

平成 30 年 6 月 23 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01090

研究課題名(和文)モチベーション向上のための教室空間の研究

研究課題名(英文)A study of classroom space for improvement of students' motivation

研究代表者

土肥 紳一 (DOHI, Shinichi)

東京電機大学・システムデザイン工学部・教授

研究者番号：00227703

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：学習意欲(モチベーション)の喚起が教育機関で重要な問題となっている。これを解決するために、プログラミング入門教育を対象とした教授法SIEM(ジーム)とその尺度を開発した。先行研究を進める中で、二酸化炭素濃度が厚生労働省の基準を上回る教室の存在が明らかになった。本研究は教室内の二酸化炭素濃度、温度、湿度に着目し、適切に制御することでモチベーションを一層向上する事を目指すものである。本研究によって、教室内の二酸化炭素濃度の分布を可視化できた。

研究成果の概要(英文)：Improvement of students' motivation in schools has been important problem in recently. We have developed SIEM which is educational method for introductory computer programming education, and we have developed it's assessment. The existence of the classroom that the carbon dioxide concentration exceeds the standard of Ministry of Health, Labour and Welfare was clarified in previous research. This research focuses on the carbon dioxide and temperature and humidity, we develops further improvement of students' motivation by controlling these parameter appropriately. It succeeded in making of the carbon dioxide concentration distribution visible by this research.

研究分野：教育工学

キーワード：モチベーション プログラミング入門教育 授業評価 教室環境 教育工学 工学教育 FD SIEM

1. 研究開始当初の背景

学習意欲(モチベーション)の喚起が教育機関で重要な問題となっている。これを解決するために、プログラミング入門教育を対象とした教授法 SIEM(ジーム)とその尺度を開発し、授業で継続的に実践した結果、受講者のモチベーションを向上でき、成績とも弱いながら正の相関が確認された。受講者の着席位置から教室内のモチベーション分布の可視化を可能にし、モチベーションを喚起する香りと希釈濃度を明らかにできた。先行研究を進める中で、二酸化炭素(CO₂)濃度が厚生労働省の基準を上回る教室の存在が明らかになった。本研究は教室内の CO₂ 濃度、温度、湿度に着目し、適切に制御することでモチベーションを一層向上する事を目指し、先行研究を発展するものである。

2. 研究の目的

自然界の CO₂ 濃度は 約 400ppm である。一般的に CO₂ 濃度が 1000ppm(0.1%)を超えると、眠気等の症状を誘発すると言われている。SIEM アセスメント尺度の活用によって受講者のモチベーションを追跡し、教室における着席位置から、教室内のモチベーション分布を分析する中で、教室内の CO₂ 濃度濃度を測定し、その分布を分析する。

プログラミングの授業では、受講者が所有するノート PC を活用する。受講者のノート PC の発熱、受講者自身の発熱により教室内の温度が上昇する。また受講者の呼吸によって湿度が上昇し、「じめじめ」といった不快感の原因となる。温度、湿度を測定し、その分布を分析する。

3. 研究の方法

測定対象の教室は、i-room である。i-room は千葉ニュータウンキャンパスのクリエイションラボの 2 階に位置している。午後は西日が当たるため、夏場の授業では教室内の温度が 30 度を超える。このため、授業開始の約 1 時間前から冷房を入れてもらっている。一方、冬場は冷え込みが厳しく、約 1 時間前から暖房を入れてもらっている。i-room のレイアウトを図 1 に示す。Sie01~Sie14 が測定装置の配置である。教室の入口は 2 か所あり、テーブルが 8 個、その周りを 8 名の受講者()が着席する。スクリーンが 3 面ついており、教卓に教授者()が着席する。Sie01 から Sie14 が測定装置の位置を示している。Sie01 から Sie08、Sie10 および Sie12 は、床から約 70cm の高さである。Sie09 は約 140cm、Sie11 は約 110cm である。Sie13 は意図的に天井近くに設置し約 260cm である。空調は天井に 4 つ設置されている。i-room は最大で 64 名を収容できる。Sie14 側には窓がある。テーブル上に測定装置を配置した様子を図 2 に示す。

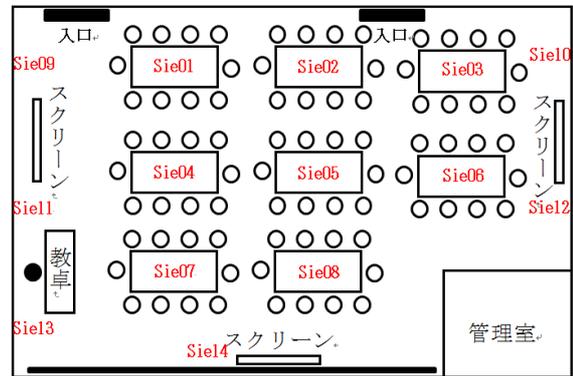


図 1 i-room のレイアウトと想定装置の配置



図 2 測定装置を配置した様子(i-room)

4. 研究成果

(1) CO₂ 濃度の測定結果

測定間隔は 1 分である。各測定位置における特徴を探るために、CO₂ 濃度の最小値、最大値、平均値を表 1 に示す。9 月 12 日の最大値に着目すると、すべての測定箇所 1000ppm を超えており、Sie03 の 1563ppm が最大であった。Sie03、Sie06、Sie10、Sie12 は、他の測定装置と比較して最大値と平均値が高くなっており、教室内の場所によって CO₂ 濃度に偏りがあることが分かった。最小

表 1 CO₂ 濃度

	2016 年 9 月 12 日			2016 年 9 月 14 日		
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
Sie01	466	1379	843	440	1323	809
Sie02	445	1488	858	422	1343	820
Sie03	451	1563	923	431	1469	888
Sie04	452	1289	804	427	1267	776
Sie05	449	1414	862	426	1365	844
Sie06	468	1544	921	438	1483	911
Sie07	490	1366	843	459	1267	814
Sie08	484	1475	896	452	1364	857
Sie09	487	1433	864	463	1247	811
Sie10	461	1557	929	437	1476	890
Sie11	470	1306	804	450	1183	767
Sie12	447	1516	898	426	1461	881
Sie13	433	1187	740	413	1079	693
Sie14	451	1353	810	425	1227	762

値に着目すると、Sie13 の 433ppm が最小となり、Sie07 の 490ppm が最大となった。平均値に着目すると、Sie10 の 929ppm が最大に、Sie13 の 740ppm が最小となった。

9月14日の最大値に着目すると、すべての測定箇所でも 1000ppm を超えており Sie06 の 1483ppm が最大だった。Sie03、Sie06、Sie10、Sie12 は、他の測定装置と比較して最大値と平均値が高くなっており、9月12日と同様の傾向が窺えた。最小値に着目すると、Sie13 の 413ppm が最小となり、Sie09 の 463ppm が最大となった。平均値に着目すると、Sie06 の 911ppm が最大に、Sie13 の 963ppm が最小となった。

2日間の測定で分かったことは、すべての測定箇所でも 1000ppm を超えたこと、教室内の場所によって CO₂ 濃度に偏りがあることである。Sie13 は CO₂ 濃度が他と比べて顕著に低く、天井付近は CO₂ 濃度が低かった。

(2) 気温の測定結果

気温の最小値、最大値、平均値を表 2 に示す。なお 9月12日は、Sie09 の気温と湿度センサーの接続が不十分であったため、測定できていなかった。9月12日の最大値に着目すると、Sie05 の 28.5 が最大になった。Sie05、Sie06、Sie08、Sie12 から Sie14 は、28.0 を超えた。他の測定装置と比較して平均値も高くなっており、教室内の場所によって気温に偏りがあることが分かった。最小値に着目すると、Sie03 の 25.3 が最小となり、Sie13 の 27.5 が最大となった。平均値に着目すると、Sie13 の 28.1 が最高に、Sie01 と Sie03 の 26.5 が最小となった。

9月14日の最大値に着目すると、Sie14 の 28.8 が最大になった。Sie04 から Sie06、Sie12 から Sie14 は、28.0 を超えた。他の測定装置と比較して平均値も高くなっており、12日と同様の傾向が窺えた。最小値に着目すると、Sie01 の 24.9 が最小となり、Sie14 の 27.8 が最大となった。

表 2 気温

	2016年9月12日			2016年9月14日		
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
Sie01	25.8	27.0	26.5	24.9	27.2	26.2
Sie02	25.8	27.5	26.9	25.6	27.5	26.8
Sie03	25.3	27.8	26.5	25.5	27.5	26.6
Sie04	26.4	27.9	27.3	26.2	28.0	27.3
Sie05	26.6	28.5	27.6	26.2	28.2	27.3
Sie06	25.9	28.4	27.3	25.9	28.2	27.1
Sie07	25.4	27.5	26.7	25.7	27.3	26.6
Sie08	26.5	28.0	27.2	25.8	27.6	26.9
Sie09	-----	-----	-----	25.8	26.9	26.4
Sie10	26.1	27.6	27.1	26.1	27.6	26.9
Sie11	26.8	27.7	27.4	26.1	27.2	26.8
Sie12	26.6	28.0	27.4	27.0	28.2	27.6
Sie13	27.5	28.4	28.1	27.0	28.2	27.7
Sie14	27.0	28.1	27.6	27.8	28.8	28.2

平均値に着目すると、Sie14 の 28.2 が最大に、Sie01 の 26.2 が最小となった。2日間の測定で分かったことは、最大値の 27 以上が多く、かなり暑いことが示された。授業開始の1時間程前から空調を入れてもらっているが、受講者が集まることによって受講者、ノート PC 等から熱が放たれ、西日の影響も加わり、気温の上昇を招いていることが分かった。

(3) 湿度の測定結果

湿度の最小値、最大値、平均値を表 3 に示す。なお 12日の Sie09 は、気温と同様に測定できなかった。9月12日の最大値に着目すると、Sie07 の 64.0%が最大に、Sie14 の 59.4%が最小になった。最小値に着目すると、Sie13 の 50.0%が最小となり、Sie01 の 54.1%が最大となった。平均値に着目すると、Sie01 と Sie07 の 56.8%が最大に、Sie05 の 53.6%が最小となった。

9月14日の最大値に着目すると、Sie07 の 67.9%が最大に、Sie13 の 62.4%が最小になった。最小値に着目すると、Sie14 の 46.9%が最小となり、Sie01 の 55.8%が最大となった。平均値に着目すると、Sie01 の 60.2%が最大に、Sie14 の 54.5%が最小となった。

表 3 湿度(%)

	2016年9月12日			2016年9月14日		
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
Sie01	54.1	63.3	56.8	55.8	67.2	60.2
Sie02	53.1	63.7	56.2	54.4	67.9	59.2
Sie03	53.1	61.4	56.3	55.3	66.1	58.8
Sie04	52.8	63.0	56.1	53.6	66.5	58.7
Sie05	50.4	59.9	53.6	52.9	65.8	57.3
Sie06	50.5	60.0	54.3	53.0	65.7	57.3
Sie07	52.9	64.0	56.8	53.7	67.4	59.3
Sie08	52.2	63.0	55.7	53.0	67.2	58.7
Sie09	-----	-----	-----	54.3	67.8	59.8
Sie10	52.3	60.3	54.4	54.5	63.5	58.2
Sie11	51.5	61.4	54.9	53.0	66.5	59.2
Sie12	51.1	59.8	53.7	49.2	63.1	55.2
Sie13	50.0	59.9	53.7	51.2	62.4	57.1
Sie14	50.4	59.4	54.2	46.9	63.0	54.5

(4) CO₂ 濃度の時間的な変化

表 1 に示した 9月12日の平均値が最も大きかった Sie10 と、最も小さかった Sie13 に着目し、CO₂ 濃度の時間的な変化を調査した。その結果を、図 3 と図 4 に示す。なお、授業時間帯の 11:30~13:10 と 14:30~16:20 は赤い枠で示した。11:30~13:10 の大学院の授業では、受講者が約 20 名と少ないため Sie10 の CO₂ 濃度は 800ppm を少し超える程度であった。Sie13 は 600ppm を少し超える程度で、Sie10 よりも約 200ppm 低いことが分かった。Sie10 と Sie13 は共に 1000ppm を下回った。一方、14:30~16:20 のコンピュータプログラミング A の授業では、受講者が約 60 名に増え Sie10 の CO₂ 濃度は授業開始に

合わせ 1500ppm 付近まで急上昇することが分かった。Sie13 も授業開始に合わせ 1200ppm 付近まで上昇することが分かった。Sie10 よりも約 300ppm 低いことが分かった。Sie10 と Sie13 は共に 1000ppm を超えた。16:10 頃になると、当日の課題が終了し、退室する受講者が増えるため、急激に CO₂ 濃度が低下することが分かった。退室時に、ドアの開閉が行われ、外気が教室内に入ること、受講者自体の数が減少することが原因として考えられる。

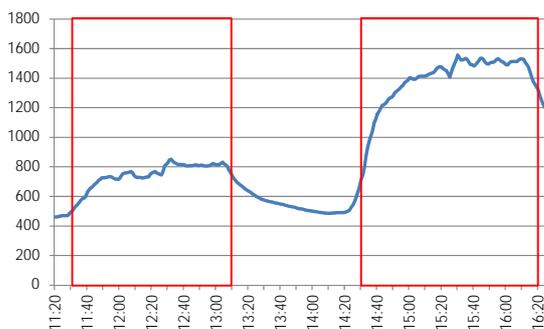


図 3 Sie10 の CO₂ 濃度の変化(9月12日)

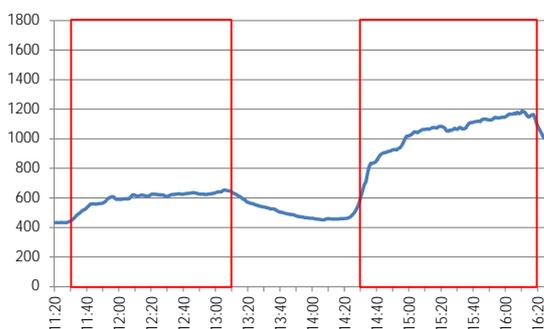


図 4 Sie13 の CO₂ 濃度の変化(9月12日)

(5) 換気の効果

9月14日は、休憩時間に二酸化炭素濃度が高い状況が確認されたので、15:25頃、ドアと窓を開放し換気を行った。表1に示した12日の平均値が最も大きかったSie10と、最も小さかったSie13に着目し、CO₂濃度の時間的な変化を調査した。その結果を、図5と図6に示す。なお、授業時間帯の14:30~16:20は赤い枠で示した。受講者数は約60名である。Sie10のCO₂濃度は授業開始に合わせ急激に上昇し、15:00頃には1400ppmを少し超えるところまで急上昇した。Sie13も授業開始に合わせ上昇するがSie10と比較すると緩やかに上昇していた。15:15頃には1000ppmを少し超えるところまで達するが、Sie10と比較すると約200ppm低いことが窺えた。15:35頃からCO₂濃度は低下を始めSie10は16:00頃、1000ppmを下回った。Sie13は800ppm程度に下がった。換気を行うことによって、CO₂濃度は大きく改善でき

ることが分かった。本学では、空調を入れている時は窓を閉めるように事務局から通達があるが、CO₂濃度のことを考えると疑問が残る。適切に外気を取り入れ、空気を循環する仕組みを取り入れないと、受講者の眠気を誘発し、モチベーションの低下を招く。

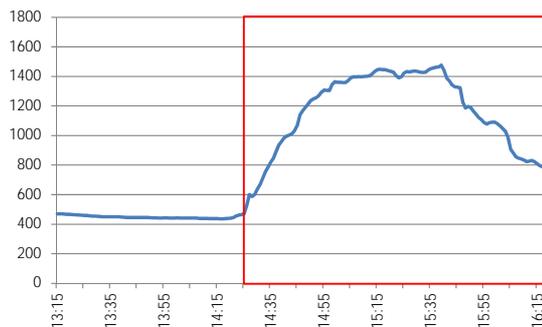


図 5 Sie10 の CO₂ 濃度の変化(9月14日)

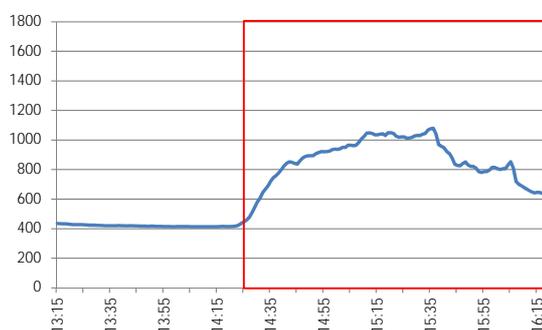


図 6 Sie13 の CO₂ 濃度の変化(9月14日)

(6) 冬場の測定

2016年12月14日13:40:00から16:22:00にかけて1分間隔で測定を行った結果を述べる。なお紙面の都合で、CO₂濃度を中心に述べる。各測定装置の最小値(min)と最大値(max)を表4に示す。

表 4 測定結果(2016年12月14日 i-room)

	CO ₂ 濃度 (ppm)		気温 ()		湿度 (%)	
	min	max	min	max	min	max
Sie01	442	1338	15.1	21.3	38.9	44.9
Sie02	432	1404	14.7	20.8	40.5	48.3
Sie03	440	1227	14.7	21.2	39.2	45.4
Sie04	426	1147	14.9	21.7	37.8	46.0
Sie05	439	1219	14.7	21.9	37.3	45.1
Sie06	443	1356	14.9	21.0	39.9	45.0
Sie07	472	1235	14.7	21.6	37.7	44.7
Sie08	461	1298	15.1	21.3	39.9	46.3
Sie09	469	1359	14.8	20.1	40.6	46.1
Sie10	450	1330	14.8	19.6	39.7	47.7
Sie11	446	1121	14.8	20.8	39.2	44.7
Sie12	438	1384	15.3	20.8	38.7	43.9
Sie13	416	1161	17.6	23.1	31.7	39.3
Sie14	435	1212	14.7	18.1	43.9	50.7

CO₂濃度の最小値は、Sie13の416ppmであった。最小値の中で最も大きかったのはSie07の472ppmであった。同様にCO₂濃度の最大値はSie02の1404ppmであった。最大値の中で最も小さかったのはSie11の1121ppmであった。なお、測定装置には約50ppmのバラツキがあることを補正しておく。CO₂濃度が最大値を記録したSie02に着目し、収集したCO₂濃度、気温、湿度のデータをグラフ化したものを図7に示す。

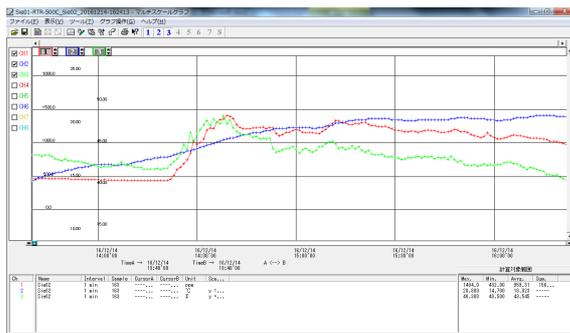


図7 CO₂濃度、気温、湿度の測定結果(Sie02)

横軸が時間になっており、CO₂濃度、温度、湿度の結果がまとめて表示される。授業は14:30から始まるが、14:20頃からCO₂濃度が急激に上昇を始め、14:30には1000ppmを超えていることが窺える。授業は16:20までであるが、1000ppmを超えた状態が続いていた。

(7) 空間分布による可視化

CO₂濃度、温度、湿度は測定装置毎に収集できグラフ化できるが、図7に示したグラフを平面的に配置して眺めても、教室内の全体的様子を把握することは難しい。そこで、本研究では、教室内を24行×14列のマスキに分割し、設置した測定装置に最も近いマスキに測定結果を入力し、測定装置以外のマスキは線形補完する方法を取り入れた。Mathematica V11.0 にリストデータとして与え、ListPlot3D関数で3次元のグラフィックスを表示することを行い可視化に成功した。1分毎の分布を表示するために必要なデータ処理は、手作業では煩雑になる。測定結果は1分毎に収集しているため、測定毎に約150件のデータ量となる。これらのデータが測定装置の台数だけ集まる。処理を自動化するために、Excelのマクロを使った。

分布の特徴を明確にするために、各測定装置の最小値と最大値に着目した。得られたデータから、3次元のグラフィックス表示を行った結果を図8と図9に示す。図8は授業が始まる前のCO₂濃度の分布を示しており、外気と同程度であることが分かる。図9は、授業が始まった後、CO₂濃度の最大値を示している。特徴的なことは、CO₂濃度の分布に偏りがあることである。CO₂濃度の分布に偏りが出た主な原因は、教室内に設置された空調によって空気が循環しており、その影響が

出ていると考えている。

(8) 空間分布による換気の効果

爽やかな秋空の日に、ドアと窓を開けた状態で測定した。2016年10月19日14:00:00から16:37:00である。紙面の都合で、CO₂

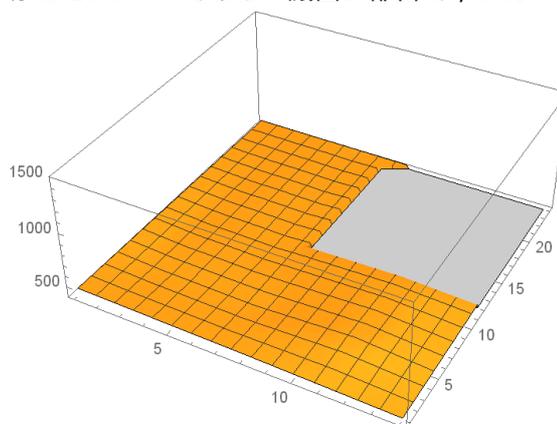


図8 最小値の分布(2016年12月14日)

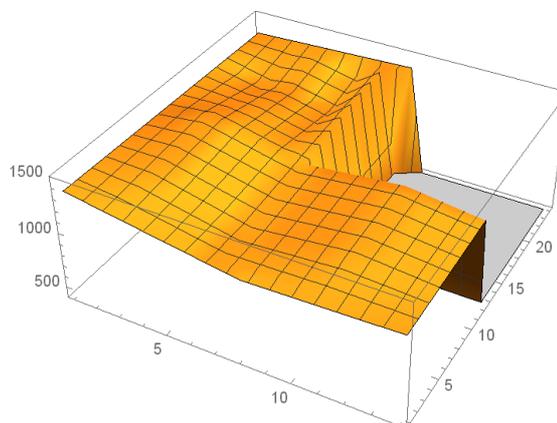


図9 最大値の分布(2016年12月14日)

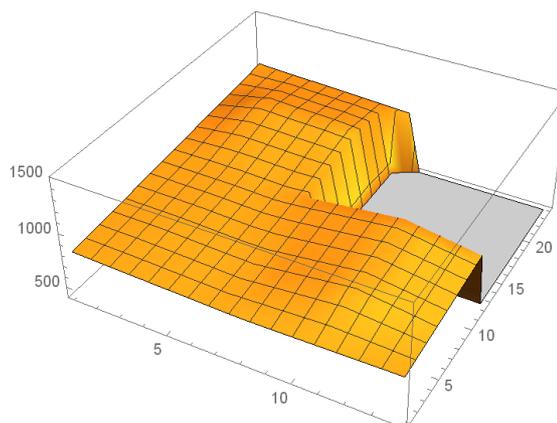


図10 最大値の分布(2016年10月19日)

濃度の最大値の空間分布のみ図10に示した。図9と比較して、CO₂濃度が大幅に改善されていることが窺える。換気を適切に行うことがCO₂濃度を下げることによって効果的であることが可視化によって明確に示すことができた。教室内のCO₂濃度は一様でなく、偏りがあることを可視化によって示すこともできた。窓を開ける換気は効果的であるが、12月の冬場は外気温が低いため、ドアと窓を開

けることは現実的に難しい。今後は、季節の変化を考慮しながら適切な換気を行うこと、教室内の CO₂ 濃度の分布の偏りを見ながら空気を循環させる工夫を組み合わせて改善に取り組みたい。

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 4 件)

土肥紳一，モチベーション向上のための教室空間の研究，東京電機大学総合研究所年報 2017，査読無，no.37，pp56-59，2017

土肥紳一，プログラミング教育における教室内の空気の調査，情報処理学会，情報教育シンポジウム SSS2017 論文集，査読有，Vol.2017，pp271-276，2017

土肥紳一，プライベートクラウドとのリモート接続を想定した情報教育における iPad の活用，情報処理学会，情報教育シンポジウム SSS2016 論文集，査読有，Vol.2016，pp90-97，2016

土肥紳一，参照に重点を置いたオブジェクト指向プログラミング入門教育の工夫，情報処理学会，情報教育シンポジウム SSS2015 論文集，査読有，Vol.2015，pp9-16，2015

[学会発表](計 23 件)

土肥紳一，プログラミング教育における夏から冬にかけての空気の調査，情報処理学会，2018

土肥紳一，プログラミング入門教育の教室環境の調査，情報処理学会，2017

土肥紳一，Arduino によるコンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門 3，コンピュータ利用教育学会，2017

土肥紳一，情報環境学部の履修単位数の分析，日本工学教育協会，2017

土肥紳一，今野紀子，情報環境学部の「情報科教育法」について，情報科学技術フォーラム，2017

今野紀子，土肥紳一，宮川 治，いじめ防止教育のアクティブ・ラーニングによる取り組み，日本教育心理学会，2017

土肥紳一，宮川 治，今野紀子，異なる学部のプログラミング入門教育におけるモチベーションの CS 分析結果の比較，日本教育心理学会，2017

土肥紳一，プログラミング教育における春から夏にかけての空気の調査，大学 ICT 推進協議会，2017

土肥紳一，プログラミング入門教育への iPad の活用の提案，情報処理学会，2016

土肥紳一，Arduino によるコンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門 2，コンピュータ利用教育学会，2016

土肥紳一，今野紀子，「情報科教育法」教

職課程ガイダンス参加者数の分析，情報科学技術フォーラム，2016

土肥紳一，宮川 治，今野紀子，プログラミング入門教育におけるモチベーションと成績との関係の分析，2016

土肥紳一，宮川 治，今野紀子，モチベーションに着目した導入教育（カリキュラム計画）の分析，日本教育心理学会，2016

宮川 治，土肥紳一，今野紀子，高野辰之，小濱隆司，ワーキングメモリにかかる負荷を軽減するプログラミング教育の工夫，日本教育心理学会，2016

今野紀子，土肥紳一，宮川 治，ICT 活用授業における学習モチベーションの維持，日本教育心理学会，第 58 回総会発表論文集（2016.10.8）p339，2016

土肥紳一，情報教育のための教室内の ICT を活用した空気の測定および改善，大学 ICT 推進協議会，2016

土肥紳一，Arduino によるコンピュータプログラミング A を教わった後のハードウェア入門，コンピュータ利用教育学会，2015

今野紀子，土肥紳一，宮川 治，モチベーション向上のための教室環境づくり，日本教育心理学会，2015

土肥紳一，宮川 治，今野紀子，相羽千州子，モチベーションに着目した SIEM による基礎英語の CS 分析，日本教育心理学会，2015

宮川 治，土肥紳一，今野紀子，高野辰之，小濱隆司，プログラミング演習でのつまずきに関する分析，日本教育心理学会，2015

21 土肥紳一，宮川 治，今野紀子，相羽千州子，基礎英語を対象とした SIEM の実践効果，日本工学教育協会，2015

22 土肥紳一，今野紀子，「情報科教育法」履修者の分析，情報科学技術フォーラム，2015

23 土肥紳一，プログラミング入門教育等におけるリモート接続による iPad の試用，大学 ICT 推進協議会，2015

[その他]

<http://dohi.chiba.dendai.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土肥 紳一 (DOHI, Shinichi)

東京電機大学・システムデザイン工学部・教授

研究者番号：00227703

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし