

A-21-6

CT画像における確率共鳴現象とコントラスト分解能の改善

Improvement of Contrast Resolution in Computed Tomography Using Stochastic Resonance

森 政樹^{*1} 今井國治^{*2} 池田 充^{*2} 川浦 稚代^{*2} 高瀬 郁子^{*2} 遠地 志太^{*2} 西本 卓矢^{*1} 米田 和夫^{*1}
 Masaki Mori Kuniharu Imai Mitsuru Ikeda Chiyo Kawaura Ikuko Takase Yukihiro Enchi Takuya Nishimoto Kazuo Yoneda

^{*1} 名古屋大学医学部附属病院
 Nagoya University Hospital

^{*2} 名古屋大学大学院医学系研究科
 Nagoya University Graduate School of Medicine

1. はじめに

デジタル X 線画像上のノイズは、診断能を低下させる重大な要因として広く認知されている。そのため、ノイズ軽減に関する技術開発が、現在でも活発に推し進められている。しかし近年、ノイズは必ずしもシステムに有害なものではなく、場合によっては、むしろ、有効に作用すると言う結果が、生体制御や金融工学の分野で報告されており⁽¹⁾、このような結論に至った理由として、確率共鳴と呼ばれる現象が大きく関与していると指摘している。この現象は、非線形な時系列現象とノイズとの間で起こる共鳴現象で⁽¹⁾、この現象が出現すると、非線形な時系列現象が検知し易くなると言われている。このことから、この現象を X 線デジタル画像上で、効果的に発現させることができれば、微弱な病変信号の検出に、大いに役立つのではないかと考えられる。しかし、この共鳴現象自体が、X 線デジタル画像上で発現するののかについては、未だ不明であり、これに関する検討も、全く行われていない。

以上の背景から、本研究では、X 線 CT 画像を対象に、確率共鳴現象の発現について議論し、この結果をもとに信号検出能の改善について検討したので報告する。

2. 解析対象画像

本研究では、コントラスト分解能測定用ファントム、Catphan 714 を被検体として用いることにした。その拡大図を図 1(a)に示す。このファントムを 64 列 Multi-Detector row CT でスキャンし (管電圧 140 kV, 管電流 400 mA), その後、Filtered back Projection 法を用いて、解析対象画像となるファントム像を取得した。

3. CT 画像における確率共鳴の出現検証

本研究の解析対象である CT 画像には、対数変換が施されているため、本質的に非線形画像である。このことから、CT 画像上で確率共鳴が発現する前提は満たしていると考えられる。これまでの報告で、確率共鳴は White Gaussian Noise を付加した際に発現し易いと言われている。(ここで留意したい点は、線量不足による Noisy 画像ではないと言うことである。)そこで、ノイズの強度を Pixel 値の標準偏差 σ と定義し、解析対象画像に対して、50~1000HU の White Gaussian Noise を付加した。その代表的な結果を図 1(b)~(d)に示す。 $\sigma=200$ HU のノイズを付加した場合、画像上の信号は、原画像 ($\sigma=0$ HU) よりも明確に分離されており、高い信号検出能を示した。これに対し、 $\sigma=1000$ HU のノイズを付加した時、信号はノイズに埋もれ、視認し難くなっている。このように、適切な強度のノイズを付加すると、画像信号が検知し易くなったことから、この現象は確率共鳴であると言え、White Gaussian Noise との共鳴によって、潜在的な画像情報が現れたと考えられる。

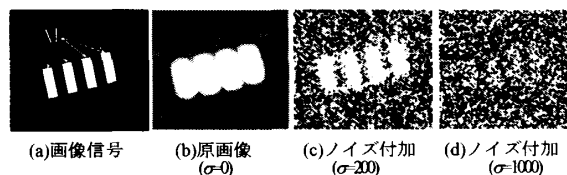


図1 ノイズ付加による画像信号の変化

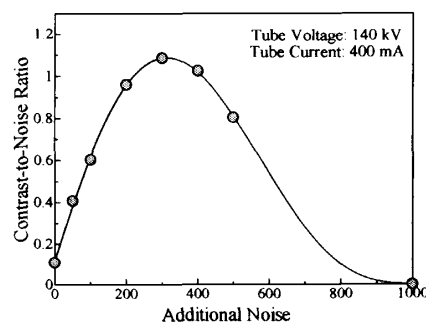


図2 付加ノイズの強度と CNR との関係

4. 確率共鳴の定量的解明と信号検出能の評価

前節において CT 画像上で確率共鳴が発現したことを主観的に確認した。そこで本節では、この現象を定量的に解析すると共に、信号検出能の改善についても検討する。図 2 は、(1)式に基づいて算出した Contrast-to-Noise Ratio (CNR)⁽²⁾と付加ノイズとの関係を示したものである。

$$CNR = \frac{P_{signal} - P_{background}}{NoiseSD} \quad (1)$$

P_{signal} : 信号部における平均 CT 値

$P_{background}$: 信号間 Background 部における平均 CT 値

$Noise SD$: Background 部における CT 値の標準偏差

従来、ノイズは信号検出能を低下させる因子であると言われていた。しかし、この図からわかるように、CNR は $\sigma=300$ で最大値をとる特性となっている。これは、一般に知られている確率共鳴を示す特性である。以上のことから、確率共鳴現象は CT 画像上でも、効果的に現れることが定量的に示された。さらに、この結果は、画像信号のコントラスト分解能を最大にするノイズ強度が存在することを示しており、この現象を用いることで、信号検出能の改善が図れるのではないかとと思われる。今後はこの現象を用いて、臨床画像における信号検出能の改善を検討していく予定である。最後に、本研究は日本学術振興会研究費補助金 (基盤(C)) 研究の一環として行われた。

参考文献

- (1) 大平徹, ノイズと遅れの数理, 共立出版, 2006
- (2) M. Mori, et al, Electr. Commun. Jpn. (in press)