

フォークリフト用ワイヤハーネスの電線色選定ツール開発 Developing Tool to Select Wire Colors of Wiring Harnesses Used in Forklift

伊藤 尚徳^{*1}
Takanori Ito

*1 トヨタL&Fカンパニー 製品開発センター 技術部

要旨 2020年に改正された欧州向け産業車両の電気規格EN1175には同一コネクタ内に異なる電気信号でありながら識別(電線色等)が同じ電線があってはならないという要件があり、電線色の変更による対応を計画している。しかし、電線色を選定する際の要件が複雑になっており、電線色の変更が困難になってしまっている。今回は複数の図面からなる車両全体の回路情報を一元化し、また上記の設計要件を適切に処理して使用可能な電線色の判定までを自動実行するツールを開発して業務の効率化を実現したのでこれを報告する。

キーワード: フォークリフト、ワイヤハーネス、自動処理、設計効率化

Abstract The electrical standard EN1175 revised in 2020 requires that there must not be wires with the same identification (wire color, etc.) even though they have different electrical signals in the same connector. Therefore, we are planning to change the color of the electric wire. However, the requirements for selecting the wire color are complicated, and it is difficult to change the wire color. We will report on the development of a tool to reduce the work load that unifies the circuit information of the entire vehicle consisting of multiple drawings and automatically determines the available color of the wire complying with above regulation.

Keywords: Forklift, Wiring Harness, Automation, Improvement of Design Efficiency

1 はじめに

ワイヤハーネスの線色は分解修理時のサービス性向上や誤組付防止のため、機能の異なる電線はそれぞれを識別できるように機能ごとに異なる線色を使用することが社内設計基準で推奨されている。しかし、フォークリフトへの安全機能の追加や排ガス規制対応のためのエンジン電子制御化等により回路数・コネクタ極数は増加傾向にあり(図1)、前述の設計基準を実現するための検討工数が多大になってきている。

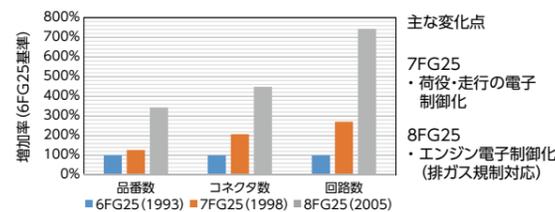


図1 モデルチェンジによる回路数の増加
Fig.1 Increment of circuits by model change

一方、欧州電気規格 EN 1175 「Safety of industrial trucks - Electrical / electronic requirements (産業車両の安全性 電気/電子要件)」が2020年に改訂され、「1つのコネクタ内に識別(線色/線径等)が同じ電線が複数あってはならない(要約)」という条文が追加されたことによ

り、ワイヤハーネスの電線を機能ごとに識別する取り組みは欧州で販売する車両においては法規要求事項としての厳格な管理が必要となった。

本稿では回路の設計情報をベースに情報を一元化し、ワイヤハーネスの線色検討時に必要な情報処理を自動化することで、検討時間の短縮と配線色の管理性向上を実現したためこれを紹介する。

2 現状の把握

2.1 ワイヤハーネスの設計要件

設計要件にはコネクタ内に同一の線色を使用しないことに加え、ワイヤハーネス同士がコネクタで接続されている場合(以下、ワイヤtoワイヤコネクタ)に相対する端子同士で接続されている電線同士は原則同色にするという社内設計基準がある(図2)。そのため、あるワイヤハーネス部品に属する電線の線色を変更する際には変更の影響がその部品のみにとどまらず車両全体のワイヤハーネス部品を確認しなくてはならないため、線色検討に係る設計工数を増加させる要因となっている。

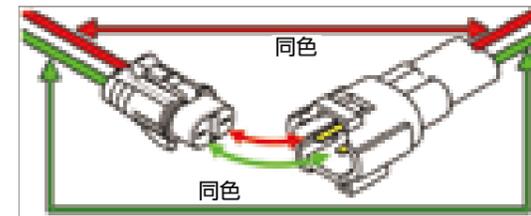


図2 ワイヤ to ワイヤコネクタ
Fig.2 Connectors for Wire to Wire

2.2 同一信号回路の把握における課題点

この社内設計基準に適合させるためには同一信号の回路を把握する必要があるが、その方法としてはワイヤハーネス設計ソフトウェア上で作成したデータを製品図(図面)に変換してデータを取得する必要がある。

図面からデータを確認するためには、ワイヤハーネス設計ソフトウェアでの検討を線色以外は完了させた状態でデータ変換して図面を取得し、そこから情報を読み取る。図面はワイヤハーネス形状、長さ等の α 図、コネクタ情報の β 図、結線情報の γ 図が複数枚集まって1まとまりの集合図となっている。このうち、EN1175の適合検討で必要になるのは β 図と γ 図である(図3)。

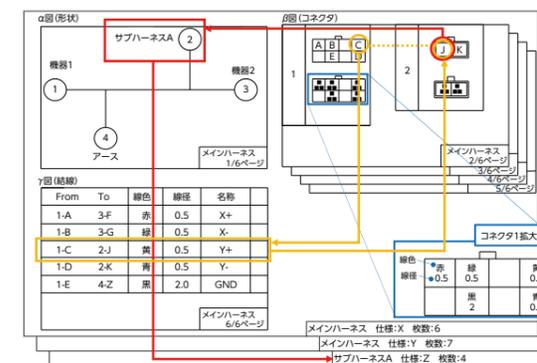


図3 図面(α図、β図、γ図)および同一信号の確認手順
Fig.3 Drawings and Signal Confirmation Procedure

図面に含まれる β 図には線径と線色の情報があるため、コネクタ内に問題があるかは把握しやすい。しかし、例えば車両中央で使用されるメインハーネスでは100以上のコネクタと300以上の端子があり確認は容易ではない。

回路信号の同一性については、複数の図面・シートを確認しないと把握することができず、検索性に難がある。図3を例とすると、コネクタ1の端子Cと同一である信号を確認するには、 β 図とは別のシートである γ 図から端子同士のつながりを確

認しなくてはならない。さらに、機器用ではなくワイヤtoワイヤコネクタの場合は別図面についても同様に確認をする必要がある。

オプションやエンジン種類などの仕様別に図面が分かれている場合もあり、車両上は同じ位置に配置される同じ機能のコネクタ・端子を調査する際に多いものでは10図面以上を比較する必要がある。

上記のように回路の同一性を確認する場合には、複数の図面を確認する必要がある。欧州生産エンジン車と中国生産エンジン車における図面数を表1に示すが、例えば欧州生産車では集合図数で74、図面枚数で223と多数の図面から逐次必要な情報を抽出しなくてはならないため、検討時間を増大させる要因となっている。

表1 総図面数
Table1 Amount of Drawings

	図面数	
	集合図数	図面枚数
欧州生産車	74	223
中国生産車	89	332

2.3 線色検討箇所・数量の問題点

現行車においてはEN1175に適合していない箇所は一部であり、個別の端子およびコネクタでは全体の約10~15%、図面数においては全体の約35%が該当する(表2)。しかし、電気回路の構造上ほぼすべての電線は両端が別のコネクタになっているため、端子1箇所の適合性を確認するためには対象の端子が含まれるコネクタと対象端子の電線結合情報、電線の反対側コネクタの3箇所を調査する必要がある(図4 ①②③)。加えて、ワイヤtoワイヤコネクタ(図4 ③④)の場合は、社内設計基準により相手側コネクタの同じピンの電線も色を変更する必要がある。その端子とつながる電線を経由してさらに先のコネクタ(図4 ⑤等)もあり、最終的に機器接続のコネクタに到達するまで確認は続く。補機用の電源回路などの一部の回路はジョイントコネクタ(図4 ⑥)により信号を分岐させており、この場合はより多くのコネクタが対象になる。

表2 各要素の非適合状況
Table2 Nonconformity Rate

		端子	コネクタ	集合図
欧州 生産車	総数	6000	1085	74
	非適合 (割合)	729 (12%)	123 (11%)	27 (36%)
中国 生産車	総数	7500	1400	89
	非適合 (割合)	1100 (15%)	150 (11%)	31 (35%)

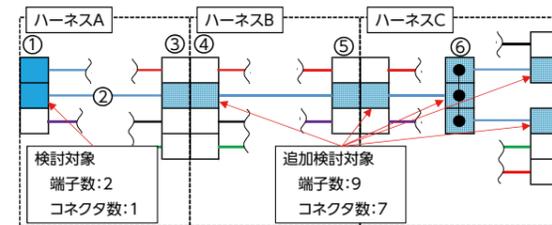


図4 見かけ上の非適合箇所と変更時の影響箇所
Fig.4 Apparent Range and Actual Range

そのため、個別に適合していない箇所よりも多くの箇所が検討対象となる(表3)。実際に検討を進めると不適合の箇所が含まれる回路のみを変更するだけでは適合させることができず、適合済みの他の回路の線色を変えることが必要になってくる場合もある。したがって、検討と対象となる可能性があるのは車両のすべての回路にわたるため、すべての端子について適合性を確保できるように検討をする必要があり検討時間を増大させる要因となっている。

表3 実際の検討範囲
Table3 Actual Scope to Consider

		端子	コネクタ	集合図
欧州 生産車	非適合 (割合)	729 (12%)	123 (11%)	27 (36%)
	実際の 検討箇所 (割合)	2825 (47%)	752 (72%)	46 (62%)
中国 生産車	非適合 (割合)	1100 (15%)	150 (11%)	31 (35%)
	実際の 検討箇所 (割合)	3600 (48%)	900 (64%)	57 (64%)

2.4 線色変更時の問題点

線色変更の段階においては、変更が必要な回路を任意に選択し、その回路において使用可能な線色から適宜新しい線色を選択してゆくことになる。しかし状況によっては選択可能な線色が存在

せず、他の回路を変更することによって選択可能な線色を確保する必要がある場合がある。他の回路の線色変更だけでは十分な線色が確保できなかった場合は、検討を巻き戻してやり直しをする可能性もある。

選択可能な線色が少なくなる例としては、回路がワイヤtoワイヤコネクタで接続していることがあげられる。経由するコネクタが多いとその分他の端子で使用している線色も多くなるため、利用可能な線色の選択肢が減少する。

また、1コネクタに入る電線数が多い場合にも電線色の選択肢が十分でない場合がある。主に電子制御ユニット(ECU)やワイヤtoワイヤコネクタで多極コネクタが使用されることが多くこれらのコネクタの線色を検討するためには注意を払う必要がある。

線種自体の使用可能な線色が少ない場合もあり、代表的なものとしてシールド電線・ツイスト電線(図5)のように、2本以上の電線を組にした耐ノイズ性を向上させた電線種がある。これらの線種は線種ごとに使用できる線色が決められているほか、線色の組合せも特定の組合せしか使用できない。また、線種が違う場合は同じ線色の組合せがない場合がある。このため、ワイヤtoワイヤコネクタで異なる線種が接続された場合、使用可能な線色が大きく制限されることになる。

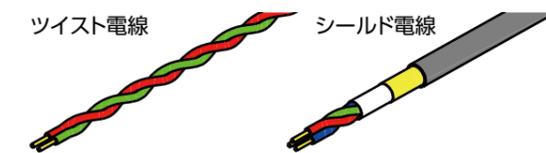


図5 ツイスト電線とシールド電線
Fig.5 Twisted Wires and Shielded Wires

上記の問題が起こる代表的なものとしてエンジンECUへのコネクタがある。エンジンECUは多数の制御装置やセンサの情報を処理するために1つのコネクタに50本以上の電線が接続されている。これは車両内で最も極数が多いコネクタであり、線色選択の大きな課題となっている。また、エンジン自体がノイズ発生源となるためセンサ用には複数組のシールド電線も使用されており、さらにはセンサ作動のため電源電圧回路やアース電圧回路等は車両全体で使われているため総延長が長く、前述の問題がすべて含まれているコネクタとなっている。

線色変更のやり直しが必要な状況が発生させないようにするためには、線色の選択肢が少なくなるような状況避けることが重要であるが、そのための指針は現在の設計手順には存在せず、設計者の感覚頼りになっている。

2.5 問題点まとめ

前述の問題点をワイヤハーネス線色検討の設計フローにて整理すると、下記の3点の問題によって検討時間が増大していることが分かった。

- ・ 検討の要否や回路の同一性を確認するために必要な情報が複数の図面に分散されている。
- ・ 使用可能な線色を調査するために確認対象となる回路数が多い。
- ・ 使用可能線色が少ないために検討のやり直し・巻き戻しが発生する可能性がある。

3 対策

3.1 対策方針

前述の問題点の対策として、以下の3点を対策の方針とした。

- ・ 必要な情報に素早くアクセスするため回路情報の一元化
- ・ 検討時間短縮のため使用可能線色の自動算出
- ・ やり直し低減のため検討順序の優先順位付け

1) 回路情報の一元化

回路情報の分散については、複数の図面等に分散している情報を単一のデータとして取り扱えるように一元化することを実施した。回路情報の一元化は図面のβ図とγ図が電子化されたデータを基に、同一機種すべてのワイヤハーネスの情報を結合することで実現した。また、一元化後の様式は、本手法ではコネクタ内の電線の識別を検討することが目的のため、同一車種内のすべてのコネクタ・端子をコネクタごとに単一データファイルにすることで、車両全体の回路情報を一括して閲覧できる形式とした(図6)。

図6 一元化データの概要
Fig.6 Summary of Integrated Data

データ一元化により、検討の際に複数の図面を閲覧する必要がなくなり作業効率が改善された。また、類似部品の情報の共通化を実施したため、検討対象のデータ量自体も削減することができた。データ量は端子数において35~50%、コネクタ数は約40%、結線情報は約12%へ削減された。これにより、検討時に確認する項目を大幅に削減することができた(図7)。

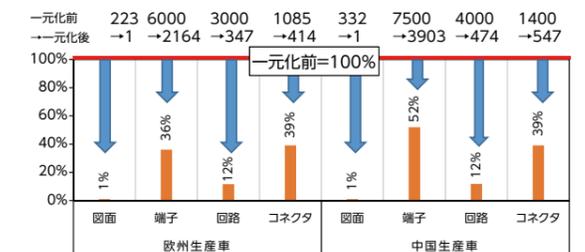


図7 一元化による情報削減量
Fig.7 Reduction of Data Volume by Integration

2) 使用可能線色の自動算出

データの一元化によりデータ量が削減されたが、300を超える回路が存在し、かつ各回路においても同一の信号となる電線をすべて検討する必要があるため、依然として多くの検討時間が必要である。そのため、変更する線色の候補を自動的に提示し、かつ線色変更による車両全体の適合状況も自動的に更新するツールを作成した。

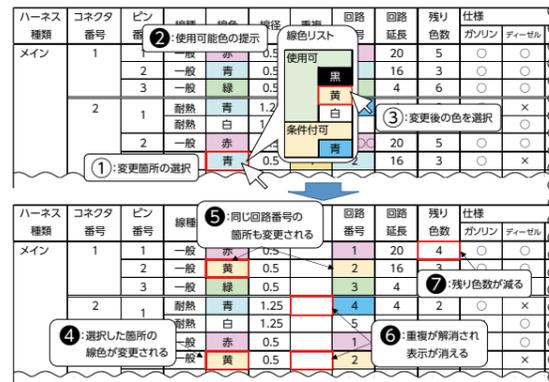


図8 線色変更の自動処理
Fig.8 Automated Process to Change Wire Color

図8は本ツールでの線色変更手順を示す。手順の自動化がなされているが、「①変更箇所を選択」「③変更後の色を選択」に関しては設計者の裁量によって実施する必要がある。

「②使用可能色の提示」では、選択した端子が属するコネクタで使用されている色(コネクタ2内の青、赤等)に限らず、同じ回路番号の端子が含まれるすべてのコネクタで使用されている色(上記の例ではコネクタ1の緑など)を除外して提示される。一方で仕様が変わっていればリストから除外されない。例えばコネクタ2ピン1の白はディーゼルのみなのでガソリン専用のピン3では使用不可にならない。同一信号の回路で異なる線種を使用していた場合は、提示される線色はすべての線種で使用可能な線色に限定される。また、線径を識別とする場合の区別ができるように、線径によって識別できる線色を「条件付き」と区別して提示する。

線色の変更を確定させた際には、選択した端子の色を変更する(④)だけでなく、同じ回路番号の端子の線色変更(⑤)や、識別重複判定の解除を選択した端子と相手の端子の両方で実施する(⑥)。また、線色変更により別の回路で使用可能な線色数が変化する場合もこれも更新する(⑦)。

使用可能線色の自動化により単位回路当りの使用可能電線色把握の所要時間を削減したため、一元化によるデータ量削減も相まって線色の検討時間を短縮することに貢献した(表4)。

表4 線色検討時間(見込み)の削減
Table4 Reduce Estimate Time to Consider Colors

	車種	総検討時間 (内使用可能線色の把握)	使用可能線色把握の 単位所要時間
現状	欧州 生産車	865時間 (750時間)	5~10分/端子
	中国 生産車	1098時間 (937時間)	
対策	欧州 生産車	116時間 (1.0時間)	10秒以下/回路
	中国 生産車	163時間 (1.3時間)	

3) 検討順序の優先順位付け

検討する端子・回路の優先順位を設計の裁量ではなく明確化するために、回路情報の一元化の際に得られた情報を活用して順位付けするようにした。活用した情報を以下に示す。

- ・ 識別が重複している箇所の相手ピン番号
- ・ 回路が同一信号であることを示す識別番号
- ・ 端子が使用可能な残り線色数
- ・ 回路・端子が適用される仕様

上記の情報と図面情報を基に線色検討順序の優先順位の指標を定めた。下記に指標の一例を示す。

コネクタの優先順位

- ・ コネクタ内のシールド電線の有無
- ・ コネクタ内の端子数の多寡 等

端子(回路)の優先順位

- ・ 使用可能な線色数
- ・ 同電位回路の総数 等

これらの指標により、線色を検討する順序を明確にして線色が不足しやすい箇所を優先的に検討することで、線色検討の連鎖ややり直しを発生させないようにした。

4 まとめ

本ツールの開発により、車両全体の線色変更の検討に係る設計工数を大幅に削減することができた。現時点では欧州規格EN 1175の対象機種のみ限定されるが、今後同様の要件が他国にも適用される可能性があるため今後の車両開発においても活用が期待できる。

現在のツールでは線色検討順序を含めた線色の決定自体は設計者が実施することになっているが、線色決定も自動化することができれば設計者

は回路そのものの設計に集中することができるため、さらなる自動化の推進をしていきたい。

■ 著者紹介 ■



伊藤 尚徳

開発の経緯と開発者の思い

欧州向け産業車両の電気規格EN1175対応のためにワイヤハーネスの線色変更対応の業務を担当することになり、設計に必要な条件をすべて人力で管理・掌握することが非常に困難であることが分かり、本手法の開発に着手した。

本手法の技術的な部分に関しては図面調査を計算機に肩代わりさせることで高速化したものであるが、自動化するにあたっては人が行えば直感、経験則で判断できるコネクタの接続をいかに機械的に判断させるかに苦慮する部分が多かった。

ワイヤハーネスの線色は社内設計基準に記載が少なくあまり重要視されていなかったが、今後は法規要件となり設計への負担が増加することが予測されるため、その負担の軽減に貢献することに期待する。