

ゲーミング教材による問題解決力の育成と評価

玉田 和恵
江戸川大学

小川 諒大
東京工業大学

松田 稔樹
東京工業大学

Cultivation and Assessment of Problem Solving Abilities by Gaming Instructional Materials

Kazue Tamada, Edogawa University

Yoshihiro Ogawa and Toshiki Matsuda, Tokyo Institute of Technology

要 旨

本研究では、問題解決力を育成するためのコンピテンシースタンダードと能力評価手法を開発するために、アクティブ・ラーニングの代表的な手法とされている話し合い活動とゲーミング・シミュレーションによる手法を比較検討した。ゲーミング・シミュレーションの手法を活用したマイナナンバーゲームは、問題解決力の育成に一定程度の効果を示した。問題解決力を育成するためには、ゲーミング・シミュレーションの手法を活用して、問題解決の枠組みを明示した上で、各段階において情報的な見方・考え方を活用した思考・判断をさせることが有効ではないかということが示唆された。

キーワード：問題解決力、情報的な見方・考え方、3種の知識、育成すべき資質・能力、ゲーミング教材

1. はじめに

現代社会は目まぐるしく変化し、高度に情報化・グローバル化が進展している。この予測困難な時代において、生涯に亘って学び続け、主体的に考え、最善の解を導き出すために多面的な視点から判断・行動できる人材の育成が急務となっている。そのために、自らが立てた新たな課題を解決するために、問題を定式化し、論理的に思考しかつ倫理的に判断し、情報を適切に活用できる人材の育成が求められている(文部科学省 2008)。

これを受け、小・中・高等学校では、学習指導要領改訂に向けて、「生きる力」の主要な要素である問題解

決力の育成を前提としながら、「育成すべき資質・能力」を明確にし、内容中心の基準の示し方をコンピテンシー中心の考え方へと変えること、教科に依存しない汎用的スキルやメタ認知、教科固有のものの方・考え方や処理・表現方法などを明示的に指導すること等が議論されている。一方、大学教育の責務としては、学生に「生涯学び続け、どんな環境においても“答えのない問題”に最善解を導くことができる能力」を身につけさせることが求められている(図1)。

また、生涯にわたって学び続ける力、主体的に考える力を持った人材は、学生からみて受動的な教育の場では育成することができないため、従来のような知識の伝達・注入を中心とした授業から、教員と学生が意思疎通を図りつつ、一緒になって切磋琢磨し、相互に

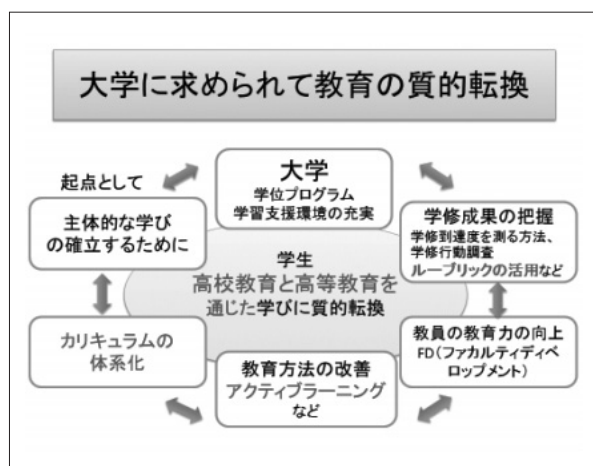


図1 大学に求められる教育の質的転換

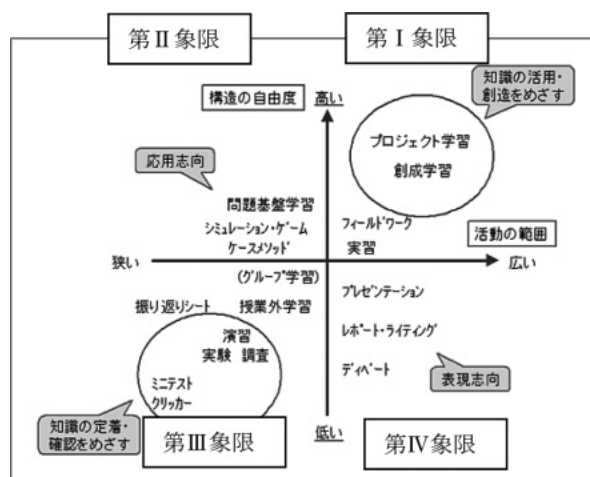


図2 アクティブ・ラーニングの多様な形態 (山地 (2014))

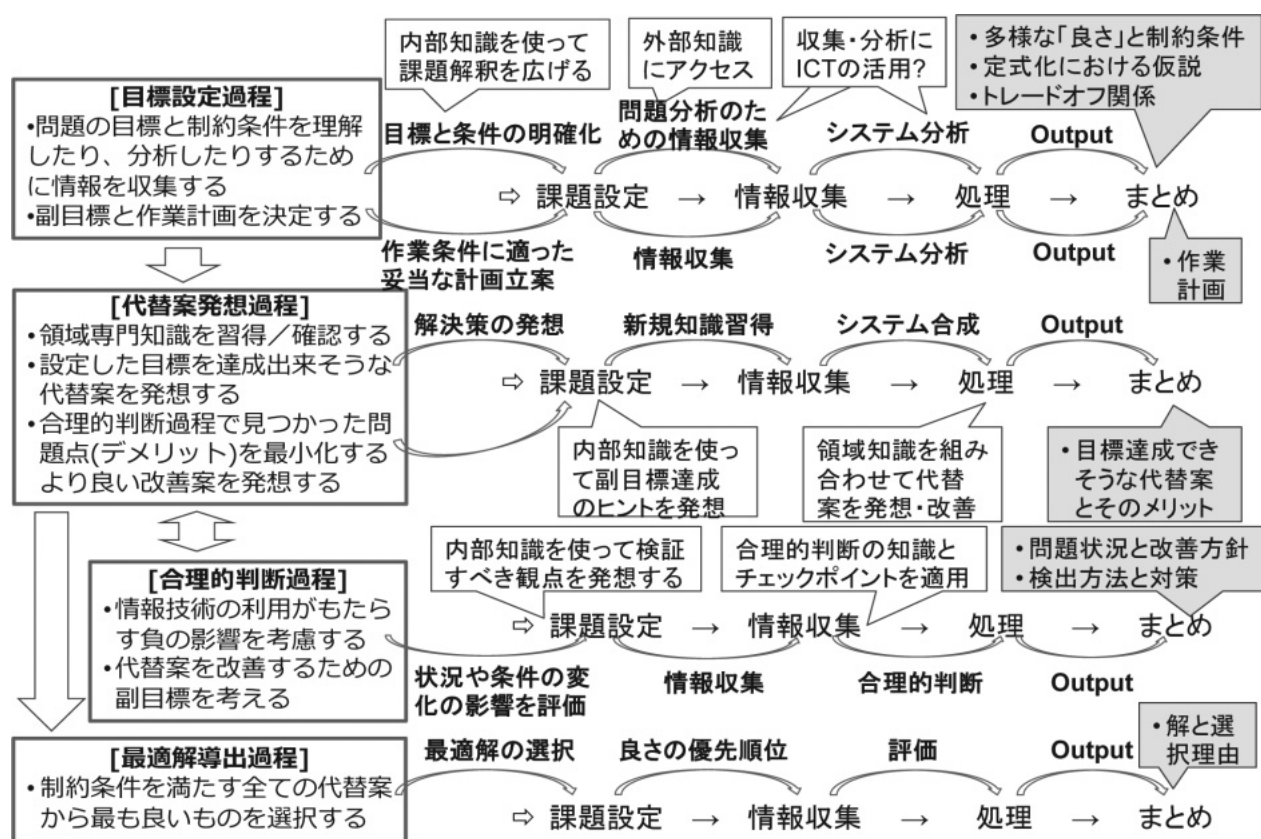


図3 問題解決の縦系・横系モデル

刺激を与えながら知的に成長する場を創り、学生が主体的に問題を発見し解を見いだしていく能動的学修（アクティブ・ラーニング）への転換が必要であると提言されている（文部科学省 2008）。

アクティブ・ラーニングとは、「思考を活性化する」学習形態を指す。具体的には、実際にやってみて考える、意見を出し合って考える、わかりやすく情報をまとめ直す、応用問題を解く、などいろいろな活動を介してより深く理解したり、実際にできるようになることを目指す学修活動である。アクティブ・ラーニングの一つの考え方として、山地(2014)は図2を示して次のように解説している。第I象限と第II象限にあるものは比較的高度なアクティブ・ラーニングであり、医学系の問題基盤型学習（Problem-Based Learning）のように臨床的推論能力の育成を主な目的とするものもあれば、工学系のものづくり実習や経営学系のビジネス実習のように、特定のプロジェクト活動を通して問題解決能力の育成を目指すものもある（Project-Based Learning）。実践準備には多大の労力を要する。第III象限や第IV象限にある授業は「思考を活性化する」ことを目的としており、時間を短く区切りながらクリッカーなどで対話的な要素を組み込んだり、学んだ知識や技能を活用する時間（説明し合う、演習問題に取り組むなど）を入れたり、シミュ

レーションゲームなどを活用することで、講義形式でもある程度アクティブ化が可能となる。

筆者を含めた研究グループは、日本教育工学会において「コンピテンシースタンドと能力評価手法の開発」というSIG(Special Interest Group)を設立し、上記課題解決に向けて「育成すべき資質・能力の明確化と、それに即した教育課程編成や学習評価の方法論」を提案する研究を行っている。

問題解決力を育成するために、松田(2013)は、Bruer(1993)による、「領域固有の知識、メタ認知技能、および汎用的方略が人間の知能と熟達した活動の全要素である」との指摘と対応づけ、領域固有知識、教科の見方・考え方、問題解決スクリプトを相互に関連づけて適切に学ばせることを教科学習の目標と捉えた学習者モデルを定義している。そして、これと対応づけた指導法のために、図3に示すような教材設計フレームワークを数学、理科、情報などの教科で開発している。

問題解決を行う場合、「情報の収集→整理・分析→まとめ・表現」という問題解決の流れと、「目標設定→代替案発想→合理的判断(批判的検討)→最適解導出→(合意形成)→ふり返り」という問題解決の流れとの関係を明確にしておく必要がある。松田(2013)は、このモデルを「問題解決の縦系・横系モデル」と命名している。

2. 目的

本研究では、問題解決力を育成するための能力評価基準と評価手法を開発するために、アクティブ・ラーニングの代表的な手法とされている話し合い活動と、ゲーミング・シミュレーションによる手法とを比較検討する。

3. 研究方法

本研究では、大学生132名(男子110名、女子22名)を対象に、話し合い活動とゲーミング・シミュレーションによる手法のどちらを経験した後の方が、ある問題解決をテーマとした問題解決活動において、より良い解を導くことができるようになるかということを比較・検討した。手順は以下の通りである。

- ①事前テスト
- ②話し合い活動
- ③中間テスト
- ④ゲーミング・シミュレーション手法による指導
- ⑤事後テスト

また、事前、中間、事後テストは、次の3項目である。

- ア. ある課題についての問題解決手順の記述
- イ. ある問題解決における【目標】と【条件】の区別
- ウ. 問題解決のための多様な代替案の発想

以下にテスト項目の具体的内容を示す(図4)。

- ア. ある課題についての、問題解決手順の記述
友達5人で、夏休みに京都に旅行に行くこと

問題解決に関する課題

学籍番号 () 氏名 ()

1. あなたが問題解決をする際に、どのような手順でやっているかをお聞かせください。
友達5人で、夏休みに京都に旅行に行くことが決まりました。あなたは幹事になったので、ホテルや交通手段の予約を取らなければなりません。あなたが、どのような手順でみんなが納得する旅行を計画するか、自分がやる手順を書いてください。(正解があるわけではないので、自由に書いてください)

(1)
(2)
(3)
(4)
→めでたく、楽しい今日と旅行ができました！
あなたが気をつけるポイントはありますか？

2. 次の課題を読んで、【目標】と【条件】を整理してください。
あなたは、テニス部で部長をしています。信州に夏合宿に行くことになりました。期間は7/20～7/31の間の3泊4日です。できるだけ、多くの部員が参加できるようにしなければなりません。体育館と宿を予約しなければなりません。候補になる体育館と宿は右表のとおりです。参加費の合計は25,000円以下で、できるだけ安いことが望ましいです。施設と宿の移動時間については10分以内で、できるだけ近い方が望ましいことになっています。期間中に施設や宿の移動はありません。目標と条件を書き出してください。

候補	施設	宿名	移動
1	A	宿1	5分
2	A	宿2	3分
3	A	宿3	7分
4	A	宿4	10分
5	B	宿5	4分
6	B	宿6	2分
7	B	宿7	9分
8	C	宿8	1分
9	C	宿9	8分
10	C	宿10	6分

3. あなたのサークルでパソコンを買うことになりました。どのようなパソコンを、どこで購入するか、あなたが検討することや購入の手順を下に記述してください。

図4 事前テスト

が決まりました。あなたは幹事になったので、ホテルや交通手段の予約を取らなければなりません。あなたが、どのような手順でみんなが納得する旅行を計画するか、自分がやる手順を書いてください。(正解があるわけではないので、自由に書いてください)

- イ. ある問題解決における【目標】と【条件】の区別

あなたは、テニス部で部長をしています。信州に夏合宿に行くことになりました。期間は7/20～31の間の3泊4日です。できるだけ、多くの部員が参加できるようにしなければなりません。体育館と宿を予約しなければなりません。候補になる体育館と宿は右表のとおりです。参加費の合計は25,000円以下で、できるだけ安いことが望ましいです。施設と宿の移動時間については10分以内で、できるだけ近い方が望ましいことになっています。期間中に施設や宿の移動はありません。

この問題の目標と条件を書き出してください。

- ウ. 問題解決における多様な代替案の発想

あなたのサークルでパソコンを買うことになりました。どのようなパソコンを、どこで購入するか、あなた達が検討した方がよいことや、購入の手順を記述してください。

4. 話し合い活動

話し合い活動は、「位置情報とビッグデータ」というトピックで行った。個人情報保護法の改正により、スマートフォン等の位置情報などを含む私たちの個人情報が、ビッグデータとして社会のさまざまな場面で活用可能となり、政府は、それらを活用することによって、社会がさらに発展していくことを目指している。社会の発展と自分の個人情報の保護の問題について、グループで検討することを目的に話し合い活動を行った。グループは4～5名で、最初に司会と書記を決め、



図5 話し合い活動の様子

以下の項目について各10分で話し合った。

- ア. 自分の個人情報について、日頃どのようなことに注意しているか
- イ. 位置情報が使用されている【実態、サービス】などをできるだけたくさん列挙する
- ウ. 今後、社会全体で位置情報とビッグデータの活用について、社会の発展との関係でどのように考えていくべきか、
- エ. 日頃自分がやっている問題解決の手順を考える

5. マイナンバーゲーム

小川・松田(2015)は、共通教科「情報」で問題解決力を育成するゲーミング・シミュレーション教材として「マイナンバー」ゲームを開発している。これは、社会における情報システムの活用をテーマに、図3の縦糸(目標設定→代替案発想←→合理的判断→最適解導出→合意形成)の活動に重点を置いたものである。

社会における情報システムを理解する鍵は、システム運用者や利用拡大を図る行政・企業などの思惑や、それが引き起こすリスクの可能性について、市民として予測し、問題提起や自衛策を考える力をつけることである。そこで本ゲームでは、システム設計者でない市民が、便利さ(特定の良さ)とトレードオフ関係にあるリスクに着目して、合理的判断や市民同士で行う合意形成を行うことに重点を置いた活動を行う。

目標設定過程には、問題理解と作業計画立案の2つのタスクがある。マイナンバー制度については、導入目的や利用例を現状の問題点と新たな便益という視点から説明し、それを支える情報システムに求められる機能や、多様な情報がどのように関連付けられ、管理される必要があるかを理解させる。その際、人が情報扱うのではなくシステム上で扱うことの良さも考えさせる。単に利便性に着目させるだけでなく、情報の流出等のリスクやコストなどにも着目させる。

その後、トレードオフに関する知識を活用させ、マイナンバーと他の情報とを統合的に、かつシステム化して扱うことの良さが、逆に問題を引き起こさないかを想像させ、代替案発想過程以降で注目する「良さ」を副目標として設定させる。

1回目の代替案発想過程では、副目標に選んだ「良さ」を、どのようにシステム化して達成しているのか、技術的工夫に着目しながら情報収集を行う。例えば、住基ネットなど、同様の情報を扱うシステムや、医療カルテなど、スタンドアローンで運用されているシステムとの利点の違いに着目することなどが考えられるが、問題解決の時間制限を強調し、収集できる情報を制限する。

有益な情報を選択できたかは、後でふり返る。

本教材では合理的判断過程が最も重要だが、その重要性を認識させるために、代替案発想過程後、合理的判断過程を自主的に行うか学習者に選択させる。行わない場合は合意形成過程で無条件に失敗のフィードバックを返し、レビュー過程で問題解決フレームワークを確認する。合理的判断過程に進む場合、副目標として設定したメリットとトレードオフ関係にあるデメリットや、情報技術の特性から想定できるリスクを考えさせる。情報収集の活動では「状況や判断する人によって求める良さが変わる」という見方・考え方を活用し、マイナンバーの情報システムを取り巻く環境が今後どう変化するか予想したり、自分とは違う「良さ」を重視する人はどう考えるか発想したりする。合理的判断の枠組に基づき、マイナンバー制度の情報システムにおける情報漏えい対策などの外部知識にアクセスする。処理の活動では、マイナンバーの情報システムの安全性を評価する。この時、「想定外や誤りの危険性を考慮し、変化や突発的状況への対応を準備する」といった見方・考え方を活用させ、想定外や誤りとは何か、内部知識を使って解釈を拡げ、対策が必要なポイントを明確にさせる。まとめの活動では、セキュリティ保護のための自己防衛策や法的対策の検討を副目標として設定する。

以上の結果をふまえて、2度目の代替案発想過程では自衛策や保護策を発想する。マイナンバーがわかる物を普段持ち歩かない、こまめに利用履歴を確認するなどの対策を発想する。合理的判断過程では、そのような対策が、本来あるいは他の利点を大幅に低減させないかなどを検討させる。

最適解導出過程は、メリット／デメリットの検討をもとに、マイナンバー制度やそのシステム化をどのような条件の下で認めるべきかを決定する。

合意形成過程は、仮想的に異なる意見を持つ他の市民と意見交換し、マイナンバー制度の問題点や自衛策について議論させる。「状況や判断する人によって求める良さの観点が変わる」「より良い問題解決には、手順の明確化やルール共有が必要であり、それを行う方法や確認する方法を考える必要がある」という見方・考え方を活用させ、トレードオフ関係にある良さを重視する他者や、価値観は同じでも異なる対策を考える他者など、多様な他者と議論になる機会を設定する。

6. 研究結果

それぞれの活動と問題解決力の関係を検討するために、話し合い活動とマイナンバーゲーム実施後の中間



図6 問題解決力育成のためのゲーミング教材【マイナンバーゲーム】

表1 問題解決課題の平均値比較

項 目	事 前	中 間	事 後
ある課題についての、問題解決手順の記述	3.86	3.72	4.43
ある問題解決における【目標】と【条件】の仕分け	3.56	3.88	5.51
問題解決における多様な代替案の発想	3.02	3.36	5.56

テスト・事後テストを事前テストの得点を比較したところ、表1のような結果となった。

全ての項目において、マイナンバーゲーム終了後の事後テストが最も高い値となっている。事前と話し合い活動後の結果には有意な差はなかった。「ある問題解決における【目標】と【条件】との仕分け」「問題解決における多様な代替案の発想」については、事後(マイナンバーゲーム後)については、事前、中間(話し合い後)と平均値を比較したところ1%水準で事後の得点が高いことが明らかとなった。

具体的に学生の記述を見ると、中間(話し合い後)では全ての項目において、事前の状態とあまり変わらない曖昧な記述が多く見られた。社会における個人情報活用の問題について話し合ったり、問題解決手順について学生同士で考えたりすることを目的とした活動であったが、今回の話し合い活動は、学生の問題解決力の促進に大きな影響は及ぼさなかったようである。

一方、事後(マイナンバーゲーム後)には、全ての項目において、事前からは見違えるほどの回答となっており、問題解決手順の明確な記述や、的確な代替案を多く発想した記述が見られた。目標や条件の仕分けについても、マイナンバーゲーム後には適切に仕分けられる学生が増えていた。特に、問題解決の手順については、問題解決の枠組みをきちんと理解して明確に記述する者が多くなった。また、代替案を発想する際に、「多様な良さ」「良さの間のトレードオフ」「人によって良さの基準が異なる」という情報的な見方・考え方を適用している記述が多く見られ、マイナンバーゲームによる効果が明らかとなった。

7. まとめと今後の課題

本研究では、問題解決力を育成するためのコンピテンシースタンドと能力評価手法を開発するために、アクティブ・ラーニングの代表的な手法とされている話し合い活動とゲーミング・シミュレーションによる手法を比較検討した。

今回試みた話し合い活動は、問題解決力の促進には影響を与えることがなかった。ただ、テーマを与えて

話し合い活動をすれば、何らかの効果が得られるのではないかというアクティブ・ラーニングの安易な捉え方に警鐘を鳴らす結果となった。話し合い活動をする場合も、学習モデルを理解させ、問題解決に関する見方・考え方を育成することのできる手法を工夫する必要がある。

ゲーミング・シミュレーションの手法を活用したマイナンバーゲームは、問題解決力の育成にある程度の効果を示した。特に、問題解決の枠組みの理解、「多様な良さ」「良さの間のトレードオフ」「人によって良さの基準が異なる」を検討した代替案の発想、目標や条件の的確な仕分けに効果があった。

本研究からは、問題解決力を育成するためには、ゲーミング・シミュレーションの手法を活用して、問題解決の枠組みを明示した上で、各段階において情報的な見方・考え方を活用した思考・判断をさせることが有効ではないかということが示唆された。

今後は、今回手作業で実施した問題解決のための事前・中間・事後テストをゲーミングの中に取り入れ、自動化することを検討していきたい。

8. 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会・科学研究費補助金(基盤研究(C)No.26350313・代表：松田稔樹、同No.15K01087・代表：玉田和恵)の支援で行った。関係者の方々に感謝する次第である。

9. 参考文献

- Bruer, J.T. (1993) Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom. The MIT Press.
- 中央教育審議会(2008)『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)』http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/news/20080117.pdf
- 平林翔太, 松田稔樹(2012), 「情報モラルに配慮して情報技術を効果的に活用する力を育成する情報科教材の開発支援」, 『日本教育工学会研究会報告集』, JSET12-1, 7-14
- 松田稔樹(2003), 「普通教科「情報」で指導すべき「情報的な見方・考え方」」, 『東京都高等学校情報教育研究会』, 44-47
- 松田稔樹(2010), 「普通教科「情報」新設の原点に立ちもどる」, 『中等教育資料』, 892, 40-43.
- 松田稔樹(2013), 「情報科用ゲーム型e-learning教材設計フレームワークの改善」, 『日本教育工学会研究報告

- 集』, JSET13-4, 57-64.
- 松田稔樹(2015),「次期情報科カリキュラムの編成で考慮すべき能力観・教育観・評価観」,『日本情報科教育学会第8回全国大会報告集』, 11-12
- 松田稔樹・小川諒大(2015),「情報科で育成すべき資質・能力のモデル化と授業・教材設計の視点」,『日本情報科教育学会第8回全国大会報告集』, 27-28.
- 文部科学省(2008)「学士課程教育の構築に向けて(答申)」
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/houkoku/080410.htm (参照日 2015年11月30日)
- 文部科学省(2009)『高等学校学習指導要領』, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/kou/kou.pdf
 (参照日 2015年10月30日)
- 文部科学省(2010)『各教科等・各学年等の評価の観点等及びその趣旨(小学校及び特別支援学校小学部並びに中学校及び特別支援学校中学部)』, http://www.mext.go.jp/component/b_menu/nc/_/_icsFiles/afieldfile/2010/05/13/1292899_1.pdf (参照日 2015年10月30日)
- 文部科学省(2010)『高等学校学習指導要領解説「情報編」』, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_/_icsFiles/afieldfile/2012/01/26/1282000_11.pdf
 (参照日 2014年10月30日)
- 内閣官房(2015)『マイナンバー社会保障・税番号制度概要資料』http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/bangoseido/pdf/h2702_gaiyou_siryou.pdf (参照日 2015年10月30日)
- 小川諒大・松田稔樹(2015)「問題解決のモデルに基づく「望ましい情報社会の構築」学習用「マイナンバー・ゲーム」の設計」,『日本情報科教育学会第8回全国大会報告集』, 55-56
- 小川諒大, 松田稔樹, 近藤千香(2015),「「ネットオークションゲーム」を題材とした情報科用教材設計フレームワークの「良さ」の検討」,『日本情報科教育学会第4回研究会報告書』, 4, 36-41.
- 玉田和恵・松田稔樹(2004),「『3種の知識』による情報モラル指導法の開発」,『日本教育工学雑誌』, 28, 79-88
- 玉田和恵・松田稔樹・遠藤信一(2004),「3種の知識による情報モラル判断学習を実施するための道徳的規範尺度の作成とそれに基づく学習者の類型化」,『教育システム情報学会誌』, 21-4, 331-342
- 玉田和恵・松田稔樹・中山洋(2005),「3種の知識による情報モラル判断学習システムの開発」,『教育システム情報学会誌』, 22-4, 243-253
- 玉田和恵・松田稔樹(2006)「現職教員を対象とした『3種の知識による情報モラル指導法』研修の実践」,『日本教育工学会研究会報告集』, JET06-2, 69-76
- 玉田和恵・松田稔樹(2008),「小学校段階における体系的・系統的情報モラル教育－3種の知識に基づく情報モラル指導法の一貫性を考慮して－」,『日本教育工学会研究報告集』, JSET08-5, 109-116
- 玉田和恵・松田稔樹(2009),「教師の指導力向上を目指した情報モラル指導教材の開発」,『日本教育工学会研究報告集』, JSET08-5, 109-116
- 玉田和恵・松田稔樹(2015),「『情報的な見方・考え方』と『3種の知識』を統合した問題解決力育成のためのルーブリック作成」,『日本教育工学会第31回全国大会講演論文集』, 787-788