

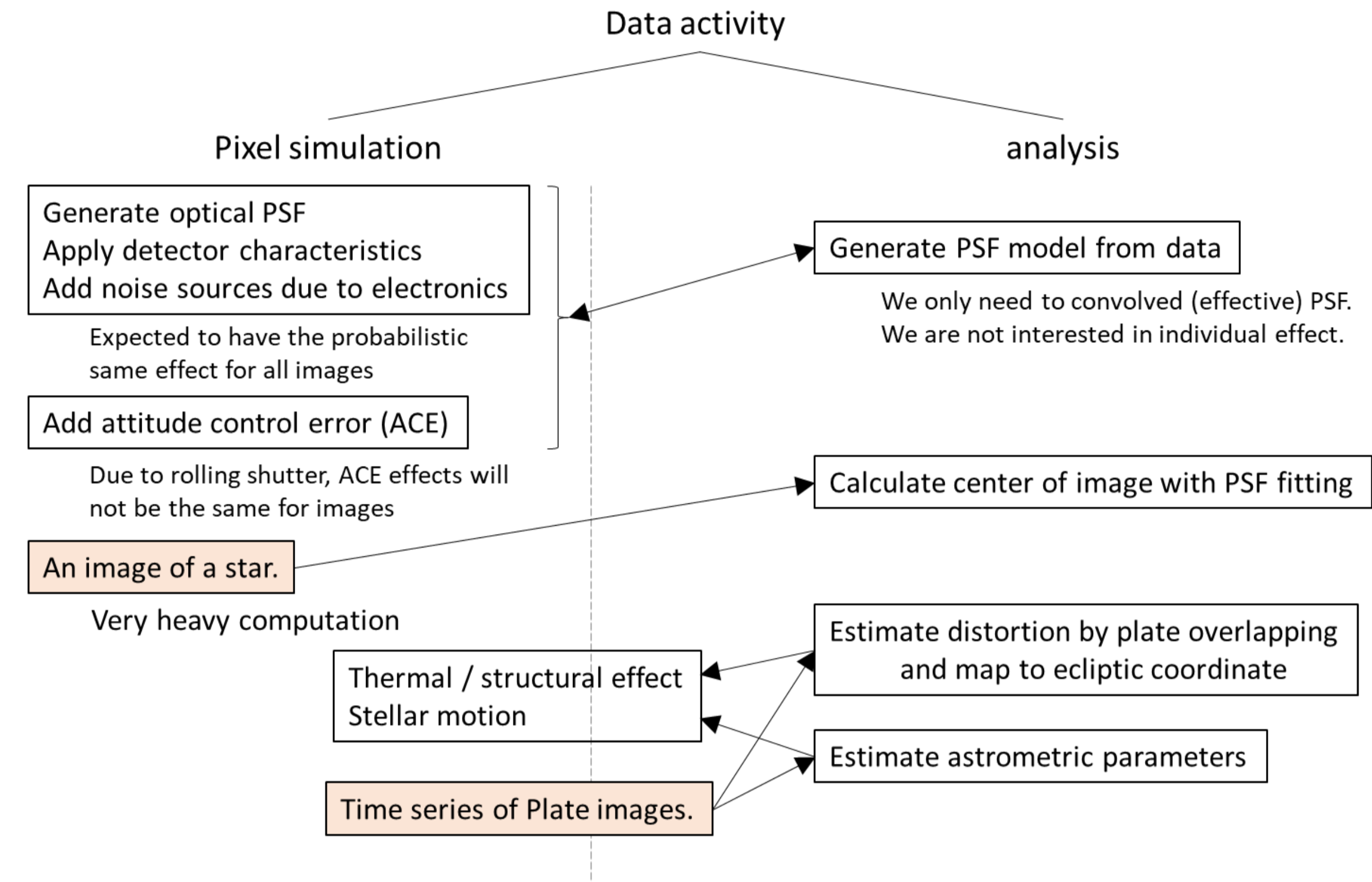
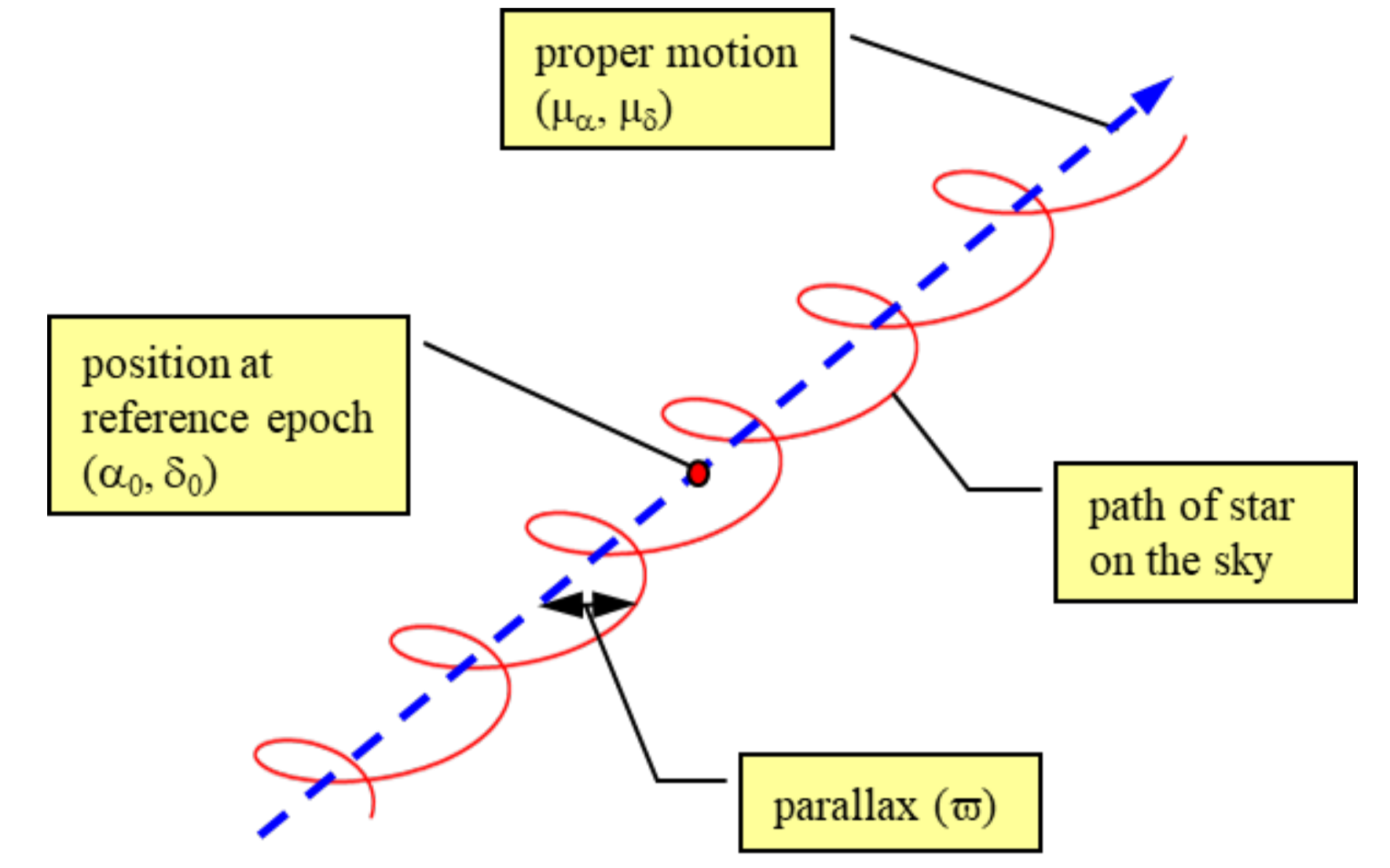
JASMINEのAstrometry解析ソフトウェアの開発状況



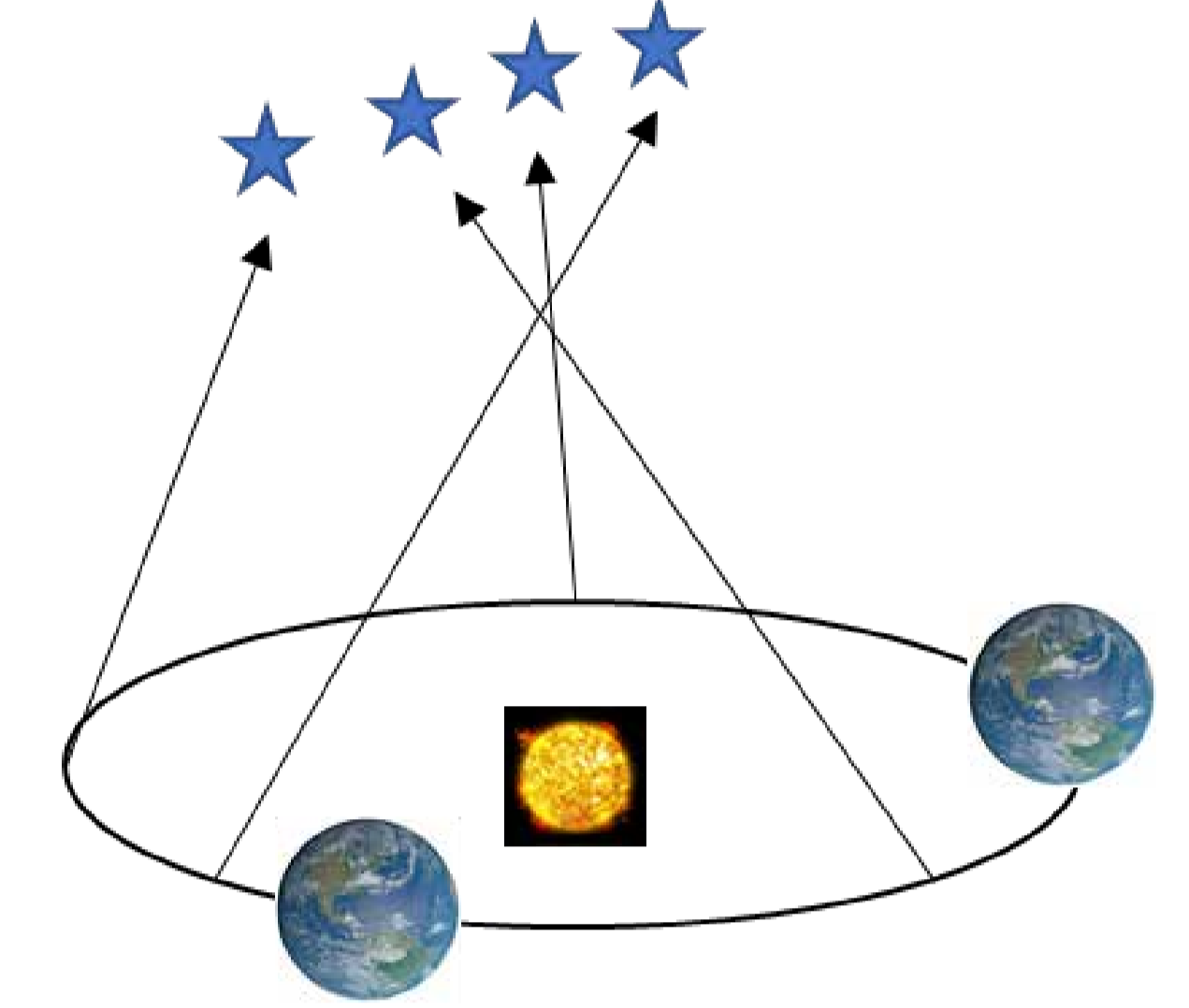
○山田 良透¹⁾、河田大介²⁾、河原創³⁾、上塚貴史³⁾、大宮 正士⁴⁾、大澤 亮³⁾、服部 公平⁵⁾、立川 崇之⁶⁾、吉岡 諭⁷⁾、辰巳 大輔⁴⁾、片坐 宏一⁸⁾、臼井 文彦⁸⁾、津久井 崇史⁴⁾、平野 照幸⁹⁾、福井 暁彦³⁾、越本 直季³⁾、泉浦 秀行⁴⁾、郷田 直輝⁴⁾、三好 真⁴⁾、矢野 太平⁴⁾、Wolfgang Löffler¹⁰⁾、赤外線位置天文観測衛星(小型JASMINE)プリプロジェクト候補チーム: (1: 京都大学、2: MSSL, University College London、3: 東京大学、4: 国立天文台、5: 統計数理研究所、6: 高知高専、7: 東京海洋大学、8: ISAS/JAXA、9: 東京工業大学)

Abstract: JASMINEのチームでは、現在科学コミュニティの約15名の有志のグループが出来ており、PSFの形状を正確に推定し、PSFの中心位置を推定したPSF形状から推定し、像のゆがみを補正して検出器上のPSF中心位置を天球上の位置にマップし、星の運動を推定するという一連の解析を行うソフトウェアの構築と、その精度評価を実施しており、その進捗状況を報告する。

Astrometryは、星の時系列の運動から、右図に示すせん運動のパラメータ、即ち基準時刻における天球上の位置、固有運動、年周視差を導出する天文学です。天文学では、観測値から天体の物理量を推定するために距離が重要ですが、この距離の測定は非常に難しい問題です。さまざまな観測情報から距離を推定する方法が考案されていますが、位置天文学は、距離を幾何学的、直接的に測定する唯一の方法です。地上からの位置天文学は数百年の歴史がありますが、大気の擾乱が精度限界を与え、スペースからの位置天文が、Hipparcos衛星(1989年打ち上げ)で始まり、その後、Gaia衛星が2013年に打ちあげりましたが、JASMINEは、HipparcosやGaiaとは異なる観測手法を用いているため、解析ソフトウェアを新たに開発する必要があります。

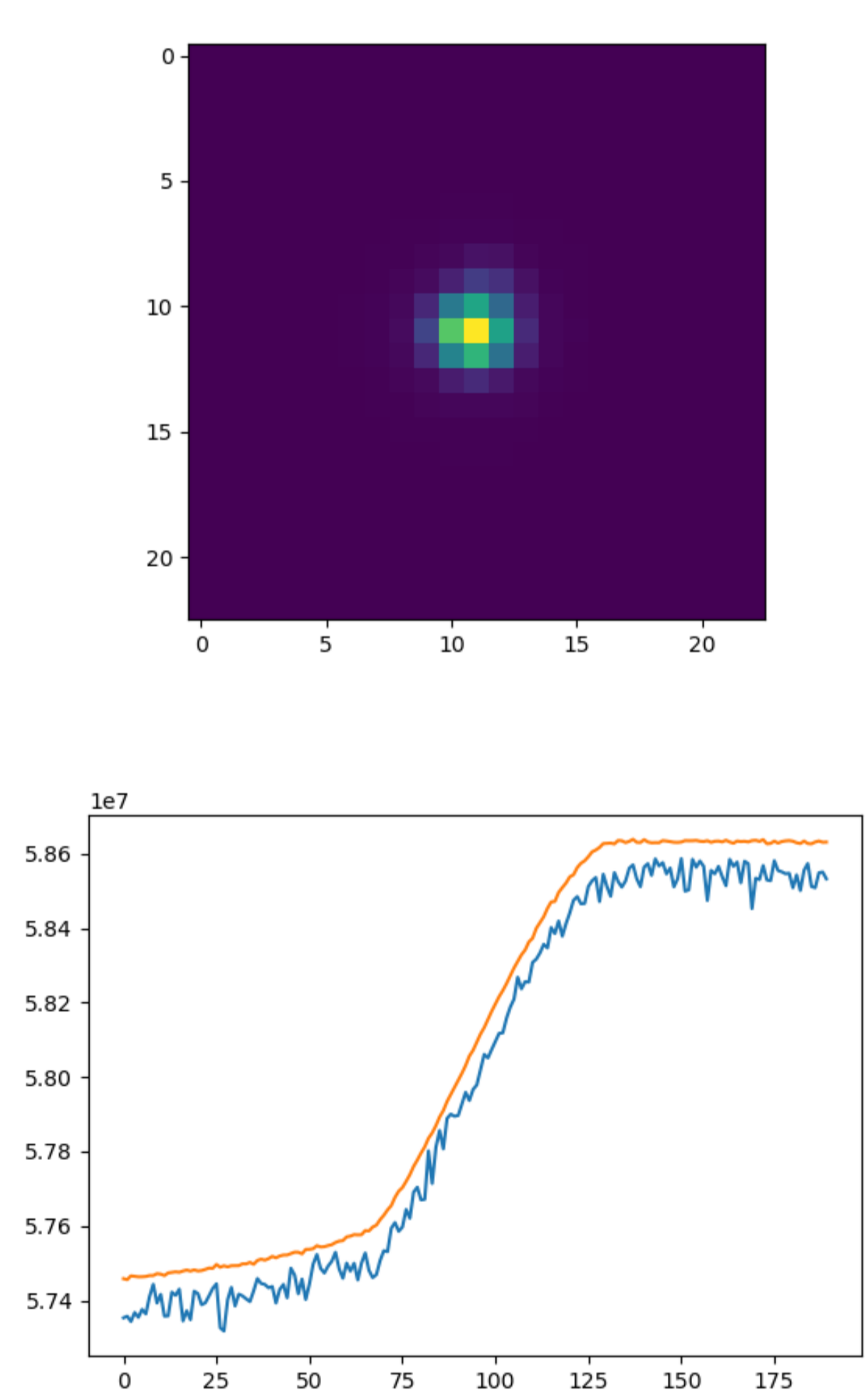


JASMINEが目指すのは、我々の天の川銀河の中心付近でのAstrometryです。距離はおよそ8kpc、年周視差は125 μ 秒角(6×10^{-10} rad)、距離の議論するには年周視差を相対誤差20%程度の精度で測定する必要があります。このレベルでは、観測装置の様々な擾乱や特性変化がノイズ要因となりますが、これらをこの精度で測定しつつ補正することは不可能です。そこで、擾乱や変化を「モデル化」して、そのモデルのパラメータを求めたい星の運動パラメータと同時に推定します。星の運動は測定装置より正確なので、運動する星の位置そのものを基準にすることで、擾乱モデルは、知見が更新されてゆくこともあるので、モデルの変更に対して柔軟なソフトウェアを構築する必要があります。



現在、右図にあるように、pixel simulationとanalysisという二つのグループで活動を行っています。

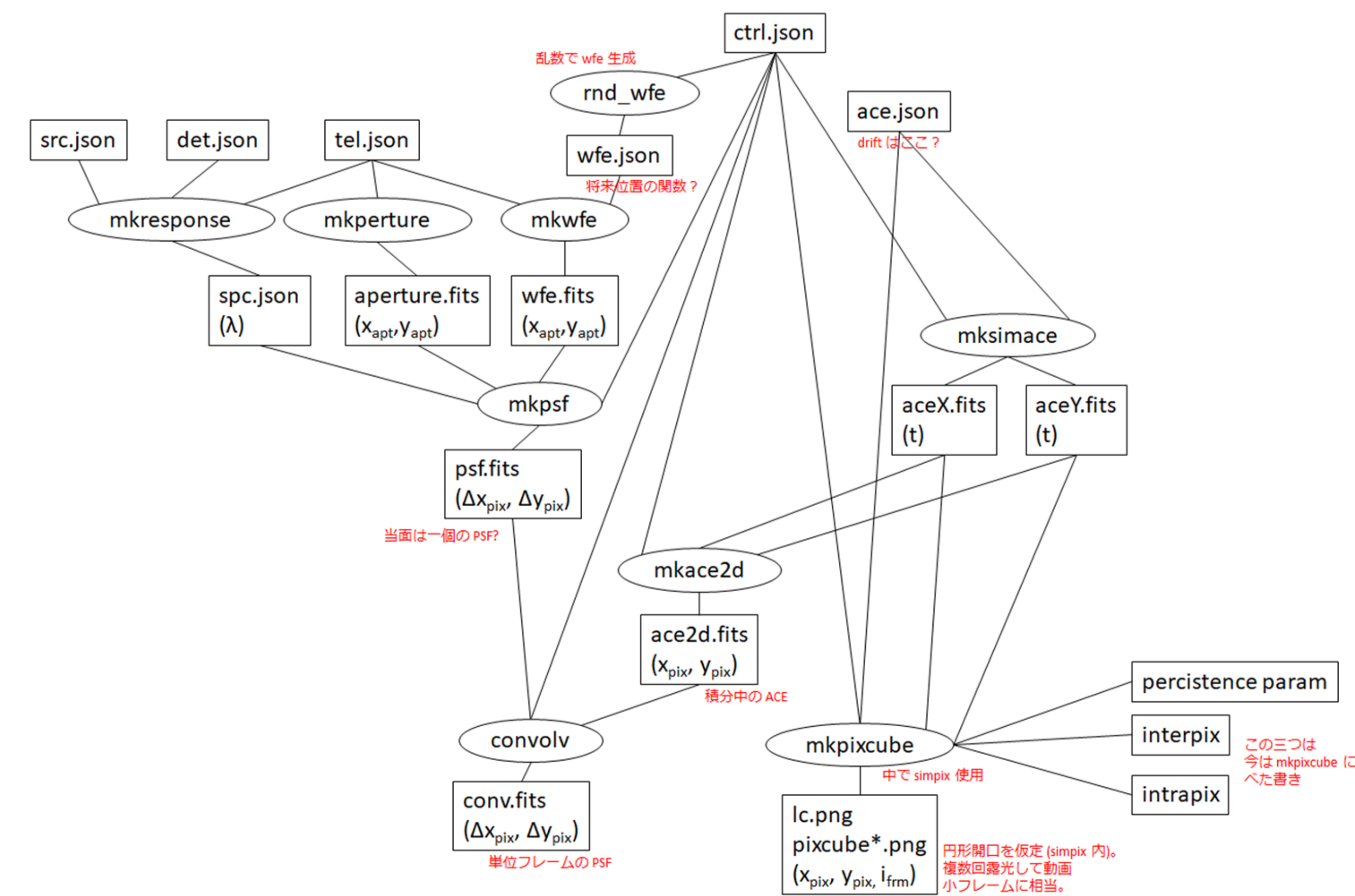
Pixel simulation



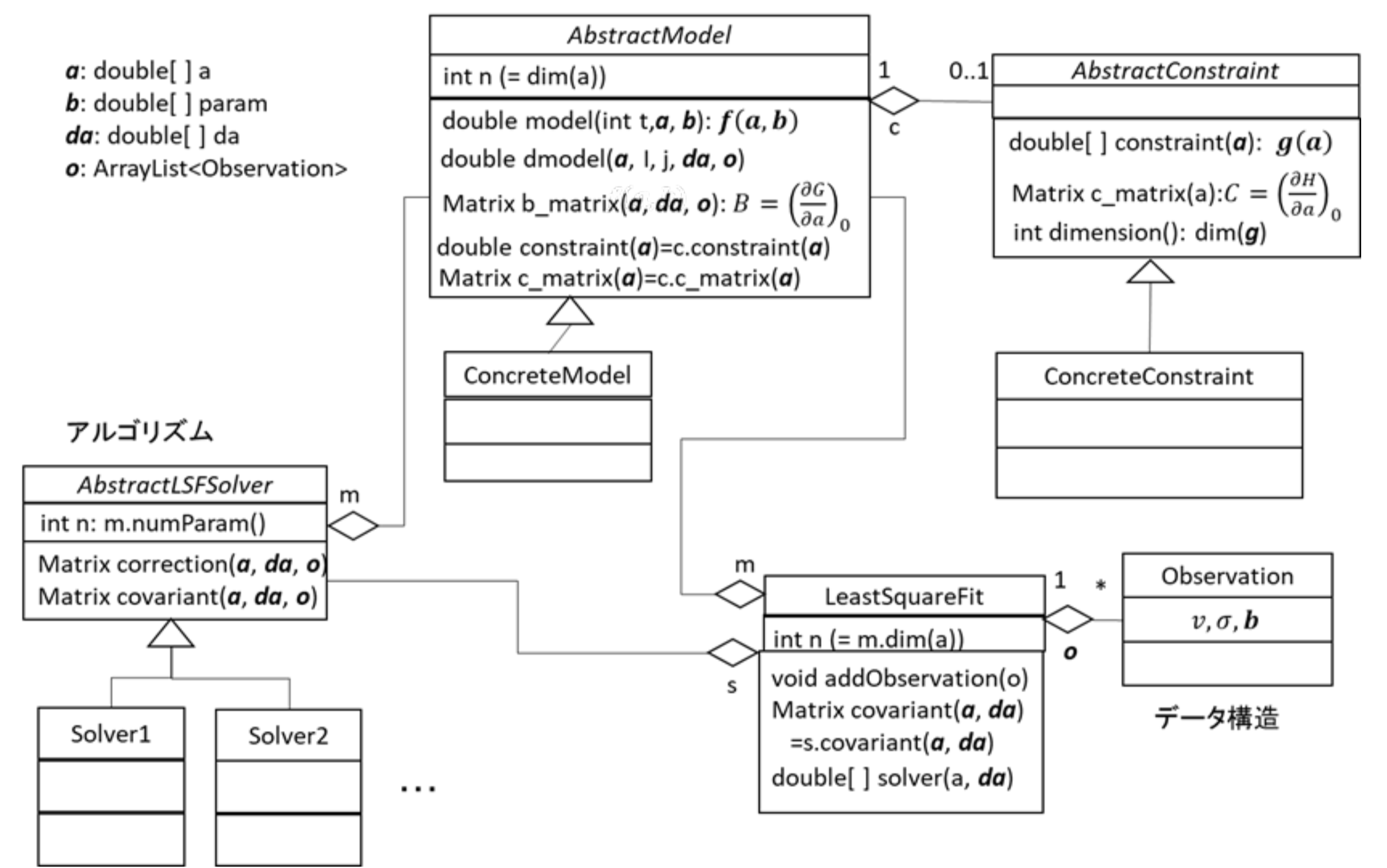
解析ソフトウェアに実データを作成すること、およびJASMINEではExoplanet searchも実施することから、photometryシミュレーションを行うことを目的としています。

下の図に示すように、光学(WFE)、検出器特性(response, persistence, inter pixel 非一様性, intra pixel 非一様性)、姿勢変動(ACE)の要因を取り入れたシミュレーションプログラムを作成しています。実際に作成された像は右上図にあるようなものです。年周楕円運動や固有運動を加えてこのような像を複数枚作成し、解析ソフトウェアにかけて評価を実施する準備を進めています。

photometryシミュレーションでは、JASMINEがターゲットとするM型星の周りの地球型惑星では2%程度の明るさの変動が期待されますが、様々な擾乱の条件のもと、この変動が推定可能かどうかの評価を始めています。



Astrometry Analysis



Analysisはデータを解析するためのソフトウェアの開発で、2018年からソフトウェア会社への委託による開発を進めてきており、今後も数年間継続する予定です。一方、2020年からは上の研究者有志のグループでの活動も開始しました。

ハードウェアの組立・測定に伴って擾乱のモデルが変更されることが予想されることから、「モデル」を柔軟に変更できることがキーとなります。このため、上のクラス図に示すような仕組みを実装しています。この設計がうまくworkすることは、すでに2013年ころには確認済みです。推定は、真の解に十分近いところでは線形最小二乗が有効であることから、線形最小二乗をiterativeに行うことで、解を収束させる方法をとっています。PSFを推定すること、推定されたPSFと画像を照合して星像中心位置を求めること、求められた星像中心位置から星の運動と画像歪を同時推定することの3種類の解析を行います。このため、基本的には3種類の最小二乗のための正規行列を作成するプログラムと、最小二乗解を解くプログラムを作成します。

現在、個別のルーチンの実装と下の図に示すパイプラインの実装を完了していますが、個別の行列生成ルーチンに残っている不具合の修正中です。これが終了すると、達成精度評価に移ることが出来ます。年度内には、一定の条件のもと、精度の達成に関する実証を行い、今後数年で、データの擾乱を追加して精度評価の妥当性を評価すること、計算規模を実サイズ(10万星、数十万撮像)まで増やしたときに適切な時間で処理が終わることを評価してゆきます。

