



Title	障害を防止し安全を確保することを見据えた画像技術
Author(s)	久保, 直樹
Citation	北海道放射線技術雑誌, 79, 3-6
Issue Date	2015-10
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/64806
Type	article (author version)
File Information	JHRTkubo.pdf



[Instructions for use](#)

障害を防止し安全を確保することを見据えた画像技術

久保 直樹¹

¹ 北海道大学 安全衛生本部

Image Processing in order to prevent radiation hazards and to ensure safety

Naoki Kubo¹

¹ Office of Health and Safety, Hokkaido University

Key word: Image Processing, Radiation Hazard Prevention

1. はじめに

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律の第一章総則に書かれている「これらによる放射線障害を防止し、公共の安全を確保することを目的とする」が本稿のタイトルの基となっている。現在筆者は放射線障害を防止することを担当できるように北大本部へ着任できているが、本稿の問題提起は、如何に被ばくをゼロに近づけるかということである。この理由には医療被ばく研究情報ネットワークが最近線量の参考値案をまとめたということもあるが、それ以上に2011年4月にソウルで開かれた国際放射線防護委員会(ICRP)の会議において非がんの放射線障害について再検討について報告されたということが重要である。この会議では水晶体・心臓・脳血管系に対して従来考えられていた線量より極端に低く抑えるべきということが議論された[1]。放射線感受性については、一般的に細胞分裂が盛んなほど放射線感受性は高いことが知られているが最近では血管内皮細胞の放射線感受性が比較的高いことも知られるようになった[2]。ICRP会議において直接議論されたわけではないがこの血管内皮細胞から類推されることとして血管内皮細胞の障害による血管炎となれば大・中型血管炎による臓器症状(めまい, 頭痛, 失神発作, 腎機能障害, 咳, 血痰, 易疲労性など), 小型血管炎による臓器症状(紫斑, 関節痛, 網膜出血, 網膜剥離, 消化管出血など)も類推される[3]。つまり非がんが認められるとすると様々な症状も勘案することになっていくだろうとも考えられる。

原理原則として、低線量では画像の雑音が増える。そこでここでの主眼としては、存在するにも関わらず認識できないものを認識できるようにすることが挙げられる。

2. 画像処理

2.1 フィルタ

フィルタ処理は画像処理のひとつである[4]。これは特定の範囲の空間周波数だけを通すことによって、存在するにも関わらず認識できない信号を認識できるようにする。雑音は画像上では不規則に繰り返される画素値のばらつきとして観測されるが[5]、これをフィルタ処理のひとつであるスムージング(平滑化)により低減する。よく使用されるのがフーリエ変換を応用したものである。

フーリエ変換は画像を三角関数の形の波として分解し、任意の周波数の波がどの程度画像に含まれていたか計算する[6]。画像なのでこの周波数は空間周波数という。これは単位長さ(例えば1cm)あたりにおける三角関数1周期分の波の個数を表す。低空間周波数の変化は緩やかであり、画像のおおまかな部分、穏やかな変化部分を構成する。一方、高空間周波数は細かい。そして急激な変化をしているので画像の細かい部分や辺縁を形作っている。この高空間周波数を取り除けば、画像としては細かい部分が見えなくなるということであり、ぼやけることになるが、一方で不規則に繰り返される画素値のばらつきとして観測される雑音をも低減する。このことで雑音が抑制され信号部分が認識し易くなる[7]。

2.2 断層撮像

時間と手間をかけて断層を撮像する理由は3次元としての構造を把握できるということもあるが、それ以上に断層によるコントラストの向上がある。本稿の主眼は存在するにも関わらず認識できないものを認識できるようにすることであるが、このコントラストの向上もこれに寄与する。し

かし重なりから真実を見つけるのは難しい。

例えるならば火力発電所において4本の煙突で、見る場所により1本にも2本にも3本にも、さらには4本にも見えると言われた際、その配置を想像するようなものである(Fig.1)。この例は「煙突の見える場所」という日本映画(監督五所平之助)の主題にもなっている。

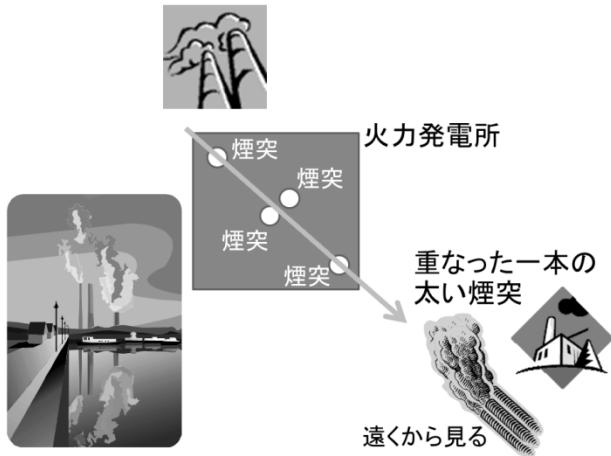


Fig.1 見える方向により本数が増える煙突の配置

それでは実際には、どのようにして断層像を求めるのかということになるが、フィルタ補正逆投影法が使用されている。まず、投影データ(ある方向から見ただけの1方向のデータ)では深さ方向については分からない。そこで投影データを再構成すべき画像全体に値を代入する。つまり検出器に対して、手前にも奥にも同じように分布していたとする。しかしこれだけでは断層像とならないため、次に別の角度の投影データを同じように画像全体に手前にも奥にも値を代入する。このように全ての投影データを使用して値を代入して断層像を求める。これが単純逆投影法と呼ばれるものである。しかしこの単純逆投影法では被写体が存在しなかったところにも値が入ってしまう。その結果、点が断層像全体に広がるほどの極端にぼやけた像となる。そこで逆投影する前に投影データのエッジを強調する。エッジを強調しておくことと先ほど説明した単純逆投影法のぼやけを相殺することになり、このことで、ぼやけていない、求めたい断層像を得ることができる。このエッジ強調をフィルタ処理で行う。単純逆投影法によるぼやけは事前に計算で判明しているので、それを相殺するフィルタも設計できる。このフィルタは空間周波数上の高周波を持ち上げる。高周波を持ち上げるとは画像の細かい成分を強調することなので、ぼやけを相殺できる。投影データへフィルタを施すには、フーリエ変換して周波数空間上で行う方法、

実空間においてコンボリューション(たたみ込み)で行う方法がある。以上がフィルタ補正逆投影法(Filtered back projection: FBP)と呼ばれるものである[8]。

近年、断層像を再構成するには逐次近似法も広く使用されるようになった。この逐次近似法はフィルタ補正逆投影法より直感的な方法であるとも見做せる。これは、最初に断層像を任意に設定する。そして順投影を行い、そのデータと投影データとを比較する。これら投影データと断層像の順投影が全く同じであったならば、最初に設定した断層像が、知りたい・求めたい断層像であるといえる。しかし実際にはたった1回で断層像が当たることはない。そこで投影データと照らし合わせて最初の設定の断層像を修正することがおこなわれる。そして(修正後の断層像から)再投影をおこない投影データと照らし合わせ、再度修正する。逐次には「次々に」という意味がある。このことは一度の修正で止めることなく何度も修正を行うということである。この修正は画素値を低くする、あるいは高くするという作業を繰り返していくことになるので、修正する回数が少ないと画素値の差が少ない(つまりコントラストの低い)画像となる[9]。最初に断層像を一様分布にしておけば、修正する回数が少ないと一様に近い、つまり(雑音のような)激しい変動が抑えられる画像となる。

しかしこのままでは問題が発生する。上述において逐次近似法は投影データと全く同じになればよいと説明したが、投影データと全く同じになれば投影データに含まれる雑音も忠実に再現してしまう。そこで雑音の発生も考慮に入れて、投影データから推察される、もっともらしい再構成像を目指すタイプ、出来上がる再構成像には激しい変動が含まれないということを事前に設定するタイプなど様々な逐次近似法が提案されている。

余談として著者が赴任している安全衛生本部には化学担当部門も存在していることから、水俣病という熊本県水俣湾周辺において1953年頃から発生した水銀汚染による公害病に関して話を進め、ここでは権威を疑うこと、そして空気を読むことが本当に皆のためになるか深く考えたほうが良いということを書き記す。水俣病の有機水銀原因説はぐらかすため日本化学工業協会が1960年に日本医学会会長を委員長として多くの大学教員などを集めて水俣病研究懇談会を組織し有毒アミン説を唱えマスコミにより喧伝された[10]。これによって水俣病の原因が曖昧にされたため、単に加害企業の責任逃れだけでは終わらなく、水銀の放出が継続することで被害が甚大となってしまった。ひとりの死は悲劇だが数万の死は統計となるという言い方をすると

もいるが、だからと言って統計を取らせるために被害をそのまま放置するべきではなかった。少数だが、当時の権威ある有毒アミン説に追従することなく、住民側のために活躍する教員もいた。しかし彼らには有形無形の圧力がかかり、いたたまれなくなっていくという[10]。このことで学問の公平性が踏みにじられていった。このように一部だけのひとに都合がよいように進められる。これに対抗するためにも、存在するにも関わらず、権威に盲従してほとんどのひとが認識していないものを認識すること、公害の正しい原因を認識することが大切である。そのためには同調圧力に屈せず、また閉じた世界だけの承認欲求を満たすようなことをせず、データがあるがまに見ようとする志が必要である。加えて、学会における公平性も大切である。しかし不公平なことは常にあり、志をつらぬくことは簡単ではない。ウィリアム・ユージン・スミス (William Eugene Smith) という世界的に有名な写真家は水俣病の実態を撮影し世界中にその悲劇を伝えた。しかし工場訪問の際、暴行を受けて死因の一つとなるほどの重傷を負った[11]。残念ながらこういう事件は必ず起きている。

2.3 画像重ね合わせ

被ばくのない検査を有効に活用する方法として画像重ね合わせも考えられる。これは片方の画像(実際は3次元データ)を微小量移動しその都度、判定の指標値を計算する。指標値が最良になった場合に移動することを止めて、位置が一致した画像(3次元データ)とすることができる。ここで同じ種類の画像であれば、判定の指標値は引き算から求める誤差で良い。なぜならば一致していれば誤差は最小(理想であればゼロ)となるからである。一方、違う画像(モダリティ)の場合は相互情報量最大化法という方法が存在する[12]。ある画像とMRIの場合を考える。ある画像での特定の画素値の領域はMRI上においても特定の信号強度分布であるというのを前提とする。ある画像とMRIを重ね合わせたときに、任意の画素値の画素と同一位置・同一座標のMRI信号が、必ず特定の信号値(つまり特定の組織)となっていると断言できれば相互情報量が大きいことになる[13]。同一座標の画素において、ある画像での灰白質(例えば高値)がMRI上の灰白質に、画像での白質(例えば低値)がMRI上の白質に対応していれば画像の重ね合わせは成功したと言える。

3. 次世代へそれよりは次々世代へ

放射線を検出し画像化する技術を次々世代へ継承するこ

とも重要である。そして同位元素の体内挙動に関する知見も同様である。 $^{201}\text{TlCl}$ 全身シンチグラムにおいてであるがタリウムはカリウムと同様に+1価のイオンになりやすく、イオン半径もほぼ同じである[14]。そのためタリウムは体内でカリウムと似た挙動を示し、決して筋肉へ一様に分布するわけではない。つまり鼻腔粘膜、甲状腺、心筋、胃、肝臓、腎臓、腸管へ強く集積する。生物学的半減期は約10日という報告もある[15]。

^{133}Xe ガス肺換気シンチグラムは拡散性トレーサとして局所脳血流測定にも使用されていた[16]。 β^- 崩壊し半減期5.2日であるが、 ^{133}Xe は1回の肺循環で90~95%が呼気中に排泄される[17]。つまり肺換気でも数%程度は血中に移行するということである。

コロイドシンチグラムについてであるがコロイド粒子は、細網内皮系に貪食される。細網内皮系とは異物を貪食することにより生体の防御に関与している細胞の総称である。リンパ節や脾臓などの細網組織、肝臓、骨髄、副腎、下垂体などの細血管の内皮細胞、間隙組織中の組織球、単核球、脳の小膠(しょうこう)細胞などが含まれる。コロイドシンチグラム使用されるのは微細な金属粒子(スズ、昔はレニウムも使用)であり、粒子径は200~1300nm程度である[18]。つまり微小径の金属粒子は細網内皮系にも取り込まれるということである。これらを理解していることによって、重篤な事象に遭遇しても適切な判断へ結びつけることが可能となってくる。

以上のような最重要な知識を継承することで、他の分野からも認められ活躍できる人材が今後も続いてほしいと願っている。

4. 結語

本稿では、如何に被ばくをゼロに近づける必要が出てきたかをICRP会議から説明することで試みた。原理原則として低線量では雑音が増えるため、それに対処する画像処理を概説した。最後に、存在するにも関わらず認識されていないものを認識できることが肝要である。

文献

- [1] Stewart F, Akleyev A, Hauer-Jensen M, et al: ICRP publication 118: ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs—threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context, Ann.

- ICRP. 41,1-322.2012.
- [2] 財団法人原子力安全研究協会: 緊急被ばく医療「地域フォーラム」テキスト (平成20年度版)
https://www.remnet.jp/lecture/forum/02_04.html (2015/4/10 アクセス)
- [3] 尾崎承一, 安藤太三, 居石克夫, 他: 循環器病の診断と治療に関するガイドライン(2006-2007年度合同研究班報告) 血管炎症候群の診療ガイドライン, *Circ. J.* 72,1253-1346.2008.
- [4] 日本核医学技術学会: 核医学画像処理, 京都,46-58, 山代印刷出版部, 2010.
- [5] 日本核医学技術学会: 核医学技術総論, 第3版改訂版, 京都,143-148, 山城印刷出版部, 2014.
- [6] Bracewell RN: The Fourier transform, *Sci. Am.* 260,86-95.1989.
- [7] 久保直樹: 核医学技術領域の画像処理, *核医学技術.* 25,337-345.2005.
- [8] 久保直樹: フィルタ補正逆投影法・逐次近似法について, *START.* 48,13-15.2012.
- [9] Kimura A, Kubo N, Kudo N, et al: Power spectrum analysis for estimating the optimal iteration number of OSEM in PET, *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* 36,S479-S480.2009.
- [10] 松久寛: 技術者倫理二つの話題 —軍事技術の表彰と御用学者—
<http://www.jsme.or.jp/eec/arekore/20140924.pdf> (2015/4/10 アクセス)
- [11] 宇井純: 技術と産業公害
http://d-arch.ide.go.jp/je_archive/society/book_unu_jpe5_d05.html (2015/6/26 アクセス)
- [12] 遠藤啓吾: 図解診療放射線技術実践ガイド: 第一線で必ず役立つ知識・実践のすべて, 第3版, 東京,590-595, 文光堂, 2014.
- [13] Kubo N, Hirata K, Matsuzaki K, et al: Evaluation of delineation of image details in semiconductor PET utilizing the normalized mutual information technique, *Nucl. Med. Commun.* 35,677-682.2014.
- [14] 久保直樹, 鹿野直人, 畠山六郎, 他: 核医学,216-221, メジカルビュー社, 2010.
- [15] Washiyama K, Shiga H, Hirota K, et al: Biological safety of nasal thallium-201 administration: a preclinical study for olfacto-scintigraphy, *J. Radiat. Res.* 52,450-455.2011.
- [16] Obrist WD, Thompson HK, Wang HS, et al: Regional cerebral blood flow estimated by ^{133}Xe inhalation, *Stroke.* 6,245-256.1975.
- [17] Toffolo RR, Beerel FR: The Autofluoroscope and ^{133}Xe in Dynamic Studies of Pulmonary Perfusion and Ventilation, *Radiology.* 94,692-696.1970.
- [18] Whateley T, Steele G: Particle size and surface charge studies of a tin colloid radiopharmaceutical for liver scintigraphy, *Eur. J. Nucl. Med.* 10,353-357.1985.