

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K18164

研究課題名（和文）eラーニングシステムを活用した統合的かつ双方向的な脳画像解析学習支援環境の開発

研究課題名（英文）Developing a comprehensive and interactive e-learning system of neuroimaging

研究代表者

根本 清貴（Nemoto, Kiyotaka）

筑波大学・医学医療系・准教授

研究者番号：80550152

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：eラーニングシステムを活用し、脳画像解析システム、学習コンテンツ、個別の内容に応じた研究支援から構成される統合的な脳画像解析学習支援環境の開発を行った。このシステムの特徴は、学習コンテンツだけでなく、脳画像解析システムも提供すること、そして、双方向的な学習環境を提供することにより、具体的な支援も得られることである。これにより、初学者は容易に脳画像解析環境にアクセスできるようになり、経験者は、自身のデータの論文化に必要な情報などを入手することができるようになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、「脳画像研究の裾野を広げる」ところに意義がある。脳画像解析は特殊なソフトウェアを必要とするため、そのセットアップは容易ではない。本研究で開発したシステムを利用することにより、最初のハードルを容易にこえられるようになった。また、研究者が自習できるコンテンツを多く用意したこと、さらに、関心のある研究者がディスカッションできる環境を構築したことにより、様々な研究者の研究テーマの論文化を進めることができた。

研究成果の概要（英文）：I developed an integrated neuroimaging analysis framework which consisted of neuroimaging analysis system, e-learning materials, and interactive discussion forum. With this framework, even novice researchers can easily setup an environment for neuroimaging analysis, and even experienced researchers make full use of discussion forum to publish their data.

研究分野：脳画像解析

キーワード：脳画像解析 e-ラーニング

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

近年、様々な領域において脳画像研究が行われている。脳画像の中でも特に MRI は非侵襲的であること、様々なパルスシーケンスにより脳容積や皮質厚、神経線維、脳機能などを評価できることから広く用いられている。しかし、実際に脳画像を解析するためには、下記のような様々な理解が必要である。

**脳画像解析ソフトの理解:** 世界の様々な研究室から画像解析ソフトが発表されている。多くはオープンソースで自由に利用できるが、メニューは通常のソフトウェアと大きく異なる。また、これらのソフトの多くはインストーラーがなく、インストールおよび初期設定にも手間がかかることが多い。

**プログラミング言語の理解** 脳画像解析ソフトの多くは、グラフィック・ユーザー・インターフェース (GUI) が準備されているものは少なく、多くは、コマンドラインを用いる。このためには、シェルスクリプトや Matlab 言語など、様々なプログラミング言語を理解する必要がある。

**画像統計の理解** 画像解析を行うためには、一般線形モデルなどの理解が必須である。

これらの理解を助けるため、海外では、脳画像解析ソフトの開発者たちがそれぞれ 1 週間程度のチュートリアルを年 2 回ほど開催している。チュートリアルの一部は動画配信されており、またチュートリアルで用いられるスライドの一部も公開されているため、ユーザーはそこから学ぶことができる。

本邦においても、生理学研究所では年 1 回、脳機能 MRI に対する 4 日間のチュートリアルが開催されている。また、2011 年から 2016 年にかけては包括型脳科学研究推進支援ネットワーク・脳画像総合データベース支援活動として年 1 回、包括脳 MRI 脳画像解析チュートリアルが開催され、研究代表者は講師として携わってきた。2017 年からは先端バイオイメージング支援プラットフォーム (ABiS) として年 1 回のチュートリアルが開催されている。毎年、開催告知してから数日で数百人を超える応募があり、潜在的なニーズは非常に大きいということが明らかとなっている。さらに、研究代表者は、このチュートリアル活動やインターネットを用いた情報発信を通じ多くの研究者を個人的に支援する機会を得てきた。支援によりこれまで論文化まで至らなかった研究を論文化することができた。これらの経験から、「双方向的な e ラーニングシステムを構築することで、より多くの画像研究を論文化することができるのではないか」という考えに至った。

## 2. 研究の目的

本研究では、「脳画像解析について e ラーニングコンテンツを準備し、学習環境を提供することで、画像研究に携わる研究者の研究が促進される」という作業仮説のもと、脳画像解析に関する e ラーニングコンテンツを開発することを目的とする。本システムの特徴は、「e ラーニングコンテンツの開発だけにとどまるのではなく、学習環境を提供すること、インタラクティブなサポートを提供すること、そして、個別の画像解析についてもサポートを行うこと」である。学習環境であるが、研究代表者がこれまでに開発してきた脳画像解析システムを提供する。また、個々の研究に対しての支援であるが、e ラーニングで学んだことを自分で応用する際にうまくいかない場合は多々あるために、それらをうまく解決できるようなシステムも提供できるようにする。そのためのインフラを整備する。

## 3. 研究の方法

### (1) 学習コンテンツの開発

e ラーニングで提供するコンテンツである。構造 MRI 画像、機能 MRI 画像、拡散 MRI 画像に対する画像解析手法の解説を行うと同時に脳画像解析に必要なプログラミング (Python, Matlab, シェルスクリプトなど) や画像統計に関するコンテンツも開発する。

## (2) 学習環境の提供

eラーニングで学ぶ際に、学習環境がすでに準備されていると速やかに学習できるようになる。研究代表者はこれまでに統合画像解析システム Lin4Neuro を開発し、インターネットで公開している。本システムは全世界で利用されており、脳画像解析のベストプラクティスにおいても紹介されている。本システムを利用することにより、広く利用されている脳画像ソフトウェアをすぐに利用することができる。これにより、受講者の学習効率をあげることが期待される。本研究において、Lin4Neuro をさらに使いやすいシステムにするための開発を継続する。

## (3) ユーザーサポート

研究代表者はこれまでにチュートリアルを何度も行ってきており、チュートリアルに対するノウハウを蓄積している。このノウハウを有効活用するため、オンラインによる eラーニングだけでなく、ライブセミナーも開催する。また、コンテンツ毎に利用者が質問したり答えることのできる Q&A 掲示板を準備する。さらにオンラインサーベイを利用し、本システムの利用により研究がどの程度促進されたかを評価する。

## (4) 解析サポート

ユーザーサポートの中で、支援により論文化できることが判明しているユーザーに対しては、共同研究として個別事例に対する具体的な解析サポートを行うことにより論文化をすすめる。

## 4. 研究成果

### (1) 学習コンテンツの開発

脳画像解析の初心者が脳画像解析にとりかかることができるよう、以下のコンテンツを開発した

- ・ 脳画像解析を行うためのコマンドライン入門
- ・ FreeSurfer 解析
- ・ 脳画像解析のための Matlab
- ・ Python 入門/Python を用いた深層学習
- ・ 安静時脳機能画像解析ソフト CONN チュートリアル

さらに、海外のリソースとして、以下のリソースの翻訳を行い、公開した

- ・ R と igraph を使ったネットワーク解析と可視化
- ・ 動的プログラミング言語を知っている人のための Python 入門

### (2) 学習環境の提供

Lin4Neuro の開発を継続した。Windows や macOS 上で動作するように最適化した Lin4Neuro 仮想マシンを開発した。これらは ABiS 脳画像解析チュートリアルの教材として採用された。

### (3) ユーザーサポート

コマンドライン入門、FreeSurfer 解析、Matlab を使った画像解析については、ライブセミナーを開催した。いずれも定員を上回る申し込みがあり、受講者の評価は高いものであった。さらにコミュニケーションツール Slack を用いて脳画像解析に関わる関係者が集えるコミュニティを構築し、運用を開始した。

### (4) 解析サポート

ライブセミナーの受講者や eラーニング教材に質問してきた研究者を対象に、個別のデータ解析をサポートした。その結果、研究期間中に 11 人の研究者のサポートを行うことができ、自分自身の論文を除いて、15 本の論文が公開されるに至った。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Toko Megumi, Kitamura Juri, Ueno Hiroki, Ohshita Tomohiko, Nemoto Kiyotaka, Ochi Kazuhide, Higaki Toru, Akiyama Yuji, Awai Kazuo, Maruyama Hirofumi	4. 巻 60
2. 論文標題 Prospective Memory Deficits in Multiple Sclerosis: Voxel-based Morphometry and Double Inversion Recovery Analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Internal Medicine	6. 最初と最後の頁 39 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2169/internalmedicine.5058-20	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Koshiyama Daisuke, Fukunaga Masaki, Okada Naohiro, Morita Kentaro, Nemoto Kiyotaka, Yamashita Fumio, Yamamori Hidenaga, Yasuda Yuka, Matsumoto Junya, Fujimoto Michiko, Kudo Noriko, Azechi Hirotsugu, Watanabe Yoshiyuki, Kasai Kiyoto, Hashimoto Ryota	4. 巻 738
2. 論文標題 Association between the superior longitudinal fasciculus and perceptual organization and working memory: A diffusion tensor imaging study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Letters	6. 最初と最後の頁 135349 ~ 135349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neulet.2020.135349	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ohi Kazutaka, Nemoto Kiyotaka, Kataoka Yuzuru, Sugiyama Shunsuke, Muto Yukimasa, Shioiri Toshiki, Kawasaki Yasuhiro	4. 巻 110
2. 論文標題 Alterations in hippocampal subfield volumes among schizophrenia patients, their first-degree relatives and healthy subjects	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry	6. 最初と最後の頁 110291 ~ 110291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pnpbp.2021.110291	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nemoto Kiyotaka, Sakaguchi Hiromasa, Kasai Wataru, Hotta Masatoshi, Kamei Ryotaro, Noguchi Tomoyuki, Minamimoto Ryogo, Arai Tetsuaki, Asada Takashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Differentiating Dementia with Lewy Bodies and Alzheimer's Disease by Deep Learning to Structural MRI	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Neuroimaging	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jon.12835	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsumoto Junya, Fukunaga Masaki, Miura Kenichiro, Nemoto Kiyotaka, Koshiyama Daisuke, Okada Naohiro, Morita Kentaro, Yamamori Hidenaga, Yasuda Yuka, Fujimoto Michiko, Hasegawa Naomi, Watanabe Yoshiyuki, Kasai Kiyoto, Hashimoto Ryota	4. 巻 740
2. 論文標題 Relationship between white matter microstructure and work hours	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neuroscience Letters	6. 最初と最後の頁 135428 ~ 135428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neulet.2020.135428	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koshiyama Daisuke, Miura Kenichiro, Nemoto Kiyotaka, Okada Naohiro, Matsumoto Junya, Fukunaga Masaki, Hashimoto Ryota	4. 巻 -
2. 論文標題 Neuroimaging studies within Cognitive Genetics Collaborative Research Organization aiming to replicate and extend works of ENIGMA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Human Brain Mapping	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/hbm.25040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamasaki Shimpei, Aso Toshihiko, Miyata Jun, Sugihara Genichi, Hazama Masaaki, Nemoto Kiyotaka, Yoshihara Yujiro, Matsumoto Yukiko, Okada Tomohisa, Togashi Kaori, Murai Toshiya, Takahashi Hidehiko, Suwa Taro	4. 巻 10
2. 論文標題 Early and late effects of electroconvulsive therapy associated with different temporal lobe structures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Translational Psychiatry	6. 最初と最後の頁 344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41398-020-01025-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kokubun Keisuke, Nemoto Kiyotaka, Yamakawa Yoshinori	4. 巻 12
2. 論文標題 Fish Intake May Affect Brain Structure and Improve Cognitive Ability in Healthy People	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Aging Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnagi.2020.00076	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kudo Noriko, Yamamori Hidenaga, Ishima Tamaki, Nemoto Kiyotaka, Yasuda Yuka, Fujimoto Michiko, Azechi Hirotsugu, Niitsu Tomihisa, Numata Shusuke, Ikeda Manabu, Iyo Masaomi, Ohmori Tetsuro, Fukunaga Masaki, Watanabe Yoshiyuki, Hashimoto Kenji, Hashimoto Ryota	4. 巻 40
2. 論文標題 Plasma levels of matrix metalloproteinase 9 (MMP 9) are associated with cognitive performance in patients with schizophrenia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuropsychopharmacology Reports	6. 最初と最後の頁 150 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/npr2.12098	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yasuda Yuka, Okada Naohiro, Nemoto Kiyotaka, Fukunaga Masaki, Yamamori Hidenaga, Ohi Kazutaka, Koshiyama Daisuke, Kudo Noriko, Shiino Tomoko, Morita Susumu, Morita Kentaro, Azechi Hirotsugu, Fujimoto Michiko, Miura Kenichiro, Watanabe Yoshiyuki, Kasai Kiyoto, Hashimoto Ryota	4. 巻 74
2. 論文標題 Brain morphological and functional features in cognitive subgroups of schizophrenia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Psychiatry and Clinical Neurosciences	6. 最初と最後の頁 191 ~ 203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pcn.12963	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Koshiyama Daisuke, Fukunaga Masaki, Okada Naohiro, Morita Kentaro, Nemoto Kiyotaka, et al.	4. 巻 25
2. 論文標題 White matter microstructural alterations across four major psychiatric disorders: mega-analysis study in 2937 individuals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecular Psychiatry	6. 最初と最後の頁 883 ~ 895
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41380-019-0553-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Park Kaechang, Nemoto Kiyotaka, Yamakawa Yoshinori, Yamashita Fumio, Yoshida Keitaro, Tamura Masashi, Kawaguchi Atsushi, Arai Tetsuaki, Sasaki Makoto	4. 巻 8
2. 論文標題 Cerebral White Matter Hyperintensity as a Healthcare Quotient	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Clinical Medicine	6. 最初と最後の頁 1823 ~ 1823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jcm8111823	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Toniya Hirofumi, Nakao Tomohiro, Murayama Keitaro, Nemoto Kiyotaka, Ikari Keisuke, Yamada Satoshi, Kuwano Masumi, Hasuzawa Suguru, Togao Osamu, Hiwatashi Akio, Kanba Shigenobu	4. 巻 24
2. 論文標題 Dysfunction between dorsal caudate and salience network associated with impaired cognitive flexibility in obsessive-compulsive disorder: A resting-state fMRI study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 NeuroImage: Clinical	6. 最初と最後の頁 102004 ~ 102004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nicl.2019.102004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ota Miho, Nemoto Kiyotaka, Ishida Ikki, Sato Shinji, Asada Takashi, Arai Tetsuaki, Kunugi Hiroshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Structural brain network correlated with the resilience to traumatic events in the healthy participants: An MRI study on healthy people in a stricken area of the Great East Japan Earthquake.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1037/tra0000517	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sasabayashi Daiki, Takayanagi Yoichiro, Takahashi Tsutomu, Nemoto Kiyotaka, Furuichi Atsushi, Kido Mikio, Nishikawa Yumiko, Nakamura Mihoko, Noguchi Kyo, Suzuki Michio	4. 巻 74
2. 論文標題 Increased brain gyrification in the schizophrenia spectrum	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Psychiatry and Clinical Neurosciences	6. 最初と最後の頁 70 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pcn.12939	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nemoto Kiyotaka, et al.	4. 巻 74
2. 論文標題 Differentiation of schizophrenia using structural MRI with consideration of scanner differences: A real world multisite study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Psychiatry and Clinical Neurosciences	6. 最初と最後の頁 56 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pcn.12934	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kokubun Keisuke, Nemoto Kiyotaka, Oka Hiroki, Fukuda Hiroki, Yamakawa Yoshinori, Watanabe Yasuyoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Association of Fatigue and Stress With Gray Matter Volume	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Behavioral Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnbeh.2018.00154	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kokubun Keisuke, Nemoto Kiyotaka, Yamakawa Yoshinori	4. 巻 12
2. 論文標題 Brain conditions mediate the association between aging and happiness	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-07748-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計7件(うち招待講演 1件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 根本清貴
2. 発表標題 脳イメージング研究における教育環境の構築
3. 学会等名 第3回ヒト脳イメージング研究会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 根本 清貴, レボウイツ アダム, 山田 典子, 白庭 等, 田村 昌士, 石川 和宏, 所圭吾, 新井 哲明
2. 発表標題 認知機能トレーニングにおける運動習慣、処理速度と実行機能の関連
3. 学会等名 第115回日本精神神経学会学術総会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 関根 彩, 中山 顕次郎, 塚田 恵鯉子, 太田 深秀, 東 晋二, 根本 清貴, 新井 哲明
2. 発表標題 認知症の行動・心理症状と脳画像の関連
3. 学会等名 第115回日本精神神経学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 根本清貴
2. 発表標題 脳画像解析学習環境の構築
3. 学会等名 第40回日本生物学的精神医学会・第61回日本神経化学大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tamura M, Nemoto K, Oriuchi N, Arai T, Asada T
2. 発表標題 Longitudinal Changes of MRI-based Gray Matter Quotient Could Predict the Up-coming Cognitive Decline in the Healthy Elderly
3. 学会等名 The Alzheimer's Association International Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Oriuchi N, Tamura M, Nemoto K, Soya H, Asada T, Arai T
2. 発表標題 Lighty rhythmic exercise increases frontal gyrus blood flow of elderly
3. 学会等名 The Alzheimer's Association International Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 関根彩、中山顕次郎、塚田恵鯉子、太田深秀、東晋二、根本清貴、新井哲明
2. 発表標題 認知症の行動・心理症状と脳血流の関連
3. 学会等名 第37回日本認知症学会学術集会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

動的プログラミング言語を知っている人のためのPython入門 <a href="http://www.nemotos.net/resources/Brisk_Intro_Python_ja.html">http://www.nemotos.net/resources/Brisk_Intro_Python_ja.html</a> 第9回ABiS脳画像解析チュートリアル（アンケート結果） <a href="http://square.umin.ac.jp/bioimaging/tutorial_202101.html">http://square.umin.ac.jp/bioimaging/tutorial_202101.html</a> Matlab/VBM習得勉強会 <a href="https://kytk.github.io/nisg-201912/">https://kytk.github.io/nisg-201912/</a> FreeSurfer勉強会 <a href="https://kytk.github.io/nisg-202001/">https://kytk.github.io/nisg-202001/</a> Lin4Neuro <a href="https://www.nemotos.net/?page_id=161">https://www.nemotos.net/?page_id=161</a> 脳画像のためのコマンドライン習得勉強会 <a href="https://kytk.github.io/shell-basic/">https://kytk.github.io/shell-basic/</a> Lin4Neuroの配布ウェブサイト <a href="http://www.lin4neuro.net/lin4neuro/18.04bionic/">http://www.lin4neuro.net/lin4neuro/18.04bionic/</a>
---

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------