

- 2024.1.16 新技術説明会 -

手術ナビゲーションCTにおいて静脈の撮影タイミングを 適正化し三次元CT画像を鮮明化する方法

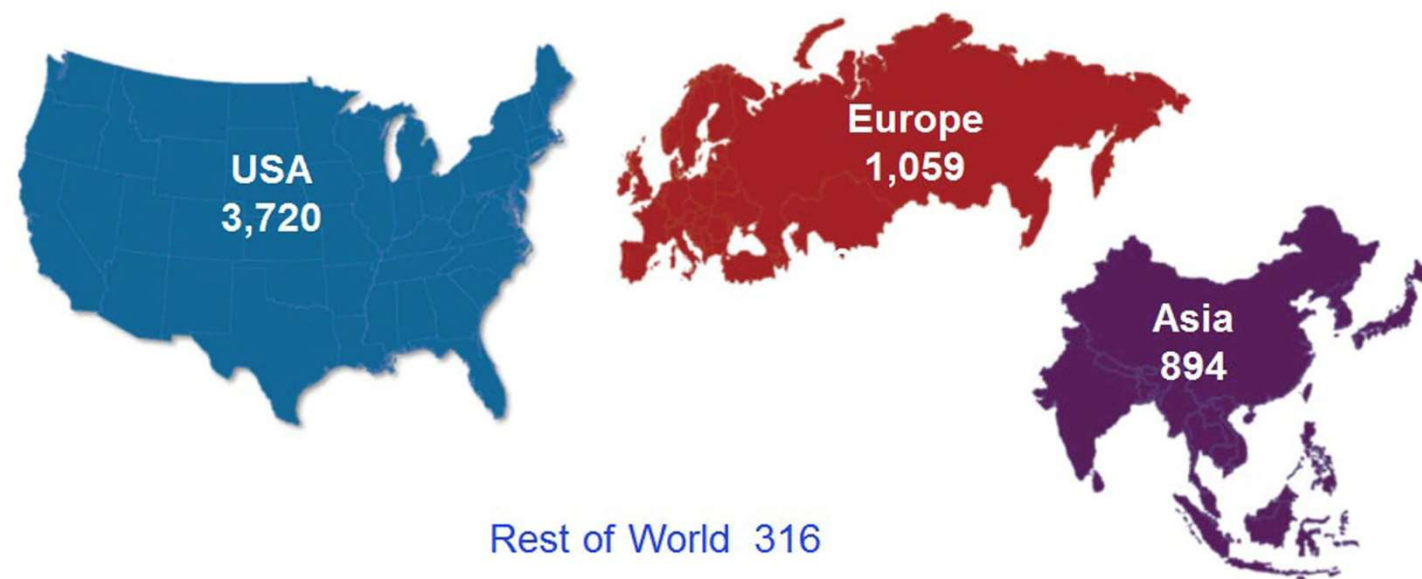
札幌医科大学附属病院放射線部
大橋 芳也

“低侵襲”手術へ移行しつつある

外科手術は開腹手術から腹腔鏡下やロボット手術に

手術ロボット（ダヴィンチ）の導入数

5,989 worldwide as of December 31, 2021





開腹手術より“術野”が狭い

解剖学的配置を認識しづらく
血管損傷などの合併症に注意

S.J. Lee et al, Dis Colon Rectum, 2016

F.S. Mari et al, Surg Endosc, 2013

G. Melich et al, Can J Surg, 2014

解剖学的に“複雑な領域”の手術リスク

本邦における手術後90日死亡率; ナショナルクリニカルデータベース (NCD) より

右半結腸切除術 2.3%

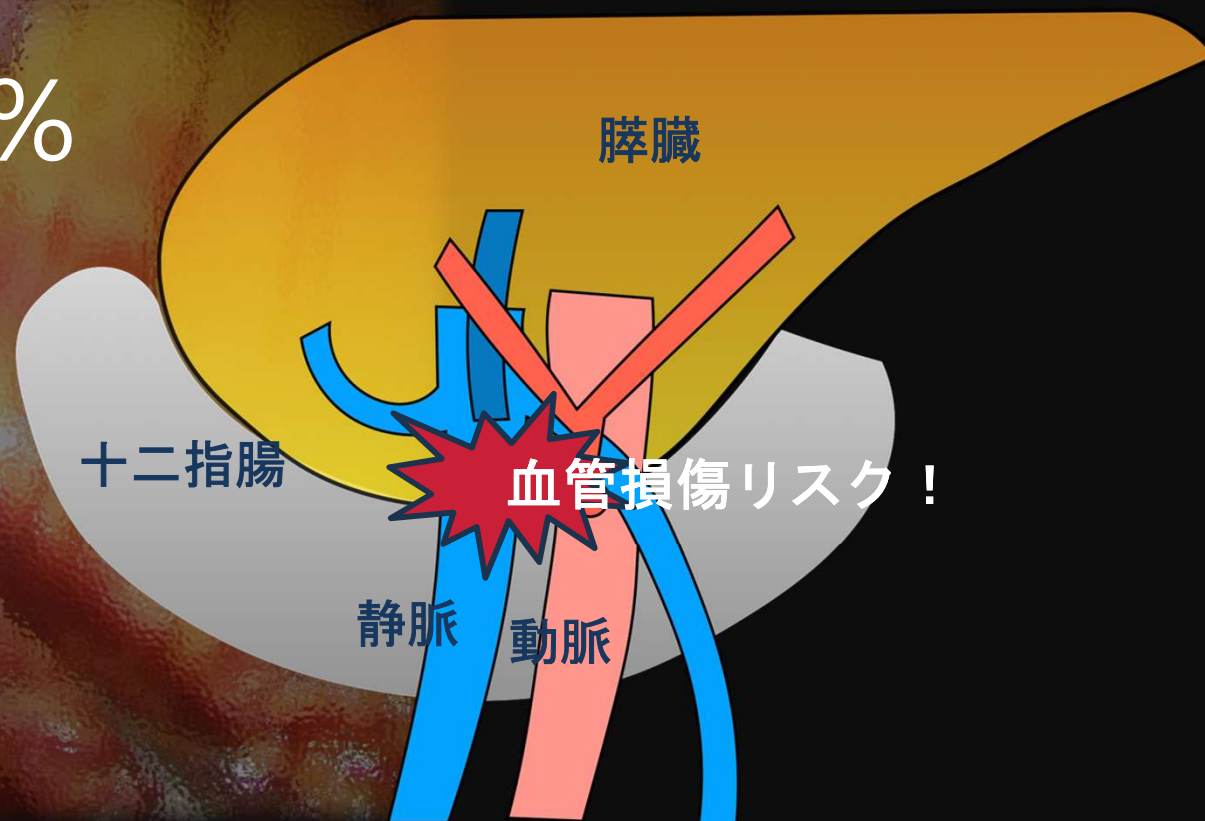
膵頭十二指腸切除 2.1%

肝切除術 2.0%

食道切除再建術 1.2%

低位前方切除術 1.0%

・
・

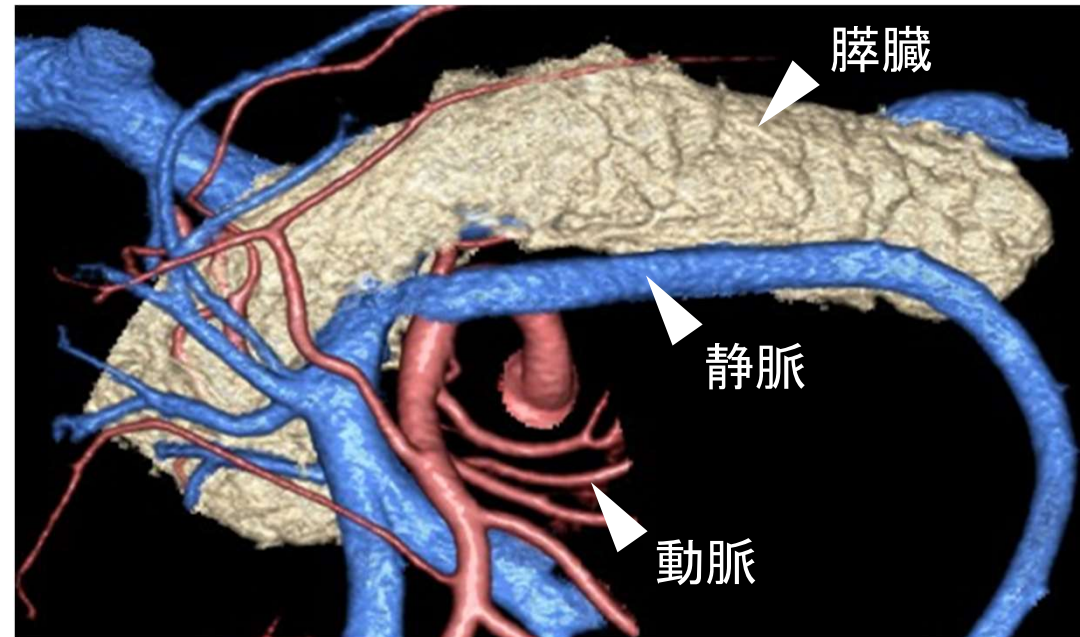


“手術ナビゲーション”は不可欠

安全な手術のための重要なツール



腹腔鏡やロボット支援下手術の術野



術前CTから構築した手術ナビゲーション画像

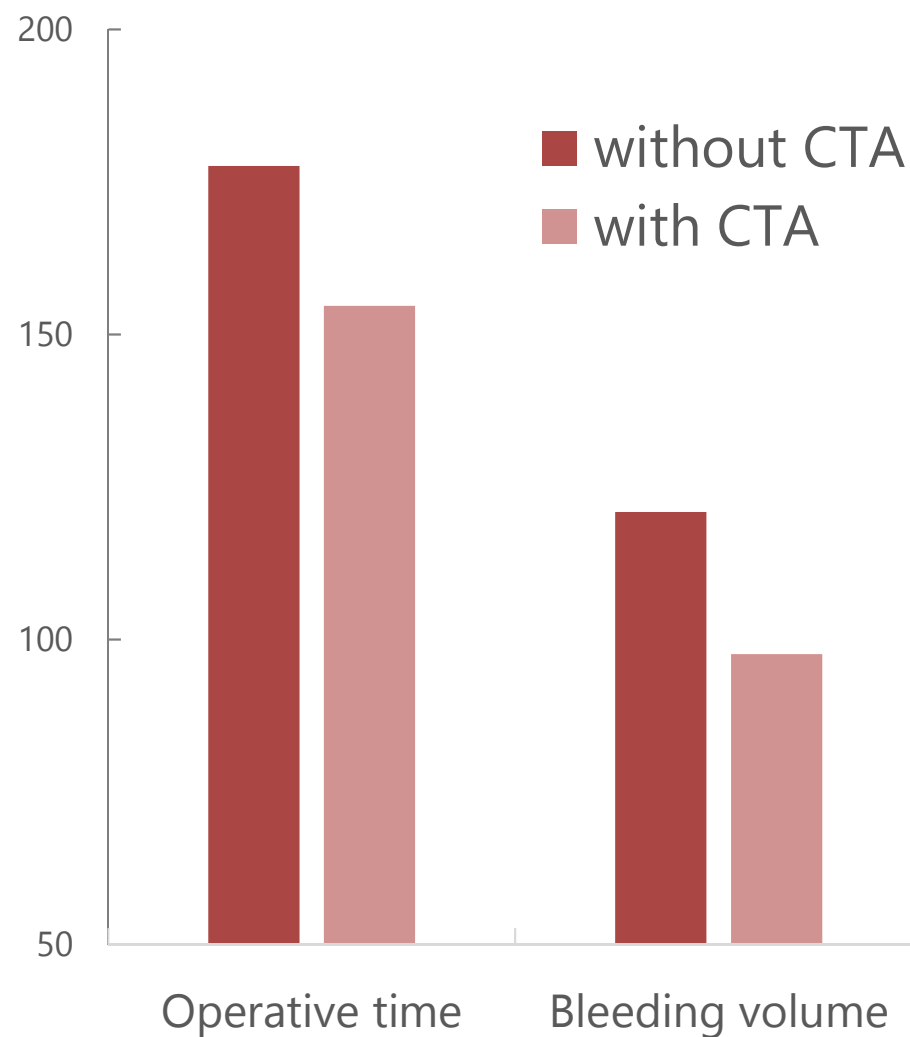
外科手術における 術前CTAのメリット



手術時間



出血



L. Bian et al. J Gastrointest Surg, 2020
C.D. Willard et al. Int J Colorectal, 2019

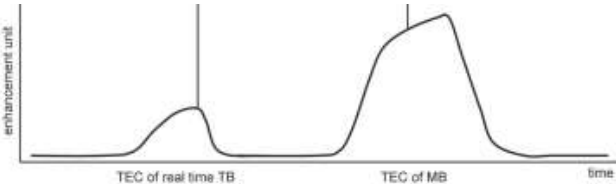
簡易的な血管撮影手法

- ・測定技術の改善により、簡易的な低侵襲性の血管撮影が可能となった。
- ・これらの手法では精細度に限界があることも知られる。

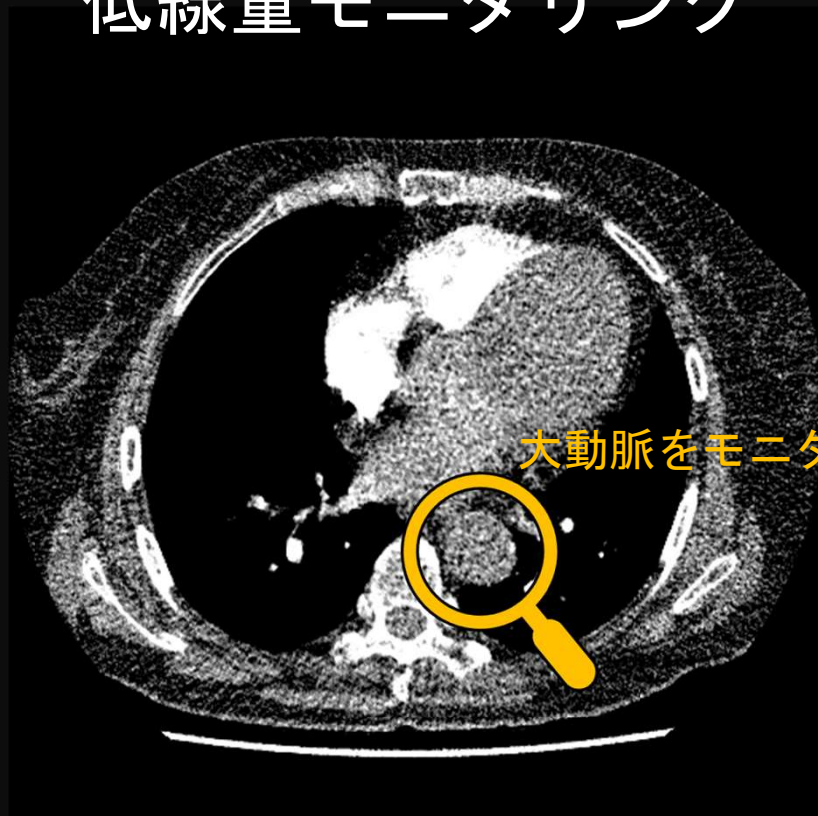
	手法	特徴と課題
超音波 診断法	・検査の対象部位に超音波プローブを当てて計測する。 ・測定部位に応じてプローブを使い分ける。	・装置価格は安価である。 ・侵襲性は非常に低い。 ・体表付近は測定しやすい。 ・頸動脈は測定しやすい。 ・動脈硬化の測定も可能。 ・簡易的で精細度は不十分とされる。
MRアンギ オグラフィ	・MRIを用いた血管の検査	・血液の流れを画像化し、血管を検査 ・造影剤を用いずに測定可能 ・X線の被爆がない ・簡易的で精細度は不十分とされる ・脳や全身の測定に使用される。

CTアンギオグラフィの代表的手法

- ・撮像時間固定法の課題改善のため、2000年頃から新しい造影手法が開発されてきた
- ・機種(製造会社)により対応している手法が異なるが、BT法が最も安定している。

	手法	特徴と課題
BT法 Bolus Tracking	・1回のインジェクションで、液の状態をテストスキャンで確認しながら、閾値を超えたタイミングで本番のスキャンを行う。	・簡便で<u>確実に安定した画像</u>が得られる。
TI法 Test Injection	・事前の1～2回程度のテストインジェクションで時間応答性を確認する。 ・その後、本番のインジェクションと撮像を行う。	・テストと本番の結果が十分に一致しないことが知られる。(相関係数：0.3～0.4)
TBT法 Test Bolus Tracking	・テストと本番のインジェクションを連続して行い、テストの精度を高める。 	・TI法の改良で患者の体調変化に対応するがテストと本番の結果は十分に一致しない。(相関係数：0.5)

動脈の撮影タイミングを捉える 低線量モニタリング



Monitoring Scan

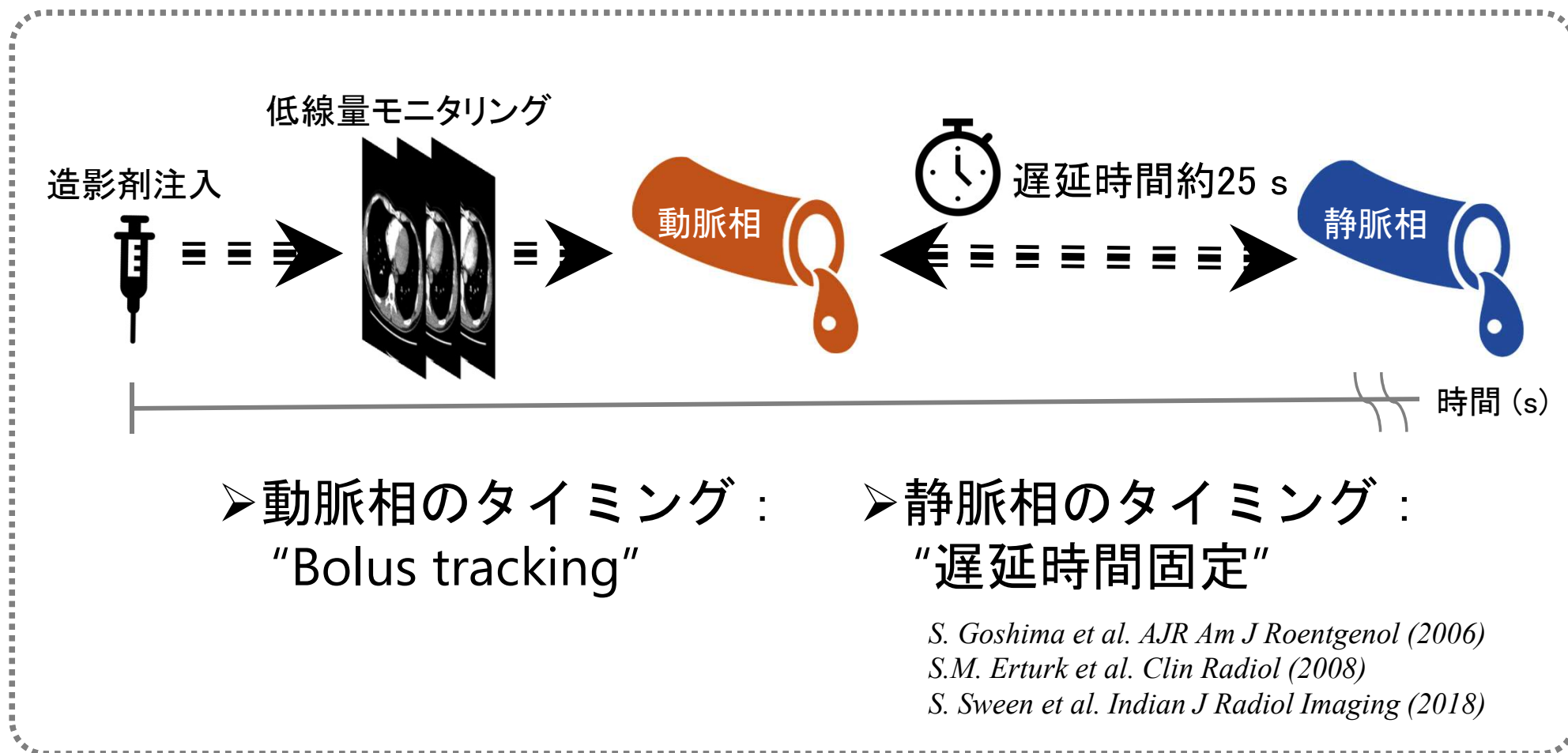
患者ごとで異なる血流循環を捉える

ボールス追跡法：

Bolus Tracking method

“BT法”で調整

発明の技術内容 従来法



“静脈”の描出が劣る理由

造影剤が体循環する過程で
希釈されてしまう



明瞭

動脈撮影



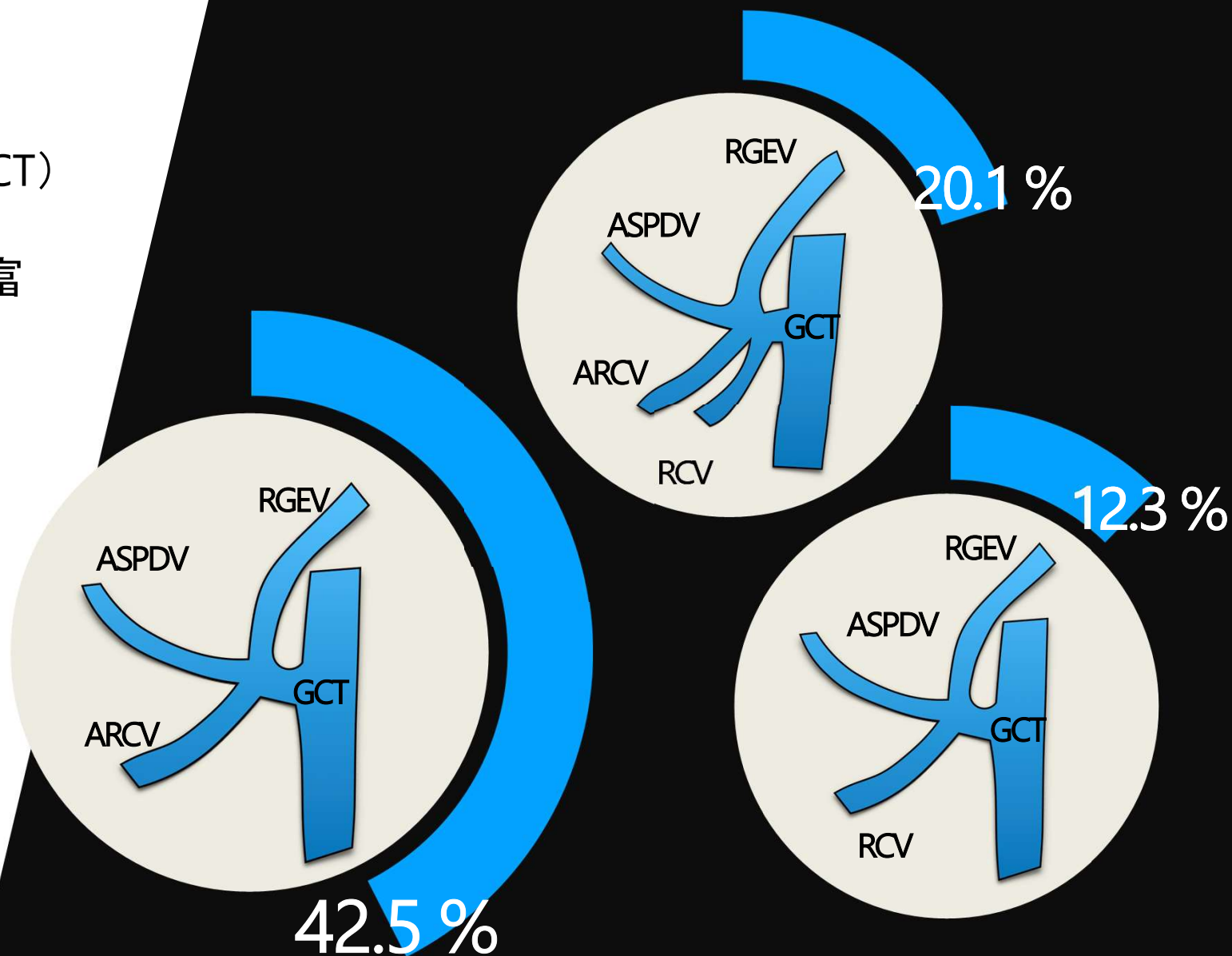
不明瞭

静脈撮影

胃結腸静脈幹

Gastrocolic trunk (GCT)

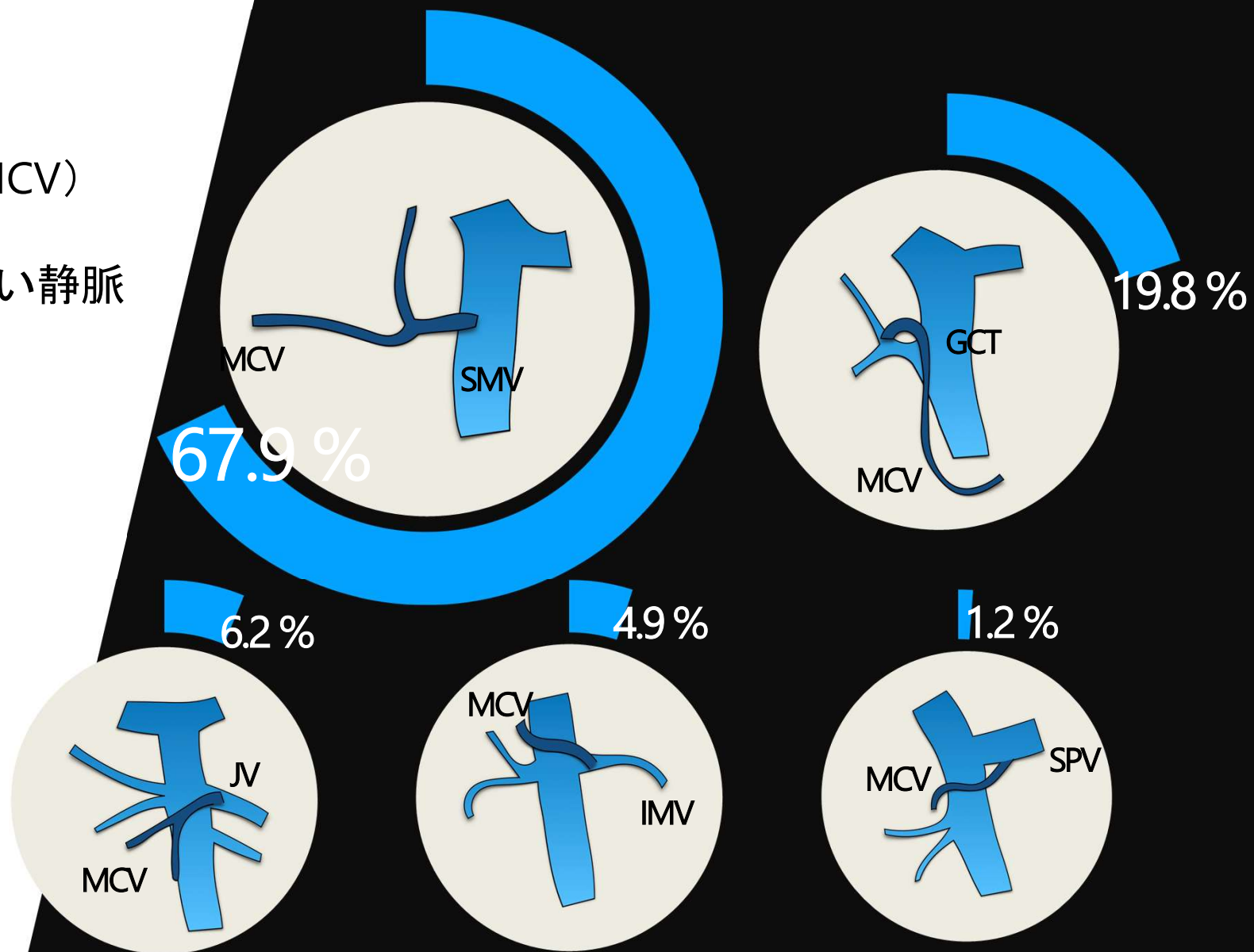
バリエーションが豊富



中結腸静脈

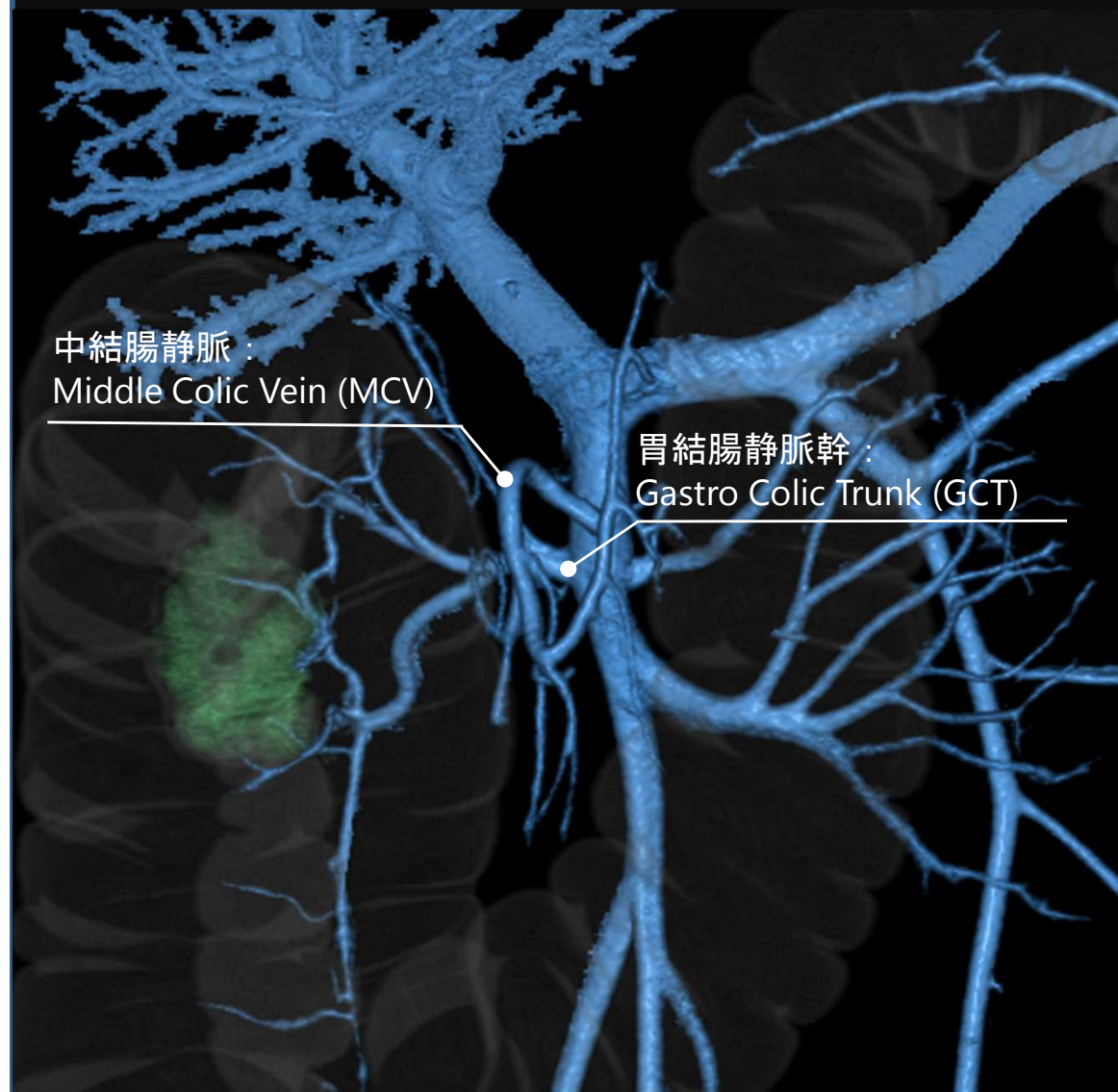
Middle colic vein (MCV)

バリエーションが多い静脈

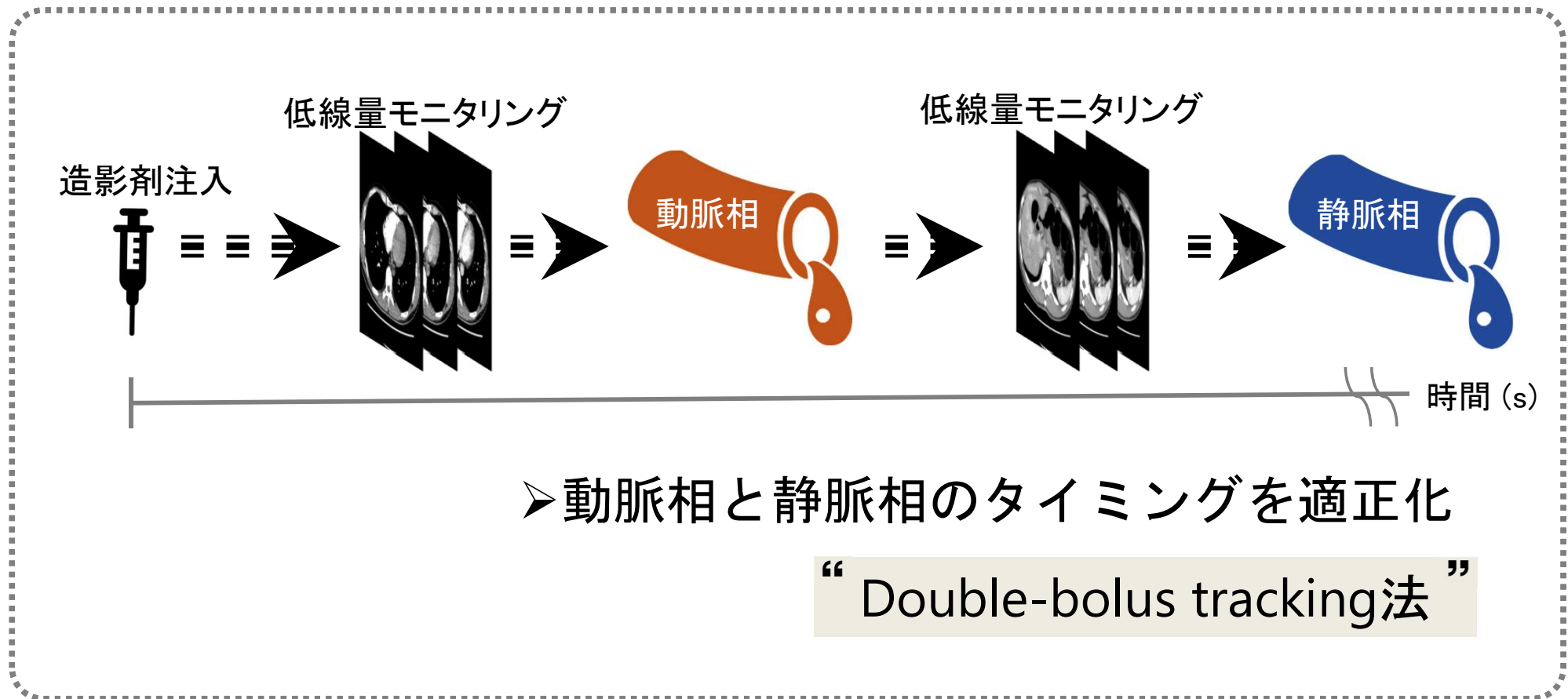




静脈走行を
わかりやすく
明瞭に

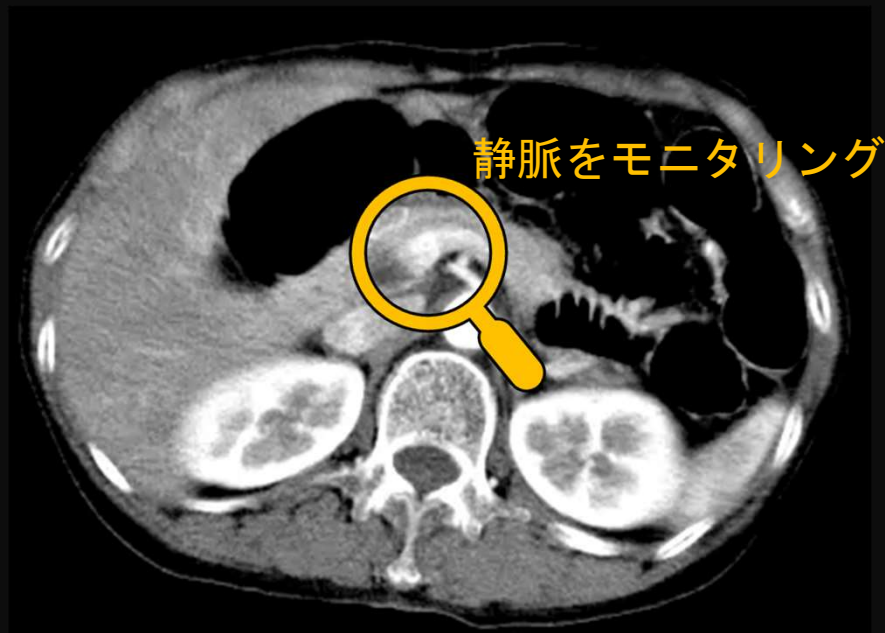


発明の技術内容 新法



動脈だけでなく

“静脈の血流”もモニタリング



Monitoring Scan

本発明の最大の特徴

動脈と静脈両方のタイミングを捉える

ダブルボールス追跡法：

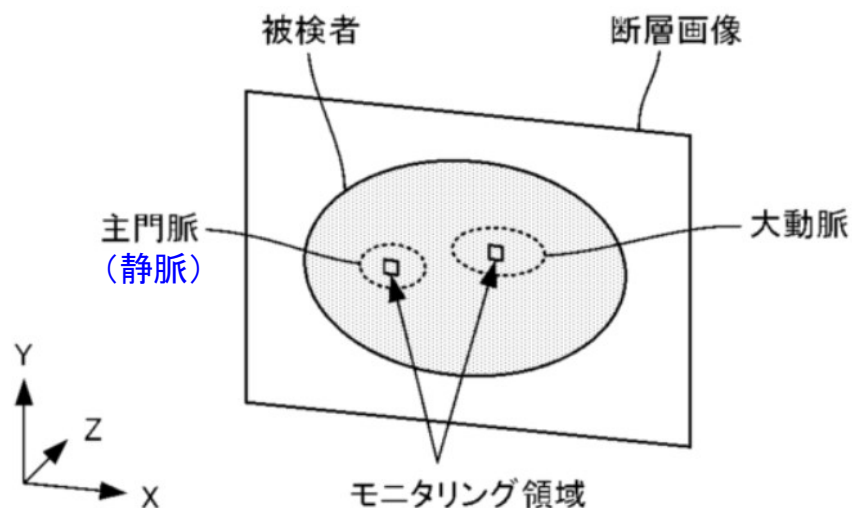
Double Bolus Tracking method

“DBT法”

発明の技術内容 モニタリングスキャン

モニタリングリング、診断(メインスキャン)は、それぞれ適した場所を選定する

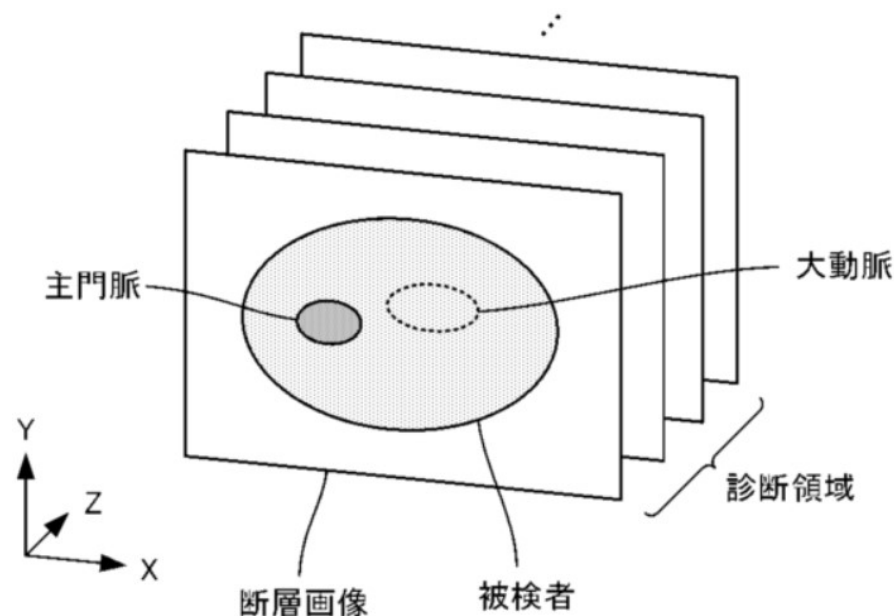
例)動脈モニタリングリング：大動脈
 静脈モニタリング：主門脈
 メインスキャン：大腸を含む領域



スキャン種別	管電圧	管電流	スキャン速度	スライス厚
モニタリング	120kV	50mA	0.5sec	0.5mm
メイン	120kV	400mA	0.5sec	0.5mm

スキャン条件の一例

モニタリングリングは被ばく量の抑制のため低線量のX線照射にとどめる



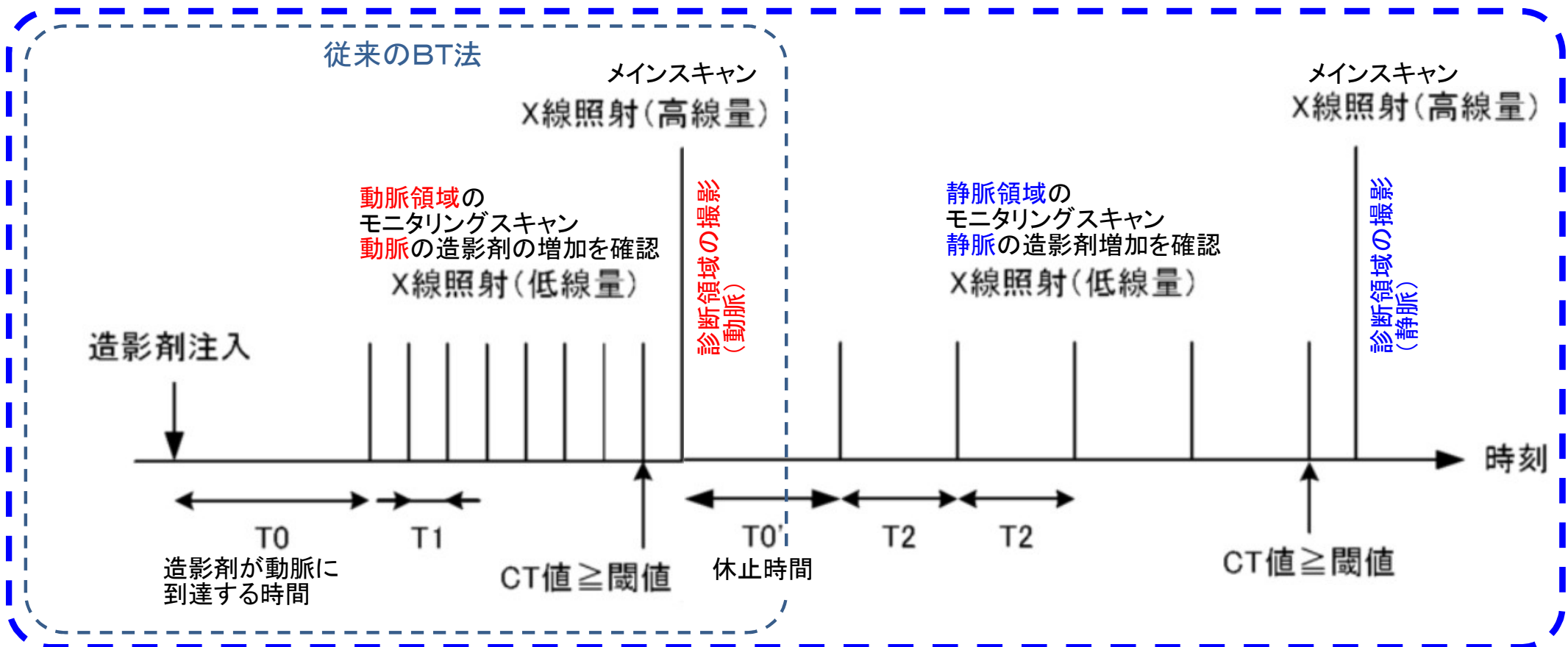
撮影位相	モニタリング領域	周期	閾値
動脈位相	大動脈	0.1sec	250HU
静脈位相	主門脈	1.5sec	250HU

モニタリングスキャンの一例

静脈(動脈)モニタリングリングには静脈(動脈)を用いる。
 静脈は動脈より血流が緩いので長周期とする。

発明の技術内容 DBT(Double Bolus Tracking)法

- ・BT法による動脈診断の後、静脈モニタリングと静脈診断を行う。
- ・静脈の血流は動脈の血流より緩やかなので、 $T2 > T1$ とする。
- ・モニタリングで閾値を確認し、メインスキャンを行う。



0.0 0.0 管球熱量 34%

158.0

Scan Autoview-s Raw-Data

ユーティリティ

Zoom - + Screen Save Image selector Measure Filming Reset

Optional Setting

☐ 間欠スキャン

間隔 秒

開始 ROI 1 HU

☒ 音声タイミング

ROI 200 HU

☐ 寝台位置を固定

Threshold Setting

☐ マニュアル ☒ オート

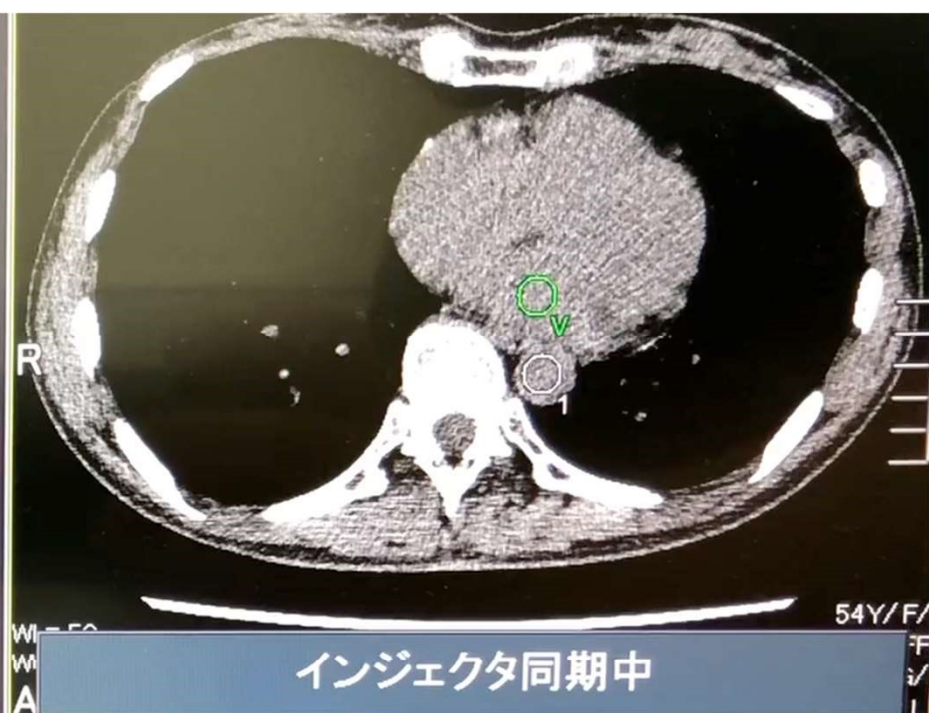
開始 ROI 1 250 HU

開始 ROI 2 HU

AND OR

固定 ROI ± HU

Quit Real Prep Pref変更

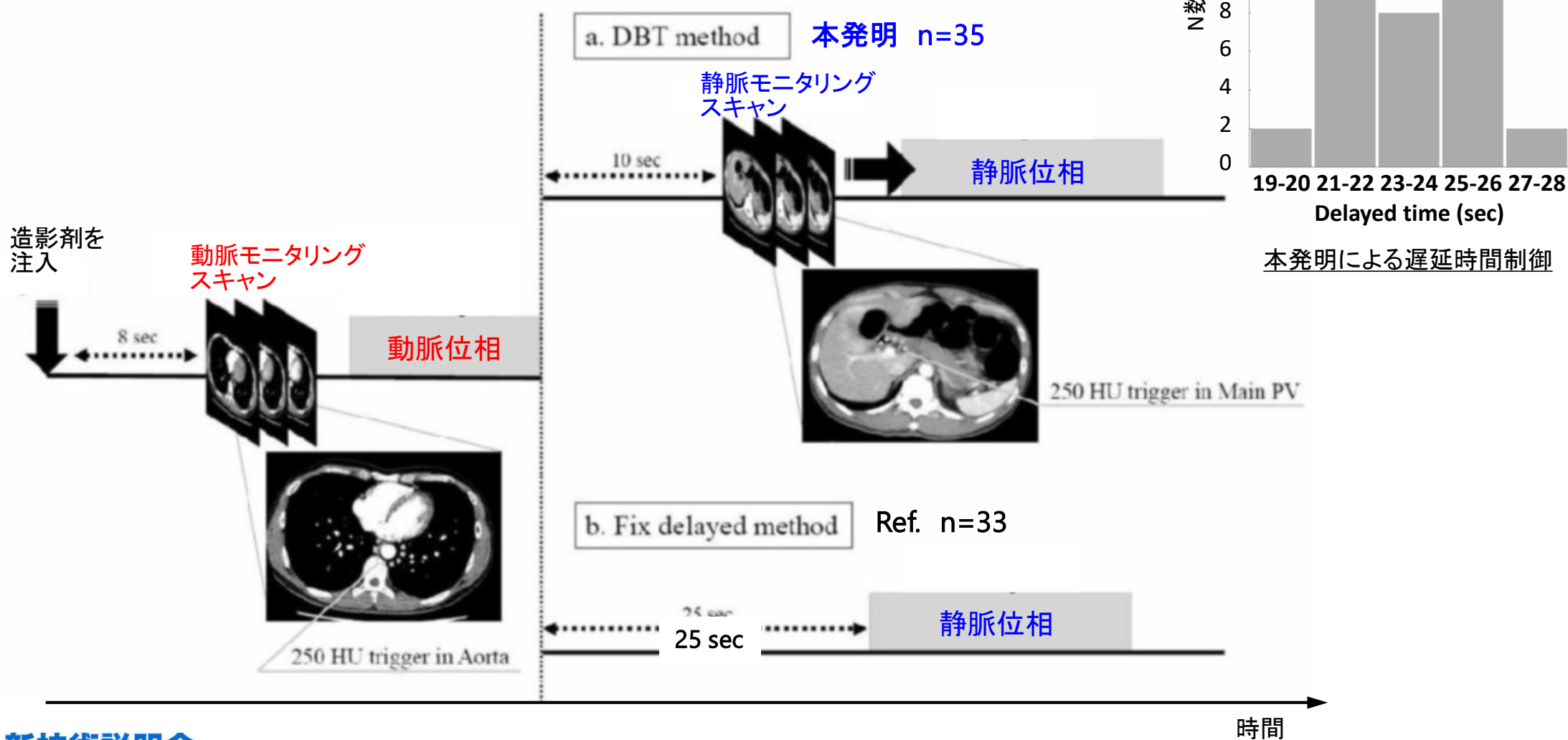


● Scan Sequence ○ Time Sequence							メイン	その他	スキャン詳細	再構成詳細	プロトコル	被ばく	造影		
No.	開始	開始時間	休止時間	開始位置	終了位置	スキャンモード	スキャン数	kV	mA	D-FOV (C-FOV)	スキャン速度 (Total秒)	撮影スライス厚 (mm)	範囲	スキャン後移動量 (mm)	CE
1	P	***	0.0	0.0	0.0	S&V	1	120	50	300.0 (M)	0.5 (0.5)	0.5 (2.0)	2.0	0.0	
2	P	***	8.0	0.0	0.0	RealPrep	1	120	50	300.0 (M)	0.5 (32.0)	0.5 (2.0)	2.0	0.0	ON
3	A		0.0	0.0	230.0	GG-HeI	1	120	R 413	300.0 (M)	0.5 (4.4)	0.5 (40.0)	230.0	IN 130.5	ON
4	A		7.3	99.5	119.5	Dy-Volume	110	120	70	300.0 (M)	0.5 (14.0)	0.5 (20.0)	20.0	IN 119.5	ON
5	A		7.4	0.0	230.0	GG-HeI	1	120	R 413	300.0 (M)	0.5 (4.4)	0.5 (40.0)	230.0	IN 230.0	ON
6	A		20.0	0.0	230.0	GG-HeI	1	120	R 413	300.0 (M)	0.5 (4.4)	0.5 (40.0)	230.0	0.0	ON

発明の技術内容

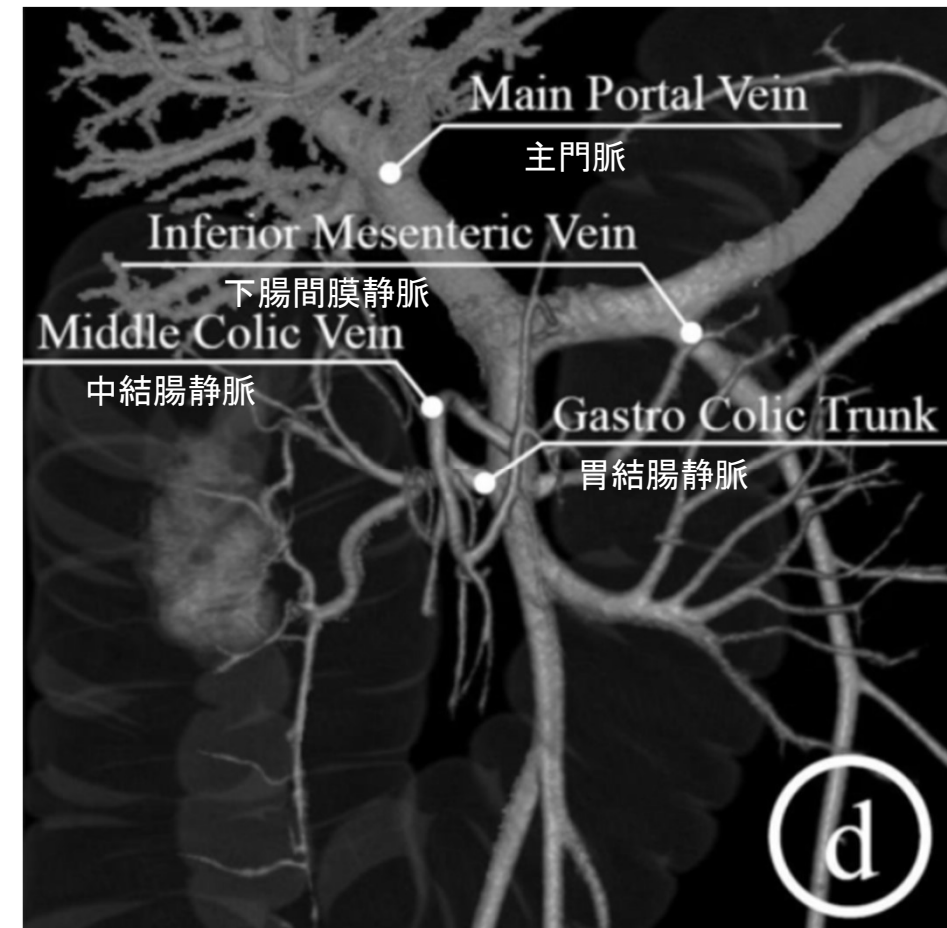
効果の検証方法

- ・前半の、BT法による動脈診断は同一とする。
- ・本発明のDBT法と、従来の固定時間遅延の2条件を比較する。



発明の技術内容 検証の方法

Characteristic	本発明 DBT法 (n=33)	Ref. 時間固定 (n=35)	p-value
Age (years)	68.7 + 12.2	66.9+ 10.3	0.52
Sex (M/F)	10/23	18/17	0.08
Height (cm)	156.7 ± 9.0	161.8 ± 9.3	0.03
Weight (kg)	58.6 ± 13.0	60.7 ± 12.3	0.49
BMI (kg/m ²)	23.7 ± 4.2	23.1 ± 3.7	0.53
Tumor location			
Ascending	25	24	
Transverse	8	11	
Stage			
0	0	4	
I	8	8	
II	11	11	
III	11	7	
IV	3	5	



診断対象の静脈

発明の技術内容 検証の方法

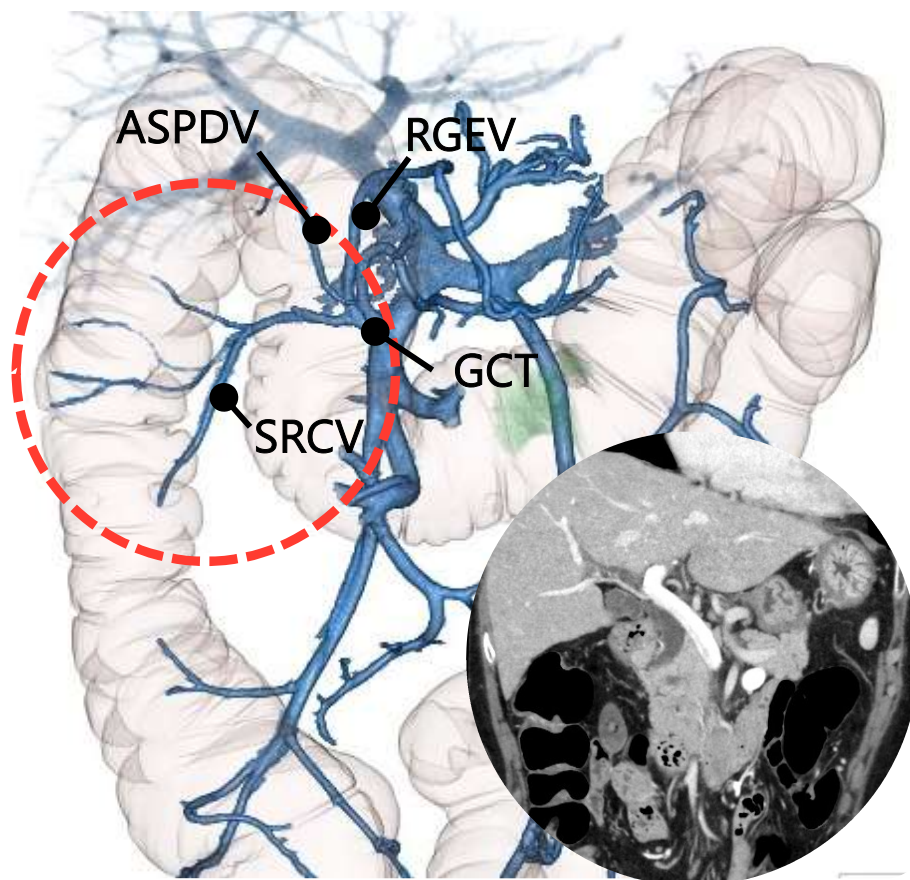
従来法と較べて、高信号出力、高C/N、高S/Nが得られた

	本発明 DBT法 (n = 33)	Ref. 時間固定 (n = 35)	Difference	p-value	
CT value (HU)					
主門脈	272.2 (239.1–296.9)	211.9 (196.1–220.5)	60.3	< 0.01	出力平均 +58.2 +29%
胃結腸静脈	242.7 (224.4–270.0)	188.8 (178.9–206.2)	53.9	< 0.01	
中結腸静脈	241.9 (220.9–289.7)	194.2 (167.1–207.5)	47.7	< 0.01	
下腸間膜静脈	280.9 (239.7–322.9)	210.0 (182.9–234.3)	70.9	< 0.01	
Contrast-to-noise ratio					
主門脈	32.0 (26.6–40.4)	18.9 (15.6–22.4)	13.1	< 0.01	C/N平均 +13.7 +75%
胃結腸静脈	29.4 (24.8–35.1)	17.1 (13.4–19.5)	12.3	< 0.01	
中結腸静脈	31.1 (23.9–34.3)	17.5 (12.6–21.2)	13.6	< 0.01	
下腸間膜静脈	34.9 (25.7–44.8)	19.1 (15.1–25.1)	15.8	< 0.01	
Signal-to-noise ratio					
主門脈	40.9 (35.6–49.6)	26.2 (22.9–30.6)	14.7	< 0.01	S/N平均 +15.1 +59%
胃結腸静脈	39.0 (33.0–44.3)	24.7 (20.9–29.4)	14.3	< 0.01	
中結腸静脈	39.2 (32.8–45.2)	24.8 (19.1–31.0)	14.4	< 0.01	
下腸間膜静脈	44.1 (34.1–54.6)	27.2 (22.5–33.8)	16.9	< 0.01	

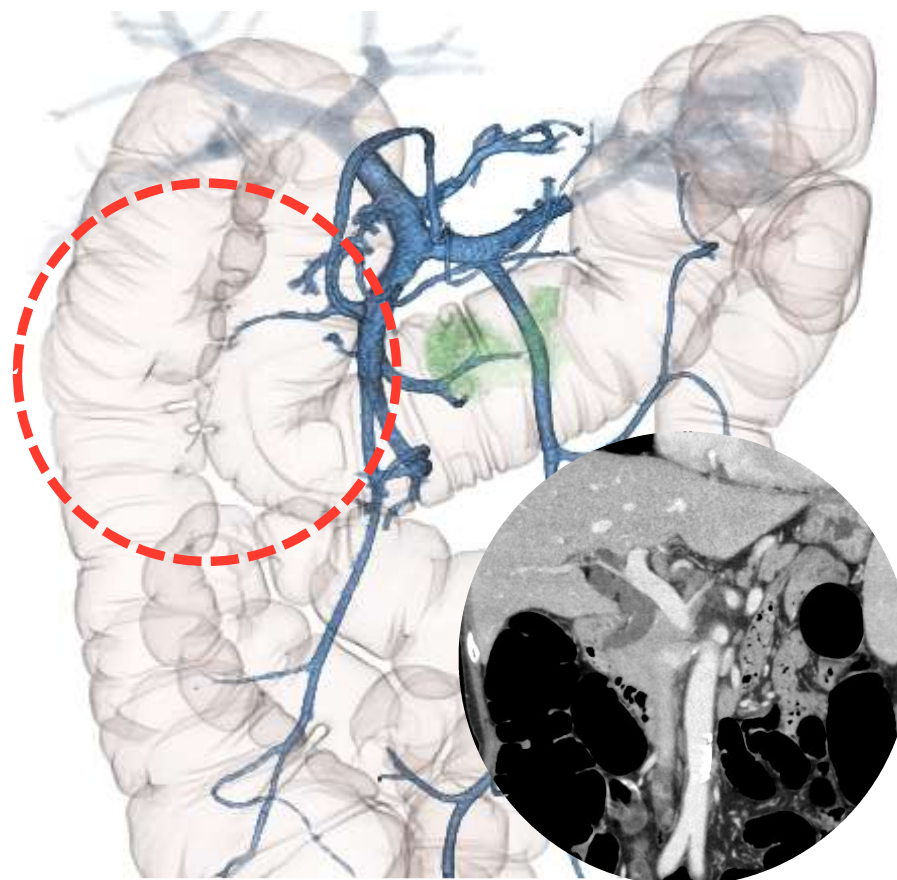
本発明の優位性 比較表

	本発明 DBT法			従来技術 BT法		
構成	・動脈系/静脈系共に、モニタリングスキャン後にメインスキャンを行う。 ・静脈系は動脈系よりモニタリングスキャンの周期が長い。 ・動脈撮影の後、静脈撮影を行う。			・動脈系についてはモニタリングスキャンの後、メインスキャンを行う。 ・静脈系は固定時間遅延で測定する。		
得られる特性	平均CT値	259.4	+29%	平均CT値	201.2	
	最小CT値	220.9	+32%	最小CT値	167.1	
	平均C/N	31.9	+75%	平均C/N	18.2	
	最小C/N	23.9	+90%	最小C/N	12.6	
	平均S/N	40.8	+59%	平均S/N	25.7	
	最小S/N	32.8	+72%	最小S/N	19.1	
適用分野	手術前の静脈位置の把握					
その他						

本発明の優位性 臨床画像



新法: DBT法

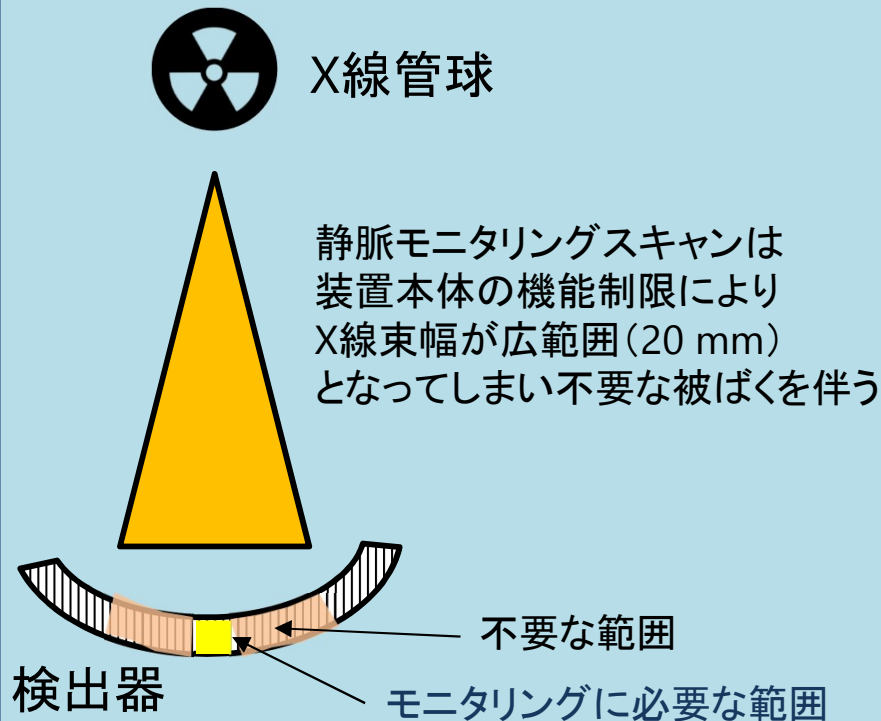


従来法: BT法

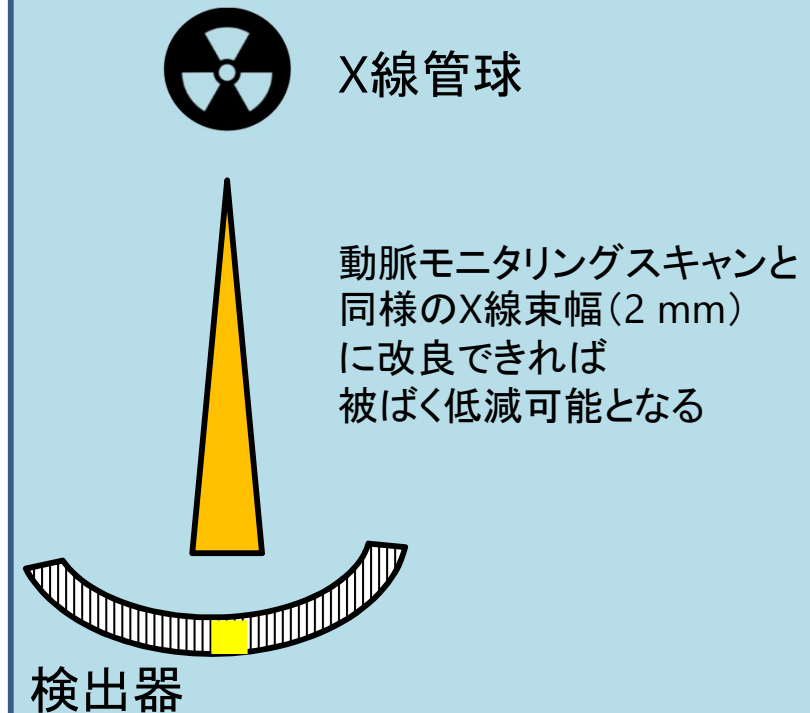
実用化に向けた技術的課題と今後の対応計画

- ・本技術の実用化のためCT 装置のソフトおよびハードウェア仕様改良に取り組む

技術課題



新たな試験や試作の実施計画等



企業への期待

- 未解決の低線量モニタリングスキンの更なる被爆低減、画質、操作性の改善については、既存のBT法技術の応用により克服できると考えている。
- CT装置の開発技術を持つ企業との共同研究を希望。

発明の名称：X線CT装置、撮像方法及びプログラム

発明者：大橋 芳也、小倉 圭史

出願人：北海道公立大学法人札幌医科大学[100%]

出願番号：PCT/JP2023/044588（2023-12-13出願）

特願2022-199377 (2022-12-14 出願)

新規性喪失の例外規定の適用：無し

お問い合わせ先

札幌医科大学 附属産学・地域連携センター

TEL 011-611-2111(21570)

FAX 011-611-2185

e-mail chizai@sapmed.ac.jp