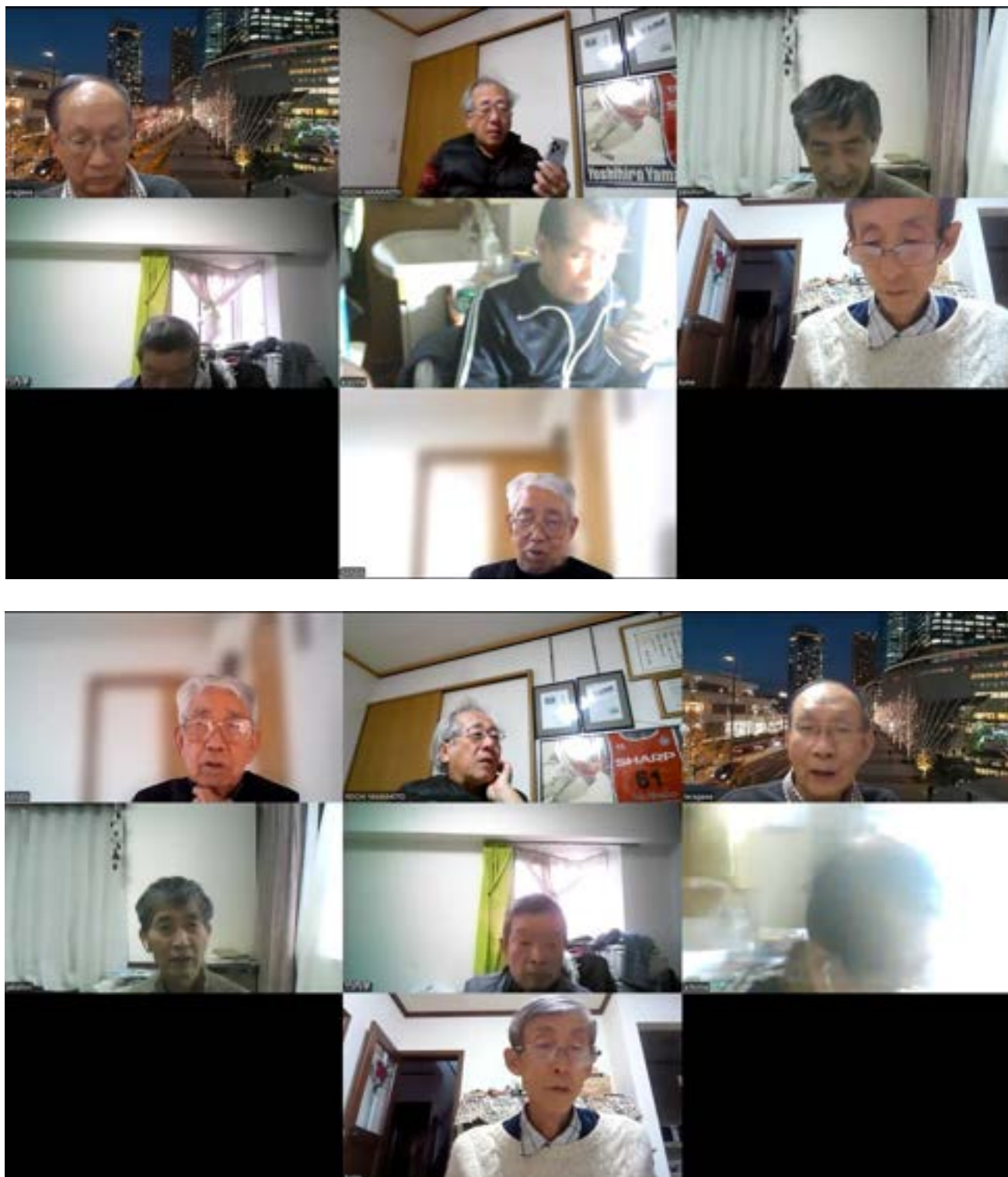


第 162 回 CIS パートナー会議事録（一般様用）

開催日時 2025 年 12 月 21 日（日） 13 時～15 時

講 師 久米 健次 様

テーマ 大気電気



会議風景

T=28:59

1)

## 大気電気

2025年12月21日



- ・大気電気
- ・電場や磁場って何？（←短く）
- ・ファラデーのパラドクス
- ・ランダムドットステレオグラムの作り方
- ・物理おもちゃ
  - 逆立ちゴマ、ラトルバック

大気中では様々な電気現象が生じている。  
→「大気電気学」



参考文献：  
「大気電気学」北川信一郎編著（東海大出版）

地球科学の中に、電気現象を扱う「大気電気学」という分野がある。ここでは参考文献によって、その概要の説明に限ることとする。

2)

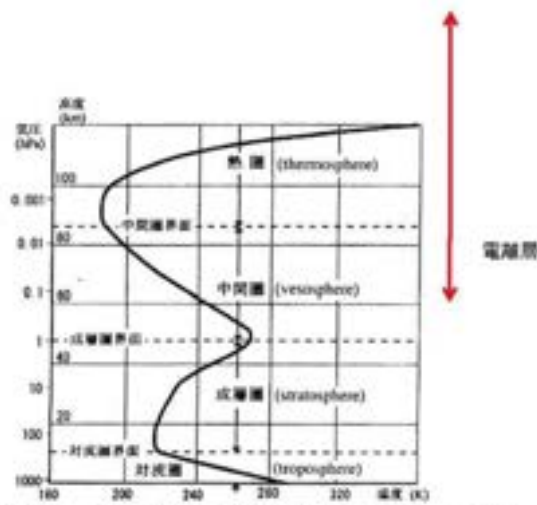


図 1-1 大気温度の高度分布と大気層の区分 参考(1)

- ・電離層は60-100km以上の上空
- ・晴天時の地表付近の大気電界は約100V/m
- ・高度の上昇とともに大気の電気伝導度が大きくなり大気電界は急速に弱くなる。

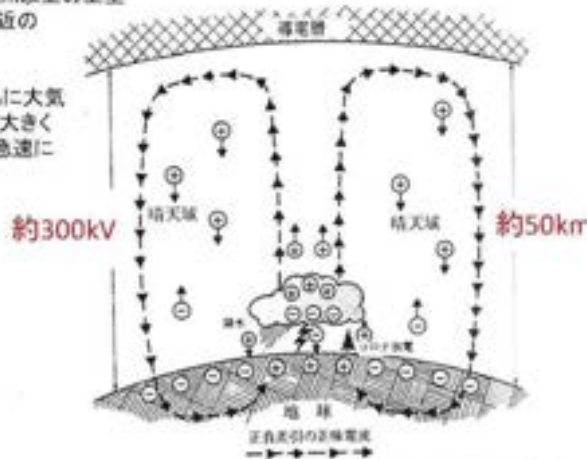


図 1-7 地球と上層伝導層間を環流する電流と雷雲発電機的作用を示すモデル図 (Uman, 1987)

- ・大気中では鉛直方向に電位傾度がある。
- ・晴天時は、地表が負に帯電し、電位は上方で高くなり、電界は鉛直下向きとなる。
- ・曇天、降水、強風などの擾乱時は大気電界は晴天時に比べて、絶対値が大きく、時間変動が激しい。
- ・雲の上部には正電荷、下部には負電荷が分離される。雷雲付近では地表は正に帯電。雲の下部にある負電荷は落雷で地表に、上部の正電荷は電導電流により上層導電層に供給され、晴天領域での空地電流を補足する。
- ・この結果、導電層は地表と約300kVの電位を維持する。この電界は地表付近では  $\sim 100\text{V/m}$ 。上空で急速に減少。

縦軸は気圧（高度） — 横軸は温度  
温度を見ると、地表から対流限界域までは高さとともに温度は低下し、さらにそこから成層圏域に向けて温度上昇しさらに上部に行くにつれ温度が下降し更に上昇するなど、高度によって著しい変化がある。

電場についてはどのようなになっているか：

図 1-7

画面中央付近に雷雲があるとして。  
雷雲のない晴天域が左右にあり、上部には電離層が有る。 晴天気域では導電層と地球の間では、導電層は $\oplus$ 地球は $\ominus$ に帯電している。 この帯電させるもとは、雷雲である。地球の不特定多数の場所に常時発生している落雷が $\ominus$ 電荷の供給源となっている。一方 $\oplus$ 電荷は、雷雲の水分子（と思われる）に付着し対流で上昇し導電層に達する。これは、導電層と地球で構成される球状コンデンサーの充電源である。

地上と約50km離れた電離層の間で約300kVの電位差が有る。一方地表付近ではその電位勾配は  $100\text{V/m}$  であり平均電位差と計算が合わない。 その理由は、導電層に近づくにつれて導電率が高くなり、高い高度での電圧降下が小さいからである。すなわち高い上空では電位勾配が  $100\text{V/m}$  よりはるかに小さな値となるのが原因。

ここでもし、雷雲がなくなると、電界は充電原がなくなるので、2～30分で消えるだろうといわれている。

← まとめは左図

3)

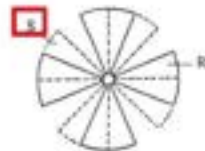
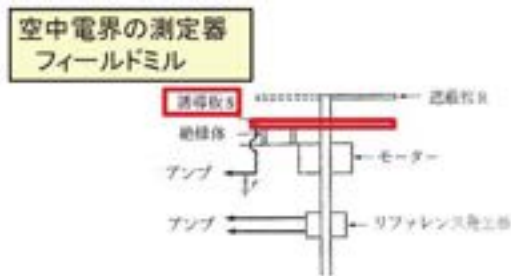
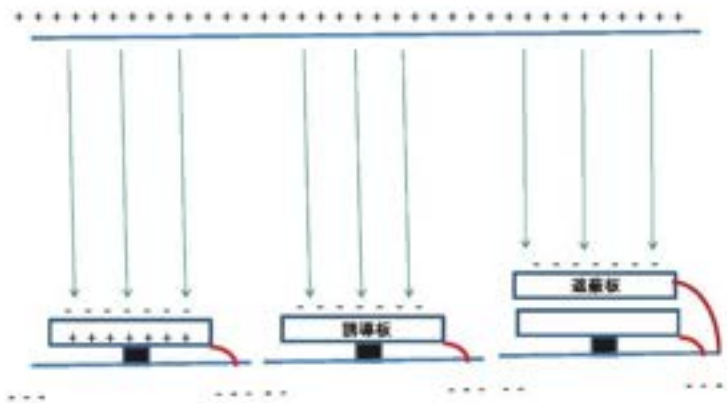
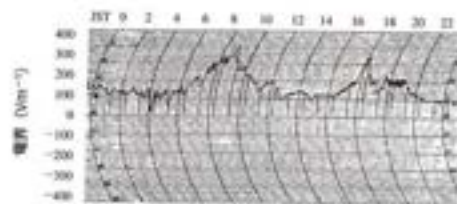


図4-1 フィールドミル (Chalmers, 1957)

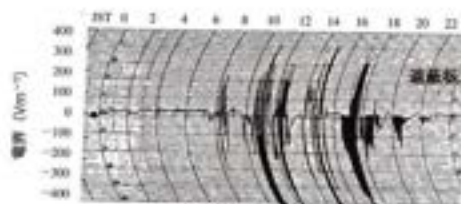


静穏日



(a) 1976年9月5日 京都

降雨時



(b) 1976年9月10日 京都

図4-2 京都市内の大気電界の日変化 (小川, 1984)  
(a) 静穏日, (b) 降雨時

空中電界の測定には左記のような測定器などで測定されている。

また、空中電界は天候などによって大きく影響を受ける。荒天時には大気電界は非常に大きく変動する。



4)

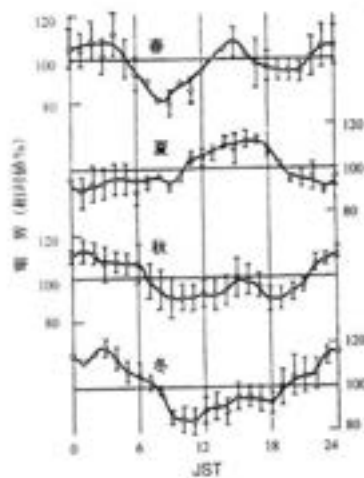


図4-5 富士山の季節別大気電界の日変化 (岡田, 1960)

大気電気終り

### 電場や磁場の話

電場や磁場と電磁ポテンシャルはどちらが根本的か？

古典論では、測定されるのは電磁場であるし、ポテンシャルには不定性があるので、当然 電磁場が根本的で、ポテンシャルは数学的道具のように思われてきた。

ところが量子論になると、少々怪しくなってきた…という話。

どういふことか？

磁場に触れない電子が磁場の影響を受ける？



5)



紙面に垂直に赤い領域のみに、磁場Bが存在するとして。  
それ以外の領域では  $B=0$

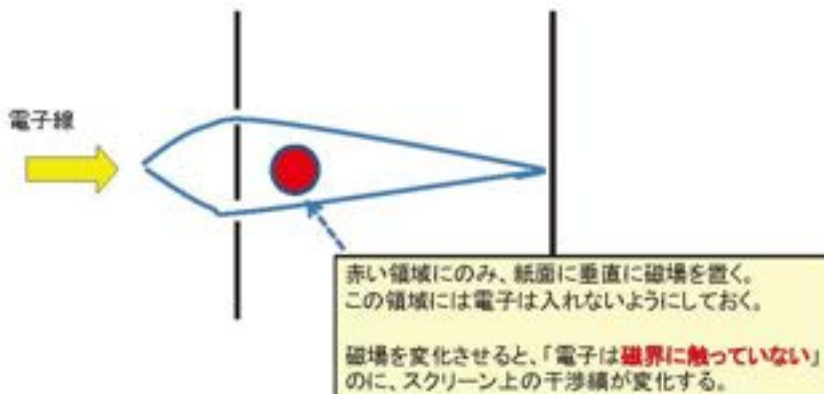
赤い領域の外側は  $B=0$  だが、  
ベクトルポテンシャルAはゼロにできない。



$A \neq 0$

量子論では電子の運動（波動関数）は、Bではなく  
ポテンシャルAで決まる。

磁場に触れない電子が磁場の影響を受ける？  
アハラノフーボーム効果



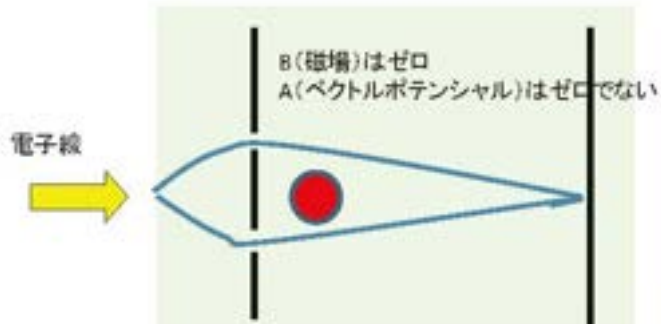
古典電磁気学では、荷電粒子と電磁場の相互作用は電磁界ですべて決定される。

量子論になると、荷電粒子の運動方程式（波動方程式）はスカラーポテンシャルとベクトルポテンシャルで決まる。

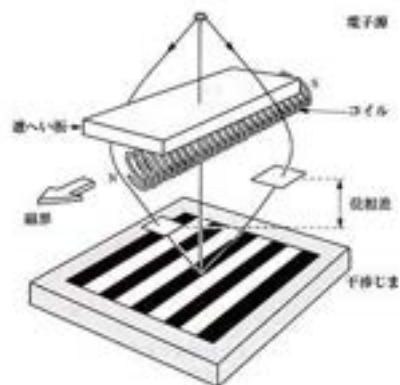
このことから左記のようなトリッキーな現象が生じることが、アハラノフとボームによって提唱された。紆余曲折を経て、最終的には外村氏によってこの効果は検証された。

5)

何故か？



アハラノフ・ボーム効果の実験検証  
きれいな実験が外村氏により行われた。  
外村氏はノーベル賞候補だったと思う。



7)

## Faradayのパラドクス



図1 単極誘導確認のための基本構成

「ファラデーのパラドクスを考える 唐沢 好男」より

以下のそれぞれについて、検流計に起電力を生じるかどうか？

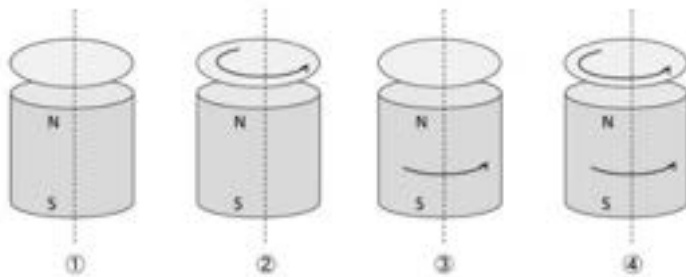
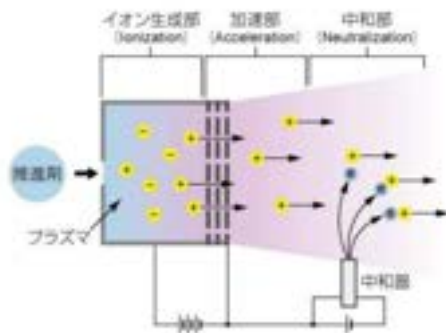


図2 起電力の有無を確認する4つのケース

## 別の話題： イオン推進ロケット



左記のような問題がある（ファラデーのパラドクス）。

頭の体操として考えてください。

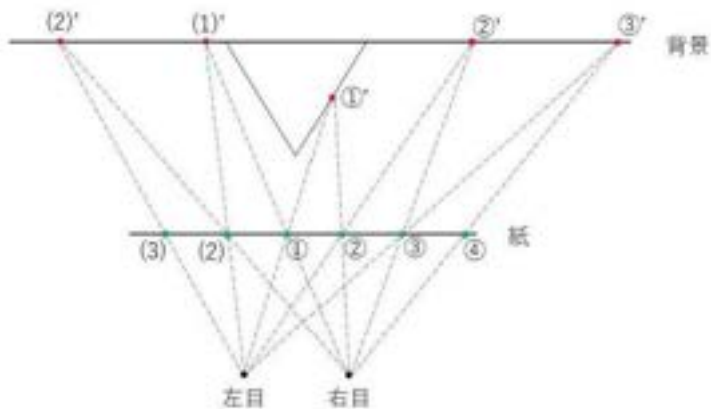
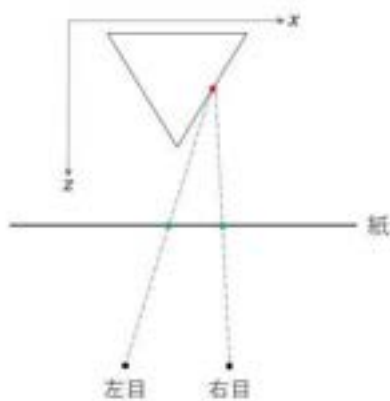
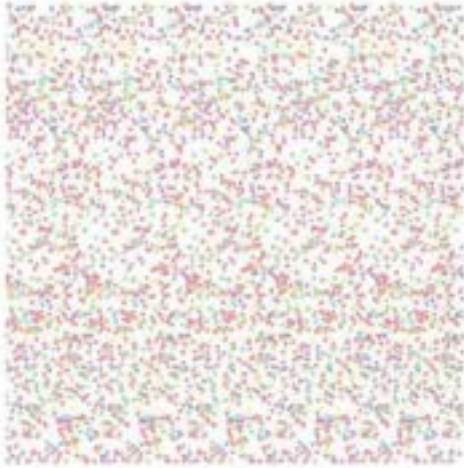
山本の疑問は、加速器を通過するイオンの電荷量と同量の電子を放出するには電位を計測する必要があるのではないか。電荷中和するメカニズムの理解が進まない。



8)

話題

ランダムドットステレオグラムの作りかた  
バウムクーヘン



山本の場合：

ランダムドットステレオグラムを見る場合、(近視) 眼鏡をはずしランダムドットステレオグラムに 20 cm ぐらいの距離まで近づき静かに見続けると 2 ~ 3 分後に立体図形が見える。

9)

物理おもちゃ

ラトルバック

角運動量保存則によれば、外から回転力を与えないと  
回転方向は変わらないはず。誰が逆回転させているのか。

<https://www.youtube.com/shorts/wzmsXoMYLBI>

逆立ちゴマ

通常は、重心が低い方が安定で、運動はそちらに向かう。  
逆立ちゴマは、何故 重心が高くなるのか？  
エネルギー的に高い状態に変化している？

<https://www.youtube.com/watch?v=Q298nP55Cx8>

物理の原理に反するように見えるおも  
ちゃ。

ラトルバックは逆回転する  
→角運動量保存則はどうなったのか？

逆立ちゴマはなぜ重心が上がって安定  
化するのか。

→この仕事をやっているのはだれか

いずれも机とコマの間の摩擦力のせい  
ですが、説明はなかなか厄介です（特  
に逆立ちゴマは）

T=



会話集：

平均 80 歳の集まりとなると、話題の中心は、視力や聴力の低下が共通の困った種。

特に聴力低下は平均的に低下の傾向にあり、 テレビの音を大きくするとか、耳そばにスピーカーを追加するなど。 また、明瞭度の改善には 高域のブーストで改善される。 これは、高齢者は特に高音域の音に対する聴覚劣化が原因しているものと思われるなどの意見が出た。久米さんは聴力はよいが視力低下が気がかり・・・免許更新があります。

テレビの音に対する対処は、

- ① 音を大きくする
- ② 耳傍補助スピーカーを設置
- ③ 高音レベルを上げる（メディアプレーヤーの拡張機能のグラフィックイコライザーで実証可能）

畑は、これから冬を迎えるにあたり一休み状況。

- ① 雑草 が生えないのがうれしい
- ② 水やり回数が大幅に減る、手間が省ける。

等



10) 今後の日程

- 第 163 回    1 月 18 日（日）13 時 ～ 寺川 雅嗣 様
- 第 164 回    2 月 22 日（日）13 時 ～ 山本 洋一
- 第 165 回    3 月 29 日（日）13 時 ～ 神田 忠起 様

HP <http://www.cis-laboratories.co.jp/index.html>

2025-12-22 文責 山本洋一