



講演日：2014年4月10日
会 場：パシフィコ横浜会議センター

低線量肺がん CT 検診の普及と今後の課題

花井耕造¹ 松本 徹² 村尾晃平³ 村松禎久⁴ 五味志穂⁵ 山口 功⁶ 長尾啓一⁷

¹ 結核予防会 複十字病院

² 健生クリニック

³ 富士通株式会社

⁴ 国立がん研究センター東病院

⁵ 国立がんセンター中央病院

⁶ 大阪物療大学

⁷ 東京工業大学

The Spread of Low-Dose Lung CT Screening and Future Task

Kouzou Hanai,¹ Toru Matsumoto,² Kohei Murao,³ Yoshihisa Muramatsu,⁴
Shiho Gomi,⁵ Isao Yamaguchi,⁶ and Keiichi Nagao⁷

¹ Fukujuji Hospital

² Kensei Clinic

³ Fujitsu Ltd

⁴ National Cancer Center EAST

⁵ National Cancer Center

⁶ Butsuryo College of Osaka

⁷ Tokyo Institute of Technology

緒 言

日本におけるがんによる死亡数は年間 36 万人を超え総死亡数の約 29%を占めている。その中で肺がんによる死亡数は全がん死の 20%, 7 万人を超え、大腸、乳房、前立腺の合計を上回る死亡数となっている(2012 年：厚生省人口動態統計より)。また昭和 50 年代の喫煙率が 70% (男性)を超えた世代、そして現在も 2 万人を超える喫煙者の多くが今後、肺がん罹患する高危険群を構成することとなる。この状況は治り得る時期にある早期肺がん発見のためのシステムを構築することが既に社会的な責務であることを示している。日本における対策型検診としての肺がん検診は 40 歳以上の男女に対して胸部 X 線が推奨されている。しかし、米国での The Prostate, Lung, Colorectal, and Ovarian (PLCO) Randomized Trial¹⁾において胸部 X 線による肺がん死の低減が証明されず、胸部 X 線に代わる新しい検診システムの構築が求められていた。この現状に対し、日本、欧米における多くの研究^{2~5)}によって低線量肺がん computed tomography (CT) 検診による肺がん検診の有用性が報告されてきた。しかし、いずれも死亡率を評価したものではなく

大規模な無作為化比較試験の実施の必要性が求められていた。このようななか、欧米において CT 検診の有効性を証明するため複数の無作為化比較試験が行われ^{6~9)}、この中で米国の National Lung Screening Trial (NLST)では胸部 X 線に比べ CT 検診による肺がん死亡率の 20%の減少が示された^{10, 11)}。日本においても NLST の結果を受け、今後は年齢、喫煙指数、事前の間診などによって高危険群を抽出し、対象者を明確にしたうえで対策型検診として胸部 X 線と組み合わせた新しい検診システムの構築が進むと考えられる。しかし国民のニーズに応じて、いつ、どこの施設でも安全で精度の高い CT 検診を受けることができるためには精度管理を軸とした新しい体制の構築されていることが前提となる。

本報告では CT 検診による肺がんの早期発見に伴う経済効果、そして CT 検診普及にむけた体制構築と人材育成としての認定制度について述べる。また CT 検診における線量管理 (dose index registry: DIR) の意義、更に肺がんだけでなく慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease: COPD) への早期発見と早期介入を目指した今後の CT 検診への展開を

Table 1 Estimates of national medical care expenditure of lung cancer

Classification (in FY 2011)	Health expenditures
Medical care expenditure	278,129 (100 million yen)
Medical care expenditure/1 person	292,200 (yen)
Malignant neoplasms	1,957,000 (persons)
Medical care expenditure of malignant neoplasms	31,831 (100 million yen)
Lung cancer	138,000 (persons)
Medical care expenditure of lung cancer	3,811 (100 million yen)
Medical care expenditure of lung cancer/1 person	2,761,600 (yen)

述べる。

1. 肺がんの現状

1-1 肺がんの問題点

肺がんは死亡率の高さとともに、それに関わる医療費の高さの二つの問題点を持つ。ここではCTを用いて肺がんを早期発見することの利益について国民医療費と5年生存率の増加に伴う生産性の回復(国民所得)の立場¹²⁾から述べる。Table 1は肺がんにかかる医療費を示したものである。平成23年度の歯科を除く国民医療費^{13, 14)}は27兆8129億円。そのうち悪性新生物にかかる総患者数は195万7000人、その医療費は3兆1831億円であり、国民医療費全体の約11%となっている。そのうち、肺がん患者数は13万8000人、これにかかる医療費は3811億円、肺がん患者一人当たりの医療費は276万1600円となる。今後、過去喫煙を含む喫煙者の高齢化に伴って肺がんの罹患率は確実に増加し、肺がんにかかる医療費の増大は避けられない状況にある。肺がんの5年相対生存率は29.7%、肝臓、膵臓に次いで低い数値である。しかし病期I期で発見され、原発臓器に原局している場合に、その5年相対生存率は77.2%となり、前立腺、乳房に次いで高い生存率を示す。すなわち肺がんを早期に発見、診断することで高い5年生存率¹⁵⁾が期待できる。

1-2 早期発見による5年生存率の増加に伴う生産性(活動性)の回復

CT検診によって早期の肺がんの発見と治療が行われ、5年生存率が増加した場合の生産性(活動性)の回復について試算する。この場合の生産性の回復とは受診者がCT検診を通じて肺がんの早期発見と早期治療によって回復し、社会復帰することで得る利益(国民所得)とする。平成23年度の肺がん検診受診者数は708万人、受診率は17%。検診によるがん発見率は胸部X線で0.06%、4296人^{14, 15)}である。CT検診での発見率を0.7%^{15~17)}とした場合に平成23年度の肺がん

検診受診者がすべてCT検診を受診したと想定した場合に肺がんの発見率は49610人となる。このうちI期肺がんの発見率を胸部X線が50%、CT検診が70%と想定し、I期がんの5年生存率を77%^{18~20)}、早期肺がん発見の場合の医療費は平成25年度の診療報酬から胸腔鏡下肺悪性手術を想定し、その入院を含む医療費の概算を96万円とした。ここではCT検診の対象となる高危険群(ハイリスク・グループ)を40歳以上の喫煙者で、かつ喫煙指数が600以上とし、この割合をがん検診受診者の10%とした(平成24年JT全国喫煙率調査より)。次に検診対象の40歳から最低5年間の就労の可能性のある65歳未満の割合を受診者全体の26%とした(平成23年患者調査、総患者数、性・年齢階級×傷病分類別より)。また検診費用にかかる費用はCT検診を12000円、胸部X線を1600円とし、5年生存率の増加に伴う生産性の回復(国民所得)を一人当たり273万円とした。これらの諸条件を基に、検診にかかる費用とそれに伴う5年生存率増加による生産性の回復、および早期発見に伴う医療費の試算結果をFig. 1に示す。図中、左のCXRは現行の全員が胸部X線によって検診が行われる場合を、中央のハイリスク・グループとはCT検診の対照となる受診者を40歳以上の喫煙者で、喫煙指数が600以上とし、その他は胸部X線による検診を行った場合を、そして右は受診対象者の全員に対しCT検診が行われた場合が示されている。

現行の受診者全員が胸部X線とした場合に検診にかかる費用は113億円、早期肺がんの発見に伴う治療費が7億円、5年生存率の増加に伴う生産性の回復、この場合は国民所得の増加額は70億円となる。次に図中右の受診者全員をCT検診に置き換えた場合に検診費用は850億円に達する。また早期肺がん発見数の増加に伴って治療費は104億円となる。しかし、5年生存率の増加に伴って国民所得は1076億円増加し、検診費用を上回る結果となる。同様にハイリスク・グループに対しCT検診を行い、その他の受診者は胸部

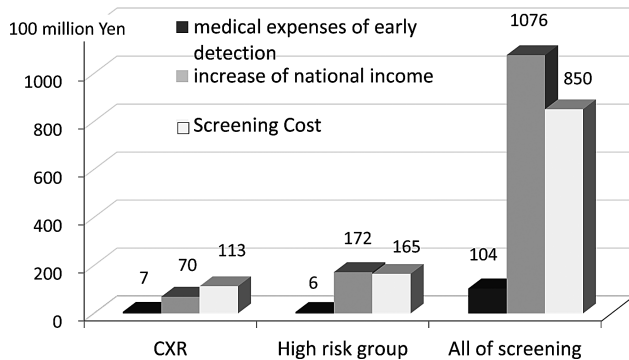


Fig. 1 Trial calculation of the cost effect in a lung cancer. The clinicians should initiate a discussion about LDCT screening with apparently healthy patients aged more than 40 years who have at least a 30-pack-year smoking history.

X線による検診が行われる場合に早期発見に伴う国民所得は172億円となり、検診に要する経費の165億円を上回る効果が得られる。結論として直ちに肺がん検診受診者に対し、その全員をCT検診に置き換えることは検診に関わるマンパワー、施設数、検診能率、検診費用などから困難である。検診としてCT検診が成り立つために受診者の負担を最小限にし、限られた資源の中で利益と不利益のバランスを考慮し集団の利益を最大にしなければならない。現行において肺がん死の低減を目標としてCT検診を普及させるためには、まず年齢と喫煙歴、事前の問診などによってハイリスク・グループを囲い込みCT検診を行う対象を限定したうえで効率の高いCT検診を行い、CT検診の有効性を広めていくことが現実的な手法と考える。

2. CT 検診の有効性

CT検診の有効性の評価について述べる。米国で行われた大規模無作為化比較試験(NLST)の結果からCT検診を受けたグループにおいて胸部X線グループより肺がん死亡が20.0%減少したことが示された。一方、要精検率はCT検診で24.2%、胸部X線で6.9%であり、CT検診による高い偽陽性が危惧されている。NLST以外にも複数²¹⁾の無作為化比較試験が行われた。しかしNLSTと比べ規模が小さいこと、検出力や追跡期間が不十分のため肺がん死や全死亡の有意な減少効果を示すことはできなかった。このため、現在、進行中のNELSON-screening trial など^{22~24)}の結果が待たれている。現在、NLSTの結果を受け、2013年にU.S. Preventive Services Task Force(PSTF)では年齢および累積喫煙歴に基づくハイリスク群への年1回の低線量での肺がんCT検診を推奨し、2014年に推薦グ



Fig. 2 The venue for the lecture.

レード^{注1}をBとした²⁵⁾。2013年には米国癌学会においても新しいガイドライン²⁶⁾が発表され、対象を1)55~74歳で健康上の問題がほぼない人、2)喫煙指数30 pack/year 相当の喫煙歴(喫煙指数600以上)、3)同等の過去喫煙歴を持つ人(禁煙後15年以内)としたうえでCT検診を推奨している。また米国における保険制度の一つであるメディケアは65歳以上を対象としCT検診の保険適用の検討を準備している。しかし日本では依然としてCT検診はグレードI²⁷⁾であり、引き続き、NELSONなどにおいて肺がん死を低下させる評価が得られ、かつ普及のための体制構築、厳格な線量管理と精度管理がなされる条件下で現状の胸部X線と並行して対象を高危険群に絞り、対策型検診としてCT検診が取り入れられるべき時期にあると考える。

3. CT 検診普及のための体制の構築—人材育成、線量管理、精度管理—

CT検診普及のための人材育成について述べる。本邦における現行の胸部X線による肺がん検診の受診者数は年間700万人以上であり、その中でCT検診は12万人以上が行われている。現在、進行中のNELSON trialでCT検診による死亡率の減少が証明されればCT検診は加速度的に普及する。このためにも日本においてもCT検診普及のための体制整備が不

注1) グレードB: 死亡率減少効果を示す相応な証拠があるので実施することを勧める。グレードI: 死亡率減少効果の有無を判断する証拠が不十分であるため、対策型検診として実施することは勧められない。任意型検診として実施する場合には、効果が不明であることと不利益について十分説明する必要がある。その説明に基づく、個人の判断による受診は妨げない。

可欠となる。重要なことは国民が必要に応じて、いつ、どこの施設でも、安全で、精度の高いCT 検診を受けられる体制の構築にある。この課題に対し 2004 年に第 3 次対がん総合戦略研究事業において CT 検診普及に向けて CT 検診認定技師の育成が検討された。引き続いて 2009 年に 6 学会が参加した NPO 法人 肺がん CT 検診認定機構において CT 検診普及のための肺がん CT 検診認定医(認定医)と肺がん CT 検診認定技師(認定技師)の二つの認定制度が誕生し、現在、認定医:1372 名、認定技師:963 名が誕生している(平成 26 年 4 月)²⁸⁾。

3-1 肺がん CT 検診認定技師講習会・認定試験について

CT 検診における人材育成について述べる。認定技師を養成する講習会は 2 日間開催され 1 日目は講義、2 日目に認定試験が行われる。認定試験は「筆記試験」と「異常所見検出試験」の 2 種がある。異常所見検出試験は認定技師が行う業務としての CT 画像からの異常所見を検査する能力を審査することを目的として行われる。その方法はサーバ内の検診 CT 画像(DICOM 画像, 60 症例, 2~10 mm スライス厚画像, 20~150 スライス/1 症例, 正常例を含む, 時間は 100 分)に対して、各受講生が端末 PC からアクセスして CT 画像から異常所見を検出する方式²⁹⁾で行われる(Fig. 3-1, 3-2 参照)。100 名を超える受講生が一斉に 3000 スライスを超える CT 画像に対し PC 画面から異常所見を検出し、試験 true positive (TP), false positive (FP) 終了後、直ちに受講者ごと、症例ごとの TP, FP の結果が得られるシステムの認定試験への運用は日本で初めての試みである。

認定試験における受講者の合否判定は、1) 真陽性率と擬陽性率の両者を考慮し、Receiver Operating Characteristic (ROC) 曲線からの Az 値 (FP1 から 3 個まで)、2) 筆記試験正答率、3) 異常所見検出試験感度の三つから決定される。

3-2 肺がん CT 検診認定技師の minimum requirement

CT 検診における認定技師の業務は、1) 撮影業務、2) Thin-section (または high resolution CT (HRCT)) 画像の作成、3) 装置の管理、4) 安全の管理、5) CT 検診画像からの異常所見の検出がある²⁹⁾。この中で認定技師が異常所見検出を行うためには以下の二つの要件が必要である。一つ目は CT 認定医の下でのみ行われること、二つ目には専門的なトレーニングを受け、基礎知



Fig. 3-1 Abnormal shadow detection and collection of data for analysis system.



Fig. 3-2 Abnormal shadow detection and collection of data for analysis system using item response theory (IRT) on personal computer monitor screen.

識を習得した後、肺がん CT 検診認定機構が行う認定試験に合格した診療放射線技師が業務を担うことである。認定技師の異常所見検出に求められる能力は、異常を疑わせる紛らわしい所見を確実に拾い上げることにある。認定講習会と認定試験においてもこのような基本理念に基づいた講習会・検出試験・採点が行われなければならない。

3-3 認定医と認定技師による読影体制

CT 検診認定医と認定技師による読影の体制³⁰⁾を Fig. 4 に示す。方法は以下の 3 通りがある。

- (1) 医師 2 名による二重読影。
- (2) 認定技師がまず CT 検診画像に対して異常所見の検出を行い、その結果を参照し、CT 検診認定医師が責任読影を行う。

Table 2 Result of 12-times of certifying examination in the lecture

Accreditation test for Certified	Entries facilities	Number of applicants	Number of students	Successful students	Nodule detection test		
					Sensitivity (%)	Positive (one case)	Az (case of FP1)
1st time	469	595	107	103	95	0.91	0.93
2nd	347	427	110	102	95	0.41	0.99
3rd	361	380	98	82	96	0.54	0.99
4th	309	350	72	69	96	0.44	0.99
5th	288	321	117	92	95	0.30	0.99
6th	250	293	106	86	94	0.27	0.99
7th	248	286	83	68	95	0.39	0.99
8th	255	268	102	71	93	0.32	0.99
9th	256	299	109	76	94	0.28	0.99
10th	196	252	106	89	94	0.37	0.99
11th	305	334	128	109	96	0.33	0.99
12th	212	244	106	87	95	0.43	0.99
Average or Mean	3496	4049	1244	1034	95	0.45	0.98

The Certified Radio-technologist for Lung Cancer CT Screening (Certified RT) is offered to any RT who acquired two years or more of experience; applicants are required to take a workshop conducted by The Japan Accreditation Council for Lung Cancer CT Screening and pass the written and practical exams to be certified. Since the establishment of this council, the accreditation tests for Certified RT have been performed eleven times. As a consequence 1244 persons took the test and the 1034 have passed. The successful applicant's TPF was 95% or more, and FPF was an average of 0.45 per a case.

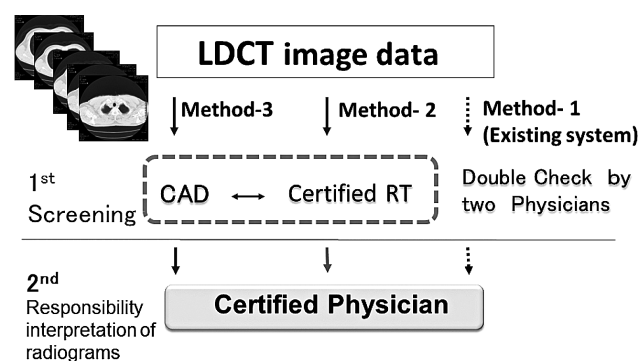
(3) 認定技師が computer-aided detection (CAD) システムを活用し、CAD 情報を加えた結果を医師側に提供し、認定医が責任読影を行う³¹⁾。現在、この方法は国立がん研究センター・がん予防検診研究センターで行われ、認定医の読影能率向上に成果をあげている。

認定技師による異常所見検出、認定医による責任読影というダブルチェックシステムの課題は診断結果の責任の所在にある。認定技師は CT 撮影業務を行うとともに、その結果を認定医に報告する。認定医は認定技師の報告を参考にし、責任読影を行う。この場合に認定医側には認定技師の報告の採否に関し医学的責任が取れる高度な低線量 CT 画像に対する読影能力と専門性が必要となる。

4. 肺がん CT 検診認定技師の評価とその有効性

4-1 CT 検診における撮影線量の基本条件

低線量肺がん CT 検診における「低線量」の定義は明確ではない。このため米国において肺がんの死亡率低減が検証された NLST の撮影条件^{32, 33)}を参考とし、日本人の標準体型に合わせ、またこれまで実施されてきた CT 検診の撮影条件^{34~36)}を基に日本の CT 検診の基本条件としなければならない。NLST では当初、撮影時に表示される線量指標(線量値): CTDI_{vol} の目標値を 2~3 mGy、実効線量で 1.5 mSv とし事前評価が行われた。しかし実際に行われた撮影ではこの数



Certified RT: Radiological Technicians in Computed Tomography screening for Lung Cancer

Fig. 4 Interpretation of Radiograms in Low Dose CT Screening by Certified RT and Certified Physician.

There are three methods Radiologic interpretations in LDCT Screening. One is double check by two physicians. The 2nd is a method which a Certified RT and a certified doctor perform. The 3rd is a certified RT performs anomalies view detection using CAD, a certified Physician performs responsibility radiologic interpretations.

値より高く、約 2~6 mGy であった³²⁾。現在、進行中の NELSON trial では体重 50 kg 以上において 1.6 mGy から 3.2 mGy の条件で撮影が行われている。日本では 2010 年から進められた佐川班研究での JECS trial において、4 mGy を上限とし 2 mGy が推奨条件とされている。これらの撮影条件から日本における CT 検診の線量値として、2.0 mGy を推奨し、逐次近似

法および体重などによって検出すべき結節が推奨する線量以下で撮影が可能な場合は、これより低い線量値で行うことを明示することが日本における CT 検診の基本条件と考える。

4-2 CT 検診における撮影線量の低減

NPO 法人肺がん CT 検診認定機構では CT 検診認定技師認定講習会(定期講習会)に参加した施設に対し、CT 検診に関わる撮影条件の実態調査を義務付けている。調査内容は施設規模、使用装置、装置性能(列数)、CT 検診に関わる件数、撮影条件(kV, mAs)、秒/回転、ピッチ、AEC 使用の有無、CTDI_{vol}、再構成関数、認定技師と認定技師の配置を含めた 62 項目である。Fig. 5 は 2009 年から 2014 年までの定期講習会実態調査データからの線量値：CTDI_{vol} の調査結果である。29.6%の施設において 2 mGy 以下の線量値で撮影が行われている。同時に 2 mGy より大きく、上限として考慮される 4 mGy 以下の施設数は 32%である。佐川班で上限とした 4 mGy 以下ではあるが、約 3 割の施設で推奨値より高い線量値で撮影が行われている。課題は 4 mGy を超える施設が 38.4%であり、そのうち、18%の施設が 10 mGy を超えていることである。検診では多くの健常人が対象になる。日本人間ドック学会会員施設における胸部 CT 検診に関する実態調査報告³⁷⁾では管電流値(mA)において日本 CT 検診学会肺がん CT 検診ガイドラインが推奨している 50 mA 以下で撮影している施設は 30%に満たないと述べている。CT 検診における撮影条件調査結果^{38, 39)}から、1/3 以上の施設の線量値が低線量とはいえない線量値での撮影が行われているのが現状であり、今後、日本で普及するためには低線量で撮影が行われていることを国民に明示し、第三者機関がそれを検証するシステムの構築が必要となる。

4-3 認定技師と認定医による撮影線量の低減

2009 年から 2014 年までの定期講習会実態調査データによると認定技師数と認定医がいる施設は定期講習会応募施設の約 36%であった。認定技師と認定医が施設に配置されているか否かによる撮影線量の違いを Fig. 6-1 に示す。施設に認定技師と認定医が配置されている施設の値の中央値は 2.2 mGy、それに対し両者が配置されていない施設では 4.7 mGy であった。Fig. 6-1 において認定技師と認定医がいる施設では線量値の上限とする約 4 mG 以内に全体の 75%が入っている。認定技師と認定医が配置されている施設では配置されていない施設と比較し、低線量撮影が行われてい

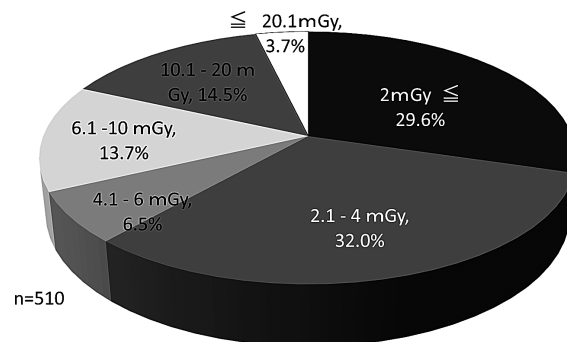


Fig. 5 Comparison for CTDI_{vol} used for LDCT imaging in Certified RT facilities.

The LDCT Screening is performed by the radiation dose of less than 4 mGy with 60% or more of facilities. However, 38% or more of facilities exceeded 4 mGy, and 18% of facilities are over 10 mGy.

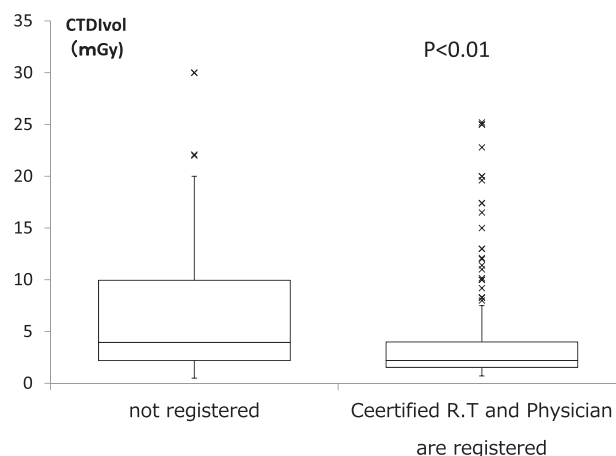


Fig. 6-1 The difference among scan condition (CTDI_{vol}) by the existence of Certified R.T and Physician.

Exposure dose in facilities that there are both Certified R.T and Physician is low compared to facilities that do not have Certified R.T and Physician.

The facilities where there are Certified R.T and Physician are overall approximately 36%. In the facilities where there are Certified R.T and Physician, LDCT screening was performed with CTDI_{vol} that was lower than the facilities which there was not ($P<0.05$).

ることを示している ($P<0.05$).

4-4 CT 検診における撮影線量の実態調査-3：認定取得後の更新までの変化

認定技師の認定期間は 5 年間であり、認定が切れる 1 年前から更新講習会の受講が行われる。この更新講習会受講時に認定講習会受講時と同じ内容の実態調査が行われる。Fig. 6-2 は 2009 年に認定技師の定期講習会を受講し、4 年後の 2013 から 14 年までに更新講習会を受講した施設における CT 検診の線量値の変化を

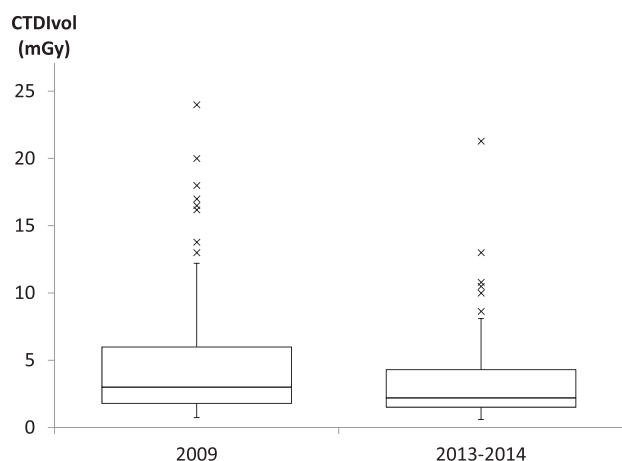


Fig. 6-2 Change of the CTDI_{vol} in the facilities in which the certified R.T. of four years after.

The facilities in which the certified R.T. is, CT dose is decreasing for four years to renewal of authorization. Validity period for approval shall be 5 years. The certified RT lowers CTDI_{vol} until renewal of certification.

示したものである。認定技師として更新までの4年間に施設においてCT検診の線量値の低減が行われ、中央値で約1 mGy、75% tile 値で約2.3 mGyの撮影値の低減が行われたことが示されている。今後、認定技師の更新が繰り返されることで、施設における低線量化がよりいっそう進むことが期待される。

4-5 認定技師の認定医への支援としての読影補助

診療放射線技師が専門的なトレーニングを受けることで、CT検診における異常所見検出（一次拾い上げ）に貢献できるとの多くの報告がある^{40~42)}。また厚生労働省は「厚生労働省 チーム医療の推進について」（「チーム医療の推進に関する検討会」報告）⁴³⁾の中で診療放射線技師の読影補助の必要性を述べている。Fig. 7は柿沼らによる放射線科医と診療放射線技師の肺結節に対する検出感度を示している。柿沼らは2 mm画像と5 mmスライス厚画像のCT検診画像内の結節をsolid nodule, mixed GG, pure GGOの三つに分け、放射線科医11人と診療放射線技師10人において両者間の検出能の比較を行った。その結果、放射線科医と診療放射線技師でpure GGO, mixed GGO, solid noduleの検出においてsolid noduleを除き両者の感度に差はなく(P<0.01)、問題として残るsolid noduleでは5 mm厚画像で7 mm径以上の結節の場合には両者の間に感度差がないと述べ、訓練された診療放射線技師はCT検診において異常所見検出に貢献できると評価している⁴⁰⁾。また長尾、松本らはCT検診における

「認定技師と医師連携システムの評価に関する研究」、厚生省中山班：長尾班員研究の中で、認定技師と認定医のダブルチェックシステムを想定し、認定技師の認定医に対する支援効果について、五味らによる平成21年度技術学会学術調査班⁴⁴⁾のCT検診画像データベースを基に読影実験を行い、バイナリ判断データ(1, 0データ)⁴⁵⁾からROC曲線を描く方法を用いて認定技師・医師連携システムの有用性を解析した。その結果、CT検診認定技師の一次検出結果を参照して医師が責任読影することで平均肺がん診断能(Az値)は向上し、同時に平均読影時間が短縮することを述べている。

5. 受診者に対する線量管理の必要性—dose index registryの意義—

現状のCT検診の線量値は逐次近似法等の装置の進歩によってCT検診開始時と比較し、低い線量での撮影が可能となっている。しかし胸部X線と比較し線量値が高いことは事実である。実際の運用においてはAs Low As Reasonably Achievable (ALARA)の原則に基づき可能な限り低線量で行うことであり、その検証が求められる。この課題に対し、施設におけるCT検診の線量値を管理・検証するためのシステムとしてDIR^{46, 47)}がある。現在、日本では日本版DIRを目指した線量管理ソリューションとして、石垣、村松らによるcombined application dose index (CADI)システム^{48, 49)}が稼働している。Fig. 7に検診施設を中心にCADIを利用した線量管理の流れを示す。まず画質管理用ファントムを用いて施設ごとのCT検診条件でのファントム画像と線量情報がCADIに転送される。次に匿名化されたCT画像と線量情報は公的な第3機関としての解析センタのサーバに転送される。サーバには各施設からのデータが蓄積され、線量と画質の解析が行われた後、その結果が各施設にフィードバックされることで自施設と他施設との線量比較が可能となる。比較によって線量値が高い場合は指導、勧告が行われる。東日本大震災以降、日本では医療被ばくに対する国民の関心は非常に高まっている。多くの健常人を対象とするCT検診の分野においてこそ、厳格な線量管理が行われていることを国民に明示することがCT検診普及のための課題である。

6. CT検診の今後の広がり—COPDの早期発見と早期介入—

COPDは喫煙が主因であり、症状の進行によって肺胞の破壊による気腫性変化や中枢気道病変を生じ深刻

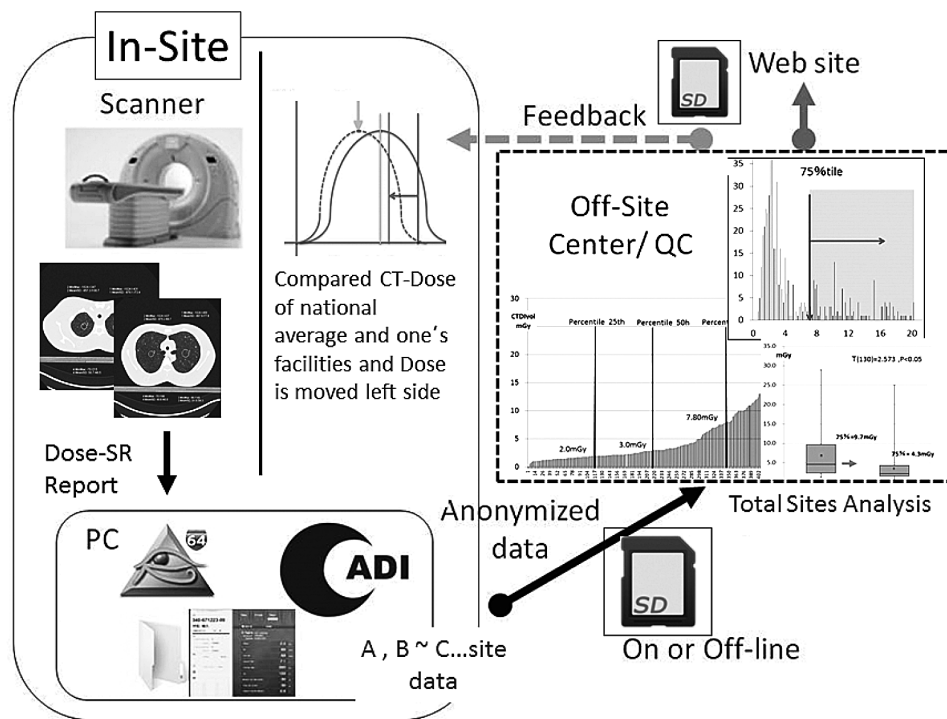


Fig. 7 CADI outline and work flow.
CADI system can perform the management of Dose index registry and image quality registry and practical guideline.

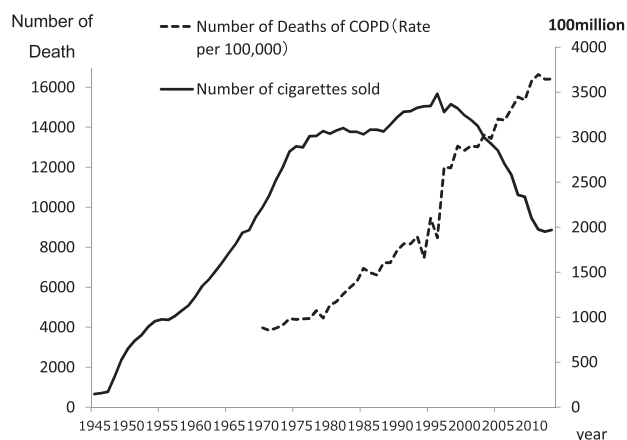


Fig. 8 Trends in Number of Deaths by COPD and the number of Cigarette sold.
There is a close relation between number of death of smoker and COPD.

な健康被害をもたらす。現実には40歳以上のCOPDの有病率は8.6%, 患者数は530万人, 一方, COPDの総患者数は約22万人(2011年厚労省患者調査)。死亡者数は1万7千人であり, COPDであるのに受診していない人は500万人以上いると推定される。すなわち, 多くの人々が, COPDであることに気づいていない, または正しく診断されていないのが現状である。COPDの診断にはスパイロメトリーが必要である。

しかしCTでみられる肺気腫がある喫煙者は肺気腫のない喫煙者と比較し呼吸機能の低下, すなわちCOPDを来している頻度が高い。禁煙者の18%がCOPD, また肺がん患者の約50%はCOPDを合併していることから, CT検診時の問診内容に慢性的な呼吸器症状(咳・痰・息切れ)などを加えることで, COPDとして発症する以前の気腫性変化をCT検診で拾い上げ, 早期介入を行うことでCOPDの予後の改善に取り組むことが可能となる。CT検診を通じてCOPD患者, および予備群を早期発見する体制を確立し, 患者QOLの改善, 疾病負担の積極的な軽減を目指すとともに, 肺がんの早期発見につなげることが今後のCT検診の更なる普及につながる。

7. 結 語

CT検診の普及は肺がん死低減のために達成しなければならない。そのためには新しい体制の構築が必要となる。「体制」とは多くの国民が, いつ, どこでも, 安全で精度の高いCT検診を受けられることであり, 「安全」とは厳格に管理された線量の下でCT検診が行われることを示す。「精度」とは認定医と認定技師, 更には認定施設の下で管理された質の高いCT検診が行われることを意味する。そして「いつ, どこでも」とは, 対策型CT検診として日本全国に広げることで

ある。肺がん死の低減に向けて放射線技術の果たす役割は大きく、それを果たすことが診療放射線技師の責務の一つと考える。

謝 辞

本研究と実践は平成 17 年の厚生労働省科学研究費補助金第 3 次対がん総合戦略事業「新しい検診モデルの構築と検診能率の向上に関する研究」分担研究

者：土屋了介、および「新しい診断技術の開発に関する研究」分担研究者：森山紀行の援助を受け、また NPO 法人日本 CT 検診学会技術部会、および NPO 法人肺がん CT 検診認定機構に関わる多くの先生方の協力と理解を得て進められたものです。お名前を掲示することはできませんが、ご支援いただいたすべての先生方に対し深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) Kaneko M, Eguchi K, Ohmatsu H, et al. Peripheral lung cancer: screening and detection with low-dose spiral CT versus radiography. *Radiology* 1996; 201(3): 798-802.
- 2) Sone S, Takashima S, Li F, et al. Mass screening for lung cancer with mobile spiral computed tomography scanner. *Lancet* 1998; 351(9111): 1242-1245.
- 3) Sone S, Li F, Yang ZG, et al. Results of three-year mass screening programme for lung cancer using mobile low-dose spiral computed tomography scanner. *Br J Cancer* 2001; 84(1): 25-32.
- 4) Nawa T, Nakagawa T, Mizoue T, et al. A decrease in lung cancer mortality following the introduction of low-dose chest CT screening in Hitachi, Japan. *Lung Cancer* 2012; 78(3): 225-228.
- 5) Henschke CI, McCauley DI, Yankelevitz DF, et al. Early Lung Cancer Action Project: overall design and findings from baseline screening. *Lancet* 1999; 354(9173): 99-105.
- 6) Blanchon T, Bréchet JM, Grenier PA, et al. Baseline results of the Depiscan study: a French randomized pilot trial of lung cancer screening comparing low dose CT scan (LDCT) and chest X-ray (CXR). *Lung Cancer* 2007; 58(1): 50-58.
- 7) Infante M, Lutman FR, Cavuto S, et al. Lung cancer screening with spiral CT: baseline results of the randomized DANTE trial. *Lung Cancer* 2008; 59(3): 355-363.
- 8) Lopes Pegna A, Picozzi G, Mascalchi M, et al. Design, recruitment and baseline results of the ITALUNG trial for lung cancer screening with low-dose CT. *Lung Cancer* 2009; 64: 34-40.
- 9) Pedersen J, Ashraf H, Dirksen A, et al. The Danish randomized lung cancer CT screening trial—overall design and results of the prevalence round. *J Thorac Oncol* 2009; 5: 608-614.
- 10) National Lung Screening Trial Research Team, Aberle DR, Adams AM, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *N Engl J Med* 2011; 365(5): 395-409.
- 11) Field JK, van klaveren R, Pedersen JH, et al. European randomized lung cancer screening trials: Post NLST. *J Surg Oncol* 2013; 108(5): 280-286.
- 12) 片山友子, 水野夕由子, 稲田 紘. 肺がん検診受診率向上が死亡率および医療費に及ぼす影響の検討. *総合検診* 2011; 39(2): 267-276.
- 13) 厚生労働省. 国民医療費, 人口一人当たり国民医療費・対国内総生産及び対国民所得比率の年次推移. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/09/toukei1.html>. (2014/8/1)
- 14) 厚生労働省. 平成 24 年度地域保健・健康増進事業報告の概況. 健康増進編, 8 がん検診: <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/c-hoken/12/dl/kekka2.pdf>. (2014/8/1)
- 15) 名和 健, 長南達也, 森川 聡, 他. 日立メディカルセンターにおける胸部 CT 検診の実施と成績. *CT 検診* 2008; 5(2): 63-69.
- 16) Nawa T, Nakagawa T, Mizoue T, et al. Long-term prognosis of patients with lung cancer detected on low-dose chest computed tomography screening. *Lung Cancer* 2012; 5: 197-202.
- 17) Nawa T, Nakagawa T, Mizoue T, et al. A decrease in lung cancer mortality following the introduction of low-dose chest CT screening in Hitachi, Japan. *Lung Cancer* 2012; 78(3): 225-228.
- 18) 厚生労働省. 平成 23 年患者調査の概要. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/11/dl/01.pdf>. (2014/8/1)
- 19) 国立がん研究センターがん対策情報センター. 公益財団法人がん研究振興財団. がんの統計, 13.2013: 99. http://ganjoho.jp/professional/statistics/backnumber/2013_jp.html. (2014/8/1)
- 20) 国立がん研究センターがん対策情報センター: <http://ganjoho.jp/public/statistics/pub/statistics01.html>. (2014/8/1)
- 21) Field JK, van Klaveren R, Pedersen JH, et al. European randomized lung cancer screening trials: Post NLST. *J Surg Oncol* 2013; 108(5): 280-286.
- 22) van Iersel CA, de Koning HJ, Draisma G, et al. Risk-based selection from the general population in a screening trial: selection criteria, recruitment and power for the Dutch-Belgian randomised lung cancer multi-slice CT screening trial (NELSON). *Int J Cancer* 2007; 120(4): 868-874.
- 23) Xu DM, Gietema H, de Koning H, et al. Nodule management protocol of the NELSON randomised lung cancer screening trial. *Lung Cancer* 2006; 54(2): 177-184.
- 24) Sagawa M, Nakayama T, Tanaka M, et al. A Randomized Controlled Trial on the Efficacy of Thoracic CT Screening for Lung Cancer in Non-smokers and Smokers of < 30 Pack-years Aged 50-64 Years (JECs Study): Research Design. *Jpn J Clin Oncol* 2012; 142: 1219-1221.
- 25) Moyer VA; U.S. Preventive Services Task Force. Screening for lung cancer: U.S. Preventive Services Task Force recommendation statement. *Ann Intern Med* 2014; 160(5): 330-338.
- 26) Wender R, Fontham ET, Barrera E Jr, et al. American Cancer Society lung cancer screening guidelines. *CA Cancer J Clin* 2013; 63: 106-117.
- 27) 「がん検診の適切な方法と評価法の確立に関する研究」. 主任研究者 祖父江友孝. 平成 18 年度厚生労働省がん研究助成金 2006: <http://canscreen.ncc.go.jp/guideline/haigan.html>. (2014/8/1)
- 28) NPO 法人肺がん CT 検診認定機構. 認定医師リスト認定技師リスト. <http://www.ct-kensin-nintei.jp/gishi/workshop/>

- index.html. (2014/8/1)
- 29) 花井耕造, 五味志穂, 清水恵子, 他. 肺がん CT 検診認定技師制度について. 日放技学誌 2008; 64(6): 721-724.
 - 30) 松本 徹, 花井耕造, 村尾昇平, 他. CT スクリーナ養成のための CT 画像読影実験の開発. CT 検診 2007; 14: 183-190.
 - 31) Matumoto T, Wada S, Yamamoto S, et al. Explanation of the mechanism by which CAD assistance improves diagnostic performance when reading CT images. Pro. of SPIE 2006; 6146: 614619-1-11.
 - 32) Cagnon CH, Cody DD, McNitt-Gray MF, et al. Description and implementation of a quality control program in an imaging-based clinical trial. Acad Radiol 2006; 13(11): 1431-1441.
 - 33) National Lung Screening Trial Research Team, Aberle DR, Berg CD, et al. The National Lung Screening Trial: overview and study design. Radiology 2011; 258(1): 243-253.
 - 34) Henschke CI, McCauley DI, Yankelevitz DF, et al. Early Lung Cancer Action Project: overall design and findings from baseline screening. Lancet 1999; 354 (9173): 99-105.
 - 35) 低線量 CT による肺癌検診のあり方に関する合同委員会編. 低線量 CT による肺癌検診の手引き. 東京: 金原出版, 2004.
 - 36) 日本 CT 検診学会ガイドライン. 肺癌検診用 MDC 撮影マニュアル, CT 検診撮影マニュアル. http://www.jscts.org/index.php?page=guideline_index (2014/08/10)
 - 37) 瀧澤弘隆, 笹森 齊, 丸山雄一郎. 日本人間ドック学会会員施設における胸部 CT 検診に関する実態調査. 人間ドック 2011; 25: 778-787.
 - 38) 五味志穂, 中村義正, 村松禎久. 低線量 CT 肺がん検診の現状. 日放技学誌 2005; 61(6): 874-880.
 - 39) 五味志穂, 黒木幹夫, 花井耕造, 他. 肺がん CT 検診に関する実態調査報告ー第 2 回肺がん CT 検診認定技師講習会における調査ー. CT 検診 2010; 17: 162-168.
 - 40) Kakinuma R, Ashizawa K, Kobayashi T, et al. Comparison of sensitivity of lung nodule detection between radiologists and technologists on low-dose CT lung cancer screening images. Br J Radiol 2012; 85: 603-608.
 - 41) 松本満臣, 木村千明, 粟井一夫, 他. スーパーテクノロジー認定制度に関する検討報告書. 日放技学誌 2005; 61(3): 359-371.
 - 42) 松本 徹, 古川 章, 遠藤真広, 他. 医療技術者による CT 画像読影の潜在の評価. 日放技学誌 2005; 61(6): 791-799.
 - 43) 厚生労働省. 「厚生労働省 チーム医療の推進について」(「チーム医療の推進に関する検討会」報告. <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2010/03/s0319-9.html>. (2014/8/10)
 - 44) 五味志穂, 津田雪裕, 松本 徹, 他. CAD の臨床現場における実的な運用法に関する調査・研究班. 第 38 回日放技秋季大会 2010: 1147-1148.
 - 45) 松本 徹, 花井耕造, 須田修二, 他. 1,0 判断結果の ROC 解析による CAD 支援効果評価法. CT 検診 2008; 15(2): 47-56.
 - 46) 村松禎久, 花井耕造, 野村恵一, 他. CT の線量評価ーDose Index Registry (DIR) の導入に向けてー. 日放技学誌 2014; 70(12): 1463-1482.
 - 47) ACR-DIR (Dose Index Registry): <http://www.acr.org/Quality-Safety/National-Radiology-Data-Registry/Dose-Index-Registry>. (2014/8/10)
 - 48) Muramatsu Y, Ishigaki R, Hanai K, et al. Development of a Dose Index Registry in Japan (J-DIR) -Dedicated for Low-dose Lung Cancer CT Screening: RSNA Annual Meeting, 2013
 - 49) 石垣陸太. 低線量肺がん CT 検診の普及に向けてー被ばく線量管理システムの提案ー. Innervision 2012; 27-7: 16-20.