Skyline低分子ターゲット

Skylineターゲット質量分析環境では、質量分析計のrawデータをSkylineドキュメントにインポートし、情報を視覚的に表示します。本来プロテオミクス用に開発されたSkylineですが、一般の低分子でも作業できるように拡張されています。Skylineを利用したさまざまなタイプのデータ解析（SRM、PRM、MS1フィルタ、DIAなど）のチュートリアルも多数用意されています。本チュートリアルは、Skylineを使用してタンパク以外の分子をターゲットとする場合の違いに焦点を当てます。

本チュートリアルでは、メチオニン経路化合物のグループのSRMアッセイを構築します。

Skylineは、ターゲット定量的質量分析研究のためのメーカーに依存しないプラットフォームの提供を目指しており、Agilent、Bruker、SCIEX、Shimadzu、Thermo-Scientific、および Watersの各メーカーの装置からrawデータをインポートできます。さまざまな装置プラットフォームからデータをインポートすることで、再現可能なメソッドの普及、研究室間の技術の移転、装置間の比較および複数の大型施設間での共同研究や比較が非常に容易になります。プロテオミクスの分野で何年もできていたことが、一般的な分子をターゲットとしてSkylineを使用しても同じように利用できます。。

# はじめに

チュートリアルを始める前に、以下のzipファイルをダウンロードしてください。

<https://skyline.ms/tutorials/SmallMolecule_3_6.zip>

この中のファイルを、以下のコンピュータ上のフォルダに解凍します。

C:\Users\bspratt\Documents

これにより以下の新しいフォルダが作成されます。

C:\Users\bspratt\Documents\SmallMolecule

フォルダには、このチュートリアルに必要なすべてのファイルが含まれています。

本チュートリアルを始める前にSkylineを使用していた場合には、Skylineをデフォルト設定に戻すことをお勧めします。デフォルト設定に戻すには、以下の操作を行います。

* Skylineを起動します。
* **開始ページ**で、以下のような**空のドキュメント**をクリックします。



* [ **設定** ] メニューで、[ **デフォルト** ] をクリックします。
* 現在の設定を保存するかどうかを尋ねるフォームで [ **いいえ** ] をクリックします。

Skylineのこのインスタンスのドキュメント設定がデフォルトにリセットされました。

このチュートリアルは低分子に関するものであるため、以下のようにして分子用インターフェイスを選択できます。

* Skylineウィンドウの右上隅にあるユーザーインターフェイス管理をクリックし、[ **分子用インターフェイス** ] を選択します。



Skylineは、Skylineウィンドウの右上隅の分子アイコン で表示される分子モードで動作しています。元のプロテオミクスメニューやコントロールが表示されなくなり、低分子の分析に集中できます。

# 分子トランジションリストのSkylineドキュメントへのインポート

分子トランジションリストをSkylineドキュメントに取り込む最も簡単な方法は、空のドキュメントから始めて、**[ 編集 ] > [ 挿入 ] > [ トランジションリスト ]** メニュー項目を利用することです。

Skylineでは、最低でも各プリカーサーとプロダクトイオンの電荷状態と、イオン組成式または*m/z*が既知である必要があります。トランジションリストにプロダクトイオンの情報がない場合は、プリカーサーターゲットのリストであると推定されます。プロダクト情報が異なるプリカーサー情報が繰り返される場合は、ペプチドの場合と同様、単一プリカーサーからの複数トランジションを示すものと認識されます。

### イオン式および付加物の記述に関するノート

プロテオミクス用途では、Skylineはプロトン付加によるイオン化を問題なく推定できます。そのため、電荷ペプチドの記述に必要とされるものは、その配列および電荷状態だけです。しかし、一般の低分子の場合はナトリウム獲得、水素損失など、さまざまな方法でイオン化が起こり得ます。Skylineでは、<http://fiehnlab.ucdavis.edu/staff/kind/Metabolomics/MS-Adduct-Calculator/>に記載されたスタイルで付加物を記述し、イオン化モードを例えば「[M+Na]」、「[M-2H]」、「[2M+ACN+H]」のように指定できます。

付加物の記述法を用いて、分子が同位体で標識されていることを示すことができます。たとえば、付加物「[M3Cl374H2-Na]」は、分子の3個のCl原子が37Clで置換され、4個のH原子が重水素で置換され、分子がナトリウム損失によってイオン化されていることを示します。

組成が分からない分子については、付加物で質量シフトを示すことができます。たとえば、「[M(-1.23)+H]」は、変化していない場合よりも分子の質量が1.23 AMU軽く、分子は水素獲得によってイオン化されることを示します。

どのようにイオン化するかがわからない分子の場合は、付加物が電荷のみを示すことがあります。たとえば、「[M+3]」は電荷状態3を示します。*m/z*値は分子質量の1/3となります。プリカーサーでもプロダクトでも、トランジションリストを完全に*m/z*値で記述することはできますが、化学式がなければSkylineは同位体分布を提供できません。したがって、中性分子と付加物の説明の両方の化学式があることが望ましいです。

## トランジションリストの挿入

非プロテオミクス分子をターゲットとするSkylineドキュメントの作成を開始するには、以下の操作を行います。

* チュートリアルフォルダ以内にある「SMTutorial\_TransitionList.csv」ファイルを探し、Excelで開きます。

以下の値が表示されます。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Molecule List Name | Precursor Name | Precursor Formula | Precursor Adduct | Precursor Charge | Precursor RT | Precursor CE | Product m/z | Product Charge | Label |
| Amino Acid | Methionine | C5H11NO2S | [M+H] | 1 | 2.5 | 15 | 104.07 | 1 |  |
| Amino Acid | Methionine | C5H8H'3NO2S | [M+H] | 1 | 2.5 | 15 | 107.09 | 1 | heavy |
| Amino Acid | Isoleucine | C6H13NO2 | [M+H] | 1 | 2.9 | 15 | 86.096 | 1 |  |
| Amino Acid | Leucine | C6H13NO2 | [M+H] | 1 | 3 | 15 | 86.096 | 1 |  |
| Amino Acid | Leucine | C6H10H'3NO2 | [M+H] | 1 | 3 | 15 | 89.1 | 1 | heavy |
| Amino Acid | Phenylalanine | C9H11NO2 | [M+H] | 1 | 3.1 | 15 | 120.08 | 1 |  |
| Amino Acid | Phenylalanine | C9H11NO2 | [M6C13+H] | 1 | 3.1 | 15 | 126.11 | 1 | heavy |
| Amino Acid | Arginine | C6H14N4O2 | [M+H] | 1 | 2.01 | 15 | 116.07 | 1 |  |
| Amino Acid | Arginine | C1C'5H14N4O2 | [M+H] | 1 | 2.01 | 15 | 121.11 | 1 | heavy |
| Amino Acid | Ornithine | C5H12N2O2 | [M+H] | 1 | 0.85 | 15 | 70.07 | 1 |  |
| Amino Acid | Ornithine | C5H12N2O2 | [M+H] | 1 | 0.85 | 15 | 116.07 | 1 |  |
| Amino Acid | Ornithine | C5H10H'2N2O2 | [M+H] | 1 | 0.85 | 15 | 72.07 | 1 | heavy |
| Amino Acid | Ornithine | C5H10H'2N2O2 | [M+H] | 1 | 0.85 | 15 | 118.07 | 1 | heavy |
| Organic Acid | creatine | C4H9N3O2 | [M+H] | 1 | 1.1 | 15 | 90.06 | 1 |  |
| Organic Acid | creatine | C4H6H'3N3O2 | [M+H] | 1 | 1.1 | 15 | 93.06 | 1 | heavy |
| 5'-methylthioadenosine | MTA | C11H15N5O3S | [M+H] | 1 | 3.4 | 15 | 136.1 | 1 |  |
| 5'-methylthioadenosine | MTA | C11H12H'3N5O3S | [M+H] | 1 | 3.4 | 15 | 136.1 | 1 | heavy |
| S-adenosyl methionine | SAM | C15H22N6O5S | [M+H] | 1 | 2.9 | 15 | 250.11 | 1 |  |
| S-Adenosyl homocysteine | SAH | C14H20N6O5S | [M+H] | 1 | 2.9 | 15 | 136.08 | 1 |  |
| Polyamine | Spermidine | C7H19N3[M+H] |  | 1 | 3.3 | 15 | 129.15 | 1 |  |
| Polyamine | Spermine | C10H26N4 | [M+H] | 1 | 3.5 | 15 | 112.112 | 1 |  |

* Excelで、ヘッダー行を含むトランジションリストの行と列を選択し、**コピー**（Ctrl+C）します。
* Skyline [ **編集** ] メニューで [ **挿入**] を選択して、[ **トランジションリスト** ] をクリックします。

Skylineが以下のような [ **トランジションリストの挿入** ] フォームを表示します。

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

* [ **貼り付け** ] （Ctrl-V）をクリックして、クリックボードにコピーした情報を Skyline にはり付けます。

Skyline に[**トランジションリストのインポート：列の識別** ] フォームが次のように表示されます。

Graphical user interface, table

Description automatically generated

* [ **分子** ] ボタンがオンになっていることを確認します。

各列にはドロップダウンコントロールがあり、列のタイプを指定できます。この場合、Skylineは必要な列すべてを正しく同定しています。

* [ **OK** ] ボタンをクリックします。

### イオン組成および付加物の説明についてのその他の注意

この例では、メチオニンとd3-メチオニンのように非標識体と標識体のペアがあります。トランジションリストでは、これが**C5H11NO2S [M+H]**および**C5H8H'3NO2S [M+H]**として記述されていますが、付加物の記述法を使用すると、これは**C5H11NO2S [M+H]**および**C5H11NO2S [M3H2+H]**とも記述できます。フェニルアラニンの非標識体と標識体のペアでもこの例があります。式は同じですが、標識体の付加物の記述は6個の炭素がC13で置換されていると指示しています。プリカーサー付加物列はオプションであることに注意してください。スペルミジンの例にあるように、付加物はイオン組成の一部として与えられることもあります。また、プリカーサー電荷列は実質的に不要であることにも注意してください。電荷状態は、付加物の記述から推定できます。標識タイプ列も厳密には不要です。ヘビー標識はプリカーサーイオン組成や付加物から推定できます。

|  |
| --- |
| 注：**ファイル > インポート > トランジションリスト**のメニュー項目を使用すると、ファイルを開いて内容をコピーして貼り付けることなくファイルを直接インポートできます。 |

これでSkylineウィンドウは以下のようになります。

Graphical user interface, application, Word

Description automatically generated

この時点で、装置メソッド、プリカーサー単離リスト（PRM用）、またはトランジションリスト（SRM用）のいずれかをエクスポート可能です。この手順の実行方法の詳細については、[ターゲットメソッドの編集](https://skyline.ms/tutorial_method_edit.url)、[既存の定量実験](https://skyline.ms/tutorial_existing_quant.url)、または[ターゲットMS/MS（PRM）](https://skyline.ms/tutorial_targeted_msms.url)チュートリアルをご覧ください。

## rawデータファイルのインポート

本チュートリアルでは、Skylineからエクスポートしたメソッドで、Waters Xevo TQSを用いて取得したrawデータをインポートしてみましょう。これを今行うには、以下の操作を行います。

* [ **ファイル** ] メニューで、[ **保存** ] をクリックします。（Ctrl+S）
* このドキュメントを、作成したチュートリアルフォルダに「Amino Acid Metabolism.sky」として保存します。
* [ **ファイル** ] メニューで、[ **インポート** ] を選択して [ **結果** ] をクリックします。
* [ **結果をインポート** ] フォームで、[ **ファイルにシングルインジェクション繰り返し測定を追加** ] を選択します。
* フォームの下部にある [ **同時にインポートするファイル** ] ドロップダウンリストで、最良のインポートパフォーマンスを提供する [ **多く** ] をクリックします。
* [ **OK** ] ボタンをクリックします。
* リストの最初のフォルダをクリックし、Shiftキーを押しながら最後のフォルダをクリックしてチュートリアルフォルダにある18のrawデータフォルダすべてを選択します。

[ **結果ファイルをインポート** ] フォームは以下のようになります。

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

* [ **開く** ] ボタンをクリックします。
* [ **結果をインポート** ] フォームで共通プリフィックスを削除するか聞かれた場合は、[ **削除しない** ] オプションを選択します。
* [ **OK** ] ボタンをクリックします。

当該ファイルは、特定のアミノ酸欠乏条件下のがん細胞株の代謝物の抽出です。アミノ酸メチオニン、アルギニン、または両方を3時間欠乏させたものと対照（すべてのアミノ酸）とを比較しています。1

ファイル名と条件：

ID15739\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Double Blank

ID15740\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Extraction Blank (contains SIL standards)

ID15740\_02\_WAA263\_3976\_020415 – Extraction Blank (contains SIL standards)

ID15740\_04\_WAA263\_3976\_020415 – Extraction Blank (contains SIL standards)

ID15655\_01\_WAA263\_3976\_020415 – All AA Sample 1

ID15656\_01\_WAA263\_3976\_020415 – All AA Sample 2

ID15657\_01\_WAA263\_3976\_020415 – All AA Sample 3

ID15658\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Minus Met Sample 1

ID15659\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Minus Met Sample 2

ID15660\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Minus Met Sample 3

ID15661\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Minus Arg Sample 1

ID15662\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Minus Arg Sample 2

ID15663\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Minus Arg Sample 3

ID15664\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Minus Arg, Minus Met Sample 1

ID15665\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Minus Arg, Minus Met Sample 2

ID15666\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Minus Arg, Minus Met Sample 3

ID15741\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Pooled QC Sample 1

ID15741\_02\_WAA263\_3976\_020415 – Pooled QC Sample 2

当該ファイルは瞬時にインポートされ、Skylineウィンドウは以下のようになります。

Graphical user interface

Description automatically generated with medium confidence

Skyline概要グラフを利用して個別のターゲットを表示するには、以下の操作を行います。

* [ **ビュー** ] メニューで、[ **ピーク面積** ] を選択して [ **繰り返し測定の比較** ] をクリックします。
* [ **ビュー** ] メニューで、[ **保持時間** ] を選択して [ **繰り返し測定の比較** ] をクリックします。
* これらのビューをクリック＆ドラッグして、クロマトグラムグラフの上にドックします。
* [ **ターゲット** ] ビュー内の最初のターゲット「Methionine」を選択します。

これでSkylineウィンドウは以下のようになります。

Graphical user interface, application

Description automatically generated

# まとめ

本チュートリアルでは、Skylineドキュメントを、ターゲット分子のプリカーサーイオンの化学式および付加物、さらにプロダクトイオンの*m/z*値で指定して作成する方法を学びました。メタボロミクス研究者が取得した繰り返し測定データセットをインポートし、もともとはターゲットプロテオミクス用に開発されたSkylineの既存の機能の多くが、非プロテオミクス分子データにも適用できることを理解しました。

# 参考文献

1. Tang, X. *et al.* Comprehensive Profiling of Amino Acid Response Uncovers Unique Methionine-Deprived Response Dependent on Intact Creatine Biosynthesis. *PLoS Genet* **11,** e1005158 (2015).