



T O M O E
G O Z E N



トモエ動画情報を救え

～カイロス計画の紹介と1分間サーベイの提案～



直川史寛

東京大学理学系研究科物理学専攻

ビッグバン宇宙国際研究センター 横山順一研究室 博士課程 2 年

Tomo-e Gozen SWG

逢澤 正嵩 (茨城大)、檜山 和己 (東北大)、大澤 亮 (国立天文台)

広視野

シュミット望遠鏡



動画観測

Tomo-e Gozen

HeSO (Hertz stellar object) サーベイ

**1 fps の動画で恒星を
無バイアスに長時間モニター**

HeSO (Hertz stellar object) サーベイ

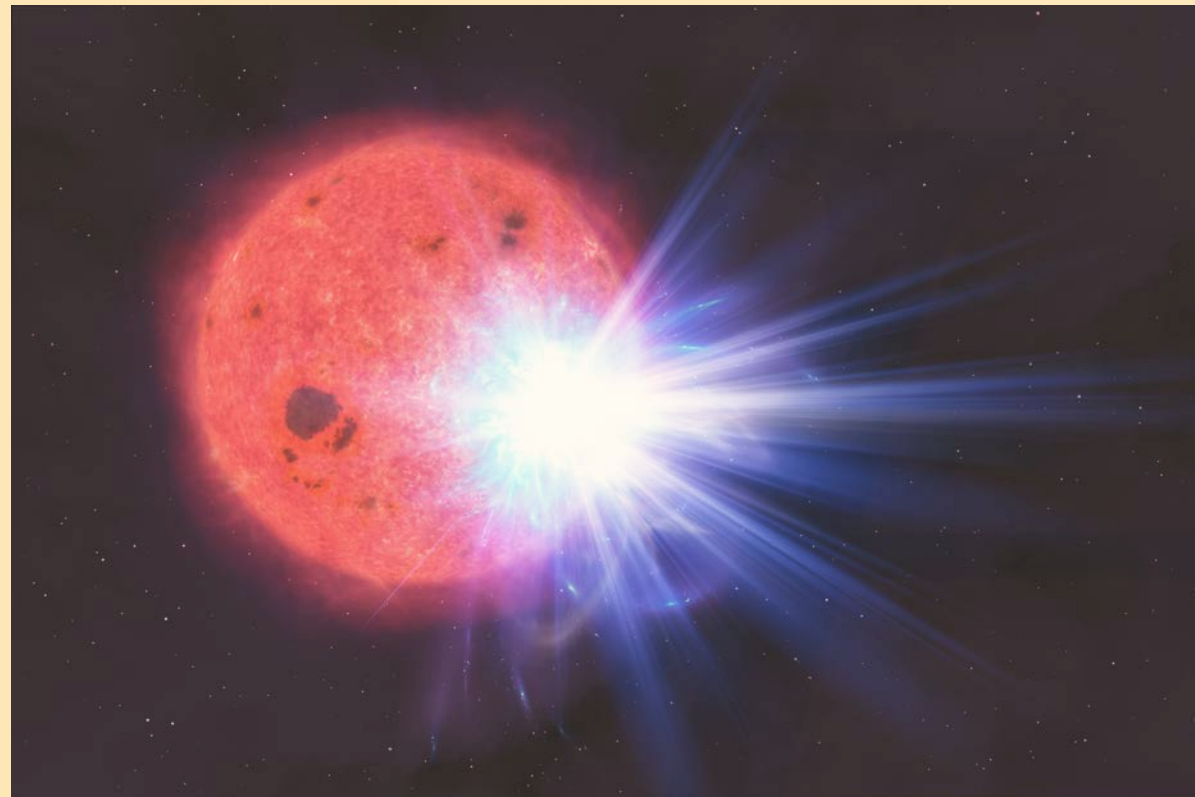
➤ 科学目標の例

HeSO

HeSO (Hertz stellar object) サーベイ

➤ 科学目標の例

高速 恒星 フレア ($10^1 - 10^2$ 秒)



クレジット：東京大学木曾観測所

白色矮星トランジット (分)

高速変動白色矮星

➤ これまでの状況

2019-2020 年：約 40 時間分の 1 fps データを取得し、無バイアスサーベイ
M型星の高速フレアを 22 件検出 (Aizawa et al., PASJ, 74, 5, 1069-1094, (2022))

まだまだデータが必要 => HeSO 全天サーベイ構想

➤ より革新的な科学目標に挑むためには、数桁多いデータ量が必要

毎晩行われいている通常サーベイ
を活かせないか？

広視野 × 動画観測

シュミット望遠鏡

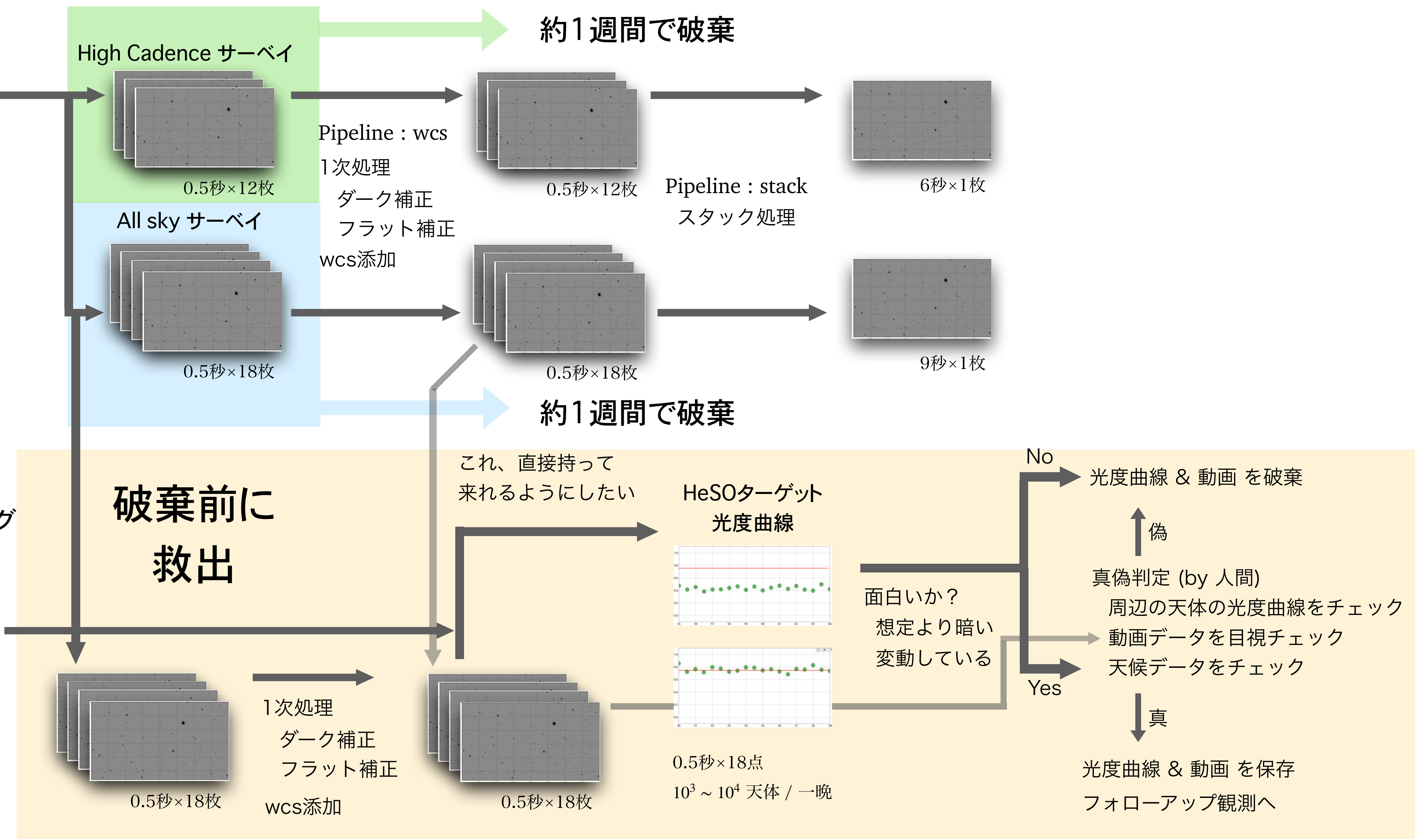
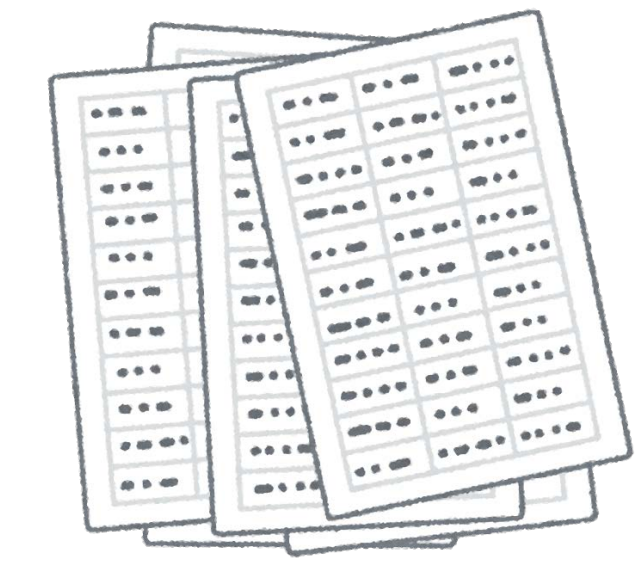
Tomo-e Gozen

トモエ時間情報救出作戦：カイロス計画 (Operation Saving Kairos)

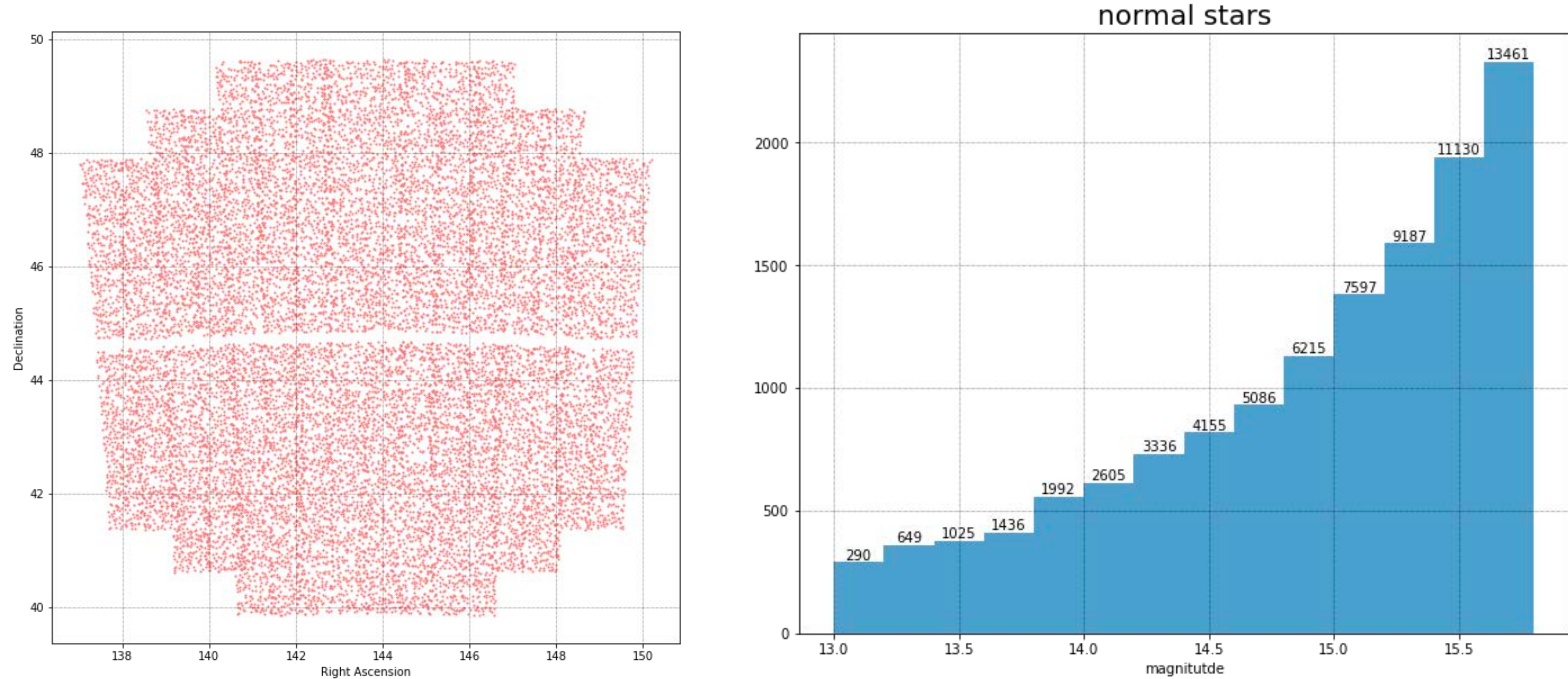


シュミット望遠鏡
Tomo-e Gozen

HeSO ターゲットカタログ



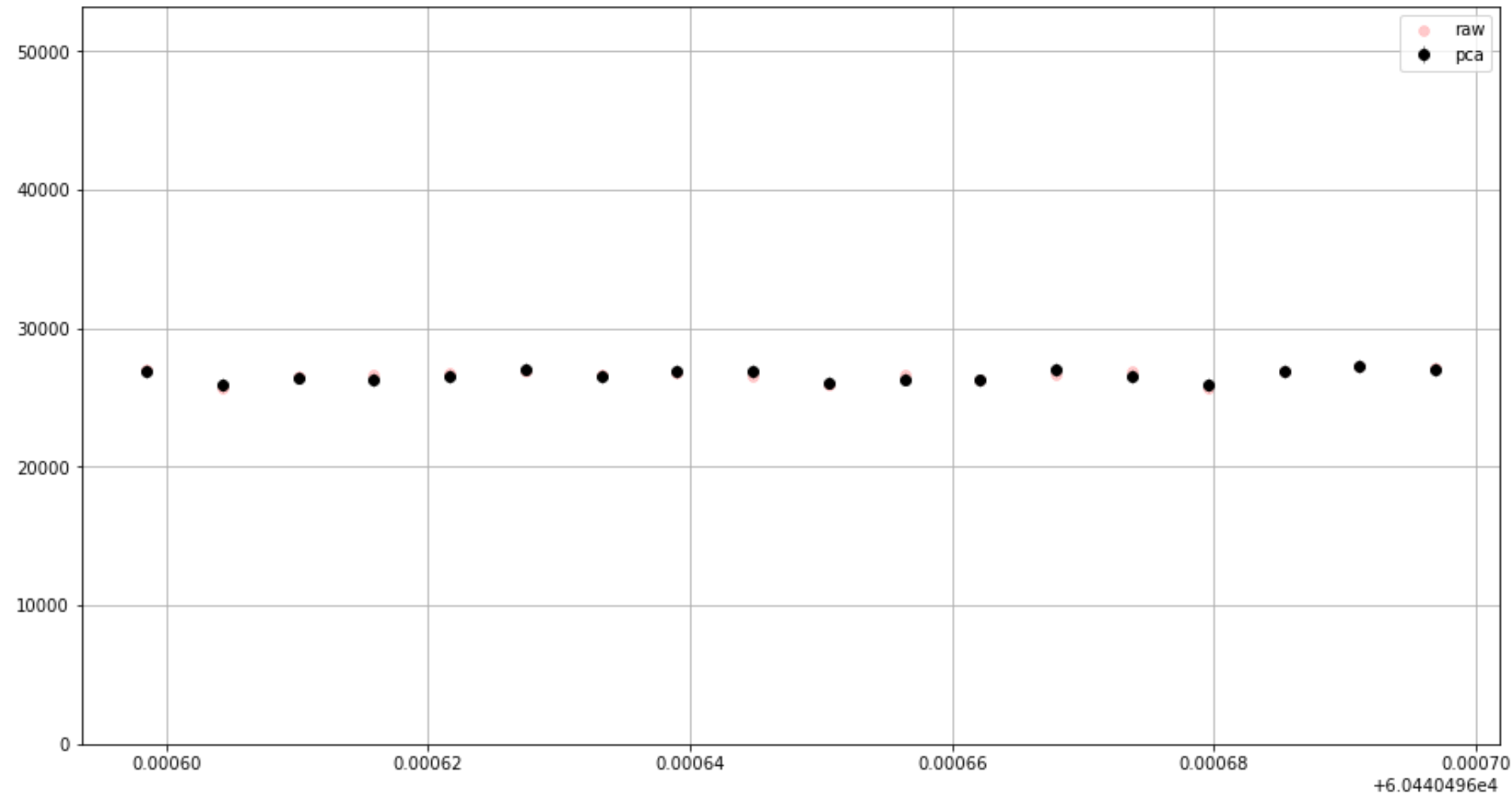
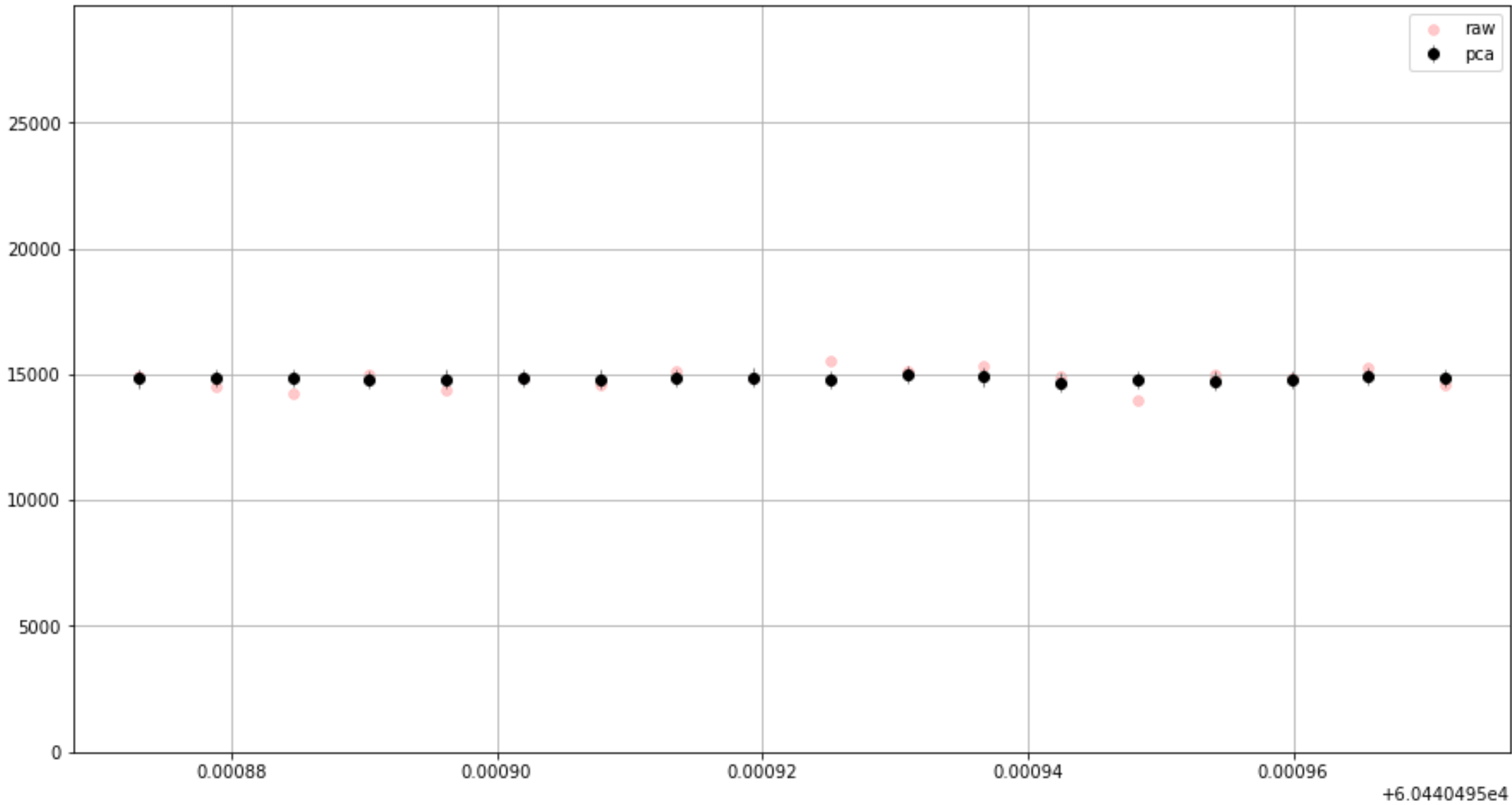
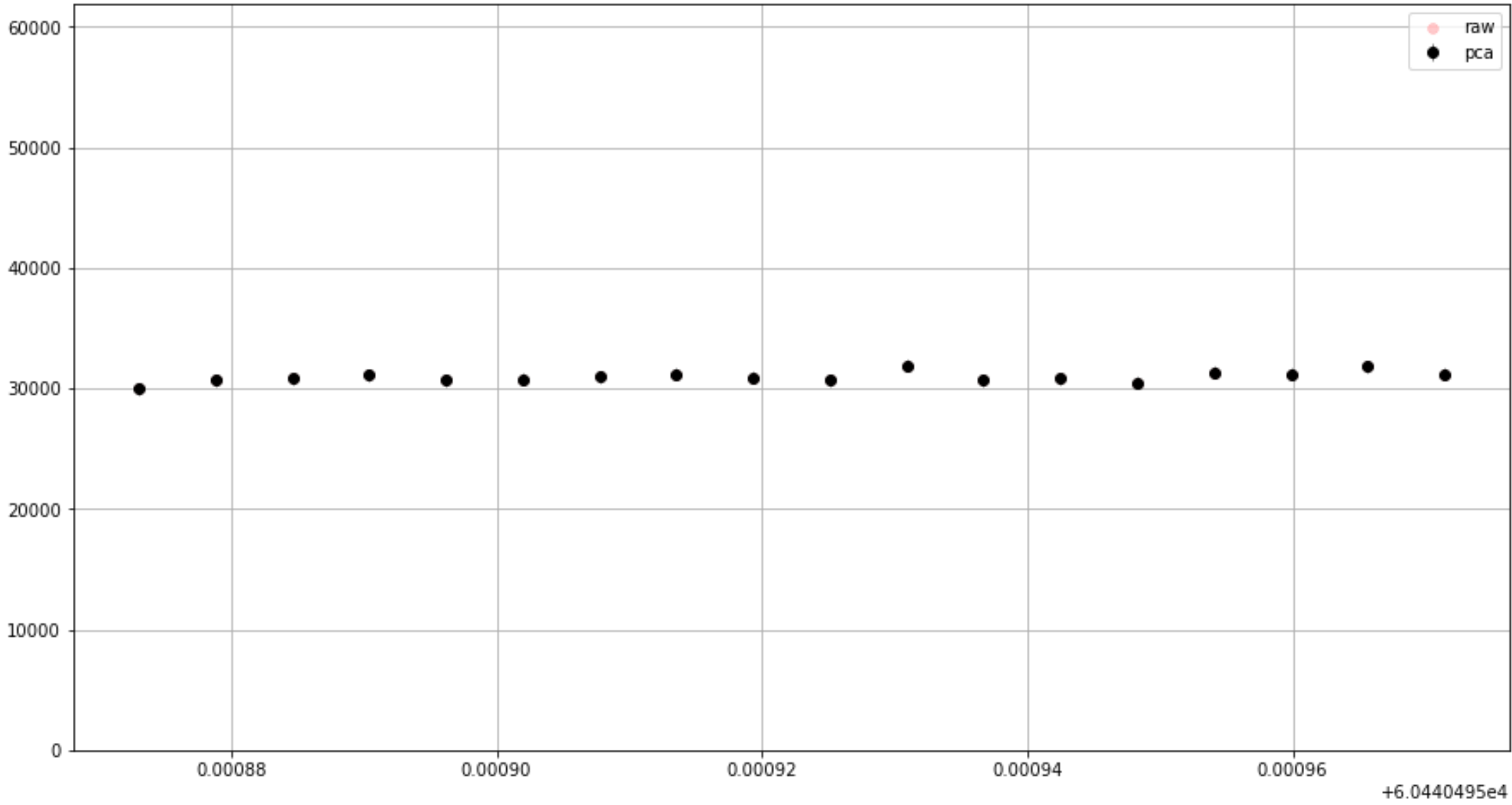
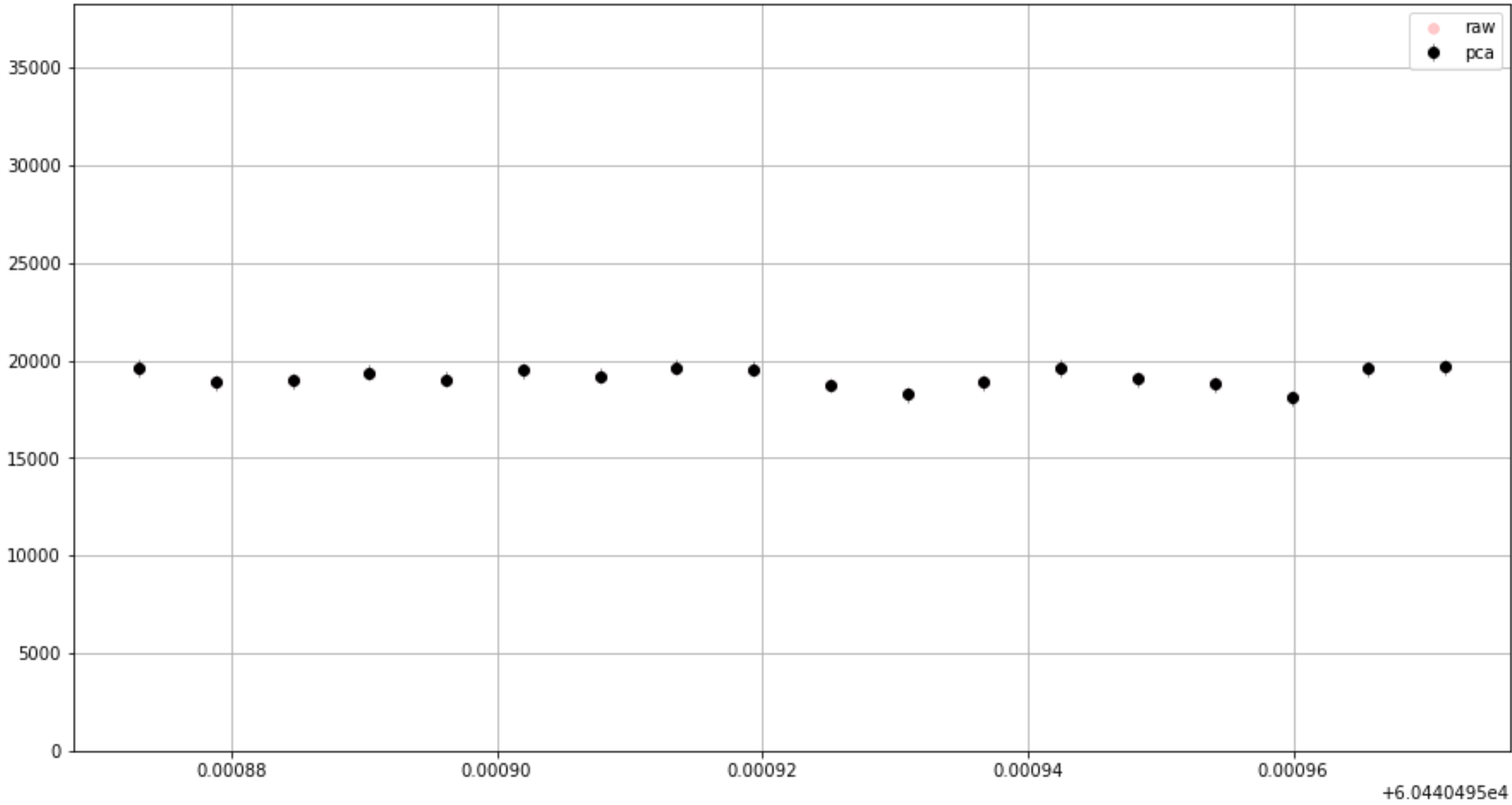
実際にどんなもんか見てみよう！



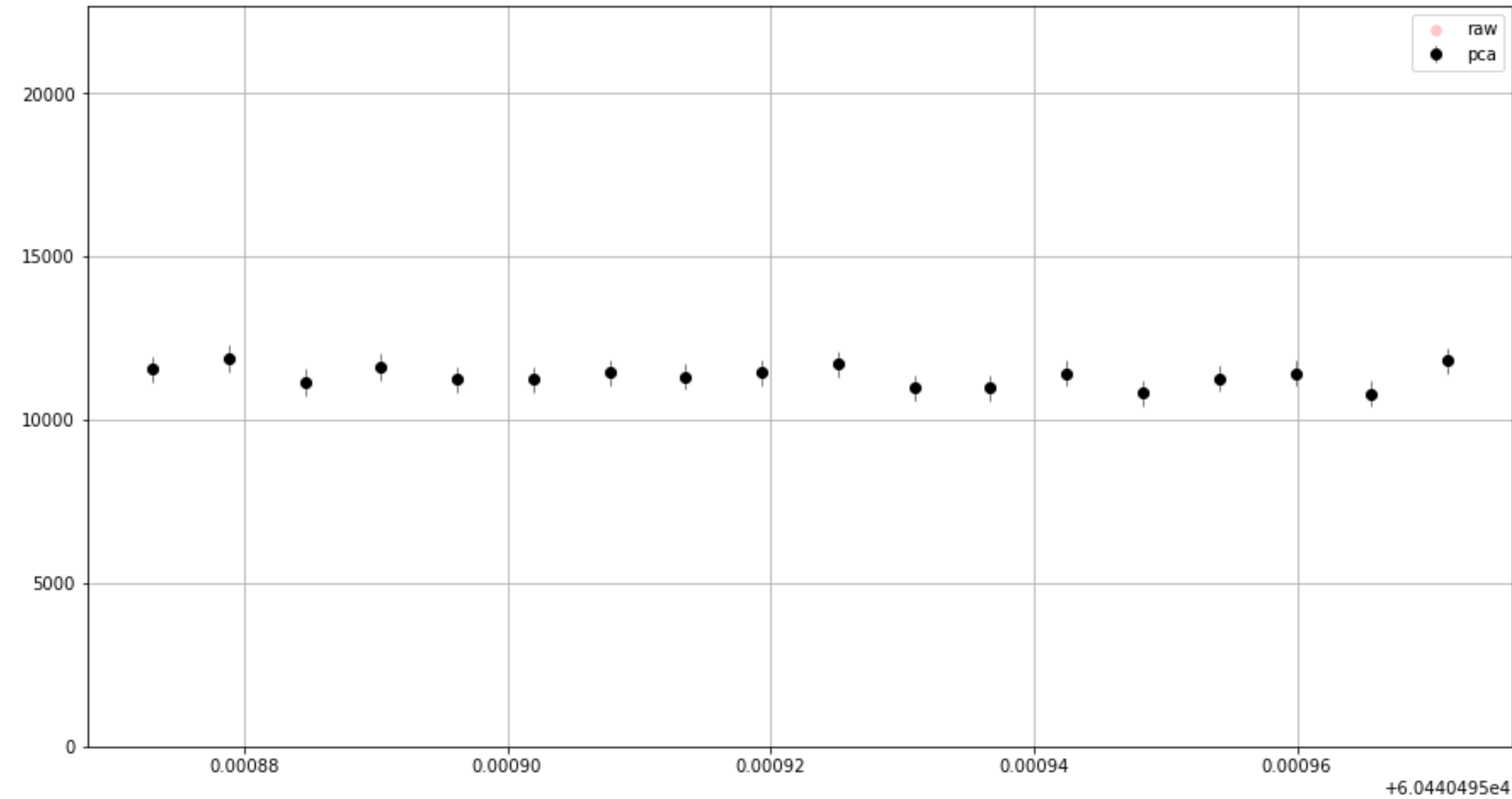
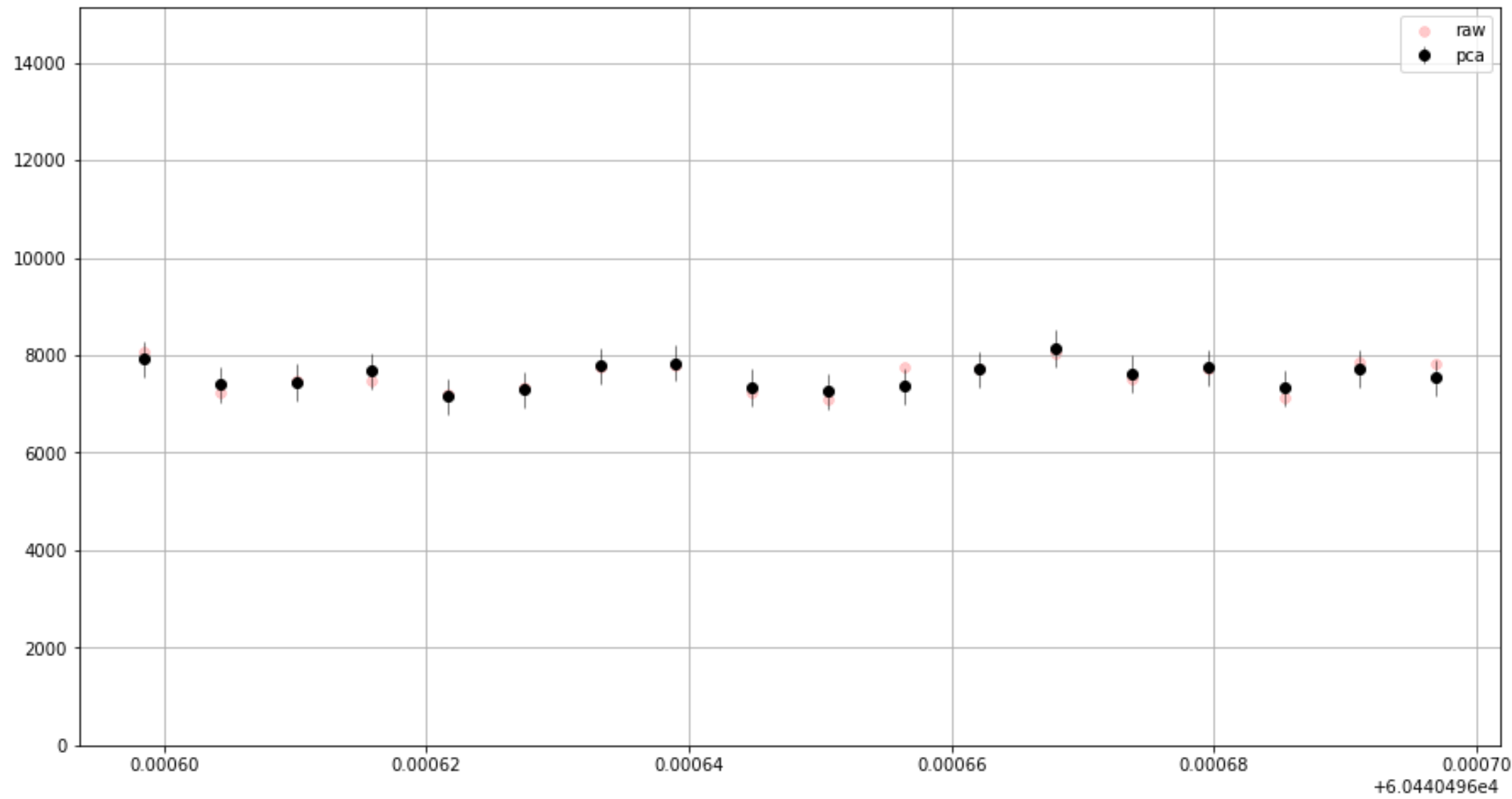
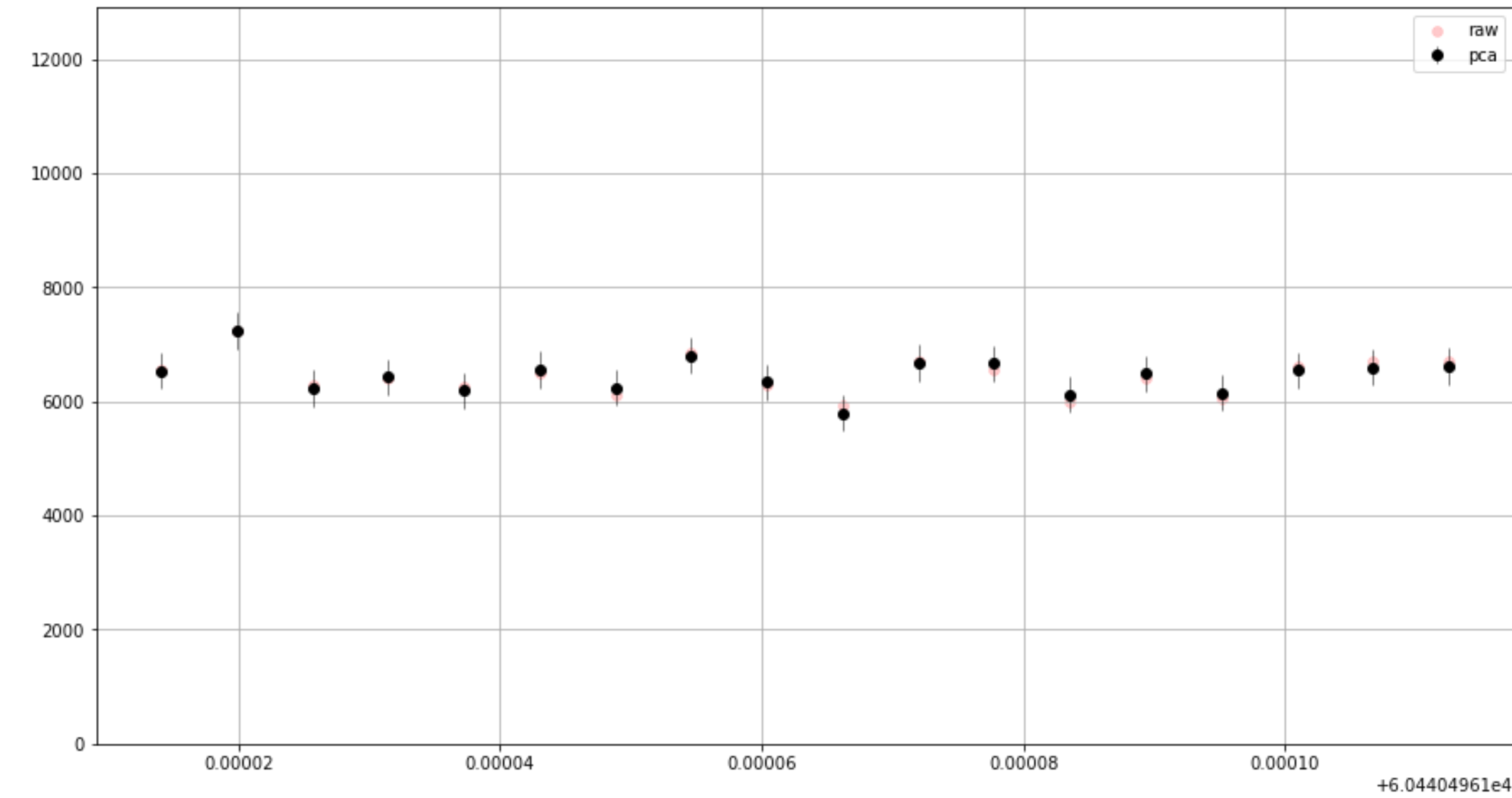
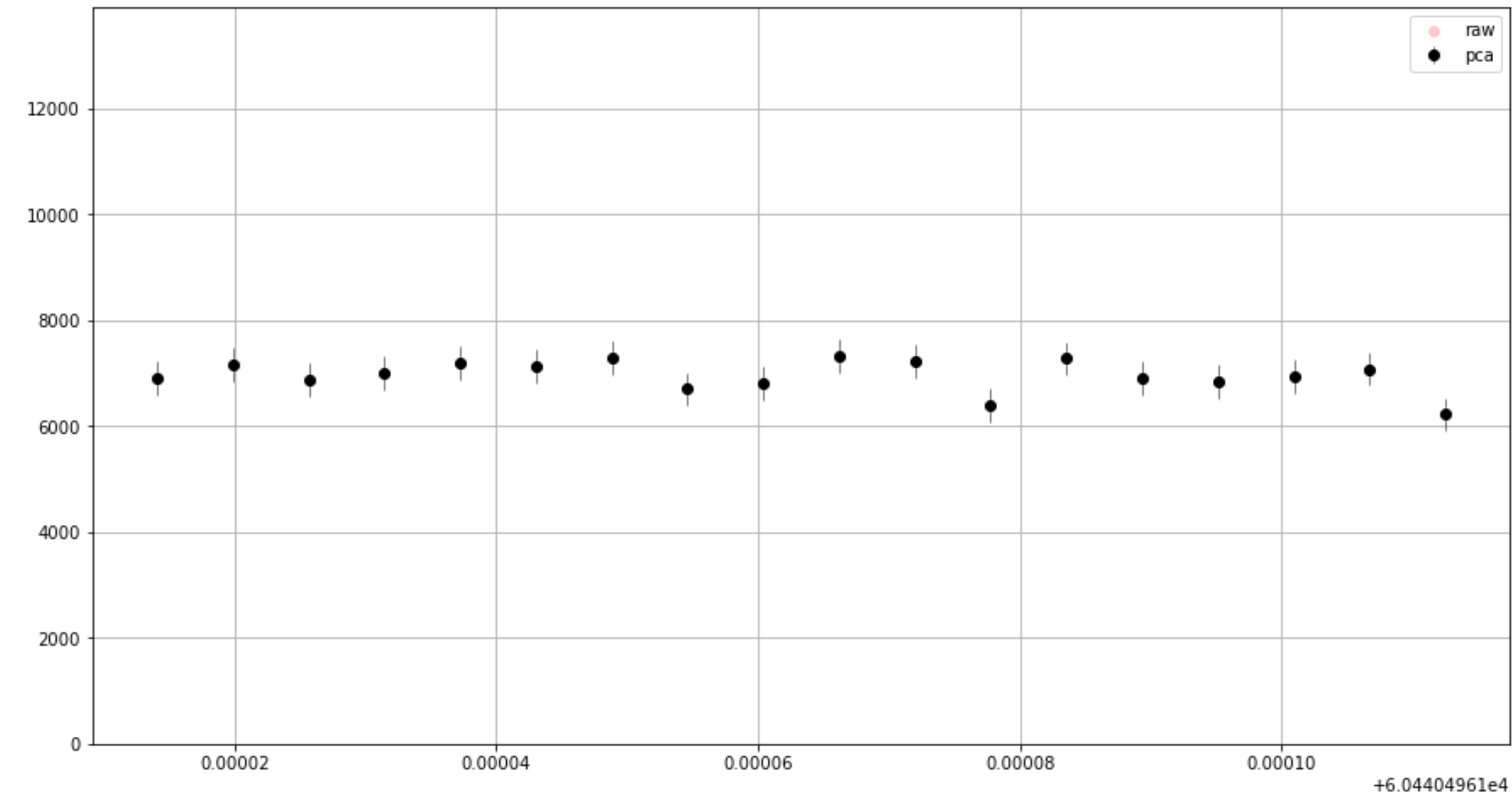
上の数字は累積

トモエ 1フィールド の HeSO カタログ天体

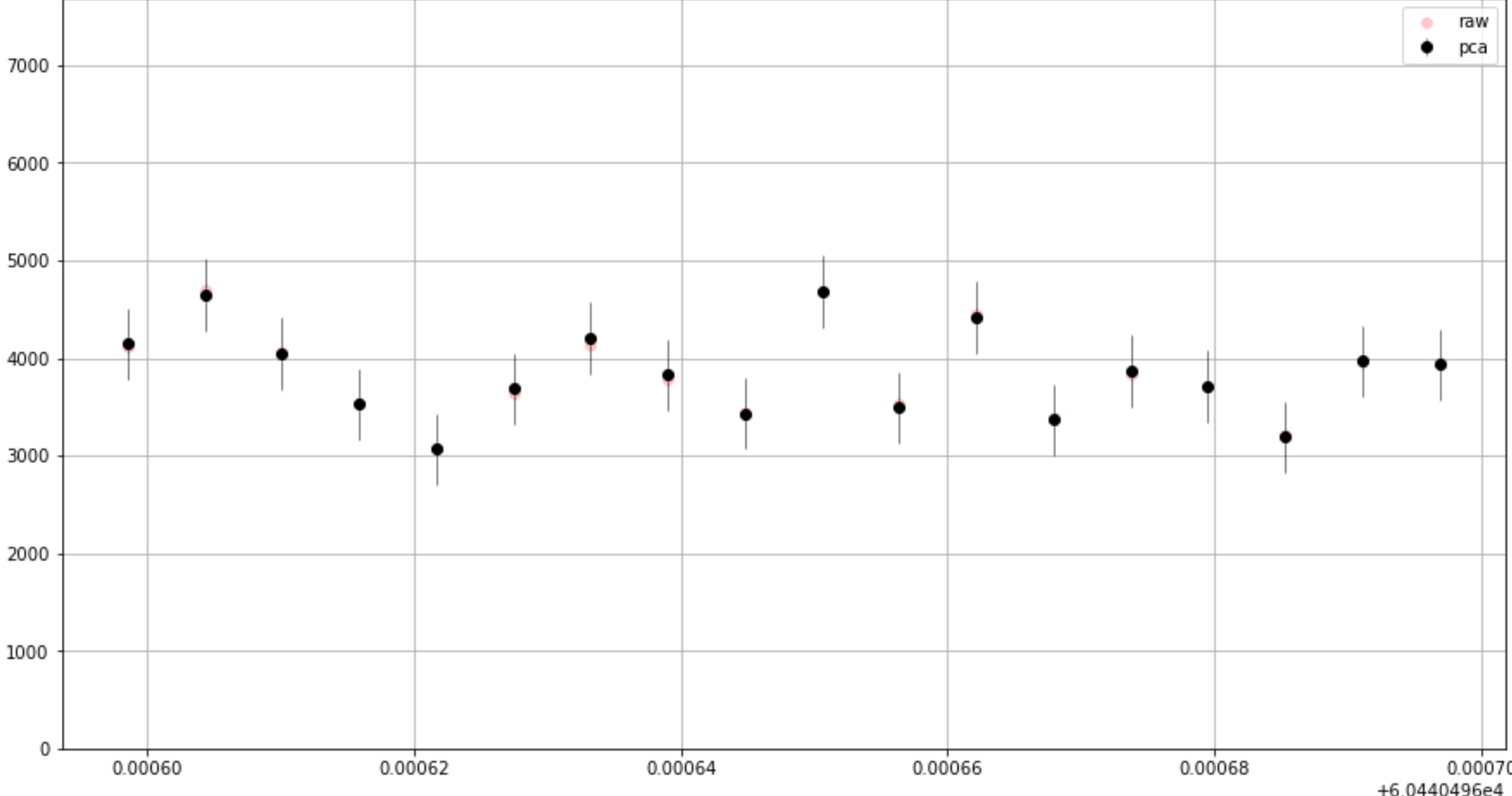
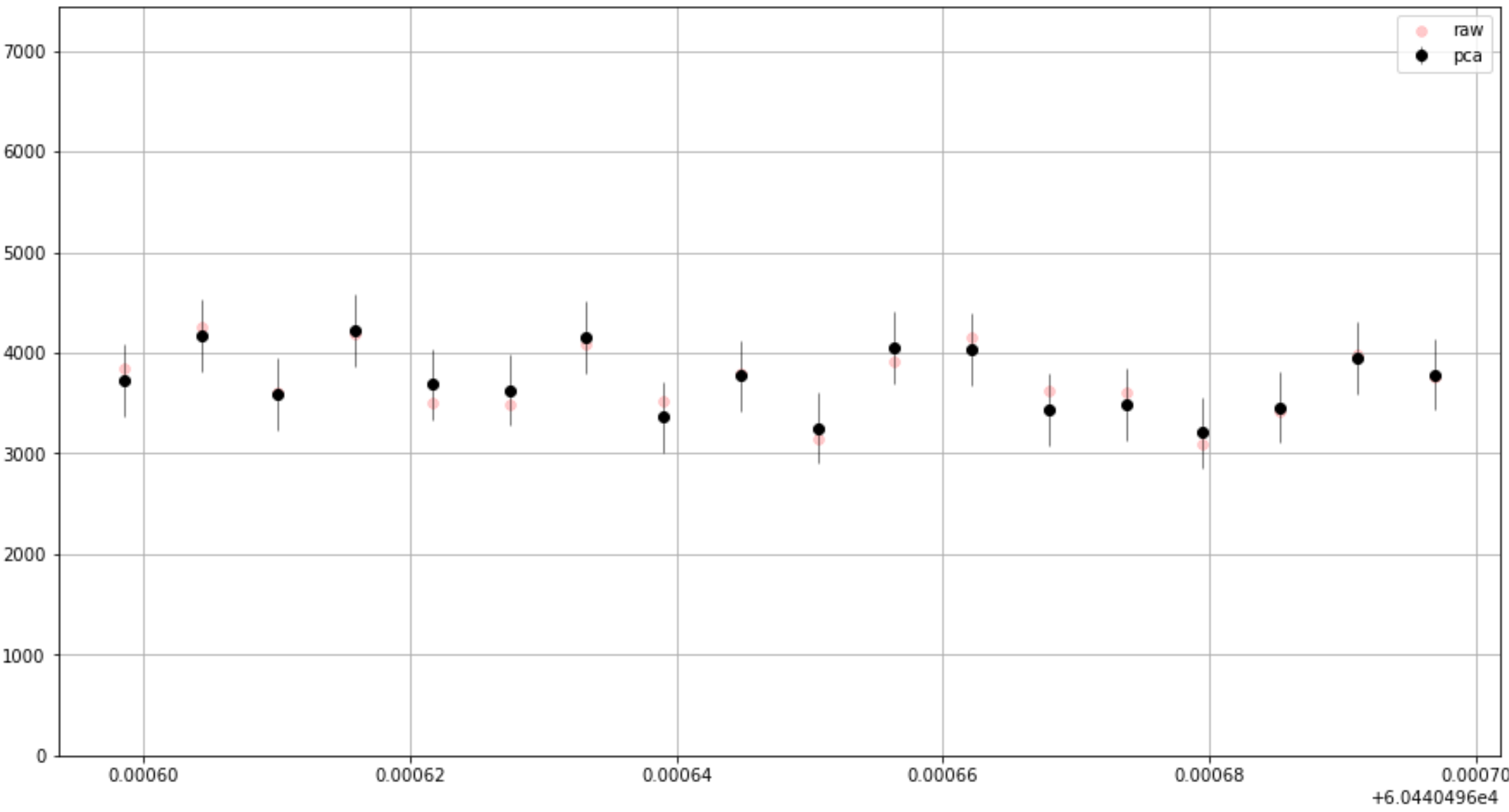
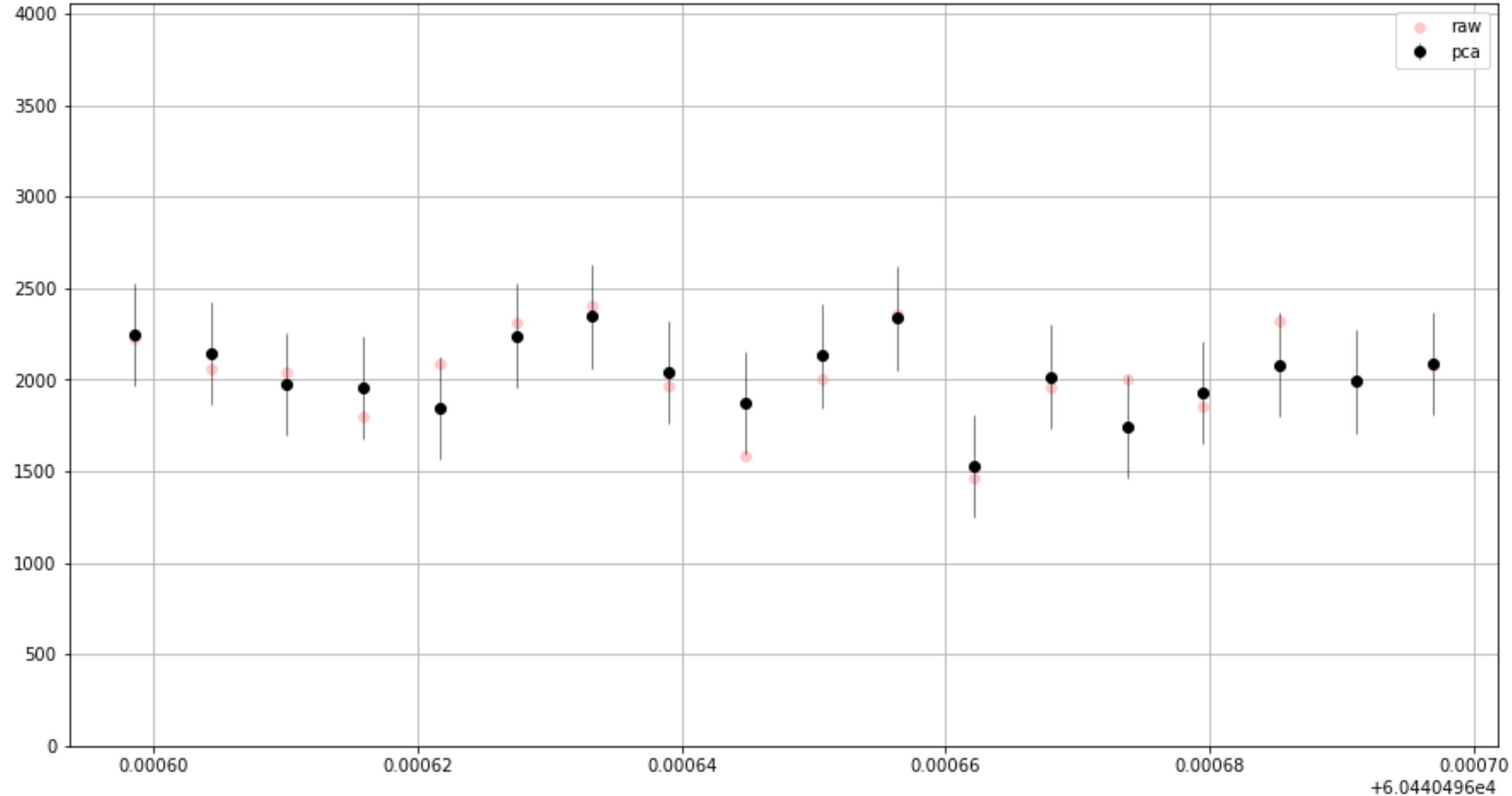
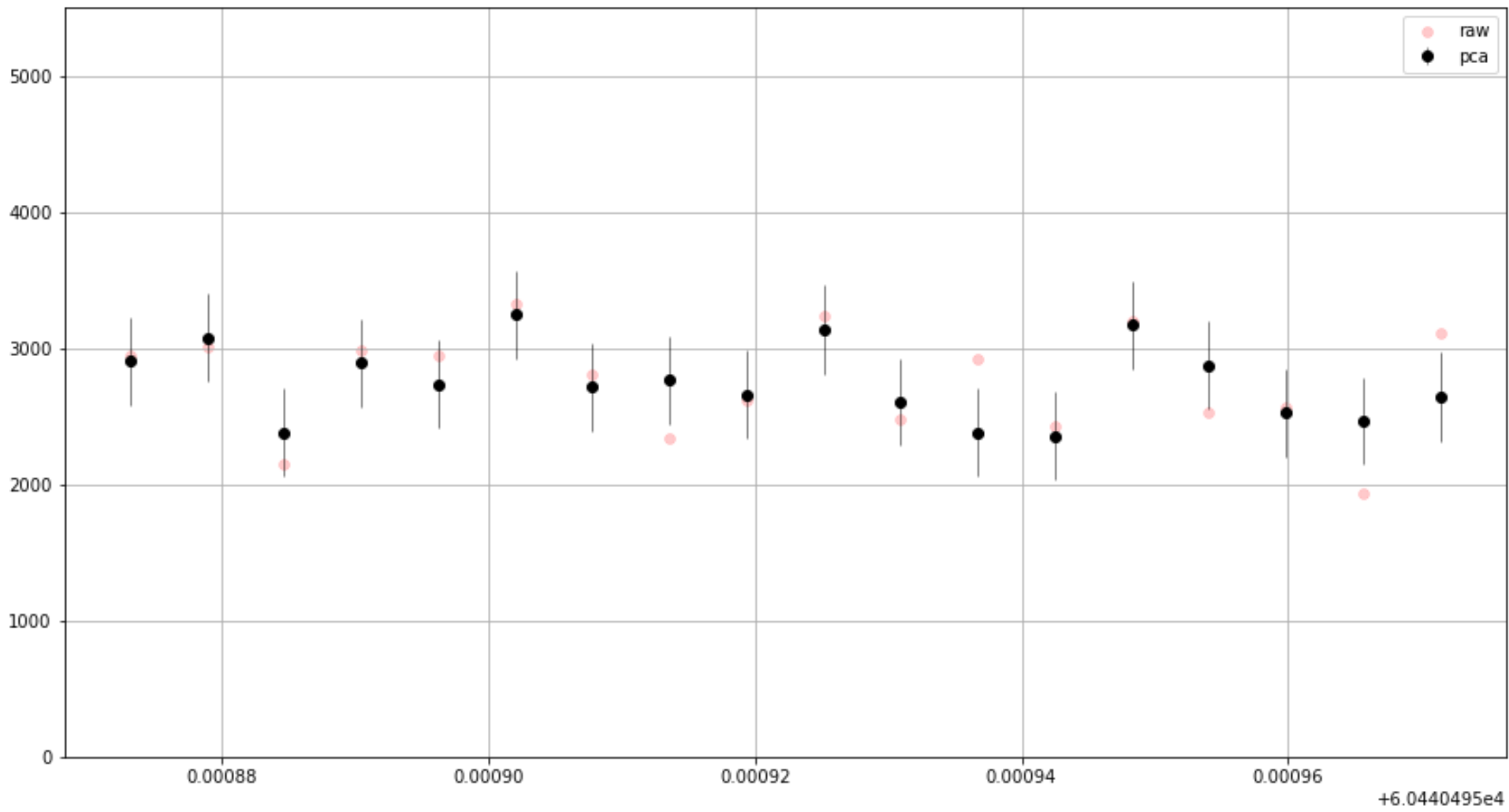
All-sky survey の光度曲線 14等級 (2024/05/10 J0936+4433 フィールド)



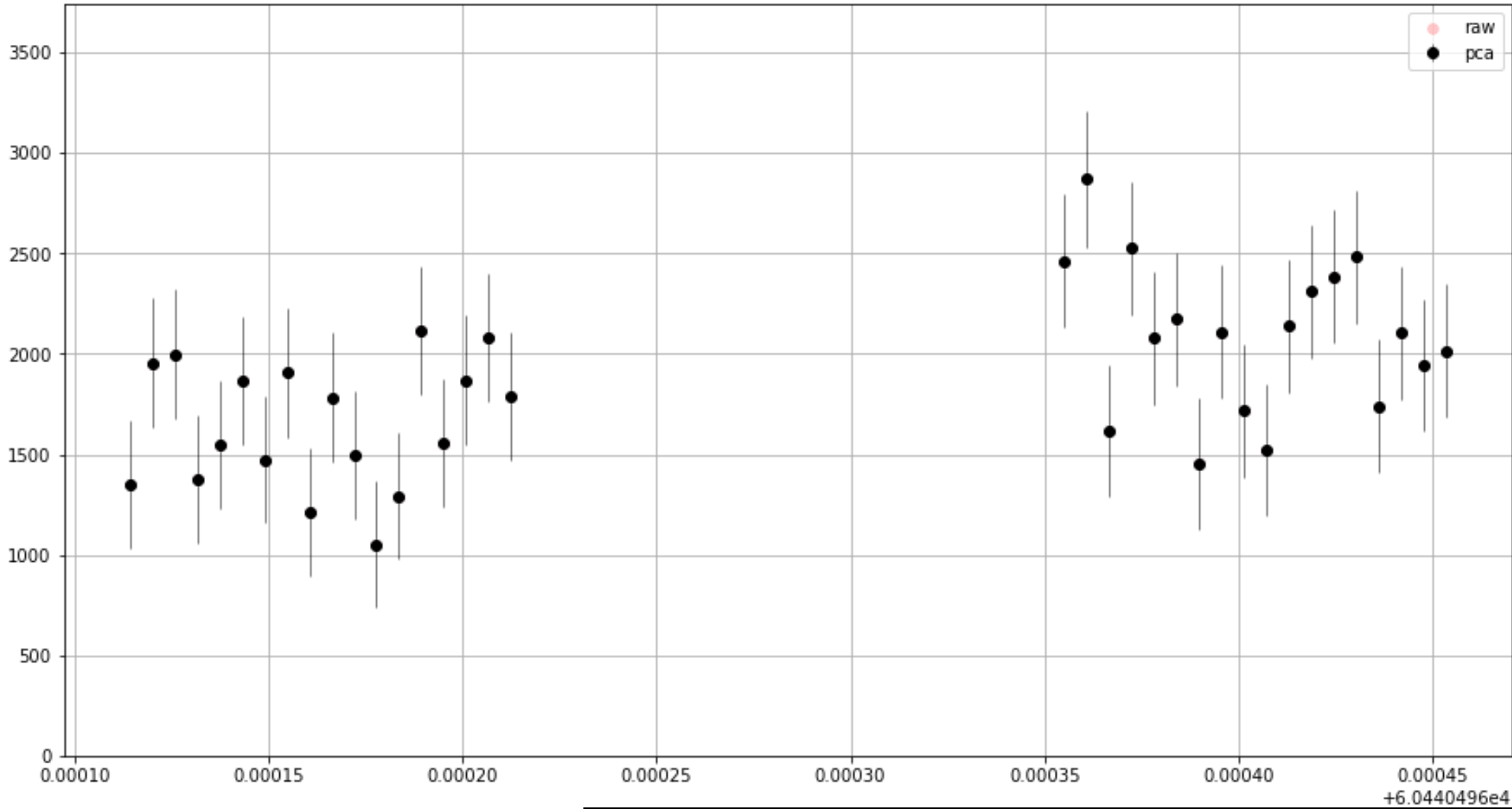
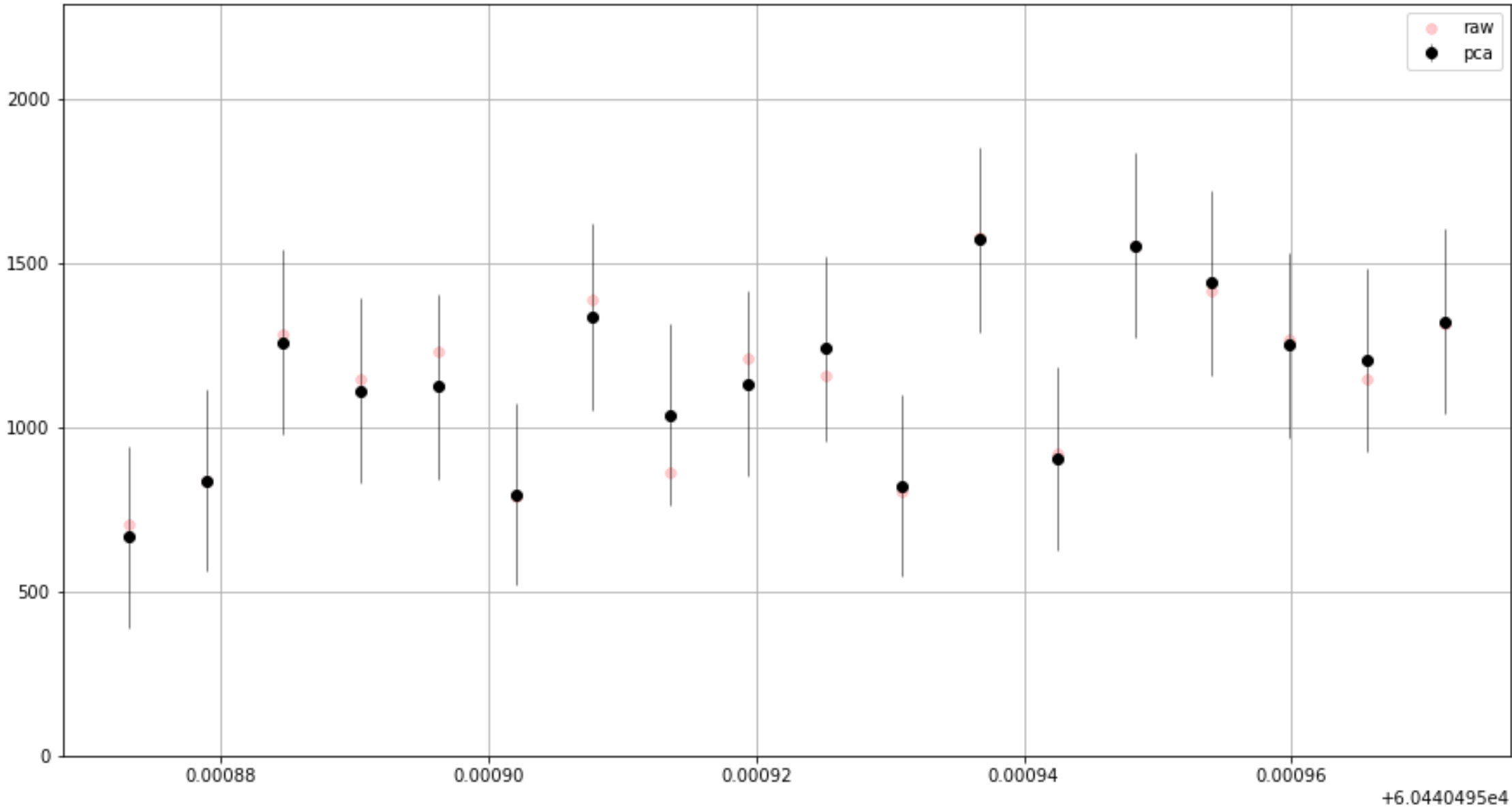
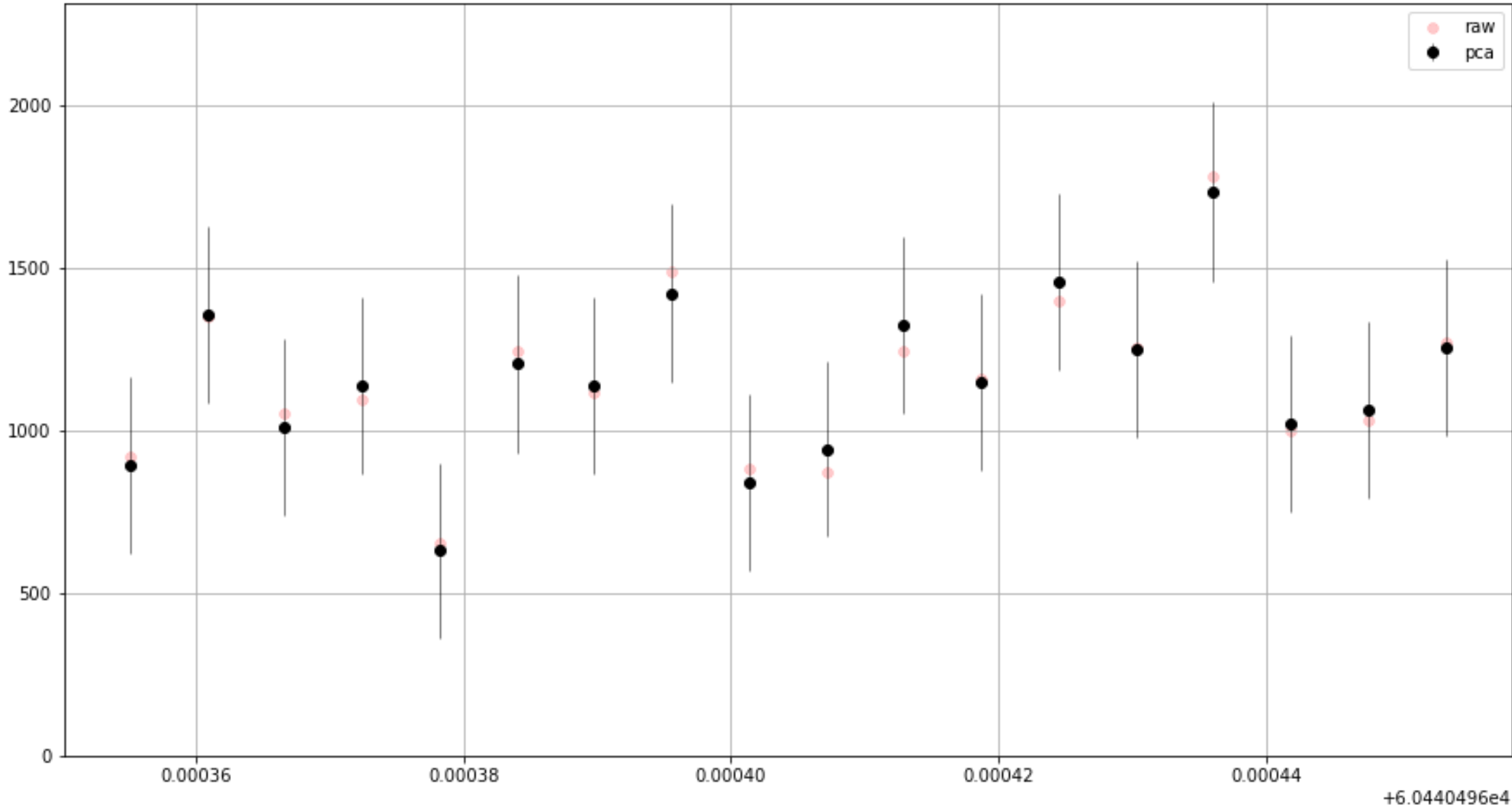
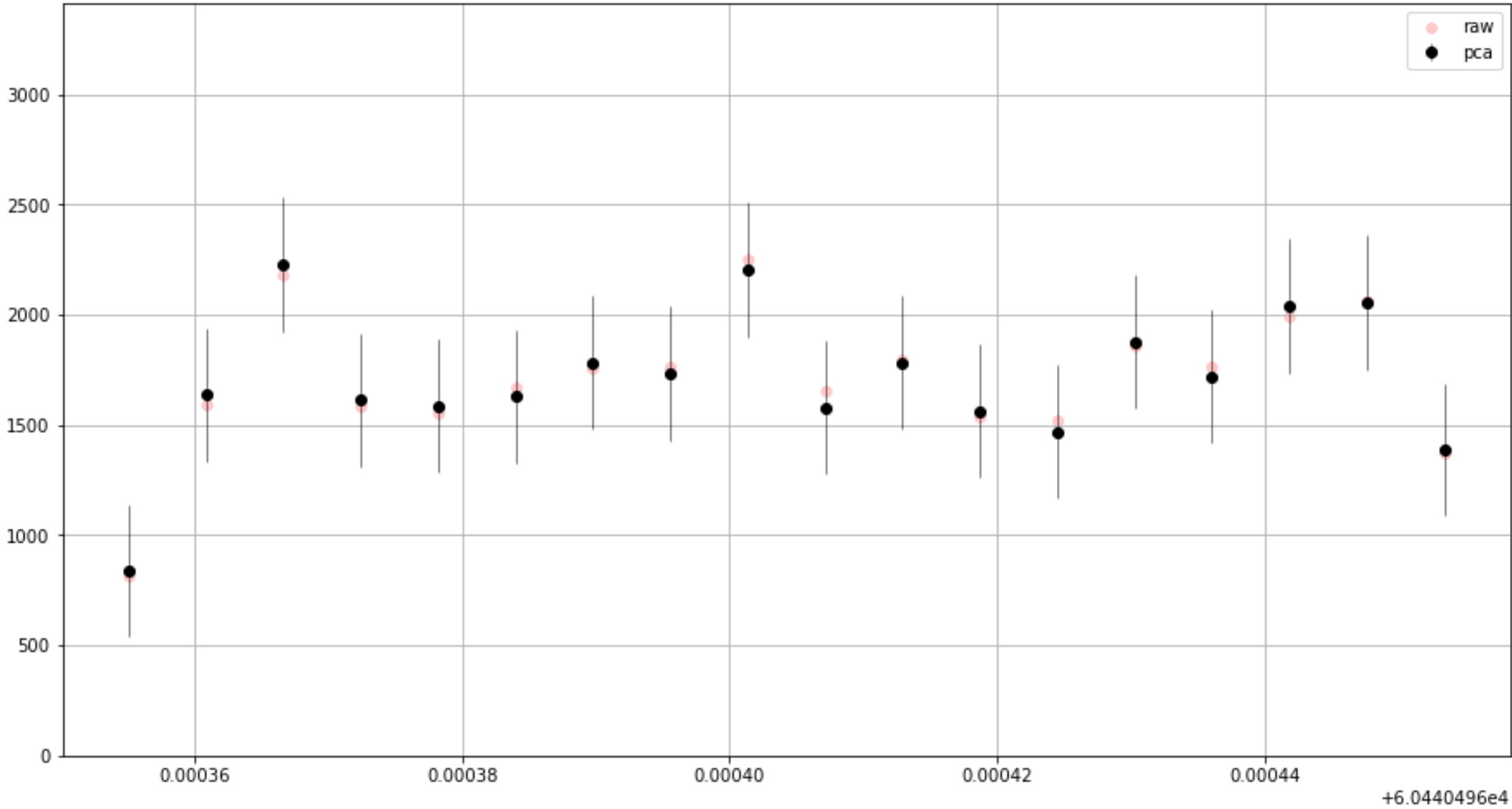
All-sky survey の光度曲線 15等級 (2024/05/10 J0936+4433 フィールド)



All-sky survey の光度曲線 16等級 (2024/05/10 J0936+4433 フィールド)



All-sky survey の光度曲線 17等級 (2024/05/10 J0936+4433 フィールド)



➤ より革新的な科学目標に挑むためには、数桁多いデータ量が必要

通常サーベイを活かせないか？

ある程度明るい天体ならそれなりに使える？

ベースライン (カタログ値から本来想定されるフラックス)
が精度良く求まらないと難しそう

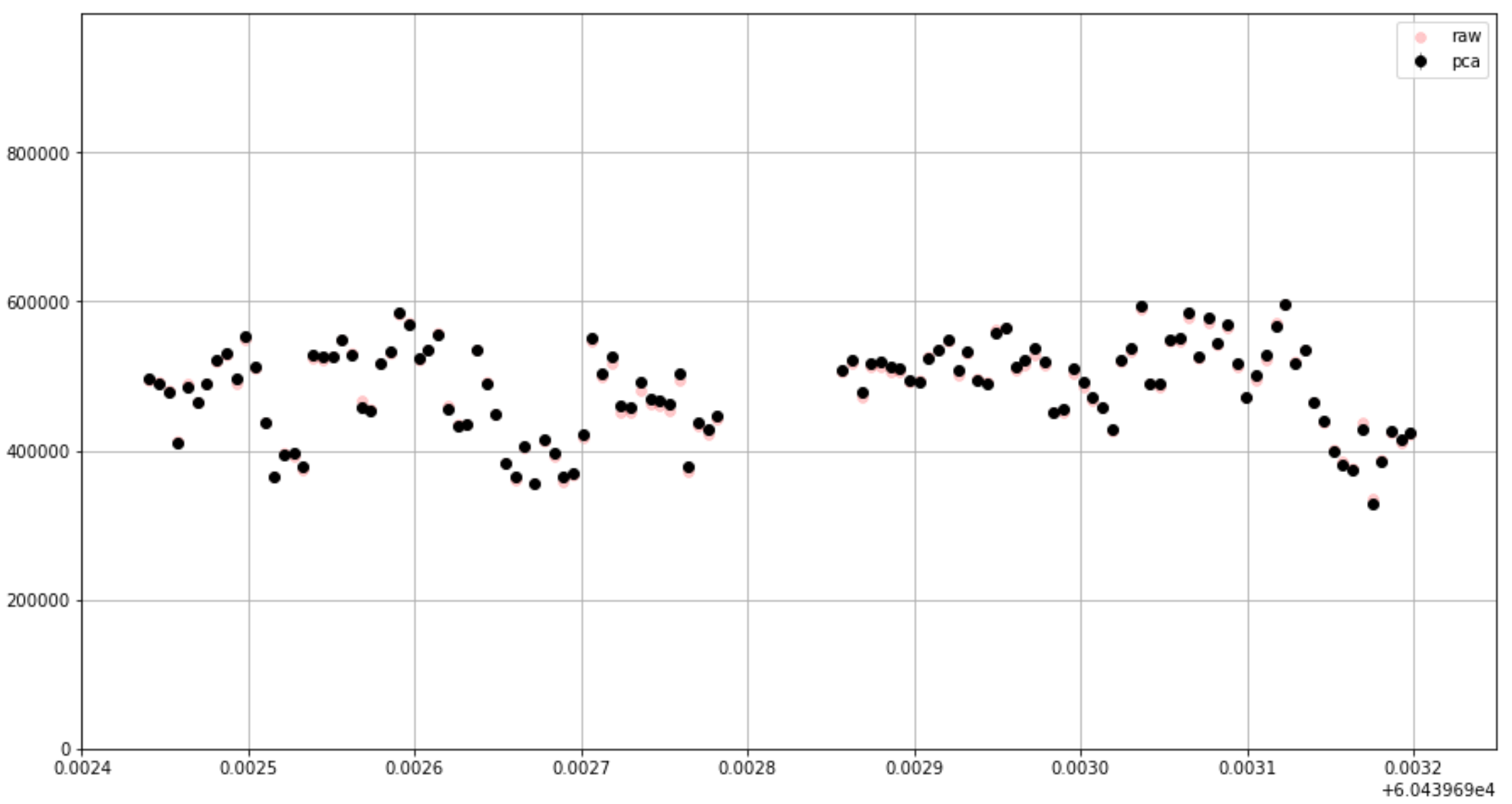
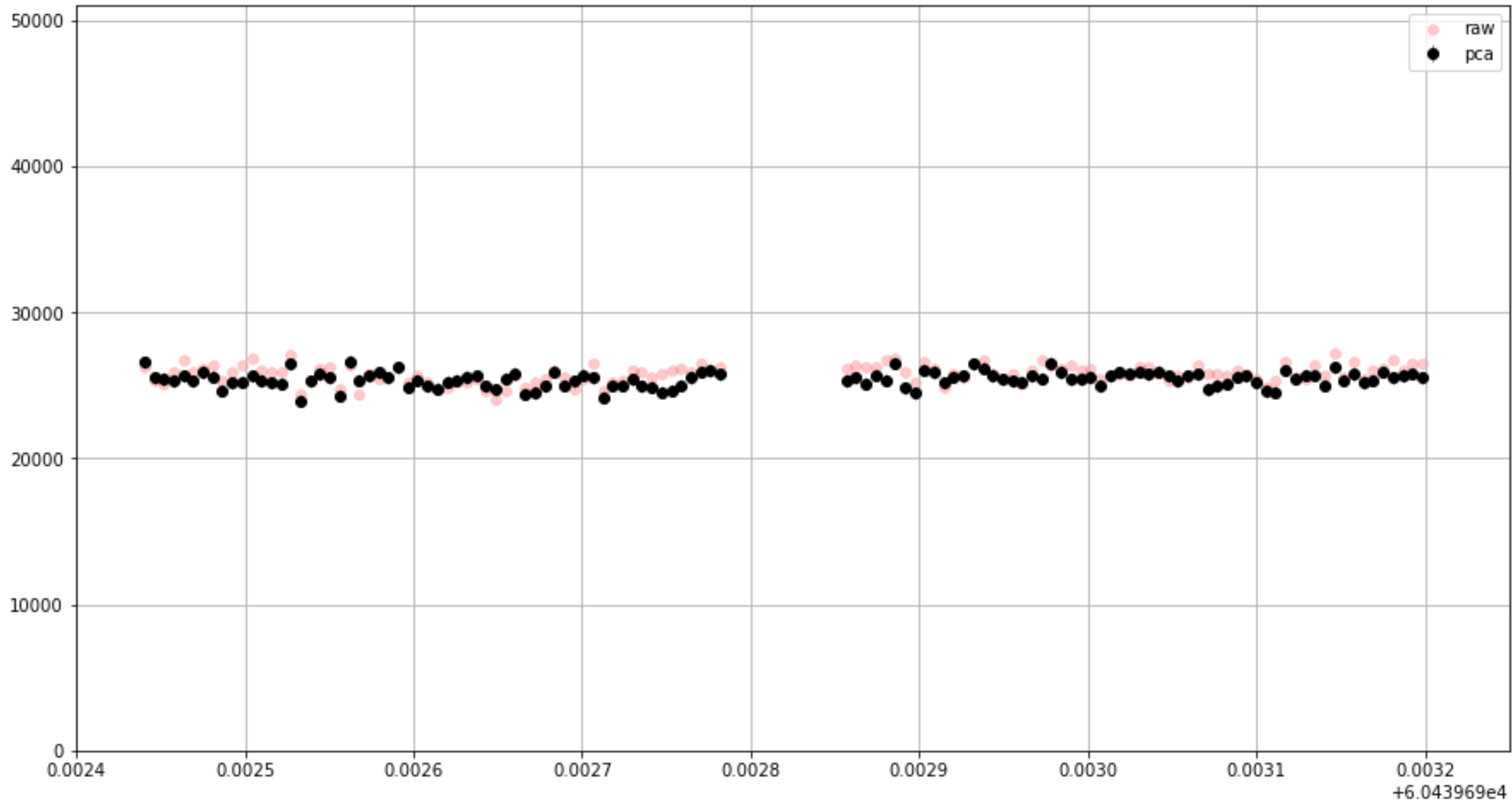
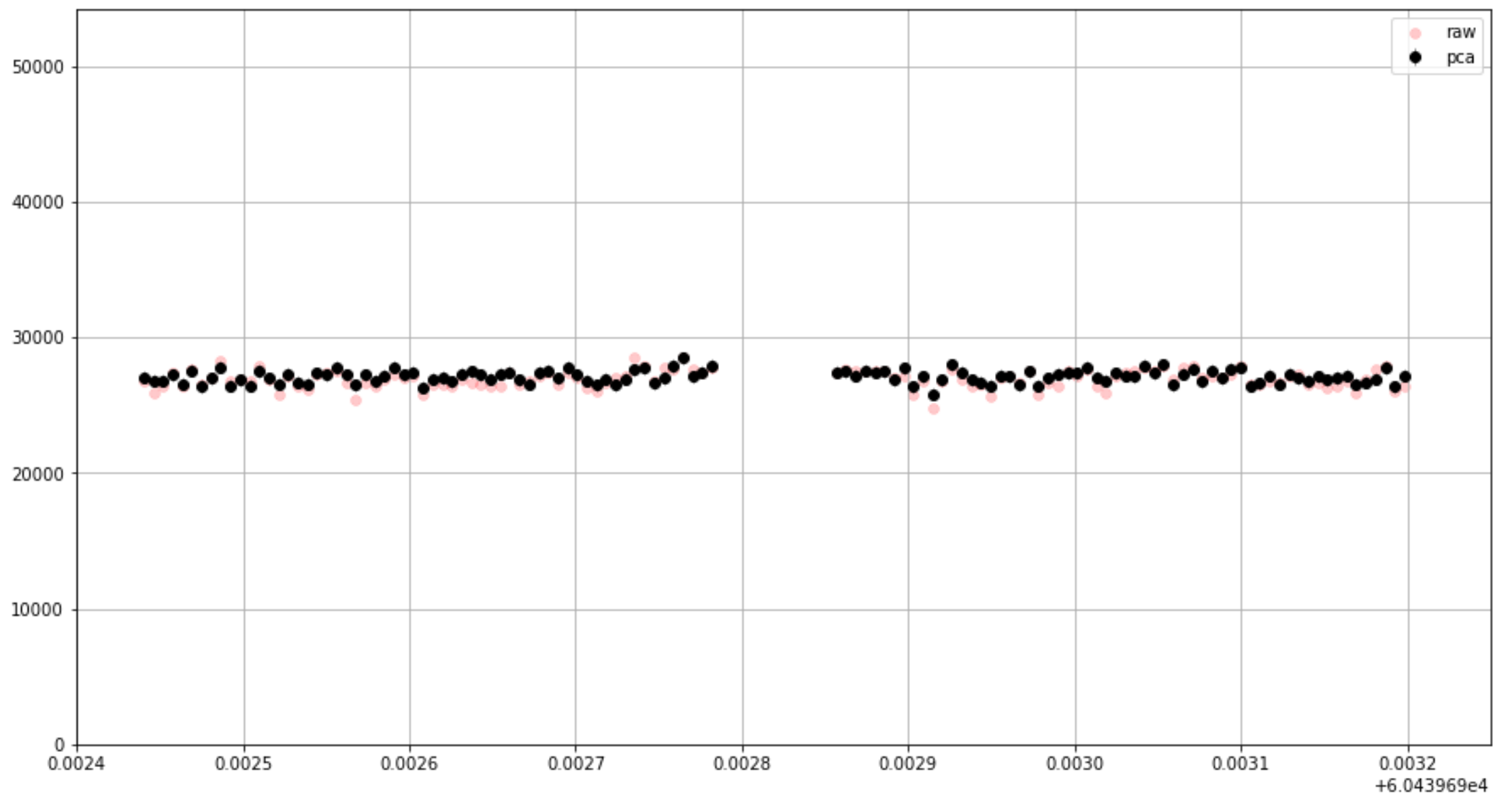
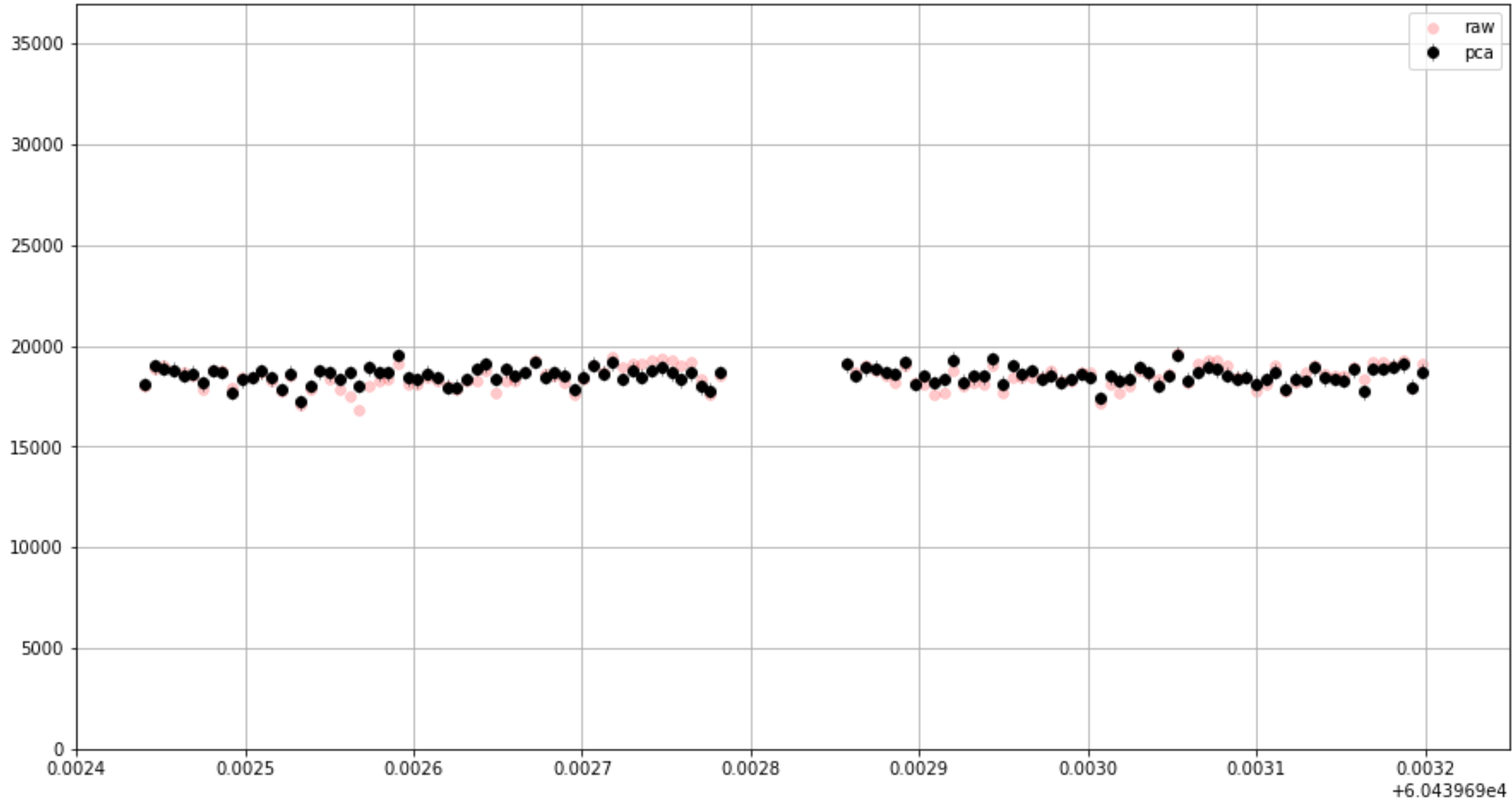
現行プロジェクトと共存しつつ

より長い動画を毎日撮れないか？

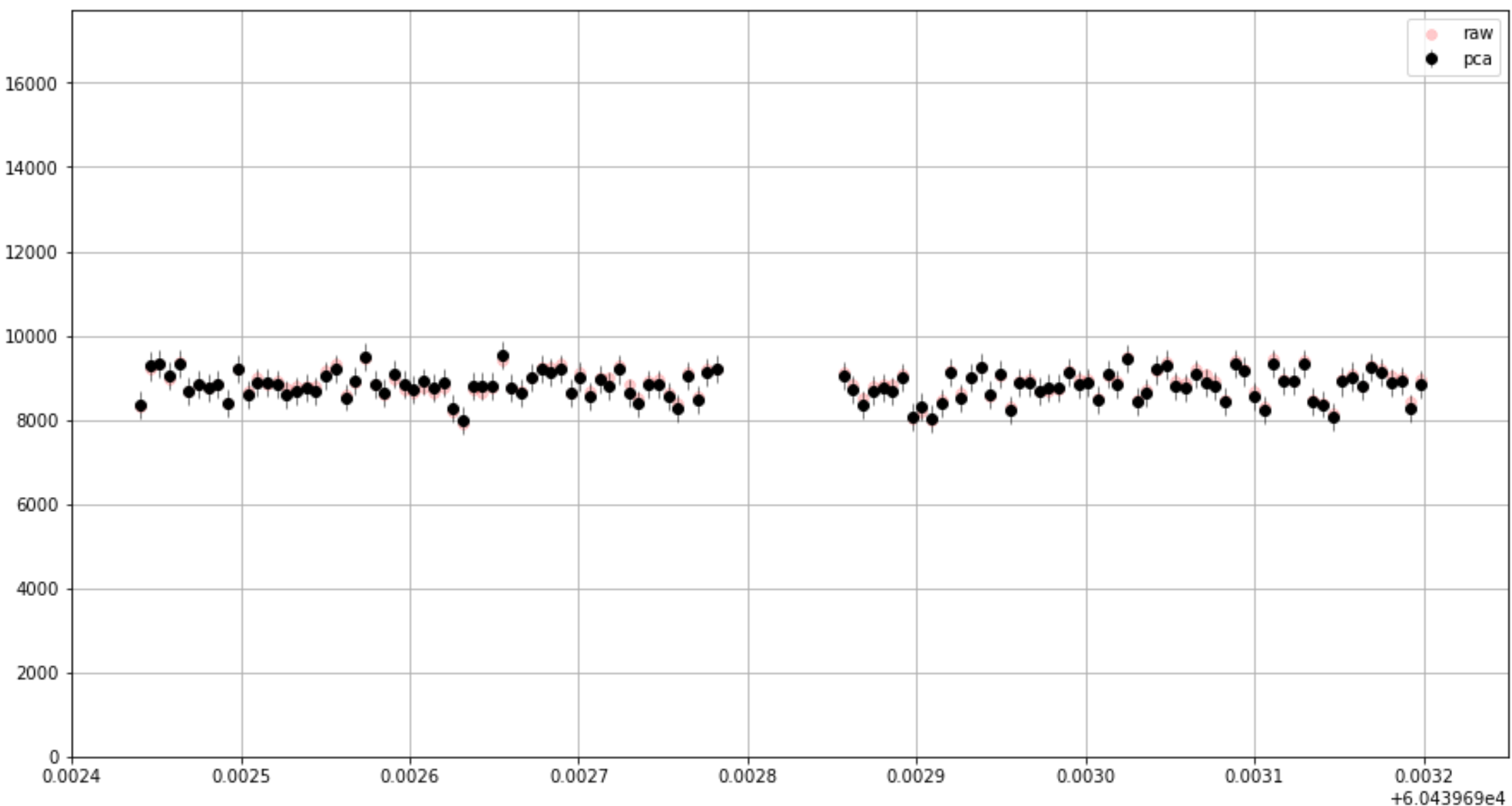
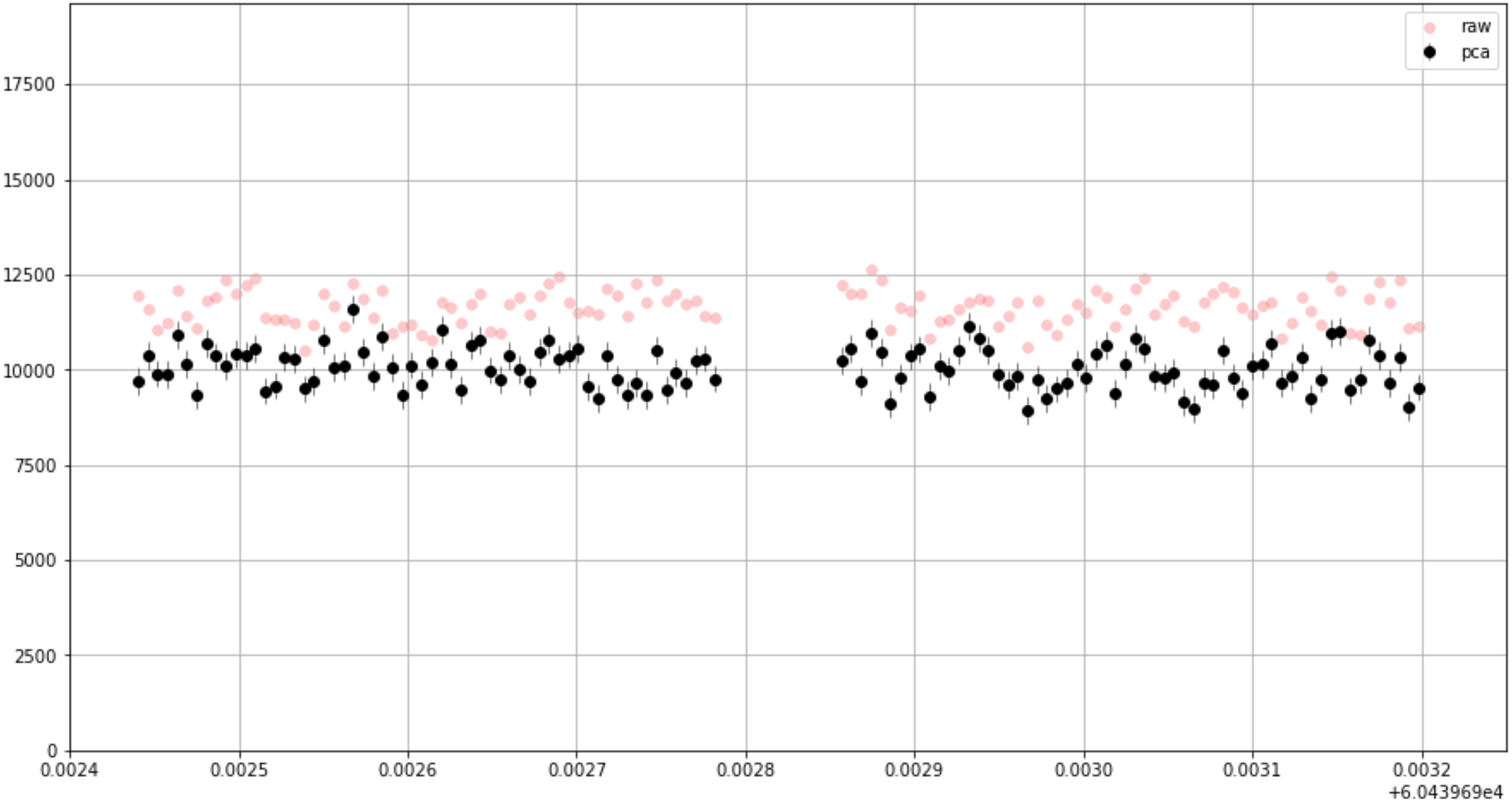
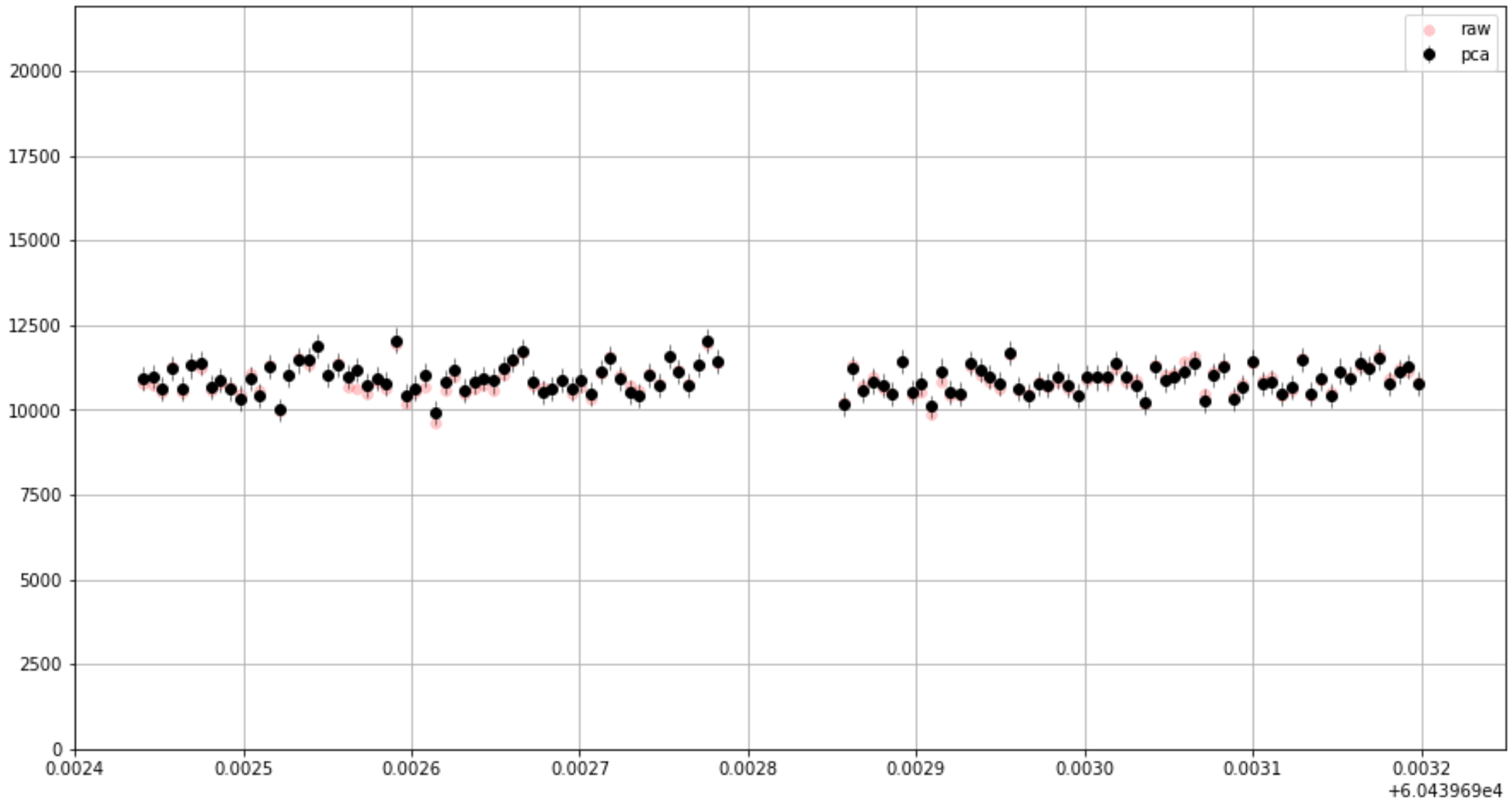
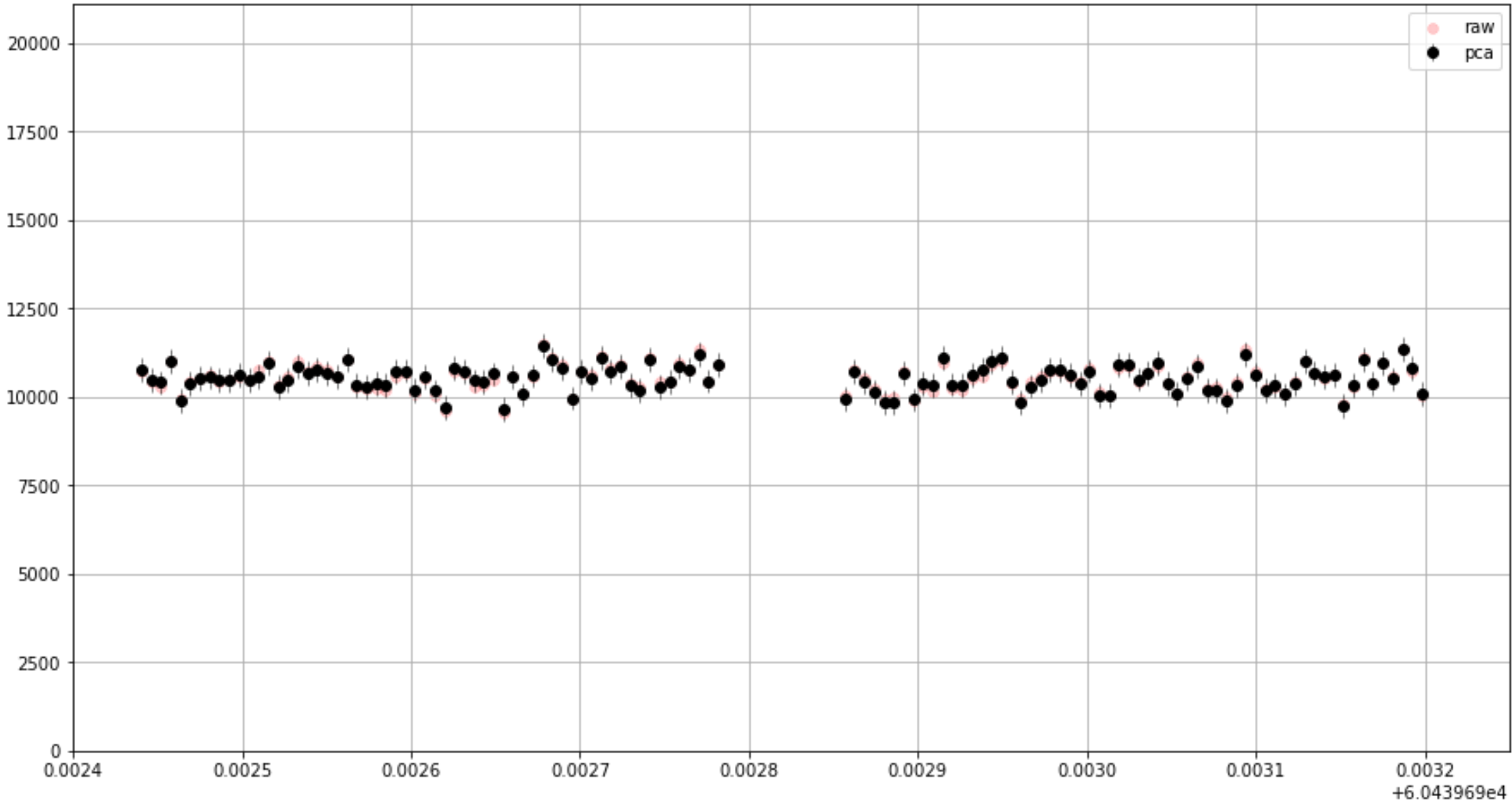
例えば 1 分間サーベイ

- 露光時間を延ばすと、ポインティングにかかる時間が相対的に減る
露光時間を 10 倍にしても、ポインティング数は 0.1 倍にまでは減らない。
トータルの露光時間 (実際の観測に使える時間) は増える

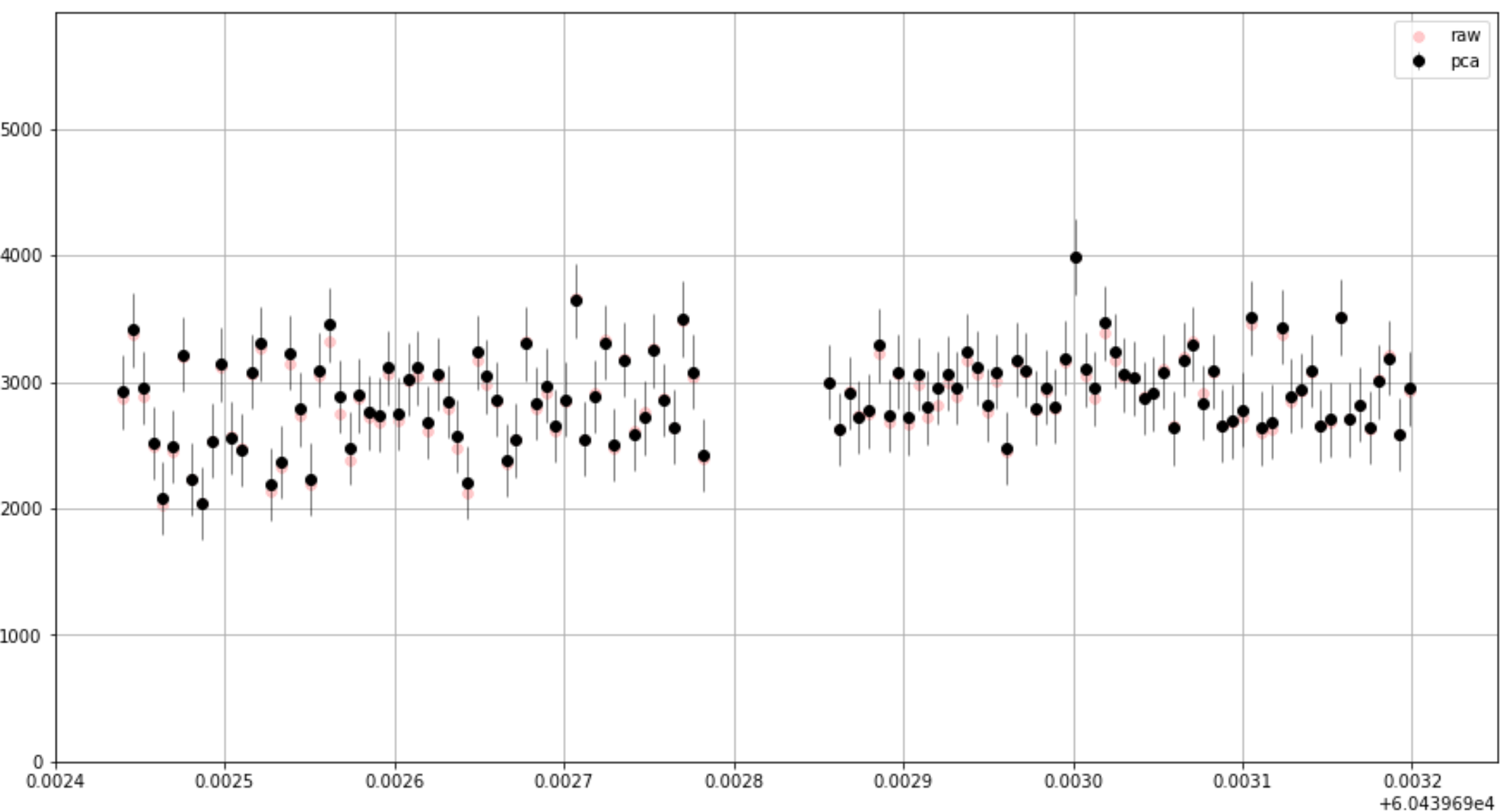
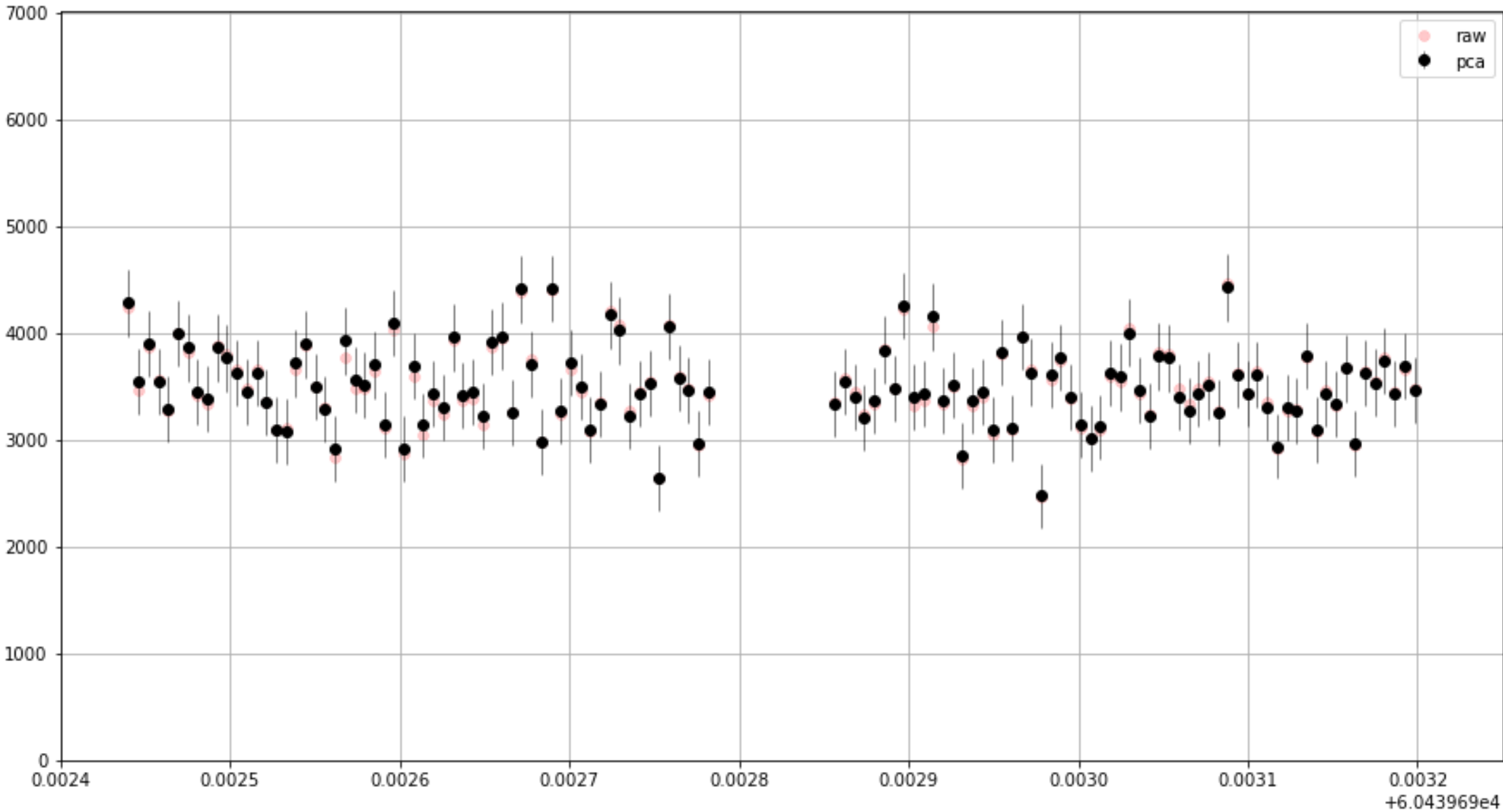
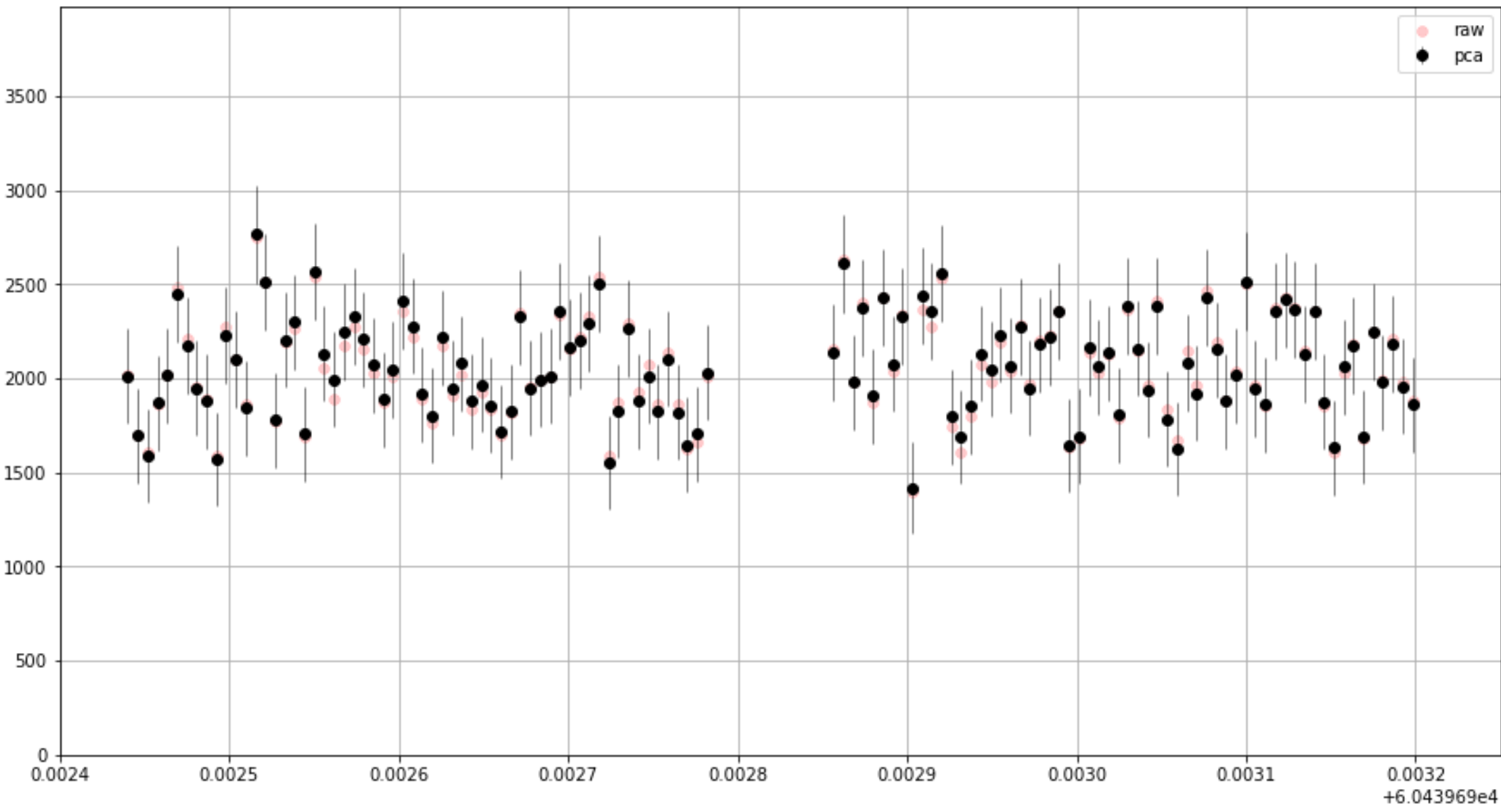
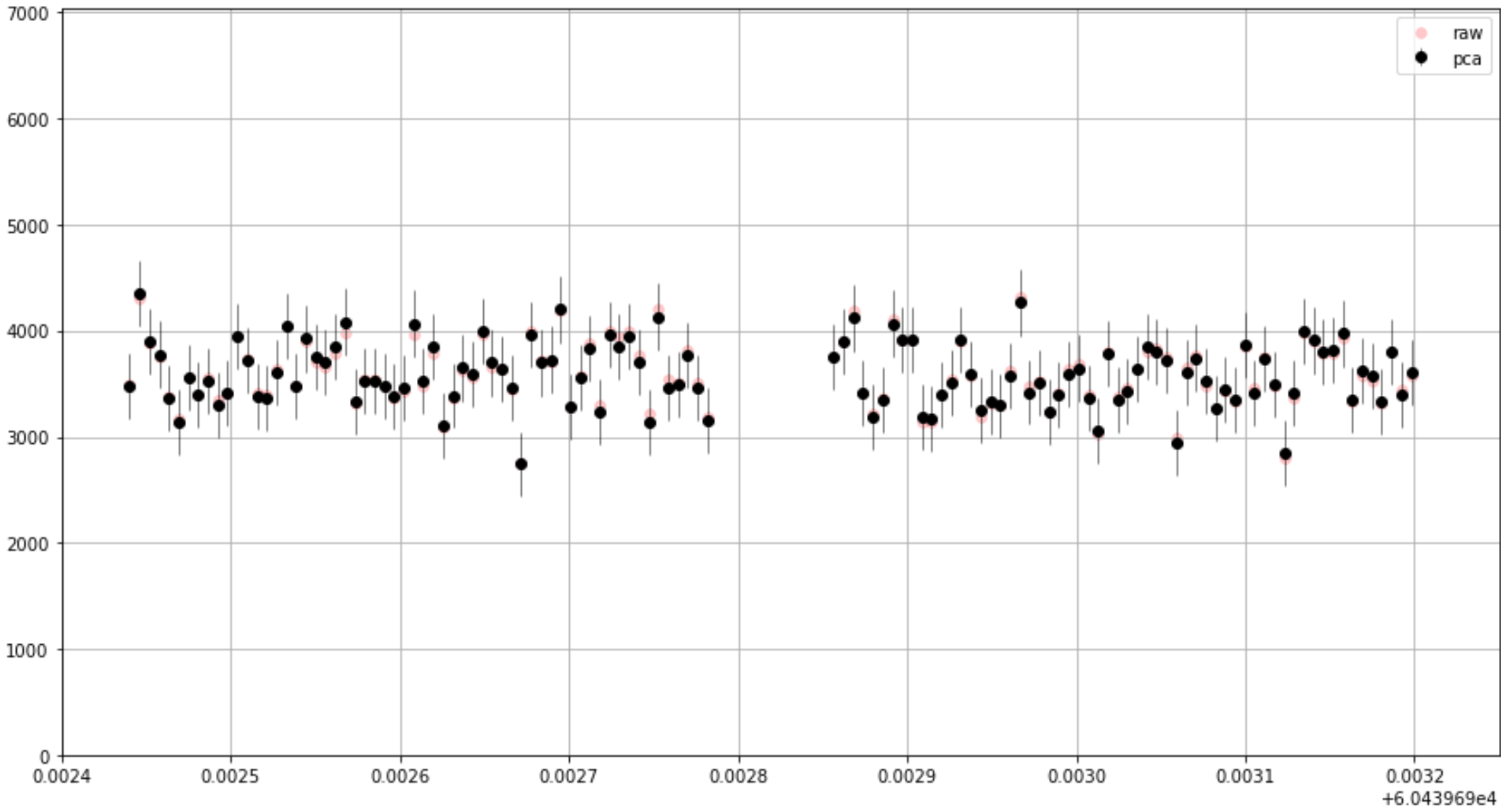
1 分間の光度曲線 14等級 (2024/05/09 Transient Follow up 2fps*30sec*2)



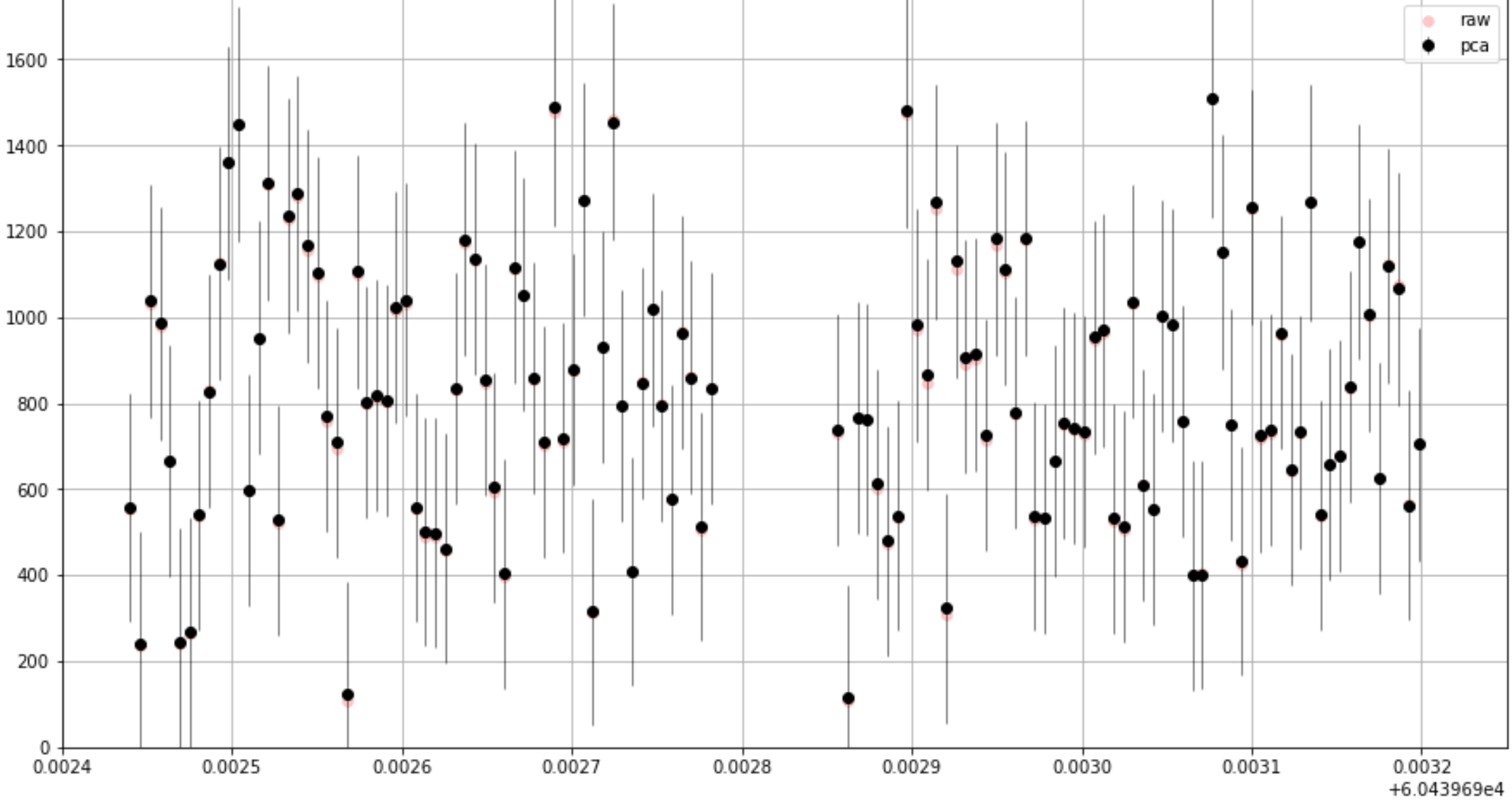
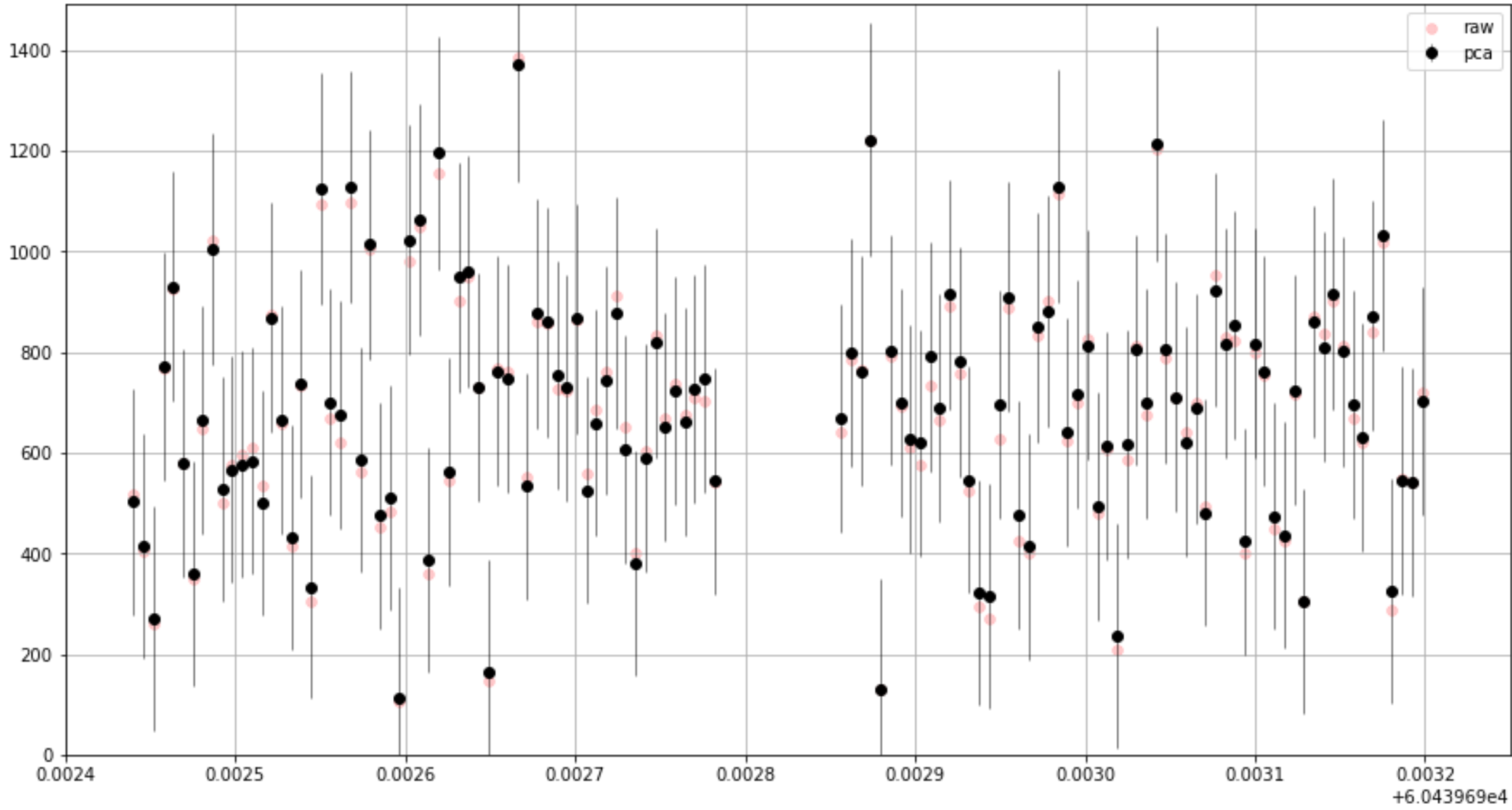
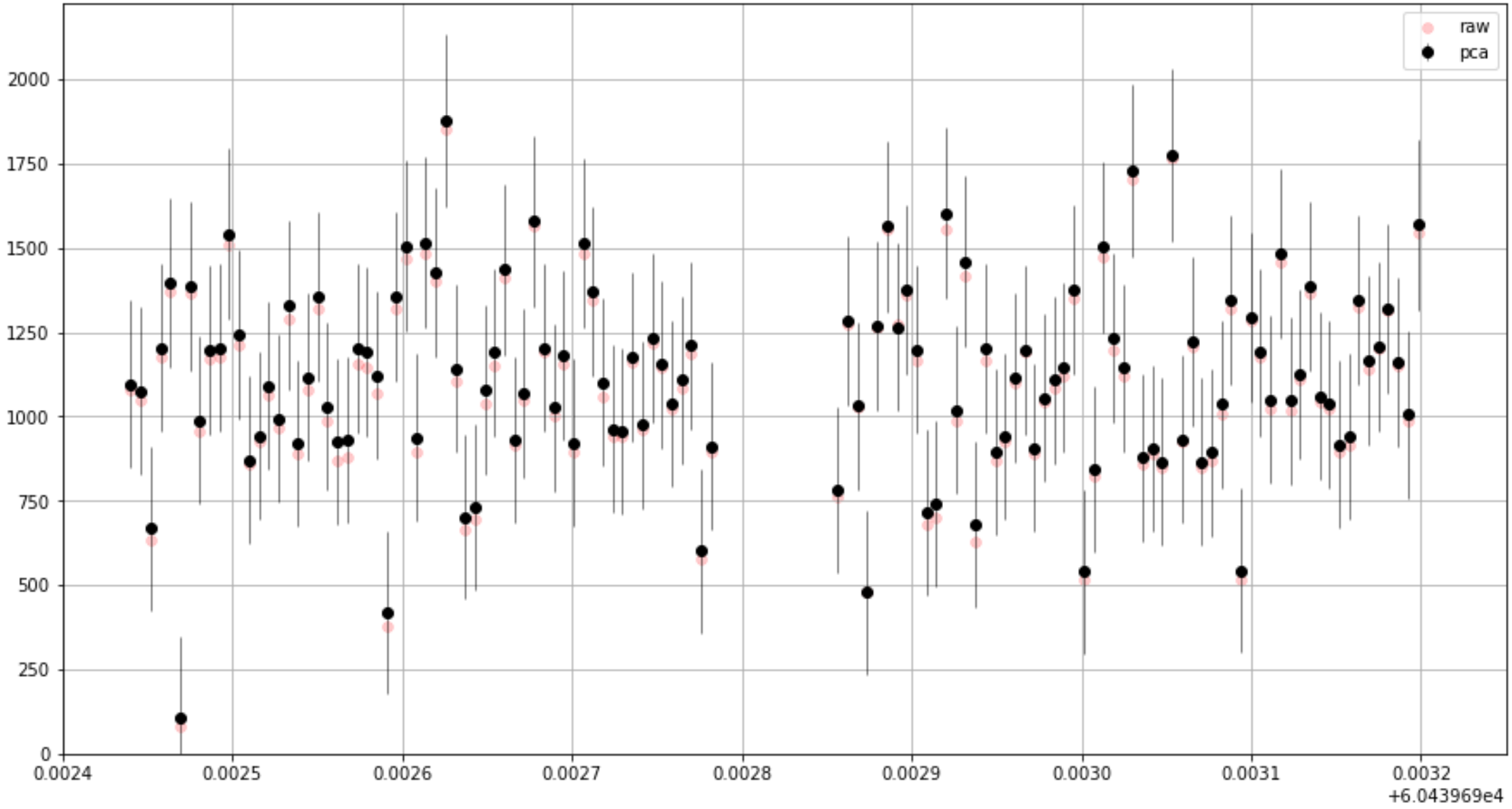
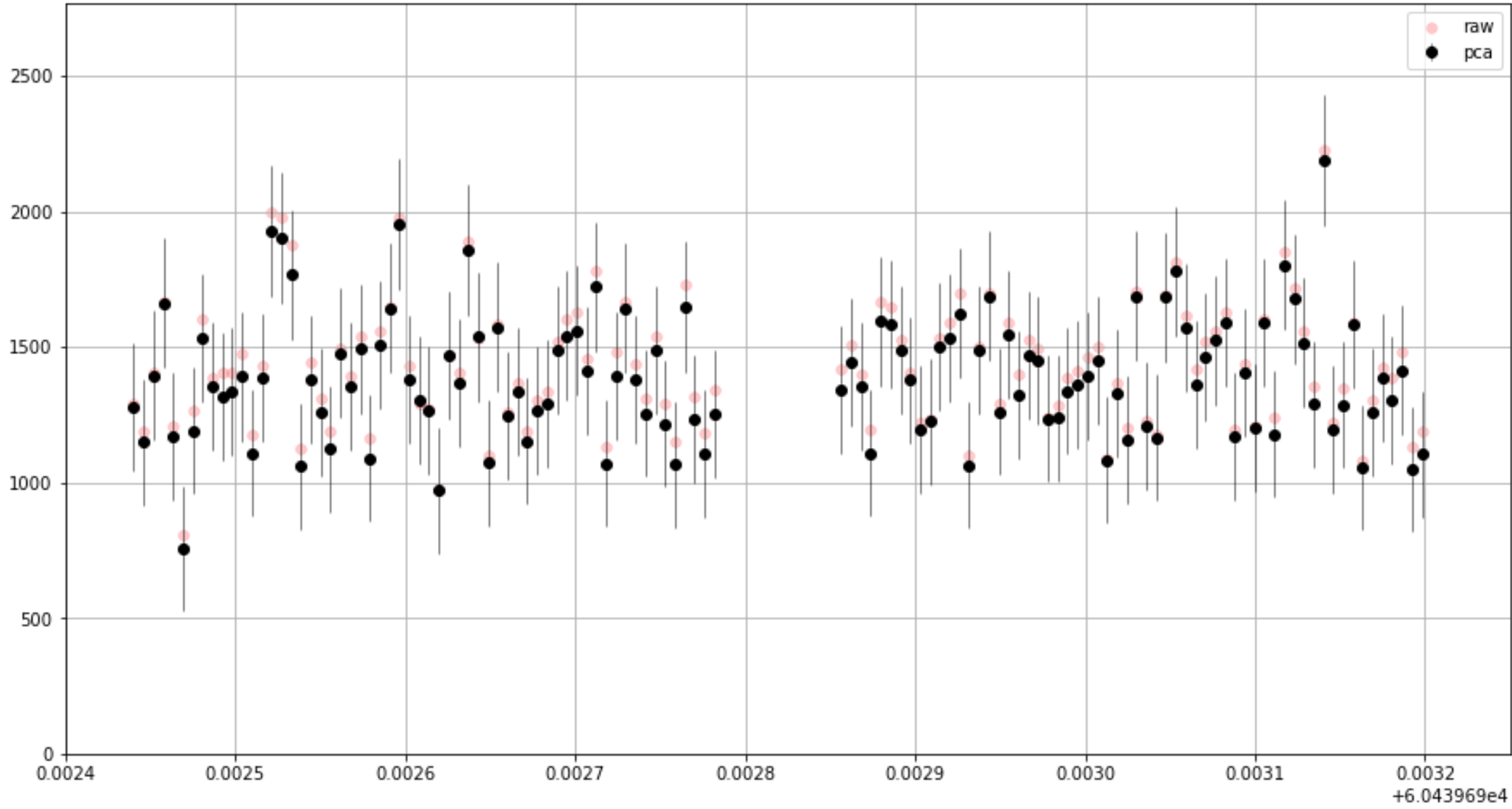
1 分間の光度曲線 15等級 (2024/05/09 Transient Follow up 2fps*30sec*2)

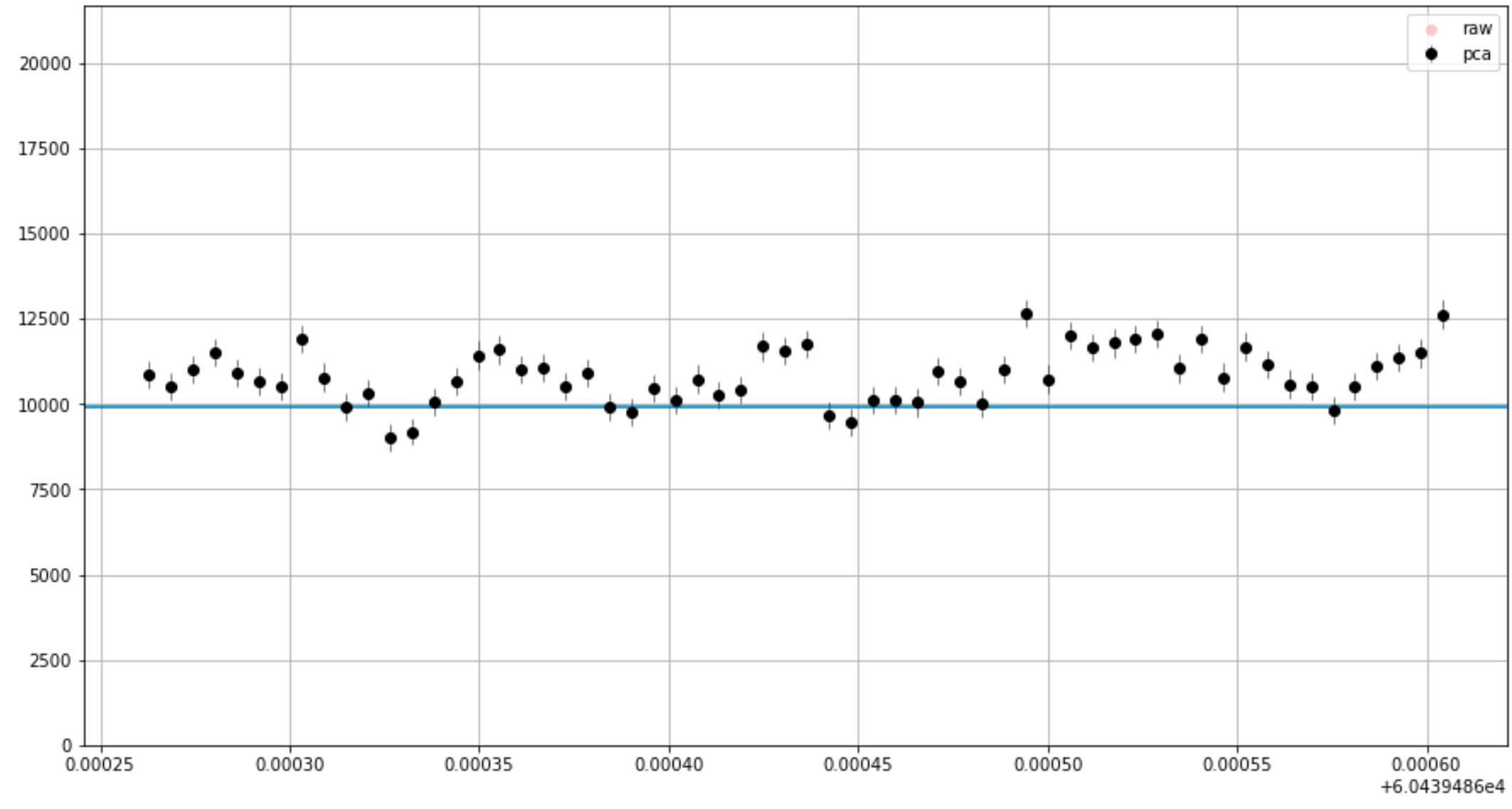
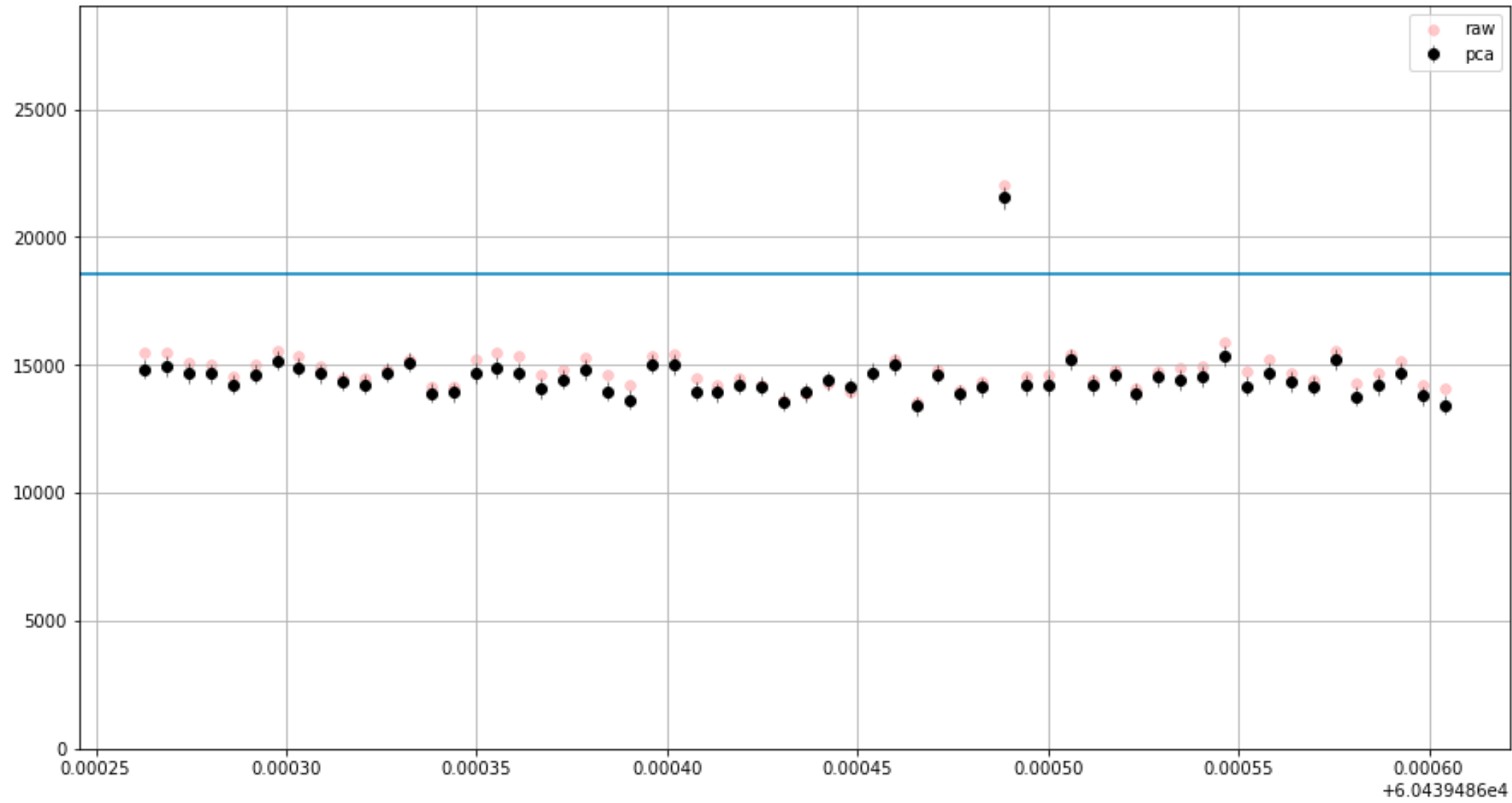
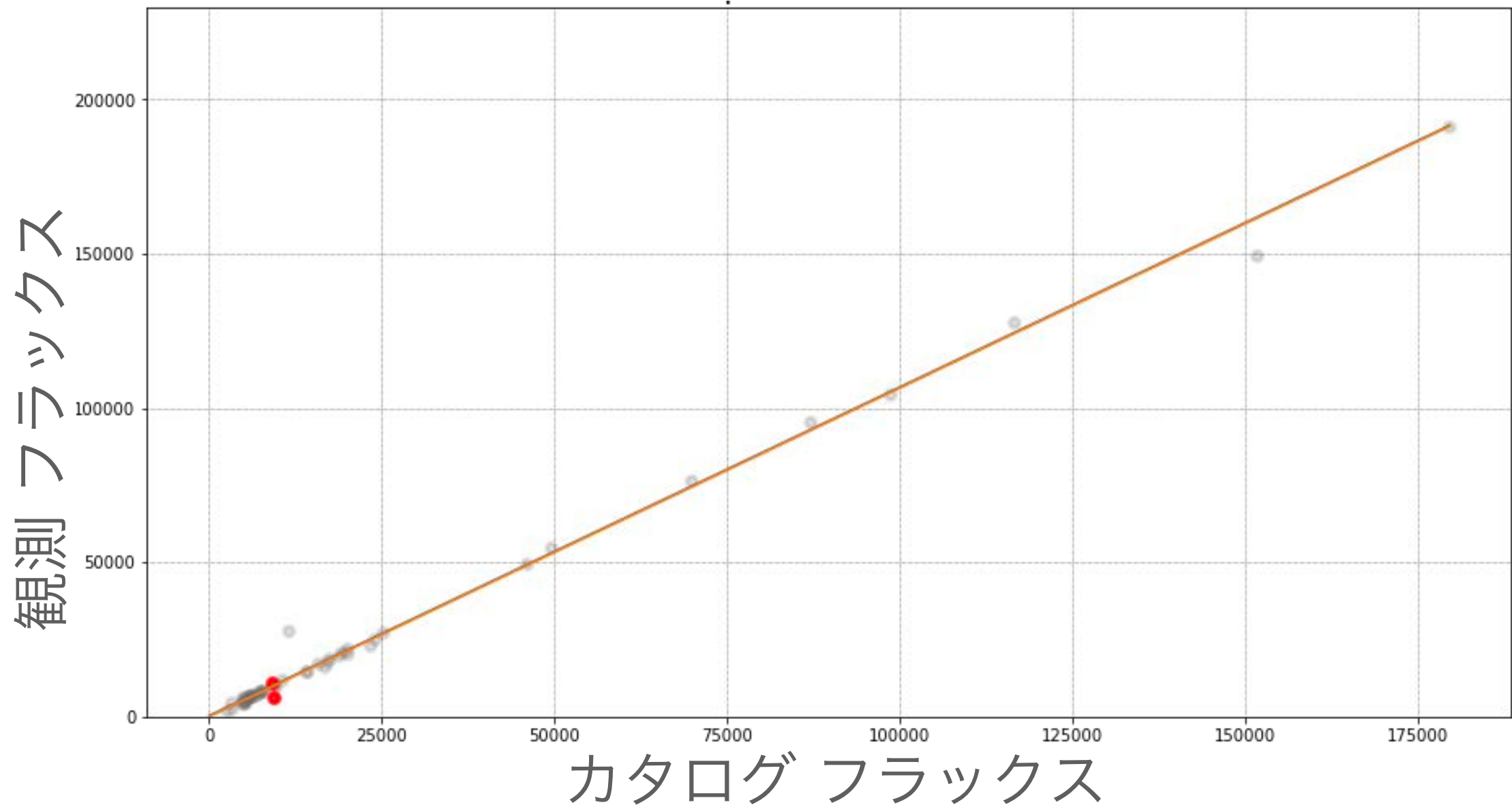
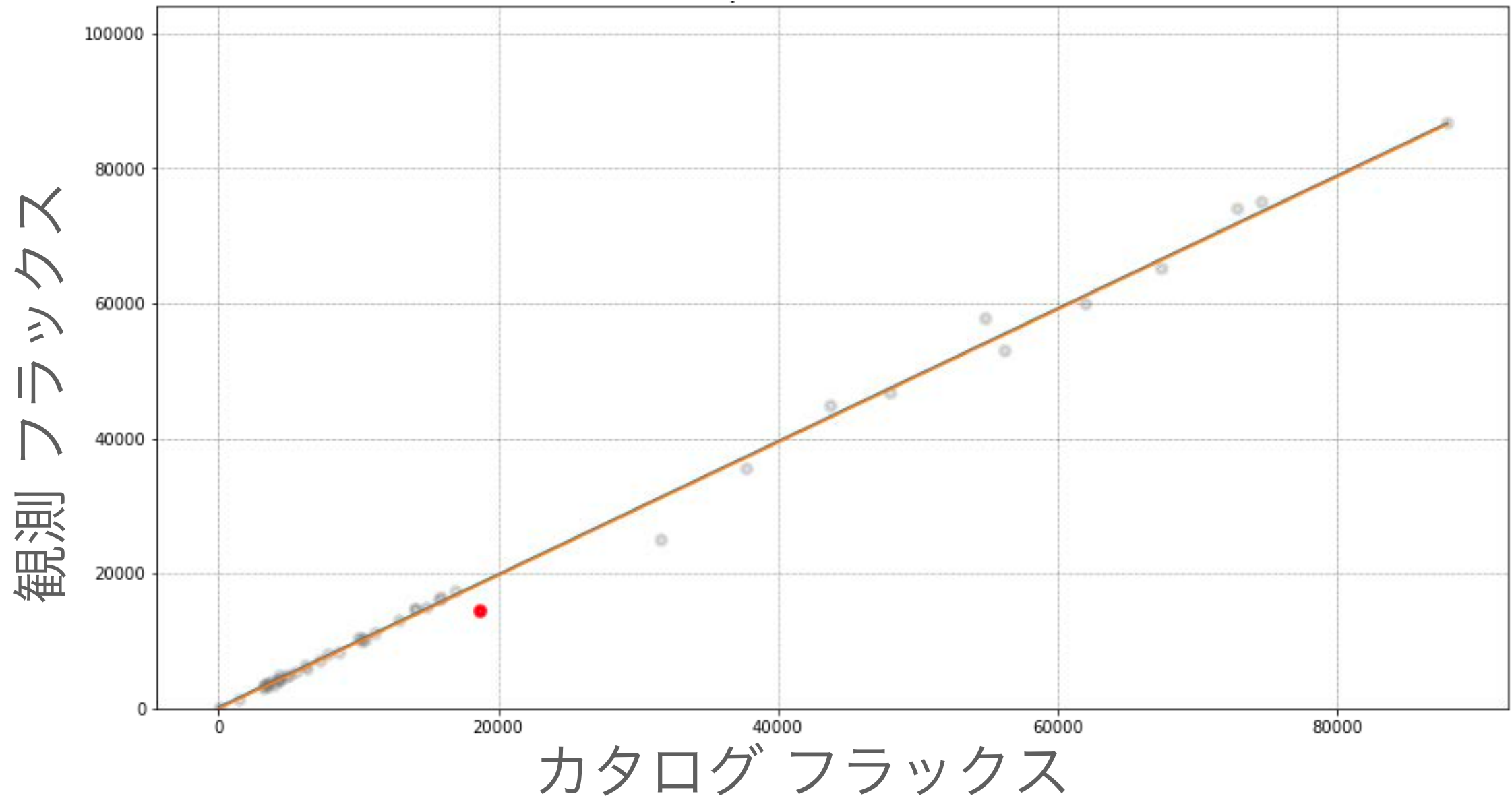


1 分間の光度曲線 16等級 (2024/05/09 Transient Follow up 2fps*30sec*2)



1 分間の光度曲線 17~18 等級 (2024/05/09 Transient Follow up 2fps*30sec*2)





通常サーベイの時間を延ばした時のメリット・デメリット

	デメリット	メリット
All-sky survey (NEO 探索)	掃天率の減少	(重ね合わせ法では) より暗い移動天体を検出できる。 - 動きの遅い (シーイングダンスに負ける) 移動天体の検出が可能。
High-Cadance survey (超新星・突発 探索)	- 掃天率の減少 - 分光フォローアップ可能な天体の検出が減少	より暗い超新星・突発天体が検出できる。(トータルの検出数は、同程度になる)
木曽観測所	- 掃天率の減少 - 毎晩捌くデータ量が増える(数倍) - トモエアーカイブの充足率低下	- 世界でトモエでしか見れない宇宙のフロンティアにより深く切り込む - 非可逆圧縮で動画を保存するなら長めの動画の方が圧縮しやすい

短時間の動画 (特に 6-9 秒) でできる
科学目標は他にないだろうか？

例：オールトの雲による掩蔽探索

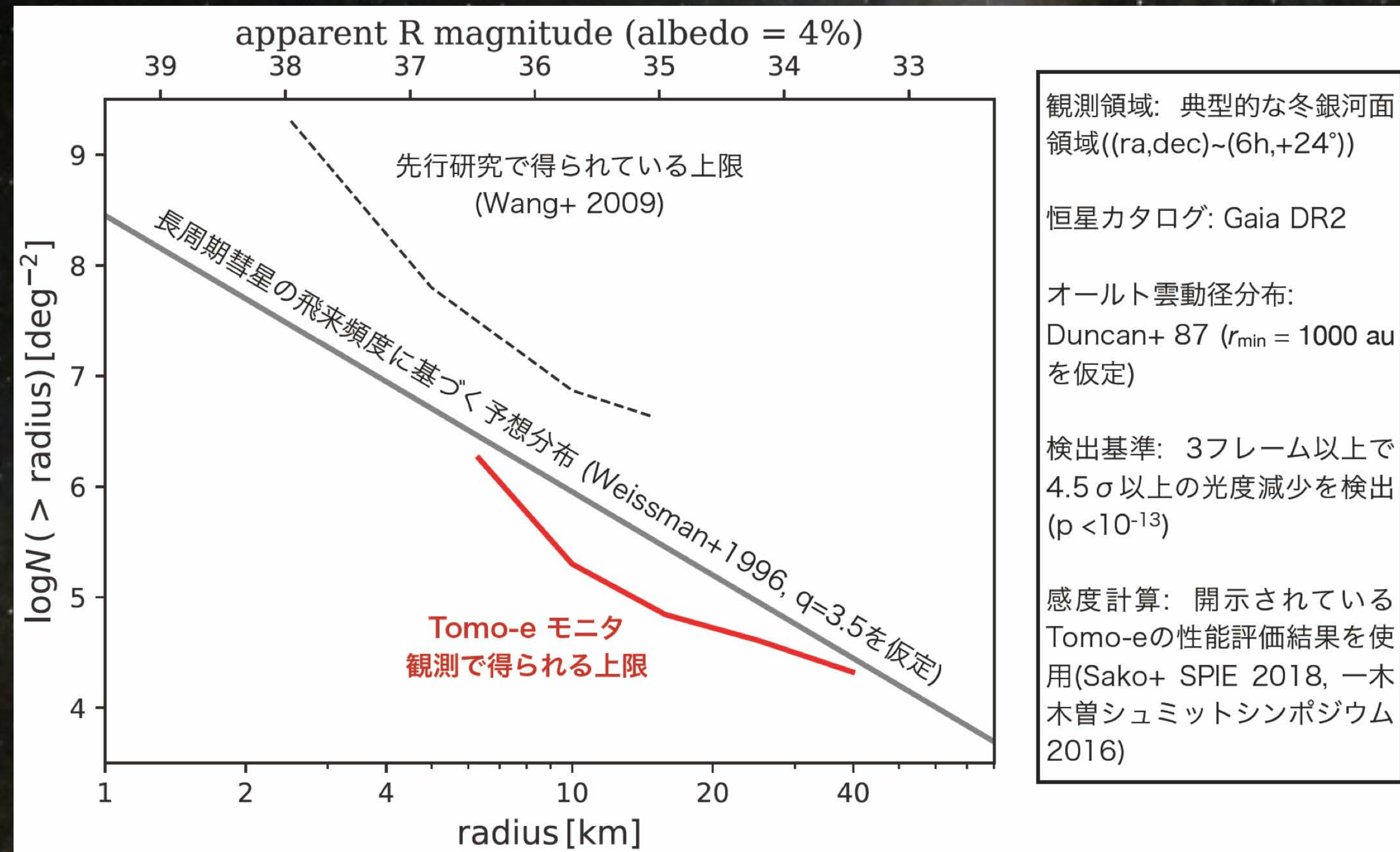
広視野 × 動画観測

シュミット望遠鏡

Tomo-e Gozen

オールトの雲

- 長周期彗星の起源として オールトが提唱。
Oort., Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands, 11, 91-110 (1950)
- 遠い & 小さい ため検出はおろか、制限もあまりついていない。
掩蔽が、ほぼ唯一の手段。掩蔽時間の典型値は 1~2秒。Wang J.-H. et al., 2009, AJ, 138, 1893
- 最低でも 2 fps の動画による広視野サーベイが必要 => トモエの出番！



まとめ

- 広視野 × 動画 を活かし、革新的な科学目標に挑むには、数桁多いデータが必要。
 - 現状の通常サーベイのデータを活かさないか？ (カイロス計画 6-9秒)
 - 通常サーベイで長めの動画を撮れないか？ (1分間サーベイ)
- ちょっとやってみた結果
 - 天気が良い & 明るい天体 とかならある程度できるかも？
 - ベースラインの推定は簡単ではなさそう。
- やはりベースラインを知るために 30分～1時間程度の長めの動画撮影が必要。
地球影サーベイ等とも協力しながら、引き続きキャンペーン観測でデータを増やしていきます。
- 過去(1週間以内) の動画データを救出して光度曲線まで書くパイプラインができました。
(カイロスパイプライン)。もし使いたい場合はご連絡ください。

広視野 × 動画観測

シュミット望遠鏡

Tomo-e Gozen

今後の目標

- 通常サーベイのデータ活用も、もう少し探ってみたい
 - ベースライン推定の精度向上
 - どの程度の天気までならデータが使えるか？
光度曲線の品質と天気の関係性を赤外全天カメラ(津々木カメラ)の雲量アーカイブデータから定量評価
- たまにテスト観測等させてください。

議論したいこと

- 6-9 秒、1分間の動画データでできるサイエンスは他にないでしょうか？
 - 例：オールトの雲
- 比較的短時間の動画データから、どのように面白いイベントを検出するか？
- 仮に通常サーベイを1分にする or さらに時間を延ばすとしたら、
どのような弊害が生まれるのでしょうか？