



第2回 医学教育におけるICTの活用に関して

仮想解剖実習台Anatomage Tableを活用した 解剖学・生理学の新たな教育方略の紹介

よし かわ あきら おお さわ み わ えのき だ
吉 川 輝：大 澤 三 和：榎 田 めぐみ
Akira YOSHIKAWA Miwa OSAWA Megumi ENOKIDA

はじめに

解剖学、生理学などの基礎医学は、将来、医療や福祉で活躍することを目指している学修者にとって、健康問題に対する人間の反応をアセスメントするうえで基盤となる最も重要な科目の一つである。

解剖学や生理学の学修スタイルについて学生時代を振り返ってみると、①教科書を中心に教育者がその単元に合った図やイラストを配布資料として提示し、②これらの資料を基に一方向（教育者から学修者）的な知識伝達、③学修者は知識（主に名称）を記憶するための暗記学修が主であったと筆者自身は振り返る。これら実習科目については、骨学実習（骨スケッチ）、人体解剖学実習（献体による人体構造の学修）、組織学実習（各組織切片を用いたスケッチ）等の解剖学実習、自分自身の身体や小動物を用いた生理学実習を受講した記憶を持っている。病気の診断や治療のために解剖学、生理学を学ぶ医学部生と、健康問題に対する人間の反応をアセスメントするために必要な知識として、解剖学と生理学を学ぶメディカル学部とでは学修内容の深さにレベルの違いはあるが、総じてこの講義や実習のスタイルは最近の学生の学修状況を鑑みても大きな変化はないように思う。医療や福祉の場で活躍する医療人は、これら従来の講義や実習スタイルにより修得した解剖学と生理学の知識を基盤に、臨床医学等を学び、現在の医療やケアの実践につなげ、国民の健康や福祉に貢献しているといえる。

近年、この解剖学や生理学の教育方略に関して、現代のテクノロジーを駆使した新たな講義・実習ス

タイルの提案がなされている。本稿では、普段、形態機能学（解剖学と生理学）を担当している筆者が、新たな解剖学や生理学の講義・実習スタイルの一つとして注目され始めている Anatomage Table（アナトマージ・テーブル）について、コンセプトから国内外の導入の動向について供覧した後、筆者らが所属する昭和大学保健医療学部（以下、本学部）での導入実践例を紹介する。

I. Anatomage Tableの概略

Anatomage Table の使用経験を踏まえ、その機能や特徴について、いくつかのポイントに絞って紹介したいと思う。なお、Anatomage Table に対する筆者の意見が含まれていることをあらかじめ申し添えておく。Anatomage Table が持つ機能の詳細等は Anatomage Inc. のホームページ、もしくは Anatomage Japan 株式会社へのお問合せを読者をお願いしたい。

Anatomage Table は、解剖学の学修効率をこれまで以上に高めること、学修者の学修意欲を刺激するコンテンツを作ること、教科書等の2次元での学修から人体解剖により近いリアルを求めた3次元的な学修教材を作ること等を目的とし、Jack W.Choi 氏がスタンフォード大学大学院に所属している頃から構想を立案し作り上げた仮想解剖実習台である¹⁾ (図1A)。Anatomage Table は、仮想解剖実習台であるため、その大きさは、現在の人体解剖学実習で用いられている実習台に似た大きさとなっている。仮想解剖実習台は、テーブルのように用いることができるのと同時に縦にして使用することもできる。身長171cmの筆者が横に立っている写真をご覧頂くと、

その大きさがイメージできるかと思われる (図 1B)。

Anatomage Table には、欧米人男女およびアジア人男女の献体データが搭載されている (図 2A, B)。Anatomage Japan の担当者によれば、献体を比較的早い段階で凍結させ、0.2mm 厚で CT 撮影したのちに Anatomage Table に搭載されているプラットフォーム上でそのデータを再構築したため、ホルマリン固定による各臓器の見え方とは少し異なるようである。Anatomage Table には、解剖学的構造を視覚化した全身の人体解剖コンテンツと、各臓器や構造等を詳細に観察できる局所解剖コンテンツを搭載し、タッチ操作で切開・復元、回転・拡大・縮小ができるため、学修者は、献体による学修とは異なる体験により解剖学を学べる (図 2C, D)。例えば、胸郭や縦隔を理解するために、皮膚から始まり肋骨と肋骨を除去し (図 3A-C)、心臓と肺を表示させるプロセスを学修者に操作させることで、これらに存在する臓器、各臓器間での位置関係を 3 次元的に学修することができる (図 3D)。さらに Anatomage Table には、他にも優れた機能が多数搭載されている (図 4A)。例えば、それぞれの局所臓器をより高

精度で確認する局所解剖 (図 4B)、人体解剖だけではなく組織学像 (図 4C)、さらに放射線領域も学修可能な CT 画像や MRI 画像が搭載されている (図 4D, E)。生理学的な機能としては、血管を流れる血液の動きを可視化させながら正常心電図像が学べる機能 (図 4F)、運動学的な要素として、肩関節や股関節など大きな関節の屈曲・伸展等の動きが骨・筋を連動させて表示させることができる視覚教材機能も含まれている。2024 年初春頃には、現在のバージョンがさらに更新されると聞いている (最新は Ver.10.0: 日本語版)。最新バージョンは、さらに多くの機能、特に臨床実践に近い内容が追加されているとのこととても楽しみにしている。

Anatomage Table に搭載されている機能はどれも、詳細かつ鮮やかで学修者の印象に残る教材との感想を筆者は持つ。Anatomage Table はタブレットに慣れている現代の学修者にとって、直感的に操作することができるために学修者自身の学ぶ意欲を刺激させアクティブラーニングにつなげることが期待できる。そして、解剖学や生理学を学ぶ初学者には、教科書では感じるできない体験と印



図 1 Anatomage Table の外観

A: 保健医療学部で生理学実習で用いている Anatomage Table を視察に訪れた Anatomage Inc. CEO の Jack W.Choi 氏 (左から 2 番目) と Anatomage Japan 株式会社 GM の梶間憲二氏 (一番右)。梶間氏には、Anatomage Table すべての画像掲載について承諾を得ている。一番左が筆者、吉川輝 (形態機能学担当教員) と右から二番目が共著者の大澤三和 (診療放射線技師)。

B: Anatomage Table を縦にして利用する場合の様子。身長 171cm の筆者が横に立った時、Anatomage Table の大きさがイメージできると思われる。

(図 1 は巻末にカラーで掲載しています)

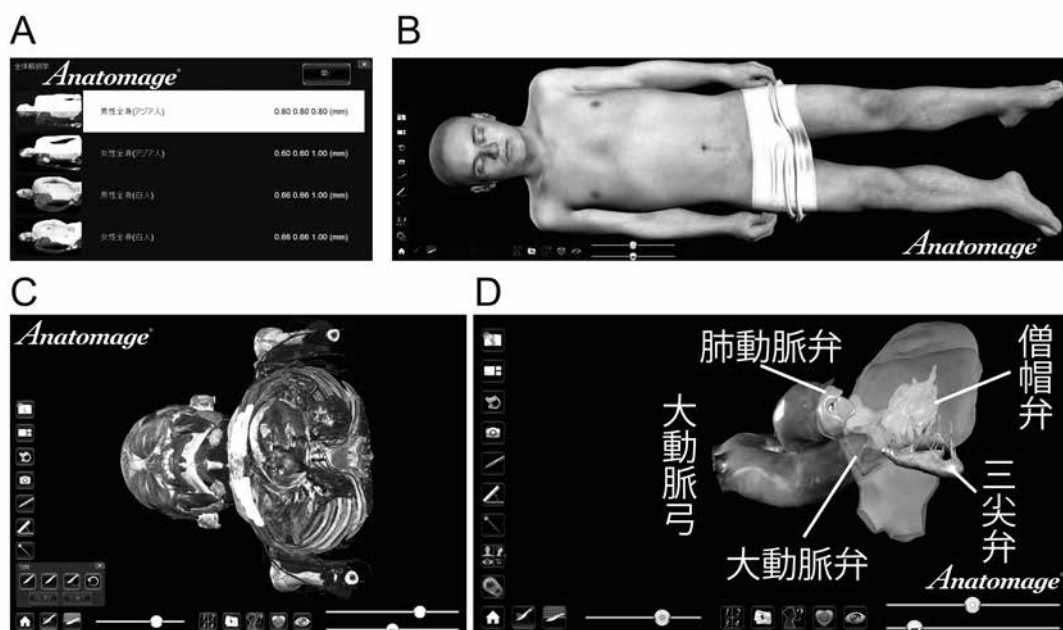


図2 Anatomage Table の機能概要

A:Anatomage Tableに搭載されている全身解剖用の献体データ。2024年1月現在、保健医療学部にはver8.0を用いているが、2024年初春頃にはver10.0になる予定である。ver10.0には献体データが4体から5体になるとのこと。B:アジア人男性の全身解剖データ。C:Bのアジア人献体の皮膚剥離後、心臓のレベルで水平断にし、断面が確認できるように頭側へ回転させた状態。D:Cの状況から心臓のみとし、右心系を削除した状態。青が左心房を示し、黄色が左心室を示す。さらに黄色の左心室を透明化することで、僧帽弁とそれにつながる腱索を確認することができる。

(図2は巻末にカラーで掲載しています)

象を提供してくれる。学修者が学修内容の臓器にアプローチする際、搭載されている機能を用いて表示や削除を行うことはもちろん、学修者自身の指がメスのような機能になるため、自らの意思で学修部位を切開や剥離することができる。デジタルコンテンツのため、自らのイメージと異なった断面像の場合、再度やり直すことが可能なため、自らが学修したい部位を追求して学ぶことができる。この機能からも、学修者のアクティブラーニングを刺激する適切な学修教材の一つではないかと筆者は感じている。

Ⅱ. Anatomage Tableを用いた国内外での実践報告

解剖学や生理学を学修するためのツールとして、前項で概説した Anatomage Table の機能をどのようにに活用し、有機的な学修環境を学修者に提供できるか、教育者に課せられた課題の1つであると筆者は考える。そこで、本項では Anatomage Table を用いた国内外の実践例について概観していく。

2024年1月現在、日本では約10台の Anatomage

Table が教育機関に導入されている。そのため、本邦での教育実践例について、これらが多く報告されることが期待できる。一方、国外における Anatomage Table を活用した教育研究、教育実践報告について調べた結果、22本の報告が挙がっていた(表1)^{2~26)}。それらを概観すると、Anatomage Table による教育効果として、①学修者の学修意欲の向上、②臓器間の3次元の立体的構造の理解、③学修者自らの指がメスやピンセットとなり各臓器を確認していく作業は、その空間に入り込み医療に携わることを目指す初学者にとってモチベーションの向上とアクティブラーニングの促進につながる、この3点に大きく集約できるのではないかと筆者は考える。そしてこれら3つの教育効果から、Anatomage Table は、従来の解剖学の講義および献体を用いた人体解剖学実習の完全なる代替ではなく、学修者の知識および技能をさらに高め、さらに深化させる学修ツールになり得るものとして大きな期待が寄せられていることが分かった。一方で、見えてきた課題もあった。その一つは、Anatomage Table の機能を最大限に活かすために適切なカリキュラムの再構築が必要との点である¹²⁾。Anatomage

表 1 Anatomage Table に関する文献の一覧。
(既に報告されているものを参考 (文献 2 ~ 4) にし、著者より作成)

筆者	出版年	要約
Afsharpour S, et al. ⁵⁾	2013	カイロプラクティックプログラム (筋骨格系解剖学コース) の学生を対象。 Aグループ (n = 352) はcadaverを、Bグループ (n = 350) は解剖模型および解剖図譜を、Cグループ (n = 393) は仮想解剖テーブル (Anatomage Table) を使用して学修を行った。 中間試験と最終試験の実習スコアでは、A->B->Cグループの順で平均成績が良かった。一方で、解剖学講義試験 (知識確認) では、すべての群で平均値はほぼ同じであった。 Anatomage Tableを利用した学生は、cadaverや解剖模型および解剖図譜を使用した学生よりも実習試験で高いスコアを上げた一方、講義試験では同様の知識獲得能力を示した。
Fyfe G, et al. ⁶⁾	2015	Anatomage Tableを利用した基礎医学教育について実施調査を行い、それに参加した医学部に所属する初年次学生326名と、初年次の解剖学に携わる指導者22名の調査結果について分析を行った。 医学部学生は、Anatomage Tableの使用は、正しい解剖学用語の使用を助けるよりも、異なる臓器の相対的なサイズや臓器間の関係を理解する上で、中程度または非常に有用であるとの印象を持ったことが報告された。指導者はリンパ系など複雑かつcadaverでは確認が難しい構造がよりクリアに確認することができるという印象とともに、学生同様、学生が正しい解剖学用語を使用するのに役立つというよりは、異なる臓器の相対的なサイズを理解するのに適度に、または非常に役立つと彼らは感じた。
Brown J, et al. ⁷⁾	2015	医学部に所属する学生511名に対して、Anatomage Tableを利用した3次元解剖学教育に対する教育研究。 75%以上の学生がAnatomage Tableを解剖学の教育に使用することで、学修がより魅力的になったと感じていた。また60%以上の学生がAnatomage Tableの使用によって人体構造の3次元の理解が向上した。
Custer TM, et al. ⁸⁾	2016	放射線学部 (department of medical imaging science) に対し、Anatomage Tableを用いた人体画像教育に関する教育研究。 放射線学部17名に対して、Anatomage Tableを用いた画像講義等について、講義内の様子、グループディスカッションの様子、そしてインタビューをもとに検証した。 本教育研究に参加した大多数の学生がAnatomage Tableを利用することに肯定的であった。
Anand MK, et al. ⁹⁾	2017	神経解剖学の学修に対するAnatomage Tableを用いた講義と従来の解剖学講義の比較研究。 解剖学を学修する学生122名に対して異なる教授法を実施し、講義後のテスト前とテスト後にアンケートを行った。その結果、ほとんどの学生がAnatomage Tableでの講義により学修体験の向上を実感した。一方で、教授法の違いによる成績の有意差は認められなかった。
Gross M, et al. ¹⁰⁾	2018	アクティブラーニングに対するAnatomage Tableを用いた解剖学の学修に関する観察研究。 解剖学を学修する123名を対象にAnatomage Tableを用いたアクティブラーニングに対し、学生からのフィードバックを受け検証した。その結果、一般的にAnatomage Tableの受け入れが良好であった。
Paech D, et al. ¹¹⁾	2018	全身のradiologic anatomyを学修する学生に対し以下の3群に分けてradiologic anatomyの学修効果を比較検討した。 A群：放射線画像解釈トレーニング (RAセミナー) とcadaver をCTスキャンしAnatomage Tableで学修した群(50名)。 B群：RAセミナーのみの講義群(90名)。 C群：放射線画像解釈訓練を受けていない従来の解剖学のみの学修群(98名)。 その結果、A群の学生の平均スコアが最も良い結果であった。

筆者	出版年	要約
Fyfe S, et al. ¹²⁾	2018	学生数の増加と cadaver を用いた人体解剖学実習の実施制限から、人体解剖学実習の代替実習の検討を行った研究。 657名の学生に対して、Anatomage Table を含むさまざまな解剖学学修ツールを0から100の尺度で評価してもらった。 その結果、学修に最も有用な教材としてビデオ / アニメーション (77.8/100) を評価し、次いでモデル (63.9/100)、プラスチックネート (58.4/100) および Anatomage Table (42.4/100) であった。Anatomage Table は、臓器の相対的な大きさを理解する上で最も有用である一方、正しい解剖学用語を使用する上では最も有用でないと評価された。学生のコメントは、臓器のサイズと関係、断面のスライスツール、cadaver 標本の必要性の回避など、3D の側面について肯定的であった。学生はまた、一度に8人以下の学生がテーブルの周りにいることを望んでいた。新しいカリキュラムへの Anatomage Table の導入には、適切なカリキュラム再構築が必要であることも分かった。
Baratz G, et al. ¹³⁾	2019	人体解剖学の学修方略としてAnatomage Tableを用いた方法と従来のcadaverを用いた解剖学実習との比較研究。 4名1グループの学生を4グループ作成し、骨盤部および会陰部、筋骨格系の実習に対してAnatomage Tableとcadaver解剖との学修効果を実施前後のアンケートと試験を基に評価した。 その結果、Anatomage Tableを用いた群では筋骨格系の試験で有意に高い成績を示した。一方、骨盤部および会陰部に対しては有意差は認められなかった。
Gonzalez-Sola M, et al. ¹⁴⁾	2019	解剖生理学の教育を向上させるための多様な活動についての調査報告。 対象は、生物学、看護学、運動学、健康学、理学療法学、作業療法学の学部生99人で構成。方法論は、30分間のオリエンテーション、大学院生によるパネルディスカッション、質疑応答セッション、60分間のcadaver観察、Anatomage Tableのデモンストレーションなどで構成された。 その結果、32%の学生がすべての教材が有用であると感じ、68%がcadaver解剖を最も強力な唯一の教育支援であるとした。
Każoka D, et al. ¹⁵⁾	2019	Anatomage Tableを用いた3D解剖学学修ツールの有用性に関する研究。 医学部と歯学部学生200名が参加し、Anatomage Tableを用いて解剖学実習を行った。 その結果、学生は、皮膚から骨格筋、血管、神経、骨、臓器などの層構造の理解につながった。また学生は、Anatomage Tableを楽しみ学修教材として用いることができた。バーチャルツールは、学生やチューターがさまざまな解剖学構造を簡単に理解し、記憶するのに役立つことが明らかになった。
Whited TM, et al. ¹⁶⁾	2019	看護学を学修する学生に対し、解剖生理学の革新的技術を導入した教育方略の研究。 12名の学生に対して、Anatomage Tableとcadaverを用いた解剖実習を行い解剖学のスコアを評価した。 その結果、小児の頭部、眼、耳、鼻および喉の解剖学における知識の向上が認められた。cadaverとAnatomage Tableを組み合わせた解剖学の講義実習は、高度な解剖生理学的知識を学生に提供する可能性がある。
Bianchi S, et al. ¹⁷⁾	2019	看護学を学修する学生に対し、Anatomage Tableを導入した解剖学の教育法について検証する教育研究。 133名の学生に対して、解剖学の講義、Anatomage Tableを用いた演習、学修内容の発表等の組み合わせを行った。 その結果、この統合的な解剖学講義を受けた学生は、全体的にこの教育方略に肯定的であった。解剖学講義へのAnatomage Tableの統合は、学修パフォーマンスを改善し看護学生1年生の解剖学に対する自信を高めるものにつながった。

筆者	出版年	要約
Kar R, et al. ¹⁸⁾	2020	作業療法士を目指す学生に対し、Anatomage Tableとデジタル技術を駆使した解剖学教育の可能性について検証。 作業療法学を専攻する学生44名とPhysician Assistant Studiesコースに所属する学生48名を対象に、解剖学講義に用いる教材として、デジタルテクノロジー、cadaverを用いた人体解剖実習、Anatomage Tableを駆使した。 その結果、約98%の学生がデジタルテクノロジーに対して好意的な印象を抱いていた。cadaverによる解剖実習を受講した学生の86%がAnatomage Tableの教材を利用することに興味を示した。また、Anatomage Tableが画像のサイズとリアリズム、男性と女性の標本の利用可能性、高解像度の局所解剖学などについて受け入れが良好だった一方、一部の機能（タッチや回転機能）について操作の困難感を抱く学生がいた。総称して66%の学生が、Anatomage Tableは人体解剖学実習を補完する良い学修ツールだと感じ、69%の学生がAnatomage Tableのおかげで献体上の構造をより理解しやすくなったと感じていた。12%の学生がcadaverによる人体解剖学実習よりAnatomage Tableを好んだ一方、73%の学生はcadaverによる人体解剖学実習の解剖学修環境を望んだ。cadaverによる人体解剖学実習では理解が難しい補完的教材としてAnatomage Tableを用いるなど、お互いの組み合わせがよりよい解剖学の講義実習スタイルになる可能性が考えられた。
Tenaw B. ¹⁹⁾	2020	Anatomage Table を用いた解剖学教育に関する実用性と包括的満足度を調査する教育研究。 医学部2年生89名に対して、人体解剖学実習におけるAnatomage Tableの導入に関して質問紙を用いた調査を実施。 その結果、約81%の学生は、Anatomage Tableが有用な役割を持っており、それは彼らの予習復習のための学修と人体解剖学の学修のための補助的なツールであると答えた。さらに医学教育の基礎となる解剖学教育にAnatomage Tableを用いる利点等を学生自身が理解していることも分かった。
Washmuth NB, et al. ²⁰⁾	2020	看護学生に対する解剖学実習の新たな実施方法の検証を行う教育研究。 25名の看護学生に対して一つのグループは従来通りのcadaverでの人体解剖学実習を、もう一つのグループはAnatomage Tableを用いた解剖学実習を行った。その実習後に知識を問う試験と実技試験を行った。 両群では、その実習による学修効果に有意差は認められなかったがAnatomage Tableを用いた実習の場合、学生の身体面に配慮できること（ホルマリンによる曝露等）がメリットとして挙げられた。
Alasmari WA. ²¹⁾	2021	cadaverを用いた従来の解剖学実習にAnatomage Tableを追加の学修ツールとして含めることによる学生の学修を調べる教育研究。 医学部生78名に対して、解剖学の理解、異なる臓器間の位置関係、解剖学的知識の応用に関する3D Anatomage Tableの使用の効果に関する質問紙を実施。 その結果、大多数の学生がactive learningを強化するためにcadaverの人体解剖学実習の追加ツールとしてAnatomage Tableの導入に好意的であった。また、89%の学生が3Dによる内部構造と身体システムの可視化の関係性をよりよく理解できるツールとして役立ち、さらに72%の学生は医療画像を理解する上で大変有用なツールであるとした。

筆者	出版年	要約
Bin Abdulrahman KA, et al. ²²⁾	2021	Anatomage Tableおよびプラスティネーション標本を解剖学の講義と実習に利用した際の学生の成績および授業満足度を評価する教育研究。 医学部1年生211名を対象に解剖学としては泌尿器をテーマに扱った。学生を3つのグループにランダムに振り分けた。グループAはAnatomage Tableを使用して学修し、グループBは同じトピックをプラスティネート標本で学修、グループCは、プラスティネート標本とAnatomage Tableの両方で学修した。実習セッション後に実技試験を実施。 その結果、プラスティネート標本とAnatomage Tableの両方で学修した学生グループが他のグループの学生と比較して有意に成績が良かった。さらにアンケート結果としてもAnatomage Tableの両方で学修した学生グループが他のグループの学生と比較して解剖学の実習に対して好意的であった。
Boscolo-Berto R, et al. ²³⁾	2021	Anatomage Tableを利用した解剖学教育に関する教育研究。 対象は医学部2年生30名を15名ずつランダムに2群に振り分けた。A群は古典的な解剖学の教科書を学修した後にcadaver解剖実習を行った。B群はAnatomage Tableによる解剖学を学修したのちにcadaver解剖実習を行った。 その結果、基本的な解剖学の知識では両群で有意差は示さなかったが、筋骨格系ではB群の学生において2次元や3次元的な構造の位置関係についてより理解が高まる傾向が明らかになった。そして総合的な成績としては、やはりB群で成績がより良い傾向であることが明らかになった。
Boscolo-Berto R, et al. ²⁴⁾	2021	看護学を学修する学生に対する解剖学教育の教育研究。 看護学を学修する1年生を対象にAnatomage Tableを用いた学修と古典的な解剖学の教授方法で学修した学生に分け成績を評価した。 その結果、Anatomage Tableで解剖学を学修した学生群が有意に中間試験と期末試験でクラス平均が高いことを示した。さらにGrade Point Average (GPA) でも、Anatomage Tableを用いて教育された学生群が古典的な教育を受けた学生群より有意に高かった。満足度調査では、84.0%の学生がAnatomage Tableでの学修に対して肯定的であり、85.4%が他の学生にこの教材を勧めると回答した。
Owolabi J, et al. ²⁵⁾	2022	解剖学教育に対する教育研究。 アフリカで解剖学を教授している教員に対して、Anatomage Tableを導入した解剖学教育に対してインタビューを実施。 その結果、アフリカの解剖学者は解剖学教育に対するテクノロジーに好意的であった。解剖学者が最も多く述べていたことは、「cadavarを用いた人体解剖学実習の補完的な教育ツールであり、実際の解剖学実習の経験を代替することはできない。」であった。
Sultana Q, et al. ²⁶⁾	2022	解剖学を学修する学生と解剖学を教える教員のAnatomage Tableの導入や利用に関する教育研究。 対象は医学部1年生150名を対象に筋骨格系に関する解剖学講義と実習について、AグループはAnatomage Tableを用いた実習群、Bグループはcadavarを用いた人体解剖学実習群であった。実習の前後に知識確認テストを行った。さらに学修に関するアンケート調査も行った。 その結果、教授法に関係なく両群ともに事前テストに比べて事後テストで成績が有意に向上した。Anatomage Tableを用いた学生の方がcadavarを用いた人体解剖学実習を行った学生に比べて、事後テストのスコアが相対的に優れていた。教員の100%と学生の93.3%が、Anatomage Tableが解剖構造の理解を向上させるとの意見を持った。解剖学のカリキュラムにシミュレーションベースの教育を取り入れることは、従来の人体解剖を補完し、魅力的かつ効果の高いカリキュラムの提供を確保するために不可欠であることが分かった。

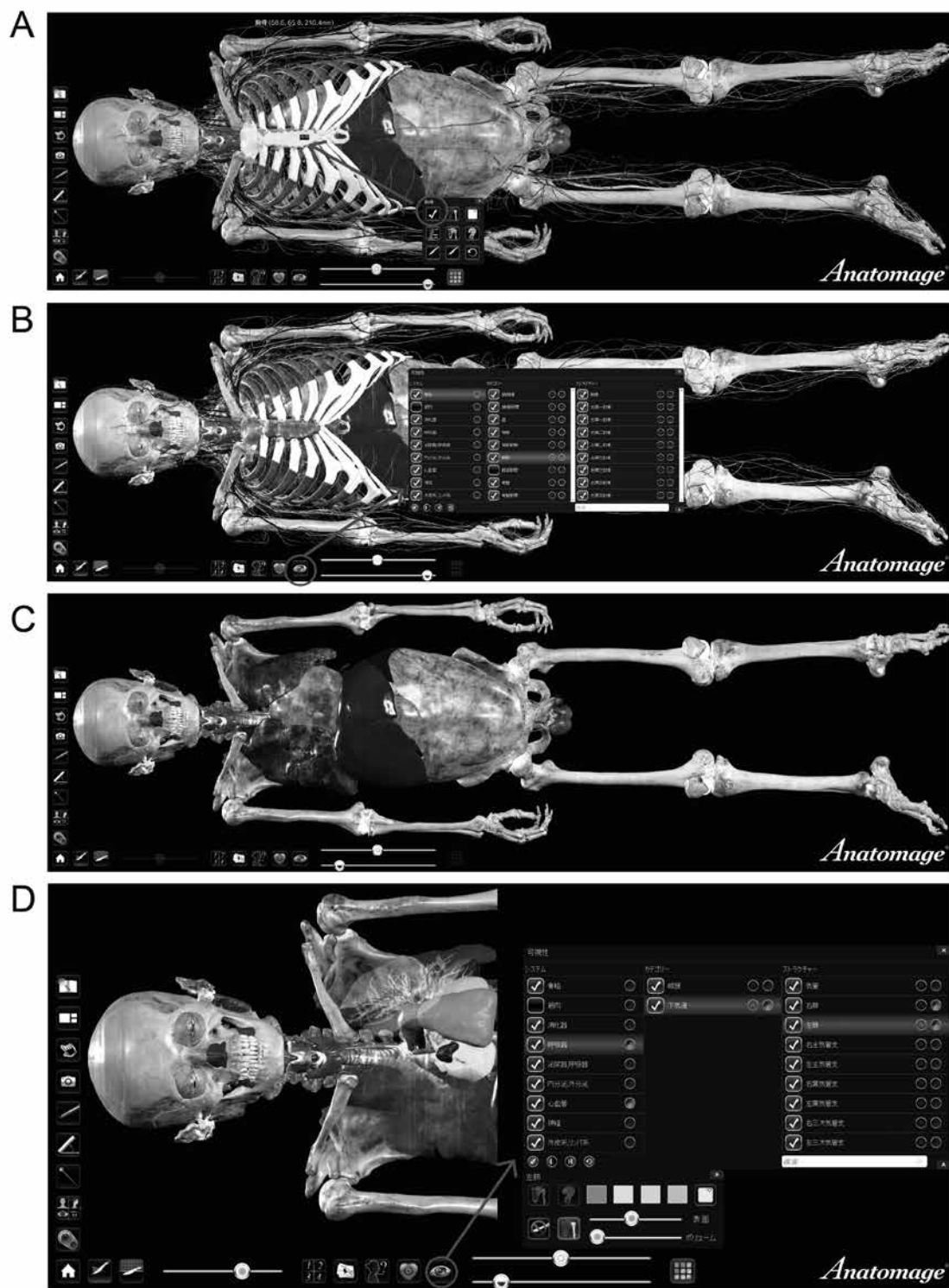


図3 Anatomage Table を用いた胸郭・縦隔の解剖アプローチ例

A：胸骨をタップすると選択された胸骨のみが青色に示され、解剖学的名称が現れる。それを図示されている「レ」を選択することで胸骨のみが除去される。B：胸骨を除去された状態で「目」の形のアイコンを選択することでそれぞれの構造体、臓器の名称が表示される。その中で骨格や血管系、神経系のレ点を選択し、除外する。C：これらの構造体や臓器を外すことで、目的の臓器のみの表示にすることができる。D：胸郭に存在する心臓、肺に対して学修する。「目」のアイコンより、各臓器が選択されるので、該当する臓器や構造をそれぞれ理解しやすいように色分けすることが可能である。例えば左肺を黄色かつ透明化することで、左肺につながる気管・気管支系までを確認することができる。また、心臓も4つの腔をそれぞれ色分けすることで、右心房や左心室などを3次的に理解することが可能となる。

(図3は巻末にカラーで掲載しています)

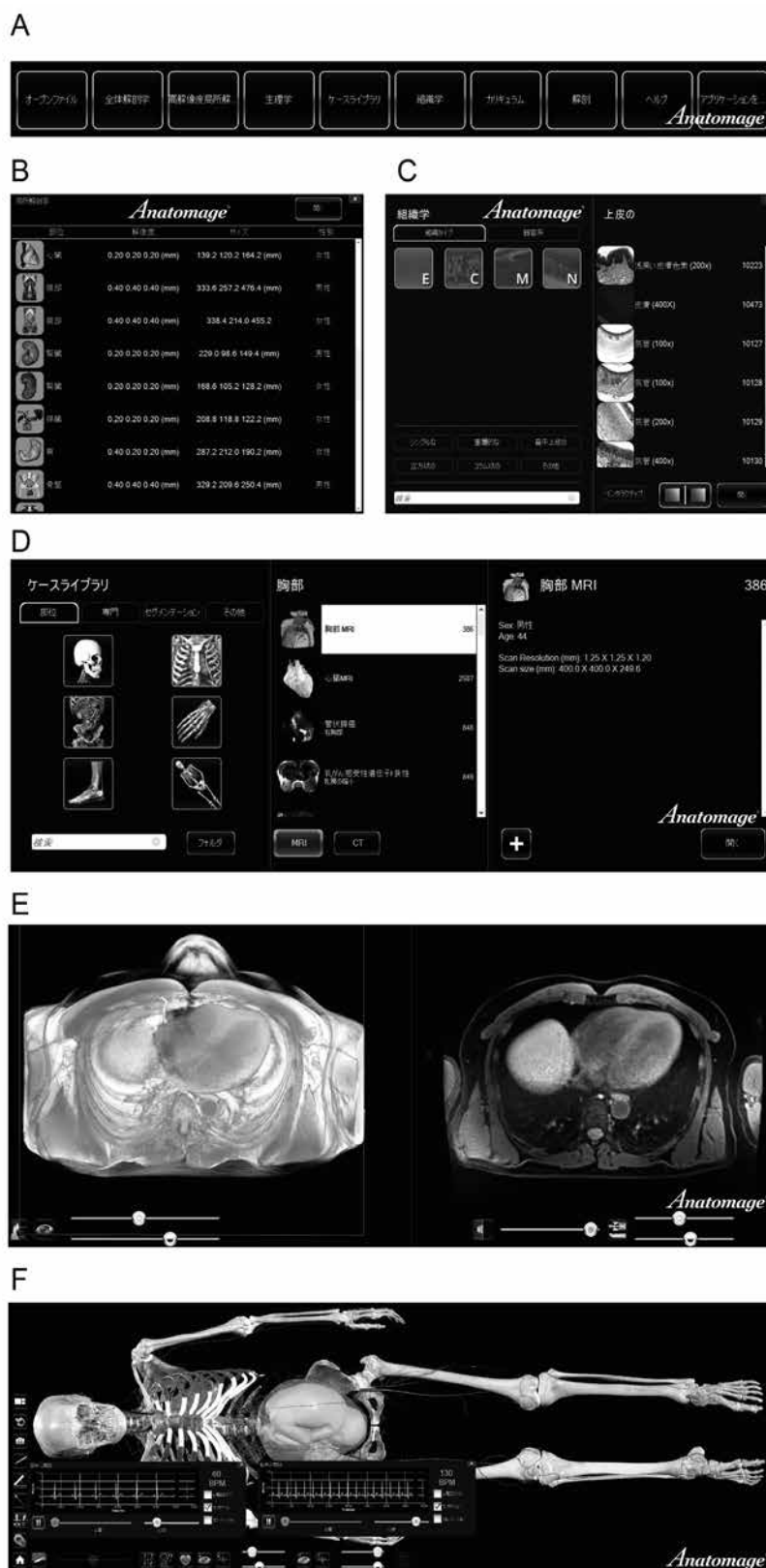


図 4 Anatomage Table に搭載されているその他の機能例

A: Anatomage Table に搭載されているさまざまな機能の一覧。**B:** 局所臓器一覧の一部。**C:** 組織画像データの一列。**D:** 放射線領域での学修用画像の一例。**E:** **D** より胸部 MRI 画像を選択すると画像が Anatomage Table 像に表示される。**F:** 生理学的機能として母体と胎児との間での循環器系のシステム。心電図を表示させながら、血液の流れが動画として表示される。

(図4は巻末にカラーで掲載しています)

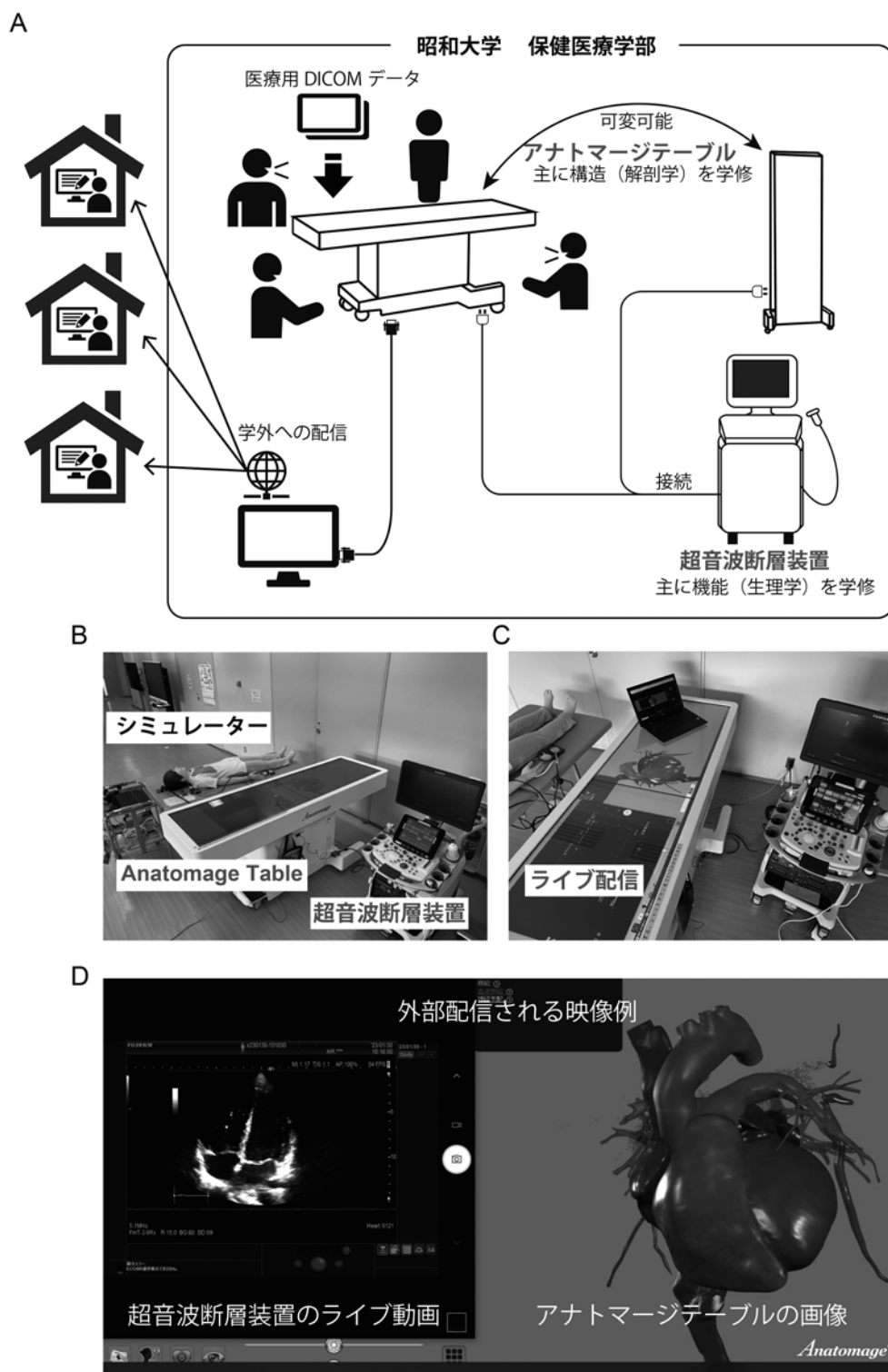


図 5 本学部での Anatomage Table の導入目的と運用例

A：本学部で Anatomage Table を用いている概略図。超音波断層装置と連動させた運用を行うことで、解剖学と生理学を同時に学修することが可能となる。また、医療画像 DICOM データを Anatomage Table に取り込むことで、その画像を 3 次元再構築することが可能であり、臨床画像データと正常解剖を同時に学修することができる。さらに、Anatomage Table の表示をインターネットを介して自宅学修を行う学生に配信することも可能である。**B**：Anatomage Table に超音波断層装置、そしてシミュレーターを併用する運用例。**C**：シミュレーター、もしくは人を対象に例えば心エコーを撮像し、その様子を正常解剖として Anatomage Table を用いて確認することができる。さらにそれを配信することができる。**D**：自宅学修を行う学生は、心エコー動画と Anatomage Table の解剖画像の両者を比較しながら学修できるコンテンツを受信することができる。

（図 5 は巻末にカラーで掲載しています）

Table を用いた解剖学の講義実習の組立てについては、決まった方法はなく、それぞれの教育研究者が検討し工夫した教育方略を実践しているのが現状である。その中で一つ、Anatomage Table を用いた教育プログラムの例を紹介している報告がある²⁷⁾。その他、具体的な提案としては、解剖学のカリキュラムにシミュレーションベースの教育方略を取り入れることで、より魅力的な解剖学の講義になるとの報告である²⁶⁾。これら教育実践の積み重ねが、新たな解剖学や生理学の学修方略を発展させ、学生の学修理解をより促進させていくことが期待される。

Ⅲ. 本学部のAnatomage Tableを用いた教育実践報告

本学部は、コロナ禍になる以前より医系総合大学の特徴を生かし、チーム医療教育を主軸にすぐれた

医療人を育成すべく教育推進室主導での教育改革を進めている。その骨子の一つとして、看護、理学療法、作業療法を学ぶ学生が、患者の問題解決に必要な知識を応用することができる能力を修得し、高度化する医療現場で高い実践能力を発揮できるよう、教育プログラムを構築し実践し始めている²⁸⁾。この学修を支援するツールとして、Anatomage Table と Body Interact (仮想患者シミュレーター) を積極的に用いている。

本演習を紹介するに先立ち、本学部で Anatomage Table の導入を決めた理由について簡潔に述べる。導入理由は、①人体を局所から全身まで、そして2次元と3次元の両者より観察できる解剖学的学修機能とともに、超音波装置の使用により人体の生理学的機能を解剖学的構造と同時に学修する機能を有している Anatomage Table の特徴の一つに魅力を感じたこと、②手持ちの医用画像 (DICOM) を

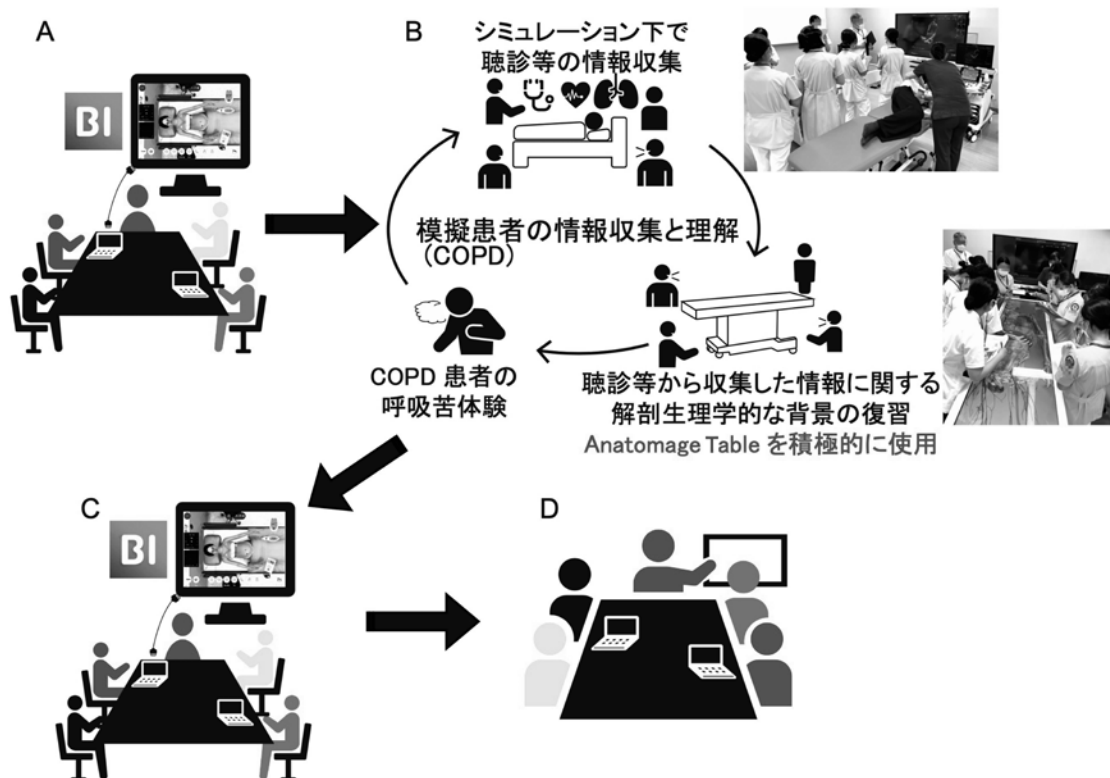


図6 本学部で Anatomage Table を活用したシミュレーション教育の実践

A: 学生は事前学修を行った Body Interact に対して、当日の学内でグループ討議を行い問題点を共有する。B: 共有した問題点をシミュレーターを用いて身体所見の観察に取り組む。その際、学生は Anatomage Table を用いて解剖学と生理学を復習し、身体所見の根拠を明確化させる。(COPD: 慢性閉塞性肺疾患) C: 身体所見等を行った後、再び Body Interact を用いて仮想患者の正しい理解につなげる。D: 正しい理解を他者に発表し、学生たち自分自身の学修を整理させる。

(図6は巻末にカラーで掲載しています)

Anatomage Table に取り込み、病態像を投映し、3次元解剖・骨格画像とCTやX線撮影画像を並べて比較することができること、③これらの機能を有機的に結びつけ一体化して活用することで、正常な解剖学と生理学およびこれらが異常に陥った病態についての体系的な学修が期待できること、④Anatomage Table は外部出力が可能であり、オリジナルの講義資料や動画をオンラインで配信ができるため、個人学修における学修意欲をかき立てることにつながる、以上の4点である（図5）。

以下に、Anatomage Table および Body Interact の先端テクノロジー技術を用いた本学部のシミュレーション教育の一端を紹介する。なお、Body Interact の詳細については、本シリーズ4回目掲載予定の記事（ご担当：土屋静馬先生）を楽しみにお待ちしております。

今回、紹介するのは看護、理学療法、作業療法を専攻する3年生で、臨床実習前の準備教育期間に行ったシミュレーション教育である。本学修プログラムは、①自己主導型学修による事前学修、②グループ討議、③Body Interact やシミュレーター、Anatomage Table 等を複合的に用いた学内演習、④グループ討議による振り返り、リソース講義、⑤個々の学生による振り返り、の5つで構成している。事前学修は、あらかじめBody Interact により仮想患者を提示し、疾患を抱えている仮想患者の病態等について自己主導型学修を行ない、グループ討議や学内演習に臨む準備を行ってもらうことをねらいとしている。次の展開としては、グループ討議により仮想患者の問題点を共有し（図6A）、問題点の一つである身体所見に対して、シミュレーターを用いて観察、確認する演習を実施することである。その際、観察、確認した現象（例えば、呼気時に連続性ラ音（wheeze）が聴取したとする）がどのような解剖学や生理学の知識を駆使することで学生が適切な理解につながるができるかの点に対し、筆者ら教育者は重要視しており、そこに立ちかえるための方略としてAnatomage Table を用いている（図6B）。この学修体験は、学生の復習を含めたアクティブラーニングを実現させる。これらの演習後に、再び仮想患者の正しい理解を学生同士のグループディスカッションを通じて深め（図6C, D）、さらにリソース講義を受けた後、個々の学生の振り返り（何ができて何が

できなかったか、課題は何か、課題を克服するために何を学修すべきか）につなげる。

筆者らは、このシミュレーション教育を受けた学生に対し、理解度、学修意欲、学修環境を問う質問紙調査を実施し、学修プログラムの評価を行った。解析した結果、演習を受講した学生の約9割が学修の理解度、そしてさらなる学修意欲の向上につながることが確認できた²⁹⁾。また自由記載の記述内容を整理した結果、提示された仮想患者の健康問題に対する人体の反応について、Anatomage Table を用いて正常な解剖・生理およびこれらが異常に陥った病態について学修することで理解が深まる、検査所見や画像所見の見方と解釈について理解が深まるという記述内容があり、Anatomage Table が学修ツールとして有効であることが確認できた（表2）。

このように、本学部におけるAnatomage Table の活用は、いわゆる解剖学の構造、名称、各臓器との位置関係や関連を理解するために用いるツールではない。より実践に近いシチュエーションにおいて学生が、病態の理解、検査や検査結果をより深く理解するため、解剖学と生理学の知識の応用に焦点を当てた学修過程における1つのツールとして活用している。本学部の運用において特筆すべきポイントは、Anatomage Table の解剖学的構造と、超音波エコーや心電図、呼吸機能検査等の生理機能の器材と連動させて人体を理解してもらうため、構造と機能の連動を意識して運用しているところである。この運用方法においても、他の実践報告や教育研究同様、教育効果の可能性が示唆された。本学部では、さらなる学生教育の高みを目指し、引続き教育活動を促進していき、Anatomage Table を用いた教育研究を世に発信していくつもりである。

おわりに

Anatomage Table を用いた解剖学と生理学の新たな学修方略の紹介を行った。本稿では、主に学部学生の解剖学と生理学に対するAnatomage Table の実践について紹介したが、Anatomage Table は臨床応用も十分につなげることが可能なツールである。誌面の関係上、臨床応用の内容については紹介できなかったが、外傷、手術の術前術後、疾患特異的なCT画像を用いて、それをAnatomage Table にアッ

表 2 Anatomage Table を利用したシミュレーション教育後の学生の自由記載例

コメント 1	アナトマージテーブルでは人体解剖が細かく見れたので解剖の勉強としてとてもいいと思った。
コメント 2	アナトマージテーブルブースではアナトマージテーブルだけでなく、実際の心エコー映像をリアルタイムで観察し、エコー検査をどのように行っているのか、どのように映るのがわかりました。
コメント 3	アナトマージテーブルでは人体を立体的により細かく見ることができ、これからも学習に役立てていきたいと思いました。
コメント 4	アナトマージテーブルによる学習は教科書以上の定着性があった。

プロードすることで、診断、治療、経過等の資料に応用しているもの^{30~33)}、臨床研修医の教育ツールとして用いているもの³⁴⁾など、その応用は多岐にわたる。繰り返しとなるが、Anatomage Table が完全なる献体を用いた人体解剖学実習の代替になり得るとは他の先行研究者と同様、筆者も考えていない。実際の献体を用いた人体解剖学は、命の尊厳や重さ、生命の神秘、人の命と向き合っていく将来の医療人としてのアイデンティティー醸成など、実際を経験しないと学修し得ない大切なことが多く含まれている実習である。従来の解剖学と生理学の講義実習スタイルに新たなテクノロジーを追加することは、基礎医学の学修効果をより飛躍させることが期待される。今後も日々進化するテクノロジーを取り入れつつ、温故知新の精神で医学教育に携わっていくつもりである。

謝辞

昭和大学保健医療学部で Anatomage Table を積極的に利用し学生への学修を提供できている理由には、保健医療学部のシミュレーション教育に対して共に参加している保健医療学部の田代尚範准教授（理学療法士）、大塚裕之講師（理学療法士）、青木啓一郎講師（作業療法士）、野川悟史講師（臨床工学技士）、藤後秀輔講師、駒場一貴講師（作業療法士）、渡邊裕之准教授（診療放射線技師）によるもの大きい。本紙面をもって、これらの先生方へ感謝申し上げる。

文 献

- 1) Choi J. The virtual dissection table_ Jack Choi at TED2012 _ TED Blog.
<https://blog.ted.com/the-virtual-dissection-table-jack-choi-at-ted2012/>. 2012; (引用 2024年1月25日)
- 2) Raja BS, Chandra A, Azam MQ, Das S, Agarwal A. Anatomage - the virtual dissection tool and its uses: A narrative review. J. Postgrad. Med. 2022;68(3):156-161.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)
- 3) Kavvadia EM, Katsoula I, Angelis S, Filippou D. The Anatomage Table: A Promising Alternative in Anatomy Education. Cureus. 2023;15(8):e43047.
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
- 4) Said Ahmed MAA. Use of the Anatomage Virtual Table in Medical Education and as a Diagnostic Tool: An Integrative Review. Cureus. 2023.
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
- 5) Afsharpour S, Gonsalves A, Hosek R, Partin E. Analysis of immediate student outcomes following a change in gross anatomy laboratory teaching methodology. J Chiropr Educ. 2018;32(2):98-106
- 6) Fyfe G FS, Dye D, Crabb H. Use of Anatomage tables in a large first year core unit. 30th Annu Conf Aust Soc Comput Learn Tert Educ. 2013:298-302.
- 7) Brown J, Stonelake S, Anderson W, et al. Medical student perception of anatomage – A 3D interactive anatomy dissection table. International Journal of Surgery. 2015;23: S17-S18.
- 8) Lorke DE, Rock JA, Hernandez R, Jr., Graham D, Keough N, van Tonder DJ. Creation of 21st century anatomy facilities: designing facilities for integrated preclinical education in the Middle East. BMC Med. Educ. 2023;23(1):388.
- 9) Anand M K ST. A comparative study of learning with anatomage virtual dissection table versus traditional dissection method in neuroanatomy. Indian Journal of Clinical Anatomy and Physiology. 2017;4(2):177-180.
- 10) Gross M, Masters C. Virtual Dissection: Using Active Learning with the Anatomage Table to Enhance Student Learning. The FASEB Journal. 2018;31(S1).
- 11) Paech D, Giesel FL, Unterhinninghofen R, Schlemmer

- HP, Kuner T, Doll S. Cadaver-specific CT scans visualized at the dissection table combined with virtual dissection tables improve learning performance in general gross anatomy. *Eur. Radiol.* 2017;27(5):2153-2160.
- 12) Fyfe S, Fyfe G, Dye D, Radley-Crabb H. The Anatomage table: Differences in student ratings between initial implementation and established use. *Focus on Health Professional Education: A Multi-Professional Journal.* 2018;19(2).
 - 12) Sakai T, Makino H, Ishikawa E, et al. Fermented milk containing *Lactobacillus casei* strain Shirota reduces incidence of hard or lumpy stools in healthy population. *International journal of food sciences and nutrition.* 2011; 62(4): 423-430.
 - 13) Baratz G, Wilson-Delfosse AL, Singelyn BM, et al. Evaluating the Anatomage Table Compared to Cadaveric Dissection as a Learning Modality for Gross Anatomy. *Med Sci Educ.* 2019;29(2):499-506.
 - 14) Mathis M, Gonzalez-Sola M, Rosario M. Anatomy Observational Outreach: A Multimodal Activity to Enhance Anatomical Education in Undergraduate Students. *Journal of Student Research.* 2020;9(1).
 - 15) Berkis U, Kazoka D, Pilmane M, Vilka L. 3D dissection tools in Anatomage supported interactive human anatomy teaching and learning. *SHS Web of Conferences.* 2019;68.
 - 16) Whited TM, DeClerk L, Berber A, Phelan KD. An innovative technique to promote understanding of anatomy for nurse practitioner students. *J. Am. Assoc. Nurse Pract.* 2019;33(5):348-352.
 - 17) Bianchi S, Bernardi S, Perilli E, Cipollone C, Di Biasi J, Macchiarelli G. Evaluation of Effectiveness of Digital Technologies During Anatomy Learning in Nursing School. *Applied Sciences.* 2020;10(7).
 - 18) Kar R, Skaggs S, Wang H, Nation H, Sakaguchi AY. Health Professions Student Perceptions of the Anatomage Virtual Dissection Table and Digital Technology. *The FASEB Journal.* 2020;34(S1):1-1.
 - 19) B T. Teaching gross anatomy: Anatomage table as an innovative line of attack. *International Journal of Anatomical Variations.* 2020;13:76-79.
 - 20) Washmuth NB, Cahoon T, Tuggle K, Hunsinger RN. Virtual Dissection: Alternative to Cadaveric Dissection for a Pregnant Nurse Anesthesia Student. *Health Professions Education.* 2020;6(2):247-255.
 - 21) Alasmari WA. Medical Students' Feedback of Applying the Virtual Dissection Table (Anatomage) in Learning Anatomy: A Cross-sectional Descriptive Study. *Adv Med Educ Pract.* 2021;12:1303-1307.
 - 22) Bin Abdulrahman KA, Jumaa MI, Hanafy SM, et al. Students' Perceptions and Attitudes After Exposure to Three Different Instructional Strategies in Applied Anatomy. *Adv Med Educ Pract.* 2021;12:607-612.
 - 23) Boscolo-Berto R, Tortorella C, Porzionato A, et al. The additional role of virtual to traditional dissection in teaching anatomy: a randomised controlled trial. *Surg. Radiol. Anat.* 2021;43(4):469-479.
 - 24) Narnaware Y, Neumeier M. Use of a virtual human cadaver to improve knowledge of human anatomy in nursing students: research article. *Teaching and Learning in Nursing.* 2021;16(4):309-314.
 - 25) Owolabi J, Ojiambo R, Seifu D, et al. African Medical Educators and Anatomy Teachers' Perceptions and Acceptance of the Anatomage Table as an EdTech and Innovation: A Qualitative Study. *Adv Med Educ Pract.* 2022;13:595-607.
 - 26) Sultana Q, Jain R, Shariff MH, Quadras PR, Ramos A. The Impact of Simulation-Based Teaching Module Involving Virtual Dissection on Anatomy Curriculum Delivery. *International Journal of Anatomy and Research.* 2022;10(4):8476-8481
 - 27) Owolabi J. Protocol Development for Digisection: Making a Case for Standardizing Educational Technology Use for Digital Dissection and Anatomical Studies. *Cureus.* 2023;15(3):e35766.
 - 28) 榎田 めぐみ 田尚, 吉川 輝. 応用力を育むためのシミュレーション教育プログラムの構築. *医学教育.* 2023;54 (suppl):236-236.
 - 29) 吉川輝 大, 野川悟史, 大澤三和, 青木啓一郎, 田代尚範, 藤後秀輔, 駒場一貴, 下司映一, 榎田めぐみ. 看護・理学療法・作業療法の実践能力を高めるためのシミュレーション教育の活用. *医学教育.* 2023;54 (Suppl):275-275.
 - 30) Brucoli M, Boccafoschi F, Boffano P, Broccardo E, Benech A. The Anatomage Table and the placement of titanium mesh for the management of orbital floor fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2018;126(4):317-321.
 - 31) Ahmed O, Walther J, Theriot K, Manuel M, Guthikonda B. Morphometric Analysis of Bone Resection in Anterior Petrosectomies. *J Neurol Surg B Skull Base.* 2016;77(3):238-242.
 - 32) Stecco A, Boccafoschi F, Falaschi Z, et al. Virtual dissection table in diagnosis and classification of Le Fort fractures: A retrospective study of feasibility. *Translational Research in Anatomy.* 2020;18.
 - 33) Hasni M, Farahat Z, Abdeljelil A, et al. An efficient approach based on 3D reconstruction of CT scan to improve the management and monitoring of COVID-19 patients. *Heliyon.* 2020;6(11):e05453.
 - 34) Zingaretti N, Contessi Negrini F, Tel A, Tresoldi MM, Bresadola V, Parodi PC. The Impact of COVID-19 on Plastic Surgery Residency Training. *Aesthetic Plast. Surg.* 2020;44(4):1381-1385.

わだい 第2回 医学教育におけるICTの活用に関して
 仮想解剖実習台 Anatomage Table を活用した
 解剖学・生理学の新たな教育方略の紹介

吉川 輝：大澤三和：榎田めぐみ



図1 Anatomage Table の外観

A：保健医療学部で生理学実習で用いている Anatomage Table を視察に訪れた Anatomage Inc. CEO の Jack W.Choi 氏（左から2 番目）と Anatomage Japan 株式会社 GM の梶間憲二氏（一番右）。梶間氏には、Anatomage Table すべての画像掲載について承諾を得ている。一番左が筆者、吉川輝（形態機能学担当教員）と右から二番目が共著者の大澤三和（診療放射線技師）。

B：Anatomage Table を縦にして利用する場合の様子。身長171cmの筆者が横に立った時、Anatomage Table の大きさがイメージできるかと思われる。

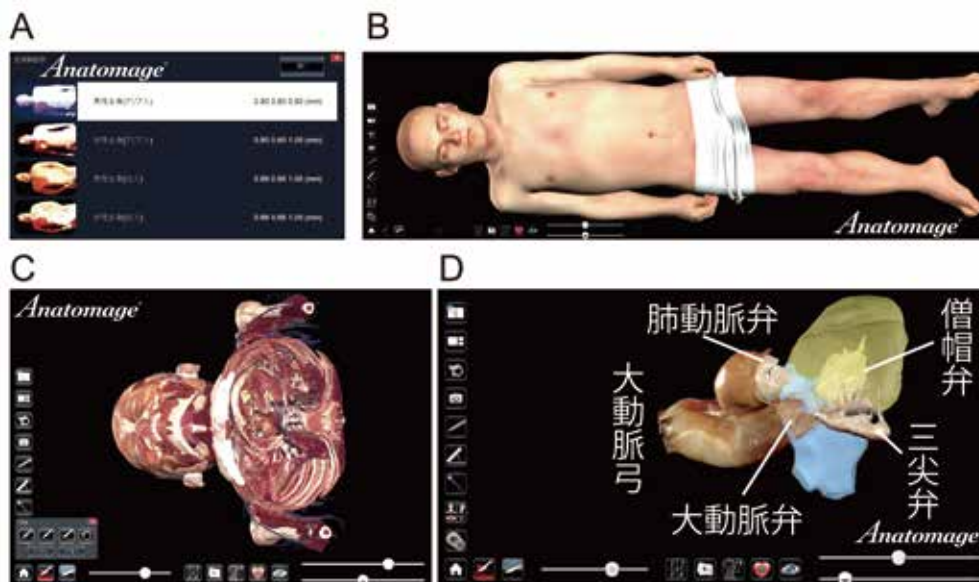


図2 Anatomage Table の機能概要

A:Anatomage Tableに搭載されている全身解剖用の献体データ。2024年1月現在、保健医療学部には ver8.0を用いているが、2024年初春頃にはver10.0になる予定である。ver10.0には献体データが4体から5体になるとのこと。B:アジア人男性の全身解剖データ。C:Bのアジア人献体の皮膚剥離後、心臓のレベルで水平断にし、断面が確認できるように頭側へ回転させた状態。D:Cの状況から心臓のみとし、右心系を削除した状態。青が左心房を示し、黄色が左心室を示す。さらに黄色の左心室を透明化することで、僧帽弁とそれにつながる腱索を確認することができる。

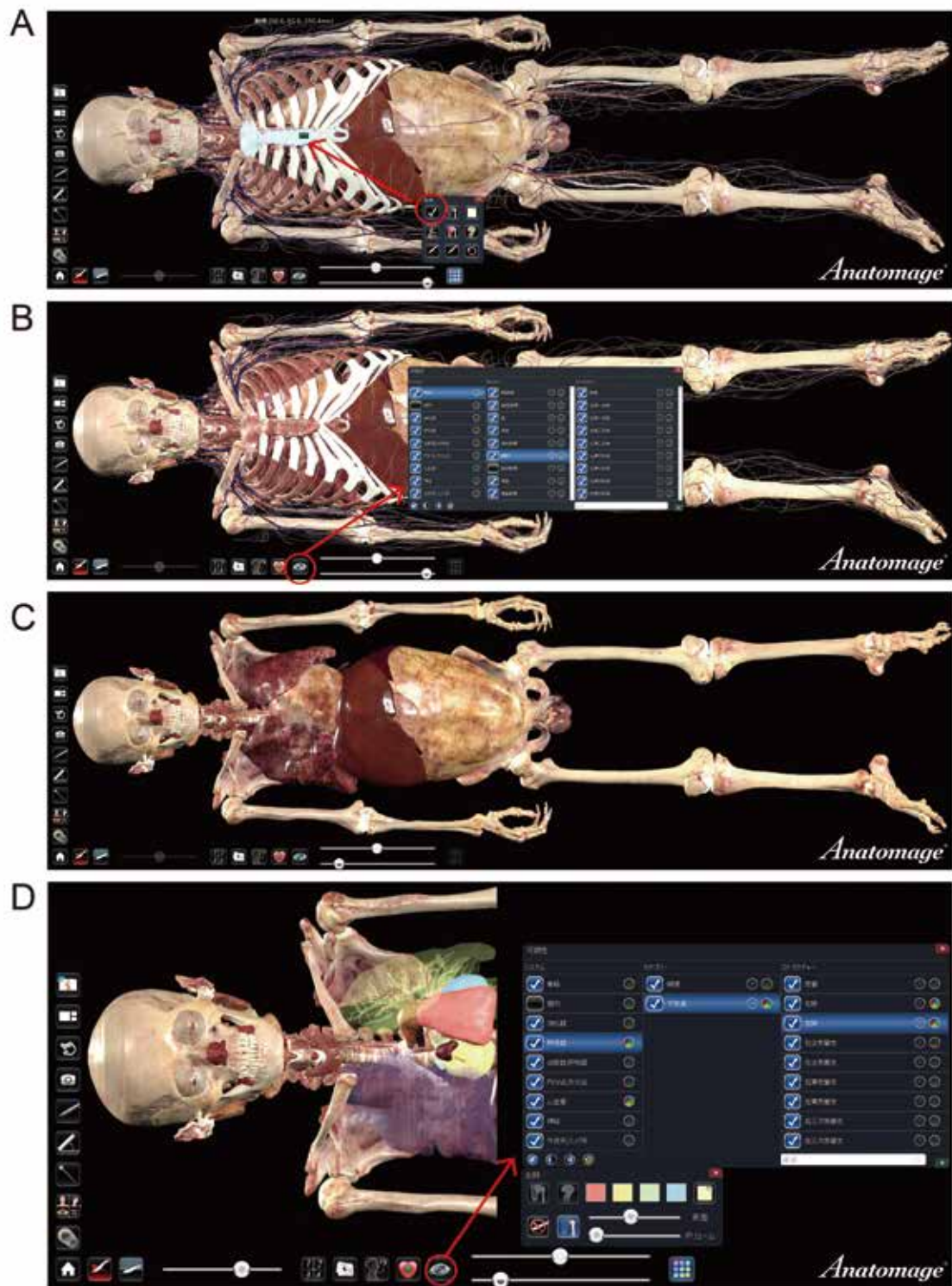


図3 Anatomage Table を用いた胸郭・縦隔の解剖アプローチ例

A：胸骨をタップすると選択された胸骨のみが青色に示され、解剖学的名称が現れる。それを図示されている「レ」を選択することで胸骨のみが除去される。B：胸骨を除去された状態で「目」の形のアイコンを選択することでそれぞれの構造体、臓器の名称が表示される。その中で骨格や血管系、神経系のレ点を選択し、除外する。C：これらの構造体や臓器を外すことで、目的の臓器のみの表示にすることができる。D：胸郭に存在する心臓、肺に対して学修する。「目」のアイコンより、各臓器が選択されるので、該当する臓器や構造をそれぞれ理解しやすいように色分けすることが可能である。例えば左肺を黄色かつ透明化することで、左肺につながる気管・気管支系までを確認することができる。また、心臓も4つの腔をそれぞれ色分けすることで、右心房や左心室などを3次的に理解することが可能となる。

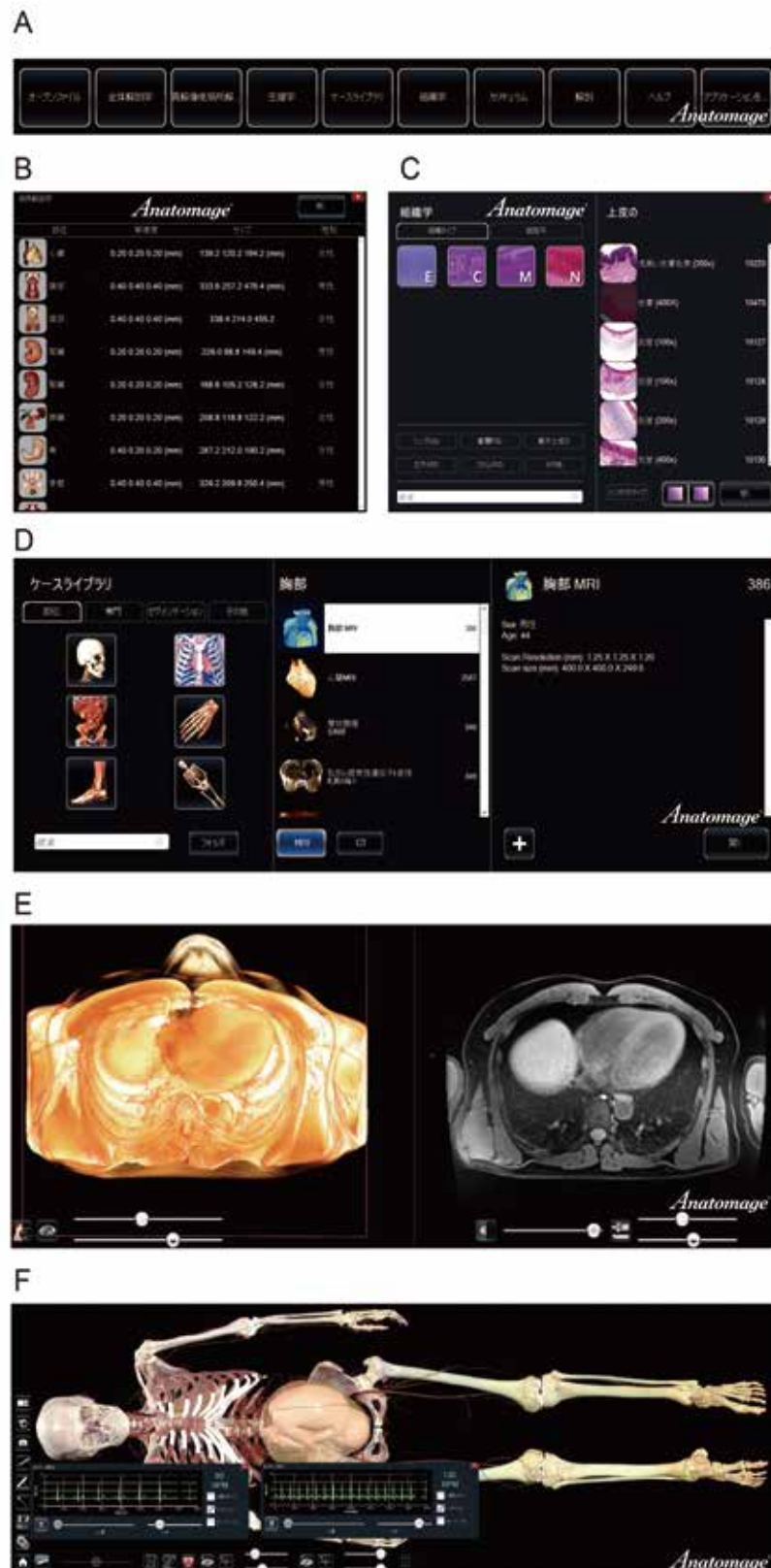


図 4 Anatomage Table に搭載されているその他の機能例

A: Anatomage Table に搭載されているさまざまな機能の一覧。B: 局所臓器一覧の一部。C: 組織画像データの一例。D: 放射線領域での学修用画像の一例。E: D より胸部 MRI 画像を選択すると画像が Anatomage Table 像に表示される。F: 生理学的機能として母体と胎児との間の循環器系のシステム。心電図を表示させながら、血液の流れが動画として表示される。

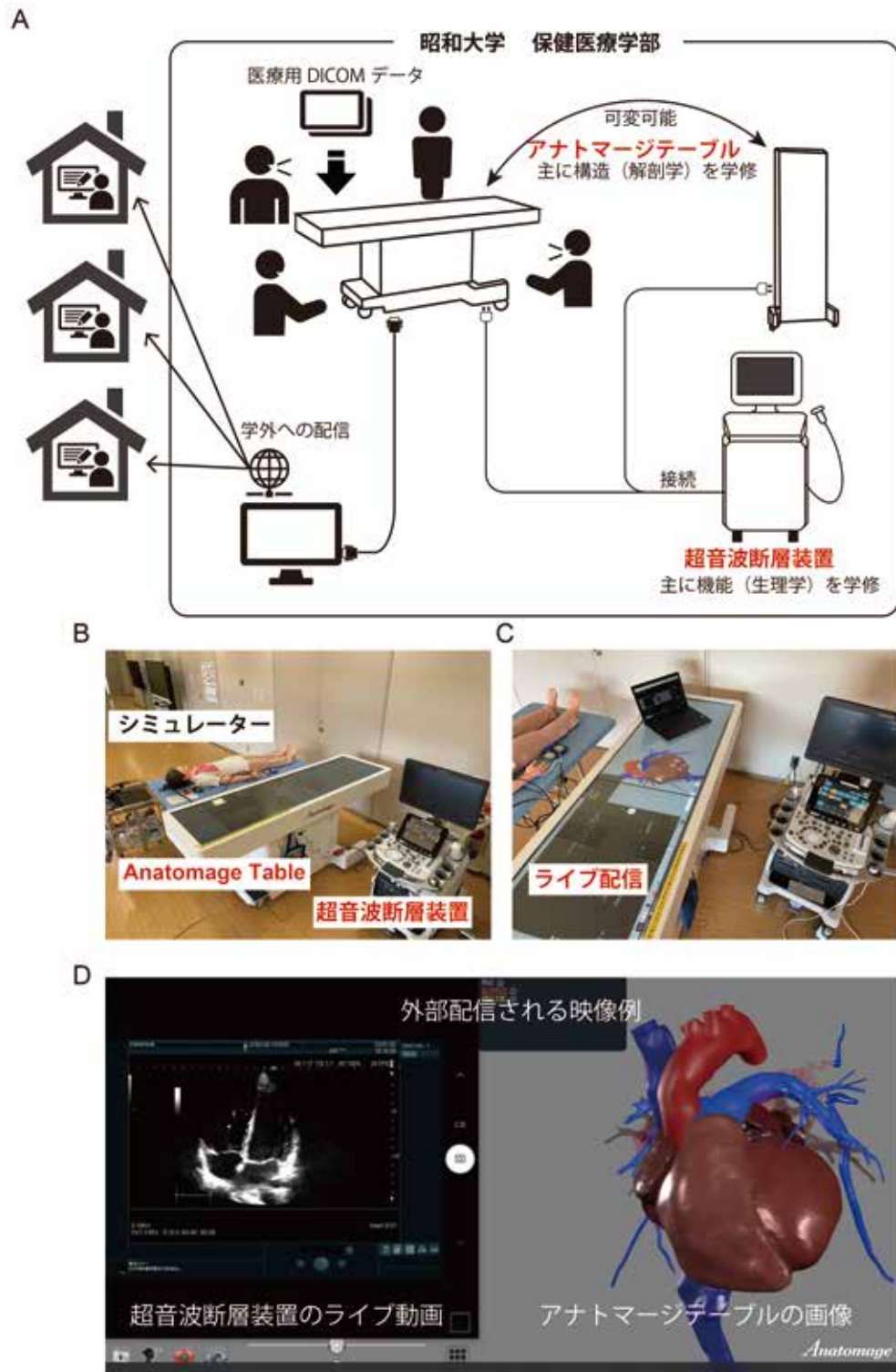


図5 本学部での Anatomage Table の導入目的と運用例

A：本学部で Anatomage Table を用いている概略図。超音波断層装置と連動させた運用を行うことで、解剖学と生理学を同時に学修することが可能となる。また、医療画像 DICOM データを Anatomage Table に取り込むことで、その画像を 3 次元再構築することが可能であり、臨床画像データと正常解剖を同時に学修することができる。さらに、Anatomage Table の表示をインターネットを介して自宅学修を行う学生に配信することも可能である。**B**：Anatomage Table に超音波断層装置、そしてシミュレーターを併用する運用例。**C**：シミュレーター、もしくは人を対象に例えば心エコーを撮像し、その様子を正常解剖として Anatomage Table を用いて確認することができる。さらにそれを配信することができる。**D**：自宅学修を行う学生は、心エコー動画と Anatomage Table の解剖画像の両者を比較しながら学修できるコンテンツを受信することができる。

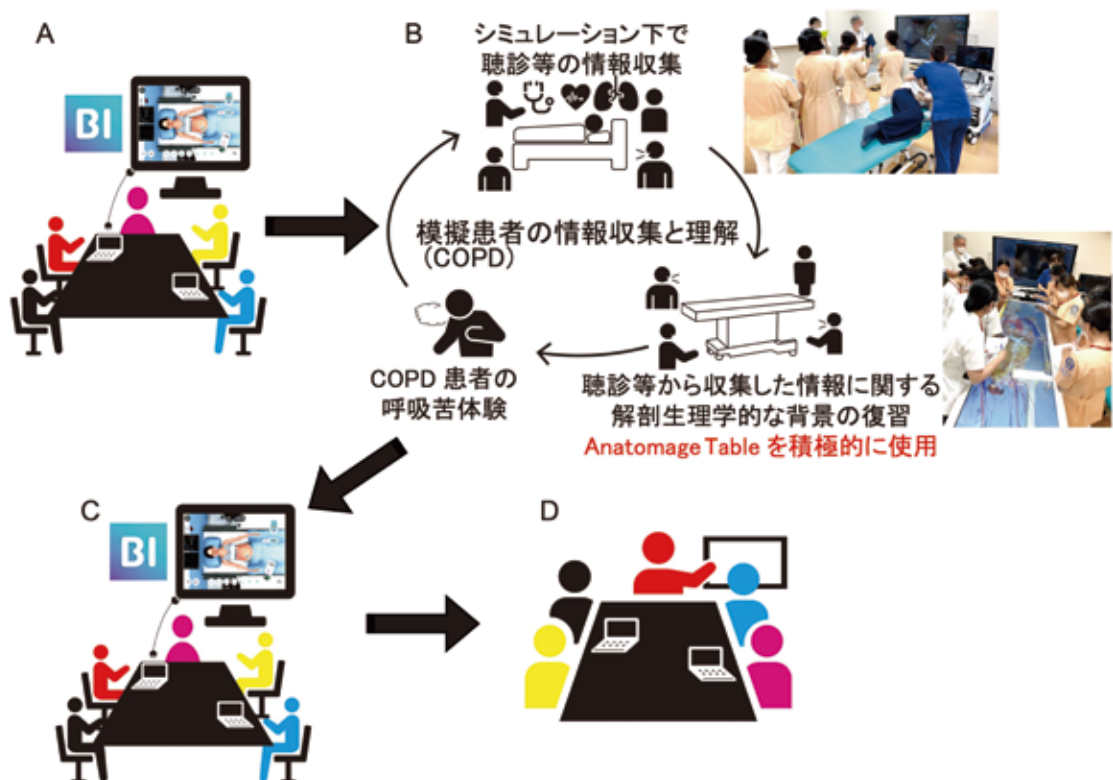


図6 本学部で Anatomage Table を活用したシミュレーション教育の実際

A：学生は事前学修を行った Body Interact に対して、当日の学内でグループ討議を行い問題点を共有する。B：共有した問題点をシミュレーターを用いて身体所見の観察に取り組む。その際、学生は Anatomage Table を用いて解剖学と生理学を復習し、身体所見の根拠を明確化させる。(COPD:慢性閉塞性肺疾患)C:身体所見等を行った後、再び Body Interact を用いて仮想患者の正しい理解につなげる。D：正しい理解を他者に発表し、学生たち自身自身の学修を整理させる。

