

2. 現在までの研究状況 (図表を含めてもよいので、わかりやすく記述してください。様式の変更・追加は不可(以下同様))

- ① これまでの研究の背景、問題点、解決策、研究目的、研究方法、特色と独創的な点について当該分野の重要文献を挙げて記述してください。
- ② 申請者のこれまでの研究経過及び得られた結果について、問題点を含め①で記載したことと関連づけて説明してください。
- なお、これまでの研究結果を論文あるいは学会等で発表している場合には、申請者が担当した部分を明らかにして、それらの内容を記述してください。

これまでの研究では、ジュウシマツの歌の構造を系統的に変化させた聴覚刺激を用いて、ジュウシマツの脳における聴覚情報処理の特性を明らかにした。

① これまでの研究の背景、問題点、解決策、研究目的、研究方法、特色と独創的な点について

ヒトの言語は文字や単語などの要素がある規則に従って並んだ系列である。トリの歌も同様に、複数の音要素(図1のAからH)が並んだ音声系列である。よってトリの歌は言語などの複雑な並びの音声系列を生成する仕組みやその維持機構の研究モデルとして適している。歌をうたうトリは、聴覚情報を用いて歌の構造を維持している(Bolhuis et al., 2010)。特にジュウシマツは、聴覚への依存度が大きい(Okanoya and Yamaguchi, 1997)ため、歌の聴覚情報処理の研究モデルとして適している。

歌の維持のための聴覚情報処理には、HVC(正式名称)と前脳経路が重要であるといわれている(図2)。ジュウシマツの歌は個体によって大きく異なるので、どのような歌をうたうトリについても普遍的に当てはまる神経機構を理解するためには、HVCと前脳経路の活動を個体内で比較することが重要である。

私は、トリの歌に関する聴覚情報処理の仕組みを明らかにするために、電気生理学の手法を用いて、HVCと、前脳経路においてHVCから投射を受ける神経核であるArea X(正式名称)の活動を記録し、個体内で比較した。聴覚刺激として、被験体自身の歌の構造(音要素の構造と順序)を系統的に変化させた次の4種類を用いた。

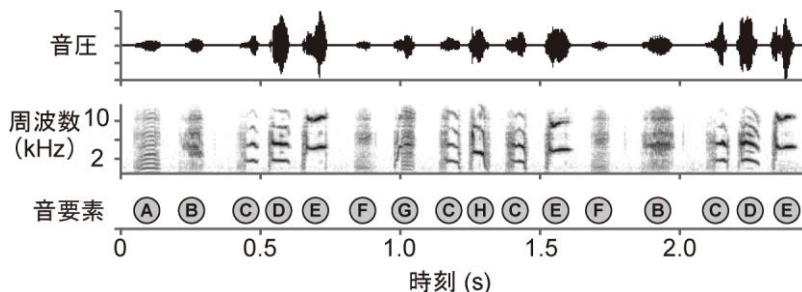


図1: ジュウシマツの歌の例。音圧(上段)を周波数成分(中段)に分解すると、歌は複数種類の音要素(下段)から構成されていることがわかる。

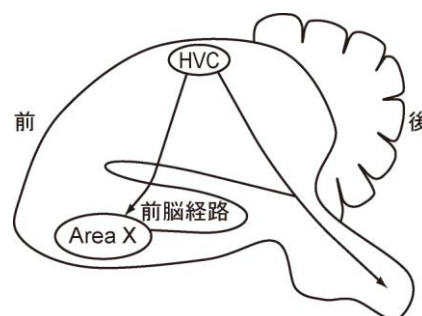


図2: ジュウシマツの脳の模式図。神経核を楕円で示した。

	刺激の周波数成分(下)・音要素の模式図(上)	音要素	順序
元の歌		変化なし	変化なし
局所反転		反転	変化なし
逆順		変化なし	反転
全反転		反転	反転

この研究の独創的な点は複数神経核の個体内比較を行った点と、歌の構造を系統的に変化させた聴覚刺激を用いた点である。

② 申請者のこれまでの研究経過及び得られた結果について

ジュウシマツに聴覚刺激を提示し、HVCとArea Xにおける平均発火頻度の刺激に対する選択性と発火時刻の一貫性を個体内で比較した(図3、図4)。平均発火頻度の選択性は、歌全体の構造に対する選択性が最大で、順序に対する選択性が最小であった(図3)。つまり、平均発火頻度は歌の構造の変化に影響を受け、順序の変化よりも音要素の構造の変化により強く影響された。この結果からHVCとArea Xの平均発火頻度は歌の構造の中でも音要素の情報をより多く表現していることが示唆された。

(現在までの研究状況の続き)

発火時刻の一貫性は、局所反転刺激と全反転刺激提示中よりも、元の歌と逆順刺激提示中のほうが大きかった(図 4)。つまり、発火時刻の一貫性は順序が保たれた刺激よりも音要素の構造が保たれた刺激に対して大きかった。この結果から HVC と Area X の発火時刻は歌の構造の中でも音要素の情報をより多く表現していることが示唆された。また、Area X よりも HVC のほうが発火時刻の一貫性が大きかった。

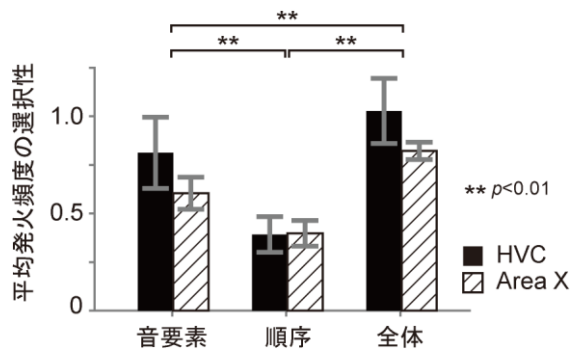


図 3：平均発火頻度の選択性

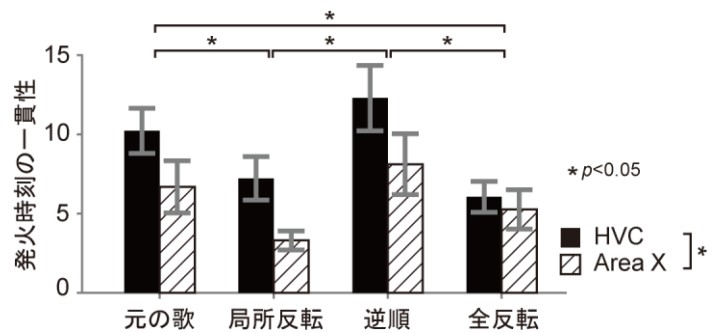


図 4：発火時刻の一貫性

この研究により、ジュウシマツの HVC と Area X では自身の歌の音要素の構造をより重点的に処理しているという特性が明らかになった。さらに、Area X から HVC へ情報が伝達される過程で、Area X は HVC からの入力を時間的に積算し、その情報を元に歌の維持に関する計算を行なっている可能性も示唆された(業績 (3) - 1)、(4) - 1)。

<参考文献>

Bolhuis, J. J., Okanoya, K. & Scharff, C. Nature reviews. Neuroscience 11, 747-759 (2010).
Okanoya, K. & Yamaguchi, A. Journal of neurobiology 33, 343-356 (1997).

3. これからの研究計画

(1) 研究の背景

2. で述べた研究状況を踏まえ、これからの研究計画の背景、問題点、解決すべき点、着想に至った経緯等について参考文献を挙げて記入してください。

これまでの研究では、ジュウシマツを用いて歌の聴覚情報処理の特性を明らかにした。ジュウシマツの歌には聴覚への依存度が大きいという特徴だけでなく、音要素の並びに分岐が存在するという特徴もある(Okanoya, 2004)。

図 1 の歌の音要素の並び方は、連続して出現する音要素を矢印でつなぐと、図 5 のように表現することができる。ここでは例えば、F の次に G が出現することも G が出現することもある(図 5 と図 6 の破線)。このように、ジュウシマツの歌には、次に出現する音要素が確率的に決まる分岐点がある。

ヒトの言語においても、文字や単語を要素と考えると、このような分岐点が存在する。そこで私は、分岐点に着目することで、言語やトリの歌などの複雑な系列を生成する仕組みの解明に近づくことができると考えた。そして分岐のある音要素の並びを決定する仕組みとして次の仮説を立て、これを検証する研究を計画した。

仮説

分岐点における音要素の並びは次の二要因によって決定される。

- (i) 出現確率を決定する持続性の要因
- (ii) 実際に出現する音要素を決定する一過性の要因

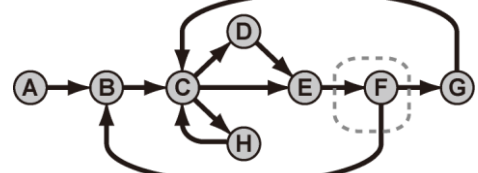
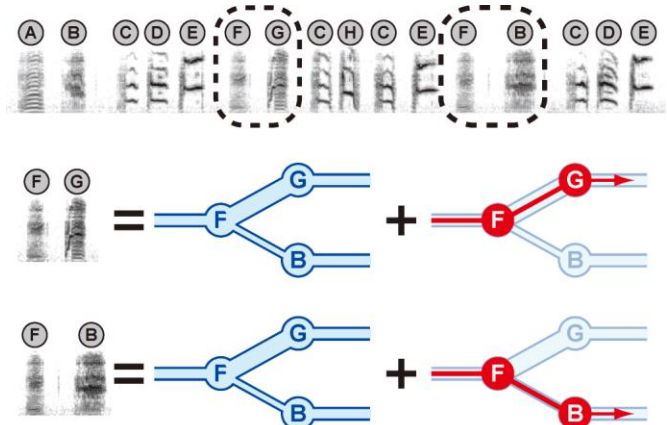


図 5：音要素の並びの規則



音要素の並び = (i) 出現確率 + (ii) 出現する音要素

図 6：分岐点において音要素の並びを決定する二要因。

青い線の太さは出現確率の大きさを表す。

<参考文献> Okanoya, K. Advances in the Study of Behavior 34, 297-346 (2004).

本資料の再配布、および本資料を改変したものの配布は、ご遠慮ください。
2016年 上村卓也 www.cycentum.com

名 上村卓也

(2) 研究目的・内容 (図表を含めてもよいので、わかりやすく記述してください。)

- ① 研究目的、研究方法、研究内容について記述してください。
- ② どのような計画で、何を、どこまで明らかにしようとするのか、具体的に記入してください。
- ③ 共同研究の場合には、申請者が担当する部分を明らかにしてください。
- ④ 研究計画の期間中に異なった研究機関(外国の研究機関等を含む。)において研究に従事することを予定している場合はその旨を記載してください。

本研究では、分岐点における (i)出現確率を決定する持続性の要因 と、 (ii)実際に出現する音要素を決定する一過性の要因 の二要因が存在するという仮説を検証し、分岐点において音要素の並びを決定する仕組みを明らかにすることを目的とする。そのために、次の[1]から[3]の手順に沿って研究を行う。[1]と[2]によって、(i)出現確率を決定する持続性の要因の存在を検証し、[3]によって、(ii)実際に出現する音要素を決定する一過性の要因の存在を検証する。

[1] 大規模な歌データの解析 要因(i) の存在を検証

本研究ではまず大規模な歌データの解析を行い、系列の分岐点における音要素の出現確率の変化を定量することで、出現確率に影響を与える要因を推測する。出現確率の変化はゆるやかなので、出現確率を決定する要因は数時間単位で変動する持続性の要因であると予想できる。例えば、体温など概日リズムに関する生体活動が出現確率に影響を与えていた場合、出現確率はそれらの指標と相関する可能性が高い。また、歌に関する動機が出現確率に影響を与えていた場合、出現確率は歌をうたう頻度と相関する可能性が高い。疲労が出現確率に影響を与えていた場合、出現確率が歌の持続時間と相関する可能性が高い。

図5のように分岐点が複数ある歌の場合(この例ではⓐとⓑ)、それぞれにおいて出現確率が異なる要因によって決められている可能性があるため、それぞれの分岐点について個別に解析を行う。

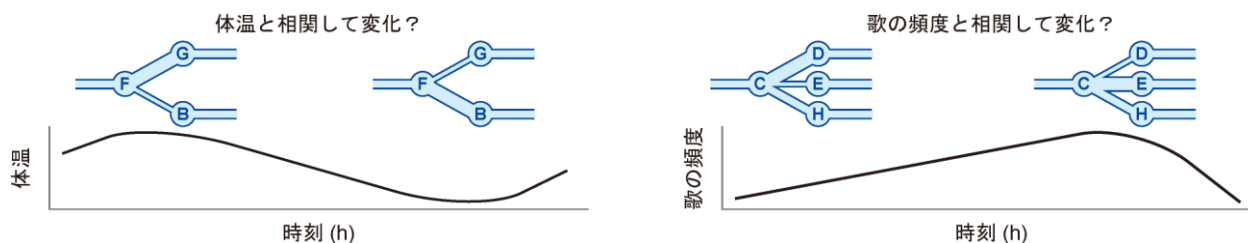


図7：大規模な歌データの解析による、予想される結果の例。青い線の太さは出現確率の大きさを表す。横軸は時間単位である。

[2] 出現確率の操作 要因(i) の存在を検証

音要素の出現確率と相関する指標を操作することで出現確率が変化するかどうかを確認し、その指標と出現確率との因果関係を示す。例えば出現確率が概日リズムを持っていた場合、飼育環境の明暗のサイクルをずらすことで概日リズムを操作する。特に、出現確率が体温と相関していた場合、飼育環境の温度を操作することで間接的に体温を操作する。また、出現確率が歌をうたう頻度や歌の持続時間と相関していた場合、他個体を提示することでそれらを操作する。



図8：出現確率の操作による、予想される結果の例。青い線の太さは出現確率の大きさを表す。

[3] 実際に出現する音要素を決定する神経活動の記録 要因(ii) の存在を検証

実際に出現する音要素を決定する要因を探索する。出現する音要素は歌の分岐点ごとに確率的に決定されるので、それを決定する要因は秒単位で変動する一過性の神経活動であると予想できる。出現する音要素は出現確率の影響を受けるので、まず[1]と[2]によって出現確率を決定する要因を明らかにし、[3]ではその要因の影響を直接受ける脳領域に注目する。そして候補となる脳領域における神経活動を記録し、分岐点の次に出現する音要素によって神経活動が変化するかどうかを確認する。

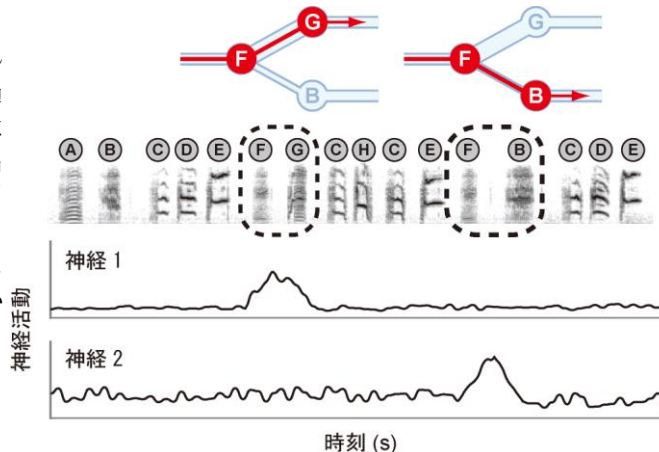


図9：実際に出現する音要素を決定する神経活動の予想。

横軸は図7と異なり秒単位である。

本資料の再配布、および本資料を改変したものの配布は、ご遠慮ください。
2016年 上村卓也 www.cycentum.com

名 上村卓也

(3) 研究の特色・独創的な点

次の項目について記載してください。

- ① これまでの先行研究等があれば、それらと比較して、本研究の特色、着眼点、独創的な点
- ② 国内外の関連する研究の中での当該研究の位置づけ、意義
- ③ 本研究が完成したとき予想されるインパクト及び将来の見通し

①これまでの先行研究と比較した本研究の特色、着眼点、独創的な点

破壊することで音要素の出現確率が変化する神経核が存在するという研究や、分岐点の次に出現する音要素によって発火頻度が変化する神経についての研究が過去にある。これらの研究では明確な理由なく一箇所の脳領域にのみ注目しているため、音要素の並びの決定により重要な役割を果たしている脳領域が他に存在する可能性がある。本研究では、音要素の並びを決定する要因には二種類あるという仮説を立て、それぞれの要因について順に検証することで、より根拠の確かな結果を得ることができる。また、本研究では、まず大規模な歌データの解析を行うことで、そこから得られる尤もらしい推測を元に、音要素の並びを決定する要因の検証を行うことができる。歌の解析は、破壊実験や電気生理実験よりもかかる時間が比較的短いので、サンプル数を多くし確実な結果を得ることができる。

②国内外の関連する研究の中での本研究の位置づけ、意義

トリの歌を生成する仕組みの研究では、音要素の基本周波数など音響的特徴についての研究や、音要素やその間隔の長さなど時間的特徴についての研究が多い。これらは歌の低次な構造に関する研究である。本研究では、歌のより高次な構造である音要素の並びを決定する仕組みについて検証する。さらに、歌うこと自体の動機や進化的意義に関する、より高次の研究も存在する。トリの歌を生成する仕組みを明らかにするためには、どの次元の研究も重要である。

③本研究が完成したとき予想されるインパクト及び将来の見通し

ヒトの言語も、トリの歌と同様、分岐が存在する系列である。例えば言語を文字の並びであると考え、単語と単語の間が文字系列の分岐に相当する。また、トリの歌学習の過程はヒトの言語学習の過程とよく似ている。よって本研究によって、ヒトの発話に関する脳機能の解明にも近づくことができる。さらに言語やトリの歌に限らず、生物一般に分岐のある系列をダイナミックに操る能力に必要な仕組みについても示唆を得ることができる。

(4) 年次計画

DC1 申請者は1～3年目、DC2 申請者は1～2年目について、年次毎に記載してください。元の枠に収まっていれば、年次毎の配分は変更して構いません。

(1年目)

大規模な歌データの解析

- ・ ジュウシマツの歌を長時間録音し、大規模な歌データを得る。
- ・ 分岐点における音要素の出現確率の変化を定量する。
- ・ 出現確率が何らかの指標と相関するかどうかを確かめる。

出現確率の操作

- ・ 音要素の出現確率に影響を与える要因を操作する。
- ・ 体温など、変化が目に見えない生体活動を操作する場合、同時にその生体活動を計測し、確実に操作されたことを確認する。
- ・ 同時に歌を録音し、生体活動の操作によって音要素の出現確率が変化するかどうかを確かめる。

(2年目)

実際に出現する音要素を決定する神経活動の記録

- ・ 出現確率を決定する要因の影響を大きく受ける脳領域を推測する。
- ・ 歌っているジュウシマツから神経活動を記録するための装置を作成する。
- ・ 候補脳領域における神経活動と歌を同時に記録する。
- ・ 神経活動を解析し、発火頻度や発火パターンに関する指標が分岐点の次に出現する音要素によって変化するかどうかを確かめる。

博士論文の執筆

- ・ 行った研究をまとめ、博士論文を執筆する。

(3年目) (DC2 申請者は記入しないでください。)

本資料の再配布、および本資料を改変したものの配布は、ご遠慮ください。
2016年 上村卓也 www.cycentum.com

上村卓也

(5) 人権の保護及び法令等の遵守への対応

本欄には、研究計画を遂行するに当たって、相手方の同意・協力を必要とする研究、個人情報の取り扱いの配慮を必要とする研究、生命倫理・安全対策に対する取組を必要とする研究など法令等に基づく手続きが必要な研究が含まれている場合に、どのような対策や措置を講じるのか記述してください。例えば、個人情報を伴うアンケート調査・インタビュー調査、国内外の文化遺産の調査等、提供を受けた試料の使用、ヒト遺伝子解析研究、遺伝子組換え実験、動物実験など、研究機関内外の情報委員会や倫理委員会等における承認手続きが必要となる調査・研究・実験などが対象となります。

なお、該当しない場合には、その旨記述してください。

本研究では、ジュウシマツの脳から神経活動や温度の記録を行う。したがって、動物愛護および法令遵守の観点から以下の点を順守して研究を実施する。

- 飼育施設の整備、実験方法の改良、施術技術の向上等によって、実験に伴う動物の苦痛やストレスを最小限に抑える。
- 動物実験と置き換えることのできる方法を積極的に取り入れる。
- できるだけ少数の実験動物で有効に科学的成果を生む。

実験にあたっては、東京大学動物実験実施規則および東京大学動物実験実施マニュアルに従い、東京大学の所属部局に提出して承認を受けた動物実験計画書に従って計画を遂行する。また、成果発表の際には、日本生理学会が策定した「生理学領域における動物実験に関する基本的指針」に準拠して発表や論文執筆を行う。

申請者自身は東京大学による動物実験講習会を受講済みである。

4. 研究業績（下記の項目について申請者が中心的な役割を果たしたもののみ項目に区分して記載してください。その際、通し番号を付すこととし、該当がない項目は「なし」と記載してください。申請者にアンダーラインを付してください。業績が多くて記載しきれない場合には、主要なものを抜粋し、各項目の最後に「他〇報」等と記載してください。）

(1) 学術雑誌等（紀要・論文集等も含む）に発表した論文、著書（査読の有無を区分して記載してください。査読のある場合、印刷済及び採録決定済のものに限ります。査読中・投稿中のものは除く）

- ① 著者（申請者を含む全員の氏名（最大 20 名程度）を、論文と同一の順番で記載してください。）、題名、掲載誌名、発行所、巻号、pp 開始頁－最終頁、発行年をこの順で記入してください。
- ② 採録決定済のものについては、それを証明できるものを P. 10 の後に添付してください。

(2) 学術雑誌等又は商業誌における解説、総説

(3) 国際会議における発表（口頭・ポスターの別、査読の有無を区分して記載してください。）

著者（申請者を含む全員の氏名（最大 20 名程度）を、論文等と同一の順番で記載してください。）、題名、発表した学会名、論文等の番号、場所、月・年を記載してください。発表者に〇印を付してください。（発表予定のものは除く。ただし、発表申し込みが受理されたものは記載しても構いません。その場合は、それを証明できるものを P. 10 の後に添付してください。）

(4) 国内学会・シンポジウム等における発表

(3)と同様に記載してください。発表申し込みが受理されたものを記載する場合は、(3)と同様に証明できるものを添付してください。

(5) 特許等（申請中、公開中、取得を明記してください。ただし、申請中のもので詳細を記述できない場合は概要のみの記述で構いません。）

(6) その他（受賞歴等）

(1) 学術雑誌等に発表した論文、著書

（査読有り）

1) Minoru Honda, Hidetoshi Urakubo, Takuya Koumura, Shinya Kuroda, 「A common framework of signal processing in the induction of cerebellar LTD and cortical STDP」、『Neural Networks』、ELSEVIER、43 号、pp114–124、2013

(2) 学術雑誌等又は商業誌における解説、総説

なし

(3) 国際会議における発表

（ポスター発表・査読有り）

1) 〇上村卓也、関義正、岡ノ谷一夫、「鳥類歌神経核の活動の固体内比較」、『第 35 回日本神経科学大会』、愛知県、2012 年 9 月

(4) 国内学会・シンポジウム等における発表

（ポスター発表・査読無し）

1) 〇上村卓也、関義正、岡ノ谷一夫、「ジュウシマツの歌神経核における聴反応の個体内比較」、『脳と心のメカニズム第 12 回冬のワークショップ』、北海道、2011 年 12 月

(5) 特許等

なし

(6) その他（受賞歴等）

1) 上村卓也・・・「理学部学修奨励賞」、2011 年 3 月

5. 自己評価

日本学術振興会特別研究員制度は、我が国の学術研究の将来を担う創造性に富んだ研究者の養成・確保に資することを目的としています。この目的に鑑み、申請者本人による自己評価を次の項目毎に記入してください。

① 研究職を志望する動機、目指す研究者像、自己の長所等

② 自己評価する上で、特に重要と思われる事項（特に優れた学業成績、受賞歴、飛び級入学、留学経験、特色ある学外活動など）

①研究職を志望する動機、目指す研究者像、自己の長所等

● 研究職を志望する動機

私は昔から、疑問に思ったことは自分が納得できるまで調べて明らかにする性格だった。また、一度始めた企画は必ず最後まで手を抜かず完成させ、しかもその完成度にはかなりこだわるという性格もある。そしてそのような過程には常に楽しさを感じていた。初めて自分で調べるということをしたのは、おそらく小学校に入る前、折り紙の辺と対角線のどちらが長いのかを確かめたときだったと思う（もちろんその時は辺や対角線といった単語は知らなかった）。直感的には対角線のほうが長いように見えていたのだが、それを確かめるために定規でそれぞれの長さを測ったことを記憶している。

大学に入り実際に現役の研究者の話を聞く機会が多くなり、研究職はこのような性格の私に適していると感じた。現役の研究者に研究職に就いて良かったと思うことを尋ねると、悩んでいる辛い時間が多いけれど、解決策を閃いた瞬間の喜びと興奮があることだ、というような回答を得ることが多い。しかし私は解決のために悩むこと自体が好きなので、そのような時間が多いであろう研究職に就くことで、私にとっては有意義な時間を過ごすことができると思う。

さらに私には常に成長していきたいという気持ちがあり、そのような欲求を満たしてくれる、常に自分を成長させてくれる、むしろ技術の発展に伴い常に自分も成長していかなければ成功できないであろう研究職に就くことで、自分の力を最大限に発揮することができると思う。また、日本国内にとどまらず、世界中の人と協力して真理を探究したり人類に貢献したりすることができるというのも研究職の魅力のひとつである。

● 目指す研究者像

私は、ひとつの問題に複数の手法を用いて様々な角度からアプローチすることのできる研究者になりたい。そのために、自分が詳しくない学問領域や技術についても常に積極的に学び取り入れようと努力している。例えば学部前期課程では理科一類で物理学や化学を主に学び、学部後期課程では理学部生物情報科学科で生物学と情報科学を組み合わせることを学んだ。修士課程では授業では言語学や環境問題についての講義を受け、自分の研究として神経科学の手法を習得した。

もうひとつ私が目指していることは、研究内容をわかりやすく説明することができるようになることである。万人を同時に満足させる説明があるとは思わない。しかし、特定の読み手・聞き手を対象に、その人たちの背景知識に合わせた丁寧な説明をすることはできると思う。読み手・聞き手が話の最初から最後まで理解できるよう丁寧に、かつ冗長にならずに相手を楽しませるような説明することができる人でありたい。また、これは自分の研究内容についてだけでなく、他者の研究を紹介するときや、研究に限らず一般に、ある分野に馴染みのない人にその分野について説明するときについても当てはまることである。

● 自己の長所

私は実験的手法と計算論的手法の両方を用いて研究を行うことができる。実験的手法を用いた研究による業績（業績（3）－1）、（4）－1）と計算論的手法を用いた研究による業績（業績（1）－1）がこれを示している。今後はこれらの手法を組み合わせた研究も展開していくつもりである。

私は他者の主張を素直に受け入れることができる。これは他者の主張を全て正しいと信じるという意味ではなく、まずその人の主張の存在を受け入れてから正しさや良し悪しを判断することができるという意味である。私はこの性格は研究職に就くにあって重要であると思う。相手の主張を頭ごなしに否定しては議論が全く進まない。どのような奇抜な主張であっても、まずは受け入れてから批判する点を考えることが、相手にとっても自分にとっても前進につながると思う。

体力があり体調管理が良くできることも私の長所のひとつである。私は、研究者には知的な要素だけでなく、体力的な要素も必要だと思う。せっかく良いアイデアを思いついても、体調が悪ければ研究にとりかかることができないので、そのようなことが起こらないように普段から気をつけている。特に長時間手が離せないような実験においては、体力が続くかどうか成功するどうかを左右する場合もある。そのような時に適宜うまく休憩を取りリラックスすることができるのも私の長所のひとつである。

② 自己評価する上で、特に重要と思われる事項

● 受賞歴

学部では成績優秀のため学修奨励賞を受賞した（業績（6）－1）。

● 特色ある学外活動

学部生のときに、International Genetically Engineered Machine という学生を対象とした合成生物学の国際大会へ参加した。学部生が主体となって合成生物学の研究を行い、研究成果のポスター発表を行った。

また、研究と直接関連するものではないが、宅地建物取引主任者資格試験にも合格しており、これは私が目標に向かって努力し成功させる能力を持っていることを示している。

本資料の再配布、および本資料を改変したものの配布は、ご遠慮ください。
2016年 上村卓也 www.cycentum.com

名 上村卓也

(このページには何も記載せず、空白のまま提出してください。)