

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 28 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501102

研究課題名(和文) 講義型授業における協調学習設計 - 論証作成CSCL開発と脳波位相同期による評価

研究課題名(英文) Phase locking between EEG signals with different frequency as an index of learning outcomes of CSCL

研究代表者

西山 宣昭 (NISHIYAMA, Nobuaki)

金沢大学・大学教育開発・支援センター・教授

研究者番号：10198525

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究において、論理的思考、特に仮説形成を促す学習課題を開発し、その課題遂行時に発生する脳波を測定した。その結果、仮説形成課題と記憶課題ともにシータ波とデルタ波との間で1:5の位相固定が間欠的に発生することを見出した。本研究の目的は、仮説形成課題に特有の位相固定を見出し、その位相固定を思考過程の指標として活用する可能性について検討ことであったが、両課題の比較で、位相固定の持続時間に有意な差を見出すことはできなかった。今後は、仮説形成を促す課題の設計について再検討を行い、位相固定を論理的思考過程の指標として用いる可能性をさらに追及する予定である。

研究成果の概要(英文)：The aim in the present study is to detect phase locking inherent in the tasks forcing abductive inference, which is a candidate of the index for logical thinking as a learning outcomes in CSCL(Comper Supported Collaborative Learning). We detected the emergence of intermittent 1:5 phase locking between theta and delta oscillation in human scalp EEG in both an abductive inference task and a memory task by use of a wavelet transformation. However, the difference of the duration of the phase locking emergence could not be detected between the two tasks. Further design of abductive inference tasks forcing intensive logical thinking is remaining.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：脳波 仮説形成課題 位相固定

1. 研究開始当初の背景

現在、学生の明確なキャリア形成指向に基づく学習意欲や自己形成意欲を前提とした従来の教育から、学生の多様化に適合する学士課程カリキュラム、教育内容・方法への転換について模索が続いている。なかでも今後の高等教育改革の鍵を握るのは、問題発見能力、仮説形成・仮説検証方法の立案能力を養成するための能動的学習を促す低年次の授業設計であり、それに対して初等・中等教育で普及している協調・協同学習は一つのモデルを提示している。しかしながら、その学習成果を評価する方法論は確立していない。

協調・協同学習の学習成果として、議論における論証評価・論証形成など高次の思考力が考えられる。論証評価・論証形成など高次脳機能の発現のためには、脳内に広く分散する神経活動が長距離にわたって時々刻々選択され、統合され、再編されなければならない。このような長距離にわたる動的リンクを実現する機構の候補として、振動的神経活動間の位相同期が実験知見に基づき提案されている。結合振動子系が持つ本来的な特質である同期ダイナミクスが、脳内で表現されている情報の統合、崩壊、再構成の遷移を実現しているとする仮説である。頭皮上で観測される脳波は、発火タイミングが構造化された神経細胞集団による振動的な局所フィールドポテンシャル(LFP)による。LFP間の位相固定が成立するとき、その位相差と位相固定の持続時間によって神経回路間の双方向性の多シナプス結合が制御される可能性がある。このような作業仮説に基づけば、LFPの位相固定の時空間ダイナミクスは、脳の局所神経回路間の動的リンクを反映していることになり、これを脳波によって間接的に観測できる可能性がある。例えば、てんかん患者での迷路探索など空間認知記憶課題遂行時に観測された脳波の解析から、 7Hz 前後の振動数を持つシータ振動を介して海

馬と前頭野との間で相互作用することが示唆されている。

本研究は、論証評価・論証形成を促す課題を提示し、課題遂行時の思考を脳波の位相同期を指標として評価しようとするものであるが、このような高次の学習成果の評価指標として脳波位相同期に注目した研究は行われていない。

2. 研究の目的

協調学習・協同学習における議論によって促されると考えられる論証評価・論証形成のプロセスを頭皮脳波の位相同期ダイナミクスに対応づけることを試み、協調・協同学習の授業設計、学習成果の評価のための指標としての脳波の活用の可能性を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

論証形成・論証評価を促す課題として、実験および現象を記録したビデオを視聴させた上で、課題を口頭で説明し、その課題に答えさせた。用いたビデオとして、1) 電子の2重スリットの実験、2) 腔腸動物ヒドラの再生現象を用いた。ヒドラの再生については、実際にヒドラの飼育、体軸に垂直に切断した後の個体再生を行い、ビデオで長時間にわたり撮影したものを用いた。この2つのビデオを視聴させた後、実験結果および現象を説明する仮説を考えさせた。被験者単独で考えさせた後、被験者ともう1名とで議論を行わせた。議論中の思考過程の外部モニターとしてCSCLを用いることによって、思いついた考えやキーワードを入力させ、記録した。以上の思考課題に対する対照課題として安静閉眼状態で行う暗算課題を用いた。暗算課題として、1000から7を引き、その解からさらに7を引き、この操作を繰り返させた。

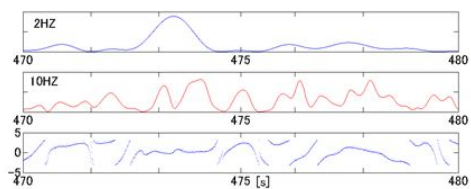
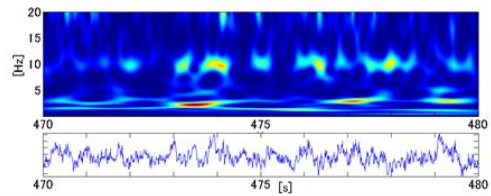
課題および脳波測定について説明を行い、同意を得た被験者5名を対象とした。1チャ

ネルの携帯型脳波計を用い、10分間の安静閉眼状態、10分間の閉眼での暗算課題、5分間のビデオ視聴、思考課題提示、10分間の被験者単独での思考、20分の議論（CSCLによる外部モニターを含む。）以上の順で、脳波測定は、安静閉眼から議論終了までのすべての時間で行い、脳波信号をSDカードに記録した。電極は、額の正中線上に装着した。サンプリング速度は128Hzである。得られた脳波信号のウェーブレット変換によって、振動数ごとに脳波信号から瞬時強度および瞬時位相を分離し、異なる振動数帯域間の位相固定を検出した。

被験者1名については、学習情意面の把握を目的として脳波とともに心電図の計測を行った。心臓は自律神経の影響を受け、その影響は心電図のR-R間隔時系列変化に反映されるため、そのスペクトル解析を行うことにより、思考過程における自律神経活動を評価することを検討した。ECG信号における、心拍数で補正されたQT間隔の時間変化について、安静閉眼、暗算、思考の各時間帯での平均値を算出した。

4. 研究成果

以下に暗算課題遂行中の被験者1名から得られた10秒間の脳波およびウェーブレット変換による振動数解析の結果を示した。2Hzおよび10Hzの成分が間欠的に現れている。下図は、2Hzおよび10Hzの強度の時間変化（上段および中段）および2Hzと10Hzの瞬時位相の差の時間変化（下段）を示している。位相差は、- から + の間で変動しているが、値がほぼ一定となる時間帯があることがわかる。位相差が一定の時間帯は、位相固定の状態を示しており、暗算時に2Hzと10Hzのリズムの間での位相固定が起こっていることを示している。



安静閉眼に比べて、暗算課題、思考課題ともにデルタ帯域（2Hz）とアルファ帯域（10Hz）の脳波が顕著に出現した。しかし、暗算課題、思考課題における被験者単独の時間帯、2名での議論の時間帯、以上3つの時間帯での2Hzと10Hzの間での位相同期の出現時間を比較したが、大きな差は見いだせなかった。また、1名の被験者から収集した心電図のQT間隔についても異なる時間帯での大きな差異は認められなかった。現時点では、暗算とは質の異なる思考課題に特有な脳波位相同期および心電図のQT間隔を見出すことはできておらず、研究計画で予想した脳波位相同期を指標とする思考過程の評価の可能性を示すことはできていないが、本研究において、脳波の位相同期を検出する方法が確立できたので、今後は、思考課題についての再検討を行い、被験者数を増やした上で、課題間での有意な差が検出できるかどうかを検討する予定である。

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0件)

なし

〔学会発表〕(計1件)

西山宣昭、三分一史和、山田政寛、暗算遂行中における異なる振動数帯域にまたがる脳波位相固定、日本教育工学会第28回全国大会、2012年9月

〔図書〕(計0件)

なし

〔産業財産権〕

出願状況（計0件）

なし

取得状況（計0件）

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西山 宣昭 (NISHIYAMA, Nobuaki)

金沢大学・大学教育開発・支援センター・
教授

研究者番号：10198525

(2) 研究分担者

青野 透 (AONO, Toru)

金沢大学・大学教育開発・支援センター・
教授

研究者番号：00202490

山田 政寛 (YAMADA, Masanori)

九州大学・基幹教育院・准教授

研究者番号：10466831