

はぐれメタルを磁性流体だと仮定してみる

BV19070 小宅宇海

令和3年11月6日

1 研究背景

私はドラゴンクエスト (以下ドラクエと略す) が好きである. ある日ドラクエをプレイしているときに, はぐれメタルという倒すとメリットの多いモンスターに逃げられた. はぐれメタルは体が液体状になっている. ここではぐれメタルが磁性流体であるとしたら, その磁場の変位により発電できるのではないかと思った.

2 磁性流体

磁性流体の運動方程式はナビエストークス方程式を用いることで書ける. ナビエストークス方程式の外力に磁力などを考慮すればいいので以下のような式が導ける.

$$\rho \frac{D\mathbf{u}}{Dt} = -\nabla p^* + \eta_a \nabla^2 \mathbf{u} + \mathbf{M} \cdot \nabla \mathbf{H} + \frac{1}{2} \nabla \times (\mathbf{M} \times \mathbf{H}) + \rho \mathbf{g} \quad (1)$$

このままでは解けないので様々な仮定をおく. 以下にその仮定を示す.

- 流体の連続性 ($\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$)
- 非導電性 ($\nabla \times \mathbf{H} = 0$)
- 磁束密度の連続性 ($\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$)
- 磁気分極性 ($\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} + \mathbf{M}$)
- 無磁場性 ($\mathbf{H} = 0$)

これらを仮定することで以下を導ける.

$$\rho \frac{D\mathbf{u}}{Dt} = -\nabla p_0 + \eta_a \nabla^2 \mathbf{u} + \rho \mathbf{g}$$

また, (1) を上手いこと積分すると, 磁性流体のベルヌーイの定理が導ける.

$$\frac{1}{2} \rho |\mathbf{u}|^2 + p^* + \rho g z - \overline{\mathbf{M} \mathbf{H}} = \text{const.}$$

ここで, $\overline{\mathbf{M}}$ は磁化の平均値, \mathbf{H} は磁場である. $\overline{\mathbf{M}}$ は次のように求める.

$$\overline{\mathbf{M}} = \frac{1}{H} \int_0^H \mathbf{M}(H) dH$$

3 はぐれメタルの速度

ドラクエの世界には「すばやさ」というステータスが存在する. 主人公の初期値が大体 4 ~ 8 である. ここで一般的な人間の走行時の速さが 10 ~ 13km/s であるので現実の速度と大体 2 倍程の差がある. ここではぐれメタルのすばやさは 255 で設定されることが多いので, はぐれメタルの秒速は 142m/s となる. これを用いて今後の計算を行う.

4 磁場を求める

ベルヌーイの定理を用いて求める。速度 0 の時と速度 142 の時の式を立てる。

$$\frac{1}{2}\rho|0|^2 + p_1^* + \rho gz - \overline{MH} = const.$$
$$\frac{1}{2}\rho|142|^2 + p_2^* + \rho gz - \overline{MH} = const.$$

ここで、速度 142 の時は抗力や揚力がかかるので、その分圧力が増える。3D のドラクエにおけるサイズ比から、はぐれメタルの正面から見たときの面積を 0.3m^2 、はぐれメタルの下からの面積を 1.1m^2 と仮定する。またはぐれメタルの密度は磁性スライムと同じと仮定し、 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ したがってはぐれメタルにかかる流体力 F は以下のように求められる。

$$D = C_D \frac{1.2 \cdot 142^2 \cdot 0.3}{2}$$
$$L = C_L \frac{1.2 \cdot 142^2 \cdot 1.1}{2}$$
$$F = \sqrt{D^2 + L^2}$$

ここで、 $C_D = 1.2, C_L = 0.2$ とすると、

$$F \simeq 5104\text{N}$$

となる。これを外力項に加えて整理すると、

$$\overline{MH} = 16351.7$$

ここで $\mathbf{B} = \mathbf{H} + 4\pi\mathbf{M}$ であり、 $\mathbf{B} = 0$ とすると

$$|\mathbf{H}| \simeq 453.3$$

5 発電量

はぐれメタルは直線的に移動しているので、磁場は直線的である方が計算がしやすそうだ。ここで単位長さ当たり n 回まかされているソレノイドを考える。これは $\mathbf{H} = n\mathbf{I}$ であるので発電量は以下のようなになる。

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{H}}{n}$$

となる。仮に $n = 100$ とすると、

$$\mathbf{I} = 0.4533$$

これをもとに 1 日中逃げ回ったとして、発電量を計算すると、およそ 35 万 J、つまり、98kWh となる。これは太陽光発電のおよそ 50 倍あり、かなりの発電量であることがわかる。

6 終わりに

大分計算や説明を省いたがかなりの発電量があることが分かった。無茶な仮定があるが、そもそも魔力で動いてそうなはぐれメタルの発電量を求めることが無茶苦茶である。もしはぐれメタルが実在したら追いかけてまわして発電したいところだが、彼らは「ベギラマ」という灼熱呪文や「イオラ」といった爆発呪文を使うことができるのでこちらで発電した方が有意義だろう。(逃走や反乱がおきないという意味でも)このような拙い文でも読んでもらい、磁性流体の存在を知ってもらい、笑っていただけたのなら幸いである。

参考文献

- [1] 山口博司, 磁性流体, 森北出版, 2011 年
- [2] ドラゴンクエスト大辞典を作ろうぜ！！, 最終閲覧日 2021 年 11 月 6 日, <https://wikiwiki.jp/dqdic3rd/%E3%80%90%E3%81%AF%E3%81%90%E3%82%8C%E3%83%A1%E3%82%BF%E3%83%AB%E3%80%91>,