

Fig. 1 右上葉の充実性陰影を的確に指摘している。また、奇静脈弓の部分容積効果や正常血管の分岐部を病変候補として指摘している。HRCTにて右S2に辺縁にAIR SPACEを伴う不整形の充実性結節が存在し、外科的切除が行われ高分化腺癌であった。



Fig. 2 右上葉の非常に薄い濃度上昇域を病変候補として指摘している。HRCTにて同部に薄いスリガラス陰影が存在し、外科的切除が行われ、病理学的に異型腺腫様過形成であった。

るのもさることながら、胸部CT検診を開始したくとも導入すら困難な施設も多くあるという状況が生じている。2人の読影医のうち一方をコンピュータが担うことができれば胸部CT検診そのものの発展につながるという期待のもと、胸部CT検診に特化したCADの開発を行っており、その成績と今後の展望を述べさせていただく。

## 1. CAD性能

本CAD開発は日立メディコ社との共同研究によりなされたが、その技術水準は以下のとおりである。当センタで発見された肺癌58症例に対しての感度(肺癌を的確に指摘できた症例の割合)は96.3%であり、1症例あたりの偽陽性候補(肺癌以外の部位を指摘できた箇所であり、非特異的な炎症、肉芽腫なども含む)は11.3個であった(JAMIT2002)。また、1症例あたりの演算時間は約2分程度である。

実際の事例を提示する。事例1は63歳・男性の高分化腺癌の症例である。充実性結節を的確に指摘している(Fig. 1)。事例2は61歳・男性の異型腺腫様過形成の症例である(Fig. 2)。非常に存在診断が難しい症例と考えられるが、CADが指摘することで読影医の支援を行うことができる。ではどのような偽陽性を生じるかであるが、事例1のように正常構造の部分容積効果や血管分岐部を病変候補として指摘する場合(Fig. 1)、そのほかにも炎症性肉芽腫・胸膜変化・間質性変

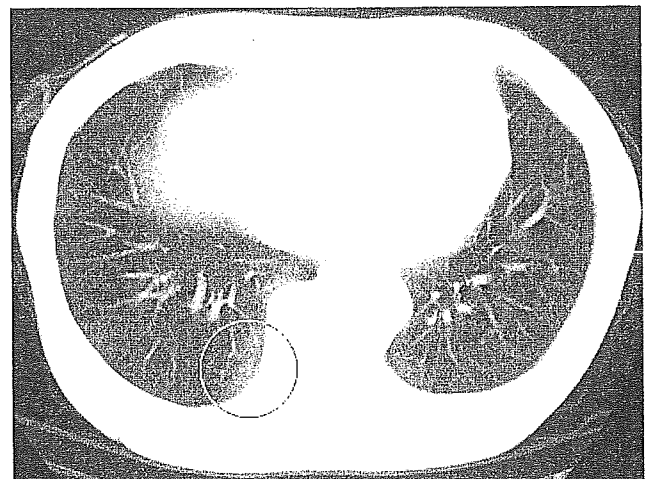


Fig. 3 胸膜直下の非特異的な間質性変化を病変候補として指摘している。

化などを病変候補とする場合(Fig. 3)がある。しかしCADが最終判断をするわけではない。CADが医師に“注意深く観察すべき部位”を提示し、その医師が「部分容積効果」、「炎症性肉芽腫」、「正常構造物」と判断をすればよいのであり、その候補として上記の部位を指摘するのには問題はないと考える。また1症例あたり11.3個の偽陽性候補は、1スライスあたりでは0.3～0.4個の病変(片肺単位では更にその2分の1)に過ぎず、全くもって多すぎるということはないと考える。

## 2. 読影実験

産業医科大学放射線科との共同研究にて行われた、このCADを用いた読影実験の成績を示す。実験デザインは以下のとおりである。

- ・読影実験被験者；産業医科大学放射線科  
経験年数；10年以上 3名／5～10年未満 5名／5年未満 3名
- ・症例；要精密検査(自施設でのHRCT撮影)症例 30症例(含む肺癌 15症例)，異常なし・放置可症例 30症例
- ・解析；ROC解析(receiver operating characteristic analysis) 連続確信度
- ・陽性信号・陰性信号の定義；陽性信号 肺癌疑い精密検査(HRCT)要する 陰性信号 clear lung
- ・用いたCADの病変指摘水準；要精密検査症例 感度 80%(肺癌症例 感度 100%) 偽陽性候補数 0.498個／スライス

## 3. 結果

10年以上と5～10年未満の読影医に関しては、CADを用いない場合に比してCADを用いるとAz値の向上が認められた。これには統計学的有意差があった。5年未満の読影医に関しては、CADを用いることでAz値が低下する傾向が認められたが、このことには統計学的有意差はなかった。つまり、経験者ほどCADを有効に活用できることが示唆された。また、読影時間については、オリジナル画像のみの読影に比して、オリジナル画像+CAD画像を見る場合、おおよそ1.5倍の時間を要した(Table)。

## 4. 読影実験の考察

今回の読影実験より、“修練を積んだ読影者”ではCADを用いることで更にその読影の正確さを上げる事象がみられた。つまり、これまでは医師2人による2重読影により高い診断能を確立していたが、修練を積んだものでは1人の医師+CADにより、同じ診断能を確立する可能性があると考えられる。一方で修練中の医師+CADの場合はその効果が十分ではなく、今後も指導医との2重読影をするとともに自身の読影力を高める修練に励むことが求められるかと思う。

また、読影時間に関してはオリジナル画像だけの読

Table t 検定； $p<0.05$ を統計的有意差ありとした。読影時間はwithout CADに比してwith CADで約1.5倍延長した。

読影経験	without CAD Az値	with CAD Az値	統計的 有意差検定
10年以上	0.8716	0.91	有意差あり
5～10年未満	0.8643	0.9235	有意差あり
5年未満	0.875	0.8369	有意差なし

影と比較して1.5倍程度長くなったが、検診の流れは受付→登録→撮影→画像処理→読影→レポート作成→結果報告書作成→受診者への説明などがあり、そのなかの読影が多少長くとも全体への影響はない。しかも、2重読影が不要になれば、これまで1時間×2人=2時間・人だったのが1.5時間×1人=1.5時間・人と短縮されるため、処理能力が向上する。処理能力が向上すると、これまで検診のcapacityを増やすことができるので、多くの対象者に集団検診を実施することができるようになる。

## 5. 今後の展望

しかし、いくら優れたCADが開発されても最終判断はそれを用いる医師によりなされる。これまで、医師2人の2重読影では病変の存在部位の記載間違いや人の取り違いなどのヒューマンエラーを防ぐことができていた。今後、1人の医師+CADになったときに、このようなヒューマンエラーを防ぐための手法が付加されれば、胸部CT検診の場においてCADが大きな役割を持つことになるであろう。

また、演算処理が極めて速く信頼の置けるCADがCT撮影装置本体に搭載され、撮影時点でリアルタイムに病変候補を示すことができれば、効果的な追加撮影が可能になる。検診画像+病変候補の精密検査画像を検診時点に得ることができれば、より正確な診断が可能であり、見落としの低下や不要な再検査の減少を図ることができる。

胸部CT検診におけるCADは、診療放射線技師の日常業務のなかで真価を発揮できるものである。この分野に多くの方が関心を持たれ、研究活動を推進されることを期待している。

## 6. 経時差分画像の臨床的有用性について —放射線科医の立場から—

渡辺秀幸, 岡崎浩子, 青木隆敏  
産業医科大学放射線科  
小田紋弘, 村上誠一  
産業医科大学放射線部

### はじめに

シカゴ大学で開発された経時差分法は, 胸部単純写真の現在画像から過去画像を差分することにより, 新たに出現した病変, あるいは改善した病変を視覚的な信号として呈示する方法である。

その臨床的有用性については, びまん性肺疾患の経時的変化, 肺結節や肺転移の存在診断, あるいは淡い肺野病変において有用であったとするretrospective studyが報告されている。

ここでは, われわれの施設でprospectiveに検討された経時差分画像の臨床的有用性と問題点について報告した。

### 1. 経時差分画像のルチーン読影における臨床的有用性の検討

これまでに報告された経時差分画像における臨床的有用性の検討は, retrospectiveに行われた読影実験によるものであったが, 今回われわれは実際に読影する環境下で, 経時差分画像がどの程度役立つものであるかについてprospectiveな検討を加えた。

#### 1-1 対象

2000年9月から2001年2月までの期間に産業医科大学放射線科で胸部単純写真が読影された過去画像のある1063例を対象としたが, 1症例につき別々に2名の放射線科医が読影し, 2カ所以上の病変を有する症例は一つの病変を1読影としたため, 対象となる読影数は2205であった。

対象症例の内訳は, 年齢が15~91歳(平均63.2歳), 撮影間隔が1~796日(平均76.4日, 中央値48日)であり, 呼吸器外科の症例を対象に含めたため, 胸部手術歴を有する症例が1049読影と約半数を占めていた。

#### 1-2 方法

胸部単純写真の撮影は全例computed radiography (FCR9501システム, イメージングプレート; 35.4×43.0cm, 画素数1760×2140, 階調数10bit, 画素サイズ200 $\mu$ m)で行い, 1/20~1/25の非可逆圧縮保存された画像を用いた。経時差分画像システムは三菱スペースソフトウェア社のTruedia/XR(プロトタイプ)を用いている。

読影方法としては, 読影室に搬入された胸部単純写真を無作為に抽出し読影した。読影者は全員放射線科医であり, 研修医4名(経験年数1~1.5年)が532症例(543読影), 修練医4名(経験年数4.5年)が524症例(557読影), 専門医4名(経験年数7~39年)が1063症例(1105読影)を行った。

実際の読影方法としては, まず胸部単純写真のみで前回撮影フィルムとの比較読影を行い, 続いて胸部単純写真に経時差分画像を加えて読影した。読影結果は経時変化が「明らかにない」から「明らかにある」の7段階評価で専用のワークシートに記録し, 異常部位がある場合はその位置と性状を同時に記載した。

#### 1-3 検討項目

経時差分画像が有用であった症例および有害であった症例について検討を加えた。有用・有害症例の決定にあたっては, 胸部単純写真のみおよび胸部単純写真に差分画像を加えた読影結果に2段階以上の差があるものを抽出し, その後3名の放射線専門医の合意で経時差分画像が有用であった症例, もしくは有害であった症例を決定した。

検討項目は, 経時差分画像が有用・有害であった症例の割合, 経験年数別の比較である。また, 有害症例については画像の見直し作業を行い, その原因を検討した。

#### 1-4 結果

全2205読影数のうち, 経時差分画像が有用であったのは7.4%であり, 有害であったのは1.1%であった。経験年数別にみると, 有用症例では研修医, 修練医, 専門医で有意差は認めなかったのに対し, 有害症例では研修医の読影において4.1%と他の修練医群, 専門医群と比べ, 有意に高い頻度を示した。有用であった一症例をFig. 1に呈示する。

有用症例において, 肺門, 心臓, 横隔膜など正常構造物や既存病変とのoverlapがあった症例は34.5%とかなり高い頻度で認められた。

経時差分画像が有害に働いた原因としては, 有害症例25症例のうち半数以上の14症例がアーチファクトを病変と誤認したものであった。

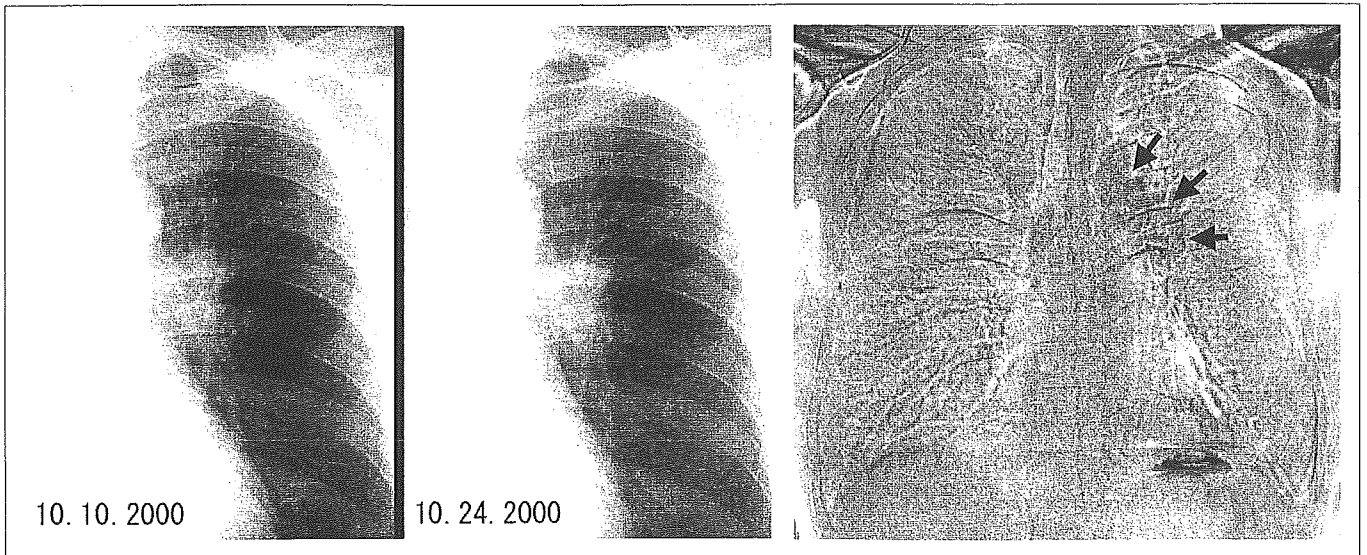


Fig. 1 68歳男性 肺小細胞癌(化学療法後再発)

(a)胸部単純写真上、左肺門部の陰影は10月24日の方が若干濃く見えるがはっきりしない。

(b)経時差分画像では左肺門から大動脈弓付近の異常信号が明らかであり(矢印)、CTでも腫瘍の増大が確認された。

a | b

### 1-5 考察

有用症例の割合は対象全体の7.4%であり、経時差分画像を観察するという簡単な作業を行うのみで、見逃しの減少や確診度の上昇が7.4%生じるわけであり、胸部単純写真読影を支援する方法として有効であるものと思われる。

また有用症例中、34.5%に正常構造や既存病変との重なりがあることから、正常構造との重なりがある領域では、病変の輪郭が不明瞭化することが多く、濃度差を利用する経時差分法は、病変の発見に役立つものと考えられる。

有害症例の割合は対象全体の1.1%で、経験年数の少ない読影者に多く認められた。有害症例の原因としてはアーチファクトを病変と見誤るものや、その逆に経時差分の異常濃度領域をアーチファクトと誤って解釈する例が認められた。胸部単純写真の読影力が乏しい読影者では、経時差分画像上の異常信号を誤って判断する危険性が高いものと思われる。



Fig. 2 74歳女性 肺癌術後

経時差分画像にて右心縁付近に白い異常信号を認める(矢印)。胸部単純写真およびCTでは病変は存在せず、経時差分画像のアーチファクトと考えられた。

## 2. 経時差分画像におけるアーチファクトの検討

上記のプロスペクティブ研究の結果から、経時差分画像における問題点として、主として経験の足りない読影者に有害な影響を及ぼす症例が発生し、その原因として経時差分画像のアーチファクトを誤判定する危険性が生じることが分かった。そこでわれわれは、アーチファクトにはどのようなものがあり、どの程度の頻度で生じるのかを検討した。

### 2-1 対象と方法

対象はCTと単純写真が同日に施行された194例であ

り、現在画像と過去画像の間隔は、3~759日(平均244日)であった。アーチファクトの評価は2名の放射線科医の合意で行い、アーチファクトが病変によるものではないという証明は同日に撮影されたCTを使用して行った。

アーチファクトは、肋骨などの骨や肺血管に平行に走行する比較的容易にアーチファクトと認識可能なものと、病変と間違える可能性のあるそれ以外のアーチファクトに分けて検討し、病変と間違えやすいアーチファクトについてはその性状を検討した。

## 2-2 結果

正常構造物に平行なアーチファクトは全症例で経験された。骨や肺血管など正常構造物と平行に認められるアーチファクトでは、片側に黒、もう一方に白のラインが認められることが多く、容易にアーチファクトと判定可能であった。

正常構造物に平行でないアーチファクトの頻度は53%と半数以上の症例で認められた。部位としては両下肺野内側、肺門近傍、および右上肺野に好発しており、形状は、斑状、円形・楕円形の限局性のものが多く認められた。原因としては、血管に関与するものが35カ所、骨に関与するものが30カ所、心臓に関与するもの20カ所と多く、原因不明のものも41カ所にみられた(Fig. 2)。また、経時差分画像のマッチングの程度が悪くなるにつれ、病変と間違える可能性のあるアーチファクトのみられる症例数の割合は増加していた。

## 2-3 考察

骨や血管など正常構造物に平行に認められるアーチファクトは、容易にそれと判定可能であり、臨床的に問題になることはないものと思われる。

病変と間違える可能性のある正常構造物と平行に走行しないアーチファクトは全症例の53%とかなりの頻度で認められるが、心臓・肺門近傍や、右上肺野に多く発生し、斑状もしくは円形・楕円形の形状の限局性のものが多い。経時差分画像で異常な信号を認めた場合、特にマッチングの程度が良くない症例ではアーチファクトである可能性を常に考慮する必要がある。

## 3. まとめ

本発表では経時差分画像の臨床的有用性と問題点について報告した。

経時差分画像はルチーン読影のシチュエーションにおいて、7.4%の症例で有用な方向に読影結果が変更され、そのパフォーマンスは十分に高いものと考えられる。

問題点としてはアーチファクトの存在が挙げられるが、アーチファクトを病変と見誤らないためには、その特徴をよく知ることに加え、経時差分画像で異常信号が認められた場合には必ず元の胸部単純写真に戻って観察し直すことが重要である。

# 7. びまん性肺疾患の鑑別診断に対するニューラルネットワークの応用

Symposium

芦澤和人

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科放射線生命科学講座放射線診断治療学

## 緒言

画像診断におけるコンピュータ支援診断(computer-aided diagnosis: CAD)は、主に画像の形態情報を基本とした異常所見の拾い上げ、すなわち存在診断を中心に開発が進められてきた。乳房撮影や胸部単純写真ではほぼ手法が確立されたものも少なくなく、なかには商品化されたものもみられる。しかし、画像所見の拾い上げだけにとどまらず他の臨床情報などを加味して総合的に判断する手法、すなわち良悪性の識別や鑑別診断に関しては発展途上の段階である。

一方、びまん性肺疾患の診断は、胸部放射線の領域において最も重要なものの一つである。その存在診断および鑑別診断においては、まず胸部単純撮影が施行され、ごく一部の疾患はこの段階で診断がなされる。一般には、より高い診断能を得る目的でCT(特に高分解能CT)が広く用いられている。しかし、種々のびまん性肺疾患の画像所見には類似した点が多く、臨床情報にも多様性があり、その鑑別は高分解能CTを用いても困難なことが少なくない。そこで、胸部単純写真

および高分解能CTにおけるびまん性肺疾患の鑑別診断に対して、医師を支援する診断技術として、人工的に脳の神経回路網をコンピュータでモデル化した人工的ニューラルネットワークの適用を試みた。ニューラルネットワークに着目した理由は、ニューラルネットワークが画像所見および臨床情報といった多様な情報を融合できることにある。さらに、具体的な症例データを与えるだけで、ニューラルネットワークは入力と出力の関係を学習し、複雑なパターン識別が可能であるという点にある。このニューラルネットワークは、医学の分野におけるデータ分類やパターン認識において広く応用されている。

ここでは、胸部単純写真と高分解能CTに分けて、鑑別診断に用いたニューラルネットワークの構造や鑑別診断能について述べる。さらに、ニューラルネットワークの出力が読影者にどのような影響を及ぼすか、読影実験を行って評価した。最後に、本法の現時点での克服すべき課題や今後の展望についても言及する。

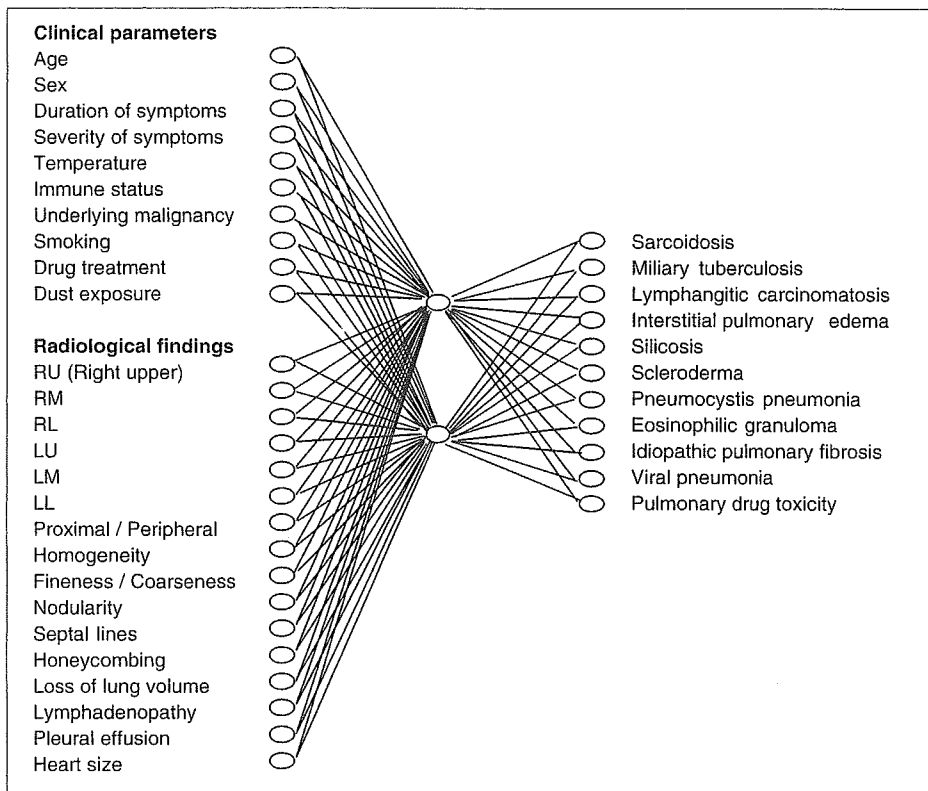


Fig. 1 胸部単純写真におけるニューラルネットワークの基本的な構造

## 1. 胸部単純写真

### 1-1 ニューラルネットワークの構造および診断能

鑑別診断に利用するニューラルネットワークの基本構造は、胸部単純写真と高分解能CTに共通である。入力層、中間層、出力層の3層構造を持ち、アルゴリズムとしてはバックプロパゲーション学習則を用いている。具体的な構造は、Fig. 1に示すように26個の入力ユニットと11個の出力ユニットで構成されている。入力層は、26種類の入力データを取り入れる部分に対応し、10個の臨床データ(年齢、性別、症状の持続期間と重症度、体温、免疫状態、悪性疾患の有無、喫煙歴、粉塵曝露歴、薬剤使用歴)と16個の画像所見(陰影の分布7項目、陰影の性状6項目、肺以外の所見3項目)を含んでいる。出力層は、鑑別すべき疾患を出力ユニットとして含み、びまん性肺疾患のなかから代表的な11の疾患(サルコイドーシス、粟粒結核、癌性リンパ管症、間質性肺水腫、珪肺症、強皮症、カリニ肺炎、好酸球性肉芽腫、特発性肺線維症、ウイルス性肺炎、薬剤性肺障害)を選択した。

ニューラルネットワークには、各症例に対する26個の入力値と同時に、その症例の教師信号(正しい出力値：例えばその症例がサルコイドーシスの場合には、それに対応する出力ユニットの値が1で、他が0となる)が与えられ、出力ユニットの値ができるだけ教師信号に近い値になるように、各層のユニットを結び

つけるパラメータを決定する。このことは学習と呼ばれる。学習が終了した後、テストを行う。テストでは、未知の(学習に使われていない)症例を入力させ、その時の出力ユニットの値が正しいかどうかを評価する。

ニューラルネットワークの入力層に用いられる各ユニットには、数値化した臨床データと画像所見が入力される。単純写真の所見に対しては、4名の放射線科医と6名の放射線科レジデントが各ユニットの特徴量に対して、0～10までの11段階で主観的にratingを行った。実際には、いずれの入力層のユニットにも、0～1までの数値に正規化した値を入力する。テストが終了すると、各出力ユニットからは0～1の値が得られるが、数値が大きいほどそのユニットに対する疾患である可能性が高いことを示す。

ニューラルネットワークがどの程度学習できたかを示す診断能は、ROC(receiver operating characteristic)解析を用いて定量的に評価した。各放射線科医のratingを用いた、ニューラルネットワークの鑑別診断の能力を示すAz値(ROC曲線下の面積)は、放射線科医で平均0.934(0.923～0.944)、放射線科レジデントで平均0.931(0.916～0.943)という高い値が得られた。

### 1-2 読影者の診断能

前述の10名の読影者に対して、おのおののfeature



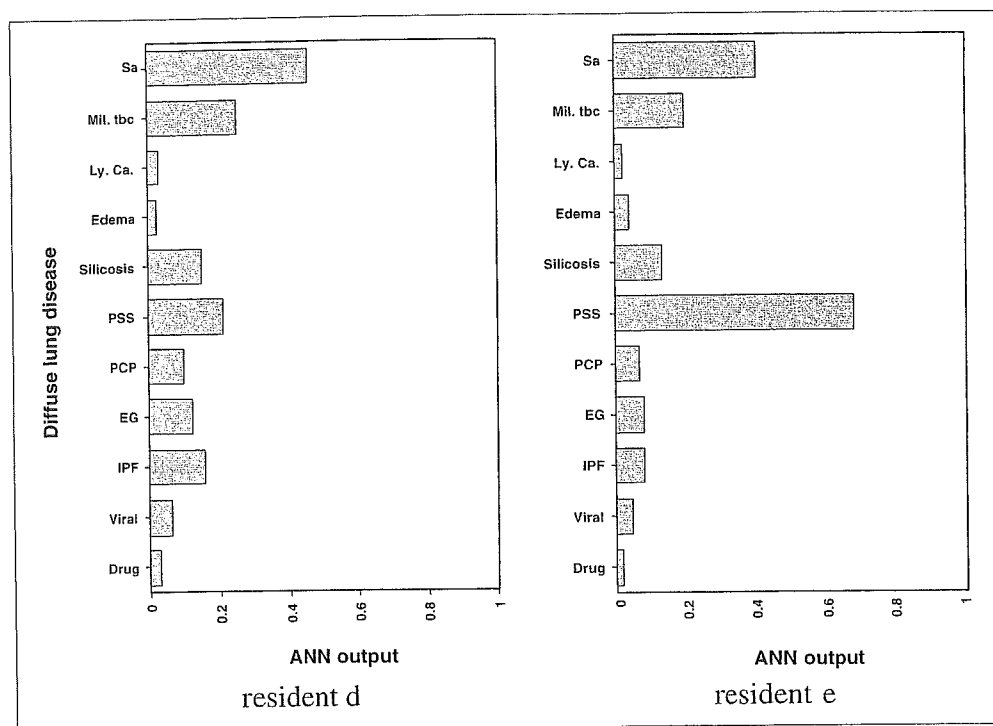


Fig. 2 読影者に提示されたサルコイドーシスの症例に対するニューラルネットワークの出力結果  
左：レジデントd  
右：レジデントe

ratingに基づくニューラルネットワークの結果(Fig. 2)を提示して読影実験を行い、ニューラルネットワークの出力が、読影者にどのような影響を及ぼすかを検討した。読影者は、最初に臨床データと単純写真を観察して、各疾患に対する確信度を線上(左端は確信度ゼロ、右端は確信度100%)にマークする。その後、読影者は、ニューラルネットワークの出力結果を提示され、これを参考にして確信度を変更することができる。読影者の鑑別診断に関する能力も、ROC解析を用いて定量的に評価された。読影者の診断能を示すAz値は、ニューラルネットワークの結果を利用することで、放射線科医で平均0.894から0.920に、レジデントで平均0.852から0.907に改善された。この差はいずれも統計学的に有意なもので( $p=0.019$ ,  $p=0.0026$ )、読影者の診断能は、ニューラルネットワークの結果を利用することで改善されることが示された。このことから、読影者がニューラルネットワークの結果を“第2の意見”として利用すると、ニューラルネットワークがびまん性肺疾患の鑑別診断において有用であることが確認された。

具体的なデータベースやデータの入力方法、学習、テストの方法および読影実験の詳細に関しては文献1)～3)を参考にされたい。

## 2. 高分解能CT

### 2-1 ニューラルネットワークの構造および診断能

高分解能CTにおけるニューラルネットワークの構造は、33個の入力ユニットと11個の出力ユニットで構

成されている。入力層には、10個の臨床データ(年齢、性別、呼吸器症状(持続期間・程度)、体温、免疫状態、悪性疾患の既往歴、喫煙歴、粉塵曝露歴、薬剤使用歴)と23個の高分解能CT所見(肺野病変の広がり1項目、分布4項目、性状15項目および肺野以外の所見3項目)を含んでいる。出力層には、代表的な11個のびまん性肺疾患(サルコイドーシス、癌性リンパ管症、びまん性汎細気管支炎、珪肺、粟粒結核、UIP (usual interstitial pneumonia)、NSIP (non-specific interstitial pneumonia)、BOOP/EP (bronchiolitis-obliterans organizing pneumonia/eosinophilic pneumonia)、肺胞蛋白症、カリニ肺炎/サイトメガロ肺炎、リンパ脈管筋腫症)を選択した。高分解能CTの所見に関しては、4名の胸部放射線科医と4名の一般放射線科医が各ユニットの特徴量に対して、5段階で主観的にratingを行った。

ニューラルネットワークの診断能は、ROC解析を用いて定量的に評価した。各放射線科医のratingを用いた、ニューラルネットワークの鑑別診断の能力を示すAz値は、胸部放射線科医で平均0.960(0.952～0.969)、一般放射線科医で平均0.952(0.946～0.956)という高い値が得られた。

### 2-2 読影者の診断能

前述の8名の読影者に対して、おのおののfeature ratingに基づくニューラルネットワークの結果を提示して読影実験を行い、ニューラルネットワークの出力が、読影者にどのような影響を及ぼすかを検討した。

すなわち、読影者が高分解能CTと臨床情報のみで診断を行った場合と、高分解能CTと臨床情報に加えてニューラルネットワークの出力値を提示した場合の診断能を比較した。読影者の診断能を示すAz値は、ニューラルネットワークの結果を利用することで、一般放射線科医で平均0.958から0.971( $p<0.001$ )に、胸部放射線科医で平均0.986から0.992( $p=0.071$ )に改善された。このことから、読影者がニューラルネットワークの結果を“第2の意見”として利用する場合、特に経験の少ない医師において有用であることが確認された。

本法の詳細に関しては文献4)、5)を参考にされたい。

### 3. 本法の克服すべき課題や今後の展望

ニューラルネットワークは、胸部領域に限らず多くの画像診断の分野で応用されている。これは、ニューラルネットワークが、与えられた多数の症例のパターンを利用することによって、入力と出力との複雑な関係を学習することができるという特徴を利用したものである。しかし、このことは、ニューラルネットワークの特性がデータベースに依存することを示している。現時点で、ニューラルネットワークの診断能が比較的高い理由の一つとして、データベースの症例数が多くない点が挙げられる。したがって、学習パターンに多様性を持たせ、あらゆる症例に対応できるデータベースの構築が必要になる。そのためには、多施設共同研究が必要と考えられる。また、入力ユニットの数の最適化<sup>6)</sup>や、読影時に得られない臨床データへの対

応、11以外のびまん性肺疾患への対応などが課題として挙げられる。さらに、画像所見に関しては、コンピュータによる自動抽出の可能性があるが、自動CADシステムの方向性も検討していかなければならない。

読影者側の課題としては、特に経験の少ない読影者が、ニューラルネットワークの偽陽性や偽陰性の結果に影響を受けやすいことが挙げられる。経験ある医師にとって、これらと真の病変との鑑別は困難でないが、経験の少ない読影者ではむしろ悪影響を及ぼす可能性がある。このためには、ニューラルネットワークのアルゴリズムのさらなる改良が必要であるが、一方で、読影者がニューラルネットワークの結果を“第2の意見”として有効に利用できるようなトレーニングを行うことが重要と思われる。CADはあくまでも読影支援であって自動診断ではなく、それを利用し最終診断を下すのは医師である。したがって、医師がニューラルネットワークの能力、特性を十分理解し、ニューラルネットワークとのよりよい連携・信頼関係を築きながら、正しく利用していく必要がある。

### 謝 辞

本研究は、シカゴ大学カートロスマン放射線像研究所および長崎大学で行われた。研究にご協力およびご指導いただいたシカゴ大学の土井邦雄先生、阿部祐之先生、日本文理大学の桂川茂彦先生、広島国際大学の石田隆行先生、長崎大学の林 邦昭先生、福島 文先生、その他医局員の先生方に深謝致します。

### 参考文献

- 1) Ashizawa K, Ishida T, MacMahon H, et al.: Artificial neural networks in chest radiology: Application to the differential diagnosis of interstitial lung disease. *Acad Radiol*, 6(1), 2-9, (1999).
- 2) Ashizawa K, MacMahon H, Ishida T, et al.: Effect of an artificial neural network on radiologists' performance in the differential diagnosis of interstitial lung disease using chest radiographs. *Am J Roentgenol*, 172(5), 1311-1315, (1999).
- 3) Ashizawa K, Hayashi K, Ishida T, et al.: Usefulness of a decision support system using artificial neural network for differential diagnosis of interstitial lung disease on chest radiographs. *Radiology*, 59, S47, (1999).
- 4) 福島 文, 芦澤和人, 木村正剛, 他: 高分解能CTでのびまん性肺疾患の鑑別に対するartificial neural networkの応用. *臨床放射線*, 48(1), 137-142, (2003).
- 5) Fukushima A, Ashizawa K, Natsuyama N, et al.: Effect of an artificial neural network on radiologists performance in differential diagnosis of diffuse lung disease on high-resolution CT. *Eur Radiol*, 13, S430, (2003).
- 6) Abe H, Ashizawa K, Katsuragawa S, et al.: Use of an artificial neural network to determine the diagnostic value of specific clinical and radiologic parameters in the diagnosis of interstitial lung disease on chest radiographs. *Acad Radiol*, 9(1), 13-17, (2002).



## 8. 胸部コンピュータ支援診断 (CAD) システムにおける技術的課題

桂川 茂彦

日本文理大学工学部情報メディア学科

### はじめに

胸部単純写真の分野でも、結節状陰影の検出や経時的差分画像を用いた病巣の経時変化の検出などを目的としたCADシステムの商品化が始まった。しかし、初期の段階であるために、解決しなければならないいくつかの技術的課題も抱えている。システムの性能をさらに改善することや、コンピュータの分析結果を医師に伝達する効果的な方法などの開発は怠ることはできないのは当然である。しかし、CADシステムの入力画像を自動認識する技術の開発は、CADの実用化拡大のためには急務と考えられる。なぜなら、ファイリングシステムやPACSの環境で多数の症例を取り扱うような臨床の現場では、CADシステムの入力を人間が行うのは困難であり、何よりも、CADシステムの入力画像の撮影部位や撮影方向が分からないと、特定の病巣検出のアルゴリズムが適用できないからである。ここでは、胸部単純写真の撮影部位の自動認識、胸部単純写真の撮影方向の自動認識、さらに、経時的差分画像で必要とする患者の自動認識について概要を述べる。なお、以下で解説する認識技術は、土井邦雄(シカゴ大学)と、川下郁生(広島国際大学)、有村秀孝(シカゴ大学)、杜下淳次(京都医療技術短期大学)、筆者との共同研究による成果である。

### 1. システムの入力画像の認識とテンプレートマッチング

現在のCADシステム<sup>1)</sup>は、特定の撮影部位の、特定の撮影方向の画像における、特定の病巣を対象とした検出アルゴリズムを持っている。したがって、Fig. 1に示すように、胸部CADシステムの入力画像には、ネットワークを介して転送されてきた画像の撮影部位と撮影方向をまず認識する必要がある。さらに、経時的差分画像では同一患者の過去と現在画像の間で差分画像を作らなければならないので、同じ患者か、あるいは異なる患者なのかを認識させる必要がある。最近では、患者名、撮影部位および撮影方向に関する情報は、画像ヘッダーに記録されているが、誤入力されている場合もあるので、入力画像の認識技術が必要とされる。

ここで述べる入力画像の自動認識に、共通して使用されている技術はテンプレートマッチング<sup>2)</sup>である。テンプレートマッチングとは、認識したいカテゴリを代表する画像(テンプレート)を、カテゴリの数だけ前

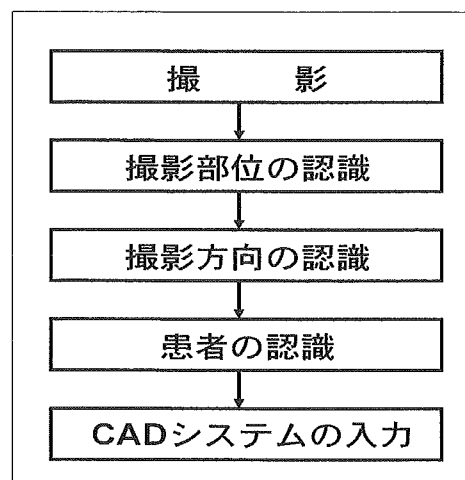


Fig. 1 CADシステムの入力画像に対する自動認識過程

もって用意しておき、テスト画像と最も類似性の高いテンプレートのカテゴリを、テスト画像の分類結果とする方法である。ここでは類似性の指標として、画像のピクセル値を直接使って相関値を計算している。相関値は-1から+1の範囲の値で得られ、二つの画像が類似しておれば+1に近い値となる。なお、テンプレートマッチングでは、ピクセルごとの演算が含まれるので、演算速度を上げるために、テスト画像とテンプレート画像のマトリクスサイズを縮小して計算するのが一般的である。

### 2. 撮影部位の認識

単純写真の撮影部位を、胸部、腹部、骨盤、四肢/胸椎の四つのカテゴリに分類する手法を開発している。それぞれのカテゴリを代表する複数のテンプレートを用意しておき、テスト画像とテンプレート画像との相関値を計算して、最も大きな相関値が得られるテンプレートが属するカテゴリを分類結果とする。テンプレートは各カテゴリに含まれるいくつかの画像を平均して作成する。また、体格などを考慮して数多くのテンプレートを揃えておく方が、分類結果は良くなることも分かっている。さらに、テスト画像が明らかな部位の場合は即座に判定するが、不確かなテスト画像は“不明”のまま残して、次のステップで、テンプレート画像を追加して判定を行うようにしている。胸部873、腹部184、骨盤98、四肢/胸椎135、合計1290症例に対する、コンピュータによる自動分類の結果をTable 1に示す。誤りは2症例だけで、99.8%の高い正

Table 1 デジタル単純写真における、コンピュータによる撮影部位の自動分類結果

撮影部位	症例数	正しく分類された症例数(%)	誤って分類された症例数
胸部	873	872 (99.9%)	1
腹部	184	183 (99.4%)	1
骨盤	98	98 (100%)	0
四肢/胸椎	135	135 (100%)	0
合計	1290	1288 (99.8%)	2

確さで撮影部位の認識ができていていることを示している。

### 3. 撮影方向の認識

胸部単純写真の正面と側面画像を区別する手法を開発した<sup>3, 4)</sup>。やはり、正面と側面を代表するテンプレート画像を揃える。また、体格ごとにテンプレートを用意したり、片肺しかないような画像のテンプレートも揃えておく。このように、テンプレートマッチングでは、カテゴリを代表するテンプレートをいかに多く揃えられるかがキーポイントになる。正面(PA) 47377, 側面15414, 合計62791枚の胸部単純写真に対する撮影方向の認識結果をTable 2に示す。誤ったのは正面1例, 側面2例だけで、全体では99.99%の正確さで撮影方向が認識できたことになる。

### 4. 患者の認識

PACS環境での患者IDや患者氏名の誤入力、重大な医療ミスへつながる恐れがある。また、現在画像から過去画像を引き算することによって、新しく発生した病巣陰影や、既存の病巣陰影の変化だけを強調する経時的差分画像法<sup>5, 6)</sup>では、現在画像と過去画像の患者が同一であることが必要条件である。そこで、撮影されたばかりの胸部単純写真(現在画像)が、患者ID番号で特定された患者のホルダーに送られてきたときに、ホルダー内にすでに存在している過去画像と類似性を調べて、異なる患者と判定したら警告を発するような方法を開発した<sup>7, 8)</sup>。同じ患者か異なる患者かの判定には、相関値のヒストグラムから決められたしきい値を使う。データベースに含まれる同じ患者1000組と、異なる患者1000組から求められた、現在画像と過去画像の相関値のヒストグラムをFig. 2に示す。図から同じ患者と異なる患者のヒストグラムの分布はかなり分離していることが分かる。例えば、しきい値を相関値0.8に設定すれば、現在画像と過去画像の相関値が0.8以上であるときには同じ患者と判定し、0.8以下だと異なる患者と判定して、警告を発することになる。データベースに含まれる同じ患者1000組と、異なる患者1000組、合計2000組に対する患者認識の結果を

Table 2 デジタル胸部単純写真における、コンピュータによる撮影方向の自動分類結果

撮影方向	症例数	正しく分類された症例数(%)	誤って分類された症例数
正面	47377	47376 (99.99%)	1
側面	15414	15412 (99.99%)	2
合計	62791	62788 (99.99%)	3

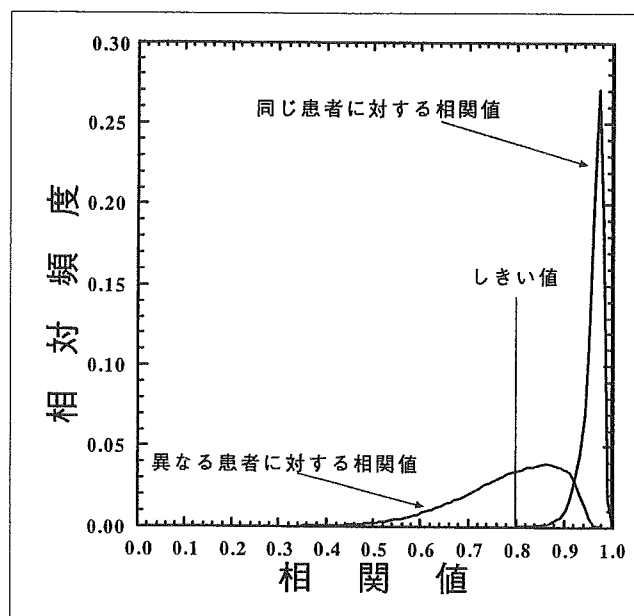


Fig. 2 同じ患者および異なる患者に対する、現在画像と過去画像の相関値のヒストグラム

Table 3 データベースに含まれる1000組の同じ患者および1000組の異なる患者に対する、コンピュータによる患者自動認識の結果

相関値のしきい値	異なる患者に対する正しい警告の比率	同じ患者に対する誤った警告の比率
0.80	47.8 %	0.0 %
0.85	66.8 %	0.4 %
0.90	85.7 %	2.0 %
0.95	99.2 %	20.2 %

Table 3に示す。相関値のしきい値が0.8の場合、同じ患者に対して誤った警告を発することなく、47.8%の異なる患者を正しく検出して警告を発したことになる。

### おわりに

胸部CADシステムの入力画像に対する、撮影部位と撮影方向、さらに、患者の自動認識の方法について概説した。デジタル画像撮影装置と病院内ネットワークの発達と相俟って、CADシステムはこれから本格的に実用化が始まると思われる。したがって、CADシステムの入力画像の正確な認識は、システムの実用化にとって重要な技術になると思われる。

## 参考文献

- 1) 土井邦雄：コンピュータ支援診断(CAD)：基礎概念，現状，および将来の可能性．日獨医報，48(1)，8-20，(2003)．
- 2) 高木幹雄，下田陽久監修：画像解析ハンドブック．pp.707-712，東京大学出版会，東京，(1991)．
- 3) Arimura H, Katsuragawa S, Li Q, et al.: Development of a computerized method for identifying the posteroanterior and lateral views of chest radiographs by use of a template matching technique. *Med Phys*, 29(7), 1556-1561, (2002)．
- 4) 有村秀孝，石田隆行，桂川茂彦，他：テンプレートマッチング技術を用いた胸部X線写真の撮影方向と画像の向きを認識する方法の開発．日放技学誌，58(8)，1047-1054，(2002)．
- 5) Ishida T, Katsuragawa S, Nakamura K, et al.: Iterative image warping technique for temporal subtraction of sequential chest radiographs to detect interval change. *Med Phys*, 26(7), 1320-1329, (1999)．
- 6) Katsuragawa S, Uozumi T, Kakeda S, et al.: Clinical usefulness of temporal subtraction technique for detection of interval changes on digital chest radiographs. *Proc CARS*, 689-694, (2002)．
- 7) Morishita J, Katsuragawa S, Kondo K, et al.: An automated patient recognition method based on an image-matching technique using previous chest radiographs in the picture archiving and communication system environment. *Med Phys*, 28(6), 1093-1097, (2001)．
- 8) 杜下淳次，桂川茂彦，小田敏弘，他：画像のテンプレートマッチングによる患者自動認識の初期臨床評価テスト．信学技報，101(581)，111-114，(2002)．



# 『乳癌の現状とマンモグラフィ検診』

—本当に役立つ検診の条件—

医学博士 遠藤登喜子先生

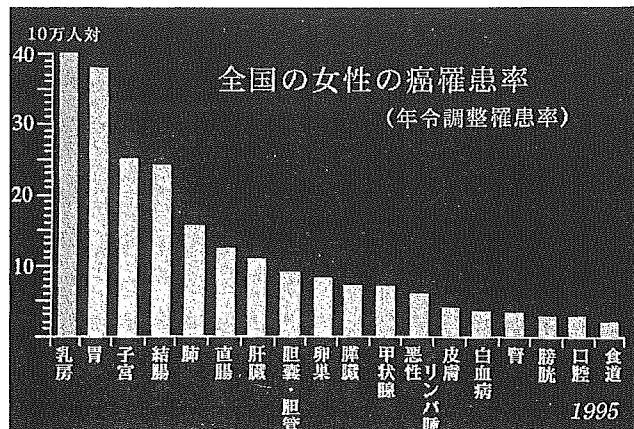
青木先生：

遠藤登喜子先生のご略歴を簡単にご紹介致したいと思いますが、名古屋大学をご卒業後、愛知県がんセンターに勤務されまして、その後名古屋大学にお帰りになり、講師、助教授を経て、現在国立名古屋病院の放射線部長と共に、名古屋大学の医学部の臨床教授を勤めていらっしゃいます。たいへんすばらしい能力のある方で、ご存じのようにたくさんの役職を兼ねておられます。特に申し上げたいのは、マンモグラフィの検診精度管理中央委員会の委員長を今務めていらっしゃいますし、また厚生省、現厚生労働省の癌研究助成金による50歳未満の適正な乳癌検診のあり方に関する研究班の班長をしておられます。申すまでもなく乳癌検診の精度管理とは非常に重要であり、先生は日本中の検診体制を指導されておられます。今日はそういう豊富なご経験からいろいろお話をお聞きできるかと思います。それでは、先生どうぞよろしくお願いいたします。

遠藤先生：

どうも青木先生、ご紹介ありがとうございます。皆様こんにちは。遠藤でございます。今日は皆様に、このような席でお話ができるということで、たいへんうれしく思っております。今日は、乳癌、それも乳癌死を減らすために検診が役に立つ、でもどういう検診が良いのか、ということをお話させていただこうと思っております。

それでは、まず乳癌がどのような位置づけにあるのかということを皆様にお話させていただいて、乳癌が本当に重大な病気なんだということに確信を持っていただきたいと思います。これは、1995年のデータでありまして、もうだいぶ前になります。ですけども、従来、乳癌が増えてると言われていたんですけども、まだまだ胃癌とか子宮癌よりもずっと少ないのではないかとおられておりました。とこ



ろが1995年のデータを検討していきますと、女性に限って、男性の乳癌は非常に少ないものですから、女性に限って癌の罹患率を見てみますと、実は95年には乳癌が一番多い癌になっていたということが分かりました。乳癌が一番多い。つまり癌が心配という声があったら、最初に乳癌を調べて下さいというのが、正しい助言だということになります。保健師の皆様方には、女性が癌にかかる頻度というのを、最初に頭に浮かべていただけると良いのではないかなと思うのです。それから胃癌です。それから子宮癌、結腸癌、そういう順番に頻度が高い訳です。でも乳癌は、助かるから良いのではないのかというような意見もありました。今でもあります、当然です。

1950年から98年までに乳癌で亡くなられた方の人数は、急激に増えておりまして、98年の段階で8,600人に近いです。もう今は、9,000人です。交通事故の死亡が10,000人を切っています。男性女性と分けると、その半分づつとして5,000人くらいと考えると、女性では交通事故で亡くなられる方よりも、乳癌で亡くなられる方の方が多いという単純な計算になります。普通の癌といいますのは、年をとればとるほど、死亡が多くなってくるものが多いのです。ところが、乳癌に限って言いますと、30歳から64歳とい

う、一家の中心的な存在、主婦ですが、そのような年齢層の方に乳癌で亡くなられる方が一番多い。とっても大変な癌だということが分かります。

乳癌死というのは、女性にとって、女性に限らず、男性から考えてもパートナーが乳癌になる、乳癌で死んでしまうかもしれない。ということでもっとも大変なことです。乳癌を減らすこと、乳癌死を減らすことができるかどうか。もし死亡を減らす対策がたてられるような病気であれば、それに積極的に取り組むことは意義があることになります。乳癌にならないこと。次に乳癌になっても死に至る可能性、つまり命を取られるという可能性が低いうちに発見することができるかどうか、そういう手段があるかどうか、です。まず最初、乳癌に罹患しないということです。今の社会的な状況では、これを予防する確かな方法は、残念ですけど無いと言われております。せめてもの抵抗と言いますか、少しでもリスクを減らすと言う意味では、「太りすぎない。」これが一番良い方法だと言われてしています。でも現にスマートな方も乳癌になります。100%有効な方法という位置づけには、残念ですけどなりません。

ということで次の死に至る可能性が低いうちに発見する方法があるのかどうかということです。発見できるのかどうか。この部分が検診に関連してまいります。検診として良い方法があるのかどうかということです。

次に「でも、癌になっても助かるんでしょう。今お薬もあるしよく効くのではないのですか。助かるのではないですか。」という疑問があるかと思えます。良い治療法の問題、例えばリンパ節に転移した、あるいは骨に転移した、そういう段階でお薬で完全に治しきってしまうことができるかどうかです。確かに乳癌のお薬というのは非常に良く効きます。ほかの所の癌に比べますと、もう全然常識が違うぐらい。再発をしたと言われても、お薬が効きますと、もう何年も何年も、ずっと健康的な感じで、もちろん本人のストレスはすごく大きいと思うのですが、生活することができます。でも完全に治しきってしまうというお話をできる方は、どこにもいらっしゃらないというのが現状なんです。となりますと、乳癌で死なないというためには、死に至る可能性が低いうち、つまり本当に小さいうち、早いうちに発見するということ。そして適切な治療を行うという所に力を集中するのが良いということになります。

逆に本当に早いうちに発見すれば、助かるのかしらという疑問もあるかと思えます。ステージのⅠ期

というのはしこりが2 cm以下のものです。Ⅱ期というのは2～5 cmのもので、リンパ節の転移がちょっとあるというものです。ということで、順番にステージが進んで行くに従って、進行しているわけです。そのような病期の考え方から言いますと、非浸潤癌、それから触らないようなもの、こういうものは、ほとんど助かる。95%くらいの生存率です。早ければ早いほど、その後の心配が少ないということがこれではっきりと分かります。他の癌に比べるとかなり生存率が良いのですが、それでもⅢ期、Ⅳ期と言うとⅡ期と比べるとがたっと落ちますので、やっぱり小さいうち、しこりを触っても小さいうちに見つけなければいけないことになります。ということで、早期発見が一番良いということで、いろいろな方法が検討されてまいりました。乳癌というのは、今、日本でやっとうややって大騒ぎになっているのですけれども、欧米ではもう断然一番に多い女性の癌で、それは重大な社会的な課題となっています。日本での頻度は、28～30人に1人が乳癌になると言われています。欧米では7～8人に1人が乳癌になるという数ですので、欧米ではすごく重大な病気なんです。ですから欧米では、乳癌を早く発見するということが大きなテーマとして検討されてまいりました。その結果、マンモグラフィが最も有効な手段であるという情報が欧米から出てまいりました。

日本でも、昭和62年から老人保健法によって乳癌が検診に取り入れられております。その時には、視触診ということでやって来たわけです。10年経って、久道班が検診の有効性評価ということを行いました。本当に役に立つ検診なのかということを検討したわけです。報告をいっぱい集めて検討されました。視触診では、5年の生存は良かったのですが、10年になったらあまりはかばかしい成果ではない。死亡リスクの減少という観点から言うと、効果がはっきりはしないという結論になりました。視触診だけでは駄目ということで、視触診に何か加えてやらなければいけないのではないかとということで検討されたものが、マンモグラフィなんです。先ほど言いました、欧米の方で行われてきた無作為比較対照試験によるいろいろな論文を見てみますと、50歳以上では統計学的な有意差を持って、死亡率減少効果があるという結論が出されました。ですから日本でもマンモグラフィを取り入れた方が良さだろうという姿勢になってきた訳です。

欧米におけるRCT研究の成果から死亡率の減少効果を見てみると、50～74歳では、圧倒的に効果が

あるものがほとんどになっております。たまに、良くない検診もあるのですが、成果がある所と何が違うのかということも検討されております。

そのような報告がありまして、1999年の7月29日に、当時厚生省老人保健担当者会議で乳癌検診にマンモグラフィ併用方式、併用ですから視触診にマンモグラフィを付けましょうということです。これを漸次導入することを推奨するという方針が出されました。この漸次導入というところがまた1つのポイントですね。先ほどの成果、各地の成果で、効果があるところと無いところの違いは何かと言いますと、検診に使うマンモグラフィの精度です。画質とか読影の仕方とか、そういうところ。そういうものに配慮が十分行き届いているかどうか、が必要であります。

マンモグラフィを使いましょうと言っても、マンモグラフィを持っていないところもあります。マンモグラフィがあると言っても、おっぱいの形が分かるだけのマンモグラフィをマンモグラフィと言っているところもあります。マンモグラフィというX線写真で私たちが読みたいところは乳腺の中なのですね。乳腺の中が分かる写真が良い写真、ということで、良いマンモグラムが撮れるところでなくてはいけなし、また良いマンモグラムを読むためには、読影環境を整備しないといけない。すごく明るいところではマンモグラムは読めないのです。そういう読影環境もあるし、そしてトレーニングされた医者も必要です。良いマンモグラムを撮るためにはしっかりと教育されトレーニングされた診療放射線技師がいる。そういう多くの条件がいる訳です。

こうした下準備をしていって、ようやく2000年3月31日、平成12年度の最後の日に「癌予防重点健康教育および癌検診実施のための指針 老健第65号」という通達が出されました。この通達の中には書いてあることを守りながら検診を進めて下さいということが書いてあります。

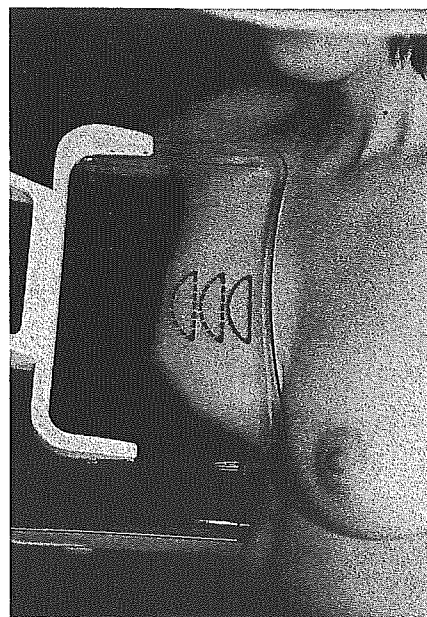
マンモグラフィを使う検診にとって1番大切なことは、ちゃんとしたX線撮影装置、乳房用のX線撮影装置があることです。それが要求される仕様基準をきちんと満たしていて、そしてX線をかけすぎないこと。3ミリグレイ以下という線量を守って、なおかつ画質基準を満たしていなさいということが最初に書かれてあることです。

実際にご自分で（マンモグラフィ検査を）受けていらっしゃる方は、どんな機械でどんなふうに撮るのかというのは分からないと思いますので説明

します。乳房のX線写真を撮る装置をマンモグラフィと言います。おっぱいって胸の所に付いています。ぺたっと付いる方も大きい方もいらっしやいます。おっぱいを、このまま前の方から撮ってしまうと乳房の中って分からないのです。乳房をひっぱり出して乳房だけを写真にしないと中が分からない。でも乳房を見ると高さがあります。一枚の写真の中にすごく厚いところと、ほとんど無いところがと出来てしまうわけです。それではX線が通ってもその中が分かる写真にならないのです。ということでおっぱいをぺっちゃんこに同じ厚さにするというのが必要になります。そのために、台があって、中にフィルムを入れたカセットというものをに入れてX線写真を撮るのですが上のほうにはプレートがあり、これでおっぱいを押さえて平らにするのです。

プレートでおっぱいをぎゅーと押さえ平らにして均一な厚さにし、写真を撮ります。X線が頭の方から足の方へ出ますので、頭尾方向撮影と言います。

検診で一番中心的に使われる撮影方向が、斜めに撮る方向です。内側、つまり正中の方から、外側に向かってX線が通って行くように、斜めに撮ります。これが基本なのです。これを内外斜位方向、内側から外側の方向へ向かってX線が出るのですが、まっすぐではなくて斜めになっているということで、



内外斜位方向と言います。この方向が一番乳腺の全体に近い、多くの領域が1枚の写真の中に入る、撮れる。そういうことでこの方向が推奨されているわけです。検診には、この方向を基本として、先ほどの頭尾方向

撮影を追加しても良いというふうに書いてあります。内外斜位方向が基本なのです。後は予算とかで決めましょう。当然2方向撮った方が発見率が高いわけですが、そこにかかるお金と効果を考えるわけです。町や市の予算全体から考えて何人に検査が

できてどのくらい癌の発見が期待できるかということ  
で2方向撮れるか、1方向で我慢してもらうか  
ということが決まってくるかと思えます。

どんな写真になるかということ、脂肪が真っ黒け、  
皮膚の線がほとんど分からないような写真が、乳腺  
の中が分かる写真になります。内外斜位方向ですの  
で、端に大胸筋が入ってきます。乳腺がほとんど全  
部入って、後ろ側の脂肪も入るとするのが良い写真

になります。

左の乳房と  
右の乳房を背  
中合わせにし  
て比べながら  
読みます。比  
べながら読む  
というのは、  
すごく小さな  
ものとか、す  
ごく淡いもの  
とかいう、早  
期の癌を発見  
するためです。

片方だけのお

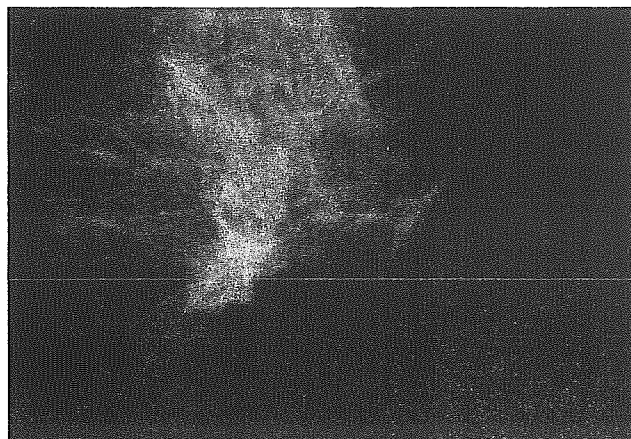
っぱいだと正常かなと思うような所見が、実は異  
常だということがあるのです。ですから左右の乳房  
を背中合わせにして読みます。良い写真というのは  
乳腺が全部入っており、上の方は腋下、下の方はお  
腹の上の方が写っています。そのような写真を撮り  
なさいというふうに指導がされています。

次はどんな所見を読むのかということです。皆様  
にも分かっていただきたいと思います。乳癌の  
所見として、私たちが見ているもの、何を探してい  
るかと言いますと、まず腫瘍です。かたまり、mass  
ですね。それから石灰化です。石灰化というのは乳  
管、ミルクを作る腺ですがそのミルクを作る腺の中、  
この中にある癌が腐ってそこに石灰化ができたり、  
あるいは、乳管の上皮が癌になったために中の成分  
が変わって、そこに石灰が出てくる。ということで、  
とっても細かい所見ですけども、白いぼつぼつと  
して見えるものです。それから腫瘍でもない、石灰  
化でもないけれども、乳腺が普通ではない、ねじれ  
とか、ゆがんでいる、そういう所見。あるいは右に  
は無い淡い陰影が左にある、そういう所見です。構  
築の乱れとか、局所的非対称性陰影という表現をす  
るのですけれど、こういう所見で癌を探すわけです。

では、実際にどのようなものか紹介したいと思ひ

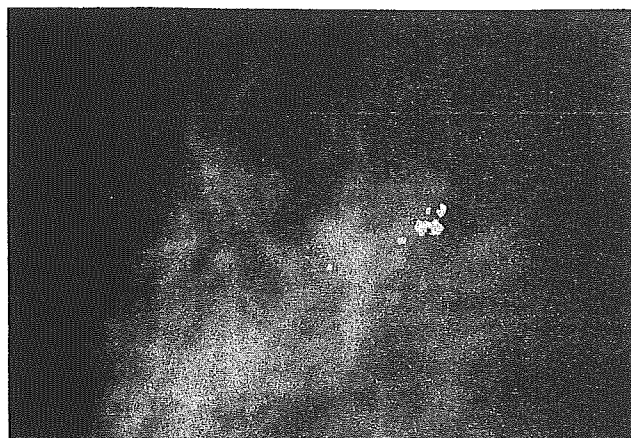
ます。腫瘍です。乳腺よりも濃度が高くて、周りを  
ぎゅっと引っ張っているような所見がありますね。  
これは腫瘍の1つの形です。

丸い大きなぼちぼちがあります。石灰化ですけれ



ども、この石灰化は心配のいらぬ石灰化です。

もっともっと小さい白いぼちぼち、小さな点があ  
ります。この白い点々を見ると、これはいかんと言  
うことになるわけです。これが癌の石灰化の所見で  
す。



次に構築の乱れ。これが難しいのです。小さい構  
築の乱れは、なかなか見つけにくい。乳腺がいつば  
いある方というのは特に分かりにくい。よく見てい  
くと、乳腺の流れるような方向性が一方にはない。  
しかしもう一方にはある。これはおかしい。これが  
構築の乱れです。腺が集中している。乳管の中には  
悪いもの、癌がありました。この周りをぎゅっと引  
っ張ったような構造、これを構築の乱れと言います。  
でもこういう小さな構築の乱れですと、とても早い  
癌なんです。こういうのを探したい。

石灰化。小さくて、ほんとうにそれで癌が分かる  
の？っていう疑問が出てきますよね。どうして乳癌  
に石灰化が起きるのかということも不思議でしょう。  
それで石灰化とは、どんなものかなってことを説明



しましょう。

まず皆様には乳腺の構造を理解して欲しいと思うのです。授乳経験のある方はお分かりだと思うのですが、赤ちゃんにおっぱいをちょっと吸わせたとき、赤ちゃんが口を離すとミルクの噴水が1本ではなくて、びゅーっと何本も走ります。乳管というのは1本ではなくて、だいたい15～25本くらいあります。人によって違います。この1本1本に対応して、樹枝状の構造があると言われております。横の樹ともちょっと繋がりががあるというふうにも言われています。この構造の一番末梢の、奥の方が小葉という単位になるわけですが、この管の中の上皮、ここから異常が発生すると言われています。この異常が、外側の方に向かって発育する場合と、この樹枝状、樹のような構造の内側をずーっと走って、内側全部を癌に変えていく発育のし方があるんです。横の方に行くのが乳管内進展、外に出てしまうのが浸潤と言います。

一番奥の所から乳管の中をずーっと癌に置き換えて行ってしまうと、すごく膨れた乳管の中にずーっと癌が発育するような形になります。ここの乳管の中にスペースが出来たり、あるいは、中の癌が腐ったりする。

悪性石灰化、癌の石灰化というのは、乳管の中に充満した癌の病巣に生じます。それで1本の乳管系にあると考えられる細長い石灰化は、それだけで悪性ということが言えるわけです。

大きさはと言いますと、大きい方は5mmぐらいの大きさまでありますが、普通はもっと小さい。非常に小さい、細長い淡いものもあります。癌による石灰化だけでなく、良性の病気、乳腺症のようなものでも石灰化ができますので、良性の石灰化か悪性の石灰化か、区別をするために、石灰化の形、これを見ることが大切なんです。0.5mmよりも小さな石灰化の形を見なければいけない。それですごく精密な写真があるわけです。

乳管の中に癌が出来、充満してゆくと細長い石灰化になりますが、小葉という1番突き当たりの所に出来る石灰化は丸っこかったり、沈殿したりします。小葉にある石灰化は、割と良性のものが多いです。形を見なければいけない。こっちは丸っこい、こっちの方は細長い。ところが癌でも丸っこいのがあったりするので、だから乳腺の全体像が分かる写真も撮らなくてはならない。分布を見るためです。

そういう細かい石灰の形が分かる、読める写真。あるいは小さな捻れたようなところが分かる写真を

撮るためには、乳房撮影専用装置、これがあることになります。そういう理由で、乳腺用には特に厳しく装置の指定があると理解して下さい。

誰でもそういう良い機械を買ってあげたら、良い写真が撮れるのでしょうか、と言いますと、決してそうではありません。X線撮影装置が良いことが一番基本なんですけれども、どのような技術をもってその機械を使うのか、患者さんの、受診者のおっぱいをどういうふうに撮影台に乗せ、引っ張り出して、たくさんのところを写真にするか、それを手技と言いますが、それが大切なんです。あるいは日々の管理、品質管理です。こういうこと全てに配慮しないと、良い写真はすぐに悪い写真になってしまう。とっても微妙なものなんです。そのために日々の努力が、必要な技術を修得するということが必要なのです。

そのために、診療放射線技師さんには、講習、撮影技術の講習が行われております。ポジショニング、これは技術のほうです。それから線量を測定するか、管理すること、あるいは良い画像とはどんなものかということ勉強する。それから機械の管理をする。今ちょっとだけ紹介したようなマンモグラフィの所見をきちんと理解していないと、自分が良い写真を撮っているのか、あるいはまだまだ不十分なのか分からない。ですから読影に関しても勉強してもらおう。この前あったことですが、ある病院で写真をファントムという、後で紹介します、器具の写真を撮った。その病院で現像した場合と、他の病院へ持って行って現像した時と、同じ撮影条件で曝射、撮影したにもかかわらず、出来上がりの画像が、濃度が全然違う。そういうことがあるんです。現像機の管理が必要ということがわかります。このようにいろいろなことを勉強してもらっております。

講習では、基本講習プログラムというのが決められています。これはどういうものかということ、マンモグラフィ検診精度管理中央委員会という組織が、乳癌の診療に関連する学会の合同組織として作られており、これを精中委と略します。この精中委が行っております読影あるいは技術の講習会、これを受けていることが必要ということなんです。

この精中委の中には、教育研修委員会と施設画像評価委員会の2つの委員会があつて実務を行っております。さっきから講習を受けていなければいけないという話があるのですけれども、その講習というのは、教育研修委員会が行っております。ではその講習を受けて、資格を取った。で写真を撮った。そ

の写真が本当に良い写真なのかどうか、誰かに保証してもらわないと独りよがりになっているかもしれないということもあります。よい画質を保っているかどうか、画質を評価する、それが施設画像評価委員会なんです。

画質の評価は、どんなことをしているのかを紹介したいと思います。まず施設に対してそこで使っている撮影装置、フィルムと増感紙の組み合わせ、自動現像機、それから毎日、あるいは毎月、あるいは毎年の品質管理をどんなふうにしてますかということを質問するのです。次に実際の画像を出してもらいます。ファントム画像、試しをするための器具なんですけれども、そのファントムの画像と臨床の画像3種類、それからガラス線量計でX線がどのくらいかかっているのかを測定致します。このあと、システムの管理をきちんとしていますか、癌登録をしますかとか、追跡調査、記録がありますかというようなことをお聞きするということをしております。

さて、ファントムと言ってますけれども、ファントムってなんでしょ？ということなんです。四角い箱です。四角い箱で、密度が丁度乳腺の実質の吸収値になるくらいにしてあるわけです。そしてその中に、線維、それからつぶつぶの石灰、それから腫瘍、こういうようなものに模したものが入っております。これが4本3群3個しっかり見えないといけません。見えない写真ではいけませんという基準があるのです。

今のは、ACR推奨156ファントムと言われているんです。それを撮影する条件も決まっています。撮影条件が違いますと、全く違う画像になりますから、決められた条件で撮ってもらって、点数を付けます。またこの白いところとその横の濃度差の最低値は以前は0.35でしたが、最近0.4になっております。0.4以上のコントラストがないといけません。

次に臨床画像なんですけれども、3種類の臨床画像を出していただいて、画質で60点、ポジショニングで24点、フィルムの取り扱いで12点。正しく3種類の画像を出しているかが4点で、合計100点満点としております。88点以上がA。というふうに点が決まっているわけです。そしてAあるいはBという評価を取らないとちょっとまずい。癌の人が来ても癌が写らない写真では、X線を浴びせるだけなので困ります。というように、ランクを付けたり改善を勧告するという活動をしております。

施設画像の評価を受けて、合格したところには認

定証が発行されます。技師さんあるいは読影医に対しても認定証を発行しておりますので、合わせて3種類の認定証が施設の中に飾ってある、そういうところがぴかぴかの検診施設になります。

X線を使ったマンモグラフィということで、たぶん受診者からは、ほんとうに被曝は心配ないのですかという質問が出てくるかと思います。マンモグラフィによる被曝は、3ミリグレイ以下でなければいけないというふうに、規定されておりますけれども、今日本で通常行われているマンモグラフィによる被曝の平均値は、だいたい1.4ミリグレイくらいです。あまり少ないと画像が良くなってしまいますので、(いくら少なくとも無効なX線を浴びせさせてはいけないので) 低すぎるのもいけないのです。だいたい1.4ミリグレイ程度というふうに考えてください。この被曝でどのくらいの影響があるのかという

## 自然放射線とは

宇宙線 (世界平均 : 0.38mSv)	
海面	0.27 ( 0m)
ラパス	2.02 (3900m)
メキシコ	0.82 (2240m)
デンバー	0.57 (1610m)
東京-サンフランシスコ	0.038

地殻放射線 (大地の状況で異なる)  
建物の材料からの放射線

**\*マンモグラフィによる実効線量 0.05mSv**

ことなんです、だいたい3ミリグレイで1回の曝射で0.05ミリシーベルトぐらいの実効線量になります。

マンモグラフィによる実効線量が0.05ミリシーベルトです。私たちは自然放射線というのを浴びています。今ここに私たちがいます。そうすると、この建物は鉄筋コンクリートですから、岩みたいなものです。この建物からも放射線が出ているわけです。自然の山からも出ています。それから宇宙線というのが飛んできます。だいたい海面くらいの所に住んでいる人が宇宙線を1年間に0.27ミリシーベルト浴びると言われています。それに比べていただくと、とても少ない。全然問題にならないくらいの量です。ということが分かっていただけるかと思います。こんな少ない量ですけれども、わたしたちはより少なくより良い写真を撮るために努力をしているのです。

おおまかには1年間に自然に浴びる自然放射線の4分の1から8分の1の量で写真が撮れます。とい

うふうに理解して下さい。

X線を浴びるという検査が本当に有益かどうかは問題になります。生命短縮ということを指標に、いろいろなファクタ、要因を加味して計算をして下さった先生がいらっしゃいます。その結果だけをご紹介します。利益リスク比というのを見てみると30歳以上から利益の方が損失を上回るという結果が出ております。そういうことで、マンモグラムは、きちんと撮影されれば、有効である言われております。

読影する方にも、講習会受講が義務づけられております。その講習会ですけれども、今日のように半日の講習という訳ではないのです。丸々2日間、缶詰になります。それで講義と実習です。グループ講習、実習をして、最後に試験まで受けなければいけない。試験を受けて本当に読める人だけが認定してもらえるという、そういう厳しい講習です。

試験は医師の場合、100症例、200枚の写真を読みます。それで感度、特異度を求めます。感度というのを説明しますと、判定はカテゴリーという概念で、1、2、3、4、5に分けて付けるのですが、3、4、5が精密検査が必要という範囲に入ります。1、2は精密検査不要。従来のように、要観察というのは、今は要求されていないのです。要観察は付けてはいけない。精密検査がいるか、いないか。その2つに分けるのですけれども、カテゴリーが3、4、5という判定になった場合には、それは癌があるかもしれないとチェックしたということになるんです。3、4、5にしなければいけないものに対して、何%正しくそのランクに入れられたかというのが感度です。1、2にしなければいけないものを、1、2にした割合、これが特異度なんです。その感度、特異度が80%以上ないと、見逃しがあつたり、要精密検査の率が高すぎたりするだろうということで、基準を決めております。このA、Bを取れないと、検診という業務は難しいですよ、というふうになっております。

そういうことで、去年の11月10日の段階でドクターの方が2,335名が受講して、1,710名が合格しております。だいたい3分の2ぐらいですね。3分の1の方はもっと勉強して下さいということで、また試験を受けるということになります。技師さんの方もだいたいこのくらいです。

それでは、実際に各地で検診が始まっており、そこでどんな癌が見つかったのかを紹介しようと思います。白い点のぼちぼちがあります。石灰化です。右にも左にも石灰化があるのですが、だいたい良

性の石灰化です。形を見て、一部だけちょっとおかしい石灰化があるということで見つかってます。石灰化の形、集まり具合。これで癌が疑われるということで、詳しく検査されました。

乳管の中に癌が成長しています。乳管の中に石灰化があるのです。DCISといわれる非浸潤癌です。きちんと治療されていますから、この方は再発するという危険が無いわけです。この方は命が助かりました。

これはいかがでしょう。左右をずーっと比べていって下さい。一方がおかしい、もう一方と違う。ちょっとなんとなく周りを引っ張ったような濃度があります。小さな浸潤癌です。でももう浸潤しているのです。管からはみ出ているわけです。だから、今見つかって良かった。ご本人は何にも触っていない。検診で見つかって良かったという癌です。

さあ、これはいかがでしょうか。大きなおっぱい입니다。ちょっと固まりがあつて、周りを引っ張っています。すごく大きなおっぱいにすごく小さな病変です。当然本人は分からないです。こんなにちいさいけれども周りを引っ張っていました。ということはこれはもう浸潤しているわけです。ちょっと放っておいたらもっと進行して、転移するかもしれない。もちろんもう浸潤しているわけですから、転移が全くおきないとは言えないのですけれども、非常に小さいので、助かる率はすごく高い。見つかって良かったです。

さあこれはどうでしょうか。左右見比べて一方に無い影があります。とっても小さくて変な格好をしています。浸潤癌です。すごく小さい浸潤癌、でも固まりと言うほどではない。こういうもので見える、見つかる、チェックされる。これが検診の良いところですよ。

いくつかの癌を見ていただいたのですが、こうやって検診で見つかる乳癌は、すごく小さい、あるいはとっても淡い、すごく微妙な所見です。従来、自分で「先生なんかしこりがあるのです。」って言っていちゃった方達の何分の1くらいしか大きさが無い、だから濃度もすごく淡いのです。すると、超音波で見てもすごく淡い、難しい。マンモグラムを分かって見てもすごく難しい。場所が分かっているからそこを一所懸命見る。これでもかこれでもかという感じでみて、ようやくみえるものがいっぱいあります。ですから、検診の施設だけが一所懸命良い機械を持っていたとしても、そこでチェックされたものが、病院に行って、「大丈夫だよ。」って言っ

てしまわれたら困るわけです。つまり精密検査施設というのをトレーニングする、あるいは厳選する、指定する。そういうようなことが必要になってまいります。

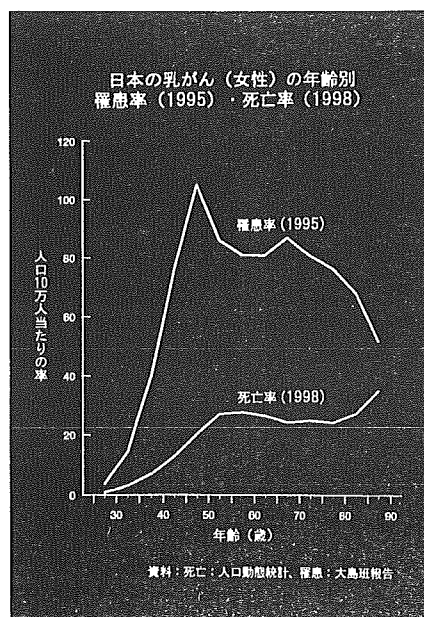
当然ですけれども、検診機関に劣らないマンモグラフィを持っている。そしてやはりトレーニングを受けた診療放射線技師がいる。マンモグラフィだけで確定診断は出来ませんので、超音波の装置、乳腺のきちんと写る表在用の超音波装置がいる。そういう超音波の知識あるいは技術を持った検査師や医師がいること。それから細胞診や組織診が出来ること。それからその画像を総合して乳癌かもしれない、乳癌だったかどうかというものをきちんとできる乳腺の専門医がいる。そういうことが全部要求されるわけです、精密検査機関には。

だから、今のところは、検診用の乳房X線撮影装置を規定しているのですけれども、精密検査を二次検診というふうに捉えますと、チェックされた方、異常があった方を紹介する、あるいはどこどこへ行って検査を受けて下さいというようなことをお勧めするというような意味では、その二次検診施設も同等の規定をクリアしているということが当然必要になってくるわけです。機械も医師も技師もです。

超音波の装置です。中にはお腹を検査するその装置、そのプローブで拡大したら見えるのではないかと、というふうに考える先生がいらっしゃるんです。でもそれでは見えないんです。表面を検査するには表面を検査するプローブがいるんです。ということでプローブの規定も必要です。今マンモグラフィで行っているように、超音波に関しても講習を行って、検診で見つかる乳癌というのはこんな画像ですよということを教育していく必要があるのではないかと、いうふうに思います。

それからですね。精密検査実施機関は、検診機関とよく連携をして、記録をしっかりと取って、そして精度管理に関する講習とか研修会とかいう所にもどんどん来て頂くということが必要です。これはもう、研究班の方で規定を作っております。

それでそういう連携をするために、記録をきちんと整備する必要があります。記録というのは受診者の記録です。それから発見乳癌の記録、発見乳癌がどのようなものであったかという病理報告書、それを統一したフォームで、あるいは統一した項目で記録して置くこと。手書きだとなかなか大変です、参照も大変ですから、やはりコンピュータシステム



を十分活用した登録システム、こういうものを作って、例えば受診者が違う都道府県の方に行かれても、継続した記録があるようなシステムを構築する必要があるだろうというふうに思います。

50歳以上に対してマンモグラフィ併用検診が

勧められております。ですけれども我が国の罹患、それから死亡の年齢パターンを年齢階層別に見ていきますと40歳代が一番問題なんです。一番罹患が多い40歳代をどうしようと、研究しました。40歳代に対しては、従来マンモグラフィではなかなか癌が発見できないと言われていたのです。どうしてか言うと、女性のおっぱいの状態は、年齢によって、あるいは、出産、授乳これらによって全然変わってきます。

この方はほとんど脂肪に置き換わっていますと小さな1cmぐらいしかありませんけれども、はっきり分かります。

少し乳腺が多くなっている。もっと多いです。この方には病変があるのですけれども、ちょっと分かりにくくなっています。ぎっしりと乳腺がある人もあります。ですから乳腺の量というものが病変を分かりにくくするということがあるのです。50歳以上に比べますと40歳代というのは当然ですけれども、乳腺が残っている量が多いわけです。つまり分かりにくいということです。隠されてしまう確率が高くなって来るわけです。だから難しい、使えないのでないかというふうに言われていました。このこの写真ではこの辺りに癌が有るのですが、でも全然わかりません。方向を変えるとへこんでいて、ここに癌が有ることが分かるのです。乳腺が多いと分かりにくい、実際。

大きいのを超音波で見るとこんなにはっきり分かるのです。でもこんなに大きな癌でも乳腺がたくさんあると分かりにくい。ということで、40歳代に対してはより良い写真が要求されますし、より良い

写真を使ってどのくらい分かるのかという疑問も残るかと思います。

宮城県で実際に検診を40歳代にも行った成績です。マンモグラフィだけ、視触診だけ、併用の成績です。マンモグラフィで発見した乳癌は、視触診よりも多いのです。50歳代と比べて40歳代はほとんど同じ。発見率はけっして低くない。視触診と併用すると、全く同じ率ということで、どうも40歳代でも大丈夫かもしれないことがわかります。

徳島の成績です。50歳未満と50歳以上です。ここはすごく良いのです、0.19%。さっきの値が、マンモグラフィ併用で0.20%でした。このくらい見つかって来るんです、40歳代でも。視触診だけ、今は行っていますけれども、それよりもずっと良い成績になるわけです。

効率が悪いのではないか、お金がいっぱいかかるのではないかという話があるのですが、視触

診でも費用がやはりかかるということはありません。ですから全体にかけられるお金がどのくらいあるかによりますが、2年間隔よりも1年でないと本当は効果がなさそうなんです。毎年というのはちょっときびしいかな、お金がかかりすぎるかなってところで、工夫がいりそうだと、例えば1.5年とかです。他のものと組み合わせるとか、あるいは対象を絞るとかというような形で使っていくということで、40歳代にもマンモグラフィを入れていくのが良いのではないかという結論であります。

今までの私の班の成果でありますけれども、久道班の方でもさまざまな検診の評価を行っておりまして、I群というような所に入るのは、論文として十分な根拠があるものになっております。A、B、C、Dが順番に効果がある方から順次移っているのですけれども。マンモグラフィ併用検診50歳以上はI-A、すごく良いところです。40歳代もI-Bになっておりまして、乳癌検診をマンモグラフィ併用として40歳代も推進するという方向を打ち出しております。

超音波はまだ根拠がない方に入っております。

今まで私がお話してきました、マンモグラフィと言いますのは、フィルムと増感紙を使ったシステムです。だいたい日本のマンモグラフィの30%くらいは、デジタルなんです。デジタルというのが、今野放しの状態になっておりまして、すごく悪いものもいっぱいあります。それに対して日本医学放射線学会の乳房撮影委員会は第一段として緊急勧告を出しております。フィルム・スクリーンを同じ仕様標準の装置を使わなければいけません。線量も3ミリグレイ以下を守りましょう。良い写真をフィルムにして、読影条件をきちんと考慮しましょうということ、これを昨年の7月に出しております。今、デジタルマンモグラフィの評価基準の最終案を作成しております。もしもデジタルしか無いところに対して、どうするかというような質問もきっと出てくると思うのですが、間もなく発表されるような段階になっておりますが、今日はちょっと発表できませんけれど、お許し下さい。期待して下さい。

アメリカ合衆国の黒人と白人の乳癌罹患と乳癌死です。罹患は今まだすごく高いレベルにあるのですが、乳癌死は減りつつあるというところが、ポイントであります。日本の乳癌死は、増えていきました。この違いはすごく大きいと思うのです。アメリカでは減ってる。これはマンモグラフィ検診を1年半ぐらいの間に1回は受けましょうという勧奨が

## 40歳代の乳がん検診の費用と効果の比較

	視触診のみ	SMG併用	超音波併用
救命人年(年)*	189.0	405.5	291.6
費用(万円)*	27,530.0	44,257.9	54,607.4
費用効果比** (万円)	145.7	109.2	187.2

\*: 10万人当り

\*\*: 1生存年延長に要する費用

診のみで、あるいはマンモグラフィ併用で、あるいは超音波併用で何人見つかっていくらかかったかというような計算をして下さる先生がいました。この計算から言いますと、マンモグラフィ併用というのが、1生存年延長に要する費用として、一番少ない。109.2万円です。視触診が145.7万円ですから、約3分の2強くらいで得られるわけです。ということでマンモグラフィ併用が一番良いのです、40歳代に対しても。

今年もっと詳しく計算して下さった方がいらっしゃいました。40歳代と50歳以上の群を逐年検診と2年間隔で計算して、効果、費用効果、相対リスクを計算して下さっております。

毎年行った場合、2年間隔で行った場合、40歳代、50～69歳の結果。これを見ていただきますと、40歳代というのは、効果はとっても良いのです。ですけれ