

P1-1 ※

脳卒中患者におけるハイブリッドリハビリ施行後の課題特異的脳再構成～ 短期及び長期効果について

○小金丸 聡子(こがねまるさとこ)^{1,2}、道免 和久³、高橋 良輔⁴、福山 秀直²、美馬 達哉²

¹京都大学 医学研究科 認知行動脳科学、²京都大学 医学研究科附属脳機能総合研究センター、³兵庫医科大学 リハビリテーション医学教室、⁴京都大学 医学研究科 脳病態生理学講座 臨床神経学

【背景】慢性期脳卒中片麻痺患者においては、しばしば麻痺側上肢の屈筋群に痙縮を生じ、上肢機能を阻害している。これらの患者において、屈筋群の拮抗筋である伸筋群に特異的に使用依存的可塑性を誘導することができれば、機能回復が可能であると考えられる。しかしながら、慢性期では神経の可塑的変化が誘導され難く、通常の伸筋運動訓練では機能回復は困難であった。そこで我々は、末梢神経筋電気刺激の補助下で手関節と手指の伸筋の運動訓練と患側一次運動野(M1)への高頻度(5Hz)経頭蓋磁気刺激を組み合わせたハイブリッドリハビリを行うことで(週2回×6週間)、患側M1において伸筋に課題特異的な使用依存的可塑性を誘導し、麻痺側上肢機能を長期的に回復させた(Koganemaru et al., Brain 2010)。今回、我々はハイブリッドリハビリ前、直後および2週間後に、上肢伸展運動及び屈曲運動中のfMRIを撮像し、複数の脳領域の課題特異的変化を継時的に検討したので報告する。【方法】慢性期脳卒中片麻痺患者11名(男8、女3; 出血4、梗塞7; 病変はすべて皮質下)にハイブリッドリハビリ施行し、その前後および2週間後に、上肢伸展運動及び屈曲運動中のfMRIを撮像した。【結果】介入前に比較し介入直後では、麻痺側上肢の伸展運動時には、患側感覚運動皮質の活動が減少し、介入2週間後では健側運動前野の活動が減少した。その一方で、屈曲運動時にはそれらの変化を認めなかった。【考察】ハイブリッドリハビリは、伸展運動特異的に脳領域の再構成をもたらすが、短期的に認められる即時効果と、長期的に認められる遅延効果があると考えられた。特に患側脳領域の変化は即時性であるが、健側脳領域の変化は遅延性であることが示唆された。脳卒中リハビリにおける課題特異的な脳領域の変化は、継時的にとらえていく必要があり、今後は各時期の変化と機能回復との関連性について検討を行ってきたい。

P1-2

パーキンソン病の認知機能悪化に伴う脳代謝の経時的変化について

○馬場 徹(ばばとおる)¹、細貝 良行¹、武田 篤²、平山 和美³、西尾 慶之¹、鈴木 匡子⁴、高橋 昭喜⁵、福田 寛⁶

¹東北大学 医学部 高次機能障害学、²東北大学 医学部 神経内科、³山形県立保健医療大学、⁴山形大学大学院 医学系研究科 高次脳機能障害学、⁵東北大学 医学部 量子診断学、⁶東北大学 加齢医学研究所 機能画像医学

【目的】最近の薬物療法の進歩ともなっており、パーキンソン病(以下、PD)の予後が改善し、逆に認知症を発症してしまう症例が増えている。現在のところ、PD患者における経時的な脳代謝変化と認知症発症の関係には不明な点が多い。

【方法】対象は3年間の縦断研究で脳代謝を追跡しえたPD患者約60名。認知機能の簡易評価尺度としてCDRを、脳代謝の評価にはFDGを用いた。CDRの悪化の有無によって対象者を認知機能正常群と悪化群の2群にわけ、それぞれの脳代謝の経時変化についてSPM8を用いて解析した。

【結果】認知機能正常群では大脳皮質の脳代謝の変化は目立たなかったが中脳での代謝低下が認められた。一方で、認知機能悪化群ではPDの病理進展パターンに近い大脳皮質での脳代謝異常が認められた。【結論】経時的に脳代謝を測定することで、PDにおける病理進展を推測することが可能になるものと考えられた。

P1-3 ※

パーキンソン病における認知障害サブタイプの神経基盤：PETによる3年間縦断研究

○庄司 裕美子(しょうじゆみこ)¹、西尾 慶之²、馬場 徹²、内山 信³、横井 香代子²、石岡 俊之⁴、細貝 良行⁵、
平山 和美^{2,6}、福田 寛⁷、青木 正志⁸、長谷川 隆文⁸、武田 篤⁸、森 悦朗²

¹東北大学 医学部 医学科、²東北大学大学院 医学系研究科 機能医科学講座 高次機能障害学分野、³新潟医療福祉大学 医療技術学部 言語聴覚学科、⁴埼玉県立大学 保健医療福祉学部、⁵東北大学大学院 医学系研究科 生体応用技術科学講座 画像解析学分野、⁶山形県立保健医療大学 作業療法学科、⁷東北大学 加齢医学研究所 機能画像医学研究分野、⁸東北大学大学院 医学系研究科 神経・感覚器病態学講座 神経内科学分野

パーキンソン病 (PD)において認知障害は多くの患者で見られ、複数のサブタイプに分かれることが近年明らかにされている。しかしその病態や神経基盤、将来の認知症発生との関連について一致した見解は未だない。本研究では神経心理検査、患者家族へのインタビュー、F18-fluorodeoxyglucose PETを用い、PD患者55名を3年間追跡し認知障害の発症・進展に関わる神経基盤を検討した。Clinical Dementia Rating (CDR)のスコアに基づき患者を以下の5群に分類した：初回時・3年目ともに認知障害なし (non-converters)；3年目に記憶障害のみ (amnesic converters)；3年目に記憶+その他の認知障害 (multidomain amnesic converters)；初回時に記憶障害のみ (baseline amnesics)；初回時に記憶+その他の認知障害 (baseline multidomain amnesics)。代謝低下部位はnon-convertersでは視床と後頭葉、記憶障害優位の群 (amnesic converters, baseline amnesics)では内側側頭葉であり、代謝低下部位の進展様式はBraak仮説に合致するものであった。一方記憶を含む複数の認知機能障害を示した群 (multidomain amnesic converters, baseline multidomain amnesics)では頭頂後頭葉の代謝低下がみられ、記憶障害優位の群に比べて内側側頭葉が相対的に保たれていたことから、辺縁系を経ずに脳幹と皮質がほぼ同時に侵されるような病理進展様式が存在が示唆された。またこの群は他群と比較して高齢発症・初回時に既に顕著な視知覚障害・急速に進行する非振戦型優位の運動症状などの特徴を有しており、これらの臨床・病理学的特徴が将来の重度の認知障害もしくは認知症の発症を予測する可能性が示唆された。

P1-4

自己組織化マップと局所脳血流に基づく脳梗塞の層別化と認知機能の関連

○大石 直也(おおいしなおや)¹、中奥 由里子²、長谷 佳樹²、猪原 匡史³、福山 秀直¹

¹京都大学 医学研究科附属 脳機能総合研究センター、²大津赤十字病院 神経内科、³国立循環器病研究センター 脳神経内科

【目的】脳梗塞は発症機序や閉塞部位により多様な症候を呈するため、画一的な予後予測や治療介入が困難である。そのため、何らかの生体情報に基づく適切な層別化が、予測や介入の精度向上に有用であろう。今回、自己組織化マップ(SOM)を基盤に可視化・層別化に適した新手法を開発し、局所脳血流に基づく脳梗塞の層別化を行い、認知機能との関連を検討した。

【方法】脳梗塞患者28名(平均72.6歳。ラクナn=7、アテローム血栓性n=14、心原性n=7)に対し、亜急性期に123I-IMP SPECT およびMontreal Cognitive Assessment (MoCA)、Mini-Mental State Examination (MMSE)を行った。18の関心領域に基づいた平均脳血流より、SOM解析・クラスタリングを行った。最終的に分類されたクラスター情報をもとに、各群の脳血流および認知機能を評価した。SOM解析はバッチ学習アルゴリズム、クラスタリングは、k-means++および評価関数を用いた最適クラスター数自動決定アルゴリズムを用いた。さらに、クラスターの類似度に基づきRGBカラー成分表示を行った。

【結果】クラスタリングによりSOMが13クラスターに分類された。さらに類似度に基づき再分類したところ、1)大脳皮質血流保持群(n=12)、2)大脳皮質全体・尾状核の低下群(n=13)、3)左右差群(n=3)、の3群に大別された。群1はラクナ、群2は心原性梗塞優位という発症機序の相違を認めた。さらに、群1では認知機能は保たれ、群2、3では総得点上は同等に低下していたが、MoCA下位項目に差異を認めた。【結論】層別化の新手法により、層別化情報と発症機序や認知機能の関連性が示された。このような手法は、脳梗塞のように多様性を有する疾患の予後予測や治療介入など個別化医療への応用も期待できる。

P1-5

乳幼児てんかんの、神経白質発達への影響＝内包後脚のMRI DTIと運動発達＝

○越智 さと子(おちさとこ)¹、鈴木 健吾¹、渡邊 年秀²、三国 信啓¹¹札幌医科大学 医学部 脳神経外科、脳機能センター、²北海道立子ども総合医療療育センター 小児神経科

乳幼児神経白質発達へのけいれん発作の影響や外科治療による効果をMRI Diffusion Tensor Image(DTI)を用いて検討した。【目的】乳幼児の内包後脚FAを対照と外傷性難治性てんかん例について運動発達と合わせ対比しててんかん治療の白質発達への影響を考察する。【方法】1)内包後脚FA(FA/PIC)測定法; MRI (GE Sigma 1.5T)を用いDiffusion Tensor Image(DTI)を以下条件で撮像;Pulse sequence : EPI TE; 92.2 msec.TR; 10000 sec.FOV; 26mm b value ; 1000 slice depth 4mm, gapless MPG15 axis,FAmap内包後脚ROI測定2)信頼性の確認; Interclass correlation coefficient (ICC) of FA / PIC ; 3小児神経医8症例で検討。3)対照; 頭蓋内病変のない正常運動発達乳幼児40例,正常発達FA/PICの週齢変化4)症例; 外傷後てんかん乳幼児 5例; 症例提示: 脳脱による外傷後難治性てんかん7か月女児。4か月頭部外傷,6か月右手部分発作,7か月複雑部分発作重積,左不全麻痺,進行性頭蓋骨折を伴う右後頭葉脳脱。外科治療後発作消失し麻痺は回復した。【結果】正常乳幼児のFA/PICは4か月頃まで急峻に増加し6, 7か月から漸増し成人レベルとなり過去報告と一致した。脳脱乳児の術前FAは 病側対側とも広範囲に低下し2か月相当だった。術後FAは1週間目に正常化していた。乳児虐待による頭部外傷例ではFA/PIC低下と運動遅滞の重症度が相関した。【結論】発作重積による神経白質異方性への影響は局所並びに広範囲に及んだ。虐待による頭部外傷でFA低下と運動発達遅滞程度が相関したのと対照的に 脳脱例のFA正常化はてんかん消褪と共に早い事が示唆された。【結語】小児難治性てんかん外科治療は発達への影響を考慮し,早めに対応する事が望ましい。

P1-6 ※

びまん性軸索損傷患者における認知機能障害の神経基盤に関する研究

○生方 志浦(うぶかたしほ)^{1,2}、上田 敬太¹、Walid Yassin¹、杉原 玄一¹、麻生 俊彦³、福山 秀直³、村井 俊哉¹¹京都大学 大学院医学研究科 脳病態生理学講座、²神戸大学大学院 保健学研究科、³京都大学 医学部附属脳機能総合研究センター

【目的】閉鎖性の外傷性脳損傷で生じるびまん性軸索損傷は、損傷部位の明確な局在脳損傷とは異なり、急性期の点状出血や慢性期の脳萎縮といった曖昧な画像所見しか得られず、詳細な損傷部位や損傷と症状との関連については明らかでない。本研究では、びまん性軸索損傷における脳構造変化および認知機能障害との関連について調べた。

【方法】男性、右利きのびまん性軸索損傷患者(30.8±10.5歳)10名、および年齢、性別、利き手を合わせた健康被験者12名を対象とした。認知機能検査としてWAIS-3を実施した。3テスラMRI(シーメンス社trio)にてT1MPRAGEおよびDTI画像を撮像した。

SPM8のVBM8を用いて灰白質および白質体積を健常群と比較した。さらに患者群内で、VBMにより体積低下が見られた領域をseedとして、probabilistic tractography により白質繊維を描出し、白質繊維の拡散異方性と認知機能の関連についても調べた。

【結果】認知機能検査では、WAIS-3の成績がFIQ79.0±10.9、指標得点では言語理解82.4±13.5、知覚統合82.7±11.8、作動記憶80.7±13.6、処理速度62.6±13.6と、処理速度で2SD以上の成績低下を示した。灰白質および白質の形態変化に関しては、びまん性軸索損傷患者は健康被験者と比較して、灰白質では側頭葉、帯状回、視床、基底核、島皮質、小脳、白質では脳梁において著しい体積低下を示した。右視床および脳梁の体積低下とWAIS-3処理速度の成績にそれぞれ優位な正の相関を認めた。

【考察】びまん性軸索損傷は、従来軸索損傷として捕らえられてきたが、認知機能障害の神経基盤として、灰白質および白質の構造異常による神経ネットワークの障害が関与している可能性が示唆された。

P1-7

緩徐な自発脳波 α 波は脳深部の脳活動を反映: EEG-fMRI同時計測○小俣 圭(おまたけい)¹、花川 隆³、本田 学²

¹浜松医科大学 メディカルフォトニクス研究センター 生体機能イメージング研究室、²独立行政法人 国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 疾病研究第七部、³独立行政法人 国立精神・神経医療研究センター 脳病態統合イメージングセンター 先進脳画像研究部

[目的] 安静時における脳波の後頭部 α 波(8-13Hz)は大脳皮質や脳深部の脳活動に大きく影響を受けることが知られている。 α 波発生に影響を及ぼす脳領域は、近年マルチモダリティな計測によって検討されてきているが、複数の脳領域がどのように自発脳波の α 波パワーに影響を及ぼしているかは明らかではない。そこで、自発 α 波パワーの時間的変動の長さの違いについて着目し、安静時閉眼条件でEEG-fMRI同時計測を行い、 α 波パワー変動とBOLD信号変化間の動的な関係について検討を行った。[方法] 健康な被験者20名に対して20分間の閉眼安静状態の脳活動をEEG-fMRI同時計測にて記録を行った。EEGより後頭部の α 波パワーを計算し、 α 波パワーの時間変動(APTS)を抽出した。経験的モード分解を用いてAPTSを5つの狭帯域に分割し、それぞれの帯域とBOLD信号間の相関を検証したところ、 α 波パワー変動の周波数帯域0.04 Hzを境にして関連する脳部位に差異があることが明らかになった。そこで、この周波数特性に基づき、バンドパスフィルターを用いて、APTSを遅い変動成分(0-0.04 Hz)と速い変動成分(0.04-0.167 Hz)の二つのコンポーネントに分割し、BOLD信号と各コンポーネントとの相関を、一般線形モデルを用いて分析した。[結果] APTSの遅い変動成分は中脳、視床内側部および前帯状回の脳活動と正相関を示したのに対して、APTSの速い変動成分は視床外側部と前帯状回に正相関を示したが中脳を含む脳幹部には相関は見られなかった。[考察] 自発脳波 α 波パワーの発生にあたっては、異なる皮質下の領域が異なった関与をすることが示された。とりわけ中脳の脳活動は α 波パワーの遅い変動成分と関連することから、0.04Hz以下の緩徐な α 波パワー変動は情動神経系を含む脳深部の脳活動の変化の指標となる可能性が示唆される。

P1-8 ✖

アノード経頭蓋直流刺激後に観察されるヒト運動関連脳磁場振動の可塑的变化

○三上 佑介(みかみゆうすけ)、美馬 達哉、松橋 眞生、福山 秀直

京都大学 大学院 医学研究科附属 脳機能総合研究センター

【背景】経頭蓋直流刺激(transcranial DC stimulation :tDCS)は非侵襲に電極直下のヒト脳活性を調節する技術であり、神経可塑性を誘導するために神経科学及びリハビリテーションの分野で広く用いられている。例えば、アノード側の電極直下では運動興奮性の増大が起きることが知られている。しかし、自然な運動を行っている最中の錐体路の活動変化を伴うかどうかは知られていない。錐体路活動を非侵襲的に測定する手法としては、脳活動と筋活動の線形相関を周波数領域で計測するコヒーレンスを用いることで、被験者が自然な運動課題(持続筋収縮)を行っている最中の錐体路機能を評価する。【仮説と目的】tDCSの作用機序のさらなる理解のために、アノードtDCSが、持続的筋収縮を行っている最中の脳-筋活動コヒーレンスに変化を及ぼすか否かを検証した。【方法】10人の右利き健康被験者について306ch全頭型脳磁計を用いて左一次運動皮質直上へのアノードtDCS(2mA,15min)前後の脳磁場を計測した。一次運動皮質の興奮性の測定のために右手首にMNSを運動閾値直上で与えた。錐体路活動の評価のためには、右手内筋の持続弱収縮を4分間行わせ、脳磁場と筋電図の間の周波数領域でのコヒーレンスを計測し、null仮説との統計的比較を行って、有意性を検討した(tDCS刺激前、刺激直後、20分後、40分後)【結果】脳-筋活動コヒーレンスがアノードtDCS直後有意に増大している事を発見した。また、それらの変化は20分後及び40分後に緩やかに回復していった。【考察と結論】我々の結果はアノードtDCSが脳-筋活動コヒーレンスによって計測される錐体路機能を一時的に増強することを示した。こうした錐体路機能の増強が、なんらかの運動パフォーマンスの増強と関連するかどうか、またリハビリや運動学習と関連する臨床応用が可能であるかどうかについては、さらなる研究が必要であると思われる。

P1-9 ※

ヒト安静時MEGの前部帯状回における γ 帯域活動とMRSによるGABA濃度の関連について

○田川 みなみ(たがわみなみ)、武井 雄一、山口 実穂、藤原 和之、鈴木 雄介、須田 真史、成田 耕介、
福田 正人

群馬大学 大学院 医学系研究科 神経精神医学

目的:過去のin vitroの検討により、gamma-aminobutyric acid (GABA)神経系と γ 帯域活動の報告は数多くあり、近年in vivoにおいてもmagnetic resonance spectroscopy(MRS)によるGABA濃度とmagnetoencephalography(MEG)で評価可能な γ 帯域活動との関連を調べた報告が散見される。しかし安静時の前部帯状回の γ 帯域活動とMRSのGABA濃度の関連を調べた報告はまだない。今回、健康成人12名を対象に、前部帯状回における安静時の γ 帯域活動とMRSで評価できるGABA、glutamate/glutamine (Glx)の関係に着目し検討を行った。方法:健康被検者12名(年齢25.1歳、男性7名、女性5名)を対象に、安静座位・閉眼状態で7分間のMEG測定を行った。測定には306chの全頭型脳磁計 (Neuromag)を用い、サンプリング周波数1000Hzで測定した。MEGによる γ 帯域活動の評価はBrainstormを用い、左右前部帯状回のscout (Desikan-Killian, rostral anterior cingulate)におけるPower spectrum density(Welch)の平均値を計算した。この結果とMRSで測定されたGABA濃度との相関を検討した。結果:前部帯状回の低 γ 帯域活動(30-59Hz)、高 γ 帯域活動(60-90Hz)とGABA、Glxの間にはいずれも有意な相関を認めなかった。考察:今回の結果は、「前部帯状回の γ 帯域活動とMRSのGABA濃度が相関する」という仮説と合わないものであったが、MRSとMEGで関心領域が大幅に一致していないこと、対象人数が少ないことなどの課題があり、今後被検者数を増やし両者の関係をさらに調べる予定である。

P2-1

雑音環境下における数字記憶課題時の成績と脳血流変化に対する男女差の検討

○將積 彩芽(まさづみあやめ)¹、山本 詩子²、廣安 知之²

¹同志社大学大学院 生命医科学研究科 医工学・医情報学専攻、²同志社大学 生命医科学部 医情報学科

【目的】本研究では音環境が数字記憶課題の成績、脳血流変化に及ぼす影響の男女差の検討を目的とした。

【方法】本実験では、被験者を男性5名、女性5名とし、静音、ピンクノイズ、ホワイトノイズの3種類の音を作業時に提示した。知的作業として、8個の数字を3秒間で記憶し、7秒以内に順番通りに入力する数字記憶課題を行った。各音環境において数字記憶課題を30問行い、それぞれ正答文字数を測定した。作業時の脳血流変化はfNIRS(functional near infrared spectroscopy)を用いて計測した。また、心理的要因の調査を目的とし、実験後にアンケートを行った。

【結果】男性は静音、女性はホワイトノイズで最も良い成績を示した。t検定の結果、ホワイトノイズのみ男女間の成績に有意差が認められた。また、左側頭部の下前頭回付近が被験者間で共通して活性し、より高成績を示す音環境において、大きい脳血流変化を示す結果となった。快と感じた音の順序と、高成績を示した音の順序は一致する傾向となった。

【考察】心理学的な既存研究によれば、女性は男性に比べてホワイトノイズ快に思うと報告されている。本実験では、男性は静音を快と感じ、女性はホワイトノイズを快と感じた傾向にあった。このことより、快と感じた音において集中力が高まり、高成績、脳血流量の増加につながったと考えられる。また、ホワイトノイズはマスキング効果により、fNIRSの動作音などをマスキングした可能性がある。

【結論】本研究では、音環境が数字記憶課題の成績と脳血流変化に及ぼす影響の男女差の検討を目的とした。3種類の音環境の中で数字記憶課題を行った結果、ホワイトノイズ提示下で課題成績に男女差が見られた。快と感じる音は男女で異なる傾向となり、快と感じる音ほど高成績につながる結果となった。また、活性部位は左側頭部の下前頭回付近であり、その部位では高成績を示す音環境ほど脳血流が大きく活性する結果が得られた。

P2-2

高齢者と若年者の口腔立体認知機能に関わる前頭前野脳血流反応の比較

○高橋 敏幸(たかはしとしゆき)¹、藤井 竜太郎²、黒川 勝英¹、三ツ山 晃弘¹、上野 俊明¹、横山 敦郎²

¹東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科 スポーツ医歯学分野、²北海道大学大学院 歯学研究科 口腔機能学講座 口腔機能補綴学教室

目的:咀嚼の各期を通じて、口腔内では常に食片の大きさや性状、位置などが認識され、その認識を元に食片の弁別がなされている。これは口腔内立体認知能力と呼ばれており、咀嚼の過程で欠かすことのできない能力である。我々はこれまでfMRIを用いて、健常若年者の口腔立体認知に左側背外側前頭前野が関わっていることを明らかにした。一方、高齢者では体の動きの統制や計測に関する注意事項がうまく伝わらないこともあり、fMRIによる実験が困難な場合もある。そこで今回我々は、NIRSを用い高齢者および若年者の口腔立体認知機能に関わる脳活動を計測し両者を比較検討した。方法:本研究は東京医科歯科大学歯学部倫理審査委員会の承認を得て実施された。被験者は、神経学および精神医学的疾患の既往がなく顎口腔機能に異常を認めない高齢者8名(平均73.8歳)および若年者8名(平均24.1歳)とし、30秒間の口腔立体認知を30秒の休止期間をはさんで4回行う課題を3回試行した。計測には、光トポグラフィ装置(ETG-4000、日立製作所)を用いた。テストピースは生体に偽害作用がなく無味無臭で、さらに加工性、寸法安定性に優れるアクリル樹脂にて製作し、全てのテストピースは20×20×10mm以内の大きさとした。探索においては実験終了後にどのような形状であったかを絵で描いて示すことができるくらい細かく探索するように、また休止期間中は何も考えないように指示した。結果と考察:口腔立体認知に伴い、若年者では左側背外側前頭前野にoxy-Hbの増加がみられたのに対し、高齢者では両側背外側前頭前野にoxy-Hbの増加がみられた。したがって、口腔立体認知における前頭前野の活動が、加齢による影響を受けることが示唆された。

P2-3 ※

Fast PaceとMetronome Fast Paceでペグボード課題を行う時の前頭前野の活動

—fNIRSを用いて—

○下田 佳央莉(しもだかおり)¹、土屋 謙仕²、勝山 しおり³、北澤 一樹⁴、増田 樹²、原 大地²、李 範爽³、十枝 はるか³、外里 富佐江³

¹群馬大学大学院 保健学研究科 博士後期課程、²群馬大学大学院 保健学研究科 博士前期課程、³群馬大学大学院 保健学研究科、⁴群馬大学 医学部 保健学科 作業療法学専攻

- はじめに: 注意障害を持った人の、適切な作業遂行ペースについては検討されていない。我々が行う動作には、自然で丁度良いと感じる速さ、Preferred Paceが存在する(Naruse et al.2001)。本研究の目的は、Preferred条件とMetronome条件でペグボード課題を行う時の前頭前野の活動を、機能的近赤外分光法(fNIRS)を用いて検討することである。
- 方法: この研究は、本学の疫学倫理審査委員会の承認を得て行った。対象者は、健常な大学生22名(男性13名、女性9名、平均年齢:20.4±1.2歳)であった。fNIRSは、42channel(以下、ch)のLABNIRS(島津製作所)を用い、国際10-20法のFpzを基準に前額面に装着し、酸素化ヘモグロビン濃度変化(oxy-Hb)を計測した。課題は、Fast Pace(FP)とMetronome Fast Pace(MFP)とした。計測は、安静20秒間-課題30秒間のサイクルを3回反復した。データ解析はLABNIRS上で行い、加算平均処理後にGLM統計を行った。有意水準が $p < 0.0001$ で有意かつt値が10以上であったchを、賦活したchとした。また、課題間の同一chのoxy-Hbの積分値を、対応のあるt検定で比較した。統計解析にはIBM SPSS Statistics 21を使用し、有意水準は1%とした。chの位置は、3次元位置情報から、(1)内側、(2)右背外側、(3)左背外側、(4)右腹外側、(5)左腹外側の領域に区分した。
- 結果: 立てられたペグの本数の平均は、10.7本だった。賦活したch数と全ch数の比率の差(FP-MFP)は、(1)0.14、(2)0.13、(3)0.12、(4)0.11、(5)0.09だった。課題間の同一chのoxy-Hbで、有意に大きかったch数の比率の差は、(1)0.33、(2)0.24、(3)0.14、(4)0.06、(5)-0.09だった。
- 考察: FPの方が、MFPに比して、活動する前頭前野の領域・積分値共に大きい傾向があった。また、その差は内側、左右の背外側前頭前野で大きい傾向があった。FPでは、運動のペースのモニター、運動を開始するタイミングの決定に、前頭前野の活動を必要とした可能性がある。

P2-4 ※

課題の難易度変化による成績の違いが脳活動に及ぼす影響

○杉田 出弥(すぎたいでや)¹、山本 詩子²、廣安 知之²

¹同志社大学大学院 生命医科学研究科 医工・医情報学専攻、²同志社大学 生命医科学部 医情報学科

【目的】被験者の課題成績に基づき、課題の難易度変化が脳活動に及ぼす影響の検討を目的とする。【方法】音刺激のGO/NOGO課題において、GO信号とNOGO信号の周波数差を変化させることにより、課題の難易度付けを行う。GO信号を1000Hz、NOGO信号を1020、1030、1040、1050、1060、1100Hzに設定し、周波数差が小さいほど、課題の難易度が高いと定義する。各被験者の課題成績はGO/NOGO課題に対するエラー率および反応時間とする。また課題遂行時の脳活動を機能的近赤外分光法(fNIRS)を用いて計測する。【結果】前頭極における、課題中の被験者12人の平均Oxy-Hb積分値は、NOGO信号を1060Hzに設定時最大となり、課題の難易度が高くなるに伴い、減少傾向が見られた。また右下前頭回においては、NOGO信号を1030Hzに設定時最大となり、課題の難易度が低くなるに伴い、減少傾向が見られた。一元配置分散分析の結果より、前頭極における結果にのみ有意差が見られた($F(5,66)=4.3169, p < .05, F(5,66)=0.864, p > .05$)。下前頭回において、課題成績より、被験者を高成績群、低成績群の2群に分け、平均Oxy-Hb積分値を算出した。高成績群においては、NOGO信号を1030Hzに設定時最大となり、課題の難易度が低くなるに伴い、減少傾向があったのに対し、低成績群では、傾向が見られなかった。一元配置分散分析の結果より、高成績群にのみ有意差が見られた($F(5,30)=3.871, p < .05, F(5,30)=0.702, p > .05$)【考察及び結論】前頭極は自分の行動の是非に深く関係していると言われていたことから、全被験者において、難易度が低い課題で、より音の聞き分けが出来ていると考えられる。一方、右下前頭回においては、高成績群でのみ、難易度の高い課題で脳活動が有意に大きくなる傾向が見られた。右下前頭回は反応抑制に深く関係していることから、GO/NOGO課題時に主に機能するとされる反応抑制は、課題成績の影響を受けることが示唆された。

P2-5

fNIRSを用いた脳の異種感覚情報処理機構についての検討

○滝 謙一(たきけんいち)、山本 詩子、廣安 知之

同志社大学 生命医科学部 医情報学科

【目的】人間の脳において、複数種の感覚情報が入力された時と単体の感覚情報が入力された時では、情報処理の優先順位による活性部位の違いがあると仮定し、単体と複数の刺激が入力された時の脳の処理機構の違いを機能的近赤外分光法(functional Near-Infrared Spectroscopy: fNIRS)を用いて検討した。【方法】計測機器はfNIRS装置(ETG-7100: 日立メディコ製)を使用し、122chで全脳を計測した。被験者は22~24歳の健常成人15名とした。実験設計は30 sのレストと15 sのタスクを5回繰り返すブロックデザインとし、視覚刺激のみの場合、聴覚刺激のみの場合、視聴覚刺激両方の場合の計3回を行った。タスクにおける視覚刺激は7.5 Hzで反転するチェッカーボード、聴覚刺激は1000 Hzの正弦波音を提示し、レストではどの課題においても被験者は常に画面中央の固視点を見続けた。各試行において得られたデータを加算平均して活性の検討を行った。【結果】視聴覚刺激提示時にのみ活性した領域は両側頭極付近に集中し、単体刺激提示時にのみ活性を示した領域は頭頂葉に見受けられた。【考察】両側頭極付近の活性は、上側頭溝の多感覚統合領野の活動により活性したと考えられる。この領域は視覚と聴覚情報の統合を行う。また頭頂葉には、体性感覚情報と異なる感覚モダリティを統合する多感覚統合領野が頭頂間溝に存在しており、単体刺激提示時にのみ活性を示したのは、視聴覚刺激の統合が優先されたためであると考えられる。【結論】感覚刺激が複数の時と単体の時の活性領域を比較したところ、視聴覚刺激提示では、両側頭極付近が活性したのに対し、単体刺激提示時では、頭頂間溝付近が活性した。脳は異種の感覚情報を統合して処理するために、体性感覚情報よりも視聴覚刺激の統合を優先することが示唆された。

P2-6 ※

死の想起と接近動機の関連-認知神経科学からのアプローチ-

○柳澤 邦昭(やなぎさわくにあき)^{1,2}、阿部 修士¹、嘉志摩 江身子³、野村 理朗⁴¹京都大学 ころの未来研究センター、²日本学術振興会、³La Trobe University, School of Psychological Science、⁴京都大学大学院 教育学研究科

【目的】人は死のような対処困難な脅威に晒されると、その脅威を軽減させるため、無意識的に快情動刺激を求めようとする(DeWall & Baumeister, 2007, Psychol Sci)。この一連のプロセスは無意識的に生じるため、質問紙等の意識的プロセスを反映した尺度で捉えることが困難である。そこで本研究では、死の想起に伴い接近動機が亢進されるかどうか、快情動刺激に対する報酬関連領域の脳活動に焦点をあてfMRI実験を行った。なお、多くの研究で報酬関連処理が男性で顕著であることが報告されているため、性差を考慮し検討した。

【方法】fMRI撮像中に参加者は、スクリーン上に連続して映し出された2つの単語の関連性の有無をボタン押しで回答する課題を行った。実験群では単語に死に関する単語(統制群では不快情動単語を使用)と文字に関連する単語を使用することで死の不安を操作した(課題1)。続いて、参加者は呈示される文字列が単語であるか、非単語であるかをボタン押しで判断する課題を行った。快・不快・中立な感情価の単語を使用し、各刺激に対する反応時間と正答数(及び誤答数)、脳活動を記録した(課題2)。撮像後、参加者は日本語版 PANASに回答し、主観的な快・不快感情を測定した。

【結果】実験群と統制群でPANAS得点に有意な差は示されず、意識的プロセスを反映する尺度では死の想起の影響は検出できなかった。ただし、実験群の男性は非単語よりも単語に対して反応時間が速く、「単語」刺激を高確率で正答するが誤検知しやすいことが明らかになった(衝動的反応バイアス)。加えて、実験群の男性は、実験群の女性や統制群の男性よりも、課題2における快情動単語(vs.中立単語)に対する右側坐核の活動が高いことが示された。

【結論】本研究の結果は、男性において、死の想起後に快情動刺激に対する報酬系の処理が亢進し、接近動機関連の行動(衝動性)が無意識的に促進される可能性を示している。

P2-7 ※

ヒト記憶における情動生成の効果に関する神経基盤

○金田 拓巳(かねだたくみ)、重宗 弥生、月浦 崇

京都大学大学院 人間・環境学研究科 認知・行動科学講座

対象に対して内的に意味を生成し情動を喚起する過程は「情動生成」と呼ばれるが、情動生成が記憶に及ぼす影響とその神経基盤については明らかではない。本研究では、情動生成と記憶の関連を担う神経基盤をfMRIによって検証した。fMRI撮像を伴う記銘課題(図1)では、実験参加者はCueとして提示された単語から、後に提示される情動的に中性な写真の意味を連想した。Cue単語は情動価によって不快、快、中性に分類され、写真の記銘条件とされた。統制条件として単に写真を眺める条件も準備された。記銘の7日後に写真の再認課題を行った。行動データでは、意味処理が必要な不快・快・中性条件で統制条件よりも写真の再認成績が向上していた(図2)。fMRIデータでは、不快・快・中性条件で統制条件よりも左下前頭回の、情動生成に関連する不快・快条件で中性条件や統制条件よりも左内側前頭葉皮質の、記銘の成功に関して左海馬の有意な賦活が同定された(図3)。さらに、左下前頭回と海馬の相関は意味処理が必要な条件において統制条件よりも有意に高かった。これらの結果は、記憶における情動生成には、意味処理に関連する左下前頭回、情動処理に関連する内側前頭葉皮質、記銘に関連する海馬が協同して関与することを示唆している。

図1. 記銘課題

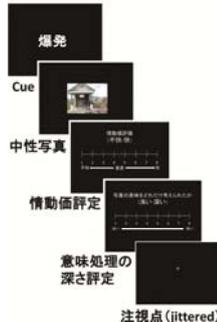


図2. 行動データ

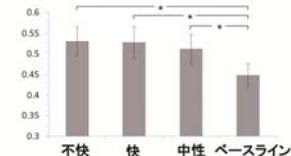
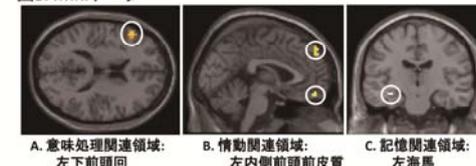


図3. fMRIデータ



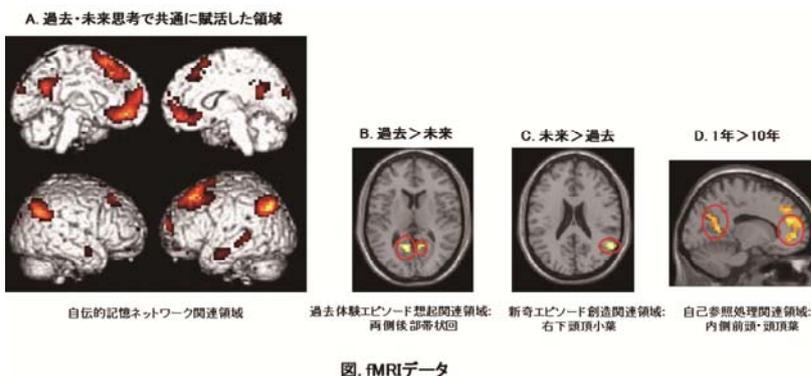
P2-8 ※

ヒト記憶過程における過去と未来への思考を媒介する神経基盤の解明

○釜屋 憲彦(かまやのりひこ)、朴 白順、金田 拓巳、重宗 弥生、月浦 崇

京都大学大学院 人間・環境学研究所 認知・行動科学講座

記憶対象を自己と関連付ける(自己参照)ことで記憶は促進されるが、その方略の違いが記憶に関連する神経基盤に与える影響については明らかではない。本研究では、過去や未来の自己と結びつける方略を用いることによって、記憶記憶の神経基盤が受ける影響を検証した。fMRIを伴う記憶では、単語から連想できる自分が過去に体験した出来事(1年/10年前)を想起、あるいは体験するであろう未来(1年/10年後)を想像するように求めた。その後、提示された単語の再認を行った。結果、1) 過去・未来条件で共通に統制条件(単語の意味判断)と比較して、内側前頭葉、内側頭頂葉、外側側頭葉、楔部に、2) 過去条件>未来条件で後部帯状回に、未来条件>過去条件で右下頭頂小葉に、3) 1年条件>10年条件で内側前頭葉や内側頭頂葉に、有意な賦活を認めた(図)。以上より、1) 刺激の記憶時における過去や未来への思考には自伝的記憶ネットワークが関与すること、2) 過去と未来の思考とで認められた頭頂葉内側と外側の解離は、過去思考における出来事の現実性と、未来思考における出来事の創造性がそれぞれ関与すること、3) 1年条件と10年条件で認められた賦活の相違は、時間的に近い出来事では自己参照過程がより強く関与していることが示唆された。



P2-9 ※

fMRIを用いた空腹時および満腹時における食品の嗅覚および視覚刺激に対する脳活動の影響

○伊藤 兼敏(いとうかねとし)¹、高橋 芳梨¹、高柳 深雪¹、王 力群²、栗城 眞也²、外池 光雄³¹高砂香料工業株式会社 研究開発本部、²東京電機大学 総合研究所、³藍野大学 医療保健学部 臨床工学科

香りが生体に効果・効能を与えることは古来より知られており、伝承されてきた深い歴史がある。こうした香りの効能は、生理学または心理学の分野で大きな進展がみられた。特に生体への嗅覚受容に関しては、多くの報告があり、嗅覚受容メカニズムの基本原理が明らかにされている。しかしながら、生体の嗅覚系に受容された香りの生理情報が脳内の中枢神経系でどのように処理されているのかについては、まだ解明されていない。そこで、MRI装置を用いて食品の嗅覚および視覚刺激に対する脳活動の影響を検討した。食品における香りの役割は非常に重要である。実際、食品のおいしさにおける香りの貢献は非常に大きい。その為、嗅覚障害を生じると食欲不振や味覚障害を併発することもある。このように、香りは食品の感じ方のみでなく、食欲にも影響することが知られている。本研究では、嗅覚刺激としてデミグラスソースの香りを、視覚刺激としてデミグラスソースから連想される食品の写真を用いた。実験はブロックデザインで実施し、嗅覚刺激、視覚刺激および嗅覚・視覚刺激を呈示した。呈示順は、被験者によってランダムとした。被験者には実験参加前12時間の絶食を求め(水は可)、空腹群および満腹群の2群にわけて比較した。満腹群には、実験30分前に栄養補助食品で600kcalを摂取させた。視覚刺激および嗅覚・視覚刺激にて、視覚野および情緒・感情関連部位が賦活した。満腹群への嗅覚刺激にて、視床下部(腹内側核)が賦活した。視床下部の腹内側核には満腹中枢が、外側野には摂食中枢が存在する。満腹群では、嗅覚刺激によってのみ満腹中枢の賦活が生じた。また、空腹群と満腹群を比較したところ、全ての刺激において、空腹群は満腹群より賦活部位が広域に広がった。特に知覚関連部位に多く賦活が見られ、注意喚起が生じたと考えられる。

P2-10 ※

性差と加齢がもたらす他者の顔に対する価値表象に関わる神経基盤への影響

○伊藤 文人(いとうあやひと)¹、藤井 俊勝¹、阿部 修士¹、川崎 伊織¹、林 亜希子¹、上野 彩¹、吉田 一生²、境 信哉³、麦倉 俊司⁴、高橋 昭喜⁴、森 悦朗¹

¹東北大学 大学院 医学系研究科 高次機能障害学分野、²北海道大学保健科学院、³北海道大学保健科学研究院生活機能学分野、⁴東北大学大学院医学系研究科量子診断学分野

近年の脳機能画像研究から、他者に対する選好(複数の人物から好ましい人物を選び出すこと)を形成する上で腹内側前頭前野が重要な役割を果たしていることが明らかにされている。しかし、腹内側前頭前野における価値表象プロセスが、対象の性差や加齢といった要因により影響を受けるかどうか十分に明らかにされていない。本研究では、性別や世代の異なる様々な人物に対する腹内側前頭前野の活動パターンが、性差や加齢によってどのような影響を受けるか検討した。本研究には健常若年者32名(男女各16名、平均年齢21.2歳)と健常高齢者32名(男女各16名、平均年齢68.3歳)が参加した。fMRI撮像中、被験者は様々な人物の顔写真を一枚ずつ呈示され、どの程度心地よいと感じるか評定課題を行った。その後の選択課題において、被験者はfMRI撮像中に呈示された2名の顔写真を呈示され、どちらの顔がより好きか選択を行った。心地よさの評定課題の結果に基づき、顔の心地よさの上昇に伴って活動が上昇する脳領域を全脳で解析した結果、腹内側前頭前野が認められた。そこで、若年男性、若年女性、高齢男性、高齢女性それぞれの腹内側前頭前野の活動データに対し、顔写真の性別(男性、女性)、顔写真の年齢(若年、高齢)、選好判断の結果(選ばれた、選ばれなかった)を要因とした3要因の分散分析を行った。その結果、女性被験者では世代の違いに関係なく選好の主効果が認められ、対象の人物の性別や年齢に影響を受けることなく腹内側前頭前野が選好を形成することが明らかとなった。一方、若年男性では年齢と性別の主効果が認められ、腹内側前頭前野が対象の人物の性別や年齢の違いを反映することが明らかとなった。高齢男性では有意な主効果、交互作用は認められなかった。本研究結果は、他者の顔に対する価値表象プロセスに性差が存在し、加齢による影響も男女で異なることを示唆している。

P2-11 ※

潜在的購買意図形成の神経基盤

○横山 諒一(よこやまりょういち)、野澤 孝之、杉浦 元亮、蓬田 幸人、川島 隆太

東北大学 東北大学加齢医学研究所 脳機能開発研究分野

【目的】潜在的(implicit)な購買意図が消費者行動に及ぼす重要性が注目されている(Bargh 2002)。しかし、消費者の購買意思決定に関わる潜在のプロセスを明らかにした研究は見当たらない。そこで本研究は、機能的磁気共鳴画像法(fMRI)を用い、潜在的購買意図の形成に関与する神経基盤の同定を目的とした。

【方法】右利きの日本人大学生28名が本実験に参加した。実験刺激として、市販のTシャツ63枚の画像を用いた。fMRI課題は、瞬間接触課題と、顕在的購買意図評定課題の2種類を行った。瞬間接触課題は、Tシャツの一瞬の提示(1秒)と、購買とは無関係な認知課題から構成される試行を63回行った。被験者には、認知課題に集中し、一瞬提示される商品の写真は無視するように教示した。この認知課題は、提示された商品について被験者が顕在的購買意図の形成を妨ぐため(潜在的活動のみを計測するため)に行わせた。瞬間接触課題が終了後、顕在的購買意図評定課題を行わせた。顕在的購買意図評定課題では、瞬間接触課題で提示した商品を再度提示し(4秒間)、それぞれの商品に対する購買意図の主観的評価を8段階評価で行わせた。具体的には、「このTシャツを買いたい」という質問に対し、(1 = 全くそう思わない)から、(8 = 非常にそう思う)までの8段階で回答させた。

【結果】瞬間接触課題の商品提示時の脳画像と、顕在的購買意図評定課題の評定を用い、相関解析を行った。その結果、背側線条体の活動が主観的購買意図評定と有意に正相関した。この結果は、潜在的な購買意図は背側線条体で形成されていることを示している。本研究は、消費者の潜在的脳内プロセスに関して、神経メカニズムの側面からアプローチする新たな可能性を提供すると考えられる。

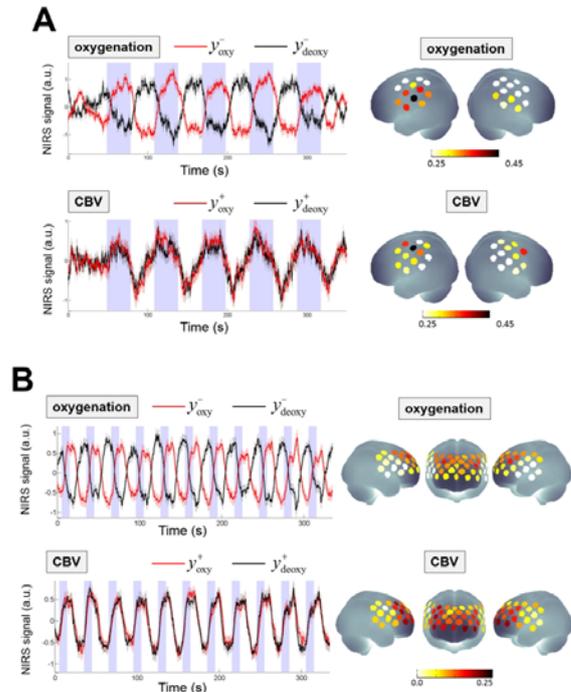
P3-1

酸素化・脱酸素化ヘモグロビンの共変動を用いた課題関連成分分析による血液量と血中酸素濃度変化の推定法

○田中 宏和(たなかひろかず)¹、桂 卓成²、佐藤 大樹²

¹北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科、²日立製作所 中央研究所

NIRS信号における酸素化・脱酸素化ヘモグロビン濃度変化(Δ [HbO], Δ [HbR])の共変動成分を最大化もしくは最小化することで、局所血液量変化と血中酸素濃度変化を同時に推定する信号処理法を提案する。著者らが最近提案した課題関連成分分析(Task-Related Component Analysis, TRCA)では、試行間での再現性が最大になるように線形の重み付け係数を決定する。本研究では、試行間での再現性に加えて、 Δ [HbO]と Δ [HbR]の共分散を最大化することで血液量を、最小化することで酸素濃度を推定する。まずバルーンモデルによって生成させた観測時系列に提案手法を適用することで血液量と酸素濃度を再現できることを確認した上で、運動課題(指タッピング)と認知課題(ワーキングメモリ)のNIRS信号を解析した。運動課題では、酸素濃度成分は対側半球の感覚運動野手指領域に局在を示し、血液量成分は対して背側に局在を示した(図A)。一方認知課題では、酸素濃度成分は両側の背外側前頭前野に、血液量成分は腹側に局在を示した(図B)。これらの結果は提案手法によりNIRS信号から課題に関連する酸素濃度変化と血液量変化を同時に推定できることを示している。



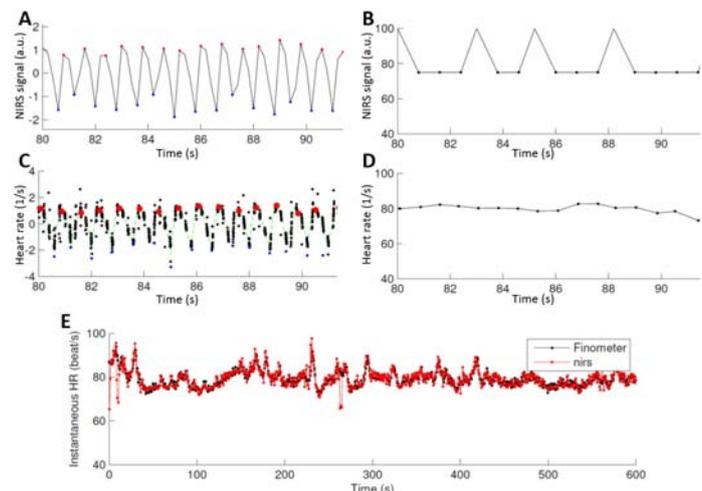
P3-2

アンダーサンプリングNIRS信号からの瞬時心拍数測定法

○田中 宏和(たなかひろかず)¹、小幡 亜希子²、桂 卓成³

¹北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科、²日立製作所 社会イノベーション・プロジェクト本部 ソリューション推進事業部 新事業開発本部、³日立製作所 中央研究所

ナイキスト周波数以下で標本化されたNIRS信号から瞬時心拍数を推定する方法を提案する。NIRS信号には皮質由来のヘモダイナミクス反応成分に加えて、血圧や心拍などの全身性由来信号が含まれている。瞬時心拍数が推定できれば、NIRS信号における皮質・全身性由来の比率や、交感神経・副交感神経の活動に関して推定することができる。一方、携帯型NIRS計測装置では、数秒程度で変化するヘモダイナミクス成分に特化しているため、瞬時心拍数を推定するのに十分な標本周波数を得られないことが多い。実際日立WOT-220は5Hzの標本周波数であるため(図A)、単一チャンネル信号からの瞬時心拍数は離散的になる(図B)。この難点を克服するため、本研究ではサンプリング時間が異なる複数チャンネル信号から瞬時心拍数を推定する方法を提案する。WOT-220の22チャンネルは逐次的に標本化するため、標本化周波数は同じでも実際の標本化タイミングはミリ秒程度ずれていることを利用して、チャンネル間の位相差を推定し(図C)、瞬時心拍数を補完した(図D)。このようにして得られた瞬時心拍数は連続血圧計(Finometer Pro)から推定されたものと良い一致を示した(図E)。



P3-3 ※

頭部MR画像に基づいたモデルを用いた光脳機能イメージングのプロープ配置の評価

○栗原 一樹(くりはらかずき)¹、川口 拓之²、小畠 隆行²、伊藤 浩²、岡田 英史¹

¹慶應義塾大学理工学部、²放射線医学総合研究所

光脳機能イメージングでは、頭表に装着した照射・受光プローブで検出した信号を測定点にマッピングし、補間することで脳機能のトポグラフィー像を求める方法が広く用いられている。近年は、より高い空間分解能で脳機能をイメージングすることを目的として、高密度でプローブを配置する測定が行われている。さらに、脳機能トポグラフィー像を単純なマッピングと補間によって求めるのではなく、脳組織中の光伝播解析に基づいた画像再構成によって空間分解能を向上させる試みもなされている。本研究では、頭部構造を正確に表現したモデルを用いて、プローブ配置と画像再構成によって得られる脳機能トポグラフィー像の関係について検討した。

成人頭部のMR画像を、頭皮、頭蓋骨、脳脊髄液、灰白質、白質の5領域に分割することで、3次元頭部モデルを構築した。プローブ配置は、プローブ間隔30mmで45mm×60mmの領域に16の測定点を配置する方法(DD)、30mm×45mmの領域に間隔17mmの21測定点と間隔30mmの15測定点を配置する方法(HD1)、35mm×50mmの領域に間隔13mmの35測定点、間隔30mmの46測定点、間隔40mmの15測定点を配置する方法(HD2)の3種とした。脳組織中の吸収変化による検出信号および各プローブ・ペアに対する空間感度分布をシミュレーションによって求め、得られたデータから脳機能トポグラフィー像を再構成した。プローブ密度が高いHD1、HD2のデータから再構成した画像は、DDのデータから再構成した画像に対して、明らかに空間分解能が改善され、再構成画像中の脳機能部位の広がりが抑制された。一方、HD1とHD2のデータから再構成した画像には顕著な差が見られず、光脳機能イメージングの空間分解能がプローブ密度のみでは評価できないことが示唆された。

P3-4 ※

プローブの光学パラメータを考慮したモンテカルロ法による拡散光トモグラフィの光伝播シミュレーション

○高井 恒佑(たかいこうすけ)¹、栗原 一樹¹、市村 駿介¹、藤井 宏之²、大川 晋平³、谷川 ゆかり⁴、河野 理²、星 詳子²、岡田 英史¹

¹慶應義塾大学 理工学部、²東京都医学総合研究所、³防衛医科大学校、⁴産業技術総合研究所

拡散光トモグラフィ(DOT: Diffuse Optical Tomography)による脳機能画像の再構成では、頭部内の光伝播を正確にシミュレーションする必要がある。本研究では、モンテカルロ法が光伝播における物理パラメータを直接考慮できるという特長を利用し、照射・検出プローブの光学パラメータを含んだモデルを構築して、DOTの光伝播をシミュレーションした。対象は、等方換算散乱係数 0.91 mm^{-1} 、異方性パラメータ 0.6 、吸収係数 0.0015 mm^{-1} で、縦 40 mm ×横 40 mm ×高さ 75 mm の直方体とし、内部に直径 5 mm 、吸収係数 0.0189 mm^{-1} の円柱を3本配置した。プローブは、直径 $400\text{ }\mu\text{m}$ 、 $\text{NA} = 0.2$ の照射ファイバの周囲を、直径 3 mm 、 $\text{NA} = 0.57$ の受光バンドルファイバが被覆した構造の照射・検出一体型のを模擬し、ファントムの高さ 37.5 mm の位置の4側面に4本ずつのプローブを配置した。モンテカルロ法で、入射光子数 10 億に対する、各照射プローブに対する光子密度の時間変化と、位置の異なる照射・検出プローブで検出された時間分解波形を計算した。さらに、光子密度から各照射・検出プローブでの空間感度分布を求めた。光伝播解析は、Henyey-Greenstein関数を用いた非等方散乱と等方散乱近似をした場合について行い、時間分解波形については、受光光学系の NA を考慮した場合と NA を考慮せずファイバ端面に到達した全光子を受光した場合について計算し、結果を比較した。プローブ間隔が狭い場合には、散乱の異方性や受光光学系の NA の違いによって時間分解波形に差異が見られた。一方、プローブ間隔が広い場合には、受光光学系の NA による差異よりも検出光子数が減少することによる統計誤差の影響の方が顕著になる傾向が見られた。

P3-5 ※

fMRI非捕捉信号源存在下でのGLSフィルタと階層ベイズ法によるfMRI-MEG統合解析法の比較

○矢野 貴文(やのたかふみ)¹、夏川 浩明²、小林 哲生²

¹京都大学 工学部 電気電子工学科、²京都大学 大学院工学研究科 電気工学専攻

現在、機能的MRI (fMRI) と脳磁図 (MEG) の統合解析法に関して線形制約付き空間フィルタ、階層ベイズ、エントロピーを利用したものなど様々な手法が提案されている。各々の手法はfMRI情報を賦活部位の同定のための事前情報とし、MEGデータを信号源の時間波形の再構成に用いる。我々は、これまで時間的に相関の高いfMRI非捕捉信号源が存在する場合にも高精度・ロバストに信号再構成が出来る線形制約付き一般化最小二乗法 (GLS) に基づくfMRI-MEG統合解析法を提案してきた。本統合解析では信号源をfMRIの事前情報により定め、fMRI信号で捉えた信号源に対しては正確な推定ができるという特徴をもつが、今後のさらにfMRI非捕捉信号源も含めた手法の拡張に向けて、本研究では信号源を推定可能な既存のフレームワークの一つである階層変分ベイズを用いた手法とGLSフィルタに基づく統合解析手法について信号再構成性能を比較した。数値実験のため、左右二次視覚野、五次視覚野の位置に等価電流ダイポールを互いに相関を持って活動した信号源として配置し、この中で右二次視覚野をfMRI非捕捉信号源と見なして疑似計測データを作成した。比較のため疑似計測データに両手法を適用した際の再構成信号の時間波形の誤差と再構成信号の空間パターンの誤差を評価した。その結果、GLSフィルタは、相関の高い非捕捉信号源があった場合でもロバストに捕捉信号源の活動を再構成ができた。ハイパーパラメータを適切に設定すれば信号の再構成が可能であった。しかし、ハイパーパラメータの選び方によって再構成結果が変化し、非捕捉信号源の影響を受けることが判明した。これらの知見に基づき、今後はfMRI非捕捉の干渉信号源についても、その位置の推定を含めてロバストに信号再構成可能な手法へと拡張を進める。

P3-6

マルチバンド拡散強調fMRI (MB-DfMRI) 法の有用性に関する基礎検討

○浦山 慎一(うらやましんいち)¹、麻生 俊彦¹、林 拓也²、福山 秀直¹

¹京都大学 医学研究科附属・脳機能総合研究センター、²理化学研究所 ライフサイエンス技術基盤研究センター 機能構築イメージングユニット

【背景と目的】一般的にfMRI法として用いられているT2*強調EPI撮像法は、神経/血管カップリング仮説に基づく血流変化を信号源としているため、神経活動に対する時間遅れ、範囲拡大が避けられない。一方、細胞レベルの微細構造変化に対して高い感度を持つ拡散強調撮像 (DWI) 法を用いたfMRI法 (DfMRI法) は、一般的なfMRI法よりも信号変化が早いことが報告されており、より神経活動に近い変化を捉えている可能性が指摘されている。そこで本研究では、近年tractographyなどの撮像時間短縮のために利用され始めているマルチバンド (MB) DWI法のDfMRIへの応用を目指し、その有用性の基礎的検討を行う。

【方法と結果】Siemens社製全身用3T-MRI装置を用い、MBファクタを1~3に変化させた時の信号ノイズ比 (SNR) の変化を計測した。面内撮像時間短縮のためにGRAPPA (GP) 法と部分フーリエ (PF) 法をそれぞれ使用した場合のSNR比較、拡散強調傾斜磁場 (MPG) としてbipolar (BP) 型とmonopolar (MP) 型をそれぞれ使用した場合のSNR比較も行った。その結果、SNRが高い順にPF-MP型、PF-BP型、GP-BP型となり、いずれの場合もMBファクタを上げるとSNRは低下した。またいずれの場合も、SNRは脳底部から脳実質中心部にかけて低下していた。

【考察】GP/PFの比較で後者のSNRが高かったのは、GP法とEPI法の組み合わせでは、不均一磁場に対して脆弱となるためである可能性がある。またBP/MPの比較で後者のSNRが高かったのは、180度パルスの回数が少ないためである可能性があるが、後者は渦電流及びBOLD効果の影響が大きいことが知られており、総合的な評価にはactivation studyが必要である。

【結語】MB-DfMRI法は、時間分解能を保ちながらMBファクタ倍に撮像領域を拡大することができる手法であるが、やはりSNRの低下は避けられず、有用性の総合的な評価には、今後のactivation studyが必要である。

P3-7 ※

機能的MRIによる運動透明視時の領域間結合解析

○夏川 浩明(なつかわひろあき)、小林 哲生

京都大学 大学院工学研究科

異なる方向に動くランダムドットパターンを重ね合わせて呈示した際に、異なる奥行きを動く透明な面に見える現象を運動透明視という。運動透明視に関わる皮質活動部位はサルやヒトの実験で調べられているが、運動透明視発現と皮質活動のダイナミクスは未だ不明な点が多い。そこで本研究では運動透明視処理に内在する神経ネットワークを検討するために、Dynamical Causal Modeling (DCM)により運動透明視関連皮質間の神経ネットワークを検討した。DCMとは動的な入力-状態-出力システムのパラメータ推定による非線形システム同定法である。健常成人11名における運動透明視タスク時の機能的磁気共鳴画像 (fMRI) 計測を行い、fMRI解析により決定した二次視覚野、五次視覚野、頭頂後頭皮質、前頭皮質を関心部位とし、部位間に相互に結合があるネットワークモデルを作成した。結合パラメータ推定や実験要因における結合の変調を調べた結果、二次視覚野-五次視覚野間、五次視覚野-頭頂後頭皮質間の有意な結合が確認され、コヒーレントな動きによる群化や透明視知覚による結合の変調も確認された。これらの結果より、運動透明視知覚形成には、二次視覚野から視覚連合野までの神経ネットワークによる処理とその結合の変調が関わっていることが示唆される。

P3-8 ※

情動画像が聴性定常応答に及ぼす影響

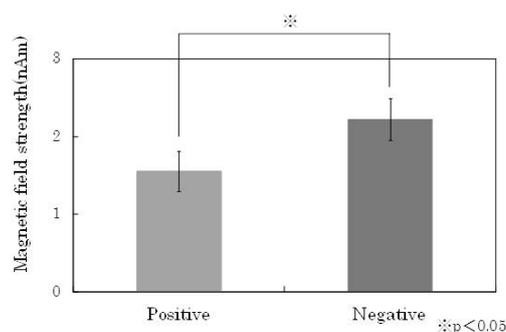
○荒木 亮(あらかと おる)¹、田中 慶太¹、栗城 真也²、内川 義則¹¹東京電機大学 理工学研究科、²東京電機大学 総合研究所

【目的】情動画像(快, 不快)が聴性定常応答に及ぼす影響を検討する。

【方法】感情を喚起するIAPS画像を使用し、初めに固視点画像を1s呈示後、視覚刺激画像を2s間ランダムな順で呈示した。被験者は健常成人9名である。同時に周波数変調チャープ音(100Hz-10kHz)を刺激頻度20回/sで左耳に刺激し、122ch全頭型脳磁界計測装置を用いてMEG計測を行った。実験後、各被験者にアンケートを行い、提示したIAPS画像を快、中性、不快に分類したのち、各条件について50回以上の加算平均をオフラインで行った。つぎにバンドパスフィルタにより抽出した20Hz定常応答について、信号源推定により聴覚野の信号源強度波形を得た。

【結果】快、不快画像呈示時の定常応答から得た潜時(0.5-1.5 s)における時間平均強度を図に示す。聴覚野における信号源強度は、快画像呈示時に比べ不快画像呈示時において有意に大であった($p < 0.05$)。

【結論】不快画像呈示時の信号源強度が大きいため、不快情動により聴性定常応答の神経活動が増高したことが示唆される。



P3-9 ※

ヒト黒質のPET脳機能画像解析における解剖学的標準化の影響の解析

○川口 拓之(かわぐちひろし)、鈴木 雅之、小高 文聰、島田 斉、篠遠 仁、平野 成樹、カーショール ジェフ、
生駒 洋子、須原 哲也、伊藤 浩

放射線医学総合研究所 分子イメージング研究センター

PET脳機能画像解析において解剖学的標準化により被験者間で共通した関心領域(ROI)を用いることができるため、より客観的な評価が可能となる。ただし、解剖学的標準化には若干の誤差があり、黒質のような体積が小さい領域においては周辺画素の影響が顕著になる可能性がある。本研究では、ドパミントランスポータ(DAT)に結合する[18F]FE-PE2Iを用いて、黒質におけるPET画像解析に解剖学的標準化を適用する際の問題点を調べた。

若年健常群(24.5±4.8歳, 12例)を対象とした。MRIでは解剖学的標準化用のT1強調(T1W)画像と神経メラニン(NM)画像を撮像した。PETでは[18F]FE-PE2Iを静注後に90分間のダイナミック撮像を行い、DAT結合能画像(BPND画像)を小脳を用いた参照領域法により求めた。個々の被験者ごとに黒質ROIをNM画像上に定め(個別ROI)、これとPET画像、NM画像をT1W画像に位置合わせし、DARTEL法で標準化した。標準化後のROI画像を平均した画像で最大値の50%(ROI50%)、10%(ROI10%)を共通ROIとした。ROI内のBPND値を平均して統計解析を行った。

個別ROIで求めたBPND(x)とROI50%、ROI10%のそれぞれで求めた場合(y)との回帰直線と決定係数(R²)は、 $y=0.95x+0.02$ (R²=0.88)、 $y=0.85x+0.01$ (R²=0.99)であった。個別ROIのBPNDの平均値と比較すると(Paired t-test)、ROI50%のときは統計的に有意な差がなかったが(P=0.41)、ROI10%のときは有意差があった(P<0.01)。

ROI50%のときは決定係数がROI10%よりも小さかった。これはROIの体積が小さく、ランダムノイズの影響を受けたからであると考えられる。一方、ROI10%では決定係数は高いものの、平均値は個別ROIのときよりも有意に低下していた。これは黒質周辺の特異結合がない領域がROIに含まれたためであると考えられる。

ヒト黒質におけるDAT PET解析にDARTEL法による解剖学的標準化を適用する際にはPET画像の信号対雑音比に応じた適切なROIの設定が重要である。