

厚生労働科学研究費補助金
(政策科学総合研究事業 (臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業))
分担研究報告書

課題名 : 肺がん統合データベース構築及び AI 技術を用いたオミックス解析
研究分担者名 : 浜本 隆二 国立がん研究センター研究所 医療 AI 研究開発分野・分野長

研究要旨

次世代シーケンサーや遺伝子編集技術に象徴されるバイオテクノロジーの加速的な進化の一方で、医薬品開発を巡る近年の研究開発の生産性は急激に低下し、「イノベーションの欠乏」が叫ばれて久しい。10 年前後の期間にわたって開発される新薬にかかる費用はますます増大し、一つの薬を上市するために必要な開発コストは 1000 億円以上に上る。また、候補化合物から医薬品として世に出されるものは 2 万から 3 万に一つであり、その成功確率は極めて低い。特に、新薬候補物質の効果を始めて患者で示す”Phase II 試験“での開発中止 (Phase II attrition) が顕著であり、開発した薬剤の多くがマウスでは効くものの、人間ではその有効性が証明されないという、マウス実験を基盤とする現状の医薬品開発パイプラインの構造的な課題がある。本研究課題申請者が対象疾患とする肺がんにおいても、患者の遺伝子を調べることで最適な治療薬を選択する「がんゲノム医療」が本邦でも開始されたものの、遺伝子の異常が検出されながらも適合する薬剤が存在しないケースが多数出現することが判明しており、社会問題となっている。以上の事から、新薬開発プロセスにおける構造的な課題を克服し、疾患治療で現状打破を得るためのイノベーションが現在期待されている。そのための鍵となるものが、ヒトの薬剤投与時や疾患罹患時における網羅的分子プロファイルに現れる生体変化の統合的理解と、実際の医療から得られるリアルワールド・データの解析に基づいた薬剤のヒトにおける有効性や毒性予測、更にこうした解析を可能にする最新の計算機アルゴリズムであると考えられる。

近年、「50 年来の技術的ブレークスルー」とも言われる深層学習と最新の機械学習手法の組み合わせが、生命情報処理に対するアルゴリズム革命をもたらすものと期待されている。特に、生物の脳神経系にヒントを得た情報処理メカニズムである人工ニューラルネットワークを多層化した深層学習は、社会や産業の形を変え得る画期的な情報技術として大きな注目を集めている。深層学習を既存の機械学習手法と比して特徴付けるものとしては、多種のデータを入力として取り扱えるマルチモーダル学習、複数の異なるタスクをモデルの一部として共有できるマルチタスク学習、少数の教師ありデータから汎化性能を得ることのできる半教師あり学習や教師無し学習、階層的な特徴を自動的に獲得できる表現学習などが挙げられる。近年のコンピュータ処理能力の飛躍的向上と加速的に蓄積されるビッグデータを基盤として、深層学習は画像や音声といった比較的高度な知的タスクで、既に人間を上回る性能を示すに至り、生命情報処理ならびに創薬の分野においてもその応用に関する世界的な研究開発競争が激化している。そこで、本邦における分子標的治療薬の創生及び生命情報処理に関わる第一線の研究者が一つのチームとして協力し合うことで、がんの生体時空間にわたるシステムの統合理解に基づいた創薬候補因子の探索と、がん治療におけるあるべき不均一性を包含した、臨床のリアルワールド・データに基づいたヒトにおける有効性や毒性の予測を可能にすると捉え、医薬品開発における「イノベーションの欠乏」を解決するための新しい技術開発に取り組んだ。その結果 AI を活用した複数の解析プラットフォームの開発に成功した。また AI 解析において最重要な事項の一つとして、質の高いデータベースの構築が挙げられるが、我々は臨床データを効率的に収集するプラットフォームの構築に成功した。その結果 AI 解析を志向した世界最大規模の肺がん統合データベースを、本研究課題で構築することに成功した。本データベースは質の高いデータが保存されていることから、本邦の財産と考えられる貴重な研究成果であると判断している。

A. 研究目的

医薬品開発において、近年国内外を問わず創薬ターゲットの枯渇が問題となっている。現在残されているのは高難易度の創薬ターゲットのみであるがために、新薬の研究開発には多額の費用が必要となっており、これが高薬価、ひいては医療費の高騰の要因となっている。

更に、臨床試験段階で期待していた薬効が得られず開発が中断する例が増えていることも問題点として挙げられる。特に医薬品開発の70～80%がPhase2で中止となっており、この約60%が、薬効が得られなかったことが原因との報告がある。つまり、「動物では効くが、ヒトでは効かなかった」という事案が多発している。これは現在の創薬研究開発スキームの限界であると考えられる。

このような現状を打開する解決策として、人工知能 (AI; Artificial intelligence) が注目されている。AIのパフォーマンスと可能性に創薬・医療・ヘルスケア分野が大きな期待を寄せており、今後国際競争が激化することが必至である。

これらの現状を背景に、本事業では、「創薬ターゲットの枯渇問題」を克服すべく、動物からではなくヒトの情報から創薬ターゲット分子を探索するAIの開発実装を目的とする。つまり、臨床情報 (=電子カルテを始めとする診療情報+オミックスデータ) を収集・利用して創薬ターゲットを探索するAI手法の開発をおこなう。本事業では、対象疾患として部位別がん死亡者数1位である肺がんを選択し、これらの臨床情報収集とそれを支援する基盤構築、異種かつ大量のデータを統合して創薬ターゲット候補となる生体分子群を自動的に抽出するAI手法の開発を行う。また、本事業で作成される肺がんの疾患統合データベース、機能分子を特定するためのAI及び知識ベース等を多くの研究者等に利用してもらうための環境 (オープンプラットフォーム) の構築を目指す。

今年度は、i) データ収集：世界最大規模の肺がん統合データベースの拡充、ii) 肺がんデータプラットフォームの構築、iii) 解析アルゴリズムの開発を目標とする。

B. 研究方法

- ① 肺がんオミックス統合データベースの拡充：特にエピゲノム解析 (ChIP-seq 解析、DNA メチル化解析) を優先して解析を進める。
- ② 肺がんデータプラットフォームの構築：AI 解析を志向した効率的なデータ及び臨床情報収集システムを構築する。
- ③ 解析アルゴリズムの開発：AI を用いてマルチオミックスデータ解析システムを開発する。

(倫理面への配慮)

本研究課題は、国立がん研究センター・研究倫理審査委員会で承認をうけ (研究開発課題：2019-108、“新薬創出を加速する人工知能の開発”)、実施している。

C. 研究結果

1.

概要：AI の学術研究を行う上で最重要事項の一つとして、質の高いデータベースを構築することが挙げられる。

我々は本研究課題で肺がんのオミックスデータベース構築に取り組み、全エクソン解析及び診療情報においては、1500 例以上という米国の TCGA を超える、世界最大規模の肺がん統合データベースの構築に成功した。本データベースは本邦の財産ともいえる、貴重な研究成果であると判断している。また、新型コロナウイルス感染症の蔓延に伴い研究計画の一部変更が余儀なくされ、2021 年4月 1 日から9月 30 日まで研究費を繰越したが、その間に、当初令和2年度に計画していた全ゲノム解析及び ChIP-seq 解析を計画通り全て終了した。

2.

概要：AI 研究により優れた研究成果を出していく為には、質の高い構造化データを準備する事は非常に重要である。しかし、多くの医療データは不均質で構造化されておらず、価値創造の機会を逸しているのが現状である。我々は AI 技術と最先端の ICT 技術を組み合わせる事で、効率的にデータを構造化するプラットフォームの構築に成功した。本プラットフォームはメディカル AI 研究を発展させる上で、重要なイノベーションであると判断している。

3.

概要:がんは複雑な疾患である為、その本態解明を行い創薬に発展させる為には、臨床検体から得られた膨大なオミックスデータを、詳細な診療情報と共に効率的に解析する技術を開発することが必須であると考えている。そこで、我々は機械学習・深層学習技術を活用して、がんに関する医療ビッグデータを解析する手法の開発に取り組んだ。その結果肺がんに関する、3 種類の新規プラットフォームの開発に成功し、その成果を国際誌に論文発表した。

4.

概要:肺がん統合データベース構築においては、ゲノム解析のみならず、エピゲノム解析も施行し、特にヒストン修飾解析に関しては、FFPE サンプルからも効率的かつ精度の高い ChIP-seq 解析を行う事が可能な、新しい ChIP-seq 解析手法 (RCRA ChIP-seq 法)を開発した。FFPE サンプルを用いた ChIP-seq 解析は世界中で高い需要があり、本手法は科学技術イノベーションに大きく貢献する成果であると判断している。また、世界最大規模の肺がん統合データベースも、本邦にとって貴重な財産で、科学技術イノベーションに大きく寄与する可能性があるかと判断している。

5.

概要:上述のようにメディカル AI 研究を行う上で、質の高い構造化された医療データを蓄積していくプラットフォームを構築することは重要である。我々は AI を用いて、自動的に放射線画像にアノテーション付けを行うプラットフォームを開発し特許を取得後、既に大手医療機器メーカーに導出している。我々が開発した技術が社会実装される事により、AI 技術を活用した放射線画像解析に関して、研究及び臨床双方に大きく貢献すると考えられ、科学技術イノベーションに大きく寄与する成果であると判断している。

6.

概要:我々はがんに関する大規模オミックスデータを、効率的かつ高精度に解析する AI 技術を用いたプラットフォームを複数種類開発した。医療データは、サンプル数に比してパラメータ数が多いという新 NP 問題と呼ばれる課題など、AI 技術を有効に活用する上で解析しないといけないいくつかの問題がある。実際ゲノム・エピゲノム解析においては、医用画像解析と比して未だ AI 技術の導入は進んでいないという現実もある。一方、今回我々が開発した手法は、大規模ながんオミックスデータを診療情報と合わせて効率的かつ精度高く解析することが可能であり、科学技術イノベーションに大きく寄与する成果であると判断している。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Ken Asada, Kazuma Kobayashi, Samuel Joutard, Masashi Tubaki, Satoshi Takahashi, Ken Takasawa, Masaaki Komatsu, Syuzo Kaneko, Jun Sese, Ryuji Hamamoto: Uncovering Prognosis-Related Genes and Pathways by Multi-Omics Analysis in Lung Cancer. *Biomolecules*, 10, 524 (2020)
- 2) Theodore Vougiouklakis, Riyue Bao, Sohyoung Kim, Songjoon Baek, Makda Zewde, Benjamin Bernard, Kyunghye Burkitt, Nupur Nigam, Evgeny Izumchenko, Naoshi Dohmae, Ryuji Hamamoto, Yusuke Nakamura: WHSC1 monomethylates histone H1 and induces stem-cell like features in squamous cell carcinoma of the head and neck. *Neoplasia*, 22, 283-293 (2020)
- 3) Ken Asada, Amina Bolatkan, Ken Takasawa, Masaaki Komatsu, Syuzo Kaneko, Ryuji Hamamoto: Critical Roles of N6-Methyladenosine (m6A) in Cancer and Virus Infection. *Biomolecules*, 10, 524 (2020)
- 4) Shunichi Jinnai, Naoya Yamazaki, Yuichiro Hirano, Yohei Sugawara, Yuichiro Ohe, Ryuji Hamamoto: The Development of a Skin Cancer Classification System for Pigmented Skin Lesions Using Deep Learning. *Biomolecules*, 10, 1123 (2020)
- 5) Kazuma Kobayashi, Amina Bolatkan, Shuichiro Shiina, Ryuji Hamamoto: Fully-Connected Neural Networks with Reduced Parameterization for Predicting Histological Types of Lung Cancer from Somatic Mutations. *Biomolecules*, 10, 1249 (2020)
- 6) Satoshi Takahashi, Ken Asada, Ken Takasawa, Ryo Shimoyama, Akira Sakai, Amina Bolatkan, Norio Shinkai, Kazuma Kobayashi, Masaaki Komatsu, Syuzo Kaneko, Jun Sese, Ryuji Hamamoto: Predicting Deep Learning Based Multi-Omics Parallel Integration Survival Subtypes in Lung Cancer Using Reverse Phase Protein Array Data. *Biomolecules*, 10, 1460 (2020)

- 7) Machiko Kojima, Kenbun Sone, Katsutoshi Oda, Ryuji Hamamoto, Syuzo Kaneko, Shinya Oki, Asako Kukita, Akira Kawata, Harunori Honjoh, Yoshiko Kawata, Tomoko Kashiyama, Masakazu Sato, Ayumi Taguchi, Yuichiro Miyamoto, Michihiro Tanikawa, Tetsushi Tsuruga, Kazunori Nagasaka, Osamu Wada-Hiraike, Yutaka Osuga, Tomoyuki Fujii: The histone methyltransferase SMYD2 is a novel therapeutic target for the induction of apoptosis in ovarian clear cell carcinoma cells. *Oncology Letters*, 20, 153 (2020)
- 8) Ai Dozen, Masaaki Komatsu, Akira Sakai, Reina Komatsu, Kanto Shozu, Hidenori Machino, Suguru Yasutomi, Tatsuya Arakaki, Ken Asada, Syuzo Kaneko, Ryu Matsuoka, Daisuke Aoki, Akihiko Sekizawa, Ryuji Hamamoto: Image Segmentation of the Ventricular Septum in Fetal Cardiac Ultrasound Videos Based on Deep Learning Using Time-Series Information. *Biomolecules*, 10, 15426 (2020)
- 9) Vasiliki Papadaki, Ken Asada, Julie K Watson, Toshiya Tamura, Alex Leung, Jack Hopkins, Margaret Dellett, Noriaki Sasai, Hongorzul Davaapil, Serena Nik-Zainal, Rebecca Longbottom, Makoto Nakakido, Ryo Torii, Abhi Veerakumarasivam, Syuzo Kaneko, Mandeep S Sagoo, Gillian Murphy, Akihisa Mitani, Kohei Tsumoto, John D Kelly, Ryuji Hamamoto, Shin-Ichi Ohnuma: Two Secreted Proteoglycans, Activators of Urothelial Cell-Cell Adhesion, Negatively Contribute to Bladder Cancer Initiation and Progression. *Cancers*, 12, 3362 (2020)
- 10) Ryuji Hamamoto, Kruthi Suvarna, Masayoshi Yamada, Kazuma Kobayashi, Norio Shinkai, Mototaka Miyake, Masamichi Takahashi, Shunichi Jinnai, Ryo Shimoyama, Akira Sakai, Ken Takasawa, Amina Bolatkan, Kanto Shozu, Ai Dozen, Hidenori Machino, Satoshi Takahashi, Ken Asada, Masaaki Komatsu, Jun Sese, Syuzo Kaneko: Application of Artificial Intelligence Technology in Oncology: Towards the Establishment of Precision Medicine. *Cancers*, 12, 3532 (2020)
- 11) Miku Wada, Asako Kukita, Kenbun Sone, Ryuji Hamamoto, Syuzo Kaneko, Masaaki Komatsu, Yu Takahashi, Futaba Inoue, Machiko Kojima, Harunori Honjoh, Ayumi Taguchi, Tomoko Kashiyama, Yuichiro Miyamoto, Michihiro Tanikawa, Tetsushi Tsuruga, Mayuyo Mori-Uchino, Osamu Wada-Hiraike, Yutaka Osuga, Tomoyuki Fujii: Epigenetic Modifier SETD8 as a Therapeutic Target for High-Grade Serous Ovarian Cancer. *Biomolecules*, 10, 1686 (2020)
- 12) Kanto Shozu, Masaaki Komatsu, Akira Sakai, Reina Komatsu, Ai Dozen, Hidenori Machino, Suguru Yasutomi, Tatsuya Arakaki, Ken Asada, Syuzo Kaneko, Ryu Matsuoka, Akitoshi Nakashima, Akihiko Sekizawa, Ryuji Hamamoto: Model-Agnostic Method for Thoracic Wall Segmentation in Fetal Ultrasound Videos. *Biomolecules*, 10, 1691 (2020)
- 13) Shun-Ichiro Kageyama, Junyan Du, Syuzo Kaneko, Ryuji Hamamoto, Shigeo Yamaguchi, Riu Yamashita, Masayuki Okumura, Atsushi Motegi, Hidehiro Hojo, Masaki Nakamura, Katsuya Tsuchihara, Tetsuo Akimoto: Identification of the mutation signature of the cancer genome caused by irradiation. *Radiotherapy and Oncology*, 155, 10-16 (2021)
- 14) Kazuma Kobayashi, Naoya Murakami, Kana Takahashi, Koji Inaba, Hiroshi Igaki, Ryuji Hamamoto, Jun Itami: Tensor regression-based model to investigate heterogeneous spatial radiosensitivity after I-125 seed implantation for prostate cancer. *In vivo*, 35, 489-497 (2021)
- 15) Masaaki Komatsu, Akira Sakai, Reina Komatsu, Ryu Matsuoka, Suguru Yasutomi, Kanto Shozu, Ai Dozen, Hidenori Machino, Hirokazu Hidaka, Tatsuya Arakaki, Ken Asada, Syuzo Kaneko, Akihiko Sekizawa, Ryuji Hamamoto: Detection of Cardiac Structural Abnormalities in Fetal Ultrasound Videos Using Deep Learning. *Applied Sciences*, 11, 371 (2021)
- 16) Tatsuya Ozawa, Syuzo Kaneko, Frank Szulzewsky, Zhiwei Qiao, Mutsumi Takadera, Yoshitaka Narita, Tadashi Kondo, Eric C Holland, Ryuji Hamamoto, Koichi Ichimurai: C11orf95-RELA fusion drives aberrant gene expression through the unique epigenetic regulation for ependymoma formation. *Acta Neuropathol Commun*, 9, 36 (2021)
- 17) Daisuke Takayanagi, Sou Hirose, Ikumi Kuno, Yuka Asami, Naoya Murakami, Maiko Matsuda, Yoko Shimada, Kuniko Sunami, Masaaki Komatsu, Ryuji Hamamoto, Mayumi Kobayashi Kato, Koji Matsumoto, Takashi Kohno, Tomoyasu Kato, Kouya Shiraishi, Hiroshi Yoshida: Comparative Analysis of Genetic Alterations, HPV-Status, and PD-L1 Expression in Neuroendocrine Carcinomas of the Cervix. *Cancers (Basel)*, 13, 1215 (2021)

- 18) Satoshi Takahashi, Masamichi Takahashi, Manabu Kinoshita, Mototaka Miyake, Risa Kawaguchi, Naoki Shinojima, Akitake Mukasa, Kuniaki Saito, Motoo Nagane, Ryohei Otani, Fumi Higuchi, Shota Tanaka, Nobuhiro Hata, Kaoru Tamura, Kensuke Tateishi, Ryo Nishikawa, Hideyuki Arita, Masahiro Nonaka, Takehiro Uda, Junya Fukai, Yoshiko Okita, Naohiro Tsuyuguch, Yonehiro Kanemura, Kazuma Kobayashi, Jun Sese, Koichi Ichimura, Yoshitaka Narita, Ryuji Hamamoto: Fine-Tuning Approach for Segmentation of Gliomas in Brain Magnetic Resonance Images with a Machine Learning Method to Normalize Image Differences among Facilities. *Cancers (Basel)*, 13, 1415 (2021)
- 19) Takahashi S, Takahashi M, Tanaka S, Takayanagi S, Takami H, Yamazawa E, Nambu S, Miyake M, Satomi K, Ichimura K, Narita Y, Hamamoto R. A New Era of Neuro-Oncology Research Pioneered by Multi-Omics Analysis and Machine Learning. *Biomolecules*, 11, 565 (2021)
- 20) Kaneko S, Mitsuyama T, Shiraishi K, Ikawa N, Shozu K, Dozen A, Machino H, Asada K, Komatsu M, Kukita A, Sone K, Yoshida H, Motoi N, Hayami S, Yoneoka Y, Kato T, Kohno T, Natsume T, Keudell GV, Saloura V, Yamaue H, Hamamoto R. Genome-Wide Chromatin Analysis of FFPE Tissues Using a Dual-Arm Robot with Clinical Potential. *Cancers (Basel)*, 13, 2126 (2021)
- 21) Asada K, Kaneko S, Takasawa K, Machino H, Takahashi S, Shinkai N, Shimoyama R, Komatsu M, Hamamoto R. Integrated Analysis of Whole Genome and Epigenome Data Using Machine Learning Technology: Toward the Establishment of Precision Oncology. *Front Oncol*, 12;11:666397 (2021)
- 22) Kobayashi K, Miyake M, Takahashi M, Hamamoto R. Observing Deep Radiomics for the Classification of Glioma Grades. *Sci Rep*, 11, 10942 (2021)
- 23) Lee K, Kim K, Ryu TY, Jung CR, Lee MS, Lim JH, Park K, Kim DS, Son MY, Hamamoto R, Cho HS. Dysregulation of EHMT1 affects lung cancer proliferation by controlling CDKN1A expression. *Mol Oncol*, 15, 2989-3002 (2021)
- 24) Komatsu M, Sakai A, Dozen A, Shozu A, Yasutomi S, Machino H, Asada K, Kaneko S, Hamamoto R. Towards Clinical Application of Artificial Intelligence in Ultrasound Imaging. *Biomedicines*, 9, 720 (2021)
- 25) Yamada M, Saito Y, Yamada S, Kondo H, Hamamoto R. Detection of flat colorectal neoplasia by artificial intelligence: A systematic review. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*, 52-53, 101745 (2021)
- 26) Kawaguchi RK, Takahashi M, Miyake M, Kinoshita M, Takahashi S, Ichimura K, Hamamoto R, Narita Y, Sese J. Assessing Versatile Machine Learning Models for Glioma Radiogenomic Studies across Hospitals. *Cancers (Basel)*, 13, 3611 (2021)
- 27) Kobayashi K, Hataya R, Kurose Y, Miyake M, Takahashi M, Nakagawa A, Harada T, Hamamoto R. Decomposing normal and abnormal features of medical images for content-based image retrieval of glioma imaging. *Med Image Anal*, 74, 102227 (2021)
- 28) Kaneko S, Takasawa K, Asada K, Shinkai N, Bolatkan A, Yamada M, Takahashi S, Machino H, Kobayashi K, Komatsu M, Hamamoto R. Epigenetic Mechanisms Underlying COVID-19 Pathogenesis. *Biomedicines*, 9, 1142 (2021)
- 29) Asada K, Komatsu M, Shimoyama R, Takasawa K, Shinkai N, Sakai A, Bolatkan A, Yamada M, Takahashi S, Machino H, Kobayashi K, Kaneko S, Hamamoto R. Application of Artificial Intelligence in COVID-19 Diagnosis and Therapeutics. *J Pers Med*, 11, 886 (2021)
- 30) Kuno I, Takayanagi D, Asami Y, Murakami N, Matsuda M, Shimada Y, Hirose S, Kato MK, Komatsu M, Hamamoto R, Okuma K, Kohno T, Itami J, Yoshida H, Shiraishi K, Kato T. TP53 mutants and non-HPV16/18 genotypes are poor prognostic factors for concurrent chemoradiotherapy in locally advanced cervical cancer. *Sci Rep*, 11, 19261 (2021)

2. 学会発表

- 1) 浜本 隆二、PRISM 肺がんプロジェクトの進捗と今後の戦略、第 9 回生命医薬情報学連合大会 (IIBMP2020) 企画セッション【PRISM 創薬 AI】: オンライン、2020 年 9 月
- 2) 浜本 隆二、臨床応用を志向した医療 AI 研究の現状と課題、第 9 回生命医薬情報学連合大会 (IIBMP2020) 企画セッション【医療 AI】: オンライン、2020 年 9 月
- 3) 浜本 隆二、人工知能 (AI) 技術の医療応用への取組-内閣府/PRISM プロジェクトを中心として-、第 37 回日本呼吸器外科学会学術集会・特別企画 1: オンライン、2020 年 9 月

- 4) 浜本 隆二、Medical AI Research for Clinical Application、第 79 回日本癌学会学術総会・モーニングレクチャー：オンライン、2020 年 10 月
- 5) 浜本 隆二、ビッグデータ時代のがん研究：AI の利活用とその課題、第 79 回日本癌学会学術総会・SSP プログラム：オンライン、2020 年 10 月
- 6) 浜本 隆二、Precision Medicine 実現に向けたビッグデータ解析時代のがん研究、第 24 回日本がん分子標的治療学会学術集会：オンライン、2020 年 10 月
- 7) 浜本 隆二、臨床応用を志向した AI 研究：Precision Medicine 時代のビッグデータ解析、第 28 回日本乳癌学会学術総会・特別企画：オンライン、2020 年 10 月
- 8) 浜本 隆二、Precision Medicine と AI、第 58 回日本癌治療学会学術集会・会長企画シンポジウム：オンライン、2020 年 10 月
- 9) 浜本 隆二、AI and Healthcare in Japan: Overview、2nd Annual Conference of Korea Society of Artificial Intelligence in Medicine：オンライン、2020 年 10 月
- 10) 浜本 隆二、Medical AI Research in the Era of Precision Medicine、Seoul Bio-Economy Forum 2020：オンライン、2020 年 11 月
- 11) 浜本 隆二、臨床応用を志向した医療 AI 研究：その可能性と課題、日本オミックス医学会シンポジウム：オンライン、2020 年 11 月
- 12) 浜本 隆二、Medical AI Research for Clinical Applications、2nd French-German-Japanese Symposium：オンライン、2020 年 11 月
- 13) 浜本 隆二、AI の臨床診断への応用：その可能性と課題、第 5 回 Liquid Biopsy 研究会：オンライン、2021 年 1 月
- 14) 浜本 隆二、AI 技術を用いた医療機器の臨床応用、第 20 回日本再生医療学会総会：オンライン、2021 年 3 月

F. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得
「スケッチによる類似画像検索アルゴリズム」（予定）
2. 実用新案登録
該当無し
3. その他
該当無し