

製品の適切な省エネを実現する要求分析手法

Requirement Analysis Method for Reduction of Energy Consumption of Electronic Appliances

安東 孝信 中里 竜 深谷 哲司

■ ANDO Takanobu ■ NAKAZATO Ryu ■ FUKAYA Tetsuji

多くの電化製品では省エネが重要な課題であるが、ユーザーの満足度に影響する機能性や性能、また開発コストなどとの並立が難しく、これらを解決するためには上流工程からのアプローチが重要になる。

東芝は、省エネ、ユーザー満足度、及び開発コストを並立させるための要求分析手法を開発した。この手法では、まず製品に対する省エネのための仕様案を創出して、それらによるエネルギー消費削減量、ユーザー満足度への影響、及び開発コストを見積もり、最後に省エネのための適切な仕様案を選択する。これにより、ユーザーの満足度を損ねずに最適な開発コストに抑えた省エネ製品の要求の適正化が可能となる。

Although energy saving is a serious issue for many electronic appliances, it is difficult to strike a balance between energy consumption and functionality or performance, which affect user satisfaction, as well as between energy consumption and development cost. As a solution to this issue, it is necessary to implement sufficient requirement analysis in the upstream processes of electronic appliance development.

Toshiba has developed a requirement analysis method to reduce the energy consumption of electronic appliances without degrading user satisfaction and overrunning development costs. This method provides the optimal plan of requirements through the following processes: (1) creation of requirement candidates; (2) estimation of the effectiveness of energy consumption, the resultant impact on user satisfaction, and the development cost; and (3) selection of requirements.

1 まえがき

モバイル用途をはじめ、あらゆる電化製品の省エネが求められ続けてきたが、近年、環境問題や節電への対応のため、いっそうの省エネを求められている。

省エネへの代表的なアプローチとしては、製品を構成する部品のエネルギー消費量を削減したり、“利用しない場合は休止状態にする”など粗い粒度の制御で製品のエネルギー消費量を削減したりすることが挙げられる。しかし、構成部品のエネルギー消費の特性やシステム全体のふるまいを考慮した最適な省エネを実現するための取り組みは十分ではなかった。

また省エネは、製品の機能性や性能とトレードオフの関係にあると考えられる。ユーザーが求める以上の高機能や高性能は、エネルギー消費の観点から望ましいとは言えない。一方で、極端な省エネを進め、ユーザー満足度を損ねてしまうほど低機能又は低性能な製品となっても問題がある。同様に、省エネは製品の開発コストともトレードオフの関係にあると考えられ、最適な開発コストに抑える必要がある。

したがって、適切な省エネを実現するためには、単にエネルギー消費を抑えることだけを目指すのではなく、ユーザー満足度や開発コストへの影響を踏まえて、省エネとそれらの間のトレードオフを考慮する必要がある。そのためには部品の個々の工夫や製品の設計及び製造の中でアプローチするだけで

は不十分で、開発上流工程からのアプローチが重要になる。

そこで東芝は、上流工程のアプローチとして、ユーザー満足度を損ねずに最適な開発コストに抑えた省エネ製品を開発するための要求分析手法を開発した。ここでは、この手法の進め方及びポイントとケーススタディの結果について述べる。ここでの開発コストは、現時点ではソフトウェアの開発規模だけを対象としているが、ハードウェアを考慮する拡張も可能と考えている。

2 省エネの要求を適正化する要求分析手法

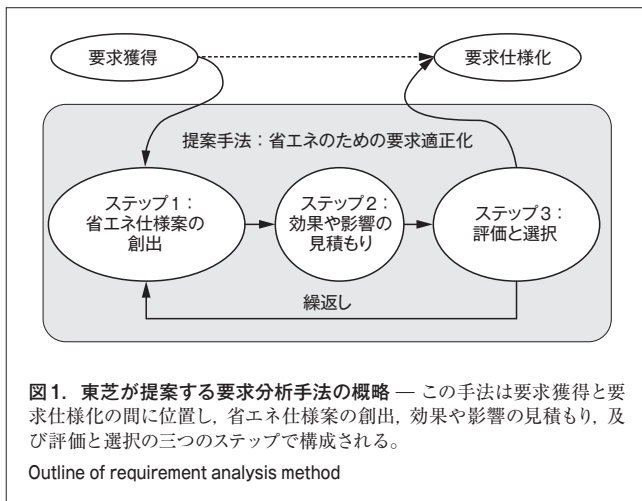
この手法の目的は、製品に対する次の3項目を満たす省エネのための仕様（以下、省エネ仕様と呼ぶ）案を創出し、最適化することである。

- (1) エネルギー消費量を抑える。
- (2) ユーザー満足度を損ねない。
- (3) ソフトウェアの開発コストを最適な値に抑える。

当社が提案する手法は“省エネのための要求適正化”の手法であり、製品開発の一般的な上流工程における“要求獲得”と“要求仕様化”の間に位置づけられる。

この手法は、次の三つのステップから構成される（図1）。

- ステップ1 省エネ仕様案の創出
- ステップ2 効果や影響の見積もり



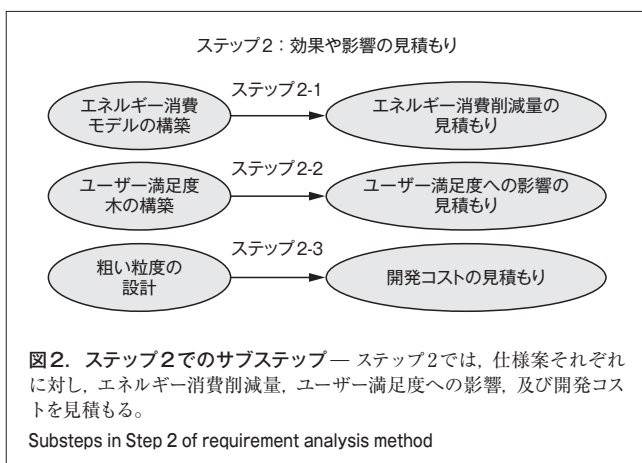
ステップ3 評価と選択

更に、これらのステップを繰り返し省エネ目標を達成させる仕組みもある。またステップ2は、省エネ効果、ユーザー満足度への影響、及び開発コストを見積もるため、三つの独立したサブステップから構成される(図2)。

それぞれのステップの目的、進め方、及びポイントについて、以下に述べる。

2.1 ステップ1—省エネ仕様案の創出

- (1) 目的 前工程の要求獲得で得られた要求や、製品のハードウェア構成及び、想定ユーザーの業務分析、開発上の制約など製品に関するドメイン知識に基づいて省エネ仕様案を創出する。
- (2) 進め方 オズボーンのチェックリスト⁽¹⁾などで有名なチェックリスト法に基づく発想法を用い、ドメインの有識者によるブレインストーミングによって省エネ仕様案を創出する。その際、前工程で獲得した要求やドメイン知識を参考にする。
- (3) ポイント 一般にチェックリストには多種多様な質問事項が挙げられているが、省エネ仕様案の創出では次の



指針に従うと効率が良い。

(a) エネルギー消費を抑えることに関係しそうな質問事項を重点的に用いる。例えば“小さくしたら?”, “短くしたら?”, “省略したら?”など。

(b) 発想作業は時間を要する作業であるため、関係のなさそうな質問事項の検討は避ける。

また、ここで創出された省エネ仕様案によって消費エネルギーの削減が可能になるため、このステップで少しでも多くの効果的な省エネ仕様案を創出することが望ましい。

2.2 ステップ2—効果や影響の見積もり

このステップの目的は、ステップ1で創出した省エネ仕様案に対し、省エネ効果と、ユーザー満足度への影響、開発コストを見積もることである。これらは、以下に述べる独立した三つのサブステップで行われる。

2.2.1 ステップ2-1—省エネ効果の見積もり

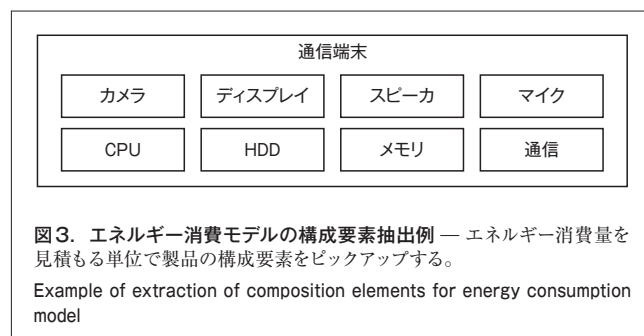
- (1) 目的 ステップ1で創出した各省エネ仕様案に対し、それらに見込めるエネルギー消費削減量を見積もる。
- (2) 進め方 まず製品のエネルギー消費モデルを構築する。エネルギー消費モデルは、製品のハードウェア構成を分析し、エネルギー消費量を見積もることができる単位で構成要素を抽出し、それぞれのエネルギー消費量の割合を算出するものである。抽出する構成要素として、図3に示すように、CPUやHDD(ハードディスクドライブ)、ディスプレイなどの例が挙げられる。

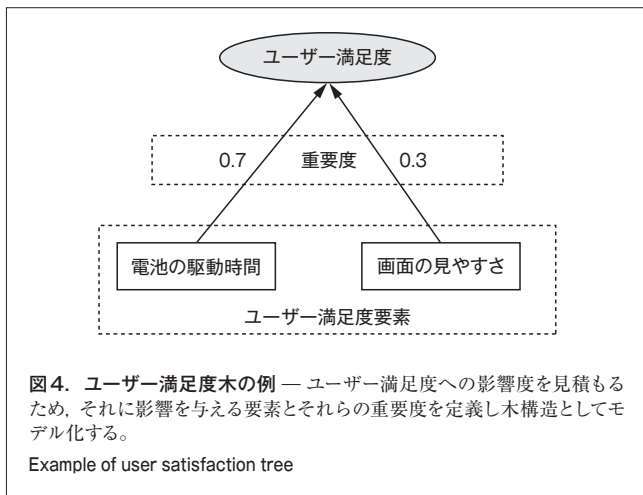
次に各構成要素が一般的な利用状況においてどの程度の割合で使われるか、また各省エネ仕様案がエネルギー消費モデルの各構成要素のエネルギー消費をどの程度抑えることができるか、を見積もる。最後に、これらの値の積和から各省エネ仕様案のエネルギー消費削減量を見積もる。

- (3) ポイント エネルギー消費量の割合は、製品のハードウェアのスペックシートなどを基に算出する。

2.2.2 ステップ2-2—ユーザー満足度への影響の見積もり

- (1) 目的 ステップ1で創出した各省エネ仕様案に対し、それらによってもたらされるユーザー満足度への影響を見積もる。





(2) 進め方 まず、ユーザー満足度を、それに影響を及ぼす個々の要素（以下、ユーザー満足度要素と呼ぶ）とそれらの重要度の積和で得られる値として定義し、図4に示すようなユーザー満足度木と呼ぶモデルを構築する。

次に、構築したユーザー満足度木に基づき、各省エネ仕様案に対して個々のユーザー満足度要素ごとに評価を行い、その重要度との積和からユーザー満足度への影響を見積もる。

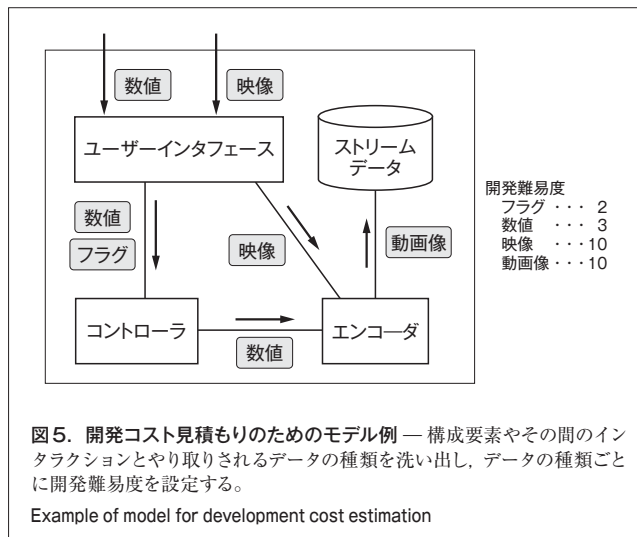
(3) ポイント ユーザー満足度木の構築に際し、ユーザー満足度要素は、ゴール指向分析や業務分析など一般に上流工程で行われる分析から得られるが、“安い、うまい、早い”などの一般の定型的な要求のパターンなども参考にできる。また、各ユーザー満足度要素の重要度については、実際のユーザーアンケートの結果に基づき算出することで精度を上げられる。

2.2.3 ステップ2-3—開発コストの見積もり

(1) 目的 ステップ1で創出した各省エネ仕様案に対し、それらに要する開発コストを見積もる。ここでの開発コストはソフトウェアの規模だけを対象とし、単位時間当たりの開発量や人件費などは含めないものとする。

(2) 進め方 まず開発コストを見積もるために粗い粒度の設計を行う。ここでは、モジュールやコンポーネントなど比較的大きな粒度の要素をピックアップし、評価対象の各省エネ仕様案を対象に、設計要素間のインタラクションを定義する。そこでやり取りされる情報を整理するとともに、やり取りされる情報の種類に応じ開発難易度を定義する。このモデルの例を図5に示す。

次に、前述の設計モデルに基づき、ソフトウェアの開発規模見積もり手法²⁾であるファンクションポイント法を参考にして、各省エネ仕様案の開発コストを見積もる。見積もりに際しては、各省エネ仕様案を実現した場合に開発や変更が必要となる部分を特定し、それに関わる開発難



易度を集計することで開発コスト見積もり値を算出する。更に、各設計要素内で予想される開発や変更内容に応じて補正を行い、開発コスト見積もり値を補正する。

(3) ポイント 設計を詳細化することで見積もり精度を上げられる。ただし、この手法が上流工程であることも考慮すると、ある程度迅速に見積もりを行うことが必要で、この工程で極端な設計の詳細化は避けることが望ましい。

また開発難易度の定義に際しては、過去の類似の開発事例を参考にできると精度を上げられる。

ここではハードウェアの開発コストを見積もりの対象から外したが、対象に入れることは可能である。

2.3 ステップ3—評価と選択

(1) 目的 ステップ1で創出した各省エネ仕様案に対し、ステップ2で見積った値に基いて、評価及び選択を行う。

(2) 進め方 次の手順に従い、評価と選択を行う。

(a) ステップ2-2のユーザー満足度への影響の見積もり結果から、悪影響を及ぼすとみなされたものを候補から外す。

(b) ステップ2-1の省エネ効果の見積もりとステップ2-3の開発コストの見積もりの結果から開発コスト当たりの省エネ効果を計算する。あらかじめ一定の基準値を定めておき、それを下回っているものを候補から外す。

(c) 残った省エネ仕様案を整理し、背反するものや重複するものをなくす。

(d) 最終的に選ばれた省エネ仕様案を全て実現した場合の合計のエネルギー消費削減量を計算する。

(3) ポイント 基本的にユーザー満足度への悪影響があるものは選ぶべきではないことから、最初にこの点で選別することでその後の作業量（計算量）を下げるができる。

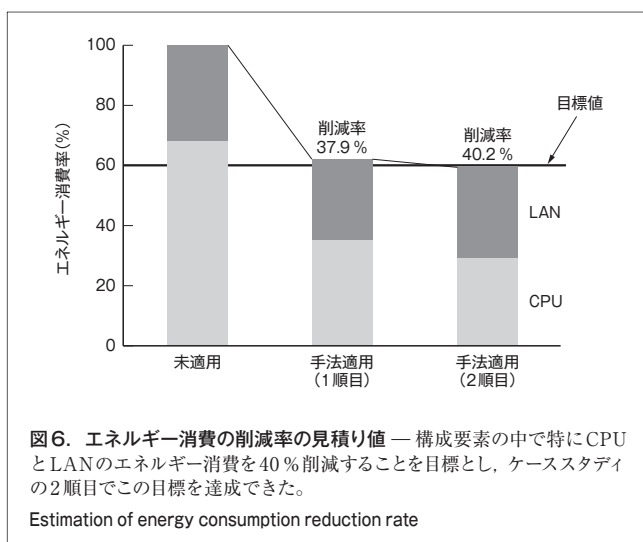
2.4 繰り返し

- (1) 目的 ステップ3で、目標のエネルギー消費削減量を達成できなかった場合に、更に手順を尽くして目標を達成する。
- (2) 進め方 再度、ステップ1～3を繰り返す。
- (3) ポイント 繰り返しのステップ1で、次の点に注意すると効果を高めることができる。
 - (a) チェックリスト法において、省エネ仕様案がよりよく発想された質問事項を優先的に再検討する。これによって新たな省エネ仕様案の発想を効率よく行える。
 - (b) ステップ3で選択されなかった省エネ仕様案について、選択されなかった原因を排除するよう改善できないか検討する。これによって選択可能になる省エネ仕様案もある。

3 ケーススタディ結果

この手法の効果を確認するため、テレビ会議システムの開発を対象にケーススタディを行った。ケーススタディでは構成要素の、特に演算処理部 (CPUとLAN) のエネルギー消費を40%削減することを目標として設定した。ケーススタディの結果として、エネルギー消費の削減率の見積もり値を図6に示す。この手法の適用2順目で目標の削減率を達成できた。このことから、ケーススタディによるこの手法の有効性を確認できた。

一方でケーススタディを通して、この手法にはいっそうの成熟を要する部分がまだ残されていることも明らかとなり、今後の課題として改善に取り組んでいく。



4 あとがき

省エネは今後、これまで以上に大きな課題の一つである。これに対し開発プロジェクトの上流からの統括的な取組みが重要である。今回提案した手法は、この解決策の一つになると考えている。

一方、この手法では要求評価の視点を省エネ、ユーザー満足度、開発コストの三つの軸で評価を行ったが、この評価軸にセキュリティや安全性などの新たな視点を加えることで、省エネ以外の様々な要求に対するトレードオフの解決などにも用いることができると考えている。

謝辞

この研究の一部は独立行政法人 科学技術振興機構 (JST) の戦略的創造研究推進事業 (CREST) の援助のもとに行われており、ここに謝意を表します。

文献

- (1) Osborn, A. Applied Imagination; Principles and Procedures of Creative Problem Solving. New York, USA, Scribner, 1979, 417p.
- (2) Albrecht, A. J. "Measuring Application Development Productivity", the Joint SHARE, GUIDE, and IBM Application Development Symposium. Monterey, California, USA, 1979-10, IBM Corporation. 1979, p.83 - 92.
- (3) Ando, T. et al. "Requirement Analysis for Reducing Energy Consumption without Degrading User Satisfaction". The Tenth IASTED International Conference on Software Engineering. Innsbruck, Austria, 2011-02, IASTED. 2011, p.33 - 40.
- (4) 中里 竜 他. "ユーザ満足度を損ねずに省エネルギーを目指す要求適正化手法". 情報処理学会ウィンターワークショップ. 伊豆, 2011-01, 情報処理学会. 2011, p.33 - 34.



安東 孝信 ANDO Takanobu

ソフトウェア技術センター ソフトウェア設計技術開発担当参事。ソフトウェア開発技術の研究と製品開発適用に従事。電子情報通信学会会員。Corporate Software Engineering Center



中里 竜 NAKAZATO Ryu

ソフトウェア技術センター ソフトウェア設計技術開発担当主務。ソフトウェア開発技術の研究と製品開発への適用に従事。情報処理学会会員。Corporate Software Engineering Center



深谷 哲司 FUKAYA Tetsuji

ソフトウェア技術センター ソフトウェアイノベーション戦略部長。ソフトウェア工学の研究・開発、及び東芝グループのソフトウェア開発力強化に従事。Corporate Software Engineering Center