

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

土肥 紳一¹⁾

1) 東京電機大学 システムデザイン工学部

dohi@mail.dendai.ac.jp

Air measurement in classroom for computer programming education from spring to summer

Shinichi Dohi¹⁾

1) School of System Design and Technology, Tokyo Denki University.

概要

学生が情報端末を購入し、大学へ持ち込む BYOD(Bring Your Own Device)が広がっている[1]. 教室に持ち込まれた情報端末から熱が発散され、人の発熱も加わり教室内の気温は上昇する. 人の呼気には水蒸気や二酸化炭素が含まれ、教室内の湿度や二酸化炭素濃度が上昇する. 気温や湿度は空調によって容易に制御できるが、二酸化炭素濃度の上昇は気付にくく、換気を行わないと下げられない. 厚生労働省の二酸化炭素濃度の基準は 1000ppm である[2]. 一般的に、二酸化炭素濃度が 1000ppm を超えると眠気などを誘発すると言われている. 眠気の誘発は、モチベーションの低下につながる. 本論文では、春、梅雨入り前、夏の季節の変化によって、教室内の二酸化炭素濃度、気温、湿度がどのように変化しているのかを分析した. その結果について述べる.

1 はじめに

筆者は、情報環境学部でプログラミングの入門教育を担当する中で、受講者のモチベーションの向上を目指した研究を続けてきた. SIEM(School of Information Environment Method: ジーム)とそのアセスメント尺度を開発し、授業改善策を授業にフィードバックすることによって、受講者のモチベーションを高い状態に維持できるようになった. この研究を発展させる中で、教室内の空気、すなわち二酸化炭素濃度、気温、湿度の影響に気が付いた[3]. 授業では収容定員 64 名の i-room を使っているが、定員近い受講者が集まると、空気の悪さを感じる. 授業は 1 コマ 50 分を 2 コマ連続して、週 2 回、月曜日と水曜日に実施してきた. 授業時間は 14:30~16:20 である. 途中、10 分の休憩を入れる. この休憩時間に手洗い等で i-room から退出し、再び i-room に戻ると空気の悪さに気が付く[4]. しかし、最初から i-room に居続けると、空気の悪さには気が付かない. 二酸化炭素濃度、気温、湿度を測定できる装置を教室内の机上や床等に分散配置し、測定を行った[5]. 本論文では、春から夏にかけて季節の変化における、分析結果を述べる.

2 教室のレイアウトおよび空調の様子

2.1 測定対象の教室

測定対象の教室は、千葉ニュータウンキャンパスのクリエーションラボの 2 階にある i-room である. 1 階は工作室になっており、木材の加工や組み立て、塗装作業などを行う. 授業時に 1 階の作業が重なると、騒音防止や有機溶媒の臭いを遮断するために、廊下側の扉を閉める必要がある. 教室の様子を、図 1 に示す.



図 1 教室の様子

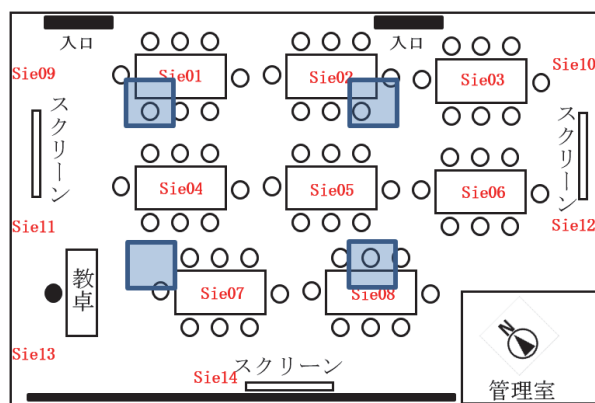


図 2 教室のレイアウト

教室のレイアウトは図 2 に示す。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。赤色で示した Sie01 から Sie14 が測定装置の位置を示している。この教室は、西日が当たる方に窓がある。直射日光の影響を避けるために、カーテンは閉めている。

2.2 測定装置の配置

教室内の机および棚に Sie01 から Sie14 の測定装置を設置した。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。また、高さによる違いを調査するために、Sie01 から Sie14 のほぼ真下の床上に、Sie15 から Sie28 の測定装置を設置した。

2.3 空調の配置

空調は天井に 4 つ設置されており、図 2 には青色の四角で表示した。空調の各辺から 4 方向に空気が放出される。教室は他の授業でも使うため、授業開始前に測定装置を設置し、授業終了後に測定装置を回収する。

2.4 分析対象の授業と分析対象日について

分析対象の授業とクラスは、2017 年前期に開講したコンピュータプログラミング B の土肥クラスである。この授業は受講者が多いため、5 クラスに分割し、複数の教員で担当している。測定は授業毎に実施しているが、分析対象としたのは、受講者が多く集まる、初回の授業で実施したガイダンス(4 月 10 日 14:15~14:59, 45 件)、中間試験(5 月 24 日 14:15~15:47, 93 件)、期末試験(7 月 10 日 14:10~16:29, 139 件)である。季節は、春、梅雨入り前、夏に相当する。

3 測定装置について

3.1 ワイヤレスデータロガー／おんどとり

測定装置は、ワイヤレスデータロガー／おんどとりを使う。空気の測定内容は、二酸化炭素濃度、気温、湿度である。測定装置の様子を図 3 に示す。



図 3 測定装置の様子

左側の 1 台が親機(RTR-500C)、右側の 2 台が子機(RTR-576-H)である。2017 年 9 月時点で、子機は後継機種の RTR-576-S に代わった。親機と子機の間は特定小電力の無線で通信を行う。測定間隔は、1 分毎とした。

3.2 記録開始設定

親機はノート PC と USB ケーブルで接続し、ノート PC から記録開始時刻を設定する。RTR-500C for Windows を使って記録開始の設定を行っている様子を図 4 に示す。28 台の子機の記録開始を設定するのに、約 2 分かかる。この設定によって、子機の時刻の同期がとれる。

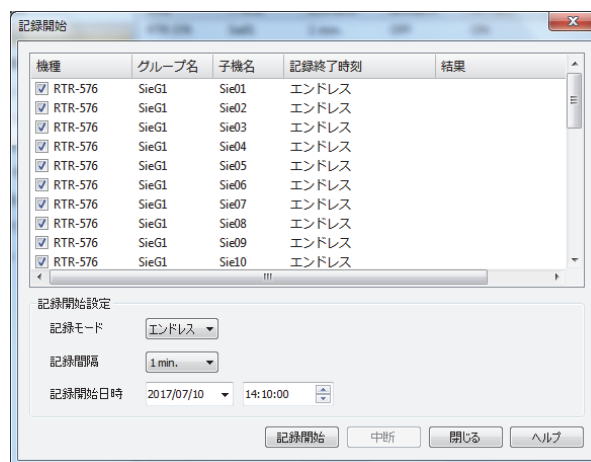


図 4 記録開始設定 (RTR-500C for Windows)

データ記録中は、子機のスイッチを操作できないように設定してあり、受講者の不用意な操作を防ぐことができる。

3.3 記録データの回収

データの回収は、記録の停止を行った後、子機を指定して回収する。記録停止を行わなくても、データの回収は行えるが、授業毎に装置を片付ける必要があるため、記録停止を行っている。記録停止を行うと、子機のスイッチを操作できるようになる。記録停止は、28台の子機を設定するのに約2分かかる。14:30～16:20の授業に対して1分間隔でデータを取得した場合、データの回収は約5分かかる。データの回収が終わった後、子機のスイッチを切り、測定装置を回収する。RTR-500C for Windows を使って記録データ吸い上げの様子を、図5に示す。

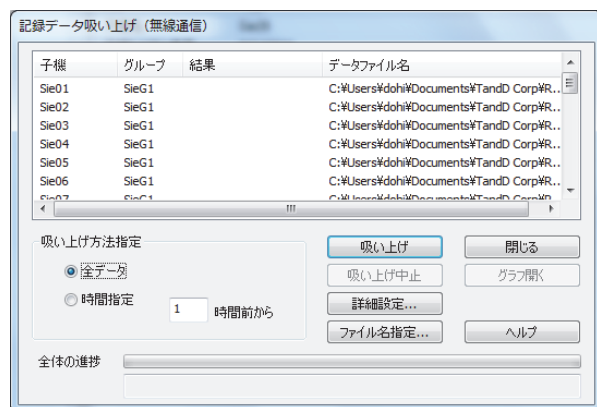


図5 記録データ吸い上げ(RTR-500C for Windows)

3.4 記録データのグラフ表示

回収したデータは、添付のマルチスケールグラフでグラフ表示できる。2017年7月10日に測定したSie01のマルチスケールグラフの結果を図6に示す。赤色のグラフが二酸化炭素濃度、青色が気温、緑色が湿度を示している。

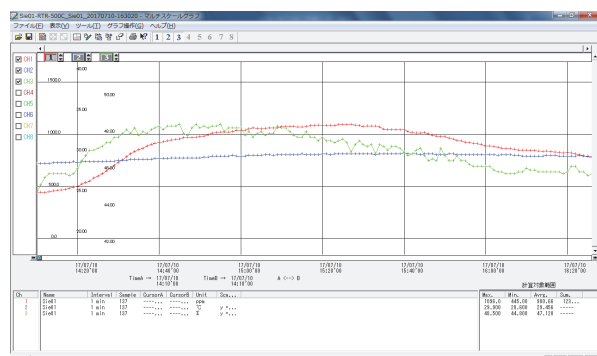


図6 マルチスケールグラフによる測定結果

3.5 回収したデータのデータベース化

回収したデータは、親機の名前、子機の名前、回収日時を組み合わせたファイル名で保存される。子機が28台あるので、一度の測定で28個のcsv形式のファイルと、マルチスケールグラフ用の28個のthc形式のファイルが作られる。

このままでは、分析に必要なデータを準備するのが煩雑になるため、測定毎に回収したcsv形式データは、MySQLを使って年度毎にデータベース化した。子機の名前や、日付、時刻等で任意に取り出せるように工夫した。

4 ガイダンス時の測定結果と考察

4.1 二酸化炭素濃度の分析結果

ガイダンスは、TAが2名、SAが1名、教員が1名で担当し、教室内の人数は約65名である。Sie01からSie28の二酸化炭素濃度の平均値、最大値、最小値、標準偏差を表1に示す。なおSie05は、電池の消耗により測定できていなかった。高さの差が測定結果にどのように影響するのかを調べるために、机上もしくは棚に設置したSie01～Sie14の各々の平均値から、床上に設置したSie15～Sie28の平均値の差を求めた。Sie03～Sie17は負の値であるが-0.4ppmと極めて小さいため机上と床上では差が無いと理解できる。床上の方が、二酸化炭素濃度が低いことが分かった。

表1 二酸化炭素濃度 (ガイダンス時)

	平均	最大	最小	標準偏差	平均値の差	
Sie01	784.4	984	472	148.8	Sie01-Sie15	16.7
Sie02	835.6	1072	482	208.2	Sie02-Sie16	54.4
Sie03	860.9	1177	492	216.4	Sie03-Sie17	-0.4
Sie04	808.3	1040	472	188.4	Sie04-Sie18	60.4
Sie05	-----	-----	-----	-----	Sie05-Sie19	-----
Sie06	886.6	1164	499	231.2	Sie06-Sie20	94.1
Sie07	859.9	1080	530	183.0	Sie07-Sie21	100
Sie08	844.1	1122	515	200.1	Sie08-Sie22	83.2
Sie09	815.7	1057	526	177.2	Sie09-Sie23	50.5
Sie10	913.9	1211	502	254.0	Sie10-Sie24	51.6
Sie11	767.4	971	489	168.8	Sie11-Sie25	36.9
Sie12	894.5	1173	499	251.3	Sie12-Sie26	72.9
Sie13	767.3	1001	482	186.1	Sie13-Sie27	1.2
Sie14	794.2	1036	493	190.4	Sie14-Sie28	75.8
Sie15	767.7	1002	498	173.1		
Sie16	781.2	1051	484	191.9		
Sie17	861.3	1134	557	214.2		
Sie18	747.9	955	477	166.4		
Sie19	759.2	1029	496	175.2		
Sie20	792.5	1036	531	182.0		
Sie21	759.9	968	495	168.4		
Sie22	760.8	1005	502	185.0		
Sie23	765.2	999	479	169.1		
Sie24	862.3	1131	503	224.1		
Sie25	730.4	922	450	157.3		
Sie26	821.6	1119	513	207.4		
Sie27	766.0	987	498	180.1		
Sie28	718.4	945	445	184.2		

Sie01-Sie15, Sie02-Sie16, …, Sie14-Sie28 について、時間的な変化を図 7 に示した。Sie05 は測定できていなかったため、グラフからは省いた。14:20 に大きなピークが現れているのは、Sie01-Sie15 である。同様に 14:58 に 2 つのピークが現れているのは、Sie10-Sie24 と Sie12-Sie26 であった。Sie01, Sie10, Sie12 の測定装置に接近した状態で一時的に呼気がかかった可能性がある。

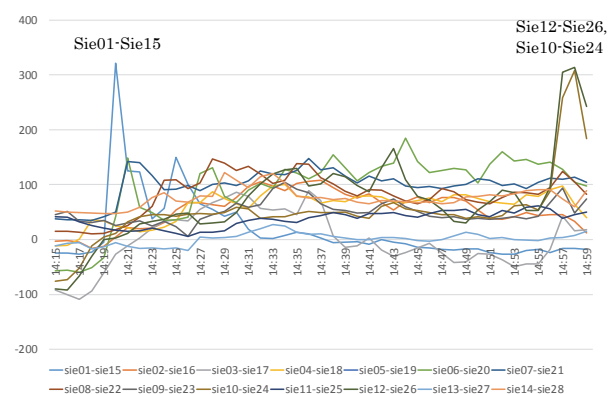


図 7 二酸化炭素濃度（ガイダンス時）

4.2 気温の分析結果

Sie01 から Sie28 の気温の平均値を、表 2 に示す。机上および棚の上は、すべて 20 度を上回っていた。一方、床上はすべて 20 度を下回っていた。春休みの間、i-room は建物全体が冷えきっていることが窺える。

表 2 気温（ガイダンス時）

	平均	最大	最小	標準偏差	平均値の差
Sie01	20.7	21.7	19.8	0.7	Sie01-Sie15 1.8
Sie02	20.6	21.7	19.6	0.7	Sie02-Sie16 1.8
Sie03	20.5	21.4	19.6	0.6	Sie03-Sie17 1.4
Sie04	20.8	21.9	19.8	0.7	Sie04-Sie18 1.0
Sie05	20.6	21.6	19.7	0.6	Sie05-Sie19 1.8
Sie06	21.1	22.3	19.9	0.8	Sie06-Sie20 2.4
Sie07	21.0	21.8	20.1	0.6	Sie07-Sie21 1.9
Sie08	21.2	22.2	20.6	0.5	Sie08-Sie22 2.4
Sie09	20.5	21.1	20.1	0.3	Sie09-Sie23 2.2
Sie10	21.0	21.9	20.0	0.7	Sie10-Sie24 2.5
Sie11	21.0	21.7	20.5	0.4	Sie11-Sie25 1.9
Sie12	20.8	21.9	19.7	0.7	Sie12-Sie26 2.6
Sie13	22.0	22.6	21.4	0.4	Sie13-Sie27 3.7
Sie14	22.2	23.1	21.1	0.6	Sie14-Sie28 3.1
Sie15	19.0	19.7	18.1	0.6	
Sie16	18.8	19.4	18.3	0.4	
Sie17	19.1	19.7	18.4	0.5	
Sie18	19.8	20.8	18.6	0.8	
Sie19	18.8	19.5	18.2	0.5	
Sie20	18.8	19.4	18.2	0.4	
Sie21	19.1	19.9	18.2	0.6	
Sie22	18.9	19.2	18.5	0.3	
Sie23	18.3	18.9	18.0	0.3	
Sie24	18.5	19.0	17.8	0.4	
Sie25	19.1	19.4	18.5	0.3	
Sie26	18.2	18.5	18.0	0.2	
Sie27	18.2	18.7	17.8	0.3	
Sie28	19.0	19.4	18.7	0.3	

高さの差が測定結果にどのように影響するのかを調べるために、机上もしくは棚に設置した Sie01～Sie14 の各々の平均値から、床上に設置した Sie15～Sie28 の平均値の差を求めた。Sie13-Sie27 が 3.7 度と最も大きな差になった。天井付近と床上では、大きな差があることが分かった。

気温について Sie01-Sie15, Sie02-Sie16, …, Sie14-Sie28 の時間的な変化を図 8 に示した。すべてにおいて、0 度を超えていた。

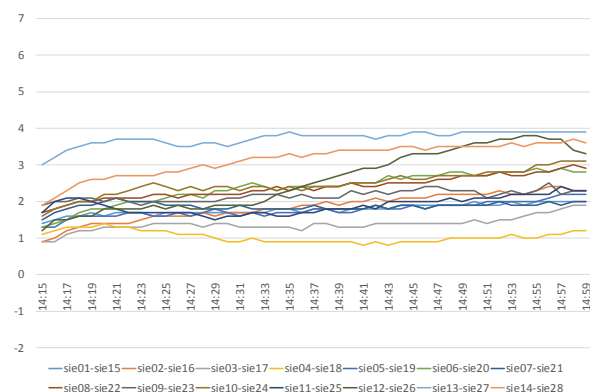


図 8 気温（ガイダンス時）

4.3 湿度の分析結果

Sie01 から Sie28 の湿度の平均値を、表 3 に示す。机上および棚の上は、すべて 40% 台であった。一方、床上は Sie18 を除き 50% 台であった。机上よりも床上の方が、湿度が高いことが分かった。

表 3 湿度（ガイダンス時）

	平均	最大	最小	標準偏差	平均値の差
Sie01	45.0	49.9	41.6	2.5	Sie01-Sie15 -5.6
Sie02	46.5	50.4	42.9	2.3	Sie02-Sie16 -5.6
Sie03	48.1	50.8	44.8	1.6	Sie03-Sie17 -3.7
Sie04	45.7	49.5	42.0	2.2	Sie04-Sie18 -2.0
Sie05	46.1	49.9	43.0	2.0	Sie05-Sie19 -5.8
Sie06	46.7	50.1	42.9	2.1	Sie06-Sie20 -6.1
Sie07	44.7	48.3	41.5	2.1	Sie07-Sie21 -5.9
Sie08	45.7	48.2	42.4	1.7	Sie08-Sie22 -6.7
Sie09	46.3	49.3	43.7	1.6	Sie09-Sie23 -8.6
Sie10	47.2	50.2	44.2	1.7	Sie10-Sie24 -6.9
Sie11	43.8	47.3	40.8	1.8	Sie11-Sie25 -6.6
Sie12	48.1	50.6	44.8	1.8	Sie12-Sie26 -6.3
Sie13	42.7	45.0	40.4	1.4	Sie13-Sie27 -12.3
Sie14	42.6	45.9	39.9	1.7	Sie14-Sie28 -9.0
Sie15	50.5	53.7	47.8	1.8	
Sie16	52.1	53.8	50.2	1.0	
Sie17	51.7	53.4	50.4	1.0	
Sie18	47.8	52.4	44.3	2.6	
Sie19	51.9	54.4	49.7	1.5	
Sie20	52.8	54.8	50.8	1.3	
Sie21	50.5	53.5	47.7	1.8	
Sie22	52.4	53.9	50.6	0.9	
Sie23	54.9	56.3	52.0	1.1	
Sie24	54.1	56.0	48.1	1.6	
Sie25	50.4	54.3	48.3	1.6	
Sie26	54.4	56.7	49.5	1.3	
Sie27	55.0	56.4	53.0	1.0	
Sie28	51.6	52.7	50.3	0.7	

机上もしくは棚に設置した Sie01～Sie14 の各々の平均値から、床上に設置した Sie15～Sie28 の平均値の差を求めた。Sie13-Sie27 が-12.3%と最も大きな差になった。天井付近は乾燥しており、床上は湿っていることが分かった。Sie01-Sie15, Sie02-Sie16, …, Sie14-Sie28 の時間的な変化を図 9 に示した。湿度の差は、0%を下回っていた。

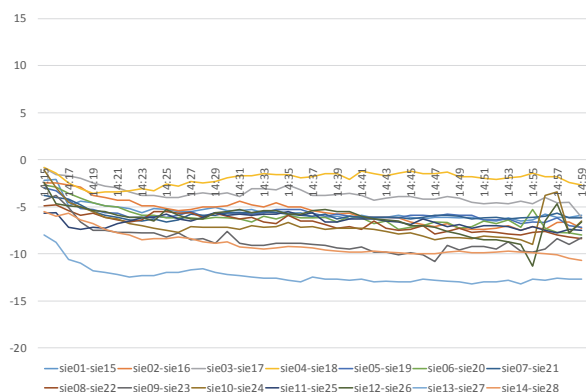


図 9 湿度（ガイダンス時）

5 中間試験時の測定結果

5.1 二酸化炭素濃度の分析結果

5 月 24 日(水)に中間試験を実施した。中間試験は、TA が 2 名、教員が 1 名で担当し、教室内の人数は約 65 名である。Sie01 から Sie28 の測定結果の平均値を、表 4 に示す。

表 4 二酸化炭素濃度（中間試験時）

	平均	最大	最小	標準偏差	平均値の差
Sie01	823.4	951.0	446.0	154.5	Sie01-Sie15 -50.7
Sie02	889.9	1178.0	465.0	178.5	Sie02-Sie16 11.4
Sie03	918.7	1080.0	483.0	191.4	Sie03-Sie17 -35.6
Sie04	825.7	982.0	448.0	150.6	Sie04-Sie18 9.9
Sie05	870.4	999.0	455.0	171.2	Sie05-Sie19 3.5
Sie06	899.6	1049.0	493.0	173.0	Sie06-Sie20 21.8
Sie07	861.2	999.0	509.0	151.4	Sie07-Sie21 28.8
Sie08	899.6	1064.0	540.0	159.4	Sie08-Sie22 24.5
Sie09	885.8	1121.0	489.0	168.2	Sie09-Sie23 49.5
Sie10	911.7	1064.0	488.0	191.2	Sie10-Sie24 -7.8
Sie11	826.4	966.0	478.0	148.1	Sie11-Sie25 24.9
Sie12	870.8	1021.0	481.0	176.0	Sie12-Sie26 -23.1
Sie13	754.5	882.0	441.0	133.9	Sie13-Sie27 -55.8
Sie14	788.8	961.0	462.0	143.8	Sie14-Sie28 24.5
Sie15	874.2	1023.0	477.0	166.2	
Sie16	878.5	1018.0	472.0	172.4	
Sie17	954.3	1105.0	521.0	191.6	
Sie18	815.8	955.0	449.0	151.3	
Sie19	866.9	995.0	470.0	168.6	
Sie20	877.8	1032.0	500.0	164.6	
Sie21	832.4	977.0	465.0	157.5	
Sie22	875.1	1018.0	499.0	167.2	
Sie23	836.3	980.0	464.0	154.0	
Sie24	919.5	1071.0	489.0	192.7	
Sie25	801.5	928.0	449.0	146.0	
Sie26	893.9	1055.0	490.0	183.1	
Sie27	810.3	947.0	465.0	143.9	
Sie28	764.2	923.0	424.0	148.7	

Sie13 は、二酸化炭素濃度が最も低くなっていた。このことから、天井付近は二酸化炭素濃度が低いことがうかがえる。平均値の差が負になるのは、Sie01-Sie15, Sie03-Sie17, Sie10-Sie24, Sie12-Sie26, Sie13-Sie17 の 5 つとなった。ガイダンス時には見られなかった結果である。湿度について Sie01-Sie15, Sie02-Sie16, …, Sie14-Sie28 の時間的な変化を図 10 に示した。場所によって、机上が高かったり、床上が高かったり乱れている。

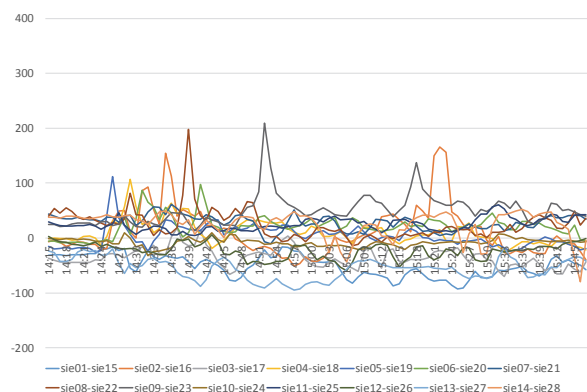


図 10 二酸化炭素濃度（中間試験時）

5.2 気温の分析結果

Sie01 から Sie28 の測定結果の平均値を、表 5 に示す。机上や棚、床上を含め、ガイダンス時と比較してかなり高くなっていることが窺がえる。床上は、27 度を下回っている。

表 5 気温（中間試験時）

	平均	最大	最小	標準偏差	平均値の差
Sie01	25.9	26.8	24.5	0.47	Sie01-Sie15 -0.6
Sie02	27.1	27.6	26.4	0.39	Sie02-Sie16 0.9
Sie03	26.7	27.7	25.5	0.61	Sie03-Sie17 0.0
Sie04	27.5	28.0	26.8	0.40	Sie04-Sie18 0.7
Sie05	27.7	28.1	26.9	0.44	Sie05-Sie19 1.2
Sie06	27.2	27.5	26.5	0.32	Sie06-Sie20 0.5
Sie07	26.7	27.4	25.8	0.45	Sie07-Sie21 0.0
Sie08	27.2	27.5	26.9	0.16	Sie08-Sie22 0.6
Sie09	26.6	26.9	26.3	0.21	Sie09-Sie23 -0.1
Sie10	27.4	27.6	27.0	0.19	Sie10-Sie24 0.8
Sie11	27.5	27.7	27.2	0.13	Sie11-Sie25 0.9
Sie12	26.7	26.9	26.2	0.20	Sie12-Sie26 0.5
Sie13	28.6	28.9	28.0	0.22	Sie13-Sie27 1.9
Sie14	31.7	33.4	29.4	1.16	Sie14-Sie28 4.9
Sie15	26.5	27.1	25.7	0.38	
Sie16	26.2	26.5	25.5	0.31	
Sie17	26.7	27.2	25.9	0.43	
Sie18	26.7	27.1	26.1	0.32	
Sie19	26.4	26.8	25.8	0.31	
Sie20	26.7	26.8	26.5	0.10	
Sie21	26.8	27.0	26.5	0.15	
Sie22	26.6	26.8	26.2	0.15	
Sie23	26.8	26.9	26.5	0.12	
Sie24	26.6	26.8	26.3	0.15	
Sie25	26.6	26.8	26.1	0.16	
Sie26	26.2	26.6	25.7	0.25	
Sie27	26.7	26.8	26.2	0.15	
Sie28	26.8	27.0	26.3	0.16	

Sie13 は天井に近い場所に設置し、28.6 度とかなり暑いことが分かった。天井の断熱効果が乏しいことが窺える。Sie14 は、西日が当たる窓近くに設置し、31.7 度になった。平均気温の机上と床上の差は、Sie01-Sie15 と Sie09-Sie23 を除いて、机上の方が高いことが分かった。Sie01 と Sie09 は、入口に近く、廊下から教室に向かって空気の流れが発生しているようで、この影響が考えられる。

Sie01-Sie15, Sie02-Sie16, …, Sie14-Sie28 の時間的な変化を図 11 に示した。Sie14-Sie28 は、7 度近くまで上昇し、夕方にかけて減少を続けた。Sie14-Sie28 を除き、±2 度程度の範囲に入っていることが分かった。気温の 2 度の差は、経験的に大きな値であると考えている。

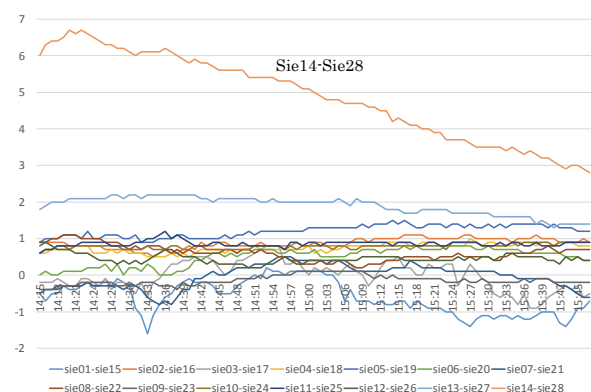


図 11 気温（中間試験時）

表 6 湿度（中間試験時）

	平均	最大	最小	標準偏差	平均値の差
Sie01	47.5	52.0	46.1	1.4	Sie01-Sie15 1.2
Sie02	45.5	49.8	43.1	1.6	Sie02-Sie16 -1.7
Sie03	46.1	48.4	43.6	1.2	Sie03-Sie17 0.5
Sie04	44.2	47.9	42.1	1.5	Sie04-Sie18 -1.2
Sie05	43.1	46.8	41.2	1.4	Sie05-Sie19 -3.0
Sie06	44.7	48.7	43.2	1.3	Sie06-Sie20 -0.6
Sie07	45.1	49.3	43.4	1.3	Sie07-Sie21 -0.6
Sie08	45.1	48.9	42.1	1.6	Sie08-Sie22 -1.0
Sie09	46.0	49.2	44.1	1.4	Sie09-Sie23 -0.5
Sie10	44.0	47.7	42.1	1.4	Sie10-Sie24 -2.1
Sie11	43.5	46.6	41.9	1.3	Sie11-Sie25 -2.7
Sie12	45.9	49.5	43.2	1.4	Sie12-Sie26 -1.7
Sie13	40.9	43.7	38.9	1.1	Sie13-Sie27 -5.5
Sie14	34.5	38.0	30.4	2.2	Sie14-Sie28 -11.0
Sie15	46.3	50.3	44.2	1.6	
Sie16	47.2	51.3	45.2	1.4	
Sie17	45.6	48.8	43.4	1.5	
Sie18	45.5	49.1	43.5	1.5	
Sie19	46.1	49.9	44.0	1.3	
Sie20	45.3	48.8	43.3	1.3	
Sie21	45.8	48.9	43.4	1.3	
Sie22	46.1	49.5	43.6	1.3	
Sie23	46.5	49.5	44.4	1.4	
Sie24	46.1	49.3	43.6	1.4	
Sie25	46.2	50.2	44.0	1.5	
Sie26	47.5	50.8	45.8	1.2	
Sie27	46.4	50.3	44.2	1.5	
Sie28	45.5	49.3	43.2	1.4	

5.3 湿度の分析結果

Sie01 から Sie28 の湿度の測定結果の平均値を、表 6 に示す。Sie14 を除き、40%台であった。Sie14 は窓際に設置したため、隙間風の影響が考えられる。平均値の差に着目すると、Sie01-Sie15 と Sie03-Sie17 は、机上の方がわずかに高かった。

Sie01-Sie15, Sie02-Sie16, …, Sie14-Sie28 の時間的な変化を図 12 に示した。Sie14-Sie28 は、-15%近くまで低下し、夕方にかけて増加を続けた。Sie14-Sie28 と Sie13-Sie27 を除き、±5%程度の範囲に入っていることが分かった。

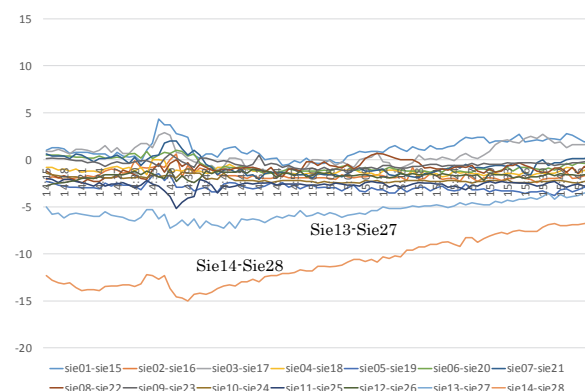


図 12 湿度（中間試験時）

6 期末試験時の測定結果

6.1 二酸化炭素濃度の分析結果

7 月 10 日(月)に期末試験を実施した。TA1 名、教員 1 名で担当し、教室内の人数は約 65 名である。Sie01 から Sie28 の測定結果の平均値を、表 7 に示す。Sie17 は、二酸化炭素濃度が最も高くなった。平均値の差が最も大きいのは Sie10-Sie24 の 90.7ppm であった。

平均値の差が負になるのは、7 つに増えた。中間試験時よりも 2 つ増え、二酸化炭素濃度の高い空気が教室内の床を含めて、広がっていることが窺える。夏の時期は、室温が上昇する。ガイダンス時や中間試験時と比較して、床上の二酸化炭素濃度は、机上よりも高い値を示す場所が増えている。室温の上昇によって、呼気が高い場所へ移動するのが抑えられ、床上から机上にかけて、二酸化炭素が溜まっていることが考えられる。

Sie01-Sie15, Sie02-Sie16, …, Sie14-Sie28 の時間的な変化を図 13 に示した。Sie10-Sie24 は、14:55 頃から急激に上昇し、Sie12-Sie26 これに 5 分ほど遅れて 15:00 頃から急激に上昇した。15:25 頃には、両方共に急激に下降した。Sie10 および

Sie12 付近に二酸化炭素濃度の高い空気が溜まったことが考えられる。原因は、空調の気流の影響が大きいと考えている。15:25 頃から急激に低下した理由は、解答が完了し、教室から退出する受講者が増えたことによる影響である。

表 7 二酸化炭素濃度（期末試験時）

	平均	最大	最小	標準偏差	平均値の差
Sie01	900.7	1096.0	445.0	182.8	Sie01-Sie15 -46.0
Sie02	946.9	1209.0	455.0	201.8	Sie02-Sie16 -25.9
Sie03	961.3	1170.0	459.0	199.1	Sie03-Sie17 -77.3
Sie04	880.6	1065.0	458.0	165.9	Sie04-Sie18 -5.7
Sie05	940.6	1155.0	451.0	197.7	Sie05-Sie19 9.7
Sie06	978.8	1226.0	477.0	198.2	Sie06-Sie20 21.9
Sie07	900.4	1063.0	513.0	156.1	Sie07-Sie21 11.9
Sie08	932.5	1130.0	468.0	188.2	Sie08-Sie22 -22.3
Sie09	927.3	1124.0	445.0	190.7	Sie09-Sie23 -20.1
Sie10	958.4	1215.0	453.0	202.3	Sie10-Sie24 90.7
Sie11	895.4	1063.0	497.0	161.2	Sie11-Sie25 23.8
Sie12	930.4	1122.0	460.0	186.9	Sie12-Sie26 33.4
Sie13	882.6	1064.0	480.0	168.4	Sie13-Sie27 -15.0
Sie14	913.4	1106.0	469.0	183.0	Sie14-Sie28 54.3
Sie15	946.7	1160.0	479.0	190.7	
Sie16	972.7	1179.0	492.0	194.4	
Sie17	1038.7	1251.0	519.0	210.1	
Sie18	886.2	1075.0	452.0	174.7	
Sie19	930.9	1126.0	470.0	186.5	
Sie20	956.9	1148.0	488.0	188.4	
Sie21	888.6	1054.0	484.0	165.1	
Sie22	954.8	1152.0	490.0	188.8	
Sie23	947.4	1152.0	466.0	193.5	
Sie24	867.8	1172.0	478.0	166.5	
Sie25	871.6	1045.0	461.0	160.4	
Sie26	897.0	1157.0	477.0	167.1	
Sie27	897.6	1071.0	493.0	162.8	
Sie28	859.1	1048.0	430.0	176.7	

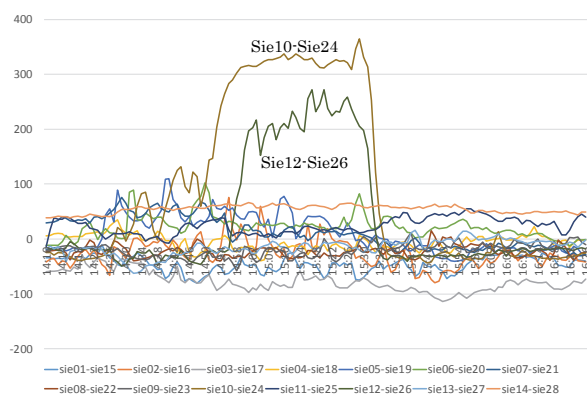


図 13 二酸化炭素濃度（期末試験時）

6.2 気温の分析結果

Sie01 から Sie28 の測定結果の平均値を、表 8 に示す。机上や棚、床上を含め、30 度近くまで上昇している。空調の冷房能力を超えていることが窺える。特に Sie14 は、西日が当たる窓近くに設置しており、33.5 度になった。また Sie13 は 32.0 度となっており、2 階建ての天井付近は、かなり暑いことが示された。呼気と気温の差が縮ま

ることで、呼気が高いところへ上昇することが抑えられていると考えられる。

平均気温の机上と床上の差は、Sie01-Sie15, Sie02-Sie26, Sie07-Sie21～Sie09-Sie23 は負の値になり、床上の方が暑かった。これら以外は、机上の方が暑かった。平均気温の差は Sie13-Sie27 と Sie14-Sie28 を除いて、1 度未満の差になった。

表 8 気温（期末試験時）

	平均	最大	最小	標準偏差	平均値の差
Sie01	29.5	29.9	28.6	0.4	Sie01-Sie15 -0.4
Sie02	29.9	30.4	28.9	0.4	Sie02-Sie16 -0.1
Sie03	29.9	30.5	28.4	0.5	Sie03-Sie17 0.0
Sie04	30.2	30.6	29.1	0.4	Sie04-Sie18 0.6
Sie05	30.5	31.1	29.1	0.6	Sie05-Sie19 0.5
Sie06	30.3	30.9	29.0	0.5	Sie06-Sie20 0.4
Sie07	29.7	30.2	28.6	0.5	Sie07-Sie21 -0.3
Sie08	30.0	30.6	28.6	0.5	Sie08-Sie22 -0.4
Sie09	29.8	30.2	29.0	0.4	Sie09-Sie23 -0.4
Sie10	30.0	30.4	28.9	0.4	Sie10-Sie24 0.7
Sie11	30.7	31.0	29.9	0.3	Sie11-Sie25 0.2
Sie12	29.2	29.6	28.3	0.3	Sie12-Sie26 0.2
Sie13	32.0	32.6	30.5	0.5	Sie13-Sie27 2.0
Sie14	33.5	34.0	32.6	0.4	Sie14-Sie28 2.7
Sie15	29.9	30.2	29.0	0.3	
Sie16	30.0	30.3	29.7	0.1	
Sie17	29.9	30.3	29.1	0.4	
Sie18	29.6	29.9	28.6	0.3	
Sie19	29.9	30.3	29.0	0.4	
Sie20	29.9	30.2	29.0	0.3	
Sie21	30.0	30.4	29.3	0.3	
Sie22	30.3	30.7	29.2	0.4	
Sie23	30.2	30.4	29.7	0.2	
Sie24	29.3	29.5	28.7	0.2	
Sie25	30.5	30.8	29.9	0.2	
Sie26	29.0	29.7	27.7	0.6	
Sie27	30.0	30.4	29.5	0.3	
Sie28	30.8	31.1	30.1	0.3	

Sie01-Sie15, Sie02-Sie16, …, Sie14-Sie28 の時間的な変化を図 14 に示した。Sie12-Sie26 は 15:06 辺りから 15:30 頃にかけて 2 度近い差となり、Sie12 付近に暑い空気が溜まったことが窺える。Sie13-Sie27, Sie14-Sie28, Sie12-Sie26 を除いて、±1 度の範囲に入っていることが分かった。

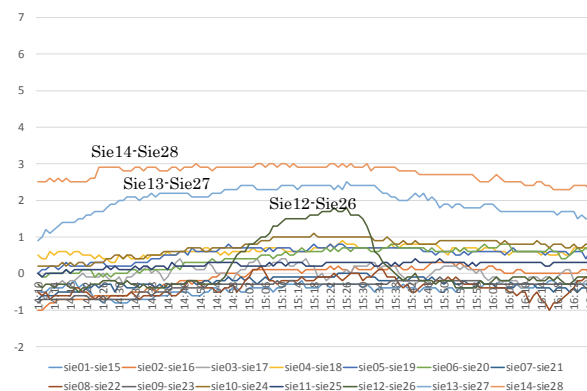


図 14 気温（期末試験時）

6.3 湿度の分析結果

Sie01 から Sie28 の湿度の平均値を、表 9 に示す。Sie13 と Sie14 を除いて、40%台であった。Sie14 は窓際に設置したため、隙間風の影響で低くなっていることが考えられる。平均値の差に着目すると、Sie12-Sie26 が、3.3%と机上の方が最も高くなった。Sie12 辺りに湿気が溜まっている。

表 9 湿度（期末試験時）

	平均	最大	最小	標準偏差	平均値の差
Sie01	47.1	48.5	44.8	1.0	Sie01-Sie15 1.0
Sie02	46.1	47.7	44.3	1.1	Sie02-Sie16 0.5
Sie03	45.6	47.3	44.2	0.9	Sie03-Sie17 0.3
Sie04	45.7	47.8	44.0	0.9	Sie04-Sie18 -1.1
Sie05	44.6	46.8	42.6	1.1	Sie05-Sie19 -1.0
Sie06	44.9	46.4	43.1	0.9	Sie06-Sie20 -0.8
Sie07	45.2	47.2	43.8	0.8	Sie07-Sie21 0.0
Sie08	45.6	47.9	43.8	0.9	Sie08-Sie22 -0.5
Sie09	45.8	47.2	42.8	1.0	Sie09-Sie23 -0.1
Sie10	45.4	47.0	43.0	1.0	Sie10-Sie24 1.1
Sie11	43.5	44.9	41.3	0.9	Sie11-Sie25 -0.7
Sie12	47.2	49.0	44.9	0.8	Sie12-Sie26 3.3
Sie13	39.5	40.8	38.6	0.6	Sie13-Sie27 -5.2
Sie14	37.2	38.5	35.9	0.5	Sie14-Sie28 -6.2
Sie15	46.1	47.7	42.9	1.1	
Sie16	45.6	47.1	40.9	1.3	
Sie17	45.4	47.2	42.2	1.2	
Sie18	46.8	48.4	44.6	1.0	
Sie19	45.6	46.9	43.3	0.8	
Sie20	45.6	46.8	43.3	0.7	
Sie21	45.2	47.1	43.0	1.0	
Sie22	46.1	47.4	43.3	1.1	
Sie23	45.9	47.4	42.1	1.1	
Sie24	44.3	47.8	37.7	2.8	
Sie25	44.2	46.1	41.4	1.0	
Sie26	43.9	49.7	35.6	4.8	
Sie27	44.7	46.8	42.3	1.1	
Sie28	43.4	45.3	41.3	0.9	

Sie01-Sie15, Sie02-Sie16, …, Sie14-Sie28 の時間的な変化を図 15 に示した。気温と同様に 14:50 頃, Sie10-Sie24 と Sie12-Sie26 が急激に上昇し, 15:30 頃, 急激に下降した。試験開始後, 空調の除湿能力を超え, 退出者によって除湿能力が回復したことを示している。

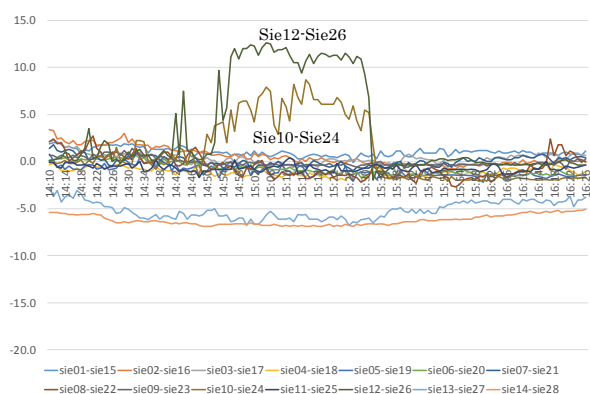


図 15 湿度（期末試験時）

7 まとめ

2017 年前期に開講したコンピュータプログラミング B の授業を対象に, ガイダンス, 中間試験, 期末試験時の空気の分析を行った。ガイダンスを行った春の時期は, 教室自体が冷えており, 教室内の室温も低く, 教室に居る人たちの呼吸は, 教室の高い方へ移動していることが分かった。中間試験を実施した, 梅雨入り前の時期は, 教室内の気温はガイダンス時よりも高くなり, 呼吸は上昇を抑えられ, 床下の二酸化炭素濃度が高い場所が出るようになった。さらに期末試験を実施した夏では, 教室内の気温は 30 度を超える状況となり, 呼吸は一層上昇を抑えられ, 机上, 床上を含め, 広く溜まっていることが分かった。

二酸化炭素濃度を低下させるには, 換気が一番効果的である。室温に注意しながら, 教室のどの部分の空気を換気すれば良いかは, 季節の変化に応じて教室内の気温にも注意する必要があることがわかった。今後は, 夏から冬にかけて, 季節の変化に対して教室の空気がどのように変化するのかを分析する予定である。さらに, 測定対象となる教室を増やし, 教室の形状, 空調の設置状況を考慮しながら測定を続け, 二酸化炭素濃度の低下が, 受講者のモチベーションの向上に繋がることを示していきたい。

本研究の一部は, 科学研究費補助金(基盤研究(C)課題番号 15K01090)として行っている。

参考文献

- [1] 田中 雅章, 神田 あづさ, 大森 晃, 松尾 徳朗, 加藤 成明, 演習室のない情報処理演習の運営, PC カンファレンス講演論文集, pp.189-190, 2016
- [2] <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-ei-sei10/>, 建築物環境衛生管理基準, 厚生労働省, 2017 年 10 月 2 日 21:00 閲覧。
- [3] 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, 年次大会講演会講演論文集, 3F3-1, 2016
- [4] 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, 第 79 回全国大会講演論文集(4), pp.427-428, 2017
- [5] 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, pp.421-476, 2017