

# Bone Suppression処理における肺野領域の視認性評価と骨減弱の信号値プロファイル解析

*Study of profile analysis on the simulated tumor and visibility evaluation in lung area using Bone Suppression Processing*

櫻井 典子<sup>1)</sup>(63422), 高橋 真悟<sup>2)</sup>, 児玉 直樹<sup>3)</sup>(44411)

1) 高崎健康福祉大学附属クリニック 診療放射線技師 2) 高崎健康福祉大学 健康福祉学部  
3) 新潟医療福祉大学 医療技術学部 診療放射線技師

**Key words:** Bone Suppression, CAD, profile analysis

## [Summary]

Chest x-ray (CXR) is the most commonly performed examination to detect lung cancer, although computed tomography is widely used for diagnosis because of the high resolution. Therefore, researches of Computer-Aided Diagnosis (CAD) software for CXR are conducted by many researchers. A bone suppression processing is a CAD software to improve the visibility of soft tissues in lung area by suppressing the signals of ribs and clavicles. In this study, we evaluated the robustness of bone suppression images on the positioning of patients with use of a chest phantom by an observer study. Moreover, a profile analysis was conducted to assess the effects of bone suppression on the signal of a simulated tumor. This study shows that bones were adequately suppressed in usual positioning, and the signal of a simulated tumor on a bone was not changed by the bone suppression.

## [要 旨]

胸部X線撮影はCTと比較して腫瘍陰影の検出率は劣っているが、簡便で日常最も利用される検査法である。そのため診断補助のコンピュータ支援診断システム(Computer-Aided Diagnosis, CAD)の研究開発がされている。その中の一つであるBone Suppression処理は、肋骨および鎖骨の信号を減弱し視認性改善を目的とするシステムである。本研究ではデジタルラジオグラフィを使用した胸部X線画像におけるBone Suppression処理を導入し、BS処理が肺野領域の視認性を向上させるか視覚評価を行い検討した。また骨減弱における腫瘍への影響を評価するため、信号値プロファイル解析を行った。視覚評価の結果、通常考え得るポジショニングでは骨は十分に減弱されており、肺野領域の視認性は向上した。また骨減弱の信号値プロファイル解析の結果では、骨と重なる箇所での腫瘍における輝度値の減弱は見られなかった。

## 1. はじめに

日本における死因第1位は悪性新生物(がん)であり、その主な部位別死亡率(人口10万対)を見ると、男女とも「肺がん」が高く、男性では第1位(87.2)、女性では第2位(32.9)と年々増加の一途をたどっている<sup>1)</sup>。そのため早期発見・早期治療が求められている。

ヘリカルCTが普及し健診でも導入されている中、胸部X線撮影は、安価で簡便さの割に、少量の被ばく量で豊富な臨床情報が得られるといった利点は大きく、健診のみならず日常診療においても最も利用される検査法である<sup>2)</sup>。しかし、初期段階の肺がん陰影は骨や内部組織などの正常部位に隠れてしまうため、医

師の判断による検出が難しい<sup>3)</sup>。骨に隠れた小さな陰影の見逃しや骨の重なりが病変に見え、誤検出してしまうリスクが報告されている<sup>4)</sup>。

同様に、胸部単純X線読影の難しさを示す事例として、肺がん検診での見落とし率28.4%という報告もある<sup>5)</sup>。そのため診断補助の手法として胸部X線画像から異常陰影の見逃しを削減するコンピュータ支援診断システム(Computer-Aided Diagnosis, CAD)の研究開発がされている。近年では、コニカミノルタ社により胸部CADアプリケーションBone Suppression以下、BS)処理が開発され、アルゴリズム概要と、臨床評価システムの特徴が報告されている。BS処理ではDR(Digital Radiography)およびCR(Computed Radiography)で取得した画像(オリジナル画像)を入力とし、肋骨および鎖骨の信号を減弱したBS処理画像を提供する。BS処理は①肺野認識②骨認識③骨信号減弱の3ステップにより構成される。肺野認識処理では肺尖部・外胸郭部・肺底部(横隔膜部)・縦隔部に分類し、抽出している。骨認識処理では大量データから構築した骨構造の推定値と、オリジナル画像の骨構造の推定結果を合わせることにより、骨の詳細構造を

Noriko Sakurai<sup>1)</sup>(63422), Shingo Takahashi<sup>2)</sup>, Naoki Kodama<sup>3)</sup>(44411)

- 1) Takasaki University of Health and Welfare Attached Clinic
- 2) Faculty of Health and Welfare, Takasaki University of Health and Welfare
- 3) Faculty of Medical Technology, Niigata University of Health and Welfare

抽出している。骨信号減弱では、認識された骨候補から骨の信号成分を推定し、減弱を行っている<sup>6)</sup>。この処理は骨に起因する信号変化のみを減弱することにより、骨に重なる異常陰影や血管などの微細構造の信号をオリジナル画像のまま残し、病変の視認性を向上させるものであり、医師の結節影に対する検出性能が改善されることが統計的有意差をもって確かめられたという報告があるが<sup>7)</sup>、ポジショニングの影響を考慮した報告はない。実際の臨床では、患者の状態により常に一定のポジショニングでの撮影は困難であるため、ポジショニングの影響を考慮した検討が必要である。

本研究では、デジタルラジオグラフィを使用した胸部X線画像においてBS処理を導入し、BS処理が視認性を向上させるか読影実験を行い検討した。読影実験についてはポジショニングによる骨減弱処理の影響についても考慮し、実験を行った。また骨減弱における腫瘍への影響を評価するため、信号値のプロファイル解析を行った。

## 2. 使用機器

本研究で用いた撮影装置は日立メディコ製のRadnext50であり、検出器のFPD (Flat Panel Detector) は、コニカミノルタ社製のAeroDR (A50C-50438) を使用した。骨減弱処理については、BS処理を搭載したコニカミノルタ社製のNEOVISTA I-PACS EX (A791-0304) を用いた。胸部ファントムについては京都科学N-1 ラングマンを使用した。また信号プロファイル解析はImageJ 1.50iを用いて解析を行った。

## 3. 方法

本研究では、肺野領域における視認性の検討のため、ポジショニングの角度変化ごとのオリジナル画像とBS処理画像の比較による視覚評価を行った。また骨減弱における腫瘍への影響を評価するため、信号値のプロファイルを用いて、オリジナル画像とBS処理画像の画素値を算出し、比較を行った。視覚評価については胸部ファントムを用い、ファントムの肺野領域の視認性について評価し、信号値のプロファイルについては胸部ファントム内に設置した腫瘍への影響について評価した。

### 3-1. N-1 ラングマン (京都科学)

本研究では胸部ファントムの肺野領域およびファン

トムに設置した模擬腫瘍の画像を用いて、読影実験および信号値プロファイル解析を行った。

このファントムは、X線撮影において人体と同様の吸収率を持つ軟組織代用物および人工骨を使用し、人体と同様の濃度変化が見られる。肺野模擬血管を立体的に配置し肺野内部構造は着脱式のため内部に模擬結節、線量計などを配置することで、さまざまな用途に応用できる。

### 3-2. 肺野領域における視認性の検討方法

本研究では、肺野領域における視認性の検討として視覚評価を行った。視覚評価については、医師および診療放射線技師を対象に、オリジナル画像とBS処理画像を比較してもらい、BS処理により肺野領域の視認性が向上したか評価を求めた。視覚評価の対象は医師1人、診療放射線技師9人であり、平均経験年数は16年である。

評価方法については3段階の評価をしてもらい、①骨減弱がされている (2点) ②ややされている (1点) ③されていない (0点) のいずれかを選択するものとした。なお、あらかじめ骨減弱の3段階のパターンを示し評価の基準を統一した。評価を求めた肺野領域の部位をFig.1に示す。腫瘍については模擬腫瘍を作製し、ファントム内 (Fig.2) に設置した。なお、設置場所については、右肺尖 (S1) (腫瘍①)、右前上葉区 (S3) (腫瘍②)、右外側肺底区 (S9) (腫瘍③)、左肺尖 (S1) (腫瘍④)、左前上葉区 (S3) (腫瘍⑤)、左上下

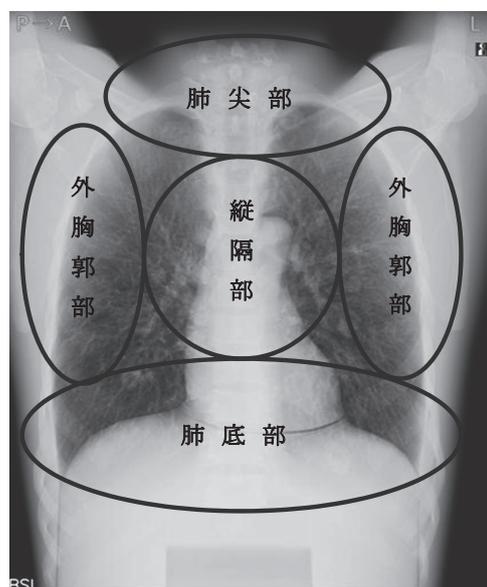


Fig.1 肺野領域

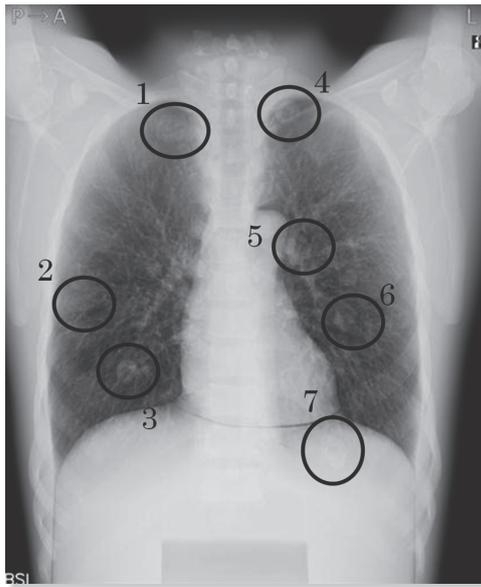


Fig.2 腫瘍

葉区 (S6) 腫瘍⑥), 左後肺底区 (S10) (腫瘍⑦) である。また本研究の肺野領域における視認性の評価については、1点以上 (②骨減弱がややされている) を視認性が向上しているものとした。

また視覚評価では、正面画像以外に、第一、第二斜位、体を左右に傾けた左右側屈、体を前に傾けた前傾の方向に2度、4度、6度、8度、10度、12度、14度ずらした画像についても検討した。

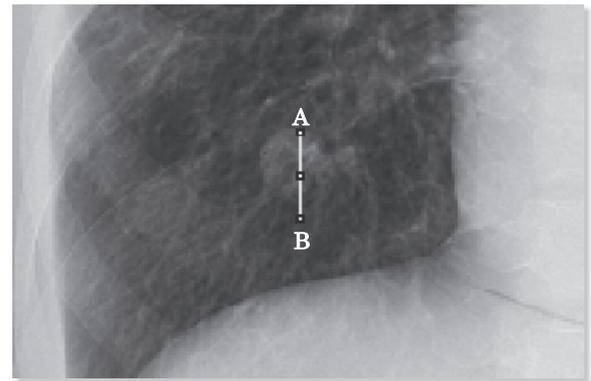
### 3-3. 信号値のプロファイルによる骨減弱の検討方法

信号値のプロファイル解析については、ImageJを用いて輝度値を抽出し、オリジナル画像とBS処理画像の輝度値を比較した。出力は、画像内の直線に沿ったピクセルの輝度値が抽出される。輝度値の比較については、2次元グラフを作成し比較しており、X軸は直線に沿った距離 (A点からB点)、Y軸はピクセルの輝度値となっている。

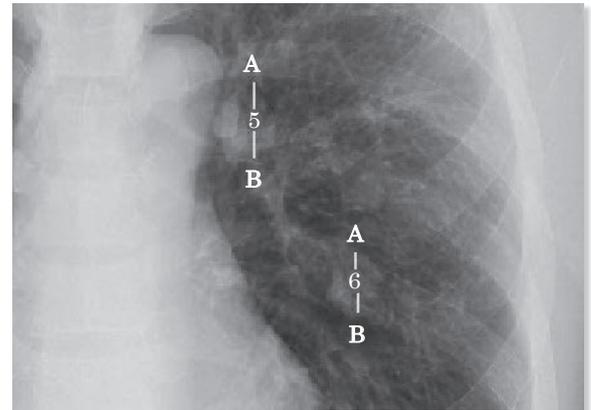
抽出位置については、一律縦方向に腫瘍の上端 (A点) から下端 (B点) までの垂線を解析範囲とした (抽出位置については、ImageJ, AnalyzeのROI Manager機能を用いて、オリジナル画像およびBS処理画像の同一位置を抽出している)。腫瘍を抽出したX線画像を Fig.3 に示す。

## 4. 結果

BS処理における原画像と処理後の画像を Fig.4,



[a] 腫瘍③



[b] 腫瘍⑤, 腫瘍⑥  
Fig.3 腫瘍抽出位置

Fig.5 に示す。また肺野領域における視認性の評価について、第一、第二斜位方向の評価を Fig.6 に、左右側屈方向を Fig.7、前傾方向を Fig.8 に示す。

第一、第二斜位の方向では、外胸部部、縦隔部、肺尖部において、全ての角度で1点以上であったが、肺底部の点数は全て1点未満であった。左右側屈、前傾方向についても第一、第二斜位の方向と同様に、外胸部部、縦隔部、肺尖部は全ての角度で1点以上であり、肺底部では1点未満となった。

次に、腫瘍におけるオリジナル画像およびBS処理画像の信号値のプロファイルの解析結果を Fig.9 (a) ~ (g) に示す。

Fig.9 (a) ~ (g) はX軸が距離、Y軸はピクセル輝度値となっている。腫瘍③については、大半の部分で肋骨が重なっているが (Fig.3 [a])、輝度値では変化が見られないため、骨減弱処理が十分でないことが分かる。腫瘍⑦についても同様の結果であった。

腫瘍⑤では、AからBの下方部分のみ後部肋骨に重なっている (Fig.3 [b])。Fig.9 (e) の輝度値につい



Fig.4 BS処理における原画



Fig.5 BS処理後の画像

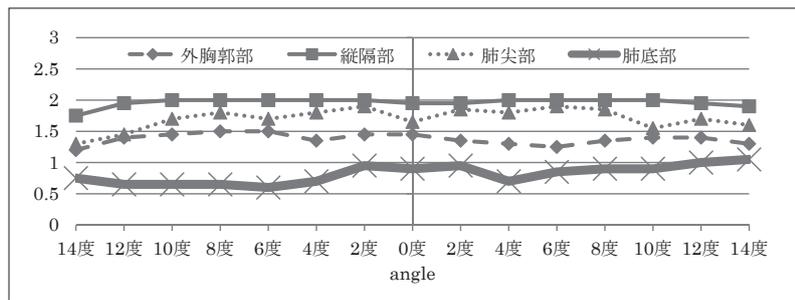


Fig.6 第一, 第二斜位

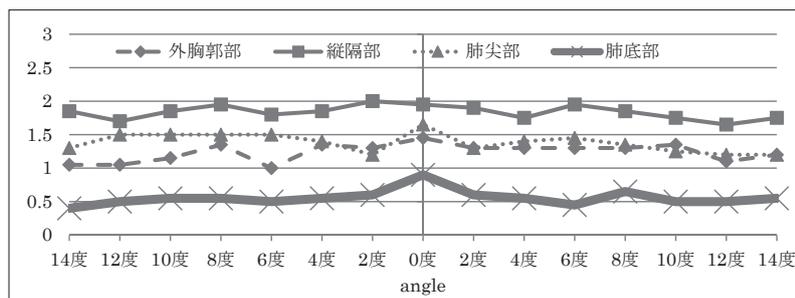


Fig.7 左右側屈

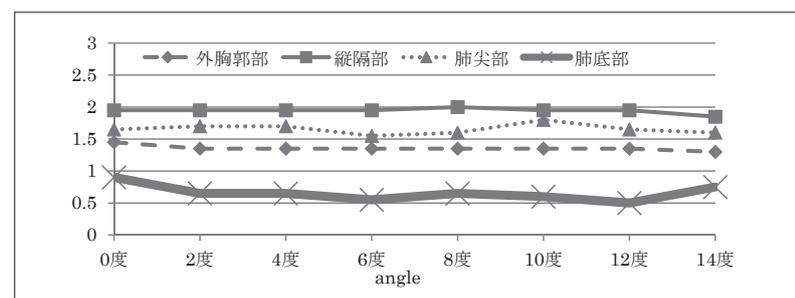
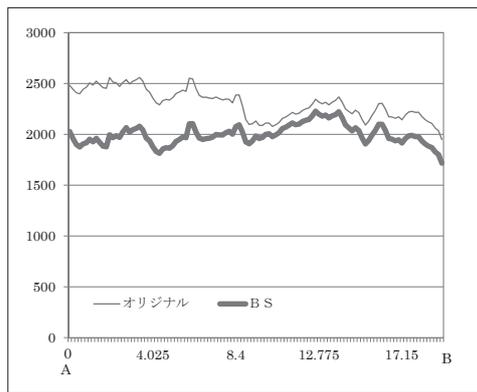
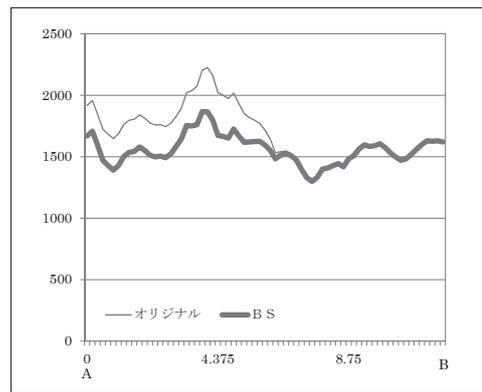


Fig.8 前傾方向

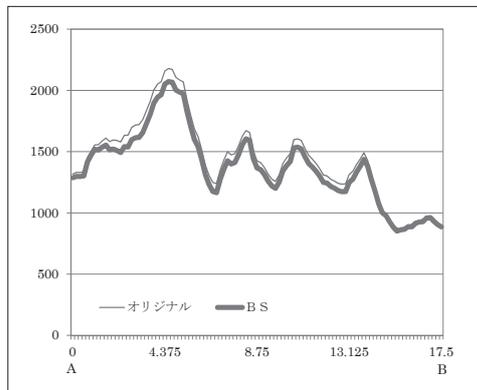
Bone Suppression処理における肺野領域の視認性評価と骨減弱の信号値プロファイル解析



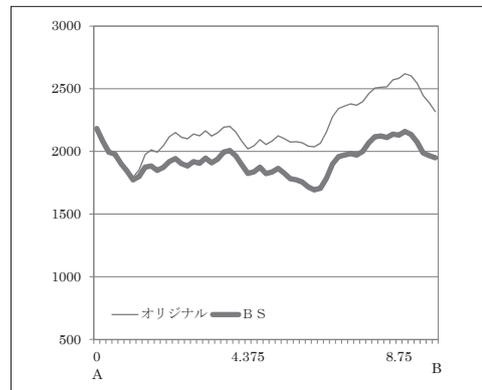
(a) 腫瘍①



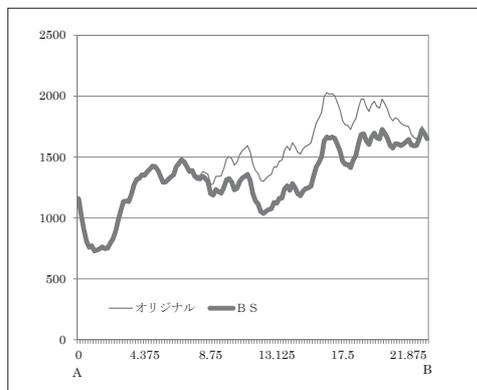
(b) 腫瘍②



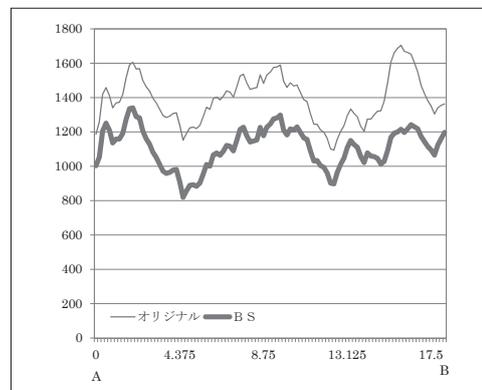
(c) 腫瘍③



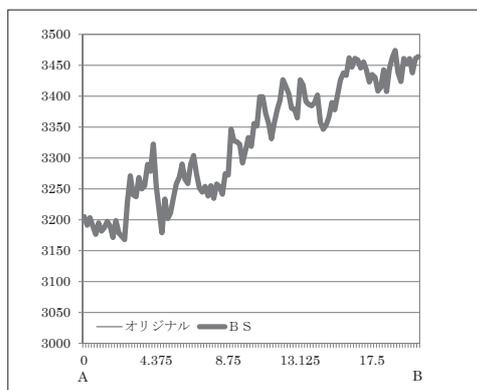
(d) 腫瘍④



(e) 腫瘍⑤



(f) 腫瘍⑥



(g) 腫瘍⑦

06

Fig.9 信号プロファイルの解析

ては、AからBの下方部分でオリジナル画像に比べBS処理画像で輝度値の低下が見られているため、骨減弱されていることが分かる。腫瘍②、④についても同様の結果であった。また腫瘍⑥は、AからBの全部分で後背部肋骨に重なっている。Fig.9 (f) の輝度値ではAからBの全部分で輝度値の低下が見られている。全体で骨の濃度差が生じていることが確認できた。腫瘍①についても同様の結果であった。

## 5. 考 察

肺がんを含めた胸部の画像診断は、診断能の高さや装置の高性能化などに起因しCT検査が主流となりつつある。しかし、簡易性、コストの面からも最初の診断として胸部X線写真の利用度は高い。またクリニックや診療所においてはCT装置が設置されておらず、一般撮影装置のみの施設も多い。近年、デジタル画像の普及に伴いCAD開発研究も日々進歩している。医師の読影業務による負担軽減、見落とし対策として近い将来胸部X線写真読影にCADシステムを用いるようになる<sup>8)</sup>。

本研究で行ったCADシステムのBS処理では、第一、第二斜位、左右側屈、前傾の方向において全てが評価1点以上であり、撮影時のポジショニングが14度まで骨減弱処理の影響を受けることはなかった。通常考え得るポジショニング不良においても、十分に骨減弱され肺野領域の視認性が向上することが示唆された。健常者を対象とした健診では、ポジショニングの影響を考慮する必要が少ないが、一般診療では、高齢者についても撮影を行うことが多く、ポジショニングの影響は大きい。しかし、本研究で行ったBS処理ではポジショニングの影響がないため、利用価値が高いもの<sup>9)</sup>と考える。特に、ポータブル撮影などにおいては、脊椎の変形や疼痛などの理由により、前傾、左右傾斜、左右前の全ての方向においてポジショニングが不良の場合が多くあり、ポジショニングが不良のポータブル撮影であっても本BS処理では十分に骨減弱されるもの<sup>9)</sup>と考える。肺底部においては、0度より肺野領域の視認性が向上されていない箇所もあったが、仕様上、処理のかからない横隔膜内も含めていたために評価が低くなったと考える。ただし、肺底部で見られるように、骨減弱が十分でない場合もあるため、骨が安定的に減弱されることで、より肺野領域の視認性が向上するもの<sup>9)</sup>と考える。

また骨に重なる腫瘍に対しては、オリジナル画像に

比べBS処理画像の輝度値が低下したため、コントラストが低下したように見えることがあったが、信号値のプロファイル解析の結果では、波形プロファイルには違いが認められず、腫瘍と骨の輝度値を加算したのから骨減弱処理により、骨のみの輝度値が減弱され、腫瘍の輝度値が減弱されていないという結果を得た。つまり、腫瘍のコントラストは変化していないもの<sup>9)</sup>と考える。BS処理画像を読影する際には、骨の上に存在する腫瘍に対しては、骨の輝度値が減弱されたために腫瘍のコントラストが低下したように見えることがあることを理解し、読影するべきと考える。

BS処理では、大量データから構築した骨構造の推定値と、オリジナル画像の骨構造の推定結果を合わせるにより、骨信号を減弱しているため過去画像は必要としない。従ってBS処理を導入した際、すぐに被験者に対して利用することができ、臨床においても有用である<sup>9)</sup>と考える。

従来の胸部単純X線読影の支援として経時差分処理 (Temporal Subtraction: TS) があり、異なる時期に撮影された同一患者の胸部単純X線画像2枚の差分により、経時変化を強調することで異常陰影の検出精度向上が報告されている。しかし、この手法は過去画像と現在画像の同一被験者の2枚の胸部X線画像を必要とし、さらに撮影時のポジショニングの再現性に影響を受ける処理の限界もあるといわれており<sup>9)</sup>、効果が限定的である。一方、BS処理では現在画像のみで処理可能であり、ポジショニングの影響を受けることなく視認性の向上が示唆されており、BS処理とTS処理の2つを併用することで、より診断能力の向上が期待できる。ただし、あくまで参照用画像のため、オリジナル画像との比較をしながらの診断が必須である<sup>9)</sup>と考える。

本研究では今後の課題として、実際の臨床画像を用いた異常陰影の検出能の評価を含め、統計手法を用いて解析する必要がある。

## 6. まとめ

BS処理は肺野領域の視認性向上に有用である<sup>9)</sup>と考えられ、読影効率や診断精度の向上に寄与する本機能で、二次検査に先立つ、開業医等における一次検査の診断支援としての使用が期待でき、質の高い医療の提供へとつながるもの<sup>9)</sup>と考える。また患者の検査負担の軽減となると同時に、肺がんを含む疾患の早期発見・早期治療に寄与できるもの<sup>9)</sup>と考える。今後、多種にわた

る胸部疾患についてBS処理の検討を行うことで、それらの疾患の診断支援も期待できるため、さらなる検討が必要となる。

#### 参考文献

- 1) 厚生労働省：平成27年人口動態統計月報年計（概数）の概要。各種統計調査，2015年。
- 2) 佐藤雅史：極める！胸部写真の読み方 第1版。秀潤社，2012。
- 3) 角田友理子，折居英章，河野英昭，前田 博：擬似正常画像差分法による胸部単純X線画像からの肺がん陰影強調。産業応用工学会論文誌，Vol. 2 No. 1, 5-10, 2014。
- 4) Lehr L. J, Lodwick S. G, Farrell C, Braaten O. M, Virtama P, Koivisto L. E: Direct Measurement of the Effect of Film Miniaturization on Diagnostic Accuracy. Radiology, 118, 257-263, 1976.
- 5) 大島 明：癌集団検診の評価手法の基本。日本医師会雑誌，107巻4号，527-530，1992。
- 6) 小林 剛，螺良伸一，勝原慎介，笠井 聡，笹野泰彦：「胸部単純X線CADアプリケーション」Bone Suppression処理の開発。KONICA MINOLTA TECHNOLOGY REPORT, Vol.12, 71-76, 2015。
- 7) Miyoshi T, Yoshida J, Aokage K, Hishida T, Kobayashi T, Tsubura S, Katsuhara S, Kasai S, Sasano Y et al.: "Novel bone suppression imaging technique in small lung nodule detection: Evaluation using localized ROC method, In Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program RSNA 2014, 2014.
- 8) 島田哲雄，児玉直樹，中川真一，樋渡 圭，佐藤英哉，安達栄輔，福本一朗：画像方向性を利用した胸部X線写真腫瘍性陰影抽出システムの構築。長岡技術科学大学研究報告，22号，33-37，2000。
- 9) 加野亜紀子，諸角町子：胸部集団検診X線画像の経時差分処理の研究。Konica Tech Rep, 8巻，65-68，1995。