

資料

深層学習の環境構築と学習および本学の教育に 利用されている AI 技術に関する資料

小林龍徳^{1,2,8)}・古賀達哉^{1,3)}・金江春植^{1,4,8)}・宮本毅治^{1,5)}・日下雅友^{1,6)}・中村昌彦^{1,7)}・
椎山謙一^{1,2)}・河村誠治^{1,2)}・中西順子^{5,8)}・山本裕之^{4,8)}・川崎勝也^{6,8)}

- 1) 純真学園大学 ICT (Information and Communication Technology) 専門部会
- 2) 純真学園大学保健医療学部放射線技術科学科
- 3) 純真学園大学 庶務課 情報管理担当
- 4) 純真学園大学保健医療学部医療工学科
- 5) 純真学園大学保健医療学部看護科学科
- 6) 純真学園大学保健医療学部検査科学科
- 7) 純真学園大学 事務局 事務局長
- 8) 純真学園大学サイエンスキャンプ委員会 (2018年度)

The documentation of deep learning environment and AI technology in education

Tatsunori KOBAYASHI^{1,2,8)}, Tatsuya KOGA^{1,3)}, Shunshoku KANAE^{1,4,8)}, Takeharu MIYAMOTO^{1,5)},
Masatomo KUSAKA^{1,6)}, Masahiko NAKAMURA^{1,7)}, Kenichi SHIYAMA^{1,2)}, Seiji KAWAMURA^{1,2)},
Junko NAKANISHI^{5,8)}, Hiroyuki YAMAMOTO^{4,8)}, Katsuya KAWASAKI^{6,8)}

- 1) Information and Communication Technology subcommittee member, JUNSHIN GAKUEN UNIVERSITY
- 2) Department of Radiological Science, Faculty of Health Sciences, JUNSHIN GAKUEN UNIVERSITY
- 3) General section, information technology manager, JUNSHIN GAKUEN UNIVERSITY
- 4) Department of Medical Engineering, Faculty of Health Sciences, JUNSHIN GAKUEN UNIVERSITY
- 5) Department of Nursing, Faculty of Health Sciences, JUNSHIN GAKUEN UNIVERSITY
- 6) Department of Medical Technology, Faculty of Health Sciences, JUNSHIN GAKUEN UNIVERSITY
- 7) chief of the secretariat, JUNSHIN GAKUEN UNIVERSITY
- 8) Science camp committee member (2018), JUNSHIN GAKUEN UNIVERSITY

要旨： 本論文の目的は、学生と一般の読者を対象とした深層学習の環境構築のための資料である。深層学習の環境は、Python のライブラリである Chainer と scikit-learn で構築した。深層学習のコンピュータの訓練では Iris Data Set (150set) を用いた。Iris Data Set は、花のがくと花びらについて、長さの測定値、品種 (Setosa, Versicolour, Virginica) の5つの属性情報が記載されている。深層学習では、Iris Data Set の測定値の属性情報から、3品種の分類するため訓練を30回行った。このときの訓練時間は約23秒だった。画像データやビッグデータを対象とした深層学習は、GPU(Graphical Processing Unit)の利用が必要である。今後、GPUを使った深層学習の環境構築について検討していきたい。

キーワード： 深層学習, 人工知能, Python, Chainer, 情報教育

Abstract : The purpose of this article is a document for the environmental construction of deep learning for a student and general readers. The environment of deep learning is building Chainer and scikit-learn of Python library.

We used the Iris Data Set (150set) for the training of the computer for deep learning. Iris Data Set has five attribute information that is sepal and petal of length and width, three kinds (Setosa, Versicolour, Virginica).

We performed a training the deep learning from sepal and petal of length and width in the Iris Data Set learning from

the attribute information of measurements of Iris Data Set of 3 kinds performed 30 times of training to classify it. The training time of this time was about 23 seconds. The deep learning for image data and big data needs the use of GPU (Graphical Processing Unit). In the future, we want to examine environmental construction of deep learning using GPU.

Keyword : Deep learning, artificial intelligence, Python, Chainer, information education

1. はじめに

人工知能 (Artificial Intelligence: AI) 技術に関する研究は、1950年代から始まり、現在でも研究が盛んに行われ、医療、工学、農業など様々な分野で活用されている [1]。AI 技術の開発では、コンピュータが自動処理できるように、画像、文字、音声など処理対象となる命題に対して、解法や特徴量などを学習させる。AI 技術開発におけるコンピュータの学習は、人間が解法や特徴量を与える教師あり学習 (Supervised learning) と、処理対象のデータを直接コンピュータに与えて、コンピュータが自分で特徴などを得る教師なし学習がある (Unsupervised learning)。

AI 技術の代表的例として、人間の神経回路を模したプログラムである人工ニューラルネットワーク (Artificial Neural Network: ANN) がある。ANN は医療の領域で、医師の読影補助のひとつであるコンピュータ支援診断 (Computer Aided Diagnosis: CAD) システムで利用されている。しかし、ANN は、人間の脳を模した神経回路に近づけるためには、ハードウェアの機能が足りず実現できなかった。

近年、AI 技術に関心が高まったひとつのきっかけとして、画像認識の国際大会である International Conference on Machine Learning 2012 (ICML2012) で、Google チームが ANN を発展させた深層学習 (Deep Learning) を用いて画像認識の低い誤判別率を出してからである [2-4]。誤判別率は、例えば、課題で「犬の画像」与えられたときに、コンピュータが「課題の画像は、猫の画像です」と間違っただけで判断した割合であり、誤判別率が低いというのは、このシステムは高精度に判別できるといえる。

一般的なコンピュータは、入力、出力、記憶、処理、演算という5大要素で構成される。入力はキーボードやマウス等、出力はパソコンのモニタ

等である。記憶は、RAM (Random Access Memory, メモリ)、HDD (Hard Disc Drive)、SSD (Solid State Drive) が担う。これらは、人間に例えると脳の短期記憶がメモリ、脳の長期記憶が HDD/SSD である。処理・演算は中央演算回路 (Central Processing Unit: CPU) が担う。CPU は、人間の脳にあたる部品であり、コンピュータの処理やメモリの管理など、最も重要な部品である。図1に示すように CPU は1枚の金属部品である。近年の CPU は処理を行うユニットである Core (コア) が複数搭載されている。Core は物理的または仮想的に CPU の処理できる個数を増やせるため、Core 数が多いほど、並列して高速処理できるようになる。また、Core 内で仮想的に複数の処理を実現する技術により、リソースを効率的に利用でき、処理速度向上を実現している。



図1 CPU の外観

本格的な深層学習の環境構築には、これらのコンピュータの5大要素に加えて、図2示す画像処理に特化した画像処理演算回路 (Graphical Processing Unit: GPU) が必要である。この GPU の性能によって、コンピュータが深層学習による学習に要する時間や、処理時間に影響をしてくるため、本格的な深層学習環境の構築では、利用者の予算や目的に合った GPU の選択が重要である。



図2 GPUの外観

著者は、これまでに、AI 技術に関する論文として機械学習と乱数発生法について報告してきた [5, 6]. 本資料は、教員、学生、一般の読者が、自宅のコンピュータで深層学習の環境を構築し、深層学習の学習を目的とする。そのため、本資料では GPU を使った深層学習については触れていない。これは、GPU を使った深層学習の環境構築には、コンピュータのオペレーティングシステム (Operating System: OS) や GPU の相性について述べる必要があるためである。本資料では、教員、学生、一般の読者が、各自で深層学習を構築できるように、一般的な Windows OS のコンピュータで GPU を使わない深層学習の環境構築について述べる。

2. 方法

2.1. 使用コンピュータの性能

本資料で使用したコンピュータは FUJITSU ESPRIMO である。その性能を表1に示す。

表1. 本資料で使用したコンピュータ性能表

部品	性能・バージョン等
OS	Windows 10 (64bit, 1903)
CPU	Intel Core i5-3470 3.2GHz
メモリ	4GB
ディスプレイアダプタ	Intel HD Graphics
HDD	500GB

2.2. 深層学習の構築に用いたプログラミング言語とデータベース

本資料では、深層学習の構築を無料で利用できるプログラミング言語である Python (パイソン) [7] と、深層学習のフレームワークのひとつである Chainer (チェイナー)、統計解析に用いられる sklearn (scikit-learn, サイキットラーン) を用い

た。深層学習を試すためのデータは、AI 技術の入門編で良く用いられる iris (アヤメの花) のデータベースを用いる [8]. この iris データベースには、Setosa, Versicolour, Virginica の3品種について、いずれかの品種に属する150個のアヤメについて、がく片 (Sepal) と花弁 (Petal) の長さ と幅についての4つの測定値が記録されている。

2.3. Python のダウンロード

Python はインターネットからダウンロードできる。コンピュータでインターネットに接続し、python と打って検索すると図3のような Welcome to Python.org のリンクがある。読者の検索に用いるブラウザや環境によって、検索結果に表示される内容は異なる可能性がある。Welcome to Python.org のリンクをクリックすると、図4のページが表示される。Download for windows の下にある Python3.7.4 のボタンをクリックするとダウンロードが始まる。Python3以降の数字は、Python のバージョンを示している。本資料では、Python3.7.4で深層学習の構築と実行する。



図3 Python の検索結果例



図4 python のトップページ

2.4. Python のインストール

Python のインストールにはコマンドプロンプ

トを利用する。Python のインストールはダウンロードした実行ファイルを Windows のマークから図5に示すように Windows システムツール内からコマンドプロンプトを起動する。図6はコマンドプロンプトの起動画面である。

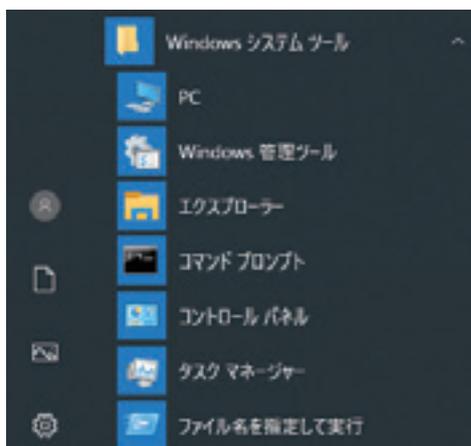


図5 コマンドプロンプトの位置

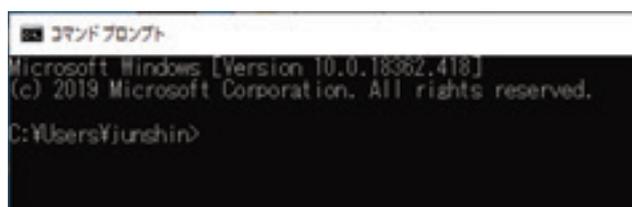


図6 コマンドプロンプトの起動画面

Python が正常にインストールされていれば、

`pip list`

上記のコマンドをコマンドプロンプトに入力すると、Python と Package と Version の情報が表示される。もし、

```
You are using pip version 19.0.3,
however version 19.2.3 is available.
You should consider upgrading via the
'pip install --upgrade pip'
command
```

とオレンジ色で表示された場合は、下記のコマンドを入力してエンターキーを押す。

`pip install --upgrade pip`

深層学習の環境構築のために必要な Package をインストールしていく。Chainer をインストールするために、下記のコマンドをコマンドプロンプトに入力してエンターキーを押す。

`pip install chainer`

次に、統計解析に用いるための sklearn をインストールするために、下記のコマンドをコマンドプロンプトに入力してエンターキーを押す。

`pip install sklearn`

これらの Package のインストール過程で、他の Package もインストールされる。本資料では `pip list` のコマンドを入力すると、下記の Package と Version が表示された。Version はインストール時期によって変わるため本資料と読者がインストールした時の情報と変わっている可能性がある。また、Package でインストールされていないものがあれば、chainer や sklearn をインストールしたときのコマンドでインストールできる。

Package	Version
Chainer	6.4.0
cycler	0.10.0
filelock	3.0.12
joblib	0.14.0
kiwisolver	1.1.0
matplotlib	3.1.1
numpy	1.17.2
pip	19.3
protobuf	3.7.1
pyparsing	2.4.2
python-dateutil	2.8.0
scikit-learn	0.21.3
scipy	1.3.1
setuptools	40.8.0
six	1.12.0
sklearn	0.0
typing	3.6.6
typing-extensions	3.6.6

3. 深層学習の実行結果

本資料では、Chainer のドキュメンテーションで公開されているプログラムを利用した [8]。デスクトップに図7のように、chainer_test というフォルダを作った。

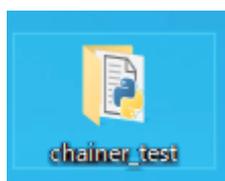


図7 chainer_test フォルダ

そのフォルダの中に chainer_test_prog.py を作成して実行した。コマンドプロンプトで下記のコマンドを入力してエンターキーを押す。

https://github.com/ko-tatsu/jun_kiyou_prog2019

python chainer_test_prog.py

実行結果を図8に示す。この結果は23秒で得られた。これは、データベースが数値と文字だけで構成されており、画像や音声データのように処理対象となるデータ量が小さいためであると考えられる。実行結果や python プログラムの詳細については、内容が高度になるために、本資料では割愛するが、Chainer のドキュメンテーションを参考にされたい。

本資料で作成したフォルダと Python のプログラムを GitHub で公開している。興味を持った読者の方はダウンロードして実行してもらえると、より理解が深まると考える。

```

コマンドプロンプト
Microsoft Windows [Version 10.0.18362.418]
(c) 2019 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\junshin>cd C:\Users\junshin\Desktop\chainer_test

C:\Users\junshin\Desktop\chainer_test>python chainer_test_prog.py
Training dataset size: 105
Validation dataset size: 15
test dataset size: 30
epoch      iteration  main/loss  main/accuracy  val/main/loss  val/main/accuracy  fcl/ff/data/mean  elapsed time
1          4          12.4447    0.387188       1.111001        0                    -0.030603          0.0185933
2          7          1.03376    0.479167       0.826584        0.6                  -0.135508          0.976613
3          10         0.828677   0.65625        0.4868           0.8                  -0.201086          1.78348
4          14         0.417588   0.75           0.751254        0.6                  -0.253309          2.66758
5          17         1.1363     0.625         3.04681         0.266667             -0.290378          3.50324
6          20         5.60491    0.3125        3.79888         0.666667             -0.331878          4.35377
7          23         3.33689    0.395833     1.02105         0.6                  -0.3871           5.19147
8          27         2.29268    0.53125     1.09051         0.4                  -0.434747          6.03544
9          30         1.11039    0.3125     1.08634         0.4                  -0.452715          6.84559
10         33         1.10981    0.333333     1.08751         0.4                  -0.459489          7.67294
11         37         1.12637    0.296875     1.09314         0.333333             -0.495068          8.44398
12         40         1.11248    0.34375     1.10088         0.333333             -0.488994          9.25076
13         43         1.10171    0.375       1.10657         0.333333             -0.471363          10.0332
14         46         1.11054    0.333333     1.11311         0.333333             -0.47309           10.8713
15         50         1.09715    0.359375     1.11102         0.333333             -0.474512          11.7126
16         53         1.09417    0.384583     1.11034         0.266667             -0.475514          12.4984
17         56         3.53981    0.302083     1.11854         0.266667             -0.476222          13.3208
18         60         1.10296    0.328125     1.14048         0.266667             -0.477442          14.1302
19         63         1.11628    0.302083     1.13623         0.333333             -0.478364          14.9651
20         66         1.10701    0.34375     1.12562         0.333333             -0.478918          15.7624
21         69         1.10741    0.375       1.11161         0.333333             -0.479322          16.5843
22         73         1.09662    0.359375     1.09602         0.333333             -0.479655          17.3984
23         76         1.09001    0.395833     1.09106         0.333333             -0.47989           18.2069
24         79         1.11239    0.270833     1.08521         0.333333             -0.48003           18.9856
25         83         1.09551    0.34375     1.09057         0.333333             -0.480146          19.7787
26         86         1.08354    0.270833     1.09055         0.4                  -0.480228          20.5962
27         89         1.10245    0.322917     1.09453         0.333333             -0.480277          21.3791
28         92         1.08863    0.354167     1.09797         0.333333             -0.480313          22.1578
29         96         1.08811    0.34375     1.10462         0.333333             -0.480343          22.9638
30         99         1.10478    0.354167     1.10766         0.333333             -0.480363          23.8098

C:\Users\junshin\Desktop\chainer_test>
    
```

図8 深層学習の学習結果の例

4. 今後の検討課題

本格的な深層学習の構築には、GPUとメモリを多く搭載したコンピュータが必要であると考えられるが、そのためには高額な部品を買う必要がある。そこで、処理対象としているデータに必要なコンピュータの部品のスペックと上限値と下限値の目安を検討していきたい。その資料は、読者が、研究目的と費用対効果を考慮して、自分自信に合った深層学習の環境構築のための目安として利用でき有益であると考ええる。

また、本資料では、深層学習の学習だけで終わっているため、今後、学習結果を検証用データへの適用についても報告していきたい。

5. 本学の教育に利用されている AI 技術の具体例

5.1. 純真学園大学サイエンスキャンプ

本学では、2018年に純真学園大学サイエンスキャンプ2018（2018年8月4,5日）に「医療とロボット～賢く速いロボットを作ろう～と題して」、プログラミング教育とロボット作成をした。参加者は、プログラミングの経験者・未経験者がいたが、参加者は共同作業の中で、自発的にプログラミングとロボット作成に興味を持って取り組んでいた。

5.2. 各学科でロボット技術について

サイエンスキャンプ2018では各学科でロボット技術が使われている部分について、サイエンスキャンプ2018年のテキストに盛り込み、紹介しており、下記にその内容の一部を記載する。

5.2.1. 看護科学科

看護領域の中でも AI（人工知能）は取り入れられている [10-12]。本学の看護学科の講義では、モデル人形やシミュレーション人形として取り入れている。図9に示した SimJunior は、6歳男児を想定したロボットであり、子どもに起こる様々な症状を体験できる。このロボットを使って、子どもに起こる症状に対する対応について学習とトレーニングができる。



図9 Laerdal “Simjunior [13]

図10に示すマイベビー3は命の尊さや、親の責任を考えるきっかけ作りを目的として、マイコンで制御された疑似体験ができる教具である。本物の赤ちゃんと同じ様に世話をしたいときや、叩いたり、危険な抱き方をすると泣き声を出し、適切な対応をすると機嫌の良い声を出す。



図10 KOKEN「マイベビー3」[14]

5.2.2. 放射線技術科学科

診療放射線技師は、図11に示すような様々な医用画像を医師に提供する。近年、医療機器の技術の進歩により、短時間で高精細な画像や診断目的に合わせて多種多様な画像が得られるようになった。これは読影医の負担が増える可能性が考えられ、その結果、疲労や読影経験の差による見落としが増える可能性が考えられる。そこで、図12 (a) に示す読影の診断補助の技術のひとつとしてコンピュータを用いた病変領域の検出・評価等を行うコンピュータ支援診断 (Computer Aided Diagnosis: CAD) システムの研究・開発がおこな

われている。CAD について興味を持った方は、参考文献 [15-18] のホームページと資料を読んでもらいたい。

近年の CAD システムは、医学と工学が連携し、多元計算解剖学という領域で、病気の早期発見・早期治療に CAD を活かす研究が進められている。また、図12 (b) に示す Google が深層学習 (Deep learning) の開発によって、医用画像の領域でも多く利用されている [2, 17]。また、診療放射線技師は、放射線を使った撮影だけではなく、図13 に示すように、放射線を使った放射線治療にも携わっている [16]。その放射線治療で用いられているサイバーナイフはロボットのように制御されており病変部の形状に合わせて多方向から高精度に放射線を照射できる。

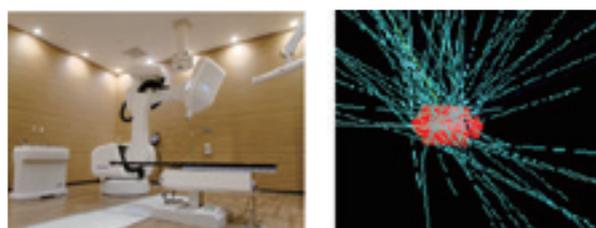


図13 サイバーナイフと病巣への放射線の照射 [19]

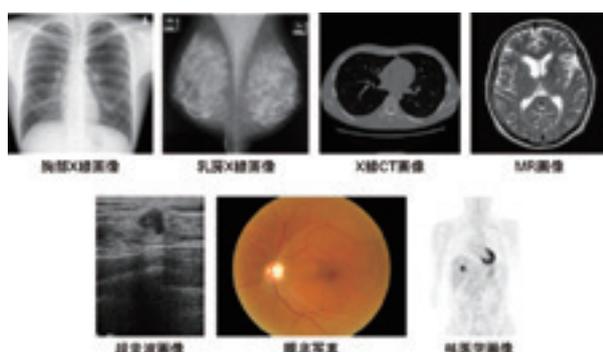


図11 画像診断に用いられる医用画像の例

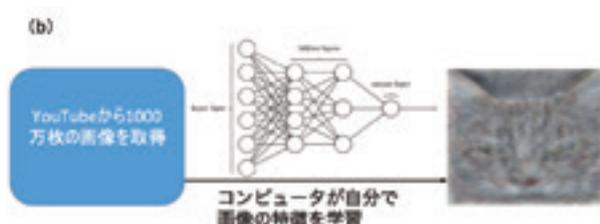


図12 CAD と人工知能の利用 (a) 藤田研究室ホームページより引用 [15], (b) 文献 [2, 18] より引用

5.2.3. 検査科学科

臨床検査技士の仕事のひとつに脳の活動に関する検査がある。脳の活動は、ロボットを構築するうえでも大変重要な情報であり、その生理的な現象の解明はロボットのプログラミングで考慮する必要がある。

脳が活動すると、脳の中には微弱な電気が流れる。その電気的な変動を頭部につけた電極でとらえ、波形として記録し脳の働きを調べるのが、脳波検査である。脳波は周波数によって、 α 波、 β 波、 θ 波、 δ 波に分類される。 α 波は、目を閉じて静かにリラックスしているときに流れる緩やかな波、 β 波は、目を開けた時や計算をしているときなどに流れる速い波がよく現れる。臨床検査技師は、このような検査で、背景活動と呼ばれる全般的・持続的な律動や、これとは明らかに区別される突発波の周波数や波形パターンを調べる。

また、もぐら叩きゲームで、もぐらがランダムに出現し、たまに出てくる「赤いもぐら」だけをたたくとする。このとき、脳は、赤いもぐらに反応するために、「赤いもぐら」の認知するための脳波を出す。このような何か周囲の出来事に反応して記録される脳波のことを事象関連電位という。体の感覚器が外部からの刺激を受け取ると、その刺激は全身の神経網を伝って脳へと刺激が送られる。この脳まで送られる過程の神経の活動を記録するのが誘発電位といわれる。現在は、視覚、聴覚および体性感覚の3つの誘発電位がよく調べられている。

知的な活動、呼吸などの生命活動、運動は「神経系」でコントロールされている。「神経系」には、脳・脊髄からなる中枢神経と、中枢神経とからだの各部を結ぶ末梢神経 (脳神経 + 脊髄神経) がある。末梢神経は、「感覚神経」と脳からの指令を伝える「運動神経」がある。感覚神経は、聞

く、見る、触れる、嗅ぐなどの体外から受けた刺激に興奮し、脳の中枢にそれらの情報を伝える神経である。運動神経は、大脳皮質から発せられた指令を体の各部位に伝えるための神経である。脳の情報、これらの神経を介して筋肉に送られ、人体を動かす。

5.2.4. 医療工学科

臨床工学技士が携わる医療機器のなかにダ・ヴィンチがある。ダ・ヴィンチは、図14に示すように、医師が鉗子やカメラを遠隔操作でアームを動かし、ハイテク技術を駆使した画期的な手術法である。現在、日本のダ・ヴィンチは、がんや心臓手術で患者に触れずに、医師が患部の立体画像を見ながら手術できる。

このロボットの名前は、天才レオナルド・ダ・ヴィンチに由来している。現在、日本では237台を超えるダ・ヴィンチが稼働している。患者さんの身体的な負担が少ない腹腔鏡下手術の特長を生かしつつ、ロボットの機能による支援によって、従来不可能とされていた手術操作が可能になった。病院では医師、臨床工学技士、看護師によるダ・ヴィンチチームを結成して手術を行っている。ダ・ヴィンチは、図15-17に示すように、ペイシェントカート（ロボット部）、サージョンコンソール（操作部）、ビジョンカート（モニター）の3つの大きな機械から構成される。



図14 ダ・ヴィンチの構成 [20]

図15に示すペイシェントカート（ロボット部）は、患者さんに接続する機器である。4本のアームを持ち、1本には精細な高画質の3次元カメラが接続されている。残りの3本のアームは、術者が操作するロボット専用鉗子を接続する。ダ・ヴィンチは、5mmの鉗子がついており、米粒でも人間の手のように自由自在に動かせる。



図15 ペイシェントカート（ロボット部） [20]

図16に示すサージョンコンソール（操作部）は、術者が操作する機器である。術者はハイビジョン3D画像を見ながら、自分でカメラと3本の鉗子を操作する。自在に動く鉗子は360°以上回転し、手振れも補正されており、きわめて繊細な動きが可能である。従来の腹腔鏡手術で不可能であった複雑で繊細な手術操作が可能である。



図16 サージョンコンソール（操作部） [20]

図17に示すビジョンカート（モニター）は、ダ・ヴィンチの中核となる機器である。ペイシェントカートから送られてくる画像からハイビジョン3D画像を作成します。最大14倍までの拡大ズームができる。

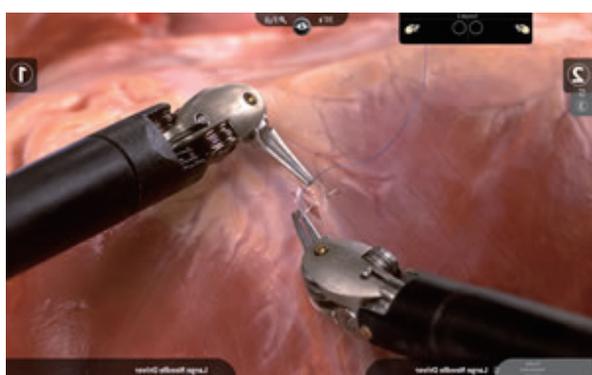


図17 ビジョンカート（モニター） [20]

ダ・ヴィンチのメリットは、図18に示すように傷口が小さいため、回復が早い、機能の温存が向上、術後合併症のリスクが低い、正確な患部の切除などがあげられる。一方、デメリットとして、触覚がない、手ごたえ等の触感を感知する機能がないなどがあげられる。

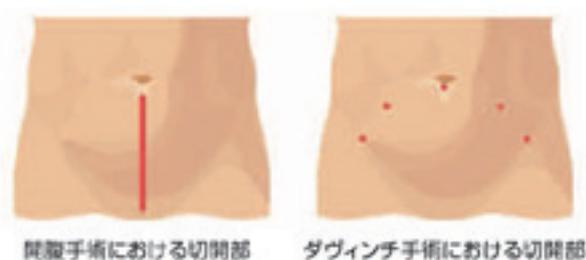


図18 ダ・ヴィンチのメリット・デメリット [20]

6. 参考文献

[1] 古明地正俊. 図解 人工知能大全 AI の基本と重要事項がまとめて全部わかる. SB クリエイティブ, 東京, 2018.

[2] International Conference on Machine Learning 2012. <https://icml.cc/2012/>

[3] Google Official Blog. <https://googleblog.blogspot.com/2012/06/using-large-scale-brain-simulations-for.html>

[4] Quoc V. Le, Marc'Aurelio Ranzato, Rajat Monga. Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning. http://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/ja//archive/unsupervised_icml2012.pdf

[5] 王丸愛子, 小林龍徳, 金 珍澤. GNU R を用いた判別分析と機械学習のための統計処理プログラムの作成. 純真学園大学雑誌, 7 (7), 79-85, 2018.

[6] 小林龍徳, 王丸愛子, 椎山謙一. コンピュータシミュレーションにおける疑似乱数の生成法と統計の評価. 純真学園大学雑誌, 8 (8), 65-70, 2019.

[7] Python. <https://www.python.org/>

[8] Iris Data Set. <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Iris>

[9] ディープラーニング入門 Chainer チュートリアル. <https://tutorials.chainer.org/ja/>

[10] 川口孝泰. 情報技術の進化に伴う看護の未来, 看護, 81-83, 70 (5), 2018.

[11] 内山秀文. 看護記録解析に基づく AI 転倒転落予測システム. 日本転倒予防学会, 5 (2), 73, 2018.

[12] 藤田 潔, 精神科における人工知能の臨床応用, 医学のあゆみ, 653-657, 263 (8), 2017

[13] Laerdal「Simjunior». <http://www.kokenmpc.co.jp/index.html>

[14] KOKEN「マイベビー3」. <https://www.laerdal.com/jp/products/simulation-training/obstetrics-paediatrics/simjunior/>

[15] 岐阜大学 藤田研究室の研究内容紹介. <http://www.fjt.info.gifu-u.ac.jp/content/index.html>

[16] 新学術領域「多元計算解剖学」. http://wiki.tagen-compana.org/mediawiki/index.php/Main_Page

[17] 藤田広志, 木戸尚治, 原 武史 他. CAD システムの最新動向 - AI の動向も含めて, INNERVISION, 33 (2), 26-31, 2015.

[18] 日経 xTECH:Google: 大規模人工ニューロンネットワークを用いた研究成果を紹介: <http://tech.nikkeibp.co.jp/it/article/NEWS/20120627/405501/>

[19] 総合青山病院 サイバーナイフセンター. <http://aoyama-hp.or.jp/05medical/>

[20] Intuitive Surgical 社. <https://www.intuitivesurgical.com/jp/>