

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 19 日現在

機関番号：83903

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560383

研究課題名(和文) 箸を使った食生活の運動認知訓練としての意義を明らかにする脳機能イメージング研究

研究課題名(英文) A Neuroimaging Study of Manipulation of Chopsticks as a Cognitive Motor Training in Daily Life

研究代表者

中井 敏晴 (NAKAI, TOSHIHARU)

国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・神経情報画像開発研究室・室長

研究者番号：30344170

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：高齢者の体力測定項目である「豆運び」の仮想作業モデルを用いて、箸を使った作業に動員される認知処理の機構をfMRIを使って分析し、認知訓練としての意義を検討した。仮想作業化により得られた作業ステップごとの精度の高い行動データを変数として導入したところ、作業切り替え点において加齢の影響が有意に見られ、左頭頂葉の活動が作業成績と相関した。安静時脳活動では基幹系と運動制御系の活動が作業成績と関連することが示唆され、今後、脳機能マップが介入効果の判定に応用できる可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：A neuroimaging model of chopsticks manipulation using fMRI was designed in order to investigate its role as a cognitive motor training in daily life. The subjects performed virtual performance of bean transfer test which is employed as one of the physical activity batteries for older adults. By introducing precise reaction and execution time, the effect of aging was significantly observed at the switching timing between the manipulations. The success rate of operation correlated with the activation in the left parietal lobe. Among the resting state networks, activation in the default mode and sensory motor networks correlated with the performance of the subjects. It was suggested that fMRI may provide the biomarker to evaluate the response to cognitive motor intervention.

研究分野：神経情報学 人間医工学 医用システム

キーワード：認知訓練 加齢・老化 脳機能イメージング 認知症 仮想作業 神経ネットワーク解析 モーション  
キャプチャ 運動制御

## 1. 研究開始当初の背景

最近の報告によれば、2013年の日本の健康寿命は男性71.1歳、女性75.6歳で、男女ともに世界で最も高くなっており、我が国は特に高齢化が進んでいる状況である[文献1]。それに伴って罹患者が増加した認知症は他の疾患と異なり「老化」というヒトが避けられない宿命を背景としているため、認知機能低下をいかに予防するか、抑制するかが大きな課題である。軽度認知症(mild cognitive impairment, MCI)の段階は認知機能改善を目的とした介入を開始するラストチャンスである。MCIに対して早期の段階で運動療法[文献2]や認知訓練[文献3]などの介入を行うと認知機能の改善が見られると報告されている。さらには、加齢による認知機能低下に対しても運動訓練が有効との報告も相次いでいる[文献4]。しかし、高齢者の身体的な状態は個人差が大きいと、ひとりひとりの身体活動レベル(Physical Activity, PA)を適切に評価した上で、介入の時期や方法を定めることが高齢者への運動処方を考える上で重要と考えられる。

日本人高齢者のPAを評価する指標のひとつに箸を使って作業を行う「豆運び」が用いられている[文献5]。このような箸を使った作業(箸作業)は視空間変換や体性感覚の情報を元にした指先の精緻な動きを必要とするために、運動を通したより広範囲の認知機能に対する訓練要素を持つと考えられる。豆運びに限らず運動の多くは姿勢を制御する小脳の機能や、深部感覚などの統合だけでなく、視覚運動変換や運動概念の形成、運動の目的達成の確認など幾つもの高次の認知機能を動員している[文献6]。つまり、「体力」として測定されているものは、運動器や循環器、呼吸器系の機能だけではなく運動制御をつかさどる高次脳機能も反映しており、記憶や学習などの他の認知機能とも関連すると考えられる。運動選手のトレーニングに応用するために、さまざまな認知訓練が開発されている[文献7]。

特に高齢者では運動機能の低下は認知機能の低下の寄与も考えられるので、転倒リスクもそのような視点から理解すべきであろう。実際にアルツハイマー病患者においては転倒リスクが高く、高次脳機能との関連が指摘されている[文献8]。従って、認知訓練としての効果が期待される運動作業が具体的にどのような高次脳機能により成り立っているか、さらにはその脳活動の計測が運動訓練の効果をどのように反映するかを明らかにすることでできれば、運動処方を設計する上で有用な情報が得られるであろう[論文②]。しかし、磁気共鳴機能画像法(fMRI)等の脳機能を高空間分解能で調べる画像計測では動作に伴う頭部の動きにより大きな雑音を生じるため、動作中の脳活動の計測は指先運動を例外としてこれまであまりなされて来なかったのが実情である。

## 2. 研究の目的

箸を使った摂食行動は、我国および東アジア圏においては日常的な行動であり、日本食の普及に伴って欧米でもはや珍しくない。この箸を使った作業は高齢者の体力測定4項目のひとつである「豆運び」検査として取り入れられているが、一連の異なった操作を切り替えながらゴールに到達する複雑な視覚運動返還を行う。従って、状況に合わせて箸を使う作業は、自然な認知訓練となっていると考えられる。この「豆運び」に含まれる認知処理を分析し、脳機能計測に使用可能な仮想豆運びテストを開発することが本研究の目的である。その知見を元にして認知機能低下を抑制する上での箸を使った摂食行動の意義を提言する根拠を探索する。

本研究では、豆運びに含まれる動作に動員される認知プロセス(運動概念の形成とそのリアルタイムの最適化)を、その運動制御ステップごとに分解し、アプリケーションとしての仮想動作を組み立て、fMRIによる脳機能計測に応用する。従来は、実際の動作をイメージする時の脳活動(motor imaginary)が、脳機能計測時に実行困難な動作を評価するための代替的な方法として用いられてきた。動作イメージにより実際の脳活動に近い脳機能マップが得られるが、行動データが直接取得できないため、複雑な動きの評価が困難になる。複雑な動作をイメージすること自体が容易ではないが、得られた脳機能マップは作業全体の平均になるので、その意義付けが困難になる。従って、測定したい動作に動員される認知機能を抽出し、その部分をモデルとして測定し運動制御に関わる認知機能を間接的に評価するアプローチが有用と考えられる。これまでの体力測定では所要時間、回数や個数、長さや距離などの物理量を指標とした得点で結果が評価されてきたので、必ずしもその運動に含まれる動作要素を直接評価出来なかったが、一連の作業を構成する認知処理を基礎的な運動概念とその切り替えを基準として分解し、行動データを記録することにより、それぞれの処理と高次脳機能との関係を探ることができる。同じ得点であっても運動要素ごとのパフォーマンスの違いによる被検者の分類ができれば他の神経心理検査と組み合わせて運動認知機能の低下過程の違いがより詳細に分かるので、介入の方法を最適化する根拠が得られる。

## 3. 研究の方法

「豆運び」の作業概念を使った仮想作業による運動認知計測モデルを開発し、fMRIによる脳機能計測を実施して加齢による影響を調べるために、以下の手順で研究を進めた。

## ①仮想作業アプリケーションの開発

仮想作業課題ソフトウェア(Virtual Bean Transfer Test, VBTT)は、MR装置の中で使用される被験者側入出力デバイスであるボタン装置の操作により被験者が画面に表示

されたオブジェクトを操作し、同時にその入力を読み取り行動データを記録する機能を備えるように設計された。fMRI の測定中に課題遂行状況を記録し、その行動データを回帰させて脳活動を推定するためには、MR 装置との高精度の同期が必要である。MR 装置のパルス発生器から送られる TTL 信号と同期して動作し、かつその時間記録によりデータ解析時に MR 画像と行動データとの同期処理ができるようにした。開発したソフトウェアは仮想作業環境を生成する VBTT 本体と、MR 装置からの信号を受信する通信部 (TTL Mediate Server, TMS) の 2 つから構成される (全体を VBTT-MR と呼称)。fMRI による脳機能計測を行わない場合は VBTT 本体のみを使用できるようにした。

VBTT は Adobe Flex で構成した。被験者へ提示する画面には「豆」「箸」「ターゲット」の 3 つのオブジェクトが表示される。被験者は両手の押しボタン装置を操作して箸オブジェクトを操作し、豆を掴みターゲットに投下する。負荷の大きなブロッキング処理により取得される行動データの精度が下がらないようにするために、VBTT では被験者のボタン操作の取得と視覚提示の処理タイミングを独立させた。また、オブジェクトのサイズや制限時間などの実験パラメータは設定画面描画部が生成するパラメータ設定画面で変更できるようにした。VBTT と TMS 間の通信は TCP で行い、実験時に VBTT は TCP クライアントとして動作する。MRI と課題発生プログラムを搭載する PC の同期はシリアル通信で行った。シリアルポート通信部が MRI から送られる TTL 信号は TCP 通信部が自身へクライアントとして接続している VBTT へ TTL 信号受信メッセージとして送信され、VBTT の制御と MR 装置との同期を行なう。

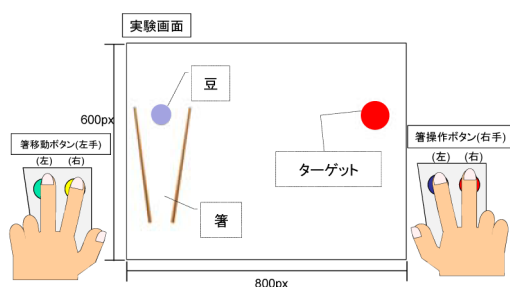


図 1

VBTT の仮想作業は「豆掴み」、「豆移動」、「豆投下」の 3 段階から成り立つ。測定開始、豆掴み開始と終了、豆移動開始と終了、豆投下の 6 点の時刻、それぞれの作業結果 (成功か否か) を行動データとして記録した。豆掴み作業では、左右の箸は左手の示指と中指により独立に操作される。箸の移動は右手の示指 (左) と中指 (右) により行われる (図 1)。豆を左右の箸で同時に掴めなかったり、ターゲット以外の場所で離れた場合はエラー終了となり、次の試行が開始される。

## ②脳機能計測プロトコルと測定

箸を使った作業を遂行中の脳活動を作業要素に分けて時間軸で脳活動の領域と対応付けて評価するために event-related (ER) の手法を用いた。個々の試行の開始が被験者の作業パフォーマンスに依存するため、オンデマンドでの試行を利用する jittering を考案し高感度化を図った。脳機能画像撮像のプロトコルは以下の通りである：

Pulse Sequence: GRE-EPI, Slices: 39, FOV: 192 mm, Thickness: 3 mm, Gap: 0.75 mm, TR: 2000 ms, TE: 24 ms, Flip Angle: 90 deg, Matrix: 64 x 64, Parallel Imaging: GRAPPA with factor 2, Bandwidth: 1906 Hz/Px.

また、安静時脳活動 (Resting State Network, RSN) の計測も行った。VBTT を用いた脳機能測定と行動データの取得は健常若年者 23 名 (20-36 才、男 11 名)、健常高齢者 24 名 (61-75 才、男 12 名) を対象として当施設の倫理委員会で承認を得たインフォームドコンセントのプロトコルに基づいて実施した。

## ③データ解析

脳機能画像の解析には SPM8 を使い、画像の前処理として 6 パラメータによる画像ドリフトの補正、形態画像を使った標準テンプレート脳画像への変換、変換誤差を補正する平滑化を行った上で、個々の被験者の脳機能マップと全被験者の平均的脳活動マップを計算した ( $p < 0.01$ )。VBTT が記録した作業タイミングを Event の発生時間として使用し、一連の試行を 6 段階の時間情報を持った脳機能マップとして構成した。RSN の解析には GIFT Toolbox v4 (独立成分解析) を用いた。

## 4. 研究成果

本研究において開発した VBTT を用いて、仮想作業ステップごとの脳機能マップを得ることができた。図 2 A は 1 名の被験者について仮想豆運び作業全体を通した脳活動の平均を示す。

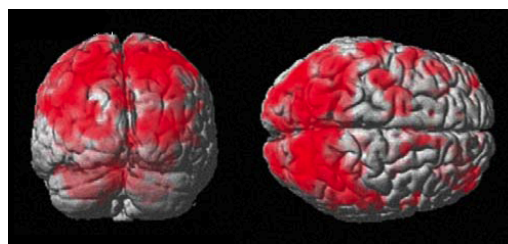


図 2 A

両側の後頭葉 (視覚野) から頭頂葉 (視空間変換) にかけて強い活動が見られ、それ以外に両側小脳や前頭葉にも活動がみられる。この被験者では 6 分 30 秒の課題実行時間中の試行数は 51 回、豆掴みの成功数 26 回 (成功率 51%)、豆移動成功数 21 回 (81%)、豆投下成功数 21 回 (100%) で、全体の成功率は 41% であった。試行全体を通して作業空間における視覚情報の認知、作業目的に合わせた視覚

運動変換などの運動生成認知処理の過程を反映していると考えられるが、この従来法の脳機能マップにはそれぞれの作業ステップに関する情報は何もない。

図2Bは行動データとして記録された時間情報を使って、6つの作業ステップのそれぞれをeventと見なして計算した脳機能マップである。

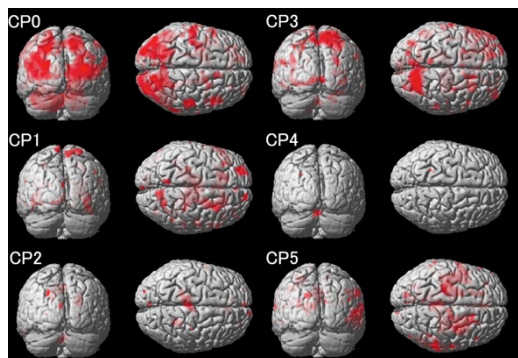


図2B

この被験者の場合、豆掴み作業開始時点であるCP0の脳活動が全作業の脳機能マップに強く寄与している。高次視覚野から下頭頂葉にかけての活動は、箸オブジェクトの回転速度の処理のために視空間変換が強く動員されていることを示唆する。豆移動に対応するCP3では下頭頂葉の活動が主に見られるが、この作業は豆掴みと比べて強い視空間変換を必要としていないと考えられる。豆掴み完了(CP1)やCP3、ターゲットへの豆落下作業(CP5)では高次運動野である前頭葉の活動が見られ、押しボタン操作で微調整を行なう過程を反映していると考えられる。認知処理の転換点になるCP2とCP4では活動領域が極めて小さく、作業転換(task switch, TS)はこの被験者ではあまり負荷になっていないと考えられる。複合的な作業を適切に行う腕TS機能は重要であるが、加齢によりその機能が低下することが知られている[論文④]。本プログラムにより、TSの瞬間の脳活動を直接抽出することができたが、今までに類似の方法は無かった。このように、VBTTでは高時間分解能の行動データを記録することにより脳機能画像からより詳細な特徴抽出を行えるようになったが、特に個人のデータを評価する上で十分な測定感度を実現できたので、測定法としての実用性に見通しがついた。

若年者群と高齢者群を比較し、加齢の影響を検討したところ以下の事項が分かった。豆掴みの成功率と豆移動の成功率の相関は若年者では $r=0.71$ であったが高齢者では $r=0.56$ であり、いずれの年齢群においても最終的な作業生成はこの2つの操作のいずれか片方の成功率に強く依存していないと考えられた。若年被験者ではCP0(豆出現)、CP1(豆掴み開始)とCP4(豆移動終了)分画に主たる活動が見られたが、高齢被験者ではCP0 and CP2(豆掴み終了)に主たる活動が検出

された。高齢者ではCP2分画で左BA3, 5, 6, 40, 43、右BA7に活動が検出された。 $(p < 0.05)$ 。豆挟み作業の成績上位高齢者群はCP2において左BA5と右BA7の活動がより強く検出された $(p < 0.001)$ 。しかし、豆移動の成績による高齢被験者のグループ分けではCP2, 3(豆移動)、4のいずれでも有意差は認められなかった。特にCP2の時点で成績が良好な高齢者群は低位群と比較したところ、左頭頂葉の活動がより強く検出された。CP2は豆掴みから豆移動の操作への作業転換点であり、高齢群における認知負荷の増加が主に豆掴み作業の成績良好群に見られる変化を強く反映したものであった、つまり作業の切り替え負荷に対する代償性機構が強く働いていた群で成績が良かった、と解釈できる。

絵による視覚記憶課題を使ったMCI患者を対象とした研究では、成績が良好な群で海馬の活動がより強かったが、その後の経過観察において、より高率に認知機能低下を生じたと報告されている[文献9]。本研究の被験者は健康高齢者であるため、課題試行の成績良好群における脳活動レベルの亢進という現象の持つ意味についてはMCI患者の場合と同一には論じられない。視空間処理の成績と頭頂部の活動の関連性は、加齢による潜在的認知機能低下に対する代償機構の面から十分説明可能であり、実際に本研究の被験者群において頭頂葉の活動亢進群の予後が不良であったわけでもない。認知負荷に対する活動亢進は一義的には解釈できないのである。

本研究ではVBTTで得られた一連の作業の段階的な行動データを使って高齢被験者のクラス分類を行ない、RSNの解析に新しいアプローチを試みた。高齢被験者が脳機能イメージング中に行った仮想作業の作業ステップごとの作業時間を変数として、作業成績に関連性の強いRSNの活動を抽出した。解析の結果、default mode network(DMN)とsensory motor network(SMN)の活動変化に作業パフォーマンスが有意に反映されるが、同じRSNの中でもノードによって行動データとの相関が異なることが示唆された。この知見は、高齢者において作業パフォーマンスを評価する上でFCが重要な指標となる可能性を示唆しているが、RSNの活動がパフォーマンスや認知訓練の効果を予測するかどうかについては今後の検討が必要である。

本研究で用いた仮想作業と元になっている実作業は、作業目的の概念的な部分と視覚情報はほぼ共通とみなせるが、VBTTで行なう動作は被験者が使用する左2個のボタンに豆挟みの動作を、右2個のボタンに豆運びの動作を割り振っており、片手で行う実際の手指の動作や、それに伴う体性感覚による動作感覚とは異なる。つまり、仮想作業は実作業をそのまま忠実にモデル化したものではない。しかし、箸という道具を使って物体を掴み目的の場所に移動させ、そこでその物体を放出するという作業概念を同じくしており、その



目的に従って複数の操作を順序よく行って全体を組み立てるといった複雑な作業の実行機能が必要とされる。実際の動作やそれに伴う体性感覚と視覚情報の間に不一致のある仮想作業の方が難易度が高いと考えられるので、仮想作業の方が実行機能障害がより強く発現する可能性が考えられる。そのような観点からは実際の動作を忠実に再現している必要はなく、動員される認知機能の中で注目すべきものを測定できれば、スクリーニング目的ならば十分機能すると考えられる。

これまで箸を使った訓練は主に作業療法の分野で用いられて来た。脳梗塞などの運動中枢障害により生じた運動機能障害に対するリハビリとして、道具使用の訓練をさせる、その動作を観察させる、イメージさせるなどの課題が行われる。食事に必要な動作である箸使用は、このような作業療法によく用いられる課題である。一方、認知機能低下に対する訓練としても作業療法は取り入れられているが、生活の流れを念頭に置いた包括的なアプローチが多い。ここで箸使用は患者への介護上の課題である摂食障害に見られる問題の一つとして注目されている。

介護老人保健施設の入所者を対象とした調査で、食事に箸を使用している高齢者群と使用していない群の日常生活自立度を比較したところ、箸使用群は非箸使用群に比べて食事の自立や外出頻度を含む日常生活の自立度が高く、非箸使用群では寝たきり度や認知症の程度が高い傾向があり、箸を使えるか否かが、自立度を推定する1つの簡易な指標となり得る可能性を指摘している【文献10】。また、認知症に見られる失行の一つとして、箸で食物を挟むことはできるが、食物を口元に食物を運べないという症状が見られることあるが、箸の持ち方を直すと自分で摂食できる場合が少なくないので、できるだけスプーンに変えないで箸の使用を継続させた方がよいとする介護現場の意見もある。本研究で得られた知見を基にして以下のような仮説が得られる。個々の運動概念の形成や運動計画はできても、その組み合わせが出来ないという症状はTSの障害が前面に出ている高次機能障害と考えられ、箸の持ち方の修正を最初の作業負荷を軽減する操作と位置付けると、その負荷軽減がTSを行う処理を可能にしたと説明できる。

VBTTでモデル化した豆掴み、豆運び、豆落下の作業ステップは、実際の摂食行動においては、箸で食物をつかむ、口元に移動する、食物を口腔内に入れる、というプロセスに対応させて考えることができる。箸を使った摂食動作のように、非常に定型かつ普遍的な日常動作は観察の機会を設ける上での負担が少ないだけでなく、新たなリスクを生じない点が指標とする上で有利である【論文①③】。今回我々が開発したVBTTのように、複合的な一連の作業をモデル化したアプリケーションを認知負荷テストとして使って作

業の実行時間や切替時間などのパフォーマンスを段階的に評価すれば、失行の症状が顕性化する前に、そのリスクをスクリーニングできる可能性がある。本研究で対象とした被験者は健常者であり、TSが困難になる程度に認知機能が低下していないため、今後は認知機能が低下傾向にある被験者も含んだ母集団を対象とした検討が必要である。そのような行動データの分析結果からは、高齢者の箸を使った摂食行動を観察する上での着目点や、質問項目などを整備する上で有用な知見が期待できよう。

#### [参考文献]

- 1) GBD 2013 DALYs and HALE Collaborators, Lancet 386(10009), 2145-91, 2015
- 2) Geda YE et al. Arch Neurol 67, 80-6, 2010.
- 3) Kurz A et al., Int J Geriatr Psychiatry 24, 163-8, 2009
- 4) Geda YE et al., Mayo Clin Proc 87, 437-42, 2012
- 5) Shigematsu R et al., Aging (Milano) 13, 385-90, 2001
- 6) Nakai T et al., Cognitive Processing, 6, 128-135, 2005
- 7) Moreau D et al., Int Rev Sport Exer Psychol 6, 155-183, 2013
- 8) Sheridan PA et al., Dement Geriatr Cogn Disord 24, 125-137, 2007
- 9) Dickerson et al., Ann Neurol 56, 56-, 2004
- 10) 福岡敦子 他 日本栄養士学会誌 54、19-23、2011

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計12件)

- ① [Kanai A](#), Takeyama T, Ueta K, [Kiyama S](#), Goto H, Tomita H, [Tanaka A](#), [Kunimi M](#), [Nakai T](#), Video analysis of sit-to-stand motion in the evaluation of motor function. Trans Jap Soc Med Biol Eng 53S, 2015 (in press)
- ② [Nakai T](#), Taya F, Bezerianos T, Bagarinao E, Harada A, Chen SHA, Aging Brain and Cognitive Intervention - The Role of Neuroimaging and Neuroengineering in Geriatrics and Gerontology. Trans Jap Soc Med Biol Eng 53S, 2015 (in press)
- ③ [Kanai A](#), [Kiyama S](#), Goto H, Tomita T, [Tanaka A](#), [Kunimi M](#), Okada T, [Nakai T](#), Use of the sit-to-stand task to evaluate motor function of older adults using telemetry. BMC Geriatrics (in press)
- ④ [Kunimi M](#), [Kiyama S](#), [Nakai T](#), Investigation of Age-related Changes in Brain Activity during the Divalent Task-Switch Paradigm using Functional

MRI. *Neurosci Res* 103, 18-26, 2016, doi:10.1016/j.neures.2015.06.011

- ⑤ Kiyama S, Kunimi M, Iidaka T, Nakai T, Distant functional connectivity for bimanual finger coordination declines with aging: An fMRI and SEM exploration, *Front Hum Neurosci* 8, 251.1-251-13. doi: 10.3389/fnhum.2014.00251

[学会発表] (計 57 件)

- ① Nakai T, Kunimi M, Kiyama S, Tanaka A, Chen SHA, An Attempt to Correlate the Activation of Resting State Network with Behavioral Data during Virtual Object Transfer Task Performance. *NeuroInformatics 2015 P66*, Cairns, Australia August 20-22, 2015. doi: 10.3389/conf.fnins.2015.91.00066
- ② Nakai T, Kunimi M, Kiyama S, Tanaka A, Chen SHA, The Correlation between Behavioral Performance and Resting State Network Activation. The 21st Annual Meeting of Organization for Human Brain Mapping # 2331, Honolulu, June 14-18, 2015
- ③ Nakai T, Tanaka A, Kunimi M, Kiyama S, Chen ASH, The Effect of Behavioral Performance During Multistep Cognitive Processing on the Extraction of Age-Related Changes from Resting State Network Activation. ISMRM 23rd Annual Meeting & EXHIBITION, Proceedings #1328, Toronto, Canada, June 1, 2015
- ④ Nakai T, Kunimi M, Kiyama S, Tanaka A, Chen SHA, An Attempt of Correlating Behavioral Performance with Age-Related Changes in Resting State Network Activation, 2015 Magnetic Resonance in South East Asia Workshop #20, Jan 17-18 2015, Singapore
- ⑤ Nakai T, Tanaka A, Kunimi M, Kiyama S, Shiraishi Y, Age-Related Change of Brain Activation During Virtual Performance of Combined Operation Task is Most Detected at Task Switching Timing - An ER-fMRI Study. ISMRM 22th Annual Meeting & EXHIBITION, Proceedings # 3022, Milan, Italy, May 15 (10-16), 2014
- ⑥ Nakai T, Tanaka A, Kunimi M, Kiyama S, Shiraishi Y, An Attempt to Model Cognitive Elements of a Physical Exercise for Elderlies Using ER-fMRI, The 20th Annual Meeting of Organization for Human Brain Mapping 34341, June 8-12, 2014
- ⑦ Nakai T, Kunimi M, Kiyama S, Iidaka T, Tanaka A, Shiraishi Y, The Dependency

of Parietal Activation on Visuospatial Operation Performance in the Elderly - An Event-Related fMRI Study.

*NeuroInformatics 2014 P63*, Leiden, The Netherlands, Aug 25-27, 2014. doi: 10.3389/conf.fninf.2014.18.00012

- ⑧ Nakai T, Tanaka A, Kunimi M, Kiyama S, Shiraishi Y, Partitioning age-related changes in brain activation using a virtual performance task to simulate complex movements, *NeuroInformatics 2013 P78*, Stockholm, Sweden, Aug 27-29, 2013, *Front Neuroinform Conference Abstract: Neuroinformatics 2013*. doi: 10.3389/conf.fninf.2013.09.00017,

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)  
○取得状況 (計 0 件)

[その他]

研究室ホームページ

<https://sites.google.com/site/niinfncgg>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中井 敏晴 (NAKAI, Toshiharu)  
国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・神経情報画像開発研究室・室長  
研究者番号: 30344170

### (2) 研究分担者

田中 あゆ子 (TANAKA, Ayuko)  
国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・神経情報画像開発研究室・研究員  
研究者番号: 50460384

國見 充展 (KUNIMI, Mitsunobu)  
国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・神経情報画像開発研究室・研究員  
研究者番号: 70460384

### (3) 連携研究者

木山 幸子 (KIYAMA, Sachiko)  
国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・神経情報画像開発研究室・研究員  
研究者番号: 10612509

白石 善明 (SHIRAISHI, Yoshiaki)  
神戸大学大学院工学研究科・電気電子専攻・情報通信研究室・准教授  
研究者番号: 70351567

金井 章 (KANAI, Akira)  
豊橋創造大学・理学療法学科・教授  
研究者番号: 60351201