

第14回宇宙学セミナー
オーロラの音の謎に迫る
The Mysterious Sounds of Auroras

オーロラの音に関する共同研究チーム

理学部理学科2回生

藤田 菜穂 ・ 天羽 将也 ・ 高富士 愛子 ・ 司 悠真 ・ 藤藪 千尋

※実はオリオン座も写っているというベストショット(真ん中より少し右)

自己紹介

京都大学理学部理学科2回

天羽 将也

高富士 愛子

司 悠真

藤田 菜穂

本研究に至った経緯

物理系

天羽 将也

高富士 愛子

藤田 菜穂

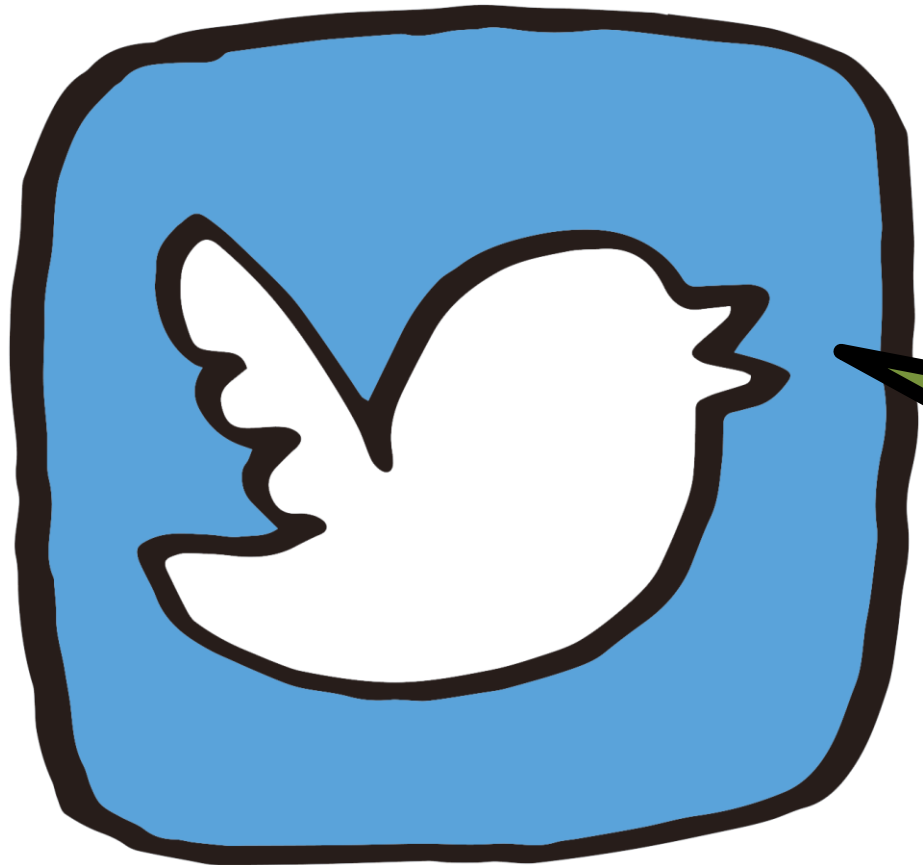
+

生物系

司 悠真

藤藪 千尋

本研究に至った経緯



ねえ、誰かオーロラ見に行かん？

本研究に至った経緯

物理系

天羽 将也

高富士 愛子

藤田 菜穂

行くななら研究したいよな
柴田先生に相談しよ

オーロラの音、面白そう！

本研究に至った経緯

「クリプトクロム」が電磁波に
反応する可能性があるのでは

自分たちのアイデアがオーロラ
の音の研究に使えるのでは？

生物系

司 悠真

藤藪 千尋

本研究に至った経緯

物理系

天羽 将也

高富士 愛子

藤田 菜穂

+

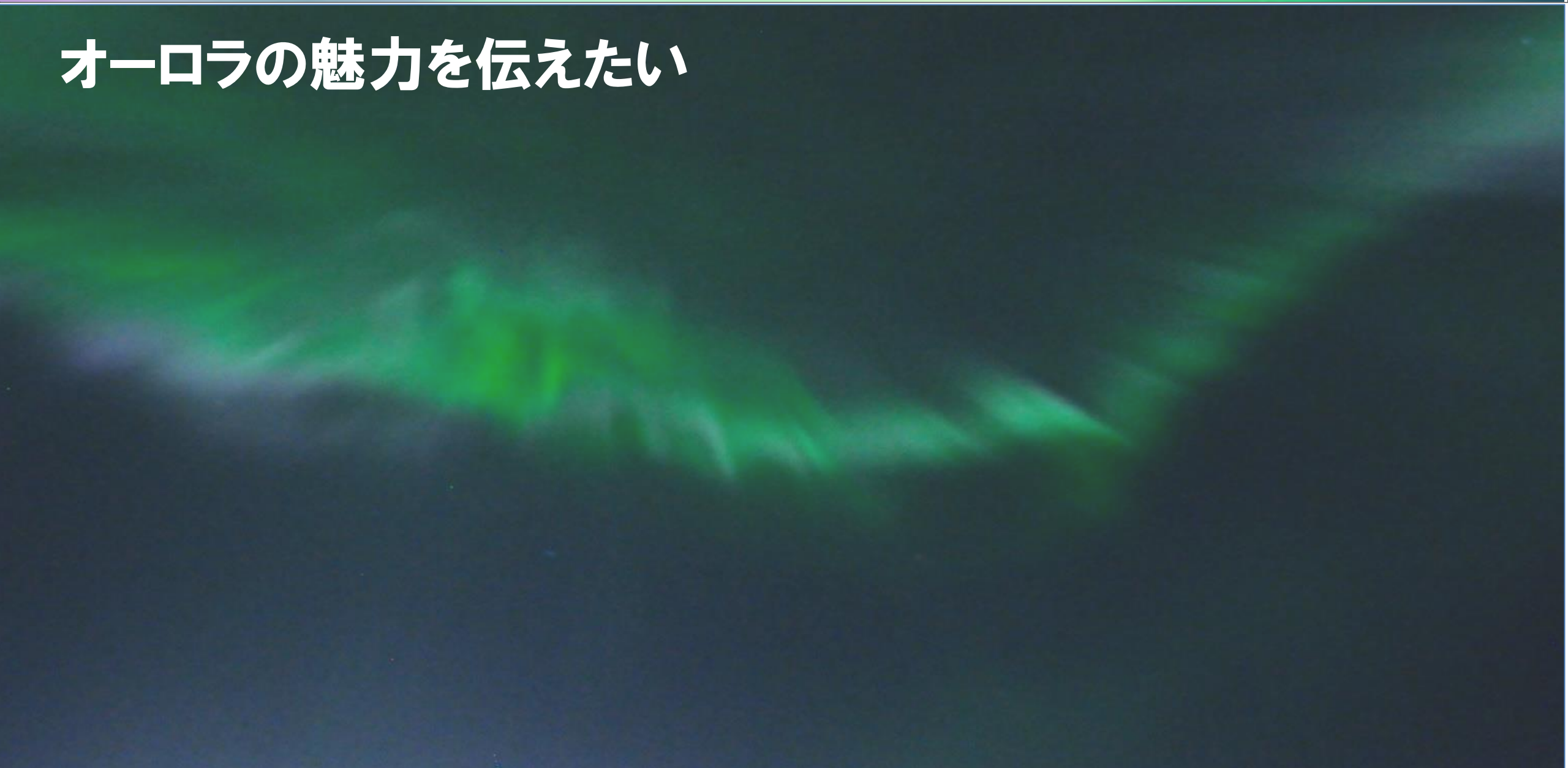
生物系

司 悠真

藤藪 千尋

オーロラについて

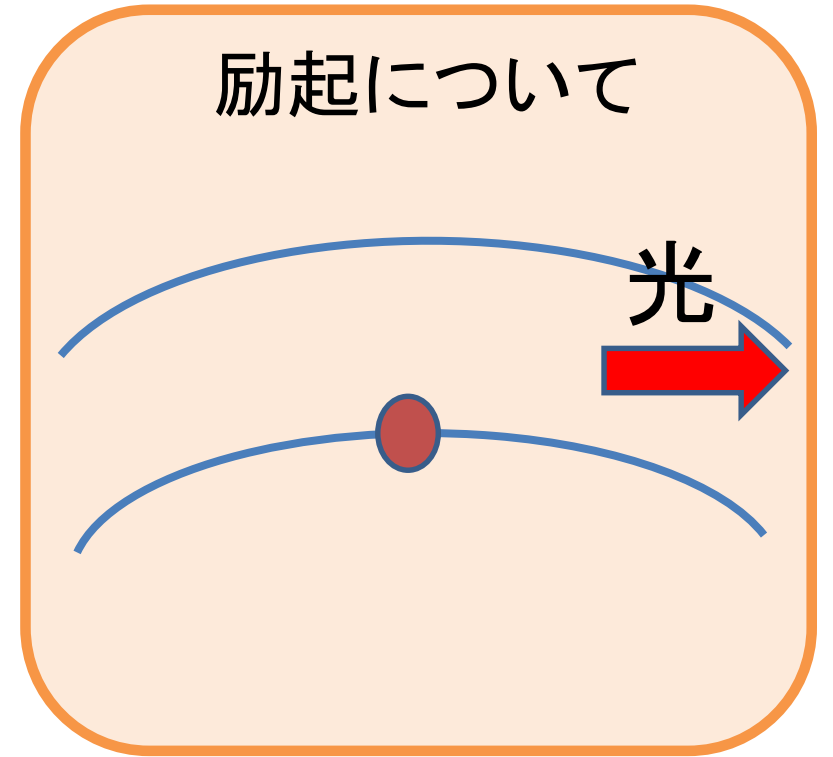
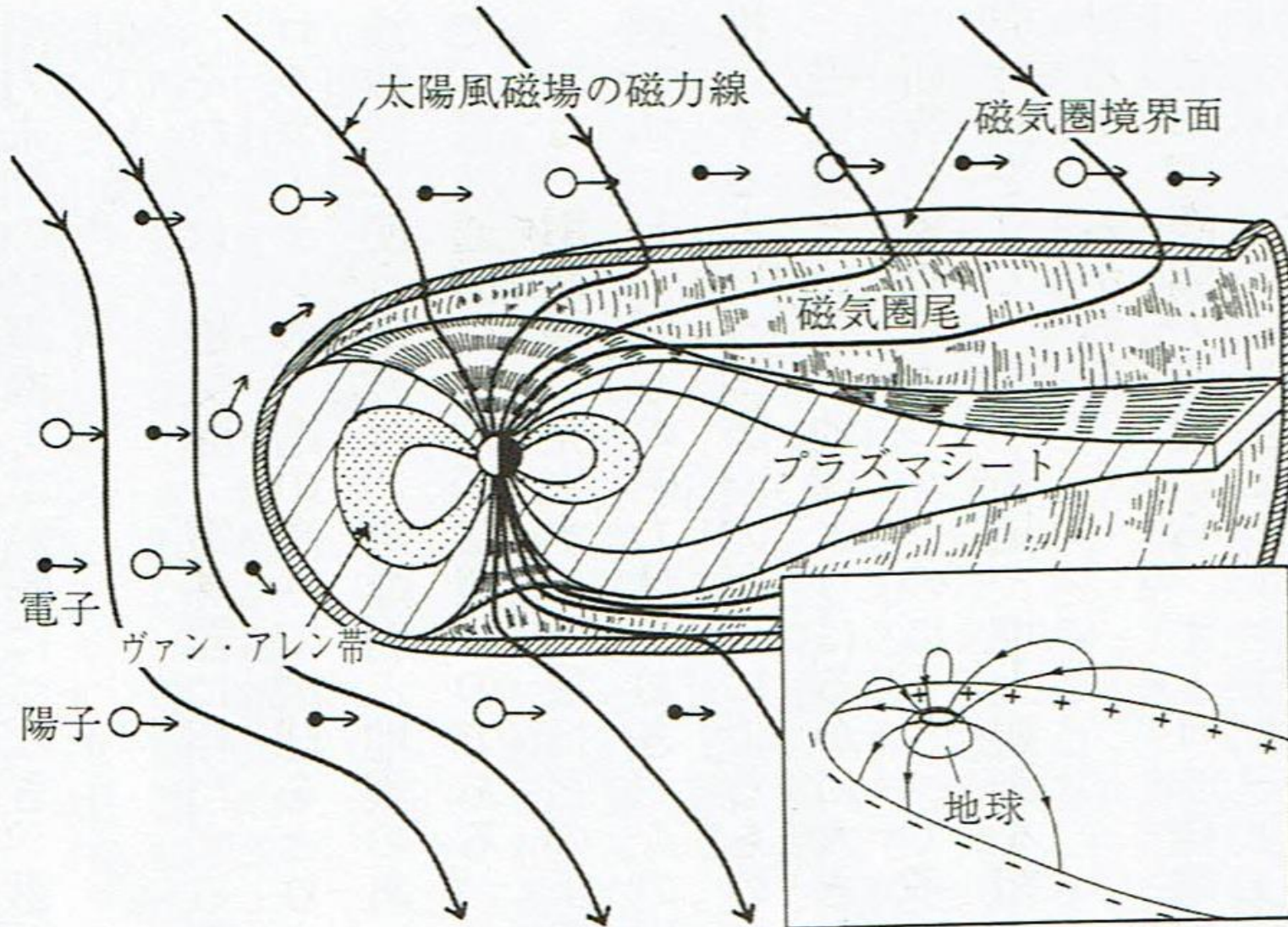
オーロラの魅力を伝えたい



オーロラについて



オーロラが発生する原理



オーロラから音が聞こえる！？

みなさん、オーロラから音が聞こえる、と言われていることをご存知でしたか？

オーロラから音が聞こえる！？

「オーロラの美しい光と神秘的な音を楽しもう」

「夜空を彩るカーテンとロマン溢れる神の旋律」

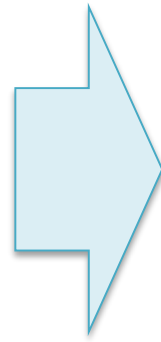


※頑張って考えた仮想のキャッチコピーだからダサいなんて言わないで

そんなの聞いたことない！！！！

オーロラから音が聞こえる！？

- パキパキ、サラサラ、シューのような音が聞こえると言われている
- この音はオーロラの発生と同時に聞こえる
- 聞こえる人と聞こえない人がいる



オーロラの発生場所は、高度約100km以上の電離層であり、音波の伝播速度を考慮すると、そこで生じた音波が地上で同時に聞こえているとは考えられない！！

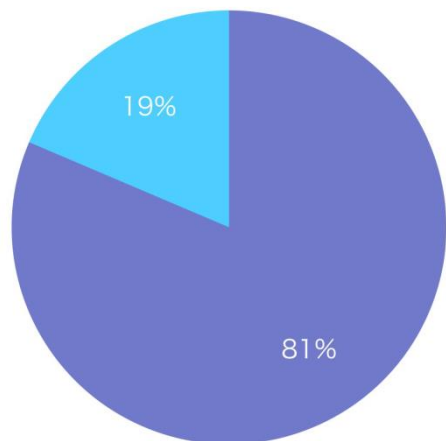
先行研究

- 言い伝えは古くからがあった
- オーロラの音の文献とよべるものは1563年
- それ以降1971年までの時点で198もの文献
- 論文以外では、1885年と1933年に行われた調査が特に興味深い

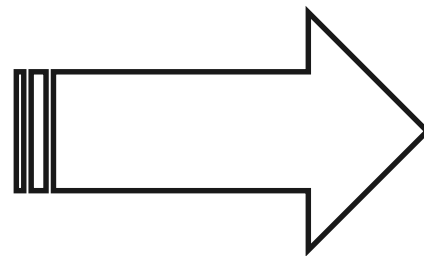
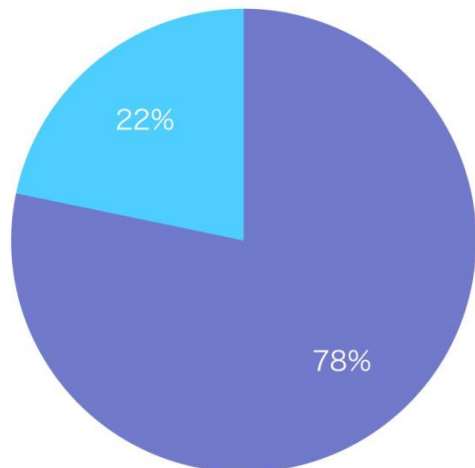
アンケート

100年ほど前に、オーロラの音に関する2つのアンケートが同様に
行われた。

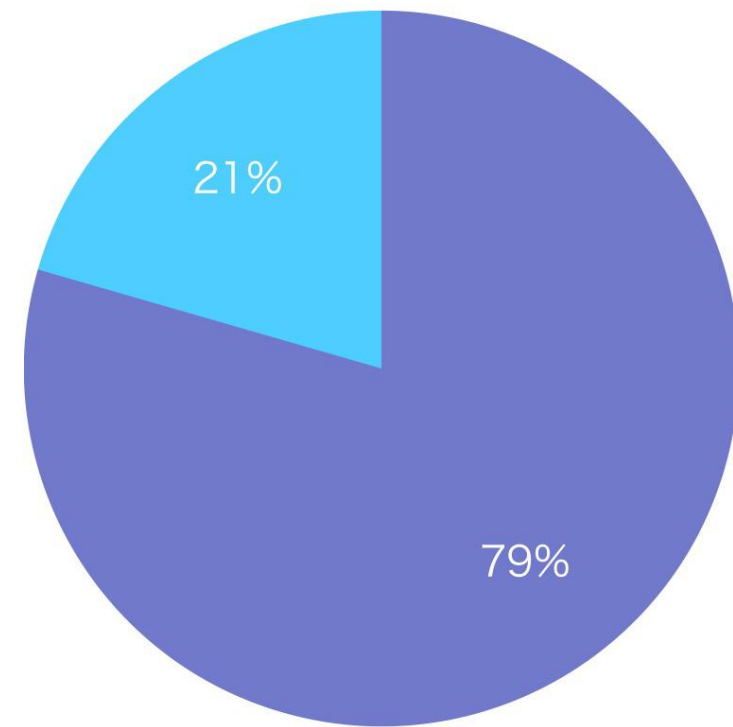
1885年ノルウェー



1931年 カナダ



データの合計



● 聞こえたことがある(92人)
● 聞こえたことがない(21人)

● 聞こえたことがある(144人)
● 聞こえたことがない(40人)

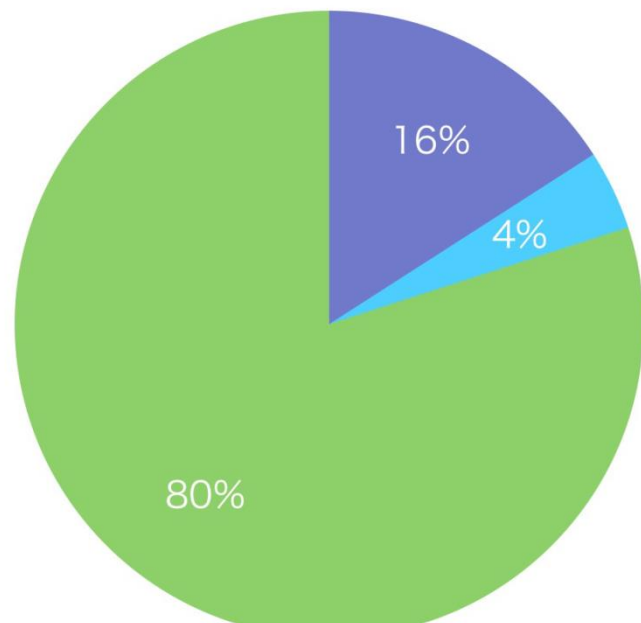
● 聞こえたことがある(236人)
● 聞こえたことがない(61人)

アンケート

アンケートの回答率が
20%であったことを考慮すると...

$$0.79 \times 0.20 = 0.16$$

データの合計



- 聞こえたことがある (236人)
- 聞こえたことがない (61人)
- 未回答

最も少なく見積もっても、
16%の人が聞こえたことがある
という結果が得られた

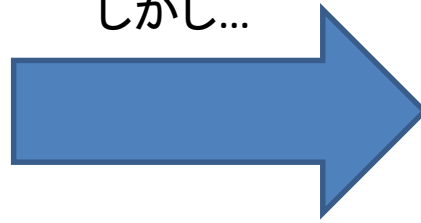


本格的な研究がスタート！

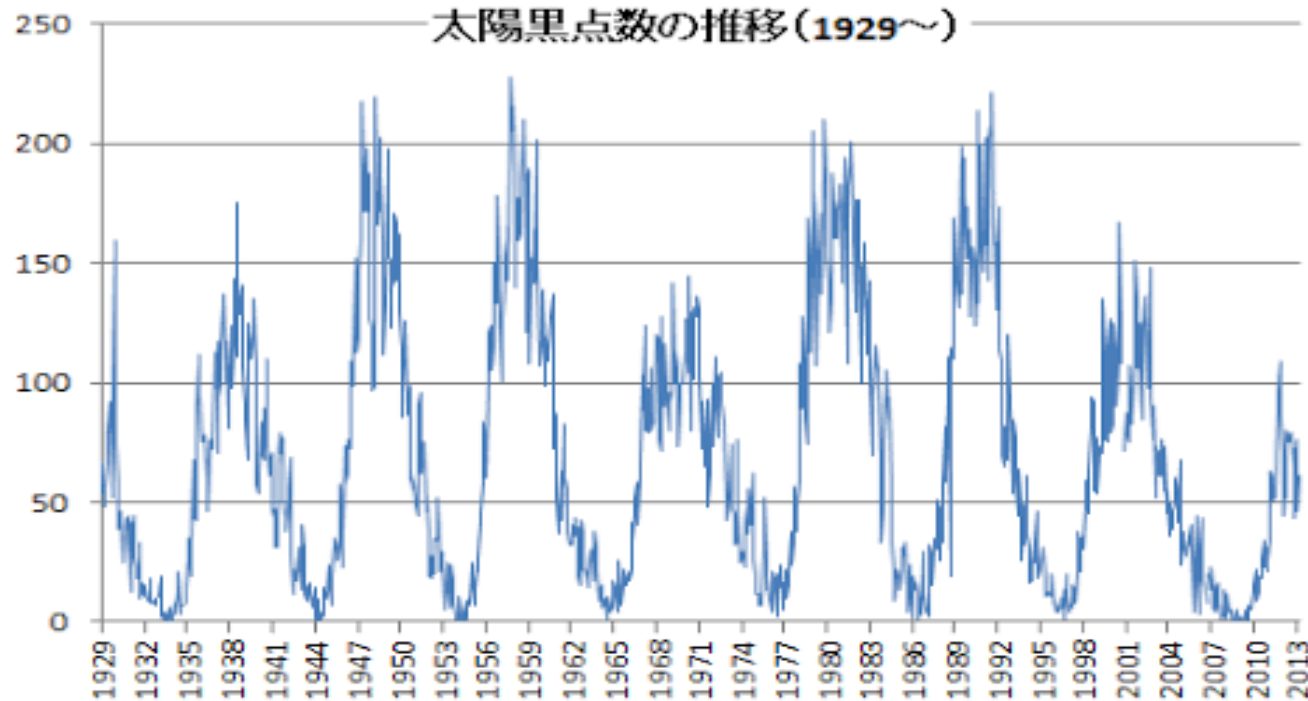
赤祖父氏の観測(1962~1964)

かなり精度の良い録音機
を使って観測

しかし...



録音には成功せず



太陽活動が活発でない
時期であったことが最
大の原因か

インフラ音の研究(1969)

インフラ音とは？

- 人間の可聴域はおよそ20Hz～20000Hz
- それより低い周波数の音波が届いていると言われている
- 人によってその音が聴こえる、という説

弱点:エネルギーが減衰し過ぎる

ブラシ放電説(1973)

晴れた日の空けた地面には
100V/mの静電場がある

オーロラがあるとごくまれに
10000V/mまで上昇する。



このとき、観測者のそばの木の梢など、
とがって電場が強くなるところからの放電が音を発生させている

弱点：放電の光が観測されない

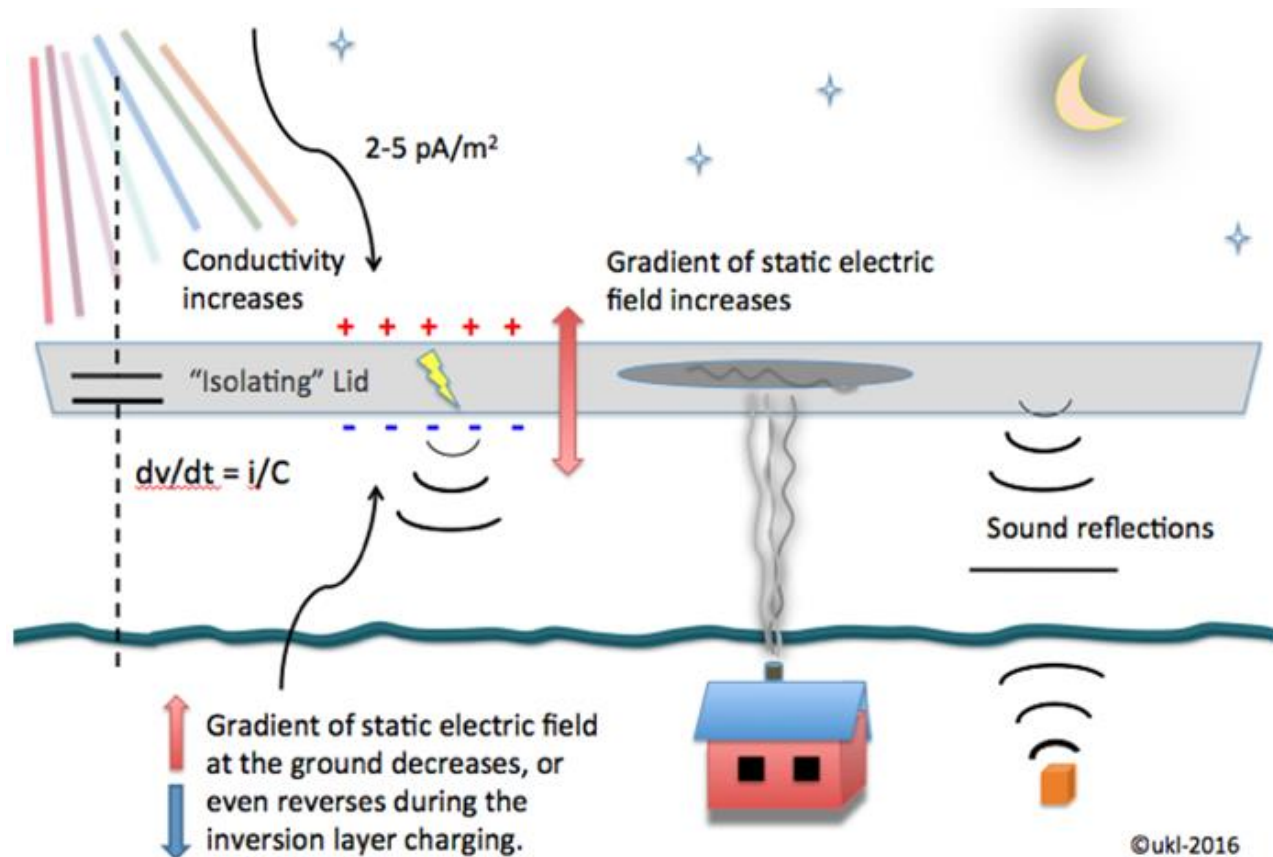
電磁波音説(1990～1995)

電磁波音説とは？

- 流星の音についての説から着想を得た
- 可聴域周波数(20Hz～20000Hz)の電波が何らかのトランジューサーとなるものを介して音波になるという説

弱点:電波のエネルギーが足りない

逆転層説(2017)



Unto Kalervo Laine "Auroral Acoustics project – a progress report with a new hypothesis" Figure 3

接地逆転層(高度約80m)がある時、その暖かい上層がフタのような役割を果たして負電荷を帯びた大気を下層に閉じ込める。そこに磁気嵐がやってくることによってそのフタが壊れ、放電が起こり音波が発生するという説

* 逆転層説の矛盾点 *

- 磁気嵐関連の現象は、逆転層よりもっと高度の高いところで起こるもの(磁気嵐によってフタが壊れるというのは考えにくい)
- 音波の測定にはコンデンサマイクが使用されているが、マイクがハイインピーダンスのためノイズに弱い
- 放電による発光が観測されていない(大気中でマイクで拾えるほどの音が発生するような放電なら、発光が見られるはず)

直接知覚説

従来の直接知覚説

オーロラに伴った電磁波がヒトの脳に直接作用して音として知覚されるとする説

我々が提唱する説

オーロラに伴った電磁波がヒトの聴覚経路に直接作用して音として知覚される
電磁波受容の分子基盤としてはクリプトクロムと呼ばれるタンパク質が機能している



本研究の構造

ひとつに絞るのではなく、何が真実かに合わせて観測。
すべて、**聴こえたときと聴こえなかった時の比較が肝心**。
したがって、聴こえたと仮定して作戦を練った。

説	検証内容	必要な装置
インフラ音説	低い音が聞こえたか	レコーダー
ブラシ放電説	電場に大きな変化は見られたか	スペクトラムアナライザ、 高周波電磁波測定器、 低周波電磁波測定器
電磁波音説	録音はできたか、 特徴的な電磁波を 捉えられたか	レコーダー、スペクトラムアナライザ、 高周波電磁波測定器、 低周波電磁波測定器
新・直接知覚説	帰国後、得られた電磁波を 極力再現して細胞に当てる	スペクトラムアナライザ

アラスカでの観測計画

- オーロラから音が聞こえるか自分達の感覚で確かめてみたい！
- もし音波ならば録音が可能はずなので、録音できるかどうか試してみたい！
- 音波でない可能性を考慮し、オーロラから生じている電磁波を測定したい！
- オーロラ研究の第一人者である赤祖父先生と議論してみたい！

アラスカにて観測開始

○オーロラから生じている電磁波を測定

- ・スペクトラムアナライザ
- ・高周波測定器
- ・低周波測定器

○録音

○全天カメラを用いて動画と写真を撮影

○一眼レフを用いて写真を撮影

雨の日以外は曇りで
オーロラが見えない日でも
毎日夜23時から朝5時まで
観測！

28/7 9/15

天候: 快晴
 気温: 11°C (22:40) 5°C (2:24) 4°C (4:11)
 湿度: 63% (22:40) 74% (2:30) 84% (4:11)
 気圧: 1006.00 hPa (22:40) 1004 hPa (2:30) 1004.60 hPa (4:11)
 実験開始時刻: 23:08
 実験終了時刻:
 実験者: 司 高志 天川 藤田 藤敷
 観測者: 天川 司 藤敷

時刻	場所	ZPPV			傾角		天	備註
		Max	Min	Aver	E	M		
23:08	N	23.08	23.13	23.17	002	002	11:08	オーロラ
10.1.303	?	?	?	?	002	002	10:30	オーロラ
23:18	?	23.18	23.19	23.18	002	002	11:18	オーロラ
10.1.301	?	23.18	23.21	23.20	002	002	11:18	オーロラ
10.2.303	?	23.53	23.57	01:01	002	002	11:53	オーロラ
	?	23:57	01:01	01:02	002	002	11:57	オーロラ

9/8 ~ 9/9

時刻	①	②	③	④	⑤
23:00 ~ 0:30	司	司	高		
0:30 ~ 2:00	天	高	天		
2:00 ~ 3:30	司	高	天	天	天
3:30 ~ 5:00	司	高	天	天	天

9/9 ~

時刻	①	②	③	④	⑤
23:00 ~	天	天	天		
0:30 ~	司	高	天	天	天
2:00 ~	司	高	天	天	天
3:30 ~	天	高			

① 1-ト
 ② 高&傾
 ③ L7&録音
 ④ スペクト
 ⑤ 全天球

↑実験ノート

←シフト表

記録的な太陽フレアの影響による大規模なオーロラ



2017.9.8 アラスカ州フェアバンクスにて撮影

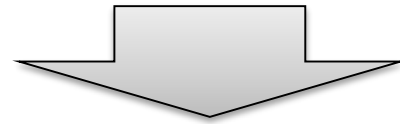
アラスカでの観測計画

- オーロラから音が聞こえるか自分達で感覚で確かめてみたい！
- もし音波ならば録音が可能はずなので、録音できるかどうか試してみたい！
- 音波でない可能性を考慮し、オーロラから生じている電磁波を測定したい！
- オーロラ研究の第一人者である赤祖父先生と議論してみたい！

現地で音は聞こえた！？

オーロラの音はパキパキ・サラサラ・シュー
のような音のはず・・・！

しかし、周りは大自然。
風が吹けば木の葉はサラサラ言うし、枝はパキパキ言うし、
風が強ければシューという音も聞こえる。



どれがオーロラの音なのか全然わからない！！！！

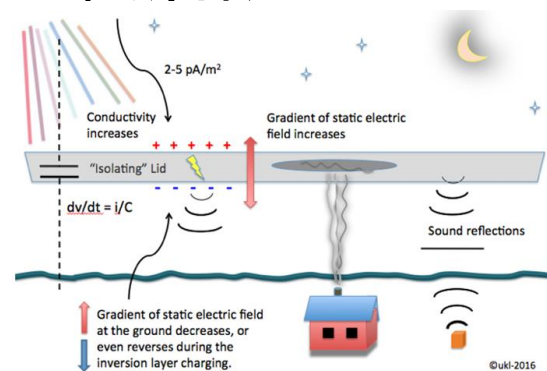
明らかにオーロラが強いときにだけ聞こえるなどの
「これがオーロラの音だ！」と確証を持てるような
音が聞こえることはなかった・・・残念。

アラスカでの観測計画

- オーロラから音が聞こえるか自分達の感覚で確かめてみたい！
- もし音波ならば録音が可能はずなので、録音できるかどうか試してみたい！
- 音波でない可能性を考慮し、オーロラから生じている電磁波を測定したい！
- オーロラ研究の第一人者である赤祖父先生と議論してみたい！

興味深い録音データについて

逆転層説



Unto Kalervo Laine "Auroral Acoustics project
- a progress report with a new hypothesis" Figure 3

- Laine氏による仮説
- 音の原因は高度80mほどの逆転層で発生した音波が地上に届いている
- 録音に成功したと主張

2017.9.17
現地での録音

Laine氏にメールでお願いして、特別に公開前のデータをいただいた。

⇒現地で聞いた際は全くオーロラの音だと思っていなかったある音と非常に似ている！！



音の原因が本当に音波であった場合、
逆転層説の理論自体には十分検討の余地があるが、
修正を加えることなどによって真実にたどり着く可能性！

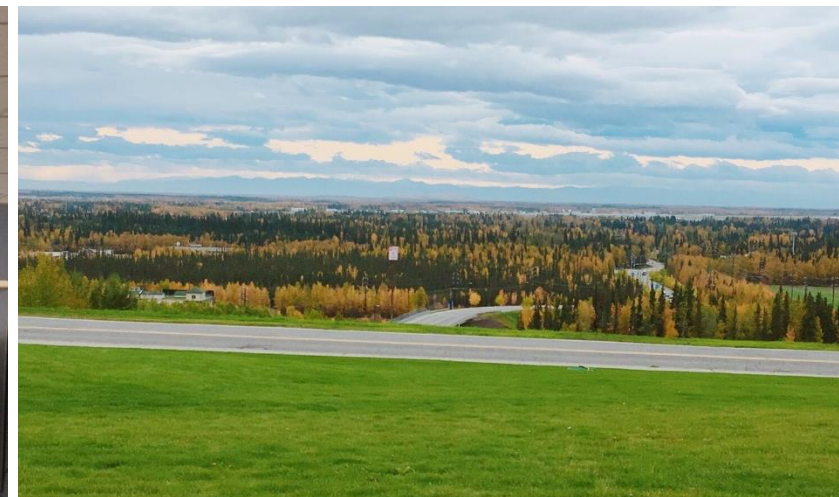
アラスカでの観測計画

- オーロラから音が聞こえるか自分達の感覚で確かめてみたい！
- もし音波ならば録音が可能はずなので、録音できるかどうか試してみたい！
- 音波でない可能性を考慮し、オーロラから生じている電磁波を測定したい！
- オーロラ研究の第一人者である赤祖父先生と議論してみたい！

アラスカ大学での議論

オーロラ研究の第一人者の赤祖父先生と議論

AKASOFU BUILDING



地球物理学研究所(通称GI)

アラスカでの生活

宿を探した時の条件

- ✓ いつでも観測できるように、部屋から一歩出たらオーロラが見えるような所
- ✓ 音が聞こえやすいように、周りに何も無い静かな所(つまりド田舎)



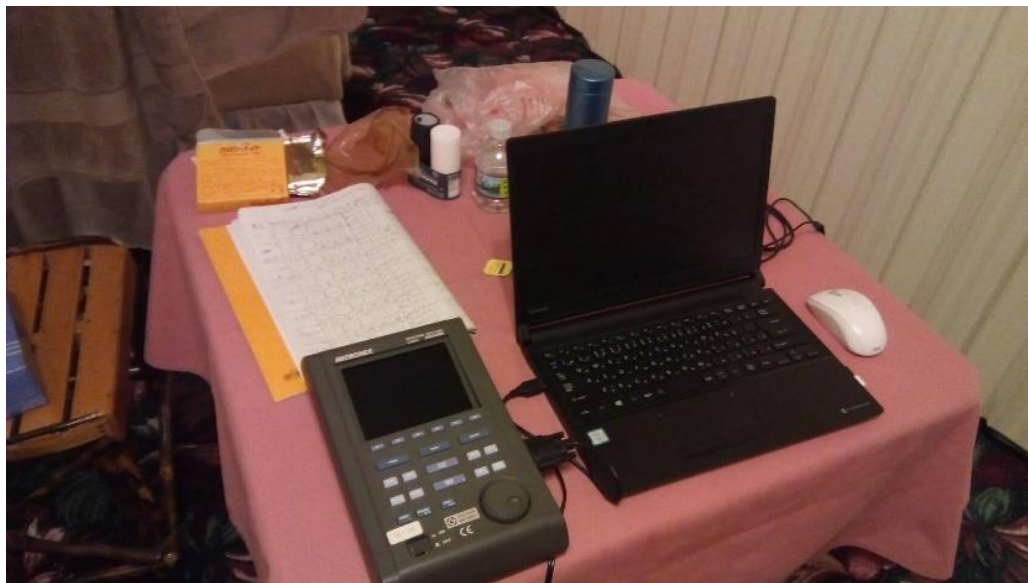
昼夜逆転生活

20:00	起床
20:00-21:00	自炊
21:00-22:00	朝(?)ごはん
22:00-05:00	観測
05:00-08:00	データ整理
08:00-09:00	昼(?)ごはん
09:00-12:00	アラスカ大学
12:00-13:00	夜(?)ごはん
13:00-16:00	データ整理
16:00	就寝

アラスカでの観測計画

- ☑ オーロラから音が聞こえるか自分達の感覚で確かめてみたい！
- ☑ もし音波ならば録音が可能はずなので、録音できるかどうか試してみたい！
- ☑ 音波でない可能性を考慮し、オーロラから生じている電磁波を測定したい！
- ☑ オーロラ研究の第一人者である赤祖父先生と議論してみたい！

電磁波の測定について

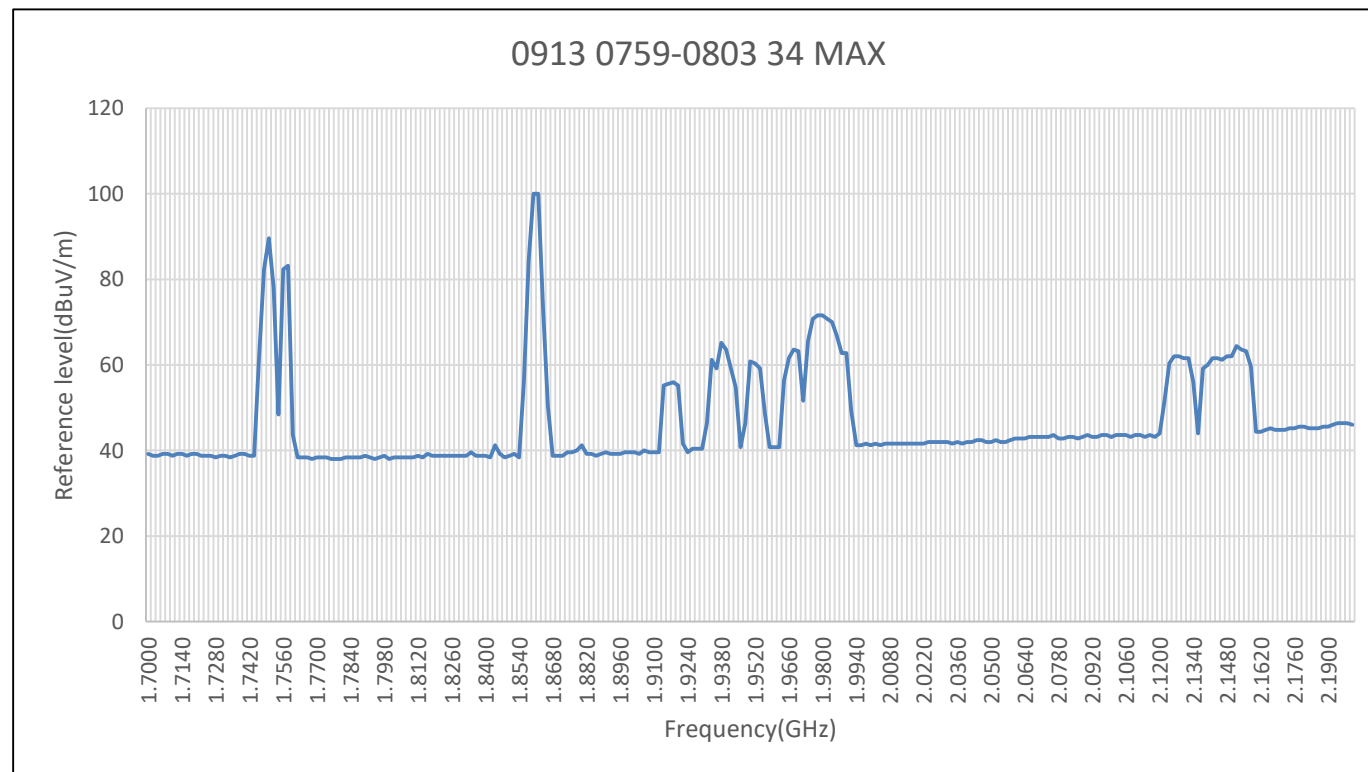


現在、このデータを減衰量標準値
やアンテナの指向性などを考慮して
解析中。



オーロラの電磁波を再現したもの
を細胞に照射することで、
新・直接知覚説を検証する！

スペクトラムアナライザは
データを100個までしか保存できないので、
現地で毎日パソコンにデータを移す。



生物学的な検証の流れ

step0

➤ オーロラから発生する電磁波を観測

step1

⑩ ウイルスを用いた細胞内環境測定法の確立

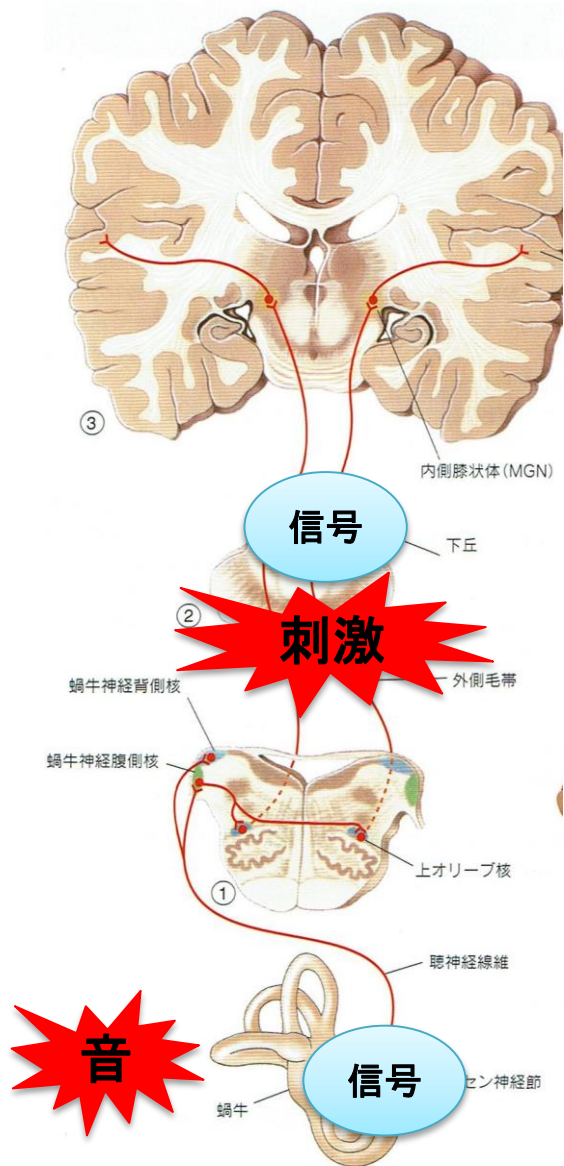
step2

⑩ 哺乳類由来クリプトクロムの機能解明へ

step3

⑩ オーロラの音に関する新しい説の提唱へ

電磁波で音が聞こえる！？



*** 音波がなくても音が聞こえる仕組み ***

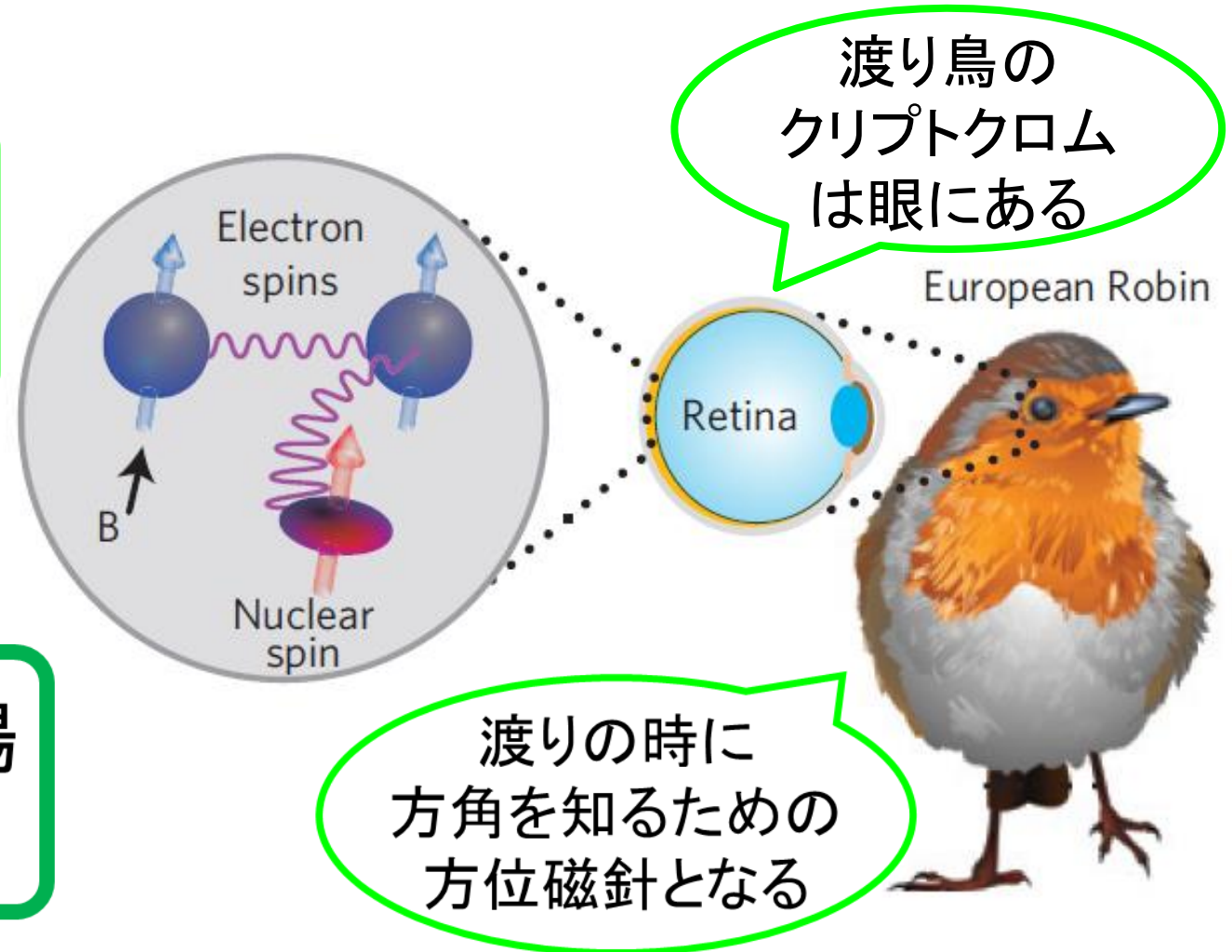
- 神経が音波以外の“何か”により直接刺激される
- 電気信号が神経を伝わり、脳が音と錯覚

電磁波が直接神経を刺激することによって音と錯覚している！？

渡り鳥のクリプトクロム

* 渡り鳥のクリプトクロム *

- 渡り鳥もクリプトクロムをもつ
- 磁場に反応することが示された



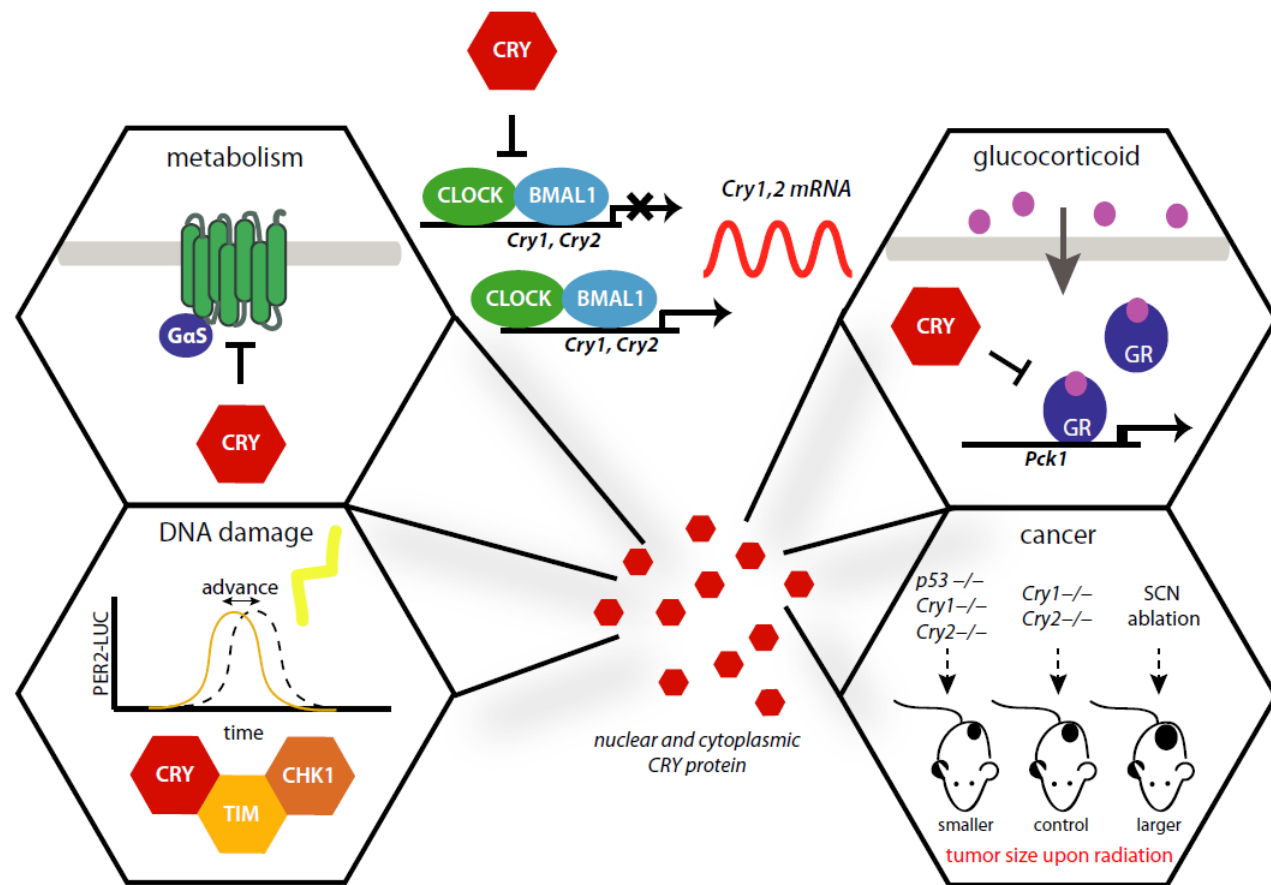
➡ ヒトのクリプトクロムが磁場に反応するかを検証！

クリプトクロム

* クリプトクロムについて *

- 様々な生き物がもつタンパク質
- 生き物によって異なる働きをする

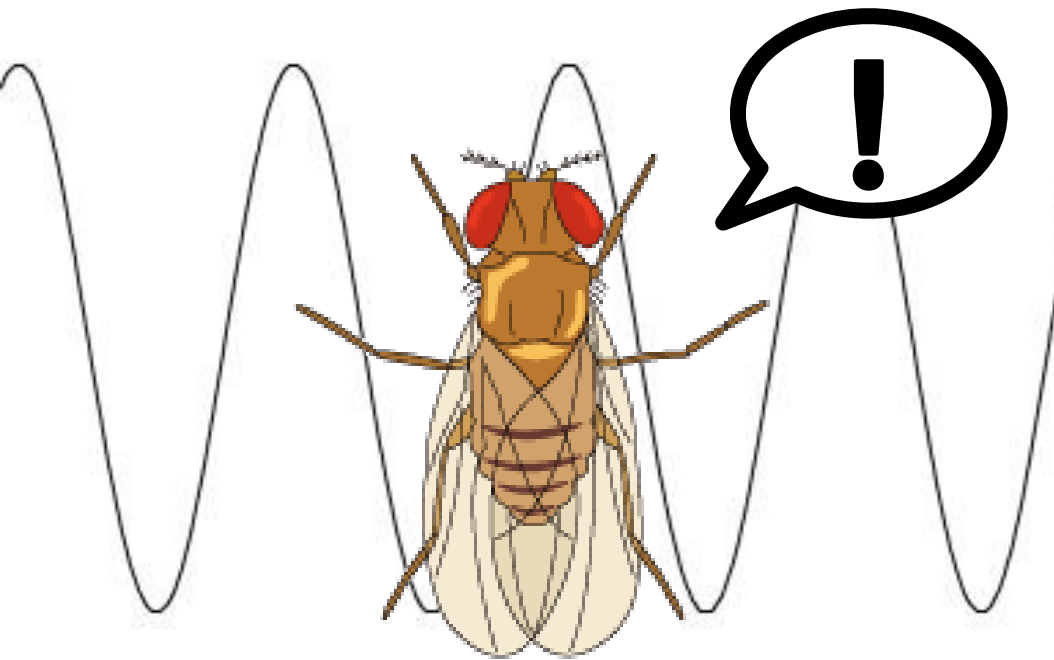
ヒトのクリプトクロムの機能はわかっていない



Alicia K. Michael et al. (2017)

ヒトのクリプトクロム(先行研究)

ヒトクリプトクロムも磁場受容能を持つ(かも?)

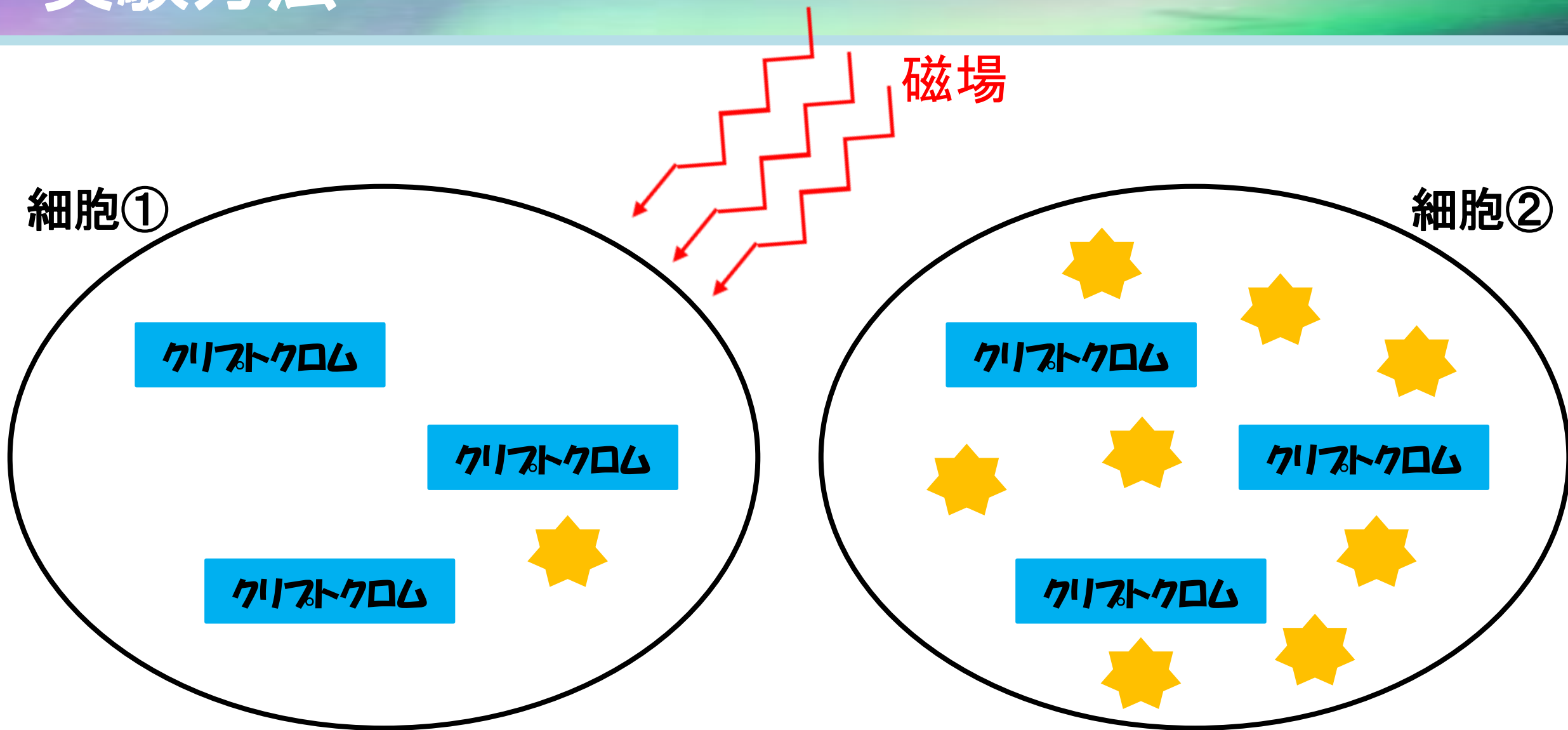


CRY遺伝子を発現しないショウジョウバエに
hCRY遺伝子を導入すると
ショウジョウバエの磁場への反応行動が回復する

Lauren E. Foley, Robert J. Gegear, & Steven M.
(2011)

ヒトクリプトクロムを持つハエ

実験方法



磁場を受けたクリプトクロムは何をしたか？

クリプトクロムの機能を推測

ウイルスをつくるな！

細胞①

クリプトクロム

クリプトクロム

クリプトクロム

細胞内の環境を
変化させる！

クリプトクロム **OFF** モード

磁場

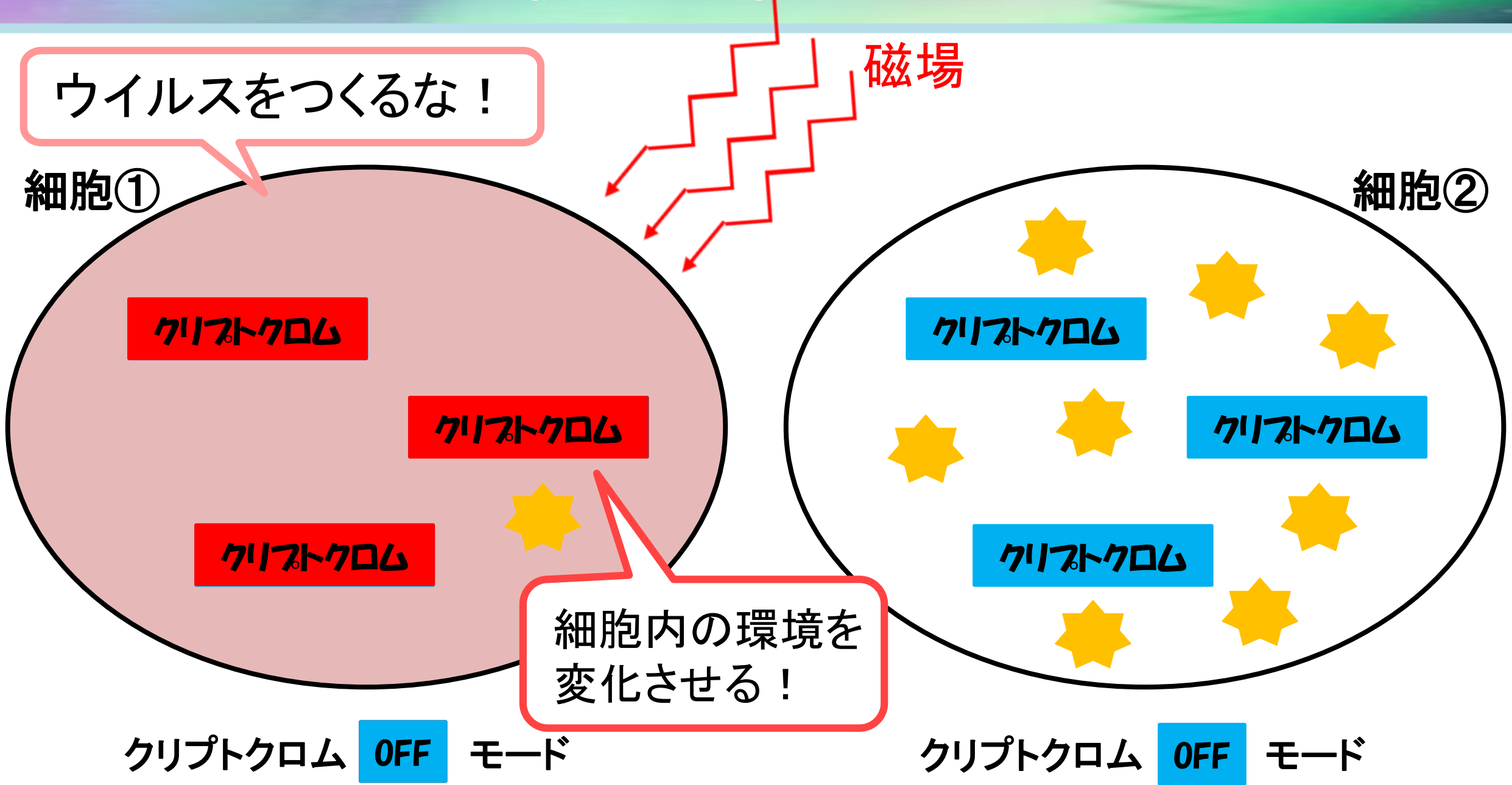
細胞②

クリプトクロム

クリプトクロム

クリプトクロム

クリプトクロム **OFF** モード



脳でオーロラは聞こえるか



クリプトクロムによる直接知覚説を検証するための研究は
“**脳でオーロラは聞こえるか**”

というテーマでSPEC2017の支援を受けています。

オーロラの音の謎に迫る

オーロラの発生と
同時に聞こえる

おもしろい！

録音に
成功していない

