Skyline小分子ターゲット

Skylineターゲット質量分析環境は、Skylineドキュメントにインポートする質量分析計のrawデータの情報を視覚的に表示します。本来プロテオミクスの使用目的で開発されたSkylineですが、一般化分子でも作業できるように拡張されています。実際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）のため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を使用してプロテオミクス分子以外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。これは、プロテオミクスの分野で何年もそうであったように、一般化分子をターゲットとするためにSkylineを使用する際も同様です。

# 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小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、小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。

|  |
| --- |
| 注：データにSkylineが認識する列ヘッダーがあれば、**[ ファイル ] > [ インポート ] > [ トランジションリスト ]** メニュー項目も利用できます。認識される列名のリストについては、**[ 編集 ] > [ 挿入 ] > [ トランジションリスト ]** ウィンドウにある「ヘルプ」ボタンを押してください。 |

Skylineでは、最低でも各プリカーサーとプロダクトの電荷状態とイオン組成または*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想定されます。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。

### イオン組成および付加物の説明についての注意

プロテオミクス用途では、Skylineはプロトン化によるイオン化を問題なく想定できます。そのため、電荷ペプチドを説明するの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。しかしながら、一般化分子の場合は、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達成できます。Skylineでは、そのようなイオン化方法は「[M+Na]」、「[M-2H]」、「[2M+ACN+H]」のように<http://fiehnlab.ucdavis.edu/staff/kind/Metabolomics/MS-Adduct-Calculator/>で説明するスタイルの付加物の説明を使用して指定できます。

付加物の説明を使用すると、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。

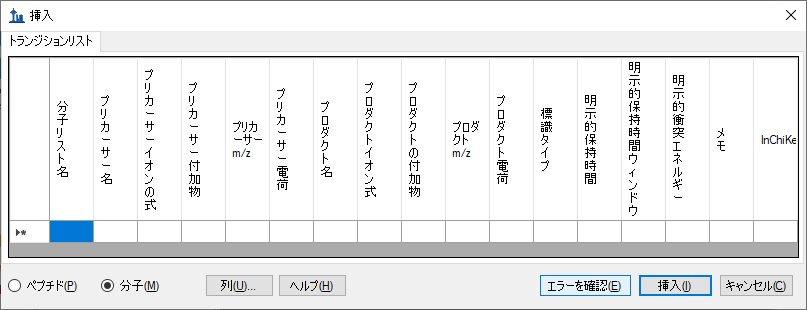
どのようにイオン化するかがわからない分子の場合は、付加物が電荷のみを示すことがあります。たとえば、「[M+3]」は電荷状態3を示します。*m/z*値は分子質量の1/3となります。プリカーサーでもプロダクトでも、トランジションリストを完全に*m/z*値で記述することはできますが、化学式がなければSkylineは同位体分布を提供できません。したがって、中性分子と付加物の説明の両方の化学式があることが好まれます。

## 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最初の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。
* 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 は以下のような [ **挿入** ] フォームを表示します。



ダウンロードしたトランジションリストスプレッドシートには、以下のような値が表示されます。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 |  |

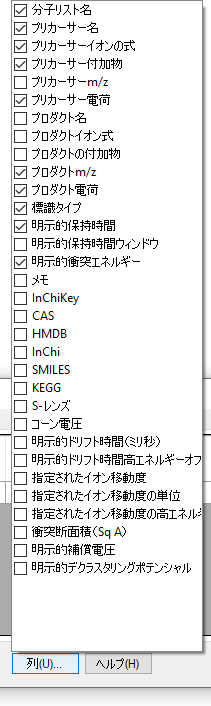
### イオン組成および付加物の説明についてのその他の注意

この例では、メチオニンとd3-メチオニンのようにライトとヘビーの標識対があります。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]**として説明されていますが、付加物の説明を使用すると、これは**C5H11NO2S [M+H]**および**C5H11NO2S [M3H2+H]**とも説明されます。フェニルアラニンのヘビーとライトの対でもこの例がわかります。式は同じですが、ヘビーの付加物の説明は6個の炭素がC13で置換されると指定しています。付加物の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、プリカーサー電荷の列は実際には不要であることにも注意してください。電荷状態は、付加物の説明から推察できます。標識列も、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察できます。

[ **挿入** ] フォームに追加の列ヘッダーがあるのが見えますが、列の順序はスプレッドシート内のフォームとは同一ではありません。どちらの問題も以下のようにして簡単に修正できます。

* [ **列** ] ボタンをクリックします。

これにより、列選択メニューは以下のようになります。

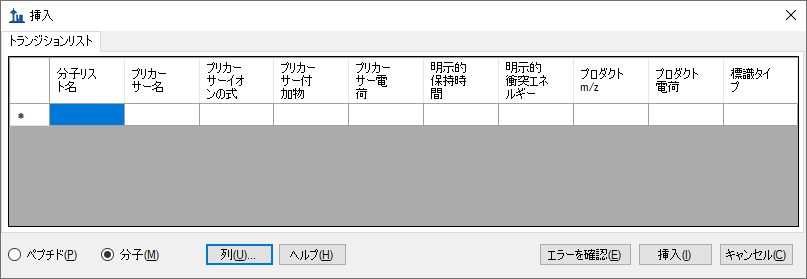


* スプレッドシートに表示されていない列のチェックボックスをオフにします。

次に、以下の操作を行って、[ **挿入** ] フォームの列を再度並べ替えます。

* 各列ヘッダーをクリック&ドラッグして、スプレッドシートと順序が一致するように移動します。

列を選択し、並べ替えたら、[ **挿入** ] フォームは以下のようになります。



スプレッドシートで指定されているトランジションを追加するには、以下の操作を行います。

* ヘッダーを含む最初の行を除く、スプレッドシートのコンテンツを選択します。
* ツールバーの [ **コピー** ] ボタンをクリックします（またはキーボードでCtrl+Cキーを押します）。
* Skylineに戻ります。
* フォームの最初のセルが青にハイライトされている状態で、キーボードでCtrl+Vキーを押して貼り付けます。
* [ **エラーを確認** ] ボタンをクリックします。

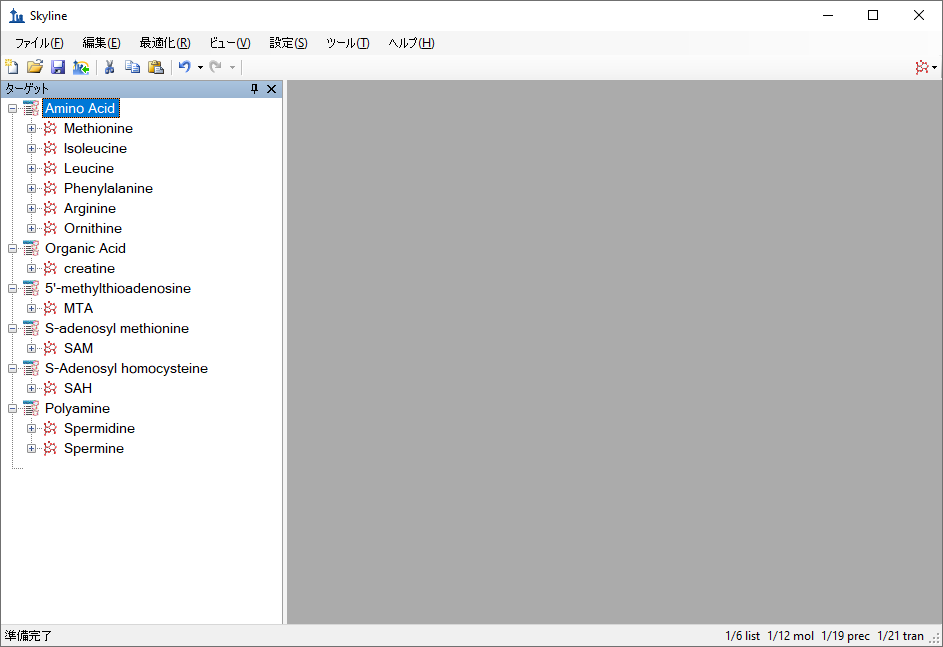
|  |
| --- |
| 注：誤ってヘッダーの行をコピーした場合、または列の順序が違う場合は、この時点で誤りが確認できます。 |

[ **挿入** ] フォームは以下のようになります。



* [ **挿入** ] ボタンをクリックします。

これでSkylineウィンドウは以下のようになります。



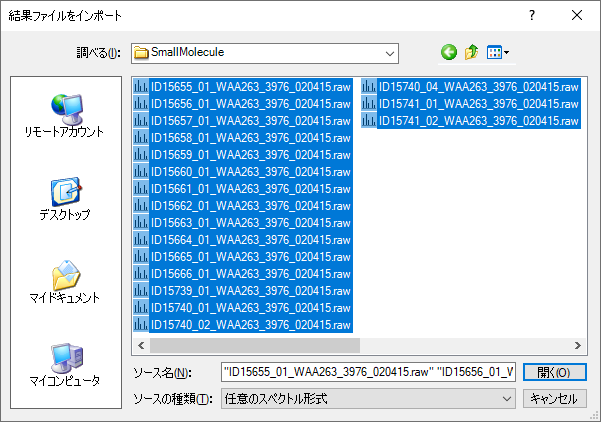
この時点で、装置メソッド、プリカーサー単離リスト（PRM用）、またはトランジションリスト（SRM用）のいずれかをエクスポート可能です。この手順の実行方法の詳細については、[ターゲットメソッドの編集](https://skyline.ms/tutorial_method_edit.url)、[既存の定量実験](https://skyline.ms/tutorial_existing_quant.url)、または[ターゲットMS/MS（PRM）](https://skyline.ms/tutorial_targeted_msms.url)チュートリアルをご覧ください。

## 質量分析計実行のインポート

本チュートリアルでは、SkylineがエクスポートしたMassLynx装置メソッドを利用して取得したWaters Xevo TQS装置からのrawデータをインポートします。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。



* [ **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

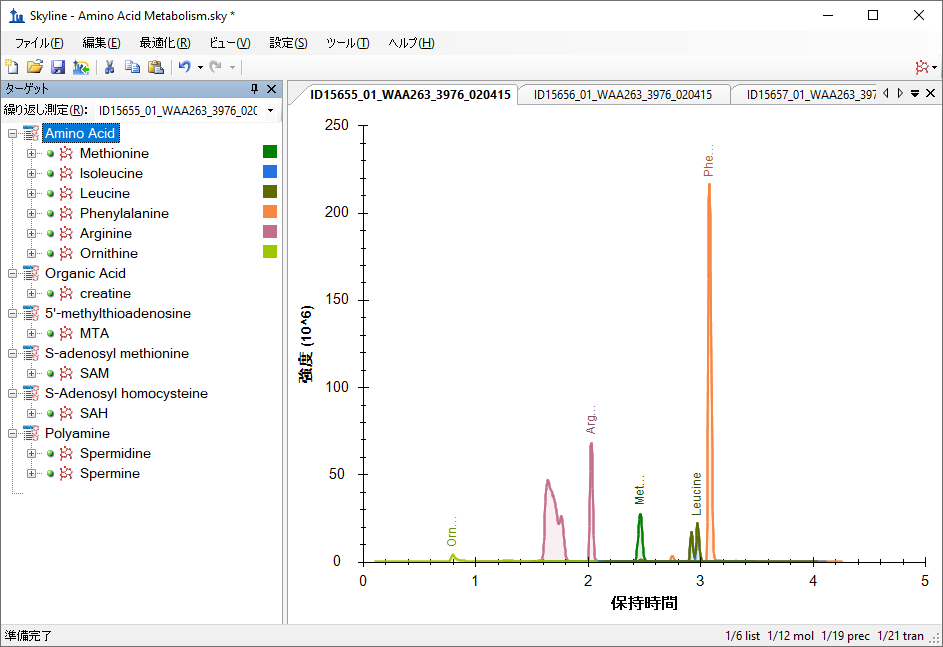
ID15665\_01\_WAA263\_3976\_020415 – Minus Arg, Minus Met Sample 2

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

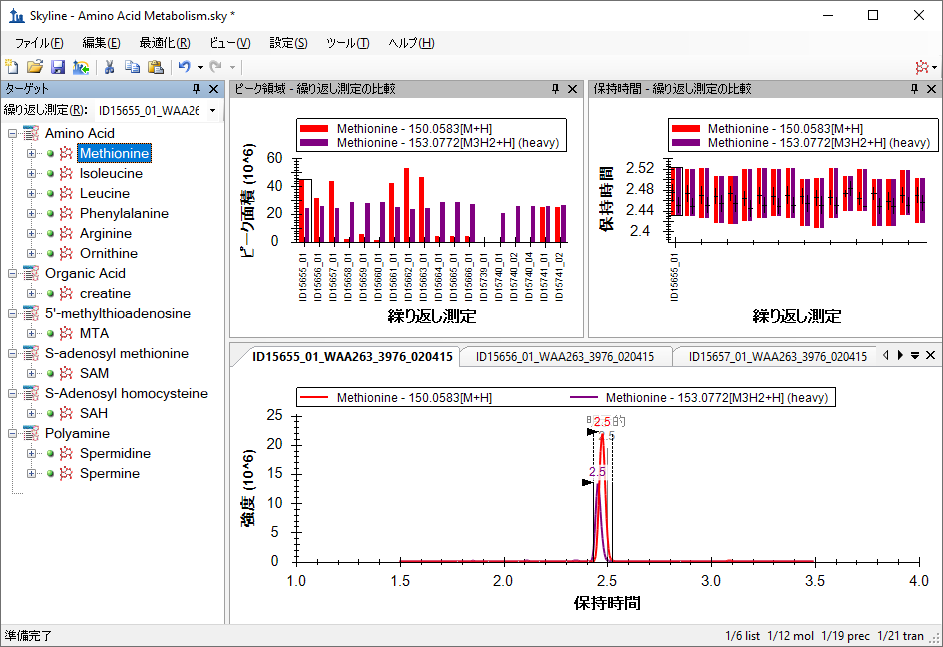
当該ファイルは瞬時にインポートされ、Skylineウィンドウは以下のようになります。



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。



# まとめ

本チュートリアルでは、プリカーサーイオン化学式および付加物、そしてプロダクトイオン*m/z*値で指定した分子をターゲットとするSkylineドキュメントの作成方法を学びました。代謝学研究者が収集した複数の繰り返し測定データセットをインポートし、元はターゲットプロテオミクスに使用するために作成された既存のSkyline機能のいくつを今度は非プロテオミクス分子データに適用できるかを理解しました。

# 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).