

演習1

(静電場におけるエネルギーと力)

電気情報工学科* 3年 基礎電気磁気学
2015年11月4日(水)
第20回

概要

導体系とコンデンサについて，演習問題を行う。

1 エネルギーと帯電導体に働く力

コンデンサは，両極板に極性の異なる等量の電荷が蓄えられている。これはクーロン力を考えると，極板間に互いに反発する力が作用していることを意味している。この力の大きさを知りたければ，クーロン力により極板が微小に変化した場合の，コンデンサに蓄えられるエネルギーの微小変化を考えることで求めることができる。実際には極板は動くことはないが，仮に微小距離動くことでコンデンサに蓄えられるエネルギー変化量を見積もることを仮想仕事の原理という。当然，エネルギー保存則は厳密に満たされている。

2 演習問題

- [練習1] 教科書 [1]p.50, 例題 3・8
- [練習2] 教科書 [1]p.58, 例題 3・9
- [練習3] 教科書 [1]p.53, 演習問題 3.1~3.13

3 余談

大気中の 100[V/m] くらいの電場がある。地上の電圧をゼロとすると、上昇するに従い電圧が高くなる。その様子を図 1 に示す。この電場により、約 10^{-12} [A/m²] とごくわずかな電流が流れている。電流の担い手は、宇宙線により電離された空気の分子—イオン—である。こんなに強い電場があるにも関わらず、なぜ人間は感電しないのか? 感電をする

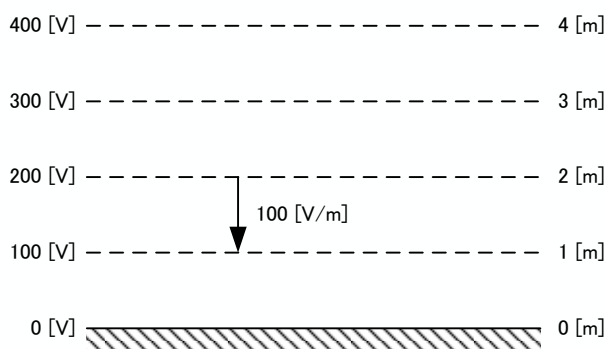


図 1: 地上付近の電場の様子

ためには電流が流れる必要がある。そのためには頭の先と足元で電圧が異なり、かつ人体が電流を流さなくてはならない。人体は、電気的には良導体で電流は流れやすい。大気中での人間の回りの電圧は図 2 のようになる。これは人間が良導体のため、一瞬にして電子の移動が生じ、内部の電場が無くなり、頭の先から足元まで同じ電圧になるのである。このようなことから人間は感電しないのである。上空 50,000[m] には、比較的比較的電気伝

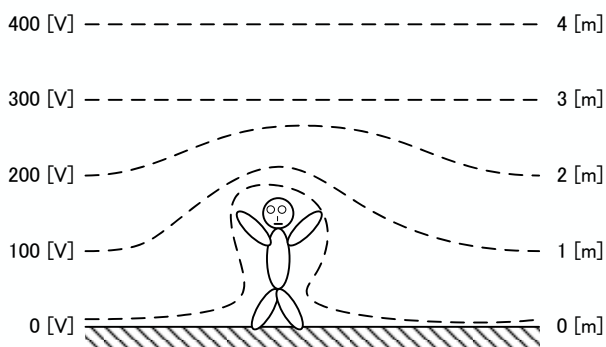


図 2: 人間の回りの電場の様子

導率の高い層がある。地上とこの層でコンデンサを構成している。コンデンサの電圧は、400,000[V]である(図3)。このコンデンサ中を約 10^{-12} [A/m²]の密度で電流が流れている。地球全体での合計の電流量は1800[A]にもなる。電力は700[MW]にもおよぶ。このよう

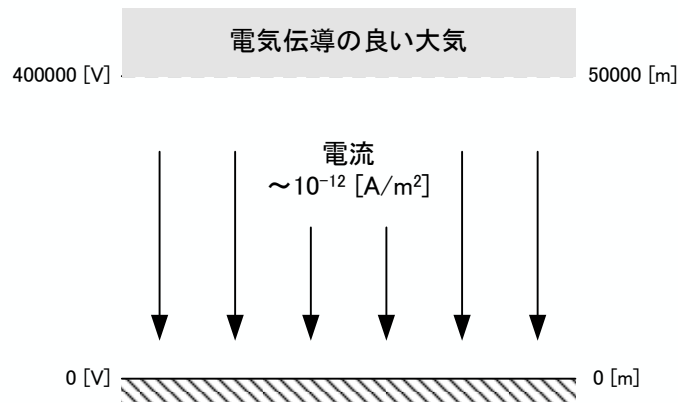


図3: 上空での電場の様子

な大電流が流れれば、コンデンサはすぐに放電してしまう。実際、そのようなことは起きておらず、耐えず100[V/m]の電場が存在して、上空から電流が降り注いでいる。このようなことが起きるためには、コンデンサに充電する機構が必要である。雷雨がその役割を担っている。雷が地球に負の電荷を運び、コンデンサを充電しているのである。驚いたことに、雷は放電しているのではなく、充電をしているのである。では、地球全体規模において、雷雲の成長過程と、雷雲内部の電荷分布はどのように形成されていくのだろうか？実は、この問題は非常に複雑で、未だ完全には理解されていないのである。非常に面白い研究対象である。

参考文献

- [1] 安達三郎, 大貫繁雄 基礎電気・電子工学シリーズ1”電気磁気学” 森北出版株式会社
- [2] 大貫繁雄/安達三郎 演習基礎電気・電子工学シリーズ”演習 電気磁気学” 森北出版株式会社
- [3] 山田直平, 桂井誠 ”電気磁気学問題演習詳解” 電気学会大学講座 電気学会