様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　２ 年　７ 月　９ 日現在

機関番号： ３２６１８
研究種目： 若手研究(B)
研究期間： 2016～2019
課題番号： １６Ｋ１６３２５

研究課題名（和文）問題解決工程を学習するためのe-Learningシステムの開発

研究課題名（英文）Development of E-Learning System to Learn Problem Solving Process

研究代表者
高橋　徹（Takahashi, Toru）

実践女子大学・生活科学部・助教

研究者番号：６０６１０８６３

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,100,000円

研究成果の概要（和文）：問題解決のプロセスを学ぶための「問題解決ゲーム」「なぜなぜ分析ガイドエージェント」を開発した．　これは特に問題発見のプロセスに焦点を当てたものである．問題解決ゲームは，問題発見の重要さを学ぶためのゲームである．結果として，問題発見のなかでも問題分析の重要さを理解させることができた．なぜなぜ分析ガイドエージェントは問題発見の方法の一つであるなぜなぜ分析の方法学ぶためのソフトウェアである．結果として，学習者のなぜなぜ分析の理解を深めることができた．

研究成果の学術的意義や社会的意義
本研究は問題解決の中でも特に重要な問題発見の重要さとその方法の一つであるなぜなぜ分析を初学者が比較的低コストの自学習で学ぶ方法を確立した．これは単純にPBLのような方法よりも低コストという事だけではなく，PBLを実施する前の事前学習として使うことが期待される．問題解決学習は実践的で総合的にPBLの方が効果的であると考えられるが，全く問題解決への理解のないまま取り組んでしまうと，その効果は限定的になってしまうことが危惧される．そこで，本研究の提案したものを利用することで問題発見の重要さと方法を理解しておけば，より充実したPBLを実施できるようになるものと考えられる．

研究成果の概要（英文）：We developed for "Problem solving game" and "Guidance agent for five whys " to learn problem solving process. Especially, we focus on the process of problem findings. Problem soloving game aim learners to learn importance of problem findings. As a result, learners learn important of problem analysis is part of problem findings. Guidande agent for five whys aim learners to learn how to analyaze through five whys. As a result, It enables them to learn five whys method.

研究分野： 教育工学

キーワード： 問題解決学習　問題発見　なぜなぜ分析　e-Learning

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

問題解決能力は現代社会において求められる重要な能力である．問題解決能力を身につける方法は主に実践的な方法として Problem / Project based Learning(PBL)が主流である．しかしながら，この実施コストは大きい．多くの場合は数時間，数日にわたり実施され，そのための人員や道具の用意もコストがかかる．問題解決能力は一回の問題解決を実施しただけでは身につきがたく，コストがかかるためくり返し実施することは難しい．また，十分に問題解決について理解していない学習者の場合，PBL を短絡的に取り組んでしまい，十分な学習効果を上げることができない可能性もある．

そこで，PBL の事前学習として座学を行い，その効果を簡単な課題で評価してみた．結果的に，問題解決の初学者にとって座学の学習効果は極めて限定的であった．特に問題解決で重要な問題発見の過程を軽視する傾向がみられた．

２．研究の目的

本研究では半実践的な方法で問題解決の中でも特に重要な，問題発見について学習する方法の提案・評価を行う．問題解決は座学ではやはり十分に学ぶことはできないが，実践で学ぶにはコストが高いため，一人で半実践的な方法で学べるような低コストな方法が必要であると考える．また，その内容は問題発見に関するものとした．座学での調査では問題発見を重視せず，短絡的に解決策を考えてしまう学習者が多く見られた．本研究ではこれを解決策中心思考と呼ぶ．しかし，問題が明示的になっていない実践的な問題解決においては解くべき問題をまず発見することが重要である．問題発見が不十分なところで解決策を立てても問題解決で十分な成果を上げることは困難である．そのため，問題発見をすることを中心に据えて問題解決を考えることが重要である．これを問題発見中心思考と本研究では名付けた．

問題解決の初学者は解決策中心思考に陥りやすい．これは問題発見の重要さを理解していないためだと考えられる．この原因は問題解決はひとまず解決策を立ててしまえば十分ではないもののそれらしい結果が得られてしまうためである．もし，問題発見を軽視した結果，問題解決が失敗したことが明確になれば，問題発見の重要さを理解できるものと考えた．そこで，問題発見がクリアに重要な構成になっている問題発見ゲームを開発・評価する．これを実施することで，問題発見の重要さを理解し，初学者を解決策中心思考から問題発見中心思考へと導くことを目的とする．

一方で，問題発見中心思考になっても，直ちに問題発見ができるようになるわけではない．そこで，問題発見の方法も半実践的な方法で身につける方法を提案・評価する．問題発見の方法の中でも特に『なぜなぜ分析』を取り上げて，これを問題解決の初学者が使えるようになるための支援方法を提案する．なぜなぜ分析は英語では『Five Whys』と訳されるように，表面的に見えている問題に対して「なぜ？」を 5 回繰り返すことで，その問題の原因を深堀し，解くべき問題を発見する方法である．しかし，先の調査でもなぜなぜ分析は初学者にはうまく使えないことが明らかになっている．これは「なぜ？」と問いはシンプルであっても，それを考えているうちに，間違った考えをしてしまう事が原因にある．そこで，本研究では初学者が間違いやすい部分を意識させることによって，なぜなぜ分析を誤ることなく使えるようになるための自習用のソフトウェア，『なぜなぜ分析ガイドエージェント』を開発する．これを利用して『なぜなぜ分析』の方法を理解することができれば，実践においても『なぜなぜ分析』を使った問題解決ができることが期待される．

３．研究の方法

３．１．問題解決ゲーム

問題解決ゲームは疑似的に問題解決を実施することで問題発見の重要性を理解するためのものである．そのために，問題解決ゲームの要件として以下の仕組みを入れる必要がある．

1)目標を大きくとる必要がある
2)問題をタテに分析する必要がある
3)問題をヨコに分析する必要がある
4)問題をひっくり返しただけの解決策では解決に結び付かない
5)解決する問題と対応した解決策を実施する必要がある
6)解決策を評価することで問題発見を効率的に行える
7)具体的な評価方法を行う事でより具体的な評価結果を得る

１）～３）は主に問題発見の中でも問題分析に関係する部分である．これは表面的に問題を捉えるだけでなく，その原因を掘り下げたり，ほかの原因が無いかを検討する要素である．４），５）は解決策を選ぶにも問題発見の結果を活かす必要があるという要素である．６），７）は解決策を実施した内容を評価することが問題発見において有効であるという要素である．

これらをの要素を問題解決ゲームに取り込んだ．問題解決ゲームはターン制で進むゲームであり，各ターン内で「目標設定」「問題分析」「解決策決定」，「評価方法設定」を行い，「問題解決実施」を行うことで，そのターンが終了する．これをできるだけ短いターンでクリアすることを目的としている．このゲームを実験にて，初学者が問題発見中心思考になるかの評価を行う．

３．２．なぜなぜ分析ガイドエージェント

なぜなぜ分析ガイドエージェントは初学者とともになぜなぜ分析を進め，その過程でつまずかないように注意を促すことで，なぜなぜ分析の方法を理解していくことを目的としている．そのための機能として以下を実装した．

１． なぜなぜ分析を進めさせる
２． 取り組む問題を一般論で考えてしまっていないかを確認させる
３． なぜなぜ分析をするのに因果が逆転していないかを確認させる
４． なぜなぜ分析の流れの整理を促す
５． なぜなぜ分析がもとの問題から逸脱していないかを確認させる
６． 解決策を考える時になぜなぜ分析の結果を活かしているかを確認させる
７． 解決策が問題とコインの裏表の関係になっていないかを確認させる
８． 解決策が実行可能な具体的なものになっているかを確認させる

１はなぜなぜ分析ガイドエージェントの最も基本的な機能である．学習者が最初に入力した問題に対して，なぜ，その問題が起きたのかを問う．また，入力された原因に対して，後述するチェックを終えた後に，再びその原因に対して，なぜそれが起きたのかをくり返し問う機能である．

２はなぜなぜ分析でよくみられるつまずきの一つを防ぐための機能である．問題の原因を考える時には，あくまでその「問題」について考えるべきであるため，一般的に良く言われるような原因を上げてしまう場合がある．これは対象の問題に思考を十分に向けられていないことが原因だと考えられる．この機能では，そういったつまずきをしていないかを例示しながら，考えさせる．

３は因果の逆転をして考えてしまっていないかを確認させる機能である．なぜなぜ分析は因果をさかのぼって問題を検討する方法である．しかしながら，初学者は考えているうちに原因を考えるのではなく，その考えている問題が引き起こす結果を答えてしまう場合がある．そのため，学習者が入力したものを並べて，現在入力したものが原因で，その前のものがその結果になっているかを図にして提示することで，その因果関係について再考させる．

４はこれまで進めてきたなぜなぜ分析の流れ，正確には直近 3 回分の流れをを確認させる機能である．初学者の場合は因果の逆転に加えて，ほぼ言い方を変えただけのものや，因果の逆転とも関係があるが 2 つ前の話に戻ってしまっている場合がある．この機能ではあらためて，それらを取り出して確認することで，流れを整理させる．また，なぜなぜ分析は 5 回繰り返すことがよいとされているが，無駄に 1 回を使ってしまってもそれは 5 回繰り返したことにはならないため，この機能を使って，回数が無駄に増えて学習者が満足してしまう事を防ぐための機能でもある．

５はなぜなぜ分析がもとの問題の分析から逸脱していないかを確認させる機能である．なぜなぜ分析の最終的な目標は元の問題を解決することにある．しかし，一つずつ問題を分析していくうちに解決できない問題に進んでしまう場合がある．例えば，ごく個人的な問題から始まったにもかかわらず，いつの間にか化学的や政治的な問題になってしまうようなケースである．これは個別のつながりとしては正しいかもしれないが，個人的なものからスタートした以上は解決も個人の範囲で収まることが現実的である．そのため，最初に挙げた問題との比較を行わせて，問題が逸脱していないかを確認する．

１から５をなぜなぜ分析として繰り返した後に，それ以上は問題が見つからないとなった場合は解決策も考えさせる．解決策は直接なぜなぜ分析の学習とは関係ないように思えるが，なぜなぜ分析がうまくいっていなければ十分な解決を得ることができなくなる．ゆえに，解決策を考えさせることを通して，なぜなぜ分析がうまくいっているのかを自己点検させる狙いがある．

6 はなぜなぜ分析を活かして解決策を考えることができているかを確認させる．初学者の場合はなぜなぜ分析をしてもその結果を使わずに最初の問題に対しての短絡的な解決策を考えてしまうことがある．これはなぜなぜ分析を意識できていないか，なぜなぜ分析が解決策を考えるのに有効なものになっていないためである．改めて，ここで最終的ななぜなぜ分析の結果と解決策を提示することで対応したものになっているかを検討させる．

７は解決策が問題とコインの裏表の関係になっていないかを確認させる．コインの裏表の関係とは問題の中身をひっくり返しただけの解決策になっている関係であり，実行性がなく，問題解決策に結び付かないようなもののことである．例えば「勉強ができない」というのに対して「勉強をできるようにする」という解決策である．多くの場合は問題発見，すなわちなぜなぜ分析が足りていないことが原因である．この機能ではコインの裏表の関係を例示して，比較させて，なぜなぜ分析に問題がある可能性も説明している．

８は解決策が決まった後に具体的に，その中身を書かせることで実行性のある解決策になっているかを確認させる機能である．先のコインの裏表の関係とも関係があるが，なぜなぜ分析が十分に行えていないと解決策は具体的に記述できない．それを確認させることによって，なぜなぜ分析が足りなかったかもしれないことを気づかせる機能である．

４．研究成果

４．１．問題解決ゲーム

実験にて問題解決ゲームの評価を行った．実験参加者は大学生 11 名である．まず，問題解決の説明を受けた後に，実践として個人的なテーマで問題解決を考える．そのあとに，問題解決ゲ

ームを実施し，改めて自分の考えた問題解決について修正してもらい，評価を行う．

結果として問題発見の重要性は理解された．表 1 では自由記述で問題解決について重要なことを事後アンケートで尋ねたが，解決策について触れたものはおらず，ほとんどの実験参加者が問題分析について言及している．また，表 2 では自分の問題解決を修正した結果で多くの実験参加者は問題分析のところを修正している．解決策は問題分析を上回っているが，これは問題分析の結果にあわせて解決策を修正したからである．問題分析を修正した実験参加者はすべて解決策も修正している．これは問題分析に注目しただけでなく，それを活かして解決策も考えることができるようになっているからと考えられる．一方で，問題発見で同様に重要な評価については高い値ではないどころか，修したものの中には評価方法の意味を取り違えているものもいた．そのため，評価方法についての重要性は別の方法で学習するなどの方法を考える必要がある．

表１　事後アンケート「問題解決において重要なのはどうすることか？できるだけ具体的に説明してください．」でそれぞれの項目に言及のあった実験参加者の割合	
目標	0.0%
問題分析	90.9%
解決策	0.0%
評価	36.4%
問題と解決策の対応関係	27.3%

表 2　修正した実験参加者の割合	
目標	27.27%
問題分析	72.73%
解決策	90.91%
評価	36.36%

４．２．なぜなぜ分析ガイドエージェント

実験にてなぜなぜ分析ガイドエージェントの有効性テストを行った.実験参加者は大学生 6 名であり，なぜなぜ分析については多少経験したことがある．実験手順は以下の通りである．実験では，なぜなぜ分析の解説の後に，まず自身でなぜなぜ分析を行ってもらう．そのあとに，今度はなぜなぜ分析ガイドエージェントを使って，なぜなぜ分析に取り組んでもらう．さらにそのあとに，最初に自身で行ったなぜなぜ分析を見直してもらったうえで，なぜなぜ分析ガイドエージェントの評価をアンケートにて答えてもらった．アンケートではなぜなぜ分析ガイドエージェント全体の効果やそれぞれの機能の効果について尋ねた．図 1 に結果を示す．

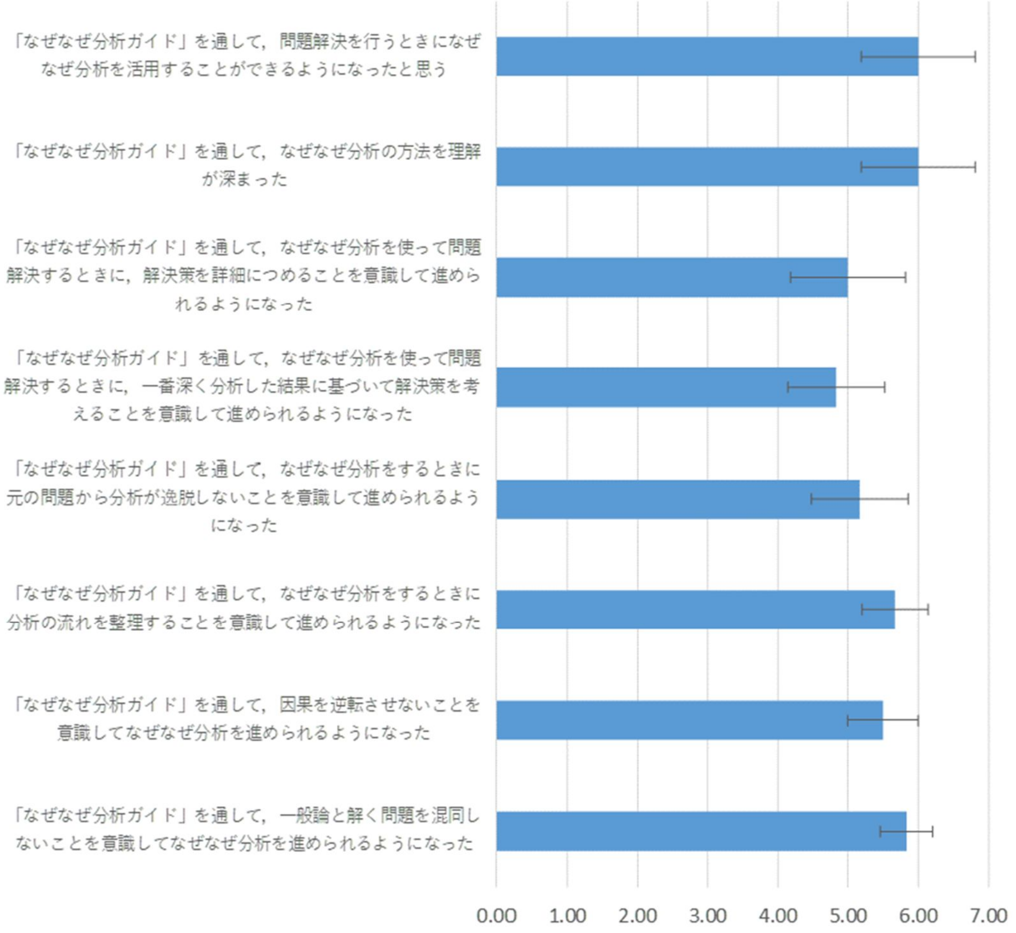

図１：なぜなぜ分析ガイドエージェントのアンケート評価

このなぜなぜ分析ガイドエージェントを通して，なぜなぜ分析の理解が深まったことが分かる．特になぜなぜ分析そのものに関わる部分については高い点数がつけられている．これらの理由として，繰り返し，つまづいていないかを確認されたのが良かったという意見が多く聞かれた．つまり，なぜなぜ分析ガイドエージェントからその都度確認させていることが，意識付けにつながると考えられる．

一方で，解決策に関する部分は比較で言うと低い結果となった．この原因の一つは実験参加者が納得できる解決策を得られなかったことにある．これには実験参加者自身が難しいテーマを問題として選んでしまったことが原因である．実験の教示としては身近なテーマを選ぶようにしており，実際にその通りに決めていた．しかし，難しいテーマとなってしまったのは自身だけでなく他者が関わる問題である．これには，自身のことを考えるだけでなく，他者の立場も考えなくてはならないため，身近ではあっても難しいテーマである．そのため，なぜなぜ分析を使って解決策を考えることよりも，問題自体の難しさに気をとられて十分に学べなかったと考えられる．こういった問題ももちろん問題解決のテーマではあるものの，なぜなぜ分析の学習用としてはふさわしくないと考えられる．

また，具体的に解決策を書くという部分についてはうまくかけていない学習者が見られた．これらの学習者は解決策として記述したものに，少しの記述を追加した程度で終わってしまっている．ここについてはより深く考えてもらうように手順で書くように指示するなどの対策が必要であると考えられる．以上のように，問題発見で有効な方法であるなぜなぜ分析の自習ソフトウェアとしてなぜなぜ分析ガイドエージェントの有効性を示すことができた．

４．３．まとめ

本研究によって問題解決の初学者向けの学習方法として，問題発見の重要性を学ぶ「問題解決ゲーム」と，問題発見のなぜなぜ分析を使える用になるための『なぜなぜ分析ガイドエージェント』を実現することができた．これは既存の PBL の事前学習としても利用できることが期待される．また，研究期間中には間に合わなかったが，現在これらのソフトウェアは iOS にてマルチ端末対応として作成し直しており，最終的には無料の学習用ソフトウェアとして公開する予定である．

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計0件

〔学会発表〕　計5件（うち招待講演　0件／うち国際学会　0件）

１．発表者名 高橋B．徹
２．発表標題 なぜなぜ分析ガイドエージェントの提案
３．学会等名 教育システム情報学会（JSiSE）2019年度 特集論文研究会
４．発表年 2020年

１．発表者名 高橋B．徹，高橋聡，吉川厚
２．発表標題 問題発見の重要さを学ぶためのゲームの開発・評価
３．学会等名 日本教育学会研究会（ICT を用いた学習環境の構築／一般）
４．発表年 2019年

１．発表者名 高橋B.徹，高橋聡，吉川厚
２．発表標題 問題解決工程を学ぶための問題解決シミュレーションの提案
３．学会等名 第42回教育システム情報学会全国大会
４．発表年 2017年

１．発表者名 高橋B.徹，高橋聡，吉川厚
２．発表標題 問題解決工程におけるつまずきを分析するためのワークシートの提案
３．学会等名 教育システム情報学会2016年度第１回研究会
４．発表年 2016年

１．発表者名 高橋B.徹, 高橋聡, 吉川厚
２．発表標題 研究を学ぶためのアクティブ・ラーニングの実践
３．学会等名 日本科学教育学会第40回年会
４．発表年 2016年

〔図書〕　計1件

１．著者名 Editors; Setsuya Kurahashi, Hiroshi Takahashi: Chapter 16; Toru B. Takahashi	４．発行年 2018年
２．出版社 Springer	５．総ページ数 284
３．書名 Innovative Approaches in Agent-Based Modelling and Business Intelligence	

〔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