

Project #1 : Computed Tomography

202123008 Jinmin Kim

- 시작하기 전에

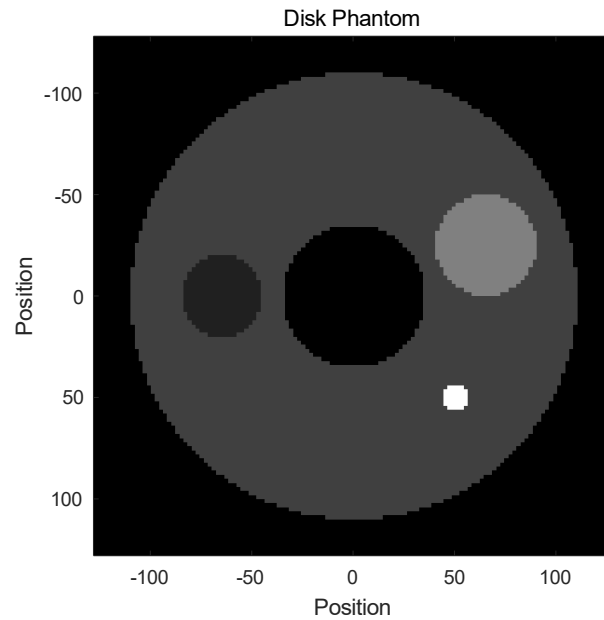


Figure 1. Disk Phantom

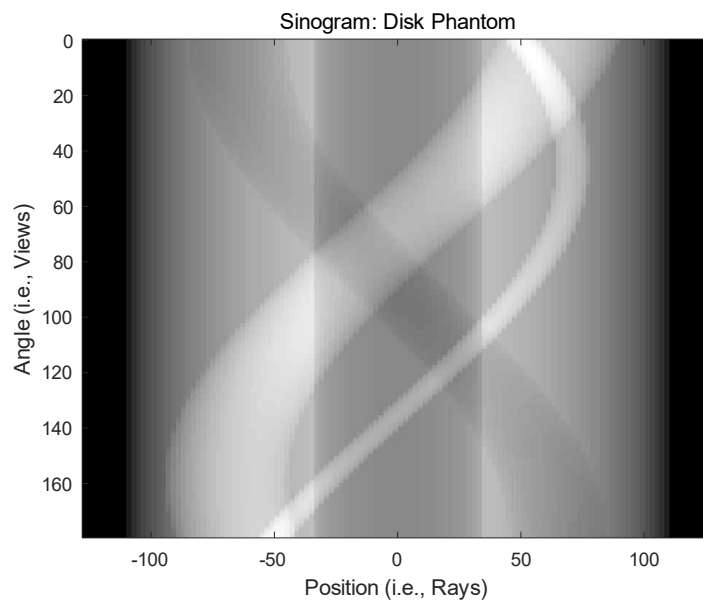


Figure 2. Sinogram 1

=> 프로젝트를 시작하기 전에, Disk phantom과 Sinogram 1를 그림으로 나타낸 것을 첨부합니다. 두 그림을 통해 앞으로 나올 문제를 해결하기 위한 도움을 얻을 수 있습니다.

Question A.

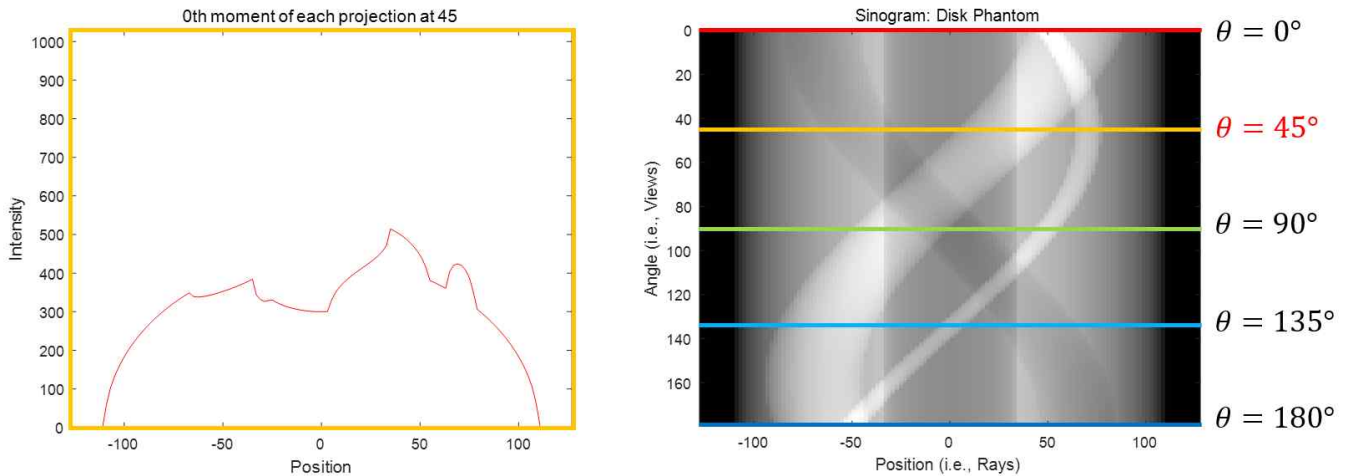


Figure 3. 0th moment of each projection at 45

=> 투영 각도에서의 0th 모멘트는 Sinogram 1에서 어떤 Angle에 대한 물체의 투영을 나타냅니다.

저는 $\theta = 45^\circ$ 일 때의 projection을 drawing 해보았습니다. θ 를 45° 로 선택한 이유는, Question C에서 도출할 Filtered Sinogram과 비교하기 위해서입니다.

우선, ang에서 $\theta = 45^\circ$ 의 인덱스를 찾아서 그 인덱스로 sinogram1에서의 intensity 행렬을 뽑아내었습니다. sinogram1과 x축을 동일하게 설정하고 intensity행렬을 y축으로 선택한 결과, Figure 3의 왼쪽 그래프를 얻을 수 있었습니다. 곡선 아래 면적은 그래프의 적분을 통해 구할 수 있으며 0th moment를 나타냅니다.

Question B.

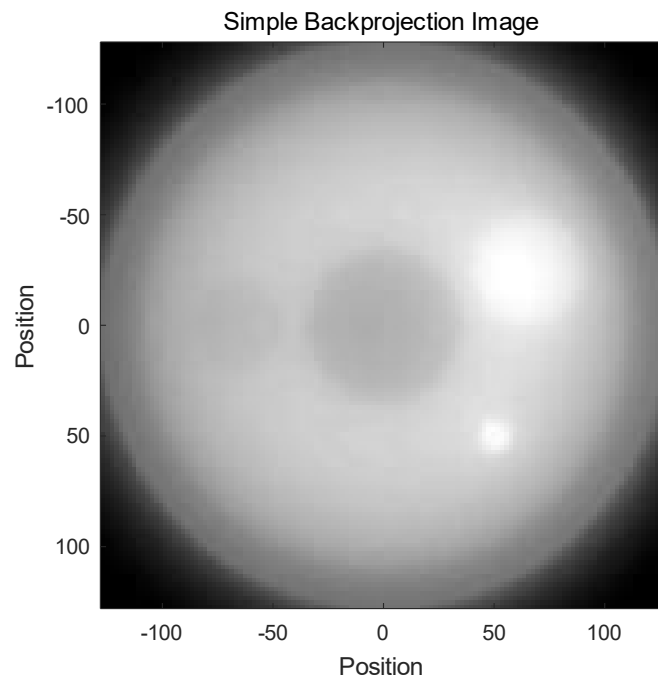


Figure 4. Simple Backprojection Image

=> Simple Backprojection을 사용하여 reconstruction image를 생성하였습니다.

- 0~180도를 회전할 것이므로 rotate_angle을 $(i-1)*180/128$ 로 사용하였습니다.
- 각도 i에서의 intensity값을 sinogram 1으로부터 추출하여 temp로 사용하였습니다.

MATLAB의 imrotate함수를 통해, rotate_angle에 따른 intensity를 계산하였습니다. for루프를 이용하여 i가 1~128까지 반복될 때마다 laminogram 이미지 공간에 겹치도록 하였습니다.

그 결과 Figure 4의 이미지처럼, “smeared”특성을 보이는 (Simple) Backprojection Image를 얻을 수 있었습니다.

Question C.

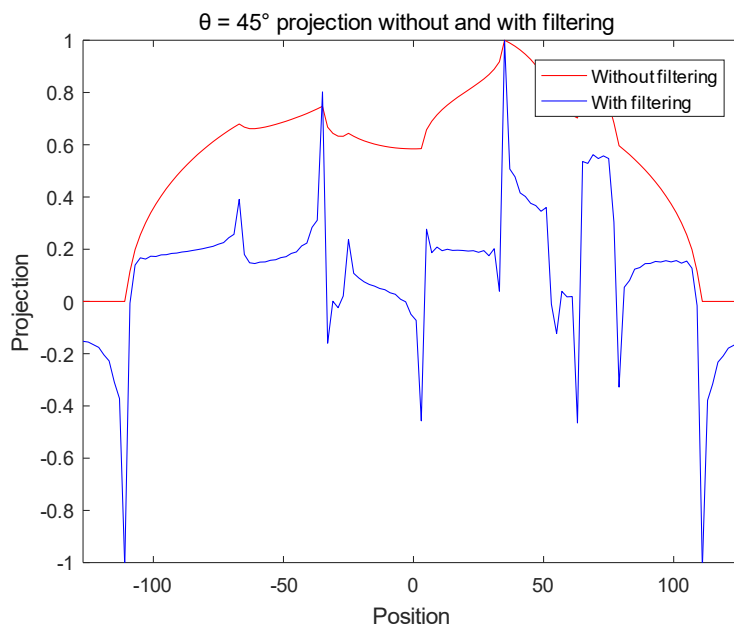


Figure 5. $\theta = 45^\circ$ projection without and with filtering

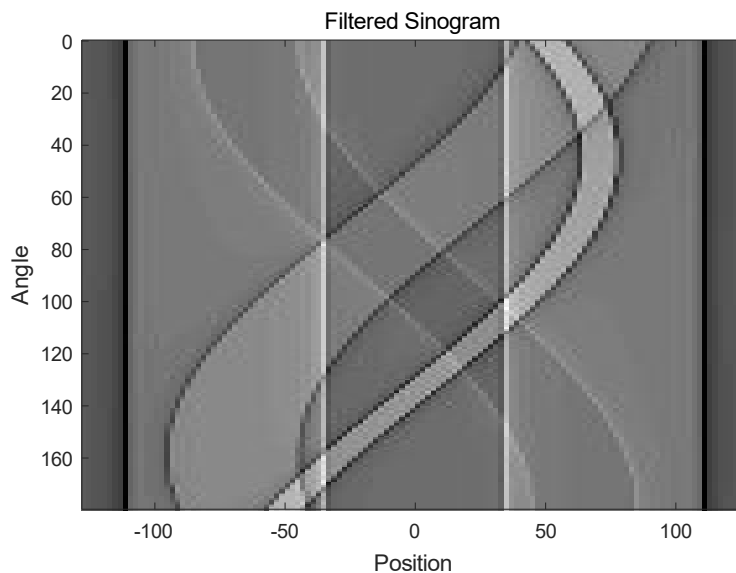


Figure 6. Filtered Sinogram

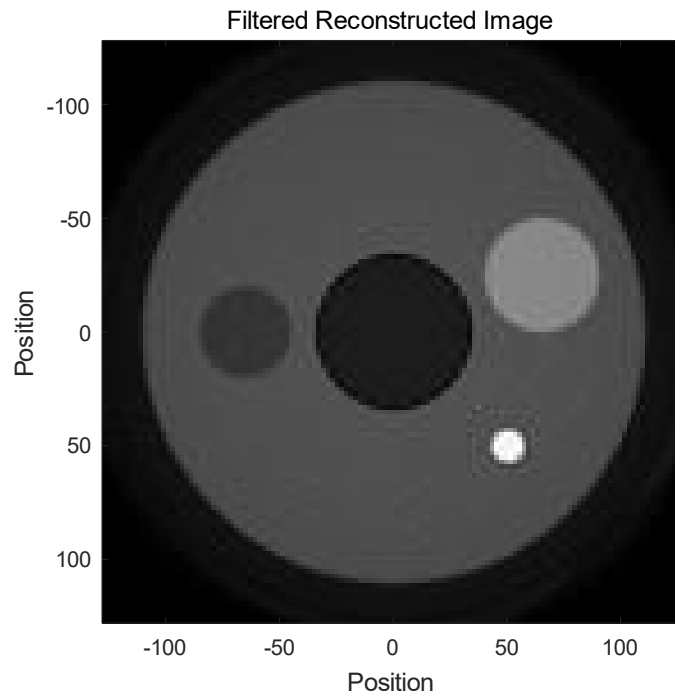


Figure 7. Filtered Reconstructed Image

=> Ram-lak 필터를 사용하여 Filterd Backprojection Image를 생성하였습니다.

우선 $-1 \sim 1$ 사이 간격을 128등분하여 절댓값을 취해서 Ram-lak 필터를 구성하였습니다.

MATLAB의 fft, fftshift를 통해 주파수 영역으로 함수를 이동시키고, 여기서 Ram-lak 필터를 적용시켰습니다. 그리고 ifftshift, ifft 함수를 통해서 sinogram 재구성하였고, real을 통해 실수부만 추출했습니다.

재구성된 projection과 오리지널 projection을 plot[Fig. 5]을 통해 비교하였습니다. 그리고 sinogram[Fig. 6]과 filtered backprojection image[Fig. 7]를 얻었습니다.

이 그림들을 통해, Ram-lak 필터를 사용했을 때 회전에 의해 디스크에 물결 무늬가 생기는 것을 볼 수 있습니다. 하지만 smeared 특성을 보이는 Simple backprojection image[Fig. 4]보다는 훨씬 선명한 이미지라고 볼 수 있습니다.

Question D.

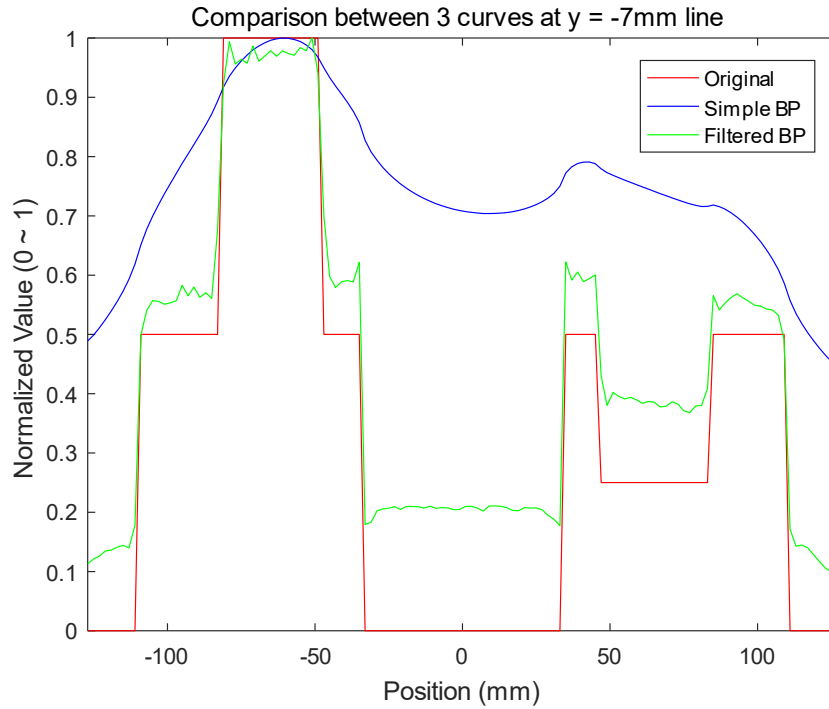


Figure 8. Filtered Reconstructed Image

=> Original에서는 Value가 0,2,4로만 표현되어 있고 비교적 Contrast가 높다고 볼 수 있습니다. Simple Backprojection은 Histogram의 contrast가 낮게 나온 것으로 보여, Blur처리를 한 것처럼 흐리게 표현되어 나오게 됩니다. 그리고 Filtered Backprojection을 사용하였을 때는 Gibbs 노이즈가 피크 영역마다 생기게 되어 줄무늬 이미지가 생기게 됩니다.

Question E.

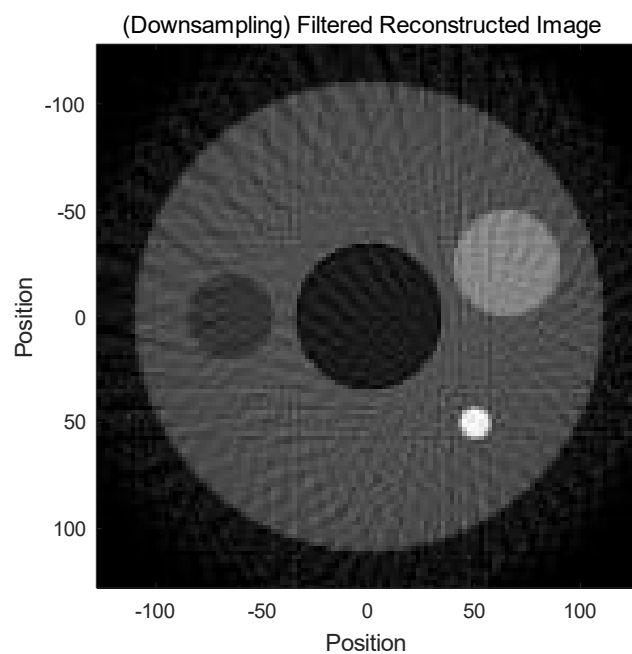


Figure 9. (Downsampling) Filtered Reconstructed Image

=> 기존의 sg1은 128*256으로 구성되어 있습니다.

Question E에서는 128*1의 sinogram을 인덱스 8이 증가할 때마다 뽑아서, 32개를 뽑습니다. (128*32 행렬)
그리고 Ram-lak필터를 만드는데, 기존에는 128*256으로 만들었다면 여기서는 128*32로 만들었습니다.

fft를 할 때, 128*32크기의 행렬과 Ram-lak 필터를 사용해서 진행하였습니다. 그 결과, [Fig. 7]과 비교했을 때 더 많은 물무늬가 생김을 알 수 있습니다.

이러한 이유는 128*256크기와 128*32크기의 차이라고 볼 수 있습니다. 인덱스가 촘촘하게 짜여진 기존의 sg1의 경우가 더 깔끔하게 표현되었을 것이고, 비교적 널널하게 구성된 다운샘플링 모델의 경우는 회전에 의한 물결무늬 흔적이 많이 생김을 알 수 있습니다.

Question F.

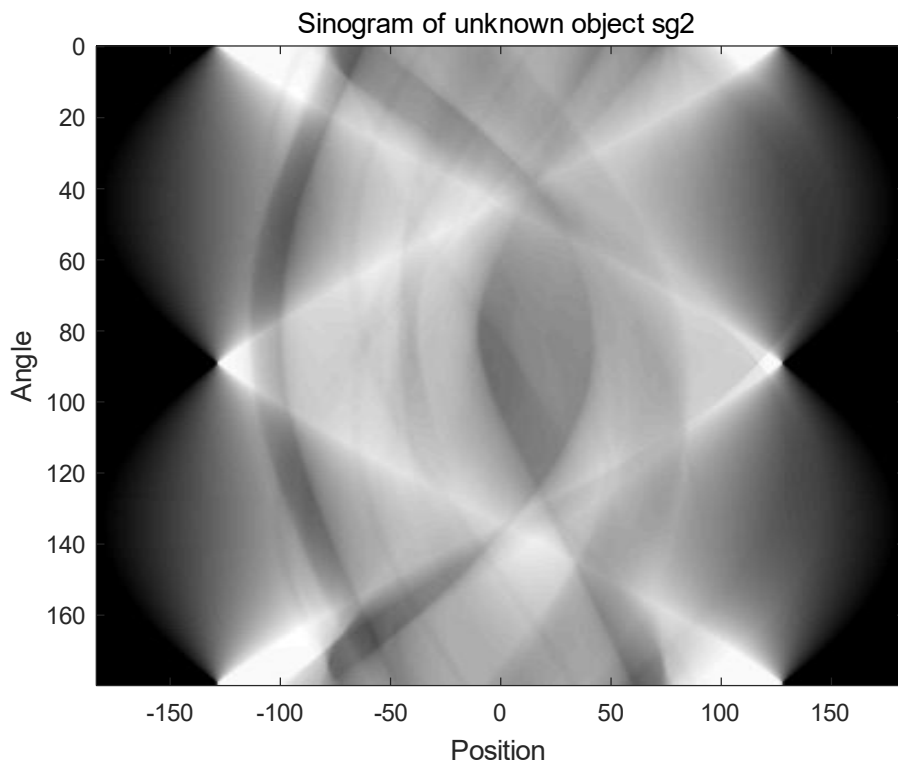


Figure 10. Sinogram of unknown object sg2

=> 알려지지 않은 오브젝트인 sg2에 대해서 sinogram이미지[Fig. 10]를 만들었습니다.

이 이미지만으로는 어떤 것을 나타내는지 확인할 수 없습니다.

Question G.

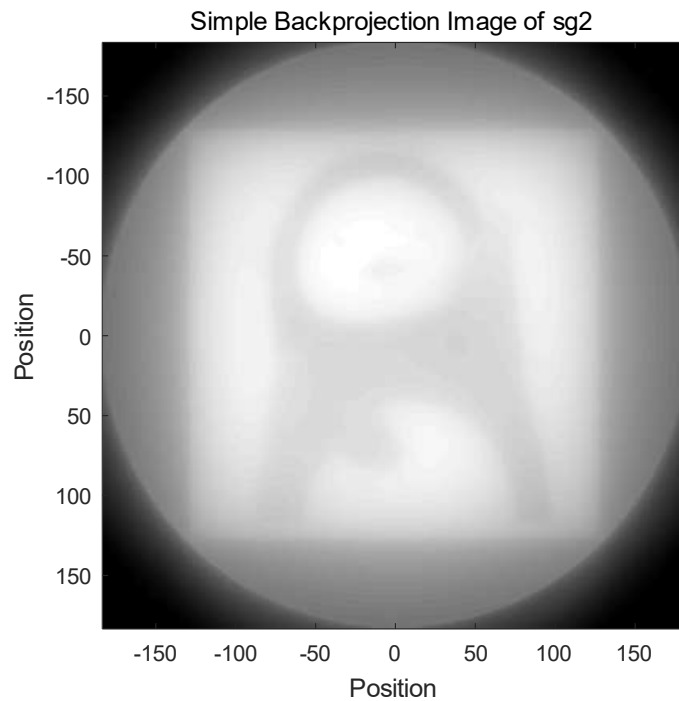


Figure 11. Simple Backprojection Image of sg2

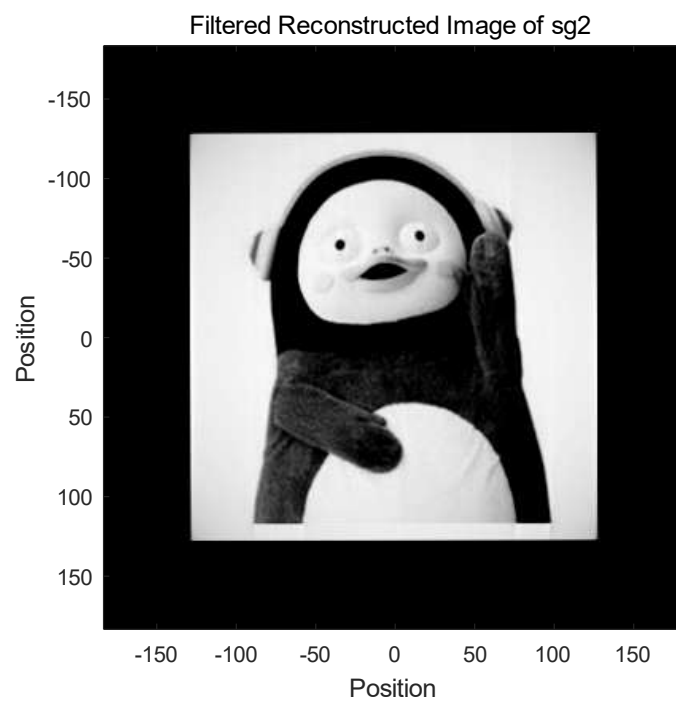


Figure 12. Filtered Reconstruction Image of sg2

=> Question B, C에서 사용한 방법을 동일하게 사용하여 Simple Backprojection Image[Fig. 11]와 Filterd Reconstruction Image[Fig. 12]를 생성하였습니다.

[Fig. 10]과 비교했을 때 [Fig. 11]만으로도 Blur된 펭수의 이미지를 짐작할 수는 있었습니다. 하지만 [Fig. 12]를 통해서 확실하게 sg2의 이미지가 펭수라는 것을 인식할 수 있었습니다.

Question H.

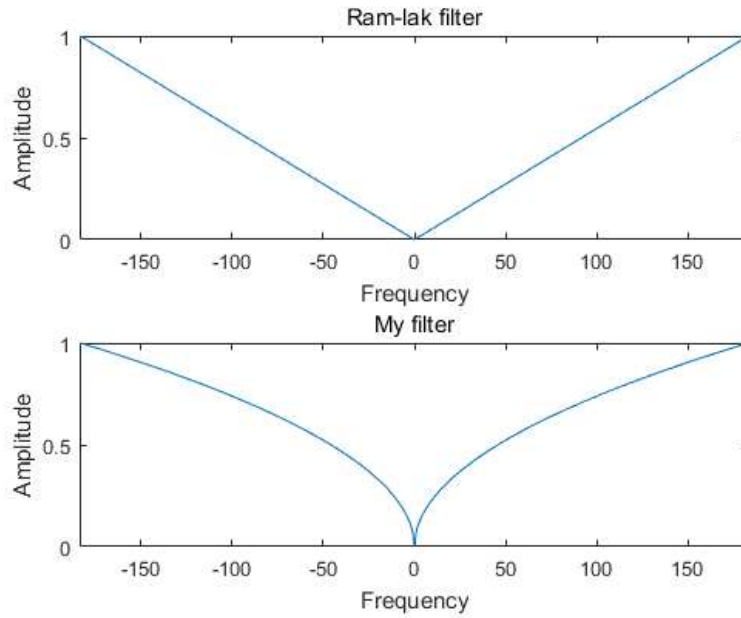


Figure 13. Mask of Ram-lak filter and My filter

=> 앞의 문제에서 Ram-lak mask를 사용했을 때, 더 이상 이미지를 강화시키기는 힘들다고 생각했습니다. [Fig. 11]과 [Fig. 12]의 중간 정도 되는 필터를 찾아보았습니다.

Ram-lak 필터가 수학적으로 이상적이라는 가정 하에, My filter는 Ram-lak 필터 값에서 제곱근, 절댓값을 순서대로 취해서 만들었습니다.

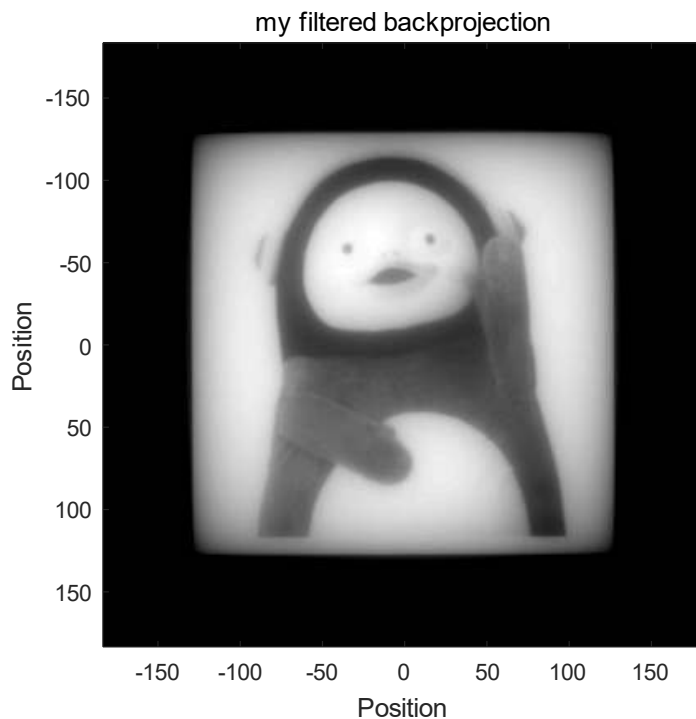


Figure 14. my filtered backprojection

=> my filter를 적용시켜 reconstruction 해본 결과, [Fig. 14]를 얻을 수 있었습니다. 이 결과는 원했던대로, [Fig. 11]과 [Fig. 12]의 중간 정도의 smearing을 가진다고 판단할 수 있습니다.

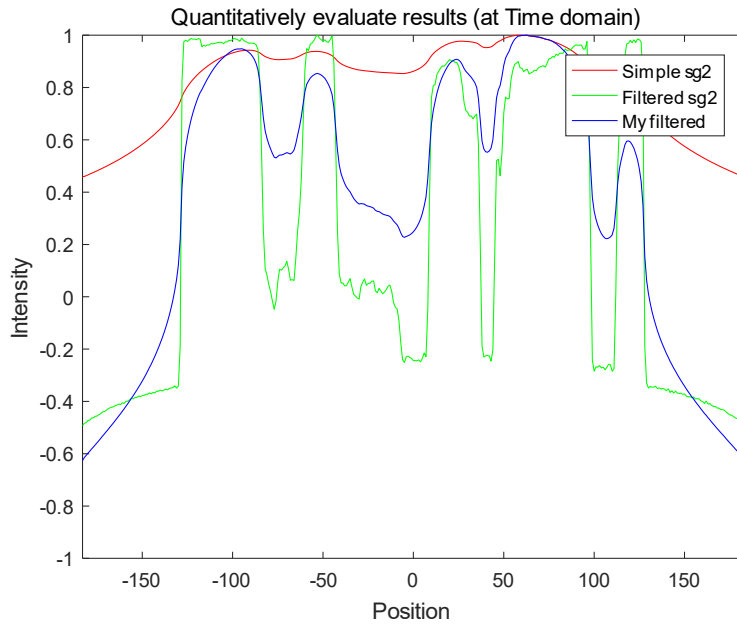


Figure 15. Quantitatively evaluate results (at Time domain)

=> [Fig. 15]의 오른쪽 사진의 빨간색 선의 위치에서 intensity를 비교해보았습니다. 우선 Simple sg2에서는 가장 contrast가 낮고 intensity가 높은 픽셀이 많음을 알 수 있습니다. 그리고 Filtered sg2에서는 대조도가 비교적 높고 부드럽게 나타나고 있습니다. 마지막으로 My filtered에서는 Filtered sg2의 곡선을 따라가는 듯 하지만 노이즈가 많이 발생함을 알 수 있습니다.

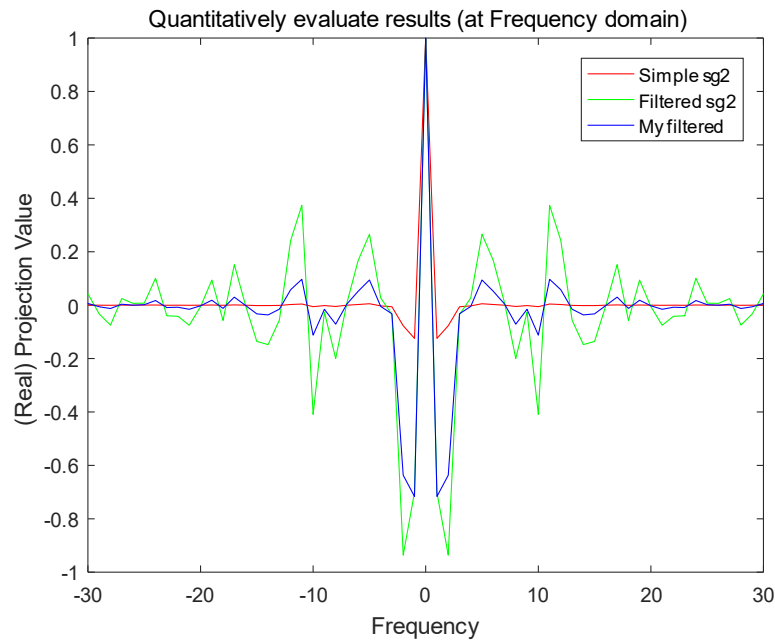


Figure 16. Quantitatively evaluate results (at Frequency domain)

=> [Fig. 16]은 [Fig. 15]의 그래프를 fft시켜서 Frequency domain으로 나타낸 것입니다. 빨간선(Simple sg2)은 고주파가 거의 완전히 차단되어 Low-pass filter의 성질(Blurred)을 띠다고 볼 수 있습니다. 녹색선(Filtered sg2)은 고주파 성분이 어느 정도 남아있고 이것은 노이즈가 아니라 이미지 본질임을 추론할 수 있습니다. 파란선(My filtered)의 경우는 빨간선과 녹색선의 중간 정도로 볼 수 있습니다. 따라서, 이 Question H에서 처음 목표로 했던 것과 같은, 중간 정도의 필터 결과를 얻을 수 있는 my filter를 설계할 수 있었습니다.