

論文審査の結果の要旨および担当者

| | | |
|------|-------|---|
| 報告番号 | ※ 甲 第 | 号 |
|------|-------|---|

氏 名 矢部 卓也

論 文 題 目

粒子線照射により生じる水の発光現象を用いた
線量分布評価に関する研究

論文審査担当者

| | | |
|-----|----------|-------|
| 主 査 | 名古屋大学教授 | 古川 高子 |
| | 名古屋大学准教授 | 砂口 尚輝 |
| | 名古屋大学教授 | 山本 誠一 |

論文審査の結果の要旨

陽子線や炭素線を用いた粒子線治療は、ビーム終端で線量が最大となるブラッグピークを有するため、従来の X 線を用いた放射線治療と比べて腫瘍への線量集中性に優れている。しかし、何らかの原因で、ブラッグピークの位置が腫瘍の位置からずれた場合、治療効果の低下や正常組織への障害を引き起こす可能性がある。こうした事態を回避するために、臨床現場では定期的に粒子線治療装置から照射される治療ビームの線量分布を測定し、ビームの到達位置（飛程）や広がりを評価している。線量分布の測定には主に電離箱線量計が用いられるが、水槽内に配置した線量計を動かしながら、治療ビームの照射と測定を繰り返すため、測定時間が長くなるという問題がある。短時間で簡便に線量分布を評価できる新たな手法の開発が、臨床現場で望まれている。

最近、チェレンコフ光放出閾値以下のエネルギーを有する粒子線を水に照射した際に、微弱な光が発生することが発見され、粒子線治療装置の精度管理への応用が期待されている。しかし撮像された水の発光画像の輝度分布は、線量分布と少し違いがあることから、発光画像を用いて線量分布を評価することはこれまで困難であった。この問題を解決するために、本研究では、粒子線照射による水の発光画像と線量分布の違いの原因を明らかにし、水の発光画像から線量分布評価を可能にする手法の開発を行った。

陽子線では、水との核反応で生じた即発ガンマ線の二次電子がチェレンコフ光の発生に影響しており、このチェレンコフ光が、陽子線のブラッグピークよりも深部に分布することが線量分布との違いの原因であることを明らかにした。このチェレンコフ光を補正することにより、ブラッグピークより深部の発光を除去することができ、水の発光画像のブラッグピーク部の相対輝度も上昇し、線量分布と一致する分布を得ることができた。




炭素線では、入射した炭素線から発生する二次電子が、チェレンコフ光の発生に影響していることが線量分布との違いの原因であることを明らかにした。このチェレンコフ光の補正により、発光画像で観察された水面付近の高い発光は減少し、線量分布とほぼ一致する分布を得ることができた。

一方で、ディープラーニングを用いることで、陽子線や炭素線照射による水の発光画像から、線量分布に一致する画像を、1.0 秒以内に推定することができることも明らかにした。

尚、本研究の成果は、米国医学物理学会(AAPM)発刊誌である *Medical Physics* (Journal Impact Factor:4.22) および欧州医学物理学専門誌である *Physics in Medicine and Biology* (Journal Impact Factor:3.61) ならびに *Physica Medica* (Journal Impact Factor: 2.69) の 3 誌に掲載された。

以上の理由により、本研究は博士（医療技術学）の学位を授与するに相応しい価値を有するものと評価した。

試験の結果の要旨および担当者

| | | | | |
|---|---|--|--|-------|
| 報告番号 | ※第 | 号 | 氏名 | 矢部 卓也 |
| 試験担当者 | 主査 名古屋大学教授 古川 高子  | 名古屋大学准教授 砂口 尚輝  | 名古屋大学教授 山本 誠一  | |
| <p>(試験の結果の要旨)</p> <p>主論文についてその内容を詳細に検討し、次の問題について試験を実施した。</p> <ol style="list-style-type: none">1. 粒子線治療における現状の線量分布測定について2. 水の発光画像化の臨床応用について3. 測定画像の解析方法およびチェレンコフ光の補正方法について4. チェレンコフ光と水の発光現象のシミュレーションと計算時間について5. ディープラーニングに用いた学習データの詳細と推定結果について <p>以上の試験の結果、本人は深い学識と判断力ならびに考察力を有するとともに、医療技術学一般における知識も十分具備していることを認め、学位審査委員合議の上、合格と判断した。</p> | | | | |