

甲状腺がんの地域依存性：5つの地域区分で解析、すべてに**linear dose response** あり
福島県を4地域に分ける3モデル（大平氏ら論文[1]、県民健康調査4地域区分、健康調査1巡目検査実施時期による4地域区分）による甲状腺がん発生率～地域平均被ばく線量との線型相関
被ばく線量：福島県基本調査：**FHMS 外部線量 (0.2~1.5 mSv)**、**UNSCEAR 実効線量 (1~6 mSv)**

いずれもモデルでも UNSCEAR 甲状腺線量との相関は低く、甲状腺線量の直接測定が少ない、推定評価の方法が多岐にわたっていることに起因すると考えられる。FHMS 外部線量、UNSCEAR 実効線量との相関も悪いので、現状では甲状腺がんの発見率との比較には使えないと考える。

1. 大平氏ら提案の外部被ばく線量の比率による地域区分からの解析

大平氏ら福島県立医大グループは、福島県民健康調査（FHMS）1巡目（2011-2013年度）の結果から、事故後の4年間では甲状腺がんの発見率と外部被ばく線量の地域差とは相関がない事を報告した。[1]（2巡目についても同じモデルでの解析結果が出され[7]、多くの問題点を含むと考えられると考えられるが、ここでは触れない。）加藤は論文[1]への反論に於いて、2巡目（2014-2015年度）、および1・2巡目（2011-2015年度）の解析から、原発事故後6年間の小児甲状腺がん発見率は外部被ばく線量増加と共に直線的に増えていくことを明らかにした。[2]

大平らの方法による福島県の地域区分モデルは以下の通りである。

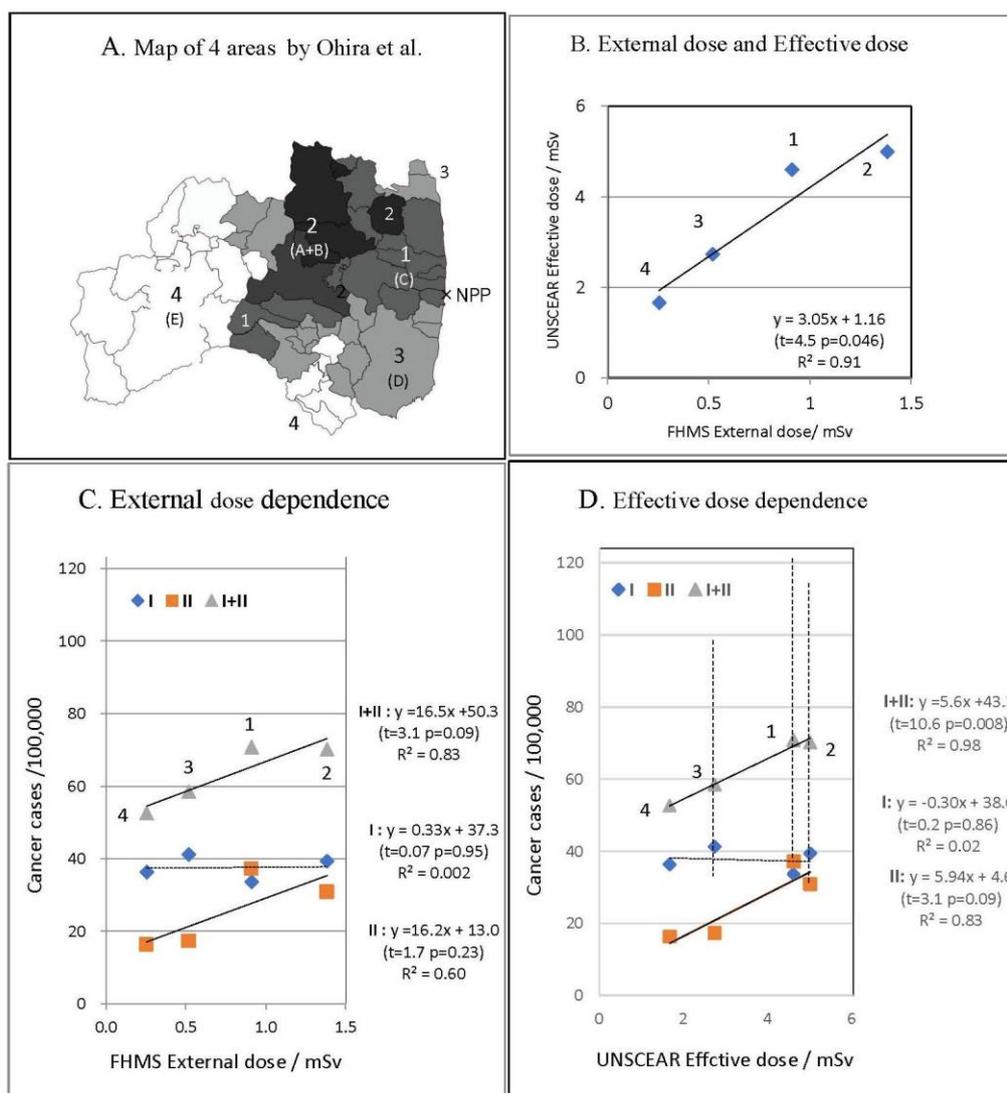
- ・ **OM モデル**: 大平論文 [1] の Figure 1 の地図区分、 $P'(A) > 66\% > P'(B) > 55.4\% > P'(C) > 5.7\% > P'(D) > 0.67\% > P'(E)$ 、 P' は外部被ばく線量が1mSvを超える甲状腺検査被験者の比率（FHMS 内部資料によると推測される）大平の5地域から4地域に、 $C=1, A+B=2, D=2, E=4$
- ・ **O2 モデル**: FHMS「基本調査」外部被ばく線量の住民比率 P に対する条件 $P(A+B=2) \geq 55.4\% > P(C) \geq 5.7\% > P(D) \geq 0.80\% > P(E)$ で分割された4地域区分 [2]
- ・ **O1 モデル**: FHMS「基本調査」外部被ばく線量の住民比率 P に対する条件 $P(O2) > 55.4\% > P(O1) > 5.7\% > P(O3) > 0.9\% > P(O4)$ で分割された4地域区分。O2モデルとほぼ同じであるが、4地域がよりコンパクトにまとまる。[3]

1.1 OMモデルによる解析

図1. OMモデルによるがん発見率とFHMS外部線量およびUNSCEAR実効線量との相関を示す。

各検査に対する回帰分析による線型近似の回帰式、傾き係数に対するt-及びp-値（有意F-値）、寄与率R2値を右枠内に記した

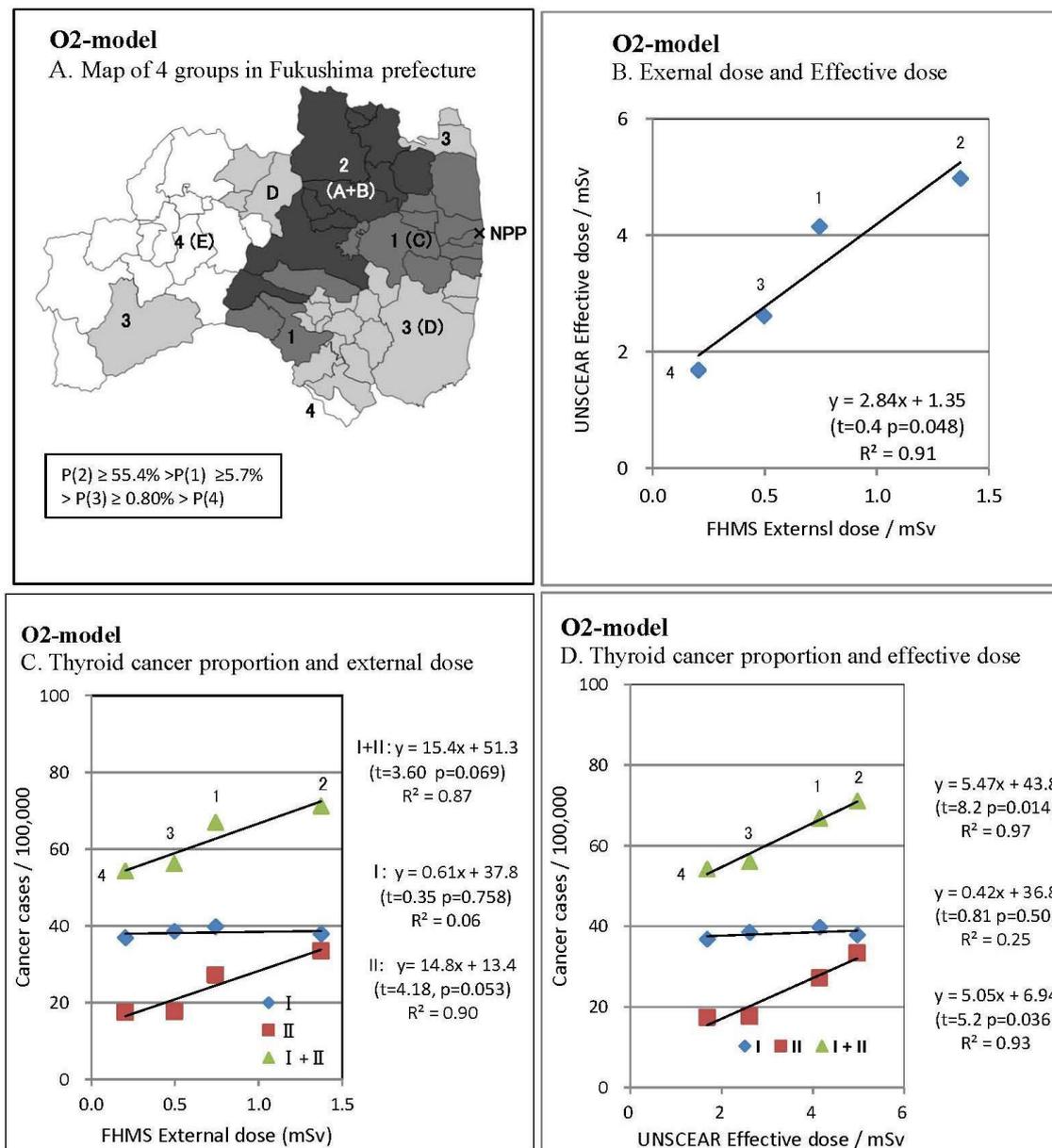
- A. 4地域区分地図
- B. FHMS外部線量とUNSCEAR実効線量の相関（避難地域の外部線量評価が低い）
- C. がん発見率とFHMS外部線量の相関（2巡目、1巡目+2巡目：避難地域の外部線量評価が低いため線型近似直線からずれる傾向）
- D. がん発見率とUNSCEAR実効線量の相関



- ・1巡目 I 相関なし ([I]と一致)
- ・2巡目がん発見率はUNSCEAR実効線量と、1巡目+2巡目：がん発見率は地域の外部被ばく線量、UNSCEAR実効線量の間で顕著な線型相関（直線的に増える）
- D図1+2巡目ではがん発見率信頼区間は重なり合うが、 $p < 0.01$ の高い精度の線形関係が見られる。

1.2 O2モデルによる解析

図2. O2モデルによるがん発見率と FHMS 外部線量および UNSCEAR 実効線量との相関
Epidemiology 大平論文への反論[2]の図に実効線量依存性を追加したもの

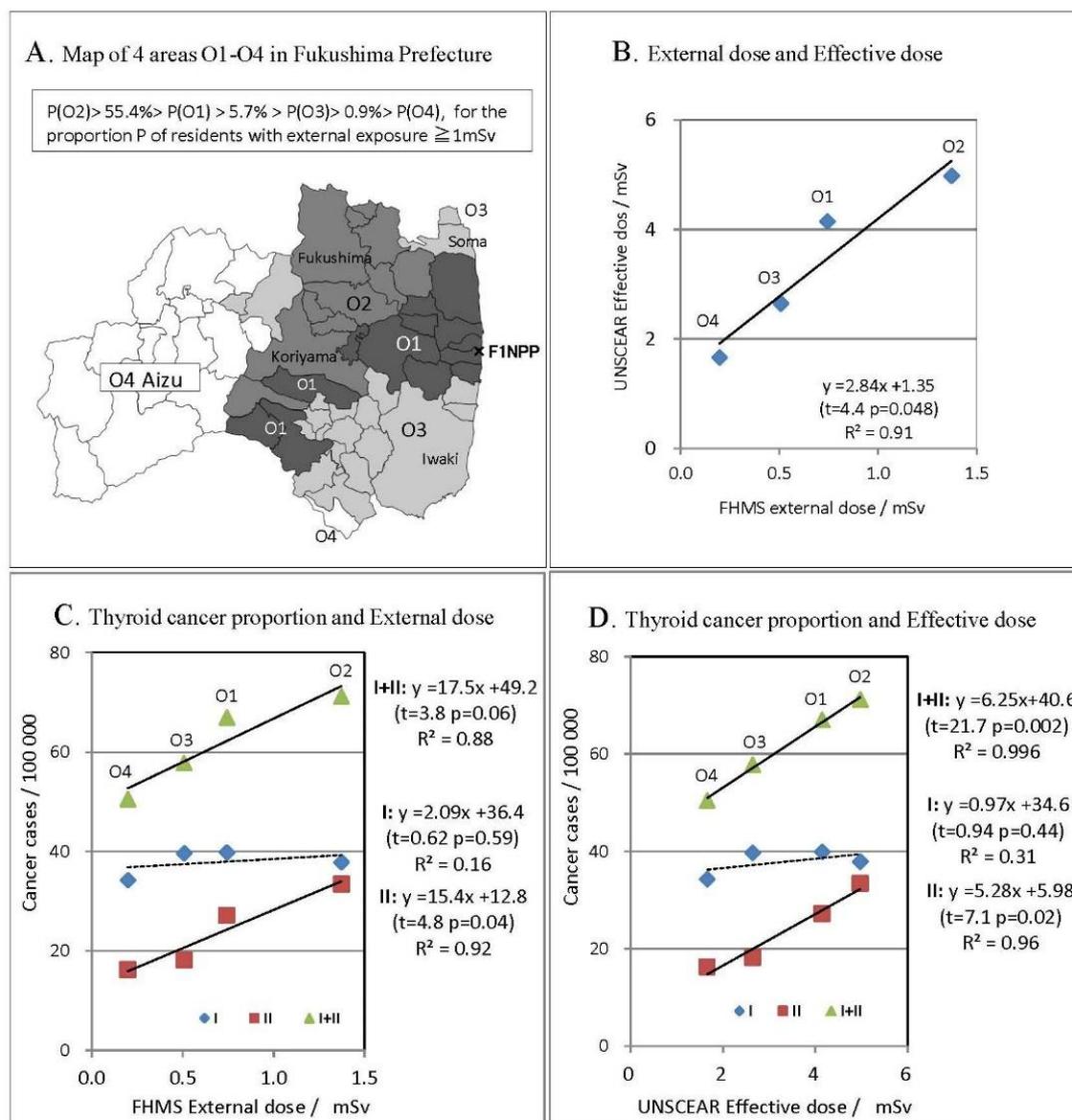


- ・ 1 巡目 相関なし ([1]と一致)
- ・ 2 巡目、1 巡目+2 巡目：がん発見率は地域の外部被ばく線量、UNSCEAR 実効線量の方に顕著な線型相関がある（直線的に増える）。

1.3 O1モデルによる解析

O2モデルとほぼ同じ地域区分であるが、O1モデルよりコンパクトにまとまる。

図3. O1モデルによるがん発見率と FHMS 外部線量および UNSCEAR 実効線量との相関[3]



O2モデルとほぼ同じ傾向だが、がん発見率と外部線量・実効線量への線形依存がより顕著。

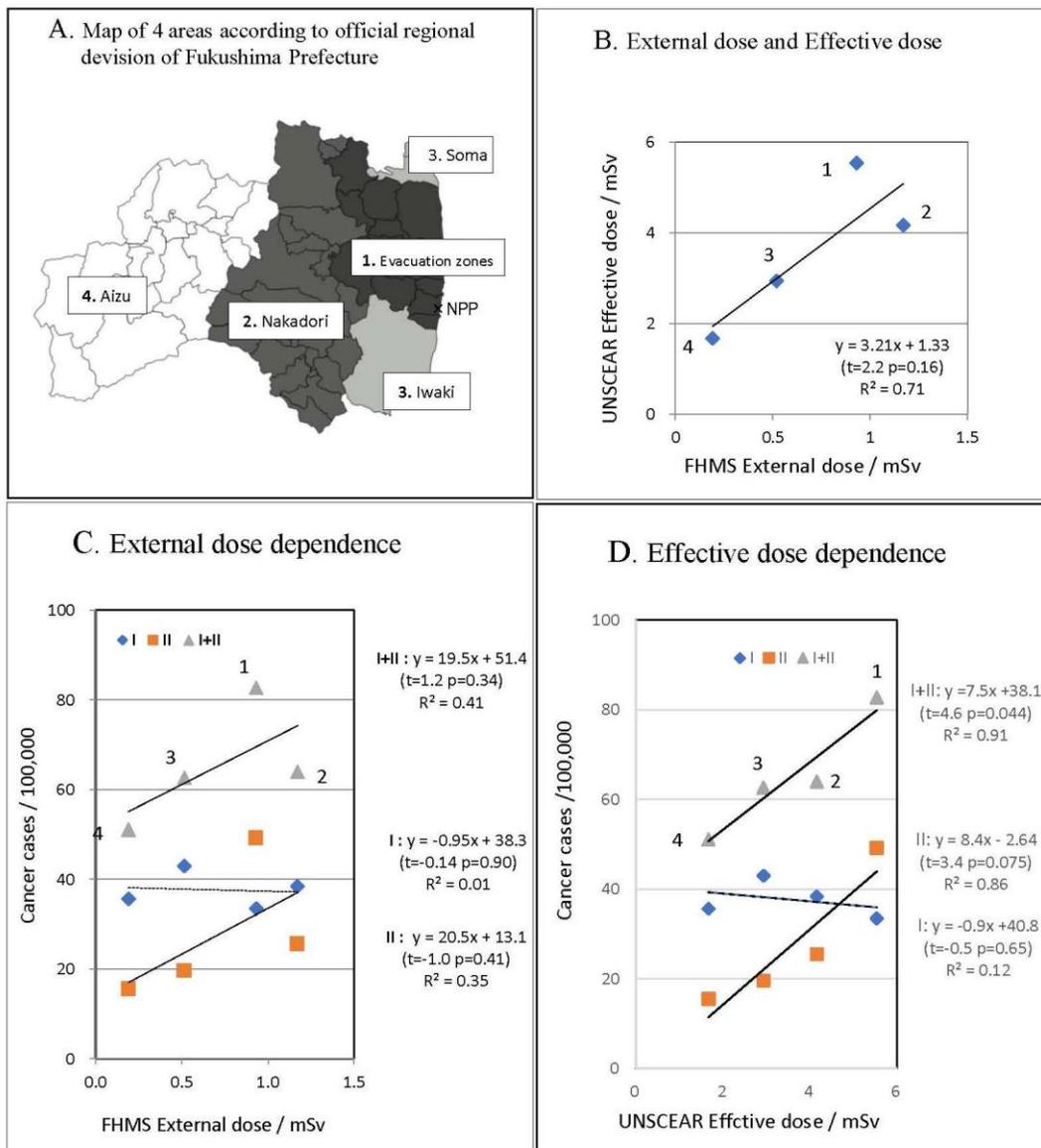
- 1巡目 相関なし ([I]と一致)
- 2巡目、1巡目+2巡目：がん発見率は地域の外部被ばく線量、UNSCEAR 実効線量の間にはほぼ完全な線形相関がある。

2. 福島健康調査 (FHMS) 報告の4地域区分 (Fモデル) による解析[4]

鈴木眞一氏ら福島県立医大グループによる1巡目解析で、甲状腺がんはスクリーニング効果と結論付けられている。The high prevalence of childhood thyroid cancer detected in this four-year study in Fukushima can be attributed to mass screening. [5]

図4. Fモデルによるがん発見率と FHMS 外部線量および UNSCEAR 実効線量との相関[4]

- A. 避難地域・中通り・浜通り・会津の4地域区分地図
- B. FHMS 外部線量と UNSCEAR 実効線量の相関 (避難地域の外部線量評価が低い)
- C. がん発見率と FHMS 外部線量の相関 (2巡目、1巡目+2巡目：避難地域の外部線量評価が低いため線型近似直線からずれる傾向)
- D. がん発見率と UNSCEAR 実効線量の相関
 - 1巡目 相関なし ([5]と一致)
 - 2巡目、1巡目+2巡目 がん発見率が実効線量に線型相関 (直線的に増える)



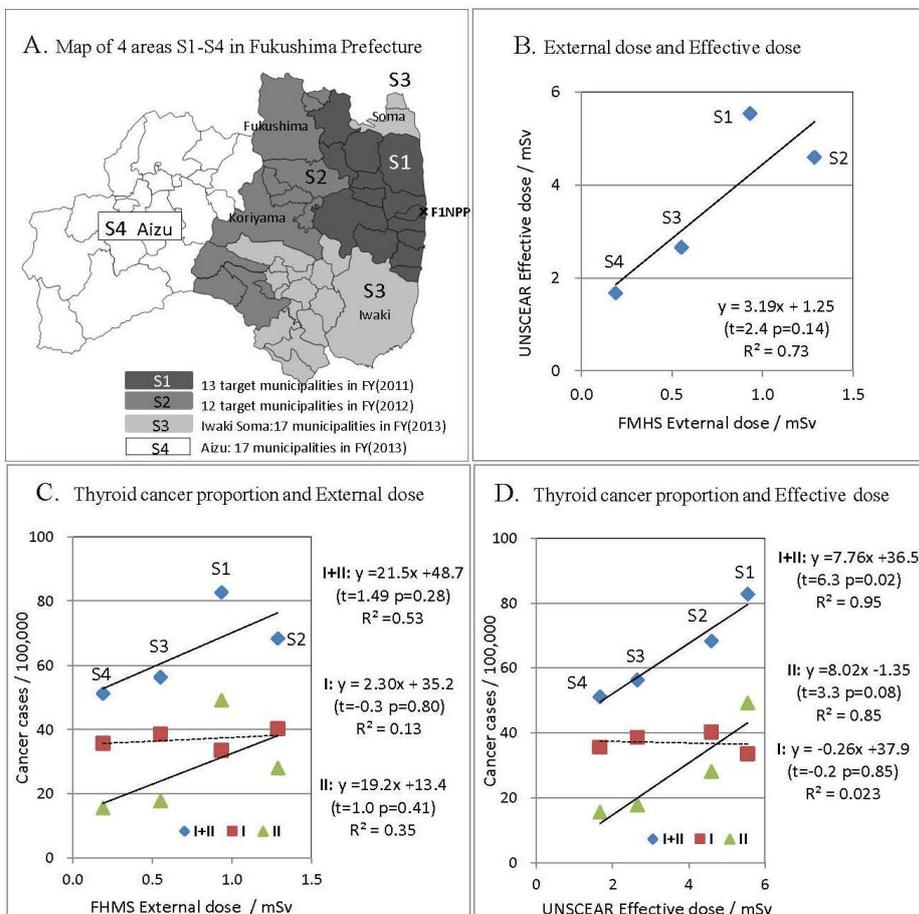
3. 福島健康調査 1 巡目検査実施時期による 4 地域区分 (S モデル) による解析[3]

鈴木論文が採用している検査年度による 4 地域区分 (S1 避難地域等 13 市町村(2011 年度検査実施) S2 : 中通り 12 市町村 (2012 年度検査) c. 浜通りいわき・相馬地区 17 市町村 (2013 年度前期検査) d. 会津地区 17 市町村 (2013 年度後期検査)) による 1 巡目解析では、地域差なしで、総合的に判断して福島甲状腺がんは被ばく影響でないと結論している。[6]

There was no difference in the thyroid cancer discovery rate within the 4 years period.

図 5. S モデルによる事故後 6 年間の甲状腺がん発見率と被ばく線量との関係

- A. 4 地域区分地図
- B. FHMS 外部線量と UNSCEAR 実効線量の相関 (避難地域の外部線量評価が低い)
- C. がん発見率と FHMS 外部線量の相関 (2 巡目、1 巡目+2 巡目 : 避難地域の外部線量評価が低い
ため線型近似直線からずれる傾向)
- D. がん発見率と UNSCEAR 実効線量の相関
 - 1 巡目 相関なし ([6]と一致)
 - 2 巡目、1 巡目+2 巡目 がん発見率が実効線量線型相関 (直線的に増える)



結論 本研究で、原発事故から4-6年の小児甲状腺がん発病率（2巡目）と事故6年後の有病率（1巡目発見率+2巡目発見率）が2つの独立な被ばく線量推計、FHMS 外部被曝線量および UNSCEAR 実効線量増加と共に直線的に増えていくことが判明した。福島甲状腺がん発生が事故による被ばくと関係していることを強く示唆する結果であった。

1巡目ではがん発見率の地域差はすべてのモデルで見られず、FHMS グループからの1巡目についての結論「甲状腺がんの発見率と外部被ばく線量の間には相関がない」と一致する。[1, 5, 6] これは汚染度の高い地域から検査を開始したため、原発事故から検査までの経過期間が短い高汚染地域（経過期間1.4年）の発症数が低線量地域（会津の経過期間2.8年）と比較して抑えられ、高線量被ばくによる患者数の増加と相殺して地域差が見えなくなったと考えられる。

高精度超音波スクリーニングによる甲状腺がんの発見は、原発事故からの期間および被ばく線量に依存することはないので、福島県の甲状腺がんをスクリーニング効果のみで説明することは不可能である。

References

- [1] Ohira T, Takahashi H, Yasumura S, et al. for the Fukushima Health Management Survey Group. Associations between Childhood Thyroid Cancer and External Radiation Dose after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *Epidemiology*, 2018; 29: e32–e34
https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2018/07000/Associations_Between_Childhood_Thyroid_Cancer_and.28.aspx
- [2] Kato T. 2019. Re: Associations between Childhood Thyroid Cancer and External Radiation Dose After the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *Epidemiology* 30: e9–e11
https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2019/03000/Re_Associations_Between_Childhood_Thyroid_Cancer.26.aspx
- [3] Kato T, August 19, 2019 Dose dependence of pediatric thyroid cancer prevalence in the 6 years after the Fukushima nuclear power plant accident. *Adv Pediatr Res* 6:28. doi:10.35248/2385-4529.19.6.28.
Available at: <https://www.longdom.org/articles/dose-dependence-of-pediatric-thyroid-cancer-prevalence-in-the-6-years-after-the-fukushima-nuclear-power-plant-accident.pdf>
- [4] Kato T. 26 December, 2019, Area Dose Response of Prevalent Childhood Thyroid Cancers after the Fukushima Nuclear Power Plant Accident *Clinical Oncology and Research* | ISSN 2613-4942
https://www.sciencerepository.org/articles/area-dose-response-of-prevalent-childhood-thyroid-cancers-after-the-fukushima-nuclear-power-plant-accident_COR-2019-6-116.pdf
- [5] Suzuki S, Suzuki S, Fukushima T, Midorikawa S, et al. for the Fukushima Health Management Survey. Results of Childhood Thyroid Ultrasound Examinations in Fukushima in the First Four Years after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *Thyroid*, 2016; 26: 843-851.
<https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/thy.2015.0564>
- [6] Suzuki S. Childhood and adolescent thyroid cancer in Fukushima after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident: 5 years on. *Clin Oncol*. 2016; 28: 263–271
[http://www.clinicaloncologyonline.net/article/S0936-6555\(16\)00002-9/pdf](http://www.clinicaloncologyonline.net/article/S0936-6555(16)00002-9/pdf)
- [7] Ohira T, Takahashi H, Yasumura S, The Authors Respond. *Epidemiology*: March 2019; 30 (2): p e11
https://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2019/03000/The_Authors_Respond.27.aspx