

〔雑報〕

## 胸部単純X線読影の名人芸

関根 郁夫

(2007年7月2日受付)

呼吸器疾患の症状は、咳、痰、呼吸困難など非特異的なものが多く、また疾患によっては病状がかなり進行するまで症状が全く出ないこともあるため、呼吸器病学において画像診断の役割は極めて大きい。CT, MRI, PETスキャンの急速な進歩にも拘わらず、胸部単純X線写真は、肺・胸郭全体を把握しやすいこと、被曝線量が少ないこと、大きな装置が不要でいつでもどこでも簡単に撮影できること、費用が安いこと、たびたび撮影できるため比較読影がしやすいことなどの多くの利点を持っているため、その重要性は以前と比べて少しも減っていない。それにも拘らず、せっかく撮られた写真が適切に読影されてなく、誤診されていることが20-30%もあり[1,2]、中には90%に達するという報告すらある[3]。

X線写真の読影は、異常陰影を発見する存在診断 (perception of an image) と、その質的解釈を与える質的診断 (interpretation of that perception) の2段階から成っている[1]。後者については、切除標本の肉眼のおよび顕微鏡の所見とX線写真上の所見を比較しながら、その画像の成り立ちを研究するという方法によって、多くの知見が集積されてきた。その最も大きな成果は上部消化管の二重造影法の確立であるが、呼吸器領域においても Heitzman[4]や鈴木[5]らの先駆的な仕事がある。一方、我が国の数多くある胸部単純X線読影に関する教科書の中には、前者に関する記載がほとんど見当たらない。わずかに、見落とされやすい陰影の形や場所についての報告があるのみである[6,7]。実際に一般の放射線診断読

影上の誤診の原因を解析したところ、異常が無いのに異常と判断した (false positive) のは全体の12%に留まり、存在診断の誤り (false negative) が51%、質的診断の誤りが37%であったと報告されている[8]。従って、いかにして見落としを減らすかが読影上の誤診を防ぐためには極めて大切である。

見落としなく胸部単純X線写真を読む手順として従来から言われていることは、読影する項目をすべて挙げて順番に読むというものである。胸郭軟部組織、骨性胸郭、胸膜、横隔膜、心臓、大動脈弓、上行および下行大動脈、腕頭動脈、上大静脈、肺動脈、肺静脈、気管、気管支、肺野、というふうに列挙し、その一つ一つを順番に注目して読むわけである[9,10]。しかし、この10項目を超えるすべてを言葉として覚えておくのには無理があり、ついうっかりあれを読むのを忘れたということが起こりうる。視線の動かし方を決めておくという方法もある。まず肺野の辺縁を右頭側から下行に向かって見ていき、横隔膜に沿って左に向かい、さらに左肺野の辺縁を頭側に向かって「ぐるっと」、主に胸膜と胸郭軟部組織に注意しながら見ていく。次に肋骨を右第1番から第12番まで、次に左第12番から第1番まで「ぐるっと」、さらに肺野と縦隔の境を上大静脈から右心縁、左心縁、下行大動脈、大動脈弓と順番に「ぐるっと」、見ていく (図A)。最後に、気管から気管支、さらに上肺野、中肺野、下肺野と順番に気道に沿って肺野を見ていく。つまり、視線を「ぐるんぐるんぐるん」と順番に効率よく動かすこと

国立がんセンター中央病院肺内科

Ikuo Sekine: Interpretation of chest radiography as a masterly performance.

Division of Internal Medicine & Thoracic Oncology, National Cancer Center Hospital, Tokyo 104-0045.

Tel. 03-3542-2511. Fax. 03-3542-3815. E-mail: isekine@ncc.go.jp

Received July 2, 2007.

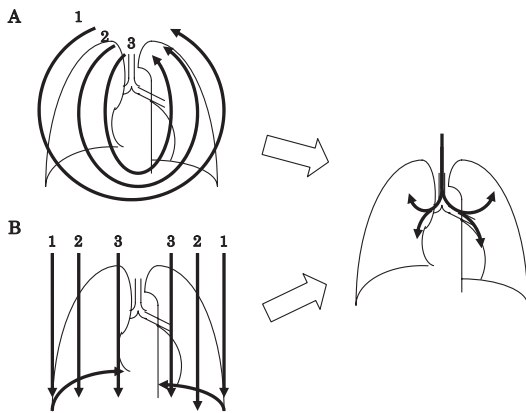


図 胸部X線写真読影時の視線の動かし方

によって、見落としを防ぐというものである。視線の動かし方には、他に上から下へ、外側から内側へと順番に見ていく方法もある(図B)[11]。一般に、将棋の名人の盤の見方や地図制作者による地図読みなど、専門家は素人よりもずっと効率的な目の動かし方をするとされている[12]。

私は卒後2-3年の頃に、この円を描きながら視線を動かす方法を、ある雑誌の中に発見して実践した。ある日、赴任先の院長先生と先輩医師と3人で、結核検診の間接写真を読む機会があった。投影機に映された実物大の胸部単純X線写真を3人で見て、院長先生が「はい、次」と言うと、技師の方がぐるっとフィルムを巻いて、次の写真を見せてくれる。私は例によって「ぐるんぐるん」と目を廻し始めるわけであるが、どうしたことか、いつも「ぐる」くらいで、「はい、次」と言われてしまった。読影の速さに雲泥の差があるわけである。この時、名人はこんな方法で読影しているのではないことに気がついた。しかし、その名人芸の本質は言葉で解説されたことはなく、私は、長い医師生活の間に少しずつ経験的に身につけていくものと理解してきた。その後レジデントとして、連日胸部写真を読影してはレポートを書き、それを指導医に添削してもらうということを5年間続けた。ようやく他の医師から見落としを指摘されなくなった頃、今度は自分が若い呼吸器内科の先生方を指導する機会を得た。

他人の読影レポートを見て不思議に思ったのは、どうしてこんなにくっきりと写っている横隔膜下の腫瘤陰影を記載しないのだろう、ここに肋

骨が溶けている所見がはっきりしているのに、どうして指摘しないのだろう、といったことであった。X線写真を2人で眺めながら、見落とししていることはないか尋ねると、多くの先生が顔を写真から10cmくらいのところまで近づけて、じっと眺める。「もっと離れた方が見つけやすいよ。スナップ写真を撮るみたいに、全体をパチッと目の中に入れてごらん。」このようにすると、不思議と異常所見がすぐさま浮かび上がってくるのである。胃の二重造影写真を読んでいる放射線診断部の先生にこのことを話すと、「そう、異常な影は、見た瞬間に分かるよね。」と言っていた。臓器が異なっても、慣れた人の読影の仕方は同じなのである。

最近、このような読影の仕方についても、欧米では以前から積極的に研究されており、Medical Imaging Perception Societyという学会まであることに気がついた[13]。Fraserらによる胸部疾患診断の教科書によれば、読影の仕方は2つある。一つは先ほどの視線の動かし方を決めておくという方法(direct search)、もう一つは全体を一度に見る方法(global search)で、後者は大多数の放射線診断専門医が行っている方法であるという[14]。X線写真の読影時間を0.2秒に制限した場合と無制限にした場合で異常陰影の発見率を比べた研究では、0.2秒でも発見率は70%に達し、読影時間の制限をはずすと、97%まで改善した[15]。読影時間を0.25秒、1秒、4秒、無制限にして、微妙な病変と明らかな肺癌の診断率を比べると、診断率は読影時間が長くなるにつれて改善するが、微妙な病変の場合には4秒と無制限では差がなく、明らかな肺癌の場合には1秒、4秒、無制限で差がなかった[16]。また、写真全体を一度に読影した場合と、6つに分割してそれぞれを読影した場合で比較した実験では、異常陰影の発見率は両方で差が無く、異常が無いのに異常と判断する割合はむしろ分割読影の方が高かった[17]。これらの結果は、global searchという方法が確かに存在し、異常陰影の発見に有効であることを示している。読影者から写真までの距離を45cmから4.8mまで変えて結節影の発見率を比べた実験では、結節影の大きさが1.5cmの場合、写真までの距離が45cmから1.8mまで発見率に差は

なく、結節影の大きさが1.0cmの場合、写真までの距離が45cmよりも90cmの方が、発見率が高かった[14]。写真に顔を近づけすぎると全体が見えにくくなり、発見率が下がるものと思われる。

しかし、global searchの有効性は、どのような機序に基づくのであろうか。医学文献の中にはほとんどその説明はないので、日常で認められる似たような現象に注目してみた。例えば、多数の人がいる雑踏の中でも知人がいればすぐに気がつくし、新聞にはさまざまな文字が雑多と並んでいるが、自分と同姓の人の記事などは自然に目にとまる。家の中で毎日見ている家具は気にとめないのに新品の家具はすぐに目を引くし、沢山のおもちゃが散乱している部屋に新しいおもちゃを何気なく置いておくと、子供たちはあつという間にそれを見つけてしまう。知覚・認知心理学では、前者は促進的な、後者は抑制的な残効(after effect)として、先行刺激が認知に影響を与えるプライミング効果(priming effect)の1つと解釈されている[18,19]。これらは無意識に起こる現象であるが、「すでに知っている情報」が視覚に影響を与えているので、選択的視覚性注意(selective visual attention)の1つと捉えられる。ここでいう「注意」とは、意識の焦点を1つに集中することであるが、同時に他のことから意識をそらすことを意味している[19]。これは脳における感覚情報処理の選択的な抑制で、脳内に貯蔵されている記憶の読み出しに関係し、記憶した手続きのスムーズな実行を可能にしているという[20]。毎日胸部X線写真を見ていると、自然と肺の正常構造像が頭の中に染み込んできて一種のプロトタイプ(prototype)となり、新しい写真を見たときには、このプロトタイプと同じ正常像は抑制され、新たな所見だけが抽出されてくるのではないだろうか。内臓逆位の患者さんの胸部X線写真を読影しようとすると、頭の中に影像が全く入ってこなくていらいらし、そのうちに吐き気を催すまでになるが、これはこの肺正常構造のプロトタイプが使えないからだだとするとすんなり解釈できる。読影時間を0.25秒、1秒、4秒、無制限にして胸部X線の診断率を比べた研究で、写真を僅かに回転させると読影時間に関わりなく診断率が落ちたという報告も、この考え方を支持し

ている[21]。同様に、既存の肺病変のために肺構造に変化がある症例で、新しい異常陰影の出現に気づくのが遅れるのも、このことと関係があるかもしれない。プロトタイプという言葉は、「原型」とか「基本形」などと訳されるが、認知心理学のプロトタイプ理論(prototype theory)では、あるカテゴリに属する事例間でもっとも共通する特徴あるいは典型的な特徴を、抽象化し統合されて形成された単一表象と定義されている[19]。例えば、目の前にある物体がリングであるという認識は、世の中にあるすべてのリングのパターンが脳の中に完璧に準備されていて、それらと照合することによって為されるのではなく、脳の中にはプロトタイプとしてのリングのモデルがあり、それと目の前の物体との類似度が、ある範囲内に収まっているときにリングであると認識するのである[22]。肺正常構造のプロトタイプも同様に、肺正常構造の共通項が抽象化、統合化されて形成されたもので、読影者はそのような一般化された表象を基準として、目の前の胸部単純X線写真を判断していると考えられる。また、最初は気づかなかった胸部単純X線写真上の異常所見が、一度誰かに指摘された後ははっきりと見えてくるということも良く経験される。捜し物は、それを必死に捜しているときには目に入らないが、他人から指摘されればすぐにそれと識別できるようになるというのと似た現象である。これも能動的な選択的視覚性注意の1例と考えられる[23]。前述した胸部単純X線写真を分割して見せられると写真全体を見せられた場合よりも診断能が落ちるといのは、絵を見てそれが線や点の集合ではなく「リング」であるように見えることや、映画を見て複数のコマが映写されているのではなく動きがあるように見えることと同様に、ゲシュタルト(Gestalt 形態)心理学で説明される。すなわち、知覚は単に対象となる物事に由来する個別的な感覚刺激によって形成されるのではなく、それら個別的な刺激には還元出来ない全体的な枠組み-ゲシュタルト-によって大きく規定されるということである[19]。胸部X線写真の読影には、読影者の意識状態が大きく関与することもいわば当たり前のことである。当直明けで眠たいときや極度に疲れているときに見落としが起りやすいのは、

長距離トラック運転のような劣悪な労働条件下で交通事故が多いのと同じである。

これらの知覚・認知心理学上の知見は、脳神経解剖・生理学からは現在どの程度まで説明されているのであろうか。脳の構造・機能は大枠として、階層を形成し、直列および並列分散的に情報処理が行われ、促進や抑制といった回路の縦や横への調節機構が働いていることが分かっている[24]。特に視覚認知を司る高次構造・機能については、従来のアカゲザル (macaque) を使った実験や失認症の患者における観察研究に加えて、健康人を対象としたPETスキャンや機能的MRIによる研究によって、近年大幅に進歩した。一つの光景には様々な対象物 (object) があり、その1つ1つが形、色、テクスチャー、動きの方向、スピードなどの情報を持っている。この膨大な視覚情報のすべてを同時に解析することは、脳の情報処理容量を超えるために無理で、これらの情報から必要なもののみを選択して、優先的に処理する必要がある。このような機能には、外側膝状体 (lateral geniculate nucleus)、後頭葉の視覚野 (visual cortex) と頭頂葉・前頭葉に分散している多くの皮質領域が関与し、双方向的な回路を形成している[25]。外側膝状体は視覚経路の中継地で、網膜からの情報を一次視覚野 (primary visual cortex: V1) に送ると同時に、視覚野や脳幹からの神経線維を受けている。外側膝状体は、最初の門番として視覚情報のgain controlを通して後述する情報処理の全てに関与しているが、その詳細は不明である[25]。視覚野はさらにいくつもの領域に分かれているが、大きく2つの経路に分けられる。1つはV1からV4、TEO野、TE野を経て側頭葉に至る経路で、後頭側頭経路 (occipitotemporal pathway) または腹側経路 (ventral pathway) と呼ばれている。この経路では、「物体の形・色」に関する情報を優先的に処理して、物体の同定 (identification) に重要な役割を果たしていると考えられている。もう1つは、V1からMT野 (middle temporal area) を経て頭頂葉に至る経路で、後頭頭頂経路 (occipitoparietal pathway) または背側経路 (dorsal pathway) と呼ばれている。この経路は、「場所・位置」に関する認識と、物体の動きに関する情報の処理を

行っていると考えられている[26]。

大きすぎる視覚情報量は、まず不必要な部分を削除しなければならない。背景になるような情報の大部分は、視覚刺激に応じて無意識のうちに抑制されているが、この処理は視覚系路の低次レベルから高次レベルへ進むとされている。これをボトム・アップ処理 (bottom-up processing, stimuli-driven processing) というが、その中心となるのは、視覚野のV4とTEO野と考えられている[26]。一方、能動的視覚性注意の場合には、高次レベルの指令が低次レベルの処理に影響を与えるわけで、これをトップ・ダウン処理 (top-down processing) といい、背側経路のフィードバック経路が重要な働きをしている。トップ・ダウン信号 (top-down feedback signals) はV4に作用し、ボトム・アップ処理による視覚刺激の抑制を、注目したい部分に限り一部解除することによって、必要な視覚情報を増強させている。また、トップ・ダウン信号は、まだ視覚情報が来る前から、視覚野の活動性を30%–40%上昇させていわば待機状態とし (baseline activity shift)、視覚情報が入ってきたときには即座に十分な反応ができるようにしている。このようなトップ・ダウン信号は、両側の前頭葉から頭頂葉に分散している皮質領域、主にsuperior parietal lobule (SPL)、frontal eye field (FEF)、supplementary eye field (SEF)、inferior parietal lobule (IPL) を中心としたネットワークによって生み出されると考えられている[26]。最近、アカゲザルのposterior parietal cortexから視覚野までの神経細胞の活動電位を測定することによって、このことが証明された[27]。

さて、global searchを行うにはそれなりの訓練が必要で、誰にでもすぐに出来るわけではない。最初の問題は、肺正常構造のプロトタイプをいかに習得するかである。また、自分の経験では、global searchをするときにはdirect searchを行うときよりもある種の気合いが必要である。従って、そのような適度な精神の緊張状態を作り出す作業も大切であろう。残念ながらその教育方法は、議論一つされて無い状態である。現在のところ、初学者は1例1例読影レポートを書いて、それを元に指導医と討論しながら学んでいく

という作業を、地道に少なくとも5000例くらい繰り返す、という方法しかない。Global searchの有効性を詳述したFraserの教科書でも、global searchの後に通常の手順に従ったdirect searchを行うことを強く奨めている[14]。胸部X線写真の読影で見落としを無くすことは本当に難しい。

## 謝 辞

本原稿をまとめるに当たり、国立がんセンターがん予防・検診研究センターの森山紀之先生に、貴重なご意見を頂きました。この場を借りて深謝いたします。

## 文 献

- Pitman AG. Perceptual error and the culture of open disclosure in Australian radiology. *Australas Radiol* 2006; 50: 206-11.
- Fitzgerald R. Error in radiology. *Clin Radiol* 2001; 56: 938-46.
- Berlin L. Reporting the "missed" radiologic diagnosis: medicolegal and ethical considerations. *Radiology* 1994; 192: 183-7.
- Heitzman E. *The Lung: Radiologic-pathologic correlations*, 1st edition. St. Louis: CV Mosby Co. 1973.
- 鈴木 明. 肺癌・X線像. 山村雄一, 新内科学体系28A, 呼吸器疾患IIIa, 東京: 中山書店 1977; 111-30.
- 河野通雄, 原 真咲, 鈴木啓史. 集検により発見された肺癌症例の前回X線写真の検討. *臨放* 1985; 30: 925-49.
- Shah PK, Austin JH, White CS et al. Missed non-small cell lung cancer: radiographic findings of potentially resectable lesions evident only in retrospect. *Radiology* 2003; 226: 235-41.
- Renfrew DL, Franken EA, Jr., Berbaum KS et al. Error in radiology: classification and lessons in 182 cases presented at a problem case conference. *Radiology* 1992; 183: 145-50.
- 酒井文和, 鎌田憲子, 牛見尚史他. 胸部単純撮影の読影法. *診断と治療* 2004; 92: 558-71.
- 蜂屋順一. 読影診断の進め方. 蜂屋順一, 松山正也, 片山 仁. X線診断へのアプローチ 3 胸部2肺・縦隔第2版 東京: 医学書院 1989; 2-3.
- 新野 稔. 読影の進め方. 新野 稔. 胸部X線診断の基礎知識, 東京: 医学書院 1987; 67-8.
- ロバート. L. ソルソ. 専門家の目の動かし方. ロバート. L. ソルソ, 鈴木光太郎, 小林哲生 (訳). 脳は絵をどのように理解するかー絵画の認知科学, 東京: 新曜社 1997; 167-74.
- Krupinski EA, Kundel HL, Judy PF, Nodine CF. The Medical Image Perception Society. Key issues for image perception research. *Radiology* 1998; 209: 611-2.
- Fraser R, Muller N, Colman N, Pare P. Perception in chest radiography. In Fraser R, Muller N, Colman N, Pare P (eds): *Diagnosis of Diseases of the Chest*, 4th edition, Edition 4th. Philadelphia: WB Saunders Co. 1999; 275-80.
- Kundel HL, Nodine CF. Interpreting chest radiographs without visual search. *Radiology* 1975; 116: 527-32.
- Oestmann JW, Greene R, Kushner DC et al. Lung lesions: correlation between viewing time and detection. *Radiology* 1988; 166: 451-3.
- Carmody DP, Nodine CF, Kundel HL. Global and segmented search for lung nodules of different edge gradients. *Invest Radiol* 1980; 15: 224-33.
- 大山 正. 図になりやすさの既定条件. 視覚心理学への招待, 東京: サイエンス社 2000; 58-71.
- アイゼンク. N. マイケル. 野島久雄, 重野 純, 半田智久 (訳). 認知心理学事典. 東京: 新曜社 1998.
- 佐藤宏道. 視覚注意と視覚意識. 福田 淳, 佐藤宏道. 脳と視覚ー何をどう見るか, 東京: 共立出版 2002; 294-320.
- Oestmann JW, Greene R, Bourgouin PM et al. Chest "gestalt" and detectability of lung lesions. *Eur J Radiol* 1993; 16: 154-7.
- 池谷祐二. 人間はあいまいな記憶しかもてない. 進化しすぎた脳, 東京: 講談社 2007; 186-262.
- 鈴木匡子. 視覚性注意のしくみ. *神経研究の進歩* 2007; 59: 23-30.
- ロバート. L. ソルソ. 脳と視覚. ロバート. L. ソルソ, 鈴木光太郎, 小林哲生 (訳). 脳は絵をどのように理解するか, 東京: 新曜社 1997; 31-57.
- Kastner S, Pinsk MA. Visual attention as a multi-level selection process. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2004; 4: 483-500.
- Kastner S, Ungerleider LG. Mechanisms of visual attention in the human cortex. *Annu Rev Neurosci* 2000; 23: 315-41.
- Saalmann YB, Pigarev IN, Vidyasagar TR. Neural mechanisms of visual attention: how top-down feedback highlights relevant locations. *Science* 2007; 316: 1612-5.