

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00717

研究課題名(和文) 自発的・持続的な学習を誘う良いエクスペリエンスを醸成する情報提示方法に関する研究

研究課題名(英文) Information presentation methods to ferment good experiences facilitating spontaneous and sustainable learning

研究代表者

高橋 雄三 (TAKAHASHI, Yuzo)

広島市立大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：30326425

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：効率的かつ確実に操作方法や組織の活動パターンを学習するために必要な情報は課題の内容に応じて「(あの時は)こうした・こうだった」というソース・モニタリング機能と「(たぶん)こうすれば、(きっと)こうなる」というアウトプット・モニタリング機能に分けて提示する必要がある。本研究はこの情報の提示が『良いエクスペリエンス』となるタイミングや方法について実験的に検討し、ソース・モニタリング機能に関する情報は経時的に、アウトプット・モニタリング機能に関する情報は学習時に強く提示することが効果的なパフォーマンスにつながる『良いエクスペリエンス』になる可能性が考察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒューマンエラー対策を構築するためには「ミステイクの予防」「スリップ・エラーを防止する仕掛け」「メンタルモデルの共有」を確実にする必要がある。本研究では『良いエクスペリエンス』が「メンタルモデルの共有」を促す、という観点から良いエクスペリエンスを醸成する2種のモニタリング機能におけるエラー(ソース・モニタリング・エラーとアウトプット・モニタリングエラー)の諸特性を実験的に検討した。

研究成果の概要(英文)：It is necessary to present the information necessary for learning the operation method and the activity pattern of the organization efficiently and surely by dividing it into the source monitoring function and the output monitoring function according to the content of the task. For example, the source monitoring function means "It was like this at that time", and the output monitoring function means "If you do this, the result will be". This study experimentally examined the timing and method of presenting this information as a "good experience". As a result of the examination, it was considered that the presentation of the information about the source monitoring function over time and the presentation of the information about the output monitoring function strongly at the time of learning could be a "good experience" that leads to effective performance.

研究分野：人間工学，インタラクション・デザイン

キーワード：人間工学 インタラクション・デザイン メタ認知 ソースモニタリングエラー アウトプットモニタリングエラー 眼と手の協応 良いエクスペリエンス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

道具やシステム等の使い方をユーザがシステム設計者やデザイナーの意図した通りに習得するためには、設計者の認知モデルではなく、想定されるユーザの学習過程をベースに同定した『良いエクスペリエンス』に基づくメンタル・モデルをユーザにタイムリーに呈示・共有することが重要である。具体的には『良いエクスペリエンス』を「(あの時は)こうした・こうだった」という記憶や経験に基づく意識的な認知活動であるソース・モニタリング機能と「(たぶん)こうすれば、(きっと)こうなる」という概略的な予測に基づく認知的な活動であるアウトプット・モニタリング機能に分けて、ユーザにタイムリーに呈示・共有することが有効であると考えられる。

本研究では学習時に記憶される・利用される情報や全身的な動作を伴う認知スキルに着目し、1)学習時の学習過程の特性分析から次の学習段階でソース・モニタリング機能として生かされる情報とアウトプット・モニタリング機能として生かされる情報とに分類し、2)次の学習段階で学習時に利用した情報の欠落による学習の遅滞・停止や他者との情報共有に不具合が生じた時に、両者に関連する支援情報をどのような形(文章、サインあるいは行動など)で、どのようなタイミング(学習速度の低下時、停止時あるいは直近のパフォーマンスの低下時)で呈示すべきかを明らかにした上で、3)課題の性質に応じてソース・モニタリング機能またはアウトプット・モニタリング機能を支援するメンタルモデルをユーザにタイムリーに呈示することがユーザの持続的・自発的な学習を促す上で重要であることを、実験結果を踏まえて考察・提言する。

2. 研究の目的

本研究では、学習時に獲得したエクスペリエンスをソース・モニタリング機能とアウトプット・モニタリング機能に分けて両機能の諸特性(学習と保持)を明らかにし、さらに『良いエクスペリエンス』はユーザの自発的・持続的な学習を促進させる効果が得られることを実験的に検討することを目的とする。

具体的には『良いエクスペリエンス』を獲得するための情報の学習方法や情報受容方法を行為のモニタリング機能の側面から実験的に検討するとともに、『良いエクスペリエンス』の獲得状況を対象者の行動変容(視行動やチーム行動)をもとに実験的に検討することで、ユーザの自発的・持続的な学習を促進させる効果を持つ情報呈示方法やメンタルモデルの共有促進情報が目的とする活動のパフォーマンスの高低に及ぼす影響について考察する。

3. 研究の方法

本研究では道具やシステムの使い方をユーザがシステムの設計者の意図通りに習得するために必要な『良いエクスペリエンス』を獲得するために必要な認知機能をソース・モニタリング機能とアウトプット・モニタリング機能に分けて検討するため、研究計画時は、ソース・モニタリング機能に関連する「(あの時は)こうした・こうだった」という記憶や経験に基づく意識的な認知活動をとらえるために「燃料管理課題」(先行研究で実証済み、一部本報告に含む)を、アウトプット・モニタリング機能に関連する「(たぶん)こうすれば、(きっと)こうなる」という概略的な予測に基づく認知的な活動を「文章転記課題」(先行研究で実証済み)を実施することで検討する計画であった。

アウトプット・モニタリング機能に関連する「文章転記課題」は実際のオフィス作業を模した課題であるため、課題内にソース・モニタリング機能とアウトプット・モニタリング機能の両方を持たせることができないことが明らかになったことから、ドローソフトの使い方を学習する課題を設定し、使い方の学習を2種類(言語的な学習を伴うキーボード主体の操作の学習と空間的な学習を伴うマウス主体の操作の学習)準備し、各参加者に3回の実験を実施することで各学習方法による習熟効果の違いについても検討し、支援情報の呈示タイミングの違いが『エクスペリエンスの良否』を決定し、その効果が学習パフォーマンスや課題の遂行精度にどのような影響を及ぼすかについて実験的に検討した。

ソース・モニタリング機能に関連するメンタルモデルの共有を必要とする「燃料管理課題」は本研究での初期の検討でメンタルモデルの共有やリーダー・フォロワー関係といったソース・モニタリング機能は観察することができることは確認したものの、研究への参加人数の拡張が難しいことから、チームスポーツ(バレーボール)の試合中のチーム行動からメンタルモデルの共有を必要とするチームのフォーメーション重心を算出することで協調行動ダイナミクスを定量化した上で相手チームとのインタラクションによる先行経験を同定し、『エクスペリエンスの良否』と、チームとしての『エクスペリエンス』の受容タイミングが場面ごとのチーム・パフォーマンスに及ぼす影響について検討した。

4. 研究成果

(1)『良いエクスペリエンス』の影響については、学習過程に関与する認知機能が言語的(キーボード操作を主体とした学習)である場合、習熟過程において発生するモニタリング・エラーはソース・モニタリング・エラーの発生確率が高くなる可能性が示唆された。一方、学習過程に

関与する認知機能が空間的（マウス操作を主体とする学習）である場合、習熟過程において発生するモニタリング・エラーはアウトプット・モニタリング・エラーの発生確率が高くなる可能性が示唆された。加えて、操作時間や作業精度はキーボードを主体とした学習に比較してマウス操作を主体とした学習では作業時間が短く、作業精度も良好となる可能性が示唆された。さらに、習熟効果についても、マウス操作を主体とした学習の方が高い効果がある可能性が示唆された。

（２）モニタリング・エラー発生のメカニズムを解明するため、課題遂行中の眼と手の協応関係を解析する新たなアルゴリズムの開発を行った。具体的には、課題遂行中の視線位置とマウス・カーソルを記述する座標系を直交座標系から極座標系に変換し、変換後の偏角を用いて視線とマウス・カーソルの動作開始時点を同定するアルゴリズムを構築した。極座標系における偏角は直交座標系における位置と運動方向の両方の成分を内包することから、直交座標系でのデータで起こる多重比較時の検出エラーが抑制され、視線とマウス・カーソルの動作開始が明確に同定できるようになったことで、眼と手の協応関係の発生がより正確に同定できるようになった。

（３）新たに開発したアルゴリズムを用いて言語的に操作方法を学習するキーボード操作を主体とした学習方法と空間的に操作方法を学習するマウス操作を主体とした学習方法における、モニタリング・エラー発生時の眼と手の協応特性と、学習方法の違いが眼と手の協応の習熟過程に及ぼす影響について検討した結果、アウトプット・モニタリング・エラーの発生確率の高いマウス操作を主体とした操作方法の学習では、ソース・モニタリング・エラーの発生確率の高いキーボード操作を主体とする操作方法の学習に比較して、眼と手の協応における「手が先に動き出し、眼が続いて動き出す（手が先・眼が後）」動作が発現する確率が高かった。また、操作の習熟に従って、手が眼に先行して動き出す時間も長くなる傾向が観察された。

（４）「（あの時は）こうした・こうだった」という記憶や経験に基づく意識的な認知活動であるソース・モニタリング機能を主体として行われる組織行動における協調行動ダイナミクスにおいて、行動履歴に関する記憶は２人で行われる協調作業では動作の同期を促進する効果があることが確認できた。また、作業に関する戦略やメンタルモデルが共有されるとチーム・パフォーマンスはより向上する可能性も示唆された。しかし、２人の間で暗黙の役割分担（リーダー・フォロワー）が生じた場合、リーダーの役割を担う参加者の課題状況に対するモニタリング精度の高低が協調行動の継続に強く影響を及ぼす可能性が示唆された。

（５）チーム行動における組織としてのソース・モニタリング機能を明らかにするため、組織の構成員を３人以上（本研究では６人）に拡張して検討を進めることにした。そこで、パフォーマンスの評価が容易なチームスポーツ（本研究ではバレーボール）を対象に、チーム・パフォーマンスとコート上での選手の移動から算出したチームの算術重心の時系列変化、独立成分分析によって得られた独立成分の時系列変化との間の関係を分析した結果、独立成分分析より得られた独立成分の時系列データの方が、算術重心よりもチーム・パフォーマンスとの間の連関が強い可能性が示唆された。一方、独立成分分析によって得られた独立成分の１つ以上は各選手の動きと相互相関しなかったことから、算出された独立成分はチームのフォーメーション重心の有効な指標となる可能性が示唆された。

（６）選手の位置の時系列データから求める独立成分はリアルタイムに活用することが難しいことから、選手間の距離や移動距離とその標準偏差・変動係数などの指標についてもチーム・パフォーマンスとの間の関係を検討したものの、相手チームとのインタラクションにより得られた『良いエクスペリエンス』に基づくチームとしての行動変容との顕著な連関は認められなかった。そこで、コート領域を領域分割し、選手の特定領域での滞留頻度を用いたコート上でのチームの幾何学的特徴を算出し、幾何学的特徴から算出した加重平均の時系列データと、幾何学的特徴をもとに求めた応答曲面の停留点の時系列データについて、チーム・パフォーマンスや行動変容との間の関係を検討した結果、応答曲面における停留点の時系列データは相手チームとのインタラクションの結果に対応したチームとしての行動変容をとらえることができる可能性が示唆された。

（７）モニタリング機能の諸特性について２系統の研究による検討の結果、「（あの時は）こうした・こうだった」という記憶や経験に基づく意識的な認知活動であるソース・モニタリング機能は言語的・論理的な学習を支える機能でありこのモニタリング機能を支援するためには、支援情報を経時的に呈示することが、効果的なパフォーマンスと持続的な学習につながるものと考えられる。一方、支援情報の呈示が単発的かつ呈示から長い時間が経過すると支援情報の有効性は消滅する可能性が考えられる。一方、「（たぶん）こうすれば、（きっと）こうなる」という概略的な予測に基づく認知的な活動であるアウトプット・モニタリング機能は空間的・体性感覚的な学習を支える機能であり、言語的・論理的な理解の影響が少ない機能であると考えられるため、一

度獲得したスキルは一定時間、効果を発揮するものと考えられる。このことから、支援情報の呈示は単発的で良く、スキル到達点で状況をフィードバックすることで、効果的なパフォーマンスと持続的な学習につながるものと考えられる。また、両機能への最適な支援情報の呈示タイミングはソース・モニタリング機能への呈示は経時的でないソース・モニタリング・エラーが発生する確率が高くなり、アウトプット・モニタリング機能への支援情報の呈示タイミングは、新規事項の学習段階以外のタイミングではアウトプット・モニタリング・エラーが発生する確率が高くなると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yuzo TAKAHASHI and Momoko HAYATA
2. 発表標題 Estimate of Metacognitive state using Eye-Hand Coordination during Monitoring error in VDT Work
3. 学会等名 14th International Conference on Industrial Management (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原浩樹, 高橋雄三
2. 発表標題 チームスポーツにおける選手相互の協調行動ダイナミクスの定量的検討
3. 学会等名 第43回人類動態学会西日本地方会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原浩樹, 高橋雄三
2. 発表標題 チームスポーツにおける協調的フォロワーシップ 行動モデルの検討
3. 学会等名 第47回人類動態学会東日本地方会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋雄三, 小川紗知
2. 発表標題 チームスポーツにおける協調的フォロワーシップ行動の定量的評価の試み
3. 学会等名 第53回人類動態学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 早田桃子, 高橋雄三
2. 発表標題 操作の学習方法の違いが課題遂行中の眼と手の協応特性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本経営工学会 2017年 秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 原田紗希, 高橋雄三, 山口光明
2. 発表標題 状況のモニタリング精度と発揮されるリーダーシップ・タイプとの間の関係
3. 学会等名 第46回人類動態学会東日本地方会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 早田桃子, 高橋雄三
2. 発表標題 眼と手の協応特性からみた操作方法の習得特性
3. 学会等名 人類動態学会西日本地方会第42回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋雄三, 錦織さなえ
2. 発表標題 システムからの操作要求に対応する2者間で発現する協調行動の定量的評価
3. 学会等名 日本人間工学会第57回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 門田梨恵, 中池育, 高橋雄三
2. 発表標題 操作手順の学習方法がモニタリング・エラーの発現機序に及ぼす影響
3. 学会等名 日本経営工学会 2016年 秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 門田梨恵, 高橋雄三
2. 発表標題 行為のモニタリング精度が眼と手の協応動作に及ぼす影響
3. 学会等名 第45回人類動態学会東日本地方会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高橋雄三
2. 発表標題 視線の動きとマウスポインタの動きの間の協応関係解析アルゴリズムの検討
3. 学会等名 第52 回人類動態学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋雄三, 原浩樹
2. 発表標題 チーム行動における協調行動ダイナミクスの定量的評価手法の検討
3. 学会等名 日本人間工学会第60回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木諒, 高橋雄三
2. 発表標題 チーム行動の幾何学的特徴を用いた協調行動ダイナミクスの定量的検討
3. 学会等名 産業保健人間工学会第24回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木諒, 高橋雄三
2. 発表標題 応答曲面法を用いたチームのフォーメーション重心推定の試み
3. 学会等名 人類働態学会 西日本地方会 第44回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----