

平成30年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「最新鋭小型高性能コモンモードラインフィルタの開発」

研究開発成果等報告書

令和元年5月

担当局 東北経済産業局
補助事業者 公益財団法人庄内地域産業振興センター

目 次

第1章 研究開発の概要

- 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標 . . . 3
- 1-2 研究体制 . . . 4
- 1-3 成果概要 . . . 5
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口 . . . 6

第2章 本論

- 2-1 高付加価値製品の開発 . . . 7-8
- 2-2 製造システムの開発 . . . 9-11

最終章 全体総括

- 3-1 研究開発成果まとめ . . . 12-13
- 3-2 研究開発後の課題 . . . 13
- 3-3 事業化展開について . . . 13

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

【研究開発の背景】

電子機器の電源は小型化を主目的として電力変換装置（スイッチング電源）が広く普及している。出力する電力を安定化させるため、半導体スイッチ素子の ON・OFF 時間比率をコントロールするが、そのスイッチングが高速であることから雑音（以降、ノイズ）が発生する。近年の電子業界において、デジタル技術の高度化に伴いノイズ発生要素が増加し、その対策は深刻化している。欧州の EMC 指令をはじめとしたノイズ規制、ノイズによる各種電子機器の誤動作防止・抑制をノイズフィルタによって対策するが、“ラインフィルタ”はノイズフィルタに必要不可欠な最重要部品である。

ラインフィルタは人手による労働集約により製造されるが、加速する業界需要ニーズ、電子機器の小型・省電力化が進む中、より小型で、よりノイズ除去特性を有する高性能なものが求められ、より緻密で高度な技術を要する。新興国のラインフィルタメーカーは大規模な労働集約による高いコスト競争力を武器として業界需要を伸ばしてはいるものの、その品質安定性は低く、高度化する技術に対し手作業での製造には限界がある。

【研究目的及び目標】

本研究開発では、業界ニーズである小型で高性能なラインフィルタの開発、更には生産技術のシステム化による製造の高効率・高品質化を実現させる。

従来品

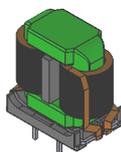


- トロイダル（手巻き）
もっとも普及しているタイプ
手作業のため、生産性と品質安定性に欠ける
人手不足（作業者の確保）が問題



- ウエノコイル（高速自動巻線）
ウエノが開発し、2013年より量産、
電線を押し巻く新方式、
口の字コアに高速巻線※巻線のみ自動
手巻きで問題となるレアショートなし
特性面では高周波特性にすぐれる
課題は、トロイダルより大きく、
後加工以降の自動化は出来ない

新技術

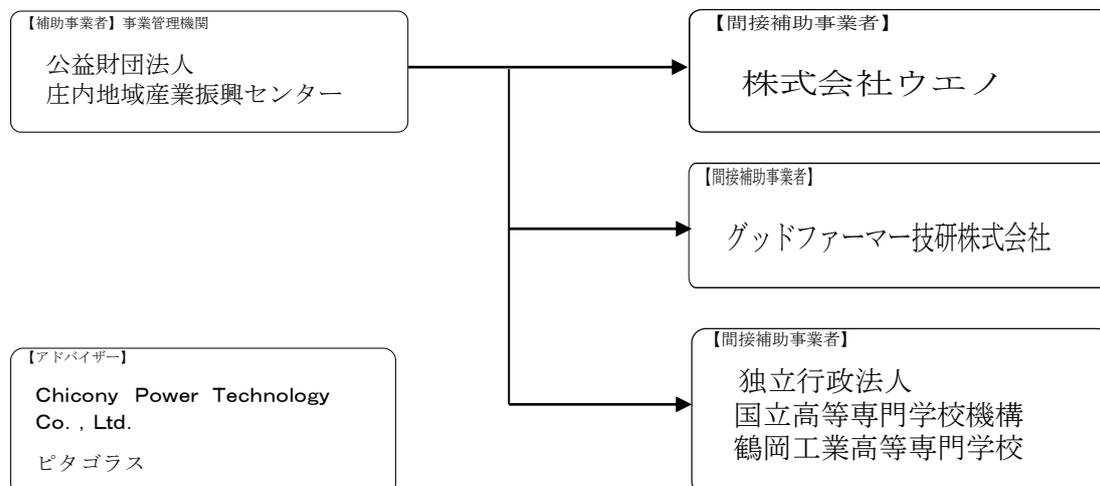


- 最新鋭小型高性能共通モードラインフィルタ
ウエノコイル高速自動巻線を基本構想とし、
大幅に小型・高性能を目指すラインフィルタ

- ・ 小型・高性能
これまでサイズ（搭載エリア）・性能の面で採用が
難しかったノートPC ACアダプタ
- ・ 大量需要に対応できる製造システム
巻線から後加工までの生産の自動化を計り、
顧客ニーズを満足する、高品質・大量生産可能
なシステムの開発を行う

1-2 研究体制

実施体制



研究員：①株式会社ウエノ

武田陽志 (PL)

三浦忠彦

熊谷悠太

山本晃毅

樋口 徹

②グッドファーマー技研株式会社

大川好久 (SL)

大川 隆

大川 彬

伊藤 健

③鶴岡工業高等専門学校

吉木宏之

高橋 淳

1-3 成果概要

1-3-1 高付加価値製品の開発

- ① 高速自動巻き可能なラインフィルタでは世界最小（高性能）を実現した。
また、この開発したコモンモードラインフィルタならびに構成部材について、国内の特許出願、中国実用新案取得、中国意匠取得、台湾実用新案取得を行った。
- ② 世界上位のパソコンメーカーの AC アダプタに開発したラインフィルタを搭載しノイズ試験を実施し、ノイズ規制値（CISPR22 ClassB）のクリアおよび十分な余裕度を満たしていることを確認した。これにより、ラインフィルタのノイズ除去性能の裏づけをとることが出来た。
- ③ FEM 解析技術の高度化により、磁性材料のシミュレーションと実物の誤差 10%以下が達成できた。これにより、ラインフィルタの主要部品である磁性材料の開発において、複雑な形状やインダクタンス性能の予測が容易になり、かつ開発サイクルが短縮された。

1-3-2 製造システムの開発

- ① 高速高密度巻線機システムの開発を行い、これまで不可能であった、小型コアに超極細平角電線への高速巻線が出来るよう高精度化を達成した。また、加工時間も短縮し、生産性も向上した。
- ② 高速組立システムの巻線後の電線と台座ピン巻きつけと余線の切断工程（※以降からげと呼ぶ）の改良を行い、製造タクトの短縮を達成した。また、その発明について国内特許取得、中国特許出願を行った。
- ③ 高速組立システムにおいては、組立加工時間 13 秒。連結システム部においては、加工時間 15 秒を達成し、生産性の向上を果たした。

1－4 当該研究開発の連絡窓口

所属：株式会社ウエノ

氏名：武田陽志

TEL：0235-64-2254 FAX：0235-64-4288

E-mail：h-takeda@uenokk.co.jp

第2章 本論

2-1 高付加価値製品の開発

2-1-1 小型・高性能化に寄与する構成部材及び製品の設計

本製品の搭載機器となるノートPCのACアダプタを分解調査しコモンモードラインフィルタのサイズ・性能を明確にした。調査対象は世界上位PCブランドのACアダプタ 45W とした (図1)。

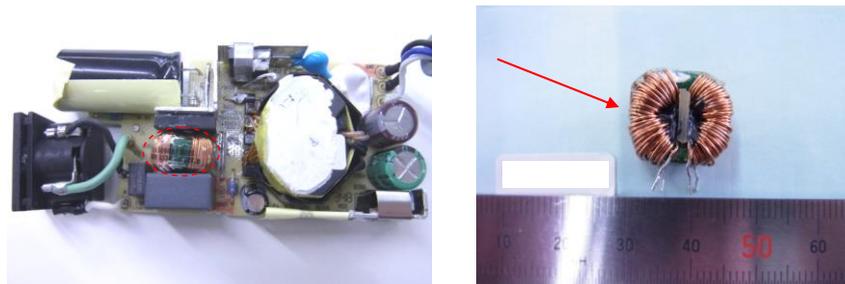


図1 H社 AC アダプタ (45W) 分解写真、搭載されているラインフィルタ

調査で分かったことは、搭載されているラインフィルタはすべてトロイダル形状であった。電源を製造しているメーカーは、アドバイザーでもある CHICONY POWER TECHNOLOGY 含め、台湾の大手電源メーカー3社であった。

次に、調査内容を元に構成部品の設計を実施した。磁性材料 (形状・材質)、電線、台座を複数パターン試作し製品設計を行った。磁性材料の設計は、FEM解析シミュレーション (図2、図3) を活用し最適化を行った。本研究最重要課題である小型・高性能を実現するためにラインフィルタを限りなく高密度に設計した (3 辺体積空間に無駄となるスキマを限りなくなくし、各構成部品を高密度に配置した)。

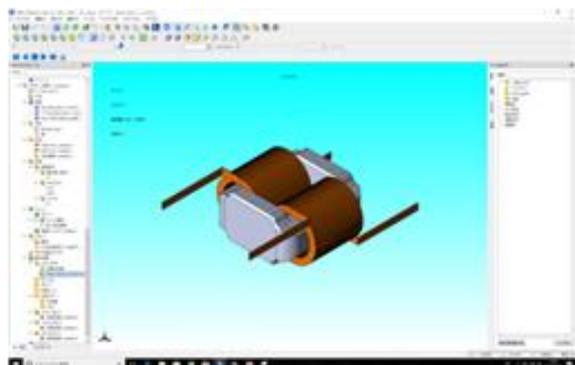


図2 ラインフィルタFEM解析モデル

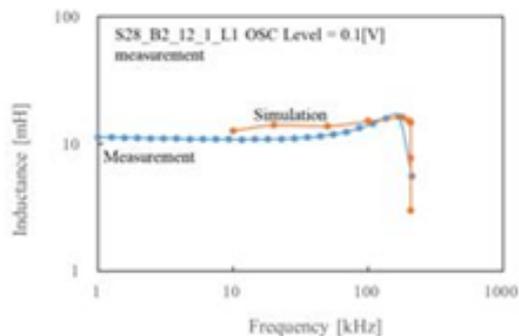
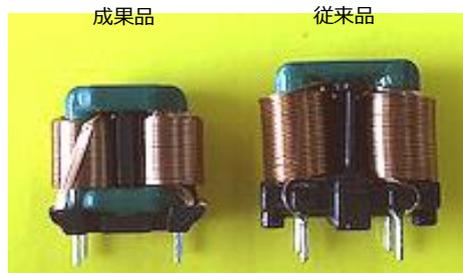


図3インダクタンスのシミュレーション

複数回の試作評価を実施し、目標達成となる小型・高性能ラインフィルタの開発に成功した。成果品のサイズ・性能ならびに従来品との比較を（図4）に示す。



項目	単位	目標値	成果品	従来品
サイズ（体積）	(mm ³)	2476	2446 従来品より-33%小型化	3658
インダクタンス	(mH)	12	12 従来品より+14%性能向上	10.5
直流抵抗	(mΩ)	115	115 従来品より-26%低抵抗	155

図4 開発した成果品と従来品写真とサイズ特性・比較

試作品の完成後、電源実機でのノイズ抑制評価を目的とし、世界上位のパソコンメーカーの AC アダプタに開発品を搭載しノイズ試験を実施した（図5、図6）。結果、ヒューレット・パカード社、レノボ社、アップル社、エイサー社の AC アダプタでノイズ規制値 C1 SPR22 Class B（マージン7dB 以上）を満たす成果を得た。これにより現在販売されているノートPCのACアダプタ用ラインフィルタのノイズ除去性能を満足していることがわかった。

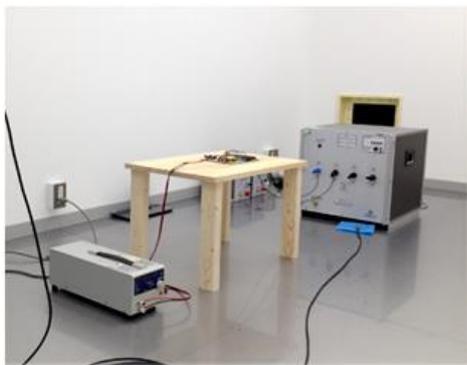


図5 雑音端子間電圧測定

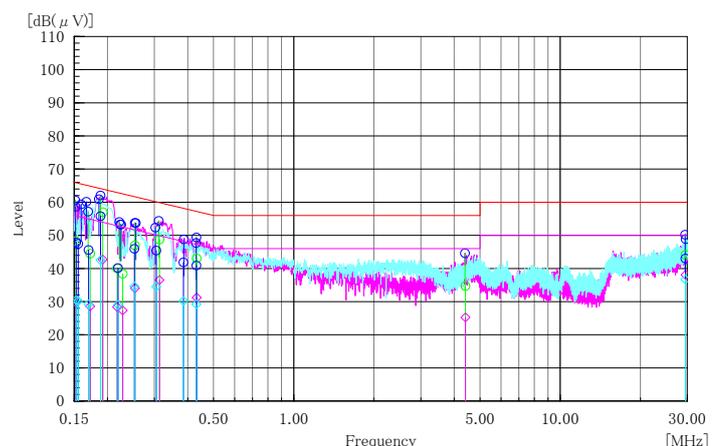


図6 雑音端子電圧測定データ

2-2 製造システムの開発

2-2-1 高速・高密度巻線システムの確立

顧客のニーズである大量生産可能で、かつ高品質な高速自動巻線システムの開発を行った。
【システムフロー：コア供給 → 巻線×2線 → 連結システムへ排出】

重要課題として、巻線対象となる新型コア（磁性材料）の巻線可能エリアが狭小スペースとなるため（図7）、従来品以下の細い線（平角電線 0.15×1.0 を 0.13×1.0 にサイズダウン）を高速に巻線する必要があり、より高精度なシステムが要求された。

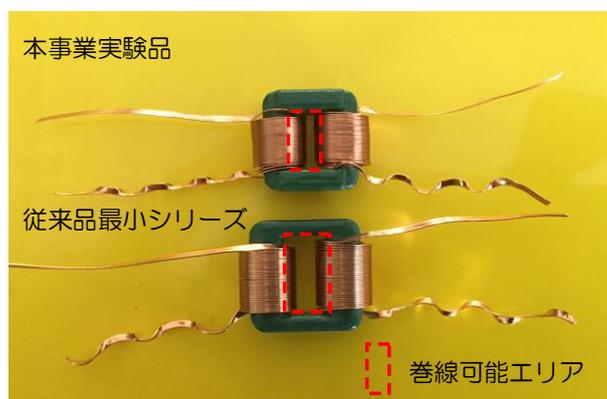


図7 新型コア、従来品の巻線エリアの比較写真

上記課題達成後、連続動作試験を実施しそこで発生する問題の改善を図った。その結果として、目標とした巻線加工時間 10 秒をクリアし、9.3 秒の成果が得られた。



図8 高速・高密度巻線システム

2-2-2 高速組立システムの確立

これまで手作業で行っていた、巻線以降のプロセスの自動化に取り組み生産性の向上を図るべくシステムの開発を行った。

【システムフロー：からげ → はんだ → 台座ピンの折り曲げ → 完成】

はじめ、最重要課題のからげの動作の確立を目指し装置の製作を行った。改善を繰り返し、新しい方式のからげプロセスを発明し（図9）、これにより加工タクトの短縮を達成した。また、この発明に関して国内特許を取得し、さらに中国特許を出願中である。

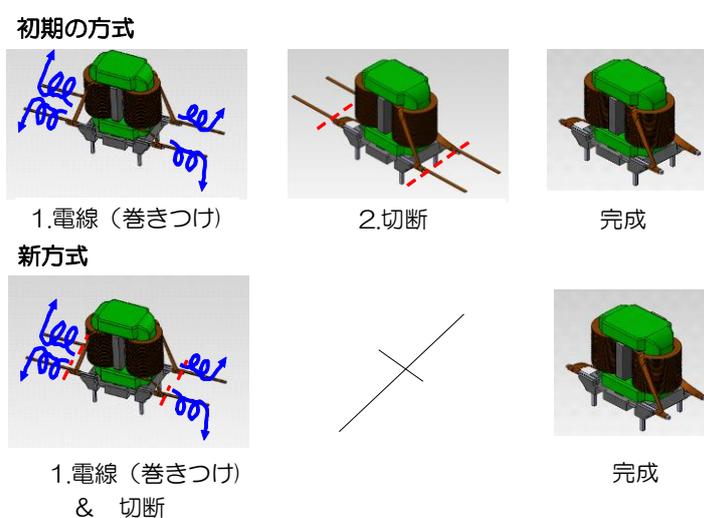


図9 電線カラゲ新方式

上記重要課題を達成後、はんだユニット、ピンの折り曲げユニットを装置に追加し組立てシステムを完成させた（図10）。最終的に組立て加工時間13秒の成果が得られ、従来の手加工と比較し、2倍以上生産性を向上させることが出来た。



図10 電線カラゲ新方式

2-2-3 システムの連結と生産技術の確立

本システムは、巻線システムと組立てシステムを連結するシステムであり、組立てシステム同様に従来、手作業で行われてきたところの生産性向上を目的とした。

【システムフロー：台座供給 → 巻線後のワークと台座組み立て
→ 組立てシステムへ排出】

巻線後のワークと台座の組み立て時に、電線末端の位置把握が必要なことから、当初画像処理技術を活用する構想であったが、装置コストを抑えるべく安価な方法で、設計見直しを図りシステムの開発を行った。完成したシステムは（図1 2）、加工時間15秒を達成し、生産性を向上させることができた。

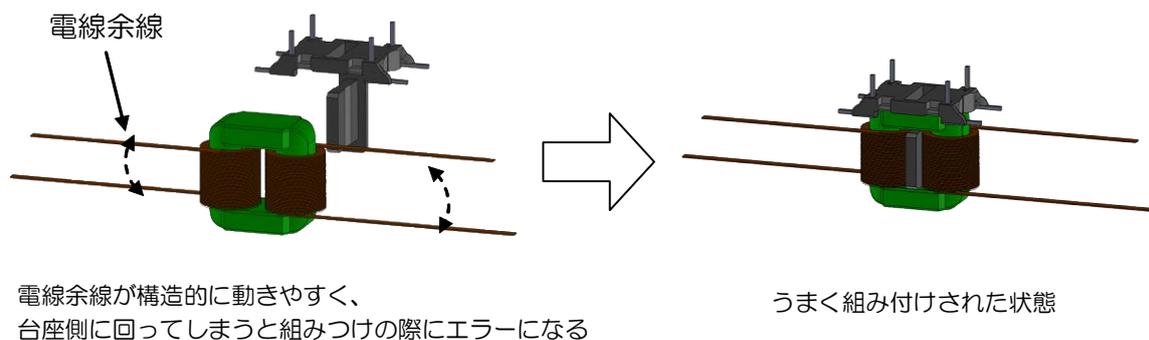


図1 1 巻線後のワークと台座の組みつけ



図1 2 連結システム

最終章 全体総括

3-1 研究開発成果まとめ

3-1-1 高付加価値製品の開発

- ① コモンモードラインフィルタの小型化・高性能化を目指し、従来品比で体積33%減（2,476mm³）を目標値とした。その結果、目標値よりさらに小型の2,446mm³を実現できた。電気特性のインダクタンス値14%増（12mH）、直流抵抗値26%減（115mΩ）の目標値も同時に達成できた。これにより、高速自動巻き可能なラインフィルタでは世界最小（高性能）を実現した。また、この開発したコモンモードラインフィルタならびに構成部材について、国内の特許出願、中国実用新案取得、中国意匠取得、台湾実用新案取得を行った。

- ② 電源実機でのノイズ抑制性能評価を目的とし、世界上位のパソコンメーカーのACアダプタに開発品を搭載しノイズ試験を実施した。結果、ヒューレット・パッカード社、レノボ社、アップル社、エイサー社のACアダプタでノイズ規制値（CISPR22 Class B）のクリアおよび十分なマージン（7dB以上）を満たす成果を得た。

- ③ FEM解析技術の高度化により、磁性材料のシミュレーションと実物の誤差10%以下が達成できた。これによりラインフィルタの主要部品である磁性材料の開発において、複雑な形状やインダクタンス性能の予測が容易になり、かつ開発サイクルが短縮された。

3-1-2 製造システムの開発

- ① 高速高密度巻線機システムの開発を行い、これまで不可能であった、小型コアに超極細平角電線への高速巻線が可能になった。また加工時間も短縮し、目標とした巻線加工時間10秒をクリアし9.3秒の成果が得られたため、生産性も向上した。

- ② 高速組立システムのからの改良を行い、製造タクトの短縮を達成した。またその発明について国内特許取得、中国特許出願を行った。

- ③ 高速組立システムにおいては、組立加工時間13秒。連結システム部においては、加工時間15秒を達成し、生産性の向上を果たした。

以上の成果から、川下ユーザーの求めている小型高性能コモンモードラインフィルタの提供が可能となった。

3-2 研究開発後の課題

今後の取り組み課題として、以下があげられる

- 川下企業へのPR
- 追加研究（量産装置の検討、設備の低コスト化）

3-3 事業化展開について

今後、川下企業へのPR、ならびに追加研究を行い、需要に合わせた設備投資を実施する。その後、令和2年度での事業化を目指す。

用途： Laptop用ACアダプタ

所要： 世界市場年間2億100万台（川下企業 年6千万個）

販売数量： 1,200万個

また波及効果として、

2-in-1タブレット端末ACアダプタへの搭載も期待できる。

また、近い将来数量が見込めるSET TOP BOX電源（～28W）に対しては、本研究成果技術のさらなる探求が必要となる。