

# PHILIPS

Healthcare

SmartSpeed

## SmartSpeed Driving imaging excellence Powered by SmartSpeed

### SpeedとImage Qualityを最大限に引き出す -SmartSpeed -

2000年初頭Sensitivity Encoding (SENSE) の臨床への導入から始まり、これまで培ったアルゴリズムをdS SENSE, MultiBand SENSE, Compressed SENSE (C-SENSE) へと技術革新を遂げてきました。C-SENSEは圧縮センシングにSENSEのアルゴリズムを融合させることにより、圧縮センシング単体では困難であった2Dシーケンスやスパース性の低いT1/T2コントラストなどへも対応可能とし、臨床上大きなインパクトを与えました。

SmartSpeed はC-SENSEにAI (Adaptive-CS-Net) を搭載、またはこれまで対応できなかったNon-Cartesianシーケンス (Radial収集やEPI) にも適用可能とし、さらなるSpeedとImage Qualityを追求できるようになりました。



#### Increase Productivity

**X3\*** 高速化

画質を維持した高速化により、検査の効率化実現、生産性を高めます。



#### Enhanced Diagnostic confidence

最大 **65%\*** 高空間分解能化

高空間分解能化とSNA向上により、診断能向上をもたらします。



#### Increase Patient accessibility

**97%\*** シーケンス対応

最適なシーケンスを、さまざまな検査に幅広く提供します。

- Motion Free
- 3D Free-breathing
- Implant
- Diffusion
- Quantitative imaging

\*パラレルイメージング (SENSE) と比較した場合

# SmartSpeed AI

## SmartSpeed Essentialの概要

SmartSpeed Essentialは、Compressed SENSEのプラットフォームにAI (Adaptive-CS-Net) を融合させたアプリケーション「SmartSpeed AI」により構成されています。Compressed SENSEは、Compressed Sensingの繰り返し画像再構成ループの中に、コイル感度情報とリファレンスデータを用いたSENSEアルゴ

リズムを組み込むことで、2つの技術の相乗効果を得ることができます。SmartSpeed Essentialは、従来のデノイズ工程をAIに置き換えることにより、効率的にノイズ除去が可能となります。

SmartSpeedは、SpeedとImage Qualityを最大限に引き出すことができます。

## SmartSpeed AIのフレームワーク

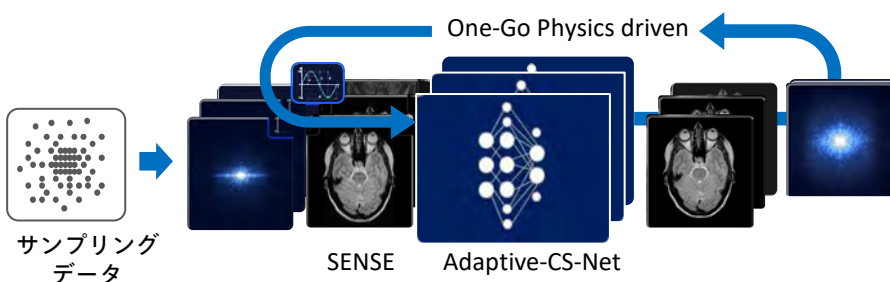
### ① Physics One-Go drivenタイプ

SmartSpeed AIはCompressed SENSEのOne-Goプラットフォームに、Adaptive-CS-Netを融合したPhysics One-Go drivenタイプを採用しています。Physics One-Go drivenは、SENSEとAdaptive-CS-Netによるデノイズ、デノイズ後データの整合性が一連のプロセスとして行われます。このプロセスを複数段階的に繰り返すことにより、ノイズと実データを正確に区別し、ノイズのみを効率的に除去することが可能となります。

### ② SmartSpeed AIのDeep Learning: Adaptive CS-Net

Adaptive CS-Netは、Physics One-Go drivenのプロセスに融合されたAIによるデノイズ機能です。畳み込み層やプーリング層で構成されるニューラルネットワークのブロックが、多数直列に連結された構造をとります。この構造により、処理過程で変化するノイズ量に応じた画像復元パラメータの最適化が行われ、段階的にノイズが除去される仕組みとなっています。

### SmartSpeed AIのフレームワークの概略図



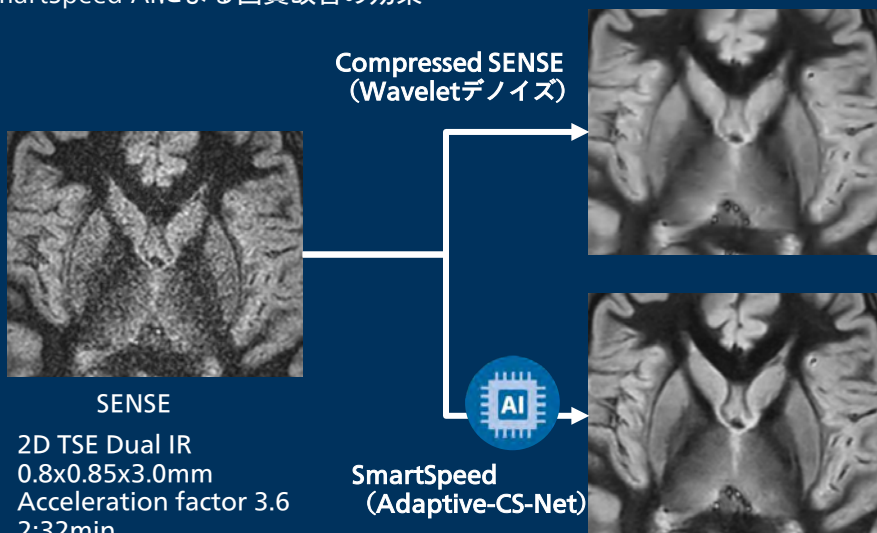
### SmartSpeedフレームワークのポイント

1. SENSE, AI (Adaptive-CS-Net) が ONE-GOで相乗効果をもたらす
2. Noise量に対して最適な処理が複数回行われる (繰り返し計算)
3. デノイズの整合性チェック (デノイズ後のデータを始めのデータと照合)

### ③ SmartSpeed AIのトレーニングデータ

ベースとなる教師データはFull SamplingデータとUnder Samplingデータであり、ノイズ上昇だけでなく、高倍速化に伴うあらゆる画質劣化 (g factorノイズやパラレルイメージング由来の折返しアーチファクトなど) も学習しています。

## SmartSpeed AIによる画質改善の効果



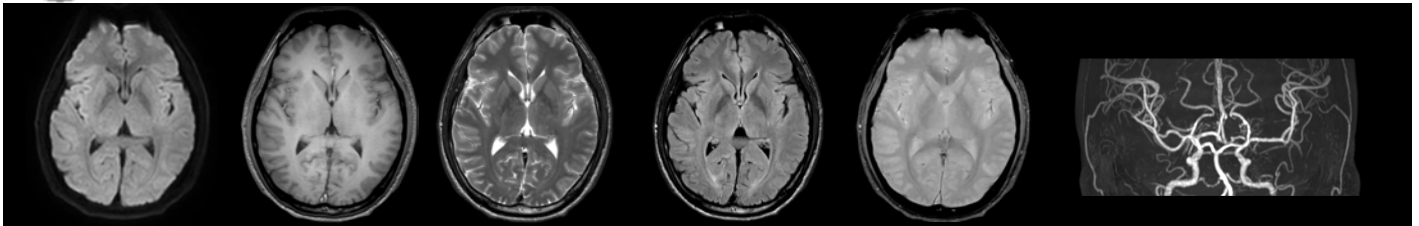
SmartSpeed AIは、フーリエ逆変換直後のソースデータにディープラーニングを組み込みます。ディープラーニングは、ノイズあるいは折返しアーチファクトの除去に効果的な画像特徴をAIが学んで活用し、これを繰り返し行うため、情報の損失を最小限に抑えた再構成を実現します。

# SmartSpeed AI: Clinical images



Increase productivity: 高速化

Total 2min31sec



DWI EPI  
0.90x0.90x5.0mm  
C-SENSE3.5  
14sec

T1 FFE  
0.45x0.45x5.0mm  
SmartSpeed 2.5  
16sec

T2 TSE  
0.36x0.36x5.0mm  
SmartSpeed 4.0  
20sec

FLAIR TSE  
0.36x0.36x5.0mm  
SmartSpeed 3.0  
36sec

T2\* FFE  
0.45\*0.45\*5.0mm  
SmartSpeed 3.5  
20sec

MRA TOF  
0.31\*0.31\*0.65mm  
SmartSpeed 8.0  
45sec



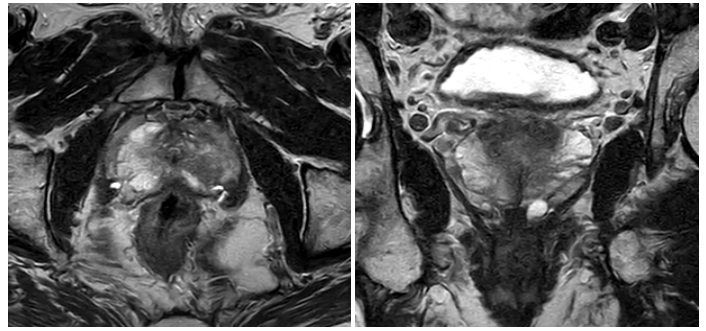
2D T2WI  
3:03 min

2D T1WI  
3:31 min

2D T2WI  
1:16 min

2D T2WI  
1:16 min

Ingenia Ambition 1.5T



2D T2WI TSE  
SmartSpeed AI 4.0,  
0.28x0.28x3.00mm  
50sec

2D T2WI TSE  
SmartSpeed AI 4.0  
0.28x0.28x3.00mm  
50sec

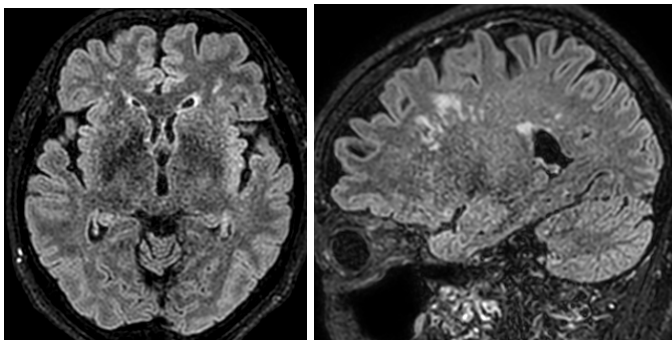
Ingenia Elition 3.0T



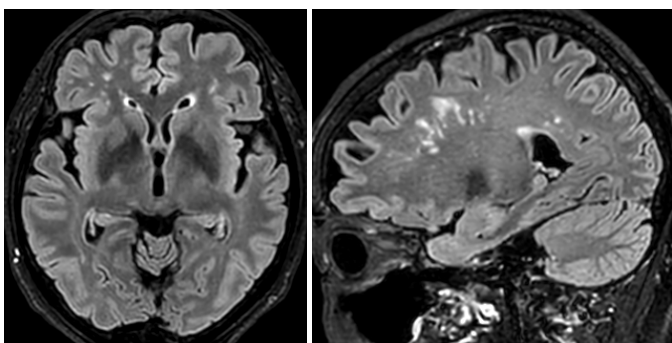
Enhance diagnostic Accuracy  
ImageQualityの向上



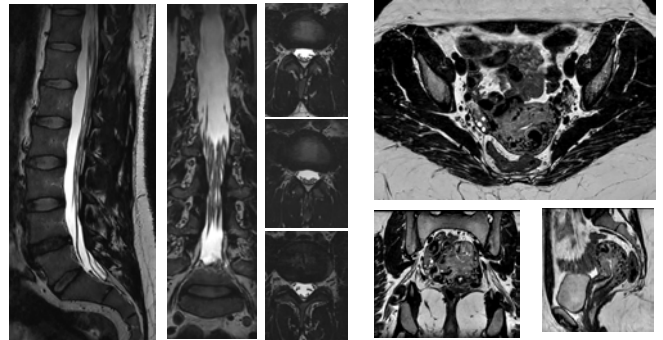
Patient accessibility  
97% 対応シーケンスの拡大



3D BrainVIEW FLAIR SENSE x10  
1.1x1.1x1.1mm, 2:16min



3D BrainVIEW FLAIR SmartSpeed x10  
1.1x1.1x1.1mm, 2:16min

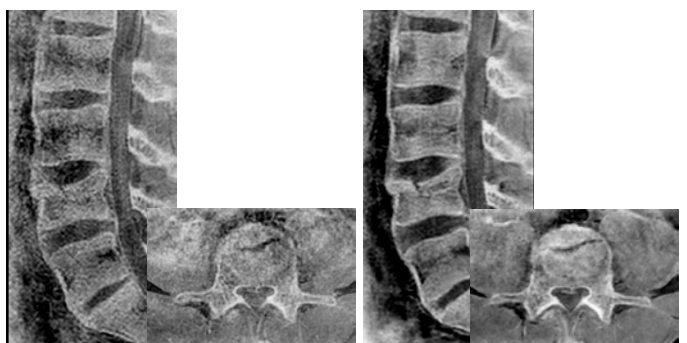


3D T2w TSE,  
0.9mm slices,

Coronal  
reformat

Axial  
reformat

3D T2w TSE, 1.0mm iso voxel



FRACTURE  
SENSE 6.0, 1.0x1.0x1.0mm  
2:30min

FRACTURE  
SmartSpeed AI 6.0, 1.0 x 1.0 x 1.0mm  
2:42min

# SmartSpeed MotionFree

## SmartSpeed MotionFreeの概要

SmartSpeed MotionFree はCompressed SENSEをMultiVane XDに対応させることが可能なアプリケーションです。動きの影響が予想される検査において、従来検査と同等以下の撮像時間で、同等以上の画質を得ることが可能となります。SmartSpeed MotionFreeでは、単にCompressed SENSE とMultiVane XDを組み合わせただけではなく、Cartesian撮像と同様の見え方、質感、コントラストを実現するための改良や工夫も行っている。

## SmartSpeed MotionFree技術的特長

### ① SmartSpeed MotionFreeのフレームワーク

SmartSpeed MotionFree は体動補正技術であるMultiVane XDにCompressed SENSEを適用可能としたアプリケーションです。MultiVane XDによりラジアルでサンプリングされたデータを、Cartesian ポジションにGriddingを行い、Compressed SENSEのリコンスキームの中で、デノイズとラジアル収集特有のストリークアーチファクトの除去を繰り返し行います。

### ② Contrast weightingとAnti-Driveによるコントラスト補正

MultiVane XDは、TSEショットのすべてのプロファイルが空間の中心近くを通過し、コントラストに影響を与える可能性があります。SmartSpeed MotionFreeでは、目的のTE付近のプロファイルに重み付け (Contrast Weighting) を行い、コントラスト低下を補正します。また、T1コントラスト改善を目的としたanti-DRIVEの適応が可能となります。

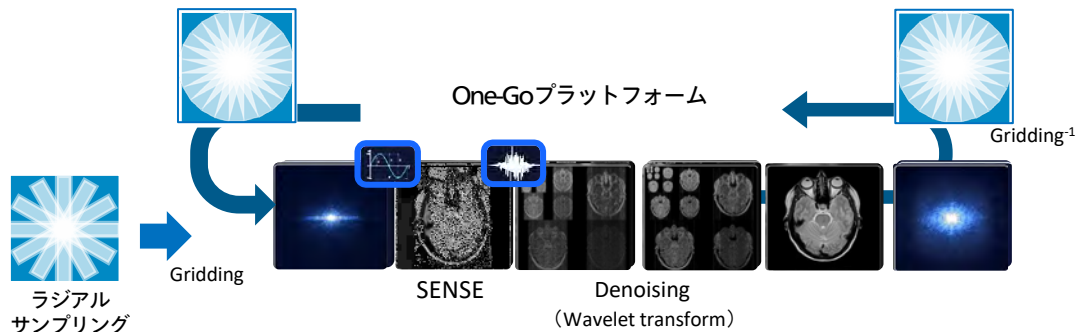
### ③ Chemical shift control

MultiVane XDでは、ブレードに対するリードアウトの方向が一定であったため、ケミカルシフトの方向もランダムでした。SmartSpeed MotionFreeではブレードごとにリードアウト方向を調整することでケミカルシフト方向の任意設定も可能であり、Cartesian撮像と同様の質感を得ることができます。

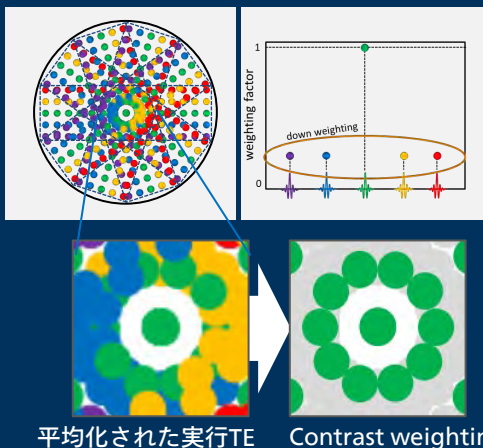
### ④ 長方形FOVへの対応

MultiVane XDでは、円形のFOVでした。SmartSpeed MotionFreeは、サンプリング密度、ブレード数、ブレード幅を最適化するための十分なサンプリングポイント確保しています。その為、体動アーチファクトや撮像時間延長に影響を与えることなく、サンプリング密度を変更でき、長方形FOVへの対応が可能です。

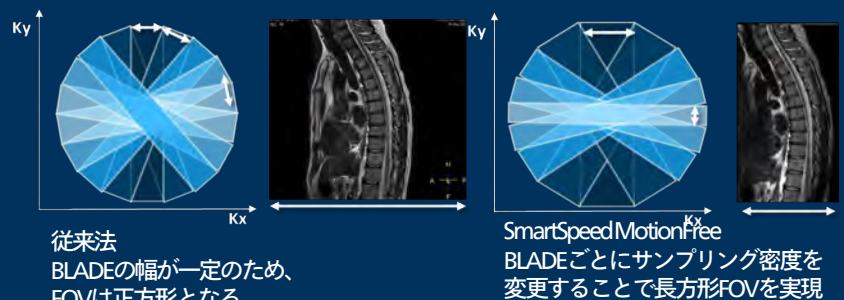
## SmartSpeed MotionFreeのフレームワークの概略図



## Contrast weighting



## 長方形FOVへの対応

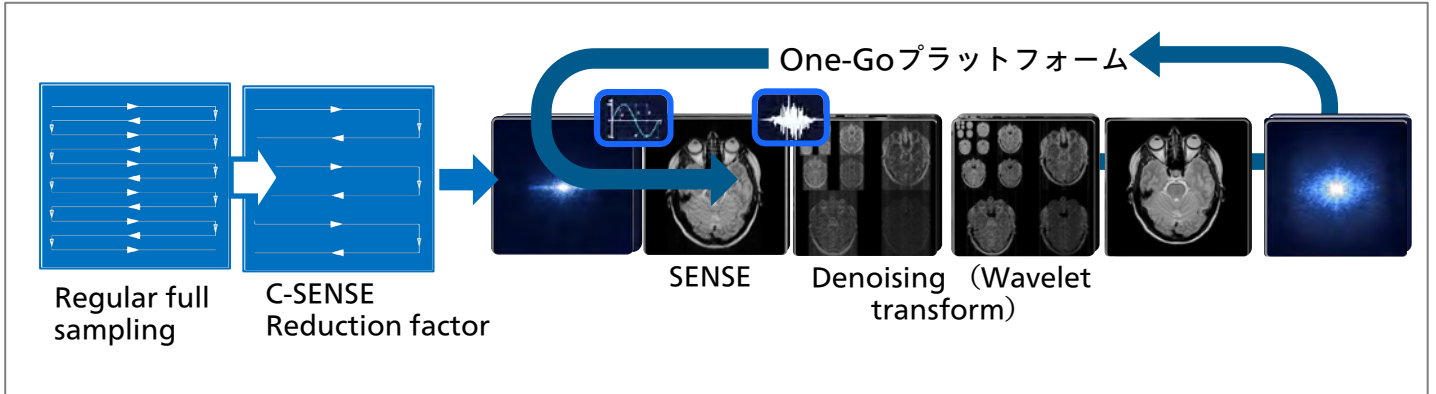


Echoごとに重み係数を設定し、Radial収集によって平均化されたコントラストを改善

# SmartSpeed Diffusion

## SmartSpeed Diffusionの概要

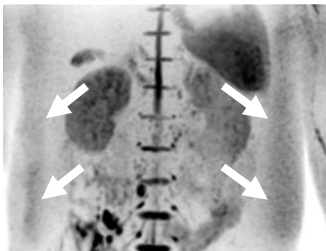
SmartSpeed Diffusion は、EPI-DiffusionにC-SENSEの再構成を適用可能としたアプリケーションです。Compressed SENSEのデノイズによるSNR向上だけでなく、Acceleration factorの上昇に伴って上昇する局所的なg-factorノイズの軽減効果も得られます。加算回数を減らすことによる撮像時間短縮、高いAcceleration factorによる画像歪みの軽減が可能となります。



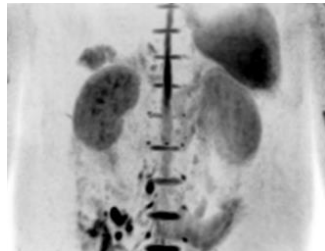
## EPI-DiffusionにCompressed SENSEを組み合わせるメリット

Compressed SENSE をEPI に組み合わせるメリットは、磁化率アーチファクトが問題となるシングルショットEPIにおいて、高倍速のCompressed SENSEを使用することにあります。SENSEを高倍速化すると歪が軽減する一方、ある許容倍速を超えるとgファクターノイズが急激に上昇します。しかし、Compressed SENSEと組み合わせることで、繰り返しデノイズ工程を経ることとなるため、ノイズの急激な上昇を抑え高い倍速設定を実現することが可能となる。

	利点	欠点
SENSE	歪み軽減	g-factorノイズの増加
SmartSpeed Diffusion	歪み軽減 g-factorノイズの軽減	



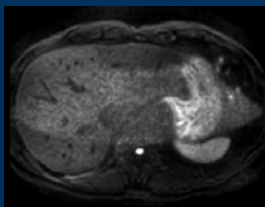
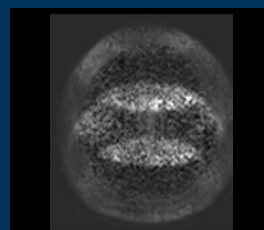
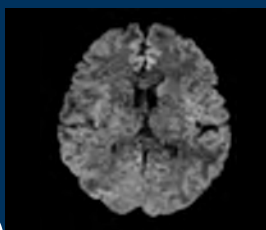
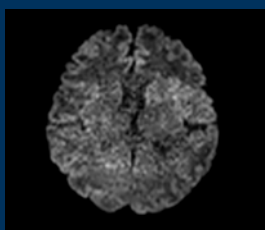
SENSE DWI



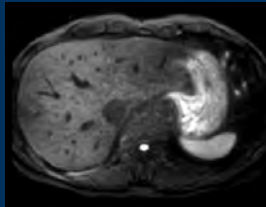
SmartSpeedDWI

ダイレクト coronal DWI では、左右方向に折り返しアーチファクトがノイズ様に発生している。SmartSpeed Diffusion ではこのようなノイズを効果的に除去することが可能である。

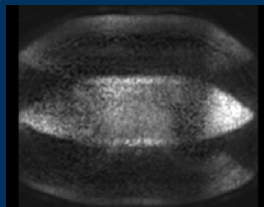
## ■ gファクターノイズ軽減による画質改善



SENSE DWI



SmartSpeed Diffusion



gファクターノイズ

SENSEを高倍速化すると歪みが軽減する一方、ある許容倍速を超えるとgファクターノイズが急激に上昇します。図は、SENSE DWIとSmartSpeed Diffusionの差分を表しています。SmartSpeed Diffusionは、gファクターノイズを大幅に軽減できていることが確認できます。

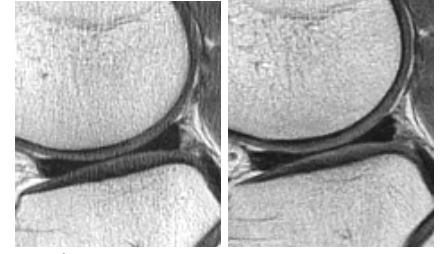
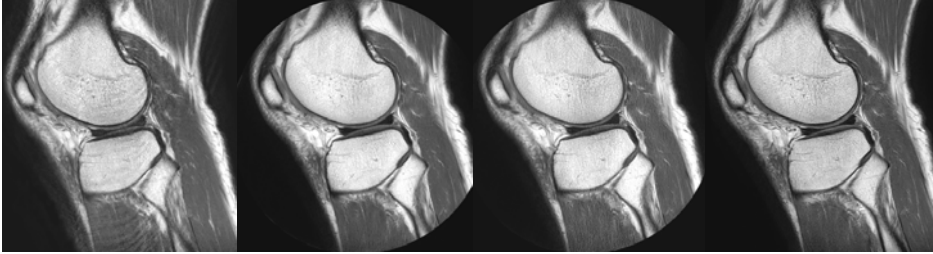
※gファクターノイズ画像：SENSE DWIとSmartSpeed Diffusionとの差分

# SmartSpeed MotionFree/Diffusion : Clinical images



Enhance diagnostic Accuracy  
ImageQualityの向上

## SmartSpeed MotionFree



2D PDW TSE  
SENSE 3.0  
0.3x0.4x2.5mm, 3:12min

2D PDW Multivane XD  
SENSE 2.0  
0.36x0.36x2.5mm, 4:42min

2D PDW Multivane XD  
SENSE 3.0  
0.36x0.36x2.5mm, 3:12min

2D PDW  
SmartSpeed MotionFree 4.0  
0.3x0.3x2.5mm, 2:54min

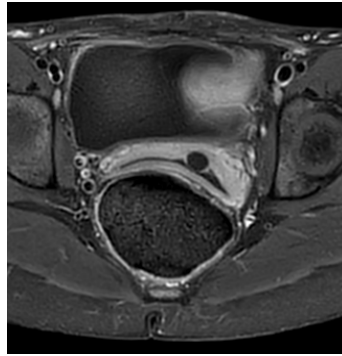
MultiVane XD

SmartSpeed MotionFree

ストリークアーチファクトが低減



T2w TSE SmartSpeed MotionFree  
3:11min



T1w TSE FatSat SmartSpeed MotionFree  
2:18 min

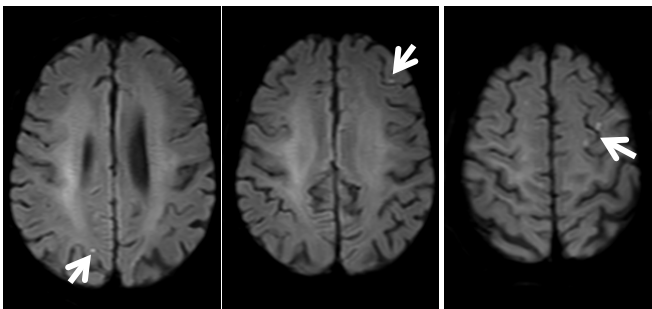


T2w TSE SmartSpeed MotionFree  
2:09 min

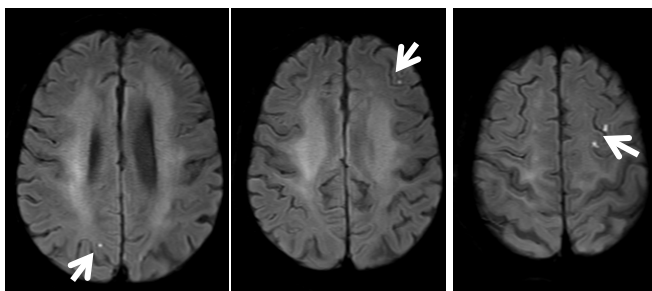


T2w TSE SmartSpeed MotionFree  
3:25 min

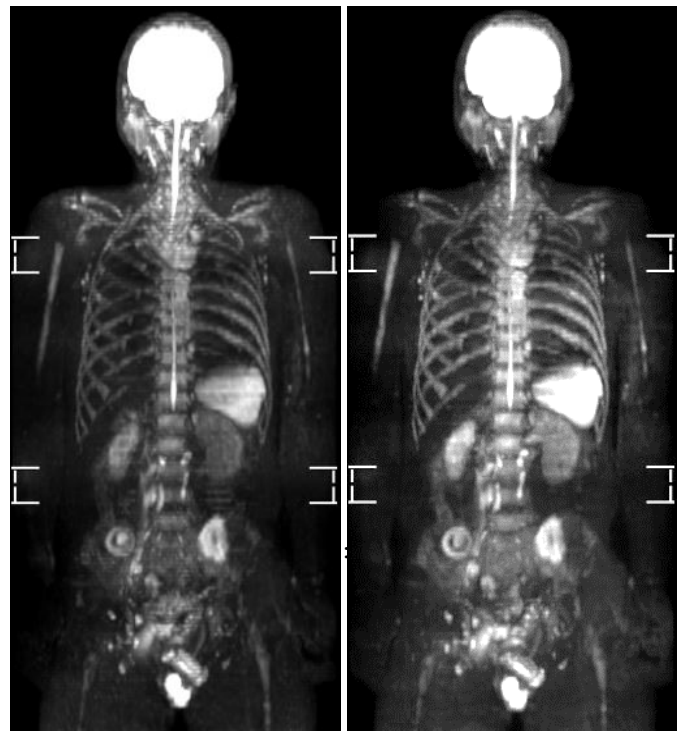
## SmartSpeed Diffusion



EPI DWI SENSE 0.90x0.90x5.0mm



EPI DWI SmartSpeed 0.45x0.45x5.0mm



SENSE DWI  
b=1000,  
SENSE factor=2.0, 3:00min/station

SmartSpeed DWI  
b=1000,  
CS-SENSE factor=2.0, 3:00min/station

# SmartQuant

## SmartSpeed AIによる定量イメージングの高速化と高精度

SmartQuantは、定量イメージングにSmartSpeed AIの併用が可能となったアプリケーションです。様々な定量イメージングへの応用による高速化だけでなく、SNR向上による定量精度の向上が実現します。

SNRの改善または高空間分解能化により定量結果の精度向上を可能とします。

SNRと空間分解能の改善により診断精度の向上

最大 **3X** 高速化\*

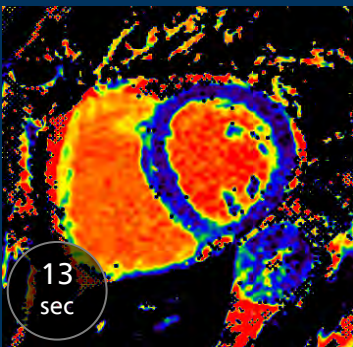
最大 **65%** 高空間分解能化\*

### SmartQuant対応可能な定量イメージング

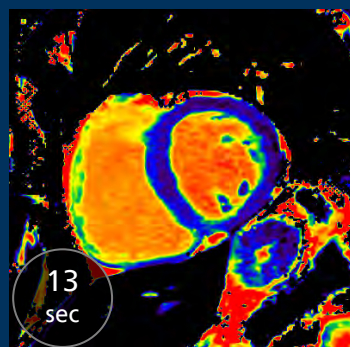
- T1 Mapping
- T2\* Mapping
- Fat Quantification
- Iron Quantification
- Cartilage assessment
- Stiffness mapping
- Synthetic MRI ....

\*パラレルイメージング (SENSE) と比較した場合

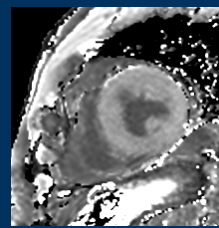
### SmartQuant Cardiac



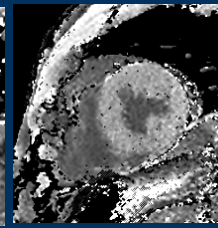
Short axis T1 mapping  
SENSE  
1.5 x 1.5 x 10.0 mm



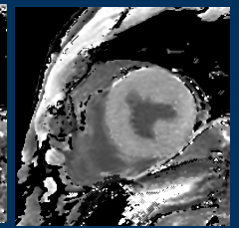
Short axis T1 mapping  
SmartSpeed  
1.5 x 1.5 x 10.0 mm



Confidence map  
SENSE 2.0  
1.97x1.99mm, 12sec



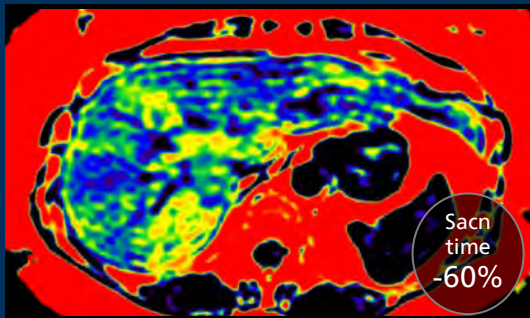
Confidence map  
SENSE 4.5  
1.5x1.5mm, 12sec



Confidence map  
SmartSpeed 4.5  
1.5x1.5mm, 12sec

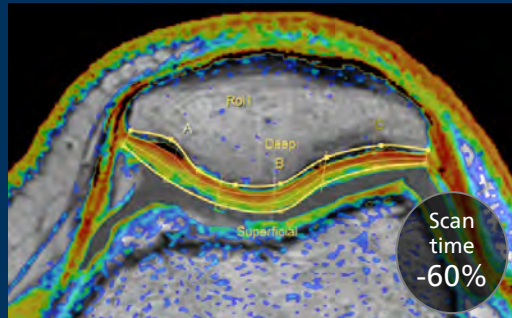
空間分解能を向上させるとSNRの低下で定量値の信頼性が低下します。SmartSpeedでは正確な定量値の取得が可能となります。

### SmartQuant Body



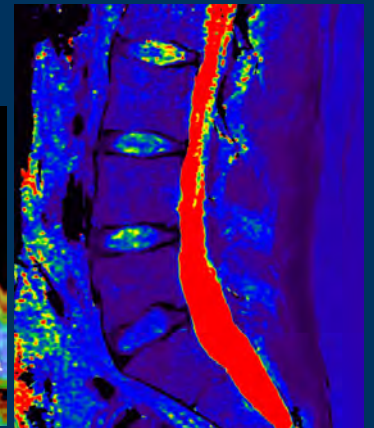
Fat T2\* mapping (mDIOXN Quant)  
6 sec (-60%)

### SmartQuant MSK



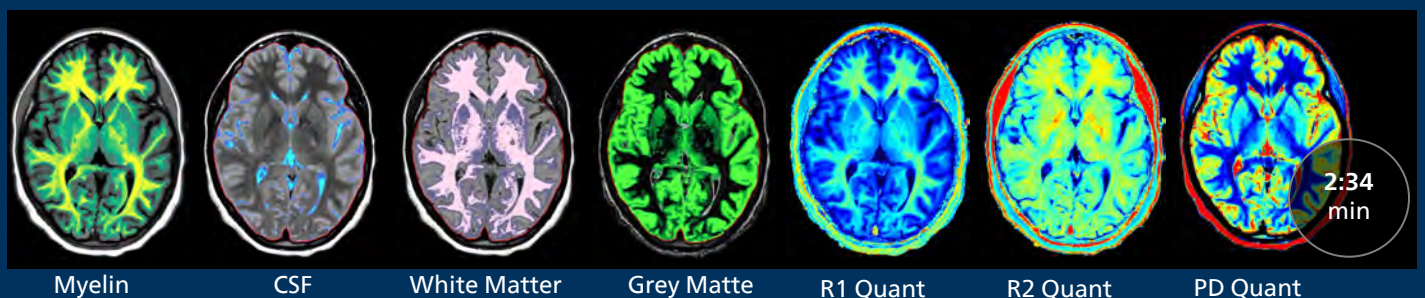
Cartilage mapping  
2:34 min (-60%)

### SmartQuant Spine



Smart Quant Spine  
Disc mapping in 4:20 min  
(1.0 x 1.2 x 4.0 mm)

### SmartQuant Neuro



Myelin

CSF

White Matter

Grey Matte

R1 Quant

R2 Quant

PD Quant

2:34  
min

---

製造販売業者

**株式会社フィリップス・ジャパン**

〒108-8507 東京都港区港南2-13-37 フィリップスビル

お客様窓口 0120-556-494

03-3740-3213

受付時間 9:00～18:00

(土・日・祝祭日・年末年始を除く)

[www.philips.co.jp/healthcare](http://www.philips.co.jp/healthcare)



改良などの理由により予告なしに意匠、仕様の一部を変更することがあります。あらかじめご了承ください。詳しくは担当営業、もしくは「お客様窓口」までお問い合わせください。記載されている製品名などの固有名称は、Koninklijke Philips N.V.またはその他の会社の商標または登録商標です。

© 2023 Koninklijke Philips N.V.