

学位論文題名

マンモグラフィ検査におけるオントロジーの構築

学位論文内容の要旨

[要 旨]

日本において、女性の乳がんの罹患率、死亡率が上昇し、罹患率においては他の癌よりも高い。マンモグラフィ検査は乳房のX線検査であり、早期乳癌の発見に貢献している。良質なマンモグラムを提供するためには日々の精度管理が重要であり、なおかつ、診療放射線技師(以下、技師)の撮影技術の向上も求められる。また、マンモグラフィ検査は、他の検査に比べて、患者の精神的、肉体的負担が大きく、X線撮影の中で手技が最も難しい検査である。しかし、この技術は技師が培ってきた知識、経験に基づく部分が多く、言葉で表現することが困難な暗黙知が存在する。そのため、初学者はマンモグラフィ撮影技術を習得するのに膨大な時間と経験が必要となる。この検査に関する技術や知識を体系化した研究は行われてはならず、技師間の知識共有も困難であるのが現状である。

知識を体系化する手法の一つにオントロジーがある。オントロジーとは、対象世界がどのように構成されているかを示すために概念間を結び付けた「概念体系」である。オントロジー研究は医学分野でも盛んに行われ、オントロジーの構築から、知識共有や情報提供などへ応用した研究が行われている。しかし、放射線技師を対象とした、放射線検査に関するオントロジー研究は行われていない。

そこで、技師間におけるマンモグラフィ検査の知識共有を目指して、マンモグラフィ検査オントロジーの構築に関する研究を行った。本論文は次の8章を持って構成されている。

1章では、序論として、マンモグラフィ検査の意義と放射線技師間でのマンモグラフィ撮影知識共有、技術継承の問題点を述べ、本研究を行った動機、目的について説明し、本論文の構成について記した。

2章では、知識獲得からオントロジーに関する背景知識、また、オントロジーの応用について述べた。さらに、Gene Ontology、ICD-11、RadLexなど医学分野でのオントロジーの応用について概説した。

3章では、知識を体系的に分類し、知識同士の関係を記述するためのマンモグラフィ検査オントロジーを構築することを目標とし、そのファーストステップとして、マンモグラフィ撮影ターミノロジーの構築を行った。マンモグラフィに関するテキスト3冊から用手的に用語を抽出し、既存の階層構造や目次等を使用し、is-a関係に基づいた階層構造を構築した結果、440のクラス、19の最上位クラス、最大6階層から成るターミノロジーが構築された。ターミノロジーを構築する際には、複数のテキストを使用することが推奨される。表記ゆれが発生した場合は、より具体的にその概念を表現しているものを採用し、2つ以上の異なった概念を1つの同じ用語で表現されている場合は言葉を加えて区別す

ることが重要であると考えられた。

4章について、マンモグラフィ検査を行う施設では、受診者の放射線影響リスクを最小限にとどめ、高品質な検査を提供できるよう努めなければならないが、そのためには、マンモグラフィ装置の品質管理が重要であるが、品質管理の知識不足や管理機器の不備等によって十分には行われてはいないのが現状である。そこで、品質管理についての知識構造を明らかにするとともに、マンモグラフィに係る医療従事者間において知識共有を促進させるためにマンモグラフィ装置を対象とした品質管理オントロジーを構築した。その結果、466のクラス、最大5階層のオントロジーが構築された。構築されたオントロジーを使用して、プロパティの記述と推論機構を使用することにより、頻度やシステムによる品質管理項目の提示、また、品質管理目的を使用した日常業務におけるエラー対策の提示、さらに、装置から見た品質管理項目の提示が可能であることが示唆された。今後は、臨床現場でこのオントロジーがどの程度有用であるか検討する必要があると考える。

5章について、マンモグラフィ撮影時において、良質なマンモグラムを得るために必要な要素の一つに乳房の位置合わせであるポジショニングがある。ポジショニングの技術は技師の勘や経験に依存し、暗黙知も多く、知識共有が困難である。そこで、内外斜位方向撮影(MLO撮影)のポジショニングのタスクについて焦点を当て、マンモグラフィ撮影における暗黙的なプロセスの構造を明らかにするために階層タスク分析(Hierarchical Task Analysis : HTA)を行った。テキストから抽出したタスクをベースに分析を行った結果、全タスク数は57、最大階層数は3であった。階層構造化を行うことで、タスクの全体像と流れを視覚的に把握することが可能となった。問題点として、テキスト間での表記の矛盾が存在した。また、記述の網羅性について検討する必要があると考えられた。

6章について、5章でのテキストによるプロセス分析の問題点として、テキストの記述の矛盾が生じていること、プロセスが網羅されているかどうかはわからないことが挙げられた。そこで、従来のHTAの問題点を克服し、タスクの抽出ブレインストーミングとKJ法を併用したBottom-up Hierarchical Task Analysis (B-HTA)を提案し、この手法を用いてマンモグラフィ検査に従事している技師から内外斜位方向撮影(Mediolateral oblique: MLO)撮影におけるプロセスを抽出し、分析を行った。その結果、全164のゴールからなる最大5階層の階層構造が構築された。B-HTAを使用することで、従来のHTAよりもタスクを多く抽出することができ、深い階層構造となった。KJ法の結果からMLOのポジショニングにおいて「リラックス」が最適なポジショニングを行う重要な要素であることが明らかとなった。

7章について、6章で提案したB-HTAを使用して体系化されたマンモグラフィ撮影手技のオントロジー化を試みた。その結果203のクラスから成るオントロジーが構築された。isAchievedBy 関係を用いてBottom-up Hierarchical Task Analysisの階層構造を表現し、isAchievedBy 関係、isPerformedBefore 関係、isPerformeBeforeIfNecessary 関係を用い、かつ、プロパティの値域に制約を加えることでPlanの記述内容を表現した。209のクラスから成るオントロジーが構築され、診療支援や教育支援の具体例を提示した。今後アプリケーション等により、臨床現場で行われているタスクをカバーしているかどうか今後検証する必要があると考えられた。

8章では、本研究で得られた成果を要約した結論と展望を述べた。今後の展望として、放射線技師の知識共有ツールを構築したいと考えている。このツールにより、各技師が持つ“カン”を共有し、技術のボトムアップにつながりマンモグラフィ画像の最低限の質の担保が可能になると考えられる。また、撮影のプロセスを分析することで撮影技術の標準化・最適化を実現できる。これは、一定の撮影技術を保証することと行為の最適化によるリスクの減少が見込まれ、医療の質の向上に寄与すると考える。さらに、初学者への教育としてシミュレーションツールを提供することで、初学者に撮影される患者への負担を減少し、かつ初学者の精神的負担も軽減できると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 横 澤 宏 一
副 査 教 授 小 笠 原 克 彦
副 査 准 教 授 坂 田 元 道

学位論文題名

マンモグラフィ検査におけるオントロジーの構築

マンモグラフィ検査は乳房の X 線検査であり、早期乳癌の発見に貢献している。良質なマンモグラムを提供するためには日々の精度管理が重要であり、なおかつ、診療放射線技師(以下、技師)の撮影技術の向上も求められる。また、マンモグラフィ検査は、他の検査に比べて、患者の精神的、肉体的負担が大きく、X 線撮影の中で手技が最も難しい検査である。しかし、この技術は技師が培ってきた知識、経験に基づく部分が多く、言葉で表現することが困難な暗黙知が存在する。そのため、初学者はマンモグラフィ撮影技術を習得するのに膨大な時間と経験が必要となる。この検査に関する技術や知識を体系化した研究は行われてはおらず、技師間の知識共有も困難であるのが現状である。ところで、知識を体系化する手法の一つに対象世界がどのように構成されているかを示すために概念間を結び付けた「概念体系」であるオントロジーがある。オントロジー研究は医学分野でも盛んに行われ、オントロジーの構築から、知識共有や情報提供などへ応用した研究が行われている。しかし、放射線技師を対象とした、放射線検査にかんするオントロジーは行われていない。

本博士論文は、これらの背景を踏まえ、8 章構成によりマンモグラフィ検査の知識共有のためのマンモグラフィ検査オントロジーの構築に関する諸研究を集大成した論文である。

第 1 章では、序論としてマンモグラフィ検査の意義、放射線技師間でのマンモグラフィ撮影知識の共有、及び技術継承上の問題点を述べ、本研究を行った動機と目的について説明し、さらに本論文の構成について記した。続いて、第 2 章では、知識獲得からオントロジーに関する背景知識について述べ、また、オントロジーの応用について概説した。

第 3 章では、知識を体系的に分類し、知識同士の関係を記述するためのマンモグラフィ検査オントロジーを構築することを目標とし、そのファーストステップとして、マンモグラフィ撮影ターミノロジーの構築を行った。マンモグラフィに関するテキスト 3 冊から用手的に用語を抽出し、既存の階層構造や目次等を使用し、is-a 関係に基づいた階層構造を構築した結果、440 のクラス、19 の最上位クラス、最大 6 階層から成るターミノロジーが構築された。ターミノロジーを構築する際には、複数のテキストを使用することが推奨される。表記ゆれが発生した場合は、より具体的にその概念を表現しているものを採用し、2 つ以上の異なった概念を 1 つの同じ用語で表現されている場合は言葉を加えて区別することが重要であると考えられた。

第 4 章について、マンモグラフィ装置の品質管理についての知識構造を明らかにするとともに、マンモグラフィに関係する医療従事者間において知識共有を促進させるためにマンモグラフィ装置を対象とした品質管理オントロジーを構築した。その結果、466 のクラス、最大 5 階層のオントロジーが構築された。構築されたオントロジーを使用して、プロパティの記述と推論機構を使用

することにより、頻度やシステムによる品質管理項目の提示、また、品質管理目的を使用した日常業務におけるエラー対策の提示、さらに、装置から見た品質管理項目の提示が可能であることが示唆された。

第5章について、ポジショニングの技術は技師の勘や経験に依存し、暗黙知も多く、知識共有が困難である。そこでマンモグラフィ撮影時のポジショニングについて、内外斜位方向撮影(MLO撮影)のポジショニングのタスクについて焦点を当て、マンモグラフィ撮影における暗黙的なプロセスの構造を明らかにするために階層タスク分析(Hierarchical Task Analysis : HTA)を行った。テキストから抽出したタスクをベースに分析を行った結果、全タスク数は57、最大階層数は3であった。階層構造化を行うことで、タスクの全体像と流れを視覚的に把握することが可能となった。

第6章について、5章でのテキストによるプロセス分析の問題点として、記述の矛盾が生じていること、プロセスを網羅されているかどうかはわからないことが挙げられた。そこで、従来のHTAの問題点を克服し、タスクの抽出ブレインストーミングとKJ法を併用したBottom-up Hierarchical Task Analysis (B-HTA)を提案し、この手法をもちいてマンモグラフィ検査に従事している技師からMLO撮影におけるプロセスを抽出し、分析をおこなった。その結果、全164のゴールからなる最大5階層の階層構造が構築された。B-HTAを使用することで、従来のHTAよりもタスクを多く抽出することができ、深い階層構造となった。KJ法の結果からMLOのポジショニングにおいて「リラックス」が最適なポジショニングを行う重要な要素であることが明らかとなった。

第7章について、第6章で提案したB-HTAを使用して体系化されたマンモグラフィ撮影手技のオントロジー化を試みた。その結果203のクラスから成るオントロジーが構築された。

isAchievedBy 関係を用いて B-HTA の階層構造を表現し、isAchievedBy 関係、isPerformedBefore 関係、isPerformeBeforeIfNeed 関係を用い、かつ、プロパティの値域に制約を加えることで Plan の記述内容を表現した。今後アプリケーション等により、臨床現場で行われているタスクをカバーしているかどうか今後検証する必要があると考えられた。

第8章では、本研究で得られた成果を要約した結論と展望を述べた。

これを要するに、著者は、マンモグラフィ検査について検査知識の構造化および可視化を行った初めての試みであり、今後の放射線技術の標準化・最適化に対して貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（保健科学）の学位を授与される資格あるものと認める。