

放射線像の研究

——レスポンス関数——

第 1 卷

1964～1966

放射線イメージ・インフォメーション研究会(RII)

序

大阪大学教授 前会長

立 入 弘

3年前の春に、それまでこの方面に興味を持ち熱心に研究を進めてきた内田君などを中心として、主として診断用のX線像を情報理論的にいろいろの角度から解析し、教的な根拠と理論を求める人達の集いとしてのR I Iが始められました。始めは局外者には非常に難解であり、仲々とつき難いのを承知の上で熱心な会員の間で、ひたむきに研究が続けられ、次々と報告が出されてきました。しかもこうした研究運動は、始めの会員以外の人々に興味をかきたて、さらに技術上の躍進的改善を齎らすために、この方面での研究が必要であるという認識が広く高まってきた結果、会員も数を増し、研究成果もあがったので、この機会に今迄の会の業績なり研究資料なりを、纏めて一冊の本とし、頒布することになりました。会の発足当時、多少のお世話をした私として誠に喜ばしく思います。晴れの結婚式とまでは行かないが、娘の大学に入ったほどの喜びを感じる次第です。今後の発展を期待してやまないとともに、この小冊子が同学の皆様の研究上のお役に立てば、会員諸君ともども私達の幸いとするところであります。

序

東京医科歯科大学教授
日本医学放射線学会 総務理事

足 立 忠

近来 X 線診断は目でみて診断する段階から像を器械で測って診断する方向へ移りつゝありとも言え
るが、最近では従来光学や通信方面で使われていた情報理論を導入しレスポンス関数の手法を用いて
X 線像の成立に至る諸因子を分析検討しようと言う研究が盛んになりはじめた。

例えば X 線像の成立迄を考えると、線源の形（焦点）、X 線の線質、被写体、影像表現の方式即ち
フィルム、増感紙、蛍光板、I. I, X T V, ゼログラフイー、ロゲトマン等々の数々の要因が存在
し、診断を行なう場合には更に読影と言う過程を経ることになるが、之等の個々の要因が像の成立に
対し如何に作用しているかは上記のレスポンス関数を応用することにより適切に解明せられ更に之等
多くの要因が総合された最終段階に対してもこの方式が適用され得るわけで X 線像の成立や改善に関
する知識の向上には大いに役立つわけである。

本研究会はこの方面に関心のある日本医学放射線学会々員を中心として外部からも、光学、電気通
信関係の応用物理の方々の参加を得て約 3 年前から発足し年間数回の研究会合をもちつゝ益々隆盛の
機運にあることは誠に嬉しい限りである。今回こゝに今迄の成果の一応のまとめを発行するに至った
が之により多少とも関心をよせる人々の参考ともなり又今後の進むべき方向に対する示唆となれば幸
せである。この研究会の発展を祈るや切である。

昭和 42 年 2 月 10 日

序

東京大学教授

宮川 正

放射線診療にたずさわる医師には既して、物理・数式が幾分好きな人が多いはずであるが、こゝ数年来医学分野にとり入れられつつある情報理論及びその応用は、放射線医学分野が必ずしもその先頭をきいているとはいえない。従来、放射線医学における比較的単純な物理学あるいは数理でガツチリしたお城が築かれているためでないかと最近考えている。たとえばX線像は古い歴史をもったコントラスト、コントロールでわれわれの頭はかためられて一歩も出られない感がある。最近、痛感されることはX線像の基礎篇などを執筆するときである。少し詳しく蘊蓄を傾けようとする、わかりきっていると思っていたコントラスト、コントロールも充分には理解していないようである。とどのつまり、ある場合はコントラストとコントロールを分けて考えることはできないと幾分ごまかしてすましているように考える。第一巻のレスポンス関数あたりがこれらの点を解決してくれるらしい。小生の漠然としたレスポンス関数は、以上の程度の知識であるが、われわれの分野にはもっともっと使い道の広いものであるらしい。われわれの仲間が情報理論グループを作り、基礎臨床分野に漸次、新しい方向を築かれることを大いに期待すると同時に、古い頭のものも、ゆっくり勉強していきたい気持である。小生もこのグループの研究會に数回出席して一生懸命に理解しようとして傾聴し、質問もしたがなかなか難かしい。しかし、放射線医学分野においてはいずれは大部分のものにある程度常識的な知識にならなくてはいけないものだと常々感じている次第である。

この点ではまず第一にこのグループを中心として啓蒙活動をしていただき、われわれの常識を漸次新しいものと入れかえたいように望んでいる。

尚、このグループもまず手始めとして、極く基礎的なことからスタートされていると思われるが、漸次簡単なものから応用-臨床分野に着手していただき、情報理論応用の有難味がわかる時代が早からんことを望んでいる。情報教の非常に多過ぎる臨床医学においてはこのためには、情報分野的にみれば多くの専門の方々の強力な協力が必要と考える。

序

名古屋大学教授 会長

高 橋 信 次

放射線科の医師にとってX線診断は大切なことである。フィルムの上の陰影を診て病名をあてるのがX線診断だけれども、これには永い経験が物を言うと考えられている。永い経験のなかには沢山の症例に出逢うということも含まれる。しかし若し症例が多いことのみが診断力の向上に必要ななら、日本の放射線科は米国の名もない放射線家にもとてもかなわないことになる。

私は症例を多く見ることも大切だが、同時に個々の症例を深く考えることが、所謂経験のなかに含まれるものだと思う。一つの症例であっても先ずそのX線像が診断に耐える様に撮れているかどうかの画質の吟味からまずかゝるようなやりかたが本当だと私は考えている。この画質の評価ということであるが最近 MTF と言う概念が言われる様になり、これは物理学関係の方でないに判りにくい様な数式をフンダンに使うって、医者には一寸煙たい気がする。しかしこれが画質を論ずる最新のしかも最も大切な要因を含んでいることは疑いない。いくらむずかしいといっても、画質が診断用のX線像を問題にする限り医者がこれを理解できない筈がない。又、医者が判らないからといって、そのまゝ数学者、物理学者のグループで事柄をすゝめ、最も深い関係のある当事者の発言のない数式、理論の討論は往々にしてあそびになる惧れがあると私は思っている。この意味で、 MTF をとりあげ、且つ医者— 私の様な無精者迄— を引っ張り出して、この会を盛大にして行っている内田さんの御努力に敬服し、この研究が一つに纏め上げられるこの機会を歓迎し、この研究成果が広く参考にされることを祈り度い。

ま え が き

今回、R I I 研究会の研究成果をまとめて第1巻を発刊する運びとなったので、この機会に当研究会成立のいきさつと発展のあとをふり返してみたいと思う。

本会発足の端緒となったのは、昭和33年10月X線研究協議会資料75および放技誌、34年8月号の内田(阪大)の論文「最大情報量撮影について(第1報)」〔9編2章前半〕である。ここで内田は通信工学で用いられている Shannon の情報理論をX線撮影系にとり入れることを示唆した。それより3年を経て、金森(京都工芸繊維大学、当時島津)が日医放誌、37年12月号に「X線写真の情報量の表示法(第1報)」〔9編4章〕を発表した。その直後、内田は金森をたずねて、同じテーマの研究者を得たことを喜び合い、意気投合し、互に励ましあったものである。

一方、光学では、これより先に、昭和31年に応用物理学学会光学懇話会でレンズ性能委員会が設立され、通信理論の一部であるフーリエ解析の手法を用いたレスポンス関数の研究が始まっていた。応用物理学会誌、33年4月号には「情報理論と光学」が特集としてとりあげられ、研究成果の集大成として、36年にはカメラ工業技術研究組合のCircularとして「写真レンズとレスポンス関数」が出版された。この本は現在でも、なお、レスポンス関数の入門書として広く読まれている。

内田は、この光学における輝かしい成果に注目し、37年より、レスポンス関数の研究をはじめ、その後、光学のこの分野で指導的立場に居られた大阪工業試験所(現北大教授)村田和美先生の指導を得た。放射線分野では、津田〔9編8章〕、土井の第1論文もそれぞれ、37年、38年に公表され、放射線に通信理論を適用しようとする機運はすでに熟していた。

38年10月に米子で開かれた医放学会物理部会は忘れ得ぬ思い出である。ここで、内田と金森は前記の研究発表をおこなって、矢つき早の鋭い質問攻めに会って、散々にたたきつけられた。これを機会に奮起一番、当研究会の設立を思い立ったのである。

当研究会の設立準備会は38年の暮れも押しつまった12月21日に、阪大立入教授(前会長)を代表者として開かれた。集ったメンバーは、光学のレスポンス関数の研究者として村田先生、佐柳(キャノン)、畑中(富士フィルム)、放射線の分野からは、竹中(東大)、木村(京大)、津田(島津)、内田、金森、さらにフーリエ解析でユニークな研究をおこなっている井上(東芝)であった。

その後、各会員とも勤務先でこの研究を行なうについて多少の問題があったようではあるが、その困難を切り抜けて、第1回の研究会(39年2月、阪大)を開催し得た時の嬉しさは今でも記憶に新しい。幸にして、設立当時の杞憂をよそに、ますます会員数は増加し、研究発表会も東京、大阪、名古屋をもちまわって回を重ね、2月4日には第12回まで数えることができた事は喜びに絶えない。特に、印象に残っているのは、昨年(41年)9月の金沢の物理部会でシンポジウムにとり入れられた事と、12月に入江先生の御好意で九大で開催して九州地方にPRできた事である。また42年の放技学会大会では、ついに、「放射線とレスポンス関数」が宿題報告として採用された。

一方、国外に目を転ずるに、1962(昭37)年のP. H. Morgan の論文(A. J. R. Vol 88. No. 1)をかわきりに、放射線に通信情報理論を適用した論文が続出している。39年に東京、京都で国際光学会議が開かれた時には、X線関係の論文が4件提出され、佐柳、土井、金森も研究発表をおこなった。この時には、京都でX線写真のInformal Meetingが開かれ、当研究会の会員も多数参加してい

る。この席で、日本、欧、米の3グループの情報交換の話がまとまった。また、1965年(40年)のローマ学会では「Information Theory の応用」のSection が設けられ、土井が論文を提出した。国際的研究機関はChicago のProf. Moseley を中心とするChicago Groupである。これは、欧、米の光学と放射線の研究者で構成され、第1回のMeeting が1963年、第2回が1965年にChicago で開催された。第2回の会合には佐々木、佐柳、土井が参加している。

かくして、国内でも国外でも、通信情報理論を放射線像に適用し、合理的な像伝送系を作ろうと言う機運が高まってきている。しかし、本巻の副題が「レスポンス関数」となっていることからわかるように、現在は、フーリエ解析の手法が主流を占めている。ここで、もう一つ、欲を言うならば、今後は確率・統計を基礎とするShannon の情報理論をとり入れねばならないと言う事を強調したい。これこそ本来の情報理論であり、本研究会成立の端緒となった理論である。フーリエ解析の手法は、連続系の情報量を算定するにあたって副次的に導入されたものであって、本来の情報理論ではない。Shannon の情報理論によってこそ、適確に情報伝送系としての取扱いが可能になり、通信工学で得られている多くの輝かしい成果を放射線像にも適用できるようになるからである。

以上のようにして、ここに研究資料集第1巻を発行できるようになったことはわれわれ会員はもとより、本研究会の大きな喜びである。

今後、さらに第2巻第3巻と回を重ね、内外に誇り得る研究業績が積み上げられることを期待して止まない。

編集委員

伊	藤	宏
内	田	勝
金	森	仁志
木	下	幸次郎
佐々	木	常雄
竹	中	栄一
津	田	元久
土	井	邦雄
野	田	峰男
高	野	正雄

総 合 目 次

第 1 編	概念的なもの、総論的なもの		
第 1 章	解 説	木 下 幸次郎	9 頁
第 2 章	像解析における問題点	佐 柳 和 男	2 5
第 2 編	X 線 源		
第 1 章	解 説	内 田 勝	2 7
第 2 章	最大情報量撮影 (第 3・5・7 報)	内 田 勝	2 8
第 3 章	X 線撮影系の画像の解析 (Ⅱ・Ⅲ) — X 線線像のレスポンス関数について—	竹 中 栄 一	3 9
第 4 章	X 線撮影系のレスポンス関数 (Ⅱ) X 線管焦点	高 橋 照 彦	4 6
第 5 章	第 1 節 X 線管焦点のレスポンス関数 第 2 節 X 線管焦点のレスポンス関数の画像での影響	土 井 邦 雄 金 森 仁 志 金 森 仁 志	5 4 5 5
第 6 章	実用 X 線管焦点のレスポンス関数の算出	伊 藤 啓 二 郎	5 7
第 7 章	X 線管の焦点強度分布と MTF	奥 村 寛 木 下 幸次郎 木 下 幸次郎 菊 地 緑 彦 竹 中 栄 一	6 0 6 0
第 3 編	被 写 体		
第 1 章	解 説	津 田 元 久	7 9
第 2 章	第 1 節 モンテカルロ法によるラジオグラフィの解析 第 2 節 最大情報量撮影 第 9 報	畑 中 勇 内 田 勝	8 0 8 6
	第 3 節 散乱線のレスポンス関数の測定	宇 山 茂 樹	
	第 4 節 イメージングリアイア透視および X 線 テレビジョン透視における X 線像につい て	村 田 和 美 津 田 元 久 津 田 元 久	9 1 9 6
第 3 章	X 線撮影系のレスポンス関数 (Ⅳ) 被写体および運動	土 井 邦 雄	1 0 1
第 4 編	増感紙・蛍光板		
第 1 章	解 説	土 井 邦 雄	1 1 3
第 2 章	X 線撮影系のレスポンス関数 (Ⅰ) X 線用蛍光板	土 井 邦 雄 佐 柳 和 男	1 1 4
第 3 章	被写体透過後線質による増感紙のレスポンス関数	宇 山 茂 樹	1 2 3
第 4 章	X 線撮影系のレスポンス関数 (Ⅳ) 増感紙と写真フィルムの組み合わせ	林 周 二 土 井 邦 雄	1 2 7
第 5 編	写真感光材料		
第 1 章	解 説	畑 中 勇	1 3 7
	第 1 節 解 説		
	第 2 節 情報伝達系としての写真感光材の性質		

第2章	O. T. F			142頁
第1節	X線撮影系の画像の解析(IV)	竹中栄一		
	—X線線像のレスポンス関数に及ぼす 両面Filmの影響—	高橋照彦		
第2節	最大情報量撮影 第8報	内田勝	146	
	現像効果のレスポンス関数	巢組一男		
		遠藤俊夫		
第3章	粒状性		147	
第1節	X線写真フィルムの粒状性	高野正雄		
第2節	粒状パターンウィーナーズベクトルの計算	畑中勇	150	
第6編	間接撮影法及び光学系			
第1章	解 説	伊藤宏	155	
第7編	イメージアンブリフア			
第1章	解 説	津田元久	161	
	1. イメージアンブリフアが開発されるにいたった背景			
	2. 量子雑音			
	3. 過 程			
	4. イメージアンブリフアのレスポンス関数応用例			
第8編	T. V. 系			
第1章	解 説	木下幸次郎	175	
第2章	X線テレビジョンの総合解像力測定	佐々木常雄	176	
		飛田勝弘		
		奥村寛		
第9編	X線像			
第1章	解 説	金森仁志	181	
第2章	最大情報量撮影	内田勝	183	
第1節	撮影像評価の定量化	内田勝		
第2節	撮影系の最大情報量	内田勝	189	
		山下一也		
		前田真行		
		雄川恭行		
第3章	ラジオグラフの最適濃度範囲と最適撮影条件	金森仁志	193	
第4章	A New Definition of Information Volumes on Radiographs from Density-to-Thickness Curves	金森仁志	199	
第5章	Information Volumes of Radio- graphs Modified by Sharpness and Visual Effects	金森仁志	205	
第6章	X線撮影系のボケの合成法の理論的検討	野田峰男	213	
第7章	X線撮影系の画像の解析(I)	竹中栄一	222	
		故高橋照彦		
第8章	X線像の像質について	津田元久	233	
第10編	読 影 法			
第1章	解 説	竹中栄一	261	
第2章	ボケを伴う場合の眼の識別限界濃度差	野田峰男	263	

第3章	ラジオグラフの最小確認対照度	金 森 仁 志	265頁
第4章	雑音の遮蔽効果について	木 下 幸次郎	269
		佐 藤 英 久	
		菊 地 緑 彦	
第5章	X線像の雑音(II)	竹 中 栄 一	276
	一正規分布型雑音チャートによる骨X線像の	竹 中 栄 一	
	S/Nと一様分布型雑音チャートとの比較一	木 下 幸次郎	
		佐 藤 英 久	
		菊 地 緑 彦	
第6章	X線像の雑音	竹 中 栄 一	303
		木 下 幸次郎	
		佐 藤 英 久	
第7章	X線写真の読影法について	竹 中 栄 一	314
第11編 特殊撮影			
第1章	解 説	佐々木 常 雄	317
第2章	レスポンス関数よりみた拡大撮影の至適拡大倍率	綾 川 良 雄	319
		佐久間 貞 行	
第3章	X線撮影系の画像の解析(V)	竹 中 栄 一	324
	一拡大率を変化させたときのX線像の	高 橋 照 彦	
	レスポンス関数の変化一		
第4章	最大情報量撮影 第13. 14. 15. 16. 17報	内 田 勝	331
	断層撮影像のボケのフーリエ解析		
第12編 その他			
第1章	解 説	内 田 勝	347
第2章	放射線スペクトルの超分解	井 上 多 門	348
第3章	熱中性ラジオグラフの像の分解	井 上 多 門	356
		小 川 一 行	
第4章	放射線測定系のフーリエ解析 第1報	岩 永 征 之	365
		内 田 勝 宗	
		速 水 昭 武	
		山 崎 武 巖	
		東	
第13編 海外事情			
第1章	解 説	土 井 邦 雄	369
第2章	X線像の問題点	佐 柳 和 男	370
第3章	第11回国際放射線学会に出席して	鳥 生 敬 郎	377
第4章	最近のradiography研究	土 井 邦 雄	389