

実用化を目指した 放射光・機能診断X線CT装置の開発

課題番号10557084

平成10、11年度科学研究費補助金基盤研究（B）（1）
研究成果報告書

平成 12 年 3 月

研究代表者 武 田 徹

(筑波大学臨床医学系講師)

実用化を目指した 放射光・機能診断X線CT装置の開発

課題番号10557084

平成10、11年度科学研究費補助金基盤研究（B）（1）
研究成果報告書

平成 12 年 3 月

研究代表者 武 田 徹

（筑波大学臨床医学系講師）

平成10、11年度科学研究費補助金基盤研究(B)(1)
研究成果報告書

実用化を目指した
放射光・機能診断X線CT装置の開発

課題番号10557084

研究組織

研究代表者：武田 徹 (筑波大学 臨床医学系 講師)

研究分担者：板井 悠二 (筑波大学 臨床医学系 教授)
赤塚 孝雄 (山形大学 工学部 教授)

研究協力者：湯浅 哲也 (山形大学 工学部 助教授)
于 全文 (山形大学 大学院 博士過程)
呉 勁 (筑波大学 臨床医学系 特別研究員)
Thet-Thet-Lwin (筑波大学 大学院 博士過程)
銭谷 勉 (山形大学 大学院 博士過程)
長谷川康宏 (山形大学 大学院 修士課程)

研究経費

平成10年度	10,600千円
平成11年度	3,000千円
合計	13,600千円

研究発表

(1)学会誌等

① 国際誌

1. Takeda T, Itai Y, Hyodo K, Ando M, Akatsuka T, Uyama C:
Medical applications with synchrotron radiation in Japan.
J. Synchrotron Radiation 5:326-332, 1998
2. Takeda T, Kazama M, Zeniya T, Yuasa T, Akiba M, Uchida A, Hyodo K,
Akatsuka T, Ando M, Itai Y:
Development of a monochromatic x-ray computed tomography with
synchrotron radiation for functional imaging.
Edited by Ando M, Uyama C, Medical Applications of Synchrotron Radiation.
pp103-110, Springer-Verlag 1998 Tokyo
3. Yuasa T, Takeda T, Dilmanian FA, Hyodo K, Akatsuka T, Itai Y:
Reconstruction algorithm for fluorescent x-ray CT and its application to the
actual data by synchrotron x-ray.
Edited by Ando M, Uyama C, Medical Applications of Synchrotron Radiation.
pp179-184, Springer-Verlag 1998 Tokyo
4. Takeda T, Momose A, Ueno E, Itai Y:
Phase-contrast X-ray CT image of breast tumor.
J. Synchrotron Radiation 5:1133-1135, 1998
5. Momose A, Takeda T, Itai Y, Yoneyama A, Hirano K:
Phase-contrast tomographic imaging using an x-ray interferometer.
J. Synchrotron Radiation 5: 309-314, 1998
6. Umetani K, Ueki H, Takeda T, Itai Y, Mori H, Tanaka E, Uddin-Mohammed M,
Shinozaki Y, Akisada M, Sasaki Y:
High-spatial-resolution and real-time medical imaging using a high-sensitivity
Harpicon camera.
J. Synchrotron Radiation 5: 1130-1132, 1998
7. Takeda T, Umetani K, Doi T, Echigo J, Matsushita S, Ueki H, Ueda K, Itai Y:
Synchrotron radiation coronary angiography with aortographic approach.
Edited by Ando M, Uyama C, Medical Applications of Synchrotron Radiation.
pp33-41, Springer-Verlag 1998 Tokyo
8. Umetani K, Ueki H, Takeda T, Itai Y, Akisada M, Sasaki Y:
Mammographic imaging using a harpicon-based image detector.
Edited by Ando M, Uyama C, Medical Applications of Synchrotron Radiation.
pp83-86, Springer-Verlag 1998 Tokyo

9. Umetani K, Ueki H, Takeda T, Ueki H, Ueda K, Itai Y, Anno I, Nakajima T, Akisada M:
Iodine-filter imaging system for subtraction angiography and its improvement by fluorescent-screen harpicon detector.
Edited by Ando M, Uyama C, Medical Applications of Synchrotron Radiation. pp99-102, Springer-Verlag 1998 Tokyo
10. Saito T, Kudo H, Takeda T, Itai Y, Tokumori K, Toyofuku F, Hyodo K, Ando M, Nishimura K, Uyama C:
Three-dimensional monochromatic x-ray computed tomography using synchrotron radiation.
Optical Engineering 37:2258-2268, 1998
11. Takeda T, Yu Q, Yuasa T, Hasegawa Y, Yashiro T, Itai Y, Akatsuka T:
Human thyroid specimen imaging by fluorescent x-ray computed tomography with synchrotron radiation.
SPIE 3772: 258-267, 1999
12. Yu Q, Takeda T, Umetani K, Ueno E, Itai Y, Hiranaka Y, Akatsuka T:
First experiment by two-dimensional digital mammography with synchrotron radiation.
J. Synchrotron Rad. 6:1148-1152, 1999
13. Yoneyama A, Momose A, Seya E, Takeda T, Itai Y:
Operation of a separated-type x-ray interferometer for phase-contrast imaging.
Rev. Sci. Instrum. 70: 4582-4586, 1999
14. Takeda T, Yu Q, Yuasa T, Hasegawa Y, Yashiro T, Itai Y:
Human thyroid specimen imaging by fluorescent x-ray computed tomography with synchrotron radiation.
SPIE's 44th Annual Meeting and Exhibition, (Denver, USA), July 18-23, 1999
15. Momose A, Takeda T, Yonoyama K, Hirano K, Itai Y:
Project for applications of phase-contrast x-ray imaging to medicine using an x-ray interferometer.
SPIE's 44th Annual Meeting and Exhibition, (Denver, USA), July 18-23, 1999
16. Momose A, Takeda T, Hirano K, Itai Y:
Blood contrast in phase-contrast x-ray computed tomography.
SPIE's 44th Annual Meeting and Exhibition, (Denver, USA), July 18-23, 1999
17. Takeda T, Momose A, Hirano K, Haraoka S, Watanabe T, Itai Y:
Early experience of phase-contrast x-ray CT image obtained with synchrotron radiation: comparative specimen study with optical microscopy of human carcinoma.
Radiology 214: 298-301, 2000

18. Takeda T, Momose A, Yu Q, Yuasa T, Dilmanian FA, Akatsuka T, Itai Y:
New types of x-ray computed tomography with synchrotron
radiation : fluorescent x-ray CT and phase-contrast x-ray CT with
interferometer.

Cellular & Molecular Biology in press

19. Takeda T and Itai Y:

X-ray micro-computed tomography using synchrotron radiation.

Progress in Pathology in press

②国内誌

1. 武田 徹、板井悠二、兵藤一行、赤塚孝雄：
日本における放射光の医学応用研究
日本放射学会誌 11:122-128, 1998
2. 大塚定徳、杉下靖郎、武田 徹、板井悠二、兵藤一行、安藤正海：
放射光冠動脈造影と臨床応用
Medical Imaging Technology 16:3-9, 1998
3. 武田 徹：
放射光を用いた次世代の医用画像
筑波フォーラム 50:103-108, 1998
4. 百生 敦、武田 徹、板井悠二：
X線位相計測による生体イメージングがん診断への応用に向けて一
日立評論 80:43-48, 1998
5. 武田 徹、于 全文、湯浅哲也、長谷川康宏、赤塚孝雄、板井悠二：
甲状腺の蛍光X線CT画像
第12回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム会誌：167、1999
6. 長谷川康宏、于 全文、能登大輔、武田 徹、兵藤一行、八代 亨、湯浅哲也、
平中幸雄、赤塚孝雄、板井悠二：
放射光を用いた生体蛍光X線CTの高速化の検討
信学技報 M199-26: 31-36, 1999
7. 于 全文、武田 徹、湯浅哲也、長谷川康宏、赤塚孝雄、板井悠二：
放射光を用いた高空間分解能蛍光X線CT装置の開発
医用画像工学会誌 17: 493-494, 1999
8. Takeda T, Yu Q, Yashiro T, Hasegawa Y, Akatsuka T, Itai Y:
Observation of thyroid gland by fluorescent x-ray computed tomography
with synchrotron radiation.
Medical Imaging Technology 17: 495-496, 1999

9. 赤塚孝雄、平中幸雄、湯浅哲也、于 全文、長谷川康宏、武田 徹、板井悠二：
放射光蛍光X線CTの高空間分解能化
第16回PFシンポジウム報告予稿集:23, 1999
10. 武田 徹、板井悠二：
放射光
第25回日本医学会総会誌 [III] :p81, 1999
11. 長谷川康宏、于 全文、能登大輔、武田 徹、兵藤一行、八代 亨、湯浅哲也、
平中幸雄、板井悠二、赤塚孝雄：
放射光蛍光X線CTにおける撮像高速化の検討
電子情報通信学会論文誌 D-II 9: 1-9, 1999

(2)口頭発表

① 国際学会発表

1. Takeda T, Itai Y, Hyodo K, Ando M, Akatsuka T:
Monochromatic synchrotron x-ray CT for diagnostic imaging.
8th Asian & Oceanian congress of Radiology (Kobe) April 5-9, 1998
2. Takeda T, Doi T, Ohtsuka S, Sugishita Y, Saito T, Itai Y, Momose A,
Umetani K, Hyodo K, Ando M, Toyofuku F, Tokumori K, Uyama C, Yu Q,
Yuasa T, Akatsuka T: Recent topics of synchrotron x-ray imaging for medical
research in Japan.
6th International Conference on Biophysics & Synchrotron Radiation
(Argonne, USA) August 4-8, 1998
3. Yu Q, Takeda T, Hasegawa Y, Yuasa T, Itai Y, Akatsuka T:
Simultaneous imaging of different contrast materials by fluorescent x-ray
computed tomography using synchrotron radiation.
6th International Conference on Biophysics & Synchrotron Radiation
(Argonne, USA) August 4-8, 1998
4. Takeda T, Yu Q, Yuasa T, Hasegawa Y, Yashiro T, Itai Y:
Human thyroid specimen imaging by fluorescent x-ray computed tomography
with synchrotron radiation.
SPIE's 44th Annual Meeting and Exhibition, (Denver, USA), July 18-23, 1999

②国内学会発表

1. 武田 徹：放射光スキャン型蛍光X線CT
SPring-8医学利用研究ワークショップ（播磨）6月9日、1998年
2. 武田 徹、于 全文、湯浅哲也、長谷川康宏、赤塚孝雄、板井悠二：
甲状腺の蛍光X線CT画像
第12回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム（茨城、つくば）
1月7-9日、1999年
3. 赤塚孝雄、平中幸雄、湯浅哲也、于 全文、長谷川康宏、武田 徹、板井悠二：
放射光蛍光X線CTの高空間分解能化
第16回PFシンポジウム報告（茨城、つくば）3月11日-12日、1999年
4. 武田 徹、板井悠二：放射光
第25回日本医学会総会（東京）4月2-4日、1999年
5. Takeda T, Yu Q, Yashiro T, Hasegawa Y, Akatsuka T, Itai Y:
Observation of thyroid gland by fluorescent x-ray computed tomography
with synchrotron radiation.
第18回日本医用画像工学会（東京）7月7-8日、1999年
6. 于 全文、武田 徹、湯浅哲也、長谷川康宏、赤塚孝雄、板井悠二：
放射光を用いた高空間分解能蛍光X線CT装置の開発
第18回日本医用画像工学会（東京）7月7-8日、1999年
7. Takeda T, Yu Q, Yashiro T, Hasegawa Y, Akatsuka T, Itai Y:
Observation of thyroid gland by fluorescent x-ray computed tomography
with synchrotron radiation.
第18回日本医用画像工学会（東京）7月7-8日、1999年
8. 武田 徹：放射光X線で心臓血管を診断する
第35回X線分析討論会（東京）11月4-5日、1999年
9. 武田 徹、八代 亨、于 全文、湯浅哲也、長谷川康宏、能登大輔、銭谷 勉、
兵藤 一行、平中幸雄、呉 勁、Thet Thet Lwin、赤塚孝雄、板井悠二：
放射光を用いた高空間分解能蛍光X線CTの開発
第13回日本放射光学会位年会・放射光科学合同シンポジウム（愛知、岡崎）
1月7-9日、2000年

研究成果の概要

放射光を利用すると高輝度な単色X線が得られ、且つ、特定の波長のX線を選択し目的とする物質の蛍光X線を高い効率で発生させる事が可能である。さらに、散乱線を激減させる直線偏向性が利用でき、蛍光X線を利用した高感度な新しい型の機能画像診断装置を作製することが可能となる。本研究では、特定の元素から発生する蛍光X線を高い計数効率でデータ収集可能な検出器系を購入し、コリメータを非常に薄くし、且つ被射体と検出器の間隔を狭くし大量の蛍光X線を検出し、検出時間を短縮できる蛍光X線CT装置を作製した。検出限界を向上させるため、散乱線減少用遮へい体を作製した。

初年度に現在一般に販売されている最高速のゲルマニウム半導体検出器(HPGe)及びエレクトロニクス系をを購入し特性評価と蛍光X線CT装置の立ち上げを行った。本HPGeの検出効率は、以前使用していた92Xより6倍向上した。

最終年度は、蛍光X線CT画像の定量解析を行うため、透過、蛍光X線の装置を一体化して作動するようにソフトを改良し、更に入射X線強度変動を補正するためのピンダイオード計測装置を作製した。また、蛍光X線CT画像が定量的に演算できるソフトを開発した。本装置を用い、高エネルギー加速器研究機構の放射光施設ARNE5Aで、模擬試料と生体試料(甲状腺癌等)を用いた蛍光X線CT装置の画像化を行った。短時間での画像収集が可能のため、空間分解能0.025mm - 1.0mmで蛍光X線CT画像を収集できるようになった。甲状腺組織、バセドウ病、甲状腺癌の内部に含まれるヨウ素の画像化に世界で初めて成功した。すなわち、甲状腺癌、甲状腺機能亢進症の放射性ヨウ素治療の有効な指標となると考えられる。また、5ngのヨウ素が検出可能なため、機能画像装置として利用できる可能性が確認された。

今後の展開

空間分解能を0.005mm程度にしても、甲状腺組織の画像化が可能と実験から推定される。空間分解能を上げると撮像の計測点が増加するが、高計数効率の検出器が利用可能であれば、現在の計測の30倍速い計測が可能である。また、5ngのヨウ素の検出が実験的に証明されたため非放射性物質を投与し0.1mm程度の脳血流、心臓の代謝画像が十分得られると考えられる。

今回は、ヨウ素を標的物質として画像化したが、癌の酵素活性と関係する銅、亜鉛等の画像化も可能と考えられ、さらなる展開が期待できるものと推定される。

目 次

1. Human thyroid specimen imaging by fluorescent x-ray computed tomography with synchrotron radiation Takeda T., et. al. 1
2. Fluorescent x-ray computed tomography to visualize specific material distribution Takeda T., et. al. 11
3. Medical applications with synchrotron radiation in Japan Takeda T., et. al. 25
4. New types of x-ray computed tomography with synchrotron radiation : Fluorescent x-ray CT and phase-contrast x-ray CT using interferometer Takeda T., et. al. 33
5. X-ray micro-computed tomography using synchrotron radiation Takeda T., et. al. 59
6. Preliminary phantom experiment of fluorescent x-ray computed tomography to detect dual elements for biological study Yu Q., et. al. 91
7. 生体極微量元素描画を目指した放射光蛍光X線CTの基礎的検討 于 全文 他107
8. 放射光蛍光X線CTの高空間分解能化 赤塚孝雄 他 131
9. Reconstruction algorithm for fluorescent x-ray CT and its application to the actual data by synchrotron x-ray Yuasa T., et. al.133
- 10.放射光を用いた高空間分解能蛍光X線CT装置の開発 于 全文 他137
- 11.Observation of thyroid gland by fluorescent x-ray computed tomography with synchrotron radiation Takeda T., et. al.139
- 12.放射光蛍光X線CTにおける撮像高速化の検討 長谷川康宏 他141

13. Development of a monochromatic x-ray computed tomography with synchrotron radiation for functional imaging	Takeda T., et. al.151
14. First experiment by two-dimensional digital mammography with synchrotron radiation	Yu Q., et. al.159
15. 放射光	武田 徹 他165
16. Human carcinoma: Early experience with phase-contrast x-ray CT with synchrotron radiation-Comparative specimen study with optical microscopy	Takeda T., et. al.167

以下の頁は著作権者の許諾を得ていない
ため、公表できません。

p. | \sim p.

p. \sim p.

p. \sim p.

p. \sim p.

p. \sim p.