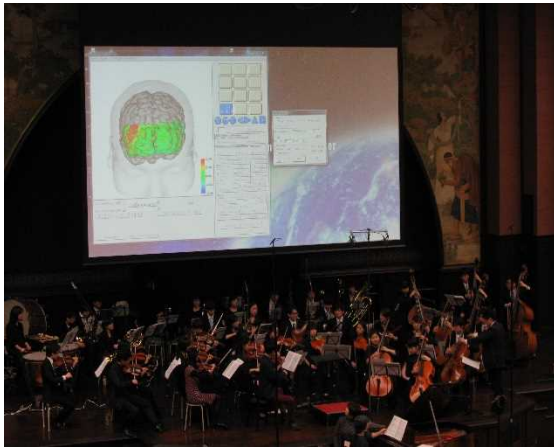


平成28年度
ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI
(研究成果の社会還元・普及事業)
実施報告書

HT28069 音楽博士になってみないか?・・・楽器と指揮のハーモニー理楽講座



開催日: 平成29年1月22日(日)

実施機関: 東京大学

(実施場所) (本郷キャンパス)

実施代表者: 伊東 乾

(所属・職名) (大学院情報学環・准教授)

受講生: 中学生15名・高校生5名

関連URL: <http://raummusikkollegium.com/>

【実施内容】当日のスケジュール

8:30- 9:00 集合(安田講堂前)

9:00- 9:45 1時間目 イントロダクション、科研費の説明と楽音の可視化など(工学部2号館)

10:00- 10:45 2時間目 分割授業 音の数理・物理

11:00- 11:45 3時間目 分割授業 音の数理・物理つづき

昼休み:お弁当:安田講堂に移動

13:00- 13:45 4時間目 管弦楽実習1 指揮(ベートーヴェン 交響曲第五番「運命」第一楽章から)

14:00- 14:45 5時間目 管弦楽実習2 楽劇の時空間体験(ヴァーグナー「トリスタンとイゾルデ」から)

15:00- 15:45 6時間目 管弦楽実習3 演奏の脳機能可視化 ベルリオーズ、ラフマニノフなど

アンケート記入&質問等の時間

16:10- 16:30 まとめ と 修了証(楽位記)授与、解散

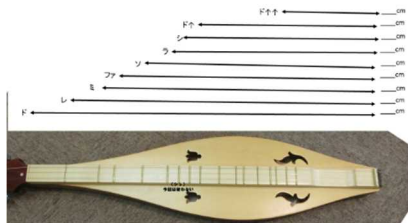
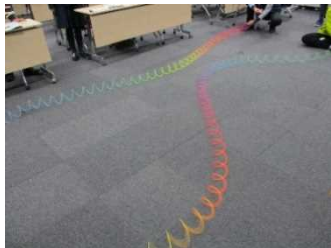
実施の様子と、受講生に分かりやすく研究成果を伝えるため、また受講生に自ら活発な活動をさせるためプログラムを留意、工夫した点:

朝一番で安田講堂前に集合し、午前中は隣接する工学部2号館92B, 93B教室において音と響き、音楽の数理的、物理的なメカニズムを学んだ。最初に白川英樹・筑波大学名誉教授から科研費とオリジナルな基礎研究推進の重要性についてお話があり、一人ひとりが基礎から物事を理解する重要性に鑑み、まず音を目で見るところからコースを開始した。トロンボーンにクント管を接続して演奏することで、楽器管内の気柱の振動を可視化・測定することが可能になる。



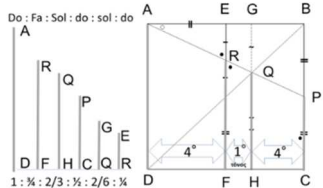
当日は、冬休みの予見時に興味を持ち、正月にクント管を自作した参加者の内の一人のシステムを用いた。界面活性剤を用いて管内のポリエチレンビーズの静電気除去も工夫してくれたので、白川教授に敬意を示して、導電性プラスチック液剤を塗布したビーズを併用、比較と電動メカニズムの学習も行った。

クント管で可視化された気柱の振動は「縦波」である。そこで縦波と横波の基礎もレインスプリングを用いて手を動かして波を可視化、リズムと周期、調和比、位相の違いなど、電子メトロノームを併用して体験的に学習した。調和比の簡単な四則演算で「ドレミファソラシド」の純正調全音階を導くことができる。ここでは純正調に調律された民族楽器「アパラチアン・ダルシマー」のフレット間距離をレーザー距離計で測定し、誤差を念頭に調和比を類推、生徒はデータからモデルを帰納する課題に取り組んだ。



純正調では分割した弦の反対側でも美しいハーモニクスが響く。ここでは科研成果である古代ギリシャ・ハルモニア構造のヘテロダイナミクスに基づく解明(伊東 2014)、モノコードで短三和音を響かせるフィボナッチ分割共鳴(伊東 1988/2015)など進んだ成果も、楽器を持参した生徒には弾きながら、自然に理解できるようにした。

前提となる基本的な調和: プトレマイオス



全音階のメジャースケール(長調)が得られたなら、そこから応用問題として短調(マイナースケール)を求めることができる。今度はゼロから計算して、フレットのついていないコントラバスの指板上に線分を定義し、アンサンブルを調和させるバスの響きを求める実習を行った。ここでは低音域の長波長に起因する局在、不確定性と合奏の距離的広がりについても考え、物理的なスペースとして広がりがある、午後の安田講堂での実習に備えるようにした。時間の制約から生徒は4つの班に分かれ、学部学生・院生TAが少人数指導する分割授業でプログラムを実施した。

実際のコントラバスに当てはめてみよう



1	8	4	3	2	3	8	1
1	9	5	4	3	5	15	2
ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド
自然倍音程	2倍	3倍	4倍	5倍	6倍	7倍	8倍
1		若ながら		ラビ	シビ		1
1		どう					2
和声的/旋律的倍音程	2倍	3倍	4倍	5倍	6倍	7倍	8倍
1		どう		ラビ	シビ		1
1							2



白川先生ご夫妻とお昼をご一緒してから、午後は安田講堂で実際にオーケストラの響きを確認、各人が指揮台にも上がって合奏を率い、アンサンブルを適切に整えることで音楽が立体的に息づいてゆくさまを体験するところからプログラムを始めた。

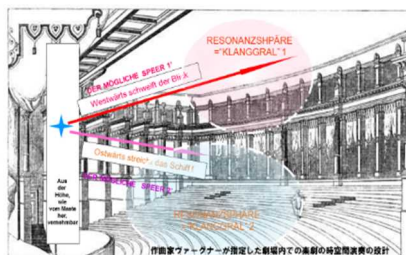
指揮の技法は、担当者がフランスの指揮者・作曲家ピエール・ブーレーズと確立した「図形を用いない指揮法」アンギュラー・ダイナミクスのテクニックを、事前に二回、予見レッスンを実施して基礎から個別指導した。



5時間目
管弦楽2
R. Strauss Also sprach Zarathustra
R. Wagner Tristan und Isolde

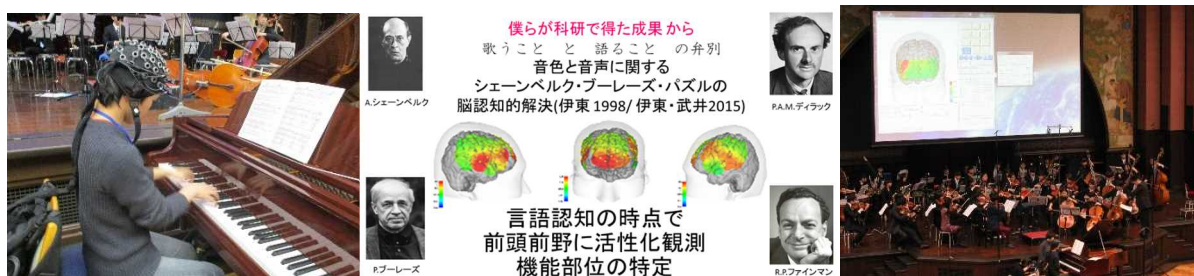
物理的に空間に響く音響と、それを生きた人間が聴取して得られる認知的音像とは異なる。科研費研究の国際共同プロジェクトとしてドイツ連邦共和国バイロイト祝祭劇場、ミュンヘン工科大学、ポローニャ大学、アルゼンチンのテアトロ・コロン劇場、日本の新国立劇場などと協力して行った3+1次元時空間音場内での響きのダイナミクスを物理学者R. P. ファインマンのグリーン関数の方法を応用して評価する取り組みのあらましを、実際に楽劇「トリスタンとイゾルデ」の抜粋を空間演奏しながら、メカニズムとともに理解、体験した。

彼らが科研で得た成果から
バイロイト祝祭劇場での
ヴァーグナー自身の指定に基づく
楽劇時空間演奏の再現と動学的定量評価
(2007-2014)



響きの「立体感」などのリアリティは脳が作り出す。実験状況を管理しやすいヴァーチャル・リアリティでは研究が進んでいるが、音楽のフィジカル・リアリティ＝物理的な現実合奏では研究も遅れ、成果の還元もいまだ十分ではない。

本カリキュラムでは株式会社島津製作所のご協力と機材のご提供を受け、演奏中の脳機能を血中ヘモグロビンの酸素との結合を近赤外線の吸収で評価する技術(fNIRS)を用いて可視化し、子供たち自身が演奏中、自身では気がつかない心の動きを客観的な生理測定で知る課題を実施した。



午前中のカリキュラムでは楽器と演奏に即して音楽音響を支える数理と物理を学び、それらを実空間に適用現実のオーケストラ合奏に応用してより良いアンサンブルをどのように作ってゆくか、演奏中の目には見えない脳とこころの動きがどうなっているかを生理、心理測定とフレーズやブレスなどに基づく楽理の双方の面から知り、最後に「心を動かす器」である音楽を発信する倫理的な面にも、ネットワーク情報化が進んだ現代社会を念頭に言及し、生徒たちが日常生活に戻り、自分たちの演奏をYou Tubeなどにアップロードする際など、現実を生かしてくれることを願って、カリキュラムを閉じた。

修了証には日本学術振興会から白川英樹先生、またご監修を頂いた東京藝術大学名誉教授・細野孝興先生にお名前を頂いた。

事務局との協力体制

主催者である東京大学本部並びに大学院情報学環事務室とりわけ研究協力係と緊密な協力体制を採った。

広報活動

日本学術振興会のウェブ告知のほか、担当者が毎週記しているインターネットコラム連載への記載(日本ビジネスプレス「世界の中の日本」ほか)、近隣の中学校にポスター、資料を持参しての広報活動を行った。

安全配慮

受講者の安全はいうまでもなく、また高度な測定機器、高価な楽器などを用いるカリキュラムであるので、十分な安全配慮を尽くし、保険なども適切に準備して本コースを実施した。

今後の発展性、課題

今回の催しは、担当者が30年ほど前に生徒として参加したレナード・バーンスタインのオーケストラ・レッスン、20年ほど前に音楽監督として毎週作っていたテレビ番組「新・題名のない音楽会」、2005年にC. N. ヤン、J. フリードマン、T. ヴィーゼル各先生を初め、ノーベル賞受賞者を含む卓越した科学者にご指導頂いて制作・実施した世界物理年2005日本委員会の高校生向け少人数ゼミナールなど、長年にわたって小研究室が積み重ねてきた教育への取り組みの基礎のうえに、主として2010年以降の科研費研究の成果を、中学低学年の生徒にも楽しみながら理解し、体感できるように組み立てたものである。

今回の取り組みは、準備から総計すれば100人以上の東京大学在学学生とりわけ音楽部管弦楽団のメンバーのボランティア参加、TAとして子供たちを指導してくれた学部生、院生、研究生諸君、また東京藝術大学、同大学院在学学生の、内外最高水準での演奏協力、そして、厳密な準備課題に取り組み、予見を含むレッスンに参加した生徒みんなの努力があって、初めて成立したものです。ここに改めて、心からの感謝を記します。

同時に、これらは「今日だけの特別な機会」ではなく、日常のレッスンの土台そのものであって、この先に学芸の本質を深めてゆく事が大切とは当日最後に生徒諸君にも伝えた通りです。今回を通常の標準出発ラインとして私たちもこの先の取り組みを継続、発展・深化させてゆくことを課題とし、引き続き実施したいと準備しています。

【実施分担者】 なし

【実施協力者】 当日 83名

東京大学音楽部管弦楽団(創立90余年の東京大学在学学生によるアマチュア・オーケストラ) ほか

【事務担当者】 小林 岳明(研究推進部 研究資金戦略課 研究資金チーム・係長)