

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 15 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650117

研究課題名（和文） 人工学級ゲームを用いた自閉症傾向の推定

研究課題名（英文） Evaluation of Autistic Disorder using Artificial School Class Game

研究代表者

前田 義信 (MAEDA YOSHINOBU)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：90303114

研究成果の概要（和文）：

本研究では、学級いじめ問題に対して、いじめる者やいじめられる者に原因を探るのではなく、生徒間の相互作用に焦点を当てた生態学的シミュレーションを行った。コンピュータ内部に自律的に行動するプログラム（エージェント）を設計し、複数のエージェントの局所的相互作用から大域的に創発する現象を探る人工学級モデルを提案してきた。さらにエージェントの1人をヒトが操作するプレイヤーとした人工学級ゲームを設計し、プレイヤーの行動をエージェントに反映させた。最後に、主要5因子性格検査の結果と比較した。

研究成果の概要（英文）：

In this paper, a multi-agent simulation mimicking psychological interactions of school students was executed to investigate the causes of school bullying from not personal but ecological viewpoints. Such an artificial school class model is chiefly able to be used to clarify global phenomena of the class emerged from local interactions of the agents. We designed, furthermore, the artificial school class game by means of replacing one of the agents with a human player. In order to upgrade agent's behavioral characteristics, human behaviors were experimentally measured by playing the game. Eventually, the behavior of the players was compared to the results from the five factor model on personality.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,300,000	390,000	1,690,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：複雑系

1. 研究開始当初の背景

いじめ問題の研究は1970年代の北欧で始まり、日本では1980年代に社会問題として発見された。その後、いじめ被害者の救済を目的とした教育学的観点からの研究、ADHDやアスペルガー症候群等の高機能自閉症との関連を調べる医学的観点からの研究、さらには学級の構成員ではなく構成員間の相互作用に焦点を当てる社会学的（生態学的）観

点からの研究が行われてきた。

本研究では、社会学的観点に基礎を置き、コンピュータ内部に“価値観の合う友人を作ろう”とする多数のエージェントから構成される人工学級モデル（マルチエージェントシステム）を取り上げる。人工学級モデルでは、“特定の誰かを排斥していじめよう”ということが陽にプログラムされていないにも関わらず、“価値観の合う友人を作ろう”とす

るプログラムが結果的にいじめに似た現象を生み出してしまい、誰が被害者になり得るかは事前に予測できないことを明らかにしてきた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、エージェントの1人をプレイヤーに置き換え、プレイヤーがエージェントで構成される人工学級ゲームでどのような行動をとるかを調べることである。その理由はエージェントの行動原理をより現実の学級に近づけるためである。こうして行動ルールを決められたエージェントから構成される人工学級ゲームは、シミュレーションとゲーミングの融合（プレイヤーとエージェントのハイブリッドシミュレーション、あるいはシリアゲーム）により、いじめ問題解決・早期発見のための教育用ソフトウェアになり得る可能性を有する。

本研究では被験者に人工学級ゲームをプレイしてもらうと同時に主要5因子性格検査を実施し、人工学級ゲームにおける行動と主要5因子性格検査の因子との関連性を調査した。

3. 研究の方法

人工学級モデル *Class* は、エージェント（生徒）の集合 A 、価値（趣味や習慣、考え方等）の集合 V 、エージェントが起こす行動の集合 B 、行動を起こすエージェント（活動者）から行動を受けるエージェント（対象者）へなされる相互作用の集合 I を用いて、それらの組 $Class=(A, V, B, I)$ として形式的に表される。

[集合 A 、集合 V に関して]

$A=\{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\}$, $V=\{v_1, v_2, \dots, v_\varphi, \dots, v_\mu\}$ とし、総エージェント数を n 、総価値数を μ とする。便宜上、エージェントには i, j 等のラテン文字を、価値には φ, ψ 等のギリシャ文字を用いる。 V の要素は A の要素の関数であり、各エージェントは最大 $\mu_0 (< \mu)$ 個までの価値を見出すことができる。 $a_i \in A$ が価値 $v_\varphi \in V$ を見出すときに $v_\varphi(a_i)=1$ 、見出さないときに $v_\varphi(a_i)=0$ とする。すなわち関数 v_φ がとりうる値は全か無かの二値である。 $v_\varphi(a_i)=1$ となる要素からなる集合を $V_{ai} \subset V$ 、 $v_\varphi(a_i)=0$ となる要素からなる集合を V_{ai} の補集合 $V^{cai} \subset V$ と表記する。 $\forall a_i \in A, \forall a_j \in A$ において、 $v_\varphi(a_i)=1$ かつ $v_\varphi(a_j)=1$ となる $\exists v_\varphi \in V_{ai} \cap V_{aj}$ を以降では共有価値と呼ぶ。

[集合 B に関して]

$B=\{b_0, b_1, b_2, b_3, b_4\}$ である。ここで、 b_0 は無行動、 b_1 は同調行動、 b_2 は包摂行動、 b_3 は卓越行動、 b_4 は排除行動を表す。以下に活動者を a_i 、対象者を a_j として、集合 B の要素である5種の行動の定義を示す。

無行動 b_0 : b_1 から b_4 までの価値の変化を伴う行動を起こせないときに発動し、価値の変化

は生じない。

同調行動 b_1 : $V^{cai} \cap V_{aj} \neq \phi$ (空集合でない) のときに a_i が a_j に同調行動を起こす ($V^{cai} \cap V_{aj} = \phi$ (空集合) ならば無行動)。このとき $\exists v_\varphi \in V^{cai} \cap V_{aj}$ ($v_\varphi(a_i)=0$ かつ $v_\varphi(a_j)=1$) において $v_\varphi(a_i)=1$ に変更する。ここで ai の見出す価値数:

$$\mu_{ai} = \sum_{\gamma=1}^{\mu} v_\gamma(a_i), \quad (1)$$

が $\mu_{ai} > \mu_0$ を満たすならば、 $\exists v_\psi \in V_{ai} \cap V^{caj}$ ($v_\psi(a_i)=1$ かつ $v_\psi(a_j)=0$, $\psi \neq \varphi$) において $v_\psi(a_i)=0$ に変更し、 μ_{ai} が μ_0 を超えないようにする。 $\mu_{ai} \leq \mu_0$ ならば価値 v_ψ を変更しない。

包摂行動 b_2 : $V_{ai} \cap V^{caj} \neq \phi$ (空集合でない) のときに a_i が a_j に包摂行動を起こす ($V_{ai} \cap V^{caj} = \phi$ (空集合) ならば無行動)。このとき $\exists v_\varphi \in V_{ai} \cap V^{caj}$ ($v_\varphi(a_i)=1$ かつ $v_\varphi(a_j)=0$) において $v_\varphi(a_j)=1$ に変更する。ここで a_j の見出す価値数:

$$\mu_{aj} = \sum_{\gamma=1}^{\mu} v_\gamma(a_j), \quad (2)$$

が $\mu_{aj} > \mu_0$ を満たすならば、 $\exists v_\psi \in V^{cai} \cap V_{aj}$ ($v_\psi(a_i)=0$ かつ $v_\psi(a_j)=1$, $\psi \neq \varphi$) において $v_\psi(a_j)=0$ に変更し、 μ_{aj} が μ_0 を超えないようにする。 $\mu_{aj} \leq \mu_0$ ならば価値 v_ψ を変更しない。

卓越行動 b_3 : $V_{ai} \cap V_{aj} \neq \phi$ (空集合でない) のときに a_i が a_j に卓越行動を起こす ($V_{ai} \cap V_{aj} = \phi$ (空集合) ならば無行動)。このとき $\exists v_\varphi \in V_{ai} \cap V_{aj}$ ($v_\varphi(a_i)=1$ かつ $v_\varphi(a_j)=1$) において $v_\varphi(a_i)=0$ に変更し、 $\exists v_\psi \in V^{cai} \cap V^{caj}$ ($v_\psi(a_i)=0$ かつ $v_\psi(a_j)=0$, $\psi \neq \varphi$) において $v_\psi(a_i)=1$ に変更する。

排除行動 b_4 : $V_{ai} \cap V_{aj} \neq \phi$ (空集合でない) のときに a_i が排除行動を起こす ($V_{ai} \cap V_{aj} = \phi$ (空集合) ならば無行動)。このとき $\exists v_\varphi \in V_{ai} \cap V_{aj}$ ($v_\varphi(a_i)=1$ かつ $v_\varphi(a_j)=1$) において $v_\varphi(a_j)=0$ に変更する。 a_j の価値を剥奪する本モデルの解釈は「 a_j がその価値を用いて交友関係を形成することが出来ないようにする」というもので、 a_j から趣味や習慣、考え方等を物理的に奪うことを意味しない。

[集合 I に関して]

n 人のエージェントの中から活動者と対象者が1名ずつ選択され、活動者が対象者にいずれかの行動 $b_k \in B$ を起こすまでを1ステップと呼ぶ（活動者と対象者の選択方法と行動の発動に関しては後ほど述べる）。集合 I は1ステップにおいて得られる ($s \in \{0, 1, 2, \dots, s_{max}\}$, $a_i \in A$, $a_j \in A$, $b_k \in B$), $i \neq j$, $k=0, \dots, 4$ を要素に持つ集合であり、全ての s , a_i , a_j , b_k の組合せからなる。これは、あるステップ s において活動者 a_i が対象者 a_j に行動 b_k を起こすことを表す。初期状態 ($s=0$) の相互作用ベクトルは $(0, -, -, -) \in I$ であり、初期状態からある s までの相互作用の集合を $I(s) \subset I$ と表記する。ステップ数が s_{max} に到達すると1セットが終了し、その集合は $s_{max}+1$ 個の要素からなる集合 $I(s_{max}) \subset I$ である。1セットにおける特定の $a_i \in A$ が任意の $a_j (\neq a_i)$ との間で起こ

す相互作用を表す集合は和集合 $I_{ai \cdot aj}(s_{max}) \cup I_{aj \cdot ai}(s_{max}) \subseteq I(s_{max})$ として表される。ここで、 $I_{ai \cdot aj}(s_{max})$ は a_i の 1 セットにおける活動者としての相互作用 (\cdot, a_i, a_j, b_k) を、 $I_{aj \cdot ai}(s_{max})$ は a_i の 1 セットにおける対象者としての相互作用 (\cdot, a_j, a_i, b_k) の集合を表す。 a_j は $a_j \neq a_i$ を満たす任意のエージェントであり、“ \cdot ” は s_{max} までのステップであればその値は特に考慮しないことを表す。

フローチャートを Fig. 1 に示す。

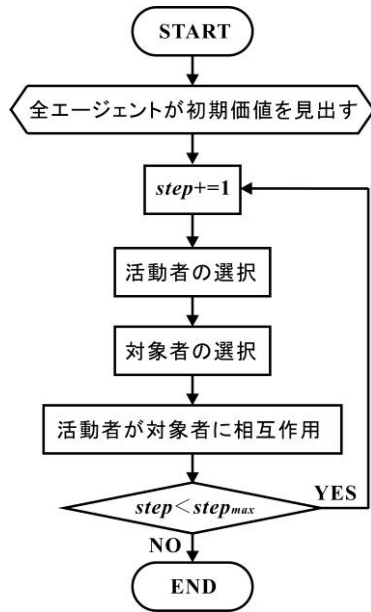


Fig. 1: フローチャート。

[初期値の設定]

各エージェント a_i は、初期状態において任意に μ_0 個の価値をランダムに“見出し、”独自の価値観 $V_{ai} \subset V$ を構成する。

[活動者 act の選択]

あるセットにおいて初期状態が設定されるとシミュレーションが開始し、各ステップにおいて n 人の中からランダムに選択された $a_i \in A$ が活動者 act となる。

[対象者 obj を選択]

各ステップにおいて $(n-1)$ 人の中からランダムに選択された $a_j \neq act$ が対象者 obj となる。

[act が obj に相互作用]

各ステップにおいて act は obj に同調、包摂、卓越、排除（あるいは無行動）のいずれかの行動 $b_k \in B$ をランダムに 1 つ起こす（各 b_k は排反）。

[友達グループ]

同調行動と包摂行動を通して価値が μ^* ($0 < \mu^* \leq \mu_0$) 以上、共有価値となる複数のエージェント集団（いくつかの ϕ に対して $v_\phi(a_i) = v_\phi(a_j)$, $\sum_\phi v_\phi(a_i) \neq 0$, $\sum_\phi v_\phi(a_j) \neq 0$ となるエージェント $a_i \in A$, $a_j \in A$, $i \neq j$) をグループと定義し、集合 $A_{GRP} \subset A$ と表記する。グルー

プに含まれるエージェントは、卓越行動と排除行動を通してグループから脱却することもあるが、グループに含まれる間は集合 A_{GRP} の要素となる。今回 μ^* の値はゲーム開始前にプレイヤーに決めてもらう。



Fig. 2: 人工学級ゲームのメイン画面。

[人工学級モデルのゲーム化]

エージェントの 1 人をプレイヤーに置き換えてヒトが操作できるようにした (Fig. 2)。それに伴い、形式化されたエージェント名称と価値名称に具体的な名称を付した。エージェント名称には日本人姓の中でその数が最も多い上位 100 位の中からランダムに選択されることとし、価値名称については社会生活基本調査をもとに 25 個（スポーツ、ゲーム、旅行、読書など）用意した。各価値の描画とともに、クラス内支持率を表示する。クラス内支持率とは、その価値をクラスの中の何%の人たちが保持しているのかを表す。値が高いほどクラスで人気のある価値である。

また、社会学的用語に馴染みのない人がプレイすることを考慮し、同調行動、包摂行動、卓越行動、排除行動の専門用語は、それぞれ真似っこ、巻き込み、あっち行け、抜け駆けと書き換えた。

[プレイヤーができること]

ゲーム開始時に、総価値数 $\mu = 25$ 個の中から $\mu_0 = 7$ 個を自由に選択する。プレイヤーが活動者として選ばれた際に相互作用相手を自由に選択し、相互作用の際に変更する価値を自由に選択する。その他、情報としてゲーム通常画面では、プレイヤー自身が現在持っている価値や現在友達となっているエージェントをイラストにより提示した。また、プレイヤーが活動者として選ばれた際に、プレイヤーと相互作用経験のあるエージェントのみ、そのエージェントが現在持っている価値と過去の行動を表示させた。またプレイヤーが過去に行った行動も表示し、過去の行動を確認することができるようにした。

[ゲームの流れ]

プレイヤー 1 人、エージェント 19 人の計 20 人の人工学級の中から活動者をランダムに選出する。活動者がプレイヤーであった場合、

対象者と行動の種類、価値の変動について選択肢の中からプレイヤーに自由に選択してもらい、相互作用させる。臨場感を出すためにプレイヤーが活動者に選ばれると音楽が流れる。活動者がプレイヤーでないならば、エージェントはゲーム化以前のモデルと同様の流れで相互作用を行う。ゲームは、 $s_{max}=480$ に到達すると終了する。ゲーム終了後に結果画面が表示され、プレイヤーが行った各行動の回数と誰と友達になることができたかが表示される。

[実験 A 方法]

大学生 11 名 (22.0±0.5 歳, 男性 9 名, 女性 2 名) に被験者としてゲームに参加してもらった。ゲーム開始前に、ゲームの概要や用語の説明等を行い、ステップ数が少ない練習を 1 回だけ行った。その際、ゲームの目標は提示せず、普段の学校生活を思い出しながらゲームをプレイするよう伝えた。不明な点が発生した場合はその都度説明を加えることとした。その後練習と同様の条件で目標を提示せずに本番を一回行った。

[実験 B 方法]

実験 A を通して設計した人工学級ゲームを大学生 16 名 (21.8±0.9 歳, 男性 8 名, 女性 8 名) に被験者としてゲームに参加してもらった。基本は実験 A と同様であるが、ゲーム終了後に主要 5 因子性格検査を実施し、主に協調性、外向性と、ゲーム内での行動 (同調行動や包摂行動のような他者と共有価値を増やす共感性の行動、卓越行動や排除行動のような他者と共有価値を減らす反感性の行動、同調行動や卓越行動のような自らの価値を変えて他者と相互作用する積極性の行動) とを比較した。

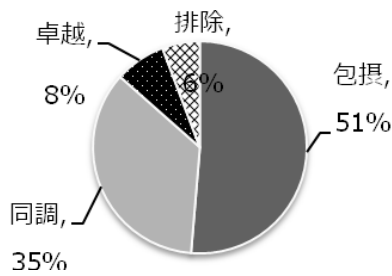


Fig. 3: プレイヤーの 4 行動の頻度割合。

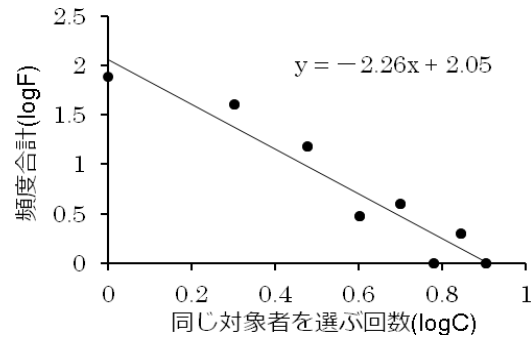


Fig. 4: プレイヤーの対象者選択の頻度。

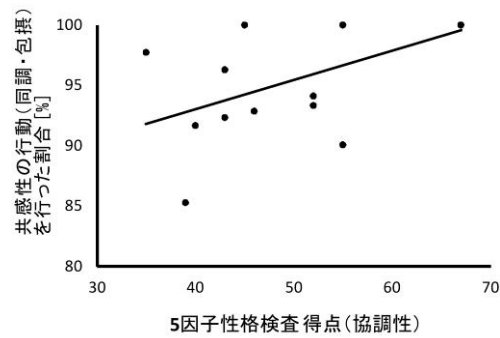


Fig. 5: 協調性と共感性の行動の関係 (5% 有意)。

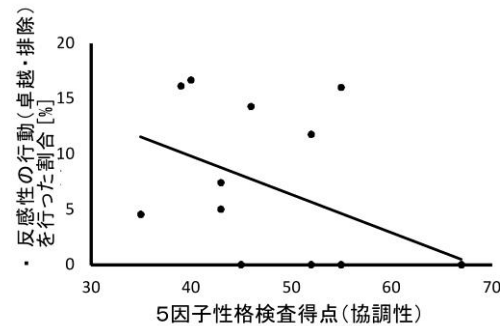


Fig. 6: 協調性と反感性の行動の関係 (5% 有意)。

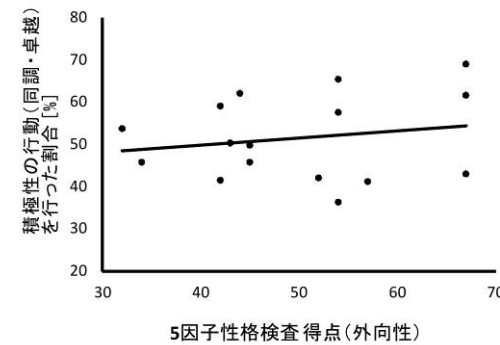


Fig. 7: 外向性と積極性の行動の関係 (有意差なし)。

4. 研究成果

[実験 A 結果]

プレイヤーがゲーム内で行った4行動の頻度を Fig. 3 に、プレイヤーの対象者選択頻度を Fig. 4 にそれぞれ示す。友達となるための共有価値数の基準値 μ^* のプレイヤー平均値は 2.9, 標準偏差は 1.3 となった。

上記の結果から、エージェントは4つの行動と対象者の選択をランダムで行っているのに対して、プレイヤーはそうではなく一定の傾向を示した。

エージェントの行動原理として、4行動を包摂 51%, 同調 35%, 卓越 8%, 排除 6%の頻度で行うように設定する。ただし、プレイヤーのゲーム内行動記録からプレイヤーが卓越行動と排除行動を自発的に行うことは少なく、半数近くのプレイヤーが「こちらから自主的には行わないが、やられたらやり返す」という反射的理由によって卓越行動や排除行動しているということが示唆されていた。そこで、エージェントにも同様に、卓越行動や排除行動を行われたら半数のエージェントが一定確率で行い返すような仕組みを導入する必要がある（これは今後の課題である）。

また Fig. 4 より回帰直線 $y = -2.26x + 2.05$ 上に並ぶような分布（べき乗分布、べき指数はおおよそ 2）でプレイヤーは対象者を選択している。すなわち、プレイヤーは他のエージェントと一様に相互作用するのではなく、特定のエージェントと何度も相互作用をする傾向を示している。よって、エージェントの行動原理として一回のゲーム内で何人のエージェントもしくはプレイヤーと相互作用するかはべき乗法則に従い決定するのが良いと考えられる。

今回ゲーム内での友達という仕組みを導入する前段階として友達となるための共有価値数の基準値 μ^* をプレイヤーに選択させた。友人形成を観察する際に平均値に最も近い整数値 3 を基準値 μ^* の値としゲームに導入することにした。

[実験 B 結果]

実験 B では主要 5 因子性格検査との比較を行った。人工学級ゲームをプレイ中に被験者が採用した全ての行動（同調、包摂、卓越、排除）を記録し、同調行動や包摂行動のような他者と共有価値を増やす共感性の行動と主要 5 因子性格検査の協調性との関係、卓越行動や排除行動のような他者と共有価値を減らす反感性の行動と主要 5 因子性格検査の協調性との関係、同調行動や卓越行動のような自らの価値を変えて他者と相互作用する積極性の行動と主要 5 因子性格検査の外向性との関係を調べ、グラフ化した (Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7)。

共感性の行動と協調性との相関係数は 0.57 (有意水準 5% で有意差あり) であり、反

感性の行動と協調性との相関係数 -0.55 (有意水準 5% で有意差あり) であった。また、積極性の行動と外向性との相関係数は 0.19 (有意水準 5% で有意差なし) であった。

よって、今回の実験では主要 5 因子性格検査の協調性が高い者ほど人工学級ゲームにおいて共感性の行動（同調行動や包摂行動）を採ることが統計的に示唆された。一方で主要 5 因子性格検査の外向性に関しては人工学級ゲームの積極性の行動（同調行動や卓越行動）で裏付けることが出来なかった。

5. まとめ

本研究では人工学級ゲームにおけるエージェントの行動原理をより現実の学級に近づけるための手法をプレイヤーのゲーム内行動から分析、検討した。また、プレイヤーの行動原理を反映させた人工学級ゲーム内で、プレイヤーが起こした行動を記録し、主要 5 因子性格検査の結果と比較した。その結果、人工学級ゲームでプレイヤーが採る共感性の行動（同調行動と包摂行動）と主要 5 因子性格検査の協調性因子の間に、統計的に有意な相関関係が認められた。今後、自閉症スペクトラムとの関連性を明らかにするため、自閉症スクリーニング質問紙との関連を調べ、人工学級ゲームを自閉症スクリーニングゲームとして位置付ける方向へ研究を進める予定である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

- [1] 伊藤尚, 堀口航平, 谷賢太朗, 前田義信, “新たな通貨制度の創発に関するマルチエージェントシミュレーション,” 電子情報通信学会論文誌, vol. J95-A, no. 9, pp. 707-715, 査読有 (2012 年 9 月)

[学会発表] (計 10 件)

- [1] 龍田篤弥, 谷賢太朗, 前田義信, 加藤浩介, “人工学級ゲームを用いた交友関係形成の行動分析,” 電子情報通信学会, 回路とシステム研究会, CAS2012-94, pp. 153-158, 別府国際コンベンションセンター (2013 年 1 月 29 日)
- [2] 龍田篤弥, 谷賢太朗, 伊藤尚, 前田義信, 加藤浩介, “人工学級シミュレーションの初期状態依存性について,” 電子情報通信学会信越支部大会, p. 12, 新潟大学 (2012 年 10 月 13 日)
- [3] Y. Maeda, K. Tani, N. Ito and K. Kato, “Bullying Phenomena Reproduced by an Artificial School Class Model,” WCSS 2012, Session A1 (10 pages in memory stick), Taipei,

Taiwan (2012年9月5日)

- [4] 山本拓馬, 加藤浩介, 前田義信, “マルチエージェントシステムに基づく人工学級モデル,” 2012 IEEE SMC Hiroshima Chapter, 若手研究会, pp.95-96, 広島 (2012年7月14日)
- [5] 前田義信, “生徒間相互作用に関するマルチエージェントシステムとその人工学級ゲームへの応用の試み,” 電子情報通信学会総合大会, AS-1-4, S7-S8, 岡山大学 (2012年3月20日)
- [6] 池田泰子, 佐藤輝空, 伊藤尚, 前田義信, 加藤浩介, “行動連鎖と行動反射を用いた人工学級ゲームの検討,” 電子情報通信学会, 回路とシステム研究会, CAS2011-92, pp.43-48, 九州大学 (2012年1月19日)
- [7] 佐藤輝空, 伊藤尚, 谷賢太郎, 前田義信, 加藤浩介, “MAS 人工学級モデル評価へのソシオプロフィール法適用の検討,” 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2011, 02-5-1~02-5-2, 芝浦工業大学 (2011年11月4日)
- [8] 山岸奈央, 伊藤尚, 前田義信, “人工学級モデルを用いた生徒間の対立回避行動の分析,” 電子情報通信学会信越支部大会, p.30, 新潟工科大学 (2011年10月8日)
- [9] 前田義信, 伊藤尚, 谷賢太郎, 佐藤輝空, 加藤浩介, “人工学級モデルとフラット化するコミュニケーションの特性,” 電子情報通信学会技術研究報告, 福祉情報工学研究会, WIT2011-12, pp.63-68, 新潟大学 (2011年5月21日)
- [10] 谷賢太郎, 前田義信, 林豊彦, “空間的なシミュレーションによる社会的ジレンマの基礎的性質に関する考察,” 電子情報通信学会, 福祉情報工学研究会, WIT2011-11, pp.59-62, 新潟大学 (2011年5月21日)

6. 研究組織

(1)研究代表者

前田 義信 (MAEDA YOSHINOBU)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：90303114