

企業内部品情報システムにおける 類似設計者推薦方式の提案および有効性の評価

山本 達也^{†,a)} 池田 弘[†] 松岡 英俊[†]

概要: 企業内における組込み機器設計業務では、限られた設計期間に高品質かつ低コスト部品の選定作業が求められる。また、過去の不具合事例など部品仕様だけでは判断できない情報を確認する必要があるが、多くの場合この情報確認作業は設計者個人の持つ知識と経験を基に行われており、時間を要する。結果として設計期間全体に影響するため、部品選定作業の効率向上は重要課題のひとつである。設計作業は、作業者の設計目的や状況、趣向に大きく依存する。そこで、部品検索履歴に基づき類似設計者を精度よく抽出し、類似設計者が過去に参照した部品を推薦することが、部品選定効率の改善に有効と考えた。

本稿では、部品推薦のための類似設計者推薦手法についての提案および評価結果について報告する。設計者の過去参照した部品の特性項目値の偏りから、設計者が注目する特性項目を推定し、設計者分類および類似設計者推薦を実施した。評価結果の分析から、今回の手法が効果的に作用する部品分類を特定し、設計者の部品選定に有益であることを示す。

キーワード: 情報推薦, レコメンドシステム, 組込み機器設計環境

Similar user recommendation method and its evaluation for effective electronic parts selection in corporate inventory systems

Tatsuya Yamamoto^{†,a)} Hiroshi Ikeda[†] Hidetoshi Matsuoka[†]

Abstract: For embedded system design, engineers need to select high-quality low-cost electronic parts within a limited design time frame. On the other hand, there are many kinds of parts characteristics which engineers additionally have to consider, for example device's past failure, in addition to usual ones like size, power consumption, rated life, etc. It is important to improve the efficiency for parts selection because, in many cases, it takes time for checking and applying all the related information. The usefulness of sharing information depends on the design's purpose and parts' trends. Thus, similar user recommendation is needed to be considered.

In this report, we propose a similar user identifying method which is useful for selecting parts, as it extracts the designers' characteristics from his accessed electronic parts in the past, and present its case study on a corporate inventory system. It shows the effectiveness of our engineer recommendation method.

Keywords : information recommendation, recommendation system, embedded system environments

1. はじめに

近年、ものづくりに関する ICT の活用に関して、インダストリ 4.0 [1]やインダストリアルインターネット[2]といったプロジェクトが発足している。IoT (Internet of Things)

† 株式会社富士通研究所
FUJITSU LABORATORIES LTD
a) tyamamo@jp.fujitsu.com

技術を活用し製造機器の情報を収集、さらに工場間をネットワークでつなぎ、データ解析に基づく製造コスト削減や品質向上等の新たな価値の実現を目指すコンセプトである。一方で、設計や製造における品質向上の鍵となる情報は、設計者の知識・ノウハウとして蓄積され、有効な共有手法が適用されていない状況である。

本報告では、特に企業内での組込み機器設計における電子部品選定作業に関わる知識・ノウハウを共有する手法について注目する。電子部品選定作業では、仕様で決定する特性項目値とは別に、部品トレンドや工場在庫、EOL(End Of Life)情報等を考慮し、部品検索を実行する必要がある。多くの場合、選定作業は設計者個人に委ねられており工数を要する。そのため、設計者の部品知識を蓄積し、共有するための情報推薦の仕組みが必要とされている。

企業内情報システムは、ユーザのシステム利用目的がある程度詳細に分析可能である。そこで、作業ワークフローや業務内容の詳細調査を基に、定型作業の抽出やルール化により業務知識の情報提供を行い、作業効率向上を実現する取り組みが行われている[3][4][5]。しかし、情報推薦はルールに基づく手法が提案されており[4][5]、状況や趣向(コンテキストとも呼ばれる[4])の柔軟な変化への対応は容易ではない。

本稿では、企業内部品情報システムを題材に、設計者が過去参照した部品の特性項目に着目した類似設計者推薦手法を提案する。実験を通し、設計者が過去に参照した部品にて注目した特性項目を抽出し、類似設計者推薦順を得た。この結果と、設計者から直接取得した理想的な類似設計者の推薦順リストを比較し、提案手法が有効に作用する部品分類の条件を考察した。また、提案手法について、プロトタイプシステムを実装した。なお、本文中の用語「状況」や「趣向」は参考文献[7]の定義で用いる。

第2章では企業内部品情報システムにおける部品選定の課題と情報推薦について紹介し、第3章にて類似設計者抽出手法を提案、第4章にて実験および考察を行う。第5章にて実験に基づき部品情報システムに適した類似設計者推薦手法の適用条件をまとめる。

2. 企業内部品情報システムにおける類似設計者推薦

2.1. 部品情報システム概観

設計者は設計対象に関わる情報や暗黙的な部品選定ノウハウを活用し、部品検索を実施する。今回対

象とする企業内部品選定システムは、部品分類ごとに特性項目が異なることと、設計者が部品検索インタフェースを用いて、注目する特性項目を自由に設定できることに特徴がある(その他の特徴は[7]参照)。

2.2. 企業内部品情報システムでの類似設計者推薦

インターネット上の電子商取引サイトでは、ユーザの興味に合わせたアイテム(品物)提示を目的に、協調フィルタリング手法[6]による情報推薦が行われている。本稿では、同一の部品を参照した回数が多い設計者を優先して推薦する手法を従来手法と定義する。企業内装置設計者は、そもそも同じ部品を参照する頻度が低いことが事前調査からわかっている。そのため従来手法では、既知の部品情報を持つごく少数の類似設計者しか推薦対象にならないという課題がある。また今回調査対象とする情報は、設計者の人数が2,000名と(比較的)少数で、各設計者の部品の参照回数が少なく、かつ設計者が関心のある部品が偏っていることから、一般的なビッグデータに対する解析手法では有効な分析ができない。(例えば、機械学習では過学習となるなど)。これら考察に基づき、企業内情報システムに適した類似設計者推薦の提案を行う。一般的に、推薦システムは、複数の推薦手法を組み合わせることでシステムユーザに情報を推薦することで、推薦精度を向上させている。すなわち、今回の目的は、従来手法および従来手法を補完する提案手法が、効果的に適用できる条件を明らかにすることにある。

3. 類似設計者抽出手法の提案と実験

3.1. 企業内設計者推薦手法の提案

事前ヒアリング等に基づく設計ワークフロー分析結果を設計者の部品参照情報と組み合わせて分析することで、現実的に適用可能な設計者推薦を実現できると考えた。企業内部品情報システムにおける類似設計者推薦に効果があると仮定した項目を以下列挙する。

- A) 部品の特性項目関連
 - (ア) 設計者が注目した特性項目と特性項目数
 - (イ) 特性項目の値のバリエーションの多寡
 - (ウ) 部品参照頻度の部品分類ごとの集計
- B) 設計者の設計ワークフロー情報
 - (ア) 設計目的(新規設計/EOL設計)
 - (イ) 設計チーム構成

表 1 対象とする特性項目

項目	説明
LIFE	寿命
HEIGHT	部品高
PKG	パッケージ形状
PIN	端子数
FIT	故障率
SMD	実装区分
HBM	静電気耐力(HBM)
MM	静電気耐力(MM)
TMPL	耐熱ランク
TOL	許容差
CIR	回路数

3.2. 分析対象特性項目, 設計者間距離の定義

今回分析する部品 DB は, 全部品分類に共通の特性項目と, 部品分類に特有の特性項目の 2 段階で設計されている。今回調査対象とする代表特性項目として, 設計者ヒアリングに基づき共通特性項目の中で頻繁に選定されている項目を設定した(表 1)。また, 推薦対象設計者 X と推薦候補設計者 Y の特性項目のパターンに対する距離の定義を表 2 に示す。ここで, 全設計者と推薦対象設計者/推薦候補設計者について χ^2 検定に基づき, 「偏りあり」を有意水準 5% で判定した。これは, 全設計者と計算対象の設計者の間で, 過去参照した特性項目値の分布に違いがある, すなわち設計者の興味の偏りを示す。表 2 パターン④の式(1)の適用について説明する。推薦対象設計者 X と推薦候補設計者 Y のどちらも偏りありとなるパターン④の場合, 2 種類の距離の算出方法を部品分類により使い分けた。ディスクリート部品等の特性項目値にバリエーションが多い部品分類では, 0/1 の 2 値ではなくその中間値も含め緻密に距離を算出することが有効と予想し, 式(1)を用いた。一方, 特性項目値にバリエーションが少ない部品分類では, χ^2 検定での設計者間の偏り判定から, 0/1 の距離を用いる。この距離計算は, 0/1 以外に中間値が存在せず, 設計者の大分類, つまり設計対象装

表 2 距離の定義

パターン	①	②	③	④
推薦対象設計者 X	偏りなし	偏りなし	偏りあり	偏りあり
推薦候補設計者 Y	偏りなし	偏りあり	偏りなし	偏りあり
距離	0	0	1	0/1 /式(1)

$$\sqrt{\frac{(X \text{の特性項目値の平均} - Y \text{の特性項目値の平均})^2}{(\text{パターン④での全ての特性項目値の標準偏差}\sigma)^2}} \quad \text{式(1)}$$

置単位の特徴が現れると想定した。算出された距離を用いて, 推薦対象設計者に対する推薦ランキングを生成する。これを, 実設計者が部門内設計者から選定した類似設計者リストと対照し, 推薦正解率を判定する。結果に基づき, 提案手法が効果的に類似設計者を推薦できる条件を, 設計者の設計対象装置や部品分類の特性等から考察する。

3.3. 推薦対象設計者

今回類似設計者推薦の対象とする設計者を表 3 に示す。いずれも経験豊富な設計者である。これら設計者が経験を基にした観点(設計装置の類似度, 設計応援を行う等)から理想的な推薦対象となる類似設計者の候補を部門内(12 名)から抽出し, 順位付けを行った。この結果を提案手法の考察対象とした。推薦対象者から得た今回の解は, 信頼できる情報であり, 比較・分析に値すると思われる。

表 3 推薦対象者

設計者 ID	担当設計種	装置規模	設計経験
U0	伝送機器	大型	30 年
U1	ネットワーク機器	中型	20 年
U2	特定装置なし (ネットワーク関連)	不特定	25 年

3.4. 類似設計者抽出手順

設計者の特性項目への注目に基づいた類似設計者抽出を以下のステップで行う。

1. 設計者分類に使用する代表特性項目を設定
2. 推薦対象設計者が過去参照した部品を, 部品分類毎に抽出
3. 抽出した部品の代表特性項目値に対して, 全設計者の選定した部品の持つ特性項目値に対する偏りを χ^2 検定にて抽出し p 値を算出, 推薦対象設計者の特性項目のうち, 有意水準 5% 以下の場合, 設計者が注目した特性項目と判定し, フラグを付与。
4. 3 でフラグが付与された項目に対して, 設計者推薦順決定のため, 推薦対象設計者と推薦候補設計者間で各特性項目値に対して, 表 2 に

示すように距離を設定する。パターン④の場合は、以下の2種類の分析を行う

- A) χ^2 検定を実施し、有意水準 5% 以下の場合に 0, それ以外 1 とする
 - B) 設計者毎の特性項目の値の平均値を用いて距離を算出(式(1))
5. 4 で得られた値を用いて、設計者間距離を算出し、推薦順を決定する。4-A で算出した場合は、ハミング距離として算出し、4-B で算出した場合は、ユークリッド距離として算出する。
 6. 距離が小さい順にソートする
 7. 推薦対象設計者に対して手順 2~6 を繰り返す

なお、以降では、「設計者が注目した」ことを、類似設計者抽出手順に合わせ、「偏りがある」と記載した。

4. 実験結果と考察

4.1. 類似設計者推薦成功率の算出

類似設計者の推薦成功率算出方法について、説明する。設計者 U0 に対して過去レギュレータを参照した類似設計者の推薦を実施した結果を表 4 に示す。今回の推薦候補設計者のうち 9 名が候補であり、上位 4 名のどこかに入れば正解と仮定した(表 4, 青枠)。緑枠は設計者が選定した理想的な類似設計者の上位 5 名である。上位 2 名(G, U1)は U0 と距離が近く推薦順として確定するが、3~7 位の設計者は距離 3 で 5 名が横並びであるため、必ずしも上位に緑セルの設計者 D, F を推薦できるとは限らない。そこで、上位 4 位までを満たす割合を $(2+2/5)/4*100$ として算出し、上位推薦者の正解率は 60%と算出した。今回調査した部品分類と、設計者の理想的な類似設計者に対する推薦正解率の結果を表 5 に示す。表 5 では、注目すべき箇所に色付けを行った。なお、4-(A)は特性項目種、4-(B)は特性項目値を考慮した場合の推薦順を示す。

4.2. 推薦結果に対する考察

4.2.1. 従来手法

従来手法による推薦可能設計者は平均 4.7 名、提案手法では平均 8.4 名となった。従来手法を今回適用すると人数が限定されるため、全般的に正解率が向上するが、一方で推薦対象設計者にとって既知の部品情報を持つ設計者しか推薦されない可能性も高くなる。部門を越えた設計者間で類似設計者を抽出する際には、同一部品の参照頻度が極めて低下するため、提

表 4 レギュレータの推薦順 (推薦対象者 U0)

推薦順	設計者	距離
1	G	1
2	U1	2
3	D	3
4	F	3
5	E	3
6	A	3
7	C	3
8	U2	4
9	B	4

案手法による設計者推薦が有効に適用できるケースが増加すると考えられる。

4.2.2. 推薦対象者 U0 (シリーズ設計・改版設計)

電気コネクタに対し、従来手法で高い正解率となった。電気コネクタは、バリエーションが非常に多い種類の部品で、ピッチ間隔種でも 100 種以上存在する。今回の全設計者の平均参照部品数は 33.5 個、設計者 U0 の参照数は 39 個であった。すなわち、推薦対象設計者の参照頻度が平均よりも高い部品種は、従来手法の共通部品に基づいた類似設計者選定手法が有効と考えられる。また、設計者 U0 は、チームで設計を行っており、特定の回路を継続して設計担当している。設計は改版設計が中心で、同一パラメータをもつ回路を繰り返し設計している。このことから、提案手法 4-(A)で偏りのある特性項目が多いタンタル電解コンデンサは、特定の回路を継続して設計している傾向が反映されていると考えられる。また、インダクタについては、HEIGHT のみ偏りがあるが、これは部品 EOL に伴う部品置換対応にてほぼ同一の特性項目値を持つ部品のみを継続して利用していることが反映されていると想定された。また、HEIGHT は 104 種の値のバリエーションが多く、特性項目値まで考慮する手法 4-(B)にて設計者間の距離の差が算出されやすく、高い推薦正解率となったと考えられた。

4.2.3. 推薦対象者 U1 (改版設計+他設計サポート)

担当するネットワーク機器の設計を中心とし、部門内で他設計者の設計サポートを行っている。SRAM は装置との相関関係が高く、関わる設計装置が多いほど、参照する SRAM のバリエーションが増加する。そのため、U1 に対して共通部品に基づく従来手法で SRAM

での正解率が高くなっている。装置毎に特性項目値が決まっていることが多く、特性項目に偏りが出やすい部品分類であるツェナーダイオードは、設計者 U1 では特性項目への偏りが無い結果であったが、部門内の他設計者が PIN や SMD への偏りが見られたために、表 2 の②の効果により、提案手法で正解率が高くなっている。提案手法 4-(B)が高い正解率であるインダクタについては、設計者 U1 の参照個数は1個であるが、特性項目 FIT に偏りが見られた。これは、部品分類インダクタの中でも特殊な部品への参照が抽出されていることを表す。また、FIT 値は 19 種のバリエーションがあるため、U0 同様に推薦正解率が向上したと考えられた。

4.2.4. 推薦対象者 U2 (新規設計)

設計者 U2 は、新規設計を中心に扱っており、チームで設計を実施していない。それにより、部門内での共通部品の参照数が少ないことから、従来手法よりも提案手法が高い正解率を得ている。とくに、従来手法では推薦が困難な、特性項目値のバリエーションが多いツェナーダイオードや、チップ固定抵抗器については表 2 の④の効果により推薦正解率が高い。レギュレータについては、偏りをもつ特性項目が全くないため、従来手法の正解率が高くなった。一方で、提案手法による推薦も可能であるため、推薦順を調査した結果を表 6 に示す。表 6 では、推薦設計者 A~I の上位と下位が一部入れ替わっていることがわかる。情報推薦システムでは、複数の推薦手法を組み合わせることでユーザーに情報を提示すると、正解を提示できる可能性が高くなることから、提案手法で推薦正解率が必ずしも向上しない場合でも、従来手法での推薦結果を補完する意味で有用であることがわかる。

表 6 設計者推薦順が入れ替わる様子

推薦順	従来手法	提案手法
1	A	E
2	B	F
3	C	G
4	D	C
5	E	J
6	F	D
7	G	A
8	H	B
9	I	H
10	J	I

5. 企業内部部品情報システムにおける類似設計者推薦手法

前章までの考察を踏まえ、部品情報システムに適した設計者推薦手法を、以下整理する。条件は、推薦対象者の過去の部品への参照情報に適用する。

1 従来手法

1.1 適用条件

- ・共通部品参照回数が多い順に推薦

1.2 他手法に比べ有利となる条件

- ・チームにて設計を実施
- ・偏りのある特性項目がない
- ・部品参照頻度が全ユーザ平均以上

2 提案手法(4-A)

2.1 適用条件

- ・偏りのある特性項目種が複数存在

2.2 他手法に比べ有利となる条件

- ・部品 EOL に対して部品置換を実施
- ・偏りのある特性項目種が複数
- ・部品参照頻度が全ユーザ平均以下

3 提案手法(4-B)

3.1 適用条件

- ・特性項目値の範囲が広い

3.2 他手法に比べ有利となる条件

- ・新規設計を実施
- ・偏りのある特性項目種が少数
- ・部品参照頻度が全ユーザ平均以下

これら手法を補完的に適用することで、設計者にとって有効な類似設計者推薦が可能となる。今回抽出したこれらの条件は、データ上の特性だけではなく、ワークフロー分析に基づく情報(対象設計や設計チーム環境)が反映されており、実践的に適用可能な条件である。また、今回はバリエーションの閾値は、全ユーザ平均を用いたが、設計者による推薦部品の参照状況をフィードバックし調整を行うことで、柔軟に運用が可能である。

6. まとめと今後の課題

今回、設計効率改善、部品コスト削減を目的に、類似設計者の推薦手法の提案と評価を行った。提案手法により設計者の部品選定傾向に合わせた類似設計者

推薦に対して 効果的に適用できる条件を考察した。仮説の域を出ない点もあるが、提案手法により情報推薦と部品分類の関係について論理的に明確にする事で、今後サンプル数増加に伴い考察が変化した場合に適切に手法を修正することができる。一般的な機械学習では、業務内容調査結果を考慮することが困難であり、サンプル数が少ない場合では非常に精度が悪く、過適合などにより結果の解釈が極めて難しい。つまり、サンプル数が少ない段階で有効に機能する条件を考察できる提案手法は、企業内での部品推薦の目的に適していると考えられる。過去に蓄積された情報の有効活用は企業内の重要課題のひとつであり、別分野の過去ログ分析への応用も期待できる。例えば SE 業務に関連するサーバ上の文書の参照に対してユーザ分類を行い、必要な情報を推薦するシステムなどの横展開を検討する際にも、今回の条件抽出まで至る分析フローは応用可能である。

また、部品分類毎の特性項目値への参照傾向の違いが、今回の手法を部品推薦システムに適用する上でのトリガとして活用可能であることから、今回提案した推薦手法と、アイテムベース推薦手法を組み合わせた推薦エンジンを組み込んだ部品推薦システムを実装した。また、新規設計/EOL 設計等の設計者意図を抽出し、推薦精度を改善するインタフェースも実装した。本システムは 100 名規模の設計者によるトライアルを実施しており、情報蓄積および評価を実施中である。

今後は、本手法と他部品推薦手法を組み合わせることで、実際に部品選定作業に役に立つことを確認す

べく、試行を進めていく。また、部品情報や設計者の情報だけではなく、部品の使いこなしノウハウなどの知見も、システム上で共有する仕組みも組み合わせ、知識活用型の設計手法の確立を目指す。

参考文献

- [1] <http://www.platform-i40.de/>
- [2] <http://www.iiconsortium.org/>
- [3] 成子由則, 有吉秀穂, 石川均, 木村文彦, 大和裕:モノづくりの知識継承システムの構築, 日本機械学会第 15 回設計工学・システム部門講演会論文集, No.05-27, 2005.
- [4] 本橋洋介, 大島大輔, 飛田伸一, 亀井真一郎, 坂上秀和: 知識活用支援基盤 DRIP における回路設計レビュー支援システムの開発, 日本機械学会設計工学・システム部門講演会, 2012
- [5] 片岡一朗, 清水勇喜, 針谷昌幸: 動的情報からの気づき支援技術の開発, 情報科学技術フォーラム講演論文集 9(3), p601-602, 2010.
- [6] 神嵐敏弘:推薦システムのアルゴリズム(1) 人工知能学会誌,22(6), p826-837
- [7] 山本達也, 池田弘, 松岡英俊:企業内部部品情報システムにおける部品選定効率化のための類似設計者抽出手法の提案および有効性の評価, 組込みシステムシンポジウム論文集, pp.46-55, 2015

表 5 従来手法(共通部品), 提案手法による推薦正解率比較 (数字は正解率%)

部品分類	設計者 分類詳細	U0			U1			U2		
		従来	4-A	4-B	従来	4-A	4-B	従来	4-A	4-B
IC/LSI 部品	SRAM	80.0	32.1	35.7	80.0	4.2	4.2	-	-	-
	FPGA/CPLD	100.0	29.2	28.6	60.0	5.6	11.1		-	-
	ASSP インタフェース	80.0	0.0	0.0	80.0	6.3	9.4	42.5	32.1	57.1
	レギュレータ	80.0	60.0	62.5	80.0	75.0	62.5	40.0	11.1	11.1
ディスクリート 部品	LED ランプチップ	40.0	30.0	25.0	60.0	50.0	50.0	60.0	75.0	75.0
	ツェナーダイオード	60.0	75.0	50.0	40.0	55.0	55.0	40.0	55.0	10.0
	チップ固定抵抗器	60.0	8.3	25.0	20.0	10.0	50.0	40.0	41.7	75.0
	インダクタ	40.0	33.3	75.0	8.9	16.7	75.0	27.5	58.3	35.0
	磁器コンデンサ	60.0	40.0	40.0	60.0	40.0	40.0	60.0	80.0	80.0
	タンタルコンデンサ	60.0	75.0	50.0	30.0	12.5	11.1	60.0	6.3	11.1
機構部品	スイッチ	80.0	16.7	50.0	22.2	12.5	12.5	22.9	15.0	50.0
	電気コネクタ	80.0	57.1	6.7	40.0	37.5	30.0	44.0	60.0	60.0