

救急外傷全身 CT 診断における「重症度評価装置」の開発

要約

本プロジェクトでは、救急疾患の中でも最も緊急性の高い外傷診療において、救命医が多大なる労力と時間を割いている全身 CT 診断を AI で補助する「重症度評価装置」を開発した。AI 学習に必要なアノテーションを複数人で行うシステムの開発と体制の確立を行い、大規模な学習用データセットを作成した。このデータセットをもとに、全身 CT から部位ごとに疾患の有無を評価する AI モデルを開発し、救命現場で使えるソフトウェアへ実装した。

1 背景

現在、日本では高齢化が急速に進み、患者数の増加に伴った**医師不足**が深刻である。世界各国でも医師不足が叫ばれる中、日本の人口あたりの医師数は 1,000 人あたり 2.4 人と OECD 平均の 2.9 人に及ばず、オーストラリアの 5.1 人に比べると半数にも満たない。病院で医師として勤務をしていると、医師不足の深刻さを痛切に感じる。現場では 36 時間連続勤務や、週 7 日勤務が常態化している。勤務時間外でも緊急時には当然病院に駆けつけなければならない。実際に、医師の働き方改革検討会で医師の残業時間の上限が、一般の**過労死ラインの約 2 倍**である年間 1,860 時間と提言されたことは記憶に新しい。これは休日も含め 365 日、1 日あたり 6 時間ほど残業ができるということの意味する。睡眠不足の医師も多く、**年間 4,000 件あまりの医療事故**、約 90 万件のヒヤリハット事例につながっている。このような現状下で、全ての患者に安全な医療を提供することが難しくなりつつある。数ある診療科の中で、救命救急科は最も医師不足が深刻な診療科のひとつである。救命医療が崩壊している地域は少なくない。しかし、救命救急科は**年間 600 万件以上の救急車**と時間外診療を担う、医療の窓口であり最後の砦である。国民にとって不可欠なインフラである医療を保つ上で、何があっても崩壊させるわけにはいかない。

本プロジェクトは期間内という制約下での実現性を考慮し、最優先課題である救急外傷全身 CT 診断にフォーカスを当てているが、まずは提案の根源となる「重症度評価装置」の意義を説明する。病院にも様々な規模のものがあるが、ここでは一般的な例として、地域の救命医療を支える、500 床規模のいわゆる地方中核病院を用いて説明する。この規模の病院 1 つで、おおよそ 5 万人ほどの人口を支えている計算になる。地域によっては、この規模の病院の ER に、常勤の救命医がたった 1 人しかいない場合も少なくない。1 日あたり数十の救急車とその数倍の外来駆け込み患者を、研修医や非救命医と協力しながら対応しなければならないため、**1 時間あたり 4、5 人の患者**を対応することになる。異なる地域からの救急車が同時に到着することも珍しくない。救命医は命が危ない患者を見分けて優先的に治療を施すことを求められるが、上述のような状態下で、救命医が患者の評価に追われて重症患者の処置に参加できない状況や、逆に救命医が 1 人の重症患者の処置にあたっており、次に到着した患者の評

価が正しくなされず、迅速な処置が必要な重症患者が見逃されるという最悪の状況が実際に生じている。

ここで、「重症度評価装置」を用いて患者振り分けを自動化できたとする。救命医は ER 全体の状況を把握しながら指揮をとり、今いるスタッフを適切に配置して患者対応にあたるのが可能となる。例えば重症の患者には自らがあたり、重症外傷の患者がいれば初めから外科医を要請するなどである。軽症と評価された患者には初めは研修医をあて、その上で研修医が再度重症と判断した段階で自らが対応にあたるというような選択肢も出てくる。このように、限りある資源の中で最高のパフォーマンスを実現する。これこそが「重症度評価装置」を開発する意義である。

本プロジェクトでは救急疾患の中でも最も緊急性が高く、診断、処置共に高い専門性を要求される外傷に着目した。外傷診療では発生から 60 分以内、一般に病院到着から 20 分以内に致命的な損傷の処置を開始できなければ救命できないとされている。重症患者の場合、全身の損傷をくまなく把握する上で全身 CT の撮影が必須であると考えられているが、その CT 診断は困難を極める。他の疾患に比べ損傷形態が多様で、損傷部位も特定しづらく多発していることから、読まなければならない画像の枚数が多いからである。CT を読むにあたり専門的な知識に加え、長時間に渡り高い集中力を保たなければならない。現場では、ただでさえ足りない救命医の中から 1 人を選んで CT を読むことだけに残された 20 分のうちの 5 分もの時間を割いているのが実情である。例えば、提案者である岡田が救命医として勤務する大阪急性期総合医療センターでは、平日の当直帯に救命医が 2 人待機しているが、頭部損傷に加え骨盤の骨折がある患者が来たとなると、それだけで本来であれば最低でも頭に 1 人、骨盤に 1 人は救命医を配置しなければならないところを、残りの 1 人で全て対応することになる。そしてそれでもなお見逃しがあって、後から他の救命医が新たな損傷に気づくことも少なくないため、現場はこの全身 CT 診断に日々戦々恐々としながら外傷診療を進めている。提案する外傷全身 CT の「重症度評価装置」を導入することで、CT 診断が正確で迅速になるのみならず、必要とあれば今まで CT にかかりきりであった人員を処置に参加させることが可能となる。



図1 AI補助CT診断の意義

2 製品・サービス内容

本プロジェクトでは、複数人でアノテーション可能なラベリングツールを作成し、協力関係にある医師に展開することでAIモデルの学習データを作成した上で、外傷で撮影される全身CTを入力として胸部・骨盤部の疾患を検出するAIモデルを開発、医療現場で実行可能なソフトウェアとして実装した。ソフトウェアは救命現場で働く医師の前でデモを行い、インタビューにより活用の目処はすでについている。

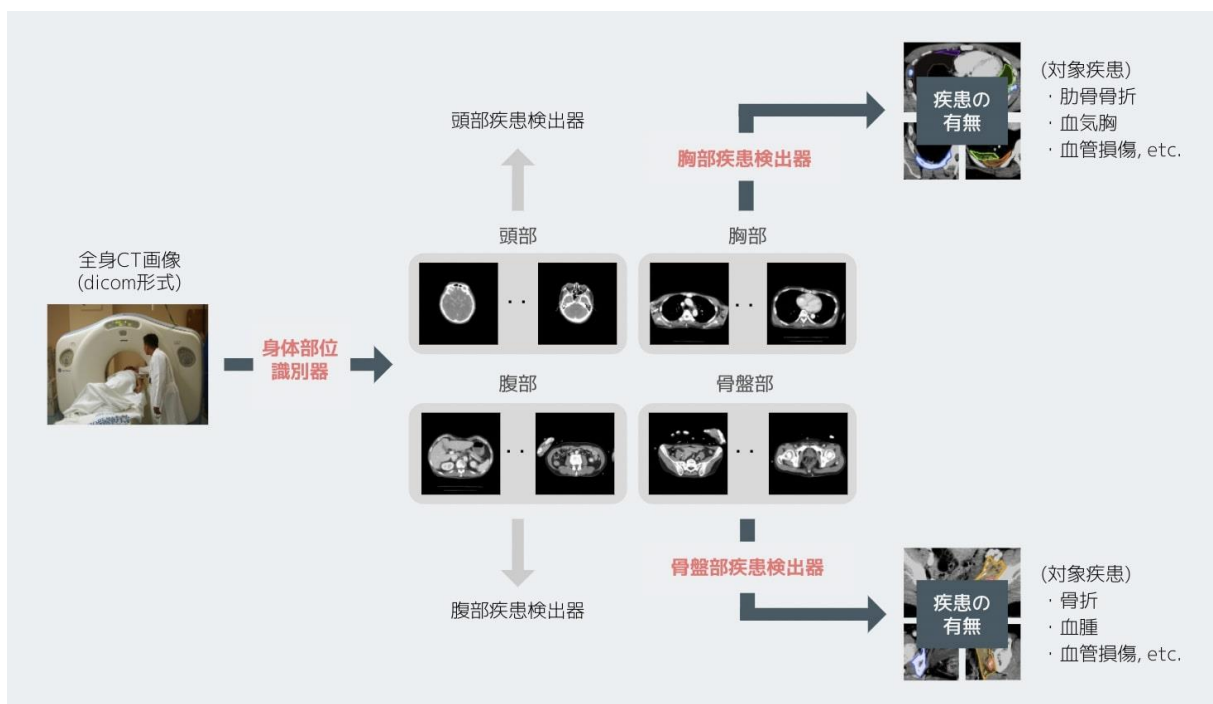


図2 診断アルゴリズムの概要

内部の構成としてはまず、ラベル付けを行った 6 万枚弱の身体部位情報を元に、全身 CT 画像から頭部・胸部・腹部・骨盤部を分離するための身体部位識別器を構築した。これにより、精度 99%と高性能な識別器を作成することに成功した。

切り分けた後適用する胸部疾患検出器については、ラベル付けした 8,500 枚の胸部疾患情報を使って、スライス単位で疾患検出を行う AI モデルを作成した。正常データは正常症例に先で構築した身体部位識別器を適用し、胸部と判定されたスライス画像を取り出すことで用意した。また、異常データはアノテーションしたデータの中で胸部疾患のラベルが付与されているスライス画像を抽出することで用意した。AI モデルの精度はアノテーションが進み、学習データが増加するにつれ上昇し、最終的に精度 93%を達成することができた。

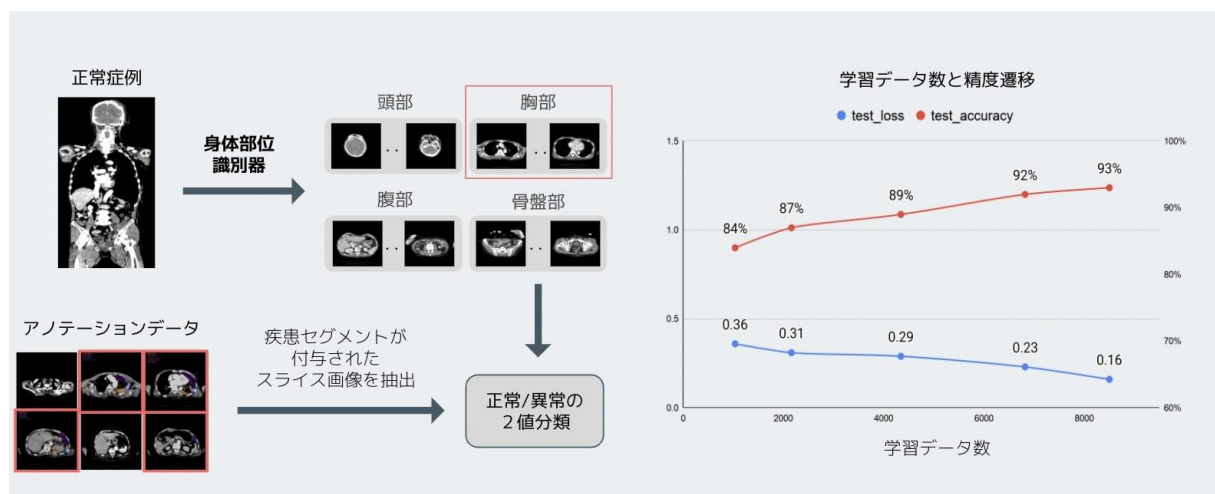


図3 胸部診断モデルの概要

骨盤疾患検出器に関しても同様に、ラベル付けした 6,166 枚の骨盤部疾患情報を使って、スライス単位で疾患検出をする AI モデルを作成した。正常データは正常症例に先で構築した身体部位識別器を適用し、骨盤部と判定されたスライス画像を取り出すことで用意した。また、異常データはアノテーションしたデータの中で骨盤部疾患のラベルが付与されているスライス画像を抽出することで用意した。AI モデルの精度はアノテーションが進み、学習データが増加するにつれ上昇し、最終的に精度 90%を達成することができた。

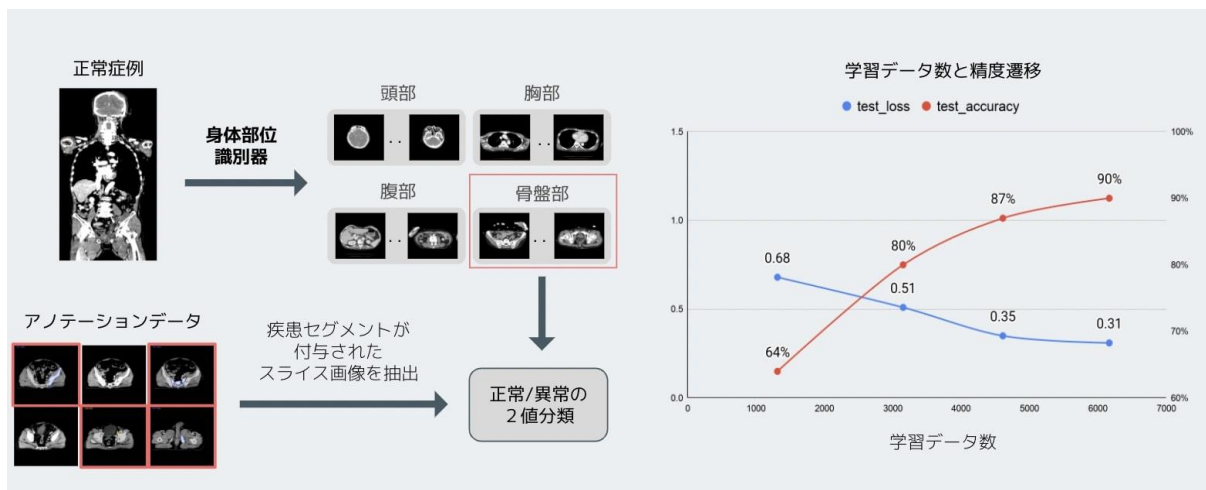


図4 骨盤部診断モデルの概要

構築した身体部位識別器、胸部疾患検出器、骨盤部疾患検出器を使って、検出した疾患情報を確認するためのソフトウェアを作成した。本ソフトウェアは一般 PC 上で動作するローカルアプリの形で実装している。また、医師が医療現場で用いるのと同様の機能を持った医用画像 viewer と合わせて結果を確認できる様に実装し、先に述べたとおり現場での活用方法も検討済みである。

3 未踏性と期待される効果

本プロジェクト最大の未踏性は、救急診療と AI による画像認識技術の開発と実装という、かけ離れた分野を最少人数でつなぐ点にある。開発者らは顔の見える距離でお互いの業務を把握しながら都度必要な知識を共有し、常に診療現場を反映した開発を行った。外傷という救急の中でも極めて専門性が高い診療分野の最前線にいる現役救命医の岡田が、前年度の未踏 AI フロンティアプロジェクトで自らが身につけた AI による画像認識技術の知識をもとに、中高の部活動の同級生であり、AI による画像認識技術の研究開発職に従事して 5 年目を迎え、実際に AI 製品の実装を行なった経験を持つ井上と共に開発を行う。以下期待される効果について述べる。

本プロジェクトは医師不足の解決に資する。現在厚生労働省は、医師不足の解決のため養成医師を増員している。医師が足りないので増やすという発想は至極当然である。しかし、医師の養成には研修含め 8 年、専門医としては 12 年以上もの時間がかかる。また、診療科の選択は現在自由であり、救急、外科はじめ診療科によっては医師養成数を増やしても一向に増えない部門がある。さらに、医師の養成には多額の税金を必要とする。医師一人当たりの養成費用は一般に 5,000 万円以上と言われており、年間の医学生数がここ 10 年で約 2,000 人増えたことを考えると、この費用は 1 年あたり 1,000 億円にのぼる。今回開発者らは、医師不足に対して今まで一般的であった医師の増員ではなく、より短期間かつ少ない費用で実現する重症度評価装置の開発という新しい方法でアプローチし、さらにこの装置開発による診療成績の改善策も提示した。

さらに今回のプロジェクトは、AI が病院内の診療ワークフローを変えるという意味で今までにない発想である。医療における AI 利用としては今までに、救急車の搬送先決定いわゆる消防による病院前トリアージを扱ったシステム、自動問診システムの開発等がなされてきた。しかしこれは病院での詳細な検査を含まない段階での振り分けという意味で、今回のプロジェクトとは大きく異なる。診療における AI 利用としては、内視鏡画像の自動解析や、心電図解析などが自動化されてきた。しかしながら、これらは単一の作業の省略に留まり、内視鏡を扱う消化器内科医や、心電図を扱う循環器内科医の働き方は、解析の自動化導入前から変わっていない。これに対し、今回提案する重症度評価装置は救命医の働き方を変える。救命医の使命は、自らが患者の重症度を評価することから、患者状況を把握しながら、スタッフの配置を考えることへと変わる。つまり、救急の診療システムそのものを変化させる。

4 事業化の見通し

我々はプロジェクト期間内で胸部・骨盤部の疾患を検出する AI モデルを開発、医療現場で実行可能なソフトウェアとして実装した。ソフトウェアは救命現場で働く医師の前でデモを行い、インタビューにより活用の目処はすでにつき、医療機関での実証実験計画も倫理委員会審査を通過済みである。今後 AI モデルの改善やソフトウェアの提供を事業として行っていく上で、開発を継続するための資金・開発リソースを得るエコシステムを検討し、事業形態や現場への販売提供方法を確立していく。

5 イノベータ名

岡田直己（株式会社 fcuro、大阪医科大学附属病院 救急医療部、
大阪急性期・総合医療センター 救急診療科）

井上周祐（株式会社 fcuro）