

授業において発言を促進する音環境生成システム

関根 凜^{1,a)} 鈴木 華保² 江木 啓訓^{1,b)}

概要：学習意欲の向上には、学習者同士での活発な発言が重要である。しかし、教室が静かなため、学習者が発言しづらい場面がある。これに対して、我々は会話雑音の再生により発言を促す音環境を維持するシステムを提案している。本研究では、理工系大学の1年生を対象としたプログラミング演習の授業においてシステムを運用し、実際に会話雑音の再生と停止を行った。会話雑音の再生と停止の制御は、我々が事前に行った調査に基づいて設定した条件をもとに行った。システムの運用から、会話雑音の再生と停止の回数や再生時間などの結果が得られた。しかし、設定した条件について、再生と停止の制御を行うための判定区間が短かったため、システムが再生と停止を交互に繰り返してしまうなどの問題点が見られた。これを解消するために、会話雑音再生の条件を約1秒に1度閾値の判定を行い、約10秒間で閾値を超えた回数が6回以上の場合に修正した。システムの運用で既に得られたデータを対象として、修正後の条件の妥当性を評価した。

1. はじめに

学習者同士で発言が活発に行われることは、学習者の理解度と学習意欲を向上させる上で重要と考えられる [1]。しかし、教室が静かな場合など、学習者が発言しづらいと考えられる状況が考えられる。静かさと発言の抑制に関する研究として、辻村らによる研究 [2] がある。これは、複数音声で構成された内容の理解が難しい会話雑音を環境音として用い、会話雑音が「会議のしやすさ」に及ぼす影響を調べている。「静かさ」の評価が高くなりすぎると、「会議のしやすさ」に寄与する「会話のしやすさ」が低下している。また、畑中による研究 [3] では、発言の抑制行動に至る意思決定に影響する意識内容の一つとして、「否定的結果」を挙げている。「否定的結果」の項目の例として、「相手の気分を害してしまうのではないか」、「その場の雰囲気が悪くなるかどうかを考える」などがある。このことから、学習者が教室の静寂を破って発言することに対して、そのような否定的な結果を懸念してしまい、発言が抑制されてしまうと考えられる。特にグループワークのような場面において、学生が発言しないことは無機能化やパフォーマンスの低下を引き起こし、学習活動が失敗となる可能性がある [4]。

このように、学習者の積極的な発言が望まれており、学習者が自由に発言できる状況にあるにも関わらず、教室

の音環境を原因として、教え合いや学び合いの機会を失ってしまう、または話し合いに取り掛かるまでの時間が長くなってしまふなどの場合が考えられる。我々はこれが教室内の音環境に起因するものと考えて、学習者の発言の敷居を下げることを目的としたシステムの研究を行ってきた [5]。このシステムは、計測したその場の音量に応じて会話雑音をスピーカーで再生し、教室を発言を促す音環境に維持するものである。本研究では、理工系大学の1年生を対象としたプログラミング演習の授業においてシステムを運用し、実際に会話雑音の再生と停止を行った。会話雑音の再生と停止の制御は、我々が事前に行った調査に基づいて設定した条件をもとに行った。

2. 関連研究

横山らによる公共空間における音環境の評価についての研究 [6] は、空港や商店街などの公共空間を測定対象として、複数の種類の音声が混合した音環境の喧騒感に対する主観的評価を行っている。実験室において、非作業時の被験者は約 58dB では「それほど喧騒感を感じない」、約 63dB 以上では「喧騒感が感じられる」と判定している。被験者が実験者と対面して会話している時は、約 56dB では「まったくじゃまにならない」、約 62dB 以上で「じゃまになる」と判定している。この研究では、実験者との会話を被験者にタスクとして課している。この結果から、教室の音環境が約 62dB 以上となることは、学習者同士の会話を妨げるため好ましくないと考えられる。

藤井らによる研究 [7] は、人間の話し声のような有意味外

¹ 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻

² 電気通信大学 情報理工学部 総合情報学科

^{a)} r.sekine@uec.ac.jp

^{b)} hiro.egi@uec.ac.jp

来雑音は、加算演算作業や音声聴取作業などの単純作業者に悪影響を及ぼすとしている。被験者の主観的判断による外来雑音に対するうるささの心理的印象では、ピンクノイズのような無意味外来雑音よりも有意味外来雑音の方がうるさく感じる傾向がみられたとしている。教室における学習者の活動は単純作業や創造的な作業が含まれる、複合的な作業であると考えられる。したがって、本システムで使用する音声の種類として、単純作業により悪影響を及ぼすと考えられる有意味外来雑音の使用は避けるべきである。

辻村らによる研究 [2] では、複数人による知的創造活動を行う会議に及ぼす室内音環境の影響について調査した。小会議室内において会話雑音を再生し、被験者による主観的評価を行なった。その結果、会話のしやすさは会議のしやすさに影響しており、静かさの評価が高いと会話のしやすさの評価が低下するという傾向があった。45dB から 50dB の間の音環境では静かな印象を保ちつつ、活気のある雰囲気を生み出すとしている。この研究で使用された会話雑音は「話の内容は理解できない複数の音声雑音」であり、これは無意味外来雑音に近いと考えられる。また、知識創造活動は教室における学習者の活動の一つであると考えられる。したがって、本システムに使用する音声として、無意味外来雑音に近い会話雑音を選択した。

3. システム概要

提案のシステム概要を図 1 に示す。

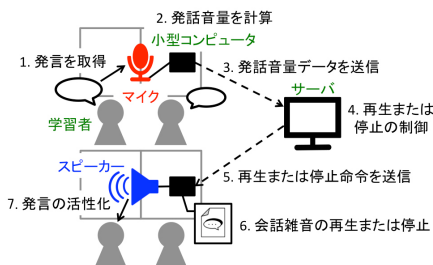


図 1 提案システムの概要

教室の音環境をセンシングし、発言を促すと考えられる一定の音量を維持する。本システムは指向性マイク (SANWA SUPPLY 製ヘッドセット MM-HSUSB13BKN)、スピーカー (Creative 製ポータブルスピーカー Creative Metalix)、シングルボードコンピュータ (Raspberry Pi 3B)、サーバからなる。また、シングルボードコンピュータの電源供給はモバイルバッテリー (3000mAh) を用いる。以下、マイクとシングルボードコンピュータの組み合わせを本システムの録音機器、スピーカーとシングルボードコンピュータの組み合わせを本システムの再生機器とする。教室に設置した録音機器を図 2 に、再生機器を図 3 にそれぞれ示す。

本システムの録音機器と再生機器は 1 対 1 で通信を行う。録音機器のマイクによって周辺の音量を計測し、単位



図 2 教室に設置した録音機器



図 3 教室に設置した再生機器

時間あたりの平均音量が下限値未満の場合に録音された音声を再生機器のスピーカーで再生し、上限値を超える場合に再生を停止する。

マイクでの入力音量が必ずしも、学生同士の会話によるものとは限らないと考えられる。音量には会話のほか、実習授業であれば作業音などを含めて判定する。作業音は、例えば、コンピュータの打鍵音、機器の動作音、材料や部品の衝突音などが挙げられる。学生の会話音声ではないが、これらの作業音も学習の活発さを示す指標になると考えられる。そのため、作業音と会話音声との分離を行わず、そのまま判定対象とした。再生に使用する音声は、その教室の過去の授業の音声とした。なお、その教室の過去の音声の取得方法は、運用する授業回の前の回に、本システムの録音機器によって録音を行った。

本システムの録音機器の取得音声を、以下の式 (1) によって音圧レベル L に変換した。なお、式 (1) の x は取得音声の 1 チャンクの平均値である。第 2 項は、予備実験において普通騒音計 (マザーツール製 SL-4023SD) を用いて実測した音圧レベルとのすり合わせを行った結果による値である。

$$L = 20 \log 10x + 11 \quad (1)$$

4. 実験

本研究では、理工系大学の 1 年生を対象としたプログラ

ミング演習の授業においてシステムの運用実験を行った。1回の授業において、教室内に本システムの録音機器および再生機器をそれぞれ12台設置して運用を行った。教室内の機器の配置を図5に示す。なお、会話雑音の再生と停止の制御を行う条件として、閾値となる音圧レベルを60dBに設定した。再生に使用した音声は、実験を行った授業回の前の回の演習時の音声である。実験時の教室の様子を図4に示す。



図 4 教室の様子

5. 結果と考察

本システムの録音機器および再生機器を配置した教室のレイアウトを図5に示す。図5のアルファベットはシステムの録音機器、番号は再生機器、黒丸は学生の着席状況を表す。

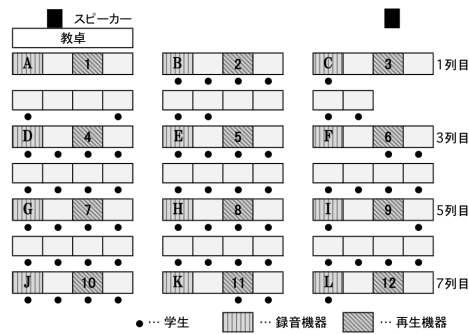


図 5 教室のレイアウト

実験を行った授業の演習時間における会話雑音の再生時間を表1に示す。表1の再生機器7は再生機器、再生機器10は録音機器の不調のため正確なデータが得られなかった。

表1より、システムによる会話雑音の再生時間は最短で6.0秒、平均は15.5秒であった。全ての再生機器の最短再生時間が6.0秒となっている。これは、システムが会話雑音の再生および停止を行う際、それぞれ約6秒間のフェードインまたはフェードアウトを行うためである。本システ

表 1 会話雑音の再生時間

再生機器	最長再生時間 (秒)	最短再生時間 (秒)	平均 (秒)
1	51.0	6.0	11.5
2	74.6	6.0	12.2
3	23.4	6.0	7.8
4	92.1	6.0	12.6
5	23.6	6.0	7.9
6	276.7	6.0	35.6
7	-	-	-
8	45.1	6.0	9.3
9	74.5	6.0	15.0
10	-	-	-
11	161.9	6.0	25.5
12	119.8	6.0	17.4
平均	94.3	6.0	15.5

ムの会話雑音の再生と停止の制御を行う条件として、閾値となる音圧レベルを60dBに設定した。

実験結果より、会話雑音の再生時間は細切れになっていたことがわかった。また、会話雑音の再生時間にはばらつきがあるが、これは教室内の音環境が均一ではないためであり、これまでの研究からも明らかになっていた[5]。

実験を行ったプログラミング演習の授業では、学生同士の会話だけでなく、咳払いやキーボードの操作音、その他の物音等の音が発生する。このため、再生と停止の制御を前述の条件で行うと、咳払いなどによる突発的な音圧レベルの変動を録音機器が音声として測定してしまう。算出された音圧レベルが60dB以上になった場合、会話雑音を停止した直後に再度再生を開始するという状況が発生する。

頻繁に音環境が変化することは、学習者の注意の妨げになる可能性がある。前述した問題を回避するために、会話雑音の再生と停止の条件を修正する必要がある。そこで、会話雑音停止の条件を約1秒に1度閾値の判定を行い、約10秒間で閾値以上になった回数が6回以上とする。判定回数が6回を下回った場合は会話雑音を再生する。この条件に、本実験で得られた録音機器が算出した音圧レベルと、その時点のタイムスタンプのデータを当てはめる。修正後の条件に基づいて計算した判定回数を図6に示す。図6の上部が再生機器5、下部が再生機器11の結果である。また、各機器について修正後の条件に基づいて計算した判定回数の平均値、中央値、最頻値を表2に示す。

図5より、録音機器E（再生機器5と対応）の周囲の学生の着席状況は密、対して録音機器K（再生機器11と対応）の周囲の着席状況は疎であると言える。図6、表2より、修正後の条件である、判定回数が6回以上となったときに会話雑音を再生した場合、再生機器5では変動する周囲の音圧レベルに応じて会話雑音の再生と停止を行う。一方、再生機器11では判定回数が6回を下回ることが多いため、会話雑音の再生時間が長くなる。このことから、機

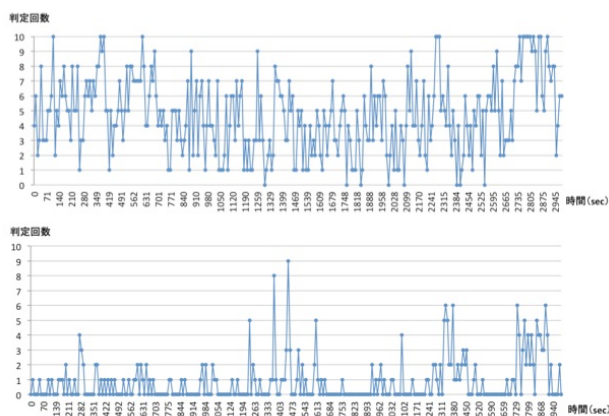


図 6 修正後の条件に基づく判定回数 (再生機器 5・11)

表 2 修正後の条件に基づく判定回数の平均値

再生機器	平均値	中央値	最頻値
1	2.3	2.0	0.0
2	2.3	2.0	0.0
3	5.0	5.0	5.0
4	1.8	1.0	0.0
5	4.7	5.0	5.0
6	0.6	0.0	0.0
7	-	-	-
8	3.5	3.0	2.0
9	1.4	1.0	0.0
10	-	-	-
11	0.8	0.0	0.0
12	1.1	1.0	0.0

器周囲の着席状況によって会話雑音停止の条件を変えることが考えられる。例えば、判定回数の閾値を 6 回以上と固定するのではなく、着席状況が疎の場合は 4 回に引き下げるなどなどが挙げられる。これによって、着席状況が疎の場合に、会話雑音が再生され続けることを避ける事ができる。しかし、教室全体の音環境を維持するという観点においては、修正後の条件である、判定回数の閾値を固定する条件の方がより適していると考えられる。

表 1、図 6、表 2 より、修正後の条件に基づく判定回数は修正前の条件と比較して少なくなったことがわかった。修正後の条件では、約 10 秒間の音圧レベルから判定を行うため、修正前では対応が困難であった、咳払いなどによる突発的な音圧レベルの変動にも対応できると考えられる。

6. おわりに

本研究では、過去の教室内で録音した会話雑音をスピーカーで再生し、教室内を発言を促す音環境に維持するシステムを開発した。これにより、学習者の発言の敷居を下げ、学習者の質問や議論を活性化することを目的とした。

理工系大学の 1 年生を対象としたプログラミング演習の授業においてシステムを運用し、実際に会話雑音の再生と

停止を行った。会話雑音の再生と停止の制御は、我々が事前に行った調査に基づいて設定した条件をもとに行った。

その結果、システムの運用から、会話雑音の再生と停止の回数や再生時間などの結果が得られた。しかし、設定した条件について、再生と停止の制御を行うための判定区間が短かったため、システムが再生と停止を交互に繰り返してしまうなどの問題点が見られた。これを解消するために、会話雑音再生の条件を約 1 秒に 1 度閾値の判定を行い、約 10 秒間で閾値を超えた回数が 6 回以上の場合に修正した。システムの運用で既に得られたデータを用いて、修正後の条件の妥当性を調べた。その結果、修正後の条件において、機器周囲の着席状況によって会話雑音が再生され続ける個体性があることがわかった。このことから、機器周囲の着席状況によって、判定回数の閾値を変えることが考えられる。しかし、教室全体の音環境を維持する観点においては、閾値が一定の条件を採用することが妥当であると考えられる。

今後の課題として、本システムに新規条件を適用した実験を行うこと、学習者の会話雑音の再生による影響の調査等が挙げられる。

参考文献

- [1] 高木正則, 田中充, 勅使河原可海. 学生による問題作成およびその相互評価を可能とする協調学習型 WBT システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 3, pp. 1532-1545, 2007.
- [2] 辻村壮平, 秋田剛, 小島隆矢, 佐野奈緒子. 複数人による知識創造活動を行う会議に及ぼす室内音環境の影響. 日本建築学会環境系論文集, Vol. 80, No. 711, pp. 397-405, 2015.
- [3] 畑中美穂. 発言抑制行動に至る意思決定過程: 発言抑制行動決定時の意識内容に基づく検討. 社会心理学研究, Vol. 21, No. 3, pp. 187-200, 2006.
- [4] アクティブラーニング失敗事例ハンドブック～産業界ニーズ事業・成果報告～(中部地域大学グループ・東海 A チーム). <https://www.nucba.ac.jp/archives/151/201507/ALshippaiJireiHandBook.pdf> (閲覧日:2018 年 2 月 2 日).
- [5] 関根凜, 浅井康貴, 江木啓訓. 教室における発言促進のための音環境生成システムの基礎評価. マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2018) シンポジウム論文集, pp. 637-742, 2018.
- [6] 横山栄, 橘秀樹. 公共空間における音環境の評価. 騒音制御, Vol. 30, No. 6, pp. 477-481, 2006.
- [7] 藤井健生, 山口静雄, 佐伯徹郎. 有意味・無意味外来雑音が単純精神作業者に及ぼす影響. 人間工学, Vol. 38, No. 1, pp. 63-68, 2002.