

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：14701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560117

研究課題名（和文）感覚受容・抑制プロテクターを利用した技能教育システムの研究

研究課題名（英文）Skill learning support system with partial perception protection tools

研究代表者

灌 寛和（TAKI, Hirokazu）

和歌山大学・学内共同利用施設等・学長

研究者番号：10304180

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000 円

研究成果の概要（和文）：感覚の受容・抑制機能を有するスキル学習支援の方式と感覚受容と感覚障害の場合の脳活動を識別する方式を開発した。なお、点字学習を対象にスキル学習支援システムを試作した。このシステムで脳波分析を行うことにより、学習状態の分析が可能か検証した。学習時に得られた脳波のうち、一次体性感覚野と前頭葉の領域の解析を行った。

脳波データから 波/ 波の解析を行うことで学習の進捗を把握でき、さらに前頭葉と感覚野、ウェルニッケ野の脳波に、脳波コヒーレンス解析を行うことで学習傾向を把握することができる可能性を示した。点字学習等の触覚スキル学習時に脳波計測を行うことでスキル学習の進捗度合いが測れる可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：We developed the skill learning support system with partial perception protection tools. We also researched the classification algorithm which cognitive status was normal or blocking perception by analyzing brain activity. To verify whether it is possible to objectively analyze the learning state of the learner, EEG analysis at sensory skill learning was conducted for braille learning. We inspected whether the analysis of the cognitive status of learning was possible by performing electroencephalographic analysis. We analyzed activity of the primary somatic sensation field and the frontal lobe. As the result, it was shown that the progress of learning can be grasped by analyzing the ration of wave to wave, and learning tendency can be grasped by performing brain wave coherence analysis of the frontal lobe, sensory area, and Wernicke field from the brain wave data of the learner.

研究分野：知識情報処理

キーワード：教育工学 感性情報処理 スキルサイエンス 脳計測

1. 研究開始当初の背景

(1) スキル学習支援は、熟練者と学習者の動作をアニメーションで提示し、学習者に気づきを与える指導方法が主に研究されている。しかし、スキル学習支援で重要な感覚・知覚が脳活動として認識されているかを考慮した研究は進んでいない。我々は、熟練者の動作や学習者の動作をアニメーションで提示し、学習者に気づきを与えるスポーツ学習支援システム (T. Kawagoe, M. Soga, H. Taki, Development of Motion Visualization System with the Center of Gravity for Novice Learners , ICCE2011 , Workshop , pp.509-515 , 2011 など) を開発している。模範動作を提示し、学習者が動作を真似るスキル学習では、学習者が感知すべき感覚を十分に与えられていないとき (たとえば、指先の感覚などを利用していない) には、学習効果が低い。我々は、感覚・知覚状態を脳活動から分析する研究をおこなってきた (Y. Seto, S. Ako, H. Miura, N. Matsuda, H. Taki, Analysis of Brain State in Imaging Directions by Using EEG. 2013 IEEE EMBC Short Papers No. 3197.)。この知見では、脳波の活動状態から触覚の違い (たとえば、つまむときの感覚と押すときの圧覚の違いと認識状態) を判別することに成功している。模範動作を提示する方式と感覚知覚時の脳波解析方式を統合することで、スキル学習効果を増すことができる。この研究での課題は、スキル学習では、同時に複数の感覚が受容されるため、どの感覚が作用しているかを脳波から識別する環境を準備するのが難しいことであり、特定の感覚を認識しているかどうかを客観的に把握できることが望まれている。

2. 研究の目的

(1) スキル (技能) は、芸能活動やスポーツ、競技における技巧や運動能力だけではなく、車の運転や自転車の乗り方といった生活技能など多岐にわたっている。数学や英文法の問題解決のように記号で表現できる形式知とは異なり、技能は暗黙知と呼ばれ、技能熟練者自身の経験の蓄積によって築き上げられるものである。そのため口頭や記述によって技能を伝承することは非常に困難なものとなっている。そのような技能学習を支援する技能学習支援システムの研究は盛んに行われており、VR (Virtual Reality) を用いて学習支援環境を構築するものや、学習者に正しく学習対象を認識させるための注意を促すものなど様々なものがある。技能はまず技能に必要な動作・感覚を学習し、その後身体がほとんど意識せずに動作を行うことができるという過程で学習される。

その為、感覚の学習を支援することで技能に必要な動作・感覚が早く学習でき、スムーズに身体知の獲得へと移行することが出来ると考えられる。感覚の学習は主に動作の反復によって行われるが、その際に学習者に伝わる感覚は学習する上で非常に重要な要素である。その為学習者に伝わる感覚を増減させることで学習効率に変化を与えることが出来ると考えられ、また微小な感覚の弁別を必要とするような感覚技能においては特に効果的であると考えられる。そういった技能学習支援システムを構築する為には、学習者の学習状態の把握が必要となる。従来のスキル学習支援では、学習状態を測るために、学習者に主観的にどのように感じたかや認識したかを確認していた。また、技能による成果物の状態から学習状態を把握していた。しかし、これらは学習者の主観的な評価に基づいて学習状態の把握がなされており、同じ感覚提示を行った場合でも脳の認知状態が異なり、学習者の学習状態も異なる可能性がある。そのため、学習状態を客観的に分析することが、スキル学習支援には必要な要素となる。(2) スキル (技能) 学習時の感覚 (主に触覚) が適切に知覚し、その感覚スキルを学習しているかどうかを脳活動 (脳波分析) から判別して、学習効率を上げる研究を目的とした。スキル学習においては、特定の感覚に集中することが必要である (点字の読み取りや弦楽器演奏時の指の振動感覚や調理における包丁さばき、テニスや卓球のラケットの握り具合など)。この感覚知覚時の脳活動には、複数の感覚情報が混在しているため、従来技術では、特定の感覚のみを抽出して計測することが困難であった。そこで、本研究では、「感覚の受容時の脳波から知覚状態を精密に判別する技術」と「特定の感覚を受容し、スキルに関係ない感覚を抑制する技術」(「特定の感覚に他の感覚が加わっている状態」と「特定の感覚のみを知覚できる状態」での実験)を研究することで、スキル学習時の知覚状態に適合したアドバイスを生成する学習支援システムを開発する。

3. 研究の方法

(1) (課題 1) 「感覚の受容時の脳波から知覚状態を精密に判別する技術」として、脳波データの解析方法を研究する。
(2) (課題 2) 「特定の感覚を受容し、スキルに関係ない感覚を抑制する (感覚プロテクター) 技術」として、主に触覚について、感覚刺激を与えるもの、余分な刺激を与えたり抑制したりするものを、3D プリンターで作成する。
(3) (課題 3) 「感覚の受容・抑制機能を持ったスキル学習支援システム」を実際に試作し

て、脳波データの解析と感覚（主に、触覚）を学習するシステムを試作開発し評価する。

4. 研究成果

(1)指・手・腕の標準的な3次元モデルを構築し、3D スキャナ（既存設備）を利用して、個人の指や手のサイズパラメータを計測することで、学習者に適合する感覚受容箇所・抑制箇所を考慮した刺激の箇所と不要な刺激を生成する3次元構造物（感覚プロテクター）を作成した。

(2)当初の予定では、感覚プロテクターの細部の厚さが指や手の動きは阻害しないと仮定し、感覚部分の受容抑制機能を持たせる方式としていたが、プロテクター自身の接触が感覚に影響を及ぼすことが判明した。そこで、感覚受容箇所と感覚阻害受容箇所の形状を組合せることで、感覚の受容・抑制機能を評価反映するスキル学習支援の方式とその際の脳波分析による感覚受容箇所と感覚阻害受容箇所の影響を分離できる方式を開発した。なお、触覚を利用する点字学習を対象に感覚技能学習時の脳波分析を行うことにより、学習状態の分析が可能か検証することとした。これはこの技能が繊細な指先の感覚を必要とする為である。

図1は、スキル学習実験に利用した点字例である。N,O,Q,R,Tは、正しい例としている、P,S,Wは、ノイズとなる点字である。正しい点字の刺激と、ノイズとして与えた点字での脳波の差を確認した。

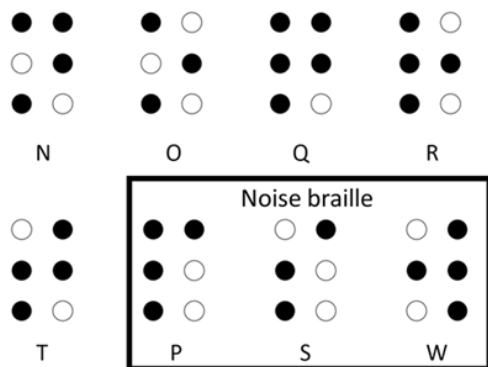


図1 訓練用の点字

(3)学習時に得られた脳波のうち、一次体性感覚野と前頭葉の領域の解析を行った。脳波解析の精度向上のために、FFTと周波数解析により、脳波の識別技術をすでに開発していたが、脳波コヒーレンス解析の導入を試みた。一般的に技能が習熟するにつれ脳波全体における波の割合が増加するといわれている為、そういった周波数成分での解析や感覚野・前頭葉の相関等の検討を行った。その結果から、脳波データから α の解析を行うことで学習の進捗を把握でき、さらに前頭葉

と感覚野、ウェルニッケ野の脳波に、脳波コヒーレンス解析を行うことで学習傾向を把握することができる可能性を示した。被検者の反応例を図2に示す。被験者Aは、3回目のテストにおいて点字「T」を2回とも正答し、他の点字を「T」と回答することもしなかった。これにより、被験者Aは点字「T」を完全に学習できたと考えられる。被験者Bは点字「N」、「Q」、被験者Cは点字「T」が同様に正答であった。被検者Aは、学習が進んでいることからスキル学習の差により、脳の利用部分が限られた範囲になることが予測される。また、コヒーレンスの変化が学習度合いが安定してきたことを評価できる可能性もある。

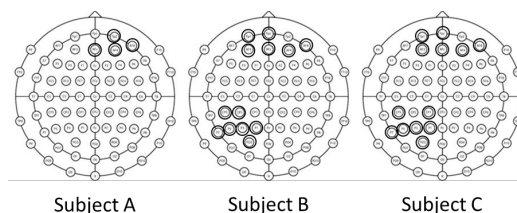


図2 α が減少するノード

この分析結果により、点字学習等の触覚スキル学習時に脳波計測を行うことでスキル学習の進捗度合いが測れるスキル学習支援の機能向上へとつながる可能性を示した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 件）

〔学会発表〕（計 8件）

Takayo Kawasaki, Hirokazu Miura, Noriyuki Matsuda, Hirokazu Taki, An analysis of brain activity in sensory skill learning for braille learning, Proc. of International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB2017), GS5-4, pp.135-138, 2017 (2017.1 Beppu, Oita, Japan)

川崎貴世, 三浦浩一, 松田憲幸, 曾我真人, 瀧寛和, 感覚技能学習の為に触覚刺激箇所の増減に伴う脳活動解析, 電気学会次世代産業システム研究会予稿集, IIS-16-004, 2016 (2016年3月大阪市) Kosuke Tanino, Noriyuki Matsuda, Hirokazu Miura, Hirokazu Taki, The analysis of the brain state measuring by NIRS-based BMI in answering yes-no questions, Proc. of 19th Annual Conference, Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES2015), Volume 60, pp.1233-1239, 2015 (2015.9

Singapore)
 Shumpei Ako, Yuki Seto, Hirokazu Miura,
Noriyuki Matsuda, Hirokazu Taki,
 Analysis of brain state in imaging of
 numeric characters by using EEG
 International Symposium on Artificial
 Life and Robotics
 (AROB2014), GS14-2, 2014 (2014.1 Beppu,
 Oita, Japan)
 阪上慶二郎, 瀬戸勇記, 阿児駿平, 谷野
 広祐, 三浦浩一, 松田憲幸, 曾我真人,
瀧寛和, 疑似力覚知覚時の NIRS と EEG
 による脳活動分析 第39回教育システム
 情報学会全国大会予稿集,
 pp.345-346, 2014 (2014年9月和歌山県
 和歌山市)
 Yuki Seto, Shumpei Ako, Keiji
 Sakagami, Hirokazu Miura, Noriyuki
Matsuda, Masato Soga, Hirokazu Taki,
 Classification by EEG Frequency
 Distribution in Imagination of
 Directions, Proc. of 18th Annual
 Conference, Knowledge-Based and
 Intelligent Information & Engineering
 Systems (KES2014), Volume
 35, pp.1300-1306, 2014 (2014.9 Gdynia,
 Poland)
Hirokazu Miura, Junki Kimura,
Noriyuki Matsuda, Masato Soga,
Hirokazu Taki, Classification of
 Haptic Tasks based on
 Electroencephalogram Frequency
 Analysis, Proc. of 18th Annual
 Conference, Knowledge-Based and
 Intelligent Information & Engineering
 Systems (KES2014), Volume
 35, pp.1270-1277, 2014 (2014.9 Gdynia,
 Poland)
 谷野広祐, 瀬戸勇記, 阿児駿平, 阪上慶二
 郎, 三浦浩一, 松田憲幸, 曾我真人, 瀧寛
和, NIRS を利用した文章の肯定・否定に
 関する脳状態の識別, 第28回人工知能
 学会全国大会予稿集, F4-OS-06a-5, 2014
 (2014年5月愛媛県松山市)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年月日：
 国内外の別：

〔その他〕
 ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀧 寛和 (TAKI, Hirokazu)
 和歌山大学・学長
 研究者番号：10304180

(2) 研究分担者

松田 憲幸 (MATSUDA, Noriyuki)
 和歌山大学・システム工学部・准教授
 研究者番号：40294128

曾我 真人 (SOGA, Masato)
 和歌山大学・システム工学部・准教授
 研究者番号：60252839

三浦 浩一 (MIURA, Hirokazu)
 和歌山大学・システム工学部・助教
 研究者番号：70362861

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()