InSb ホール素子を用いて測定した導線電流が作る磁場の距離依存性

Distance dependence of magnetic field generated by currents flowing in lead lines

measured by InSb Hall elements

福岡大理¹,野口研究所² ⁰笠原 健司¹,柴崎 一郎²,眞砂 卓史¹

Fukuoka Univ.¹, The Noguchi Inst.², °Kenji Kasahara¹, Ichiro Shibasaki², Takashi Manago¹

E-mail: kasaharakenji@fukuoka-u.ac.jp

IoT 時代に向け、電気、電子及び情報機器等における、シス テムの動作状態に関する情報の取得は、極めて重要かつ有用 である。システムの動作状態は、使われているプリント基板内の 回路配線を流れる電流に強く反映されるため、この電流を非接 触で検出できれば、その動作状態を詳細に知り得ることができ る。しかし、回路内では多数の電流経路が錯綜しているため、 それらを個々に、且つ非接触で検出することは非常に難しく、こ れまで試みられた例はあまりない。我々はこれまでに、市販され ている微小且つ高感度なホール素子に強磁性体コアを組み合 わせることで比較的容易に、一本の導線に流れる1mAの電流 を非接触・高精度に計測できることを明らかにしてきた。

本研究は、この技術を応用することで、上述したシステムの稼働情報の非接触・リアルタイム取得を目指している。即ち、微小 且つ高感度なホール素子による磁界の検出でもって、システム 内の回路配線を流れる電流やその時間変化の非接触検出を 狙っている。これを実現する為には、強磁性体コアを用いずに、 ホール素子だけで、近接した複数本の回路配線を流れる電流 を高精度に計測する必要がある。更に、電流が作る磁界は距離 に逆比例し、配線に近接した位置では極めて急峻に変化する ため、磁界の空間分布の高精度な計測は極めて困難であると 予想される。そこで最初の試みとして、一本、若しくは近接した 二本の銅線中を流れる電流が作る磁界の空間分布を市販の InSb ホール素子で計測し、有限要素(FEM)法を用いた計算結 果と詳細に比較することで、その適合性や高精度な電流計測 に適したホール素子の位置などについて検討した。

Figure 1 は、1.00 A の電流(I)を直径 0.29 mm の銅線に流し た時における、市販の InSb ホール素子で測定した磁界の大き さ(BHall) と銅線-ホール素子間距離(r)の関係である。BHall に はホール電圧の不平衡電圧に起因するオフセット(Bos)が含まれ るため、BHall は導線電流が作る実際の磁界の大きさ(B)と若干 異なり、 $B = B_{Hall} - B_{os}$ という関係になる。Bは r に反比例してお り、 $B = \mu_0 I / 2\pi (r - r_{os})$ で精度良くフィッティングできていることが わかる (青実線)。ここで、µ0および rosは、それぞれ真空の透磁 率、および銅線一ホール素子間距離のオフセットである。次に、 同じサイズの銅線を間隔 d = 5.08 mm (0.2 inch)で2本配置し、 *I*=1.00Aの電流を互いに逆向きに流した時の *B*_{Hall}の r 依存性 を示す(Fig. 2)。 図中の青実線は、磁界の重ね合わせを考慮し た $B = \mu_0 I / 2\pi \times \{-1 / (r + d - r_{os}) + 1 / (r - r_{os})\}$ という式でフィッテ ィングした結果であり、複数の導線電流が存在していても精度 良く磁界を測定できることがわかる。FEM 法により、Fig. 2と同じ 条件でシミュレーションした結果を Fig. 3 に示す[x 軸上の B の y成分(B_y)]。 B_y は導線近傍では極めて急峻に変化しているが、 線間の中央部では変化の少ない極大部が生じていることがわ かる。即ち、FEM シミュレーションより、電流計測に好適な磁気 センサの設置位置を示唆する結果が得られた。



Fig. 1 Distance dependences of the magnetic field generated by a current flowing into a lead line, measured by the InSb Hall device.



Fig. 2 Distance dependences of the magnetic field generated by currents flowing into two lead lines, measured by the InSb Hall device.



Fig. 3 Distance dependences of the magnetic field generated by currents flowing into two lead lines, calculated by the FEM method.