフトをダウンロードしても良い。

2・ソフトは ZIP ファイルとして圧縮されている。圧縮されたままでも使用可能な場合もあるが、展開してから使用の方がソフトの起動が速いので展開した方が良い。展開後には元の ZIP ファイルを廃棄してよい。OS に初めから展開機能がある場合が多いが、ない場合には OS が Windows であれば 7-Zip (<https://sevenzip.osdn.jp/>) をインストールしておく。MacOS で圧縮された添付ファイルなどを展開する場合にも日本語のファイル名が文字化けしないので Windows OS 付属のソフトより便利である。

3・ダウンロードされるソフトはインストーラーではない。展開されたフォルダを置く場所には制限があるので以下の説明やダウンロード元の説明を良く読むこと。

Platform Independent (PC の OS に関わらず、Java がインストール済みや既存の ImageJ を最新版にする場合)

To install ImageJ on a computer with Java pre-installed, or to upgrade to the latest full distribution (including macros, plugins and LUTs), download the **ZIP archive** (6MB) and extract the ImageJ directory. Use the *Help>Update ImageJ* command to upgrade to newer versions.

Java が PC にインストール済みの場合は Java がバンドルされていないもの (**ZIP archive**) をダウンロードすると後の管理が便利である。最近の OS では ZIP ファイルのまま使用できるが、ZIP ファイルを展開してから起動の方が望ましい。ImageJ を最新版に更新する際には、ImageJ を起動後に上記の下線部の操作を必ず行うこと。Fiji の場合は、二つの更新操作があり、上記の ImageJ の更新操作 *Help>Update ImageJ* に加えて Fiji に組み込まれている plug-in 等の更新のため *Help>Update...* を行うこと。

以下は、OS 毎の説明である。(<https://imagej.nih.gov/ij/download.html> の説明)

Mac OS X (Java がインストールされていない場合は **bundled with Java 1.8.0_XXX** か、M1 Mac であれば **bundled with Zulu OpenJDK 13.X.X** をダウンロードする)

Download ImageJ bundled with Java 1.8.0_XXX (may need to work around Path Randomization). Instructions.
With M1 (ARM) Macs, download ImageJ bundled with Zulu OpenJDK 13.X.X.

Instructions を良く読み、指示に従うこと。展開後のフォルダ中の Installation Notes.html は同じ内容である。リンク先の“[ImageJ マニュアル：Mac OS X へのインストール](#)”に記載されている“Download ページから ImageJ for Mac OS X をダウンロードする。ダウンロードした ZIP ファイル (Image1.xx.zip) は、"ImageJ" フォルダに自動展開される。このフォルダを "アプリケーション" フォルダにコピーして開き、ImageJ64.app を Dock にコピーする。”という指示に従い、更に OS のバージョンごとの指示にも従うこと。

なお、インストールしようとした時に「**開発元を確認できないため、開けません。**」と表示された場合については以下の操作をすること。

- ・一時的にアプリケーションを使用する場合

「システム環境設定」を開き、「セキュリティとプライバシー」を選択する。そして、「一般」タブを開くと、ダウンロードしたアプリケーションの実行許可がある中で、「このまま開く」をクリックすると「開発元は未確認です。開いてもよろしいですか?」という確認画面が表示され、「開く」をクリックして ImageJ を起動する。この方法では一定時間しかアプリケーションを使用できない。

- ・恒常的にアプリケーションを使用する場合

Finder で開きたいアプリケーション(ImageJ)を検索する。その際には、Launchpad ではショートカットメニューにアクセスできないので Launchpad を使用しない。次に、Control キーを押しながらアプリケーションアイコンをクリックして、ドロップダウンメニューから「開く」を選択し、「開く」をクリックする。セキュリティ設定の例外として保存され、今後はダブルクリックで開くことができる。(The first time you run ImageJ, you may get an "ImageJ can't be opened because it is from an unidentified developer" message, which can be bypassed by right clicking on ImageJ.app and selecting "Open" from the drop down menu.) Fiji に関しては、Java ごとインストールする場合はダウンロード元のページの上のリンゴのアイコンを、Java 不要の場合にはその下の No JRE (これには複数の OS 用のソフトが含まれているため、使用に当たっては適切なソフトを選択する必要がある。他の OS 用のソフトは削除可。)をクリックしてソフトをダウンロードすること。展開したフォルダ中に対するインストール操作は、ImageJ の指示と同様である。

Linux

Download **ImageJ bundled with Java “Y.Y.Y_YYY”** (82MB).

Fiji に関しては、64-bit OS であればダウンロード元の上の大きいペンギンのアイコンを、32-bit OS であれば下の小さいペンギンのアイコンをクリックしてソフトをダウンロードし、Java 不要の場合にはリンゴのアイコンの下 No JRE をクリックしてソフトをダウンロードすること。その中には ImageJ-linux32, ImageJ-linux64, ImageJ-win32.exe, ImageJ-win64.exe が含まれているので ImageJ-linux32, ImageJ-linux64 から適切なものを選ぶこと。使用している OS 以外のソフトを削除して良い。

Windows (OS が 32-bit か 64-bit かを確かめてから対応するソフトをインストールすること。Desktop の PC アイコンを右クリックしてプロパティを開けば 32-bit か 64-bit かがわかる。または、Windows の設定>システム>左側のカラムのバージョン情報 でも分かる。Java がインストールされているどうかは、プログラムのリストを調べればわかる。Java がインストールされていたら上述の Platform Independent の **ZIP archive** をダウンロード

しても良い。)

64-bitOS で Java がインストールされていない場合は、

Download **ImageJ bundled with 64-bit Java Y.Y.Y_YYY (70MB). Instructions.**からダウンロードする。

32-bitOS の場合は、 <https://imagej.nih.gov/ij/download/win32/> から Java の有無に合わせて適切なソフトをダウンロードする。ただし、最近の PC で 32-bitOS はほとんどない。

ダウンロードした ZIP ファイルを右クリックして“すべて展開”を選択して展開する。展開されたフォルダの置き場所には以下の“注意”の制限がある。

注意・・ImageJ や Fiji のフォルダの置き場所は、プログラムが設定ファイルを自動的にフォルダ内に作成するの
でドキュメント・フォルダかダウンロード・フォルダやユーザー名フォルダの下に作製したフォルダなどが望ま
しく、“Windows (C:) > Program files フォルダ”を避けること。

“Caution: "Program Files" not recommended!

If you are installing ImageJ on Windows, we strongly recommend that you store your ImageJ.app directory somewhere in your user space (e.g., "C:\Users\your name\ImageJ.app") rather than in "C:\Program Files" or other system-wide directory. If you move ImageJ.app to such a directory, modern versions of Windows will deny ImageJ write permission to its own directory structure, preventing it from being able to update.”

フォルダ中の ImageJ.exe をクリックすると ImageJ が起動する。ImageJ が起動しない場合は、右クリックで“管理者として実行”にすると起動することがある。なお、C:>ProgramData>Microsoft>Windows>スタートメニュー>プログラム(C:\ProgramData\Microsoft\Windows\Start Menu\Programs)に ImageJ.exe のショートカットを入れておくとスタートメニューから起動できる。

Fiji に関しては、64-bit OS であればダウンロード元の上の大きいアイコンを、32-bit OS であれば下の小さいアイコンをクリックしてソフトの ZIP ファイルをダウンロードして同様に展開する。フォルダの場所に関しては前述の ImageJ と同じ制約がある。なお、Fiji で Java 不要の場合にはリンゴのアイコンの下の No JRE をクリックしてソフトをダウンロードすること。その中には ImageJ-linux32, ImageJ-linux64, ImageJ-win32.exe, ImageJ-win64.exe が含まれているので ImageJ-win32.exe, ImageJ-win64.exe から適切なものを選んでクリックするとソフトが起動する。使用している OS 以外のソフトを削除して良い。

ImageJ を PC にインストールせずに web browser 上で使用したり、スマートフォンの web browser 上で使用したりする場合

ImageJ を PC やスマートフォンの web browser 上で利用することが、最近、可能となっている。しかし、機能や使えるブラウザや処理速度などの制限がある。ソフトのインストールが分からなかったり、PC を持ってこれなかったりした場合にはスマートフォンなどを用いてもよい。ただし、スマートフォンの画面は小さいため、操作性は劣る。Windows PC や Mac やスマートフォンで、Microsoft Edge(Chromium)や Chrome や Firefox や Safari での動作を確認しているが、他の browser での動作確認を行っていない。

使い方は <https://imagej.nih.gov/ij/> にアクセスして、Run ImageJ in Browser!(<https://ij.imjoy.io/>)をクリックすると ImageJ.JS というロゴが出てしばらく設定に時間がかかるが、web 上で ImageJ が立ち上がる。なお、PC にインストールする場合とは異なり、update する必要はない。

PC やスマートフォンの機種や browser の種類に依存する問題があるので、実験の前には必ず動作確認をしておくこと。

*様々な学生実験の画像データ解析に用いるに当たり、以下の URL が参考になる。そして様々な学生実験に ImageJ を活用することが望ましい。

ImageJ 日本語情報 <http://seesaawiki.jp/w/imagej/>

<http://life-science-project.com/imagej/>

links - ImageJ ではじめる生物画像解析 - Google Sites <https://sites.google.com/site/imagejpp/home/links>

生命科学系 DB・ツール使い倒し系チャンネル 統合 TV <http://togotv.dbcls.jp/20121119.html>

<http://togotv.dbcls.jp/ja/20130206.html>

<http://togotv.dbcls.jp/ja/20130409.html>

研究室での画像処理 :ImageJ の使い方・基礎編 http://www.iam.u-tokyo.ac.jp/chem/IMCB-8ken-HP/Lab_Manuals/entori/2017/6/26_ImageJ_files/20170513_ImageJ%E3%81%AE%E4%BD%BF%E3%81%84%E6%96%B9.pdf

* Apple 社の iPhone 等から写真ファイルを PC に転送する際の問題の対処法について

iPhone で撮影した写真を Windows PC で開けないことが多々ある。iOS や MacOS で HEIF (High Efficiency Image File Format) という画像ファイル形式が採用され、それにつけられている拡張子は「.HEIC」である。この画像ファイル形式に ImageJ や Windows PC が初期設定では対応していないからである。そこで、iPhone からの画像ファイルを Windows PC で開く場合の対処方法をいくつか説明する。実験の前にいずれかの方法で成功することを試しておくこと。

・対処法 1 iPhone に対して (1) 設定 App を起動する, (2) 「カメラ」→「フォーマット」の順にタップする, (3) 「互換性優先」を選択すると, 「.JPG」で保存されるようになる。それをメールで PC に添付して送る。ただし, 「.JPG」は「.HEIC」よりも容量が大きくなるので, 実験終了後には元に戻す。

・対処法 2 iPhone に対して (1) 設定 App を起動する, (2) 「写真」→"Mac または PC で転送"欄の「自動」を選択してから, iPhone と PC を USB ケーブルで繋いで, 写真ファイルを PC に転送する。

・対処法 3 PC で (1) web ブラウザ上で Google フォトを起動する, (2) iPhone から送られてきた「.HEIC」の画像ファイルを, Google フォトの画面にドラッグアンドドロップしてアップロードする, (3) Google フォトの画面上で, その画像ファイルに対して右クリックし「名前をつけて画像を保存」を選択する, (4) 拡張子を「.JPG」形式に書き換えて PC に保存する。

・対処法 4 「HEIC 変換 ソフト」のキーワードでサーチし, 変換ソフトをダウンロードして PC にインストールする。そして, 「.HEIC」ファイルを他の形式に変換して保存する。どのソフトがよいかということをお勧めしないので, 自己責任でインストールすること。なお, Microsoft Store を開いて, ライブラリを最新に更新すると, Microsoft 社の「HEIF 画像拡張機能」と「HEVC ビデオ拡張機能」をインストールできるので利用は可能である。

・対処法 5 Mac がある場合, 「.HEIC」ファイルを Mac に転送した後, その画像ファイルに対して, (1) プレビュー画面の「ファイルメニュー」→「書き出す」をクリックする, (2) 書き出し名などを入力する画面が表示されたら, 変換したいフォーマット「JPG」, 「PNG」などを選択する, (3) 名前・タグを入力し, 場所を選択して保存する, (4) それを Windows PC へ転送する。

2.2 画像編集・作製フリーソフト

多数のものが存在しているので, Windows, MacOS X, Linux 全てで使用できるクロスプラットフォームのものを紹介する。

クロスプラットフォーム

・Gwyddion <http://gwyddion.net/download.php> 写真などのビットマップ画像を編集・加工・解析できる。

ImageJ と同様の機能を持つが、ImageJ 程は利用されていない。

- ・ GIMP <https://www.gimp.org/downloads/> 写真などのビットマップ画像を編集・加工できる。ImageJ よりも一般的用途に向く。
- ・ Inkscape <https://inkscape.org/ja/about/> ベクター画像を高品質で作成・編集できるドロー系のソフトで、模式図などを描く際には便利である。Microsoft PowerPoint がインストールされていれば不要である。

3 化学構造式描画フリーソフト

化学用のソフトとして標準的なものは PerkinElmer の ChemOffice である。ChemOffice は高価なため、同様の機能を持つフリーソフトがいくつも開発されている。それらの中からいくつか選択したものが以下のものである。そこで、化学構造式を描くフリーソフトで以下のどれか一つをインストールしておくで勉強やレポート作成に便利である。また、描いた化学構造式を化合物名へと変換できたり、化合物名を入力すると構造式を描いてくれたりするものもあるので IUPAC 名の学習にも適している。複数のソフトをインストールする必要はない。ダウンロードするに当たり、登録する必要のあるものもあるが大学関係者である学生は無料である。インストール法や使用法に関しては、それぞれの解説 HP を良く読んで調べること。

クロスプラットフォーム

- ・ SketchEl (Java 必要) <https://sourceforge.net/projects/sketchel/>
- ・ Marvin Suite (ChemAxon) (Java8 必要) <https://chemaxon.com/products/marvin> 実験器具のテンプレートは含まれていないが、化学構造式から化合物名への変換と、化合物名から構造式への変換には機能制限がかかっていない模様である。
- ・ JChemPaint (Java 必要) <http://jchempaint.github.io/>

MacOS X 用

- ・ BKChem (Python 必要) <http://bkchem.zirael.org/> 仮想マシンの Python をインストールする必要がある。(<https://www.python.org/> からダウンロードできる。)

MacOS X and Linux 用

- ・ XDrawChem <http://www.woodsidelabs.com/chemistry/xdrawchem.php>

Windows 用

・ BIOVIA Draw <https://discover.3ds.com/biovia-draw-academic> 実験器具のテンプレートは含まれていないが、化学構造式から化合物名への変換と、化合物名から構造式への変換には機能制限がかかっていない。IUPAC 名の自習には便利である。ただし、IUPAC 名の規則を学ばず、このソフトに頼りすぎると試験で苦労することになるので自習時の答え合わせ程度に止めておく方が無難であろう。

- ・ ACD/ChemSketch Freeware <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/> 3D 変換可能で実験器具のテンプレートも準備されているのでレポート作成に便利である。実験器具の図を Copy & Paste すれば PowerPoint 等で加工できる。なお、化学構造式から化合物名への変換と、化合物名から構造式への変換には機能制限がかかっている。
- ・ BKChem (Python 必要) <http://bkchem.zirael.org/> 仮想マシンの Python をインストールする必要がある。(<https://www.python.org/> からダウンロードできる。)

4 三次元の分子構造をグラフィカルに作成・表示できるフリーソフト

なお、上記化学構造式描画フリーソフトでも可能なものがある。どれか一つをインストールしておくとう便利であるが、ImageJと同様にフォルダを作成する階層に制限があるものがあるので、インストールに際しては説明を良く読む必要があり注意すること。

クロスプラットフォーム

- ・ Avogadro <https://avogadro.cc/>
- ・ CCP4 と SHELX と Coot(全て) <http://www.ccp4.ac.uk/download> タンパク質結晶構造解析の研究には必須である。
- ・ PyMol <https://pymol.org/2/>
- ・ Jmol (Java 必要) <http://jmol.sourceforge.net/>
- ・ UCSF ChimeraX <https://www.cgl.ucsf.edu/chimerax/download.html>
- ・ DeepView - Swiss-PdbViewer <https://spdbv.vital-it.ch/disclaim.html>
- ・ VMD <http://www.ks.uiuc.edu/Research/vmd/>
- ・ BioBlender <http://www.bioblender.org/download/>

Windows 用

- ・ Winmostar <https://winmostar.com/jp/> 学生版 様々な機能が充実している。分子軌道法計算等も可。

5 実験器具イラスト

レポートに実験器具を描くに際して便利なイラスト集や add-in である。前述の ACD/ChemSketch Freeware の Templates 中の実験器具イラストは比較的充実している。この他、サーチすると多数存在するが、著作権などに十分に注意すること。イラスト集の URL は

- ・ <http://www.kenq.net/ill/>

である。

PowerPoint 用 add-in

- ・ 化学実験器具図を作成する PowerPoint アドインソフト PowePoint のアドイン・メニューからそのまま呼び出せる。 <https://www.vector.co.jp/download/file/winnt/edu/fh516851.html>

6 NMR 解析フリーソフト

クロスプラットフォーム

- ・ NMRnotebook <http://www.nmrtec.com/software/nmrnotebook/download/> アカデミック版
- ・ JEOL Delta/NMR Support <https://nmrsupport.jeol.com/> アカデミック版
- ・ rNMR <http://rnmr.nmrfam.wisc.edu/pages/download/download.html>
- ・ matNMR <http://matnmr.sourceforge.net/>

MacOS X 用

- ・ Molecule Apps <http://www.moleculeapps.com/downloads.html>

MacOS X and Linux 用

- ・ NMRPipe <https://www.ibbr.umd.edu/nmrpipe/install.html>

Linux and Windows 用

- ・ jMRUI <http://www.jmrui.eu/license-and-download/> non-commercial use Java 必要

Windows 用

- ・ 竹NMR <http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/bun/resources/pgm/index.html>

Web インターフェース

- ・ nmrdb.org <http://www.nmrdb.org>

7 遺伝子解析フリーソフト

遺伝子解析用のフリーソフトでどれか一つをインストールしておくと便利である。

クロスプラットフォーム

- ・ Serial Cloner http://serialbasics.free.fr/Serial_Cloner-Download.html
- ・ CLC Sequence Viewer <https://www.qiagenbioinformatics.com/products/clc-sequence-viewer/>
- ・ NCBI Genome Workbench <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/gbench/>
- ・ SnapGeneViewer https://www.snapgene.com/products/snapgene_viewer/
- ・ Artemis (Java 必要) <http://www.sanger.ac.uk/science/tools/artemis>

MacOS X 用

- ・ EnzymeX <http://nucleobytes.com/enzymex/>
- ・ ApE <http://biologylabs.utah.edu/jorgensen/wayned/ape/> プラスミドの描画に便利。
- ・ EMBOSS <http://emboss.sourceforge.net/download/>

Linux 用

- ・ EMBOSS <http://emboss.sourceforge.net/download/>

Windows 用

- ・ Gene Runner <http://www.generunner.net/>
- ・ pDraw32 <http://www.acaclone.com/> (Linux では Wine を, MacOS X でも Wineskin, CrossOver, VirtualPC, SoftWindows などを用いれば使用可能) プラスミドの描画に便利。
- ・ ApE <http://biologylabs.utah.edu/jorgensen/wayned/ape/> プラスミドの描画に便利。

8 統計解析

以下のものは学術関連で広く用いられている統計解析用のフリーソフトである。中でも R が最も有名であるが、それを自治医大で使いやすくしたものが EZR である。R の日本語解説なども充実している上に、使用しやすさから EZR の使用を推奨する。一般的用途には Microsoft Excel が統計解析に用いられているが、学術目的の使用には欠点がある。それについては“Excel R 比較”でサーチすると多数解説されているので興味のある者は読むと良い。

クロスプラットフォーム

- R <https://www.rstudio.com/>
- EZR (Easy R) <http://www.jichi.ac.jp/saitama-sct/SaitamaHP.files/statmed.html>
- SAS University Edition https://www.sas.com/ja_jp/software/university-edition.html

(2019年 川合 伸也)

(2021年 川合 改訂)