

ISSN 1884-6165

# 保健科学研究

第 10 卷 第 2 号

Journal of Health Science Research

Vol.10 No.2



保健科学研究

J. Health Sci. Res.

2019

# 保健科学研究

第 10 卷 第 2 号

Journal of Health Science Research

Vol.10 No.2



2019



目次

【総説】

- 細川洋一郎、嵯峨 涼、長谷川和輝、大内健太郎、奥村 一彦：  
放射線治療に関わる癌幹細胞 ..... 1

【原著】

- 須藤 美香、平岡 恭一、成田 智、小山内筆子：  
運動習慣および難聴の自覚と聴力との関連  
ー青森県 2 市での聴力検査による高齢者の難聴予防策の検討ー ..... 9
- 小田 未来、佐々木亜実、野坂 大喜、中野 学、藤岡 美幸、高見 秀樹：  
深層学習法(Deep learning)による末梢血白血球分類 AI モデルの検討 ..... 17
- 佐々木亜実、小田 未来、野坂 大喜、中野 学、藤岡 美幸、高見 秀樹：  
畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた末梢血白血球分類スクリーニング技術の検討…… 25

【報告】

- 門前 暁、森野 友貴、千葉 満、Wojcik Andrzej：  
地方における保健医療技術職へ外国人就労者が増大した際の医療環境変化の考察  
～多民族国家スウェーデンを参考に～ ..... 35
- 宮地 博子、尾田 敦、石川 大瑛：  
中学生陸上選手の栄養教育実施前後の食事摂取状況と体組成の変化 ..... 41
- 押切 風花、會津 桂子、西沢 義子、高瀬 園子：  
インターネット上の健康情報検索の実態と e ヘルスリテラシーとの関連 ..... 51

- 第 6 回保健科学研究発表会抄録集 ..... 59

## 【総説】

# 放射線治療に関わる癌幹細胞

細川洋一郎\*<sup>1</sup> 嗟峨 涼\*<sup>1</sup> 長谷川和輝\*<sup>1</sup> 大内健太郎\*<sup>2</sup> 奥村一彦\*<sup>2</sup>

(2019年10月8日受付, 2019年12月23日受理)

**要旨:** 悪性腫瘍を構成する細胞は、等しく腫瘍形成能を有するものではなく、少数の癌幹細胞と呼ばれる細胞が存在し、自己複製能と分化能を保持しながら、腫瘍を構成する大多数の癌細胞を供給するという、癌幹細胞システムの概念が一般化しつつある。この癌幹細胞を解明することにより、従来の放射線治療で起こる、腫瘍の再発や転移および放射線治療抵抗性の獲得等、癌の生物学的特性に深く関連した諸問題を克服できる可能性があるため、癌幹細胞を同定してそれを標的とする研究が活発になっている。本稿では、癌幹細胞の研究の歴史、癌幹細胞の発生源とその同定方法、癌幹細胞内のシグナル伝達などの癌幹細胞の性質と放射線に対する癌幹細胞の影響について紹介した後、今後の放射線治療における癌幹細胞研究の戦略について概説した。

**キーワード:** 癌幹細胞, 放射線治療, 放射線抵抗性, 転移, 上皮間葉転換

## I. はじめに

放射線治療は、癌治療法の柱の1つであり、近年ではその治療機器の高度化による物理的線量分布の高精度化から、適応が増加し続けている<sup>1)</sup>。放射線治療による癌治療は、基本的に、癌細胞が損傷を受けたDNAを修復する能力に限られており、正常組織よりも放射線に対して感受性が高いという理論に基づいている<sup>2,3)</sup>。しかしながら、癌の生物学的複雑性および不均一性により、放射線治療に対する抵抗性細胞も少なからず存在し、特に臨床上重要なことは、この放射線抵抗性細胞の成立が、多くの患者において、治療後の癌の再発および転移をもたらすことである<sup>4,5)</sup>。そして、腫瘍内に存在する小集団癌細胞である癌幹細胞が、さまざまな癌の種類における放射線抵抗性および転移に関与していることが報告されている<sup>6)</sup>。対照的に、癌幹細胞ではない腫瘍領域の多くを占める非癌細胞は、放射線に敏感であると仮定されており、放射線治療により腫瘍は縮小する。また、今日までの知見から、放射線が癌幹細胞を残存させ、腫瘍の再発と転移を増強する可能性があることも示唆されている<sup>5,7,8)</sup>。したがって癌治療における、生物学的アプローチによる放射線治療の目標の一つは、癌幹細胞の撲滅にかかっていると言ってよい<sup>9,10)</sup>。本総説では癌幹細胞の研究の歴史、および放射線に対する癌幹細胞の研究について概説する。なお現在の放射線治療の主体は直線加速器による高エネルギーX線による治療であり、従って癌幹細胞に対する放射線影響の研究論文もX線あるいはγ線を使用したものが多い。本総説において取り上げた放射線に関する論文は、特に断りがない場合はX線あるいはγ線による研

究成果である。

## II. 癌幹細胞の概念

癌幹細胞は、自己複製能を示す、腫瘍内部の癌細胞の小集団と定義される。また癌幹細胞は、異種癌細胞にも分化可能で、その為、癌は不均一な細胞集団から形成されていると考えられている<sup>11)</sup>。癌幹細胞の仮想上の概念が、1800年代にVirchowやCohnheimによりすでに提唱されている<sup>12,13)</sup>。しかし、癌幹細胞が実験的に単離されたのは、それから100年あまり経過してからのことで、Lapidotらが白血病の癌幹細胞を1994年に初めて単離した<sup>14)</sup>。この結果は、単に癌幹細胞を単離したということに留まらず、癌集団における細胞の不均一性が確認され、さらに腫瘍が階層的に組織化されているという仮説を生み出した<sup>15,16)</sup>。現在考えられている仮説によれば、癌は正常組織の階層的組織分化を反映しており、腫瘍内における階層の上流に癌幹細胞が存在する<sup>17)</sup>。そして腫瘍内は、癌幹細胞による自己複製による癌幹細胞と、癌幹細胞の異種分化により引き起こされた非癌幹細胞により構成され、この非癌幹細胞の増殖能は低く、従って腫瘍形成能を失うと考えられている<sup>18,19)</sup>。このように正常組織発生と同様に階層的分化をするのであれば、腫瘍内においても、エピジェネティックで後天的なシグナル伝達経路が、この階層的分化の構造的および組織的調節をしていると推察される。

それではこの癌幹細胞を、どのように同定するのか説明する。前段の仮説から推測されるように、腫瘍内の細胞を採取して、表面抗原を検索しても、どの細胞が増殖能を有しているか不明であるから、それだけでは癌幹細胞を特定することはできない。そこでLapidotはヒト急性骨髄性白血病(AML)において、免疫不全マウスへ癌細胞を移植し、疾患を再現する能力を研究することで癌幹細胞を特定し、CD34陽性/CD38陽性細胞が癌幹細胞であると推測した<sup>14)</sup>。

\*1 弘前大学 Hirosaki university  
〒036-8564 青森県弘前市本町 66-1 TEL:0172-33-5111  
66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori, 036-8564, Japan

\*2 北海道医療大学 Health Sciences University of Hokkaido  
〒061-0293 北海道石狩郡金沢 1757 TEL:0133-23-1200  
1757 Kanazawa, Tobetsu-cho, Ishikari-gun, Hokkaido, 061-0293, Japan  
Correspondence Author hosokawa@hirosaki-u.ac.jp

また固形癌では、同様の方法で2003年に乳癌の癌幹細胞はCD133陽性細胞であると報告されている<sup>20)</sup>。そしてその後、脳腫瘍、前立腺癌および非小細胞肺癌の癌細胞もCD133陽性細胞であるとする研究が続いて発表されている<sup>21-23)</sup>。癌幹細胞は自己複製能を有するので、高いクローン形成性を有し、免疫不全状態にある実験動物における腫瘍再現性実験は根拠があるが、現在のところ、すべての腫瘍において、癌幹細胞が明確に判定される表面抗原の特定はなされていない。例えば、いくつかの神経腫瘍では、CD133陽性を示す腫瘍細胞と、CD133陰性を示す腫瘍細胞のどちらも、癌幹細胞の定義を満たすという現象もみられる<sup>24)</sup>。しかしこれらの例外や矛盾がみられても、癌幹細胞特定のために表面抗原は、マーカーとして広く利用されており、現在、癌幹細胞の単離に多く使用されているのはCD24, CD34, CD38, CD44, CD90, CD133である<sup>25-27)</sup>。

また最近 aldehyde dehydrogenase (ALDH)の発現および活性が、癌幹細胞のマーカーであることが報告されている。ALDHは、ヒトにおいて発現するイソ酵素ファミリーで、KastanはALDH1がCD34陽性造血前駆細胞で上昇することを示している<sup>28)</sup>。また、Ginestierは乳癌細胞のALDH1の活性および表面抗原を検討し、CD24陰性、CD44陽性、高ALDH1を示す乳癌細胞が、わずか20個でも腫瘍を形成することを示した。さらに、ALDH1を発現した乳癌は、臨床予後が不良であることも報告されている<sup>29)</sup>。乳癌以外にもALDH1活性は頭頸部扁平上皮癌、結腸癌、および肺癌を含む、他の固形腫瘍におけるマーカーとして使用されている<sup>20-32)</sup>。表1に各がんと対応する癌幹細胞マーカーについて示す。

癌幹細胞の起源は議論があり今後の解明が待たれる。成体内の正常組織の幹細胞の形質転換、正常組織の幹細胞と癌細胞の細胞融合、アポトーシス細胞から正常幹細胞への遺伝子導入、正常組織幹細胞における遺伝子変異等、癌幹細胞の起源に関するいくつかの仮説が今日までに提示されている<sup>42)</sup>。ここでは、放射線による癌幹細胞誘導に最も関連すると考えられる上皮間葉転換説について概説する。

上皮間葉転換は胚発生に関与する独特の分化プロセスであり、それによって細胞は上皮の特徴を失い、間葉性を獲得する<sup>43)</sup>。さらに上皮間葉転換細胞が間葉系幹細胞に似た、多系統に分化する能力を持つことが報告されている<sup>44)</sup>。たとえば、Maniらは生体外実験において不死化されたヒト乳腺細胞に上皮間葉転換誘導を起こすと、幹細胞マーカーの発現が増加することを示した<sup>45)</sup>。また、Morelは、正常ヒト上皮細胞が上皮間葉転換を経て、腫瘍形成性幹細胞が形成されるのを確認している<sup>46)</sup>。上皮間葉転換は、食道、乳房、結腸、卵巣および甲状腺組織を含む多数の癌においても同定されている<sup>47, 48)</sup>。これら癌で観察された上皮間葉転換を受けている細胞は、紡錘形態を示し、細胞極性の喪失、タイトジャンクションの消失、上皮細胞マーカーで

あるEカドヘリンの下方制御、などの正常組織の発生学的上皮間葉転換を受けた細胞と類似の特徴があり、より侵襲性、転移性で、治療に対して抵抗性を示す<sup>49)</sup>。

すなわち上皮間葉転換を受けた細胞は、幹細胞の性質を獲得し、DNA修復に関わるシグナル伝達経路を活性化し、抗アポトーシス性を示す。このような抵抗性の獲得は、上皮間葉転換により誘導されるSnail, Slug, E-box-binding homeobox (ZEB)等の転写因子と関連があることが報告されている<sup>50, 51)</sup>。また、腫瘍における上皮間葉転換マーカーの発現増加は癌治療後の遠隔転移および予後不良と関連しており、上皮間葉転換は腫瘍の進行および攻撃性を促進すると仮定され、これらの結果から上皮間葉転換と癌幹細胞の関連が重要視されている<sup>52)</sup>。

表1 がんにおける癌幹細胞マーカー

腫瘍の種類	癌幹細胞マーカー	文献
肺癌	CD44+/D133+/ALDH1+	32
悪性黒色腫	ABC5+, CD133+	33
乳癌	CD44+/CD24-/low, CD133+	33,34, 35
大腸癌	CD44+, CD133+, EpCAM+	33,35,37
脳腫瘍	CD133+, CD15+, CD49f+, CD90+	33,35,38
前立腺癌	CD44+/CD133+	39
頭頸部癌	CD44+/ALDH1+	30
膵臓癌	CD44+/CD24+/ESA+, CD133+/CXCR4+	40,41
急性骨髄性 白血病	CD34+/CD38+ CD34+/CD38-, CD123+	14 33,35,36

CD: cluster of differentiation

ALDH: aldehyde dehydrogenase

ABC5: ATP-binding cassette, sub-family B

EpCAM: Epithelial cell adhesion molecule

ESA: epithelial specific antigen

CXCR: CXC chemokine receptor

### III. 放射線照射と上皮間葉転換

最近多くの研究が、放射線照射により上皮間葉転換を誘導する可能性があることを示唆している<sup>53-55)</sup>。例えば、放射線抵抗性食道癌細胞株であるKYSE-150R細胞では、Eカドヘリンの減少やSnailおよびTwistの発現の増加など、上皮間葉転換と同様の細胞変化が、放射線によって引き起こされるのが観察されている<sup>56)</sup>。その他、放射線照射が、癌細胞の上皮間葉転換に寄与する多くの経路調節に関わることが報告されており、肺癌細胞では放射線照射が、Janus kinase 2, p21-activated kinase 1, Snailのシグナル伝達経路を調整し、上皮間葉転換を増加させること示している<sup>57)</sup>。さらに子宮頸癌細胞を用いた研究では、低線量

の放射線が nuclear factor-kappa B (NF- $\kappa$ B)の経路を活性化することが示され、その結果として子宮頸癌細胞に上皮間葉転換が生じていることが報告されている<sup>58)</sup>。また、上皮間葉転換は、Tumor Necrosis Factor  $\alpha$  (TNF $\alpha$ )、Tumor Growth Factor  $\beta$  (TGF $\beta$ )、インターロイキンのような炎症誘発性シグナル伝達物質を含む様々な経路によって調節されており、放射線照射によりこれらの経路の活性化が起こり、上皮間葉転換が誘導される<sup>59)</sup>。

上皮間葉転換によって間葉性を獲得した癌細胞が治療に対してより耐性であることも示されており、このことは、放射線誘発上皮間葉転換が癌細胞に放射線抵抗性を生じさせる可能性があることを意味する。Changらは、放射線治療後に上皮間葉転換を示す前立腺癌細胞が放射線に対してより抵抗性になることを明らかにしており<sup>60)</sup>、同様の結果が、膵臓癌<sup>61)</sup>、結腸直腸癌<sup>62)</sup>、乳癌<sup>63)</sup>、肺癌<sup>64)</sup>、上咽頭癌<sup>65)</sup>、肝癌<sup>66)</sup>、胃癌<sup>67)</sup>でも報告されている。また、放射線により誘導される上皮間葉転換は乳癌、肺癌、肝臓癌、脳腫瘍で癌細胞の遊走性および浸潤性を亢進するのが基礎研究<sup>68-71)</sup>ならびに臨床研究で示されている<sup>72-74)</sup>。一方で、転移や浸潤に関わる上皮間葉転換を標的とした治療により、放射線増感効果及び浸潤阻害効果が得られることが基礎研究にて報告されている<sup>75,76)</sup>。

以上のような放射線照射による癌の上皮間葉転換発生の機序の一つに、活性酸素種 (ROS) の存在が挙げられる。活性酸素は腫瘍形成および腫瘍進行と密接に関係するとともに、腫瘍細胞の増殖と死を調節するシグナル伝達分子として作用する<sup>77)</sup>。また活性酸素は、腫瘍形成を誘発し、腫瘍進行を持続させる細胞内シグナル伝達におけるセカンドメッセンジャーとして作用し、放射線誘導性上皮間葉転換においても重要な役割を果たすことが知られている<sup>78,79)</sup>。高レベルの活性酸素は、タンパク質、核酸、脂質などの細胞成分に不可逆的な損傷を与えることで細胞死を引き起こすが、低レベルの活性酸素は腫瘍の進行、浸潤、転移を含む腫瘍の進行を促進し、活性酸素誘導性細胞傷害を阻害するために抗酸化タンパク質を誘導することが明らかにされている<sup>80-82)</sup>。したがって、放射線治療の結果を考察する場合、活性酸素の関与は重要で、これまでの研究から活性酸素は、癌細胞が放射線照射による、腫瘍不適環境を回避できるように上皮間葉転換を促進していると考えられている<sup>83)</sup>。

#### IV. 放射線照射による癌幹細胞の発生について

前述したように、腫瘍域内において癌幹細胞は放射線抵抗性であるが小集団であり、癌幹細胞により分化増殖した非癌幹細胞は放射線感受性であることから、放射線治療により腫瘍塊は縮小する。その過程において、腫瘍内では非癌幹細胞は減少し、癌幹細胞残存により、その割合が増加することになる。Wangらは、ヒト前立腺癌細胞培養におい

て、前立腺癌幹細胞の割合が、放射線曝露後に著しく増加したことを実証し、放射線がアポトーシスを誘発することによって培養中の放射線感受性非癌細胞を減少させ、それが放射線抵抗性癌幹細胞の濃縮をもたらしたと考察した<sup>84)</sup>。またAl-Assarらは、乳癌の癌幹細胞マーカーであるCD24陰性の乳癌細胞割合が、放射線照射後に増加したと報告している<sup>85)</sup>。

しかし、放射線抵抗性である癌幹細胞が、放射線照射により単に残存するだけではなく、放射線により非癌細胞が癌幹細胞に移行する知見が最近報告されている。Lagadecは、初めに乳癌細胞からALDH1染色後、蛍光色素選別法を用いて、ALDH1に染色されない非癌幹細胞を単離し、これら非癌幹細胞に放射線照射を行ったところ、癌幹細胞が誘導されていることを発見した。そして、その癌幹細胞は腫瘍形成性の増加ならびに放射線抵抗性を示し、さらに元の非照射サンプルから得られた癌幹細胞と、同じ癌幹細胞性関連遺伝子を発現していた<sup>86)</sup>。この研究は、放射線が非癌幹細胞から癌幹細胞が誘導されることを明確に示しており、このことは、癌細胞における分化過程は一方方向でないことを示している(図1.)。

癌幹細胞内のシグナル伝達経路は多用であり、癌幹細胞に特異的あるいは特徴的なシグナル伝達は解明されておらず、未だ不明な点が多い<sup>87)</sup>。従って、癌幹細胞誘導において主導的な役割を果たすシグナルは明らかにされていない。その中で癌幹細胞が誘導された注目すべき研究を挙げると、脳腫瘍においては、癌幹細胞は腫瘍内の血管周囲に多く存在しており、血管内皮増殖因子 (VEGF) は低酸素状態において上昇することが知られている<sup>88)</sup>。Richは神経膠腫細胞において、低酸素状態が非癌幹細胞 (CD133陰性) から癌幹細胞 (CD133陽性) に誘導することを示した<sup>89)</sup>。Murataは前立腺癌細胞に対する分割照射により多能性関連遺伝子であるOCT4及びNANOGのmRNA発現が上昇し、CD44、CD133及びCD138の発現が誘導されることを示唆した<sup>90)</sup>。また、Hiopoulousは、患者から採取した乳癌および前立腺癌の細胞株において、インターロイキン6が上皮間葉転換をおこし、非癌幹細胞を癌幹細胞に移行することを報告している<sup>91)</sup>。放射線照射による研究では、乳癌細胞におけるNF- $\kappa$ Bの発現は、放射線照射により上昇したが、NF- $\kappa$ Bを阻害すると、癌幹細胞誘導が遮断されたことから、NF- $\kappa$ B経路が乳癌幹細胞の放射線誘導に関与していることが示唆されている<sup>92)</sup>。

一方、上皮間葉転換とその逆のプロセスである間葉上皮転換という現象があることが知られており、これらの過程が制御されて生じることにより、組織や臓器の形成や損傷組織の再構築などが行われる。しかし、この2つの過程の制御に異常が発生すると、腫瘍の発生や転移を引き起こすと推察されている<sup>93)</sup>。Liuは、乳癌には2つの異なる癌細胞グループがあることを報告している。それは(1)腫瘍の

低酸素領域に見られる上皮表現型を持つ ALDH1 陽性集団および (2) 浸潤性前面の細胞の CD24 陰性/CD44 陽性の間葉表現型を示す集団である。そして両方の個体群が上皮間葉転換と間葉上皮転換の遷移を介して、互いに変換できるということを実験結果で示している<sup>94)</sup>。

以上、これらの研究は、癌幹細胞および非癌細胞の分化は、一方向ではなく指向性であることを示している。このことは、放射線照射された癌が生き残るため、癌幹細胞の消滅を補うために、非癌幹細胞が癌幹細胞に移行すると推測される<sup>95)</sup>。

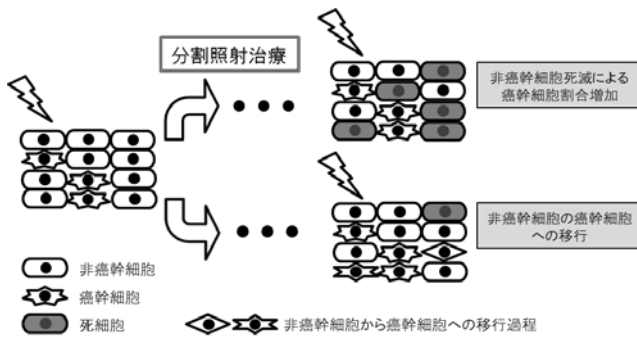


図1. 放射線照射による癌幹細胞の発生

## V. おわりに

以上述べてきたように、腫瘍内部は不均一で階層的な段階を持つ細胞が存在し、その頂点にある癌幹細胞は、増殖の性質を持ち、放射線抵抗性でしかも転移を起こす。放射線治療は、電離またはフリーラジカルの生成を介してDNA損傷を誘発し腫瘍細胞を殺傷するが、上皮間葉転換の活性化を通じて、癌幹細胞の誘導を起こしていると考えられる<sup>96-98)</sup>。しかも放射線が非癌幹細胞を癌幹細胞に移行させることについての証拠が提示されており、このような観点から考察すると、癌に対する放射線治療には欠点が多いようにも見える。しかし臨床的には、大きな治療結果をもたらすのも事実であり、従って必要なことは、放射線に対する癌幹細胞の動態について研究し、治療効果をさらに向上させることである。

たとえば、この非癌幹細胞の癌幹細胞への移行の実験結果から推測すると、放射線治療の際に、抵抗性の癌幹細胞への移行速度が細胞殺傷速度を超える場合には、放射線治療は不可能になるかもしれない。逆に、この抵抗性の癌幹細胞への移行速度を遅くする、あるいは停止させるような治療法が開発されると、放射線治療において局所制御を向上させ、しかも転移防止に役立つと考えられる。従って、癌幹細胞を誘導する作用機序、分子生物学的シグナル伝達などの研究を重ね、放射線治療の有用性を高める治療法の開発につなげることが期待される。

## VI. 利益相反 開示すべき利益相反はない。

## 引用文献

- 1) Narita Y, Kato T, et al.: Effect of anatomical change on dose distribution during radiotherapy for maxillary sinus carcinoma: passive scattering proton therapy versus volumetric-modulated arc therapy. *Br J Radiol*, 15:20180273, 2018.
- 2) Hosokawa Y, Monzen S, et al.: Effects of X-ray irradiation in combination with ascorbic acid on tumor control. *Mol Med Rep*, 12: 5449-4554, 2015.
- 3) Delaney G, Jaco S, et al.: The role of radiotherapy in cancer treatment: Estimating optimal utilization from a review of evidence-based clinical guidelines. *Cancer*, 104: 1129-1137, 2005.
- 4) Lee SY, Jeong EK, et al.: Induction of metastasis, cancer stem cell phenotype, and oncogenic metabolism in cancer cells by ionizing radiation. *Mol Cancer*, 16: 10, 2017.
- 5) Von Essen CF: Radiation enhancement of metastasis: A review. *Clin Exp Metastasis*, 9: 77-104, 1991.
- 6) Chen X, Liao R, et al.: Induced cancer stem cells generated by radiochemotherapy and their therapeutic implications. *Oncotarget*, 8: 17301-17312, 2017.
- 7) Wild-Bode C, Weller M, et al.: Sublethal irradiation promotes migration and invasiveness of glioma cells: Implications for radiotherapy of human glioblastoma. *Cancer Res*, 61: 2744-2750, 2001.
- 8) Biswas S, Guix M, et al.: Inhibition of TGF-beta with neutralizing antibodies prevents radiation-induced acceleration of metastatic cancer progression. *J Clin Invest*, 117: 1305-1313, 2007.
- 9) Diehn M, Clarke MF, et al.: Cancer stem cells and radiotherapy: New insights into tumor radioresistance. *J Natl Cancer Inst*, 98: 1755-1757, 2006.
- 10) Ryo Saga, Yusuke Matsuya, et al.: Analysis of the high-dose-range radioresistance of prostate cancer cells, including cancer stem cells, based on a stochastic model. *J. Radiat Res*, 60: 1-10, 2019.
- 11) Clarke MF, Dick J.E, et al.: Cancer stem cells-perspectives on current status and future directions: AACR workshop on cancer stem cells. *Cancer Res*, 66: 9339-9344, 2006.
- 12) Virchow R: Cellular-Pathologie. *Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin*, 8: 3-39, 1855.
- 13) Cohnheim J: Congenitales, quergestreiftes Muskelsarkom der Nieren. *Virchows Archiv für Pathologische Anatomie und Physiologie und für Klinische Medizin*. 65:64-69, 1875.
- 14) Lapidot T, Sirard C, et al.: A cell initiating human acute myeloid leukaemia after transplantation into SCID mice. *Nature*, 367: 645-648, 1994.
- 15) Hemmati HD, Nakano I, et al.: Cancerous stem cells can arise from pediatric brain tumors. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 100: 15178-15183, 2003.
- 16) Singh SK, Hawkins C, et al.: Identification of human brain tumour initiating cells. *Nature*, 432: 396-401, 2004.
- 17) Reya T, Morrison SJ, et al.: Stem cells, cancer, and cancer stem cells. *Nature*, 414: 105-111, 2001.
- 18) Lee HE, Kim JH, et al.: An increase in cancer stem cell population after primary systemic therapy is a poor prognostic factor in breast cancer. *Br J Cancer*, 104: 1730-1738, 2011.
- 19) Sugihara EI, Saya H.: Complexity of cancer stem cells. *Int J Cancer*, 132:1249-1259,2013.
- 20) Al-Hajj M, Wicha MS, et al.: Prospective identification of tumorigenic breast cancer cells. *Proc Natl Acad Sci USA*, 100: 3983-3988, 2003.
- 21) Zannettino AC, Roubelakis M, et al.: Novel mesenchymal and haematopoietic cell isoforms of the SHP-2 docking receptor, PZR: identification, molecular cloning and effects on cell migration. *Biochem J*, 370: 537-549, 2003.
- 22) Singh SK, Clarke ID, et al.: Identification of a cancer stem cell in



- human brain tumors. *Cancer Res*, 63: 5821-5818, 2003.
- 23) Hemmati HD, Nakano I, et al.: Cancerous stem cells can arise from pediatric brain tumors. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 100: 15178-15183, 2003.
  - 24) Wang J, Sakariassen PO, et al.: CD133 negative glioma cells form tumors in nude rats and give rise to CD133 positive cells. *Int J Cancer*, 122: 761-768, 2007.
  - 25) Al-Hajj M, Wicha MS, et al.: Prospective identification of tumorigenic breast cancer cells. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 100:3983-2988, 2003.
  - 26) Li C, Heidt DG, et al.: Identification of pancreatic cancer stem cells. *Cancer Res*, 67: 1030-1037, 2007.
  - 27) Gao MQ, Choi YP, et al.: CD24+ cells from hierarchically organized ovarian cancer are enriched in cancer stem cells. *Oncogene*, 29: 2672-2680, 2010.
  - 28) Kastan MB, Schlaffer E, et al.: Direct demonstration of elevated aldehyde dehydrogenase in human hematopoietic progenitor cells. *Blood*, 75: 1947-1950, 1990.
  - 29) Ginestier C, Hur MH, et al.: ALDH1 is a Marker of Normal and Malignant Human Mammary Stem Cells and a Predictor of Poor Clinical Outcome. *Cell stem cell*, 1: 555-567, 2007.
  - 30) Bhaijee F, Pepper DJ, et al.: Cancer stem cells in head and neck squamous cell carcinoma: a review of current knowledge and future applications. *Head Neck*, 34: 894-899, 2011.
  - 31) Huang EH, Hynes MJ, et al.: Aldehyde dehydrogenase 1 is a marker for normal and malignant human colonic stem cells (SC) and tracks SC overpopulation during colon tumorigenesis. *Cancer Res*, 69: 3382-3389, 2009. "
  - 32) Okudela K, Woo T, et al.: Expression of the potential cancer stem cell markers, CD133, CD44, ALDH1, and beta-catenin, in primary lung adenocarcinoma--their prognostic significance. *Pathology international*, 62: 792-801, 2012.
  - 33) Klonisch T, Wiehac E, et al.: Cancer stem cell markers in common cancers - therapeutic implications. *Trends Mol Med*, 10: 450-460, 2008.
  - 34) Al-Hajj M, Wicha M, et al.: Prospective identification of tumorigenic breast cancer cells. *PNAS*, 100: 3983-3988, 2003.
  - 35) Sheridan C, Kishimoto H, et al.: CD44+/CD24- breast cancer cells exhibit enhanced invasive properties: an early step necessary for metastasis. *Breast Cancer Res*, 8: R59, 2006.
  - 36) Bonnet D, Dick JE. et al.: Human acute myeloid leukemia is organized as a hierarchy that originates from a primitive hematopoietic cell. *Nat Med*, 3:730-737, 1997.
  - 37) Puca F, Colamaio M, et al.: HMGA1 silencing restores normal stem cell characteristics in colon cancer stem cells by increasing p53 levels. *Oncotarget*, 5: 3234-3245, 2014.
  - 38) Singh SK, Clarke ID, et al.: Identification of a cancer stem cell in human brain tumors. *Cancer Res*, 63: 5821-5828, 2003.
  - 39) Collins AT, Berry PA, et al.: Prospective identification of tumorigenic prostate cancer stem cells. *Cancer Res*, 65: 10946-10951, 2005.
  - 40) Hermann PC, Huber SL, et al.: Distinct populations of cancer stem cells determine tumor growth and metastatic activity in human pancreatic cancer. *Cell Stem Cell*, 1: 313-323, 2007.
  - 41) Li C, Heidt DG, et al.: Identification of pancreatic cancer stem cells. *Cancer Res*, 67: 1030-1037, 2007.
  - 42) Bu Y, Cao D: The origin of cancer stem cells. *Front Biosci*, 4: 819-830, 2012.
  - 43) Thiery JP, Acloque H, et al.: Epithelial-mesenchymal transitions in development and disease. *Cell*, 139: 871-890, 2009.
  - 44) Battula VL, Evans KW, et al.: Epithelial-mesenchymal transition-derived cells exhibit multilineage differentiation potential similar to mesenchymal stem cells. *Stem Cells*, 28: 1435-1445, 2010.
  - 45) Mani SA, Guo W, et al: The epithelial-mesenchymal transition generates cells with properties of stem cells. *Cell*, 133: 704-715, 2008.
  - 46) Morel AP, Lièvre M, et al.: Generation of breast cancer stem cells through epithelial-mesenchymal transition. *PLoS One*, 3: e2888, 2008.
  - 47) Thiery JP, Acloque H, et al.: Epithelial-mesenchymal transitions in development and disease. *Cell*, 139: 871-890, 2009.
  - 48) Liu J, Brown RE: Immunohistochemical detection of epithelialmesenchymal transition associated with stemness phenotype in anaplastic thyroid carcinoma. *Int J Clin Exp Pathol*, 3: 755-762, 2010.
  - 49) Shang Y, Cai X, et al.: Roles of epithelial-mesenchymal transition in cancer drug resistance. *Curr Cancer Drug Targets*, 13: 915-929, 2013.
  - 50) Dave B, Mittal V, et al.: Epithelial-mesenchymal transition, cancer stem cells and treatment resistance. *Breast Cancer Res*, 14: 202, 2012.
  - 51) Gomez-Casal R, Epperly MW, et al.: Radioresistant human lung adenocarcinoma cells that survived multiple fractions of ionizing radiation are sensitive to HSP90 inhibition. *Oncotarget*, 6:44306-44322, 2015.
  - 52) Jie D, Zhongmin Z, et al.: Positive expression of LSD1 and negative expression of E-cadherin correlate with metastasis and poor prognosis of colon cancer. *Dig Dis Sci*, 58: 1581-1589, 2013.
  - 53) He E, Pan F, et al.: Fractionated ionizing radiation promotes epithelial-mesenchymal transition in human esophageal cancer cells through PTEN deficiency-mediated Akt activation. *PLoS One*, 10: e0126149, 2015.
  - 54) Marie-Egyptienne DT, Lohse I, et al.: Cancer stem cells, the epithelial to mesenchymal transition (EMT) and radioresistance: Potential role of hypoxia. *Cancer Lett*, 341: 63-72, 2013.
  - 55) Nagarajan D, Melo T, et al.: ERK/GSK3 $\beta$ /Snail signaling mediates radiation-induced alveolar epithelial-to-mesenchymal transition. *Free Radic Biol Med*, 52: 983-992, 2012.
  - 56) Kawamoto A, Yokoe T, et al.: Radiation induces epithelial-mesenchymal transition in colorectal cancer cells. *Oncol Rep*, 27: 51-57, 2012.
  - 57) Kim E, Youn H, et al.: PAK1 tyrosine phosphorylation is required to induce epithelial-mesenchymal transition and radioresistance in lung cancer cells. *Cancer Res*, 74: 5520-5531, 2014.
  - 58) Yan S, Wang Y, et al.: Low-dose radiation-induced epithelial-mesenchymal transition through NF- $\kappa$ B in cervical cancer cells. *Int J Oncol*, 42: 1801-1806, 2013.
  - 59) Lu J, Zhong Y, et al.: Radiation Enhances the Epithelial-Mesenchymal Transition of A549 Cells via miR3591-5p/USP33/PPM1A. *Cell Physiol Biochem*, 50: 721-733, 2018.
  - 60) Chang L, Graham PH, et al.: Emerging roles of radioresistance in prostate cancer metastasis and radiation therapy. *Cancer Metastasis Rev*, 33: 469-496, 2014.
  - 61) Al-Assar O, Demiciorglu F, et al.: Contextual regulation of pancreatic cancer stem cell phenotype and radioresistance by pancreatic stellate cells. *Radiother Oncol*, 111: 243-251, 2014.
  - 62) Bastos LG, de Marcondes PG, et al.: Abdelhay ES and Morgado-Díaz JA: Progeny from irradiated colorectal cancer cells acquire an EMT-like phenotype and activate Wnt/ $\beta$ -catenin pathway. *J Cell Biochem*, 115: 2175-2187, 2014."
  - 63) Zhang P, Wei Y, et al.: ATM-mediated stabilization of ZEB1 promotes DNA damage response and radioresistance through CHK1. *Nat Cell Biol*, 16: 864-875, 2014.
  - 64) Kim E, Youn H, et al.: PAK1 tyrosine phosphorylation is required to induce epithelial-mesenchymal transition and radioresistance in lung cancer cells. *Cancer Res*, 74: 5520-5531, 2014.

- 65) Li G, Liu Y, et al.: Irradiation induced epithelial-mesenchymal transition in nasopharyngeal carcinoma in vitro. *Zhonghua Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*, 48: 662-667, 2013.
- 66) Jiang X, Wang J, et al.: The role of CD29-ILK-Akt signaling-mediated epithelial-mesenchymal transition of liver epithelial cells and chemoresistance and radioresistance in hepatocellular carcinoma cells. *Med Oncol*, 32: 141, 2015.
- 67) Zhang X, Zheng L, et al.: Tangeretin enhances radiosensitivity and inhibits the radiation-induced epithelial-mesenchymal transition of gastric cancer cells. *Oncol Rep*, 34: 302-310, 2015.
- 68) Moncharmont C, Levy A, et al.: Radiation-enhanced cell migration/invasion process: a review. *Crit Rev Oncol Hematol*, 92: 133-142, 2014.
- 69) Wild-Bode C, Weller M, et al.: Sublethal irradiation promotes migration and invasiveness of glioma cells: implications for radiotherapy of human glioblastoma. *Cancer Res*, 61: 2744-2750, 2001.
- 70) De Bacco F, Luraghi P, et al.: Induction of MET by ionizing radiation and its role in radioresistance and invasive growth of cancer. *J Natl Cancer Inst*, 103: 645-661, 2011.
- 71) Zhang X, Li X, et al.: Low doses ionizing radiation enhances the invasiveness of breast cancer cells by inducing epithelial mesenchymal transition. *Biochem Biophys Res Commun*, 412: 188-192, 2011.
- 72) Essen CF. Radiation enhancement of metastasis: a review. *Clin Exp Metastasis*, 9: 77-104, 1991.
- 73) Madani I, De Neve W, et al.: Does ionizing radiation stimulate cancer invasion and metastasis? *Bull Cancer*, 95: 292-300, 2008.
- 74) Park JK, Jang SJ, et al.: Establishment of animal model for the analysis of cancer cell metastasis during radiotherapy. *Radiat Oncol*, 7: 153, 2012.
- 75) Ryo Saga, Satoru Monzen, et al.: Anti-tumor and anti-invasion effects of a combination of 4-methylumbelliferone and ionizing radiation in human fibrosarcoma cells. *Oncology Letters*, 13: 410-416, 2017.
- 76) Ryo Saga, Kazuki Hasegawa, et al.: Regulation of radiosensitivity by 4-methylumbelliferone via the suppression of interleukin-1 in fibrosarcoma cells. *Oncology Letters*, 17: 3555-3561, 2019.
- 77) Feig DI, Reid TM, et al.: Reactive oxygen species in tumorigenesis. *Cancer Res*, 54(7 Suppl): 1890s-1894s, 1994.
- 78) Cheng H, Lee SH, et al.: Effects of N-acetyl-L-cysteine on adhesive strength between breast cancer cell and extracellular matrix proteins after ionizing radiation. *Life Sci*. 93:798-803, 2013.
- 79) Kambach DM, Sodi VL, et al.: ErbB2, FoxM1 and 14-3-3zeta prime breast cancer cells for invasion in response to ionizing radiation. *Oncogene*, 33: 589-98, 2014.
- 80) Pani G, Giannoni E, et al.: Redox-based escape mechanism from death: the cancer lesson. *Antioxid Redox Signal*, 11: 2791-2806, 2009.
- 81) Pani G, Galeotti T, et al.: Metastasis: cancer cell's escape from oxidative stress. *Cancer Metastasis Rev*, 29: 351-378, 2010.
- 82) Sullivan LB, Chandel NS.: Mitochondrial reactive oxygen species and cancer. *Cancer Metab*, 2: 17, 2014.
- 83) Mori K, Shibamura M, et al.: Invasive potential induced under long-term oxidative stress in mammary epithelial cells. *Cancer Res*, 64: 7464-7472, 2004.
- 84) Wang L, Huang X, et al.: Enrichment of prostate cancer stem-like cells from human prostate cancer cell lines by culture in serum-free medium and chemoradiotherapy. *Int J Biol Sci*, 9: 472-479, 2013.
- 85) Al-Assar O, Muschel RJ, et al.: Radiation response of cancer stem-like cells from established human cell lines after sorting for surface markers. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 75: 1216-1225, 2009.
- 86) Lagadec C, Vlashi E, et al.: Radiation-induced reprogramming of breast cancer cells. *Stem Cells*, 30: 833-844, 2012.
- 87) Balkwill FR, Capasso M, et al.: The tumor microenvironment at a glance. *Journal of cell science*, 125(Pt 23): 5591-5596, 2012.
- 88) Gilbertson RJ, Rich JN. Making a tumour's bed: glioblastoma stem cells and the vascular niche. *Nat Rev Cancer*, 7: 733-736, 2007.
- 89) Heddleston JM, Li Z, et al.: The hypoxic microenvironment maintains glioblastoma stem cells and promotes reprogramming towards a cancer stem cell phenotype. *Cell Cycle*, 8: 3274-3284, 2009.
- 90) Murata K, Saga R, et al.: Understanding the mechanism underlying the acquisition of radioresistance in human prostate cancer cells. *Oncology Letters*, 17: 5830-5838, 2019.
- 91) Iliopoulos D, Hirsch HA, et al.: Inducible formation of breast cancer stem cells and their dynamic equilibrium with non-stem cancer cells via IL6 secretion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108: 1397-1402, 2011.
- 92) Wang Y, Li W, Patel SS, et al: Blocking the formation of radiation-induced breast cancer stem cells. *Oncotarget*, 5: 3743-3755, 2014.
- 93) Bigagli E, Cinci L, et al.: Transcriptomic Characterization, Chemosensitivity and Regulatory Effects of Exosomes in Spontaneous EMT/MET Transitions of Breast Cancer Cells *Cancer Genomics Proteomics*, 16: 163-173, 2019.
- 94) Liu S, Cong Y, et al. Breast Cancer Stem Cells Transition between Epithelial and Mesenchymal States Reflective of their Normal Counterparts. *Stem cell reports*, 2: 78-91, 2014.
- 95) Vlashi E, Pajonk F: Cancer Stem Cells, Cancer Cell Plasticity and Radiation Therapy *Semin Cancer Biol*, 0: 28-35, 2015.
- 96) Hosokawa Y, Saga R, et al.: Ascorbic acid does not reduce the anticancer effect of radiotherapy *Biomedical Reports*, 6: 103-107, 2017
- 97) Fujita S, Hosokawa Y, et al.: Apoptotic Induction Mechanism of X-ray Irradiation Combined with Hydrogen Peroxide Radiation *Environment and Medicine*, 8: 85-93, 2019.
- 98) Lee SY, Jeong EK, et al.: Induction of metastasis, cancer stem cell phenotype, and oncogenic metabolism in cancer cells by ionizing radiation. *Molecular Cancer*, 16: 10, 2017.

**【Review】**

**Cancer stem cells and radiotherapy**

YOICHIRO HOSOKAWA<sup>\*1</sup> RYO SAGA<sup>\*1</sup> KAZUKI HASEGAWA<sup>\*1</sup>  
KENTARO OHUCHI<sup>\*2</sup> KAZUHIKO OKUMURA<sup>\*2</sup>

(Received October 8, 2019 ; Accepted December 23, 2019)

**Abstract:** Malignant tumors consist of many cell types. Cancer stem cells comprise a small population of a tumor and are not as tumorigenic as the other resident cell types. However, they have gained importance because they replenish the major cancer cells while retaining their self-renewal and differentiation potentials. Understanding cancer stem cell behavior can alleviate the challenges associated with cancer, such as tumor recurrence, metastasis, and acquired resistance to radiotherapy. Therefore, research on cancer stem cells has become widespread. In this review, we discuss the history of cancer stem cell research, origin and methods of identifying cancer stem cells, biological characteristics of cancer stem cells (such as signal transduction), effects of radiation on cancer stem cells, and future strategies that could be used in radiation therapy.

**Keywords:** Cancer stem cells, Radiotherapy, Radioresistance, Metastasis, Epithelial mesenchymal transition

## 【原著】

# 運動習慣および難聴の自覚と聴力との関連 —青森県2市での聴力検査による高齢者の難聴予防策の検討—

須藤美香\*1 平岡恭一\*2 成田智\*1 小山内筆子\*1

(2019年8月13日受付, 2020年3月3日受理)

**要旨:** 本研究では, 聴力と運動習慣との関連を試みに探ること, また高齢者の難聴の自覚に関する特徴を明らかにすることを目的とし, 弘前市と八戸市で実施される健康まつり来訪者 152 名に対し, アンケートと聴力検査を実施した. 対象者の年代別平均聴力閾値を分散分析により検討した結果, 先行研究同様, 年齢が上がるほど加齢性難聴の指標となる高音域の閾値が高くなり, また難聴の自覚が難しくなることが示された. 特に 80 歳以上では 8,000 Hz の閾値上昇の自覚に困難が認められ, 認知機能や音の特徴の観点から考察した. 聴力と運動習慣との関連では, 60 歳代以下において運動群は非運動群に比し右耳 1,000~4,000 Hz の聴力が有意に良好であった. 限られた結果ではあるが, 欧米の先行研究を支持し, 聴力維持に対する運動の効果が示唆された.

**キーワード:** 高齢者, 難聴, 運動, 難聴の自覚, 難聴予防

## I. はじめに

日本における難聴の有病率は 65 歳以上で急増し, 特に男性で高く, 70 歳代前半の約半数, 70 歳代後半の約 70%, 80 歳以上では 80% を超えると報告されている<sup>1)</sup>. このうち, 加齢に伴って生じる生理的な聴力低下は加齢性難聴と呼ばれ, 両耳の高音域 4,000~8,000 Hz の聴力低下が 40 歳代頃から緩徐に始まる<sup>2)</sup>. 年齢が上がると語音弁別能の低下も認められるようになる<sup>3)</sup>.

加齢性難聴の発生機序は分子レベルで明らかになりつつある. 蝸牛内のミトコンドリア機能が悪化することで, 聴覚機能に重要な有毛細胞, 血管条などが障害を受けて脱落し, 難聴が進行性に生じると考えられている<sup>4, 5)</sup>.

また加齢性難聴は, 遺伝因子および遺伝外因子が関与する多因子疾患と考えられており, 聴力低下の性差や個人差を引き起こす<sup>6)</sup>. 遺伝外因子としては糖尿病<sup>7, 8)</sup>, 騒音暴露<sup>9)</sup>, 喫煙<sup>10, 11)</sup>などが指摘されており, 近年では高血圧, 動脈硬化などの生活習慣病と聴力との関連が注目されている. 動脈硬化や高血圧などによる内耳や脳の血流不良が, 聞こえの機能に悪影響を及ぼすとされるが, その病態については不明な点も多い<sup>12, 13)</sup>. これら種々の要因を日々の生活から取り除くことが加齢性難聴の予防につながる.

加えて, 予防対策として運動の効果に期待が寄せられている. マウスレベルでは, 運動の継続が全身から蝸牛内の酸素輸送能の維持に作用し, 加齢性難聴発症の遅延や軽症化に働くことが明らかになっている<sup>14)</sup>. ヒトでの運動習慣や運動量と難聴との関連を示した報告は少なく, 日本国内

での調査は見当たらない. 米国の国立健康統計センターの調査によると, 70 歳以上の高齢者では難聴とあらゆる身体機能低下および身体活動量減少との関係が認められている<sup>15, 16)</sup>. 難聴発症の抑制に作用する要因として, Li ら<sup>17)</sup>は歩行速度, Loprinzi ら<sup>18)</sup>はランニング運動の可能性を示している. また Sharon ら<sup>19)</sup>の調査では, 対象者の職種が女性看護師と限定されているものの, 20 年間の追跡調査により運動量が多いほど難聴の発症リスクが抑えられたとし, 週 2 時間以上のウォーキングがリスク軽減の目安であるとす

る. 日本の高齢化率は 2017 年で 27.7% と高く<sup>20)</sup>, 65 歳以上の高齢難聴者は 1,655 万人にのぼると推計される<sup>3)</sup>. 近年, 特に難聴があると, 加齢による認知機能低下がさらに顕著になることが国内外でも報告されており<sup>21, 22)</sup>, 厚生労働省においても認知症予防という観点から高齢者の難聴への対応の必要性を提言している<sup>23)</sup>. 高齢者の難聴に対する予防策を検討し, 周知させることが, 高齢化率の高い日本においては喫緊の課題と言える. しかしながら, 特に加齢に伴う難聴は緩徐に進行するため難聴の自覚が難しく<sup>24)</sup>, このことが対応の遅れにつながりやすい. 予防策の奏功には難聴の気づきが重要であることから, 高齢者の難聴の自覚の特徴を明らかにすることも肝要である.

そこで本研究では, 加齢性難聴の予防対策として注目されている運動に焦点を当て, 聴力と運動習慣との関連を試みに探ること, また高齢者の難聴の自覚に関する特徴を明らかにすることを目的とし, 弘前市と八戸市で実施される健康まつり来訪者にアンケートと聴力検査を実施する. 高齢者の難聴予防につながる対策を検討する基礎的資料としたい.

\*1 弘前医療福祉大学 Hirosaki health sciences university

\*2 弘前医療福祉大学短期大学

Hirosaki University of Health and Welfare Junior College

〒036-8102 青森県弘前市小比内 3 丁目 18-1 TEL:0172-27-1001

3-18-1, Sanpinai, Hirosaki-shi, Aomori, 036-8102, Japan

Correspondence Author sutoum@jyoto-gakuen.ac.jp

## II. 対象と方法

### 1. 対象者

弘前市および八戸市で開催される健康まつり来訪者に研究の趣旨説明を行い、研究協力の同意が得られた者を対象とした。研究協力者は、弘前市では平成30年7月8日に来場した71名、八戸市では平成30年9月30日に来場した81名であった。対象者計152名は7～93歳の平均年齢65.6歳であった。

### 2. 手続き

アンケート調査と聴力検査を実施した。アンケート調査の質問項目は以下の通り。基本情報として、性別、年齢、居住地、職業、職場環境の雑音の有無と種類、現病歴・既往歴の有無（動脈硬化、高血圧、糖尿病、心疾患等）、喫煙の有無、社会的活動の有無、聞こえにくさの自覚の程度を尋ねた。加えて身体活動も調査した。身体活動は運動と生活活動からなる。運動は「スポーツ等、特に体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実施し、継続性のある身体活動」と定義されており<sup>25)</sup>、対象者に運動の種類と頻度の記入を求めた。一方、生活活動とは「日常生活における労働、家事、通勤・通学等」と定義される<sup>25)</sup>。このうち、対象者には家事の種類と1日の所要時間および日常の移動（通勤・通学を含む）手段と1日の移動時間を尋ねた。上記以外の活動として余暇活動（例：茶華道、楽器演奏、映画鑑賞）の種類と頻度も尋ねた。回答されたこれらの身体活動と余暇活動については、アンケート回収時に研究者2名により種類と頻度を再確認し、特に運動については、運動の目的や継続状況、おおよその強度を聞き取りにて確認した。

聴力検査は、健康まつり会場の青森県言語聴覚士会ブース内の比較的雑音の少ない場所で行った。検査時の環境雑音はRION社製の積分型普通騒音計NL-05AによりC特性を測定し、55～65 dB SPLであった。聴力検査はRION社製オーディオメーターAA77-A、2台を用い、言語聴覚士2名が実施した。125～8,000 Hzの7周波数を気導聴力のみ測定した。

データ分析にはエクセル統計2015を使用し、分散分析にて検討した。アンケート回答のうち運動と移動については、対象者から聴取した種類を「健康づくりのための身体活動基準2013」<sup>25)</sup>に基づきMETs (Metabolic equivalents) に変換した。METsは身体活動量を表わす単位であり、座って安静にしている状態を1METsとし、普通歩行は3.0 METs、ラジオ体操第1は4.0 METsなどと表される。これに対象者の運動、移動の所要時間を乗じ、METs・時/週に換算した。運動の分析では、厚生労働省<sup>25)</sup>が推奨する18～64歳の基準「3 METs以上の強度の運動を4 METs・時/週以上」を用い、この基準以上を運動群、未満を非運動群とし2群間で比較した。また、聞こえにくさの自覚についてはアンケ

ートにて「よくある」「時々ある」「ない」で尋ねた。「よくある」「時々ある」と回答した者を自覚群、「ない」を無自覚群とし2群間で比較した。

聴力検査結果については、1,000 Hz以上の4周波数(1,000, 2,000, 4,000, 8,000 Hz)を分析対象とした。一般的な室内での環境騒音には250～500 Hzの周波数成分が多く含まれる<sup>26)</sup>ことから、本研究における聴力検査測定環境では検査音の低音域は環境騒音の干渉を強く受け、聴力閾値の上昇が免れないと判断し、500 Hz以下は分析対象から除外した。この聴力検査結果は、群ごとに各周波数の平均聴力閾値(単位dB:デシベル)で表した。

本研究は、弘前医療福祉大学倫理委員会の承認を得て行われた(承認番号2018-3)。

## III. 結果

### 1. アンケート調査

アンケート調査で得られた対象者の特性は表1の通りである。対象者の年代は60歳代と70歳代が多く、女性の割合が高かった。対象者の年齢構成により、現病歴のある者や無職が多くを占めた。聞こえにくさの自覚については、概して年齢が上がるにつれ自覚群の割合が高くなった。運動については、各年代で運動群が半数以上であった。

表1 対象者の基本特性

項目	内訳(名) N=152
性別	男性 32, 女性 120
年齢	7～93歳(平均65.6歳) 40歳代以下 20, 50歳代 15, 60歳代 44, 70歳代 52, 80歳代以上 21
職業	あり 37, 無職 110, 学生 3, 不明 2
職場環境の雑音	あり 13, 以前あり 15, なし 121, 不明 3
現病歴・既往歴	あり 91, なし 61
喫煙歴	あり 20, なし 131, 不明 1
余暇活動	あり 48, なし 99, 不明 5
社会的活動	あり 22, なし 128, 不明 2
聞こえにくさの自覚	よくある 40, 時々ある 66, なし 45, 不明 1
	50歳代以下 自覚群 19, 無自覚群 15
	60歳代 自覚群 30, 無自覚群 14
	70歳代 自覚群 41, 無自覚群 11
	80歳代以上 自覚群 16, 無自覚群 5
運動	あり 85, なし 67 平均 10.7METs・時/週(標準偏差 13.3)
	50歳代以下 運動群 18, 非運動群 17
	60歳代 運動群 24, 非運動群 20
	70歳代 運動群 30, 非運動群 22
	80歳代以上 運動群 13, 非運動群 8
家事	あり 115, なし 17, 不明 20 平均 729.7分/週
日常の移動手段(多肢選択)	車・バイク 70, 徒歩 68, 自転車 36 平均 6.4METs・時/週(標準偏差 7.8)

## 2. 年代別平均聴力閾値

対象者の年代別の聴力像を確認するため,年代を5群(40歳代以下,50歳代,60歳代,70歳代,80歳代以上)に分けて分析した.年代別の各周波数の平均聴力閾値とそのオーゾグラムを右耳(表2,図1),左耳(表3,図2)それぞれ示す.右左耳とも年代が上がるにつれ,聴力閾値が高くなっていった.とりわけ60歳代からは8,000 Hzの聴力低下が目立ち始め,80歳代以上では1,000~8,000 Hzの聴力低下が顕著に認められた.

聴力閾値を年代と周波数の2要因分散分析にて検討すると,右左耳ともに年代の主効果(右耳  $F(4,147)=14.52, p<.01$ ; 左耳  $F(4,147)=17.11, p<.01$ ),周波数の主効果(右耳  $F(6,882)=54.41, p<.01$ ; 左耳  $F(6,882)=63.22, p<.01$ )及び交互作用(右耳  $F(24,882)=7.26, p<.01$ ; 左耳  $F(24,882)=8.89, p<.01$ )が有意であった.加えて,右左耳とも4,000 Hzから8,000 Hzにかけての閾値変化量において年代の有意な主効果が見られた(右耳  $F(4,147)=5.57, p<.01$ , 左耳  $F(4,147)=6.85, p<.01$ ).多重比較の結果,右耳では40歳代以下と50歳代に差はな

表2 年代別平均聴力(右耳)

年代	n	周波数[単位 Hz]			
		1,000	2,000	4,000	8,000
40歳代以下	20	36.0 (15.1)	30.5 (16.7)	25.3 (17.9)	24.3 (18.8)
50歳代	15	42.0 (11.7)	33.7 (9.7)	31.3 (14.1)	28.0 (18.7)
60歳代	44	42.0 (11.3)	34.5 (12.8)	33.3 (15.0)	42.6 (21.0)
70歳代	52	43.3 (6.2)	39.2 (9.1)	41.1 (11.7)	52.8 (19.0)
80歳代以上	21	49.5 (14.4)	51.7 (17.9)	56.2 (18.7)	67.9 (13.9)

各周波数の平均聴力[単位 dB] (標準偏差)

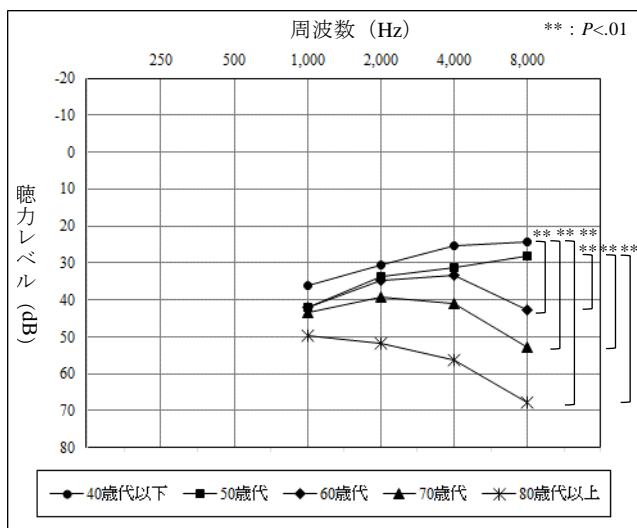


図1 年代別平均聴力像(右耳)(N=152)

表3 年代別平均聴力(左耳)

年代	n	周波数[単位 Hz]			
		1,000	2,000	4,000	8,000
40歳代以下	20	36.0 (11.9)	28.3 (15.8)	25.8 (19.3)	24.3 (20.0)
50歳代	15	40.3 (11.0)	32.3 (10.9)	28.7 (7.2)	27.7 (13.4)
60歳代	44	40.5 (7.9)	34.4 (7.4)	33.6 (13.5)	39.4 (17.4)
70歳代	52	41.4 (8.2)	40.4 (9.8)	41.1 (14.3)	54.4 (17.9)
80歳代以上	21	48.6 (13.1)	51.2 (17.0)	55.5 (15.8)	66.0 (15.4)

各周波数の平均聴力[単位 dB] (標準偏差)

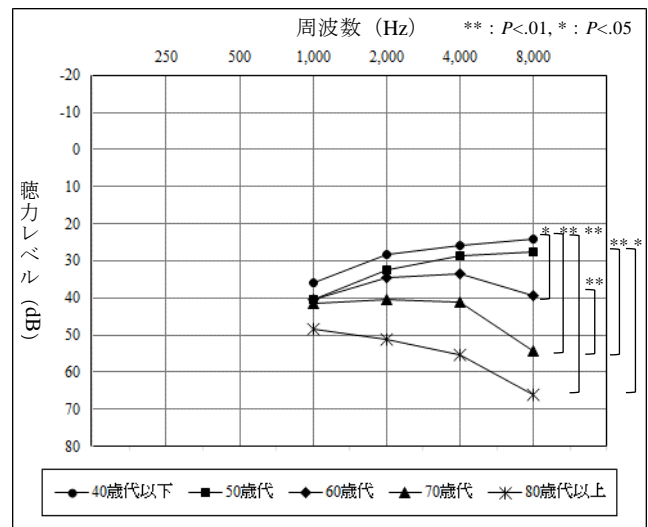


図2 年代別平均聴力像(左耳)(N=152)

かったが,40歳代以下と60歳代,70歳代,80歳代以上,また50歳代と60歳代,70歳代,80歳代以上との間に有意差が認められた(図1).左耳では40歳代以下と50歳代,50歳代と60歳代との間に差はなかったが,40歳代以下と60歳代,70歳代,80歳代以上との間に有意差が認められた.50歳代と70歳代,80歳代以上,60歳代と70歳代にも有意差が確認できた(図2).

## 3. 1週当たりの運動量による年代別平均聴力

運動量は厚生労働省が推奨する18~64歳の運動の基準とし,3METs以上の強度がある運動を1週間に4METs・時以上実施している者を運動群,それ未満の者を非運動群とし2群に分けた.対象者を年代ごとに4群(50歳代以下,60歳代,70歳代,80歳代以上)に分け,それぞれをさらに運動量で2群に分けて分析した.各群の周波数ごとの平均聴力閾値を右耳,左耳それぞれ表4,表5に示す.右左耳ともに50歳代以下もしくは60歳代では,殆どの周波数において運動群の聴力閾値が非運動群より低い値であった.逆に,70歳代もしくは80歳代以上では,運動群の聴力閾

値が非運動群より高い傾向を示した。

上述の年代と運動の有無の交互作用を詳細に検討したところ、運動の効果のあり方が60歳代以下と70歳代以降とで大きく異なるように思われたので、年代をこの2水準として2要因分散分析を行った。その結果、右耳において1,000 Hz, 2,000 Hz, 4,000 Hz で有意な交互作用が見られた(それぞれ  $F(1, 148)=4.07$ ,  $F(1, 148)=5.35$ ,  $F(1, 148)=4.45$ ; いずれも  $p<.05$ )。このうち、典型的な交互関係を示した2,000 Hz と 4,000 Hz を図3に示す。この他、交互作用が有意でない場合も、左耳を含む多くの周波数で交互関係が認められた。右耳1,000 Hz, 2,000 Hz, 4,000 Hz について単純主効果を分析した結果、いずれも60歳代以下では運動

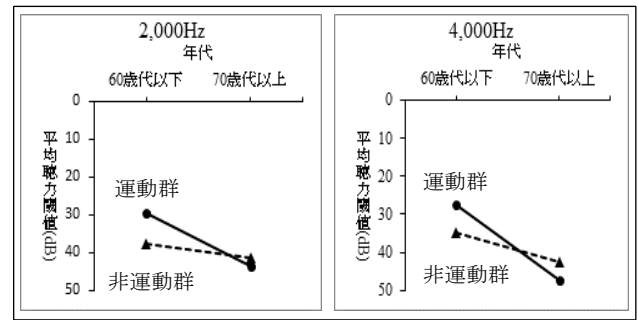


図3 運動の有無と年代別平均聴力(右耳)

群の方が非運動群より聴力閾値が有意に低かった(それぞれ  $F(1,148)=4.48$ ,  $p<.05$ ;  $F(1,148)=6.90$ ,  $p<.01$ ;  $F(1,148)=4.45$ ,  $p<.05$ )。一方70歳代以上では有意差は認められなかった(いずれも  $F(1,148)<2.0$ )。

表4 運動の有無と年代別平均聴力(右耳)(N=152)

年代	運動有無	n	周波数[単位 Hz]			
			1,000	2,000	4,000	8,000
50歳代以下	運動群	18	36.1 (13.4)	28.9 (11.6)	26.4 (14.4)	25.8 (18.7)
	非運動群	17	41.2 (14.3)	35.0 (16.0)	29.4 (18.6)	25.9 (19.0)
60歳代	運動群	24	39.4 (8.1)	30.2 (7.4)	28.1 (8.5)	36.4 (17.4)
	非運動群	20	45.3 (13.6)	39.8 (15.7)	39.5 (18.4)	49.8 (22.7)
70歳代	運動群	30	43.5 (6.7)	39.8 (10.2)	42.5 (13.0)	54.2 (19.6)
	非運動群	22	43.0 (5.4)	38.4 (7.3)	39.1 (9.4)	50.9 (18.1)
80歳代以上	運動群	13	51.5 (15.1)	52.7 (16.8)	58.5 (16.2)	70.4 (12.8)
	非運動群	8	46.3 (12.4)	50.0 (19.4)	52.5 (21.7)	63.8 (14.5)

各周波数の平均聴力[単位 dB] (標準偏差)

#### 4. 難聴の自覚の有無による年代別平均聴力

聞こえにくさの自覚についてはアンケートにて「よくある」「時々ある」と回答した者を自覚群、「ない」を無自覚群とし2群に分けた。対象者を年代ごとに4群(50歳代以下, 60歳代, 70歳代, 80歳代以上)に分け、それぞれをさらに難聴の自覚の有無で2群に分けて分析した。各群の周波数ごとの平均聴力を右耳, 左耳それぞれ表6, 表7に示す。全体的に自覚群が無自覚群よりも聴力閾値が高く、さらに年代が上がるごとに閾値が上昇している状態が確認された。

年代と自覚の有無の2要因分散分析の結果、右左耳とも全ての周波数において自覚の有無の有意な主効果が見られた(各F値(自由度 1,141): 右耳 8,000 Hz, 13.90; 右耳 4,000 Hz, 17.13; 右耳 2,000 Hz, 18.03; 右耳 1,000 Hz, 19.88; 左耳 8,000 Hz, 21.30; 左耳 4,000 Hz, 30.69; 左耳 2,000 Hz, 25.61; 左耳 1,000 Hz, 18.97; いずれも  $p<.01$ )。年代と自覚の有無

表5 運動の有無と年代別平均聴力(左耳)(N=152)

年代	運動有無	n	周波数[単位 Hz]			
			1,000	2,000	4,000	8,000
50歳代以下	運動群	18	34.2 (10.7)	26.1 (8.9)	23.3 (7.3)	25.6 (12.8)
	非運動群	17	41.8 (11.5)	34.1 (17.0)	30.9 (20.0)	25.9 (21.5)
60歳代	運動群	24	41.3 (6.3)	34.2 (7.0)	32.7 (14.9)	35.2 (16.1)
	非運動群	20	39.5 (9.3)	34.8 (7.8)	34.8 (11.6)	44.5 (17.6)
70歳代	運動群	30	40.3 (7.8)	39.7 (9.1)	42.2 (13.5)	56.3 (18.0)
	非運動群	22	43.0 (8.5)	41.4 (10.6)	39.5 (15.2)	51.8 (17.4)
80歳代以上	運動群	13	50.8 (13.7)	53.5 (16.5)	59.2 (11.2)	70.4 (12.0)
	非運動群	8	45.0 (11.2)	47.5 (17.1)	49.4 (19.8)	58.8 (17.5)

各周波数の平均聴力[単位 dB] (標準偏差)

表6 自覚の有無と年代別平均聴力(右耳)(N=151)

年代	自覚有無	n	周波数[単位 Hz]			
			1,000	2,000	4,000	8,000
50歳代以下	自覚群	19	41.6 (11.7)	35.3 (13.7)	31.1 (15.4)	29.7 (18.0)
	無自覚群	15	32.7 (13.0)	26.0 (12.3)	20.3 (9.9)	17.0 (9.5)
60歳代	自覚群	30	42.8 (12.6)	36.3 (14.0)	34.2 (16.5)	46.3 (21.4)
	無自覚群	14	40.4 (7.7)	30.7 (8.6)	31.4 (10.8)	34.6 (17.7)
70歳代	自覚群	41	44.1 (6.1)	40.4 (9.5)	43.2 (11.2)	55.9 (17.6)
	無自覚群	11	40.0 (5.2)	35.0 (6.0)	33.2 (10.1)	41.4 (19.7)
80歳代以上	自覚群	16	54.4 (12.7)	56.6 (17.7)	61.3 (17.8)	70.9 (12.4)
	無自覚群	5	34.0 (5.8)	36.0 (3.7)	40.0 (10.5)	58.0 (13.6)

各周波数の平均聴力[単位 dB] (標準偏差)

表7 自覚の有無と年代別平均聴力(左耳)(N=151)

年代	自覚有無	n	周波数[単位 Hz]			
			1,000	2,000	4,000	8,000
50歳代以下	自覚群	19	41.1 (11.9)	33.7 (13.8)	33.2 (16.2)	30.8 (17.4)
	無自覚群	15	34.0 (10.7)	26.0 (13.3)	19.3 (10.5)	17.0 (12.2)
60歳代	自覚群	30	41.7 (8.2)	35.8 (7.8)	36.0 (14.2)	42.3 (18.6)
	無自覚群	14	37.9 (6.5)	31.4 (5.5)	28.6 (10.1)	33.2 (12.6)
70歳代	自覚群	41	42.4 (8.3)	41.8 (9.7)	43.8 (14.0)	57.3 (17.1)
	無自覚群	11	37.7 (6.5)	35.0 (8.3)	30.9 (10.6)	43.6 (16.4)
80歳代以上	自覚群	16	52.5 (12.6)	56.9 (15.3)	61.3 (12.2)	71.3 (11.3)
	無自覚群	5	36.0 (2.0)	33.0 (5.1)	37.0 (11.2)	49.0 (14.6)

各周波数の平均聴力[単位 dB] (標準偏差)

との交互作用は、右耳 1,000 Hz ( $F(3,143)=3.03, p<.05$ ) と左耳 2,000 Hz ( $F(3,143)=3.06, p<.05$ ) で認められ、有意な周波数と有意差の見られない周波数が混在した。念のため全ての周波数について、各年代における自覚の有無の単純主効果を分析した。自覚の有無の効果は 60 歳代では殆ど確認できなかったが、70 歳代では右左耳ともに 4,000 Hz と 8,000 Hz で有意であった。また 50 歳代以下と 80 歳代以上では自覚の有無の効果が大きく、80 歳代以上の右耳 8,000 Hz を除く全ての周波数で有意であった。つまり、80 歳代以上では、右耳において 1,000 Hz から 4,000 Hz まで認められた自覚の有意な効果が 8,000 Hz では消失した。

## IV. 考察

### 1. 年代別の平均聴力閾値

年代別の平均聴力閾値では、年齢が高くなるにつれ聴力閾値が上昇し、聴力低下が認められた。4,000Hz から 8,000 Hz にかけての閾値上昇について分析した結果、40 歳代以下と 50 歳代の閾値変化量はそれ程変わらなかったが、60 歳代以上の年代では閾値の変化量が増大した。本研究は、先行研究で実施されている大規模疫学調査とは異なり対象者数が少ないが、結果は加齢に伴う聴力低下および 60 歳代から顕著となる急激な高音域の閾値上昇を捉えられており、先行研究を支持するものであった。

なお本研究は、健康まつり会場の一角での聴力検査であり、環境雑音の干渉を受けて閾値上昇している可能性も否定できない。先行研究では、夜陣ら<sup>27)</sup>、坂本ら<sup>28)</sup>も防音環境のない健診会場にて聴力検査を実施している。特に低音域 500 Hz の聴力閾値は、環境雑音の影響を受けて上昇し

たと推測されるが、検査結果の信頼性はおおよそ認められている。本研究においても低音域 500 Hz 以下を除く 1,000 ~ 8,000 Hz で得られた聴力は、上述の坂本らが示した聴力像に酷似しており、信頼できる結果であったと判断する。

### 2. 1 週当たりの運動量と年代別平均聴力との関連

年代別平均聴力を運動の有無と比較すると、全体的に 60 歳代以下では運動群が非運動群より聴力閾値が低かったが、70 歳代以上では、この関係が逆転し、運動群の方が非運動群に比べて聴力閾値が高い傾向が確認できた。分析の結果、60 歳代以下の者では、運動群の方が非運動群より聞こえが良好であり、その差は右耳の一部の周波数で有意であった。一方 70 歳代以上の高齢者では、その差は有意には至らなかった。

この結果の解釈は 2 つの観点から可能である。1 つは対象者の年齢に関係する。先述したように欧米の研究<sup>17~19)</sup>では、運動量が多いほど難聴発生のリスクが低減するとされるが、いずれも 70 歳未満の者を対象としてその効果を検証している。本研究においても 60 歳代までの対象者では運動量の多い者の方が聴力が良好な傾向にあり、先行研究を支持する結果であったと言える。70 歳以上を対象とした関連する本邦の報告として、国立長寿医療研究センターが実施した、40~79 歳における運動を含む余暇、家事等で構成される身体活動量と難聴との関係の解析がある<sup>29)</sup>。これは総身体活動量が増加する程、難聴発生リスクが高まるという結果であり、既報と逆向きの関係が示されたが、対象者に 70 歳代以上を含むことから生じたのかもしれない。

2 つ目は本研究で用いた 1 週当たりの運動量の基準値に関係する。厚生労働省が運動指針策定のため海外の研究をメタ解析した報告<sup>30)</sup>では、65 歳以上の高齢者の場合、運動、家事などを含む身体活動量が多すぎると、認知症やロコモティブシンドロームの発症リスクを高めるという結果であった。この結果を受け、65 歳以上では運動強度に関わらず身体活動を 1 週当たり 10 METs・時以上行うことを推奨している。よって、本研究で運動の分析に用いた基準「1 週当たり 3METs 以上の強度の運動を 4 METs・時以上」という値は 18~64 歳を対象として推奨されたものであり、70 歳代以上の対象者にはより低い基準を設定し分析するのが望ましいと思われる。

いずれにしても、高齢者にとって運動を含む身体活動を若年者と同程度実施することは健康状態を害する可能性があり、本研究でテーマとした聴力についても同様の可能性が示唆された。

### 3. 難聴の自覚の有無と年代別平均聴力との関連

難聴の自覚については、分析の結果、右左耳ともに無自覚群に比し、自覚群で聴力閾値が高く、また自覚群、無自覚群ともに年代が上がるにつれ高い閾値を示した。難聴の



自覚と聴力像との対応を示した先行研究は非常に少ないものの、高齢になるほど難聴を自覚する聴力閾値が高い値になることで一致しており<sup>27, 31, 32)</sup>、中でも Uchida ら<sup>32)</sup>はこの関係を統計的に明示している。本研究においても、聞こえにくさの自覚は年齢が上がると不正確になることが示唆され、Uchida らと整合している。

加齢に伴う難聴の気づきにくさの要因はいくつか推察される。先述したように、加齢性難聴は緩徐に進行する<sup>2)</sup>。この進行の緩やかさは、聴力低下に対する気づきの困難さをもたらす<sup>24)</sup>。加えて、近年指摘されているように認知機能の低下も関与していると考えられる。Ameiva ら<sup>21)</sup>は、難聴の自覚の程度と認知機能検査得点との相関を示しており、伊藤ら<sup>33)</sup>は認知機能の低下があると難聴に起因するコミュニケーションの困難さが自覚しにくくなる傾向を報告している。

さらに、本研究の80歳代以上に注目すると、右耳1,000~4,000 Hz までは自覚の効果が有意であったが、8,000 Hz では有意差が消失していた。つまり、聞こえにくさの自覚がないと判断する者でも8,000 Hz の聴力低下は進んでおり、気づきにくいことを示している。

この原因には認知機能の低下の可能性に加え、高音域の音の特徴が関係すると考える。人間の可聴範囲は20~20,000 Hz であるが、会話は250~4,000 Hz 程度に含まれ<sup>34)</sup>、それは種々の周波数帯が混在した音である。一方8,000 Hz という高音域は、日常会話で聴取することは少なく、電子機器音や楽器音、環境雑音に含まれる程度である。会話音で使われる音域が聞こえづらくなると比較的難聴を自覚しやすいが、8,000 Hz は人間の会話音域に含まれない周波数であるため、音自体が感受しにくく、音の存在に気づきにくい要因となっていると思われる。閾値下の音刺激には当然気づくことができないが、若年者では8,000 Hz という高音域の聴力低下であっても比較的気づきやすい。これらに鑑みると、高齢者の場合気づきが困難となるのは、既報で推測されてきたような、生活の変化に伴うコミュニケーションや外出機会の減少、老後生活での聞こえの意識づらさ<sup>31, 35)</sup>、さらには聞こえにくさへの慣れ<sup>24)</sup>が生じているためであろう。

#### 4. まとめと今後の課題

本研究では、加齢性難聴の予防対策として注目されている運動に焦点を当て、聴力と運動習慣との関連を探ること、また高齢者の難聴の自覚に関する特徴を明らかにすることを目的とした。難聴発症リスクの低減あるいは難聴進行の予防策として高齢者に運動を推奨するには、さらに知見を積み重ね検証する必要があるが、本研究結果によれば60歳代以下では聴力維持のための1つの方策として運動の効果が示唆され、欧米の先行研究<sup>17~19)</sup>を支持する結果であった。ただし、70歳以上では運動の強度に留意すべきであ

る。Loprinzi ら<sup>18)</sup>が提言するように、難聴発症のリスク要因ともされる高血圧や糖尿病など全身性の疾患を合併している場合、特に運動は有効に働くと思われる。また、高齢になるほど難聴の自覚が困難であることから、本人の訴えの有無によらず定期的に聴力検査を受けることが望ましい。難聴との関連が指摘されている種々の疾患の併発を防ぐためにも、聴力像を把握し、難聴の進行へ影響を与える要因を除去する対応が高齢社会では必須である。

本研究での聴力と運動との関連においては、60歳代以下の若年者では、調査時点で、3METs以上の強度の運動を1週間に4METs・時以上という運動習慣がある者の方が、それ未満の者より聴力が良いとの知見が得られた。しかしながら、本研究では対象者数の制限から‘運動の継続期間’を聴取し分析するには至っていない。運動習慣が聴力に与える影響をさらに検証するために、どれくらいの期間継続された運動が加齢による聴力低下の進行を遅延させることが可能であるのかについても、対象者数を増やし、聴力検査の測定環境を整えることで明らかにしたい。

**利益相反** 開示すべき利益相反はありません。

**謝辞** 本研究への協力にご快諾下さいました対象者の皆様に厚く御礼申し上げます。また青森県言語聴覚士会の会員の皆様には、実施に当たりご協力頂きましたことに感謝致します。

なお、本研究は平成30年度弘前医療福祉大学学長指定研究の助成を得て行われた。

#### 引用文献

- 1) 内田育恵, 杉浦彩子, 他: 全国高齢難聴者数推計と10年後の年齢別難聴発症率 老化に関する長期縦断疫学研究 (NILS-LSA) より. 日老医誌, 49(2): 222-227, 2012
- 2) 志多亨, 中井義明: 感音難聴. 聴覚検査の実際 改訂第2版 第I部2章. pp11-28, 南山堂, 東京, 2007
- 3) 杉浦彩子, 下方浩史: 老人性難聴の疫学. ENTONI, 211: 1-6, 2017
- 4) 山嵜達也: 感覚のアンチエイジング研究 耳鼻咽喉科領域. 医学のあゆみ, 261(6): 619-622, 2017
- 5) 染谷慎一, 宮川拓也, 他: 運動と加齢性難聴. 化学と教育, 65(11): 582-583, 2017
- 6) 下方浩史: 高齢者の聴力に個人差が大きいのは何故か—全身の老化との関係において. Audiol Jpn, 51(3): 177-184, 2008
- 7) 伊東善哉, 阿瀬雄治, 他: 高音域聴力の加齢変化と糖尿病の影響に関する研究. Audiol Jpn, 39(4): 249-254, 1996
- 8) 菅原一真, 山下裕司. 糖尿病と感音難聴. ENTONI. 161: 26-31, 2013
- 9) 内田育恵, 中島務: 一般地域住民における騒音曝露歴と純音 聴力の関係. Audiol Jpn, 45(5): 409-410, 2002
- 10) 木田さとみ, 滝川典子, 他: 喫煙習慣が聴力障害に及ぼす影響について. 人間ドック, 27(5): 851-855, 2013
- 11) 伊藤彰英, 荒尾はるみ, 他: 人間ドックで聴力異常を指摘された高齢者の聴力像と喫煙およびアルコール習慣との関連. Audiol Jpn, 43(6): 663-667, 2000

- 12) 三瀬和代, 白馬伸洋, 他: 抗加齢聴力ドック所見からみた加齢性難聴における動脈硬化の関与. *Audiol Jpn*, 54(6): 671-677, 2011
- 13) 三瀬和代, 白馬伸洋, 他: 聴力性差と動脈硬化. *Audiol Jpn*, 56(4): 269-275, 2013
- 14) Chul H, Dalian D, et al.: Effects of Long-Term Exercise on Age-Related Hearing Loss in Mice. *J Neurosci*, 36(44): 11308-11319, 2016
- 15) David SC, Dane JG, et al.: Association Between Hearing Impairment and Self-Reported Difficulty in Physical Functioning. *J Am Geriatr Soc*, 62(5): 850-856, 2014
- 16) Gispén FE, Chen DS, et al.: Association between hearing impairment and lower levels of physical activity in older adults. *J Am Geriatr Soc*, 62(8): 1427-1433, 2014.
- 17) Lingsheng L, Eleanor MS, et al.: Hearing loss and gait speed among older adults in the United States. *Gait Posture*, 38(1): 25-29, 2013
- 18) Loprinzi PD, Cardinal BJ, et al.: Association between cardiorespiratory fitness and hearing sensitivity. *Am J Audiology*, 21(1): 33-40, 2012
- 19) Sharon GC, Roland E, et al.: Body Mass Index, Waist Circumference, Physical Activity and Risk of Hearing Loss in Women. *Am J Med*, 126(12): 1-8, 2016
- 20) 内閣府: 高齢化の現状と将来像. 平成 30 年版高齢社会白書(全体版) 第 1 章第 1 節. 2018  
[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/30pdf\\_index.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/30pdf_index.html) (2018-5-10)
- 21) Amieva, Ouvrard, et al.: Self-Reported Hearing Loss, Hearing Aids, and Cognitive Decline in Elderly Adults: A 25-Year Study. *J Am Geriatr Soc*, 63(10): 2099-2104, 2015
- 22) Yasue U, Yukiko N, et al.: The Longitudinal Impact of Hearing Impairment on Cognition Differs According to Cognitive Domain. *Front Aging Neurosci*, 8: 1-9, 2016
- 23) 厚生労働省: 認知症施策推進総合戦略(新オレンジプラン) —認知症高齢者等にやさしい地域づくりに向けて認知症高齢者等にやさしい地域づくりに向けて. 2015  
[https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou.../nop1-2\\_3](https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou.../nop1-2_3). (2018-5-10)
- 24) 佐野智子, 長田久雄: 加齢性難聴への心理学的アプローチの必要性—自覚しにくさと受診困難をめぐって. *Medical Science Digest*, 42: 158-160, 2016
- 25) 厚生労働省: 健康づくりのための身体活動基準 2013  
<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt>. (2018-5-10)
- 26) 佐々木裕也: 環境騒音の周波数分析について. *山梨衛環研年報*, 59: 88-91, 2015
- 27) 夜陣紘治, 明海国賢, 他: 高齢者に対する聴覚健診の試み. *広島医学*, 56(12): 783-789, 2003.
- 28) 坂本夏海, 佐々木亮, 他: 岩木健康増進プロジェクトにおける聴覚健診の試み. *Audiol Jpn*, 51(4): 270-278, 2008
- 29) 内田育恵, 杉浦彩子, 他: 一般地域住民を対象とした難聴発生を予測する因子の縦断的検討. *日耳鼻*, 120(7): 923-931, 2017
- 30) 宮地元彦(研究代表者): 健康づくりのための運動基準 2006 改定のためのシステマティックレビュー. 厚生労働科学研究費補助金総括報告書: 3-29, 2013
- 31) 安田健二, 古川侃: 聴力健診における高齢者の聴力の実態—金沢市聴力健診事業より(2000年~2005年). *日耳鼻*, 112: 73-81, 2009
- 32) Uchida Y, Nakashima T, et al.: Prevalence of self-perceived auditory problems and their relation to audiometric thresholds in a middle-aged to elderly population. *Acta Otolaryngol*, 123: 618-626, 2003
- 33) 伊藤恵里奈, 杉浦彩子, 他: 高齢難聴者のハンディキャップの自覚についての検討—認知機能低下の有無に着目して. *Audiol Jpn*, 61(1): 57-64, 2018
- 34) 山内昭雄, 鮎川武二: 感覚の地図帳. p37, 講談社, 東京, 2001
- 35) 杉浦彩子, 内田育恵: 高齢者の難聴への対応. *日耳鼻*, 120: 707-713, 2017

**【Original article】**

**Relationship between hearing ability and physical activity or  
hearing loss awareness**

**(A consideration of the prevention of age-related hearing loss based  
on auditory-tests data in two cities in Aomori Prefecture)**

MIKA SUTOU<sup>\*1</sup> KYOUICHI HIRAOKA<sup>\*2</sup>  
SATORU NARITA<sup>\*1</sup> FUDEKO OSANAI<sup>\*1</sup>

(Received August 13, 2019 ; Accepted March 3, 2017)

**Abstract:** The first purpose of this study is to examine the relationship between hearing loss and physical activity, and the second purpose is to gain an understanding of the characteristics of self-perceived auditory problems in elderly people. 152 people filled out a questionair and participated in pure-tone auditory tests at health fairs held in Hirosaki and Hachinohe cities.

As people age, their audiometric thresholds rise at the high pure tone, which is an indicator of age-related hearing loss. This has been shown in many earlier studies. The statistical results showed that the older people were difficult to perceive their own hearing loss. And the subjects 80 years and older didn't perceive their own hearing loss, especially at 8kHz. As for the subjects who were 60 years and younger those who engage in physical activities showed significantly better hearing than those who do not, at 1k-4kHz of right ear. This result support previous studies of overseas suggesting the effect of physical activity to maintain their hearing loss.

**Keywords:** elderly people, hearing loss, physical activity, hearing loss awareness, prevention

## 【原著】

# 深層学習法(Deep learning)による末梢血白血球分類 AI モデルの検討

小田未来\*<sup>1</sup> 佐々木亜実\*<sup>1</sup> 野坂大喜\*<sup>2</sup> 中野学\*<sup>2</sup> 藤岡美幸\*<sup>2</sup> 高見秀樹\*<sup>2</sup>

(2020年1月15日受付, 2020年2月18日受理)

**要旨:** 深層学習法はニューラルネットワークを用いて多層的に解析することで、コンピューター自らがデータに含まれる潜在的な特徴をとらえ、正確で効率的な判断を実現する技術である。本研究では深層学習法を利用した血液形態解析用 AI モデルについて検討した。典型的形態を示す成熟白血球細胞を対象として教師画像による転移学習とパラメータ設定を行い、得られた AI モデルについて評価画像による分類予測値計算と目視分類との比較を行った。その結果、1細胞群間での2分類は99.0%以上の精度を示した。1細胞群-複数細胞混合群間での2分類では82.6-100%の精度を示した。背景処理済み画像による Pre-training 後、非背景処理教師画像での追加転移学習と Fine-tuning を行い6分類した結果、99%の精度を示し高精度な白血球分類モデルが得られた。本モデルは白血球分類スクリーニング技術として有用性が高く、幼弱細胞や異常細胞画像の追加学習によって病態の正確な検出に貢献すると示唆される。

**キーワード:** 人工知能, 深層学習法, 血液形態検査

## I. はじめに

我が国は少子高齢化に伴い、労働人口の急激な減少が生じており、医療分野においても医療資源の効率化が求められている。特に2025年問題や在宅医療への転換を踏まえ、医療用ロボットによる遠隔医療や「人工知能(AI)」内蔵型医療機器、在宅POCT機器等の開発が求められている<sup>1)</sup>。

これまで臨床検査分野では自動分析装置や搬送用ロボットの導入によりオートメーション化が進められ、人為的作業を大きく削減してきたが、AIの社会実装により従来オートメーション化が困難であった分野についても自動化の進展が期待されている状況にある<sup>2)</sup>。臨床検査分野における自動化の例としては生化学自動分析装置や自動血液算定(CBC)装置があり、ほぼ100%の計測自動化と精度管理の自動化を達成している<sup>3-6)</sup>。CBC装置は電気抵抗方式による血球数算定技術<sup>7,8)</sup>を端として基盤技術が確立され、現在主流の光散乱方式による算定技術が開発された。光散乱方式はフローサイトメトリー技術を採用しており、少量の血液で血球カウントと白血球分類の同時多項目検査が可能となっている。本法の特徴は血球分類算定速度が速く、塗抹標本の作製が不要なこと、多くの細胞数を分析するため精密性に優れるなどの利点があげられる<sup>9,10)</sup>。しかし、フローサイトメトリー方式は正常血液細胞では高い精密度が得られるものの、化学療法による血球形態の変化や幼弱細胞が出現する患者検体においては異常なスキャットグラムパ

ターンを示し、分類算定の正確性が劣ることが報告されており、このような症例では標本観察による再検査が必要となり大規模施設ほど再検査率も高くなる傾向にある<sup>11)</sup>。一方、ヒトの顕微鏡観察による目視分類の代替技術として開発されたのが、パターン認識方式を原理とした自動形態分析技術である<sup>12,13)</sup>。本法の特徴は、細胞個々の特徴を機械学習パラメータに基づいて分類することで正確な検査が可能となること、また幼弱細胞などの分類不能細胞についてはモニターでの目視確認ができることなどの利点がある。一方で欠点としては分類速度が遅く、分類細胞数も少ないため精密さにかけることが挙げられる。以上のことから、自動白血球分類技術は患者特性により適法を見極め検査することが重要となり、両者のメリットを併せ持った血液形態観察技術が求められている。加えて形態検査分野においても自動化技術の開発が行われてきたものの、最終的な自動診断技術ではなく、あくまでも計測自動化にとどまっております。人間の思考回路を反映できないことが一因でもあった<sup>14)</sup>。

近年、人間の思考回路を反映させた判断が可能な技術として人工知能(Artificial Intelligence, AI)が急速に発展している。AIとは言語の理解や推論、問題解決などの知的行動を人間に代わってコンピューターに行わせる技術であり、社会実装に至った技術も数多く報告されている<sup>15-17)</sup>。機械学習とAIとの違いは、機械学習ではデータに潜む規則性やパターンを、人間の指定した情報から学習することである<sup>18)</sup>。機械は入力データとして学習データを受け取り、そこから特徴量を抽出する。事前に人間が定義する必要があることで、不必要な情報を分析しない一方で、未知の情報を解析対象とできないという課題があった<sup>19)</sup>。一方、近年開発されたAI技術の1つである深層学習は、人間の脳神経

\*1 弘前大学医学部保健学科

Hirosaki University Graduate School of Health sciences  
〒036-8564 青森県弘前市本町 66-1 TEL:0172-39-5918  
66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori, 036-8564, Japan

\*2 弘前大学大学院保健学研究科

Hirosaki University Graduate School of Health sciences  
〒036-8564 青森県弘前市本町 66-1 TEL:0172-39-5918  
66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori, 036-8564, Japan

Correspondence Author h16m2310@hirosaki-u.ac.jp

回路を模したニューラルネットワークを多層的にすることで、コンピューター自らがデータに含まれる潜在的な特徴をとらえ、より正確で効率的な判断を実現させる技術である<sup>20)</sup>。深層学習では機械が学習の中で特徴量を自動的に抽出することを特徴としている。事前に人間が定義する必要がない一方、複雑に絡み合った情報の組合せを多層にわたって解析することから膨大な計算量を処理しきれないという課題があった<sup>18, 21)</sup>。近年、ハードウェアやソフトウェア技術の発達により AI 技術の利用課題に対してブレークスルーに至ったことから、汎用的利用が可能となった<sup>20, 22)</sup>。AI による深層学習では、AI が各細胞を分析し特徴を自ら学習することから、多くの教師画像データを学習させることで経験値にとらわれず客観的な形態解析が可能となる。また、異常細胞が出現した際にも対応可能な学習を行うことで対応できるようになると期待できるものの、CBC 検査において深層学習法による解析技術についての報告は少ない。そこで本研究では深層学習法による血液形態分析の有用性と可能性について基礎的検討を行った。

## II. 研究対象と方法

### 1. 対象

健康成人(40名)より得た EDTA-2Na 加末梢血液を用い、薄層血液塗抹標本を作製し、図 1 に示す手順にて May-Grünwald・Giemsa (MG)染色を行った<sup>23)</sup>。MG 染色標本は対物 100 倍油浸レンズを用いて顕微鏡観察し、顕微鏡カメラ(Axiocam ERc5s, Carl Zeiss 社)にて典型的細胞像を示す正常白血球細胞を撮影し、1335 枚の正常白血球画像データベースを作成した。

### 2. 教師用画像データセットと推論評価用画像データセットの作成

撮影した白血球画像は目視により桿状核好中球(Band)、分節核好中球(Segment)、好酸球(Eosinophil)、好塩基球(Basophil)、単球(Mono)、リンパ球(Lymph)に 6 分類した。白血球画像の例を図 2 に示す。好中球は Band と Segment との鑑別基準は日本検査血液学会形態標準化小委員会より提唱された好中球系細胞の新分類基準<sup>24)</sup>に従った。Band は直径 12~15  $\mu\text{m}$ 、核の長径と短径の比率が 3:1 以上、かつ核の最小幅部分が最大幅部分の 1/3 以上で長い曲がった核を持つこととした。一方、Segment は分葉した核の間は核系でつながるが、核の最小幅部分が十分に狭小化した場合は核系形成が進行したとみて Segment と判定した。

画像データセットの作成は図 3 に示す手順にて行った。各細胞群の画像は 750×750pixels でトリミング処理した。背景処理画像データセット(A セット)と非背景処理画像データセット(B セット)の 2 種類の画像データセットを作成するため、A セットでは白血球細胞情報のみを抽出すべく、赤血球や血小板など白血球以外の背景情報を消去した。B

セットにおいては、背景細胞情報を残すため本処理は行わ

手順	使用液	時間
固定、染色	May-Grünwald原液	10分
↓		
染色	May-Grünwald原液とリン酸緩衝液 <sup>※1</sup> の等量混合液	3分
↓		
水洗		15~30秒
↓		
染色	ギムザ希釈液 <sup>※2</sup>	25分
↓		
水洗		15~30秒
↓		
乾燥	扇風機にて風乾	

※1 1/150mol/Lリン酸緩衝液(pH6.4)

※2 リン酸緩衝液1mlにギムザ原液1~1.5滴の割合で添加

図 1 MG 染色手順

なかった。得られた画像は Augmentation 処理を施し、Band500 枚, Segment 500 枚, Eosinophil 462 枚, Basophil 520 枚, Mono 500 枚, Lymph 500 枚の合計 2982 枚のデータセットを作成した(表 1)。得られた画像のうちランダムに抽出した 8 割を教師用画像データセットとし、2 割を推論評価用画像データセットとした。

### 3. 深層学習法(Deep Learning)による画像解析

#### 3.1 深層学習システムの構成

深層学習ライブラリには Nnabla (SONY 社)を、開発環境には Anaconda3.0, Python3.5 を使用した。また解析用ハードウェアには CPU に Intel(R) Core(TM) i7-8700 3.2GHz, GPU に NVIDIA GeForce GTX 1070 8GB, OS に Microsoft Windows 10 professional を使用した。

#### 3.2 白血球細胞群 1 群間比較による 2 分類解析

6 分類した各細胞群間での分類精度を評価するため、1 群間比較による細胞 2 分類解析を行った。

A セットの教師用画像データと推論評価用画像データより、カラー(3RGB), 280×280 pixel を生成した。本画像に対し図 4 に示す 2 層での畳み込みニューラルネットワーク(CNN)によって教師学習用画像セットを用いた転移学習を行い、得られた CNN モデルに対し、推論評価用画像データセットにて分類精度及び損失関数を計測・評価した。

#### 3.3 白血球細胞群 1 群対 N 群比較による 2 分類解析

6 分類した各細胞群間について任意の 1 群とその他細胞群(5 群)での分類精度を評価するため、1 群対 N 群比較による細胞 2 分類解析を行った。A セットの教師用画像データと推論評価用画像データより、カラー(3RGB), 280×280 pixel を生成した。本画像に対し、図 4 に示す 2 層での CNN

によって教師学習用画像セットを用いた転移学習を行い、

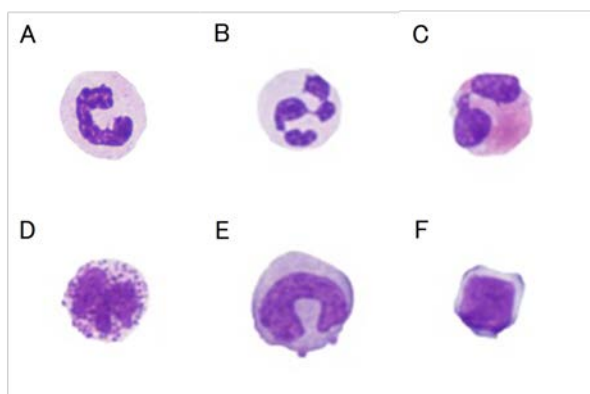


図2 画像データセットとして使用した典型的特徴を示す白血球画像の例

- A: 桿状核好中球(Band)    B: 分節核好中球(Segment)
- C: 好酸球(Eosinophil)    D: 好塩基球(Basophil)
- E: 単球(Mono)            F: リンパ球(Lymph)

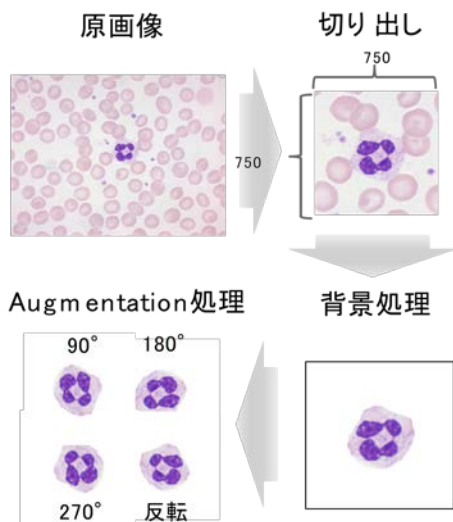


図3 教師・推論評価用画像データセットの作成方法

	Component	条件設定	
入力層	Input	Dataset:x	3, 280, 280
中間層	Convolution	KanelShape:5, 5	16, 276, 276
	MaxPooling	Shape:10, 10	16, 27, 27
	Tanh		16, 27, 27
	Convolution_2	KanelShape:5, 5	8, 23, 23
	MaxPooling_2	Shape:2, 2	8, 11, 11
	Tanh_2		8, 11, 11
出力層	Affine		10
	Tanh_3		10
	Affine_2		1
	Sigmoid		1
	BinaryCrossEntropy	Dataset:y	1

図4 2分類用CNN構造

Layer Name	Output Size	ResNet-18
conv1	112 × 112 × 64	7 × 7, 64, stride2
conv2_x	56 × 56 × 64	3 × 3 max pool, stride2
		$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 64 \\ 3 \times 3, 64 \end{bmatrix} \times 2$
conv3_x	28 × 28 × 128	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 128 \\ 3 \times 3, 128 \end{bmatrix} \times 2$
		$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 256 \\ 3 \times 3, 256 \end{bmatrix} \times 2$
conv4_x	14 × 14 × 256	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 2$
		$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 2$
conv5_x	7 × 7 × 512	
average pool	1 × 1 × 512	7 × 7 average pool
fully connected	6	512 × 6 fully connections
softmax	6	

図5 6分類用CNN構造(ResNet18を改変)

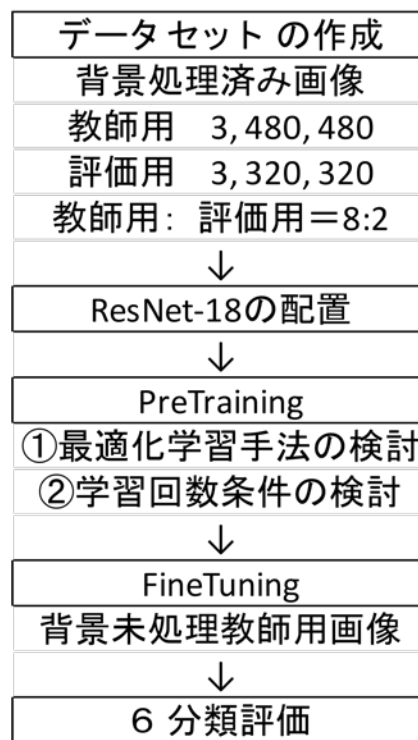


図6 白血球6分類CNNの評価手順

表1 白血球画像の内訳とデータセットの詳細

	原画像数 (枚)	Augmentation処理後 (枚)
Neutrophil(Band)	250	500
Neutrophil(Segment)	250	500
Eosinophil	231	462
Basophil	104	520
Mono	250	500
Lymph	250	500
合計	1335	2982

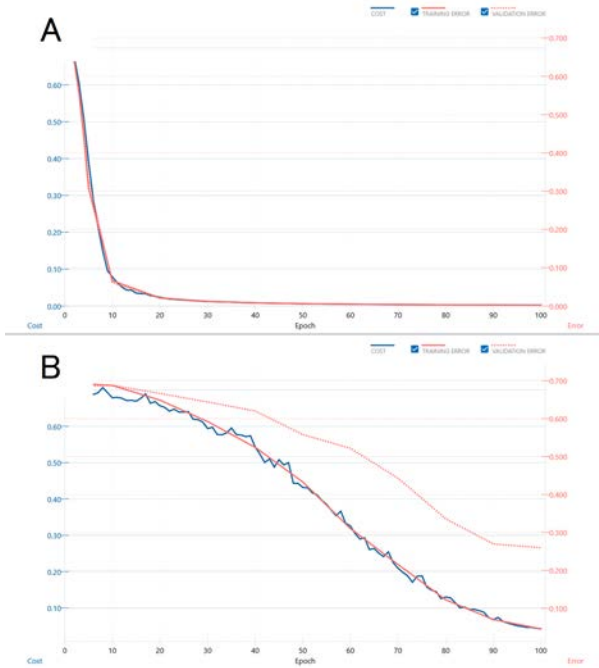


図7 2分類CNNによる学習曲線(1群 vs 1群)  
A: Band 群-Lymph 群間 B: Band 群-Segment 群間

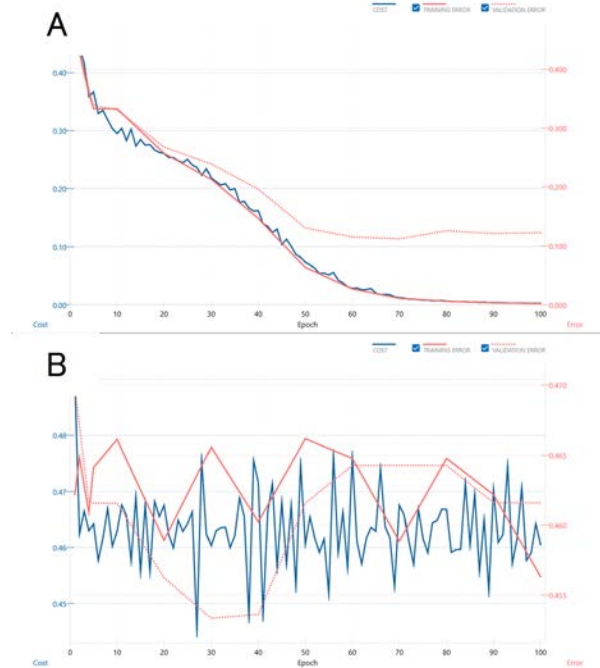


図8 2分類CNNによる学習曲線(1群 vs N群)  
A: Segment 群-その他群間 B: Basophil 群-その他群間

表2 1群間における分類精度

	Neutrophil (Segment)	Eosinophil	Basophil	Lymph	Mono
Neutrophil (Band)	0.910	0.990	1.000	1.000	1.000
Neutrophil (Segment)		1.000	1.000	1.000	1.000
Eosinophil			1.000	1.000	1.000
Basophil				1.000	1.000
Lymph					0.990

その後評価用画像データセットにて分類精度及び損失関数を計測・評価した。

### 3.4 深層学習による白血球細胞6分類解析

白血球細胞6分類精度を評価するため、多分類解析を行った。Aセットの教師用画像データと推論評価用画像データより教師用画像データセットとしてカラー(3RGB), 480×480 pixel を生成した。また推論評価用画像セットより、カラー(3RGB), 320×320 pixel を生成した。

背景処理済み教師用画像セットを用いて、一部改変した ResNet-18(図5)<sup>25)</sup>による18層でのCNN転移学習を行い、①最適化学習手法の検討と②学習回数条件の検討を行った。最適化学習手法と学習回数条件の評価は、背景処理済み推

表3 1群-N群間における分類精度

	1群側 (枚)	N群側 (枚)	合計 (枚)	Accuracy
Eosino	475	502	977	1.000
Lymph	485	500	985	1.000
Mono	555	486	1041	1.000
Neutrophil (Segment)	480	499	979	0.977
Neutrophil (Band)	495	498	993	0.968
Basophil	520	493	1013	0.826

論評価用画像データセットにて分類精度及び損失関数を計測・比較した。

### 3.5 非背景処理画像による白血球細胞6分類解析

3.4において得られたCNNモデル構造が実運用における白血球分類に適応可能かを検討するため、非背景処理教師用画像であるBセットを用いたResNet-18による18層CNNの検討を行った。図6にフローチャートを示す。3.4において得られた最適条件を反映させたPre-training学習済みCNNモデルに対し、追加学習としてBセット非背景処理教師用画像データセットによるFine-tuningを行った。その後、推論評価用画像セットを用いて分類精度及び損失関数を計測し、精度を評価した。

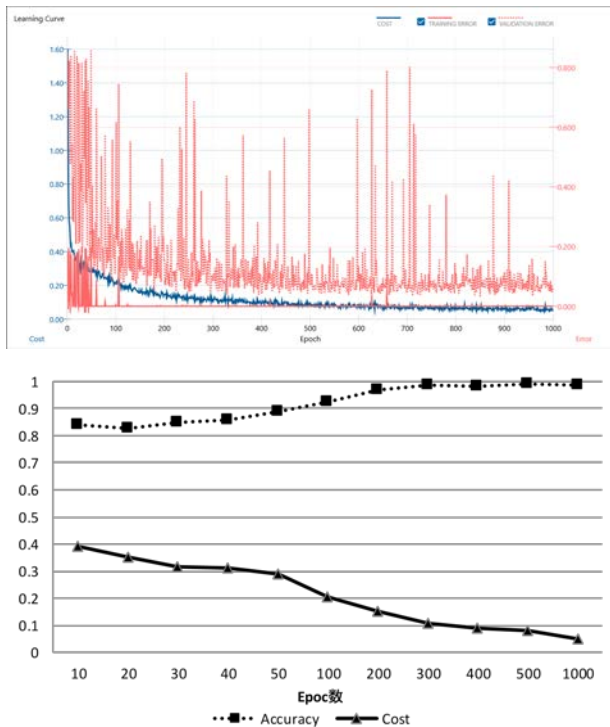


図9 背景処理済み教師画像による白血球6分類結果  
上) 学習曲線:100epochに至るまで TRAINING ERROR 曲線, VALIDATION ERROR 曲線は大きく変動し, 100epoch以降において顕著な収束が認められている。  
下) 学習回数による正確性と損失の変化

表4 学習最適化条件評価結果

Optimizer	Accuracy
AdaBound	0.956
Adamax	0.953
Adam	0.941
AMSGRAD	0.930
Momentum	0.923
Nesterov	0.901
Adadelta	0.898
Adagrad	0.863
SGD	0.854
RMAdrop	0.836

### Ⅲ. 結果

#### 1. 白血球細胞群1群間比較による2分類解析

図7にCNNによる学習曲線を示す。学習曲線はNo.3(Band群-Segment群)を除くすべての組み合わせにおいて、Cost関数曲線, TRAINING ERROR 曲線, VALIDATION ERROR 曲線はいずれも10~30Epochで収束した。一方, No.3(Band群-Segment群)は, Cost関数曲線, TRAINING

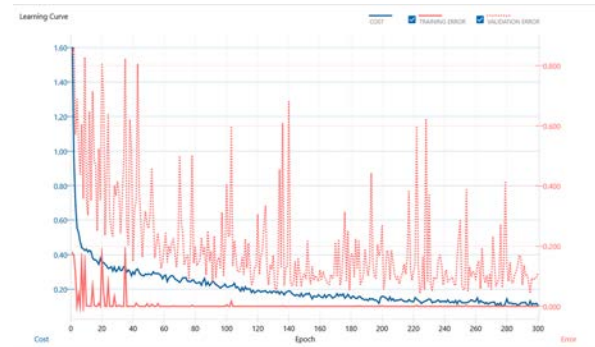


図10 非背景処理画像による追加学習での学習曲線

表5 非背景処理画像による推論評価結果

	Basophil	Eosinophil	Lymph	Mono	Neutrophil (Band)	Neutrophil (Segment)
Basophil	21	0	0	0	0	0
Eosinophil	0	45	0	0	0	0
Lymph	0	0	55	0	0	0
Mono	0	0	0	49	0	0
Neutrophil (Band)	0	0	0	0	45	0
Neutrophil (Segment)	0	0	0	0	1	51

ERROR 曲線は低下したものの, VALIDATION ERROR は低下せず乖離した。各組合せの Accuracy を表2に示す。Band群とSegment群間の分類精度は91%の精度を示した。その他の細胞群間では99%以上の精度を示した。

#### 2. 白血球細胞群1群対N群比較による2分類解析

各分析で得られた学習曲線を図8に、各組合せの Accuracy を表3に示す。学習曲線はEosinophil, Lymph, Monoが1群側となる組み合わせではCost関数曲線, TRAINING ERROR 曲線, VALIDATION ERROR 曲線はいずれも10~30Epochで収束した。一方, Segment, BandではCost関数曲線, TRAINING ERROR 曲線は10~30Epochで収束したが, VALIDATION ERROR は収束せず乖離した。BasophilではCost関数曲線, TRAINING ERROR 曲線, VALIDATION ERROR 曲線はいずれも100Epochで収束しなかった。Basophilを除くすべての細胞群は97%以上の精度を示したが, Basophilでは82.6%の精度を示した。

#### 3. 深層学習による白血球細胞6分類解析

##### 3.1 最適化条件の比較

学習最適化条件の結果を表4に示す。最も Accuracy が高値を示したのはAdaBound法(0.956)であった。一方で, Accuracy が低値を示したのはRMAdrop法(0.836)であった。



### 3.2 学習回数条件の比較

図 9 に学習曲線ならびに学習回数条件による Accuracy 値と Cost 値の変化を示す。Epoch 数の増加に従い Accuracy は上昇し 300Epoch で最高値 0.99 に達した。Cost 値は次第に低下し 1000Epoch で最低値 0.051 に低下した。

### 4. 非背景処理画像による白血球細胞 6 分類解析

図 10 に非背景処理画像を用いた追加学習による学習曲線を、表 5 に推論評価結果を示す。追加学習による学習曲線は 20epoch で TRAINING ERROR 曲線は収束し、50epoch で VALIDATION ERROR 曲線の大きな変動は収束した。推論評価の結果 Accuracy は 0.996, Cost 値は 0.109 であった。

## IV. 考察

本研究で深層学習法による血液形態分析の有用性と可能性について基礎的検討を行った結果、白血球細胞 1 群対 1 群の 2 分類検証結果からは、Band 群-Segment 群間での分類を除くすべての組み合わせで良好な分類結果が得られた。Band 群-Segment 群間において Accuracy が低値を示した原因として、これら 2 群はどちらも好中球であり、形態学的には核のくびれの有無によってのみ分類がなされていることが推察された。このことは顆粒情報や細胞質情報は一致または類似しているために特徴抽出が困難だったと推測できる。このことは渡邊らによる機械学習と目視分類との比較においても同様の現象が認められていることから支持される<sup>24)</sup>。加えて、本学習曲線からは VALIDATION ERROR のみ収束していないことから過学習が発生していることが疑われ、教師用画像にのみ適応した学習重み付けがなされたことも一因であると考えられる。鈴木ら<sup>26)</sup>によると過学習が発生する原因としては教師用データの不足などが示されており、過学習の問題は、モデルの複雑さとデータ量の相対的な関係から現れるものであり、手元のデータを最大限利用しようとするれば必ず現れる問題であるとされている。このことは成熟好中球以外においても同一種の細胞群においてその成長程度や異常形態の程度から分類を試みる場合において同様の課題が発生することを示唆するものである。そのため同一細胞種の分類においては、十分な教師用データを準備すること、drop out や正則化を行うこと、あるいは半教師学習など他の教師学習手法を加えることで過学習を回避し、精度向上を図る必要があるものと考えられる。

また 1 群-N 群間の 2 分類検証結果より、Basophil は他の細胞群との 2 分類において Accuracy が低値を示した。伊坂ら<sup>27)</sup>は病理形態学分野において肺組織における肺動脈の Accuracy が低値であったことに言及している。これは肺動脈の占める面積が他に比べて小さく全体の面積のごく一部であることから、クラス間の重みを加味して評価できてい

なかったことが原因と推測している。クラス間の重みを考慮した損失関数に変更することで、重要な分類情報成分であると認識し精度が高まると考えられる。これは血球に置き換えると対象の細胞の面積に対し、顆粒が占める面積は非常に小さく AI にとって重要な分類情報成分だと認識できなかつたと考えることができる。この顆粒情報の見落としが原因としてすべての Basophil が N 群側に分類されたと推測される。

以上のことから 1 群対 1 群と 1 群対 N 群との 2 分類解析は十分に高い Accuracy が得られることから、Accuracy 値が高いものから順に細胞を分類することで、除外診断として分類不能な白血球の抽出に応用できるものと考えられる。

一方、白血球細胞 6 分類では ResNet18 による背景処理済みの白血球画像での pre-training を行った結果、良好な分類精度を示した。またその後の非背景処理の白血球画像による追加学習と Fine tuning により、標本背景の影響に関わらず良好な分類結果が得られた。このことから同手法は血球分類のための教師学習モデルとして有用であると推定され、異常細胞を含む白血球細胞分類等にも有用性が高いものと考えられた。Pre-training からの追加学習については Pulkit Agrawal ら<sup>28-34)</sup>による報告においてその有用性は明らかとされているものの、あらゆる任意の画像セットにおいて pre-training 効果は得られるのか、あるいは今回我々が行った特定の理想的画像セットを用いた pre-training が効果的なのかは不明である。医療系分野においては極めて特殊な形態学的パターンを分類する必要があることから、病理組織や血液標本を同一の画像セットとして学習することが有用なのかなど医療用 AI の特殊性に併せた教師用学習手法については今後検討の余地があると考えられる。

今回 ResNet18 をモデルとした 6 分類において深層学習法は機械学習であるパターンマッチング法と同等以上の分析精度を示した<sup>13)</sup>。このことは人間が顕微鏡での細胞分類において視覚的に捉えた情報だけではとらえられない周波数情報などの特徴量が細胞分類上に有用であることを示しており、深層学習法は医療現場においてダブルスクリーニング技術として活用できると考えられる。近年、医療の効率化と同時に患者安全に対しても十分な取り組みが必要とされているものの、結果のダブルチェックは他の医療従事者の協力が必要であり、人的資源の効率的活用という面において課題があった。本研究結果は AI によって人間の視覚情報に依らないチェックが可能であることを示しており、異なる情報を根拠とした多面的な解析を通じたダブルチェックによりより安全性の高い血液検査結果の報告が期待できる。本研究では白血球の 6 分類に重点を置き分類解析を行ってきた。木村らは<sup>14)</sup>では、CNN により新たな自動画像分析システムによる骨髓異形成症候群と再生不良性貧血の鑑別診断支援など血液学分野においても AI 診断の有用性において高い可能性があることを報告している。一方で

その臨床応用化においては教師用画像データパターンの不完全さや血球形態変化の影響を踏まえ、血清生化学のデータを付随した学習を行うべきであるなど解決すべき課題も示している。これらの課題を解決することで、従来診断が困難だった稀少症例に対する診断が容易になるものと考えられる。以上のことから血液検査分野においては本研究を進展させさらなる追加学習を行うことで、健康人の成熟白血球だけではなく幼若細胞や異常細胞の検出、また骨髄の有核細胞分類の自動化などへの応用が期待できる。

## V. 結語

深層学習法(Deep learning)による末梢血白血球分類 AI モデルは高精度な分類が期待でき、多様な学習画像にも対応可能であることから医療機関の特性や在宅医療など利用されるフィールドに併せたシステム開発のみならず、医療安全などダブルチェックシステムを必要とする場面においても応用化が期待できる。

**謝辞** 本研究は総務省戦略的研究開発推進事業 SCOPE ならびに JSPS 科研費(19K21737)の助成を受けております。

## 引用文献

- 1) 大江和彦:これからの医療における AI の活用と課題. 医薬品情報学, 19(3):N1-N3, 2017.
- 2) Adam L.Bailey,Nathan Ledebor, et al: Clinical Microbiology Is Growing Up: The Total Laboratory Automation Revolution. Clin Chem, 65(5):634-643, 2019.
- 3) Dolci A,Giavarina D,et all: Total labo-ratory automation: Do stat tests still matter? Clin Biochem, 50(10-11):605-611, 2017.
- 4) 左藤猛英: 血液生化学自動分析装置の開発.精密工学会誌, 61(1):59-64, 1995.
- 5) 林智弘, 西原温子, 他: 日立自動分析装置 LABOSPECT 008  $\alpha$  の性能確認 試験と評価.医学検査, 67(5):687-693, 2018.
- 6) 篠原弘生, 大沼武彦:血液検査を迅速・効率化する生化学自動分析装置. 東芝レビュー, 66(7): 34-37, 2011.
- 7) Coulter WH: High speed automatic blood cell counter and cell size analyzer. National Electric Conference. Chicago. 1956.
- 8) 近藤也寸紀: 自動白血球分類における新たな展開—セルボピュレーションデータの有用性—. 医療と検査機器・試薬, 41(4): 377-385, 2018.
- 9) Chabot-Richards DS, George TI: White blood cell counts: reference methodology. Clin Lab Med, 35(1):11-24,2015.
- 10) Da costa L: Digital image analysis of blood cells. Clini Lab Med, 35(1):105-22, 2015.
- 11) 千葉直子: 症例から学ぶ 検査データと血液像の読み方 UniCel DxH800 (ベックマン・コールター). Medical Technology, 43(3): 242-248, 2015.
- 12) 谷村保明: 白血球分類の自動化 Automatic Classification of White Cells. MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY, 14 (1): 14-22, 1996.
- 13) 下前哲也: 特集最近の医用検査診断血液増自動分類. 精密工学会誌, 53(4): 530-533, 1987.
- 14) Konobu Kimura, Yoko tabe, et al.: A novel automated image analysis system using deep convolutional neural networks can assist to differentiate MDS and AA. Scientific Reports, 9(1):

- 13385, 2019.
- 15) Quoc V. Le, Marc' Aurelio Ranzato, et al.: Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning. Appearing in Proceedings of the 29 th International Conference on Machine Learning, Edinburgh, Scotland, UK, 2012. (arXiv: 1112.6209)
- 16) David Silver, Aja Huang, et al.: Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. NATURE, 529: 484-488, 2016.
- 17) David Silver, Julian Schittwieser, et al: Mastering the game of Go without Human Knowledge, NATURE, 550: 354-359, 2017.
- 18) 福島俊一, 藤巻遼平, 他: ビッグデータ×機械学習の展望 最先端の技術的チャレンジと広がる応用 Outlook for big data and machine learning Cutting-edge technological challenges and expanding applications. 情報管理, 60(8): 543-554, 2017.
- 19) 富山真之介, 坂田麻美子, 他: 機械学習を用いた白血球画像の自動分類精度向上のための検討. 生体医工学, 55Annual:392, 2017.
- 20) Andrew M. Saxe, James L. McClelland, Surya Ganguli: Exact solutions to the nonlinear dynamics of learning in deep linear neural networks. ICLR2014, 2014.
- 21) 上野聡, 橋恒一, 中田秀基: 特集「AI 計算資源」にあたって. 人工知能, 33(1): 5-7, 2018.
- 22) A. Fourcade, R.H. Khonsari.: Deep learning in medical image analysis: A third eye for doctors. Journal of Stomatology Oral and Maxillofacial Surgery, 120(4): 279-288. 2019.
- 23) 大畑秀穂: スタンダード検査血液学第 3 版.日本検査血液学会(編). pp108, 医歯薬出版株式会社, 東京, 2014.
- 24) 渡邊真一郎, 坂場幸治, 他: 好中球系細胞標準化の経緯と血球形態標準化合同ワーキンググループについて. 医学検査, 64(6): 3-6, 2015.
- 25) Kaiming He, Xiangyu Zhang ,et al: Deep Residual Learning for Image Recognition. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 90: 2016.
- 26) 鈴木大慈: 過学習と正則化.応用数理, 28 (2):76-81, 2018.
- 27) 内田祐介, 山下隆義: 畳み込みニューラルネットワークの研究動向. 信学技報, 117(362): 25-38, 2017.
- 28) 鈴木大慈: 機械学習の概要応用数理, 28 (1): 32-37, 2018.
- 29) 伊坂脩, 川中普晴, 他: ディープラーニングを利用した組織免疫蛍光染色画像の多クラスセグメンテーション. 第 39 回医療情報学連合大会論文集: 412-415, 2019.
- 30) 中山英樹: 深層畳み込みニューラルネットワークによる画像特徴抽出と転移学習. 信学技報, 115(146): 55-59,2015.
- 31) 岡谷貴之: 画像認識のための深層学習の研究動向 一畳込みニューラルネットワークとその利用法の発展—. 人工知能, 31(2): 169-179,2016.
- 32) Ali Sharif Razavian, Hossein Azizpour, et al: CNN Features off-the-shelf: an Astounding Baseline for Recognition. IEEE Computer Society Conference proceedings. 2014.
- 33) Jeff Donahue, Yangqing Jia ,et al: DeCAF: A Deep Convolutional Activation Feature for Generic Visual Recognition. PMLR, 32(1):647-655, 2014.
- 34) Pulkit Agrawal, Ross Girshick, et al: Analyzing the Performance of Multilayer Neural Networks for Object Recognition. ECCV2014 proceedings (7): 329-344,13th European Conference, Zurich, Switzerland, 2014.

**【Original Article】**

**Basic study of Artificial Intelligence model for peripheral blood leukocyte classification with deep learning technique**

MIKU ODA<sup>\*1</sup> AMI SASAKI<sup>\*1</sup> HIROYUKI NOZAKA<sup>\*2</sup>  
MANABU NAKANO<sup>\*2</sup> MIYUKI FUJIOKA<sup>\*2</sup> HIDEKI TAKAMI<sup>\*2</sup>

(Received January 15, 2020; Accepted February 18, 2020)

**Abstract:** Deep learning is one of the AI technologies that make accurate and efficient decisions. AI is able to perform multi-layered analysis with neural network and discover potential features. In this study, we examined a blood morphology analysis AI model with the deep learning method. The AI model learned with teacher images of mature white blood cells that show typical morphology, and parameter tuning for optimization was performed. The AI model obtained by transfer learning calculated the classification prediction value with the evaluation image. And it compared with the human visual classification. Two classifications between any one cell group showed an accuracy of 99.0% or more. Two classifications between the single cell group and the mixed cell group showed an accuracy of 82.6 to 100%. After pre-training with background-processed images, additional transfer learning and fine-tuning for six classifications was performed on non-background processed teacher images. The learning model showed 99% accuracy, and a highly accurate AI model for leukocyte classification was obtained. This model is useful as a leukocyte classification and screening technique. It is suggested that this technique contributes to accurate detection of pathological conditions through additional learning of teacher images of immature cells and abnormal cells.

**Keywords:** *Artificial intelligence, Deep Learning, Hematological examination*

---

\*1 Hirosaki University School of Health Sciences, 66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori 036-8564, Japan

\*2 Hirosaki University Graduate School of Health Sciences, 66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori 036-8564, Japan  
E-mail: h16m2310@hirosaki-u.ac.jp

## 【原著】

# 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた末梢血白血球分類スクリーニング技術の検討

佐々木亜実\*<sup>1</sup> 小田未来\*<sup>1</sup> 野坂大喜\*<sup>2</sup> 中野学\*<sup>2</sup> 藤岡美幸\*<sup>2</sup> 高見秀樹\*<sup>2</sup>

(2020年1月15日受付, 2020年2月27日受理)

**要旨:** 医療用 AI は、熟練者の経験に基づいて診断された患者症例を教師データとして大量に学習することで、ユーザーの経験値に左右されず、かつ EBM に即した診断を実現する次世代の医療技術である。本研究では AI による末梢血白血球分類スクリーニング技術の有用性を検討した。対象は MG 染色を行った健常人末梢血塗抹標本 57 例とし、典型的白血球形態画像を用いた転移学習と Fine-tuning によって得た CNN モデルを用いて白血球画像分類精度を比較評価した。その結果、背景なし教師画像による教師学習では 5 分類で 0.990, 6 分類において 0.822 の Accuracy を示した。一方、背景あり教師画像による学習では 5 分類で 0.992, 6 分類において 0.879 の Accuracy を示した。CNN による末梢血白血球分類スクリーニング技術は Accuracy が高く有用であると考えられるものの、その臨床応用化においてはカットオフ値など境界領域細胞の判定保留条件などを検討する必要がある。

**キーワード:** 人工知能, 畳み込みニューラルネットワーク, 血液形態検査, 白血球分類

## I. はじめに

近年、人間の思考回路を反映させた判断を可能とする自動化技術として人工知能(Artificial Intelligence, AI)が急速に発展している。AI は言語の理解や推論, 問題解決などの知的行動を人間に代わってコンピュータに行わせる技術である。AI は既に様々な商品・サービスに組み込まれ活用が始まっている。社会実装の成功例としては、画像認識と音声認識から得られた情報を基に、車両の運行情報・地図情報・位置情報などの他の情報を加えて、車両がおかれた状況を識別する自動運転技術がある。本技術により衝突の可能性の予測, 安全を保つために最適な運転, 目的地に到達するための最適経路の検索が可能となっている<sup>1)</sup>。農業分野においては、画像からウメの果実の熟度を判断する技術が研究されている。AI が果実の最適収穫期を判定することで、品質の向上とバラツキの低減が期待されている<sup>2)</sup>。同様に医療分野においても、CT や MRI などの放射線画像診断, 病理画像診断, 内視鏡画像診断等において診断専門医支援のための AI 開発が進められている<sup>3)</sup>。放射線画像診断では、マンモグラフィ画像検査において深層学習技術によるコンピュータ支援型検出システムの有用性が検討されているほか、軟部組織と石灰化の所見を組み合わせ、疑わしい領域の所見を判断し、癌が存在する疑いのレベルを表す AI 診断補助システムが検討されている。Alejandro Rodríguez-Ruiz らの研究報告では、放射線科医は追加の読

影時間を必要とせずに、マンモグラフィでの乳がんの検出における診断性能を改善したとの結果が示されている<sup>4)</sup>。また病理診断分野においては、Andrew A. Borkowski らは、Google と Apple が提供する AI の機械学習を用いて、肺扁平上皮癌、肺癌、結腸腺癌の区別能力の比較を行ったところ、どちらも非常に良好に機能し、組織病理学的画像を高精度で識別および分類可能であったと報告している<sup>5)</sup>。以上のことから AI 技術は医療分野においても画像診断を中心としてその臨床応用化の取り組みが開始されている。医療用画像診断において多くの取り組みが開始されている一方、同様に形態学的解析を必要とする血液形態学診断においては AI 技術を用いた研究報告は少ない。従来、血液形態学検査においては末梢血液標本や骨髓塗抹標本について顕微鏡下での白血球分類を行うことで、異常白血球や幼若細胞を検出し、白血病やリンパ腫、骨髓異形成症候群などの診断を行ってきた。しかし骨髓塗抹標本での白血球細胞分類については技術の修得において熟練までに長いトレーニング期間が必要とされ、血液検査専門技師や血液専門内科医の不足とも重なって自動診断技術の実用化が強く望まれている。加えて、千葉らはフローサイトメトリー法による血球分類技術の評価検討を行い、フローサイトメトリー方式では正常血液細胞の場合には分析精密度は高いものの、化学療法による血球形態の変化や血液疾患患者検体の分析では異常なスキューティングパターンを示し正確性が劣ることを報告している<sup>6)</sup>。そのためこれらの課題に対応し、EBM に即した分析技術開発が必要とされており、AI を用いた新たな形態解析技術が期待されている。そこで本研究では、新たな形態解析技術として畳み込みニューラルネットワーク(CNN)による末梢血白血球分類スクリーニング技術の検討を行った。

\*1 弘前大学医学部保健学科

Hirosaki University Graduate School of Health sciences  
〒036-8564 青森県弘前市本町 66-1 TEL:0172-39-5918  
66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori, 036-8564, Japan

\*2 弘前大学大学院保健学研究科

Hirosaki University Graduate School of Health sciences  
〒036-8564 青森県弘前市本町 66-1 TEL:0172-39-5918  
66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori, 036-8564, Japan

Correspondence Author h16m2317@hirosaki-u.ac.jp

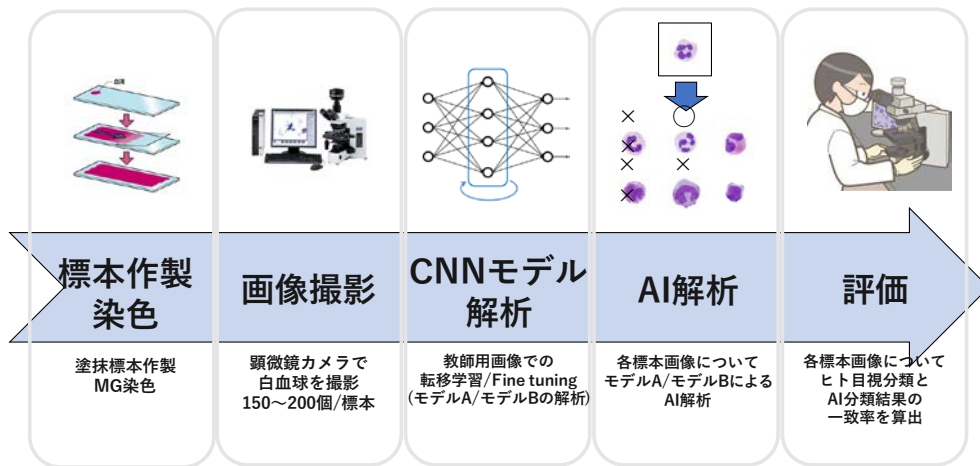


図1 末梢血白血球分類のためのCNNモデル作成から標本解析までのフローチャート

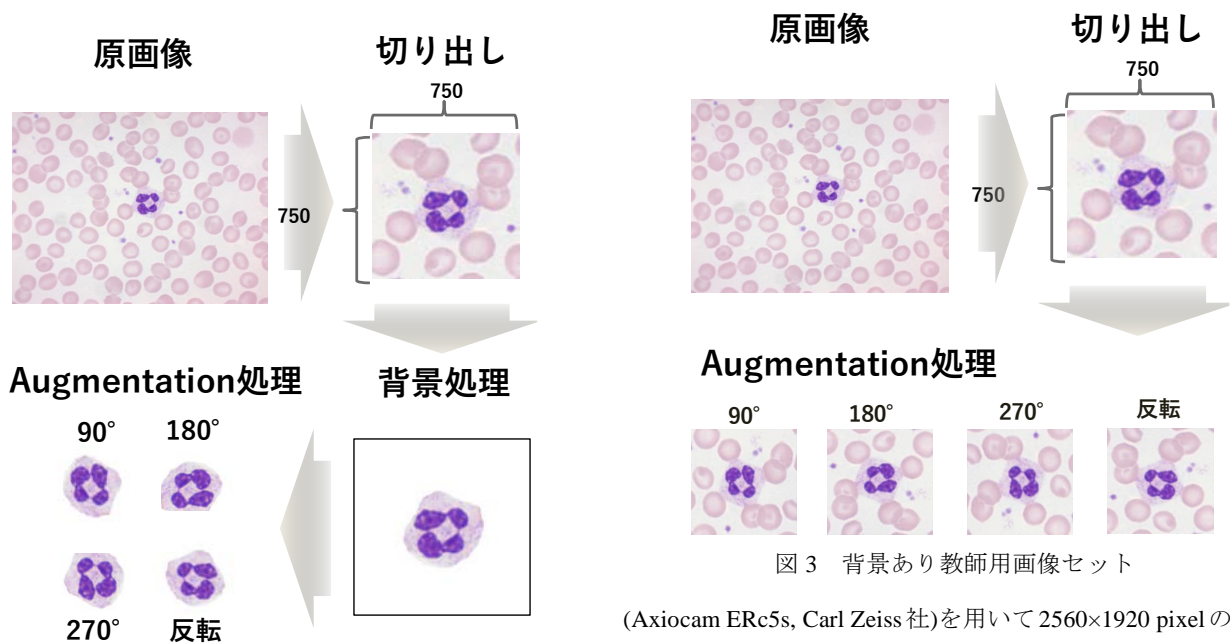


図2 背景なし教師用画像セット

図3 背景あり教師用画像セット

## II. 研究対象と方法

図1に末梢血白血球分類のためのCNNモデル作成からAIによる標本解析までのフローチャートを示す。

### 1. 対象

#### (1) 教師学習用画像

May-Grünwald・Giemsa (MG)染色を行った健常人薄層血液塗抹標本40例とした。MG染色標本は対物100倍油浸レンズを用いて顕微鏡観察し、顕微鏡カメラ(Axiocam ERc5s, Carl Zeiss社)を用いて典型的細胞像を示す正常白血球細胞を2560×1920 pixelの解像度にて撮影、合計1335枚の正常白血球画像を得た。

#### (2) 推論評価用画像

MG染色を行った健常人薄層血液塗抹標本57例とした。MG染色標本は対物100倍油浸レンズを用いて顕微鏡観察し、1標本につき150~200個の白血球細胞を顕微鏡カメラ

(Axiocam ERc5s, Carl Zeiss社)を用いて2560×1920 pixelの解像度にて撮影した。

教師学習および推論評価に供した薄層血液塗抹標本はともに教育用標本であり、その利用においては承諾を得るとともに、匿名化を行った。

### 2. 深層学習システムの構成

深層学習ライブラリにはNnabla (SONY社)を、開発環境にはAnaconda3.0, Python3.5を使用した。また解析用ハードウェアにはCPUにIntel(R) Core(TM) i7-8700 3.2GHz, GPUにNVIDIA GeForce GTX 1070 8GB, OSにMicrosoft Windows 10 professionalを使用した。

### 3. 画像データセットの作成

#### (1) 教師用画像データセットの作成

撮影した教師学習用白血球画像は目視により桿状核好中球(Band), 分節核好中球(Segment), 好酸球(Eosinophil), 好塩基球(Basophil), 単球(Mono), リンパ球(Lymph)に6分類した。判定基準は日本検査血液学会が示す方法に従い<sup>7,8)</sup>, 好中球はBandとSegmentとの鑑別基準として、Bandは直

径 12~15 $\mu$ m, 核の長径と短径の比率が 3:1 以上, かつ核の最小幅部分が最大幅部分の 1/3 以上で長い曲がった核を持つこととした。一方, Segment は分葉した核の間は核糸でつながるが, 核の最小幅部分が十分に狭小化した場合は核糸形成が進行したとみて Segment と判定した。6 細胞群に分類した画像データを対象として①背景なし白血球画像データセットと②背景あり白血球画像データセットの 2 つを教師用画像学習データとして作成した。図 2, 3 に各教師用画像データセット作成手順を示す。

#### ① 背景なし白血球画像データセット

白血球細胞を中心として周辺部を 750×750 pixel でトリミング後, 赤血球や血小板など背景情報を消去し, 白血球細胞のみの情報を抽出した。得られた画像はさらに学習データに対して変形やノイズを加えることで学習データ数を増加させる画像処理(Augmentation 処理)を施した。各画像に対し Augmentation 処理として 90 度, 180 度, 270 度回転, 反転処理等を加えることで画像枚数を水増しさせ, Band, Segment, Eosinophil, Basophil, Mono, Lymph を同等の割合で含む合計 2385 枚の教師用画像セットを生成した。その後 CNN での学習用画像解像度として 480×480 pixel に解像度を変更した。

#### ② 背景あり白血球画像データセット

白血球細胞を中心として周辺部を 750×750 pixel でトリミング後, Augmentation 処理を施した。各画像に対し 90 度, 180 度, 270 度回転, 反転処理等を加えることで画像枚数を水増しさせ, Band, Segment, Eosinophil, Basophil, Mono, Lymph を同等の割合で含む合計 3284 枚の教師用画像セットを生成した。その後 CNN での学習用画像解像度として 480×480 pixel に解像度を変更した。

#### (2) 推論評価画像データセットの作成

白血球画像撮影後に目視により Band, Segment, Eosinophil, Basophil, Mono, Lymph に 6 分類した。鑑別基準は教師用画像データセットの作成と同様である。各標本において撮像した白血球細胞画像について画像サイズを 750×750 pixel でトリミング処理し, その後さらに CNN での推論評価用解像度として 320×320 pixel を生成した。

### 4. CNN モデルでの画像解析方法

#### (1) 背景なし画像学習による CNN モデル作成と推論評価

背景なし画像による教師学習には CNN モデルとして Kaiming He らが開発した ResNet-18 について分類項目数を 6 分類に改変して使用した<sup>9)</sup>。改変後の CNN 条件は図 4 に示した。改変 ResNet-18 を用い, 背景なし教師用画像データセット 2385 枚についてパラメータとして収束最適化法(Optimizer)は AdaBound 法, 学習回数は 300 Epoch を設定し転移学習を行い, 白血球細胞分類用に重み付けがなされた最適化 CNN モデル(WBC モデル A)を得た。その後, 本 WBC モデル A を用いて各標本画像に対して推論評価を行い白血球細胞の 5 分類と 6 分類での予測値を計算処理した。

Layer Name	Output Size	ResNet-18
conv1	112×112×64	7×7, 64, stride2
		3×3 max pool, stride2
conv2_x	56×56×64	3×3, 64
		3×3, 64
conv3_x	28×28×128	3×3, 128
		3×3, 128
conv4_x	14×14×256	3×3, 256
		3×3, 256
conv5_x	7×7×512	3×3, 512
		3×3, 512
average pool	1×1×512	7×7 average pool
fully connected	6	512×6 fully connections
softmax	6	

図 4 白血球分類用 ResNet-18 モデル

Training と Validation では Input Size は 480×480 pixel とし, Augmentation 処理により 1 学習毎に Contrast, Brightness, Magnification, Angle を変更した。推論評価においては Input Size は 320×320 pixel とし, Augmentation 処理は行わなかった。

#### (2) 背景あり画像学習による CNN モデル作成と推論評価

前述の背景なし最適化 CNN モデルである WBC モデル A を予備転移学習(Pre-training)モデルとして, さらに背景あり教師用画像データセット 3284 枚についてパラメータとして Optimizer は AdaBound 法, 学習回数は 300 Epoch を設定し追加転移学習(Fine tuning)を行い白血球細胞分類用に重み付けがなされた最適化 CNN モデル(WBC モデル B)を得た。その後, 本 WBC モデル B を用いて各標本画像に対して推論評価を行い白血球細胞の 5 分類と 6 分類での予測値を計算処理した。

#### (3) 教師用画像の背景処理の有無による分類精度比較

WBC モデル A と WBC モデル B の白血球分類認識精度について Wilcoxon の順位和検定により統計学的に検証した。有意水準  $p < .05$  を有意差有りとした。

## III. 結果

### 1. 背景なし画像学習による推論評価

図 5 に CNN による学習結果を示す。TRAINING ERROR 曲線と VALIDATION ERROR 曲線には乖離は認められず, VALIDATION ERROR 曲線, COST 関数曲線はいずれも最終的に 0.1 未満まで収束した。図 6 に 2 例の推論評価結果を示す。A-1 は 57 例中 Accuracy が最も高値を示した標本であり, A-2 は 57 例中最も低値を示した標本である。Accuracy は 5 分類/6 分類では A-1 において 0.985/0.949, A-2 において 0.985/0.646 であり 0.303 の差が認められた。表 1 (A-1, A-2)に全 57 標本の推論評価結果を示す。Accuracy は 5 分類で  $0.990 \pm 0.011$  (Mean  $\pm$  SD), 6 分類で  $0.822 \pm 0.062$  (Mean  $\pm$  SD)を示した。

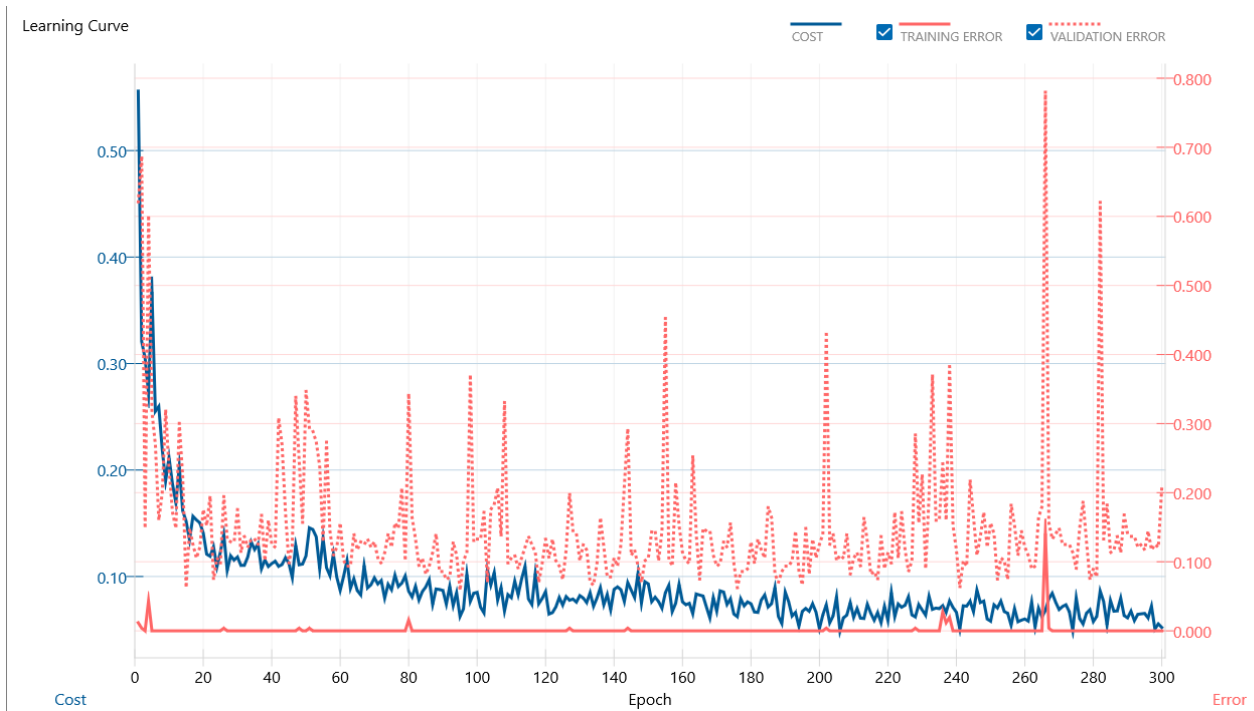


図5 背景なし画像での学習結果

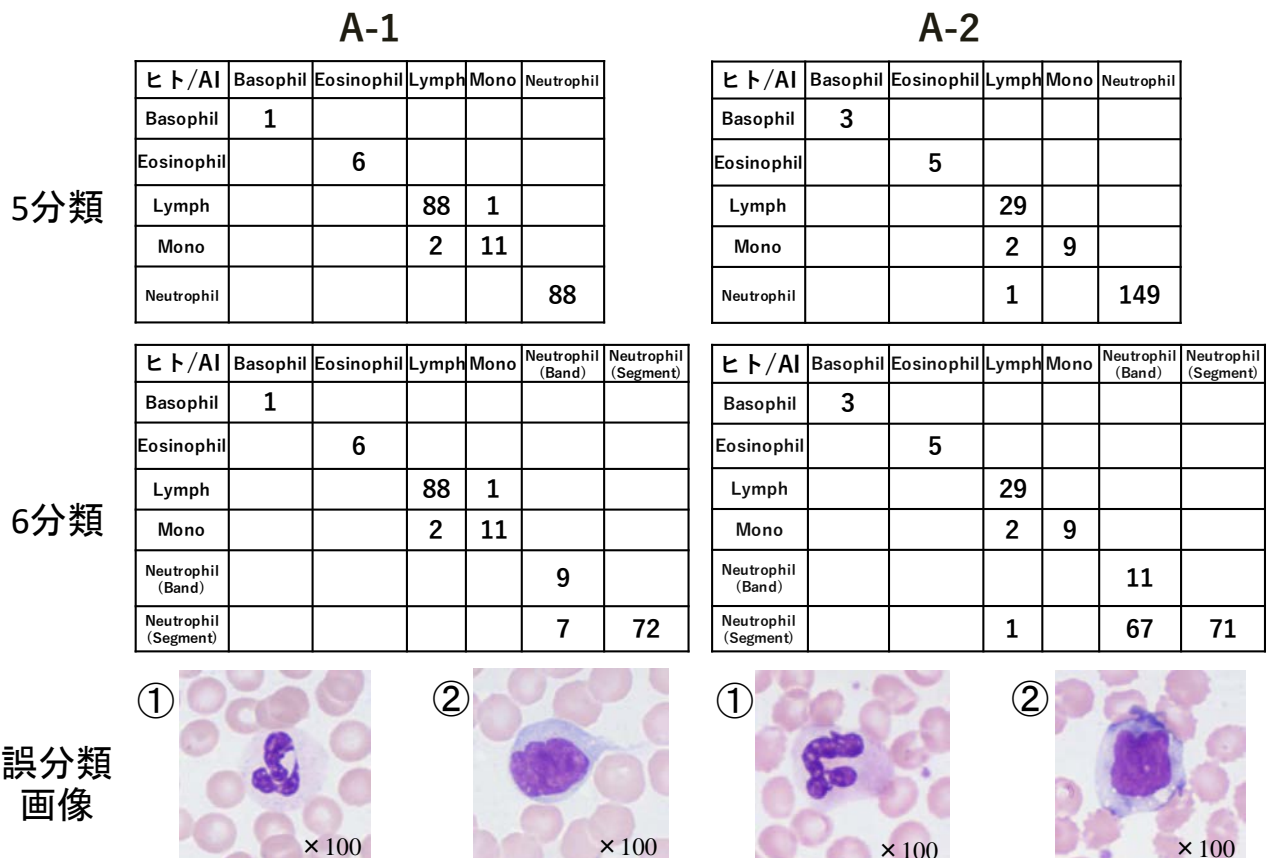


図6 WBCモデルAによる健常人標本2例の推論評価結果

白血球細胞分類でのヒト分類結果との一致率は、5分類/6分類においてA-1で0.985/0.949、A-2で0.985/0.646であった。両症例とも①はSegmentとBand間での誤分類細胞、②はMonoとLymph間での誤分類細胞である。

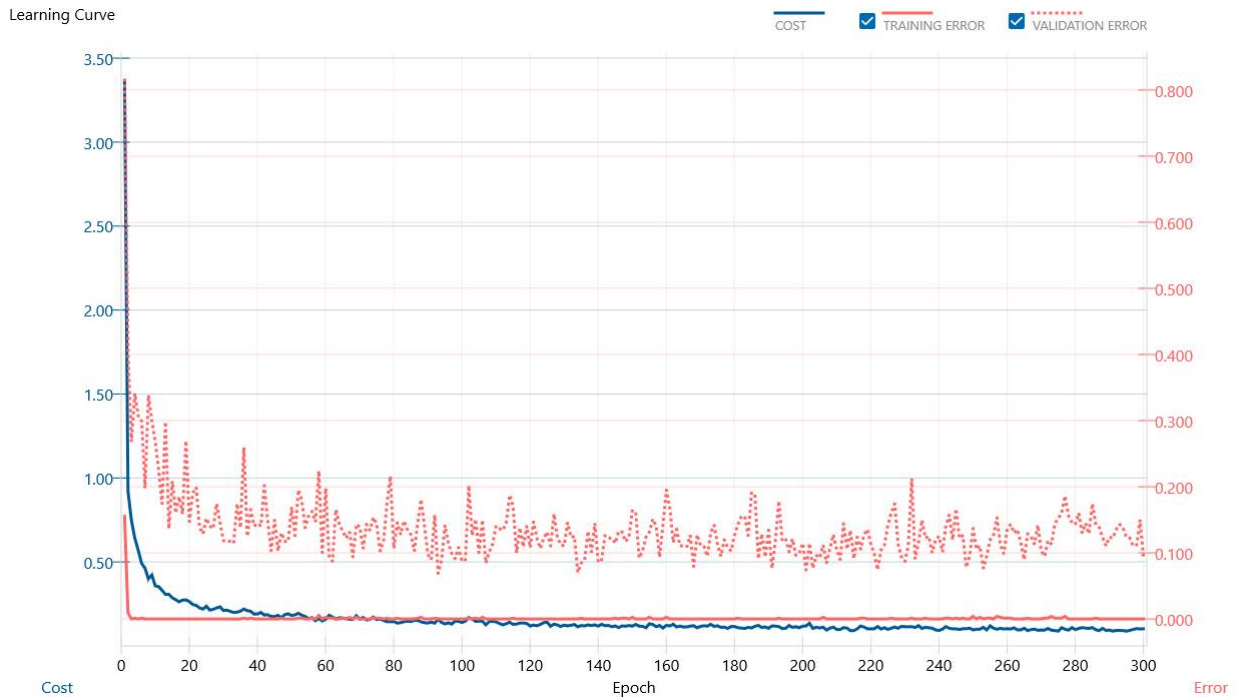


図7 背景あり画像での学習結果

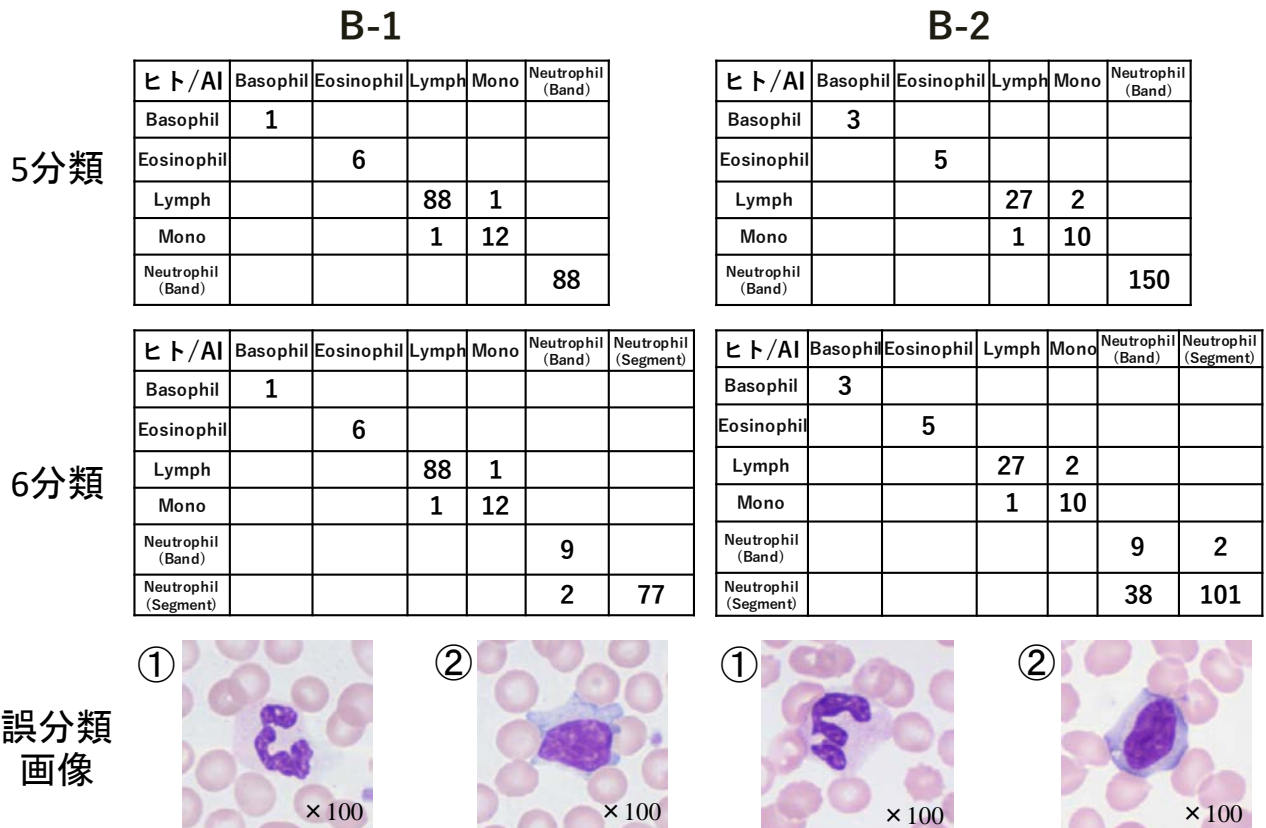


図8 WBCモデルBによる健常人標本2例の推論評価結果

白血球細胞分類でのヒト分類結果との一致率は、5分類/6分類においてB-1で0.990/0.980、B-2で0.985/0.783であった。両症例とも①はSegmentとBand間での誤分類、②はMonoとLymph間での誤分類細胞である。



表 1 全症例での推論評価結果

A1: WBCモデルAによる5分類

ヒト/AI	Basophil	Eosinophil	Lymph	Mono	Neutrophil	Accuracy
Basophil	116					1.000
Eosinophil		246				1.000
Lymph			3179	34		0.989
Mono			61	596		0.907
Neutrophil	14		3		6917	0.998
合計						0.990

A2: WBCモデルAによる6分類

ヒト/AI	Basophil	Eosinophil	Lymph	Mono	Neutrophil (Band)	Neutrophil (Segment)	Accuracy
Basophil	116						1.000
Eosinophil		246					1.000
Lymph			3179	34			0.989
Mono			61	579			0.905
Neutrophil (Band)	1		1		849	80	0.912
Neutrophil (Segment)	13		2		1812	4176	0.696
合計							0.822

B1: WBCモデルBによる5分類

ヒト/AI	Basophil	Eosinophil	Lymph	Mono	Neutrophil	Accuracy
Basophil	116					1.000
Eosinophil		246				1.000
Lymph			3184	29		0.991
Mono		1	43	596		0.931
Neutrophil	9	1		1	6923	0.998
合計						0.992

B2: WBCモデルBによる6分類

ヒト/AI	Basophil	Eosinophil	Lymph	Mono	Neutrophil (Band)	Neutrophil (Segment)	Accuracy
Basophil	116						1.000
Eosinophil		246					1.000
Lymph			3184	29			0.991
Mono		1	43	596			0.931
Neutrophil (Band)	3				810	118	0.870
Neutrophil (Segment)	6	1		1	1152	4843	0.807
合計							0.879

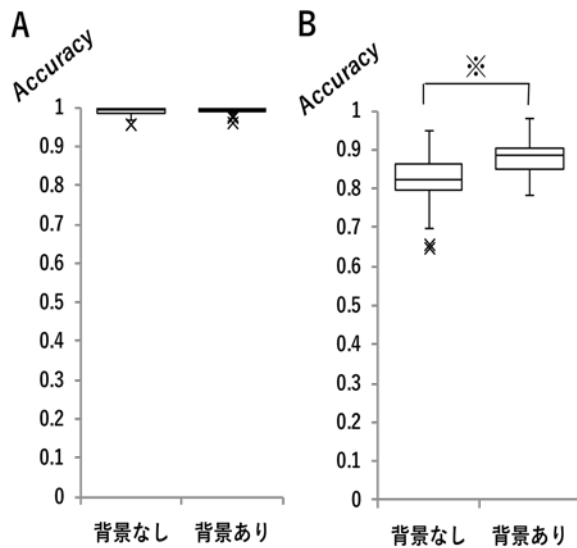


図 9 背景処理の有無による分類精度比較

A: 5 分類精度比較 B: 6 分類精度比較

5 分類では両 CNN モデルで 0.990 以上の Accuracy が得られ有意差は認められない。一方、6 分類においては背景あり画像学習において分類精度の有意な向上(p<.001)が認められた。

## 2. 背景あり画像学習による推論評価

図 7 に CNN による学習結果を示す。TRAINING ERROR 曲線と VALIDATION ERROR 曲線には乖離は認められず、VALIDATION ERROR 曲線、COST 関数曲線はいずれも最終的に 0.1 未満まで収束した。図 8 に健康人標本 2 例の推論評価結果を示す。B-1 は 57 例中 Accuracy が最も高値を示した標本であり、B-2 は 57 例中最も低値を示した標本で

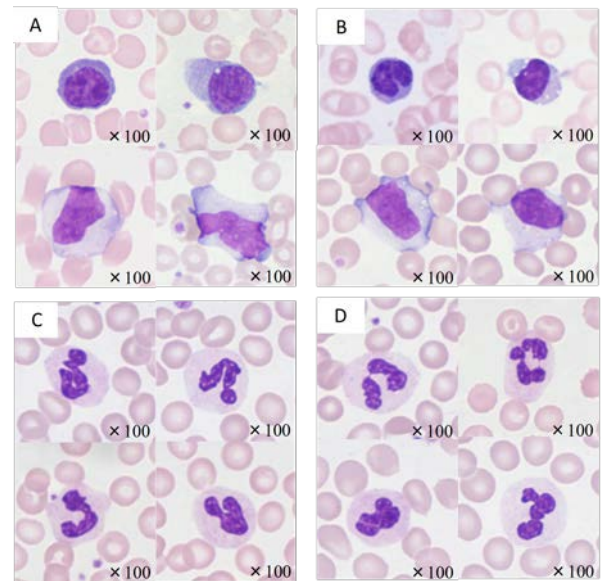


図 10 ヒト目視分類-AI 分類間での不一致細胞例

A: Mono に分類された Lymph  
B: Lymph に分類された Mono  
C: Segment に分類された Band  
D: Band に分類された Segment

ある。Accuracy は 5 分類/6 分類では B-1 において 0.990/0.980、B-2 において 0.985/0.783 であり最大 0.197 の差が認められた。表 1 (B-1, B-2)に全 57 標本の推論評価結果を示す。Accuracy は 5 分類で 0.992±0.008(Mean±SD)、6 分類で 0.879±0.039(Mean±SD)を示した。

## 3. 教師用画像の背景処理の有無による分類精度比較

図 9 に WBC モデル A と WBC モデル B との分類精度の

比較結果を示す。WBC モデル A と WBC モデル B との間で、全 57 例での推論評価結果の Accuracy は 5 分類で 0.002, 6 分類で 0.057 の上昇を示した。Wilcoxon の順位和検定は 5 分類で有意差は認められず ( $p=0.473$ ), 6 分類では有意差が認められた ( $p<.001$ )。最も Accuracy が上昇した細胞群は Segment であり, 0.11 の上昇が認められた。図 10 に, Lymph と Mono, Band と Segment の誤認識した細胞の例を示した。Lymph と Mono, Band と Segment の鑑別において, 誤認識された細胞に細胞質形状, 細胞質の濃淡, 核形状など顕微鏡観察上の共通の形態学的な傾向は認められなかった。

#### IV. 考察

本研究では健康成人末梢血塗抹標本を用いて CNN による末梢血白血球分類スクリーニング技術としての有用性を検討した。その結果 5 分類での Accuracy は 0.992 に達し, スクリーニング技術として臨床的要求を充分満たす精度が得られた。一方, 6 分類では Accuracy は 0.879 にとどまり, 白血球分類スクリーニング技術としての臨床的要求を満たすためには改良の余地が認められた。5 分類と 6 分類において精度が大きく乖離した原因として, 好中球である Band と Segment 間での誤分類が大きな原因となっており, 6 分類での精度向上においては好中球の分類精度向上が課題となる。分類精度の向上においては, 本研究において背景あり画像による追加学習において有意差が認められたことから, 教師学習の段階において解析対象となる白血球細胞の形態学的特徴を CNN に与えるだけでなく, 除外すべき情報を加えることが精度向上に有効であると考えられる。しかしこのことは, 津田らによる AI を用いた物体認識精度の報告<sup>10)</sup>とは反している。津田らの研究によると, AI はあるカテゴリーの画像がカテゴリーとは無関係な特徴を持った画像を多く含んでいる状況においては学習用データのバイアスによる誤認識が発生することが示されている。本研究においては, WBC モデル B の導出において対象物のみによる WBC モデル A に対して Fine tuning を行ったことで学習データバイアスが回避された可能性があり, このことは齋藤による AI を用いた病理組織類似画像検索による診断支援ツールの開発の試みにおいて, ImageNet による Pre-training 後の CNN モデルに対して胃生検病理組織 HE 画像を追加学習させることで, 高分類精度な CNN モデルが導出されたとの報告によって支持される<sup>11)</sup>。しかしながら CNN が画像のどの特徴箇所を見て判断しているかは本法のみでは不明である。この課題に対しては, 学習済み CNN モデルが学習用データのバイアスの影響を受けているかどうかを判定する技術として Grad-CAM による解析が有効であることが Ramprasaath らの研究により明らかとなっている<sup>12)</sup>。白血球画像データ解析において本手法が効果を示した要因については本研究に使用したデータに対して Grad-CAM を用いた解析, また他の医療用形態解析 AI にお

ける研究を通じて明らかにできると考える。また CNN では分析の階層を増加させることで分類精度の向上が見込めることが Karen らの研究により報告<sup>13)</sup>されているが, 階層の深さは推論評価モデルの作出解析に要する時間とのトレードオフとなることに留意する必要がある。また Qingshan She らの報告によると, ラベル付けされた教師用画像だけでなく, ラベル付け無しでの教師画像学習も分類精度の向上に寄与することが示されている<sup>14)</sup>。これは半教師用画像学習と呼ばれる手法であり, 臨床検査データではラベル付けされていない多数のデータを基に学習できる本法は症例数を増加させ, 多様な形態解析に対応させる上で有用であるものと考えられることから, 分類精度の向上においてはこれらの手法の導入を検討する必要があると考えられる。

このような AI 分析技術とのハイブリッド化で分析精度向上は見込まれるものの, 一方で臨床検査データはヒトと AI との相関性はもちろんのこと, 従来技術との相関性を必要とすることから, データ補正についても検証が必要となる。機械学習は原理として, あらかじめ装置に設定したパラメータに基づき, 白血球の特徴情報を抽出し, データベースと照合の上で白血球分類を行う。機械学習法では標本が一定の理想的条件下で作製されたことを前提条件としており, 個々の医療者の標本作製に伴う細胞形態変化誤差までは考慮することなく一律に判断を行っている<sup>15)</sup>。それに対して, AI による教師あり学習では与えられた教師用画像から特徴量を自動的に抽出する点において相違があり, 教師用画像の準備過程において検査技術者が作製した多様な条件下での標本を学習させることで, 標本作製時に生じる手技的な誤差を含めた最適なパラメータを得ることが可能となる。本研究においても前処理過程で Augmentation 処理を加えることで画像を AI に自己作成させ拡張を図っている。よって両者は手技的な誤差の判断において基準が異なっており, このような基準値の相違を明確化する必要がある。このような相違点を考慮した例として, 機械学習方式とヒトによる目視分類での好中球判定の相違基準の策定がある。機械学習方式では, 白血球画像に対して RGB 分解を行い, 個々の 2 値化した分解画像に対して解析を行うことでパラメータ毎の実測値を得, 核の最低幅が一定基準 ( $2 \mu\text{m}$  以下) であるかどうかで Segment と Band 判別している。一方, ヒトによる目視分類では同基準での判定は困難であることから, 今回我々が判定基準として使用した渡邊らの方法に従っている<sup>8)</sup>。本基準では好中球は Band と Segment との鑑別基準として, Band は直径  $12\sim 15 \mu\text{m}$ , 核の長径と短径の比率が 3:1 以上, かつ核の最小幅部分が最大幅部分の 1/3 以上で長い曲がった核を持つこととしており, 実測値とは基準が異なっている。CNN モデルによる解析ではヒトの目視基準に準じた解析が行える一方, 機械学習の基準とは異なった判断となることから, これら 2 法間でのデータ解釈の相違が生じやすい形態学的な境界領域での細胞

についての判定について、明らかにする必要があると考えられる。特に、BandとSegmentの分類においては目視分類でヒトは2次元画像を基に3次元構造を想像して判断することも無意識に行っていることから、フローサイトメーターによる血球分析データを参考とするなどといったことも分類精度の向上において有用であると考えられる。特にViktor H. Koelzerらは、AI解析においてはデータが慎重に前処理されず、他の情報が除去されていない場合、AIがアーチファクトを誤認する可能性があるため、トレーニングデータセットは、高度に標準化された方法で生成されている必要がある<sup>16)</sup>と述べており、AIに三次元の情報を提供し、基準が明確となった細胞を学習させることはBandとSegmentの分類だけでなく、MonoとLymphなど他の細胞の分類精度の向上にもつながると考えられる。

また判定基準に起因する問題点としては、Lymphは形態学的にSmall typeとLarge typeとが大きく形態学的特徴を異にするにもかかわらず、分類上は1つのカテゴリーにまとめられていることがあげられる。あまりにもかけ離れた2種の形態学的特徴を1つにまとめていることにAIが少数ながら誤分類判定をした可能性がある。ヒトがLymphとMonoとを誤分類するのは、Small typeとMonoの分類時ではなくLarge typeとMonoの分類時であり、これらは極めて類似した形態学的特徴を有している。Small type+Large type対Monoという大きなカテゴリー間で分類を行っていることでAIの判定基準が曖昧になり、上手く分類が機能していないことが推測される。このことから、LymphとMonoとの分類においては改めてSmall type-Large type-Monoの3カテゴリーに再分類を行った上でCNN学習させることで、大リンパ球-単球間での特徴量抽出をさらに厳密化させ得るか否かを検討する必要がある。仮に本検討により分類精度が向上した場合には、AIによる血球解析ではAI分析用にサブカテゴリーを定義し直した上で、ヒトの目視分類用カテゴリーへと転換することで、精度向上が図れる可能性がある。

以上の検討を行うことで、従来技術やヒトによる目視観察に合致したデータ解析が行われ、精度向上が期待できると考えられる。しかしながら細胞形態解析においてAIは人では可視化できない周波数情報などを特徴量として計測し、因子としても使用している。そのため、AIによる血球分類精度向上においては、染色法自体の変更によるさらなる精度向上の可能性も否定できない。そのため、今後の臨床応用化研究においては、AIスクリーニング技術用の染色法についても再検討することでAIによる形態分析に最適化させ、異常細胞の鑑別にも応用することも必要であると考えられる。

## V. 結語

白血球形態分類においてCNNによるスクリーニング技術はAccuracyが高く有用であるものの、その臨床応用化においてはカットオフ値など境界領域細胞の判定保留条件などを検討する必要がある、さらなる精度向上や異型細胞などにも対応可能な技術として研究開発を進める必要がある。

**謝辞** 本研究は総務省戦略的研究開発推進事業SCOPEならびにJSPS科研費(19K21737)の助成を受けております。

## 引用文献

- 1) 平成28年版情報通信白書. 総務省: 232-241, 2016. <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/index.html> (アクセス日:2020-01-11)
- 2) 建本聡: 深層学習を利用したウメ「露茜」の画像による熟度分類. 農業情報研究, 28(3): 108-114, 2019.
- 3) 木田智士: 医療画像分野におけるAIの活用 医用画像情報学会雑誌. 35(2): 25-29, 2018.
- 4) Alejandro Rodríguez-Ruiz, Elizabeth Krupinski, et al: Detection of Breast Cancer with Mammography: Effect of an Artificial Intelligence Support System. Radiology, 00: 1-10, 2019.
- 5) Andrew A. Borkowski, Catherine P. Wilson: Comparing Artificial Intelligence Platforms for Histopathologic Cancer Diagnosis. Fed Pract, 36(10): 456-463, 2019.
- 6) 千葉直子: 症例から学ぶ 検査データと血液像の読み方 UniCel DxH800 (ベックマン・コールター). Medical Technology, 43(3): 242-248, 2015.
- 7) 渡邊真一郎, 坂場幸治, 他: 好中球系細胞標準化の経緯と血球形態標準化合同ワーキンググループについて. 医学検査, 64(6): 3-6, 2015.
- 8) 坂場孝治: 好中球桿状核球と分葉核球の識別基準および白血球目視分類の共用基準範囲. 臨床検査, 60(12): 1418-1427, 2016.
- 9) Kaiming He, Xiangyu Zhang, et al: Deep Residual Learning for Image Recognition. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 90: 2016.
- 10) 津田諒太: 人工知能学会資料 SIG-Challenge, 44(6): 30-31, 2016.
- 11) 齋藤勝彦: AIを用いた病理組織類似画像検索による診断支援ツールの開発の試み. 臨床病理, 66(補): 226. 2018.
- 12) Ramprasaath R. Selvaraju, Michael Cogswell: Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-based Localization. Int J Comput Vis, doi:10.1007/s11263-019-01228-7, 2019.
- 13) Karen Simonyan, Andrew Zisserman: VERY DEEP CONVOLUTIONAL NETWORKS FOR LARGE SCALE IMAGE RECOGNITION. ICLR 2015 proceedings, 2015.
- 14) Qingshan She, Bo Hu: A hierarchical semi-supervised extreme learning machine method for EEG recognition. Medical & Biological Engineering & Computing, 57: 147-157, 2019.
- 15) 下前哲也: 特集最近の医用検査診断血液増自動分類. 精密工学会誌, 53(4): 530-533, 1987.
- 16) Viktor H. Koelzer, Korsuk Sirinukun Wattana.: Precision immunoprofiling by image analysis and artificial intelligence. Virchows Archiv, 474: 511-522, 2019.

**【Original Article】**

**Artificial intelligence analysis with convolutional neural network  
for peripheral blood smear screening in leukocyte classification**

AMI SASAKI<sup>\*1</sup> MIKU ODA<sup>\*1</sup> HIROYUKI NOZAKA<sup>\*2</sup>  
MANABU NAKANO<sup>\*2</sup> MIYUKI FUJIOKA<sup>\*2</sup> HIDEKI TAKAMI<sup>\*2</sup>

(Received January 15, 2020; Accepted February 27, 2020)

**Abstract:** Medical AI is a next-generation medical technology that presents a diagnosis based on EBM regardless of the experience of clinical laboratory technologists. The technology is characterized by learning large amounts of patient data diagnosed by experts based on years of experience. In this study, we examined the clinical usefulness of screening technology with AI for peripheral leukocyte classification. The subjects were 57 healthy person's peripheral blood smears performed MG staining. The CNN model learned with teacher images of mature leukocyte cells that show typical morphology, and parameter tuning for optimization was performed. We performed additional learning and fine-tuning on this CNN model with various leukocyte images. The accuracy of 5 classifications showed 0.990 and 6 classifications showed 0.822 respectively in the additional learning with background-less images. Contrast, the accuracy of 5 classifications showed 0.992 and 6 classifications showed 0.879 respectively in the additional learning with images included background. It was cleared that the mature leukocyte cell morphology screening with CNN was highly accurate and useful. However, it is necessary to examine the cutoff value and the judgement pending condition for the boundary area cells in the clinical application.

**Keywords:** *Artificial intelligence, Convolutional neural network, Hematological morphology test, Leukocyte classification*

---

\*1 Hirosaki University School of Health Sciences, 66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori 036-8564, Japan

\*2 Hirosaki University Graduate School of Health Sciences, 66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori 036-8564, Japan  
E-mail: h16m2317@hirosaki-u.ac.jp

## 【報告】

# 地方における保健医療技術職へ外国人就労者が増大した際の医療環境変化の考察～多民族国家スウェーデンを参考に～

門前暁\*1 森野友貴\*2 千葉満\*3 Wojcik Andrzej\*4

(2019年9月25日受付, 2020年1月17日受理)

**要旨:** 現在国内では、労働力を国外から確保することで労働力不足を補い経済成長と様々なサービスを持続させる対策に関心が高まっている。一方で、異なる文化や慣習をもつ外国籍人口の急激な増加は様々な問題が発生するという懸念がなされており、保健医療分野においても例外ではない。そこで本研究では、多民族国家へとなり、更に現在でも経済成長及び人口増加をし続ける欧州スウェーデン王国において、特に保健医療分野での外国人が資格取得するためのシステムに焦点をあてて現地調査を行い、我が国の外国人労働者の増大によって及ぼす保健医療技術職への変化、とりわけ地方に対して考察した。スウェーデン王国における医療系資格は、移住者の母国との資格とを互換させる制度をもち、移住者の母国の国籍を維持しながら活躍できる環境を有していた。また、当国の資格互換認定にあたり母国語を重要視しており、そのサポート体制も有する。本調査結果から、保健医療技術職に対する働きやすさは、現況の日本国内よりフレキシブルであることが明らかとなった。また、今後日本国内での保健医療技術職分野へ労働力の補充が必要となった際、地方にみられる日本特有の文化・慣習を保護しながら、長期的な視点で日本の地方、都市部それぞれの特徴を把握した就労体制を検証し続ける必要性が示唆された。

**キーワード:** 労働力不足, スウェーデン, 保健医療技術職

## I. 緒言

現在国内では、日本の少子高齢化は誰もが知るところであり、2008年の1億2,808万人をピークに人口が減少し、労働人口の減少による労働者不足が懸念されている。そのような状況のなか近年我が国において更なる企業や研究者のグローバル化が進められ、多くの外国人労働者を確保する政策も検討されている。医療・介護分野においては、すでに2017年9月より介護福祉士の資格を有する外国人が介護業務に従事するための在留資格「介護」が創設されたが、他の保健医療技術職(診療放射線技師や臨床検査技師)に対しても将来の外国人労働者受け入れについて議論がなされている。様々な慣習や文化を有する外国籍者の就業が急激に増大した際の影響について不明な点が多く、特に地方におけるメリットやデメリットについて十分な検証が必要である。地方では特に若年層の減少が従来から問題とな

っており大幅な人口減少と高齢化による世代のアンバランスが懸念されており、更には地方特有の文化・慣習の保護の将来性も不明である。これら地域への労働力確保のために外国籍者や移民の急激な補充増加は、異なる言語・宗教・価値観による摩擦も生じる可能性がある。そのような背景のもと、筆者らは保健医療分野に焦点をあて、看護・介護分野だけでなくとりわけ保健医療技術職分野の診療において、外国籍労働者の増大や移民増加による外国籍患者増大が日本国内の特有の文化をもつ青森県地域を含む地方へ及ぼす影響を予測するため、多民族国家として戦後成長し続けている移民大国であるスウェーデン王国を参考に課題を挙げ考察した。なお、ここで挙げる「移民」とは難民を除く“immigration”を指すこととする。

## II. 調査・研修方法

本調査は、平成30年度弘前大学グローバル人材育成事業・学生海外PBLプログラムの支援のもと、学部・大学院教育の一部を兼ねながら、研究責任者・引率者が本研究目的を設定し、参加学生4名(学部生1名及び大学院生3名)が課題の探索と検証を実施した。調査対象国は、既にシェンゲン協定のもと多民族の統合が著しいヨーロッパ連合のうち、多民族国家へとなり、更に現在でも経済成長及び人口増加がみられるスウェーデン王国とした。調査対象国内では、協力の得られた保健医療職者養成施設を有するカロリンスカ研究所(Division of Nursing, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden)の保健医療系職教員2名と当国の資格取得から就業までのシステム及び医療を受けるシステムに

\*1 弘前大学大学院保健学研究科放射線技術科学領域  
Department of Radiation Science, Hirosaki University Graduated School of Health Sciences,

〒036-8564 青森県弘前市本町 66-1  
Honcho 66-1, Hirosaki, Aomori, 036-8564, Japan, TEL/FAX: +81-172-39-5959

\*2 弘前大学医学部附属病院診療放射線部  
Department of Radiology, Hirosaki University Hospital  
〒036-8563 青森県弘前市本町 53 TEL:0172-33-5111

Honcho53, Hirosaki, Aomori, 036-8563, Japan  
\*3 弘前大学大学院保健学研究科生体検査科学領域  
Department of Bioscience and Laboratory Medicine, Hirosaki University Graduated School of Health Sciences,  
〒036-8564 青森県弘前市本町 66-1 TEL:0172-39-5965

Honcho 66-1, Hirosaki, Aomori, 036-8564, Japan  
\*4 ストックホルム大学放射線防護研究センター  
Centre for Radiation Protection Research, Department of Molecular Biosciences, the Wenner-Gren Institute, Stockholm University, Stockholm, Sweden

Correspondence Author: Satoru Monzen, monzens@hirosaki-u.ac.jp

ついて、またストックホルム大学社会科学部(The social science faculty, Institute for Social Research, Stockholm University)教員1名と当国の多民族化までの歴史について、及び同大学放射線防護研究センター(Center for Radiation Protection Research)教員1名と研究者2名の各専門家らと医療技術職には必須とされる放射線技術の利用状況及びその関心について、それぞれ約2時間のミーティング形式にて聞き取り調査を実施した。その他、歴史的背景の追加調査は、国立歴史民俗資料館(ストックホルム市内)にて情報収集を実施した。

一方、日本国内における①介護分野で既にみえてきた課題、及び②その他保健医療に関する情報は、ミーティングの事前準備及び事後検討として所属施設に有する情報及び各種文献・データベースを参照した。得られた情報は、「スウェーデン王国の移民増加の背景」、「日本の背景と現状」、「スウェーデンにおける保健医療技術職資格及び保健医療制度」、「両国間の医療現場での関心事」の4カテゴリーにまとめ、考察することとした。

### Ⅲ. 調査結果

#### 1. スウェーデン王国の移民増加の背景

スウェーデン王国は現在、国民人口に対する移民の人数の割合が多く、また様々な地域の文化・慣習が混じる社会を構成していることから、多民族国家として知られている。これは歴史的イベントの背景が大きなき要因の一つと考えられている<sup>2)</sup>(Figure 1)。深く歴史をたどれば更に複雑となるが、第二次世界大戦からの経緯をたどる。当時、当国は大戦には参加せず中立的立場をとりながら工業製品をヨーロッパ各国へと輸出していた。それに伴い労働力の補充が必要となり、ヨーロッパ諸国からスウェーデンへと移住が促進された(そのうち60%は戦後帰国している)。戦後はバルト諸国からの移民流入が主となり、更に1970年代に入ると中東やアフリカ地域からの移民が増大した(そのうち30-50%は後に帰国している)。そして2000年以降から現在にかけて、アフガニスタンやシリアといった紛争地域やリトアニアからスウェーデンへの移住者が増加しているものの、その一方で帰国する人は以前より減少傾向にあるため、人口は増加傾向にある。これに基づき保健医療技術職のニーズも増加していると考えられている(養成校の情報についてはIII-3で説明する)。

#### 2. 日本の背景と現状

日本は地理的に周囲を海で囲まれている上、長期にわたり鎖国体制を経験した影響もあり、他国との人的交流が少なかった背景が移民の少ない要因の一つにある。また、第二次世界大戦前は移民労働者の送り出し国であったが、終戦時600万人を超える帰国者によって日本は人口圧力に苦し

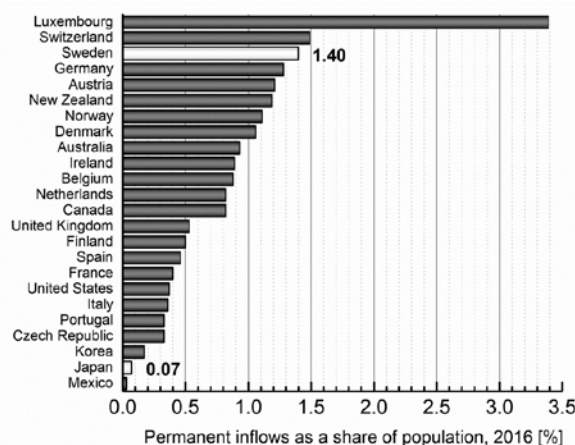


図1 総人口に対する定住した移民の割合

Figure 1 Permanent inflows as a share of population. The percentage of settled immigrants to the Swedish population is 1.4%, which is higher than Japan (0.07%) and other EU states. This data was referenced by OECD<sup>3)</sup>.

むこととなり、新たな国籍法によって外国人労働者受け入れを考えなくなり現在に至る<sup>3)</sup>。しかし現在、日本国内では少子高齢化が顕著となっており、最近の景気の上向き傾向と共に労働者不足が深刻化することとなった。医療分野もまた同様であり、青森県内のある医療系職の養成施設(看護師・助産師・保健師・診療放射線技師・臨床検査技師・理学療法士・作業療法士)において、その専門職の卒業見込での求人は内定者数をはるかに超えるという客観的な数値がみえており(Figure 2)、このことからパーマネントのスタッフが充足しない医療施設がしばしばみられるようになってきている。これら労働者不足の解消策として、定年退職者の再雇用やパート職員による対策が進められているが、その人的補充の効果も限定的で、未だ不十分な状況は続いている。

高橋らの外国人介護関連労働者の受入れについての論説によると<sup>2)</sup>、在留のための各種協定に基づく看護師候補者は、病院で就労・研修を行いながら3年以内に、介護福祉士候補者は4年以内に国家試験に合格しなければ、在留資格を失うために帰国しなければならない(一部例外を除く)。このことは、外国人側も十分な時間を与えられないだけでなく、受入側施設も十分な教育環境が整っていないという双方に課題が残る。また、日本人の介護職員の中でも、若年代の方が外国人就労に期待しているといった、世代間の価値観にも差がみられている<sup>3)</sup>。

一方、診療放射線技師や臨床検査技師分野では、国内の養成校に一般入学による外国人以外での就労はほとんど経験がない。しかし関連学会では、国際化を推進する目的で英語による学術教育支援や英語による研究発表を推奨しており(日本放射線技術学会など)、国外との技術的・人的コミュニケーションの活性の過渡期にある。また、各種診断・

治療モダリティのほとんどは英語対応していることから、コンピュータ上で対応は可能であることが予測される。しかし、患者との接遇においてはよく検討すべき部分かもしれない。

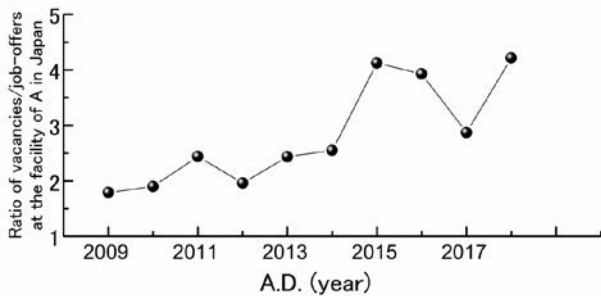


図 2 青森県内のある医療系養成施設における求人／採用者の割合変化（2009～2018年）

Figure 2 The ratio of vacancies/job-offers from 2009 to 2018 at the training facility A in Japan

### 3. スウェーデンにおける医療職及び保健医療制度

福祉大国とよく耳にするスウェーデン王国は、医療制度においても他国が見習うべきモデルと高く評価されている<sup>4)</sup>。ミーティングによる実際の調査において、医療職養成大学は、医学科：7大学、看護学科：25大学、放射線・検査技術学科：若干数あり、国内ではこれら養成校を経由して資格を取得し就業する。これまでスウェーデンは人口増加も後押しの一つとして、保健医療職分野でも労働力不足が生じ、国外からスタッフを受け入れてきた。EU 諸国で有する医療資格は、どの EU 加盟国においても就労が可能だが<sup>5)</sup>、EU 圏外から当国への就労は資格互換制度を通じて認定される。その際、スウェーデン語や上級レベルの英語が話せる必要があり、免許交付に当たっては語学要件を課している<sup>6)</sup>。スウェーデンにおける保健医療技術職に共通する単位として看護分野があり、単位内容に不十分な部分があれば新たな履修によって資格認定に努める。看護分野の単位取得(日本でいう看護師免許取得)を例に挙げると、日本の看護師資格制度は厚生労働省の指定養成施設にて所定単位数取得で国家試験受験資格を得て免許が交付される<sup>7)</sup>。スウェーデンで一から看護師資格を単純に取得するには4年制大学で看護師養成課程を卒業することが必須である。また、EU 圏外国から看護師免許を所有している者がスウェーデンで働くには、教育の同等性、語学要件、医学的一般知識試験、研修コース、試験(社会・制度)、初期医療実習、実施訓練(内科、外科、老年科)について認定審査または追加教育が課され、この要件を満たせば資格取得となる(Figure 3)。この他、日本との大きな違いとして、スウェーデンでは日本の国家試験のような日本語での最終試験は課されていない。この資格互換制度は移民にとって働きやすい仕組みといえる。

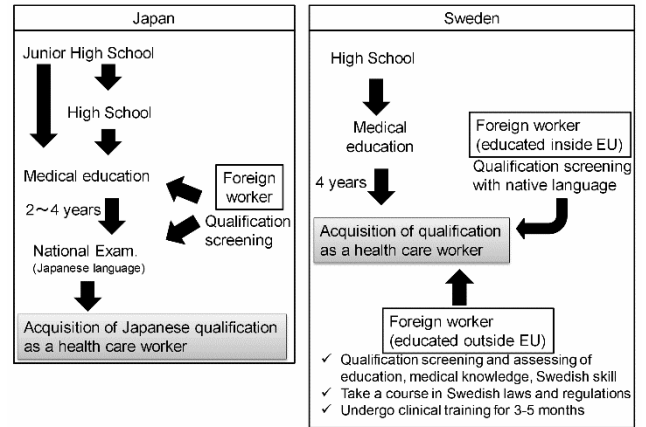


図 3 日本とスウェーデンの保健医療技術者の資格取得制度の比較

Figure 3 The system for acquisition of qualification of health care worker in Japan and Sweden

スウェーデンの医療システムは「ホームドクター制度」という日本と異なる特徴をとる。このシステムでは、primary care center (患者が第一に行く場所)にて primary care doctor (地域のかかりつけ医)が診断し、患者の症状や重症度により専門治療の必要がある場合は紹介状を発行するという、プライマリケア(一次医療)と専門医療の分担が徹底されている(Figure 4)。OECDは、このシステムについてよく編成され高いパフォーマンスをもたらしていると高く評価している。スウェーデンの医療は大別して家庭医(プライマリケア、産科、外来精神医療など)・救急医療・選定医療・入院医療・外来医療・専門医療・歯科の7つに分類される。また介護の質にも重点が置かれ、OECDはスウェーデンの介護政策は国際的にも最善のものであると評しており、人口あたりの介護士数はOECD中最多であり、高齢者福祉が充実している<sup>8)</sup>。

さらに医療費において、日本は国民皆保険制度があるが、スウェーデンにおいては自己負担上限額が設定されており、医療費の自己負担額が小さい特徴をもつ。しかし、医師不足はスウェーデンにおいてもみられ、その影響で医師の診察まで長い待機時間を要する場合がある。その待機時間を解消するために、患者に一定期間内の診察や治療を保証し、それが達成できない場合には他の医療機関で同じ要件で診察・治療を受けることを保証する「ケア保証」が法制化されている。それにより、定期ケアの待機時間の基準を定め、primary care doctor への受診に7日間以内、専門医療への受診のために90日を超えない待機時間となるように制度化されている。

一方日本は、患者が小規模開業医療施設や中規模・大規模医療施設での診療を自由に選択することができ、またX線CT等確定診断のための精密検査や高精度治療などを自

由に所有するため（地域の状況による）、スウェーデンと比べ保健医療技術職の主な就業場所は広く全国各地となる。

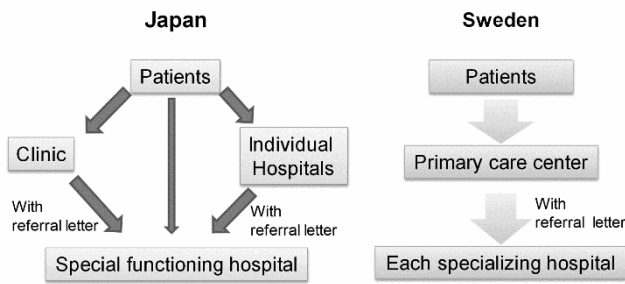


図 4 日本とスウェーデンの医療体系

Figure 4 The service system of medicine in Japan and Sweden

#### 4. 両国間における放射線被ばくの関心の違い

診療における放射線利用は国内外で広く利用されており、診療放射線技師のような保健医療技術職にとってその利用の重要性は大きい。このことから、両国間での利用状況や教育現場での関心について聞き取り調査を実施した。日本では小規模診療施設から大規模な総合病院まで X 線 CT 装置の導入が珍しくなく、人口 100 万人当たりの CT 装置数が世界で最も多い上(Figure 5)<sup>8)</sup>、X 線 CT 検査に伴う医療被ばくが国民の被ばく線量の割合を大きく占める<sup>9)</sup>。近年小児への X 線 CT 検査における医療被ばくが WHO でも問題視されていることから、日本は医療被ばくへの関心が高い<sup>10)</sup>。一方、スウェーデンにおける X 線 CT 検査は primary care center にて更なる検査が必要だと診断された場合のみに利用されることから、保健医療技術職の就業先施設は限定される。また、そもそも X 線 CT 台数が国内に少ないため医療被ばくの関心はほとんどない。スウェーデン国内には至る所に岩盤層が露出しており、むしろ地質から放出されるラドン濃度が高いことによる自然放射線被ばくによる健康影響への関心が非常に高いことがわかった<sup>9, 11)</sup>。

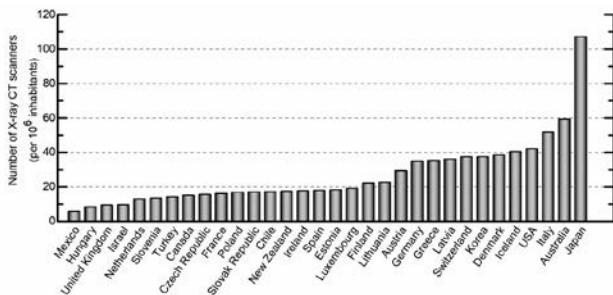


図 5 OECD 加盟国における人口 100 万人当たりの診療用 X 線 CT 台数

Figure 5 Total number of X-ray CT scanners per million populations in ambulatory care providers or hospitals. These data was compared in OECD member countries.

#### IV. 考察

本研究では、我が国日本が現在おかれている労働者不足環境について、外国人労働者や移民の更なる増加が見込まれた場合、保健医療分野、特に保健医療技術職に及ぼす影響がどのようなものなのか、とりわけ日本の地方地域への影響について移民大国かつ福祉大国と呼ばれるスウェーデン王国を参考として調査研究を実施した。二国間を比較すると、まず歴史的背景や地理的背景から外国人による流入のしやすさが大きく異なること、また医療系資格及び医療システムが異なることも明らかとなった。共通する点として、母国語を重要視する点である。欧州諸国では各国にて母国語をもちながら、第 2 言語として英語を利用したコミュニケーションが盛んである。日本でも英語教育は進められているものの、未だ医療現場でのコミュニケーションツールの浸透は不十分であり、また世代間でも異なる。特に地方の高齢者となると英語でのコミュニケーションは難しいだけでなく、日本地域特有の方言などの文化が混じることとなり、外国からの就労者にとって患者接遇には一層の特殊技量が求められる。医療は医療者間及び患者とのコミュニケーションは最も重要であることから、特に言語・価値観は大きな課題となる。現在、日本における保健医療福祉分野では、外国人に対し介護就労ビザのシステムが導入されたが、やはり日本語も取得条件となっている<sup>10)</sup>。しかし現状の日本語教育養成施設の受け入れ態勢では、急激な受入れ増大に対して限界がある。また、とりわけ地方となれば特有の文化・慣習・方言などがあるため、外国人労働者を受け入れるための新たなアイデアが必要となることが示唆された。これら課題は、日本式の、あるいは各地方に見合うサポート体制の整備について議論が必須であり、外国人労働力を医療分野へ受け入れられる最適な方法は、更なる長期的な調査が望まれる。一方、保健医療技術職におけるモダリティについては英語対応がほとんどであることから、診療技術においての影響は患者接遇に比べ影響は小さいものと考えられる。日本では CT 検査が普及していることから、外国人就労者を仮に受入れた際も、診療における被ばく教育は地方関係なく統一的に実施されるべきである。また、技師職員間のコミュニケーションもまた、相互の英語教育の更なる進展でカバーできると考える。

以上のことから、地方における保健医療分野への外国人労働者の受け入れは、我が国の文化を大切にしながら、特に日本特有の地方の特性を十分に把握したうえで進める必要性が示唆された。

**利益相反** 開示すべき利益相反はありません。

**謝辞** 本研究調査は、平成 30 年度弘前大学グローバル



人材育成事業・学生海外 PBL プログラムの補助のもと実施された。本調査は、ストックホルム大学社会科学部 (The social science faculty) Eskil Wadensjö 教授およびその学部関連スタッフの皆様、カロリンスカ研究所ケアサイエンス領域 (Department of Neurobiology, Care Sciences and Society) Eva Broberger 上級講師およびその領域関連スタッフの皆様、及びストックホルム大学放射線防護研究センター専門職員・大学院生の皆様の多大なご支援のもと実施された。

## 引用文献

- 1) Ministry of Justice. Immigration Services Agency of Japan. (2019 年 11 月 28 日アクセス)  
([http://www.moj.go.jp/nyuukokukanri/kouhou/nyukan\\_index.html](http://www.moj.go.jp/nyuukokukanri/kouhou/nyukan_index.html))
- 2) OECD Databases on Migration (2019 年 11 月 28 日アクセス)  
(<http://www.oecd.org/migration/mig/oecdmigrationdatabases.htm>)
- 3) 赤羽克子, 高尾公矢, 川池秀明. 介護施設における外国人介護職員の受入れと期待に関する研究—介護職員への意識調査の結果から—. 聖徳大学研究紀要 聖徳大学 第 26 号, 聖徳大学短期大学部 第 48 号, 17-23 (2015).
- 4) OECD (2013) "OECD Reviews of Health Care Quality: Sweden 2013: Raising standards." OECD Publishing.
- 5) 岡伸一. EU における医療従事者・介護労働者の養成と就業-労働者の自由移動の視点から. 季刊社会保障研究. 45(3): 249-257, 2009.
- 6) 厚生労働省「主な諸外国の看護制度及び外国人看護師の受入れに関する制度」(2019 年 11 月 28 日アクセス)  
(<https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000022rbv-att/2r9852000022rga.pdf>)
- 7) 公益社団法人日本看護協会「看護職になるには」(2019 年 11 月 28 日アクセス) (<https://www.nurse.or.jp/aim/become.html>)
- 8) OECD Data. Computed tomography (CT) scanners 2013-2017. (2019 年 11 月 28 日アクセス)  
(<https://data.oecd.org/healthqt/computed-tomography-ct-scanners.htm>)
- 9) 「放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料 (平成 29 年度版)」。第 2 章 放射線による被ばく. 環境省. (2019 年 11 月 28 日アクセス)  
([https://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo/pdf\\_h29/2017tk1s02.pdf](https://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo/pdf_h29/2017tk1s02.pdf))
- 10) 「CT 検査による医療被ばく低減に関する提言」。日本学術会議臨床医学委員会, 放射線・臨床検査分科会, 2017 年 8 月 3 日. (2019 年 11 月 28 日アクセス)  
(<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t248-1.pdf>)
- 11) UNSCEAR 2006 Report: Effects of Ionizing Radiation. Volume II; Annex E.
- 12) 法務省. 出入国管理及び難民認定法関係手続. 「介護」(2019 年 11 月 28 日アクセス)  
([http://www.moj.go.jp/nyuukokukanri/kouhou/nyuukokukanri07\\_00141.html](http://www.moj.go.jp/nyuukokukanri/kouhou/nyuukokukanri07_00141.html))

## 【Report】

# Changes in health science and medicine in Japan: Increase in foreign workers and emerging possibilities

Satoru Monzen<sup>\*1</sup> Yuki Morino<sup>\*2</sup> Mitsuru Chiba<sup>\*3</sup> Andrzej Wojcik<sup>\*4</sup>

(Received September 25, 2019 ; Accepted January 17, 2020)

**Abstract:** The Japanese government is considering inviting foreign workers to supplement low numbers of workers. To predict the influence of the increase in foreign workers and immigration, we investigated the differences in the field of health science and the medical systems in Sweden and Japan. We observed that immigrants were integrated into the Swedish population and social environment. In addition, medical-related licenses of the native country can be converted to the Swedish version after a screening process. However, Swedish language skills are essential to obtain these qualifications. We confirmed that the ability to communicate in the native language is critical to employment. On the other hand, in order to obtain a medicine-related qualification in Japan, foreigners must pass a national examination in Japanese. Therefore, in Sweden, foreign workers as medical staff may be more active in medical facilities in comparison to the Japanese scenario. This investigation suggests that the supplementation of the workforce requires a continuous and long-term investigation for workers to merge with the characteristics of Japanese society.

**Keywords:** foreign workers, Sweden, language skills, health care worker

## 【報告】

# 中学生陸上選手の栄養教育実施前後の 食事摂取状況と体組成の変化

宮地博子\*<sup>1</sup> 尾田 敦\*<sup>2</sup> 石川大瑛\*<sup>2</sup>

(2019年12月24日受付, 2020年2月5日受理)

**要旨:** 中学生陸上競技選手 48 名を対象とした食事摂取状況調査及び身体組成計測結果から, 栄養管理上の問題点を明確にし, 効果的な栄養サポートを実施するための基礎資料を得ることを目的とした. 方法は, 競技シーズンオフ時(第1期調査)とシーズンイン時(第2期調査)に自記式の食事摂取状況調査及び身体組成計測を実施し調査期間で比較した. また第1期調査時のみ栄養教育も行った. その結果, 意識して摂取している栄養では, 男子選手のタンパク質が有意に増加, カルシウムが有意に減少した ( $p<0.05$ ). 体組成では短距離選手では男子選手と女子選手のどちらも身長, タンパク質量, 筋肉量, 骨格筋量, 除脂肪量が有意に増加, 肥満度は有意に減少した ( $p<0.05$ ). 短期間での体組成結果の向上など, 基礎資料としてのデータを収集できた. 今後は選手や保護者に対する調査と栄養教育の検討が必要であり, 選手に対する栄養学的なアプローチについても, 継続的な研究が必要である.

**キーワード:** スポーツ, 栄養, 中学生, 陸上競技

## I. はじめに

国際オリンピック委員会 (International Olympic Committee: IOC) が 2010 年に発表したスポーツ栄養に関する合意声明で『食事は競技成績に大きく影響し, アスリートは精神的, 身体的能力を最大限に発揮するために練習と試合の前, 中, 後に必要な栄養を摂るようにする. 根拠に基づいた食事の量, 質, タイミングに関する指針は練習効果を高めたり傷害の防止に役立つ. 様々な食品から必要なエネルギーを摂れば, 練習や試合に必要な炭水化物, タンパク質, 脂質, そして微量栄養素が摂れる. 正しい食事によって, スポーツで勝つための望ましい体格や体組成が得られる.』と発表し, スポーツ選手にとって食事は重要な要因の一つであることが示された<sup>1)</sup>.

スポーツパフォーマンス向上のためには, 選手の技術力向上, 身体成長, 技術力に見合ったトレーニング, 体づくり, スポーツ内科疾患やスポーツ整形外科疾患などの怪我防止などが不可欠であるとともに, 好成績を生むためには, 技術力の向上とともに栄養管理及び教育が重要である.

青森県ではスポーツ振興の指針として 2016 年度から 2021 年度までの 6 年間で計画期間として「青森県スポーツ推進計画」が策定された<sup>2)</sup>. その計画では目指すべき目標のひとつとして「子どもから高齢者まで誰もがスポーツに親しむとともに, 全国大会などで活躍する選手やスポーツ

活動を支える人財を多く輩出する」としている. また, 2025 年に第 80 回国民スポーツ大会 (現国民体育大会) を招致することが内定し, 2016 年 4 月 1 日より青森県教育庁スポーツ健康課と青森県体育協会を中心として各競技における競技力向上対策がスタートした.

競技力向上の目標として, 「開催県としてふさわしい成績の獲得」という方向性を定めて各競技団体が各年代の長期・中期・短期の計画を作成し, 低年齢層からの一貫した指導体制により選手の育成・強化を進めている. しかし 2019 年の第 74 回茨城大会の結果は男子総合が 45 位, 女子総合が 37 位と青森県内選手のスポーツ競技力は決して高いレベルにあるとはいえない. 競技力向上に向けた取り組みとして, ジュニア世代のスポーツ活動活性化や指導者の育成・資質向上などが掲げられているが, 食事や栄養については明言されていない<sup>3)</sup>.

青森県内でも特定の競技を対象に, 栄養教育の実践や食事摂取状況調査が行われており, 吉岡ら<sup>4)</sup>の高校クロスカントリー選手を対象とした研究では, 摂取エネルギーの顕著な不足およびその摂取源となる穀類等の食品の確保が不足していることが確認されたとし, 食習慣においても欠食の問題や食事改善に対する意識の低さを報告している. 藤田ら<sup>5)</sup>の高校生陸上競技選手を対象とした研究では, 成長期で活動性が高いにも関わらず体重管理をしている選手が多く, 特に女子選手には食事制限をしている選手が半数以上みられたと報告している. これらのことから, 高校生スポーツ選手の健康や栄養面に対する意識の低さがうかがえる. そのため食事や栄養についての教育は高校生以下の年代から始めていかなければならない項目の一つではないかと考える. しかし, 成長期特有の栄養管理の難しさなどから中学生を対象とした調査は限られている. 競技レベルを

\*1 東北女子短期大学 Touhoku Woman's Junior College  
〒036-8503 青森県弘前市上瓦ヶ町 25 TEL:0172-32-6151  
25 Kamikawarake-cho, Hirosaki-shi, Aomori, 036-8503, Japan

\*2 弘前大学大学院保健学研究科  
Hirosaki University Graduate School of Health Sciences  
〒036-8564 青森県弘前市本町 66-1 TEL:0172-33-5111  
66-1, Honcho, Hirosaki-shi, Aomori, 036-8564, Japan

向上させるためには、様々な年代の食事摂取状況を調査する必要があると考える。

そこで、陸上競技は競技人口が比較的多いこと、“走るrun”は全てのスポーツ競技の基本であること、短距離・長距離・跳躍・投擲といった異なる種目が混在していることから、本研究では対象者を中学生陸上競技選手とし、栄養管理上の問題点を明確にし、効果的な栄養サポートを実施するための基礎資料を得ることを目的とした。

本研究により、栄養教育実施前後での中学生陸上選手の食事状態の調査および体組成の測定結果から、栄養管理上の問題点を明確にし、栄養教育の必要性を見出すことができれば、今後の技術力向上の一助としての栄養教育の視点が明確になると考えられる。

## II. 方法

### 1. 対象者

弘前市内中学校（3校）の陸上選手のうち、研究の主旨を説明し、本人および保護者から同意が得られ、調査を全て完了した選手を対象とした。調査は3校48名（男子24名、女子24名）が対象となった。また、本研究では短距離、長距離、跳躍、投擲と4群で比較検討をするため、四種混合種目の選手は除外した。

対象者の調査終了時の基本属性を表1に示した。男子選手の平均年齢は13.3±0.6歳（1年14名、2年10名）、女子選手は13.1±0.8歳（1年15名、2年9名）であった。

表1 対象者の基本属性（調査終了時）

	男子			
	短距離(n=12)	長距離(n=7)	跳躍(n=3)	投擲(n=2)
身長 (cm)	166.0±5.2	160.8±8.7	161.4±14.3	166.4±4.0
体重 (kg)	51.9±4.7	44.9±6.2	41.9±6.0	66.2±5.2
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	18.9±1.8	17.3±1.0	16.0±1.3	23.7±2.6
	女子			
	短距離(n=14)	長距離(n=1)	跳躍(n=4)	投擲(n=5)
身長 (cm)	159.3±5.4	148.2	159.8±4.1	158.0±2.2
体重 (kg)	47.6±4.2	41.8	46.3±2.0	52.1±3.8
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	18.8±1.1	19	18.2±1.4	20.9±1.2

平均値±標準偏差

### 2. 用語の定義

短距離、長距離、跳躍、投擲の群分けは日本陸上競技連盟公式サイト「陸上競技ガイド「ルール説明」<sup>6)</sup>」に準じて短距離は100m走選手、200m走選手、400m走選手、跳躍は走幅跳選手、走高跳選手、棒高跳選手、投擲は砲丸投げ選手と定義した。

全日本中学校陸上競技選手権大会では800m走、1500m走、3000m走と中距離までが対象種目となるため、日本陸上競技連盟が規定する長距離種目（5000m以上）は中学生

の陸上種目にはない。そのため今回の研究ではスタンディングスタートが用いられる800m以上の種目（800m走、1500m走、3000m走）を長距離と定義した。

### 3. 調査期間

競技シーズンオフとなる2018年1月に、自記式調査票（記名式）及び体組成計測、栄養教育を実施した（以下、第1期調査）。さらに競技シーズンイン直後の2018年3月に第1期調査を実施した対象者に再度自記式調査票（記名式）及び体組成計測を実施した（以下、第2期調査）。

時期は、陸上競技部監督に聞き取りを行い、競技シーズン中は毎月試合等が行われているとのことを考慮し、第1期調査と第2期調査の時期を設定した。

### 4. 調査内容

#### (1) 自記式調査用紙（記名式）

自記式調査用紙は本研究のために作成した全16項目（女子選手の19項目）からなる調査用紙を使用した。回答は選択式とし、最近の1ヵ月の状況を回答してもらった。

調査項目は、鈴木ら<sup>7)</sup>や坂田ら<sup>8)</sup>の先行研究を参考に、対象者の年齢、競技歴、競技種目、練習時間、トレーニング方法、食事摂取状況（食事意識、意識している項目、欠食状況、意識にしている食品表示）、生活習慣（睡眠時間、ダイエット願望、ダイエット経験）についての項目を設定した。欠食は国民健康・栄養調査の定義に準じ、「食事をしなかった場合、錠剤などによる栄養素の補給、栄養ドリンクのみの場合、菓子、果物、乳製品、嗜好飲料などの食品のみの場合」と定義した。また、女子選手には月経の有無、初経年齢、月経リズムについても調査した。

調査用紙作成にあたり、対象者の負担にならないような項目数と基礎資料を得られるように基本的な項目を設定することに重点を置いた。

#### (2) 体組成計測

計測には高精度体成分分析装置 InBody470（株式会社インボディ・ジャパン）を使用し、体重、肥満度、タンパク質量、ミネラル量、体脂肪量、筋肉量、除脂肪量、骨格筋量、体脂肪率を計測した。身長は超音波身長計 InLab（株式会社インボディ・ジャパン）を使用して、体組成計測日の身長を計測した。

計測時の注意事項として、測定実施4時間前からの食事、過度の運動、大量の水分摂取は結果に影響を及ぼす可能性があるため、控えてもらうように予め説明をして計測を実施した。

#### (3) 栄養教育

第1期調査時に、運動選手が「何を、どのように食べればよいか」についての栄養教育を実施した。「主食は食事の

中心となり、炭水化物(糖質)が多くエネルギー源となる。主菜はメインのおかずとなり、タンパク質が豊富で体の組織を作るための材料となる。副菜はビタミン・ミネラル・食物繊維の供給源で、体の生理作用を調整し、各栄養素の代謝を円滑にさせるはたらきがある。」といった内容を中心とした食事の基本スタイルを説明した。それに加えて、カルシウム給源食品と果物を摂取することより、カルシウム・ビタミンCを補給できることを説明した。併せて、体組成計測結果用紙の見方の説明を実施した。実施の際は、食品サンプルや食品の写真を見せ、選手がイメージをしやすいようにした。

栄養教育は身体組成計測時と同日に行ったため、部活動の時間を考慮し15~20分程と設定した。樋口らの「小・中学生のスポーツ栄養ガイド」<sup>9)</sup>を参考に、本研究用に著者がアレンジしたもので、パワーポイントによるプレゼンテーションと配付資料により実施した。

## 5. 統計解析

統計解析にはSPSS statistics 25を使用し、有意水準は5%とした。分析方法として、栄養教育実施後の変化として第1期調査と第2期調査の調査期間で比較した。

### (1) 自記式調査用紙(記名式)

第1期調査と第2期調査の調査期間で、食事摂取状況(食事意識)は $\chi^2$ 検定、食事摂取状況(意識している項目、欠食状況、意識している食品表示)、生活習慣(睡眠時間、ダイエット願望、ダイエット経験)はMann-Whitney Testを用いて検討した。

また、Fujiiら<sup>10)</sup>はBMIは体脂肪率の目安となり、初経発来予測が可能と報告していることから、月経を迎えている女子選手のBMIと初経年齢をSpearmanの順位相関係数を用いて検討した。

### (2) 体組成計測

性別と競技種目ごとに群分けし、第1期調査と第2期調査の調査期間で身長、体重、肥満度、タンパク質量、ミネラル量、体脂肪量、筋肉量、除脂肪量、骨格筋量、体脂肪率を対応のあるt定を用いて検討した。

## 6. 倫理的配慮

本研究は、弘前大学大学院保健学研究科倫理委員会(整理番号:2017-032)、東北女子短期大学研究活動推進委員会より承認され実施した。

## III. 結果

### 1. 自記式調査用紙

#### (1) 食習慣

トレーニングに合わせた食事を意識しているかについての、質問において、意識していると回答した男子選手は第1期調査では62.5%であったが、第2期調査では79.2%と増加し、意識していない選手が16.7%減少していたが、調査期間で有意な差は認められなかった(図1)。女子選手では第1期調査と第2期調査で変化はなく意識している選手が70.8%、意識していない選手が29.2%であり、調査期間で有意な差は認められなかった(図2)。

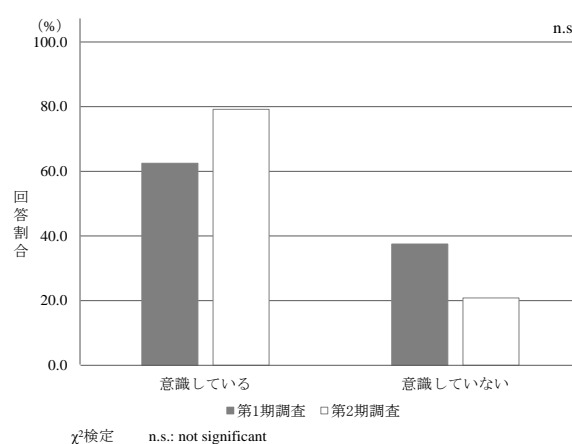


図1 トレーニングに合わせた食事意識(男子選手 n=24)

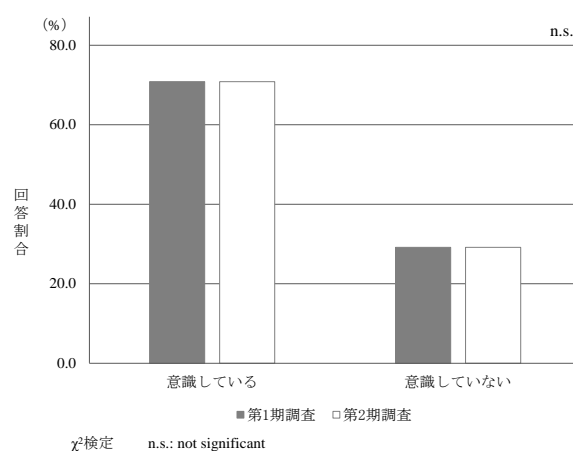


図2 トレーニングに合わせた食事意識(女子選手 n=24)

食事を意識していると回答した選手に、どのようなことを意識しているか質問した結果、男子選手では「タンパク質摂取」が第1期調査では20.8%であったが、第2期調査では54.2%と有意な増加が認められ、「カルシウム摂取」は37.5%から33.3%に有意な減少が認められた( $p < 0.05$ )(図3)。女子選手も「タンパク質摂取」のみが20.8%から29.2%に増加したが有意な差は認められなかった(図4)。

食事の摂取状況は、朝食、昼食、夕食で第1期調査、第2期調査ともに「毎日食べない」という選手はいなかった。第1期調査と第2期調査を比較して朝食を「毎日食べる」

選手は 97.9%から 93.8%に減少, 昼食を毎日食べる選手は 97.9%から 93.8%に減少, 夕食を毎日食べる選手は 100.0%から 95.8%に減少したが, 調査期間では有意な差は認められなかった (図 5)。

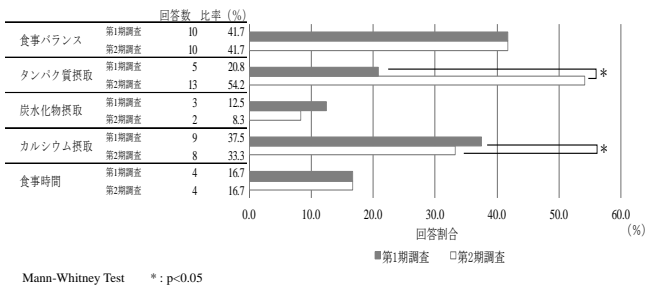


図 3 意識している項目 (男子選手 n=24, 重複回答あり)

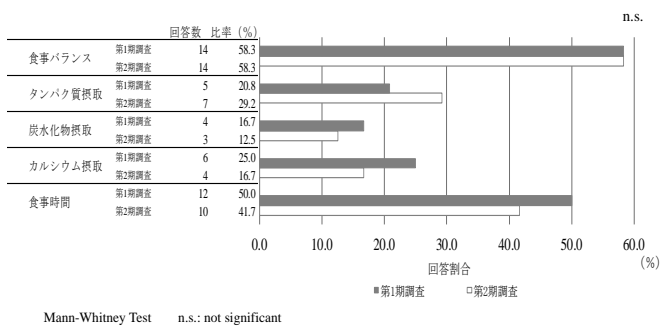


図 4 意識している項目 (女子選手 n=24, 重複回答あり)

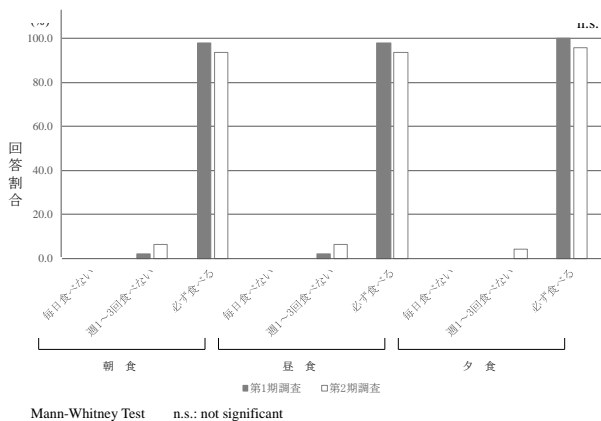


図 5 食事の摂取状況 (n=48)

食品をコンビニエンスストアやスーパーマーケットなどで購入する際の参考として, 必要だと思う栄養成分はどれかという質問では, 「エネルギー」が第 1 期調査では 74.5%, 第 2 期調査では 70.8%と両調査期間で最も高い結果となった. 「タンパク質」は栄養教育実施後の第 2 期調査で 11.5%増加した (図 6). しかし, いずれも調査期間では有意な差は認められなかった。

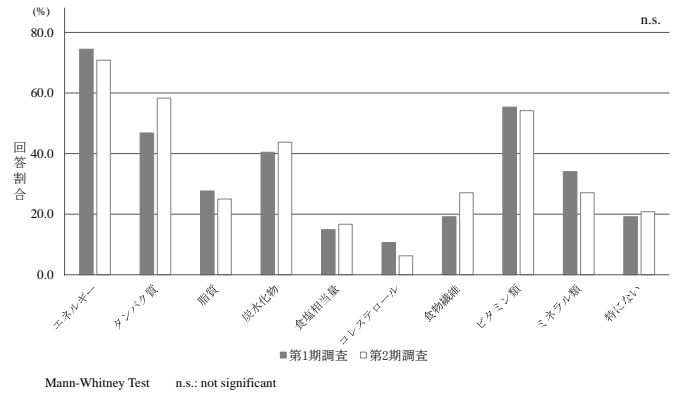


図 6 商品購入時に意識している栄養素 (n=48, 重複回答あり)

(2) 生活習慣

睡眠時間は, 第 1 期調査と第 2 期調査どちらも「7 時間以上 8 時間未満」が 42.6%, 41.7%と最も高かった (図 7). 調査期間では有意な差は認められなかった. 10 代に必要な睡眠時間である「6 時間以上 8 時間未満」を第 1 期調査で 78.7%, 第 2 期調査で 77.1%の選手が確保できていた。

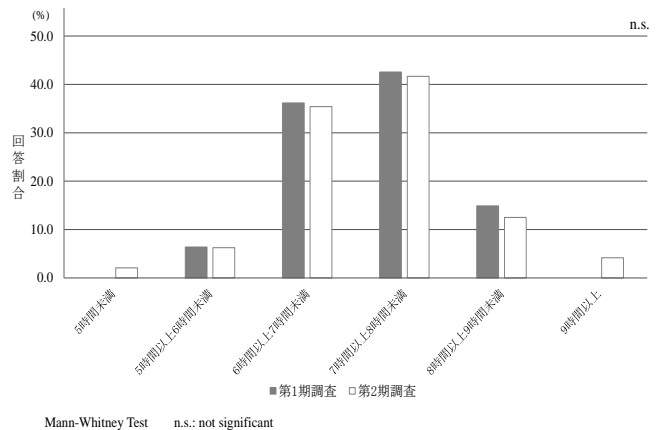
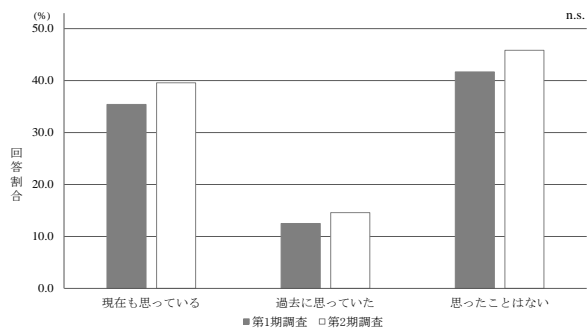


図 7 睡眠時間 (n=48)

痩せたいと思ったことがあるかという質問は, 「現在も思っている」また「過去に思っていた」の両項目で増加した (図 8). ダイエット経験の有無についても, 同様の結果を示した (図 9). ダイエット経験がある選手で最も強いダイエットの理由として, 「競技力の向上のための減量」が第 1 期調査では 62.5%, 第 2 期調査では 60.0%であった. ダイエット願望とダイエット経験の有無に関して, 調査期間では有意な差は認められなかった。

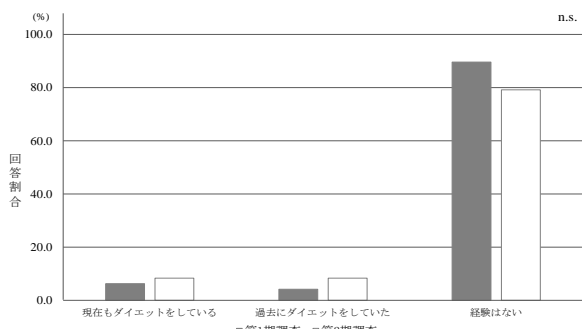
(3) 月経

初経年齢は平均 11.4±0.8 歳であり, 月経周期が正常は 12 名 (57.1%) で, まだ初経を迎えていない生徒は 3 名であった. 月経異常である頻発月経は 3 名 (14.3%), 稀発月経は 5 名 (23.8%), 持続性無月経は 1 名 (4.8%) であった. 初経の年齢と BMI には有意な相関は認められなかった。



Mann-Whitney Test n.s.: not significant

図8 ダイエット願望 (n=48)



Mann-Whitney Test n.s.: not significant

図9 ダイエット経験の有無  
(第1期調査 n=5, 第2期調査 n=8)

## 2. 体組成計測

### (1) 短距離選手の比較

男子選手の第1期調査時と第2期調査時の比較で身長, タンパク質量, 筋肉量, 骨格筋量, 除脂肪量に有意な増加が認められた ( $p<0.05$ ). また, 肥満度は有意な減少が認められた ( $p<0.05$ ).

女子選手の比較では, 身長, 体重, タンパク質量, 筋肉量, 除脂肪量, 骨格筋量で有意な増加が認められた ( $p<0.05$ ). また, 肥満度は有意な減少が認められた ( $p<0.05$ ) (表2).

表2 短距離選手の結果

	男子選手 (n=12)			女子選手 (n=14)		
	第1期調査	第2期調査	p値	第1期調査	第2期調査	p値
身長 (cm)	164.6±5.1	166.0±5.2	*	158.0±5.5	159.3±5.3	*
体重 (kg)	51.6±5.0	51.9±4.7	n.s.	47.3±4.3	47.6±4.2	*
肥満度 (%)	98.2±11.4	96.5±11.6	*	97.3±9.1	94.9±8.1	*
タンパク質 (kg)	8.9±0.7	9.1±0.7	*	7.4±0.8	7.5±0.7	*
ミネラル量 (kg)	3.1±0.2	3.2±0.2	n.s.	2.7±0.4	2.7±0.3	n.s.
体脂肪量 (kg)	6.6±2.7	6.2±2.3	n.s.	9.8±3.4	9.6±3.0	n.s.
筋肉量 (kg)	42.4±3.1	43.1±3.2	*	35.1±4.0	35.8±3.3	*
除脂肪量 (kg)	45.0±3.3	45.7±3.4	*	37.4±4.3	38.1±3.5	*
骨格筋量 (kg)	25.0±2.0	25.5±2.1	*	20.2±2.5	20.7±2.1	*
体脂肪率 (%)	12.6±4.5	11.7±3.8	n.s.	20.8±6.6	19.9±5.3	n.s.

\*:  $p<0.05$ , n.s.: not significant, 平均値±標準偏差

### (2) 長距離選手の比較

男子選手の第1期調査時と第2期調査時の比較で身長, タンパク質量, 筋肉量, 骨格筋量, で有意な増加が認められた ( $p<0.05$ ). また, 体脂肪量, 体脂肪率で有意な減少が認められた ( $p<0.05$ ) (表3). 女子選手は対象者が1名のみであったため, 比較検討を行わなかった.

表3 長距離選手の結果

	男子選手 (n=7)		
	第1期調査	第2期調査	p値
身長 (cm)	158.7±8.3	160.8±8.7	*
体重 (kg)	44.5±6.8	44.9±6.2	n.s.
肥満度 (%)	94.4±6.4	91.6±6.1	n.s.
タンパク質 (kg)	7.6±1.2	7.9±1.1	*
ミネラル量 (kg)	2.7±0.4	2.7±0.4	n.s.
体脂肪量 (kg)	5.9±1.4	5.2±1.1	*
筋肉量 (kg)	36.4±5.4	37.4±5.2	*
除脂肪量 (kg)	38.6±5.7	29.5±10.7	n.s.
骨格筋量 (kg)	21.0±3.4	21.7±3.4	*
体脂肪率 (%)	13.1±1.8	11.5±2.1	*

\*:  $p<0.05$ , n.s.: not significant, 平均値±標準偏差

### (3) 跳躍選手の比較

男子選手の第1期調査時と第2期調査時の比較で身長のみ有意な増加が認められた ( $p<0.05$ ), 女子選手は肥満度のみで有意な減少が認められた (表4).

表4 跳躍選手の結果

	男子選手 (n=3)			女子選手 (n=4)		
	第1期調査	第2期調査	p値	第1期調査	第2期調査	p値
身長 (cm)	160.1±14.6	161.4±14.3	*	159.3±4.3	159.8±4.1	n.s.
体重 (kg)	42.3±6.6	41.9±6.0	n.s.	46.3±1.8	46.3±2.0	n.s.
肥満度 (%)	87.7±13.6	84.3±15.0	n.s.	92.8±11.8	91.6±11.1	*
タンパク質 (kg)	7.4±1.7	7.4±1.4	n.s.	7.5±0.3	7.5±0.2	n.s.
ミネラル量 (kg)	2.6±0.6	2.5±0.5	n.s.	2.7±0.1	2.7±1.0	n.s.
体脂肪量 (kg)	5.1±2.4	4.7±2.2	n.s.	8.1±2.2	8.4±2.0	n.s.
筋肉量 (kg)	35.1±8.3	35.1±7.1	n.s.	35.9±1.5	35.7±1.1	n.s.
除脂肪量 (kg)	37.2±8.7	37.2±7.4	n.s.	38.2±1.6	37.9±1.2	n.s.
骨格筋量 (kg)	20.1±5.2	20.2±4.5	n.s.	20.6±1.0	20.6±0.7	n.s.
体脂肪率 (%)	12.9±7.6	11.7±6.3	n.s.	17.5±4.3	18.0±3.6	n.s.

\*:  $p<0.05$ , n.s.: not significant, 平均値±標準偏差

### (4) 投擲選手の比較

男子選手, 女子選手ともに第1期調査時と第2期調査時の比較で有意な差は認められなかった (表5).

表5 投擲選手の結果

	男子選手 (n=2)			女子選手 (n=5)		
	第1期調査	第2期調査	p値	第1期調査	第2期調査	p値
身長 (cm)	164.5±5.5	166.4±4.0	n.s.	156.8±2.1	158.0±2.2	n.s.
体重 (kg)	66.5±4.5	66.2±5.2	n.s.	51.7±3.9	52.1±3.8	n.s.
肥満度 (%)	129.0±22.6	122.5±19.1	n.s.	110.0±6.5	108.3±5.2	n.s.
タンパク質 (kg)	8.9±1.8	9.2±1.4	n.s.	7.3±0.5	7.3±0.6	n.s.
ミネラル量 (kg)	3.2±0.6	3.4±0.4	n.s.	2.7±0.1	2.7±0.2	n.s.
体脂肪量 (kg)	21.6±13.2	19.5±11.8	n.s.	14.8±1.8	14.8±1.3	n.s.
筋肉量 (kg)	42.3±8.2	43.9±6.2	n.s.	34.6±2.3	35.1±2.7	n.s.
除脂肪量 (kg)	45.0±8.7	46.8±6.6	n.s.	36.9±2.5	37.3±2.9	n.s.
骨格筋量 (kg)	24.7±5.4	25.8±4.2	n.s.	20.0±1.4	20.2±1.7	n.s.
体脂肪率 (%)	31.8±17.7	28.8±15.5	n.s.	28.6±1.7	28.4±1.6	n.s.

n.s.: not significant, 平均値±標準偏差

## IV. 考察

### 1. 自記式調査用紙

食習慣において、トレーニングに合わせた食事を意識しているかについては、男子選手、女子選手ともに調査期間で有意な差は認められなかった。女子選手は第1期調査時点で意識している選手が、70%と高かったため調査期間で変化がなかったのではないかと考えられる。しかし、食事を意識していると回答した選手でタンパク質摂取を意識している男子選手は有意に増加した。

筋肉は運動などの強い刺激によって破壊されるが、運動後に筋肉タンパク質合成に必要な栄養素を補給することで、筋肉を増強することができる。タンパク質はエネルギー源としての役割よりも、運動のための体づくりに必要な栄養素の一つであるといえる。そのため、タンパク質摂取を意識している選手の有意な増加は今後の選手の筋肉量増加に良い影響を及ぼすことが推察される。本研究では、選手の追跡調査は実施していないため、今後はその点も実施することで、筋肉量の増加に実際に繋がっているのかの比較検討ができるのではないかと考える。

食事摂取状況は、朝食、昼食、夕食いずれも調査期間で有意な差は認められなかったが、90%以上の選手が毎日摂取をしていた。柳川ら<sup>11)</sup>の研究では、朝食を毎日摂取していた中学生は85.2%で、先行研究と比較すると高い結果であった。本研究の対象者のように運動している中学生は、していない中学生よりも食事意識が高い傾向にある可能性が示唆された。

睡眠時間は「健康づくりのための睡眠指針 2014」<sup>12)</sup>によると10代は8時間以上、必要な睡眠時間は6時間以上8時間未満が妥当であるとしている。本研究では、第1期調査、第2期調査共に、「7時間以上8時間未満」が最も高く、指針が示す時間範囲内であった。しかし、指針以下の睡眠時間の選手も本研究では8.3%も存在した。Munewazaら<sup>13)</sup>による睡眠に関する中高生を対象とした横断的調査で、就床後に携帯電話を会話やメールのために使用する頻度が多い者ほど、睡眠の問題を抱えている割合が高いことが示されたと報告している先行研究もあることから、今後は睡眠環境も調査する必要があると考える。

学校保健統計調査—平成29年度—<sup>14)</sup>によると、痩身傾向児の出現率は増加傾向を示し、「健やか親子21(第2次)」<sup>15)</sup>では児童・生徒における痩身傾向児の割合について最終評価目標(平成36年度)を1.0%と掲げている。思春期の痩せ願望が問題になっているが、本研究でも、ダイエットをしたいと「現在も思っている」また「過去に思っていた」を合わせると50%前後と半数を占めた。この結果が成長、体組成結果や競技とどのように関係してくるのかについては長期的・継続的に調査・検討していく必要がある。

### 2. 体組成計測

学校保健統計調査—平成29年度—<sup>14)</sup>による中学生男子の平均身長は159.4cm、平均体重は48.9kg、女子の平均身長は154.4cm、平均体重は46.9kgである。本研究では男子選手の身長平均が164.0cm、平均体重が49.8kg、女子選手の身長平均が158.7cm、平均体重が47.9kgと学校保健統計調査よりも高い結果となった。今回は運動部に所属していない生徒の調査は設定できなかったため、今後は成長期、思春期の運動の有無での体格差の比較検討も進めていくべきであると考えられる。

第1期調査と第2期調査の調査期間の比較では、短距離選手では男子選手と女子選手のどちらも身長、タンパク質量、筋肉量、骨格筋量、除脂肪量に有意な増加が認められ、肥満度は有意な減少が認められた( $p<0.05$ )。女子短距離選手では、体重も有意な増加が認められた( $p<0.05$ )。長距離選手では男子選手が身長、タンパク質量、筋肉量、骨格筋量で有意な増加が認められた( $p<0.05$ )。跳躍選手では男子選手の身長で有意な増加が認められ、女子選手の肥満度に有意な低下が認められた( $p<0.05$ )。投擲選手は男子選手、女子選手ともに有意な差は認められなかった。Edsonら<sup>16)</sup>の高校生を対象に、身体プログラム実施後の体組成変化を調査した先行研究では、体脂肪量と体脂肪率が有意に減少していた。Harrisら<sup>17)</sup>の研究では運動介入を3ヵ月以上介入し、さらに栄養教育を組み合わせることで体脂肪量が有意に減少すると報告している。これらの先行研究は、栄養教育の実施が有用であることを示唆している。本研究では期間を2ヵ月空けて調査を実施したが、今後は長期的な介入およびモニタリングを実施していくことが望ましいと考える。

本研究では、調査期間が2ヵ月と短期間であったにもかかわらず、体組成結果の向上など基礎資料としてのデータを収集できた。しかし、食事摂取状況と体組成との関係、栄養管理の問題抽出については今後の課題である。本研究における有益な成果としては、短期間での体組成変化の結果から、今回の調査および栄養教育が、少なからず中学生陸上選手における栄養面への興味を高めることができたといえる。また、対象となった選手たちは自ら摂取している栄養について普段から多少気にはなっていたとしても、実際には与えられた食事を食べるだけの日常がほとんどであると考えられ、これまで栄養面の指導・教育を受ける機会がなかったと思われる状況であり、本研究における調査が食事や栄養の見直しと意識を変化させるいい契機になった可能性があるともいえる。

### 3. 研究の限界と今後の課題、展望

本研究では、対象者が少なかったため、目標としていた競技種目別で比較検討を実施することができなかった。しかし、第1期調査と第2期調査の2ヵ月の間でも、身長、



体重, 筋肉量, タンパク質量は増加し, 体脂肪量, 体脂肪率は減少していた. この増減が, 2 ヶ月のトレーニングによるものなのか, 食事 (栄養) によるものなのかは, 本研究では言及できず今後の継続的な課題である. さらに, 対象者の年齢は第二次成長期に該当し, 特に男子選手は「学校保健統計調査-平成 30 年度 (確定値) の結果の概要」<sup>18)</sup>によると 11 歳時と 12 歳時が最大発育量を示したと報告があるため, その成長分が結果に影響を及ぼしたことも考えられる.

また対象者が増えることで, 短距離選手, 長距離選手, 投擲選手, 跳躍選手間の体組成結果の比較検討, 体組成結果と食事摂取の比較検討を実施できるのではないかと考える. そのためには, 対象者を増やすだけではなく, 調査票の精査も必要となる. 本研究では調査項目数が多くならないように, 調査票を独自で作成した. Kobayashi ら<sup>19) 20)</sup>による先行研究によると, BDHQ (brief-type self-administered diet history questionnaire) を用いた食事摂取量の推定結果において妥当性が示されたと報告されている. また, BDHQ を中高生用に改編した BDHQ15y (brief-type self-administered diet history questionnaire 15y) を用いた研究においても, Okuda ら<sup>21)</sup>は中学 2 年生を対象とした結果, 成人を対象とした場合と同じ程度の正確さで摂取量を推定できると報告している. 妥当性がある調査用紙を用いることで, 食事摂取状況や栄養素摂取状況を推定できるだけでなく, BDHQ15y を利用した先行研究結果と比較できるのではないかと考える.

また, 日本放送協会 (NIPPON HOSO KYOKAI : NHK) が実施した食生活に関する世論調査<sup>22)</sup>では食事作りの担当者は妻 (母親) が共働き世帯で 94% と大多数を占めることから, 中学生の食事を主に調理しているのは保護者 (母親) と推察される. そのため生徒自身が食事について意識し改善しようと思っても, 実際に行動に結びつけることが難しい場合がある. そのため, 今後は選手の保護者に対する意識調査を進めていく必要がある.

さらに, 本研究の結果が陸上競技選手以外にも当てはまるのか, 対象競技を変えての調査も必要になってくると考える.

## V. おわりに

本研究の調査により, 男子選手でタンパク質を意識的に摂取していること, 2 ヶ月間で短距離選手における身長, 体重, タンパク質量, 筋肉量, 骨格筋量, 除脂肪量の有意な増加と肥満度の減少が確認された. このように短期間での体組成結果の向上など, 基礎資料としてのデータを収集できた. しかし, 食事摂取状況と体組成との関係, 栄養管理の問題抽出については今後の課題である.

本研究結果を基礎とし, 選手に対する栄養学的なアプローチを実施するなど, 継続的な研究が必要である.

**利益相反** 開示すべき利益相反はありません.

**謝辞** ご協力頂きました中学校関係者の皆様, 選手と保護者の皆様に, 心より感謝の意を表します.

## 引用文献

- 1) Medical Commission of the International Olympic Committee : “ IOC Consensus Statement on Sports Nutrition 2010.” J Sports Sci, 29(Suppl 1) : S3-4, 2011.
- 2) 青森県教育委員会 : 青森県スポーツ推進計画 (平成 28 年度～平成 33 年度), p2, 青森県教育委員会スポーツ健康課, 青森, 2016.
- 3) 青森県競技力向上対策本部 : 青森県競技力向上基本計画, pp2-2, 青森県競技力向上対策本部, 青森, 2018.
- 4) 吉岡美子, 片岡沙織, 植田孝, 中村智洋 : 高校生クロスカントリー一部選手に対する栄養教育の実際とその検証, 平成 26 年度 研究推進・知的財産センター指定型研究 官学連携・地域貢献促進研究, pp45-46, 2016.
- 5) 藤田有紀, 吉岡美子, 吉川孔明, 岡村良久, 津田英一, 山内良太, 石橋恭之 : 青森県高校生陸上競技選手を対象とした骨密度, 貧血および食事摂取状況の調査. 青森スポ研誌, 25 : 1-6, 2016.
- 6) 日本陸上競技連盟 : 陸上競技ガイド ルール説明, <http://www.jaaf.or.jp/guide/rule/> (2018-5-10)
- 7) 鈴木志保子, 木村典代, 葦原摩耶子, 青木博 : 2. スポーツ活動をしている児童の生活全般に関する調査, 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 3: 5-44, 2007
- 8) 坂田敦子, 大澤清美, 石井孝文, 大田黒弥沙ら : サッカークラブ少年ならびに家族を対象とした食生活習慣の調査研究 (第 2 報), 尚絅学園研究紀要 B 自然科学編, 6 : 43-62, 2012.
- 9) 樋口満 : 小・中学校のスポーツ栄養ガイド, 女子栄養大学出版部, 東京, 2010.
- 10) Fujii K, Tanaka N, et al. : Confirmation regarding physical fitness based on polynomial regression evaluation of body fat percentage for BMI in adolescence. The Korean Journal of Growth and Development : 16, 43-47, 2008.
- 11) 柳川由布子, 赤松利恵 : 中学生の体格と生活習慣の関連—男女別による低体重と過体重の検討—. 栄養学雑誌, 75(3) : 57-64, 2018.
- 12) 厚生労働省健康局 : 健康づくりのための睡眠指針 2014, p8, 厚生労働省健康局, 東京, 2014.
- 13) Munezawa T, Kaneita Y, et al. : The Association between use of mobile phones after lights out and sleep

- disturbances among Japanese adolescents: a nationwide cross-sectional survey. *Sleep*, 34(8) : 1013-1020, 2011.
- 14) 文部科学省:学校保健統計調査－平成 29 年度－, pp1-9, 文部科学省, 東京, 2017
- 15) 厚生労働省: 健やか親子 21 (第 2 次), 厚生労働省, 東京, 2017.
- 16) Farias Edos S, Gonçalves EM, et al. : Effects of programmed physical activity on Body composition in post-pubertal schoolchildren. *J Pediatr (Rio J)*, 91(2) : 122-129, 2015.
- 17) Harris KC, Kuramoto LK, et al. : Effect of school-based physical activity interventions on body mass index in children: a meta-analysis. *CMAJ*, 180(7) : 719-726, 2009.
- 18) 文部科学省:学校保健統計調査－平成 30 年度(確定値)の結果の概要, p3, 文部科学省, 東京, 2018
- 19) Kobayashi S, Honda S, et al. : Both comprehensive and brief self-administered diet history questionnaires satisfactorily rank nutrient intakes in Japanese adults. *J Epidemiol*, 22(2) : 151-159, 2012.
- 20) Kobayashi S, Murakami K, et al. : Comparison of relative validity of food group intakes estimated by comprehensive and brief-type self-administered diet history questionnaires against 16 d dietary records in Japanese adults. *Public Health Nutr*, 14(7) : 1200-1211, 2011.
- 21) Okura M, Sasaki S, et al. : Carotenoid, tocopherol, and fatty acid biomarkers and dietary intake estimated by using a brief self-administered diet history questionnaire for older Japanese children and adolescents. *J Nutr Sci Vitaminol*, 55(3) : 231-241, 2009.
- 22) 村田ひろ子, 政木みき: 放送研究と調査, 家族と食の関係は変わるのか～「食生活に関する世論調査」から②～, pp2-21, 日本放送協会, 東京, 2016.

**【Report】**

**Changes in dietary intake and body composition of middle school track and field athletes before and after nutrition education**

HIROKO MIYACHI\*<sup>1</sup> ATUSHI ODA\*<sup>2</sup>  
TAKAAKI ISHIKAWA\*<sup>2</sup>

(Received December 24, 2019 ; Accepted February 5, 2020)

**Abstract:** The purpose of this study was to clarify problems in nutrition management and obtain basic data for effective nutrition support, based on the results of a dietary intake survey and body composition measurements of 48 junior high school track and field athletes. The study compared the results of a self-recorded dietary intake survey and body composition measurements taken during off-season (first stage survey) and during in-season (second stage survey). Nutrition education was provided during the first stage survey only. As a result, conscious intake of nutrition led to a significant increase in protein intake and a significant decrease in calcium intake in male athletes ( $p<0.05$ ). Changes in body composition showed a significant increase in height, protein, muscle mass, skeletal muscle mass and lean mass, and a significant decrease in obesity in both male and female short-distance athletes ( $p<0.05$ ). It was possible to collect basic data, including the results of improved body composition, in a short period of time. In the future, it will be necessary to survey athletes and parents, to examine nutrition education, and to continuously research nutritional approaches for athletes.

**Keywords:** Sports, nutrition, junior high school students, athletics

## 【報告】

# インターネット上の健康情報検索の実態と eヘルスリテラシーとの関連

押切風花\*1 會津桂子\*2 西沢義子\*3 高瀬園子\*3

(2020年1月6日受付, 2020年2月10日受理)

**要旨:** 本研究は、看護学生と非医療系学生 17 名を対象にインターネット上の情報検索の実態を調査し、eヘルスリテラシーとの関連を明らかにすることを目的とした。個人面接において、インターネットでの情報検索からサイトを選択してもらい、研究者が独自に作成した評価項目に該当したサイトの出現頻度を分析した。また、情報検索時の意識を尋ね、インタビューの内容をテキストマイニングの手法を用いてカテゴリー分類し各カテゴリーの出現頻度を分析した。eヘルスリテラシー評価は光武らが作成した eHealth Literacy Scale (eHEALS)日本語版を使用した。属性間で eHEALS 得点に差はなかったが、サイトの選択行動には違いがあった。適切な情報検索の実践と eHEALS 得点の高さは必ずしも対応しないことが示唆された。情報検索の傾向から、eヘルスリテラシーの教育内容考案の基礎的資料を得た。

**キーワード:** eヘルスリテラシー, 健康情報検索, 大学生

## I. はじめに

2017年、個人のインターネット利用率は79.8%となり、スマートフォンでのインターネット利用がパソコンを上回った<sup>1)</sup>。現代は、インターネットを利用して誰もが健康情報を簡単かつ気軽に入手可能である。しかし、インターネット上には誤った健康情報も存在しており<sup>2)</sup>、情報の選択によっては健康を脅かす恐れがある。

「健康維持・増進のために必要な情報を得て、適切に活用するための能力」はヘルスリテラシーと呼ばれ<sup>3)</sup>、「インターネット上で健康情報を検索、内容評価、得た健康情報を自分の健康問題解決のために活用する能力」はeヘルスリテラシー (eHealth: electronic health) と呼ばれる<sup>4)</sup>。ヘルスリテラシーはテレビや雑誌等あらゆる情報源から発信される情報を対象とする一方、eヘルスリテラシーはインターネットから発信される情報のみを対象とする<sup>3)</sup>。eヘルスリテラシーが高いことは、「インターネット上における適切な情報検索の知識を持ち、その検索を実践して、得た情報を吟味・選択し情報を活かした行動ができる」と考えることができる。

湯川ら<sup>5)</sup>は、代替医療による副作用の対処行動とヘルスリテラシーとの関連を調査し、副作用発生時に利用を中止した患者は、利用を継続した患者よりヘルスリテラシーが高いことを明らかにした。ヘルスリテラシーが低い患者は

副作用がないという情報を信じたり、副作用への意識が低いために漫然と利用を続ける<sup>5)</sup>と述べている。このことから、ヘルスリテラシーの低いことは自らの健康を脅かしかねない行動をとることに繋がり、個々人のヘルスリテラシーの向上は健康維持・増進のために必要だと考える。また、遠藤ら<sup>6)</sup>は、看護学生のインターネット上の健康情報検索の好み、ニーズ、検索法に関して調査をしている。その中で、看護学生が健康情報を検索する際に気をつけている点として「厚生労働省や研究機関、日本看護協会のWebサイトで調べる」と答えたが、実際にはどちらのWebサイトにもアクセスしていなかった<sup>6)</sup>と報告している。このことから、医療情報を活用する機会が多い看護学生は適切な情報検索の知識を持っているにもかかわらず、実践できていないことが推察される。加えて、医療系以外の学部学生（以下、非医療系学生とする）は看護学生以上に医療情報を学ぶ機会は少なく、実際に健康や医療情報獲得の必要に迫られた際、適切な情報検索を実践できているかについて研究は行われておらず、その実態は不明である。インターネットが普及している現代において、eヘルスリテラシーの必要性は高まると考えられるが、eヘルスリテラシーの実践的研究の対象者は医療従事者、重篤な疾患を呈した子供を持つ親、HIV患者や高齢者といった特定の集団であることが光武ら<sup>3)</sup>によって報告されている。

そこで、本研究では、健康な成人である大学生を対象にeヘルスリテラシーを評価すると同時に、インターネット上の情報検索の実態を調査し、eヘルスリテラシーとの関連を明らかにすることとした。このことは、大学生の情報検索の実態に即したeヘルスリテラシーの教育方法考案の一助になると考える。特に、健康情報を扱う機会の多い看護学生に向けて、健康情報の検索について効果的な教育内

\*1 北海道帯広保健所  
〒080-8588 北海道帯広市東3条南3丁目

\*2 弘前大学大学院保健学研究科  
〒036-8564 弘前市本町66-1

\*3 弘前医療福祉大学  
〒036-8102 弘前市小比内3-18-1

容考案の資料を得ることができると考えられる。

## II. 方法

### 1. 対象

A 大学医学部保健学科看護学専攻3・4年生8名および比較対照として医療系の学修をしていない非医療系学部3・4年生10名に調査依頼し、看護学生8名、非医療系学生9名から参加同意を得た。非医療系学生は被験者の代表者を通じて調査案内を行った。また、全ての対象者は特に疾患を有しない健康人であった。研究参加の可否は対象者の自由意思であり、一度同意した場合でも撤回ができること、調査で得たデータは外部に漏らさず研究目的以外には一切使用しないことを伝えた。本研究は、弘前大学大学院保健学研究科倫理委員会の承認を得ている(2017-061)。

### 2. 調査方法と調査項目(表1)

A 大学内の個室において個人面接を行い、インターネットを使用した情報検索とeヘルスリテラシーについて調査を実施した。個人面接においては、まず、属性等に関するエントリーシートへ記入してもらった。その後、インターネットを使用した情報検索の実施と情報検索時の意識について調査するためにインタビューをした。最後にeヘルスリテラシーに関する質問紙調査を行った。面接時間は情報検索、インタビュー、質問紙記入を含めて60~90分とした。調査期間は2018年7月~8月である。

#### 1) インターネットを使用した情報検索

先行研究において、看護学生として学んだ医療知識のバイアスを避けつつ、比較的予備知識が少ないとされていた「虫歯」を検索課題として教示内容を作成した。教示内容は「あなたには虫歯があり、じっとしていても痛みを感じています。この状態をどうにかするために、インターネットを使って活用したい情報をあなたが満足するまで調べてください。」である。教示内容を提示した後、対象者にノートパソコン(Fujitsu LIFEBOOK SH75/T 13.3型 Windows10)を使用してインターネットを用いた情報検索を行い、検索中に対象者が活用したいと思ったサイトを選択するよう求めた。情報検索の把握のために、パソコン画面を録画した(ソフト名: BANDICAM)。検索時間は最大30分と設定したが、対象者が十分に検索できたと判断した時点での検索終了を可能とした。検索終了後、対象者と共に録画を視聴し、情報検索時の意識についてインタビューを行った。インタビュー中は、ICレコーダーでインタビュー内容を録音した。

#### 1-1) インターネットを使用した情報検索の調査項目

対象者の情報検索について、対象者が選択したサイト(以下、選択サイトと記す)の信頼性等の評価および、情報検索における行動的側面の観点から評価表を用いて評価を行った。評価表は、日本インターネット医療協議会が提

唱する“インターネットの医療情報の利用の手引き<sup>8)</sup>”及び遠藤ら<sup>9)</sup>の先行研究を基に研究者らが独自に項目を作成した。サイトの信頼性等の評価項目は「①情報提供者の主体明記がある②営利性がない③客観的裏付けがある④信頼性がある⑤更新情報がある⑥読み比べをしている」とした。情報検索の際の行動の観点からは、⑦閲覧時間⑧閲覧したサイト数⑨選択サイトが検索エンジン内の検索結果一覧で表示された順位(以下、検索順位とする)⑩選択サイト数を調査項目として設けた。また、⑥読み比べを行っていた場合には⑬読み比べたサイト数も調査項目とした。

#### 1-2) 情報検索時の意識に関するインタビュー項目

選択したサイトについて⑪サイトを開いた理由⑫選択した理由を尋ねた。また、対象者が⑥読み比べを行っていた場合には⑭読み比べをした上で選択した理由を尋ねた。

### 2) eヘルスリテラシー評価

光武らが開発したeHealth Literacy Scale(以下、eHEALSと記す)日本語版<sup>7)</sup>を使用してeHEALS得点を算出し、eヘルスリテラシー評価を行った。eHEALS日本語版は8項目5段階評価の自記式質問紙であり、eHEALS得点を算出することによって、個々のeヘルスリテラシーを数値化し評価することが可能である。

### 3. 分析

#### 1) インターネットを使用した情報検索の調査項目

評価項目①~⑥、調査項目⑨は、対象者が選択したサイトのうち、サイト評価項目に該当したサイトを数えて、その割合を算出した。その割合を属性間で比較し、調査項目⑦、⑧、⑩、⑬は平均値を属性ごとに比較した。

#### 2) 情報検索時の意識

インタビュー内容の分析においては研究者の主観を排除し、客観性を確保するためにテキストマイニングを用いた。調査項目⑪、⑫、⑭はインタビューでの対象者の発言内容から、テキストマイニングの手法でコードを抽出後、各コードをカテゴリー分類した。カテゴリー内で、同じ意味合いを持つコードをさらにサブカテゴリーとして分類した。各カテゴリーの出現頻度を属性別に比較した。

#### 3) eヘルスリテラシー評価

eHEALS日本語版得点の中央値を基準とし、24点未満を低eヘルスリテラシー群(以下、低eHL群と記す)、24点以上を高eヘルスリテラシー群(以下、高eHL群と記す)の2群に分類した。

統計解析はSPSS Ver.16、テキストマイニングはPASW Text Analytics for Survey 3 Japaneseを使用し、有意水準は $p<0.05$ とした。

表1 調査項目

選択したサイトの評価項目	情報検索時の行動の観点における調査項目	情報検索時のインタビュー項目
①情報提供者の主体明記がある	⑦閲覧時間	選択したサイトについて
②営利性がない	⑧閲覧したサイト数	⑪サイトを開いた理由
③客観的裏付けがある	⑨検索順位	⑫選択した理由
④信頼性がある	⑩選択サイト数	⑬「⑥読み比べ」をしていた場合、読み比べをした上で選択した理由
⑤更新情報がある	⑬「⑥読み比べ」をしていた場合、読み比べたサイト数	
⑥読み比べをしている		

### III. 結果

17名の学生から調査参加の同意を得た。属性の詳細を表2に示した。

	n	(%)
男性	7	41.2
女性	10	58.8
看護学生	8	47.1
非医療系学生	9	52.9
3年	6	35.3
4年	11	64.7

#### 1. 対象者の属性とeヘルスリテラシー評価 (表3)

eヘルスリテラシー評価は低eHL群5名, 高eHL群12名だった。Fisher's exact testで低eHL群, 高eHL群の割合を性別, 所属, 学年間で比較した結果, いずれの属性間においても有意差はなかった。

表3 eヘルスリテラシー評価

	低eHL群	高eHL群	p値
男性(n=5)	2	5	0.686
女性(n=12)	3	7	
看護学生(n=8)	1	7	0.183
非医療系学生(n=9)	4	5	
3年生(n=6)	2	4	0.605
4年生(n=11)	3	8	

Fisher's exact test

#### 2. 選択サイトの評価 (表4)

選択サイトのうち, サイト評価項目①~⑥に該当した割合を性別, 所属, 学年, eHEALS高群・低群間で比較した。性別では, 男性の選択サイトは「①情報提供者の主体明記がある」に該当したサイトが女性よりも有意に多かった(p=0.039)。女性の選択サイトは「⑥読み比べ」に該当したサイトが男性よりも有意に多かった(p=0.040)。サイト評価項目②~⑥は有意差がなかった。所属と学年間での比較では全てのサイト評価項目で有意差がなかった。eHEALS高群・低群間では, 高eHL群の選択サイトは「①情報提供者の主体明記がある」に該当したサイトが低eHL群よりも有意に多かった(p=0.020)。

#### 3. インターネットを使用した情報検索

調査項目⑦閲覧時間の平均は10.29±5.35分, ⑧閲覧したサイト数の平均は10.12±26.11個, ⑩選択サイト数の平均は6.65±8.12個, ⑬読み比べたサイト数の平均は3.65±24.62個だった。平均値の差をMann-Whitney U testで性別, 所属, 学年, eHEALS高群・低群間で比較したところ, 全て有意差はなかった(表5)。

調査項目⑨選択サイトの検索順位を性別, 所属, 学年, eHEALS高群・低群間で比較した。その結果, 検索順位1位において, 所属では看護学生よりも他学部学生のほうが有意に多かった(p=0.018)。eHEALS高群・低群間では高eHL群よりも低eHL群のほうが有意に多かった(p=0.027)。検索順位2位~5位以降では全て有意差がなかった(表6)。また, 検索順位ごとにサイト評価項目①~⑥に該当したサイトと該当しなかったサイトの割合を $\chi^2$  testで分析した。検索順位3位では評価項目①「情報提供者の主体明記がある」に該当するサイトが有意に多かった(p=0.013)。検索順位4位では評価項目⑤「更新情報がある」に該当するサイトが有意に多かった(p=0.047)。検索順位1位, 2位, 5位, 5位以降に有意差はなかった。

#### 4. 情報検索時の意識

インタビューでの対象者の回答から抽出されたコード数は⑪と⑫が110個, ⑭が41個, カテゴリー数は⑪と⑫が10個, ⑭が11個だった。「わかる」, 「情報量」, 「信頼性」のカテゴリーは⑪, ⑫, ⑭全ての項目で出現した。「視覚」, 「行動」, 「比較」, 「意識」, 「便利」のカテゴリーは⑪と⑫または⑫と⑭で出現した(表7)。

各調査項目におけるカテゴリーの出現割合を $\chi^2$  testによって性別, 所属, 学年, eHEALS高群・低群間で比較した。その結果, 性別では, ⑫において女性に「新しさ」のカテゴリーが有意に多かったが(p=0.040), ⑪と⑭は全てのカテゴリーで有意差がなかった。所属では, ⑫において他学部学生に「視覚」のカテゴリーが有意に多かったが(p=0.016), ⑪と⑭は全てのカテゴリーで有意差がなかった。学年では, ⑪において4年生に「とりあえず」のカテゴリーが有意に多かったが(p=0.010), ⑫と⑭は全てのカテゴリーで有意差がなかった。eHEALS高群・低群間では, ⑪において低eHL群に「身近」のカテゴリーが有意に多かったが(p=0.039), ⑫と⑭は全てのカテゴリーで有意差がなかった。

表4 評価項目に該当した選択サイト数と属性間での比較

属性	選択サイト数	①情報提供者の主体明記		②営利性		③客観性		④信頼性		⑤更新情報		⑥読み比べ		n(%)
		あり	p値	あり	p値	あり	p値	あり	p値	あり	p値			
		男性	49	42(85.7)	0.039*	20(40.8)	0.292	31(63.3)	0.425	8(16.3)	0.189	23(46.9)	0.107	
女性	61	42(68.9)		19(31.1)		34(55.7)		5(8.2)		38(62.3)		22(36.1)		
看護学生	45	35(77.8)	0.771	14(31.1)	0.428	28(62.2)	0.578	4(8.9)	0.428	26(57.8)	0.683	14(31.1)	0.570	
非医療系学生	65	49(75.4)		25(38.5)		37(56.9)		9(13.8)		35(53.8)		17(26.2)		
3年生	40	30(75.0)	0.799	11(27.5)	0.187	24(60.0)	0.883	5(12.5)	0.867	25(62.5)	0.261	12(30.0)	0.749	
4年生	70	54(77.1)		28(40.0)		41(58.6)		8(11.4)		36(51.4)		19(27.1)		
低eHL群	31	19(61.3)	0.020*	12(38.7)	0.655	15(48.4)	0.153	4(12.9)	0.825	17(54.8)	0.935	11(35.5)	0.286	
高eHL群	79	65(82.3)		27(34.2)		50(63.3)		9(11.4)		44(55.7)		20(25.3)		

χ<sup>2</sup> test \*p<0.05

表5 情報検索行動に関わる調査項目の属性別比較

属性	⑦閲覧時間		⑧閲覧したサイト数		⑩選択サイト数		⑬読み比べたサイト数	
	M(SD)	p値	M(SD)	p値	M(SD)	p値	M(SD)	p値
男性 (n=7)	549.7(361.93)	0.464	8.9(4.41)	0.301	7.1(2.61)	0.372	3.6(5.32)	0.656
女性 (n=10)	665.2(317.82)		11.0(5.60)		6.3(3.09)		3.7(4.99)	
看護学生 (n=8)	582.9(318.48)	0.773	9.3(3.81)	0.771	5.8(2.38)	0.240	3.6(5.53)	0.961
非医療系学生 (n=9)	648.6(357.36)		10.9(6.17)		7.4(3.13)		3.7(4.74)	
3年生 (n=6)	755.7(358.52)	0.175	12.0(6.99)	0.685	6.8(2.56)	0.683	2.3(1.51)	0.838
4年生 (n=11)	542.4(305.06)		9.1(3.75)		6.6(3.11)		4.4(6.05)	
低eHL群 (n=5)	726.2(450.37)	0.752	6.6(4.55)	0.958	9.8(2.19)	0.748	5.4(5.94)	0.422
高eHL群 (n=12)	572.4(278.82)		6.7(5.51)		10.3(3.17)		2.9(4.58)	

Mann-Whitney U test

表6 選択サイトの検索順位と各属性間での比較

属性	1位(n=49)		2位(n=19)		3位(n=14)		4位(n=11)		5位(n=5)		5位以降(n=12)		n(%)
	あり	p値	あり	p値	あり	p値	あり	p値	あり	p値	あり	p値	
	男性 (n=7)	18(36.7)	0.140	7(14.3)	0.458	7(14.3)	0.660	7(14.3)	0.179	3(6.1)	0.477	4(8.2)	
女性 (n=10)	31(50.8)	12(19.7)		7(11.5)		4(6.6)		2(3.3)		8(13.1)			
看護学生 (n=8)	14(31.1)	0.018*	11(24.4)	0.98	7(15.6)	0.459	5(11.1)	0.747	2(4.4)	0.966	5(11.1)	0.955	
非医療系学生 (n=9)	35(53.8)		8(12.3)		7(10.8)		6(9.2)		3(4.6)		7(10.8)		
3年生 (n=6)	18(45.0)	0.942	5(12.5)	0.317	3(7.5)	0.214	5(12.5)	0.509	2(5.0)	0.863	5(12.5)	0.686	
4年生 (n=11)	31(44.3)		14(20.0)		11(15.7)		6(8.6)		3(4.3)		7(10.0)		
低eHL群 (n=5)	19(61.3)	0.027*	6(19.4)	0.717	4(12.9)	0.972	1(3.2)	0.138	2(6.5)	0.548	3(9.7)	0.795	
高eHL群 (n=12)	30(38.0)		13(16.5)		10(12.7)		10(12.7)		3(3.8)		9(11.4)		

χ<sup>2</sup> test \*p<0.05

## IV. 考察

### 1. 情報検索とeヘルスリテラシーとの関連

今回使用したeHEALS日本語版はインターネットの活用が頻繁な者で尺度得点が高い傾向にあることが報告されている<sup>7)</sup>。個人のインターネット利用率は13~59歳まで9割を超えており<sup>1)</sup>、全ての学生はインターネットを活用しているため、eHEALS得点は属性による差がみられず、半数以上が高eHL群に該当したと考えられる。本調査から、高eHL群は情報提供者の主体明記があるサイトを選択する頻度が高いが、それ以外のサイト評価項目ではeHEALS高群・低群間に有意差がなかったことから、適切な情報検索を実践できる者はeHEALS得点が高いことを直接示すことはできないと言える。反対に、適切な情報検索を実践できていないとしてもeHEALS得点が高い場合もあると考えられる。このことから、大学生を対象とした場合、適切な情報検索の実践とeHEALS得点の高さは必ずしも対応しないことが示唆された。

### 2. 情報検索時の意識と情報検索との関連

インタビューで得た全カテゴリーのうち、半数以上が調査項目⑩、⑫、⑭のいずれかで複数出現していることから、内容を吟味し情報を取捨選択することについて明確な理由分けがされていないと考えられる。⑫や⑬で出現した「意識」のサブカテゴリーでは「明確な理由がない」や「取りこぼさない」となっていることから、サイトを閲覧するたびに得た情報について、活用できると判断した時点で全て選択しておこうという意識が働いていたのではないかと推察する。また、所属、eHEALS高群・低群間において、開いた理由で出現した「言葉」、「わかる」、「一番上」など「身近」を除く全てのカテゴリーの出現割合に有意差はなかったことから、サイトを開いた理由に大きな違いはないと言える。しかし、選択サイトの検索順位1位の割合は看護学生よりも他学部学生のほうが多く、高eHL群よりも低eHL群のほうが多いことから、所属、eHEALS高群・低群間でサイト選択時の行動に違いはあると言える。また、検索順位3位と4位はそれぞれ評価項目①、⑤に該当したサ

表7 情報検索時の意識のカテゴリー分類

⑪開いた理由(n=110)		⑫選択した理由(n=110)		⑬読み比べをした上で 選択した理由(n=41)	
カテゴリー コード	言葉(47) タイトル内の特定語(24) タイトル(20) カタカナ(1) 概要文(1) URL(1)	カテゴリー コード	視覚(73) レイアウト(35) 画像(28) フォント(10)	カテゴリー コード	わかる(8) 対処(5) 追加の対処法を知った(3)
	<b>わかる(39)</b> 歯科医院(他人の評価)(17) 対処(14) 現在の状態(8)		<b>わかる(54)</b> 対処(28) 歯科医院(21) 現在の状態(5)		<b>合う(7)</b>
	<b>一番上(37)</b>		<b>行動(49)</b> 歯科医院(19) 対処(18) 見返す(10) 検索する(2)		<b>行動(6)</b> 対処(3) 歯科医院(3)
	<b>とりあえず(15)</b> 内容を知る(6) 検索順位1位(3) 広告ではない(1) 口コミ(1)		<b>情報量(30)</b> 多い(19) 少ない(6) 数そのもの(5)		<b>情報量(4)</b> 多い(4)
	<b>比較(15)</b> 検索内容(5) 追加で知る(5) 信頼性(3) 既に見た(2)		<b>信頼性(24)</b> 執筆者(11) 設置主体(5) サイト名で信頼した(4) 複数で同一内容記載(2) 情報源(1) 更新(1)		<b>信頼性(4)</b> 執筆者(4) サイトのレイアウト(1)
	<b>信頼性(14)</b> 医師・歯科医(11) 公式(2) 検索結果上位(1)		<b>意識(18)</b> 取りこぼさない(14) 明確な理由なし(4)		<b>視覚(4)</b> 項目(2) レイアウト(1) フォント(1)
	<b>情報量(13)</b> 多い(8) 少ない(5)		<b>親しみ(12)</b> 心理的距離(7) 感情(5)		<b>意識(2)</b> 取りこぼさない(2)
	<b>身近(4)</b> 実体験(1) 自力対処(1) 既知(1)		<b>比較(11)</b> 内容(6) 歯科医院(3) 自分の状態(2)		<b>実践(2)</b>
	<b>広げる(1)</b>		<b>新しさ(5)</b>		<b>PR(1)</b>
	<b>便利(1)</b>		<b>便利(4)</b> 目次機能(2) レイアウト(1) 歯科医院の検索機能(1)		<b>実体験(1)</b>
					<b>言葉づかい(1)</b>

イトが有意に多く、3位や4位のサイトを選択することはサイト内容を吟味、評価していたと考えられる。看護学生と高 eHL 群の選択サイトは他学部学生、低 eHL 群よりも検索順位1位の割合が少ないことから、看護学生と高 eHL 群は検索順位に関わらず、内容を吟味、評価してサイトを選択していたと考える。このことから、所属、eHEALS 高群・低群間でサイト選択時の行動に違いはあったと推察する。今回、情報検索時の意識についての分析では、女性に「新しさ」、低 eHL 群に「身近」のカテゴリーが有意に多かったがコード数が少ないため、一般化できる結果とは言い難く、あくまで傾向の範囲として考えることとする。

### 3. eヘルスリテラシー向上にむけた今後の方向性

インターネットが普及した現代においては、eヘルスリテラシー向上の必要性があると言える。Robinson ら<sup>10-12)</sup>の先行研究では HIV 患者や高齢者を対象に eヘルスリテラシー向上プログラムの開発と効果検証が行われ、いずれの研究においても介入の前後比較で eヘルスリテラシーが改善したことが報告されている。eヘルスリテラシーは教育によって改善することが可能であるため、健康情報を扱う機会の多い専門職や医療系学生の教育に取り入れることは有効と考える。光武ら<sup>7)</sup>の先行研究では、若年者、高齢者と言った eヘルスリテラシーが低いと考えられる集団それぞれに対し、その集団が有する eヘルスリテラシーの特徴

を加味した支援方策の検討の必要性が述べられている。

本調査では、選択サイトの検索順位は1位から順に減っていること、信頼性に該当する選択サイト数は少なかったことから、検索そのものが単純なことや、信頼性のある情報選択が不十分であることが言える。また、開いた理由では「一番上」のカテゴリーが多く、検索順位が上位のサイトを閲覧する傾向があると考えられる。選択した理由では「視覚」のカテゴリーが多く、情報を補足する役割の視覚的部分は情報選択に大きな影響を与えると推察する。しかし、選択した最大の理由が視覚的理由では、サイトの情報の質について吟味、評価できたとは言い難い。本調査を踏まえて eヘルスリテラシー向上にむけた教育を考察すると、情報検索の知識だけでなく、情報選択に関する知識も習得できる教育が必要と考えられる。例えば検索結果に表示される各サイトの URL を見て、政府機関を表す“go.jp”，地方公共団体を表す“lg.jp”などドメイン名を手掛かりにすることや上記ドメイン名に絞り込んで検索する方法である。上記に挙げたドメイン名は登録者が政府機関、地方公共団体とドメイン名登録の制度上保証されているため、匿名性の高いインターネットにおいて信頼性のある情報源を選択できると考えられる<sup>8)</sup>。また、視覚的理由によらない情報選択ができるように、本調査で使用したサイト評価項目のような確認すべきポイントを周知するといったことである。さらに、情報検索の知識は持っているにもかかわらず実践



できていないとの報告があるため<sup>6)</sup>、習得した知識を実践できる機会を設けることが必要と考える。これらは、情報の質の評価に関わる情報リテラシーやメディアリテラシー教育に繋がっており、eヘルスリテラシー向上に大きく関係すると言える。また、選択サイトの検索順位は1位が多く、選択した理由は視覚的理由が最多であったことから、情報の質が高いサイトを検索順位の上位に配置することやサイトのレイアウトを工夫する等、試行の余地があると言える。今後はインターネットの普及が進むことで、eヘルスリテラシーの程度によって個人・集団が取得できる健康情報の格差が危惧されている<sup>3)</sup>。しかし、eヘルスリテラシーの高低によらず最低限の基本的な情報検索で、誰もが質の高い情報を獲得できる環境を整えることも重要ではないかと考える。

#### 4. 本研究の限界

本研究の対象であった大学生は17名であり、大学生の情報検索を一般化した結果であるとは言えない。加えて、本調査で使用した評価項目は先行研究を参考に研究者らが独自に作成していることから、評価項目自体の妥当性について検討することが課題として挙げられる。

## V. 結語

インターネット上の情報検索の実態と eヘルスリテラシーとの関連を明らかにすることを目的とし、看護学生と非医療系学生 17名を対象に情報検索の実態について調査した結果、以下の結論が得られた。

1. 性別、所属、学年間で eHEALS 得点に差はみられなかった。
2. 適切な情報検索の実践ができる学生は eHEALS 得点が高いとは言えず、eHEALS 得点が高いとしても適切な情報検索を実践できていないことが示唆された。
3. 所属、eHEALS 高群・低群間では、選択サイトに関して開いた理由に大きな違いはないが、サイトの選択行動には違いがあった。
4. 大学生の情報検索の実態、eヘルスリテラシーとの関連から教育内容考案の基礎的資料を得ることができた。

謝辞 本研究にご協力いただきました対象者の皆様には深く感謝申し上げます。

利益相反 開示すべき利益相反はありません。

## 引用文献

- 1) 総務省：令和元年版情報通信白書  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/html/nd232120.html> (2019/12/10)
- 2) Crocco AG, Villasis-Keever M, Jadad AR. Analysis of cases of

- harm associated with use of health information on the Internet. *The Journal of the American Medical Association*. 2002 ; 287 : 2869-2871.
- 3) 光武誠吾他. eヘルスリテラシーの概念整理と関連研究の動向. *日本健康教育学会誌*. 2012 ; 20 (3) : 221-232.
  - 4) Norman CD, Skinner H. eHealth literacy: Essential skills for consumer health in a networked world. *Journal of Medical Internet Research*. 2006 ; 8 (2) : e9.
  - 5) 湯川慶子他. 慢性疾患患者の代替医療による副作用への対処とヘルスリテラシーとの関連. *日本健康教育学会誌*. 2015 ; 23 (1) : 16-26.
  - 6) 遠藤良仁他. 看護学生のインターネット上の健康情報検索の好み、ニーズ、検索法に関する調査. *岩手県立大学看護学部紀要*. 2007 ; 9 : 21-30.
  - 7) 光武誠吾他. eHealth Literacy Scale (eHEALS) 日本語版の開発. *日本公衆衛生雑誌*. 2011 ; 58 (5) : 361-371.
  - 8) 日本インターネット医療協議会：インターネット上の医療情報の利用の手引き  
<https://jima.or.jp/riyoutebiki.html> (2019/09/01)
  - 9) 地方自治情報誌：月刊 LASDEC 平成 25 年 12 月  
<https://www.j-lis.go.jp/data/open/cnt/3/199/1/LGWAN-2512.pdf> (2019/06/16)
  - 10) Robinson C, Graham J. Perceived Internet health literacy of HIV-positive people through the provision of a computer and Internet health education intervention. *Health Info Libr J* 2010; 27: 295-303.
  - 11) Bo Xie. Older Adults, e-health Literacy, and Collaborative learning: An experimental study. *JASIST* 2011; 62: 933-946.
  - 12) Bo Xie. Experimenting on the impact of learning methods and information presentation channels on older adults' e-health literacy. *JASIST* 2011; 62: 1797-1807.

## 【Report】

# A description of Internet search methods for health information and their relationship with e-health literacy

FUKA OSHIKIRI<sup>\*1</sup> KEIKO AIZU<sup>\*2</sup>  
YOSHIKO NISHIZAWA<sup>\*3</sup> SONOKO TAKASE<sup>\*3</sup>

(Received January 6, 2020; Accepted February 10, 2020)

**Abstract:** This study identified search methods for health information on the Internet, explored the relationship between these and e-health literacy, and determined the characteristics of information retrieval methods. Participants were 17 undergraduate students (7 men and 10 women): 8 nursing students and 9 non-medical care students. All participants were in either the 3rd or 4th grade. A site for information retrieval on the Internet was selected by participants in a personal interview, and the frequency of search for the site corresponding to the result defined originally by the researcher was analyzed. Further, participants were asked about their awareness during the information retrieval process. The contents of the interview were categorized using text mining, and the frequency of each category was analyzed. E-health literacy was evaluated using the Japanese version of e-Health Literacy Scale (eHEALS) developed by Mitsutake et al. Although the eHEALS score did not indicate differences between attributes of the participants, there were differences in behavior related to site selection. Findings suggested that appropriate information retrieval methods and the high eHEALS score did not necessarily correspond. The document for educational content of the e-health literacy instrument was obtained from the information retrieval method.

**Keywords:** eHealth Literacy, search methods for health information, undergraduate students

<sup>\*1</sup> Hokkaido Prefectural Obihiro Public Health Center, south3east3, Obihiro-shi, Hokkaido 080-8588, Japan

<sup>\*2</sup> Hirosaki University Graduate School of Health Sciences, 66-1, Hon-cho, Hirosaki-shi, Aomori-ken 036-8564, Japan

<sup>\*3</sup> Hirosaki University of Health and Welfare, 3-18-1, Sanpinai, Hirosaki-shi, Aomori-ken, 036-8102, Japan

# 保健科学研究

## 第 6 回保健科学研究発表会抄録集

## 特別講演

インタベンショナル・ラジオロジーとともに歩んだ

鳴海病院の軌跡の奇跡

一般財団法人医療と育成のための研究所清明会理事長・鳴海病院 院長

(日本 IVR 学会代議員 日本血管内治療学会理事 日本心臓血管内視鏡学会理事)

淀野 啓 先生

演題番号 1

# 子宮頸部 LBC 標本における異型未熟扁平上皮化生と上皮内癌の鑑別のための H S L 色空間解析法の有用性

○田代悟大<sup>1</sup>、吉岡治彦<sup>2</sup>、堀江香代<sup>2</sup>、渡邊 純<sup>2</sup>

<sup>1</sup>弘前大学医学部保健学科検査技術科学専攻, <sup>2</sup>弘前大学大学院保健学研究科

## 1. 緒言

近年、子宮頸癌の死亡率、罹患率は共に増加傾向にある。そこで初期癌である上皮内癌（以下、CIS）の診断精度向上が求められている。しかし、Liquid Based Cytology（以下 LBC）標本中の CIS の核と時に構造の類似性から鑑別を有する異型未熟扁平上皮化生（以下、異型化生）は鑑別困難なことが多い。そこで、本研究では核の色彩に注目し、「色相：Hue」、「彩度：Saturation」、「輝度：Lightness」といった直感的にわかりやすい色表現を数値化できる HSL 色空間解析法を用いて、本法が両者の鑑別に有用かを検討した。

## 2. 材料・方法

材料：弘前大学医学部附属病院（2015～2016年）の通常の Papanicolaou 染色された子宮頸部 LBC 標本（ThinPrep）から、未熟扁平上皮化生 6 例（細胞 15 個）、CIS 6 例（細胞 15 個）を用いた。HSL 色空間解析法では、  
 1. 色彩の解析：① 色相からの視点、② 輝度からの視点、  
 2. 核形状の解析：① 面積、② 大小不同、③ 円形度、④ 凹凸度、  
 3. Nuclear/Cytoplasm（N/C 比）の解析：① 面積、② 円形度、③ 凹凸度、を調べた。統計処理は、カイ 2 乗独立性検定、残渣分析、Mann Whitney U test を行い、有意確率は  $P < 0.05$  とした。

## 3. 結果

1. 色彩の解析：CIS（図 1）は、原色に近い明るい輝度（40～59）で色相 200～240 の色が

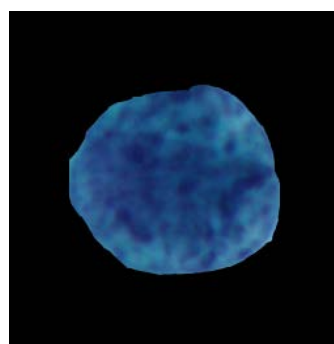


図 1. CIS 症例 4 の核

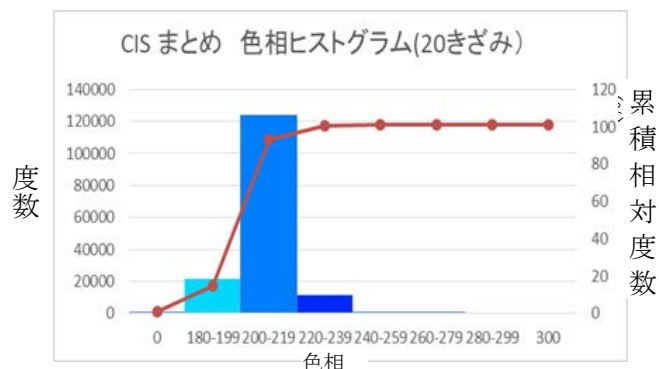


図 2. 図 1 の CIS 核の色相ヒスト

80%以上核の中に占めた（図 2）。  
 2. 核形状の解析：CIS は凹凸度が高い傾向にあった。  
 3. N/C 比の解析：CIS は面積の N/C 比（0.67）が大きかった。

## 4. 考察

CIS 核の特徴は、核面積の 80%以上が瑠璃色（色相：225）、ウルトラマリンブルー（色相：228）、群青色（色相：235）周辺の色相を示し、面積の N/C 比が 67%と高いと考えた。

## 5. 結語

LBC 標本における核の HSL 色空間解析法は CIS と異型化生の鑑別に有用であった。

## 演題番号 2

各種培養法を用いた下痢症患者便における  
下痢原性大腸菌病原関連遺伝子の検索林 稜太<sup>1</sup>, 阿部 翼<sup>1</sup>, 松下 紬<sup>1</sup>, 吉岡 翔<sup>2</sup>, 月足 正辰<sup>3</sup>, 藤岡 美幸<sup>2</sup><sup>1</sup>弘前大学医学部保健学科, <sup>2</sup>弘前大学大学院保健学研究科,<sup>3</sup>弘前市医師会健診センター

## 1. 緒言

ヒトに下痢症を引き起こす大腸菌は下痢原性大腸菌と呼ばれ, 病原機序の違いにより, 腸管出血性大腸菌, 腸管病原性大腸菌, 腸管組織侵入性大腸菌, 腸管毒素原性大腸菌, 腸管凝集付着性大腸菌の 5 つに分類されている。糞便系大腸菌を分離する選択培地として EC ブロスがよく知られているが, 大腸菌を選択的に分離するため 44.5°C の高温下で培養が行われる。しかし, この温度は大腸菌の発育可能限界温度でもあるため, 一部の大腸菌を見逃してしまう可能性が考えられる。そこで, 本研究では培養方法別に下痢原性大腸菌の病原関連遺伝子の検出率の相違を検討するとともに, 下痢症患者の下痢原性大腸菌病原関連遺伝子の保有状況を調査した。

## 2. 対象および方法

対象は 2018 年 5 月から 7 月までに弘前市医師会健診センターに提出された下痢症患者由来便 262 検体とした。滅菌生理食塩水 1 mL に便検体を懸濁した後, 1) EC ブロス (44.5°C), 2) EC ブロス (40°C), 3) HI ブイヨン (40°C), 4) HI ブイヨン (40°C) → EC ブロス (40°C) で培養した。テンプレート DNA は各培養液から作製し, PCR にて *stx1*, *stx2*, *eae*, *bfpA*, *aggR*, *lt*, *sth*, *stp*, *invE*, *astA* の 10 種類の下痢原性大腸菌病原関連遺伝子の検出を行った。

## 3. 結果

下痢症患者由来便 262 検体中 *eae* 5 検体, *aggR* 2 検体, *astA* 25 検体, *aggR* および *astA* を同時に保有していたものが 1 検体検出され

表 1 培養法別遺伝子検出結果 (n = 262)

培養法	<i>eae</i>	<i>aggR</i>	<i>astA</i>
1)	4	0	14
2)	4	3	24
3)	5	3	25
4)	2	3	23

た。また, *stx1*, *stx2*, *bfpA*, *lt*, *sth*, *stp*, *invE* は陰性であった。各培養法のうち最も検出率が高かったのは 3) であった。一方, 1) では *aggR*, *astA* において検出率が明らかに低く, また 4) では *eae* において他の方法と比べて検出率が低かった。

## 4. 考察

EC ブロスを用いた大腸菌の検出において, *aggR*, *astA* とともに一般的な培養温度である 44.5°C より 40°C での培養で検出率が高かった。これは, 44.5°C の高温下での培養は, 一部の大腸菌を見逃す可能性を示唆した。一方で, 4) では *eae* の検出率が低かったことから, 培養方法によって検出可能な遺伝子に差異がある可能性が考えられた。今後, 培養方法について継続して検討する必要がある。

今回, 病原遺伝子を保有していた検体は 262 検体中 33 検体 (12.6%) であった。2018 年に日本国内で発生した細菌性食中毒事例における下痢原性大腸菌の割合は 8.6% であり, 本研究での検出率が高かった。しかしながら, *astA* については集団食中毒原因菌との報告がある一方で, 健康人での保有例もあるため, 下痢症の原因であるか慎重に判断する必要がある。

## 演題番号 3

## 弘前地区河川水における感染症原因菌の検出

○松下 紬<sup>1</sup>, 阿部 翼<sup>1</sup>, 林 稔太<sup>1</sup>, 吉岡 翔<sup>2</sup>, 藤岡美幸<sup>2</sup><sup>1</sup>弘前大学医学部保健学科, <sup>2</sup>弘前大学大学院保健学研究科

## 1. 緒言

青森県を流れる岩木川は、6市5町2村を流域としている。流域市町村の污水处理人口普及率は全国平均 90.9%に対し青森県は 79.0%であり、47 都道府県で第 41 位と報告されている。河川水が感染症原因菌に汚染されていた場合、直接飲水または農業用水に混入し農作物を汚染することにより、ヒト体内に侵入し、感染症を引き起こすと考えられる。

環境省が示している環境基本法では河川の水質調査において大腸菌群数を指標項目としているが、河川には土壌由来の大腸菌群が含まれ、環境基準値を超える可能性がある。そこで本研究では大腸菌群数のほかに微生物指標となりうる指標があるのか、ヒト感染症原因菌を対象として河川水の汚染状況を調査した。

## 2. 対象および方法

対象は青森県弘前地区岩木川水系の 3 河川（岩木川、土淵川、加藤川）において、任意の採水地点から表層流水を無菌的に 16 検体採水した。採取された河川水 300 mL をメンブランフィルター法で吸引濾過し、このフィルターを生理食塩水 6 mL で洗浄したものを 50 倍濃縮検体とした。この濃縮検体 1 mL あたりの生菌数測定、および下痢原性大腸菌、*Salmonella* 属、*Vibrio* 属、*Yersinia* 属を対象に分離培養を行った。

## 3. 結果

弘前地区河川水 16 検体を対象に調査を行い、各河川の生菌数測定結果を図に示した。最少は岩木川の  $2.5 \times 10^3$  /mL、最多は土淵川の  $5.5 \times 10^6$  /mL であった。土淵川では上流から

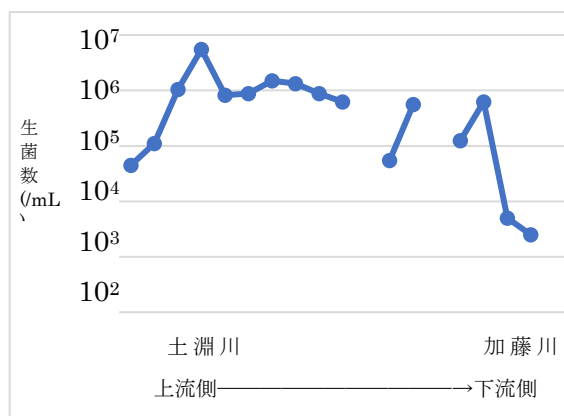


図 各河川の生菌数測定結果

下流に向かって生菌数が増加傾向にあった。岩木川と加藤川では全ての検体で対象としたヒト感染症原因菌が未検出であった。土淵川 7 検体から *E. coli* が検出され、*Salmonella* 属、*Vibrio* 属、*Yersinia* 属は未検出であった。

## 4. 考察

岩木川と加藤川では土淵川より生菌数の少ない検体があり、対象菌種が未検出であった。これは、流水の正常な機能を維持するための正常流量が水質に関係することから、岩木川は津軽ダム、加藤川は防災調節池によって安定した水量を確保することで清浄であったと考えられる。一方で土淵川は、久渡寺山を水源とし、水量を補給するダムがない上に、弘前市街地を流れており、生活用水の混入による汚染が、生菌数の多い検体の要因と思われる。今後は河川への用水の流入経路を調べるため、河川の周辺環境の調査を行いたい。

## 5. 謝辞

本研究を行うにあたり、検体採取にご協力頂きました皆様方に深く感謝申し上げます。

## 演題番号 4

## 青森県内に生息するマダニの病原体保有状況継続調査

○成田美那<sup>1</sup>, 吉岡翔<sup>2</sup>, 山口平<sup>2</sup>, 辻口貴清<sup>2</sup>, 千葉満<sup>2</sup>, 山内可南子<sup>2</sup>  
 (<sup>1</sup>弘前大学医学部保健学科、<sup>2</sup>弘前大学大学院保健学研究科)

## 1. 緒言

マダニは唯一の栄養源として哺乳動物の血液を必要とし、時に人畜共通感染症を媒介する。近年、西日本を中心に重症熱性血小板減少性症候群(SFTS)の罹患者報告が増加し<sup>1)</sup>、また北海道のマダニにおいては SFTS ウイルス(SFTSV)の保有が確認された現状から、日本全国でダニ媒介性感染症(TBDs)罹患リスクの高まりが危惧されている。そこで我々は昨年度、青森県内の TBDs 罹患リスクについて明らかにすべく、マダニの病原体保有状況の調査を実施した。その結果、5月に最もマダニの捕獲数が増加し、約 21.2~27.6%の青森県産マダニが病原性不明の *Borrelia* spp.を保有していることを明らかにした。

本研究では、昨年度に継続して TBDs の日本紅斑熱、ライム病、SFTS の3疾患を標的としたマダニの病原体保有状況の調査を青森県内各所で実施することとした。

## 2. 方法

2019年5月に青森県弘前市2地点、鯨ヶ沢町2地点、西目屋村1地点の計5地点の山間部でマダニの採取を実施した。採取はフランネル旗振り法に基づき、各地点で30~60分間採取を行った。捕獲したマダニは、形態学的に属及び種を分類後、-80度で標的病原体の検査まで保管した。日本紅斑熱(*Rickettsia japonica*)、ライム病(*Borrelia* spp.)、SFTSVの3疾患を標的とした検査は、マダニ抽出DNA及びRNAを用い、Real-time-PCRとPCRにて実施する。

## 3. 結果

青森県各所にて計147匹のマダニを採取し

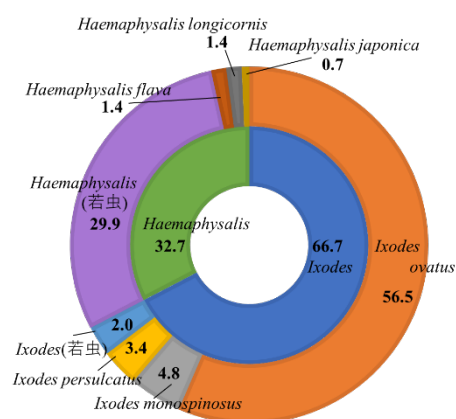


図1 捕獲マダニ分類(%): 内円(属)・外円(種)

た。147匹のうち成虫は100匹(68.0%)、残りの47匹(32.0%)は若虫であった。若虫は、形態学的に未熟であることから、属同定までとし成虫は種まで同定した。捕獲した成虫マダニの内訳は、ヤマトマダニ(*Ixodes ovatus*)83匹、ヒトツツゲマダニ(*Ixodes monospinosus*)7匹、シュルツェマダニ(*Ixodes persulcatus*)5匹等に占められ、5月捕獲された*Haemaphysalis*属マダニの多くは若虫であった。これらの捕獲マダニは順次DNA・RNAを抽出し、病原体を標的とした検査に使用し、検査結果は本学会にて報告する。

## 4. 考察

青森県において、これまでマダニの継続的な病原体調査はなされていない。本調査が青森の感染症対策に寄与する機会となることを期待する。

## 5. 参考文献

1) 重症熱性血小板減少症候群(SFTS). 国立感染症研究所.< <https://www.niid.go.jp/niid/ja/sfts/3143-sfts.html> >2019/07/10 アクセス



## 演題番号 5

## 二重エネルギーCTによる単純CTと造影CTの水密度の評価

○佐藤悠太<sup>1</sup>, 鳴海克希<sup>1</sup>, 嗟峨涼<sup>1</sup>, 細川洋一郎<sup>1</sup>, 青木昌彦<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>弘前大学医学部保健学科, <sup>2</sup>弘前大学医学部放射線腫瘍学講座

### 1. 緒言

腫瘍診断において、造影CTは存在診断と質的診断において極めて重要である。一方、Dual energy CTでは物質密度の定量化が可能であり、そのため腫瘍組織の構成成分の分析が可能で、腫瘍組織内水密度と予後の関係が報告されている。<sup>1)</sup>しかし、造影CT時の血管内の水密度の動態分析研究は少ない。そこで今回、Dual energy CTを使用し、単純CTと造影CTの水密度の評価を行なった。

### 2. 方法

基礎実験として、ヨード造影剤の濃度を变化させ(100%~0%で計16種類)Dual energy CTで撮影を行い、水密度がどのように変化するかを評価した。造影剤にはオムニパーク300、イオパミロン300を使用した。また、弘前大学附属病院で施行されたDual energy CTの患者データ117件を使用し、単純CTと造影CTの動脈・静脈、動脈と静脈の単純CT・造影CTの水密度の平均値を取得し比較検討した。

### 3. 結果

ヨード造影剤の濃度の变化をさせた場合、ヨード造影剤が、濃度10%以下ではほぼプラトーであったが、それ以上になるとヨード造影剤の上昇に伴い、水密度の増加が観察された(図1)。

患者データ117件を利用し、単純CTおよび造影CTの、動脈および静脈の水密度の平均値(mg/cm<sup>3</sup>)を求めた結果、単純CTの動脈は1037 (SD:7.697)、造影CTの動脈は1030 (SD:11.82)、単純CTの静脈は1029

(SD:9.389)、造影CTの静脈は1035 (SD:39.16)であり、数値にほとんど差が見られなかった。

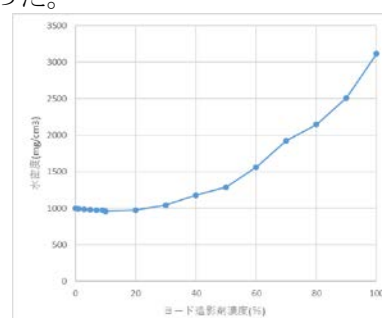


図1. 造影剤濃度と水密度の関係

### 4. 考察

患者における分析では、造影前後、動脈静脈による違いでは水密度に差はみられず、これら生理的状态では、成分変化がごく僅かなため水密度に変化がないと考えられた。従って、Dual energy CTにおける水密度分析において、臨床的に用いる造影剤濃度で造影剤投与は影響がないと示唆される。

### 5. 参考文献

1) Aoki M, et al. Measurements of Substance Densities of Non-small Cell Lung Cancer Using Dual Energy Computed Tomography are Useful for Prediction of Local Control and Overall Survival after Stereotactic Body Radiotherapy, ASTRO. 2018;volume 102,issue 3:e671

### 6. 謝辞

本研究にあたり、御協力いただきました弘前大学病院放射線部の皆様へ感謝いたします。



## 演題番号 6

## 前立腺癌細胞に対する分割照射による放射線抵抗性獲得機序解析

○山崎稜<sup>1</sup>, 嵯峨涼<sup>2</sup>, 長谷川和輝<sup>2</sup>, 高橋玲<sup>2</sup>, 福井呂満<sup>2</sup>, 村田晃祥<sup>3</sup>, 細川洋一郎<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>弘前大学医学部保健学科放射線技術科学専攻, <sup>2</sup>弘前大学大学院保健学研究科放射線技術科学領域, <sup>3</sup>岩手県立二戸病院放射線技術科

### 1. 緒言

腫瘍に対する一般的な放射線治療の照射方法である分割照射中に, 癌細胞が放射線抵抗性を獲得することが報告されており (1), 再発及び転移の原因であると考えられている。しかし, 分割照射中の放射線抵抗性獲得の根本的な機序は未だ不明である。そこで本研究は分割照射中の放射線抵抗性の獲得に関連する要因を探索し, その機序を明らかにすることを目的とした。

### 2. 方法

前立腺癌脳転移細胞株である DU145 に対して, 以下のスケジュールでX線照射を行った。照射条件は 150 kV, 20 mA, 1.0 Gy/min とした。

- Irradiation (IR)1, 2 Gy/day 総線量 20 Gy
- IR2, 4 Gy/day 総線量 20 Gy
- IR3, 4 Gy/day 総線量 56 Gy

照射後に増殖を続けた細胞を IR1-3 細胞とした。これらの細胞株に, 0-6 Gy まで照射したときの生存率をコロニー形成アッセイによって評価した。また, 癌幹細胞マーカーとして知られている CD44/CD133/CD138 陽性細胞割合をフローサイトメトリーにて解析した。放射線抵抗性と関連することが報告されている神経内分泌分化マーカー CgA 及び NSE の mRNA 発現及び, 多能性関連遺伝子である OCT4 及び NANOG の mRNA 発現を RT-qPCR 法で分析した。

### 3. 結果

IR3 は DU145 の親 (P; parental)細胞と比較して 2-6 Gy 間で有意な生存率の上昇を示したが, IR1 及び IR2 は P 細胞と比較して有意な生存率の上昇はみられなかった (図 1)。各細胞株における CD44/CD133/CD138 陽性細胞割合は, IR1 では検出出来なかったが,

IR2 及び IR3 では P 細胞と比較して, 有意に割合が上昇した。また, CgA と NSE の mRNA 発現は P 細胞と比較して IR1 で減少したが, IR3 で有意に増加した。さらに, 多能性関連遺伝子 OCT4 及び NANOG の mRNA 発現は IR2 と比較して IR3 において有意に増加した。

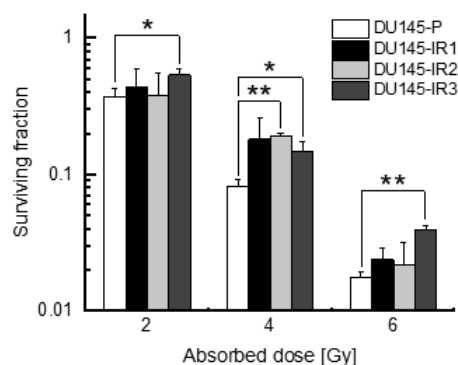


図 1. 放射線に対する細胞生存率の比較

### 4. 考察

OCT4 と NANOG の mRNA 発現は IR3 細胞でのみ増加した。この結果は, OCT4 と NANOG は CD44 と CD133 を含む様々な癌幹細胞関連分子の発現を調節し, NANOG の過剰発現は CD44 と CD133 を含む癌幹細胞マーカー発現を増加する。したがって, 分割照射によって多能性関連遺伝子が増加し, これによって誘発された癌幹細胞の発現及び放射線抵抗性獲得の引き金となる神経内分泌分化が亢進されることが示唆された。

### 5. 参考文献

- 1) Li F, Zhou K, Gao L, Zhang B, Li W, Yan W, Song X, Yu H, Wang S, Yu N and Jiang Q: Radiation induces the generation of cancer stem cells: A novel mechanism for cancer radioresistance. *Oncol Lett.* 12:3059-3065. 2016.

演題番号 7

## 原子力災害拠点病院および原子力災害医療協力機関における被ばく医療支援体制の調査

○坂本瑞生<sup>1</sup>、辻口貴清<sup>1</sup>、鈴木陽子<sup>1</sup>、柏倉幾郎<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 弘前大学大学院保健学研究科

### 1. 緒言

本邦における原子力防災体制は、2011年の福島第一原子力発電所事故を契機に策定された原子力災害対策指針を基に整備されてきた。原子力災害時の医療機関の整備状況は2015年の指針改定を経て従来体制から大きく変遷し、全国に「原子力災害拠点病院」および「原子力災害医療協力機関」が設置されてきている<sup>1)</sup>。これらの病院や機関は各自治体により指定されているものの、地域や機関によって指定に係る条件は異なっている<sup>2)</sup>。そこで本研究では、拠点病院および協力機関の人的及び物的準備状況を調査し、問題点を把握するとともに今後の原子力防災体制を充実させるための要件を明らかにする。

### 2. 方法

2018年7月時点で拠点病院および協力機関に指定されている機関(42機関)に対しアンケート用紙を送付し、医療スタッフの教育状況や被ばく医療資機材、医薬品の準備状況等、人的および物的な準備状況を調査した。尚、本調査は弘前大学大学院保健学研究科倫理委員会より承認を得て実施した。

### 3. 結果

拠点病院および協力機関に対しアンケートを送付したところ17機関(40.5%)から回答が得られた。受入可能な被ばく/汚染傷病者数について、回答機関のうち1名以上の受入が可能な機関は全体の半数以上(53.0%)であった。また、「受入不可」は5.9%、「不明」は11.8%であった。被ばく/汚染傷病者の受入訓

練の実施経験について、有ると答えた機関は47.1%であった。人員が不足していると思われる職種としては、「医師」、「業務調整員/事務職」が47.1%と最も多く、次いで「看護師」(41.2%)、「放射線技師」(29.4%)であった。自施設職員の人材育成に関して、放射線安全管理、放射線防護学といった分野の教育ニーズは60.0%以上であった。自施設で保有している放射線計測機器について、汚染検査に必須となる「GMサーベイメータ」の保有率は88.2%であった。

### 4. 結論

有事の際、汚染検査に必須となる「GMサーベイメータ」の保有率は100%に及ばず、また、多職種において人員の不足があることから、多くの機関で人員や放射線測定機器の整備状況が十分ではないことが判明した。一方で、放射線科学分野における高い教育ニーズが示された。今後の原子力防災体制の充実及び改善に向けて、各地域の状況に応じた教育システム開発と人材育成、自治体と各機関が協力して資器材整備を行うことが求められる。

### 5. 参考文献

- 1) 原子力規制委員会：原子力災害対策指針。  
<https://www.nsr.go.jp/data/000024441.pdf> (閲覧日：2019/6/16)
- 2) 原子力規制委員会：原子力災害拠点病院等の施設要件。  
<https://www.nsr.go.jp/data/000119566.pdf> (閲覧日：2019/6/16)

## 演題番号 8

## 肝臓と筋肉のグリコーゲン量に及ぼすリンゴ溶液による影響

○濱 佑衣, 伊藤 沙和, 新潟 理美, 加藤 秀夫, 出口 佳奈絵東北女子大学  
健康栄養学科

## 1. 緒言

リンゴは青森県の代名詞であり、胃腸など消化器系に有効な果物である。豊富な糖質や水溶性食物繊維だけでなく、リンゴポリフェノールもよく知られている。本研究はリンゴの糖質とその他の栄養素に注目して、肝臓とひらめ筋(赤筋)のグリコーゲン合成への影響を調べた。ラットにリンゴの果汁を空腹時に経口投与して肝臓の代謝、脳への栄養補給、筋肉活動などについて検討した。

## 2. 方法

明暗サイクル(12時間)の照明条件下でWistar系雄ラットを、暗期の9:00~17:00に自由摂食させた。食餌は、標準固形食を与えて約2週間飼育した。10%の砂糖溶液又は麦芽糖溶液を6.0mlと同じ糖質量のリンゴ溶液5.7mlを空腹のラットに経口投与して、約2時間後に門脈と肝静脈から同時採血した。

## 3. 結果

摂食によって門脈血糖は増加し、肝静脈血糖は減少した。半日絶食した絶食ラットに少量の糖質を投与しても、糖新生は低下しなかった。その結果、門脈よりも肝静脈の血糖が高くなった。一方、肝臓のグリコーゲンは、摂食により増加するが、半日の絶食によって著しく低下した(図)。絶食ラットにグリコーゲンの100%基質である麦芽糖を投与してもほとんど低いままであった。同じ二糖類で50%基質の砂糖を投与するとむしろ肝臓グリコーゲンは増加した。同量の糖質を含んだリンゴ溶液を投与すると、肝臓グリコーゲン量が著し

く増加した。筋肉グリコーゲンも傾向として類似の効果が得られた。

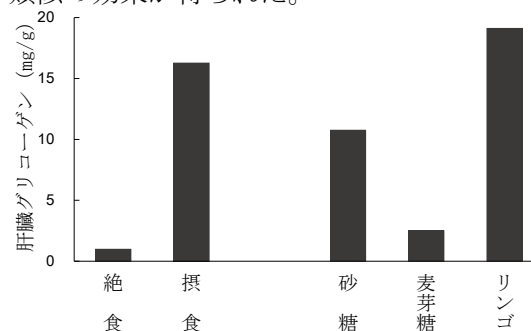


図. 摂食の有無、糖質の違いとリンゴ溶液による肝臓グリコーゲンへの影響

## 4. 考察

糖質の違いによる肝臓と筋肉のグリコーゲン合成と糖質代謝への影響を調べ、リンゴ果汁の有効性を検討した。

十分な摂食は門脈血糖が上昇し、逆に肝臓を経由した肝静脈血糖が低下した。絶食時の血糖レベルは門脈で低く、肝静脈で高いことから肝臓での糖新生が寄与したと考えられる。絶食ラットに少量の糖質液を投与しても、糖新生の減少が認められなかった。肝臓と筋肉のグリコーゲン合成は、麦芽糖よりも砂糖の方が効果的であった。同じ二糖類でも構成糖の違いにより、グリコーゲン合成も異なる結果が得られた。同じ糖質量のリンゴ溶液を投与すると、肝臓と筋肉のグリコーゲン量が増加した。このことから、砂糖に含まれる果糖やリンゴの成分がグリコーゲン合成に関与していることを示唆した。従って、リンゴ果汁は血糖の維持、肝臓の機能維持、運動時のエネルギー源として優れた果物であると考えられる。

## 演題番号 9

## 糖尿病ラットにおける血中アミノ酸プロファイルについて

○小笠原 加奈, 阿部 遥, 大高 梨沙, 加藤 秀夫, 出口 佳奈絵  
東北女子大学 健康栄養学科

## 1. 緒言

糖尿病が進行すると腎障害や網膜症、末梢神経障害などを発症させる。これまで、糖尿病の重症化予防に有効な食事療法は糖質や脂質の量の制限があった。本研究では、肝臓の入り口である門脈と出口となる肝静脈から糖尿病の代謝動態を調べた。さらに、双方の血中アミノ酸プロファイルから糖尿病におけるタンパク質栄養の重要性を検討した。

## 2. 方法

Wistar 系雄ラットにストレプトゾトシン溶液を腹腔内投与して糖尿病モデル動物を作成し、粉末食を一定時刻に自由摂食させた。投与5日目の糖尿病モデルラットと正常ラットにおいて、空腹時と摂食3時間後に門脈と肝静脈から同時採血した。糖尿病に伴う代謝異常を調べ、特にタンパク質栄養を検討するために血中の全アミノ酸濃度を定量分析し、アミノ酸プロファイルを提示した。

## 3. 結果及び考察

消化管を経由した門脈血糖は、空腹時より摂食後で増加した。糖尿病モデルラットの門脈血糖は、300mg/dl 以上の高レベルを示した。また、門脈と肝静脈における血糖値差から肝臓での糖代謝動態を調べた。その結果、正常ラットの空腹時には糖新生の増大が認められた。一方、糖尿病モデルラットにおける肝臓での糖利用は、明確な結果が得られなかった。

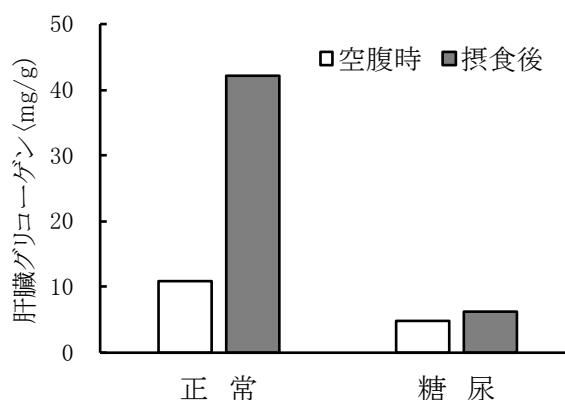


図. 糖尿モデルラットによる肝臓グリコーゲン量への影響

糖尿モデルラットの筋肉グリコーゲン量は、空腹時と摂食後において、低値を示した。肝臓グリコーゲン量は空腹時で低く、摂食すると増加した。しかし、糖尿モデルラットの肝臓グリコーゲン量は、正常ラットよりも低値を示した。これは、インスリン能の減少から、肝臓グリコーゲンの合成能が低下したと考えられる。

これまでの糖尿病とタンパク質栄養について再検討するために、血中アミノ酸濃度を分析中である。生体固有のアミノ酸プロファイルに小腸と肝臓の関与を明らかにし、糖尿病におけるタンパク質栄養を検討する。

演題番号 10

## 肝障害ラットにおける血中アミノ酸プロファイルについて

○伊藤 沙和, 阿部 遥, 新岡 理美, 田中 夏海, 出口 佳奈絵  
東北女子大学 健康栄養学科

## 1. 緒言

肝臓は栄養素の代謝や解毒などの生理的機能があり、代謝臓器の要である。四塩化炭素投与による肝障害モデルラットを用いて肝臓を中心とした栄養代謝を調べた。さらに、門脈と肝静脈の血中アミノ酸プロファイルから小腸と肝臓におけるアミノ酸代謝を調べ、タンパク質代謝の重要性を検討した。

## 2. 方法

Wistar 系雄ラットは、活動期の暗期を 9:00~21:00 とし、明暗サイクルの照明条件下で飼育した。標準タンパク質食を暗期の 10:00~16:00 に与えた。正常ラットと四塩化炭素を経口投与した肝障害モデルラットを飼育し、3 日後の空腹時と摂食 3 時間後に門脈血と肝静脈血から同時採血した。肝障害を伴う代謝異常を調べ、さらに、血中の全アミノ酸濃度を定量分析し、アミノ酸プロファイルを提示した。

## 3. 結果・考察

腸管を経由した門脈血糖は、肝障害の有無に関係なく、空腹時より摂食後で増加した。門脈と肝静脈の血糖値の差から、肝臓での糖代謝動態について調べた結果、肝障害ラットの空腹時では、正常ラットと同様に糖新生が増加した。しかし、空腹時での肝障害モデルラットの血糖レベルが正常ラットよりも低くなり、血糖調節における肝機能の関与を示唆した。

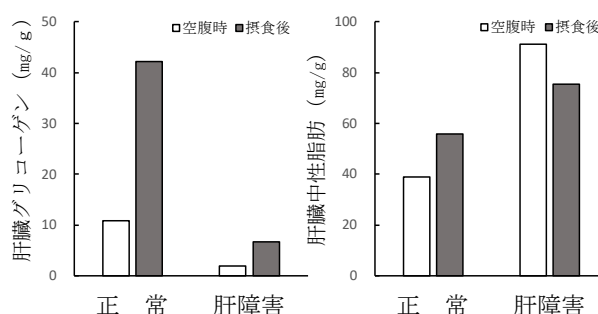


図. 肝障害ラットにおける肝臓中のグリコーゲンと中性脂肪

摂食によって増加する肝臓グリコーゲンは、肝障害モデルラットで著しい低下が認められた。これは、グリコーゲン合成能の阻害と肝疾患による摂食量の減少も要因の一つとして考えられる。

肝臓の中性脂肪は、肝障害モデルラットで顕著な増加が認められた。それに伴い血中中性脂肪の摂食による増加は、認められなかった。これは肝臓での VLDL 合成が抑制されたことにより、肝臓への脂肪蓄積が促進されたと考えられる。

肝疾患における栄養療法には、糖質コントロール、脂質制限、分岐鎖アミノ酸投与などが知られている。食事性タンパク質の量と質的な栄養管理を考えるため、血漿中アミノ酸動態について分析中である。食事由来のタンパク質が消化、吸収、代謝された門脈と肝静脈の血中アミノ酸プロファイルから、肝疾患における小腸と肝臓のアミノ酸代謝を検討する。

## 演題番号 11

## 甲状腺ホルモン系に対する phytoestrogen の作用とかく乱

○宮崎航<sup>1</sup>、Winda Ariyani<sup>2</sup>、鯉淵典之<sup>2</sup>

1. 弘前大学大学院保健学研究科、2. 群馬大学大学院医学系研究科

## 1. 緒言

Xenoestrogen はエストロゲン受容体(ERs)を介して作用を引き起こす化学物質であり<sup>(1)</sup>、イソフラボン類(ゲニステイン、ダイゼイン)などの phytoestrogen、ビスフェノール A (BPA)・4-ノニルフェノール (4NP)などの環境化学物質が知られている。近年、イソフラボン類が甲状腺ホルモン受容体 (TRs) に対しても作用することが報告されている。甲状腺ホルモン (THs) は様々な臓器の発達と機能維持に重要な役割を果たしているが、xenoestrogen は直接もしくは間接的に THs の作用を変化させる<sup>(2)</sup>。しかし、TRs に対する xenoestrogen の詳細な作用機序の解明は不十分である。本研究では、TRs に対する xenoestrogen の結合様式と転写への影響について検証を行った。

## 2. 方法

レポータージーンアッセイを用いて、TRs を介する転写に対する xenoestrogen の影響について検証した。また TRs の転写における ERs の作用を検証するため、ERs 強発現時ならびに RNA 干渉法を用いた ERs 非存在下における転写への影響についても同様にレポータージーンアッセイを用いて解析を行った。さらに、xenoestrogen の TRs に対する結合様式を検証するため、In silico molecular docking study を用いて解析を行った。

## 3. 結果

TRs を介する転写において、TH により誘導された転写活性はイソフラボン類の添加により増強された。また、ERs を強発現もしくはノ

ックダウンした場合でもイソフラボン類による転写活性の増強効果が観察された。さらに、TRs に対するイソフラボン類の結合について、In silico molecular docking study を用いて検証したところ、TRs には既知の結合部位を含めた2箇所の TH の結合部位があり、どちらの部位にもイソフラボン類が結合しうることが示唆された。一方、一連の解析を、環境化学物質を用いて行った際にも同様の結果が得られた。

## 4. 考察

以上の結果から TRs に対して xenoestrogen が直接結合することにより、TH の作用を変化しうることが示唆された。しかし、xenoestrogen の結合による TRs を介する転写の増強誘導メカニズムについては、転写を増強させる転写共役因子の結合も増加していることを見出しているが、未だ不明な点が多い。Xenoestrogen の結合による TRs の構造変化も踏まえ、引き続き詳細な検証が必要である。

## 5. 参考文献

- 1) Kuiper, G.G.; Lemmen, J.G.; Carlsson, B.; Corton, J.C.; Safe, S.H.; van der Saag, P.T.; van der Burg, B.; Gustafsson, J.A. Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor beta. *Endocrinology* 1998, 139, 4252–4263.
- 2) Marini H, Polito F, Adamo EB, Bitto A, Squadrito F, Benvenia S. Update on genistein and thyroid: an overall message of safety. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2012 Jul 31;3:94. doi: 10.3389/fendo.2012.00094.



演題番号 12

## 医療福祉系養成校学生の失語症理解度に関する検討

○浅田 一彦<sup>1</sup>, 藤原 健一<sup>2</sup>, 平川 美和子<sup>3</sup>, 板垣 喜代子<sup>3</sup>, 木村 綾子<sup>3</sup><sup>1</sup>弘前医療福祉大学保健学部医療技術学科言語聴覚学専攻, <sup>2</sup>弘前医療福祉大学保健学部医療技術学科作業療法学専攻, <sup>3</sup>弘前医療福祉大学保健学部看護学科

### 1. 緒言

医療福祉系養成教育は知識・技術の伝達を、講義・演習などにより養う学内教育と、医療福祉の臨床地で患者に直接的に対応し知識・技術の適用、医療専門職としての態度を習得する学外での臨床実習によって達成される。この臨床実習において、コミュニケーション障害のある患者を担当する機会を得る学生は少なくないのが現状であり、その際、担当患者が例えば失語症者であった場合に、その対応に苦慮したという声をよく耳にする。そこで本研究では、医療福祉系養成校の学生へ失語症の啓発を行う際の基礎的知見を得ることを目的として、失語症の理解度を調査し、現状の問題点と課題について検討した。なお、本研究は弘前医療福祉大学研究倫理委員会の承認を得て実施した。

### 2. 方法

対象は本学在学中の看護学科、作業療法学専攻及び言語聴覚学専攻の学生 90 名である。3 学科・専攻とも条件を揃えるため、臨床実習を終了した 4 年生とした。対象者の属性（専攻、年齢、性別、実習等における失語症者担当経験の有無、失語症の知識に関する情報源）に関する質問紙と、辰巳ら（2017）が開発した失語症の理解度評価尺度 Aphasia Knowledge Test-20（AKT-20）を実施した。AKT-20 の内容は、“biomedical knowledge（BK）” 8 問（失語症の原因や出現率、症状、合併症など）、“coping knowledge（CK）” 7 問（失語症状の対処方法など）、“services knowledge（SK）” 5 問（リハビリテーション環境や社会サービスなど）の合計 20 問から構成されている。分析方法は、言語聴

覚学専攻学生群とその他の学生群との正答率の比較については Mann-Whitney 検定の U 検定を用い、解析には JSTAT for windows を使用し、有意水準は 5%未満とした。

### 3. 結果

対象の内訳は男性 27 名、女性 63 名で、看護学科学生 43 名、作業療法学専攻学生 30 名、言語聴覚学専攻学生 17 名である。AKT-20 の正答率は 68.5%（BK：68.5%，CK：80.5%，SK：51.8%）であった。学科専攻別では、言語聴覚学専攻学生群の正答率は 82.6%（BK：87.5%，CK：87.4%，SK：68.2%）、看護学科学生群の正答率は 60.3%（BK：57.0%，CK：77.1%，SK：42.3%）、作業療法学専攻学生群の正答率は 72.2%（BK：74.2%，CK：81.4%，SK：56.0%）であり、言語聴覚学専攻学生群以外の学生群の正答率は全体と 3 つの下位項目のすべてにおいて、言語聴覚学専攻学生群より低下していた。質問項目別では BK と SK の正答率が特に不良であった。なお、看護学科学生群の正答率は全体と BK において言語聴覚学専攻学生群より有意に低下していた（ $p < 0.05$ ）。

### 4. 結論

医療福祉系養成校に在籍する言語聴覚学専攻以外の学生の、失語症に関する基礎知識の不足が明らかとなった。本学言語聴覚学専攻には、言語・コミュニケーション障害を専門とする教員（言語聴覚士）が所属している。本研究の調査結果より、（言語聴覚学専攻教員が他学科・専攻の学生にレクチャーを行う等）学生に対する失語教育の必要性が示唆された。

演題番号 13

## リハビリ専門職志望学生の進路決定プロセスの特徴

○須藤美香<sup>1</sup>, 平岡恭一<sup>2</sup>, 石井陽子<sup>1</sup>

<sup>1</sup>弘前医療福祉大学保健学部, <sup>2</sup>弘前医療福祉大学短期大学部

### I. 緒言

大学進学率は2018年度で53.3%と過去最高となり, 基礎学力や学習習慣の不足, 目的意識の曖昧な学生が入学することも稀ではなくなっている. 医療系専門職養成においては, 医学領域の専門基礎科目の単位修得が必須であり, 日々の継続的な学習が欠かせない. 上記の学生は勿論のこと, 目的意識の明確な学生であっても学修に苦慮することがある. 以上に鑑み, リハビリ専門職志望大学生の学習を促進する要因を明らかにする必要がある.

医療系専門職養成の特徴として, 入学後の学習に多大な影響を与える要因に, 進路決定に至ったプロセスや志望動機があげられる. 落合ら<sup>1)</sup>は医療系大学生の進路決定プロセスを5類型化し, 例えば看護師志望には「早期決定型」が多いのに対し, 理学療法士(以下PT), 作業療法士(以下OT)志望には「出会い型」が多いことを指摘している. この「出会い型」は, 小さい頃から医療職に就きたいと考えおり, 中学・高校で具体的な職業に出会うことで進路を決定するタイプである. この進路決定プロセスあるいは志望動機は, 大学での4年間の学びのあらゆる側面に影響するだけでなく, 実習の達成感や大学生活のストレス度合いにまでも影響することが報告されている.

上述の先行研究には, リハビリ3職種のうち言語聴覚士(以下ST)志望学生を単独で調査した報告は見当たらない. そこで本研究では, 学習促進要因を検討するための前段階として, STおよびOT学生の進路決定プロセスを調査

し, 特徴を明らかにすることを目的とする.

### 2. 方法

(1)実施時期: 2019年7, 8月. (2)対象者: A大学ST志望学生1~3年62名およびOT志望学生1~3年140名の計202名. (3)方法: アンケート調査. 落合ら<sup>1)</sup>の進路決定プロセス5類型, 志望動機などを尋ねた. ST/OTになりたい気持ちの強さ, 職業イメージの明確さはVisual Analogue Scale(VAS)により計測した. 本研究は弘前医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号2019-1).

### 3. 結果

ST志望学生の回収率は100%, 有効回答数61であった. 「早期決定型」は4.9%, 「回避型」が6.6%と非常に少なく, 「出会い型」が44.3%と最も多かった. 進路決定プロセス別にSTになりたい気持ちの強さを見ると, 「回避型」のみが約50と低値であった. 「途中変更型」は多くが医療福祉系から高校3年時に進路変更した者であったが, STになりたい気持ちは他の3類型と同様に80以上で高値を示した.

### 4. 考察

認知度が低いとされるSTであるが, ST志望学生の進路決定プロセス5類型別の割合は, 落合ら<sup>1)</sup>と大きな相違はなかった. 「回避型」以外は, 「途中変更型」であっても医療系大学を選択している時点で目的意識が明確であると言える. また「回避型」は職業イメージが形成されにくい可能性が示唆された. 今後は進路決定プロセスが学習に及ぼす影響を検討する.

### 5. 引用文献

1)落合幸子, 本田陽子, 落合良行 他: 医療系大学への進路決定プロセスと入学後の職業的アイデンティティとの関連. 医学教育, 37(3); 141-149, 2006

演題番号 14

## 父親のための家事・育児教室に関する文献レビュー

○高瀬園子<sup>1</sup>，西沢義子<sup>1</sup>，松尾泉<sup>1</sup>，尾崎麻理<sup>1</sup>，石岡真移子<sup>2</sup>

<sup>1</sup>弘前医療福祉大学保健学部，<sup>2</sup>弘前医療福祉大学短期大学部

### 1. 緒言

育児や家事は、夫婦が共に協働して行うことが推奨されている。しかし、日本は、先進国のなかでも、夫の育児や家事の時間が低水準であるという報告がある<sup>1)</sup>。そのため、父親の家事や育児を推進するための教育の必要性が示唆される。そこで、父親のための家事や育児に関する教室に関する文献検討を行うことで、教室の実態と今後の課題を明らかとすることを本研究の目的とした。

### 2. 方法

医学中央雑誌 Web 版 Ver.5 を用いて原著論文のみ検索した。キーワードは、「育児」「家事」「父親（夫、男性）」「教室（教育、講座）」とし、時期は、データベースが検索可能な期間から 2018 年までとした。結果、育児や家事に関する教室が含まれていない論文や子どもがいる親を対象としていない教室を削除した 22 件の論文について、年代、教室の内容、実態と効果について分析し、考察した。

### 3. 結果

①年代：厚生労働省のイクメンプロジェクト（2010）<sup>2)</sup>以前の論文は 5 件であり、妊娠期に実施した教室について入院中または、退院 1 か月後にその効果を検証する研究がみられた。2010 年以降では、乳幼児の子どもがいる父親を対象とした教室や妊娠期から乳幼児期まで継続した教室の効果に関する研究もみられた。②教室の内容：妊娠や出産について、新生児の抱き方や沐浴方法に関する内容がみられた。父親同士の意見交換会や、乳幼児期を対象とした教室では、遊びや絵本の読み聞かせに関する内

容がみられた。その一方で、家事に関する内容はみられなかった。

③実態と開催効果：教室参加による効果については、父親が育児に積極的に関わるという意識や時間が増加したことが示された。教室の時期は、妊娠期よりも子どもが産まれてから教室に参加することがより効果があることが示されていた。その一方で、父親は、妊娠期は父親になる実感を得ることが出来ないこと、育児のイメージがつかないことが示されていた。子どもの成長に合わせた育児に関する情報提供の必要性を感じていた父親もいた。

### 4. 考察

父親向けの教室では、両親学級などの妊娠、出産、退院 1 か月を見据えたものが多く、一方で、乳幼児を対象とした教室や妊娠期から乳幼児期まで継続した教室もあり、教室に参加することで父親の育児意識や行動が高まることが示されていた。また、父親は、妊娠期は、父親になる実感や育児をイメージすることが難しく、その時期に即した育児教室に効果があることが明らかとなった。今後は、妊娠から育児期まで継続した教室を開催する必要性と、家事に関する教室が少ないことから、家事に関する内容を含むことの必要性も示唆された。

### 5. 参考文献

- 1) 内閣府男女共同参画局仕事と生活の調和推進室：特集 仕事と生活の調和（ワーク・ライフ・バランス）レポート 2017（概要）. 共同参画，111：2-5,2018
- 2) 厚生労働省 <https://ikumen-project.mhlw.go.jp/> (2019.07.09)



## 演題番号 15

## 日本のがん検診制度はがんによる死亡率を減少させているか？

○力石國男<sup>1,2</sup><sup>1</sup>ノースアジア大学総合研究センター, <sup>2</sup>秋田看護福祉大学

## 1. 緒言

がんは早期発見により生存率が高まるので、がんの早期発見・早期治療を目的に健常者を対象にしたがん検診が行われてきた。それががんの早期発見に寄与してきたことは確かであるが、トータルとしてがんによる死亡率を減少させているかどうかは明らかでない。しかしがん検診の受診率が都道府県によって大きく異なっている事実に着目すると、がん検診制度ががんによる死亡率減少させているかどうかを検証することが可能となる。その理由は、もしがん検診ががんによる死亡率を減少させているならば、受診率の高い都道府県ほどがんによる死亡率が低いか、あるいは死亡率が減少傾向にあると期待されるからである。

本研究では以上の視点立って 47 都道府県別のがん検診受診率と各種がんの年齢調整死亡率との相関分析を行って、わが国のがん検診制度ががんによる死亡率の減少に寄与しているかどうかを検証した。

## 2. 方法

厚生労働省の「国民生活基礎調査」によるがん検診受診率（2007～2016年の3年毎、都道府県別）はウェブ上に公開されている。検診種目は胃がん・大腸がん・肺がん・乳がん・子宮がんの5種類で、延べの総受診者は約6,000万人に達する。受診率は年によって変化するが、その都道府県分布は検診種目・調査年によって大きな違いがなかった。

一方がんによる死亡率データについては、厚生労働省がウェブ上に公開している16種類のがん（期間は1995～2016年の各年）の都道府県別年齢調整死亡率（対10万人）を利用した（総死者数約714万人）。多くのがん種は死亡率が年々減少しているが、減少率はがん種によって差があり、また乳がん・子宮がんのように死亡率が年々上昇しているものもある。がん死亡率を $y$ 、調査年を $x$ として死亡率の経年変化を最小二乗法で近似すると、近似式

は  $y = a(x - \bar{x}) + \bar{y}$  で表される。ここで  $\bar{x}$  は調査年の中央（=2005.5年）を表し、 $\bar{y}$  は22年間の平均死亡率を表す。また  $a$  は死亡率の増加率を表し、最小二乗法によって求められる。以下では各種がんについて、がん検診受診率の都道府県分布と平均死亡率（ $\bar{y}$ ）及び死亡率増加率（ $a$ ）の都道府県分布の相関分析を行った。

## 3. 結果

都道府県別のがん検診受診率と各種がんの平均死亡率（ $\bar{y}$ ）の間には有意な相関は見られなかった。すなわちがん検診ががん死亡率の減少に寄与しているとはいえない。また、肺がん検診受診率と各種がんの死亡率増加率（ $a$ ）との相関関係を調べたところ、全部位がん・肝および肝内胆管がん・子宮頸がん・乳がん・卵巣がんでは、がん検診受診率の高い都道府県ほどがん死亡率が（相対的に）増加傾向にあることが見出された。肝臓は最大の臓器であり組織密度が高いため放射線の影響が強く、子宮頸部・乳房・卵巣は放射線に対する感受性が高いことがその理由であると推定される。結論として、がん検診はがんの早期発見には寄与するが、トータルとしてはがんによる死亡率を増加させているといえる。

厚生労働省(2015)によれば5種のがん検診受診者の2.0～8.4%が精密検査に回され、そのうちの1.3～4.1%からがんが発見されている。0.004～0.034%のがん患者を発見するためにその数十倍もの健常者が強い放射線(CT)を浴びていることががん死亡率増加の原因となっていることが考えられる。最近はさまざまな高性能CTが診断や治療に使われているので、それらが二次がんを誘発している可能性についての調査研究が望まれる。

## 4. 参考文献

1) 力石國男：がん検診の受診率向上はがんによる死亡率を減少させるか？ ノースアジア大学「総合研究」第7号：231-245, 2019.

【Proceeding】

【Special lecture】

Miracles of Narumi Hospital's trail walked with interventional radiology  
Hiraku Yodono  
Department of Radiology, Narumi Hospital, Aomori, Japan

【Oral presentation】

1. Usefulness of the HSL color space analytical method to differentiate between the atypical immature squamous metaplasia and carcinoma in situ in the cervical LBC sample  
Godai Tashiro<sup>1)</sup>, Haruhiko Yoshioka<sup>2)</sup>, Kayo Horie<sup>2)</sup>, Jun Watanabe<sup>2)</sup>  
1) Department of Medical Technology, Hirosaki University School of Health Sciences  
2) Department of Bioscience and Laboratory Medicine, Hirosaki University Graduate School of Health Sciences  
Keyword : HSL color space analytical method, atypical immature squamous metaplasia, carcinoma in situ, Liquid Based Cytology (LBC), cervical cytology
2. Study of various culture methods to detect diarrheagenic *Escherichia coli* genes in diarrheal patients  
Ryota Hayashi<sup>1)</sup>, Tsubasa Abe<sup>1)</sup>, Tsumugi Matsushita<sup>1)</sup>, Sho Yoshioka<sup>2)</sup>,  
Seishin Tsukiashi<sup>3)</sup>, Miyuki Fujioka<sup>2)</sup>  
1) Hirosaki University School of Health Sciences  
2) Hirosaki University Graduate School of Health Sciences  
3) Hirosaki Medical Association Clinical Inspection Center  
Keyword : Diarrheagenic *Escherichia coli*, Diarrheal patients, EC broth, PCR
3. Study to detect pathogen in the river water of in Hirosaki area  
Tsumugi Matsushita<sup>1)</sup>, Tsubasa Abe<sup>1)</sup>, Ryota Hayashi<sup>1)</sup>, Sho Yoshioka<sup>2)</sup>, Miyuki Fujioka<sup>2)</sup>  
1) Hirosaki University School of Health Sciences  
2) Hirosaki University Graduate School of Health Sciences  
Keyword : Hirosaki area, Waterborne disease, Pathogen
4. Continual survey of tick-borne infectious diseases in Aomori prefecture, Japan  
Mina Narita<sup>1)</sup>, Sho Yoshioka<sup>2)</sup>, Masaru Yamaguchi<sup>2)</sup>, Takakiyo Tsujiguchi<sup>2)</sup>, Mitsuru Chiba<sup>2)</sup>,  
Kanao Yamanouchi<sup>2)</sup>  
1) Hirosaki University School of Health Sciences  
2) Hirosaki University Graduate School of Health Sciences  
Keyword : Hard-tick, Tick-borne diseases, SFTS, Japanese spotted fever, Lyme disease
5. Study of water densities in plane CT and contrast enhance CT by dual energy CT.  
Yuta Sato<sup>1)</sup>, Katsuki Narumi<sup>1)</sup>, Ryo Saga<sup>1)</sup>, Yoichiro Hosokawa<sup>1)</sup>, Masahiko Aoki<sup>2)</sup>  
1) Hirosaki University School of Health Sciences  
2) Hirosaki University School of Medicine, Department of Radiology and Radiation Oncology  
Key word : dual energy CT, plane CT, contrast enhance CT, water density

6. Analysis of radioresistance acquisition mechanism by fractionated irradiation for prostate cancer cells  
Ryo Yamazaki<sup>1)</sup>, Ryo Saga<sup>2)</sup>, Kazuki Hasegawa<sup>2)</sup>, Rei Takahashi<sup>2)</sup>, Roman Fukui<sup>2)</sup>, Kosho Murata<sup>3)</sup>,  
Yoichiro Hosokawa<sup>2)</sup>  
1) Department of Radiological Technology, Hirosaki University School of Health Sciences  
2) Department of Radiation Sciences, Hirosaki University Graduate School of Health Sciences  
3) Department of Radiation Technology, Iwate Prefectural Ninohe Hospital  
Keyword : Radioresistant, cancer stem cell, prostate cancer, fractionated irradiation
7. Investigation of radiation emergency medical preparation situation at nuclear emergency core  
hospitals and nuclear emergency medical cooperative institutions.  
Mizuki Sakamoto<sup>1)</sup>, Takakiyo Tsujiguchi<sup>1)</sup>, Yoko Suzuki<sup>1)</sup>, Ikuo Kashiwakura<sup>1)</sup>  
1) Hirosaki University Graduate School of Health Sciences, Department of Radiation Science  
Keyword : radiation emergency medicine, nuclear emergency core hospital,  
nuclear emergency medical cooperative institution
8. Effect of apple solution on glycogen contents in liver and muscle  
Yui Hama<sup>1)</sup>, Sawa Itou<sup>1)</sup>, Satomi Niioka<sup>1)</sup>, Hideo Kato<sup>1)</sup>, Kanae Ideguchi<sup>1)</sup>  
1) Department of scientific nutrition, tohoku women's college  
Keyword : liver glycogen, muscle glycogen, apple
9. Refer to plasma amino acids profile in portal vein and hepatic vein of type I diabetes mellitus rats  
Kana Ogasawara<sup>1)</sup>, Haruka Abe<sup>1)</sup>, Risa Otaka<sup>1)</sup>, Hideo Kato<sup>1)</sup>, Kanae Ideguchi<sup>1)</sup>  
1) Department of scientific nutrition, tohoku women's college  
Keyword : type I diabetes mellitus, plasma amino acids profile,  
correlation of small intestine and liver
10. Refer to plasma amino acids profile in portal vein and hepatic vein of acute liver disorder rats  
Sawa Itou<sup>1)</sup>, Haruka Abe<sup>1)</sup>, Satomi Niioka<sup>1)</sup>, Natsumi Tnaka<sup>1)</sup>, Kanae Ideguchi<sup>1)</sup>  
1) Department of scientific nutrition, tohoku women's college  
Keyword : liver disorder, plasma amino acid profile, correlation of small intestine and liver
11. The effects of xenoestrogens in thyroid hormone system  
Wataru Miyazaki<sup>1)</sup>, Winda Ariyani<sup>2)</sup>, Noriyuki Koibuchi<sup>2)</sup>,  
1) Department of Bioscience and Laboratory Medicine,  
Hirosaki University Graduate School of Health Sciences  
2) Department of Integrative Physiology, Gunma University Graduate School of Medicine  
Keyword : Xenoestrogen, isoflavones, thyroid hormone, estrogen
12. Examination about the aphasia knowledge of medical welfare system training school students  
Kazuhiko Asada<sup>1)</sup>, Kenichi Fujiwara<sup>2)</sup>, Miwako Hirakawa<sup>3)</sup>, Kiyoko Itagaki<sup>3)</sup>, Ryoko Kimura<sup>3)</sup>  
1) Hirosaki University of Health and Welfare, Department of Rehabilitation Sciences,  
Division of Speech-Language-Hearing Therapy  
2) Hirosaki University of Health and Welfare, Department of Rehabilitation Sciences,  
Division of Occupational therapy  
3) Hirosaki University of Health and Welfare, Department of Nursing  
Keyword : Aphasia, Aphasia Knowledge Test-20, Interprofessional Education

13. Characteristics of the course-decision process in Occupational Therapy students and Speech Therapy students

Mika Sutou<sup>1)</sup>, Kyouichi Hiraoka<sup>2)</sup>, Youko Ishii<sup>1)</sup>

1) Hirosaki University of Health and Welfare, School of Health Sciences

2) Hirosaki University of Health and Welfare Junior College

Keyword : Occupational Therapist, Speech Therapist, the course-selection process, Image of professions

14. A literature review on housework and childcare support classes for fathers

Sonoko Takase<sup>1)</sup>, Yoshiko Nishizawa<sup>1)</sup>, Izumi Matsuo<sup>1)</sup>, Mari Ozaki<sup>1)</sup>, Maiko Shioka<sup>2)</sup>

1) Hirosaki University of Health and Welfare

2) Hirosaki University of Health and Welfare Junior College

Keyword : fathers, childcare support, housework, classes, literature review

15. Is the cancer screening system in Japan lowering the mortality rate from cancer?

Kunio Rikiishi

North Asia University / Akita University of Nursing and Welfare

Keyword : cancer screening rate by 47 prefectures, 22-year average mortality from cancer, rate of change in cancer mortality during the years 1995 - 2016



CONTENTS

**【Review article】**

Cancer stem cells and radiotherapy Yoichiro HOSOKAWA, Ryo SAGA, Kazuki HASEGAWA, Kentaro OHUCHI, Kazuhiko OKUMURA .....	1
---	---

**【Original article】**

Relationship between hearing ability and physical activity or hearing loss awareness (A consideration of the prevention of age-related hearing loss based on auditory-tests data in two cities in Aomori Prefecture) Mika SUTOU, Kyouichi HIRAOKA, Satoru NARITA, Fudeko OSANAI .....	9
Changes in dietary intake and body composition of middle school track and field athletes before and after nutrition education Hiroko MIYACHI, Atushi ODA, Takaaki ISHIKAWA .....	17
Artificial intelligence analysis with convolutional neural network for peripheral blood smear screening in leukocyte classification Ami SASAKI, Miku ODA, Hiroyuki NOZAKA, Manabu NAKANO, Miyuki FUJIOKA, Hideki TAKAMI .....	25

**【Report】**

Changes in health science and medicine in Japan: Increase in foreign workers and emerging possibilities Satoru MONZEN, Yuki MORINO, Mitsuru CHIBA, Andrzej WOJCIK .....	35
Basic study of Artificial Intelligence model for peripheral blood leukocyte classification with deep learning technique Miku ODA, Ami SASAKI, Hiroyuki NOZAKA, Manabu NAKANO, Miyuki FUJIOKA, Hideki TAKAMI .....	41
A description of Internet search methods for health information and their relationship with e-health literacy Fuka OSHIKIRI, Keiko AIZU, Yoshiko NISHIZAWA, Sonoko TAKASE .....	51

The 6th Health Science and Welfare Research Congress Proceedings .....	59
--	----

# 保健科学研究投稿規程

1. 名称：保健科学研究とする。
2. 発行：発行は原則として電子ファイルで年2回とする。
3. 区分：区分は「総説(Review)」、「原著(Original article)」、「報告(Report)」、「資料(Material)」、「事例報告(Case report)」等を原則とし未発表のものに限る。なお各内容についての定義は以下に示すものとする。
  - 1) 総説とは、保健科学に関する特定の主題について、これまでの知見、研究業績を総括し、体系化あるいは解説したもの。原則として編集委員会が執筆を依頼するが、投稿も歓迎する。
  - 2) 原著とは、オリジナリティなどの新規知見を報告するものとする。
  - 3) 報告とは、検討に関するもの(追試、改良等を含む)。オリジナリティなどの新規知見を含まなくてもよい。原著論文とするには十分な客観的データが得られていない場合も報告に該当する。
  - 4) 資料とは、保健科学に資する資料として有用なもの。研究としての価値ではなくデータベースなど資料としての価値の位置づけにふさわしいものとする。
  - 5) 事例報告とは、有用な情報を提供する事例に関するものとする。
4. 論文の作成：論文の作成に際しては、所定の執筆要領に従うものとする。
5. 論文の掲載：保健科学研究には、次の論文を掲載する。
  - 1) 保健科学研究所属大学および短期大学の教員(以下「教員」という)およびその指導協力を得た共同研究者(共著者)による論文
  - 2) 教員以外の者が投稿する場合は、教員との共同研究者で連名とし、保健科学研究編集委員会(以下「委員会」という)が適当と認めた論文
  - 3) 上述以外の論文で委員会が適当と認めた論文
6. 論文数および論文の長さ：筆頭著者が各号に掲載できる論文数の制限はないものとする。ただし、1編の論文の長さは刷り上がりでカラー10頁以内とする。
7. 論文の投稿：投稿原稿は、電子ファイルで提出するものとする。また、その際に論文1編につき投稿料1,000円を委員会に支払う。

振込先  
銀行名：青森銀行弘前支店  
口座番号：3073058  
口座名義：保健科学研究会  
預金種別：普通
8. 投稿受付：投稿は随時受け付ける。
  - 1) 受付は委員会が指定する電子メールアドレスへの原稿ならびに投稿料信憑証票(振込票等支払いを確認できる書類)のコピー送付をもって行い、委員会は受理後すみやかに原稿預り証および投稿料領収書を発行する。
  - 2) 著者より請求があれば、委員会は論文掲載予定通知書を発行する。
9. 投稿原稿の採否：
  - 1) 投稿された論文は、すべて査読される。
  - 2) 査読の後、委員会は投稿論文の体裁および内容について修正を求めることがある。
  - 3) 論文の採否は、委員会において決定する。
10. 編集：
  - 1) 著者校正は原則初校のみとし、校正の際の加筆は原則として認めない。
  - 2) その他、編集に関することは委員会に一任する。
11. 刊行
  - 1) 査読期限は年2回とし、1号は7月31日、2号は1月31日とする。原則として期限内に査読を終了した論文のみを刊行する。
  - 2) 刊行期日は原則として、1号は9月30日、2号は3月31日とする。
  - 3) 掲載された論文の著作権(著作財産権)および版権は、保健科学研究会に属し、その全部または一部をそのまま他の出版物等に掲載する場合には、定められた様式に基づく文章により編集委員長の許可を得るとともに、当該の出版物等に保健科学研究からの転載であることを明記すること。なお、原稿等が保健科学研究に掲載されることが決定した際、著者は著作権委譲承諾書に署名して、すみやかに編集委員長宛てに送付すること。
12. 別刷：別刷は原則として発行しない。

附 則 この規程は、平成31年3月31日から施行する。

投稿先：保健科学研究会HPに示す編集委員会宛に送付すること。

## 執 筆 要 領

1. 原稿は、保健科学研究会HPに掲載している編集委員会指定の所定テンプレートをうい、MS-Wordファイルを作成し、電子投稿する。  
校正後の最終原稿は、MS-Wordファイル(掲載用)とし委員会指定先に提出する。

### 2. 表題

- (1) 論文には表題をつける。
- (2) 表題は和文と欧文をつける。
- (3) 和文のタイトルはMSゴシック(太字)14pt、英文のタイトルはTimes New Roman 14ptとする。
- (4) 英文のタイトルは、最初の文字のみcapitalにする。

### 3. 著者と所属

- (1) 著者名は和文と欧文の両方で記載する。
- (2) 著者名は和文ではMS明朝12pt、英文ではTimes New Roman 12ptとする。
- (3) 所属は和文と欧文の両方で記載する。
- (4) 所属は和文ではMS明朝7pt、英文ではTimes New Roman 7ptとする。
- (5) 著者名の右肩に付ける所属のアスタリスク(\*)は、1名(あるいは所属が同じで複数名)の場合、「\*」とし、所属が異なっており2名以上の場合、「\*1, \*2・・・」とする。

### 4. 要旨

- (1) 論文には要旨をつける。
- (2) 要旨は和文(400字以内)と欧文(200語以内)で記載する。
- (3) 和文はMS明朝8pt、英文ではTimes New Roman 8ptとする。

### 5. キーワード

- (1) 論文の表題、著者名、要旨の次に「キーワード」と見出しをつけて記載する。
- (2) キーワードの選定数は、原則として5個以内とする。
- (3) キーワードは和文と欧文の両方で記載する。
- (4) 欧文は、固有名詞、略語などの特殊な場合を除き、小文字で記載する。
- (5) 各キーワード間は、和文では全角コンマ「,」により、欧文は半角コンマ「,」により区切る。
- (6) 和文はMS明朝8pt、英文ではTimes New Roman 8ptとする。

### 6. 本文形式等

- (1) ページ文字数は投稿用と製版用原稿のページ設定を1ページが26字×48行×2段=2,496字とする。
- (2) 本文は2段組とし、文字数:26文字、行数:48行とする。

### (3) フォントサイズ

本文のフォントは、日本語:MS明朝 9pt、英数字:Times New Roman 9ptとする。

### (4) 句読点

句点には全角の「。」, 読点には全角の「,」を用いる。ただし英文中や数式中で「.」や「,」を使う場合には、半角文字を使う。

### (5) 全角文字と半角文字

全角文字と半角文字の両方にある文字は次のように使い分ける。

①括弧は全角の「(」と「)」を用いる。但し、英文の概要、図表見出し、書誌データでは半角の「(」と「)」を用いる。

②英数字、空白、記号類は半角文字を用いる。ただし、句読点に関しては、前項で述べたような例外がある。

③カタカナは全角文字を用いる。

④引用符では開きと閉じを区別する。開きには“ ”を用い、閉じには” ”を用いる。

- (6) 文章中に用いられる数字の種類とそのランク付けについては、以下のようにし、それよりも深いレベルでは著者に一任する。

I, II, III・・・

1, 2, 3・・・

(1), (2), (3)・・・

①, ②, ③・・・

i), ii), iii)・・・

- (7) 論文中で繰り返し使用される名称は、略称を用いることが出来るが、初出の箇所に正式名を書き、続けて( )に入れて略称を示す。[例: Activities of Daily Living (ADL)]

### 7. 図、表及び写真

- (1) 図及び写真は完成されたものとする。
- (2) 掲載(印刷)時の図、表及び写真の文字等は不鮮明とならない大きさとし、フォントは原稿と同じものを使用する。

### 8. 引用文献

- (1) 引用文献は本文末尾に一括して引用順に記載する。本文中においては引用箇所の右肩に<sup>1)</sup>, <sup>1, 3)</sup>, <sup>1-4)</sup>のように表示する。
- (2) 引用文献の記載の形式は下記のとおりとする。

[雑誌]

著者名:論文題名. 雑誌名, 巻(号):頁, 年. 例

- 1) 片山美香, 松橋有子:思春期のボディイメージ形成における発達の研究—慢性疾患群と対照群との比較調査 から—. 小児保健研究, 60:401-410, 2001.

2)Ding WG, Gromada J: Protein kinase A-dependent stimulation of exocytosis in mouse pancreatic  $\beta$ -cells by glucose-dependent insulinotropic polypeptide. Diabetes, 46 : 615-621, 1997.

[単行本]

著者名：(論文題名)．(編者名)．書名．(版)．頁，発行所，発行地，年．

- 註1．記載形式の( )内は必要に応じて記入する。  
訳者，編者等に関しては氏名のあとに訳，編などをつける。
- 註2．著者が2名の場合は全員記入し，3名以上の場合は省略形式を用いてもよい。  
(例：○○○，○○○，他 [和文の場合]，  
○○○，○○○，et al. [欧文の場合])
- 註3．雑誌名は慣用の略称 (Index Medicus など) を用いる。

[URL] 資料名．URLのアドレス (参照年月日)  
(記載例)

保健科学研究の動向．<http://www.hoken.ac.jp/>  
(2018-05-20)

9. 謝辞，利益相反(COI)の開示

投稿にあたっては，当該論文に関わるCOI状態について，所定の書式により報告しなければならない。この利益相反報告書の内容は，論文末尾，謝辞または参考文献の前に記載する。規定された利益相反状態がない場合は，「利益相反なし」「No potential conflict of interest were disclosed.」などの文言を同部分に記載する。

10. その他

本執筆要領に記載のない詳細については原則としてテンプレート記載の書式に従うものとする。

11. 個人情報の保護

個人情報の保護の観点から，たとえ学術論文であっても容易に個人が特定されないように，症例等の記載については十分配慮されなければならない。

12. 倫理面への配慮

人及び人体材料を用いた研究の場合は，原則的に所属機関の倫理委員会などの公的審査会で認められた研究内容で，同意書等を取得した上で得たデータでなければならない。また，動物を対象にした研究論文は，所属機関で規定される実験動物に関する管理と使用に関するガイドラインに従った旨を明記する。

編集委員（◎は委員長）

◎三	上 聖 治	飯 泉 恭 一
	宇 田 宗 弘	大 津 美 香
	柏 崎 勉	上 谷 英 史
	對 馬 惠	富 田 雅 弘
	藤 岡 美 幸	真 野 由 紀 子
	渡 部 菜 穂 子	

保健科学研究 第 10 卷 第 2 号  
Journal of Health Science Research Vol.10 No.2

---

令和 2 年 3 月 31 日 発行（非売品）  
編集・発行 保健科学研究編集委員会  
〒036-8564 弘前市本町 66 番地 1  
電話 0172 (39)5948 Fax 0172 (39) 5948

---