

|         |                                   |        |      |
|---------|-----------------------------------|--------|------|
| 氏名(本籍)  | 杉山剛博                              |        |      |
| 学位の種類   | 博士(工学)                            |        |      |
| 学位記番号   | 博甲第 9813 号                        |        |      |
| 学位授与年月日 | 令和 3 年 3 月 25 日                   |        |      |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当                      |        |      |
| 審査研究科   | システム情報工学研究科                       |        |      |
| 学位論文題目  | 差動伝送用メタルケーブルを用いる高速伝送とその特性向上に関する研究 |        |      |
| 主査      | 筑波大学 准教授                          | 博士(工学) | 若槻尚斗 |
| 副査      | 筑波大学 教授                           | 工学博士   | 水谷孝一 |
| 副査      | 筑波大学 准教授                          | 博士(工学) | 海老原格 |
| 副査      | 筑波大学 助教                           | 博士(工学) | 前田祐佳 |
| 副査      | 筑波大学 助教                           | 博士(工学) | 善甫啓一 |
| 副査      | 筑波大学 准教授                          | 博士(工学) | 庄野和宏 |
| 副査      | 新潟国際情報大学 教授                       | 博士(工学) | 安藤篤也 |

## 論文の要旨

審査対象論文は、データセンター内などにおける数 m 程度の距離における通信機器間の数十 Gbps オーダの高速データ伝送に用いることを目的とするメタルケーブルにおける高品質化に関する研究である。ケーブルの品質の中でも、差動伝送用の対をなすケーブルにおける対内スキューを低減することで高速化に対応することが検討されている。各論においては、まず対内スキューの従来の評価法に関する問題点を指摘するとともに、伝送速度の高速化に直結するスキューの評価法が提案され、その妥当性が検証されている。次に、それらを用いることで対内スキューが伝送される信号における差動モードと同相モードの振幅比を表すパラメータ、二芯の非対称性に関わるパラメータ、差動モードと同相モードの伝搬時間差、の三つの要素の積でほぼ決定されることが見出された。さらに、従来のツイナックス構造のケーブルでは、これらの三要素のいずれについても現在以上の低減は製造上の理由から困難であることが述べられている。本論文では、それまでの考察を踏まえ、対内スキュー低減の観点からツイナックスに代えて二芯一括被覆構造が提案されており、理論解析や数値解析、試作品を用いる検証実験などにより、対内スキューをツイナックス構造の半分程度に抑えることができることを見出されている。さらに、製造におけるばらつきを抑える観点からもここで提案された二芯一括被覆構造にメリットがあり、これらを総合して、現在のところ差動伝送用メタルケーブルによる高速伝送には二芯一括被覆構造が適していると結論づけられている。

## 審査の要旨

### 【批評】

審査対象論文は、特にデータセンターのサーバ室のような比較的短距離の情報機器間の通信における高速データ伝送に用いられる差動伝送用メタルケーブルの高速化を扱うものである。年々高速・大容量化される情報通信技術において、データ伝送を担うケーブルの高速化に対する要求は大きい。また非常に高速なデータ伝送においては光ケーブルを用いるのが有効であるが、大量の伝送ケーブルが必要となる短距離の高速データ伝送においては、その全てを光ケーブルとするのはコストの面から有効とは言えない現状がある。特にコンピュータ単体の速度向上に限界が見えてきた近年にあつては、多くの処理ノードを多数並列に動作させることで全体の処理能力を向上させるのがトレンドであり、処理ノード間の通信速度が処理能力を決定する要素となることから、高速で高密度な伝送がケーブルに求められる。そのような現状において、比較的安価であるメタルケーブルの需要が大きく、中でも差動伝送用メタルケーブルにおける特性向上が必要であり、その意味から本論文で扱われている研究内容は情報通信の分野における社会的なインパクトが大きく価値の高い研究であり、高く評価できる。さらに、本論文中では、研究背景や本論文の扱う範囲などが特定分野の研究者に限らず万人に分かりやすい形でまとめられていることについても高く評価できる。

また、本論文の研究内容はメタルケーブルの構造を検討するものであり、著者による論文が実装関係の雑誌論文であることから分かるように、高品質なケーブルを製造できるようにすることが最終的な目的であると考えられ、先行研究や関連研究を見回しても学術的な研究は少ない。その中であつて、本論文では、ものづくりに偏ることなく大いに学術的なアプローチがとられている。各論では、特性を悪化させる原因となる対内スキューの妥当な評価法の確立、集中定数あるいは分布定数による等価回路の構築、理論的な考察に基づく新しい構造の提案における方法論など、工学の分野における多くの学術的な示唆が得られ、それらは博士論文にふさわしい論の進め方であると評価できる。

研究全体を通して、極めて学術的なアプローチにより解析され新しいケーブル構造を提案し実用にまで至る価値のある結果が得られていること、また本論文は、研究の位置づけや基礎となる理論の説明が万人に分かる形で十分になされ学位論文としてふさわしい形でまとめられていることなどから、審査対象論文は博士（工学）の学位に相応しい内容であり、非常に高く評価できる。

### 【最終試験の結果】

令和3年1月28日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。